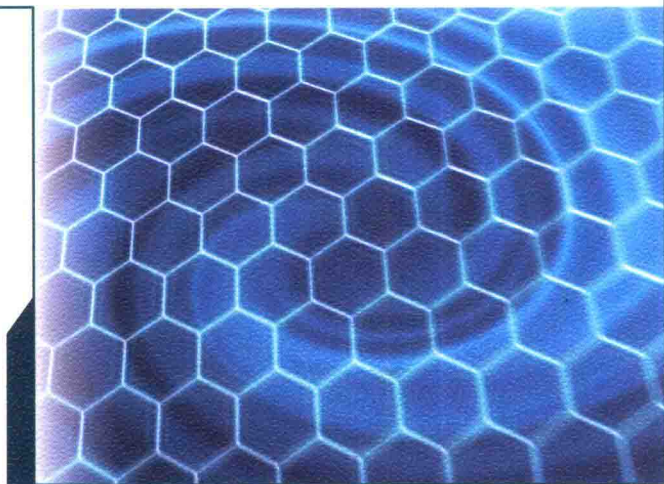
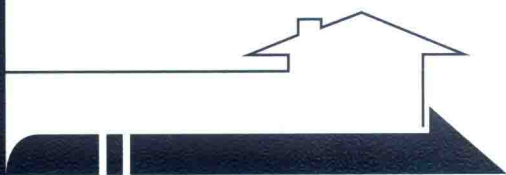


建筑节能原理 与实践理论

余晓平 著



北京大学出版社
PEKING UNIVERSITY PRESS

建筑节能原理与实践理论

余晓平 著



北京大学出版社
PEKING UNIVERSITY PRESS

内 容 简 介

本书共 8 章,第 1 章绪论涵盖了建筑节能的内涵、国内外建筑节能发展史和建筑节能理念的演变;第 2 章和第 3 章分别从建筑节能的认识论和方法论两个维度构建建筑节能的科学观体系;第 4 章至第 6 章基于建筑节能的三原理,从建筑节能的系统协调性原理出发建立建筑节能工程系统观,从建筑节能的气候适应性原理出发建立建筑节能适宜技术观,从建筑节能的社会适应性原理出发建立建筑节能社会发展观;第 7 章从建筑节能工程实践出发,探索工程思维的特点及工程教育中工程思维的培养路径;第 8 章基于仿生学原理,从建筑发展史及建筑仿生原理角度分析建筑节能发展机制,探索从建筑节能到绿色建筑的内演化动力。

全书内容基于科学发展观原理,突出建筑节能认识与实践的“知识体系的完整性和工程系统的有效性”,以服务建筑可持续发展为着眼点,融入建筑整体节能、系统节能与绿色发展的理念,着重探索建筑节能的认识体系和方法体系,以建筑节能工程实践和工程思维为落脚点,可为人们科学认识建筑节能工程实践中存在的问题提供理论参考。

本书既可以作为土木类和建筑类工程专业教师和研究生的参考用书,又可以供从事建筑节能和绿色建筑工程设计、施工、管理、咨询和运行岗位的工程技术人员及建设行业主管部门的工作人员阅读和使用。

图书在版编目 (CIP) 数据

建筑节能原理与实践理论 / 余晓平著. —北京:北京大学出版社, 2018.3

ISBN 978-7-301-29300-3

I. ①建… II. ①余… III. ①建筑—节能 IV. ① TU111.4

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2018) 第 036448 号

书 名	建筑节能原理与实践理论 JIANZHU JIENENG YUANLI YU SHIJIAN LILUN
著作责任者	余晓平 著
策划编辑	吴 迪
责任编辑	李瑞芳
标准书号	ISBN 978-7-301-29300-3
出版发行	北京大学出版社
地 址	北京市海淀区成府路 205 号 100871
网 址	http://www.pup.cn 新浪微博: @北京大学出版社
电子信箱	pup_6@163.com
电 话	邮购部 62752015 发行部 62750672 编辑部 62750667
印 刷 者	北京京华虎彩印刷有限公司
经 销 者	新华书店
	787 毫米 × 1092 毫米 16 开本 13 印张 300 千字
	2018 年 3 月第 1 版 2018 年 3 月第 1 次印刷
定 价	52.00 元

未经许可,不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。

版权所有,侵权必究

举报电话: 010-62752024 电子信箱: fd@pup.pku.edu.cn

图书如有印装质量问题,请与出版部联系,电话: 010-62756370

序

节能成为国际社会关注的热点，起因是 20 世纪 70 年代的中东石油危机。近半个世纪以来，油价在波动中下跌，当初的原因消解了，但节能却方兴未艾，其新背景是缓解全球气候变化，必须减排 CO₂。

建筑节能与工业节能、交通节能是当今社会节能领域的三大板块：

工业能耗取决于生产什么？生产多少？怎样生产？

交通能耗取决于运输什么？运输多少？怎样运输？

建筑能耗，即建筑使用中的能耗，取决于使用什么建筑？使用多少？怎样使用？

各大板块的前两者，都取决于社会发展需要，节能领域自身不能决定，而是努力地满足社会需求。

长期以来，对于怎样生产、怎样运输，工业和交通业都有完整系统性的、由科学技术基础支撑的工艺体系，并随着社会科学技术的发展持续地提升。工业和交通节能主要依靠专业技术人员进行。除少数特殊领域外，还没有关于怎样使用建筑的工艺体系和技术标准。社会全体人员，不管是否有关于建筑使用的知识和技能，都不同程度地直接参与了建筑的使用。这是建筑节能与工业、交通节能的主要区别，工业、交通节能的科学技术体系是不能直接套用的。

另外，怎样使用建筑？以及使用什么建筑、使用多少？这取决于社会发展水平。成熟的现代社会，社会发展水平相对稳定，对建筑的需求也相对稳定。我国社会处于快速发展之中，对建筑的需求不断提高、不断增强。这是我国建筑节能与欧美等国家的主要区别。欧美国家的建筑节能体系，甚至具体的建筑节能技术，是不能照搬的；关于节能建筑的评价标准和方法、参数与标尺，也不能草率地一概而论。

再有，气候条件对建筑的使用能耗影响很大。不但各国之间气候差异很大，我国不同地区的气候差异也非常明显。在不同的建筑气候区之间，也不能照搬建筑节能方法。实际上，各城市之间，甚至同一城市的不同区域，建筑能耗的规律也有差别。

工业、交通的节能技术强调标准化，全国、全世界统一标准，为工业、交通节能技术的开发和推广创立了良好的大平台。而建筑节能技术更要注意差异性，强调适应性。这就不是建筑节能技术能单独解决的问题。建筑节能需要科学理论的指导。但是，不论国际还是国内，建筑节能都是在能源环境危机的紧迫形势下仓促开展的。大家都急于获得节能量，要拿数据说话，没有静下心来研究建筑节能理论问题。这样，在强烈的功利目标的驱动下，慌不择路地开始了建筑节能这一复杂的社会行动。结果，事与愿违，得不偿失。例如，欧美国家最初单纯采用减少新风量来降低建筑能耗，引发了室内空气质量问题，空调



病、密闭建筑综合征流行泛滥，造成的生命财产损失远超过获得的节能收益。又如，为了提高建筑热工性能而开发生产的保温隔热技术与产品，在使用中引发建筑火灾，造成重大的生命损失，伤害了建筑节能的正常开展。

在我国，还有一个让人很难理解，也很难解释的问题——“建筑节能不节能”或“节能建筑不节能”。在不少地区和城市，其建筑总能耗或单位建筑面积年能耗随着建筑节能的开展，不但没有下降，反而增加。如何评价这些地区和城市的建筑节能绩效，进而建筑节能怎样以人为本，怎样服务于我国人民对美好生活的追求，不是三言两语能讲明白的。为此，我们应该发展怎样的建筑节能科学技术体系，都在呼唤理论的指导。但系统的建筑节能理论研究远远地落在后面。

近 30 年来，笔者一直努力地开展建筑节能的理论研究，步履蹒跚地追赶着跑在前面的建筑节能实践。终于在 2008 年出版了《建筑节能原理与技术》，提出了一个基本观念——建筑节能的可持续发展观；三个原理——气候适应性原理、社会适应性原理和整体协调性原理；五方面措施——综合调节阳光、改善通风、合理保温、高效设备和用户调节。尽管有一定道理，但离构建建筑节能理论体系还相差甚远。从建筑节能的社会实践中提炼理论，非少数人所能完成的，需要“长江后浪推前浪”地共同努力。当前可喜的是余晓平教授在此基础上经过潜心研究，写出了《建筑节能原理及实践理论》。

本书从工程思维的角度研究了建筑节能的认识论和方法论，进而提出了建筑节能的工程系统观、适宜技术观和社会发展观，为建筑节能理论体系的构建做出了贡献。

相信本书的出版，会引起建筑节能理论界的注意，推动更多的人加入建筑节能的理论研究。对于从事建筑节能技术、工程和管理等的实践工作者，本书也是一本值得学习的著作。它能帮助实践者更好地把握建筑节能全局，开展自己的工作。对于刚步入建筑节能领域的研究生，本书也是一本很好的学习参考书。

付祥钊

2017 年秋于虎溪

前 言

随着全球环境可持续发展理念的增强，人们对建筑环境安全、健康和舒适水平的要求日益提高，建筑节能与建筑环境质量保障已经成为新的民生需求。党中央在十八届五中全会上提出的五大发展理念是“创新、协调、绿色、开放、共享”；新时期的建筑方针是“适用、经济、绿色、美观”。其中，“绿色”是一个非常重要的发展理念。建筑节能作为一种可持续的社会行动，也是一项复杂的系统工程，从建筑节能到绿色建筑，再到绿色城市，这是建筑节能发展的必然趋势。建筑节能工程实践坚持以人为本的原则，基于“建筑-人-环境”的三元关系，从建筑的系统属性、自然属性和社会属性出发，围绕建筑节能的认识论和方法论问题，在时间维度上包括建筑的规划、设计、施工、调适、运行管理等不同寿命周期阶段的建筑节能，在空间维度上涵盖单体建筑、建筑群、城市建筑等不同空间范围的建筑节能，都需要复杂科学的认识理论和实践方法作为指导。

本书力求理论体系完整，理论联系实际，在系统介绍建筑节能的基本概念、发展历史与发展理念演变的基础上，从认识论和方法论角度构建了建筑节能的科学观体系，阐述了建筑节能的工程系统观、适宜技术观和社会发展观，并结合工程实践案例提出了工程思维及其工程教育途径，最后基于建筑仿生原理探讨了从建筑节能到绿色建筑的发展机制。

本书是在笔者博士论文的基础上编著而成的，融合了导师重庆大学付祥钊教授建筑节能三原理的核心思想和对建筑节能长期深入细致的思考。在此也感谢付教授近 20 年来对笔者工作和生活的指引与帮助。

由于笔者水平、时间所限，本书在内容取舍、章节安排和文字表达等方面一定还有许多不尽如人意之处，恳请读者批评指正，并提出宝贵建议。关于本书的相关意见和建议，请发至邮箱：yuxiaoping2001@126.com。对您的意见和建议，笔者深表感谢。

余晓平

2017 年 8 月于重庆科技学院

目 录

第1章 建筑节能的发展	1	4.3 建筑节能工程多元目标体系	90
1.1 建筑节能发展概述	1	4.4 建筑节能工程的系统设计方法	95
1.2 本书主要内容	10	本章小结	98
1.3 本书研究思路	12	本章主要参考文献	99
1.4 新时期科学认识建筑节能的 意义	13	第5章 建筑节能的适宜技术观	100
1.5 研究路线及全书结构	16	5.1 建筑节能的地域性概述	100
本章主要参考文献	17	5.2 建筑节能的地域性特征	104
第2章 建筑节能的认识论基础	19	5.3 建筑节能技术的气候适应性 原理	108
2.1 节能的概念及其理论基础	20	5.4 基于建筑节能气候适应性原理的 适宜技术观	114
2.2 建筑节能的概念及其发展	24	5.5 建筑节能适宜技术的系统特性	118
2.3 从科学体系角度认识建筑节能	27	5.6 建筑适宜技术的案例分析	119
2.4 从学科体系角度认识建筑节能	33	本章小结	121
2.5 建筑节能的再认识	35	本章主要参考文献	121
2.6 建筑节能的复杂性认识	44	第6章 建筑节能的社会适应观	123
2.7 建筑节能科学认识体系的建立	46	6.1 建筑节能自组织机制	123
本章小结	48	6.2 基于自组织机制的建筑节能社会 适应性原理	131
本章主要参考文献	48	6.3 建筑节能技术系统的自组织	132
第3章 建筑节能的方法论基础	50	6.4 建筑节能技术的社会适应性 分析	135
3.1 建筑节能的思维构建	51	本章小结	139
3.2 建筑节能的工程思维方法	56	本章主要参考文献	140
3.3 建筑节能工程的方法论基础	58	第7章 建筑节能工程思维与工程 实践	141
3.4 建筑节能工程的系统分析方法	67	7.1 工程思维概述	141
3.5 建筑节能工程的系统决策方法	72	7.2 基于建筑节能工程思维的事例 分析	142
3.6 建筑节能工程的价值评价方法	74	7.3 典型示范工程中建筑节能工程 思维的综合实践	148
3.7 建筑节能的思维层次模型	81		
本章小结	82		
本章主要参考文献	82		
第4章 建筑节能的工程系统观	84		
4.1 建筑系统的复杂性	84		
4.2 建筑节能工程的系统模型构建	89		



7.4 面向建筑节能产业人才需求的 工程思维培养	152
本章小结	158
本章主要参考文献	159
第8章 建筑节能的可持续发展	160
8.1 基于历史观的建筑节能发展	161
8.2 建筑与自然的融合	164
8.3 不同类型的仿生节能建筑	171
8.4 从建筑节能到绿色城市	181
8.5 从建筑节能到绿色建筑	189
本章小结	193
本章主要参考文献	193
附录 中国和德国主要建筑节能技术 政策	195
表 A-1 德国建筑节能技术政策	195
主要参考文献	196
表 A-2 中国主要建筑节能技术政策	197

第 1 章 建筑节能的发展

我国《建筑节能和绿色建筑“十三五”规划》明确指出，推进建筑节能和绿色建筑发展，是落实国家能源生产和消费革命战略的客观要求，是加快生态文明建设、走新型城镇化道路的重要体现，是推进节能减排和应对气候变化的有效手段，是创新驱动增强经济发展新动能的着力点，是全面建成小康社会，增加人民群众获得感的重要内容，对于建设节能低碳、绿色生态、集约高效的建筑用能体系，推动住房城乡建设领域供给侧结构性改革，实现绿色发展具有重要的现实意义和深远的战略意义。本章从回顾国内外建筑节能发展历史出发，总结了不同时期建筑节能理念的内容及特点，介绍了本书关于研究建筑节能科学观和工程实践理论的必要性及其构建方法，并建立了全书的内容框架。

1.1 建筑节能发展概述

节约能源是资源节约型社会的重要组成部分。建筑领域的节能问题，已经成为全世界范围内共同关注的问题之一。目前全球建筑能源消耗已超过工业和交通，占到总能源消耗的 41%。在建筑领域的能源消耗，不同类型国家所占的比例不同，工业化国家占 52%，发展中国家占 23%；但发展中国家建筑能耗增长最快，达到 6.1% 每年，而工业化国家仅为 0.6% 每年。建筑用能排放的 CO₂ 占到全球排放总量的 1/3，温室气体减排已成为建筑节能的基本动力，建筑的运行能耗大约为全社会商品用能的 1/3^[1~2]。

随着经济发展，人民生活水平提高，对建筑功能、舒适等要求逐渐增加，未来人均建筑能耗将有上升趋势。而中国是自然资源水平比较匮乏的国家，尽管自然资源总量多，但人均资源占有量远低于世界平均水平，2013 年人均煤炭资源占有量为世界水平的 76.07%；人均石油占有量为世界水平的 12.64%，具体见表 1-1。

表 1-1 2013 年中国与世界主要资源水平对比

主要资源	总量(亿单位)	人 均	世界人均	占世界平均水平
水资源(立方米)	27957.86	2054.64	7337.99	28.00%
森林面积(公顷)	2.0769	0.15	0.6	25.44%
耕地面积(亩)	20.27	1.49	4.8	31.03%
草原面积(公顷)	3.9283	0.29	0.64	45.11%



续表

主要资源	总量(亿单位)	人 均	世界人均	占世界平均水平
石油储量(吨)	33.6732	2.47	19.57	12.64%
煤炭储量(吨)	2362.9	173.65	228.29	76.07%

统计数据显示,2015 年中国建筑行业总产值为 18 万亿元,占 GDP 比例为 26.6%,建筑行业作为国民经济的重要组成部分,已成为社会节能减排治理的首要对象。我国建筑能耗的总量逐年上升,在能源总消费量中所占比约 34%。人均建筑能耗水平为 423kgce(千克标准煤),人均能耗较低。中国建筑规模世界最大,建筑节能已成为建设资源节约环境友好型社会、迈向低碳排放的一个关键领域,在发展建筑节能产业的道路上需要面对在有限资源、能源条件下如何稳步改善人民居住生活环境,促进建筑节能事业健康跨越式发展的难题。

1. 国内外建筑节能发展史

1) 国际发展史

国外开展建筑节能研究与实践相对国内较早,发达国家近 40 年社会发展稳定,居住条件和生活方式与水平没有显著变化,其建筑节能市场框架体系比较完善,形成了相对稳定的建筑节能工程技术实践体系,各国针对自身的气候资源条件、社会经济发展水平和居住文化传统形成各自的建筑节能发展特色,值得我们研究和借鉴。

(1) 德国^[3~6]。

德国是欧洲最大的经济体,政府为了推行建筑节能,十分鼓励建筑节能相关法规、标准体系的制定和更新,平均每三年更新一次。自 1952 年起,德国的建筑标准开始提出了最低保温要求,在 1973 年第一次石油危机后,节能目标首次成为人们关注的焦点,1977 年德国首部《保温条例》正式颁布实施,其中对新建建筑的外露建筑部件的热工质量提出了具体要求。2002 年,《节能条例》取代了《保温条例》,首次将包含技术设备在内的建筑物作为一个系统,并且用一次性能源需求取代热需求作为最重要的节能考核参数,实现了从保温证书过渡到能源证书管理,将低能耗房屋变成了普遍适用的标准。在 2004 年、2007 年和 2009 年版《节能条例》中相关要求进一步提高,而根据能源、气候一体化计划(IEKP),自 2012 年起,建筑能效要求还将进一步提高,最大幅度可达 30%,从低能耗房屋、被动式房屋到零能耗房屋(主要指采暖能耗)标准中,德国依据建筑物所处的气候区域、地理位置以及具体房屋用途和目的,从建筑设计、围护结构、技术设备等方面因地制宜采取最佳节能措施。2014 年的《建筑节能法规》要求从 2016 年 1 月 1 日起,新建建筑达到一次能源消耗减少到总消耗的 25% 的目标。德国建筑节能法规和标准的发展历史,反映了德国建筑节能政策从关注做法到关注终端能耗的思想转变。德国建筑节能技术政策演变史详见附录表 A-1。

(2) 日本^[7-9]。

日本建筑节能理念由工业延伸而来,基本出发点是提高效率,在提高建筑物性能的同时推进建筑节能技术。日本在经历了1973年和1979年的两次石油危机后,节能技术开发和相关的节能法规建设都得到了很大发展,其建筑能耗占据全社会能耗约27%。隶属于《节省能源法》的《住宅节省能源基准》就经历了1980年、1992年和1999年的3次修订,逐渐强化了日照和热损失基准值,设置了采暖空调标准,扩大完善了气密性保温隔热设计的适用范围,并且根据不同区域、地域的自然条件,因地制宜地制定了包括建筑换气、空调采暖、空气污染在内的一系列规定条款。日本建立了健全的住宅节能体系,推动了节能环保的产业化发展,重视提高整个社会节能环保意识。比如,在依据2000年开始实施的《品质法(住宅品质确保促进法)》而产生的《住宅性能表示制度》中,对住宅的热工环境、节能等项目设定了评价基准。日本作为高效的建筑运行管理典范,2003年开始实施的《修正节能法》,将建筑运行过程的节能纳入日常管理中,确保建筑节能的各项措施效益最大化。

(3) 美国^[10-12]。

美国人均住房面积近60m²,近2/3的家庭拥有自己的房屋,其中大部分住宅都是3层以下的独立房屋,热水、暖气、空调设备齐全,而且供暖、空调全部是分户设置,电力、煤气、燃油等能源是家庭日常开销的一个主要部分。建筑节能关系到每个家庭的支出,每个家庭根据能源价格、自身收入和生活水平等因素来选择建筑能源消费方式和水平。美国政府提倡自愿的节能标识,能源效率在同类建筑中领先25%的范围内,室内环境质量达标的建筑授予能源之星建筑标识。美国作为建筑节能市场化典范,依靠市场机制,制定建筑行业 and 节能产品标准、开发和推荐能源新技术等,同时推行强制节能标准。美国以行业协会牵头、政府机构示范推进公共建筑节能。“美国绿色建筑协会”积极推行以节能为主旨的《绿色建筑评估体系》,劳伦斯伯克利实验室对住宅节能技术进行了重点研究,和一些州政府合作建设“节能样板房”,为大型公共建筑节能起到表率作用。

(4) 波兰^[13]。

在20世纪七八十年代,波兰建了不少以煤炭为能源的大板房,房屋能耗非常高。波兰2004年加入欧盟,在住宅节能上需严格按照欧盟标准执行,即房屋的耗能量不超过30kW/(m²·a);不管是在房屋租赁还是买卖时,出租方或卖方必须给出该房屋的能耗曲线,使租房者或买房者知道该房屋的能耗量是多少。政府通过推行一个“取暖现代化计划”,将向全国居民提供约2.4亿欧元的“取暖现代化贷款”,以支持那些身居旧房的居民通过节能改造来实现旧房翻新和居住条件的现代化。节能改造后的住宅,耗能量由以前的130kW/(m²·a)普遍降到了30kW/(m²·a)以内,有的甚至可控制在9kW/(m²·a)之内,波兰实现了旧房“取暖现代化”。

从发达国家建筑发展过程看,从20世纪五六十年代起,经过了15~20年的时间,单



位建筑面积能耗增加了 1~1.5 倍。在近二三十年间能耗强度大致稳定,与经济发展同步的全社会总建筑拥有量呈现缓慢增长,由此使建筑能耗总量持续增长,并逐渐成为制造、交通、建筑三大能源消费领域中的比例最大者^[14]。发达国家的建筑节能已从 20 世纪 70 年代初为应付能源危机而被迫实行节约和缩减,逐步演变成以提高能源利用效益、减少环境污染、改善居住生活质量和改进公共关系为目标的绿色建筑发展阶段。

2) 国内发展史^[15~20]

建筑节能是以建筑业发展过程为物质基础的。新中国成立之初,中国城市住宅数量缺乏,卫生条件极差,当时针对全国 50 个城市人均居住面积只有 3.6m^2 的现状,制定每人居住面积 4m^2 的设计标准,实行了 30 年。到 1978 年 10 月,国务院批转原国家建委《关于加快城市住宅建设的报告》,要求迅速解决职工住房紧张问题,到 1985 年,城市平均每人居住面积才达到 5m^2 。1984 年 11 月原国家科委提出到 2000 年争取实现城镇居民每户有一套经济实惠的住宅,全国居民人均居住面积达到 8m^2 的目标。1994 年国务院提出了实施国家“安居工程”计划,平均每套建筑面积 60m^2 左右,1995—1997 年三年共有近 245 个城市被批准实施,建筑面积近 5000 万平方米。1994—2000 年,全国各地有七批共 70 多个小康住宅示范小区设计通过审查进入实施,2000 年后示范小区并入康居工程。2004 年 11 月 22 日,原建设部政策研究中心颁布了我国居民住房的小康标准。截至 2006 年年底,城镇居民住房自有率达到 83%。按户籍人口计算,2008 年,城镇人均住宅建筑面积达到了 28m^2 左右,全国城镇住宅投资总额已达到 6.7 万亿元,年均竣工住宅超过 6 亿平方米。截至 2016 年,中国城市人均住宅建筑面积为 32.91m^2 ,农村人均住房面积为 37.09m^2 。随着居民收入水平的提高,未来改善性居住的需求还很大,城镇住宅建设面积从数量上已与发达国家居住水平接近,居住环境得到改善,但住宅建设过程中土地、能源、材料浪费和环境污染严重,城镇居住建筑能耗总量逐年增长,住宅建筑节能问题日益突出。

同样,公共建筑建设规模和能耗总量也逐年上升。城镇公共建筑总面积,2005 年达到 57 亿平方米,其中,大型公共建筑 6.6 亿平方米,一般公共建筑 50 亿平方米。公共建筑能耗占建筑总能耗的比例已近 20%。其中,一般公共建筑总耗电量从 1995 年的全国平均 $24\text{kW}\cdot\text{h}/(\text{m}^2\cdot\text{a})$ 升高到 2005 年的 $28\text{kW}\cdot\text{h}/(\text{m}^2\cdot\text{a})$,大型公共建筑则从平均 148 提高到 $168\text{kW}\cdot\text{h}/(\text{m}^2\cdot\text{a})$,单位面积年耗电量大型公共建筑是一般公共建筑的 6 倍左右。随着建筑服务水平要求的提高,建筑能耗也逐年增长,2007 年和 2008 年建筑能耗约占当年社会总能耗的 23%,建筑电力消耗为社会总电耗的 22%^[21~22]。2015 年,中国已有建筑面积约为 580 亿平方米,施工面积 124.3 亿平方米,竣工面积 42.08 亿平方米。预计 2020 年,竣工面积将达到 58 亿平方米。

根据《中国建筑节能年度发展研究报告(2015 年)》,从 2001—2013 年,我国城镇化高速发展,城镇化率从 37.7% 增长到 53.7%,城乡建筑面积大幅增加。从面积看,2013 年农村住宅建筑面积为 238 亿平方米,占全国建筑总面积的 44%;城镇建筑中,住宅面积

为 208 亿平方米,公共建筑面积为 99 亿平方米。从用能总量来看,公共建筑、北方采暖、城镇住宅和农村住宅这四类用能各占建筑能耗的 1/4 左右。2013 年,北方城镇供暖能耗为 1.81 亿 tce,占建筑能耗的 24.0%;城镇住宅(不含北方供暖)为 1.85 亿 tce,占建筑总商品能耗的 24.5%,其中电力消耗 5302 亿 kW·h;公共建筑(不含北方供暖)为 2.04 亿 tce,占建筑能耗的 26.9%,其中电力消耗 5427 亿 kW·h;农村住宅的商品能耗为 1.79 亿 tce,占建筑总能耗的 23.6%,其中电力消耗 1614 亿 kW·h,此外,农村生物质能的消耗约折合 1.06 亿 tce。

中国建筑节能技术政策演变史详见附录表 A-2。从国家对建筑节能管理的角度分析,中国建筑节能大致经历了五个阶段^[23]。

(1) 1986 年之前为理论探索阶段,主要是在理论方面进行了一些研究,了解、借鉴国际上建筑节能的情况和经验,对我国建筑节能做初步探索,1986 年出台了《民用建筑节能设计标准》,提出建筑节能率目标是 30%。

(2) 1986—2000 年为第二阶段,试点示范与推广阶段。建设部加强了对建筑节能的领导,并从 1994 年开始有组织地出台了一系列的政策法规、技术标准与规范,制定了建筑节能政策并组织实施。如《建筑节能九五计划和 2010 年规划》,修订节能 50% 的新标准等。

(3) 2000—2005 年是第三个阶段,一个承上启下的转型阶段,形成建筑节能标准体系。这一时期,地方建筑节能工作广泛开展,建筑节能趋向深化,地方性的节能目标、节能规划纷纷出台,28 个省市制定了“十一五”建筑节能专项规划;各地建设项目在设计阶段执行设计标准的比例提高到 57.7%,部分省市提前实施了 65% 的设计标准。2005 年修订的《民用建筑节能管理规定》,是在总结以往经验和教训,针对建筑节能工作面临的新情况进行的,对全面指导建筑节能工作具有重要意义。

(4) 2005—2014 年是节能建筑全面开展阶段,其重要标志是新修订的《中华人民共和国节约能源法》成为建筑节能上位法,以及《民用建筑节能条例》《公共机构节能条例》的实施,节能设计执行率为 99%,施工执行率为 95.4%,逐渐向绿色建筑方向深化,大量法规颁布。2014 年 11 月 20 日,国务院办公厅发布了《能源发展战略行动计划(2014—2020 年)》,提出了“节约优先、立足国内、绿色低碳、创新驱动”四大战略,并再次强调了推进重点领域和关键环节,合理控制能源消费,以较少的能源消费支撑经济社会较快发展。

(5) 2015 年以来,进入建筑能效全面提升阶段,建筑节能向绿色建筑发展阶段,即龙惟定教授提出的建筑节能 2.0 时代。节能政策由措施控制转为总量控制,制定并颁布《民用建筑能耗标准》(GB/T 51161—2016),除对建筑的用能进行限额管理外,还对城市规模总量进行管理。在城市建设过程中,各级政府和相关部门可根据社会能耗总量控制目标和建筑的规模总量进行管理,进行建筑用能顶层设计,制定相应的专项规划。2016 年,



《中共中央国务院关于进一步加强城市规划建设管理工作的若干意见》提出,全面推广建筑节能技术、实施城市节能工程,推进节能城市建设。2030 年的目标是新建建筑在满足国家健康卫生和环境标准的前提下供暖空调能耗强度低于 $15\text{kW} \cdot \text{h}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$ [按未来的热电转换效率计算,折合标准煤约为 $4.5\text{kg}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$]。

中国建筑发展历程及能耗现状研究表明,随着社会发展,城市化进程加快,人们对居住环境质量水平要求的提升,建筑能耗规模还将持续增加,必将给能源供应安全带来极大压力。建筑耗能占总耗能比例大、高耗能建筑比例高、节能状况落后,这些都表明推动建筑节能事业健康的紧迫性^[24]。

3) 国内外建筑节能发展比较

对比美国、日本等发达国家建筑能耗水平,我国城市的单位面积建筑能耗水平、经济发展水平与美国 20 世纪 50 年代及日本 20 世纪 60 年代末的水平非常接近,与现在的美国、日本相比则只是 40% ~ 60%^[25]。根据发达国家走过的历程,我国建筑节能如果不能解决人口快速增长带来的资源、能源消费急速增加的问题,15 ~ 20 年后很可能就会达到他们的能耗水平。但是,中国人口总量太大,国土面积和资源量有限,并且不可能像美国、日本那样大规模借助于国外的自然资源,无论从能源供应,能源的运输还是能源转换后的碳排放,都不可能承担这样大的能源消耗量。从人均资源、能源和综合资源禀赋来看,中国的建筑气候条件、能源资源状况和社会经济发展水平与发达国家不同,决定了中国不能照搬发达国家建筑节能管理制度和技术体系,需要研究、开发适合中国国情的建筑节能技术体系和管理制度,使建筑能耗规模和能源服务水平控制在合理水平,保持建筑能耗总量的适度增长。面对建筑节能领域这一系列问题,中国学术界、工程界需要开展深入分析、研究与实践,探索有中国特色的建筑节能发展之路^[26]。

2. 国内外建筑节能理念的形成与内涵

理念是一个哲学性的概念,是人类主体对客观事物的主观反映或主观意识。正确的理念是形成科学观的基础,科学观是对理念的提炼和归纳,通过认识论主要解决“是什么”的问题,通过方法论主要解决“怎么办”的问题。

1) 建筑节能理念的内涵

建筑节能理念泛指人们对建筑节能的看法、观念、思想,是一种抽象的观念形态,是人们在建筑节能实践中长期理性思考及实践积淀所形成的比较成熟的观点和信念,是通过交流、传播成为一定社会群体普遍认同的观念、思想。建筑节能理念来源于社会实践活动,是建筑社会节能思想的组成部分,通过系统归纳、总结和提炼形成建筑节能理论,并通过建筑节能工程技术方案的实施表现出来。将人类社会已有的科学理念和建筑节能领域的社会实践相结合形成建筑节能的科学理念,提炼出建筑节能的科学观和工程理念。如何理解建筑节能理念的内涵,将不仅影响人们对于建筑节能的态度,更直接关系到在推动建

建筑节能发展的过程中,人们将建立什么样的建筑节能科学观和如何应用于建筑节能实践,并最终影响建筑节能产业的发展进程。

2) 建筑节能理念的演变^[27~32]

古代西方建筑思想主要体现在古罗马的维特鲁威的《建筑十书》,主张一切建筑物都应考虑“实用、坚固、美观”,包含了有利于绿色建筑发展的思想,如其所提出的“自然的适合”,即建筑适应地域自然环境的思想。

从城市环境和绿色建筑观念演变过程来看,1933年《雅典宪章》提出“人-建筑-城市-社会”关系,强调的是人本主义,到《马丘比丘宪章》从“人-建筑-城市-自然”关系开始强调人与自然关系的协调;1972年联合国人类环境会议通过《斯德哥尔摩宣言》,提出了人与人工环境、自然环境保持协调的原则;1987年世界环境与发展委员会公布的报告《我们共同的未来》,向全世界正式提出了可持续发展战略,得到了国际社会的广泛接受和认可。该报告对可持续发展定义为:“持续发展是既满足当代人的需要,又不对后代人满足其需要的能力构成危害的发展。”它包括两个重要的理念:尤其是世界上贫困人民的基本需要,应将此放在特别优先的地位来考虑;技术状况和社会组织对环境满足眼前和将来需要的能力施加限制。1992年,在巴西里约热内卢召开的联合国环境与发展大会上,提出了《21世纪议程》,国际社会广泛接受了可持续发展的概念,并明确提出“绿色建筑”的概念;1999年《北京宪章》提出“人-建筑-环境”关系,强调的是人与社会和自然和谐发展,体现明确的可持续发展生态观。

各种建筑理念的关系如图1.1所示。从建筑本身发展的思想观念、物质形态和文化制度等不同层面实现传统建筑向生态化发展的历程中,关于建筑的不同称谓,如绿色建筑、生态建筑和可持续建筑都与建筑节能有密切联系,折射出对建筑节能实践的差异,但都体现出相似的建筑节能思想。生态型建筑在日本被称为环境共生建筑,以低环境影响、高自然调和、宜人与健康为三个层次发展目标;可持续建筑,更注重解决生态平衡、环境保护、物种多样性、资源回收利用、再生能源及节能等生态与可持续发展问题,其外延比绿色建筑更广泛;绿色建筑则包含建筑节能在内的“四节一环保”,追求能源效率提高与节能、资源与材料的妥善利用、室内环境品质及符合环境承载力等实践原则。生态建筑是基于生态学原则出发,强调建筑用能与自然环境的和谐适应关系,也包含了建筑节能。建筑节能理念的形成是从应对能源危机开始,经历了忽视建筑室内品质换取能源节约的惨痛历史教训,到协调建筑节能与建筑室内环境营造的双重使命,并担负其应对环境危机实现CO₂减排的责任,再到现在各国都积极推行的绿色建筑、生态建筑、可持续建筑等,但建筑节能仍然是其核心和关键。

从宏观上看,建筑节能理念受社会节能理念的影响,经历了从国家能源安全理念推动、国家环保理念推动到回归能源价值理念推动三个阶段的发展过程^[31]。我国传统的建筑方针是“适用、经济、在可能的条件下注意美观”。张钦楠^[32]提出:“建筑设计的任务

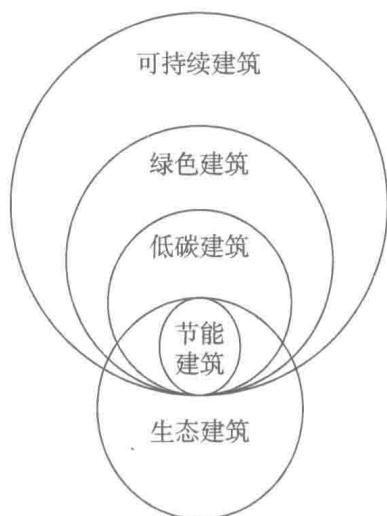


图 1.1 各类建筑理念之间的关系^[33]

是全面贯彻适用、安全、经济、美观的方针。高质量、高效率地设计出具有时代性、民族性和地方性的建筑 and 建筑环境，不断提高工程的经济、社会和环境效益，为人民造福。”其中，四个因素即“适用、安全、经济、美观”，三个属性即“时代性、民族性和地方性”，三个效益即“经济效益、社会效益、环境效益”全面地概括了建筑实践活动的几乎所有因素。住房和城乡建设部颁布的《绿色建筑技术导则》《绿色建筑评价标准》也提出了节约、健康、适用、高效、人与自然和谐等绿色建筑理念。新时期的建筑方针是适用、经济、绿色、美观。2015 年年底，中国召开了 37 年以来的第一次中央城市工作会议，对旧的建筑方针进行了修订，提出了新时期的建筑方针，增加了“绿色”，去掉了“在可能的条件下”。其中，“适用”是前提，“经济”是必须把握的，“绿色”是时代的特征和未来发展要求。党中央在十八届五中全会上提出了五大发展理念：创新、协调、绿色、开放、共享。其中，“绿色”是一个非常重要的理念。

从建筑能源消耗来看，建筑节能最初被称为 Energy saving in buildings，指建筑节能，通过减少建筑能源的消耗，来应对由石油危机引发的能源危机。随后，建筑节能改称为 Energy conservation in buildings，就是通过采取提高建筑物密封性能、减少建筑物通风量等手段来降低建筑能耗，减少能量散失。由于病态建筑综合征或建筑相关疾病的爆发，人们才开始反思建筑节能与建筑室内环境质量的关系，认识到建筑节能不能以牺牲室内空气质量为代价。后来，建筑节能又普遍称为 Energy efficiency in buildings，旨在从积极意义上提高建筑能源利用效率，即建筑能效，是指建筑物在实现功能、符合安全和健康标准、适应气候、满足需求的前提下减少实际消耗的能源量，包括建筑供暖、供冷、供热水、通风和照明所消耗的一次能源量。提升建筑能效，就是要强调建筑用能的科学性和合理性，最终要看节能的绩效。这是发达国家在社会发展达到稳定时期、居住水平发展到一定程度，建筑节能主要面对既有建筑的运行用能，通过提高建筑设备用能效率来实现建筑运行节能的阶段。

3) 我国建筑节能理念发展

建筑节能理念是绿色建筑理念的重要组成部分。面对建筑节能实践过程中的一些基本问题,要凝练成为系统的并符合中国国情的建筑节能理论,还需要一个过程。近几年来,国内高等院校、科研院所针对建筑节能领域存在的主要问题开展了大量的研究与实践,比较有代表性的观点或理论方法集中体现在一些具体成果上。

龙惟定^[34]从管理的角度研究建筑节能,倡导“能源管理是一种服务”和“节能的目标不是限制用能,而是提高能源转换和利用效率”等建筑节能管理的理念。

江亿等^[35]以住宅节能性不仅影响居住者使用过程中的能源消耗的经济成本,还影响到居住者的生活质量和身体健康为认识基础,体现了“住宅节能的经济效益和社会效益并重”的理念;并以住宅能耗为住宅节能性能的重要指标,从技术角度出发,总结了国外住宅节能设计理念和技术方法的基础上,结合自身实践过程中积累的成熟技术与方法,形成了住宅节能技术体系,体现了“新技术与传统技术的集成支撑住宅节能设计”的“住宅系统节能”技术理念。2009年《中国建筑节能年度发展研究报告(2009)》从建筑节能评价理论的角度分析比较了四种建筑节能评价方法,试图回答用什么评价标准来评估一个建筑是否节能这一基本问题,并认为只有从实际能耗数据出发,树立“建筑节能必须以能耗数据为导向”的工程理念,才能实现中国特色的建筑节能。

薛志峰^[36~37]以公共建筑为对象,立足我国不同类型建筑的用能特点和建筑全生命周期过程,在规划、设计、运行等各个阶段通过技术集成化解决手段来降低建筑能源需求、优化供能系统设计、开发新型能源系统方式和提高运行效率,提出了节能诊断 OTI 方法,体现了“建筑节能项目全过程管理”理念、新建公共建筑采用“先进的节能技术与配套的管理措施、新经济手段相融合”的节能建造理念和既有建筑改造中“无成本/低成本节能措施”实现建筑管理节能的理念。

当代建筑节能理论与政策论丛^[38~41]从经济学角度分析了建筑节能的经济基础,将建筑节能放在中国节能大市场环境中进行研究,通过构建适用于建筑节能的“经济激励政策体系”,体现了“建筑节能活动是一项经济活动,应该服从市场经济发展规律”的认识基础。

龙恩深^[42]将从微观到宏观的基因分析方法引入建筑能耗的研究,剖析建筑能耗的成因,提出了具有全局观的建筑能耗基因概念,构建了建筑能耗基因理论体系。该研究成果体现了“将哲学思想融入并指导建筑节能理论研究与实践过程”的理念和具体操作方法。

郝斌^[43]基于循环经济原理和清洁生产机制,从建筑节能与清洁发展机制有机结合的角度出发,列举并分析了部分具有建筑节能减排特征的 CDM 和类似的 PCDM 项目,重点对建筑领域开展 PCDM 项目进行了初步的构想和实践,指明在建筑领域应用清洁发展机制的有效途径,体现了“建筑节能产业利用清洁发展机制实现可持续发展”的节能理念。

涂逢祥^[44]认为中国开展建筑节能的基本目标就是:在有限的资源能源条件下努力改