



中等职业教育国家规划教材

全国中等职业教育教材审定委员会审定

JIANZHU SHEBEI
ANZHUANG ZHUANYE

暖通与空调工程

建筑设备安装专业

主编：王积莹



中国电力出版社

www.cepp.com.cn



中等职业教育国家规划教材
全国中等职业教育教材审定委员会审定

暖通与空调工程

建筑设备安装专业

主 编 王积莺
责任主审 李德英
审 稿 李 锐 李德英



中国电力出版社
www.cepp.com.cn



本书是中等职业教育国家规划教材之一。内容包括供暖工程、通风与空调工程、供暖及空调系统的调试与运行管理、现场参观教学及实践等四个部分。全书共四个单元、十四个课题。

供暖工程单元叙述供暖系统的组成、分类、基本型式、工作原理、特点及主要设备等知识。还介绍了热源、集中供热系统的热力站、热水供热系统、蒸汽供热系统的型式及连接方式和凝结水回收系统。

通风与空调工程单元叙述通风方式、通风系统部件的制作安装、现场测试方法、空调系统的组成、类型、工作原理、特点及主要设备,起重吊装的基本知识。

供暖及空调系统的调试与运行管理单元叙述热水、蒸汽供暖系统的初调节、运行调节的方法与步骤,供暖系统运行维护管理知识,空调系统的调试与运行管理。

现场参观教学及实践单元叙述到现场参观,要求学生了解供暖系统的构成、通风的基本形式、空调系统的构成以及各系统的组成、设备布置、运行调节和运行管理知识。实际操作中,根据施工图纸和现场测量,能进行加工安装草图的绘制,并能列出加工表及编制材料分析。

本书可作为中等职业学校(普通中专、成人中专、技工学校、职业高中)教材,也可作为职业培训用书,或供建筑设备安装人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

暖通与空调工程/王积莺编. —北京:中国电力出版社, 2002

中等职业教育国家规划教材·建筑设备安装专业

ISBN 7-5083-1144-2

I. 暖… II. 王… III. ①建筑-供热系统-专业学校-教材②建筑-空气调节系统-专业学校-教材③建筑-通风工程-专业学校-教材 IV. TU83

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2002)第 081120 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>)

北京密云红光印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行·各地新华书店经售

*

2003 年 3 月第一版 2003 年 3 月北京第一次印刷

787 毫米×1092 毫米 16 开本 13 印张 294 千字

印数 0001—4000 册 定价 15.60 元

版权专有 翻印必究

(本书如有印装质量问题,我社发行部负责退换)

中等职业教育国家规划教材

出版说明

为了贯彻《中共中央国务院关于深化教育改革全面推进素质教育的决定》精神，落实《面向 21 世纪教育振兴行动计划》中提出的职业教育课程改革和教材建设规划，根据教育部关于《中等职业教育国家规划教材申报、立项及管理意见》（教职成〔2001〕1 号）的精神，我们组织力量对实现中等职业教育培养目标和保证基本教学规格起保障作用的德育课程、文化基础课程、专业技术基础课程和 80 个重点建设专业主干课程的教材进行了规划和编制，从 2001 年秋季开学起，国家规划教材将陆续提供给各类中等职业学校选用。

国家规划教材是根据教育部最新颁布的德育课程、文化基础课程、专业技术基础课程和 80 个重点建设专业主干课程的教学大纲（课程教学基本要求）编写，并经全国中等职业教育教材审定委员会审定。新教材全面贯彻素质教育思想，从社会发展对高素质劳动者和中初级专门人才需要的实际出发，注重对学生的创新精神和实践能力的培养。新教材在理论体系、组织结构和阐述方法等方面均作了一些新的尝试。新教材实行一纲多本，努力为教材选用提供比较和选择，满足不同学制、不同专业和不同办学条件的教学需要。

希望各地、各部门积极推广和选用国家规划教材，并在使用过程中，注意总结经验，及时提出修改意见和建议，使之不断完善和提高。

教育部职业教育与成人教育司

二〇〇一年十月

前 言

《暖通与空调工程》是教育部 80 个重点建设专业主干课程之一，是根据教育部最新颁布的中等职业学校建筑设备安装专业“暖通与空调工程”课程教学大纲编写的。

本书以培养学生的创新精神和实践能力为重点，以培养在生产、服务、技术和管理第一线工作的高素质劳动者和中初级专门人才为目标。教材的内容适应劳动就业，教育发展和构建人才成长“立交桥”的需要，使学生通过学习具有综合职业能力、继续学习能力和适应职业变化的能力。

全书分四个单元、共十四个课题。主要内容有暖通与空调的基本型式、分类、工作原理、特点及组成设备构造和起重吊装的基本知识；供暖及空调系统的运行调节与维护管理。为了使理论与实践相结合，单元四专门安排了现场参观教学及实践。为了便于教学，每单元后附有小结和习题。

本书由重庆建筑技工学校王积莺高级讲师主编。书中单元一的课题一～课题六由王积莺编写；单元二的课题一、课题二，单元三的课题二，单元四的课题一由山东建筑工程学院赵淑敏讲师编写；单元二的课题三，单元三的课题一，单元四的课题二由山东建筑工程学院张金和副教授编写。本书由中国人民解放军后勤工程学院军事建筑与环境工程系周曾跃教授任第一主审，北京城建学校尹桦任第二主审。

本书可作为中等职业学校（普通中专、成人中专、技工学校、职业高中）教材，也可作为职业培训用书或供建筑设备安装人员参考。

编 者

2002 年 12 月

目 录

中等职业教育国家规划教材出版说明

前言

绪论..... 1

单元一 供暖工程..... 1

 课题一 供暖工程概述 5

 课题二 热水供暖系统 11

 课题三 蒸汽供暖系统 29

 课题四 辐射供暖与热风供暖 42

 课题五 供暖散热器与附属设备 50

 课题六 集中供热系统 71

 小结 84

 习题 85

单元二 通风与空调工程..... 88

 课题一 工业通风 88

 课题二 空气调节 115

 课题三 起重吊装的基本知识和安全施工知识 145

 小结 163

 习题 164

单元三 供暖及空调系统的调试与运行管理 166

 课题一 供暖系统的调试与运行管理 166

 课题二 空气调节系统的调试与运行管理 172

 小结 186

 习题 187

单元四 现场参观教学及实践 188

 课题一 参观教学 188

 课题二 通风空调系统加工安装草图的绘制 188

 小结 193

 习题 193

附录..... 195

参考文献 202

绪 论

为了更好地满足生产或生活上的要求,在建筑物内需安装供暖、通风、空气调节、热水供应等设备。本课程的基本内容是讲授上述设备的基本型式、系统组成、工作原理、特点、布置、安装要求以及系统的调试与运行管理等方面的知识。

一、暖通与空调的性质与任务

在冬季,由于室外气温降低,尤其在我国北方地区,冬季气温经常在零度以下,室内气温也相应下降,人们感到寒冷,生活和工作均受到影响。因此,在寒冷地区,室内必须设置供暖设备,向房间供热,以维持舒适的室内温度,保证人们正常生活和工作。此外,有些生产工艺过程也有一定的温度要求,也须设置供暖设备以保证产品质量不受影响。因此,供暖的任务是向房间供给一定的热量,创造适宜的室内温度,使人们能在比较舒适的环境中生活和工作,或满足生产工艺对空气温度的要求,以保证产品质量。

在夏季,我国南方地区气温高,室内气温也变得较高,需要通风与空气调节。通风工程在内容上分为工业通风和空气调节两部分。在工业生产中,随着生产过程的进行,会产生大量的余热、余湿、各种工业粉尘和有害气体,这将会污染车间空气和大气环境,对人们的身体健康会造成极大的危害。而且生产过程对空气环境也有一定的要求,如果达不到,产品质量就得不到保证,甚至使生产无法进行。例如,纺纱车间就要求空气的温度、湿度保持在某一范围内。电子工业的某些车间,不仅要求一定的空气温度、湿度,而且对空气的洁净度也要求严格控制,否则会严重影响产品的质量,并使废品率剧增。

随着工业生产的不断发展,散发的工业有害物日益增加,全世界每年估计排入大气的粉尘约为1.5亿t,其中二氧化硅(SiO_2)达1亿t左右。如果工人长期接触或吸入 SiO_2 粉尘,肺部会引发弥漫性纤维,到一定程度便形成“矽肺”。大气污染的影响范围广,后果严重。因此,搞好劳动保护和环境保护,为广大人民群众创造良好的劳动和生活环境,是从事通风工程人员的职责。工业通风的主要任务是控制生产过程中产生的粉尘、有害气体、高温、高湿,创造良好的生产环境并保护好大气环境。

空气调节是对室内空气温度、湿度、空气流动速度及洁净度进行人工调节,以满足人体舒适和工艺生产过程的要求。现代技术发展有时还要求对空气的压力、成分、气味及噪声等进行调节与控制。因此,空气调节的任务是采用技术手段创造并保持满足一定要求的空气环境。

在高层建筑及大型公共建筑中,为了营造舒适的环境,不仅要求室内空气具有一定的温度和湿度,而且要求及时排除污浊空气,保持空气清新和适当的气流速度。大型公共建筑尤其要求保持冬暖夏凉的舒适环境。

空气调节对国民经济各部门的发展和对人民物质文化生活水平的提高具有重要意义。这不仅是因为控制空气环境对工业生产过程的稳定操作和保证产品质量有重要作用,还因

为空气调节对提高劳动生产率, 保证安全操作, 保护人体健康, 创造舒适的工作和生活环境也有重要意义。实践证明, 空气调节是现代化生产和社会生活中不可缺少的重要条件。

二、暖通与空调技术在国内外的的发展概况与发展方向

我国地域辽阔、资源丰富、历史悠久。最早人们使用炉灶, 既用来做饭, 也用来供暖。后来发展到利用专门的火炉、火墙、火炕等设施进行供暖。目前我国北方, 尤其是农村还在广泛使用。火地则是我国宫殿中常用的供暖形式, 至今在北京故宫和颐和园中还完整地保留着, 这是辐射供暖的原始形式。从 19 世纪开始, 蒸汽机发明以后, 锅炉制造业也迅速发展起来, 出现了以水蒸气和热水为热媒的集中供暖。到了 20 世纪, 随着大工业的发展以及科学技术的进步, 集中供暖的范围进一步扩大, 出现了区域性的集中供热系统。

区域供热系统有显著的优越性, 如它采用大型现代化锅炉, 燃烧效率高, 节约能源; 大型区域供热系统供热半径大, 热源可以远离城市中心人口稠密区, 并可设置高效的排烟脱硫和除尘设备, 以减轻对城市环境的污染; 机械化、自动化程度高, 改善了劳动条件、节省了劳动力等。

区域供热是大、中城市供热的总体发展方向, 在我国北方很多城市已开始使用并逐步推广。

通风与空气调节技术在解放后得到了很快的发展, 自 20 世纪 50 年代起在工业生产中逐步设置了清除空气中有害物的通风设备; 60 年代已建成恒温大楼; 70 年代末期, 在一些高级宾馆内设置了空调系统。改革开放以来, 高层建筑大量兴建, 通风与空调技术得到了更快的发展, 许多办公楼、商场和住宅都装设了空调设备。80 年代中期, 我国暖通空调电算技术已进入新的阶段, 用计算机绘图取代了手工制图, 用电脑控制技术控制整个暖通与空调系统的运行, 成为新型智能化建筑的重要组成部分。

90 年代我国区级医院的手术室已基本满足无菌要求。在公共与民用建筑中, 如大会堂、会议厅、图书馆、展览馆、影剧院、办公楼等多数都设置了空调系统。随着旅游业的发展, 空气调节在宾馆、酒店、商业中心、游乐场所已很普遍。居室住房对实现空气调节的要求也与日俱增, 家用空调的装备率逐年上升。交通运输工具, 如汽车、飞机、火车及轮船等, 空气调节的装备率总体呈上升趋势。

现代农业的发展也与空气调节密切相关, 如大型温室、禽畜养殖、粮种贮存等都需要对室内空气环境进行调节。

另外, 在宇航、核能、地下与水下设施以及军事领域, 空气调节也都发挥着重要作用。

由此可见, 现代化发展需要空气调节, 空气调节技术的提高与发展则依赖于现代化技术的革新。总之, 21 世纪我国暖通与空调技术将得到更快、更好、更新的发展。

在国外, 日本空调技术从 1945 年前后开始形成, 在 1960 年以后得到空前普及, 城市内大部分建筑物采用了空调, 70 年代采用了用电子计算机控制整个空调系统的技术。

无菌洁净室在国外发展很快。例如: 1976 年在日本单是新建的 100 级 (相当于我国空气洁净度等级 2 级标准, GB 5073—1998) 的手术室就有一百多个, $0.1\mu\text{m}$ 的 10 级 (相当于我国空气洁净度 1 级标准) 洁净室已经问世。

在节约能源方面: 80 年代美国匹兹堡玻璃板工业公司总部办公大楼开始使用热泵为

高层办公大楼供暖，能耗下降了大约一半。旧大楼每平方米每年要耗费 1181MJ (281250kcal) 的热量，而新大楼每平方米每年仅耗费 590MJ (140625kcal) 的热量。

太阳能暖房在国外发展十分迅速，而在国内太阳能资源较为丰富（冬季日照率高）的地区，如甘肃、西藏等，自 70 年代中期以来，相继建成了一批试验性太阳房，现已逐步得到推广和应用。太阳房分为被动式和主动式两类，前者完全依靠太阳能，后者则辅以其他能源（通常为电能，以驱动风机、水泵等）。例如：甘肃省甘南藏族自治州于 1980 年建成了三栋太阳能供暖房屋（简称甘南 1 号、2 号、3 号太阳房），其中甘南 1 号太阳房采用了主动与被动相结合的太阳能供暖系统，甘南 2 号、3 号则采用了完全被动式的太阳能供暖系统。太阳能作为一种“取之不尽，用之不竭”的洁净能源，在能源危机不断加剧的今天，它的应用与发展被认为是衡量一个国家科技与经济综合实力的一个方面。

利用地热能源供热已有 70 多年的历史。世界上最早利用地热供暖的有意大利和新西兰等国家。冰岛首都雷克雅未克市的地热供热系统规模很大，据 1980 年资料，全市约 98.5%（约 10 万人）已使用地热资源供暖和供应热水。其地热水温度一般为 80 ~ 120℃。此外，在匈牙利、日本、美国、前苏联等许多国家都有地热水供热系统。

原子核的裂变和聚变可以释放出巨大的能量。原子能利用于热电联产上，始于 1965 年。目前世界上已建成的原子能电站超过 300 座。近年来许多国家如前苏联、瑞典、加拿大等国家都在积极开发。

为了实现空调系统综合节能，日本首先从提高空调设备效率入手，收到了很显著的效果。主要是在空调设备上采用了变频调速技术；对于电动水冷机组和吸收式冷冻机则是根据室外气温分别控制其冷水出口温度和溶液循环量，以达到节能的目的。追求多样化的能源形式是日本暖通空调的发展方向。

在能源方面，暖通与空调技术发展方向是要开源节流，充分利用太阳能、地热能，积极开发原子能等新能源作为供热的热源。

无论在国外或国内，计算机的拥有量和应用水平都是衡量一个国家的经济力量和科学技术水平的重要标志之一。暖通自动化技术的发展将以数字式电子计算机为核心，智能化空调控制系统将得到很大的发展，进而扩展成整个建筑物或建筑群的能量管理控制系统。调节建筑物内暖通空调系统，可以使系统工作能随着天气温度的变化而自动调节，更好地保证了室内冬暖夏凉的舒适环境，同时节约了能源。

家用空调将向智能化、隐形化、具备健康功能、集成化、省空间、“一拖多”以及高效节能等方面发展。在空调净化方面将发展等离子体空气净化技术，以生物抗菌过滤层、等离子体过滤层、杀菌过滤层等进行阶段性、渐进式的过滤，杀死细菌，消除灰尘和异味。

另外，国外冰蓄冷空调技术的发展，预示着未来空调技术发展的一个方向。

建筑暖通与空调工程所耗能量在国民经济总耗能量中所占比例很大，如美国、日本约占 1/3，瑞典约占 48%。随着世界能源危机的不断加剧，“节能—节能—再节能”，成为当代暖通界人士共同追求的目标。建筑节能是一项系统工程，必须全方位共同努力方能见效。

三、本教材的特点、学习目的和要求

本课程在内容上由四个单元组成：供暖工程、通风及空调工程、供暖及空调的维护管理与运行调节、现场参观教学及实践，体现了理论教学与实践相结合的原则。

本教材的特点是删减了繁琐的计算部分，扩大了基础知识面，增加了感性知识，突出了职教特色。树立了以全面素质为基础，以能力为本位的新观念，欲培养具有综合职业能力，能在生产、技术和管理第一线工作的高素质劳动者和中初级专门人才，并使之具有继续学习的能力和适应职业变化的能力。培养学生的创新精神、创业能力和实践能力。

作为高素质劳动者和中初级专门人材，必须掌握暖通空调专业的基本知识，并能实际操作。同时懂得本专业与建筑主体之间的关系，并与其他专业相互配合（例如给水排水专业、电气专业等）。在安装过程中，应有能力处理好与各专业的协作关系。

通过理论学习，要求学生懂得暖通空调系统的基本型式、系统组成、工作原理、工作特点及适用范围，并能掌握好暖通空调系统的安装技术要求、调试和运行管理、起重吊装等方面的理论知识。

到施工现场参观实习，增加对暖通空调系统的实感，加深对暖通空调系统基本知识的理解，了解暖通设备的构造、管道设备的布置及安装要求等。

在操作实习中，要学会根据施工图现场测量风管和配件的加工尺寸，并能计算安装尺寸和绘制加工安装草图。因此，在实践中要着重加强对实际操作能力的训练，苦练基本功，能较熟练地掌握基本技能，让技能训练与职业鉴定内容相衔接，使学生毕业时具备通过职业技能鉴定的能力。

除了学习本课程的基本内容外，在教学过程中还应紧密结合“水暖通风空调安装实习”课程，达到理论知识与实际能力相互补充、相互加深的目的。

供暖工程

课题一 供暖工程概述

一、供暖的基本概念

在冬季，室外气温低于室内温度时，房间里的热量便会通过建筑围护结构不断地传向室外。为使室内保持所需要的温度，就必须向室内供给相应的热量。供暖就是用人工方法向室内供给热量，以创造适宜的生活条件或工作条件的技术。这种向室内供给热量的工程设施，叫做供暖系统。

供暖系统主要由三部分组成：热媒制备（热源）、热媒输送（输热管道系统）、热媒利用（散热设备）。

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集中在一起的供暖系统，称为局部供暖系统，如烟气供暖（火炉、火墙、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用户，但能量的转化和利用都是在散热设备上实现的，因此也属局部供暖系统。

热源和散热设备分别设置，通过热媒管道相连接，由集中热源向各个房间或各个建筑物供给热量的供暖系统，称为集中供暖系统，如图 1-1 所示。对一个或几个小区众多建筑物的集中供暖方式，称为区域供暖。在国内有的也称其为联片供热。区域供暖系统实质上是一种大型的集中供暖系统，其热源是热电站或大型锅炉房。

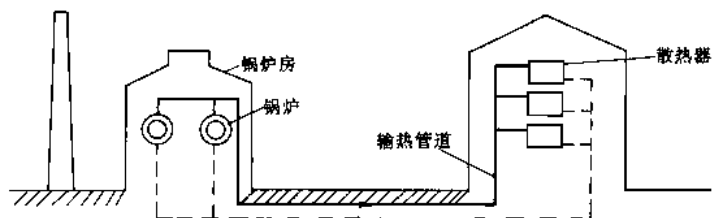


图 1-1 集中供暖系统示意图

在集中供暖系统中，把热量从热源输送到散热器的物质叫“热媒”。集中供暖系统中所用的热媒主要是水或蒸汽，通过室外管网，将热水或蒸汽送至各个用户。室外管网以双管系统最为普遍，即自供热中心（锅炉房、热电站）引出两根管线，一根将热水或蒸汽送到用户、另一根让回水或凝结水流回供热中心。

大型集中供暖系统的优点是由于使用大型锅炉，其机械化程度高，自动控制技术较完善，操作管理质量和效率较高。因此，燃料中热能的利用率高，减少了管理人员，节省了经费，还可减轻对大气的污染。

（一）大型集中（区域）供暖系统的类型

1. 根据供暖系统的热源不同的分类

根据供暖系统的热源不同，集中（区域）供暖可分为：

- (1) 热电厂供暖系统（热电合供系统）。
- (2) 区域锅炉房供暖系统。
- (3) 工业余热供暖系统。

此外，还有以核能、太阳能、地热能等作为热源的热供或供暖系统。顺便指出一点，供热和供暖从概念上讲有一定的差异，供热所指范围较广，通常指为满足各种工艺要求向热用户提供适宜的热媒，包括热水供应，通风、空调和生产用热，供暖也包括在其中；而供暖则仅为供热这一大项目中的一个单项。

以热电厂和区域锅炉房作为热源供暖系统，是目前常见的型式，应用广泛。利用工业余热进行供热或供暖，是节约能源的重要途径之一。

2. 根据供暖管道的数目不同的分类

根据供暖管道的数目不同，集中（区域）供暖系统可分为：单管、双管、三管或四管等型式。

(二) 大型集中（区域）供暖系统的特点

大型集中（区域）供暖系统的特点如下：

(1) 供暖系统热源部分的设备集中安装在区域锅炉房或热电厂内，维修管理方便，有利于系统的运行调节。

(2) 取消小型供暖的锅炉房，节省人力、节约燃料，减少了对大气的污染，保护了环境。

(3) 小型锅炉房的减少，节约了建筑面积，有利于城市的规划建设。

二、供暖系统的分类

1. 根据三个主要组成部分的设置情况的分类

供暖系统根据三个主要组成部分的设置情况不同可分为：

- (1) 局部供暖系统。
- (2) 集中供暖系统。

2. 根据使用的热媒不同的分类

供暖系统根据使用的热媒不同可分为：

- (1) 蒸汽供暖系统。
- (2) 热水供暖系统。
- (3) 热风供暖系统。

3. 根据散热器散热方式不同的分类

根据供暖系统中散热器散热方式不同可分为：

- (1) 对流供暖系统。
- (2) 辐射供暖系统。

供暖系统的工作原理是利用输热管道，将热媒输送到供暖房间，采取不同的散热方式，向室内供给热量，以达到供暖的目的。

三、热源

在热能供应范畴中，凡是能将天然或人工的固有能量形态最终转化为载热媒体（热媒）并使其参数符合供热系统要求的设备与装置，通称为热源。如燃煤锅炉，可将煤的化学能燃烧后变为烟气的热能，再通过各种受热面传热给热水或蒸汽，并使热媒达到设计参数，以满足用户的要求。

在大型集中（区域）供热系统中，目前采用的热源型式有：区域锅炉房、热电厂、核能、地热、工业余热和太阳能等，其中发展前途最为广阔的热源型式是热电厂和区域锅炉房。

（一）热电厂

热电厂是联合生产电能和热能的热电厂。联合生产电能和热能的方式，取决于采用供热汽轮机的型式。供热汽轮机主要分两大类型：背压式汽轮机和抽汽式汽轮机。

1. 背压式汽轮机

排汽压力高于大气压力的供热汽轮机称为背压式汽轮机。背压式汽轮发电机组热电厂供热系统如图 1-2 所示。

这种系统适用于工业区或工业企业自备热电厂。从蒸汽锅炉 1 产生的高压、高温蒸汽进入背压式汽轮机 11，在汽轮机中进行膨胀，推动汽轮机转子高速旋转，带动发电机发出电能，输入电网。一部分蒸汽由汽轮机中部引出，通过减压降温装置 10，送入蒸汽供热系统；另一部分蒸汽在汽轮机中充分膨胀，当压力降至 $8 \times 10^5 \sim 13 \times 10^5 \text{ Pa}$ 时，由汽轮机尾部排出，进入蒸汽供热系统，供给各蒸汽用户；剩余的蒸汽进入热网水加热器 9，加热热水供热系统的循环水，供给热水热用户。蒸汽供热系统的凝结水和热网水加热器 9 的凝结水集中到凝结水回收装置 7 中，经过净化、除氧和化学处理后经锅炉给水泵送入锅炉 1，作为锅炉的给水。热水网的回水经除污器 5，由循环水泵 2 送入热网水加热器 9，加热升温后再送入热水网，向热水用户供热。热水网路中的漏水量，由补充水处理装置 6 经补给水泵 3 向系统补水。利用压力调节阀 4 控制热水供应系统的压力。

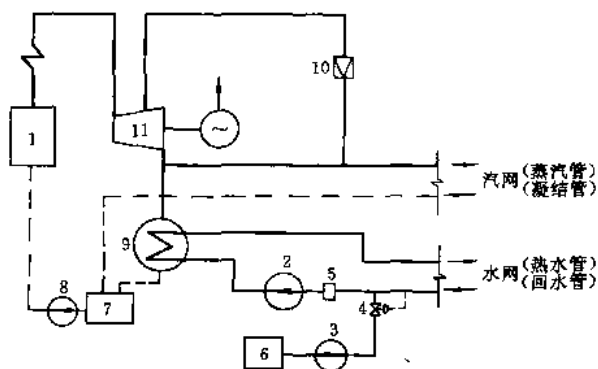


图 1-2 背压式汽轮发电机组热电厂供热系统图

1—蒸汽锅炉；2—循环水泵；3—补给水泵；4—压力调节阀；
5—除污器；6—补充水处理装置；7—凝结水回收装置；8—锅炉给水泵；9—热网水加热器；10—减压降温装置；11—背压式汽轮发电机

背压式汽轮机的热能利用效率较高，但由于热、电负荷相互制约，它只适用于承担全年或供暖季节基本热负荷所需的供热量。

2. 抽汽式汽轮机

从汽轮机中间抽汽对外供热的汽轮机称为抽汽式汽轮机。它可分为两大类：第一类是

抽汽量不影响额定发电功率的机组，其热、电负荷不相互制约；第二类是热、电负荷相互受一定制约的抽汽式机组。现以第一类具有带高、低压可调节抽汽口的汽轮发电机组的热电厂供热系统为例，如图 1-3 所示，分析其工作过程。

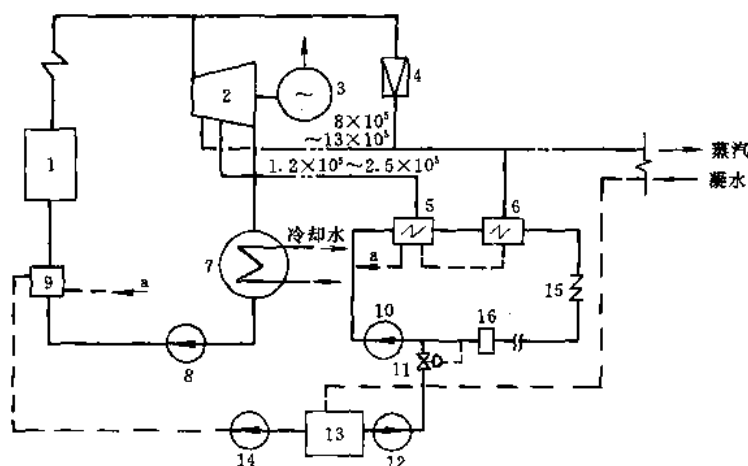


图 1-3 抽汽式热电厂供热系统图

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

在图 1-3 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，输入电网后向城镇供电。

汽轮机中有两个可调节的抽汽口。高压可调节抽汽口的抽汽压力为 $8 \times 10^5 \sim 13 \times 10^5 \text{ Pa}$ ，主要用来向用户供应高压蒸汽，满足生产工艺用热的需要。低压可调节抽汽口的抽汽压力为 $1.2 \times 10^5 \sim 2.5 \times 10^5 \text{ Pa}$ ，抽出的蒸汽大部分送入基本加热器 5，用来加热网路回水。被基本加热器 5 加热过的热网水，如温度尚不能满足供热要求时，则送入高峰加热器 6 进一步加热到所需的温度。高峰加热器 6 所需的蒸汽是由锅炉经减压降温装置 4 或高压可调节抽汽口供给的。高、低压可调节抽汽口的抽汽量可随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，以确保所需的发电量不变。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（由一组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。

蒸汽在热用户中放热后，冷凝水返回热电厂水处理装置 13，再通过给水泵 14 送入电厂的回热装置 9 加热。

热水网络的循环水泵 10 驱动网路中的水不断循环并被加热，被加热的水送至热用户 15 放热，冷却后的回水经除污器 16 除掉污物后再循环使用。通过热水网络的补给水泵 12，补充热水网络的漏水量。利用补给水压力调节器 11，控制热水供热系统的压力。

由汽轮机可调抽汽口送出的蒸汽，除了一部分直接向外输送或通过基本加热器加热网

路水外，还有一部分送入热电厂内部回热系统来对锅炉上水加热。

(二) 区域锅炉房

区域锅炉房是城镇集中供应热能的热源。虽然它的热效率低于热电厂的热效率，但区域锅炉房中使用燃煤锅炉的热效率也能达到 80% 以上，比分散的小型锅炉房的热效率 (50% ~ 65%) 高得多。此外，区域锅炉房与热电厂相比，其投资低、建设周期短、厂址选择容易。因此，区域锅炉房同样是城镇集中供热的主要热源型式之一。

区域锅炉房根据其制备热媒的种类不同，分为蒸汽锅炉房和热水锅炉房。

1. 蒸汽锅炉房

在工矿企业中，大多需要蒸汽作为热媒，供应生产工艺所需热负荷。因此，在锅炉房内设置蒸汽锅炉和锅炉房设备作为热源，是一种普遍采用的型式。

根据以蒸汽锅炉房作为热源的集中供热系统所提供热媒不同，蒸汽锅炉房可分为两种主要型式：

(1) 向集中供热系统的所有热用户供应蒸汽的型式。

(2) 在蒸汽锅炉房内同时制备蒸汽和热水的型式。通常蒸汽供应生产工艺用热，热水则供应供暖、通风、生活等用热。

根据在蒸汽锅炉房集中制备热水方式的不同，有：

(1) 采用集中热交换站的形式。

(2) 采用蒸汽喷射装置的形式。

(3) 采用淋水式换热器的形式。

现主要介绍蒸汽锅炉房设置集中热交换站的供热系统，如图 1-4 所示。

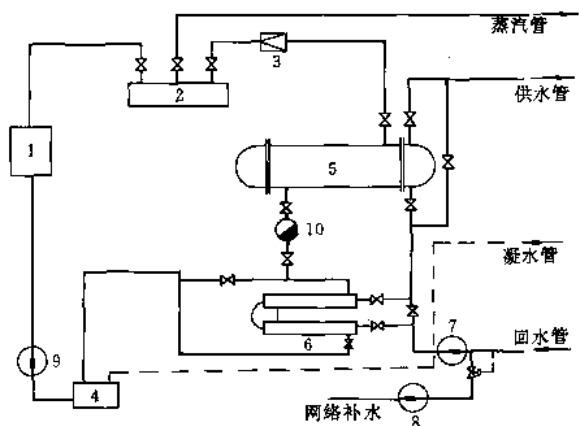
蒸汽锅炉 1 产生的蒸汽，先进入分汽缸 2，然后沿蒸汽管道向生产工艺及热水供应 (设有汽—水热交换器) 用户供热。一部分蒸汽通过减压阀 3 后，进入汽—水换热器 5，加热网路回水，以满足供暖、通风等用户热的需要。蒸汽系统及热交换站的凝结水，分别由凝结水管送回凝结水箱 4。

集中热交换站通常采用两级加热的方式。热水网路回水首先进入凝结水冷却器 6，初步加热后再送进汽—水换热器 5，以便充分利用其余热。凝结水冷却器和汽—水换热器的管道上均设置有旁通管，以便于调节水温和维修。

采用集中热交换站的热源形式，具有以下的主要优点：

(1) 用热水供暖代替蒸汽供暖，系统的热能利用率高，节约能源。

(2) 凝结水回收率高，水质易于保证，因而能较大地减少水处理设施的投资



和运行费用。

(3) 热交换站设在锅炉房内或附近，管理方便，安全运行比较有保证。

它的主要缺点：

(1) 建筑及设备的投资较大。

(2) 与利用热水锅炉直接制备热水的形式相比，蒸汽锅炉需要定期或连续排污，热损失较大。

2. 热水锅炉房

在区域锅炉房内装设热水锅炉及其附属设备，直接制备热水的集中供暖系统，近年来在国内有较大的发展。它多用于城市区域或街区的供暖，或用于工矿企业中供暖通风热负荷较大的场合。

热水供暖系统的定压一般在热源处实施。热水供暖系统定压主要有以下几种方式：

(1) 采用高架水箱定压。

(2) 采用补给水泵定压。

(3) 采用气体定压。

(4) 采用蒸汽定压。

采用补给水泵连续补水定压是最常用的定压方式，如图 1-5 所示。

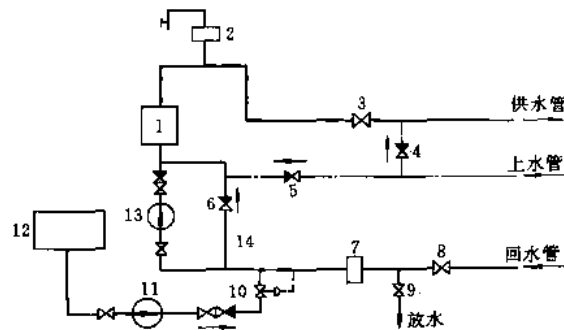


图 1-5 热水锅炉房内采用补给水泵连续补水定压图式

1—热水锅炉；2—集气罐；3—供水管总阀门；4、5、6—止回阀；7—除污器；8—回水管总阀门；9—放水阀；10—补水压力调节器；11—补给水泵；12—补给水箱；13—网路循环水泵；14—旁通泄压管

热水供暖系统是一个封闭的热水循环系统，由热水锅炉，外网供、回水管及热用户等组成。循环水泵 13 驱使网路水循环流动。热水供热系统的定压装置由补给水箱 12、补给水泵 11 及压力调节器 10 等组成。当系统正常运行时，通过压力调节器的作用，使补给水泵的连续补水量与系统的泄漏水量相适应，从而维持系统动水压力。当系统循环水泵停止工作时，同样用来维持系统必须的静水压力。

区域锅炉房的电力供应不如热电厂安全可靠，在电力供应紧张的地区常会出现突然停电现象。若突然停电，循环水泵及补给水泵停止运行，此时应防止系统汽化及出现瞬间水击（水锤），通常可采取一些缓解措施。此时，将回水管的总阀门 8 关闭，缓慢开启锅炉顶部集气罐 2 上的放气阀排汽，也可以缓慢开启放水阀 9，进行放水。随着锅炉压力下降，上水经止回阀 5 流进热水锅炉，从而缓解由于炉膛余热所引起的锅炉水汽化。如上水压力高于系统静水压力，还可以通过装有止回阀 4 的管道，利用上水压力对外网和用户定压。

当循环水泵停止运行时，由于管道中水的流动突然受阻，流体的动能转变为压力能（静压），循环水泵入口的回水压力急剧增高，产生水击现象。强烈的水击波通过回水管迅

速传给热用户，甚至会使承压能力较低的散热器破裂。水击力的大小与系统中循环水流量和流速大小以及循环水泵停止工作时间的长短有关。系统中循环水的流量或流速越大、循环水泵停止工作时间越短，则水击力越大。因此设旁通泄压管 14，以缓解水击现象。

课题二 热水供暖系统

以热水作为热媒的供暖系统称为热水供暖系统。热水供暖系统是目前使用最为广泛的一种供暖形式。住宅和公共建筑中常采用热水供暖系统。热水供暖系统也用于生产厂房及辅助建筑物中。

一、热水供暖系统的分类

1. 按系统循环动力分类

按系统循环动力分类，热水供暖系统可分为自然循环（即重力循环）系统和机械循环系统。靠水的密度差进行循环的系统，称为自然循环系统；靠机械（水泵）力进行循环的系统，称为机械循环系统。

2. 按系统的每组立管数分类

按系统的每组立管数分类，热水供暖系统可分为单管系统和双管系统。热水经立管或水平供水管顺序流过多组散热器，并依秩在各散热器中冷却的系统，称为单管系统。热水经供水立管或水平供水管平行地分配给多组散热器，冷却后的回水自每个散热器直接沿回水立管或水平回水管流回热源的系统，称为双管系统。

3. 按系统的管道敷设方式分类

按系统的管道敷设方式分类，热水供暖系统可分为垂直式和水平式系统。

4. 按系统的热媒参数分类

按系统的热媒参数分类，热水供暖系统可分为低温热水供暖系统（热媒参数低于 100°C ）和高温热水供暖系统（热媒参数高于 100°C ）。

室内热水供暖系统，大多采用低温水作为热媒，供、回水温度多采用 $95^{\circ}\text{C}/70^{\circ}\text{C}$ （或 $85^{\circ}\text{C}/60^{\circ}\text{C}$ ）。高温水供暖系统一般用于生产厂房中，供、回水温度大多采用 $120\sim 130^{\circ}\text{C}/70\sim 80^{\circ}\text{C}$ 。

二、自然（重力）循环热水供暖系统

（一）自然循环热水供暖系统的工作原理

自然循环热水供暖系统的工作原理如图 1-6 所示。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 把锅炉与散热器相连接。在系统的最高处设置有膨胀水箱 5，用它来容纳水在受热后膨胀所增加的体积。

在系统工作之前，先将系统中充满冷水。当水在锅炉内被加热后，密度减小，同时受从散热器流回来的密度较大的回水驱动，使热水沿供水管路上升，流入散热器。在散热器内散热冷却，再沿回水管路流回锅炉。这就形成了如图 1-6 所示的循环流动。

由此可见，自然循环热水供暖系统循环作用压力的大小，取决于水温（水的密度）在