

# 混凝土结构加固改造构造图 (上册)

批准部门 中华人民共和国建设部

批准文号

主编单位 中国建筑科学研究院结构所

统一编号

实行日期 二〇〇六年 月 日

图集号 06SG311-1

主编单位负责人 赵基达 赵基达

主编单位技术负责人 赵基达 赵基达

技术审定人 陶学康 陶学康

设计负责人 万墨林 万墨林

## 目 录

图 名

页

图 名

页

### 上 册

目录

#### 0 总说明

- 0.1 本图集主要内容
- 0.2 适用范围
- 0.3 设计依据
- 0.4 专用划法
- 0.5 参编单位

#### 1 混凝土结构加固总则

- 1.1 基本规定
- 1.2 加固程序
- 1.3 设计计算原则
- 1.4 材料要求
- 1.5 钢材、钢筋焊接规定

#### 2 加固方法及相关技术

- 2.1 加固方法分类及选用准则
- 2.2 增大截面法
- 2.3 置换混凝土加固法
- 2.4 外包钢法
- 2.5 外粘钢板法
- 2.6 外贴纤维复合材料法
- 2.7 绕丝加固法
- 2.8 预应力加固法
- 2.9 增设支点加固法
- 2.10 新增剪力墙及支撑体系加固法

### 目 录 (一)

图集号

审核 陶学康 陶学康 校对 陈瑞 设计 万墨林 万墨林

页

1

## 图 名

## 页

## 图 名

## 页

2.11 增设拉结连系加固法

2.13 托梁拔柱技术

2.12 裂缝修补技术

2.14 后锚固技术

2.15 阻锈技术

2.16 喷射混凝土

2.17 纤维混凝土

2.18 改性混凝土

## 3 柱加固

3.1 增大截面法

3.2 外包钢法

3.3 综合法

3.4 纤维复合材料及绕丝法

3.5 预应力撑杆法

## 4 墙加固

4.1 板墙加固法

4.2 粘钢法

4.3 墙体开洞处理

## 5 梁加固

5.1 增大截面法

5.2 外包钢法

5.3 粘钢法

5.4 复合纤维材料加固法

5.5 体外预应力法

## 6 板加固

6.1 预制板

6.2 现浇板

6.3 楼板开洞

## 7 节点加固

7.1 现浇框架梁柱节点

7.2 装配式框架梁柱节点

7.3 无梁楼盖和升板板柱节点

7.4 装配式大板接缝

7.5 装配式楼梯连接

## 8 阳台和雨篷加固

8.1 板式阳台粘钢加固

8.2 板式阳台复合碳纤维加固

8.3 雨篷抗倾覆加固

8.4 梁式阳台支柱法加固

8.5 板式阳台支柱法加固

8.6 梁式阳台支架法加固

8.7 梁式阳台拉杆法加固

8.8 预制悬挑板增设型钢支座加固

## 目 录 (二)

图索号

审核

陶学康

陶学康

校对

陈瑞

设计

万显林

万显林

设计

万显林

万显林

设计

万显林

万显林

设计

万显林

万显林

设计

万显林

图索号

图索号

图索号

图索号

图索号

图索号

2

## 0 总说明

本图集根据建设部建质〔2002〕156号“关于印发《二00二年国家建筑标准设计编制工作计划》的通知”编制。

### 0.1 本图集主要内容

- 0.1.1 混凝土结构加固总则
- 0.1.2 加固方法及相关技术
- 0.1.3 柱加固
- 0.1.4 墙加固
- 0.1.5 梁加固
- 0.1.6 板加固
- 0.1.7 节点加固
- 0.1.8 阳台及雨蓬加固

### 0.2 适用范围

本图集适用于非抗震设防和抗震设防烈度为6~8度的既有的和新建的混凝土建筑结构和构筑物的加固与修复构造,对象包括工业与民用建筑,多层与高层建筑,性质包括裂缝结构可靠性不足的补强加固和完好结构功能改造加固,方法包括增强原结构构件截面承载力的直接加固,以及改变结构总体布局、支承条件及受力状况的间接加固等。

### 0.3 设计依据

- 0.3.1 《民用建筑可靠性鉴定标准》GB50292-1999
- 0.3.2 《建筑抗震鉴定标准》GB50023-95
- 0.3.3 《建筑抗震加固技术规程》JGJ116-98
- 0.3.4 《民用建筑修缮工程查勘与设计规程》JGJ117-98

- 0.3.5 《民用建筑修缮工程施工规程》GJJ/T53-93
- 0.3.6 《既有建筑地基基础加固技术规范》JGJ123-2000
- 0.3.7 《混凝土结构加固技术规范》CECS25:90
- 0.3.8 《工业厂房可靠性鉴定标准》GBJ144-90
- 0.3.9 《纤维混凝土结构技术规程》CECS38:2004
- 0.3.10 《碳纤维片材加固混凝土结构技术规程》CECS146:2003
- 0.3.11 《铁路房屋增层和纠倾技术规范》TB10114-97
- 0.3.12 《建筑结构荷载规范》GB50009-2001
- 0.3.13 《混凝土结构设计规范》GB50010-2002
- 0.3.14 《危险房屋鉴定标准》JGJ125-99
- 0.3.15 《建筑抗震设计规范》GB50011-2001
- 0.3.16 《钢结构加固技术规范》CECS77:96
- 0.3.17 《钢管混凝土结构设计与施工规程》CECS28:90
- 0.3.18 《锚杆喷射混凝土技术规程》GB50086-2001
- 0.3.19 《混凝土结构后锚固技术规程》JGJ145-2004
- 0.3.20 《现有建筑抗震鉴定与加固规程》DGJ08-81-2000
- 0.3.21 《无粘结预应力混凝土结构技术规程》JGJ92-2004
- 0.3.22 《喷射混凝土加固技术规程》CECS161:2004
- 0.3.23 《碳纤维混凝土结构设计与施工规程》CECS38:92

### 0.4 专用划法

本图集除表0.4.1所列各项专用划法之外,其余均遵照《房屋建筑

### 总说明 (一)

|        |     |     |    |    |    |    |     |     |   |     |
|--------|-----|-----|----|----|----|----|-----|-----|---|-----|
| 总说明（一） |     |     |    |    |    |    | 图集号 |     |   |     |
| 审核     | 陶学康 | 陶学康 | 校对 | 陈瑜 | 王明 | 设计 | 万显林 | 万显林 | 页 | 0-1 |

制图统一标准》GB/T50001-2001、《建筑制图标准》GB/T50104-2001、《建筑结构制图标准》GB/T50105-2001及《国家建筑标准设计计算机制图规定》QSC-18-2005等有关规定绘制。

### 0.5 参编单位

厦门市中连建筑结构加固工程公司

广州鲁班建筑防水补强有限公司

武汉大筑建筑科技有限公司

喜利得(中国)有限公司北京分公司

德国MKT公司

表 0.4.1

本图集专用画法

| 序号 | 名 称         | 图 例                                                                                                                                                                                   |
|----|-------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1  | 原有结构<br>轮廓线 | 未剖到<br> 细双点长画线, 0.25b                                                                               |
|    |             | 剖 到<br> 中双点长画线, 0.5b                                                                                |
| 2  | 预应力钢筋或钢绞线   |  粗双点长画线, 1.0b<br> |
| 3  | 带丝扣的钢筋端部    |  1.0b                                                                                               |
| 4  | 新旧钢筋的连接     | 新 ● 旧 ○ 连接筋 ⊗ 焊接组合 ⊗●                                                                                                                                                                 |
| 5  | 锚栓          |  0.5b                                                                                               |
| 6  | 化学植筋        |  1.0b                                                                                               |
| 7  | 射钉          |  0.5b                                                                                               |
| 8  | 纤维复合材       |  轮廓0.5b 填充0.15b                                                                                     |
| 9  | 绕 丝         |  轮廓0.5b 填充0.15b                                                                                     |
| 10 | 钢件焊接组合      |                                                                                                    |

注: b为基本线宽

### 总说明(二)

图集号

审核 陶学康 陶学康 校对 陈瑜 设计 万墨林 万墨林

页

0-2



# 1 混凝土结构加固总则

## 1.1 基本规定

1.1.1 混凝土结构是否需要加固, 加固内容和范围, 应经结构可靠性鉴定确定。

1.1.2 加固设计, 包括总体布局、设计计算及连接构造, 应充分考虑加固结构的受力特征, 最大限度发挥其加固效率。

1.1.3 加固施工, 应保证新旧部分能整体工作, 避免不必要的大砍大凿, 伤及未加固部分。

1.1.4 对于因环境因素造成结构裂损加固, 其方案应针对裂损原因, 制订有效防治对策, 先治理后加固, 合理安排治理与加固顺序。

1.1.5 混凝土结构加固后续使用年限, 应根据需要和可行两方面因素确定, 加固设计安全度取值应与后续使用年限相应。

## 1.2 加固程序

1.2.1 结构加固一般应按图1.2.1所示程序进行。

1.2.2 结构可靠性鉴定包括静力鉴定和抗震鉴定, 前者主要依据国家标准《民用建筑可靠性鉴定标准》GB50292-1999和《工业厂房可靠性鉴定标准》GBJ144-90, 重点在结构的安全性和房屋的正常使用寿命, 后者依据《建筑抗震鉴定标准》GB500023-95, 重点在房屋的综合抗震能力及整体性。

1.2.3 结构加固的目的、范围和内容, 应根据可靠性鉴定结果及委托方提出的功能要求确定。

1.2.4 加固方案应根据结构可靠性降低程度、原因, 结合该结构特

点及加固施工条件, 按安全可靠、经济合理原则选定。

注意, 静力加固着重于结构承载能力提高和房屋使用功能改善; 抗震加固着重于结构延性提高和房屋整体性增强, 尽量少动地基基础。

1.2.5 结构加固施工前应按设计要求及结构特点编制施工组织设计, 施工中严格按相应工艺标准进行质量控制, 完工后按现行国家标准进行质量检验和工程验收。

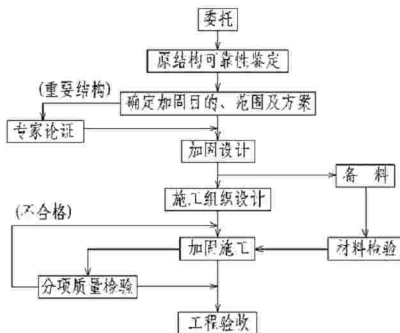


图1.2.1 结构加固程序

| 混凝土结构加固总则 (一) |     |     |    |    |    | 图集号 |         |
|---------------|-----|-----|----|----|----|-----|---------|
| 审核            | 陶学康 | 陶学康 | 校对 | 陈瑜 | 王明 | 设计  | 万墨林 万墨林 |
|               |     |     |    |    |    | 页   | 1-1     |

### 1.3 设计计算原则

1.3.1 混凝土加固结构计算分析方法,除需考虑下列因素外,与普通混凝土结构相同:

1 加固结构承载力计算,应考虑新旧部分应力应变起前和滞后问题,以及两部分共同工作程度的影响,即对新加部分应分别乘以材料强度利用系数 $\alpha$ 和截面共同工作系数 $\psi$ 。作为简化处理,当满足第1.3.3条规定时, $\alpha$ 值及 $\psi$ 值可近似按表1.3.1取用。

2 混凝土加固结构新加受拉钢筋屈服与受压区混凝土破坏同时发生的相对界限受压区高度 $\xi$ ,应考虑不同加固方法以及加固时原结构应力水平的影响。

表 1.3.1 加固结构新加部分材料强度利用系数 $\alpha$ 及截面共同工作系数 $\psi$

| 结构受力特征                                                       |                                                         | 轴心受压、偏心受压、斜截面受剪、受扭、局部受压 |               |                       | 受弯、轴心受拉、偏心受拉 |
|--------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------|-------------------------|---------------|-----------------------|--------------|
| 材料强度                                                         | 混凝土<br>$\alpha_c$                                       | 0.8~0.9                 |               |                       | 0.9~1.0      |
| 利用系数 $\alpha$                                                | 钢筋 $\alpha_s$                                           | 1.0 / HPB235 / Q235     | 0.95 / HRB335 | 0.9 / HRB400 / RRB400 | 1.0          |
| 截面共同工作系数 $\psi$                                              | 结合面经凿毛或涂刷界面剂处理,且 $V < 0.56 A_v f_t$ 时, $\psi = 1.0$     |                         |               |                       |              |
|                                                              | 结合面未经凿毛或 $V \geq 0.56 A_v f_t$ 时, $\psi = 0.8 \sim 0.9$ |                         |               |                       |              |
| 注: $V$ —组合剪力设计值; $A_v$ —贯穿结合面的剪力筋截面面积;<br>$f_t$ —剪力筋抗拉强度设计值。 |                                                         |                         |               |                       |              |

1.3.2 加固结构计算分析所取用几何尺寸、作用(荷载)值及材料强度等,应符合实际,宜由实测确定。

1.3.3 结构加固时原结构的应力水平指标 $\beta = S_e/R_e$ 不宜超过表1.

3.3限值 $\beta_e$ ,否则必须进行卸荷加固,使 $\beta < \beta_e$ 。式中 $S_e$ 为原结构构

件的荷载效应标准值, $R_e$ 为原结构构件的承载力标准值。

表 1.3.3 必须卸荷加固的原结构应力水平指标限值 $\beta_e$

| 受力特征                    | 结构裂缝宽度         |             |
|-------------------------|----------------|-------------|
|                         | 裂缝及变形在规范允许范围之内 | 裂缝及变形超出规范规定 |
| 轴心受压、偏心受压、斜截面受剪、受扭、局部受压 | 0.95           | 0.80        |
| 受弯、轴心受拉、偏心受拉            | 1.00           | 0.90        |

### 1.4 材料要求

1.4.1 结构加固所用材料(钢筋、水泥、纤维及胶料等)质量标准,应符合相关标准的规定和要求。

1.4.2 结构加固所用混凝土,其强度等级应比原结构提高一级,且不得低于C20级。混凝土粗骨料粒径 $D$ 应与加固层厚度 $\delta$ 相应,一般应满足 $D_{max} \leq \delta/3$ 要求。

1.4.3 加固材料的选用,应考虑加固结构二次受力对后加部分材料强度的充分利用。一般应选用比例极限变形较小的低强钢材(如HPB235、Q235、HRB335和HRB400等)和变形模量较高的高弹模纤维(如HM);对于高强度材(如钢绞线、高强钢丝)和高强纤维(如HS I、HS II 碳纤维),宜采用预应力手段将其工作应力提升到相应的水平方可应用。

1.4.4 混凝土结构加固所用浇筑材料和粘结材料,应考虑新旧两部的整体工作共同受力问题。对于混凝土和砂浆,要求粘结力强,收缩性小,宜微膨胀;对于粘结剂和灌浆材料,要求粘结强度高,耐老化,无收缩,无毒。

### 混凝土结构加固总则(二)

|     |     |     |    |    |    |     |     |
|-----|-----|-----|----|----|----|-----|-----|
| 图集号 |     |     |    |    |    |     | 页   |
| 审核  | 陶学康 | 陶学康 | 校对 | 陈瑜 | 设计 | 万墨林 | 1-2 |

## 1.5 钢材、钢筋焊接要求

为突出加固构造主体,本图集给出定钢材、钢筋焊接的具体要求。型钢、钢板、钢筋之间的焊缝规格尺寸原则上应由计算确定,焊缝的承载力应大于等于母材的承载力。常用型钢、钢板及钢筋连接焊缝的最低要求应满足表1.5.1规定。焊缝的构造及工艺要求应满足《钢结构设计规范》GB50017-2003、《建筑钢结构焊接技术规程》JGJ81-2002及《钢筋焊接及验收规程》JGJ18-2003等相关标准的规定。

表 1.5.1

常用型钢、钢板、钢筋焊缝最低要求

| 焊接方法                 | 钢材种类                              | 焊缝长度或搭接长度 |            | 备 注             |
|----------------------|-----------------------------------|-----------|------------|-----------------|
| 钢筋与钢筋搭<br>接焊或帮条焊     | HRB335                            | 双面焊       | $\geq 5d$  | d为较小钢筋直径        |
|                      | HRB400                            | 单面焊       | $\geq 10d$ |                 |
|                      | HPB235                            | 双面焊       | $\geq 4d$  |                 |
|                      | Q235                              | 单面焊       | $\geq 8d$  |                 |
| 钢筋与角钢或<br>钢板搭接焊      | HRB335                            | 双面焊       | $\geq 5d$  |                 |
|                      | HRB400                            | 单面焊       | $\geq 10d$ |                 |
| 缀板与型钢搭接<br>三面围焊      | 搭接长度 $\geq 4\sqrt{A}$ 且 $\geq 5t$ |           |            | A为缀板截面积, t为缀板厚度 |
| 钢板与钢板、钢板<br>与型钢对接剖口焊 | 接缝满焊                              |           |            |                 |
| 钢管、型钢与垫板<br>T型连接焊缝   | 接缝外围贴角满焊, $h \geq t$              |           |            | t为钢管壁厚          |

## 混凝土结构加固总则 (三)

图集号

审核 陶学康

陶学康

校对 陈瑜

设计

万显林

万显林

页

1-3

## 2 加固方法及相关技术

### 2.1 加固方法分类及选用准则

2.1.1 直接加固法——直接加固法是直接针对结构构件或节点承载力提高的加固,方法很多,主要的有增大截面法、置换混凝土法、外包型钢法、外粘钢板法、外贴纤维复合材料加固法、绕丝加固法等。

2.1.2 间接加固法——间接加固法是针对结构总体布局,用减小或改变构件内力的加固,方法很多,主要的有预应力加固法、增设支点加固法、新增剪力墙及支撑体系加固法、增设拉结连系加固法等。

2.1.3 相关配套技术——与结构加固改造方法配套使用的相关技术,种类很多,主要有裂缝修补技术、托梁拔柱技术、后锚固技术、阻锈技术、喷射混凝土、纤维混凝土、改性混凝土等。

2.1.4 加固方法选择应根据当地条件,进行多方案比较,按技术先进可靠,经济合理原则,择优选用。

### 2.2 增大截面法

#### 2.2.1 特点及适用范围

增大截面法又称加大截面法(图2.2.1),是采用同种材料来增大原构件截面面积,达到提高截面承载能力和构件刚度的目的。在我国,增大截面法是一种传统的加固法,优点是有长期的使用经验,施工简单,适应性强。缺点是湿作业,施工期长,易形成肥梁胖柱。适用于梁、板、柱、墙等构件及一般构筑物的加固,特别是原截面尺寸显著偏小及轴压比明显偏高的构件加固。

#### 2.2.2 工程应用

对于简支梁,仅正截面受弯承载力不足时,一般采用于梁底部增配钢筋加固,若斜截面受剪承载力也不足时,应三面包套并加配箍筋加固。对于连续梁,仅支座部位负弯矩受弯承载力不足时,可于顶面增配钢筋加固,若正负受弯承载力均不足时,应双面增配钢筋加固,若受剪承载力也不足时,尚应三面或四面包套增配箍筋加固。

对于简支板受弯承载力不足但差别不大时( $<15\%$ ),可于板面增浇高强度等级混凝土叠合层(按构造配筋)加固;若承载力相差较多时,则应于板底增配钢筋网,采用喷射混凝土层加固。对于连续板,应双面增配钢筋网和混凝土层加固,支座负筋应穿墙通过,不得断开。

对于柱,应根据受力情况和实际构造的不同,分别采用四面包套、三面包套以及主要受力方向的两面包套加固。截面承载力不足着重增配钢筋,轴压比超标或混凝土强度偏低,则着重增大包套面积及混凝土强度等级。

对于墙,有单面加固和双面加固,一般是对症加固,缺钢筋补钢筋,若混凝土强度偏低或轴压比超标,则着重提高加固层厚度及混凝土强度。

#### 2.2.3 构造措施及施工要点

为保证新旧两部份混凝土能整体工作共同受力,应设置一定数量的贯穿结合面的剪力筋。对于板和墙,此剪力筋可以为化学植筋,亦可为膨胀螺栓,但均须与钢筋网片有可靠的连接。对于单面或双面加固梁,当新旧受力钢筋靠近时,可直接焊接短筋或弯筋连接;当相距较远时,可采用U型箍与原箍筋或主筋焊接连接,亦可化学植入U型箍筋连接。对

| 加固方法<br>及相关技术 | 加固方法分类及选用准则,增大截面法 |       |        |     | 图集号   |
|---------------|-------------------|-------|--------|-----|-------|
| 审核 陶宇康        | 陶宇康               | 校对 陈瑞 | 设计 万墨林 | 万墨林 | 页 2-1 |

于柱,封闭式縱筋为最理想的剪力筋;当柱截面过大(>500mm),尚应在截面中部以植筋方法附加一定的L型或U型剪力筋。

新加纵向受力钢筋端部应有可靠的锚固。对于框架柱,下端可于基础顶面设置钢筋混凝土圈套进行锚固,或采用植筋方法锚固于原基础,中间穿过各层楼板,上端穿屋面板后弯折环抱梁并互焊。对于框架梁,顶部负筋可齐柱边设于现浇层,边端可绕柱后互焊,或设置短角钢焊接。梁底正筋,当梁柱边缘相距较大时,可采用植筋方法锚固于柱,或直接穿孔加焊螺栓杆固定于边柱;当梁柱边齐平时,可于柱对边角部设置短角钢,用膨胀型螺栓固定于柱,后将梁新增受力边筋与短角钢焊接。

为增强新旧混凝土间的结合能力,原构件结合面应进行凿毛处理,凿去一切风化酥松层、碳化锈裂层及严重油污层,直至完全露出坚实的基层为止,并在此基础上凿毛,使表面凹凸差 $\geq 4\text{mm}$ ,然后用水冲干净。浇筑混凝土前宜涂刷混凝土界面结合剂一道,随涂随浇。对于较薄的混凝土加固层,宜采用喷射混凝土浇筑工艺。

## 2.3 置换混凝土加固法

### 2.3.1 特点及适用范围

置换混凝土法主要是针对既有混凝土结构或施工中的混凝土结构,由于结构裂损或混凝土存在蜂窝、孔洞、夹渣、疏松等缺陷,或混凝土强度(主要是压区混凝土强度)偏低,而采用挖补的办法用优质的混凝土将这部份劣质混凝土置换掉(图2.3.1),达到恢复结构基本功能的目的。优点是结构加固后能恢复原貌,不改变使用空间。缺点是新旧混凝土的粘结能力较差,挖凿易伤及原构件的混凝土及钢筋,湿作业期长。适用于一切混凝土结构。

### 2.3.2 方法要点

理想的置换是零应力(或低应力)状态下的置换,即完全卸荷置换。

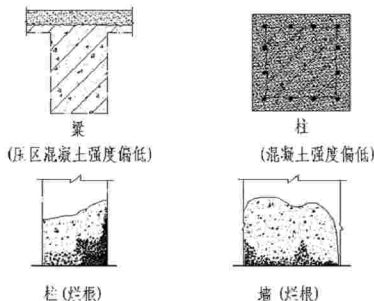


图2.3.1 置换混凝土法

因此,置换前应对被置换的构件进行卸荷。卸荷方法有直接卸荷和支顶卸荷。

在卸荷状态下将质量低劣的混凝土或缺陷混凝土彻底剔凿干净,剔凿范围宜大不宜小,剔凿孔洞向四周坚实部分外延应分别 $\geq 100\text{mm}$ ,且总宽度应 $\geq 250\text{mm}$ ,孔深向坚实部分加深应 $\geq 10\text{mm}$ ,且总深应 $\geq 40\text{mm}$ (板)、 $50\text{mm}$ (墙)、 $60\text{mm}$ (柱)。孔洞边缘以凿成1:3坡度的喇叭口为宜,转角应为 $r \geq 25\text{mm}$ 圆角。

对于外观质量完好的低强混凝土,除特殊情况外,一般仅置换受压区混凝土。但为恢复提高结构应有的耐久性,可用高强度树脂砂浆对其余部分进行抹面封闭处理。

用于置换的新混凝土,流动性应大,强度等级应比原混凝土提高一

| 加固方法<br>及相关技术 | 置换混凝土加固法 |    |     | 图集号 |     |
|---------------|----------|----|-----|-----|-----|
|               | 审核       | 校核 | 设计  |     |     |
|               |          |    | 万墨林 | 页   | 2-2 |

级,且不小于C25。置换混凝土应采用膨胀混凝土或膨胀树脂混凝土;当体量较小时,应采用细石膨胀混凝土、高强度灌浆料或环氧砂浆等。

为增强置换混凝土与原基混凝土的结合能力,结合面应涂刷环氧或混凝土界面剂一道,并在环氧或界面剂初凝浇筑完置换混凝土。对于要求较高或剪力较大的结合面,尚应置入一定的L型或U型锚筋,其规格:板、墙为 $\phi 6-\phi 8@200$ ,梁、柱为 $\phi 10-\phi 12@300-400$ 。

## 2.4 外包钢法

### 2.4.1 特点及适用范围

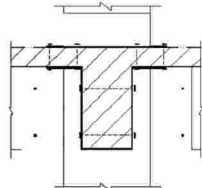
外包钢法是以角钢、钢板外包于构件表面或角部的加固方法(图2.4.1)。优点是受力可靠,能显著改善结构性能,对使用空间影响小,施工简便;缺点是外露钢件应进行防火防腐处理。适用于梁、柱、桁架、墙及框架节点加固。

### 2.4.2 方法要点

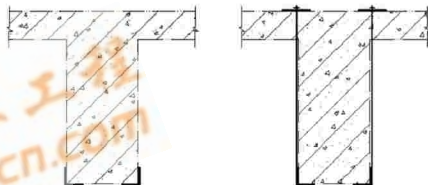
1 外包钢法用于现浇框架梁加固时,一般是于梁端两角外包通长角钢及于梁顶板面外包通长扁钢,用以提高梁的正截面受弯承载力;于梁两端竖向用穿板螺栓,上下两面横向用缀板,形成闭合螺栓箍,用以提高梁的斜截面受剪承载力;螺栓和缀板兼有对角钢及扁钢的附加锚固作用。若梁仅受剪承载力不足,可省去通长角钢和扁钢,保留螺栓和缀板,但梁底两角应以短角钢作螺栓和缀板的焊接连接件。

2 外包钢法用于柱加固,当为独立柱时,一般采用“角钢+缀板”搭配方式;当为壁柱时,墙面一侧角钢应改为扁钢,垂直于墙面两侧的缀板则改为螺栓,螺栓穿墙与角钢和扁钢连接。

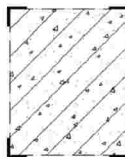
3 外包钢法用于框架节点核心区加固时,一般是采用全封闭焊接钢板外包整个节点区域,并辅以穿透螺栓对拉传递剪力,最后以高压灌注环氧树脂使之结为一体,并充填一切不密实蜂窝、孔洞及裂缝。



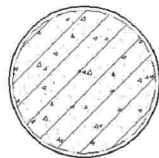
框架节点



梁



柱



圆柱

图2.4.1 外包钢加固法

| 加固方法<br>及相关技术 |     | 外包钢法 |    | 图集号 |
|---------------|-----|------|----|-----|
| 审核            | 陶学康 | 校对   | 陈瑜 | 页   |
| 设计            | 万墨林 | 万墨林  |    | 2-3 |

4 外包钢件与构件结合面间的良好粘结是保证加固结构新旧两部份整体工作共同受力的关键。目前有乳胶水泥粘贴法和后灌环氧树脂法两种粘接工艺。乳胶水泥粘贴法,施工简便,但要求整个操作应在胶浆初凝前完成,适用于工作量不大的小型构件加固;后灌环氧法,适合于焊接工作量较大的大型构件加固,质量易保证。

### 2.4.3 构造措施

1 外包钢法所用角钢的最小规格,梁和桁架为 $L50 \times 5$ ,柱为 $L75 \times 5$ ,其等代扁钢分别为 $-100 \times 5$ 和 $-150 \times 5$ ,箍板(缀板)为 $-40 \times 4$ ,间距 $\leq 20i$  ( $i$ 为角钢最小回转半径),节点区适当加密。

2 外包角钢两端应有可靠锚固。对于柱,角钢下端应伸至基础顶面,并用“钢筋混凝土围套+植筋”方法锚固于基础,中间穿过各层楼板,上端应伸至加固层的上一层楼板板面,并以加强箍板 $-150 \times 5$ 封焊。对于框架梁,梁底角钢除应与柱角钢互焊外,尚应焊以等代扁钢直接传力于柱,扁钢斜度 $\leq 1:3$ 。当梁柱边齐平时,该侧梁角钢在柱位部份则以等代钢板取代,等代钢板应与梁、柱角钢焊接。

3 外包钢钢件表面应进行防腐防火处理,一般可抹 $\geq 25\text{mm}$ 厚水泥砂浆或矿棉砂浆。

## 2.5 外粘钢板法

### 2.5.1 特点及适用范围

以薄钢板用结构胶粘贴于构件主要受力面,以提高截面受弯及受拉承载力的加固方法称为外粘钢板法(图2.5.1)。优点是施工期短,不改变构件外形和使用空间;缺点是有机胶的长期持荷强度较低及耐老化性能较差,不耐火。环境温度湿度要求较严,适用于因配筋量不足的简支梁板及无障碍的连续梁板加固,若无附加锚固及可靠防腐措施,不适宜于承受动力疲劳荷载及设计使用年限较长(

$\geq 50$ 年)的新建工程加固;因节点处理困难,不宜用于框架结构加固。一般情况下,外粘钢板法限定的环境温度应 $\leq 60^\circ\text{C}$ ,相对湿度应 $\leq 70\%$ ;对于高温、高湿及存在有害介质环境,以及直接暴露于阳光下的室外条件,应采用特种胶,或有专门的防护措施。

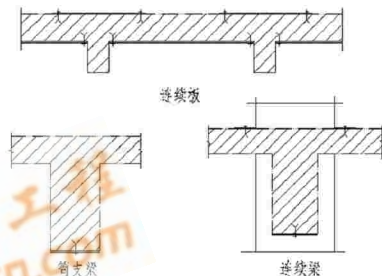


图 2.5.1 外粘钢办法

### 2.5.2 方法要点

受弯构件因配筋偏低引起的正截面受弯承载力不足时,应于受拉面粘贴钢板补强。对于简支梁和板,钢板粘贴于底面;对于连续梁和板,钢板应双面粘贴。支座部位梁顶钢板,若有障碍(如柱)时,可齐柱边将钢板布置在梁的有效翼缘范围( $4h$ )内。对于桁架下弦拉杆,钢板一般粘贴在比较平顺的底面或侧面。对于配筋不足的大偏心受压柱,钢板应粘贴在欠筋的受拉面。

| 加固方法<br>及相关技术 | 外粘钢板法(一) |     |     |    |    |    | 图集号 |
|---------------|----------|-----|-----|----|----|----|-----|
|               | 审核       | 陶学廉 | 陶学廉 | 校对 | 陈瑜 | 设计 |     |
|               | 设计       | 万墨林 | 万墨林 |    |    |    | 页   |
|               |          |     |     |    |    |    | 2-4 |

构件因箍筋微小或漏配引起的斜截面受剪承载力不足时,一般是垂直于构件轴线方向粘贴U型箍板。对于重要构件,U型箍板应用“崩钢+螺栓”封闭;一般构件可不封闭,但箍板端应用膨胀型螺栓收头锚固于梁侧。

### 2.5.3 构造措施

粘钢加固基材混凝土强度等级应 $\geq$ C15,其专用改性环氧胶粘剂基本性能指标应符合表2.5.3-1规定。钢板的厚度应与基材强度相应,若仅靠胶层的粘结作用传力,其层间适配关系可按表2.5.5-2采用。

表2.5.3-2 粘钢加固钢板厚度与基材强度的适配关系

|          |      |         |      |
|----------|------|---------|------|
| 混凝土强度等级  | <C20 | C20~C35 | >C35 |
| 钢板厚度(mm) | 2~3  | 3~4     | 4~5  |

钢板的布置与构造,应避免胶层的剥离破坏,结合面不应出现法向拉应力,胶层只传递剪力,钢板只承受轴向拉力。对于有抗震设防要求或存在动力作用或经受疲劳荷载的构件,应沿钢板轴线方向设置一定的锚栓,端部适当加密,以使结合面胶层始终处在微压应力状态。

钢板应有可靠的锚固, 钢板在充分利用截面外的粘接延伸长度应  $> l_p$ ,  $l_p$  按式 (2.5.3) 计算。当不满足时, 应采用锚栓或植筋等附加锚固。对于框架梁梁底部粘贴钢板, 钢板端部应采用植筋方法锚固于柱, 植筋的总锚固力应  $\geq$  钢板受拉承载力。植筋与钢板采用焊接连接; 为便于焊接, 钢板端部局部不刮胶, 焊接后再灌胶粘结。对于边框架梁梁顶钢板端部, 其外延部分 ( $l_p$ ) 可向下弯折粘结于垂直边梁侧面, 并用锚栓收头锚固。

$$l_{sp} = f_{sp} t_{sp} / f_{bd} \geq 170 t_{sp} \quad (2.5.3)$$

表2.5.3-1

### 粘钢用胶粘剂基本性能指标

| 性能项目             |                          |     | 性能要求                                             |       | 试验方法标准      |          |
|------------------|--------------------------|-----|--------------------------------------------------|-------|-------------|----------|
|                  |                          |     | A级胶                                              | B级胶   |             |          |
| 胶<br>体<br>性<br>能 | 抗拉强度 (Mpa)               |     | ≥ 30                                             | ≥ 25  |             | GB/T2568 |
|                  | 受拉弹性模量 (Mpa)             |     | ≥ 3.5 × 10 <sup>7</sup> (3.0 × 10 <sup>7</sup> ) |       |             |          |
|                  | 伸长率 (%)                  |     | ≥ 1.3                                            | ≥ 1.0 |             |          |
|                  | 抗弯强度 (Mpa)               |     | ≥ 45                                             | ≥ 35  |             | GB/T2570 |
|                  |                          |     | 且不得呈脆性 (碎裂状) 破坏                                  |       |             |          |
|                  | 抗压强度 (Mpa)               |     | ≥ 65                                             |       |             | GB/T2569 |
| 粘<br>结<br>能<br>力 | 钢-钢拉伸抗<br>剪强度 (Mpa)      | 平均值 | ≥ 20                                             | ≥ 16  | GB/T7124    |          |
|                  |                          | 标准值 | ≥ 15                                             | ≥ 12  |             |          |
|                  | 铝-钢不均匀剥离<br>强度 (kN/m)    |     | ≥ 16                                             | ≥ 12  | GJB94       |          |
|                  | 钢-钢粘接抗拉强度 (Mpa)          |     | ≥ 33                                             | ≥ 25  | GB/T6329    |          |
| 力                | 钢-混凝土粘接<br>正拉强度 (Mpa)    |     | ≥ 2.5, 且为混凝土内聚破坏                                 |       | —           |          |
| 工<br>艺<br>要<br>求 | 混合后初粘度<br>(25℃时) (mpa.s) | 刷 胶 | 4000~10000                                       |       | GB/T12007.4 |          |
|                  |                          | 注 胶 | 200~1000                                         |       |             |          |
|                  | 施工环境温度 (℃)               |     | 5~35                                             |       | —           |          |
|                  | 可操作时间 (min)              |     | ≥ 60                                             |       | —           |          |
| 挥发物含量 (%)        |                          |     | ≤ 1                                              |       | GB/T2793    |          |

注:表中括号内数值仅用于灌注型结构胶黏剂,如外包钢用胶黏剂。

|               |          |       |        |     |     |     |
|---------------|----------|-------|--------|-----|-----|-----|
| 加固方法<br>及相关技术 | 外粘钢板法（二） |       |        |     | 图集号 |     |
| 审核 陶学康        | 陶学康      | 校对 陈瑜 | 设计 万墨林 | 万墨林 | 页   | 2-5 |



式中  $l_a$ —受拉钢板粘贴延伸长度 (mm);

$f_{cp}$ —加固钢板的抗拉强度设计值 (Mpa);

$t_p$ —加固钢板的厚度 (mm);

$f_{ca}$ —钢板与混凝土之间的粘结抗剪强度设计值 (Mpa), 按表 2.5.3-3 采用。

表 2.5.3-3 混凝土抗剪强度设计值  $f_{cv}$  (Mpa)

| 混凝土强度等级          | C15  | C20  | C25  | C30  | C40  | C50  | ≥C60 |
|------------------|------|------|------|------|------|------|------|
| 粘结强度设计值 $f_{ca}$ | 0.61 | 0.80 | 0.94 | 1.05 | 1.21 | 1.31 | 1.35 |

## 2.6 外贴纤维复合材料法

### 2.6.1 特点及适用范围

以碳纤维、玻璃纤维等复合材料, 用结构胶粘贴于构件主要受拉部位, 以提高截面受弯、受剪及混凝土抗压强度的加固方法称为外贴纤维复合材料法 (图 2.6.1)。优点是轻质高强、施工简便, 可曲面或转折粘贴; 缺点是有机胶的长期持荷强度较低及耐老化性能较差、不耐火、不能焊接, 环境温度湿度控制较严, 适用于配筋量不足的受弯、受拉构件加固, 特别是简支梁板及无障碍的连续梁板加固。对于设计使用年限较长 (≥50 年) 的

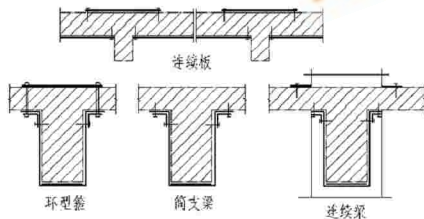


图 2.6.1 外贴纤维复合材料法

新建工程外贴纤维复合材料法加固, 应有可靠的防腐和附加锚固措施; 对于框架结构加固, 应有可靠的锚固和节点构造措施。外贴纤维复合材料法加固限定的环境温度应 ≤ 60℃, 相对湿度应 ≤ 70%。对于高温、高温及存在有害介质环境, 以及直接暴露于阳光下的室外条件, 应采用特种胶, 且有专门的防护措施。

### 2.6.2 方法要点

外贴纤维复合材料加固梁板, 受弯承载力提高幅度不宜过大, 一般以不超过 30% 为宜, 且应避免出现强弯弱剪现象。对于简支梁板及连续梁板正弯矩区受弯加固, 纤维片材应沿底面齐支座边沿通长粘贴。对于连续梁板负弯矩区受弯加固, 纤维片材应根据弯矩包络图布置, 其延伸长度  $l$  的截断点应位于正弯矩区, 且距正负弯矩转换点距离不小于  $1m$ ; 边缘  $l$  可弯折向下粘贴于垂直方向的边梁侧面。对于现浇楼盖框架梁负弯矩受弯加固, 纤维片材可齐柱边布置在梁有效翼缘 ( $4h_f$ ) 内。

梁柱斜截面受剪加固, 重要结构应采用环形箍, 一般结构可采用加锚 U 形箍。箍的净距应不大于 GB50010 规定的最大箍筋间距的 0.7 倍, 且不大于梁高的 0.25 倍。T 形梁环形箍是由 “U 型纤维箍 + 薄壁短角钢压结条 + 穿板螺栓 + 扁钢” 组合而成; 加锚 U 型箍是于 U 型纤维箍端部加锚, 锚是用薄壁短角钢压结条, 以射钉锚固于梁板交接角部。

轴心受压柱当采用沿其全长无间隔地环向连续缠绕粘贴纤维织物方法提高混凝土抗压强度时, 或间隔缠绕作为附加箍筋提高构件延性时, 纤维层数, 对于圆形柱截面应不少于 2 层, 对于方形和矩形截面柱

| 加固方法<br>及相关技术 | 外贴纤维复合材料法 (一) |       |        |     | 图集号   |
|---------------|---------------|-------|--------|-----|-------|
| 审核 陶学康        | 陶学康           | 校对 陈瑞 | 设计 万墨林 | 万墨林 | 页 2-6 |

应不小于3层,数层宜一次连续绕粘贴结而成,中间不宜断开,最后环向收头搭接长度应不小于200mm。

## 2.6.3 构造措施

纤维复合材料加固基材混凝土强度等级不应低于C15。碳纤维复合材料基本性能要求及设计指标应符合表2.6.3-1规定;玻璃纤维复合材料基本性能要求及设计指标应符合表2.6.3-2规定。浸渍/粘接用的胶粘剂基本性能指标应符合表2.6.3-3规定,底涂和修补用的胶粘剂主要性能指标应符合表2.6.3-4和表2.6.3-5规定。

表2.6.3-1 碳纤维复合材料基本性能及质量要求

| 项目 \ 类别                          |              | 单向织物(布)     |             | 条形板     |          | L形板     |
|----------------------------------|--------------|-------------|-------------|---------|----------|---------|
|                                  |              | 高强度 I 级     | 高强度 II 级    | 高强度 I 级 | 高强度 II 级 | 高强度 I 级 |
| 抗拉强度 (Mpa)                       | 平均值 $f_{cm}$ | >4000       | >3600       | >2900   | >2400    | >2400   |
|                                  | 标准值 $f_{st}$ | >3400       | >3000       | >2400   | >2000    | >2000   |
|                                  | 设计值 $f_d$    | 重要构件        | 1600        | 1400    | 1150     | 1000    |
|                                  | 设计值 $f_d$    | 一般构件        | 2300        | 2000    | 1600     | 1400    |
| 弹性模量 $E_t$ (10 <sup>3</sup> Mpa) | 平均值          | >2.4        | >2.1        | >1.6    | >1.4     | >1.4    |
|                                  | 设计值          | 2.3         | 2.0         | 1.6     | 1.4      | 1.4     |
| 伸长率 (%)                          |              | >1.7        | >1.5        | >1.7    | >1.5     | >1.5    |
| 拉应变设计值 $\varepsilon_d$           | 重要构件         | 0.007       | 0.007       | 0.007   | 0.007    | 0.007   |
|                                  | 一般构件         | 0.01        | 0.01        | 0.01    | 0.01     | 0.01    |
| 弯曲强度 $f_b$ (Mpa)                 |              | >700        | >600        | —       | —        | —       |
| 层间剪切强度 (Mpa)                     |              | >45         | >35         | >50     | >40      | >40     |
| 纤维体积含量 (%)                       |              | —           | —           | >65     | >55      | >55     |
| 单位面积质量 (g/m <sup>2</sup> )       |              | 200、250、300 | 200、250、300 | —       | —        | —       |

注: 静贴条件下纤维复合材料与混凝土正拉粘结强度应>2.5MPa,且为混凝土内聚破坏。

纤维复合材料的布置与构造应避免结合面剥离破坏,胶层只传递剪

表2.6.3-2 玻璃纤维复合材料基本性能及质量要求

| 项目 \ 类别                      |           | S玻璃纤维   | E玻璃纤维   |
|------------------------------|-----------|---------|---------|
| 抗拉强度 (Mpa)                   | 标准值 $f_b$ | >2200   | >1500   |
|                              | 设计值 $f_d$ | 重要结构    | 350     |
|                              | 设计值 $f_d$ | 一般结构    | 500     |
| 受拉弹性模量 (10 <sup>3</sup> Mpa) | 平均值       | >1.0    | >0.72   |
|                              | 设计值 $E_d$ | 0.7     | 0.5     |
| 伸长率 (%)                      |           | >2.5    | >2.0    |
| 弯曲强度 (MPa)                   |           | >600    | >500    |
| 拉应变设计值 $\varepsilon_d$       | 重要结构      | 0.007   | 0.007   |
|                              | 一般结构      | 0.01    | 0.01    |
| 单位面积质量 (g/m <sup>2</sup> )   |           | 300~450 | 300~450 |
| 层间剪切强度 (MPa)                 |           | >40     | >35     |

注: 静贴条件下纤维复合材料与混凝土正拉粘结强度应>2.5MPa,且为混凝土内聚破坏。

力,结合而不出现法向拉应力,纤维片只承担拉应力。对此,可采用“射钉+压结钢板”对纤维片端部、支座边缘、集中荷载处及搭接等部位进行压结和附加锚固。对于重要构件,中部亦宜设置压结片,间距@600~900。压结片一般采用2~3mm薄钢板,宽20mm。压结片在构件角部,则改为薄壁短角钢压条,规格为L(50~75)×(3~5)。压结片、压结条与纤维片压结面应涂胶。射钉直径3~5mm,数量视所传递的剪力大小而定,作为构造,间距可取@100~200,但每压结片和压结条至少2个。

纤维复合片材应有可靠锚固,片材从充分利用截面到截断位置的胶结锚固长度,即纤维复合材料粘结延伸长度应> $l_e$ , $l_e$ 按式(2.6.3)计算。当锚固长度< $l_e$ 时,可采用“射钉+压结片”进行辅助锚固。但对于框架

| 加固方法及<br>相关技术 | 外贴纤维复合材料法(二) |      |       |     | 图集号 |
|---------------|--------------|------|-------|-----|-----|
| 审核陶学康         | 陶学康          | 校对陈雄 | 设计万墨林 | 万墨林 | 2-7 |

梁端承担正负弯矩的纤维复合材料锚固,则应采用“角钢压结条+封闭钢板箍+穿孔高强螺栓或植筋”方法锚固于柱,高强螺栓的锚固拉力 $N_{nd}$ 应大于等于纤维复合材料的抗拉承载力 $N_{ndc}$ ,即 $N_{nd} \geq N_{ndc}$ 。

表 2.6.3-3 纤维复合材料浸渍/粘接用胶粘剂基本性能

| 性能项目 |                              |     | 性能要求             |             | 试验方法<br>标准  |
|------|------------------------------|-----|------------------|-------------|-------------|
|      |                              |     | A级胶              | B级胶         |             |
| 胶体性能 | 抗拉强度 (Mpa)                   |     | ≥ 40 (30)        | ≥ 30        | GB/T2568    |
|      | 受拉弹性模量 (10 <sup>3</sup> Mpa) |     | ≥ 2.5 (3.0)      | ≥ 1.5 (3.0) |             |
|      | 伸长率 (%)                      |     | ≥ 1.5 (1.2)      |             |             |
|      | 弯曲强度 (Mpa)                   |     | ≥ 50             | ≥ 40        | GB/T2570    |
|      |                              |     | 且不得呈脆性(碎裂状)破坏    |             |             |
|      | 抗压强度 (Mpa)                   |     | ≥ 70             |             | GB/T2569    |
| 粘接能力 | 钢-钢拉伸抗剪强度 (Mpa)              | 平均值 | ≥ 20             | ≥ 15        | GB/T7124    |
|      |                              | 标准值 | ≥ 14             | ≥ 10        |             |
|      | 铜-钢不均匀扯离强度 (kN/m)            |     | ≥ 20             | ≥ 15 (18)   | GBJ94       |
|      | 与混凝土的正拉粘接强度 (Mpa)            |     | ≥ 2.5, 且为混凝土内聚破坏 |             | —           |
| 工艺要求 | 混合后初粘度 (23℃时) (mPa·s)        |     | 3000 ~ 10000     |             | GB/T12007.4 |
|      | 施工环境温度 (℃)                   |     | 5 ~ 35           |             | —           |
|      | 可操作时间 (25℃时) (min)           |     | ≥ 60             |             | —           |
|      | 挥发物含量 (%)                    |     | ≤ 1              |             | GB/T2793    |

注: 1) 表中胶体性能指标括号内的数值用于检验该纤维增强型板用的胶粘剂;  
2) 当该预成型板为仰面施工而粘贴时, 胶粘剂的下垂度 (40℃时) 应不大于3mm.

$$l_e = \frac{\psi_c f_t A_f}{f_{tv} b_f} + 200 \quad (2.6.3)$$

式中  $l_e$ —纤维复合材料粘贴延伸长度 (mm);

$f_f$ —纤维复合材料抗拉强度设计值;

$f_{tv}$ —纤维与混凝土结合面间的粘结强度设计值,  $f_{tv} = 0.4 f_t$ , 且  $0.4 \text{ Mpa} \leq f_{tv} \leq 0.7 \text{ Mpa}$ ,  $f_t$  为混凝土抗拉强度设计值, 按GB50010规定采用;

$A_f$ —纤维复合材料截面面积;

$b_f$ —纤维复合材料的宽度;

$\psi_c$ —修正系数, 对于重要构件, 取  $\psi_c = 1.45$ , 对于一般构件, 取  $\psi_c = 1.0$ ;

表 2.6.3-4 底胶的安全性能指标

| 性能项目                  | 性能要求                      | 试验方法标准      |
|-----------------------|---------------------------|-------------|
| 混合后初粘度 (23℃时) (mPa·s) | $\leq 6000$               | GB/T12007.4 |
| 胶体抗拉强度 (Mpa)          | $\geq 30$                 | GB/T2568    |
| 铜-钢拉伸抗剪强度标准值 (Mpa)    | A级 $\geq 14$ B级 $\geq 10$ | GB/T7124    |
| 铜-混凝土粘接正拉强度 (Mpa)     | $\geq 2.5$ , 且为混凝土内聚破坏    | —           |
| 可操作时间 (25℃时) (min)    | 60~120                    | GB/T14683   |
| 挥发物含量 (%)             | $\leq 1$                  | GB/T2793    |

表 2.6.3-5 修补胶的安全性能指标

| 性能项目              | 性能要求                      | 试验方法标准   |
|-------------------|---------------------------|----------|
| 胶体抗拉强度            | $\geq 30$                 | GB/T2568 |
| 胶体抗弯强度            | $\geq 40$ , 且不得呈脆性(碎裂状)破坏 | GB/T2569 |
| 铜-混凝土粘接正拉强度 (Mpa) | $\geq 2.5$ , 且为混凝土内聚破坏    | —        |

| 加固方法及<br>相关技术                  | 外贴纤维复合材料法(三) | 图集号 |     |
|--------------------------------|--------------|-----|-----|
| 清华大学<br>陶思康 校核: 陈瑜 设计: 万墨林 万墨林 |              | 页   | 2-8 |

## 2.7 绕丝加固法

### 2.7.1 特点及适用范围

通过缠绕钢丝及各种纤维丝(碳纤维、玻璃纤维等)使被加固构件混凝土受到约束,而提高其结构位移延性、轴压承载力及受剪承载力的加固方法称为绕丝加固法(图2.7.1)。优点是不改变构件外形和使用空间;缺点是非圆形构件作用不大。适用于混凝土强度等级在C10~C50间的受压构件因正截面受压承载力不足、斜截面受剪承载力不足或结构延性不满足要求的圆形、方形或矩形构件加固。

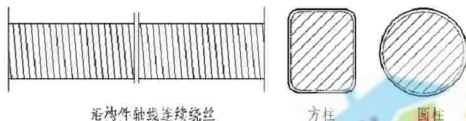


图2.7.1 绕丝加固法

### 2.7.2 方法要点

绕丝加固法以圆形、方形截面构件较好,矩形截面构件要求 $h/b \leq 1.5$ ,  $h$ 为截面边长,  $b$ 为截面边宽。

绕丝用的钢丝,应为 $\Phi 4$ 冷拔钢丝,并经退火处理。绕丝用的碳纤维布及玻璃纤维布,其性能指标应满足表2.6.3-1、表2.6.3-2有关规定;浸渍/粘接用胶应满足表2.6.3-3规定,底涂和修补用胶应满足表2.6.3-4和表2.6.3-5相关规定;环向围束的纤维层数,对于圆形应 $\geq 2$ 层,对于方形和矩形应 $\geq 3$ 层。

绕丝加固构件,当为方形和矩形时,应进行圆角处理,圆角半径,对于钢丝 $r \geq 30\text{mm}$ ,对于碳纤维 $r \geq 25\text{mm}$ ,对于玻璃纤维 $r \geq 20\text{mm}$ 。

钢丝绕丝的问题,对于重要构件,应不大于 $15\text{mm}$ ;对于一般构件,应不大于 $30\text{mm}$ 。钢丝两端应与原构件主筋焊接收头,当钢丝局部未绷紧时,应加钢楔楔紧。

纤维绕丝指在提高混凝土强度和结构延性时,应沿构件全长无间隔地环向连续缠绕粘贴;若指在作为附加箍筋提高截面的抗剪能力时,应按2.6有关规定进行。

## 2.8 预应力加固法

### 2.8.1 特点及适用范围

预应力加固法又称体外预应力法,是采用预应力钢拉杆或预应力型钢撑杆对结构构件或总体进行加固的方法(图2.8.1)。优点是后加部分一拉杆或撑杆与原结构的应力应变滞后现象得以完全消除,原结构构件内力可相应降低,原结构变形有一定减小,原结构裂缝有一定程度闭合。缺点是裸露预应力钢件需采取有效防腐防火措施。

预应力拉杆加固主要用于大跨度梁、长板、框架、桁架、刚架、网架及大偏心受压构件。预应力撑杆加固主要用于轴心受压柱、小偏心受压柱,以及混凝土强度偏低或受压钢筋配筋量不足的弯矩不变号的大偏心受压柱受压侧加固。

| 加固方法<br>及相关技术 | 绕丝加固法、预应力加固法(一) |       |        |     | 图集号   |
|---------------|-----------------|-------|--------|-----|-------|
| 审核 陶学康        | 陶学康             | 校对 陈瑜 | 设计 万墨林 | 万墨林 | 页 2-9 |

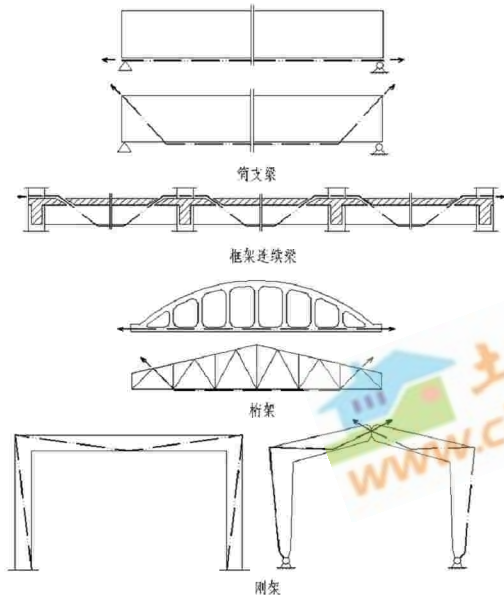


图2.8.1 预应力加固法

## 2.8.2 方法要求

预应力拉杆的布置应与结构的受力相应，即预应力所产生的结构内

力与外荷载产生的内力应相反、相互抵消。对于简支梁、板正截面受弯承载力不足时，应采用水平拉杆，布置于梁板底面；若斜截面受剪承载力也不足时，应采用下撑式（又称折线式）拉杆。对于连续梁（板）、框架梁、框架柱、门式刚架、三铰拱网架等，拉杆的布置一般是与外荷载弯矩图相应，采用连续折线式布置，这样，弯矩和剪力均会减小，相应，构件正截面受弯承载力和斜截面受剪承载力均可得以提高。对于桁架、网架等空间杆件结构，拉杆一般是顺拉力最大的杆件或承载力严重不足的受拉杆件方向布置。

预应力撑杆的布置，对于轴心受压柱、小偏心受压柱，以及轴压比超标的框架柱，应双面双向布置；对于弯矩不变号的大偏心受压柱受压侧加固，则可以单面布置于受压一侧。

拉杆预应力的建立，当拉杆为普通热轧钢筋，规格为 $2\phi 12 \sim 2\phi 25$ 时，可采用横向张拉及竖向张拉等方法，拉杆与锚板可焊接连接；当构件跨度较大，钢筋 $>2\phi 25$ 时，为便于拉杆的调直和就位，拉杆与锚板不宜直接焊接，应采用螺栓连接；张拉工艺可为横向张拉、竖向张拉、电热张拉及机械张拉。热轧钢筋用作预应力拉杆时，应先经冷拉，冷拉应力为 $0.85f_{yk} \sim 0.9f_{yk}$ 。对于大跨结构，当采用钢绞线、高强钢筋或高强钢丝时，应采用千斤顶机械张拉，并用锚夹具对拉杆进行锚固。撑杆预应力的建立有两种方法，一是楔紧法，二是横向张拉法。预应力拉杆、预应力撑杆的张拉控制应力 $\sigma_k$ 应满足表2.8.2规定。

| 加固方法<br>及相关技术 | 预应力加固法（二） |       |        |     | 图集号    |
|---------------|-----------|-------|--------|-----|--------|
| 审核 陶宇康        | 陶宇康       | 校对 陈瑜 | 设计 万磊松 | 万磊林 | 页 2-10 |



表 2.8.2

张拉控制应力值 $\sigma_k$ 

| 张拉控制应力<br>类型 | 拉杆           |               | 撑杆             |
|--------------|--------------|---------------|----------------|
|              | 热轧钢筋         | 钢丝束、冷拉钢筋、高强钢丝 | Q235、Q345、Q390 |
| 最大值          | $0.9 f_{yk}$ | $0.6 f_{pk}$  | $0.6 f'_{yk}$  |
| 最小值          | $0.5 f_{yk}$ | $0.4 f_{pk}$  | $0.3 f'_{yk}$  |

注：当要求部分抵消由于应力松弛、摩擦及分批张拉等的预应力损失时，上述张拉控制应力值可提高 $0.05 f_{yk}$ 、 $0.05 f_{pk}$ 和 $0.05 f'_{yk}$ 。

### 2.8.3 构造措施

预应力拉杆及撑杆端部应有可靠的锚固，锚固承载力必须大于等于拉杆或撑杆本身的承载力。对于拉杆与锚板采用焊接或栓接情况，锚板是采用“后锚固技术”后设；亦可利用原有预埋件作锚板，但位置要合适，锚固承载力应足够。锚板的形式应与构件锚固区情况相适应；对于一般梁、板及桁架，有钢靴、钢套及钢板箍等作法；对于框架梁，可采用型钢套箍或穿孔螺栓+垫板等作法。对于采用预应力锚夹具锚固及机械张拉情况，应后设张拉锚固块；锚固块设于构件顶端时，一般用一根短型钢横梁即可；设于端侧时，则应作成钢牛腿形式。预应力撑杆主要是传递压力，端部构造较为简单；压力是通过承压角钢传给框架梁柱节点；承压角钢规格不得小于 $L100 \times 75 \times 12$ ，大肢在上，应保证梁根部混凝土不产生局压破坏；承压角钢采用结构胶及锚栓粘接锚固于梁柱相交角部。

折线形拉杆的转折点，即支承节点，其构造作法与拉杆类别及数量有关。对于每侧一根的热轧钢筋拉杆，支承节点由钢板和钢筋棒组成；钢板为 $b \times 40 \times 10$ （ $b$ 为构件宽），用结构胶及锚栓锚固于构件；钢筋棒为 $\geq \phi 20$ ，长 $L = b + 2\phi + 40$ ，焊于钢板。对于绞线、高强钢筋及

高强钢丝拉杆，转折角度不应太大，且不能转死弯。支承节点由集成短管和U型钢垫板组成。每根拉杆以集成弧形短管为支承，且彼此分隔开。集成弧形管焊于U型钢垫板侧面。U型钢垫板用结构胶和锚栓锚固于构件底面和侧面。

## 2.9 增设支点加固

### 2.9.1 特点及适用范围

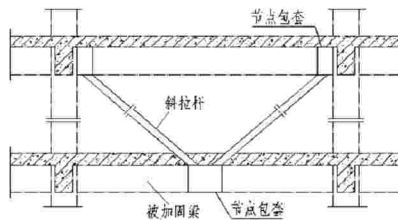
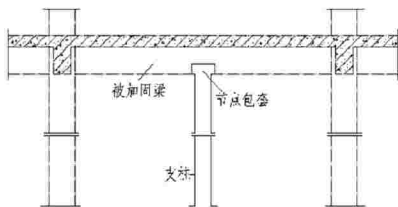
增设支点加固法是用增设支承点来减小结构计算跨度，达到减小结构内力及相应提高结构承载力的加固方法（图2.9.1）。优点是受力明确，简便可靠，且易拆卸、复原，具有文物和历史建筑加固要求的可逆性。缺点是显著影响使用空间。适用于对使用空间和外观效果要求不高的梁、板、桁架、网架等水平结构加固，特别是危险性工程的临时支顶加固。

### 2.9.2 方法要点

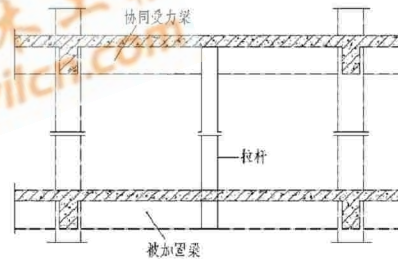
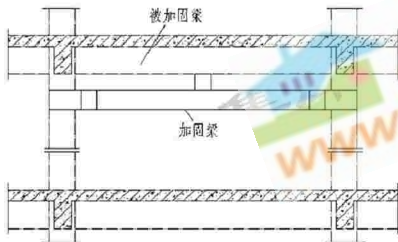
增设支点加固法按支承结构的受力性质分为刚性支点加固及弹性支点加固。刚性支点加固，支承结构变形很小，相对于被加固结构的变形可以忽略不计，可简化按不动支点考虑，结构受力明确，内力计算大为简化；弹性支点加固，支承结构与被支承结构的变形属同一数量级，应按可动支点—弹性支点分析，内力计算较为复杂，承载力提高不如刚性支大，但弹性支点加固对结构的使用空间影响较小。

为降低原结构应力应变水平，充分发挥支承结构潜力及提高结构加固效果，增设支点加固时，一般都要辅助于预加支承力，尤其是

| 加固方法<br>及相关技术 | 预应力加固法(三)、增设支点加固法(一) |       |        |     | 图集号    |
|---------------|----------------------|-------|--------|-----|--------|
| 审核 陶学廉        | 陶学廉                  | 校对 陈瑜 | 设计 万墨林 | 万墨林 | 页 2-11 |



a) 刚性支点



b) 弹性支点

图2.9.1 增设支点加固法

| 加固方法<br>及相关技术 | 增设支点加固法(二) |            | 图集号    |
|---------------|------------|------------|--------|
| 审核 陶学康        | 校对 陈瑜      | 设计 万磊林 万磊林 | 页 2-12 |

弹性支点加固。预加支承力有千斤顶施加和楔顶施加两种方法,预加力的大小,以被加固结构表面不出现裂缝为度。

### 2.9.3 构造措施

增设支点加固法,对支承结构与被加固结构在支承点的连接及支承结构另端的固定,应根据支承结构的类型及受力性质的不同,分别采用锚栓连接、植筋连接、钢套连接及钢筋箍连接等方法。对于受压钢文承,采用锚栓连接最为简单;对于受拉文承,采用钢板套箍及化学植筋较为有效。当被连接的构件截面较小时,亦可采用U形或L形连接筋连接,连接筋应卡住整个截面,再与支承构件预留伸出筋焊接,U形、L形连接筋尚应与被连接构件的钢筋点焊连接,不能浮程。对于混凝土支承结构节点,支承件与被支承件间空隙应用膨胀细石混凝土充填,强度等级应 $\geq C30$ ;一般外露钢筋,应用高强树脂砂浆抹面。

## 2.10 新增剪力墙及支撑体系加固法

### 2.10.1 特点及适用范围

该加固方法是用新增剪力墙及抗侧力支撑体系,来调整结构平面布局,以满足现行相关规范及标准规定的加固方法。优点是能大幅度提高结构整体性和抗震能力。缺点是新旧结构存在差异沉降。适用于因概念设计不合理、不规范的高层建筑及工业厂房建筑结构加固及抗震加固(图2.10.1)。

### 2.10.2 方法要点

框架结构既有建筑,当房屋高度超过GB50011适用最大高度限值,或结构抗震能力严重不足,用单纯的构件加固已无法满足要求时,框一剪结构和板柱一抗震墙结构既有建筑,当抗震墙间的楼盖、屋盖长宽

比超过GB50011作为刚性楼盖规定时,均应设置或增设新的剪力墙(抗震墙),以满足抗震设防相关规定。

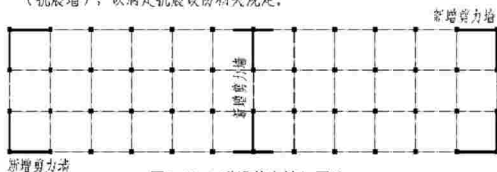


图2.10.1 增设剪力墙加固法

新增剪力墙的布置应规则、对称,截面尺寸及材料强度自下而上宜逐渐减小,避免突变。剪力墙的厚度应 $\geq 140\text{mm}$ ,混凝土强度等级 $\geq C20$ ,配筋应满足GB50010相关规定。新增剪力墙应设基础,应考虑新旧地基土未经压实和已经压实差异对新旧结构所产生的变形协调问题,作为简化处理,新增剪力墙地基承载力应乘以0.85~0.9降低系数。新增剪力墙与原结构应有可靠连接。

单层工业厂房一般为排架结构。无剪力墙(抗震墙),支撑体系起作用类似剪力墙的作用,特别是有抗震设防要求时,必不可少。既有单层工业厂房,当未按GB50011规定设置柱间支撑及屋盖支撑时,应按本图集补设或完善其支撑体系。

一般情况下,柱间支撑应布置在厂房单元中部,上下柱同时设置;有吊车或8度和9度时,单元两端宜增设上柱支撑;厂房单元较长或8度Ⅲ类、Ⅳ类场地和9度时,可在单元中部1/3区段内设两道支撑。柱间

| 加固方法<br>及相关技术 | 新增剪力墙及支撑体系加固法(一) |    |    |    | 网架号  |
|---------------|------------------|----|----|----|------|
| 官溪陶学康         | 陶学康              | 校核 | 陈瑞 | 设计 | 万墨林  |
|               |                  |    |    |    | 万墨林  |
|               |                  |    |    |    | 页    |
|               |                  |    |    |    | 2-13 |



支撑应采用型钢，支撑形式宜采用交叉式，水平夹角不宜大于 $55^{\circ}$ 。

屋盖支撑分有檩和无檩情况，其布置应满足表2.10.2-1、表2.10.2-2和表2.10.2-3有关规定。屋盖支撑杆件宜采用型钢。

表2.10.2-1 有檩屋盖的支撑布置

| 支撑名称  |        | 烈度                                                     |                                                            |                     |  |
|-------|--------|--------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------|---------------------|--|
|       |        | 6、7                                                    | 8                                                          | 9                   |  |
| 屋架支撑  | 上弦横向支撑 | 厂房单元端开间及厂房单元长度大于66m的柱间支撑开间各设一道；<br>天窗开间范围的端部各增设局部的支撑一道 | 厂房单元端开间及厂房单元长度大于42m的柱间支撑开间各设一道；<br>天窗开间范围的端部各增设局部的上弦横向支撑一道 |                     |  |
|       | 下弦横向支撑 | 同非抗震设计                                                 |                                                            |                     |  |
|       | 跨中竖向支撑 |                                                        |                                                            |                     |  |
|       | 端部竖向支撑 | 屋架端部高度大于900mm时，厂房单元端开间及柱间支撑开间各设一道                      |                                                            |                     |  |
| 天窗架支撑 | 上弦横向支撑 | 厂房单元天窗端开间各设一道                                          | 厂房单元天窗端开间及每隔30m各设一道                                        | 厂房单元天窗端开间及每隔18m各设一道 |  |
|       | 两侧竖向支撑 | 厂房单元天窗端开间及每隔36m各设一道                                    |                                                            |                     |  |

表2.10.2-3 中间井式天窗无檩屋盖支撑布置

| 支撑名称     |                        | 6、7度                     | 8度                  | 9度                  |
|----------|------------------------|--------------------------|---------------------|---------------------|
| 上弦横向支撑   |                        | 厂房单元端开间各设一道              | 厂房单元端开间及柱间支撑开间各设一道  |                     |
| 下弦横向支撑   |                        |                          |                     |                     |
| 上弦通长水平系杆 |                        | 天窗范围内屋架跨中上弦节点处设置         |                     |                     |
| 下弦通长水平系杆 |                        | 天窗两侧及天窗范围内屋架上弦节点处设置      |                     |                     |
| 跨中竖向支撑   |                        | 有上弦横向支撑开间设置，位置与下弦通长系杆相对应 |                     |                     |
| 两坡竖向支撑   | 屋架端部高度 $<900\text{mm}$ | 同非抗震设计                   |                     | 有上弦横向支撑开间，且间距不大于48m |
|          | 屋架端部高度 $>900\text{mm}$ |                          |                     | 有上弦横向支撑开间，且间距不大于48m |
|          |                        | 厂房单元端开间各设一道              | 有上弦横向支撑开间，且间距不大于48m | 有上弦横向支撑开间，且间距不大于30m |

表2.10.2-2

无檩屋盖的支撑布置

| 支 撑 名 称          |              | 烈 度                                                    |                                                                          |                                                                          |
|------------------|--------------|--------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------|
|                  |              | 6、7                                                    | 8                                                                        | 9                                                                        |
| 屋<br>架<br>支<br>撑 | 上弦横向支撑       | 屋架跨度小于18m<br>时可非抗震设计，<br>跨度不小于18m时<br>在厂房单元端开间<br>各设一道 | 厂房单元端开间及柱间支撑开间各设<br>一道，天窗开间范围的端部各增设局部<br>的支撑一道                           |                                                                          |
|                  | 上弦通长<br>水平系杆 | 同非抗震设计                                                 | 非屋架跨度不大于<br>15m设一道，但装配<br>整体式屋盖可不设；<br>围护墙在屋架上弦<br>高度有现浇圈梁时，<br>其端部处可不另设 | 非屋架跨度不大于<br>12m设一道，但装配<br>整体式屋盖可不设；<br>围护墙在屋架上弦<br>高度有现浇圈梁时，<br>其端部处可不另设 |
|                  | 下弦横向支撑       |                                                        | 同非抗震设计                                                                   |                                                                          |
|                  | 跨中竖向支撑       | 同上弦横向支撑                                                |                                                                          |                                                                          |
|                  | 两坡及六文<br>支撑  | 屋架端部高<br>度 $\leq 900\text{mm}$                         | 厂房单元端开间各<br>设一道                                                          | 厂房单元端开间及<br>每隔48m各设一道                                                    |
|                  |              | 屋架端部高<br>度 $>900\text{mm}$                             | 厂房单元端开间<br>各设一道                                                          | 厂房单元端开间及<br>柱间支撑开间及每隔<br>30m各设一道                                         |
| 天窗架侧<br>竖向支撑     |              | 厂房单元天窗端<br>开间及每隔30m各<br>设一道                            | 厂房单元天窗端<br>开间及每隔24m各<br>设一道                                              | 厂房单元天窗端<br>开间及每隔18m各<br>设一道                                              |
| 上弦横向支撑           |              | 同非抗震设计                                                 | 天窗跨度 $>9\text{m}$ 时，<br>厂房单元天窗端开<br>间及柱间支撑开间<br>各设一道                     | 厂房单元端开间<br>及柱间支撑开间各<br>设一道                                               |

|           |                  |    |    |         |
|-----------|------------------|----|----|---------|
| 加固方法及关键技术 | 新增剪力墙及支撑体系加固法（二） |    |    | 图集号     |
| 审核陶学康     | 陶学康 校对           | 陈琼 | 设计 | 万墨林 万墨林 |
|           |                  |    |    | 页       |
|           |                  |    |    | 2-14    |

## 2.11 增设拉结连系加固法

### 2.11.1 特点及适用范围

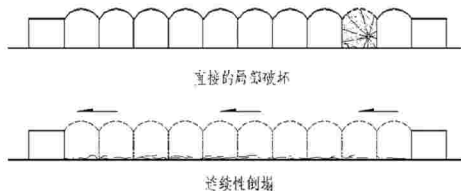
对于某些静定结构或超静定性较低的结构,特别是仅靠重力摩擦搭砌起来的全装配式大板结构,在偶然事故下,会因个别构件的失效,而导致相关构件一个接着一个的失效,乃至整幢房屋的倒塌,这种多米诺骨牌式的倒塌现象称为连续倒塌(图2.11.1-1)。对于全装配式结构房屋周边,纵向、横向及竖向增设相应的拉结连系,以增强结构的整体性和超静定性,达到防止房屋连续性倒塌的目的,称为增设拉结连系加固法(图2.11.1-2)。适用于各种全装配式结构,包括无筋砌体结构。

### 2.11.2 方法要点

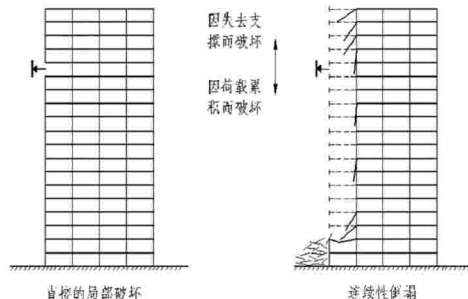
增设拉结连系加固法又称替代通路法,即在偶发事故个别构件破坏情况下,由未破坏的结构中立即形成一条新的替代荷载(内力)传递通路,使本以该失效构件为支承的上部构件,改经替代通路传递荷载。能否形成有效的替代通路?关键是接缝中出现的拉力由谁来承担?增设拉结连系对症下药地解决了这一问题。

装配式大板结构应增设的拉结连系主要有竖向连系、周边连系、横向连系与纵向连系(图2.11.1-2a);装配式框架结构应增设的拉结连系有内部楼板连系、周边楼板连系、楼板与墙连系、内部梁连系、周边梁连系、角柱连系、边栏连系、柱竖向连系及墙竖向连系等(图2.11.1-2b)。

两种结构周边连系 $P$ 的作用及构造基本相同,主要功能是建立必



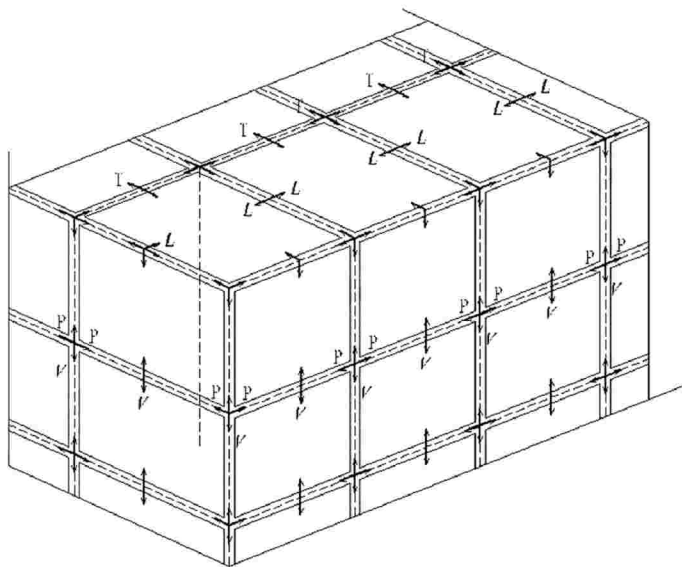
(a) 多跨砖拱结构沿水平方向的连续倒塌



(b) Ronan Point大板结构沿垂直方向的连续倒塌

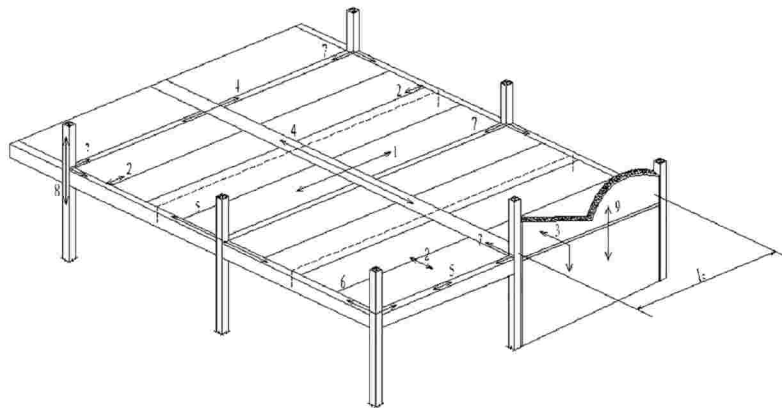
图2.11.1-1 建筑结构连续倒塌示意

| 加固方法<br>及相关技术 | 增设拉结连系加固法(一) |       |        |     | 图集号    |
|---------------|--------------|-------|--------|-----|--------|
| 审核 陶学康        | 陶学康          | 校对 陈瑜 | 设计 万墨林 | 万墨林 | 页 2-15 |



$L$ —纵向连系       $P$ —周边连系       $T$ —横向连系       $V$ —竖向连系

a) 大板结构



- 1 内部楼板连系    2 周边楼板连系    3 楼板与墙连系    4 内部梁连系  
5 周边梁连系    6 角柱连系    7 边柱连系    8 柱竖向连系    9 墙竖向连系

b) 框架结构

图2.11.1-2 增设拉结连系加固法

|               |                        |       |        |     |     |      |
|---------------|------------------------|-------|--------|-----|-----|------|
| 加固方法<br>及相关技术 | 增设拉结连系加固法(二) 裂缝修补技术(一) |       |        |     | 图集号 |      |
| 审核 陶学豪        | 陶学豪                    | 校对 陈瑜 | 设计 万墨林 | 万墨林 | 页   | 2-16 |

要的楼隔板作用,以承受各种水平荷载、扭转和不均匀荷载,并用以  
 锚固纵向连系、横向连系(内部连系)和竖向连系;当转角支承失效时,  
 有助于楼板产生薄膜作用。周边连系设于各层楼面和屋面结构周边,  
 与周边圈梁合而为一。

大板结构竖向连系 $V$ 及框架结构墙竖向连系的主要功能是对悬臂  
 机构起平衡作用,阻止机构的总体倾覆;对失效墙体起悬挂作用,阻  
 止墙板侧向抛出,避免碎片荷载累积于下层结构;并以“剪切-摩擦”  
 方式抵抗水平剪力,确保水平接缝的夹紧和锚接作用。竖向连系应从  
 基础贯穿建筑物全高,并层层锚固在圈梁。在地震区,竖向连系一般  
 由抗震设计的配置于构造柱中的竖向钢筋( $>4\phi 12$ )及水平缝中的竖  
 向锚拉筋兼任。框架结构柱竖向连系主要功能是保证柱在接头处的连  
 续性,承受作用在失效柱上的楼层荷载。

大板结构横向连系 $T$ 与纵向连系 $L$ 及框架结构内部梁连系的功能  
 是确保形成悬臂机制或悬墙机制或托架机制,对于大板结构四边入墙  
 的大楼板本身,能促使产生薄膜作用,对于小块楼板及框架结构内部  
 楼板连系,则促使产生悬链作用和悬挂作用。横向连系、纵向连系及  
 内部纵横梁连系设在楼层与屋盖平面,大板结构沿纵横墙及楼板接缝  
 布置,框架结构顺纵横框架梁布置。纵横系杆,包括纵、横圈梁纵筋,  
 楼板间的纵横拉结筋,墙板上下纵横水平拉结筋等,必须贯通建筑全  
 宽、全长,并与周边圈梁结为一体。

## 2.12 裂缝修补技术

修复因结构开裂所降低的使用功能,如耐久性、防水性及美观等。  
 包括裂缝成因分析、危害性评定、方法选择及工艺要点等。

### 2.12.1 裂缝成因分析

裂缝成因分析目的是弄清裂缝原因,主要包括宏观责任分析、裂  
 缝产生的时间过程分析及裂缝形态分析。宏观责任分析主要是分析原  
 材料供应及质量状况、设计质量、施工质量以及使用管理情况。裂缝  
 产生的时间过程分析,主要是查裂缝出现的时段,是出现在施工阶段  
 或是使用阶段。施工阶段又分早期、中期、晚期;施工阶段的裂缝应  
 多从施工方法、施工质量及原材料选用上找原因。使用阶段出现的裂  
 缝则较为复杂,设计错误,施工质量低劣,原材料选用不合理,使用  
 管理不当,均可能招致裂缝,应逐项分析。裂缝形态分析是裂缝原因  
 分析最直接的方法,因为裂缝形态与产生原因密不可分,尤其是单因  
 素典型裂缝,形态基本固定不变,如荷载裂缝、地震裂缝、沉降裂缝、  
 温度收缩裂缝、锈蚀裂缝、反复冻融裂缝、混凝土收缩裂缝、火灾裂  
 缝、模板变形裂缝等,一般均可根据裂缝位置、起讫点、走向、形状、  
 宽度、深度、长度、裂缝清晰度、边缘光滑度等形态特征加以区别和  
 判断。

| 加固方法<br>及相关技术 | 增设拉结连系加固法(二) 裂缝修补技术(一) |       |        |     |  | 图案号    |
|---------------|------------------------|-------|--------|-----|--|--------|
| 审核 陶学康        | 陶学康                    | 校对 陈瑜 | 设计 万墨林 | 万墨林 |  | 页 2-17 |

## 2.12.2 裂缝危害性评定

裂缝对混凝土建筑危害主要表现在对结构耐久性和正常使用功能的降低。裂缝的存在及超标会引起钢筋锈蚀,降低结构设计使用年限;裂缝对建筑正常使用功能的影响,主要是降低了结构的防水性能和气密性,影响建筑美观,给人们造成一种不安全的精神压力和心理负担。裂缝危害性大小与裂缝性状、结构功能要求、环境条件及结构抗蚀性有关,主要变量是裂缝宽度,表现在钢筋锈蚀及结构渗漏均随裂缝宽度的增大而加快。从耐久性考虑,钢筋混凝土荷载裂缝最大宽度限值为 $W_{\text{lim}} = 0.2 \sim 0.3\text{mm}$ ,预应力混凝土结构一类环境时为 $W_{\text{lim}} = 0.2\text{mm}$ ,二三类环境为 $W_{\text{lim}} = 0$ ;从防水性考虑, $W_{\text{lim}} = 0.05\text{mm}$ 。

## 2.12.3 裂缝修补方法

混凝土结构裂缝修补方法,主要有表面处理法、灌浆法及填充法等,分别适用于不同情况,应根据裂缝成因、性状、宽度、深度、裂缝是否稳定、钢筋是否锈蚀以及修补目的的不同对症下药。

### 1 表面处理法

表面处理法又称表面封闭法,是采用各种防水材料、合成树脂材料及无机胶凝材料,涂刷于裂缝表面,达到恢复其防水性及耐久性的一种常用裂缝修补方法。该法施工简单,但涂料无法深入到裂缝深部。适用于宽度 $\leq 0.2\text{mm}$ 的微细裂缝修补。基于防渗目的的裂缝修补,应选用极限延伸率较大的弹性材料;基于耐久性目的的裂缝修补,应选用粘结强度较高抗老化性能较好的合成树脂或无机胶凝材料;对于活

动性裂缝修补,除选用弹性材料外尚宜外贴纤维布。

### 2 灌浆法

灌浆法又称注浆法,注入法,注射法及压力注浆法等,是采用各种粘度较小的粘结剂或防水剂灌注到裂缝深部,达到恢复结构整体性、耐久性及防水性的目的。适用于宽度较大( $\geq 0.3\text{mm}$ ),深度较深的裂缝修补,尤其是受力裂缝的修补。灌浆材料选用视修补目的而异,着重承载力和耐久性时,应选用强度高、粘结力强的合成树脂材料,如改性环氧、丙烯酸甲酯、聚酯树脂、聚氨酯等,对于特别宽大的裂缝亦可采用水泥浆材;着重防水性时,应选用延伸率大的和抗渗性能好的材料,如改性丙烯酸酯、水溶性聚氨酯等;活动性裂缝除选用弹性材料外尚应外贴纤维布或外加锚栓钉。可灌性与粘度及压力有关,粘度大所需压力就大,且灌浆时间很长,对于不贯通裂缝,难于将浆液灌注到裂缝深部。粘度与强度往往又相互矛盾。因此,浆液的配置应兼顾可灌性、粘度、压力和强度各方面的要求。

### 3 填充法

填充法又称填充密封法,凿槽法,是沿裂缝将混凝土凿成U形或V型沟槽,然后嵌填各种修补材料,达到恢复结构耐久性、整体性及防水性的目的。适用于数量较少的宽大裂缝( $> 0.5\text{mm}$ )及钢筋锈蚀裂缝修补。填充法凿槽宽度宜 $> 10\text{mm}$ ,槽深应 $\geq 15\text{mm}$ ;活动性裂缝应适当加大;锈蚀裂缝应完全暴露出锈蚀钢筋为止。填充法所用嵌填材料视修补目

| 加固方法<br>及相关技术 | 裂缝修补技术(二) |     |     |    |     |     | 图集号    |
|---------------|-----------|-----|-----|----|-----|-----|--------|
|               | 审核        | 陶学康 | 陶学康 | 校对 | 陈瑜  | 设计  |        |
|               |           |     |     |    | 万墨林 | 万墨林 | 页 2-18 |

的而定,一般采用改性环氧树脂或具有一定延伸率的各种弹性树脂砂浆。对于活动裂缝,尚应沿缝粘贴一层碳纤维布;对于锈蚀裂缝,应先除锈,再涂一层防锈剂,后以防锈树脂砂浆嵌填抹平。

## 2.13 托梁拔柱技术

### 2.13.1 特点及适用范围

托梁拔柱是托屋架拔柱、托梁拆墙及托(框架)梁拔柱的总称,是在不拆或少拆上部结构的情况下实施拆除、更换、接长柱子或墙的一门综合性技术,包括相关结构加固技术、上部结构顶升技术及断柱、拆墙技术等。适用于因使用功能改变及生产工艺更新,要求改变平面布局、增大使用空间的旧房改造及老厂改造。与传统的大掀盖改造相比,托梁拔柱法具有对生产及生活影响较小,改造时间短,费用低等优点,缺点是技术要求较高,安全措施必须周密。

### 2.13.2 方法要点

托梁拔柱按工艺方法的不同分为有支撑托梁拔柱与无支撑托梁拔柱。有支撑托梁拔柱是在待拔柱墙旁边另设临时性支柱(图2.13.2-1),利用此支柱顶升上部结构,制作安装托架或托梁,然后将上部结构支承关系转换于托架或托梁,拆除柱子或墙,施工较为安全,但增设临时支撑结构费用较高。无支撑托梁拔柱不设临时性支撑结构,直接现制安装托架或托梁,待支承关系转换后拆除下部柱或墙。无支撑托梁拔柱较为经济,但技术难度较大。分三种情况:

1) 对于有吊车工业房屋,可利用吊车梁及吊车架顶升上部结构,拆除待拔柱之上柱,制作安装托架或托梁,回放下部结构于托架或托

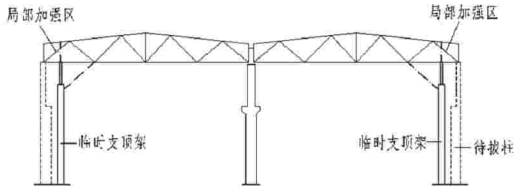


图2.13.2-1 有支撑托梁拔柱示意

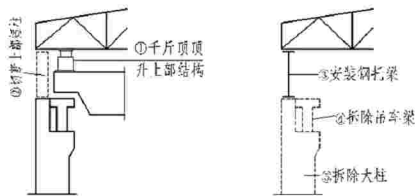


图2.13.2-2 利用吊车梁顶托拔柱程序

梁,拆除待拔柱或墙,其托换程序如图2.13.2-2所示。

2) 对于待拔柱上柱为工字形柱或双肢柱情况,可凿孔制作安装托架,顶升上部结构将支承关系转换于托架,拆除待拔柱下柱(图2.13.2-3)。

3) 对于矩形截面混凝土柱或型钢柱,可于支承柱上柱内外侧设置双托架或双托梁;于待拔柱上柱设临时反牛腿顶升上部结构;待上部结构荷

| 加固方法<br>及相关技术               | 托梁拔柱技术(一) |  |  |  | 图集号    |
|-----------------------------|-----------|--|--|--|--------|
| 审核 陶学康 陶学康 校对 陈瑜 设计 万显林 万显林 |           |  |  |  | 页 2-19 |

截完全转移至托架或托梁后,即下柱不受力时,亦托架或托梁顶面设置永久性支承反牛腿;回油,支承反牛腿受力;确认支承关系完全转换于托架或托梁后,拆除待拔柱下柱(图2.13.2-4)。

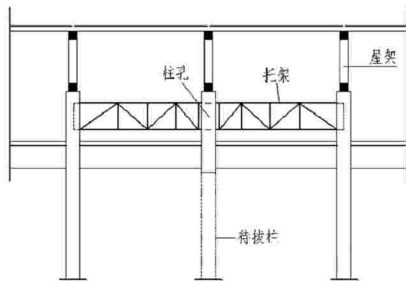


图2.13.2-3 凿孔现制托梁

### 2.13.3 构造措施

托梁拔柱构造设计,先要研究确定拔柱后新的传力路径。对于框、排架结构,待拔柱所受的力是通过新增设的托架或托梁传给相邻旁柱,主要的工作是加固旁柱和地基基础。对于剪力墙结构,待拔墙所受的力一般是通过周边新设闭合框架传给原有地基基础或下层墙体;为不占用或少占用使用空间,闭合框架梁是通过加固上、下层墙体,形

成墙梁;为避免或减轻因拆墙后梁的挠曲变形过大导致上部结构裂缝,上下墙梁一般都配置适当折线形预应力筋,利用其预应力时所产生的反力来部分抵消外荷载在上部墙体中所产生的主拉应力。

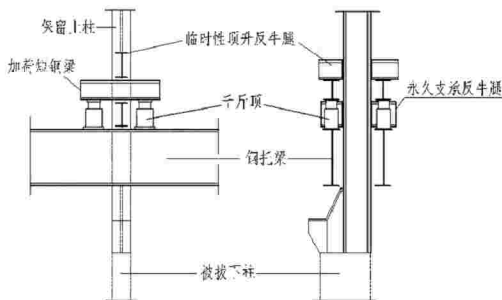


图2.13.2-4 双托梁拔柱

对于框、排架设置托架或托梁情况,托架或托梁两端在旁柱上的支承固定,受拉采用化学植筋,受压采用膨胀型锚栓,受剪采用销钉(筋)。当柱截面较小时,为避免锚固区混凝土基材破坏,整个锚固区应采用封闭式钢板套箍加固,钢板套应与柱主筋焊接。对于托梁拆墙情况,上部受影响出现较大拉应力的墙体,可采用钢筋网夹板墙加固。

| 加固方法<br>及相关技术 | 托梁拔柱技术(二) |     |     |     |     |     | 图集号  |
|---------------|-----------|-----|-----|-----|-----|-----|------|
|               | 编制        | 陶学旗 | 陶学旗 | 校对  | 陈瑞  | 设计  |      |
| 审核            | 陶学旗       | 陶学旗 | 陶学旗 | 陶学旗 | 陶学旗 | 陶学旗 | 页    |
|               |           |     |     |     |     |     | 2-20 |



## 2.14 后锚固技术

### 2.14.1 特点及适用范围

后锚固是在既有工程结构上的锚固,是通过相关技术手段将被连接件连接锚固到已有结构上的技术。相应于传统的预埋件—先锚,后锚固具有设计灵活,施工方便等优点;是房屋装修、设备安装、旧房改造及工程结构加固必不可少的专用技术;缺点是破坏形态多样,工程应用难于掌握。

锚栓是一切后锚固组件的总称,范围很广。按原材料不同分为金属锚栓和非金属锚栓;按锚固机理不同分为膨胀型锚栓、扩孔型锚栓、粘结型锚栓、混凝土螺钉、射钉、混凝土钉等。各类锚栓的适用范围可按表2.14.1采用。

承载锚栓的母体结构材料称为锚固基材。一般情况,材质越坚实、整体性越强、体量越大的基材,其锚固性能越好,反之,材质疏松、整体性差、体量小的基材,锚固性能就越差。基材锚固性能由强到弱的大致排序为:金属→花岗岩→混凝土→轻混凝土→砌体、木材→空心及多孔块材砌体→泡沫混凝土。

### 2.14.2 方法要点

荷载作用下,后锚固连接锚栓钢材破坏、混凝土基材破坏及锚栓拔出破坏等三种破坏模式。钢材破坏分拉断破坏、剪坏及拉剪复合受力破坏。基材破坏分受拉破坏、受剪破坏及拉剪复合受力破坏;而受拉破坏又分受拉锥体破坏和受拉劈裂破坏;受剪破坏又分边缘受剪( $C < 10h_e$ )楔形体破坏和中心受剪( $C \geq 10h_e$ )撬坏。拔出破坏时对于机械

表2.14.1

锚栓适用范围

| 锚栓类型    | 锚栓受力性质及被连接结构类型<br>有无抗震设防要求 | 受拉、边缘受剪、拉剪复合受力  |       | 非结构构件及受压、中心受剪、拉剪复合受力之锚栓构件 |
|---------|----------------------------|-----------------|-------|---------------------------|
|         |                            | 结构构件及生命线工程非结构构件 | 非结构构件 |                           |
| 膨胀型锚栓   | 有                          | ×               | ○     | ○                         |
|         | 无                          | ×               | ○     | ○                         |
| 扩孔型锚栓   | 有                          | ×               | ○     | ○                         |
|         | 无                          | ×△              | ○     | ○                         |
| 粘结型锚栓   | 有                          | ×               | ×     | △                         |
|         | 无                          | ×               | ×△    | ○                         |
| 化学植筋    | 有                          | ○               | ○     | ○                         |
|         | 无                          | ○               | ○     | ○                         |
| 混凝土螺钉   | 有                          | ×               | ○     | ○                         |
|         | 无                          | ×               | ○     | ○                         |
| 射钉及混凝土钉 | 有                          | ×               | △     | △                         |
|         | 无                          | ×               | △     | ○                         |
| 塑料锚栓    | —                          | ×               | △     | △                         |

注:○适用,×不适用,△有条件应用,即新锚栓仅适用于临时性锚固构件的锚固。

锚栓有两种破坏形式,一种是锚栓从锚孔中整体拔出,另一种是螺帽从膨胀套筒中穿出。粘结型锚栓和化学植筋拔出破坏亦有两种形式,一是沿胶筋界面拔出,另一是沿胶混凝土界面拔出。

根据试验研究,已掌握理想条件下,混凝土基材上单根锚栓的极限锚固承载力统计平均值及标准值,汇列于表2.14.2供参考。

采用多个锚栓对被连接件进行锚固时,称为群锚。群锚内力按弹

| 加固方法及<br>相关技术 | 后锚固技术(一) |     |    |    |    |         | 图集号 |
|---------------|----------|-----|----|----|----|---------|-----|
|               | 审核       | 陶学康 | 校对 | 陈瑜 | 设计 | 万墨林 万墨林 |     |
| 页             | 2-21     |     |    |    |    |         |     |

表2.14.2

混凝土基材单根锚栓极限承载力(N)统计公式

| 破坏形态                       | 基材性状 | 试验统计平均值                                                                  | 标准值                                                                              |
|----------------------------|------|--------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------|
| 锚栓受拉, 锚栓破坏                 |      | $N_u = A_s f_{stl}$                                                      | $N_{Rk,s} = A_s f_{stl}$                                                         |
| 锚栓受剪, 锚栓破坏                 |      | $V_u = 0.6 A_s f_{stl}$                                                  | $V_{Rk,s} = 0.5 A_s f_{stl}$                                                     |
| 拉剪复合受力, 锚栓破坏               |      | $(N/N_u)^2 + (V/V_u)^2 = 1$                                              | $(N_{sk}/N_{Rk,s})^2 + (V_{sk}/V_{Rk,s})^2 = 1$                                  |
| 膨胀型锚栓及扩孔型锚栓受拉, 混凝土锥体破坏     | 未裂   | $N_{uc} = 13.5 h_{ef}^{1.5} \sqrt{f_{cu}}, \nu = 0.15$                   | $N_{Rk,c} = 10 h_{ef}^{1.5} \sqrt{f_{cu,k}}$                                     |
|                            | 开裂   | $N_{uc} = 9.5 h_{ef}^{1.5} \sqrt{f_{cu}}$                                | $N_{Rk,c} = 7.0 h_{ef}^{1.5} \sqrt{f_{cu,k}}$                                    |
| 膨胀型锚栓及扩孔型锚栓受拉, 劈裂破坏        |      | $N_{sp} = \psi_{h,sp} N_{uc}$                                            | $N_{Rk,sp} = \psi_{h,sp} N_{Rk,c}$                                               |
| 粘结型锚栓及化学植筋受拉, “锥体-粘结”混合型破坏 | 未裂   | $N_{uc} = 15 (h_{ef} - 30)^{1.5} \sqrt{f_{cu}}$                          | $N_{Rk,c} = 7.3 (h_{ef} - 30)^{1.5} \sqrt{f_{cu,k}}$                             |
|                            | 开裂   | $N_{uc} = 6.2 (h_{ef} - 30)^{1.5} \sqrt{f_{cu}}, \nu = 0.25 \sim 0.3$    | $N_{Rk,c} = 3.0 (h_{ef} - 30)^{1.5} \sqrt{f_{cu,k}}$                             |
| 边缘受剪, 混凝土楔形体破坏             | 未裂   | $V_u = \sqrt{d_{nom}} (l_f / d_{nom})^{0.2} \sqrt{f_{cu}} c_1^{1.5}$     | $V_{Rk,c} = 0.64 \sqrt{d_{nom}} (l_f / d_{nom})^{0.2} \sqrt{f_{cu,k}} c_1^{1.5}$ |
|                            | 开裂   | $V_u = 0.7 \sqrt{d_{nom}} (l_f / d_{nom})^{0.2} \sqrt{f_{cu}} c_1^{1.5}$ | $V_{Rk,c} = 0.45 \sqrt{d_{nom}} (l_f / d_{nom})^{0.2} \sqrt{f_{cu,k}} c_1^{1.5}$ |

|                        |                 |    |                                                |                                                     |
|------------------------|-----------------|----|------------------------------------------------|-----------------------------------------------------|
| 中心受剪, 混凝土剪断破坏          |                 |    | $V_{cp}=kN_{uc}$                               | $V_{Rk,cp}=kN_{Rk,c}$                               |
| 拉剪复合受力, 混凝土基材破坏        |                 |    | $(N/N_{uc})^{1.5}+(V/V_{uc})^{1.5}=1$          | $(N_{sk}/N_{Rk,c})^{1.5}+(V_{sk}/V_{Rk,c})^{1.5}=1$ |
| 粘结型锚栓及<br>化学植筋拔出<br>破坏 | 浇筑混<br>凝土<br>界面 | 未裂 | $N_{u,pc}=5.6h_{ef}D\sqrt{f_{cu}}$             | $N_{Rk,pc}=4.1h_{ef}D\sqrt{f_{cu,k}}$               |
|                        |                 | 开裂 | $N_{u,pc}=2.3h_{ef}D\sqrt{f_{cu}}, v=0.16$     | $N_{Rk,pc}=1.7h_{ef}D\sqrt{f_{cu,k}}$               |
|                        | 浇筑筋<br>界面       | 未裂 | $N_{u,pa}=17.5h_{ef}d\sqrt{f_v}$               | $N_{Rk,pa}=12.9h_{ef}d\sqrt{f_{vk}}$                |
|                        |                 | 开裂 | $N_{u,pa}=10.5h_{ef}d\sqrt{f_v}, v=0.16$       | $N_{Rk,pa}=7.7h_{ef}d\sqrt{f_{vk}}$                 |
| 混凝土锚钉受拉,<br>混凝土破坏      |                 | 未裂 | $N_{uc}=10.3h_{ef}^{1.5}\sqrt{f_{cu}}, v=0.15$ | $N_{Rk,s}=7.7h_{ef}^{1.5}\sqrt{f_{cu,k}}$           |
| 锚钉受拉,<br>混凝土破坏         |                 | 未裂 | $N_{uc}=13.22h_{ef}^{1.75}, v=0.3\sim 0.4$     | $N_{Rk,c}=4.5h_{ef}^{1.75}$                         |

注: 表中  $N$  代表受拉,  $V$  代表受剪, 厚度  $h$  代表板厚承载力,  $R_k$  代表抗力标准值,  $S$  代表锚栓,  $C$  代表混凝土,  $h_{ef}$  为锚栓有效锚固厚度 (mm),  
 $f_{cu}, f_{cu,k}$  为混凝土抗压强度, 分别为强度标准值 (Mpa),  $d_{\Sigma}, d$  为锚栓外径及公称直径 (mm),  $l_f$  为劈裂锥受下锚栓的计算长度 (mm),  
 $a_1$  为锚栓与混凝土基材边缘的距离 (mm),  $D$  为锚孔直径 (mm),  $f_v, f_{v,k}$  为锚固区之“锚-板”抗剪抗压强度及抗压强度标准值 (Mpa)。

|               |           |       |        |     |   |      |     |  |
|---------------|-----------|-------|--------|-----|---|------|-----|--|
| 加固方法<br>及相关技术 | 后锚固技术 (二) |       |        |     |   |      | 图集号 |  |
| 审核 陶学康        | 陶学康       | 校对 陈瑜 | 设计 万墨林 | 万墨林 | 页 | 2-22 |     |  |

性理论平截面假定进行分析,除锚结型锚栓和化学植筋外,锚栓本身不传递压力,锚固连接的压力应通过被连接件的锚板直接传给混凝土基材。

## 2.14.3 构造措施

1 锚栓的选择应根据被连接结构的类型、锚固连接受力性质、基材性状及有无抗震设防要求等因素综合分析考虑,并按表2.14.1规定确定。对于有抗震设防要求的锚固连接所用锚栓,应选用化学植筋和能防止膨胀片松弛的扩孔型锚栓或扭矩控制式膨胀锚栓,不应选用锥体与套筒分离的位移控制式膨胀锚栓。除专用开裂混凝土粘结型锚栓外,普通粘结型锚栓不得用作开裂基材的受拉锚固。

2 后锚固连接的母体—基材,必须坚实可靠,基材混凝土强度等级不应低于C20。风化混凝土、严重裂损混凝土、不密实混凝土、结构抹灰层、装饰层等,均不得作为锚固基材。相对于被连接结构,基材结构应具有较大为体量。基材的厚度 $h$ ,对于膨胀型锚栓和扩孔型锚栓, $h \geq 1.5h_{ef}$ ,且 $h > 100\text{mm}$ ;对于化学植筋, $h \geq h_{ef} + 2d_a$ ,且 $h > 100\text{mm}$ ,其中 $h_{ef}$ 为有效锚固深度, $d_a$ 为锚孔直径。基材的平面尺寸应满足锚栓布置中最小间距 $S \geq S_{\min}$ 和最小边距 $C \geq C_{\min}$ 要求。基材结构本身应具有相应的安全余量,以承担被连接件所产生的附加内力。

3 锚栓应布置在坚实的结构层中,不应布置在混凝土保护层中,有效锚固深度 $h_{ef}$ 不应包括装饰层或抹灰层。有抗震设防要求时,锚栓宜布置在构件受压区、非开裂区,不应布置在素混凝土区;对于高烈度区一级抗震等级之重要结构构件的锚固连接,宜布置在有纵横钢筋环绕的区域。

锚固连接设计应合理选择锚固深度 $h_{ef}$ ,间距 $S$ 及边距 $C$ 等参数。

对于有抗震设防要求的锚固连接,应分别情况,控制为锚固连接系统的延性破坏,避免基材脆性破坏。抗震锚固连接植筋的最小有效锚固深度比宜满足表2.14.3规定

表 2.14.3 混凝土植筋最小有效锚固深度比 $h_{ef,\min}/d$

| 连接受力性质                                                                              | 设防烈度     | 基材性状及强度等级 |     |      |       |     |      |
|-------------------------------------------------------------------------------------|----------|-----------|-----|------|-------|-----|------|
|                                                                                     |          | 开裂混凝土     |     |      | 未裂混凝土 |     |      |
|                                                                                     |          | C20       | C30 | >C40 | C20   | C30 | >C40 |
| 受拉及受拉为主的复合受力之结构构件连接及生命线工程非结构构件连接                                                    | $\leq 6$ | 26        | 22  | 19   | 15    | 14  | 13   |
|                                                                                     | 7~8      | 29        | 24  | 21   | 17    | 16  | 15   |
| 受压、受剪及受剪复合受力之构件连接                                                                   | $\leq 6$ | 24        | 20  | 17   | 13    | 12  | 11   |
|                                                                                     | 7~8      | 26        | 22  | 19   | 14    | 13  | 12   |
| 注: 1. 抗震等级按GB3335标准,对于非GB3335标准,锚固等级应按相应等级;<br>2. $d$ 为植筋直径, $d \leq 25\text{mm}$ 。 | 不限       | 10        |     |      | 8     |     |      |

群锚锚栓最小间距值 $S_{\min}$ 和最小边距值 $C_{\min}$ ,应由厂家通过国家授权的检测机构检验分析后给定,否则不应小于下列数值:

膨胀型锚栓(双锥体)  $S_{\min} = \max(1.5h_{ef}, 10d_{nom}), C_{\min} = \max(3h_{ef}, 12d_{nom})$

膨胀型锚栓  $S_{\min} = \max(h_{ef}, 10d_{nom}), C_{\min} = \max(2h_{ef}, 12d_{nom})$

扩孔型锚栓  $S_{\min} = \max(h_{ef}, 8d_{nom}), C_{\min} = \max(h_{ef}, 10d_{nom})$

| 加固方法<br>及相关技术 | 后锚固技术(三) |    |    |    |     |     | 图集号  |
|---------------|----------|----|----|----|-----|-----|------|
| 中国建筑工业出版社     | 陶忠康      | 校对 | 陈瑜 | 设计 | 万墨林 | 万墨林 | 2-23 |

化学植筋  $S_{\text{min}} = 5d$ ,  $C_{\text{min}} = 5d$

其中  $d_{\text{min}}$  为锚栓外径,  $d$  为钢筋直径。

4 地震作用下膨胀型锚栓及扩孔型锚栓应始终处在受拉状态, 锚栓最小拉力  $N_{A, \text{min}}$  宜满足  $N_{A, \text{min}} \geq 0.2N_{\text{min}}$  要求,  $N_{\text{min}}$  为考虑松弛后锚栓的实有预紧力。

5 处在室外条件的被连接钢件, 其锚板的锚固方式应使锚栓不出现过大的交变温度应力, 其温度应力变幅 ( $\Delta\sigma = \sigma_{\text{max}} - \sigma_{\text{min}}$ ) 不大于 100MPa。

## 2.15 阻锈技术

### 2.15.1 阻锈剂的种类及选用准则

既有混凝土结构中钢筋的防锈与锈蚀损坏的修复所使用的阻锈剂分为掺加型和渗透型两类。

掺加型是将阻锈剂掺入混凝土或砂浆中使用, 适用于局部混凝土缺陷及钢筋锈蚀的修补处理。

渗透型, 亦称喷涂型, 是直接将阻锈剂喷涂或涂刷在病害混凝土表面或局部剔凿后的混凝土表面。下列情况应采用渗透型阻锈剂: 密实性差且强度等级低于设计要求两等级以上的混凝土; 保护层厚度不足规定值 70% 的混凝土; 钢筋已处于“有锈蚀可能”状态; 使用环境或使用条件有损于结构耐久性时; 未作钢筋防锈处理的重要结构或文物建筑, 以及沿海的重要工程结构。

对预应力结构及重要的混凝土结构, 不得采用含有硝酸盐、亚硝酸盐、硫氰酸盐、亚硫酸盐以及其他硫化物等阳极型阻锈剂。对露天工程或在腐蚀性介质环境中使用亲水性阻锈剂时, 应在构件表面增喷

附加涂层封护。

### 2.15.2 阻锈剂质量和性能标准

从电化腐蚀考虑, 阻锈剂不应致在修复界面形成附加阳极, 且渗透、扩散能力要强。掺加型阻锈剂的质量及锈蚀性能应符合表 2.15.2

表 2.15.2-1 掺加型阻锈剂质量及性能标准

| 项 目     | 阻 剂<br>(注明酸类型) | 水 剂                |                    |
|---------|----------------|--------------------|--------------------|
|         |                | 复合亚硝酸盐类            | 复合氨基醇类             |
| 质 量     | 外观             | 灰色粉末               | 微黄透明液体             |
|         | PH 值           | 中性 (7)             | 7~9                |
|         | 密度             | —                  | ≥1.2               |
| 阻 锈 性 能 | 细度             | 符合产品说明书规定          | —                  |
|         | 盐渍浸渍试验         | 无锈, 凡电位在 0~250mV 内 | 无锈, 凡电位在 0~250mV 内 |
|         | 60 次干湿冷热循环     | 无锈                 | 无锈                 |
|         | 电化学综合试验        | 合格                 | 合格                 |

表 2.15.2-2 渗透型阻锈剂质量及性能标准

| 项 目                                | 胺氧基类      | 胺基类                                 |
|------------------------------------|-----------|-------------------------------------|
| 质 量                                | 外观        | 透明、琥珀色液体                            |
|                                    | 液液密度      | 0.88g/ml                            |
|                                    | PH 值      | 10~11                               |
|                                    | 粘度 (20℃时) | 0.95mPa·s                           |
|                                    | 主漆含量      | >98.9%                              |
| 阻 锈 性 能                            | 挥发分有机物质含量 | <400g/l                             |
|                                    | 氯离子含量率    | >90% (按 JTJ275-2000)                |
|                                    | 盐渍浸渍试验    | 无锈蚀, 且电位为 0~250mV (按 GB/T9231-1998) |
|                                    | 干湿冷热循环试验  | 60 次, 无锈蚀 (按 GB/T9231-1998)         |
|                                    | 电化学试验     | 中液应 <150μA, 且浸渍检查无锈蚀 (GB222)        |
| 现场锈蚀电流检测                           |           | 喷涂 150d 后现场测定电流降低值 >80%             |
| 注: 1) 亚硝酸盐含量 <0.3%; 2) 氯离子 $d$ 为零。 |           |                                     |

| 加固方法<br>及相关技术 | 阻锈技术 |    |    |    | 图集号  |
|---------------|------|----|----|----|------|
| 中国药学院         | 陶要康  | 校对 | 陈瑜 | 设计 | 万恩林  |
|               |      |    |    |    | 万恩林  |
|               |      |    |    |    | 页    |
|               |      |    |    |    | 2-24 |

-1规定,渗透型阻锈剂的质量及防锈性能应符合表2.15.2-2规定。

### 2.15.3 掺加型阻锈剂的使用,应符合下列要求:

1 采用水剂阻锈剂时,应扣除等量拌合水;采用粉剂阻锈剂时,需延长搅拌时间3min左右,在保持相同流动度条件下宜适当减水;

2 阻锈剂掺量应按产品说明书规定计量,当掺用可提高混凝土密实性又不降低混凝土碱度的掺合料时,钢筋阻锈剂可酌减;

3 阻锈剂不得与含有氯化物、硝酸盐、硫化物、亚硫酸盐、氯酸盐等有害成分的减水剂或引气剂等外加剂混用。

### 2.15.4 渗透型阻锈剂的使用,应符合下列要求:

1 涂刷前应彻底清理混凝土表面,剔凿修复劣化混凝土保护层,清除钢筋锈渍;

2 喷涂时混凝土龄期应 $\geq 28d$ ,局部修补的混凝土应 $\geq 14d$ ;

3 采用喷涂、滚刷或涂刷等方法将阻锈剂涂刷在上述经处理后的混凝土表面及钢筋表面,待干燥后(一般2~6h)涂刷第二遍,如此第三遍、第四遍……,每遍均应涂刷至表面饱和为止。操作时的环境温度不应低于5℃,关于前避免淋雨;

4 按每 $m^2$ 计的阻锈剂总量,分3~5遍涂刷完毕,静置24h以上,然后用高压水冲洗干净。

## 2.16 喷射混凝土

### 2.16.1 特点及使用范围

喷射混凝土是利用压缩空气将砂浆或混凝土喷射到指定部位的结

构表面的一种混凝土浇筑技术。分干喷与湿喷,我国目前主要采用干喷,优点是施工简便,不用支模,与基层的粘结力强(新旧混凝土粘结抗拉强度接近于混凝土的内聚抗拉强度),密实度高,费用较低。缺点是设备复杂,技术要求较高。适用于旧房改造、结构加固及非平面结构等薄壁层(30~80mm)混凝土浇筑。

### 2.16.2 原材料及配比

水泥应优先采用硅酸盐或普通硅酸盐水泥,强度等级应不低于32.5,石子应采用坚硬耐久性好的卵石或碎石,粒径不应大于12mm,宜采用连续级配;当掺入短纤维材料时,不应大于10mm。水与普通混凝土相互。当掺加速凝剂时,应采用无机盐类速凝剂,并与水泥相容,初凝时间不超过5min,终凝时间不超过10min,掺量宜为水泥重量的2%~4%。当掺加增粘剂(粘胶剂)时,增粘剂性能应满足相关要求,过期变质的不得使用,不得对混凝土性能有不良影响。膨胀剂掺量应按说明书使用,最佳掺量应通过现场试验确定。当掺加碳纤维时,碳纤维直径宜为0.25~0.4mm,长度宜为20~25mm,抗拉强度不应低于380Mpa,掺量宜为1~1.5%。(按混凝土体积计),当掺加合成短纤维时,短纤维长度 $\geq 13.5d_{eq}$ (g/10 $^4$ m),单丝拉断力 $\geq 3.5cN$ (N/100),长12~19mm,具有良好的化学稳定性和耐老化性能,分散性好,不结团,掺量宜为0.6~0.9kg/m $^3$ 。

喷射混凝土的配合比宜通过试配试喷确定。其强度应符合设计要

| 加固方法<br>及相关技术 |     | 喷射混凝土(一) |    |    |    | 图集号  |
|---------------|-----|----------|----|----|----|------|
| 审核            | 陶学康 | 陶学康      | 校对 | 陈瑜 | 设计 | 万墨林  |
|               |     |          |    |    |    | 页    |
|               |     |          |    |    |    | 2-25 |

求,且应满足节约水泥、回弹量少,粘附性好等要求。喷射混凝土的胶(水泥)骨(砂+石子)比宜为1:3.5~4.5,砂率宜为0.45~0.55,水灰比宜为0.4~0.5。注意,由于粗骨料易于回弹,故投喷面上的实际配比中水泥含量较高。

喷射混凝土的抗压强度一般可达20~35Mpa,轴心抗拉强度约为抗压强度的8.5%~10.2%,抗弯强度约为抗压强度的15%~20%,抗剪强度一般在3~6.5Mpa之间,与旧混凝土的粘结强度一般在1.0~2.5Mpa之间,弹性模量在2.16~2.85×10<sup>4</sup>Mpa,抗渗指标一般在0.5~3.2Mpa之间(抗渗标号可达S8)。抗冻性良好(抗冻标号可达D200~D300)。

### 2.16.3 施工要点

混凝土喷射机生产率不应小于3m<sup>3</sup>/h,水平输料距离不宜小于100m,竖向距离不宜小于30m,有良好的密封性和连续均匀输料能力;空压机供风量不宜小于9m<sup>3</sup>/min,压缩空气进入喷射机前必须进行油水分离,风压不宜小于0.6Mpa,多台机共同工作时,总供风量应为各台机之和的1.2~1.4倍;搅拌机应与混凝土喷射机生产能力相匹配,应为密封性能好,粉尘小的强制式混凝土搅拌机,容量不宜小于400L,生产能力为3~5m<sup>3</sup>/h;输料管的承压能力不宜小于0.8Mpa,管径应满足输送最大粒径骨料要求,耐磨性好;供水设施应能保证连续供水,喷头水压宜为0.15~0.2Mpa。

喷射混凝土通常由三人操作:一名喷射手,一名喷射机司机,一名回弹料回收清扫工。喷射手按设计的厚度和坡度垂直于投喷面顺序

施喷,掌握好水量,减少回弹,作到表面平整;司机控制好风压和水压,一般情况下水压应大于风压,掌握好给料速度,使喷嘴出料均匀;清扫工应及时扫除回弹料,并协助射手挪动输料管。

### 2.17 纤维混凝土

在混凝土或砂浆中掺入定量的短纤维所形成的复合材料称为纤维混凝土或纤维砂浆。与普通混凝土或砂浆相比,纤维混凝土或纤维砂浆的性能有较大改善与提高,可分别满足不同的要求。碳纤维、碳纤维、玻璃纤维混凝土或砂浆的抗拉、抗剪、抗弯强度及构件的抗裂、抗冲击、抗疲劳、抗震、抗爆等性能提高较多,适用于对上述承载力有较高要求的结构加固;矿棉、岩棉及各种合成纤维混凝土或砂浆的极限延伸率有大幅度提高,适用于非结构性裂缝控制以及对构件抗裂、弯曲韧性、抗冲击性能有较高要求的结构加固。

纤维的长度应与加固层厚度相应,对于喷射混凝土或砂浆,碳纤维、碳纤维及玻璃纤维一般为20~35mm,矿棉、岩棉一般为15~30mm,合成纤维一般为6~25mm,合成纤维在混凝土或砂浆中应具有化学稳定性,保持强度不降低;用于防止收缩裂缝的合成纤维,其抗拉强度不宜低于280Mpa,用于结构增强、增韧的合成纤维宜选用弹性模量和强度均较高的纤维。纤维掺量的最小体积率,碳纤维为0.25%~0.35%,碳纤维、玻璃纤维为0.2%~0.25%,矿棉、岩棉为0.15%~0.20%,合成纤维为0.1%~0.15%。

| 加固方法及<br>相关技术 | 喷射混凝土(二)、纤维混凝土 |       |        |     | 图集号    |
|---------------|----------------|-------|--------|-----|--------|
| 审核 陶学康        | 陶学康            | 校对 陈瑜 | 设计 万墨林 | 万墨林 | 页 2-26 |

纤维混凝土或砂浆的强度及构件承载力精确计算, 详见《纤维混凝土结构技术规程》CECS38: 2004。

## 2.18 改性混凝土

在混凝土或砂浆中掺入定量的树脂、聚合物、膨胀剂等, 可显著改变或改善混凝土或砂浆性能, 以满足于不同需要。树脂粘结力较强, 强度较高, 树脂混凝土或砂浆多用于结构补强加固; 聚合物极限延伸率较大, 具有对液体的不渗透性, 抗碳化和抗冻性好, 聚合砂浆或混凝土多用于防渗堵漏及增强结构耐久性; 膨胀剂可改善混凝土或砂浆的收缩性能, 减小收缩值, 膨胀混凝土或膨胀砂浆多用于结构较大面积的薄层补强加固及缺陷修补。

|               |       |      |       |     |  |  |     |      |
|---------------|-------|------|-------|-----|--|--|-----|------|
| 加固方法<br>及相关技术 | 改性混凝土 |      |       |     |  |  | 图集号 |      |
| 主编陶学康         | 编委康   | 校对陈瑜 | 设计万墨林 | 万墨林 |  |  | 页   | 2-27 |



### 3 柱加固

距较大的等代筋设置。

为增强新旧混凝土的粘结能力,结合面应凿毛、刷净,并宜涂刷混凝土界面结合剂一道。

#### 3.2 外包钢法

外包钢法加固柱应根据柱的类型、截面形式、所处位置及受力情况等的不同,采用相应构造方法。柱的纵向受力角钢应由计算确定,且应 $\geq 1.75 \times 5$ 。柱纵向受力角钢在加固楼层范围内应通长设置,中间不得断开;对于梁柱齐边之节点区及壁柱情况,角钢可改换成等代扁钢。纵向角钢上下两端应有可靠锚固。角钢下端可在基础顶面设置现浇钢筋混凝土圈套锚固,圈套高度应 $\geq 700\text{mm}$ ,圈套厚度应 $\geq 200\text{mm}$ ;对于原基础埋深较浅或柱根弯矩较大时,应同时采用植筋技术将角钢焊接锚固于基础。角钢上端应伸过加固层梁顶,并以连接板互焊。

箍板,亦称缀板,应力求封闭,规格应 $\geq -40 \times 4$ ,间距 $\leq 500\text{mm}$ ,节点区加密为 $\leq 250\text{mm}$ ;梁区缀板按 $nA_s f_y / s$ 换算为等代箍筋,以便穿梁与角钢焊接;对于扁钢情况,应改用螺栓穿过拧紧。

外包角钢、扁钢及箍板与柱贴合面间,应压力灌注环氧胶结使之结为一体;当工作量较小时,亦可采用乳胶水泥粘贴。

当有防腐防火要求时,外包钢件表面应按相关标准进行防护处理。一般可粉一层厚 $1.5\text{cm} \sim 2.5\text{cm}$ 的防护砂浆;为便于粉刷,型钢表面应外包一层 $20 \times 10 \times 10$ 钢丝网或用胶点粘一层豆石。

#### 3.1 增大截面法

增大截面法加固柱应根据柱的类型、截面形式、所处位置及受力情况等的不同,采用相应的加固构造方式。

柱新增纵向受力钢筋应由计算确定,且应 $\geq 4 \pm 14$ (四面围套)。柱纵向受力钢筋在加固楼层范围内应通长设置,中间不得断开。纵筋布置以不与梁相交为宜。纵向受力钢筋上下两端应有可靠锚固。当原基础埋深较大时,纵筋下端可在原基础顶面设置现浇钢筋混凝土圈套锚固,圈套高度应 $\geq L_a$ ,且 $\geq 500\text{mm}$ ,圈套厚度应 $\geq 200\text{mm}$ ;当埋深较浅时,应采用植筋技术锚固于原基础,植筋应满足 $h_{e,com} > h_{e,min}$ 及 $C > C_{min}$ 等规定, $h_{e,com}$ 为最小锚固深度, $C_{min}$ 为最小边距;对于重要结构或柱根弯矩较大时,应同时采用圈套和植筋双重锚固;对于扩大基础底面积的地基加固时,纵筋应伸至基底。纵筋上端应伸过加固层梁顶,并绕过梁互焊。除仅配筋量不足的加固外,柱混凝土圈套厚度,采用人工浇筑时,应 $\geq 60\text{mm}$ ,采用喷射混凝土时,应 $\geq 50\text{mm}$ ;混凝土强度等级应比原柱提高一级,且不得低于C20级。

新增箍筋设置方法应使新旧两部分能整体工作,箍筋直径与原箍筋相同,且应 $\geq 8$ ,间距应满足相关标准规定;箍筋形式,四面围套且截面较小时为单一封闭箍,其余情况为U形箍、Γ形箍,或者封闭箍+U形Γ形箍;U形、Γ形箍可采用与原箍筋或原纵筋焊接连接,亦可采用锚接,但须满足 $C_{min}$ 和 $h_{e,min}$ 要求。节点部位,即纵横框架梁区域,为减小箍筋穿梁钻孔工作量,箍筋可按 $nA_s f_y / s$ 等效换算为较粗、间

| 柱加固 |     | 柱加固说明(一) |    |    |    | 图集号 |
|-----|-----|----------|----|----|----|-----|
| 审核  | 陶学康 | 陶学康      | 校对 | 陈瑜 | 设计 | 万墨林 |
|     |     |          |    |    |    | 页   |
|     |     |          |    |    |    | 3-1 |

### 3.3 综合法

当柱轴压比显著超标且截面承载力严重不足时,可采用外包钢与增大截面联合应用的综合加固法。综合法外包钢架的设置同外包钢法,混凝土浇筑及结合面处理同增大截面法。综合法截面可以不受限制,其最小厚度 $\delta$ 可降低至30mm,但应采用高强灌浆料(如CGM等)。综合法施工顺序是:焊制组装外包型钢架→压力灌注环氧树脂→于型钢表面外包一层钢丝网或点粘一层石子→浇筑混凝土或高强灌浆料围套。

### 3.4 纤维复合材料及绕丝法

纤维复合材料加固法可用于柱正截面受弯加固、斜截面受剪加固,以及提高柱的延性加固。提高正截面受弯承载力加固,纤维片材是沿柱轴线方向顺贴于柱的受拉表面;斜截面受剪加固及提高柱延性加固,纤维片材是以环形箍形式垂直于柱轴线方向间隔地或连续地绕贴于柱周表面;柱截面受压承载力加固,纤维片材是沿柱全长垂直于柱轴线方向无间隔地环向连续绕贴于柱周表面,而且,仅适用于圆形柱、方形柱,以及截面高宽比 $h/b \leq 1.5$ 的矩形柱;方形、矩形柱应进行圆角处理,圆角半径 $r$ ,对于碳纤维不应小于25mm,对于玻璃纤维不应小于20mm。目的在于提高柱抗压强度和延性时,环向围束的纤维织物层数,圆形柱应 $\geq 2$ 层,方形柱和矩形柱应 $\geq 3$ 层;连续环向围束上下层之间的搭接宽度应 $\geq 50$ mm,环向断点的延伸搭接长度应 $\geq 200$ mm,且位置应错开。

钢丝绕丝加固柱是垂直于柱轴线连续将钢丝缠绕于柱周表面,主要在于提高柱混凝土的抗压强度、柱斜截面抗剪强度和柱的变形

能力一延性,亦仅适用于圆形柱、方形柱,以及 $h/b \leq 1.5$ 的矩形柱;方形、矩形柱应进行圆角处理,圆角半径 $r$ ,不应小于3mm。

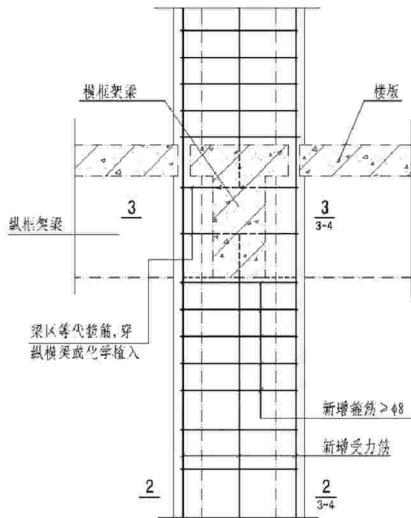
### 3.5 预应力撑杆法

预应力撑杆加固法适用于混凝土强度偏低及受压钢筋配筋量不足或不满足规定的独立框架柱受压承载力加固,加固范围限于某层柱净高段或某几层柱净高段。加固方法按受力情况不同,分为双侧加固及单侧加固。单侧加固仅适用于弯矩不变号的静力加固。按预应力施加方法的不同,分为横向张拉法及楔顶法。

预应力撑杆一般采用角钢,紧贴于柱四角布置,规格应 $\geq 4L75 \times 5$ 。箍板(缀板)规格应 $\geq -80 \times 6$ ,间距 $\leq 500$ ,端部加密为 $\leq 250$ 。撑杆所受压力是通过传力顶板及承压短角钢传递给梁柱节点。传力顶板厚度 $\geq 16$ mm,应于现场与柱角钢配焊;承压短角钢规格 $\geq L100 \times 75 \times 12$ ,用 $\geq 2d6$ 锚栓座浆胶水泥设于梁柱交界角部;顶板与承压角钢顶承面应刨平、倒棱。

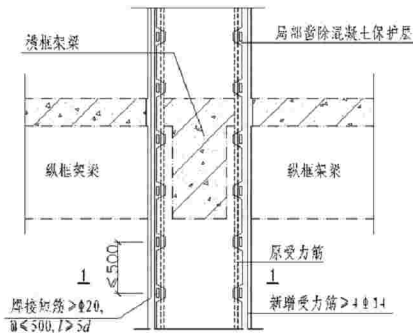
横向张拉法箍板的焊接大部份是在张拉后进行,为避免撑杆因焊接箍板受热而产生过大的预应力损失,上下箍板应轮流施焊。对于楔顶加固,各钢板楔的打入应同步进行,楔顶到位后,所有钢板楔应与底座焊接。型钢架,包括箍板、底座,与柱混凝土结合面间空隙,应压力灌注环氧树脂使之结为一体。型钢架及其所有附件外表,应以水泥砂浆粉面进行防腐及防火保护;为便于粉刷,型钢表面应外包一层钢丝网或点粘一层石子。

| 柱加固 |     | 柱加固说明(二) |    |    |    | 图集号     |
|-----|-----|----------|----|----|----|---------|
| 审核  | 陶学康 | 陶学康      | 校对 | 陈瑜 | 设计 | 万景松 万景林 |
|     |     |          |    |    |    | 页       |



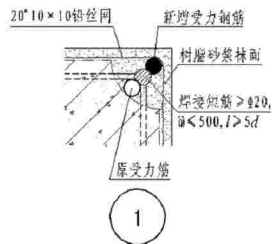
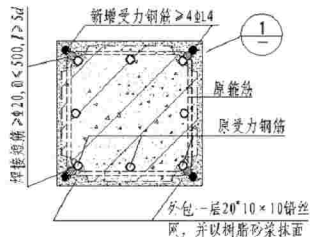
#### B. 四面围套(独立柱)

(适用于截面承载力、轴压比及刚度均不足, 且相差较大时的加固)



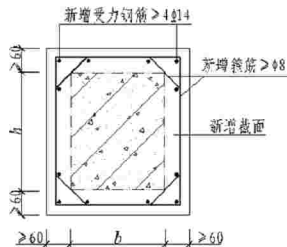
#### A. 只加筋, 不增大截面

(适用于仅配筋量不足的加固)

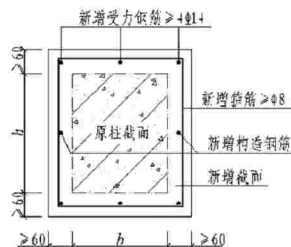


1-1

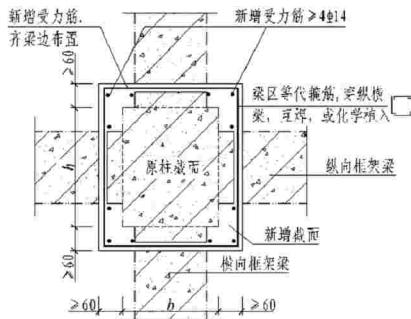
| 柱加固    | 只加筋不增大截面、四面围套 |       |        |     | 图集号   |
|--------|---------------|-------|--------|-----|-------|
| 增大截面法  |               |       |        |     |       |
| 审核 陶学康 | 陶学康           | 校对 陈瑜 | 设计 万强松 | 万墨林 | 页 3-3 |



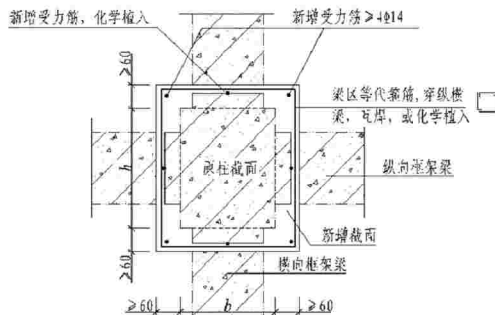
2-2(纵筋齐梁边布置)



2-2(纵筋与梁相交)



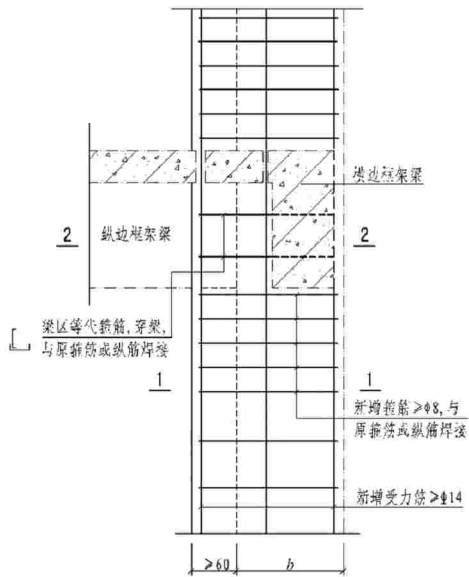
3-3(纵筋齐梁边布置)



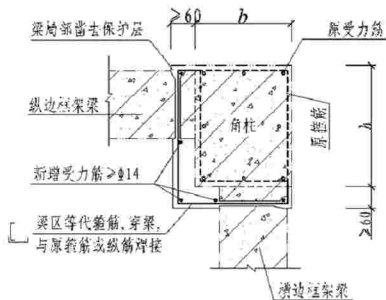
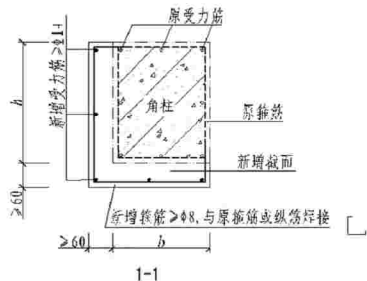
3-3(纵筋与梁相交)

|       |        |     |    |     |     |
|-------|--------|-----|----|-----|-----|
| 柱加固   | 四面围套详图 |     |    |     | 图集号 |
| 增大截面法 |        |     |    |     |     |
| 审核    | 陶学康    | 陶学康 | 校对 | 陈瑜  | 设计  |
|       |        |     |    | 万墨林 | 万墨林 |
|       |        |     |    |     | 页   |
|       |        |     |    |     | 3-4 |



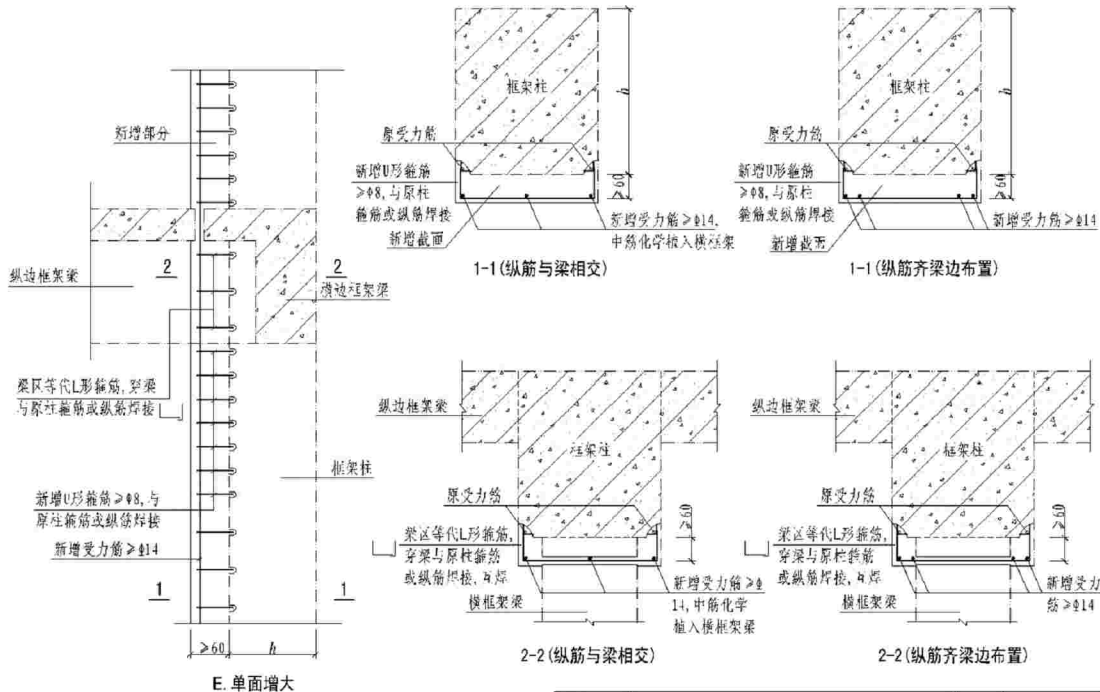


D. 两面围套 (角柱)



2-2

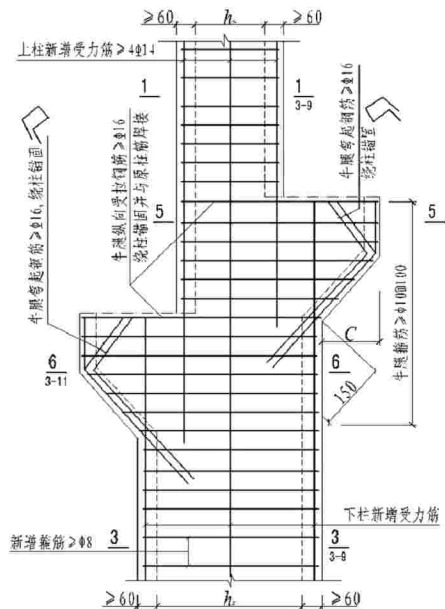
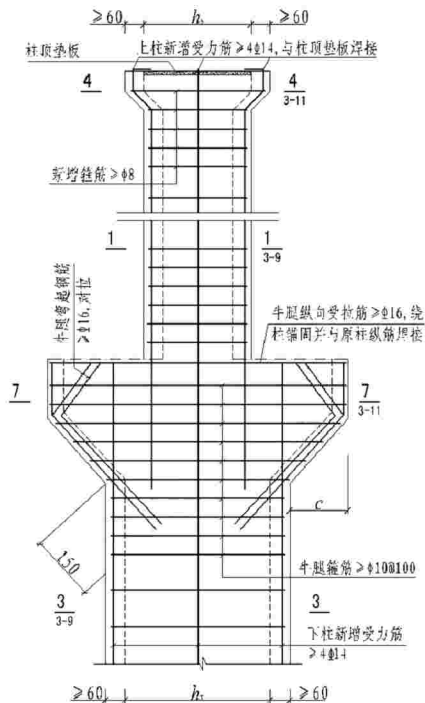
|        |           |       |        |     |     |     |
|--------|-----------|-------|--------|-----|-----|-----|
| 柱加固    | 两面围套 (角柱) |       |        |     | 图集号 |     |
| 增大截面法  |           |       |        |     |     |     |
| 审核 陶学康 | 陶学康       | 校对 陈瑜 | 设计 万墨林 | 万墨林 | 页   | 3-7 |



|        |      |       |        |     |       |
|--------|------|-------|--------|-----|-------|
| 柱加固    | 单面增大 |       |        |     | 图集号   |
| 增大截面法  |      |       |        |     |       |
| 审核 陶宇康 | 陶宇康  | 校对 陈瑞 | 设计 万恩林 | 万恩林 | 页 3-8 |



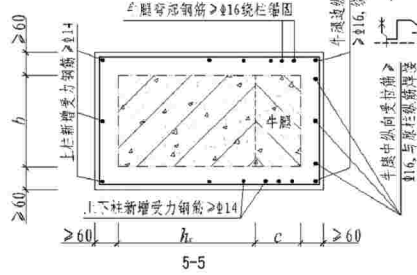
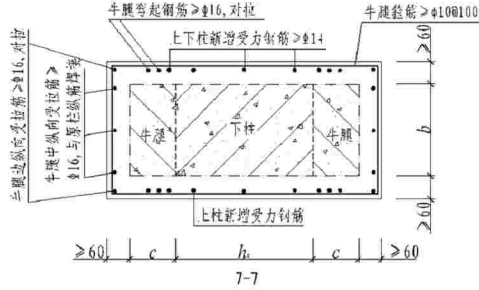
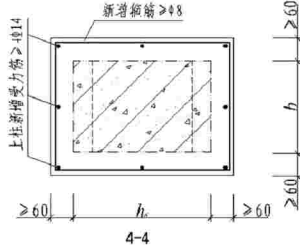
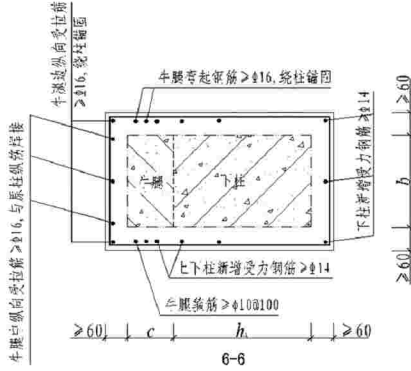




(2) 牛腿不等高

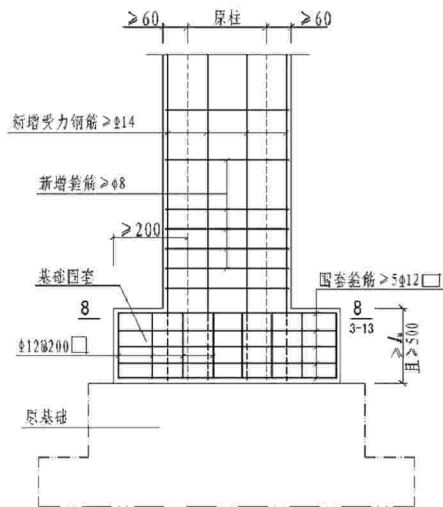
### G. 二阶预制中柱

| 柱加固   |     | 二阶预制中柱(一) |    |    |    |     |     | 图编号 |      |
|-------|-----|-----------|----|----|----|-----|-----|-----|------|
| 增大截面法 |     |           |    |    |    |     |     |     |      |
| 审核    | 陶学康 | 陶学康       | 校对 | 陈瑜 | 设计 | 万墨林 | 万墨林 | 页   | 3-10 |

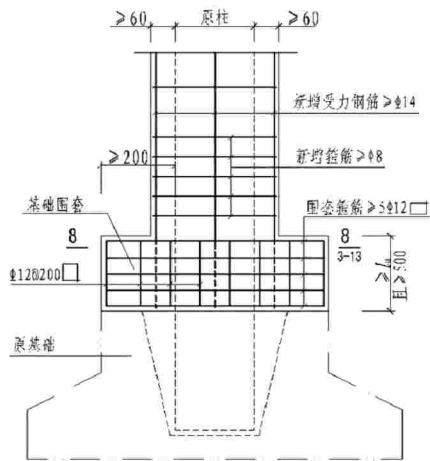


7-7

| 柱加固   | 二阶预制中柱 (二) |    |    |    | 图集号  |
|-------|------------|----|----|----|------|
| 增大截面法 | 审核         | 设计 | 校对 | 审核 | 页    |
| 审核    | 设计         | 校对 | 审核 | 审核 | 3-11 |



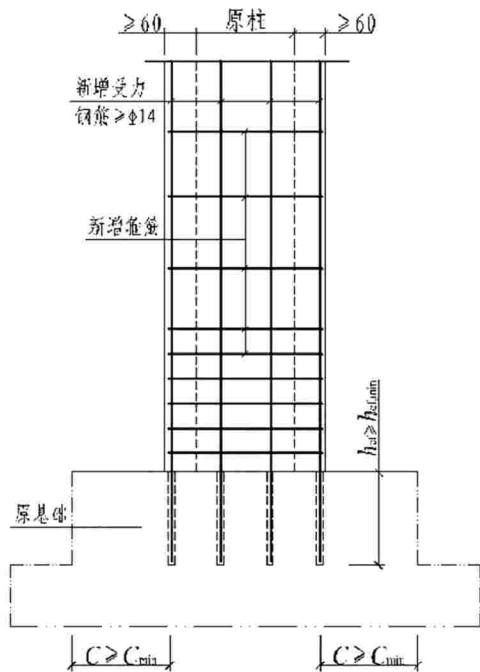
a) 现浇柱设钢筋混凝土圈套锚固(当基础埋深较大时)



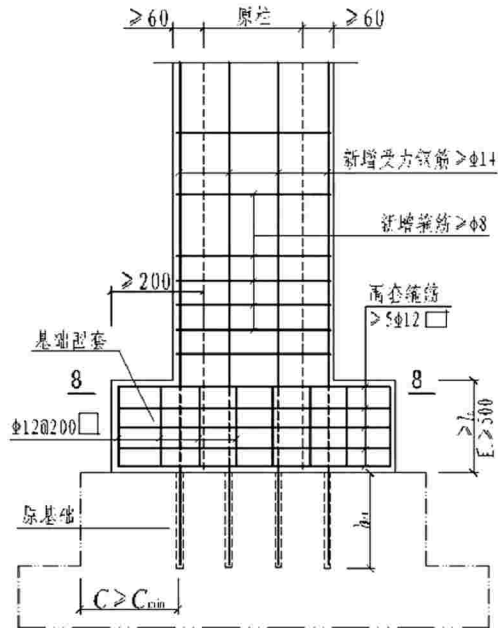
b) 预制柱设钢筋混凝土圈套锚固(当基础埋深较大时)

#### H. 新增纵向受力钢筋在基础的锚固

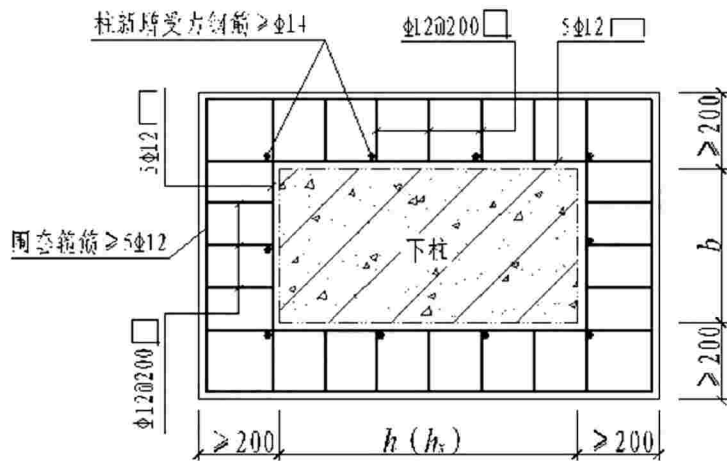
| 柱加固<br>增大截面法 | 新增受力钢筋在基础的锚固 (一) |       |            |   | 图集号  |
|--------------|------------------|-------|------------|---|------|
| 审核 陶学康       | 陶学康              | 校对 陈瑜 | 设计 万墨松 万墨林 | 页 | 3-12 |



c) 化学植筋锚固(当基础埋深较浅时)

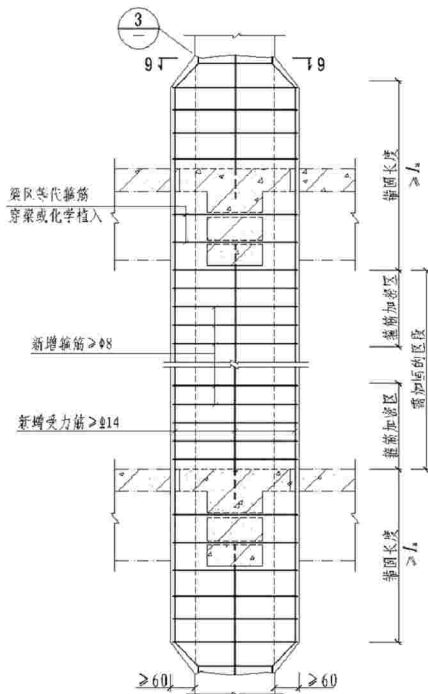


d) 现浇柱设钢筋混凝土围套+化学植筋锚固(重要结构)

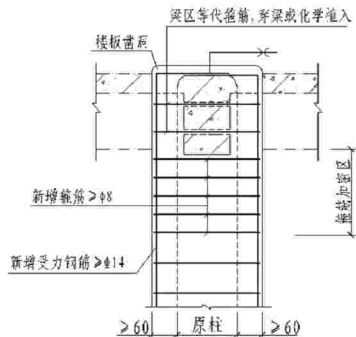
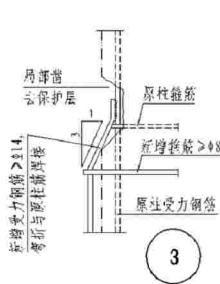
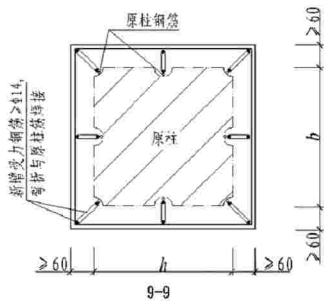


8-8

|        |                  |       |        |     |   |      |     |  |
|--------|------------------|-------|--------|-----|---|------|-----|--|
| 柱加固    | 新增受力钢筋在基础的锚固 (二) |       |        |     |   |      | 图集号 |  |
| 增大截面法  |                  |       |        |     |   |      |     |  |
| 审核 陶学康 | 陶学康              | 校对 陈瑜 | 设计 万墨林 | 万墨林 | 页 | 3-13 |     |  |

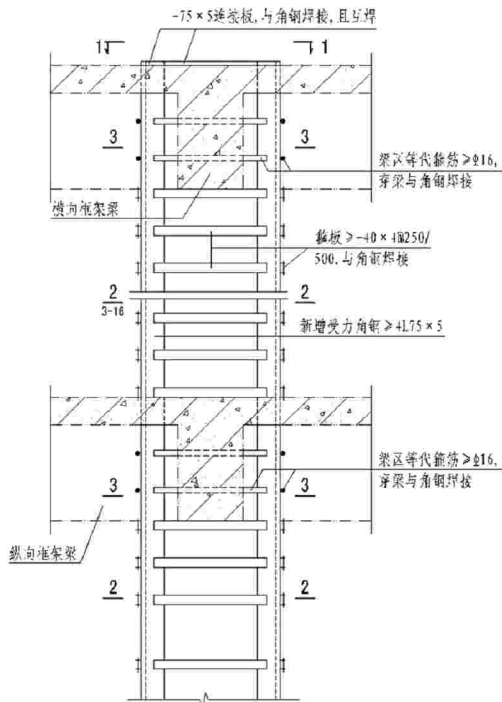


1. 新增受力钢筋在中间楼层的锚固

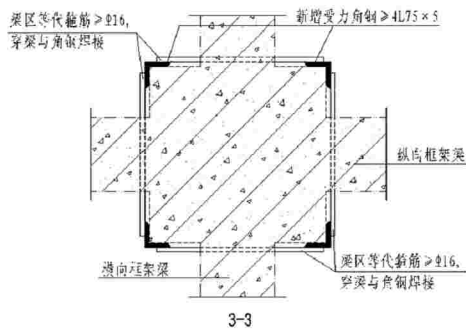
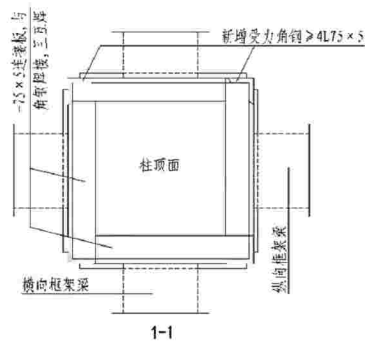


J. 新增受力钢筋在顶层板或屋面板处锚固

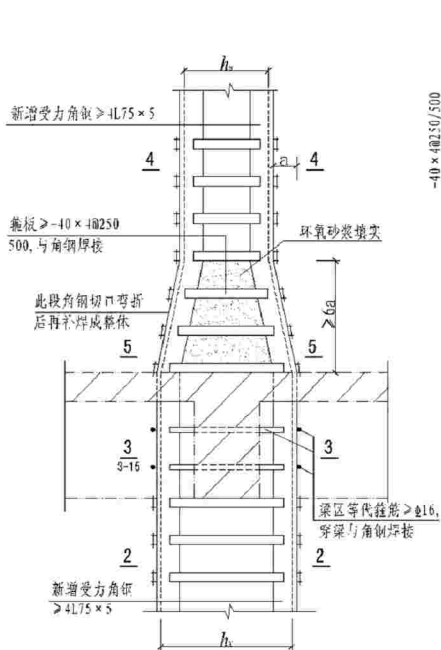
|              |                  |            |
|--------------|------------------|------------|
| 柱加固<br>增大截面法 | 新增受力钢筋在楼盖及屋盖处的锚固 | 图集号        |
| 审核 陶宇康       | 陶宇康 校对 陈瑜        | 设计 万景松 万景林 |
| 页            | 3-14             |            |



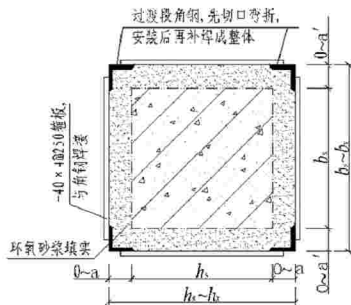
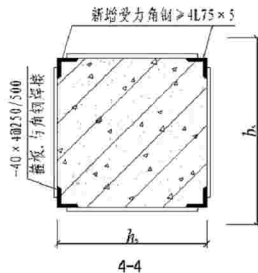
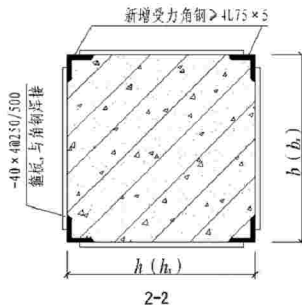
A. 等截面独立中柱



|        |         |       |        |     |        |
|--------|---------|-------|--------|-----|--------|
| 柱加固    | 等截面独立中柱 |       |        |     | 图集号    |
| 外包钢法   |         |       |        |     |        |
| 审核 陶学康 | 陶学康     | 校对 陈瑜 | 设计 万磊林 | 万磊林 | 页 3-15 |



B. 变截面独立中柱



5-5

$$\text{注: } a = \frac{h_s - h_b}{2}$$

$$a' = \frac{b_s - b_b}{2}$$

| 柱加固    | 变截面独立中柱 |       |        |     | 图集号    |
|--------|---------|-------|--------|-----|--------|
| 外包钢法   |         |       |        |     |        |
| 审核 陶宇康 | 陶宇康     | 校对 陈瑞 | 设计 万墨林 | 万墨林 | 页 3-16 |



梁区等代扁钢

梁区等代扁钢-150 x 5, 与角钢剖口焊接

加强垫板-80 x 4, 与角钢及等代扁钢焊接

通长角钢L75 x 5

隔板-40 x 4@250/500 与角钢焊接

梁区等代扁钢-150 x 5, 与角钢剖口焊接

通长角钢L75 x 5

3-18

C. 独立角柱

梁区等代扁钢-150×5, 与角钢割口焊接

连接板, -75×5, 与角钢, 等代扁钢焊接, 且互焊

通长角钢 L75×5

纵边框架梁

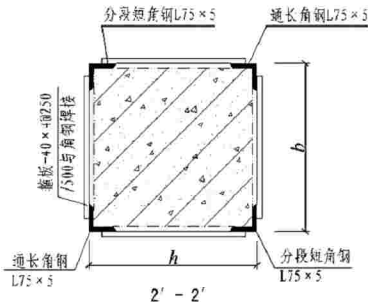
梁区等代螺栓垫圈, 穿梁, 与角钢焊接

横边框架梁

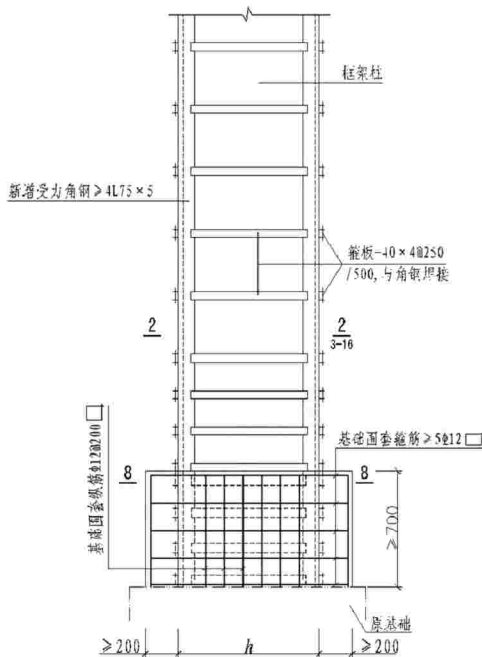
通长角钢 175×5

6-6

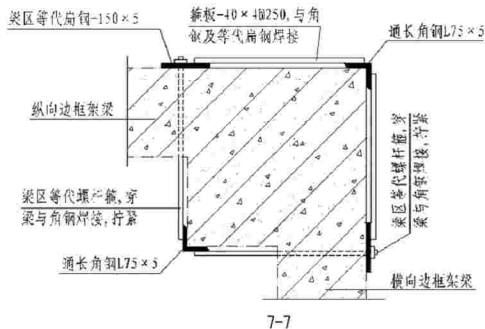
6-6

 $2' - 2'$ 

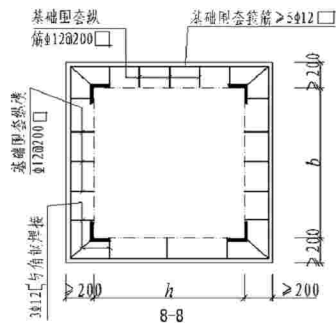
|        |      |       |    |        |     |   |      |  |
|--------|------|-------|----|--------|-----|---|------|--|
| 柱加固    | 独立角柱 |       |    |        |     |   | 图集号  |  |
| 外包钢法   |      |       |    |        |     |   |      |  |
| 审核 陶学康 | 陶学康  | 校对 陈瑜 | 丁瑜 | 设计 万墨林 | 万墨林 | 页 | 3-17 |  |



D. 独立柱纵向受力角钢在基础的锚固



7-7



| 柱加固    | 柱角钢在基础的锚固 |       |            | 图集号    |
|--------|-----------|-------|------------|--------|
| 外包钢法   |           |       |            |        |
| 审核 陶学康 | 陶学康       | 校对 陈瑜 | 设计 万墨林 万墨林 | 页 3-18 |

框架梁

2

2

2L75×5

250/500与角钢焊接

3

3

150×5受力钢筋

梁区等代墙柱箍≥L16@250/500, 穿墙与角钢焊接

2

2

剪力墙

3

3

基础圈套纵筋

≥200

h

≥200

≥700

基础圈套纵筋

2L12@200

基础圈套纵筋

2L12, 穿墙

-75×5连接板，与角钢焊接，且至岸

剪力墙

-150×5受力横杆

螺栓 ≥ M16 250/500，穿墙，与角钢焊接

桅杆 ≥ -40×40  
250/500与角钢焊接

1-1

Technical drawing of a reinforced concrete slab with dimensions and reinforcement details:

- Top left: 板板  $\geq 40 \times 100$
- Top left: 250/500 与角钢焊接
- Top right:  $-150 \times 3$  受力墙顶
- Bottom left: 新墙受力有钢
- Bottom left:  $2L 5 \times 3$
- Bottom center: 剪力墙
- Bottom center: 墙柱板  $\geq M1$  且 250/500
- Bottom center: 穿墙, 与角钢焊接
- Bottom right: 板板  $\geq 40 \times 100$
- Bottom right: 250/500, 与扁钢焊接

3-3

梁区等代箍筋

梁区等代纵筋

梁区等代箍筋, 与角钢焊接

梁区等代纵筋, 与角钢焊接

梁区等代纵筋  $> M16$

剪力墙

2775

200

2-2

Figure 4-4 illustrates the reinforcement construction of a rectangular slab. The slab has a thickness  $h$  and width  $b$ . The reinforcement details are as follows:

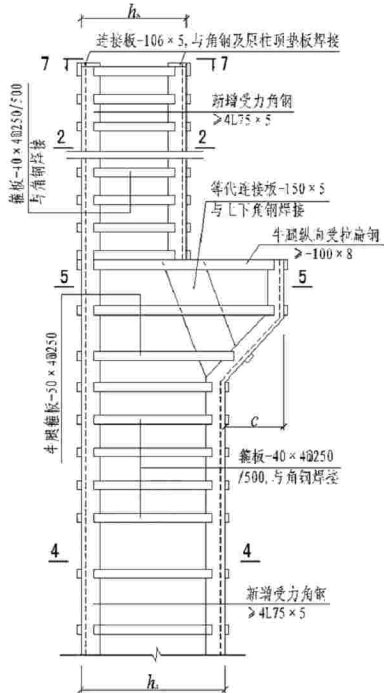
- Top Reinforcement:** 2Φ12 bars are provided along the top edge, with a spacing of 200.
- Bottom Reinforcement:** 2Φ12 bars are provided along the bottom edge, with a spacing of 200.
- Corner Reinforcement:** 2Φ12 bars are provided at the corners, with a spacing of 200.
- Stirrups:** Φ12 bars are used as stirrups, with a spacing of 200.

The diagram also shows the slab is supported by walls on all four sides, with dimensions of 200 indicated for the top and bottom reinforcement layers.

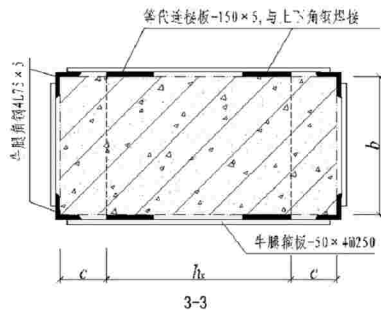
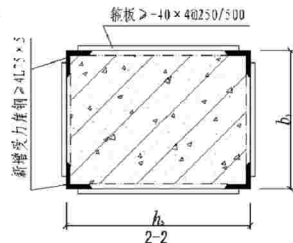
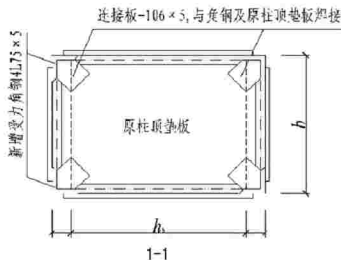
4-4

|        |     |       |        |     |   |      |     |  |
|--------|-----|-------|--------|-----|---|------|-----|--|
| 柱加固    | 壁柱  |       |        |     |   |      | 图集号 |  |
| 外包钢法   |     |       |        |     |   |      |     |  |
| 审核 陶学康 | 陶学康 | 校对 陈瑜 | 设计 万磊林 | 万磊林 | 页 | 3-19 |     |  |

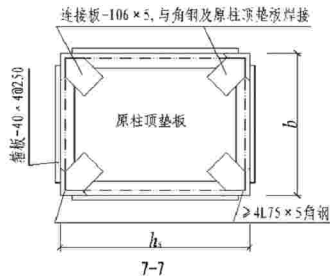
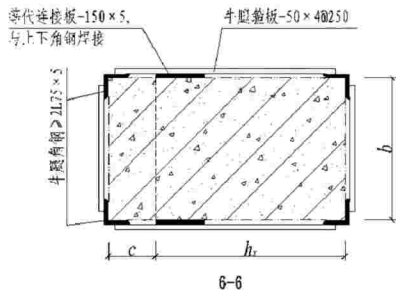
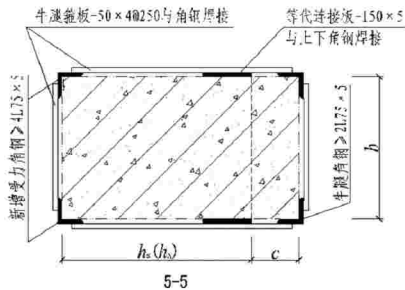
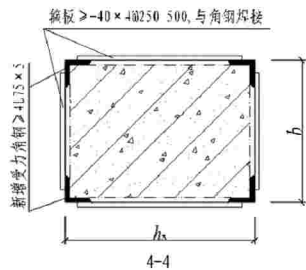




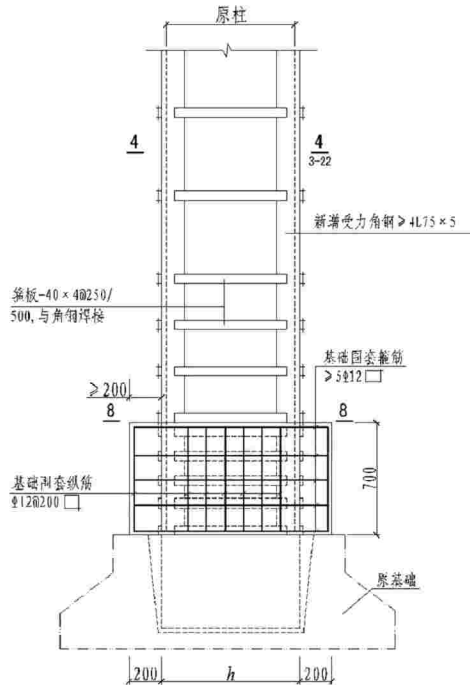
G. 预制二阶边柱



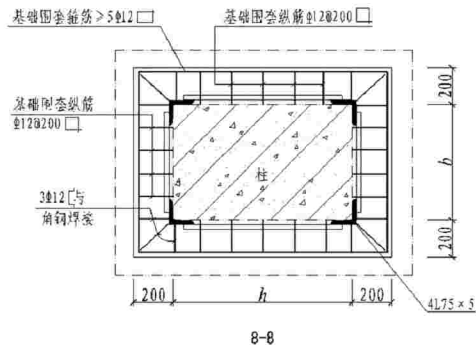
|        |        |       |        |     |     |
|--------|--------|-------|--------|-----|-----|
| 柱加固    | 预制二阶边柱 |       |        |     | 图集号 |
| 外包钢法   |        |       |        |     |     |
| 审核 陶宇康 | 陶宇康    | 校对 陈瑜 | 设计 万磊松 | 万磊松 | 页   |
| 3-21   |        |       |        |     |     |



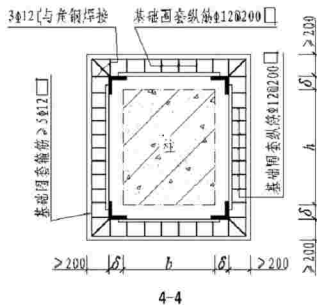
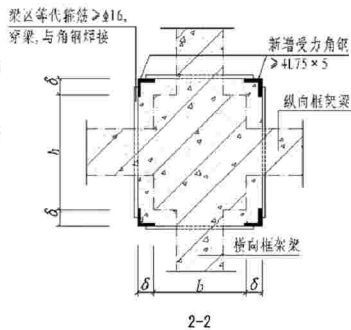
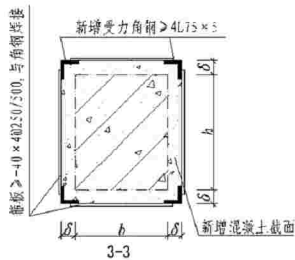
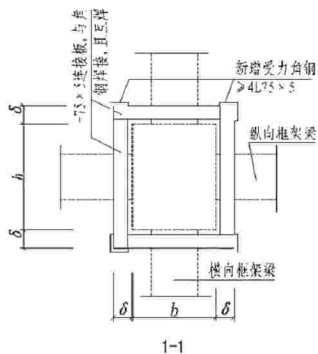
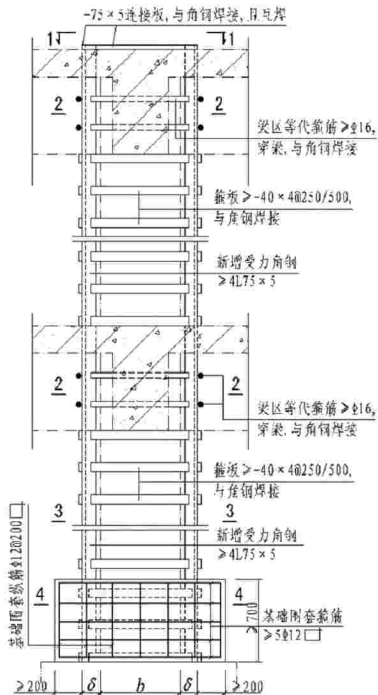
|        |         |       |        |     |   |      |     |  |
|--------|---------|-------|--------|-----|---|------|-----|--|
| 柱加固    | 预制二阶柱详图 |       |        |     |   |      | 图集号 |  |
| 外包钢法   |         |       |        |     |   |      |     |  |
| 审核 陶学康 | 陶学康     | 校对 陈瑜 | 设计 万国权 | 万国权 | 页 | 3-22 |     |  |



H. 预制柱纵向受力角钢在基础的锚固



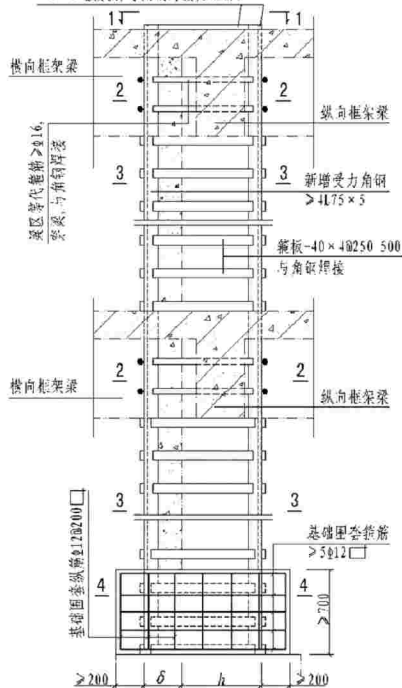
|        |               |       |            |   |      |
|--------|---------------|-------|------------|---|------|
| 柱加固    | 预制柱受力角钢在基础的锚固 |       |            |   | 图集号  |
| 外包钢法   |               |       |            |   |      |
| 审核 陶学康 | 陶学康           | 校对 陈瑜 | 设计 万磊林 万墨林 | 页 | 3-23 |



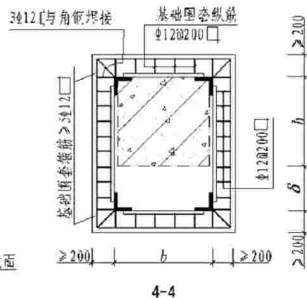
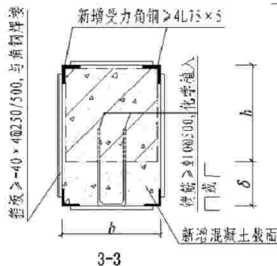
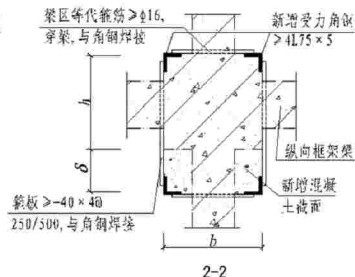
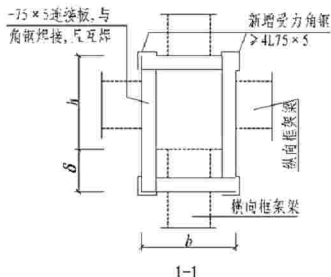
|            |         |     |    |    |    |     |      |
|------------|---------|-----|----|----|----|-----|------|
| 柱加固<br>综合法 | 独立柱四面增大 |     |    |    |    | 图集号 |      |
| 编 号        | 陶学康     | 陶学康 | 校对 | 陈瑜 | 设计 | 万墨林 | 万墨林  |
| 页 数        | 页       |     |    |    |    |     | 3-24 |



-75×5连接板,与角钢焊接,且互焊



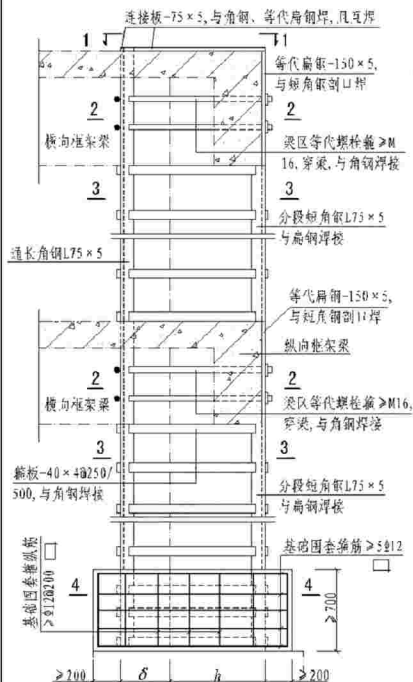
B. 独立柱单面增大



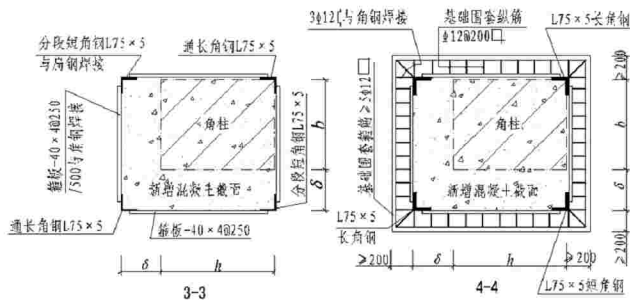
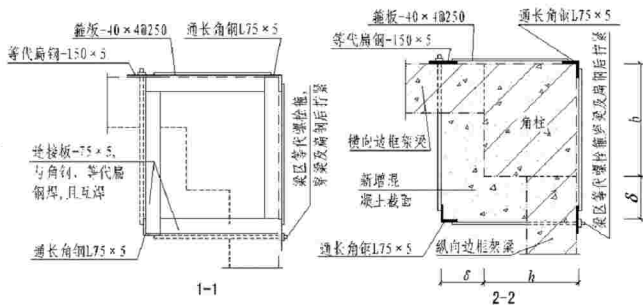
注: 当  $b \geq 500$ mm 或  $\delta \geq 150$ mm 时, 宜设暗筋, 并与板顶焊接。

|        |         |       |        |        |
|--------|---------|-------|--------|--------|
| 柱加固    | 独立柱单面增大 |       |        | 图集号    |
| 综合法    |         |       |        |        |
| 审核 陶学康 | 陶学康     | 校对 陈瑜 | 设计 万墨林 | 页 3-25 |



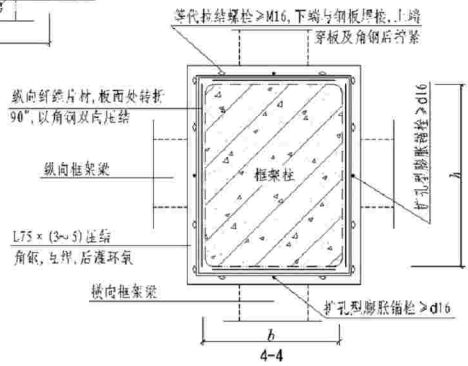
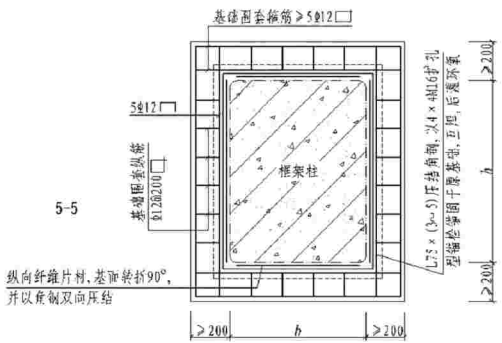
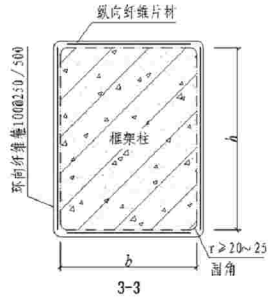
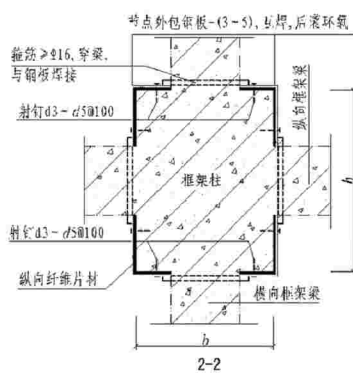
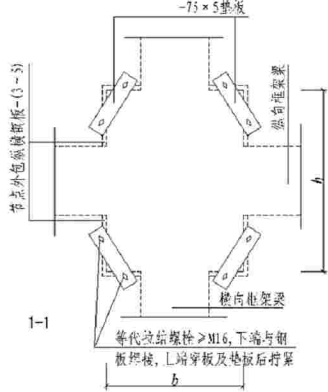


D. 角柱两面增大



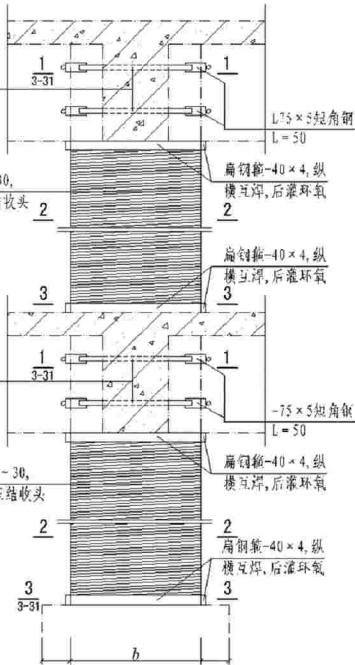
|        |        |       |        |     |        |
|--------|--------|-------|--------|-----|--------|
| 柱加固    | 角柱两面增大 |       |        |     | 图集号    |
| 综合法    |        |       |        |     |        |
| 中核 陶学康 | 陶学康    | 校对 陈瑜 | 设计 万磊林 | 万磊林 | 页 3-27 |





|         |                   |            |
|---------|-------------------|------------|
| 柱加固     | 独立框架柱纤维片材受弯受剪加固详图 | 图集号        |
| 纤维复合材料法 |                   |            |
| 审核 陶学康  | 陶学康 校对 陈瑜         | 设计 万显斌 万显林 |
| 页       | 3-29              |            |

梁区等代箍筋 $\geq\phi 16$ ,  
穿梁,与短角钢焊接

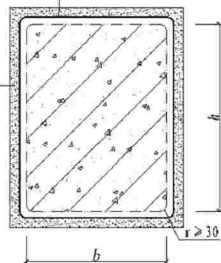


B. 独立框架柱环向绕丝加固

(提高混凝土抗压强度及结构延性; 斜截面抗剪加固)

环向绕丝 $\phi 4@15 \sim 30$ , 两  
端用扁钢箍压结收头

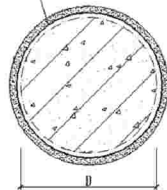
$\geq C30$ 喷射混凝土  
或高强砂浆



2-2 (矩形柱)

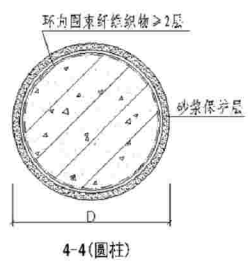
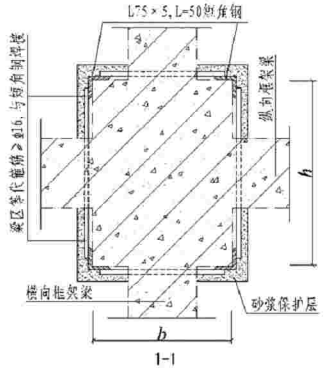
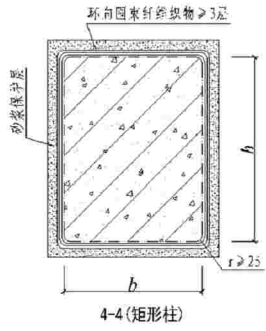
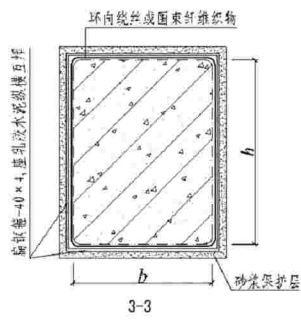
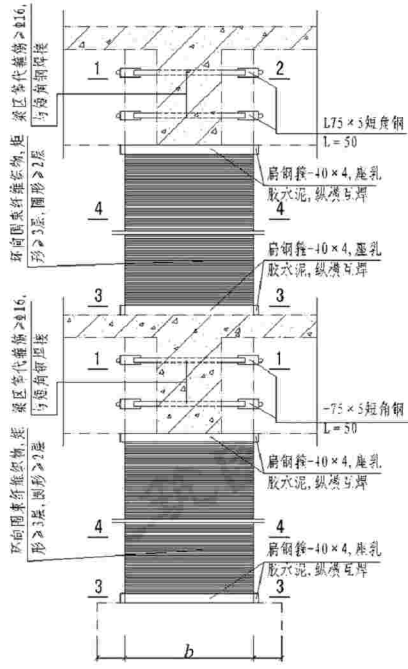
环向绕丝 $\phi 4@15 \sim 30$ , 两  
端用扁钢箍压结收头

$\geq C30$ 喷射混凝土  
或高强砂浆



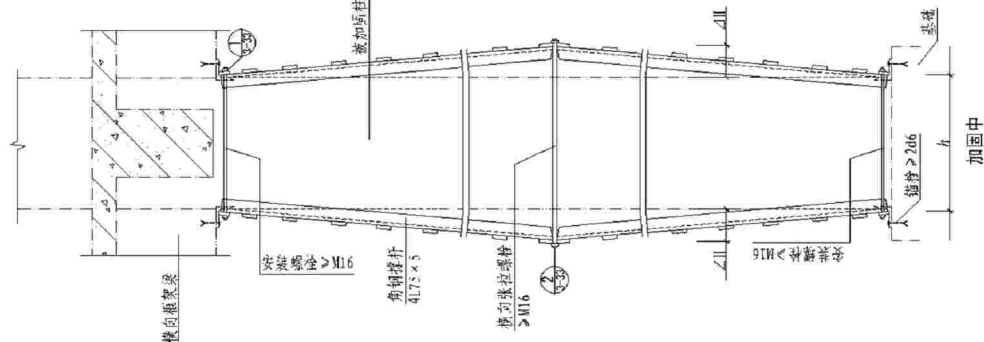
2-2 (圆柱)

|        |           |       |        |     |        |
|--------|-----------|-------|--------|-----|--------|
| 柱加固    | 独立框架柱绕丝加固 |       |        |     | 图案号    |
| 绕丝法    |           |       |        |     |        |
| 审核 陶学康 | 陶学康       | 校对 陈瑜 | 设计 万墨林 | 万墨林 | 页 3-30 |

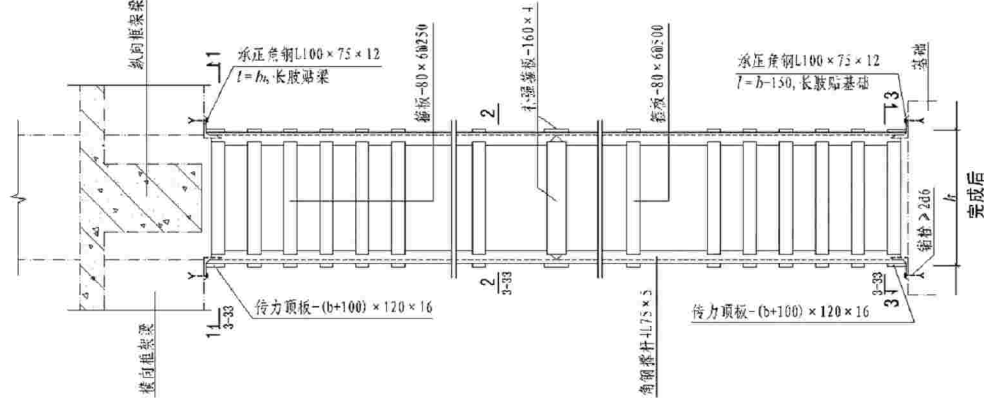


C. 独立框架柱纤维织物环向围束加固  
(提高柱抗压承载力)

|            |                      |        |
|------------|----------------------|--------|
| 柱加固<br>钢丝法 | 独立框架柱纤维织物环向围束加固      | 图集号    |
| 中国建筑工业出版社  | 陶彦康 校对 陈瑞 设计 万墨林 万墨林 | 页 3-31 |



加固中

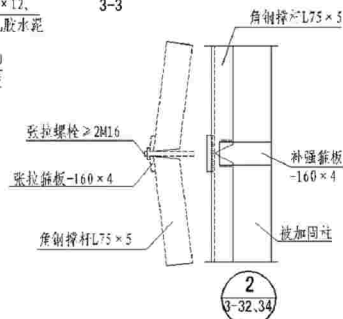
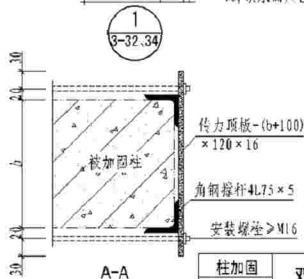
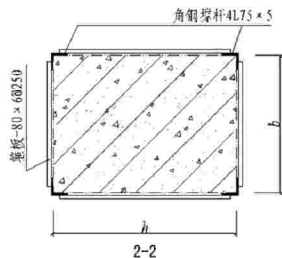
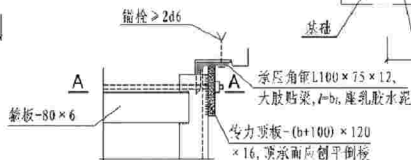
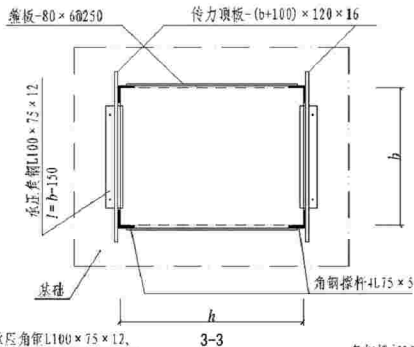
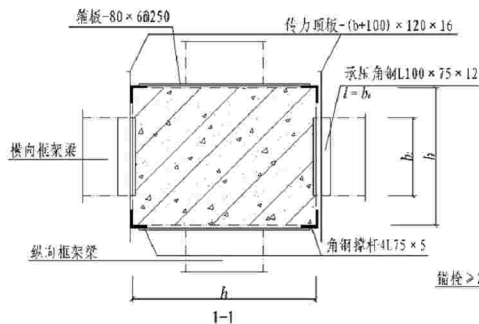


完成后

A 横向张拉双侧预应力撑杆加固框架柱

|        |                  |       |      |
|--------|------------------|-------|------|
| 柱加固    | 图集号              | 页     | 3-32 |
| 预应力撑杆法 | 横向往拉双测预应力撑杆加固框架柱 | 设计万恩林 | 万恩林  |
| 审校陶学紫  | 审核               | 陈琦    | 陈琦   |
| 陶学紫    | 陶学紫              | 校式    | 校式   |





|        |                |       |            |   |      |
|--------|----------------|-------|------------|---|------|
| 柱加固    | 双侧预应力撑杆加固框架柱详图 |       |            |   | 图集号  |
| 预应力撑杆法 |                |       |            |   |      |
| 审核 陶学康 | 陶学康            | 校对 陈瑜 | 设计 万墨林 万墨林 | 页 | 3-33 |



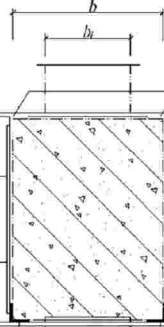
传力顶板  $-(b+100) \times 120 \times 16$

安装端板  $-(b+100) \times 120 \times 16$

角钢撑杆  $2L75 \times 5$

横向框架梁

承压角钢  $L100 \times 75 \times 12, l = b$



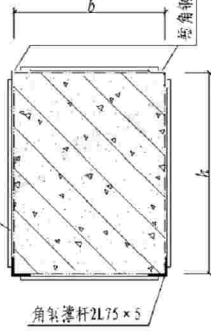
短角钢  $L75 \times 5, l = 100$

箍板  $80 \times 6@250$

h

4-4

箍板  $80 \times 6@250/500$



角钢撑杆  $2L75 \times 5$

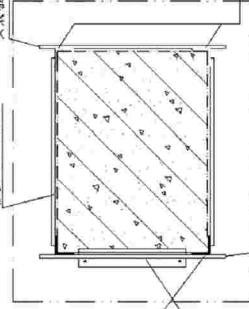
短角钢  $L75 \times 5, l = 100$

h

5-5

箍板  $80 \times 6@250$

安装端板  $-(b+100) \times 120 \times 16$



承压角钢  $L100 \times 75 \times 12, l = b-150$

角钢撑杆  $2L75 \times 5$

短角钢  $L75 \times 5, l = 100$

传力顶板  $-(b+100) \times 120 \times 16$

h

6-6

柱加固  
预应力撑杆法

安徽商学楼

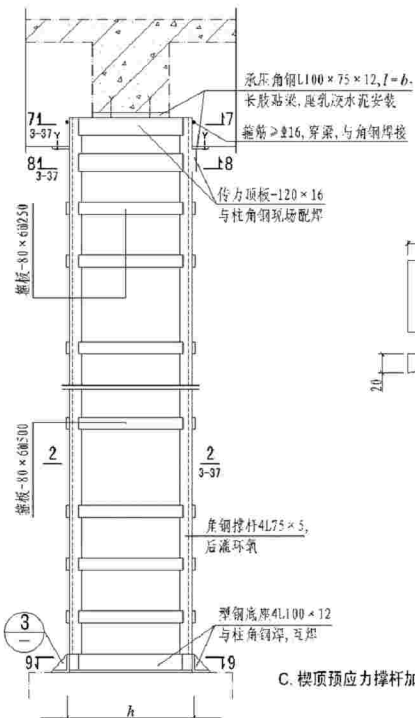
单侧预应力撑杆加固框架柱详图

陶彦康 校文 陈磊 审核 设计 万墨林

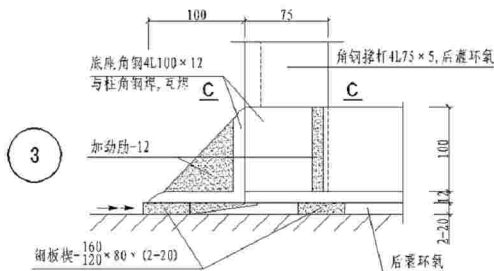
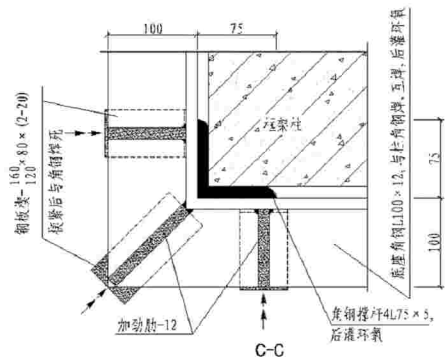
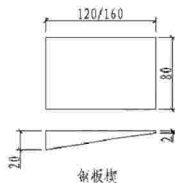
图集号

3-35

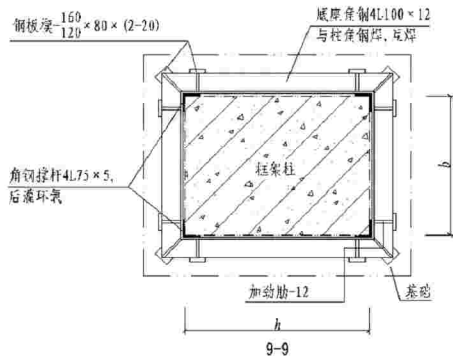
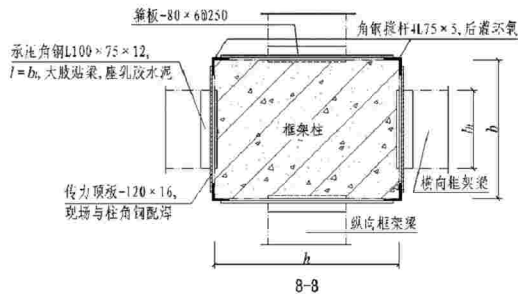
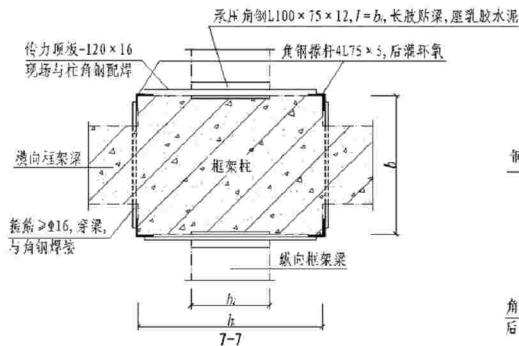
页



C. 楔顶预应力撑杆加固框架柱



| 柱加固    | 楔顶预应力撑杆加固框架柱 |       |        |     |   |      | 图集号 |
|--------|--------------|-------|--------|-----|---|------|-----|
| 预应力撑杆法 |              |       |        |     |   |      |     |
| 审核 陶学康 | 陶学康          | 校对 陈瑜 | 设计 万强松 | 万强林 | 页 | 3-36 |     |



|        |                |       |        |     |        |
|--------|----------------|-------|--------|-----|--------|
| 柱加固    | 楔顶预应力撑杆加固框架柱详图 |       |        |     | 图集号    |
| 预应力撑杆法 |                |       |        |     |        |
| 审核 陶学康 | 陶学康            | 校对 陈瑞 | 设计 万墨林 | 万墨林 | 页 3-37 |

## 4 墙加固

### 4.1 板墙加固法

当墙体承载力不满足规范规定或设计要求时,或当墙体厚度、配筋、轴压比及边缘构件构造不符合规范规定时,或当墙体混凝土强度偏低或施工质量存在严重缺陷时,均可以采用于原墙双面或单面或局部增设钢筋混凝土后浇层一板墙进行加固。板墙混凝土层厚度应由计算确定,一般应 $\geq 60\text{mm}$ ,混凝土强度等级应比原墙高1~2级,宜采用喷射法施工。板墙钢筋网规格,竖向应 $\geq \phi 10-12$ ,间距 $\textcircled{1}150-200\text{mm}$ ,横向应 $\geq \phi 8-10$ , $\textcircled{1}150-200\text{mm}$ ;竖筋在里,横筋位外。新增钢筋网与原墙应有可靠连接固定,一般可穿孔采用拉结筋对拉或化学植筋锚接或膨胀型锚栓锚固。拉结筋和植筋规格为 $\phi 6-8$ ,间距植筋为 $\textcircled{1}600\text{mm}$ ,拉结筋为 $\textcircled{1}900\text{mm}$ ,宜为梅花形布置,植筋锚固深度按表2.14.3受剪项查取。锚栓规格为 $d 6-8$ , $\textcircled{1}600\text{mm}$ 。纵横钢筋端部应有可靠锚固,可采用化学植筋方法锚固于基础、框架梁、框架柱、剪力墙及楼板等邻接构件。对于厚度较薄的楼板和墙体,可采用钻孔方式直接通过;为减少钻孔工作量,间距可适当增大,可采用较粗的等代钢筋通过连接。亦可先采用较粗的高强螺栓锚固角钢,再将纵横钢筋与角钢焊接。等代筋或螺栓按 $A_s f_{yk}/s$ 等效换算,钢筋一般取 $\geq \phi 16\textcircled{1}600-900$ ,螺栓一般取8.8级以上 $\geq M16\textcircled{1}600-900$ 。若采用搭接,搭接长度应 $\geq l_l$ 。为均匀有效传力,连接筋穿墙穿板后应焊以斜筋,并与墙面钢筋网点点焊连接。为增强新旧混凝土结合能力,原墙面应凿毛、刷净,并涂刷界面剂一道。

### 4.2 粘钢法

当墙体仅因配筋不足时,可采用外粘钢板法加固,包括墙端暗柱加固。仅抗剪承载力不足时,可只设水平横向扁钢;仅抗弯承载力不足时,可只设垂直竖向扁钢;否则,横向、竖向均应设置扁钢。扁钢规格及分布应由计算确定,一般取 $-(80-120) \times (3-4) \textcircled{1}300-500$ 。外层扁钢应采用锚栓或射钉固定于墙面,锚栓规格为 $2d_6$ ,射钉规格为 $2d_5$ ,间距与底层扁钢相应,为 $\textcircled{1}300-500$ 。

扁钢端部应有可靠锚固,一般可采用化学植筋办法锚固于邻接的边缘构件或于墙四周设封闭角钢框办法,然后再将扁钢与之焊接。

纵横扁钢交叉处理,一般是采用缓坡( $\alpha \leq 20^\circ$ )弯折交叉,即竖向扁钢在里直贴于墙面,横向扁钢在外弯折交叉贴于墙面。亦可采用凿槽布置竖向扁钢,横向扁钢在外直贴。

纵横扁钢与墙面的结合,主要部分可采用结构胶粘贴,但在焊接部位,如端部,应先焊接,然后局部后灌环氧粘结。

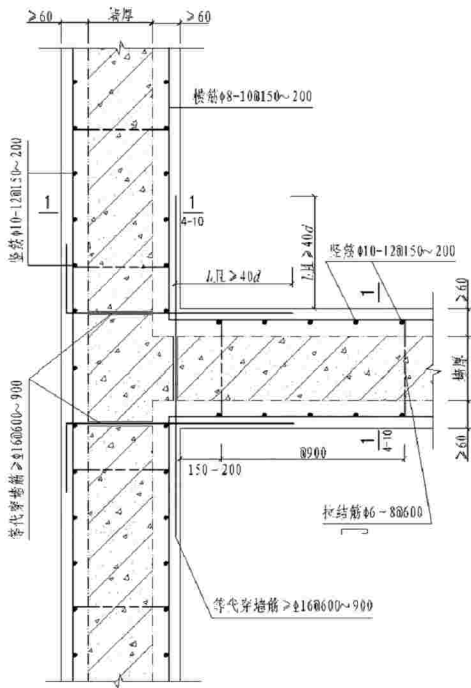
### 4.3 墙体开洞处理

剪力墙开洞宜采用切割机或钻芯机施工。开洞尺寸 $< 300\text{mm}$ 时,可不作加固处理。开洞尺寸为 $300-500\text{mm}$ 时,应于洞口周边双面粘贴扁钢进行补强,扁钢截面面积取 $A_{sb} \geq 1.2A_f/f_{yb}$ , $A_s$ 、 $f_y$ 为同方向开洞被切断的钢筋面积及抗拉强度设计值, $f_{yb}$ 为扁钢抗拉强度设计值;扁钢规格一般应 $\geq -(80-120) \times (3-4)$ ,纵横扁钢应

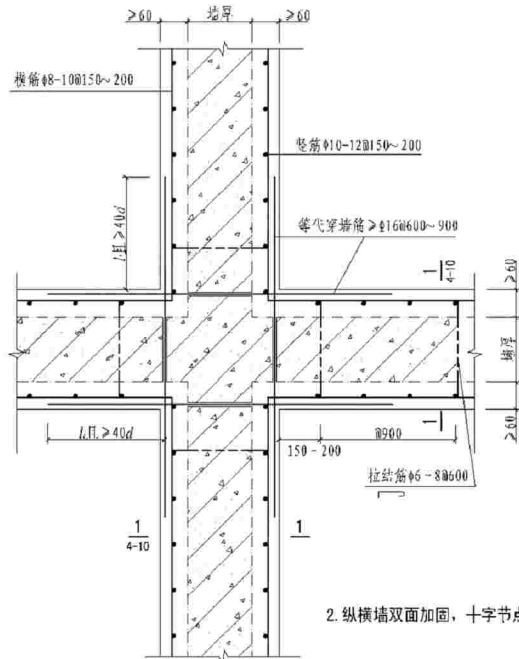
| 墙加固    | 墙加固说明(一) |       |        |     | 图集号   |
|--------|----------|-------|--------|-----|-------|
| 审核 陶学康 | 陶学康      | 校对 陈瑜 | 设计 万墨林 | 万墨林 | 页 4-1 |

剖口互焊,并以 $d3 \sim d5@100 \sim 150$ 射钉锚固。开洞尺寸为 $510 \sim 1000$  mm时,应在洞周边外包型钢边框,墙中被切断的原受力钢筋与边框应采用配钻孔塞焊连接。型钢框与混凝土结合面应后灌环氧使之结为一体。当洞宽为 $1010 \sim 3000$  mm时,型钢边框尚应切掉垂直肢向外延伸,其长度应 $> l/3$ ,且 $> 500$  mm,  $l$ 为洞宽。对于门洞底部应以锚固角钢、扁钢及等代穿板高强螺栓连接加固。当洞宽 $> 3000$  mm时,应按下卧托浆拆墙方法进行加固处理。

|        |          |       |        |     |  |  |     |     |
|--------|----------|-------|--------|-----|--|--|-----|-----|
| 墙加固    | 墙加固说明(二) |       |        |     |  |  | 图集号 |     |
| 审核 陶学康 | 陶学康      | 校对 陈瑜 | 设计 万墨林 | 万墨林 |  |  | 页   | 4-2 |



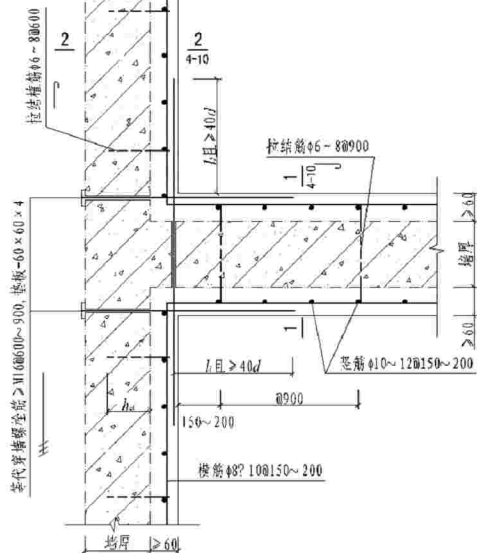
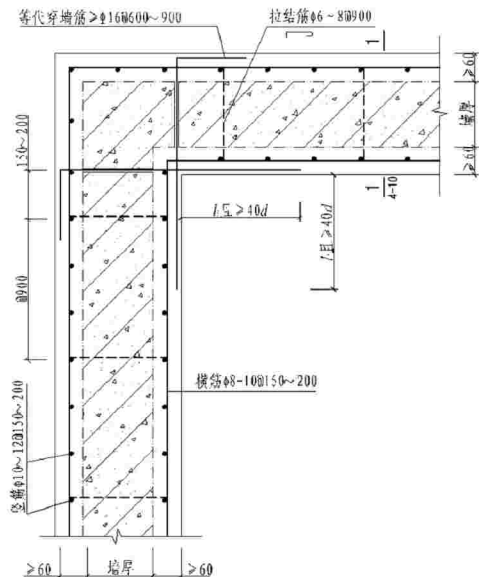
1. 纵横墙双面板墙加固, T形节点



2. 纵横墙双面加固, 十字节点

|        |                    |            |
|--------|--------------------|------------|
| 墙加固    | 纵横墙双面板墙加固, T形、十字节点 | 图集号        |
| 板墙加固法  |                    |            |
| 审核 陶学康 | 陶学康 校对 陈瑜          | 设计 万墨林 万墨林 |
| 页      | 4-3                |            |

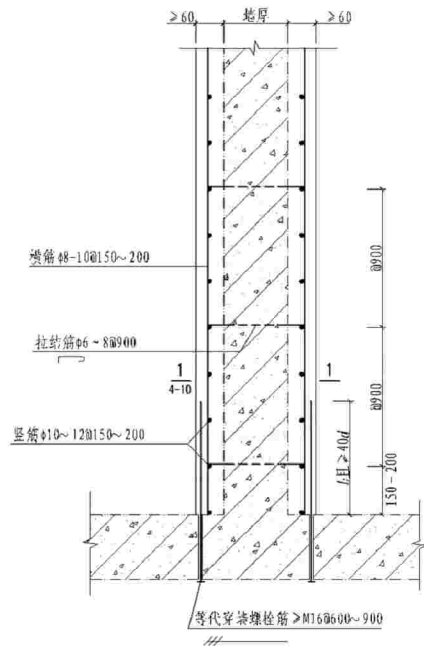




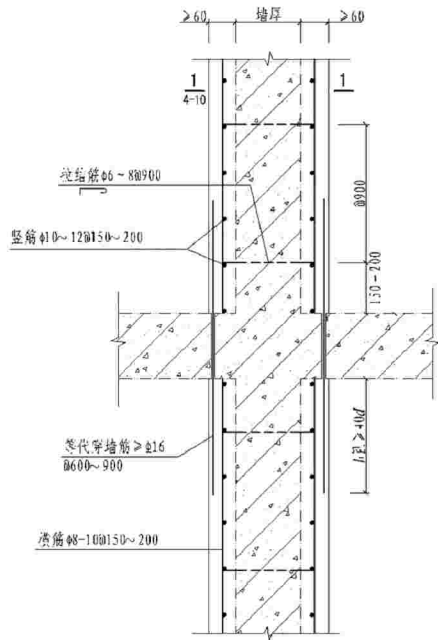
3. 纵横墙双面板墙加固, L形节点

4. 纵墙单面横墙双面板墙加固, T形节点

|        |                    |       |        |     |
|--------|--------------------|-------|--------|-----|
| 墙加固    | 纵横墙双面板墙加固, L形节点    |       |        | 图集号 |
| 板墙加固法  | 纵墙单面横墙双面板墙加固, T形节点 |       |        | 页   |
| 审核 周学康 | 陶世康                | 校对 陈瑞 | 设计 万墨林 | 4-4 |

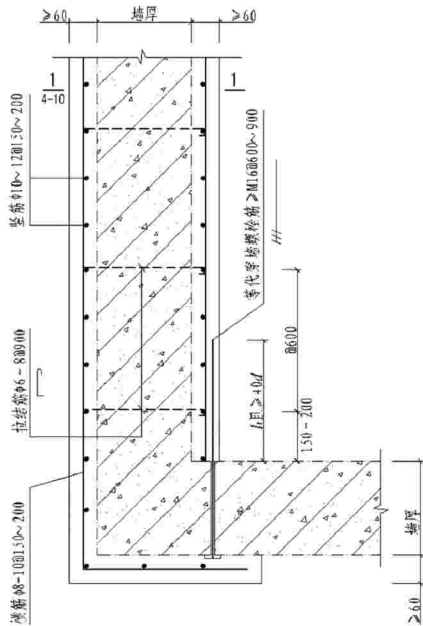


5. 横墙双面板墙加固, T形节点

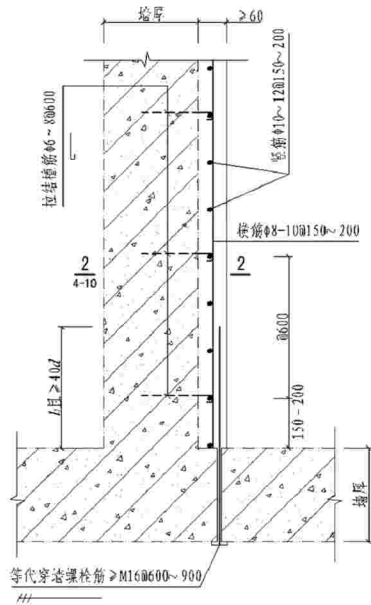


6. 横墙双面板墙加固, 十字节点

|        |                  |            |
|--------|------------------|------------|
| 墙加固    | 横墙双面板墙加固, T形十字节点 | 图集号        |
| 板墙加固法  |                  |            |
| 审核 陶学康 | 陶学康 校对 陈瑜        | 设计 万毅松 万毅林 |
| 页      | 4-5              |            |

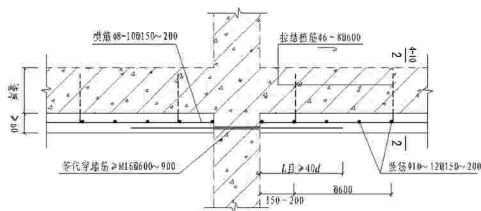


7. 横墙双面板墙加固, L形节点

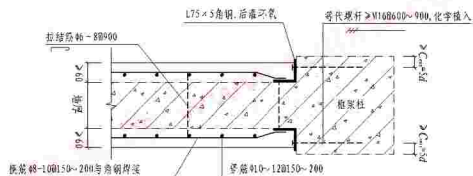


8. 横墙单面板墙加固, T形节点

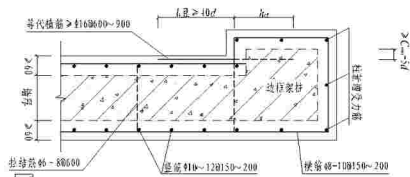
|        |                |       |        |     |     |     |
|--------|----------------|-------|--------|-----|-----|-----|
| 墙加固    | 横墙双面板墙加固, L形节点 |       |        |     | 图集号 |     |
| 板墙加固法  | 横墙单面板墙加固, T形节点 |       |        |     |     |     |
| 审核 陶学康 | 陶学康            | 校对 陈瑜 | 设计 万墨林 | 万墨林 | 页   | 4-6 |



9. 横墙单面板墙加固, 十形节点

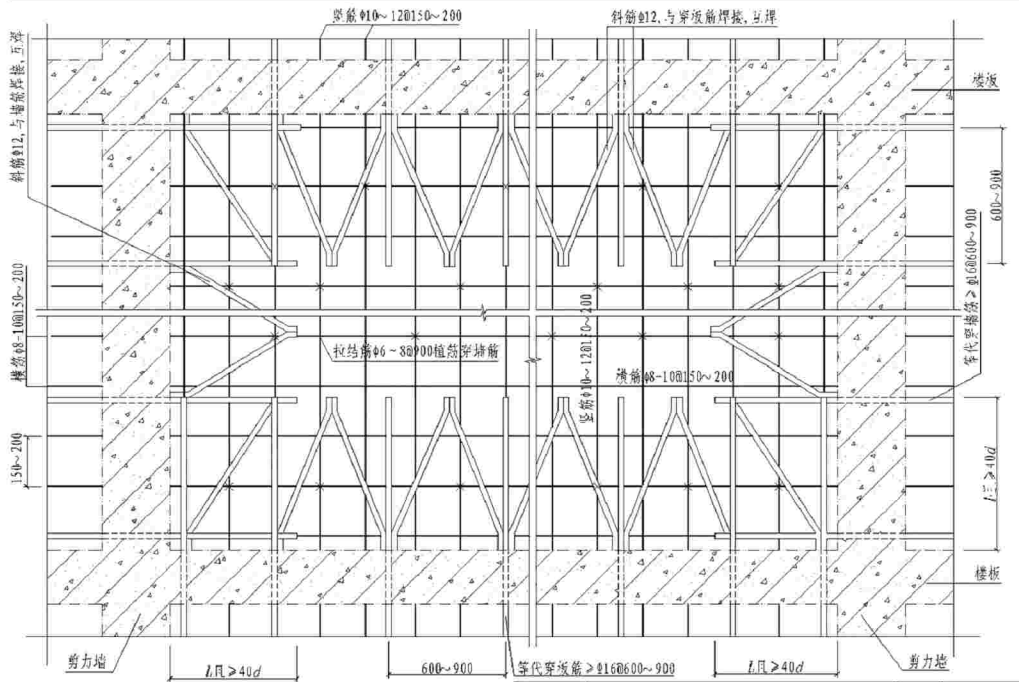


10. 墙双面板墙加固, 与端柱连接



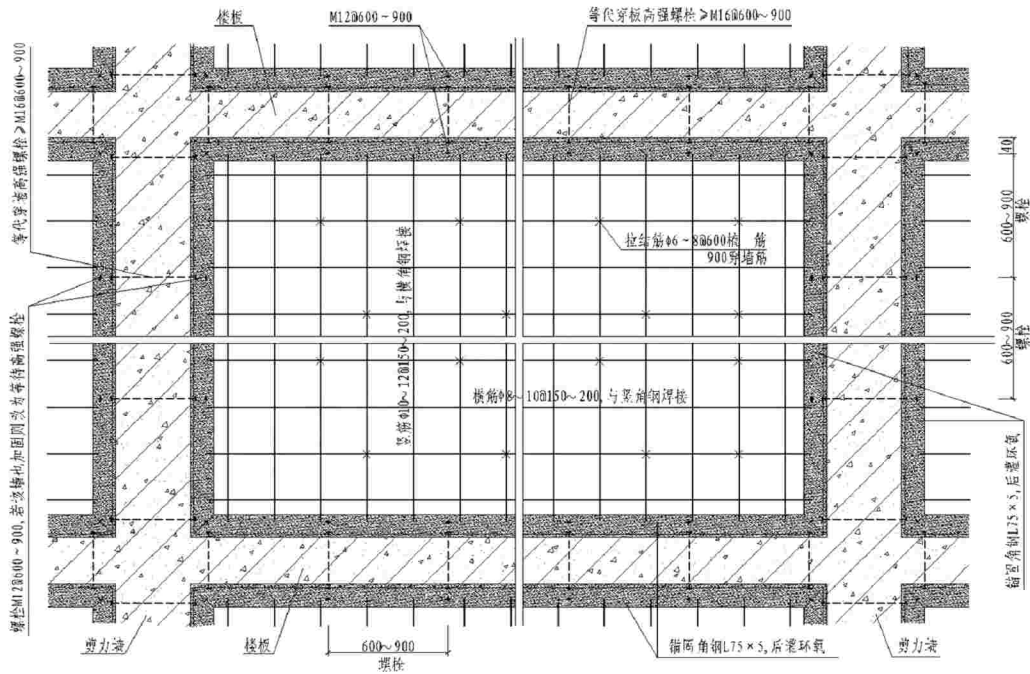
11. 墙双面板墙加固, 与边端柱连接

| 墙加固   | 横墙单面板墙加固, 十形节点          | 图例号   |
|-------|-------------------------|-------|
| 板墙加固法 | 加固板墙与端柱连接               |       |
| 张城陶宇辰 | 陶宇辰 校对 冯瑞 审核 设计 万罗林 万罗林 | 页 4-7 |



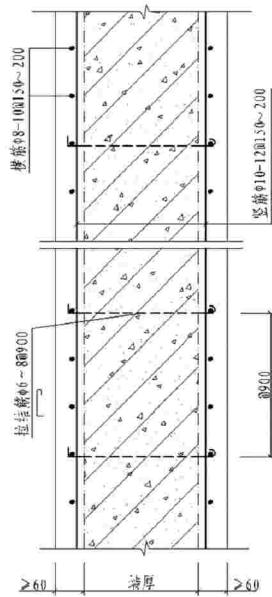
12. 板墙墙面钢筋网布置1—采用连接筋时

|       |                   |    |    |    |     |
|-------|-------------------|----|----|----|-----|
| 墙加固   | 板墙墙面钢筋网布置1—采用连接筋时 |    |    |    | 图集号 |
| 板墙加固法 | 审核                | 校对 | 设计 | 设计 | 页   |
| 审核    | 审核                | 审核 | 审核 | 审核 | 审核  |

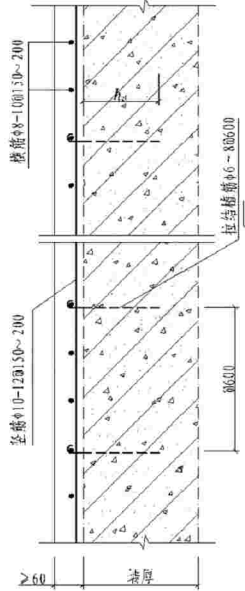


12. 板墙墙面钢筋网布置2—采用锚固角钢时

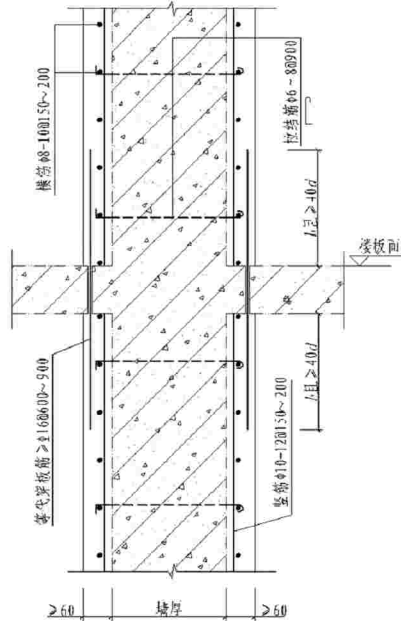
|       |                    |     |       |            |
|-------|--------------------|-----|-------|------------|
| 墙加固   | 板墙墙面钢筋网布置2—采用锚固角钢时 |     |       | 图编号        |
| 板墙加固法 | 审核 陶学康             | 陶学康 | 校对 陈瑜 | 设计 万墨林 万墨林 |
|       | 页                  |     |       | 4-9        |



1-1

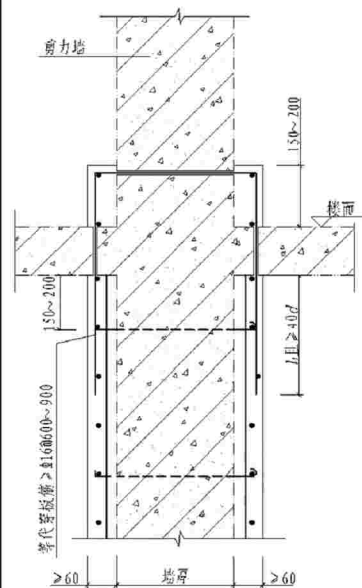


2-2

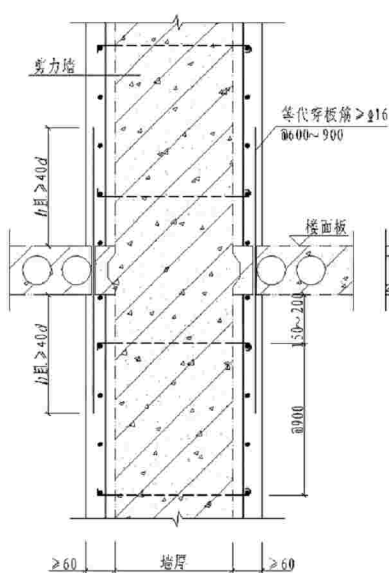


13. 板墙加固现浇楼面处做法

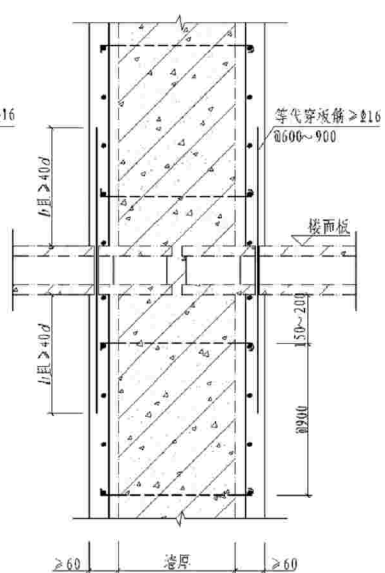
| 墙加固   | 板墙剖面详图 / 现浇楼面处做法 |     |    |    | 图集号     |
|-------|------------------|-----|----|----|---------|
| 板墙加固法 | 审核               | 陶忠康 | 校对 | 陈瑜 | 设计      |
| 审核    | 陶忠康              | 校对  | 陈瑜 | 设计 | 万显松 万显林 |
| 页     | 4-10             |     |    |    |         |



14. 板墙加固现浇楼面处收头做法



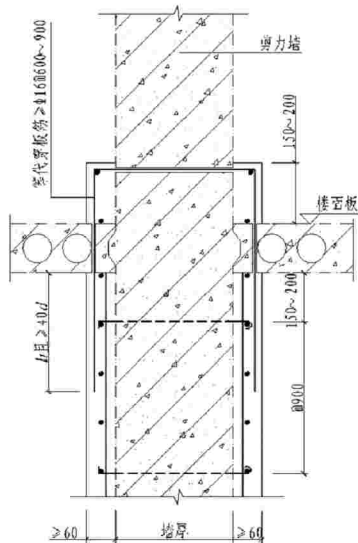
15. 板墙加固空心楼板板边处做法



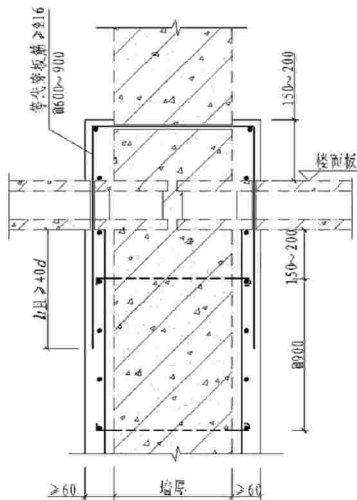
16. 板墙加固空心楼板板端处做法

| 墙加固<br>板墙加固法 | 板墙加固现浇楼面做法 / 空心楼板做法 |       |        |     | 图集号    |
|--------------|---------------------|-------|--------|-----|--------|
| 审核 陶学康       | 陶学康                 | 校对 陈瑜 | 设计 万墨林 | 万墨林 | 页 4-11 |

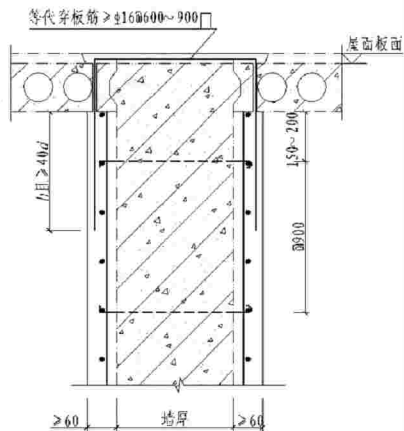




17. 板墙加固空心楼板板边处收头

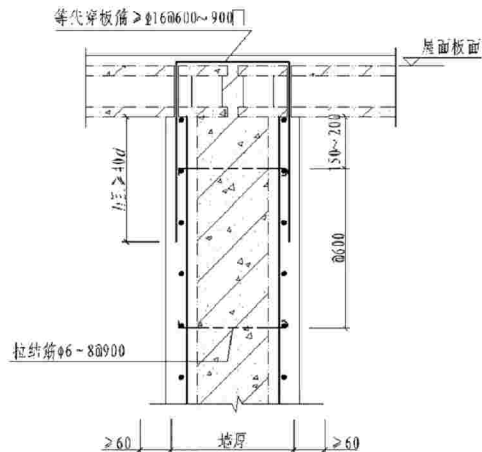


18. 板墙加固空心楼板板端处收头

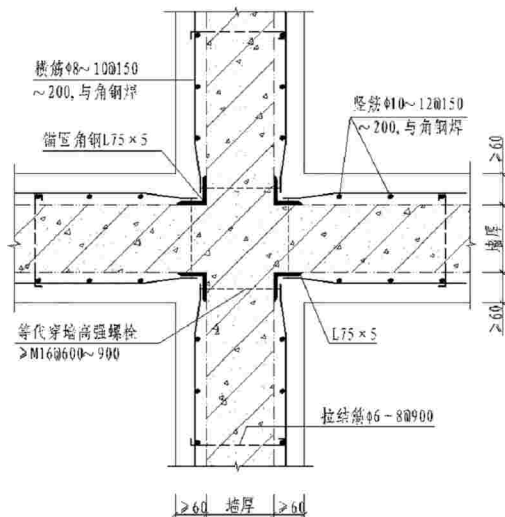


19. 板墙加固空心屋面板板边处收头

|        |             |       |            |
|--------|-------------|-------|------------|
| 墙加固    | 板墙加固空心楼板处做法 | 图集号   |            |
| 板墙加固法  |             | 页     | 4-12       |
| 审核 陶学康 |             | 校对 陈瑜 | 设计 万墨林 万墨林 |

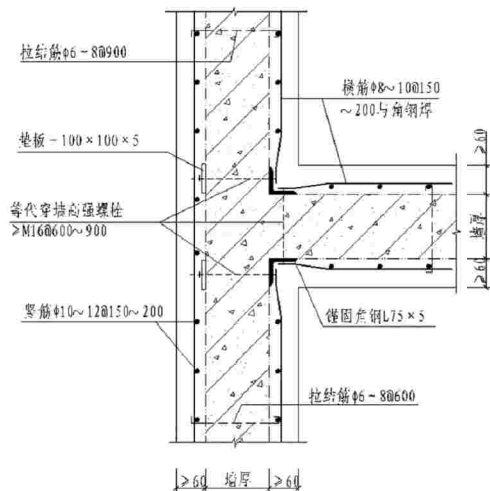


20. 板墙加固空心屋面板板端处收头

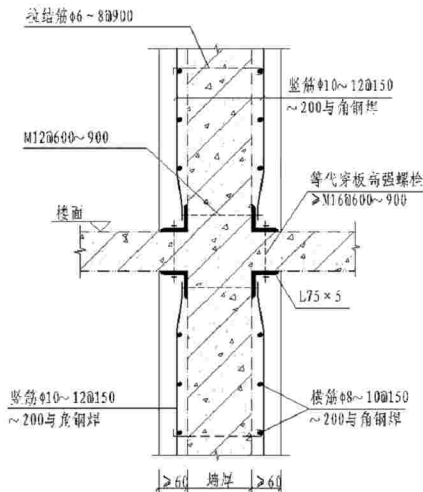


21. 纵横墙双面板墙加固，十字节点锚固角钢连接

|        |                       |       |        |     |        |
|--------|-----------------------|-------|--------|-----|--------|
| 墙加固    | 空心屋面板端收头 / 十字节点锚固角钢连接 |       |        |     | 图集号    |
| 板墙加固法  |                       |       |        |     |        |
| 审核 陶学康 | 陶学康                   | 校对 陈瑜 | 设计 万墨林 | 万墨林 | 页 4-13 |

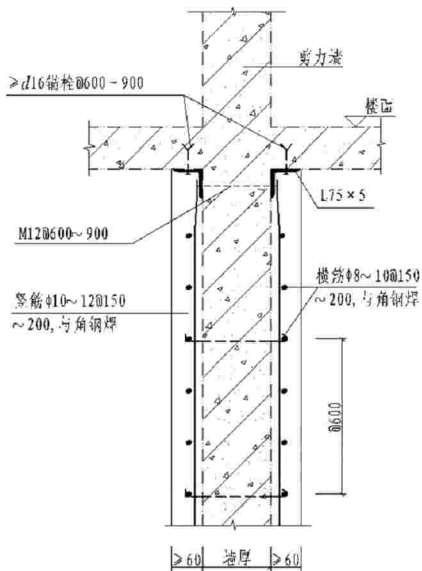


22. 纵横墙双面板墙加固, T字节点锚固角钢连接

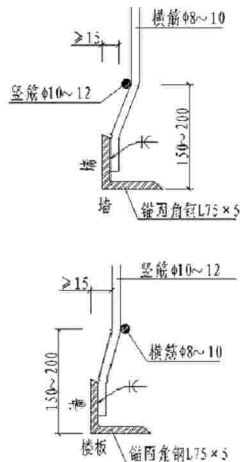


23. 板墙加固, 楼面处锚固角钢连接

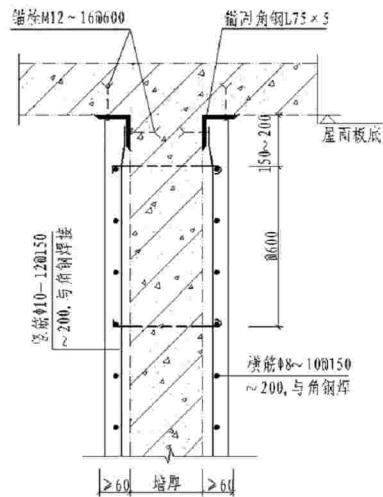
| 墙加固<br>板墙加固法 | T字节点、楼面处锚固角钢连接 |       |        |     | 图编号    |
|--------------|----------------|-------|--------|-----|--------|
| 审核 陶学康       | 陶学康            | 校对 陈瑜 | 设计 万墨林 | 万墨林 | 页 4-14 |



24. 板墙加固楼面处锚固角钢连接收头

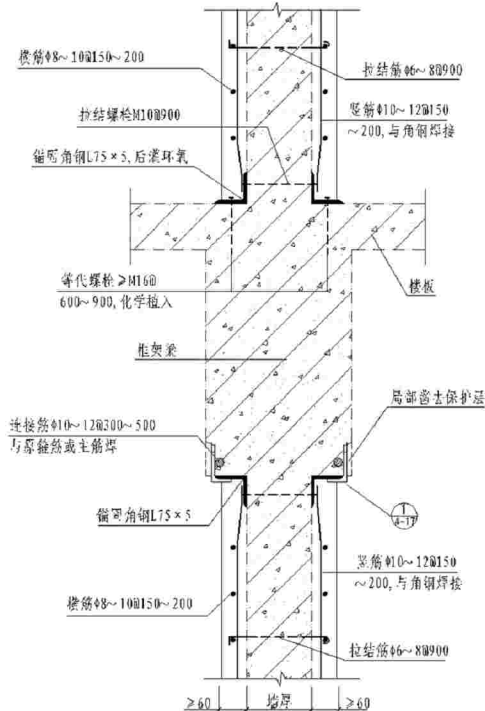


钢筋与角钢焊接连接示意

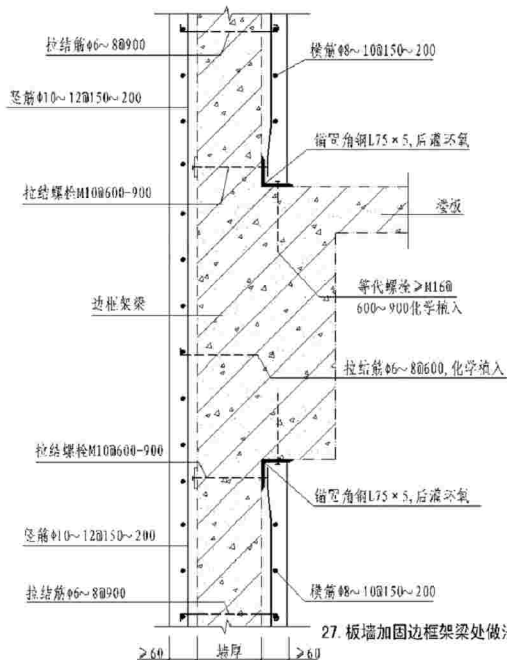


25. 板墙加固屋面处锚固角钢连接做法

|              |                 |        |     |
|--------------|-----------------|--------|-----|
| 墙加固<br>板墙加固法 | 楼面处、屋面处锚固角钢连接收头 | 图集号    |     |
| 审核 陶学典       | 陶学典 校对 陈瑞       | 设计 万墨林 | 万墨林 |
| 页            | 4-15            |        |     |

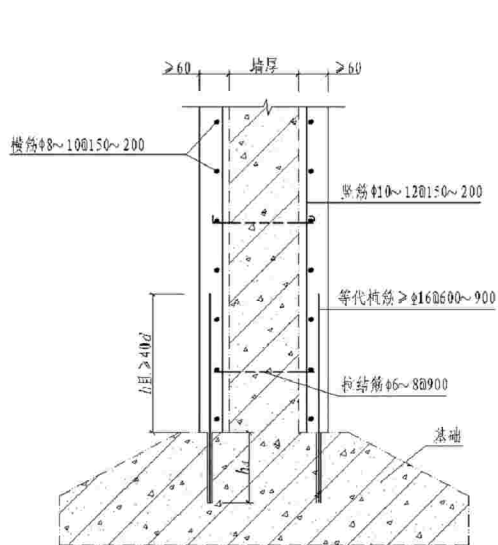


26. 板墙加固框架梁处做法

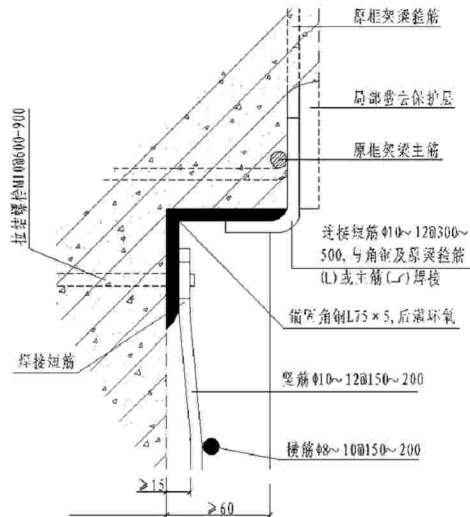


27. 板墙加固边框架梁处做法

|        |            |       |        |     |   |      |     |
|--------|------------|-------|--------|-----|---|------|-----|
| 墙加固    | 板墙加固框架梁处做法 |       |        |     |   |      | 图集号 |
| 板墙加固法  |            |       |        |     |   |      |     |
| 审核 陶学康 | 陶学康        | 校对 陈瑜 | 设计 万显彬 | 万显彬 | 页 | 4-16 |     |

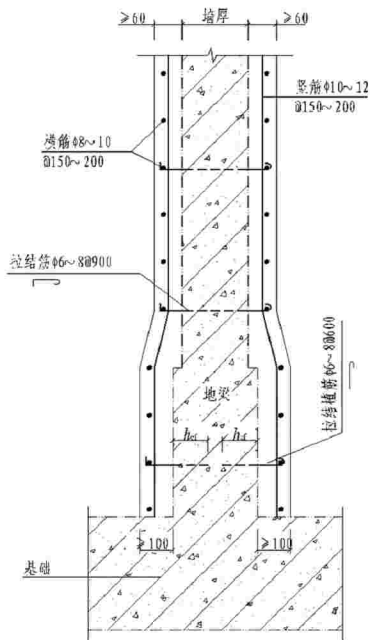


28. 板墙加固板式条形基础处做法

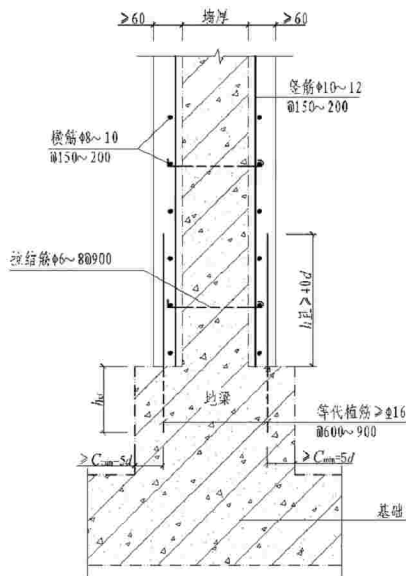


1  
4-16

|       |               |     |     |    |    |    |         |
|-------|---------------|-----|-----|----|----|----|---------|
| 墙加固   | 板墙加固板式条形基础处做法 |     |     |    |    |    | 图集号     |
| 板墙加固法 | 审核            | 陶学康 | 陶学康 | 校对 | 陈瑜 | 设计 | 万墨林 万墨林 |
| 页     | 4-17          |     |     |    |    |    | 页       |

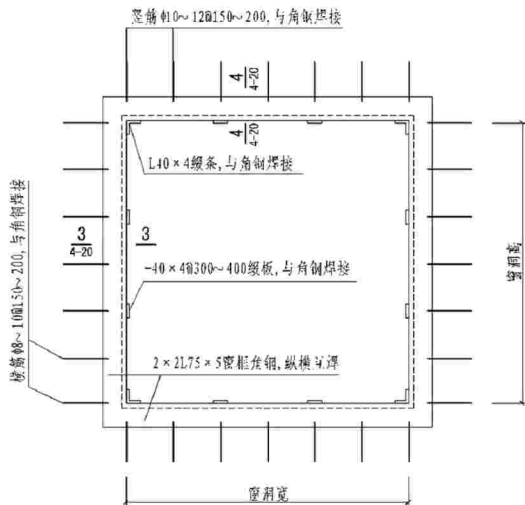
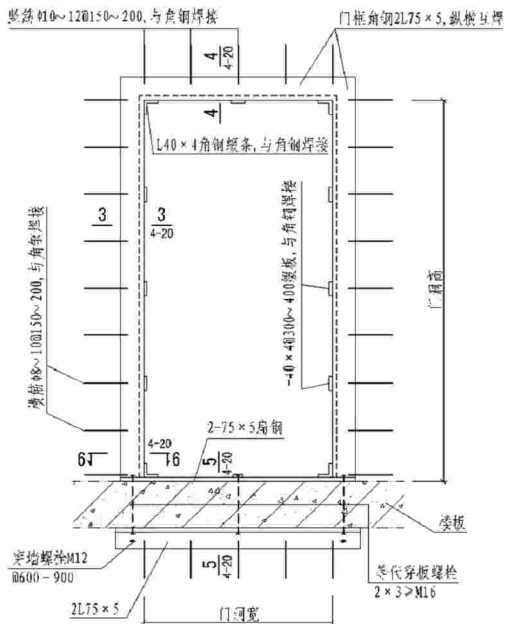


30. 伐板基础处做法(地梁较窄时)



29. 伐板基础处做法(地梁较宽时)

|        |             |       |        |     |   |      |
|--------|-------------|-------|--------|-----|---|------|
| 墙加固    | 板墙加固伐板基础处做法 |       |        |     |   | 图编号  |
| 板墙加固法  |             |       |        |     |   |      |
| 审核 陶宇康 | 陶宇康         | 校对 陈瑜 | 设计 万显林 | 万显林 | 页 | 4-18 |

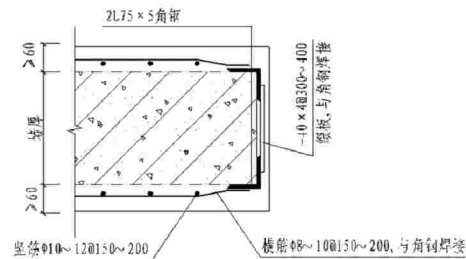


### 32. 窗洞口做法

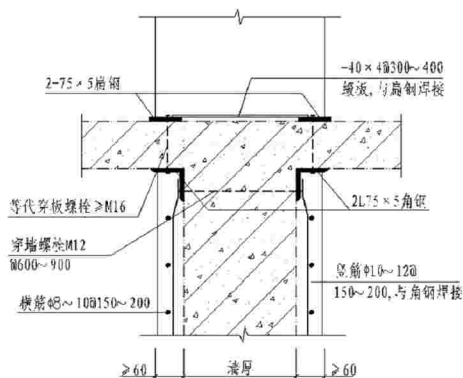
### 31. 门洞口做法

|        |            |       |        |     |   |      |     |  |
|--------|------------|-------|--------|-----|---|------|-----|--|
| 墙加固    | 板墙加固门窗洞口做法 |       |        |     |   |      | 图集号 |  |
| 板墙加固法  |            |       |        |     |   |      |     |  |
| 审核 陶学康 | 陶学康        | 校对 陈瑜 | 设计 万墨林 | 万墨林 | 页 | 4-19 |     |  |

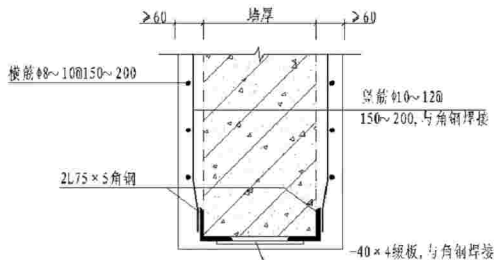




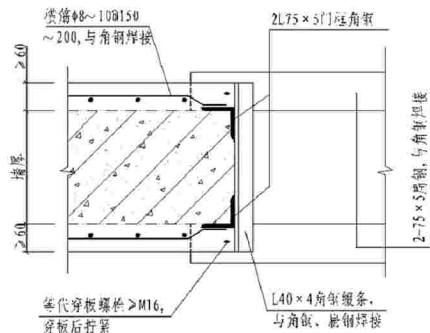
3-3



5-5



4-4

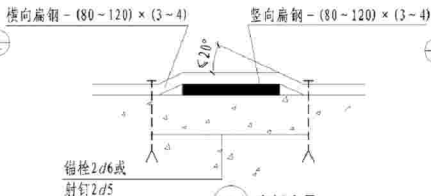


6-6

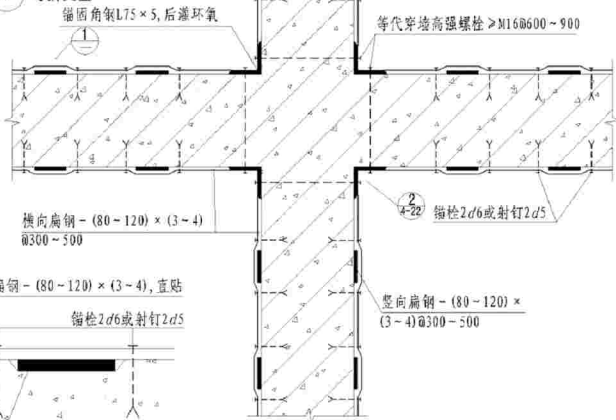
| 墙加固<br>板墙加固法 | 板墙加固门窗洞口详图 |     |       |        |     |   | 图集号 |
|--------------|------------|-----|-------|--------|-----|---|-----|
|              | 审核 陶学康     | 陶学康 | 校对 陈瑜 | 设计 万墨林 | 万墨林 | 页 |     |



A. 纵横墙双面粘钢加固, T形节点



1 弯折交叠

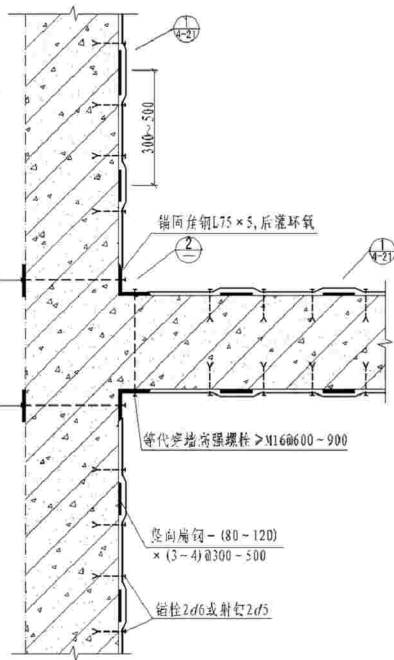


B. 纵横墙双面粘钢加固, 十字节点

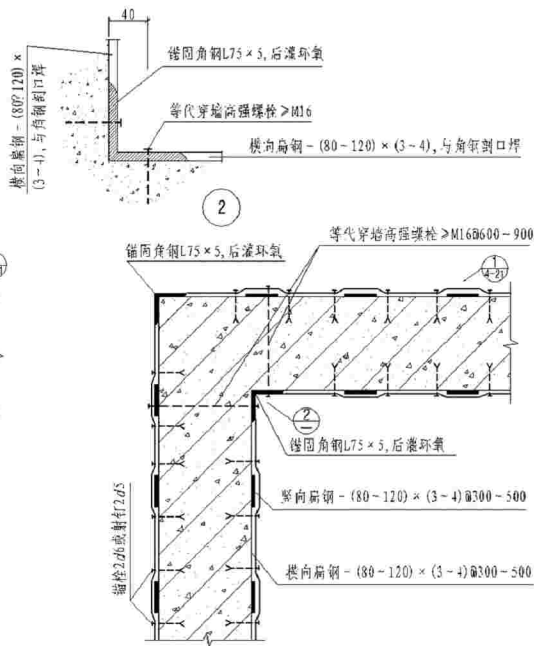
1 凿槽直贴

|            |              |       |        |     |        |
|------------|--------------|-------|--------|-----|--------|
| 墙加固<br>粘钢法 | 双面粘钢T形、十字形节点 |       |        |     | 图集号    |
| 审核 陶学康     | 陶学康          | 校对 陈瑜 | 设计 万墨林 | 万墨林 | 页 4-21 |

等代穿墙高强螺栓  $\geq M16@600 \sim 900$ , 竖板  $60 \times 60 \times 5$



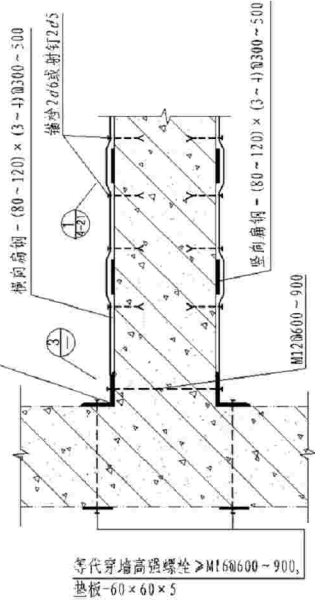
D. 纵墙单面横墙双面粘钢加固, T形节点



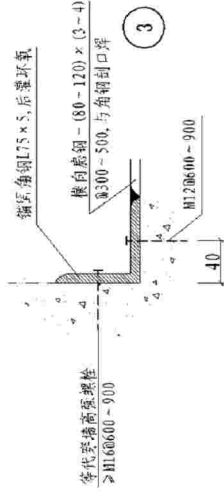
C. 纵横墙双面包钢加固, L形节点

| 墙加固<br>粘钢法 | 双面粘钢厂形、单双面粘钢T形节点 | 图集号        |
|------------|------------------|------------|
| 审核 陶学康     | 陶学康 校对 陈瑞        | 设计 万国林 万国林 |
|            |                  | 页 4-22     |

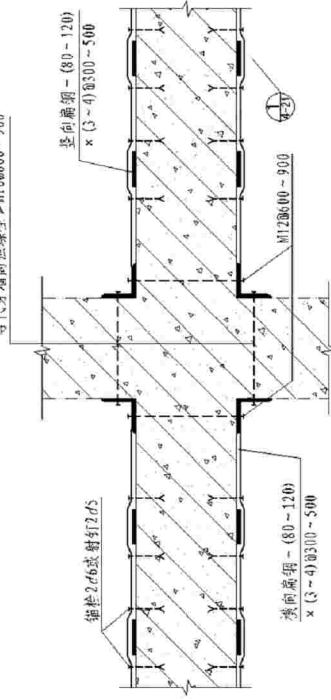
钱固角钢L75×5,后灌环氧



E. 横墙双面粘钢加固, T形节点

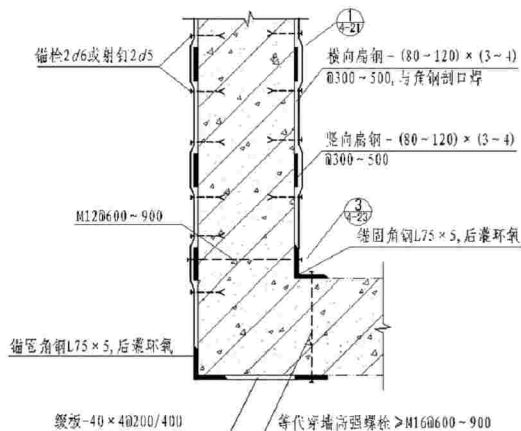


替代穿墙高强螺栓  $\geq M16@600 \sim 900$

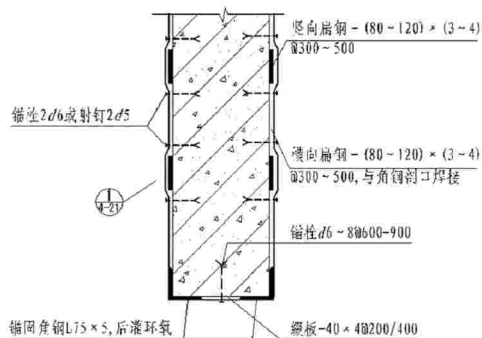


F. 横墙双面粘钢加固, 十字节点

| 墙加固    | 双面粘钢T形、十字形节点 | 图序号    |
|--------|--------------|--------|
| 粘钢法    |              |        |
| 审核 陶学康 | 陶学康 校核 陈盼    | 设计 万墨林 |
|        |              | 页 4-23 |

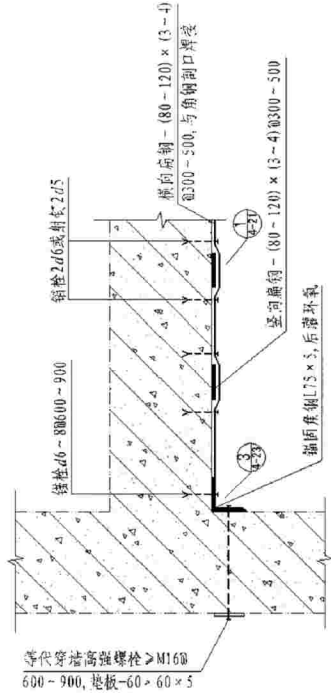


G. 横墙双面粘钢加固, L形节点

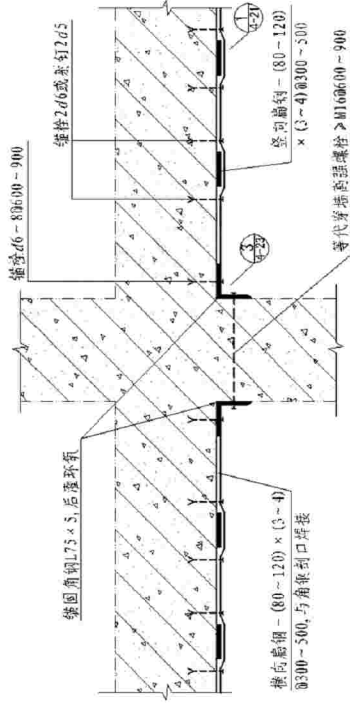


H. 独立墙双面粘钢加固, 尽端

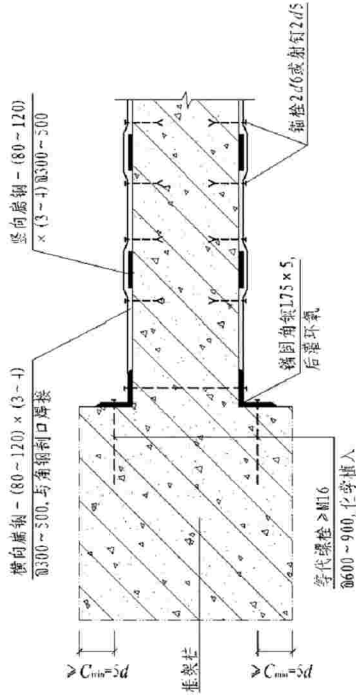
|            |             |       |        |     |  |  |        |
|------------|-------------|-------|--------|-----|--|--|--------|
| 墙加固<br>粘钢法 | 双面粘钢L形、尽端节点 |       |        |     |  |  | 图集号    |
| 审核 陶学康     | 陶学康         | 校对 陈瑜 | 设计 万墨林 | 万墨林 |  |  | 页 4-24 |



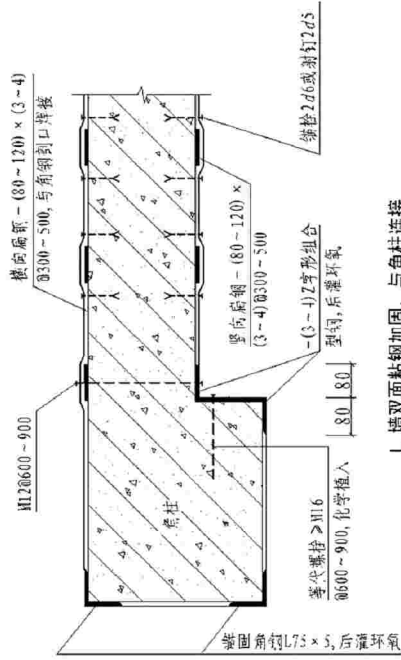
I. 横墙单面粘钢加固, T形节点



J. 横墙单面粘钢加固, 十字节点



K. 墙双面粘钢加固, 与端柱连接



L. 墙双面粘钢加固, 与角柱连接

墙加固

粘钢法

审核 陶学康

陶学康 校核

陈瑞

设计

万墨林

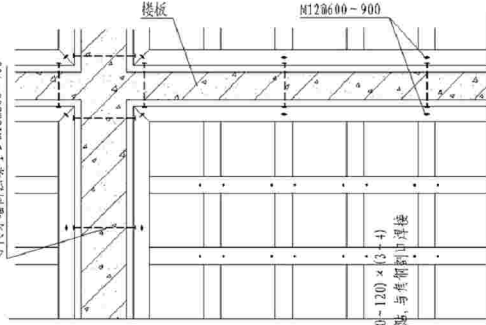
万墨林

页

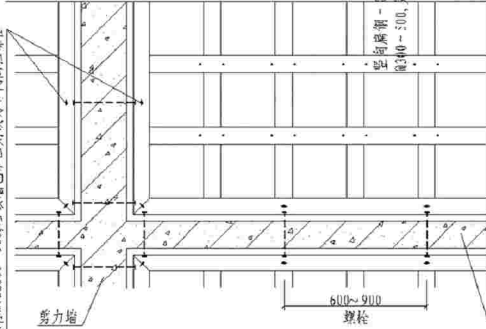
图案号

4-26

替代墙体高强螺栓  $\geq M16@600 \sim 900$

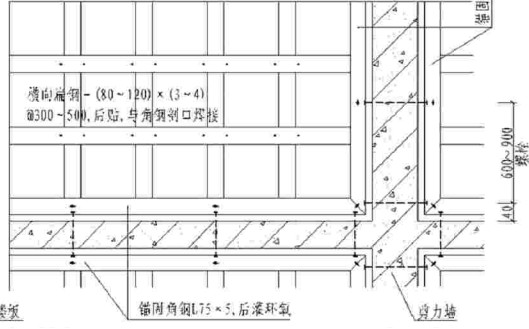
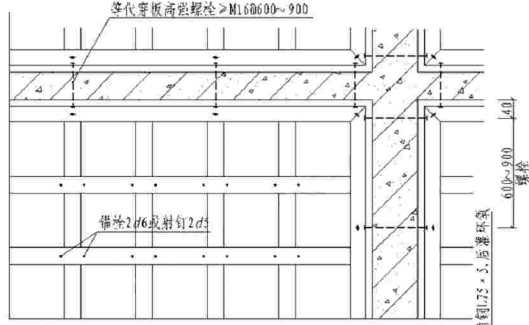


螺栓 M12@600~900, 当该墙也加固则改为替代高强螺栓



M 粘钢加固墙面扁钢布置

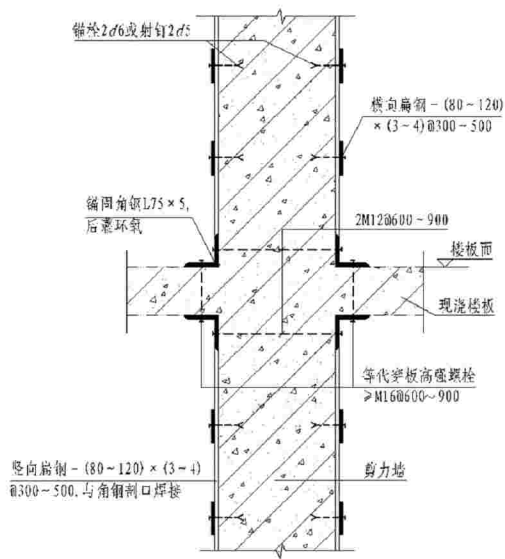
替代墙体高强螺栓  $\geq M16@600 \sim 900$



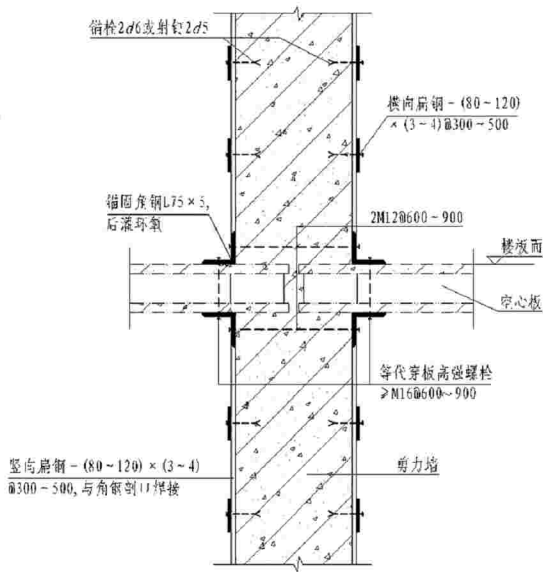
粘钢加固墙面扁钢布置

|     |            |     |       |        |     |      |
|-----|------------|-----|-------|--------|-----|------|
| 墙加固 | 粘钢加固墙面扁钢布置 |     |       |        | 图集号 |      |
| 粘钢法 | 审核 陶学康     | 陶学康 | 校对 陈瑜 | 设计 万磊林 | 万磊林 | 页    |
|     |            |     |       |        |     | 4-27 |



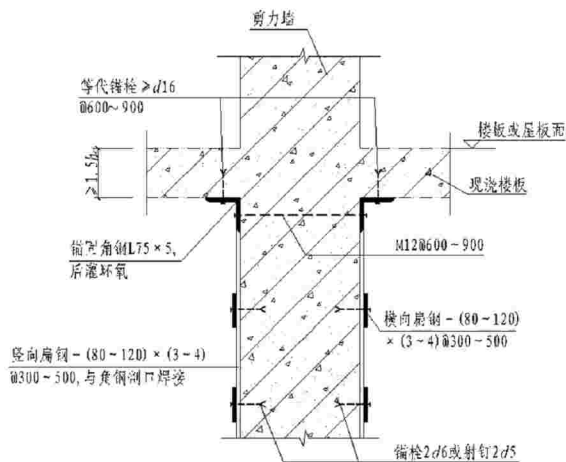


N. 现浇楼板处做法

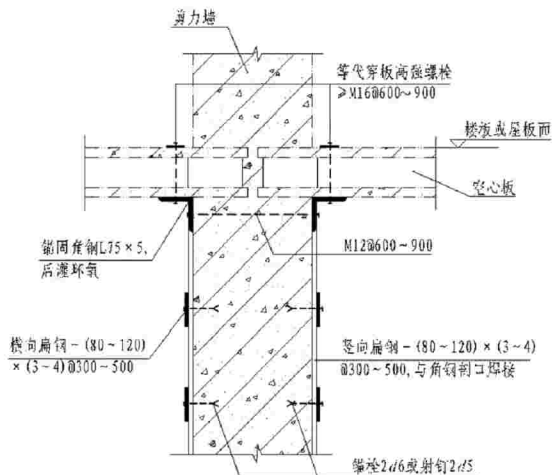


O. 空心楼板处做法

| 墙加固<br>粘钢法 | 粘钢加固楼板处的连接做法 |     |    |    |    |     | 图集号  |
|------------|--------------|-----|----|----|----|-----|------|
|            | 审核           | 陶学康 | 校对 | 陈瑜 | 设计 | 万显林 |      |
|            | 页            |     |    |    |    |     | 4-28 |

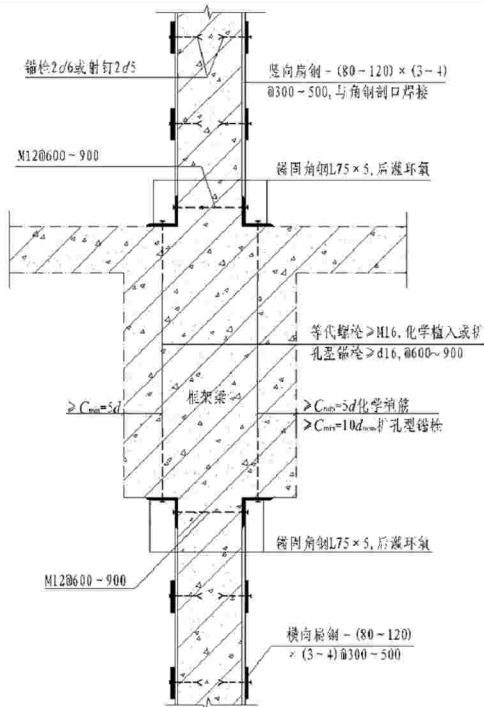


P. 现浇楼板处收头

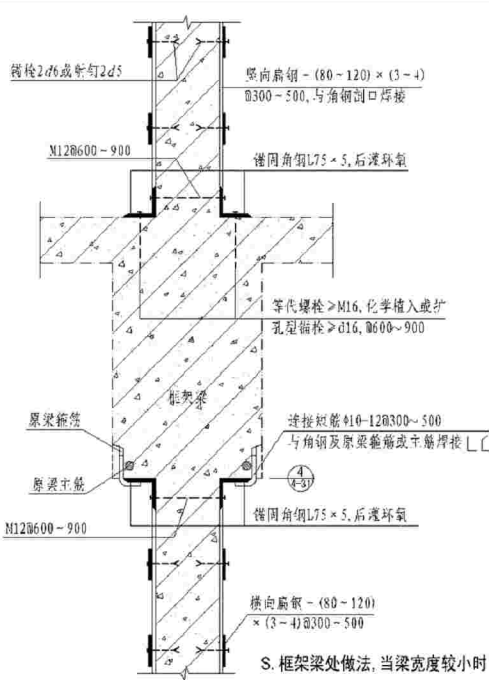


Q. 空心楼板处收头

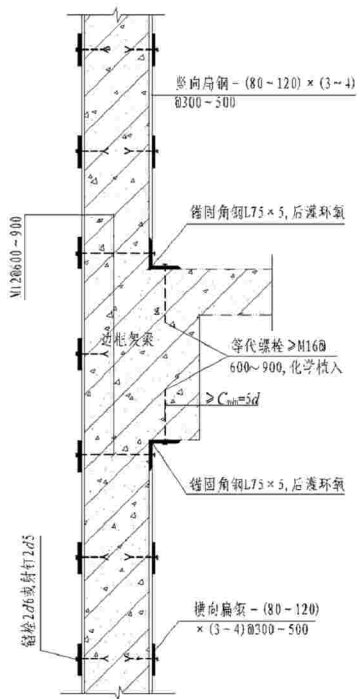
|     |         |     |    |    |    |    |     |      |
|-----|---------|-----|----|----|----|----|-----|------|
| 墙加固 | 楼盖处收头做法 |     |    |    |    |    | 图集号 |      |
| 粘钢法 |         |     |    |    |    |    |     |      |
| 审核  | 陶学康     | 陶学康 | 校对 | 陈瑜 | 王明 | 设计 | 万磊林 | 万磊林  |
| 页   |         |     |    |    |    |    |     | 4-29 |



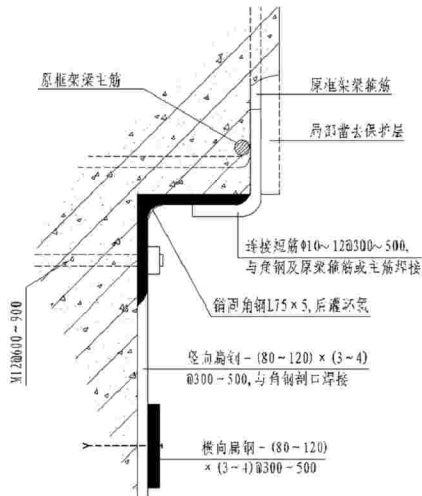
R. 框架梁处做法, 当梁宽度较大时



|            |            |       |        |     |   |      |     |
|------------|------------|-------|--------|-----|---|------|-----|
| 墙加固<br>粘钢法 | 粘钢加固框架梁处做法 |       |        |     |   |      | 图集号 |
| 审核 陶学康     | 陶学康        | 校对 陈瑜 | 设计 万显林 | 万显林 | 页 | 4-30 |     |

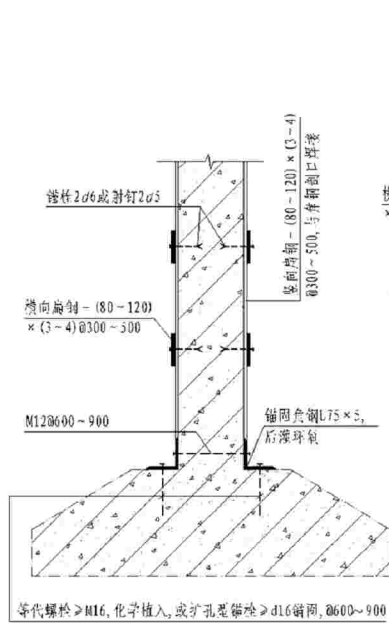


T. 边框架梁处做法

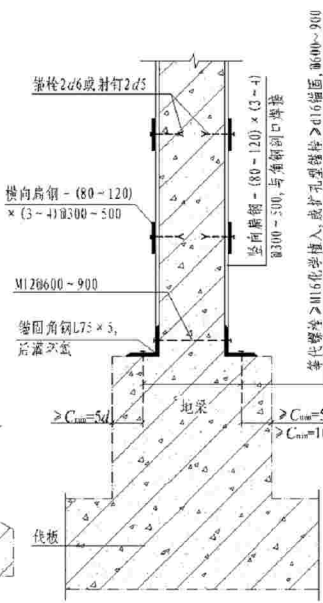


4  
4-30

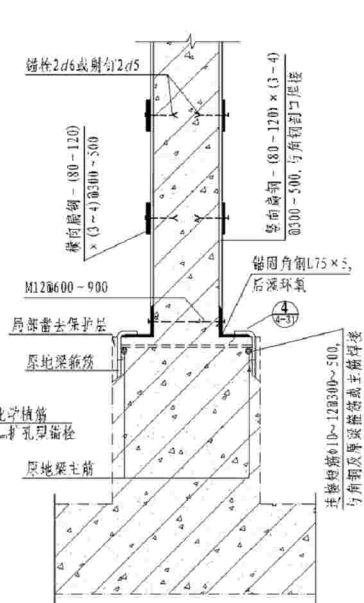
| 墙加固    | 边框架梁处做法 |       |        |     |   | 图编号  |
|--------|---------|-------|--------|-----|---|------|
| 粘钢法    |         |       |        |     |   |      |
| 审核 陶宇康 | 陶宇康     | 校对 陈瑜 | 设计 万墨林 | 万墨林 | 页 | 4-31 |



U. 板式条形基础处做法



V. 伐板基础处做法, 地梁较宽时



W. 伐板基础处做法, 地梁较窄时

| 墙加固<br>粘钢法 | 基础连接做法 |       |        |     | 图集号    |
|------------|--------|-------|--------|-----|--------|
| 审核 陶学康     | 陶学康    | 校对 陈瑜 | 设计 万恩林 | 万恩林 | 页 4-32 |

③300~500, 与角钢剖口焊接

普通碳素钢—(80-120)×(3-4)@300-500,与角钢割口焊接

槽型角鋼L75×5,后邊環氧,

2

2  
4-34

—|—  
4-34  
L40×4角钢缀条  
与纵横角钢焊接

-40×40300~400 缀板,与角钢焊接

2-75×5扁钢,与角钢焊接

等代穿板高强螺栓 $\geq M16$

二、調查

### X. 门洞口做法

整片扁钢 - (80 - 120) × (3 - 4) @ 300 - 500, 与角钢割口焊接

鋼板厚— $(80 \sim 120) \times (3 \sim 4) @ 300 \sim 500$ , 与角钢

L40×4角钢缀条,与纵横角钢焊接

-40×4@300~400縱板,与角钢焊接

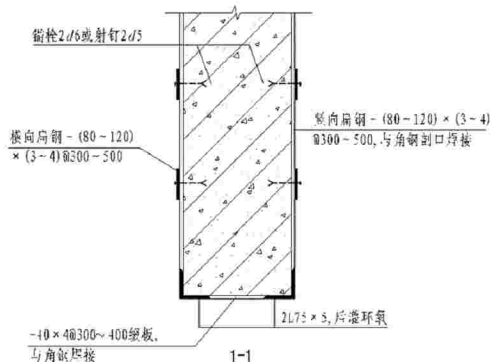
纵槽角钢2L75×5, 互焊, 后灌环氧

宽河寄

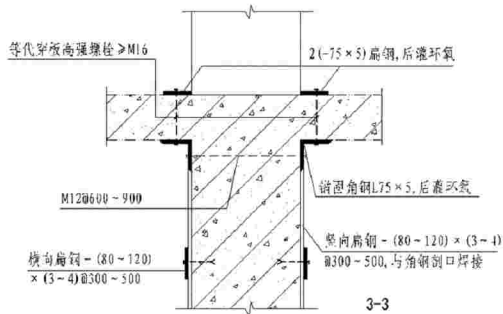
新詞

### Y. 窗洞口做法

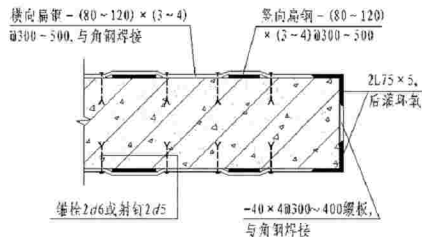
|        |        |       |        |     |     |      |
|--------|--------|-------|--------|-----|-----|------|
| 墙加固    | 门窗洞口做法 |       |        |     | 图集号 |      |
| 粘钢法    |        |       |        |     |     |      |
| 审核 陶学敏 | 预算 张   | 校对 陈瑜 | 设计 万墨林 | 万墨林 | 页   | 4-33 |



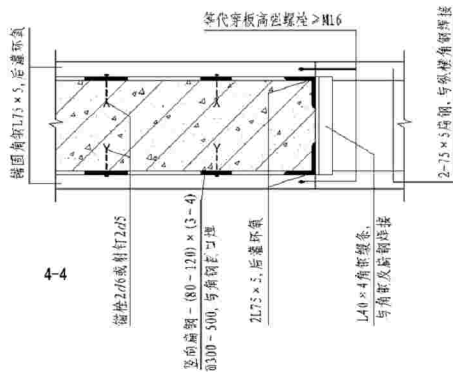
1-1



3-3

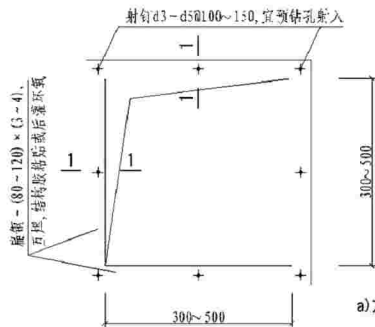


2-2

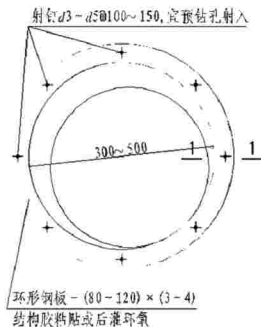


4-4

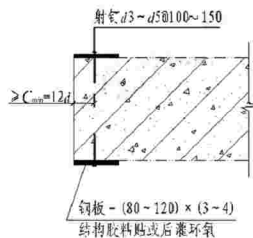
| 墙加固<br>粘钢法 | 门窗洞口剖面详图 |     |       |            | 图编号  |
|------------|----------|-----|-------|------------|------|
|            | 审核 陶学康   | 陶学康 | 校对 陈瑜 | 设计 万磊松 万磊林 |      |
| 页          |          |     |       |            | 4-34 |



a) 方形洞



b) 圆形洞

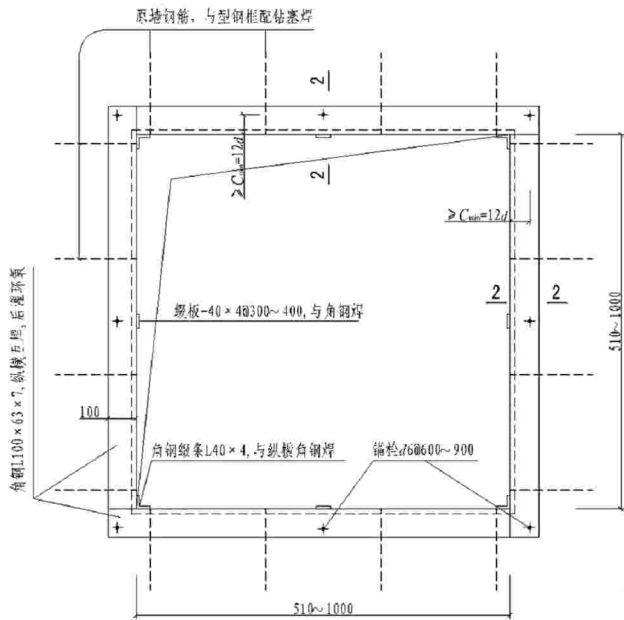


1-1

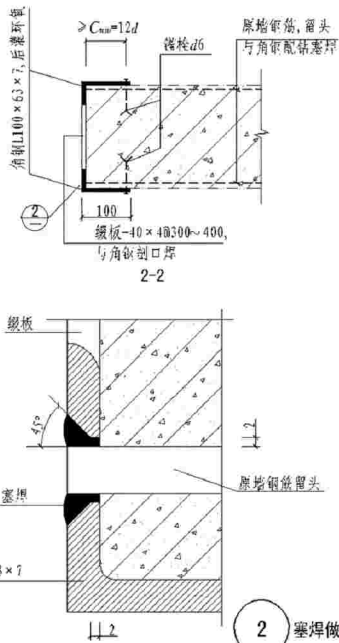
### A. 洞口尺寸为300~500mm时的做法

| 墙加固 | 洞宽为300~500mm时的做法 |     |    |    | 图集号 |         |
|-----|------------------|-----|----|----|-----|---------|
| 墙开洞 |                  |     |    |    |     |         |
| 审核  | 陶学康              | 陶学康 | 校对 | 陈瑜 | 设计  | 万墨林 万墨林 |
|     |                  |     |    |    | 页   | 4-35    |





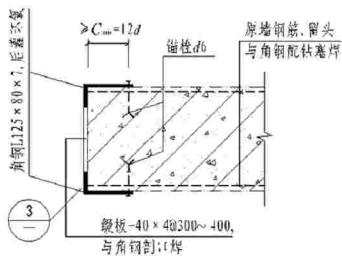
B. 洞口尺寸为510~1000mm时的做法



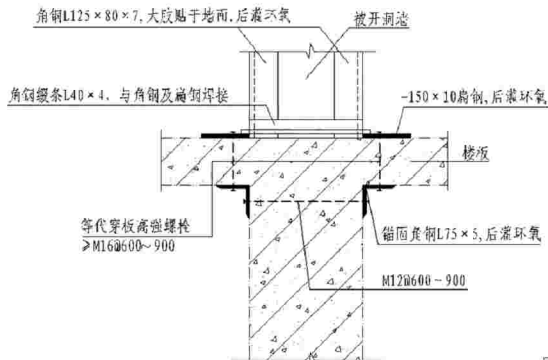
2 塞焊做法

| 墙加固<br>墙开洞 | 洞宽为510~1000mm时的做法 |       |        |     | 图集号    |
|------------|-------------------|-------|--------|-----|--------|
| 审核 陶学康     | 陶学康               | 校对 陈瑜 | 设计 万墨林 | 万墨林 | 页 4-36 |

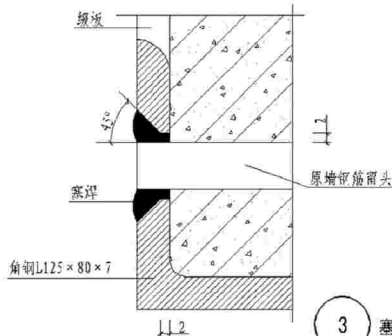




3-3

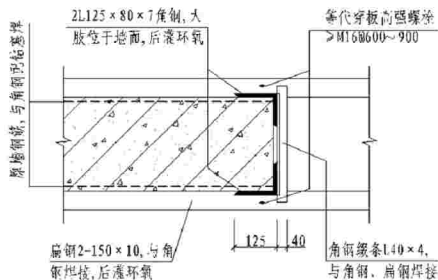


4-4



5-5

3 塞焊做法



|        |      |       |        |     |   |      |     |
|--------|------|-------|--------|-----|---|------|-----|
| 墙加固    | 剖面详图 |       |        |     |   |      | 附索引 |
| 墙开洞    |      |       |        |     |   |      |     |
| 审核 陶学康 | 陶学康  | 校对 陈瑜 | 设计 万墨林 | 万墨林 | 页 | 4-38 |     |

## 5 梁加固

### 5.1 增大截面法

增大截面法加固梁分三种情况:只增加钢筋不增大混凝土截面;钢筋和混凝土截面同时增大;变截面加固。仅梁底正截面受弯承载力不足但相差不多时,可采用只增加钢筋而不增大混凝土截面。当正截面受弯承载力相差较多时,应钢筋和混凝土截面同时增大。对连续梁若梁顶负弯矩区受弯承载力也不足时,应双面加固。当梁受剪截面过小或斜截面受剪承载力过低必须箍筋和截面同时增大时,应采用四而或三而包套加固。从经济角度考虑,变截面加固最节省材料。简支梁跨中截面大两端小,框架连续梁两端大跨中小。

梁新增受力钢筋应由计算确定,但直径不应小于12mm,箍筋直径一般取8~10mm,间距300~500mm,加密区为150~250mm,梁新增混凝土层厚度,采用人工浇筑时,不应小于60mm,采用喷射混凝土施工时,不应小于50mm。混凝土强度等级应比原梁提高一级,且不低于C20。钢筋必须作保护层,只加钢筋情况可以高强度水泥砂浆抹面保护,对于只加筋不增大混凝土截面情况,新增受力钢筋与原钢筋间可采用短筋焊接连接,短筋直径不应小于20mm,长度,双面焊时不小于5d,单面焊时不小于10d,短筋中距不应大于500mm,端部加密为250mm,混凝土围套箍筋应封闭。单面或双面加固可采用U形箍,U形箍应与原箍筋或主筋焊接;现浇梁顶板而U形箍亦可采用化学植筋锚于板。梁新增受力钢筋两端应有可靠锚固和连接,对于框架柱可采用化学植筋锚固,当柱截面较小时,也可直接钻孔通过,并后

灌胶粘结。为增强新旧混凝土的粘结能力,结合面应凿毛、刷净,并涂刷混凝土界面结合剂一道。

### 5.2 外包钢法

外包钢法加固梁是一种既简便又可靠性的加固方法,特点是,截面尺寸影响较小,承载力可大幅度提高。梁截面承载力不足加固分为三种情况:正截面受弯承载力不足;斜截面受剪承载力不足;受弯受剪承载力均不足。正截面受弯承载力不足时,对于跨中正弯矩,一般是采用角钢外包于梁底两角;对于T形截面连续梁梁顶负弯矩,一般是采用双扁钢外包。单纯斜截面受剪承载力不足时,一般是采用“缀板+螺杆”进行加固;为形成封闭箍,构造上尚应辅之以短角钢(长度与缀板宽度相等)和垫板(兼缀板)。

外包钢规格应由计算确定,其最小尺寸,受力角钢为L50×5,受力扁钢为-100×5,缀板为-40×4,间距为r(r为截面回转半径),一般取@200(加密区)/400(非加密区),螺杆为 $\phi 14@200/400$ ;对于重型吊车梁,角钢应为L75×5,扁钢为-150×5,可利用原有轨道螺栓孔设置竖向缀板,间距不变,@为600,缀板规格,端部取-200×5,中部取-80×5,其间距根据剪力包络图渐变。T型梁斜截面加固,为减少竖向贯穿裂缝钻孔,可采用大直径高强螺栓(如 $\geq M16$ ,8.8级~12.9级),间距可以加大到@400~600,但注意高强螺栓不宜焊接,应采

| 梁加固 |     | 加固说明(一) |       | 图集号        |
|-----|-----|---------|-------|------------|
| 审核  | 陶学康 | 陶学康     | 校对 陈瑜 | 设计 万显林 万显林 |
|     |     |         |       | 页 5-1      |

用辅助短角钢连接。

框梁梁纵向外包受力角钢及扁钢端部必须有可靠的锚固，一般有组合型钢箍、穿孔高强螺栓和化学植筋等种锚固方式。型钢箍分别设于梁上下面柱根，中柱上表面为 $4L100 \times 63 \times 6$ （称为型钢箍），边柱为 $3L100 \times 63 \times 6 + (-100 \times 5)$ （称为组合型钢箍）；下表面为 $4 \times (-100 \times 5)$ （称为扁钢箍），穿孔高强螺栓为 $\geq 2N16$ ，8.8级~12.9级，宜用水钻钻孔，化学植筋其等代锚筋，因锚固深度 $h_{ef}=21 \sim 29d$ 较大，且有最小边距 $C_{min}=5d$ 等限制，一般较少采用；因内外有采用“化学植筋+膨胀螺栓”的双重锚固方式，如下图5.2所示，锚固深度 $h_{ef} \geq 12d$ ，可避免基材破坏，满足钢筋拉断延性破坏要求。

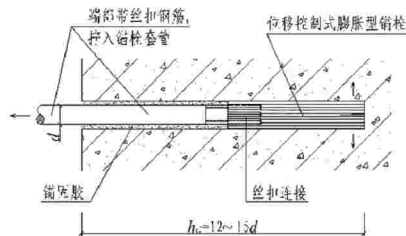


图5.2 组合型钢箍

外包型钢与梁基材混凝土的结合，有后灌环氧树脂和乳胶水泥粘结两种工艺方案，因后者时限较短，仅适合于工作量较小的外包钢加固工程，本图集主要推荐后灌环氧方案。

### 5.3 粘钢法

粘钢法加固梁是用特制结构胶将钢板粘贴于梁的上下受力表面，用以补充梁的配筋量不足，达到提高梁截面承载力的目的。与外包钢法相比，粘钢法较适合于梁的正截面受弯加固，尤其是简支梁；斜截面受剪粘钢加固，因构造上较难处理，受力也不够理想，较少采用。本图集推荐碳纤维斜截面受剪加固法，而正截面受弯加固采用粘钢法，二者合用后简称复合加固法或综合法。

粘钢法受力钢板规格应由计算确定，钢板厚度应与梁基材混凝土强度相应，其最佳适配关系详见表2.5.3-2规定。粘钢法所用结构胶质量应可靠，性能指标详见表2.5.3-1规定。从目前有机胶的动力疲劳和长期耐久性考虑，本图集对粘钢法中主要受力钢板，采用锚栓进行了附加锚固；锚栓规格为 $d10 \sim d12$ ，间距 $a \sim 2S_{er,N}$ ， $S_{er,N}$ 为锚栓临界间距， $S_{er,N}=3l_{er}$ ，关键部位应粗而密。

框梁梁上下受弯纵向钢板，最大应力点在节点和边端部，因此，钢板端部应有可靠锚固。对于梁顶钢板，为避免柱子阻碍，一般是齐柱边布置在梁有效翼缘内，通长；边跨末端，应弯折向下贴于边梁外侧，并以 $d12$ 锚栓进行附加锚固和收头，或现场配焊以 $L200 \times 125 \times 12$ 短角钢，再以 $d12$ 锚栓锚于边梁外侧；当尽端边梁顶为混凝土墙或砖墙时，可以高强螺栓穿墙锚固。对于梁底钢板，一般是采用封闭式扁钢箍锚固于柱，扁钢箍规格为 $-120 \times 5$ ；由于柱子一般比梁宽，

| 梁加固 |     | 加固说明（二） |    |     | 图集号 |
|-----|-----|---------|----|-----|-----|
| 主编  | 陶学康 | 陶学康     | 校对 | 陈瑜  | 设计  |
|     |     |         |    | 万墨林 | 万墨林 |
|     |     |         |    | 页   | 5-2 |

为便于连接和传力,钢板端部应相应加宽,并通过等代扁钢将钢板所受拉力直接传给受力方向的箍板。因框架梁受力钢板锚固连接中存在大量的焊接,而这种焊接绝大部分属现场配焊,为避免高温对胶的不利影响,此部分钢板不宜采用预粘工艺,应采用后灌工艺。

#### 5.4 纤维复合材料加固法

纤维复合材料加固法(简称纤维法)加固梁,是用特制的结构胶将碳纤维、S或E玻璃纤维等复合纤维材料粘贴于梁的受力表面,用以补充梁的配筋量不足,达到提高梁的正截面受弯承载力和斜截面受剪承载力的目的,是曲而梁加固的最佳方法。正截面受弯加固,纤维片受力丝应沿纵向贴于梁的上下受拉面;斜截面受剪加固,受力丝应沿横向环绕贴于梁周表面。

纤维复合材料加固受力纤维片规格,包括面积质量、宽度、层数、弹模及强度等,应由计算确定,常用碳纤维面积质量为 $200 \sim 300 \text{ g/m}^2$ ,玻璃纤维面积质量为 $300 \sim 450 \text{ g/m}^2$ ,宽度与梁宽相应,层数 $1 \sim 3$ 层,设计中应尽量采用少层、高弹模、多总层、低弹模。

从目前纤维复合材料加固所用结构胶的长期耐久性考虑,本图集对主要受力纤维片采用了“射钉+压结钢片”附加锚固措施。射钉规格一般为 $d3 \sim d5$ ,间距为 $100 \sim 200$ ;射钉施工,除小直径、薄钢片及低强混凝土可采用直接射入外,对于粗钉、厚钢件及高强混凝土,一般宜预先对钢件钻孔,对基体混凝土预钻较小较短孔,然后将钎钉射入。

连续梁及框架梁在节点部位弯矩最大,纵向受力纤维的锚固处理是关键。对于梁顶纵向纤维片,当无障碍时,一般是通长直接贴于梁顶面;当有障碍时,可齐柱根分两条贴在梁的有效翼缘之内。纤维片在梁端应向下弯折贴于端边梁侧面,其延伸长度应 $\geq l_e$ ,转折处以角钢压条压结, endpoint 以薄钢片压结。梁底纵向纤维片在柱处可采用“锚固角钢+穿孔高强螺栓”锚固传力,即纵纤维片到柱处应弯折贴于柱,用 $L75 \times 5$ 短角钢满压,以等代高强螺栓穿柱对拉,锚固角钢与纤维片间后灌环氧使之结为一体。

斜截面受剪环向纤维片应闭合,对于矩形截面梁一般不成问题。对于T形I形截面梁,可采用“穿板高强螺栓+连接箍板+压结角钢”使之形成受力环路。

#### 5.5 体外预应力法

体外预应力法加固既有梁,按工艺方法的不同分为高强钢筋机械张拉和普通钢筋手工张拉,按预应力筋布置方式在受力上的差异分为直线布筋及折线布筋。机械张拉适用于任何钢材和工况,但最多的是钢绞线,热处理钢筋及消除应力钢丝等高强度钢材和人跨度梁及连续梁加固;手工张拉主要是横向往张拉,工艺简单,但钢筋弯曲折角度较大弯转半径较小,仅适用于HPB235(Q235)和HRB335等低强度热轧钢筋和中小跨度( $l \leq 6\text{m}$ )的简支梁。直线布筋适用于简支梁正截面受弯承载力不足的加固,钢筋布于梁底受拉面;折线预应力

| 梁加固 | 加固说明(三) |     |       |            | 图集号 |
|-----|---------|-----|-------|------------|-----|
|     | 审核 陶学康  | 陶学康 | 校对 陈瑜 | 设计 万墨林 万墨林 |     |
| 页   |         |     |       |            | 5-3 |

布筋适用于斜截面受剪承载力和正截面受弯承载力均不足的加固。  
钢筋沿弯矩图方向布置顺剪力增大方向转折。

体外预应力筋数量和规格应由计算确定，既有梁加固一般取两根，即梁侧两面各一根。计算方法详见《无粘结预应力混凝土结构技术规程》JGJ92-2004。体外预应力筋的应力设计值  $\sigma_{pe}$  (Mpa) 直接下列公式计算：

$$\sigma_{pu} = \sigma_{pe} + 100, \text{ 且 } \sigma_{pu} < f_{py}$$

式中：  $\sigma_{pe}$ ——预应力筋的有效预应力值；

$f_{py}$ ——预应力筋抗拉强度设计值，由斜拉拉伸试验方法确定。

体外预应力筋的张拉控制应力  $\sigma_{con}$  应满足表 2.8.2 规定。

对于低强热轧钢筋筒支梁加固，当预应力筋紧贴梁底面布置，并经嵌填抹灰处理，筋、梁能随同一挠曲时，体外预应力筋可视作梁中配筋，近似按普通混凝土梁方法进行正截面受弯承载力计算，按下列公式进行斜截面受剪承载力计算：

$$V - V_p \leq V_{cs} + 0.05N_{pe} \quad (1)$$

$$V_p = \begin{cases} 0 & \text{(水平拉杆)} \\ N_{pe} \frac{\sin \theta}{1 + 0.9 \sin \frac{\theta}{2}} & \text{(下撑式拉杆)} \end{cases} \quad (2)$$

式中：  $V$  ——梁端剪力设计值；

$V_{cs}$  ——原梁斜截面受剪承载力设计值；

$N_{pe}$  ——拉杆有效预应力值；

$V_p$  ——下撑式拉杆  $N_{pe}$  所产生的梁端剪力值。

当采用横向张拉器建立预应力  $\sigma_{con}$  时，横向张拉量  $\Delta$  值，

按下列方法计算：

水平拉杆加固法 (图 5.5a)

$$\Delta = L \sqrt{\left( \frac{\sigma_{con}}{E_s} + 1 \right)^2 - 1}$$

下撑式拉杆加固法 (图 5.5b)

$$\Delta = (L - 2a) \sqrt{\left\{ \frac{\sigma_{con}}{E_s} \left[ 1 + \frac{1}{\left( \frac{L}{2a} - 1 \right) \cos \theta} \right] + 1 \right\}^2 - 1}$$

式中：  $L$  ——拉杆两端锚固点间的水平长度；

$a$  ——下撑式拉杆斜段水平长度；

$\theta$  ——下撑式拉杆斜段水平倾角。

折线式布筋支承节点处预应力筋的倾角  $\theta$  不应过大，曲率半径  $R$  不宜过小，应满足表 5.5-1 规定。

| 梁加固    | 加固说明 (四) |       |        |     | 图集号 |     |
|--------|----------|-------|--------|-----|-----|-----|
| 审核 陶学康 | 陶学康      | 校对 陈瑜 | 设计 万墨林 | 万墨林 | 页   | 5-4 |

表5.5-1 预应力能弯折倾角及曲率半径限制

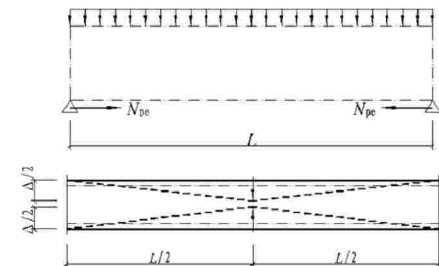
| 钢筋类别及工艺方法                   |      | 最大水平倾角 $\theta$<br>(°) | 最小曲率半径<br>R (mm) |
|-----------------------------|------|------------------------|------------------|
| 高强钢筋(钢绞线、消除应力钢丝、热处理钢筋等)机械张拉 |      | 15                     | 2000             |
| 中强钢筋(HRB400、RRB400)         | 机械张拉 | 30                     | 1000             |
|                             | 手工张拉 |                        | 5d               |
| 低强钢筋(HPB235、HRB335)手工张拉     |      | 45                     | 3d               |

注: d为预应力筋直径。

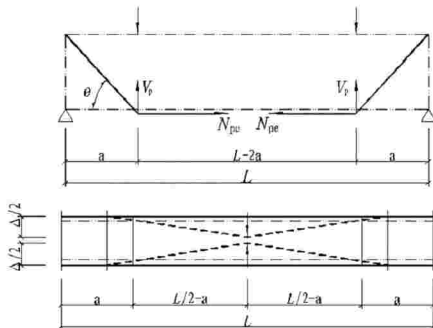
## 5.6 增设支点加固法

增设支点法加固梁,分刚性支点与弹性支点、预加支承力与非预加支承力等情况。本图集仅推荐几种刚性支点预加支承力方案,理由是简单可靠,对使用空间影响也不大。若以框架梁为例,可采用组合钢管或无缝钢管作支撑,支撑锚固于框架柱,斜向支顶于框架梁跨中或三分点处梁底。钢支撑按轴心受压杆件计算,长细比 $L_0/i$ 不应大于150。预加支承力以打入钢板楔办法产生较为简单,大小以梁顶不出现裂缝为宜。

| 梁加固    | 加固说明(五) |       |        |     | 图集号   |
|--------|---------|-------|--------|-----|-------|
| 审核 陶学康 | 陶学康     | 校对 陈瑜 | 设计 万墨林 | 万墨林 | 页 5-5 |



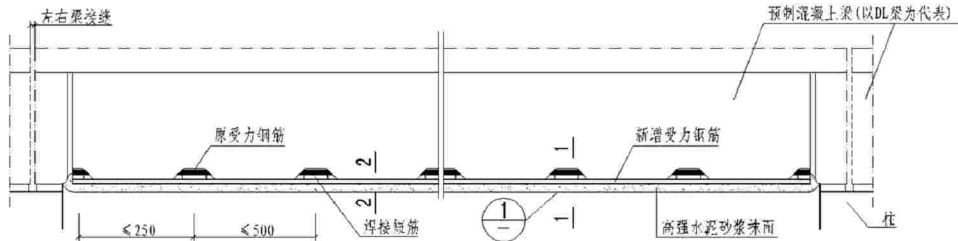
a) 水平拉杆加固法



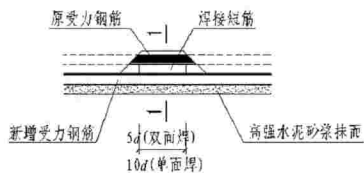
b) 下撑式拉杆加固法

图5.5 横向张拉量 $\Delta$ 计算简图

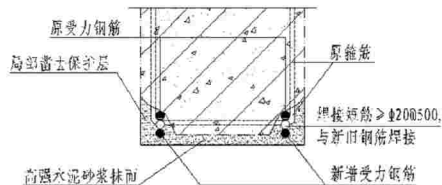




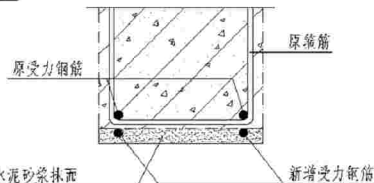
A. 简支梁，只增加钢筋，不增大混凝土截面



1



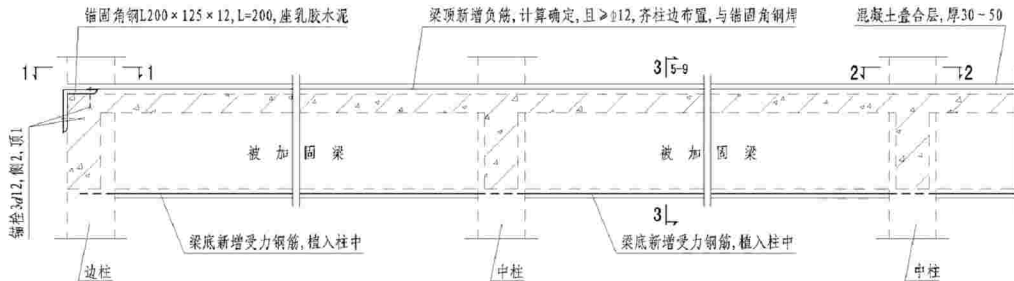
1-1



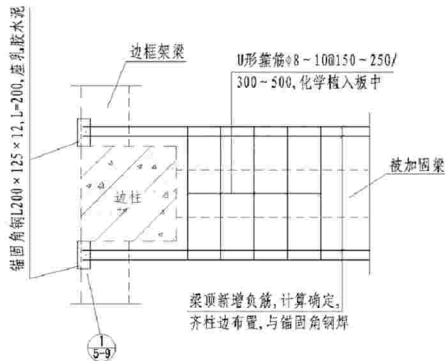
2-2

|        |                    |       |            |   |     |
|--------|--------------------|-------|------------|---|-----|
| 梁加固    | 简支梁，只增加钢筋，不增大混凝土截面 |       |            |   | 图集号 |
| 增大截面法  |                    |       |            |   |     |
| 审核 陶学康 | 陶学康                | 校对 陈瑜 | 设计 万墨林 万墨林 | 页 | 5-6 |

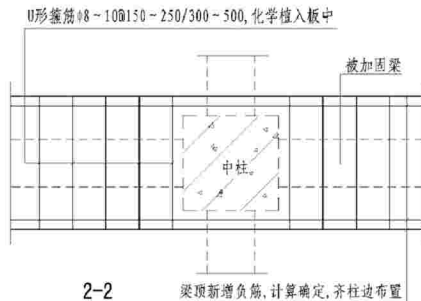




C. 框架梁, 上下两面增大截面



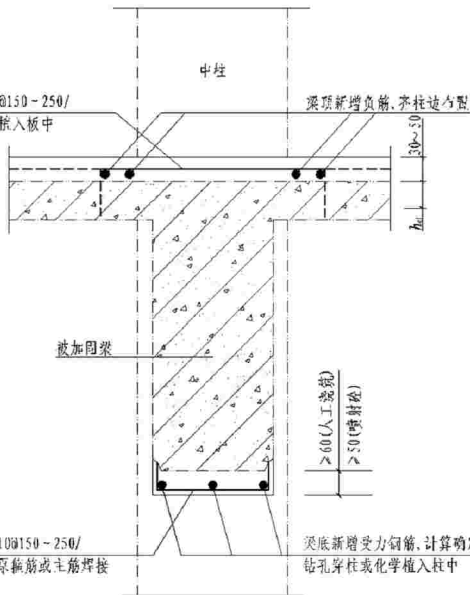
1-1



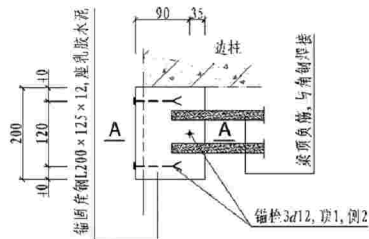
2-2

| 梁加固    | 框架梁上下两面增大截面 |       |        |     |  |  | 图集号   |
|--------|-------------|-------|--------|-----|--|--|-------|
| 增大截面法  |             |       |        |     |  |  |       |
| 审核 陶学康 | 陶学康         | 校对 陈瑜 | 设计 万墨林 | 万墨林 |  |  | 页 5-8 |

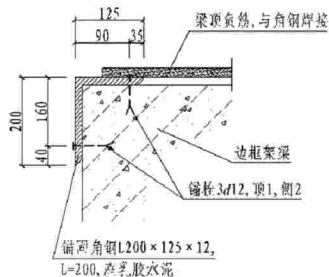
U形箍筋 $\Phi 8-10@150-250/$   
300~500, 化学植入板中



3-3

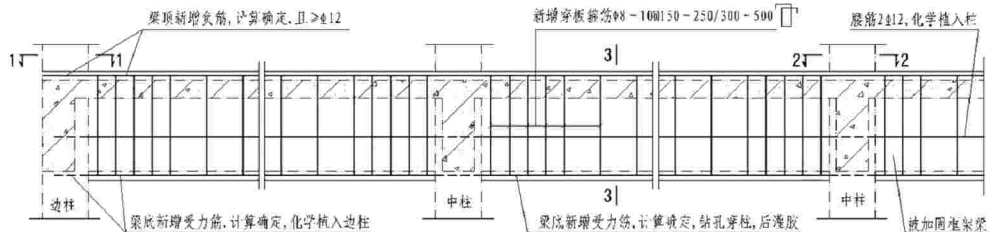


1  
9-B

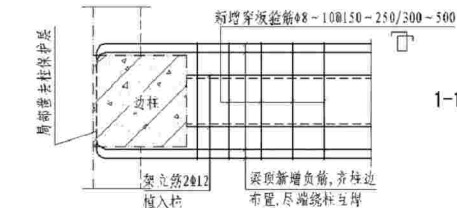


A-A

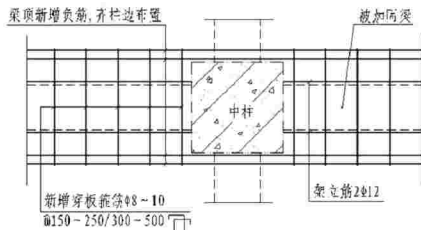
| 梁加固    | 节点详图 |       |        |     | 图集号   |
|--------|------|-------|--------|-----|-------|
| 增大截面法  |      |       |        |     |       |
| 审核 陶学康 | 陶学康  | 校对 陈瑜 | 设计 万墨林 | 万墨林 | 页 5-9 |



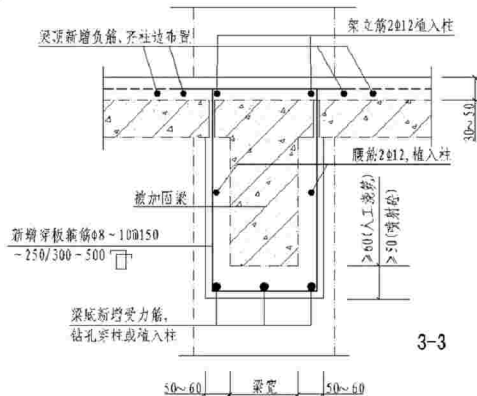
D. 框架梁四面包套



1-1

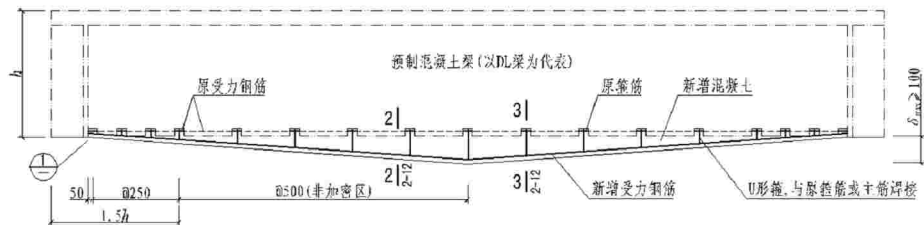


2-2

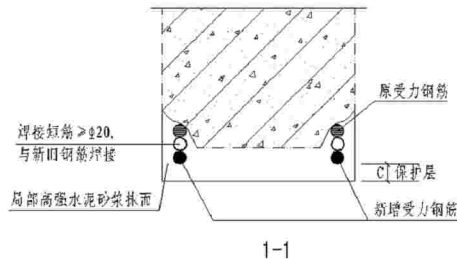
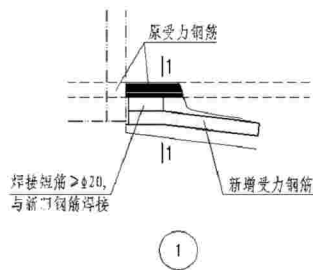


3-3

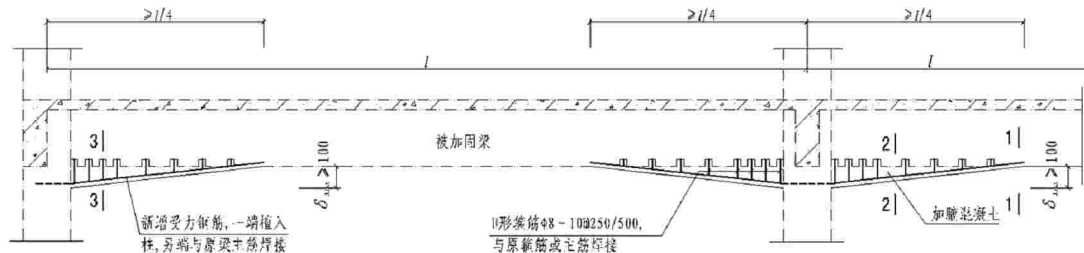
|        |         |       |        |     |        |
|--------|---------|-------|--------|-----|--------|
| 梁加固    | 框架梁四面包套 |       |        |     | 图集号    |
| 增大截面法  |         |       |        |     |        |
| 审核 陶学康 | 陶学康     | 校对 陈瑜 | 设计 万墨林 | 万墨林 | 页 5-10 |



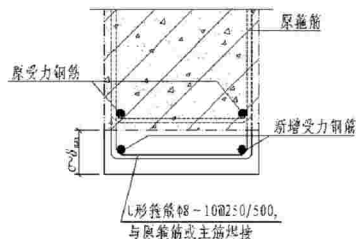
E. 简支梁变截面加固 (增大跨中受弯承载力)



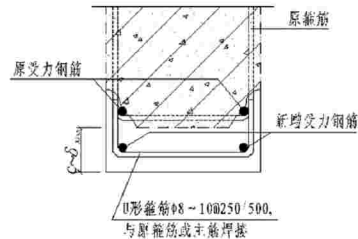
|        |          |       |        |     |  |  |        |
|--------|----------|-------|--------|-----|--|--|--------|
| 梁加固    | 简支梁变截面加固 |       |        |     |  |  | 图集号    |
| 增大截面法  |          |       |        |     |  |  |        |
| 审核 陶学康 | 陶学康      | 校对 陈瑜 | 设计 万显斌 | 万显斌 |  |  | 页 5-11 |



F. 框架梁加腋 (增大梁端抗剪力及抗弯力)

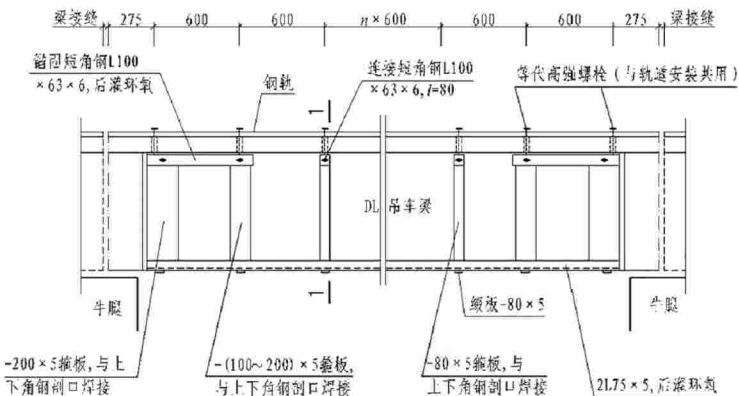


2-2

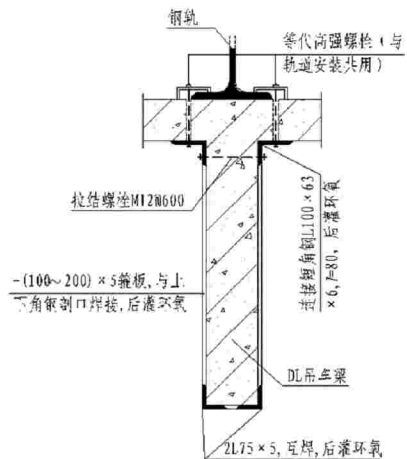


3-3

|       |       |    |    |    |     |
|-------|-------|----|----|----|-----|
| 梁加固   | 框架梁加腋 |    |    |    | 图集号 |
| 增大截面法 |       |    |    |    |     |
| 审核    | 陶学康   | 校对 | 陈瑜 | 设计 | 万墨林 |
| 页     | 5-12  |    |    |    |     |



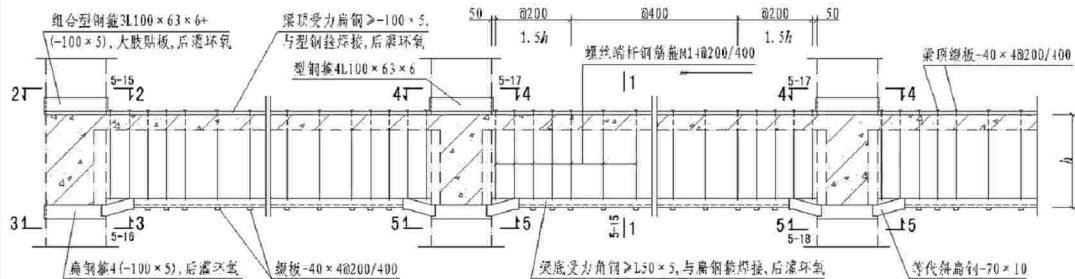
A. 吊车梁外包钢加固 (抗弯、抗剪承载力均不足时)



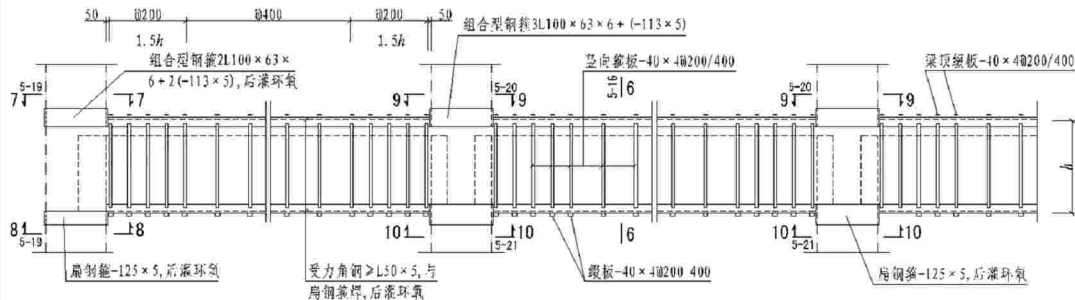
1-1

|        |          |       |        |     |   |      |     |
|--------|----------|-------|--------|-----|---|------|-----|
| 梁加固    | 吊车梁外包钢加固 |       |        |     |   |      | 图集号 |
| 外包钢法   |          |       |        |     |   |      |     |
| 审核 陶学康 | 陶学康      | 校对 陈瑜 | 设计 万墨林 | 万墨林 | 页 | 5-13 |     |





B. 中框架梁外包钢加固 (抗弯、抗剪承载力均不足时)



縱橫產鋼互焊, 与扁鋼焊, 后灌環氧

等代斜楔板 $-100\times 7$ ,与型钢箍及扁钢焊接

(型钢锚固)

篷板-100×5,与角钢焊接,后灌环氧

边框架柱

螺絲端杆鋼筋並螺帽

加强隔板-100×4

续板-40×43200/±00

### 一边框架梁

梁顶受力扁钢 $\geq -100 \times 5$ ,后漆环氧

等代高强度螺栓  $\geq M16$ , 穿柱后拧紧

连接短角钢L75×5,与扁钢焊接

鐵版-40×40200/400

螺丝端杆钢筋锚固

梁顶受力扁钢 $\geq -100 \times 5$ , 吊漆环氧

鋼板-40×40200/400  
与扁钢焊接

梁顶受力扁钢 $\geq 2(-100 \times 5)$ ,后灌环氧

螺丝端杆钢绞线M140200/400,下端与角钢焊,上端穿板及端头后拧紧

禮加固梁

缀板-40×4@200/  
+00,与角钢焊接

梁底受力角钢 $\geq L50 \times 5$ , 后灌环氧

1-1

(穿孔螺栓锚固)

垫板-100×3,后灌环氧

边相架柱

螺丝端杆钢筋锚固

梁顶受力扁钢 $\geq -100 \times 5$ , 吊漆环氧

螺丝端杆钢筋锚固

梁顶受力扁钢 $\geq -100 \times 5$ , 并涂环氧

梁加固

#### 外包鋼法

剖面详图 (一)

图集号

四

5-15

留校陶学廉

陶器座

校对

陈瑜

王

七十一

|    |   |
|----|---|
| 墨林 | 二 |
|----|---|

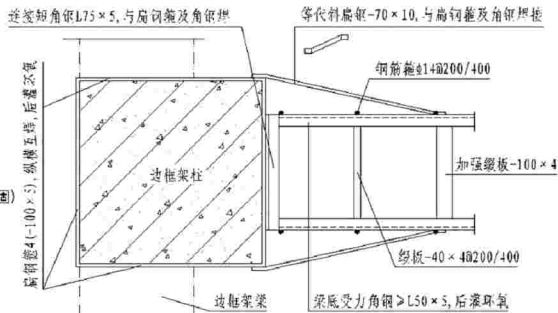
五果林

五

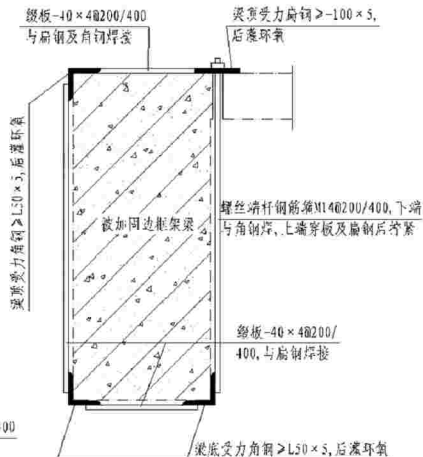
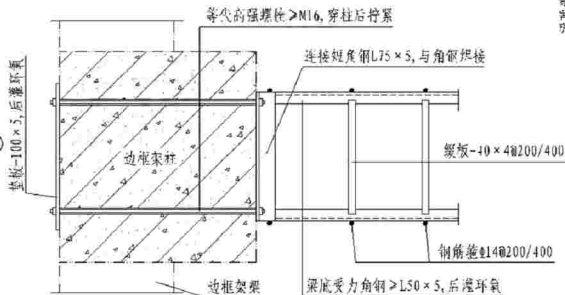
5-

15

3-3  
(扁钢箍锚固)



3-3  
(穿孔螺栓锚固)



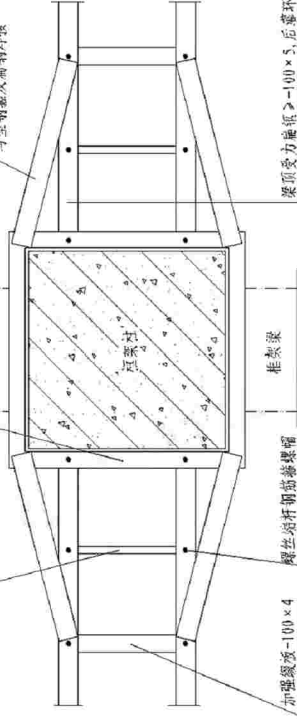
6-6

|        |          |       |        |     |     |      |
|--------|----------|-------|--------|-----|-----|------|
| 梁加固    | 剖面详图 (二) |       |        |     | 图集号 |      |
| 外包钢法   |          |       |        |     |     |      |
| 审核 陶学康 | 陶学康      | 校对 陈瑜 | 设计 万磊林 | 万磊林 | 页   | 5-16 |

型钢箍 $4L100 \times 63 \times 6$ , 大坡贴板,  
纵贯角钢互焊, 与扁钢焊, 后灌环氧

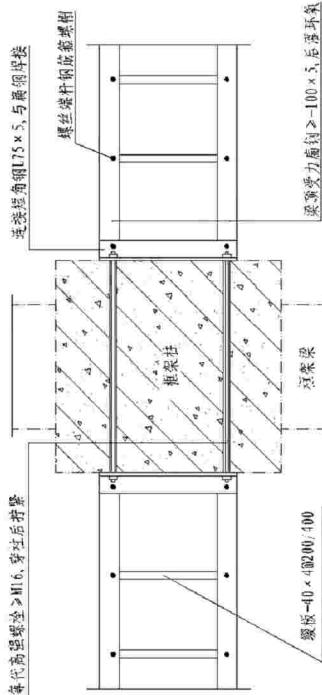
钢板 $-40 \times 4@200/400$

等代斜角钢 $-100 \times 7$ ,  
与型钢箍及扁钢焊接



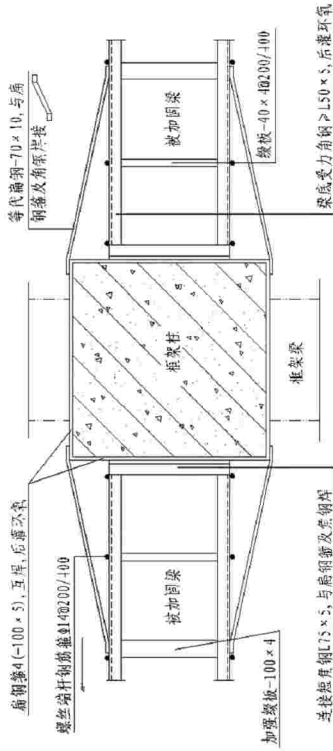
4-4 (型钢箍锚固)

等代高强螺栓 $\geq M16$ , 穿过后拧紧

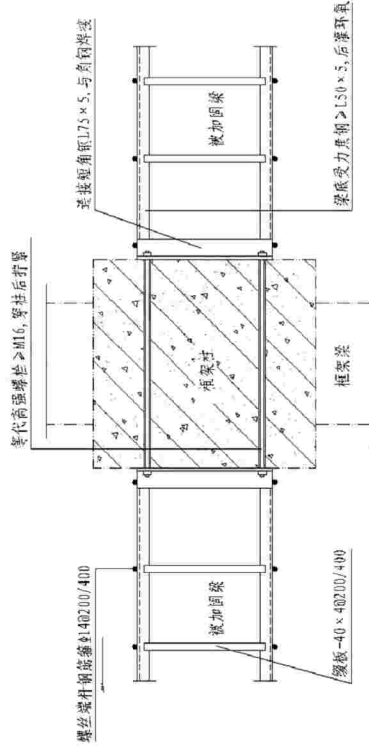


4-4 (穿孔螺栓锚固)

|        |          |    |    |    |      |
|--------|----------|----|----|----|------|
| 梁加固    | 剖面详图 (三) |    |    |    | 图样号  |
| 外包钢法   | 陶彦康      | 校文 | 陶彦 | 设计 | 万墨林  |
| 审核 陶学成 | 陶彦康      | 校文 | 陶彦 | 设计 | 万墨林  |
|        |          |    |    |    | 页    |
|        |          |    |    |    | 5-17 |

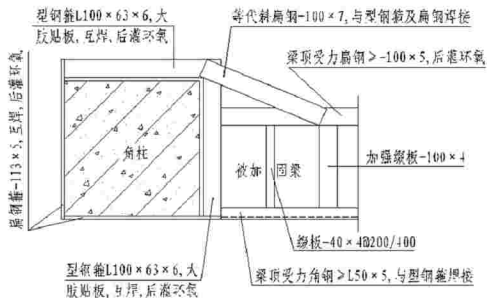


5-5 (扁钢箍锚固)

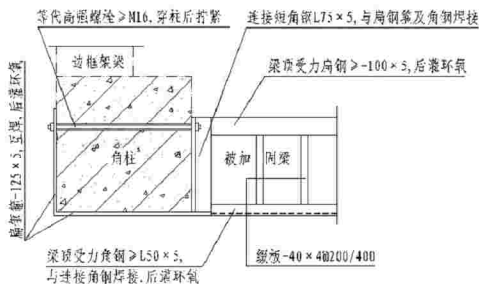


5-5 (穿孔螺栓锚固)

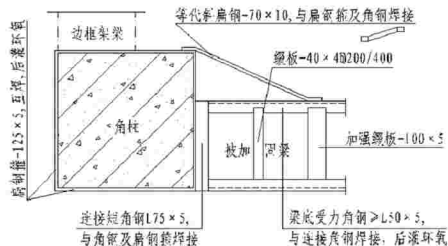
| 梁加固   |        | 剖面详图 (四) |       | 图样号  |
|-------|--------|----------|-------|------|
| 外包钢法  | 陶学康 校对 | 陈琦       | 设计万景林 | 万景林  |
| 审送陶学康 |        |          |       | 5-18 |



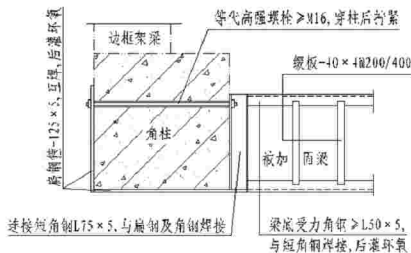
7-7 (组合型钢箍锚固)



7-7 (穿孔螺栓锚固)



8-8 (扁钢箍锚固)



8-8 (穿孔螺栓锚固)

| 梁加固    | 剖面详图 (五) |       |        |     | 图号     |
|--------|----------|-------|--------|-----|--------|
| 外包钢法   |          |       |        |     |        |
| 审核 陶学康 | 陶学康      | 校对 陈瑜 | 设计 万墨林 | 万墨林 | 页 5-19 |

型钢箍 $100 \times 63 \times 6$ , 大段钢板, 百焊,  
并与角钢垫、扁钢及角钢垫板、后灌环筑

等代斜扁钢 $-100 \times 7$ , 与型钢垫及扁钢焊接



9-9 (组合型钢箍锚固)

等代高强螺栓  $> M16$ , 穿柱后拉紧

连接扁角钢 $125 \times 5$ , 与角钢、扁钢及扁板焊接

螺栓端杆锚固螺栓

梁顶受力扁钢  $> 100 \times 5$ , 后灌环筑



9-9 (穿孔螺栓锚固)

梁加固  
外包钢法

剖面详图 (六)

图集号

伟恩阁学苑

陶圣家

校文

陈瑜

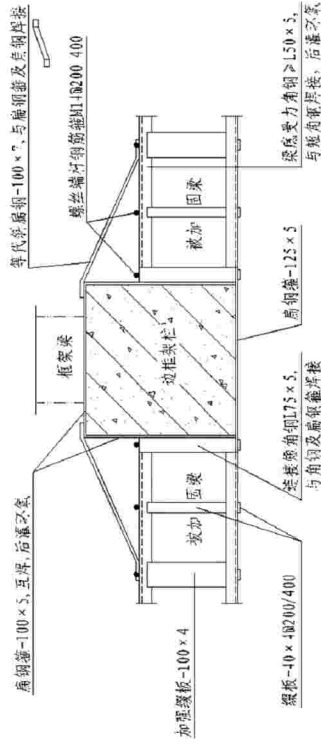
设计

万慧林

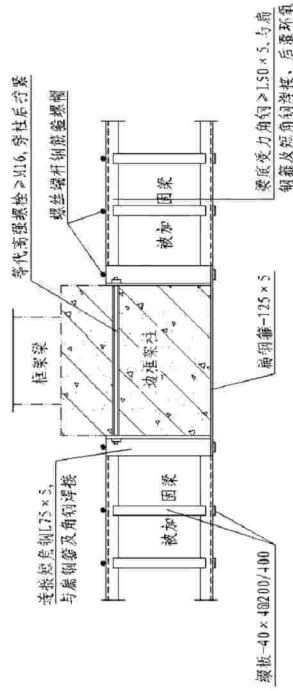
万慧林

页

5-20



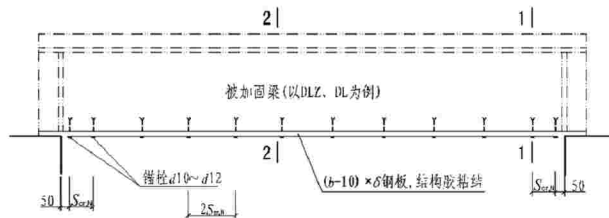
10-10(扁钢锚固)



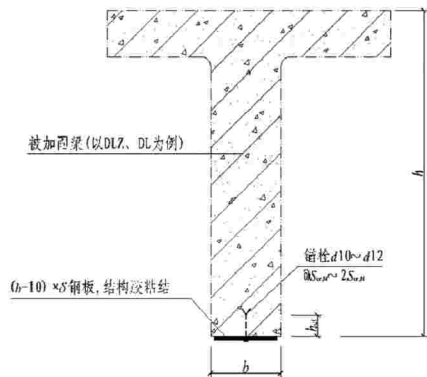
10-10(穿孔螺栓锚固)

|      |          |     |   |      |
|------|----------|-----|---|------|
| 梁加固  | 剖面详图 (七) | 图集号 | 页 | 5-21 |
| 外包钢法 |          |     |   |      |

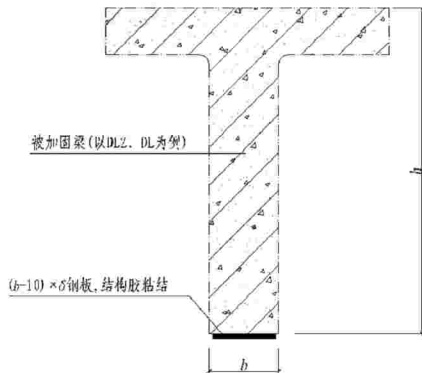




A 简支梁正截面粘钢加固



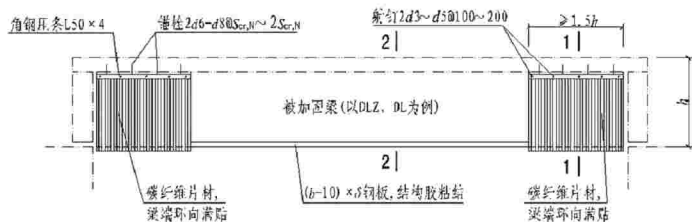
1-1



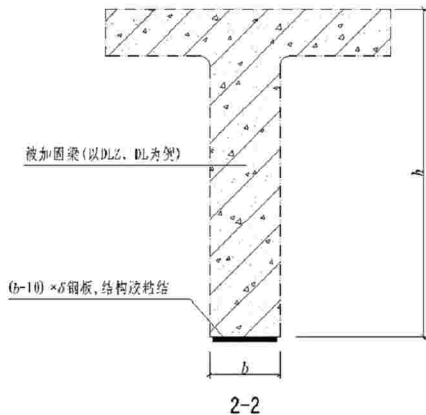
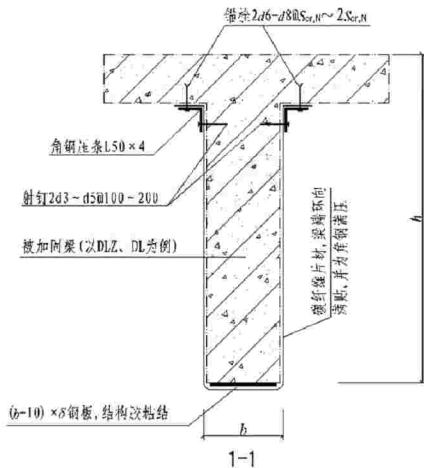
2-2

注:  $S_{aH}$  为锚固长度问题,  $S_{aH} = 3d_{aH}$ ,  
 $h_{aH}$  为锚固长度问题,  $h_{aH} = 3d_{aH}$ 。

|        |            |       |        |     |      |
|--------|------------|-------|--------|-----|------|
| 梁加固    | 简支梁正截面粘钢加固 |       |        |     | 图集号  |
| 粘钢法    |            |       |        |     |      |
| 审核 陶学康 | 陶学康        | 校对 陈瑞 | 设计 万磊林 | 万磊林 | 页    |
|        |            |       |        |     | 5-22 |



B. 简支梁综合法加固 (抗弯、抗剪承载力均不足时)



|        |          |       |        |     |        |
|--------|----------|-------|--------|-----|--------|
| 梁加固    | 简支梁综合法加固 |       |        |     | 图编号    |
| 综合法    |          |       |        |     |        |
| 审核 陶学康 | 陶学康      | 校对 陈瑞 | 设计 万墨林 | 万墨林 | 页 5-23 |

剖开短角钢 $1200 \times 120 \times 12$ ,  
大肢在下,后灌环氧

梁顶受力钢板 $2 \times [-(b/2) \times \delta]$ ,与锚固  
角钢焊接,结构胶粘贴,局部后灌环氧

锚柱 $d10 \sim d12 @ S_{ax} \sim 2S_{ax}$

$@ S_{ax}$   $@ 2S_{ax}$

$1.5h$

2  
5-27

锚栓 $d12$

31  
5-28

扁钢箍 $-120 \times 5$ , 互焊,  
后灌环氧

1  
5-27

梁底受力钢板 $-(b-10) \times \delta$ , 端  
部加宽为 $b+30$ , 与扁钢箍焊接

4  
5-29

4

1  
5-27

1

等代扁钢 $-(100 \sim 20) \times 7$ ,  
与扁钢箍及钢板焊接

4  
5-29

4

51  
5-29

扁钢箍 $-120 \times 5$ ,  
互焊,后灌环氧

1  
5-27

C. 中框架梁正截面粘钢加固(正立面)

剖开短角钢 $1200 \times 125 \times 12$ ,  
大肢在下,后灌环氧

梁顶受力钢板 $-b \times \delta$ , 齐柱根处布置, 与锚  
固角钢焊接, 结构胶粘贴, 局部后灌环氧

锚柱 $d10 \sim d12 @ S_{ax} \sim 2S_{ax}$

$@ S_{ax}$   $@ 2S_{ax}$

$1.5h$

2  
5-27

锚栓 $d12$

81  
5-31

扁钢箍 $-120 \times 5$ , 互焊,  
后灌环氧

1  
5-27

梁底受力钢板 $-(b-10) \times \delta$ , 端  
部加宽为 $b+30$ , 与扁钢箍焊接

9  
5-32

9

6  
5-32

6

等代扁钢 $-(100 \sim 20) \times 7$ ,  
与扁钢箍及钢板焊接

9  
5-32

9

101  
5-32

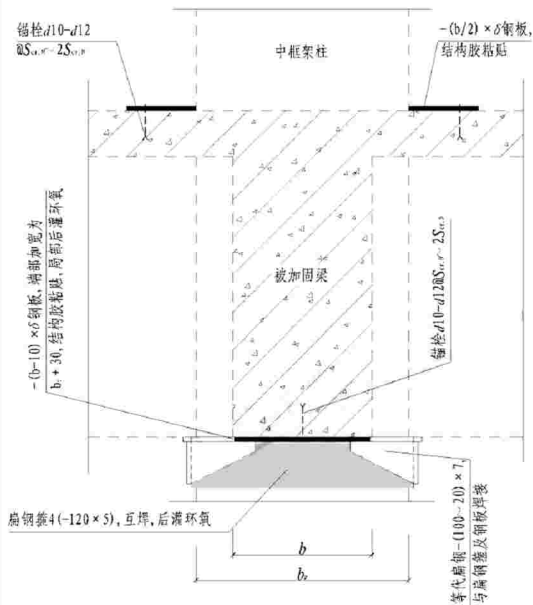
扁钢箍 $-120 \times 5$ ,  
互焊,后灌环氧

1  
5-27

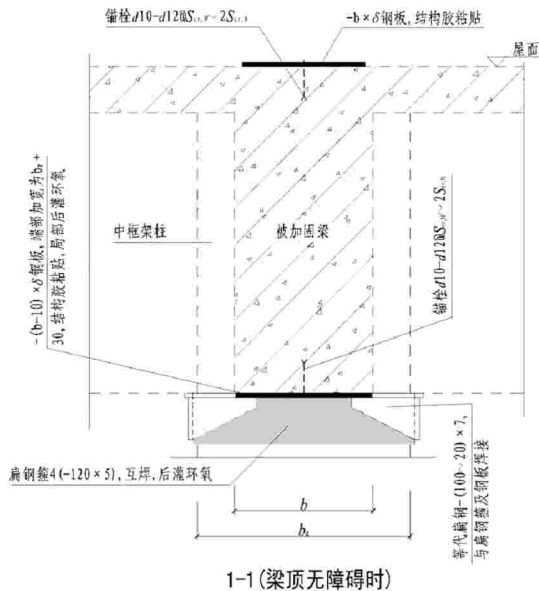
D. 边框架梁正截面粘钢加固(正立面)

注:  $b_0$ 为扶壁,  $b$ 为梁腹宽,  $\delta$ 为钢板厚。

|            |            |       |        |     |        |
|------------|------------|-------|--------|-----|--------|
| 梁加固<br>粘钢法 | 框架梁正截面粘钢加固 |       |        |     | 图集号    |
| 审核 陶学康     | 陶学康        | 校对 陈瑜 | 设计 万国林 | 万国林 | 页 5-24 |



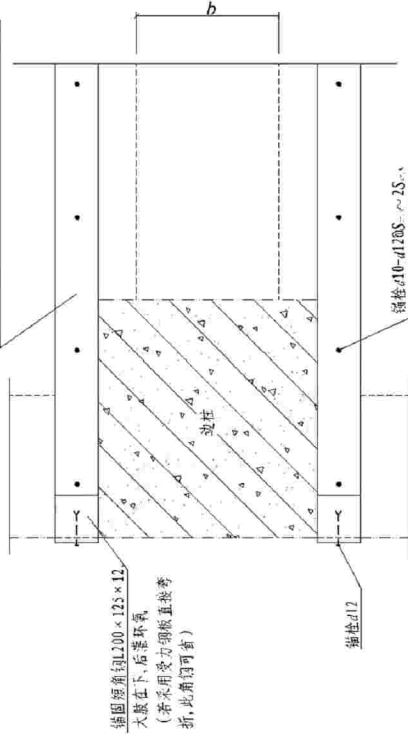
1-1 (梁顶有障碍时)



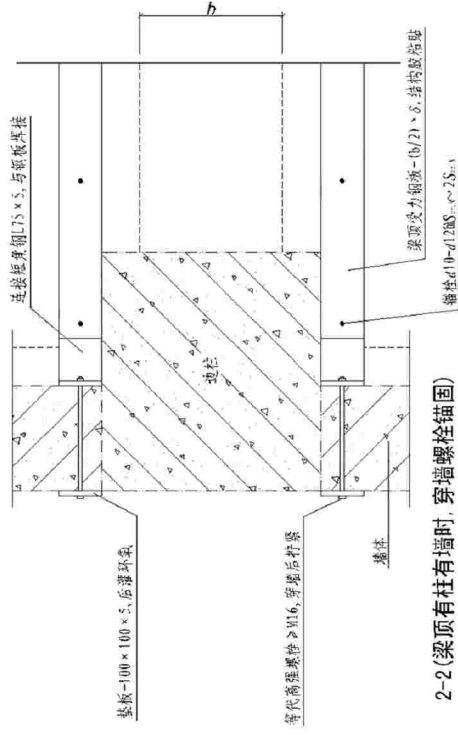
1-1 (梁顶无障碍时)

| 梁加固<br>粘钢法 | 剖面详图 (一) |     |    |    |     |     | 图集号 |      |
|------------|----------|-----|----|----|-----|-----|-----|------|
|            | 审核       | 陶学康 | 陈瑜 | 设计 | 万墨林 | 万墨林 | 页   | S-25 |

梁顶受力钢板  $-(b/2) \times \delta$ , 结构胶粘贴, 与锚固角钢焊接

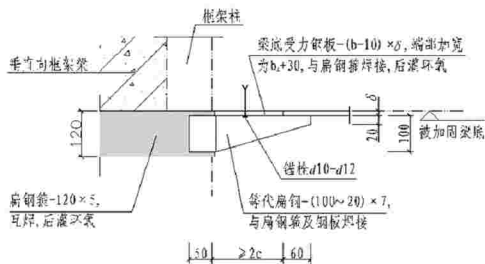


2-2 (梁顶有柱无墙时, 角钢锚固)

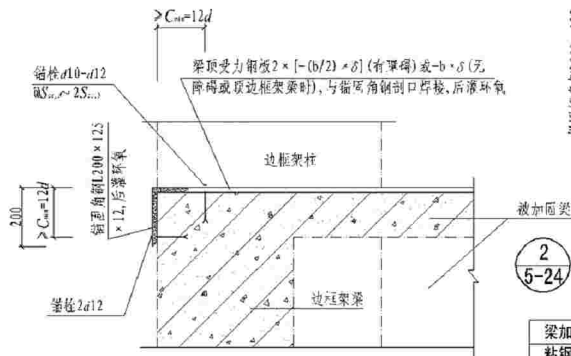


2-2 (梁顶有柱有墙时, 穿墙螺栓锚固)

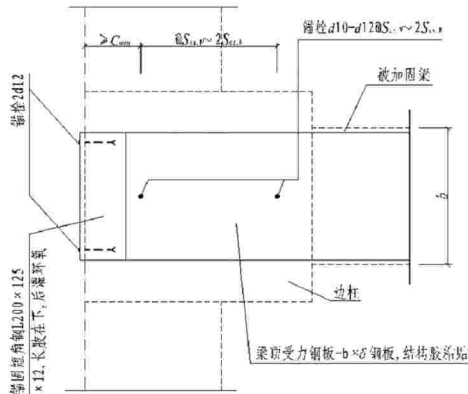
| 梁加固    | 剖面详图 (二) |     |      |
|--------|----------|-----|------|
|        | 粘钢法      | 图案号 | 页    |
| 审核 陶学康 | 设计 陈琦    | 万墨林 | 5-26 |



1  
5-24



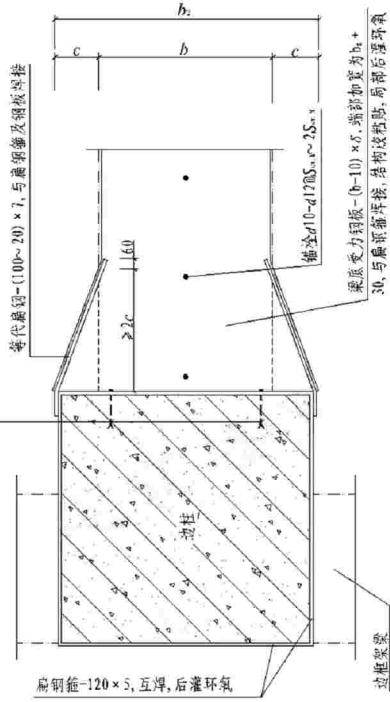
2  
5-24



2-2(梁顶无障碍时,角钢锚固)

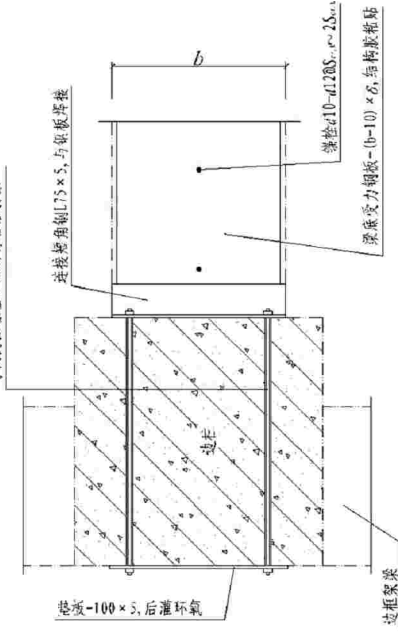
|       |          |    |    |     |     |      |
|-------|----------|----|----|-----|-----|------|
| 梁加固   | 剖面详图 (三) |    |    | 图集号 | 页   | 5-27 |
| 粘钢法   |          |    |    |     |     |      |
| 中国药学院 | 陶德康      | 校对 | 陈瑜 | 设计  | 万墨林 | 万墨林  |

穿孔螺栓 $\geq 2d16$



3-3 (扁钢锚固)

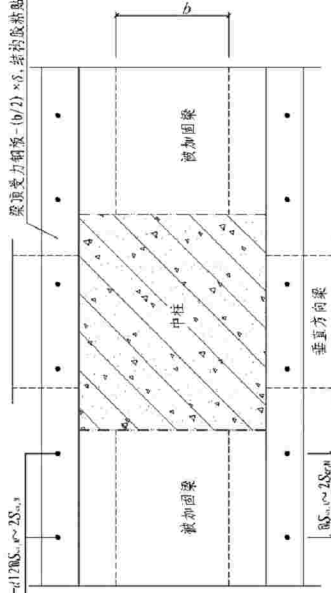
等代高强螺栓 $\geq M16$ , 穿柱后拧紧



3-3 (穿孔螺栓锚固)

| 梁加固    | 剖面详图 (四) | 图案号    |
|--------|----------|--------|
| 粘钢法    |          |        |
| 审核 陶学威 | 校对 陈瑞    | 设计 万恩林 |
| 陶喜康    | 陈瑞       | 万恩林    |
| 5-28   | 页        | 5-28   |

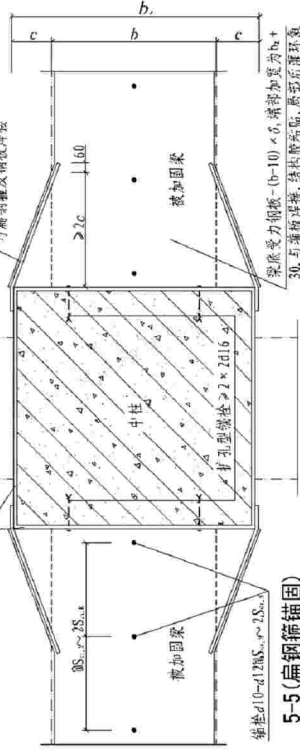
锚栓  $d10-d12NS_{u,1} \sim 2S_{u,1}$  梁顶受力钢板  $-(b/2) \times \delta$ , 结构胶粘贴



4-4

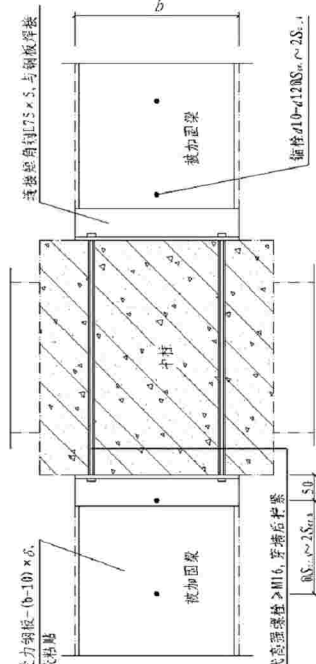
扁钢箍- $120 \times 5$ , 焊接, 后灌环氧

穿代扁钢- $(100 \sim 20) \times 7$ , 与扁钢箍及钢板焊接



5-5 (扁钢箍锚固)

梁底受力钢板  $-(b-10) \times \delta$ , 结构胶粘贴



替代高强螺栓  $\geq M16$ , 穿墙后拧紧

锚栓  $d10-d12NS_{u,1} \sim 2S_{u,1}$

5-5 (穿孔螺栓锚固)

剖面详图 (五)

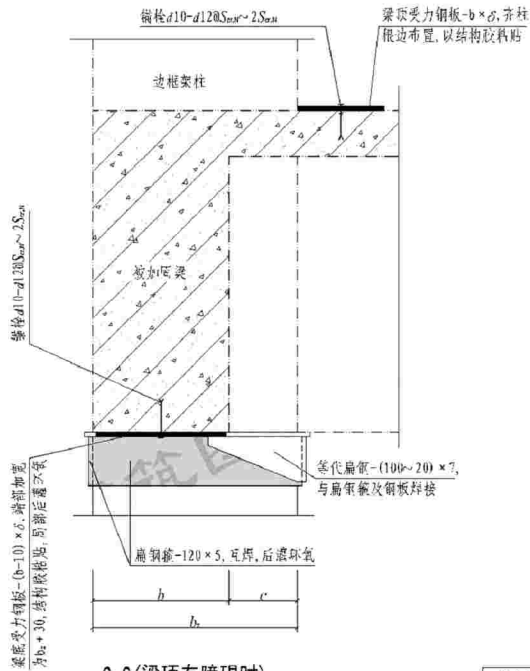
梁加固  
粘钢法

图编号

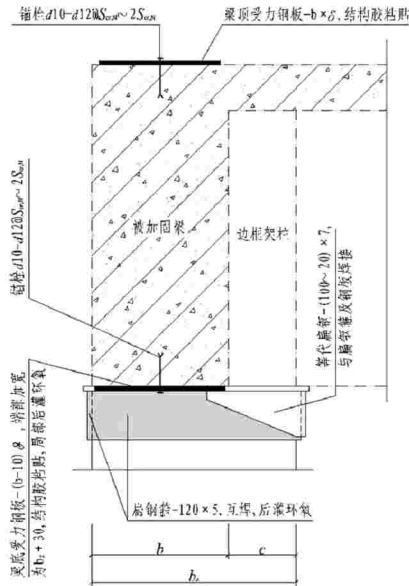
审核 校对 陈琦 设计 万墨林 万墨林

页 5-29



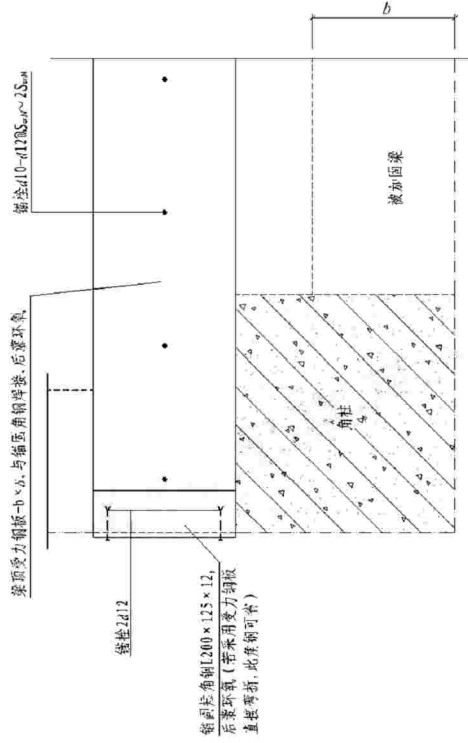


6-6(梁顶有障碍时)

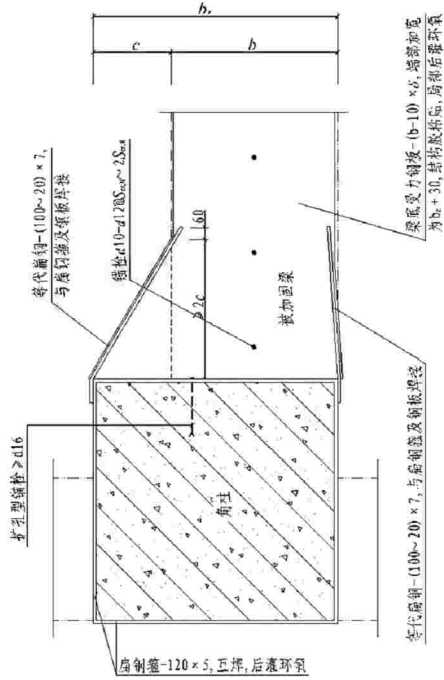


6-6(梁顶无障碍时)

| 梁加固 |     | 剖面详图 (六) |    |    | 图集号  |
|-----|-----|----------|----|----|------|
| 粘钢法 |     |          |    |    |      |
| 审核  | 陶学康 | 陶学康      | 校对 | 陈瑜 | 设计   |
|     |     |          |    |    | 万墨林  |
|     |     |          |    |    | 万墨林  |
|     |     |          |    |    | 页    |
|     |     |          |    |    | 5-30 |



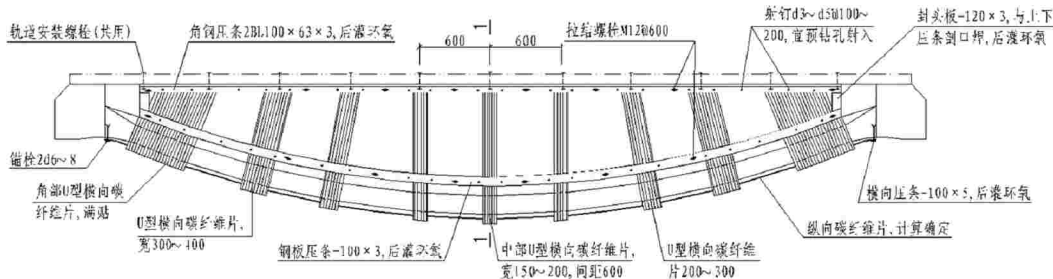
7-7



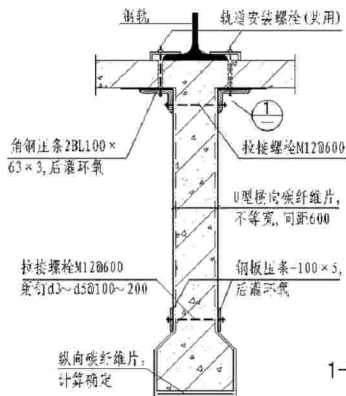
8-8

|       |          |    |    |    |     |     |      |
|-------|----------|----|----|----|-----|-----|------|
| 梁加固   | 剖面详图 (七) |    |    |    |     | 图集号 | 5-31 |
| 粘钢法   |          |    |    |    |     |     |      |
| 宝球陶学成 | 陈彦康      | 陈彦 | 陈彦 | 设计 | 万墨林 | 万墨林 |      |

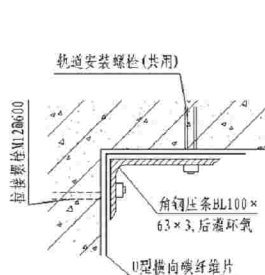




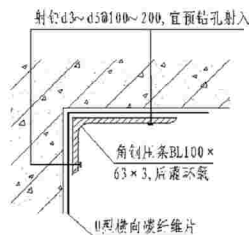
A. 鱼腹式吊车梁碳纤维加固(以12m Y-FDL为例)



1-1

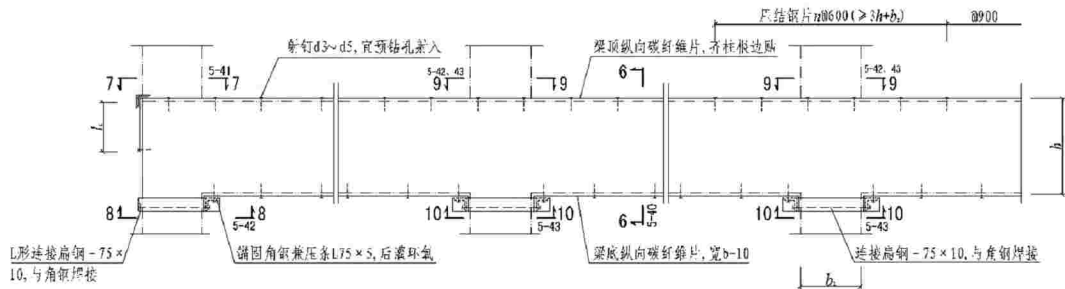
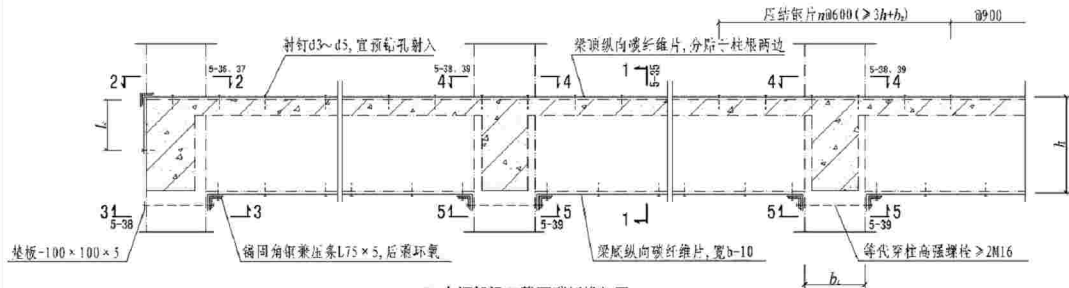


1 螺栓部位

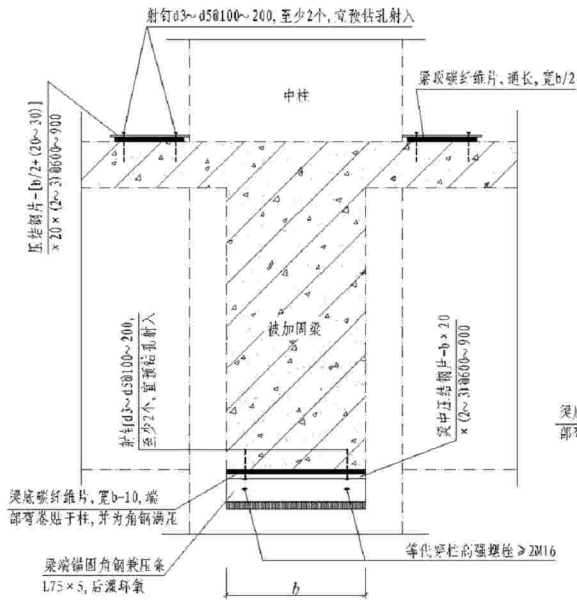


1 射钉部位

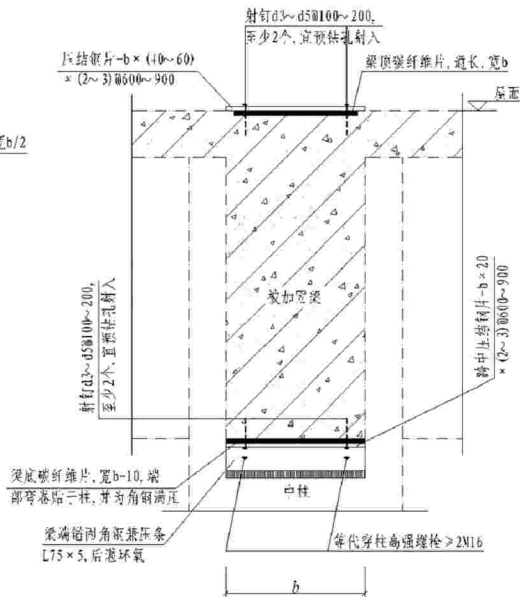
| 梁加固<br>纤维法 | 鱼腹式吊车梁碳纤维加固 |     |       |        | 图集号    |
|------------|-------------|-----|-------|--------|--------|
|            | 审核 陶学康      | 陶学康 | 校对 陈瑜 | 设计 万墨林 |        |
|            |             |     |       |        | 页 5-33 |



|            |          |       |        |     |     |      |
|------------|----------|-------|--------|-----|-----|------|
| 梁加固<br>纤维法 | 框架梁碳纤维加固 |       |        |     | 图集号 |      |
| 编制 陶学康     | 陶学康      | 校对 陈瑜 | 设计 万墨林 | 万墨林 | 页   | 5-34 |



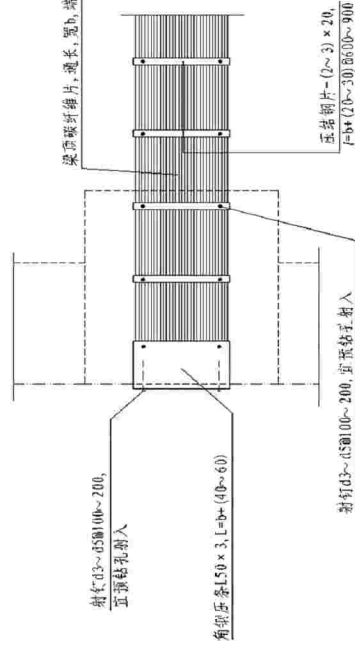
1-1 (梁顶有障碍时)



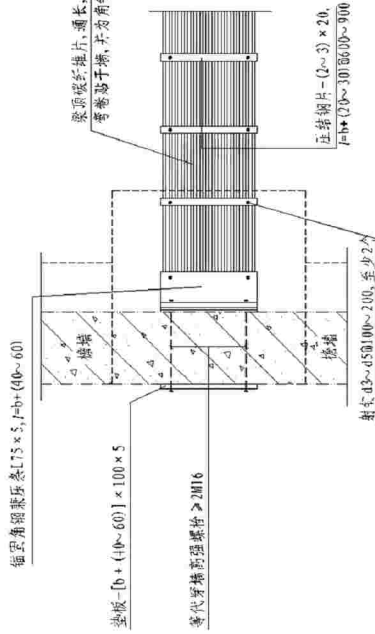
1-1 (梁顶无障碍时)

| 梁加固<br>纤维法 | 剖面详图 (一) |       |        |     |   |      | 图集号 |
|------------|----------|-------|--------|-----|---|------|-----|
| 审核 陶学康     | 陶学康      | 校对 陈瑜 | 设计 万磊林 | 万磊林 | 页 | 5-35 |     |





2-2 (梁顶无柱无墙时, 弯折于边梁侧锚固)

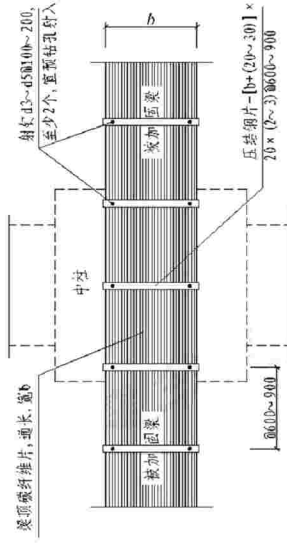


2-2 (梁顶无柱有墙时, 穿墙螺栓锚固)

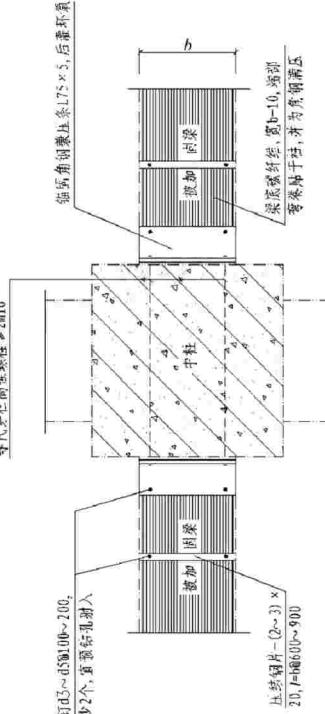
|            |          |    |     |      |
|------------|----------|----|-----|------|
| 梁加固<br>纤维法 | 剖面详图 (三) |    |     | 图集号  |
|            | 陶学康      | 校核 | 陈瑜  | 设计   |
| 南京陶学康      | 陶学康      | 校核 | 陈瑜  | 设计   |
|            |          |    | 万墨林 | 页    |
|            |          |    |     | 5-37 |



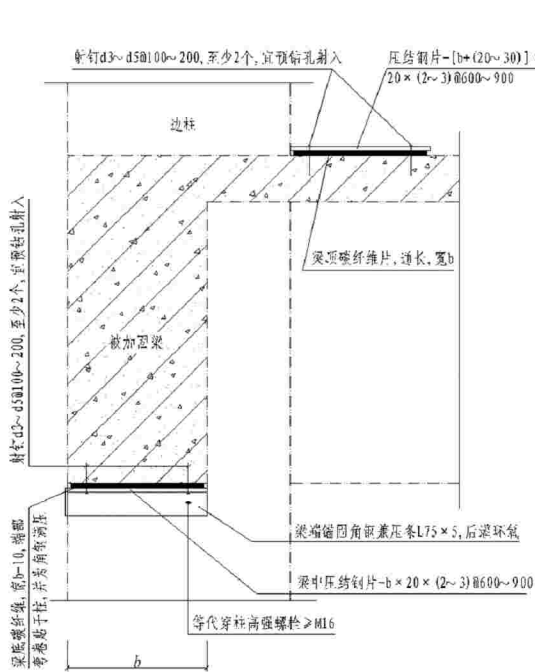




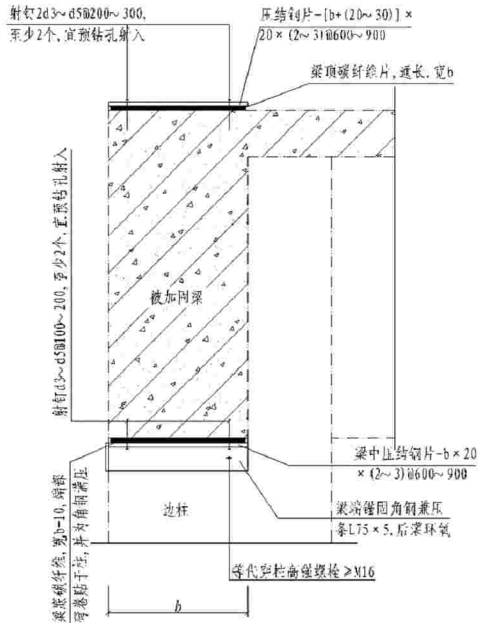
4-4(梁顶无柱时)



5-5



6-6(梁顶有障碍时)



6-6(梁顶无障碍时)

| 梁加固<br>纤维法 | 剖面详图 (六) |       |        |     | 图集号    |
|------------|----------|-------|--------|-----|--------|
| 审核 陶学康     | 陶学康      | 校对 陈璐 | 设计 万墨林 | 万墨林 | 页 5-40 |

压结钢板 $-\left[b+(20\sim30)\right]\times20\times(2\sim3)\phi600\sim900$

射钉 $d3\sim d5\phi100\sim200$ ,  
至少2个,宜预钻孔射入

射钉 $d3\sim d5\phi100$   
 $\sim200$ ,宜预钻孔射入

角钢压条 $L50\times3$ ,  
 $L=b+(40\sim60)$

梁顶端纤维片,通长,宽 $b$ ,  
端部弯卷贴二边梁侧

被加固梁

角柱

7-7(梁顶有柱无墙时)

压结钢板 $-\left[b+(20\sim30)\right]\times20\times(2\sim3)\phi600\sim900$

角钢压条 $L50\times3$ , $L=b+(40\sim60)$

射钉 $d3\sim d5\phi100\sim200$ ,  
至少2个,宜预钻孔射入

角柱

射钉 $d3\sim d5\phi100\sim200$ ,  
宜预钻孔射入

被加固梁

7-7(梁顶无柱无墙时)

锦固角钢兼压条 $L75\times5$ , $L=b+(40\sim60)$

梁顶端纤维片,宽 $b$ ,通长,端部  
弯卷贴二端,并为角钢压条

射钉 $d3\sim d5\phi100\sim200$ ,  
至少2个,宜预钻孔射入

垫板 $-\left[b+(40\sim60)\right]\times100\times5$

墙垛

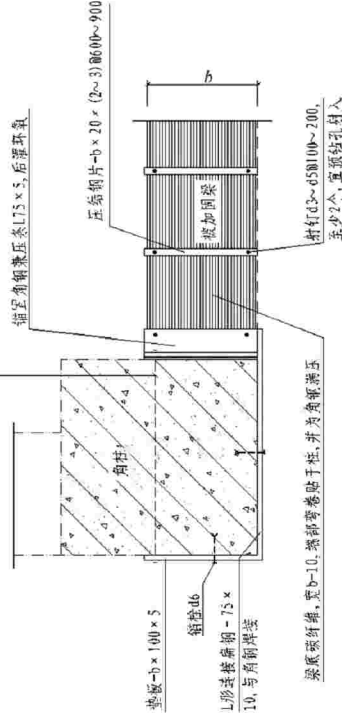
被加固梁

等代拧紧高强度螺栓 $\geq M16$

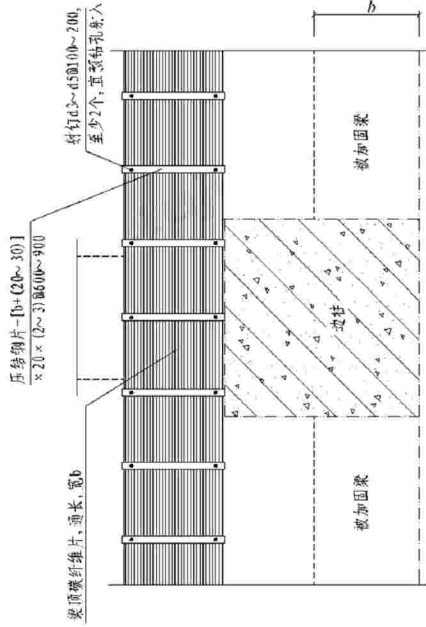
压结钢板 $-\left[b+(20\sim30)\right]\times20\times(2\sim3)\phi600\sim900$

7-7(梁顶无柱有墙时)

等代梁柱高度线度  $\geq M16$



8-8



9-9 (梁顶有柱时)

梁加固  
纤维法

剖面详图 (八)

图样号

编制 陶学康

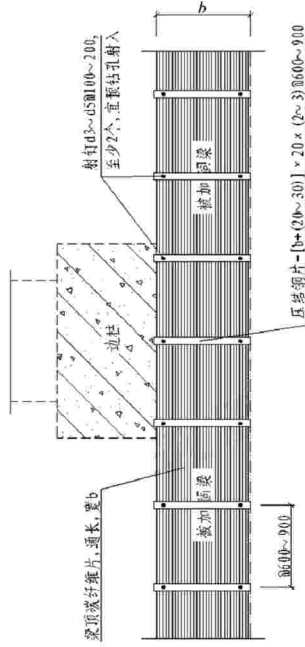
校核 陈锦

设计 万墨林

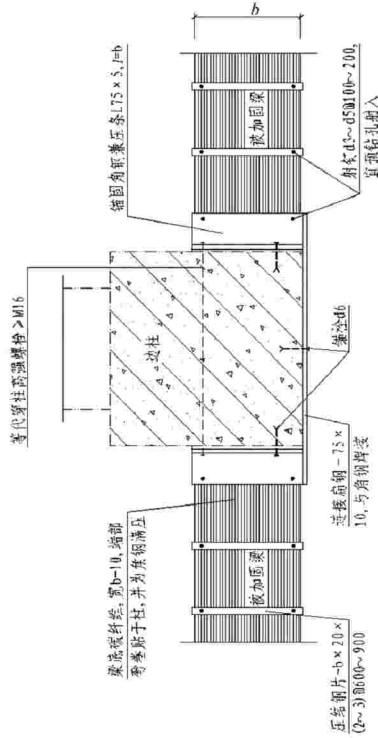
万墨林

页

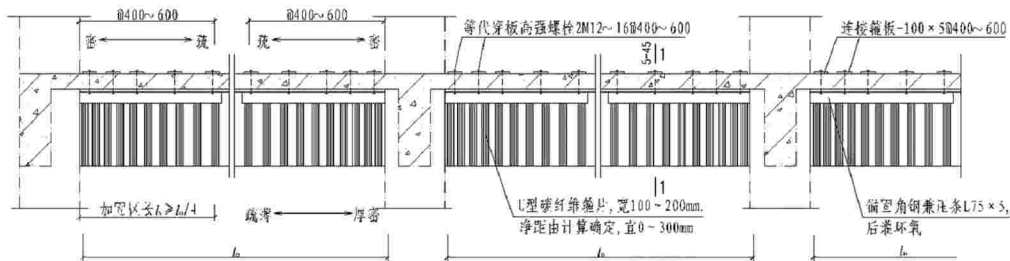
5-42



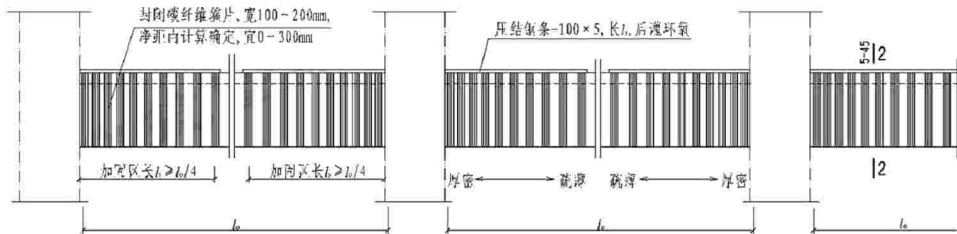
9-9 (梁顶无柱时)



10-10

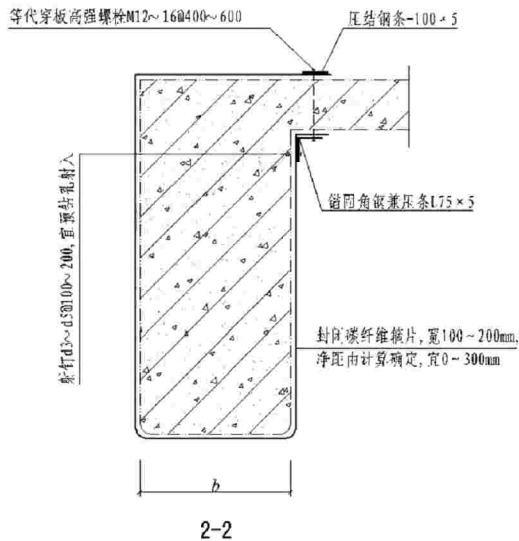
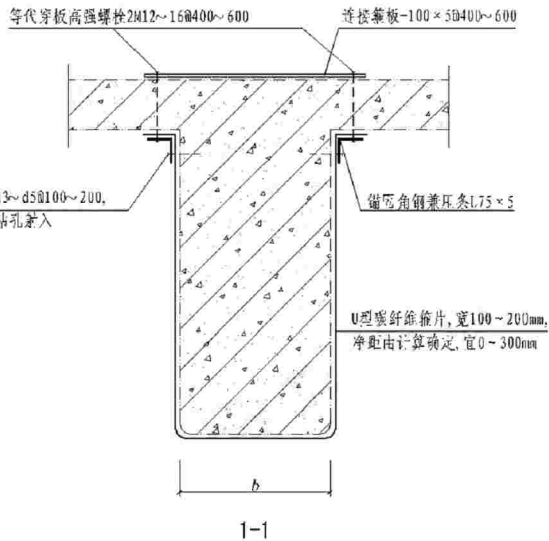


D. 中框架梁斜截面受剪碳纤维加固



E. 边框架梁斜截面受剪碳纤维加固

|            |             |       |        |     |        |
|------------|-------------|-------|--------|-----|--------|
| 梁加固<br>纤维法 | 框架梁斜截面碳纤维加固 |       |        |     | 图集号    |
| 审核 陶学康     | 陶学康         | 校对 陈瑞 | 设计 万墨林 | 万墨林 | 页 5-44 |

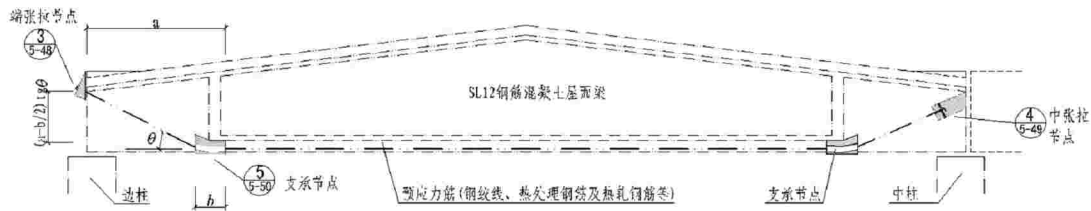


|        |      |       |        |     |     |      |
|--------|------|-------|--------|-----|-----|------|
| 梁加固    | 剖面详图 |       |        |     | 图集号 |      |
| 纤维法    |      |       |        |     | 页   | 5-45 |
| 审核 陶学康 | 陶学康  | 校对 陈瑜 | 设计 万墨林 | 万墨林 |     |      |



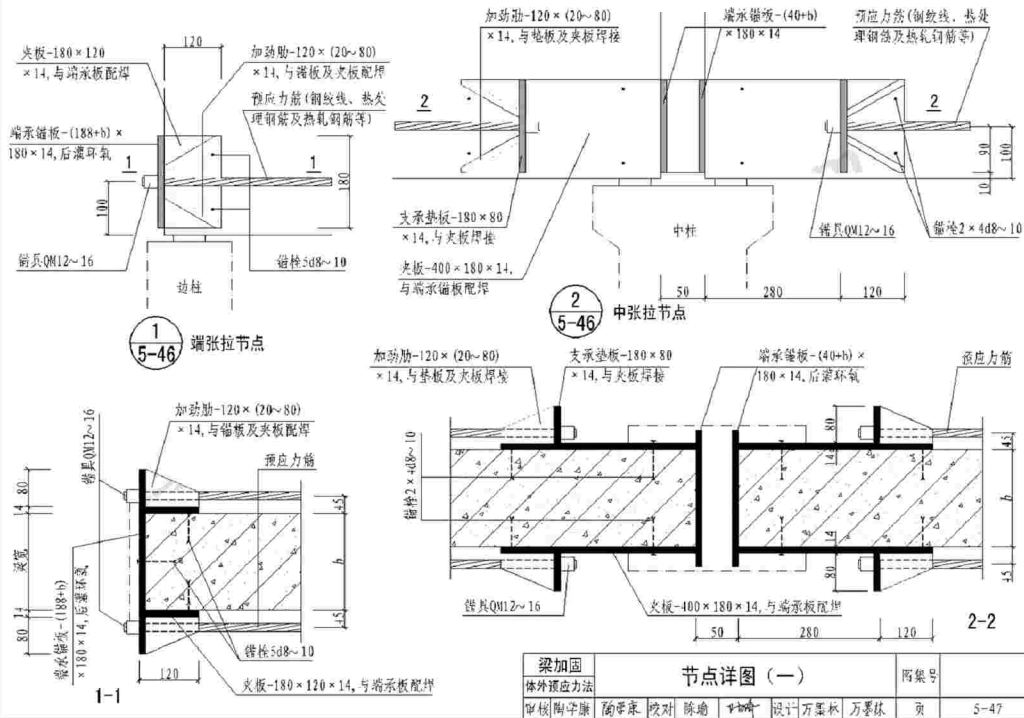


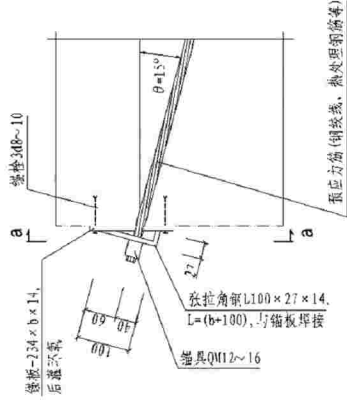
A. 预制梁水平预应力拉杆加固, 机械张拉 (以SL12梁为例)



B. 预制梁下撑式预应力拉杆加固, 机械张拉 (以SL12梁为例)

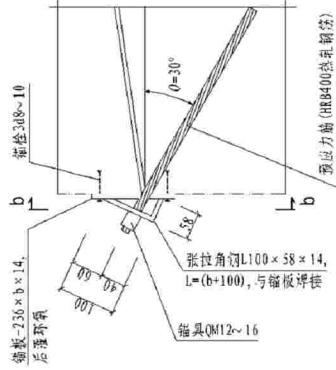
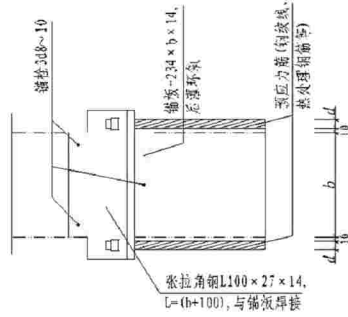
|        |                    |       |        |     |  |  |     |      |
|--------|--------------------|-------|--------|-----|--|--|-----|------|
| 梁加固    | 预制梁体外预应力拉杆加固, 机械张拉 |       |        |     |  |  | 图集号 |      |
| 体外预应力法 |                    |       |        |     |  |  |     |      |
| 审核 陶学康 | 陶学康                | 校对 陈瑜 | 设计 万磊林 | 万磊林 |  |  | 页   | 5-46 |





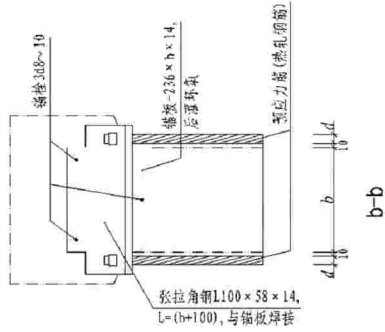
3  
5-46

适用于钢绞线及热处理钢筋  
(以  $\theta=15^\circ$  为例)



3  
5-46

适用于热轧钢筋 (以  $\theta=30^\circ$  为例)



梁加固

体外预应力的方法

审校 陶学森

陶学森

校文

陈瑞

设计

万墨林

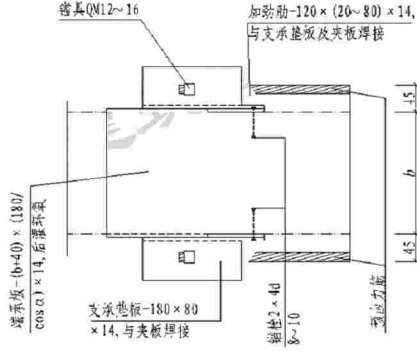
万墨林

节点详图 (二)

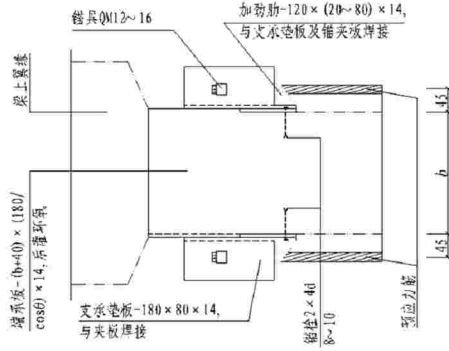
图编号

页

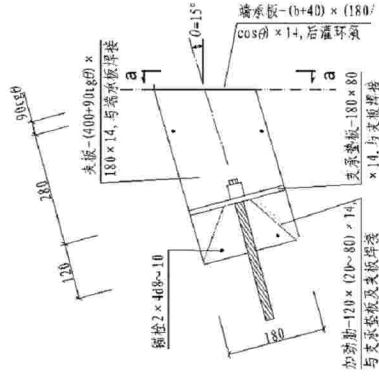
5-48



a-a

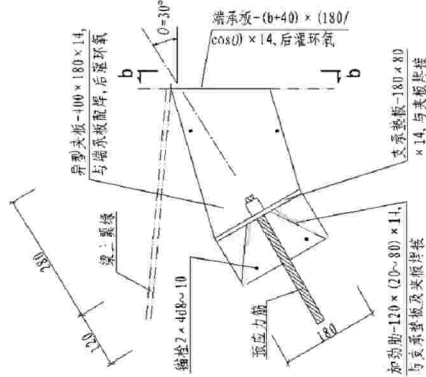


b-b



4  
5-46

适用于钢绞线及热处理钢筋 (以  $\theta=15^\circ$  为例)



4  
5-46

适用于热轧钢筋 (以  $\theta=30^\circ$  为例)



预应力筋(钢绞线、热处理钢筋)

侧夹板-522×(80~148)×14,  
与底板焊接,后灌环氧

铅筋混凝  
土保护层

锚栓2×3d  
8~10

底板-522×(b+38)  
×14,后灌环氧

锚栓 $\phi 36 \times L_1=524$ ,  
与侧夹板焊接,后灌环氧

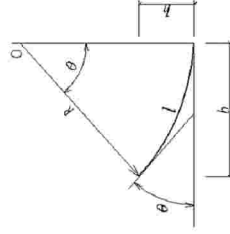
a-a

支承节点几何关系:

$$\text{弧长 } l=0.017456R$$

$$\text{弦长 } b=2R\sin(\theta/2)$$

$$\text{弓高 } h=2R\sin^2(\theta/2)$$



支承节点几何关系示意图

预应力筋(热处理钢筋)

侧夹板-518×(80~214)  
×14,与底板焊接,后灌环氧

铅筋混凝  
土保护层

锚栓2×3d  
8~10

底板-518×(b+38)  
×14,后灌环氧

锚栓 $\phi 36 \times L_1=524$ ,  
与侧夹板焊接,后灌环氧

b-b

支承节点几何关系数据表

| 倾角 $\theta$<br>(°) | 弧长 $l$ (mm) |        | 弦长 $b$ (mm) |        | 弓高 $h$ (mm) |        |
|--------------------|-------------|--------|-------------|--------|-------------|--------|
|                    | R=2000      | R=1000 | R=2000      | R=1000 | R=2000      | R=1000 |
| 15                 | 524         | 262    | 522         | 261    | 68          | 34     |
| 16                 | 558         | 279    | 557         | 278    | 77          | 39     |
| 18                 | 628         | 314    | 626         | 313    | 98          | 49     |
| 20                 | 698         | 349    | 695         | 347    | 121         | 60     |
| 22                 | 768         | 384    | 763         | 382    | 146         | 73     |
| 24                 | 838         | 419    | 832         | 416    | 173         | 86     |
| 26                 | —           | 454    | —           | 450    | —           | 101    |
| 28                 | —           | 489    | —           | 484    | —           | 117    |
| 30                 | —           | 524    | —           | 518    | —           | 134    |

梁加固

体外预应力法

审送周学康

剖面详图, 支承节点几何关系

陶晋康

校式

陈瑞

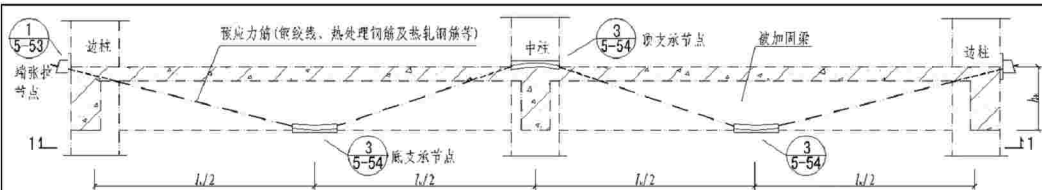
设计万墨林

万墨林

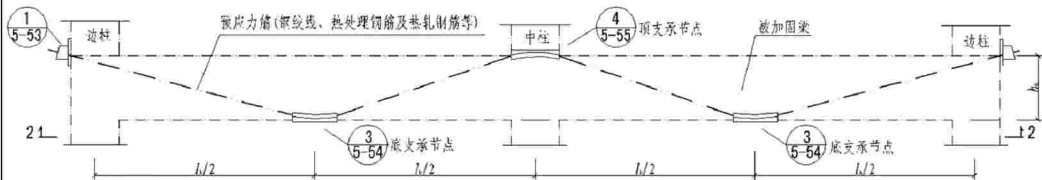
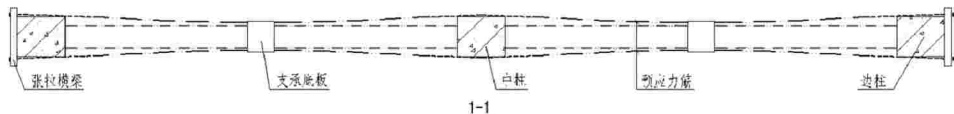
图签号

页

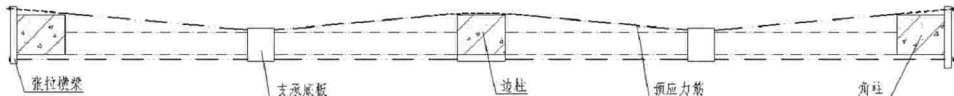
5-51



C. 框架梁预应力拉杆加固, 中间跨 (以  $l_b/h_b=10$ ,  $R=2m$  为例)



D. 框架梁预应力拉杆加固, 边跨 (以  $l_b/h_b=10$ ,  $R=2m$  为例)

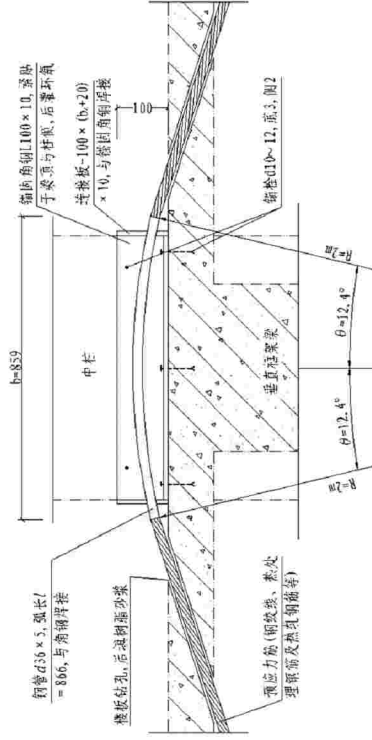


2-2

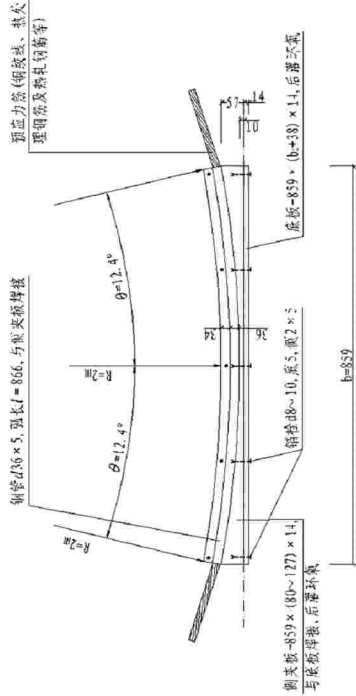
| 梁加固    | 框架梁预应力拉杆加固, 机械张拉 |       |        |     |   |      | 图编号 |
|--------|------------------|-------|--------|-----|---|------|-----|
| 体外预应力法 |                  |       |        |     |   |      |     |
| 审核 陶学康 | 陶学康              | 校对 陈瑜 | 设计 万墨林 | 万墨林 | 页 | 5-52 |     |





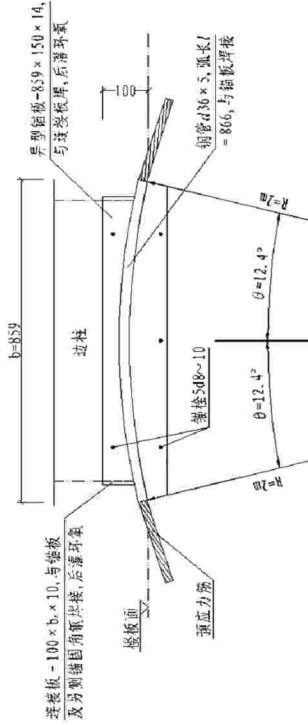


2  
5-52 梁顶支承节点 (包括边柱内侧)



3  
5-52 梁底支承节点

| 梁加图    | 节点详图 (二) | 图框号  |
|--------|----------|------|
| 体外预应力法 | 设计万墨林    | 5-54 |
| 审送陶学康  | 校文 陈瑞    | 页    |



4  
5-52

梁顶支承节点

支承节点几何关系:

$$\text{弧长 } \alpha = \pi \alpha / 180 = 0.01745 \alpha$$

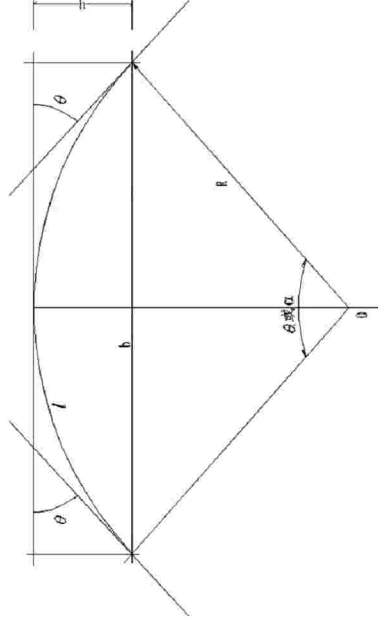
$$\text{角度 } \alpha = 180 \alpha / \pi = 57.2958 \alpha$$

$$\text{弧长 } l = 0.01745 \alpha R = \alpha R$$

$$\text{弦长 } b = 2R \sin \alpha / 2$$

$$\text{弓形高 } h = R - \sqrt{R^2 - (\frac{b}{2})^2}$$

$$\text{圆周角 } \theta = \frac{1}{2} \alpha, \alpha - \text{圆心角}$$



梁加固  
体外预应力法

节点详图(三), 支承节点几何关系

图集号

设计

设计

万墨林

页

5-55

框架梁跨高比一段为 $l_n/h_n=10\sim18$

$$\text{圆周角 } \theta = \text{Arctg}\left(\frac{h_n}{l_n/2-b}\right) \approx \text{Arctg}\frac{1.1 \cdot 2h_n}{l_n}$$

支承节点预应力筋倾角与跨高比关系

| $l_n/h_n$ | 10    | 11    | 12    | 13    | 14    | 15    | 16    | 17    | 18     |
|-----------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|
| $\theta$  | 12.4° | 11.3° | 10.4° | 9.61° | 8.93° | 8.34° | 7.83° | 7.37° | 6.968° |

弧长  $l=0.01745 \theta R=0.01745 \times 2 \theta R=0.0349 \theta R$

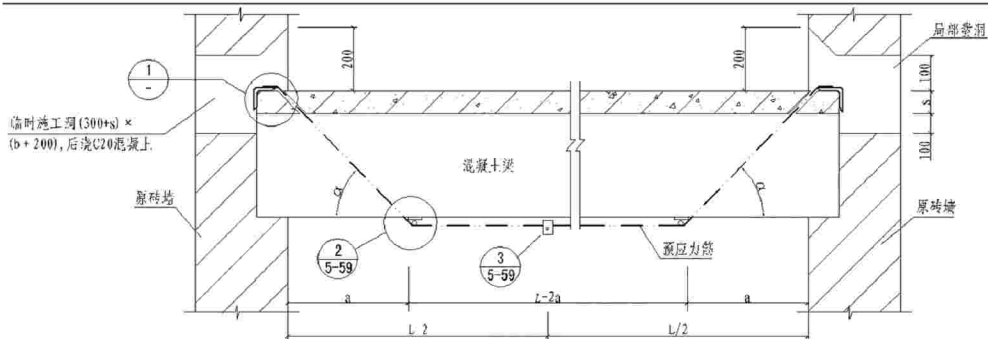
弦长  $b=2R \sin \theta/2=2R \sin \theta$

支承节点几何关系数据表

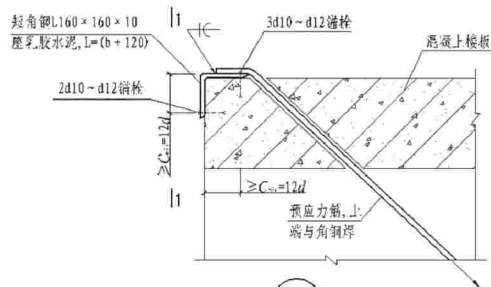
| $l_n/h_n$ | 弧长 $l$ (mm) |        | 弦长 $b$ (mm) |        | 弓高 $f$ (mm) |        |
|-----------|-------------|--------|-------------|--------|-------------|--------|
|           | R=2000      | R=1000 | R=2000      | R=1000 | R=2000      | R=1000 |
| 10        | 866         | 433    | 859         | 429    | 47          | 23     |
| 11        | 789         | 394    | 784         | 392    | 39          | 19     |
| 12        | 726         | 363    | 722         | 361    | 33          | 16     |
| 13        | 671         | 335    | 668         | 334    | 28          | 14     |
| 14        | 623         | 312    | 621         | 310    | 24          | 12     |
| 15        | 582         | 291    | 580         | 290    | 21          | 11     |
| 16        | 547         | 273    | 545         | 272    | 19          | 9      |
| 17        | 514         | 257    | 513         | 257    | 17          | 8      |
| 18        | 486         | 243    | 485         | 243    | 15          | 7      |

|        |             |       |        |     |   |      |     |  |
|--------|-------------|-------|--------|-----|---|------|-----|--|
| 梁加固    | 支承节点几何关系数据表 |       |        |     |   |      | 图集号 |  |
| 体外预应力法 |             |       |        |     |   |      |     |  |
| 审核 陶学康 | 陈学康         | 校对 陈瑜 | 设计 万墨林 | 万墨林 | 页 | 5-56 |     |  |

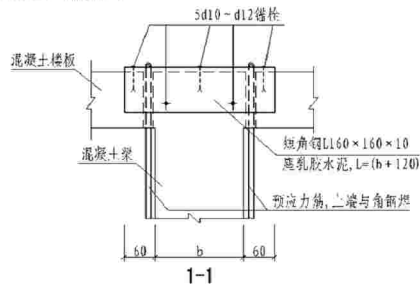




F. 预梁下撑式拉杆加固，横向张拉



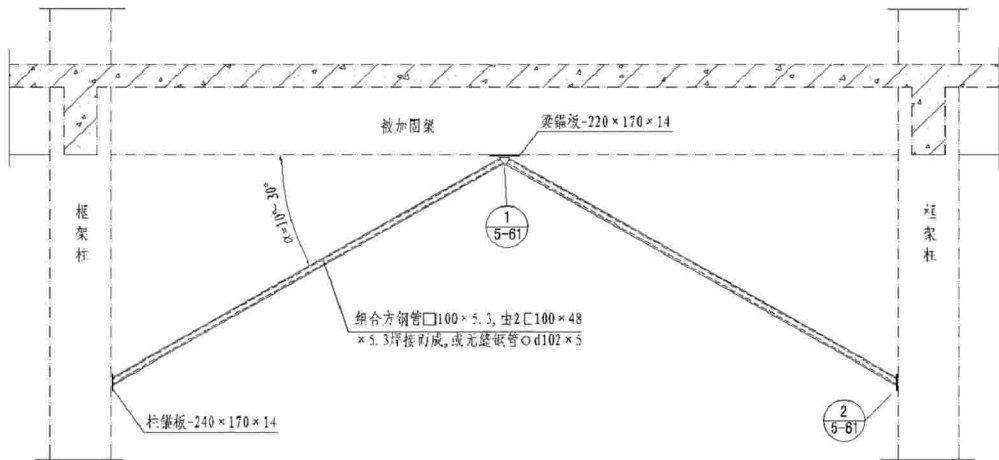
1 锚固节点



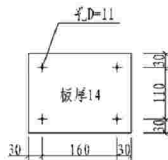
1-1

|        |                 |            |
|--------|-----------------|------------|
| 梁加固    | 下撑式拉杆加固简支梁，横向张拉 | 图集号        |
| 体外预应力法 |                 |            |
| 审核 陶学康 | 陶学康 校对 陈瑜       | 设计 万磊林 万磊林 |
| 页      | 5-58            |            |

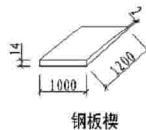




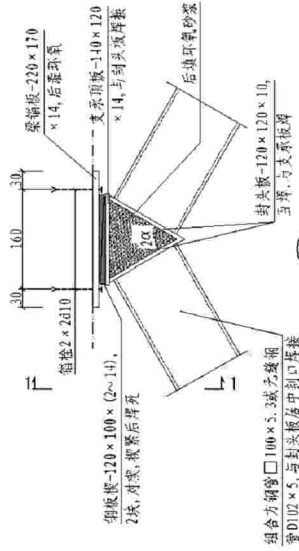
A. 框架梁斜向支撑加固. 支点设于跨中



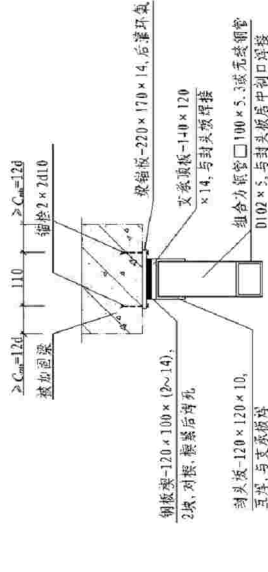
梁锚板



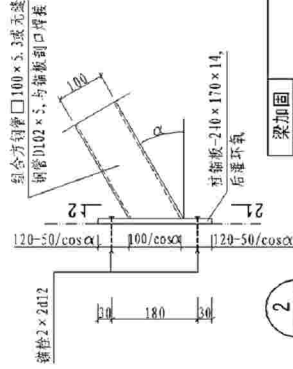
|        |                  |            |        |
|--------|------------------|------------|--------|
| 梁加固    | 框架斜向支撑加固, 支撑设于跨中 | 图集号        |        |
| 增设支点法  |                  |            |        |
| 审核 陶学康 | 陶学康 校对 陈瑜        | 设计 万墨林 万墨林 | 页 5-60 |



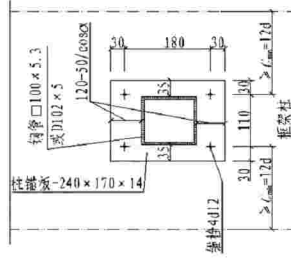
1  
5-60



1-1



2  
5-60



2-2

# 节点详图

梁加固  
增设支点法  
斜拉桥学

梁加固  
增设支点法  
斜拉桥学

梁加固  
增设支点法  
斜拉桥学

梁加固  
增设支点法  
斜拉桥学

梁加固  
增设支点法  
斜拉桥学

梁加固  
增设支点法  
斜拉桥学

梁加固  
增设支点法  
斜拉桥学

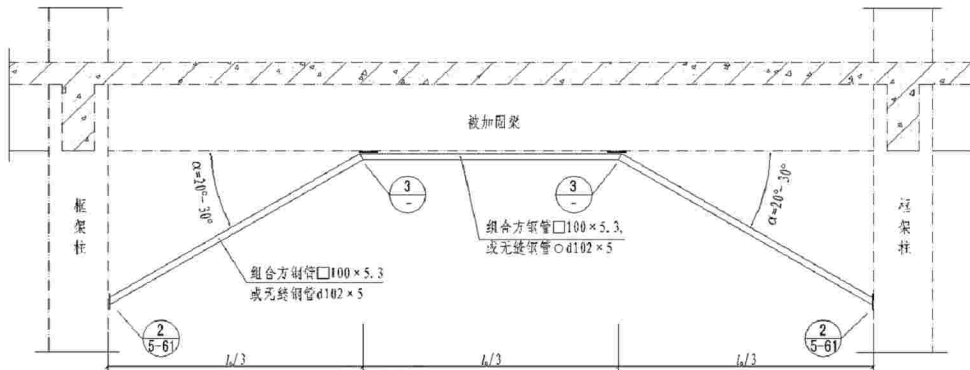
梁加固  
增设支点法  
斜拉桥学

梁加固  
增设支点法  
斜拉桥学

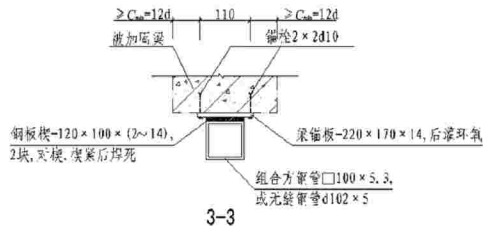
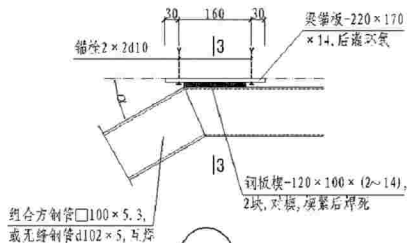
梁加固  
增设支点法  
斜拉桥学

梁加固  
增设支点法  
斜拉桥学





B. 框架梁斜向支撑加固, 支点设于三分点处



|        |                     |            |
|--------|---------------------|------------|
| 梁加固    | 框架梁斜向支撑加固, 支点设于三分点处 | 图集号        |
| 增设支点法  |                     |            |
| 审核 陶学康 | 陶学康 校对 陈瑜           | 设计 万磊林 万磊林 |
| 页      | 5-62                |            |

## 6 板加固

### 6.1 预制板加固

预制板有条形板、肋型板、空心板等。预制板受力属于简支板。预制板加固方法主要有加大截面法、粘钢法及纤维复合材料加固法等。

加大截面法一般是于板面或板底增做30~50mm厚钢筋混凝土后浇层,从方便施工考虑,多采用上浇叠合层,主要是形成刚性楼盖和屋盖,受弯承载力提高(净增)有限,约10%左右;若上浇叠合层能连续贯通整个楼盖和屋盖,则可形成新增荷载( $\Delta q$ )下的连续板,承载力提高较多。上浇叠合层适用单层工业厂房屋面加固及多层框架预制板楼而加固。叠合层构造配筋一般取 $\phi 6@ (150 \sim 200) \times (150 \sim 200)$ ,若期望形成连续板,在板跨受力方向宜配 $\phi 8 \sim 10@ 150 \sim 200$ 钢筋,通长布置,板底后浇钢筋混凝土层仅适合于喷射法施工。钢筋网须用 $\phi 6@ 600$ 钢筋以植筋方法锚固于板。对于空心板,亦可局部凿开孔洞增配钢筋后以混凝土填塞。为增强新旧混凝土粘结和咬合能力,板底应凿除10~20mm深灌缝混凝土,板面应凿毛,吹净灰粉,并涂混凝土界面结合剂一道。

粘钢法加固预制板是将所需扁钢粘贴于板底受拉面,对于肋形板,如预应力大型屋面板(YWB),应布置在主肋底面,宜将相邻肋两块扁钢合二为一,先以环氧砂浆找平,然后骑缝粘贴。为提高粘钢加固的耐久性,受力扁钢宜采用2d3~d5@600~900射钉进行附加锚固。

纤维复合材料加固预制板是将所需碳纤维、玻璃纤维等纤维复合布顺板跨方向粘贴于板底受拉面。同样,为提高纤维加固的耐久性,本图集采用“射钉+压结钢片”对受力纤维片进行了附加锚固。

### 6.2 现浇板加固

当今现浇钢筋混凝土楼板及屋面板多属连续双向板,宜双向双向加固。现浇板加固方法主要有加大截面法、粘钢法及粘贴纤维复合材料加固法等。

加大截面法加固现浇板,主要是于板面增浇30~50mm厚钢筋混凝土叠合层,于板底用喷射法增做30~50mm厚钢筋混凝土后浇层。板所增配钢筋应由计算确定,短跨向应 $\geq \phi 8 \sim 10@ 150 \sim 200$ ,长跨向应 $\geq \phi 6 \sim 8@ 150 \sim 200$ 。为使加固后的整个楼板、屋面板仍为连续板,要求对阻断钢筋(尤其是支座负筋)通过的墙和梁钻孔,使所配钢筋(主要是负筋)能连续贯通。加大截面法最适合于无梁楼盖及框架结构楼盖楼板加固,剪力墙结构楼盖因钻孔较多,施工较为麻烦。为减少穿筋钻孔对阻断结构的破坏,本图集推荐“高强螺栓+锚固角钢”办法传力,即板筋不用穿墙,全与锚固角钢焊接,等代穿墙高强螺栓按 $A_s f_{sk} / S_{11} = A_s f_{sk} / S$ 换算, $A_s \cdot f_{sk} \cdot S_{11}$ 为锚栓应力面积、抗拉强度标准值及间距; $A_s \cdot f_{sk} \cdot S$ 为叠合层或后浇层所配钢筋截面面积、抗拉强度标准值及间距;高强螺栓一般选用8.8级~12.8级,规格应 $\geq M16@ 600 \sim 900$ ,预紧力应 $\geq 0.4 A_s f_{sk}$ 。锚固

| 板加固    | 板加固说明(一) |       |        |     | 图集号   |
|--------|----------|-------|--------|-----|-------|
| 审核 陶学康 | 陶学康      | 校对 陈瑜 | 设计 万墨林 | 万墨林 | 页 6-1 |

角钢规格应 $\geq L75 \times 5$ 。

粘钢法加固现浇楼板一般采用定型扁钢,用结构胶粘贴。扁钢规格一般为 $-(100 \sim 200) \times (3 \sim 4)$ ,间距 $\text{@}600 \sim 900$ 。由于宽度、厚度和间距均可调整,扁钢布置基本上可以作到等强布置。为提高粘钢加固耐久性,全部扁钢均采用射钉进行附加锚固。射钉规格,双层扁钢的外层扁钢为 $2 \times 2(d3 \sim d5) \text{@}600 \sim 900$ ,设于纵横扁钢交汇处;单层扁钢为 $2(d3 \sim d5) \text{@}600 \sim 900$ 。双向板负弯矩角区,纵横扁钢会正交重叠,此处外层后贴扁钢应弯折贴于板表面和底层扁钢表面。弯折角度应 $\leq 20^\circ$ ,其局部孔隙用结构胶填满。边梁处板面负弯矩扁钢的锚固有两种方法:当无外墙或为轻质外墙时,扁钢应穿墙,端部可弯折 $90^\circ$ 后直接粘贴于边梁外侧,并以 $2d5$ 射钉锚固拔头;当有混凝土外墙时,应采用“高强螺栓+锚固角钢”锚固,其作法同加大截面法。

粘贴纤维法加固现浇楼板,一般是双面双向粘贴,本图集以 $200 \sim 300\text{g}/\text{m}^2$ 碳纤维布为例。碳纤维片宽度 $b_c=150 \sim 300\text{mm}$ ,间距 $\text{@}600 \sim 900\text{mm}$ 。由于质量密度、宽度和间距可调,碳纤维片基本上可作到等强布置。为提高纤维粘结加固耐久性,全部纤维片均采用“压结钢片+射钉”进行附加锚固。边梁处板面端纤维片的锚固有两种方法:当无外墙时,纤维片可弯贴于边梁外侧,当有外墙时,应采用“锚固角钢+高强螺栓”锚固,其作法同加大截面法。

### 6.3 楼板开洞

6.3.1 楼板开洞后局部切断了原有传力路径和配筋,一方面促使洞

口周边板的内力增大,造成应力集中,另一方面板筋减少,承载力降低,因此应对开洞后的结构进行内力分析和承载力验算,根据计算结果,进行洞口加固设计。

楼板开洞加固处理应根据楼板的性质(梁式楼盖、无梁楼盖、筒支板、连续板、单向板、双向板、预应力板、非预应力板),开洞部位(边缘、中部),开洞大小及形状等差异,分别采用相应的最适合的加固处理方法。

6.3.2 作为简化处理,当垂直于板受力方向的洞口宽度 $b \leq 300\text{mm}$ 或孔洞直径 $D \leq 300\text{mm}$ ,且切断钢筋数量 $\leq 5\%$ 时,可不作处理;当 $b < 1000\text{mm}$ 或 $D \leq 1000\text{mm}$ ,且切断钢筋数量 $\leq 20\%$ 时,可采用补偿配筋法,将板中切断的钢筋( $A_f$ ),补设于洞口边。补加的钢筋(包括钢板、碳纤维片等)总量,应 $\geq 1.2 A_f$ 。

预制筒支楼板开洞采用粘钢或纤维作为补偿加固时,钢板及纤维片全部粘贴于洞周边底面。粘钢加固,受力较大方向钢板宜粘贴在最外层(后粘),受力较小方向钢板粘贴于里层(先粘)。此时,先粘钢板应于混凝土贴面处进行开槽,开槽深度 $\geq \delta + 3\text{mm}$ , $\delta$ 为钢板厚度,以保证先贴钢板面与楼板底面齐平。亦可双向齐平粘贴,但需将受力较小方向钢板切成三段,现场配焊,局部后灌环氧。纤维片加固纵横纤维片粘贴先后顺序可不受限制。

现浇连续板开洞,当开洞位于板负弯矩区,采用粘钢或纤维作

| 板加固    | 板加固说明(二) |       |        |     |   |     | 图集号 |
|--------|----------|-------|--------|-----|---|-----|-----|
| 审核 陶学康 | 陶学康      | 校对 陈瑜 | 设计 万墨林 | 万墨林 | 页 | 6-2 |     |

为补偿加固时,不宜只粘贴板面,不加固板底,应双面加固。对于承担负弯矩的板面钢板或纤维片材,往往因墙体阻碍,无法贯通布置,此时可采用螺栓及短角钢穿墙拉结锚固传递拉力。对于框架结构现浇楼板角区开洞,承担负弯矩的板面钢板或纤维片材,应弯折锚固于边梁外侧,并满足锚固长度要求。

**6.3.3** 当 $b>1000\text{mm}$ 或 $D>1000\text{mm}$ ,或切断钢筋数量 $>20\%$ ,或洞口边存在较大集中荷载时,以及预制板切断主肋时,均应于洞口边另设边梁支承传力。一般采用型钢边梁,边梁与楼板间应辅助于锚固连接,并后灌环氧,使之结为一体;边梁端部应入墙,堵塞洞大小应满足局部承压要求,洞以 $\geq C30$ 膨胀混凝土灌填。

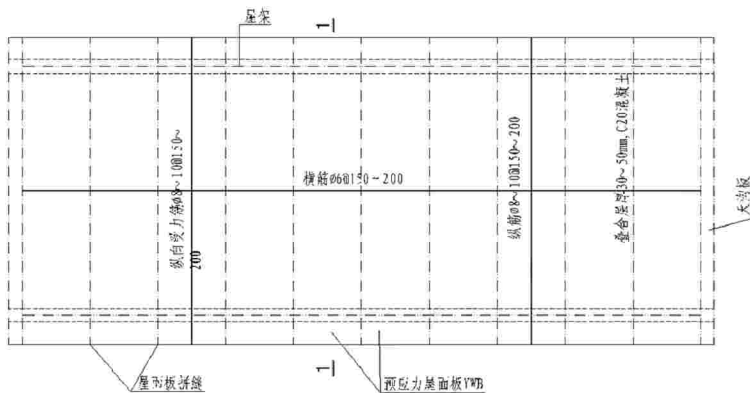
**6.3.4** 无粘结预应力楼板开洞切断预应力筋后,该预应力筋就完全丧失功能,对整体张拉的楼盖而言,影响范围很大,故在进行洞口加固的同时,尚应对被切断的预应力筋进行预应力恢复处理。当开洞 $b\leq 1\text{m}$ 或直径 $D\leq 1\text{m}$ 时,可采用封闭型钢框方案,即于洞口四周增设组合型钢框,将切断的预应力筋重新张拉,并锚固于型钢框。当 $b>1\text{m}$ 或 $D>1\text{m}$ 或切断的预应力筋较多,或洞口边存在较大集中荷载,或切断梁肋时,则应另设封闭支承梁。

为减轻无粘结预应力楼板开洞加固处理难度,降低改造费用,无粘结预应力楼板开洞位置和方向,在满足改造功能要求的前提下,应尽量选择在预应力筋较少的部位。对于多跨单向无粘结预应力平板楼盖,洞的长边应平行于预应力筋方向;对于无梁楼盖,洞宜布置在跨中板带,避免在柱上板带开洞,尤其是柱宽区域的柱上板带;对于密

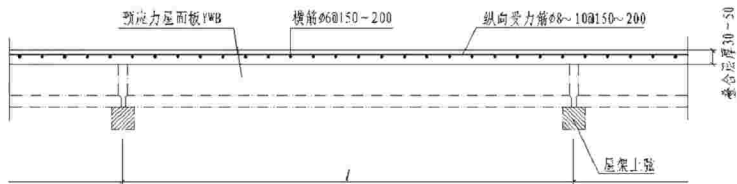
肋双向楼盖,应避免在肋上开洞,尤其是主肋。

对因开洞而外露的预应力筋和锚具,应进行有效的防腐处理。

| 板加固    | 板加固说明 (三) |       |            |   | 图集号 |
|--------|-----------|-------|------------|---|-----|
| 审核 陶学康 | 陶学康       | 校对 陈瑜 | 设计 万墨林 万墨林 | 页 | 6-3 |

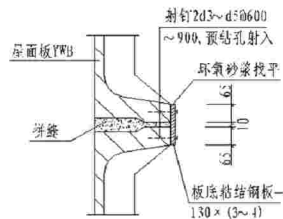
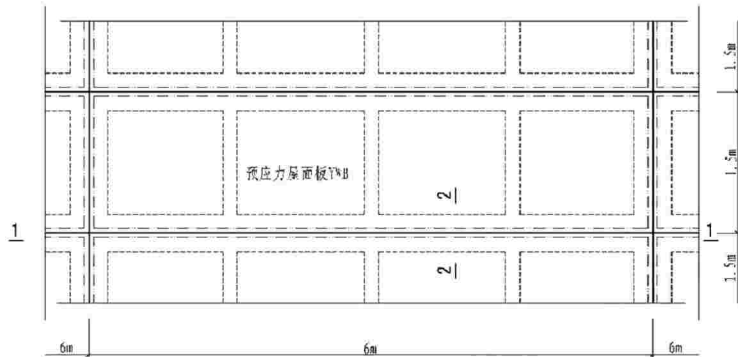


A. 预制板增浇叠合层加固 (以YWB板为例)



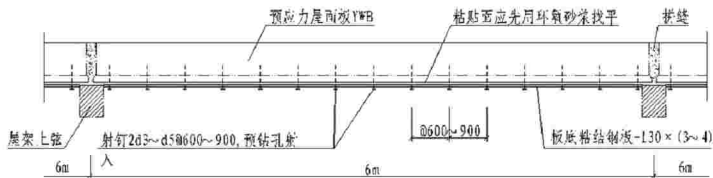
1-1 (对于新增荷载  $\Delta q$  可按多跨连续板计算)

|        |         |       |            |       |
|--------|---------|-------|------------|-------|
| 板加固    | 增浇迭合层加固 |       |            | 图集号   |
| 预制板    |         |       |            |       |
| 审核 陶学康 | 陶学康     | 校对 陈瑜 | 设计 万国权 万要林 | 页 6-4 |



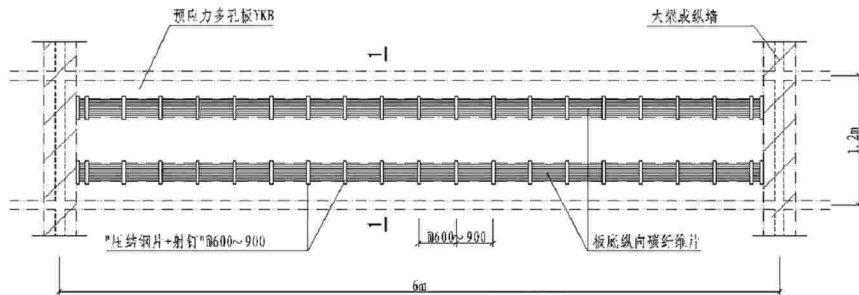
2-2

B. 预制板粘钢加固 (以YWB板为例)

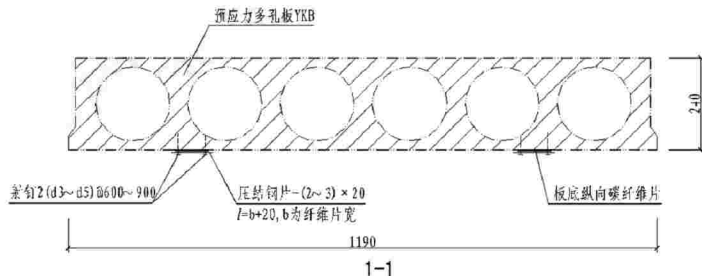


1-1

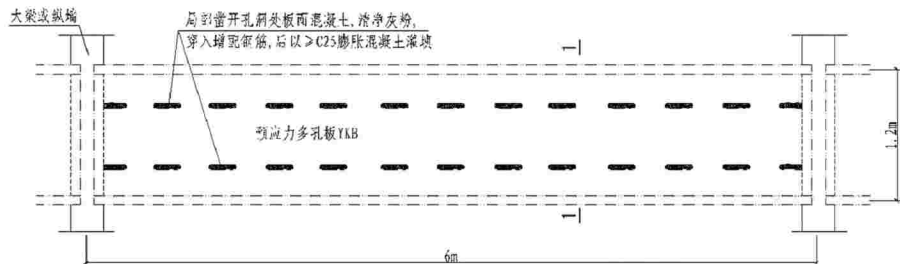
|        |      |       |        |     |       |
|--------|------|-------|--------|-----|-------|
| 板加固    | 粘钢加固 |       |        |     | 图集号   |
| 预制板    |      |       |        |     |       |
| 审核 陶学康 | 陶学康  | 校对 陈瑜 | 设计 万墨林 | 万墨林 | 页 6-5 |



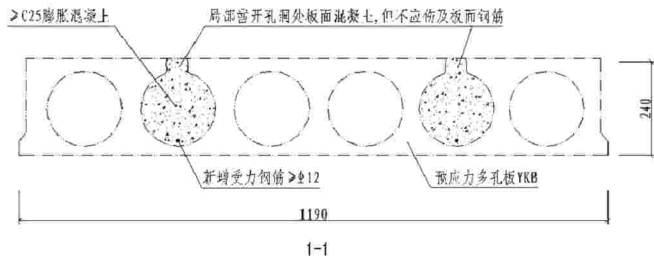
C. 预制板碳纤维加固 (以YKB板为例, 仰视)



|        |       |       |        |     |     |     |
|--------|-------|-------|--------|-----|-----|-----|
| 板加固    | 碳纤维加固 |       |        |     | 图集号 |     |
| 预制板    |       |       |        |     |     |     |
| 审核 陶学康 | 陶学康   | 校对 陈瑜 | 设计 万显林 | 万显林 | 页   | 6-6 |

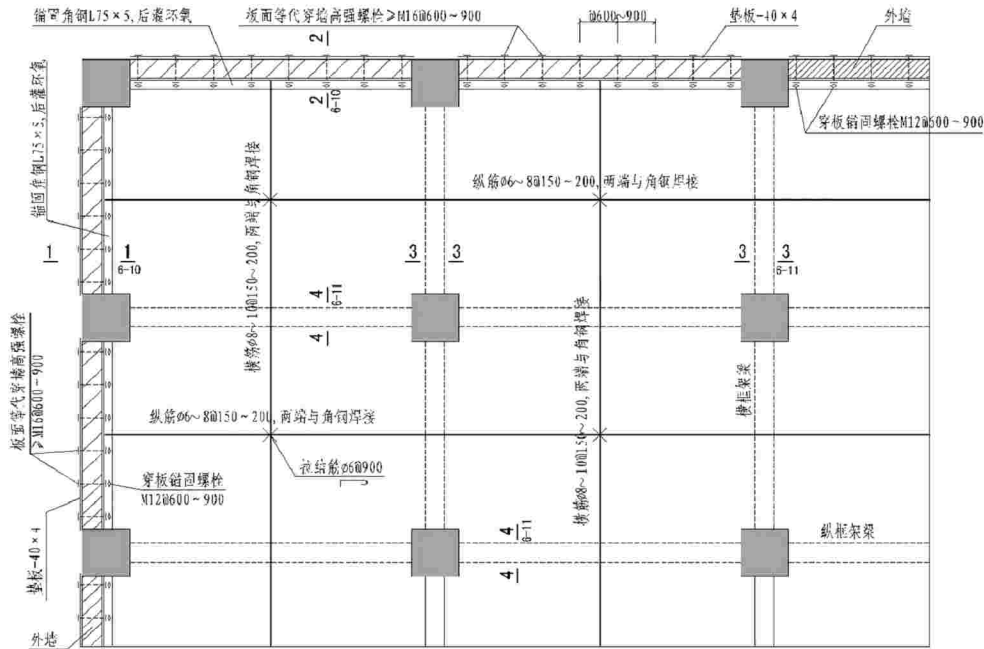


D. 空心板局部开洞增配钢筋加固 (以YKB板为例)



|        |               |       |        |     |  |     |     |
|--------|---------------|-------|--------|-----|--|-----|-----|
| 板加固    | 空心板局部凿洞增配钢筋加固 |       |        |     |  | 图集号 |     |
| 预制板    |               |       |        |     |  |     |     |
| 审核 陶学康 | 陶学康           | 校对 陈瑜 | 设计 万磊松 | 万磊松 |  | 页   | 6-7 |

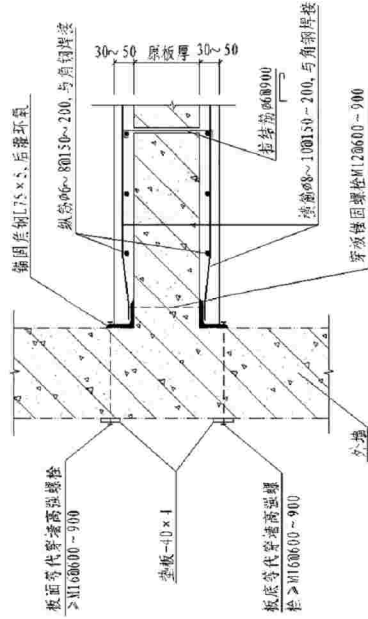
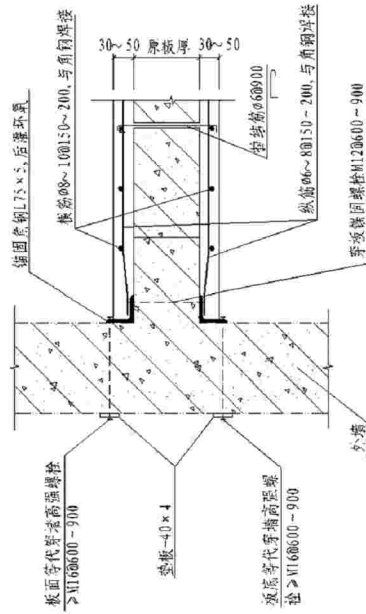




A. 框架结构现浇板加大截面法加固 a) 板面布筋

|        |               |       |        |     |       |
|--------|---------------|-------|--------|-----|-------|
| 板加固    | 加大截面法加固, 板面布筋 |       |        |     | 图集号   |
| 现浇板    |               |       |        |     |       |
| 审核 陶宇康 | 陶宇康           | 校对 陈瑜 | 设计 万墨林 | 万墨林 | 页 6-8 |





|     |     |
|-----|-----|
| 板加固 | 现浇板 |
|-----|-----|

圖送面(一)

图集号

卷四

|   |   |
|---|---|
| 時 | 陶 |
|---|---|

|   |   |
|---|---|
| 校 | 校 |
|---|---|

陈瑜

2-10-11

设计方

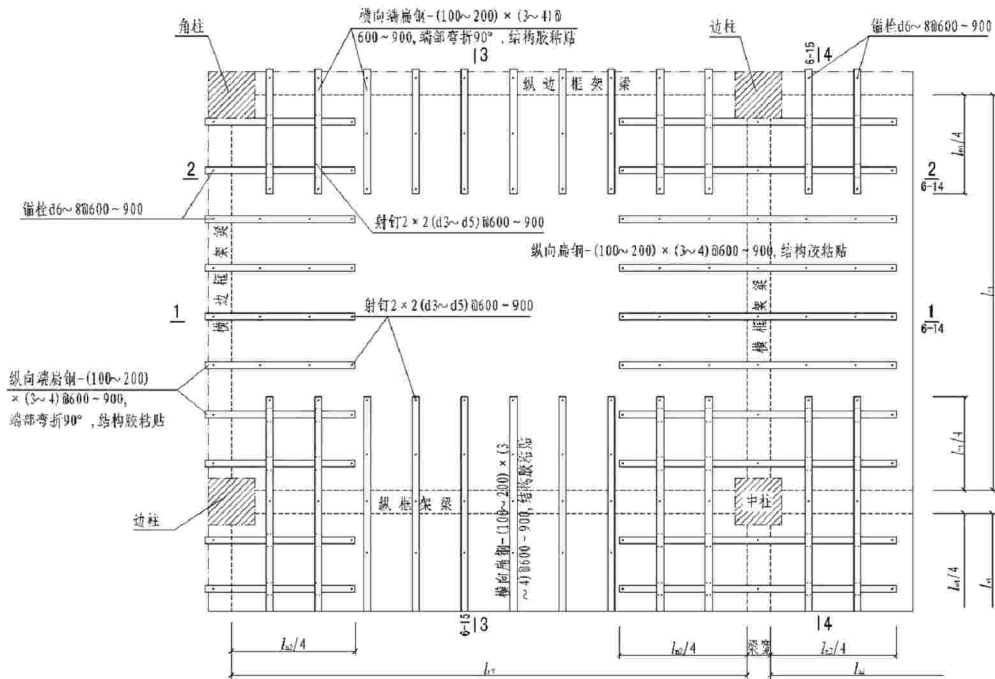
百里林

万思拔

五

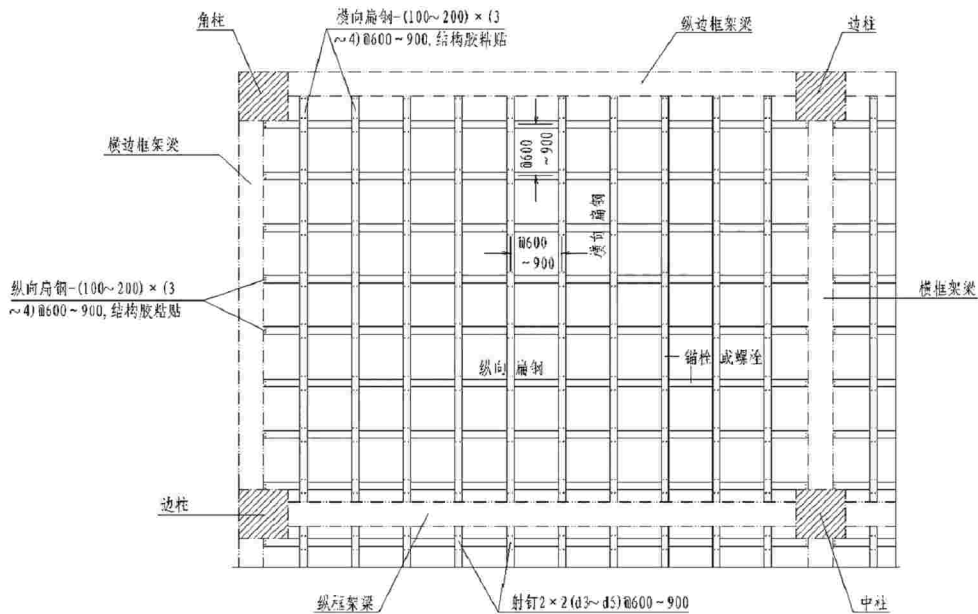
6-10





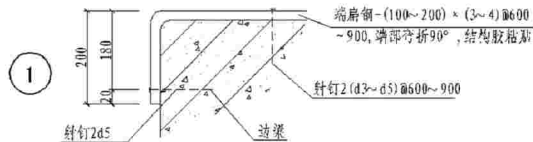
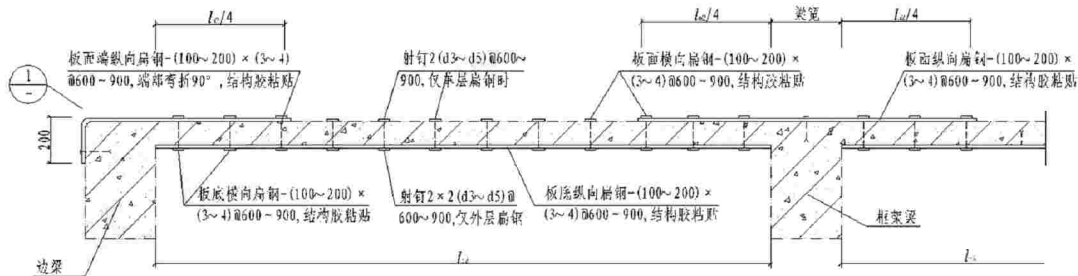
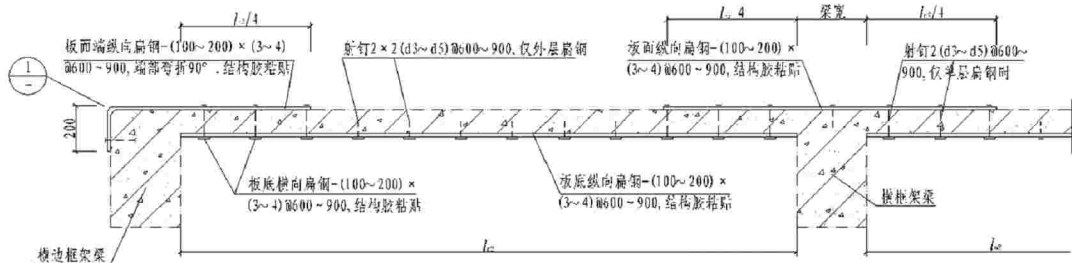
B. 框架结构现浇板粘钢加固 a) 板面扁钢布置

| 板加固<br>现浇板 | 粘钢加固, 板面扁钢布置 |     |       |        |     |   | 图编号 |
|------------|--------------|-----|-------|--------|-----|---|-----|
|            | 审核 陶学康       | 陶学康 | 校对 陈瑜 | 设计 万景松 | 万景松 | 页 |     |

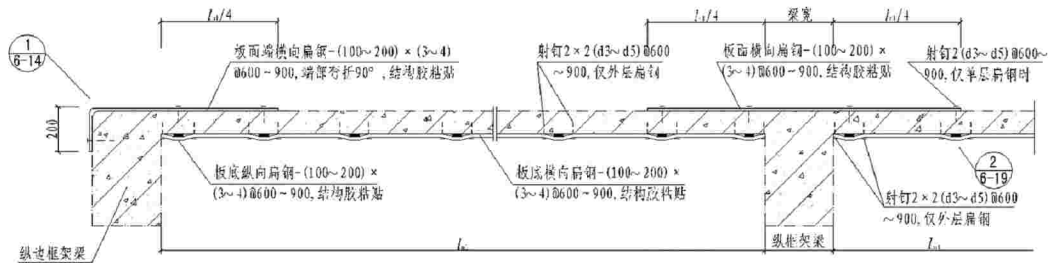


b) 板底扁钢布置

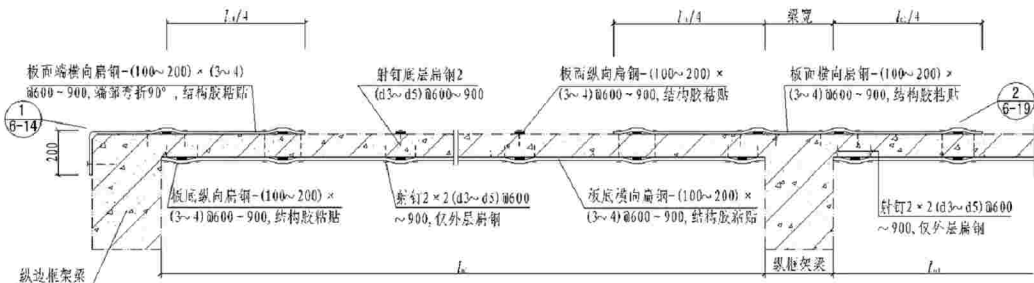
| 板加固<br>现浇板 | 粘钢加固, 板底扁钢布置 |     |     |    |    |    | 图集号  |
|------------|--------------|-----|-----|----|----|----|------|
|            | 审核           | 陶学康 | 陶学康 | 校对 | 陈瑜 | 设计 | 万墨林  |
|            |              |     |     |    |    |    | 页    |
|            |              |     |     |    |    |    | 6-13 |



| 板加固    | 剖面详图 (一) |       |        |     | 图集号    |
|--------|----------|-------|--------|-----|--------|
| 现浇板    |          |       |        |     |        |
| 审核 陶学康 | 陶学康      | 校对 陈瑜 | 设计 万磊林 | 万磊林 | 页 6-14 |



3-3

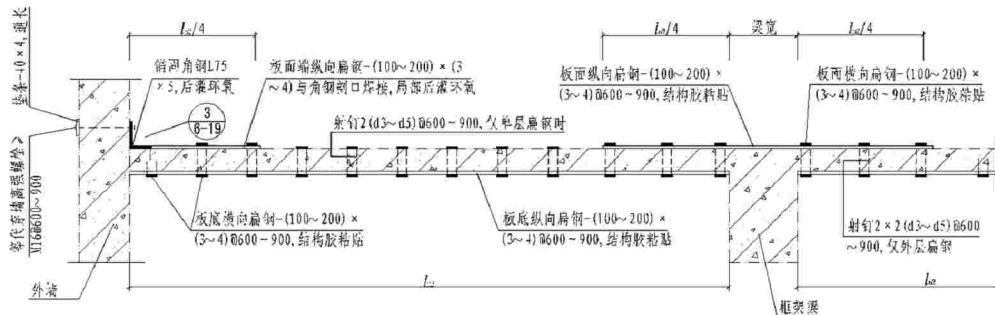
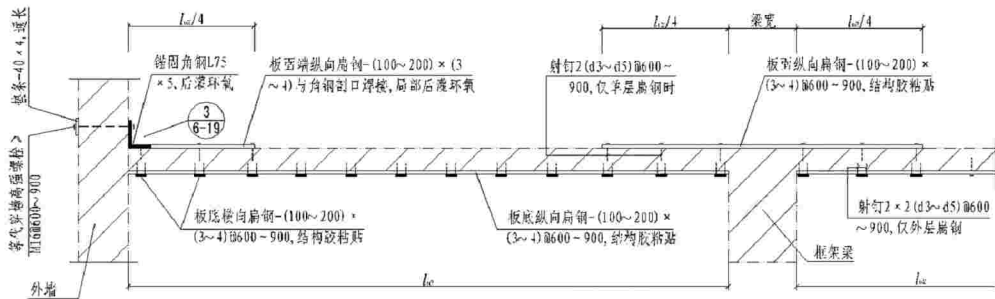


4-4

|        |         |       |        |     |   |      |  |
|--------|---------|-------|--------|-----|---|------|--|
| 板加固    | 剖面详图（二） |       |        |     |   | 图集号  |  |
| 现浇板    |         |       |        |     |   |      |  |
| 审核 陶学康 | 陶学康     | 校对 陈瑜 | 设计 万磊林 | 万磊林 | 页 | 6-15 |  |

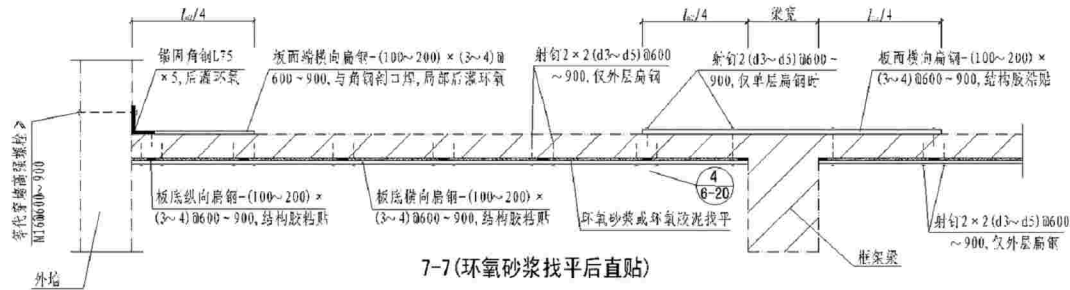




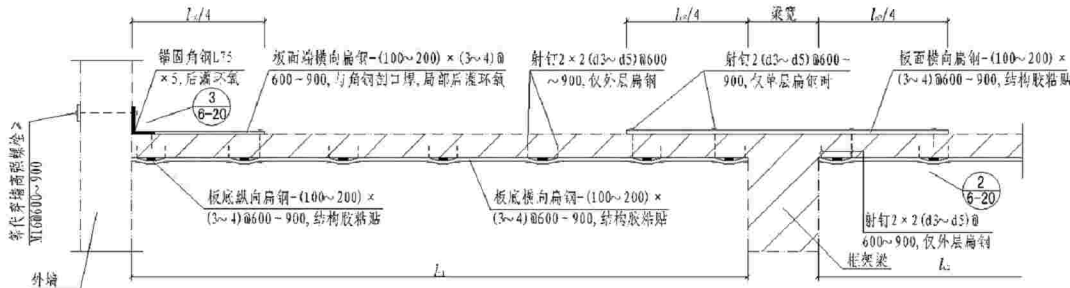


6-6

|        |         |       |        |     |   |      |     |  |
|--------|---------|-------|--------|-----|---|------|-----|--|
| 板加固    | 剖面详图（三） |       |        |     |   |      | 图集号 |  |
| 现浇板    |         |       |        |     |   |      |     |  |
| 审核 陶学康 | 陶学康     | 校对 陈瑜 | 设计 万墨林 | 万墨林 | 页 | 6-17 |     |  |

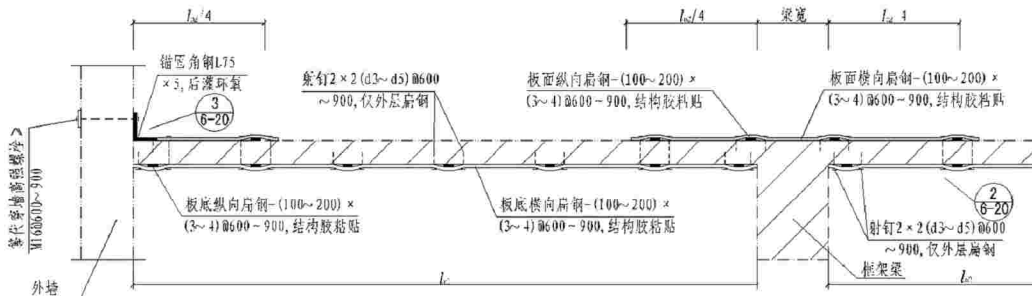
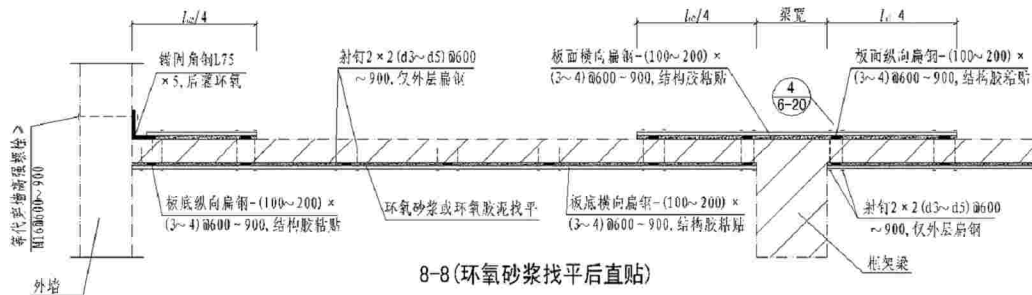


7-7 (环氧砂浆找平后直贴)

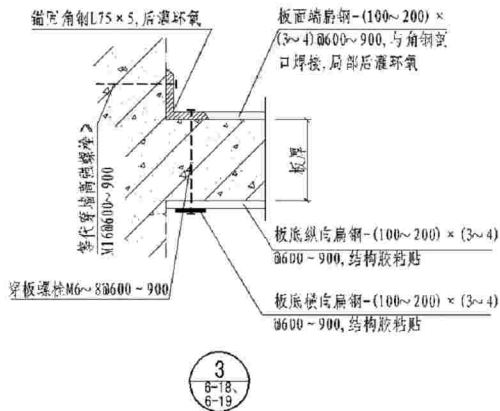
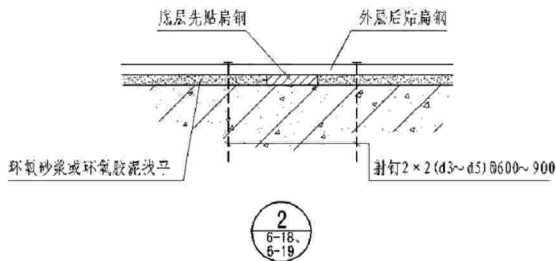
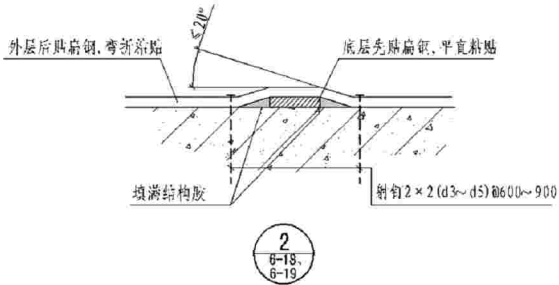


7-7 (外层扁钢弯折粘贴)

|        |          |       |            |   |      |
|--------|----------|-------|------------|---|------|
| 板加固    | 剖面详图 (五) |       |            |   | 图集号  |
| 现浇板    |          |       |            |   |      |
| 审核 陶子康 | 陶子康      | 校对 陈瑜 | 设计 万国林 万墨林 | 页 | 6-18 |

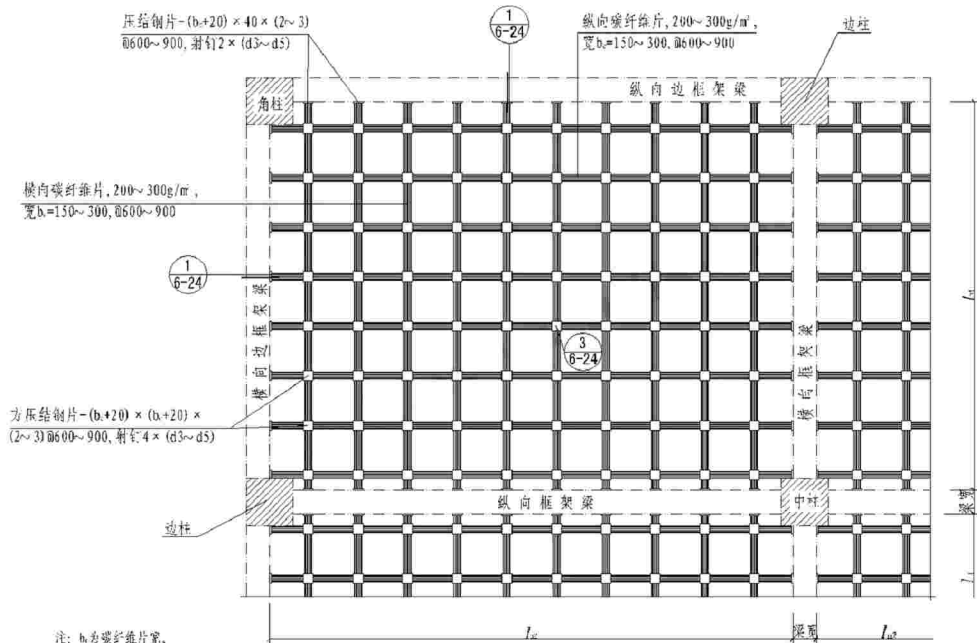


|        |          |       |        |     |        |
|--------|----------|-------|--------|-----|--------|
| 板加固    | 剖面详图 (四) |       |        |     | 图集号    |
| 现浇板    |          |       |        |     |        |
| 审核 陶学康 | 陶学康      | 校对 陈瑜 | 设计 万墨林 | 万墨林 | 页 6-19 |



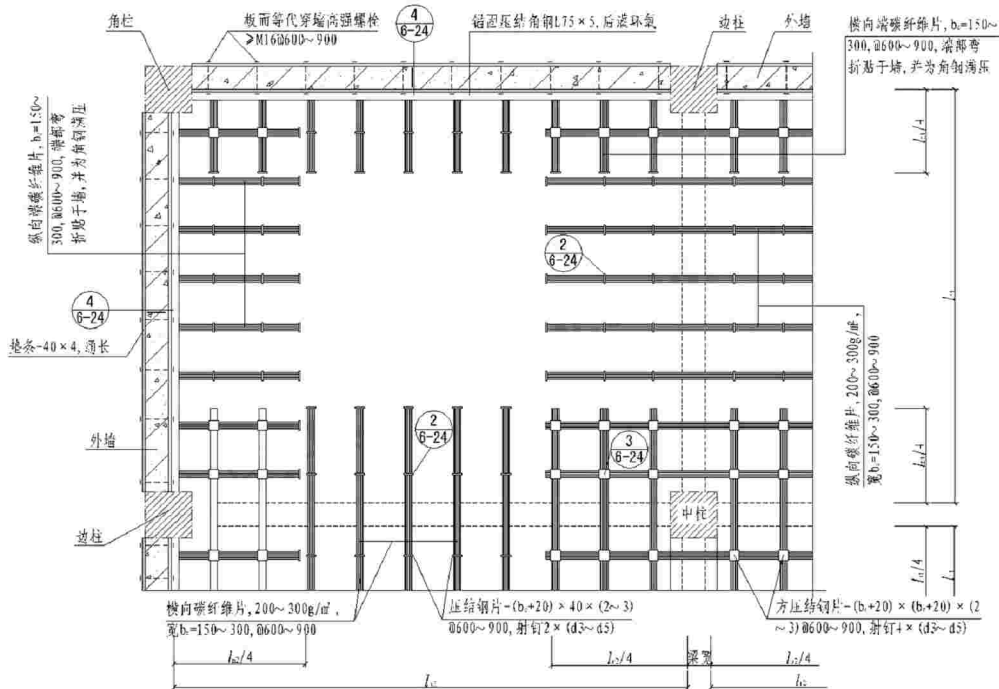
| 板加固    | 节点详图 |       |        |     | 图集号    |
|--------|------|-------|--------|-----|--------|
| 现浇板    |      |       |        |     |        |
| 审核 陶学康 | 陶学康  | 校对 陈瑜 | 设计 万墨林 | 万墨林 | 页 6-20 |





b) 板底纤维布置

|        |                |       |            |        |
|--------|----------------|-------|------------|--------|
| 板加固    | 复合纤维加固, 板底纤维布置 |       |            | 图集号    |
| 现浇板    |                |       |            |        |
| 审核 陶学康 | 陶学康            | 校对 陈瑜 | 设计 万墨林 万墨林 | 页 6-22 |



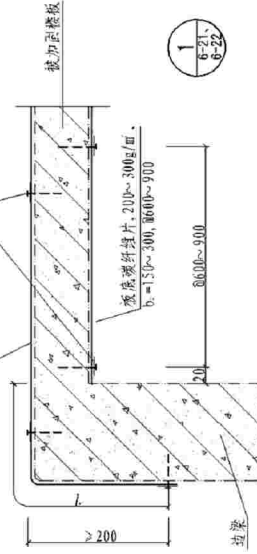
c) 有外墙时板面纤维布置

| 板加固<br>现浇板 | 复合纤维加固, 有外墙时板面纤维布置 | 图编号        |
|------------|--------------------|------------|
| 审核 陶学康     | 陶学康 校对 陈瑜          | 设计 万显林 万显林 |
| 6-23       |                    |            |

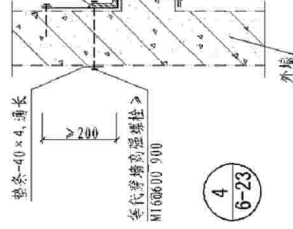


板面端碳纤维片,  $b=150\sim 300$ ,  $\Phi 600\sim 900$ , 端部弯折贴于边梁面

止结钢片  $-(b+20) \times 40 \times (2\sim 3)$   
 $\Phi 600\sim 900$ , 射钉  $2 \times (d3\sim d5)$



垫条  $40 \times 4$ , 通长



替代穿墙高强螺栓  
 $M16\Phi 600\ 900$

4  
 6-23

锚固压结角钢  $75 \times 5$ , 后灌环氧

板正端碳纤维片,  $b=150\sim 300$ ,  
 $\Phi 600\sim 900$ , 端部弯折贴于梁面

被加固楼板

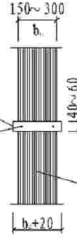
止结钢片  $-(b+20) \times 40 \times (2\sim 3)$   
 $\Phi 600\sim 900$ , 射钉  $2 \times (d3\sim d5)$

板底碳纤维片,  $200\sim 300g/m^2$ ,  
 $b=150\sim 300$ ,  $\Phi 600\sim 900$

外墙

射钉  $2 \times (d3\sim d5)$

压结钢片  $-(b+20) \times$   
 $40 \times (2\sim 3)$ ,  $\Phi 600\sim 900$



碳纤维片,  $200\sim 300g/m^2$ ,  
 宽  $b=150\sim 300$ ,  $\Phi 600\sim 900$

射钉  $4 \times (d3\sim d5)$

方止结钢片  $-(b+20) \times (b+20) \times (2\sim 3)$ ,  $\Phi 600\sim 900$

3  
 6-21,  
 6-22

纵向碳纤维片,  $200\sim 300g/m^2$ ,  
 宽  $b=150\sim 300$ ,  $\Phi 600\sim 900$

纵向碳纤维片,  $200\sim 300g/m^2$ ,  
 宽  $b=150\sim 300$ ,  $\Phi 600\sim 900$

板加固  
 现浇板

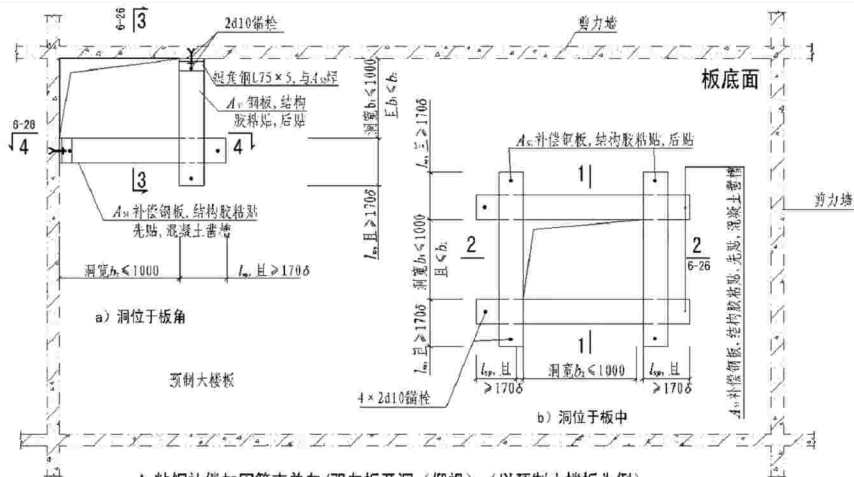
审核 陶学康 陶学康 校对 陈瑜 设计 万墨林 万墨林

节点详图

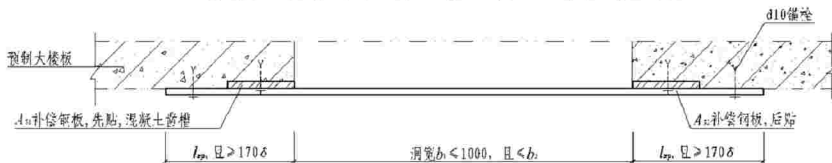
图签号

页

6-24



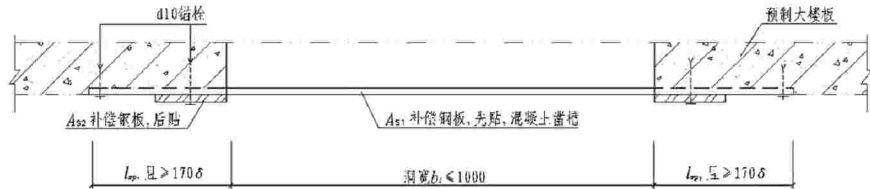
A. 粘钢补偿加固简支单向/双向板开洞 (仰视) (以预制大板为例)



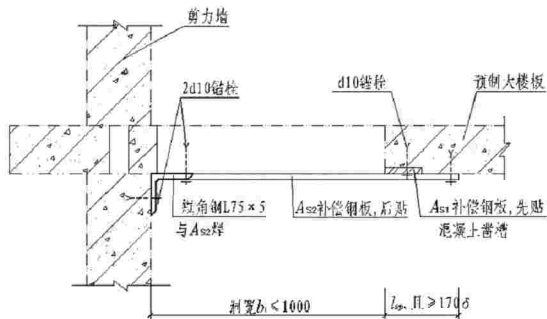
补强钢板规格: 宽100~200mm  
厚 $\delta=3\sim5\text{mm}$

1-1

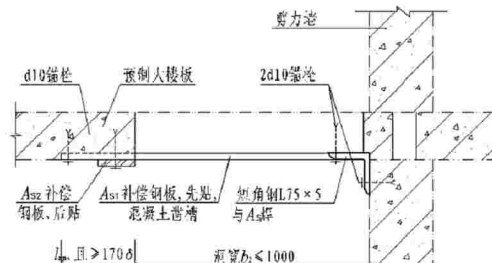
| 板加固<br>楼板开洞 | 粘钢补偿加固简支单向/双向板开洞 | 图序号        |
|-------------|------------------|------------|
| 审核 陶学康      | 陶学康 校对 陈瑜        | 设计 万墨林 万墨林 |
|             |                  | 页 6-25     |



2-2



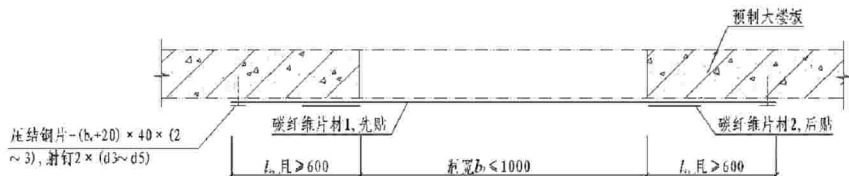
3-3



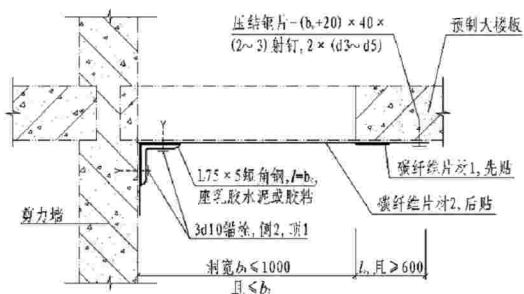
4-4

|        |      |       |        |     |     |      |
|--------|------|-------|--------|-----|-----|------|
| 板加固    | 剖面详图 |       |        |     | 图集号 |      |
| 楼板开洞   |      |       |        |     | 页   | 6-26 |
| 审核 陶学康 | 陶学康  | 校对 陈瑜 | 设计 万墨林 | 万墨林 |     |      |

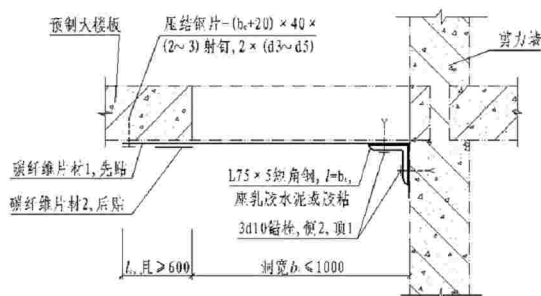




2-2

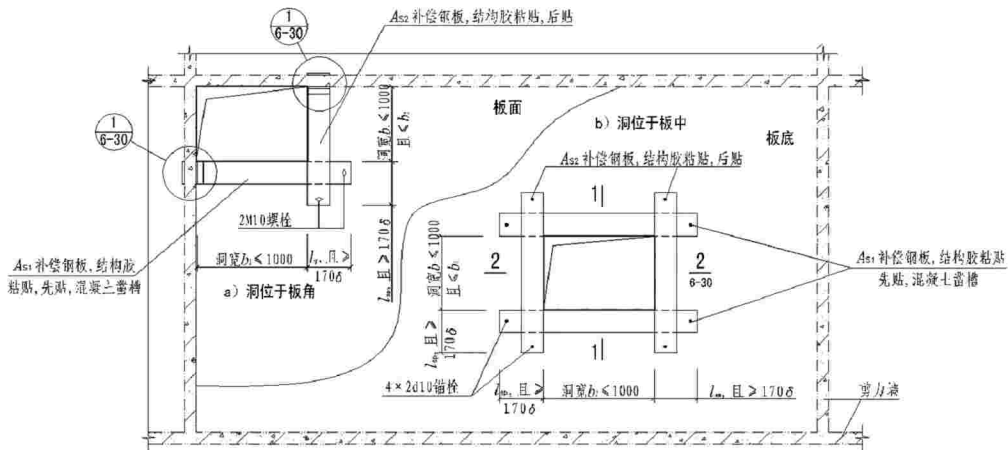


3-3

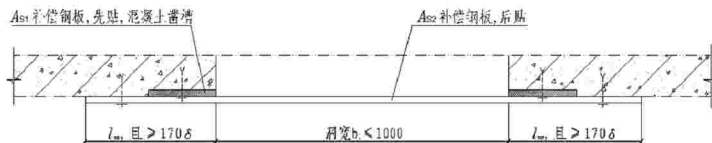


4-4

|        |      |       |        |     |     |      |
|--------|------|-------|--------|-----|-----|------|
| 板加固    | 剖面详图 |       |        |     | 图集号 |      |
| 楼板开洞   |      |       |        |     | 页   | 6-28 |
| 审核 陶学康 | 陶学康  | 校对 陈瑜 | 设计 万墨林 | 万墨林 |     |      |



C. 粘钢补偿加固现浇单向/双向板开洞 (俯视/仰视)



补偿钢板常用规格: 宽100~200mm  
厚 $\delta=3\sim5$ mm

1-1

板加固  
楼板开洞

粘钢补偿加固现浇单向/双向板开洞

图集号

市核陶学康

陶学康

校对 陈瑜

设计 万墨林

万墨林

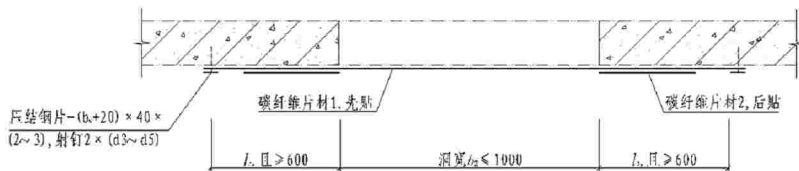
页

6-29

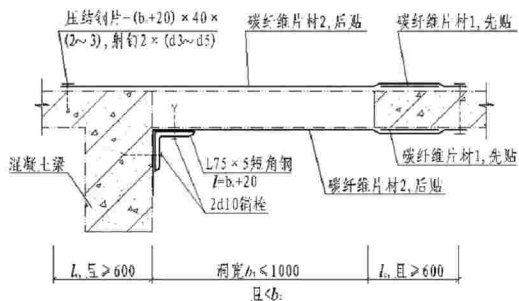




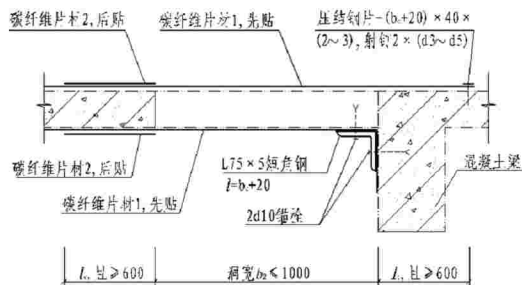




2-2

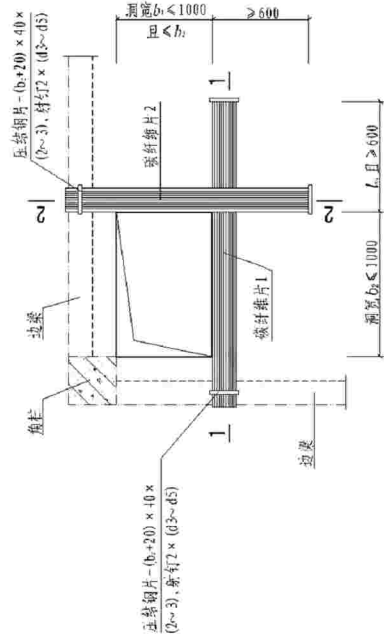


3-3

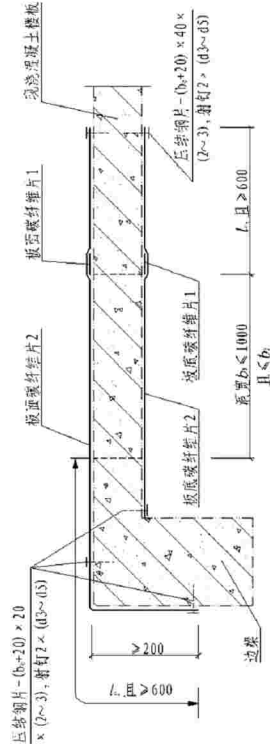
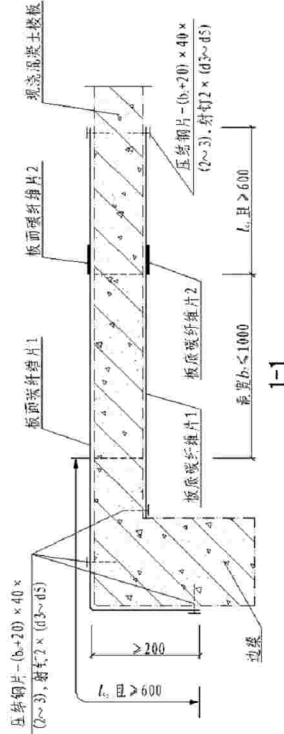


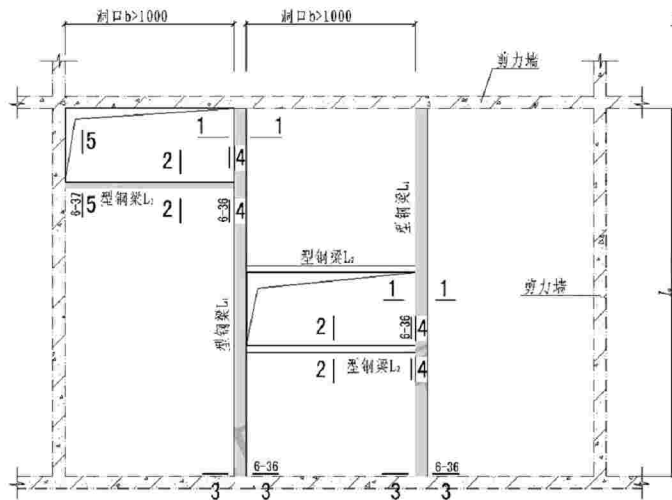
4-4

| 板加固    | 剖面详图 |       |        |     | 图集号    |
|--------|------|-------|--------|-----|--------|
| 楼板开洞   |      |       |        |     |        |
| 审核 陶学康 | 陶学康  | 校对 陈瑜 | 设计 万墨林 | 万墨林 | 页 6-33 |



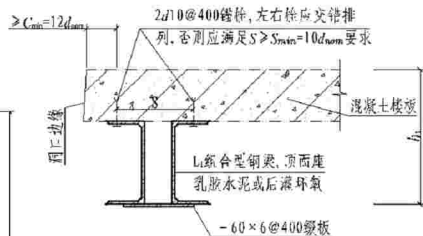
F. 碳纤维补偿加固框架结构现浇楼板开洞, 当开洞位于角部时



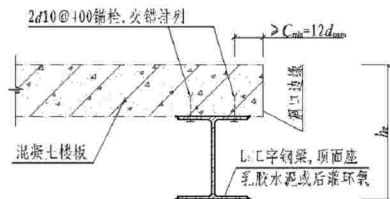


G. 增设型钢梁加固楼板开洞(仰视)

注:组合型钢梁由型钢(一般为工字钢或槽钢)与混凝土板组合而成,  
常用跨高比为 $l_0/h=14\sim 22$ , $h$ 为组合梁总高,型钢最小规格宜 $\geq 10$ 。

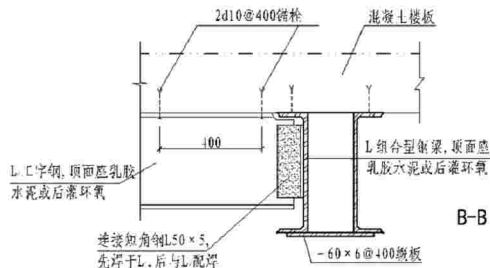
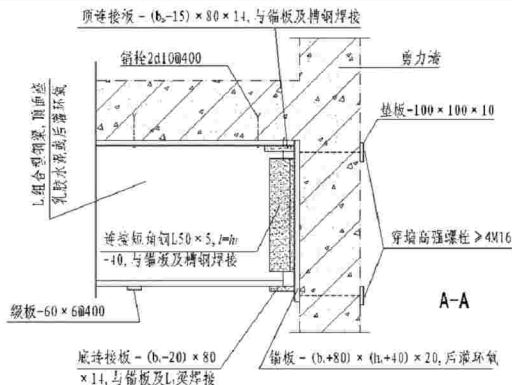
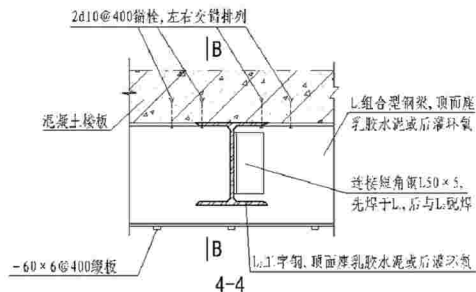
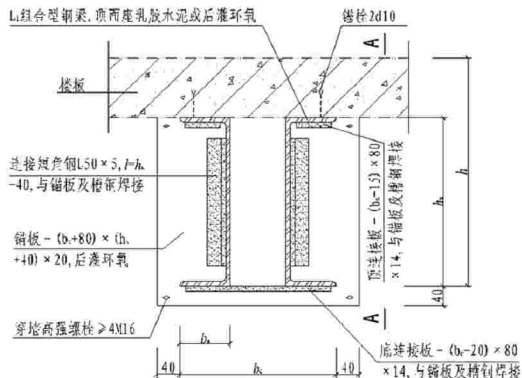


1-1  
(L1)

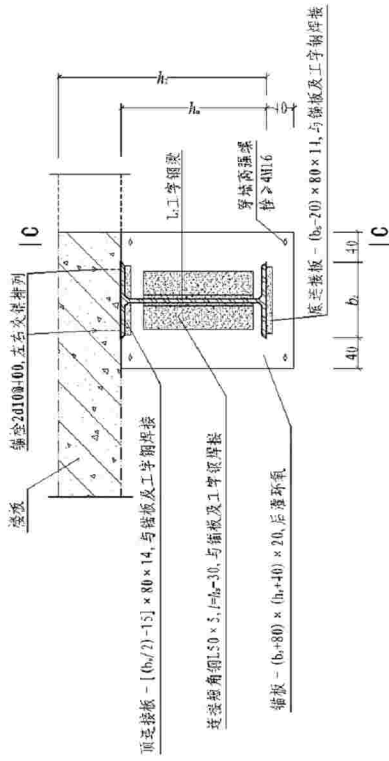


2-2  
(L2)

| 板加固<br>楼板开洞 | 增设型钢梁加固楼板开洞 |       |        |     | 图集号    |
|-------------|-------------|-------|--------|-----|--------|
| 审核 陶学康      | 陶学康         | 校对 陈瑜 | 设计 万墨林 | 万墨林 | 页 6-35 |

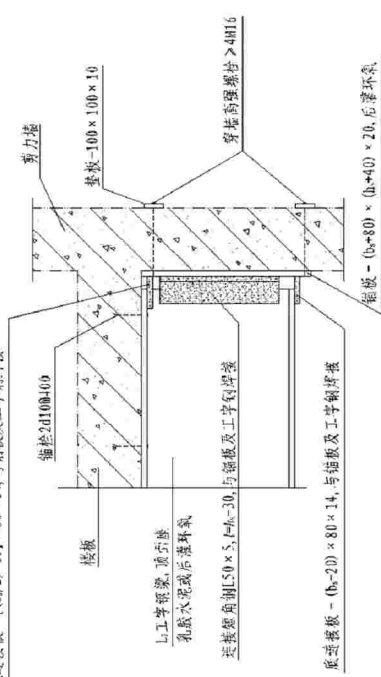


|        |          |       |        |     |      |
|--------|----------|-------|--------|-----|------|
| 板加固    | 剖面详图 (一) |       |        |     | 图集号  |
| 楼板开洞   |          |       |        |     |      |
| 审核 陶学康 | 陶学康      | 校对 陈瑜 | 设计 万墨林 | 万墨林 | 3-36 |



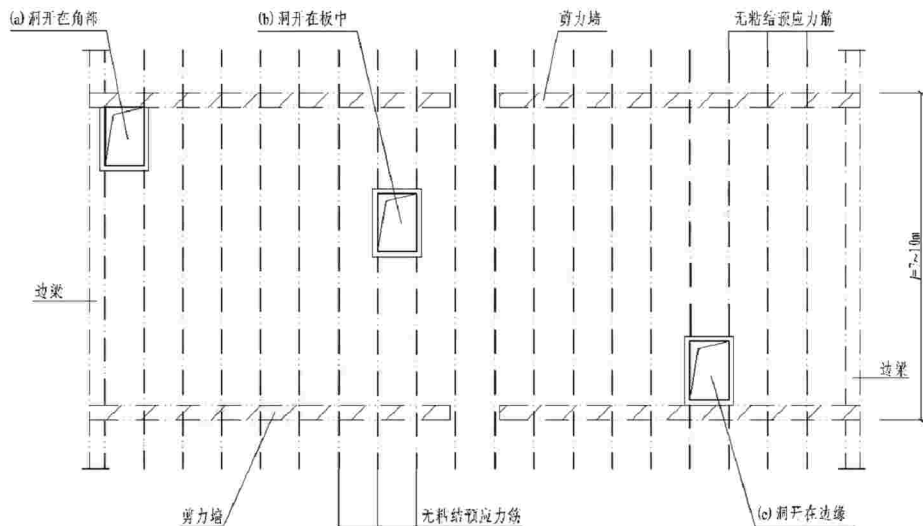
5-5

顶边梁板 -  $[(b_n/2)-15] \times 80 \times 14$ , 与锚板及工字钢焊接



C-C

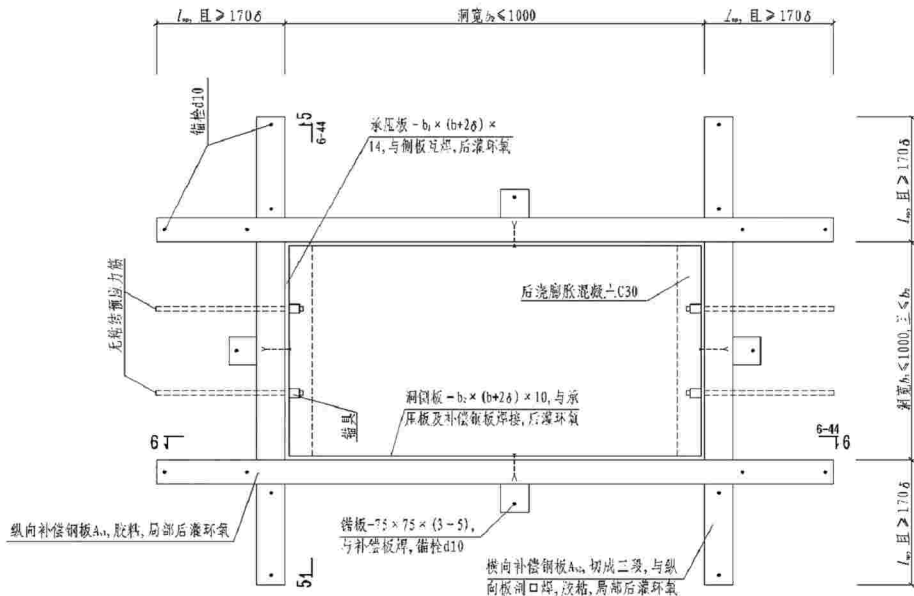
|       |          |      |
|-------|----------|------|
| 板加回   | 剖面详图 (二) | 图集号  |
| 楼梯开洞  |          |      |
| 审核 陈瑜 | 设计 万景林   | 页    |
| 审核 陈瑜 | 设计 万景林   | 6-37 |



H. 剪力墙结构单向无粘结预应力楼板开洞加固总平面图

|         |                    |       |            |  |     |      |
|---------|--------------------|-------|------------|--|-----|------|
| 板加固     | 单向无粘结预应力楼板开洞加固总平面图 |       |            |  | 图集号 |      |
| 预应力楼板开洞 |                    |       |            |  | 页   | 6-38 |
| 审核 陶学鹏  | 陶学鹏                | 校对 陈瑜 | 设计 万磊林 万墨林 |  |     |      |



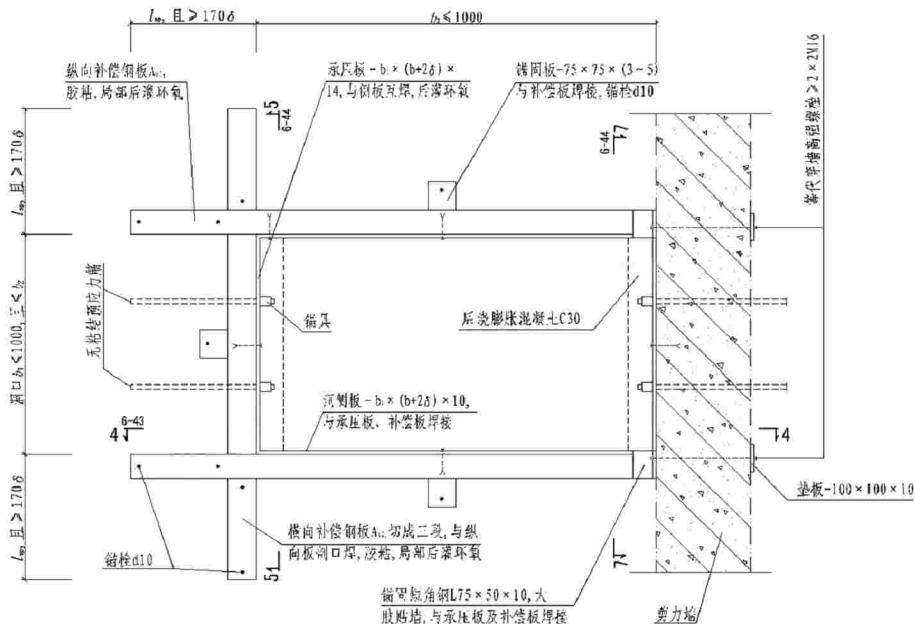


b) 洞位于板中加固平面图

补偿钢板选用规格: 宽  $100 \sim 200\text{mm}$   
厚  $\delta = 3 \sim 5\text{mm}$

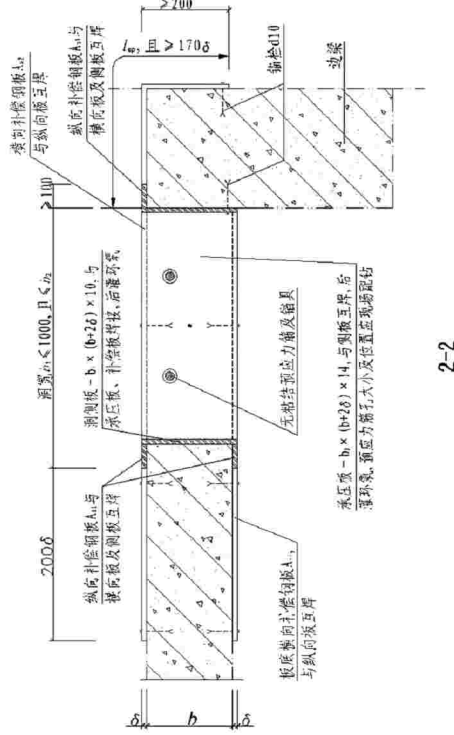
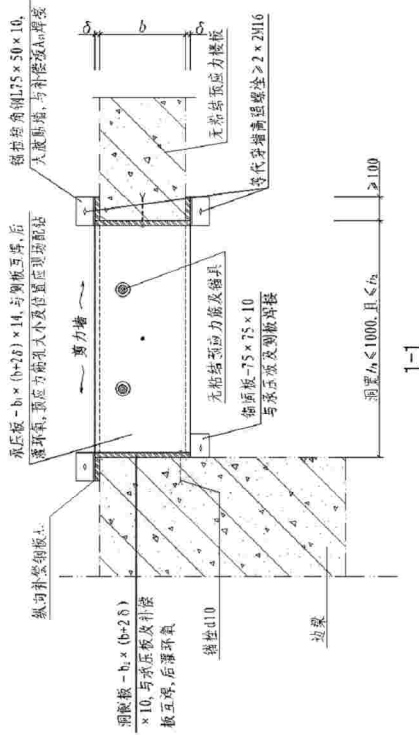
| 板加固      |     | 洞位于板中加固平面图 |       | 图集号        |
|----------|-----|------------|-------|------------|
| 预应力楼板的加固 |     |            |       |            |
| 审核       | 陶学康 | 陶学康        | 校对 陈瑜 | 设计 万墨林 万墨林 |
|          |     |            |       | 页 6-40     |





c) 洞开在墙边加固平面图

| 板加固     | 洞开在墙边加固平面图 |    |    |    | 图集号  |
|---------|------------|----|----|----|------|
| 预应力橡胶开洞 | 陶学康        | 校对 | 陈瑜 | 设计 | 万墨林  |
| 审核      | 陶学康        | 校对 | 陈瑜 | 设计 | 万墨林  |
| 页       | 6-41       |    |    |    | 6-41 |



板加固

预应力楼扳开洞

知不足齋

陽座北

|   |   |   |
|---|---|---|
| 院 | 校 | 附 |
|---|---|---|

14

|   |     |
|---|-----|
| 城 | 万昌林 |
|---|-----|

|   |     |
|---|-----|
| 城 | 万昌林 |
|---|-----|

五

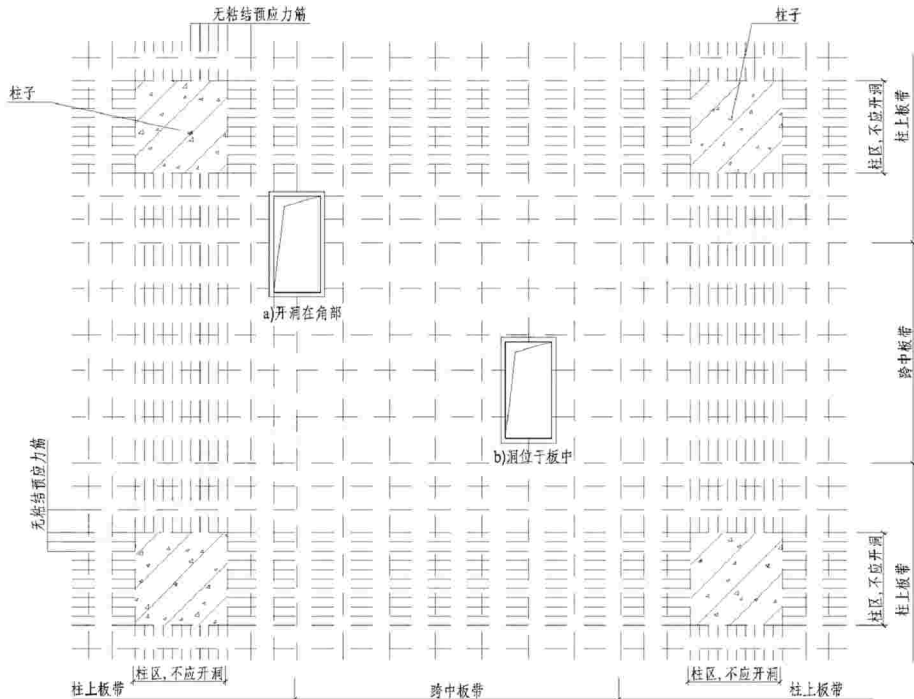
6-42

剖面详图 (一)



|         |          |    |    |    |     |     |        |
|---------|----------|----|----|----|-----|-----|--------|
| 板加固     | 剖面详图 (二) |    |    |    |     | 图集号 |        |
| 预应力板板开洞 |          |    |    |    |     |     |        |
| 审核 陶学康  | 陶学康      | 校对 | 陈瑜 | 设计 | 万墨林 | 万墨林 | 页 6-43 |





I. 无粘结预应力无梁楼板开洞加固总平面图

| 板加固     | 无粘结预应力无梁楼板开洞加固总平面图 |       | 图集号        |
|---------|--------------------|-------|------------|
| 预应力楼板开洞 |                    |       |            |
| 审核 陶学康  | 陶学康                | 校对 陈瑜 | 设计 万墨林 万墨林 |
|         |                    |       | 页 6-45     |



纵向补偿钢板 $A_{10}$ ,切成三段,与膜  
向板割口焊,脱粘,局部后灌环氧

横板- $75 \times 75 \times 10$ ,  
与补偿板焊,锚栓 $d10$

横承压板- $b \times (h+2\delta)$   
 $\times 14$ ,与纵板互焊,后灌环氧

锚栓 $d10$

锚具

3  
1  
锚板- $75 \times 75 \times 10$ ,  
与补偿板焊,锚栓 $d10$

锚栓 $d10$

后浇膨胀混凝土C30

3  
1  
无粘缝通应力壁

纵承压板- $b \times (h+2\delta)$   
 $\times 14$ ,与横板互焊,后灌环氧

横向补偿钢板 $A_{10}$ ,  
脱粘,局部后灌环氧

锚栓 $d10$

4  
4

$l_{a1}$ ,且 $>170\delta$

洞宽 $a \leq 1000$

$l_{a2}$ ,且 $>170\delta$

b) 洞位于板中加固平面图

补偿钢板专用规格: 宽 $100 \sim 200\text{mm}$   
厚 $\delta = 3 \sim 5\text{mm}$

板加固

预应力钢板开洞

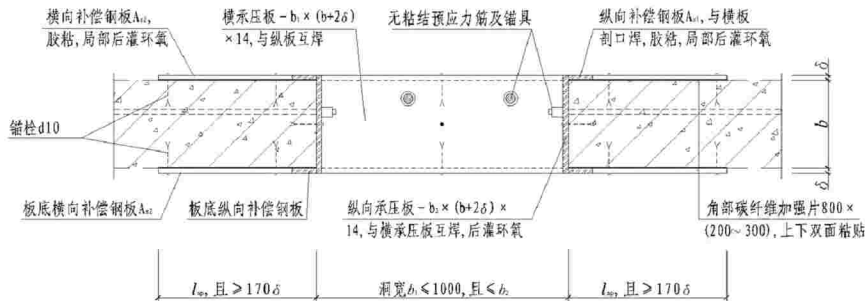
洞位于板中加固平面图

图案号

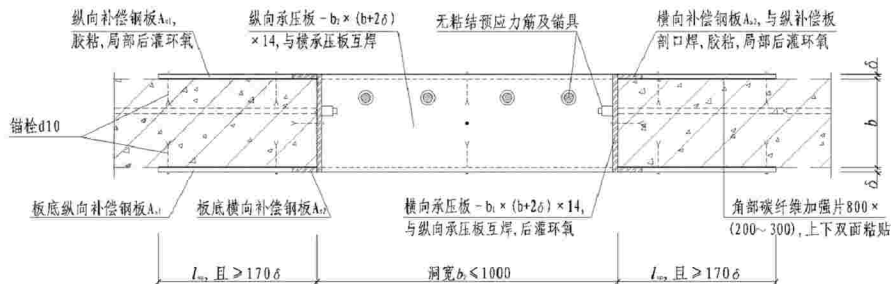
阮彦康 校对 殷琦 设计 万墨林 万墨林

页

6-47



1-1



2-2

| 板加固     |     | 剖面详图 (一) |    |    |    | 图集号     |
|---------|-----|----------|----|----|----|---------|
| 预应力模板开洞 |     |          |    |    |    |         |
| 审核      | 陶学康 | 陶学康      | 校对 | 陈瑜 | 设计 | 万墨林 万墨林 |
|         |     |          |    |    |    | 页       |
|         |     |          |    |    |    | 6-48    |

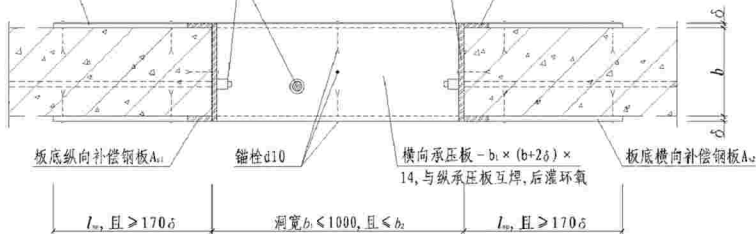


纵向补偿钢板  $A_{v1}$ ，  
胶粘，局部后灌环氧

无粘结预应力筋及锚具

纵向承压板  $-b_1 \times (b+2\delta) \times 14$ ，与横承压板互焊，后灌环氧

纵向补偿钢板  $A_{v1}$ ，与横板剖口焊，胶粘，局部后灌环氧



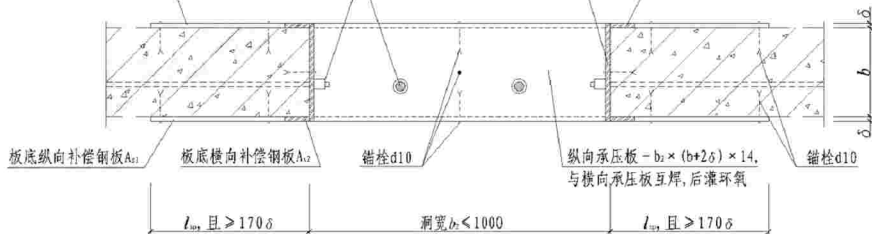
3-3

纵向补偿钢板  $A_{v1}$ ，  
胶粘，局部后灌环氧

无粘结预应力筋及锚具

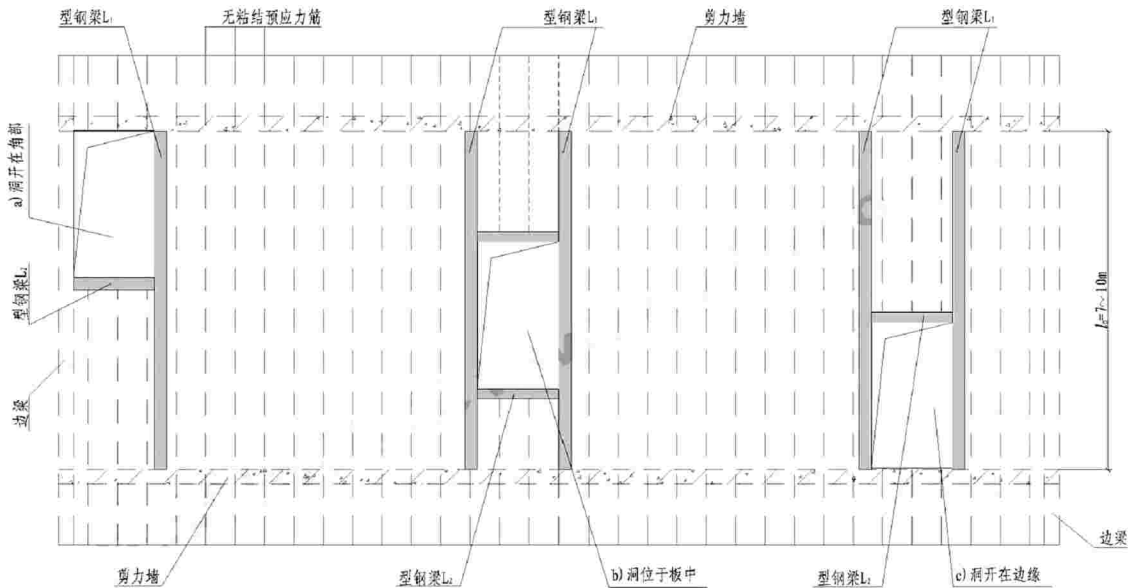
横向承压板  $-b_1 \times (b+2\delta) \times 14$ ，  
与纵向承压板互焊，后灌环氧

横向补偿钢板  $A_{v2}$ ，  
胶粘，局部后灌环氧



4-4

| 板加固     |     | 剖面详图 (二) |    |    |    | 图集号 |      |
|---------|-----|----------|----|----|----|-----|------|
| 预应力楼板开洞 |     |          |    |    |    |     |      |
| 审核      | 陶学康 | 陶学康      | 校对 | 陈瑜 | 设计 | 万墨林 | 万墨林  |
|         |     |          |    |    |    | 页   | 6-49 |

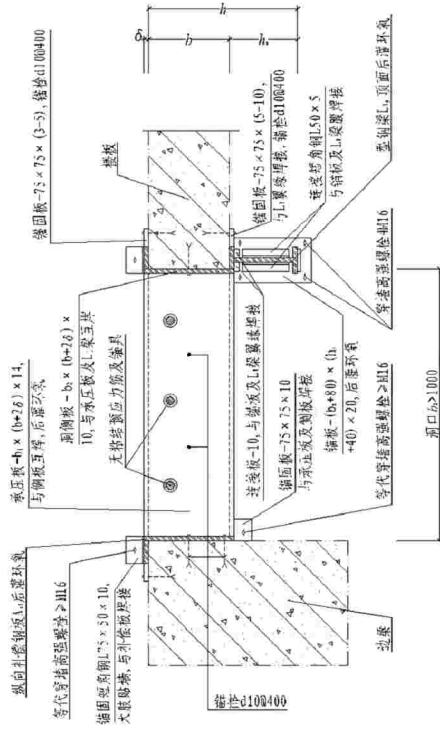


J. 单向无粘结预应力楼板开洞增设型钢加固总平面图(仰视)

注: 组合型钢梁由型钢(一般为工字钢)与混凝土板组合而成。  
常用跨高比为 $l_1/h=1.4\sim 2.2$ , 型钢最小规格宜 $\geq I 10$ 。

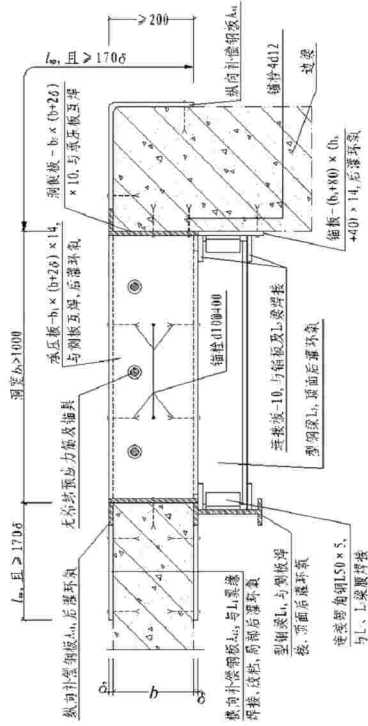
| 板加固     | 单向无粘结预应力楼板开洞增设型钢加固总平面图(仰视) |       |        |     | 图集号    |
|---------|----------------------------|-------|--------|-----|--------|
| 预应力楼板开洞 |                            |       |        |     |        |
| 审核 陶学康  | 陶学康                        | 校对 陈瑜 | 设计 万墨林 | 万墨林 | 页 6-50 |





1-1

注:  $b$  及  $b_1$  分别为锚固板宽与高,  
 $\delta$  为钢板厚度



注:  $b$  及  $b_1$  分别为锚固板宽与高,  
 $\delta$  为钢板厚度

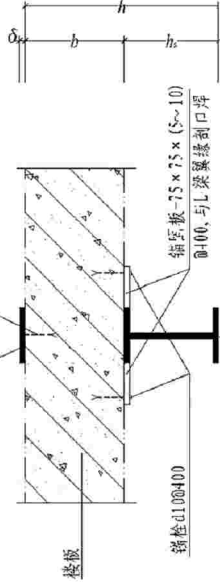
2-2

| 核加固 | 剖面图 (一) |     |     | 图样号 | 页   | 6-52 |
|-----|---------|-----|-----|-----|-----|------|
|     | 预应力板缝开裂 | 裂缝宽 | 裂缝长 |     |     |      |
| 审核  | 陶学康     | 校核  | 陶学康 | 设计  | 万翠林 | 万翠林  |



纵向补偿钢板 $A_{11}$ , 胶结, 局部后灌环氧

锚栓 $d10@400$



锚栓 $d10@400$

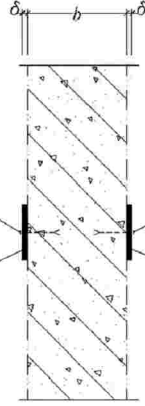
锚固板-75x75x(5~10)  
@100, 与L梁翼缘剖口焊

型钢梁L, 顶面后灌环氧

5-5

板底横向补偿钢板 $A_{12}$ ,  
胶结, 局部后灌环氧

锚栓 $d10@400$

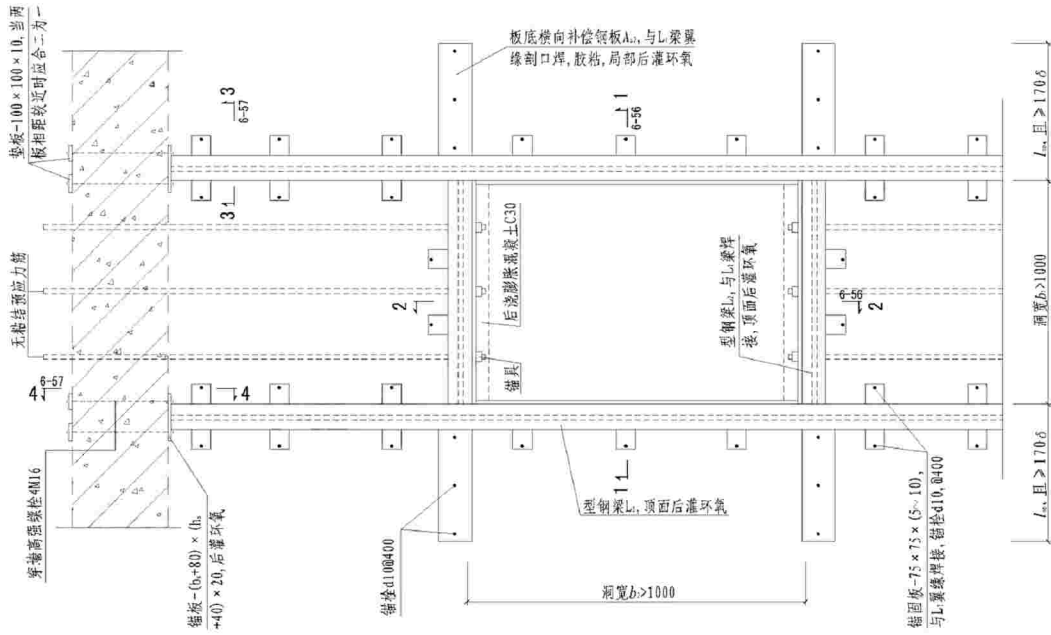


板底横向补偿钢板 $A_{12}$ ,  
胶结, 局部后灌环氧

锚栓 $d10@400$

6-6

| 板加固 | 剖面详图 (三) |     |     |     | 图样号  |
|-----|----------|-----|-----|-----|------|
|     | 预应力楼盖开洞  | 陶彦康 | 校对  | 陈瑜  | 页    |
| 审核  | 陶学康      | 设计  | 万墨林 | 万墨林 | 6-54 |



b) 洞口位于板中加固平面图(仰视)

| 板加固     | 洞口位于板中加固平面图(仰视) |       |        |     |   | 图集号  |
|---------|-----------------|-------|--------|-----|---|------|
| 预应力楼板开洞 |                 |       |        |     |   |      |
| 审核 陶学康  | 陶学康             | 校对 陈瑜 | 设计 万墨林 | 万墨林 | 页 | 6-55 |

洞宽  $b > 1000$

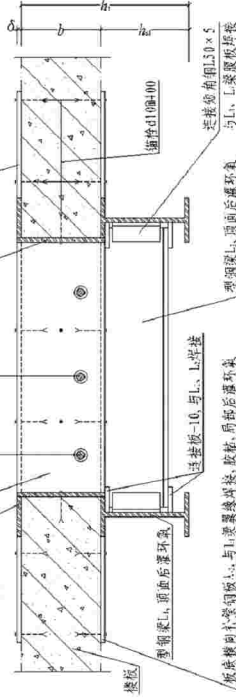
$l_{m1}$  且  $\geq 170\delta$

承压板  $-b \times (b+2\delta) \times 14$ ，  
与侧板及L梁焊接

洞侧板  $-b \times (b+2\delta) \times 10$ ，  
与承压板及L梁焊接

无粘结面应力筋

纵向补强钢板  $A_{L2}$ ，分段与纵向  
承压板、底柱、局部后灌环氧



1-1

$l_{m1}$  且  $\geq 170\delta$

洞宽  $b > 1000$

$l_{m2}$  且  $\geq 170\delta$

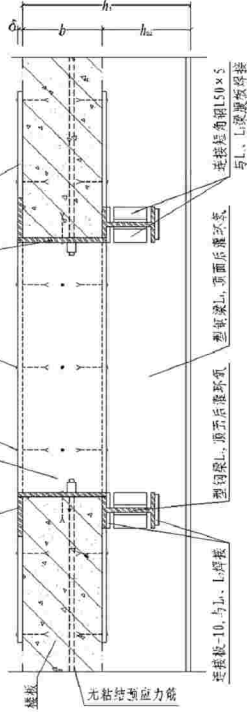
洞侧板  $-b \times (b+2\delta) \times 10$ ，与承压板及L梁焊接

纵向补强钢板  $A_{L2}$ ，分段与纵向  
承压板、底柱、局部后灌环氧

承压板  $-b \times (b+2\delta) \times 14$ ，  
与侧板及L梁焊接，后灌环氧

洞侧板  $-b \times (b+2\delta) \times 10$

纵向补强钢板  $A_{L2}$ ，与侧板  
焊接，底柱、局部后灌环氧



2-2

板加固  
洞侧力按框开洞  
站城陶学震 陶学震 校核

# 剖面详图 (一)

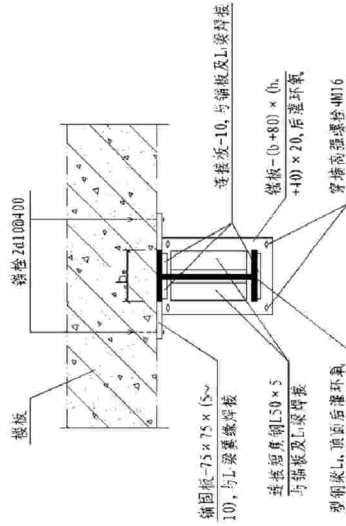
陈瑜 设计 万鄂林 万鄂林

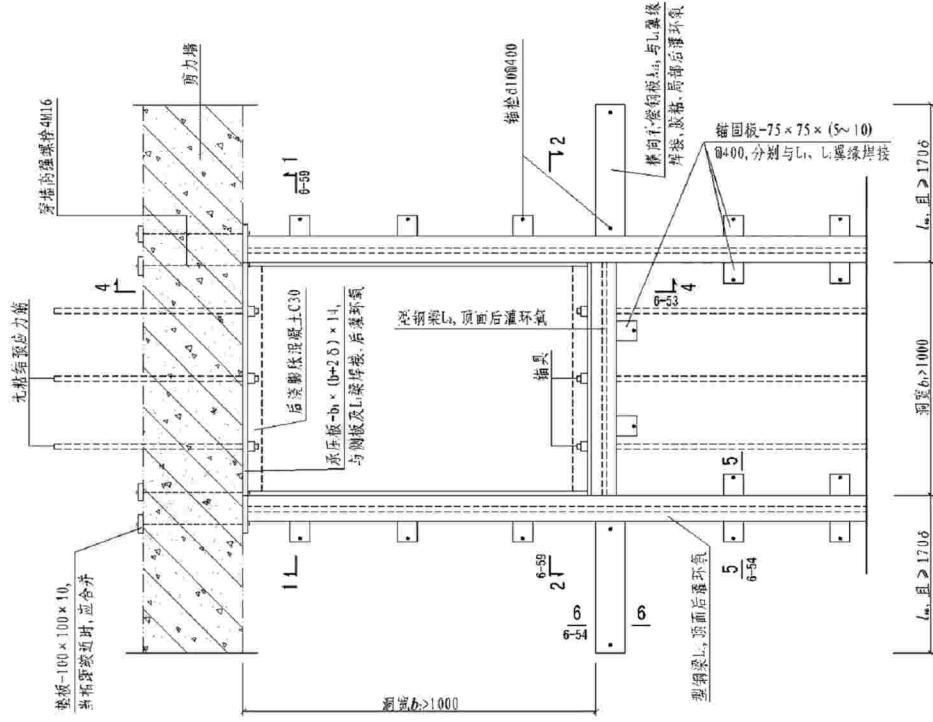
图集号

页

6-56



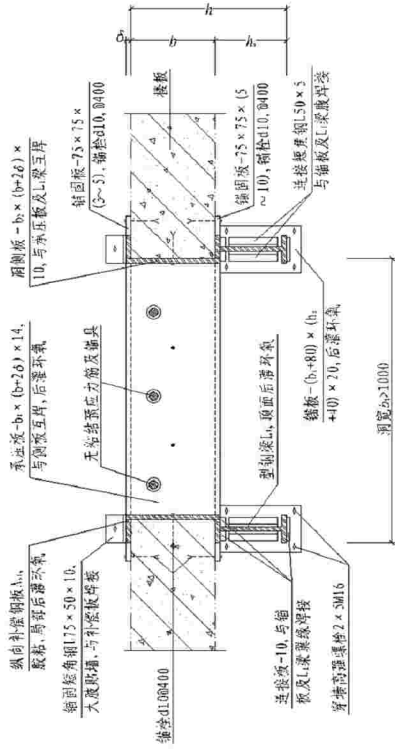




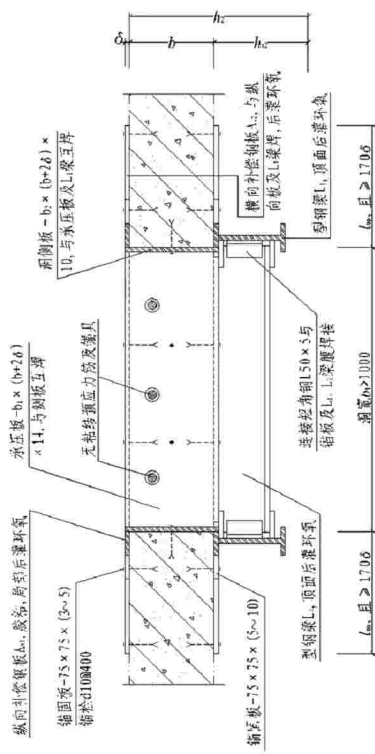
c) 洞开在边缘加固平面图 (仰视)

注: a) 4-4, 5-5, 6-6剖面与  
a) 4-4, 5-5, 6-6相同。

| 板加固 | 洞开在边缘加固平面图 (仰视) |     |    | 图集号   | 页   | 6-58 |
|-----|-----------------|-----|----|-------|-----|------|
|     | 顶应力楼顶开洞         | 陶学康 | 陈瑜 | 设计万墨林 | 万墨林 |      |

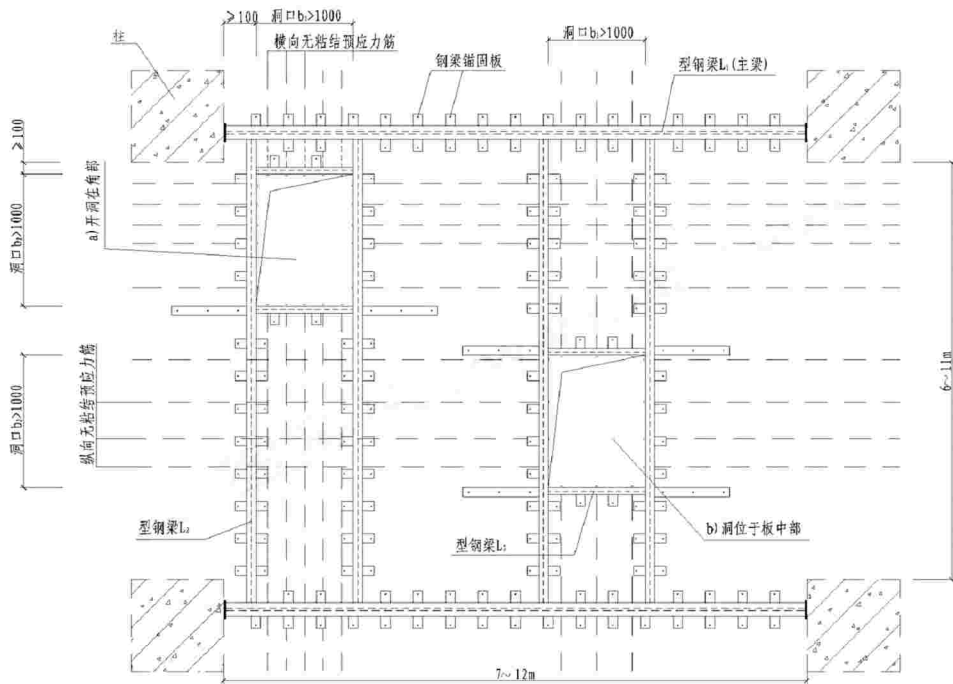


1-1



2-2

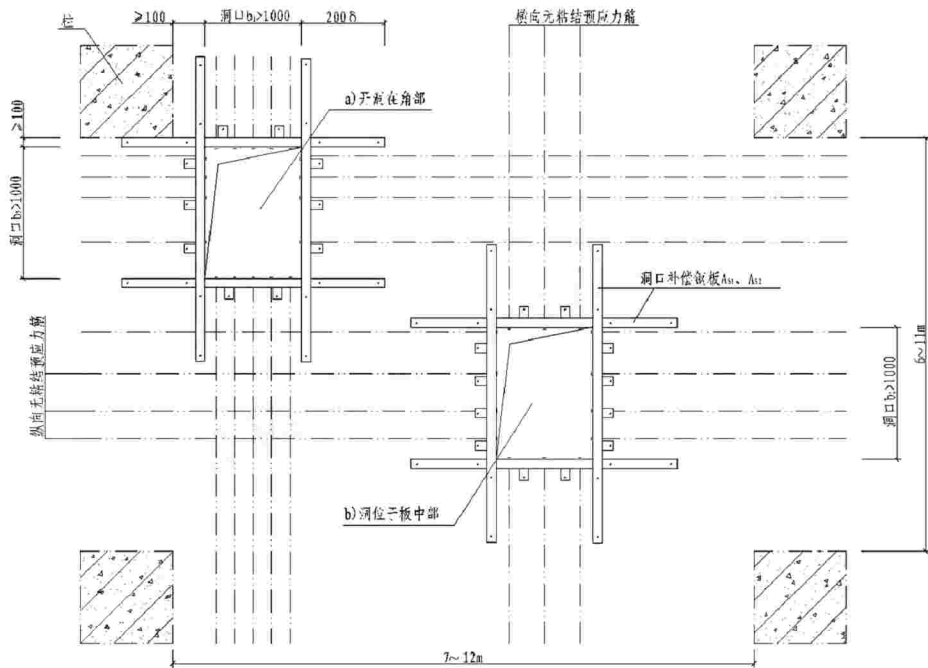
| 板加固 | 剖面详图 |    |    |     | 图集号  |
|-----|------|----|----|-----|------|
|     | 设计   | 审核 | 校对 | 制图  | 页    |
| 设计  | 陶晋康  | 陈瑜 | 设计 | 万慧林 | 6-59 |



K. 无粘结预应力无梁楼盖开洞增设型钢梁加固总平面图(仰视)

注:组合型钢梁由工字钢与混凝土板组合而成,常用跨高比为 $10/h=16\sim 22$ ,型钢最小规格宜 $\geq I 10$ 。

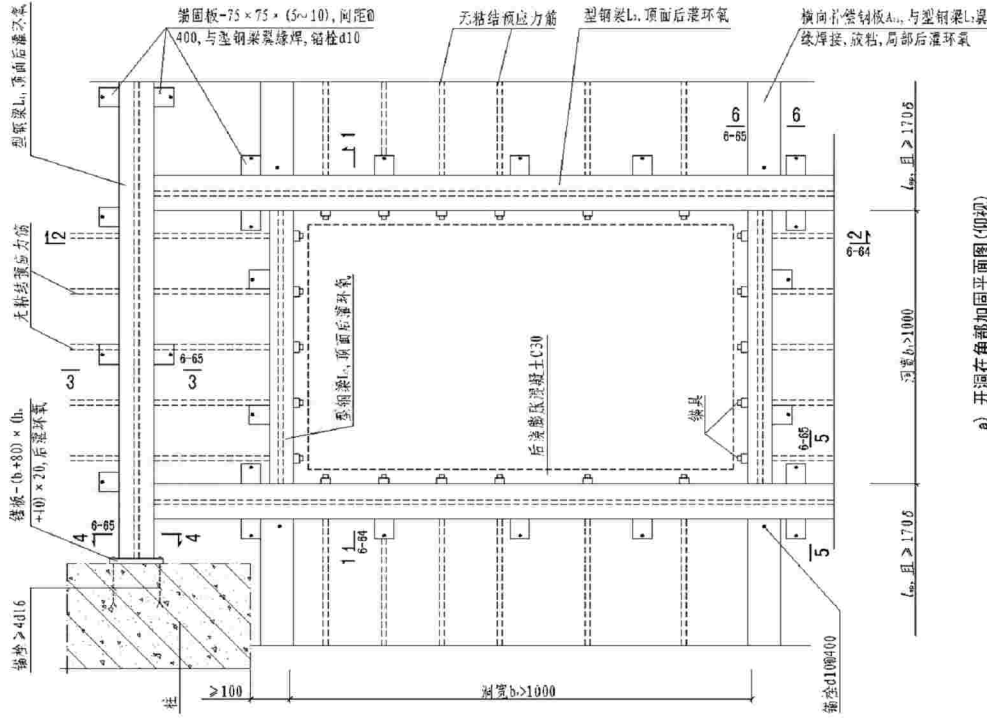
|         |                             |     |    |    |    |     |     |   |      |
|---------|-----------------------------|-----|----|----|----|-----|-----|---|------|
| 板加固     | 无粘结预应力无梁楼盖开洞增设型钢梁加固总平面图(仰视) |     |    |    |    |     | 图集号 |   |      |
| 预应力楼盖开洞 |                             |     |    |    |    |     |     |   |      |
| 审核      | 陶学康                         | 陶学康 | 校对 | 陈瑜 | 设计 | 万墨林 | 万墨林 | 页 | 6-60 |



K. 无粘结预应力无梁楼盖开洞增设型钢梁加固总平面图(俯视)

补偿钢板开洞规格: 宽100~200mm, 厚 $\delta=3\sim5$ mm

|         |                             |       |        |     |     |      |
|---------|-----------------------------|-------|--------|-----|-----|------|
| 板加固     | 无粘结预应力无梁楼盖开洞增设型钢梁加固总平面图(俯视) |       |        |     | 图集号 |      |
| 预应力楼盖开洞 |                             |       |        |     | 页   | 6-61 |
| 审核 陶学康  | 陶学康                         | 校对 陈瑜 | 设计 万显林 | 万显林 |     |      |



a) 开洞在角部加固平面图(仰视)

|     |         |        |
|-----|---------|--------|
| 板加固 | 预应力楼板上洞 | 张磊 陶学震 |
|-----|---------|--------|

|     |    |    |    |     |     |
|-----|----|----|----|-----|-----|
| 刘厚康 | 校交 | 陈端 | 设计 | 万墨林 | 万墨林 |
|-----|----|----|----|-----|-----|

|     |      |
|-----|------|
| 図集号 | 6-62 |
| 頁   |      |

型钢梁L<sub>2</sub>, 顶面后灌环氧



板加固

预应力槽板开洞

世宗

洞位于板中部加固平面图(仰视)

|    |    |   |    |     |     |
|----|----|---|----|-----|-----|
| 校交 | 陈瑜 | 喻 | 设计 | 万墨林 | 万墨林 |
|----|----|---|----|-----|-----|

同位素

林 万墨休

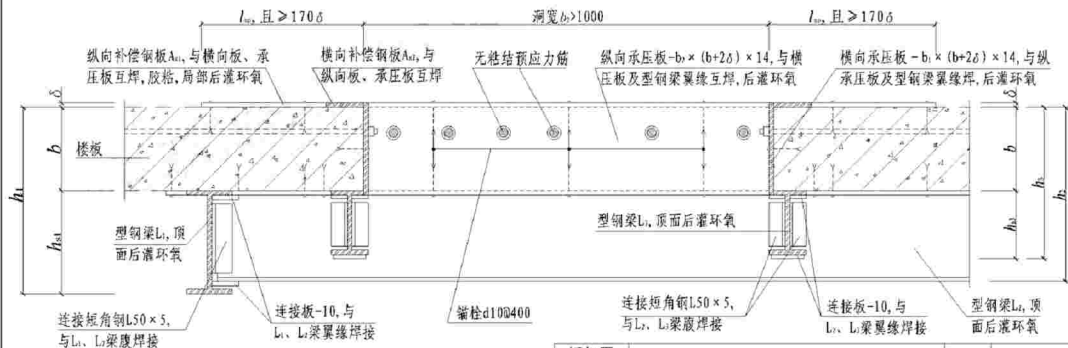
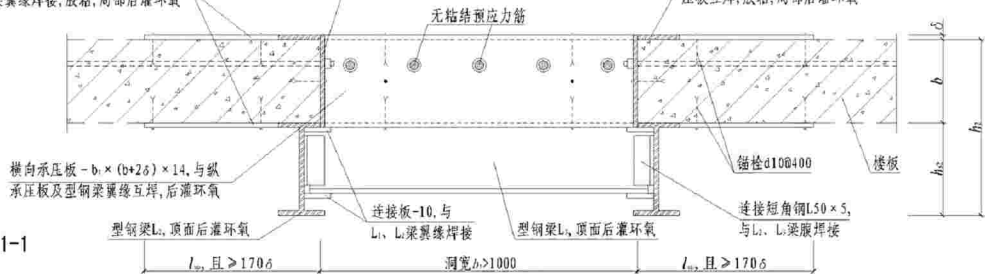
6-63

纵向补偿钢板 $A_{01}$ 与纵向板、承压板及型钢梁翼缘焊接,胶粘,局部后灌环氧

纵向承压板 $-b_1 \times (b+2\delta) \times 14$ ,与模压板及型钢梁互焊,后灌环氧

纵向补偿钢板 $A_{01}$ 与横向板、承压板互焊,胶粘,局部后灌环氧

1-1



2-2

板加固

预应力槽板开洞

剖面详图 (一)

图集号

审核 陶学康

陶学康

校对 陈瑜

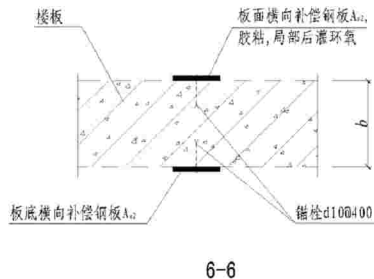
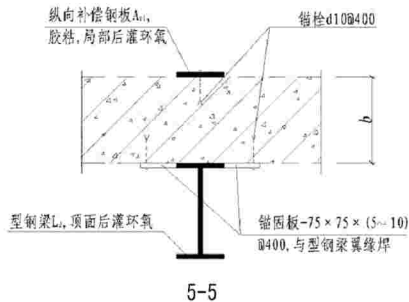
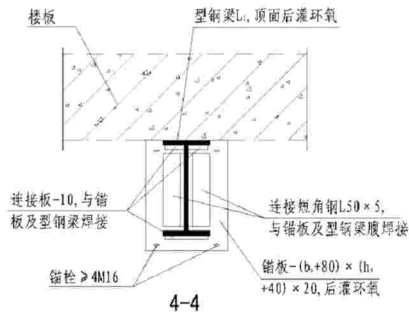
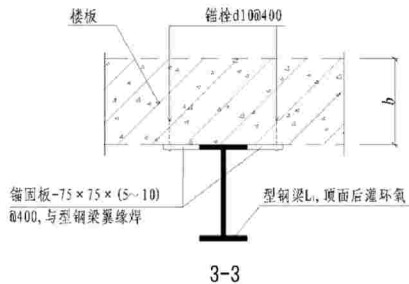
设计 万墨林

万墨林

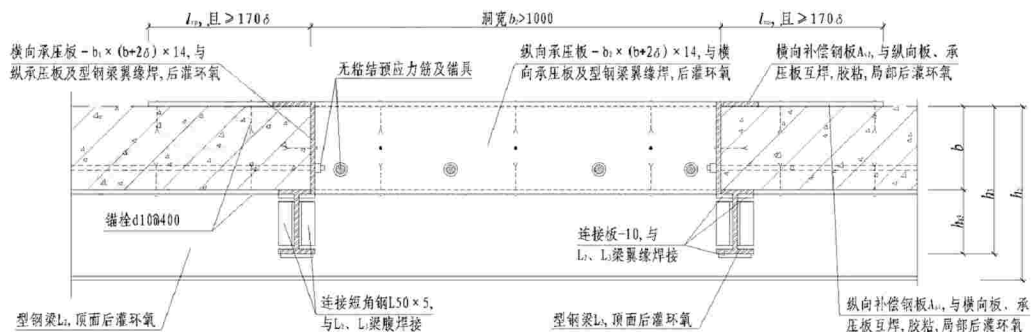
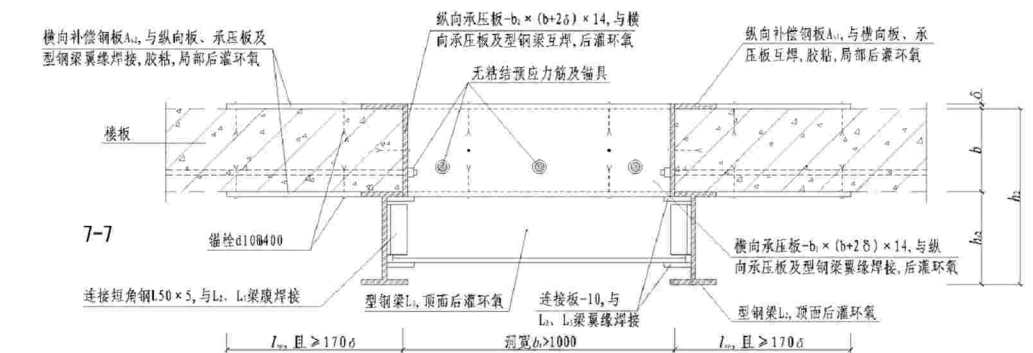
页

6-64



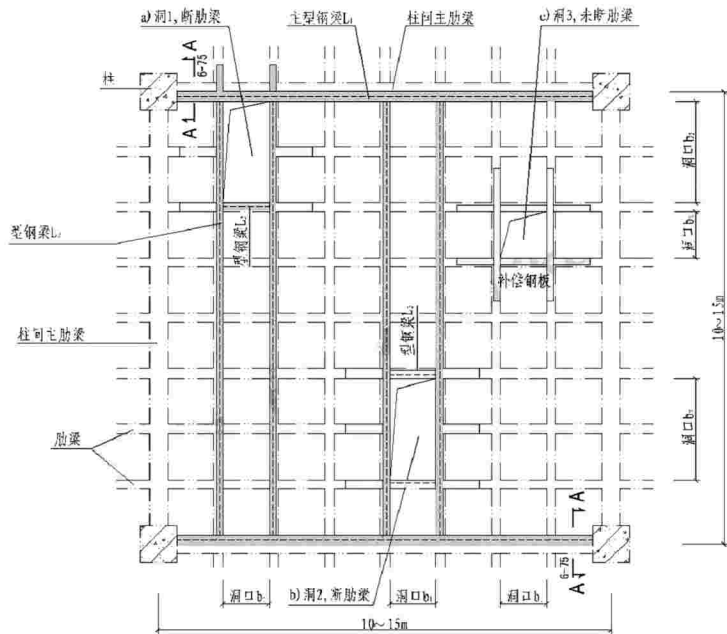


| 板加固      | 剖面详图 (二) |       |        |     |   |      | 图集号 |
|----------|----------|-------|--------|-----|---|------|-----|
| 预应力楼板上开洞 |          |       |        |     |   |      |     |
| 审核 陶学康   | 陶学康      | 校对 陈瑜 | 设计 万墨林 | 万墨林 | 页 | 6-65 |     |



8-8

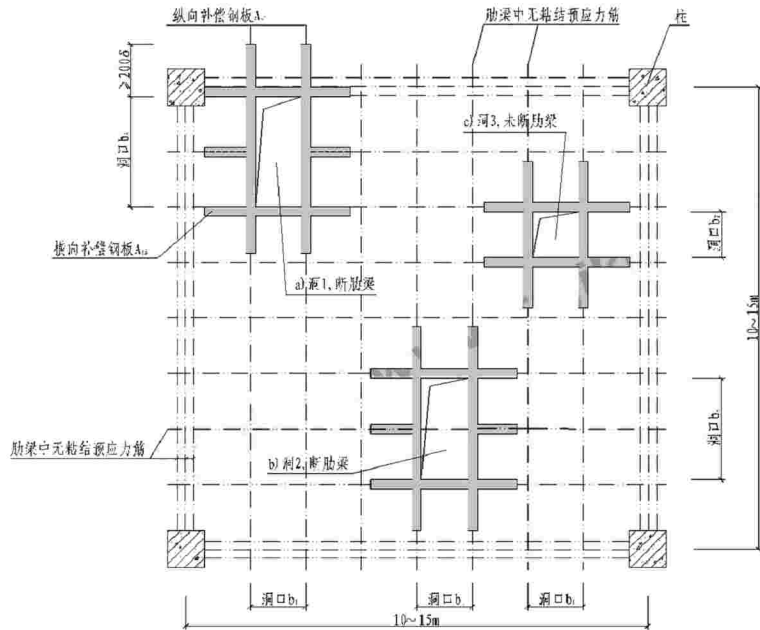
| 板加固     | 剖面详图 (三) |        |       |        | 图集号  |
|---------|----------|--------|-------|--------|------|
| 预应力楼板开洞 | 设计       | 审核     | 校对    | 制图     | 页    |
| 审核 陶学康  | 设计 万墨林   | 审核 陶学康 | 校对 陈瑜 | 制图 陶学康 | 6-66 |



L. 双向无粘结预应力密肋楼盖开洞加固总平面图(仰视)

注: 型钢型钢梁由工字钢与混凝土肋梁组合而成, 常用跨高比  $l/h=16\sim22$

|         |                              |       |        |      |
|---------|------------------------------|-------|--------|------|
| 板加固     | 双向无粘结预应力密肋楼盖<br>开洞加固总平面图(仰视) |       | 图集号    |      |
| 预应力楼盖开洞 |                              |       | 页      | 6-67 |
| 审核 陶学康  | 陶学康                          | 校对 陈瑜 | 设计 万墨林 | 万墨林  |



L. 双向无粘结预应力密肋楼盖开洞加固总平面图(俯视)

补偿钢板常用规格: 宽100mm, 厚 $\delta=4\sim 5\text{mm}$

|         |              |       |        |     |     |      |
|---------|--------------|-------|--------|-----|-----|------|
| 板加固     | 双向无粘结预应力密肋楼盖 |       |        |     | 图集号 |      |
| 预应力楼盖开洞 | 开洞加固总平面图(俯视) |       |        |     |     |      |
| 审核 陶学康  | 陈瑜           | 校对 陈瑜 | 设计 万墨林 | 万墨林 | 页   | 6-68 |



型钢梁 $L_1$ , 顶面后灌环氧

垫圈板 $-150 \times 75 \times 5$ 间距 $\phi 400$ ,  
与型钢梁翼缘焊, 锚固 $d10$

锚固 $d10\phi 400$

$21 \frac{6-72}{6-73}$

型钢梁 $L_1$ , 顶面后灌环氧

锚固 $d10\phi 400$

后浇混凝土 $C30$

无粘结预应力筋及锚具

承压板 $-b_1 \times (b+2d) \times 14$ , 与  
底板及型钢梁焊接, 后灌环氧

横可补装钢板 $A_{10}$ , 与型钢梁翼  
缘焊接, 胶粘, 局部后灌环氧

$6-72 \frac{21}{6-73}$

肋梁

肋梁

端板 $-b_1 \times (b+2d) \times 10$ , 与示  
开板及型钢梁焊接, 后灌环氧

$9 \frac{6-74}{6-75}$

型钢梁 $L_1$ , 顶面后灌环氧

型钢梁 $L_1$ , 顶  
面后灌环氧

$l_m$ , 且  $\geq 1706$

洞宽 $b > 1000$

$l_m$ , 且  $\geq 1706$

洞宽 $b > 1000$ , 且切断肋梁及预应力筋

b) 洞2,  $b > 1000$ , 切断肋梁及预应力筋加固平面图 (仰视)

板加固

预应力板板开洞

洞2,  $b > 1000$ , 切断肋梁及预应力筋加固平面图

图集号

张洪南学发

陶彦豪

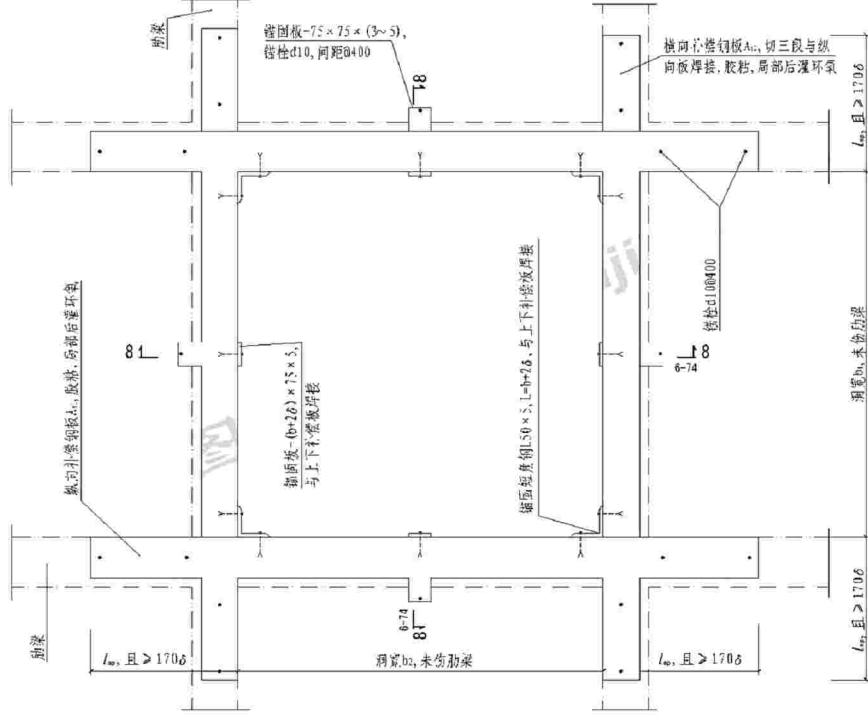
校文: 陈瑞

设计: 万墨林

万墨林

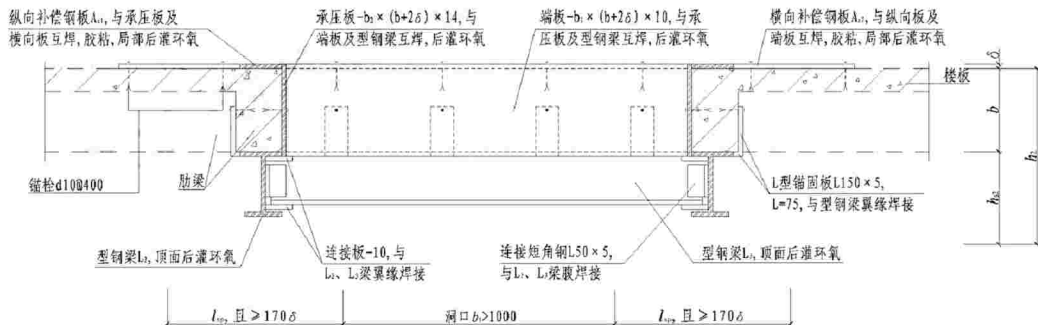
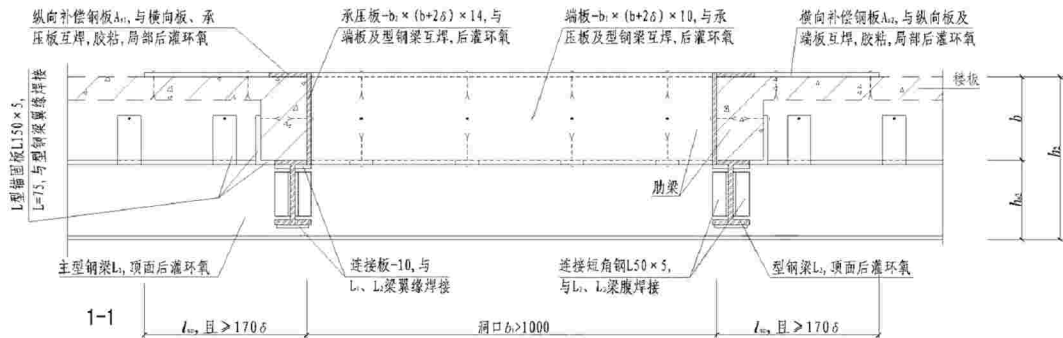
页

6-70



c) 洞3. 未断肋梁加固平面图

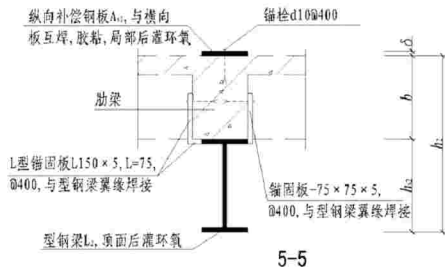
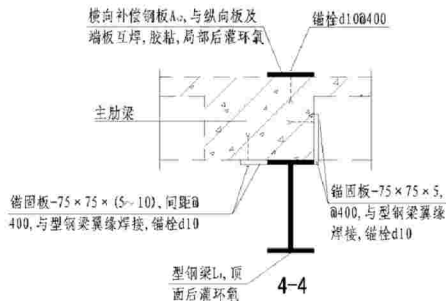
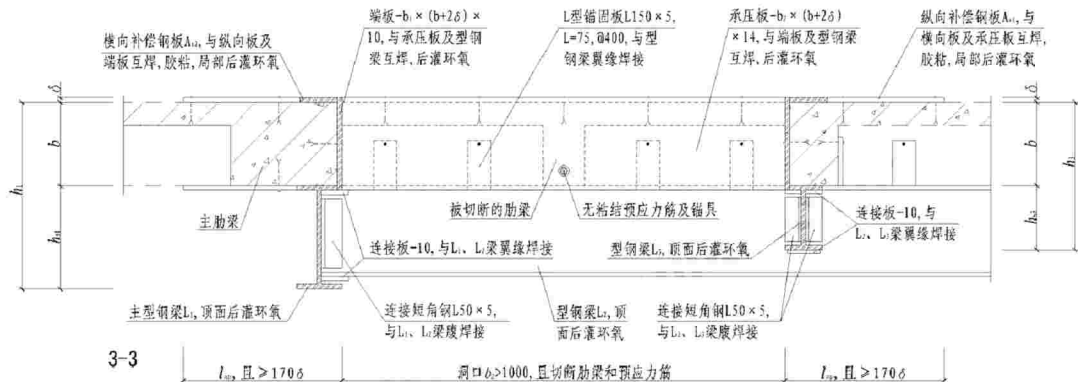
[illegible]



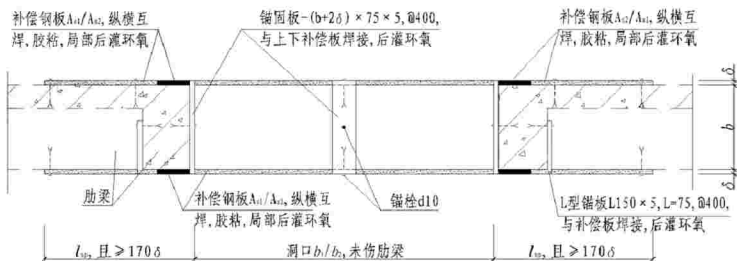
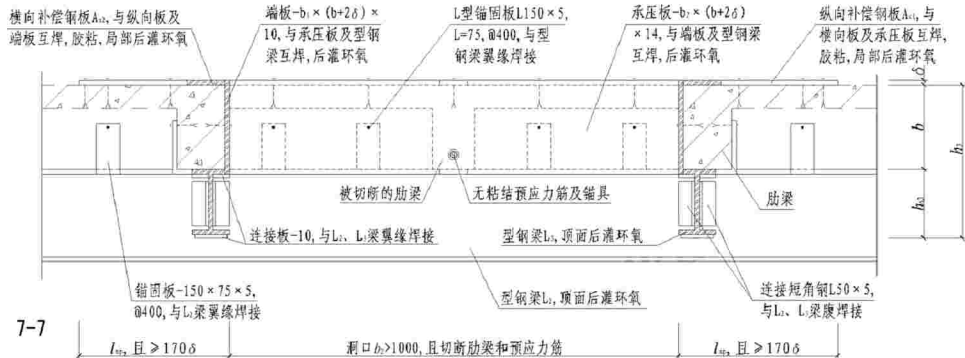
2-2

|          |          |       |        |     |        |
|----------|----------|-------|--------|-----|--------|
| 板加固      | 剖面详图 (一) |       |        |     | 图集号    |
| 预应力楼板上开洞 |          |       |        |     |        |
| 审核 陶学康   | 陶学康      | 校对 陈瑜 | 设计 万墨林 | 万墨林 | 页 6-72 |





| 板加固     | 剖面详图 (二) |        |     |   | 图集号  |
|---------|----------|--------|-----|---|------|
| 预应力楼板上洞 |          |        |     |   |      |
| 审核 陶学康  | 陈瑜       | 设计 万墨林 | 万墨林 | 页 | 6-73 |



8-8

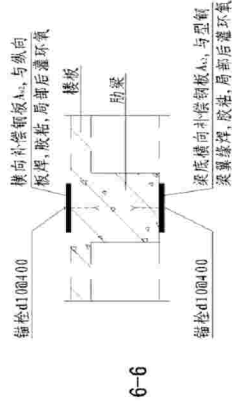
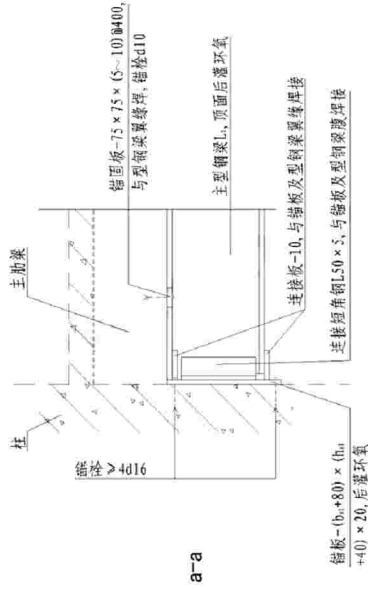
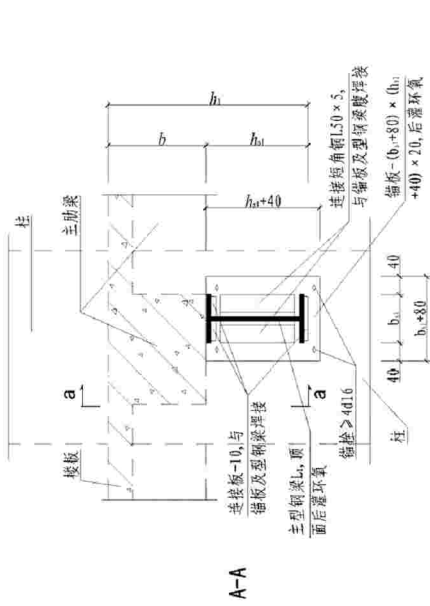
板加固  
预应力楼板上洞  
审核陶学康

剖面详图 (三)

图集号

陶学康 校对 陈瑜 设计 万墨林 万墨林

6-74



|         |          |    |    |    |      |
|---------|----------|----|----|----|------|
| 板加固     | 剖面详图 (四) |    |    |    | 图集号  |
| 预应力楼板开洞 | 陶学康      | 校对 | 陈瑜 | 设计 | 万墨林  |
| 审核      | 陶学康      | 校对 | 陈瑜 | 设计 | 万墨林  |
|         |          |    |    |    | 页    |
|         |          |    |    |    | 6-75 |

## 7 节点加固

“强柱、弱梁、更强节点”，节点是结构受力中最重要的部位，因构造复杂，钢筋密集，节点又是结构设计和施工质量最难保证的部位。现实工程中，节点存在的问题相对较多，由于研究工作滞后，有效加固方法不多，本应处理而未能进行加固处理的工程不少。本图集根据国内外现有成果和经验，就现浇框架、装配式框架、无梁楼盖、升板结构、装配式壁板及装配式楼梯等的节点连接问题，提出了加固处理方法，供参考。

### 7.1 现浇框架梁柱节点

现浇框架梁柱节点存在混凝土浇筑质量难于保证和核心区配筋及承载力满足不了规定两大问题。对于因钢筋过于密集而产生的混凝土振捣不实、蜂窝、孔洞等质量缺陷，可采用高压化学灌浆补强。为使浆液能渗透充满所有孔洞裂隙，灌浆应保持较高压力（环氧树脂为0.2~0.4MPa，水泥浆为0.4~0.8MPa），为保证节点能达到较高的压力，整个节点宜用薄型钢板（3~4mm）外包密封。对于核心区配筋不足而导致承载力不满足规范规定时，则应采用“外包钢板+高强螺栓”方法加固。外包钢范围：柱从上下梁面起算各加 $h_c$ ， $h_c$ 为柱截面高度；梁从柱侧起算各加 $h_b$ ， $h_b$ 为梁截面高度。钢板厚度5~10mm。梁柱纵横外包钢板，应彼此互焊，并完全外包整个梁柱节点。对于梁高范围内柱钢板存在的不闭合现象，可采用等代穿梁高强螺栓对拉，以传递节点剪力，尚可于梁底柱周设置加强钢板箍，以便进一步增

强核心区抗剪能力。楼板范围的梁钢板亦存在不闭合，可采用穿板高强螺栓拉结，以传递梁剪力。外包钢板与节点混凝土表面间空隙，应后灌环氧树脂充填，并使之结为整体。

### 7.2 装配式框架梁柱节点

装配式框架、梁和柱为预制，楼板一般为现浇，上世纪50~70年代应用较多，大多未考虑抗震。装配式框架梁柱节点的主要问题是：配筋和连接较弱，尤其是箍筋；其次，后浇接头新旧混凝土的粘结强度比整浇混凝土本身强度要低很多，加之混凝土收缩，多数节点均存在接缝裂缝。因此，与现浇框架相比，装配式框架梁柱节点的强度和刚度相对较差。装配式框架梁柱节点加固方法与现浇框架相似，亦是采用“外包钢板+高强螺栓”加固。不同的是，上柱外包钢板范围，应超过柱节点后浇混凝土线至少200mm；装配式框架梁一般为T形组合梁，为使钢板连续，聚拢部位的梁钢板应斜包，其三角区孔隙应用灌浆料充填，或待整个节点外包钢板焊接完后，再后灌环氧使之结为一体。

### 7.3 无梁楼盖和升板板柱节点

无梁楼盖和升板同属板柱体系，前者属现浇，后者为预制装配。板柱节点分有柱帽和无柱帽两种情况。有柱帽板柱节点可采用“外包钢板+后灌环氧”方法加固，无柱帽节点则以“外包钢板+灌浆料”

| 节点加固      | 节点加固说明（一） |       | 图集号 |
|-----------|-----------|-------|-----|
| 中国建筑工业出版社 | 陶学康 校对    | 陈瑜 设计 | 7-1 |

作成柱帽方法最为简单可靠。加固范围:柱从柱帽上下沿起算各加 $h_c$ ,板从柱帽侧沿起算各加 $S$ , $S$ 为板厚。外包钢板厚度5~10mm。柱帽顶板需承受柱上板带负弯矩所产生的一定拉力,故在柱根处宜设置扩孔型锚栓或穿柱高强螺栓来直接传递此拉力。柱帽上下钢板通过穿板螺栓连接,并使之闭合。外包钢板与节点混凝土结合面间以压力灌注环氧使之结为一体。

#### 7.4 装配式大板接缝

装配式大板包括普通混凝土和轻骨料混凝土实心墙板、复合墙板、混凝土空心墙板、振动砖墙板、粉煤灰混凝土墙板等。在既有装配式大板建筑中,墙板本身承载力满足要求,其主要问题在接缝。目前,接缝存在较为普遍的裂、渗、漏现象,接缝处的连接钢筋锈蚀比较严重。我国南方混凝土空心墙板存在一定的顺孔干缩裂缝。

接缝渗水、漏水可采用现场发泡聚氨酯灌缝处理,其施工要点是:

- 1) 凿除接缝中的勾缝砂浆层及老化失效的油脂,吹净灰粉,并用高效清洗剂擦拭干净。
- 2) 将聚氨酯基料、催化剂、稳定剂、发泡剂等辅料,按一定的比例,用高压喷枪喷入缝中,并发泡充满缝隙,勾抹平顺即可。
- 3) 灌缝顺序是:竖缝由上至下,水平缝从左至右或从右至左。

对于连接钢筋锈蚀的接缝,可采用骑缝粘贴碳纤维、聚酰胺纤维及E玻璃纤维等进行加固。纤维片面积质量以 $200\text{g}/\text{m}^2 \sim 300\text{g}/\text{m}^2$ 为宜,单层,受力丝方向垂直于接缝,两边粘结长度应 $\geq l_a$ 。两端以“

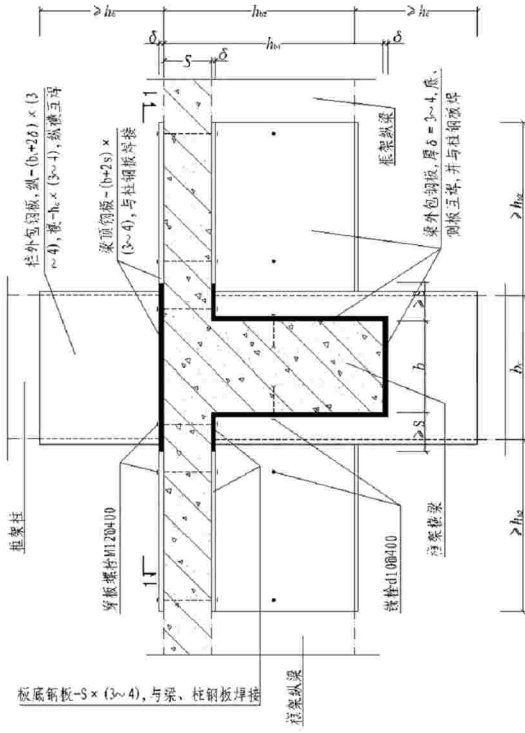
射钉+压结钢片”进行附加加固。墙板与墙板的阴角接缝、墙板与楼板接缝,应辅以 $L75 \times 5$ 角钢压条传力,角钢以 $d12@600$ 锚栓及 $M12@600$ 螺栓锚固。

碳纤维片材粘贴工艺及质量验收标准,详见《碳纤维片材加固修复混凝土结构技术规范》CECS 146: 2003及相关产品使用说明。

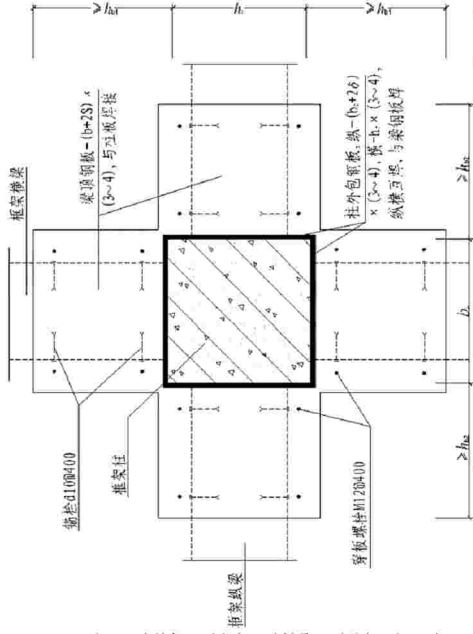
#### 7.5 装配式楼梯连接

装配式楼梯在上个世纪50~70年代应用较多,主要问题是,梯板、梯板梁、梯梁间的连接普遍存在干摆浮搁现象,于抗震十分不利。加固的方法有连接筋焊接、蚂蟥钉锚接及粘贴碳纤维拉结等。对于梁式楼梯,当楼梯梁(TL)和梯板梁(TBL)架立筋 $\geq \phi 10$ 时,可采用局部凿去保护层,以 $\phi 10\text{L}$ 形连接筋焊接连接,每梯板梁端各设两个连接点。对于板式楼梯,可采用 $\phi 16\text{I}$ 形蚂蟥钉以结构胶锚接。此外,不论是板式或梁式楼梯,均可以采用粘贴碳纤维拉接,受力丝垂直于TL和TB接缝,并满足粘帖长度 $l_a$ 要求。

| 节点加固  | 节点加固说明(二) |    |    |    |         | 图集号   |
|-------|-----------|----|----|----|---------|-------|
| 市建陶学康 | 陶学康       | 校核 | 陈瑜 | 设计 | 万墨林 万墨林 | 页 7-2 |



A. 现浇框架中间楼层中节点混凝土缺陷补强



- 注: 1.  $b$  为梁宽,  $h$  为梁高,  $S$  为板厚,  $b_c$  为柱表面宽,  $h_c$  为柱截面高;  
2. 整个外包钢板与节点混凝土结合面空隙、缺陷, 采用高压化学灌浆充填, 下同。

1-1

|        |                |       |
|--------|----------------|-------|
| 节点加固   | 中间楼层中节点混凝土缺陷补强 | 图集号   |
| 现浇框架   |                |       |
| 审核 陶学政 | 设计 万墨林         | 页 7-3 |
| 审核 陈琦  | 设计 万墨林         | 页 7-3 |

柱外包钢板, 纵- $(h_c+2\delta) \times (3 \sim 4)$ , 横- $h_c \times (3 \sim 4)$ , 纵横互焊

框架柱

穿板螺栓M12@400

2↑

12

模梁顶钢板- $(b+2S) \times (3 \sim 4)$ , 与柱钢板焊接

纵边梁顶钢板- $(b+S) \times (3 \sim 4)$ , 与柱钢板焊接

2↑

框架纵梁

螺栓d10@400

框架梁

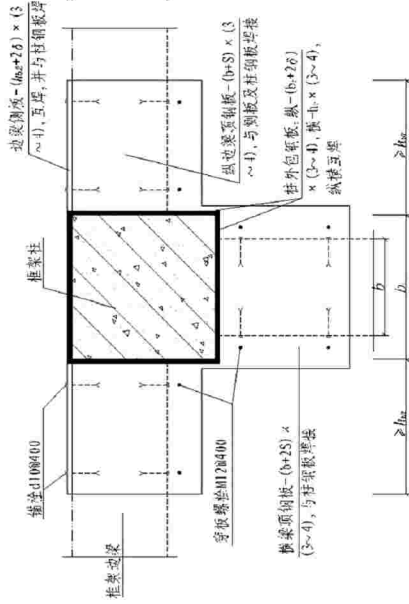
梁外包钢板, 厚3~4, 底侧板互焊, 并与柱钢板焊接

δ

δ

$\geq h_{sc}$   $\geq h_{sc}$   $\geq h_{sc}$

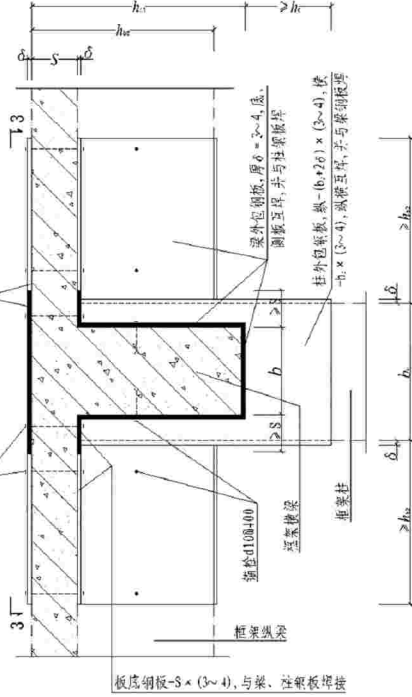
## B. 现浇框架中间楼层边节点混凝土缺陷补强



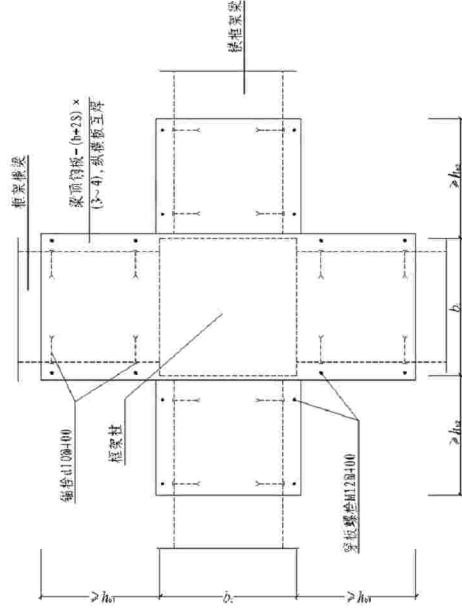
- 注: 1.  $b$ 为梁宽,  $h_c$ 为梁高,  $S$ 为板厚,  $b_c$ 为柱截面宽,  $h_c$ 为柱截面高;  
2. 整个外包钢板与节点混凝土结合面空隙、缺陷, 采用高压化学灌浆充填, 下同。

梁顶螺栓M12@400

梁顶钢板 $-(b+2S) \times (3 \sim 4)$ , 纵板板互焊



C. 现浇框架顶层中间节点混凝土缺陷补强







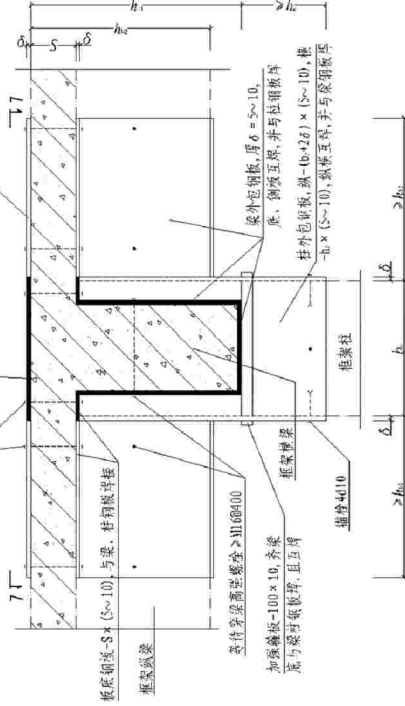




穿板高强度螺栓  $\geq M16$  400

横梁顶钢板  $-(b+2S) \times (5 \sim 10)$ , 纵模互焊

纵梁顶钢板  $-(b+2S) \times (5 \sim 10)$ , 纵模互焊



6. 现浇框架顶层中间节点核心区加固

框架横梁

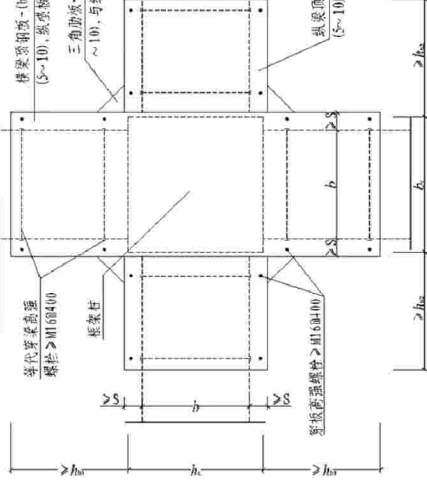
穿板高强度螺栓  $\geq M16$  400

横梁顶钢板  $-(b+2S) \times (5 \sim 10)$ , 纵模板互焊

三角肋板  $150 \times 150 \times (5 \sim 10)$ , 与纵模顶板共板

纵梁纵梁

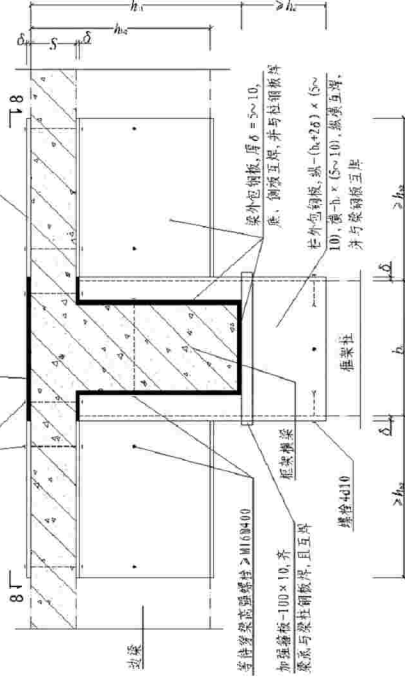
纵梁顶钢板  $-(b+2S) \times (5 \sim 10)$ , 纵模板互焊



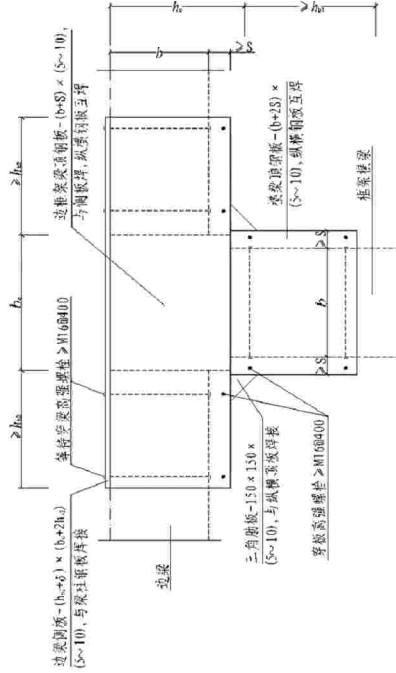
穿板高强度螺栓  $\geq M16@400$

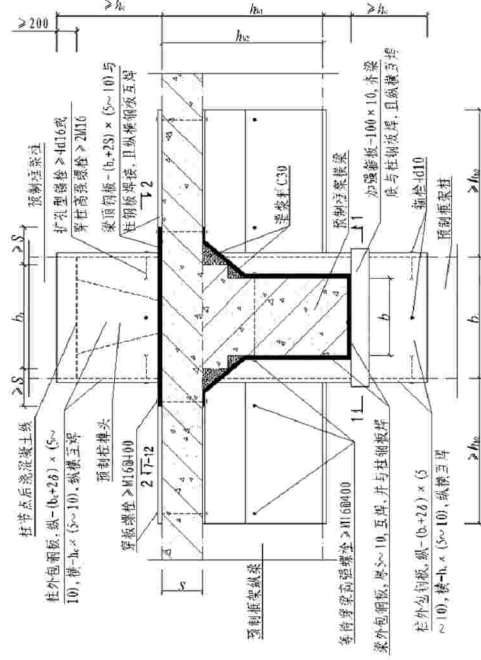
纵梁顶钢板  $-(b+2s) \times (5 \sim 10)$ , 与边梁顶钢板焊接

边梁顶钢板  $-(b+s) \times (5 \sim 10)$  与柱钢板及边梁顶钢板焊接

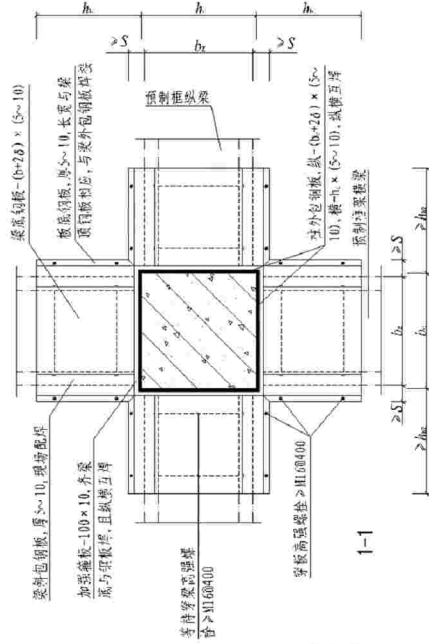


H. 现浇框架顶层边节点核心区加固





A. 装配框架中间楼层中节点核心区加固



1: 0.5 比例尺

节点加固  
装配框架

中间楼层中节点核心区加固

图集号

中核南学

陶学

校

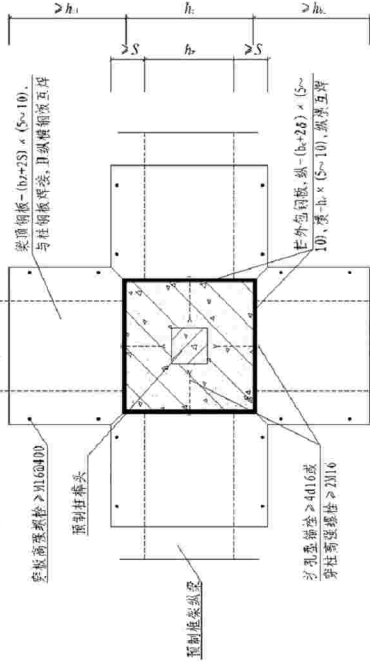
陈瑞

设计

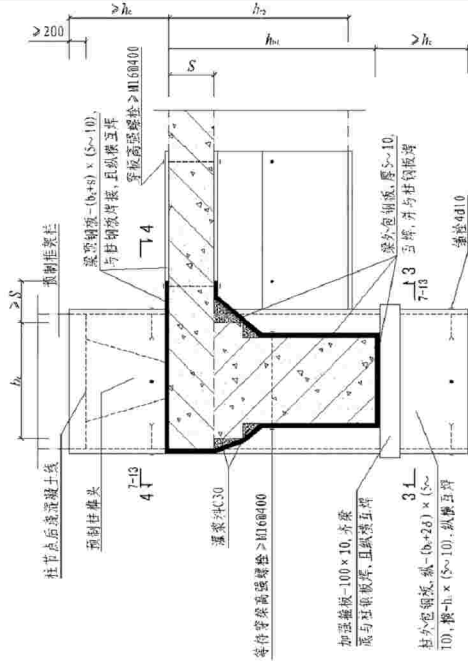
页

7-11

预制框架梁



2-2



B. 装配框架中间楼层角节点核心区加固

节点加固  
装配框架

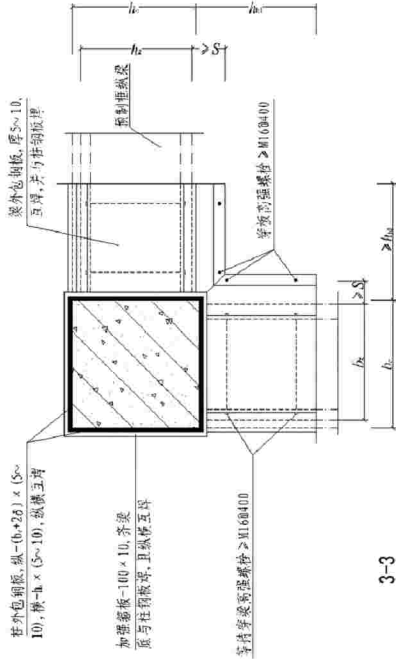
中间楼层角节点核心区加固

审核: 陶学波 校对: 陈瑞 设计: 万墨林 万墨林

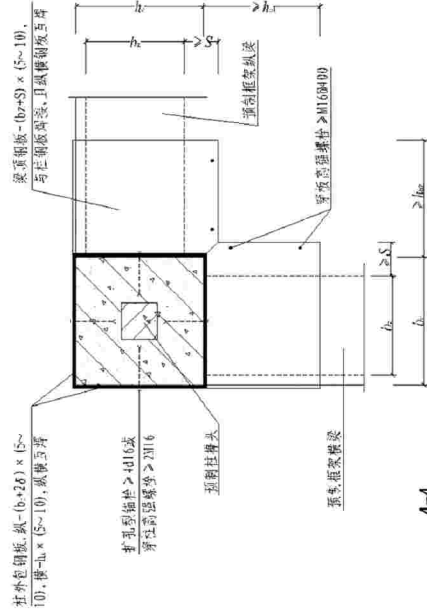
图签号

页

7-12



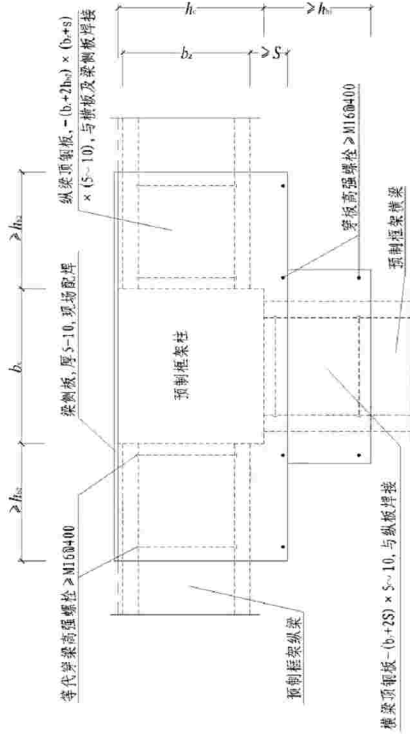
3-3



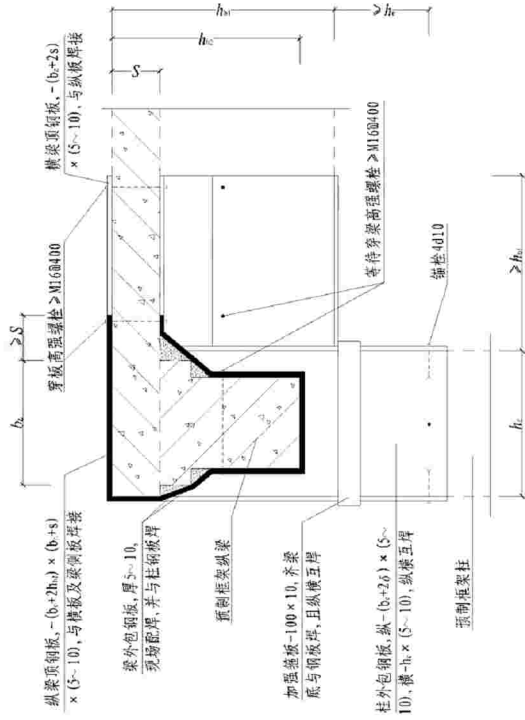
4-4





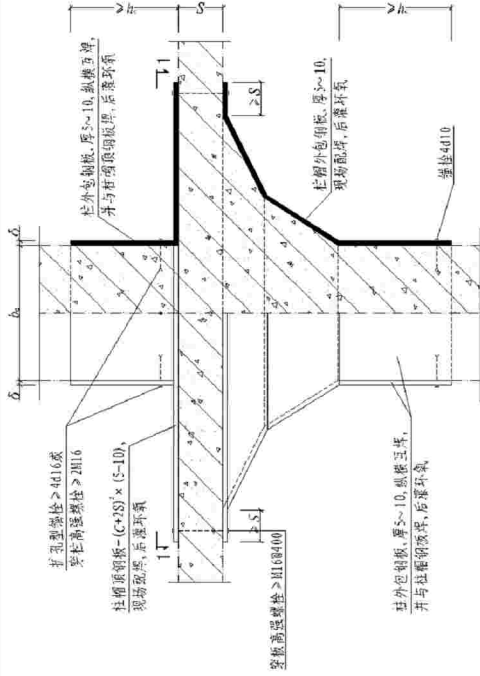


6-6



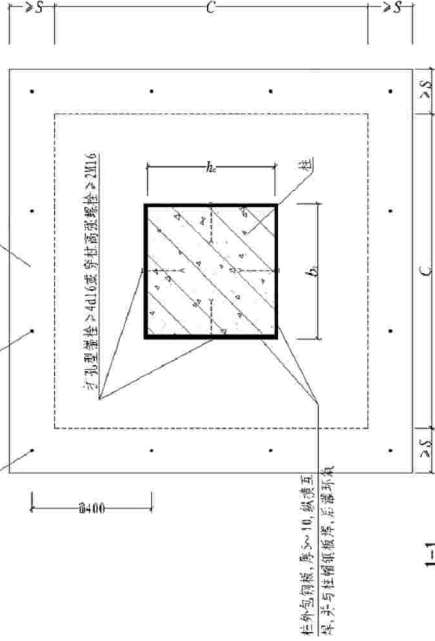
7-7

|       |      |    |     |      |
|-------|------|----|-----|------|
| 节点加固  | 剖面详图 |    |     | 图集号  |
| 装配框架  | 高彦京  | 校对 | 陈瑜  | 页    |
| 审核陶学康 | 高彦京  | 设计 | 万墨林 | 7-15 |



A. 无梁楼盖中间楼层有柱帽板柱节点加固

锚板高强螺栓  $\geq M16@400$  柱帽顶钢板  $-(C+2S) \times (5-10)$ , 现场配焊, 后灌环氧



1-1

# 中间楼层有柱帽板柱节点加固

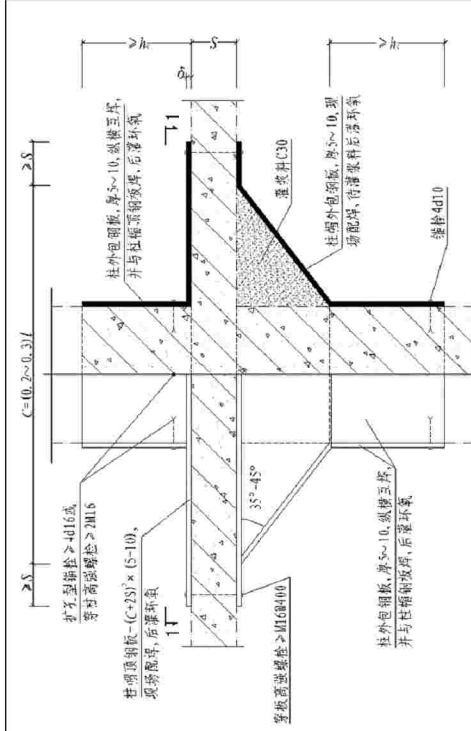
节点加固  
无梁楼盖

审核: 陶彦豪 校对: 陈瑞 设计: 万墨林 万墨林

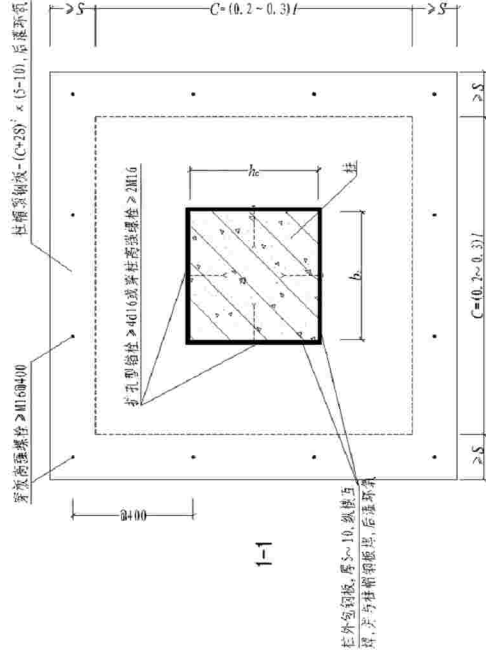
图样号

页 7-16





C. 无梁楼盖无柱帽板柱节点加固



注: 1. 为抗震、即柱距

无柱帽板柱节点加固

图集号

页

万量体

设计万量体

万量体

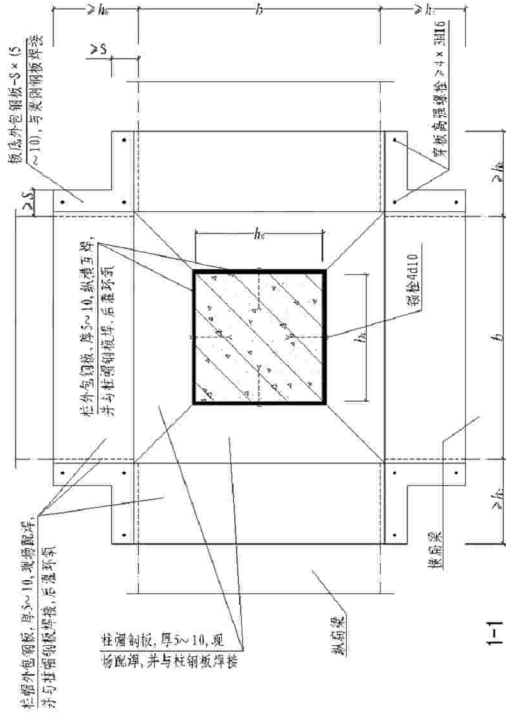
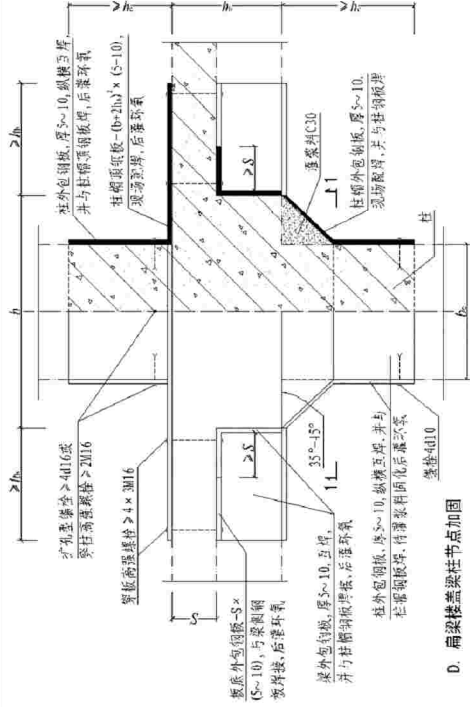
万量体

万量体

万量体

万量体

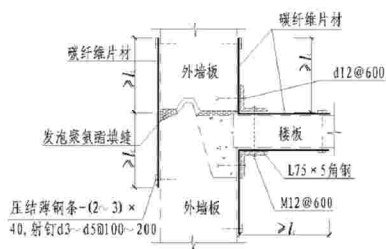
万量体



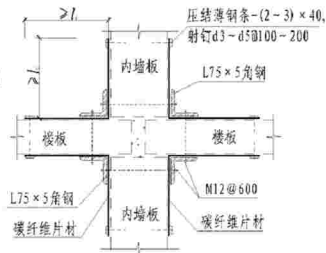
梁柱节点加固

|      |        |     |      |
|------|--------|-----|------|
| 节点加固 | 梁柱节点加固 | 图样号 | 7-19 |
| 扁梁楼盖 |        |     |      |

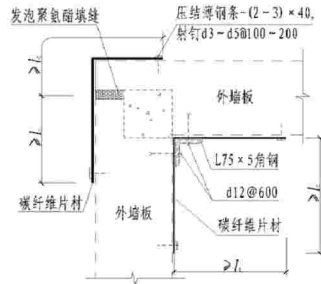
三:  $b$  为肩梁宽,  $h_1$  为肩梁高,  
 $S$  为腰板厚



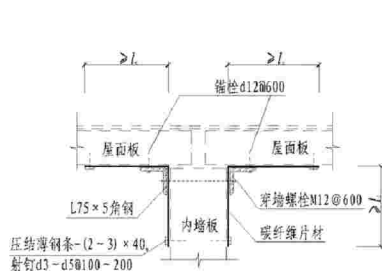
外墙水平接缝连接加固



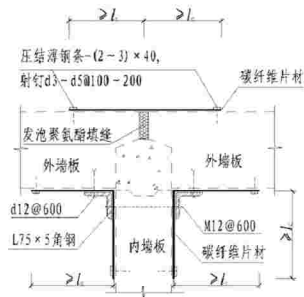
内墙与楼板水平接缝连接加固



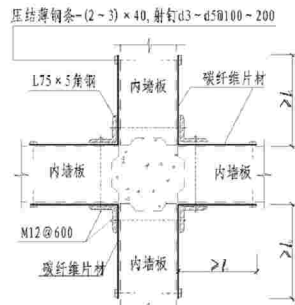
外墙阳角竖缝连接加固



内墙与屋面板水平接缝加固



内外墙丁字节点竖缝连接加固

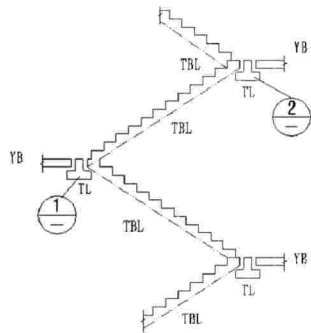


内墙十字节点竖缝连接加固

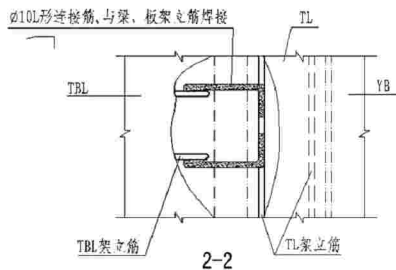
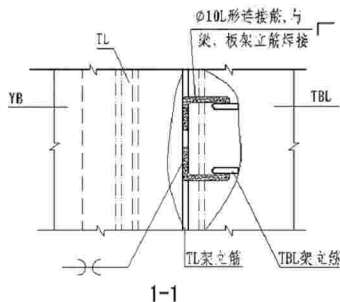
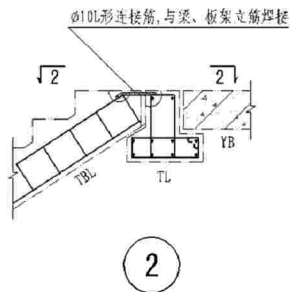
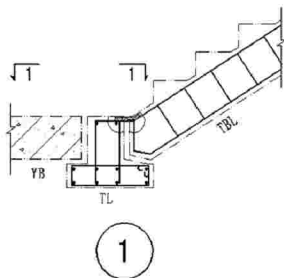
注: 1.  $l$ 为碳纤维粘贴延伸长度, 按相关标准计算;

2. 角钢压贴面应凿嵌或后灌环氧。

| 节点加固   | 接缝加固 |       |        |     |  |  | 图集号  |
|--------|------|-------|--------|-----|--|--|------|
| 装配式大板  |      |       |        |     |  |  |      |
| 审核 陶学康 | 陶学康  | 校对 陈瑜 | 设计 万墨林 | 万墨林 |  |  | 7-20 |

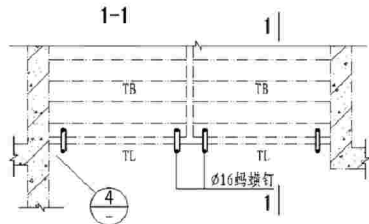
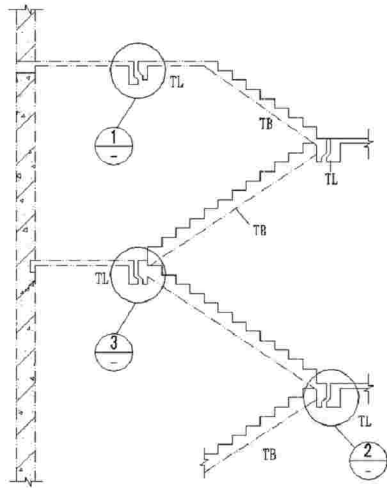


A. 梁式楼梯焊接连接筋加固

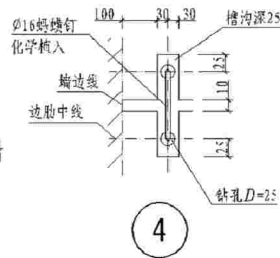
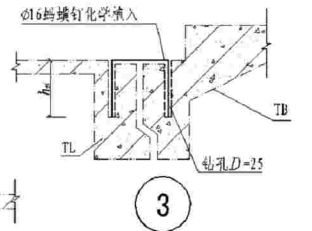
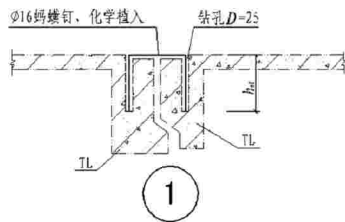
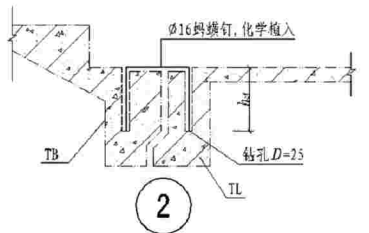


|        |             |       |            |     |      |
|--------|-------------|-------|------------|-----|------|
| 节点加固   | 梁式楼梯焊接连接筋加固 |       |            | 图集号 |      |
| 装配式楼梯  |             |       |            | 页   | 7-21 |
| 审核 陶学康 | 陶学康         | 校对 陈瑜 | 设计 万墨林 万墨林 |     |      |

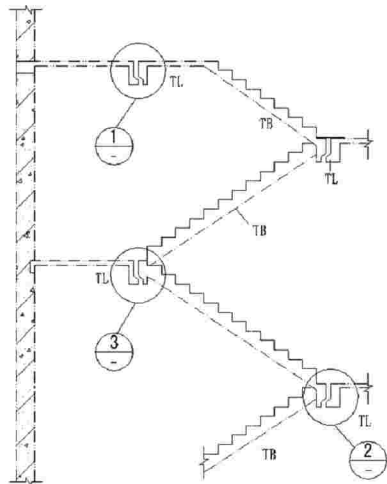




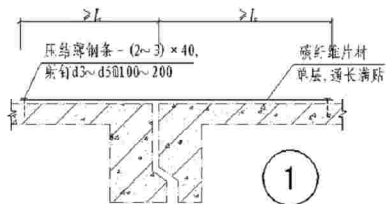
B. 板式楼梯蚂蟥钉连接加固



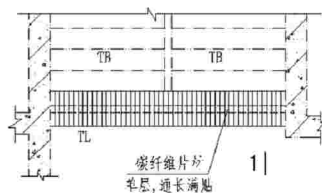
|        |             |            |
|--------|-------------|------------|
| 节点加固   | 板式楼梯蚂蟥钉连接加固 | 图集号        |
| 装配式楼梯  |             |            |
| 审核 陶学康 | 陶学康 校对 陈瑜   | 设计 万鼎林 万墨林 |
|        | 页           | 7-22       |



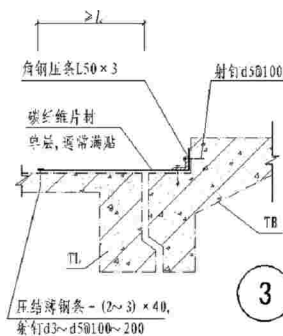
1-1



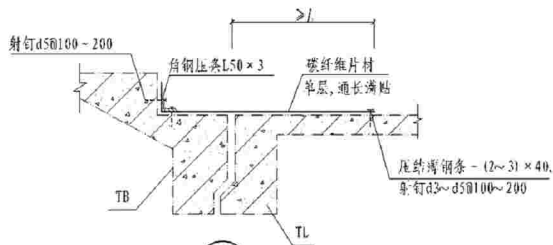
1



C. 碳纤维连接加固



3



2

|        |         |       |        |     |      |
|--------|---------|-------|--------|-----|------|
| 节点加固   | 碳纤维连接加固 |       |        |     | 图集号  |
| 装配式楼梯  |         |       |        |     |      |
| 审核 陶学康 | 陶学康     | 校对 陈瑜 | 设计 万显林 | 万显林 | 7-23 |

## 8 阳台和雨篷加固

阳台、雨篷及挑檐等同属悬挑结构,有现浇和预制、梁式和板式、支撑于砌体和生根于混凝土等情况。阳台(尤其是住宅阳台)、雨篷目前存在的主要问题是:设计荷载较实际使用值偏小,受力钢筋位置普遍下移,计算方法与结构实际受力不完全吻合,结构安全度普遍偏低。分析研究表明,阳台、雨篷破坏主要有两种形式,一种是悬挑梁根部受弯破坏,另一种是预制梁板整体倾覆破坏。对于砌体墙支撑的大型雨篷,尚存在雨篷梁弯、剪、扭复合受力破坏情况。加固方法应根据问题性质、结构类型及构造特点,对症下药。针对截面强度加固的方法有粘钢加固法、复合纤维加固法;针对结构抗倾覆加固的方法有扁钢锚拉法、型钢支座法;改变结构受力的方法有支柱法、支架法及拉杆法等。

### 8.1 板式阳台粘钢加固

板式阳台板一般是由相邻楼板外延而成。此种情况可采用表面粘钢加固。钢板规格和间距应由计算确定,厚度以3~4mm为宜。阳台板与楼板存在30~60mm高差,衔接部位应局部凿去混凝土,使成1:3坡度过渡。若存在窗台墙围隔而不宜拆除时,则可采用锚固短角钢以等代穿墙螺栓连接。粘钢钢板应采用锚栓进行附加锚固。

### 8.2 板式阳台复合碳纤维加固

碳纤维加固与粘钢加固相似,纤维片材应采用“压结钢片+射钉”进行附加锚固。当压结钢件较厚时,应预先钻孔,然后射入射钉。

## 8.3 雨篷抗倾覆加固

对于支撑于砌体墙的大型雨篷,当雨篷梁在墙上支承长度较短,上部墙体重量较轻,倾覆力矩 $M_w$ 大于稳定矩 $M_r$ 时,则可能发生整体倾覆破坏。对此,可采用“扁钢+锚固短角钢”对雨篷梁进行拉结锚固。锚固角钢应嵌入墙与梁间凿缝,并用锚栓和后灌环氧办法与雨篷梁锚接。扁钢拉接长度,下端应 $\geq H/2$ ,上端 $\geq 200\text{mm}$ 。

### 8.4 梁式阳台支柱法加固

梁式阳台支柱法加固是在阳台的主要受力结构——挑梁端部,由下至上,层层设置型钢支柱,达到减小梁内力,提高结构承载能力的目的。该法简单可靠,适合于拟改作封闭式阳台的加固。

型钢支柱截面尺寸原则上应由计算确定,宜采用 $\square 50 \times 3 \sim 80 \times 4$ 的冷弯薄壁方形钢管。钢管两端焊接垫板,垫板用锚栓锚固在梁底面及栏板混凝土扶手顶面,其间座乳胶水泥,并以钢板楔顶紧。当栏板墙因严重裂损不宜作为支柱的传力基座时,宜拆除或局部拆除,支柱两端则直接支顶在上下层悬挑梁上。

### 8.5 板式阳台支柱法加固

板式阳台支柱法加固与梁式阳台支柱法基本相同,但应设通长型钢边梁,支柱数量应增多。

支柱宜采用不小于 $\square 50 \times 3$ 的冷弯薄壁方形钢管,边梁采用C8的槽钢。

| 阳台和雨篷加固 | 加固说明(一) |     |    |    |    |         | 图集号 |
|---------|---------|-----|----|----|----|---------|-----|
|         | 审核      | 陶学康 | 校核 | 陈瑜 | 设计 | 万墨林 万墨林 |     |
| 8-1     |         |     |    |    |    |         | 8-1 |

## 8.6 梁式阳台支架法加固

梁式阳台支架法是于梁式阳台悬挑梁底部设置三角形型钢支架,达到减小梁内力,提高结构负荷能力的目的。

型钢支架长一般取悬挑梁跨度 $l$ ,高一般取 $l/2$ ,采用 $L75 \times 8$ 角钢拼焊成三角架。三角架以2M16螺栓及d16锚栓锚固生根于外墙及混凝土圈梁;三角架与砖墙及悬挑梁接触面应座乳胶水泥;三角架与梁端面向以2块 $-75 \times (2 \sim 10)$ 钢板楔对楔顶紧。

## 8.7 梁式阳台拉杆法加固

拉杆法加固梁式阳台,是在悬挑梁端与外墙间设置锚拉杆,利用施加于拉杆的收紧力来改变和减小梁的内力,以达到提高结构承载能力的目的。

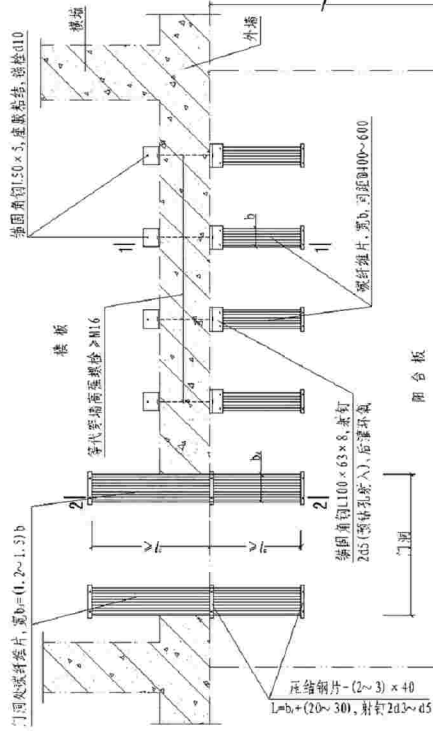
拉杆一般用 $\phi 16$ 钢筋,下端焊固于梁端专设的型钢套,上端与固定在墙上的锚固件相焊接,中间设花兰螺栓收紧以产生一定拉力。型钢套是以长 $l=b$ (梁宽)的 $L75 \times 6$ 角钢及2块 $-75 \times 75 \times 6$ 钢板配焊而成;型钢套用M12螺栓及乳胶水泥固结于梁底端。锚固件由 $-250 \times 100 \times 10$ 垫板与 $-150 \times 80 \times 10$ 连接板焊接而成,以2M12螺栓锚固于砖墙。

## 8.8 预制悬挑板增设型钢支座加固

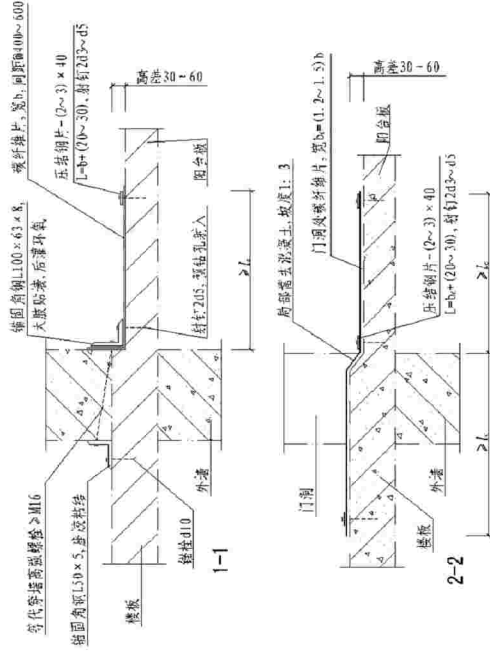
对于雨篷、挑檐等预制悬挑结构,若因抗倾覆力不够但又相差不多时,可采用于板底设置型钢支座加固。型钢支座一般为 $L200 \times 125 \times 12$ 角钢,中间焊 $-180 \times 110 \times 10 @ 400$ 加劲肋,用M12@400螺栓固定于外墙。为使悬挑板荷载有效传递到支座,宜在角钢上翼缘与悬挑板之间打入 $-80 \times 60 \times (2 \sim 8) @ 400$ 钢板楔,或用于捻砂浆塞紧。

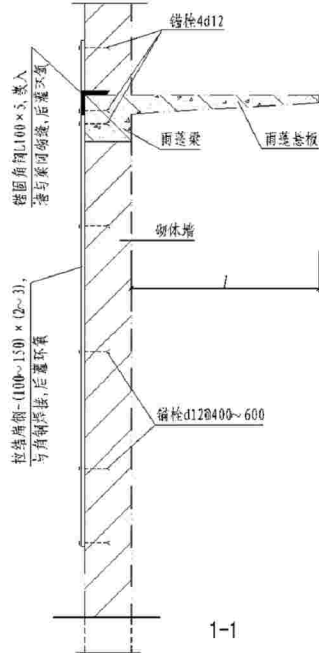
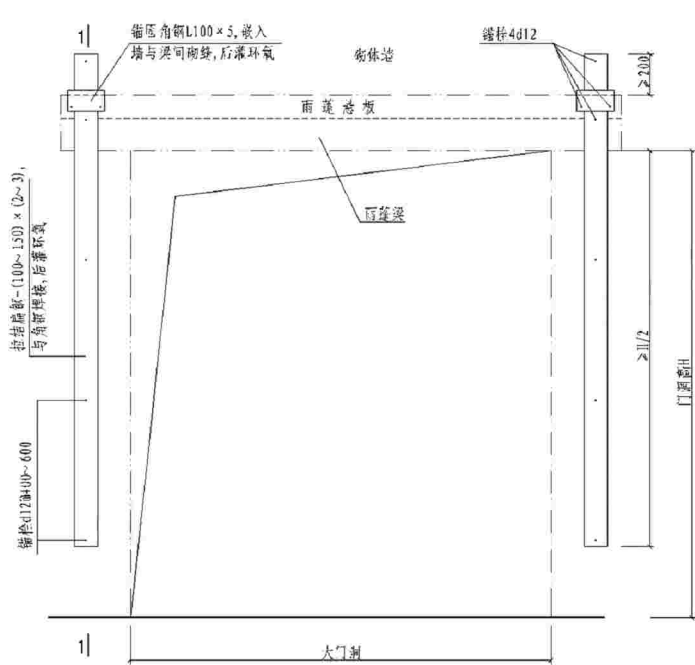
|         |         |       |        |     |   |     |     |  |
|---------|---------|-------|--------|-----|---|-----|-----|--|
| 阳台和雨篷加固 | 加固说明(二) |       |        |     |   |     | 图集号 |  |
| 审核 陶学康  | 陶学康     | 校对 陈玲 | 设计 万景林 | 万景林 | 页 | 8-2 |     |  |





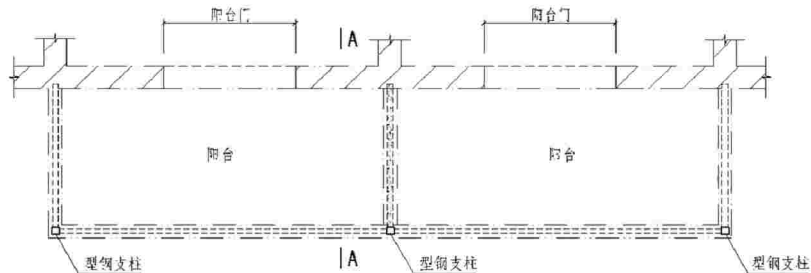
### B. 板式阳台碳纤维加固



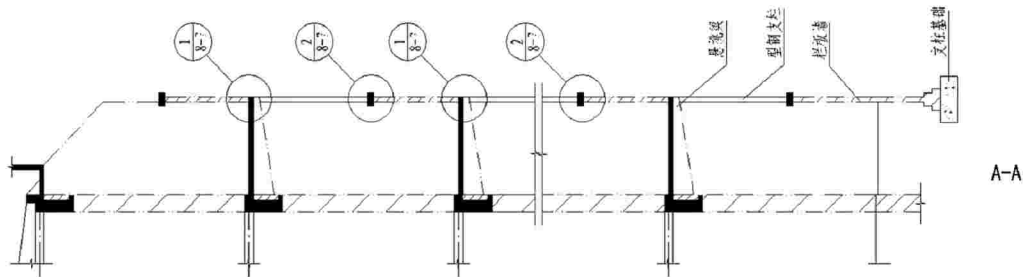


C. 雨篷抗倾覆加固(室内立面)

|             |         |       |        |     |       |
|-------------|---------|-------|--------|-----|-------|
| 阳台和<br>雨篷加固 | 雨篷抗倾覆加固 |       |        |     | 图集号   |
| 审核 陶学康      | 陶学康     | 校对 陈瑜 | 设计 万墨林 | 万墨林 | 页 8-5 |

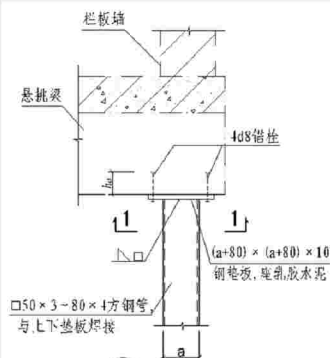


D. 梁式阳台支柱法加固

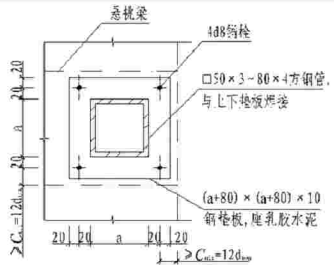


|         |           |       |        |     |     |     |
|---------|-----------|-------|--------|-----|-----|-----|
| 阳台和雨蓬加固 | 梁式阳台支柱法加固 |       |        |     | 图集号 |     |
| 审核 陶学康  | 陶学康       | 校对 陈瑜 | 设计 万墨林 | 万墨林 | 页   | 8-6 |

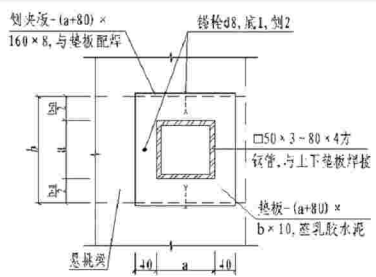




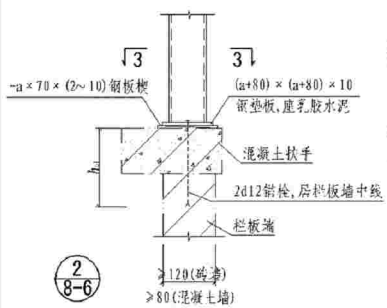
1  
8-6 当悬挑梁较宽时



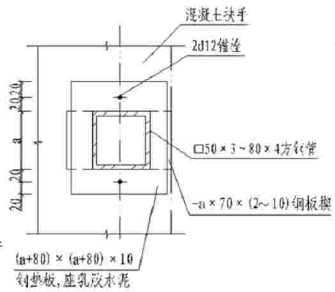
1-1 (当悬挑梁较宽时)



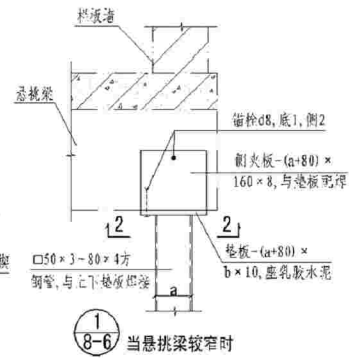
2-2



2  
8-6

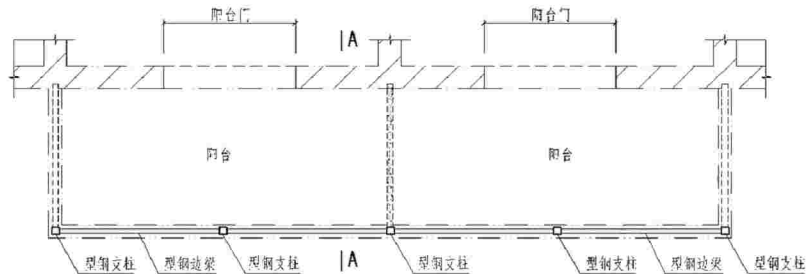


3-3

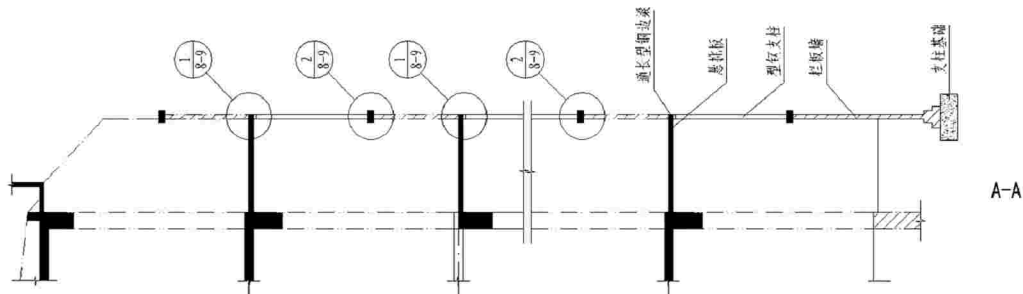


1  
8-6 当悬挑梁较窄时

|         |               |            |
|---------|---------------|------------|
| 阳台和雨篷加固 | 梁式阳台支柱法加固节点详图 | 图集号        |
| 审核 陶学康  | 陶学康 校对 陈瑞     | 设计 万国林 万国林 |
| 页       | 8-7           |            |



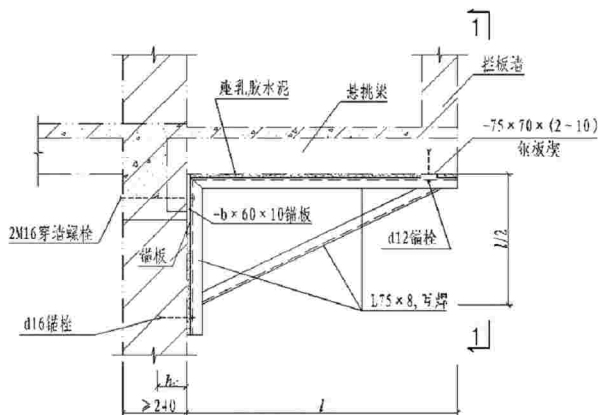
E. 板式阳台支柱法加固



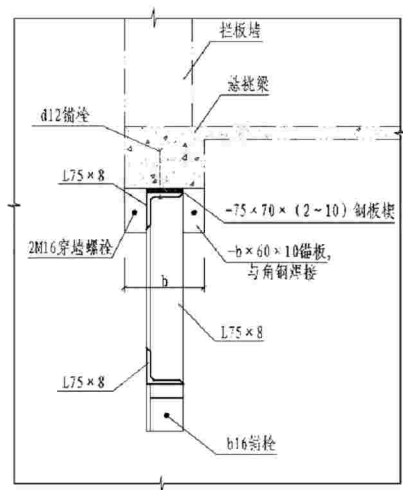
|         |           |       |        |     |       |
|---------|-----------|-------|--------|-----|-------|
| 阳台和雨蓬加固 | 板式阳台支柱法加固 |       |        |     | 图集号   |
| 审核 陶学康  | 陶学康       | 校对 陈瑜 | 设计 万墨林 | 万墨林 | 页 8-8 |



|         |               |       |        |     |     |     |
|---------|---------------|-------|--------|-----|-----|-----|
| 阳台和雨蓬加固 | 板式阳台支柱法加固节点详图 |       |        |     | 图集号 |     |
| 审核 陶学康  | 陶学康           | 校对 陈瑜 | 设计 万霖林 | 万霖林 | 页   | 8-9 |

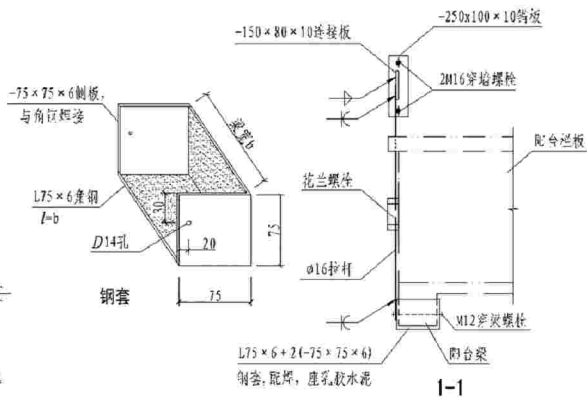
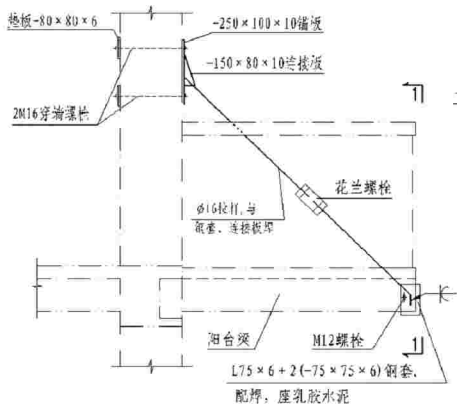


F. 梁式阳台支架法加固

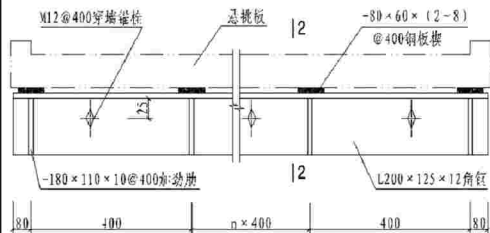


1-1

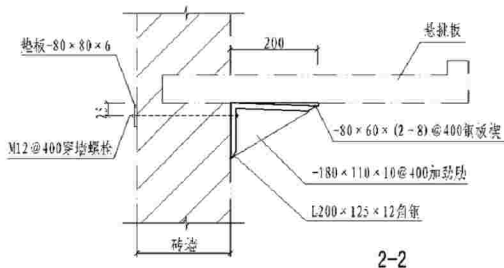
|         |           |       |        |     |     |      |
|---------|-----------|-------|--------|-----|-----|------|
| 阳台和雨篷加固 | 梁式阳台支架法加固 |       |        |     | 图集号 |      |
| 审核 陶学康  | 陶学康       | 校对 陈增 | 设计 万墨林 | 万墨林 | 页   | 8-10 |



G. 梁式阳台栏杆法加固



H. 预制悬挑板增设型钢支座加固



| 阳台和雨篷加固 | 拉杆法加固、增设型钢支座加固       | 图集号  |
|---------|----------------------|------|
| 审核 陶学康  | 陶学康 校对 陈增 设计 万墨林 万墨林 | 8-11 |