

【建筑节能工程系列丛书】
Series Books of Energy Efficiency in Buildings

建筑节能工程 施工手册

◆北京土木建筑学会



经济科学出版社

建筑节能工程系列丛书

建筑节能工程施工手册

主编单位 北京土木建筑学会

主 编 赵 键 马 驰

经济科学出版社

责任编辑：张 力 杨秀华

责任校对：杨 海

技术编辑：董永亭

建筑节能工程施工手册

北京土木建筑学会

经济科学出版社出版、发行 新华书店经销

社址：北京市海淀区阜成路甲 28 号 邮编：100036

总编部电话：88191217 发行电话：88191109

网址：www.esp.com.cn

电子邮件：esp@esp.com.cn

北京义飞福利印刷厂印装

787×1092 16 开 36 印张 1013 千字

2005 年 8 月第一版 2005 年 8 月第一次印刷

印数：0001—5000 册

ISBN 7-5058-5144-6/F·4416 定价：68.00 元

(图书出现印装问题 本社负责调换)

(版权所有 翻印必究 无防伪标均非正版)

前 言

2005年7月1日,由建设部组织编制并与国家质量监督检验检疫总局联合发布的国家标准《公共建筑节能设计标准》(GB50189-2005)正式实施。这是我国批准发布的第一部公共建筑节能设计的综合性国家标准,连同建设部发布的《民用建筑节能设计标准(采暖居住建筑部分)》(JGJ26-95)、《夏热冬暖地区居住建筑节能设计标准》(JGJ75-2003)、《夏热冬冷地区居住建筑节能设计标准》(JGJ134-2001)等共同形成了我国在建筑节能领域一系列的设计标准,这标志着我国建筑节能50%目标的全面启动。

正是由于能源资源的日益短缺而实际利用效率的低下和环境污染的不断加剧,同时我国的建筑能耗在社会总能耗中所占的比例正逐步上升到30%,建筑节能已成为我国节能浪潮的主流之一,建筑节能技术也成为当今建筑技术发展的重点之一。上述节能设计标准的颁布与实施,是建设领域贯彻实施国家大力发展节能省地型建筑,注重能源资源节约和合理利用,全面推广和普及建筑节能技术的要求,以科学的发展观,缓解人口、资源、环境的矛盾,实现经济的可持续发展。

《建筑节能工程系列丛书》是北京土木建筑学会组织专家根据国家与地方最新颁布实施的标准、规范,参考了国内先进的建筑节能技术及成熟的工程经验和研究成果编写而成。本丛书共分3册:《建筑节能工程设计手册》、《建筑节能工程施工手册》、《建筑节能工程法规及相关知识》。

《建筑节能工程设计手册》:书中重点介绍了全国不同建筑热工分区、不同建筑类型以及不同建筑节能要求的建筑物的设计要求和建筑围护结构保温节能设计、采暖通风空调的节能设计,同时还介绍了绿色照明和新能源利用技术等。

《建筑节能工程施工手册》:书中重点介绍了目前国内先进、成熟的建筑节能工程围护结构的施工技术和施工工艺以及施工质量验收要求;介绍了采暖、通风与空调等设备工程的节能施工技术。同时,书中还以实例的形式给出了国内建筑节能示范工程的施工组织设计与施工方案,以供建筑节能工程施工参考。本书共分为5章:第1章,绪论;第2章,材料;第3章,围护结构体系节能工程施工;第4章,建筑采暖、通风与空调节能工程施工;第5章,建筑节能示范工程施工组织设计与施工方案。

《建筑节能工程法规及相关知识》:书中主要介绍了国家和地方关于建筑节能工程的法律法规以及国外相关的节能标准,还包括了一些关于建筑节能经验的交流。为建筑节能工程参与各方熟悉、了解、学习和推广节能建筑提供很有益的帮助。

本套丛书堪称当前国内建筑领域中第一部最全面、最实用、最新颖的节能类书籍,可供建设单位、建筑设计单位、施工单位和新型建筑材料生产厂商、职工培训等学习和使用,也可供政府有关部门、科研单位、物业管理等单位应用与参考。

由于编者水平有限以及时间仓促,书中难免存在一些不足和谬误之处。同时,建筑节能又是一项新型的且综合性很强的建筑技术,涉及的范围较广,书中有疏漏之处,恳请广大读者批评指正,以便本书再版时修订。

编 者

2005年8月 北京

目 录

第1章 概 论	1
1.1 建筑节能的意义与主要内容	2
1.1.1 建筑节能的定义与意义	2
1.1.2 我国的建筑能耗现状	3
1.1.3 我国建筑节能的潜力	5
1.1.4 建筑节能工作的主要内容和目标	7
1.2 建筑节能施工与质量验收	9
1.2.1 建筑节能工程技术措施	9
1.2.2 建筑节能工程施工质量验收	10
第2章 材 料	13
2.1 保温节能墙体材料	14
2.1.1 烧结多孔砖的品种及技术要求	14
2.1.2 烧结空心砖和空心砌块的品种及技术要求	16
2.1.3 普通混凝土小型空心砌块的品种及技术要求	19
2.1.4 加气混凝土及其制品的技术要求	21
2.1.5 保温砌模的品种及技术要求	27
2.2 建筑保温、绝热材料	29
2.2.1 石棉及其制品	29
2.2.2 蛭石及其制品	34
2.2.3 珍珠岩及其制品	37
2.2.4 岩棉及岩棉制品	44
2.2.5 泡沫塑料	45
2.3 节能门窗及玻璃制品	49
2.3.1 铝合金节能门窗	49
2.3.2 塑钢节能门窗	50
2.3.3 热反射玻璃	53
2.3.4 Low-E低辐射镀膜玻璃	56
2.3.5 中空玻璃	58
第3章 围护结构体系节能工程施工	63
3.1 自保温(单一材料)墙体工程施工	64
3.1.1 多孔砖墙体砌筑工程施工	64
3.1.2 普通混凝土小型空心砌块墙体砌筑工程施工	71
3.1.3 加气混凝土砌块墙体砌筑工程施工	78
3.1.4 混凝土砌块外墙夹芯保温工程施工	83
3.1.5 保温砌模现浇钢筋混凝土网格剪力墙施工	87
3.1.6 粉煤灰陶粒砌块多层住宅围护结构节能工程施工	96

3.1.7	舒布洛克轻质混凝土空心砌块复合保温墙体施工	100
3.2	外墙内保温墙体工程施工	105
3.2.1	增强石膏聚苯复合保温板外墙内保温工程施工	105
3.2.2	增强粉刷石膏聚苯板外墙内保温工程施工	109
3.2.3	胶粉聚苯颗粒保温浆料外墙内保温工程施工	115
3.2.4	增强水泥聚苯复合保温板外墙内保温工程施工	120
3.3	外墙外保温墙体工程施工	124
3.3.1	聚苯板玻纤网格布聚合物砂浆外墙外保温工程施工	124
3.3.2	硬泡聚氨酯现场喷涂外墙外保温工程施工	131
3.3.3	现浇混凝土模板内置保温板外墙外保温工程施工	137
3.3.4	大模内置挤塑聚苯板整体浇筑外墙外保温工程施工	150
3.3.5	胶粉聚苯颗粒外墙外保温工程施工	154
3.3.6	装配式龙骨薄板外墙外保温工程施工	161
3.3.7	外墙聚合物水泥聚苯保温板外墙外保温工程施工	164
3.3.8	岩棉板外墙外保温工程施工	171
3.3.9	格林塔外墙体外保温技术	172
3.3.10	高舒适度低能耗建筑干挂饰面砖幕墙、聚苯板复合外墙外保温工程施工	176
3.3.11	保温型干混砂浆在建筑节能中的应用	183
3.4	屋面保温隔热工程施工	188
3.4.1	倒置式屋面保温隔热工程施工	188
3.4.2	屋面松散材料保温层工程施工	190
3.4.3	屋面板状材料保温层工程施工	192
3.4.4	屋面整体保温层工程施工	195
3.4.5	架空隔热屋面工程施工	200
3.4.6	蓄水屋面工程施工	204
3.4.7	种植屋面工程施工	207
3.5	建筑门窗节能工程施工	211
3.5.1	概述	211
3.5.2	窗户的选择	212
3.5.3	提高门窗保温性能的措施	213
3.5.4	建筑门窗安装施工要点	213
3.5.5	密封门窗的加工工艺及安装施工	221
3.5.6	断桥铝合金窗安装工程施工	226
3.5.7	聚氨酯 PU 发泡填缝材料在铝、塑门窗安装中的应用	234
第4章	建筑采暖、通风与空调节能工程施工	239
4.1	建筑采暖节能工程施工	240
4.1.1	太阳能热水系统工程安装	240
4.1.2	金属辐射板工程安装	245
4.1.3	低温热水地板辐射采暖系统工程安装	250
4.1.4	铝制柱翼型耐蚀节能散热器安装	256

4.1.5	铜管铝片对流散热器安装	262
4.1.6	钢制板式及钢制扁管型散热器的安装	269
4.2	管道、设备保温与绝热工程施工	275
4.2.1	室外供热设备管道防腐及保温	275
4.2.2	通风与空调工程设备管道防腐与绝热	280
4.3	建筑物设备自控节能工程施工	296
4.3.1	概述	296
4.3.2	建筑设备监控系统工程施工	297
4.3.3	系统调试、检测及验收	315
第5章	建筑节能示范工程施工组织设计与施工方案	325
5.1	清华大学超低能耗示范建筑幕墙工程施工组织设计	326
5.1.1	编制概述	326
5.1.2	工程施工进度计划	328
5.1.3	材料的选用	329
5.1.4	施工准备	330
5.1.5	幕墙安装施工方法及技术措施	332
5.1.6	幕墙清洗与验收	336
5.1.7	控制工程质量的检测与保证措施	338
5.1.8	安全、文明施工保证措施及成品保护措施	340
5.1.9	工程保修	343
5.1.10	幕墙的使用与维护	343
5.1.11	清华大学超低能耗示范建筑幕墙工程施工进度计划表	344
5.1.12	清华大学超低能耗楼幕墙工程设计计算书	344
5.2	清华大学超低能耗示范建筑钢结构工程施工方案	362
5.2.1	概 况	362
5.2.2	施工组织与机构	362
5.2.3	钢结构安装	365
5.2.4	高强度螺栓安装	369
5.2.5	钢结构焊接	369
5.2.6	施工场地	373
5.2.7	冬期施工	373
5.2.8	现场消防	375
5.2.9	安全防护	376
5.3	现浇混凝土复合聚苯板、聚苯颗粒外墙外保温施工技术交底	377
5.3.1	有网体系、饰面面砖做法	377
5.3.2	无网体系、饰面面砖做法	384
5.4	挤塑聚苯乙烯泡沫板外墙外保温施工方案	398
5.4.1	工程概况	398
5.4.2	材料组成	398
5.4.3	施工要求及条件	398

5.4.4	施工工具	398
5.4.5	工艺流程	399
5.4.6	细部及特殊部位做法	406
5.4.7	安全措施	407
5.4.8	文明施工及成品保护	408
5.4.9	成本降低措施	408
5.4.10	环境保护措施	409
附 录		410
附录一	膨胀聚苯板薄抹灰外墙外保温系统	410
附录二	外墙外保温工程技术规程	428
附录三	外墙内保温板质量检验评定标准	459
附录四	外墙外保温用聚合物砂浆质量检验标准	463
附录五	居住建筑节能保温工程施工质量验收规程	476
附录六	建筑外门的空气渗透性能和雨水渗漏性能分级及其检测方法	495
附录七	建筑外门保温性能分级及其检测方法	502
附录八	建筑外窗气密性能分级及检测方法	509
附录九	建筑外窗保温性能分级及检测方法	514
附录十	热量表	522
参考文献		

第 1 章 概 论

1.1 建筑节能的意义与主要内容

1.2 建筑节能施工与质量验收

1.1 建筑节能的意义与主要内容

1.1.1 建筑节能的定义与意义

1.1.1.1 建筑节能的定义

1. 能源是人类赖以生存和发展的基本条件。20 世纪 70 年代的石油危机,对石油进口国的经济和社会生活产生极大的冲击,给发达国家敲响了能源供应紧张的警钟。同时能源大量消费造成了大气污染和全球温室效应,生态环境迅速恶化。

2. 节能,是指加强用能管理,采取技术上可行、经济上合理以及环境和社会可以承受的措施,减少从能源生产到消费各个环节中的损失和浪费,更加有效、合理地利用能源。这既是《中华人民共和国节约能源法》对“节能”的法律规定,也是国际能源委员会的节能概念。

3. 节能不能简单地认为只是少用能。节能的核心是提高能源效率。从能源消费的角度,能源效率是指为终端用户提供的能源服务与所消耗的能源量之比。

4. 建筑使用过程中所消耗的能量,即通常所说的建筑能耗,在社会总能耗中占有很大的比例,而且,社会经济越发达,生活水平越高,这个比例越大。西方发达国家,建筑能耗占社会总能耗的 30%~45%。美国一次能源消耗量,2000 年达到 36.55 亿吨标准煤,其中建筑能耗占 33.7%,工业能耗占 35.9%,交通能耗占 24.8%。法国建筑能耗占社会总能耗的 45%。我国尽管社会经济发展水平和生活水平都还不高,但建筑能耗已占社会总能耗的 20%~25%,正逐步上升到 30%。不论西方发达国家还是我国,建筑能耗状况都是牵动社会经济发展全局的大问题。

5. 由于建筑能耗在社会总能耗中所占的重大比例,建筑节能成为世界节能浪潮的主流之一,建筑节能技术已成为当今世界建筑技术发展的重点之一。

6. 目前,公认的建筑节能的含义是:在建筑中合理使用和有效利用能源,不断提高能源利用率,减少能源消耗(主要包括采暖、通风、空调、照明、炊事、家用电器和热水供应等的能源效率)。

7. 在发达国家,建筑节能经历了三个阶段:第一阶段,称为在建筑中节约能源(energy saving in buildings),我国称为建筑节能;第二阶段,称为建筑中保持能源(energy conservation in buildings),意为在建筑中减少能源的散失;第三阶段,近年来,普遍称为在建筑中提高能源利用率(energy efficiency in buildings),意为不是消极意义上的节省,而是积极意义上的提高能源利用效率。

8. 我国的建筑节能工作,始于 20 世纪 80 年代初期:

(1) 1980~1986 年,是建筑节能技术的研究与节能标准制定的探索阶段。

1986 年 3 月,我国建设部颁发了第一部节能率为 30%的《民用建筑节能设计标准(采暖居住建筑部分)》(JGJ 26—86),于 1986 年 8 月 1 日开始试行。

(2) 1987~1994 年,是第一个建筑节能设计标准的执行阶段。

(3) 1994 年至今,是有组织地制定建筑节能政策和计划并组织全面实施阶段,相继颁布实施了《民用建筑节能设计标准(采暖居住建筑部分)》(JGJ 26—95)、《夏热冬冷地区居住建筑节能设计标准》(JGJ 134—2001)、《夏热冬暖地区居住建筑节能设计标准》(JGJ 75—2003)和《公共建筑节能设计标准》(GB 50189—2005)等标准,明确提出了节能 50%的要求。

1.1.1.2 建筑节能的意义

1. 建筑节能是改善空间环境的重要途径

建筑节能可改善大气环境。我国建筑采暖能源以煤炭为主,约占75%。目前,我国采暖燃煤排放二氧化碳每年约1.9亿吨,排放二氧化硫近300万吨,烟尘约300万吨,采暖期城市大气污染指标普遍超过标准,造成严重大气环境污染。二氧化碳造成的地球大气外层的“温室效应”,严重危害人类生存环境;烟尘、二氧化硫和氮氧化物也是呼吸道疾病、肺癌等许多疾病的根源,环境酸化、酸雨也是破坏森林、损坏建筑物的罪魁祸首。显然,降低建筑能耗,提高建筑节能效果是改善大气环境的重要途径。

建筑节能可改善室内热环境。适宜的室内热环境,可使人体易于保持平衡,从而使人产生舒适感。节能建筑则可改善室内环境,做到冬暖夏凉。对符合节能要求的采暖居住建筑,屋顶保温能力约为一般非节能建筑的1.5~2.6倍,外墙的保温能力约为非节能建筑的2.0~3.0倍,窗户约为1.3~1.6倍。节能建筑的采暖能耗仅为非节能建筑的一半左右,且冬季室内温度可保持在18℃左右,并使围护结构内表面保持较高的温度,从而避免其结露、长霉,显著改善冬季室内热环境。由于节能建筑围护结构热绝缘系数较大,对夏季隔热也极为有利。

2. 建筑节能是发展国民经济的需要

我国的能源形势严峻。能源是发展国民经济、改善人民生活水平的重要物质基础,据测,我国年需各种能源共17亿吨标准煤,但生产的能源仅有13.7亿吨标准煤,远低于世界平均水平(所谓标准煤,是指1kg煤炭的发热量为8.14kW·h的煤量。市场供应的普通煤,1kg的发热量为5.8~6.4kW·h,经换算,1kg普通煤为0.712~0.786kg标准煤,或1kg标准煤为1.27~1.40kg普通煤。为了比较和统计方便,其他能源也可按发热量换算成标准煤)。

我国能源生产的增长速度长期滞后于国内生产总值的增长速度,能源短缺是制约国民经济发展的根本性因素。因此,节约能源是发展国民经济的客观需要。

我国能源消费结构以煤炭为主。我国煤炭和水利资源蕴藏量丰富,但能源消费结构是以煤炭为主,煤炭占3/4以上,我国建筑采暖用煤约占75%以上,其他高质能源所占比例很小,这与发达国家存在很大差距。例如,在采暖能源中,法国:电力占5%,天然气占50%,煤和石油等只占10%;荷兰:天然气占46%,石油占46%,煤占6%,其他占2%。

建筑能耗的增长远高于能源的增长速度。我国原有建筑及每年新建量巨大,加之居住人口众多,建筑能耗占全国总能耗的1/4以上,特别是高能耗建筑大量建造,建筑能耗的增长远高于能源生产的增长速度,尤其是电力、燃气、热力等优质能源的需求急剧增加。鉴于建筑用能的严重浪费,抓紧建筑节能工作是国民经济可持续发展的重大课题。

建筑节能是提高经济效益的重要措施。建筑节能需要投入一定的资金,但投入少、产出多。实践证明,只要选择适合当地条件的节能技术,使用4%~7%的建筑造价,可达到30%的节能指标。建筑节能的回收期一般为3~6年,与建筑物使用周期60~100年相比,其经济效益是非常突出的,可见,节能建筑在一次投资后,可在短期内回收,并能长期受益。

1.1.2 我国的建筑能耗现状

1.1.2.1 建筑能耗的影响因素

1. 室外热环境的影响:建筑物室外热环境,即各种气候因素,通过建筑的围护结构、外门窗及各类开口直接影响室内的气候条件。与建筑物密切相关的气候因素为:太阳辐射、空气温度、空气湿度、风及降水等。

2. 采暖区和采暖度日数：采暖区是指一年内日平均气温稳定低于 5℃ 的时间超过 90d 的地区。采暖区与非采暖区的界线大体为陇海线东、中段略偏南，西延至西安附近后向西南延伸。

3. 太阳辐射强度：冬季晴天多，日照时间长，太阳入射角低，太阳辐射度大，南向窗户阳光射入深度大，可达到提高室内温度，节约采暖用能的效果。

4. 建筑物的保温隔热和气密性：建筑围护结构的保温隔热性能和门窗的气密性是影响建筑能耗的主要内在因素。围护结构的传热热损失约占 70% ~ 80%；门窗缝隙空气渗透的热损失约占 20% ~ 30%。

加强围护结构的保温，特别是加强窗户，包括阳台门的保温性和气密性，是节约采暖能耗的关键环节。

5. 采暖供热系统热效率：采暖供热系统是由热源热网和热用户组成的系统。采暖供热系统热效率包括锅炉运行效率和管网运送效率。锅炉运行效率是指锅炉产生的可供有效利用的热量与其燃烧煤所含热量的比值。在不同条件下，又可分为锅炉铭牌效率（又称额定效率）和锅炉运行效率。室外管网输送效率是指管网输出总热量与管网输入总热量之比值。

锅炉在运行过程中，一般只能将燃料所含热量的 55% ~ 70% 转化为可供利用的有效热量，即锅炉的运行效率为 55% ~ 70%。室外管网的输送效率为 85% ~ 90%，即锅炉输入管网的有效热量，又在沿途损失 10% ~ 15%，剩余的 47% ~ 63% 的热量供给建筑物，成为采暖供热量。

1.1.2.2 我国建筑能源消耗与能效状况

1. 建筑能耗与能效基本情况

(1) 建筑能耗大。1996 年，我国建筑年消耗 3.35 亿吨标准煤，占能源消费总量的 24%，到 2001 年，达到 3.76 亿吨标准煤，占能源消费总量的比例为 27.6%，年增加比例约 0.5%。据有关研究分析认为，从 2000 ~ 2015 年是民用建筑发展鼎盛期的中后期，预测到 2015 年民用建筑保有量的一半是 2000 年以后新建的。随着建筑业的高速发展和人民生活质量的改善，建筑能耗占全社会总能耗的比例还将增长。

(2) 能效低。我国建筑能耗约 50% ~ 60% 的部分是供热和空调。北方城市集中供热的热源主要以燃煤锅炉为主。锅炉的单台热功率普遍较小，热效率低，污染严重，供热输配管网保温隔热性能差，整个供热系统的综合效率仅为 35% ~ 55%，远低于先进国家 80% 左右的水平，而且整个系统的电耗、水耗也极高。公共建筑中央空调系统综合效率较低。

(3) 围护结构的保温隔热性能差。我国的建筑围护结构保温隔热性能普遍较差，外墙和窗户的传热系数为同纬度发达国家的 3 ~ 4 倍。以多层住宅为例，外墙的单位面积能耗是 4 ~ 5 倍，屋顶是 2.5 ~ 5.5 倍，外窗是 1.5 ~ 2.2 倍，门窗空气渗透率是 3 ~ 6 倍。

2. 建筑能耗的特点

(1) 夏季空调用电量大。1997 年以来，中国每年发电量按 5% ~ 8% 的速度增长，工业用电量每年减少 17.9%。由于空调耗电大（2101 年全国新增房间空调器装机容量 1600 万 kW）、使用集中，有些城市的空调负荷甚至占到尖峰负荷的 50% 以上。许多城市如上海、北京、济南、武汉、广州等普遍存在夏季缺电现象。

(2) 冬季采暖能耗高。中国的东北、华北和西北地区，城镇的建筑面积约占全国的近 50%，达 40 多亿平方米，年采暖用能约 1.3 亿吨标准煤，占全国能源消费量的 11%，占采暖地区全社会总能耗的 21.4%。在一些严寒地区城镇建筑能耗已占到当地全社会总能耗的一半以上。

总之，建筑用能已逐步成为我国能源消费的主体之一。建筑能耗是中国可持续发展必须研究解决的重大问题。

1.1.3 我国建筑节能的潜力

1.1.3.1 实施建筑节能设计标准的节能潜力

我国城乡建筑围护结构保温隔热和气密性能差、采暖空调系统能源效率低下,与发达国家不断提高的建筑节能要求相比,差距越拉越大。我国已经编制的居住建筑与公共建筑节能设计标准,都是在原有能耗基础上,通过改善建筑围护结构保温隔热性能,以及提高设备和系统能源利用效率,做到节能 50% 的目标。按照标准建造的节能建筑,不仅节约能源,还提高了建筑热舒适性,做到冬暖夏凉。这些标准都已经通过充分的技术经济论证,是符合我国国情,经过努力完全可以做得到的。现在,就是要通过执行节能标准把节能潜力挖掘出来。应该说,这只不过是我国建筑节能工作的第一步。

按照发达国家当前节能标准,还会有再节能 50% 甚至更多的潜力,这当然是以后的目标。在 2020 年以前,只能希望首先把节能 50% 的贯彻执行好,新建建筑全部按节能标准建造,既有建筑有计划地每年按节能标准改造一批,逐步增加到每年能改造 3 亿~4 亿平方米。这样累积的结果,其效益将极为显著。如果工作进展良好,能在 2010 年以后逐步实施节能 65%,那么节能成果就更大了(见表 1-1)。

表 1-1

2010 年、2020 年建筑节能量预测

单位: Mtce

节 能 对 象			2010 年	2020 年
采暖空调节能	严寒、寒冷地区	新建居住建筑	9.2	26.1
		既有居住建筑	5.4	18.8
	夏热冬冷地区	新建居住建筑	7.7	23.8
		既有居住建筑	3.5	11.8
	夏热冬暖地区	新建居住建筑	4.6	15.2
		既有居住建筑	3.8	12.7
新建公共建筑			31.0	103.0
既有公共建筑			9.6	28.8
照明、家电、炊事节能			37.2	94.8
共 计			112.0	335.0

这里需要指出的是,实践证明,新建居住建筑节能投资和既有建筑节能改造成本,约为 80 元/m²~120 元/m²,一般可以通过产生的节能资源在 3~6 年左右得到回收。公共建筑由于能源费用要高得多,尽管单位建筑面积节能投资会高一些,其节能效益会更为显著。

还要看到,由于建筑能耗减少,即采暖空调照明负荷相应减少,因而所需设备容量减小,新建建筑可以减少这部分初始投资,改造既有建筑则可将节省下来的这部分负荷用于其他建筑。在节能 50% 的情况下,设备容量相应减少 50%,可见建筑节能的经济效益是十分显著的。

1.1.3.2 技术节能潜力

建筑用能包括采暖、空调、烹调、热水、照明、冷藏、洗涤、娱乐等多种终端能源服务。人口、经济增长、能源服务要求、节能技术和政府的政策是影响建筑能源需求的重要因素,其中节能技术起主导作用。据联合国政策协调和可持续发展部的一项研究,发达国家和发展中国家的建筑都有巨大的技术节能潜力。西欧国家 2020 年住宅建筑的技术节能潜力达 60%,商用建筑为 65%。

建筑节能技术及节能潜力巨大。建筑节能技术涉及建筑设计、建筑材料、用能设备和器具、控制系统以及可再生能源利用,已商业化的技术及节能潜力见表 1-2。

表 1-2

建筑节能技术及节能潜力

终端用途	节能技术	技术节能潜力 (%)
1. 围护结构	低导热系数框材, 高性能密封, 多层或中空玻璃, 热反射和低发射率镀膜玻璃, 保温隔热窗帘	50 ~ 80
1.1 门窗		
1.2 外墙和屋面	复合保温隔热结构, 采用加气混凝土, 多孔砖, 空心砌块; 聚苯乙烯、聚氨酯泡沫塑料、胶粉、聚苯颗粒、膨胀珍珠岩、岩棉、玻璃棉等	
2. 采暖空调	高效燃煤链条炉、燃用洗选煤、锅炉房、风机变频调速	23
2.1 采暖	单管系统加旁通管, 双管系统和调控装置, 热表到户, 计量收费	35
2.2 房间空调器	改进隔热, 加大热交换面积, 提高供热系数, 变频压缩机, 模糊控制	30
2.3 热电冷联供	小型燃气热电冷联供	35
3. 烹调、热水	涡流加热替代电阻加热, 模糊控制	20
3.1 电饭煲	高效低污染型柴炉	30
3.2 民用生物质炉	高效燃气和电热水器	15
3.3 热水器	热泵热水器替代电阻热水器	50
4. 照明	紧凑型荧光灯替代白炽灯	70
4.1 电光源	细管荧光灯替代粗管荧光灯	10
	电子镇流器替代电感镇流器	50
4.2 照明控制	光电管控制	10
5. 系衣机	节电节水工作程序, 高效专用电机, 变频调速, 模糊控制	30
6. 建筑能源控制系统	采暖、通风、空调、照明计算机控制系统	10 以上
7. 可再生能源利用		
7.1 小水电	农村居民家庭炊事、电器、炊事用电	电炊与传统烧柴灶相比, 每户每年节柴 2t, 一个 8m ³ 户用沼气池年产气 290m ³ , 可代煤 0.6t。一台 100W 微型风力机年发电 260kWh, 可代煤油 18kg, 干电池 30 副, 蜡烛 730 支。一个采暖季节节煤 20kg/m ² ~ 40kg/m ² 以上
7.2 沼气	农村居民家庭炊事、照明用气	
7.3 微、小型风力机	牧民等散居家庭照明、收音机、电视机用电	
7.4 地热		
地热供暖	住宅地热水供暖	
地源热泵	采暖空调	
7.5 日光照明	日光集光和分配照明系统	50
7.6 热水	太阳热水器	年节能 120kgce/m ² 集热面积
7.7 太阳房	被动太阳房	一个采暖季节节能 30kgce/m ²
7.8 先进太阳能建筑	高性能保温隔热材料、蓄热材料和窗玻璃, 光伏电池发电系统, 热泵, 控制系统	85

注: 2002 年中国与建筑用能有关的可再生能源利用如下。小水电: 31.0GW, 103.7TWh, 为 3 亿农村人口提供生活用电。沼气: 户用沼气池实际使用 1110 万座, 产气 37 亿 m³; 大中型沼气工程 1300 多处, 年产气 10 亿 m³。微、小型风力机: 12 万台, 33MW, 34GWh, 9.3 万户。地热供暖: 建筑面积 1000 万 m²。太阳热水器: 集热面积 400 万 m²。被动太阳房: 建筑面积 2260 万 m²。

1.1.3.3 住宅家用电器节能潜力

随着人均收入的增加和住房面积的扩大,我国城乡居民家庭家用电器拥有量大幅增加,种类增多。1999~2002年,城镇居民家庭每百户冰箱拥有量从43.2台增至87.4台,彩色电视机从59.0台增至126.4台;城乡居民人均生活用电量从40kW·h增至155.8kW·h。我国家用电器的能源效率与国际先进水平相比仍有明显差距,节能潜力很大。目前,我国正在研究制定新的家用电器能效标准,新标准以节能技术为基础,规定各类家电产品的最低能效限定值,由此可测算出实施新标准的节能率和节能量。节能量等于某种产品基年总用电量乘以实施新标准的节能率。主要家用电器的节能潜力分析结果见表1-3。

表 1-3 住宅家用电器节能潜力

	2001年保有量 (万台)	2001年用电量 (亿 kW·h)	占居民生活 总用电量比 重 (%)	标准节电率 (%)	2010年节电量 (亿 kW·h)
电冰箱	1224	264.0	24.4	28~34	77.9
房间空调器	4316	233.1	12.7	12~30	38.5
彩色电视机	2.642	228.3	12.4	15	34.2
电饭煲	1178	105.8	5.8	10	10.6
电风扇	5026	90.4	4.9	5	4.5
洗衣机	1736	52.1	2.8	15	7.8
电淋浴热水器	1809	51.6	2.8	8	4.1

注: 1. 75%的电冰箱能效达到中国国家标准能效评价值,节能28%;25%达到欧盟标准A+级,节能34%;

2. 75%的房间空调器能效从中国国家标准C级提高到A级,节能12%;25%达到欧盟标准A级,节能30%。

1.1.4 建筑节能工作的主要内容和目标

1.1.4.1 建筑节能工作主要内容

建筑节能工作主要包括建筑围护结构节能和采暖供热系统节能两个方面:

1. 改善建筑围护结构的热工性能,使得供给建筑物的热能在建筑物内部得到有效利用,不至于通过其围护结构很快散失,从而达到减少能源消耗的目的。实现围护结构的节能,提高门窗和墙体的密闭性能,以减少传热损失和空气渗透耗热量。

2. 采暖供热系统节能

采暖供热系统包括热源、热网和户内采暖设施三大部分。要提高锅炉运行效率和管网输送效率,而不致于使热能在转换和输送过程中过多地损失。因此,必须改善供热系统的设备性能,提高设计和施工安装水平,改进运行管理技术。在户内采暖设施部分,应采用双管入户、分户计量、分室控温等技术措施,实行采暖计量收费制度,使住户既是能源的消费者,又是能源的节约者,调动人们主动节能的积极性,充分实现建筑节能应有的效益。

1.1.4.2 建筑节能的基本目标

为提高建筑使用能源的利用效率,改善居住热舒适条件,促进城乡建设、国民经济和生态环境的协调发展,建设部提出建筑节能的发展目标是:

(1) 第一步目标:1996年以前,新建采暖居住建筑在1980~1981年当地通用设计能耗水平的基础上普遍降低30%,即节能率30%。

(2) 第二步目标:1996年起,在达到第一阶段要求的基础上再节能30%,即节能率50%。

(3) 第三步目标:2005年起,在达到第二阶段要求的基础上再节能30%,即节能率65%。

此外,对采暖地区既有建筑的节能改造,集中供热民用建筑实行按表计量收费,新建采暖公共建筑及夏热冬冷地区民用建筑的节能等,也都提出了发展目标。

1.1.4.3 2010年建筑节能目标

到2010年,新建建筑普遍实施节能率为50%的《民用建筑节能设计标准(采暖居住建筑部分)》(JGJ 26—95)、《夏热冬冷地区居住建筑节能设计标准》(JGJ 134—2001)、《夏热冬暖地区居住建筑节能设计标准》(JGJ 75—2003)、《公共建筑节能设计标准》(GB 50189—2005)以及《建筑照明设计标准》(GB 50034—2004)。全国各大中小城市及城镇实施上述标准全面到位。北京、天津等少数大城市率先实施节能率为65%的地方节能标准。

通过示范倡导,推动村镇居住建筑实施节能率50%的居住建筑节能标准。供热体制改革工作全面展开,居住及公共建筑的集中采暖按热表计量收费的工作在大城市普遍推行,在中小城市试点。

编制并实施节能率为50%的《既有居住建筑节能改造标准》及《既有公共建筑节能改造标准》。在充分调查研究的基础上,以既有办公建筑的节能改造为先导,以高耗能建筑(能耗未达到节能率30%的建筑均视为高耗能建筑)和热环境差的建筑为重点,结合城市改建,在大中小城市有计划有步骤地开展既有居住和公共建筑的节能改造工作。要求大城市到2010年完成应改造建筑面积的25%,中等城市达到15%,小城市达到10%。开发利用太阳能、地热能、地下水、风能等可再生能源,累计建成太阳能建筑8000万平方米,利用其他可再生能源的建筑500万平方米。

至2010年,新建建筑累计节能1.6亿吨标准煤,既有建筑节能0.6亿吨标准煤,共计2.2亿吨标准煤,其中节电3200亿kW·h,削减空调高峰负荷3500万kW;累计减排CO₂5.9亿吨,其中新建建筑4.2亿吨,既有建筑1.7亿吨。

1.1.4.4 2020年建筑节能远景规划目标

建立健全的建筑节能标准体系,编制出覆盖全国范围的配套的建筑节能设计、施工、运行和检测标准,以及与之相适应的建筑材料、设备及系统标准,用于新建和改造居住及公共建筑,包括采暖、空调、照明、热水及家用电器等能耗在内,所有建筑节能标准得到全面实施。

2010~2020年间,在全国范围内有步骤地实施节能率为65%的建筑节能标准,2015年后,部分城市率先实施节能率为75%的建筑节能标准。

2015年前供热体制改革在采暖地区全面完成,集中供热的建筑均按表计量收费。集中供热的供热厂、热力站和锅炉房设备及系统基本完成技术改造,与建筑采暖系统技术改造相适应。

大中城市基本完成既有高耗能建筑和热环境差建筑的节能改造,小城市完成既有高耗能建筑和热环境差建筑改造任务的50%,农村建筑广泛开展节能改造。累计建成太阳能建筑1.5亿平方米,其中采用光伏发电的500万平方米,并累计建成利用其他可再生能源建筑2000万平方米。

至2020年,累计节能量新建建筑15.1亿吨标准煤,既有建筑5.7亿吨标准煤,共计节能20.8亿吨标准煤,其中包括节电3.2万亿kW·h,削减空调高峰用电负荷8000万kW;累计减排CO₂新建建筑40.2亿吨,既有建筑15.2亿吨,共计减排CO₂55.4亿吨。

1.2 建筑节能工程施工与质量验收

1.2.1 建筑节能技术措施

1.2.1.1 围护结构节能技术

墙体采用岩棉、玻璃棉、聚苯乙烯塑料、聚氨酯泡沫塑料及聚乙烯塑料等新型高效保温绝热材料以及复合墙体,降低外墙传热系数。

采取增加窗玻璃层数、窗上加贴透明聚酯膜、加装门窗密封条、使用低辐射玻璃(Low-E玻璃)、封装玻璃和绝热性能好的塑料窗等措施,改善门窗绝热性能,有效降低室内空气与室外空气的热传导。

采用高效保温材料保温屋面、架空型保温屋面、浮石沙保温屋面和倒置型保温屋面等节能屋面。在南方地区和夏热冬冷地区的屋面采用屋面遮阳隔热技术。

采用综合考虑建筑物的通风、遮阳、自然采光等建筑围护结构优化集成节能技术。例如,双层幕墙技术是中间带有可调遮阳板、且可通风的方式,夏季可有效遮阳和通风排热,冬季又可使太阳光透过,减少采暖负荷。

1.2.1.2 能源系统节能控制技术

采暖空调系统的控制技术是对既有热网系统和楼宇能源系统进行节能改造、实现优化运行节能控制的关键技术。主要有三种方式:VWV(变水量)、VAV(变风量)和VRV(变容量),其关键技术是基于供热、空调系统中“冷(热)源—输配系统—末端设备”各环节物理特性的控制。

1.2.1.3 热泵技术

热泵技术是利用低温低位热能资源,采用热泵原理,通过少量的高位电能输入,实现低位热能向高位热能转移的一种技术,主要有空气源热泵技术和水(地)源热泵技术。可向建筑物供暖、供冷,有效降低建筑物供暖和供冷能耗,同时降低区域环境污染。

1.2.1.4 采暖末端装置可调技术

主要包括末端热量可调及热量计量装置,连接每组暖气片的恒温阀,相应的热网控制调节技术以及变频泵的应用等。可实现30%~50%的节能效果,同时避免采暖末端的冷热不均问题。

1.2.1.5 新风处理及空调系统的余热回收技术

新风负荷一般占建筑物总负荷约30%~40%,变新风量所需的供冷量比固定的最小新风量所需的供冷量少20%左右。新风量如果能够从最小新风量到全新风变化,在春秋季可节约近60%的能耗。通过全热式换热器将空调房间排风与新风进行热、湿交换,利用空调房间排风的降温除湿,可实现空调系统的余热回收。

1.2.1.6 独立除湿空调节电技术

中央空调消耗的能量中40%~50%用来除湿。冷冻水供水温度提高1℃,效率可提高3%左右。采用除湿独立方式,同时结合空调余热回收,中央空调电耗可降低30%以上。我国已开发成功溶液式独立除湿空调方式的关键技术,以低温热源为动力高效除湿。

1.2.1.7 各种辐射型采暖空调末端装置节能技术