

第3章 全水系统



第1讲 全水系统的末端装置

- 全水系统概述
- 全水系统末端装置

1、全水系统组成

- 冷煤
- 热煤
- 按提供热量或冷量：供热、供冷、既供热又供冷
- 末端装置：自然对流（散热器）、强迫对流（风机盘管、暖风机）
- 按用途：热水采暖系统、全水空调系统

一、全水系统概述

2、热水采暖系统

- 按热媒分：热水采暖系统、蒸汽采暖系统
- 热水采暖系统的优点： p31-32
- 热水采暖系统的缺点： p32

3、全水空调系统（全水风机盘管系统）

□ 优点

- 输送能耗低
- 独立调节和控制
- **IAQ**
- 占用面积少

□ 缺点

- 维护量大
- 无加湿功能
- 噪声

二、全水系统的末端装置

- 散热器
- 暖风机
- 风机盘管

1.散热器性能评价指标

- 热工性能方面的要求。散热器的传热系数越高，说明其散热性能越好。
- 经济方面的要求。散热器传给房间的单位散热量所需金属好量越少，成本越低，其经济性越好。
- 安装使用方面的要求。散热器应具有一定的机械强度和承压能力；散热器的结构形式应便于组合所需要的散热面积，结构尺寸要小，少占房间面积和空间。
- 卫生和美观方面的要求。散热器外表光滑，不积灰和易于清扫，散热器宜与室内装饰相协调。
- 使用寿命的要求。散热器应不易于被腐蚀和破损，使用年限长。

- 铸铁散热器
 - 翼型散热器。
 - 圆翼型
 - 长翼型
 - 柱型散热器
- 钢制散热器
 - 闭式钢串片对流散热器
 - 板型散热器
 - 钢制柱型散热器
 - 扁管型散热器

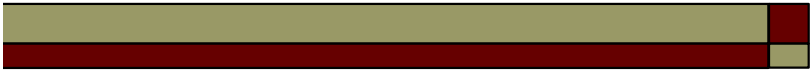
铸铁散热器





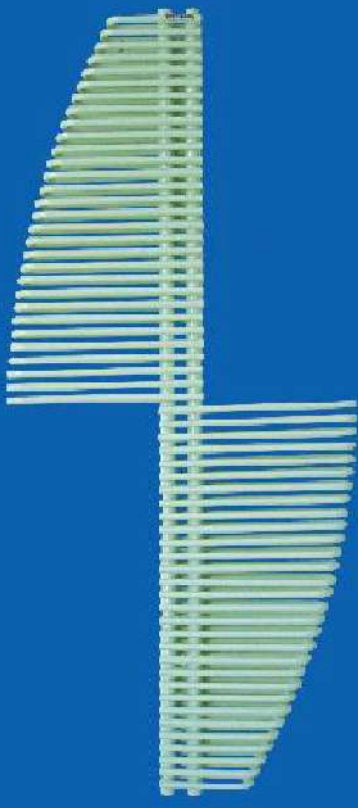
柱型





方筐式椭圆背篓

花兰



8字型

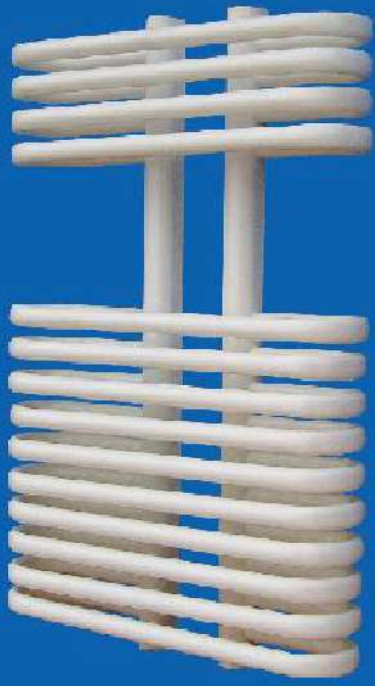


花兰



蝴蝶

蝴蝶



钢制环形

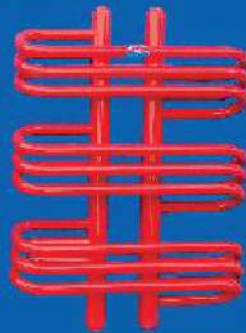
环型



钢制吉它

吉他

螺旋

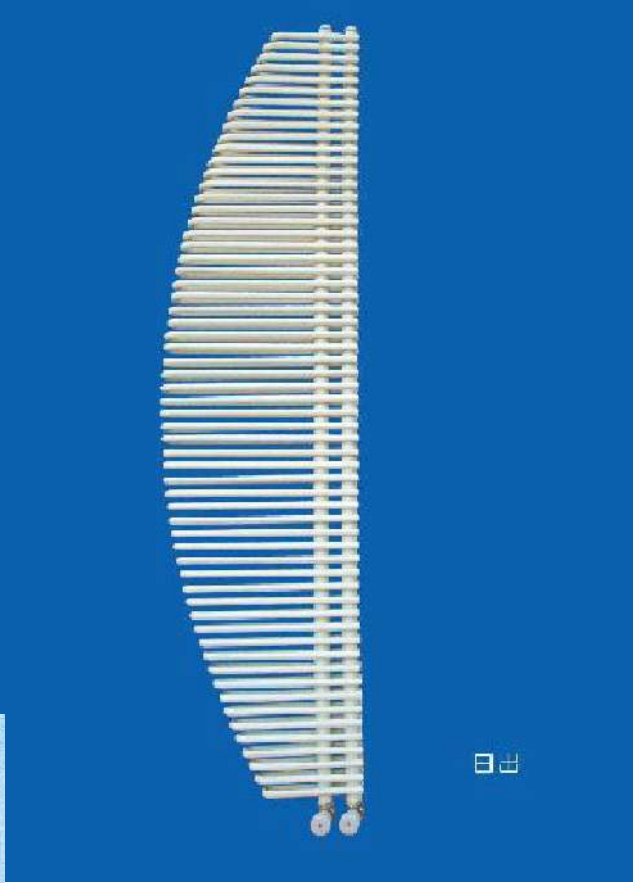


螺旋



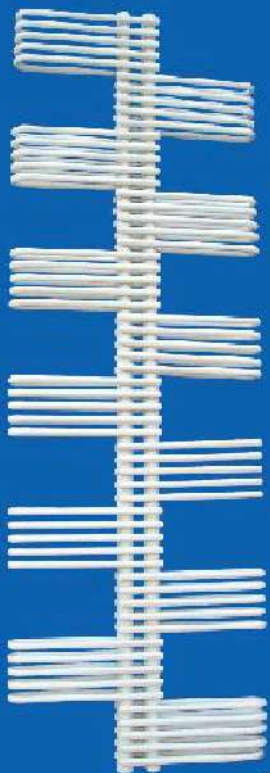
蘑菇

如意



日出

日出

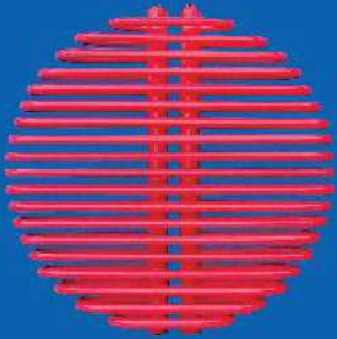


梳子

松树



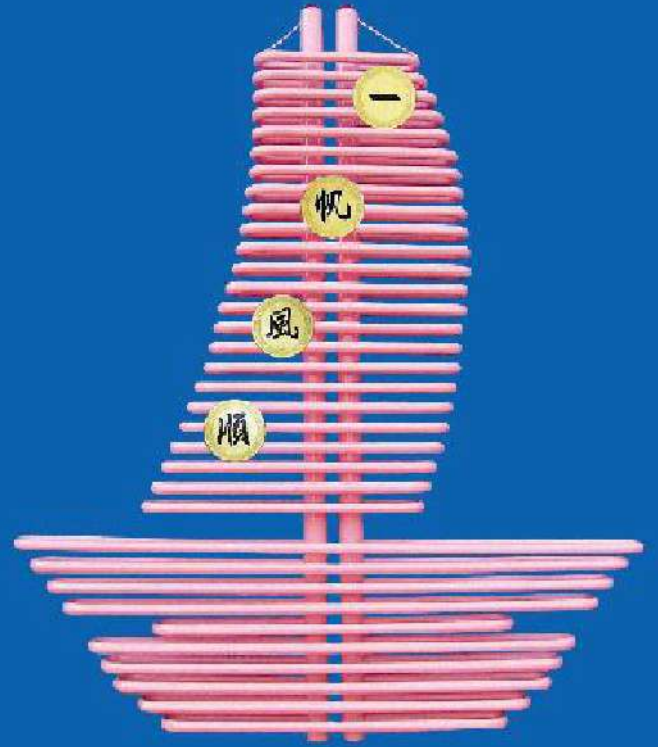
双层毛巾架



太阳



中国结



一帆风顺



铜铝复合



3.散热器的选用

- 散热器的工作压力，应满足系统的工作压力，并符合国家现行有关产品标准的规定。
- 在民用建筑中，宜采用外形美观，易于清扫的散热器。
- 放散粉尘或防尘要求较高的生产厂房，应采用易于清扫的散热器。
- 在具有腐蚀性气体的生产厂房或相对湿度较大的房间，应采用耐腐蚀的散热器。
- 热水供暖系统采用钢制散热器时，应采用闭式系统，并满足产品对水质的要求，在非供暖季节应充水保养。

3.散热器的选用

- 蒸汽供暖系统不得采用钢制柱型、板型和扁管等散热器。
- 安装热量表和恒温阀的热水供暖系统，不能采用水流通道内含有粘砂的散热器。
- 采用铝制散热器时，应选用内防腐型铝制散热器，并满足产品对水质的要求。

- 散热器宜安装在外墙的窗台下，这样，沿散热器上升的对流热气流能阻止和改善从玻璃下降的冷气流和玻璃冷辐射的影响，使流经室内的空气比较暖和舒适；当安装或布置管道有困难时，也可靠内墙安装。
- 为防止冻裂散热器，两道外门之间，不准设置散热器。在楼梯间或其他有冻结危险的场所，其散热器应由单独的立、支管供热，且不得装设调节阀。
- 散热器宜明装，暗装时装饰罩应有合理的气流通渠道，足够的通道面积并方便维修。托儿所和幼儿园应暗装或加防护罩，以防烫伤儿童。

- 在垂直单管或双管热水供暖系统中，同一房间的两组散热器可以串联连接。
- 在楼梯间布置散热器时，考虑楼梯间热流上升的特点，应尽量布置在底层或按一定比例分布在下部各层。
- 铸铁散热器的组装片数，不宜超过下列数值：二柱 (M132 型)——20 片；柱型(四柱) ——25片；长翼型——7 片。
- 安装在装饰罩内的恒温阀必须采用外围传感器，传感器应设置能正确反映房间温度的位置。

$$F = \frac{Q}{K(t_{pj} - t_n)} \beta_1 \beta_2 \beta_3 (m^2)$$

□ 散热器内热媒平均温度 t_{pj}

- 在热水供暖系统中，为散热器进出口水温的算术平均值。

$$t_{pj} = (t_{sg} + t_{sh}) / 2 (^{\circ}C)$$

- 双管：系统设计供、回水温度
- 单管：逐一计算
- 在蒸汽供暖系统中，当蒸汽表压力 ≤ 0.03 MPa 时，取 $100^{\circ}C$ ；当蒸汽表压力 ≥ 0.03 MPa 时，取与散热器进口蒸汽压力相应的饱和温度。

□ 散热器传热系数 K 及其修正系数值

- 散热器传热系数 K 值是由标准化实验台测定的。实验应在一个长宽高为 $(4 \pm 0.2\text{m})$ $(4 \pm 0.2\text{m})$ $(2.8 \pm 0.2\text{m})$ 的封闭小室内，保持室温恒定下进行。散热器应无遮挡，敞开设置。

$$K = a(\Delta t)^b = a(t_{pj} - t_n)^b$$

- 实验结果整理

$$Q = A(\Delta t)^B = A(t_{pj} - t_n)B$$

修正系数

- 散热器组装片数修正系数 β_1 柱型散热器是以 10 片作为实验组合标准，当每组散热器片数小于 6 片，取 $\beta_1=0.95$ ；当每组 11~20 时，取 $\beta_1=1.05$ ；当每组超 20 片时，取 $\beta_1=1.10$
- 散热器连接形式修正系数 β_2 所有散热器传热系数和关系式，都是在散热器支管与散热器同侧连接、上进下出的实验状况下整理得出。理论分析和实验均证明，上进下出的连接形式最有利，下进下出的连接形式次之，而下进上出的连接形式最不利，其值可达 1.33~1.42。

修正系数

- 散热器安装形式修正系数 β_3 实验公式都是在散热器敞开装置情况下整理的。散热器安装在壁龛内、或加装遮挡罩板等，就改变了散热器对流放热和辐射放热的条件，因而要对 K 或 Q 值进行修正。通常 β_3 值均大于 1.0。

5. 散热器的计算 散热面积的计算

- 不带肋片的散热器，水流量对传热系数 K 和散热量 Q 值的影响较小，可不予修正；带肋片的散热器（如钢串片散热器），其 K 值与通过散热器的水流量关系较大，一般应予考虑。
- 散热器表面采用涂料不同，对 K 值和 Q 值也有影响。银料（铝粉）的辐射系数低于调和漆，散热器表面涂调和漆时，传热系数比涂银粉漆时约高 10% 左右。
- 在相同的计算热媒平均温度下，蒸汽散热器的传热系数 K 值要高于热水散热器的 K 值。
- 散热器在实际使用场合的 K 值和 Q 值，要比在实验台测试条件下封闭房间的测定值高出约 10%。

5. 散热器的计算 散热面积的计算

$$n = F / f(\text{片或} m)$$

- 暖风机形式
 - 离心式暖风机 大型机组
 - 轴流式暖风机 小型机组
- 优点：热惰性小、升温快、设备简单、投资省。
- 使用场合：耗热量大的建筑物、间歇使用的房间和有防火防爆要求的车间。
- 可独立采暖用，一般用以补充散热器散热的不足部分或者利用散热器作为值班采暖，其余热负荷由暖风机承担。



□ 台数确定 $n = \frac{Q}{Q_d \cdot \eta}$

□ 当空气进口温度与标准参数（15℃）不同时，换算

$$\frac{Q_d}{Q_o} = \frac{t_{pj} - t_n}{t_{pj} - 15}$$

□ 选用暖风机时注意事项

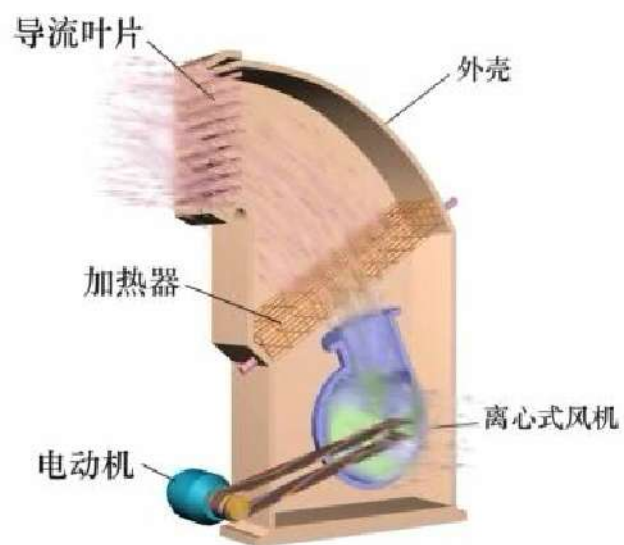
□ 小型暖风机

- 为使车间温度场均匀，保持一定断面速度，选择暖风机时，应演算车间内的空气循环次数，一般不应小于**1.5**次。
- 布置暖风机时，应按厂房内部几何形状、工艺设备布置情况及气流作用范围等因素，设计暖风机台数及位置。宜使暖风机的射流互相衔接，使采暖空间形成一个总的空气环流。**P39**
- 不应将暖风机布置在外墙上垂直向室内吹送。

- 暖风机底部的安装标高应符合下列要求
 - 当出口风速 $\leq 5\text{m/s}$ 时，取2.5-3.5m；
 - 当出口风速 $> 5\text{m/s}$ 时，取2.5-3.5m。
- 射程 X $X = 11.3v_0 D$
- 送风温度不宜低于 35°C ，不应高于 70°C 。
- 热煤为蒸汽时，每台暖风机应单独设置阀门和疏水装置

□ 大型暖风机

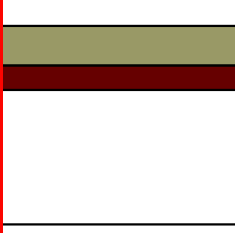
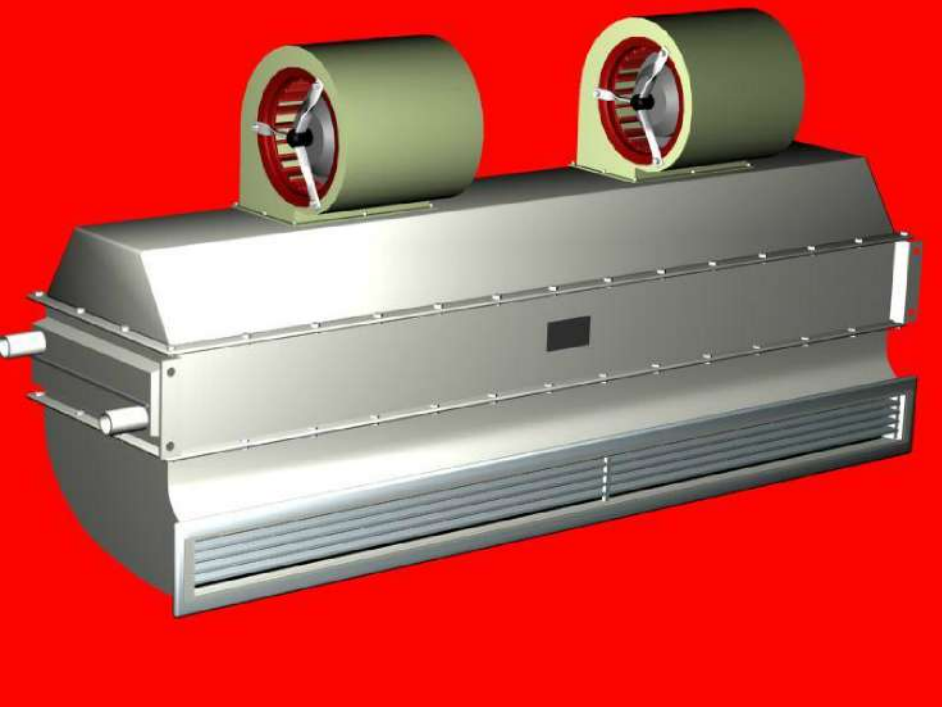
- 选用大型暖风机采暖时，由于出口速度和风量都很大，所以，应沿车间长度方向布置，出风口离侧墙的距离不宜小于 **4m**，气流射程不应小于车间采暖区的长度，在射程区域内不应有构筑物或高大设备，其出风口离地面的高度应符合下列要求：
 - 当厂房下弦 $\leq 8\text{m}$ 时，宜取 **3.5~6m**；
 - 当厂房下弦 $> 8\text{m}$ 时，宜取 **5~7m**。
 - 大型暖风机不应布置在车间大门附近，吸风口底部距地面的高度不宜大于 **1m**，也利不应小于 **0.3m**。



NBL型暖风机

东方仿真COPYRIGHT

- 空气幕是利用条形空气分布器喷出一定速度和温度的幕状气流，借以封闭建筑物的门、门厅、通道、门洞、柜台等的特殊通风系统和设备，
- 作用
 - 减少或隔绝外界气流的侵入，以维持室内或工作区域的封闭环境条件，具有隔热隔冷作用；
 - 阻挡外界尘埃、有害气体及昆虫等的进入室内，具有隔尘、隔害作用。
- 近年来已广泛用于中央空调和通风系统的局部封闭



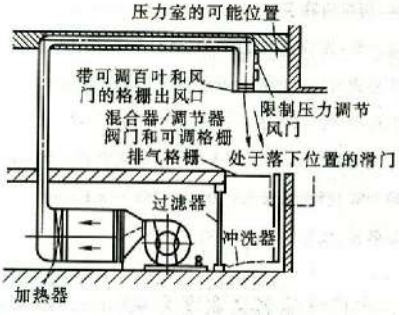
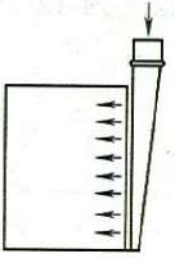
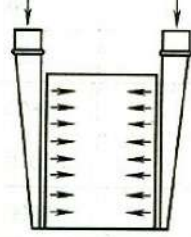
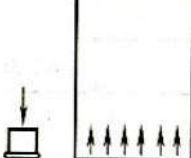
符合下列条件之一时，宜设置热空气幕：

- 位于严寒地区、寒冷地区的公共建筑和工业建筑，对经常开启的外门，且不设门斗和前室时；
- 位于严寒地区、寒冷地区及其以外的公共建筑和工业建筑，当生产或使用要求不允许降低室内温度时，或经技术经济比较设置热空气幕合理时。

□ 选用原则

- 热空气幕的送风方式，对于公共建筑，宜采用由上向下送风；工业建筑宜采用侧送风，当外门宽度小于**3m**时，可采用单侧送风；当大门宽度超过**18m**时，宜采用此向下送风。（注：侧面逆风时，严禁外门向内开启）
- 热空气幕的送风温度，应根据计算确定。对于公共建筑和工业建筑的外门，不宜高于**50℃**；对高大的外门，不应高于**70℃**。
- 热空气幕的出口风速，应通过计算确定。对于公共建筑的外门，不宜大于**6m/s**；对于工业建筑的外门，不宜大于**25m/s**。

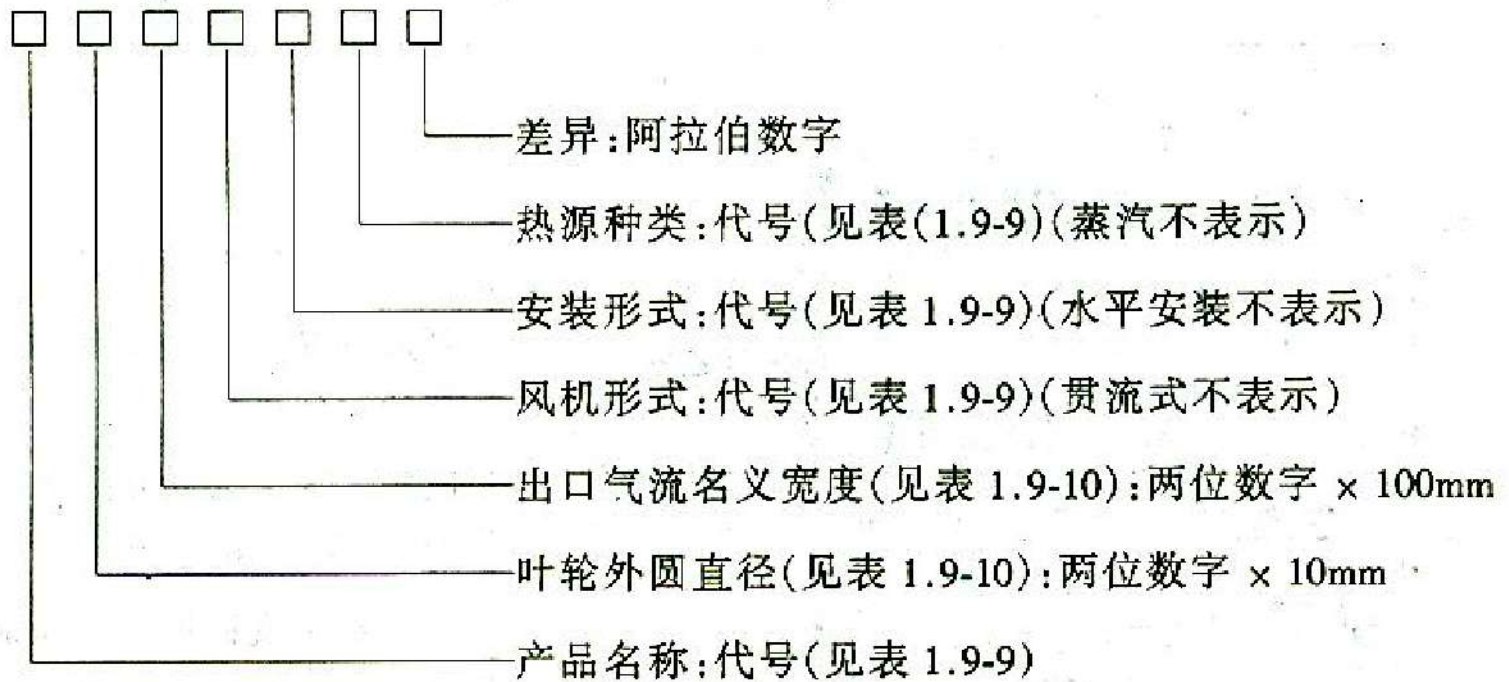
- 送风形式和分类
 - 上送式、侧送式、下送式。

形式名称	简图	使用特点
上送式空气幕		<p>左图为设有回风口的上送式空气幕。大门上方为吹风口，下方为回风口。回风经设在地面下的空气处理设备过滤、加热等处理后，循环使用。为了人受吹风的舒适感，送风速度控制在4-6m/s范围之内</p> <p>通常不设回风口，让射流与地面接触后自由向室外扩散，这种大门空气幕称为简易空气幕。</p>
侧送式 单侧空气幕		<p>左图的单侧空气幕，适用于宽度小于4m的门洞和车辆通过门洞时间较短的工业厂房。工业建筑的门洞高度较高时常常采用此种形式。</p> <p>缺点是：</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) 需占用一定的建筑面积 2) 为了不阻挡气流，侧送式空气幕的大门严禁向内开启 3) 挡风效率不及下送式空气幕
侧送式 双侧空气幕		<p>左图的双侧空气幕，适用于门洞宽度大于4m的工业建，其卫生条件较下送式为好。</p> <p>缺点与单侧空气幕相同</p>
下送式空气幕		<p>左图的下送式空气幕，安装于地下。下送式其射流最强区贴近地面，冬季抵挡冷风从门洞下部侵入的挡风效率最好，且不受大门开启方向的影响。由于送风口在地面下，易被脏物堵塞；下面送风易扬起衣裙，不受欢迎。故目前较少使用。</p>

空气幕形式及代号

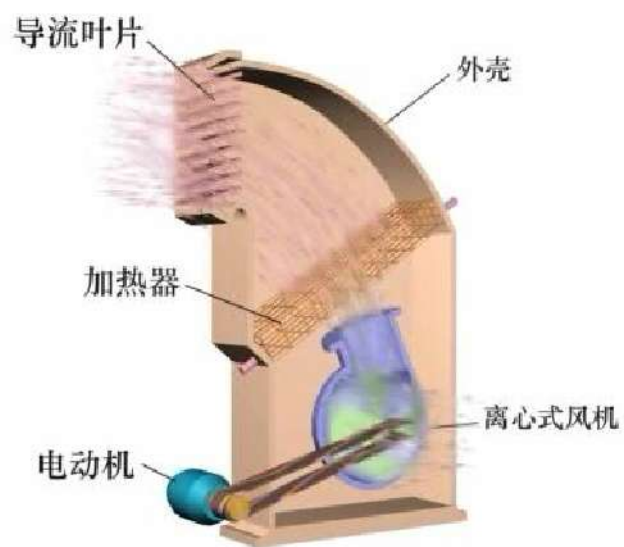
项 目		代 号	项 目		代 号
空气幕名称	非加热空气幕	FM	热源种类	蒸 汽	—
	热空气幕	RM		电	D
安装型式	水平安装	—	风机形式	贯流式	—
	垂直安装	C		离心式	L
热源种类	热 水	S		轴流式	Z

空气幕型号表示方法



空气幕型号示例：

- **FM-1509-C** 即叶轮名义直径**150mm**，出口气流名义宽度为**900mm**，用贯流风机装置，垂直安装的非加热空气幕。
- **RM-1512L-S** 即叶轮名义直径**150mm**，出口气流名义宽度为**1200mm**，用离心风机装置，水平安装以热水为热源的热空气幕。



NBL型暖风机

东方仿真COPYRIGHT

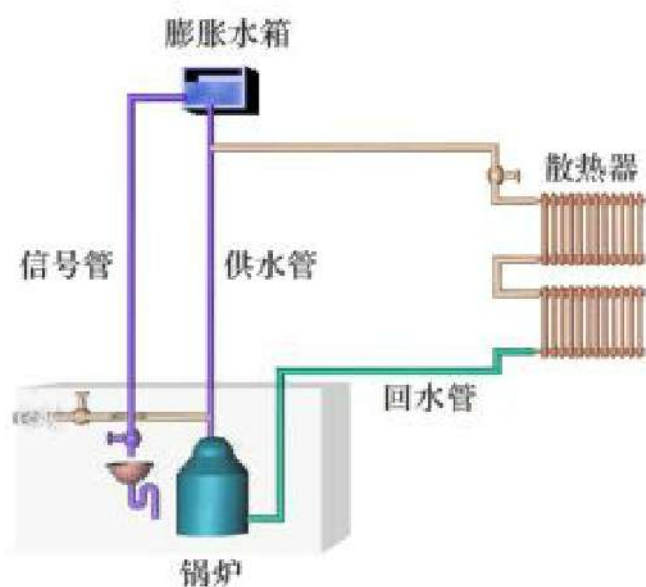
第3章 全水系统



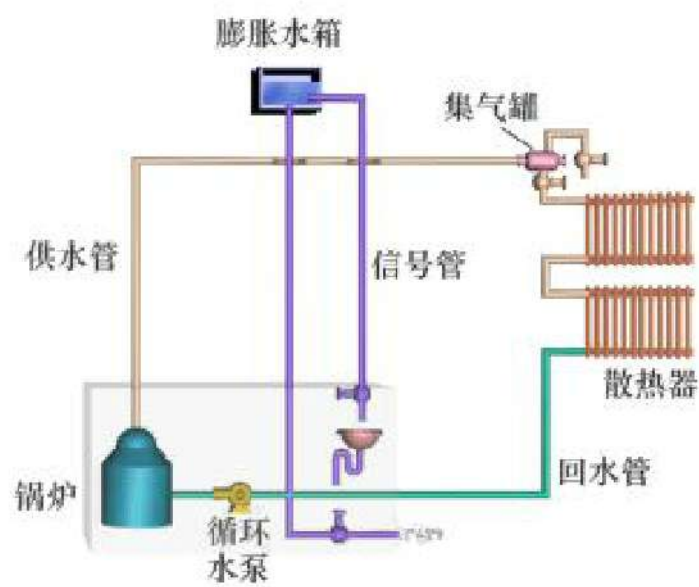
第2讲 热水采暖系统

- 重力循环热水采暖系统
- 机械循环热水采暖系统
- 高层建筑热水采暖系统
- 室内热水供暖系统的管路布置和主要设备及附件

- 按系统循环动力的不同
 - 重力（自然）
 - 机械
- 按供回水方式
 - 单管
 - 双管
- 按系统管道敷设方式
 - 垂直式
 - 水平式



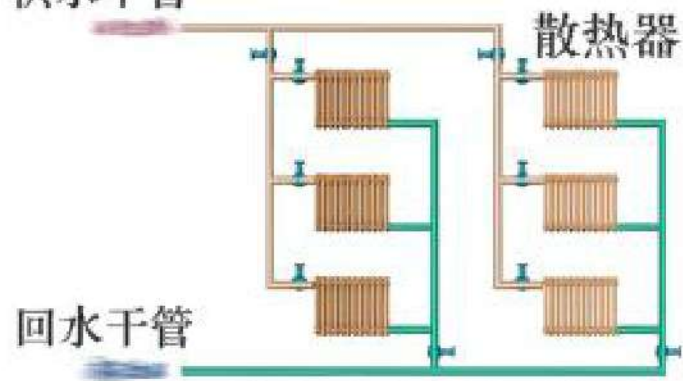
(a) 重力循环热水采暖系统



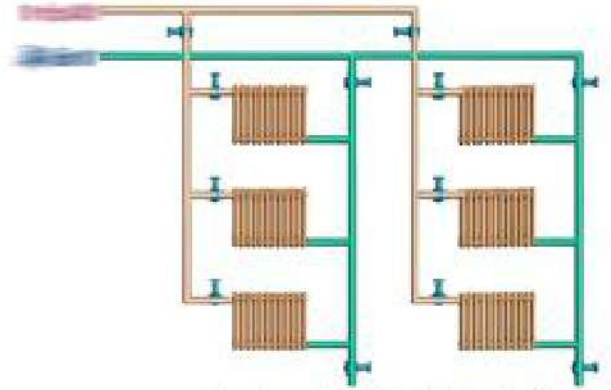
(b) 机械循环热水采暖系统

按系统循环动力分类的热水采暖系统

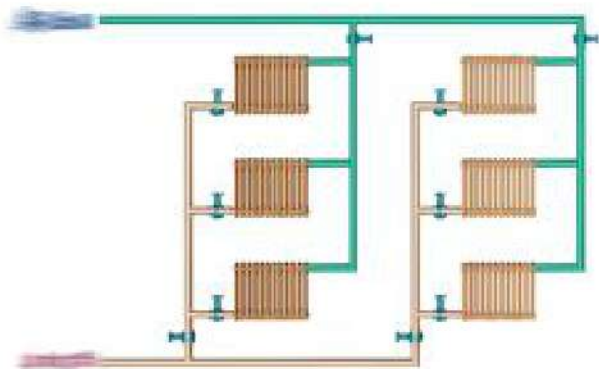
供水干管



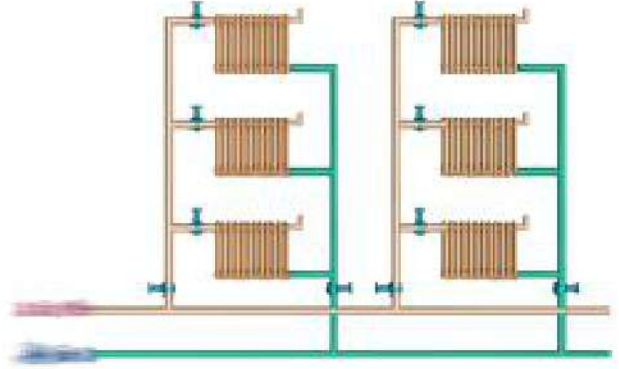
(a) 上供下回式



(b) 上供上回式

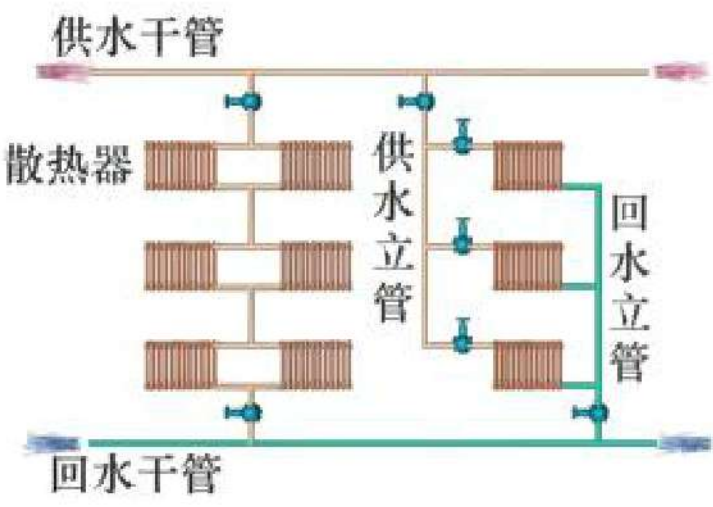


(c) 下供上回式

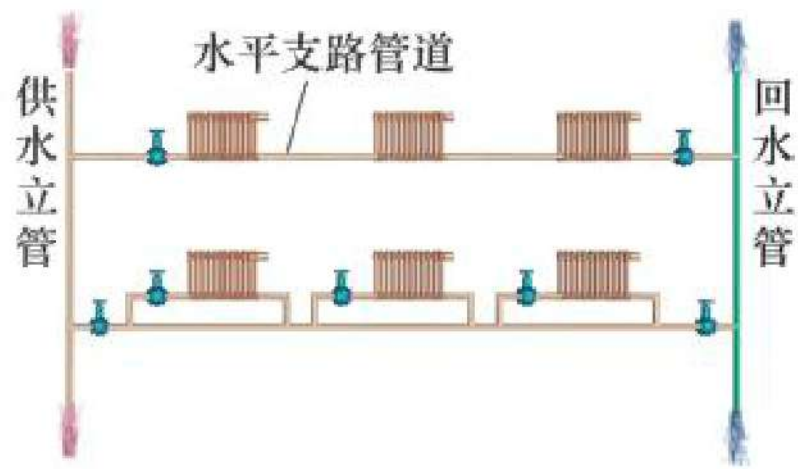


(d) 下供下回式

按供回水方式分类的采暖系统



(a) 垂直式



(b) 水平式

垂直式与水平式采暖系统

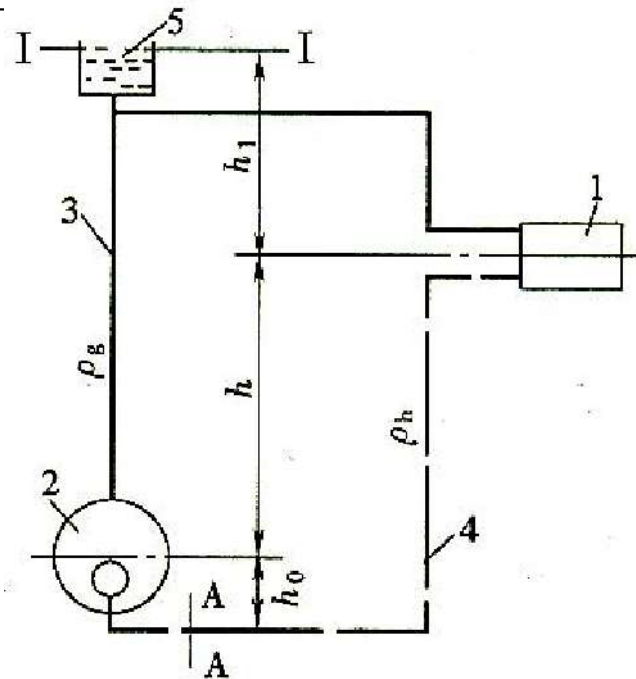
- 按热媒温度的不同
 - 低温水
 - 高温水

国别	低温水	中温水	高温水
美国	$< 120^{\circ}\text{C}$	$120\sim 176^{\circ}\text{C}$	$> 176^{\circ}\text{C}$
日本	$< 110^{\circ}\text{C}$	$110\sim 150^{\circ}\text{C}$	$> 150^{\circ}\text{C}$
德国	$\leq 110^{\circ}\text{C}$		$> 110^{\circ}\text{C}$
原苏联	$\leq 115^{\circ}\text{C}$		$> 115^{\circ}\text{C}$

一、重力循环热水采暖系统

1. 工作原理

□ 在热水采暖中，以不同温度的水的密度差为动力而进行循环的系统，称为重力循环系统。如果假设系统内水温只在散热器和锅炉内发生变化，并假想A-A断面处有一个阀门，该阀门若突然关闭，则在断面A-A两侧将受到不同的水柱压力，其水柱压力差就是驱使系统内水流进行循环流动的工作压力



1—散热器 2—锅炉
3—供水总管 4—回水总管 5—膨胀水箱

一、重力循环热水采暖系统

$$p_1 = g(h_0\rho_h + h\rho_h + h_1\rho_g)$$

$$p_2 = g(h_0\rho_h + h\rho_g + h_1\rho_g)$$

□ 断面A-A两侧之差为：

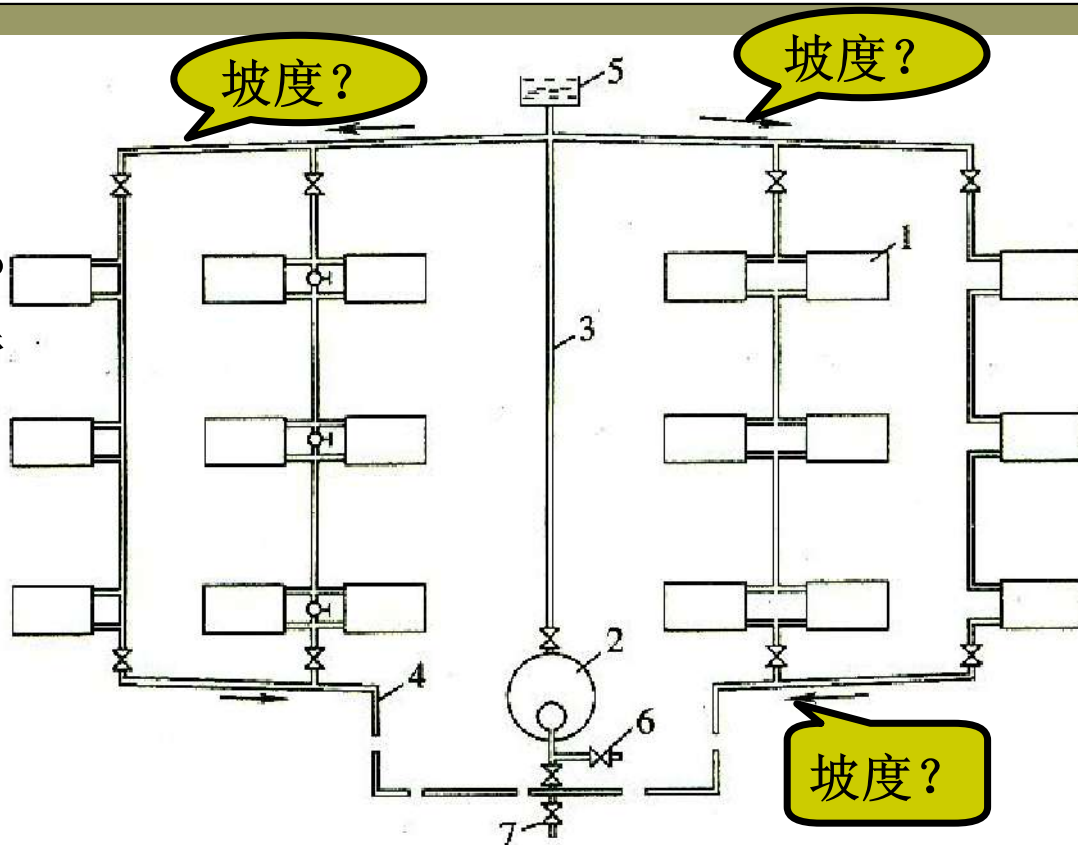
$$\Delta p = p_1 - p_2 = gh(\rho_h - \rho_g)$$

系统的循环工作压力

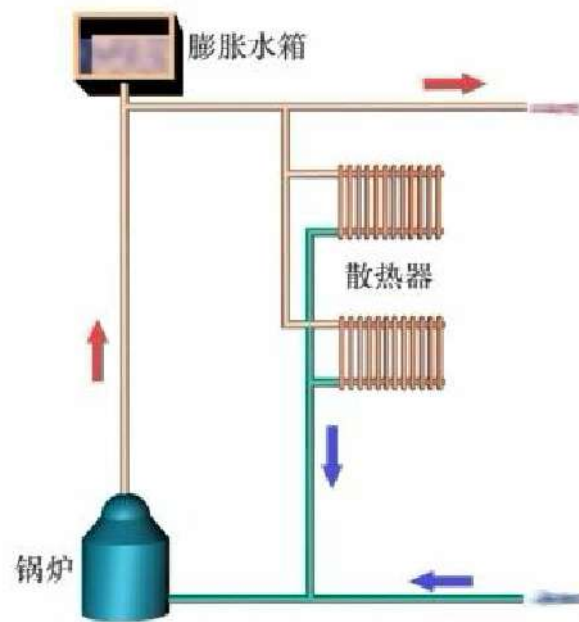
2. 系统型式

- 双管
- 单管
- 单管上供下回式系统
- 双管上供下回式系统

0.5%~1.0%
散热器支管
坡度1.0%

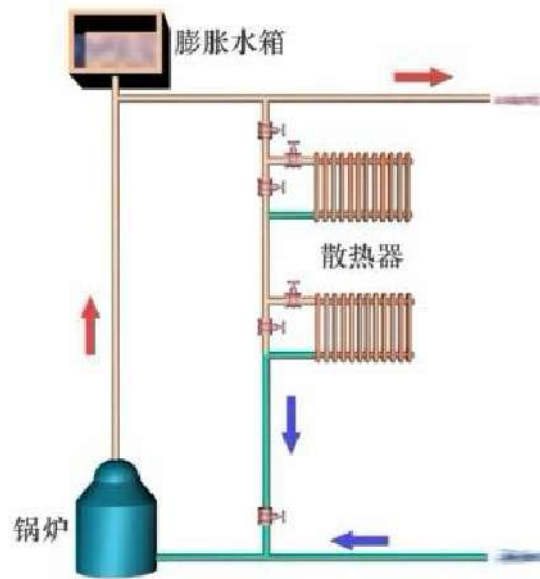


- 1—散热器 2—锅炉 3—供水管 4—回水管
5—膨胀水箱 6—上水箱 7—排水管



重力循环单管系统

东方仿真COPYRIGHT

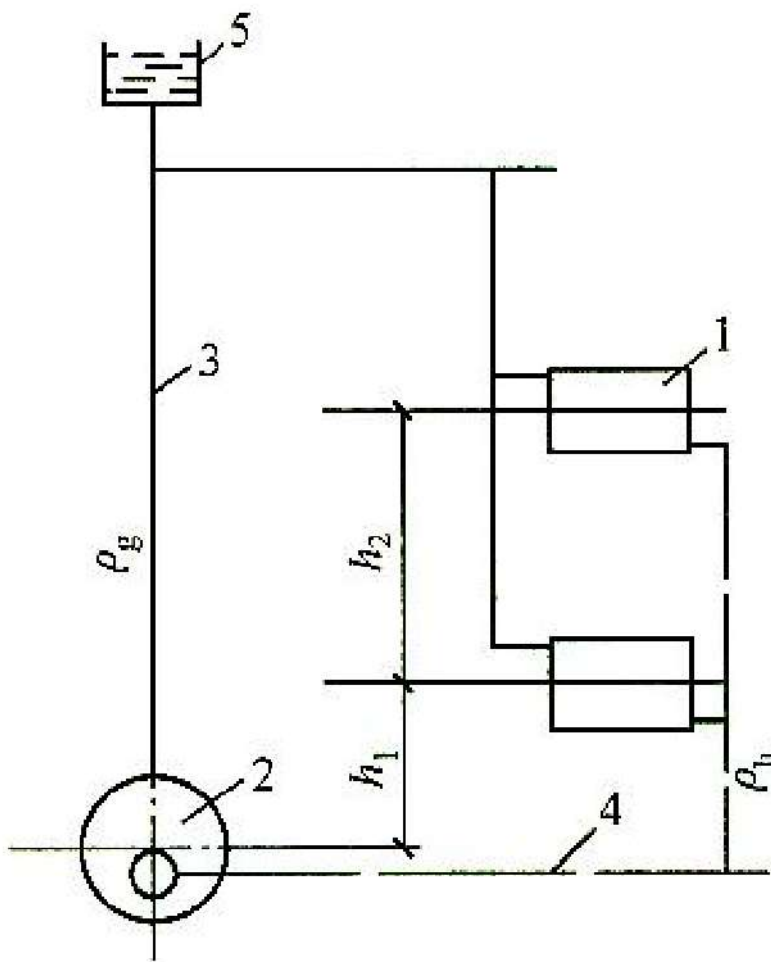


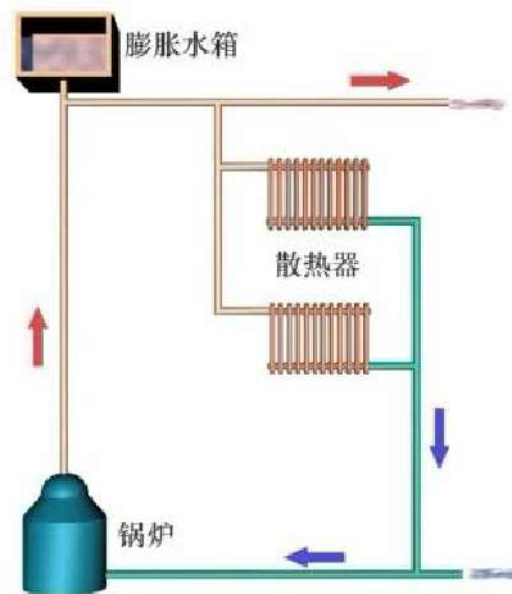
重力循环单管跨越式系统

东方仿真COPYRIGHT

双管上供下回式系统

- 1—散热器
- 2—锅炉
- 3—供水总管
- 4—回水总管
- 5—膨胀水箱





重力循环双管系统

东方仿真COPYRIGHT

3. 双管系统的作用压力

$$\Delta p_1 = gh_1(\rho_h - \rho_g)$$

$$\Delta p_2 = g(h_1 + h_2)(\rho_h - \rho_g) = \Delta p_1 + gh_2(\rho_h - \rho_g)$$

$$\Delta p_2 - \Delta p_1 = gh_2(\rho_h - \rho_g)$$

说明：上层散热器环路比下层散热器环路增加了作用压力

- 何谓垂直失调现象？
- 在双管系统中，由于各层散热器与锅炉的相对位置不同，所以相对高度由上向下逐层递减，尽管水温变化相同，但也将会形成上层作用压力大、下层作用压力小的现象。如果选用不同管径后仍不能使各层的压力损失达到平衡，则必然会出现上热下冷的所谓垂直失调。而且，楼层数越多，上下环路的差值越大，失调现象将越严重。为此，在多层建筑中，采用单管系统要比双管系统可靠的多。

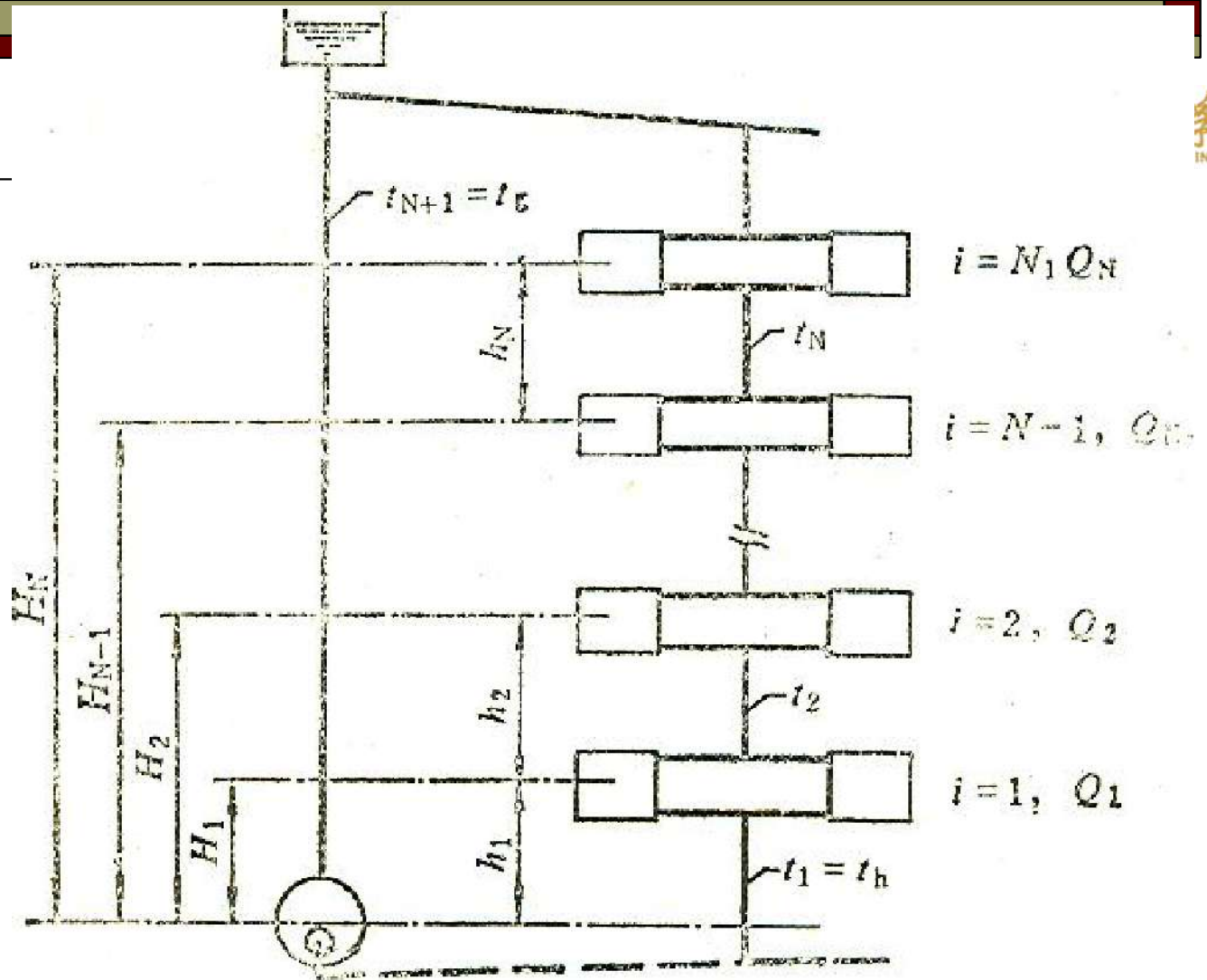
4. 单管系统的作用压力

$$\Delta P = gh_1(\rho_h - \rho_g) + gh_2(\rho_2 - \rho_g)$$

$$\begin{aligned}\Delta P &= g(h_1 + h_2)(\rho_2 - \rho_g) + gh_1(\rho_h - \rho_2) \\ &= gH_2(\rho_2 - \rho_g) + gH_1(\rho_h - \rho_2)\end{aligned}$$

单管热水供暖系统的作用压力与水温变化，加热中心与冷却中心的高度差区以及冷却中心的个数等因素有关。每一根立管只有一个重力循环作用压力，而且即使最底层的散热器低于锅炉中心（ h_1 为负值）也可能使水循环流动。

计算单管系统中层立管水温示意图



一、重力循环热水采暖系统

- 立管的热负荷为：

$$\sum Q = Q_1 + Q_2 + \Lambda + Q_8$$

- 通过立管的流量，按其所担负的全部热负荷计算
- $$G_L = \frac{\sum Q}{C(t_g - t_h)} = \frac{3.6 \sum Q}{4.187(t_g - t_h)} = 0.86 \frac{\sum Q}{(t_g - t_h)}$$

- 流出某一层（第二层）散热器的水温 t_2 ，根据热平衡，可得：

$$G_L = 0.86 \frac{(Q_2 + Q_3 + \Lambda + Q_8)}{(t_g - t_2)}$$

一、重力循环热水采暖系统

- 可求出流出第二层散热器的水温 t_2

$$t_2 = t_g - \frac{(Q_2 + Q_3 + \Lambda Q_8)}{\sum Q} (t_g - t_h)$$

- 根据上述计算方法，串联 N 组散热器的系统，流出第 i 组散热器的水温 t_i （令沿水流方向最后一组散热器为 $i=1$ ），可按下式计算：

$$t_i = t_g - \frac{\sum_{i=1}^N Q_i}{\sum Q} (t_g - t_h)$$

□ 单管系统与双管系统的区别？

- 作用压力计算不同。
- 各层散热器的平均进出水温度不同。
 - 在双管系统中，各层散热器的平均进出水温度相同的
 - 单管系统中，各层散热器的进出口水温是不相等的。越在下层，进水温度越低，因而各层散热器的传热系数 K 值也不相等。由于这个影响，单管系统立管的散热器总面积一般比双管系统的稍大些。

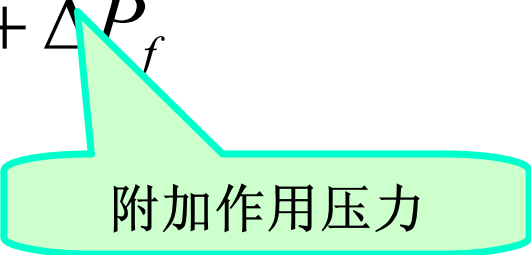
□ 单管系统也有垂直失调吗？

- 在单管系统运行期间，由于立管的供水温度或流量不符合设计要求也会出现垂直失调现象。但在单管系统中，影响垂直失调的原因，不是如双管系统那样，由于各层作用压力不同造成的，而是由于各层散热器的传热系数 K 随各层散热器平均计算温度差的变化程度不同引起的。

如何考虑水在循环管路中冷却的附加作用压力？

- 它的大小与系统供水管路布置状况、楼层高度、所计算的散热器与锅炉之间的水平距离等因素有关。

$$\Delta P_{Zh} = \Delta P + \Delta P_f$$



附加作用压力

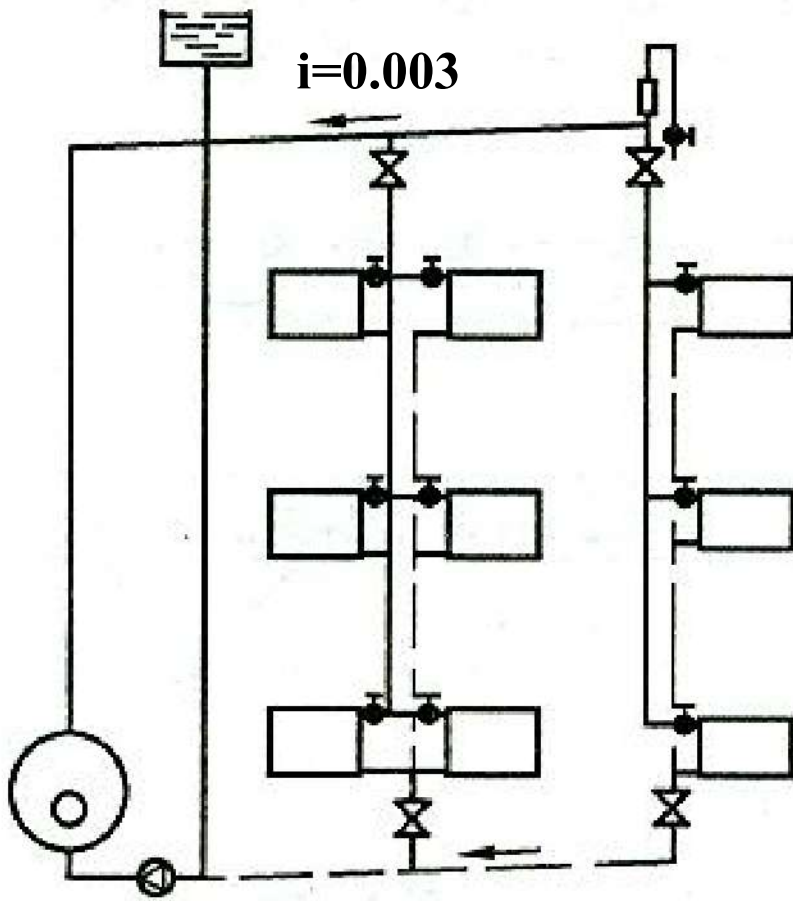
□ 特点：

- 系统中设有循环水泵，使系统中的热媒进行强制循环。水在管道内的流速大，具有管径小、升温快的特点。
- 因系统中增加了循环水泵，因而需要增加维修工作量，而且也增加了运行费用，
- 水泵所产生的作用压力很大，因而供暖范围可以扩大。机械循环热水系统不仅用于单幢建筑物中，也可以用于多幢建筑，甚至发展成区域热水供暖系统。
- 应用最广泛的一种供暖系统。

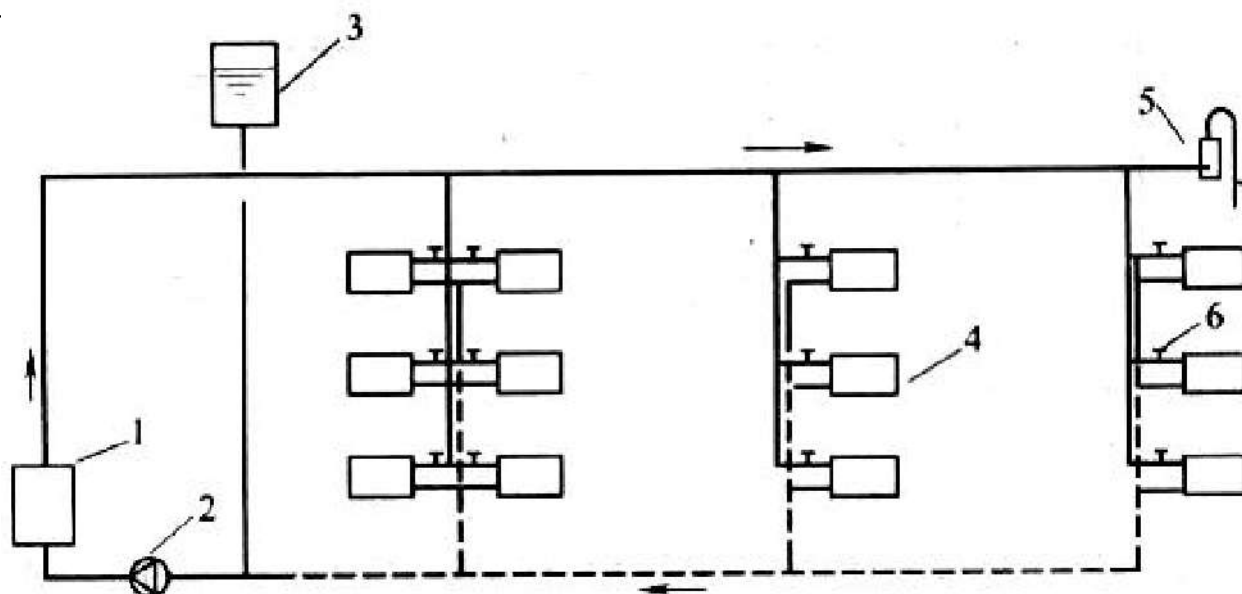
□ 机械循环热水采暖系统型式

1. 双管上供下回式系统
2. 双管下供下回式系统
3. 双管上供上回式系统
4. 单管上供下回式系统
(顺流式)
5. 上供中回式系统
6. 中供下回式系统
7. 中供中回式系统
8. 单管水平串联式系统
9. 水平单管跨越式系统
10. 水平双管式系统
11. 水平放射式系统
12. 异程式与同程式系统

- 水量调节
- 垂直失调问题
- 排气问题
- 管道设置问题



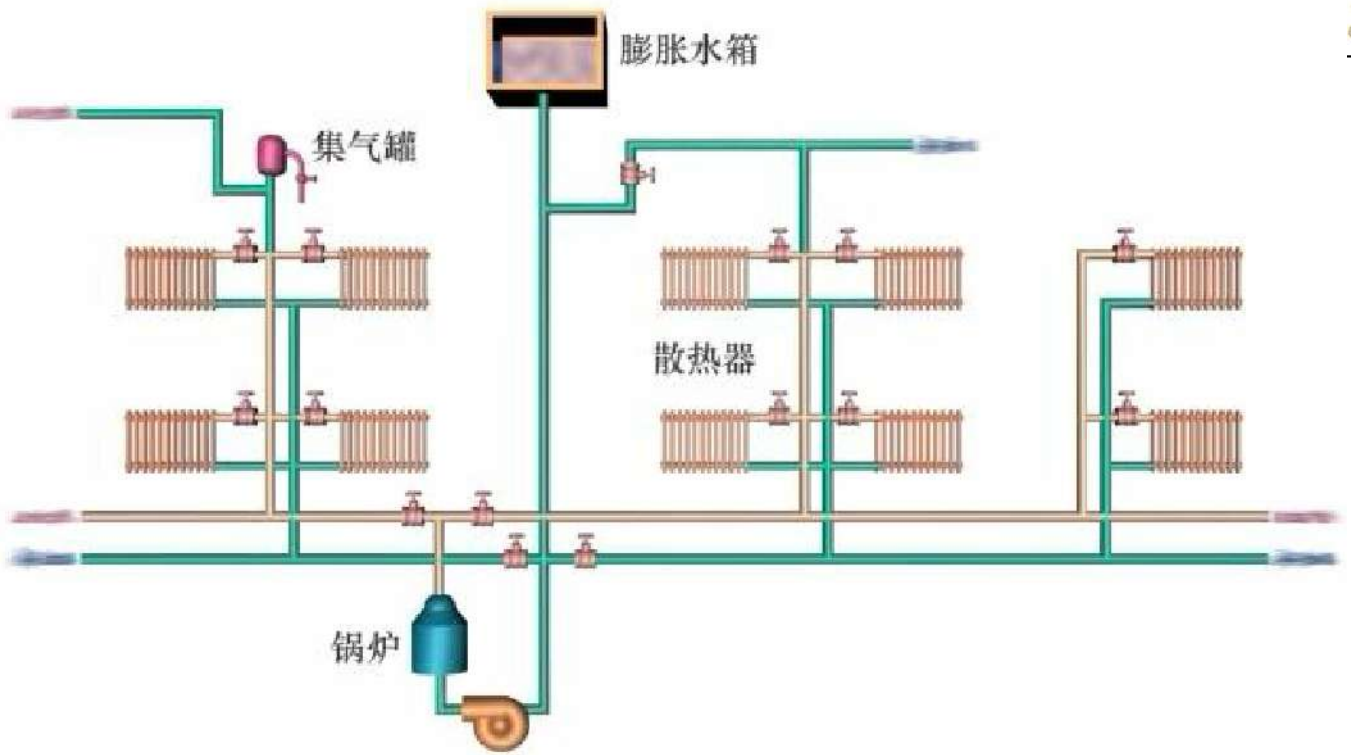
双管上供下
回式系统



双管上供下回式系统

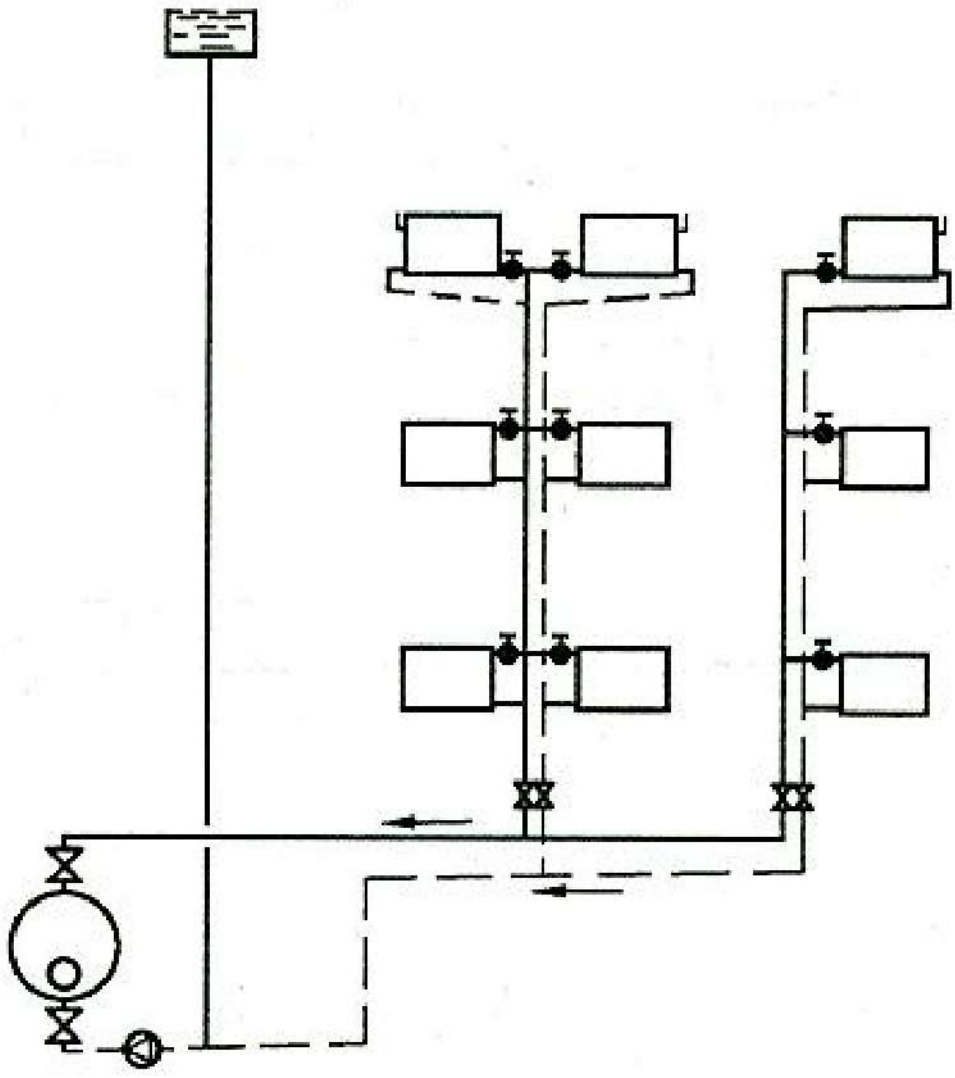
1.双管上供下回式系统

- 便于调节和检修
- 集中排气
- 顶层有屋架或吊顶时适合采用
- 自然作用压力难以消除



机械循环下供下回式双管系统

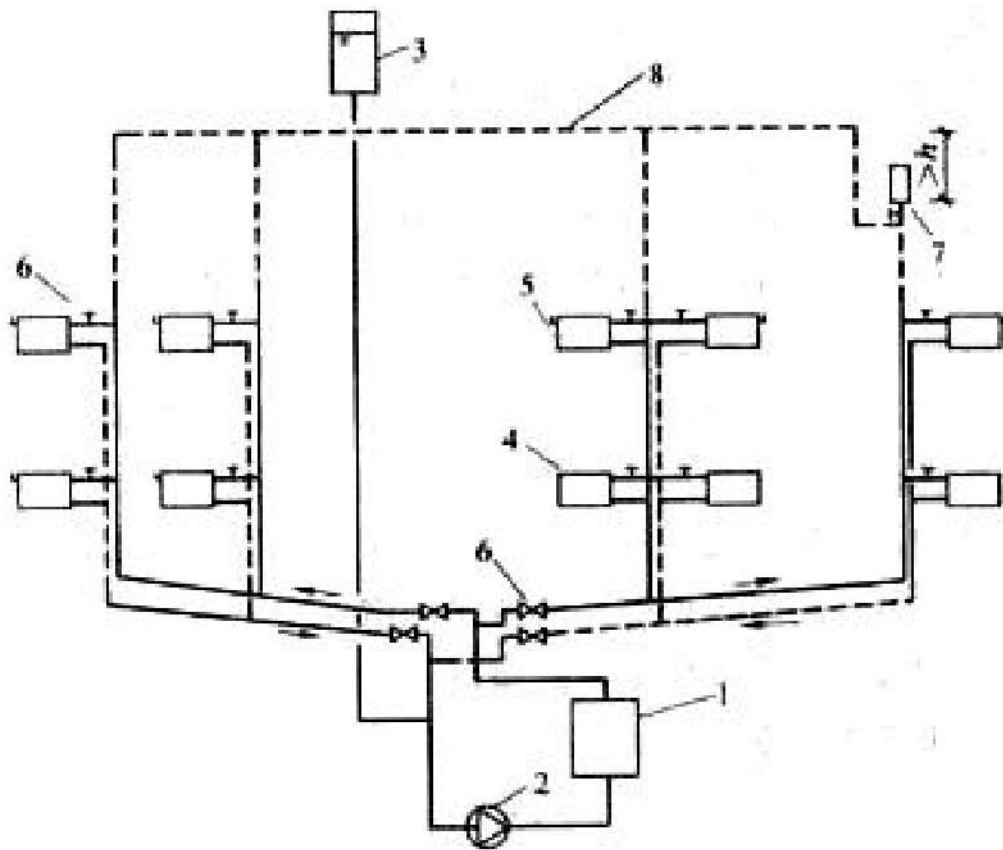
东方仿真COPYRIGHT



双管下供下
回式系统

2.双管下供下回式系统

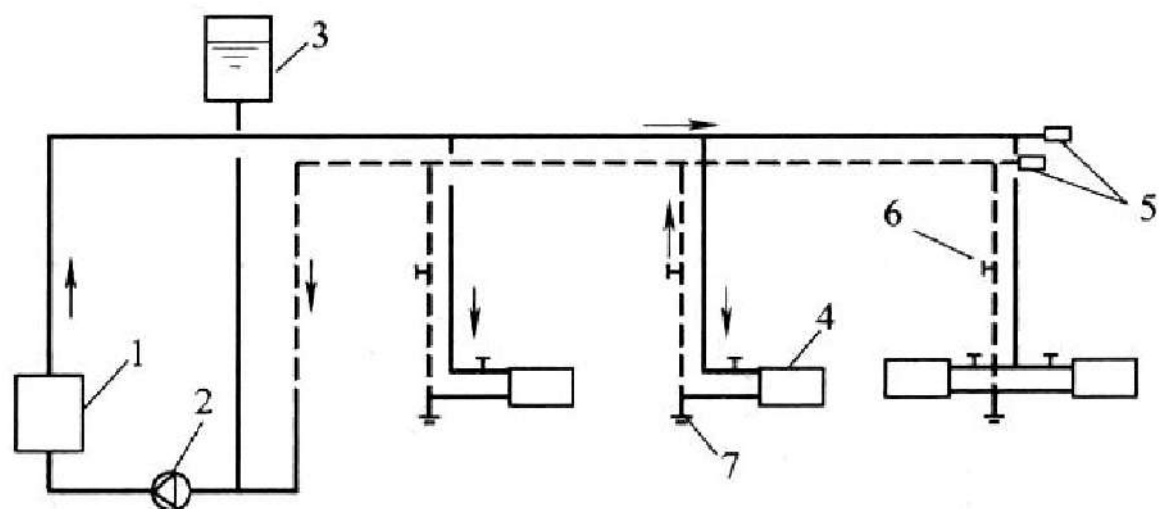
- 便于调节和检修
- 在地下室布置供水平管，管路直接散热给地下室，无效热损失小。
- 在施工中，每安装好一层器即可开始供暖，给冬季施工带来很大方便。
- 有利于消除或减小自然作用压力
- 排除系统中的空气较困难
 - 散热器每组均应安装手动放风
 - 将供水立管加高，顶部设专用排气管。
- 独立的小型建筑或公寓



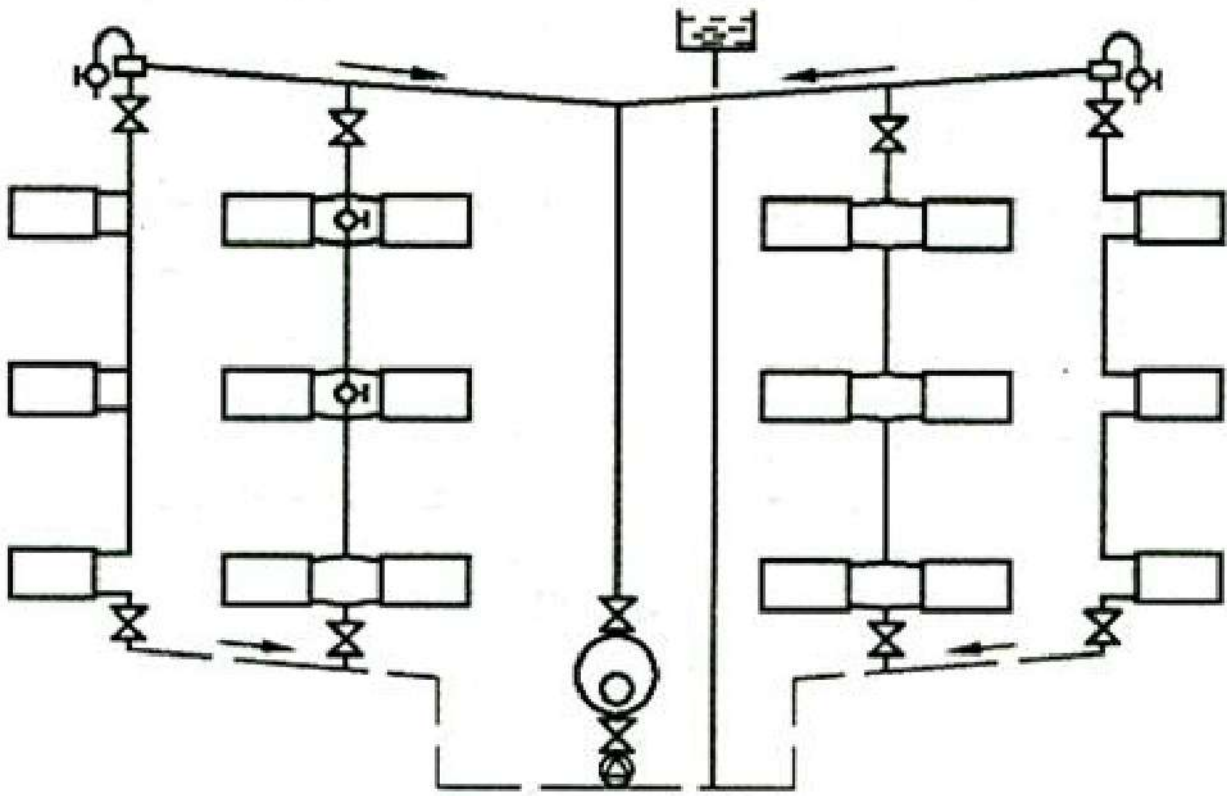
3.双管上供上回式系统

- 适用于地下不能做管沟、散热器下又不能设置管道的情况。
- 民用建筑中采用不多
- 加装工程中、工厂车间及仓库
- 散热器支管下端都要装泄水丝堵。

3.双管上供上回式系统



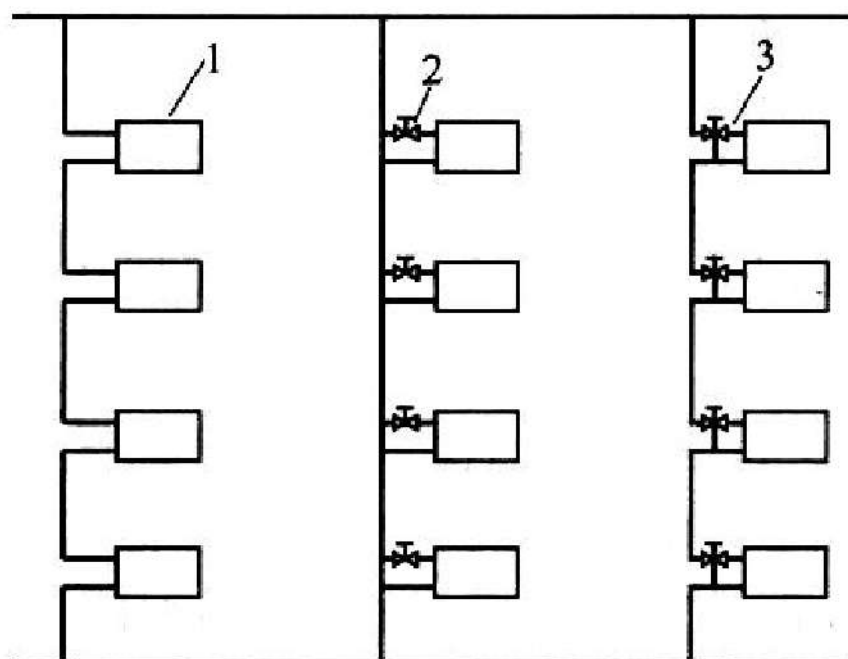
1—锅炉 2—水泵 3—膨胀水箱 4—散热器 5—自动排气阀 6—阀门 7—泄水丝堵



单管上供下回式系统

4.单管上供下回式系统

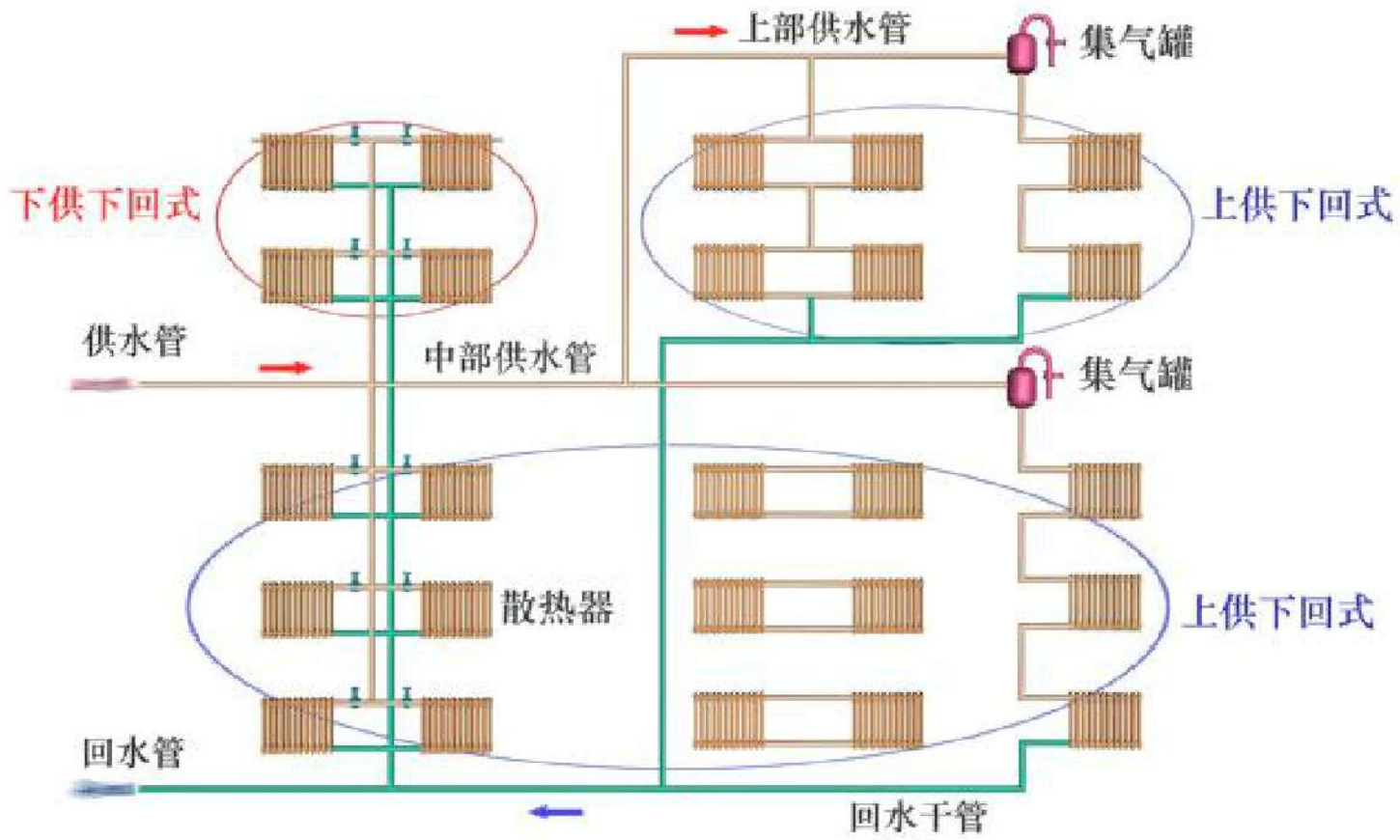
- 节省管材、安装方便
- 四层以上的办公、住宅楼
- 温度调节不便
- 改造?
 - 二通调节阀
 - 三通调节阀
 - 进流系数



a)

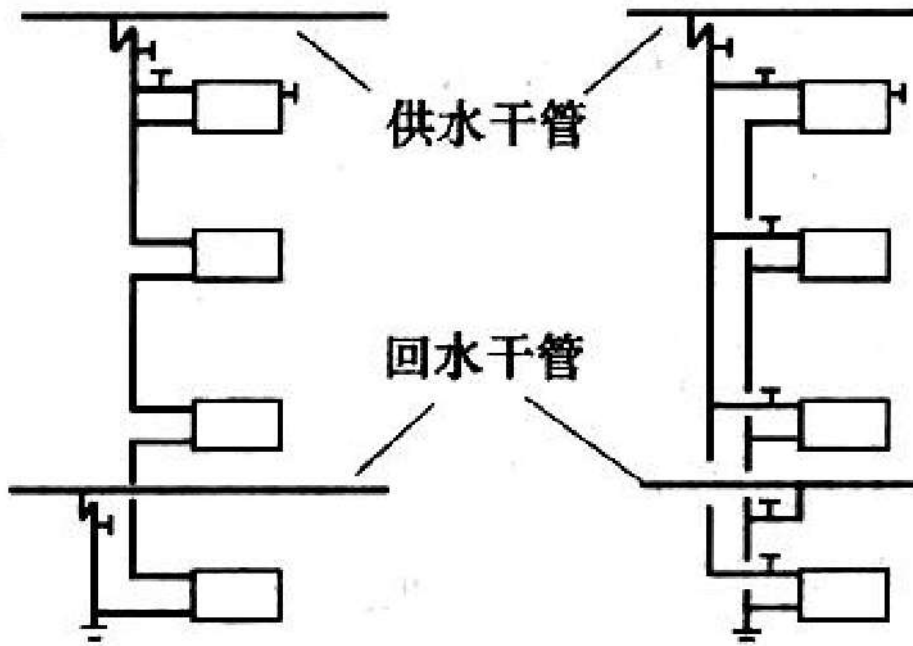
b)

1-散热器 2-二通调节阀 3-三通调节阀

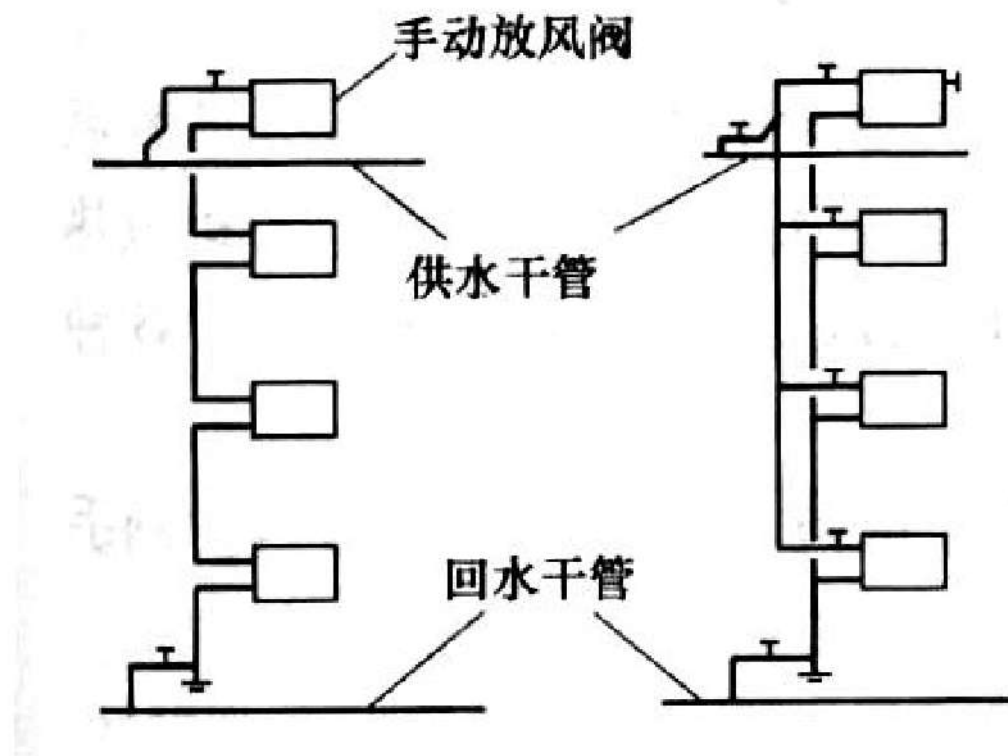


中供式热水采暖系统

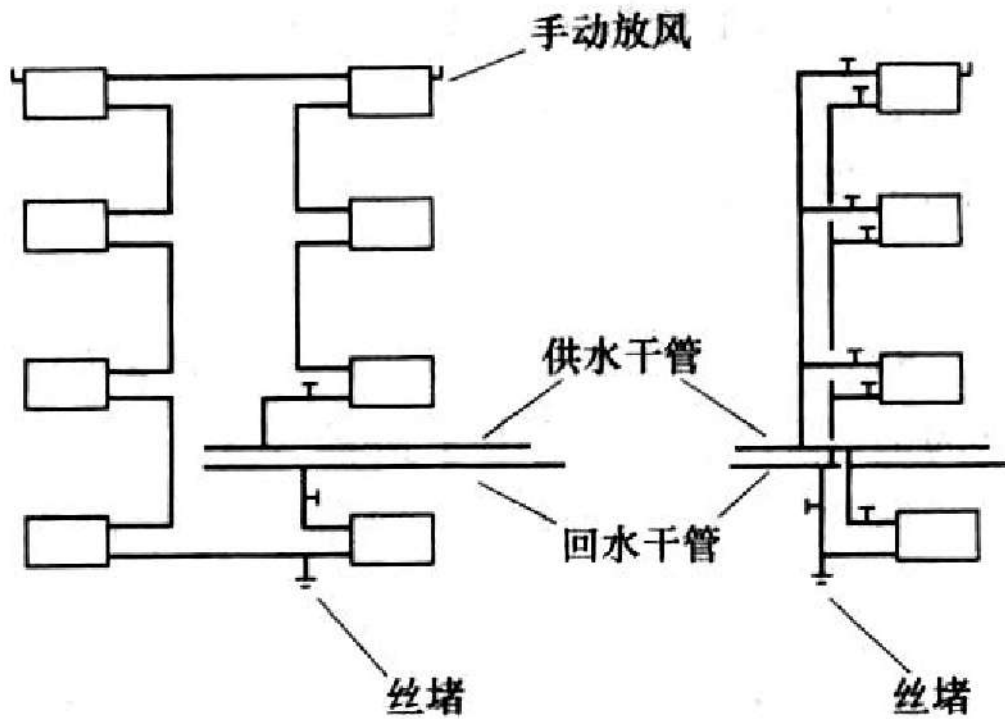
5. 上供中回式系统



6.中供下回式系统



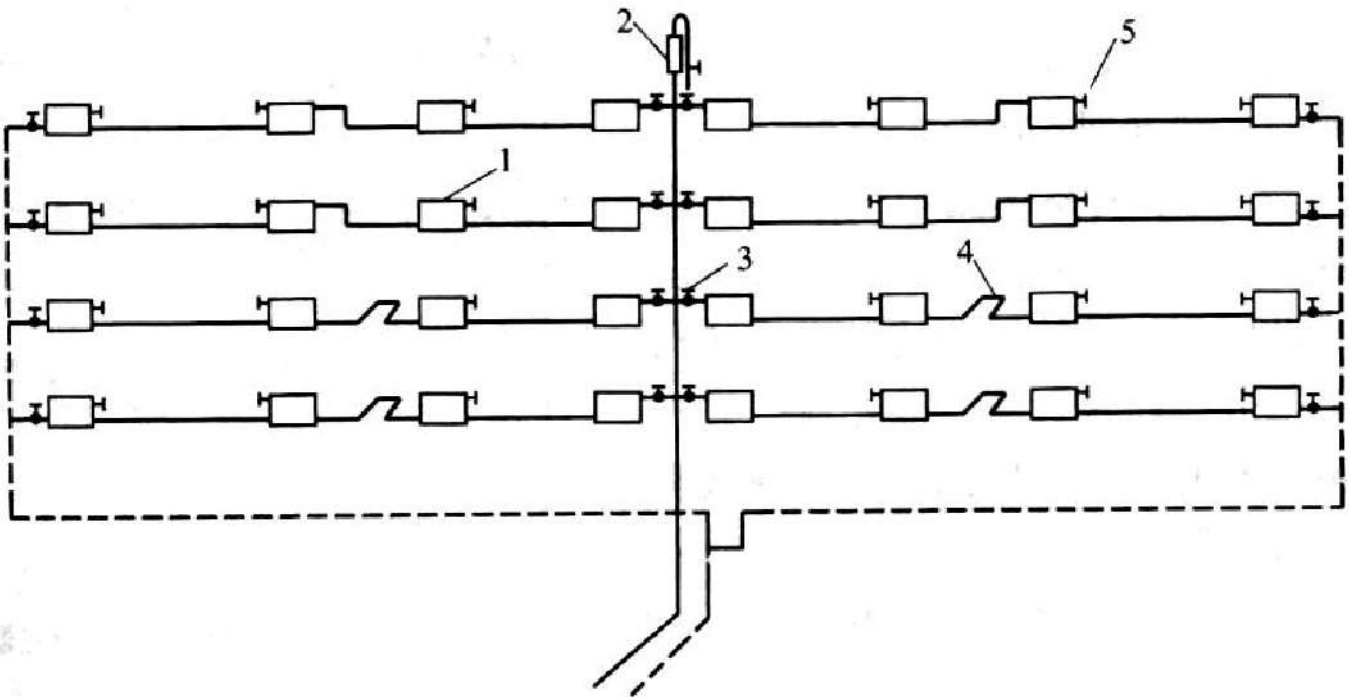
7.中供中回式系统



a) 单管

b) 双管

8.单管水平串联式系统

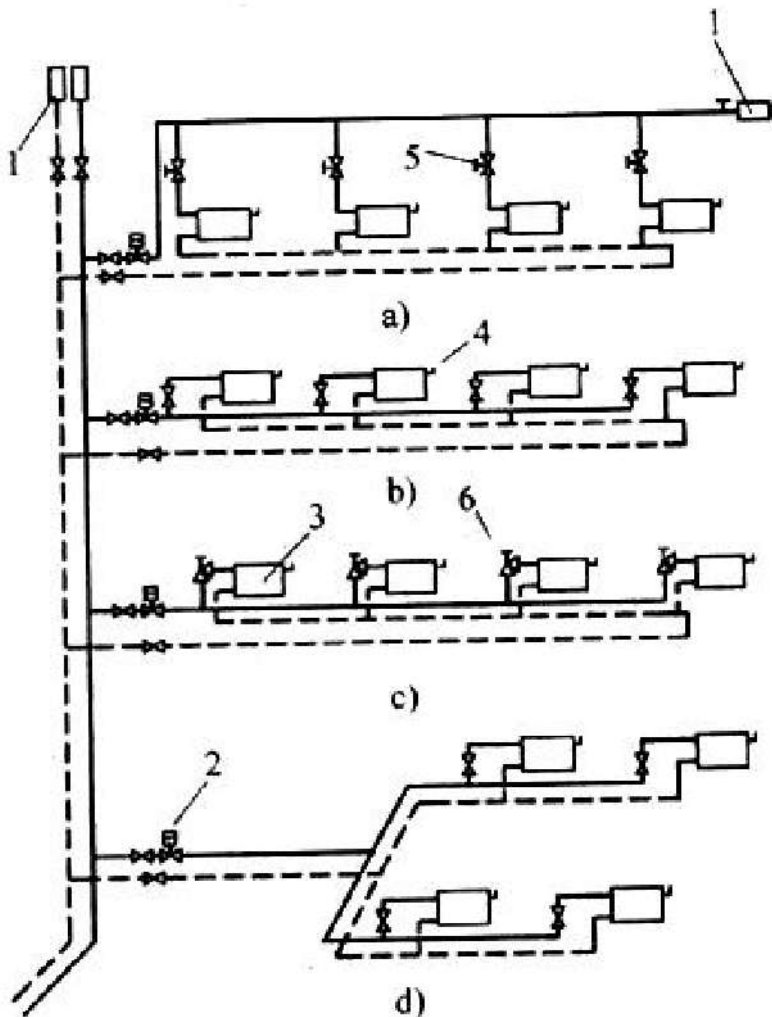


8.单管水平串联式系统

- 美观，施工安装方便
- 不能单独调节
- 适用于温度控制要求不严格的工程（单身宿舍、办公楼）或特别宽敞的大房间（阅览室、食堂、候车室等）
- 组数不宜太多，连接管径控制在DN25以内。
- 考虑散热器之间连接管道的胀缩问题。
- 空气排除问题

9. 水平单管跨越式系统

- 1—自动排气阀 2—热表 3—散热器
4—手动放气阀 5—侧手柄三通阀
6—顶手柄三通阀 7—直通阀 8—角阀
9—单管旁通阀 10—单管潜管阀



10.水平双管式系统

- 1—自动排气阀 2—热表 3—散热器
 4—手动放气阀 5—直通阀 6—角阀

11. 水平放射式系统

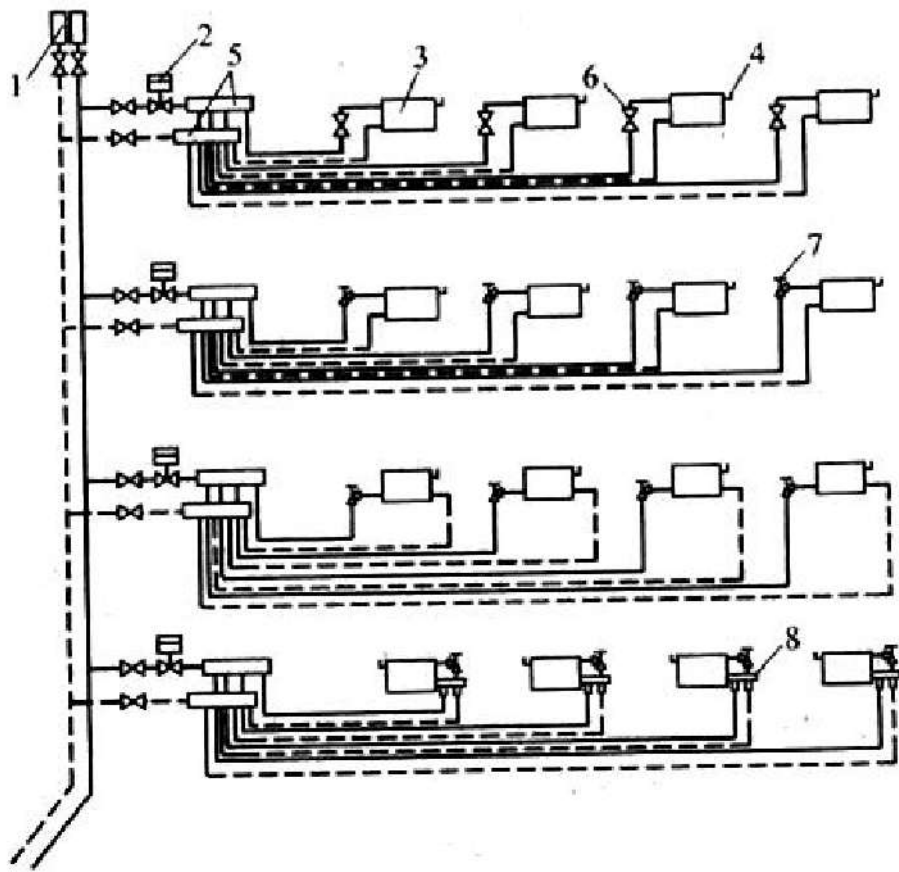
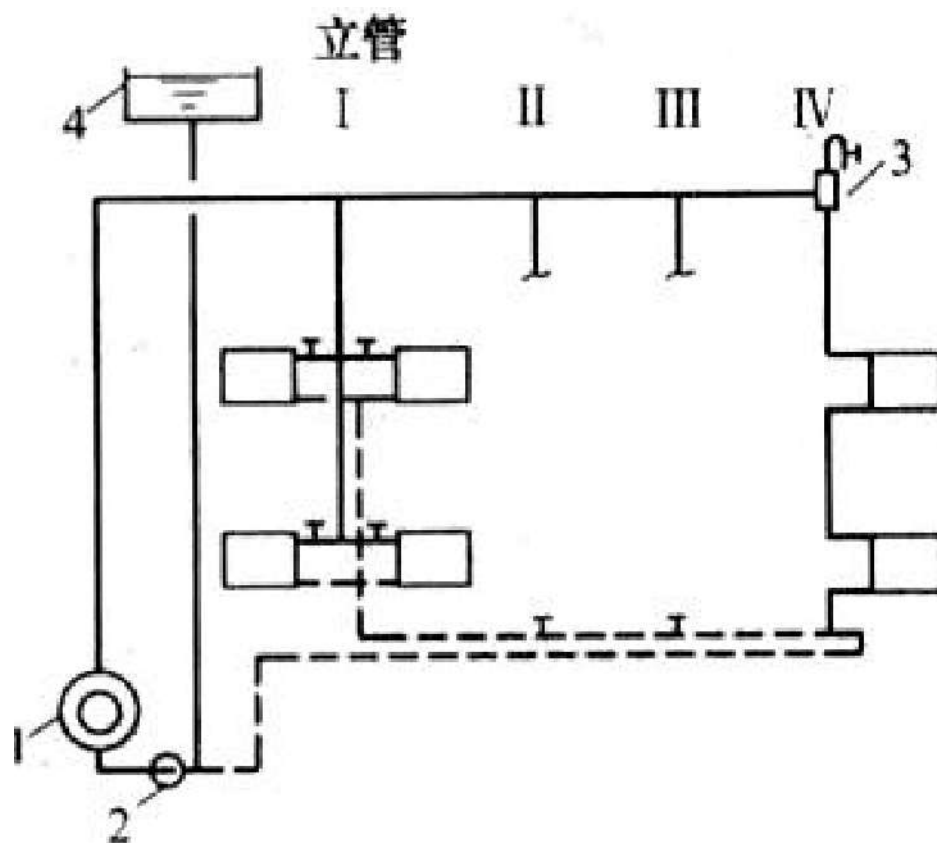


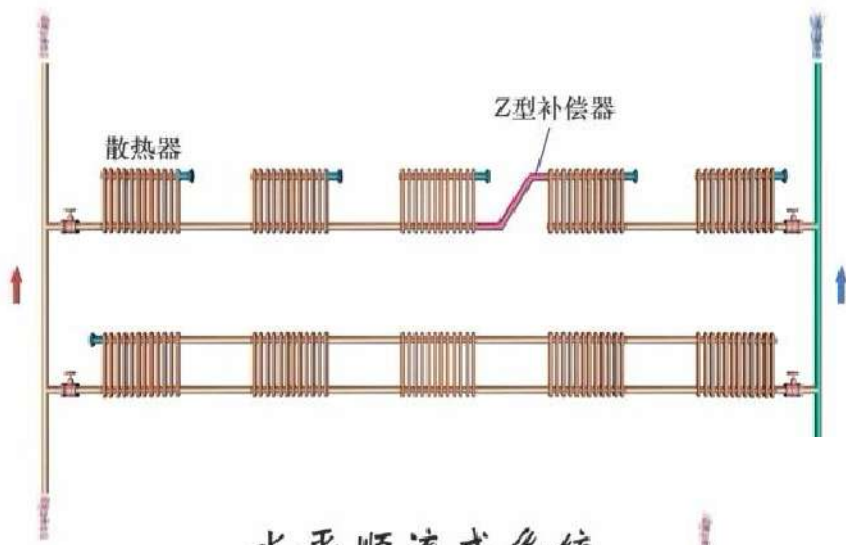
图 3-15 水平放射式系统

- 1—自动排气阀 2—热表 3—散热器 4—手动放气阀
5—分集水器 6—直通阀 7—角阀 8—双管旁通阀

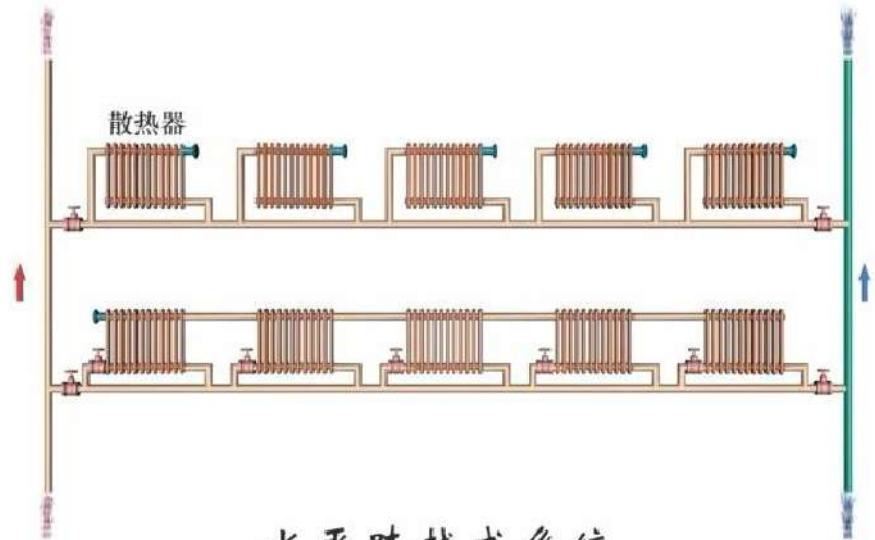
12. 异程式与同程式系统



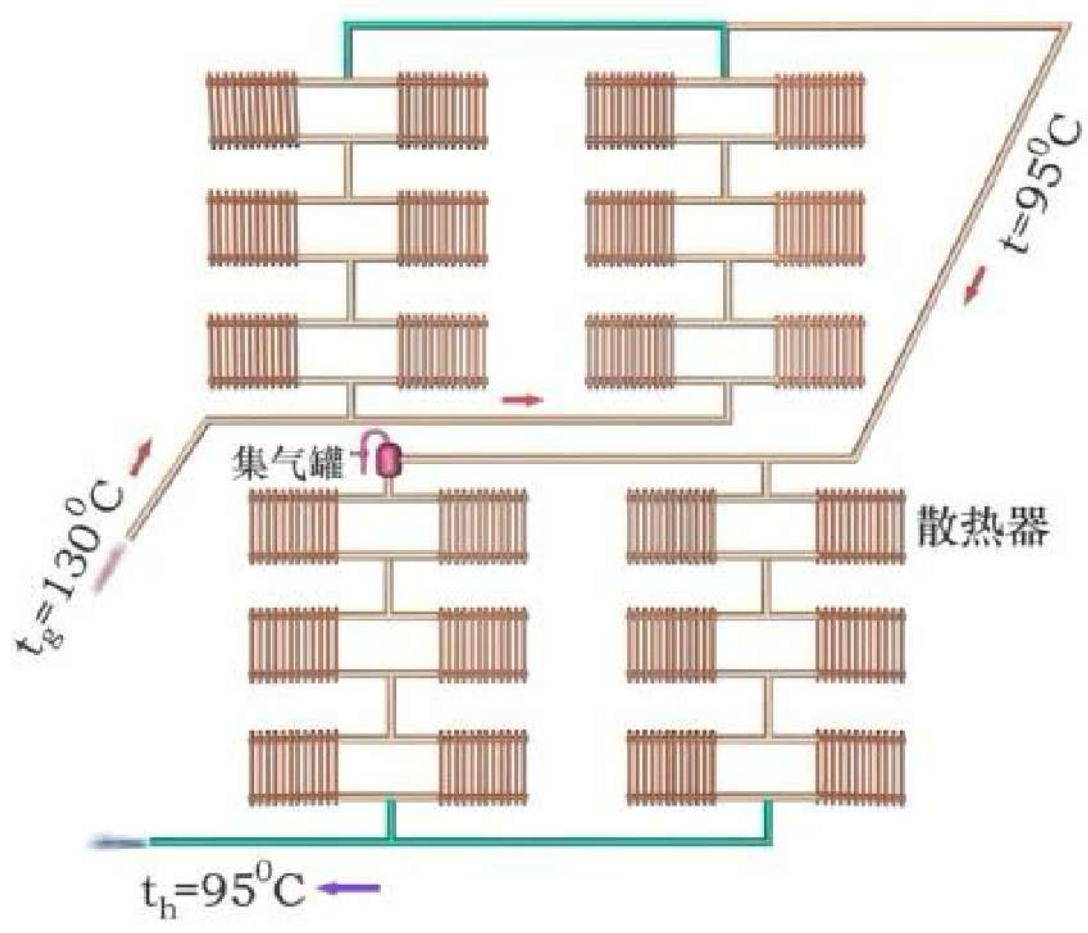
- 何谓水平失调现象？
 - 远近立管流量失调而引起在水平方向冷热不均的现象。
- 如何减轻水平失调现象？
 - 同程
- 哪些情况下适用于同程系统？
 - 散热器阻力较小的系统中？



水平顺流式系统



水平跨越式系统

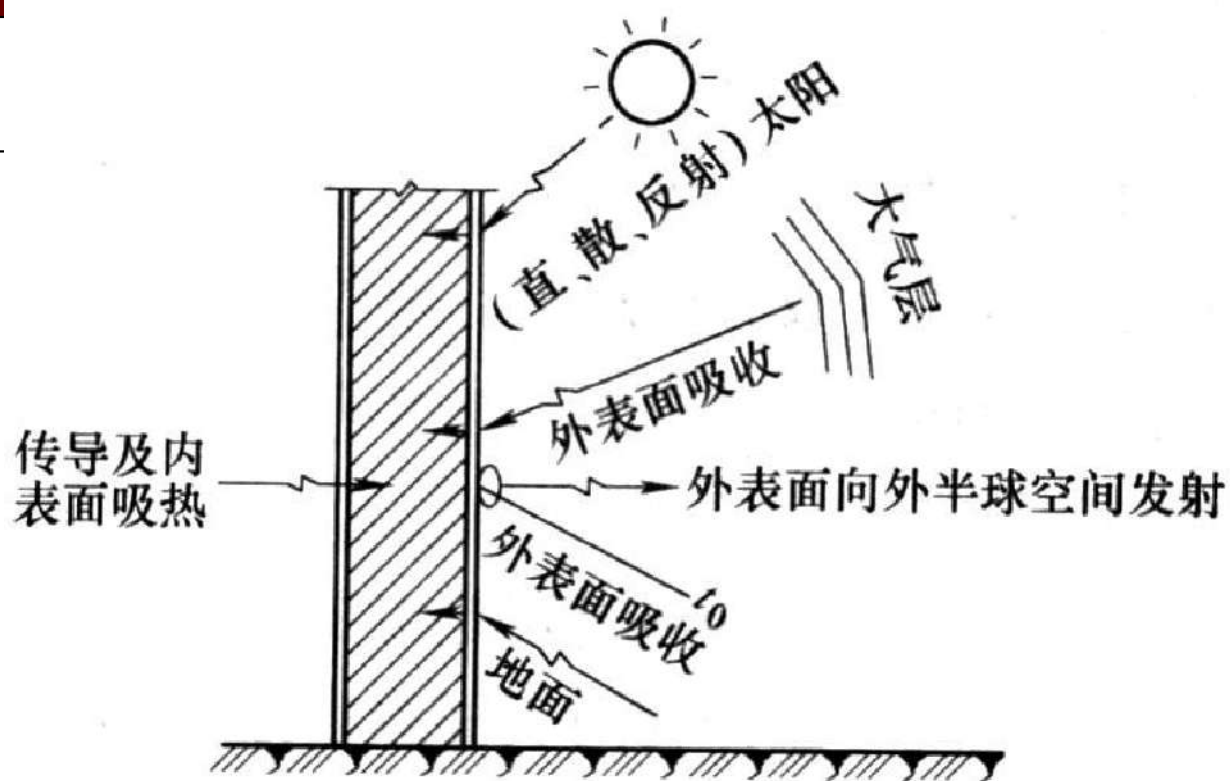


倒流式与上供下回式串联连接的混合式系统

4. 设计注意事项

- 机械循环系统作用半径大，适应面广，配管方式多，系统选择应根据卫生要求和建筑物形式等具体情况进行综合技术经济比较后确定。
- 在系统较大时，宜采用同程式，以便于压力平衡。
- 由于机械循环系统水流速度大，易将空气泡带入立管造成局部散热器不热，故水平敷设的供水干管必须保持与水流方向相反的坡度，以便空气能顺利地和水流同方向集中排除。
- 在单管水平串联系统中，设计时应考虑水平管道热胀补偿的措施。此外，串联环路的大小以串联管管径不大于 $\phi 32\text{mm}$ 为原则。

- 因管道内水的冷却而产生的作用压力，一般可不予考虑；但散热器内水的冷却而产生的作用压力却不容忽视。一般应按下述情况考虑：
 - **双管系统** 由于立管本身连接的各层散热器均为并联循环环路，故必须考虑各层不同的重力作用压力，以避免水力的竖向失调。重力循环的作用压力可按设计水温条件下最大压力的 $2/3$ 计算
 - **单管系统** 若建筑物各部分层数不同，则各立管所产生的重力循环作用压力亦不相同，故该值也应按最大值的 $2/3$ 计算；当建筑物各部分层数相同，且各立管的热负荷相近似时，重力循环作用压力可不予考虑。



墙外表面热交换分析示意图

表 1-2 围护物内表面换热系数 α_n 值 [单位: $W/(m^2 \cdot ^\circ C)$]

围护物内表面特征	α_n
墙、地面、表面平整或有助状突出物的顶棚, 当 $h/s \leq 0.3$ 时	8.7
肋状突出物的顶棚, 当 $h/s > 0.3$ 时	7.6

注: h ——肋高; s ——肋间距。

表 1-3 围护物外表面换热系数 α_w 值 [单位: $W/(m^2 \cdot ^\circ C)$]

围护物外表面特征	α_w
外墙和屋顶	23
与室外空气相通的非供暖地下室上面的楼板	17
闷顶和外墙上有窗的非供暖地下室上面的楼板	12
外墙上无窗的非供暖地下室上面的楼板	6

□ 供暖设计热负荷的不同之处？

- 考虑到室外风速随楼房高度增高而加大，从而对外窗耗热量将有较大影响。
- 风压、热压的影响 压差比C
- 附加率？ 0~15%， 0~7%

□ 特点？

- 水系统静压力很大，底层散热器承受的压力加大，考虑承压能力。
- 垂直失调问题

- 分区式
解决系统下部散热器超压和系统易产生竖向失调问题
 - 高区采用间接连接
 - 高区采用双水箱或单水箱
- 双线式 只能减轻系统失调。
 - 垂直双线
 - 水平双线
- 单双管混合式 只能减轻系统失调。
- 热水和蒸汽混合式
解决系统下部散热器超压和系统易产生竖向失调问题

□ 分区式采暖系统

- 该系统在垂直方向分成两个或两个以上的系统。其下层系统通常与室外热网直接连接。
- 它的高度主要取决于室外热网的压力和散热器的承压能力。
- 上层系统通过热交换器进行供热，从而与室外热网相隔绝。
- 当高层建筑散热器的承压能力较低时，这种连接方式是比较可靠的。

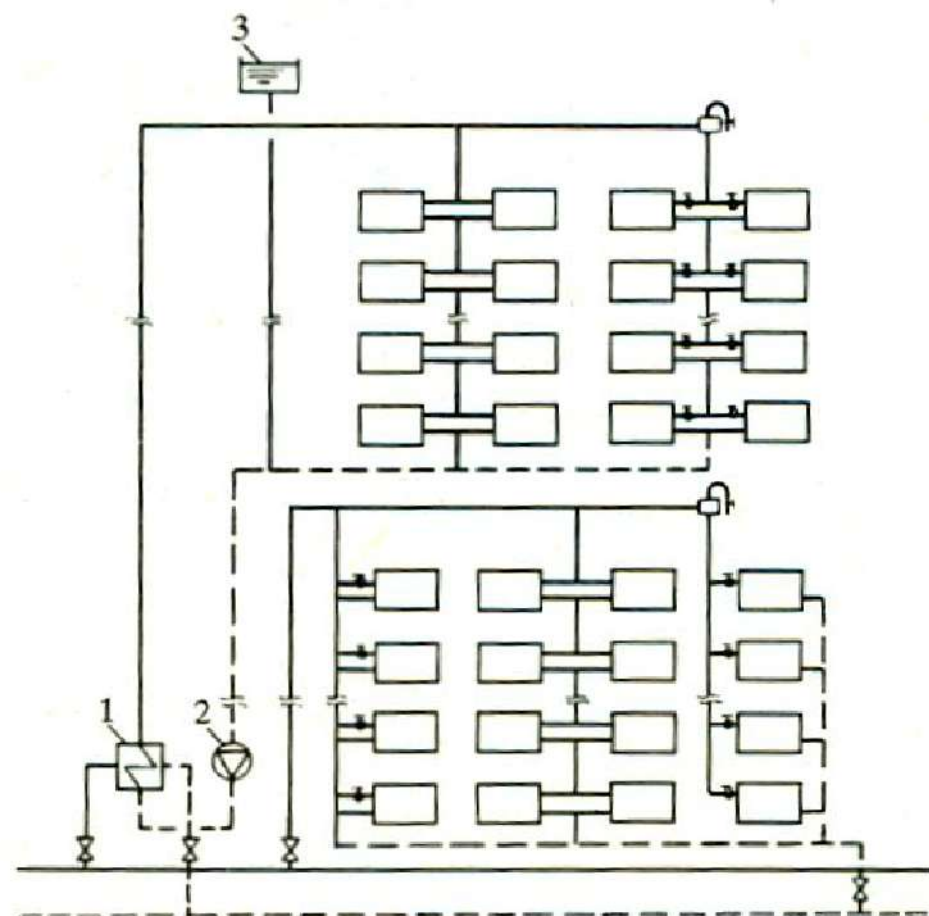


图 3-17 高层建筑分区式采暖
系统（高区间接连接）

1—换热器；2—循环水泵；3—膨胀水箱

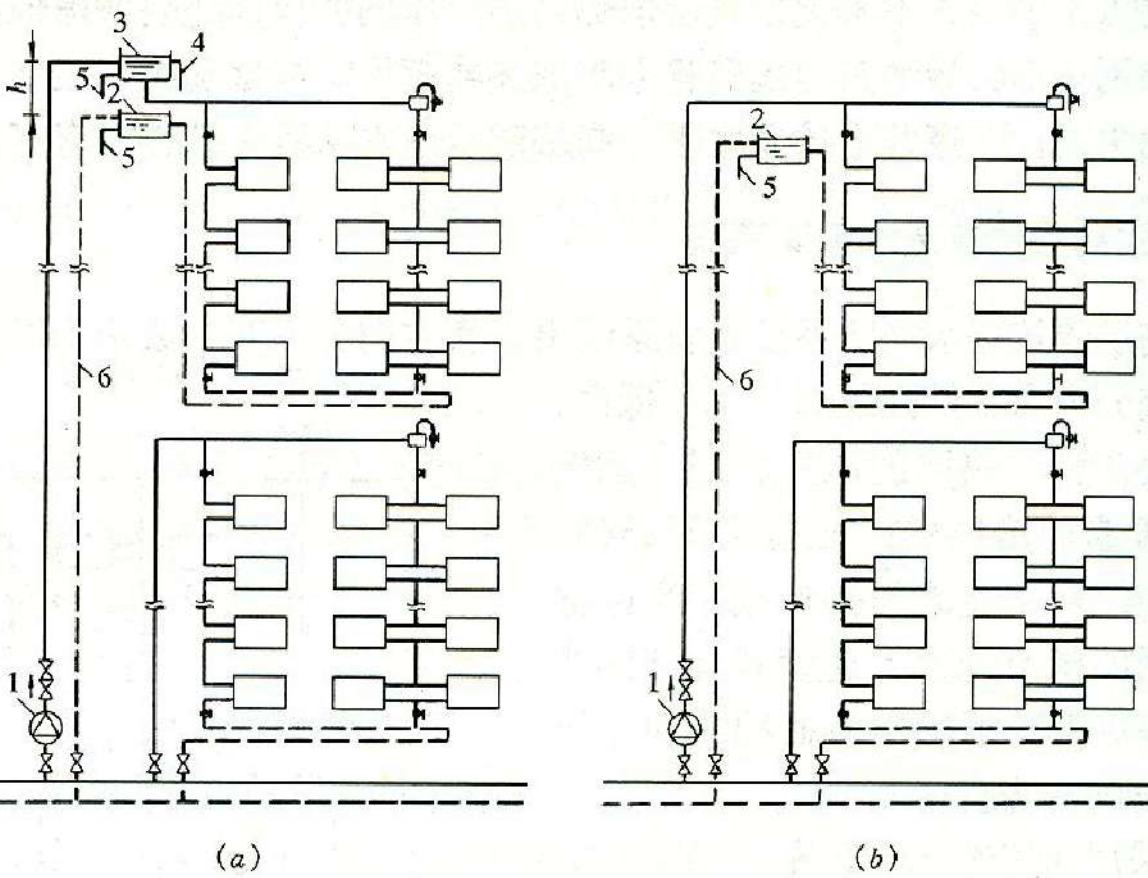


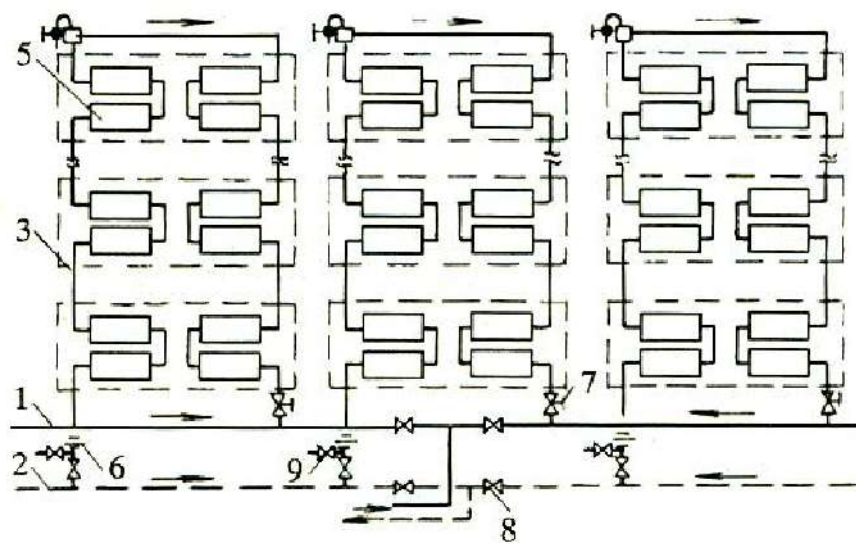
图 3-18 高区双水箱或单水箱高层建筑热水采暖系统

(a) 高区双水箱；(b) 高区单水箱

1—加压水泵；2—回水箱；3—进水箱；4—供水箱溢流管；
5—信号管；6—回水箱溢流管

□ 双水箱分层式系统

- 当热水温度不高，使用热交换器显然不经济合理时，则可以采用的双水箱分层式系统。
- 上层系统与外网直接连接。当外网供水压力低于高层建筑静水压力时，在供水管上设加压泵。而且利用进、回水两个水箱的水位差 h 进行上层系统的循环。
- 上层系统利用非满管流动的溢流管与外界回水管的压力隔绝。
- 利用两个水箱与外网压力相隔绝，在投资方面低于热交换器，且简化了入口设备。其缺点是采用了开式水箱，易使空气进入系统，增加了系统的腐蚀因素。

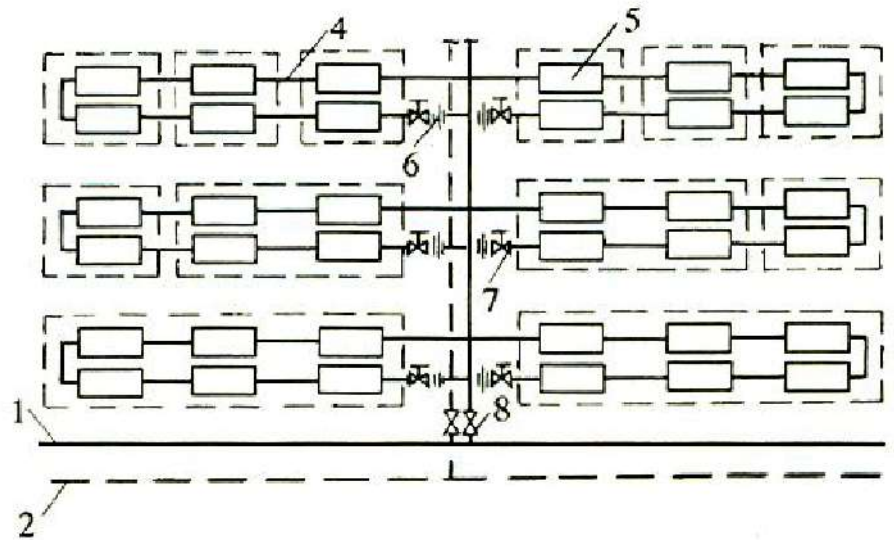


(a)

1—供水干管；2—回水干管；3—双线立管；
4—双线水平管；5—散热设备；6—节流孔板；
7—调节阀；8—截止阀；9—排水阀

(a) 垂直双线系统

(b) 水平双线系统



(b)

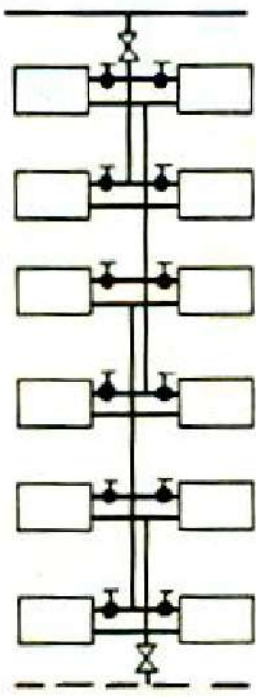


图 3-20 单双
管混合式系统

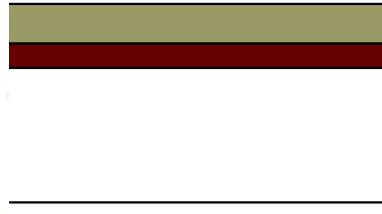
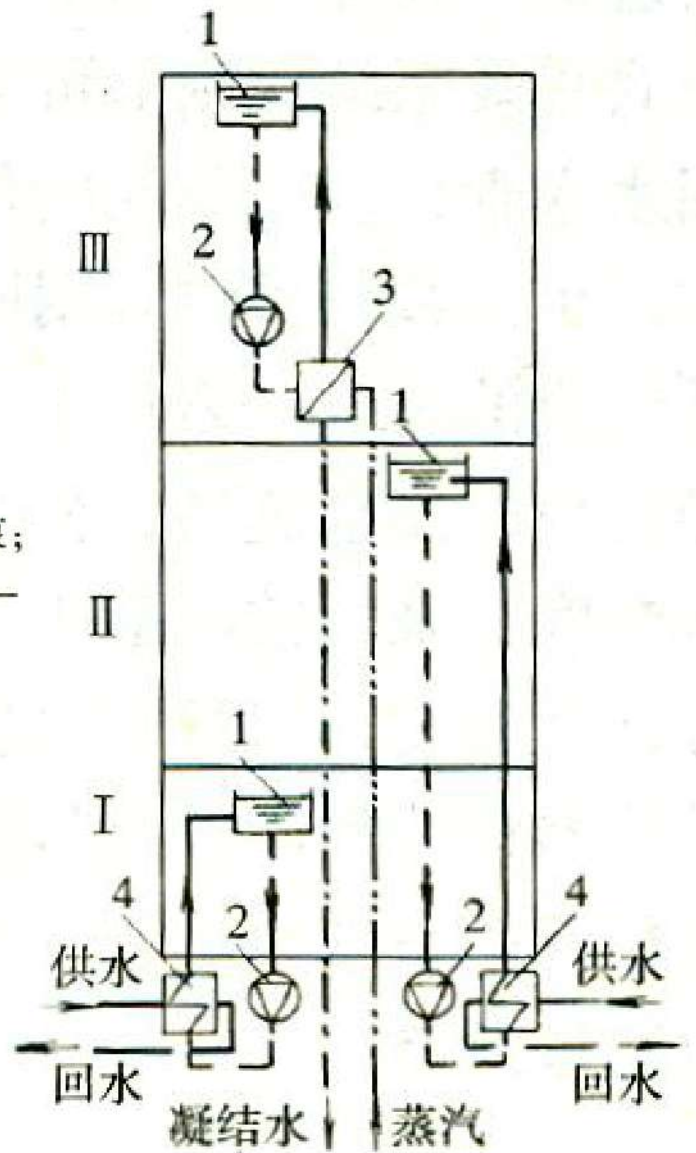


图 3-21 特高建筑
热水采暖系统

1—膨胀水箱；2—循环水泵；
3—汽—水换热器；4—水—
水换热器



- 第二教学楼采暖系统？



- 系统管道走向布置合理，节省管材，便于调节和排除空气，而且要求各并联环路的阻力损失易于平衡。
- 供暖系统的引入口宜设置在建筑物热负荷对称分配的位置，一般宜在建筑物中部。
- 首先应确定供回水干管的走向。系统应合理地分成若干支路，而且尽量使各支路的阻力损失易于平衡。
- 所有水平供水干管应具有不小于**0.002**的坡度

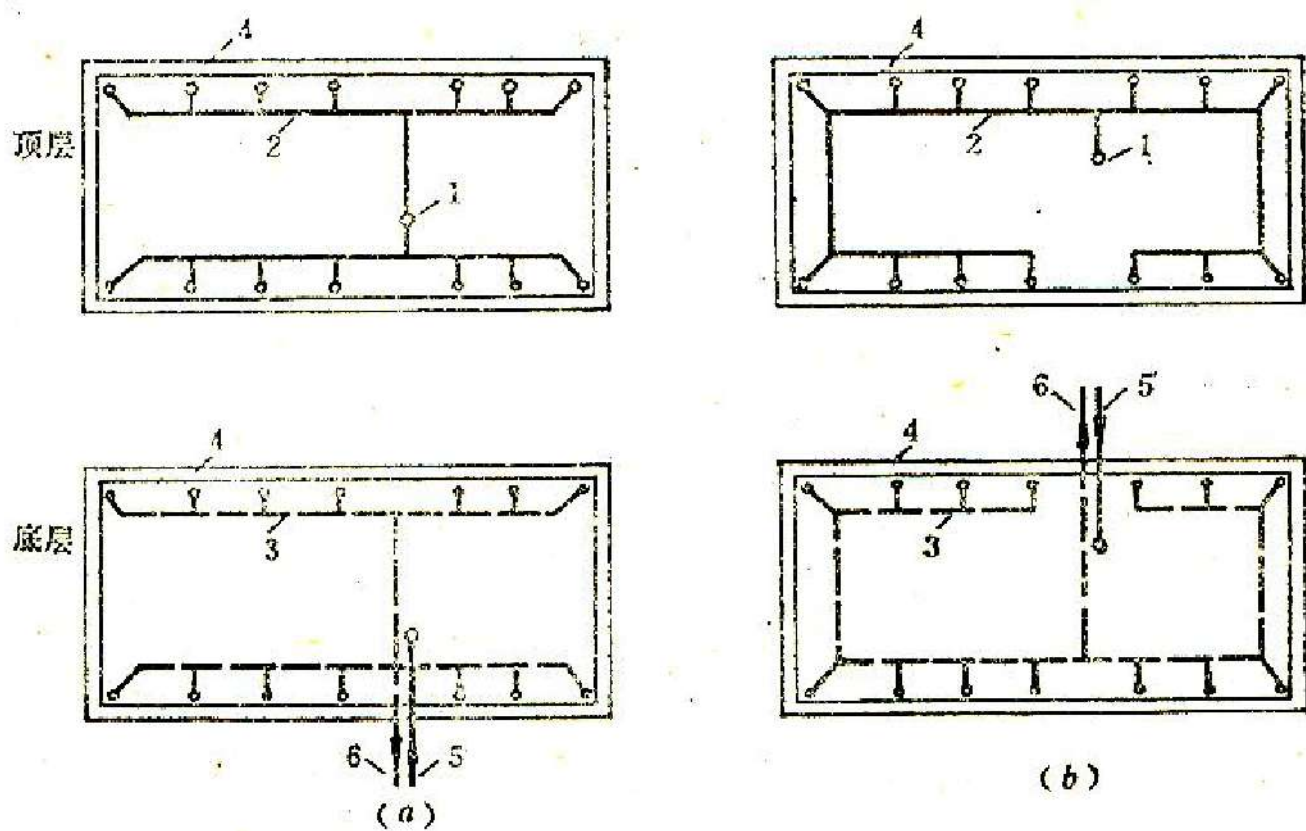


图 3-20 常见的供、回水干管走向布置方式

(a) 四个分支环路的异程式系统；(b) 两个分支环路的同程式系统

1—供水总立管；2—供水干管；3—回水干管；4—立管；5—供水进口管；6—回水出口管

- 图(a) 为有四个分支环路的异程式系统布置方式。它的特点是系统立南北分环，容易调节；各环的供、回水平管管径较小，但如各环的作用半径过大，容易出现水平失调。
- 图（b）为有两个分支环路的同程式系统布置形式。一般宜将供水平管的始端放置在朝北向一侧，而末端设在朝南向一侧。

第3章 全水系统



第3讲 热计量热水采暖系统

功能

- 计量
- 温度控制

- 垂直双管系统
- 垂直单管跨越式系统
- 水平单管跨越式系统
- 水平双管式系统
- 水平放射式系统
- 低温热水地板辐射供暖系统

- 计量每个用户的实际耗热量
- 计量建筑物的总耗热量
- 按比例折算**0.7: 0.3**

- 一、热负荷计算
- 二、计量系统
- 三、室内采暖系统
- 四、散热器的布置与安装
- 五、水力计算
- 六、对土建的要求
- 七、对热网的要求

几个问题：

- **tn**在相应的设计标准基础上提高 2°C
注意：提高的 2°C 温度，仅作为设计时温度计算参数，不加到总热负荷中
- 户间传热计算
对按常规计算的热负荷再乘以一个适当的系数来考虑该部分传热问题
- 是否对户间隔墙和楼板进行保温？

1、计量方式

- 建筑物的供暖热负荷 Q_1
- 通过散热设备放出的热量 Q_2
- 供暖管道供给建筑物的热量 Q_3

$$Q_1=Q_2=Q_3$$

$$Q_1 = q_V V \int (t_n - t_w) d\tau$$

q_V ----仪表常数，建筑物体积供暖热指标

无法解决用户开窗造成的热量损失问题。德不允许采用，美法有应用

$$Q_2 = AF \int (t_P - t_n)^{1+b} d\tau / \beta_1 \beta_2 \beta_3$$

- 利用散热器的平均温度和液体蒸发量的关系——蒸发式仪表
- 测得室内温度及散热器平均温度，确定仪表的采样时间——电子式仪表
 - 将温度（热流）传感器贴在散热器表面上能代表散热器平均温度的位置，直接测量 t_p
 - 将温度传感器装在散热器的进出支管上，间接测量散热器的平均温度

$$Q_3 = G_C \int (t_g - t_h) d\tau$$

- 测得供回水温度及热水流量——热量表（能量计、热表）

$$Q = \int K' \rho Q_V \Delta h d\tau = \int K \rho c Q_V (t_g - t_h) d\tau$$

K' ——相对密度修正

确定安装位置

1. 计量方式

分户热量计量按计量原理分：

- 用热量表测量热用户从采热系统中取用热量。
- 测量用户散热设备散出的热量。
- 测量用户热负荷来计算用热量。

2. 热量热表

- 热量的计量仪表按计量原理不同可分为两大类，一类是热量表，一类是热分配表。

(1) 热量表

- 热量表一般由流量计、温度传感器及二次仪表等三部分组成。
- 通常的流量计为超声波，磁力式和机械流量计，
- 温度传感器采用热敏电阻或铂电阻，
- 二次仪表均配有微处理器，用户可直接观察到使用的热量和供回水温度。
- 有的智能化热量表除具有可直接观察到使用的热量和供回水温度外，还具有可直接读取热费和进行锁定等功能。热量表电源有直流电池和直接接交流电源两种。

(2) 热分配表

热分配表有电子式和蒸发式两种。

□ 蒸发式热分配表：

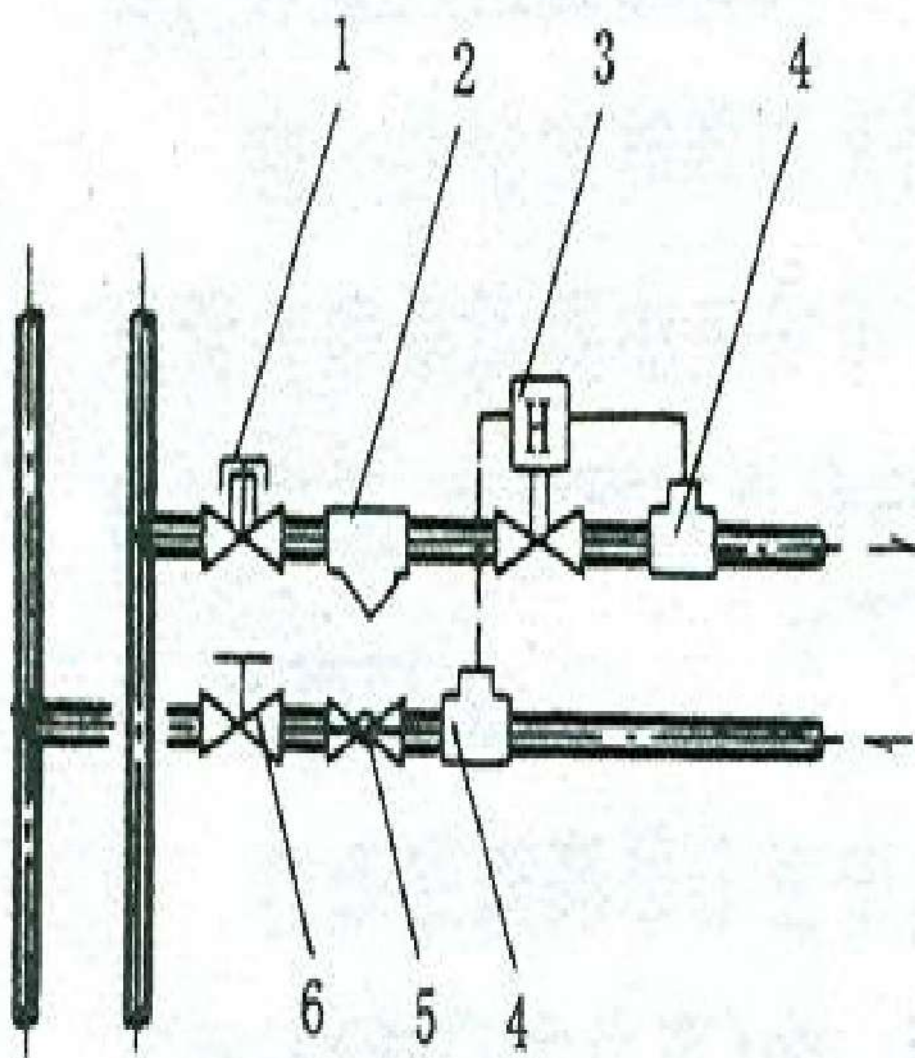
- 主要包括导热板和蒸发液。
- 构造简单，成本低廉，不管室内采暖系统为何种形式，只要在全部的散热器上安装分配表，即能实现按户计量。

□ 电子式热分配表：

- 需同时测量室内温度和散热器的表面温度，利用两者的温差确定其散热量。
- 具有数据存贮功能，并可以将多组散数器的温度数据引至户外的存储器。计量方便准确。

(3) 计量装置安装

- 对于单户采用热量表计量时，就在入户管道上加些截止阀、关闭锁定控制阀、热量计。
- 在采用热分配表进行分户计量时，还应对独栋建筑或单元安装热量表进行热量计量，其计量装置应包括以下设备：热量计、过滤器、旁通管等。
- 热量计应安装在供水管路上，而温度传感器应安装在进出户的供回水管路上。



热表安装示意图

- 1 锁闭阀 2 过滤器 3 热表
 4 感温元件及其插座 5 调节阀
 6 关断阀

1、系统制式

适合热量表的采暖系统

适合热量分配表的采暖系统

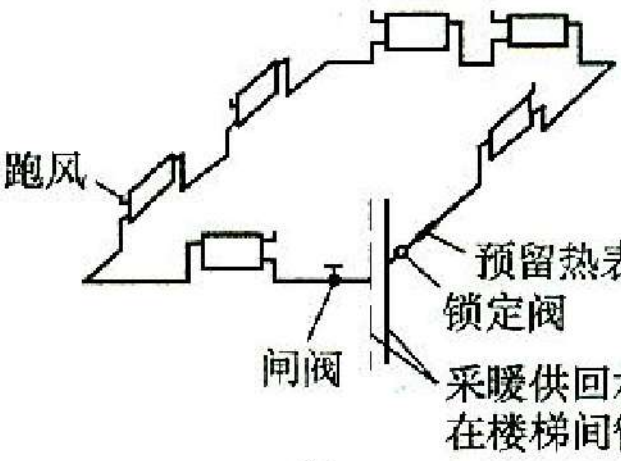
2、供回水双立管的布置

3、户内环路的管道布置

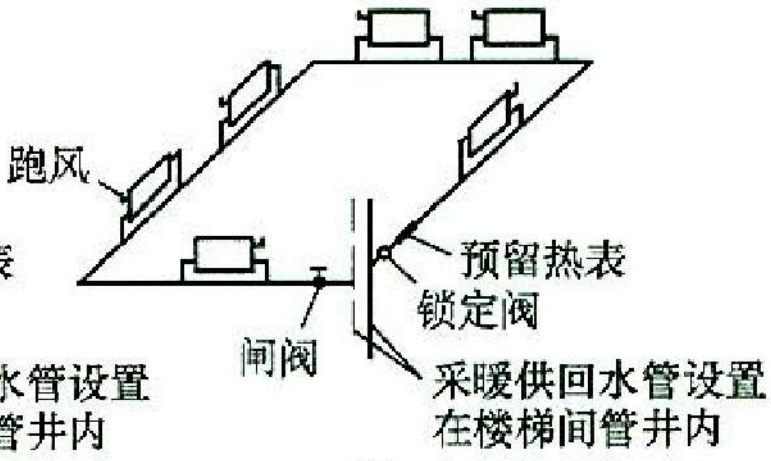
- 建设部2000年10月1日实施的《民用建筑节能管理规定》中第五条规定的：“新建居住建筑的集中供暖系统应当使用双管系统，推行温度调节和户用热量计量装置实行供热收费”。
- 室内可做成水平单管串联系统，此系统不能装恒温阀调节室温，不宜采用这种系统；
- 水平单管跨越式、双管上行下给式、双管上行上给式；

- 热量分配表分为蒸发式和电子式两大类，直接测试散热器对室内的放热量，因此不考虑分室控制的情况时，目前在建筑中使用的各种采暖系统均可以采用该类热分配表进行热量计量。
- 在热量计量中还需对一栋建筑物或一个单元的入口安装热量表进行计量，然后再根据热分配表的计量值实行分配。
- 建议：新建建筑宜采用热量表计量，而改造的居住建筑采暖宜采用热量分配表计量。 128

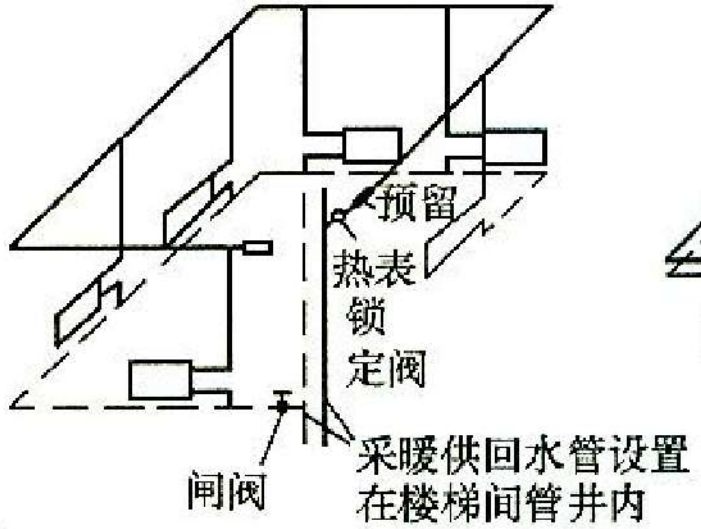
- 垂直式
 - 垂直式单管系统
 - 垂直式双管系统
- 水平式
 - 下供下回式系统
 - 水平单管跨越式系统
 - 水平式双管系统
 - 上供上回式系统
 - 章鱼式双管系统



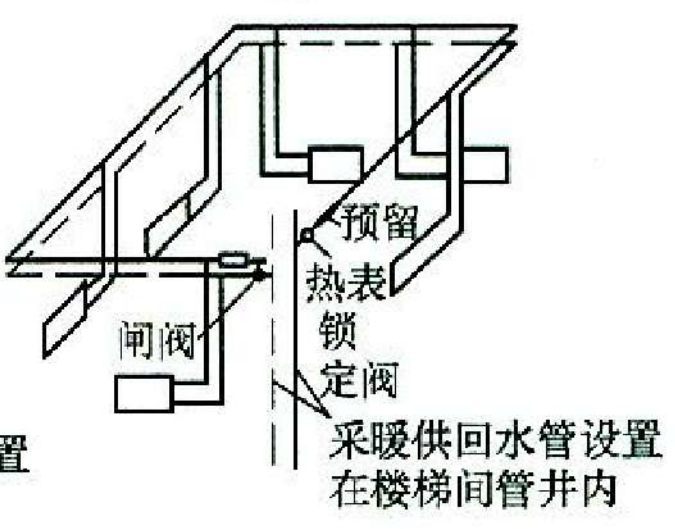
(a)



(b)



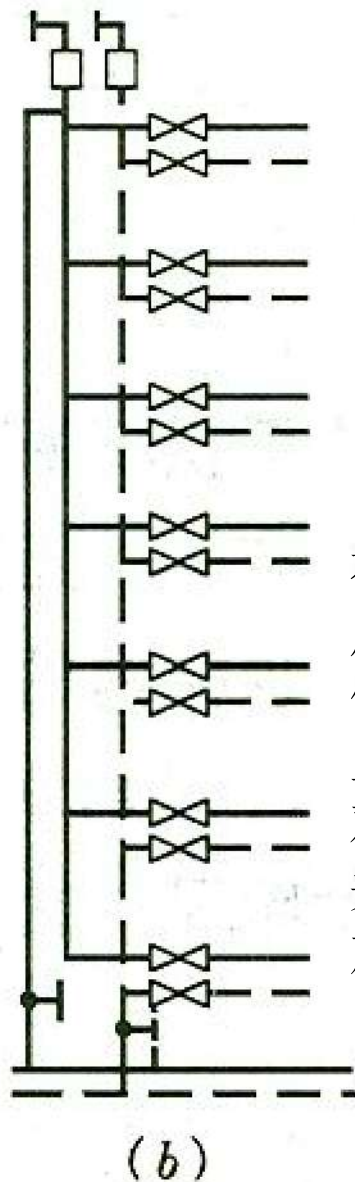
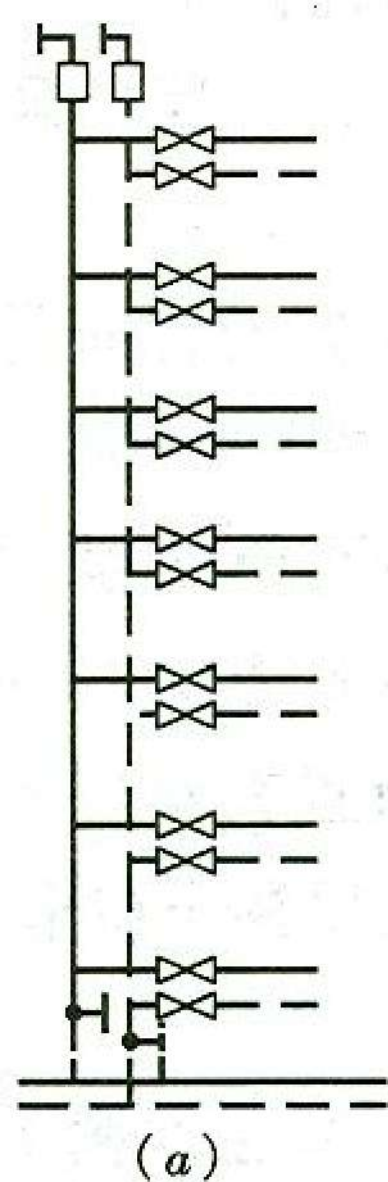
(c)



(d)

分户计量双立管采暖系统

双立管一般布置在楼梯间，不占用房间使用面积，且检修、读表方便。也可布置在住户厨房、卫生间、进户厅堂等处。对于在楼梯间设置管道井，应对井内的供回水管加以保温。



- 在下一层的顶棚处布置户内水平干管，支管穿过楼板与户内的散热器连接，形成下供下回的水平并联系统，单管水平串联或单管带跨越管的水平串联。
- 供回水干管布置在本层的顶棚下，形成上供上回的双管并联系统，每组散热器不必设跑风。
- 供水干管设在本层顶棚下，回水干管设在本层地面上，形成上供下回的系统形式。

- 供回水干管均在地面布置，形成下供下回的双管并联系统，单管水平串联系统或单管跨越式水平串联系统。
- 户内不设置供回水干管，而在户内的热量表后安放一组供回水分配器。然后用PE、PB或铝塑复合管，以放射状沿地面与房间的散热器连接，并将管路埋在地面垫层内，垫层厚度不少于50mm，也可在软管外加DN25的套管。

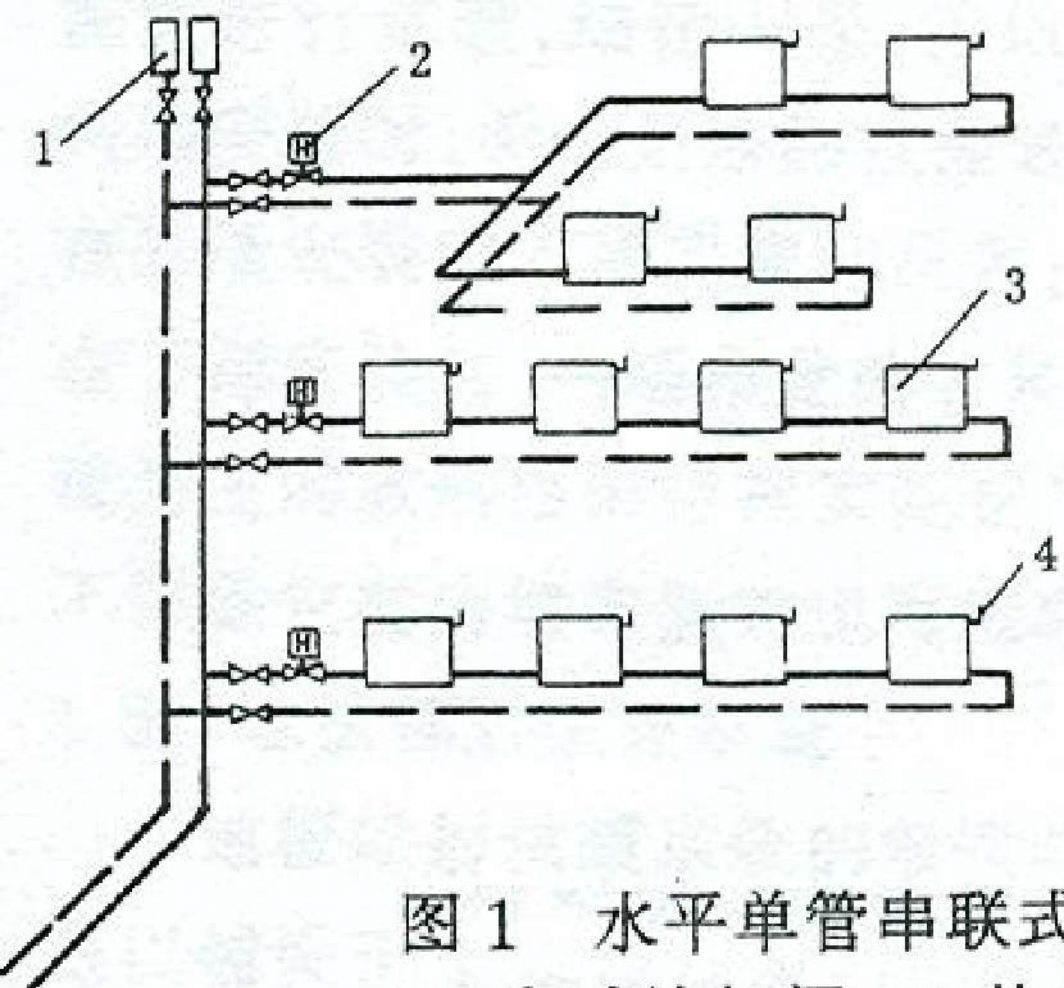


图 1 水平单管串联式系统

1 自动放气阀 2 热表

3 散热器 4 手动放气阀

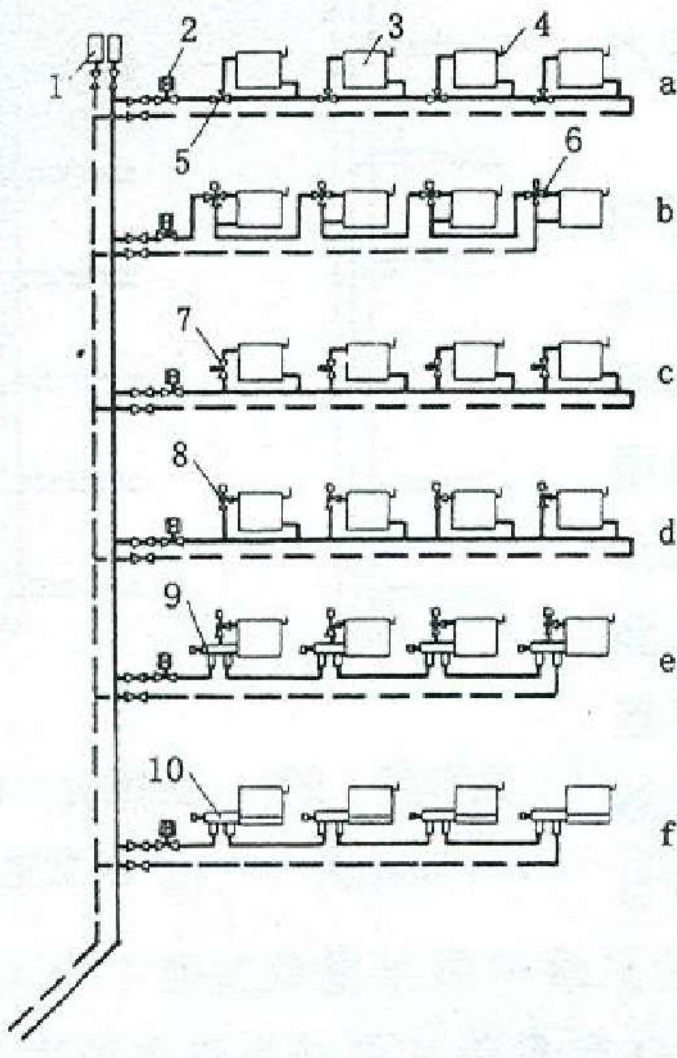


图 2 水平单管跨越式系统
1~4 同图 1 5 侧手柄三通阀
6 顶手柄三通阀 7 直通阀
8 角阀 9 单管旁通阀
10 单管潜管阀

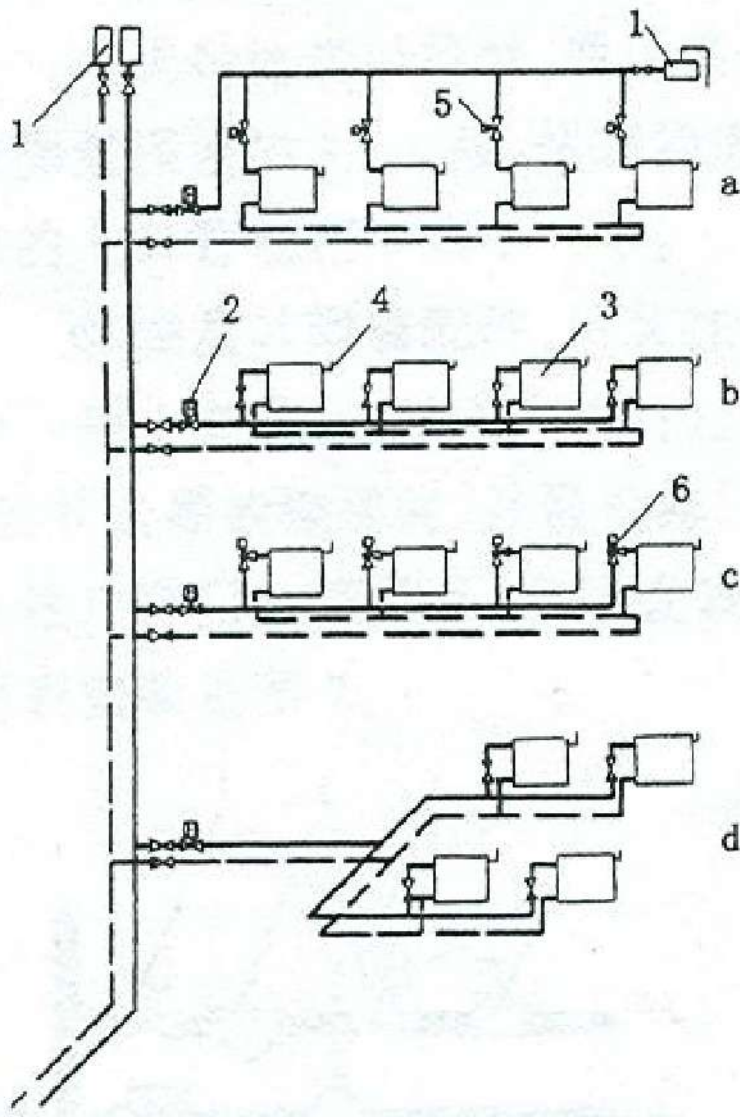
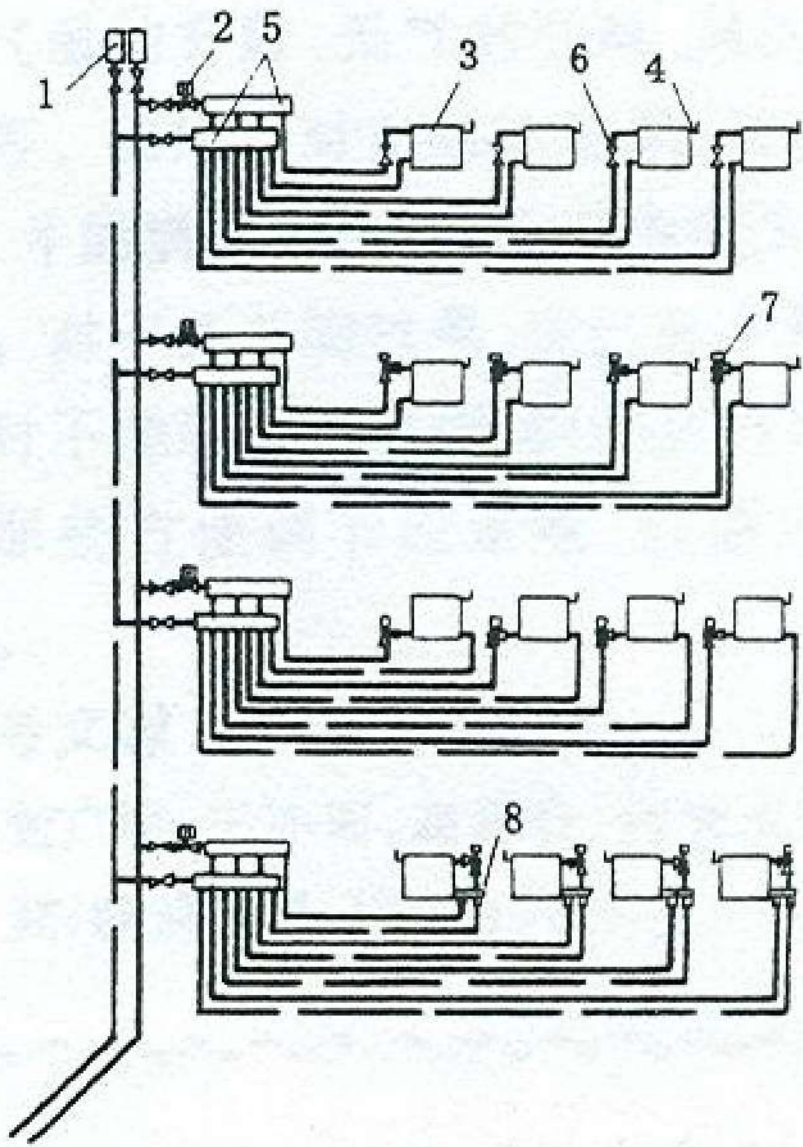
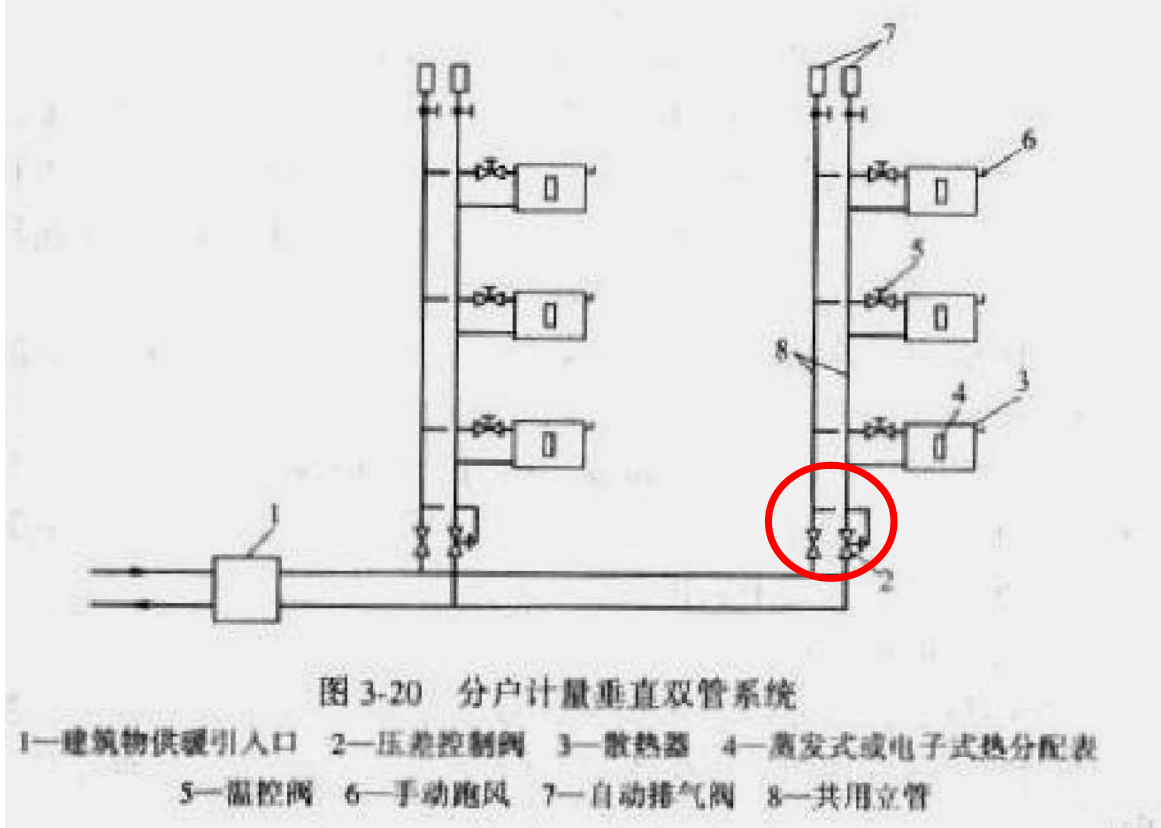


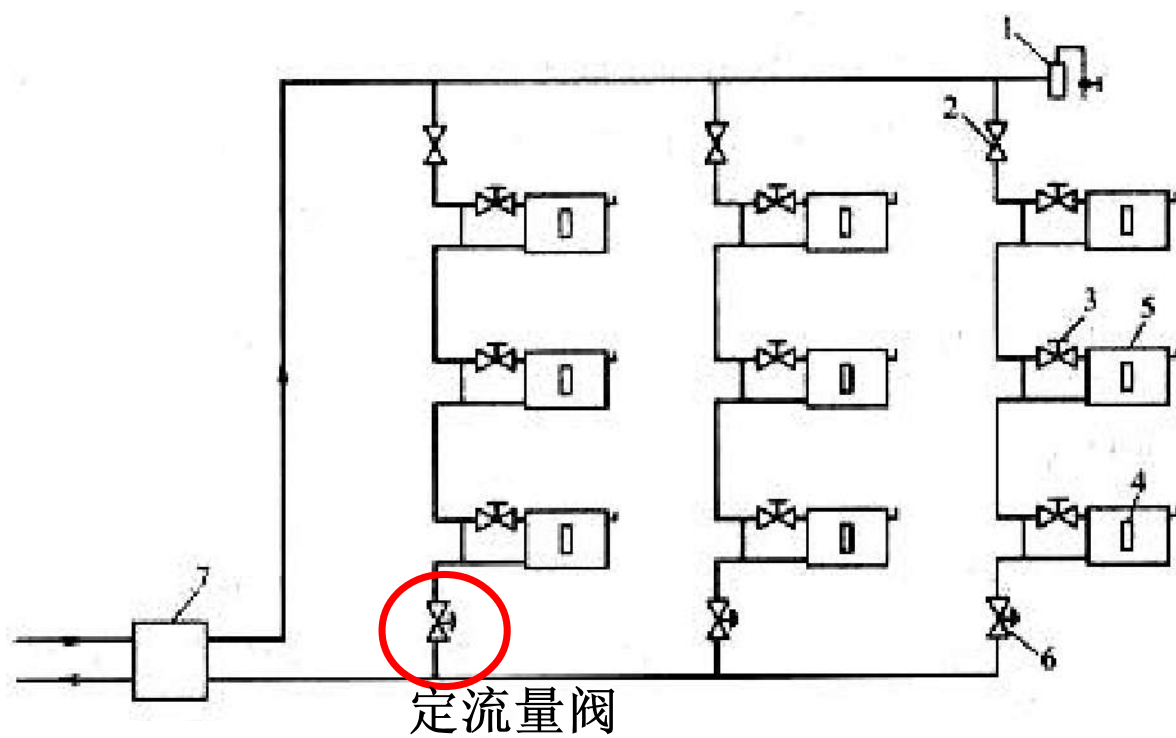
图 3 水平双管式系统
 1~4 同图 1 5 直通阀 6 角阀



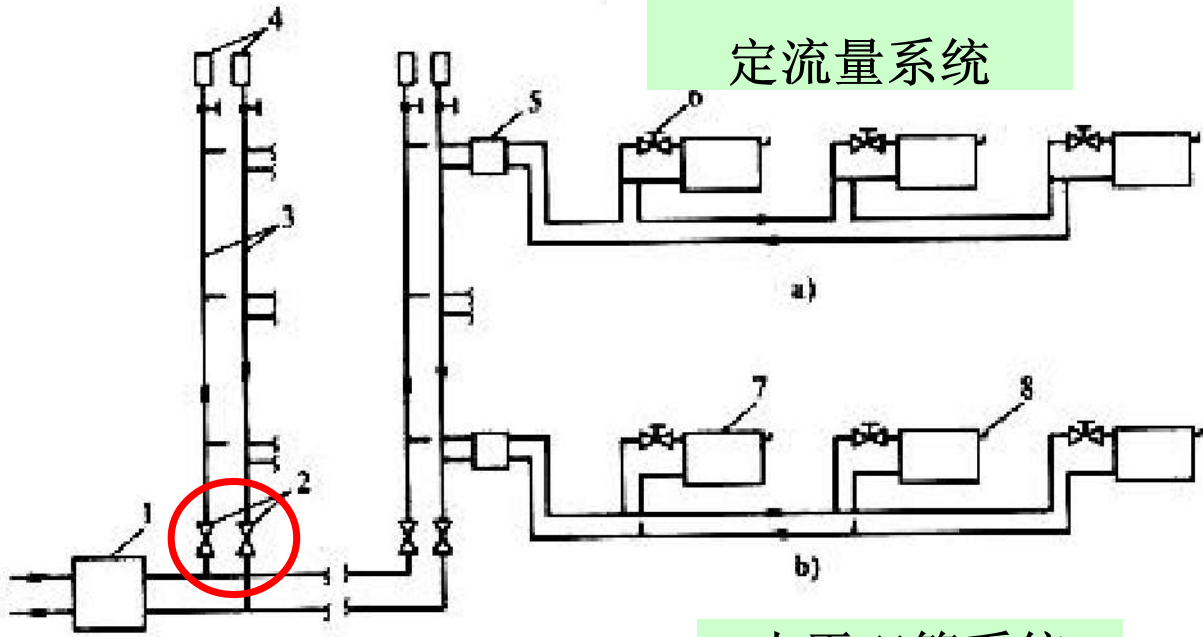
水平放射式系统

1~4 同图 1 5 分集水器
 6 直通阀 7 角阀 8 双管旁通阀



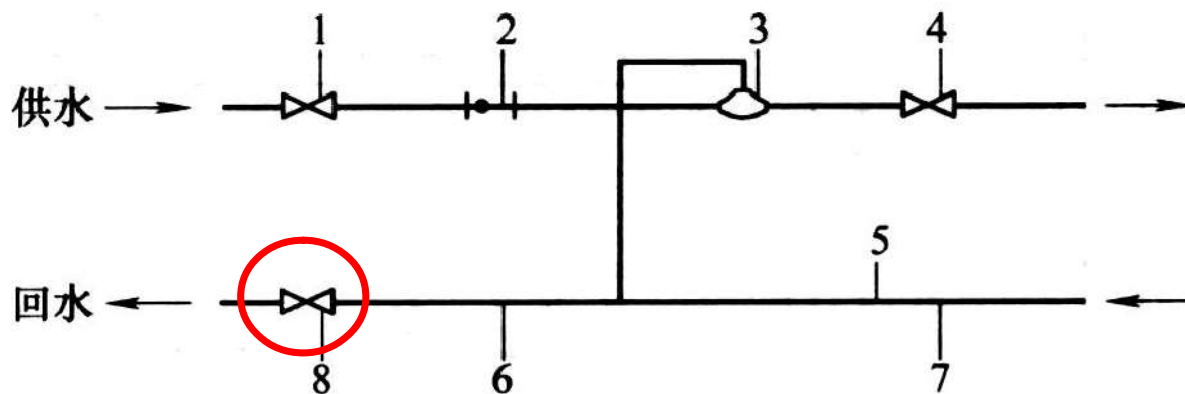


水平单管跨越式
定流量系统



压差控制阀或截止阀

水平双管系统
变流量系统



- 1—锁闭调节阀 2—细过滤器 3—热量表 4—截止阀
5—钢塑接头 6—镀锌钢管 7—塑料管 8—阀门

8—何种类型？

- 截止阀
- 压差控制阀
- 定流量阀

- 散热器的安装位置
 - 温控阀有内置传感器和外置传感器
- 散热器的形式
 - 不宜采用水流通道内含有黏砂的散热器。
- 散热器罩的使用问题
 - 对蒸发式热分配表由于计量原理的原因，在使用装饰罩时，不适宜来用热分配表进行热计量

1、采用热分配表时的水力计算问题

与常规计算方法一样，所不同的是增加了热量表和温控阀的阻力。

- 初步设定立管，温控阀散热器通路和跨越管管径的匹配求得分流比；
- 按全立管采暖负荷所需水量，计算立管的阻力；
- 进行环路内各立管的水力平衡计算，如通过调整公共段管径不能达到平衡时，则需要改变立管温控阀散热器和跨越管的管径匹配；
- 按水力计算所得各立管的流量和分流比，计算散热器的数量。

2、采用热量表计量时，应考虑的问题

- 采用热量表进行计量，暖通人员比较倾向的采暖系统形式是双立管对各户进行并联的系统。其水力计算的方法如同上供下回或下供下回的双管系统。但此时立管所带的并联环路由传统的一组散热器变成了一个单独的户内采暖系统。

3、双立管的户内独立环路的采暖系统水力工况的分析

- 某一用户的流量变化，对其余用户的流量要产生影响
- 在入口处流量不变的系统，任一用户关闭时，其余各用户的流量均增加，而靠关闭环路附近的用户流量增加较大。
- 在等流量情况下，某立管有用户关闭时，该立管总流量减少，而立管后的干流流量增加。
- 在入口处压差不变的系统，某立管上用户关闭时，各个用户及管段流量变化规律相似，只是流量变化幅度小一些。
- 多层建筑的分户水平采暖系统，只要采取正确的计算方法，可以不必在每户设流量或压差控制设备。

- 楼梯间设置管道井
- 管道井的数量
- 管道井的尺寸：一般
500mm×1000mm
- 不设管道井，管道在室内，在楼梯间安装分户计量控制箱。

七、对热网的要求

- 常规做法 在热源处设循环水泵，定流量
- 分户热计量 变流量

第3章 全水系统



第4讲 采暖设备附件 与水力计算

采暖管道的水力计算

1、基本计算法

$$\Delta p = \Delta p_m + \Delta p_i = \frac{\lambda}{d} l \frac{\rho v^2}{2} + \xi \frac{\rho v^2}{2} = \Delta p_m l + \xi \frac{\rho v^2}{2}$$

2、简化计算法

□ 当量阻力法
$$\Delta p = A(\xi_d + \sum \xi)G^2$$

□ 当量长度法
$$\sum \xi_{zh} = \lambda / dl + \sum \xi$$

$$\Delta p = \Delta p_m l + \Delta p_m l_d = \Delta p_m (l + l_d) = \Delta p_m l_{zh}$$

- 已知系统各管段的流量和系统的循环作用压力，确定管段的管径
- 已知系统各管段的流量和各管段的管径，确定系统所必需的循环作用压力。这种水力计算，常用于校核计算，检查循环水泵扬程是否满足要求
- 已知各管段的管径和该管段的水流量。这种情况的水力计算，通常是对已有的热水供暖系统，在管段作用压力已知时，校核各管段通过的水流量

1 热水供暖系统的循环作用压力

- 系统循环水泵扬程相应的压力。
- 自然循环作用压力。

2 系统作用压力应消耗在克服系统管路阻力并留有一定的储备压力

- 对于并联环路，两节点之间的管路阻力应平衡，不平衡率应符合下列要求：

- 双管异程系统：±25%；
- 双管同程系统：±15%；
- 单管异程系统：±15%；
- 单管同程系统：±10%。

由于管径限制，若不平衡率较大时，自动调节流量来实现阻力平衡，由此产生流量偏大或偏小，从而偏离设计流量而出现水力失调及热力失调。

4 热水供暖系统水力计算应从最不利环路开始

- 最不利环路的确定。热水供暖系统的最不利环路是指比摩阻最小的环路，为最远立管环路。
- 最不利环路比摩阻的计算与取值。

5 近立管环路限定流速

3、计算要求

- 采暖管道中的热媒流速，应根据热水或蒸汽的资用压力、系统形式、对噪声要求等因素确定，推荐的最大允许流速不应超过规定值。
- 系统系统最不利环路的比摩阻，宜保持下列范围：
 - 高压蒸汽系统 (顺流式) **100~350Pa**;
 - 高压蒸汽系统 (逆流式) **50~150Pa**;
 - 低压蒸汽系统 **50~100pa**;
 - 余压回水 **150Pa**;
 - 热水系统 **80~120Pa**

- 供暖系统水平干管的末端管径，宜符合下列规定：
 - 高压蒸汽系统 $DN \geq 20\text{mm}$;
 - 低压蒸汽系统 $DN \geq 25\text{mm}$;
 - 高压蒸汽凝结水管始端管径 $DN \geq 20\text{mm}$;
 - 低压蒸汽凝结水管始端管径 $DN \geq 20\text{mm}$;
 - 热水系统 $DN \geq 20\text{m}$ 。

- 采暖系统的总压力损失可按下列原则确定：
 - 热水采暖系统的循环压力，应根据管道内的允许流速及系统各环路的压力平衡来决定，一般宜保持在10~40KPa 左右；当热网入口资用压力较高时，应装设调压装置。
 - 高压蒸汽采暖系统的供汽压力高于系统的工作压力时，应在人口的供汽管上装设减压装置。高压蒸汽最不利环路供汽管的压力损失，不应大于起始压力的 25%。

- 布置蒸汽采暖系统时，应尽量使其作用半径短，流量分配均匀；环路较长的高压蒸汽系统，宜采用同程式。选择管径时，应尽量减少各并联环路之间的压力损失差额，必要时应在各汇合点之前装调压设备。低压蒸汽系统的单位长度压力损失，最好保持在 $20 \sim 30\text{Pa}$ ，室内系统作用半径不宜超过 $50 \sim 60\text{m}$ 。
- 锅炉工作压力，宜按下列原则确定：当锅炉作用半径 $L = 200 \text{ m}$ 时，工作压力 $P = 5\text{kPa}$ ； $L = 200 \sim 300\text{m}$ 时， $P = 15\text{kPa}$ ； $L = 300 \sim 500\text{m}$ 时， $P = 20\text{kPa}$ 。

- 机械循环热水采暖系统中，由于管道内水冷却产生的自然循环压力可忽略不计，但散热器中水冷却的自然循环压力则必须计算：
 - 机械循环双管系统，由于立管本身的各层散热器均为并联环路，必须考虑各层不同的自然循环压力，以避免竖向的水力失调。自然循环压力可按设计水温条件下最大循环压力的 $2/3$ 计算
 - 机械循环单管系统，若建筑物各部分层数不同时，则各立管所产生的自然循环压力亦不相同，在计算中也应考虑自然循环压力。自然循环压力可按最大值的 $2/3$ 计算。

- 自然循环的热水采暖系统，由于散热器水冷却和管道内水冷却产生的附加压力应全部考虑，同时应对散热器的散热面积进行相应的修正。
- 热水采暖系统的各并联环路（不包括共同段）之间的压力损失相对差值，不应大于：双管同程式**15%**；单管同程式**10%**；双管异程式**25%**；单管异程式**15%**。建筑物内部系统各环路压力平衡后的总压力损失可增加**10%**的附加值，以备克服未预计到的阻力。
- 单管异程式热水采暖系统中立管的压力损失不宜小于计算环路总压力损失的**70%**。必要时，可采用热媒温度不等温降法计算。

- 等温降法
- 变温降法
- 等压降法

□ 计算原理

- 特点：预先规定每根立管（对双管系统是每个散热器）的水温降，系统中各立管的供、回水温度都取相同的数值，在这个前提下计算流量。
- 任务：一种是已知各管段的流量，给定最不利各管段的管径，确定系统所必须的循环压力；另一种是根据给定的压力损失，选择流过给定流量所需要的管径。

□ 计算方法

详见《流体输配管网》

□ 计算原理

在各立管温降不相等的前提下进行计算。首先选定管径，根据平衡要求的压力损失去计算立管的流量，根据流量来计算立管的实际温降，最后确定散热器的数量，本计算方法最适用于异程式垂直单管系统

□ 计算方法

- (1) 求最不利环路的值，作查表参考用；
- (2) 假设最远立管的温降，一般按设计温降增加 $2-5^{\circ}\text{C}$ ；
- (3) 根据假设温降，在推荐的流速范围内，并参照已求得的价值，查表求得最远立管的计算流量 G_i 和压力损失；
- (4) 根据立管环路之间压力平衡原理，依次由远至近计算出其他立管的计算流量、温降及压力损失；

□ 计算方法

(5) 已求得各立管计算流量之和与要求温降所求得的实际流量不一致,需进行调整,对各立管乘以调整系数,最后得出立管实际流量、温降和压力损失。

温降调整系数 $a = \frac{\sum G_j}{\sum G_t}$ 调整系数为:

流量调整系数 $b = \frac{\sum G_t}{\sum G_j}$

压力调整系统 $c = \left(\frac{\sum G_t}{\sum G_j}\right)^2$

地板辐射供暖系统水力计算的主要任务是确定加热管管径和管路压力损失。计算原理与方法同散热器供暖系统，详见第4章4.2节。

1. 确定各回路热媒的流量

$$G = \frac{0.86Q}{t_g - t_h} \quad (4-33)$$

式中 $t_g - t_h$ ——热媒流过加热管的供回水温差 ($^{\circ}\text{C}$)，低温辐射地板供暖的供回水温差不宜大于 10°C ；

Q ——每根加热管所负担的热负荷 (kW)。

2. 确定各回路加热管的管径

加热管的管径采用限定流速法，按下式计算

$$d = 0.0188 \times \left(\frac{G}{v}\right)^{0.5} \quad (4-34)$$

式中 d ——加热管内径 (m);

v ——流过加热管热媒的流速 (m/s), 加热管热媒流速在 0.25 ~ 0.5m/s 之间为宜, 一般不应小于 0.25m/s。

3. 确定各回路加热管的压力损失

加热管路的压力损失包括沿程阻力和局部阻力。由于加热盘管的转弯半径较大, 局部阻力很小, 可忽略。因此, 近似认为盘管管路的阻力为沿程阻力。沿程阻力 Δp_f , 按下式计算

$$\Delta p_f = \lambda \cdot \frac{l}{d} \frac{\rho v^2}{2} \quad (4-35)$$

由于塑料管的粗糙度在 0.0007m 左右, 内壁比较光滑, 每根盘管的流量基本在 0.15 ~ 1.0kg/h 之间, 盘管内流体的流动状态在水力光滑管区, λ 值按式 (4-5) 计算。考虑到分、集水器及阀门的局部阻力, 盘管管路的总阻力可在沿程阻力基础上附加 10% ~ 20%。盘管管路的阻力一般在 20 ~ 50kPa 之间。每套分、集水器环路总压力损失不宜大于 30kPa。

塑料管及铝塑复合管单位管长沿程阻力, 见附录 D 表 D-8 水力计算表。塑料管及塑料复合管局部阻力系数 (ξ) 值, 见附录 D 中表 D-9。

采暖设备附件

- 散热器温控阀
- 自力式控制阀
- 膨胀水箱
- 除污器
- 调压装置
- 排气装置
- 平衡阀
- 分、集水器
- 换热器

1.散热器温控阀

EZV 电动温控阀



1.散热器温控阀

- 恒温控制器
- 手动调节阀
- 一对连接件

- 传感器单元——温包
 - 内置
 - 外置
 - 感温温包
 - 蒸汽压力式
 - 液体膨胀式
 - 固体膨胀式
- 调节阀体
 - 二通——预设定和非预设定型
 - 三通

1.散热器温控阀

- 节能原理
 - 恒温控制
 - 自由热
 - 经济运行
- 散热器手动温度控制阀

2. 自力式控制阀

- 自力式流量控制阀
 - 自力式流量平衡阀
 - 定流量阀
 - 自平衡阀
 - 动态流量平衡阀
- 自力式温度控制阀
- 自力式压差控制阀



□ 原理

- 当阀门口径一定时，通过阀门的流量与其前后压差和阻力系数 ζ 有关。阻力系数 ζ 取决于阀孔的面积和结构。

□ 方法

- 当阀门前后压差发生变化时，通过合理设计的阀孔面积和结构，抵消这种变化，以维持流量为定值
- 固定阻力系数 ζ ，当阀前后压差发生变化时，利用自动调节手段，保证孔板或阀孔两侧的压差为定值，从而实现对流量的控制。

自力式流量控制阀



自力式温度控制阀

- 他力式
- 自力式



自力式压差控制阀



3.膨胀水箱

- 作用
 - 容纳膨胀水量
 - 补水
 - 定压
- 在多个采暖建筑物的同一供暖系统中仅能设置一个膨胀水箱。
- 与空调用膨胀水箱共用？



3.膨胀水箱

□ 容积计算

■ 95~70℃采暖系统

$V=0.03$

■ 110~70℃采暖系统

$V=0.04$

■ 130~70℃采暖系统

$V=0.04$

■ 空调冷冻水系统

$V=0.014VC$

□ 种类

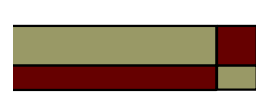
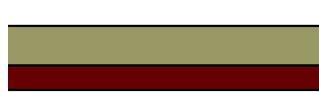
■ 开式高位膨胀水箱

■ 闭式低位膨胀水箱



- 作用
 - 清除和过滤管路中的杂质和污垢。
- 设置位置：
 - 采暖系统入口，装在调压装置之前
 - 锅炉房循环水泵吸入口
 - 各种换热设备之前
 - 各种小口径调压装置
- 分立式直通、卧式直通、角通除污器
- 当安装地点有困难时，可采用管道式过滤器
- 断面水流速取**0.05m/s**

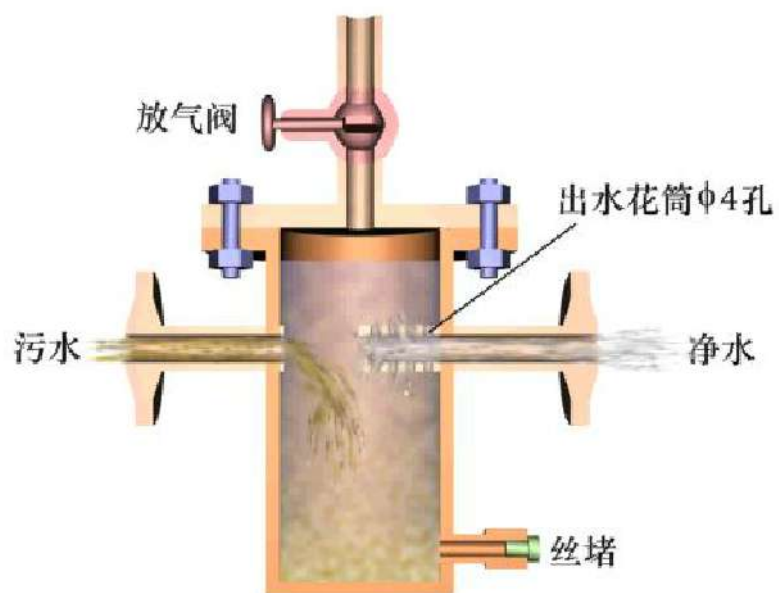




南華大學
UNIVERSITY OF SOUTH CHINA

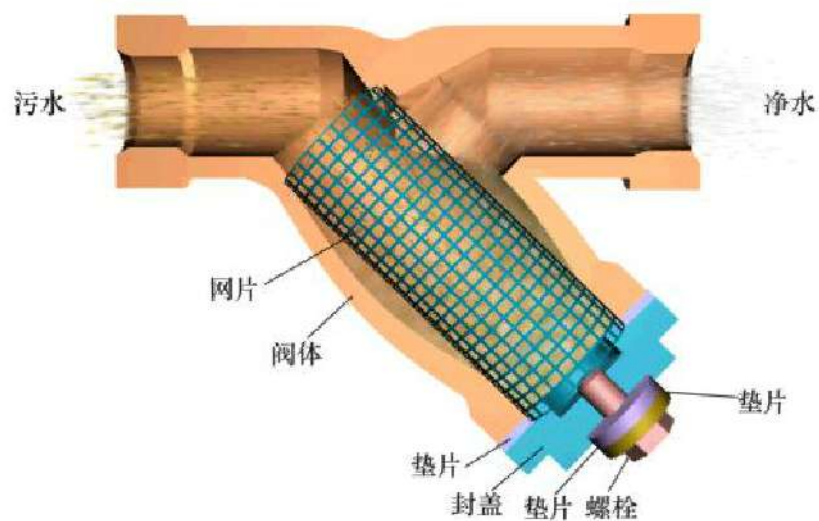
电子除垢仪





立式除污器

东方仿真COPYRIGHT



Y型过滤器

东方仿真COPYRIGHT

5.调压装置

- 调压板 外线热源参数较稳定时
孔径d

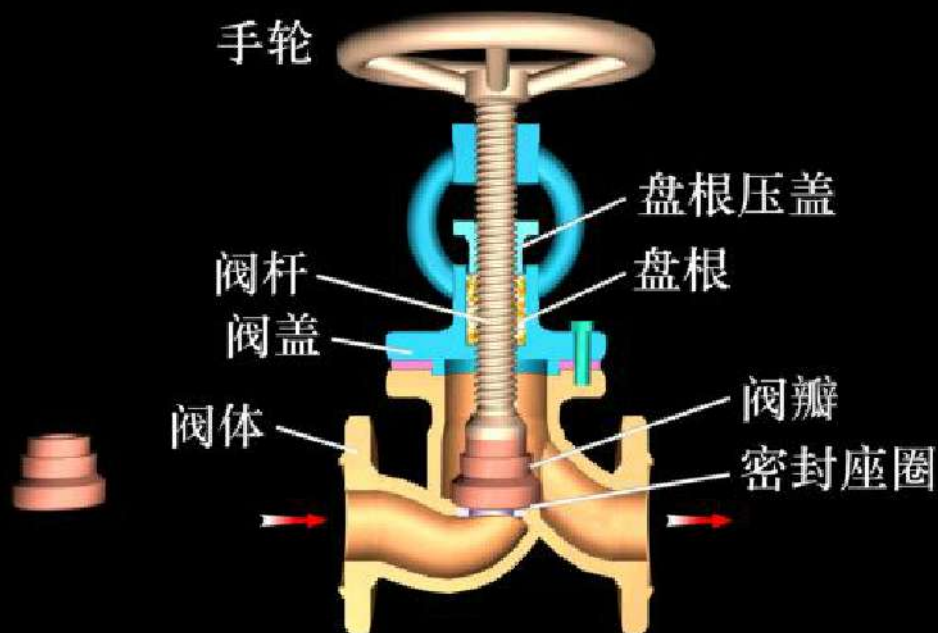
$$d = \sqrt{GD^2 / f}$$

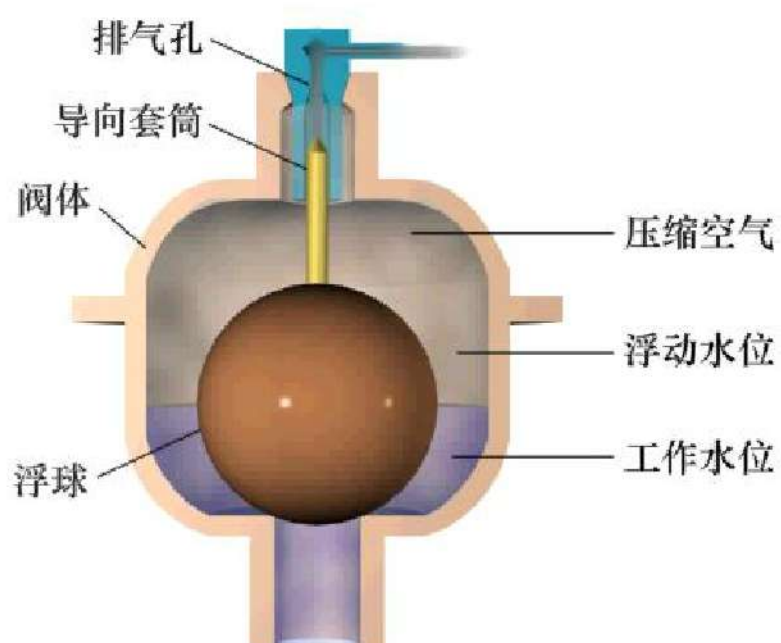
$$f = 23.21 \times 10^{-4} D^2 \sqrt{\rho H} + 0.812G$$

- 截止阀
- 平衡阀 系统较大时

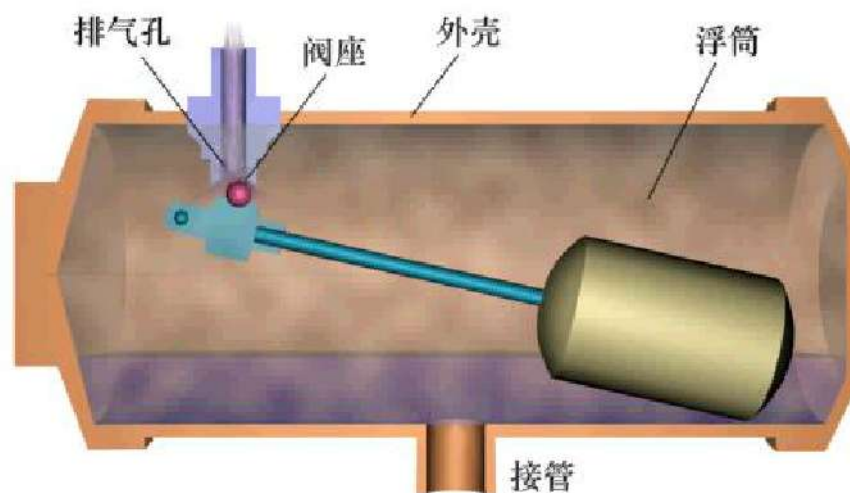
$$d = 16.3^4 \sqrt{\xi} \sqrt{\frac{G^2}{\Delta p}}$$

截止閥

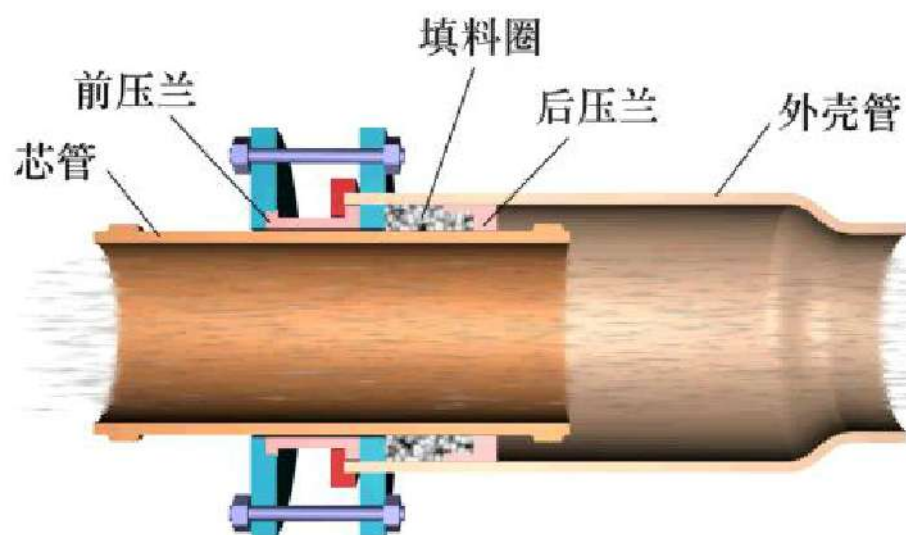




立式自动排气阀



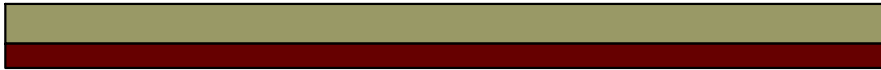
卧式自动排气阀



套筒补偿器

- 作用
 - 有效保证管网静态水力和热力平衡
- 位置：
 - 小区室外管网系统中
- 调节原理
 - 通过改变阀芯与阀座的间隙（即开度），改变流体流经阀门的流通阻力，达到调节流量的目的。
 - 相当于一个局部阻力可以改变的节流元件

$$Q = \frac{F}{\sqrt{\xi}} \sqrt{\frac{2(P_1 - P_2)}{\rho}}$$



- 适用场合
 - 锅炉（或冷水机组）水流量的平衡
 - 热力站的一、二次环路水流量的平衡
 - 小区供热管网中各幢楼之间水流量的平衡
 - 建筑物内的采暖（空调）水力系统中水流量的平衡
- 安装使用要点
 - 建议安装在回水管路上
 - 尽可能在直管段上
 - 注意新系统与原有系统水流量的平衡
 - 不应随意变动平衡阀开度
 - 不必再安装截止阀
 - 系统增设环路时应重新调试整定。

□ 筒身直径 $D = 0.595 \sqrt{\frac{G}{v\rho}}$



- 按断面流速**0.1m/s**确定
- 经验估算 **(1.5~3) dmax**
- 受压容器
- 安装压力表、温度计，保温
- 落地安装
- 封头采用法兰堵板时，置于便于维修的一侧





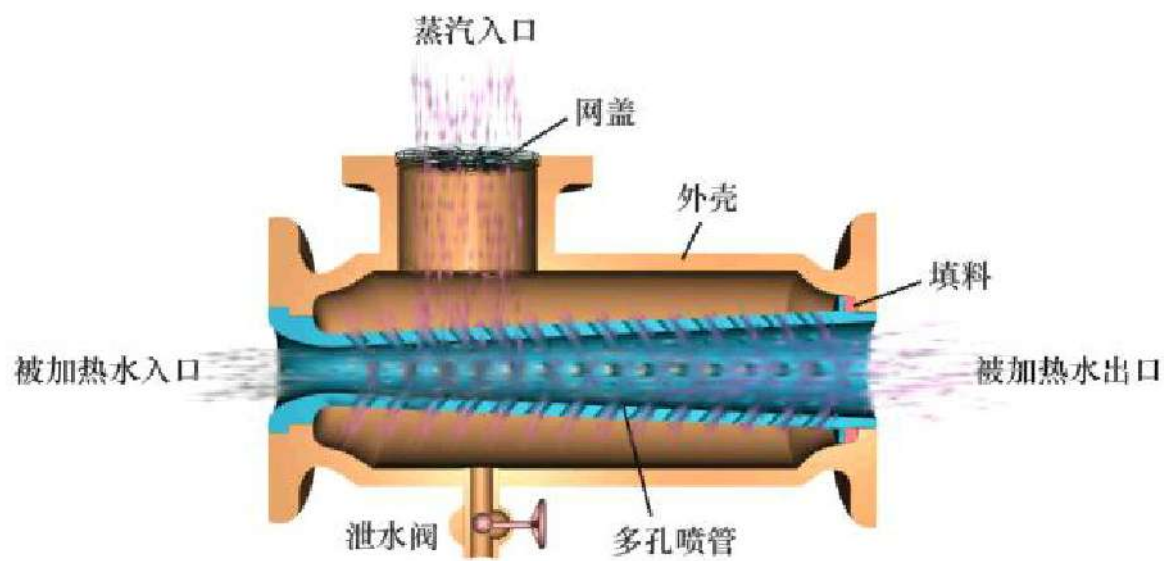
地板辐射采暖



- 换热面积
$$F = \frac{Q}{K \cdot B \cdot \Delta t_{pj}}$$

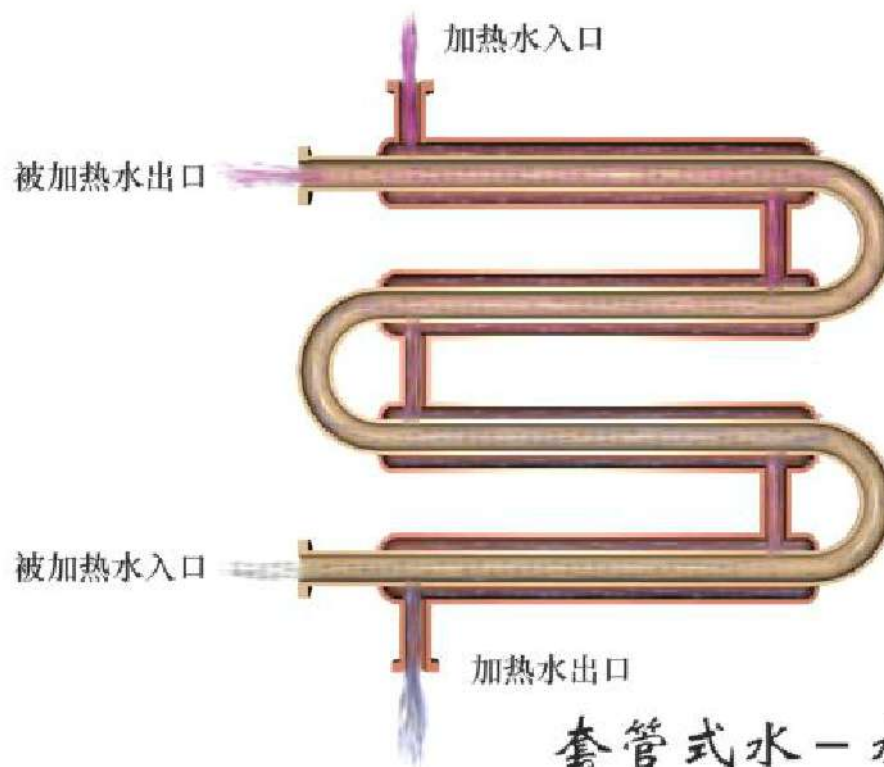
- 类型
 - 固定管板的壳管式汽—水换热器
 - U形壳管式汽—水换热器
 - 喷管式换热器
 - 螺旋板式换热器
 - 不锈钢板式
 - 波纹管系列换热器
 - 浮动盘管系列汽—水换热器





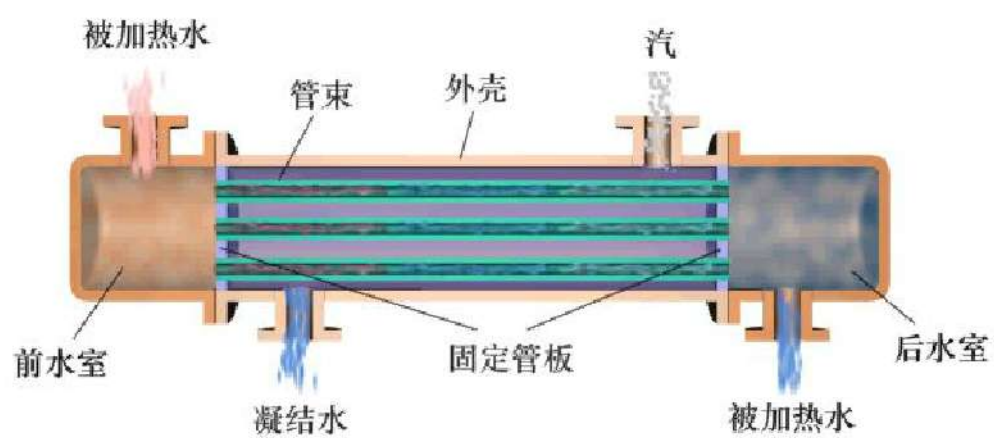
喷管式加热器

东方仿真COPYRIGHT



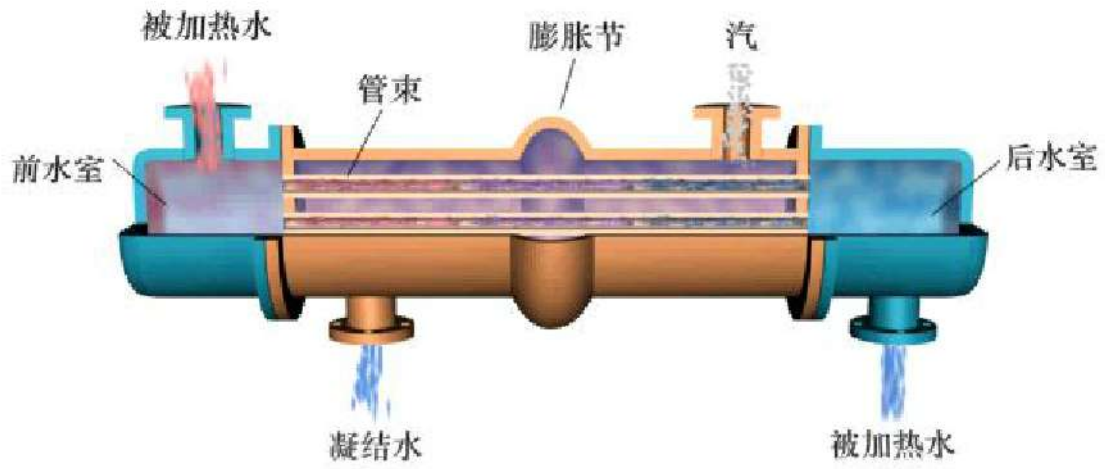
套管式水-水加热器

东方仿真COPYRIGHT



固定管板式管壳加热器

东方仿真COPYRIGHT



帶膨胀节的管壳式加热器

东方仿真COPYRIGHT

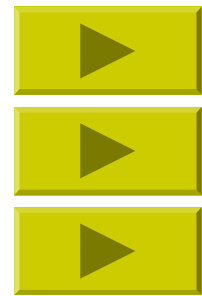


第3章 全水系统



第5讲 热水采暖系统

- 集中供热系统的热源
- 集中供热管网
- 热水采暖系统的供热调节



- 一. 热电厂集中供热原理
- 二. 区域锅炉房
- 三. 集中供热系统热负荷的概算方法

一. 热电厂集中供热原理

供热汽轮机主要分五种类型：

1. **背压式供热汽轮机** 排汽压力高于大气压力的供热汽轮机称为背压式汽轮机。
2. **单抽汽式供热汽轮机** 从汽轮机中间抽汽对外供热的汽轮机称为抽汽式汽轮机。
3. **双抽式供热汽轮机** 带高、低压可调节抽汽口的机组称为双抽式供热汽轮机。
4. **抽汽背压式汽轮机** 汽轮机全部排汽，通常用来加热网路水，同时还从中间抽出压力的蒸汽供应工业热用户。
5. **凝汽式汽轮机改装为供热汽轮机** 在凝汽式汽轮机的中间导汽管上抽出部分蒸汽供热使凝汽机组在供暖期间降低真空运行，把冷凝器作为热网回水加热器，用热水网循环水供暖。

- 1.区域锅炉房的供热设备比较简单，造价比较低，建设投资少，建厂条件要求不高，易于实现。
- 2.以区域锅炉房为热源的供热系统，供热范围可大可小，比较灵活。涉及的用热单位不多，易于做到供热热源与热用户的合理布置，并易于达到在额定负荷下运行，经济效益高。
- 3.区域锅炉房供热系统热媒的种类及其参数只是根据热用户用热设备的需要和要求来选²⁰⁹定。较为简单。

5. 区域锅炉房供热系统建设周期短，易于与城市建设同步进行，同时规划、同时设计、同时施工、同时使用，有利于加速实现城市集中供热。
6. 区域锅炉房供热系统属于热、电分产分供，同以热电厂为热源的热电合产合供的系统相比较，其热能利用率较低。

调峰区域锅炉房与热电厂相结合的集中供热系统，可使热电厂运行达到最佳经济效益。

210

区域锅炉房根据其制备热媒的种

□ 季节性热负荷

- 采暖、通风、空气调节系统的热负荷是季节性热负荷。
- 特点：与室外温度、湿度、风向、风速和太阳辐射热等气候条件密切相关，其中对它的大小起决定性作用的是室外温度，因而在全年中有很大的变化。

□ 常年性热负荷

- 生活用热（主要指热水供应）和生产工艺系统用热属于常年性热负荷。
- 特点：与气候条件关系不大，用热状况在全日中变化较大。

1、采暖设计热负荷

- 采暖热负荷是城市集中供热系统中最主要的热负荷。它的设计热负荷占全部设计热负荷的 80%~90% 以上（不包括生产工艺用热）。

- 采暖设计热负荷的概算方法或面积热指标法或面积热指标法

采暖体积热指标

$$Q_n' = q_v V_w (t_n - t_{wn}) \times 10^{-3}$$

- 体积热指标法

$$Q_n' = q_f F \times 10^{-3}$$

- 面积指标法
- 城市规划指标法



- 采暖体积热指标 q_v 的大小，主要与建筑物的围护结构及外形有关。
- 建筑物围护结构传热系数 k 越大、采光率越大、建筑体积越小或建筑物的长宽比越大，单位体积的热损失，亦即 q_v 值也越大。
- 因此从建筑物的围护结构及其外形方面考虑降低 q_v 值的措施，是建筑节能的主要途径，也是降低集中供热系统采暖设计热负荷的主要途径。



- 建筑物的采暖热负荷，主要取决于通过垂直围护结构（墙、门、窗等）向外传递热量，它与建筑物平面尺寸和层高有关，因而不是直接取决于建筑平面面积。
- 用采暖体积热指标表征建筑物采暖热负荷的大小，物理概念清楚；
- 但采用采暖面积热指标法比体积热指标更易于概算，所以近年来在城市集中供热系统规划设计中，国内、外也多采用采暖面积热指标法进行概算。

2. 通风设计热负荷

□ 通风体积指标法 $Q'_t = q_t V_w (t_n - t_{w,t}') \times 10^{-3}$

□ 百分数法

- 对有通风空调的民用建筑(如旅馆、体育馆等), 通风设计热负荷可按该建筑物的采暖设计热负荷的百分数进行概算, 即

$$Q'_t = K_t Q'_n$$

3. 生活用热的设计热负荷

□ 热水供应用热

- 热水供应热负荷为日常生活中用于洗脸、洗澡、洗衣服以及洗器皿等所消耗的热量。
- 其热负荷取决于热水用量。住宅建筑的热水用量，取决于住宅内卫生设备的完善程度和人们的生活习惯。公用建筑（如浴池、食堂、医院等）和工厂的热水用量，还与其生产性质和工作制度有关。

- 采暖热负荷 $Q'_{r,p} = \frac{cm\rho v(t_r - t_1)}{T} = 0.001163 \frac{mv(t_r - t_1)}{T}$ 为：

3. 生活用热的设计热负荷

□ 其他生活用热

- 在工厂、医院、学校等中，除热水供应以外，还可能有开水供应、蒸饭等项用热。这些用热负荷的概算，可根据一些指标，参照上述方法计算。

4、生产工艺热负荷

- 属于全年性热负荷。
- 生产工艺设计热负荷的大小以及需要的热媒种类和参数，主要取决于生产工艺过程的性质、用热设备的形式以及工厂的工作制度等因素。
- 对新增加的热负荷，应按生产工艺系统提供的设计数据为准，并参考类似企业确定其热负荷。对已有工厂的生产工艺热负荷，由工厂提供。规划或设计部门应对所报的热负荷进行核算。通常可采用以产品单位能耗指标方法，或按全年实际耗煤量来核算，最后确定符合实际情况的热负荷。
- 在计算集中供热系统热网的最大生产工艺热负荷时，应以核实的各工厂（或车间）的最大生产工艺热负荷之和乘以同时使用系数，同时使用系数一般可取 0.7~0.90。



- 一．集中供热系统的热媒及其参数的选择
- 二．供热系统管网的设计
- 三．热水供热系统供热管网与热用户连接

1. 集中供热系统的热媒供应

- 居住与公共建筑物的采暖、通风及生活热水热量的城市或区域供热系统，一般宜采用热水作为热媒。
- 供热热媒为水(包括在用户转换为蒸汽)能够满足生产工艺要求，且技术经济合理时，宜采用热水作为生产供热热媒。
- 同时供应生产与采暖、通风及生活热水热量的城市或区域供热系统，一般宜采用蒸汽作热媒。
- 当供暖、通风和生活热水为主要热负荷，同时生产工艺必须采用蒸汽供热时，可采用热水和蒸汽两个独立的供热系统。

□ 热水供热系统的优点：

- 热水供热系统的热能利用效率高。
- 以水作为热媒用于供暖系统时，可以改变供水温度来进行供热调节（质调节），能减少热网热损失，又能较好地满足卫生要求。
- 热水供热系统的蓄热能力高，由于系统中水量多，水的比热大，因此，在水力工况和热力工况短时间失调时，也不会引起供暖状况的很大波动。
- 热水供热系统可以远距离输送，供热半径大。

□ 蒸汽热媒特点

- 以蒸汽作为热媒的适用面广，能满足多种热用户的要求，特别是生产工艺用热，要求蒸汽供热
- 与热水网路输送网路循环水量所耗的电能相比，汽网中输送凝结水所耗的电能少得多。
- 蒸汽在散热器或热交换器中，因温度和传热系数都比水高，可以减少散热设备面积，降低设备费用。
- 蒸汽的密度小，在一些地形起伏很大的地区或高层建筑中，不会产生如热水系统那样大的水静压力，用户的连接方式简单，运行也较方便。

2. 集中供热系统热媒参数的选择

- 以热电厂为热源考虑
 - 热网、管网、用户系统等方面的因素，进行技术经济比较确定。一般设计供水温度可取 $110\sim 150^{\circ}\text{C}$ ，回水温度约 70°C 。
- 以区域锅炉房为热源
 - 以区域锅炉房为热源，供热规模较小时，采用 $95\sim 70^{\circ}\text{C}$ 的水温；供热规模较大时，应采用较高供水温度。
- 生活热水负荷的管网
 - 生活热水负荷的管网，对于闭式系统供水温度一般不应低 70°C ，对于开式系统供水温度一般不低
于 60°C 。

2. 集中供热系统热媒参数的选择

□ 蒸汽供热系统的蒸汽参数

- 以区域锅炉房为热源时，蒸汽的起始压力主要取决于用户要求的最高使用压力。
- 对以热电厂为热源时，当用户的最高使用压力给定后，如采用较低的抽汽压力，有利于热电厂的经济运行，但蒸汽管网的管径应大一些，因而也有一个通过技术经济比较确定热电厂的最佳抽汽压力问题。

1. 供热管网布置原则

- 供热管网布置型式以及供热管线在平面位置的确定，是供热管网布置的两个主要的内容。供热管网布置型式有枝状管网和环状管网两大类型。供热管线平面位置的确定，应遵守如下基本原则：
 - 经济上合理
 - 主干线力求短直，主干线尽量走热负荷集中区。要注意管线上的阀门、补偿器和某些管道附件（如放汽、放水、疏水等装置）的合理布置，因为这将涉及到检查室（可操作平台）的位置和数量，应尽可能使其数量减少。
 - 技术上可靠
 - 供热管线应尽量避免开土质松软地区、地震断裂带、滑坡危险地带以及 地下水位高等不利地段。

□ 对周围环境影响少而协调

- 供热管线应少穿主要交通线。一般平行于道路中心线并应尽量敷设在车行道以外的地方。通常情况下管线应只沿街道的一侧敷设。地上敷设的管道，不应影响城市环境美观，不妨碍交通。供热管道与各种管道、构筑物应协调安排，相互之间的距离，应能保证运行安全、施工及检修方便。
- 供热管道与建筑物、构筑物或其他管线的最小水平净距和最小垂直净距，可见《城市热力网设计规范》（CJJ34-2002）。
- 供热管线确定后，根据室外地形图，制订纵断面图和地形竖向规划设计。在纵断面图上应标注：地面的设计标高、原始标高、现状与设计的交通线路和构筑物的标高、以及各段热网的坡度等。

二. 供热系统管网的设计

2. 热水供热管网的设计

□ 基本公式

$$R = 6.88 \times 10^{-3} K^{0.25} \frac{G_1^2}{\rho d^{5.25}}$$

$$d = 0.387 \times \frac{K^{0.0478} G_1^{0.381}}{(\rho R)^{0.19}}$$

$$G_t = 12.06 \times \frac{(\rho R)^{0.5} d^{2.625}}{(\rho R)^{0.125}}$$

$$l_d = 9.1 \frac{d^{1.25}}{K^{0.25}} \sum \xi = 60.67 d^{1.25} \sum \xi$$

- 热水供热管网管道直径及其阻力损失的确定热水供热管网的水力计算，首先是进行供热管网主干线的水力计算，确定主干线各管段的管道直径及其阻力损失。然后在供热管网主干线水力计算的基础上，再确定各分支管或用户支管各管段的直径及其阻力损失。

二. 供热系统管网的设计

1) 热水供热管网主干线各管段直径及其阻力损失的确定。

供热管网以平均比压降最小的环路为主干线。对于热水供热管网，由于各用户系统的阻力损失相差不多，通常是将从热源到最远热用户的环路作为热水供热管网的主干线进行水力计算。主干线水力计算步骤如下：

- A. 根据热水供热管网主干线各管段的计算流量和比摩阻的范围，利用热水供热管网水力计算表确定各计算管段的管径及其实际比摩阻。
- B. 根据已经选定的各管段的管径和各该管段中的管道构件形式，查热水供热管网局部阻力当量长度表，确定各管段的局部阻力当量长度的总和。
- C. 各计算管段的长度 l 与其局部阻力当量长度 l_d 之和为各计算管段的计算长度 l_{zh} 。
- D. 根据各管段的计算长度和各管段的实际比摩阻，计算确定各管段的阻力损失。
- E. 各管段阻力损失的和即为热水供热管网主干线的总阻力损失。

2) 热水供热管网分支管路各管段直径及其阻力损失的确定。

热水供热管网主干线各管段的管道直径及其阻力损失确定之后，即可在此基础上进行热水供热管网分支管路的水力计算。

- 热水供热管网分支管路的水力计算与其主干线水力计算的不同点在于各管段比摩阻的确定方法不同。主干线各管段比摩阻是根据经济比摩阻范围来确定的，而分支管路的比摩阻则是根据各分支管段起点和终点间的压力降来确定的。为了充分利用供热管网主干线所提供的作用压头，减小分支管段直径，节省投资，往往尽量

- 热水供热管网分支管路水力计算步骤如下：
 - A. 根据热水供热管网主干线水力计算的结果，确定各分支管路在分支点处的作用压头。分支点的作用压头减去用户系统的阻力损失即为分支管路的作用压头。分支管路的作用压头除以该分支管路（包括供水管和回水管）的计算长度，则

$$R_{\max} = \frac{(\Delta p_z - \Delta p_y)}{2l(1+a)}$$





- **B.** 根据各分支管段的计算流量和最大允许比摩阻，利用热水供热管网水力计算表确定各分支管段的管道直径、比摩阻和流速。注意选定管径时，热媒流速不得超过限定流速。
- **C.** 根据已经确定的分支管段的管径和该管段的局部阻力构件形式，查热水供热管网局部阻力当量长度表，确定局部阻力当量长度及其总和。
- **D.** 各分支管段的长度与其局部阻力当量长度之和，则为该分支管段的计算长。²³²



- E. 根据各分支管段的实际比摩阻及其计算长度，计算确定各分支管段的阻力损失。
- F. 各分支管路在分支点处的作用压头减去分支管路的阻力损失，则为用户引人口处作用压头。如用户引人口处的作用压头大于用户系统的阻力损失，其剩余压头应消除掉，以便使供热管网各环路之间的阻力损失相平衡，避免产生距热源近处的用户过热而远处较冷的水平失调现象。

为消除剩余压头，通常在用户引人口处装设调压板、调压阀门或平衡阀门。

1. 热水供热系统供热管网与热用户连接

- (1) 供暖系统热用户与热水网路的连接方式
 - 无混合装置的直接连接
 - 装水喷射器的直接连接
 - 装混合水泵的直接连接
 - 间接连接 
- (2) 通风系统热用户与热水网路的连接
 - 由于通风系统中加热空气的设备能承受较高压力，并对热媒参数无严格限制，因此通风用热设备11（如空气加热器等）与热网的连接，通常都采用最简单的连接形式，如图(e)所示 

- 热水由热网供水管道直接进入采暖系统用户，在散热器内放热后，返回热网回水管去，如图(a)所示。这种直接连接方式最简单，造价低。
- 但这种无混合装置的直接连接方式，只能在网路的设计供水温度不超过《采暖通风与空气调节设计规范》(GB50019-2003) 第3.1.10条规定的散热器采暖系统的最高热媒温度时方可采用，且用户引人口处热网的供、回水管的资用压差大于采暖系统用户要求的压力损失时才能应用。
- 绝大多数低温水热水供热系统是采用无混



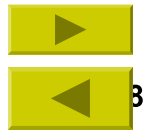
- 如图（b）所示，热网供水管的高温水进入水喷射器6，在喷嘴处形成很高的流速，喷嘴出口处动压升高，静压降低到低于回水管的压力，回水管的低温水被抽引进入喷射器，并与供水混合，使进入用户采暖系统的供水温度低于热网供水温度，符合用户系统的要求。
 - 水喷射器无活动部件、构造简单、运动可靠、网路系统的承力稳定性好。但由于抽引回水需要消耗能量，热网供、回水之间需要足够的资用压差，才能保证水喷射器的正常工作。
- 通常用于由热网供热的建筑物的采暖系统上



- 当建筑物用户引人口才处，热水网路的供、回水压差较小，不能满足水喷射器正常工作所需的压差，或设集中泵站将高温水转为低温水，向多幢或街区建筑物供暖时，可采用装混合水泵的直接连接方式如图（c）所示。
- 来自热网供水管的高温水，在建筑物用户入口或专设热力站处，与混合水泵抽引的用户或街区网路回水相混合，降低温度后，再进入用户采暖系统。为防止混合水泵扬程高于热网供、回水管的压差，而将热网回水抽入热网供水管内，在热网供水管人口应装设止回阀，通过调节混合水泵的阀门和热网供、回水管进出口处的阀门开启度，可在较大范围内调节进入用户供热系统的供水温度和流量。
- 在热力站处设置混合水泵的连接方式，可以适当地集中管理，但混合水泵连接方式的造价比采用水喷射器的方式高，运行中需要经常维护并消耗电能。



- 间接连接系统的工作方式如图（d）所示。热网供水管的热水进入设置在建筑物用户引人口或热力站的表面式水田水换热器内，通过换热器的表面将热能传递给采暖系统热用户的循环水，接冷却后的回水返回热网回水管去。采暖系统的循环水由热用户系统的循环水泵驱动循环流动。
- 间接连接方式需要在建筑物用户入口处或热力站内设置表面式水—水换热器和采暖系统热用户的循环水泵等设备，造价比上述直接连接高得多。循环水泵需经常维护，并消耗电能，运动费用增加。
- 基于上述原因，我国城市集中供热系统中采暖系统热用户与热水网路的连接，多年来主要采用直接连接方式。只有在热水网路与热用户的压力状况不适应时才采用间接连接方式。



□ (3) 热水供应热用户与热网的连接方式

根据用户热水供应系统中是否设置储水箱及其设置位置不同，连接方式有如下几种主要形式：

- 无储水箱的连接方式。
- 装设上部储水箱的连接方式。
- 装设容积式换热器的连接方式。
- 装设下部储水箱的连接方式。



- 无储水箱的连接方式如图(f)所示。热水网路供水通过表面式水—水换热器13将城市上水加热。冷却了的网路水全部返回热网回水管。在热水供应系统的供水管上宜装置温度调节器12，使系统的供水温度控制在 $60\sim 65^{\circ}\text{C}$ 范围内，否则热水供应的供水温度将会随用水量的大小而剧烈地变化。
- 这种连接方式最为简单，常用于一般的住宅或公用建筑中。



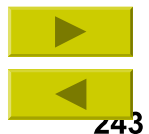
- 装设上部储水箱的连接方式如图(g)所示。在表面式水—水换热器中被加热的城市上水，先送到设置在建筑物高处的储水箱14中，然后热水再沿配水管输送到各取水点使用。上部储水箱起着储存热水和稳定水压的作用。
- 这种连接方式常用在浴室或用水量很大的工业企业中。



- 装设容积式换热器的连接方式如图在建筑物用户引人口或热力站处装设容积式换热器15，换热器兼起换热和储存热水的功能，不必再设置上部储水箱。容积式水—水换热器的传热系数很低，需要较大的换热面积。
- 这种连接方式一般宜用于工业企业和公用建筑的小型热水供应系统上。



- (i) 中所示为一个装有下列储水箱同时还带有循环管的热水供应系统与热网的连接方式。装设循环管路18和热水供应循环水泵17的目的，是使热水能不断地循环流动，以避免开始用热水时，要先放出大量的冷水。下部储水箱16与换热器用管道连接，形成一个封闭的循环环路。当热水供应系统用水量较小时，从换热器出来的一部分热水，流进储水箱蓄热，而当系统的用水量较大时，从换热器出来的热水量不足，储水箱内的热水就会被城市上水自下而上挤出，补充一部分热水量。为了使储水箱能自动地充水和放水应将储水箱上部的连接管尽可能选粗一些。
- 这种连接方式较复杂，造价较高，但工作可靠，一般宜在对用热水要求较高的旅馆或住宅中使用。



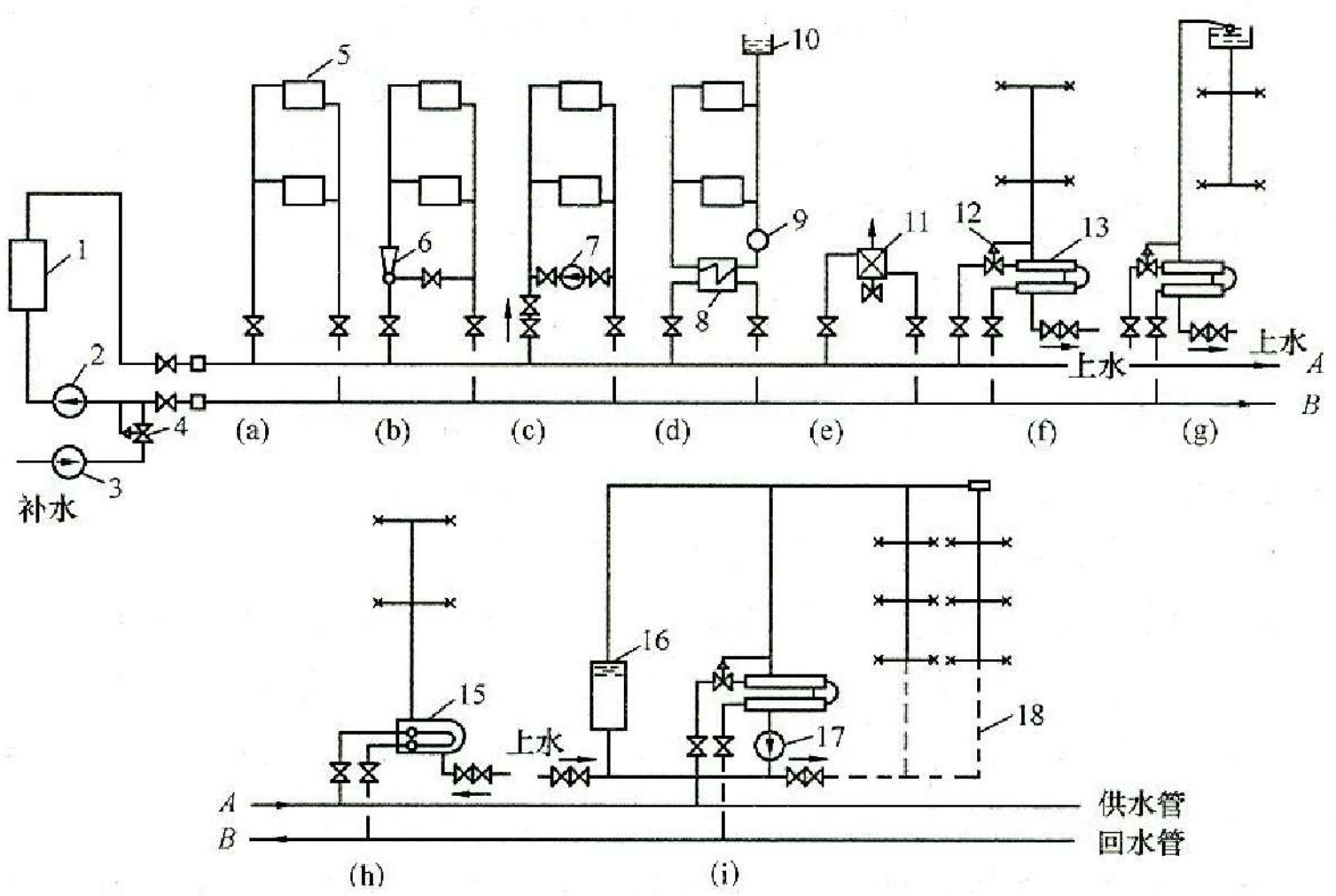


图 1-27 双管制闭式热水供热系统示意图

(a) 无混合装置的直接连接；(b) 装水喷射器的直接连接；(c) 装混合水泵的直接连接；(d) 采暖热用户与热网的间接连接；(e) 通风热用户与热网的连接；(f) 无储水箱的连接方式；(g) 装设上部储水箱的连接方式；(h) 装置容积式换热器的连接方式；
(i) 装设下部储水箱的连接方式

1—热源的加热装置；2—网路循环水泵；3—补给水泵；4—补给水压力调节器；
5—散热器；6—水喷射器；7—混合水泵；8—表面式水—水换热；9—采暖热用户系统的循环水泵；10—膨胀水箱；11—空气加热器；12—温度调节器；
13—水-水式换热器；14—储水箱；15—容积式换热器；16—下部储水箱；
17—热水供应系统的循环水泵；18—热水供应系统的循环管路



一、热水采暖系统的失调

□ 水力失调

——流量分配偏离设计要求

□ 热力失调

——供热量及室内温度偏离设计要求

二、热水采暖系统的调节

1、热水采暖系统调节的分

类

- 按调节进行的时间
 - 初调节
 - 运行调节
- 按调节地点
 - 集中调节
 - 局部调节
 - 个体调节
- 按调节参数
 - 质调节
 - 量调节
 - 质量调节
 - 间歇调节

二、热水采暖系统的调节

2、供暖热负荷供热调节的基本公式

- 调节的实质：在室外温度变化时改变供热条件，使供热负荷跟踪用户热负荷。
- 存在平衡式：P68-69
- 相对热负荷
- 相对流量

采暖热负荷调节的基本公式

$$\overline{\dot{Q}}_1 = \frac{\dot{Q}_1}{\dot{Q}_2} = \frac{t_R - t_0}{t_R - t_0'} = \left(\frac{t_s + t_r - 2t_R}{t_s' + t_r' - 2t_R'} \right)^{(1+b)} = \overline{M} \frac{t_s - t_R}{t_s' - t_R'}$$

- 四个未知数
- 三个联立方程组[?]

- 补充条件
质调节时改变供水温度，不改变流量 $\dot{M} = 1$
即
 - 直连时 (3-46)(3-47)
 - 分阶段改变流量的质调节 (3-48) (3-49)

二、热水采暖系统的调节

3、质调节

——热电厂

4、分阶段改变流量的质调节

——区域锅炉房

5、间歇调节

供暖初期和末期，辅助调节措施

□ 间歇调节和间歇供暖？

三、间接连接热水采暖系统的集中供热调节

- 取决于一级网路采取的调节方式和水—水换热器的热力特性。
- 通常可采用集中质调节和质量—流量调节。

四、供热综合调节

- 热水供应
- 通风热负荷

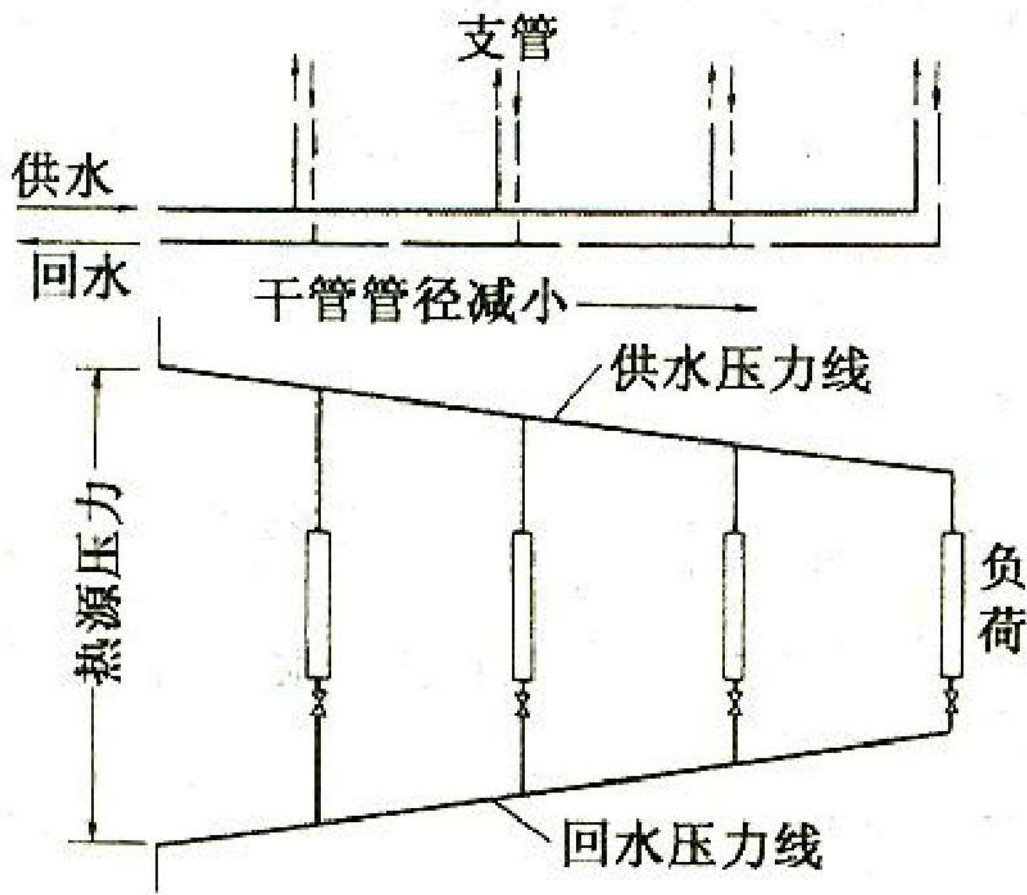
第3章 全水系统

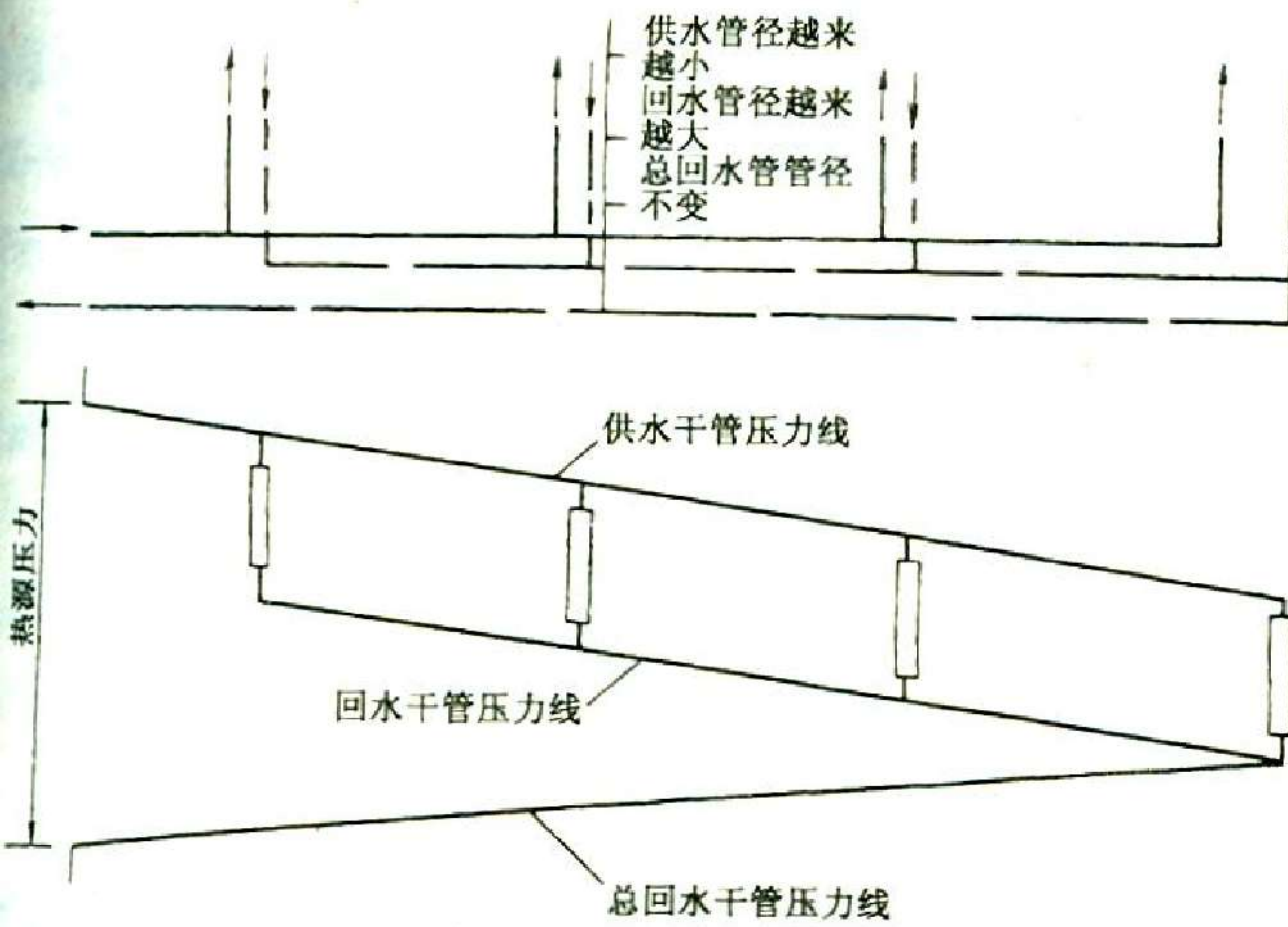


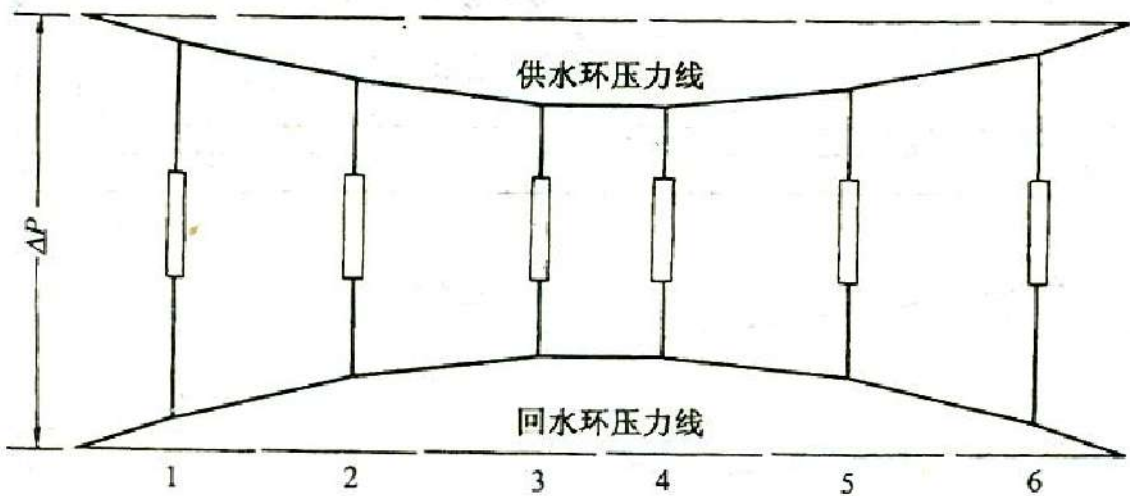
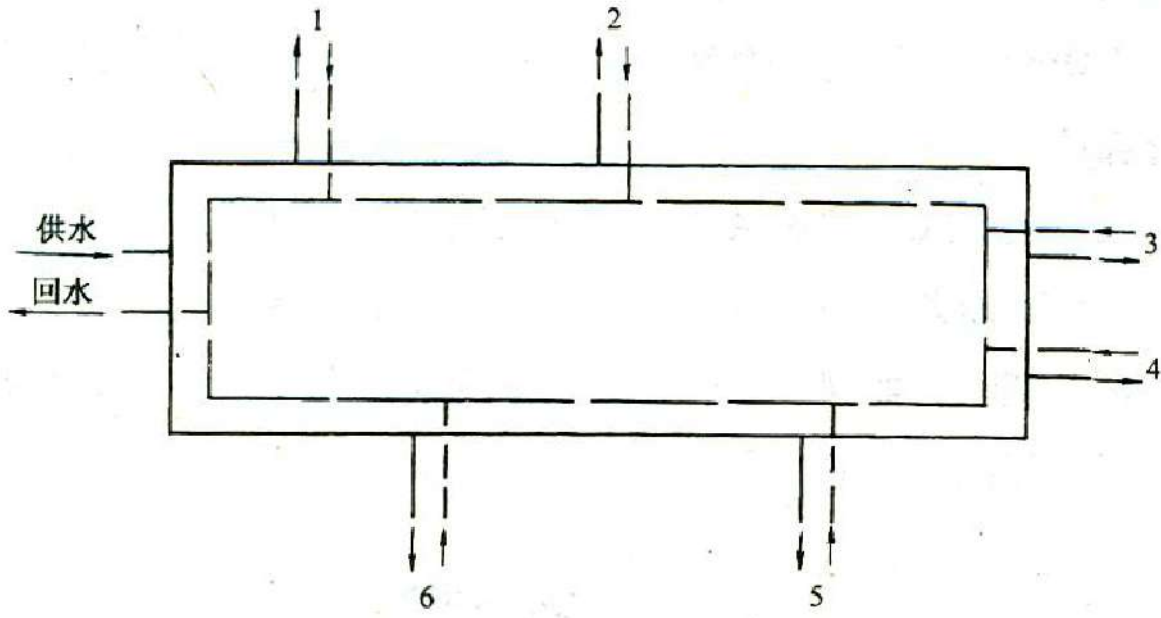
第6讲 供暖系统若干问题探讨

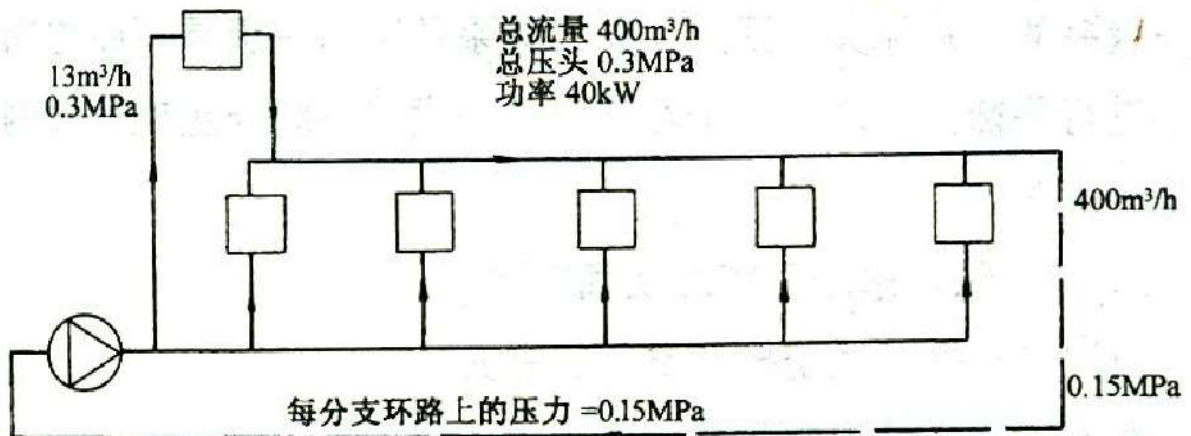
1、热水采暖系统的“水力平衡”

- 异程式
- 同程式
- 环行式

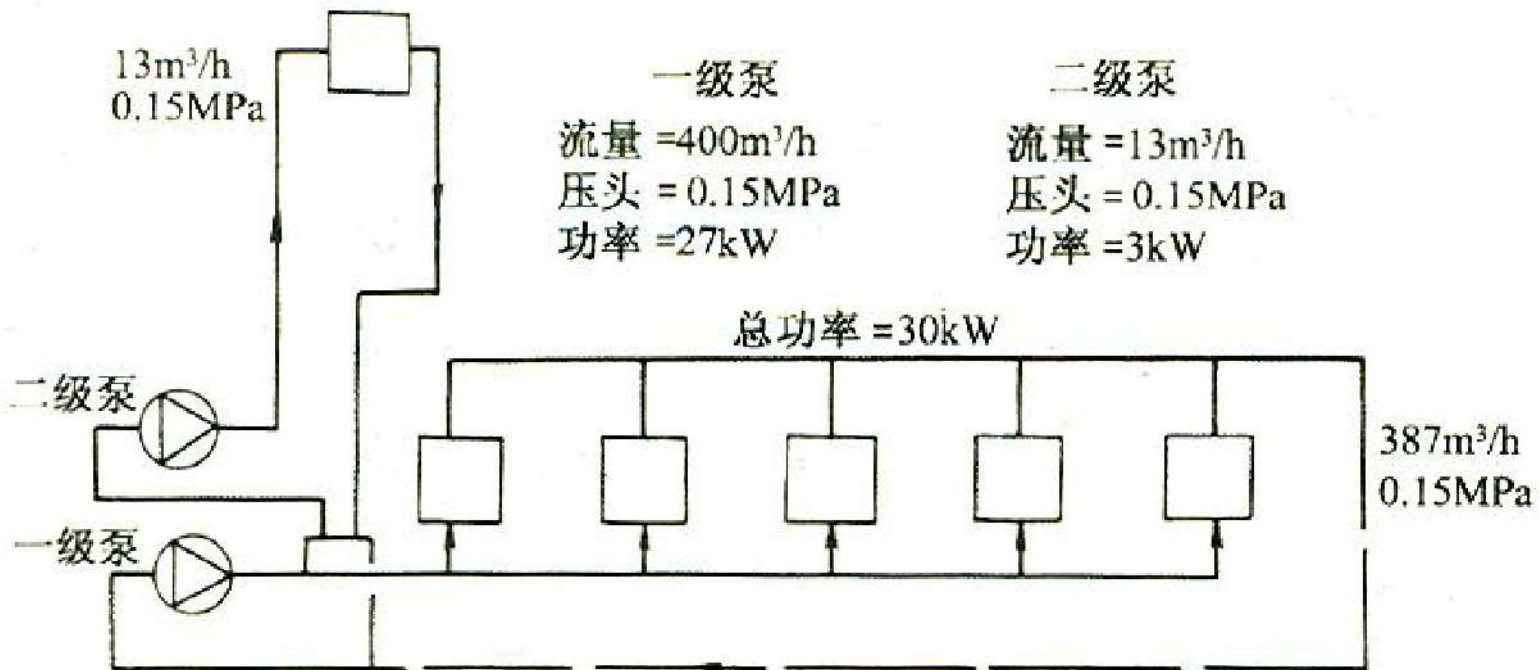








如果用户系统中有一个用户的压力降是系统中其他用户压降的两倍



□ 第一，是系统充水阶段。

■ 整个系统原是空的，充满了空气。当冷水由系统下部充入系统时空气逐渐被水挤出。在充水时系统的各最高点的排气阀都要打开。当排气阀因水充满而溢水时就关闭；当系统完全充满水时充水管也要关闭；这样系统被隔绝。只有在开式系统，例如具有敞开口的膨胀水箱时才有与大气相通之处。

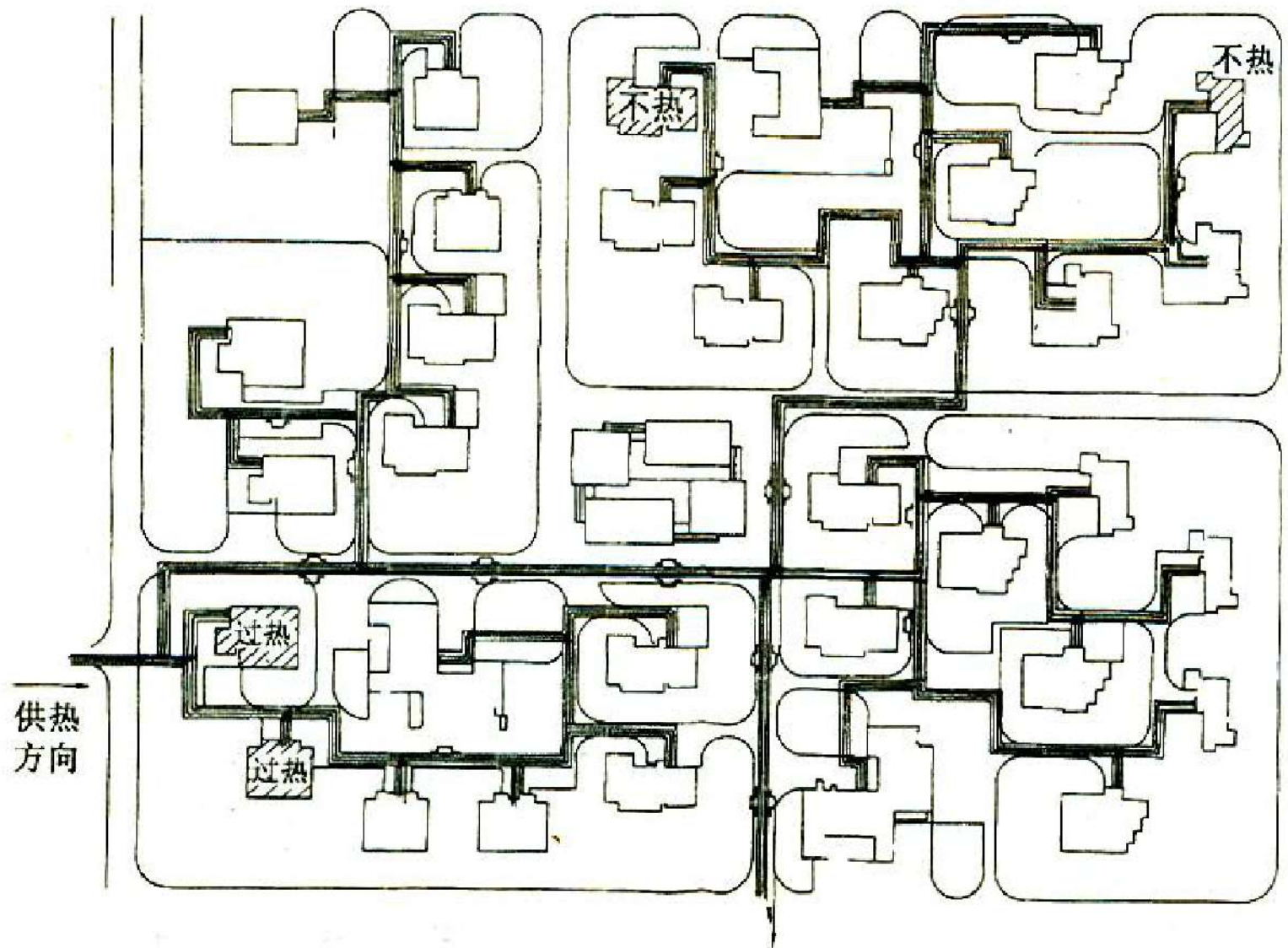
□ 第二，是系统开始运行的阶段。

■ 冷水逐步升温，冷水中所溶解的空气逐渐分离出来，通过各排气阀（手动或自动）排除。

□ 第三，是在正常运行阶段。

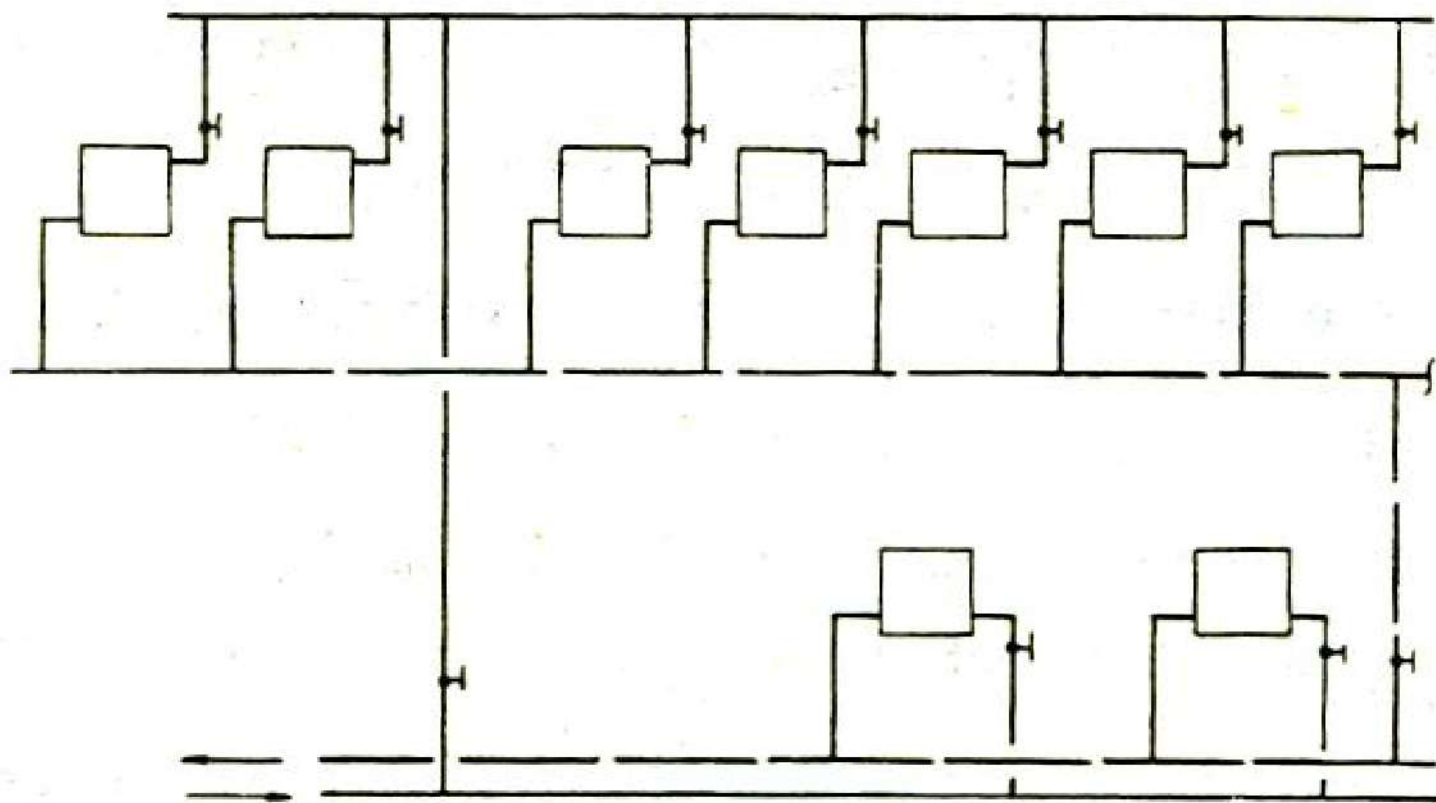
■ 冷水中大量的空气已基本排除，由于少量补充水而带入系统的空气因升温而分离出来，也要随时排除。

- **现象**：这里所指的末端暖气不热，是指一个小区中有部分距锅炉房（或热力点）最远的一些楼号，在供暖期间整栋楼的散热器不太热，室温普遍达不到要求，而其他楼供暖正常。
- **原因**：造成末端建筑物暖气不热的主要原因，一般是热网的水平失调，主要是设计时，管网布置方面的水力平衡欠考虑。造成流入距锅炉房近端楼号的水量过多，而流入距锅炉房远端楼号的水量过少。虽然经过认真的调节，但还是达不到平衡。



- **对策**：防止热用水平失调的主要措施，首先在设计时要合理布置管网，认真进行水力平衡计算，在余压过大的楼号入口处装合适的孔板或平衡阀，同时可将热网末端的管径适当放大。
- 造成末端楼号暖气不热的主要原因，是热网的水平失调。设计的管网到末端和近端平衡不了，且热源是城市热网，压差较小，到末端楼号的暖气入口处，供、回水的压差还不到**5kPa**，造成流入距热力点较近的楼号流量多，而到末端流量少。虽然进行初调节，但也无济于事。最后在该栋楼号的入口处回水总管上加了一台小管道泵，才算解决了问题。

4、某礼堂暖气设计达不到室温



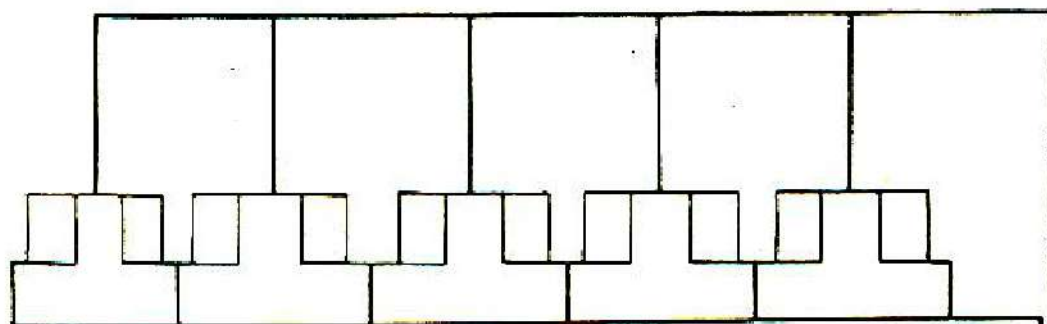
原因：

- 本工程为机关的礼堂，属间断使用性质，而且人员为短时间停留，建筑物为高大空间，也无外廊，密封性能不佳。所以单靠散热器采暖效果不易保证，如果平时经常维持室温，会造成能源浪费。如果平时关掉，到礼堂使用时不能很快达到室温。所以就这类建筑物来看，特别是无套廊有大面积外窗的礼堂，最好能用热风值班散热器采暖。何况本工程已设有夏季的空调系统。只要在空调器中加上加热器，冬季即可使用。

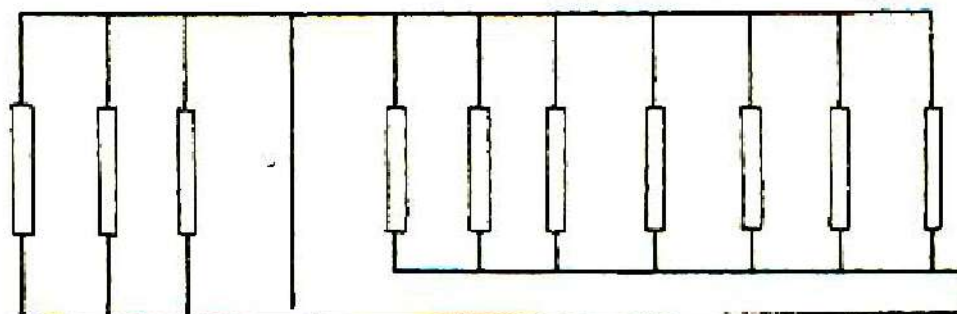
- 散热器连接比较乱，有同程，有异程，有的在一个支路上就同程异程兼有，造成先天水力不平衡，致使有不少散热器发挥不了作用，即其中的流量大大少于设计流量。

- 在间断性使用的民用建筑中，如礼堂、体育馆等，其走廊、门厅应用散热器采暖，而观众厅及本馆内应用散热器加热风采暖，这在教科书中有明确规定。实践证明这种系统最好用，即礼堂不使用时只开散热器，维持室内温度在5度左右，使用时开启热风，当然热风的负荷应比计算负荷大50%，这和预热时间有关。在文献中把散热器部分叫做本底部分，而热风部分叫做再加热部分。本底部分经常工作，它的负荷按计算约为整个系统的30%~40%，而再加热部分按送风温度来计算。

- 本例说明在选择采暖系统时，应根据建筑物的使用情况，室内空间的大小，建筑围护结构的严密程度而定。
- **对策**：在夏季送冷风的系统上，加上空气加热器，使在冬季能送热风，即可满足使用要求。



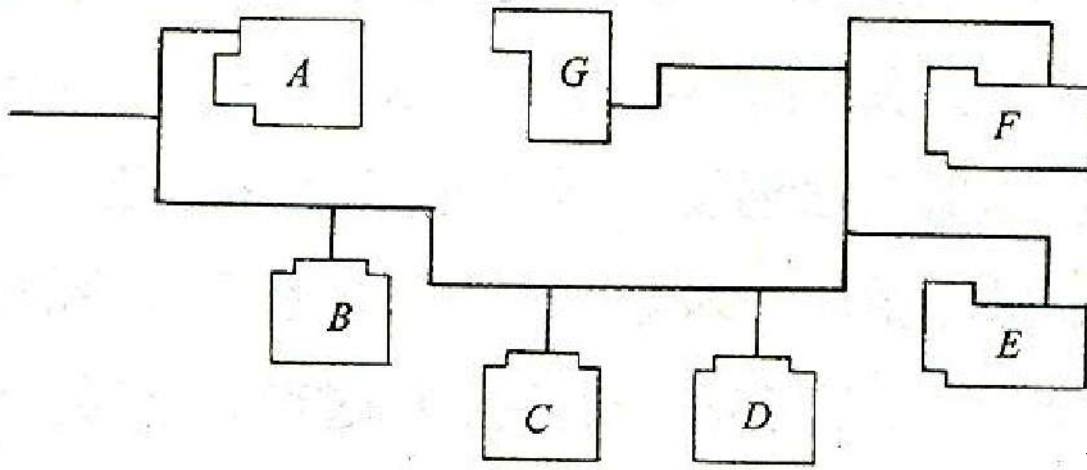
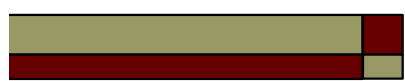
(a)



(b)

5、采暖系统设计问题

- 现象：某小区如图，各建筑物室温相差大，**A、B**最热，**G、F**最差。改后，都热得很好。



(a)

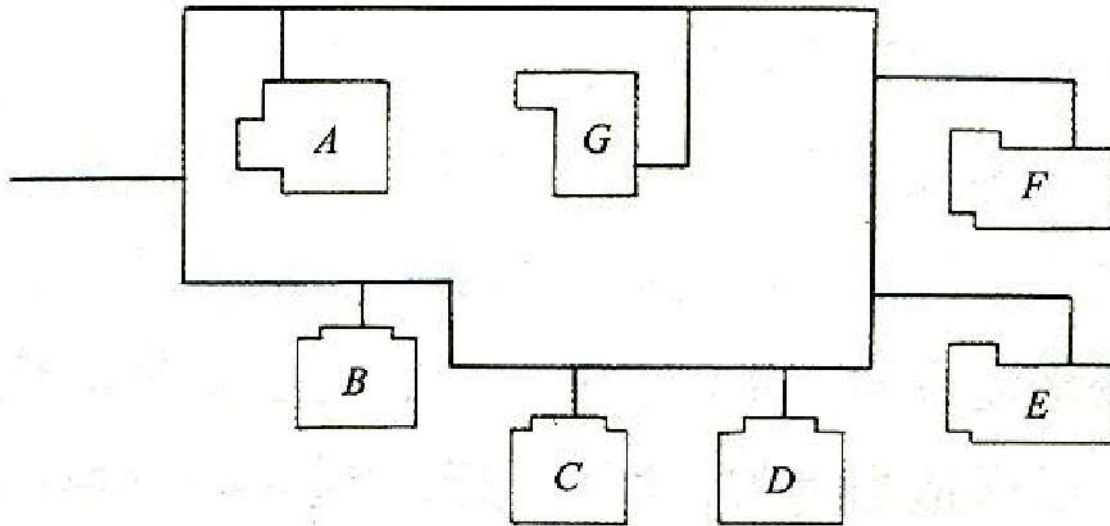
某小区热网布置图

(a) 异程式

(改造前)；

(b) 同程式

(改造后)



(b)

现象：

- 上行下给式单管采暖系统，普遍存在上层过热，下层不热。一般温差为 $2\sim 3^{\circ}\text{C}$ ，多则 $6\sim 8^{\circ}\text{C}$
- 上行下给式双管采暖系统，也存在上层过热，下层室温低的现象

原因（单管系统）

- 冷风渗透计算中，未考虑建筑物的热压作用，下层算的比实际少，上层相反。
- 在计算散热器时，未考虑管道散入房间的热量，将房间的热负荷全部作为散热器的负荷，还有散热器片数化整时总是往上进位。这样，上层(即顺水流方向起始处)的散热器和管道合在一起的散热量大于房间热负荷，而下层的散热器的表面温度则低于计算值。
- 因为未考虑管道温降且上层的散热器越多，水温降越大，使进入下层散热器的水温就越低。水温低于计算值其散热量当然就小于计算值。这几乎是恶性循环，因此出现上层过热下层冷的现象。

对策

- 在计算散热器时，应扣除管道的散热量后再计算出散热器片数。如有尾数化整时，应按水流方向，上游舍去，下游进上。
- 同时应计算热媒的管道温降，或做适当附加，即考虑到立管散热的影响。如一根立管供暖的层数 ≥ 8 层时，立管末端的散热器面积应适当附加，最末1~2层附加15%，最末3~4层附加10%，最末5~6层附加5%。
- 上几层的立管上加跨越管，在跨越管上装阀门（转心门），或在供水支管上装三通调节阀。

原因（双管系统）

- 主要是因为垂直失调。双管系统上层下层重力水头的差别很大，而设计时一般又不仔细计算。

对策

- 首先在设计时应做水力平衡计算，特别要考虑重力水头的影响，最好做下行上给双管系统，这种系统的上、下室温差比较小。

- 双管系统的散热器前缺阀门或阀门选用不当
 - 越是离主立管近的立管上的散热器前如缺阀门，对整个系统的影响越大。因为水量经过这里进行短路；而使后面的立管流量减少。这点在异程系统尤为突出，在同程系统中也有发生。多表现为最上层的散热器过热，所以，要注意阀门的设置，它既是关断部件也是调节手段。
- 设计计算为转心门、闸板阀，而实际上是截止阀、球阀，则系统阻力增加。
 - 以2”的阀门为例,当 $v=0.8\text{m/s}$ 时，阀的阻力要增加3倍，另外如若设计为截止阀，而阀的方向装反了，将增加系统阻力。有时阀板脱落，会切断水路 275

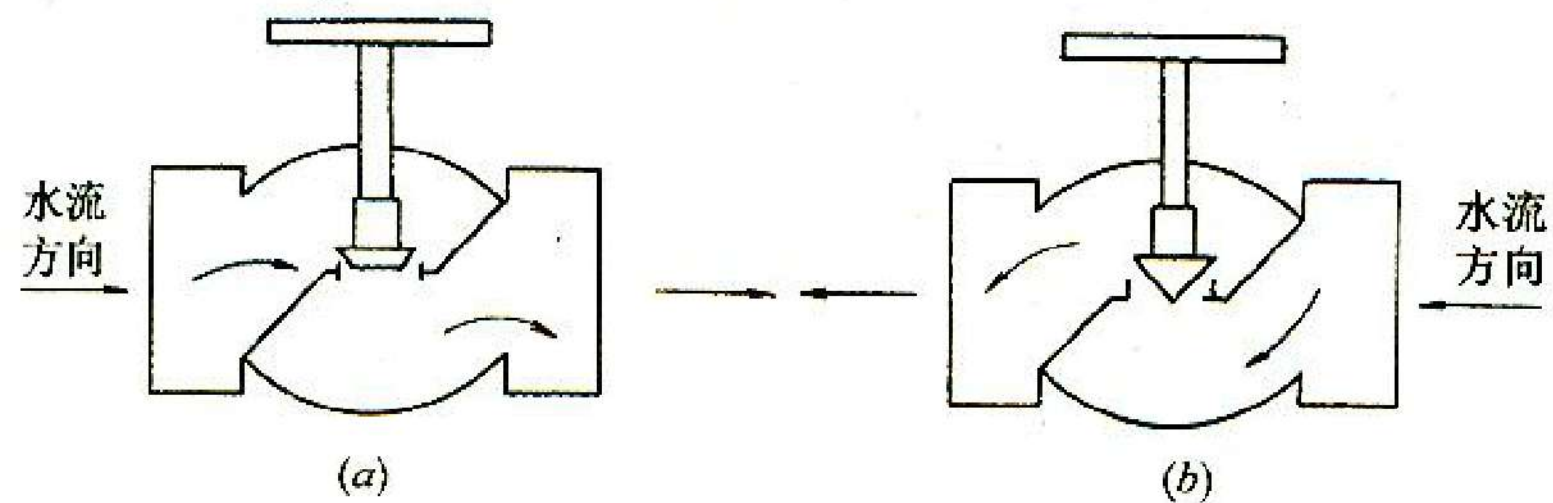


图 1.2.8-1 截止阀安装方向

(a) 错误; (b) 正确

- 该装的阀门一个也不能少，不该装的阀门多一个也不要。
 - 一般来说，双管系统每组散热器的入口处，装球阀一个，单管系统有跨越管时装三通调节阀
 - 采暖系统为三层及三层以上者在供、回水立管与干管连接处应装闸阀，干管的各分支上应装闸阀
- 如散热器前缺少阀门
 - 在机械循环热水采暖系统中，阀门对调节系统的散热量起着重要的作用。特别是在上行下给的双管系统中，散热器前必需设阀门，否则在上层由于重力水头增加的压力无法调节，会造成过热。

- 安装时不能任意改变阀门类型
 - 阀门的种类应按设计图纸安装，不应任意更换，因为这样会造成环路阻力的变化，如在一根 $d=32\text{mm}$ 的立管上设两个截止阀代替了原设计的闸板阀，当流速为 $v=0.8\text{m/S}$ 时，其局部阻力约增加40%~50%，则该立管中的流量即减少，而其所带的散热器散热量也就小了。

- 楼梯间散热器前不应当装阀门
 - 楼梯间属于有冻结危险的场所，散热器前不应装阀门，为地是避免有人将阀门关上造成散热器冻裂、漏水。可是有的人理解为楼梯间的立管上下不装阀门。结果，散热器漏水，立管关不掉，只好将全楼采暖系统关掉，影响使用。这是“暖通规范”的一个强制性条文。

- **现象：**与城市热力网直接连接的采暖建筑物内，采暖系统上设了膨胀水箱。
- 城市热网已经有了自己的定压方式，我们用户直接与它连接就像在我们建筑物的采暖系统上连接一个散热器一样，不需要再用膨胀水箱来定压。也不用它来容纳系统的膨胀量，因为用户已与外边的城市热网直接沟通了。再设膨胀水箱就没有必要，若设膨胀水箱，当城市热网循环泵停止时，造成水箱跑水。

- 城市热网热负荷的变化受两方面的影响，一方面是室外温度变化的影响。另一方面是用户自主调节的影响。
- 城市热网热源处的集中调节一般采用质量——流量调节。
- 热源出口处的供水温度可利用气候补偿器或水温自动控制系统
- 热源出口处的流量依靠变频水泵进行调节和控制，而变频水泵通过压差控制

□ 工作机理与作用对象的不同

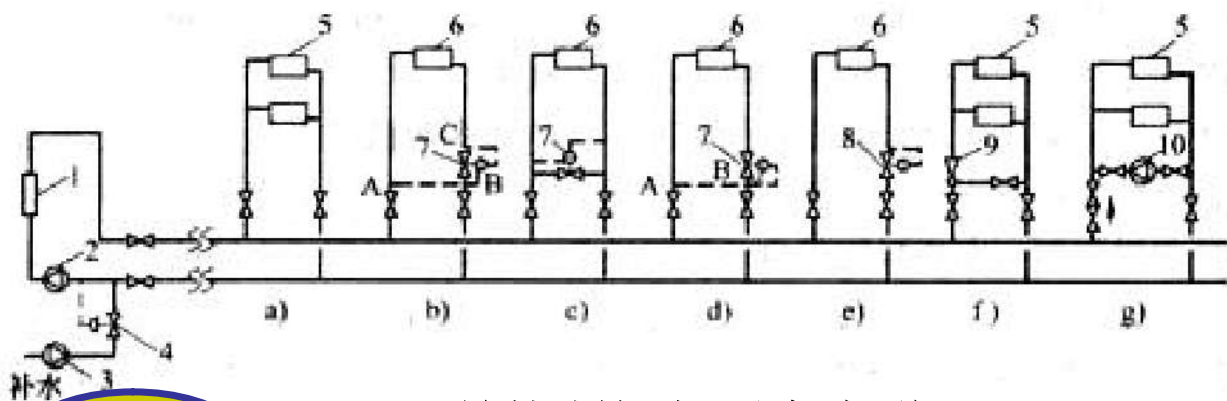
- 应用平衡阀和定流量阀都可以调节和控制流量，并且都有再现和锁定开度的功能，达到在调试工况(通常是设计工况)，合理分配各个环路水量的目的。因此，在流量始终固定的系统中，两种调节阀都可以合理地分配流量，起到同样的作用。
- 平衡阀和定流量阀主要的不同点是平衡阀是一次性手动调节的，不能够自动也随系统工况变化而变化阻力系数，所以称静态平衡阀；
- 定流量阀可以不借助外界能量自力地动作，根据系统工况(压差)变化而改变阻力系数，故称动态平衡阀

□ 解决的问题不同

- 水力失调有两方面含义：一是指系统设计时虽然经过水力平衡计算，并达到规定的要求，而运行时，各用户的实际流量与设计要求不符，这种水力失调是稳态的、根本性的，如果不加以解决，影响将始终存在，我们称其为稳态失调。
- 二是指系统中一些用户的水流量因关闭或调节而改变时，会使其他用户的流量随之变化，称之为动态失调。这涉及到水力稳定性的概念，对其他用户影响小，则水力失调程度小，水力稳定性好。

- 稳态失调问题
 - 平衡阀
- 动态失调问题
 - 定流量阀

11、供暖用户与热水网路的连接形式 南 华 大 学 UNIVERSITY OF SOUTH CHINA



变流量系统

定流量系统

(b) 压差控制阀与用户串联 A、C

(c) 压差控制阀与用户并联 A、B

(d) 控制节点压差 供暖系统变，网路定

(e) 定流量阀 供暖系统定，网路变