



“十二五”职业教育国家规划教材  
经全国职业教育教材审定委员会审定

全国高职高专教育土建类专业教学指导委员会规划推荐教材

Gongre  
Gongcheng

# 供热工程

(第三版)

(供热通风与空调工程技术专业适用)

本教材编审委员会组织编写

蒋志良 主编

中国建筑工业出版社



“十二五”职业教育国家规划教材  
经全国职业教育教材审定委员会审定

2011年普通高等教育精品教材

全国高职高专教育土建类专业教学指导委员会规划推荐教材

# 供 热 工 程

(第三版)

(供热通风与空调工程技术专业适用)

本教材编审委员会组织编写

蒋志良 主编

相里梅琴 汤万龙 副主编

王宇清 主审

中国建筑工业出版社

## 图书在版编目 (CIP) 数据

供热工程/蒋志良主编. —3 版. —北京: 中国建筑工业出版社, 2014. 7

“十二五”职业教育国家规划教材. 经全国职业教育教材审定委员会审定. 2011 年普通高等教育精品教材. 全国高职高专教育土建类专业教学指导委员会规划推荐教材 (供热通风与空调工程技术专业适用)

ISBN 978-7-112-16434-9

I. ①供… II. ①蒋… III. ①供热系统-高等职业教育-教材  
IV. ①TU833

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2014) 第 030557 号

本书为高等职业技术学院和高等专科学校供热通风与空调工程技术专业《供热工程》课程用教材, 并列入普通高等教育“十一五”国家级规划教材。

内容包括供暖和供热管网两大部分, 共 11 个教学单元。主要阐述了以热水和蒸汽作为热媒的供暖系统和集中供热系统的常用形式、基本组成; 介绍了常用设备构造、工作原理及选用, 管路布置与敷设要求, 设计计算的基本知识, 供热管网水压图及水力工况分析等方面的内容。

本书除可作为高等职业技术学院供热通风与空调工程技术专业用教材外, 还可供从事供暖和集中供热工作的工程技术人员参考。

责任编辑: 齐庆梅 朱首明

责任校对: 刘梦然 党 蕾

“十二五”职业教育国家规划教材

经全国职业教育教材审定委员会审定

2011 年普通高等教育精品教材

全国高职高专教育土建类专业教学指导委员会规划推荐教材

## 供 热 工 程

(第三版)

(供热通风与空调工程技术专业适用)

本教材编审委员会组织编写

蒋志良 主编

相里梅琴 汤万龙 副主编

王宇清 主审

\*

中国建筑工业出版社出版、发行 (北京西郊百万庄)

各地新华书店、建筑书店经销

北京红光制版公司制版

北京建筑工业出版社印刷

\*

开本: 787×1092 毫米 1/16 印张: 15 $\frac{3}{4}$  插页: 1 字数: 377 千字

2015 年 7 月第三版 2015 年 7 月第十四次印刷

定价: 30.00 元

ISBN 978-7-112-16434-9

(25123)

版权所有 翻印必究

如有印装质量问题, 可寄本社退换

(邮政编码 100037)

## 本教材编审委员会名单

主任：贺俊杰

副主任：刘春泽 张健

委员：陈思仿 范柳先 孙景芝 刘玲 蔡可键

蒋志良 贾永康 王青山 余宁 白桦

杨婉 吴耀伟 王丽 马志彪 刘成毅

程广振 丁春静 胡伯书 尚久明 于英

崔吉福

## 第三版前言

第三版教材是在2010年11月第二版《供热工程》教材的基础上,根据近几年供热工程方面的新规范、新技术、新工艺和新的研究成果,结合高等职业教育特点、以培养学生职业能力为导向进行修订的。在第二版教材的基础上主要在以下几个方面作了调整和修改:

### 一、增加供热工程设备、附属设备选择方法的内容和例题

如:增加了根据产品样本进行散热器、热水循环泵和补水泵选择的例题;增加了常用热补偿器选用的例题等。同时增加了一些单一知识点的小型计算。如:单管系统散热器平均温度的计算;双管系统自然循环作用压力的计算;除污器选择的方法介绍和选用;根据建筑面积进行集中供热管网热负荷估算计算等。

### 二、增加了节能技术措施方面的内容介绍

将供热系统循环泵选用节能、室外热力网的节能、供暖系统的节能等方面的技术措施,融入现有相关章节的内容中。

### 三、增删或简化部分内容

如:增加供暖系统方案选用的介绍;增加了室内外供热系统的管材、阀门选用的介绍;增加了供暖系统施工图设计时所需原始资料的介绍;简化了围护结构的传热系数的理论计算介绍,增加了直接利用相关技术资料查用各种围护结构实际传热系数的介绍;简化了自然循环热水供暖系统的水力计算,仅介绍方法和步骤;简化了围护结构的最小传热热阻和经济传热热阻的内容等等。

### 四、按照最新规范对全书内容进行了完善

对全国一些主要城市的室外气象参数进行了修改;对部分表述不太完善的语言、定义等按专业术语进行了调整。修订过程中注重专业理论与工程实际相结合,突出工程技术的应用,努力提高学生分析问题和解决实际工程问题的能力。

第三版全书由苏州大学蒋志良进行修订,并统稿。

在本书修订过程中,得到了原教材编者的大力支持,同时,也得到了广大使用本教材的相关学校任课教师的指正。在此一并向他们表示衷心的感谢。

为方便任课教师制作电子课件,我们制作了包括本书中公式、图表等内容的素材库,可发送邮件至 [jiangongshe@163.com](mailto:jiangongshe@163.com) 索取。

本书由于以工程实际应用为指导进行修订,理论知识分析比较浅,若有不妥或错误之处,请广大读者批评指正。



## 第二版前言

第二版教材是在2005年1月第一版《供热工程》教材的基础上,根据近几年供热工程方面的新材料、新技术、新工艺和新的研究成果,以及课程体系、教学方法手段改革的需要进行修订的。与第一版教材相比,本教材主要在以下几个方面作了调整和修改:

一、调整了部分章节的结构和内容。例如,原第一章供暖室内外空气计算参数的内容,根据教学的需要调整到现教材的第二章中;将原教材第一章经调整后改为绪论,将原教材第三章有关热水供暖系统的内容调整为第一章;原教材的第四章至第十二章,依次调整为第三章至第十一章。

二、增删了部分内容。例如,替换了供暖施工图示例;调整了供暖设计热负荷计算例题;增加了外墙传热系数计算的例题;替换了部分机械循环热水供暖系统管路水力计算例题;增删了部分补偿器的内容;增加了图纸会审的内容等。

三、对全书的文字表述进行了完善。修订了部分表述不太完善的语言;根据供热技术发展的要求对部分设备分类、定义表述等专业语言进行了调整。

四、修改过程中,注意吸收增加新工艺、新技术的应用,注重专业理论与工程实际相结合,突出工程技术的应用,注重学生施工图读识能力的培养,努力提高学生分析问题和解决问题能力。

本书第一章至第六章由南京铁道职业技术学院蒋志良进行修订,第七章至第十一章由徐州建筑职业技术学院相里梅琴进行修订,全书由蒋志良主编统稿。

在本书修订过程中,得到了原教材编者的大力支持,同时,也得到了广大使用本教材的相关学校任课教师的指正。在此一并向他们表示衷心的感谢。

由于水平有限,不妥之处在所难免,请广大读者批评指正。

## 第一版前言

《供热工程》是供热通风与空调工程技术专业的一门重要课程。本书是为高等职业技术学院和高等专科学校该课程教学编写的教材。

本书主要研究以热水和蒸汽作为热媒的供暖系统和集中供热系统，全书分为十二章。阐述了各种系统的常用形式、基本组成；系统常用设备的构造、工作原理以及选用方法；系统设计方法和计算的基本原理等方面的内容。

本书结构严谨、层次分明，充分体现了近年来在供暖和供热方面的新材料、新技术、新设备和新的研究成果。突出高职特色，以实用为目的，以必需够用为度，力求做到简明扼要、通俗易懂。文字上尽量准确、通畅，注重了理论与实际的结合，加强了实践与应用环节，有利于提高学生的动手能力以及分析问题和解决问题的能力，培养学生的工程实践经验。

该书除可作为高等职业技术学院和高等专科学校供热通风与空调工程技术专业用教材外，还可供从事供暖和集中供热工作的工程技术人员参考。

本书由徐州建筑职业技术学院蒋志良主编，并负责编写了第三、四、六、七章；徐州建筑职业技术学院相里梅琴编写了第一、二、五章，并负责第八至第十二章的统稿；平顶山工学院的王靖编写了第八、九、十一章；新疆建设职业技术学院汤万龙编写了第十、十二章。

本书承蒙黑龙江建筑职业技术学院王宇清主审，她结合自己多年的教学和实践经验，提出了许多宝贵意见，在此谨致诚挚的谢意。在编写中还参考了许多其他相关资料和书籍，在此对这些作者一并表示衷心的感谢。

由于编者水平有限，加上国内、外供热技术和标准的发展与更新很快，书中若有不妥和错误之处，敬请广大读者批评指正。

# 目 录

|                              |           |
|------------------------------|-----------|
| 绪论                           | 1         |
| 思考题与习题                       | 5         |
| <b>教学单元 1 热水供暖系统</b>         | <b>6</b>  |
| 1.1 自然循环热水供暖系统               | 6         |
| 1.2 机械循环热水供暖系统               | 9         |
| 1.3 热水供暖系统管道布置及附件设置          | 17        |
| 1.4 分户热计量供暖系统                | 20        |
| 1.5 供暖系统施工图                  | 23        |
| 思考题与习题                       | 33        |
| <b>教学单元 2 供暖系统设计热负荷</b>      | <b>34</b> |
| 2.1 供暖系统设计热负荷                | 34        |
| 2.2 围护结构的基本耗热量               | 35        |
| 2.3 围护结构的附加(修正)耗热量           | 43        |
| 2.4 冷风渗透耗热量                  | 44        |
| 2.5 分户计量供暖热负荷                | 47        |
| 2.6 供暖设计热负荷计算例题              | 49        |
| 思考题与习题                       | 53        |
| <b>教学单元 3 供暖系统的散热设备与附属设备</b> | <b>54</b> |
| 3.1 散热器                      | 54        |
| 3.2 暖风机                      | 64        |
| 3.3 热水供暖系统的附属设备              | 67        |
| 思考题与习题                       | 69        |
| <b>教学单元 4 热水供暖系统的水力计算</b>    | <b>71</b> |
| 4.1 管路水力计算的基本原理              | 71        |
| 4.2 热水供暖系统水力计算的任务和方法         | 77        |
| 4.3 自然循环双管热水供暖系统的水力计算        | 80        |
| 4.4 机械循环单管热水供暖系统的水力计算        | 81        |
| 思考题与习题                       | 92        |
| <b>教学单元 5 辐射供暖</b>           | <b>93</b> |
| 5.1 辐射供暖的基本概念                | 93        |
| 5.2 热水辐射供暖系统                 | 96        |
| 5.3 辐射供暖系统的设计计算              | 99        |
| 5.4 其他辐射供暖                   | 102       |
| 思考题与习题                       | 103       |



|                                      |     |
|--------------------------------------|-----|
| <b>教学单元 6 蒸汽供暖系统</b> .....           | 104 |
| 6.1 蒸汽供暖系统的基本原理和特点 .....             | 104 |
| 6.2 蒸汽供暖系统 .....                     | 105 |
| 6.3 蒸汽供暖系统的附属设备 .....                | 108 |
| 6.4 低压蒸汽供暖系统的水力计算 .....              | 115 |
| 6.5 高压蒸汽供暖系统的水力计算 .....              | 119 |
| 思考题与习题 .....                         | 122 |
| <b>教学单元 7 集中供热系统</b> .....           | 123 |
| 7.1 集中供热系统方案的确定 .....                | 123 |
| 7.2 热水供热系统 .....                     | 124 |
| 7.3 蒸汽供热系统 .....                     | 128 |
| 7.4 供热管网系统形式 .....                   | 133 |
| 思考题与习题 .....                         | 134 |
| <b>教学单元 8 供热管网的水力计算</b> .....        | 135 |
| 8.1 集中供热系统的热负荷 .....                 | 135 |
| 8.2 热水管网水力计算的基本原理 .....              | 139 |
| 8.3 热水管网的水力计算 .....                  | 141 |
| 8.4 蒸汽管网的水力计算 .....                  | 144 |
| 8.5 凝结水管网的水力计算 .....                 | 148 |
| 思考题与习题 .....                         | 149 |
| <b>教学单元 9 热水管网的水压图与水力工况</b> .....    | 151 |
| 9.1 水压图的基本概念 .....                   | 151 |
| 9.2 热水管网水压图 .....                    | 152 |
| 9.3 热水管网的定压和水泵选择 .....               | 158 |
| 9.4 热水管网的水力工况 .....                  | 166 |
| 思考题与习题 .....                         | 170 |
| <b>教学单元 10 集中供热系统的热力站及主要设备</b> ..... | 171 |
| 10.1 集中供热系统的热力站 .....                | 171 |
| 10.2 集中供热系统的主要设备 .....               | 173 |
| 思考题与习题 .....                         | 185 |
| <b>教学单元 11 供热管网的布置与敷设</b> .....      | 186 |
| 11.1 供热管网的布置原则 .....                 | 186 |
| 11.2 供热管道的敷设 .....                   | 186 |
| 11.3 管道热膨胀及其补偿器 .....                | 189 |
| 11.4 管道支座(架) .....                   | 196 |
| 11.5 供热管道及排气放水 .....                 | 201 |
| 11.6 供热管道的检查室及检查平台 .....             | 202 |
| 11.7 管道和设备的保温与防腐 .....               | 204 |
| 11.8 供热管网施工图 .....                   | 205 |

|  |     |
|--|-----|
| 思考题与习题                                       | 213 |
| 附录   | 214 |
| 附录 1-1 水在各种温度下的密度                            | 214 |
| 附录 1-2 在自然循环上供下回双管热水供暖系统中, 由于水在管路内冷却而产生的附加压力 | 214 |
| 附录 2-1 室外气象参数                                | 216 |
| 附录 2-2 一些建筑材料的热物理特性表                         | 218 |
| 附录 2-3 常用围护结构的传热系数 $K$ 值                     | 218 |
| 附录 2-4 按各主要城市区分的朝向修正率                        | 219 |
| 附录 2-5 渗透空气量的朝向修正系数 $n$ 值                    | 219 |
| 附录 3-1 散热器组装片数修正系数 $\beta_1$                 | 220 |
| 附录 3-2 散热器连接形式修正系数 $\beta_2$                 | 220 |
| 附录 3-3 散热器安装形式修正系数 $\beta_3$                 | 220 |
| 附录 3-4 一些铸铁散热器规格及其传热系数 $K$ 值                 | 222 |
| 附录 3-5 一些钢制散热器规格及其传热系数 $K$ 值                 | 222 |
| 附录 4-1 热水供暖系统管道水力计算表                         | 223 |
| 附录 4-2 热水及蒸汽供暖系统局部阻力系数 $\xi$ 值               | 224 |
| 附录 4-3 热水供暖系统局部阻力系数 $\xi=1$ 的局部损失 (动压头) 值    | 225 |
| 附录 4-4 一些管径的 $\lambda/d$ 值和 $A$ 值            | 225 |
| 附录 4-5 按 $\xi_{zh}=1$ 确定热水供暖系统管段压力损失的管径计算表   | 225 |
| 附录 4-6 单管顺流式热水供暖系统立管组合部件的 $\xi_{zh}$ 值       | 226 |
| 附录 4-7 单管顺流式热水供暖系统立管的 $\xi_{zh}$ 值           | 227 |
| 附录 4-8 供暖系统中沿程损失与局部损失的概略分配比例                 | 228 |
| 附录 6-1 低压蒸汽供暖系统管路水力计算表                       | 228 |
| 附录 6-2 低压蒸汽供暖系统管路水力计算用动压头                    | 228 |
| 附录 6-3 蒸汽供暖系统干式和湿式自流凝结水管管径选择表                | 229 |
| 附录 6-4 室内高压蒸汽供暖系统管径计算表                       | 229 |
| 附录 6-5 室内高压蒸汽供暖管路局部阻力当量长度                    | 230 |
| 附录 8-1 热水管网水力计算表                             | 231 |
| 附录 8-2 热水管网局部阻力当量长度表                         | 234 |
| 附录 8-3 室外高压蒸汽管径计算表                           | 236 |
| 附录 8-4 饱和水与饱和蒸汽的热力特性                         | 237 |
| 附录 8-5 二次蒸发汽数量                               | 237 |
| 附录 8-6 闭式余压回水凝结水管径计算表                        | 238 |
| 主要参考文献                                       | 239 |

# 绪 论

## 1. 供热工程的研究对象

人们在日常生活和社会生产中都需要大量的热能,如在生活中煮饭、饮水、洗涤、医疗、消毒和供暖等,在生产中拖动、锻压、蒸煮、烘干以及直接或间接加热等。热能工程是将自然界的能源直接或间接地转化成热能,满足人们需要的科学技术。热能工程中,生产、输配和应用中、低品位热能的工程技术称为供热工程。热媒是可以用来输送热能的媒介物,常用的热媒是热水和蒸汽。

供热系统包括热源、供热管网和热用户三个基本组成部分。

(1) 热源:主要是指生产和制备一定参数(温度、压力)热媒的锅炉房或热电厂。

(2) 供热管网:是指输送热媒的室外供热管路系统。主要解决建筑物外部从热源到热用户之间热能的输配问题,是本课程的主要研究对象。

(3) 热用户:是指直接使用或消耗热能的室内供暖、通风空调、热水供应和生产工艺用热系统等。室内供暖系统是冬季消耗热能的大户,也是本课程的主要研究对象。通风空调系统、热水供应系统作为独立课程分别学习,不作为本课程学习的内容。

因此,本课程的研究对象包括室内供暖系统、室外供热管网两大部分内容,通过学习使学生掌握供暖系统和集中供热系统的工作原理、组成及形式;掌握一般热水供暖系统和集中供热系统设计的工作原理、方法和步骤;熟悉蒸汽及辐射供暖系统的基本原理及设计方法;了解常用设备、附件的构造、原理,并掌握选用方法;理解水力工况分析的基本原理和分析方法。

## 2. 供热技术的发展概况

人类利用热能是从熟食、取暖开始的,后来又将热能应用于生产中,并经过长期的实践,丰富和发展了供热理论。

供热技术的发展,起初是以炉灶为热源的局部供热。19世纪欧洲的产业革命,使供热技术发展到以锅炉为热源、以蒸汽或热水为热媒的集中供热。集中供热方式始于1877年,当时在美国纽约,建成了第一个区域锅炉房向附近十四家热用户供热。到了20世纪初,由于社会化大生产的出现和电力负荷的增多,使供热技术有了新的发展,出现了热电联产,且以热电厂为热源进行区域供热。最近几十年来,区域供热发展很快,能够明显地达到节约能源、改善环境、提高人民生活水平和满足生产用热要求。

我国在供热技术发展中曾对人类做出了杰出的贡献。据有关记载,在夏、商、周时期就有供暖火炉。火炉是我国宫殿中常用的供暖方式,至今在北京故宫和颐和园中还完整地保存着。这些利用烟气供暖的方式,如火炉、火墙和火炕等,目前在我国北方农村还被广泛地使用着。但是在长期的封建社会中,供热技术的发展一直受到束缚,新中国成立前,我国只有极少数的工厂有自备的供热系统,供热事业很落后。

新中国成立后,随着国民经济建设和人民生活水平的不断提高,我国的供暖和

集中供热事业得到了迅速的发展。在东北、西北、华北三北地区，许多民用建筑、多数工业企业都装设了集中式供暖设备，居住的舒适性、卫生与环境条件得到很大的改善。

自 1959 年我国第一座城市热电站——北京东郊热电站投入运行，到改革开放前，我国只有哈尔滨、沈阳等 7 个城市有集中供热。改革开放后发展迅速，1981 年增加到 15 个城市，到 1998 年有集中供热设施的城市猛增到 286 个，供热面积也从 1981 年的 0.225 亿  $\text{m}^2$  猛增至 1998 年的 8.7 亿  $\text{m}^2$ 。截至 2005 年年底，城镇供热面积达 25.2056 亿  $\text{m}^2$ 。

在集中供热发展的同时，也面临着许多问题和困难。我国从计划经济向社会主义市场经济全面转轨，城镇集中供热也逐渐从作为职工福利转变为适应市场经济的用热交费制度，现有的供热体制、供热收费制度等已不能适应新时期市场经济条件下供热事业发展的需要。2002 年 3 月，中华人民共和国建设部的城建函 [2002] 49 号下发了“关于改革城镇供热体制的通知”（征求意见稿），通知中明确表示，改革单位统包的用热制度，停止福利供热，实行热商品化、货币化；加大建筑节能技术的推广应用和供热设施的改革力度，提高热能利用效率，改善城镇大气环境的质量；加快供热企业改革，引入竞争机制，培育和规范城镇供热市场。更进一步明确了以后供热技术的发展方向。

此外，从 20 世纪 60 年代开始，我国已经能够自行设计大、中、小型的成套设备、各种锅炉，设计制造多种铸铁、钢制和铝合金的散热设备。特别是近年来拓宽了国际技术交流的渠道，大量先进技术陆续引进，国内供热技术的开发能力也不断地增强，城镇供热在设计标准、工艺水平和技术性能、自动化程度等方面有了很大的进步。

### 3. 集中供热的基本概念

供热系统根据热源和供热规模的大小，可分为分散供热和集中供热两种基本形式。所谓分散供热，是指热用户较少、热源和管网规模较小的单体或小范围供热方式。而集中供热是指从一个或多个热源通过管网向城市、镇或其中某些区域热用户供热。它的供热量和范围比小型分散供热大得多，输送距离也长得多。

集中供热由于热效率高、节省燃料，减少了对环境的污染，且机械化程度和自动化程度较高，目前，已成为现代化城镇的重要基础设施之一，城镇公共事业的重要组成部分。

### 4. 集中供热系统的基本形式

由前述内容已知，集中供热系统由三大部分组成：热源、热力网（管网）和热用户。热源在热能工程中，泛指能从中吸取热量的任何物质、装置或天然能源。目前最广泛应用的是区域锅炉房和热电厂，该热源是使用煤、油、天然气等作为燃料，燃烧产生的热能，将热能传递给水而产生热水或蒸汽。此外也可以利用核能、地热、热泵、电能、工业余热作为集中供热系统的热源。

下面主要介绍区域锅炉房和热电厂供热系统。

以区域锅炉房（内装置热水锅炉或蒸汽锅炉）为热源的供热系统，称为区域锅炉房集中供热系统。

图 0-1 所示为区域蒸汽锅炉房集中供热系统的示意图。

由蒸汽锅炉 1 产生的蒸汽，通过蒸汽干管 2 输送到各热用户，如供暖、通风、热水供应和生产工艺系统等。各室内用热系统的凝结水，经过疏水器 3 和凝水干管 4 返回锅炉房的凝结水箱 5，再由锅炉给水泵 6 将给水送进锅炉重新加热。

以热电厂作为热源的供热系统，称为热电厂集中供热系统。由热电厂同时供应电能和

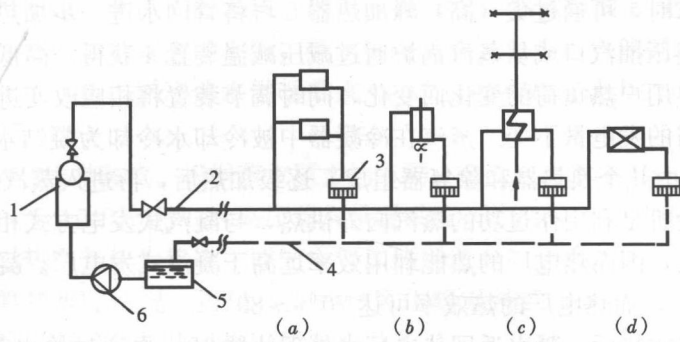


图 0-1 区域蒸汽锅炉房集中供热系统示意图

1—蒸汽锅炉；2—蒸汽干管；3—疏水器；4—凝水干管；5—凝结水箱；6—锅炉给水泵  
 (a)、(b)、(c) 和 (d) ——室内供暖、通风、热水供应和生产工艺用热系统

热能的能源综合供应方式，称为热电联产。

热电厂内的主要设备之一是供热汽轮机，它驱动发电机产生电能，同时利用做过功的抽（排）汽供热。供热汽轮机的种类很多，下面以在热电厂内安装有两个可调节抽汽口的供热汽轮机为例，简要介绍热电厂供热系统的工作原理。

图 0-2 中蒸汽锅炉 1 产生的过热蒸汽，进入供热汽轮机 2 膨胀做功，驱动发电机 3 产生电能，投入电网向城镇供电。

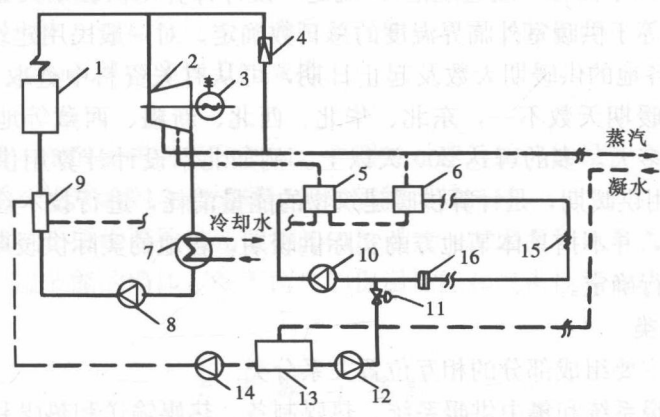


图 0-2 热电厂集中供热系统原则性示意图

1—蒸汽锅炉；2—供热汽轮机；3—发电机；4—减压减温装置；5—基本加热器；6—尖峰加热器；7—冷凝器；  
 8—凝结水泵；9—回热装置；10—管网循环水泵；11—补水压力调节器；12—补给水泵；13—水处理装置；  
 14—给水泵；15—热用户；16—除污器

在汽轮机中当蒸汽膨胀到高压可调抽汽口的压力时（压力可保持在 8~13bar 以内不变），可抽出部分蒸汽向外供热，通常向生产工艺热用户供热。当蒸汽在汽轮机中继续膨胀到低压可调抽汽口压力时（压力保持在 1.2~2.5bar 以内不变），再抽出部分蒸汽，送入热水供热系统的管网水加热器 5 中（通常称为基本加热器，在整个供暖季节都投入运行），将热水管网的回水加热。在室外温度较低，需要加热到更高的供水温度，而基本加



热器不能满足要求时,可通过尖(高)峰加热器 6 再将管网水进一步加热。尖峰加热器所需的蒸汽,可由高压抽汽口或从蒸汽锅炉通过减压减温装置 4 获得。高低压可调节抽汽口的抽汽量将根据热用户热负荷的变化而变化,同时调节装置将相应改变进入冷凝器 7 的蒸汽量,以保持所需的发电量不变。蒸汽在冷凝器中被冷却水冷却为凝结水,用凝结水泵 8 送入回热装置 9 (由几个换热器和除氧器组成) 逐级加热后,再进入蒸汽锅炉重新加热。

由于供热汽轮机是利用作过功的蒸汽向外供热,与凝汽式发电方式相比,大大减少了凝汽器的冷源损失,因而热电厂的热能利用效率远高于凝汽式发电厂。凝汽式发电厂的热效率为 25%~40%,而热电厂的热效率可达 70%~80%。

蒸汽在热用户放热后,凝水返回热电厂水处理装置 13,再通过给水泵 14 送进电厂的回热装置加热。

热水管网的循环水泵 10,驱动管网内的水不断循环而被加热和冷却。通过热水管网的补给水泵 12,补充热水管网的漏水量。利用补给水压力调节器 11,控制热水供热系统的压力。

## 5. 供暖及供暖期的概念

所谓供暖,就是使室内获得热量并保持一定的室内温度,以达到适宜的生活条件或工作条件的技术。所有供暖系统都由热媒制备(热源)、热媒输送和热媒利用(散热设备)三个主要部分组成。

从开始供暖到结束供暖的期间称为供暖期。《民用建筑供暖通风与空气调节设计规范》GB 50736—2012 (以下简称《暖通规范》)规定,设计计算用供暖期天数,应按累年日平均温度稳定低于或等于供暖室外临界温度的总日数确定。对一般民用建筑供暖室外临界温度,宜采用 5℃。各地的供暖期天数及起止日期,可从有关资料中查取。我国幅员辽阔,各地设计计算用供暖期天数不一,东北、华北、西北、新疆、西藏等地区的供暖期均较长,少的也有 100 多天,多的可达 200 天以上。例如北京设计计算用供暖期天数,可达 129 天。设计计算用供暖期,是计算供暖建筑物的能量消耗,进行技术经济分析、比较等的不可缺少的数据,并不指具体某地方的实际供暖期,各地的实际供暖期应由各地主管部门根据实际情况自行确定。

## 6. 供暖系统分类

### (1) 根据三个主要组成部分的相互位置关系分类

可分为局部供暖系统和集中供暖系统。热媒制备、热媒输送和热媒利用三个主要组成部分在构造上都在一起的供暖系统,称为局部供暖系统,如烟气供暖(火炉、火墙和火炕等),电热供暖和燃气供暖等。虽然燃气和电能通常由远处输送到室内来,但热量的转化和利用都是在散热设备上实现的。

热源和散热设备分别设置,用热媒管道相连接,由热源向各个房间或各个建筑物供给热量的供暖系统,称为集中式供暖系统。《暖通规范》规定:累年日平均温度稳定低于或等于 5℃ 的日数大于或等于 90 天的地区,宜设置集中供暖。同时也规定:设置供暖的公共建筑和工业建筑,当其位于严寒地区或寒冷地区,且在非工作时间或中断使用的时间内,为了防止水管及其他用水设备等发生冻结,室内温度必须保持 0℃ 以上,而利用房间蓄热量不能满足要求时,应按 5℃ 设置值班供暖。

### (2) 根据热媒种类不同分类



可分为热水供暖系统、蒸汽供暖系统、热风供暖系统。热水供暖系统的热媒是热水。根据热水在系统中循环流动的动力不同，热水供暖系统又分为以自然循环压力为动力的自然循环热水供暖系统（重力循环热水供暖系统）、以水泵扬程为动力的机械循环热水供暖系统。

蒸汽供暖系统的热媒是蒸汽。根据蒸汽压力的不同，蒸汽供暖系统可分为低压蒸汽供暖系统（蒸汽压力在 $0.05\sim 0.07\text{MPa}$ ）和高压蒸汽供暖系统（蒸汽压力在 $0.07\text{MPa}$ 以上）。

热风供暖系统以热空气作为热媒，即把空气加热到适当的温度直接送入房间，以满足供暖要求。根据需求和实际情况，可设独立的热风供暖系统或采用通风和空调联合的系统。例如暖风机、热风幕等就是热风供暖的典型设备。

### (3) 根据散热设备散热方式的不同分类

可分为对流供暖和辐射供暖。以对流换热为主要方式的供暖，称为对流供暖。系统中的散热设备是散热器，因而这种系统也称为散热器供暖系统。利用热空气作为热媒，向室内供给热量的供暖系统，称为热风供暖系统。它也是以对流方式向室内供热。辐射供暖是以辐射传热为主的一种供暖方式。辐射供暖系统的散热设备，主要采用金属辐射板或以建筑物部分顶棚、地板或墙壁作为辐射散热面。

## 7. 供热工程发展面临的主要问题及建筑节能

(1) 供热工程发展面临的主要问题，一是节能减排，不但要研发供热领域的新技术和新设备，同时要加强新建筑的保温和既有建筑节能改造，降低单位供暖面积的能耗；二是采用绿色能源。如太阳能、风能、地热能、余热综合利用、热泵供热技术应用等；三是提高供热系统运行管理水平。包括管理人员素质和管理技术水平的提升，以在满足供热要求下，减少燃料、电、水的耗量，实现节能减排。

### (2) 建筑节能

建筑节能是供暖系统节能的前提和基础。要通过对建筑的节能设计和既有建筑节能改造，降低建筑的能耗，使其达到规范所规定的建筑物耗热指标。

建筑节能设计时，主要是要校核建筑物的体形系数、窗墙面积比是否符合节能标准要求，通过采用高效保温节能的墙体，改善窗户的保温性能和气密性等方法 and 手段实现建筑节能的目的。

## 思考题与习题

1. 什么是热能工程？什么是供热工程？
2. 供热工程的研究对象主要有哪些？
3. 我国供热技术的发展概况如何？
4. 什么是集中供热？什么是分散供热？集中供热有什么特点？
5. 集中供热系统有几种基本形式？
6. 什么叫供暖？什么叫供暖期？设计计算用供暖期天数是怎样规定的？
7. 供暖系统如何分类？
8. 供热工程发展面临的主要问题是什

## 教学单元 1 热水供暖系统

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、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，《暖通规范》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，可分为自然循环和机械循环系统。目前应用最广泛的是机械循环热水供暖系统。

本章将主要介绍自然循环和机械循环低温热水供暖系统的形式和管路的布置。

### 1.1 自然循环热水供暖系统

#### 1.1.1 自然循环热水供暖系统的工作原理

图 1-1 为自然循环热水供暖系统的工作原理图。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，系统就是靠供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。

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力，两侧的水柱压力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 断面两侧的水柱压力分别为

$$p_{左} = g(h_1\rho_h + h\rho_g + h_2\rho_g)$$

$$p_{右} = g(h_1\rho_h + h\rho_h + h_2\rho_g)$$

系统的循环作用压力为

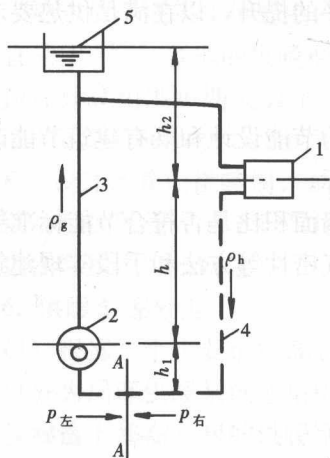


图 1-1 自然循环热水供暖系统工作原理图

1—散热器；2—热水锅炉；3—供水管路；4—回水管路；5—膨胀水箱

$$\Delta p = p_{\text{右}} - p_{\text{左}} = gh(\rho_{\text{h}} - \rho_{\text{g}}) \quad (1-1)$$

式中  $\Delta p$ ——自然循环系统的作用压力, Pa;  
 $g$ ——重力加速度,  $\text{m/s}^2$ ;  
 $h$ ——加热中心至冷却中心的垂直距离, m;  
 $\rho_{\text{h}}$ ——回水密度,  $\text{kg/m}^3$ ;  
 $\rho_{\text{g}}$ ——供水密度,  $\text{kg/m}^3$ 。

从式 (1-1) 中可以看出, 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。低温热水供暖系统, 供回水温度一定 ( $95/70^\circ\text{C}$ ) 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。

### 1.1.2 自然循环热水供暖系统的形式及作用压力

#### 1. 自然循环热水供暖系统的形式

图 1-2 中 (a)、(b) 是自然循环热水供暖系统的两种主要形式。上供下回式系统的供水干管敷设在所有散热器之上, 回水干管敷设在所有散热器之下。

无论是自然循环还是机械循环热水供暖系统, 都应考虑系统充水时, 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。自然循环上供下回式热水供暖系统可通过设在供水总立管最上部的膨胀水箱排空气。

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  $0.2\text{m/s}$ , 而干管中空气气泡的浮升速度为  $0.1 \sim 0.2\text{m/s}$ 。立管中约为  $0.25\text{m/s}$ , 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  $0.005 \sim 0.01$ 。散热器支管也应沿水流方向设下降坡度, 坡度值为不小于  $0.01$ , 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, 以便于系统停止运行或检修时能通过回水干管顺利泄水。

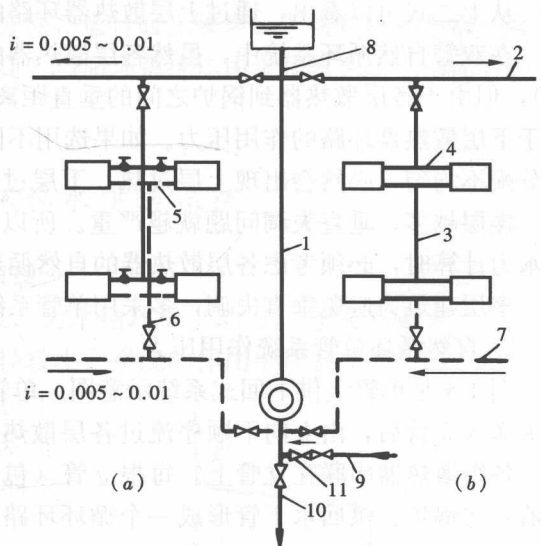


图 1-2 自然循环供暖系统

(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