

UDC

中华人民共和国行业标准

JGJ

JGJ/T 10 - 2011

P

混凝土泵送技术规程

Construction Technical Specification
for Concrete Pumping

2011 - 07 - 13 发布

2012 - 03 - 01 实施

中华人民共和国住房和城乡建设部 发布

中华人民共和国行业标准

混凝土泵送施工技术规范

Construction Technical Specification for Concrete Pumping

JGJ/T 10 - 2011

2011 年 北京

前 言

根据住房和城乡建设部建标函[2008]102号文的要求，标准编制组经广泛调查研究，认真总结实践经验，参考有关国际标准和国外先进标准，并在广泛征求意见的基础上，制定本规程。

本规程修订的主要技术内容是：1、增加了高强混凝土泵送的相关内容；2、将“泵送混凝土原材料和配合比”有关条文调整，新增加的“泵送混凝土的质量要求”节；3、修改了泵送混凝土的配比参数，使之适应当前技术工艺，并与相关标准协调统一；4、修改了泵送过程中的换算压力损失值；5、新增加了泵送混凝土落料高度的限制。6、根据当前技术，修改了部分泵送工艺要求。7、增加了术语。

本规程由住房和城乡建设部负责管理和对强制性条文的解释，由中国建筑科学研究院负责具体技术内容的解释。

本规程主编单位：中国建筑科学研究院（地址：北京北三环东路30号；邮政编码：100013）、浙江省二建建设集团有限公司（地址：浙江省宁波市东渡路55号）

目次

- 1 总则
- 2 术语和符号
 - 2.1 术语
 - 2.2 符号
- 3 泵送混凝土原材料和配合比
 - 3.1 泵送混凝土原材料
 - 3.2 泵送混凝土配合比
 - 3.3 泵送混凝土的性能要求
- 4 泵送混凝土供应
 - 4.1 一般规定
 - 4.2 泵送混凝土的拌制
 - 4.3 泵送混凝土运送
- 5 混凝土泵送设备及管道的选择与布置
 - 5.1 混凝土泵的选型和布置
 - 5.2 配管设计
 - 5.3 配置布料设备的要求
- 6 混凝土的泵送和浇筑
 - 6.1 一般规定
 - 6.2 混凝土的泵送
 - 6.3 泵送混凝土的浇筑
- 7 泵送混凝土质量控制
- 8 高强混凝土泵送
 - 8.1 一般规定
 - 8.2 原材料
 - 8.3 拌制
 - 8.4 泵送和浇筑
- 附录 A 粗、细骨料最佳级配图
- 附录 B 混凝土泵最大水平输送距离计算公式

附录 C 模板最大侧压力计算公式

附录 D 常用混凝土输送管规格和管径与粗骨料最大粒径的关系

附录 E 泵送混凝土压力泌水试验

附录 F 本规程用词说明

附录 G 引用标准名录

CONTENTS

- 1 General Principle
- 2 Terms and Symbol
 - 2.1 Terms
 - 2.2 Symbol
- 3 Material and proportion of pumping concrete
 - 3.1 Material of pumping concrete
 - 3.2 proportion of pumping concrete
 - 3.3 Performance requirements of pumping concrete
- 4 Supplying of pumping concrete
 - 4.1 Common Principle
 - 4.2 Concrete mixing
 - 4.3 Concrete transportation
- 5 Selection and layout of Equipment and pipeline
 - 5.1 Concrete pump selection and layout
 - 5.2 Pipeline layout design
 - 5.3 Requirements for concrete distributing equipment
- 6 Concrete pumping and pouring
 - 6.1 Common Principle
 - 6.2 Concrete pumping
 - 6.3 Concrete pouring
- 7 Pumping concrete Quality control
- 8 High strength concrete pumping
 - 8.1 Common Principle
 - 8.2 materials

8.3 mixing

8.4 pumping and pouring

Appendix A Optimal Distributing Chart of Aggregate

Appendix B Maximum horizontal delivery distance formula for concrete pump

Appendix C Maximum side pressure of construction moulding board

Appendix D Common concrete Pipeline specification and the relationship between
Pipeline diameter and coarse aggregate dimension

Appendix E Concrete pressure testing

Appendix F Regulation of the Wording

Appendix G Reference Standard

1 总则

- 1.0.1 为促进混凝土泵送技术的发展，提高混凝土泵送施工质量，制定本规程。
- 1.0.2 本规程适用于房屋建筑工程的普通混凝土泵送施工，市政及水利水电等工程中的普通混凝土泵送可参照使用。本规程不适用于轻骨料等特殊混凝土泵送施工。
- 1.0.3 混凝土泵送施工应编制严密的施工组织设计，且应在前项工序验收合格后，方可进行。
- 1.0.4 混凝土泵送施工时，除应符合本规程外，尚应符合国家现行有关标准的规定。

2 术语和符号

2.1 术语

2.1.1 泵送混凝土 pumping concrete

在施工现场通过压力泵及输送管道进行浇筑的混凝土。

2.1.2 普通混凝土 ordinary concrete

干表观密度为 $2000 \sim 2800 \text{ kg/m}^3$ 的混凝土。

2.1.3 高强混凝土 high strength concrete

强度等级不低于 C60 的混凝土。

2.1.4 预拌混凝土 ready-mixed concrete

在搅拌站生产的、通过输送设备送至使用地点的混凝土。

2.1.5 泵送剂 pumping aid

能改善混凝土拌合物泵送性能的外加剂。

2.1.6 引气剂 air entraining admixture

在混凝土搅拌过程中能引入大量均匀分布的、闭孔和稳定的微小气泡的外加剂。

2.1.7 外加剂 concrete admixture

在混凝土搅拌之前或拌制过程中加入的、用以改善新拌和（或）硬化混凝土性能的材料。

2.1.8 骨料 aggregate

在混凝土或砂浆中起骨架和填充作用的岩石颗粒等粒状松散材料。

2.1.9 粗骨料 coarse aggregate

粒径大于 4.75 mm 的骨料。

2.1.10 细骨料 fine aggregate

粒径小于 4.75 mm 的骨料。

2.1.11 胶凝材料

在混凝土原材料中，由水泥基材和各种矿物掺合料构成的组分，称为胶凝材料。

2.1.12 落料高度

混凝土输送管末端出料口距模板面的垂直高度。

2.2 符号

- F ——新浇混凝土对模板的最大侧压力;
 H ——混凝土侧压力计算位置处至新浇混凝土顶面的高度;
 K_1 ——粘着系数;
 K_2 ——速度系数;
 L_1 ——混凝土搅拌运输车往返距离;
 L_{max} ——混凝土泵的最大水平输送距离;
 N_1 ——混凝土搅拌运输车台数;
 N_2 ——混凝土泵数量;
 P_{max} ——混凝土泵的最大出口压力;
 ΔP_g ——混凝土在水平输送管内流动每 m 产生的压力损失;
 Q ——混凝土浇筑数量;
 Q_1 ——每台混凝土泵的实际平均输出量;
 Q_{max} ——每台混凝土泵的最大输出量;
 r_o ——混凝土输送管半径;
 S_o ——混凝土搅拌运输车平均行车速度;
 S_1 ——混凝土坍落度;
 S_{10} ——混凝土加压至 10 s 时的相对泌水率;
 t_o ——新浇混凝土初凝时间;
 t_2/t_1 ——混凝土泵分配阀切换时间与活塞推压混凝土时间之比;
 T ——混凝土温度;
 T_o ——混凝土泵送施工作业时间;
 T_1 ——每台混凝土搅拌运输车总计停歇时间;
 V ——混凝土的浇筑速度;
 V_1 ——每台混凝土搅拌运输车容量;
 V_2 ——混凝土拌合物在输送管内的平均流速;
 V_{10}, V_{140} ——混凝土加压至 10 s 和 140 s 时的泌水量;
 α_1 ——配管条件系数;
 α_2 ——径向压力与轴向压力之比;
 β_1 ——外加剂影响修正系数;
 β_2 ——混凝土坍落度修正系数;
 γ ——混凝土重力密度;
 η ——作业效率;

3 泵送混凝土原材料和配合比

3.1 泵送混凝土原材料

3.1.1 泵送混凝土用水泥应选用硅酸盐水泥、普通硅酸盐水泥、矿渣硅酸盐水泥和粉煤灰硅酸盐水泥，不宜采用火山灰质硅酸盐水泥。其水泥质量应符合现行国家标准《通用硅酸盐水泥》GB175 和《矿渣硅酸盐水泥和粉煤灰硅酸盐水泥、火山灰质硅酸盐水泥》GB1344 的规定。

3.1.2 粗骨料应符合国家现行行业标准《普通混凝土用碎石或卵石质量标准及检验方法》JGJ53 的规定，宜采用连续级配，针片状颗粒含量不宜大于 10%。粗骨料的最佳级配，可按附录 A 中图 A-1～图 A-4 选用。

粗骨料最大粒径与输送管径之比应符合表 3.1.2 的规定：

表 3.1.2 粗骨料最大粒径与输送管径之比

粗骨料品种	泵送高度 (m)	粗骨料最大粒径与输送管径之比
碎石	<50	$\leq 1: 3.0$
	50~100	$\leq 1: 4.0$
	>100	$\leq 1: 5.0$
卵石	<50	$\leq 1: 2.5$
	50~100	$\leq 1: 3.0$
	>100	$\leq 1: 4.0$

3.1.3 细骨料应符合国家现行行业标准《普通混凝土用砂质量及检验方法标准》JGJ52 的规定。细骨料宜采用中砂，其通过 0.315mm 筛孔的颗粒不应少于 15%。细骨料最佳级配可按附录 A 中图 A-5 选用。

3.1.4 拌制泵送混凝土所用的水，应符合国家现行行业标准《混凝土拌合用水标准》JGJ63 的规定。

3.1.5 泵送混凝土应掺用外加剂，其质量应符合国家现行标准《混凝土外加剂》GB8076、《混凝土外加剂应用技术规程》GB50119、《预拌混凝土》GB/T14902 和国家现行行业标准《混凝土泵送剂》JC473 的有关规定。

3.1.6 泵送混凝土宜掺用适量粉煤灰或其他活性矿物掺合料，其质量应符合国家现行标准《用于水泥和混凝土中的粉煤灰》GB/T1596、《预拌混凝土》GB/T14902 和国家现行行业标准《粉煤灰在混凝土和砂浆中应用技术规程》JGJ28 的有关规定。

3.2 泵送混凝土配合比

3.2.1 泵送混凝土配合比，除必须满足混凝土设计强度和耐久性的要求外，尚应使混凝土满足可泵性要求。

3.2.2 泵送混凝土配合比设计，应符合国家现行行业标准《普通混凝土配合比设计规程》JGJ55 及国家现行标准《混凝土结构工程施工质量验收规程》GB50204、《混凝土强度检验评定标准》GB50107、《预拌混凝土》GB/T14902 的有关规定。并应根据混凝土原材料、混凝土运输距离、混凝土泵与混凝土输送管径、泵送距离、气温等具体施工条件试配。必要时，应通过试泵送确定泵送混凝土配合比。

3.2.3 泵送混凝土的用水量与胶凝材料总量之比不宜大于 0.6。

3.2.4 泵送混凝土的砂率宜为 35%~45%。

3.2.5 泵送混凝土的胶凝材料总量不宜小于 300kg/m^3 。

3.2.6 泵送混凝土掺加的外加剂的品种和掺量宜由试验确定，不得使用。

3.2.7 掺用引气剂型外加剂的泵送混凝土的含气量不宜大于 4%。

3.2.8 掺粉煤灰的泵送混凝土配合比设计，必须经过试配确定，并应符合现行有关标准的规定。

3.2.9 泵送混凝土设计配合比的调整与确定应符合国家现行行业标准《普通混凝土配合比设计规程》JGJ55 的有关规定。

3.3 泵送混凝土的性能要求

3.3.1 泵送混凝土的配制强度应符合设计要求和国家现行标准《混凝土强度检验评定标准》GB50107 的规定。

3.3.2 泵送混凝土的可泵性，可按国家现行标准《普通混凝土拌合物性能试验方法标准》GB/T50080有关压力泌水试验的方法进行检测，一般10S时的相对压力泌水率 S_{10} 不宜超过40%。对于添加减水剂的混凝土，宜由试验确定其可泵性。

3.3.3 泵送混凝土的入泵坍落度不宜小于 10cm，对于各种入泵坍落度不同的混凝土，其泵送高度不宜超过表 3.3.3 的规定。

表 3.3.3 混凝土入泵坍落度与泵送高度关系表

入泵坍落度 (cm)	10~14	14~16	16~18	18~20	20~22
最大泵送高度 (m)	30	60	100	400	400 以上

3.3.4 泵送混凝土试配时要求的坍落度应按式 3.3.4 计算：

$$T_t = T_p + \Delta T \quad (3.3.4)$$

式中 T_t - 试配时要求的坍落度值；

T_p - 入泵时要求的坍落度值；

ΔT - 试验测得在预计时间内的坍落度经时损失值。

4 泵送混凝土供应

4.1 一般规定

4.1.1 泵送混凝土的供应，应根据施工进度、供货量、运输条件等因素编制供应计划，加强通讯联络、调度，确保连续均匀供料。

4.1.2 泵送混凝土宜采用预拌混凝土，也可在现场设混凝土搅拌站供应泵送混凝土；不得采用人工搅拌的混凝土进行泵送。

4.1.3 泵送混凝土的交货检验，应在交货地点进行，并应符合国家现行行业标准《混凝土结构工程施工质量验收规范》GB50204 和《预拌混凝土》GB/T14902 的有关规定。

4.1.4 在冬期拌制泵送混凝土时，除应满足国家现行标准《混凝土结构工程施工质量验收规范》GB50204、《预拌混凝土》GB/T14902 和国家现行行业标准《建筑工程冬期施工规定》JGJ104 的有关规定外，尚应采取冬期施工措施。

4.2 泵送混凝土的拌制

4.2.1 拌制泵送混凝土的搅拌站（楼），应符合国家现行标准《混凝土搅拌站（楼）技术条件》GB10172 的有关规定。采用的搅拌机应符合国家现行标准《混凝土搅拌机技术条件》GB/T9142 的规定。

4.2.2 拌制泵送混凝土前，应按本规程 3.1 的要求检查各种原材料的质量情况，并根据原材料的变化情况及时调整配合比。

4.2.3 拌制泵送混凝土，应按设计配合比对各种原材料进行严格计量，并应符合国家现行标准《预拌混凝土》GB/T14902 的有关规定。

4.2.4 混凝土搅拌时，应按规定顺序进行投料，并且粉煤灰宜与水泥同步，外加剂的添加宜滞后于水和水泥。

4.2.5 泵送混凝土搅拌的最短时间，应符合国家现行标准《预拌混凝土》GB/T14902 的

有关规定。

4.2.6 当前需拌制的混凝土与上一批混凝土配合比不同时,应先将混凝土搅拌装置清洗干净,并排净积水,方可进行拌制。

4.3 泵送混凝土的运送

4.3.1 泵送混凝土宜采用搅拌运输车运送,运输车性能应符合国家现行行业标准《混凝土搅拌运输车》JG/T5094的有关规定。

4.3.2 混凝土泵的实际平均输出量,可根据混凝土泵的最大输出量、配管情况和作业效率,按下式计算:

$$Q_1 = Q_{\max} \cdot \alpha_1 \cdot \eta \quad (4.3.2)$$

式中 Q_1 ——每台混凝土泵的实际平均输出量, m^3/h ;

Q_{\max} ——每台混凝土泵的最大输出量, m^3/h ;

α_1 ——配管条件系数。可取 0.8~0.9;

η ——作业效率。根据混凝土搅拌运输车向混凝土泵供料的间断时间、拆装混凝土输送管和布料停歇等情况,可取 0.5~0.7。

4.3.3 当混凝土泵连续作业时,每台混凝土泵所需配备的混凝土搅拌运输车台数,可按下列式计算:

$$N_1 = \frac{Q_1}{60V_1\eta_v} \left(\frac{60L_1}{S_0} + T_1 \right) \quad (4.3.3)$$

式中 N_1 ——混凝土搅拌运输车台数,其结果取整,小数部分向上修约,台;

Q_1 ——每台混凝土泵的实际平均输出量,按公式 4.3.2 计算, m^3/h ;

V_1 ——每台混凝土搅拌运输车容量, m^3 ;

η_v ——搅拌运输车容量折减系数,可取 0.90~0.95;

S_0 ——混凝土搅拌运输车平均行车速度, km/h ;

L_1 ——混凝土搅拌运输车往返距离, km ;

T_1 ——每台混凝土搅拌运输车总计停歇时间, min 。

4.3.4 混凝土搅拌运输车的现场行驶道路,应符合下列规定:

- 1 宜设置循环行车道,并应满足重车行驶要求;
- 2 车辆出入口处,宜设置交通安全指挥人员;

3 夜间施工时，在交通出入口和运输道路上，应有良好照明。危险区域，应设警戒标志。

4.3.5 混凝土搅拌运输车装料前，必须排净拌筒内积水。混凝土运输和周转过程中，不应往拌筒内加水。

4.3.6 混凝土搅拌运输车在装载混凝土后，拌筒应保持 $3\text{r/min} \sim 6\text{r/min}$ 的慢速转动。

4.3.7 泵送混凝土的运输延续时间应符合按国家现行标准《预拌混凝土》GB/T14902 的有关规定执行。

4.3.8 混凝土搅拌运输车给混凝土泵喂料时，应符合下列要求：

- 1 喂料前，应高速旋转拌筒，总转数不少于 100，使混凝土拌合均匀；
- 2 喂料时，反转卸料应配合泵送均匀进行，且应使混凝土保持在集料斗内高度标志线以上；
- 3 中断喂料作业时，应保持拌筒低速转动；
- 4 泵送混凝土喂料作业应由具备相应能力的专职人员操作，严禁非专职人员操作。
- 5 混凝土泵进料斗上，应安置网筛并设专人监视喂料，以防粒径过大骨料或异物入泵造成堵塞；

4.3.9 严禁将质量不符合泵送要求的混凝土入泵。

4.3.10 混凝土搅拌运输车喂料完毕后，应及时清洗拌筒并排净积水。

5 混凝土泵送设备及管道的选择与布置

5.1 混凝土泵的选型和布置

5.1.1 混凝土泵的选型应根据混凝土工程特点、浇筑工程量大小、最大输送距离、单位时间最大输出量、浇筑进度要求以及施工计划等因素综合考虑确定。

5.1.2 各类混凝土输送管在不同的布置状态时的水平换算长度可按表 5.1.2 选用。

表 5.1.2 混凝土输送管水平换算长度

管类别或布置状态	换算单位	管规格		水平换算长度 (m)
向上垂直管	每米	管径 (mm)	100	3
			125	4
			150	5
倾斜向上管 (倾角 α)	每米	管径 (mm)	100	$\cos \alpha + 3 \sin \alpha$
			125	$\cos \alpha + 4 \sin \alpha$
			150	$\cos \alpha + 5 \sin \alpha$
垂直向下及 倾斜向下管	每米			1
锥形管	每根	锥径变化 (mm)	175→150	4
			150→125	8
			125→100	16
弯管 (张角 $\beta \leq 90^\circ$)	每只	弯曲半径 (mm)	500	$2\beta / 15$
			1000	0.1β
胶管	每根	长 3m~5m		20

5.1.3 混凝土泵的最大水平输送距离，可按下列方法之一确定：

- 1 由试验确定；
- 2 根据混凝土泵的最大出口压力、配管情况、混凝土性能指标和输出量，按附录 B 中的公式 B-1、公式 B-2 计算；
- 3 参照产品的性能表（曲线）确定；

5.1.4 混凝土泵的泵送能力，应符合产品说明书中的有关规定，并可根据产品状况及具体施工情况按下列方法之一进行验算：

- 1 按表 5.1.2 计算的配管整体水平换算长度应不超过由本规程第 5.1.3 条确定的最

大水平泵送距离 L_{\max} ;

2 按附录 B 换算的配管总压力损失应小于混凝土泵正常工作时的最大出口压力。

5.1.5 混凝土泵的台数,可根据混凝土浇筑体积量、单机的实际平均输出量和施工作业时间,按下式计算:

$$N_2 = Q / (Q_1 \cdot T_0) \quad (5.1.5)$$

式中 N_2 ——混凝土泵数量,其结果取整,小数部分向上修约,台;

Q ——混凝土浇筑体积量, m^3 ;

Q_1 ——每台混凝土泵的实际平均输出量, m^3/h ;

T_0 ——混凝土泵送施工作业时间 (h)。

5.1.6 混凝土泵应安装于场地平整坚实、周围道路畅通、接近排水设施和供水、供电、供料方便、距离浇筑地点近、便于配管之处。在混凝土泵的作業范围内,不得有高压电线等危险物。

5.1.7 当高层建筑或远距离采用接力泵送混凝土时,接力泵的设置位置应使上、下泵的输送能力匹配。当在建筑楼面上设置接力泵时,应验算楼面结构承载能力,必要时应采取加固措施。

5.1.8 混凝土泵转移运输时的安全要求,应符合产品说明及有关标准的规定。

5.2 配管设计

5.2.1 应根据工程和施工场地特点、混凝土浇筑方案,对混凝土输送管配管进行合理设计。管路布置宜横平竖直,尽量缩短管路长度,并保证安全施工,便于管道清洗、排除故障和拆装维修。配管设计应绘制布置简图,并列出各种管件和辅件的规格、数量等,提出备件清单。

5.2.2 管路布置中尽可能减少弯管使用数量,除终端出口处采用软管外,其余部位均不宜采用软管。除泵机出口处,同一管路中,应采用相同管径的输送管,不宜使用锥管;当新旧管配合使用时,应将新管布置在泵送压力大的一侧。

5.2.3 混凝土输送管规格应根据粗骨料最大粒径、混凝土输出量和输送距离、以及输送难易程度等进行选择,混凝土输送管应符合《无缝钢管尺寸、外形、重量及允许偏差》GB/T13579的有关规定,常用规格可参照附录 D 选用;输送管强度应与泵送条件相适应,

不得有龟裂、孔洞、凹凸损伤和弯折等缺陷。其接头应密封良好，具有足够强度，并能快速装拆。

5.2.4 垂直向上配管时，地面水平管长度不宜小于垂直管长度的 25%，且不宜小于 15m；在混凝土泵机出料口处应设置截止阀。

5.2.5 泵送施工地下结构物时，地上水平管轴线应与泵机出料口轴线垂直。

5.2.6 倾斜向下配管时，应在斜管上端设排气阀；当高差大于 20m 时，应在斜管下端设 5 倍高差长度的水平管。如条件限制，可增加弯管或环形管，满足 5 倍高差长度要求。

5.2.7 混凝土输送管应可靠地固定，不得直接支承在钢筋、模板及预埋件上，并应符合下列规定：

- 1 水平管的固定支撑宜具有一定离地高度；
- 2 每条垂直管应有二个或二个以上固定点；
- 3 不得将输送管固定在脚手架上，如现场条件受限可另搭设专用支承架；
- 4 垂直管下端的弯管不应作为支承点使用，宜设钢支撑承受垂直管重量；
- 5 管道接头卡箍处不得漏浆。

5.2.8 当输送高度超过混凝土泵的最大输送距离时，可用接力泵进行泵送。接力泵出料的水平管长度应符合本规程第 5.2.4 条的规定，并应注意采取措施使两台泵匹配工作。

5.2.9 炎热季节或冬期施工时，宜采取适当防护措施，以保证泵送混凝土入模时合理温度。

5.2.10 应定期检查管道特别是弯管等部位的磨损情况，以防爆管。

5.2.11 在泵机出口或有人通过之处的管段，应增设安全防护结构。

5.3 布料设备的配置

5.3.1 应根据浇筑混凝土结构平面尺寸、配管情况、布料要求以及布料杆长度合理选择和布置布料设备。

5.3.2 布料设备应安装牢固和稳定，安装基础应进行结构强度校核，满足布料设备的重量和抗倾覆要求。

5.3.3 在布料设备的作业范围内，不得有高压线、塔吊等障碍物。

5.3.4 布料设备在出现雷雨、暴风雨、风力大于 6 级（13.8m/s）等恶劣天气时，不得作业。

5.3.5 布料设备在安装固定、使用时的安全要求，应符合产品安装使用说明书及相关标准的规定。

6 混凝土的泵送与浇筑

6.1 一般规定

6.1.1 模板和支承件的设计及保护，应符合下列规定：

- 1 泵送混凝土结构（构件）的模板和支承件设计，应考虑混凝土泵送浇筑施工所产生的附加作用力，确保模板和支承件有足够的强度、刚度和稳定性；
- 2 模板在混凝土泵送浇筑过程中受到的最大侧压力，按附录C公式取值；
- 3 布料设备不得碰撞或直接搁置在模板上，手动布料杆下的模板和支承件应加固。

6.1.2 手动布料杆安装位置的工程结构钢筋骨架的保护，应符合下列规定：

- 1 手动布料杆应设钢支座架空，不得直接支承在钢筋骨架上；
- 2 板配筋宜采用钢筋焊接网片，并宜加密水平钢筋支架。
- 3 浇筑混凝土时，钢筋骨架一旦变形或移位，应及时纠正。

6.1.3 混凝土泵送施工现场，应统一组织施工，设置专人指挥和调度。

6.2 混凝土的泵送

6.2.1 混凝土泵的操作人员必须经过专门培训，并获得资格证书方可上岗操作。

6.2.2 混凝土泵的操作，应严格按使用说明书和专门编制的操作要点执行。

6.2.3 泵送混凝土时，混凝土泵的支腿应伸出调平，支撑牢固，并插好安全销。

6.2.4 混凝土泵与输送管连通后，应对其进行全面检查；符合要求后，应开机空载试运转。

6.2.5 混凝土泵启动后，应先泵送适量水以湿润混凝土泵的料斗、活塞及输送管的内壁等直接与混凝土接触部位。

6.2.6 经泵送清水检查，确认混凝土泵和输送管中无异物后，应选用下列浆液中的一种润滑混凝土泵和输送管内壁：

- 1 水泥净浆；
- 2 1:2水泥砂浆；
- 3 与混凝土内除粗骨料外的其他成份相同配合比的水泥砂浆。

润滑用浆料泵出后应分散布料，不得集中浇筑在同一处。

6.2.7 开始泵送时，混凝土泵应处于匀速缓慢运行并随时可反泵的状态。泵送速度应先慢后快，逐步加速。同时，应观察混凝土泵的压力和各系统的工作情况，待各系统运转正常后，方可以正常速度进行泵送。

6.2.8 混凝土泵送应连续进行。如因故必须中断时，其中断时间不得超过混凝土从搅拌至浇筑完毕所允许的延续时间。在混凝土泵送过程中，有计划中断时，应在预先确定的中断浇筑部位，停止泵送；且中断时间不宜超过 1h。

6.2.9 泵送混凝土时，水箱或活塞清洗室中应保持充满水。

6.2.10 在混凝土泵送过程中，若需加接 3m 以上(含 3m)的输送管时，仍应预先用水或本规程 6.2.6 所述浆液对管道内壁进行湿润和润滑。

6.2.11 混凝土泵送过程中，不得把拆下的输送管内的混凝土撒落在未浇筑的地方。

6.2.12 当混凝土泵出现压力升高且不稳定、油温升高、输送管明显振动等现象而泵送困难时，不得强行泵送，并应立即查明原因，采取措施排除故障。

6.2.13 当输送管被堵塞时，宜采取下列方法排除：

- 1 重复进行反泵和正泵，逐步吸出混凝土至料斗中，重新搅拌后泵送；
- 2 用木槌敲击等方法，查明堵塞部位，将混凝土振松后，重复进行反泵和正泵，排除堵塞；
- 3 当上述两种方法无效时，应在混凝土卸压后，拆除堵塞部位的输送管，排出混凝土堵塞物后，方可接管，新接管道也应提前润湿。

6.2.14 当混凝土泵送出现非堵塞性中断浇筑时，宜进行慢速间歇泵送，每隔 4~5min 进行两个行程反泵，再进行两个行程正泵。

6.2.15 排除堵塞后重新泵送或清洗混凝土泵时，布料设备的出口应朝安全方向，以防堵塞物或废浆高速飞出伤人。

6.2.16 向下泵送混凝土时，应采取措施排除管内空气。

6.2.17 混凝土泵送即将结束前，应准确计算尚需用的混凝土方量，并应及时告知混凝土

搅拌站。

6.2.18 泵送过程中，废弃的和泵送终止时多余的混凝土，应按预先确定的处理方法和场所，及时进行妥善处理。

6.2.19 泵送完毕时，应及时将混凝土泵和输送管清洗干净。

6.2.20 当多台混凝土泵同时泵送或与其他输送方法组合输送混凝土时，应预先规定各自的输送能力、浇筑区域和浇筑顺序。并应分工明确、互相配合、统一指挥。

6.3 泵送混凝土的浇筑

6.3.1 应根据工程结构特点、平面形状和几何尺寸、混凝土供应和泵送设备能力、劳动力和管理能力，以及周围场地大小等条件，预先划分好混凝土浇筑区域。

6.3.2 混凝土的浇筑顺序，应符合下列规定：

- 1 当采用输送管输送混凝土时，宜由远而近浇筑；
- 2 同一区域的混凝土，应按先竖向结构后水平结构的顺序，分层连续浇筑；
- 3 当不允许留施工缝时，区域之间、上下层之间的混凝土浇筑间歇时间，不得超过混凝土从搅拌至浇筑完毕所允许的延续时间；
- 4 当下层混凝土初凝后，浇筑上层混凝土时，应按留施工缝的规定处理。

6.3.3 混凝土的布料方法，应符合下列规定：

- 1 在浇筑竖向结构混凝土时，布料设备的出口离模板内侧面不应小于 50mm，且不得向模板内侧面直冲布料，也不得直冲钢筋骨架；
- 2 浇筑水平结构混凝土时，并不得在同一处连续布料，应在 2~3m 范围内水平移动布料，且宜垂直于模板布料。
- 3 混凝土落料高度不宜大于 2m。

6.3.4 混凝土浇筑分层厚度，宜为 300~500mm。当水平结构的混凝土浇筑厚度大于 500mm 时，可按 1:6~1:10 坡度分层浇筑，且上层混凝土应超前覆盖下层混凝土 500mm 以上。

6.3.5 振捣泵送混凝土时，振捣棒移动间距宜为 400mm 左右，振捣时间宜为 15 s~30 s，且隔 20min~30min 后，进行第二次复振。

6.3.6 对于有预留洞、预埋件和钢筋过密的部位，应预先编制技术措施，确保顺利布料和振捣密实。在浇筑混凝土时，应跟踪检查，当发现混凝土有不密实等现象，应立即采取

措施予以纠正。

6.3.7 泵送混凝土的浇筑尚应符合国家现行标准《混凝土结构工程施工质量验收规范》GB50204 的有关规定。

7 泵送混凝土质量控制

7.0.1 泵送混凝土的原材料质量应符合国家现行标准《混凝土结构工程施工质量验收规范》GB50204 规定，并经检验合格后方可使用。

7.0.2 泵送混凝土的原材料储存应符合国家现行标准《预拌混凝土》GB/T14902 的有关规定，原材料的储备量应满足泵送要求。

7.0.3 泵送混凝土原材料的计量允许偏差，应符合国家现行标准《预拌混凝土》GB/T14902 的有关计量的规定。

7.0.4 泵送混凝土的质量应符合本规程 3.3 节规定。

7.0.5 泵送混凝土的质量控制，应符合下列要求：

- 1 混凝土的可泵性，应符合第 3.3.2 条的规定，满足泵送要求；
- 2 混凝土入泵时的坍落度及其误差，应符合表 7.0.5 的规定；
- 3 混凝土强度的检验评定，应符合《混凝土强度检验评定标准》GB50107 的规定；
- 4 其他质量要求，应符合《预拌混凝土》及相应标准的有关规定。

表 7.0.5 混凝土坍落度允许误差

所需坍落度 (cm)	坍落度允许误差 (cm)
10~16	±2
> 16	±3

7.0.6 泵送混凝土质量检查，应按国家现行标准《混凝土结构工程施工质量验收规范》GB50204 的有关规定进行。用作评定结构或构件混凝土强度质量的试件，应在浇筑地点取样、制作，且混凝土的取样、试件制作、养护和试验均应符合国家现行标准《混凝土强度检验评定标准》GB50107 规定。

7.0.7 泵送混凝土试验方法，除压力泌水宜按本规程附录 E 的方法试验，并按本规程第 3.2.3 条的规定控制混凝土的可泵性外，其他项目的试验均应按国家现行标准《普通混凝土拌合物性能试验方法标准》GB/T50080 及《预拌混凝土》GB/T14902 的有关规定进行。

7.0.8 当泵送混凝土出现泌水、离析现象，难以泵送和浇注时，应立即对配合比、混凝土泵、配管、泵送工艺等重新进行检查，并采取相应措施。

7.0.9 应结合施工现场具体情况，建立质量控制保证体系，对材料、设备、泵送工艺、混凝土强度等进行系统的科学管理。

8 高强混凝土泵送

8.1 一般规定

8.1.1 与高强混凝土泵送相关而又在本章未作规定的项目,应符合本规程的其他规定及国家现行行业标准《普通混凝土配合比设计规程》JGJ55的有关规定。

8.1.2 高强泵送混凝土的配制与施工,必须在合同中明确各项技术参数。混凝土生产和施工单位必须有严格的质量控制和质量保证体系,通过对原材料的质量检验与控制、混凝土配合比的确定与控制、混凝土生产和施工过程中各工序的质量检验和控制,以及合格性检验控制,使高强泵送混凝土质量符合规定要求。

8.1.3 对初次从事高强度泵送混凝土施工的单位,必须要在有经验的专业技术人员指导下进行施工。

8.2 原材料

8.2.1 配制高强泵送混凝土应选用质量稳定、强度等级不低于 42.5 级的硅酸盐水泥或普通硅酸盐水泥:

8.2.2 配制高强泵送混凝土应掺加活性较好的矿渣微粉、优质粉煤灰、硅粉等优质掺合料,且宜使用复合掺合料。掺用的矿渣微粉应符合表 8.2.2-1 所规定的品质指标,掺用的粉煤灰应符合国家现行标准《用于水泥和混凝土中的粉煤灰》GB1596 中规定的 I 级灰的标准,掺用的硅粉应符合表 8.2.2-2 所规定的品质指标。采用其它复合掺合材料配制高强泵送混凝土时必须通过试验,且复合掺合料的技术参数和性能必须符合有关标准和规程的规定。

表 8.2.2-1 配制高强泵送混凝土所用的矿渣微粉的品质指标

密度, g/cm ³		>2.8
比表面积, m ² /kg		>580
活性指数, %	7d	≥95
	28d	≥115
流动度比, %		>90
烧失量, %		<3
三氧化硫, %		<4.0
氯离子, %		<0.02

表 8.2.2-2 配制高强泵送混凝土所用的硅粉的品质指标

密度, g/cm ³	2.2
比表面积 (BET-N ₂ 吸附法), m ² /kg	18000
活性无定形 SiO ₂ 含量, %	90
平均粒径, μm	0.1-0.2

8.2.3 细骨料应使用中砂,宜选用质地坚硬、级配良好的河砂。其含泥量不应大于 1%,细度模数宜大于 2.6,对 0.315mm 筛孔的通过量不应少于 15%,对 0.16mm 筛孔的通过量不应少于 5%。

8.2.4 粗骨料应选用质地坚硬的岩石,骨料母材的抗压强度不应小于混凝土强度标准值的 1.3 倍。粗骨料中不得混入风化颗粒,含泥量不应超过 0.5%,泥块含量不宜大于 0.2%。粗骨料最大粒径不应超过 25mm,针、片状颗粒含量不应大于 5%,压碎指标值不应大于 7%。

8.2.5 配制高强泵送混凝土必须使用高效减水剂,或由高效减水剂复配的泵送剂。高效减水剂的质量应符合《混凝土外加剂质量标准》GB8076 的规定。当采用复配的泵送剂时,其产品必须经过严格检测,并有相应质量证明书,使用前还应通过试验确认其性能及效果。

8.2.6 配制高强泵送混凝土所用的胶凝材料总量不宜超过 600kg/m³。用矿渣微粉作掺合料时,掺量不宜超过胶凝材料总量的 40%,用粉煤灰作掺合料时,掺量不宜超过胶凝材料总量的 30%。当采用二种以上掺合料复合时,掺合料总量不宜超过胶凝材料总量的 40%。

8.2.7 配制高强度混凝土的水胶比不宜大于 0.38。

8.2.8 高强泵送混凝土的工作性和坍落度经时损失宜采用复合外加剂进行调节,但复合外加剂的掺量必须经试配决定。

8.2.9 拌制高强泵送混凝土所用的各种原材料及配合比,应严格复验、审定。

8.3 拌制

8.3.1 高强泵送混凝土的拌制,必须在具有自动计量和微机控制的搅拌站(楼)进行。计量设备的精度应满足国家现行标准《混凝土搅拌站(楼)技术条件》GB10172 的有关规定,并经法定计量部门检定。每次拌制高强泵送混凝土前,应对计量设备进行零点校核。

8.3.2 拌制高强泵送混凝土必须使用强制式搅拌机。

8.3.3 高强泵送混凝土的搅拌应采用分批投料,拌和用水的加入应采用滞水工艺,并比普通混凝土延长搅拌时间 20 s ~ 30s。搅拌过程应由微机控制,自动完成。控制程序应通过试验确定。

8.3.4 高强泵送混凝土每次搅拌前，应对使用的配合比、原材料的品种规格、称量计量值、搅拌程序核对无误后，方能开机，并应做好记录。搅拌中如有交接班，应做好交接记录。

8.3.5 拌制高强泵送混凝土时，不得在同一时段内，使用同一台搅拌机拌制其它不同强度等级的混凝土。

8.3.6 高强泵送混凝土的入泵坍落度不宜小于 16cm。搅拌高强泵送混凝土必须加强目测检查，并按有关规定，对出机混凝土进行坍落度测试和经时坍落度损失的测定，其值必须符合设计要求。

8.3.7 新拌高强泵送混凝土质量的检查，应包括以下内容：

- 1 原材料的品种、规格和用量；
- 2 混凝土配合比、搅拌程序和搅拌时间；
- 3 新拌混凝土的和易性、粘聚型和保水性；
- 4 新拌混凝土的出机坍落度、浇筑现场入泵坍落度；
- 5 合同规定的其它内容。

8.3.8 高强泵送混凝土新拌混凝土质量的检测频率，应符合国家现行标准《预拌混凝土》GB14902 的规定，并应根据现场具体情况增加检测频率，检测要做好相应记录。

8.4 泵送和浇筑

8.4.1 高强泵送混凝土应根据混凝土强度等级和泵送高度选用泵的类型。混凝土强度等级 C70~C80 的或泵送高度大于 30m 以上的高强泵送混凝土宜选用固定泵进行泵送。

8.4.2 向下泵送混凝土时，配管的倾斜度不宜大于 12°。

8.4.3 高强混凝土浇筑成型后，应及时进行养护，保持混凝土表面湿润养护不应少于 14 天。高强大体积混凝土的养护，宜采用覆盖物进行保温保湿养护。保温养护时间应根据混凝土测温情况来确定，混凝土内部与表面的温差不宜大于 25℃。

附录 A 粗、细骨料最佳级配图

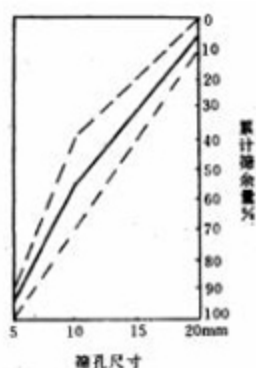


图 A-1 粗骨料 5~20mm
最佳级配图

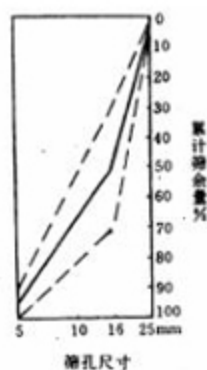


图 A-2 粗骨料 5~25mm
最佳级配图

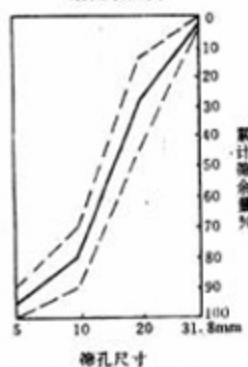


图 A-3 粗骨料 5~31.5mm
最佳级配图

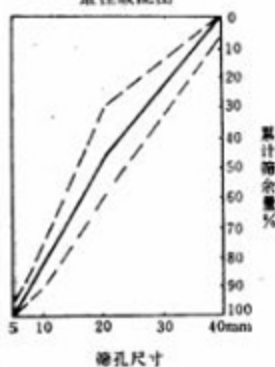


图 A-4 粗骨料 5~40mm
最佳级配图

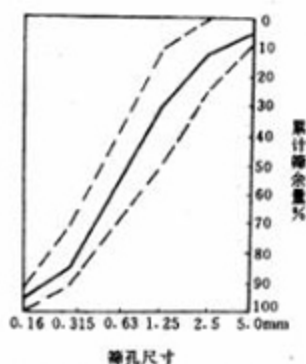


图 A-5 细骨料最佳级配图

- 注：1、粗实线为最佳级配线；
2、两条虚线之间区域为适宜泵送区；
3、粗、细骨料最佳级配区宜尽可能接近二条虚线之间范围的中间区域。

附录 B 混凝土泵最大水平输送距离计算公式

表 B 混凝土泵送的换算压力损失

管件名称		换算量	换算压力损失 (MPa)
水平管		每 20m	0.1
垂直管		每 5m	0.1
45° 弯管		每只	0.05
90° 弯管		每只	0.1
管道接环 (管卡)		每只	0.1
管路截止阀		每个	0.05
3.5m 橡皮软管		每根	0.2
泵体附属结构	Y 形管 (175→125mm)	每根	0.05
	分配阀	每个	0.2
	起动内耗	每台泵	1

$$L_{\max} = \frac{P_{\max}}{\Delta P_H} \quad (\text{B-1})$$

$$\Delta P_H = \frac{2}{r_0} \left[K_1 + K_2 \left(1 + \frac{t_2}{t_1} \right) V_2 \right] a_r \quad (\text{B-2})$$

$$K_1 = (3.00 - 0.1S_1) \times 10^2 \quad (\text{B-3})$$

$$K_2 = (4.00 - 0.1S_1) \times 10^2 \quad (\text{B-4})$$

式中 L_{\max} ——混凝土泵的最大水平输送距离, m;

P_{\max} ——混凝土泵的最大出口压力, Pa;

ΔP_H ——混凝土在水平输送管内流动每米产生的压力损失, Pa/m;

r_0 ——混凝土输送管半径, m;

K_1 ——粘着系数, Pa;

K_2 ——速度系数, Pa · s/m;

S_1 ——混凝土坍落度, cm;

$\frac{t_2}{t_1}$ ——混凝土泵分配阀切换时间与活塞推压混凝土时间之比, 一般取 0.3;

V_2 ——混凝土拌合物在输送管内的平均流速, m/s;

a_r ——径向压力与轴向压力之比, 对普通混凝土取 0.90。

注: 1 ΔP_H 值亦可用其他方法确定, 且宜通过试验验证。

2 高强混凝土泵送阻力宜通过试泵送测算, 本附录不适用。

附录 C 模板最大侧压力计算公式

采用内部振捣器时，新浇筑的混凝土作用于模板的最大侧压力，可按下列二式计算，并取二式中的较小值。

$$F=0.22 \gamma t_0 \beta_1 \beta_2 V^{1/2} \quad (C-1)$$

$$F=\gamma * H \quad (C-2)$$

式中 F ——新浇筑混凝土对模板的最大侧压力， kN/m^2 ；

γ ——混凝土重力密度， kN/m^3 ；

t_0 ——新浇筑混凝土的初凝时间， h ；

其取值可按实测确定，当缺乏试验资料时，可采用 $t_0=200/(T+15)$ 计算， T 为混凝土的温度， $^{\circ}\text{C}$ ；

V ——混凝土的浇筑速度， m/h ；

H ——混凝土侧压力计算位置处至新浇筑混凝土顶面的总高度， m ；

β_1 ——外加剂影响修正系数；

不掺外加剂时取 1.0，掺加具有缓凝作用的外加剂时取 1.2；

β_2 ——混凝土坍落度修正系数；

当坍落度小于 10cm 时，取 1.10；大于或等于 10cm 时，取 1.15。

附录 D 常用混凝土输送管规格和管径与粗骨料最大粒径的关系

表 D-1 常用混凝土输送管规格

单位: mm

管规格	100	125	150
公称外径	114	140	159
壁 厚	4.5	5.0	6
内 径	105	130	147

表 D-2 混凝土输送管管径与粗骨料最大粒径的关系

粗骨料最大粒径 (mm)		输送管最小管径 (mm)
卵石	碎石	
31.5	20	100
40	31.5	125
50	40	150

附录 E 泵送混凝土压力泌水试验

E.0.1 本项试验适用于泵送混凝土施工时,测定混凝土压力泌水率。

E.0.2 试验仪器采用普通混凝土压力泌水仪。

E.0.3 试验可按照国家现行标准《混凝土泵送剂》进行,试样采取可按国家现行标准《预拌混凝土》有关规定进行,每三罐为一组试样。

E.0.4 相对泌水率 S_{10} 应按下式计算:

$$S_{10} = \frac{V_{10}}{V_{140}} \quad (\text{E.0.4})$$

式中 S_{10} ——混凝土加压至 10s 时的相对泌水率(%)；

S_{10} 取三次试验结果的平均值,精确到 1%；

V_{10} 、 V_{140} ——混凝土加压至 10 s 和 140 s 时的泌水量, mL; V_{10} 、 V_{140} 均取三次试验结果的平均值,精确到整数位。

附录 F 本规程用词说明

F.0.1 为便于在执行本规程条文时区别对待,对于要求严格程度不同的用词说明如下:

1、表示很严格,非这样做不可的用词

正面词采用“必须”,反面词采用“严禁”;

2、表示严格,在正常情况下均应这样做的用词

正面词采用“应”,反面词采用“不应”或“不得”;

3、对表示允许稍有选择,在条件许可时首先应这样做的用词:

正面词采用“宜”或“可”,反面词采用“不宜”。

F.02 条文中指明必须按其他有关标准执行的写法为,“应按……执行”或“应符合……的要求(或规定)”。

附录 G 引用标准名录

GB1344	矿渣硅酸盐水泥和粉煤灰硅酸盐水泥、火山灰质硅酸盐水泥
GB1596	用于水泥和混凝土中的粉煤灰
GB8076	混凝土外加剂
GB10172	混凝土搅拌站（楼）技术条件
GB50107	混凝土强度检验评定标准
GB50204	混凝土结构工程施工质量验收规程
GB/T175	硅酸盐水泥、普通硅酸盐水泥
GB/T1596	用于水泥和混凝土中的粉煤灰
GB/T9142	混凝土搅拌机技术条件
GB/T13579	无缝钢管尺寸、外形、重量及允许偏差
GB/T14902	预拌混凝土
GB/T50080	普通混凝土拌合物性能试验方法标准
JGJ28	粉煤灰在混凝土和砂浆中应用技术规程
JGJ52	普通混凝土用砂、石质量及检验方法标准
JGJ53	普通混凝土用碎石或卵石质量标准及检验方法
JGJ55	普通混凝土配合比设计规程
JGJ63	混凝土拌合用水标准
JGJ104	建筑工程冬期施工规定
JC473	混凝土泵送剂
JG/T5094	混凝土搅拌运输车

中华人民共和国行业标准

混凝土泵送施工技术规范

JGJ/T 10 - 2011

条文说明

2011 年 北京

前 言

《混凝土泵送施工技术规范》(JGJ/T 10-2011), 经住房和城乡建设部 2012 年 03 月 01 日以第 1061 号公告批准发布。

本标准第一版的主编单位是中国建筑科学研究院, 参编单位是北京市第五建筑工程公司、上海市第八建筑工程公司、同济大学、湖北建设机械厂。

为便于广大设计、施工、科研、学校等单位的有关人员在使用本规程时能正确理解和执行条文规定,《混凝土泵送施工技术规范》编制组按章、节、条顺序编制了本规程的条文说明, 供使用者参考。在使用中如发现本条文说明有不妥之处, 请将意见函寄中国建筑科学研究院建筑机械化研究分院。

地址: 河北省廊坊市金光道 61 号

邮编: 065000

1 总则

1.0.2 鉴于我国在市政（包括路桥、隧道、地铁等）、水利水电等工程中已成功地应用混凝土泵送施工，故在本规程适用范围中，列入该类工程，以便推广应用混凝土泵送施工。

因轻骨料混凝土泵送存在一些特殊性，在我国缺乏试验研究且工程实践较少，故不包括轻骨料混凝土泵送。

根据目前技术形势，本次修订新增了高强混凝土泵送施工的相关内容，但所收集到的国内泵送混凝土试验研究和工程实践经验资料混凝土强度等级大部分在 C80 以下，故本规程主要适用于 C80 以下的混凝土泵送。对 C80 以上混凝土的泵送需要注意积累资料、总结经验，以便进一步改进和完善。

1.0.3 混凝土泵送施工一般应连续进行，对混凝土泵输送管的选择布置，泵送混凝土供应，混凝土泵送与浇筑等要求较高，且均需在施工组织设计中充分考虑，故混凝土泵送施工应有严密的施工组织设计。

1.0.4 混凝土泵送施工时的技术、安全、劳动保护、防火等要求，必须符合国家现行有关标准的规定。

3 泵送混凝土原材料和配合比

3.1 泵送混凝土原材料

3.1.1 水泥品种对混凝土可泵性有一定影响。一般以采用硅酸盐、普通硅酸盐水泥以及矿渣硅酸盐水泥、粉煤灰硅酸盐水泥为宜，但均应符合相应标准的规定。

国外一般不用矿渣水泥，但我国大量工程实践证明：对矿渣硅酸盐水泥，采用适当提高砂率，降低坍落度，掺加粉煤灰，提高保水性等技术措施，对降低水泥水化热，防止温差引起的开裂是有利的。

3.1.2 控制粗骨料最大粒径与输送管径之比，主要是防止混凝土泵送时管道堵塞。针片状颗粒含量对混凝土可泵性影响很大。当针片状颗粒含量多和石子级配不好时，输送管道弯头处的管壁往往易磨损或泵裂。针片状颗粒一旦横在输送管中，容易造成输送管堵管。各地的泵送经验表明：出现堵管事故时，针片状颗粒含量一般都在 10% 以上。上海展览中心北馆工程混凝土泵送时，按日本工业标准（JIS）规范控制针片状颗粒含量小于 10% 时，混凝土能顺利泵送，故控制针片状颗粒含量不宜大于 10%。确定粗骨料的最佳级配曲线的主要依据是：

- (1) 英国悉尼·明德斯和美国 J·弗朗西斯·扬二位教授提出的理论：泵送混凝土粗细骨料的颗粒级配都应尽可能接近 ASTM C33（美国材料试验协会“混凝土集料标准技术规范”）规定级配范围的中间区域
- (2) 我国多个地区等地混凝土泵送施工时的实际骨料级配曲线，按国家现行行业标准《普通混凝土用碎石或卵石质量标准及检验方法》JGJ53 中所规定的碎石或卵石的颗粒级配范围的中部区域。

3.1.3 通过 0.315mm 筛孔砂的含量对混凝土可泵性影响很大。此值不能太小，过低输送管易阻塞。确定细骨料的最佳级配图的主要依据是：(1) 英、美学者提出的理论：细骨料最佳级配线应尽可能接近砂的级配范围的中部区域；(2) 《普通混凝土用砂质量及检验方法标准》JGJ52 的规定；(3) 《混凝土泵送剂》JC473 中规定采用 JGJ52 标准规定的二区级配；

3.1.5-3.1.6 泵送混凝土中掺用外加剂和矿物掺合料（简称“双掺”）对提高混凝土的可泵性十分有利，同时还可节约水泥，故将“双掺”列入规程，但均需符合相应标准的规定。

3.2 泵送混凝土配合比

3.2.1 在泵压作用下，混凝土拌合物通过管道输送，这是泵送混凝土的显著特点。泵送混凝土应满足可泵性要求，这是与普通混凝土配合比设计的主要不同之处。

3.2.2 确定泵送混凝土的配合比时，仍可采取用普通方法施工的混凝土配合比设计方法，故泵送混凝土配合比设计应符合普通混凝土配合比设计有关标准的规定。但还需考虑混凝土拌合物在泵压作用下的管道输送的特点，在水泥用量、坍落度、砂率等方面应予以特殊处理，并根据具体泵送条件（材料、设备、气温等）经试配确定配合比。如果缺乏经验，必要时尚应通过试泵送确定配合比。

3.2.6 无论何种外加剂，对水泥都存在相容性问题。原材料改变、试验条件不同，都会影响外加剂的掺量。因此，泵送混凝土所掺外加剂应符合《混凝土泵送剂》的规定。同时其品种和掺量应由试验确定，不得随意使用，以免影响混凝土质量。

3.2.7 泵送混凝土中适当的含气量还可起到润滑作用，对提高混凝土的和易性和可泵性有利，但含气量太大则混凝土强度就下降。一般情况下，含气量提高 1%，混凝土强度下降约 6%，故对含气量应加以限制。根据日本、德国及国内经验，规定掺用引气型外加剂的泵送混凝土的含气量不宜大于 4%。

3.2.8 掺粉煤灰的混凝土配合比设计，必须经过试配确定并应符合现行有关标准的规定，其主要理由是：（1）粉煤灰的质量对混凝土的强度影响很大。我国目前因受分选技术条件的限制，一般原状粉煤灰的品质参数不稳定，不能满足结构混凝土的要求，故需磨细并应符合相应标准的要求；（2）粉煤灰在泵送混凝土中的应用离不开“双掺技术”。粉煤灰与外加剂应相适应，且同时掺用均应达到预期效果。故掺粉煤灰时，外加剂的选用务必先通过试验；（3）粉煤灰对混凝土的早期强度、抗冻性及钢筋的防锈存在微小不利影响，故应通过试验严格控制粉煤灰的最大掺量，合理确定粉煤灰掺量，限制其不利影响。粉煤灰的最佳掺量应根据所用水泥的品种、不同的工程对象、施工工艺通过试验确定。

4 泵送混凝土供应

4.1 一般规定

4.1.1 泵送混凝土的连续均匀供应是为了确保符合《混凝土结构工程施工质量验收规范》GB50204 的规定：混凝土的供应，必需保证混凝土泵能连续工作。为此，应按工程施工组织设计，制定泵送混凝土施工方案，在此基础上编制混凝土供应计划。影响混凝土供应计划能否实现的主要因素是：混凝土搅拌站、搅拌运输车，混凝土泵及其他附属设备的技术状况是否完好，上述设备的技术性能是否匹配和满足供应计划要求，以及混凝土的原材料供应情况，混凝土供应期间的气候条件和道路交通条件，混凝土泵作业时排量的选定等。总之，保证混凝土泵能够连续作业的主要目的就是要确保混凝土泵送浇注质量和混凝土输送管路不因混凝土供应中断时间过长，而发生堵塞事故。

4.1.2 目前根据国家四部委的规定，非城市城区也可能在现场设砼搅拌站；禁止采用手工搅拌的混凝土进行泵送的理由是：（1）人工拌制的混凝土质量，由于计量不准确和拌合手段不符合要求，混凝土质量不能满足设计配合比的质量要求；（2）人工搅拌混凝土的速度不能满足当前混凝土输送泵的最低排量的技术性能，故不能保证混凝土泵送连续工作。此时，混凝土输送管路会因混凝土供应中断频率太高而发生堵塞事故；（3）人工搅拌的混凝土不经济且劳动强度大。

混凝土的地点。交货检验系指在交货地点对预拌混凝土质量进行的检验。对于现场拌制的泵送混凝土供料检验，也应按《预拌混凝土》的有关规定执行。

4.2 泵送混凝土的拌制

4.2.2 针对我国的实际情况，尤其应注意检查粗骨料质量。

4.2.4 一般混凝土在搅拌站的拌制程序，均由控制系统按已设定的投料程序投料，也可以按混凝土配合比的设计要求，改变投料程序。外加剂滞后于水的加入，可以使水泥粒子表面先形成水化物层以减少对外加剂的吸附量，加强硫化效果，降低混凝土坍落度损失。对于外加剂的添加程序，如果混凝土搅拌站带有外加剂添加装置，就应按混凝土设计配合比要求，制定投料程序并编入控制系统实现自动投料，以确保混凝土的拌合质量。如果混凝土搅拌站没有外加剂添加装置，无论采用什么添加方法，都应该按混凝土设计配合比要求的程序添加，以确保混凝土的拌合质量，使混凝土泵送作业顺利进行。

4.2.5 国内目前使用混凝土搅拌站（带固定式混凝土搅拌机）和混凝土配料站（无混凝土搅拌装置）两种类型的设备。使用带固定式混凝土搅拌机的混凝土搅拌站自然要按其设备技术要求的时间拌合混凝土。而运送这种混凝土采用搅拌运输车时，其搅拌的最短时间应符合设备技术说明书的有关规定。使用混凝土配料站配料利用搅拌运输车拌制预拌混凝土时，这种搅拌运输车必须是为拌合生料而设计的专用车型，其拌筒、铰刀和车辆结构均有特定要求，其混凝土搅拌的最短时间应符合设备技术说明书的有关规定，以便保证混凝土质量，使泵送混凝土作业顺利进行。

4.2.6 为确保泵送混凝土符合设计配合比的准确度，必须在全部完成一种配合比的混凝土拌制作业后，对混凝土搅拌机的拌筒进行彻底清洗、排除积水。否则，下一种配合比的泵送混凝土质量就很难保证。

4.3 泵送混凝土的运送

4.3.1 根据《预拌混凝土》GB/T14902 对运输车的要求和泵送混凝土坍落度一般均大于80mm，为使泵送混凝土在运输过程中不产生分层离析现象，确保泵送混凝土的质量和顺利泵送，故泵送混凝土宜采用搅拌运输车运送。

4.3.3 为了保证泵送混凝土的连续供应，混凝土搅拌车的运输能力应大于泵送量。由于混凝土运输过程受交通条件的影响比较大，我国大中城市的交通状况比较差，尤其是繁华的闹市区进行泵送混凝土施工，交通条件更为恶劣，因此往往会出现用此公式计算确定的车辆台数与实际需求量不符。由于交通不畅混凝土泵待料和施工准备条件不足造成间歇停泵，使混凝土搅拌运输车辆积压的现象也时有发生。因此建议通过通讯联络，加强车辆调度及时解决车辆积压问题。为解决因交通不畅致使混凝土泵待料问题，应在利用上述公式选定所需台数的基础上，宜适当安排1~2台储备机动车辆。

4.3.4 考虑混凝土搅拌运输车的自重、载重及施工时的倒车、调度等因素，其应满足重车行使要求，且宜循环设置行车道，尽量避免交会车。

4.3.5 混凝土搅拌站每次为混凝土搅拌运输车提供的预拌混凝土都要符合泵送混凝土的设计配合比（包括用水量），而残留在混凝土搅拌运输车中的积水，如果不清除掉，无疑会改变混凝土的设计配合比，使混凝土质量得不到保障。同样的原因，混凝土搅拌运输车在行使过程中，给混凝土泵喂料前和喂料过程中更不能随意往拌筒内加水。

4.3.6 本条规定的目的是为确保预拌混凝土在运输及停驶中的拌合质量。目前国内使用的混凝土搅拌运输车,有的是拌筒转动单由一台发动机驱动;有的是由汽车发动机提供动力驱动。这两种混凝土搅拌运输车,驾驶人员应特别注意拌筒转动情况,以保证混凝土在运输过程中的质量符合设计配合比要求。

4.3.8 第1款是一条较为重要的规定。在混凝土搅拌运输车运输过程中,由于拌筒转速受到限制,对于已拌合混凝土,其均匀性在筒内可能发生变化;对于未拌合混凝土,它在筒内可能得不到充分的拌合。因此,为了确保泵送混凝土经过运输后能够符合设计配合比及泵送要求并保证质量,使混凝土泵送作业顺利进行,混凝土搅拌运输车应在给混凝土泵喂料前进行中、高速旋转拌筒,以使混凝土在拌筒内拌合均匀。关于中、高速旋转拌筒的时间,应根据不同混凝土搅拌车的具体要求和实际泵送混凝土的作业情况而定。

第2款规定喂料时,应使混凝土保持在集料斗内高度标线以上,以避免空气进入泵管,引起“空气锁”,导致活塞润滑不足而增加磨损。

5 混凝土泵送设备及管道的选择与布置

5.1 混凝土泵的选型和布置

5.1.3 在泵送混凝土施工中,有时需确定混凝土泵的最大输送距离,以便确定其是否满足施工要求。如具备试验条件,试验确定最可靠。否则,可参照产品的性能表(曲线)确定;亦可按实际配管情况,利用 5.1.2 的规定换算成水平换算长度;根据混凝土泵的最大压力和单位长度水平管产生的压力损失,计算最大输送距离。

单位长度水平管产生的压力损失的确定,主要可供参考的有以下几种方法:

1. 日本建筑学会提供的计算图表

输送普通混凝土时单位长度水平管的压力损失 (10^5Pa/m) 表 1

混凝土坍落度 (mm)	管 径 (mm)	输 出 量 (m^3/h)				
		20	30	40	50	60
80	100	0.18	0.21	0.24	0.28	0.32
	125	0.11	0.12	0.13	0.15	0.17
120	100	0.15	0.18	0.21	0.25	0.28
	125	0.10	0.11	0.12	0.13	0.14
150	100	0.12	0.15	0.18	0.21	0.24
	125	0.09	0.10	0.11	0.12	0.13
180	100	0.10	0.12	0.14	0.17	0.20
	125	0.07	0.08	0.09	0.10	0.11
210	100	0.08	0.10	0.12	0.14	0.16
	125	0.05	0.06	0.07	0.08	0.09

2. S·Morinaga 公式

$$\Delta P_0 = \frac{2}{r} (K_1 + K_2 \left(1 + \frac{t_2}{t_1}\right) V) \alpha$$

式中 ΔP_0 —每米长水平管的压力损失(Pa/m);

r —输送管半径(m);

K_1 —粘着系数(Pa)；

$$K_1 = (3.0 - 0.10S_1) \cdot 10^7;$$

K_2 —速度系数(Pa · s/m)；

$$K_2 = (4.0 - 0.10S_1) \cdot 10^7;$$

S_1 —混凝土坍落度(cm)；

$\frac{t_2}{t_1}$ —分配阀的切换时间与活塞推压混凝土时间之比，一般为 0.30；

V —混凝土在输送管内的平均流速(m/s)；

α —混凝土径向压力与轴向压力之比，普通混凝土约为 0.90。

$\frac{t_2}{t_1}$ —分配阀的切换时间与活塞推压混凝土时间之比，取值为 0.20；

上述两种方法计算所得的结果如下表所示：

不同计算方法求得的单位长度水平管的压力损失 (10^5Pa/m) 表 2

管径	坍落度(mm)	输出量(m^3 /h)	图表	S · Morinaga 公式
$\Phi 125$	80	50	0.15	0.18
		60	0.17	0.21
	150	50	0.12	0.14
		60	0.13	0.16
	210	50	0.08	0.10
		60	0.09	0.11

5.1.5 重要工程的混凝土泵送施工，混凝土泵的所需台数，除根据计算确定外，宜有一定的备用台数。

5.1.6 混凝土泵要设置在混凝土供应方便和便于配管处。用混凝土搅拌运输车运送混凝土时，如有可能，对于一台混凝土泵要便于停放两台混凝土搅拌运输车；其次，如有必要还要设置照明设备。

5.1.7 由于楼层空间有限，所以接力泵宜用固定式混凝土泵。接力泵设置处的标高，如为同一型号的混凝土泵，宜使上、下泵的输送距离相等或接近。

由于接力泵设置在楼面上，其本身有一定重量，工作时又产生振动，所以其所处的楼面要按动载荷进行验算，如楼面承载能力不足，则需进行加固。

5.2 配管设计

5.2.3 往高处泵送或工作压力特别大时，要尽可能采用未经磨损的输送管。

5.2.4 设置截止阀的目的是防止混凝土反流。

5.2.5 这样布置有利于混凝土连续、顺利地流向向下的弯管，避免混凝土产生堵塞。

5.2.6 倾斜向下配管时，根据我国施工经验应按倾角大小区别对待，当倾角小于 4° 时，与水平配管相同；当倾角为 $4^{\circ} \sim 7^{\circ}$ 时，斜管后续的水平管长度应为高差的5倍，或采用增加弯管等方法增加流动阻力；当倾角大于 7° 时，除水平管长度大于高差的5倍外，并应在斜管上端设置排气阀。

5.2.7 每隔一定距离可用支架、台垫、吊具等支撑水平管，使之具有一定离地高度，以便于排除堵管、装拆和清洗管道；垂直管下端的弯管不能作为上部管道的支撑，并应保证弯管易于拆除，以便处理堵管等故障。

5.2.9 炎热季节施工，宜将混凝土输送管妥善遮盖，避免阳光照射。严寒季节施工，宜用保温材料包裹混凝土输送管，防止管内混凝土受冻，并保证混凝土的入模温度。

5.2.11 防止意外爆管，混凝土喷出伤人。

5.3 布料设备的配置

5.3.1 布料设备应能覆盖整个结构平面，并能均匀、迅速地进行布料。

5.3.3 布料设备移动布料臂架前，应检查周围是否有障碍物，以防臂架触碰障碍物，引起重大安全事故。

6 混凝土的泵送与浇筑

6.1 一般规定

6.1.1 第1款是根据日本建筑学会的《混凝土泵送施工规程》及我国泵送混凝土施工实践经验编写的。混凝土泵送浇筑与其他浇筑方法相比,其浇筑速度快,混凝土坍落度大、流动性大,混凝土是在泵压作用下入模的,且在入模经振捣密实后的较短时间内就会对模板产生最大的侧压力。所以更容易对模板产生局部性的侧压力增大,使模板变形或移位。为此,在设计模板时,对模板和支架必须考虑耐侧压和采取必要的加固措施。

第2款模板的最大侧压力计算(附录C公式)主要是根据原国家标准《混凝土结构工程施工及验收规范》GB50204-199中现浇混凝土模板侧压力计算公式提出的。该公式是以流体静压力原理为基础,考虑影响混凝土对模板侧压力的关键因素浇筑速度并根据国内试验结果而建立的,符合国情。同时,对混凝土密度、初凝时间、坍落度、外加剂等其他影响因素均予考虑,基本符合泵送混凝土对模板侧压力的影响情况。

本条规程主要适用于2.5~6m/h的浇筑速度。当坍落度小于100mm时,混凝土坍落度影响修正系数 β_2 取1.10;不小于100mm时, β_2 取1.15。

第3款是根据我国的实际施工经验编写的。布料设备在布料时,因受泵压作用有一定的前后晃动,如果直接支撑在模板上,容易带动模板晃动和移位,所以布料设备不能直接支承在模板上。另外,每台布料设备自重一般在800kg以上,所以布料设备下面的水平模板的支撑应适当加强,以防水平模板局部下沉。

6.1.2 由于泵送法浇筑混凝土泵送的速度快、分层厚,甚至有时会出现布料超厚现象,容易造成对钢筋骨架的压缩变形,所以要根据工程实际需要,对楼板和块体结构的钢筋骨架要设置足够的钢筋撑脚或钢支架。由于拆装输送管牵动软管布料和排除故障等原因,操作人员常会碰动钢筋骨架;启动混凝土泵时,管道脉冲和振捣混凝土时横向流动产生的水平推力,也会造成钢筋骨架移位;所以对于钢筋骨架,除绑扎牢固外,还宜在钢筋纵横交错节点等主要部位,采用电焊焊牢。

6.1.3 混凝土泵送施工,在混凝土的拌制、运输、泵送、布料和浇筑的全过程中,是远距离、多工种、多单位和多设备的同时协作施工。为确保混凝土泵送施工能连续、顺利和快速进行,对搅拌站、搅拌运输车、混凝土泵、布料设备与浇筑点之间的泵送施工进度等实施统一调度和指挥是十分必要的。

6.2 混凝土的泵送

6.2.2 认真执行各类混凝土泵的使用说明规定,不仅能延长混凝土泵的使用寿命,而且也能确保安全和顺利地进行泵送。

6.2.4 在混凝土泵启动前，应对混凝土泵的各种用油的储量、水箱中水位、液压系统是否漏油、换向阀的磨损及接口是否严密、搅拌轴运转是否正常等关键部位进行全面检查，且需符合要求。开机空载试运转是泵送前的一项必要工作，且应该在检查无误后进行。

6.2.5 在泵送润滑水泥砂浆或水泥浆前，先泵送适量水，其作用是：第一，可湿润混凝土泵的料斗、活塞及输送管内壁等直接与混凝土接触部位，减少润滑水泥砂浆用量和强度的损失；第二，可检查混凝土泵和输送管中是否有异物，接头是否严密。

6.2.6 新铺设或重复安装的管道以及混凝土的活塞和料斗，一般都较干燥且吸水性较大。泵送适量水泥砂浆或水泥浆后，能使混凝土泵的料斗、活塞及输送管内壁充分润滑形成一层润滑膜，从而有效地减小混凝土的流动阻力。润滑浆的种类可根据各地经验，按本规程选用。一般常选用与混凝土内成份相同的水泥砂浆作润滑浆。水灰比一般为 0.5~0.6。润滑浆的数量可根据混凝土泵的状况和管道长度来确定。

6.2.7 开始泵送时，要先慢后快，混凝土泵要随时能反泵。这对于保证正常速度连续泵送和能及时排除故障极为重要。

6.2.8 能否连续泵送混凝土，是混凝土泵送施工的成败关键之一。如混凝土泵的输送管中的混凝土超过了初凝时间减去布料入模和振捣密实所必须的时间，则因混凝土质量不合格，将导致管道堵塞。所以当遇到混凝土供应中断等情况时，应采取慢速和间歇泵送，但一定要满足所泵送的混凝土从搅拌到浇筑完毕的延续时间不超过初凝时间的要求。

6.2.9 水箱是指汽车式泵的盛水器，活塞清洗室是指固定式泵的盛水器。如果混凝土泵盛水器水量不足，轻者易使水温升高；重者会造成机械故障，使混凝土不能连续泵送。

6.2.11 如果在混凝土泵送过程中，把拆下的输送管内的混凝土随便撒落在未浇筑的地方，往往不易清除干净，留下的混凝土一般不便振动、密实。当其超过初凝时间后，再浇筑新混凝土两者不易紧密结合，从而会影响混凝土整体质量。

6.2.12 当出现混凝土泵送困难时，可用木槌敲击输送管弯管、锥形管等部位，并进行慢速泵送或反泵，以消除故障，防止堵塞。用木槌敲击输送管的弯管、锥形管的目的：一是混凝土通过这些部位比通过直管难；二是用木槌将这些部位的混凝土敲击松散，便于通过管道恢复正常泵送，避免堵塞。

6.2.13 当发生轻度堵塞时，采取第“6.2.15.1”或“6.2.15.2”规定的排除方法是有较好效果的。这两种排除方法可以避免拆除堵塞部位的管道，恢复正常泵送的时间又较短，利于顺利泵送。当发生较严重或严重堵塞时，不得不采取拆管排除堵塞的方法，但要注意

在混凝土卸压后，方可拆管；这对于安全操作和避免再次堵塞是很重要的。

6.2.14 有计划中断应按预先确定的方法处理；间歇正泵和反泵是为防止混凝土结块或沉淀造成管道堵塞事故。

6.2.16 向下泵送混凝土时，由于混凝土自由下落，压缩管内混凝土下面的空气，形成气柱阻碍混凝土下落也会使混凝土产生离析，因此开始向下泵送混凝土时，要先打开输送管上的气阀，使管内混凝土下面的空气不能形成气柱，从而使混凝土能正常自由下落。待输送管下段的混凝土有了一定压力时，关闭气阀进入正常泵送。国外有关设备要求向下泵送混凝土前，先在管中放入海绵球。

6.2.17 在混凝土泵送结束前，安排专人正确计算尚需的混凝土量，这对于顺利结束泵送混凝土施工和保证混凝土浇筑质量是很重要的。如果在混凝土泵送结束时才发现混凝土数量不够，再临时通知搅拌站，往往会延误浇筑时间，并影响混凝土浇筑质量。

6.2.18 及时、认真处理泵送过程中废弃的和泵送终止时多余的混凝土，有利于保证混凝土浇筑质量和减少浪费。

6.2.19 当混凝土泵送完毕时，及时清洗干净混凝土泵和输送管，有利于再次泵送时减少摩阻力，顺利进行泵送。

长距离的输送管宜用水清洗。对于垂直管道，也可从上向下用压缩空气吹洗管道。但是水洗法和空气吹洗法都会有混凝土、石子和过滤器从输送管顶端飞出的危险，所以清洗混凝土泵和输送管时，必须要有专人统一指挥，认真执行有关清洗的操作规程，以确保安全。

6.2.20 当多台混凝土泵同时泵送时，因受现场道路和场地条件等影响，其实际泵送能力不会相等。当混凝土泵与其它输送设备组合施工时，每台塔吊或履带吊等设备的吊运混凝土的能力与混凝土泵的泵送能力更是相差较大，但现场各台输送混凝土设备所承担的浇筑区间之间的混凝土必须在初凝时间内相结合。一般都要求多台混凝土输送设备能同时充分发挥输送混凝土的能力，以便尽量缩短浇筑时间。因此预先规定各台设备的输送能力、浇筑区域和浇筑顺序，并在施工中统一指挥，及时协调各台设备的施工进度，对于保证混凝土的浇筑质量和进度都是十分重要的。

6.3 泵送混凝土的浇筑

6.3.1 为确保各浇筑区域之间的混凝土必须在初凝时间内结合，浇筑区域划分的大小和

7 泵送混凝土质量控制

7.0.1-7.0.2 要保证泵送混凝土的质量，首先原材料必须合格，为此规定对原材料进行合格验收。同时为防止材料变质和使用混乱，故又对保管，存放作了规定。对原材料储备量要求的目的是，主要是为了满足泵送混凝土连续作业要求。

7.0.3 为保证泵送混凝土的拌制质量，原材料的计量应准确，故其计量精度应控制在规范允许范围内。

7.0.5 混凝土的可泵性评价方法是一个比较复杂的问题。我国多年来泵送混凝土的试验研究和工程实践经验表明，可通过混凝土压力泌水试验按第 3.3.2 条的规定控制混凝土的可泵性，以便满足泵送要求。

7.0.6 评定结构或构件混凝土强度质量的试块取样、制作，其目的是检验泵送到建筑物中的混凝土是否符合设计配合比要求。现行国家标准《混凝土结构工程施工质量验收规范》GB50204 规定应在浇筑地点取样、制作试样，结合我国施工经验，评定泵送混凝土强度质量的试块，亦应在浇筑地点取样、制作。为检验泵送入模的混凝土强度质量，应严格执行此项规定。

8 高强混凝土泵送

8.4 泵送和浇筑

8.4.2 以防止大流动度的高强混凝土因自重而产生向下的自流现象，导致出现空穴而堵塞输送管。