

高校建筑环境与设备工程学科  
专业指导委员会推荐教材



普通高等教育土建学科专业  
“十五”规划教材

PUTONG  
GAODENG  
JIAOYU  
TU JIAN XUEKE  
ZHUANYE  
SHIWU  
GUIHUA  
JIAOCAI

# 供热工程

李德英 主编  
许文发 主审

中国建筑工业出版社

TU833  
L148

普通高等教育土建学科专业“十五”规划教材

高校建筑环境与设备工程学科专业指导委员会推荐教材

# 供 热 工 程

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

供热工程/李德英主编. —北京: 中国建筑工业出版社, 2004

普通高等教育土建学科专业“十五”规划教材  
高校建筑环境与设备工程学科专业指导委员会推荐教材

ISBN 7-112-06155-5

I. 供... II. 李... III. 供热系统-高等学校-教材 IV. TU833

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2004) 第 071229 号

普通高等教育土建学科专业“十五”规划教材  
高校建筑环境与设备工程学科专业指导委员会推荐教材

供 热 工 程

李德英 主编

许文发 主审

\*

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

北京密云红光印刷厂印刷

\*

开本: 787×1092 毫米 1/16 印张: 19½ 字数: 470 千字

2004 年 7 月第一版 2004 年 7 月第一次印刷

印数: 1—3000 册 定价: 27.00 元

ISBN 7-112-06155-5

TU·5422 (12168)

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>

本书包括的主要内容有：集中供热系统的热负荷；热水供热系统的水力计算；热水供热系统的水力工况分析；蒸汽供热系统、室外管网系统的设计；供热系统的热源及其主要设备；集中供热系统的运行调节与量化管理；热、电、冷三联供系统；集中供热系统的技术经济分析等内容。

本书系统性强、取材新、内容适用，便于教学选用。

本书可作为建筑环境与设备工程专业教材，也可供从事供热通风、空调等设计、施工、运行管理人员参教使用。

责任编辑：姚荣华 齐庆梅

责任设计：孙梅

责任校对：王金珠

## 前 言

本书是为高等院校“建筑环境与设备工程”专业“供热工程”课程撰写的教材。根据该课程的基本要求和新专业培养计划的课程体系,收集了最新的技术资料,力求内容充实,覆盖面广,并根据国家有关的设计与施工验收规则,汇集有关的技术资料,编排合理,简明易懂,实用性强。本书内容包括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及特点(如热电/冷联供技术、热泵技术的应用等)及主要设备、供热管网的敷设与应力计算等工程新技术。

本书可供供热工程的设计、施工、运行管理及大专院校、科研院所技术人员参考使用。

本书由李德英主编。绪论、第七章、第六章第五节、第八章由北京建筑工程学院李德英编写,第一章和第九章由北京建筑工程学院赵秀敏编写,第二章、第三章由北京建筑工程学院闫全英编写,第四章、第五章由内蒙古工业大学徐向荣编写,第六章由北京建筑工程学院邵宗义编写。

本书诚请许文发教授细致审阅,并得到多方面指正,谨致谢意。

感谢北京建筑工程学院研究生高雪飞、范赟、邓琴琴、任艳莉对书稿写作的大力帮助。

对为本书的顺利编写提供帮助和资料的各位同仁表示真诚感谢。

由于作者水平有限,书中错误和不妥之处,敬请读者予以批评指正。

# 目 录

绪论	1
第一章 集中供热系统的热负荷	9
第一节 集中供热系统热负荷的特征	9
第二节 集中供热系统热负荷的确定	9
第三节 集中供热系统年耗热量计算	16
第四节 集中供热系统热负荷图	17
第二章 热水供热系统的水力计算	21
第一节 概述	21
第二节 热水网路水力计算的基本公式	21
第三节 水力计算的方法和步骤	24
第四节 水力计算例题	27
第五节 热水网路的水压图	30
第六节 水泵的选择	40
第七节 供热系统的定压方式	42
第八节 供热系统的输送能耗	46
第三章 热水供热系统的水力工况分析	50
第一节 概述	50
第二节 热水网路的阻力特性	50
第三节 水力工况的计算	57
第四节 水力工况分析	61
第五节 热水网路的水力稳定性	65
第四章 蒸汽供热系统	68
第一节 低压蒸汽供暖系统	68
第二节 低压蒸汽供暖系统的水力计算	75
第三节 高压蒸汽供热系统	79
第四节 高压蒸汽供热系统的水力计算	82
第五节 蒸汽供热系统的辅助设备	100
第五章 室外管网系统的设计	108
第一节 室外供热管网系统	108
第二节 室外供热管网的布置	121
第三节 室外供热管网的敷设与构造	126
第四节 室外供热管网的应力计算	147
第六章 供热系统的热源及其主要设备	165

第一节	热电厂	165
第二节	区域锅炉房	167
第三节	集中供热系统热力站	180
第四节	直燃机	197
第五节	热泵技术	199
第六节	地热与太阳能	207
第七章	集中供热系统的运行调节与量化管理	210
第一节	概述	210
第二节	供热调节的基本原理及计算公式	211
第三节	热水供暖系统集中供热调节方法	214
第四节	供暖系统运行调节量化管理及其应用	227
第八章	热、电、冷三联供系统	242
第一节	热、电、冷联供系统简介	242
第二节	热、电、冷联产的主要形式	243
第三节	热、电、冷联产的发展现状	244
第四节	热、电、冷联产的研究现状以及方向	245
第五节	楼宇热、电、冷联供系统	246
第六节	区域热、电、冷联供系统	250
第九章	集中供热系统的技术经济分析	254
第一节	概述	254
第二节	经济效果的指标计算和评价方法	256
第三节	热水网路的经济比摩阻的确定	261
第四节	热电联产与热电分产相比的节约燃料量	265
附录		270
主要参考文献		303

## 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。所以我国已经把能源与环境保护列入发展国民经济的战略重点。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,取得了显著成果。

在我国采暖通风有着悠久的历史。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。此间建立了采暖、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年生产了我国第一台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—75),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—75)组织修订后改为《采暖通风和空气调节设计规范》(GB 19—87)，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—89)，1990年颁布了《城市热力网设计规范》(CJJ 34—90)。

展望21世纪采暖通风行业的发展，必将是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》(GB 19—87)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、燃气、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<sub>2</sub>，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<sub>2</sub>、NO<sub>x</sub>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。集中供热系统是由热源、热力网、热用户三部分组成。热源是供热系统热媒的来源，目前最广泛应用的是：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热用户，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、供热管网的敷设与应力计算等。

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,如何准确全面的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

新型采暖方式如何选择是一个至关重要地问题。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。供暖方式到底选择哪一种更好,需要进行经济技术比较和运行管理、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。建筑能耗约占当地能源消耗的1/4以上,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,然后才能全面的予以评价比较。

##### 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,将热电联产方式产出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小于中小型锅炉房。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与污染,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,使用天然气为燃煤的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出资。目前随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。前些年曾出现过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  $30 \sim 50$  元/ $m^2$ ，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  $30\% \sim 40\%$  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  $70\% \sim 90\%$ 。我国还是应以火电为主，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，减缓大型火电与调峰的问题，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  $0^\circ\text{C}$  时，一度电可产生约  $3.5$  度的热量，热电转换效率为  $350\%$ ，考虑发电的热电效率为  $33\%$ ，空气源热泵的总合效率约为  $110\%$ ，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 ( $-15 \sim 18^\circ\text{C}$ ) 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 1 度电产生 3.5 度以上的热量，比空气源热泵热效率高的多，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，由此极大的刺激了我国的房地产业的发展，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，热源的热源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，而流量和供热量的变化供热公司难以控制。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，据统计目前已经达到 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地管理、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为：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：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，开发供热调节控制软件；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站有一席之地，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，在供热及能源利用技术方面还需要不断改进和提高。

（1）...  
（2）...  
（3）...  
（4）...  
（5）...  
（6）...  
（7）...  
（8）...  
（9）...  
（10）...

# 第一章 集中供热系统的热负荷

## 第一节 集中供热系统热负荷的特征

集中供热的任务是按照用户的需要和要求,把热能从热源,经供热管道输送给各个热用户。为此,首先需要了解热用户对热能的需求,确定热用户的计算热负荷、掌握热用户的情况。

集中供热系统的热负荷一般包括采暖、通风、空气调节、生活用热水供应和生产工艺等热负荷。这些用热系统热负荷的大小及其性质是供热规划和设计的最重要的依据。

居民住宅和公共建筑的采暖、空调、通风和生活用热水供应热负荷属于民用热负荷。生产工艺、厂房的采暖、通风、空调和厂区的生活用热水供应热负荷属于工业热负荷。

集中供热系统的热负荷根据时间还可以分为:

季节性热负荷:供暖、通风、空气调节系统的热负荷属于季节性热负荷。其特点是与室外温度、湿度、风向、风速和太阳辐射热等气候条件密切相关,其中对它的大小起决定性作用的是室外温度,因而在全年有很大的变化。

常年性热负荷:生活用热(主要指热水供应用热)和生产工艺系统用热属于常年性热负荷。其特点是与气候条件关系不大,但是它的用热状况在全日中变化较大。其中,生产工艺系统的用热量直接取决于生产状况,热水供应系统的用热量与人们的生活水平、生活习惯以及居民成分有关。

## 第二节 集中供热系统热负荷的确定

集中供热系统的计算热负荷是研究集中供热方案、确定集中供热规划、确定集中供热系统形式、计算供热管道直径等的基本依据。集中供热系统的热负荷的确定宜采用经核实的建筑物的设计热负荷。

对集中供热系统进行规划或初步设计时,往往尚未进行各类建筑物的具体设计工作,不可能提供较准确的建筑物热负荷的资料。通常可采用下面的概算方法进行确定各类热用户的设计热负荷。

### 一、供暖设计热负荷

供暖热负荷是城市集中供热系统最主要的热负荷。它的设计热负荷占全部设计热负荷的80%~90%以上(不包括生产工艺用热)。供暖设计热负荷的概算,可采用体积热指标法或面积热指标法等。

(1) 体积热指标法。建筑物的供暖设计热负荷,可用下式概算:

$$Q'_n = q_v V_w (t_n - t'_w) \times 10^{-3} \quad (1-1)$$

式中  $Q'_n$ ——建筑物的供暖设计热负荷, kW;



$V_w$ ——建筑物的外围体积,  $m^3$ ;

$t_n$ ——供暖室内计算温度,  $^{\circ}C$ ;

$t'_w$ ——供暖室外计算温度,  $^{\circ}C$ ;

$q_v$ ——建筑物的供暖体积热指标,  $W/(m^3 \cdot ^{\circ}C)$ ; 它表示各类建筑, 在室内外温差  $1^{\circ}C$  时, 每  $1m^3$  建筑物外围体积的供暖设计热负荷。

建筑物的供暖体积热指标  $q_v$  的大小, 主要与建筑物的外围护结构的构造和外形有关。建筑物围护结构传热系数越大, 采光率越大, 外部建筑体积越小, 或建筑物的长宽比越大, 单位体积的热损失, 即  $q_v$  值越大。因此, 从建筑物的围护结构及其外形方面考虑降低  $q_v$  值的种种措施, 是建筑节能的主要途径, 也是降低集中供热系统的供热设计负荷的主要途径。

各类建筑物的供暖体积热指标  $q_v$ , 可通过对许多建筑物进行理论计算或对许多实测数据进行统计归纳整理得出, 可见有关设计手册或当地设计单位历年积累的资料数据。

(2) 面积热指标法。建筑物的供暖设计热负荷, 也可按下式进行概算

$$Q'_n = q_f \cdot F \times 10^{-2} \quad (1-2)$$

式中  $Q'_n$ ——建筑物的供暖设计热负荷,  $kW$ ;

$F$ ——建筑物的建筑面积,  $m^2$ ;

$q_f$ ——建筑物供暖面积热指标,  $W/m^2$ ; 它表示每  $1m^2$  建筑面积的供暖设计热负荷。

应该指出, 建筑物供暖面积热指标  $q_f$  的大小, 主要取决于通过垂直围护结构(墙、门、窗等)向外传递热量, 它与建筑物平面尺寸和层高有关, 因而不是直接取决于建筑平面面积。用供暖体积热指标表征建筑物供暖热负荷的大小, 物理概念清楚, 但采用面积热指标法, 比体积热指标更易于概算, 所以近年来在城市集中供热系统规划设计中, 国内外也多采用供暖面积热指标法进行概算。

在总结我国许多单位进行建筑物供暖热负荷的理论计算和实测数据工作的基础上, 我国《城市热力网设计规范》给出的供暖面积热指标推荐值, 见表 1-1。

采暖热指标推荐值  $q_f$  ( $W/m^2$ )

表 1-1

建筑物类型	住宅	居住区综合	学校办公	医院托幼	旅馆	商店	食堂餐厅	影剧院展览馆	大礼堂体育馆
未采取节能措施	58~64	60~67	60~80	65~80	60~70	65~80	115~140	95~115	115~165
采取节能措施	40~45	45~55	50~70	55~70	50~60	55~70	100~130	80~105	100~150

注: 1. 本表摘自《城市热力网设计规范》(CJJ 34—2002), 2002 版;

2. 表中数值适用于我国东北, 华北, 西北地区;

3. 热指标中已包括约 5% 的管网热损失。

表 1-1 中, 采取节能措施的建筑物是指按照《民用建筑节能设计标准(采暖居住部分)》(JGJ 26—95) 规定设计的建筑物及其采暖系统。

(3) 城市规划指标法。对一个城市新区供热规划设计, 各类型的建筑面积尚未具体落实时, 可用城市规划指标来估算整个新区的供暖设计热负荷。