

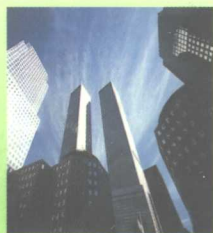
中国建筑工业出版社



绿色建筑技术手册

设计 · 建造 · 运行

SUSTAINABLE BUILDING TECHNICAL MANUAL
GREEN BUILDING DESIGN, CONSTRUCTION, AND OPERATIONS



[美] Public Technology Inc. US Green Building Council
王长庆 龙惟定 杜鹏飞 黄治锺 潘毅群 译
龙惟定 审校

71-05

2000202

SUSTAINABLE BUILDING TECHNICAL MANUAL
GREEN BUILDING DESIGN, CONSTRUCTION, AND
OPERATIONS

绿色建筑技术手册

设计·建造·运行

[美] Public Technology Inc. US Green Building Council

王长庆 龙惟定 杜鹏飞 黄治鍾 潘毅群 译
龙惟定 审校

中国建筑工业出版社

(京)新登字 035 号

图字: 01—1999—0855 号

图书在版编目(CIP)数据

绿色建筑技术手册: 设计·建造·运行/美国公共工程技术公司, 美国绿色建筑协会编著; 王长庆等译.-北京: 中国建筑工业出版社, 1999

ISBN 7-112-03865-0

I. 绿… I. ①美… ②美… ③王… III. 建筑工程-无污染技术-手册 IV. TU-05

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (1999) 第 05440 号

Copyright © 1996 by Public Technology, Inc.

本书由美国公共技术公司授权我社在中国翻译出版

责任编辑: 何苗

绿色建筑技术手册

设计·建造·运行

[美] Public Technology Inc.

US Green Building Council

王长庆 龙惟定 杜鹏飞 黄治鍾 潘毅群 译

龙惟定 审校

*

中国建筑工业出版社 出版、发行 (北京西郊百万庄)

新华书店经销

中国建筑工业出版社印刷厂印刷

*

开本: 787×1092 毫米 1/16 印张: 15 1/4 字数: 382 千字

1999 年 6 月第一版 1999 年 6 月第一次印刷

定价: 39.00 元

ISBN 7-112-03865-0

TU · 3003 (9177)

版权所有 翻印必究

如有印装质量问题, 可寄本社退换

(邮政编码 100037)

为了满足人们对绿色建筑设计和建设信息的需要，由美国能源部、美国环境保护署提供赞助并组织专家编写了本手册，本手册具体由美国绿色建筑委员会和公共技术公司的专家撰写。是美国目前有关绿色建筑方面最新最权威的著作，本书的几位主要作者均为建筑界和环境保护界的权威专家。

《绿色建筑技术手册》是一本关于可持续建筑的综合性手册。其编写目的是为新建筑、旧建筑的改造等提供清晰易行的指导和有用的实例。该手册综合分析了大量的有关绿色建筑的信息，并提供给作者详细的资料来源。内容涵盖了绿色建筑的各个方面，包括绿色建筑设计、建造、运行维护，并对绿色建筑的发展未来进行了展望。该手册适用于建筑师、规划师、园林设计师、室内设计师、工程师、合同人、房地产管理人员、建筑业主和发展商、厂家、设备公司和官员使用。

序

由美国科学家戈特弗里德主编的《绿色建筑技术手册》是一本很好的书，这本书用手册的方式论述了当代社会最重要的一个论题：绿色建筑。手册全面涉及建筑的全过程，包括规划、设计、建造与运行，具有实践性及操作性。这对于当前我国的建筑可持续发展无疑可以起到参考与启示作用，帮助我们弄清楚什么是绿色建筑，建筑与环境保护的问题。

自从1968年4月罗马俱乐部关于人类困境的报告《增长的极限》发表以来，人们日益关注环境和生态问题，认识到环境问题已经关系到人类的生存大计。随后在1984年，联合国大会成立了世界环境与发展委员会，负责制订“全球的变革日程”长期环境对策。在这以后，又有一系列的事件发生，都涉及到人口、资源、环境和发展之间的相互关系，以确立世界发展的理想目标。1992年6月的联合国里约热内卢环境与发展大会，又提出了可持续发展的问题，期望世界各国在全球范围内共同合作，切实有效地解决环境与发展问题，以创造我们共同的未来。

迄今为止，关注环境与生态问题的主要是政治家、社会学家和科学家，建筑师和工程技术人员仍然在观望，虽然已经提出了绿色建筑、生态建筑问题，并且在1993年的斯图加特生态建筑展览会上提出了绿色建筑的各种设想和模型，但应当说仍然处于试验阶段。

我国正处于经济建设的高速增长时期，环境污染和生态破坏正引起越来越多的担忧，作为大量消耗能源和资源的建筑业如何承担起可持续发展的社会责任已经提到议事日程上。龙惟定教授等几位教师花了半年的时间将这本书介绍到中国来，可以说是对我国在绿色建筑研究领域的一项重要贡献。

作为一本手册，论述的问题当然会比较广泛，较多涉及技术性和操作性，而较少地进行理论阐释，同时，也与国情密切相关。这也就是说，本书的运用必然要考虑到现实环境 and 经济条件等社会问题。但是，本书的参考意义和实践指导是决不能忽视的。

郑时龄

1999年2月

译者的话

从 20 世纪 90 年代开始,“可持续发展”成为世界上许多国家的发展战略。一时间,“绿色”成为许多节能、环保产品和理念的标志。一些国家建起了绿色建筑的样板房。

回顾人类建筑史,大体上经历了四个阶段:最初,人类建筑只是遮风避雨、抵御恶劣自然环境的掩蔽所;工业革命之后,人们开始追求舒适的室内环境,享受工业革命的成果。钢材、混凝土的使用使建筑更坚固,玻璃和电灯的使用解决了御寒与照明的矛盾,采暖通风和空调使室内气候四季如春,大量人造的和合成的材料用于室内装修。这种舒适建筑随着科学技术的发展越来越“精致”。当然,建筑能耗和对环境的破坏也越来越大,而人也变得越来越“娇贵”。舒适建筑带来了空调病、建筑病综合症、大楼并发症等“富贵病”乃至军团病等致命的病症;自本世纪 70 年代开始,室内空气品质的问题突显出来。人们开始加大空调新风供应,减少有害化学品的使用,试图营造一种健康建筑。但要保护居住者的健康,似乎必然要付出增加能耗和资源消耗的代价;进入 90 年代,随着地球温暖化和全球气候变化的趋势日益严重,人们开始反思,为什么人类掩蔽所变成了人类与自然界之间的壁垒?为什么为了营建“百年大计”的建筑物却要招致自然界千年不遇的灾害的惩罚?为什么人类为了“这一代”的舒适和健康却要將自然界的疮痍留给后代?于是,绿色建筑的概念开始被越来越多的人所接受。的确,随着技术和经济的发展,人们对建筑的需求标准也越来越高。能不能用大自然赐予人类的天然能源、用可再生的资源、用尽可能少的消耗来满足这些需求?能不能使我们重新回归自然、重新亲和自然而不是试图征服自然、“战胜”自然。这些,正是当今国际建筑界在实施绿色建筑概念时要从理论到实践解决的问题。

在美国能源部和环境保护署的支持下,美国的一批绿色建筑专家撰写了这本《绿色建筑技术手册》。这是一本很有特色的手册。首先,它涵盖了建筑、规划、园林、暖通空调、给水排水、建筑经济、物业设施管理、建筑电气等多门学科;其次,它包容了规划、设计、施工和运行管理等建筑物寿命周期的全过程。在体例上,它也跳出传统手册的框框,不是告诉你简单的答案、结论和公式图表,而是告诉你思路、信息来源和可资借鉴的实例。按照知识经济的概念,这是最高层次的获取知识的方式,即“know whom”——发现问题知道找什么资料,知道向谁请教。因此,从某种意义上说,《绿色建筑技术手册》本身便体现了知识经济时代的特征。

中国在本世纪最后二十年中,取得了举世瞩目的经济腾飞。人均居住面积达到 10m^2 已经指日可待。在某些经济发达的城市和乡镇,正在经历从“掩蔽所”到舒适建筑的过渡,而一些高楼大厦则已经达到世界一流水准。我们的一位同事在赴欧美、日本考察智能建筑回来后颇为感慨地说,看来世界上最先进的智能化大楼是在中国。但我们在成功地解决居民住房和迅速地改变城市面貌的同时也带来了能耗剧增、耕地锐减、污染加重和资源破坏的后果。实现建筑的可持续发展的课题已经严峻地摆在我们面前。不是有很多房地产发展商总在追求其建筑“面向 21 世纪”、“几十年不落后”吗?《绿色建筑技术手册》清晰地告诉

人们，绿色建筑就是 21 世纪的建筑，就是几十年不落后的建筑。

建议房地产发展商、设计师、施工项目经理、物业管理人员以及大专院校土建类专业的研究生和本专科生都来读一读这本《绿色建筑技术手册》，相信他们都能从中获益。中国是最大的发展中国家，我们能不能不走美国等发达国家的老路，直接跨入绿色建筑的阶段呢？

译者们都是在高校中从事教学科研的教师。从 Internet 网上发现了这本《绿色建筑技术手册》。中国建筑工业出版社以敏锐的眼光发现了这本书的实用价值，决定以最快速度将这本书奉献给读者。承蒙美国 PTI 公司的允许，译者们利用暑假，顶着几十年不遇的高温酷暑，在两个月时间里完成全书的翻译工作。时逢长江、松花江和嫩江洪水肆虐，在全国军民抗洪救灾的紧张气氛中，我们更痛切地感到在中国实施可持续发展战略的紧迫性，也更深切地体会到我们的翻译工作的意义。

完成本书翻译工作的有（以姓氏笔画为序）：王长庆博士（绪论、第六部分）；龙惟定（第一部分）；杜鹏飞博士（第二部分、第三部分、附录）；黄治鍾（第五部分、第七部分）；潘毅群博士（第四部分）。全书由龙惟定担任审校和统稿。除杜鹏飞博士是清华大学建筑学院的博士后外，其余译者都是同济大学高等技术学院的教师。

由于时间仓促，加之《绿色建筑技术手册》覆盖的专业面很广，因此，本书一定存在许多疏漏和不足，敬请读者指正。

谨以此书向 1999 年在北京举行的世界建筑师大会献礼。

龙惟定

1998 年 12 月

目 录

绪论	1
第一部分 经济与环境	5
第1章 绿色建筑经济学	6
第2章 选择环境和经济平衡的建筑材料	15
第二部分 预设计问题	20
第3章 预设计	21
第4章 地方政府信息：预设计问题	27
第三部分 场地问题	29
第5章 可持续的场地设计	30
第6章 水问题	39
第7章 场地材料和设备	51
第8章 地方政府信息：场地问题	63
第四部分 建筑设计	70
A篇 被动太阳辐射设计	71
第9章 昼光照明	74
第10章 建筑围护结构	84
第11章 可再生能源	89
B篇 建筑系统与室内环境品质	100
第12章 暖通空调、电气和管道系统	101
第13章 室内空气品质	116
第14章 声环境	128
第15章 建筑调试	133
C篇 材料和说明书	139
第16章 材料	146
第17章 说明书	161
D篇 地方政府	163
第18章 地方政府信息：建筑设计	164
第五部分 建造过程	169
第19章 环境建造准则	170
第20章 地方政府信息：建造过程	178
第六部分 运行与维护	181
第21章 建筑运行和维护	182
第22章 清洁和管理措施	193
第23章 地方政府信息：运行与维护	200
第七部分 问题与趋势	202

第 24 章 地方政府融资	203
第 25 章 绿色建筑的未来	208
附录 1 地方政府的信息来源	208
附录 2 词汇表	213
附录 3 缩写词	236
附录 4 特约作者	237
附录 5 咨询委员会	241
附录 6 评论者	243

绪 论

作者：大卫·A·格特福里德 (David A. Gottfried)

一、引言

自工业革命以来，世界上已经取得了无数的技术成就，人口在增长，相应使用的资源也在不断增长。当我们即将进入一个新世纪时，我们充分认识到人类活动的“副作用”：环境污染、土地减少、有毒废物排放、地球温暖化、资源减少、臭氧层的衰减、森林减少。这些使地球的“可容纳能力”（即为生命的生存与繁衍提供资源的能力）极限受到限制。

当世界人口继续膨胀时，在所有人类活动的领域内采取节约资源的措施是非常必要的。建筑环境是人类活动对资源影响的一个非常明显的例子。建筑对环境有重要的影响，世界1/6的净水供应给建筑，建筑消耗1/4的木材，消耗了2/5的材料与能量。同时建筑结构也影响较大的范围，影响水域、空气质量以及社会群体的结构^{〔1〕}。

在美国，建筑占50%以上的国家财富。在1993年，新建筑与改造费用约8000亿美元，占国内生产总值（GDP）的13%，雇佣了1000万人员^{〔2〕}。建造、运行以及补充这一水平的基础设施所需要的资源和收入都很大，但现在正在逐渐减少。为了保持竞争性，以便在将来能继续发展，并获得可观的效益，建筑业已深刻意识到要重视环境与经济效益的结合。

这样的认识正引导建筑业与业主改变结构设计、建造和运行的方式。在各种公共与私人团体的倡导下，建筑业正形成新的价值观念：环境性能。

建筑业日益增加的可持续观念是基于资源有效利用、健康和生产率的原则。这些原则的实现涉及综合的和多学科的方法，其中之一是将一个建筑项目及其各个部分看成是一个完整的寿命周期。这种“发源地—发源地”的方法称之为“绿色”或“可持续”建筑，它从原材料的使用、产品的制造到产品运输、建筑设计、建造、运行与维护，以及建筑的再使用或报废的全过程均考虑其经济性、对环境影响和性能。最终，通过对可持续建筑的实践使建筑业完全过渡到使可持续性充分体现在其工程实践、产品、标准、法规和条例之中的产业。

人们对理解可持续建筑的规定和确定有效的可持续工程实践可能会产生疑问。尽管这些信息是现成的，地方政府和私营企业并不具备将可持续工程实践的信息综合起来的科研资源和科研能力。

《绿色建筑技术手册》正好用来填补这个空白。在手册中，著名私人实践者和政府专家从他们自身的经历与经验出发，将分散的许多有关绿色建筑的信息进行选择、归纳和优化组合。手册编写的主要目的是为公共和私人建筑专家在建筑项目的整个循环（即从规划到建筑设计、建造和运行的过程中）提供有关的建议。

我们希望读者在组织和建造绿色建筑的过程中能发现这本技术手册是一本非常有用

〔1〕 David Rodman and Nicolas Lenssen, "A Building Revolution: How Ecology and Health Concerns Are Transforming Construction," *Worldwatch Paper* 124 (Washington, D. C., March 1996) .

〔2〕 National Science and Technology Council, Subcommittee on Construction and Buildings, *Preliminary Report* (Washington, D. C., 1993) .

的、重要的参考资料，因为要逐步认识到地球有限的可容纳量而且自然资源在逐步减少是非常重要的。

二、地方政府的角色

地方政府拥有大量的建筑和设施，包括行政办公大楼、公园设施、诊所和医院、消防站和警察署、会议中心、废水处理厂以及机场。

地方政府可以采取各种行政的、法规的和财政的手段来帮助它以可持续的方式建造和经营这些建筑资源。地方政府可以制定关于市政动迁、合同管理、建筑性能以及规范社会标准的建筑法规的政策；颁布旨在使人们关注可持续发展的决议、教育培训计划和条例；建立社区理事会和委员会研究当地的可持续发展问题；并为可持续发展提供经济激励。

最终，许多地方政府有经验和能力来制订样板工程计划并建造样板建筑，以便为其资源有效利用计划提供示范，并支持在当地各处的绿色建筑计划。绿色建筑计划是帮助地方有关人员（政策制定者、商人、市民、财务人员、住宅业主和大楼业主）理解在当地社区采用可持续原则的经济和环境常识的第一步。

在美国，许多绿色建筑的创意首先是在地方一级发展起来的。

德克萨斯州的奥斯汀市一直在这个领域内起着模范带头作用。在过去的十多年内，为在居住区内开展绿色计划，奥斯汀市制定了它的绿色建造计划。最近，它通过了一项在住宅、市政和商业建筑领域鼓励保护环境的决议。奥斯汀市的最终目标是成为一个模范的可持续发展城市。

俄勒冈州的波特兰市通过了一项议案，要求将建筑废弃物再循环使用，并制定了一整套全市可持续发展的原则。佛罗里达州的梅特罗达得县正与人类生存环境组织及其它合作伙伴一起规划与发展节能和环保型的低成本住宅。一些地方，如加利福尼亚州的旧金山，华盛顿州的西雅图，加利福尼亚的圣迭戈，明尼苏达州的汉涅平县以及纽约州的纽约市正在制定本地政府和私人建筑物的绿色建筑条例，或正在开展与绿色建筑条例相适应的示范项目。

有些地方也许从总的生活质量方面强调可持续性，如：佛罗里达州的 Jacksonville。Jacksonville 在 1985 年就制定了质量跟踪标识，对政府及市民制定了目标，每年对教育、经济、公共安全、健康、自然环境、社会环境、政府、娱乐与活动方面取得的进步做出报告。其它地方，如：田纳西州的 Chattanooga 强调在重新设计他们的城市时要注意对环境的损害。在 Chattanooga，2600 多个市民参加修订 2000 年规划的过程，以便强调改善环境的目标，并对将来城市发展提供建议。一些城市努力成为模范的可持续发展城市，包括发展绿色通道与生态公园网络、翻新与建造新的公共设施使它成为绿色建筑的典范，并且建议在扩大贸易中心时要包含有各种绿色技术。

发展绿色建筑以及进行可持续发展的活动为地方政府和这些地方提供了许多机会。地方政府成功的关键是首先保持可持续性，在这些领域内开始工作最有可能成功，如：绿色建筑项目。几个可能作为开始的措施如下：

1. 检查地方政府为绿色建筑制定的措施、政策及实施的步骤。
2. 发展示范绿色建筑项目或进行地方可持续建筑设计竞赛。
3. 要求政府的建筑项目使用新能源与能源效率系统、制定室内空气品质的条例及废弃物和水有效利用的措施。
4. 借鉴和参考其它城市的绿色建筑项目、计划和标准。

5. 在地方上组成一个综合队伍来讨论发展绿色建筑计划的可能性。

6. 制定绿色建筑奖励计划；与地方公用事业部门、地方设计部门、工程单位和物业管理协会一起发展资助计划。

7. 编撰与出版地方绿色建筑资料。

8. 举办有关绿色建筑的会议或系列讲座。

9. 在现有的图书馆或市政府办公室内建立绿色建筑资料图书馆。

10. 建立绿色建筑计算机公告或网站。

11. 出版地方绿色建筑项目或发展绿色建筑的研究情况报告。

本手册的编写为满足建筑业理解可持续建筑实践的需要。目的是为新建造、装修与运行建筑提供清晰、易使用的条例及有益的实践。手册综合了大量的有关绿色建筑的信息，并引导读者从将来的展望与参考文献中获得更多、更详细的资料。

手册集中讨论公共与私人的商业建筑。手册可以为景观设计师、规划师、建筑师、室内设计师、工程师、建造者、物业管理者、建筑业主与发展商、产品的制造商、公用事业公司、建筑租赁者、维护人员以及制定法规的官员等建筑专家提供有益的帮助。

三、手册的组织安排

本手册由 7 个部分构成。第一部分讨论了可持续建筑的经济与环境意义。第二至第六部分阐述了一个建筑项目的一系列设计、建造与运行过程情况。第七部分讨论了可持续建筑的金融问题，为地方政府提供的机遇以及将来绿色建筑的发展趋势。

1. 绪论

这部分包括主编 David Gottfried 写的绪论。它主要讨论了地方政府在推进绿色建筑实践中所起的作用，并介绍手册的总体。

2. 第一部分：经济与环境

第一部分概括了绿色建筑财政方面的好处以及详细的环境情况。它集中讨论能源与水的利用效率、废弃物的减少、建造的费用、建筑的维护与管理的节约、保险与可靠性、雇员的健康与生产能力以及建筑的价值。它也讨论了绿色建筑刺激地方经济发展的潜力，给出了估算建筑寿命周期的方法及其在绿色建筑中的应用。

3. 第二部分：预设计

这部分讨论了环境的预设计，如：设计队伍的选择、环境条例和“整体建筑”设计的分解，这是创造和实现成功绿色建筑项目的首要步骤。

4. 第三部分：规划

这部分为可持续规划设计、水的利用以及材料的利用提供了详细的资料。讨论了估算和建筑地点的选择，以及规划中要考虑保护自然植物、山与水域，并考虑使用绿色建筑材料的情况。

5. 第四部分：建筑设计

建筑设计分成 3 部分，包括：被动式太阳能设计方面、建筑系统、室内环境品质、建筑建造、建筑材料及说明。

6. 第五部分：建造过程

这部分概括了保护环境的建造方法，并讨论了现场管理、室内空气品质以及与建造过程有关的资源利用效率。

7. 第六部分：运行与维护

这部分讨论了保护环境的运行与维护，它包括室内环境品质、能源效率、资源效率和更新。也讨论了如何使日常维护和管理按最高的环保标准进行。

8. 第七部分：有关问题与发展趋势

这部分讨论了地方政府寻求发展绿色建筑的财务选择与费用问题。提出了有关绿色建筑的问题，如：建筑标准、计费系统和产品的证书以及绿色贸易趋势，如：建造情况和“环保”产品。

9. 附录

附录列出了有关地方政府的资料、术语汇编、首字母缩略词、手册中使用的缩写、手册作者使用的参考资料。也介绍了公共与私人专家的 PTI (Public Technology Inc.) 顾问委员会、其它参与者、美国绿色建筑委员会与美国建筑协会的成员以及来自美国能源部与美国环保署的代表。

四、手册章节的格式

手册中讨论绿色建筑实践的第二至第六部分是根据建筑设计、建造与运行的传统习惯而组织安排的。第一部分章节重点讨论有关可持续发展和绿色实践的问题。第二至第六部分的一些章节也包括地方政府的资料，它们提供了地方政府的远景规划，给出了实例，列出了地方上的选择。读者也可以选择其它的关于地方绿色建筑专家、产品或条例的信息和资料加入到地方政府的章节中去。

这些章节的大部分是按以下标准格式组织安排的：

1. 意义

这部分概要叙述与本章所讨论问题有关的可持续性发展问题。并为此提供了背景资料。

2. 建议措施与检查项目

这部分提出的建议行动与环境保护的措施，设计与建造专家可直接将其用到他们的项目中去，并对检查项目中提出的措施进行了简短的讨论。

3. 参考资料

每章列出的参考资料可引导读者去获得更多的有关信息。这些列出来的资料并不是全部的，而是希望以此为起点。

4. 注

每章结尾的“注”是文章中引用过资料的标注。

五、章节的表述与方法

成功的可持续设计要求采用综合的方法。绿色建筑系统与运行实践取决于规划、进入的阳光与穿过的光线、建筑设计以及产品的说明。绿色建筑必须将所有这些因素考虑到“整体建筑”中去。这种方法并不是线性的，而是循环的、多维的。

由于不同设计过程的复杂性与相互间的关联性，有些内容会交替出现在不同的章节中，然而，每一章有它自己的立场。因此，在给定章节中的一些材料也可能在其它地方得到反映，例如，在“采暖、通风和空调 (HVAC) 系统设计”章节讨论的问题可能在某种程度上出现在“运行与维护”的章节中。这样做的目的是为了来自不同领域（设计、工程、产品与运行）的专家能独立使用本手册的相关内容。更进一步，我们以笔记簿的格式出版本手册，以便让几个实践者同时使用，并将有关的信息及时加入进去。

第一部分 经济与环境

引言

可持续发展是在保护环境质量和对未来生活和发展所必需的自然资源基础的同时,满足人类对自然资源、工业产品、能源、食物、交通、住房和废弃物有效管理方面的日益增长的需求的一种挑战。这一概念认为,我们必须保护地球大自然物理、化学和生物系统,否则就不可能满足人类长期的需求^{〔1〕}。

将可持续发展理论应用于设计、施工和运行管理,可以增强美国以及全世界的社会经济实力和环境健康。国际建筑师协会(UIA)和美国建筑师学会(AIA)召开的世界建筑师大会在其1993年的关系宣言中确认,建筑和建筑环境在人类对自然环境和生活质量的影响中扮演了重要角色。如果将可持续设计的原则结合到建筑项目之中,所得到的效益包括资源和能源的有效利用、有益健康的建筑物和建筑材料、对生态和社会敏感的土地利用、有效的交通,以及增强了的地方经济和社会。

在美国,政府机关和建筑企业由国家科学和技术委员会的领导下,正在改进建设工程的运作方式。这些国家建设目标有望为国家在经济繁荣和公众幸福两方面都取得巨大的收益。围绕可持续性理论,这些目标主要是降低能量、运行和维护的费用;减少大楼并发症的发生;提高建筑物用户的生产率和舒适程度;减少废弃物和污染;延长建筑物及其组成的使用寿命并增强灵活性^{〔2〕}。

地方当局、公共社团和私人企业的领导人已经意识到绿色建筑的经济效益和环境效益,正在制定政策,制订建筑指南,制造产品和系统,以便达到可持续发展的目标。

本章考证了绿色建筑的经济效益和环境影响,并归纳了(建筑专业人员可以用来理解超前的设计方案)对物业全寿命周期中环境和经济的影响的寿命周期评价方法。

〔1〕 Sustainable development definition from the Civil Engineering Research Foundation, Washington, D. C.

〔2〕 National Science and Technology Council, Committee on Civilian Industrial Technology, Subcommittee on Construction and Building, *Construction and building: Federal Research and Development in Support of the U. S. Construction Industry* (Washington, D. C.: National Science and Technology Council, 1995) .

第 1 章 绿色建筑经济学

作者：大卫·A·格特福里德 (David A. Gottfried)

很少有人意识到，建筑业，包括新建筑和建筑物的重修，形成国家最大的生产能力^[1]。这一行业 70% 以上的工作是面向住宅、商业、工业和学术建筑的，剩下的 30% 是公共设施。建筑业为经济贡献了 8000 亿美元，或国民总产值 (GDP) 的 13%，并提供了将近 1000 万个专业的和贸易的就业机会。全国 50% 以上的可再生产的财富是投入到建设设施之中^[2]。由于建筑业对国民经济的显著影响，因此即使是在建筑施工和运行中对提高资源利用率做少量改变，也会对经济繁荣和环境改善起到重要的作用。

有几部分人，包括业主、租户和公众，承担了建设费用。主要的直接费用花在建筑施工、修缮、运行和与建筑相关的基础设施上。间接费用花费在与建筑相关的使用者的健康和生产率问题，还有诸如空气和水污染、废弃物产生和生态环境破坏等外部费用。

一座建筑物的“寿命”跨越它的规划、设计、施工和运行，以及它最终的再利用或拆除。通常，负责设计、施工以及对建筑作初投资的单位，与建筑运行管理和承担其运行费用、支付雇员工资和利息的单位是不同的。然而，在建筑设计施工的最初阶段所作的决策会显著影响以后各阶段的费用和效率。

观察一个 30 年的周期，建筑的初投资大约只占总费用的 2%，而运行和维护费占 6%，人头费占了 92%^[3]。最近的研究表明，在施工或修缮时采取的绿色建筑措施能显著地节省建筑运行费，同时提高员工的劳动生产率。由此，如果从整个建筑寿命来分析，就能最好地揭示和理解与建筑相关的费用。

寿命周期成本分析（一种越来越多地被采用的计算某一资产在整个“有用的”或预期的寿命期间成本的分析方法）揭示了尽管在建筑初始阶段投资比较容易，但较低的前期投入，会引起在建筑物或系统整个寿命期间高得多的成本。例如，选择初投资最低的空调系统，如果把该系统在整个使用年限里的运行能耗成本作为一个因素加以分析，会被证明是一个不明智的寿命周期决策。

因为地方政府往往拥有并管理其建筑物，它们就处在一个很有利的地位，能够通过综合采取绿色建筑措施，使建筑物在所有与建筑相关的领域中的环境和经济效益达到最大。但是在目前，除了节能系统外，绿色建筑措施还没有被广泛地采纳。某些节能措施已经家喻户晓，因为它们的经济效益相对比较容易计算，而且公用事业部门为了鼓励这些措施的实现提供了财务资助和折扣。

接受其它绿色措施的障碍主要来自公众的模糊认识，例如采取了这些措施以后会出现什么情况，如何选择高环保性能的产品，以及总体的和随之而来的经济效益怎样等。一直有一种认为绿色建筑措施成本更高的感觉，却忽视许多低成本的实例。即使是简单地改变一下设计，少许增加一点前期费用，利用天然采光和自然界的冷热源采暖和供冷，通常也会招致误解而不被采用。当前，能够为建筑业提供先进的示范性绿色建筑项目是太少了。然

而，房产主和租户通常能够理解改善建筑环境与提高建筑物的经济性和价值，以及提高用户的生产率之间的联系。

本节回顾了绿色建筑措施所带来的经济上的机遇以及降低建筑项目的风险。其范围包括节能、节水、减少废弃物、施工、建筑运行与维护、保险和索赔、用户的健康和生产率、建筑价值以及各地经济发展的机会。

一、节能

建筑物中大约 50% 的能耗用于通过采暖、供冷、通风和照明来创造一个人工的室内气候^[4]。一幢典型建筑的能耗费差不多占了该建筑物总运营费用的 25%。估算表明，在美国的建筑中，应用现有技术的气候敏感设计可以削减采暖和供冷能耗的 60% 以及照明能量需求的 50% 以上^[5]。

对节能措施的投资回报高于通常的甚至是高收益投资的回报率。美国环保署 (EPA) 的绿色照明计划的参加者们已经享受到照明改造超过 30% 的年回报率。当参加者们完成所有与该计划有关的改进之后，绿色照明可以节省 6500 万 kW 以上的电力，每年减少全国电力开支达 160 亿美元^[6]。

如果美国继续将它所有已建建筑物改造成节能建筑，并对新建筑要求高能效的建筑规范进一步升级，就能够大大地减少对能源的需求。而这一减少理所当然地将减少空气污染、对地球温暖化的影响和对矿物燃料的依赖。

节能改造

圣迭戈，加利福尼亚

在 1995 年圣迭戈市环境服务处的建筑改造项目中，提出了一个在四年内得到投资回报的扩大的节能改造计划。当地的公用事业部门（圣迭戈燃气和电力公司），提出了负担大部分节能改造前期费用的激励措施，从而可以得到甚至更短的投资回报期。

由于采用高效的机械系统、照明、家电以及计算机控制措施，建筑物可以节省的能量比加利福尼亚第 24 号节能规范中的要求还要多大约 60%。对于一幢 73000 平方英尺的建筑，全年节约的能源费大约是 66000 美元——与一幢类似建筑的典型能源费相比，每平方英尺节省 0.90 美元。用 DOE-2 能量模拟软件规划该建筑总的电耗量为每平方英尺 8.4 kWh，使该项目处于该市所有建筑能源消费者中最低的 5% 之列。

二、节水

水的节约和有效利用计划已经开始促使建筑物中用水量的减少。节水型的洁具和装置、用水习惯的改变，以及灌溉方法的改变可以减少消耗量 30% 以上^[7]。对这些节水措施的投资可以在一至三年内回收。某些自来水公司还给予节水装置的折扣和其它激励政策，还有免费的用水量计量，这些可以得到更高的回报。

如图 1-1 所示，对于一幢典型的 10 万平方英尺的办公楼，通过安装节水装置减少用水量的 30%，全年可节约 4393 美元。安装节水 and 有效用水装置的投资回收期为 2.5 年。除了提供 40% 的投资回报率之外，这些装置每年还可节水 975000 加仑。

水的有效利用

在一幢典型的 10 万平方英尺的办公楼中

用水量:

大楼使用者人数	650 人
每人每天用水量 (加仑)	20
全年总用水量 (加仑)	3250000
全年总用水量 (100 立方英尺 *)	4, 345

水费:

每百立方英尺水费	\$ 1. 44
每百立方英尺排水费	\$ 1. 93
每百立方英尺总费用 (水费+排水费)	\$ 3. 37
每百立方英尺全年总费用 (水费+排水费)	\$ 14643

节省:

节水措施的初投资 * *	\$ 10983
减少 30% 用水量时全年节水 (百立方英尺)	1304
全年水费+排水费节省 (以 \$ 3. 37 计 1304 百立方英尺)	\$ 4394
投资回收期	2. 5 年

注:

* 100 立方英尺 (HCF) = 748 加仑。

* * 这些措施包括高效低流量的装置和配件以及自控传感器。

资料来源: 数字是根据与圣迭戈、凤凰城和萨克拉门托自来水部门的专家们的通讯。

图 1-1

随着城市发展和用水量需求增长, 节水和合理用水的经济影响将成比例增加。合理用水措施不仅将如上例所表明的那样能得到实实在在的节水, 而且还能减少对水处理设施的需求。尽管非住宅用户在总的用水户中只占很小的比例, 但它们却用掉总水量的 35% 以上^[8]。有关节水计划和激励政策的更多的信息可以从当地的自来水公司得到, 也可以打电话给 WaterWiser, 这是美国水工作者协会和美国环保署所属的全国节水信息交流网, 电话是 800/559-9855。

三、废弃物减少

在美国的 20000 个垃圾填埋场中, 已有 15000 个已经达到饱和并被关闭^[9]。每年有更多的填埋场步其后尘。建筑垃圾占填埋量的 25% 以上, 并等于美国所产生的城市垃圾总量^[10]。由于废弃物的数量如此巨大, 越来越多的填埋场将不再允许倾倒建筑垃圾, 或对建筑垃圾额外收费。相应地, 在工地现场将这些废料进行再循环利用的作法正在多起来。诸如石膏、玻璃、地毯、铝、钢、砖瓦以及未装配的建筑构件等材料是可以重新利用的, 即使无法重新利用, 也可以进行再循环。

除了施工废弃物的再循环, 建筑业正通过更多的旧建筑的重新利用或改造, 而不是拆除, 明显地减少了废弃物。在过去的几十年间, 一般作法都是在建筑物的第一寿命期 (假定是“有用的”寿命期) 终了时将其拆除, 并以新的建筑取而代之。用富有创造性的设计,