

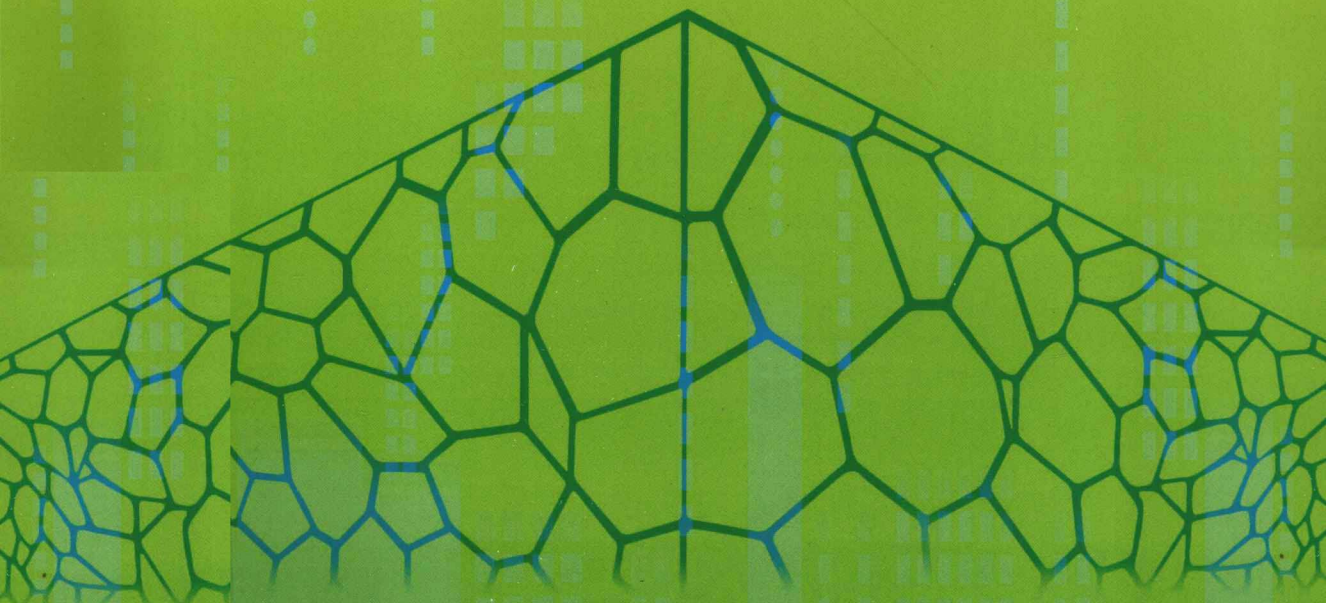
新闻出版总署“十一五”国家重点规划图书
建设领域节能减排重点技术丛书



建筑节能及节能改造技术



薛一冰 杨倩苗 王崇杰 等编著



中国建筑工业出版社

新闻出版总署“十一五”国家重点规划图书
建设领域节能减排重点技术丛书

建筑节能及节能改造技术

薛一冰 杨倩苗 王崇杰 等编著

中国建筑工业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

建筑节能及节能改造技术/薛一冰, 杨倩苗, 王崇杰等
编著. —北京: 中国建筑工业出版社, 2012. 9
(新闻出版总署“十一五”国家重点规划图书. 建设领
域节能减排重点技术丛书)
ISBN 978-7-112-14444-0

I. ①建… II. ①薛… ②杨… ③王… III. ①建筑-
节能-技术改造 IV. ①TU111.4

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2012) 第 139498 号

本书包括八章内容, 分别从: 建筑节能现状、围护结构、自然通风、天然采
光、供热采暖、空调技术、建筑能耗监测、既有建筑的节能改造几个方面展开了充
分的论述, 详尽地介绍了国内外成熟的建筑节能技术及实践应用, 对技术的优缺点
及争议问题都客观、充分地阐述。

本书除可作为相关专业大专院校师生、研究人员参考资料外, 还可为设计者、
建造者、投资方及业主等提供有关建筑节能及节能改造技术方面的参考。

* * *

责任编辑: 于莉 姚荣华

责任设计: 李志立

责任校对: 党蕾 陈晶晶

新闻出版总署“十一五”国家重点规划图书
建设领域节能减排重点技术丛书

建筑节能及节能改造技术

薛一冰 杨倩苗 王崇杰 等编著

*

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

北京市密东印刷有限公司印刷

*

开本: 787×1092 毫米 1/16 印张: 11 $\frac{3}{4}$ 字数: 286 千字

2012 年 9 月第一版 2012 年 9 月第一次印刷

定价: 36.00 元

ISBN 978-7-112-14444-0

(22513)

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)

出版说明

实施节能减排战略作为中央转变经济发展方式的重要手段，是落实科学发展观的具体体现，也是实现中国经济社会可持续发展的必由之路。加快建设领域节能减排步伐，关系城乡建设事业科学发展，关系经济社会发展大局，关系人民群众切身利益。住房城乡建设领域作为全社会节能减排的重点领域，任务艰巨，责任重大。

为贯彻落实《国务院关于进一步加大工作力度确保实现十一五节能减排目标的通知》和国务院节能减排电视电话会议的精神，实现住房城乡建设领域十一五节能减排目标，并对今后的建设领域节能减排工作进行技术支持，特组织编写了“建设领域节能减排重点技术丛书”。本丛书汇集了业内众多专家，编写了建筑节能、可再生能源在建筑中规模化应用、供热节能减排、燃气节能减排、节水、节地、城市固体废弃物处理、施工企业信息化管理、城市公共交通等城乡建设领域重点节能减排的最新成果和实用技术。

本丛书包括：《建筑信息化应用技术》，《建筑施工中的节能减排技术》，《建筑节能及节能改造技术》，《可再生能源建筑应用技术》，《节水及水资源开发利用技术》，《城市固体废物处理及利用技术》，《节约型园林设计与应用》，《园林节能技术的应用》，《节地与地下空间开发利用技术》，《城市公共交通应用技术》，《城市燃气节能减排技术》，《城市供热节能减排技术》。

前 言

建筑节能是当今世界人们共同关注的热点问题，是建筑技术进步的重大标志，是实施建筑可持续发展战略的关键环节。发达国家为此进行了长久的努力，并取得了丰硕的成果。我国的建筑节能始于1986年颁布的《民用建筑节能设计标准（采暖居住建筑部分）》，历时26年，在节能标准、建筑设计、节能技术等方面取得了长足进步，实施范围也从新建建筑扩展到既有建筑改造。

在当前提倡节能的国际大环境下，中国正处在一个非常有利的时机，它可以直接受益于发达国家多年的经验，从而少走弯路。结合我国国情，对国内外技术水平进行综合比较分析，揭示差距，借鉴发达国家建筑节能的经验，尽快缩短与发达国家之间的差距，完善建筑节能管理体制，大力推进建筑节能的技术进步，以实现国家制定的总体节能目标任务。

本书是关于建筑节能和节能改造技术的论述，借鉴发达国家建筑节能的实践和经验，结合我国的实际情况，主要从建筑外围护结构热工性能、室内热环境质量、建筑能耗监测、可再生能源的利用四个方面进行阐述。本书包括八章内容，分别从：建筑节能现状、围护结构、自然通风、天然采光、供热采暖、空调技术、建筑能耗监测、既有建筑的节能改造几个方面展开了充分的论述，详尽地介绍了国内外成熟的建筑节能技术及实践应用，对技术的优缺点及争议问题都客观、充分地进行了阐述。

本书除可作为相关专业大专院校师生、研究人员参考资料外，还可为设计者、建造者、投资方及业主等提供有关建筑节能及节能改造技术方面的参考。

本书由薛一冰、杨倩苗、王崇杰等编著，各章节的执笔者依次为：

- 第1章 薛一冰 赵莹
- 第2章 王崇杰 宋娟 王新彬
- 第3章 杨倩苗 陈佳敏
- 第4章 杨倩苗 管振忠
- 第5章 薛一冰 张亚楠 赵鹏
- 第6章 管振忠 李付强 陈兆涛
- 第7章 何文晶 王旭
- 第8章 杨倩苗 王新彬

本书内容涉及面广，编写过程中难免有不妥之处，同时，由于时间及编著者水平所限，书中文字表达也难免存在疏漏，恳请读者批评指正。

2011年5月于济南

目 录

第 1 章 国内外建筑节能现状	1
1.1 国内外建筑发展现状	1
1.2 国内外建筑能耗现状	3
1.3 国内外建筑节能及节能改造现状	6
1.4 国内外建筑节能及节能改造方面的差异	19
第 2 章 围护结构节能技术	23
2.1 国内外围护结构节能及节能改造技术的发展水平与差距	23
2.2 新型墙体结构体系	26
2.3 屋面保温隔热技术	34
2.4 新型节能门窗应用技术	44
第 3 章 自然通风技术	60
3.1 国内外自然通风技术的发展水平与差距	60
3.2 被动式自然通风技术	63
3.3 太阳能烟囱通风技术	71
3.4 中庭通风技术	73
3.5 双层玻璃幕墙通风	73
3.6 高层建筑的天然通风	74
第 4 章 天然采光技术	82
4.1 国内外天然采光技术的发展水平与差距	82
4.2 被动式天然采光	86
4.3 主动式天然采光	93
第 5 章 供热采暖系统与热计量温控技术	105
5.1 国内外供热采暖系统与热计量温控技术的发展水平与差距	105
5.2 热计量与温控技术	107
5.3 热网节能及节能改造技术	112
5.4 生物质小型热电联产	115
第 6 章 新型空调技术	121
6.1 国内外空气调节技术的发展水平与差距	121
6.2 热泵采暖空调技术	123
6.3 毛细管网空调系统	129
6.4 冰蓄冷与低温送风技术	131
6.5 变风量空调技术	137
6.6 温度湿度独立控制空调	142
6.7 区域热电冷联供系统	146

6.8 热回收技术	149
第7章 建筑能耗监测	153
7.1 国内外建筑能耗监测技术的发展水平与差距	153
7.2 公共建筑能耗监测	156
7.3 可再生能源建筑一体化工程能耗监测	160
第8章 既有建筑的节能改造	164
8.1 既有建筑综合改造的实践	164
8.2 节能改造诊断与预评估	167
8.3 围护结构节能改造	167
8.4 供热采暖与计量系统节能改造	169
8.5 通风空调系统改造	170
8.6 供配电及照明系统节能改造	171
8.7 旧建筑的天然采光改造	172
8.8 太阳能技术在既有建筑节能改造中的应用	173

第 1 章 国内外建筑节能现状

1.1 国内外建筑发展现状

1.1.1 国内建筑发展现状

中国经济社会和城镇化的高速发展以及人民生活水平的不断提高,刺激了国内建筑业和房地产业的快速发展。自 2000 年以来我国的房屋建设保持了持续高速增长,每年的房屋建筑总建设量高达 26.5 亿~75.4 亿 m^2 ,平均增长率约为 12.3%,竣工房屋面积达 18.2 亿~30.2 亿 m^2 ,平均增长速度为 5.8%。城镇房屋建筑年竣工量为 8 亿~16 亿 m^2 ,农村房屋建筑为 8.1 亿~10.5 亿 m^2 。全国每年新建住宅建筑达 13 亿~18 亿 m^2 ,其中城镇住宅 5.5 亿~8.2 亿 m^2 ,农村住宅 7.9 亿~10.2 亿 m^2 ,见表 1-1。^①

全国 2000~2009 年新建房屋面积 (亿 m^2)

表 1-1

年份	全国房屋竣工面积	城镇新建住宅面积	农村新建住宅面积	年份	全国房屋竣工面积	城镇新建住宅面积	农村新建住宅面积
2000	18.20	5.49	7.97	2005	22.76	6.61	6.67
2001	18.24	5.75	7.29	2006	21.25	6.30	6.84
2002	19.67	5.98	7.42	2007	23.84	6.88	7.75
2003	20.26	5.50	7.52	2008	26.03	7.60	8.34
2004	20.70	5.69	6.80	2009	30.21	8.21	10.21

注:数据来源于 2000~2009 年中国统计年鉴。

城市中高层住宅的比例加大。20 世纪七八十年代,我国建造了大批住宅建筑,建筑结构形式以多层砖混结构为主,只有少量高层住宅。城市居住人口的增加,人们居住环境的改善,不断扩张的房地产需求再加上城市建设和经济发展的加快,带动了土地需求的快速增长和土地的增值。房地产企业为了满足市场需求,获取更大的利润,越来越多地建造高层、超高层住宅。在直辖市和省会城市新建住宅中,高层和超高层住宅占主导。高层建筑技术的普及,各地建筑市场的开放,设计施工队伍大范围的流动,为大量建造高层住宅创造了条件。高层住宅的建造也带来了建筑结构形式的变化、建筑技术水平的提高,同时也为建筑外围护结构采取节能措施增加了难度。

1.1.2 国外建筑发展现状

城镇化进程是影响住宅新建规模的一个重要因素,快速城镇化进程完成之前,住房建

① 中国统计局, 2010 中国统计年鉴 [M]. 北京: 中国统计出版社, 2010

设规模呈现持续增长态势；在城镇化进程完成之后，住房建设投资规模呈现平稳、缓慢增长的态势。日本在1955~1972年的17年间，住房建设呈现持续快速发展的态势，住房建设量年均增速为12%（见图1-1），新建住房规模在1972年达到峰值，接近200万套，占当年住房存量的比例超过6%。而这一期间，也是日本城镇化进程较快的阶段，城镇化率年均增加1.1个百分点，其中，1955~1960年期间城镇化率年均增加1.46个百分点。

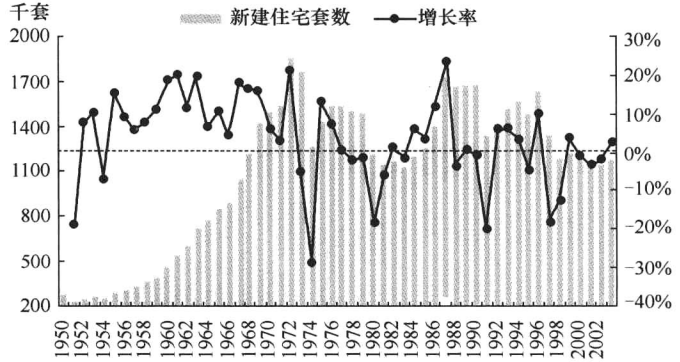


图 1-1 日本历年住宅建设情况
数据来源：日本统计网站。

韩国在1980~1990年的10年间，住房建设处于快速发展期，住房建设量年均增速为17%（见图1-2），新建住房规模在1990年达到峰值，超过75万套，占当年住房存量的9.8%。这一期间，是韩国经济增长和城镇化快速发展的阶段，城镇化率年均增加1.7个百分点。1990年之后，韩国城镇化速度明显减缓。

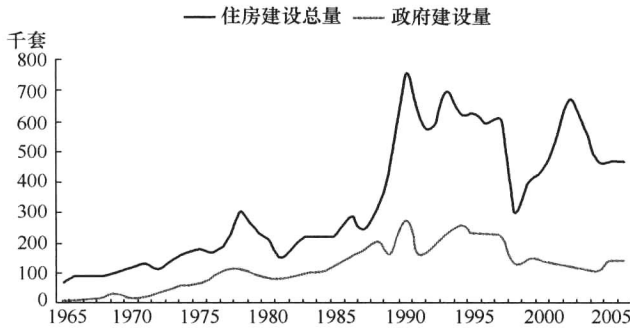
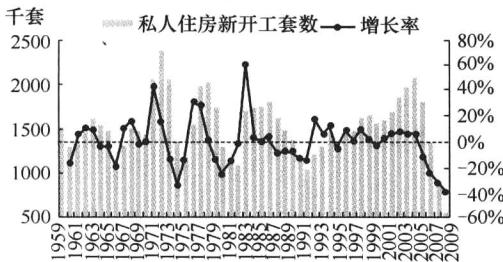
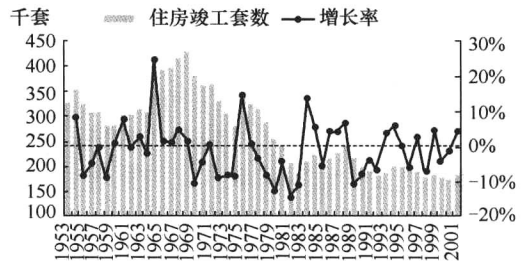


图 1-2 韩国历年住宅建设情况
数据来源：中金研究报告。

20世纪60年代以来，美国和英国已结束快速城镇化进程，其住房建设量没有表现出持续快速增长的态势（见图1-3），美国年均私人住房新开工量基本在150万套左右，新建住房在存量住房中所占比例不到2%。英国1960~1975年间新建住房规模年均均在35万套左右，之后年均住房建设规模基本在20万套左右。



美国



英国

图 1-3 美国、英国历年住宅建设情况
数据来源：各国统计网站。

1.2 国内外建筑能耗现状

1.2.1 建筑能耗范围

建筑能耗向来是能源消耗的重要组成部分。从能源消费的构成来看，主要有建筑能耗、工业能耗和交通能耗，在西方国家，上述能耗已形成明显的三足鼎立之势。对建筑能耗的范围主要有两种定义：一种认为建筑能耗由建筑物内使用能耗、建材生产能耗和建筑物建造能耗三部分组成；另一种认为建筑能耗只包括建筑物内使用能耗。按照国际通行的分类，采用后一种定义，建筑能耗是指建筑物（包括商业、民用及其他非物质生产部门）建成以后，在使用过程中每年消耗商品能源的总和，包括采暖、通风、空调、热水供应、照明、电气、厨房炊事等方面的用能。

1.2.2 我国建筑能耗概况

目前，我国建筑普遍存在耗能大、效率低、围护结构的保温隔热性能不高等问题，并具有夏季空调用电量、冬季采暖能耗高的特点。随着人民生活水平的提高，我国单位建筑面积的能耗还会增长。由于生活水平的差异，目前居民住宅的能耗的绝对值约为欧美等发达国家的60%左右，相对处于较低的水平。随着经济的发展，这个数字会提高，甚至提高较快。比如近年来城市空调负荷的持续攀升，空调作为住宅能耗的大户，每年正在以1100万台的惊人速度增长。2003年年底全国城市居民每百户空调器拥有量平均已达61.8台，其中北京为119.31台，上海为135.80台，重庆为126.67台。空调能耗在建筑能耗中所占的比例迅速上升。夏季空调集中使用时，京、津、沪等超大城市空调负荷占到城市尖峰负荷的40%左右。^①

我国现有房屋建筑数量巨大。我国城乡既有建筑面积超过430亿 m^2 ，房屋建筑规模已超过所有发达国家。截至2009年11月，我国房屋总面积已超过400亿 m^2 ，随着人口的增加和城镇化持续快速发展，预计每年新建建筑总量将保持在16亿~20亿 m^2 ，到2020年全国建筑总面积将达到700亿 m^2 ，新增建筑面积200多亿平方米。建筑面积的迅速增加及采暖、空调、家用电器的普遍使用，导致建筑能耗持续上升。^②2002年，全国空调高峰负荷已达到4500万 kWh ，相当于2.5个三峡电站建成后的满负荷出力。按照目前建筑能耗水平发展，到2020年，我国建筑能耗将达到10.89亿 t 标准煤，是2000年的3倍；空调高峰负荷将相当于10个三峡电站满负荷出力。^③有关专家预测，按照国际经验和我国建筑能耗发展趋势，到2020年，我国建筑能耗占全社会建筑总能耗的比例将达到35%左右。

(1) 北方城镇采暖用能

北方城镇采暖是我国城镇建筑能耗比例最大的一类建筑能耗，占我国建筑总能耗的

① 赵乔乔. 浅谈房屋建筑的能耗问题及其节能设计措施 [J]. 黑龙江科技信息, 2009 (27): 299.

② 刘凡. 当代建筑节能研究 [J]. 资源与人居环境, 2010 (16): 54~55.

③ 廖礼平. 我国建筑节能的现状、问题与对策研究 [J]. 价格月刊, 2009 (2): 48~50.

25%左右,占城镇建筑能耗的40%左右。随着采暖建筑总量的增长,北方城镇采暖总能耗从1996年的7200万tce增长到了2008年的15300万tce,翻了一倍;而随着节能工作取得的显著成绩,平均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 $17.4\text{kgce}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$ 。^①

决定北方城镇采暖能耗的主要因素可归纳为需要采暖的建筑面积大小、单位面积需热量大小,以及供热系统的效率。从这三个方面分析,得出我国北方城镇采暖的能耗特点和发展趋势:

1) 单位面积能耗高于其他建筑类型,从1996~2008年,采暖建筑面积总量增加了近2倍,采暖总能耗增加了一倍,单位面积能耗有所降低。

2) 集中供热面积的比例逐年增加,仍存在热电联产、大型锅炉房、区域小锅炉、分散采暖等各种采暖方式,不同采暖方式对一次能源的利用效率存在很大差别。

3) 近年来,在住房城乡建设部和各地政府的强力推动下,节能建筑的比例不断提高,提高了建筑围护结构的保温水平。

4) 在集中供热系统建筑之间或建筑内不同房间之间,存在过量供热的情况,造成开窗、部分房间室温过高等能耗浪费的情况。

5) 供热体制改革,有待进一步推进,以促进用户行为节能和各种建筑节能措施的实施;通过推广合理的热源方式并推广先进的能源转换方式,有可能大幅度降低采暖的一次能源消耗量。

(2) 夏热冬冷地区城镇住宅采暖用能

夏热冬冷地区指包括山东、河南、陕西部分不属于集中供热的地区和上海、安徽、江苏、浙江、江西、湖南、湖北、四川、重庆,以及福建部分需要采暖的地区。2008年,这一地区拥有城镇建筑约82亿 m^2 ,是城市建筑量飞速增长的主要地区。2008年夏热冬冷地区城镇住宅空调采暖用电约为460亿kWh,使用分散的电采暖方式(热泵或电暖气)住宅单位面积采暖用电量约为 $5\sim 10\text{kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$ 。^②

1.2.3 发达国家建筑能耗

欧美发达国家随着人民生活水平的提高,住宅能耗所占全国能耗的比例都相当高,在居住能耗中由于各国国情的不同,也有相当的差别。对于天气寒冷期较长的一些国家和地区,如西北欧国家、加拿大,其采暖及供热水能耗均占住宅能耗中的大部分,图1-4资料来源于欧洲联盟统计局。

发达国家城市及乡村建筑普遍装有采暖设备,所用能源主要是煤气、燃料油或电力。其采暖室温一般为 $20\sim 22^\circ\text{C}$,多设有恒温控制器来自动调节室温。与我国相比,在相近的气候条件下,发达国家一年内采暖时间较长,同时长年供应家用热水,炎热地区建筑内则安装有空调设备。

^① 清华大学建筑节能研究中心. 中国建筑节能年度发展研究报告2010[M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2010

^② 清华大学建筑节能研究中心. 中国建筑节能年度发展研究报告2010[M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2010

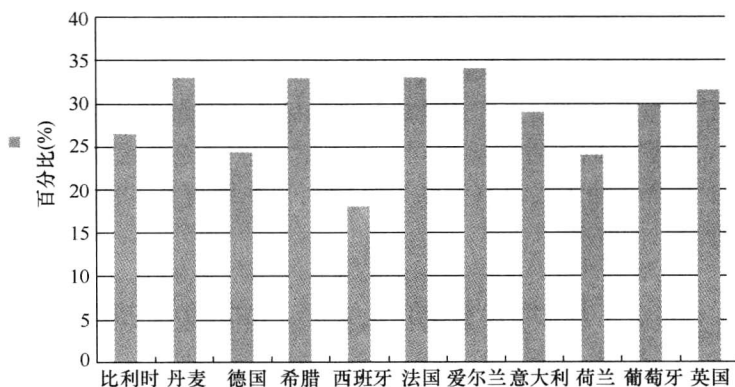


图 1-4 欧洲国家家用能耗占总能耗的百分比

1.2.4 中外建筑采暖能耗比较

按照我国目前水平,与气候条件接近的发达国家相比,在建筑围护结构保温性能上相差很远,采暖系统的热效率也相当低,供热调控水平也很缺乏。我国北方城镇建筑近60%采用集中供热系统供热,因系统末端调节不当导致部分建筑过热,开窗散热造成的热量浪费平均为供热量的30%左右;加上部分小型燃煤锅炉的单台热功率小、耗煤量大,输配管网保温隔热性能差等因素,造成整个供热系统综合效率比发达国家要低80%左右。公共建筑中央空调系统的综合运行效率也比较低,尤其是输送和分配冷量和热量的风机水泵要消耗大型公共建筑采暖空调电力的60%~70%。^①但发达国家独户住宅和联排住宅多,其建筑体形系数大,欧洲国家冬季通过太阳辐射得热较少。因此,从总体上看,我国单位建筑面积采暖能耗为同等条件下发达国家的3倍左右,且舒适性较差。

与同等气候条件的发达国家相比,我国绝大多数采暖地区围护结构的热工性能都较差,外墙的传热系数是他们的3.5~4.5倍,外窗为2~3倍,屋面为3~6倍,门窗的空气渗透为3~6倍。现在,欧洲国家住宅的实际年采暖能耗已普遍达到8.57kg/m²标准煤,而在我国,达到节能50%的建筑,其采暖耗能也要达到12.5kg/m²标准煤,约为欧洲国家的1.5倍。以北京为例,与北京气候条件大体上接近的德国,1984年以前建筑采暖能耗标准和北京的差不多,每年消耗24.6~30.8kg/m²标准煤,但到了2007年,德国的这一数字降低至2.7~6.6kg/m²,而北京的这一数字仍然高达22.45kg/m²。^②

已有不少研究部门对上海、杭州、苏州、武汉、重庆等地住宅冬季采暖用电状况进行了大规模调查,其结果表明,无论采用电暖气还是空气源热泵,目前大多数住宅冬季采暖用电量在5~10kWh/(m²·a)之间,不同家庭间差别很大,最大者可超过20kWh/(m²·a),最小者不足1kWh/(m²·a)。

将我国该地区的采暖能耗与同气候类型的希腊进行比较,希腊的采暖度日数为1565℃·d(基于18.3℃),与我国夏热冬冷地区接近(长沙1551℃·d,上海1585℃·d,重庆1103℃·d),而希腊的冬季住宅采暖耗热量折合为电能约40kWh/(m²·a),公

① 罗文英, 湛汉初. 我国建筑节能现状分析及其发展前景 [J]. 中国经济评论, 2005 (9): 53~56

② 廖礼平. 我国建筑节能的现状、问题与对策研究 [J]. 价格月刊, 2009 (2): 48~50

共建筑采暖耗热量折合为电能约 $33\text{kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$ (Intelligent Energy of EPBD, 2007), 远远大于我国夏热冬冷地区的冬季采暖能耗。^①

造成这种情况的原因是我国大部分夏热冬冷地区住宅目前是局部间歇式采暖, 室温一般只有 $14\sim 16^\circ\text{C}$, 居民室内外衣着量相同。而希腊的住宅冬季状况, 尽管也按照间歇方式运行, 但基本上是全空间采暖。室温在采暖期间往往维持在 22°C 或更高, 进门后脱掉外衣, 室内外习惯于不同的着装方式。

1.3 国内外建筑节能及节能改造现状

1.3.1 国内建筑节能及节能改造现状

1.3.1.1 国内建筑节能现状

我国在“十一五”期间, 单位 GDP 产值能耗要降低 20%, 根据国家发改委的测算结果, 全社会需实现节约 5.6 亿 t 标准煤的目标, 其中建筑节能实现 1.1 亿 t 标准煤, 占总节约量的 20%。显而易见, 建筑节能成为全社会节能的重要组成部分。随着我国建设资源节约型、环境友好型社会和节能减排工作的不断深入, 建筑节能的重要性和紧迫性还将日益凸显。

(1) 建筑节能法规的颁布

我国的建筑节能工作始于 20 世纪 80 年代。建设部于 1986 年制定了第一部旨在推动建筑节能工作的行业法规《民用建筑节能设计标准(采暖居住建筑部分)》JGJ 26—86, 节能率要求 30%, 该标准于 1995 年进行了修订, 即《民用建筑节能设计标准(采暖居住建筑部分)》JGJ 26—95, 节能率要求 50%。1998 年开始实施的《中华人民共和国节约能源法》规定: 建筑物的设计与建造应当依照有关法律、行政法规的规定, 采用节能型建筑结构、材料、器具和产品, 提高保温隔热性能, 减少采暖、制冷、照明的能耗。

2005 年 7 月 1 日实施的《公共建筑节能设计标准》GB 50189—2005, 适用于新建、扩建和改建的公共建筑的节能设计, 通过改善建筑围护结构保温、隔热性能, 提高采暖、通风和空调系统的能效比, 采取增进照明设备效率等措施, 在保证相同的室内热环境舒适参数条件下, 与 20 世纪 80 年代初设计建成的公共建筑相比, 全年采暖、通风、空调和照明的总能耗可减少 50%。

2006 年 1 月 1 日起实施的《民用建筑节能管理规定》指出, 鼓励民用建筑节能的科学研究和技术开发, 推广应用节能型的建筑、结构、材料、用能设备和附属设施及相应的施工工艺、应用技术和管理技术, 促进可再生能源的开发利用。新建民用建筑应当严格执行建筑节能标准要求, 民用建筑工程扩建和改建时, 应当对原建筑进行节能改造。

2006 年 8 月 23 日出台的《国务院关于加强节能工作的决定》, 要求推进建筑节能工作, 要大力发展节能省地型建筑, 推动新建住宅和公共建筑严格实施节能 50% 的设计标准, 直辖市及有条件的地区要率先实施节能 65% 的标准。

^① 清华大学建筑节能研究中心. 中国建筑节能年度发展研究报告 2010 [M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2010

2006年7月31日颁布的《民用建筑工程节能质量监督管理办法》，旨在加强民用建筑工程节能质量的监督管理，保证民用建筑工程符合建筑节能标准。

2007年6月3日国务院印发《节能减排综合性工作方案》，并发出通知必须充分认识节能减排工作的重要性和紧迫性，狠抓节能减排责任落实和执法监管，建立强有力的节能减排领导协调机制。

2007年10月26日，建设部、财政部发布《国家机关办公建筑和大型公共建筑节能监管体系建设实施方案》，决定从能耗监测、能耗统计、能源审计等方面对大型公建用能进行审查和定额管理。

2008年，国家新修订和出台了《中华人民共和国节约能源法》、《公共机构节能条例》和《民用建筑节能条例》等一系列节能法规和条例，把建筑节能作为节能减排的重要抓手。^①

(2) 建筑节能工作的进展情况

1) 新建建筑执行节能设计标准情况有较大进步

一是新建建筑已基本上实现按节能设计标准设计，节能建筑的比例不断提高。截至2006年年底，各地建设项目在设计阶段执行节能设计标准的比例为95.7%，与2005年相比，提高了38个百分点。施工阶段执行节能设计标准的比例为53.8%，比2005年提高了33个百分点。全国共建成节能建筑面积10.6亿m²，占全国城镇既有建筑面积的7%，其中北方寒冷地区为11.3%，夏热冬冷地区为3.8%，夏热冬暖地区为2.4%，节能建筑占城镇建筑总量的比重逐步增加。

二是部分省市已提前实施节能65%的设计标准。北京、天津、山东、河南、沈阳、大连等省市已率先执行节能65%的设计标准，河北、甘肃、上海、重庆等省市也准备全面实施节能65%的设计标准。

2) 可再生能源在建筑中规模化应用势头逐步显现，应用面积不断扩大。全国大部分省市都对本地区可再生能源资源和利用条件进行了调查研究，部分省市还制定了可再生能源“十一五”规划目标，出台了推广应用的标准规范，研发和集成了技术产品，制定了经济激励政策，并结合建设部、财政部可再生能源在建筑中应用示范工作，组织了本地区的可再生能源建筑应用的推广。截至2006年年底，全国城镇太阳能光热应用建筑面积为2.3亿m²，浅层地能热泵技术应用建筑面积达2650万m²。

3) 城镇供热体制改革工作稳步推进

一是北方地区基本完成采暖费“暗补”变“明补”的省份已占北方采暖地区的60%，其他省份均制定了2007年全面实施改革的计划。地级以上城市有65%完成了热费改革。

二是各地高度重视低收入群体的采暖保障问题，普遍实施了冬季采暖保障措施，并逐步制度化，有效促进了社会稳定和改革的顺利进行。

三是各地紧紧围绕建筑节能主体，开展了供热计量试点示范，在提高供热效率、节能降耗、创新管理机制方面进行了有益的探索。兰州市进行了热计量试点，技术经济合理，示范性较强。

4) 建筑节能体制机制建设取得明显进展

^① 周查理，庾莉萍. 我国建筑节能立法成就及国外立法经验借鉴 [J]. 建材发展导向, 2009, 7 (5): 10~13

一是制定了建筑节能规划，明确了工作目标，全国有 28 个省市区制定了“十一五”建筑节能专项规划，提出了“十一五”期间建筑节能的目标和思路，制定了工作措施，为推进建筑节能工作明确了方向和重点。

二是大部分省市区均出台了地方法规规章，全国有 20 个省市区出台了地方法规，28 个省市区出台了政府令，在建筑节能管理机构、制度、责任等方面作了规定。

三是建筑节能工作协调机制不断完善，部分地区成立了建筑节能领导小组，政府分管领导任组长，建设、发改（经贸）、财政、环保、科技等部门参加，定期召开联席会议，在研究解决体制机制、财政投入、税费优惠等方面的工作中发挥了重要作用。

5) 新建节能建筑设计文件质量总体水平较高

2006 年建设部节能专项大检查共随机抽查了 610 个建设工程项目，建筑面积共计 1399 万 m²，评价结果为“好”、“中”、“差”的工程项目比例分别为 45%、44%、11%，评价为中等以上的项目占 89%，表明建设项目建筑节能设计文件整体水平较好。

1.3.1.2 国内建筑节能改造现状

我国的既有建筑首先是伴随集中采暖地区的供热体制改革进行的。为了改变计划经济体制下福利供热制度的种种弊端，主要针对供热系统分户控制、分户计量收费和供热设施进行了改造。同时，中国政府与加拿大、德国、法国等国政府合作进行了既有建筑节能改造示范工程的建设与研究。2000 年建设部发布《既有采暖居住建筑节能改造技术规程》JGJ 129—2000，确定了既有建筑节能改造的原则、目标以及相应的技术措施。随后，北京、山东等地也相继出台了适合本地的既有建筑改造规程。随着建筑节能工作的推进，南方地区也开始探索和展开既有建筑的节能改造。但是由于地理、气候和建筑特点的差异，针对不同的建筑能耗影响因素，既有建筑改造采取了不同的应对手段。总体来说，居住建筑重在围护结构的保温隔热以及家电的高效，公共建筑的重点则是高能耗的用能系统和设备。而北方地区与南方地区的建筑节能改造也各不相同，北方地区更注重围护结构特别是外墙保温和提高供热采暖系统的效率；南方地区则更注重外遮阳与立体绿化，屋顶的改造以及提高空调制冷系统的效率。

1.3.2 国外建筑节能及节能改造现状

1.3.2.1 国外建筑节能现状

建筑节能是当今世界最突出的科研课题之一，虽然世界各国发展建筑节能及节能改造的侧重点不同，但总的说来在制定法律法规、建立评估体系、注意围护结构的保温隔热、重视开发利用可再生能源四个方面存在共同的特点。

(1) 制定合理的法律法规，完善建筑节能管理体制

各国政府在 20 世纪 70 年代“石油危机”之后，都结合本国的特点，相继制定并实施了一系列的建筑节能法律法规，建立了完善的能源管理体制。加拿大早在 1972 年就颁布了新建筑物节能法；西德于 1976 年颁布了建筑物节能法；美国在 1978 年颁布的“能源政策法”中，详尽规定了建筑节能的经济支持问题；法国先后颁布了有关住宅建筑节能的法规。日本是建立节能管理体制最为完善的国家，它从政府到地方都建立了一套完备的能源管理机构和咨询机构，专门研究节能问题。为了保证建筑节能工作的顺利进行，各国又根据本国的生活水平，制定了判断建筑物节能的标准，限制建筑物的耗能量。具体做法是：

①根据本国疆域及气候情况，分别做出规定。②由于使用条件不同，对于同一地区不同用途的建筑，有区别地提出保温隔热要求。③注意方便使用且简单明了，如以图或表的形式，列出不同采暖度日值地区或不同气候区内不同类型建筑物的外围护结构墙、屋顶的热阻或传热系数的限值。一般不需进行复杂的能耗计算。④随着建筑节能科学技术的进步，每隔一定年限就修订一次与节能有关的标准，提高节能要求。许多发达国家是从国家的立场出发，对各类建筑物提出强制性的耗能标准，以取得节能效果。

芬兰规定，非节能建筑不能评定等级、不能颁发预售证书、不能上市交易，非节能建筑要改造达标后才能销售。另外，有关的建筑能效指令规定欧盟各成员国应采取必要的措施以确保新建建筑满足最低能效标准。对于使用面积超过 1000m² 的新建建筑，施工前应进行技术、环境和经济三方面的可行性分析；对于使用面积超过 1000m² 的既有建筑进行重大改造前，必须更新能效标准，满足最低能效要求，并从技术、功能和经济三方面进行可行性分析。英国政府从 1986 年开始制定国家节能计划，将建筑节能由低到高分 10 个等级。目前英国的新建住宅基本上都达到了最高节能等级的要求，并且其内部舒适程度也因节能构造的增强得到了明显的提高。

(2) 建立可行的建筑节能评估体系

在推进建筑节能工作的开展方面，发达国家有许多成熟的做法，比如推行需求测能管理、国家房屋能源等级制和推行建筑用能审计等，这些措施的顺利实施是建立在科学的建筑能耗评估上的。建筑节能的评价有相应的标准模拟软件来评价建筑的节能状况以保证规范的实施。美国当前与节能标准相关的软件有 120 多种，其中有关建筑节能评估的有 70 多种。这些应用软件的开发应用定性或定量地对建筑能耗进行评估，促进了规范本身的完善和发展。比如，美国通过“能源之星”标准的实施，在不增加初始投资的前提下可节省 30%~50% 的能耗和 50% 的建造时间。欧洲许多国家都发展了自己的建筑能耗模拟软件，在实际的运用中发挥了较大的经济和社会效益。如芬兰的具体做法是，首先开发了“能源评估体系”计算机软件，并培训专业咨询人员学习使用该体系，通过专业咨询人员对建筑物的调查和业主的访问，将有关数据输入计算机，可得知建筑能耗高的原因并能为其提供节能改造方案。当业主申请要求进行节能改造后，政府与之签订合作协议，由政府派专家上门访问调查，利用“能源评估体系”对建筑物的能耗进行评估分析，找出高耗能的原因，为业主提供节能改造的具体建议。如果业主同意实施，那么将会得到长期的低息贷款或部分资助。俄罗斯实施了“能源护照”计划，每个新建筑的设计、施工和竣工过程中每个执行市政府节能标准的环节都记录在“护照”中，它从节能的角度控制建筑的设计和施工质量，记录相关的法规文件的执行情况，控制建筑设计、建造以及运行的质量。目前，全世界有四十多个国家实施了“标志”制度，并正在使用能效“标准”。它们的发起机构往往是中央政府或地方政府、行业协会以及第三方如环境组织、消费者协会等。世界可持续发展工商理事会的建筑节能项目为期三年，用来评估建筑物对环境的影响，并为住宅和商业建筑寻找达到零能耗的途径。

(3) 把保温隔热作为围护结构最主要的节能措施

欧美各国一致认为，在实行建筑节能的各项措施中，保温隔热是最主要的节能措施。建筑师必须按国家相关规定进行设计和选用材料，采用空心黏土砖、石膏板和各种轻质板材等新型墙体材料、高效保温材料。加气混凝土是优良的低能耗新型墙体保温节能材料，

是目前欧洲、美国和日本等发达国家普遍使用的内外墙最佳材料，是目前所有墙体材料中唯一能够满足节能标准要求的单一材料。德国最近研制出了一种加石墨的聚苯乙烯板，即在聚苯颗粒生产中加入石墨后发泡制成，提高了保温隔热性能。一些国家将石蜡制成分散的极小颗粒掺入保温材料中，抹于外墙内侧，利用石蜡相变吸收或释放热量的特性，起调节室温的作用。对于既有建筑的节能改造来说，有的国家采用外保温与装饰一体化，即在聚氨酯保温层外贴面砖，在工厂预制成块体，在现场用锚固件固定在外墙上，修补好预留和错开的接缝后，外保温与外饰面即可一次完成。另外，尖顶空间阁楼内可铺设玻璃棉毡、岩棉毡或聚苯板等，也可喷入玻璃棉、岩棉、矿棉等纤维材料。日本西村产业公司研制的轻质隔热屋瓦是将增强水泥喷涂于发泡隔热材料上，制成强度与隔热性能均优良的新型瓦。英国发明的防风雨隔热屋面瓦由玻璃纤维增强水泥材料作为外表层，与一直延伸到瓦的四个边缘的泡沫塑料作隔热层结合在一起。一些国家研制太阳反射涂料用于建筑物的屋顶隔热处理，可解决屋面温度升高而造成室内环境恶劣和电能消耗过大的问题等等。

对于建筑节能措施，各国除了对围护结构的保温性能以及保温措施研究之外，对空气渗透以及门窗性能的改善，也是当前普遍关注的问题。在现代建筑节能设计时，门窗多采用双层的，也有三层的，根据要求用 Low-E 玻璃，内充惰性气体，外设卷帘或窗板，其保温性能更佳，有的在窗与边框之间还装双腔的橡皮密封条。门窗绝大部分是木质或铝木复合而成的，钢门窗用得较少。但是，外墙、门窗保温隔热和密封技术得到了推广和加强的同时也使室内外空气的交换问题凸显出来。“智能式房屋呼吸系统”通过对通风量的控制，形成室内外正负压差，让新鲜空气先进入主要居室，然后经过卫生间和厨房，将污浊空气排出室外。一些大型办公楼、展览中心和会议中心、百货商场等建筑物的空调系统，常采用节约能量的变风量系统、双风道系统、变水流量系统等，它们可以根据冷热负荷的变化改变送风量，或调节双风道的冷热混合比，或增减冷热水流来保持稳定而舒适的温湿度条件，根据负荷的增减而增减能量的供应，以节省能量的消耗和减少浪费。

(4) 重视可再生能源的开发利用

随着全球环境保护意识的增强和可持续发展的观念日益深入人心，各国政府十分重视清洁能源、可再生能源等新能源在建筑节能领域的研究和开发利用。欧盟规定，到 2010 年，可再生能源要占总能源的 12%，可再生能源发电占总发电的 22%，欧盟的建筑能效规定对使用可再生能源比例较大的建筑，可适当放宽其能耗标准。在英国推出的智能住宅中，热能供应是由地下热泵提供的。我国太阳能的利用主要采用光热转换技术，即太阳能热水器，而欧洲国家主要采用光电转换技术，将光能转换为电能。英国有些住宅屋顶和玻璃阳光室顶部铺设了太阳能收集板，解决住户日常用电量，电力充裕时可向电网供电，太阳能不足时可从电网输入。^①

下面具体介绍日本、英国、德国和美国的建筑节能及节能改造的现状。

(1) 日本

日本潜心钻研节能技术，作为自身缺乏资源和能源的国家，它已经成为世界上最发达的节能大国之一。日本住宅节能环保事业的推进可以归纳在四大层面上：①政府注重节能法规的完善，制定严格的节能标准，并从强制性和激励性两方面入手控制；②相关外围机

① 谢浩. 发达国家建筑节能的启示 [J]. 智能建筑电气技术, 2009 (2): 38~41