

既有建筑供能系统 节能分析 与优化技术

赵军 马洪亭 李德英 主编
许文发 主审



JIYOU JIANZHU GONGNENG XITONG
JIE NENG FENXI YU YOUHUA JISHU

中国建筑工业出版社

既有建筑供能系统节能分析与优化技术

赵 军 马洪亭 李德英 主编
许文发 主审

中国建筑工业出版社

图书在版编目(CIP)数据

既有建筑供能系统节能分析与优化技术/赵军等主

编. —北京: 中国建筑工业出版社, 2010. 12

ISBN 978-7-112-12656-9

I. ①既… II. ①赵… III. ①建筑物-节能-研究

IV. ①TU111.4

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2010)第 226924 号

本书基于“十一五”国家科技支撑计划重大项目“既有建筑综合改造关键技术研究”课题之一:“既有建筑供能系统升级改造关键技术研究”研究内容,针对不同地域、不同建筑类型、不同供能系统特点等阐述对既有建筑供能系统升级改造技术研究。

书中首先对既有建筑供能系统的特点、统计与评价作了简要介绍;然后详细给出了我国严寒、寒冷地区、过渡地区以及炎热地区既有建筑功能系统节能设计的关键技术;结合工程实例,对既有建筑能量梯级利用的相关技术进行了研究;最后,详细阐述了既有建筑电力系统升级改造的关键技术。

本书理论与实践相结合,对于我国既有建筑节能改造工作具有很好的参考价值。适用于暖通空调、建筑节能等相关专业研究人员、工程技术人员,建筑运行、维护管理工程技术人员。高等学校相关专业师生。

* * *

既有建筑供能系统节能分析与优化技术

赵 军 马洪亭 李德英 主编

许文发 主审

*

中国建筑工业出版社出版、发行(北京西郊百万庄)

各地新华书店、建筑书店经销

北京天成排版公司制版

北京蓝海印刷有限公司印刷

*

开本: 787×1092 毫米 1/16 印张: 21¼ 字数: 536 千字

2011 年 1 月第一版 2011 年 1 月第一次印刷

定价: 48.00 元

ISBN 978-7-112-12656-9

(19910)

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)

前 言

近年来随着我国城市化进程的加快，带动了我国建筑业的快速发展。目前，全国既有建筑面积共 436.5 亿 m^2 ，其中城镇既有建筑保有量约 140 亿 m^2 ，公共建筑约 60 亿 m^2 。但随着建筑规模的增大，也带来了建筑能耗的迅猛增长，目前建筑能耗已接近全国总能耗的 27.8%，并呈现持续增长趋势。约有 30%~50% 的建筑物出现安全性降低或进入使用功能退化期，大量既有建筑为非节能建筑，亟待进行节能改造。

本书基于“十一五”国家科技支撑计划重大项目“既有建筑综合改造关键技术与示范”课题之一：“既有建筑供能系统升级改造关键技术研究”研究内容，针对不同地域、不同建筑类型、不同供能系统特点等阐述对既有建筑供能系统升级改造技术研究。

本书主编单位为天津大学机械工程学院，参编单位包括中国建筑科学研究院、天津大学电气与自动化工程学院、北京科技大学、北京建筑工程学院、河北工业大学、合肥通用机械研究院、华南理工大学、北京硕人时代科技有限公司。

在项目研究及本书编写过程中，得到了多家单位和专家的大力支持，汇集了项目组成员的智慧与心血，在此对他们的辛勤工作表示衷心的感谢。

建筑节能改造是一个长期不断发展的过程，还有很多我们“看不清”的问题。本书作为一个初步研究，有待继续深入。同时，由于时间仓促，书中难免有疏漏和不足之处，敬请读者批评指正。

目 录

第 1 章 能源与建筑供能系统	1
1.1 概述	1
1.1.1 能源与建筑节能	1
1.1.2 建筑供能系统	2
1.1.3 建筑供能系统节能在当前形势下的作用	3
1.2 建筑供能系统节能潜力与节能优化技术	4
1.2.1 集中供热系统	4
1.2.2 热水供应系统	8
1.2.3 空调系统	10
1.2.4 建筑物供配电系统的节能	12
1.2.5 建筑照明系统的节能	14
1.2.6 建筑智能化系统	16
1.2.7 建筑节能指标	18
第 2 章 建筑供能系统的能量分析理论与应用	20
2.1 能量分析理论与方法	20
2.1.1 能量分析方法分类	20
2.1.2 能量分析方法	20
2.2 北方寒冷地区常规供热系统能量分析与应用	21
2.2.1 集中供热系统能量消耗环节	21
2.2.2 集中供热系统能量分析的基本方法	22
2.2.3 集中供热系统的能分析法与应用	23
2.2.4 集中供热系统的焓分析与应用	26
2.2.5 集中供热系统的供能热经济分析	33
2.3 北方寒冷地区采用可再生能源的供热、制冷系统能量分析与应用	35
2.3.1 地源热泵系统	36
2.3.2 污水源热泵系统	40
2.3.3 可再生能源与常规能源复合的供能系统	43
2.4 过渡地区供能系统能量分析与应用	46
2.4.1 概述	46
2.4.2 供能系统主要形式	48
2.4.3 能量传输模型	49
2.4.4 能量流分析与焓分析	51
2.4.5 应用举例	52
2.5 南方炎热地区采用浅层地能供能系统的分析	54

2.5.1	概述	54
2.5.2	珠江水文资料和广州市气象数据资料的收集	54
2.5.3	珠江水冷却和冷水塔冷却性能的比较	59
2.5.4	广州地区采用珠江水作为热泵热源相对于空气的优势分析	65
第3章	既有建筑供能系统的区域统计和评价	76
3.1	北方寒冷地区既有建筑供能系统统计与评价	76
3.1.1	北方寒冷地区气候及既有建筑供能系统的特点	76
3.1.2	北方地区既有建筑供能系统统计及分析	80
3.1.3	北方地区既有建筑供能系统评价	107
3.2	过渡地区既有建筑供能系统统计与评价	118
3.2.1	过渡地区气候及既有建筑供能系统的特点	118
3.2.2	过渡地区既有建筑供能系统统计及分析(包括公共建筑、居住建筑)	121
3.2.3	过渡地区既有建筑供能系统评价	130
3.3	南方炎热地区既有建筑供能系统统计与评价	133
3.3.1	南方地区气候特点及既有建筑供能系统的特点	133
3.3.2	南方地区既有建筑供能系统统计	133
3.3.3	南方地区既有建筑供能系统评价	136
第4章	北方寒冷地区既有建筑供能系统节能设计关键技术	138
4.1	北方寒冷地区既有建筑供能系统能耗诊断分析	138
4.1.1	北方地区既有建筑供能系统形式	138
4.1.2	北方地区既有建筑供能系统存在的问题	142
4.1.3	现有供热方式及其特点	144
4.1.4	我国北方城镇采暖能耗现状	145
4.1.5	我国北方城镇采暖存在的问题	147
4.1.6	北方城镇采暖节能途径	147
4.2	北方寒冷地区既有建筑供能系统关键环节节能设计	148
4.2.1	供能系统设备选型与匹配	148
4.2.2	管网输配系统优化设计	154
4.2.3	终端设备优化控制技术	159
4.3	北方寒冷地区可再生能源及热回收应用技术	160
4.3.1	热泵供热技术	160
4.3.2	烟气余热回收技术	162
第5章	过渡地区既有建筑供能系统节能设计关键技术	165
5.1	过渡地区既有建筑冷热源节能设计的主要途径	165
5.2	过渡地区既有建筑供热系统的节能设计	165
5.3	过渡地区既有建筑空调系统的节能设计	170
5.3.1	制冷系统的选择	170
5.3.2	风系统的节能设计	175
5.3.3	水泵的节能设计	179
5.3.4	区域供冷	182

5.3.5 热电联产	184
第6章 南方炎热地区既有建筑供能系统节能设计关键技术	186
6.1 基于全年运行负荷优化调节的设计技术	186
6.1.1 中央空调节能控制原理	186
6.1.2 中央空调综合节能控制系统组成	187
6.2 空调冷水系统变水温控制技术	189
6.2.1 部分负荷时冷水温度对空调房间温湿度的影响	190
6.2.2 变冷水温度调节的节能分析	191
6.2.3 变冷水温度调节研究结论	192
6.3 空调冷水系统变水温和变流量协调控制技术	192
6.3.1 全年逐时空调负荷计算及最不利负荷的确定	193
6.3.2 全年变水温和变水量协调优化控制的模拟计算	193
6.3.3 优化运行的节能性分析	196
6.3.4 空调冷水系统变水温和变流量协调控制技术研究结论	196
6.4 中央空调系统变水温调节可适用性	196
6.4.1 建筑冷负荷计算原理与计算软件	197
6.4.2 各类建筑的负荷计算与分析	198
6.4.3 结论	201
6.5 冷水机组冷凝器冷却水侧污垢热阻控制技术	201
6.5.1 冷水机组冷凝器胶球清洗工程实践	202
6.5.2 《冷水机组水冷管壳式冷凝器胶球自动在线清洗装置》(报批稿)简介	204
6.5.3 冷水机组冷凝器冷却水侧污垢热阻控制技术结论	205
第7章 既有建筑能量梯级利用及其他示范项目	206
7.1 北方地区既有建筑能量梯级利用及其他示范项目	207
7.1.1 热电联产系统	207
7.1.2 冷热电联产系统	216
7.1.3 地热资源梯级利用系统	218
7.2 过渡地区既有建筑能量梯级利用及其他示范项目	232
7.2.1 示范工程概况	232
7.2.2 原系统情况	233
7.2.3 升级改造方案与措施	233
7.2.4 升级改造前后测试与对比分析	234
第8章 既有建筑电力系统升级改造关键技术	239
8.1 概述	239
8.2 建筑节能电器及应用	239
8.2.1 空调节电	242
8.2.2 电梯节电	245
8.2.3 照明节电	248
8.3 建筑供电优化设计	249
8.3.1 供电设计的基本原则	249

8.3.2	供电方案评估方法	250
8.3.3	既有建筑供电方案优化设计	250
8.4	建筑供电智能监控	254
8.4.1	分项能耗计量	255
8.4.2	节能诊断系统	259
8.4.3	分项能耗计量系统及其应用	261
8.5	示范项目——兆瓦级燃气轮机冷电联供系统	264
8.5.1	项目概述	264
8.5.2	示范工程系统介绍	265
第9章	建筑供能系统诊断与节能改造技术	270
9.1	冷热源设备诊断	274
9.1.1	冷热源设备测试参数及评判标准	274
9.1.2	制冷机设备诊断	277
9.1.3	冷却塔设备诊断	278
9.1.4	锅炉设备诊断	280
9.1.5	冷热源设备改造	281
9.2	输配设备诊断	282
9.2.1	输配设备测试参数及评判标准	282
9.2.2	输配系统检测	283
9.2.3	水泵设备诊断	284
9.3	末端设备诊断	285
9.3.1	末端设备诊断的目的	285
9.3.2	末端设备诊断方案	286
9.3.3	末端设备调查、诊断	287
9.4	建筑供能系统节能改造技术	291
9.4.1	供热系统节能改造技术	291
9.4.2	HOMS 技术应用于既有集中供热系统技术升级改造的工程实例	295
第10章	建筑供能系统节能测试方法与数据分析	312
10.1	建筑节能测试概述	312
10.1.1	建筑节能监控与测试的必要性、目的和作用	312
10.1.2	我国建筑节能检测工作的进展及相关标准规范	312
10.1.3	建筑节能检测内容	313
10.1.4	建筑节能检测流程	314
10.1.5	建筑物节能达标的判定	316
10.2	测量误差分析与数据处理	319
10.2.1	测量误差分析	320
10.2.2	数据处理	326
10.3	工程实例	328

第 1 章 能源与建筑供能系统

1.1 概述

1.1.1 能源与建筑节能

1. 能源现状

能源是人类生存和发展的重要物质基础，也是当今国际政治、经济、军事、外交关注的焦点。中国经济社会持续快速发展，离不开有力的能源保障。

人类的能源利用经历了从薪柴时代到煤炭时代，再到油气时代的演变，在能源利用总量不断增长的同时，能源结构也在不断变化。每一次能源时代的变迁，都伴随着生产力的巨大飞跃，极大地推动了人类经济社会的发展。同时，随着人类使用能源特别是化石能源的数量越来越多，能源对人类经济社会发展的制约和对资源环境的影响也越来越明显。

20 世纪 50 年代以来，中国能源工业从小到大，不断发展。特别是改革开放以后，能源供给能力不断增强，促进了经济持续快速发展。但在经济发展过程中，能源供给不足的矛盾十分突出。往往只要固定资产投资规模扩大、经济发展加速，煤电油运就会出现紧张，成为制约经济社会发展的瓶颈。到 20 世纪 90 年代末，随着能源市场化改革不断推进、能源工业进一步对外开放和能源投入增加，煤炭、电力产能大幅度提高，油气进口增多，能源对经济社会发展的制约得到很大缓解。进入 21 世纪以来，能源供求形势又发生了新的变化，工业化和城市化步伐加快，一些高耗能行业发展过快，能源需求出现了前所未有的高增长态势，能源对经济社会发展的制约又开始加大。中国是一个人口众多的发展中国家，达到较高水平的现代化社会还要走相当长的路。随着经济社会持续发展和人民生活水平不断提高，能源需求还会继续增长，供需矛盾和资源环境制约将长期存在。

能源需求继续增加，可持续发展面临挑战。随着中国经济持续快速发展，工业化、城镇化进程加快，居民消费结构升级换代，能源需求不断增长，今后一段时期，能源消费弹性系数难以大幅降低。同时，油气需求的增长将快于煤炭需求的增长，而国内资源受到自然条件限制难以较快增加，能源尤其是油气供求矛盾进一步显现。因此，我国只有从现在起就加大节能力度，加快产业结构调整步伐，合理引导消费行为，才有可能在未来逐步实现能源需求增长率的降低，实现化石能源需求的低增长直至零增长。

2. 建筑节能

有关研究表明，全球的能源消耗中，45%用于满足建筑物的采暖、制冷和照明等要求，5%用于建筑物的建造过程。

建筑物用能包括采暖、制冷空调和通风、照明、热水供应、电梯、办公和家用电器等方面的能源消费。工业化国家建筑物用能占能源消费总量的30%以上。我国正处在建筑业高速发展的阶段,每年新建成的建筑面积达20亿 m^2 左右,是世界上最大的建筑市场,用于建筑物的能源消费逐渐上升。推进建筑节能,政府办公用房、公共建筑设施应当先行,并引导居民住房和商业用房节能。积极推广建筑物节能技术,可以采用高效隔热材料、低散热玻璃、高效供热和空调系统、太阳能热水、水(地)源和空气源热泵、节能照明、楼宇智能化等技术,可显著降低建筑物用能需求,使新建建筑物节能50%~65%,超低能耗建筑物节能可达90%,未来还有可能实现新建建筑的低碳乃至零碳排放;可以对集中供热系统进行综合技术改造,改善末端和管网系统调节,提高热源效率,使集中供热系统效率由目前的不到55%提高到85%左右;强化建筑节能标准,提高节能建筑设计水平,采用节能建筑材料和设备,使建筑物能源系统的运行效率不断改善。这样,可以在改善人民居住和生活条件的同时,有效地减缓建筑物能源需求的增长速度。因此,对建筑用各种能量供应系统进行节能分析与优化的研究,有着重大的意义。

建筑节能应处理好围护结构节能与建筑设备节能、单体设备节能与系统节能、建筑节能与室内环境品质(IEQ)以及节能与节电的关系。同时,应建立科学、合理和简单的建筑节能评价体系。建筑设计方案是否满足节能设计要求在很大程度上取决于其全寿命周期内能否达到建筑节能的目的,通过设计降低建筑的能耗,可减少全球的能耗,有利于保持整个生态系统的稳定。节能建筑的设计与评价密不可分,节能评价是实现建筑节能设计的必要手段,节能建筑的设计要求建筑设计人员在设计阶段对所设计的建筑进行建筑能耗分析,以评价建筑方案是否节能。

1.1.2 建筑供能系统

建筑供能系统,即为建筑物提供其各种所需能量的系统。目前,我国既有建筑供能系统主要包括集中供热系统、供冷系统、热水供应系统、空调系统、供配电系统、建筑照明系统和建筑智能化系统。

集中供热系统要向许多不同的热用户供给热能,它是由热源、热网和热用户3部分组成的;一个完整的热水供应系统由加热设备、热媒管道、热水输配与循环管道、配水龙头或用水设备、热水箱及水泵等组成,主要采用闭式系统和开式系统两种形式;建筑物的空调采暖系统一般由冷热源(制冷机、冷却塔、锅炉等)、输配系统(水泵、空调箱风机、管道)和末端空调设备(表冷器、风机盘管等)组成;建筑供配电系统的作用,就是要在数量和质量上满足各种用电设备在正常和事故状况下的不同用电要求,保证供电的安全和可靠;在我国,照明用电量大约占总发电量的10%左右,并且主要以低效照明为主,照明终端节能具有很大的潜力,同时照明用电大都属于高峰用电,照明节能具有节约能源和缓解高峰用电的双重作用;建筑智能化系统,一般是由智能建筑中的建筑设备监控管理系统(BAS)、办公自动化系统(OAS)和通信网络系统(CAS)3部分构成。以上几种供能系统共同组成了我国目前既有建筑供能系统,而建筑节能的分析与优化技术的研究就应从上述几个方面入手。

然而,由于地域特点的不同,对我国既有建筑供能系统节能分析与优化的研究过程中,可按地域的不同,将其划分为北方地区、过渡地区和南方地区建筑供能系统3类。本

书将按照这 3 类系统分别探讨我国既有建筑供能系统的节能评价与优化技术。

1.1.3 建筑供能系统节能在当前形势下的作用

1. 当前气候变化与低碳技术研究

当今世界,气候变化问题已成为全人类共同面对的挑战。最近 30 多年,从斯德哥尔摩到里约热内卢,从京都到巴厘岛,再到哥本哈根,国际社会召开了一系列重要会议,在保护全球环境、应对气候变化问题上达成了广泛共识,采取了一系列有效行动。但是也要注意,哥本哈根会议没有完成巴厘路线图的谈判,各方面对一些重大问题的认识仍难以取得一致,相互之间存在误解,甚至影响到彼此的信任。

2007 年 9 月,中国国家主席胡锦涛在亚太经合组织(APEC)第 15 次领导人会议上,明确主张“发展低碳经济”、研发和推广“低碳能源技术”、“增加碳汇”、“促进碳吸收技术发展”,并建议建立“亚太森林恢复与可持续管理网络”,共同促进亚太地区森林恢复和增长,减缓气候变化。同月,科学技术部部长万钢在 2007 中国科协年会上呼吁大力发展低碳经济。

低碳技术是指涉及电力、交通、建筑、冶金、化工、石化等部门以及在可再生能源及新能源、煤的清洁高效利用、油气资源和煤层气的勘探开发、二氧化碳捕获与埋存等领域开发的有效控制温室气体排放的新技术。

低碳技术可分为 3 个类型:第一类是减碳技术,是指高能耗、高排放领域的节能减排技术,煤的清洁高效利用、油气资源和煤层气的勘探开发技术等。第二类是无碳技术,比如核能、太阳能、风能、生物质能等可再生能源技术。在过去的 10 年里,世界太阳能电池产量年均增长 38%,超过 IT 产业。全球风电装机容量 2008 年在金融危机中逆势增长 28.8%。第三类就是去碳技术,典型的是二氧化碳捕获与埋存(CCS)。

举世瞩目的哥本哈根会议之后,“低碳”概念铺天盖地而来,如何切实减少能耗和污染,为可持续发展做贡献,已经成为各行各业追求的目标。然而,纵观早已成型的绿色建筑领域,深耕细作者却屈指可数。

2. 建筑供能系统在当前低碳技术与气候变化中的作用

目前,我国既有建筑供能系统的节能技术与需求差距很大,达到节能标准的经济、适用、可靠的技术体系尚不完善。若用国际水准衡量,问题表现更为突出:多数现有技术比较低级,系统配套差,产业化程度也不高;可再生能源建筑应用缺乏具有自主知识产权的核心技术;高效、低能耗、高可靠性的高效供能技术的系统集成化不高。如果大幅度提高节能标准要求,现有技术恐怕大都难以支撑。

中国建筑科学研究院与朗诗集团股份有限公司项目组开始了大胆的尝试与实践,以理论研究、数学模型分析、实验室研究、现场测试研究、仿真模拟、样板房建设以及大型示范工程建设等相结合的技术手段为研究路线,全面集成了室外取放热系统、能量提升系统、生活热水系统、新风处理系统、辐射顶棚系统、排风能量回收系统等 6 个子系统,着重于研究和解决“低焓损供能系统”中各个子系统之间的优化、匹配、集成等技术难点,着力于通过工程应用进一步完善节能建筑设计、产品、装置与示范工程的协调、优化等系列难题,着眼于发展一套系统、全面的建筑 HVAC 高效供能系统技术集成体系,取得了诸多突破性成果。

1.2 建筑供能系统节能潜力与节能优化技术

建筑供能系统主要包括集中供热系统、热水供应系统、空调系统、供配电系统、建筑照明系统和建筑智能化系统。

1.2.1 集中供热系统

集中供热系统一般是由热源、热力管网和热用户 3 部分组成。为保护大气环境、降低能耗，近代城镇均采用热电联产或区域锅炉房；或用工业余热等作为热源，经过供热管网输配热媒到城镇各热用户。图 1-1 为热电联产供热系统示意图，其中(a)(1)为蒸汽供热系统，(a)(2)为热水供热系统，(b)为蒸汽锅炉供热系统，(c)为热水供热系统。蒸汽供热多用于工业生产，热水供热多为城镇居民。

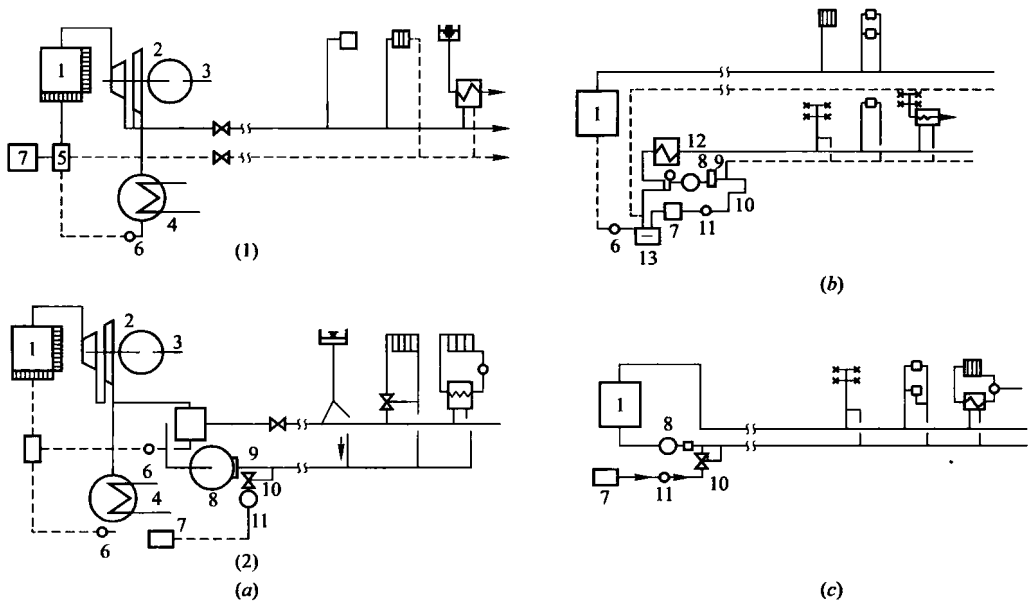


图 1-1 热电联产供热系统示意图

(a)热电联产供热系统；(b)蒸汽锅炉供热系统；(c)热水锅炉供热系统

1—锅炉；2—汽轮机；3—发电机；4—冷凝器；5—回热循环系统装置；6—凝水泵；7—软化水；
8—热网水泵；9—除污器；10—压力调节器；11—补水泵；12—加热器；13—凝水池

现简要介绍热源、热交换站和热力网 3 个组成部分。

1. 热源

当前我国城镇集中供热的热源主要是热电联产和锅炉房，以及少量的工业余热和地热等，此外也有少量原子能电厂、太阳能利用等。

(1) 热电联产的热源。主要是采用供热汽轮机组实行发电和供热。供热汽轮机按工作原理可分为背压式和抽汽式两种。背压式汽轮机全部排气(做功发电后的乏汽)直接供热用户，而抽汽式汽轮机由可调节的抽气口，抽出部分做功后高压蒸汽作为热源，其余做功后蒸汽进入冷凝器变为凝水回收。图 1-2 为热电联产的热力系统示意图。

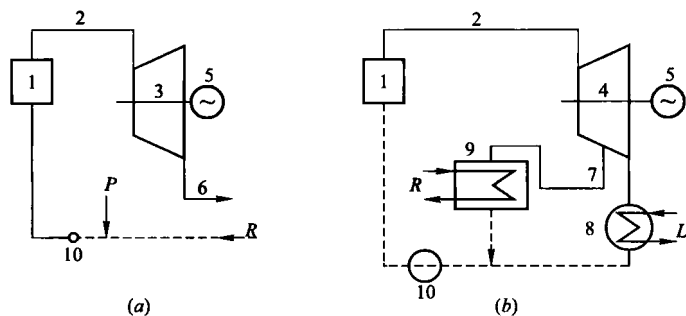


图 1-2 热电联产的热力系统示意图

1—锅炉；2—蒸汽管；3—背压式汽轮机；4—抽汽式汽轮机；
5—发电机；6—排汽；7—抽汽；8—冷凝器；9—热网加热器；
10—凝水泵；R 热力网；P 补水；L 冷却水

供热式汽轮机按其所供蒸汽参数有 4 种：

中温中压：35 绝对大气压，温度为 435℃；

高温高压：90 绝对大气压，温度为 535℃；

超高压：130 绝对大气压，温度为 535℃；

超临界参数：240 绝对大气压，温度为 540℃。

部分国产背压式供热机组主要技术参数范围：进汽压力为 3.5~9.0MPa，进汽温度为 435~535℃，额定进汽量为 36~280t/h，排汽压力为 0.4~4.1MPa。抽汽式供热机组主要技术参数范围：进汽压力为 3.5~9.0MPa，进汽温度为 435~535℃。额定进汽量为 22~550t/h，抽汽压力为 0.4~1.3MPa，抽汽量 10~180t/h，

(2) 锅炉供热的热源。锅炉产热作为热源有蒸汽锅炉和热水锅炉之分，载热体有蒸汽、热水和汽-水并行之别。蒸汽-热水并行只是增加换热设备，把载热体蒸汽经传热转换为热水。蒸汽锅炉供热多用于工业生产。热水锅炉多用于民用。图 1-3 为蒸汽、热水供应系统图。

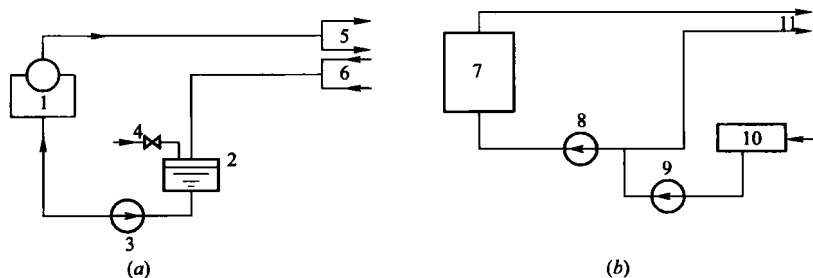


图 1-3 蒸汽及热水锅炉供热系统示意图

(a) 蒸汽锅炉；(b) 热水锅炉

1—蒸汽锅炉；2—凝结水箱；3—锅炉给水泵；4—软化水；
5—蒸汽管网；6—凝结回水；7—热水锅炉；8—循环水泵；
9—补水泵；10—水处理设备；11—热水供水管网

蒸汽锅炉和热水锅炉规格很多。我国对工业蒸汽锅炉制定有国家标准。热水锅炉也作了规定，详见有关规范和规程。

至于工业余热和地热作为热源，必须经过技术经济比较后才可以利用。工业余热有冷却水、冷却蒸汽余热，废气、高温炉渣和产品余热、化学反应余热和可燃废气的载热性余热。地热作为一种清洁的可再生能源，在有条件地区应优先采用。

2. 供热管网

供热管网也称热力网，是热源至各热用户的室外供热管道及保证载热体安全输配所必需的附件总称。

供热管网按热源多少分，有单一热源区域式和多热源统一式；按输送载热体介质分，有蒸汽和热水管网；按管网布置分，有枝状和环状。图 1-4 为供热管网示意图，城镇集中供热一般多采用枝状管网。

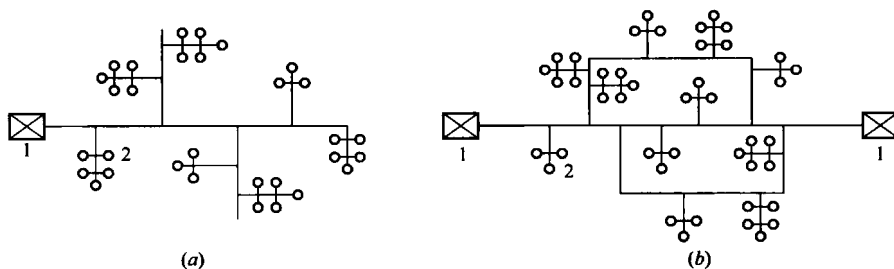


图 1-4 供热管网

(a)枝状；(b)环状

1—热源；2—热用户

供热管网应尽量沿街道一边敷设，南北走向时，一般供水(汽)管靠东；回水(凝水)管靠西，东西向敷设时，可置供水管(汽)靠北；回水(凝水)管靠南。供热管网可置于地下通行、半通行或不通行管沟，也可直埋(无沟)或架空敷设。

为保证供热管网安全、便于检修及减少热损失，需设置许多附件，如管道阀门是用以联通、关闭和调节载热体流量的附件，补偿器则是用以管道受热伸长补偿的附件，支座则是支撑管道的附件，管道保温可以减少热损失，提高热效率。

3. 热交换站

区域集中供热系统的热网与用户连接，一般采用热交换站，如仅供一座建筑或一个单一用户，有时也称专用热交换站或热力进口连接，当供多个热力用户时则需设置公共热交换站。

热交换站主要由热交换器、输送设备如水泵等和控制设备等组成。热交换站按热源不同，有汽-水、水-水两种；按热用户用途不同，有采暖单一热交换站、采暖和热水供应双用热交换站和生产、生活、采暖多用热交换站。本节仅对独立公共热交换站的一般知识进行简单介绍。

独立热交换站供热作用半径，应作技术经济分析择优确定，目前国内作为单一采暖区域性热交换站作用半径一般控制在 500m 以内为宜。

4. 集中供热系统的节能潜力和节能优化技术

目前，在我国既有建筑的供热热源中还有大量分散安装的小型燃煤锅炉，这些锅炉的热效率较低，能耗较高，对环境的污染比较严重，属于国家明令淘汰的落后产品，其节能

潜力最大。如果将这些分散安装的小型燃煤锅炉更换成大型燃煤链条炉、循环流化床锅炉或煤粉炉,采用区域锅炉房或热电联产集中供热,提高单台锅炉的容量,则可以减少锅炉的数量,提高锅炉的热效率,并使能量得到合理的梯级利用,大大提高能源的利用效率,并减少粉尘、CO₂、SO₂和NO_x等污染物的排放,取得明显的经济效益和环境效益。

随着煤炭、石油、天然气等化石燃料资源的不断枯竭和全球经济社会发展对能源需求的不断增加,世界性能源供应形势日益紧张,而且在能源利用过程中排放的大量温室气体对环境的影响也日益突出。在此背景下,地热、太阳能等可再生能源的开发和利用就显得十分迫切和重要。在有条件的地区,水源热泵、土壤源热泵、空气源热泵等作为既有建筑供热热源近年得到迅速发展。

太阳能作为一种清洁的可再生能源,其开发和利用日益受到重视。但由于受地域、天气、日照强度变化、成本等因素的影响,目前太阳能还主要用于供应生活热水。作为建筑采暖的热源还处于小范围、多热源联供的实验阶段。相信随着技术的进步和太阳能集热器成本的降低,将来在建筑采暖中的应用会不断增加。

既有建筑的供热管网大多存在管网老化、漏汽、漏水严重、保温层脱落、设计不合理等问题,造成热媒输送过程热损、汽损、水损严重,管网输送效率低下。

既有建筑供热管网的节能应着重从以下几个方面入手:

(1) 优化管网设计。应根据建筑热负荷和热媒流量的变化,通过计算选取合适的管道直径和敷设方式,以降低热媒输送过程的阻力和动力消耗。

(2) 加强对老旧管网的检查和维护,及时更换已经腐蚀和泄漏的管道,减少漏汽、漏水带来的热量和水资源损失。

(3) 加强管网的保温,及时更换已经脱落和保温效果差的保温材料,以减少管道及附件表面的散热损失。

换热站主要由热交换器、输送设备(水泵等)和控制设备等组成。换热站的节能应从以下几个方面入手:

(1) 选择合理的换热站位置。换热站一般应建在靠近用热负荷中心的位置,采暖区域性热交换站的作用半径一般应控制在500m以内,以利于供热管网的水力平衡,缩短供热半径、减少输热管网的热损失。

(2) 应通过选用高效节能型换热器、热水循环泵和补水泵等产品,提高换热效率和电能利用率。

(3) 应根据需要对负荷变化较大的循环泵和补水泵等采用变频调速节能技术。由于泵和风机类产品的轴功率与转速的三次方成正比,当流量减小时,如果通过降低转速来改变流量,则可以大大减少输入功率,降低电能消耗。

(4) 对换热站内表面温度超过50℃的设备和管道采取保温措施。换热站设备和管道表面散热是换热站热损失的主要途径,根据《设备及管道保温技术通则》GB 4272的规定,当设备和管道表面温度高于50℃时,需要进行保温。

(5) 居住建筑冬季属于24h连续供热,应采取室内、室外温度补偿措施,在保证室内人体舒适度的前提下,应根据室内、室外温度的变化自动调节供热量,达到节能的目的。

1.2.2 热水供应系统

一个完整的热水供应系统是由加热设备、热媒管道、热水输配与循环管道、配水龙头或用水设备、热水箱及水泵等组成。生活热水供应系统按其范围大小可以分为局部热水供应系统、集中热水供应系统和区域热水供应系统。

1. 热水供应系统的分类

(1) 局部热水供应系统

局部热水供应系统是指采用小型加热器在用水场所就地加热，供局部范围内一个或几个用水点使用的热水系统。其特点为：

- 1) 各用户按需要加热热水；
- 2) 系统简单，造价低，维护管理容易；
- 3) 热水管道短，热损失小；
- 4) 不需要建造锅炉房、加热设备、管道系统和聘用司炉人员；
- 5) 热媒系统设施增加，投资增大；
- 6) 小型加热器效率低，热水成本高。

适用于热水用水量小且分散的建筑：如饮食店、理发店、门诊所、办公楼、住宅等。

(2) 集中热水供应系统

集中热水供应系统就是在锅炉房、热交换站或加热间把水集中加热，然后通过热水管网输送给整幢或者几幢建筑的热水供应系统，其特点为：

- 1) 加热设备集中管理方便；
- 2) 考虑热水用水设备的同时使用率，加热设备的总负荷可减少；
- 3) 大型锅炉热效率高，可使用煤等廉价的燃料；
- 4) 设备系统复杂，建筑投资较高；
- 5) 管道热损失大，需要专门的管理、操作维护工人；
- 6) 改建、扩建困难，大修复杂。

(3) 区域热水供应系统

区域热水供应系统是把水在热电厂、区域性锅炉房或热交换站集中加热，通过市政热水管网送至整个建筑群、居住区或整个工矿企业的热水供应系统，其特点为：

- 1) 便于集中统一维护管理和热能综合利用；
- 2) 大型锅炉房的热效率和操作管理的自动化程度高；
- 3) 消除分散小型锅炉房，减少环境污染；
- 4) 设备系统复杂，需敷设室外供水和回水管道；
- 5) 需专门的管理技术人员。

2. 热水供应系统的节能

(1) 系统末端节能技术

1) 热水用水点迅速出热水

热水系统的用水点在用水时，一般先流出冷水，之后再流出热水。放出的冷水实际上是由管道中的热水转变过来的：热水管道上的散热使管道中的热水逐渐降温，而连接用水器具的管道是支管，无循环水补充热量，故变成了冷水。热水系统的用水点流冷水，一方

面是热能的浪费,另一方面还造成水的浪费和增加输水动力能耗。

用水点出热水快、少放冷水则表明支管的热浪费少,达到节能效果。采取的具体措施除做好管道保温外,还要使立管靠近用水点,使支管尽量短。

2) 保持热水出水水温稳定

热水系统用水点的出水水温保持稳定可以节省电能,其措施主要有:①系统设计中减少冷、热水的水压波动。水压波动同冷水源的供应方式及管网的设置有很大关系,一般而言,高位水箱作为冷水水源比变频调速泵供水的水压(冷、热水)稳定,热水管布置得容易窝气则热水水压易波动。②选用高效的冷热水混合阀。高效率的冷热水混合阀能够减小阀前水压波动对出水水温的影响,稳定水温,即水温调好后,就不容易发生变化,尽管阀前水压有波动。同时,高效率的混合阀还能快速地把水温调节到使用者所需要的温度,减少水温调节和空间放水时间,使浪费的热水量减少。③保持冷、热水的水压平衡。保持冷、热水压平衡是指在水压不波动的情况下,用水处的冷水水压和热水水压相差较小,这样可减少水温调节时间和减缓冷热水在管道内的混掺现象。

3) 控制热水用水点无效的出水流量

对热水系统用水点的无效流量进行控制能一举两得,实现节能和节水的双重功效,节省的能耗主要是因用水量的减少而节省的热水耗热量和输水动力能耗。用水点无效出流控制技术主要有:①采用减压稳压阀控制用水点的水压逼近额定流量水压;②改变器具构造(节水器具)减小额定流量。

(2) 管网输送能耗减少技术

1) 减少管网压力损失

生活供水管网和热水管网的压力损失主要受管道流速、管长、管径局部阻力系数等因素的影响。按经济流速选择管径和维持运行、减少局部阻力损失是节能技术中需要重点关注的内容。

2) 热水管道的高效保温

生活热水经管道输配到用水点,温度会下降。损失的热量主要是管壁热传导散发到周围环境中。一般情况下会下降 5°C 左右,这意味着总耗热量的10%在输送过程中被浪费掉了。控制热传递损失的措施首先是选用保温效果好的保温材料,其次是先进的保温方法。保温技术的关键是保持保温层的完整和固定,保证管道伸缩不会把保温材料拉开裂缝;阀门、三通等局部形状变化点采用形状吻合的保温层等。

3) 缩短热水系统的管道长度

在热水输送管网中,同程布置技术主要是为了防止循环水在配水管网中的短路,这使热水管道的长度大大增加,同时造成管道热损耗的相应增加。用同阻技术和循环流量限流控制装置取代同程布置方式,可以缩短热水管道的长度,从而减少热水管道系统的热损失量。

(3) 水泵、加热设备、供水工艺节能技术

对于公共建筑可考虑采用水泵直吸技术,即把二次加压水泵的吸水管直接连接到城市自来水引入管上,进行接力供水,水泵进水管上的水压便会叠加到水泵出水管的一端,减少水泵的扬程,节省能耗。为保持水泵的高效率运行,可在屋顶设置水箱,其供水方式的工艺是:水泵—屋顶水箱—配水管网—用水点。另外,还可通过消减变频水泵无效扬程、智能控制循环水泵的启停来达到节能的目的。