

适应气候变化的建筑

Architecture in a Climate of Change

——可持续设计指南

A guide to sustainable design

(原著第二版)

[英]彼得·F·史密斯 著
邢晓春 等译



中国建筑工业出版社

绿色建筑系列译丛

适应气候变化的建筑

——可持续设计指南

(原著第二版)

[英] 彼得·F·史密斯 著
邢晓春 等译

中国建筑工业出版社

著作权合同登记图字: 01-2006-4408 号

图书在版编目 (CIP) 数据

适应气候变化的建筑——可持续设计指南 (原著第二版)/(英) 史密斯著; 邢晓春等译. —北京: 中国建筑工业出版社, 2009

(绿色建筑系列译丛)

ISBN 978-7-112-10567-0

I. 适… II. ①史…②邢… III. 建筑设计—无污染技术 IV. TU-023

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2008) 第 206548 号

Copyright © 2001, 2005, Peter F. Smith

All rights reserved

This second edition of *Architecture in a Climate of Change* by Peter Smith is published by arrangement with ELSEVIER LTD, The Boulevard, Langford Lane, Kidlington, Oxford, OX5 1 GB, England.

The moral right of the author has been asserted

Translation © 2008 China Architecture & Building Press

本书由英国 Elsevier 出版社授权翻译出版

译丛策划: 程素荣 尹珺祥

责任编辑: 程素荣 尹珺祥

责任设计: 郑秋菊

责任校对: 李志立 陈晶晶

绿色建筑系列译丛

适应气候变化的建筑

——可持续设计指南

(原著第二版)

[英] 彼得·F·史密斯 著

邢晓春 等译

*

中国建筑工业出版社出版、发行 (北京西郊百万庄)

各地新华书店、建筑书店经销

北京嘉泰利德公司制版

北京建筑工业印刷厂印刷

*

开本: 787×1092 毫米 1/16 印张: 18 $\frac{3}{4}$ 字数: 450 千字

2009 年 5 月第一版 2009 年 5 月第一次印刷

定价: 59.00 元

ISBN 978-7-112-10567-0

(17492)

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)

INTRODUCTION

Since the Intergovernmental Panel on Climate Change report of 2007, scientists have become alarmed at the accelerating pace of climate change impacts. Buildings are in the front line in the battle against climate change. In the developed countries they account for almost half of all carbon dioxide emissions. It is also the sector in which the greatest reductions in emissions can be made in the shortest time.

It is clear that renewable energy technologies will not be able to keep pace with the world's hunger for energy. Therefore it is imperative that emissions associated with buildings are drastically reduced. This book describes technologies and buildings which are paving the way towards the ultra-low carbon architecture and urbanism which will have to become the standard for the future.

Peter F Smith

October 2008

中文版序言

自从政府间气候变化专门委员会 2007 年的报告发表以来，科学家已经得到气候变化步伐加快的警告。建筑正是处于应对气候改变的战役的最前沿。在发达国家，与建筑相关的二氧化碳排放量几乎占总排放量的 50%。建筑业也是可以在最短的时期内最大程度地减少二氧化碳排放的领域。

显然，再生能源技术的发展和无法赶上全世界对能源需求速度的增长。因此，与建筑相关的二氧化碳减排势在必行。本书阐述了正在走向超低二氧化碳排放的建筑技术与设计案例，而这种建筑必将成为未来的标准。

彼得·F·史密斯

2008 年 10 月

序 言

再版的本书是一本重要的读物，尤其是通过本书的阐释，我们对于可持续建筑不仅“知其然”，而且“知其所以然”。地球的持续变暖及随之而来的气候影响有可能成为本世纪人类将要面对的最大挑战，关于这一点已经达成广泛的共识。在人口增长的同时，大量人口聚集到城市，因此，无论新建建筑还是既有建筑都应成为减少基于矿物的能源需求的战役中的主要目标。

建设行业的学子及执业建筑师必须意识到自身在建筑创作中的重要作用，所创造的建筑不仅能够提升生活质量，而且还要确保这种生活质量是可持续的。

罗杰斯勋爵 (Lord Rogers of Riverside)

致 谢

我要向以下建筑师事务所表达我的谢意，感谢他们提供的图片以及对文稿的反馈意见：本内茨联合事务所（Bennetts Associates）、比尔·邓斯特建筑师事务所（Bill Dunster Architects）、福斯特与合伙人公司（Foster and Partners）、迈克尔·霍普金斯与合伙人公司（Michael Hopkins and Partners）、杰斯蒂科与怀勒斯建筑师事务所（Jestico + Whiles）、RMJM 建筑师事务所、理查德·罗杰斯合伙人事务所（Richard Rogers Partnership）、艾伦·肖特建筑师事务所（Alan Short Architects）、菲尔登·克莱格·布拉德利建筑师事务所（Fielden Clegg Bradley）、E 建筑师工作室（Studio E Architects）、戴维·哈蒙德建筑师事务所（David Hammond Architects）、格里姆肖建筑师事务所（Grimshaw Architects）和阿鲁普与合伙人工程顾问公司（Ove Arup and Partners）。

我还要感谢兰德尔·托马斯（Randall Thomas）博士对文稿提出的宝贵建议、感谢威廉·博达斯（William Bordass）博士提供关于他主持的“建筑工程设备的使用后回顾（Probe）”研究项目的信息、感谢设菲尔德大学的亚德里安·皮茨（Adrian Pitts）博士、感谢霍克顿住宅项目的尼克·怀特（Nick White）、感谢沃金自治区议会的雷·摩根（Ray Morgan），最后还要感谢皮尔金顿（Pilkington）上市公司的里克·威尔伯福斯（Rick Wilberforce）使我了解了玻璃行业的最新发展。

绪 论

本书旨在寻求建造方式的改变。为使建筑变革能够获得广泛接纳，必须用令人信服的理由来解释为何我们长期建立起来的建筑实践应该发生根本的改变。在本书第一部分，作者通过阐述气候变化的确凿证据，试图展示这些理由。愈演愈烈的气候改变主要是由于人类活动将二氧化碳（CO₂）释放到大气层中，这一过程尤其涉及建筑物。在欧盟 25 个国家中，来自建筑物的二氧化碳排放量占总排放量的 47%。正因如此，在减缓气候改变对人类造成的影响这一战役中，建筑的设计和建造应该成为首要因素。

建筑创作的指导原则之一是整体设计，即从项目设计的初始阶段，在建筑师和设备工程师之间展开具有建设性的对话。本书旨在促进设计各专业之间的创造性合作来进行建筑创作，为使用者提供最佳环境，同时尽量减少基于矿物的能源消耗。

许多建筑师遇到的困难是，如何向业主解释建筑在二氧化碳减排的总体战略中的重要性。本书最初几章阐述了温室效应机制，接着概述了全球变暖和气候改变的现状，随后概览了国际社会为制止温室气体增长所做的努力。这些篇幅的用意是希望以有力的论据来武装设计师，以便向客户解释在避免气候改变无节制发展成为最恶劣状况的这场战役中，为何新的建筑设计方法是至关重要的元素。

与此同时，重要的是还要意识到矿物燃料的开采存在着绝对极限，并且，随着像中国和印度这样的发展中国家持续超高的经济增长率，这一问题将越来越严重。

在此值得为中国的未来做个预测。到 2005 年，中国人口已经达到 13 亿，以这样的速度，到 2030 年将达到 16 亿。还有一个至关重要的因素，就是这些人口的大多数集中在长江和黄河流域及其支流地区，其面积大约相当于美国的国土面积。中国正濒临消费能力超过其生产能力的边缘。到 2025 年，中国每年将进口 1.75 亿吨粮食，到 2030 年将达到 2 亿吨，这相当于目前全世界的粮食出口量 [美国国家情报委员会（US

National Intelligence Council)]。中国对于钢材和建筑材料的大量需求已经推动了国际市场价格。

中国目前的首要关注点是供应足够的能源以适应其经济增长率。在2004年1月到4月间,中国的能源需求增长了16%。2003年,中国花费130亿英镑用于建造水力发电站、燃煤发电厂和核电站——这种电力扩张的速率等于英国每两年的全部电力输出。中国工程院发言人认为,中国目前的能源供应缺口相当于4个三峡水力发电站、26个兖州煤矿、6个新油田、8条天然气输气管道、20个核电站以及400个热电站。

碳是经过几百万年的时间缓慢沉积在地壳中的,同时产生大量的矿藏。现在的问题是,地壳中储备的碳正在以二氧化碳的形式释放到大气层中,其释放速度是地质气候纪录史上前所未有的。前工业时代大气层中 CO_2 的浓度大约为270单位/百万体积(ppmv)。今天这一浓度已接近380ppmv,并且以大约每十年20ppmv的速度上升。科学界的目标是,到2050年我们应该将大气层中 CO_2 的浓度稳定在500ppmv以下,并且意识到这一总数仍然会导致严重的气候改变。但是,如果保持目前 CO_2 排放的趋势,到21世纪后半叶,我们有可能看到这一数据将超过800ppmv。假设在美国拒绝执行《京都议定书》之后未能达成政治上的一致,这一数据更有可能再上升800ppmv,除非有一些根本性的策略可以绕过政治协议而获得广泛实施,而这正是建筑师和工程师所扮演的至关重要的角色。

地球表面每平方米平均接收的太阳辐射为240瓦[霍顿(Houghton),2004年,第20页],总计每年178万亿瓦。^①在这些能量中有30%反射回太空,50%被吸收并且再辐射到太空中,还有20%的能量驱动水文循环。只有0.6%的能量为光合作用提供动力,这就是万物生长所需的能量,并且产生我们所说的矿物燃料的储藏。我们这个星球的安全依赖于我们有多少能力和意愿,来使用这一免费的能源而不产生令人讨厌的副作用,包括由于燃烧矿物燃料而释放的一系列污染物质。实现这一变革的最大潜力在于建筑领域。在英国,建筑领域排放的 CO_2 占有排放量的近50%。目前的科学和技术可以在新建建筑和既有建筑中将 CO_2 排放量减少一半,示范工程已经证明了可以比现行规范所要求的排放量减少80%~90%。机会取决于建筑师和设备工程师,以设计建筑的方式实现这一跨越式的变革。在20世纪60年代到70年代,建筑是人类骄傲的象征,每前进一步都在挑战自然。新千年的到来见证了一种新的

① 作者在中文版中对这句有修正。修订后的原文为: The Earth receives, on average, 240 Watts of solar radiation per square meter on its surface (Houghton 2004 p. 20) which adds up to 178 Terawatts per year. ——译者注

姿态，即越来越关注于人类活动与自然力量之间的协同。没有任何领域能像建筑设计这样将这一变革演绎得更加完美。

在 2000 年英国环境污染皇家委员会（Royal Commission on Environmental Pollution-RCEP）出台了一份题为《能源——气候改变》（*Energy-The Changing Climate*）的报告，其结论是：“为了限制所造成的破坏超过目前的程度，在本世纪和下个世纪必须大量减少全球的温室气体排放。必须立刻采取强有力的有效行动。”

彼得·F·史密斯

2005 年 1 月

目 录

中文版序言	viii
序言	ix
致谢	x
绪论	xi
第 1 章 气候变化——自然因素还是人为因素？	1
碳的循环	1
温室效应	2
气候改变——地质气候记录	3
气候波动的原因	4
证据	7
第 2 章 预测	12
最新发现的未知因素	17
正在采取的措施	18
能源的前景	20
核能作为选择	23
第 3 章 再生能源技术——海洋环境	26
英国的能源图景	26
从河流和海洋中获取能源	28
水力发电	28
小规模水力发电	29
“川流式”发电系统	29
潮汐能	30
第 4 章 再生能源技术——更广泛的种类	42
被动式太阳能	42
主动式太阳能	42

太阳热能发电	43
抛物面聚光太阳热能发电	44
光伏发电	45
风能	45
利用生物质能和废物产能	47
氢能	50
核能	50
第 5 章 住宅中的低能耗技术	52
建造体系	52
太阳能设计	54
太阳能集热器种类	62
窗体和玻璃	64
第 6 章 保温	68
保温材料的选择	69
高级保温与超级保温	72
透明保温材料	77
保温——技术的风险	77
第 7 章 住宅中的能源	80
光伏发电系统	80
微型热电联供系统 (CHP)	87
燃料电池	90
物化能和材料	92
第 8 章 先进的超低能耗住宅	93
贝丁顿零能耗开发区—BedZED	94
戴维·威尔逊千年生态住宅	94
南威尔士“未来之家”示范工程	96
木材的前景	98
室外环境	103
住宅节能设计要点总结	104
阿鲁普工程顾问公司研发部 (Arup Research and Development)	
为英国贸工部合伙人 (DTI's Partners) 所做的 2004 年创新计划报告	107
第 9 章 获取风能和水资源	108
小型风轮机	108
小型风轮机的种类	110
建筑一体化系统	114
住宅节水	115

家用电器	117
第 10 章 既有住宅：挑战和机遇	118
补救措施	121
案例研究	122
第 11 章 非居住建筑中的低能耗技术	127
设计原则	127
办公建筑设计的环境考虑因素	128
被动式太阳能设计	129
第 12 章 通风	138
自然通风	138
室内空气流动和通风	138
非机械辅助的自然通风	140
机械辅助通风	145
降温策略	151
蒸发式降温	152
其他降温策略	154
生态塔楼	154
总结	160
空调系统	161
第 13 章 能源的选择	162
燃料电池	163
质子交换膜燃料电池	164
磷酸型燃料电池 (Phosphoric acid fuel cell-PAFC)	165
固态氧燃料电池 (Solid oxide fuel cell-SOFC)	165
碱性燃料电池 (Alkaline fuel cell-AFC)	166
熔融碳酸盐燃料电池 (Molten carbonate fuel cell-MCFC)	166
能源储存——电力	169
光电技术的应用	170
热泵技术	171
能源储存——采暖和制冷	175
季节性储能	176
储电	177
建筑管理系统	178
环境设计工具	179
阿鲁普工程顾问公司研发部为英国贸工部合伙人所做的 2004 年创新计划报告	180

第 14 章	照明——天然采光设计	181
	设计注意事项	181
	中庭	183
	采光架	185
	棱镜玻璃	185
	光导管	185
	全息玻璃	187
	遮阳	187
第 15 章	照明——及人为失误	188
	光电控制	189
	眩光	190
	调光控制和人员使用感应	190
	开关	191
	系统管理	191
	全空调办公室	192
	照明——成功设计的条件	192
	设计注意事项总结	193
第 16 章	警戒事项	195
	为什么会出现问题?	195
	高调/低调设计	196
	“高科技需求”	196
	操作性困难	197
	与建筑相关的疾病	197
	固有的无效率	197
	普遍存在的建筑设计问题	198
	普遍存在的工程设计问题	198
	避免采用空调系统——存在的问题	198
	导致能源浪费的常见失误	199
	人为因素	199
	设计建议摘要	200
	结论	200
第 17 章	生命周期评估和循环利用	202
	废弃物处置	202
	循环利用	203
	生命周期评估	205
	生命全周期成本计算	205

生态材料	206
外饰面材料	207
涂料和油漆	207
材料和物化能	208
唐卡斯特地球中心的低能耗会议中心	209
循环利用策略总结	211
第 18 章 先进技术的案例研究	212
威尔士国民会议中心	212
朱克曼联合环境研究所 (ZICER)	212
社会住宅	
伦敦富勒姆区利利路 (Lillie road) 博福特住宅楼 (Beaufort Court), 2003 年	217
贝丁顿零能耗开发项目 (BedZED)	219
百富阁 (Beaufort Court) 再生能源中心零排放建筑	226
第 19 章 一体化区域环境设计	235
明日的生态城市: 瑞典马尔默	236
走向可持续发展的城市	238
第 20 章 美国的观点和实践	245
佐治亚州亚特兰大的格伦伍德 (Glenwood) 公园	248
第 21 章 新兴技术和未来前景	250
未来的能源	251
新一代太阳能电池	254
人工光合作用	255
储能	256
储氢	256
飞轮储能技术	257
照明技术的最新进展	258
光子革命	258
智能材料 (Smart materials)	259
智能流体	260
社会经济因素	261
附录 1 可持续设计的关键指标	264
附录 2 面向设计师的可持续课程大纲	266
专业词汇对照	273
译后记	282

气候变化——自然因素还是人为因素？

气候改变作为现实，正日益获得广泛认可，而关键问题是：这究竟是在漫长的地质气候记录中的一系列气候变迁的自然过程呢？还是由人类活动所致？如果我们持前一种观点，那么我们所能做的便是尽最大努力适应气候变化的反复无常。而后一种观点，如果我们承认气候改变主要是由人类引起，那么接下来，我们应该能够为此做点什么。

全球气候科学家达成广泛共识，即目前所掌握的气候变化的确凿证据表明，其90%应归因于人类活动，并且主要是通过燃烧基于矿物的能源。这足以使我们相信，人类行为也能够最终阻止全球变暖的进程，及其对气候的影响。

一旦理解了这些问题，我们义不容辞的责任便是开发再生能源资源，并且以生物气候学的原则进行建筑设计。本书第一部分的目的是激励这一责任感，然后本书以图文并茂的方式阐述了必将出现的一种建筑形制。这种建造模式将成为一场更为广泛的战役的一部分，来逆转《启示录》中所预言的灾难性气候变化。

碳的循环

碳是地球上组成生命的主要元素。碳的化合物构成了植物、动物和微生物的主要成分。大气层中的碳化合物，在保证地球有足够的温度以维护生物多样性方面起到重要作用。

碳循环的运行机制是：固定在植物和动物机体中的碳，在动植物死亡和分解后，逐渐释放到大气中。然后，大气中的碳被植物吸收，通过光合作用把二氧化碳（ CO_2 ）转化成植物的茎、秆和叶等等。随着植物被动物吃掉，碳就进入了食物链。

在碳循环中还有一部分是地球化学成分的循环，这主要由深海的海水和岩石组成。据估计，前者包含360亿吨碳，而后者中包含750亿

吨。火山爆发和岩石风化都是以相对缓慢的速度释放这种形式的碳。

在自然条件下，释放到大气中的碳可以被植物所吸收的 CO_2 平衡。这种系统是均衡的，或者说如果没有人类的干预，这种系统应该是均衡的。

破坏这种碳循环的平衡的主要人类活动是矿物燃料的燃烧，此举向大气中多排放了 60 亿吨碳，大大超过每年自然排放的碳。此外，当森林开垦成农田，植被中的碳通过燃烧和分解被氧化。土壤耕作和侵蚀进一步增加了大气中的二氧化碳。

如果以目前的速度继续燃烧矿物燃料和破坏植被，到 2100 年，大气中的 CO_2 浓度将增为目前的 3 倍。即使从目前开始在全球范围内采取断然措施减少碳的排放，到 2100 年，积累在大气中的碳浓度仍将翻一番。

在英国，基于目前的燃料混合比例，每耗用 1 千瓦时的电，将释放 1 千克的 CO_2 ；而焚烧 1 公顷的森林，将释放出 300 ~ 700 吨的 CO_2 。

这些正是导致碳循环严重失衡的部分因素。这些因素加剧了温室效应，导致全球气温的上升。

温室效应

许多种气体混合起来在地球上共同形成一个罩盖，使得部分太阳辐射从大气层中反射回地面，造成地球表面升温，这类似于一个温室。温室效应的形成是由于地球把长波辐射反射回大气层，然后通过温度更低的高层大气中的微量气体反射回地面，因此导致地球表面温度的升高（图 1.1）。

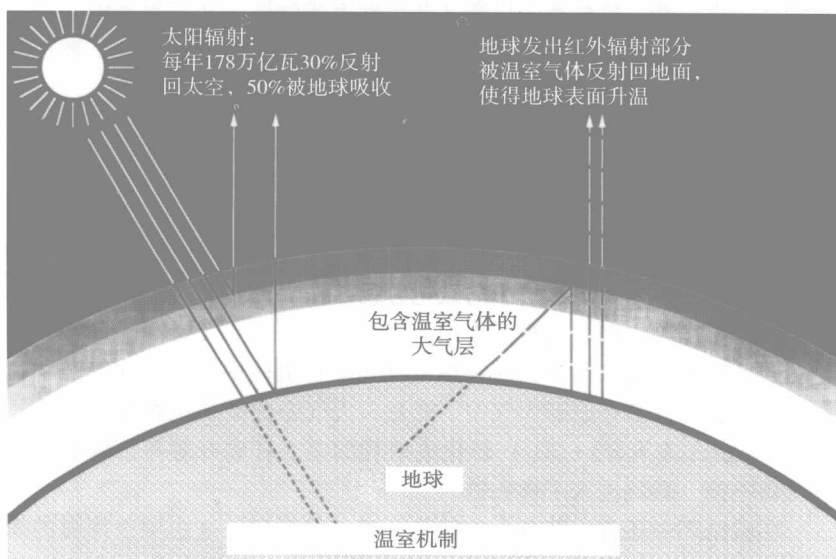


图 1.1
温室“毯子”

主要的温室气体有：水蒸气、二氧化碳、甲烷、一氧化氮，以及对对流层中的臭氧（对流层位于大气层中最下方的10~15千米处）。

太阳所提供的能量驱动天气和气候的变化。在到达地球的太阳辐射中，有三分之一被反射回太空，剩余的部分被陆地、生物群、海洋、冰帽和大气层吸收。在自然条件下，这些地表物所吸收的太阳能量，与从地球和大气中辐射出去的能量是平衡的。这些长波和红外线形式的地面辐射取决于地球—大气系统的温度。辐射和吸收之间的平衡会由于自然的原因而改变，如每隔11年的太阳周期。如果没有温室的庇护，地球的温度可能会下降33℃，这对地球上的生命造成的后果是显而易见的。

自从工业革命以来，矿物燃料的燃烧和森林的砍伐导致汇聚大气中的二氧化碳浓度增加了26%。此外，发展中国家不断增长的人口导致从肥沃的农田、家畜粪便和燃烧生物量的过程中排放的甲烷成倍增加。甲烷这种温室气体比二氧化碳的危害大得多。自前工业化时代到现在，一氧化氮的排放增加了8% [政府间气候变化专门委员会（Inter-Governmental Panel on Climate Change-IPCC），1992年]。

气候改变——地质气候记录

1990年6月发表在《自然》（*Nature*）杂志的一幅曲线图（图1.2）使科学家们感到震惊。这个来自冰核（ice core）抽样的证据表明了自16万年以前直到1989年间气温与大气中CO₂的浓度有着非常密切的关联，而且目前CO₂的浓度比过去任何时期都要高。从1989年至今，这种增长的速度可以说始终不变。

冰核抽样以四种方式提供了信息。第一，冰核融化层提示冰核所经历的时期。第二，通过某个夏天冰层的融化和再结冰的范围可以得出那个夏天相对温暖的概况。第三个指标是截留在冰层中的重氧同位素¹⁸O。在温暖的年份，这种同位素的含量更高。最后一个指标是从雪层中所包含的气体可以得出给定年份大气中CO₂的含量。从冰核中探明的其他数据表明，在2万年以前的最后一个冰川期，海平面的最高值比今天低大约150米。

另一种所谓“替代法”（proxy）的证据源自对树木年轮的分析：年轮可以给我们提供关于6000年前气候的大致印象。树木年轮的每一圈记录了一年的生长量，每一圈的大小，提供了表明该年份气候情况的可靠证据。年轮越厚，表明那年的气候越适合树木的生长。在北纬地区，温度是决定性因素。部分最具说服力的数据来自北极圈内，那里的松树原木可以提供长达6000年之久的年轮记录。