

中国城市科学研究系列报告
中国城市科学研究会 主编

中国工程院咨询项目

中国建筑节能 年度发展研究报告

2011



清华大学建筑节能研究中心 著

中国建筑工业出版社

中国城市科学研究系列报告

中国城市科学研究会 主编

中国工程院咨询项目

中国建筑节能年度发展研究报告 2011

2011 Annual Report on China Building Energy Efficiency



清华大学建筑节能研究中心 著

中国建筑工业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

中国建筑节能年度发展研究报告 2011/清华大学建筑节能研究中心 著. —北京: 中国建筑工业出版社, 2011. 3

中国城市科学研究系列报告

ISBN 978-7-112-12987-4

I. ①中… II. ①清… III. ①建筑-节能-研究报告-中国-2011 IV. ①TU111. 4

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2011) 第 030768 号

责任编辑: 齐庆梅

责任设计: 赵明霞

责任校对: 张艳侠

中国城市科学研究系列报告

中国城市科学研究会 主编

中国建筑节能年度发展研究报告 2011

2011 Annual Report on China Building Energy Efficiency

清华大学建筑节能研究中心 著

*

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

北京红光制版公司制版

北京云浩印刷有限责任公司印刷

*

开本: 787×1092 毫米 1/16 印张: 18 $\frac{3}{4}$ 字数: 321 千字

2011 年 4 月第一版 2011 年 4 月第一次印刷

定价: 50.00 元

ISBN 978-7-112-12987-4

(20384)

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)

《中国建筑节能年度发展研究报告 2011》

顾问委员会

主任：仇保兴

委员：（以拼音排序）

陈宜明	韩爱兴	何建坤	胡静林
赖明	倪维斗	王庆一	吴德绳
武涌	徐锭明	寻寰中	赵家荣
周大地			

本书作者

清华大学建筑节能研究中心

江 亿 (第2章, 3.9)

刘兰斌 (第2章, 3.3, 3.8, 3.10, 3.11, 4.1, 4.3, 4.4, 附录3.2)

付 林 (3.2, 3.5, 3.6, 3.7, 4.2)

杨秀 (第1章, 附录)

肖 贺 (1.6, 附录3.4)

赵玺灵 (3.5, 3.6)

李 岩 (3.2, 4.2)

郑忠海 (3.7)

夏建军 (2.4, 3.4, 4.8)

燕 达 (3.1)

赵 辉 (附录3.4)

单 明, 李沁笛 (附录3.5)

沈 启 (3.4, 4.8)

彭 琛 (附录3.3)

胡 姗 (3.1)

李文涛 (附录3.2)

刘 华 (2.3)

特邀作者

中国建筑科学研究院 刘月力 (4.1)

华通热力集团 包英 (4.4)

北京建筑工程学院 王随林 (4.5)

同方股份有限公司 秦冰 (4.6)

山东建筑大学 刁乃仁, 方肇洪 (4.7)

田贯三 (4.8)

总 序

建设资源节约型社会，是中央根据我国的社会、经济发展状况，在对国内外政治经济和社会发展历史进行深入研究之后做出的战略决策，是为中国今后的社会发展模式提出的科学规划。节约能源是资源节约型社会的重要组成部分，建筑的运行能耗大约为全社会商品用能的三分之一，并且是节能潜力最大的用能领域，因此应将其作为节能工作的重点。

不同于“嫦娥探月”或三峡工程这样的单项重大工程，建筑节能是一项涉及全社会方方面面，与工程技术、文化理念、生活方式、社会公平等多方面问题密切相关的全社会行动。其对全社会介入的程度很类似于一场新的人民战争。而这场战争的胜利，首先要“知己知彼”，对我国和国外的建筑能源消耗状况有清晰的了解和认识；要“运筹帷幄”，对建筑节能的各个渠道、各项任务做出科学的规划。在此基础上才能得到合理的政策策略去推动各项具体任务的实现，也才能充分利用全社会当前对建筑节能事业的高度热情，使其转换成为建筑节能工作的真正成果。

从上述认识出发，我们发现目前我国建筑节能工作尚处在多少有些“情况不明，任务不清”的状态。这将影响我国建筑节能工作的顺利进行。出于这一认识，我们开展了一些相关研究，并陆续发表了一些研究成果，受到有关部门的重视。随着研究的不断深入，我们逐渐意识到这种建筑节能状况的国情研究不是一个课题通过一项研究工作就可以完成的，而应该是一项长期的不间断的工作，需要时刻研究最新的状况，不断对变化了的情况做出新的分析和判断，进而修订和确定新的战略目标。这真像一场持久的人民战争。基于这一认识，在国家能源办、建设部、发改委的有关领导和学术界许多专家的倡议和支持下，我们准备与社会各界合作，持久进行这样的国情研究。作为中国工程院“建筑节能战略研究”咨询项目的部分内容，从2007年起，把每年在建筑节能领域国情研究的最新成果编撰成书，作为《中国建筑节能年度发展研究报告》，以这种形式向社会及时汇报。

清华大学建筑节能研究中心

前 言

这一本建筑节能年度发展研究报告是从 2007 年开始出版的第 5 本。连续 5 年走过来了，我国建筑节能事业有了很大的发展。这套持续的年度报告跟着我国建筑节能事业的发展而发展，记录着发展中的风风雨雨，也和它的读者们一起，为发展过程中的每个成就喝彩和喜悦，为每个失误而忧虑和不安。希望这套年度报告能够陪伴着我们的读者，陪伴着中华民族的建筑节能事业一直走下去。这是我交出这部手稿时的心情。5 年了，感谢我们的读者，感谢全国辛勤工作在建筑节能第一线的战友们。

从去年起本书开始改版，每年的报告分为两部分：一、建筑节能当前状况、能耗数据、新的动向；二、在采暖、公共建筑、住宅、农村建筑这四大主题中，每年轮流就一个主题进行深入剖析。今年的主题是北方城镇建筑冬季采暖。

建筑运行能耗数据是开展建筑节能工作最重要的基础。在足够可信度下获取全面的中国建筑运行能耗数据是一件非常困难的工作，科学地对各种因素导致全国建筑运行能耗的变化做出分析和预测也需要建立在清晰全面的现实数据基础之上。为实现这两项工作，我们的做法是建立尽可能详尽的分省建筑能耗计算模型，再根据国家 and 地方统计部门提供的各类相关数据、各行业渠道提供的各类行业发展数据，以及各个从事建筑节能事业的机构采集的各种案例数据，按照“矛盾最小化”的方法由它们产生模型中需要的各个系数，进而计算出全国和各省的各类建筑运行能耗，并有望进一步预测实施各种措施后的建筑能耗变化。经过一年多的努力，这个模型的架构已初步实现，而全面可靠地得到模型中的全部系数看来将是一个漫长而艰巨的工作。今年作为第一步，只能尝试着给出通过这个模型使用不太可靠不太全面的系数计算得到的全国能耗数据。实际上我们也计算出分省的分类建筑能耗，由于担心其可信程度，也怕给各省的工作带来麻烦和误会，这些数据没有发表，仅给出很少的算例。随着我们得到更多的第一手数据，这个模型就会更加完善，其计算的结果也会更能反映实际，我们今后将尽可能发表更多的数据。在这个发展过程中很难避免对一些重要的建筑能耗数据计算结果的修订，这实际是我们对这件事物的

认识的深化,是不断进步的反映。这种修订和变化可能会给读者在使用这些数据时带来一些麻烦和困惑,在此我只好表示歉意,并恳求读者们能够理解我们的困难和努力。能耗数据的统计计算与分析确实是一件艰巨、漫长、繁琐的工作,但又是极其重要、非做不可的事。我们一定持续下去,同时也真心恳求各位读者、各个机构、各种与建筑能耗统计数据打交道的部门能够伸出协作之手,给我们以帮助。这件事可能只有通过大范围多个部门的通力合作,才有可能得到初步满意的结果。让我们一步步努力吧。

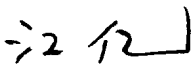
北方城镇建筑冬季采暖是我国建筑能耗的最主要构成部分,也是我国建筑节能工作的重点,还是近年来我国建筑节能最有成效、进展最大的领域。本书的第2章较细致和全面地给出我国北方城镇采暖系统各种方式、各个环节的状况,并分析了各环节目前的主要问题。这里汇集了国内许多研究部门发表的成果,也是我们近十年来对这一领域调查研究测试分析的总结。针对当前这一领域的热点问题,我们提出了一些不成熟的看法,包括对“供热改革”的建议,对二次庭院管网的“大流量、小温差”的认识,对室内系统温度参数的认识,对各类热源的分析与认识等。其中部分认识与建议可能与现在的主流认识不完全一致,也可能存在一些偏见和错误。然而这毕竟是一些经过深思熟虑后的认识,不同认识的碰撞更有益于看清事物的本质,不同观点的争论有利于找到最好的解决途径。我们希望这些问题引起争论,也得到更多同行的关注,这样可以更好地推动这项工作的进步。

在第3章汇集了目前北方采暖节能的主要技术措施,对各项相关技术进行了介绍和评论。由于我们的认识有限,也由于条件和时间的不足,在这里漏掉了许多有效的技术和措施。这些介绍和评论也可能有不少不全面甚至错误之处,恳请读者批评和原谅。

按照去年确定的框架,本书今年在第4章介绍了9个北方城镇采暖的最佳案例。它们分别在与采暖节能的不同环节中做出了有特色的成果,从各方面反映出我国在这一领域近年的成就。9个案例中除了一个工业余热利用项目外,都给出了实测的运行结果和节能效果。这是我们选择最佳案例的重要条件。“实践是检验真理的唯一标准”,只有有效的实际运行数据才能真正评价一个工程项目或一个技术措施是否真的实现了节能。我们在寻找、选择最佳工程案例时又一次体会到现在真是非常缺少真实有效的运行数据和实测节能效果,这可能会直接影响我国的建筑节能工作。实际的运行能耗数据是节能工作基本出发点和唯一的效果检验依据,希望有更多的同行,更多的机构,更多的政府部门把建筑能耗运行数据重视起来、抓起

来，把它作为建筑节能工作的突破点。感谢这些最佳案例的提供者，更感谢实现这些最佳案例的实践者。是这些实践者们的出色工作展示了一些新的技术、理念和措施怎样可以实际地应用于工程实际，又怎样能真正最终实现节能的目标。通过这些出色的实践一点一点地传播、蔓延，我们国家建筑节能的宏大目标最终一定能够实现。9个“最佳”实践案例，不一定全都是在相应方向上全国做得最好的案例，各地一定还有很多做得比这些案例更好的项目。这些最佳案例只是我们通过极为有限的范围内的寻找而得到的，是在不同方向上都有代表性、有说服性的案例。建筑节能工作可能和体育竞赛不同，好上加好的最高成绩可能并不是我们工作的主要目标，实现“全民健身”，把这些理念、技术、方法、措施最大程度地全面推广，才是建筑节能工作最主要的目的。这些最佳案例，正是实实在在采用了某项技术或措施，并获得实在的节能效果的案例。这是最值得提倡的。

最后，感谢刘兰斌博士和肖贺同学，他们二位付出大量的劳动才保证本书的按时交稿。当然还要感谢本书全体作者的出色工作，还有齐庆梅编辑的大力支持和辛勤劳动。



2011年2月于清华节能楼

目 录

第 1 篇 中国建筑能耗现状分析

第 1 章 中国建筑能耗现状分析	2
1.1 总体情况	2
1.2 北方城镇采暖	6
1.3 夏热冬冷地区城镇采暖	12
1.4 城镇住宅除采暖外用能	18
1.5 农村住宅用能	24
1.6 公共建筑除集中采暖外用能	28
1.7 小结	37

第 2 篇 北方城镇供热专题

第 2 章 北方城镇建筑采暖用能状况分析	40
2.1 建筑采暖用热量状况	41
2.2 集中供热管网能耗状况及存在的主要问题	65
2.3 各类采暖热源方式的能耗状况	67
2.4 工业余热利用	76
2.5 总体展望：北方城镇冬季供热事业的发展设想	77
第 3 章 北方供热节能技术讨论	91
3.1 北京住宅建筑冬季零能耗采暖可行性	91

3.2 基于吸收式换热的热电联产集中供热新方法	104
3.3 以室温调控为核心的末端通断调节与热分摊技术	111
3.4 工业余热作为城市采暖热源	121
3.5 燃气锅炉排烟余热回收新技术	130
3.6 燃气热电联产供热新技术	132
3.7 大型集中供热网的分布式燃气调峰技术	135
3.8 气候补偿器技术介绍	140
3.9 各类以采暖为主要目的的热泵	147
3.10 公共浴室洗澡水余热回收技术	155
3.11 北方集中供热体制改革的研究	159
第4章 供热节能最佳实践案例	174
4.1 既有住宅围护结构节能改造案例介绍	174
4.2 基于吸收式换热的热电联产集中供热技术工程应用——大同第一 热电厂乏汽余热利用示范工程	180
4.3 以“室温调控”为核心的末端通断调节与热分摊技术应用案例 介绍	188
4.4 陶然北岸住宅小区供热节能改造	196
4.5 燃气热能回收利用	200
4.6 齐齐哈尔热网监控系统	209
4.7 济南市西区工程建设指挥部地源热泵空调工程	216
4.8 燃气壁挂炉采暖	222
4.9 赤峰市工业余热应用于城市集中供热案例	230
 附录 中国建筑能耗模型介绍	
1 概况	242
2 整体结构	244
3 分模块计算说明	246
4 总结	287

第 1 篇 中国建筑能耗现状分析

第 1 章 中国建筑能耗现状分析

本篇根据中国建筑能耗模型（China Building Energy Model，简称 CBEM^①）对我国建筑能耗现状和逐年发展过程的研究结果，对我国各类建筑能耗的现状、发展趋势和节能潜力进行分析。

1.1 总体情况

由 CBEM 计算，1996~2008 年^②，我国总的建筑商品能耗从 2.59 亿吨标煤（tce）增长到 6.55 亿 tce，增加了 1.5 倍，如图 1-1 所示。其中，2008 年的建筑能耗为 6.55 亿 tce（不含生物质能），约占 2008 年社会总能耗的 23%，其中电力消耗为 8230 亿 kWh，约占 2008 年社会总电耗的 21%。

考虑到我国不同地区的气候、经济发展水平和建筑功能的差异，根据建筑用能的特点，可将我国的建筑能耗分为北方城镇采暖能耗、夏热冬冷地区城镇采暖能耗、城镇住宅除采暖外能耗、公共建筑

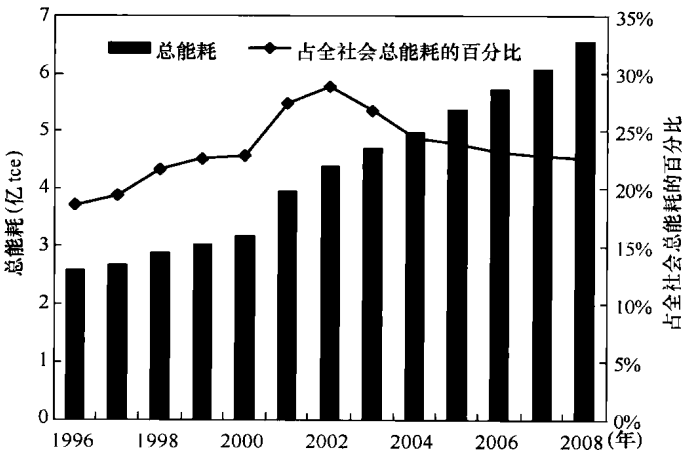


图 1-1 1996~2008 年我国的建筑总能耗及占社会总能耗的比例

① 杨秀，基于能耗数据的中国建筑节能问题研究，清华大学博士学位论文，2009 年 12 月。
② 由于我国的统计数据中缺乏 2007、2008 年的建筑面积，文中给出的 2007、2008 年的数据系估算值。

除采暖外能耗、农村能耗这五类。我国各类建筑能耗的能耗总量、平均单位面积能耗和建筑总面积的逐年变化如图 1-2~图 1-4 所示。

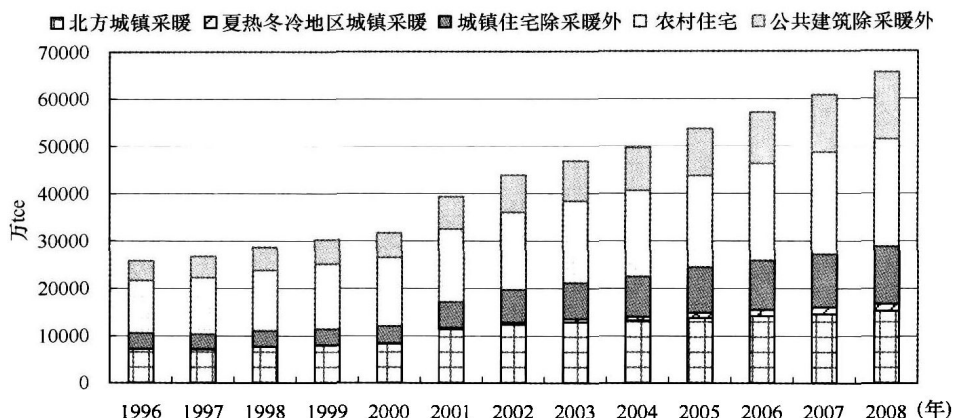


图 1-2 我国各类建筑能耗的变化情况

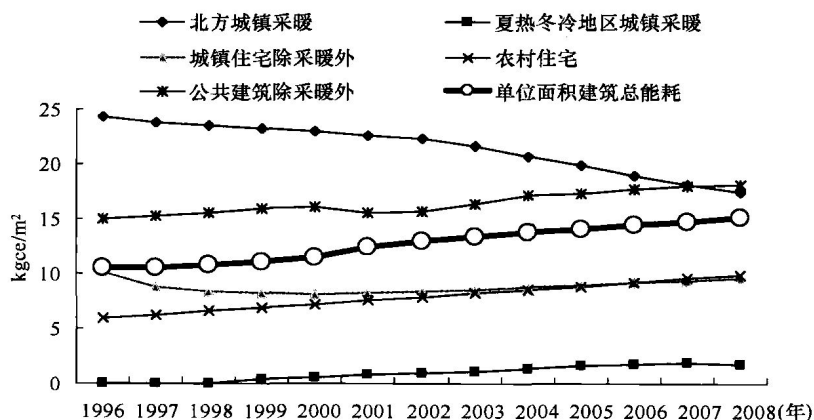


图 1-3 各类建筑能耗的单位面积能耗的变化情况

具体来说，我国各类建筑能耗在 1996~2008 年的变化情况分别是：

北方城镇采暖能耗：是我国城镇建筑能耗比例最大的一类，且单位面积能耗高于其他各类；其能耗强度在十三年间有了显著下降，但随着建筑面积的成倍增长，其总能耗由 0.72 亿 tce 增长至 1.53 亿 tce，增加了一倍。

夏热冬冷地区的城镇采暖能耗：尽管目前的绝对数量不大，能耗强度也不高，但能耗强度在不断攀升，随着建筑面积的增加，其能耗从 1996 年的 40 万 tce 迅速增长到 2008 年的 1490 万 tce，并有继续快速增长的趋势。

城镇住宅除采暖外能耗：能耗强度持续增长，建筑面积迅速增加，其能耗从

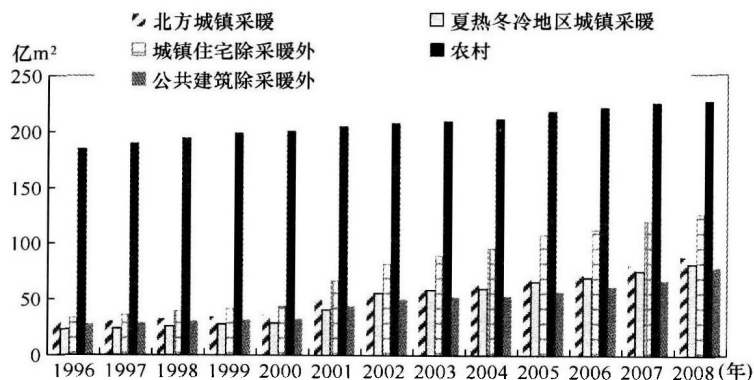


图 1-4 我国各类建筑能耗的面积变化情况

0.34 亿 tce 增加到 1.20 亿 tce，是我国建筑能耗中增幅最快的一类。

公共建筑除采暖外能耗：能耗强度持续增长，建筑面积迅速增加，其能耗从 0.41 亿 tce 增加到 1.41 亿 tce。

农村能耗：单位面积商品能耗和建筑总面积都略有增加，但初级生物质能（秸秆、薪柴）的消耗逐步被商品能源取代，造成农村商品能耗从约折合 1.11 亿 tce 增加到 2.26 亿 tce。

随着中国城市化进程的推进、经济的发展，我国建筑能耗总量呈持续增长态势，并且增长速度有越来越快的趋势。

一方面，随着城市化进程的推进，城市人口的增加，以及大规模的城市建设，我国城镇建筑总面积在 13 年内从 62 亿 m^2 猛增到 204 亿 m^2 ，各类城镇建筑面积都有大幅度的增加，而人均建筑面积也同步增长，如图 1-5 所示。

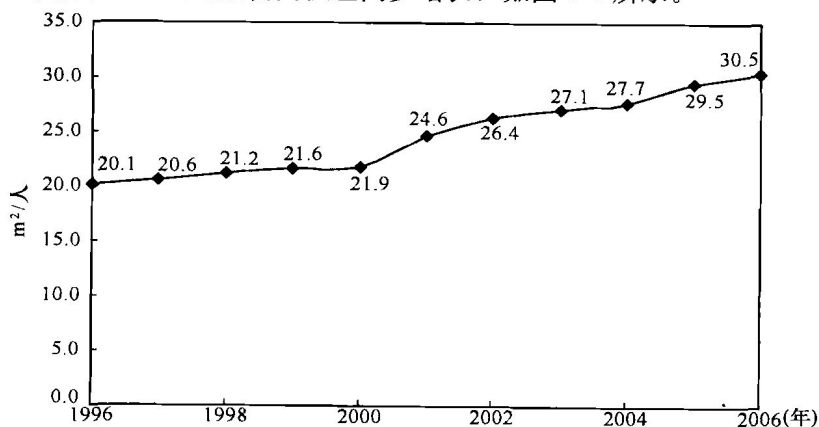


图 1-5 1996~2006 年我国城镇人均总建筑面积变化

另一方面,随着室内环境的改善,建筑服务水平的提高,以及建筑内用能设备的增加,除北方城镇采暖外,各类建筑单位面积能耗不断攀升,如图 1-3 所示。然而,如果将我国建筑能耗与发达国家进行比较,如图 1-6 所示,无论是单位面积平均能耗还是人均能耗,我国目前均大大低于发达国家。

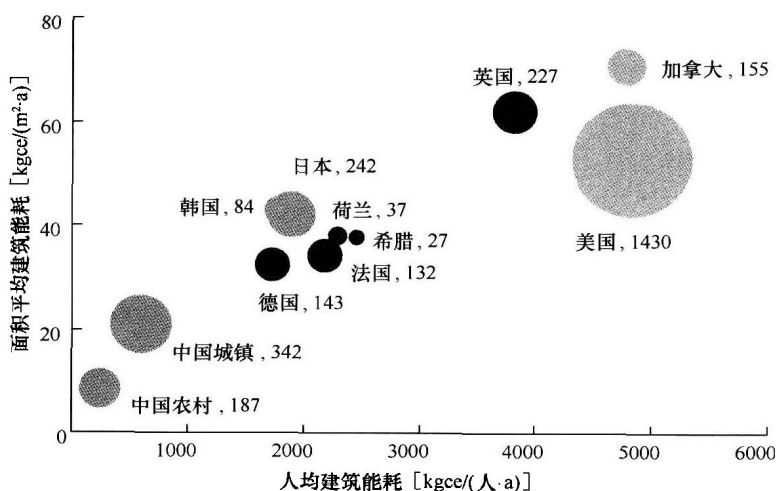


图 1-6 2005 年各国建筑能耗比较

注: 每个国家名称后面的数字表示该国家的建筑总能耗, 单位: 亿 tce。

数据来源:

美国: The United State Department of Energy. 2007 Buildings Energy Data Book. USA; D&R International, Ltd., 2007.

加拿大: Natural Resources Canada. 2007 Energy Use Data Handbook. Canada; Energy Publications Office of Energy Efficiency, 2008.

日本: The Energy Data and Modeling Center. Handbook of Energy & Economic Statistics in Japan. Japan; The Energy Conservation Centre, 2008.

韩国: Korea Energy Economics Institute. Energy Consumption Survey 2005. Seoul; Ministry of Commerce, industry and energy; 2005.

欧洲国家: Intelligent Energy of EPBD. Applying the EPBD to Improve the Energy. Performance Requirements to Existing Buildings-ENPER-EXIST. Europe; Fraunhofer Institute for Building Physics, 2007.

1.2 北方城镇采暖

北方城镇采暖能耗，考察历史上法定要求建筑采暖的省、自治区和直辖市的冬季采暖能耗，包括各种形式的集中采暖和分散采暖。包括：北京市、天津市、河北省、山西省、内蒙古自治区、辽宁省、吉林省、黑龙江省、山东省、河南省、陕西省、甘肃省、青海省、宁夏回族自治区、新疆维吾尔自治区、西藏自治区。

按热源系统形式的不同规模和能源种类分类，包括大中规模的热电联产、小规模热电联产、区域燃煤锅炉、区域燃气锅炉、小区燃煤锅炉、小区燃气锅炉、热泵集中供热等集中采暖方式，以及户式燃气炉、户式小煤炉、空调分散采暖和直接电加热等分散采暖方式。

2008年北方城镇采暖能耗占建筑总能耗的23%。如图1-7所示，从1996～2008年，该类能耗从7200万tce增加到15300万tce，翻了一番；而随着节能工作取得的显著成绩，平均的单位面积采暖能耗量从1996年的 $24.3\text{kgce}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$ 降低到2008年的 $17.4\text{kgce}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$ 。

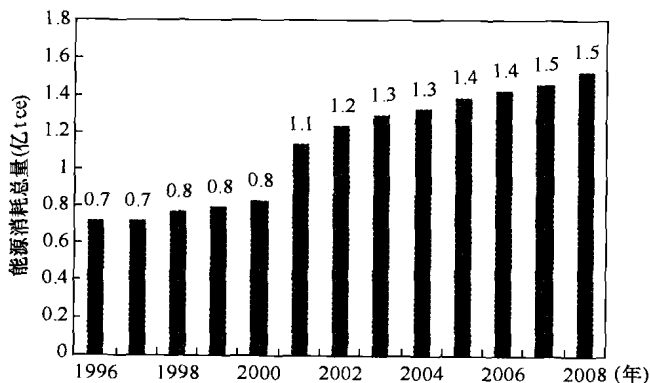


图 1-7 1996～2008 年北方城镇采暖能耗变化

1.2.1 建筑面积

1996～2008年，北方城镇建筑面积从不到30亿 m^2 增长到超过88亿 m^2 ，增加了1.9倍。这一方面是城镇建设飞速发展和城镇人口增长造成的必然结果，另一