

大型热电联产机组技术丛书

大型热网运行与管理

张磊 单志栩 编著 马明礼 主审



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

■ 大型热电联产机组技术丛书

大型热网运行与管理

张磊 单志棚 编著 马明礼 主审



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

内 容 提 要

本书主要讲述了集中供热系统的热负荷,集中供热系统的热源及主要设备,热水网路的水力计算及水力工况,供热系统的流量调节,供热系统的运行与调节,供热系统的节能技术,供热系统的运行监测与优化管理节能技术,国内外大型城市的供热系统。

本书结合目前大型热网,收集了最新的技术资料,编排合理,简明易懂,实用性强。

本书适用于热电技术集控运行人员生产培训及技能鉴定,也可供热电工程技术人员阅读参考。

图书在版编目(CIP)数据

大型热网运行与管理 / 张磊, 单志栩编著. -- 北京
中国水利水电出版社, 2010. 9
(大型热电联产机组技术丛书)
ISBN 978-7-5084-7939-2

I. ①大… II. ①张… ②单… III. ①供热系统—运行
②供热系统—管理 IV. ①TU833

中国版本图书馆CIP数据核字(2010)第186910号

书 名	大型热电联产机组技术丛书 大型热网运行与管理
作 者	张磊 单志栩 编著 马明礼 主审
出版发行	中国水利水电出版社 (北京市海淀区玉渊潭南路1号D座 100038) 网址: www.waterpub.com.cn E-mail: sales@waterpub.com.cn 电话: (010) 68367658 (营销中心)
经 售	北京科水图书销售中心(零售) 电话: (010) 88383994、63202643 全国各地新华书店和相关出版物销售网点
排 版	中国水利水电出版社微机排版中心
印 刷	北京瑞斯通印务发展有限公司
规 格	184mm×260mm 16开本 16印张 379千字
版 次	2010年9月第1版 2010年9月第1次印刷
印 数	0001—3000册
定 价	38.00元

凡购买我社图书,如有缺页、倒页、脱页的,本社营销中心负责调换
版权所有·侵权必究

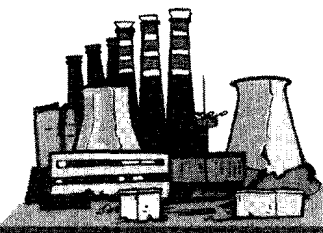
丛 书 编 委 会

主 任 张 磊 刘树昌

成 员 单志栩 廉根宽 叶 飞 王学训 卢志鹏
陈 媛 由 静 郑云宁 马明礼 冯恩福
王广金 代云修

顾 问 魏毓璞

序 一



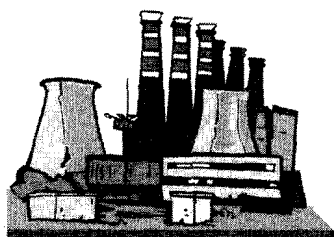
近年来，热电机组装机容量大幅剧增，热、电供应紧张、短缺局面渐趋缓和，热电企业要求降低运营成本换取最大利润的心声则日益迫切，决心为低碳经济的发展贡献更大的力量。为此，各热电企业均在节能降耗方面深挖潜力，以更加积极务实的措施全面展开。经过同类型、同行业之间一轮又一轮的“对标考核竞赛”，我们渐渐发现摆在我们面前最现实的问题是：在运行环境中，实际负荷状态机组供电煤耗究竟应该是多少？机组节能的潜力究竟还有多大？节能降耗还能走多远？针对这种状况，为了更好地总结节能降耗的成功经验，切实做好机组节能降耗的技术管理，山东省电力学校等组织编写了《大型热电联产机组技术丛书》，全套丛书共分四个分册：《大型热电机组运行与管理》、《大型凝汽机组供热改造》、《大型热网运行与管理》、《大型热电机组节能减排》，对大型热电机组职工培训将起到积极作用。

2010年5月，国务院办公厅转发《关于推进大气污染联防联控工作改善区域空气质量的指导意见》中明确规定在地级城市市区禁止建设除热电联产以外的火电厂，积极发展热电联产是2010年电力工业的三大重点任务之一。所以，热电联产是节能降耗的大势所趋。我想，通过《大型热电联产机组技术丛书》的出版发行，必将大力推动节能降耗工作在发电企业的长期有效开展，为节能降耗工作奠定坚实的技术基础。

感谢丛书作者为热电产业的发展作出的新贡献。

王振铭

2010年6月16日于北京



序 二

在我国发展热电冷联产是实现节能减排的最成熟的技术路线之一。

热电冷联产主要是通过建设在城市外围的火力发电厂同周边的工厂以及城镇内的住宅楼、商务写字楼、办公楼等通过统一规划、集中布局，按不同品位的热能分级供应（即高品位的热能用于发电，中品位的热能用于工业用汽，低品位的热能用于集中采暖供热及夏季制冷），以取得能源最大利用效率。热电冷联产的能源利用效率比单纯发电约提高一倍以上。大力发展热电冷联产不但节约能源、改善环境、提高了能源的利用效率，还是发展低碳经济、提高供热质量、增加电力供应等综合效益有效途径之一。西方和北欧国家发展热电联产已达较高水平，热电厂装机容量占火电总装机容量的30%，机组热效率达到了70%以上。与此相比我国还有一定的差距。

可喜的是，目前我国已投运或在建拟建的300MWe级供热机组（单抽、双抽）已有近200台套，其中包括同时采用循环流化床锅炉清洁燃烧技术和直接空冷节水技术的供热机组。300MWe级纯凝机组改供热的机组已经达到了100台（单抽）以上，300MWe级供热机组的容量达到了1亿kW，占火电总装机容量的15%。

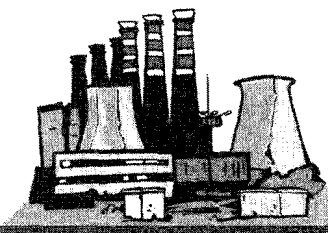
为了使300MWe级供热机组的运行检修人员熟练掌握大型供热机组运行技术，实现300MWe级供热机组安全高效经济运行，山东省电力学校同国内有关单位合作组织编写了《大型热电联产机组技术丛书》，对300MWe级供热机组运行与管理、大型热网运行与管理、300MWe级纯凝机组供热改造、热电机组节能减排进行了翔实的论述，对热电机组的经济运行提供了有益的参考。

本丛书紧密结合300MWe级供热机组实际情况，内容丰富、数据充分，可供300MWe级供热机组的技术人员、高校师生、工程技术人员、制造、设计人员参考。本丛书的出版发行将为我国热电冷联产健康发展起到积极作用。

尧国富

2010年6月6日于北京

总前言



热电联产集中供热工程是国家发改委发布的《节能中长期专项规划》中明确的十项重点工程之一。近年来，我国经济社会快速发展，城镇化步伐进一步加快，节能减排问题突出，如何解决节能减排与民众生活质量要求的提高被提到议事日程，于是热电联产被推到了前台。鉴于热电联产是一种能源利用效率高、经济效益好、环境保护友好的采暖供热方式，许多地区纷纷向发改委申报了大量的热电联产项目，热电联产在发电、供热行业所占比重越来越大。热电机组也从原来的高压、超高压小机组发展成为亚临界、超临界的大型环保机组，目前进入了以 300MW 级为主力机型的大型热电联产时代。

热电联产不仅已成为国家实施节能减排的重点工程，又是关系国计民生的重要行业；既是解决区域环境污染的有效途径，又是解决工业和居民采暖用热的供应渠道。2010 年 5 月，国务院办公厅转发《关于推进大气污染联防联控工作改善区域空气质量的指导意见》中明确规定在地级城市市区禁止建设除热电联产以外的火电厂。所以，热电联产是大势所趋。笔者通过调研，目前热电联产方面的专著较少，不能满足热电行业的需求。为切实做好热电联产机组的技术管理，由山东省电力学校和中国华能山东分公司等组织编写了《大型热电联产机组技术丛书》，全套丛书共分四个分册：《大型热电机组运行与管理》、《大型凝汽机组供热改造》、《大型热网运行与管理》、《大型热电机组节能减排》。

该丛书编委会主任为山东省电力学校张磊和中国华能山东公司刘树昌。

全套丛书由山东省电力学校张磊统稿。

中国电机工程学会热电专委会高级顾问王振铭和中国电机工程学会热电专委会委员、中国电力联合会尧国富作序。

本丛书内容力求介绍新原理、新技术、新知识，同时尽量做到内容全面、理论实际相结合。

本丛书为大型热电机组培训教材，同时也可以作为热电机组有关工程技

术人员的参考资料。

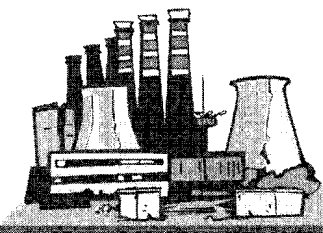
本丛书编写过程中得到了山东各发电分公司的大力支持，对此表示感谢。
中国电力科技网魏毓璞为该套丛书顾问。

由于作者水平有限，时间仓促，难以全面概括大型热电机组新技术，其中错误之处在所难免，恳请读者批评指正。

编委会

2010年7月

前言



我国是一个能源资源大国，也是一个能源资源消耗大国。从我国目前实际情况看，开发新能源的前景虽然非常广阔，但是节约能源在现实情况下更显必要。我国的能源利用效率与发达国家相比还有相当大的差距。造成这种现象的原因不仅在于技术的落后，更在于公民节能意识的淡薄以及国家节能政策落实的不完善。

我国能源行业深入贯彻落实科学发展观，把节能减排作为调整经济结构的有效途径，努力实现清洁发展、节约发展、安全发展和可持续发展。早在2003年八部委联合下发的《关于城镇供热体制改革试点工作的指导意见》中就明确指出要“停止福利供热，实行用热商品化、货币化”。2005年八部委又出台《关于进一步推进城镇供热体制改革的意见》，并且给了一个两年的期限。而目前职工家庭用热、职工单位交费的福利供热制度积累的矛盾和问题更多，尤其是收费难、设施老化、能耗高、浪费大、环境污染严重等，极大地影响了城镇供热事业的健康发展。通过改革城镇供热体制，解决福利供热制度中存在的矛盾和问题，是保障北方地区居民采暖，落实建设节约型社会要求的一项重要工作，所以供热商品化势在必行。

本书主要讲述了集中供热系统的热负荷，集中供热系统的热源及主要设备，集中供热系统的水力计算及水力工况，供热系统的供热调节，供热系统运行与调节，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，供热系统数据远传与监控系统实例。本书收集了最新的技术资料，编排合理，简明易懂，实用性强。

本书由山东省电力学校张磊和北京京能国际能源股份有限公司单志栩主编，山东省电力学校卢志鹏参编；全书由山东省电力学校马明礼主审。

由于时间仓促，作者水平有限，失误之处在所难免，恳请广大读者批评指正。

编者

2010年4月

目 录

序一

序二

总前言

前言

绪论	1
第一章 集中供热系统的热负荷	12
第一节 集中供热系统热负荷的确定	12
第二节 集中供热系统的热负荷图	19
第三节 集中供热系统年耗热量的计算	24
第二章 集中供热系统的热源及主要设备	26
第一节 区域锅炉房	26
第二节 热电厂	33
第三节 其他热源	36
第四节 集中供热系统的热力站	39
第五节 热泵技术	50
第三章 热水网路的水力计算及水力工况	56
第一节 热水网路的水力计算	56
第二节 水压图的基本概念	65
第三节 热水网路的水压图	67
第四节 热水网路的定压方式	75
第五节 热水网路的阻力特性	80
第六节 水力工况的计算分析	86
第七节 热水网路的水力稳定性	94
第四章 供热系统的流量调节	97
第一节 初调节	97
第二节 流量调节的影响因素	117
第三节 供热系统中循环水泵的变流量调节	129
第四节 调节阀及其选择计算	130
第五节 调速水泵在变流量系统中的应用	137

第五章 供热系统的运行与调节..... 146

第一节 供热系统的生产运营..... 146

第二节 热电厂热网计算机管理的现状和发展..... 148

第三节 供热系统的运行管理标准..... 150

第四节 供热系统的运行调节与热网平衡..... 154

第五节 运行中的技术管理..... 161

第六节 多热源的联合运行..... 165

第六章 供热系统的节能技术..... 172

第一节 城镇供热系统节能概述..... 172

第二节 供热热源节能设计..... 177

第三节 室外供热管网设计..... 188

第四节 分户计量节能技术..... 191

第五节 热电联产热电分摊方法..... 197

第七章 供热系统的运行监测与优化管理节能技术..... 203

第一节 供热系统运行节能的六大技术..... 206

第二节 供热系统运行调节存在的问题及调节的科学应用..... 207

第三节 供热运行节能的误区与对策..... 211

第八章 国内外大型城市的供热系统..... 228

第一节 北欧国家的城市供热系统..... 228

第二节 国内大型城市的供热系统..... 232

参考文献 244

绪 论

自古至今，无论是在日常的生活中还是在社会生产中人类都在使用大量的热能。将自然界的能源直接或间接地转化为热能，以满足人们需要的科学技术，称为热能工程。生产、输配和应用中、低品位热能的工程技术，称为供热工程。随着我国国民经济的快速发展，供热工程技术的进步与发展已成为热能工程的一个重要组成部分，也成为建筑节能的重要组成部分。近年来，随着北方城市集中供热的迅猛发展，人们对集中供热系统设计、施工及运行调节中的节能问题越来越重视，国家也相继提出了“建立节约型社会”及在2010年实现能源降低20%的目标。按照《民用建筑节能设计标准》(JGJ 26—95)要求，建筑物节能应达到50%，其中围护结构节能应分担30%，采暖系统节能应分担20%。为了能够达到上述的节能要求，结合相关的管理理论和方法以及与国外一些学者的交流而总结出的一些经验，针对集中供热系统进行分析研究，从热源、热网、设备效率和供热自动控制等方面提出了供热系统中可以节能的四个主要环节，并提出了相应的改进措施，从而使集中供热行业实现更好、更快的可持续发展。

一、供热工程的研究对象和主要内容

供热工程通常包括供暖工程和集中供热两部分。

1. 供暖工程

供暖是指用人工的方法向室内供给热量，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的工程技术。

供暖系统可分为局部供暖系统和集中式供暖系统。近年来，随着我国建筑节能技术和供热体制改革步伐的加快，对供暖系统的供热计算和热网的调节控制功能提出了更高的要求。根据新供热系统收费计量方式的不同，供暖系统又可分为集中供暖的常规形式和分户热计量形式。

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，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（三联供能源系统是指利用天然气能源，通过燃气轮机或内燃机、余热锅炉、制冷机组成的联产系统，同时生产供应电力、热水或蒸汽和空调用冷冻水的能源生产系统，简称为“三联供”。这种技术适合于同时需要供应的集中区域，如商务区、商业区、居民小区。）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做出选择,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。

2. 集中供热

以热水或蒸汽作为热媒,由热媒集中向一个城镇或较大区域供应热能的方式称为集中供热。集中供热已成为现代化城镇的重要基础设施之一,是城镇公共事业的重要组成部分。

集中供热系统由热源、热网(热力网)、热用户三部分组成。

(1) 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,燃料燃烧产生的热能,用以加热供热热媒(热水或蒸汽),此外也可以利用核能、太阳能、地热、电能、工业余热、垃圾焚烧产生的热能作为集中供热系统的热源。热源是直接消耗能源,实现热能转换的部分,是供热系统能源效率最重要的部分。

(2) 热网(热力网)是由热源向热用户输送和分配供热介质的管线系统。在热媒输送中还会由于水泵的运行、管道散热、水力和热力工况分配不均等原因,造成能量消耗,因此,热网运行工况也是供热系统能源效率重要的组成部分。

(3) 热用户是集中供热系统利用热能的用户,如建筑物内供暖、通风、空调、热水供应以及生产工艺用热系统等。

以区域锅炉房为热源供热系统,称为区域锅炉房集中供热系统。区域锅炉房内设热水锅炉或蒸汽锅炉。以热电厂作为热源的供热系统,称为热电厂集中供热系统。由热电厂同时供电和供热的综合供应方式,称为热电联产。区域锅炉房集中供热热能利用率低于热电联产,但锅炉热效率也能达到80%左右,远比分散锅炉房的锅炉热效率(50%~60%)高得多。区域锅炉房特别是热电厂供热,具有明显的节约能源、改善环境和提高人们生活水平,以及保证生产用热要求等主要优点,成为城镇最主要的热源形式。管网造价与输送能耗高,调节控制不当会造成能源浪费等,成为提高供热效率的关键技术问题。

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,建设部以第76号令发布了《民用建筑节能管理规定》,2003年7月八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。



二、供热工程的发展概况

1. 世界供热工程的发展

火的使用、蒸汽机的发明、电能的应用,以及原子能的利用和可再生资源的开发利用,使人类利用能源的历史不断发生着重大的变革,也使供热工程技术发生了质的飞跃。

人类最早以火的形式利用能源,以及后来利用原始炉灶获得热能供暖、炊事和照明属于局部取暖和用能方式。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,促进了锅炉制造业的发展。1784年在英国的工厂和公共建筑中应用蒸汽采暖。19世纪初期,在欧洲出现了以蒸汽和热水作为热媒的集中供暖系统。1877年,在美国纽约建成了第一个区域供热锅炉房。20世纪初,一些工业发达国家,开始利用发电厂内汽轮机的排汽,供给生产和生活用热,其后逐渐形成现代化的热电厂。原子核的裂变和聚变可以释放出巨大的能量,原子能应用于热电联产始于1965年。

21世纪,随着全球可持续战略的实施和新能源革命,世界能源结构正在向优质化发展,清洁能源和可再生能源(太阳能、地热能、风能、水能)将越来越多地替代碳能源。燃料多元化和设备小型化,冷热电联产与多联产、网络化与智能化控制和信息化管理,以及环境友好,成为新一代能源系统的主要特征。因此,供热热源与供热方式的多元化,正在促进现代供热技术飞速发展。

2. 我国供热事业的发展

我国早在远古时期就有钻木取火的传说,采暖通风也有着悠久的历史,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”。火炉、火墙和火炕等局部供暖方式至今不仅在我国北方农村还被广泛的应用,而且,就目前的研究表明,火炕是一种节能、舒适、环保、有发展应用前景的农村采暖方式。

尽管古老文明也创造了采暖通风的应用技术,现代供热技术在我国是近几十年发展起来的。在新中国成立以前,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,而且设备都是舶来品,如当时北京的六国饭店、东单的德国医院以及上海的国际饭店、华山公寓等。

1949年新中国成立以后,供热技术才得到迅速的发展。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。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,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。这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、新型设备的研制方面都有了很大的发展,如工业企业中高温水供暖系统,钢制辐射供暖的应用、新型钢串片、钢板模压等散热器的研制和应用,星级宾馆中供暖与空调相结合的风机盘管系统等。同时,这也需要上级主管部门制定相应配套的法规文件,以规范行业市场。1987 年我国颁布了适合国情的《采暖通风和空气调节设计规范》(GBJ 19—1987);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—2002)。此后,又不断完善和制定相应配套设计法规文件,2001 年国家计划委员会批准对《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。

我国是能源消耗大国,在能耗的能源结构中,绝大部分又是不可再生的石化燃料,主要是煤炭(约占总能耗的 75%),采暖通风又是能源消耗大户。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。生态环境保护和生态均衡发展是当前的全球环境问题之一。

目前,全国已建成 6MW 及以上热电联产机组约 2300 台,总装机容量已超过 7000 万 kW,约占全国火电装机容量的 15%,热电联产的发电量约占全国发电总量的 9%,承担了全国工业供热量的 80.5%和民用采暖供热量的 26%,供热机组供热标煤耗率为 $40.22 \times 10^{-9} \text{ kg/J}$ 。

供热机组按照现行国标分为抽汽凝汽式(包括工业抽汽凝汽式、采暖抽汽凝汽式及双抽凝汽式)与背压型(含后来发展的抽背型)机组,近年来,以凝汽机组为基础发展起来的还有凝汽采暖两用机组(容量为 200MW 及以上)。抽凝机组在热负荷适中时可以超发;背压机组以热定电,不供热时不能发电;凝汽采暖两用机组多供热时需减少发电。国内已投入运行的抽汽凝汽机组最大为 142MW;背压机组最大为 50MW;凝汽采暖两用机组最大为 300MW,600MW 级超临界凝汽采暖两用机正在规划组建设中。

在能耗、排放指标、经济性、可靠性等方面,热电联产技术能源利用效率比单纯发电约提高一倍以上。现阶段我国北方采暖地区 300MW 热电联产机组发电煤耗基本与超超临界机组相当[约 $275 \text{ g}/(\text{kW} \cdot \text{h})$ 或更低],供热煤耗优于集中锅炉,因此在热负荷较大区域,应大力建设 300MW 及以上的热电联产机组。300MW 国产亚临界供热机组静态投资基本在 4300 元/kW 左右,虽然较常规机组投资稍高,但考虑到环保效益,热电联产在有条件地区还是应大力推广。

亚临界参数 300MW 和 600MW 热电联产机组,除了部分高温高压专用阀门以外,已



完全实现国产化。

世界各国都将热电联产作为节约能源,改善环境的重要措施,前苏联的热电装机比例为 35%,使全国火电厂的煤耗由 $365\text{g}/(\text{kW}\cdot\text{h})$ 下降到 $325\text{g}/(\text{kW}\cdot\text{h})$,下降了 10%,每年可节约 6500 万 t 标准煤。德国、英国、丹麦和荷兰等发达国家热电联产机组占同容量火电机组比例均已超过 60%。发达国家对于热电联产项目的主要扶持政策是,给予热电项目减免税的待遇;缩短热电资产的折旧年限;政府对热电项目给予低息贷款年利率为 3% (一般工业为 6%) 和一定额度补贴。

国家发改委发布的“十一五”期间热电联产的工作目标是: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为 4000 万 kW,年节能为 3500 万 t 标准煤。结合以上目标,国产热电联供机组无论技术水平、还是综合性能均已达到国际水平。未来应采用引进或试制的方式,发展国产化,标准化的大容量、高参数专用供热机组。在 2010 年以前,宜以发展 300MW 级供热机组为主;到 2015 年,应开发出设计合理、高效的 600MW 级供热机组。

未来供热汽轮机开发将向 600MW 等级、1000MW 等级超临界、超超临界供热机组转移,重点是大流量调整抽汽机构设计技术,由传统的单抽汽向工业与地区采暖的双(或三)抽汽形式发展,主要技术包括大型抽汽阀、配汽机构(阀门或旋转隔板)、带抽汽机构的汽缸结构设计。对于以采暖负荷为主的热电厂,由于一年中有 8 个月左右的时间基本上为凝汽运行,故锅炉及高压缸可以与凝汽机组相同,以利于标准化制造,但应对中、低压缸进行优化,以解决分缸压力偏高和采暖用汽压力偏高问题。对于以工业用汽为主的热电厂,或工业采暖用汽均占一定比例的热电厂可以研究发展专用抽汽机组,以简化设计与运行。

2001 年我国输电线路的线损为 7.55%。热电厂一般均建在热负荷中心,距主要热用户均在 2~7km 范围之内。根据目前电力体制,区域热电厂发电量全部上网,而在附近的工业企业用电则由电力系统原供电线路供电,因而往返增加线路损失,浪费了能源。建议单机 $2\times 6000\text{kW}$ 的热电厂应就近向附近热用户供电,按供电量付给当地电力公司合理的管理费,总容量 24000kW 及以上的区域热电厂,可向主要热用户供电,同时付给当地电力公司合理的管理费,多余电量上网。

热电企业应享受环保收益,热电联产能有效节约能源,改善城市环境,这已是国内外实践证明的事实。我国部分城市由于实现热电联产集中供热,城市环境明显得以改善。热电联产与热电分产相比,不仅总的燃料消耗量减小,污染物减少,灰渣排放量减少,而且连运输灰渣的汽车运量也减少,因此,有些环境部门认识到热电联产集中供热是改善环境的有效措施,但就目前而言热电企业对环境有贡献的,确未受益。有些基层环境部门甚至视热电企业为污染大户,采取了一些不公正的措施,而对于目前仍采取分散供热污染环境的小锅炉,却无有效措施,为此建议:将目前仍分散供热未实现热电联产集中供热的单台 35t/h 及以下的小锅炉,按燃煤量收取污染治理费,由环保局统一收取,专款专用,其中 60% 补贴给验收合格的热电企业。

总之,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。我国经济建设与社会发展全球可持续战略的实施,城镇化与城市现代化建设速度的加快,必将促进供热事业可持续发展。

三、供热系统的采暖方式

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)燃气取暖、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。对建筑能耗约占当地能源消耗的 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