

热电联产机组技术丛书



热力网与供热

张开菊 刘伟亮 宋 伟 等编著
王德林 审 阅



中国电力出版社
www.cepp.com.cn

热电联产机组技术丛书

热力网与供热

张开菊 刘伟亮 宋 伟 等编著
王德林 审 阅



中国电力出版社
www.cepp.com.cn

内 容 提 要

本书密切结合热电联产供热系统设计计算及运行实际,全面系统地探讨了以热水和蒸汽作为热媒的室内供热系统和集中供热系统,内容包括室内外热水供热系统、蒸汽供热系统及其管网热力计算,供热系统水力工况分析,管网的布置、保温和敷设,热力站,换热设备,地板采暖,供热系统的热负荷、热源和热计量方式,凝结水回收方式,供热系统的调节和运行,常见的故障及其分析,热力网的可靠性分析及供热系统节能理论。内容反映了我国供热和供热网研究现状以及国内外的新技术、新设备和新成果。

本书可供热电联产从业技术人员和管理人员阅读,也可作为热能工程、环境设备与工程等专业的师生及相关设计、施工、研究人员的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

热力网与供热/张开菊等编著. —北京:中国电力出版社, 2008

(热电联产机组技术丛书)

ISBN 978-7-5083-5925-0

I. 热… II. 张… III. ①热力系统②供热系统
IV. TK17 TU833

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2007) 第 106402 号

中国电力出版社出版、发行

(北京三里河路 6 号 100044 <http://www.cepp.com.cn>)

北京市同江印刷厂印刷

各地新华书店经售

*

2008 年 1 月第一版 2008 年 1 月北京第一次印刷

787 毫米×1092 毫米 16 开本 17 印张 414 千字

印数 0001—3000 册 定价 29.00 元

敬告读者

本书封面贴有防伪标签,加热后中心图案消失
本书如有印装质量问题,我社发行部负责退换

版 权 专 有 翻 印 必 究

热电联产机组技术丛书

编 委 会

主 编 孙奉仲

副主编 黄新元 张洪禹 张居民 马传利 高玉军
江心光 秦箴林 蔡新春 陈美涛 黄胜利

编 委 (按姓氏笔画为序)

丁兴武 马思乐 王乃华 史月涛 史永春
任子芳 刘伟亮 李光友 李树海 杨祥良
宋 伟 张卫星 张开菊 张 明 陈莲芳
姬广勤 高 明 盖永光 程世庆 潘贞存

提高能源的利用效率,合理利用能源是关系到国民经济发展、建设节约型社会、实施循环经济的重要内容,而且影响到生态环境和人类的生存,也是从事能源研究的学者和工程技术人员重点研究的课题。热电联产和集中供热就是可以达到上述目的的重要技术规划和措施之一。热电联产,已经问世一百多年,我国发展热电联产也走过了半个多世纪的路程。由于热电联产对于节能和环境保护意义重大,尤其是在 21 世纪的今天,世界各国非常重视。1997 年制定的《中国 21 世纪议程》和《中华人民共和国节约能源法》、2000 年制定的《中华人民共和国大气污染防治法》等法规,都明确鼓励发展热电联产。2000 年原国家计划委员会、经济贸易委员会、建设部、环境保护总局联合下发的《关于发展热电联产的规定》,是指导我国热电联产发展的纲领性文件。国家发展和改革委员会 2004 年颁布的《节能中长期专项规划》中,明确把热电联产列入 10 项重点工程。规划指出:在严寒地区、寒冷地区的中小城市和东南沿海工业园区的建筑物密集、有合理热负荷需求的地方将分散的小供热锅炉改造为热电联产机组;在工业企业(石化、化工、造纸、纺织和印染等用热量大的工业企业)中将分散的小供热锅炉改造为热电联产机组;分布式电热(冷)联产的示范和推广;对设备老化、技术陈旧的热电厂进行技术改造;以秸秆和垃圾等废弃物建设热电联产供热项目的示范;对热电联产项目给予技术、经济政策等配套措施;到 2010 年城市集中供热普及率由 2002 年的 27% 提高到 40%,新增供暖热电联产机组 40GW。形成年节能能力 3500 万 t 标准煤。

《国家中长期科学和技术发展规划纲要》中也把能源的综合利用放在了首要位置,在与热电联产技术有关的部分,指出应重点突破基于化石能源的微型燃气轮机及新型热力循环等终端的能源转换技术、储能技术、热电冷系统综合技术,形成基于可再生能源和化石能源互补、微型燃气轮机与燃料电池混合的分布式终端能源供给系统。

到 2003 年底,全国已建成 6MW 及以上供热机组 2121 台,总装机容量达到 43.7GW。预计到 2020 年,中国热电联产机组容量将达到 200GW,年节约 2 亿 t 标准煤,减少 SO_2 排放 400 万 t 以上,减少 NO_x 排放 130 万 t,减少 CO_2 排放 718 亿 t。热电联产将为能源节约、环境保护、经济和社会发展做出重大贡献。

《热电联产机组技术丛书》的出版,是应时之作,是应需之作。该套丛书由七个分册组成,包括《热电联产技术与管理》、《热力网与供热》、《锅炉设备与运行》、《汽轮机设备与运行》、《电气设备与运行》、《化学水处理设备与运行》和《热工过程监控与保护》。内容涉及到热电联产机组的最新技术、管理知识;涉及到热力网的运行与管理维护,国内外的发展与政策,环境保护与节约能源,热电联产生产工艺中具体过程和设备的工作原理、基本结构、

工作过程、运行分析、事故处理、最新进展等；涉及到供热的可靠性分析；涉及到供热的分户计量；涉及到代表最新技术发展趋势的热力设备和热工过程的计算机控制技术等。可以说，热电联产的每一个重要环节均涉及到了。其中，不少内容是第一次出现在科技专著上。丛书主要面向热电联产的运行、检修、管理人员，从设备的结构、原理到运行以及事故处理，从系统组成到管理控制，从运行监督到经济性分析、可靠性分析等，既有传统的热力设备理论基础作为铺垫，又有现代科学技术的融入，兼顾到了各个层面，还介绍了具体的运行实例和事故实例。

该套丛书既体现了丛书的系统性、专业性、权威性，又体现了实用性。

随着我国对节约能源和环境保护的重视，热电联产事业将会得到更快的发展，热电联产技术水平也会获得快速提升，一批大容量、高参数的热电联产机组也将逐步建成投产。该套丛书的出版，将对发展热电联产，提高热电联产企业运行、检修技术和管理水平，具有重要意义！

丛书编委会

编者的话

本书是《热电联产机组技术丛书》之一，主要研究以热水和蒸汽作为热媒的室内供热系统和集中供热系统。全书共分六章，内容密切结合供热系统实际运行，主要包括：室内外热水供热系统、蒸汽供热系统及其管网热力计算；供热系统水力工况分析；管网的布置、保温和敷设；热力站；换热设备；地板采暖；供热系统的热负荷、热源和热计量方式；凝结水回收方式；供热系统的调节和运行，常见的故障及其分析。另外，根据实际运行的需要，详细介绍了热力网的可靠性分析，同时，基于供热系统提出了相关节能理论，并且进行了实例分析。

根据我国供热和供热网的发展趋势，本书融入了近年来供热方面的新技术、新设备和新成果，同时吸收了国外的先进经验和新技术，力求内容充实，覆盖面广，并且编排合理，逻辑清晰，结构严谨，层次分明，简明易懂，实用性强。

本书由张开菊、刘伟亮、宋伟、雷声辉、杨文娟、韩志航编著。本书诚请王德林研究员审阅，对于他的细致审阅及给予的多方面指正，谨致诚挚谢意。同时，对为本书顺利编写提供帮助的各位同仁表示真诚感谢。感谢高福东、吕杨、魏玉军、程岫、苑丽伟、谢磊、刘洋、王宏国等为本书做出的贡献。

限于作者水平，书中疏漏与不足之处在所难免，诚请广大读者批评指正。

编者

2007年10月

目 录

前言

编者的话

第一章 热力网	1
第一节 热水供热系统.....	1
第二节 室内热水供热系统的水力计算	16
第三节 蒸汽供热系统	28
第四节 室内蒸汽供热系统的水力计算	41
第五节 室外热水供热管网的水力计算	45
第六节 蒸汽供热管网的水力计算	48
第七节 热水管网的水力工况	51
第八节 供热管网的布置原则、形式与敷设	70
第九节 热力站	83
第二章 换热器	92
第一节 换热器分类及其简介	92
第二节 换热器的结构及设计特性.....	103
第三节 散热设备.....	115
第三章 供热	136
第一节 热负荷的类型及确定.....	136
第二节 集中供热系统的热媒.....	140
第三节 集中供热系统的热源.....	143
第四节 凝结水的回收.....	151
第五节 供热计量.....	155
第四章 供热系统的调节与运行	167
第一节 供热系统调节概述.....	167
第二节 集中供热系统供热调节原理及方法.....	168
第三节 热力站的调节.....	178
第四节 供热系统的运行方式.....	181
第五节 供热系统常见故障及分析.....	184
第五章 热网的可靠性分析	189
第一节 管道的热应力及补偿.....	189

第二节	供热系统整体可靠性的保障	195
第三节	可靠性指标	198
第四节	提高可靠性的措施	200
第六章	供热系统的节能	221
第一节	节能基本理论	221
第二节	热能节能系统	228
第三节	供热系统节能措施	232
附录		235
参考文献		262

1	.....	网代热 章一第
1	.....	热网热网水热 章一第
10	.....	热网热网水热 章二第
89	.....	热网热网水热 章二第
11	.....	热网热网水热 章四第
48	.....	热网热网水热 章五第
48	.....	热网热网水热 章六第
51	.....	热网热网水热 章七第
70	.....	热网热网水热 章八第
88	.....	热网热网水热 章九第
89	.....	热网热网水热 章二第
92	.....	热网热网水热 章一第
103	.....	热网热网水热 章二第
116	.....	热网热网水热 章三第
121	.....	热网热网水热 章三第
131	.....	热网热网水热 章一第
140	.....	热网热网水热 章二第
141	.....	热网热网水热 章三第
151	.....	热网热网水热 章四第
152	.....	热网热网水热 章五第
161	.....	热网热网水热 章四第
161	.....	热网热网水热 章一第
168	.....	热网热网水热 章二第
178	.....	热网热网水热 章三第
181	.....	热网热网水热 章四第
181	.....	热网热网水热 章五第
191	.....	热网热网水热 章五第
191	.....	热网热网水热 章一第



供热系统常用的热媒主要有水、蒸汽和空气。

以热水作为热媒的供热系统称为热水供热系统。热水供热系统的热能利用率较高,输送时无效损失较小,散热设备不易腐蚀,使用周期长,并且散热设备表面温度较低,符合卫生要求。同时,系统操作简单方便,运行安全,易于实现供水温度的集中调节。系统蓄热能力强,散热均衡,适于远距离输送。

热水供热系统按照循环动力的不同,可以分为自然循环热水供热系统和机械循环热水供热系统。目前,应用最为广泛的是机械循环热水供热系统。另外,民用建筑多采用热水供热系统,该系统在生产厂房和辅助建筑物中也有广泛的应用。

热水供热系统按照热水参数的不同通常分为低温热水供热系统(供水温度低于 100°C ,供水通常为 95°C ,回水通常为 70°C)和高温热水供热系统(供水温度高于 100°C ,供水通常为 $110\sim 150^{\circ}\text{C}$,回水为 70°C)。

以蒸汽作为热媒的供热系统称为蒸汽供热系统。

按照蒸汽压力的不同,蒸汽供热系统分为低压蒸汽供热系统(供汽压力不高于 70kPa)、高压蒸汽供热系统(供汽压力高于 70kPa)和真空蒸汽供热系统(供汽压力小于大气压力)。

另外,蒸汽供热系统按照凝结水流动动力的不同,还可以分为重力回水、余压回水和加压回水系统。

第一节 热水供热系统

本节将分别对自然循环系统、机械循环系统和高层建筑供热系统的工作原理、布置形式以及附属设备进行详细介绍。

一、自然循环热水供热系统

(一) 自然循环热水供热系统工作原理

图 1-1 所示为自然循环热水供热系统的工作原理图。图中假设整个系统有一个加热中心(锅炉)和一个冷却中心(散热器),用供、回水管路把散热器和锅炉连接起来。在系统的最高处连接一个膨胀水箱,用来容纳水受热膨胀而增加的体积。

运行前,先将系统内充满水,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。在散热器内热水被冷却,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,系统就是靠回水的密度差作为循环动力的。这种系统称为自然(重力)循环热水供热系统。

分析该系统循环作用压力时,因假设锅炉是加热中心、散热器是冷却中心,故可以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。

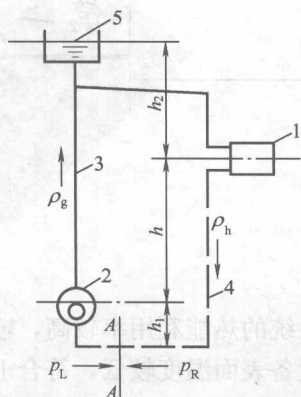


图 1-1 自然循环热水供热系统工作原理图

1—散热器；2—热水锅炉；3—供水管路；4—回水管路；5—膨胀水箱

假想回水管路的最低点断面 A-A 处有一阀门，若阀门突然关闭，A-A 断面两侧会受到不同的水柱压，两侧的水柱压差就是推动水在系统中循环流动的自然循环作用压力。

A-A 断面左侧的水柱压力 p_L 和右侧的水柱压力 p_R 分别为

$$p_L = g(h_1\rho_h + h\rho_g + h_2\rho_g) \quad (1-1)$$

$$p_R = g(h_1\rho_h + h\rho_h + h_2\rho_g) \quad (1-2)$$

系统的循环作用力为

$$\Delta p = p_R - p_L = gh(\rho_h - \rho_g) \quad (1-3)$$

式中 Δp ——自然循环系统的作用压力，Pa；

g ——重力加速度（取 9.81）， m/s^2 ；

h ——加热中心至冷却中心的垂直距离，m；

ρ_h ——回水密度， kg/m^3 ；

ρ_g ——供水密度， kg/m^3 。

从式（1-3）可以看出，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。低温热水供热系统，供回水温度（95/70℃）一定时，为了提高系统循环作用压力，锅炉的位置应当尽可能地降低。但是，自然循环系统的作用力一般都不大，作用半径以不超过 50m 为佳。

（二）自然循环热水供热系统的形式及作用压力

如图 1-2 所示，自然循环热水供热系统主要有双管上供下回式系统和单管上供下回式（顺流式）系统。

上供下回式系统的供水干管敷设在所有散热器上面，回水干管敷设在所有散热器下面。系统通过设在供水总管最上部的膨胀水箱排除空气。

自然循环上供下回式供热系统的供水干管应顺水流方向设下降坡度，坡度值为 0.5%~1.0%。散热器支管也应当沿水流方向设下降坡度，坡度值为 1%，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。

回水干管应存在向着锅炉方向下降的坡度，以便系统停止运行或检修时能够通过回水干管顺利排水。

1. 单管上供下回式系统

图 1-3 所示为单管上供下回式系统示意图，其特点为：热水送入立管后，由上向下依次流过各层散热器，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

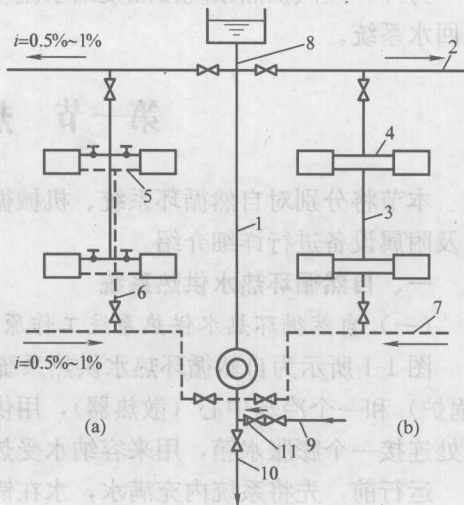


图 1-2 自然循环供热系统

(a) 双管上供下回式系统；(b) 单管上供下回式系统
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

器)与锅炉、供回水干管构成一个环路,各立管环路是并联关系。

如图 1-3 所示,散热器 S_1 和 S_2 串联在立管上,其循环作用压力为

$$\Delta p = gh_1(\rho_h - \rho_g) + gh_2(\rho_1 - \rho_g) \quad (1-4)$$

当立管上串联几组散热器时,其循环作用压力为

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

式中 h_i ——相邻两组散热器间的垂直距离, m;

ρ_i ——水流出该散热器的密度,可根据各散热器之间管路内水温 t_i 确定, kg/m^3 ;

ρ_g, ρ_h ——供热系统的供回水密度, kg/m^3 。

当 $i=1$, 计算的是沿水流方向最后一组散热器, h 表示底层散热器与锅炉之间的垂直距离。

2. 双管上供下回式系统

图 1-4 所示为双管上供下回式系统示意图,其特点为: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。

在图 1-4 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,在散热器内冷却后,在 b 点汇聚返回热源。该系统有两个冷却中心 S_1 和 S_2 ,它们与热源、供回水干管形成两个并联的循环环路 aS_1b 和 aS_2b 。

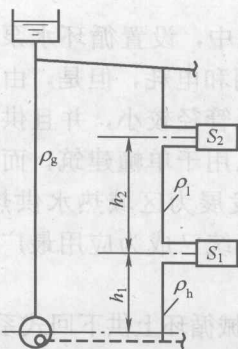


图 1-3 单管上供下回式系统示意图

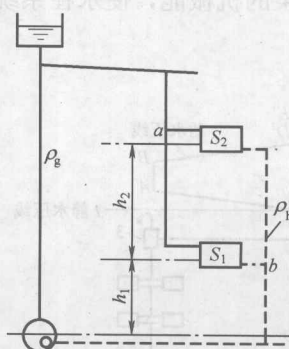


图 1-4 双管上供下回式系统示意图

通过底层散热器 aS_1b 环路的作用压力为

$$\Delta p_1 = gh_1(\rho_h - \rho_g) \quad (1-6)$$

通过上层散热器 aS_2b 环路的作用压力为

$$\Delta p_2 = g(h_1 + h_2)(\rho_h - \rho_g) = \Delta p_1 + gh_2(\rho_h - \rho_g) \quad (1-7)$$

通过式 (1-6) 和式 (1-7) 可以看出,通过上层散热器的作用压力大于下层环路的作用压力。在双管自然循环系统中,虽然各层散热器的进出水温相同(忽略水在管路中的冷却),但是,由于各层散热器到锅炉之间的垂直距离不同,便形成了上层散热器环路作用压力比下层散热器作用压力大的情况。如果选用不同管径仍然不能使上下各层阻力平衡,便导致流量分配不均,从而出现上层过热,下层过冷的垂直失调问题。楼层越多,垂直失调问题就越明显。因此,对于多层建筑物,为了避免垂直失调问题,一般采用单管系统。

上面进行自然循环热水供热系统的作用压力计算时,只考虑水温在锅炉和散热器中发生变化,而忽略了水在管路中的冷却。但是,在实际系统中,水的温度和密度在管路中沿流动方向不断变化,散热器的实际进水温度比理想情况下低,这样便需增加系统的循环作用压力。由于自然循环系统的作用压力一般不是很大,因此,水在管路内的由于冷却产生的附加压力不应忽略。在实际计算自然循环系统的综合作用压力时,应当在理想情况下确定的自然循环系统作用压力上再增加由于水的冷却产生的附加压力,即

$$\Delta p_{zh} = \Delta p + \Delta p_f \quad (1-8)$$

式中 Δp_{zh} ——自然循环系统的综合作用压力, Pa;

Δp ——自然循环系统不考虑水在管路中冷却确定的作用压力, Pa;

Δp_f ——水在管路中冷却产生的附加压力, Pa。

附加压力 Δp_f 的大小可根据管道的布置情况、楼层高度以及所计算的散热器与锅炉之间的水平距离进行确定,见附表 1。

自然循环热水供热系统结构简单,操作方便,运行时无噪声,无电耗。但是,它的作用压力范围小,系统所需管径大,并且初投资较大。当循环系统作用压力较大时,一般不采用该系统,而考虑采用机械循环热水供热系统。

二、机械循环热水供热系统

机械循环热水供热系统与自然循环热水供热系统的主要区别是系统中设置了循环水泵,主要靠水泵的机械能,使水在系统中强制循环。

在机械循环系统中,设置循环水泵,虽然增加了系统的运行管理费用和电耗,但是,由于水泵所产生的作用压力大,使得管径较小,并且供热范围可以扩大。该系统不仅可以用于单幢建筑,而且可以用于多幢建筑,甚至可以发展为区域热水供热系统。目前,机械循环热水供热系统已成为应用最广泛的一种供热方式。

图 1-5 所示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。

(一) 机械循环系统与自然循环系统比较

1. 循环动力不同

机械循环系统主要依靠水泵提供的动力,强制水在系统中循环流动。循环水泵一般设置在锅炉入口之前的回水干管上,该处水温最低,可以有效避免水泵

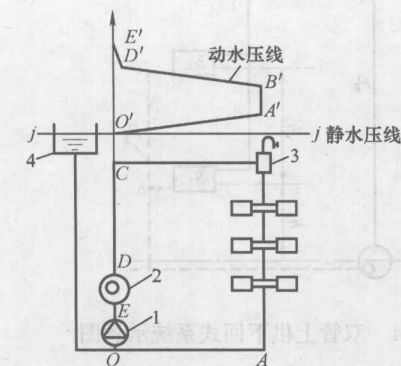


图 1-5 机械循环热水供热系统

1—循环水泵; 2—热水锅炉;

3—集气装置; 4—膨胀水箱

出现气蚀现象。而自然循环系统依靠由于水的密度不同产生的压力差来推动水的循环流动。

2. 膨胀水箱的连接位置和作用不同

机械循环系统的膨胀水箱设置在系统的最高处,水箱下部接出的膨胀管连接在循环水泵入口前的回水干管上。其作用为容纳水受热膨胀而增加的体积,另外,还能恒定水泵入口压力,保证整个供热系统压力稳定。而自然循环系统的膨胀水箱设置在供水总管最上部,其主要作用为排除水中空气。

3. 排气方式不同

机械循环系统中水流速度较大,一般超过水中分离出的气泡的浮升速度,易将气泡带入立管造成气塞。因此,机械循环系统在供水干管末端最高点处设置集气罐,以便空气能够顺利地沿水流方向流动,集中到集气罐处排出。而自然循环系统依靠膨胀水箱排除空气。

(二) 机械循环热水供热系统的形式

机械循环热水供热系统,依照管道敷设方式不同,可分为垂直式和水平式两种。

1. 垂直式系统

垂直式系统,依照供回水干管布置位置的不同,主要有以下几种形式:

- (1) 上供下回式热水供热系统;
- (2) 下供下回式双管热水供热系统;
- (3) 中供式热水供热系统;
- (4) 下供上回式(倒流式)热水供热系统;
- (5) 混合式热水供热系统。

以下详细介绍各种垂直系统:

(1) 上供下回式。图 1-6 所示为机械循环上供下回式热水供热系统。图左侧为双管式系统,图右侧为单管式系统。

在双管式上供下回系统中,管路和散热器的连接方式与自然循环系统基本相同。垂直失调问题在该系统中同样存在,因此,设计计算时应当考虑各层散热器并联环路之间的作用压力差。

在单管式系统中,(I)为单管顺流式,主要特点为立管中全部的水量顺次流入各层散热器。顺流式系统结构简单,施工方便,且造价低,在国内一般建筑中广泛应用。但是,其严重缺陷为不能进行局部调节。(II)为单管跨越式系统。立管的一部分水量流进散热器,另一部分立管水量通过跨越管与散热器流出的回水混合,再流入下层散热器。同顺流式系统相比,由于只有部分立管水量流入散热器,在相同的散热量下,散热器的出水温度降低,散热器中的热媒与室内空气之间平均温差减小,依次所需散热器面积较顺流式系统大。该系统可以在散热器支管或者跨越管上安装阀门,进行散热器流量的调节。但是,由于散热面积增加、阀门的安装,使得整个系统造价提高,施工工序繁多,因此,主要用于房间温度要求严格,需要进行散热器散热量局部调节的系统。

(2) 双管下供下回式。如图 1-7 所示,双管下供下回式系统的供回水干管都敷设在底层散热器下面。该系统主要应用于设有地下室的建筑物,或者在平房顶建筑顶棚下难以布置供水干管的情况。

同上供下回式系统相比,其主要特点为:

- 1) 在地下室布置供水干管,主立管长度小,管路的无效热损失小。
- 2) 上层作用压力虽然较大,但是循环环路阻力也较大;下层作用压力虽然小,但是循环环路短,阻力也较小,可以有效缓解双管系统的垂直失调问题。

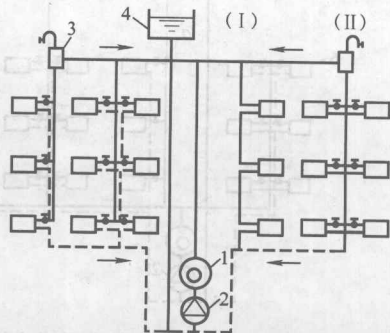


图 1-6 机械循环上供下回式热水供热系统

1—热水锅炉; 2—循环水泵;
3—集气装置; 4—膨胀水箱

3) 在施工过程中, 安装好一层便可进行供热, 能够适应冬季施工需要。

4) 系统中排除空气困难, 阀门、管件的增加, 使得运行管理维护不便。

从上面分析发现, 解决下供下回式系统的空气排除问题格外重要, 其主要排气方式有:

1) 通过顶层散热器的冷风阀门排气, 如图 1-7 左侧所示。

2) 通过专门设置的空气管, 将空气集中汇集到空气管末端的集气罐或者自动排气阀排除, 如图 1-7 右侧所示。集气罐或自动排气阀应当设置在水平空气管下 h m 处, 不仅可以起到隔断作用, 而且可以避免立管水通过空气管串流, 从而破坏系统的压力平衡。 h 值的确定应当考虑大于各立管上部间的压力差, 最小不应小于 300mm。

(3) 中供式。如图 1-8 所示, 中供式系统将供水干管敷设在系统中部。下部系统呈上供下回式, 上部系统呈下供下回式。中供式系统可以避免由于顶层梁底标高过低, 导致供水干管挡住顶层窗户的不合理布置, 同时可以减轻上供下回式楼层过多出现的垂直失调问题。但是, 上部系统应当增加排气装置。该系统主要应用于加建建筑层的建筑或者“品”字形建筑(上部建筑面积少于下部建筑面积)。

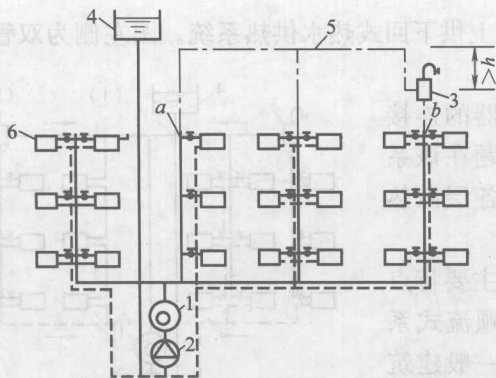


图 1-7 机械循环下供下回式热水供热系统

1—热水锅炉; 2—循环水泵; 3—集气罐;
4—膨胀水箱; 5—空气管; 6—放气阀

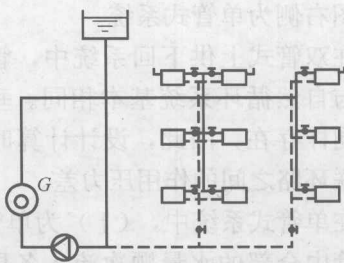


图 1-8 机械循环系统中供式热水供热系统

(4) 下供上回（倒流式）式。如图 1-9 所示, 机械循环下供上回式热水供热系统的供水干管设置在所有散热器下部, 回水干管布置在所有散热器上部, 立管布置主要采用顺流式。膨胀水箱连接在回水干管上。回水经膨胀水箱流回锅炉房, 再被循环水泵送入锅炉。

下供上回式系统主要特点有:

1) 水与空气流动方向一致, 自下而上流动, 便于通过顺流式膨胀水箱排除空气, 不需要额外设置集气罐等排气装置。

2) 底层散热器供水温度最高, 可以减少底层房间所需散热面积, 有利于散热器的布置。

3) 供水总立管较短, 无效热损失较小。

4) 当采用高温水供热系统时, 由于供水干管布置于底层, 可以降低高温水汽化所需的水箱标高, 便于应用膨胀水箱衡压, 减少布置高位水箱的难度。

5) 下供上回式系统散热器内热媒平均温度远低于上供下回式系统。在相同的立管供、回水温度下, 所需散热面积有所增加。

6) 通常采用单管顺流式, 热水自下向上顺次流经各层散热器, 水温逐层降低。

(5) 混合式。如图 1-10 所示, 混合式系统由下供上回式(倒流式)和上供下回式两组串联组成。I 区系统直接引入外网高温水, 采用下供上回式系统形式。经过散热器换热后, I 区的回水温度达到 II 区的供水温度要求, 再引入 II 区。II 区采用上供下回低温热水供热形式, II 区回水温度降至最低后, 返回热源。由于两组系统串联连接, 系统压力损失较大, 一般应用于高温水网路上卫生要求不高的民用建筑或者生产厂房。

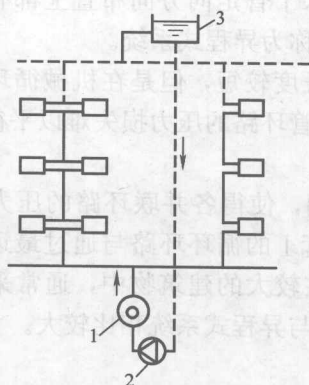


图 1-9 机械循环下供上回式(倒流式)热水供热系统

1—热水锅炉; 2—循环水泵; 3—膨胀水箱

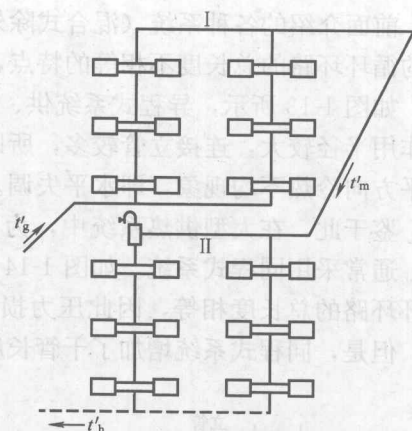


图 1-10 机械循环混合式热水供热系统

2. 水平式系统

水平式系统依照供水管与散热器连接方式的不同, 也可分为顺流式和跨越式两种。

图 1-11 所示为水平单管顺流式系统。该系统将同一楼层的各组散热器串联在一起。热水水平地依次流经各组散热器。与垂直顺流式系统相同, 水平单管顺流式系统也不能对散热器进行局部调节。

图 1-12 所示为水平单管跨越式系统。该系统在散热器的支管之间连接一跨越管, 热水一部分流入散热器, 另一部分经跨越管直接流入下组散热器。该系统可以在散热器支管上设置调节阀门, 进行散热器的流量调节。

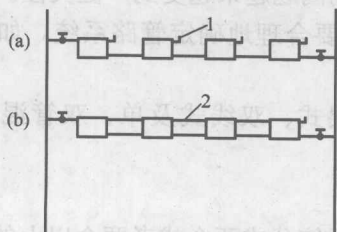


图 1-11 水平单管顺流式系统

1—放气阀; 2—空气管

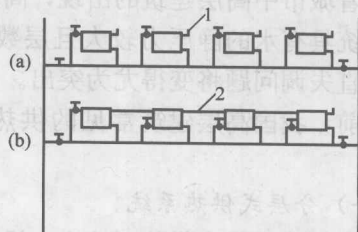


图 1-12 水平单管跨越式系统

1—放气阀; 2—空气管

与垂直式系统相比, 水平式系统主要有以下优点:

(1) 系统结构简单, 穿过各层楼板的立管少, 施工安装方便;

(2) 系统造价相对较低;

(3) 可以充分利用最高层的楼梯间、厕所等辅助空间架设膨胀水箱, 不必在顶棚上设专门安装膨胀水箱的房间, 这样, 不仅可以降低建筑造价, 而且不影响整体外形美观。

因此, 水平式系统在国内应用较为广泛。另外, 该系统可以应用于一些各层有不同使用功能或不同温度要求的建筑物, 便于分层管理调节。但是, 由于该系统串联散热器数目较多, 运行时容易产生水平失调现象。

(三) 同程式和异程式系统

前面介绍的各种系统(混合式除外), 在供、回水干管走向方向布置上都有通过各个立管的循环环路的总长度不相等的特点, 这种布置形式称为异程式系统。

如图 1-13 所示, 异程式系统供、回水干管的总长度较短, 但是在机械循环系统中, 由于作用半径较大, 连接立管较多, 所以, 通过各个立管环路的压力损失难以平衡, 容易造成水平方向冷热不均现象, 即水平失调。

鉴于此, 在大型供热系统中, 为了减轻水平失调, 使得各并联环路的压力损失趋于平衡, 通常采用同程式系统。如图 1-14 所示, 通过立管 I 的循环环路与通过最远处立管 IV 的循环环路的总长度相等, 因此压力损失易于平衡。在较大的建筑物中, 通常采用同程式系统。但是, 同程式系统增加了干管长度, 金属消耗量与异程式系统相比较较大。

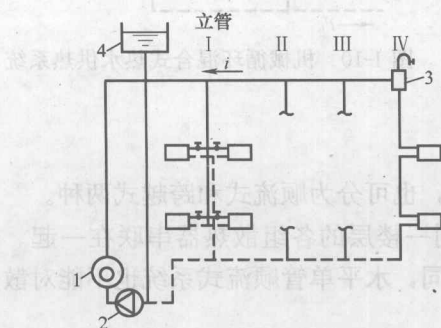


图 1-13 异程式系统

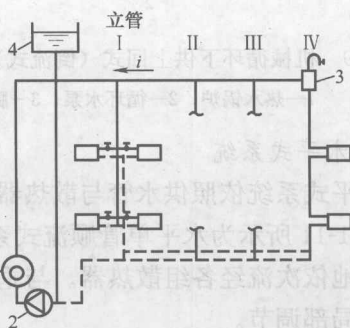


图 1-14 同程式系统

1—热水锅炉; 2—循环水泵; 3—集气罐; 4—膨胀水箱

三、高层建筑供热系统

随着城市中高层建筑的出现, 高层建筑供热系统的问题越来越受到广泛关注。高层建筑供热系统具有水的静压力较大且层数较多的特点, 需要合理地确定管路系统, 如果设计不当, 垂直失调问题将变得尤为突出。

目前, 我国高层建筑常见的供热系统主要有分层式、双线式及单、双管混合式三种系统。

(一) 分层式供热系统

在高层建筑热水供热系统中, 沿垂直方向将供热系统分成两个或者两个以上的独立系统的称为分层式供热系统。下层系统通常直接与室外网路连接, 其高度主要取决于室外网路的压力工况和散热器的承压能力。上层系统与外网采用隔绝式连接, 通过热交换器使得上层系统的压力与室外网路的压力隔绝。

高区与外网的连接主要有以下几种形式: