

普通高等院校建筑环境与能源应用工程专业系列教材

JIANZHU NENGXIAO PINGGU



建筑能效评估

孔 戈 主编

中国建材工业出版社

普通高等院校建筑环境与能源应用工程系列教材

建筑能效评估

孔 戈 主编

中国建材工业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

建筑能效评估/孔戈主编. —北京: 中国建材工业出版社, 2013. 8

普通高等院校建筑环境与能源应用工程专业系列教材
ISBN 978-7- 5160-0516-3

I. ①建… II. ①孔… III. ①建筑能耗—能耗计算—高等学校—教材 IV. ①TU111. 19

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2013) 第 177368 号

内 容 简 介

建筑作为能源消耗的三大巨头之一, 首当其冲成为节能降耗的重点改造对象, 近年来兴起的建筑节能技术产业为实现建筑降耗带来了福音。本书正是在这一背景下编写的。

本书共分为七个章节, 概述了建筑能耗现状、特点, 建筑节能概念、政策法规和技术标准, 系统阐述了围护结构、用能系统节能评估, 可再生能源建筑应用技术评估、建筑能耗分项计量与实时监测、建筑节能新技术等内容, 并对能效评估典型案例做出了分析。

本书为普通高等院校建筑环境与能源应用工程专业教材, 也可供建筑相关专业选用。同时, 本书亦可供建筑节能专业技术人员参考借鉴。

建筑能效评估

孔 戈 主编

出版发行: 中国建材工业出版社

地 址: 北京市西城区车公庄大街 6 号

邮 编: 100044

经 销: 全国各地新华书店

印 刷: 北京雁林吉兆印刷有限公司

开 本: 787mm × 1092mm 1/16

印 张: 14

字 数: 346 千字

版 次: 2013 年 8 月第 1 版

印 次: 2013 年 8 月第 1 次

定 价: 33.00 元

本社网址: www.jcbs.com.cn

本书如出现印装质量问题, 由我社发行部负责调换。联系电话: (010) 88386906

本书编写组

主 编：孔 戈

副主编：徐忠昆 郭志庆 刘兰香

参 编：李庆来 秦 天 朱 玲 梅文琦 周 云

杨 鑫 孔繁伟 余婉璇 陈 宇 尹春聪

孙 华 董晓丽 金晓天 王润梅 张永炜

胡 莹 范 君 张玉婕 许静亚

在全世界能源问题日益严峻的大环境背景下,为了协调人类需求与严重匮乏的能源之间的矛盾,倡导健康绿色的生活方式,节能减排、低碳环保的新兴理念应运而生。如何在社会生活的各个环节最全面地渗透节能减排新理念,最大化地实现节能减排效力是我们所面临的严峻课题。而建筑作为能源消耗的三大巨头之一,其能耗约占全社会总能耗的三分之一,首当其冲成为节能降耗的重点改造对象。切实有效地降低建筑能耗,推行节能政策与方针,有利于进一步实施可持续发展战略,为全面建设小康社会打下扎实的基础。

近年来兴起的节能技术产业为实现建筑降耗带来了福音,一系列建筑节能新技术已经成功应用到实践中去,并且在节能减排方面取得了良好的成效。本书正是紧跟当下社会热点,探讨了当前主要的建筑节能技术及评估方法,对进一步培养和巩固节能意识,普及建筑节能的基础知识,提高建筑节能应用技术水平大有帮助。

本书共分为七个章节,内容涵盖建筑能耗现状、特点,建筑节能概念及相关政策法规和技术标准,系统阐述了围护结构、用能系统、可再生能源建筑应用、分项计量与实时监测平台等多方面的建筑节能评估技术。

本书的编写得到了主编所在单位上海众材工程检测有限公司的全力支持,本书中的全部工程实例及图片资料由上海众材工程检测有限公司提供,本书中使用的 PKPM 能效测评软件由上海凯创科技有限公司提供,能耗监测软件由上海众材工程检测有限公司提供,在此表示感谢。

在本书的编写过程中得到了缪群、陆津龙、付建明、丁峰等业内专家的指导与帮助,在此一并表示感谢。

由于编写人员水平有限,且时间仓促,掌握的资料也有一定的局限性,若有疏漏与表述不当之处,敬请读者批评指正,以便今后补充和完善。

编 者

2013 年 4 月



中国建材工业出版社
China Building Materials Press

我们提供

图书出版、图书广告宣传、企业/个人定向出版、设计业务、企业内刊等外包、代选代购图书、团体用书、会议、培训，其他深度合作等优质高效服务。

编辑部
010-68342167

图书广告
010-68361706

出版咨询
010-68343948

图书销售
010-68001605

设计业务
010-88376510转1008

邮箱：jccbs-zbs@163.com

网址：www.jccbs.com.cn

发展出版传媒 服务经济建设

传播科技进步 满足社会需求

(版权专有，盗版必究。未经出版者预先书面许可，不得以任何方式复制或抄袭本书的任何部分。举报电话：010-68343948)

目 录

第1章 绪论	1
1.1 建筑能耗	1
1.1.1 建筑能耗的主要影响因素	2
1.1.2 不同类型建筑的能耗特点	3
1.2 建筑节能	8
1.2.1 建筑节能理念	9
1.2.2 建筑节能技术	10
1.3 建筑能效评估及相关法规规范	11
1.3.1 建筑能效测评	11
1.3.2 建筑节能政策、法规和相关标准	14
思考题	17
第2章 围护结构节能评估	18
2.1 围护结构节能技术	18
2.1.1 墙体节能技术	18
2.1.2 屋面节能技术	22
2.1.3 门窗节能技术	23
2.1.4 幕墙节能技术	26
2.2 围护结构热工性能测试	28
2.2.1 保温材料导热系数计算	28
2.2.2 墙体传热系数计算	33
2.2.3 门窗热工性能测试	38
2.2.4 幕墙热工性能测试	51
2.2.5 墙体传热系数现场测试	64
2.2.6 围护结构隔热性能现场测试	66
2.2.7 围护结构热工缺陷现场测试	66
2.3 节能指标计算与评价	69
2.3.1 规定性指标	70
2.3.2 围护结构热工性能权衡计算	76
2.3.3 建筑节能率计算	81
2.3.4 建筑能耗动态模拟计算原理及软件	82
思考题	91

第3章 用能系统节能评估	92
3.1 通风空调系统节能技术	92
3.1.1 冷热源节能技术	93
3.1.2 输送系统节能技术	97
3.1.3 末端设备节能技术	99
3.2 通风空调系统的测试与评估	99
3.2.1 室内热环境测试	99
3.2.2 循环水系统测试	101
3.2.3 风系统测试	103
3.2.4 电流、电压及功率的测试	113
3.2.5 风机单位风量耗功率评估	115
3.2.6 水泵效率评估	116
3.2.7 机组性能系数（COP）评估	116
3.2.8 冷热源系统能效比评估	118
3.2.9 空调系统 COP 评估	119
3.3 照明系统节能技术	119
3.3.1 照明系统的节能设计	119
3.3.2 照明系统的运行管理与控制	120
3.4 照明系统的测试与评估	121
3.4.1 室内照度测试	121
3.4.2 照明功率密度测试	127
3.4.3 统一眩光值测试	127
3.4.4 显色指数测试	130
思考题	131
第4章 可再生能源建筑应用技术评估	132
4.1 概述	132
4.2 地源热泵系统评估	132
4.2.1 地源热泵系统工作原理	133
4.2.2 地源热泵系统分类	133
4.2.3 地源热泵系统能效评估	134
4.3 太阳能热水系统评估	141
4.3.1 太阳能热水系统工作原理	141
4.3.2 太阳能热水系统分类	142
4.3.3 太阳能热水系统能效评估	142
4.4 太阳能光伏发电系统评估	150
4.4.1 太阳能光伏发电系统工作原理	150
4.4.2 太阳能光伏发电系统的组成和分类	151
4.4.3 太阳能光伏发电系统能效评估	155
思考题	158

第5章 建筑能耗分项计量与实时监测	159
5.1 建筑分类分项能耗	159
5.1.1 照明插座用电	159
5.1.2 空调用电	160
5.1.3 动力用电	160
5.1.4 特殊用电	160
5.2 建筑能耗拆分	161
5.2.1 建筑能耗拆分方法	161
5.2.2 暖通空调系统的分项能耗计算方法	161
5.2.3 能耗平衡检验	162
5.3 分项计量与能耗监测系统	162
5.3.1 系统构成	163
5.3.2 系统设计要点	170
5.3.3 系统检测验收要点	173
5.4 典型案例	174
5.4.1 能耗拆分案例	174
5.4.2 分项计量案例	177
思考题	184
第6章 建筑节能新技术	185
6.1 余热回收技术	185
6.1.1 空调冷凝热回收利用技术	185
6.1.2 空调排风热回收利用技术	187
6.1.3 其他建筑余热回收利用技术	188
6.2 建筑智能控制技术	189
6.2.1 建筑智能控制系统概述	189
6.2.2 建筑智能控制系统应用	190
6.3 其他节能新技术	195
6.3.1 太阳能热泵技术	195
6.3.2 相变储能技术	195
6.3.3 建筑绿化技术	195
思考题	196
第7章 能效评估案例分析	197
7.1 能效理论值评估	197
7.1.1 案例一	197
7.1.2 案例二	201
7.2 能效实测值评估	205
7.2.1 案例一	205
7.2.2 案例二	207
附录A 热流系数标定	211

A. 1	标定内容	211
A. 2	标准试件	211
A. 3	标定方法	211
附录 B		213

第1章 绪 论

能源是人类社会赖以生存和发展不可或缺的物质基础，而当今世界的主流能源——煤、石油及天然气均是不可再生资源，且已日益匮乏，如何缓解人类社会的飞速发展与日益消耗的不可再生资源之间的矛盾，早已成为世界范围内的一个严峻课题。

随着经济的快速增长，能源消耗量也随之迅速增大。自 1992 年我国能源消费的增长幅度首次超过能源生产的增长幅度以来，能源生产与消费总量缺口不断拉大，能源使用供不应求的矛盾也日益突出，不但滞延了经济发展的速度，而且影响了人们的日常生活。以城市用电为例，许多城市会在夏季发出用电高峰警告，有时不得不采取分区拉闸限电的方法来调节用电，给人民的生产和生活带来了极大不便。

在社会的能源消耗中，建筑能耗在总能耗中所占的比重很大。据统计，2006 年发达国家建筑能耗约占社会总能耗的 30% 以上，而发展中国家的这一数据也高于 20%。《中国建筑节能 2012 年度发展研究报告》指出，我国 2010 年的建筑总能耗（不含生物质能）为 6.77 亿 tce，占全国总能耗的 20.9%。因此，《中华人民共和国国家经济和社会发展规划第十一个五年规划纲要》将建筑业作为能耗的重点行业，要求推广一批潜力大、应用面广的先进节能减排技术。

本章主要介绍了建筑节能的相关概念、不同类型建筑能耗特点、建筑能效评估体系及相关的法律法规。

1.1 建筑能耗

广义上的建筑能耗是指从建筑材料制造、建筑施工，一直到建筑使用的全过程能耗，包括建筑材料生产用能、建筑材料运输用能、建筑的运行能耗、房屋建造、维修和拆毁过程中的用能。狭义的建筑能耗，即建筑的运行能耗，是指建筑物在使用过程中所消耗的能量总和，包括采暖、空调、照明、热水、家用电器、电梯等的能耗，其中以采暖、空调能耗为主。在建筑全生命周期中，建筑大部分能源消耗在建筑物运行过程中。建筑运行所消耗的能源除与建筑设计水平、能源使用效率有关外，还与物业管理者的控制管理及能源用户的节能意识、节能行为有关。本书所讲的建筑能耗主要指建筑运行能耗。

建筑分为工业建筑和民用建筑两大类。工业建筑是指生产用的各种建筑物，包括车间、生活间、库房等；民用建筑是指非生产性的居住建筑和公共建筑，包括住宅、办公楼、学校、商店、旅馆、医院等。本书讨论的建筑主要是民用建筑，即本书内容关注的主要是居住建筑运行能耗和公共建筑运行能耗两种。

建筑运行耗能的原因包括人为活动和建筑物特性两方面。前者是指为了满足人类文化和生活需求而产生的能耗，例如人们在建筑物中使用各种电器、燃气器具等；后者是指建筑物

本身和外界进行热交换产生的能耗。具体来说，影响建筑能耗的因素主要包括以下几个方面。

1.1.1 建筑能耗的主要影响因素

1. 气候环境条件

气候环境条件是影响建筑能耗的一个最基本因素。我国气候类型复杂多样，严寒地区常年寒冷，如哈尔滨，冬季需要的采暖量相对较高；温和地区，例如昆明，四季如春，室内所需的采暖空调设备也相对较少；而大部分地区气候特点是夏热冬冷，夏季太阳辐射强烈、天气炎热，需要通过空调来降温，而冬季则相对寒冷，需要采暖供热才能满足人体的舒适度要求。我国的太阳辐射也很丰富，全年总辐射量在 $3300 \sim 8300 \text{ MJ/m}^2$ 之间。总体上，太阳总辐射量西部高于东部、高原高于平原。因此，同一建筑所处的地区不同，其所需的空调冷负荷和供暖热负荷差异巨大。

2. 建筑物围护结构

(1) 围护结构位置朝向对建筑能耗的影响

建筑物围护结构的位置、朝向，对于太阳得热量有很大的影响。虽然任何方向都可以得到天空中的阳光漫射热，但是太阳的直射得热量远远大于漫射得热量。在冬季正午，太阳高度角低，阳光可以通过南面的窗户直接进入室内；在夏季正午，太阳高度角高，阳光虽也直照到南面窗户上，但如采用活动遮阳并适当放置，便可以控制外窗在冬季获得更多的阳光入射量，且避免夏季阳光对室内的直射。充分利用获得的太阳光，不仅可以减少冬季的采暖负荷，还可以降低灯具的照明能耗，从而减少建筑的能耗。

(2) 围护结构热工性能对建筑能耗的影响

建筑物主要通过围护结构的导热、对流以及辐射三种方式与室外进行热量交换。改善建筑物围护结构的热工性能，加强建筑物保温隔热措施，在夏季可减少室外热量传入室内，在冬季可减少室内热量的流失，使建筑热环境得以改善，从而降低建筑冷、热消耗。

对墙体而言，提高其保温性能主要有两个途径：一是与高效保温材料复合，形成复合保温墙体，达到规定的节能指标；二是直接采用具有较高热阻和热惰性的墙体材料，即自保温墙体，满足规定的节能指标。

保温墙体一般都具有一定的隔热效果。对于复合保温墙体而言，如果保温材料及主体结构一定，无论采取怎样的保温构造形式，其保温性能不变，而隔热性能则不同。当保温材料布置顺序不同时，对围护结构内表面温度的影响是不同的。提高墙体的隔热性能主要有三个途径：一是利用墙体保温技术达到隔热的目的，尤其是外墙外保温系统具有良好的隔热效果；二是利用热反射类隔热涂料降低墙体外表面对太阳能辐射热的吸收率，从而降低墙体外表面温度，如利用铝箔、浅色涂层或面砖等。

与围护墙体相比，门窗是轻质薄壁构件，是建筑的能耗大户。有数据表明，在供暖住宅建筑中，通过门窗的传热热损失与空气渗透热损失相加，占建筑全部热损失的 50% 左右。因此，作为建筑外围护结构的开口部位的门窗，是建筑保温隔热的薄弱环节。

门窗不仅有其他建筑围护结构所共有的温差传热问题，还有缝隙的空气渗透换热，特别是通过玻璃的太阳辐射传热问题。影响门窗保温隔热性能的主要因素有框架材料、镶

嵌材料的热工性能和光物理性能及门窗形式。框架材料的导热系数越小,则门窗的传热系数越小,镶嵌材料亦是如此。当在镶嵌材料之间形成空气间层,如中空玻璃,则其传热系数更小;与单层玻璃相比,它们的保温隔热性能大大提高。玻璃的光物理性能指的是玻璃对光波的透过、吸收、反射等性能;一般要求它对可见光有良好的透过率,而对红外光有最大的反射率或适宜的吸收率。此外,建筑门窗的气密性也是影响门窗保温性能的重要指标。

3. 用能设备

随着我国经济的快速发展、生活水平的提高,人们对于建筑室内舒适度的要求也与日俱增,建筑综合服务能力不断提高,建筑内用能设备种类和规模也不断攀升。当前建筑内的用能设备主要包括空调、照明、热水供应设备等。其中空调系统和照明系统能耗在大多数的民用建筑能耗中占比最重;特别是大型公共建筑中,空调系统的能耗更达到建筑能耗40%~60%,成为建筑节能的主要控制对象。

用能设备对建筑能耗的影响主要体现在两个方面:

一是设备的用能效率。设备的用能效率主要是功率/负荷比和性能系数两个参数。若设备选型的功率远高于实际负荷,则会导致设备空负荷运转,造成能源浪费;若设备功率过低无法满足负荷要求,则设备易超负荷运转,容易损坏,且室内环境难以达到设计要求。同时,设备的性能系数决定了同等做功条件下能源消耗量大小,性能系数过低,达到相同的目的则需消耗更多的能量,不利于建筑节能。

二是设备的运行管理。随着人员流动和时间的变化,建筑内的用能负荷总是不断改变的,若设备的运行功率无法随之相应调整,就会导致设备的空负荷运转,用能效率大幅降低,带来能源的浪费。因此,必须对设备的运行进行良好的管理,一个合理的设备运行管理模式可以保证用能设备始终处在最佳运行效率的状态,避免不必要的能源浪费。

1.1.2 不同类型建筑的能耗特点

我国幅员辽阔,从北到南跨越严寒,寒冷,夏热冬冷,温和以及夏热冬暖多个气候区。气候情况复杂,人口众多,建筑种类多种多样,地区发展不平衡,这些都造成了我国建筑能耗的多样性。

从地理位置上来说,我国南北方能耗情况差异主要体现在冬季采暖上。夏季,全国大部分地区最热月份的室外平均温度都超过26℃,需要空调制冷。而冬季,全国各地区气候差异很大:夏热冬暖地区冬季室外平均气温高于10℃,室内外温差不大,基本无采暖需求;而严寒地区冬季室内外温差可高达50℃,全年有5个月需要采暖。如果不考虑冬季采暖因素,则我国大部分地区同类型建筑能耗水平基本相当,没有明显的地域特点,因此,在统计我国建筑能耗时,通常对采暖能耗进行独立分析。

从生活方式上来说,我国城乡住宅能耗差异明显,主要体现在用能设备的种类、数量以及使用能源种类方面。城市以煤、电、燃气等商品能源为主;而在农村,除部分煤、电等商品能源外,秸秆、薪柴等生物质能仍为很多地区农村用户的主要能源。

从建筑类型上来说,不同类型的建筑能耗不同,居住建筑和公用建筑能耗不同,公共建筑中大型公共建筑与普通规模公共建筑能耗差异巨大。

依据上述特点,我国的建筑能耗一般可以分为以下5类:北方城镇建筑采暖能耗、夏热冬冷地区城镇住宅采暖能耗、城镇住宅除采暖外能耗、农村住宅能耗、公共建筑除集中采暖外能耗。

本节重点关注我国不同类型建筑的能耗现状。由于北方城镇70%以上的建筑面积采用集中供暖,采暖能耗水平与建筑物的功能关系不大,主要由建筑物的保温性能、供热系统的种类和运行情况决定,因此下文将主要对夏热冬冷地区城镇住宅采暖能耗、城镇住宅除采暖外能耗、公共建筑特别是大型公共建筑除集中采暖外能耗进行介绍。

1. 居住建筑能耗

(1) 夏热冬冷地区城镇住宅采暖能耗

夏热冬冷地区地域涵盖山东、湖南、陕西部分不属于集中供暖的地区以及上海、安徽、江苏、浙江、陕西、湖北、四川、重庆以及福建部分地区。该地区的最冷月(一月)平均气温为 $0\sim 5^{\circ}\text{C}$,室外温度偶尔会降到 0°C 以下,一般需要在冬季采取一些采暖措施。目前该地区建筑物基本上采用局部采暖方式,主要形式包括热泵、直接电热、煤炉、炭炉等,也有部分建筑冬季无采暖。

2000~2008年,夏热冬冷地区的建筑总面积从29亿 m^2 增加到82亿 m^2 ,采暖能耗总量从146万tce增加到1486万tce。2008年我国夏热冬冷地区城镇住宅空调采暖用电量约460亿kWh,单位面积采暖用电量 $5\sim 10\text{kWh}/(\text{m}^2\cdot\text{a})$,如图1-1所示,采暖方式主要是电暖气或空气源热泵。无论是能耗总量还是单位面积能耗都有明显增长。

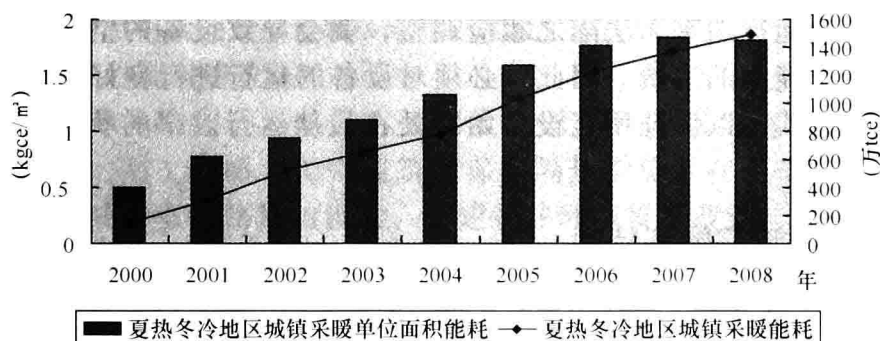


图 1-1 我国夏热冬冷地区逐年采暖能耗

总体来看,夏热冬冷地区采暖能耗与我国北方城镇采暖能耗相比偏低,但这一区域对冬季采暖需求的增加不容忽视。目前该地区大部分家庭采用间歇式采暖方式,家中无人时或房间无人时一般会关闭采暖设施。通过对中国一些城市的典型住宅室温调查结果显示,夏热冬冷地区的室内供暖温度一般维持在 10°C 左右,这一地区的居民在冬季室内仍需穿着外衣御寒;而北方地区虽然室外温度较低,室内温度却约在 20°C 。因此,我国夏热冬冷地区城镇住宅采暖能耗相对偏低是建立在较低的采暖室内温度设定值和间歇式采暖基础上的,是以较低的舒适度换取的。随着人们对生活质量要求的提升,这一地区普遍要求对室内采暖现状进行改善,采用集中连续式供热的新建公共建筑和住宅将逐步增加。据估算,如果该地区采用集中连续式供热,室温设置为 20°C ,冬季采暖能耗将是目前的6倍以上。这将带来严重的能源负担,加剧我国能源供应紧缺的状况。

(2) 城镇住宅除采暖外能耗

这部分能耗主要包括炊事、照明、家电、空调等城镇居民生活能耗。城镇住宅使用的主要商品能源种类是电力、燃煤、天然气、液化石油气和城市煤气。除空调能耗因各地区气候的不同而造成差异外,其他能耗主要与建筑规模和当地居民的生活方式有关。

随着城市化进程的推进和城镇居民住房条件的改善,我国城镇住宅建筑面积从2000年的44亿 m^2 增加到2008年的125亿 m^2 ,同时人口也增加了将近1倍;城镇住宅除采暖外的总能耗从4000tce万增加到12000万tce,增加了约2.5倍,而单位面积的能耗增长相对平缓,如图1-2所示。这主要是由于我国城镇居民家庭平均建筑面积有大幅增加,从2000年人均建筑面积9.6 m^2 增加到了2008年的20.3 m^2 。此外,我国城镇燃气普及率大幅提高,从1995年的34.3%增加到了2008年的89.6%,降低了炊事单位面积能耗。而除炊事外,其他终端用途单位面积能耗均有所增长,其中空调总用电量从1996年的不到5亿kWh增长到了2000年的400亿kWh以上。

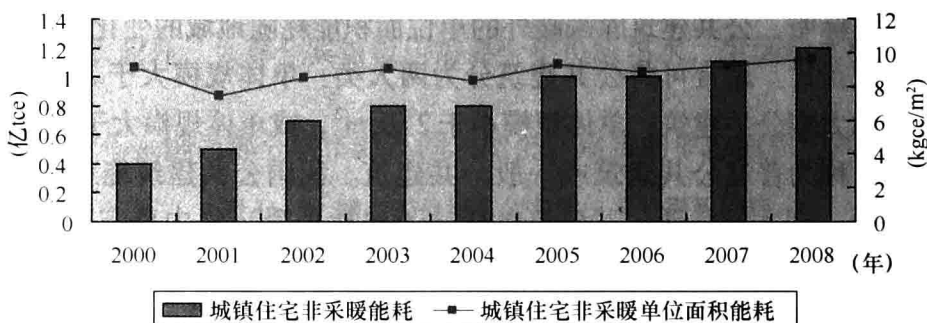


图 1-2 我国城镇住宅逐年非采暖能耗

随着我国经济的发展和居民收入的增加,城镇居民每户的家电数量和使用时间都在迅速增加。特别是近年来在一些大城市还出现了一批高档豪华住宅,这类住宅的户均用电水平几倍甚至几十倍于普通住宅。此外,随着近年来房地产市场的升温,根据我国2000~2008年的数据统计,每年新增住宅面积达到了5~10亿 m^2 。这部分新增的住宅中可能存在着部分空置的面积。空置面积一般分为两类,一是新建但尚未销售的面积,另一类是已售出但还未投入使用的面积;统计数据表明我国近年来的住宅空置率大概在20%~30%之间浮动。大量空置住宅的存在,使得我国城镇住宅能耗总量并未随建筑总量的迅速增加而激增,单位建筑面积在某些年份甚至还有下降;但当某个时期空置率大幅降低时,势必会造成总能耗和单位面积能耗的阶跃式增长。

2. 公共建筑除集中采暖外能耗

民用建筑中非住宅建筑称为公用建筑,公共建筑除集中采暖外能耗指除集中采暖能耗外,公共建筑内由于各种活动而产生的能耗,包括空调、照明、插座、电梯、炊事、各种服务设施,以及夏热冬冷地区的公共建筑的冬季采暖能耗,使用的商品能源种类是电力、燃气、燃油和燃煤等。

2000~2008年间,我国公共建筑总面积从32亿 m^2 增长到71亿 m^2 ,公共建筑除集中采暖外能耗从5000万tce增长到14000万tce,如图1-3所示。到2010年,我国公共建筑面积约为79亿 m^2 ,占建筑总面积的17%,能耗(不含集中采暖)为1.74亿tce,占建筑总能

耗的 25.6%，其中电力消耗为 4200 亿 kWh，非电商品能耗（煤炭、燃气）为 4020 万 tce，成为单位面积能耗增长最快的建筑用能分类。

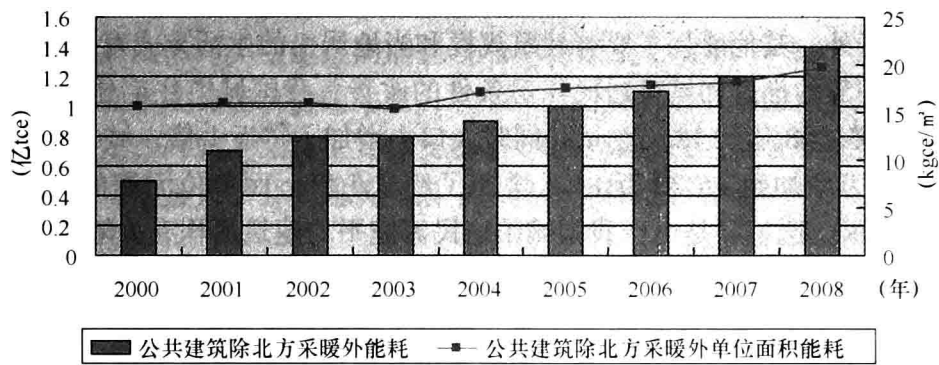


图 1-3 我国公共建筑除集中采暖外逐年能耗

大量调查研究表明，公共建筑除采暖外的单位面积能耗随地域的变化不大，而与公共建筑的体量和规模成正比。通常可将公共建筑分为两大类：单体规模大于 2 万 m²、且采用中央空调的建筑，称大型公共建筑；单体规模小于 2 万 m²、或单体规模大于 2 万 m² 但未采用中央空调的建筑，称为普通公共建筑或一般公共建筑。我国公共建筑能耗呈现明显的“二元结构”分布特征，即大量普通公共建筑电耗（不包括采暖）集中分布在一个较低的能耗水平，而少部分大型公共建筑电耗则集中在一个较高的能耗水平。

1) 大型公共建筑能耗现状

由于大型公共建筑外形多样、设备系统复杂、建筑物内部环境要求高、采用中央空调系统等原因，不论是按照热值还是一次能耗计算，都远大于住宅和一般公共建筑。据统计，大型公共建筑除采暖外能耗折合用电量约为 70 ~ 300 kWh/(m² · a)；一般公共建筑除采暖外能耗约在 30 ~ 60 kWh/(m² · a) (除部分特殊功能建筑)。

目前我国公共建筑平均能耗水平与发达国家和地区相比偏低，但我国公共建筑，尤其是大型公共建筑近年来的增长趋势，必须要引起重视。据统计，我国单位面积耗电量在 100 ~ 300 kWh/(m² · a) 的大型公共建筑多兴建于 20 世纪 90 年代以后，面积约占公共建筑面积总量的 5%，但耗电量已经占到公共建筑总耗电量的 17%。

2) 公共建筑能耗构成的基本情况

公共建筑除能耗构成情况比较复杂，一方面，公共建筑能耗系统较多，包括空调系统、照明系统、公共服务系统、特定功能设备等分项构成；另一方面，不同功能的公共建筑中，各种分项能耗所占比例和重要性各有不同。

公共建筑按照不同功能，可分为办公建筑、科研建筑、文化建筑、商业建筑、体育建筑、医疗卫生建筑、交通建筑、综合建筑等。本书以写字楼、商场、宾馆饭店为例，对不同功能建筑的用能特点进行简单介绍。

(1) 写字楼

办公楼类建筑的显著特点是运行时间比较稳定，一般全年使用时间约 250d，每天工作 8 ~ 10h。主要用能系统包括空调、照明和办公设备等。办公设备的使用数量和频率由人员数量决定，空调和室内照明则相对固定。

(2) 商场

商场营业时间较长，基本上全年运营，每天在 12h 左右，各种照明、电器密度高，室内发热量很大，其单位面积能耗在大型公共建筑中是最高的。

商场类建筑的能耗的基本特点，一是空调电耗较高，由于商场空间开阔，多采用全空气系统，而商场建筑室内发热量大，要求制冷量较大；二是商场照明电耗较高，绝大部分区域需要采用人工照明，而且照度普遍偏高，此外还需大量商品展示灯光。另外，商场的能耗设备一般无法采用分时段分区域开启的模式，只要是在营业时间，空调、照明等基本全部开启。

(3) 宾馆饭店

宾馆饭店建筑功能较复杂，可能包括客房、厨房、会议厅、宴会厅、休闲娱乐中心和洗衣房等各种功能区，运营时间各不相同，能耗系统和设备受到旅游季节变化和入住率波动的影响，多数时间是在部分负荷下工作。由于宾馆饭店建筑对室内环境要求较高，空调系统能耗消耗量较高。而且此类建筑空调参数的选择因入住人员的要求而调节，随意性较大，往往存在一定的浪费。此外，大部分宾馆饭店需要全年供应热水，生活热水循环泵全年 24h 连续运行，耗能较大。

表 1-1 是近年来国内部分城市对不同功能公共建筑的单位面积能耗的调查情况。

表 1-1 国内部分城市公共建筑单位面积能耗

城市	调查时间、规模	单位	政府办公建筑	非政府办公建筑	商场	宾馆饭店
北京	13512 栋，其中大型公共建筑 1105 栋	kW/m ²	44.1	47.6	69.2	63.8
上海	2007 ~ 2010 年，大型公共建筑 1000 余栋	kW/m ²	98.8		208.4	175.2
武汉	2008 年，435 幢建筑能耗信息调查，并对其 中 106 栋进行核查	kW/m ²	47 ~ 73	82 ~ 124	175 ~ 253	142 ~ 203
重庆	2008 年，57 幢公共建筑	kW/m ²	132	80.8	216.8	175.7
深圳	2002 ~ 2007 年，近 50 幢公共建筑	kW/m ²	90	88	303	180

注：数据来源：

- 1. 王远等，大型公建节能会诊（三）—调查分析篇 大型公共建筑能耗调查分析，《建设科技》，2007 年第 02 期。
- 2. 上海市城乡建设和交通委员会，上海民用建筑能耗调查 2009 ~ 2010 年度工作报告，2012 年 2 月。
- 3. 住房和城乡建设部信息中心，建筑节能项目执行办公室，《政府办公建筑和大型公共建筑能耗调查、评价与能效公示制度研究项目技术报告》，2008 年 6 月。

公共建筑能耗中，尤其是各种大型公共建筑，空调通风系统的能耗都占了相当大的比例，以 2008 年重庆对 57 幢公共建筑的能耗情况调查为例，空调通风系统能耗占总能耗的比例最低的是非政府办公建筑，平均占比为 35%；最高的为商场建筑，平均占比为 55.3%。国内几个城市不同功能公共建筑中典型建筑的能耗构成情况如图 1-4 所示。