

建筑节能技术

(第2版)

主 编 史晓燕 王 鹏
副主编 李松良 吕 艳 华常春 陈梅梅
参 编 宋志雄 康静劼 陈 婷 任 洁
张淑静 高 云 张 帅



北京理工大学出版社

BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

第2版前言

地球是人类共同的家园，也是人类共同的赖以繁衍生息的栖息地，构建绿色生态环境已成为21世纪世界各国的共同目标。节约资源和保护环境是我国的基本国策。“十三五”期间是中国全面建成小康社会的关键时期，中国GDP增速已经转入中高速增长阶段。在新常态的过程中，工业化、城镇化进程都进入了新的阶段，经济转型、能源转型还面临着很多困难，要妥善处理资源环境与经济社会可持续发展的关系，并且要根据十八大、十九大提出的新精神和新要求，深化改革、推动能源革命，适应新形势科学调整和完善节能减碳的政策思路。“十三五”期间，我国要完成到2020年单位GDP碳排放比2005年下降40%~45%的国际承诺低碳目标，实现节约能源9.6亿t标准煤的目标，其中建筑节能约占20%，因而，建筑节能发展前景广阔，意义重大。实施和实现建筑节能，涉及广大从业人员，特别是设计、管理、施工等技术工作者对建筑节能的认知和责任意识。建筑节能涉及的知识面广，与人类生活、生产和可持续发展关联度极高，在普通高校土木工程类各专业开设建筑节能技术课程作为职业拓展课程，是推进建筑节能的一项重要举措。

近年来，《建筑节能技术》教材编写组致力于“节能减排技术普及公共服务平台”的建设与研究，结合新时代建筑业发展的要求、建筑节能新技术、建筑节能和绿色建筑新标准及新规范，对教材进行了修订。按照修编计划，本书第2版根据最新的规范、标准对原有章节内容进行了修编，新增了BIM技术在建筑节能中的应用及既有建筑节能改造技术的内容，可以作为高等院校土木工程类相关专业职业拓展课程教材和广大建筑业从业人员的参考书。

建筑节能涉及学科分支多，内容广泛，涵盖建筑学、施工技术、建筑材料、建筑设备、建筑物理、新能源技术应用及建筑节能的标准、规范等。作为高等院校土木工程类相关专业职业拓展课程教材，本书的特点如下：

(1) 坚持以学生为中心、以职业能力与职业素养的培养为核心，重视实践技能的培养和应用能力的训练。校企紧密合作，编排教材内容。通过与江苏省扬建集团等建筑龙头企业的合作，将建筑节能典型项目引入课程实践教学环节；将建筑节能理念和技术、建筑节能职业准则等贯穿于教材开发、编写的全过程。

(2) 针对土木工程类不同的专业方向，优化课程内容，对接职业岗位。对接施工

员、质检员、造价员等职业岗位需求，既注重建筑节能基础知识、技术的系统阐述，又注重建筑节能施工技术及应用，各章均安排了技术应用的典型工程案例，以培养学生解决问题的能力，提升学生的综合应用能力。

(3) 本书修编时强化教材设计，培养创新能力。注重内容结构的内在逻辑性和基础性，每章有“学习目标”“本章导入”“本章小结”“典型工程案例”“复习思考题”和“综合训练题”。通过综合性试验实训项目的设计，提高学生实际动手能力，培养学生综合思维能力，激发学生创新能力。利用BIM软件建立建筑模型、节能模型，对门窗、墙等围护结构进行节能设计、能耗分析，创新建筑节能设计手段，提升解决实际问题的能力。

(4) 融合“互联网+”，拓展教材知识。本书结合高等院校学生的认知特点，对于较难的或工程实践性较强的知识点，设置了相应的二维码，采用文档、视频、仿真动画、图片等形式介绍工程知识或新技术；通过互联网技术将整个建筑节能分部相关施工工艺过程以更加直观化、形象化、生动化的方式展现给学生，教师可灵活运用翻转课堂、混合式教学等多种教学模式。

(5) 为推进线上线下混合教学，本书在“超星学习通”平台配套开设了《建筑节能技术》在线开放课程，读者可通过扫描右侧的二维码或登陆以下网址进行学习：<https://mooc1-1.chaoxing.com/course/200709292.html>。



因本书第1版主编华常春教授已退休，在华常春教授的推荐下，本书第2版由扬州职业大学土木工程学院史晓燕、王鹏担任主编并主持修订，在此特别感谢华常春教授对修订工作的指导和支持。另外，本书由李松良、吕艳、华常春、陈梅梅担任副主编，宋志雄、康静劼、陈婷、任洁、张淑静、高云、张帅参与编写。其中第1章由华常春、史晓燕共同修编；第2章由康静劼、陈婷、史晓燕共同修编；第3章由史晓燕、任洁共同修编；第4章由李松良、王鹏共同修编；第5章由王鹏、李松良共同修编；第6章由吕艳、宋志雄、王鹏共同修编；第7章由张淑静、王鹏共同修编；第8章由史晓燕、高云、张帅共同修编。

本书在编写过程中引用了国家和相关部门制定的建筑节能规范、标准，参考了一些专家的书目、文章或资料，在此向相关作者表示衷心的感谢！借此机会特别感谢在本书构思、编写、审稿和出版过程中给予鼎力支持与领导的领导或专家——吴书安、吕凡任、王欣、束必清、杨鼎宜等，感谢积极支持编写工作（包括提供BIM建模、资料、制作图表、文字校对等工作）的闫志刚、刘月林、朱爱科、刘宁、樊乾豪、黄灿明、孔维星、田玲等同志，以及提供建筑节能检测案例的江苏扬建集团的华正检测有限公司。

在编写过程中，我们虽对本书的特色建设做了许多努力，但由于水平和能力有限，书中仍存在一些疏漏或不妥之处，敬请同行们使用时批评指正，以便再次修订时改进。

编者

第1版前言

人类在不同历史时期对环境问题的认识程度是不同的，节能问题是近年来各国政府和公众最为关注的环境问题之一。我国“十二五”期间要实现节约能源6.7亿 t标准煤的目标，其中建筑节能占17.3%，建筑节能发展前景广阔，意义重大。

实施和实现建筑节能，涉及广大从业人员，特别是设计、管理、施工等技术工作者对建筑节能的认知和责任意识，建筑节能涉及的知识面广，与人类生活、生产和可持续发展关联度极大，在普通高校土建类各专业开设建筑节能技术作为职业拓展课程，是推进建筑节能的一项重要举措。

近年来，编者致力于“节能减排技术普及公共服务平台”的建设与研究，结合建筑业发展面临的要求和建筑节能的形势和任务，2010年编写了《建筑节能技术》宣传读本发放给相关单位，在此基础上组织编写成《建筑节能技术》自编教材在高等院校试用一年。现按照项目计划，在试用修订基础上将这本《建筑节能技术》出版并作为高等院校土建类各专业职业拓展课程教材。期待通过这门课程教学，学生能够掌握建筑节能技术基础知识，树立建筑节能意识，形成建筑节能理念，遵守建筑节能职业准则，正确认识建筑节能对缓解能源供需矛盾、节约资源、促进经济社会持续健康发展的作用和意义，继而通过将来的职业生涯应用、普及和推广建筑节能技术，为节能减排做出贡献。

建筑节能涉及的学科分支多，内容广泛，涵盖建筑学、施工技术、建筑材料、建筑设备、建筑物理、新能源技术应用及建筑节能的标准、规范等。作为高等院校土建类各专业职业拓展课程，本教材的特点如下：

(1) 注重将建筑能耗的现状与能源消耗、资源节约、建设美丽中国的关系，建筑节能的意义和作用，建筑节能理念，建筑节能意识，建筑节能职业准则等贯穿于教材开发、编写的始终。

(2) 针对土建类不同的专业方向，对课程的理念、思路、知识结构、能力构架、实践性环节设计、职业性、示范性、目标效果预期等进行详细研究，使教材的适用性大大增强。

(3) 本教材编写时结合“主题鲜明，紧跟形势，技术规范，案例丰富”等特点，从建筑节能的相关概念到设计、建筑能效标志及制度推进，从建筑节能技术到设备选型及照

明节能,从建筑节能检测技术到新的建筑节能规范标准等,系统阐述了建筑节能的相关知识,注重内容结构的内在逻辑性和基础性,力求使学生通过学习,获得适应社会发展进步要求的比较完整的建筑节能技术基础知识,进一步了解各类建筑经济活动对环境的影响以及与环境的相互制约和相互促进。

(4) 突出职业性和实践性环节设计。教材每章有“学习目标”“本章导入”“本章小结”“典型工程案例”“复习思考题”和“综合训练题”,注重理论联系实际,关注新知识、新技术及其应用;强调工程现场教学内容,如施工技术、节能材料特性及科学应用;强调实验实训设计教学内容,提高动手能力和解决实际问题能力;强调实体模型、图片、视频、仿真动画教学内容,帮助建立建筑模型,对门窗、墙等围护结构进行节能设计;强调校企合作教学内容,利用校企合作实验实训基地,由企业工程师指导实验,组织教师参与建筑节能研发(设计与施工),积累工程经验,提升实践性教育教学效果。

本书由华常春教授任主编,史晓燕、王鹏、李松良任副主编。本书在编写的过程中依据或引用了国家和相关部门制定的建筑节能规范、标准,参考了一些专家的书目、文章或资料,在此向相关作者表示衷心的感谢!借此机会要特别感谢在本书构思、编写、审稿和出版过程中给予鼎力支持与领导的领导或专家吴书安、吕凡任、王欣、陈梅梅等,感谢积极参与编写工作(包括提供资料、制作图表、文字校对等工作)的金耀华、任洁、吕艳、宋志雄等同事!

在本书的编写过程中,我们对教材的特色建设做了许多努力,但由于水平和能力有限,仍存在一些疏漏或不妥之处,敬请广大读者使用时批评指正,以便修订时改进。

编者

目 录

第1章 建筑节能概述1	2.2.2 建筑与建筑热工节能设计.....26
1.1 国内外建筑能耗现状1	2.2.3 建筑主体结构的节能设计.....28
1.1.1 我国建筑能耗现状.....1	2.2.4 建筑设备的节能设计.....30
1.1.2 国外建筑能耗现状.....3	2.3 建筑能耗指标简介34
1.2 建筑节能的含义、作用与意义3	2.3.1 建筑节能设计的六个关键术语.....34
1.2.1 建筑节能的含义.....3	2.3.2 其他建筑节能术语.....36
1.2.2 建筑节能的作用与意义.....3	2.3.3 绿色建筑相关术语.....38
1.3 我国建筑节能的目标与任务4	2.4 《建筑能效标识技术标准》简介39
1.3.1 我国建筑节能发展概况.....4	2.4.1 我国推行建筑能效标识的必要性.....39
1.3.2 我国建筑节能发展所面临的形势.....5	2.4.2 《建筑能效标识技术标准》的 主要内容.....39
1.3.3 “十三五”建筑节能的目标和任务.....6	2.5 BIM技术在建筑节能中的应用42
第2章 建筑节能设计13	2.5.1 BIM技术及软件简介.....42
2.1 建筑节能设计概述14	2.5.2 BIM技术在建筑节能设计中的 应用.....49
2.1.1 建筑节能设计的基本知识.....14	2.6 既有建筑节能改造设计57
2.1.2 建筑节能设计的有关规定.....20	2.6.1 既有建筑节能改造发展现状.....57
2.1.3 建筑节能设计的相关法规和标准.....22	2.6.2 既有建筑节能改造设计前的 节能诊断.....58
2.1.4 建筑节能设计审查.....23	2.6.3 既有居住建筑节能改造方案.....61
2.2 单体建筑的节能设计24	
2.2.1 建筑节能设计的四个基本原则.....25	

第3章 建筑围护构件节能技术	69	4.1.5 建筑雨水系统节能设计	123
3.1 墙体的节能设计与施工技术	69	4.2 建筑给水排水系统设备的选择	124
3.1.1 墙体的节能设计与构造	70	4.2.1 建筑给水系统设备的选择	124
3.1.2 墙体的材料选择	71	4.2.2 建筑热水供应设备的选择	125
3.1.3 外墙外保温的质量验收	73	4.2.3 建筑污水系统设备的选择	126
3.1.4 玻璃幕墙的节能设计与施工	78	4.2.4 建筑中水系统设备的选择	126
3.2 门窗的节能设计与施工技术	85	4.2.5 建筑雨水系统设备的选择	126
3.2.1 门窗的节能设计与构造做法	85	4.3 给水排水系统的运行维护	127
3.2.2 门窗的材料选择	86	4.3.1 给水系统的运行维护	127
3.2.3 节能门窗的质量验收	89	4.3.2 排水系统的运行维护	127
3.3 屋面的节能设计与施工技术	91	4.3.3 水泵的运行维护	127
3.3.1 屋面的节能设计与构造	91	第5章 建筑采暖系统节能技术	136
3.3.2 屋面保温材料的选择	91	5.1 建筑采暖节能设计与途径	136
3.3.3 屋面节能工程的质量验收	94	5.1.1 居住建筑采暖系统的节能设计	136
3.3.4 太阳能屋面的设计与施工	96	5.1.2 公共建筑采暖系统的节能设计	140
3.4 楼地面的节能设计与施工技术	98	5.1.3 采暖节能新途径及采暖方式	143
3.4.1 楼地面的节能设计与构造	98	5.2 建筑采暖设备选型	151
3.4.2 楼地面保温层的材料选择	103	5.3 建筑采暖设备质量验收	152
3.4.3 楼地面保温工程的施工与 质量验收	103	5.3.1 一般规定	152
第4章 建筑给水排水节能技术	114	5.3.2 主控项目	152
4.1 建筑给水排水系统节能途径与 设计	114	5.3.3 一般项目	154
4.1.1 建筑给水系统节能设计	114	5.4 建筑采暖系统的运行维护	154
4.1.2 建筑热水系统节能设计	116	第6章 空调通风系统节能技术	159
4.1.3 建筑污水系统节能设计	120	6.1 空调系统的节能途径	159
4.1.4 建筑中水系统节能设计	120	6.2 变流量技术	161
		6.2.1 变风量(VAV)空调系统	161

6.2.2 变制冷剂流量 (VRV) 空调系统	162	6.7.1 概述	182
6.2.3 变水量 (VWV) 空调系统	164	6.7.2 分层空调区冷负荷的组成	183
6.3 蓄能 (冷) 空调技术	165	6.7.3 分层空调气流组织形式	184
6.3.1 空调蓄冷技术的概念、分类与特点	166	6.8 通风系统的节能	184
6.3.2 全负荷蓄冷与部分负荷蓄冷	167	6.8.1 自然通风	184
6.3.3 冰蓄冷空调系统的运行模式	168	6.8.2 机械通风	188
6.3.4 蓄冷设备	170	6.9 制冷系统设备选型与安装	188
6.4 建筑热电冷三联供技术	171	6.9.1 冷、热源系统设计选型的原则	188
6.4.1 概述	171	6.9.2 主要设备选型	190
6.4.2 热电冷联供的驱动装置	171	6.9.3 辅助设备选型	194
6.4.3 热电冷联供常用设备及系统形式	173	6.10 通风与空调节能工程的质量验收	199
6.4.4 热电冷联供的应用现状及发展趋势	174	6.10.1 一般规定	199
6.5 热回收技术	175	6.10.2 主控项目	199
6.5.1 转轮 (回转) 式热回收	176	6.10.3 一般项目	202
6.5.2 板翅式热回收	177	6.11 制冷系统的运行与维护	202
6.5.3 热管式热回收	177	6.11.1 空调设备的节能维护保养	202
6.5.4 盘管式热回收	178	6.11.2 空调系统的节能维护保养	204
6.6 中央空调系统节能控制	178	第7章 建筑照明节能技术	211
6.6.1 冷热源节能控制	179	7.1 建筑采光的节能设计	211
6.6.2 冷热源的部分负荷性能及台数配置	179	7.1.1 合理优先利用自然光	212
6.6.3 水系统节能控制	180	7.1.2 自然采光节能设计	213
6.6.4 风系统节能控制	181	7.1.3 自然采光新技术	217
6.6.5 中央空调系统节能新技术	181	7.2 电气照明节能设计	220
6.7 高大空间建筑物空调节能技术	182	7.2.1 电气照明节能设计的原则	221
		7.2.2 电气照明节能的照度标准	221
		7.2.3 电气照明节能的主要技术措施	223

7.2.4 典型公共建筑照明节能设计应用	227	8.2.1 保温材料性能检测	241
7.3 建筑照明系统质量验收	227	8.2.2 围护结构性能检测	242
7.3.1 一般规定	227	8.2.3 建筑设备系统性能检测	243
7.3.2 主控项目	228	8.2.4 节能工程现场检测	245
7.3.3 一般项目	229	8.3 建筑节能检测方法和技术	245
第8章 建筑节能检测	236	8.3.1 建筑节能检测方法和技术的标准、规范	245
8.1 建筑节能检测概述	236	8.3.2 建筑节能材料检测技术和方法	245
8.1.1 建筑节能检测的目的和意义	236	8.3.3 建筑围护结构节能检测方法和技术	247
8.1.2 建筑节能检测的发展及现状	237	8.3.4 采暖系统热工性能检测	256
8.1.3 建筑节能检测基本知识	238	参考文献	262
8.2 建筑节能检测内容	241		

第1章 建筑节能概述

学习目标

1. 了解国内外建筑能耗现状及发展概况,了解我国建筑节能发展所面临的形势,了解我国建筑节能的目标与任务。
2. 掌握建筑节能的含义、作用和意义。

本章导入

随着生产力的快速发展,世界各国能源消耗量越来越大,与此同时,全球能源供应却日益紧张,生产力发展与能源短缺的矛盾日益加剧,使得能源节约及综合利用问题越来越受到世界各国的普遍关注。

我国是一个能源消耗大国,一方面人均资源和能源相对贫乏(不到世界人均水平的一半),每年要从国外进口大量的石油和天然气等;另一方面我国能源利用率低,大约为30%(日本的能源利用率可达到57%)。我国是一个建筑大国,建筑能耗占社会总能耗近30%,建筑能耗已经成为仅次于工业能耗的第二大能源消耗,每年新增建筑面积达18亿~20亿 m^2 ,相当于全世界其他国家建筑面积的总和,而单位建筑面积能耗相当于发达国家的2~3倍。随着我国城市化进程的加速发展,建筑能耗所占的比重必将逐年攀升。建筑节能潜力很大、任务艰巨。建筑节能不仅可以缓解能源供需矛盾,还能促进建筑业和国民经济可持续发展。这就要求了解建筑能耗现状,了解建筑节能与建筑能耗之间的关系,认识建筑节能的重要性和必要性,建立起建筑节能的理念和责任意识,明确我国建筑节能的目标要求和任务,为实现节能减排作出努力和贡献。

1.1 国内外建筑能耗现状

建筑能耗有广义和狭义之分。广义的建筑能耗是指从建筑材料制造、建筑施工、建筑使用直至建筑报废全过程的总能耗。其包括建筑材料生产用能、建筑材料运输用能、房屋建造和维修过程中的用能,以及建筑使用过程中的建筑运行能耗。我国目前处于城市建设高峰期,城市规模的不断扩大促使建材业、建筑业飞速发展,由此造成的能源消耗已占到我国总能耗的约30%。然而,这部分能耗完全取决于建筑业的发展,与建筑运行能耗属完全不同的两个范畴。狭义的建筑能耗是指建筑运行能耗,即维持建筑功能所消耗的能量。其包括建筑采暖、通风、空调、照明、热水供应、烹调、家用电器、办公设备、电梯等各类建筑内使用电器的能耗,其将一直伴随建筑物的使用过程而发生。在建筑的全生命周期中,建筑材料和建造过程所消耗的能源一般只占建筑总能耗的20%左右,大部分能耗发生在建筑物的运行过程中。因此,降低建筑运行能耗是建筑节能工作中的关键点。在我国,建筑能耗的含义已与发达国家相一致,就是指建筑运行能耗。

1.1.1 我国建筑能耗现状

我国是一个发展中大国,又是一个建筑大国,每年新建建筑面积为18亿~20亿 m^2 ,相当于世界其他国家建筑面积的总和。随着全面建成小康社会的逐步推进,建筑业也在迅猛发展,

建筑总能耗将迅速增长。

1. 我国建筑能耗特点

(1)南方地区和北方地区^①能耗差异大。我国处于北半球的中低纬度，地域广阔，南北跨越严寒、寒冷、夏热冬冷、温和及夏热冬暖等多个气候带。夏季最热月大部分地区室外平均温度超过 26℃，需要空调；冬季气候地区差异很大，夏热冬暖地区的冬季平均气温高于 10℃，而严寒地区冬季室内外温差可高达 50℃，全年 5 个月需要采暖；我国北方地区的城镇约为 70% 的建筑面积冬季采用了集中采暖方式，而南方大部分地区冬季无采暖措施，或只是使用空调器、小型锅炉等分散采暖方式。

(2)城乡住宅能耗差异大。我国城乡住宅使用的能源种类不同，城市以煤、电、燃气为主，而农村除部分煤、电等商品能源外，在许多地区，秸秆、薪柴等生物质能仍为农民使用的主要能源；另外，我国目前城乡居民年平均消费性支出差异较大，城乡居民各类电器保有量和使用时间差异较大，这也是城乡住宅能耗差异大的原因。

(3)不同规模的公共建筑(除采暖外)单位建筑面积能耗差异大。当单栋面积超过 2 万 m²，采用中央空调时，其单位建筑面积能耗是小规模不采用中央空调的公共建筑能耗的 3~8 倍，并且其用能特点也与小规模公共建筑不同。因此，可将公共建筑分为大型公共建筑与一般公共建筑两类。

2. 我国民用建筑能耗分类

(1)北方城镇建筑供暖能耗，包括供暖热源、循环水泵和辅助设备所消耗的能源。黄河流域以北地区，包括黑龙江、吉林、辽宁、内蒙古、新疆、青海、甘肃、宁夏、山西、北京、天津、河北的全部城镇及陕西北部、山东北部、河南北部的部分城镇，这些地区采暖能耗与建筑物的保温水平、供热系统状况和采暖方式有关。

(2)公共建筑能耗，包括公共建筑内空调、通风、照明、生活热水、电梯、办公设备等使用的所有能耗，但不包括北方城镇建筑供暖能耗。

(3)城镇居住建筑能耗，为城镇居住建筑使用过程中消耗的从外部输入的能源量。城镇居住建筑能耗包括每户内使用的能源和公摊部分使用的能源，但不包括北方城镇建筑供暖能耗。

(4)农村居住建筑能耗，为农村居住建筑使用过程中消耗的从外部输入的能源量。农村居住建筑能耗包括炊事、照明、家电等用能。目前，在农村还存在燃烧秸秆、薪柴等非商品能源现象，因此，该类建筑能耗因地域和经济发展水平不同而有很大差异。

截至 2017 年，我国建筑总面积约为 732 亿 m²，2017 年我国建筑总运行能耗约为 9.63 亿 tce^② (未计生物质能)，占社会总能耗的 20% 左右。2017 年我国各类建筑能源消耗情况见表 1-1。

表 1-1 2017 年我国建筑总运行能耗情况

民用建筑能耗分类	总面积	每平方米商品 能能耗	每平方米生物质 能能耗	商品能	生物质能	总运行能耗
	亿 m ²	kgce ^③ /m ²	kgce/m ²	亿 tce	亿 tce	亿 tce
北方城镇采暖	140	14.4	—	2.01	—	2.01
城镇住宅(除北方采暖)	238	9.5	—	2.26	—	2.26
公共建筑(除北方采暖)	123	23.9	—	2.93	—	2.93
农村建筑	231	10.5	3.9	2.43	(0.9)	3.33
总和	732	58.3	3.9	9.63	0.9	10.53

① 本书中的“北方地区”是指采取集中供热方式的省、自治区和直辖市，包括北京、天津、河北、山西、内蒙古、辽宁、吉林、黑龙江、山东、河南、陕西、甘肃、青海、宁夏、新疆。

② tce 是吨标准煤当量，能量消耗一般折算成标准煤耗，用此单位。

③ kgce 是千克标准煤当量

从表 1-1 中可以看出,我国各类建筑能耗按占建筑总能耗的比例分别为:北方城镇采暖能耗约为 21.9%;城镇住宅(除北方采暖)能耗约为 23.5%;公共建筑(除北方采暖)能耗约为 30.4%;农村建筑能耗约为 25.2%。

3. 我国建筑能耗的变化趋势

目前,随着我国经济发展水平的提高和建筑节能技术、绿色建筑不断发展,各类建筑能耗的变化趋势如下:

- (1)北方城镇建筑采暖和城镇住宅(除北方采暖)能耗高、比例大,是建筑节能的重点。
- (2)公共建筑的单位建筑面积能耗较高,建筑节能潜力大。
- (3)农村建筑使用的能源有所改变,除生物质能利用外,商品能源比重不断增长。
- (4)我国住宅与发达国家相比,能耗有明显的增长趋势。

1.1.2 国外建筑能耗现状

国外发达国家住宅能耗占全国能耗的比例相当高,且由于国情的不同,各国住宅能耗也有很大差别。与我国相比,发达国家城市及乡村建筑普遍安装采暖设备,所用能源主要是煤气、燃油或燃气,其采暖室温一般为 $20^{\circ}\text{C}\sim 22^{\circ}\text{C}$ 。在相近的气候条件下,发达国家一年内采暖时间较长,同时常年供应家用热水。特别是寒冷期较长的一些国家和地区,如丹麦、瑞典、俄罗斯、加拿大等国,其采暖及供热水能耗均占住宅能耗的较大部分。

发达国家既有建筑比每年的新建建筑多得多,其大力推进既有建筑的节能改造工作,使得建筑节能工作取得了突出成就。例如,北欧、中欧国家在 1980 年前就已形成按节能要求改造旧房的高潮,到 20 世纪 80 年代中期已基本完成;西欧、北美国家的既有建筑也已逐步开展节能改造。因此,有些国家尽管建筑面积逐年增加,但整个国家建筑采暖能耗却在大幅度下降,如丹麦 1992 年比 1972 年的采暖建筑面积增加了 39%,但同时采暖总能耗却减少了 31.1%,采暖能耗占全国总能耗的比例也由 39% 下降为 27%,平均每平方米建筑面积采暖能耗减少了 50%。

1.2 建筑节能的含义、作用与意义

1.2.1 建筑节能的含义

建筑节能是指在建筑材料生产、建筑施工及建筑使用过程中,合理有效地利用能源,以便在满足同等需要或达到相同目的条件下,尽可能降低能耗,以达到提高建筑舒适性和节约能源的目标。从 1973 年世界发生能源危机以来,建筑节能含义的发展可分为三个阶段:第一阶段为“在建筑中节约能源”(energy saving in buildings),即尽量减少能源的使用量;第二阶段为“在建筑中保持能源”(energy conservation in buildings),即尽量减少能源在建筑物中的损失;第三阶段为“在建筑中提高能源利用率”(energy efficiency improving in buildings)。我国现阶段所称的建筑节能,其含义已上升到上述的第三阶段,即在建筑中合理地使用能源及有效地利用能源,不断地提高能源的利用效率。

1.2.2 建筑节能的作用与意义

1. 建筑节能是贯彻可持续发展战略、实现国家节能规划目标的重要措施

我国是一个发展中国家,人口众多,人均能源资源相对匮乏。人均耕地只有世界人均耕地的 $\frac{1}{3}$,水资源只有世界人均占有量的 $\frac{1}{4}$,已探明的煤炭储量只占世界储量的 11%,原油占

2.4%。物耗水平较发达国家，钢材高出10%~25%，每立方米混凝土多用水泥80kg，污水回用率仅为25%。目前，我国建筑用能浪费极其严重，建筑能耗增长的速度远远超过能源生产增长的速度，大规模的旧房节能改造将耗费更多的人力、物力。

能源是制约经济可持续发展的重要因素，近年来我国GDP的增长都在8%左右，但能源的增长幅度只有3%~4%。21世纪前20年是我国经济社会发展的战略机遇期，在此期间经济增长和城镇化进程的加速对能源供应形成了很大的压力，能源发展滞后于经济发展。所以，必须依靠节能技术的大范围使用来保障国民经济持续、快速、健康发展，推行建筑节能势在必行、迫在眉睫。

2. 建筑节能可成为新的经济增长点

建筑节能需要投入一定量的资金，投入少而产出多。实践证明，只要因地制宜选择合适的节能技术，使建筑每平方米造价提高幅度在建筑成本的5%~7%内，即可达到50%的节能目标。建筑节能的投资回收期一般为5年左右，与建筑物的使用寿命周期50~100年相比，其经济效益是非常明显的。节能建筑在一次投资后，可以在短期内回收，且可以在其寿命周期内长期受益。新建建筑和既有建筑的节能改造，将形成具有投资效益和环境效益双赢的新的经济增长点。

3. 建筑节能可减少温室效应，改善大气环境

我国煤炭和水力资源比较丰富，石油依赖进口。煤在燃烧过程中会产生大量二氧化碳、二氧化硫、氮化物等污染物。二氧化碳会造成地球大气外层的“温室效应”，二氧化硫、氮化物等污染物是造成呼吸道疾病的根源之一，严重危害人类的生存环境。在我国以煤为主的能源结构下，建筑节能可减少能源消耗，减少向大气排放的污染物，减少温室效应，改善大气环境。因此，从这一角度讲，建筑节能即保护环境，浪费能源即污染环境。

4. 建筑节能可缓解能源紧张的局面，改善室内热环境

随着人民生活水平的不断提高，人们对建筑热环境的舒适性要求也越来越高。适宜的室内热环境已成为人们的生活需要，是确保其身体健康和提高劳动生产率的重要措施之一，是现代生活的基本标志。由于地理位置的特点，我国大部分地区冬冷夏热，与世界同纬度地区相比，一月份平均气温东北地区低14℃~18℃，黄河中下游地区低10℃~14℃，长江以南地区低8℃~10℃，东南沿海地区低5℃左右；而夏季七月平均气温，绝大部分地区却要高出世界同纬度地区1.3℃~2.5℃。人们迫切需要宜人的室内热环境，冬季采暖，夏季空调制冷，而这些都需要能源的支持。我国能源供应十分紧张的局面，使利用节能技术来改善室内热环境已成为必然之路。

1.3 我国建筑节能的目标与任务

1.3.1 我国建筑节能发展概况

我国建筑节能工作起步较晚，是从20世纪80年代初期颁布北方采暖地区居住建筑节能设计标准开始的，在战略上采取了“先易后难、先城市后农村、先新建后改造、先住宅后公建，从北向南稳步推进”的原则，经过近30多年的努力，使建设节能工作取得了初步成效。我国建筑节能工作主要包括以下几个方面：

1. 已建立起以节能50%、65%、75%为目标多样化的建筑节能设计标准体系

该标准系列主要有《严寒和寒冷地区居住建筑节能设计标准》(JGJ 26—2018)、《民用建筑热工设计规范》(GB 50176—2016)、《夏热冬冷地区居住建筑节能设计标准》(JGJ 134—2010)、《夏热冬暖地区居住建筑节能设计标准》(JGJ 75—2012)、《公共建筑节能设计标准》(GB 50189—2015)、《既有居住建筑节能改造技术规程》(JGJ/T 129—2012)。

2. 制定了一系列有关建筑节能的政策法规

这些年来,国务院、有关部委及地方主管部门先后颁布了一系列有关建筑节能的政策法规,这些文件的贯彻执行有力地推动了建筑节能在我国的发展。主要有:1991年4月的中华人民共和国第82号总理令,对于达到民用建筑设计标准要求的北方节能住宅,其固定资产投资方向调节税税率为零的政策;2005年11月10日发布的中华人民共和国建设部令第143号《民用建筑节能管理规定》;原建设部建科〔2005〕78号文件《建设部关于发展节能省地型住宅和公共建筑的指导意见》。

3. 取得了一批具有实用价值的科技成果

具有实用价值的科技成果主要包括墙体、门窗、屋面等围护结构的保温隔热技术,太阳能利用技术,空气源热泵技术,地源热泵技术(土壤源地源热泵技术、地下水地源热泵技术、地表水地源热泵技术),风能利用技术等可再生能源利用技术。

4. 开展建筑节能试点示范工程

多年来,建设部及地方建设主管部门先后在全国分区域启动了一批建筑节能试点示范工程,研究及选择适用于本地区的建筑节能技术,为建筑节能在全国范围内的大面积开展奠定了基础。主要有:1985—1988年的中国—瑞典建筑节能合作项目;1991—1996年的中国—英国建筑节能合作项目;1996—2001年的中国—加拿大建筑节能合作项目;1999年至今的中国—美国能源基金会建筑节能标准研究项目;2000年至今的中国—世界银行建筑节能与供热改革项目;2001年至今的中国—联合国基金会太阳能建筑应用项目等。这些项目的实施,引入了国外先进的技术和管理经验,对我国建筑节能起到了促进作用,有效地实现了节能减排。

1.3.2 我国建筑节能发展所面临的形势

(1)城镇化快速发展为建筑节能工作提出了更高要求。我国正处在城镇化的快速发展时期,城镇化快速发展使新建建筑规模持续大幅增加。“十二五”时期,我国建筑节能和绿色建筑事业取得重大进展,建筑节能标准不断提高,绿色建筑呈现跨越式发展态势,既有居住建筑节能改造在严寒及寒冷地区全面展开,公共建筑节能监管力度进一步加强,节能改造在重点城市及学校、医院等领域稳步推进,可再生能源建筑应用规模进一步扩大,圆满完成了国务院确定的各项工作目标和任务。



绿色城市建设

全国城镇新建民用建筑节能设计标准全部修订完成并颁布实施,节能性能进一步得到提高。城镇新建建筑执行节能强制性标准比例基本达到100%,累计增加节能建筑面积70亿 m^2 ,节能建筑占城镇民用建筑面积比重超过40%,同时,引导农村建筑按节能建筑标准设计和建造。北京、天津、河北、山东、新疆等地开始在城镇新建居住建筑中实施节能75%强制性标准。城镇化快速发展直接带来对能源、资源的更多需求,迫切要求提高建筑能源利用效率,在保证合理舒适度的前提下,降低建筑能耗,这将直接表现为对既有居住建筑节能改造、可再生能源建筑应用、绿色建筑和绿色生态城(区)建设的需求急剧增长。

(2)人民对生活质量需求不断提高使得对建筑服务品质提出更高要求。城镇节能建筑仅占既有建筑面积的23%,建筑节能强制性标准水平低,目前正在推行的“三步”建筑节能标准,也只相当于德国20世纪90年代初的水平,能耗指标则是德国的两倍。北方老旧建筑的热舒适度普遍偏低,北方采暖城镇集中供热普及率仍不到50%。夏热冬冷地区建筑的夏季能耗高、冬季室内热舒适性差,仍缺乏合理有效的采暖措施,缺乏建筑新风、热水等供应系统的问题。夏热冬暖地区除缺乏新风和热水供应系统外,遮阳、通风等被动式节能措施未被有效应用,室内舒适性不高的同时增加了建筑能耗。大城市停车、垃圾分类回收、绿化等基础设施不足问题普遍存在。北方农村冬季室内温度偏低,较同一气候区城镇住宅室内温度低 $7^{\circ}C\sim 9^{\circ}C$,农民生活热水用量远远低于城镇。农村建筑使用初级生物质能源的利用效率很低,能源消耗结构不合理。

(3)社会主义新农村建设为建筑节能和绿色建筑发展提供了更大的发展空间。农村地区具有

建筑节能和绿色建筑发展的广阔空间。每年农村住宅面积新增 8 亿 m^2 ，人均住房面积较 1980 年增长了 4 倍多，农村居民消费水平年均增长 6.4%。将建筑节能和绿色建筑推广到农村地区，发挥“四节一环保”的综合效益，能够节约耕地、降低区域生态压力、保护农村生态环境、提高农民生活质量，同时，能吸引大量建筑材料制造企业、房地产开发企业等参与，带动相关产业的发展，吸纳农村剩余劳动力，是实现社会主义新农村建设目标的重要手段。

1)“十二五”期间绿色建筑实现跨越式发展。全国省会以上城市保障性安居工程、政府投资公益性建筑、大型公共建筑开始全面执行绿色建筑标准，北京、天津、上海、重庆、江苏、浙江、山东、深圳等地开始在城镇新建建筑中全面执行绿色建筑标准，推广绿色建筑面积超过 10 亿 m^2 。截至 2015 年年底，全国累计有 4 071 个项目获得绿色建筑评价标识，建筑面积超过 4.7 亿 m^2 。

2)既有居住建筑节能改造全面推进。截至 2015 年年底，北方采暖地区共计完成既有居住建筑供热计量及节能改造面积 9.9 亿 m^2 ，是国务院下达任务目标的 1.4 倍，节能改造惠及超过 1 500 万户居民，老旧住宅舒适度明显改善，年可节约 650 万 t 标准煤。夏热冬冷地区完成既有居住建筑节能改造面积 7 090 万 m^2 ，是国务院下达任务目标的 1.42 倍。

3)公共建筑节能力度不断加强。“十二五”时期，在 33 个省市(含计划单列市)开展能耗动态监测平台建设，对 9 000 余栋建筑进行能耗动态监测，在 233 个高等院校、44 个医院和 19 个科研院所开展建筑节能监管体系建设及节能改造试点，确定公共建筑节能改造重点城市 11 个，实施改造面积 4 864 万 m^2 ，带动全国实施改造面积 1.1 亿 m^2 。

(4)我国建筑节能与绿色建筑发展面临的困难和新问题。建筑节能标准要求与同等气候条件发达国家相比仍然偏低，标准执行质量参差不齐；城镇既有建筑中仍有约 60%的不节能建筑，能源利用效率低，居住舒适度较差；绿色建筑总量偏少，发展不平衡，部分绿色建筑项目实际运行效果达不到预期；可再生能源在建筑领域应用形式单一，与建筑一体化程度不高；农村地区建筑节能刚刚起步，推进步伐缓慢；绿色节能建筑材料质量不高，对工程的支撑保障能力不强；主要依靠行政力量约束及财政资金投入推动，市场配置资源的机制尚不完善。

“十三五”时期是我国全面建成小康社会的决胜阶段，经济结构转型升级进程加快，人民群众改善居住生活条件需求强烈，住房城乡建设领域能源资源利用模式亟待转型升级，推进建筑节能与绿色建筑发展面临大有可为的机遇期，潜力巨大，同时，困难和挑战也比较突出。

1.3.3 “十三五”建筑节能的目标和任务

1.“十三五”建筑节能的目标

全面贯彻党的十八大和十九大会议精神，深入学习贯彻习近平总书记系列重要讲话精神，牢固树立创新、协调、绿色、开放、共享发展理念，紧紧抓住国家推进新型城镇化、生态文明建设、能源生产和消费革命的重要战略机遇期，以增强人民群众获得感为工作出发点，以提高建筑节能标准促进绿色建筑全面发展为工作主线，落实“适用、经济、绿色、美观”的建筑方针，完善法规、政策、标准、技术、市场、产业支撑体系，全面提升建筑能源利用效率，优化建筑用能结构，改善建筑居住环境品质，为住房城乡建设领域绿色发展提供支撑。

(1)总体目标。“十三五”时期，建筑节能与绿色建筑发展的总体目标是：建筑节能标准加快提升，城镇新建建筑中绿色建筑推广比例大幅提高，既有建筑节能改造有序推进，可再生能源建筑应用规模逐步扩大，农村建筑节能实现新突破，使我国建筑总体能耗强度持续下降，建筑能源消费结构逐步改善，建筑领域绿色发展水平明显提高。

(2)具体目标。到“十三五”期末，我国建筑节能的具体目标主要有以下几点：

1)提高新建建筑能效水平。到 2020 年，城镇新建建筑能效水平比 2015 年提升 20%，部分地区及建筑门窗等关键部位建筑节能标准达到或接近国际现阶段先进水平。城镇新建建筑中绿色建筑面积比重超过 50%，绿色建材应用比重超过 40%。建设完成一批低能耗、超低能耗示范建筑。

2)扩大既有建筑节能改造规模。完成既有居住建筑节能改造面积 5 亿 m^2 以上，公共建筑节

能改造 1 亿 m^2 ，全国城镇既有居住建筑中节能建筑所占比例超过 60%。

3) 建立健全大型公共建筑节能监管体系。通过能耗统计、能源审计及能耗动态监测等手段，实现公共建筑能耗的可计量、可监测。确定各类型公共建筑的能耗基线，识别重点用能建筑和高能耗建筑，促使高耗能公共建筑按节能方式运行，争取在“十三五”期间实现公共建筑单位面积能耗下降 10%，其中，大型公共建筑能耗降低 15%。

4) 开展可再生能源建筑应用集中连片推广，进一步丰富可再生能源建筑应用形式，实施可再生能源建筑应用省级示范，城市可再生能源建筑规模化应用、以县为单位的农村可再生能源建筑应用示范，拓展应用领域。城镇可再生能源替代民用建筑常规能源消耗比重超过 6%。经济发达地区及重点发展区域农村建筑节能取得突破，采用节能措施比例超过 10%。

5) 大力推进新型墙体材料革新，开发推广新型节能墙体和屋面体系。依托大中型骨干企业建设新型墙体材料研发中心和产业化基地。新型墙体材料产量占墙体材料总量的比例达到 65% 以上，建筑应用比例达到 75% 以上。

6) 形成以《中华人民共和国节约能源法》和《民用建筑节能条例》为主体，部门规章、地方性法规、地方政府规章及规范性文件为配套的建筑节能法规体系。“十三五”期末实现地方性法规省级全覆盖，建立健全支持建筑节能工作发展的长效机制，形成财政、税收、科技、产业等体系共同支持建筑节能发展的良好局面。建立省、市、县三级职责明确、监管有效的体制和机制，健全建筑节能技术标准体系，建立并实行建筑节能统计、监测、考核制度。

2. “十三五”建筑节能的任务

(1) 加快提高建筑节能标准及执行质量。

1) 加快提高建筑节能标准。修订城镇新建建筑相关节能设计标准。推动严寒及寒冷地区城镇新建居住建筑加快实施更高水平节能强制性标准，提高建筑门窗等关键部位节能的性能要求，引导京津冀、长三角、珠三角等重点区域城市率先实施高于国家标准要求的地方标准，在不同气候区树立引领标杆。积极开展超低能耗建筑、近零能耗建筑建设示范，提炼规划、设计、施工、运行维护等环节共性关键技术，引领节能标准提升进程，在具备条件的园区、街区推动超低能耗建筑集中连片建设。鼓励开展零能耗建筑建设试点，到 2020 年，建设超低能耗、近零能耗建筑示范项目 1 000 万 m^2 以上。总结形成符合我国国情的超低能耗建筑设计、施工及材料、产品支撑体系。

2) 严格控制建筑节能标准执行质量。进一步发挥工程建设中建筑节能管理体系的作用，完善新建建筑在规划、设计、施工、竣工验收等环节的节能监管，强化工程各方主体建筑节能质量责任，确保节能标准执行到位。探索建立以企业为主体、金融保险机构参与的建筑节能工程施工质量保险制度。强化建筑特别是大型公共建筑建设过程的能耗指标控制。对超高超限公共建筑项目，实行节能专项论证制度。加强建筑节能材料、部品、产品的质量管理。

(2) 稳步提升既有建筑节能水平。

1) 持续推进既有居住建筑节能改造。严寒及寒冷地区省市应结合北方地区清洁取暖要求，继续推进既有居住建筑节能改造、供热管网智能调控改造。完善适合夏热冬冷和夏热冬暖地区既有居住建筑节能改造的技术路线，并积极开展试点。积极探索以老旧小区建筑节能改造为重点，多层建筑加装电梯等适老化设施改造、环境综合整治等同步实施的综合改造模式。研究推广城市社区规划，制定老旧小区节能宜居综合改造技术导则。

2) 不断强化公共建筑节能管理。深入推进公共建筑能耗统计、能源审计工作，建立健全能耗信息公示机制。加强公共建筑能耗动态监测平台建设管理，逐步加大城市级平台建设力度。强化监测数据的分析与应用，发挥数据对用能限额标准制定、电力需求侧管理等方面的支撑作用。引导各地制定公共建筑用能限额标准，并实施基于限额的重点用能建筑管理及用能价格差别化政策。

3) 形成规范的既有建筑改造机制。创新改造投、融资机制，研究探索建筑加层、扩展面积、

委托物业服务及公共设施租赁等吸引社会资本投入改造的利益分配机制。实施既有居住建筑节能改造面积5亿 m^2 以上,2020年前基本完成北方采暖地区有改造价值的城镇居住建筑的节能改造。开展公共建筑节能重点城市建设,推广合同能源管理、政府和社会资本合作模式(PPP)等市场化改造模式,实现运行管理专业化、节能改造市场化、能效提升最大化,带动全国完成公共建筑节能改造面积1亿 m^2 以上。

4)推动建立公共建筑运行调适制度。会同有关部门持续推动节约型学校、医院、科研院所建设,积极开展绿色校园、绿色医院评价及建设试点。鼓励有条件地区开展学校、医院节能及绿色化改造试点。“十三五”期间建设节约型学校(医院)300个以上,推动智慧能源体系建设试点100个以上,实施单位水耗、电耗强度分别下降10%以上。组织实施绿色校园、医院建设示范100个以上。完成中小学、社区医院节能及绿色化改造试点50万 m^2 。

(3)全面推动绿色建筑发展量质齐升。

1)实施建筑全领域绿色倍增行动。进一步加大城镇新建建筑中绿色建筑标准强制执行力度,逐步实现东部地区省级行政区域城镇新建建筑全面执行绿色建筑标准,中部地区省会城市及重点城市、西部地区省会城市新建建筑强制执行绿色建筑标准。继续推动政府投资保障性住房、公益性建筑及大型公共建筑等重点建筑全面执行绿色建筑标准。积极推进绿色建筑评价标识。推动有条件的城市新区、功能园区开展绿色生态城区(街区、住区)建设示范,实现绿色建筑集中连片推广。

2)实施绿色建筑全过程质量提升行动。逐步将民用建筑执行绿色建筑标准纳入工程建设管理程序。加强和改进城市控制性详细规划编制工作,完善绿色建筑发展要求,引导各开发地块落实绿色控制指标,建筑工程按绿色建筑标准进行规划设计。完善和提高绿色建筑标准,完善绿色建筑施工图审查技术要点,制定绿色建筑施工质量验收规范。有条件地区适当提高政府投资公益性建筑、大型公共建筑、绿色生态城区及重点功能区内新建建筑中高性能绿色建筑建设比例。加强绿色建筑运营管理,确保各项绿色建筑技术措施发挥实际效果,激发绿色建筑的需求。加强绿色建筑评价标识项目质量事中、事后监管。

3)实施建筑全产业链绿色供给行动。倡导绿色建筑精细化设计,提高绿色建筑设计水平,促进绿色建筑新技术、新产品应用。完善绿色建材评价体系建设,有步骤、有计划地推进绿色建材评价标识工作。建立绿色建材产品质量追溯系统,动态发布绿色建材产品目录,营造良好市场环境。开展绿色建材产业化示范,在政府投资建设的项目中优先使用绿色建材。大力发展装配式建筑,加快建设装配式建筑生产基地,培育设计、生产、施工一体化龙头企业;完善装配式建筑相关政策、标准及技术体系。积极发展钢结构、现代木结构等建筑结构体系。积极引导绿色施工。推广绿色物业管理模式。以建筑垃圾处理 and 再利用为重点,加强再生建材生产技术、工艺和装备的研发及推广应用,提高建筑垃圾资源化利用比例。

4)推动重点地区、重点城市及重点建筑类型全面执行绿色建筑标准,积极引导绿色建筑评价标识项目建设,力争使绿色建筑发展规模实现倍增,到2020年,全国城镇绿色建筑占新建建筑比例超过50%,新增绿色建筑面积20亿 m^2 以上。加强对绿色建筑标识项目建设跟踪管理,加强对高星级绿色建筑和绿色建筑运行标识的引导,获得绿色建筑评价标识项目中,二星级及以上等级项目比例超过80%,获得运行标识项目比例超过30%。到2020年,城镇新建建筑中绿色建材应用比例超过40%;城镇装配式建筑占新建建筑比例超过15%。

(4)积极推进农村建筑节能。

1)积极引导节能绿色农房建设。鼓励农村新建、改建和扩建的居住建筑按《农村居住建筑节能设计标准》(GB/T 50824—2013)、《绿色农房建设导则(试行)》等进行设计和建造。鼓励政府投资的农村公共建筑,各类示范村镇、农房建设项目率先执行节能及绿色建筑标准、导则。紧密结合农村实际,总结出符合地域及气候特点、经济发展水平、保持传统文化特色的乡土绿色节能技术,编制技术导则、设计图集及工法等,积极开展试点示范。在有条件的农村地区推广轻型钢结构、现代木结构、现代夯土结构等新型房屋。结合农村危房改造稳步推进农房节能改造。