

热电联产机组技术丛书



热电联产技术与管 理

孙奉仲 杨祥良 高 明 等编著
刁乃仁 审 阅



中国电力出版社
www.cepp.com.cn

热电联产机组技术丛书

热电联产技术与管 理

孙奉仲 杨祥良 高 明 等编著

刁乃仁 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技术以及运行实际,全面系统地探讨了热电联产技术的发展和现状,阐述了热电联产的技术特征,突破了传统意义上的热电联产概念,不仅介绍了以蒸汽轮机为主的热电联产形式,还介绍了以燃气轮机为主、以往复式内燃机为主、以微型燃气轮机为主、以燃料电池为主的热电联产形式。分析了它们的经济性、可靠性、环保性能,分析了选型特征以及运行维护。本书还从管理的角度介绍了热电联产的节能分析、环保分析、热负荷分析等。在此基础上,书中论述了最新的分布式能源、供热计量、大型热电联产机组、热电冷三联供等技术。内容反映了我国及世界上热电联产的新技术、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及相关设计、施工、研究人员阅读,也可以作为热能工程、环境设备与工程等专业的师生的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

热电联产技术与管理/孙奉仲等编著. —北京: 中国电力出版社, 2008

(热电联产机组技术丛书)

ISBN 978-7-5083-6030-0

I. 热… II. 孙… III. 热电厂-热能综合利用
IV. TM611

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2007) 第 130727 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>)

航远印刷有限公司印刷

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 19.125 印张 465 千字

印数 0001—3000 册 定价 33.00 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

前言

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;分布式热电(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小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、微小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

国家中长期科学和技术发展规划纲要（2006—2020年）指出，能源是关系国家经济社会发展的全局性、战略性问题，强化能源自主创新和节能降耗，是转变经济增长方式、实现可持续发展的关键环节。我国能源资源总量丰富，但人均占有量低，能源利用效率不高，能源结构不合理，能源供应紧张，能源安全问题日益突出。热电联产作为能源综合利用的重要形式，具有节能、环保、经济等优点，是国家鼓励发展的能源利用方式。热电联产技术的发展水平直接关系到国家能源安全和可持续发展。因此，加强热电联产技术的研究和推广应用，对于提高能源利用效率、减少环境污染、实现节能减排目标具有重要意义。本套丛书旨在系统介绍热电联产技术的基本原理、运行管理、检修维护等方面的知识，为从事热电联产工作的工程技术人员提供理论指导和实践参考。丛书共分10卷，涵盖了热电联产技术发展的各个方面，包括：1. 热电联产技术概论；2. 热电联产系统组成及运行；3. 热电联产设备结构及原理；4. 热电联产运行管理；5. 热电联产检修维护；6. 热电联产经济性分析；7. 热电联产可靠性分析；8. 热电联产事故处理；9. 热电联产最新进展；10. 热电联产分户计量。丛书内容翔实，图文并茂，是热电联产领域的一本权威著作，也是从事热电联产工作的工程技术人员必备的参考书。

编者的话

本书是《热电联产机组技术丛书》之一。本分册主要介绍了热电联产技术的发展和现状,比较了世界上一些国家热电联产的政策;重点阐述了热电联产的技术特征,突破了传统意义上的热电联产概念,不仅介绍了以蒸汽轮机为主的热电联产形式,还介绍了以燃气轮机为主、以往复式内燃机为主、以微型燃气轮机为主、以燃料电池为主的热电联产形式。分析了它们的经济性、可靠性、环保性能,分析了选型特征以及运行维护。本书还从管理的角度介绍了热电联产的节能分析、环保分析、热负荷分析等。在此基础上,书中论述了最新的分布式能源、供热计量、大型热电联产机组、热电冷三联供等技术。

本书由孙奉仲、杨祥良、高明、王凯、程燕花、张先柱编著。本书承蒙刁乃仁教授审阅。刁教授认真审阅了书稿,提出了许多中肯的意见和建议。真诚感谢刁乃仁教授对本书做出的贡献。感谢徐磊、陈友良、刘汝清、牛修富、张应彪、刘杰、戴振会等对本书做出的贡献。

本书在编写过程中,参阅了大量的文献资料,在此对相关的作者一并表示感谢。

限于作者的水平和掌握的资料,书中难免有论述不当之处,诚请广大读者批评指正。

编者

2007年7月

目 录

前言	
编者的话	
第一章 热电联产概述	1
第一节 热电联产史话	1
第二节 集中供热与热电联产	4
第三节 热电联产基本循环理论	15
第四节 我国热电联产的现状与发展	17
第五节 国外热电联产技术的发展	25
第二章 热电联产系统的形式及其性能比较	34
第一节 基于蒸汽轮机的热电联产系统	36
第二节 基于往复式发动机的热电联产系统	39
第三节 基于燃气轮机的热电联产系统	50
第四节 基于燃料电池的热电联产系统	63
第三章 热电联产的经济性评价	70
第一节 热电联产的主要热经济指标	70
第二节 热电厂总热耗量的分摊方法	74
第三节 热电联产的燃料节约	81
第四节 热电联产的经济性分析	87
第四章 热电联产技术	98
第一节 热负荷	98
第二节 热电联产负荷图	107
第三节 热电联产机组的选型	113
第四节 热电厂的热力系统	122
第五节 热电联产的自动控制技术	137
第六节 热电联产机组的在线能损分析	146
第七节 热电联产机组的改造	150
第五章 热电联产系统的排放与环境	158
第一节 热电联产的环保效益	158
第二节 污染物的分类与检测	162
第三节 烟气的除尘、脱硫与脱硝	172

第四节 水环境	190
第六章 热电联产的企业管理	195
第一节 热化系数的确定	195
第二节 热电联产机组热电负荷的优化分配	200
第三节 电价和热价	207
第四节 燃料成本管理	217
第五节 热电厂的运行管理	219
第六节 热源管理	230
第七节 住宅采暖供热计量	232
第七章 热电联产其他主要类型	238
第一节 天然气热电联产系统	238
第二节 核热电联产系统	241
第三节 煤气热电联产系统	246
第八章 分布式供能系统	250
第一节 分布式能源概述	250
第二节 以微型燃气轮机为核心的分布式供能系统	258
第三节 冷热电三联产系统	267
附录一 关于发展热电联产的规定	276
附录二 关于发展热电联产的若干规定	279
附录三 热电联产项目可行性研究技术规定	281
参考文献	293

热电联产概述

第一节 热电联产史话

热电联产，其英文定义是 Combined Heat and Power，简称为 CHP，其意义就是既能够生产电能或者机械能，又可以回收废热用于供热的联合生产过程。如果和制冷过程结合起来，则称为 CCHP。BCHP，则为建筑物供冷、供热、供电系统。这里强调了联合生产，并不一定仅仅指电能和热能，也可以是机械能和热能。更确切地讲，CHP 应该译为热动联产，即热能与动力的联合生产过程，国内业界习惯称之为热电联产，因此后面的叙述仍称之为热电联产。CHP 系统一般由原动机、发电机、热回收系统等组成。CHP 的原动机包括柴油机、天然气发动机、蒸汽轮机、燃气轮机、微型燃气轮机和燃料电池等，可以使用天然气、煤、油、生物质气、丙烷、木屑或其他替代燃料，或者这些燃料的混合物，来产生机械能或者轴功率。很多情况下，这部分机械能用于驱动发电机产生电能，但是也可以用于驱动其他转动设备如压缩机、水泵和风机等。CHP 系统中产生的热能可以直接用于工业过程，也可以用于产生蒸汽、热水或者热空气，供干燥、供暖、冷却等之用。

欧洲热电联产联盟对于热电联产的定义为：从热动力学角度来看，热电联产是由一个一次能源系统，依次产生两种或两种以上形式的能量。由于最常用的能量形式是电能、机械能和热能，因此定义被进一步限制为：热电联产指从同一个一次能源系统中得到的电能（或机械能）和有效热能。美国能源部等机构在报告中从用户的角度明确了热电联产概念：热电联产系统提供电力、生活热水，并提供工业过程用热或者房间制冷和制热及湿度控制以改善室内空气品质及舒适度。此外，也有文献把热电联产系统分为四种形式，包括：小型的热电联产系统，是指通常用来满足建筑物内的冷热负荷，典型原动机为火花塞点火型的往复式内燃机的热电联产系统；大型的热电联产系统，是指通常与蒸汽设备一起应用于工业企业和大型建筑物内，一般采用压燃式内燃机、蒸汽轮机或燃气轮机技术的热电联产系统；其他大型热电联产系统，指应用在区域供热上，一般建于电厂或垃圾焚烧厂附近，通过热回收设备给当地热管网供热的热电联产系统；新型的热电联产系统，由利用可再生能源的设备驱动，可以是任何容量大小。

早在公元前 3 世纪到 4 世纪，就有了最原始的集中供热系统，当时称之为热炕式加热装置。实际上，这一系统可以追溯到罗马帝国和希腊帝国时代人们广泛使用的热浴房。另外，在一些公共场所如体育馆、要塞、旅馆、宫殿等，都采用了集中供热。与罗马帝国几乎同一时代，中国出现了火炕，这也是原始的集中供热系统。由于罗马帝国的衰亡，这一原始的系统被人们遗忘了，但是在中国却一直保留了下来。

在中世纪的欧洲，几乎没有人知道集中供热了。但是，在一些要塞、城堡、修道院和教堂中，有使用空气加热的记载。

1480 年，意大利文艺复兴时期伟大的画家、建筑学家达芬奇第一次画出了一个称之为转动式烟囱罩的机械草图，它可以把热烟气通过一个转子（风扇）从壁炉引到其他地方。应

当说,这就是热电联产的最初形式。实际上,它的结构来源于中国西藏寺庙中祈祷轮的设计。

在18世纪和19世纪,随着蒸汽加热器的制造成功(1745年)、热水加热技术的出现(1831年),集中供热技术才又重新得到发展。1876年,在美国纽约西部的洛克港,有了世界上第一个区域供热系统,甚至比公共供电系统还早。霍利先生被授权获得该项技术的专利,并允许向周围的建筑物和工厂供给蒸汽。1878年德国的一家医院和瑞典的一家医院首先建成集中供热系统。1880年霍利先生获得第二项关于发电和供热联合生产的专利,象征着集中供热技术的不断进步。1898年,在德国的萨克森安装了第一台既可以供热又可以发电的机组。1900年12月5日,第一个作为市政工程的供热系统在德国德累斯顿投入运行,这标志着供热系统作为市政工程的一部分开始为政府所接纳。实际上,热电联产、集中供热技术的经济性高的优势已经得到政府认可。

1911年英国建成了其第一座热电联产发电厂,电厂产生的蒸汽送到附近的商用建筑物。但是由于用热量过大,导致热、电负荷不平衡,最终放弃发电,成为仅能够供热的机组,但后来由于腐蚀等原因,该厂最终停产。

第一次世界大战之前,德国的许多城市,例如慕尼黑(1901年)、卡尔斯鲁厄(1906年)、基尔(1907年)、莱比锡(1912年)、柏林(1912年)等都成为了集中供热的城市。第一次世界大战开始后,集中供热系统基本处于停滞阶段,许多发电厂停产。1918年第一次世界大战结束之后,燃料缺乏,各种费用上升,使得经济性高的热电联产技术重又得到重视并得以迅速发展。1923年,在荷兰乌德勒支市建造了其第一个市政管理的热电联产工厂,其周围的建筑物也因为廉价的供热手段而变得很有价值,并在该厂周围建造了医院和办公楼。1924年11月25日,前苏联的第一个集中供热系统在列宁格勒投入运行,成为前苏联热化事业的纪念日。1925年,在丹麦哥本哈根建造了一座新的发电厂,使得老机组用于集中供热。冰岛拥有世界上独特的地热资源,地热喷泉达700眼。冰岛人民很早以前就已经学会利用地热。1925年建成了利用地热能集中供热系统,为游泳池、学校和其他建筑物供暖。

前苏联在1925年为莫斯科地区设计了供热规划图,这是世界上第一次提出集中供热规划概念。有了供热规划,在其后5年内,根据这一规划建成了数座发电厂用于产生热能和电能。根据一个城市的供热规划,设计热电厂完成热电联产,是对老的观念的变革,是技术的进步,标志着热电联产又得到了进一步发展。到1932年,全苏联投产的工业热电厂已有50个,总发电功率为470MW。1940年,拥有的热电厂的发电功率达2000MW,热网管道达650km,年供热量达到 1.05×10^8 GJ,依靠热电联产而获得的燃料节约量达 2.5×10^8 t标准煤。

1928年,丹麦奥尔胡斯港口城市建成了国家第一座热电联产电厂。其后几年,许多城市也相继利用发电厂的废热,尤其是柴油发电机的废热,用于集中供热。同年在加拿大中南部的温尼伯湖市,建成了热电联产电厂,有三台38.5t/h的燃煤锅炉,压力为1.75MPa,温度为325℃,还有三台7.5MW的电热锅炉。该厂在1928年的供出蒸汽量达111000t。

到了1930年,全欧洲已经有了200座热电联产电厂,其中包括巴黎和梵蒂冈的电厂。1932年瑞士建造了其第一座热电联产电厂,其周围的医院、学校和住宅先后接入供热网内。1935年,前苏联宣布在其下一个5年计划中,大力发展大型的基于褐煤的热电联产系统。

接着,在莫斯科地区,安装了7台单机容量为275MW的供热机组。同年德国把属于19个公司的23家发电厂联合起来,成立了一个叫“电力供应”的经济组织,该组织共有875MW装机容量,其中有15家为热电联产企业,拥有供热半径为163km的供热网。到了1936年,热电联产能源利用效率已经达到了80%~85%,仅在前苏联的部分地区,热电联产机组的装机容量就达到了2560MW,供热负荷达到了800MW。1937年,比利时的第一座热电联产电厂投入运行。

1938年德国入侵波兰,第二次世界大战开始。二战期间,各地的热电厂几乎全部被破坏,热电联产处于停滞不前的地步。二战结束之后,许多国家开始重建,使得热电厂得以重获新生。

瑞典发展热电联产一直受到水电充足的影响,大部分电力是由水力发电产生的,而热电仅用作调峰和备用。但是在遇到了一个很干旱的年份之后,瑞典改变了国家政策。1948年之后,瑞典许多城市建造了热电联产电厂。

相对于其他欧洲国家,英国的热电联产一直比较落后,原因是多方面的,包括煤炭价格低廉、人民生活水平低、习惯于使用壁炉等,但是更重要的是电力企业的国有化。但是,一些私营的发电厂,也把废热输送到附近的工厂。二次世界大战之后,才有了第一座热电联产电厂。

1949年,瑞典成立了国家集中供热和热电联产协会。同年,奥地利的第一座热电联产电厂投入运行。1950年,战后的德国第一座热电联产电厂安装完成。1951年,英国伦敦地区第一座大型热电联产机组建成投产。需要指出的是,这个热电联产系统使用了新的供热概念,即利用两个1.32MW背压式机组的排汽加热热水,用于集中供热。1954年,欧洲成立集中供热和热电联产企业国际联合会,后命名为欧洲热电联产协会。

战后的德国出现经济奇迹,快速发展,带动了热电联产的迅速发展。其市政热电工程以每年两位数的速率在增长。

1958年9月20日,北京热电总厂第一台发电供热机组投产。这是新中国建设的第一家热电联产企业。它于1957年7月25日破土动工,经过建设者14个月的艰苦奋斗,第一台25MW汽轮发电供热机组发电。又经过3个月的努力,1958年底开始向企业输送工业用汽并向城市居民供暖。当时,汽的用户仅有9家工厂,供热面积仅为2万多平方米,规模虽不大,但从此揭开了首都热电事业的新篇章。随后,一期工程中的另外2台机和3台炉,二期工程全国第一台100MW汽轮发电机组和三期工程全国第一台50MW超高压供热机组相继投产。到1977年5月,总共5期工程全部完工,总装机容量达到346MW。

随着首都经济建设的发展,北京第二热电厂于20世纪70年代初期开始筹建,1980年7月,4台机和6台炉全部投产,装机容量为200MW。同时,北京第一、第二热电厂与丰台云岗热电厂和密云水电厂共同组建为北京热电总厂。以后,总厂又相继建成6台单炉容量为418.6GJ/h的全国最大热水锅炉,扩建了一台50MW发电供热机组。经过35年的发展,总厂装机容量达到763.2MW,供热能力达5024GJ/h,供汽能力达700t/h;供热面积超过1500万m²,供汽用户达100多家企业。

1960年,中国的热电联产发电厂已经占到20%,单机组功率大于6MW。1964年,第一台基于重水堆的核电热电联产机组在瑞典完成,电负荷10MW,供热负荷65MW。英国中南部的奥尔德肖特市由国家劳动部建造了基于柴油机模块的热电联产机组。1967年,英

国国家集中供热协会成立。

1973 年爆发了第一次中东战争,出现了第一次石油危机,在短时间内,石油价格增长了 200%,对于各国的经济造成了极大的冲击。同时人们也意识到不能太多地依赖于单一的能源——石油,要找到石油的替代品。因此,在这一个阶段,集中供热和热电联产的中心就是用其他的替代能源来保证热电供应,例如核能等。

德国联邦调查部门曾经对热电联产进行了题为《集中供热研究》的调查研究,提出了德国发展热电联产的全国规划图,并就采用集中供热的经济性、可行性进行了分析。该研究结论促进了德国 20 世纪 70 年代和 80 年代集中供热的快速发展。

其后,各个国家都重视热电联产的发展,尤其是环境问题提出之后,热电联产的优势更为突出。到 1981 年,前苏联莫斯科地区 99% 的住宅都获得了集中供热,这是一个了不起的世界纪录。

1997 年,能源的市场化是对热电联产的最大挑战。显然,各国的政策起到了举足轻重的作用,一些支持热电联产的倾斜性政策开始出台。1998 年,中国的 286 个城市实现了集中供热和热电联产。

第二节 集中供热与热电联产

一、集中供热

(一) 分散供热与集中供热

根据热源和供热规模的大小,可把供热分为分散供热和集中供热两种基本形式。所谓分散供热通常指以小型锅炉房为热源,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。集中供热是指以热电厂或区域供热锅炉房为热源厂,经供热管道将蒸汽或者热水(统称为热媒)输送到一个或几个区域的工业或生活用热用户的供热方式。随着人民生活水平的提高,居民供热从早期的散煤炉取暖到型煤炉取暖,再到“土暖气”、单位小锅炉,一直发展到今天的城市集中供热,代表了供热的发展大方向。集中供热,动力设备的热效率高与其他供热方式,同时也有利于集中采取防止污染的措施,这样,可以做到有效地节约能源和环境保护。集中供热由于供热规模大,可以采用高效率、大容量的锅炉。热电联产则是集中供热的最高形式。

我国城市供热的燃料以原煤为主,其他燃料的使用很少。为了提高燃煤锅炉的热效率,降低能耗,节约能源,同时减少城市环境污染,提高供热质量,我国政府已先后出台了多项政策,明确了在城市供热中,限制并淘汰分散供热,推行集中供热的方针。

集中供热的任务是按照热用户的需要和要求,可靠地、经济地把热能从热源输送给热用户或用热设备。集中供热系统是由热源、供热管网和热用户用热系统三个部分组成的。热源包括区域锅炉房或热电厂,供热管网是指将热源生产的热媒输送给各热用户的管路系统及其辅助设备,热用户用热系统是指热用户内的采暖系统、生活用热水供应系统和生产用热系统和设备。

2005 年在总供热量中,热电联产供应的蒸汽占 82%,供应的热水占 29.49%。城市民用建筑集中供热面积增长较快,并向过渡区发展。全国集中供热面积中,民用建筑占 69.31%,其他占 7.11%。截至 2005 年底,中国热电联产的年供热量为 1.9255×10^9 GJ,

比 2003 年增加 29.73%。6MW 及以上供热机组共 1990 台,总容量达 69810MW,占同容量火电装机容量容量的 18.31%,比上年增加 6%,占全国发电机组总容量的 13.5%。截至 2005 年底,全国共有电厂供热设备容量 69810MW,同比增长 44.73%。2005 年,全国电厂供热厂用电率为 $6.48\text{kW} \cdot \text{h}/\text{GJ}$,同比下降了 $0.03\text{kW} \cdot \text{h}/\text{GJ}$ 。全国供热标准煤耗率为 $40.24\text{kg}/\text{GJ}$,同比上升了 $0.02\text{kg}/\text{GJ}$ 。纬度越高的严寒地区热化率越高,纬度低的地区热化率普遍较低。东北地区的热化率一般为 60%~90%,黄河流域一带的地区城市的热化率一般约为 25%~30%,均达到了 2000 年建设部对城镇集中供热发展规划的要求。

使用集中供热的优势是明显的,可以降低能耗,节约能源,减少城市环境污染,提高供热质量等。但是,以原煤为主要燃料的集中供热,其燃烧过程中的污染物排放是一个大问题。研究表明,每产生一单位能量,煤炭所释放出的二氧化碳比燃油多 29%,比天然气多 80%。我国由于燃煤造成的二氧化硫及总悬浮颗粒物的排放量分别约占 85%和 70%。我国二氧化硫的排放量居世界第 1 位,酸雨的覆盖面积已达国土面积的 40%;二氧化碳的排放量仅次于美国,占世界第 2 位。据粗略统计,二氧化硫等大气污染造成的经济损失总量已达到 GDP 的 2%以上。适当降低煤炭在能源消费中的比重,减少由于煤炭所造成的污染,已经成为我国发展经济和保护环境的迫切要求。

集中供热与小型锅炉房的分散供热相比,有较大的优越性,主要表现为以下几点:

(1) 节省燃料,提高电厂的经济性。小型锅炉房的热效率一般不超过 60%,区域锅炉房为 70%~80%,热电厂可达 85%以上。可见热电厂的供热效率最高,而且可以利用本地劣质燃料高效率燃烧。

(2) 采用大容量、高效率的锅炉代替小容量、效率低、运行条件差的锅炉,燃料燃烧充分,而且均有完善的消烟除尘设施,改善了环境卫生条件,减少了对空气的污染,有利于居民生活质量的提高。

(3) 改善燃料分散运输,有利于灰渣清除和综合利用。

(4) 节约建设资金,减少冬季锅炉运行人员。

(5) 机械和自动化程度高,运行管理先进,改善了劳动条件,减少了火灾事故,降低了消耗,提高了供热质量和经济及社会效益。

但是,集中供热初次投资高,钢材耗量大,建设周期较长。因此,发展集中供热应根据人力、物力、财力条件,有计划、有步骤地进行。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。有条件时,除新建一些规模较大的热电厂外,应尽量利用原有发电厂或大型锅炉房设备,进行技术改造,将其变为中小热电厂。条件不具备时则宜于采用区域锅炉房供热。区域锅炉房投资少,建设周期短,见效快,从长远看,还可以与热电厂并网连用供热,作为调峰锅炉房用。

集中供热的热源除了热电厂和区域锅炉房外,还可以工厂废热、低温核供热堆、地热等作为热源。这要根据资源条件,因地制宜,合理地加以利用。总之,努力发展集中供热对有效利用能源,节约能源,加快经济建设,改善人民物质生活条件具有重要意义。

必须指出,随着目前燃料结构的改变和分布式供热理论的研究进展,集中供热也遇到了挑战。关于分布式供热理论,本书将由专门的章节论述。燃料结构的改变,主要是指目前城市天然气的使用,给分散供热也提供了机遇。天然气燃烧通过烟囱排放的是水蒸气、二氧化碳及微量的氮氧化物,并且,水蒸气占总排放量的 60%以上。因此,天然气锅炉无论容量

大小,都不需安装脱硫除尘设备,也不必要建设高烟囱来实现高空排放。

(二) 集中供热系统的基本形式

集中供热系统由生产和制备热能的热源、输送热能的管网及消耗和使用热能的热用户三大部分组成。在供热系统中,用以传递热量的媒介物称为热媒,也叫载热体。集中供热系统的热媒主要是热水和蒸汽。

1. 按热源分类

就热源来说,一般可分为热电厂集中供热系统和锅炉房集中供热系统,也可以是由各种热源共同组成的混合系统。

热电厂集中供热系统的突出特点是热电联产,使能源的有效利用程度提高,从而能节约燃料,但其受到诸多因素的制约。

锅炉房集中供热系统的节能效果较热电厂差,但热电厂集中供热系统种种制约条件致使其不可能全部替代集中锅炉房,因此,二者共存将起到取长补短的作用。

2. 按照供热机组的形式分类

(1) 装有背压式汽轮机的供热系统。从汽轮机最后一级排出的乏汽压力在 0.1MPa (绝对) 以上时,称为背压式。一般排汽压力为 $0.3\sim 0.6\text{MPa}$ 或 $0.8\sim 1.3\text{MPa}$,即可将该压力下的蒸汽直接供给工业用户,同时也可以通过换热器加热热网循环水。这种系统主要用于工业企业的自备热电厂。

(2) 装有低压或高压单抽汽汽轮机的供热系统。低压单抽汽系统常用于城市民用供热,高压单抽汽系统通常是供工业企业用汽。

(3) 装有高、低压双抽汽汽轮机的供热系统。这种系统可同时满足工业用汽和民用供热的需要。

(4) 把凝汽机组改造后用于供热的系统。采用这种供热系统是对老电厂实行节能改造的一项重要措施。

3. 区域锅炉房供热系统按热媒分类

(1) 区域热水锅炉房供热系统。区域热水锅炉房供热系统的组成如图 1-1 所示。热源的主要设备有热水锅炉、循环水泵、补给水泵及水处理装置。热网是由一条供水管和一条回水管组成的。热用户包括采暖系统、生活用热水供应系统等。系统中的水在锅炉中被加热到所需要的温度,以循环水泵作动力使热水沿供水管流入热用户,放热后又沿回水管流回锅炉。这样,在系统中循环流动的水不断地在锅炉中被加热,又不断地在用户内被冷却,放出热

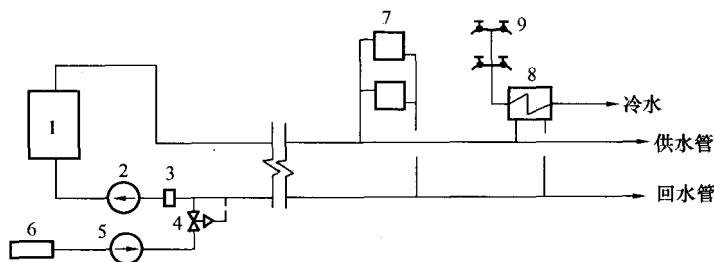


图 1-1 区域热水锅炉房供热系统

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

量,以满足热用户的需要。系统在运行过程中的漏水和用户消耗的水,由补给水泵把处理过的水从回水管补充到系统内。

目前,我国不少城市居住小区就是采用这种区域热水锅炉房供热系统,不过用户比较单一,主要用于城市的民用供热,大多数只有采暖系统。

(2) 区域蒸汽锅炉房供热系统。区域蒸汽锅炉房供热系统如图 1-2 所示, 其热源为蒸汽锅炉。它产生的蒸汽通过蒸汽管道输送至采暖、通风、热水供应、生产等各热用户, 蒸汽凝结放热变成凝结水后, 再通过凝结水管道返回锅炉房的凝结水箱, 然后用锅炉给水泵打入锅炉。根据用热要求, 也可以在锅炉房内设水加热器。用蒸汽集中加热热网循环水, 向各用户供热。这是一种既能供应蒸汽, 又能供应热水的区域锅炉房供热系统。对于既有工业生产用户, 又有采暖、通风、生活用热等用户, 适于采用该系统。

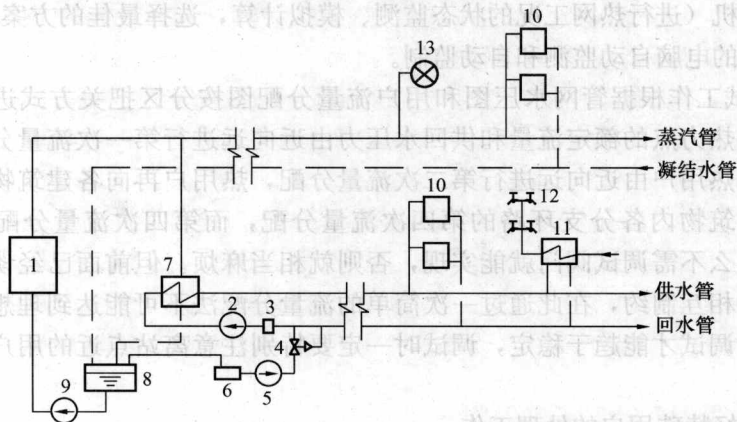


图 1-2 区域蒸汽锅炉房供热系统

- 1—蒸汽锅炉；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—热网水加热器；8—凝结水箱；9—锅炉给水泵；10—采
暖散热器；11—生活热水加热器；12—水龙头；13—用汽设备

(三) 提高集中供热运行质量的对策

集中供热方式虽然有众多优点,但是由于对热网复杂程度认识不足,以及早期热用户没有完善设计或者没有按设计施工等因素的影响,可能引起水力失调等问题。因而为了保证集中供热系统的供热质量,必须提高科学管理水平,加大岗位培训力度,提高人的素质。尽可能采用先进的监控手段,提高自动化程度,向科技要质量、要效益,挖潜降耗,提高供水温度。同时向广大用户宣传供热常识,以期把失水量降低到规定的范围内,进而达到热网稳定的目的。

(1) 必须把好设计关。

1) 对于热网的所有用户必须约定一个统一的供热参数,包括供水温度、回水温度、外网与内网平均比摩阻 R 的范围,各建筑的采暖系统允许的压力降 Δp ,各类建筑物的热指标等。并把所有联网热用户的图纸交给主管部门统一审查,图纸上应写明热负荷 Q ,流量 G 和压降 Δp 。

2) 对原有的联网采暖系统必须由设计部门重新校核, 对不符合要求的系统应由热用户

重新改造后才能联网。

3) 在设计方案中应尽量取消放风装置以减少失水点。

4) 对于只为了系统水压试验而设在系统高点处的放气阀, 试验结束后应立即拆除。

(2) 应使城建发展与热网延伸同步, 避免或减少盲目性。

(3) 必须做好热网和用户采暖系统的调试。

1) 必须分工明确, 加强协作。从供热站到各热力点的总管网和从热力点到各热用户的支管网, 应由供热部门调试, 热用户的支管网和各建筑物的采暖系统应由热用户负责调试, 供热部门负责全面协调和对热用户进行技术指导与监督。

2) 必须配备必要的仪器和设备。实践证明, 经验和手工调节很难准确实现理想的运行状态, 必须借助各种准确的计量仪表, 流量计、压力表、温度计等, 各种灵活、可靠的执行机构, 以及计算机(进行热网工况的状态监测、模拟计算, 选择最佳的方案)。最理想的方案应该是全系统的电脑自动监测和自动监制。

3) 管网调试工作根据管网水压图和用户流量分配图按分区把关方式进行。即首先由供热部门按每个热力点的额定流量和供回水压力由近向远进行第一次流量分配, 接着再对每个热点以下的热用户由近向远进行第二次流量分配, 热用户再向各建筑物进行第三次流量分配, 以及建筑物内各分支环路的第四次流量分配, 而第四次流量分配如果设计时认真, 精度高, 那么不需调试阀门就能实现, 否则就相当麻烦。但前面已经谈到热网的工况受着多种参数的相互制约, 在此通过一次简单的流量分配法不可能达到理想工况, 还必须经过反复多次的调试才能趋于稳定, 调试时一定要特别注意离站点近的用户流量和回水压力不要超量。

(4) 必须做好特殊用户的处理工作。

所谓特殊用户, 即:

1) 内网阻力、损失过大, 管网压差无法满足的用户;

2) 采暖系统设计不合理, 失调严重又暂时不能改造的用户;

3) 由于管网前部接入新用户, 使管网后部热压差和流量不足的用户等。

对于这些用户统统采用设置加压泵的方法处理, 但必须画水压图进行压力分析, 然后再确定实施方案, 不能盲目处理。

(四) 提高集中供热经济性的途径

节约能源是发展经济的一项重要任务, 积极搞好城市集中供热工作是节能工作的重要内容之一。在城市里工业生产和居民生活的燃料用量很大, 具有采取集中供热、提高热能利用率的客观条件。为此, 必须提高城市集中供热的经济性、使城市集中供热在节能工作中发挥应有的作用。

(1) 必须认真做好城市集中供热的全面规划工作。城市集中供热不论是区域性的供热, 还是小区供热, 都要涉及很多部门和单位。因此必须抓好集中供热的全面规划, 使城市集中供热的发展与城市建设、城市改造、老的电厂改造及淘汰低效落后小锅炉等方面的工作结合起来。在具体分析的基础上, 选择经济合理、切实可行的集中供热方案, 促进城市集中供热事业的发展。

(2) 认真做好方案的可行性研究和技术经济比较。开展大量的调查研究工作, 普查可利用的热能资源, 摸清生产和生活对热能的各种需要。在这个基础上进行供热方案的可行性研