

SV系列弹性管束型半容积式水加热器选用及安装

主编单位负责人: 徐建
主编单位技术负责人: 丁建
技术审定人: 钱国泰
设计负责人: 董晓宏

批准部门: 中华人民共和国建设部 批准文号: 建设[2001]86号
主编单位: 机械工业部设计研究院 统一编号: GJB T-540
实行日期: 2001年4月27日 图集号: 01S122-3

目 录

序 号	图 名	页 次	序 号	图 名	页 次
1	目 录	1	5	外形尺寸及安装图	18~20
2	说 明	2~7	6	配管和平面布置示意图	21~25
3	选用表		7	温控原理	26~27
	弹性管束半容积式汽—水加热器选用表 . . .	8~9			
	弹性管束半容积式水—水加热器选用表 . . .	9~10			
4	选型步骤及例题	11~17			

目 录				图集号	01S122-3
审核	钱国泰	校对	张静	设计	董晓宏
				页	1

说 明

1. 编制依据

1.1 根据建设部建设[1998]113号文《关于印发‘一九九八年国家建筑标准设计编制工作计划’的通知》编制。

1.2 《建筑给水排水设计规范》GBJ15-88(1997年版)。

2. 适用范围

2.1 本图集适用于工业与民用建筑中采用半容积式水加热器的集中热水供应工程。

2.2 本图集是根据山东格致热工股份有限公司产品编制的,如选用其它厂(公司)的同类产品,应核实产品性能等技术参数,参照使用。

2.3 热媒充足,可满足生活热水系统最大小时流量的耗热量。若为自备热源,热媒的生产和供应宜是全自动控制的。

3. 产品原理与特点

3.1 产品原理

弹性管束半容积式水加热器由内外筒组成,内筒为弹性管束传热元件,外筒储存热水。内筒是根据流体诱导振动非破坏机理和基于这一机理的弹性元件的特殊设计,使传热元件在固有频率下诱导振动,防止传热元件的共振损坏和降低噪声,同时固有频率下的诱导振动能提高传热元件近壁面的流体速度,使附面层厚度减少,提高附面层区域的湍流速度,改变了绕流圆管的流场结构,从而加强了传热效率,达到了强化换热的目的。振动变形使结垢自动脱落,另外温度的突然变化使传热元件的热应力变化,加之诱导振动更加快了污垢的剥蚀率,所以弹性管束水加热器把强化传热和减少污垢、自动除垢有机地结合起来,开创了新一代水加热器的先河。

3.2 产品构造特点

3.2.1 有一定的储热量。被加热水射流进水,对外筒热水卷吸作用产生较强的流体自循环。另外内外筒水温差形成异重流,对外筒热水进行自循环加热。

3.2.2 热媒进口设有专用过滤器,去除热媒中杂质,以保护弹性管束免于堵塞。

说 明 (一)

图集号 01S122-3

审核 钱国春 校对 张计静 设计 董晓东

页

2

3.2.3 被加热水进口特殊的设计,对传热原件弹性管束产生一个永久的振动源。

3.2.4 弹性管束与热媒管采用螺纹连接,安装可靠便于维修。

3.2.5 每组弹性管束有两个自由端和两个固定端,即有加强振动提高热效率的作用,又有阻尼防止管束被振坏的作用。

3.2.7 弹性管束之间的间距及其与壳体的间距合理,防止短流,起到均匀传热的作用。

3.2.8 汽-水换热时,凝结水可被换热管束二次冷却,加之凝结水回水管有特殊设计的孔板,从而达到充分利用热能的作用

3.3 产品性能特点

3.3.1 有一定储热量,无无效容积。

3.3.2 热效率高,传热系数汽-水加热器为:2800~3400W/(m²·℃);

水-水加热器为:1800~2400W/(m²·℃)

3.3.3 污垢热阻值低,弹性管束的振动变形,而具有一定自动除垢功能。污垢热阻值为0.4~0.6×10⁻⁴m²·℃/W。当被加热水水质硬度较高时,可取上限值。

3.3.4 节能,凝结水出水温度低,一般不超过 60℃。

3.3.5 采用水加热器温度和温度变化率为参变量,用微机 PID 控制系统温度,出水温度稳定,温度变化幅度为 ±2℃;若采用电动温度控制阀,出水温度变化幅度为 ±(2~3)℃;若采用自力式温控阀,出水温度变化幅度为 ±(4~5)℃。

3.3.6 水头损失小,被加热水在壳程的水头损失不大于 0.02MPa,管程阻力在水-水换热时,热媒水头损失不大于 0.03~0.04MPa。

3.3.7 体积小,占地面积省。

3.3.8 使用寿命长。

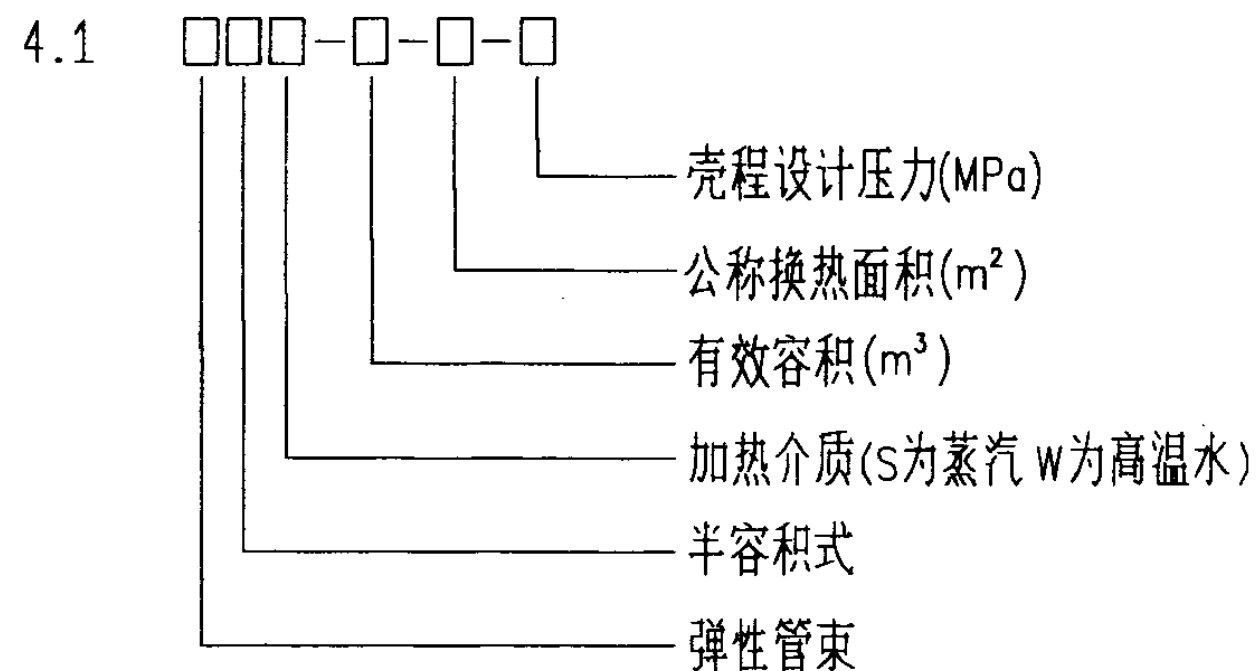
3.3.9 壳体可根据水质情况确定壳体采用何种抗腐蚀材料,如不锈钢,碳钢内衬铜等材料。

3.4 产品原理图及构造图

产品原理图及构造图详见本图集 7 页图 1。

4. 产品型号标记

说 明 (二)				图集号	01S122-3
审核	钱国素	校对	张静	设计	董晓东
				页	3



4.2 标记示例

汽-水弹性管束半容积式水加热器,有效容积为1.0m³,换热面积为1.7m²,壳程设计压力为1.0MPa,标记为SVS-1-1.7-1.0;若为水-水弹性管束半容积式水加热器,标记为SVW-1-1.7-1.0。

5. 基本设计参数

5.1 产品设计参数

5.1.1 壳体公称直径

汽-水加热器分为1200mm.1600mm.1800mm.2000mm四种规格

水-水加热器分为1200mm.1600mm.1800mm.2000mm四种规格

5.1.2 壳程和管程设计压力

壳程设计压力分别为0.6MPa,1.0MPa,1.6MPa三个压力等级。

管程设计压力为2.5MPa。

5.1.3 材质

弹性管束采用T2紫铜管,壳体可采用碳钢、碳刚内衬铜或不锈钢,工程设计中应注明选用的壳体材料。

5.2 热媒

5.2.1 不同压力下饱和蒸汽压力与温度、焓值

不同压力下饱和蒸汽压力与温度、焓值见表1

表1 饱和蒸汽压力(绝压)与温度、焓

饱和蒸汽压力压力 (MPa)	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6
饱和温度 (°C)	120.2	133.5	143.6	151.9	158.8	164.96
饱和水的焓(kJ/kg)	504.7	561.4	604.7	640.1	670.4	697.1
汽化潜热(kJ/kg)	2202.2	2164.1	2133.8	2108.4	2086.0	2056.8
饱和蒸汽焓(kJ/kg)	2706.9	2725.5	2738.5	2748.5	2756.4	2762.9

说明 (三)

图集号

01S122-3

审核 钱国春 校对 张静 设计 董晓东

页

4

蒸汽最高压力不得大于1.1MPa,最低压力不应小于0.2MPa,
冷凝水温度为60℃,焓值为251.1kJ/kg。

5.2.2 热媒为高温热水时最高压力不得大于1.6MPa。热媒水温为
130℃,115℃,95℃,70℃。

5.3 被加热水初温和终温

被加热水初温:10℃

被加热水终温:50℃,55℃,60℃,65℃

5.4 传热系数

汽-水换热见本图集13页公式(6)及14页传热系数K值曲线图2。

水-水换热见本图集13页公式(7)及14页传热系数K值曲线图3。

5.5 温度控制精度

温度控制精度见本图集3页3.3.5,温度控制方式由设计确定。

5.6 壳程和管程水头损失

壳程和管程水头损失见本图集3页3.3.6。

6. 安装、使用、安全、维修

6.1 使用

6.1.1 运行前应对照设计图首先检查各部件安装与连接是否正确,
安全可靠。

6.1.2 开始运行时,首先打开进水阀,关闭出水阀排污阀,打开旁通
阀,开启水泵,待有水自旁通管流出后,关闭旁通阀,打开出水阀。

6.1.3 打开凝结水(或高温回水)阀,再打开蒸汽(或高温进水)阀。

6.1.4 可根据实际负荷,调整以上各阀的开启度。

注意:使用中应确保安全阀处于可靠状态。

6.2 安全

6.2.1 在水加热器的顶部装安全阀,安全阀的开启压力宜为生活
热水系统工作压力1.1倍,且不得大于水加热器壳体的设计压力(订
购安全阀时应申明)。安全阀的安装与使用应符合国家质量技术监
督局《压力容器安全技术监察规程》的规定。

6.2.2 温度控制要求:水加热器的热媒管道上应安装控制罐内水
温的自动调节或自动开、关的阀门。

6.3 维护

6.3.1 定期检查与水加热器相连的管道和阀门有无渗漏,流量调

说 明 (四)

图集号 01S122-3

审核 张国强 校对 张计静 设计 董晓东

页 5

节阀、安全阀、各种仪表是否正常工作。

6.3.2 定期排污:在一般负荷条件下,水加热器内的弹性管束均能起到自动清除水垢的作用,被清除的水垢一般沉积于水加热器的底部,为了排出这些固体物,应进行水加热器的定期排污。排污的时间间隔应根据水质情况确定,但至少应每月进行一次,排污操作的顺序为:

- a. 关闭蒸汽进口(或高温进水)阀和凝结水(或高温回水)阀。
- b. 关闭出口阀。
- c. 关闭进水阀。
- d. 打开旁通阀。
- e. 打开排污阀将水加热器内的水全部排出。
- f. 关闭旁通阀,打开进水阀,保持一分钟。
- g. 关闭排污阀,打开出水阀、凝结水(高温回水)阀和蒸汽(高温进水)阀,设备投入运行。

6.4 检修

弹性管束水加热器的传热元件与介质的进出管之间采用一种可拆式连接,维修更换十分方便。对弹性管束半容积式水加热器可由人孔进

入水加热器内部进行检修。

7. 本图集尺寸单位

除注明者外均为mm。

8. 本图参编单位

山东格致热工股份有限公司。

说 明 (五)

图集号 01S122-3

审核 张静 校对 张静 设计 董建东

页 6

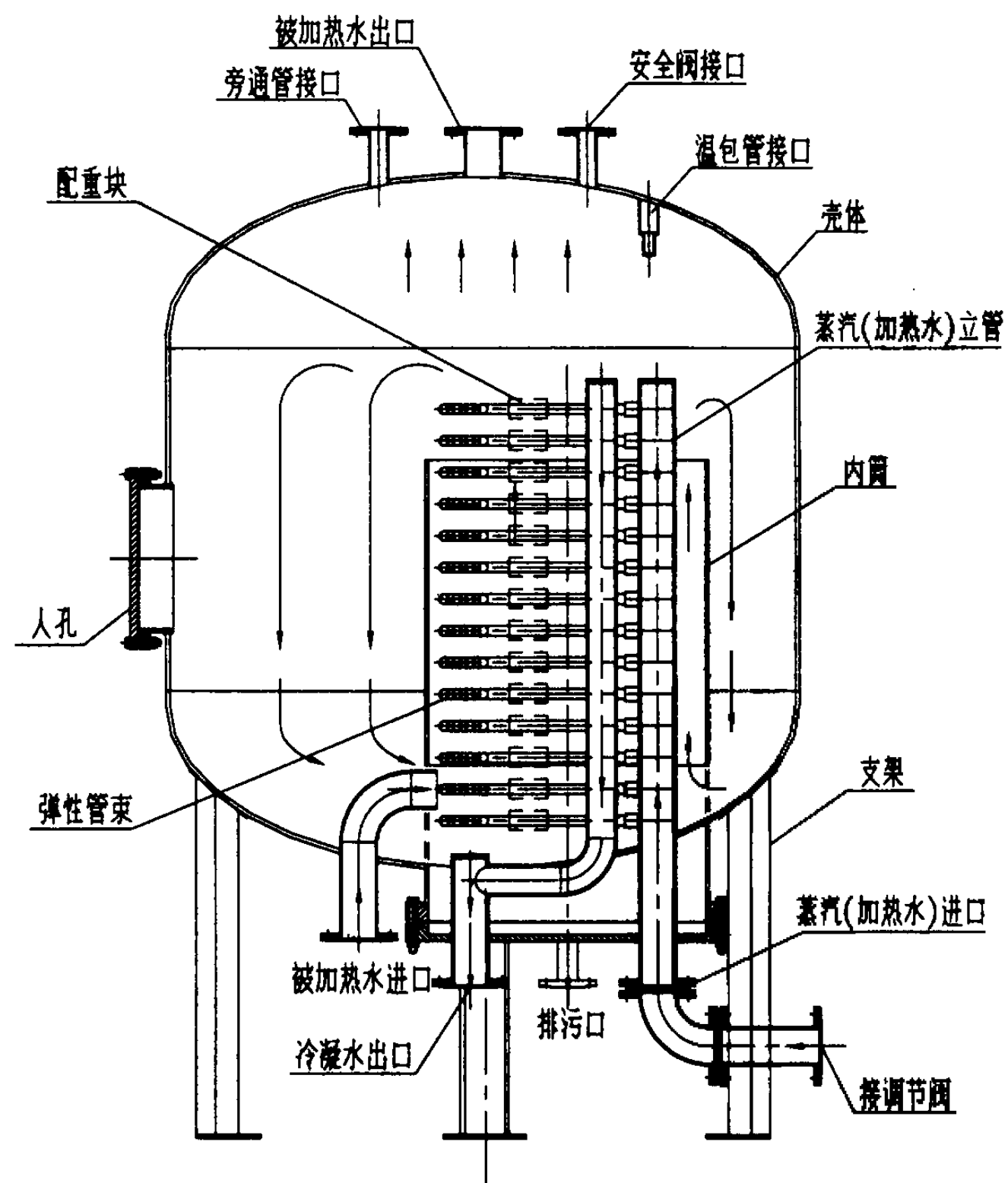


图1 半容积式弹性管束汽(水)—水热交换器结构示意图

说明 (六)

图集号

01S122-3

审核

张静

校对

张静

设计

张静

页

7

选 用 表

1. 弹性管束半容积式汽-水加热器选用表

表2

参数 型号	有效 容积 m ³	换热 面积 m ²	被加热水				加热蒸汽(饱和)		基本 传热 量 MW	自重 kg	运行 重量 kg
			进口 温度 ℃	出口 温度 ℃	流量 T/h	阻力 损失 MPa	工作 压力 MPa	蒸汽 耗量 kg/h			
SVS-1-1.7-0.6 -1.0 -1.6 筒体直径1200mm	1.0	1.7	10	50	7.4	<0.02	0.4	539	0.34	798	1798
					8.0	<0.02	0.5	584	0.37		
					8.5	<0.02	0.6	621	0.40		
				55	6.2	<0.02	0.4	509	0.32		
					6.7	<0.02	0.5	553	0.35		
					7.2	<0.02	0.6	589	0.37		
				60	5.2	<0.02	0.4	479	0.30		
					5.7	<0.02	0.5	522	0.33		
					6.1	<0.02	0.6	556	0.35		
				65	4.5	<0.02	0.4	447	0.28		
					4.9	<0.02	0.5	489	0.31		
					5.2	<0.02	0.6	522	0.33		
SVS-2-3.4-0.6 -1.0 -1.6 筒体直径1600mm	2.0	3.4	10	50	14.9	<0.02	0.4	1091	0.69	1329	3329
					16.2	<0.02	0.5	1180	0.75		
					17.2	<0.02	0.6	1252	0.80		
				55	12.5	<0.02	0.4	1029	0.66		
					13.6	<0.02	0.5	1117	0.71		
					14.5	<0.02	0.6	1187	0.76		
				60	10.6	<0.02	0.4	967	0.62		
					11.5	<0.02	0.5	1052	0.67		
					12.3	<0.02	0.6	1120	0.71		
				65	9.0	<0.02	0.4	902	0.57		
					9.8	<0.02	0.5	984	0.63		
					10.5	<0.02	0.6	1051	0.67		

续表2

参数 型号	有效 容积 m ³	换热 面积 m ²	被加热水				加热蒸汽(饱和)		基本 传热量 MW	自重 kg	运行 重量 kg
			进口 温度 ℃	出口 温度 ℃	流量 T/h	阻力 损失 MPa	工作 压力 MPa	蒸汽 耗量 kg/h			
SVS-4-6.5-0.6 -1.0 -1.6 筒体直径1800mm	4.0	6.5	10	50	29.0	<0.02	0.4	2115	1.35	1631	5631
					31.3	<0.02	0.5	2283	1.45		
					33.0	<0.02	0.6	2408	1.53		
				55	24.3	<0.02	0.4	1996	1.27		
					26.3	<0.02	0.5	2160	1.37		
					27.9	<0.02	0.6	2287	1.46		
				60	20.5	<0.02	0.4	1874	1.19		
					22.3	<0.02	0.5	2033	1.29		
					23.7	<0.02	0.6	2160	1.37		
				65	17.4	<0.02	0.4	1747	1.11		
					18.9	<0.02	0.5	1901	1.21		
					20.2	<0.02	0.6	2026	1.29		
SVS-6-10.0-0.6 -1.0 -1.6 筒体直径1800mm	6.0	10.0	10	50	44.7	<0.02	0.4	3266	2.08	1882	7882
					48.3	<0.02	0.5	3523	2.24		
					50.3	<0.02	0.6	3672	2.34		
				55	37.7	<0.02	0.4	3093	1.97		
					40.7	<0.02	0.5	3343	2.13		
					42.8	<0.02	0.6	3510	2.23		
				60	31.9	<0.02	0.4	2908	1.85		
					34.5	<0.02	0.5	3150	2.00		
					36.5	<0.02	0.6	3327	2.12		
				65	27.0	<0.02	0.4	2713	1.73		
					29.4	<0.02	0.5	2948	1.88		
					31.2	<0.02	0.6	3129	1.99		

选用表(一)

图集号 01S122-3

审核 董晓东 校对 王 毅 设计 张 静

页 8

2. 弹性管束半容积式水-水加热器选用表

表3

参数 型号	有效 容积 m³	换热 面积 m²	被加热水				加热水			基本 传热量 MW	自重 kg	运行 重量 kg
			进口 温度 ℃	出口 温度 ℃	流量 T/h	阻力 损失 MPa	进出口 温度 ℃	流量 T/h	阻力 损失 MPa			
SVW-1-3.8-0.6 -1.0 -1.6 筒体直径1200mm	1.0	3.8	10	50	7.4	<0.02	95/70	13.1	<0.03	0.35	785	1785
				55	6.1	<0.02		12.1	<0.03	0.32		
				60	5.0	<0.02		11.1	<0.03	0.29		
				65	4.2	<0.02		10.1	<0.03	0.27		
				SVW-2-7.2-0.6 -1.0 -1.6 筒体直径1600mm	2.0	7.2		50	14.5	<0.02		
55	11.9	<0.02						23.7	<0.03	0.62		
60	9.9	<0.02						21.7	<0.03	0.57		
65	8.1	<0.02						19.7	<0.03	0.52		
SVW-4-14.0-0.6 -1.0 -1.6 筒体直径1800mm	4.0	14.0						50	29.1	<0.02	51.2	<0.03
				55	23.9	<0.02		47.4	<0.03	1.25		
				60	19.8	<0.02		43.5	<0.03	1.15		
				65	16.3	<0.02		39.4	<0.03	1.04		
				SVW-6-20.5-0.6 -1.0 -1.6 筒体直径1800mm	6.0	20.5		50	43.3	<0.02	76.2	<0.03
55	35.7	<0.02						70.6	<0.03	1.86		
60	29.5	<0.02						64.8	<0.03	1.71		
65	24.3	<0.02						58.8	<0.03	1.55		
SVW-8-26.6-0.6 -1.0 -1.6 筒体直径2000mm	8.0	26.6						50	56.8	<0.02	100.0	<0.04
				55	46.8	<0.02		92.7	<0.04	2.45		
				60	38.7	<0.02		85.1	<0.04	2.24		
				65	31.9	<0.02		77.2	<0.04	2.04		

续表2

参数 型号	有效 容积 m³	换热 面积 m²	被加热水				加热蒸汽(饱和)		基本 传热量 MW	自重 kg	运行 重量 kg
			进口 温度 ℃	出口 温度 ℃	流量 T/h	阻力 损失 MPa	工作 压力 MPa	蒸汽 耗量 kg/h			
SVS-8-13.0-0.6 -1.0 -1.6 筒体直径2000mm	8.0	13.0	10	50	57.8	<0.02	0.4	4216	2.68	2209	10209
					62.4	<0.02	0.5	4553	2.90		
					64.1	<0.02	0.6	4675	2.98		
				55	48.9	<0.02	0.4	4017	2.56		
					52.9	<0.02	0.5	4341	2.76		
					55.0	<0.02	0.6	4512	2.87		
				60	41.5	<0.02	0.4	3790	2.41		
					45.0	<0.02	0.5	4103	2.61		
					47.2	<0.02	0.6	4302	2.74		
				65	35.3	<0.02	0.4	3543	2.25		
					38.3	<0.02	0.5	3846	2.45		
					40.5	<0.02	0.6	4060	2.58		

选用表(二)

图集号 01S122-3

审核 董志远 校对 王毅 设计 张静

续表3

参数 型号	有效 容积 m³	换热 面积 m²	被加热水				加热水			基本 传热量 MW	自重 kg	运行 重量 kg
			进口 温度 ℃	出口 温度 ℃	流量 T/h	阻力 损失 MPa	进出口 温度 ℃	流量 T/h	阻力 损失 MPa			
SVW-1-3.8-0.6 -1.0 -1.6 筒体直径1200mm	1.0	3.8	10	50	8.5	<0.02	110/70	9.3	<0.03	0.39	785	1785
				55	7.1	<0.02		8.7	<0.03	0.37		
				60	5.9	<0.02		8.1	<0.03	0.34		
				65	5.0	<0.02		7.5	<0.03	0.32		
SVW-2-7.2-0.6 -1.0 -1.6 筒体直径1600mm	2.0	7.2		50	16.6	<0.02		18.2	<0.03	0.77	1398	3398
				55	13.8	<0.02		17.1	<0.03	0.72		
				60	11.5	<0.02		15.9	<0.03	0.67		
				65	9.7	<0.02		14.6	<0.03	0.62		
SVW-4-14.0-0.6 -1.0 -1.6 筒体直径1800mm	4.0	14.0		50	33.2	<0.02		36.5	<0.03	1.54	1640	5640
				55	27.6	<0.02		34.2	<0.03	1.44		
				60	23.1	<0.02		31.8	<0.03	1.34		
				65	19.4	<0.02		29.8	<0.03	1.24		
SVW-6-20.5-0.6 -1.0 -1.6 筒体直径1800mm	6.0	20.5		50	49.4	<0.02		54.3	<0.03	2.29	1932	7932
				55	41.1	<0.02		50.9	<0.03	2.15		
				60	34.4	<0.02		47.3	<0.03	2.00		
				65	28.9	<0.02		43.7	<0.03	1.85		
SVW-8-26.6-0.6 -1.0 -1.6 筒体直径2000mm	8.0	26.6		50	64.8	<0.02		71.3	<0.04	3.01	2357	10357
				55	53.9	<0.02		66.8	<0.04	2.82		
				60	45.2	<0.02		62.1	<0.04	2.62		
				65	37.9	<0.02		57.4	<0.04	2.42		

续表3

参数 型号	有效 容积 m³	换热 面积 m²	被加热水				加热水			基本 传热量 MW	自重 kg	运行 重量 kg
			进口 温度 ℃	出口 温度 ℃	流量 T/h	阻力 损失 MPa	进出口 温度 ℃	流量 T/h	阻力 损失 MPa			
SVW-1-3.8-0.6 -1.0 -1.6 筒体直径1200mm	1.0	3.8	130/80	50	10.8	<0.02		9.5	<0.03	0.50	785	1785
				55	9.1	<0.02		9.1	<0.03	0.48		
				60	7.8	<0.02		8.6	<0.03	0.45		
				65	6.7	<0.02		8.1	<0.03	0.43		
SVW-2-7.2-0.6 -1.0 -1.6 筒体直径1600mm	2.0	7.2		50	21.1	<0.02		18.6	<0.03	0.98	1398	3398
				55	17.9	<0.02		17.7	<0.03	0.93		
				60	15.2	<0.02		16.7	<0.03	0.88		
				65	13.1	<0.02		15.8	<0.03	0.83		
SVW-4-14.0-0.6 -1.0 -1.6 筒体直径1800mm	4.0	14.0		50	42.3	<0.02		37.3	<0.03	1.97	1640	5640
				55	35.8	<0.02		35.4	<0.03	1.87		
				60	30.5	<0.02		33.5	<0.03	1.77		
				65	26.2	<0.02		31.7	<0.03	1.67		
SVW-6-20.5-0.6 -1.0 -1.6 筒体直径1800mm	6.0	20.5		50	63.0	<0.02		55.5	<0.03	2.93	1932	7932
				55	53.3	<0.02		52.7	<0.03	2.78		
				60	45.4	<0.02		50.0	<0.03	2.64		
				65	39.0	<0.02		47.2	<0.03	2.49		
SVW-8-26.6-0.6 -1.0 -1.6 筒体直径2000mm	8.0	26.6		50	82.7	<0.02		72.8	<0.04	3.84	2357	10357
				55	69.9	<0.02		69.2	<0.04	3.65		
				60	59.6	<0.02		65.5	<0.04	3.46		
				65	51.1	<0.02		61.9	<0.04	3.27		

选用表(三)

图集号 01S122-3

审核 张静 校对 张静 设计 张静

选型步骤及例题

1. 查表选用

当生活热水系统的设计参数如热媒介质温度、压力及被加热水的进出口温度、压力同本图集8~10页弹性管束半容积式水加热器设计参数选用表相同时,可按选用表选型。

2. 计算选用

当生活热水系统的设计参数与本图集8~10页弹性管束半容积式水加热器设计参数选用表不同时,应通过计算确定合理选型。具体步骤如下:

2.1 生活热水系统设计最大小时流量;

根据《建筑给水排水设计规范》选用半容积式水加热器,耗热量计算按生活热水系统设计最大小时流量确定。最大小时流量计算根据现行《建筑给水排水设计规范》执行。

2.2 耗热量计算;

$$Q_h = \frac{1}{3.6} Q \rho (t_z - t_c) C \tag{1}$$

式中: Q_h —— 设计小时耗热量 (W)

Q —— 生活热水系统设计最大小时流量 (L/h)

t_z —— 热水温度 ($^{\circ}\text{C}$)

t_c —— 冷水温度 ($^{\circ}\text{C}$)

C —— 水的比热容 $C=4.187\text{kJ}/(\text{kg}\cdot^{\circ}\text{C})$

ρ —— 水的密度 $\rho=1\text{kg/L}$

$\frac{1}{3.6}$ —— kJ/h 与 W 的单位换算系数

2.3 热媒耗量计算;

蒸汽耗量:

$$G = (1.1 \sim 1.2) \frac{Q_h}{i_m - i_r} \tag{2}$$

式中: G —— 蒸汽耗量 (kg/h)

Q_h —— 设计小时耗热量 (kJ/h)

i_m —— 蒸汽焓 (kJ/kg)

i_r —— 冷凝水焓 (kJ/kg)

选型步骤及例题(一)				图集号	01S122-3
审核	董晓东	校对	张静	设计	张静
				页	11

1.1~1.2 —— 安全系数

热媒水耗量:

$$Q_m = (1.1 \sim 1.2) \frac{Q_h}{C(t_{mc} - t_{mz})} \quad (3)$$

式中: Q_m —— 热媒水耗量 (L/h)

Q_h —— 设计小时耗热量 (kJ/h)

t_{mc} —— 热媒水初温 (°C)

t_{mz} —— 热媒水终温 (°C)

C —— 水的比热容 $C = 4.187 \text{ kJ/kg} \cdot ^\circ\text{C}$

1.1~1.2 —— 安全系数

2.4 水加热器加热面积计算:

$$F = \frac{(1.1 \sim 1.2) Q_h}{K \cdot \Delta t_j} \quad (4)$$

式中: F —— 水加热器传热面积 (m^2)

Q_h —— 设计小时耗热量 (W)

Δt_j —— 传热平均温差 (°C)

K —— 传热系数 $\text{W}/(\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C})$

K 值的计算公式中已包括污垢对其影响,故本公式中

无污垢系数 ε

1.1~1.2 —— 安全系数

2.5 传热平均温差 Δt_j 的计算:

弹性管束水加热器内,冷热介质流动既不是顺流也不是逆流,其流动为错流。其传热平均温差可由下式计算:

$$\Delta t_j = \frac{t_{mz} - t_{mc}}{\ln\left(1 + \frac{t_{mc} - t_{mz}}{t_z - t_c} \ln \frac{t_{mc} - t_z}{t_{mc} - t_c}\right)} \quad (5)$$

式中: Δt_j —— 传热平均温差 (°C)

t_{mc} —— 热媒水初温 (°C)

t_{mz} —— 热媒水终温 (°C)

t_z —— 热水温度 (°C)

t_c —— 冷水温度 (°C)

2.6 传热系数 K 的计算:

选型步骤及例题(二)

图集号 01S122-3

审核 董晓东 校对 王 设计 张静

页 12

2.6.1 汽-水换热时的传热系数:

$$\frac{1}{K} = \frac{1}{\alpha_o} + R_w + R_f + \frac{1}{\alpha_i} \quad (6)$$

式中: K —— 传热系数 $W/(m^2 \cdot ^\circ C)$

α_o —— 管外被加热水的平均对流换热系数 $W/(m^2 \cdot ^\circ C)$

R_w —— 金属壁面的导热热阻 $(m^2 \cdot ^\circ C/W)$

金属壁面的导热热阻相对较小, 计算时可以忽略

R_f —— 污垢热阻 $(m^2 \cdot ^\circ C/W)$ $R_f = 0.4 \sim 0.6 \times 10^{-4} m^2 \cdot ^\circ C/W$

α_i —— 管内蒸汽平均放热系数 $W/(m^2 \cdot ^\circ C)$

α_i 值的确定:

弹性管束水加热器采用振动强化传热, 在汽-水加热器的传热过程中, 管内的凝结换热的换热系数受管束的振动影响较小, 一般管内凝结换热的换热系数在振动条件下强化传热效果, 提高15%以内。实验表明: 弹性管束管内凝结换热的换热系数与蒸汽的压力有较大关系, 在蒸汽压力为0.3~0.6MPa时, 管内蒸汽凝结换热系数一般在11000~13000 $W/(m^2 \cdot ^\circ C)$ 左右。由于管内蒸汽凝结换热系数

远远大于管外对流换热系数, 它的高低对整个传热系数的大小影响较小。在计算传热系数时, 管内蒸汽凝结换热系数可按以下值选取:

蒸汽压力 $P=0.3MPa$ $\alpha_i=11000W/(m^2 \cdot ^\circ C)$

蒸汽压力 $P=0.4MPa$ $\alpha_i=11800W/(m^2 \cdot ^\circ C)$

蒸汽压力 $P=0.5MPa$ $\alpha_i=12500W/(m^2 \cdot ^\circ C)$

蒸汽压力 $P=0.6MPa$ $\alpha_i=13000W/(m^2 \cdot ^\circ C)$

对于弹性管束半容积式水加热器, 管外对流换热系数受振动的影响很大, 对流换热系数比静止固定管束可提高200%~600%, 其管外对流换热系数 α_o 可由14页图2的线算图中获得。

2.6.2 水-水换热时的传热系数:

$$\frac{1}{K} = R_f + \frac{1}{K_c} \quad (7)$$

式中: R_f —— 污垢热阻 $(m^2 \cdot ^\circ C/W)$

K_c —— 清洁表面传热系数 $W/(m^2 \cdot ^\circ C)$

由于水-水加热换热器管内介质为单向介质, 其弹性管束振动特性与汽-水加热器内的管束振动有所不同, 二者强化传热的效果也

选型步骤及例题(三)

图集号 01S122-3

审核 董建东 校对 王美 设计 张静

页 13

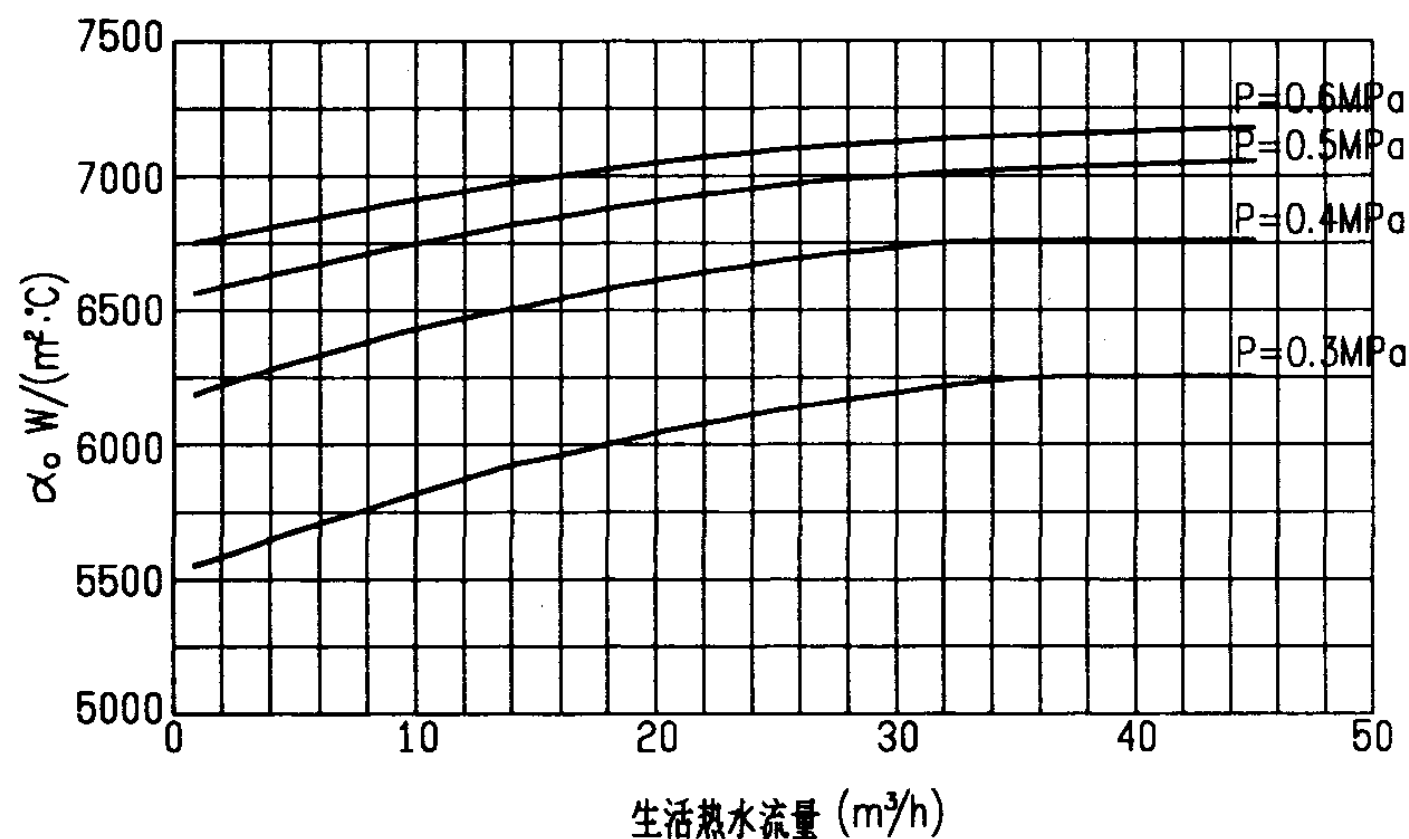


图2 弹性管束半容积式汽-水加热器管外对流换热系数线算图

不相同。在生活热水供水流量变化时,管内加热介质的流量也需相应的改变。管内和管外对流换热系数的大小具有相同的数量级。在清洁表面(无污垢)的条件下,弹性管束半容积式水-水加热器的传热系数可近似由线算图3计算。

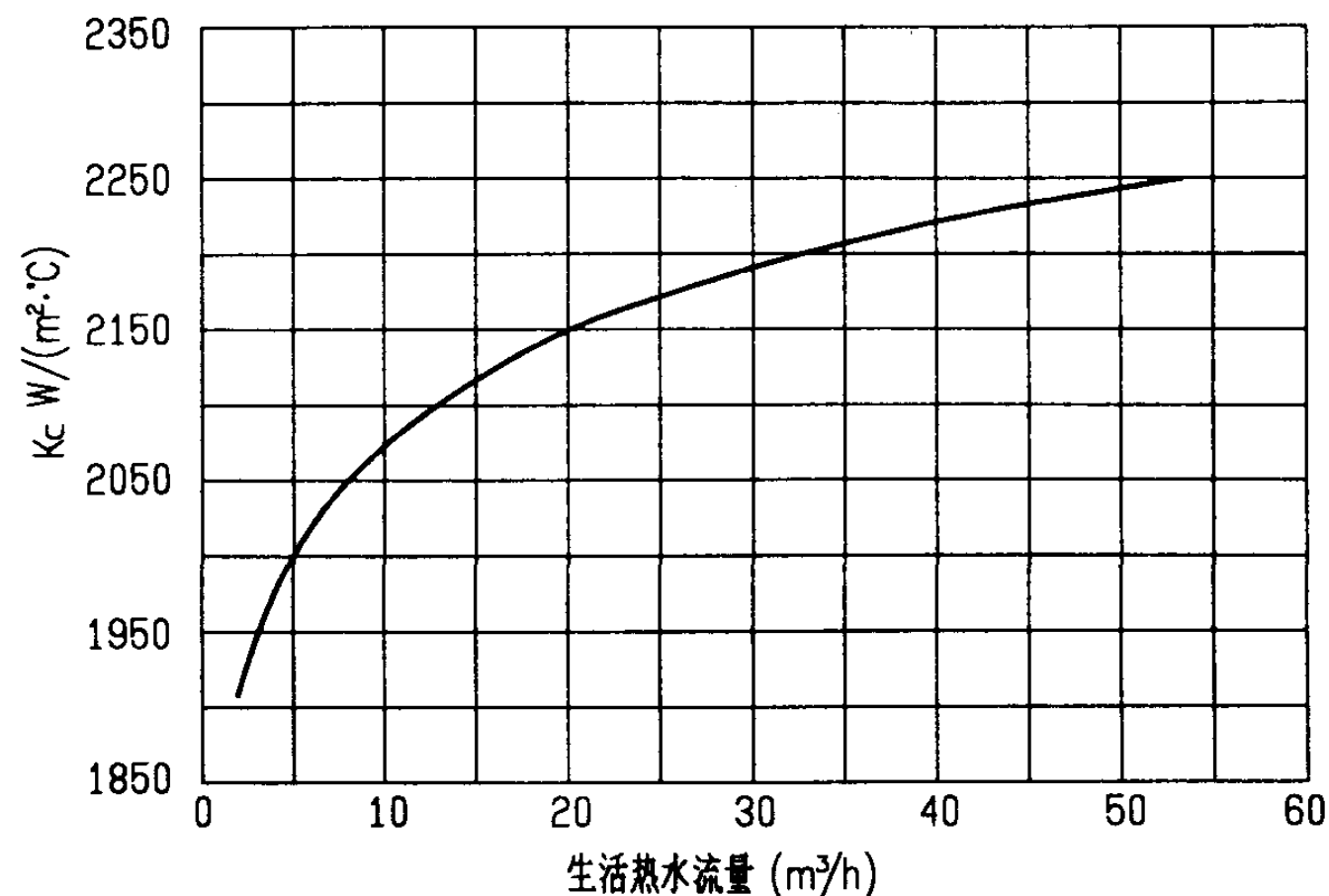


图3 弹性管束半容积式水-水换热器的传热系数线算图

3. 计算例题

当用户热水供应实际参数与性能表的参数不一致时,可按传热公式自行进行计算,求得所需的换热面积,再选取相应的水加热器的型号。下面将举例说明利用公式计算,来进行水加热器选型的方法。

选型步骤及例题(四)

图集号 01S122-3

审核 董晓宏 校对 于磊 设计 张静

页 14

例1 已知: 某宾馆共设床位 265 床, 冷水温度为 5℃, 热水温度为 60℃。
 加热介质为蒸汽, 蒸汽压力为 0.4MPa。若选用弹性管束半容
 积式水加热器, 试确定型号。

计算: 1. 求生活热水系统设计最大小时流量 Q 及有效容积 V

根据《建筑给水排水规范》计算生活热水系统设计最大小时流量

$$Q=1.3 \times 10^4 \text{ L/h}$$

储热量为 25min, 则水加热器有效容积为:

$$V=\frac{1}{4} \times 13=3.25 \text{ m}^3$$

2. 求加热生活用水所需的热量 Q_h

由式(1)求得:

$$\begin{aligned} Q_h &= \frac{1}{3.6} Q \rho (t_z - t_c) C \\ &= \frac{1}{3.6} 1.3 \times 10^4 \times 1 \times (60 - 5) \times 4.187 \\ &= 8.32 \times 10^5 \text{ W} = 2.99 \times 10^6 \text{ kJ/h} \end{aligned}$$

3. 求蒸汽耗量 G

由式(2)求得:

$$\begin{aligned} G &= 1.1 \frac{Q_h}{i_m - i_r} \\ &= 1.1 \frac{2.99 \times 10^6}{2747.5 - 251.1} \\ &= 1317.5 \text{ kg/h} \end{aligned}$$

4. 求换热面积 F

传热温差 Δt_j 为:

由蒸汽压力查表得蒸汽温度 $t_{mc}=151^\circ\text{C}$, 凝结水的温度
 $t_{mz}=60^\circ\text{C}$, 生活热水进水温度 $t_c=5^\circ\text{C}$, 出水温度 $t_z=60^\circ\text{C}$
 由式(5)求得:

$$\begin{aligned} \Delta t_j &= \frac{t_{mz} - t_{mc}}{\ln\left(1 + \frac{t_{mc} - t_{mz}}{t_z - t_c} \ln \frac{t_{mc} - t_z}{t_{mc} - t_c}\right)} \\ &= \frac{60 - 151}{\ln\left(1 + \frac{151 - 50}{60 - 5} \ln \frac{151 - 60}{151 - 5}\right)} \\ &= 59.74^\circ\text{C} \end{aligned}$$

传热系数 K 为:

管外对流换热系数由线算图 2 查得:

选型步骤及例题(五)

图集号 01S122-3

审核 姜建忠 校对 王新 设计 张井静

页 15

当 $P=0.4\text{MPa}$ 时, $\alpha_o=6450\text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{C})$

管内对流换热系数 $\alpha_i=11800\text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{C})$

污垢热阻值取 $R_f=0.000055\text{ m}^2\cdot\text{C}/\text{W}$, 忽略金属的导热热阻

$$\frac{1}{K} = \frac{1}{\alpha_o} + R_w + R_f + \frac{1}{\alpha_i} = \frac{1}{6450} + 0 + 0.000055 + \frac{1}{11800}$$

$$K=3392\text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{C})$$

传热面积 F 为:

由式(4)求得:

$$\begin{aligned} F &= 1.1Q_h / (k \cdot \Delta t_j) \\ &= 1.1 \times 8.32 \times 10^5 / (3392 \times 59.74) \\ &= 4.52\text{m}^2 \end{aligned}$$

查参数表2, 可选用SVS-4-6.5型弹性管束半容积式汽-水加热器,

有效容积为 4m^3 , 换热面积为 6.5m^2 , 满足要求。

例2 已知: 某宾馆共设床位265床, 冷水温度为 5°C , 热水温度为 60°C 。

加热介质为 $95/70^\circ\text{C}$ 的高温水, 若选用弹性管束半容积式

水加热器, 试确定型号。

计算: 1. 求生活系统最大小时生活热水量 Q 及有效容积 V

见例1计算

2. 求加热生活用水所需的热量 Q_h

见例1计算

3. 求热媒水耗量 Q_m

由式(3)求得:

$$\begin{aligned} Q_m &= 1.1 \frac{Q_h}{C(t_{mc} - t_{mz})} \\ &= 1.1 \frac{2.99 \times 10^6}{4.187(95 - 70)} \\ &= 31421.07\text{L/h} \end{aligned}$$

4. 求换热面积 F

传热温差为:

由已知得知加热介质进口温度为 $t_{mc}=95^\circ\text{C}$;

出口温度为 $t_{mz}=70^\circ\text{C}$

生活热水进水温度 $t_c=5^\circ\text{C}$; 出水温度 $t_z=60^\circ\text{C}$

选型步骤及例题(六)

图集号 01S122-3

审核 董晓宏 校对 刘英 设计 张永祥

页 16

由式(5)求得:

$$\begin{aligned}\Delta t_j &= \frac{t_{mz} - t_{mc}}{\ln\left(1 + \frac{t_{mc} - t_{mz}}{t_z - t_c} \ln \frac{t_{mc} - t_z}{t_{mc} - t_c}\right)} \\ &= \frac{70 - 95}{\ln\left(1 + \frac{95 - 70}{60 - 5} \ln \frac{95 - 60}{95 - 5}\right)} \\ &= 44.57^\circ\text{C}\end{aligned}$$

传热系数K为:

清洁表面的传热系数由线算图2查得: $K_c = 2480 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C})$

污垢热阻值 $R_f = 0.000055 \text{ m}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{W}$

$$\frac{1}{K} = \frac{1}{K_c} + R_f = \frac{1}{2480} + 0.000055$$

$$K = 2182 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C})$$

传热面积F为:

由式(4)求得:

$$\begin{aligned}F &= 1.1Q_h / (k \cdot \Delta t_j) \\ &= 1.1 \times 8.32 \times 10^5 / (2182 \times 44.57) \\ &= 9.41 \text{ m}^2\end{aligned}$$

查参数表3, 可选用SVW-4-14.0型弹性管束半容积式水-水加热器, 有效容积为 4 m^3 , 传热面积为 14.0 m^2 , 满足要求。

选型步骤及例题(七)

图集号

01S122-3

审核

张迪家

校对

于新

设计

张静

页

17

外形尺寸及安装图

1. 弹性管束半即热式水加热器外形及基础图

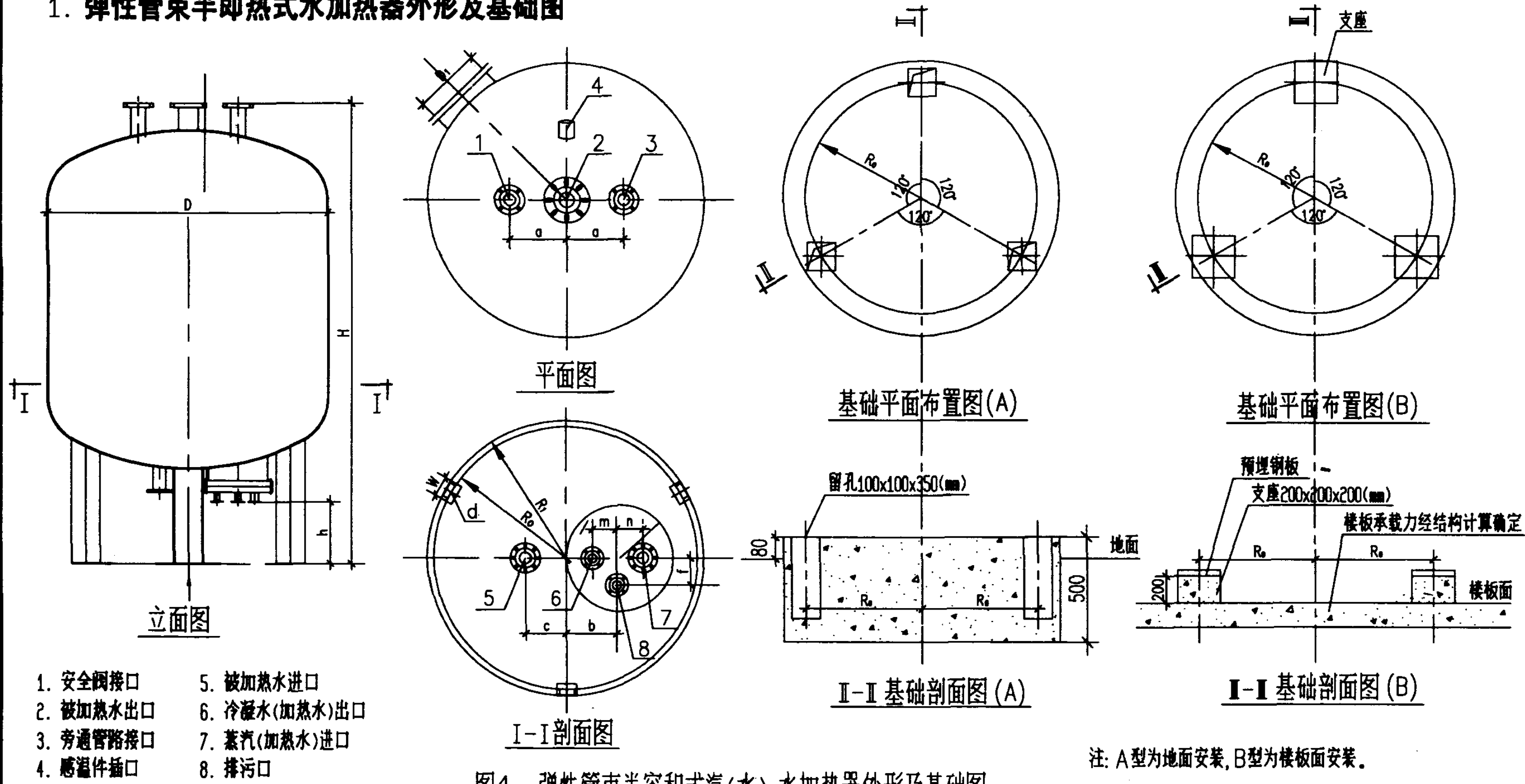


图4 弹性管束半容积式汽(水)-水加热器外形及基础图

外形尺寸及安装图(一)				图集号	01S122-3
审核	张德强	校对	张德强	设计	张德强
				页	18

2. 弹性管束半容积式汽-水加热器外形尺寸及接口尺寸表

表4 弹性管束半容积式汽-水加热器外形尺寸 (按页18图4)

型 号 \ 参 数	H	D	φ	h	R ₁	W	R ₀	a	b	c	m	n	f	d	D ₁
SVS-1-1.7-0.6(1.0,1.6)	2400	1220	1200	400	610	180	550	200	150	225	210	190	210	22	400
SVS-2-3.4-0.6(1.0,1.6)	2500	1620	1600	450	810	180	750	300	230	300	210	190	210	22	500
SVS-4-6.5-0.6(1.0,1.6)	2700	1820	1800	450	910	180	850	300	240	360	280	260	260	22	500
SVS-6-10.0-0.6(1.0,1.6)	3200	1820	1800	550	910	180	850	300	240	360	280	260	260	22	500
SVS-8-13.0-0.6(1.0,1.6)	3600	2020	2000	550	1010	180	950	350	400	250	280	260	260	22	500

表5 弹性管束半容积式汽-水加热器接口尺寸 (按页18图4)

型 号 \ 参 数	被加热水 进出口法兰	蒸汽 进口法兰	冷凝水 出口法兰	旁通管路 接口法兰	安全阀 接口法兰	排污管 接口法兰
SVS-1-1.7-0.6(1.0,1.6)	DN40	DN50	DN50	DN50	DN50	DN50
SVS-2-3.4-0.6(1.0,1.6)	DN65	DN50	DN50	DN50	DN50	DN50
SVS-4-6.5-0.6(1.0,1.6)	DN80	DN80	DN50	DN50	DN50	DN50
SVS-6-10.0-0.6(1.0,1.6)	DN100	DN100	DN65	DN50	DN50	DN50
SVS-8-13.0-0.6(1.0,1.6)	DN100	DN100	DN65	DN50	DN50	DN50

2. 弹性管束半容积式水-水加热器外形尺寸及接口尺寸表

表6 弹性管束半容积式水-水加热器外形尺寸 (按页18图4)

型 号 \ 参 数	H	D	φ	h	R ₁	W	R ₀	a	b	c	m	n	f	d	D ₁
SVW-1-3.8-0.6(1.0,1.6)	2400	1220	1200	400	610	180	550	200	150	225	210	190	210	22	400
SVW-2-7.2-0.6(1.0,1.6)	2500	1620	1600	450	810	180	750	300	230	350	210	190	210	22	500
SVW-4-14.0-0.6(1.0,1.6)	2700	1820	1800	450	910	180	850	300	300	360	280	270	270	22	500
SVW-6-20.5-0.6(1.0,1.6)	3400	1820	1800	550	910	180	850	300	300	360	280	270	270	22	500
SVW-8-26.6-0.6(1.0,1.6)	3600	2020	2000	550	1010	180	950	350	380	360	280	270	270	22	500

表7 弹性管束半容积式汽-水加热器接口尺寸 (按页18图4)

型 号 \ 参 数	被加热水 进出口法兰	加热水 进出口法兰	旁通管路 接口法兰	安全阀 接口法兰	排污管 接口法兰
SVW-1-3.8-0.6(1.0,1.6)	DN40	DN50	DN50	DN50	DN50
SVW-2-7.2-0.6(1.0,1.6)	DN65	DN65	DN50	DN50	DN50
SVW-4-14.0-0.6(1.0,1.6)	DN80	DN100	DN50	DN50	DN50
SVW-6-20.5-0.6(1.0,1.6)	DN100	DN125	DN50	DN50	DN50
SVW-8-26.6-0.6(1.0,1.6)	DN100	DN125	DN50	DN50	DN50

配管和平面布置示意图

1. 单台弹性管束半容积式水加热器配管示意图

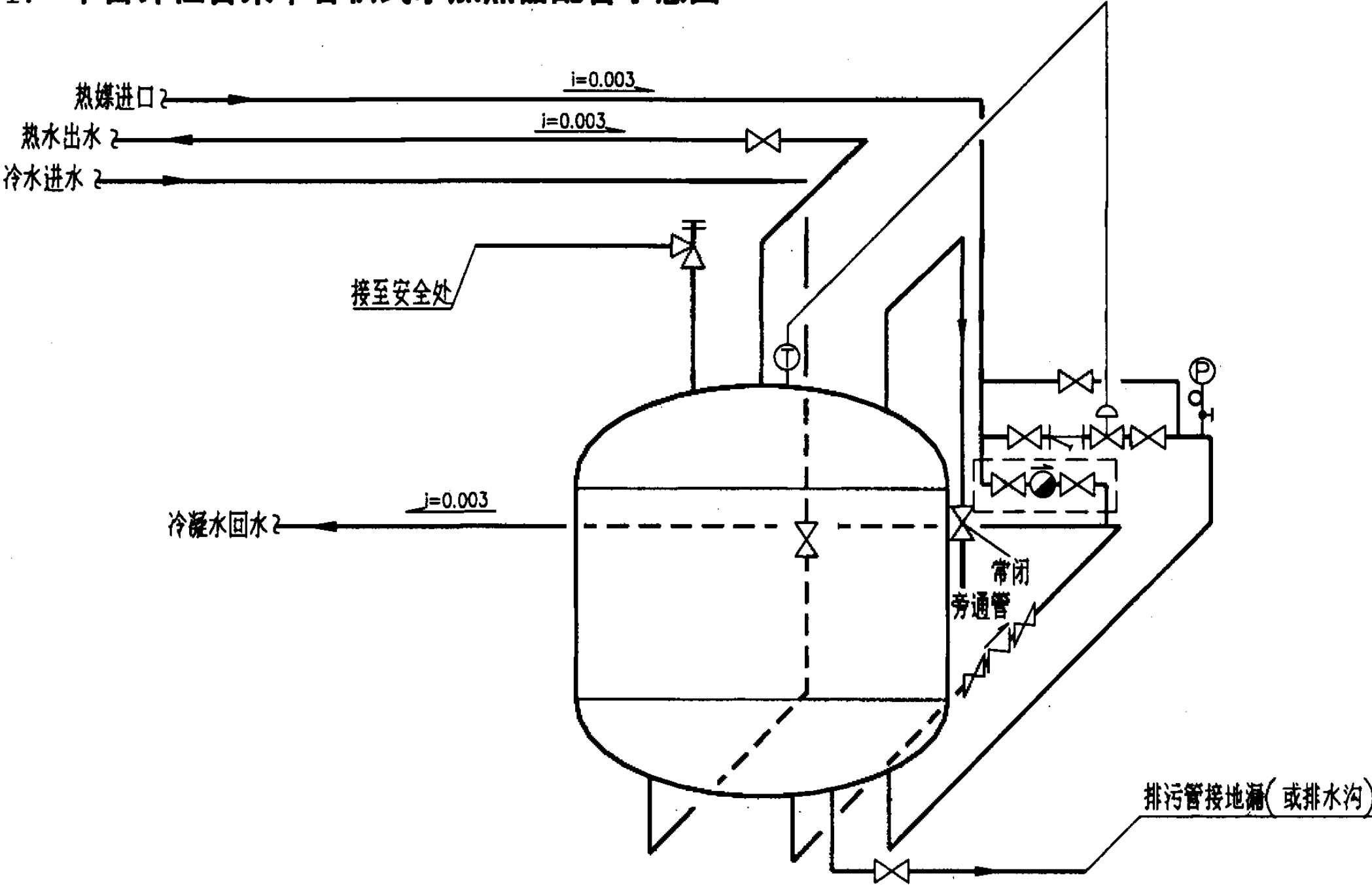


图 例

图 例	名 称
	闸阀、截止阀
	止回阀
	Y型过滤器
	疏水器
	温度调节阀
	安全阀
	压力表
	温度传感器
	介质流向
	管道坡度

注: 虚线框内所含设备为弹性管束半容积式水加热器汽—水
换热时才有的附件, 水—水换热时不含有这些附件。

2. 两台弹性管束半容积式水加热器配管示意图

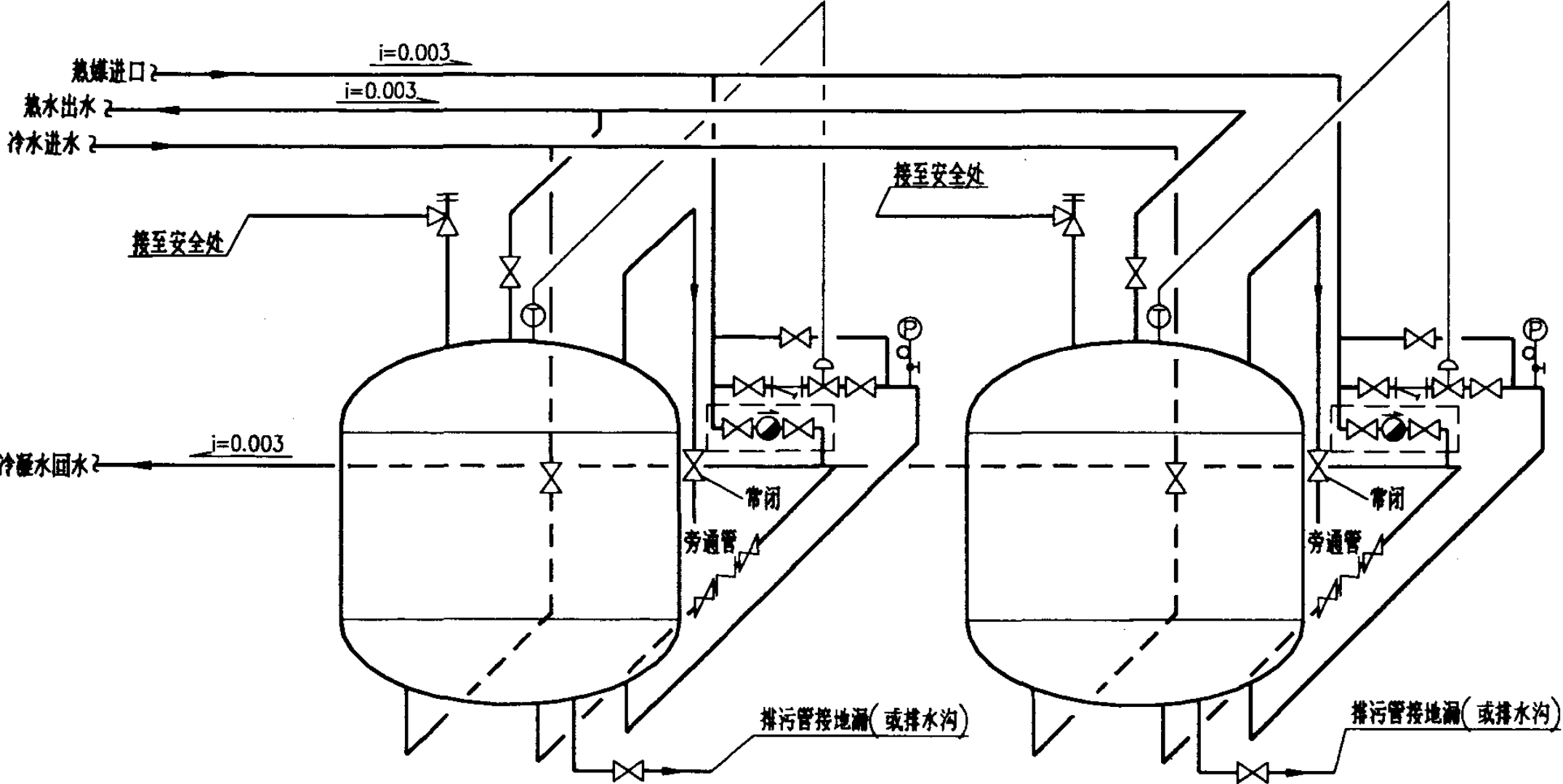


图 例

图 例	名 称
	闸阀、截止阀
	止回阀
	Y型过滤器
	疏水器
	温度调节阀
	安全阀
	压力表
	温度传感器
	介质流向
	管道坡度

注: 虚线框内所含设备为弹性管束半容积式水加热器汽—水
换热时才有的附件, 水—水换热时不含有这些附件。

3. 弹性管束半容积式水加热器单列平面布置图(见表8)

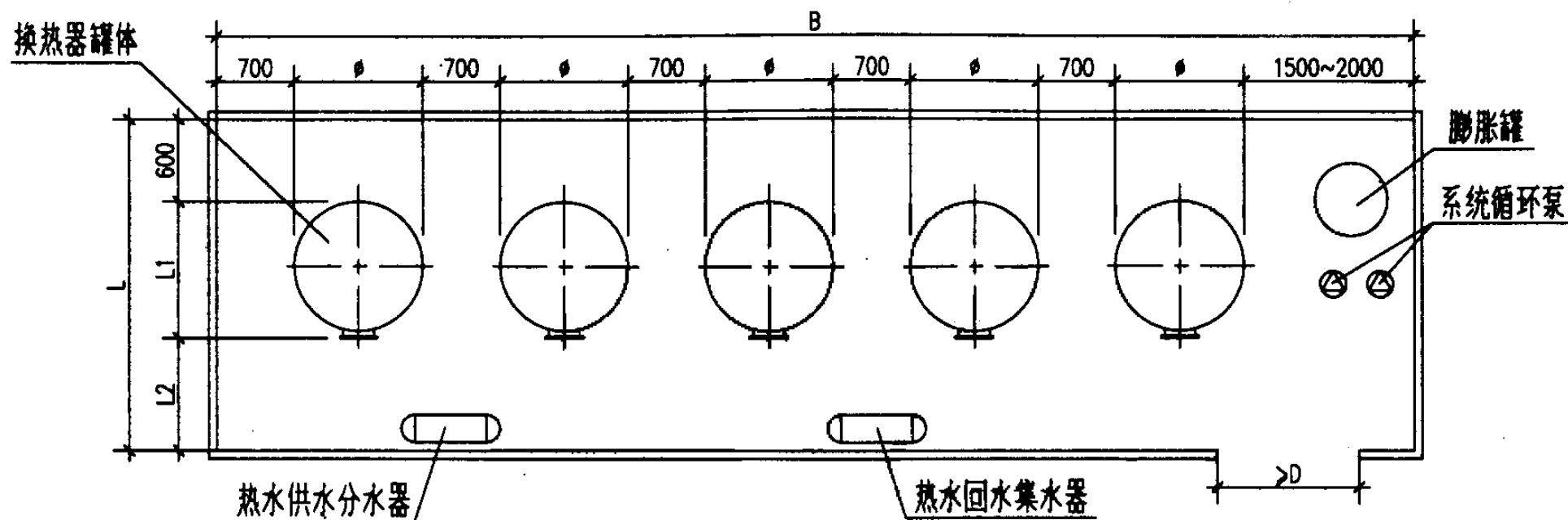


表8

接管尺寸

型 号	尺 寸	φ	L1	L2	L	H	2 台		3 台		4 台		5 台		6 台		7 台		8 台	
							B	F	B	F	B	F	B	F	B	F	B	F	B	F
SVS-1-1.7-0.6(1.0,1.6)		1200	1500	1200	3300	3015	5300	18	7200	24	9100	30	11000	36	12900	43	14800	49	16700	55
SVS-2-3.4-0.6(1.0,1.6)		1600	1900	1600	4100	3150	6100	25	8400	35	10700	44	13000	53	15300	63	17600	72	19900	82
SVS-4-6.5-0.6(1.0,1.6)		1800	2100	1800	4500	3380	7000	32	9500	43	12000	54	14500	65	17000	77	19500	88	22000	99
SVS-6-10.0-0.6(1.0,1.6)		1800	2100	1800	4500	3930	7000	32	9500	43	12000	54	14500	65	17000	77	19500	88	22000	99
SVS-8-13.0-0.6(1.0,1.6)		2000	2300	2000	4900	4230	7400	36	10100	50	12800	63	15500	76	18200	89	20900	103	23600	117
SVW-1-3.8-0.6(1.0,1.6)		1200	1500	1200	3300	3015	5300	18	7200	24	9100	30	11000	36	12900	43	14800	49	16700	55
SVW-2-7.2-0.6(1.0,1.6)		1600	1900	1600	4100	3150	6100	25	8400	35	10700	44	13000	53	15300	63	17600	72	19900	82
SVW-4-14.0-0.6(1.0,1.6)		1800	2100	1800	4500	3380	7000	32	9500	43	12000	54	14500	65	17000	77	19500	88	22000	99
SVW-6-20.5-0.6(1.0,1.6)		1800	2100	1800	4500	3930	7000	32	9500	43	12000	54	14500	65	17000	77	19500	88	22000	99
SVW-8-26.6-0.6(1.0,1.6)		2000	2300	2000	4900	4230	7400	36	10100	50	12800	63	15500	76	18200	89	20900	103	23600	117

- 注: 1. 本图仅供初步设计时平面估算用。表中除F以m²计外, 其余均以mm计。
2. F——设备间净面积 (m²)。
3. H——设备间净高 (mm)。H=设备总高+基础+安全阀高+余高 (200mm)
4. 平面尺寸考虑 50mm 厚的设备保温层厚度。
5. 当不加膨胀罐时, 设备间面积可适当减小。

4. 弹性管束半容积式水加热器对置平面布置图(见表9)

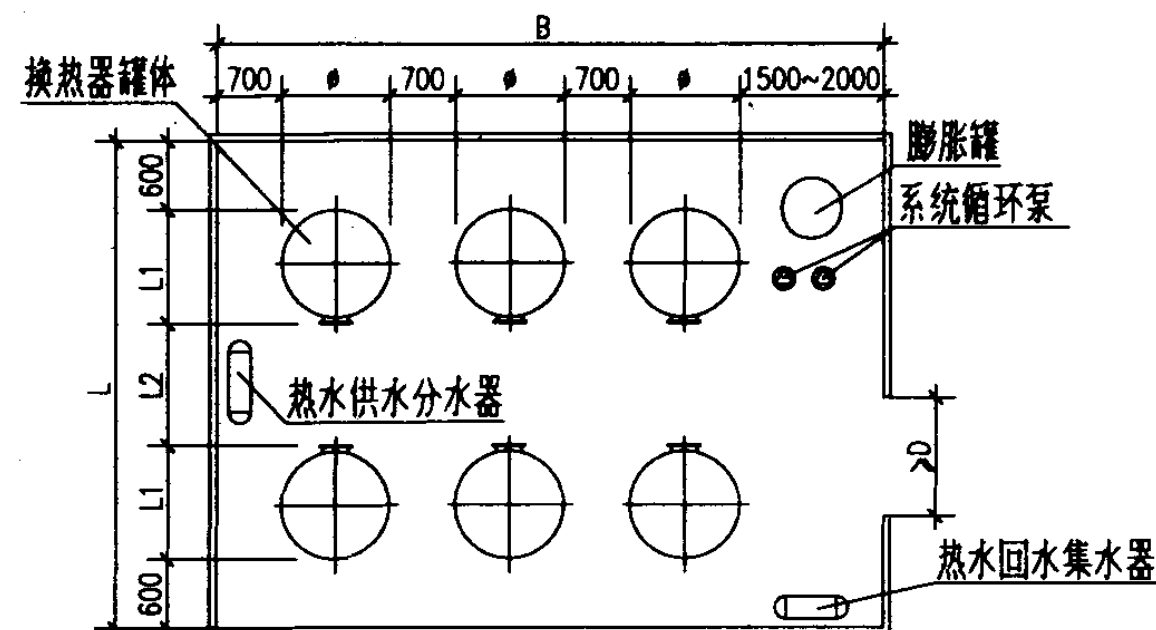
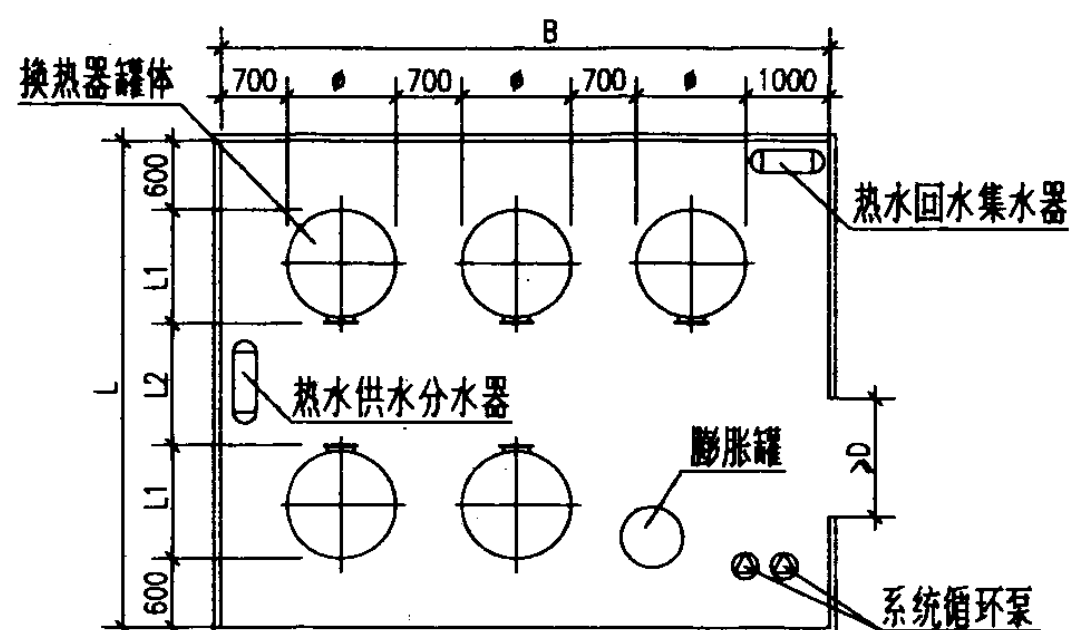


表9

接管尺寸

型 号	尺寸	φ	L1	L2	L	H	单 数								双 数									
							3 台		5 台		7 台		9 台		2 台		4 台		6 台		8 台		10 台	
							B	F	B	F	B	F	B	F	B	F	B	F	B	F	B	F	B	F
SVS-1-1.7-0.6(1.0,1.6)		1200	1500	1200	5400	3015	4800	26	6700	36	8600	47	10500	57	3400	19	5300	29	7200	39	9100	49	11000	59
SVS-2-3.4-0.6(1.0,1.6)		1600	1900	1600	6600	3150	5600	37	7900	52	10200	68	12500	83	3800	25	6100	40	8400	56	10700	71	13000	86
SVS-4-6.5-0.6(1.0,1.6)		1800	2100	1800	7200	3380	6000	43	8500	61	11000	79	13500	97	4500	33	7000	51	9500	69	12000	87	14500	105
SVS-6-10.0-0.6(1.0,1.6)		1800	2100	1800	7200	3930	6000	43	8500	61	11000	79	13500	97	4500	33	7000	51	9500	69	12000	87	14500	105
SVS-8-13.0-0.6(1.0,1.6)		2000	2300	2000	7800	4230	6400	50	9100	71	11800	92	14500	113	4700	37	7400	58	10100	79	12800	100	15500	121
SVW-1-3.8-0.6(1.0,1.6)		1200	1500	1200	5400	3015	4800	26	6700	36	8600	47	10500	57	3400	19	5300	29	7200	39	9100	49	11000	59
SVW-2-7.2-0.6(1.0,1.6)		1600	1900	1600	6600	3150	5600	37	7900	52	10200	68	12500	83	3800	25	6100	40	8400	56	10700	71	13000	86
SVW-4-14.0-0.6(1.0,1.6)		1800	2100	1800	7200	3380	6000	43	8500	61	11000	79	13500	97	4500	33	7000	51	9500	69	12000	87	14500	105
SVW-6-20.5-0.6(1.0,1.6)		1800	2100	1800	7200	3930	6000	43	8500	61	11000	79	13500	97	4500	33	7000	51	9500	69	12000	87	14500	105
SVW-8-26.6-0.6(1.0,1.6)		2000	2300	2000	7800	4230	6400	50	9100	71	11800	92	14500	113	4700	37	7400	58	10100	79	12800	100	15500	121

注: 本图仅供初步设计时平面估算用。

配管和平面布置示意图(四)

图集号

01S122-3

审核

董世豪

校对

李新

设计

张永新

页

24

5. 弹性管束半容积式水加热器斜置平面布置图(见表10)

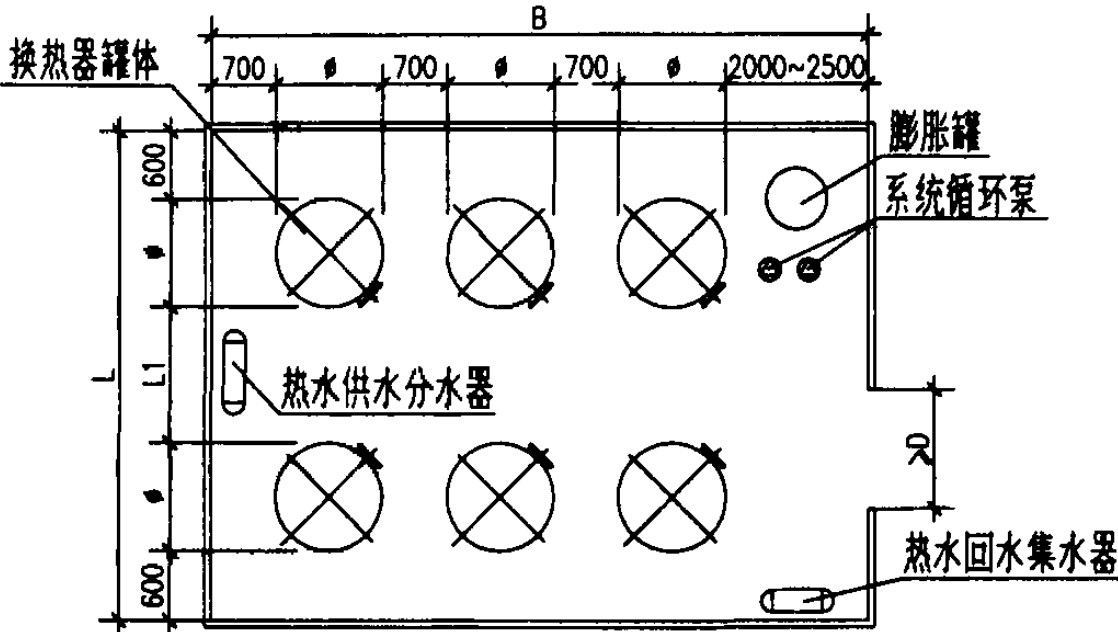
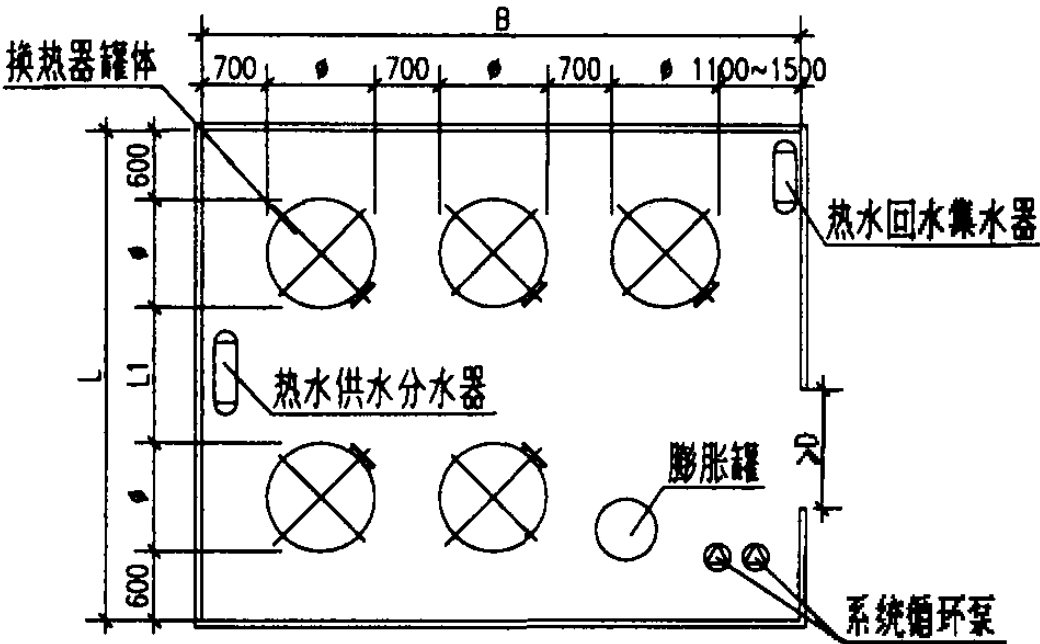


表10

接管尺寸

型 号	尺寸	φ	L1	L	H	单 数								双 数									
						3 台		5 台		7 台		9 台		2 台		4 台		6 台		8 台		10 台	
						B	F	B	F	B	F	B	F	B	F	B	F	B	F	B	F	B	F
SVS-1-1.7-0.6(1.0,1.6)		1200	1500	5100	3015	4900	25	6800	35	8700	45	10600	54	3900	20	5800	30	7700	39	9600	49	11500	59
SVS-2-3.4-0.6(1.0,1.6)		1600	1900	6300	3150	5900	37	8200	52	10500	66	12800	81	4400	28	6700	42	9000	57	11300	71	13600	86
SVS-4-6.5-0.6(1.0,1.6)		1800	2100	6900	3380	6300	44	8800	61	11300	78	13800	95	4800	33	7300	51	9800	68	12300	85	14800	102
SVS-6-10.0-0.6(1.0,1.6)		1800	2100	6900	3930	6300	44	8800	61	11300	78	13800	95	4800	33	7300	51	9800	68	12300	85	14800	102
SVS-8-13.0-0.6(1.0,1.6)		2000	2300	7500	4230	6900	52	9600	72	12300	92	15000	113	5200	39	7900	59	10600	80	13300	100	16000	120
SVW-1-3.8-0.6(1.0,1.6)		1200	1500	5100	3015	4900	25	6800	35	8700	45	10600	54	3900	20	5800	30	7700	39	9600	49	11500	59
SVW-2-7.2-0.6(1.0,1.6)		1600	1900	6300	3150	5900	37	8200	52	10500	66	12800	81	4400	28	6700	42	9000	57	11300	71	13600	86
SVW-4-14.0-0.6(1.0,1.6)		1800	2100	6900	3380	6300	44	8800	61	11300	78	13800	95	4800	33	7300	51	9800	68	12300	85	14800	102
SVW-6-20.5-0.6(1.0,1.6)		1800	2100	6900	3930	6300	44	8800	61	11300	78	13800	95	4800	33	7300	51	9800	68	12300	85	14800	102
SVW-8-26.6-0.6(1.0,1.6)		2000	2300	7500	4230	6900	52	9600	72	12300	92	15000	113	5200	39	7900	59	10600	80	13300	100	16000	120

注: 本图仅供初步设计时平面估算用。

配管和平面布置示意图(五)

图集号

01S122-3

审核

董世豪

校对

王毅

设计

张静

页

25

温控原理

在生活热水供应系统中,出水温度的控制对整个系统的安全和经济运行起着至关重要的作用。它与传统的板式、管壳式等即热式水加热器相比,半即热式弹性管束水加换器具有一定的水容量其传热的动态工作过程有自己独特的特点。根据弹性管束水加热器的具体结构和动态特性开发的基于智能PID调节器的温度控制系统如图4所示,它能够根据水加热器的动态特性自动修改PID调节参数,克服了以往PID调节器参数一经整定就无法修改因而不适应“大滞后”及“非线性”调节对象的缺陷,该控制系统出水温度控制精度为 $\pm 2^{\circ}\text{C}$ 。其结构原理如图5所示。

当用户用水量改变导致流过弹性管束水加热器的水流量增大或减小时,水加热器的出水温度 T_g 会降低或升高,温度传感器将采集到的出水温度信号传到调节器,调节器将此信号与设定值进行比后发出指令去控制蒸汽(加热水)流量升高或降低,从而使出水温度升高或降低,只要出口水温 T_g 与设定值存在偏差,调节器就不断发出指令去改变阀门开度,直到 T_g 稳定在设定值为止。由于加热介质的流量与阀门的开度之间并非线性关系,且在不同负荷下出水温度随加热介质流量的变化率也不同,本温度控制系

统的智能程序模块能实时检测出温度的动态变化,据此自动修整PID调节器的工作参数,保证调节器的工作特性总是与水加热器的动态相匹配,因而使得调节过程稳定性大为增强,调节过程的时间亦大大缩短。当出水温度超过某一设定极限值时,控制器将发出报警,同时会迅速关闭电动流量调节阀,以防止出水继续过热,从而增强了热水供应系统的安全性。

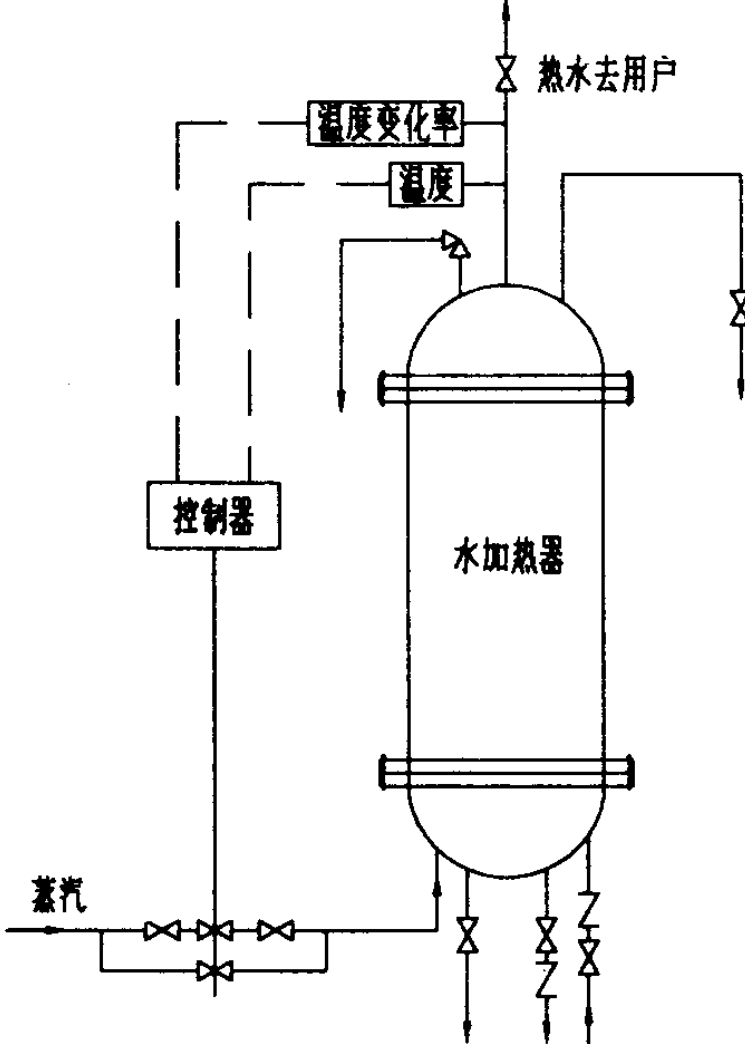


图5 弹性管束水加热器温度控制系统

温控原理(一)				图集号	01S122-3
审核	张静	校对	张静	设计	张静
				页	26

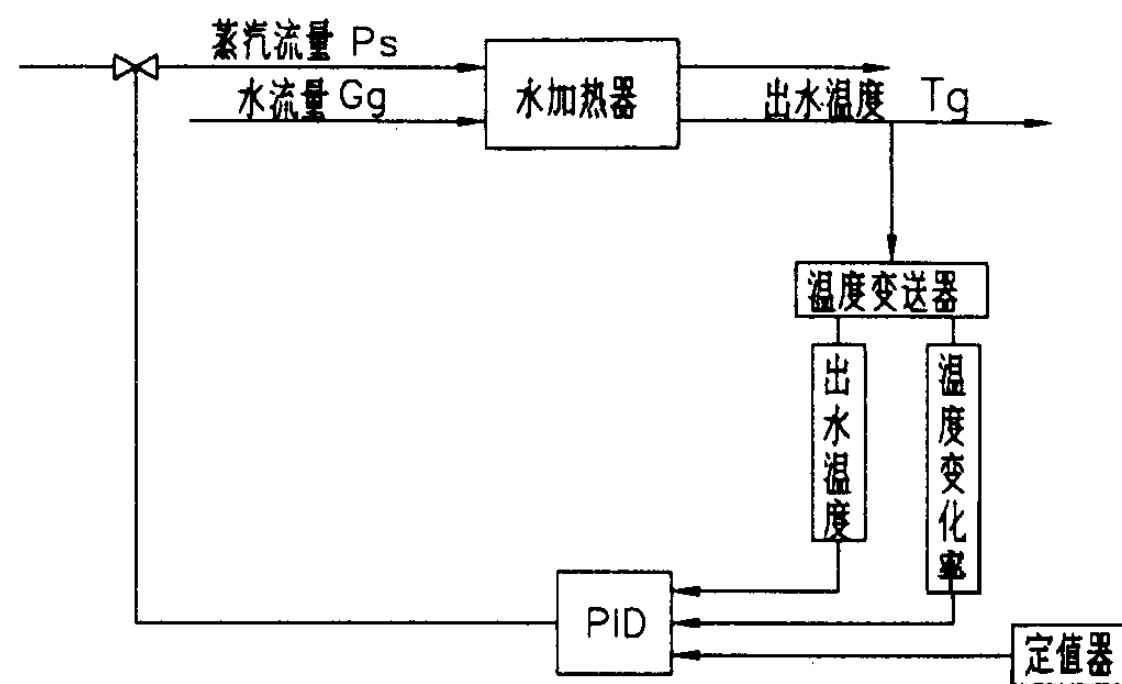


图6 弹性管束水加热器温度控制原理图

温控原理(二)				图集号	01S122-3
审核	董晓东	校对	付新	设计	张新
				页	27

主编单位、参编单位、联系人及电话

	联 系 人	电 话
主编单位 机械工业部设计研究院	黄晓家	010-68428811-4411
参编单位 山东格致热工设备有限公司	张 炜	0531-7986698

以下企业作为本图集的协编单位，在图集的编制过程中，提供了相关的技术资料，对图集的编制工作给予了很大的支持，特表示感谢。

淄博三元换热设备有限公司	(0533) 4178966
--------------	----------------