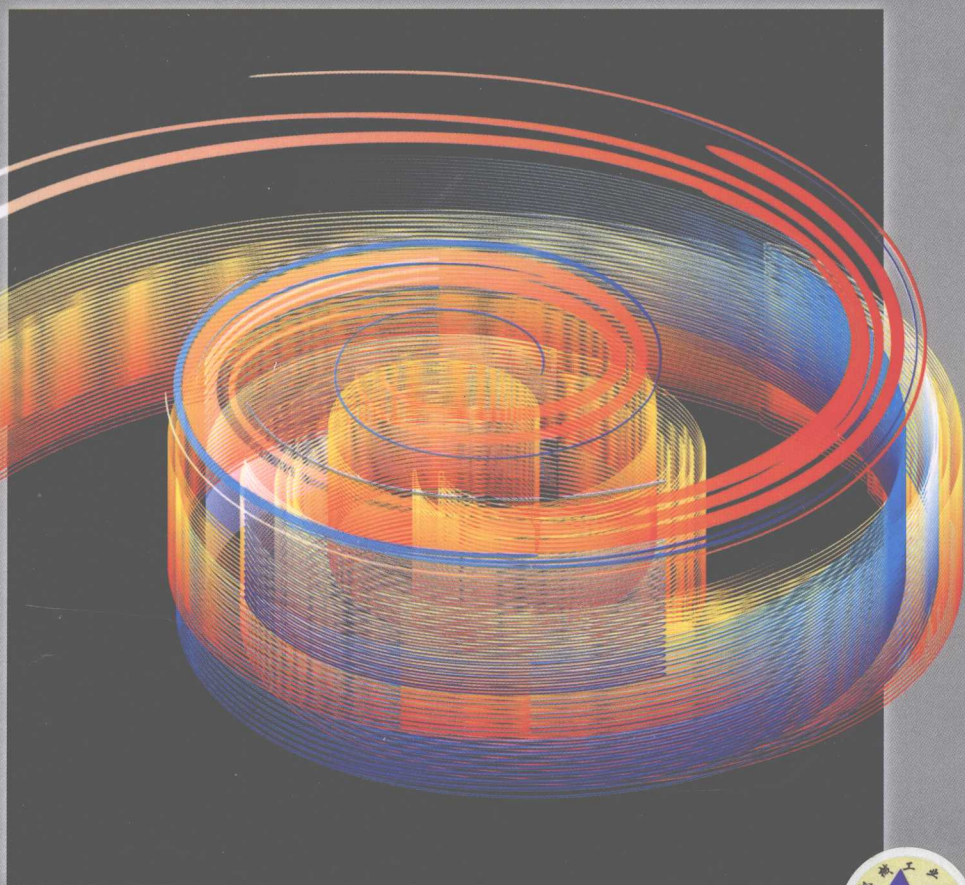


供热运行管理与节能技术

主编 孙长玉 袁 军



TU833/13

2008

供热运行管理与节能技术

主编 孙长玉 袁 军
参编 沙宝良 王光伟 史向辉 李炳军 徐建军
主审 娄德学

机械工业出版社

本书内容包括供热系统的热源及主要设备、集中供热系统的热负荷、热水供热系统的水力计算、供热系统流量调节、供热系统协调运行、供热系统节能技术、供热系统运行监测与量化管理节能技术,以及大庆油田供热系统数据远传与监控系统。书中阐述详略得当,体现了理论性和实用性的恰当结合。

本书可供建筑环境与供热工程等相关专业的本科生、研究生使用,以及供从事供热、通风、空调等专业的设计人员参考使用。

图书在版编目(CIP)数据

供热运行管理与节能技术/孙长玉,袁军主编. —北京:机械工业出版社, 2008.1

ISBN 978-7-111-23061-8

I. 供… II. ①孙…②袁… III. ①供热管理—研究②供热系统—节能—研究 IV. TU833

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2007) 第 193595 号

机械工业出版社 (北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

策划编辑:付承桂 责任编辑:付承桂 版式设计:霍永明

责任校对:申春香 封面设计:姚毅 责任印制:李妍

北京中兴印刷有限公司印刷

2008 年 2 月第 1 版第 1 次印刷

184mm×260mm · 14 印张 · 342 千字

0 001—4 000 册

标准书号:ISBN 978-7-111-23061-8

定价:28.00 元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

销售服务热线电话:(010)68326294

购书热线电话:(010)88379639 88379641 88379643

编辑热线电话:(010)88379768

封面无防伪标均为盗版

前 言

供热是保障北方城市居民正常生活的基本条件，也是城市功能正常运转的基本保证。科学合理规划供热建设和发展，对于提高供热保障能力、满足人民生活需求、改善大气环境、构建和谐社会具有重要意义。如何消除普遍存在的冷热不均的失调现象，进一步提高供热质量；如何协调多种负荷、多个热源，使供热系统实现优化运行；如何应用节能技术，使目前系统的热能利用率得到大幅度提高，进一步节约能源，减少供热成本，这些成为了本书的重中之重。本书的出版就是渴望在供热系统的运行调节和控制方面，与大家作一些探讨。

作者近十几年从事这方面的科研工作，并对约几百万平方米供热面积的供热系统进行了实际调试工作，这本书就是在此基础上编写成的。这本书主要介绍了供热系统的热源及其主要设备、集中供热系统的热负荷、热水供热系统的水力计算、供热系统流量调节、供热系统协调运行、供热系统节能技术、供热系统运行监测与量化管理节能技术，以及大庆油田供热系统数据远传与监控系统等一系列知识。书中阐述详略得当，体现了理论性和实用性的结合。另外，本书收集了最新的技术资料，编排合理，简明易懂，实用性强。可作为研究生、本科生的课程教材以及工程设计人员的参考书籍。

本书由孙长玉、袁军担任主编，段玉波教授担任主审。绪论和第一章由孙长玉编写，第二章和第五章由袁军编写，第三章由沙宝良编写，第四章由史向辉编写，第六章由王光伟编写，第七章由李炳军编写，第八章由徐建军编写。

由于作者水平有限，书中内容难免有疏漏之处，敬请读者予以批评指正，不胜感谢！

作 者

目 录

前言		
绪论	1	
第一章 供热系统的热源及其主要设备	8	
第一节 热电厂	8	
第二节 区域锅炉房	10	
第三节 集中供热系统热力站	21	
第四节 直燃机	31	
第五节 热泵技术	32	
第六节 地热与太阳能	37	
第七节 供热系统	39	
第二章 集中供热系统的热负荷	44	
第一节 集中供热系统热负荷的特征	44	
第二节 集中供热系统热负荷的确定	44	
第三节 集中供热系统年耗热量计算	51	
第四节 集中供热系统热负荷图	52	
第三章 热水供热系统的水力计算	56	
第一节 热水网路水力计算	56	
第二节 热水网路的水压图	65	
第三节 水泵的选择	74	
第四节 供热系统的定压方式	76	
第五节 供热系统的输送能耗	80	
第六节 热水网路的阻力特性	82	
第七节 水力工况计算及分析	89	
第八节 热水网路的水力稳定性	97	
第四章 供热系统流量调节	100	
第一节 初调节	100	
第二节 流量调节的影响因素	119	
第三节 调节阀及其选择计算	129	
第四节 调速水泵在变流量系统中的应用	137	
第五章 供热系统协调运行	145	
第一节 供热系统运行标准探讨	145	
第二节 运行中的技术管理	149	
第三节 多种类型热负荷的调节	153	
第四节 多热源的联合运行	164	
第六章 供热系统节能技术	172	
第一节 供热热源节能设计	172	
第二节 室外供热管网设计	176	
第三节 分户计量节能技术	178	
第四节 供热系统按热收费办法	183	
第七章 供热系统运行监测与量化管理节能技术	192	
第一节 供热系统运行节能的基本知识	193	
第二节 供热系统运行调节存在的问题	193	
第三节 供热运行节能的措施	194	
第八章 大庆油田供热系统数据远传与监控系统	209	
第一节 概述	209	
第二节 研究内容、技术关键及主要技术指标	210	
第三节 供热集中监控与分析评价系统的组成及具体实施方案	212	
第四节 供热集中监控与分析评价系统组态软件的设计	214	
第五节 组网方式及数据安全	215	
参考文献	217	

绪 论

一、供热工程的发展概况

随着国民经济和工农业生产的迅速发展及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。就我国目前的情况来看,在东北、西北、华北地区,大部分民用建筑和工业企业都装设了供暖设备和集中供热系统,许多城镇实现了集中供热。因此,能源的消耗量在不断增加,能源紧缺的问题也日趋严重,我国已经把能源与环境保护列入国民经济发展的战略重点。供热工程的设计、施工和运行管理工作,早期是以前苏联供暖技术为基础,经过数十年广大暖通技术工作者的共同努力,在学习国外先进技术的同时,结合我国国情,逐步完成了相关的设计、生产、施工、管理、检测等规范文件,积累了丰富的经验。在新技术的应用、先进设备的研究与开发等方面,都取得了显著成果。

在我国,采暖通风有着悠久的历史,例如西安半坡遗址有长方形灶炕,屋顶有小孔用以排烟,还有双连灶形的火炕,可见在新石器时代仰韶时期就有了火炕采暖,夏、商、周时代就有了火炉采暖。据考证,我国汉代已有用烟气作介质的采暖设备。北京故宫中还完整地保留着火地采暖系统,即所谓“辐射采暖”。目前北方农村还普遍应用着古老的采暖方式:火炉、火墙和火炕。尽管我们古老文明也创造了采暖通风的应用技术,但是现代意义上的采暖通风技术的起源在西方。1673年英国工程师发明了热水在管内流动用以加热房间。1777年法国人把热水采暖用于房间。1784年在英国的工厂和公共建筑中应用蒸汽采暖。

现代供热技术在我国是近几十年发展起来的。在建国前,只有在大城市的高档建筑物中才有采暖或空调系统的应用,设备都是舶来品。新中国成立后,供热技术才得到迅速发展。当时新建的住宅中还采用了经改进的火炉、火墙、火炕等烟气采暖系统。20世纪50年代建设了热电厂,有了城市集中供热系统。此期间建立了采暖、通风设备的制造厂,主要是仿制前苏联产品,生产所需的采暖通风产品,如暖风机、空气加热器、除尘器、过滤器、通风机、散热器、锅炉等。

到了20世纪60~70年代,我国经济建设走“独立自主,自力更生”的发展道路,从而促进了供热技术的发展,形成了时代的特点,从仿制国外产品转向自主开发。这段时期热水采暖技术得到快速的发展,并且逐步替代了蒸汽采暖系统,城镇集中供热业迅速发展起来,在民用与公共建筑中,所用的采暖设备的制造业也有了相应的发展,先后开发了我国自己设计的系列产品,如SRL型空气加热器(钢管绕铝片)、钢板或模压散热器、钢管串片散热器等。热水采暖的发展也促进了热水锅炉产品的发展。1969年我国生产了第一台2.9MW热水锅炉,以后陆续有新的热水锅炉问世。我国在1975年颁布了《工业企业采暖通风和空气调节设计规范》(TJ 19—1975),从而使采暖通风与空调工程设计走上了正轨。

供热技术在20世纪80~90年代是发展最快的时期。此期间是我国经济转轨时期,为采暖通风提供了广阔的市场。国民经济的迅速发展,供热节能工作日益受到重视,以及改革开放政策的落实,使我国的供热事业无论在供热规模和供热技术方面都有了很大的发展。中国采暖通风的市场潜力很大,预示着行业的发展前景远大。同时,要求主管部门制定相应配套的法规文

件,以规范行业市场。1987 年国家计划委员会对《工业企业采暖通风和空气调节设计规范》(TJ 19—1975)组织修订后改为《采暖通风和空气调节设计规范》(GBJ 19—1987),并批准为国家标准,自 1988 年 8 月 1 日起执行。1989 年建设部颁布了《城市供热管网工程施工及验收规范》(CJJ 28—1989),1990 年颁布了《城市热力网设计规范》(CJJ 34—1990)。

展望 21 世纪采暖通风行业的发展,必将走向一个稳步的可持续发展的道路。2001 年国家计划委员会又批准对《采暖通风和空气调节设计规范》(GBJ 19—1987)作了补充修订(2001 年版)。2002 年建设部批准《城市热力网设计规范》(CJJ 34—2002)为行业标准,自 2003 年 1 月 1 日起实施。2004 年建设部批准了国家标准《采暖通风和空气调节设计规范》(GB 50019—2003),自 2004 年 4 月 1 日起实施。这些规范的实施,无疑对供热事业的发展起到了保证作用。

供热事业的可持续性发展意味着资源持续利用、生态环境得到保护和社会均衡发展。其中能源是一项主要的资源,石油、天然气、煤炭等石化燃料都是不可再生的能源,需要经过几千万年甚至几亿年才能生成。供热工程是能源的消耗大户,同时也直接或间接地影响着生态环境。据 2003 年统计,我国建筑采暖能耗已占总能耗的 15%,一些寒冷地区采暖能耗占了当地总能耗的将近一半。我国消耗的能源结构中,绝大部分是不可再生的石化燃料,主要是煤炭(约占总能耗的 75%)。因此,采暖通风的发展也意味着不可再生能源的消耗增长,同时也污染了环境。燃料燃烧都会排放 CO_2 ,产生温室效应,导致地球变暖,将会改变地球的生态环境。而煤炭等石化燃料燃烧还会产生烟尘、 SO_2 、 NO_x 等,都对大气环境造成污染。因此,采暖通风在消耗不可再生能源的同时,也对环境造成污染,这也是当前的全球环境问题之一。

二、供热工程的主要任务及研究内容

供热工程是以热水或蒸汽作为热媒为用热系统(如供暖、通风、空调、热水供应和生产工艺)提供热能的供暖系统和集中供热系统。供暖系统是以人工技术把热源的热量通过热媒输送管道送到热用户的散热设备,为建筑物供给所要求的热量,以保持一定的室内温度和湿度,创造适宜的生活条件或工作环境。集中供热系统由热源、热力网、热用户三部分组成。热源是供热系统热媒的来源,目前应用最广泛的是区域锅炉房和热电厂。在此热源内,使燃料燃烧产生的热能,将热水或蒸汽加热,此外也可以利用核能、太阳能、地热、电能、工业余热作为集中供热系统的热源。热网(热力网)是由热源向热用户输送和分配供热介质的管道系统。热用户是集中供热系统利用热能的用户,如室内供暖、通风、空调、热水供应以及生产工艺用热系统等。以区域锅炉房(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。以热电厂为热源的供热系统,称为热电厂集中供热系统。由热电厂同时供电和供热的综合供应方式,称为热电联产。

供热工程研究的主要内容有:供热系统的设计热负荷、集中供热系统及其水力计算、供热系统水力工况分析计算和调节控制、热水供暖系统运行调节实行量化管理(热量调节法)的节能技术、供热系统各种热源形式(如热电/冷联供技术、热泵技术的应用等)及主要设备等。

在上述研究的内容中,主要体现近几年来供热工程的新发展和新技术的应用。特别是 2000 年,建设部发布了“76 号令”《民用建筑节能管理规定》,2003 年 7 月 8 部委颁布了关于城镇供热体制改革试点指导意见,明确了“鼓励发展分户热量计量技术与装置”和“推行温度调节和户用热量计量装置,实行供热计量收费”的政策,使得供热体制发生根本性变

化。由此可见,供热改革势在必行。

随着城市能源供应结构调整、采暖制度改革和建筑节能等市场变化的要求,在集中供热为主的前提下,出现了多种多样的采暖方式。如以燃气为能源的采暖方式,包括燃气三联供、燃气蒸汽联合循环、大型燃气锅炉房集中供热、小型模块化单栋建筑或单元式燃气供热、分户燃气炉供热等;以燃油为能源的采暖方式,包括大中型燃油锅炉房集中供热、商业建筑中的直燃机等;以电为能源的供热方式,主要有直接电热方式(包括电暖气、电热膜和电缆采暖等)和空气源热泵、集中式和分户式水源热泵、地源热泵等采暖方式。多种采暖方式的出现,为人们进行最优化、最适宜的采暖方式的选择提供了可能。

综合上述的各种背景情况,现在的采暖方式有很多种选择,选择时要考虑的因素也越来越多,如能源与环境保护、投资、运行管理、热舒适度等。现在我国正处在基本建设加速发展的时期,许多城市迫于环境保护的压力急需在各种采暖方式中作出选择。而各种采暖方式在初投资、运行费用、环境影响、安全性、热舒适性等方面的综合评判尚无定论,还存在较大的争议。推广哪一种采暖方式,对一个城市来说都涉及巨大的资金投入。不适当的采暖方式,不仅会导致建设资金的浪费,还会引起能源、环境和社会安定等方面的一系列问题。因此,如何准确全面地评价各种采暖方式的优劣,如何针对一个实际工程选取最适合的采暖方式,就成为一个很重要的问题。

三、供热系统的采暖方式

如何选择新型采暖方式是一个至关重要的问题。按照供暖对象划分,供暖方式多种多样,如独立式分户供暖、地板辐射供暖、电热膜供暖、家庭中央空调采暖等。到底选择哪一种供暖方式更好,需要进行技术经济比较和运行管理、环境效益等方面的分析。任何一种供暖方式都不可能是十全十美的,都有各自的优缺点。

按照采暖的规模与供热建筑物的种类把众多的采暖方式分为四大类,即城市集中热力网供热、居住小区集中供热(含楼栋式或单元式集中供热)、分户供热、商业或公共建筑供热(指自备热源的独立供热建筑)。

(1) 城市集中热力网供热 主要有燃煤热电联产、燃气三联供、大型燃气锅炉房、大型燃煤锅炉房、大型燃油锅炉房、燃气-蒸汽联合循环等。

(2) 居住小区集中供热 有燃气锅炉房、燃煤锅炉房、燃油锅炉房、燃气三联供、楼栋式(或单元式)燃气采暖、集中水源热泵、带蓄热装置的电热锅炉、地热热水、地源热泵等。

(3) 分户供热 有分户燃气炉采暖、电暖气(电热膜)采暖、分户水源热泵采暖、分户空气源热泵等。

(4) 商业或公共建筑供热 有燃油或燃气直燃机、空气源热泵、水源热泵、电热锅炉、小型燃气-蒸汽联合循环机组、燃气三联供等。

调整能源结构,减少燃煤造成的污染,同时缓解电力和天然气峰谷差的矛盾,是北方地区大中型城市环境治理面临的一个重大问题。对建筑能耗约占地能源消耗的1/4以上的我国北方地区,重新研究建筑采暖策略是北方地区能源结构的调整重点,对目前飞速发展的住宅建设也有重要的指导意义。在分析采暖现状的基础上,探讨可能的各种采暖方式,从一次能源利用、运行成本、初投资、适用性等方面进行评价是非常重要的。

四、多种采暖方式及分析评价

随着我国供热事业的不断发展,各种客观制约条件的变化,生产技术能力的提高,采暖

方式日趋多样化,人们面临的选择也越来越多。如热电联产采暖方式,区域锅炉房集中供热采暖方式,燃气三联供集中供热、供冷方式,家用小型燃气热水炉采暖方式,电热采暖方式,热泵采暖方式和地热采暖方式等。面对如此众多、各具特点的采暖方式,人们该如何评价其优劣性,对一个实际的工程问题该如何选择适宜的采暖方式,这就需要对每种采暖方式的全系统进行仔细的分析研究,然后才能全面地予以评价比较。

1. 热电联产采暖方式

热电联产是利用燃料的高品位热能发电后,将其低品位热能供热的综合利用能源的技术。目前我国大型火力发电厂的平均发电效率为 33%,而热电厂供热时发电效率可达 20%,剩下的 80%热量中的 70%以上可用于供热。因此,将热电联产方式产生的电力按照普通电厂的发电效率扣除其燃料消耗,则热电厂供热的效率可以大大提高(约为中小型锅炉房供热效率的 2 倍)。同时热电厂可采用先进的脱硫装置和消烟除尘设备,同样产热量造成的空气污染远低于中小型锅炉房。因此在条件允许时,应优先发展热电联产的采暖方式。

热电联产的问题是:

1) 长距离输送,管网初投资高,输送水泵电耗为所输送热量的 2%~4%,维护、管理费用也高。

2) 由于末端无计量装置和调节手段,导致 30%~40%的热量浪费。按照前苏联的大规模实验结果,供热末端增加调节手段,并采用按热量计量收费后,可节省热量 30%以上。

2. 区域锅炉房集中供热采暖方式

区域锅炉房可以是燃煤、燃气、燃油或电热锅炉方式,但都需要通过区域管网经过热水循环向建筑物内供热。与热电联产方式一样,由于末端无计量和调节手段,导致 30%~40%的热量浪费。热量输送距离短,水泵电耗为输送热量的 1%~2%,但其热源效率却远低于热电联产方式。区域燃煤锅炉房的设置是以煤为主要燃料,所以存在煤和煤渣的运输和污染、燃煤锅炉的管理等一系列问题。但如果以电或天然气为燃料,它们的输送都比输送热量容易,输送成本也低,电热或天然气锅炉很容易实现自动管理。按照目前的燃料价格,使用燃煤为天然气的 3~4 倍,电热为燃煤的 10 倍。所以,使用这些清洁燃料不但考虑环境效益,还应尽量利用其便于输送、便于调节的特点,尽可能地提高热效率,减少运行费用。

3. 家用小型燃气热水炉采暖方式

单元式燃气供热系统在欧洲、美国已有几十年历史。我国之所以没有广泛应用,是由于燃煤为主的历史形成了集中供热的传统观念,以往居住面积狭小也限制了这种方式的使用。此外,我国长期依赖住房分配制,集中供热设备投资由政府承担,而家庭燃气热水锅炉却要个人投资。目前随着住房改革和燃料结构的改变,这些问题都不复存在。因此在新建住宅区如不具备集中供热的条件,家用燃气热水锅炉应为首选方案。前些年曾出现几起家用燃气小锅炉爆炸的事故,这属于初期试用中的问题。引进国外成熟技术,安全问题容易解决。在小区燃气锅炉房集中供热工程中,锅炉房、室外管网和建筑物内主管网的投资至少要 30~50 元/m²,与家庭燃气热水锅炉投资相同,而使用家庭燃气热水锅炉时还可省去热水器投资。这种采暖方式,用户可以根据需要自觉调节供热量,与集中燃气锅炉相比,平均节省 30%~40%的燃气,从而降低运行成本。

4. 直接用电采暖方式

这种采暖方式是采用各种电暖气、电热膜、热电缆等给室内供暖。尽管末端装置热利用

率认为可达 100%，并且调节灵活，但使用高品位电能直接转换为热能，是很大的能源浪费。目前我国大型火力发电厂的平均热电转换效率为 33%，再加上输送损失，电热采暖的效率仅为 30%，远低于燃煤或燃气采暖的 70%~90%。我国以火力发电为主，采用电热方式，实际上要比锅炉房直接供热增加 2 倍以上的总污染物排放量。仅从环境保护的角度看，直接电热采暖的方式也不可取。

5. 电蓄热采暖方式

为了解决电力负荷的峰谷差，减缓大型火电调峰的问题，利用夜间低谷期电力供热，从电力系统运行的综合平衡看，尚有一定的道理。目前有这样几种电蓄热方式：①常压热水箱：占地面积大，蓄热损失也较大；②高压蓄热水箱：可使蓄热水箱容积减少，但所占空间仍大，高压容器还有安全问题，且供热调节不灵活，供热效率低；③采用电热膜或电缆方式，利用建筑物本身热惰性蓄热。由于采暖最大负荷发生在晚间而电力负荷低谷发生在后半夜，因此这种蓄热方式效果差，热损失也大；④相变蓄热电暖气：采用硅铝合金作为相变材料，体积与通常的铸铁暖气相同，并可在数小时内蓄存一天的热量，便于调节，是末端电蓄热采暖的最佳解决方案。目前的问题是设备投资高，电力峰谷价格差别小。只有由电力部门对这种采暖设备进行适当补贴，降低谷间电价，这种方式才能有应用市场。

6. 空气源热泵采暖方式

空气源热泵是使空气侧温度降低，将其热量转送至另一侧的空气或水中，使其温度升至采暖所要求的温度的供暖方式。由于此时电用来实现热量从低温向高温的提升，因此当室外温度为 0℃ 时，1kW·h（俗称为 1“度”）电可产生约 12.6MJ 的热量，热电转换效率为 350%，考虑发电的热电效率为 33%，空气源热泵的综合效率约为 110%，高于直接燃煤或燃气的效率。实际上现在的窗式和分体式空调器大部分具有热泵功能，因此属成熟技术。这种采暖方式的问题是：①热泵性能随室外温度降低而降低，当室外温度较低时，需要辅助采暖设备，此时也比直接电采暖效率高。如北京地区采用空气源热泵采暖，电耗约为直接电热方式的一半以下。目前国内已有低温（-15~18℃）空气源热泵产品。②房间末端设备采用风机盘管或地板采暖，初投资较高。

7. 水源热泵采暖方式

水源热泵是冬季将地下水从深井抽出，经换热器降温后，再回灌到地下，换热器得到的热量经热泵提升温度后成为采暖热源。夏季则将地下水从深井中取出经换热器升温后再回灌到地下，换热器另一侧则为空调冷却水。由于地下水抽出后经过换热器后又回灌至地下，属全封闭方式，因此不会浪费水资源，也不会污染地下水源。这种方式在西欧各国广泛使用，属环保采暖方式。我国在 20 世纪 70 年代就有采用冬季深井回灌，以在夏季提供空调冷却水的工程经验；水-水热泵的投资及技术复杂性都低于空气-水热泵或空气-空气热泵，应无技术难度。由于地下水温常年稳定，采用这种方式整个冬季气候条件都可实现 1kW·h 电产生 12.6MJ 以上的热量，比空气源热泵热效率高得多，运行成本低于燃煤锅炉房供热，夏季还可使空调效率提高，可降低 30%~40% 的制冷电耗。如果考虑空调设备投资的话，这种方式与小区燃煤锅炉房和各户房间空调器投资总和相同。但全部为电驱动，小区无污染，一次能源效率还高于直接燃煤的效率，因此应该是解决华北地区城市建筑采暖空调的最佳方案之一。但这种采暖方式存在地下水资源保护和井水回灌的问题。

综上所述，在有条件的情况下，应大力发展热电联产集中供热方式；不同的燃料对应于

不同的最佳供热方式,如燃煤对应的最佳方式为热电联产和集中供热;远离热电联产热网的新建小区采用何种方式要做具体技术经济分析;对于城区燃煤炉采暖的用户,可以推广带有辅助热源的空气热泵方式和蓄热式电暖气方式,电力部门还应对蓄热式电暖气设备给予补贴;严格控制各种电热锅炉集中供热方式,对电暖气、电热膜、热电缆等方式也应尽量控制使用。我国电力系统最大问题是峰谷差,直接用电采暖不会对减缓峰谷差有任何帮助。大力发展热泵技术,实现高效率供热或发展相变蓄热电暖气解决峰谷差问题,才应是扩大用电负荷的合理途径。各种热泵系统虽然初投资略高,但已包括了空调设备投资。几种热泵系统的投资都低于单独的采暖系统和单独的空调系统之和。从这一背景出发,全面考虑采暖和空调的要求,热泵系统更经济。

五、供暖收费制度的改革

我国的经济体制正在向市场经济体制过渡,住房已经从实物分配变为商品货币化分配,由此极大地促进了我国房地产业的发展,使之在我国经济发展中占有重要地位。而与此相应的采暖供热制度却一直沿用过去计划经济下的福利体制,供热企业的采暖费收缴比较困难,绝大多数供热企业面临困境,与房地产业的兴旺发展形成了鲜明的对比。长期以来,国家对采暖采取的暗补政策已经与我国进一步深化经济体制改革的要求不相适应。供热体制的改革,必然首先要求对计量方式进行改革,即改变过去供热按面积收费的“大锅饭”方法,改为按热计量收费。而我国现行的按建筑面积计算热费的供热收费体制存在很多弊端。首先,由于用户用热多少和付费无关,用户不关心供热能耗问题,用户没有节能积极性,不利于建筑业的可持续发展。其次,用户由于没有供热的调节手段,无法根据自己的需要来调节室内温度。第三,由于目前的种种原因,供热公司收取供热费成为一个难题,使供热公司正常运行难以进行,不利于供热公司的技术创新和技术进步。第四,这种收费体制不利于激励供热公司进一步提高经济效益,容易产生垄断性掩盖竞争性、政策性亏损掩盖经营性亏损的倾向。这些问题已引起各级主管部门的高度重视。

但是,实行按热收费后又会带来新的问题,如按供热面积收费体制下热网调节问题。在现有的按面积收费体制下用户无法调节流量,供热公司以定流量或分阶段变流量的质调节方案进行运行,调节的主动权在供热公司。从理论上讲,对于一次网,根据室外温度控制热源出口的供水温度;对于二次网,只要热力站设计及初调节合理,在一次网供水温度调节适当的情况下,可保证二次网合适的供水温度。系统在运行过程中,热源的供热总量变化仅仅和室外温度有关,各热用户热量分配难以控制。在实行热量计量按热收费后,各用户都安装热量计量仪表,每组散热器上安装温控阀,用户将根据自己的需求调节温控阀来控制室内温度。当众多用户调节流量后,整个热网的流量和供热量也将随之变化,而供热公司难以控制流量和供热量的变化。此外,采用热量法计量用户热量时,需考虑建筑物的山墙、屋面、地面等因素对热量计费的影响,户间传热问题,热量分摊以及热计量修正问题等。在保证用户供热质量的前提下,供热公司如何对供热系统调控才能降低运行费用、提高经济效益,这也是实行热量计量按热收费后需要研究和解决的问题。

六、建筑节能

随着我国建筑业的飞速发展,建筑能耗占总能耗的比重越来越大,据统计目前已达到27%。其中约有55%为采暖能耗,是建筑能耗的最主要部分,也是浪费最为严重和节能潜力最大的部分。鉴于此,选用推广最优化的采暖方式、对系统运行进行有效的管理、执行合

理的相关政策来降低采暖能耗,对建筑节能目标的实现至为关键。我国的建筑节能水平相比发达国家还很低,但从另一方面说明我国存在巨大的节能潜力,现阶段节能的实际成本还是比较低的,值得投入。

(1) 建筑节能的技术途径 采暖建筑节能主要依靠减少围护结构的散热以及提高供热系统的热效率两个方面。即减少围护结构的散热要求,适当控制建筑体形系数(建筑物外表面积与其所包围的体积的比值),建筑外形尽可能规整,避免不必要的凸凹变化;加强门窗的保温,采用多层门窗,用新型墙体材料代替实心黏土砖;提高建筑物的气密性,选用密封性能好的门窗并加密封条;提高供热系统的热效率,要合理提高热源的热效率,改善供热系统的运行状况,采用管网水力平衡技术,加强供热管道保温等。新建建筑工程必须选择先进合理的采暖供热方式,采用高效的管道保温材料,供热时实行热量调控及量化管理技术,采用建筑节能型材料、设备和器具,逐步推行采暖按户计量收费制度。现有建筑物未达到建筑节能标准的,应当逐步对其围护结构和采暖供热系统进行技术改造,其中对建筑物实施改建、扩建或者大型修缮的,必须进行节能技术改造。

(2) 建筑节能发展的重点领域 研究新型低能耗的围护结构(包括墙体、门窗、屋面)体系成套节能技术及产品;新型能源的开发和能源的综合利用,包括太阳能、地下能源开发利用和能源综合利用,室内环境控制成套节能技术的研究和设备开发;利用计算机模拟仿真技术分析供热系统,对供热系统进行智能控制;最大限度地降低运行能耗,认真做好对现有建筑的节能改造,特别是围护结构和供热系统的改造;建筑物室内温度和湿度控制技术和热量计量技术、收费方法及其产品等。

(3) 建筑节能的关键技术 包括建筑围护结构的热传递机理、节能指标体系优化方法以及建筑低能耗围护结构组合优化设计方法;热源的优化运行方式、室外管网水力工况优化调节、供热系统运行工况优化调控;供暖热负荷的预测技术、供热调节控制软件的开发;建筑室内温度控制和热量计量控制成套技术,包括适合中国国情的控制产品、热量计量装置的研制、计量收费系统的数学模型和软件、自动计量及收费网络系统的开发;新能源供热成套技术的研究开发,包括地热能、太阳能、地下和地面水体蓄能等的开发利用;低能耗建筑的综合设计体系研究,建筑设计、环境控制和节能设计的优化匹配,节能建筑和节能设备优选和集成,以及相应优化节能设计软件的开发等。

(4) 建筑节能的发展趋势 发展新的建筑节能技术,采用新的节能材料和设备,继续改进多层密封窗,开发各种高效保温材料,研究开发红外热反射技术、硅气凝胶材料、高效节能玻璃、太阳能利用技术、热回收技术、新的建筑节能测试和计算技术,发展楼宇“热、电、冷”联产全能量-资源综合利用和零排放生态能源系统等。与此同时,还应十分注意选择经济合理的建筑节能技术,重视节能试点建筑以及节能园区的示范和推广作用,并继续修订完善建筑节能技术标准,颁布配套的行政法规,不断提高节能要求,挖掘节能潜力。

综上所述,我国的供热工程建设和发展取得了显著的成效,并在经济建设中发挥重要作用,一些产品在国际市场上也占有一席之地,有一定的影响力。但是与发达国家相比,在建筑节能和供热系统的能源利用、建筑节能材料、供热设备的品种和产品质量、供热系统运行管理和自动控制,以及供热体制和节能环保意识等方面,仍存在很大差距,所以在今后相当一段时期内,在供热及能源利用技术方面还需要不断改进和提高。

第一章 供热系统的热源及其主要设备

热源是供热系统热量的来源地，是供热系统中三大重要组成部分之一。在热源内，可利用燃料燃烧产生的热能、电能、太阳能、核能以及上一级热源提供的高温水或蒸汽等方式将供热热媒加热或使热媒汽化，为下一级热源或热用户提供热量。也可以直接利用地热、工业余热或其他热量作为供热系统的热源。以热电厂为一次热源供热系统，称为热电厂集中供热系统；由热电厂同时供电和供热的联合供热方式，称为热电联产；以区域大锅炉房内的热水锅炉或蒸汽锅炉提供高温水或蒸汽，并经二次换热后，进行较大范围的供热系统，称为区域锅炉房集中供热系统；以小型锅炉房或其他热源进行小范围或单体建筑供热的方式，称为局部供热系统；以用户自备热源供热方式，习惯称为分户采暖系统。目前国内较广泛应用的供热热源方式有：热电厂供热方式、区域大锅炉房（包括直燃机房）供热方式和换热站供热方式等。

第一节 热 电 厂

热电厂作为热源的集中供热系统，是目前大中城市中较为常见的供热形式。在热电厂，大型锅炉将水变成高温高压蒸汽，用来驱动汽轮发电机发电，而失去“动能”后的乏力高温蒸汽，必须被冷却成为凝结水后，才能再进入锅炉被加热蒸发。因此，常规的凝汽式发电厂只有低于 40% 的燃料燃烧能量用在生产电能上，大约 60% 的能量损失在排烟和将乏汽凝结为水的环节上，如果利用这样多的废弃热量，就可以使发电厂的能量转换总效率达到 85% 以上。一般可采用由热电厂将蒸汽送到生产用户，使蒸汽在工艺上再行利用，或采用热交换的方式，用热水循环的方式将热量送到建筑物，供建筑采暖或其他方面使用。蒸汽或高温水放热后，产生的凝结水或降低了温度的回水将返回热电厂，重新被送入锅炉或换热设备，因此该供热系统被称为热电联产系统。废热除供热外，还可用来利用吸收式冷冻装置进行制冷，这就是热电厂在发电过程中联合生产热量和冷量的“三联供”方式，可以获得更加经济的能源利用率。

热电厂的建设应尽量选择热电联产方式，以热定电。目前天然气、电力、热力等负荷均存在较大的季节性和时段性峰谷差，如果采用热电（冷）三联供的方式全年运行，将能够有效地节约能源，改善大气环境质量，同时也将成为气、电、热三方削峰平谷的有效途径。以清洁能源为燃料的燃气-蒸汽联合循环热电厂，是热能梯级利用的先进技术。因此，新建热源厂应首选热电联合循环方式，实现热、电、冷三联供，提高热能利用率。

热电厂供热系统按机组类型分为三类：

1. 背压式汽轮机供热系统

汽轮机排气压力高于大气压力的供热汽轮机称为背压式汽轮机。在一定范围内，排气量越大，发电量就越多。背压式汽轮机供热系统的工作原理如图 1-1 所示。

2. 抽汽式汽轮机供热系统

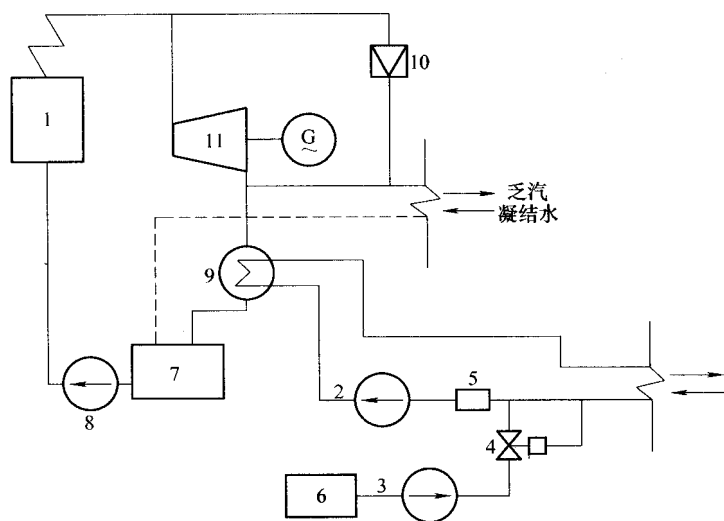


图 1-1 背压式汽轮机供热系统

1—蒸汽锅炉 2—热水循环水泵 3—补给水泵 4—压力调节阀 5—除污器 6—软水处理装置
7—凝结水回收装置 8—锅炉给水泵 9—热网水热交换器 10—减压装置 11—背压式汽轮发电机组

从汽轮机中间抽汽供热的机组，称为抽汽式汽轮机，一般装有凝汽器，又称为热化型汽轮机。抽汽式汽轮机供热系统的工作原理如图 1-2 所示。

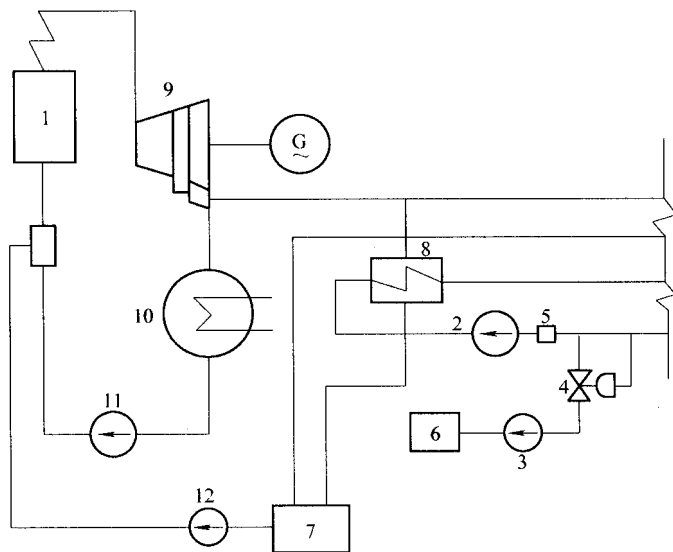


图 1-2 抽汽式汽轮机供热系统

1—锅炉 2—热水网循环水泵 3—补给水泵 4—压力调节阀 5—除污器 6—水处理设备 7—凝结水箱
8—热网水加热器 9—汽轮发电机组 10—凝汽器 11、12—凝结水泵

热电厂所提供的高温水水温一般为 110~150℃, 回水温度为 60~70℃, 系统一般需经换热站进行热交换, 将二次水换成 95/70℃ 的热水, 提供给民用建筑使用, 一次水放热后返

回热电厂。

3. 由凝汽式汽轮机改造成供热系统

该类供热系统的工作原理如图 1-3 所示。

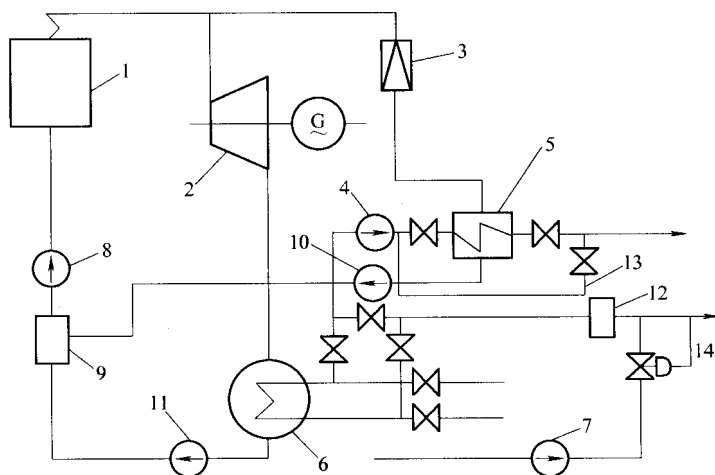


图 1-3 由凝汽式汽轮机改造成供热系统

1—锅炉 2—凝汽式汽轮机 3—减压装置 4—外网循环水泵 5—加热器 6—凝汽器 7—补给水泵
8—锅炉给水泵 9—除氧器水箱 10、11—凝结水泵 12—除污器 13—旁通管 14—定压装置

第二节 区域锅炉房

一、锅炉的组成及分类

随着科学技术和生产水平的发展，锅炉设备日益被广泛地应用于现代工业的各个部门，现已成为国民经济的重要产品之一。锅炉及锅炉房设备通常是利用燃烧燃料产生热量，将水加热升温或产生出蒸汽，并通过热力管道将热水或蒸汽输送至用户，供生产用户工艺用热或生活用热、采暖用热。对于供热锅炉，挖掘潜力、提高运行热效率、减少对环境的污染有着极为重要的意义。此外，提高操作管理水平、减轻劳动强度、保证锅炉额定出力及运行效率、安全可靠地进行供热，也是摆在我们面前需要研究和解决的问题。

通常，我们把用于发电和提供动力方面的锅炉，称为动力锅炉；把用于工业供汽及供暖方面的锅炉，称为供热锅炉，又叫工业锅炉。

1. 锅炉由“燃烧部分——炉子”和“换热部分——汽锅”两大部分组成

以燃煤锅炉为例，炉子是由煤斗、炉排、炉膛、除渣板、送风装置等组成的燃烧设备；汽锅是由锅筒（又俗称汽包）、对流管束、水冷壁、集箱和下降管等组成的一个封闭汽水系统。

2. 锅炉的分类方法

按燃烧的燃料不同，可分为燃煤锅炉、燃气锅炉、燃油锅炉和电热锅炉等。

按产生的热媒不同，可分为蒸汽锅炉和热水锅炉。

按热水在锅中的压力高低，可分为低压锅炉、中压锅炉和高压锅炉。

按热媒产生的流动方式,可分为强制流动(直流式)锅炉和自然循环锅炉。

按热媒的温度高低,可分为低温锅炉和高温锅炉。

按锅炉容量大小,可分为小型、中型和大型锅炉。

按燃烧设备的不同,可分为层燃炉(包括手烧炉、链条炉、往复炉等)、室燃炉(包括煤粉炉、燃油炉、燃气炉等)和沸腾炉等。

按锅筒结构的不同,可分为烟管锅炉、水管锅炉以及烟、水管组合式锅炉等。

按锅筒数目的不同,可分为单锅筒锅炉和双锅筒锅炉等。

按锅筒的放置形式不同,可分为纵置锅筒锅炉、横置锅筒锅炉和立式锅炉等。

按锅炉安装方式不同,可分为快装锅炉、组装锅炉和散装锅炉。

二、锅炉的附件

常见的锅炉附件包括安全附件和其他附件。为了保护锅炉安全可靠地工作,锅炉上必须安装安全附件和相关配件。

为了避免锅炉内汽水压力过高引起锅炉爆炸或因锅炉污水造成事故,应加强对锅炉的运行监视与控制。除在锅炉上装设水位计和压力表外,还要在锅炉上装设超压时能自动开启的安全阀,一旦发生超压情况,安全阀将打开泄压。我们将压力表、水位计和安全阀称为锅炉安全附件。

1. 水位计

水位计种类很多,中、低压工业锅炉常用平板玻璃水位计和低位水位计,小型锅炉常用玻璃管式水位计。锅炉必须安装两个彼此独立的水位计,以正确地指示锅炉水位的高低,司炉人员可通过水位计来监视汽锅里的水位。水位计上应装有三个管路旋塞阀,且要安装在便于操作人员观察的地方。

2. 压力表

压力表是用来指示锅炉的工作压力的安全附件之一,司炉人员根据压力表来调节炉内的燃烧情况。压力信号应能远传至锅炉房控制中心。锅炉上常用弹簧式压力表。安装弹簧式压力表时应注意下列几点:

1) 新装的压力表必须经过计量部门校验合格。铅封不允许损坏和不允许超过校验使用年限。

2) 压力表要独立装置,不应和其他管道相连。压力表要装在与锅筒蒸汽空间直接相通的地方,同时要考虑便于观察、冲洗,要有足够的照明,并要避免由于压力表受到振动和高温而造成损坏。

3) 当锅炉工作压力小于 2.5MPa 表压时,压力表准确度等级不应低于 1.5 级,压力表盘直径不得小于 $\phi 100\text{mm}$,表盘刻度极限值应为工作压力的 1.5~3.0 倍,最好选用 2 倍,刻度盘上应划红线指出工作压力。

4) 在压力表下,要装有存水弯管,以积存冷凝水,避免蒸汽直接接触弹簧弯管,而使弹簧弯管过热。在压力表和存水弯管之间,要装旋塞或三通旋塞,以便吹洗、校验压力表。

3. 安全阀

安全阀是锅炉重要的安全部件,当锅炉由于某种原因使炉内压力超过允许值时,安全阀会自动开启,排汽泄压,从而保证锅炉的安全运行。蒸发量大于 0.5t/h 的锅炉,至少要装设两个安全阀(不包括省煤器安全阀),其中一个应先打开。工业锅炉上常用的安全阀有静

重式、杠杆式、弹簧式几种，中、低压锅炉常用的安全阀有弹簧式和杠杆式两种。安装安全阀时要注意下列几点：

1) 安全阀应垂直安装，并尽可能独立地装在锅炉最高处，阀座要与地面平行，安全阀与锅炉连接之间的短管上不得装有任何管道或阀门。

2) 弹簧式安全阀要有提升手把和防止随便拧动调整螺钉的顶盖，杠杆式安全阀要有防止重锤自行移动的定位螺钉和防止杠杆越出的导架。

3) 安全阀的阀座内径应大于 $\phi 25\text{mm}$ ，排汽管的截面积至少为安全阀总截面积和的 1.25 倍，如果几个安全阀共同装设在一根与锅筒相连的短管上时，短管通路截面积应大于所有几个安全阀截面积总和的 1.25 倍。

4) 安全阀应装设排气管，排气管应尽量直通室外，并防止烫伤人。排气管底部应装有接到安全地点的泄水管，在排气管和泄水管上都不允许设置阀门。

4. 锅炉的其他附件

为了保护锅炉能正常地工作，锅炉上还必须装设如下配件：

(1) 温度计 在锅炉上需要进行温度测量的有蒸汽温度、给水温度、空气温度、烟气温度和炉膛温度等，常用的有玻璃管水银温度计、压力式温度计和热电偶温度计等。温度计除可直观外，其温度信号还应能远传至锅炉控制中心。

(2) 主汽阀 用来关闭和打开主蒸汽管，每台蒸汽锅炉（立式锅炉除外）与母管之间应装有两个阀门，锅炉主汽阀应靠近锅筒出口安装，两个阀门之间应设有通向大气的泄水管和阀门，且管径不得小于 DN20mm。

(3) 调节阀 用来调节并联运行的热水锅炉的水量，每台并联运行的锅炉的进水管上都应安装调节阀，使并联运行的锅炉出水温度的偏差不超过 10°C 。

(4) 集气罐和放气阀 在锅炉出水总管的最高处，还应装设集气罐和放气阀，其放气阀及放气管管径不应小于 DN20mm。

(5) 给水阀 给水阀用来开关锅炉的给水管。为防止热水循环泵或锅炉给水泵突然停转，使炉水汽化，可在每台锅炉进水阀后接入自来水管，并在锅炉出水阀前装设不小于 DN50mm 的泄放管，使自来水能够进入锅炉，如果自来水的压力不能克服冷却炉水流动的阻力，就应设置如注水器、蒸汽泵等不依赖电能的加压给水装置。蒸汽锅炉的给水，应采用单母管制并联给水，当锅炉不能并联运行时，宜采用双母管或单炉配管的给水系统。有省煤器的锅炉，还应设置不经过省煤器直接向锅炉锅筒供水的旁通给水管；当省煤器无旁通烟道时，给水管经省煤器的出水管上应有接回给水箱的循环管，以便在启动或低负荷时省煤器能不间断给水。蒸汽锅炉的手动给水调节阀，宜设在便于司炉操作的地点。

(6) 止回阀 安装在锅炉进水管口给水阀前，防止锅炉内的水倒流入给水管中，一般与截止阀串联使用，水流应先经过止回阀再经过截止阀。在循环水泵出口，一般也装有止回阀。

(7) 排污阀 排污阀装在排污管上，用来排除锅炉中污垢，保证锅炉中的水质符合要求，有时应串联两个阀门。

三、锅炉及锅炉房的辅助设备

锅炉房除锅炉外，还需要大量的辅助设备才能工作，而辅助设备需要占用很大的空间。按它们围绕锅炉所进行的工作过程，由以下几个系统所组成（见图 1-4）：