



Research on Construction Energy Saving

建筑节能学研究

姚 兵 刘伊生 韩爱兴 著



北京交通大学出版社
<http://www.bjtup.com.cn>

建筑节能学研究

姚 兵 刘伊生 韩爱兴 著

北京交通大学出版社

• 北京 •

内 容 简 介

本书首次从“建筑节能学”角度,结合国内外建筑节能现状,系统阐述了建筑节能技术和材料、建筑节能管理及经济政策,并分析了建筑节能的未来发展趋势。

全书共 11 章,主要内容包括:建筑节能学概论、建筑节能理念、建筑节能系统及其评估、建筑能耗分析、建筑节能材料、建筑节能技术、建筑规划设计与节能、绿色施工、可再生能源在建筑中的应用、建筑节能经济政策、建筑节能学研究趋势。最后,还附有主要作者姚兵在近年来的有关讲话和报刊上发表的文章。

本书可作为建筑节能领域科研、教学工作者及学生的科研或教学参考书,也可供政府建设主管部门、工程参建各方建筑节能从业人员参考。

版权所有,侵权必究。

图书在版编目(CIP)数据

建筑节能学研究/姚兵,刘伊生,韩爱兴著. —北京:北京交通大学出版社,2014.10

ISBN 978-7-5121-2125-6

I. ①建… II. ①姚… ②刘… ③韩… III. 建筑—节能—研究 IV. ①TU111.4
中国版本图书馆 CIP 数据核字(2014)第 238058 号

责任编辑:陈跃琴

特邀编辑:范跃琼

出版发行:北京交通大学出版社

电话:010-51686414

北京市海淀区高粱桥斜街 44 号

邮编:100044

印刷者:北京艺堂印刷有限公司

经 销:全国新华书店

开 本:185×230 印张:17 字数:388 千字

版 次:2014 年 11 月第 1 版 2014 年 11 月第 1 次印刷

书 号:ISBN 978-7-5121-2125-6/TU·136

印 数:1~1500 册 定价:38.00 元

本书如有质量问题,请向北京交通大学出版社质监组反映。对您的意见和批评,我们表示欢迎和感谢。

投诉电话:010-51686043, 51686008; 传真:010-62225406; E-mail: press@bjtu.edu.cn。

序 1

众所周知，建筑与工业、交通一起已成为我国节能减排三大重要领域。建筑节能涉及面广、关系民生，伴随着我国工业化、城镇化的快速发展和人民群众生活水平的不断提高，建筑节能日趋重要。全面推进建筑节能，实施建筑能效提升工程，是实现我国节能减排战略的重要内容。

我国自 20 世纪 80 年代初开始启动建筑节能工作，经过 30 多年的不断推动，已取得显著成效。不仅建立了比较完善的法规及技术标准体系，而且形成了积极有效的经济激励机制，建筑节能已广泛深入到建设工程全寿命期的各个方面。但相比之下，用于指导建筑节能实践的理论研究尚需要进一步深化和系统化。

近年来，我国建筑能耗仍呈现刚性增长趋势，建筑节能形势依然比较严峻。为了更好地适应新时期形势发展要求，迫切需要将建筑节能作为系统工程，进行深入的研究。本书首次以“建筑节能学”角度，从建筑节能理念到建筑节能实践、从建筑规划设计到绿色施工、从建筑节能技术和材料到建筑节能经济政策、从建筑节能系统到可再生能源应用、从国内外建筑节能发展历程到未来发展趋势等多个方面，全面而深入地研究了建筑节能相关内容，形成了较为系统的建筑节能学体系。相信本书的出版对于提高建筑节能管理人员、教学科研工作者及相关从业人员的理论水平的提高会有很大帮助，对于指导我国建筑节能的理论研究、促进我国建筑节能的科学实践具有重要作用。

本书第一作者姚兵教授目前担任中国节能协会副理事长，也是我的同事，彼此多有了解。他长期担当原城乡建设部的领导职务并兼任该部节能工作协调组组长，对建筑节能工作做出了重要贡献。如今，他虽已退出一线岗位，但仍在节能领域奋力耕耘，令人敬佩。

借本书出版之际，我向姚兵教授等作者表示真诚的祝贺，并向为推动我国节能工作发展而潜心研究、大胆实践的同志们表示诚挚的谢意，也衷心希望本书的出版能够进一步推动我国建筑节能事业的蓬勃发展。

中国工程院院士
原铁道部部长
中国节能协会理事长

傅志寰

序 2

建筑节能是国家实施节能减排战略的重要组成部分，与工业节能、交通节能构成了我国三大重要节能领域，建筑节能潜力大、产业关联度高、涉及面广、关系民生。全面推进建筑节能，提高用能效率，促进用能方式转变和产业结构调整，是加快资源节约型环境友好型社会建设，实现我国新型城镇化发展战略的重要内容。

我国的建筑节能工作始自 20 世纪 80 年代初，经过 30 多年的发展，已经形成了比较完整的工作机制。一是建立了比较完整的法规体系。以 2008 年 10 月 1 日开始实施的《民用建筑节能条例》为主体，与建筑节能地方法规及有关配套管理制度相结合的法规体系初步确立，建筑节能管理逐步规范化、法制化。二是建立了比较系统的技术标准体系。目前我国已经颁布了覆盖严寒及寒冷地区、夏热冬冷地区和夏热冬暖地区等不同气候区的民用建筑节能设计、施工及验收标准，各省（区、市）先后制定并颁布了地方标准。三是加强了组织管理工作体系。目前，除西藏外，全国其他省、自治区及直辖市都成立了省级建筑节能管理机构，建筑节能已经成为各级建设管理部门的一项重要工作。四是形成了经济激励机制。近年来，中央财政对建筑节能工作给予了积极有效的财政支持，调动了各方面的积极性，产生了显著的政策效果，形成了良好的发展态势。

经过不懈努力，建筑节能已经广泛深入建设领域各方面，取得了良好的社会基础与工作基础。但是，随着我国城镇化进程的快速推进和人民群众生活水平的不断提高，建筑能耗仍呈现刚性增长趋势，建筑节能形势依然比较严峻，主要表现在：新建建筑执行节能强制性标准的质量与水平仍有差距；既有建筑中不节能建筑总量巨大，建筑用能效率较低；北方地区供热计量改革滞后；政府办公建筑和大型公共建筑用能浪费现象广泛存在；可再生能源建筑应用规模亟待扩大，水平有待提高；农村住房用能不合理的问题突出；新型墙体材料开发应用与建筑节能的发展要求不相适应；支撑保障体系相对薄弱，

与积极发展的建筑节能形势不相适应。建筑节能工作仍然任重道远。

本书首次提出了建筑节能学概念，对建筑节能理念进行了阐述，系统介绍了国内外建筑节能发展历程，对建筑节能系统、材料、技术经济政策以及建筑规划设计、绿色施工、可再生能源建筑应用等多方面内容进行了较深入的研究，形成了较为系统的体系。相信本书的出版对指导我国建筑节能理论与实践会发挥积极影响，对提高建筑节能管理人员、教学科研工作者、相关从业人员对建筑节能的认识有很好的作用。

借本书出版之际，向为推动我国建筑节能工作发展而努力工作、锐意进取、大胆实践的同志们表示诚挚的谢意，也衷心希望本书的出版能为我国建筑节能事业的蓬勃发展做出贡献。

全国政协委员
住房和城乡建设部副部长

江保兴

本书的形成过程

伴随着工业化、城镇化的快速发展，建筑与工业、交通领域已并列成为我国三个“能耗大户”。作为节能减排的重点，建筑节能也日益成为人们关注的焦点。

在过去近两年的时间里，作者对博士研究生进行了十一次讲课，每次讲课都是一位导师主讲，一位或两位博士研究生副讲，每次讲课前都要先形成一个提纲，根据该提纲进行讲解。讲后大家讨论，课后由一名博士研究生根据提纲和录音，再查阅相关资料进行整理成章。成章后再由若干名博士研究生进行修改和审定。在本书的最后还附有本书主要作者姚兵在近年来的有关讲话和在报刊上发表的文章。讲课和整理修改的分工是：

第1章至第9章由姚兵导师主讲；第10章由韩爱兴司长主讲；第11章由刘伊生导师主讲。

第1章“建筑节能学概论”，由万冬君担任副讲并负责整理，由李宁、张宇负责修审。

第2章“建筑节能理念”，由许莉担任副讲并负责整理，由王秀玲、张荣伟负责修审。

第3章“建筑节能系统及其评估”，由韩冰担任副讲并负责整理，由张荣伟、廖玉平负责修审。

第4章“建筑能耗分析”，由吴仲兵担任副讲并负责整理，由廖玉平、王秀玲负责修审。

第5章“建筑节能材料”，由张宇、李志鼎担任副讲并负责整理，由韩冰、李宁负责修审。

第6章“建筑节能技术”，由王秀玲担任副讲并负责整理，由王立建、蔡建民负责修审。

第7章“建筑规划设计与节能”，由尹健担任副讲并负责整理，由赵振宇、万冬君负责修审。

第8章“绿色施工”，由张荣伟担任副讲并负责整理，由万冬君、王立建负责修审。

第 9 章“可再生能源在建筑中的应用”，由蔡建民、王立建担任副讲并负责整理，由李志鼎、尹健负责修审。

第 10 章“建筑节能经济政策”，由廖玉平担任副讲并负责整理，由张宇、赵振宇负责修审。

第 11 章“建筑节能学研究趋势”，由赵振宇担任副讲并负责整理，由吴仲兵、李志鼎负责修审。

全书由住房和城乡建设部建筑节能与科技司韩爱兴副司长负责审定，由北京交通大学经济管理学院工程管理系主任、低碳研究与教育中心副主任刘伊生教授负责统筹并统审。可以说，本书是经过多年、多人创作而成。

著 者

2014 年 10 月

目 录

第 1 章 建筑节能学概论	1
1.1 建筑节能及其发展趋势	1
1.1.1 建筑节能的基本内涵	2
1.1.2 国内外建筑节能发展概况	3
1.1.3 建筑节能发展趋势	9
1.2 建筑节能的基本原理和方法	12
1.2.1 建筑节能的基本原理	12
1.2.2 建筑节能的基本方法	13
1.3 建筑节能学的研究方法和内容	17
1.3.1 建筑节能学的研究方法	17
1.3.2 建筑节能学的研究内容	18
第 2 章 建筑节能理念	20
2.1 低碳发展理念	20
2.1.1 低碳发展的重要意义	20
2.1.2 建筑是低碳发展的重要领域	23
2.2 绿色建筑理念	24
2.2.1 绿色建筑的内涵和特点	24
2.2.2 建筑产品的绿色化构筑与评价	25
2.3 生态建筑理念	27
2.3.1 生态建筑学的研究对象及其独特性	27
2.3.2 生态建筑实践	28
2.4 太阳能建筑应用理念	31
2.4.1 太阳能光电建筑应用趋势	31
2.4.2 太阳能光电建筑应用的技术创新	33

2.4.3 太阳能光电建筑应用的管理创新	34
第3章 建筑节能系统及其评估	36
3.1 建筑围护结构	36
3.1.1 建筑外墙保温	37
3.1.2 建筑门窗保温与密封	37
3.1.3 建筑屋面与地面节能	39
3.2 建筑设备及运行管理	39
3.2.1 供暖空调系统节能	39
3.2.2 照明动力系统节能	42
3.2.3 建筑设备系统的运行管理	43
3.3 建筑节能管理	44
3.3.1 建筑节能监管与标识	44
3.3.2 建筑节能管理法规政策及措施	46
3.4 建筑能效评估	47
3.4.1 建筑能效评估的基本思路和方法	47
3.4.2 绿色建筑评估体系	49
3.4.3 建筑能效评估发展趋势	52
第4章 建筑能耗分析	53
4.1 建筑能耗影响因素	53
4.1.1 室外热环境	53
4.1.2 采暖区和采暖度日数	56
4.1.3 太阳辐射强度	57
4.1.4 建筑保温隔热和气密性	57
4.1.5 采暖供热系统热效率	58
4.2 建筑能耗分析方法	58
4.2.1 建筑能耗分析方法分类	58
4.2.2 建筑能耗模拟分析法	60
4.3 我国民用建筑能耗分析	64
4.3.1 我国民用建筑能耗现状及特点	64
4.3.2 建筑能耗预测	66

第5章 建筑节能材料	68
5.1 具有保温隔热性能的围护结构材料	68
5.1.1 墙体材料	68
5.1.2 门窗材料	71
5.1.3 屋面材料	76
5.1.4 地面材料	77
5.2 保温隔热功能性材料	78
5.2.1 外墙保温材料	78
5.2.2 遮阳材料	80
5.2.3 隔热材料	80
5.3 建筑节能材料产业发展现状及对策建议	81
5.3.1 建筑节能材料产业发展现状	81
5.3.2 建筑节能材料产业发展存在的问题	82
5.3.3 推动建筑节能材料产业发展的对策建议	84
5.4 建筑热计量表发展现状及对策建议	85
5.4.1 建筑热计量表发展现状	85
5.4.2 建筑热计量表发展对策及建议	88
第6章 建筑节能技术	90
6.1 建筑围护结构节能技术	90
6.1.1 复合外墙保温技术	90
6.1.2 门窗节能技术	92
6.1.3 屋面及地面节能技术	94
6.2 供热和空调系统节能技术	95
6.2.1 供热系统节能技术	95
6.2.2 空调系统节能技术	97
6.3 采光和照明节能技术	99
6.3.1 采光节能技术	99
6.3.2 照明节能技术	100
6.4 给排水系统节能技术	101
6.4.1 系统末端节能技术	101
6.4.2 管网输送能耗减少技术	102

6.4.3	水泵、加热设备、供水工艺节能技术	104
6.4.4	可持续能源利用和废热回收技术	105
6.5	可再生能源利用技术	106
6.5.1	太阳能利用技术	107
6.5.2	地热利用技术	109
6.5.3	生物质能利用技术	112
6.6	建筑节能检测技术	112
6.6.1	墙体保温热工性能、热工缺陷的检测	112
6.6.2	房屋气密性的检测	113
6.6.3	空调冷水机组 COP 值现场测试	113
第 7 章	建筑规划设计与节能	114
7.1	建筑选址及布局	114
7.1.1	建筑选址	114
7.1.2	建筑布局	115
7.2	建筑形态与结构设计	116
7.2.1	建筑形态设计	116
7.2.2	建筑结构设计	117
7.3	建筑避风与通风设计	119
7.3.1	建筑避风设计	119
7.3.2	建筑通风设计	120
7.4	其他方面设计	121
7.4.1	光电建筑设计	121
7.4.2	太阳能利用设计	121
第 8 章	绿色施工	122
8.1	国内外绿色施工进展	122
8.1.1	国内外绿色施工现状	122
8.1.2	我国绿色施工推进情况	123
8.2	绿色施工存在的问题及推进方法	125
8.2.1	绿色施工存在的问题	125
8.2.2	推进绿色施工的设想	127

第 9 章 可再生能源在建筑中的应用	131
9.1 空调采暖系统可再生能源应用	131
9.1.1 太阳能空调采暖	131
9.1.2 空气源热泵空调采暖	137
9.1.3 地源热泵空调采暖	139
9.2 生活热水系统可再生能源应用	147
9.2.1 太阳能热水系统技术	147
9.2.2 空气源热泵系统技术	156
9.3 供电系统可再生能源应用	162
9.3.1 太阳能光伏系统的组成、原理和发展概况	163
9.3.2 太阳能光伏系统的分类及特点	164
9.3.3 太阳能光伏发电系统在建筑中的应用前景	165
第 10 章 建筑节能经济政策	166
10.1 我国建筑节能经济政策评析	166
10.1.1 我国建筑节能经济政策框架	166
10.1.2 我国建筑节能经济政策的主要内容	168
10.1.3 我国建筑节能经济政策取得的效果	172
10.2 国外建筑节能经济政策及特点	175
10.2.1 国外建筑节能经济政策综述	175
10.2.2 国外建筑节能经济政策特点	178
10.3 我国建筑节能经济政策存在的问题及建议	179
10.3.1 我国建筑节能经济政策存在的问题	179
10.3.2 完善建筑节能经济政策的建议	180
第 11 章 建筑节能学研究趋势	183
11.1 建筑节能政策的研究现状及趋势	183
11.1.1 国内外建筑节能政策的研究现状	183
11.1.2 国外建筑节能政策及启示	184
11.1.3 我国建筑节能政策的研究趋势	187
11.2 建筑节能设计的研究现状及趋势	188
11.2.1 国内外建筑节能设计的研究现状	188

11.2.2 国内外建筑节能设计的研究趋势	189
11.3 建筑节能技术的研究现状及趋势	190
11.3.1 国内外建筑节能技术研究现状及评述	191
11.3.2 我国建筑节能基本策略	192
11.3.3 建筑节能主要技术及其研究趋势	200
附录 A	203
A.1 认识再提高 思路再创新 领导再加强 使建筑节能工作上一个新台阶	203
A.2 中国建筑节能的现状和未来	213
A.3 开展中美建筑节能技术合作,着力促进社会经济的可持续发展	215
A.4 建筑节能促进社会可持续发展,科技企业推动建筑节能产业化	223
A.5 建筑节能商机无限	227
A.6 绿色建筑	240
参考文献	252
编后语	255

第1章 建筑节能学概论

建筑节能学是一个涉及多个学科、多个专业领域的综合性交叉学科。建筑节能学的基本理论来源于丰富的工程实践，而随着理论体系的不断完善，又反过来指导工程实践，并在新的工程实践中不断创新和发展。

1.1 建筑节能及其发展趋势

工业革命以来，人类社会生活的各个方面发生了巨大变革，人类现代化进程取得了崭新、骄人的成绩。与此同时，由于人类发展过程中对能源的无节制开发和使用，大量地侵吞农田等所带来的环境破坏、能源危机、生态危机，却又对人类的继续生存与发展产生了严重威胁。在可持续发展成为全球发展所追求的总目标时，能源与环境已成为 21 世纪人类共同面临的两大难题，节能减排也成为全球关注的热点话题。而作为节能减排的重点，建筑节能也日益成为人们关注的焦点。世界可持续发展工商理事会 2009 年 4 月发布报告称，目前全世界建筑物能源消耗占全社会能源消耗总量的 40%，是工业能耗的 1.5 倍。该报告认为，到 2050 年，使建筑物的能源使用量减少 60%，是实现全球气候目标的关键。通过大规模运用节能技术，到 2050 年建筑物可节约的能源总量相当于全球运输业目前所使用的能源总量。

目前，我国正处在工业化和城镇化快速发展阶段，工业的增长、城镇化进程的加快、居民消费结构的升级，使得我们对能源、经济资源的需求更加迫切。建筑与工业、交通领域已并列成为我国三个“能耗大户”。伴随着建筑总量的不断攀升和居住舒适度的提升，建筑能耗呈急剧上扬趋势。据不完全统计，建筑能耗（包括建造能耗、生活能耗等）约占全社会总能耗的 30%，如果再加上建材生产过程中的能耗，与建筑相关的能耗将占到社会总能耗的 46.7%。如果照此水平发展，到 2020 年，我国建筑能耗将达到 10.89 亿 t 标准煤，超过 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。巨大的能耗不仅会造成惊人的资源浪费，而且会造成大范围的环境污染，因此，建筑节能日

益受到社会各界的重视。

1.1.1 建筑节能的基本内涵

1. 国际上关于“建筑节能”含义的演变

国际上对“建筑节能”曾有过不同的定义,从1973年发生世界性石油危机以来,发达国家对于“建筑节能”的说法已经历三个发展阶段:

① 20世纪70年代,将“建筑节能”称为“节省建筑中使用的能源(Energy Saving in Buildings)”,强调了节省能耗;

② 20世纪80年代,将“建筑节能”改称为“在建筑中保持能源(Energy Conservation in Buildings)”,意思是减少建筑中能量的散失;

③ 20世纪90年代开始,将“建筑节能”普遍称为“提高建筑中的能源利用效率(Energy Efficiency in Buildings)”,也就是说,并不是从消极意义上节省能耗,而是从积极意义上提高利用效率。

目前,我国通称为“建筑节能”,其含义应该是第三层意思,即:在建筑中合理使用和有效利用能源,不断提高能源利用效率。

2. 我国关于“建筑节能”的含义

我国在《节约能源法》和《民用建筑节能条例》中分别对“节能”和“建筑节能”给出了定义。《节约能源法》第三条明确:“节约能源(以下简称节能),是指加强用能管理,采取技术上可行、经济上合理及环境和社会可以承受的措施,从能源生产到消费的各个环节,降低消耗、减少损失和污染物排放、制止浪费,有效、合理地利用能源。”《民用建筑节能条例》第二条明确:“民用建筑节能,是指在保证民用建筑使用功能和室内热环境质量的前提下,降低其使用过程中能源消耗的活动。”

综合以上各种说法,可以认为,“建筑节能”是指在建设规划、建筑设计、施工建造和使用运营过程中,通过采取技术上可行、经济上合理及环境和社会可以承受的措施,加强用能管理,在保证建筑使用功能和室内热环境质量的前提下,提高建筑中能源利用效率、降低建筑能源消耗的活动。因此,建筑节能学就可以定义为研究建筑节能的原理、技术及政策措施的学问。