



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

主 编 余 宁

暖通与空调工程

NUANTONGYUKONGTIAOGONGCHENG

建筑设备安装专业

中国建筑工业出版社

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
全国建设行业中等职业教育推荐教材

暖通与空调工程

(建筑设备安装专业)

主 编 余 宁
责任主审 李德英
审 稿 许 让

中国建筑工业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

暖通与空调工程/余宁主编. —北京: 中国建筑工业出版社, 2002

中等职业教育国家规划教材, 建筑设备安装专业

ISBN 7-112-05414-1

I. 暖… II. 余… 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 IV. TU83

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2002) 第 099563 号

本书包括的主要内容有: 集中供热与采暖的基本概念、热水采暖系统、蒸汽采暖系统、辐射采暖与热风采暖简介、采暖散热器与附属设备、工业通风、空气调节、起重搬运的基本概念及基本操作方法、供热采暖系统的调节与维护管理、空气调节系统的调试与运行管理等内容。

本书可供中等职业学校建筑设备安装专业师生使用。

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
全国建设行业中等职业教育推荐教材

暖通与空调工程

(建筑设备安装专业)

主 编 余 宁

责任主审 李德英

审 稿 许 让

*

中国建筑工业出版社出版(北京西郊百万庄)

新华书店总店科技发行所发行

北京市兴顺印刷厂印刷

*

开本: 787×1092 毫米 1/16 印张: 13½ 字数: 324 千字

2003 年 5 月第一版 2003 年 5 月第一次印刷

印数: 1—2,000 册 定价: 17.00 元

ISBN 7-112-05414-1
TU · 4738 (11028)

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)

本社网址: <http://www.china-abp.com.cn>

网上书店: <http://www.china-building.com.cn>

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写，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

2002 年 10 月

前 言

本书是教育部和建设部所定的中等职业学校重点建设专业建筑设备安装专业规划系列教材,按照《暖通与空调工程》课程教学基本要求进行编写的。使用对象为中等职业学校三年、四年制建筑设备安装专业的学生,亦可用于建筑设备类专业的中等岗位人员培训用教材及作为建筑安装工程技术业务学习的参考用书。

根据2002年2月建设部中专建筑机电与设备安装专业指导委员会及中等职业学校建筑设备安装专业教学改革整体方案研究项目组会议教材编写安排意见,该书由南京建筑工程学校高级讲师余宁主编。全书共有10章,绪论、第一、二、八、九、十章由南京建筑工程学校余宁、顾红军编写,第三章由南京工业大学莫奇编写,第四、五、六、七章由南京联合职工大学严莹、桑海涛,贵州省城乡建设学校杨江红和四川省攀枝花市建筑工程学校孙斌编写,黑龙江建筑职业技术学院苏德权,四川省德阳市四川建筑职业技术学院毛辉同志也参加了编写工作。

教材总体构架为三部分:基础知识、选用知识和实践应用知识。基础知识部分主要讲述供热采暖系统、工业通风系统、空气调节系统的类型、组成、使用特点及其设备与管道的布置,讲述建筑设备搬运、吊装的基本知识和施工安全的知识;选用知识部分主要讲述供热采暖系统和空调系统的安装调试、运行调节及维护管理方面的基本知识;实践应用知识部分主要讲述通风空调系统加工安装草图的绘制,常用测试仪表、仪器的使用及采暖空调系统的有关测定、调试与调节。全书计划教学时数为100学时,其中基础知识部分内容约讲54学时;选用知识部分(书中打有“*”号的内容)约20学时(含8学时的现场实践训练),三年制学生可不学;实践应用知识部分约16学时;剩余10学时作为机动,用于各学校根据生产技术的发展或不同地区的实际情况,调整或更新补充教学内容。

本书由江苏省建筑职工大学高级工程师刘鹰主审。江苏省建筑职工教育中心金强同志在编写过程中提出了许多宝贵意见,在此表示诚挚的谢意。

限于编者水平,书中难免会有不妥或错误之处,恳请读者与同行专家批评指正。

编者

目 录

绪论	1
第一章 集中供热与采暖的基本概念	5
第一节 集中供热	5
第二节 采暖系统	8
第三节 用户引入口	12
复习思考题	13
第二章 热水采暖系统	15
第一节 重力(自然)循环热水采暖系统	15
第二节 机械循环热水采暖系统	20
第三节 高温水采暖简介	24
第四节 热水采暖系统施工图	26
第五节 热水采暖系统的管路布置与敷设	31
复习思考题	35
第三章 蒸汽采暖系统	36
第一节 蒸汽采暖的基本原理、分类与特点	36
第二节 低压蒸汽采暖系统	38
第三节 高压蒸汽采暖系统	41
复习思考题	46
第四章 辐射采暖与热风采暖简介	47
第一节 辐射采暖的特点及其类型	47
第二节 钢制辐射板的构造、布置与安装	48
第三节 热风采暖的基本形式及暖风机的布置与安装	51
复习思考题	53
第五章 采暖散热器与附属设备	54
第一节 散热器的工作原理、类型及其性能	54
第二节 散热器的布置与安装	59
第三节 热水采暖与蒸汽采暖系统的附属设备	61
复习思考题	68
第六章 工业通风	70
第一节 工业有害物及其危害	70
第二节 通风方式及通风系统的组成	73
第三节 通风管道和部件的加工制作与安装	81
第四节 通风系统的测试及维护、运行管理	90
复习思考题	99

第七章 空气调节	101
第一节 空气调节系统的类型、构成、工作原理及特点、适用范围.....	101
第二节 空调系统的主要设备.....	108
第三节 空调水系统.....	120
第四节 通风空调施工图.....	125
复习思考题.....	133
第八章 起重搬运的基本知识与安全施工技术	134
第一节 起重搬运的基本概念及基本操作方法.....	134
第二节 常用索具及吊具.....	135
第三节 滑轮与滑轮组.....	144
第四节 千斤顶与手动葫芦.....	148
第五节 卷扬机与地锚固定.....	153
第六节 设备的搬运与吊装.....	160
第七节 施工安全知识与技术.....	169
复习思考题.....	173
*第九章 供热采暖系统的调节与维护管理	175
第一节 热水供热采暖系统的初调节和运行调节.....	175
第二节 蒸汽供热采暖系统的初调节和运行调节.....	180
第三节 供热采暖系统运行中常见故障及其排除.....	181
复习思考题.....	187
*第十章 空气调节系统的调试与运行管理	189
第一节 空调系统的试运行及有关调试.....	189
第二节 空调系统的运行调节.....	195
第三节 空调系统调试管理中问题分析及其解决方法.....	199
复习思考题.....	201
附录表 1-1 室外气象参数	202
附录表 2-1 水在各种温度下的密度 ρ	204
附录表 5-1 铸铁散热器性能表	204
附录表 5-2 钢制散热器热工性能	204
附录表 8-1 常用钢丝绳主要数据	205
参考文献.....	207

绪 论

一、课程的性质与内容

《暖通与空调工程》是中等职业学校建筑设备安装专业的主要专业课之一。其内容主要有三个部分：建筑的供热与采暖，建筑的通风与空气调节，暖通系统的运行调节及维护管理。

（一）建筑的供热与采暖

主要介绍热水采暖、蒸汽采暖、辐射采暖和热风采暖系统，集中供热系统的组成、类型和特点；供热采暖系统的主要设备和管路的布置敷设要求以及工程施工图。

（二）建筑的通风与空气调节

主要介绍工业通风和房屋空气调节的系统类型、构成和工作过程；通风空调系统的主要设备、管路布置及其工程施工图。

（三）暖通系统的运行调节及其维护管理

主要介绍供热采暖系统和空气调节系统的安装调节和运行调节；暖通系统中常见故障及其排除；暖通系统设备安全吊装搬运和维护管理的一般知识。

二、学习本课程的目的与任务

暖通与空调工程是现代建筑中不可缺少的重要工程。它不仅影响着建筑物的使用效能,而且还影响着社会生产和生活。如为了保证某些产品的生产质量,满足工艺过程中的要求,需要提供恒温、恒湿和洁净的生产环境;为改善人们劳动生产条件,需要提供有采暖、防暑降温、除尘排毒的劳动环境;为改善人们文化娱乐、交通旅游和生活居住环境和为保障科学研究实验,要求的各种人工实验气候条件等,都需要暖通与空调工程的支持。

中等职业学校建筑设备安装专业毕业的学生是从事建筑设备工程的施工组织管理、施工安装、施工预算及系统工程的调节、运行维护管理等工作的一线操作人员和初中级技术管理人员。作为建筑设备这样的专业人才,必须具备“暖通与空调工程”方面的专业知识,才能担当起工程建设的重任,实现自我的社会价值。

通过《暖通与空调工程》课程的学习,了解供热采暖系统和通风与空调系统的基本类型、基本工作原理以及系统的特点、组成;熟悉暖通设备与管道的有关布置原则和安装的规范要求;具备识读和绘制暖通施工图的基本能力;并具有采暖和空调系统安装、调试调节与运行维护管理的基本知识和初步能力。从而为暖通设备的安装、运行管理等工作打下基础。

本课程的任务是:通过课程的学习,使学生具备从事暖通工程施工安装、调试、运行维护管理工作所需的基本知识、基本技能,成为建筑设备专业的高素质劳动者和初、中级专门人才。

三、暖通与空调技术发展的概况和方向

暖通与空调工程在新中国成立前,因科技落后,没有形成专门的学科,建筑设备安装

也不成行业，采暖通风设施只是一些旧式的传统装置，附属于土木建筑工程之中。如利用气窗及门窗，依靠室内外空气温差所造成的热压，或者室外风力作用在建筑物上所形成的风压进行的自然通风；鼓风机的送排风，普通电风扇的通风，局部吸气、排气罩、冰块降温，煤炉、壁炉取暖等一些单功能的、不系统的采暖与通风。

在解放前夕的一段时期，在哈尔滨、天津、上海等较发达的大、中城市中，那些供贵族、列强帝国享乐的租界洋房中，暖通工程的设施和技术也大多掌握在外国人手中，较大的暖通工程是由外国的“洋行”和买办承包商所经营。我国那时的安装技术大多停留在手工业、作坊式的安装和维修水平上。

新中国诞生后，国民经济快速恢复，基本建设得到大规模发展。自1952年起开设了建筑设备这个新的学科，建造了供热空调工程设备器材制造厂，在建筑企业中组成了“卫生设备安装公司”，之后又成立了各省、各部门的“工业设备安装公司”。经过第一个、第二个五年计划（1953~1962年）的10年基本建设，国家形成了较完善的基础工业体系，建筑设备安装队伍也初具规模，暖通空调的理论和技術有了很大发展。1959年完成的首都10大建筑之一的人民大会堂，建筑面积达17万 m^2 ，仅用10个月建成。全部建筑中，有完善的采暖通风空调设施。其中通风管道总长度达260km之多。该工程设计、施工、材料供应均自力更生，工期短，速度快，设备复杂，多工种交错施工，其工程技术 with 质量代表了我国20世纪60年代初的建筑安装技术水平。

20世纪80年代，随着我国经济的改革，对外的开放，开创了我国经济建设的新纪元，暖通与空调技术也迅猛发展，大量国外引进的先进技术，不仅被安装企业吸收、消化、掌握和推广，而且有的技术还有了新的发展。现在，全国各省及大、中城市的安装公司，不仅能承担本地区和其他地区的安装任务，而且还能走出国门承揽国际安装业务，成为跨地区、跨行业的集团公司或跨国企业公司。这些企业集团公司，除承担安装工程外，还附有加工厂或预制厂，暖通产品销往世界各地。目前能够承担国家重点工程、引进工程、城镇安装工程以及国外安装工程的大型企业，暖通空调工程安装公司已达五百多家，有数百万技术专业职工队伍。我国的暖通空调科学技术已走向世界。现代建筑设备工程技术的发展，已是：

1. 新材料、新产品、新工艺快速发展，在暖通工程中引起了许多技术改革。例如采用铝塑管和铜塑管取代镀锌钢管作为热水供应管和采暖输送管，具有重量轻，耐腐蚀、易施工，好布置的优点；变速电动机和低扬程、小流量特性的水泵新产品，供水供暖系统运行得到合理的改善；国外开始采用的被动式太阳能采暖及降温装置，为暖通空调技术提供了新型冷源和热源；低温地板采暖和地下水采暖不仅节省能源、运行效率高，而且使采暖更近自然、卫生、不占空间、不影响室内美化。

2. 暖通管道设备安装工艺朝工厂化、装配化方向发展，不仅提高、保证了施工质量，而且大大加快了施工速度，能获得良好的经济效果。例如，通风空调管道工厂化施工，是把管道施工分成预制组装和现场安装两个相互独立的过程来完成。在预制加工厂中，按车间、工段集中、大量地对各种管件、风管、阀件进行加工组装，以实现生产过程的机械化和自动化。在这方面，国外已使用电子计算机控制管道、管件、阀件自动加工预制的系统，使管道的预制加工实现全盘自动化。加工预制完毕后，对预制组装的管道、管件及阀件进行编号、分批运往施工现场，吊装就位连接后，再进行调试，测定后即可进行运行。

再如整体保温管生产的工厂化进程,从根本上改变了原有热力管道的安装方法,使热力管道的施工技术有了一个质的飞跃。

3. 自动控制技术及计算机管理的广泛应用,已使暖通系统的运行调节和管理逐步走向智能化。例如使用程序控制装置调节建筑物通风空调系统,使建筑物通风量能随气象参数自动调节;使用自动温度调节器,可以保证室内采暖及空调的温度,利用电子控制设备或敏感器件,并采用计算机控制,可以获得最佳的运行管理效果。

为了与暖通空调工程技术的发展要求相适应,暖通设计、施工、安装的技术标准、规范也得到多次修订和逐步完善。国家从1955年起,建筑工程部先后制订出我国各种建筑工程、材料、设备产品等的质量标准,通用规格,设计规范和施工安装验收规范。20世纪70年代,随着基本建设迅速发展,各产业部根据本系统工程建设实践的需要,分别制订出适应本系统工程建设需要的技术标准和规范。如“GB”代表的国家标准;“YB”代表的冶金部部颁标准,“JB”代表的原机械工业部部颁标准等,极大丰富和完善了我国基本建设工作的技术政策,并促进了基建战线的发展和技术进步。20世纪80年代,随着我国经济体制改革带来的计划经济向市场经济的转变,建筑市场已打破了过去按地区按行业承建工程的封闭机制,使原有适用于各特定部门或系统的技术标准和规范不能完全适应新的发展形势需要。为此建设部在20世纪80年代以来又重新修订了各个专业的技术标准和施工规范,如《采暖通风与空气调节设计规范》(GBJ19—87—2001)、《供热工程制图标准》(CJJ/T78—97)、《建筑给水排水及采暖工程施工质量验收规范》(GB50242—2002)、《通风与空调工程施工质量验收规范》(GB50243—2002)、《给水排水管道工程施工及验收规范》(GB50268—2002)、《建筑工程施工质量验收统一标准》(GB50302—2001)等。这些“规范”和“标准”是法令性文件,所有安装企业和其他企事业单位、工程技术人员和工人都必须严格遵守。

四、本课程的特点、学习方法及要求

“暖通与空调工程”是一门专业性与实践性很强的课程,且内容多、范围广。它不仅介绍了建筑供热采暖,通风与空调系统的类型、组成、工作原理及特点,而且还讲述了系统设备与管道的布置、安装、调试、调节、维护、管理等方面的知识。为此在教与学的过程中,应注意如下的学习方法与要求:

1. 书本知识与实践、实际的紧密结合

本课程内容专业性很强,所讲的系统设备也都是建筑设备工程上应用,并能在现场见到的实际东西。为此,对以前从未触及专业,又无实践经历的初中毕业的三年或四年制学生来讲,在教学时应多辅以实物、参观、录像等手段。作为学生除在课堂上听懂搞通所讲内容外,还应能用自己的语言概括所学知识,并能基本掌握课本的内容。

本专业安排有4~5周的生产实习,包含管道及设备的布置,安装操作,系统及设备的调试和运行管理等实践环节。这些实践环节安排在施工现场或实习工厂中进行。通过实践,使学生具体熟悉了解暖通工程安装施工的全过程和有关的规范要求,并能将施工图与实际安装联系起来,概括出所实习安装或运行调试的暖通系统的类型、特点。

2. 在学好本教材的基础上,还应多看一些参考书

若想学好本课程,除尽量学好本教材的内容外,还应看一些相关的参考书(如本书后面所列的一些参考文献),这样才能见多识广,对问题有更细、更深、更宽的了解。

3. 注意专业技术标准和规范的学习与熟悉

暖通与空调工程方面的专业技术标准和规范在工程建设中的贯彻应用，构成了具有我国特色、符合我国国情的暖通空调工程应用技术体系。学习并掌握这一技术体系是从事暖通空调工程事业的科技人员必备的基本知识之一。同时，应看到对外开放，加入 WTO，已使我国的暖通空调技术与国际市场接轨，并将融为一体。抓住机遇，开创国际暖通空调技术市场，已是我们的光荣使命。为此，学习和熟悉我国和有关国家的技术标准和规范也是我们的任务。

第一章 集中供热与采暖的基本概念

第一节 集中供热

在寒冷地区，尤其是我国的北方地区，室外温度远低于室内温度，室内的热量会通过建筑物的外墙、门窗、屋顶、地面等围护结构不断地传向室外。为了维护室内的温度，以满足人们正常进行工作、生活的需要，就必须向室内供给相应的热量。这种向室内提供热量的工程设施叫做供暖系统。而集中供热系统包括供暖、通风、热水供应、空气调节和生产工艺等用热系统。

一、供热的基本方式及其特点

所有的供热系统都是由热源、供热管道和热用户三大部分组成。根据热源和供热规模的大小，可把供热分为分散与集中两种基本方式。

分散供热是指以小型锅炉为热源，向一栋或数栋房屋供热的方式，热能输送距离短、供热范围小；集中供热是指一个或几个热源通过热网向一个区域（居住小区或厂区）乃至城市的各热用户供热的方式。集中供热的热源主要是区域锅炉和热电厂。所谓区域锅炉是指向一个区域各建筑物供热的锅炉；而热电厂是在生产电能的同时供应热能。集中供热的供热量和供热范围比分散供热要大得多，输送的距离也长得多。

集中供热和分散供热相比，有如下特点：

1. 集中供热的热效率高，节省燃料。一般分散供热的小型锅炉房的热效率不超过60%，区域供热的锅炉房可为70%~80%，而热电厂可达85%以上。
2. 集中供热的锅炉不仅燃料燃烧较充分，可利用本地劣质燃料高效率地燃烧，而且由于大型锅炉有较完善的排烟除尘设施和脱硫装置，改善了环境卫生，减少了对空气的污染。
3. 集中供热的锅炉运行的机械化、自动化程度高，管理先进。不仅改善了劳动条件，可精简管理人员，减少了火灾事故率，而且降低了消耗，提高了供热质量和经济及社会效益。
4. 以大型锅炉房取代分散的小型锅炉房可以减少存煤堆灰场地和运煤运灰量，增加了建筑使用面积。
5. 但集中供热的室外管道系统长，锅炉安装较复杂，用钢材多，投资大，建设周期较长。一般大、中型热电厂供热适用于有一定的稳定生产负荷的地区。对于居住小区，则宜采用区域锅炉供热，其特点是投资较少，建设周期短，见效快。从长远打算，还可与热电厂并网联合供热，作为调峰锅炉用。对于采暖期不长，以采暖通风热负荷为主要热负荷的华中及江苏地区，则还是以区域锅炉房和小型锅炉房供热为好。

二、集中供热系统的基本形式、组成及其工作过程

集中供热系统主要由以下三部分组成：

1. 热源：泛指能从中吸取热量的任何物质、装置和天然能源。在供热系统中，热源是指供热热媒的来源。目前最广泛应用的是区域锅炉房和热电厂。在此热源内，燃料燃烧产生热能，将水加热成热水或蒸汽为热媒。此外也可以利用地热、电能、核能、工业余热作为集中供热系统的热源。

2. 供热管网：指由热源向热用户输送和分配热媒的管线。

3. 热用户：指消耗或使用热能的用户，如有室内供暖、通风空调、热水供应及生产工艺用热系统等的用户。

（一）区域锅炉房集中供热系统

以区域锅炉房为热源的供热系统，称为区域锅炉房集中供热系统。根据热媒的不同，有区域热水与区域蒸汽锅炉房集中供热系统两种形式。

1. 区域热水锅炉房集中供热系统

图 1-1 所示为区域热水锅炉房集中供热系统。其热源主要由热水锅炉 1、循环水泵 2、补给水泵 5 及水处理装置 6 等组成；供热管网由一条供水管和一条回水管组成；热用户包括采暖系统、生活用热水供应系统等。

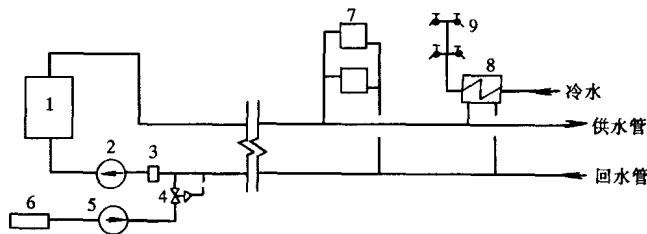


图 1-1 区域热水锅炉房集中供热系统

1—热水锅炉；2—循环水泵；3—除污器；4—压力调节阀；5—补给水泵；

6—补充水处理装置；7—采暖散热器；8—生活热水加热器；9—水龙头

供热系统运行时，系统中的水在锅炉 1 中被加热到所需要的温度，并由循环水泵作动力，通过供水管将热水送到各热用户，放热后又沿回水管返回锅炉。系统在运行过程中的漏水量或被用户消耗的水量，由补给水泵 5 把经过水处理装置 6 处理后的水从回水管补充到系统内。补水量的多少可通过压力调节阀 4 来控制。循环水泵 2 吸入口侧的除污器 3 是用来清除水中的污物、杂质，以防止污物杂质进入水泵与锅炉内。

区域热水锅炉集中供热系统大多用于城市居住小区的采暖系统。

2. 区域蒸汽锅炉房集中供热系统

图 1-2 所示为区域蒸汽锅炉房集中供热系统示意图。运行时，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。蒸汽向热用户里的供暖、通风空调、热水供应和生产工艺系统等放热后成为凝结水，它们经过疏水器 3 和凝结水干管 4 返回锅炉房的凝结水箱 5 中，再由锅炉给水泵 6 将给水送入锅炉重新加热。

区域蒸汽锅炉房集中供热系统大多用于既有工业生产用户，又有采暖、通风空调、生活用热等用户的场合。

（二）热电厂集中供热系统

以热电厂作为热源的供热系统称为热电厂集中供热系统。这种由热电厂同时供应电能和热能的能源综合供应方式，称为热电联产。根据汽轮机组的不同，可分为抽汽式热电厂

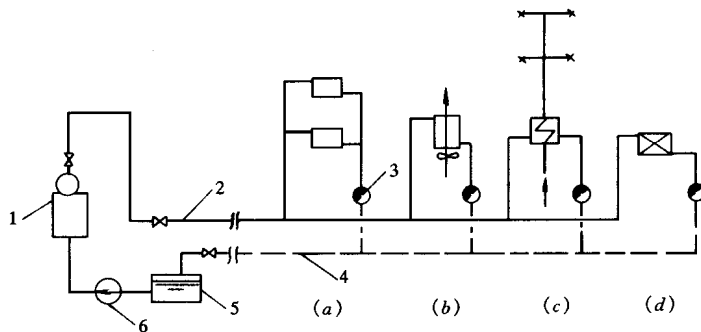


图 1-2 区域蒸汽锅炉房集中供热系统示意图

1—蒸汽锅炉；2—蒸汽干管；3—疏水器；4—凝结水干管；5—凝结水箱；6—锅炉给水泵；
(a)、(b)、(c) 和 (d) 一室内供暖、通风、热水供应和生产工艺用热系统

集中供热系统、背压式热电厂集中供热系统和凝汽式低真空热电厂供热系统三种形式。

1. 抽汽式热电厂集中供热系统

图 1-3 为抽汽式热电厂集中供热系统。运行时，由蒸汽锅炉 1 产生的高温高压蒸汽进入汽轮机 2 膨胀作功，带动发电机组 3 发出电能。该汽轮机组带有中间可调节抽汽口，故称为抽气式。从绝对压力为 $0.8 \sim 1.3\text{MPa}$ 的抽汽口抽出的蒸汽，可向工业用户的生产工艺系统直接供应蒸汽；从绝对压力为 $0.12 \sim 0.25\text{MPa}$ 的抽汽口抽出的蒸汽，用以加热热网循环水，通过主加热器 5 可使水温达到 $95 \sim 118^\circ\text{C}$ ；如通过高峰加热器 6 进一步加热，可使水温达到 $130 \sim 150^\circ\text{C}$ 或需要的更高温度，以满足采暖、通风空调、热水供应等用户的不同需要。从汽轮机最后一级内作完功出来的乏汽，排入冷凝器 4 变为凝结水。此凝结水与水加热器 5、6 内产生的凝结水，以及工业用户凝结水管返回的凝结水，分别由凝结水泵 13、14 及锅炉给水泵 16 重新送入锅炉加热。除氧器 15 的作用是去除凝结水中的溶氧，以消除或减少氧的电化学腐蚀。

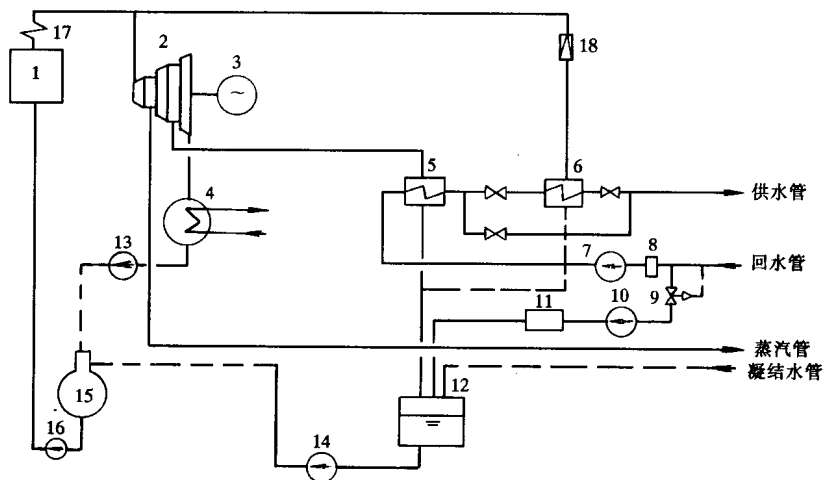


图 1-3 抽汽式热电厂集中供热系统

1—蒸汽锅炉；2—汽轮机；3—发电机组；4—冷凝器；5—主加热器；6—高峰加热器；7—循环水泵；8—除污器；
9—压力调节阀；10—补给水泵；11—补充水处理装置；12—凝结水箱；13、14—凝结水泵；
15—除氧器；16—锅炉给水泵；17—过热器；18—减压加温装置

2. 背压式热电厂集中供热系统

从汽轮机最后一级排出的乏汽绝对压力大于 0.1MPa 时, 称为背压式。当汽轮机 2 排出的乏汽为 $0.3\sim 0.6\text{MPa}$ 或 $0.8\sim 1.3\text{MPa}$ 时, 则可将此乏汽直接提供给工业用户, 见图 1-4 所示。同时还可通过冷凝器 4 加热热网循环水。

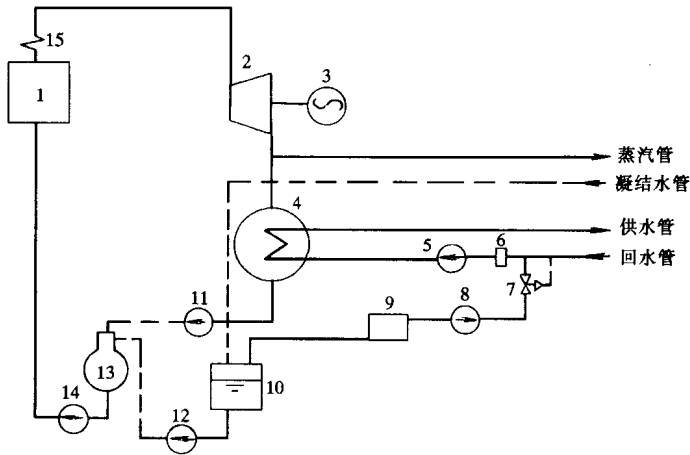


图 1-4 背压式热电厂集中供热系统

1—锅炉; 2—汽轮机; 3—发电机; 4—冷凝器; 5—循环水泵; 6—除污器; 7—压力调节阀; 8—补给水泵;
9—水处理装置; 10—凝结水箱; 11、12—凝结水泵; 13—除氧器; 14—锅炉给水泵; 15—过热器

3. 凝汽式低真空热电厂集中供热系统

当汽轮机排出的乏汽绝对压力低于 0.1MPa 时称为凝汽式。凝汽式乏汽的温度高低取决于乏汽压力, 当乏汽压力为 6kPa 时, 温度只有 36°C , 不能用于供热; 当乏汽压力达 50kPa 以上时, 其温度可在 80°C 以上, 则可用以加热热网循环水, 满足采暖用户的需要。其工作原理图与图 1-4 基本相同。

凝汽式低真空热电厂集中供热系统多用于把凝结式的发电机组改造为低真空的热电机组的情况。它具有投资少、速度快、收益大的特点, 得到广泛地推广使用。

第二节 采 暖 系 统

一、采暖及采暖期的概念

所谓采暖就是在寒冷季节, 为维持人们日常生活、工作和生产活动所需要的环境温度, 用一定的方式向室内补充由于室内外温差引起的室内热损失量。采暖系统主要由热源(如热水、蒸汽、热风等热媒)、输热管道系统(由室内管网组成的热媒输配系统)和散热设备(如散热器)等三个基本部分构成。

从开始采暖到结束采暖的期间称为采暖期。我国规范规定的采暖期是以历年日平均温度低于或等于采暖室外临界温度(5°C 与 8°C 两个标准)的总日数。一般民用建筑和生产厂房, 辅助建筑物采用 5°C ; 中高级民用建筑物采用 8°C 。各地区的采暖期天数及起止日期可从室外气象参数查到, 见附录表 1-1。我国幅员辽阔, 各地采暖期时间长短不一。例如, 处于东北的哈尔滨日平均温度 $\leq +5^\circ\text{C}$ 的天数为 179 天, 采暖期从 10 月 18 日起至 4

月 14 日止。 $\leq 8^{\circ}\text{C}$ 的天数为 198 天，起止日为 10 月 6 日至 4 月 21 日；北京 $\leq +5^{\circ}\text{C}$ 的天数为 120 天，采暖期从 11 月 9 日至 3 月 17 日。 $\leq 8^{\circ}\text{C}$ 的天数为 149 天，采暖期从 11 月 1 日至 3 月 29 日；而南京 $\leq 5^{\circ}\text{C}$ 和 8°C 的天数分别为 83 天和 115 天，采暖期分别为 12 月 8 日至 2 月 28 日和 11 月 22 日至 3 月 16 日。当然以上的采暖期为设计计算用，而非指各地的实际采暖期。实际采暖期可根据实际情况，一般是由各地方有关行政部门确定的。

二、采暖系统的分类及其使用特点

(一) 按采暖的范围分

- 1. 局部采暖系统：是指采暖系统的三个主要组成部分——热源、管道和散热器（设备）——在构造上联成一个整体的采暖系统。
- 2. 集中采暖系统：是指采用锅炉或水加热器对水集中加热，通过管道向一幢或数幢房屋供热的采暖系统。
- 3. 区域采暖系统：它是指以集中供热的热网作为热源，向城镇某个生活区、商业区或厂区采暖供热的系统，其规模比集中采暖系统更大。
- 4. 单户采暖系统：是指仅为单户住宅而设置的一种独立采暖系统。如太阳能热水采暖系统，燃气热水炉采暖系统等。

(二) 按热媒的不同分

1. 热水采暖系统

热水采暖系统的热媒是热水，是依靠热水在散热器中所放出的显热（热水温度下降所放出的热量）来采暖的。根据供水温度的不同，可分为低温水采暖系统和高温水采暖系统。在我国，习惯认为温度低于 100°C 的水称为低温水，高于 100°C 的水称为高温水。低温水采暖系统设计的供、回水温度大多采用 $95^{\circ}\text{C}/70^{\circ}\text{C}$ （也有采用 $85^{\circ}\text{C}/60^{\circ}\text{C}$ ），大多用于室内采暖；高温水采暖系统设计的供回水温度大多采用 $120\sim 130^{\circ}\text{C}/70\sim 80^{\circ}\text{C}$ ，一般用于生产厂房的采暖。

各个国家对于高温水与低温水的界限都有自己的规定，表 1-1 列出了某些国家热水分类的标准。

某些国家热水分类标准

表 1-1

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

低温水采暖系统具有散热器表面温度较低，卫生条件好，使用安全的特点；而高温水采暖系统则具有散热器散热效果好，供热能力强的特点。

根据热水在系统中循环的动力不同，热水采暖系统又可分为自然循环的热水采暖系统、机械循环热水采暖系统和蒸汽喷射热水采暖系统。

图 1-5 为自然循环热水采暖系统原理图。它是利用水在锅炉内加热后密度的减小产生的浮升力和热水在散热器中散热冷却后，密度增加引起的下沉力使水不断流动形成循环的。

设锅炉出口的供水密度为 ρ_g (kg/m^3)，散热器出口的回水密度为 ρ_h (kg/m^3)，锅炉中心与散热器之间的高差为 h ，则系统内流体循环的作用压力 Δp 为：

$$\Delta p = g \cdot h(\rho_h - \rho_g) \quad (1-1)$$

式中 g ——重力加速度，为 9.81m/s^2 。

由式 (1-1) 可知，当供回水温度确定的条件下（即 ρ_g 和 ρ_h 确定），循环压力 Δp 取决于锅炉与散热器的高差。因此，为了提高压差，应把锅炉位置放低。对于第一层有散热器的建筑物来讲，自然循环热水采暖系统中的锅炉必须装于地下室。

自然循环热水采暖系统由于循环压力有限，只能用于作用半径不大的低层小建筑物的采暖。

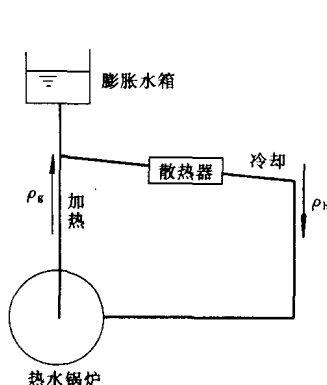


图 1-5 自然循环热水采暖系统原理

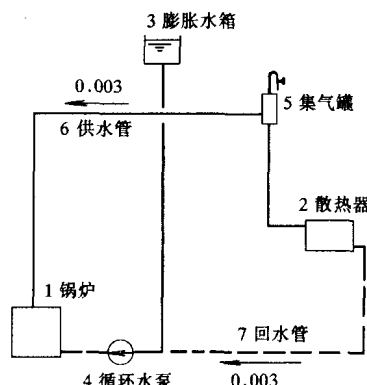


图 1-6 机械循环热水采暖系统工作原理

图 1-6 为机械循环热水采暖系统工作原理图。它与自然循环热水采暖系统的主要差别是在系统中设置了循环水泵，依靠水泵所产生的压力使水在整个系统中强制循环流动。由于水泵能产生很大的作用压力，因而供暖范围较大，可以是单幢建筑物，也可以用于多幢建筑，甚至为一个区域。机械循环热水采暖系统，由于增设了循环水泵，使系统的投资增大，运行费和维修费增加。

图 1-7 为蒸汽引射器示意图。工作时，当具有一定压力的工作蒸汽流经喷管 1 时，压力降低，流速增高，压能转化为动能。在高速喷出喷管时，在喷管出口附近形成低压（或真空），可将采暖系统中已冷却的回水引入混合室 2 中，与蒸汽混合成为具有一定温度的热水。然后热水进入扩压管 3，在扩压管中流速降低，压力升高，动能转化为压能后被送入采暖系统。热水在散热器中放热后又重新被吸入混合室加热、加压进行循环。这种热水采暖系统由于使用蒸汽作动力，蒸汽作热源，不需设置循环水泵及专门的水加热器，可使

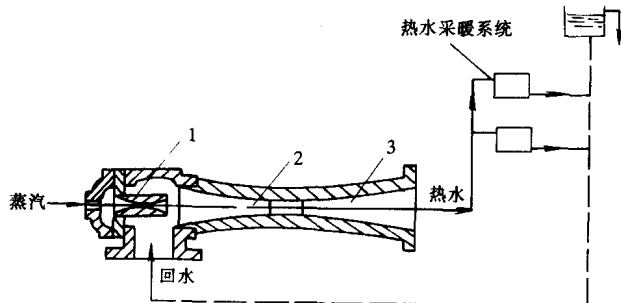


图 1-7 蒸汽引射器示意图

1—喷管；2—混合室；3—扩压管