

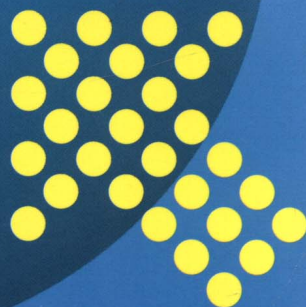
21世纪高等学校规划教材



JIANZHUJIE NENG YU KECHIXUF AZHAN

建筑节能与可持续发展

罗清海 主编



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

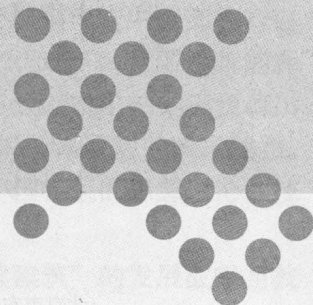
21世纪高等学校规划教材



JIANZHUJIE NENG YU KECHIXUFAZHAN

建筑节能与可持续发展

主编 罗清海
编写 范 军 周湘江
陈 晓 彭文武
主审 汤广发



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

内 容 提 要

本书为 21 世纪高等学校规划教材。全书以可持续发展理念为中心思想,介绍了建筑节能与可持续发展的概念,讨论了中国建筑能耗的现状与发展趋势。本书将农村建筑节能作为重点内容作了较详细地阐述。

全书共八章,主要内容包括概述、中国建筑能耗现状、气候时域与建筑节能、建筑围护结构节能技术、农村建筑节能、建筑通风与节能、建筑太阳能利用技术、建筑设备系统节能等。

本书可作为普通高等院校土建类、环境类等相关专业的教材,也可作为该领域工程技术人员的参考资料。

图书在版编目 (CIP) 数据

建筑节能与可持续发展/罗青海主编. —北京:中国电力出版社, 2012. 12

21 世纪高等学校规划教材

ISBN 978-7-5123-3815-9

I. ①建… II. ①罗… III. ①建筑-节能-可持续性发展-高等学校-教材 IV. ①TU111.4

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2012) 第 287809 号

中国电力出版社出版、发行

(北京市东城区北京站西街 19 号 100005 <http://www.cepp.sgcc.com.cn>)

汇鑫印务有限公司印刷

各地新华书店经售

*

2013 年 1 月第一版 2013 年 1 月北京第一次印刷

787 毫米×1092 毫米 16 开本 17.25 印张 418 千字

定价 31.00 元

敬 告 读 者

本书封底贴有防伪标签,刮开涂层可查询真伪

本书如有印装质量问题,我社发行部负责退换

版 权 专 有 翻 印 必 究

前 言

可持续发展已经在人类发展理念上达成共识,因此建筑节能也成为一个受到普遍关注、日益紧迫的问题。生态、节能、可持续发展成为 21 世纪人居环境建设必然的发展方向。党的十七大报告提出,要“建设生态文明,基本形成节约能源资源和保护生态环境的产业结构、增长方式、消费模式”。倡导生态文明建设,不仅对中国自身发展有深远影响,也是中华民族面对全球日益严峻的生态环境问题做出的庄严承诺。建筑的发展一方面推动了经济的高速发展,成为经济发展的重要支柱之一;但另一方面,也带来了巨大的能源消耗,在目前的技术水平条件下,这意味着不可再生能源的加速消耗和地球环境的日益恶化,为人类的可持续性发展设置了障碍,因此,建筑节能是建设生态文明的重要任务。

造成建筑能耗不断攀升的直接原因,一是房屋建筑面积持续增加:当前,我国正处在房屋建设的高潮时期,每年建筑面积超过发达国家的总和;预计到 2020 年,全国房屋建筑面积将达到 686 亿 m^2 ,是 2005 年的 1.7 倍,这必然带来能耗的增加。二是居民家用电器快速增长:电视机、电冰箱、洗衣机、电炊具、淋浴热水器等日益成为一般家庭的必备用品,电脑正快速进入家庭,对电的需求也随之上升。三是人们对建筑热舒适性的要求越来越高:房屋采暖和空调制冷的地域在不断扩大,时间也在延长,能源的消耗随之增加。据有关专家测算,如果全国城市对既有建筑按 10 年规划时间改造完毕,同时,在新建建筑中全部执行建筑节能设计标准,其提高效能和减少污染的综合效益蔚为可观。到 2020 年,我国建筑能耗可减少 3.35 亿 tce,空调高峰负荷可减少 8000 万 kW,约相当于 4.5 个三峡电站的满负荷出力,减少电力建设投资约 6000 亿元,能源紧张状况将大大缓解,同时带来可观的减排效益。依据我国的发展资源、发展速度和人口规模,建筑节能必须探索有中国特色的思想理论和技术实践体系。

发达国家早在 20 世纪 70 年代就开始探索“绿色建筑”、“可持续建筑”的发展战略与技术,研究并陆续制定了各国的节能标准、法规和评价指标体系等,建造了较多的生态型、可持续发展建筑。一些著名建筑师设计了很多具有引导意义的节能建筑。如德国著名建筑师托马斯·赫尔佐格,他以关注技术、注重生态而享誉国际建筑界,他的设计思想是:提倡最大限度地利用可持续发展生态建筑材料,并通过一些适当的内部气候调节手段,如遮阳、通风等,改善室内热环境。同时,他在太阳能利用和节能建筑设计方面,力求将生态建筑与建筑创作进行完善与统一,作品力求体现高水平工业化基础上的生态精神,实现人-自然-技术的有机结合。

目前,建筑节能类书籍比较繁杂,在内容体系上或者针对某一气候区域、某一建筑类型的既有建筑的节能改造或新建建筑的节能设计探讨其规划设计思想和技术实践方法;或者针对某一类设备、材料、方法或工艺措施等进行优化设计、技术集成等方面的深入分析或研究,不具备本科教材所要求的“系统性、基础性”要求。而本书编写则紧扣这一点,在内容

体系上注意系统性和基础性的要求：本书介绍了建筑节能、可持续发展等概念的基本内涵及发展演变，讨论了中国建筑能耗现状与发展趋势，进而结合中国实际，探讨了建筑节能领域中受到普遍关切的气候时域与建筑节能、建筑围护结构节能技术、农村建筑节能、建筑通风与节能、建筑太阳能利用技术、建筑设备系统节能、建筑运行能效管理等相关理论和技术问题，理论分析总结了相关领域的前沿成果，技术探讨注重结合中国实际，同时，对一些有关建筑节能的典型的发展观念、发展模式做了建设性的分析和评述。建筑节能是一个非常广泛的概念，作为综合性、基础性读物，本书难以深入分析某一类或某一种建筑节能技术，但本书注重观念和思想的引导，相信通过本书的阅读，在了解一般建筑节能技术进展，掌握相关技术基础知识的同时，读者能够树立一种可持续发展理念，并能在专业实践中创造性地实践这种理念。

中国是一个农业大国，地域广阔，气候多样，因此，本书将农村建筑节能作为重点内容作了较详细阐述。近年来，不少地方“农村城镇化”快速推进，一些典型受到推崇。“城镇化”带来的不仅仅是农村景观的变化，伴随农民生活模式的改变，农村能耗结构及其在国家建筑节能体系中的地位也发生显著的变化，新农村建设中的一些发展模式的负面性已逐渐体现，其科学性、可持续性有待重新分析和评判。2011年12月28日中央农村工作会议在京召开，温家宝总理针对目前新农村建设工作中的问题指出：“城镇化的快速发展，为解决好‘三农’问题创造了有利条件，但并不会自然带来农村面貌的较快改变。要全面推进农村各项建设，建设好农民幸福生活的美好家园。不能把城镇的居民小区照搬到农村去，农村建设应保持农村的特点，有利于农民生产生活，保持田园风光和良好生态环境。要长期坚持把国家基础设施建设的重点放到农村。建设部门要加强对村庄规划和农村建房的指导，提高农村民居设计和建设水平”。近三十年来，中国城市发展取得了许多成功经验，也有很多失败的教训，农村建筑节能不能简单套用城镇建筑模式，农村建筑节能模式的探索必须立足农村现实，坚持农村特色，着眼农村可持续发展。

2009年12月我国在哥本哈根气候峰会上明确承诺：至2020年单位GDP二氧化碳排放强度较2005年减少40%~45%，对于经济高速发展的中国来说，无疑是一个严峻的考验。在保证经济增长、提高人民生活水平的前提下，进一步实现节能减排，是国家的重大发展战略。建筑、土木、规划、环境等大类专业的学生是中国21世纪建筑节能与可持续发展的创新实践者，了解、掌握建筑节能与可持续发展的基本思想理论体系和技术实践技能，是其必须具备的基本专业素养。期待这本教材能够为莘莘学子在专业成长的道路上尽绵薄之力。

本书内容编写兼顾系统性、前沿性、实用性，注重知识性和可读性的结合。本书作者在建筑节能教学、科研方面有较深厚的积淀，书本内容集成了建筑节能领域众多研究者们的前沿成果，也包含了作者在相关领域的一些研究成果和实践经验。引用的学术观点、数据资料注重其来源的权威性、代表性，使用图表、照片注重其准确性、美观性。

本书第1.1~1.3节、第2~6章由南华大学罗清海老师编写，第1.4、1.5节由湖南商贸职业学院彭文武老师编写，第7.1~7.3节由嘉兴学院周湘江老师编写，第8.1、8.5节由湖南工程学院陈晓老师编写，第7.4、7.5、8.2~8.4节由山东农业大学范军老师编写，由罗清海老师负责全书统筹。建筑节能与可持续发展相关内容十分广博，涉及学科、专业也较多，作者水平有限，时间仓促，浅薄、不足之处在所难免，作者诚恳希望广大专家、同行不吝批评指正。

本书参考了很多专家和同行所编写、著述的有关书籍、文献，谨向被引用书籍、文献的作者表示崇高的敬意和诚挚的谢意！受篇幅所限，参考文献或许陈列不够详尽，在此，谨向那些未详尽列出的参考文献的作者表达由衷的歉意。本书编写过程中，得到了湘潭大学龙激波老师、南华大学蒋新波老师、湖南科技大学郝小礼老师、长沙理工大学唐海兵老师、湖南城市学院张新桥老师、湖南省衡阳市住房与城乡建设局欧阳中意先生、刘乐天先生等专家学者的很多帮助，同时，本书的编写也得到了湖南省住房和城乡建设厅 2010 年度科学技术项目（项目编号 201019）的支持，在此一并表示感谢。

编 者

2012.10

资助课题：湖南省住建厅 2010 年度科技项目（编号 201019）

目 录

前言

第 1 章 概述	1
1.1 建筑节能基本概念	1
1.2 可持续发展建筑概念	7
1.3 国外建筑节能简介	17
1.4 建筑发展与生态文明建设	22
第 2 章 中国建筑能耗现状	29
2.1 建筑能耗整体状况	29
2.2 城镇采暖能耗状况	37
2.3 城镇住宅除采暖外能耗状况	41
2.4 公共建筑采暖外能耗状况	45
2.5 农村建筑能耗状况	48
2.6 建筑能耗差异分析	55
第 3 章 气候时域与建筑节能	61
3.1 建筑节能与气候的关联性	61
3.2 建筑节能气候适应性的时域划分	63
3.3 建筑节能的实质	74
3.4 建筑热环境的舒适性	78
3.5 营造与自然和谐的建筑室内环境策略	84
第 4 章 建筑围护结构节能技术	89
4.1 影响建筑能耗的主导因素分析	89
4.2 开窗和幕墙节能设计	94
4.3 墙体隔热保温技术	106
4.4 屋顶节能设计	115
第 5 章 农村建筑节能	122
5.1 农村住宅节能发展模式的探索	122
5.2 传统农村住宅围护结构保温隔热技术	134
5.3 被动式太阳能采暖技术	141
5.4 生物质能源的利用	147
5.5 农村建筑环境综合改善的特色传统技术	156
第 6 章 建筑通风与节能	167
6.1 自然通风与热舒适	167

6.2	南方地区建筑的自然通风	174
6.3	北方地区建筑夜间通风与节能	184
第 7 章	建筑太阳能利用技术	191
7.1	中国太阳能资源分布情况	191
7.2	太阳能光伏利用技术	194
7.3	太阳能光热利用技术	201
7.4	太阳能蓄热利用	216
7.5	太阳能制冷与空调	220
第 8 章	建筑设备系统节能	226
8.1	建筑空调系统节能	226
8.2	建筑热水系统节能	241
8.3	建筑热回收技术	247
8.4	建筑设备系统的运行管理与节能	250
8.5	环境友好制冷空调技术	254
参考文献		264

第1章 概述

人们在享受现代建筑带来的舒适生活的同时,却往往忽略了现代建筑及建筑产业对环境的破坏,这种破坏有时甚至超乎常人所能想象,几乎不可恢复。倡导生态文明建设,不仅对中国自身发展有深远影响,也是中华民族面对全球日益严峻的生态环境问题做出的庄严承诺。建设领域是资源、能源消耗较大的领域,要进一步增强紧迫感和责任感,切实转变观念,转变城乡建设方式,从资源节约中求发展,从保护环境求发展,从循环经济中求发展。中国要走可持续发展道路,发展节能与绿色建筑刻不容缓。

1.1 建筑节能基本概念

1.1.1 能源的含义及分类

依据《大英百科全书》的解释,能源指包括燃料、流水、阳光和风等在内的可以直接或通过适当设备转变为人类所需能量的资源。由于人类美好的物质享受和便利的舒适生活均依赖于能量的来源,因此,能源可称之为人类生存和社会发展的动力之源。

从不同的角度,能源有多种分类方式:

(1) 按照形态特征,可分为:固体燃料、液体燃料、气体燃料、水能、核能(通常指核裂变能)、电能、太阳能、风能、生物质能、地热能、海洋能和核聚变能。

(2) 按照来源渠道,可分为:来自地球之外,如太阳能以及经太阳辐射转化而成的化石能源(煤炭、石油、天然气);来自地球内部,如地热能、核能;来自地球和其他天体的运动作用,如风能、潮汐能和水能。

(3) 按照获取及使用的层次,可分为:一次能源,即在自然界天然存在的、可以直接获得而不改变其基本形态的能源,如原煤、原油、天然气、水力、核能、太阳能、地热能、生物质能、风能、潮汐能、海洋能等;二次能源,即一次能源经过加工、转换改变其形态后得到的能源,如电力、石油制品、煤气、沼气、氢能等;终端能源,即通过用能设备提供给消费者使用的能源,一次能源和二次能源经过输送、储存和分配最终将成为终端使用能源。

(4) 按照资源能否再生,可分为:不可再生能源,即随着使用量的增加而减少,逐渐耗尽的能源,如煤炭、石油、天然气等;可再生能源,即不随使用量的增加而减少,可供人类永续使用的能源,如太阳能、水能、风能、地热能、海洋能、生物质能和小水电等。

(5) 按照技术的成熟性和使用的广泛性,可分为:常规能源,即技术上比较成熟,已经大规模生产和广泛使用的能源,如煤炭、石油、天然气和水能等;新能源,即在新技术基础上加以开发利用的可再生能源,如太阳能、海洋能、地热能、氢能、生物质能等。

(6) 按照是否具有商品属性,可分为:商品能源,即具备商品价格,参与市场交换的能

源,如电力、煤炭、石油、天然气等;非商品能源,即不在市场上流通,通常为自产自用的能源,如农村中大量使用的薪柴、秸秆、粪便等。

(7)按照是否保护环境,可分为:清洁能源,也称为绿色能源,即开发和使用过程中干净、无污染的能源或采用先进技术处理后达到无污染标准的能源,如太阳能、风能、潮汐能、经清洁技术处理后使用的煤炭和为改善环境经处理后使用的城市垃圾、淤泥中蕴藏的能源等;非清洁能源,即开发和使用过程中严重污染环境而未采取有效措施预防的能源,如普通的煤炭、石油、天然气等。

此外,能源还有广义和狭义之分。广义的能源包括能源资源和能源产品;狭义的能源仅指能源产品。能源资源是指处于原始自然状态的能源;能源产品是指经过人类劳动转换为符合人们需要的能源。

半个多世纪特别是改革开放以来,我国可再生能源发展迅速。2005年,小水电的装机容量达3800万kW,太阳能热水器总集热面积8000万m²,核电发电装机近700万kW,年产沼气约80亿m³。

2007年,一次能源生产总量23.7亿tce,比上年增长7.0%。其中,原煤产量25.36亿t,原油产量1.87亿t,天然气产量693.1亿m³。发电量32777.2亿kW·h,其中,火电27218.3亿kW·h,水电4828.8亿kW·h。

2007年,能源消费总量26.5亿tce,比上年增长7.8%。其中,煤炭消费量25.8亿t,原油消费量3.4亿t,天然气消费量673亿m³,电力消费量32632亿kW·h。

1.1.2 节能的含义及总原则

能源危机引起全球对节能的重视,对节能含义有两个阶段的理解,初始阶段是狭义的理解,继而上升到广义的理解。

狭义的节能指的是节约传统能源,如煤、气(煤气、天然气、液化石油气)、油、柴、电,节能成效常用节能率来衡量。例如,设某集中采暖区,室内冬季保持20℃,每昼夜耗煤10t,现在采用节能新技术,利用太阳能,并加强保温,只耗煤5t即可保持室内20℃,那么节能率就是50%,即

$$\text{节能率} = \frac{\text{原用能} - \text{改进后用能}}{\text{原用能}} \times 100\%$$

广义节能含义有二:即开发利用可持续能源及有效用能。开发利用可持续能源指的是开发利用清洁、安全、永久性的可持续能源取代传统的污染性能源、从而达到消除污染、保护环境的目的,比如:太阳能、沼气等。有效用能指的是一切用能都应提高用能效率,即提高最终产品中的有效含能量与最初输入能量之比。

用能效率定义如下

$$\text{用能效率} = \frac{\text{最终产品有效含能量}}{\text{最初输入能量}} \times 100\%$$

例如,通过玻璃直接得热的太阳房,节能率可达到60%~70%,但对投到玻璃外表面的太阳能来说,用能效率只有30%左右,也就是说,最初输入到玻璃外表面的太阳能中只有30%最终转化为室内供暖的热能,效率仍很低。又如,用太阳能电池蓄电用于夜间照明取代市电照明,对节约市电来说,节能率是100%,但目前国内外太阳能电池板将投在其面

上的太阳能转化成电能的效率却只有 10% 或稍多一些, 用能效率仍很低。

节能的总原则可以概括为: 开源节流。

1.1.3 建筑能耗概念及其影响因素

建筑能耗有广义和狭义之分, 广义上, 建筑能耗指在建筑产品生命周期内所消耗的全部能源, 包括建材制造运输能耗、建筑建造施工能耗、建筑运行使用能耗和建筑拆除报废能耗等; 狭义上, 建筑能耗指建筑运行使用过程中的能源消耗, 主要包括建筑采暖、空调、热水供应、炊事、照明、家用电器、电梯等方面的能耗。一般意义上的建筑能耗指的是建筑运行能耗, 即所谓狭义建筑能耗。

建筑能耗的主要影响因素包括以下几点。

(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、降水以及城市小气候、城市“热岛”等微环境。我国与世界同纬度城市相比较, 采暖度日数远高于北美和欧洲各国; 太阳辐射强度, 我国优于欧洲地区; 另外, 我国城市中, 人口、建筑密度也高于发达国家。

(2) 建筑构造因素的影响: 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%; 另外, 建筑规模、体形系数、窗墙比、朝向等因素都会直接影响建筑能耗水平。

(3) 建筑设备系统的效率: 采暖、空调系统是由冷热源、输配网和热用户组成的系统, 系统效率不仅取决于冷热源, 还包括输运网效率、末端设备效率。比如锅炉在运行过程中, 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%, 发达国家可达 80% 以上。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。另外, 随着人们生活水平的提高, 热水器、冰箱、洗衣机、电饭锅、电视、电脑等家用电器在城市一般家庭日益普及, 其能耗比例日益提高。

(4) 建筑使用功能: 不同使用功能的建筑能耗水平差异较大, 商业建筑、办公建筑能耗水平一般远高于居住建筑, 商业建筑能耗是商业经营的成本开支之一。

(5) 舒适度要求: 随着经济发展, 生活水平的提高, 人们对建筑室内舒适度的要求也日益提高; 采暖区向夏热冬冷地区 (16 省市) 的扩展, 增大了建筑对能源的消耗; “部分时间、部分空间”采暖、空调方式越来越多地替代“全时间、全空间”模式, 以及过高的温度控制标准, 也导致建筑能耗水平大幅提高。

(6) 建筑能效管理: 节能意识和自觉水平, 建筑设备系统的运行管理, 建筑节能标准、节能措施的贯彻执行水平, 会导致相似结构、相似功能建筑能耗水平的大幅差异。

一个国家或地区建筑能耗在总能耗中的比例, 反映了这个国家或地区的经济发展水平、气候条件、生活质量以及建筑技术水准。发达国家在进行能源统计时, 一般按照四个部门分别统计: 即工业 (或产业, 因为在发达国家农业已经产业化)、交通 (在发达国家航空、城市轨道交通和私人汽车都十分发达)、商用 (办公楼、旅馆、商场、医院、学校等) 和居民 (住宅等)。一般可以把商用和居民两项作为建筑耗能看待。因此, 发达国家的耗能部

门实际上就是产业、交通和建筑三大家，它们各自在总能耗中所占有的比例基本上也是“三分天下”的局面。2004 年世界各主要国家、地区建筑能耗占社会总能耗的比例如表 1-1 所示。

表 1-1 2004 年世界各主要国家、地区建筑能耗占社会总能耗的比例 %

巴西	非洲	中东	印度	中国	俄罗斯	非经合组织	澳大利亚
21.88	23.18	28.14	27.21	17.84	20.08	23.04	28.69
韩国	日本	经合欧洲	加拿大	美国	经合组织	世界平均	
26.00	32.79	34.40	33.94	38.58	34.97	29.93	

中国地域广阔，南北温差较大，不同地区对采暖和空调有着不同的需求，如严寒和寒冷地区，以采暖能耗为主；夏热冬冷地区和夏热冬暖地区，以空调能耗为主。因此，建筑节能工作要结合不同区域的气候条件、经济水平、能源供应、消费观念等各种因素有差别地组织开展。

我国是一个处于工业化前期的发展中国家，城市化水平很低。2003 年，我国城镇化率达到 40.53%，而 1998 年世界平均城镇化水平为 47%。我国第三产业增加值占 GDP 的比重为 33%左右，低于国际上同收入组别国家近 20 个百分点，工业耗能在总能耗中还占了最大比例。但是，中国人口基数大，随着经济发展和生活水平的不断提高，城镇化进程加快，第三产业比例上升，建筑能耗上升势头很快。中国建筑规模大，城市人口密度、建筑密度很高，截止 2004 年底，95%以上建筑为非节能建筑，而且总体能耗水平低，建筑总体能耗上升的压力很大。中国建筑节能不能盲目照搬发达国家模式，要走有中国特色建筑节能之路。

1.1.4 建筑节能的含义演变

建筑节能是指在建筑材料生产、房屋建筑施工及使用过程中，合理地使用、有效地利用能源，以便在满足同等需要或达到相同目的的条件下，尽可能降低能耗，以达到提高建筑舒适性和节能的目标。一般意义上的建筑节能，是指在建筑运行中，在保证和提高建筑舒适性的条件下，合理使用能源，不断提高能源利用效率，降低建筑物的能耗损失。由于通过建筑围护结构散失的能量和供暖制冷系统的能耗在整个建筑能耗中占较大比例，因此世界各国的建筑节能工作主要围绕几个方面展开：①提高建筑物围护结构的保温隔热性能，降低室外环境因素对室内环境的影响；②提高供热、空调、电器等建筑设备系统的能源利用效率；③充分利用自然因素提高建筑舒适性，营造人与自然和谐的建筑环境。

建筑节能成为全球性共同关注的课题，其基本内涵也随着全球能源、环境、经济形势的发展而发展。一般来讲，其概念发展三个基本层次：最初称之为“建筑节能（Energy Saving）”，不久又改为“在建筑中保持能源（Energy Conservation）”，目前较普遍地提倡“提高建筑中的能源利用效率（Energy Efficiency）”。

一部人类建筑技术的发展史，实际上就是人类的文明史。远古时代的人类，就已经有了用天然材料（竹木、泥沙、石块，甚至在极地地区用冰雪）建造的建筑。那时的建筑，只能起到为人类遮风避雨和防止野兽侵扰的掩蔽所的作用。“安得广厦千万间，大庇天下寒士俱欢颜”是当时大多数人们生活的一种写照。当时人类所掌握的技术手段十分有限，因此自然生态几乎

没有被破坏。天然能源再生的速度远远高于人类消耗的速度。在长期的农业社会里,人类仅有的一些改造自然的壮举(如中国古代的都江堰工程)也只限于保护自己、趋利避害。

17世纪工业革命之后,人与自然的关系发生了根本的变化。掌握了以不可再生的能源为基础的现代动力机械,人类开始向自然界肆无忌惮地攫取资源。新材料(混凝土、玻璃、钢铁)和新技术(电气照明、电梯、锅炉、空调)使人类建筑从掩蔽所逐渐走向追求舒适、方便的舒适建筑阶段。但是,从20世纪初开始的对建筑物室内舒适性的研究,历时百年,迄今没有得出像物理学定律那样的十分肯定的结论。现代建筑越来越像一个个封闭的、与世隔绝的人造生物圈。“躲进小楼成一统,管它冬夏与春秋”,在空调和电气照明所维持的人工环境中,寒暑和昼夜这类自然规律似乎不起作用了。

20世纪60年代末和70年代初的两次中东战争,导致石油输出国对美国、日本等国家实行石油禁运,使发达国家经历了严重的石油危机。由于发达国家的建筑能耗占其总能耗的 $1/3$,因此建筑用能的限制首当其冲。建筑节能(Energy saving)也从此提上各国政府和学者的议事日程。在资源紧缺的条件下,建筑节能的目标被锁定为节约用能、限制用能。美国由白宫带头,降低室内采暖设定温度。美国采暖制冷空调工程师学会(ASHRAE)标准也把办公楼空调新风量标准从 $25.5\text{m}^3/(\text{h}\cdot\text{人})$ 降低到 $8.5\text{m}^3/(\text{h}\cdot\text{人})$ 。同时建筑师加强了建筑物的气密性,门窗的渗透风量降低到每小时0.5次换气以下。舒服惯了的美国人不得不忍受寒冷和气闷。这种限制用能的建筑节能措施确实帮助美、日等发达国家渡过了危机,却也带来了此前闻所未闻的健康问题,引发了一系列现代建筑病。世界卫生组织(WHO)已经定义了其中三种病症,即病态建筑综合症(Sick Building Syndrome, SBS)、建筑物并发症(Building Related Illness, BRI)和多种化学物过敏症(Multi Chemical Sensitivity, MCS)。应该说室内空气品质(Indoor Air Quality, IAQ)问题的根源是现代建筑采用的一系列人工合成材料以及人员的高度密集,而限制用能的建筑节能措施特别是减少新风量则使IAQ问题凸显出来。

1984年,第一幢智能化大楼“都市大厦”City Place Building在美国康涅狄格州的哈特福德市(Hartford)建成。标志着以信息技术为代表的“第三次浪潮”波及传统的建筑领域。高新技术,尤其是电子、通信和自动化技术给有着“重厚长大”的骨骼和肌肉的传统建筑加上“聪明”的头脑和“灵敏”的神经系统。智能建筑的大量兴建,为第三产业的迅速发展和知识资本的迅速扩张创造了条件。为了保证智能生产和白领工人的高生产率,智能建筑中舒适、健康、安全的室内环境(软环境)占有与大楼自动化[又称建筑自动化或楼宇自动化(Building Automation, BA)、通信自动化(Communication Automation, CA)和办公自动化(Office Automation, OA),这3个自动化通常称为“3A”]等硬件环境同等重要的位置。人们更希望智能建筑是“健康建筑”。于是,换气量增加了,夏季室内设定温度降低了,冬季室内设定温度提高了。知识经济的高回报以建筑环境的高能耗为代价。这时的建筑节能目标就演变成为“能量守恒”(Energy Conservation),试图在建筑总能耗不增加的情况下满足需求。比如,加强建筑围护结构的保温隔热性能、减少负荷计算中的高估冒算、采用热回收设备等,将省下来的能量用来处理增加的新风量以改善室内空气品质。

进入20世纪90年代,全球温暖化问题成为世人瞩目的焦点。人们开始对自己为了追求舒适和效益而无节制地消耗地球资源和破坏地球环境的行为进行反思。保护地球资源和环境的可持续发展理论成为许多国家的基本国策,建筑节能上升到前所未有的地位。人们认识

到，仅有能量的“守恒”（conservation）是不够的，更要研究提高能量转换的效率，用最小代价和最小能耗来满足人们的合理需求，实现建筑合理用能（Energy Efficiency）。例如，随着人们对室内空气品质需求的关注，ASHRAE 标准 62—1989 将办公楼新风量提高到 $34\text{m}^3/(\text{h} \cdot \text{人})$ 。如果试图用较小的能耗量来满足建筑环境的舒适性要求，最有效的办法之一是提高能量转换效率，而不是去抑制需求，降低服务质量。

根据合理用能的思想，联合国环境计划署（UNEP）提出综合资源规划方法（Integrated Resource Planning, IRP）和需求侧管理技术（Demand Side Management, DSM），如图 1-1 所示。IRP 方法和 DSM 技术的核心，是改变过去单纯以增加资源供给来满足日益增长的需求，将提高需求侧能源利用率从而节约的资源统一作为一种替代资源。

在需求侧管理中有四个重要的思想：

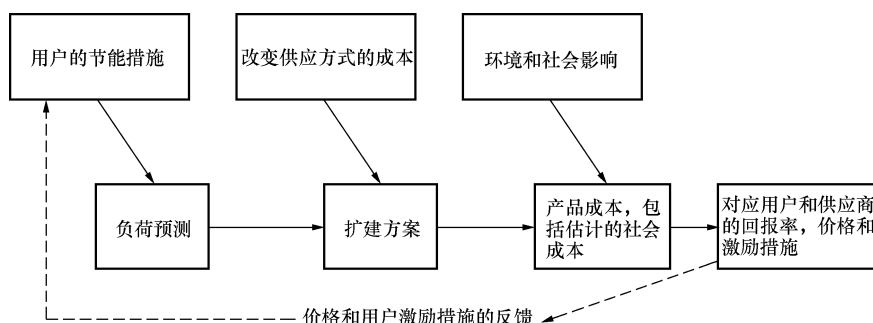


图 1-1 综合资源规划方法和需求侧管理技术示意图

（1）能源服务的思想。将建筑节能的目标设定为提高能源终端利用效率。因此，节能绝不是单从数量上限制用户，而是应向用户提供恰当的能源品种、合理的能源价格、高效的用能设备，以及节能技术、工艺和管理方式。按照传统思维模式，用能需求增加了便扩大能源生产，能源供应跟不上便限制用能。能源供应者和用户始终处于矛盾对立地位。而能源终端需求战略是“服务”的观念，它把节能也看成是一种服务。我国目前正在经历能源工业从垄断性行业向服务性行业转变的改革过程。

（2）系统优化的思想。节能不是“头痛医头，脚痛医脚”的权宜之计，应从能源政策、能源价格、供需平衡、成本费用、技术水平、环境影响等多方面进行投入产出分析，选择社会成本最低、能源效率较高、又能满足需求的节能方案。

（3）采用先进节能技术的思想。将有限的资金投入节能所产生的效益要远远高于投资能源生产的效益。实践表明，节能与生产等量的能源其投入之比为 $1:5 \sim 1:10$ 。因此，从最小社会成本的角度来看，采用经济上合理、技术上可行的节能技术提高终端能源利用效率是实现能源终端需求战略的关键所在。这一思想对像中国这样的发展中国家特别有意义。根据联合国的专家估计，发展中国家如果采用目前发达国家成熟的节能技术，或采用今后 10 年中商品化的节能技术，便可利用与目前等量的能源满足今后的需求，或者在人均能耗只增加 30% 的条件下，使生活水平达到西欧国家现在的标准。

（4）动态节能的思想。节能技术是有时效性的，随着技术进步、体制转换和社会发展，原来有效的节能技术可能会落后甚至被淘汰，因此要不断开发新的节能技术适应社会需求和形势发展。

1.2 可持续发展建筑概念

1.2.1 “可持续发展”的概念

一、“可持续发展”概念的提出

自20世纪70年代以来,面对着资源和环境这威胁人类发展的两大危机,特别是以全球气候变暖、臭氧层损耗和生物多样性消失等为代表的环境问题,使人们认识到一味地向大自然索取、只注重产出而无视代价的传统发展模式最终将会使人类走向毁灭,因此,必须寻求一条新的发展道路。

1972年6月,联合国人类环境会议在瑞典召开,会议通过了《联合国人类环境宣言》,倡导各国政府和人民为维护及改善人类环境、造福子孙后代而共同努力。联合国人类环境大会是一次具有跨时代意义的盛会,它标志着环境问题已经开始列入人类发展的议程。以此为开端,人类开始对实现资源、经济、社会、环境协调统一的新发展模式进行深入探索。

1980年,联合国向世界发出呼吁:“必须研究自然的、社会的、生态的、经济的以及利用自然资源过程中的基本关系,确保全球持续发展。”同年,由国际自然保护联盟(IUCN)牵头,联合国环境规划署(UNEP)和世界野生生物基金会(WWF)等国际组织共同参与的研究团体,发表了题为《世界自然保护大纲》的重要报告,该报告分析了保护和发展之间的关系,首次提及可持续发展一词,报告中将可持续发展理解为“为使发展得以继续,必须考虑社会和生态因素,考虑生物及非生物资源基础”。

1981年,美国世界观察研究所所长布朗《建设一个可持续发展的社会》一书出版,阐明了可持续发展的社会属性。

1983年12月,联合国成立了由挪威首相布伦特兰夫人(Gro Harlem Brundtland)领导的世界环境与发展委员会(WCED),该委员会于1987年向联合国大会提交报告——《我们共同的未来》,报告中提出了可持续发展的定义:“可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。”对此又做了进一步的解释,“可持续发展包括两个主要概念,一个是需求的概念,尤其是世界上贫穷人民的基本需要,应将此放在特别优先的地位来考虑;另一个是限制的概念,即技术状况和社会组织对环境满足当代和后代需要的能力是有限的。”同时,该报告以可持续发展为基本纲领,提出了一系列政策和建议,这是首次明确地提出可持续发展的概念,标志着可持续发展战略的初步形成。

1989年,联合国环境规划署通过了《关于可持续发展的声明》。该声明指出:“可持续发展,系指满足当前需要而又不削弱子孙后代满足其需要之能力的发展,而且绝不包含侵犯国家主权的含义。联合国环境规划署理事会认为,要达到可持续的发展,涉及国内合作和跨越国界的合作。可持续发展意味着走向国家和国际的公平,包括按照发展中国家的国家发展计划的轻重缓急及发展目的,向发展中国家提供援助。此外,可持续发展意味着要有一种支援性的国际经济环境,从而导致各国特别是发展中国家的持续经济增长与发展,这对于环境的良好管理也是具有很大的重要性的。可持续发展还意味着维护、合理使用并且提高自然资源基础,这种基础支撑着生态抗压力及经济的增长。再者,可持续的发展还意味着在发展计划和政策中纳入对环境的关注与考虑,而不代表在援助或发展资助方面的一种新形式的附

加条件。”标志着“可持续发展”概念正式提出。

1991年,国际自然保护联盟、联合国环境规划署和世界野生生物基金会又联合发表了一份重要报告——《保护地球——可持续生存战略》,该报告中提出应通过以下两个方面来改进人类状态:一方面保证人类社会广泛深入地信守可持续生存这种新的伦理观,并将这种伦理的原则付诸实施;另一方面是使“保护”与“发展”相结合,“保护”要求人类的行为不能超越地球本身所容许的范围,“发展”要使人类都能够享受到长期的、健康的和充实的生活。

1992年6月,在巴西里约热内卢召开的联合国环境与发展大会上,以“可持续发展”为指导方针,通过了《里约环境与发展宣言》、《21世纪议程》和《关于森林问题的原则声明》,签署了《联合国气候变化框架公约》和《生物多样性公约》。这次会议是人类发展历程中一个重要的里程碑,它正式确立了可持续发展作为人类社会共同发展战略和全球行动纲要的关键角色,并开始将可持续发展从理论引入实践,在各项活动中付诸实施。

2002年9月,在南非约翰内斯堡召开的可持续发展世界首脑会议上,通过了《可持续发展世界首脑会议实施计划》和《约翰内斯堡可持续发展宣言》,进一步重申了各国政府对可持续发展在思想和行动上所做的承诺,制定了一系列具体的环境和发展目标,明确了当前的共同责任是在地方、国家、区域和全球范围内促进和加强经济、社会和生态这三者可持续发展。

二、可持续发展的内涵

可持续发展是人类传统发展观念的一次重大转变。自正式提出可持续发展概念以来,国内外众多学者分别从各自所从事的学科角度出发,对其所包含的深刻内涵进行了概括和总结,据说有98种之多。

其中最一般意义上为世人所广泛接受和认同的是由挪威前首相布伦特兰夫人(Gro Harlem Brundtland)主持的联合国世界环境与发展委员会(WCED)提出的可持续发展的概念,即在联合国环境规划署第15届理事会通过的《关于可持续发展的声明》中所提出的“可持续发展”概念,江泽民主席将其概括为:“所谓可持续发展,就是既要考虑当前发展的需要,又要考虑未来发展的需要,不要以牺牲后代人的利益为代价来满足当代人的利益。”

一种观点认为,可持续发展包括三方面的含义:人类与自然界的共同进化思想;当代与后代兼顾的伦理思想;效率与公平目标兼容的思想。

还有观点认为,可持续发展的内涵体现为:可持续发展不否定经济增长,尤其是穷国的经济增长,但需要重新审视如何推动和实现经济增长;可持续发展以自然资源为基础,同环境承载力相协调;可持续发展以提高生活质量为目标,同社会进步相适应;可持续发展承认并要求在产品和服务的价格中体现出自然资源的价值;可持续发展的实施以适宜的政策和法律体系为条件,强调综合决策和公众参与。

有的学者认为,可持续发展的要点在于:发展的内涵既包括经济发展,也包括社会的发展和保持、建设良好的生态环境;自然资源的永续利用是保障社会经济可持续发展的物质基础;自然生态环境是人类生存和社会经济发展的物质基础;控制人口增长与消除贫困,是与保护生态环境密切相关的重大问题。

还有的学者认为,对可持续发展的认识和理解应强调以下方面:可持续发展的核心是发

展,发展包括经济发展、社会发展和保持建设良好的生态环境;可持续发展的重要标志是资源的永续利用和良好的生态环境;可持续发展要求既考虑当前发展的需要,又考虑未来发展的需要,不以牺牲后代人的利益为代价来满足当代人的利益;实现可持续发展战略的关键在于综合决策机制和管理机制的改善;实施可持续发展战略的最浓厚根源在于民众之中。

三、可持续发展的原则

可持续发展是从环境保护和资源持续利用的角度提出的关于人类长期发展的战略,它特别强调环境和资源的承载能力及其对经济和社会发展的重要性,实现可持续发展的过程即是依靠科技进步、节约资源与能源、减少污染排放、采取清洁生产和绿色消费,由资源型发展模式转变成技术型发展模式的过程。可持续发展体现了以下几个原则:

(1) 发展性原则。实现人类社会的发展才是最终目的,可持续发展强调维持新的平衡,谋求经济、社会与生态系统的协调发展。正如在《我们共同的未来》中明确指出的:“为了公平地满足今世后代在发展与环境方面的需求,寻求发展的权力必须实现。”这里的发展主要包括转变经济增长方式、减少贫穷、改善工业技术、提高资源利用效率、降低环境污染和改善生活质量等。

(2) 公平性原则。可持续发展强调机会选择的平等,要求实现社会公平,这包括当代人之间的代内公平、当代人与后代人之间的代际公平和资源在人们之间的分配公平。代内公平指要满足全体人民的基本需求和给全体人民机会以满足他们要求较好生活的愿望。当今世界是一个贫富悬殊、两极分化的世界,若想实现可持续发展,其首要任务就是消除贫困。代际公平指当代人不应为自己的发展和需求而损害世世代代满足需求的条件——自然资源与环境,人类赖以生存的自然资源是有限的,当代人必须给子孙后代留以公平利用自然资源的权利。资源分配公平指有限的自然资源应在不同国家和不同人群中公平分配和利用,占世界人口较少部分的发达国家消耗了世界绝大多数的资源,发达国家的发展以掠夺发展中国家的有限资源为代价,这是不公平的,人类均具有平等利用资源和环境的权力。

(3) 可持续性原则。发展要以资源和环境的承载能力为极限,若只顾发展而忽略了资源和环境的可持续性,则长远发展必将丧失牢固的根基,因此,需转变不可持续的生产和消费模式,保持自然资源的持续利用和生态环境的持续改善。人类应根据生态系统的承载能力,调控自身的行为,确定合适的生活方式和消费标准,合理开发利用自然资源,使资源和环境能够被人类持续享用。

(4) 整体性原则。可持续发展包括经济可持续发展、社会可持续发展和生态可持续发展。经济可持续发展是指在不损害生态环境和自然资源质量水平的前提下,实现经济的增长和发展;社会可持续发展是指发展应以提高生活质量为目标,满足人类不断增长的物质需求和精神需求,同时要兼顾公平和效率;生态可持续发展是指经济和社会的发展要以节约利用资源和保护生态环境为基础,不能以破坏生态环境为代价,生态可持续发展又可分为资源可持续利用和环境可持续发展。可持续发展主张必须维护经济、社会和生态的整体协调统一,不能只注重某一方面而忽视其他方面,这样才能确保经济、社会和生态不断地持续向前发展。

(5) 共同性原则。由于世界各国历史文化、自然条件和发展水平各异,在制定可持续发展战略时所考虑的各因素的重要性必有所不同,可持续发展的目标、模式和途径也不可能是唯一的,但是,作为全球发展的总目标,可持续发展所体现的基本原则是共同的。同时,由