

生态建筑设计指南

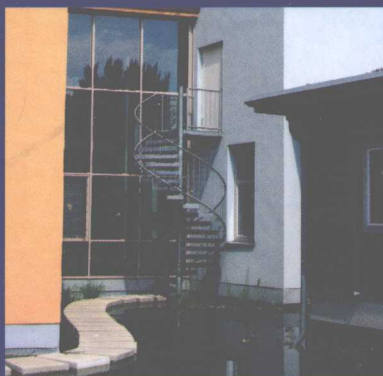
Ecohouse 2 A Design Guide

休·罗芙 (Sue Roaf)

曼纽尔·福安特 (Manuel Fuentes)

斯蒂芬妮·托马斯 (Stephanie Thomas) 著

栗德祥 邹涛 等译



中国林业出版社

TU18/24

2008

生态建筑设计指南

休·罗芙(Sue Roaf)

曼纽尔·福安特(Manuel Fuentes)

斯蒂芬妮·托马斯(Stephanie Thomas) 著

栗德祥 邹 涛 等译



中国林业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

生态建筑设计指南 / (美) 休·罗芙(Sue Roaf), 曼纽尔·福安特(Manuel Fuentes), 斯蒂芬妮·托马斯(Stephanie Thomas) 著; 栗德祥, 邹涛 等译. —北京: 中国林业出版社, 2008.4
ISBN 978-7-5038-5136-0

I. 生… II. ①罗… ②栗… ③邹… III. 生态学—应用—建筑设计 IV. TU2

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2007) 第 196474 号

Translation from English language edition:

Ecohouse 2 : A design guide

Copyright©2003, Sue Roaf. All rights reserved

This second edition of Ecohouse by Sue Roaf is published by arrangement with ELSEVIER LTD, The Boulevard, Langford Lane, Kidlington, Oxford, OX5 1GB

Chinese Edition Copyright©中国林业出版社

本书中文简体版经ELSEVIER LTD授权由中国林业出版社独家出版发行。本书图片和文字的任何部分, 事先未经出版社书面许可, 不得以任何方式转载或刊登。

著作权合同登记号: 图字: 01-2006-5683

中国林业出版社·环境景观与园林园艺图书出版中心

电话: 66176967 66189512 传真: 66176967

出 版: 中国林业出版社 (100009 北京西城区德内大街刘海胡同 7 号)

网 址: www.cfph.com.cn

E - m a i l: cfphz@public.bta.net.cn 电话: (010) 66184477

发 行: 新华书店北京发行所

印 刷: 北京中科印刷有限公司

版 次: 2008 年 4 月第 1 版

印 次: 2008 年 4 月第 1 次

开 本: 889mm × 1194mm 1/16

印 张: 19.75

字 数: 599 千字

彩 图: 48 面

印 数: 5000 册

定 价: 60.00 元

凡本书出现缺页、倒页、脱页等质量问题, 请向出版社图书营销中心调换。

版权所有 侵权必究

译者的话

能源危机、生态环境恶化、全球气候变暖等问题给当今人类文明的持续发展带来了越来越大的威胁,这些问题正在吸引着全球众多专家学者的关注。从能源消耗和环境影响的角度看,与社会、经济发展息息相关的人造之物——建筑——是人类在面对环境问题尤其需要自我反省的事物之一。

一栋建筑,从头脑灵光一现的策划伊始,到选址选材建造后的最终诞生,绝不只是单纯的关于要投入大量资本和人力的事情,更不只是有关投资回报的问题——在人人耳熟能详的经济概念之外,我们常常会忘记了一些重要的、有关于责任的问题——建造这栋建筑将要消耗多少化石能源?它将会对生态环境产生哪些影响?在这栋建筑投入使用之后,多少年内还需要继续消耗多少能源?当建筑使用寿命结束以后,又将会对环境产生怎样的后续影响?

这一连串的问题投射了当今世界上最富责任感的建筑师们的心声——作为建筑建造全程的指挥者,只有建筑师们自己首先意识到这些问题的重要意义,首先采取行动改善目前的建造方式——从选址到建造完成,乃至到后续使用运营,真心实意地推动建筑行为向可持续发展的方向前进——才能真正遏制建筑的建造和使用对全球生态环境的不利影响。

正是在责任感的驱使之下,本书的作者们不辞辛苦地将过往的研究成果和各方专家学者的精辟论述集合起来,形成了这样一本内容全面而丰富的建筑设计指南。

我们体会全书主要有以下三个特色:

其一,作为一本设计指南,本书旨在简明扼要地指导人们建造自己的家园,具有很强的科普性。其目标读者不仅是建筑设计方面的专业人员,更重要的是那些准备建造房屋的业主们自己,他们可以通过阅读此书来建立更为明确的概念,然后可以与建筑师、工程师们配合,一起建造属于自己的生态建筑。由于该书在英国出版,这种读者定位并不完全适应我国的国情——我国读者在阅读到那些涉及地方制度、材料采购、商品品牌等这些内容时可能会感到无所适从,但这并不影响全书论述观点的清晰传达。况且通过阅读这些看似与我国无甚关联的信息,我们恰好可以更深入地了解万里之外的西欧国家目前在

该领域的实际发展情况,这要比阅读专业科技文献更直观、更引人入胜;而其中留下的许多联络信息,包括互联网地址、电子邮箱,甚至还有通信地址和联系电话,信息更加实际有用。通过与周遭现实的对比,我们能更加明确中国人自己需要如何来描绘未来的图景,甚至可能有人会在其中发现新的商机,这是那些刻板的会议论文集难以实现的。简言之,这是一本有趣也有用的手册。

其二,全书主题集中在小型独栋住宅上,非常适合深入浅出地将生态建筑的诸多核心问题全面论述。尽管这在满足了欧美读者需要的同时,部分地远离了我国的国情,但麻雀虽小五脏俱全,这样的论述主体一方面便于读者抓住关键问题从而全面深入地理解其中的科学道理,另一方面也便于展开论述,把生态建筑这个复杂多变的课题用一个明确的主题串联,让全书的各种结论更为清晰而易于把握。这对于需要学习生态建筑知识的建筑师们尤其重要。特别是目前我国的建筑节能环保政策还面临要如何具体落实的大量实际问题,而这本书恰好可以作为一本引导性的教材——生态建筑在诸多基本科学原理上是相通的,正所谓可以举一反三。由于论述主体易于把握、论述线索清晰、观点明确、图示案例极为丰富,这本书更特别适合建筑专业的学生阅读学习。

其三,尽管科普性是本书的主要特色之一,但是其专业性没有受到丝毫影响。由于生态建筑的设计营造乃至运行使用涉及多学科的交叉合作,全书由多个学科专家分别撰写,而这为本书的翻译带来了相当的难度。建议读者在阅读技术性明显较高的章节内容时也同时阅读一些其他相关文献,通过横向比较来理解文中的内容。尤其是欧美的一些技术方法与我国有一定的区别;我们甚至相信,读者中一定会有人正在——或者将要在未来的某一天,面对生态建筑技术“本土化”的挑战。因此可以说,这是我们大家需要共同努力的方向。翻译之中涉及的技术性词汇不少都在全书最后的词汇表中列出,保留了原来英文词汇表的顺序。而一些词汇由于过于“拗口”或者容易引起误解不便交流,故采用了较为灵活的翻译方式——我们更强调以建筑学专业人员的用词习惯来叙述,更强调科学原理上的理解,试

图使实际应用中的沟通过程更为方便。但这一点也需要引起充分的重视,特别是建筑学专业人员需要明确——在这些习惯用语背后的专业术语,才是与工程技术人员沟通的真正桥梁。

本书第一版出版后反响热烈,因此很快再版并在内容上有所调整和增补。能源危机的持续升温和环境问题的持续恶化,都使本书的作者更坚定了再版本书的重要意义,这一点在两版序言中皆有透彻地体现。

全书开篇首先通过建筑形式的类比,将从古至今人类住宅建筑中的生态性因素提取出来,甚至用调皮的词句向大家传递这样一个信息——生态建筑并不是什么新生的事物,它们从来就伴随着我们的文明,只要我们虚心向先辈们学习,它们还将继续帮助我们持续进步和发展。

接下来的第二章主要论述了建筑材料环境影响的问题,特别是深入解释了有关建筑材料的生产耗能(embedded energy,又译为“蕴能”)和建筑全生命周期分析的概念和原理,为帮助读者理解建筑建造行为造成的环境影响奠定基础。

第三章主要论述改善建筑围护结构的重要意义及其方法,主要涉及保温隔热、冷桥、冷凝、空气渗漏等概念,关注建筑使用过程造成的环境影响,从而提出解决问题的策略和方法。

第四章是最为感性的一个章节,撰文作者一气呵成地把为何有必要亲手建造自己的房屋、为何要选择具有生命感的自然材料等这些与生活哲学、与美、与精神层面有关的问题娓娓讲述,行文颇具感染力,表现着生态建筑本应具有的人性化体验——这是否也是意在消除许多人对生态建筑的某种误解?

第五章对生态建筑策略中极为重要的自然通风概念进行了全面地论述。通风作为被动式策略中的基础性环节,几乎是所有标榜生态设计的建筑必然要采用的策略,然而通风却也是最难把握实际效果的策略之一。本章的论述可以很好地帮助建筑师们澄清以往一些似是而非的概念。

第六章密切关注室内起居的健康性问题。与生态建筑为全球生态环境将作出的贡献相比,世界各地的人们更关心的,其实是健康与幸福的问题。如何营建家中的健康和快乐,在你阅读该章后会有全新的认识。

讲述被动式太阳能设计的第七章,可能是建筑师们最喜欢阅读的部分,因为被动式太阳能设计会

对建筑形式产生明显的影响,从而也成为了建筑形式创作的灵感来源之一。符合环保节能理念而形式美妙的建筑,大概会成为未来的建筑师们共同追捧的对象。被动式太阳能设计策略的实际应用效果往往也比较明显,该章节的内容会给设计的各个阶段带来相当重要的提示。

接下来的两章主要论述太阳能的主动利用策略。其中第八章首先讲述太阳能光电转换技术的应用,重点在进行该技术的科学知识普及和操作性的指导,其中专业术语繁多。第九章太阳能热水系统的内容同样具有一定的专业深度,两章都需要读者耐心研读。只有对这方面内容有所掌握,才能与工程师们有良好的沟通,从而正确地设计房屋建造的方案。

第十章全面论述合理用水的问题,条理分明地对节水系统、废水系统、灰水再利用系统、雨水收集等生态策略内容逐一论述,最后特别强调了化粪池系统的策略和设计方法,这些都为我们了解当前西欧国家生态建筑用水策略研究的进展有很好的提示作用,十分值得学习。

全书最后以较大的篇幅展现了来自全球16个国家和地区的24个案例,在介绍了几个基本概念和尼可图表(the Nicol Graph)的具体绘制方法之后,图文并茂地展开案例说明,对读者理解前文诸多科学原理有很大帮助。

感谢中国林业出版社吴金友博士的热情邀请和信任。在清华大学建筑学院生态设计工作室诸位教授及博士研究生的共同努力下,此书的翻译工作得以最终完成。全部翻译过程中组织了6位师生参与。交付出版社审稿之前经历了三个阶段:第一阶段为英汉直译工作;第二阶段为专业词汇、地名人名统一和意译初校的统稿工作;第三阶段是全书的统一校审。其中英汉直译由夏伟(序言及第1~3章)、邹涛(第4~7章)、刘聪(第8~10章)和黄一翔(案例)完成;统稿由邹涛完成;统一校审由栗德祥教授、周正楠副教授完成。后期校审修改过程由邹涛完成。

这是一本信息量极大、涉及多个学科领域的书籍,既需要深入专业探讨、不失科学严谨性,又需要浅显易懂、便于读者学习把握,著作行文原本就有大量书面语和地方口头语结合使用的情况,因此要全面、准确和贴切地再现原文的思想与风格,不啻是一件困难的事。翻译中还存在许多意义不到位、用词不准确的地方,谨此向读者忠表歉意,希望广大读者不吝赐教!

致 谢

休·罗芙(Sue Roaf)、曼纽尔·福安特(Manuel Fuentes)和斯蒂芬妮·托马斯(Stephanie Thomas)感谢以下帮助编辑本书的人们:

整章编辑

安德烈·威尔荣(Andre Viljoen)和卡特琳·伯恩(Katerin Bohn)编辑了第二章

克里斯多佛·戴(Christopher Day)编辑了第四章

部分段落编辑和章节校对

第一章: 牛津布鲁克斯大学建筑学院的费格斯·尼可(Fergus Nicol)和麦克·汉弗莱斯(Mike Humpherys), 悉尼大学建筑学院的布鲁斯·富尔伍德(Bruce Forewood)和查尔斯·库克(Charles Cook)

第三章: 伊恩·贵拉尼(Ian Guilani), 彼得·沃尔姆(Peter Warm), 史蒂文·索科勒(Steven Szokolay), 保罗·詹宁斯(Paul Jennings)和克里斯·肯德里克(Chris Kendrick)

第五章: 飓风设计部分由斯蒂芬妮·托马斯完成

第六章: 伦敦朗伯斯区议会的戴夫·安德森博士(Dr. Dave Anderson)和约翰·里斯莫尔(John Lissimore)

第七章: 突尼斯太阳能中心的奇赫·布登(Chliheb Bouden)在牛津生态住宅项目中建立了热工性能模型

第八章: 奥克兰大学建筑学院的布鲁斯·克劳斯(Bruce Cross)、罗伯特(Robert)和布伦达·瓦雷(Brenda Vale)

第九章: 太阳能同业公会的克里斯·劳顿(Chris Langhton)

第十章: 尼克格兰特污水解决方案公司(Nick Grant Elemental Solutions)

费格斯·尼可: 尼可图表的解说

克雷格·西蒙斯(Craig Simmons): 住宅的生态足迹

气候图件: 彻丽·博纳莉亚(Cherry Bonaria), 苏琪塔·格什(Suchita Gosh)和斯蒂芬妮·托马斯

用于研究住宅造价的“竞争者评估软件”(Contender Estimating Package): 斯奈普软件公司(Snape Software)

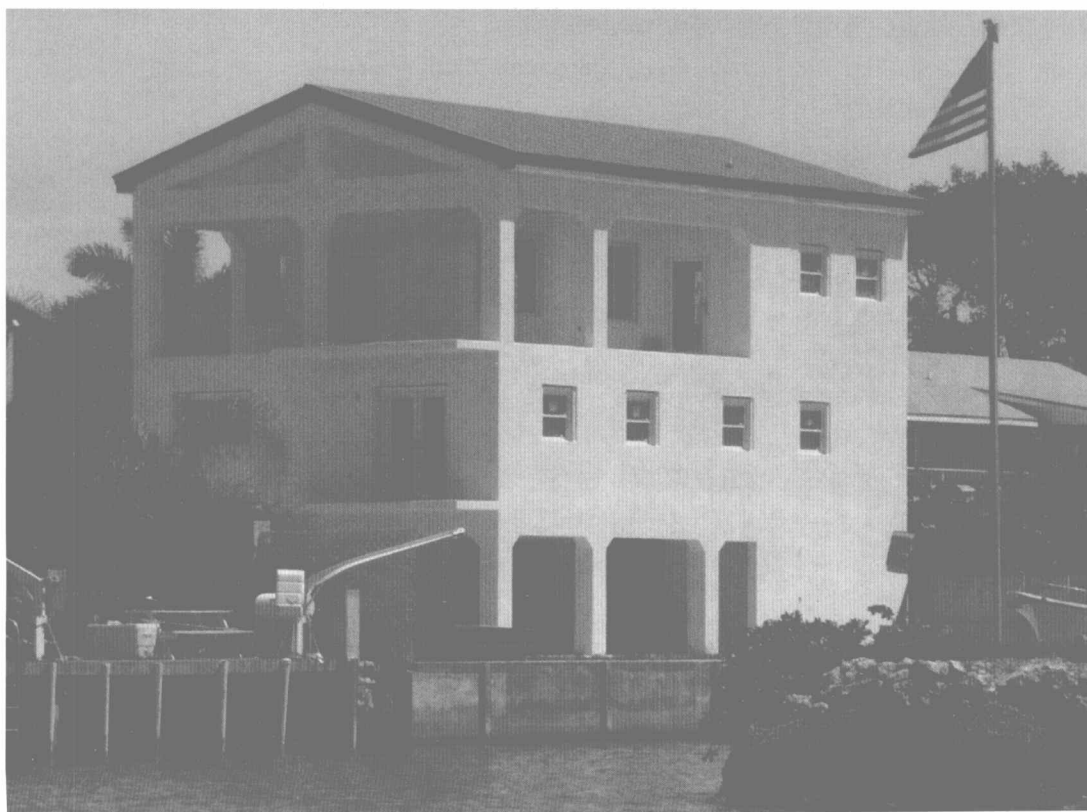
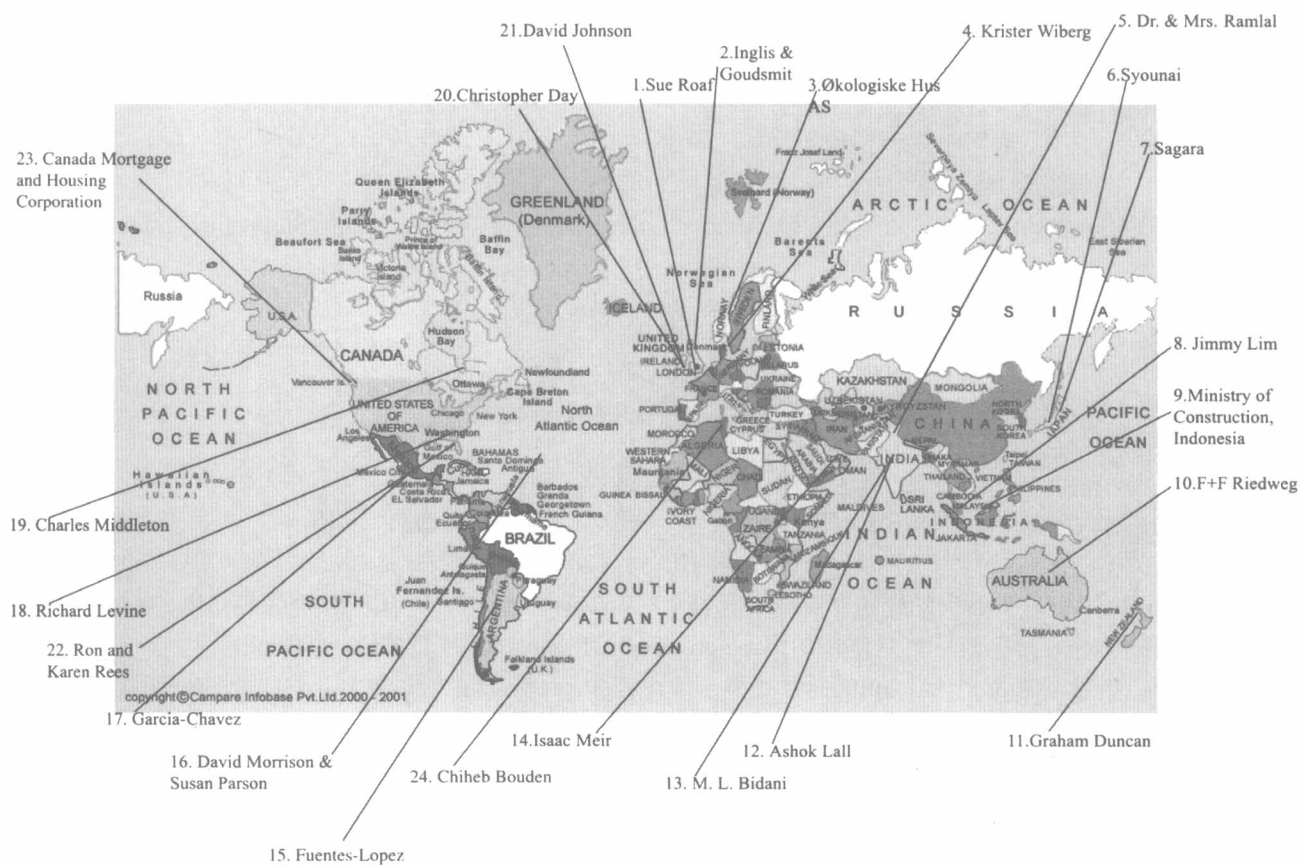
案例研究: 非常感谢那些使得我们的研究那么丰富和有趣的人们, 包括浦特力·SC·岑帕卡(Puteri SC Cempaka)帮助落实印度尼西亚的案例。

写作过程中给予帮助的: 安娜·洛佩兹(Ana Lopez), 赖恩·里斯(Ryan Rees), 托马斯先生(斯蒂芬妮的父亲)和克里斯多佛和里查德·罗夫。

文字工作和注释: 所有给予帮助的人包括史蒂芬·佐克雷(Steven Szokolay), 约翰·威洛比(John Willoughby), 大卫·伍兹(David Woods), 大卫·奥利弗(David Oliver), 杰里·丹(Jerry Dain), 乔治·高斯米特(George Goudsmit), 安德鲁·布雷恩斯托(Andrew Brainstow), 薇薇安·沃克(Vivien Walker), 朱利安·比肖(Julian Bishop)和艾伦·萨拉扎(Ellen Salazar)。

我们同样要感谢这么多美妙黑白插画的作者迈克尔·豪赖特(Michael Howlett), 他的画在整本书里用作图解说明。

还要感谢我们的很多学生以各种各样的方式给予的帮助, 牛津布鲁克斯大学节能建筑专业的硕士研究生彻丽·博纳莉亚(Cherry Bonaria), 艾伦·萨拉扎(Ellen Salazar), 普拉山特·卡普尔(Prashant Kapoor), 瓦尔皮·菲茨杰拉德(Valpy Fitzgerald), 安德鲁·布雷恩斯托(Andrew Brainstow), 约翰·沃斯特(Johann Vorster), 苏琪塔·格什(Suchita Gosh)和拉雅特·古普塔(Rajat Gupta)。你们是好样的, 加油!



鼠海豚角生态住宅，由斯蒂芬妮·托马斯设计

前言(第一版)

首先要回答的问题就是：什么是生态建筑？生态建筑学把建筑看成是地球大尺度生态系统的一部分，也是人居环境的一个部分。这和一些持传统观念的建筑师的观点形成了对比：后者认为建筑是一门艺术，可能是人类聚居的一种展示，又或是光鲜亮丽的杂志上的所谓“凝固的音乐”。一些建筑师认为建筑设计过程是一条生产线，建筑作为产品被堆放在某一地点，这些做法无视特定的环境和属性。从本书末尾的案例中您将看到，生态建筑和它们的建造地点以及社会、气候、地域甚至我们的地球都密切相关。

为什么要不厌其烦地将建筑和这些问题联系在一起？因为我们别无选择，而那些所谓“现代建筑”正在一步步的摧残着我们的星球。它不仅对人口的急剧增长无助(1990年53亿，2020年81亿，2080年107

亿)，也无助于解决日益增多的复杂科技掠夺地球的自然资源的问题。但是有一点必须被广泛认同的是，建筑是地球上最具破坏性的单体污染物之一，在发达国家它们消耗了半数以上的能量，进而半数以上的温室气体也由建筑产生。

向绿色设计的转变是在20世纪70年代开始的，这是对油价上涨的一个实际的回应。1973年的第一次石油危机造成了油价的飞涨，一些“未来学家”开始关注石油的寿命，并四处声称还有多少油气剩余。他们的预言十分令人担忧，可30年过去了，看上去我们还有足够的石油。然而，他们对石油总储量的计算还是准确的，但他们还是有许多预言已经被证明是错误的。以下有关石油、天然气、煤炭的图表可以看出，按照现在的消耗速率，我们从现在起还有大约40年

石油：20年来关于石油总量的预测数据几乎没有什么变化。最近一次发现的大型油田是20世纪60年代的北海油田。美国南部48州的石油产量自20世纪40年代就开始下降。油田的产量曲线是一个铃铛形的曲线，从零迅速上升到一个平台期，然后再迅速回落。每天全球大约消耗7千万桶原油^①。时至今日，我们已经消耗了大约全球石油储量

的一半。而未来若干年内我们将会迎来全球石油产量的顶峰，此后常规石油产量将开始下降。

技术可以提高储量石油的产量，这些技术可以将更多的储量石油抽取出来(例如应用水压驱动和气压驱动的方法)。在美国、英国和挪威，储量石油已经被高强度开采，而在像沙特阿拉伯、科威特、伊拉克这样的国家则还没有如此。“储

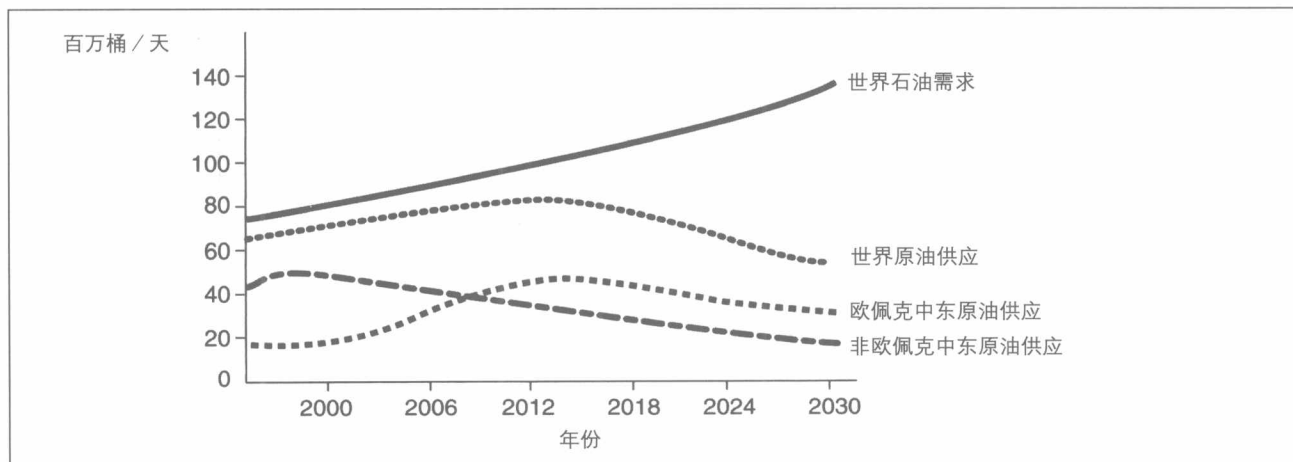


图1 世界石油需求量和常规石油供应关系表，单位：百万桶每天

① 此处为2000年的数据

量”一词指示的是油田的长期开采潜力，而“产量”则是指那些可能被开采的石油总量，是要考虑现实限制因素的，例如石油抽取过程的技术效率。油田的回采率^①从30%上升到60%，就等同于可开采资源量翻倍。

受石油储量下降影响最严重的恐怕会是美国和北海的油田，到2020年将会受到严重的影响。伴随日益下降的石油储量、难以预料的全球油价和地缘政治形势，如何在上述地区继续维持现有的生活方式，会是十分值得思考的问题。

为满足全球日益增长的石油需求，石油输出国的产量在未来的几年里还会有相当大的增加，但恐怕产量的提升实际上还远不能满足需求的增长。油的价格，决定于供需之间的关系比较、供需同步的滞后时间，以及当前由海湾地区主要掌控的“缓冲”供应量的大小。当各国政府觉察石油的缓冲供应量在下降，或者预测到石油需求量的增长快于扩大产能投资的增长时，油价就会上升。1973和1979年的石油危机就是由于这样的供需失衡造成的。最近全球市场的油价已经从开始的低于10美元每桶震荡增长至30美元每桶^②。我们的社会高度依赖石油，而石油的价格过去一直没有被证明可以被预测。

当常规石油^③的稀缺使得石油的价格维持在30美元每桶一长段时间之后，那些确实存在的大量的非常规石油^④就会被开采出来。

进行长期预测的时候，分析家必须平衡油田产量同油田储量及产能下降威胁之间的关系。如果全球石油产量将在2005年到达平台期，而同时我们仍然像预期一样持续增加石油需求，那么油价就极有可能在将来出现大幅波动，就像20世纪70年代发生的那样。没有人敢于拿自己的名声做赌注来预测未来5年、10年、15年、20年的油价，但是已经有专家预言，常规石油产量的全球性自然衰减将在2015年出现，2020年之后可能会变得相当明显。这些产量衰减可以被非常规石油产量的增加弥补，但消费者则要面对昂贵的价格。令人担心的是，如今在中东、委内瑞拉等地的老油田已经表现出产量衰减的趋势，有可能无法产出它们的潜在储量。

正如Bartsch和Muller(2000)在他们的新书《气候变化下的石油》(Fossil Oil in a Changing Climate)所说，“并不是有足够的石油让我们用到2020年，而是这条路将崎岖不平，会遇到一系列的经济和政治危机。”

天然气：天然气的储量丰富，目前估计按现在的消费速度足够使用65年。有些国家一半以上的能源都依赖于天然气，而用于燃气发电的天然气需求供应增长最快。天然

气是清洁能源，如果用来发电的话，能比每单位的煤和石油产生更少的二氧化碳，因为燃气电站的效率更高。

关于天然气的两个有趣问题：

- 1 很难长距离的运输而无丝毫的泄漏。
- 2 那些产量很大的国家反而需求很少。例如，在欧洲，大约有3.2万亿(3.2×10^{12})立方米已经探明的天然气，欧洲人每年消耗0.38万亿立方米，这就说明大约还有10年的天然气可用。但是，有可能有更多的储量会被探明。而美国的情况更为不妙，已探明3.2万亿立方米，每年却使用约0.686万亿。按照这个速度，美国人大约只有五年的时间使用他们本国的天然气。然而这些国家很清楚他们的极限，现在已经开始进口大量的便宜的天然气作为储备。如若美国进口的天然气占其全年用量的3/4的话，他们自产的天然气就还可用20年。

幸运的是还有大约77%的丰富储量在其他国家，其中中东占39%，北非占38%。根据估计，全球天然气的储量至少还足够使用60年。然而，随着本地天然气资源的耗尽，各国就需要越来越多地从国际市场按国际市场价格买进天然气。如电厂二氧化碳减排的清洁天然气技术，其工业采用率会受到天然气价格的影响，而今后天然气的价格将更多的由那些高价买家决定。天然气的价格最终将会在那些油价低的国家显著上升，比如美国。而在像丹麦这样的国家，油价早已经被抬高，提高能源使用效率的措施已经被广泛采用，那里的天然气价格就会受到较小的冲击。美国现在以全球4%的人口消耗了27%的天然气，产出了全球全年23%的温室气体。

煤炭：煤炭的最主要的问题是它并非清洁能源，由煤炭排放的二氧化碳占全部工业燃料排放量的38%，而且它还是二氧化硫、氮氧化物、颗粒物和其他污染物的主要来源。煤现在提供了全球主要能源约26%，已经比1950年的59%少很多了。丰富的地下煤储量足够使用200年。超过50%的产量在美国、中国、俄罗斯。但煤炭工业确实还存在某些问题，如有的矿井工作条件差、较高的能源运输成本。预计法国将在2005年关闭所有的矿井。

产煤成本地区差异显著。国际市场上包含运费的价格，在欧盟每吨30~55美元，折合燃料油价格大约相当于45~75美元每吨。与此相比，1997年西北欧的燃料油现货价格每吨90~95美元，而1998年上半年为每吨65~70美元。这说明价格上煤炭对油是很有竞争力的，但是比较燃料油(中等污染)和天然气(低污染)而言，煤作为高污染能源的特点将限制其未来在全球范围的更广泛使用。

① 回采率是指资源储量中，设计或实际采出的部分储量占总储量的比例

② 此处为2000年的数据

③ 常规石油指的是占世界石油生产95%的常规重原油

④ 非常规石油包括重质原油、超重原油、沥青砂及油页岩等

的常规石油储量和 65 年的天然气。最近的一项研究(Bartsh 和 Muller, 2000)指出,到 2012 年,石油短缺的时代将会真正开启,并且开始改变社会的面貌。

20 世纪 70 年代的石油危机导致了太阳能住宅运动:建造房屋开始使用太阳能这种清洁可再生的能源。后面的案例研究中有两个实例,它们分别位于东京和肯塔基。这些房屋使用被动式太阳能技术,太阳能热水器,并用石床和地面蓄能系统储存各个季节的热量。这些富有新意的建筑成为 21 世纪生态住宅蓝图的基础。

接下来在 20 世纪 80 年代新的危机出现了——气候变化。臭氧层的耗竭、全球温室气体的增加以及全球变暖已经越趋明显。政府间气候变化专门委员会^①在 1990 年的预言已经被逐步上升的全球温度证实,20 世纪 90 年代是有记录以来的最热的 10 年。

人们反驳石油耗竭言论时说:“他们在 20 世纪 70 年代对石油下的结论是错的,你看我们到现在还没有用完”,正当此时,关于气候变化的研究也是这样被简单的回绝,比如“全球的气候总是不停变化的”。从图 2 可以看出这话不错,但是真正令人担忧的是现在气候变化的速度和幅度。

温室气体的主要成分是二氧化碳,而二氧化碳的主要来源是建筑(占人为排放总量 50% 以上)。如果

我们仍然按照现在的增长速度一如既往地排放温室气体,如英国气象局预测的那样,后果将很严重,到 2080 年将会出现以下情况:

(1) 到 2080 年,全球气温在 1960~1990 年的平均温度基础上上升 3℃

(2) 大量的热带雨林和草原出现枯萎,导致二氧化碳吸收减少。

(3) 在澳大利亚、印度和非洲南部、南美大部、欧洲和中东降雨将显著减少。而在北美、亚洲(尤其是中亚)和东非中部将增加。

(4) 高纬度及中纬度地区如北美、中国、阿根廷和大部分欧洲的谷物产量将会大大增加。与此同时,非洲、中东,尤其是印度的谷物产量将下降,从而导致一些地区出现饥荒的风险增加。

(5) 海平面将比现在上升 40cm,将导致全球每年遭受洪水灾害人口数量从现在的 1300 万人上升至 2080 年的 9400 万人。其中 60% 的受灾人口增长将位于南亚,包括巴基斯坦、印度、斯里兰卡、孟加拉和缅甸,20% 位于东南亚,包括泰国、越南、印度尼西亚和菲律宾。从全局而言,海平面上升将对海岸湿地,低海拔岛屿和海滩产生不利影响。

(6) 各种健康问题也将广泛冲击世界各地。2080

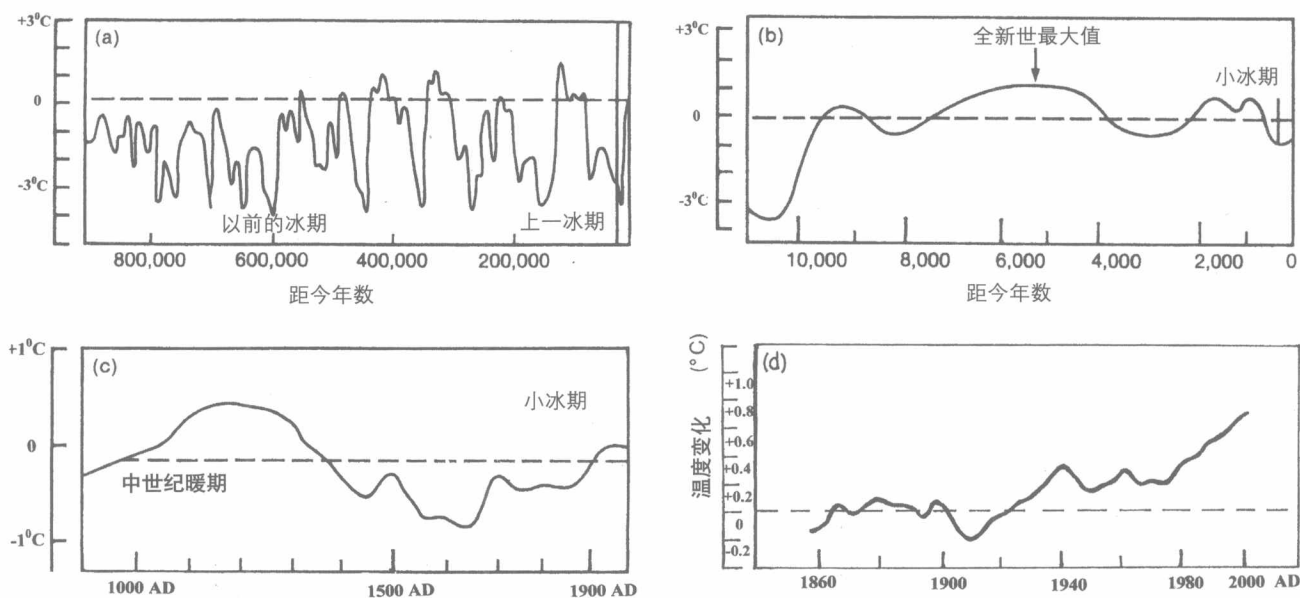


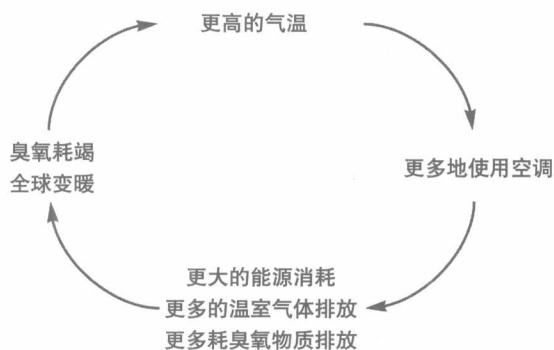
图 2 四个时间段的气候变化: a. 过去 1 百万年; b. 过去 10000 年; c. 过去 1000 年; d. 过去 140 年, (来源: a-c: Houghton et al., 1990; d: http://www.metoffice.gov.uk/sec5/CR_div/CoP5/obs_pred_clim_change.html.)

① Intergovernmental Panel on Climate Change

年大约将有2.9亿人受到疟疾的威胁,主要是在中国和中亚。在温带城市,冬天死亡的人数将减少,而夏天因与炎热相关的疾病死去(参见www.metoffice.gov.uk/sec5/cr_drv/cop5/obs_pred_clim_change.html)。皮肤癌将肆虐。在紫外线辐射(UV-B)强度最高的澳大利亚昆士兰州,估计有3/4的人都会患上皮肤癌。在美国1935年皮肤癌发病率是1/1500,而2000年是1/75(www.geocities.com/rainforest/vines/4030/impacts.html)。

还有许多与温室气体相关的不良影响,而我们在此仅描述了一部分。每天我们都能在报纸上看到温室气体作祟的表现:物种灭绝、洪水和飓风的数量和猛烈程度不断增加、水资源短缺和干旱引发饥荒等等。有一点是明确的,我们现在就要着手进行全球性的二氧化碳减排工作,最有效的做法就是减少建筑的二氧化碳排放。而住宅的能源消耗占了全部建筑能耗的一半。

最近的一份由英国环境污染委员会发表的报告指出,如果我们想现在就开始着力稳定气候变化的话,我们必须削减60%的二氧化碳排放。这就意味着将家用能耗减少60%(<http://www.rcep.org.uk>)很多生态住宅的实践已经证明,这实际上并不太难做到。例如,牛津生态住宅每年释放约140kg的二氧化碳,而同样大小的位于牛津的住宅,每年可能产生6500kg的二氧化碳。这是因为牛津生态住宅消耗的能源大部分来自可再生的太阳能。这也证明了太阳能技术对于“低碳生活方式”的重要性。



但是面对全球变暖的挑战,建筑学应该如何回应?问题的答案既不是要建筑加强遮蔽防范气候变化带来的影响,也不是为了多应用太阳能技术,更不是要多安装空调——这一导致全球变暖恶性循环的罪魁祸首。

在所有单项技术中,空调系统是最大的温室气体排放源。在美国,占全球4%的人口每年排放的二氧化碳占全球排放量的25%。40%的电能被用于空调系统。总体而言,美国的建筑专业界还没有对能源效率问题有充分的认识。而事实上,全球变暖的课题仍没有反映在大多数建筑师的设计实践中。而30年来,建筑师们一直把室内环境和室外环境隔绝开来,通过空调系统来让室内环境变得舒适。空调工程师则会一如既往地通过尽量多安装设备来获取利润。暖通工程师让整个建筑装上不可开启的窗户也并非罕见的事情,因为一旦面对有窗开启的情况,要进行系统性能的计算会变得十分困难。因此,许多建筑需要在全年使用空调系统,但是,可能只有一、两个或三个月的室外环境真的因为过热或过冷而让人不适。更有甚者,许多“时髦”建筑师在建筑中设计了面积过大的玻璃,导致过热而极不舒适的室内环境,而要避免这些如地狱般的恶劣建筑室内环境,只能依靠庞大的空调系统设备了。一些有判断力的工程师提出建筑若没有玻璃顶可能会更好时,有的建筑师会反驳道:工程师不懂那些伟大的设计理念,他们只应该收钱办自己的事情,而不应该对建筑美学指手画脚。

我们的世界需要一种新的职业,生态建筑师(ecotects),或者建筑工程师(archi-neers)或者工程建筑师(engi-tects),他们能设计被动式建筑,消耗最少的能源,而且应尽可能使用可再生能源。这将是我们的惟一选择。

壳牌石油公司在20世纪90年代早期对全球能源消耗做的设想很好的说明了这一点。图3说明了当传统能源如石油、天然气产量开始显著减少的时候,全球能源需求是如何持续呈现指数级增长的。供需之间的缺口由可再生能源例如风能和光伏电池(太阳能)来填补。在这个设想的影响下,壳牌石油公司和英国石油公司已经在光伏电池生产和销售上投入巨资。

在舒适的办公室里,我们在图板上做出的各种决定,会改变全球环境。世界正在变暖,臭氧层正在变薄。在不远将来的某天,建筑设计师们将要开始考虑自己肩膀上全球环境的责任。这将由建筑规范、上涨的油价和排碳税来共同推进。越早将建筑设计从注重外表的设计过程转变为注重效能的艺术工程,我们就能越好地为后化石能源时代的建筑奠定基础。而研究过程最好的出发点,就是生态建筑。

其他许多书籍对于“怎么办”的问题总是涉足不

深,而我们则试图将那些针对关键问题该“怎么办”的技术信息集中起来,包括技术发展、蓄热体^①、通风、冷桥、材料问题、被动式太阳能设计、太阳能光电转换技术、防飓风设计和中水系统设计。但此书并非全面针对低能耗和生态建筑全部内容的设计指南,许多问题在其他的一些书里面已经有了很好的阐释。例如,《被动式太阳能设计》(Passive Solar Design, Mazria, 1979; Yannas, 1994),《英国低能耗住宅设计》(Low-energy House Design in the UK, Vale and Vale 2000;《材料》(Materials, Borer and Harris 1998; Berge 2000);以及《木框架住宅》(Timber-frame Houses, Pitts, 1989, 2000; Talbott, 1993)。我们还认为,业主们可以在本地建筑材料供应商的部分帮助下,自行选择建房所用的材料设备。例如要为房屋的窗户选择玻璃,业主可以根据市场的本地供应情况、热工性能数据对比和自己的购买力来定夺。

我们在案例研究中综合了全球各地的建筑师建造生态建筑的智慧。这些生态建筑并非普通住宅,它们中的大部分是建筑师为自己设计的,有的就是他们自己建造的,而不是为别的客户设计建造的。这些建筑以不同的形式,反映着地域气候、资源、文化以及设计者的品味,同时也留下了设计年代的时代烙印。

“创新”的诱惑,常有可能让我们在不知不觉中陷入各种问题,但我们可以从中学习经验、吸取教训。例如,早期的太阳能住宅通常会过热,因为在利用免费、清洁的太阳能的冲动下,阳光的危害被低估了。最先进的现代建筑确实已经有了很好的遮阳控

制技术,但是令人惊奇的是其中还是有很多采用了玻璃屋顶和玻璃幕墙,这些屋顶和幕墙不仅使室内环境极不舒适,同时会带来天价的空调制冷费。可是有些人看起来从来不会吸取这些经验教训,业主们应该拒绝此类设计者。

今天,光伏电池的成本实际上已经可以使之在任何国家的非并网系统中使用。一些有远见卓识的国家,如日本和德国,已经大约有1万个家庭太阳能发电系统在使用了,而在英国(这个在格林威治的“千年穹隆”上花费了九亿英镑的地方)大约只有十个并网的屋顶太阳能发电系统。每当遇到可持续发展并为子孙后代谋幸福的相关议题时,有些人——用约克郡的一句老话——是“只顾眼前之乐,不顾周日的午餐”。

难以置信的是,世界上许多国家,包括英国,仍然把减少建筑对环境的巨大影响这一艰巨任务留给了个人。前方的挑战如此艰巨,很难看出我们——作为每个人——到底可以有何作为。但是正如孔夫子所说的,如若每个人都解决并驾驭了那些小问题,则大的问题就会消失。

为什么当我们人类正明显处在一个生态分水岭的时候,政客们却忽略了气候变化的影响、化石燃料枯竭等如此重大的问题?我们只是这个世界的一个物种,却在飞快的繁殖,我们每天都在毁灭着其他物种,摧毁它们的生境。而在世界的许多地方,我们甚至在破坏着人类自己的聚居环境。复活节岛的历史说明了一切,居民毁掉了岛上所有的树林,此后他们不得不逃往他处求生,否则将坐以待毙。这样的事情

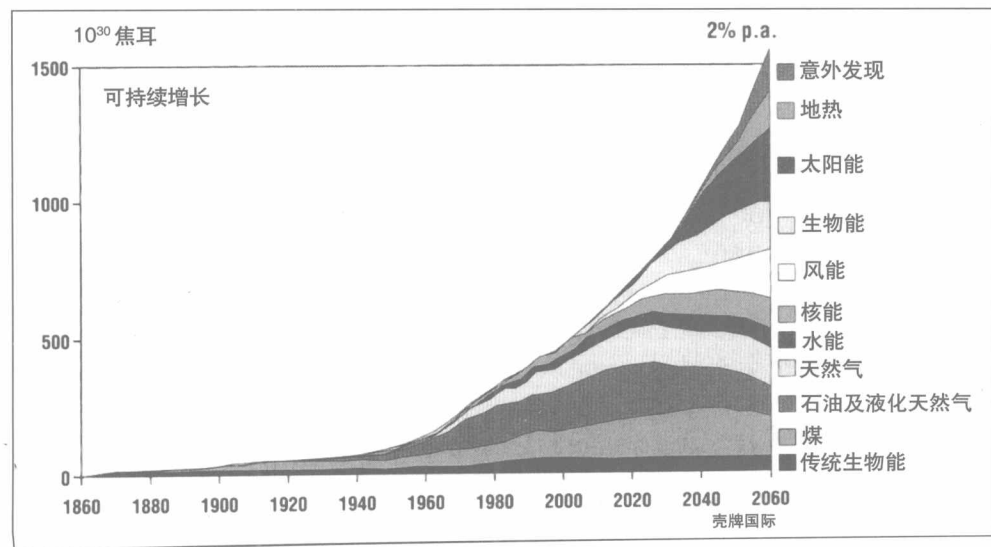


图3 壳牌公司20世纪90年代早期做的“可持续发展”研究,表明:化石能源供应逐步下降,能源需求上升,以及可再生能源需求的持续增长(Shell, UK Ltd.感谢 Roger Booth)

① thermal mass, 热质量

今天仍在我们周围发生。是不是要到不断上升的海平面完全吞没了第一个小岛国家的时候，我们才能认识到自己才是元凶？我们能接受这个事实吗？

物种可以采取共生、寄生、掠食的生活方式，还可能采取自杀方式生活，如旅鼠。通过生态科学的研究，通过对比人类行为和其他物种行为，关于我们应该如何发展的问题，还有许多可以探讨的空间。

生态学被定义为研究生物体与其所处的物理和生物环境之间关系的学科。生物体拥有控制其机体内部与外部环境之间的物质流和能量流的能力。它们适应着环境，以便在地球多样化的生态系统中，通过利用不同环境和气候中的水分、能量、热量、光来延续生命。

物种间的竞争是物种间进化分异、物种灭绝的驱动力，而更具正面意义的是，作为协同进化以及发展物种间相互支持关系的驱动力。进化需要适应，不仅仅是要适应不断变化的气候和环境，也要适应种群和资源的变迁。

物种进化理论始自19世纪晚期的达尔文。他认为环境是“选择性死亡率”的关键因素，但却没有提及出生率和物种生存之间的关系。1930年罗纳德·费舍尔(Ronald Fisher)的经典著作《自然选择的遗传理论》论述了种群增长率的重要性，但是这个内容很大程度上被人们忽略了。这种情况一直延续到1966年才被改变，那一年，“生活史”理论中的种群理论开始广为流传。该理论认为，适应在很大程度上是时间和能量分配面对竞争需求所作出的种种妥协。该理论提出，与环境承载力相关的或高或低的种群密度，会导致十分不同的“生活史”适应方式。在高密度情况下，物种将以较少的资源维持生存和繁殖，因此需要资源的利用效率。而在低密度情况下，种群数量会快速的增加，就不会有效率的问题。自然选择调整着时间和资源的分配，这不仅要与环境变化相一致，也要和种群“生活史”一致。

那么，这将如何影响我们呢？在遇到生态胁迫的时候，动物的响应会与平时不同，它们会从利己向利他转变。生态学家也许会更期待利己行为盛行，而排除掉利他行为，因为自私行为增加了优势种或优势个体的繁殖成功性。

在低密度的生活史阶段，生长是物种求得生存的一种策略。在高密度的阶段，种群就必须采用高效率的资源利用策略以维系生存。人类在地球历史上是特殊的，因为我们已经对全球环境产生了彻底的影响——尤其是全球大气环境，这也因为我们具有

着理解和改变它们的能力。

如果我们决定面对21世纪将要到来的挑战，想要继续生存下去，想要部分延续我们的常态生活的话，我们就必须作出彻底的改变，改变我们——作为每个个体——对我们的生态环境、我们的住宅、城市和社会的期待和要求。为了做到这些，我们就必须表现出利他行为，不仅针对我们自己的家庭、朋友、邻居，也要针对我们的人类大家庭。以真诚为纽带将我们紧紧相连，当有越来越多的人团结在一起的时候，利他主义就不会是大家陌生的词汇了。这就如同在战争时期，人们基本不会对需要为国家而牺牲的号召产生质疑。这么做最终是为了保护自己的家庭，为了在这里让他们自己的薪火代代相传。

当面对21世纪挑战的时候，遭受着人类冲击的全球自然环境迫切地要求我们将全人类视为自己的亲人。如若不然，我们将面临灭顶之灾。21世纪没有我们的安全岛。欧洲人知道，如果北非地区反复遭受严重的干旱，那么这个地区的灾民将逃往欧洲。而美国、墨西哥和拉丁美洲的情况也是如此。人类的历史，就是人类迁徙和散布的历史。如果人口越来越多而资源越来越少，那么这种流动将肯定要影响我们每个人的日常生活。

建筑只是我们人类聚居环境中的一个部分。建筑与本地方的、本地区的以及全球的环境紧密联系，而它们正是我们的“生态生境”的组成部分。我们这一代人有责任开始改造我们的建筑，以保证未来我们能够稳定全球气候，能不依赖化石燃料生存，也不再污染我们的环境。只有这样，我们才能确保我们的聚居环境可以延续。

事实上这也不难做到。几千年来，人类没有石油和天然气这些神奇的燃料，也照样生存下来了。传统建筑可以教会我们很多如何去设计适应地域条件的建筑。

我们的改变也可以很快。我们可以集合建筑设计大师们的智慧，集合新知识、新材料和可再生技术来设计建筑，也就是“新乡土建筑”，来最大程度的减小建筑对于环境的影响。我们现在就可以用新的气象科学技术来计算衡量建筑的环境代价。我们确实需要一种这样的建筑师，一半是建筑师，一半是工程师，来尽可能地去去除建筑内的暖气和冷气，或者使用可再生能源来驱动它们。看过本书的第一部分，你就会了解所有这些都是可行的，而在第二部分，介绍的就是世界各地已经建成的生态建筑案例。

前言(第二版)

自从我们2000年末向出版社交付了《生态建筑设计指南》第一版的原稿后,又发生了不少事情。首先,在全球的范围内,降雨已经发生变化!世界上很多国家的人们正在遭受其一生中最严重的水灾,现在已经不只是孟加拉和越南的贫困者在遭受着洪水对家园和生命的破坏。欧美各处,也都已经遭受了洪水带来的悲剧性灾难。更可怕的是,我们的世界正在意识到气候变化带来越来越多的灾难,而我们已经无力支付重建的成本。德国最近承认,他们现在没有足够的资金来弥补2002年8月的水灾造成的实际经济损失。2002年12月开始,英国保险业已经开始从不列颠岛周边易涝地区的房主手中撤回保险业务。

同时,英国已经发布警告,今后不应该在易涝低平地段进行开发建设。但是,位处最高洪水水位以下的住宅项目,仍旧在全国各地的规划设计公司中出现,几乎天天如此。这简直是疯狂之举——而花钱买房的人一定是被蒙在鼓里!

《生态建筑设计指南》第一版的一位校阅学者质疑为何我们要写有关防范风暴的防风建筑的内容。看起来,我们要与21世纪的气候灾害抗衡,其实谨慎的进行预防是惟一选择了,因为我们已经开始品尝气候变化的滋味,体会到未来几十年内它将会对我们的建筑和生活产生何等的影响。从现在起,所有的建筑都应该是可以防范强风天气的,而在空旷地



世界各地越来越多的普通人和他们普通的房子正在遭受气候变化带来的影响,例如这些遭遇洪水的南非开普省的房子,大约距离开普敦240英里(经 Sedgefield Townsfolk 允许重新制作)

区的建筑更需要能够抵御飓风的袭击!

在建筑的层面,“现代”全空调的建筑带来的诸多问题正在受到越来越多的关注,甚至包括空调界的老前辈。我预言,这种建筑将最终被看作是20世纪晚期的现象。它们迟早将被替代——当然越早越好,取而代之的是可以在全年最大限度的进行自然通风的建筑,即使在最热的气候区也应如此。除了空调系统因高能耗造成越来越高的运营成本外,还有很多因素可以促成这种变化。这些因素还包括,空调系统散发的热量使得城市变暖,形成“城市热岛”(就像小商店的冷柜造成的热效应一样),以及空调系统排放的二氧化碳已经成为造成全球变暖的主要原因。这种变化当然也会受到相关二三产业及其工程人员,还有那些不懂得被动式设计或者只知道赚钱的建筑师的抵制。只有大的改变,譬如气候的变化以及更高的油价,才能让这些迟疑者真正进入21世纪。而这些冲击已经浮现并正在驱使建筑环境的快速转变。

也许真正驱动这个伟大的空调时代走向终结的力量,是建筑使用者的健康。令人担忧的是,研究者发现,空调的过滤器、管道以及设备里送出的空气,常要比开窗通风脏得多,即使是城市也如此(Clausen, G., Olm O. and Fanger, P.O., 2002, The Impact of Air Pollution from Used Ventilation Filters on Human Comfort and Health, Proceedings of the 9th International Conference on Indoor Air Quality and Climate, Monterey, vol.1, pp.338-343, www.indoorair2002.org)。空调系统可以附着致命的化学物质和类似军团菌、霉菌这样的小生物,以及从过滤设备脱落到风管中的固体颗粒物,特别是天气变化的时候如暖锋面造成的天气变暖和变湿的情况(Mauderly, J., 2002, Linkages Between Outdoor and Indoor Air Quality Issues: Pollutants and Research Problems Crossing the Threshold. Proceedings of 9th International Conference on Indoor Air Quality and Climate, Monterey, vol.1, pp.12-13),许多室内的通风管道不仅很少清洗,有些就根本无法清洗,更糟糕的是设备主机、管道以及密封材料会释放有毒气体。而这些污浊的空气会和挥发性的有机化合物搅和在一起,包括甲醛、霉菌、真菌、尘螨、灰尘颗粒以及室内已经存在的可能带有毒性的清洁剂物质。这就能解释为什么在空调建筑中,越来越多的人遭受“建筑病综合症”的折磨(Bjorkroth, M., Asikainen, V., Seppan, O. and Sateri, J., 2002 Cleanliness Criteria and Test Procedures for Cleanliness Labeling of HVAC Components. Proceedings of the 9th International

Conference on Indoor Air Quality and Climate, Monterey, vol.1, pp.670-674)。采用过滤器和长通风管道的空调通风系统无论如何都应该避免,当然室内装饰和家具也应该尽可能的使用天然材料。只要你了解该怎么办,一切就会很简单。

利用冷水管系统 and 夜间降温系统的聪明做法,即使是在炎热潮湿的热带地区也会是比空调更舒适、更健康的方案(参见案例研究8和9,林先生和印尼泗水的住屋),这样既可以避免把自己暴露在污浊的空气里,又可以避免制冷过度带来的不适和高昂的运行费用。美国普通工人平均每月就有一天因为建筑综合症而需要请假休息,这个数字让我们英国人难以置信。不要忘记,从现在起,我们的能源价格,尤其是电价,将只会上涨,以至于当你现在建新房子时就需要未雨绸缪地不仅要考虑应对气候变化,而且要考虑应对必然一再上涨的电费,当然还要在不增加额外投资的情况下,营建健康生活。或许现在是个投资可开启窗户公司的好时机?

那么,好消息呢?瞧,人们的态度和市场正在快速的变化,大量居民开始投资家庭太阳能技术就是证明。现在在英国,由于人们对太阳能技术的高需求,你得等段时间才能收到太阳能电池板的货!这一代人的态度和思想倾向的变化,将成为这种转变的驱动力。难以置信的是,在我们面对各种证据的情况下,我们仍然深陷“复活节岛效应”,继续以“惯常方式”走向未来。一个好的迹象是,很多人购买了我们的《生态建筑设计指南(第一版)》,很感谢他们给了我们继续出版《生态建筑设计指南(第二版)》的机会。正是因为有他们,曼纽尔(Manuel)、斯蒂芬妮(Stephanie)和我才在各位朋友的帮助下,重新校编书里的许多章节并增加新的内容。

曼纽尔原本住在他位于阿根廷巴里洛切可尽览湖光山色的生态住宅,他特地回来帮助完成《生态建筑设计指南(第二版)》的工作。和我们一起工作的斯蒂芬妮来自佛罗里达州,她在佛罗里达太阳能中心任职,她正在岂斯群岛(Florida Keys)根据她在加勒比地区的经验,建设完成她自己的防飓风生态住宅(参见新的案例研究第22)。这个房子是一个极好的实效性设计案例,不仅融入了美国式的日常生活方式,而且也在谋求满足使用者舒适和健康要求的同时,尽量减少对环境的影响。它表明了生态建筑的原理,即使是在美国,也完全可以和主流住房市场融合。

《生态建筑设计指南(第二版)》有什么新的内容?麦克·汉弗莱斯(Mike Humphreys)向我们描绘

了象霍比特小矮人^①洞穴中的那种奇妙生活! 费格斯·尼可(Fergus Nicol)用他的尼可图表,帮助我们评估在不同气候条件下让住宅更加舒适的可能性。克雷格·西蒙思(Craig Simmons)解释了生态足迹如何发生,同时也显示出使用者的生活模式是和好的建筑设计同等重要的,这对我们是很好的提示。彼得·沃尔姆(Peter Warm)告诉了我们更多有关如何通过隔热来保暖的信息。克里斯·坎德理克(Chris Kendrick)补充了关于冷桥的内容,保罗·詹宁斯(Paul Jennings)告诉我们如何使建筑更加密闭。著名的戴夫·安德森(Dave Anderson)博士,华盛顿的毒物学专家,将教会你如何成为一名霉菌侦探!

突尼斯太阳能中心的奇赫·布登(Chiheb Bouden)在英国皮尔金基金会的支持下完成了一项研究,曼纽尔利用这项案例的成果更新了被动式太阳能设计的章节。奇赫模拟了牛津生态住宅的热工性能,采用的方法是通过提出一系列的假设条件,来检验我们当初的设计存在哪些优缺点。英国太阳能同业公会的克里斯·劳顿(Christ Laughton)为本书的太阳能热水系统章节出谋划策,而设计牛津生态住宅光电板屋顶的布鲁斯·克劳斯(Bruce Cross)则对太阳能光电转换章节做了调整;尼克·格兰特(Nick Grant)为本书的合理用水章节提供了帮助。斯蒂芬妮增加了她在牛津时设计的鼠海豚角生态住宅(案例22);而位于突尼斯炎热的地中海气候之中的新案例(案例24)则是由奇赫提供。案例中我们还新增加了温哥华寒冷气候下的舒适住宅(案例23)。另外,令我本人极为欣慰的是,在

最近的几场暴雨中,我在达尔斯(Dales)住宅中设计的阔幅防暴雨排水槽,其排水速度之快足以应付最强的降雨。

出版《生态建筑设计指南(第二版)》是会见老朋友,结交新朋友的好机会。从此项工作开始,我们就知道这将是一本重要的书,理由很简单,因为我们在回答您的问题,回答你们中的许多人第一次来牛津生态住宅探访时想要提出的问题。

如果您发现我们有内容上的疏漏而您可以协助补充,抑或我们出了任何差错,请与我们联系!

希望建筑和工程专业的学生能够像设计师和住宅建筑者一样阅读此书。书中的许多内容对他们在21世纪建造任何房屋都是必要的——无论建筑的规模大小。生态建筑设计项目,就算只是建筑或工程专业学校的课程设计,都是学习21世纪设计理念的好方法,通过这种学习,学生们可以开发自己独特的生态设计方法——生态设计从来没有相同的答案。

敬请浏览 Architectural Press 的网站 www.architecturalpress.com, 查看我们当前正在进行的“生态住宅设计学生竞赛”的信息。

有一点是肯定的:本世纪的建筑将与上个世纪的建筑迥异。建筑设计面临的时代和气候都在发生着变化,化石燃料永不枯竭的梦境即将走到尽头。新的设计时代正在逼近我们。

预祝您在生态建筑设计之路上取得成功!

休·罗芙

^① Hobbit, 英国作家 J. R. R. Tolkien 笔下的穴居矮人, 爱好和平、友善、喜欢呆在家里过日子

目 录 Contents

译者的话

致 谢

前 言(第一版)

前 言(第二版)

上篇 基础理论

第一章 住宅形式：建筑物之类比	2
一、第三层皮肤	3
二、热交换器	3
三、茶壶套	5
四、温室	6
五、燕子	7
六、爱斯基摩冰屋	7
七、像水桶一样的建筑	8
八、蓄热式散热器中的一块砖	8
九、像罗马大浴室那样的建筑	9
十、像潜望镜一样的建筑	9
十一、微风中的树	11
十二、“冷芯”建筑	11
十三、宇宙飞船用于隔绝寒冷的“门斗”	12
十四、霍比特小矮人的洞穴	12
十五、规划“形式”的成本	12
十六、设计中选用何种形式	14
第二章 建筑材料对环境的影响	16
一、测量建筑材料的环境影响	16
二、计算生产耗能	17
三、循环再利用和生产耗能	18
四、材料处理过程与生产耗能	18
五、交通运输与生产耗能	19
六、时间与生产耗能	19
七、生产耗能与住宅室内材料	20
八、不同建材的生产耗能	20
九、英国两栋住宅的深入研究	22