

供 热 工 程

尚伟红 宋喜玲编



北京理工大学出版社



“十三五”示范性高职院校建设成果教材

供 热 工 程

主 编 尚伟红 宋喜玲
副主编 张 冰
参 编 王文琪 穆小丽 郭 旭
马 丹

内 容 提 要

本书根据高等职业教育课程改革和人才培养计划的要求编写。全书共分为两篇，12个项目，第一篇室内热水供暖系统包括热水供暖系统，供暖系统的设计热负荷，供暖系统散热设备及附属设备，室内热水供暖系统的水力计算，辐射供暖，室内蒸汽供暖系统；第二篇集中供热系统包括集中供热系统方案，集中供热系统的热负荷，供热网路水力计算，热水网路水压图与定压方式，热水供热系统的水力工况，供热管网的布置与敷设。

本书可作为高职高专院校供热通风与空调工程技术专业的教材，也可作为暖通专业工程技术人员的参考书。

版权专有 侵权必究

图书在版编目(CIP)数据

供热工程/尚伟红，宋喜玲主编. —北京：北京理工大学出版社，2017.1（2017.2重印）
ISBN 978-7-5682-3564-8

I. ①供… II. ①尚… ②宋… III. ①供热工程—高等学校—教材 IV. ①TU833

中国版本图书馆CIP数据核字(2017)第009645号

出版发行 / 北京理工大学出版社有限责任公司

社 址 / 北京市海淀区中关村南大街5号

邮 编 / 100081

电 话 / (010)68914775(总编室)

(010)82562903(教材售后服务热线)

(010)68948351(其他图书服务热线)

网 址 / <http://www.bitpress.com.cn>

经 销 / 全国各地新华书店

印 刷 / 北京紫瑞利印刷有限公司

开 本 / 787毫米×1092毫米 1/16

印 张 / 14

字 数 / 321千字

版 次 / 2017年1月第1版 2017年2月第2次印刷

定 价 / 35.00元

责任编辑 / 李玉昌

文案编辑 / 瞿义勇

责任校对 / 周瑞红

责任印制 / 边心超

图书出现印装质量问题，请拨打售后服务热线，本社负责调换

前 言

“供热工程”是供热通风与空调工程专业和建筑设备工程技术专业的核心课程。本书主要阐述了以热水和蒸汽作为热媒的室内供暖系统和集中供热系统的相关知识，主要介绍了系统常用形式、基本组成、设备的构造和工作原理、室内和室外管网的设计计算等基本知识。

本书力求结构严谨、层次分明。本书内容简明扼要、通俗易懂，文字准确、流畅，以实用为目的，以必须、够用为度，以高等职业教育专业课教学大纲的要求为依据编写，以理论为指导，注重实践，加强实践与应用，以便提高学生分析和解决问题的能力，适应工程实际的要求。

本书由辽宁建筑职业学院尚伟红、内蒙古建筑职业技术学院宋喜玲担任主编，辽宁建筑职业学院张冰担任副主编，内蒙古建筑职业技术学院王文琪和穆小丽、辽宁建筑职业学院郭旭和马丹参与了本书的编写工作。具体编写分工如下：项目六、七、八由尚伟红编写，项目十二由尚伟红和郭旭编写，项目一由宋喜玲和王文琪编写，项目二、三、四由宋喜玲编写，项目九、十、十一由张冰编写，项目五由穆小丽编写，附录由宋喜玲、马丹编写。全书由尚伟红负责统稿工作。

由于编者水平有限，书中难免有不妥和错误之处，敬请广大读者批评指正。

编 者

目 录

第一篇 室内热水供暖系统	
项目一 热水供暖系统 1	任务五 常用热水供暖系统施工图 ... 18
任务一 热水供暖系统的工作原理 1	一、供暖系统施工图组成及内容... 18
一、自然循环热水供暖系统..... 1	二、供暖施工图实例..... 19
二、机械循环热水供暖系统..... 5	思考与练习 23
任务二 多层建筑常用热水供暖系	项目二 供暖系统的设计热负荷 24
统形式 6	任务一 供暖系统的设计热负荷 24
一、垂直式系统..... 6	一、供暖系统设计热负荷..... 24
二、水平式系统..... 10	二、建筑物得热量和失热量..... 24
任务三 高层建筑常用供暖系统 12	三、确定热负荷的基本原则..... 25
一、分区式高层建筑热水供暖	任务二 围护结构的基本耗热量 25
系统 12	一、供暖室内计算温度..... 26
二、双线式供暖系统..... 14	二、供暖室外计算温度..... 27
三、单双管混合式系统..... 14	三、温差修正系数 α 值 27
四、热水和蒸汽混合式系统..... 15	四、围护结构的传热系数 K 值 28
任务四 室内热水供暖系统管路	五、围护结构传热面积的丈量..... 31
布置和敷设要求 16	任务三 围护结构的附加(修正)
一、热水供暖系统管路布置及	耗热量 32
环路划分 16	一、朝向附加耗热量..... 32
二、管路敷设要求..... 17	二、风力附加耗热量..... 33
	三、高度附加耗热量..... 33

四、外门附加耗热量·····	33	任务三 热水供暖系统的附属设备···	54
任务四 冷风渗透耗热量·····	34	一、膨胀水箱·····	54
一、缝隙法·····	34	二、排气装置·····	55
二、换气次数法·····	36	三、其他附属设备·····	57
三、百分数法·····	36	思考与练习·····	58
任务五 分户热计量供暖热负荷·····	36		
一、按面积传热计算的基本传		项目四 室内热水供暖系统的水力	
热公式·····	37	计算·····	59
二、按体积热指标计算方法的		任务一 热水供暖系统管路水力计	
计算公式·····	37	算的基本原理·····	59
任务六 围护结构的最小传热热		一、基本公式·····	59
阻与经济传热热阻·····	38	二、当量局部阻力法和当量长	
思考与练习·····	40	度法·····	61
		三、塑料管材的水力计算原理·····	62
项目三 供暖系统散热设备及附属		任务二 热水供暖系统水力计算	
设备·····	41	的任务和方法·····	62
任务一 散热器·····	41	一、热水供暖系统水力计算的任务···	62
一、对散热器的要求·····	41	二、水力计算方法·····	63
二、散热器的种类·····	42	任务三 自然循环双管系统管路水力	
三、散热器的选用·····	46	计算方法·····	65
四、散热器的布置·····	46	任务四 机械循环单管热水供暖系统	
五、供暖房间普通散热器数量		管路的水力计算方法·····	71
计算·····	47	任务五 机械循环同程式热水供暖系	
任务二 暖风机·····	51	统管路的水力计算方法·····	75
一、暖风机的类型·····	51	思考与练习·····	78
二、暖风机布置和安装·····	52		
三、暖风机的选择·····	53	项目五 辐射供暖·····	79
		任务一 辐射供暖认识·····	79

一、供暖热负荷·····	115	四、利用水压图分析用户与管网 的连接方式·····	132
二、通风空调热负荷·····	116	任务三 热水网路定压和水泵选择···	133
三、生活热水热负荷·····	117	一、热水供热系统的定压方式·····	133
四、生产工艺热负荷·····	117	二、循环水泵及补给水泵的选择 计算·····	138
任务二 集中供热系统年耗热量·····	118	思考与练习·····	140
一、供暖年耗热量·····	118		
二、通风年耗热量·····	118		
三、热水供应年耗热量·····	118		
四、生产工艺年耗热量·····	119		
思考与练习·····	119		
项目九 供热网路水力计算·····	120	项目十一 热水供热系统的水力 工况·····	141
任务一 供热网路水力计算基本 原理·····	120	任务一 热水供热系统的水力失调···	141
一、沿程压力损失的计算·····	120	一、水力失调原因·····	141
二、局部压力损失的计算·····	122	二、串、并联管路的特性阻力 系数·····	142
三、计算管段总压力损失的计算···	122	三、水力失调计算·····	143
任务二 热水网路的水力计算·····	123	四、水力失调分析·····	143
思考与练习·····	126	任务二 热水供热系统的水力稳 定性·····	145
		思考与练习·····	147
项目十 热水网路水压图与定压 方式·····	127	项目十二 供热管网的布置与敷设···	148
任务一 水压图基本概念·····	127	任务一 供热管网的布置·····	148
任务二 热水网路水压图·····	128	一、供热管网的平面布置形式·····	148
一、水压图的组成及作用·····	128	二、供热管网的平面布置·····	149
二、绘制水压图的技术要求·····	129	任务二 供热管道的敷设·····	151
三、绘制水压图的方法与步骤·····	130	一、直埋敷设·····	151
		二、地沟敷设·····	153
		三、架空敷设·····	155

任务三 供热管道的热膨胀及热补偿.....	157	三、供热管道的控制阀门.....	172
一、管道热伸长量.....	157	任务六 供热管道的绝热、防腐与刷油.....	173
二、管道热膨胀的补偿.....	157	一、常用管道绝热材料的种类和性能.....	174
一、自然补偿器.....	158	二、管道保温材料经济厚度的确定.....	174
二、专用补偿器.....	160	三、管道防腐与保温的做法与要点.....	176
任务四 管道支座及受力分析.....	164	思考与练习.....	179
一、管道的活动支座.....	164	附录.....	180
二、管道的固定支架.....	167	参考文献.....	213
任务五 供热管网的附属设施及调节附件.....	170		
一、供热管道的泄水与放气.....	170		
二、供热管道的检查井与检查平台.....	171		

第一篇 室内热水供暖系统

项目一 热水供暖系统

学习目标

1. 了解建筑热水供暖系统的工作原理。
2. 了解常用热水供暖系统的形式。
3. 熟悉室内热水供暖系统管路布置和敷设要求。
4. 掌握室内热水供暖系统施工图识读。

任务一 热水供暖系统的工作原理

建筑供暖系统根据热媒的不同,可分为热水供暖系统、蒸汽供暖系统和热风供暖系统。由于热水供暖系统的热能利用率较高,输送时无效热损失较小,散热设备不易腐蚀,使用周期长,且散热设备表面温度低,符合卫生要求,系统操作方便,运行安全,易于实现供水温度的集中调节,系统蓄热能力高,散热均衡,适于远距离输送。因此,《民用建筑供暖通风与空气调节设计规范》(GB 50736—2012)(以下简称《民建暖通空调规范》)规定,民用建筑应采用热水供暖系统。

热水供暖系统按循环动力的不同,可分为自然循环热水供暖系统和机械循环热水供暖系统。目前,应用最广泛的是机械循环热水供暖系统。

一、自然循环热水供暖系统

1. 自然循环热水供暖的工作原理及其作用压力

图 1-1 是自然循环热水供暖系统的工作原理图,在图中假设整个系统只有一个放热中心 1(散热器)和一个加热中心 2(锅炉),用供水管 3 和回水管 4 把锅炉与散热器连接起来。在系统的最高处连接一个膨胀水箱 5,用来容纳水在受热后膨胀而增加的体积。

在系统运行之前,先将系统内充满冷水。当水在锅炉中被加热后,密度减小,水向上浮升,经供水管道流入散热器。在散热器内水被冷却,密度增加,水再沿回水管道返回锅炉。

在水的循环流动过程中,供水和回水由于温度差的存在,产生了密度差,系统就是靠

供回水的密度差作为循环动力。这种系统称为自然(重力)循环热水供暖系统。分析该系统循环作用压力时,忽略水在管路中流动时管壁散热产生的水冷却。认为水温只是在锅炉和散热器处发生变化。

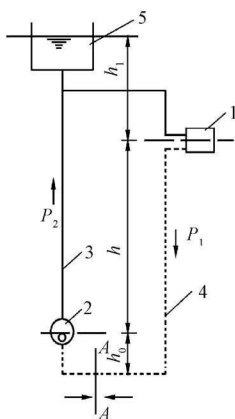


图 1-1 自然循环热水供暖系统工作原理图

1—散热器；2—热水锅炉；3—供水管路；4—回水管路；5—膨胀水箱

假设图 1-1 的循环环路最低点的断面 A—A 处有一阀门。若阀门突然关闭, A—A 断面两侧受到不同的水柱压力, 两侧的水柱压力差就是推动水在系统内进行循环流动的自然循环作用压力。

设 P_1 和 P_2 分别表示 A—A 断面右侧和左侧的水柱压力, 则 A—A 断面两侧的水柱压力分别为

$$P_1 = g(h_0\rho_h + h\rho_h + h_1\rho_g)$$

$$P_2 = g(h_0\rho_h + h\rho_g + h_1\rho_g)$$

断面 A—A 两侧的压力差, 即系统的循环作用压力为

$$\Delta P = P_1 - P_2 = gh(\rho_h - \rho_g) \quad (1-1)$$

式中 ΔP ——重力循环系统的作用压力(Pa);

g ——重力加速度(m/s^2), 取 9.81 m/s^2 ;

h ——冷却中心至加热中心的垂直距离(m);

ρ_h ——回水密度(kg/m^3);

ρ_g ——供水密度(kg/m^3)。

由式(1-1)可知, 自然循环作用压力的大小与供、回水的密度差和锅炉中心与散热器中心的垂直距离有关。低温热水供暖系统供水、回水温度一定($95^\circ\text{C}/70^\circ\text{C}$)时, 为了提高系统的循环作用压力, 应尽量增大锅炉与散热设备之间的垂直距离。但自然循环系统的作用压力都不大, 作用半径一般不超过 50 m。

在热水供暖系统中, 应考虑系统充水时, 如果未能将空气完全排尽, 随着水温的升高或水在流动中压力的降低, 水中溶解的空气会逐渐析出, 空气会在管道的某些高点处形成气塞, 阻碍水的循环流动。空气如果积存于散热器中, 散热器就会不热。另外, 氧气还会加剧管路系统的腐蚀。所以, 热水供暖系统应考虑如何排除空气。

在自然循环系统中，水的循环作用压力较小，流速较低。水平干管中水的流速小于 0.2 m/s，而干管中空气气泡的浮升速度为 0.1~0.2 m/s，立管中空气气泡浮升速度约为 0.25 m/s，一般超过了水的流动速度，因此，空气能够逆着水流方向向高处聚集，通过膨胀水箱排除。

自然循环上供下回式热水供暖系统的供水干管应顺水流方向设下降坡度，坡度值为 0.005~0.01。散热器支管也应沿水流方向设向下坡度，坡度值不应小于 0.01，以便空气能逆着水流方向上升，聚集到供水干管最高处设置的膨胀水箱排除。

回水干管应该有向锅炉方向下降的坡度，以便系统停止运行或检修时能通过回水干管顺利泄水。

2. 自然循环热水供暖双管系统作用压力

在图 1-2 所示的双管上供下回式系统中，各层散热器都并联在供、回水立管上，热水直接经供水干管、立管进入各层散热器，冷却后的回水，经回水立管、干管直接流回锅炉，如果不考虑水在管道中的冷却，则进入各层散热器的水温相同。

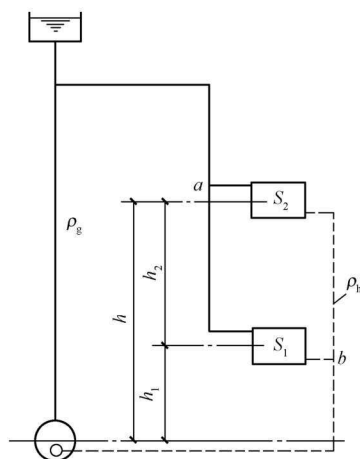


图 1-2 双管系统原理图

图 1-2 中散热器 S_1 和 S_2 并联，热水在 a 点分配进入各层散热器，在散热器内放热冷却后，在 b 点汇合后返回热源。该系统形成了两个冷却中心 S_1 和 S_2 ，同时与热源、供回水干管形成了两个并联环路 aS_1b 和 aS_2b 。

通过底层散热器的环路 aS_1b 的作用压力为

$$\Delta P_1 = gh_1(\rho_h - \rho_g) \quad (1-2)$$

通过上层散热器的环路 aS_2b 的作用压力为

$$\Delta P_2 = g(h_1 + h_2)(\rho_h - \rho_g) = \Delta P_1 + gh_2(\rho_h - \rho_g) \quad (1-3)$$

式中 ΔP_1 ——通过底层散热器 aS_1b 环路的作用压力(Pa)；

ΔP_2 ——通过上层散热器 aS_2b 环路的作用压力(Pa)。

由式(1-3)可知，通过上层散热器环路的作用压力比通过下层散热器环路的作用压力大，其差值为 $gh_2(\rho_h - \rho_g)$ Pa。因而在计算上层环路时，必须考虑此差值。

在双管系统中，由于各层散热器与锅炉的高差不同，虽然进入和流出各层散热器的供

水、回水温度相同(不考虑管路沿途冷却的影响),也将形成上层作用压力大、下层作用压力小的现象。如选用不同管径仍不能使各层阻力损失达到平衡,由于流量分配不均,必然要出现上热下冷的现象。

在供暖建筑物内,同一竖向的各层房间的室温不符合设计要求的温度,而出现上、下层冷热不均的现象,通常称作系统垂直失调。由此可见,双管系统的垂直失调,是由于通过各层的循环作用压力不同而出现的;而且楼层数越多,上、下层的作用压力差值越大,垂直失调就会越严重。

3. 自然循环热水供暖单管系统的作用压力

在图 1-3 所示的单管上供下回式系统中,热水进入立管后,由上向下顺序流过各层散热器,水温逐层降低,各组散热器串联在立管上。每根立管(包括立管上各层散热器)与锅炉、供回水主干形成一个循环环路,各立管环路是串联关系。

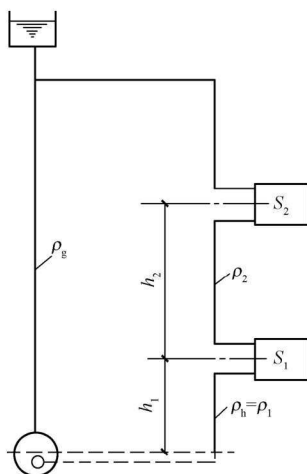


图 1-3 单管系统原理图

图中散热器 S_2 和 S_1 串联在立管上,引起自然(重力)循环作用压力的高差是 $(h_1 + h_2)$,冷却后水的密度分别为 ρ_2 和 $\rho_h(\rho_h = \rho_1)$,其循环作用压力为

$$\Delta P = gh_1(\rho_h - \rho_g) + gh_2(\rho_2 - \rho_g) \quad (1-4)$$

同理,若循环环路中有 n 组串联的冷却中心(散热器)时,其循环作用压力可用下式表示,即

$$\Delta P = \sum_{i=1}^n gh_i(\rho_i - \rho_g) \quad (1-5)$$

式中 n ——在循环环路中,冷却中心的总数;

g ——重力加速度(m/s^2),取 9.81 m/s^2 ;

ρ_g ——供暖系统供水的密度(kg/m^3);

i ——表示各冷却中心的顺序数,令沿水流方向最后一组散热器为 $i=1$;

h_i ——从计算冷却中心 i 到 $(i-1)$ 之间的垂直距离(m);当计算的冷却中心 $i=1$ (沿水流方向最后一组散热器)时, h_i 表示与锅炉中心的垂直距离(m);

ρ_i ——流出所计算的冷却中心的水的密度(kg/m^3)。

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而引起的。

应注意,前面讲述自然循环作用压力时,只考虑水温在锅炉和散热器中发生变化,忽略了水在管路中的沿途冷却。实际上,水的温度和密度沿途是不断变化的,散热器的实际进水温度比上述假设情况下的水温低,这会增加系统的循环作用压力。自然循环系统的作用压力一般不大,所以水在管路内冷却产生的附加压力不应忽略,计算自然循环系统的综合作用压力时,应首先在假设条件下确定自然循环作用压力,再增加一个考虑水沿途冷却产生的附加压力,即

$$\Delta P_{zh} = \Delta P + \Delta P_f \quad (1-6)$$

式中 ΔP ——重力循环系统中,水在散热器内冷却所产生的作用压力(Pa);

ΔP_f ——水在循环环路中冷却的附加作用压力(Pa)。

【例 1-1】 如图 1-2 所示,设 $h_1 = 3.2 \text{ m}$, $h_2 = 3.0 \text{ m}$,供水温度 $t_g = 95^\circ\text{C}$,回水温度 $t_h = 70^\circ\text{C}$ 。求双管系统的循环作用压力。计算作用压力时,本题不考虑水在管路中冷却因素。

【解】 系统的供水、回水温度, $t_g = 95^\circ\text{C}$, $t_h = 70^\circ\text{C}$ 。 $\rho_g = 961.92 \text{ kg/m}^3$, $\rho_h = 977.81 \text{ kg/m}^3$ 。

根据式(1-2)和式(1-3)的计算方法,通过各层散热器循环环路的作用压力分别为

第一层: $\Delta P_1 = gh_1(\rho_h - \rho_g) = 9.81 \times 3.2 \times (977.81 - 961.92) = 498.8(\text{Pa})$

第二层: $\Delta P_2 = g(h_1 + h_2)(\rho_h - \rho_g) = 9.81 \times (3.2 + 3.0) \times (977.81 - 961.92) = 966.5(\text{Pa})$

第二层与底层循环环路的作用压力差值为

$$\Delta P = \Delta P_2 - \Delta P_1 = 966.5 - 498.8 = 467.7(\text{Pa})$$

自然循环热水供暖系统是最早采用的一种热水供暖方式,已有约 200 年的历史,至今仍在应用。它装置简单,运行时无噪声且不消耗电能。但由于其作用压力小,管径大,作用范围受到限制。自然循环热水供暖系统通常只能在单幢建筑物中应用,其作用半径不宜超过 50 m。

二、机械循环热水供暖系统

机械循环热水供暖系统设置了循环水泵为水循环提供动力。这虽然增加了运行管理费用和电耗,但系统循环作用压力大,管径较小,系统的作用半径会显著提高。

图 1-4 为机械循环上供下回式系统,系统中设置了循环水泵、膨胀水箱、集气罐和散热器等设备。现比较机械循环系统与自然循环系统的主要区别:

(1)循环动力不同。机械循环系统靠水泵提供动力,强制水在系统中循环流动。循环水泵一般设在锅炉入口前的回水干管上,该处水温最低,可避免水泵出现气蚀现象。

(2)膨胀水箱的连接点和作用不同。机械循环系统膨胀水箱设置在系统的最高处,水箱下部接的膨胀管连接在循环水泵入口前的回水干管上。其作用除容纳水受热膨胀而增加的体积外,还能恒定水泵入口压力,保证供暖系统压力稳定。

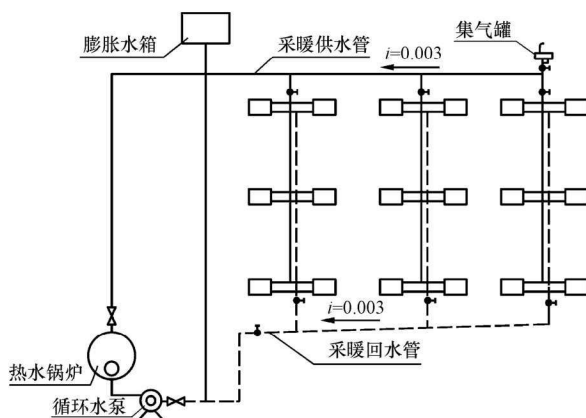


图 1-4 机械循环热水供暖系统原理图

如图 1-4 所示，系统定压点设在循环水泵入口处，既能限制水泵吸水管路的压力降，避免水泵出现气蚀现象，又能使循环水泵的扬程作用在循环管路和散热设备中，保证系统有足够的压力克服流动阻力，使水在系统中循环流动。这可以保证系统中各点的压力稳定，使系统压力分布更合理。膨胀水箱是一种最简单的定压设备。

(3)系统排气方式不同。机械循环系统中水流速度较大，一般都超过水中分离出的空气泡的浮升速度，易将空气泡带入立管引起气塞。所以，机械循环上供下回式系统水平敷设的供水干管应沿水流方向设上升坡度，坡度宜采用 0.003，且不得小于 0.002。在供水干管末端最高点处设置集气罐，以便空气能顺利地和水流同方向流动，集中到集气罐处排除。

回水干管也应采用沿水流方向设下降坡度，坡度宜采用 0.003，且不得小于 0.002，以便泄水。

任务二 多层建筑常用热水供暖系统形式

多层建筑是指层数为 6 层及以下的建筑物，从散热器的承压能力看，对于绝大多数的散热器均适用。所以，多层建筑多采用热水作为供暖系统的热媒。

一、垂直式系统

垂直式系统，按供水、回水干管布置位置不同，有下列几种形式。

1. 上供下回式双管和单管热水供暖系统

如图 1-5 和图 1-6 所示，上供下回式系统的供水干管设置于系统最上面，回水干管设置于系统最下面。管道布置方便，排气顺畅。而机械循环系统除膨胀水箱的连接位置与自然循环系统不同外，还增加了循环水泵和排气装置。

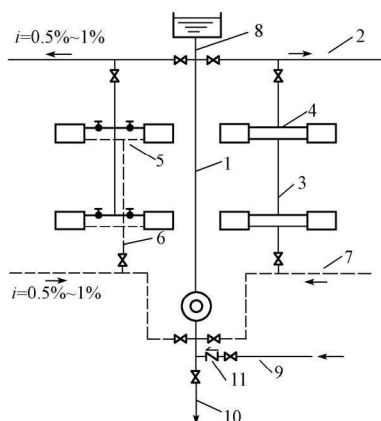


图 1-5 自然循环热水供暖系统

1—总立管；2—供水干管；3—供水立管；4—散热器供水支管；5—散热器回水支管；6—回水立管；7—回水干管；8—膨胀水箱连接管；9—充水管（接上水管）；10—泄水管（接下水道）；11—止回阀

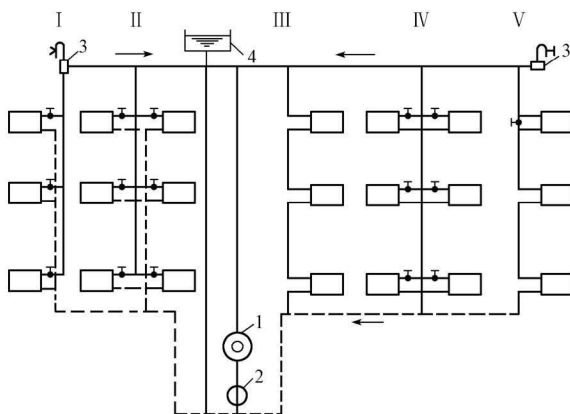


图 1-6 机械循环上供下回式热水供暖系统

1—锅炉；2—循环水泵；3—集气罐；4—膨胀水箱

2. 上供上回式热水供暖系统

如图 1-7 所示，上供上回式双管热水供暖系统的供水、回水干管均位于系统最上面。供暖干管不与地面设备及其他管道发生占地矛盾。但立管管材消耗量增加，立管下面均要设放水阀。主要用于设备和工艺管道较多的、沿地面布置干管发生困难的工厂车间。

3. 下供下回式热水供暖系统

如图 1-8 所示，下供下回式热水供暖系统的供水、回水干管均位于系统最下面。底层需要设管沟和地下室以便布置两个干管，要在顶层散热器设放气阀或设空气管排除系统中的空气。与上供上回式系统相比，供水干管无效热损失小，可减轻上供上回式双管系统的垂直失调。

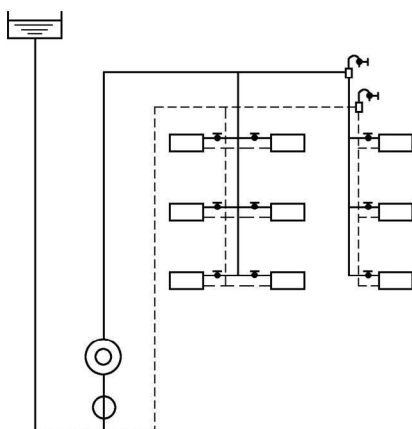


图 1-7 机械循环上供上回式热水供暖系统

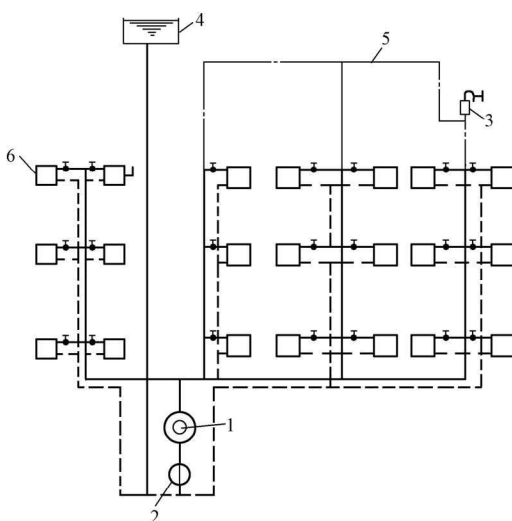


图 1-8 机械循环下供下回式热水供暖系统

1—锅炉；2—循环水泵；3—集气罐；4—膨胀水箱；5—空气管；6—冷风阀

4. 下供上回式(倒流式)热水供暖系统

如图 1-9 所示，下供上回式热水供暖系统的供水干管位于系统最下面，回水干管位于系统最上面。立管中水流方向与空气浮升方向一致，有利于排气。与上供下回式系统相比，底层散热器平均温度高，可减少底层散热器面积，有利于解决某些建筑物中一层散热器面积过大，难于布置的问题。

5. 中供式热水供暖系统

如图 1-10 所示，中供式热水供暖系统是供水干管位于建筑物中间某楼层的系统形式。供水干管将系统垂直方向分为两部分。上半部分系统为下供下回式系统，下半部分系统为上供下回式系统。中供式系统可减轻垂直失调，但计算和调节较复杂。