

生态建筑学

可持续性建筑的知识体系

[瑞] 瓦里斯 · 博卡德斯 Varis Bokalders

[瑞] 玛利亚 · 布洛克 Maria Block

[瑞] 罗纳德 · 维纳斯坦 Ronald Wennersten

张彤 Zhang Tong

顾震弘 Gu Zhenhong

著



东南大学出版社
SOUTHEAST UNIVERSITY PRESS

国家自然科学基金重点项目（编号：51238011）

THE WHOLE BUILDING HANDBOOK

How to design healthy, efficient and sustainable buildings

生态建筑学

可持续性建筑的知识体系

[瑞] 瓦里斯·博卡德斯 Varis Bokalders

[瑞] 玛利亚·布洛克 Maria Block

[瑞] 罗纳德·维纳斯坦 Ronald Wennersten

张彤 Zhang Tong

顾震弘 Gu Zhenhong

著



东南大学出版社

SOUTHEAST UNIVERSITY PRESS

南京·2017

内容提要

随着经济发展和大量的城市建设,我国的能源与生态问题日益严重,转变建筑的方式刻不容缓。遗憾的是当前我国的建筑设计专业人员对生态建筑的理论认知和实施策略普遍缺乏。本书全面而综合地阐述了设计和建造生态建筑的理论原理和具体策略,不仅局限于通常最关注的节能问题,而且对健康、材料、水、废弃物以及社会公众参与等涉及可持续性设计的原则和技术手段都做了详尽的分析。同时本书还对大量的案例,尤其是我国已建成的生态建筑进行了详细的介绍和分析。

本书是对建立系统的生态城市开发思维方法的一次有益尝试,这将促进我国更多可推广的优秀示范案例的建设,适合建筑学、城市规划、土木工程、环境工程等专业的在校大学生、教师学习或研究,也非常适合专业设计人员在实践中作参考。

图书在版编目(CIP)数据

生态建筑学:可持续性建筑的知识体系/[瑞典]瓦里斯·博卡德斯(Varis Bokalders)等著. —南京:东南大学出版社,2017.9

ISBN 978-7-5641-5620-6

I. ①生… II. ①瓦… III. ①生态建筑-研究 IV.

①TU-023

中国版本图书馆CIP数据核字(2017)第100497号

书 名:生态建筑学:可持续性建筑的知识体系

著 者:[瑞]瓦里斯·博卡德斯 [瑞]玛利亚·布洛克 [瑞]罗纳德·维纳斯坦 张彤 顾震弘
策划编辑:孙惠玉 责任编辑:徐步政 邮箱:1821877582@qq.com 版式设计:余武莉

出版发行:东南大学出版社 社址:南京市四牌楼2号(210096)

网 址:<http://www.seupress.com>

出 版 人:江建中

印 刷:南京新世纪联盟印务有限公司

开 本:787mm×1092mm 1/16 印张:33.25 字数:982千

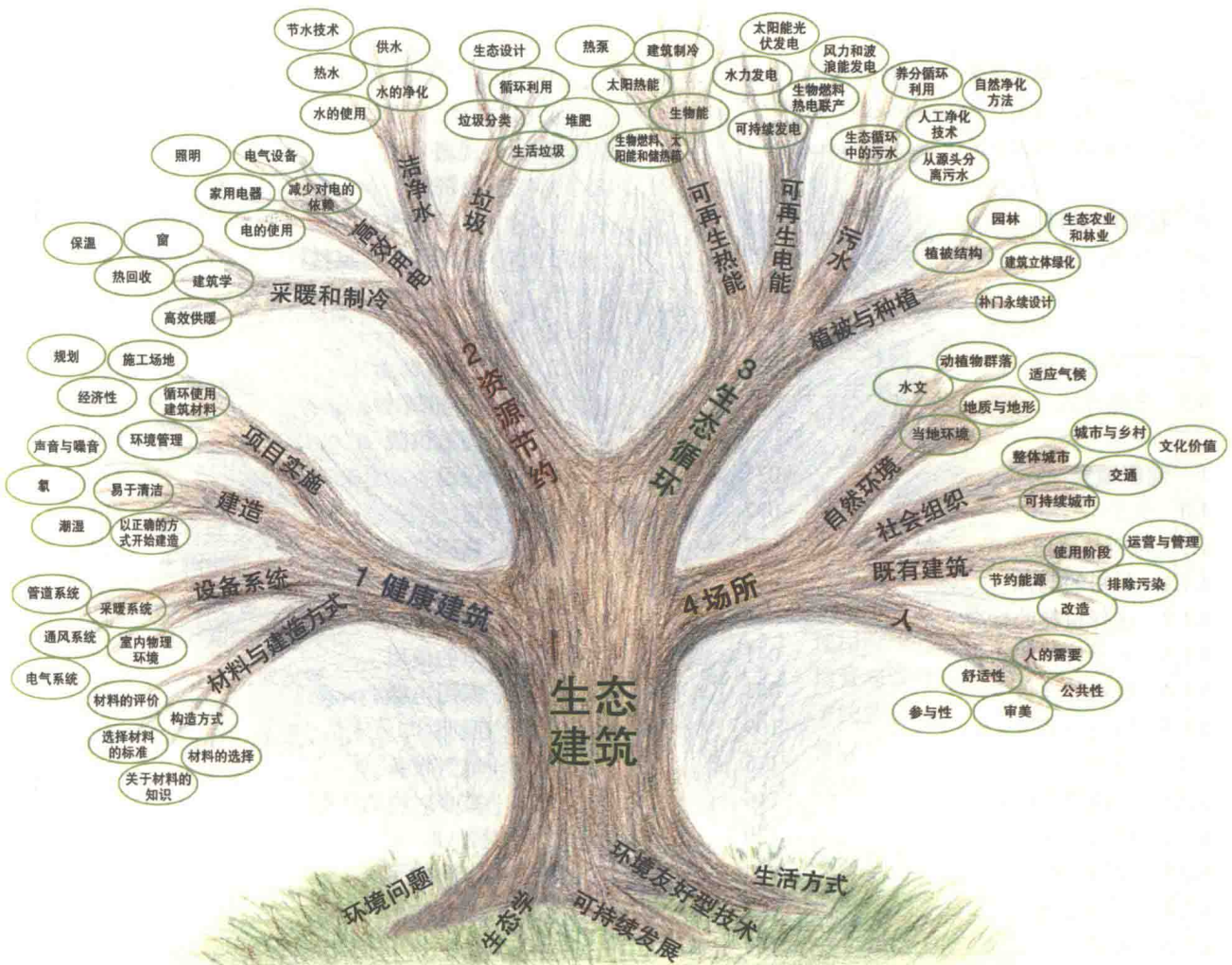
版 印 次:2017年9月第1版 2017年9月第1次印刷

书 号:ISBN 978-7-5641-5620-6 定价:260.00元

经 销:全国各地新华书店 发行热线:025-83790519 83791830

*版权所有,侵权必究

*本社图书若有印装质量问题,请直接与营销部联系。电话(传真):025-83791830



瓦里斯·博卡德斯 (Varis Bokalders)
(斯德哥尔摩, 2010 年 1 月 30 日)

随着石油价格的上涨和大众对气候变化以及环境问题了解的增多, 人们对可持续性建筑的兴趣也日益增长。在过去的 30 年里, 可持续性建造方式获得很大发展。不过, 这种知识的普及在世界不同地区差异很大。在这本书里, 我们介绍斯堪的纳维亚地区的方法和经验, 同时把这些方法和经验与我们在其他地区获得的知识联系在一起。我们相信在斯堪的纳维亚地区的实践经验对世界其他地方也有重要影响, 可以帮助避免重复的研究开发和同样的错误。

有许多不同的术语用来描述可持续性建筑或与其相关的概念: 节能建筑、生态建筑、绿色建筑、环境适应性建筑、健康建筑、资源节约、生态循环建筑等等。这些概念的具体意义随着时间发生着变化, 因为人们逐渐意识到可持续性建筑不仅仅意味着能源节约或健康材料, 而应是建立在环境和生态原则上的一个整体观念。

我们的经验来自于世界不同地区知识的相互补充。比如, 斯堪的纳维亚地区在有效地利用资源和适应自然生态循环领域(节能建筑、节能电子产品、水资源保护、废物处理、使用可再生能源的采暖以及适应生态循环的污水处理系统等)处于领先地位; 在建筑健康性方面(材料的选择、不同材料对于室内气候的影响和最小电磁辐射等)则是德国处于领先地位; 而在奥地利和瑞士对能源的有效利用成功地和建筑结合; 荷兰, 这个世界上人口密度最大的国家之一, 在可持续性城市发展、公共交通以及人

行和自行车交通等方面有着突出的贡献; 加拿大、美国和英国在自然通风和自然采光方面做了大量的工作; 澳大利亚在发展可持续性建设方面处于领先地位。随着环境问题变得日益显著, 我们相信不同地区的知识需要相互借鉴, 结合利用。

我们认为可持续性建筑需要以整体的观念来理解, 这个观念建立在对于各个部分都有所了解的基础上, 通过全面且综合的方法获得。我们呈现在书本内页上的树展示了树的整体以及各个分枝, 树冠描绘了相互关联的各个部分。树意味着一种教育方法, 不仅解释了整体的观点, 还说明了全书的结构。

研究可持续性建筑的专业人员要求能够理解整体, 并可以把整体按照自身结构分解成部分, 研究各个领域的内容。一旦知识从各个不同的部分获得, 它们就可以构成新的整体。在这一过程中树形结构可以用作参照。

在斯堪的纳维亚地区, 已经出版了很多文献和研究报告, 关注于可持续发展的不同方面。我们的工作在于收集和 research 这些材料并且把获得的知识整理汇编成书籍。大部分原始材料都是斯堪的纳维亚语。现在这本书有了英文版本, 即将要出版中文版本, 给使用不同语言的人提供学习了解这个知识体系的机会。写这本书是一项需要广泛知识的工作, 这需要我们拥有作为一名建筑师所必需的坚实的专业基础。我们希望这本书能为更多的人计划和实现一个可持续发展的未来提供帮助。

PREFACE

序二

玛利亚·布洛克 (Maria Block)
(斯德哥尔摩, 2010 年 1 月 30 日)

充分的科学证据表明环境问题和气候变化已对全球造成了严重威胁, 危急的形势要求全球范围的紧急回应。许多研究者和独立分析机构认为我们还需要几十年才可能达到可持续发展的各方面要求。

1. 环境变化。人类的活动以及我们所使用的技术造成了许多环境问题。石油和危险化学制品的广泛使用污染了我们生存的条件——大气、水和土壤; 燃烧石油产生 CO_x 、 SO_x 、 NO_x , 释放的大量气体影响了气候和臭氧层并加剧了土壤和湖泊的酸化; 其他的问题还包括资源的过度开采和人口增长; 以目前探测的储量, 地球上的石油资源只够开采 30 年, 天然气储量可开采 70 年, 煤炭可维持 250 年到 300 年; 淡水资源缺乏并且分布不均, 地下水资源正在被消耗, 水资源被污染以至不可食用, 水资源管理将成为世界最大的问题之一; 可耕作土地极为有限, 肥沃的表层土壤因腐蚀而流失, 耕地因盐化、水浸和城市发展而缩减。海洋捕捞过度, 必须减少捕鱼量以使鱼类得以繁殖; 世界许多地方都存在森林过度采伐问题, 特别是在热带雨林; 物种和基因灭绝的现象在陆地和海洋都呈增长趋势。

2. 斯特恩报告。人类的活动造成了大气中 CO_2 含量的增加, 导致了温室效应和气候变化。计算表明温度增长可能达到 $1.6\text{--}6^\circ\text{C}$, 这将造成海平面上升 $15\text{--}100\text{cm}$ 。在地球表面的很多区域会发生气候圈的转移。极端气候条件例如暴风雪、洪水和干旱将变得更加普遍。尼古拉斯·斯特恩 (Nicholas Stern) 先生, 英国政府经济服务部部长、政府经济气候变化和发展咨询专家, 就经济气候变化作了一篇报告。他指出 CO_2 含量的稳定要求每年的排放量要比目前水平下降 80%。如果现在开始采取适当措施, 该行

动的花费可以控制在每年全球 GDP 的 1%。如果再不采取措施, 花费将达到 GDP 的 5%—20%, 并且要扭转已造成的变化将非常困难甚至是不可能的。

3. 与自然保持平衡。我们的星球以及它的生态系统是一个复杂的整体, 由植物、动物、人和微生物共同组成, 通过不同生物体彼此间的协调和多样性达到自然系统的稳定。每样事物都和其他事物相关, 没有东西会消失, 只会去向某个地方。自然的生态循环系统包括 4 个组成部分: 生产者、消费者、分解者和植物营养储备。规划一个可持续发展的社会需要一个整体性方法, 要向自然学习并与自然合作。可再生资源必须用可持续的方式来管理; 不可再生资源必须使其循环使用; 空气、水和土壤必须保持干净; 物种多样性必须保持。当前人口得到了史无前例的增长, 根据预测, 2050 年全球人口将从 2007 年的 67 亿增长到 90 亿。我们的地球能支撑多大的人口负担呢?

4. 生活方式。向可持续性技术和可再生资源的转变不足以达到可持续发展的要求, 我们还必须改变我们的生活方式。如果世界上所有人都和瑞典人一样生活, 我们将需要 4 个地球来满足所需能量和资源。在生活方式和资源利用方面, 贫富国家和不同阶层之间有着巨大的差别。人们的生活方式在 3 个方面影响着能量与资源的消费: 交通、食物和住房。要达到一个可持续发展的社会我们必须改变我们驾车、用餐和居住的习惯。我们必须少用汽油, 少吃肉, 居住节能建筑并把我们消费的重点从数量转移到质量上, 从物质消费转移到非物质消费上。

5. 可持续发展。1987 年联合国环境与发展委

员会[又称布伦特兰委员会,因为主席是可持续发展与公共卫生专家格罗·哈莱姆·布伦特兰(Gro Harlem Brundtland)]的报告《我们共同的未来》指出了一个不证自明的道德原则“我们必须在不损害我们后代需求的前提下满足当代的需求”。正是布伦特兰委员会的报告提出了“可持续发展”的概念。联合国提出的目标是将科技、经济和可持续发展与一种新的生活方式相结合。因此它是一个生态、经济和社会的可持续问题。人类的生存和幸福也许就取决于我们是否能将可持续发展的原则转化为全球道德伦理,也就是“全球性思考,区域性行动”。有许多珍贵的资源是无价之宝,比如洁净的空气、水和自然。在原有的 GNP 概念中衡量国民幸福指数时,对环境的影响仅占很小比重;绿色 GNP 对 GNP 概念的重新定义,更好地衡量一个国家的生态发展。它不是简单地将工业转换成可持续生产,重要的是,它保证发展朝着正确的方向前行。

“自然足迹”基金会创始人卡尔·亨里克·罗伯特(Karl-Henrik Robèrt)提出,人们必须做到以下4点以保证地球的可持续发展:①我们从地球获取资源,并系统地传递它时,不能造成对自然界的损害(比如化石燃料和重金属)。②我们不能制造稳定的生物毒素(化学产品)并在自然界系统地扩散,它们在某种程度上会造成对自然的损害。③我们不能以比自然再生更快的速度从自然界获取

资源,我们的获取必须依赖利息(自然界的生长),而不是本金(自然界本体)。④地球的资源是有限的,我们必须保护资源并寻求一个合理的分配。越多的人浪费资源,就有越多的人生活在贫困之中。

“自然足迹”基金会认为,为了拥有一个可持续发展的未来,每个行业都需要遵守下面这些原则。这意味着城市规划和房屋建造的方式要发生改变。原则一要求我们的城市和建筑用可再生燃料代替化石燃料来取暖或制冷。金属产品是能源密集型的,并且会产生污染,应该被限制到最少。应该避免重金属有毒物的污染。原则二要求我们研究建筑材料的成分,避免使用危险的化学物质,特别是不可分解的和生物积累性物质,它们可能引发癌症、基因突变或生殖毒素。原则三要求用可持续的方式管理农田和森林。建筑用木料必须通过环境鉴定,生物燃料的生产不能和食物和造纸争夺资源。原则四意味着在可持续发展的社会里,有效地利用资源是至关重要的。所有的建筑都应该是节能的,城市必须以交通运输量最小以及限制汽车使用为原则设计。在这本书中,我们将描述城市规划应该以减少交通量和限制汽车使用为原则。这些原则如何得到贯彻,得到实现。

6. 环境质量目标。我们必须保护并发展基础性自然资源、生物多样性以及耕地。基础性自然资源的所有权十分重要,影响到经济和财富分配。

罗纳德·维纳斯坦 (Ronald Wennersten)

(山东济南, 2012年2月22日)

1. 背景。如果我们要归纳当今主流世界建筑行业发展的动力, 可以用一个词来总结——城市化。尽管发展中国家60%—70%的人口仍然居住在农村, 全世界一半以上的人口居住在城市。被工作岗位、高工资和更好的生活条件所诱惑, 农村人口持续不断地迁移到城市, 这给当地和全球都带来了更大的环境压力。造成环境压力不断增长的原因之一是因为我们仍然按照传统的线性思维方式消耗着资源并随之产生垃圾。全球范围内的资源和产品进行着长距离的运输, 这进一步增加了环境压力, 同时也使人们感到情况是如此的复杂以至于我们无能为力。通过增加民众对这些问题的了解可以提高增加环境保护意识, 并创造出更多产生新思想和产业解决现有问题的机会。

建设城市的方式也会影响人们的社会生活。大多数城市遭受着噪音和空气污染, 这损害着民众的健康。数以万亿的金钱被用于由于空气污染而产生的健康治疗以及气管炎和哮喘等呼吸道疾病造成的死亡。我们对所使用的含有有毒化学物质的建筑材料的长期副作用一无所知。城市经常被分为富人区和穷人区, 商业的增长和游客人数的增加给富裕阶层带来了更多的收入, 而贫穷阶层只能从中分到一点好处。我们今天已经在全世界范围都看到太多由于贫富差异造成的城市内的紧张和动荡。毋庸置疑, 我们开发城市的方式必须更有历史责任感和长远目标, 我们规划城市的方式也会影响到我们利用能源和资源的方式以及生活和消费的模式。

2. 问题。问题的核心是我们利用资源的方式就好像它们永远取之不尽用之不竭而且生态系统可以承受无穷无尽的污染和垃圾, 而生物仍然能保持生

存。一个讨论最多的问题是关于对诸如石油、天然气、煤炭等化石燃料的依赖以及由此产生的温室气体排放造成的环境压力。这不仅是个环境问题, 还涉及民众健康、世界安全、经济公平等可持续发展议题。随着资源逐渐被消耗以及政治的动荡, 我们很快就要经历化石燃料的短缺, 这将迅速而强烈地影响全球经济。提高燃料价格会造成只有富人能够负担私家小汽车。今天可以将大多数城市看作是内燃机, 一旦没有了化石燃料就会停止运转, 进而对社会造成严重后果。这一风险会严重损害世界经济, 届时燃料分配的影响力会更加强烈。

城市对资源的消耗也会影响到当地、区域和全球生态系统的物种多样性, 这主要是因为建筑、工业和农业的发展需要不停地开发新的土地, 在世界范围内重要的生态系统由于森林被砍伐而遭到破坏, 同时全球变暖也影响着从地面到海洋的物种栖息地。物种多样性的丧失造成全球生态系统更加脆弱而缺乏弹性。唯一的办法是改变城市的消费模式, 在本地和区域范围内建立物质和能量的循环系统。这需要价值观和生活模式的改变, 这只能通过提高民众的环境意识进而改变生活态度。

3. 城市的问题。今天我们城市的许多问题都是与我们生产产品和消耗资源的方式有关, 各个工业部门都是建立在廉价的化石燃料基础上。我们曾经认为可以无限制地从自然界开采资源并把它们变成废弃物后排放到空气、水和土壤中。问题在不同的领域暴露出来, 这一后果是因为我们缺乏可整合各领域持续要求的城市规划方法, 无论是从经济、环境还是社会维度上来看。如果我们仔细分析暴露的问题, 我们会发现会涉及以下这些领域: 能源、交通、

建筑、食品、水、垃圾。

(1) 能源。能源蕴藏在类似石油、天然气和煤等化石燃料中，它们代表了我们所知的最易利用的浓缩的化学能。有预测认为，未来对化石燃料的需求并不会因为可再生能源的开发而减少。现代工业文明严重依赖于这些高质量的化石燃料，而像风能、太阳能这些能源形式相比较起来则太不稳定且能量密度过低了。那些试图继续维持现有的产业模式而只是将化石燃料改为可再生能源的想法只是部分传统能源公司的如意算盘。对化石燃料的依赖已经深入我们社会的方方面面，不仅是交通和取暖。食品工业非常依赖高产作物，而它们又有赖于消耗大量能源生产的化肥和农药。社会的新陈代谢也是由化石燃料所驱动的。现在是时候开始考虑如何将我们的城市过渡成更富有弹性的状态。解决的方案包括更智能的建筑设计，以及将分散于各地的小型能源生成装置和集中的大型能源供应系统整合为一个智能网络以提供电力和采暖空调所需。

(2) 交通。城市交通依然严重依赖汽车来运输人和货物，这造成污染、安全、土地浪费以及对化石燃料的依赖等诸多问题。我们今天更多时候是把希望寄托在发展新能源汽车上，但这是徒劳的。仅仅是目前现有的汽车，不考虑未来更多的新增量，就不可能将所有传统能源汽车更换为新能源汽车。没有足够的土地同时生产粮食和生物燃料，取而代之的是我们将会看到世界范围内由于发达国家在发展中国家购买土地生产生物燃料以满足其国内的汽车燃油需要而造成的矛盾日益突出。最近电动汽车又被认为是新的希望，但是电并不是一种能源而只是一种能量的载体，它的环境影响取决于如何产生，目前我们的电力仍然主要来自水电、核电和火电站。通常来说，各种发动机技术的效率都不高，至多达到30%左右，大部分能量都变成热量浪费了，而没有加以利用。显然城市的交通规划应该换个方向，即减少汽车的使用，重要的原则包括：① 对可持续的解决方案关注多过对交通承载能力的关注（路建得越多只会带来更多的汽车）；② 可持续交通系统的综合性规划，同时考虑包括土地利用、区位和交通方式的相互关联；③ 鼓励民众充分利用当地资源的规划，实现从单纯技术性解决方案到改变民众日常生活的跨越；④ 依次优先考虑步行、自行车和公共交通的城市规划。

(3) 建筑。建筑是另一个重要的能源消耗领域，采暖和制冷会消耗大量能源。近来建筑领域对于能

源和材料问题的关注突飞猛进，这意味着更多更节能和基于低碳低烟的采暖制冷系统受到关注。其他关于可持续建筑的重要内容包括：① 改变民众的行为以节约能源的使用；② 摒弃不断提高人均建筑面积的开发倾向；③ 利用当地的、可持续的和低毒的建筑材料；④ 坚持被动采暖和制冷的设计原则；⑤ 尽量利用本地可再生能源系统。

(4) 食品。食品在城市中具有重要的地位。今天食品经常是从遥远的地方运送过来，这对环境具有很大的负面影响。本地食品市场有了很大发展，认证系统在此起到了至关重要的作用，这样消费者就可以选择不是从远方运来或含有某些未知有毒物质的食品。只有透明和生产商的责任意识，才能为消费者提供一个公平的选择机会。城市农场已经成长成为一种更可持续的食品生产方式，但是土地的限制和基础设施的充分利用都限制了它的发展。城市和乡村的结合部可以考虑被用来生产本地食品，一个正在增长的趋势是永续耕作。永续耕作建于更可持续利用的土地，这是基于生态和生物原则，采用自然界现有的模式收获最多的食物同时产生最少的垃圾。永续耕作的目标是建立稳定的食品生产系统，将土地和居民整合成为更加循环的社会。

(5) 水。水资源的短缺是许多城市面临的严重问题。这部分是因为过度开采，部分是因为污染。发展中国家的大部分人需要将水煮沸消毒或者购买瓶装水。自来水管的铺设通常会优先考虑高级住宅区，穷人仍然需要比富人付出更多用于购买水。解决这一问题应该同时考虑技术手段和改变人的行为两个方面。越来越多的污染来自于生活污水。如果来实现水资源的可持续利用，工业污水、生活污水和雨水应当被分流以采用不同的处理方式。

(6) 垃圾。城市不停增长的消费产生的越来越多的垃圾造成了日益严重的问题。传统上垃圾采用填埋的方式，但是垃圾既是材料又是能量资源，我们应该从产品的全寿命循环角度来思考这一问题。怎样才能最大限度地产品的生命周期内利用资源？中国的城市已经开始进入垃圾管理的下一个阶段——通过垃圾焚烧回收能量。但是垃圾焚烧之前需要复杂的垃圾分类以免危险物质进入，有可能造成垃圾焚烧厂危险品泄漏，进而引起焚烧厂周边环境的污染。通过垃圾分类剔除危险物质，垃圾就可以被更大程度地循环利用，剩余部分可以用安全的方法焚烧。

4. 结论。我们今天建设城市的方式从长远来看是不可持续的，但是一些改变也在产生，尽管困难重重。人们的环境意识在不断提高但是行动却不多。从不可持续到可持续的弹性城市的转变必须按照渐进的方式逐步发展实现，全球性的能源和材料利用系统将被本地的微循环经济和区域经济所补充完善。世界经济系统已经变得如此复杂以至于我们很难找出一条清晰的线索。这一情况也会对改变现状形成阻碍，因为人们会觉得个体的行动太微小以至于对改变总体的形势微不足道。

另一种情况是在较小的区域范围内采取行动，建立积极的运输策略，获得市民的广泛支持，进而实现愿景、互动以及学习。这很重要，因为各种可持续性的因素都是相互关联的。长期的解决方案需要一系列的地方行动，它们就像文化和环境一样丰富多样。微循环经济可以首先从社区开始发展，成功后其形象就会起到示范作用进而吸引更多人参与进来，最终实现更大范围的经济更新和更强健的社区。

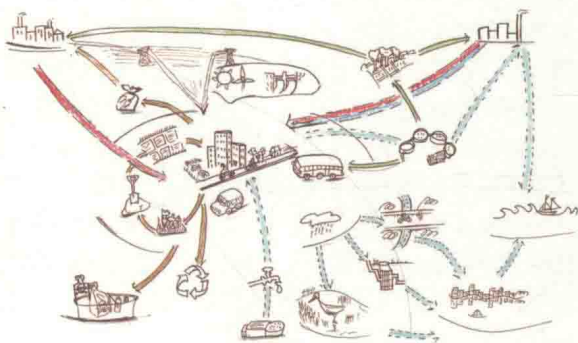
微循环经济的发展还具有提高环境意识和创造力的潜在作用，提升的本地治理能力会对城市向可持续之路的转变产生重要的压力。本地经济的目标并不是建立完全自给自足的小农经济，事实上地方化也不是意味着一切产品都要在当地生产当地消费。这是说要在本地、区域和国际市场之间建立更好的平衡。这也意味着应该弱化大型公司的垄断，增加社区对生产什么、哪里生产、生产时间、如何生产等问题的控制。贸易应该更加公平使交易双方都能获利。

对集中的基础设施和资源敏感区域，如能源、水、交通来说，更具弹性的解决方案一定有赖于集中和分散系统的整合。这一解决方案的优势在于以集中系统作为基础辅以大量的灵活的地方系统作为补充的综合系统，而这些地方系统又促进了公众的环保意识和新技术的革新。

探索和发展城市内不同系统在不同层面以及城市和城市周边的互动非常重要。边界条件是什么？比如为住区服务的地方能源系统的发展会对城市、国家和世界有什么影响？当我们讨论地方系统时必须具有城市国家和全球的思维方法。在为住区工作时，我们不仅要检验系统的技术性，也要检验其社会和经济性。我可以通过建立最佳实践示范项目将渐进式改革与革新整合在一起。这些集成系统的思维方法已经被应用于以下领域：物质空间规划、交通运输、能源生产与利用、水、社会稳定与公平、

城市绿地系统、人居。

最理想的情况是能建立起在更大区域范围内针对整个城市的总体愿景，更详细的城市规划应该基于这一总体愿景。产业生态是一门从物质和能量流的基本模型出发，发展出长期有效的城市新陈代谢模型的学科。以下是表示每一样东西当它们进入城市新陈代谢系统后是如何联系的图示。



基于这一模型，城市规划应该包括以下主要步骤：①对现有场地的可持续性评估——哪些方面是最重要的社会、经济和环境可持续问题；②在有公众参与的过程中建立城市的总体愿景；③制定有明确目标和参数指标的可持续发展的规划；④实现规划的过程应该整合空间发展框架，包括运转成本的商业模型。

5. 未来的视角。我们的城市已经在数百年的发展过程中成形，在许多老城市我们仍然能通过狭窄的街道和良好的步行可达性体验老城中心。城市中新一些的肌理则往往是考虑人们开汽车或乘坐公交上下班的郊区形态。在大多数年轻的发达国家，如美国，城市已经被塑造成围绕日常汽车交通的形态。虽然我们已经认识到这些以汽车为中心的规划的负面作用，但是由于现有基础设施、道路、建筑标准、技术以及人等原因造成现有的城市模式的锁定效应仍然很强。教育在城市模式的转换过程中扮演着重要的角色，通常我们的建筑师、城市规划师和土木工程师接受的都是本专业内的教育，他们对如何建设城市都有各自的专业局限性。如果要建设可持续的城市，我们就要教育学生采用更经得起时间考验的思维方法，这意味着我们需要同时涉猎许多领域，以便建立起我们想要的城市的情境，这包括健康、节能、水的生态循环、能源与材料、交通运输等方面。我们还不得不在解决地方局部问题的同时

考虑诸如减少化石能源消耗和保持物种多样性等全球性问题。这些解决方案不仅仅需要科学知识，更重要的是人类必须全身心投入其中，从改变自身的价值观做起。

我们必须开始思考的一件事是如何建立可以适应资源短缺和自然灾害的更有弹性的城市。弹性是系统在不降低效率的情况下自动调节自身的组织结构以适应新的情况要求。由于我们无法预料未来，弹性城市必须像自然生态系统一样具有多样性才能适应各种突发情况。而目前的情况是我们的城市规划正在朝向丧失多样性的方向前进。从本土观点出发我们应该鼓励百花齐放。这也是为什么中国不能不加批判地从发达国家引进所谓可持续城市的解决方案。一旦弹性体现在地方实践和地方资源中，城市之间就会出现差异性。建设可持续城市还要协调不同阶层的利益，可持续城市没有一个严格科学的定义但是解决方案一定要建立在各方利益达成共识的基础上。

中国未来大量增长的城市将成为可持续增长而非 GDP 增长的一个主要挑战。现在的城市不可持续是因为对化石能源的依赖，大量垃圾的产生，水和空气的污染，组群的隔离与对立等等原因，要找出正确的道路我们首先需要分析和讨论不可持续城市的问题所在。这本书不但介绍了现有这些问题的产生原因，而且指出了未来可能的解决办法。最终我们还是会发现城市的可持续性还是要建立在系统的集成程度和民众能改变多少行为习惯。

今天生态城市和低碳城市的概念在中国要比可持续城市更获得关注。在中国已经有超过 100 座城市号称是生态园林城市。在许多案例中很难区分出是已经开发完成还是处在早期规划阶段，许多境外公司也加入中国生态城的规划中。最初生态城市的概念是一种比喻的说法，意思是城市应该像生态系统一样具有高度的多样性和较低的环境压力。尽管有许多环境研究和城市规划领域的专家对生态城的概念从学术角度进行了深化，生态城在社会上的含义始终停留在其字面上，诸如绿色、节能、人与自然的和谐等。至于生态城的评估，仍然没有定量的评价标准。

中国现有发展生态城的方法都是政府主导的自上而下的过程，这通常又是直接引进发达国家的方法而不考虑中国国情的结果。为了开发更合理的生态城，我们需要引入参与机制使各种利益相关者加入。参与机制也许会减慢建设的速度，但它可以确保更全面的可持续性。无论是生态城市还是可持续

城市，保持政策的一致性、持久性都很重要。这将需要对工程师、建筑师和城市规划师的教育培养转变为具有从更宏观的角度观察问题以及分析其中的关联性的能力。

6. 本书介绍。这本书是对前面所说的关于建立经得起时间考验的城市开发思维方法的教育的一次有益尝试，这将促进在地方建成可以被推广的优秀示范案例。本书包括以下主要章节：

(1) 健康建筑（见本书第 1 章）。建筑是可持续城市的核心。大约 50% 的能源消耗在建筑领域。但建筑的问题不能仅从能源的角度来考虑。建筑建成后会在很多年，所以要从全寿命周期的角度去思考那些常年使用建筑者的健康问题。建筑中的材料如果含有有毒物质，经过污水和雨水的冲刷也会影响到水处理。建筑是主要的垃圾和污水制造者，因而处于城市基础设施的中心位置。这一章从广泛的视角探讨了如何建造健康建筑。

(2) 资源节约（见本书第 2 章）。资源节约是应对未来可持续性挑战的一个关键因素。这包括我们如何以更合理的方式将能源用于采暖和空调，如何使用水资源，如何减少和处理污水。建筑必须按照最有效率的处理固体废弃物的方式建造。固体废弃物在源头就进行分类非常重要，以便更好地循环利用材料、产生能量以及减少污染风险。在这一章中介绍了各种高效的资源节约技术。

(3) 生态循环（见本书第 3 章）。今天我们使用资源的从原料到废物的单一线性方式必须改变。大多数生态循环的思想类似于生态系统。生态循环可以体现在不同层面：单一住户层面、城区层面、城市层面和国家层面。这一思想包含了从摇篮到摇篮（而不是从摇篮到坟墓）的方法论，每种物品被制造出来都是为了到适合它的用途的地方。这一章提供了许多能源和物质循环的例子。

(4) 场地（见本书第 4 章）。可持续城市的建设只能以可持续建筑为基础。今天我们的一大问题是对建筑、城市规划和市政工程等不同专业人员的分段的割裂式教育方式。市政基础设施会影响到多少能源用于交通，多少用于生活，多少用于生产。城市的开发必须处理好与现有空间和文化环境的关系，以为大多数市民创造能高质量生活的富有活力的城市。城市的开发也包括对旧城的改造，必须关注文化价值的保护和市民的态度。这一章对解决城市难题进行了更整体的思考。

CONTENTS

目录

序一 瓦里斯·博卡德斯 (Varis Bokalders)		1.4 项目实施	167
序二 玛利亚·布洛克 (Maria Block)		1.4.1 环境管理	167
前言 罗纳德·维纳斯坦 (Ronald Wennersten)		1.4.2 规划	169
		1.4.3 经济性	181
0 我们的地球	001	1.4.4 施工场地	184
0.1 环境问题	002	1.4.5 循环使用建筑材料	188
0.2 生态学	008		
0.3 环境友好型技术	011	2 资源节约	195
0.4 可持续发展	014	2.0 引子	196
0.5 生活方式	022	2.1 采暖和制冷	200
		2.1.1 高效供暖	200
1 健康建筑	031	2.1.2 保温	210
1.0 引子	032	2.1.3 窗	213
1.1 材料与建造方式	035	2.1.4 热回收	219
1.1.1 材料的选择	035	2.1.5 建筑学	223
1.1.2 选择材料的标准	038	2.2 高效用电	235
1.1.3 关于材料的知识	041	2.2.1 电的使用	235
1.1.4 材料的评价	051	2.2.2 家用电器	238
1.1.5 构造方式	109	2.2.3 照明	243
1.2 设备系统	116	2.2.4 电气设备	251
1.2.1 室内物理环境	116	2.2.5 减少对电的依赖	253
1.2.2 通风系统	120	2.3 洁净水	259
1.2.3 电气系统	134	2.3.1 水的使用	259
1.2.4 管道系统	141	2.3.2 节水技术	261
1.2.5 采暖系统	146	2.3.3 热水	265
1.3 建造	152	2.3.4 供水	267
1.3.1 以正确的方式开始建造	152	2.3.5 水的净化	274
1.3.2 潮湿	153	2.4 垃圾	278
1.3.3 氡	156	2.4.1 生活垃圾	278
1.3.4 声音与噪音	158	2.4.2 垃圾分类	282
1.3.5 易于清洁	163	2.4.3 堆肥	286

2.4.4	循环利用	289	4	场所	403
2.4.5	生态设计	294	4.0	引子	404
3	生态循环	297	4.1	自然环境	407
3.0	引子	298	4.1.1	当地环境	407
3.1	可再生热能	302	4.1.2	地质与地形	410
3.1.1	生物燃料、太阳能和储热箱	302	4.1.3	水文	414
3.1.2	生物能	307	4.1.4	动植物群落	419
3.1.3	太阳热能	318	4.1.5	适应气候	422
3.1.4	热泵	324	4.2	社会组织	429
3.1.5	建筑制冷	329	4.2.1	可持续城市	429
3.2	可再生电能	333	4.2.2	交通	433
3.2.1	可持续发电	333	4.2.3	整体城市	446
3.2.2	生物燃料热电联产	337	4.2.4	城市与乡村	454
3.2.3	水力发电	341	4.2.5	文化价值	463
3.2.4	风力和波浪能发电	344	4.3	既有建筑	470
3.2.5	太阳能光伏发电	349	4.3.1	使用阶段	470
3.3	污水	356	4.3.2	运营与管理	472
3.3.1	生态循环中的污水	356	4.3.3	节约能源	475
3.3.2	从源头分离污水	358	4.3.4	排除污染	479
3.3.3	人工净化技术	366	4.3.5	改造	483
3.3.4	自然净化方法	369	4.4	人	492
3.3.5	养分循环利用	371	4.4.1	人的需要	492
3.4	植被与种植	378	4.4.2	舒适性	495
3.4.1	朴门永续设计	378	4.4.3	公共性	498
3.4.2	植被结构	382	4.4.4	参与性	501
3.4.3	建筑立体绿化	386	4.4.5	审美	504
3.4.4	园林	391	参考文献		513
3.4.5	生态农业和林业	396	小贴士索引		519
			后记		520

我们的地球

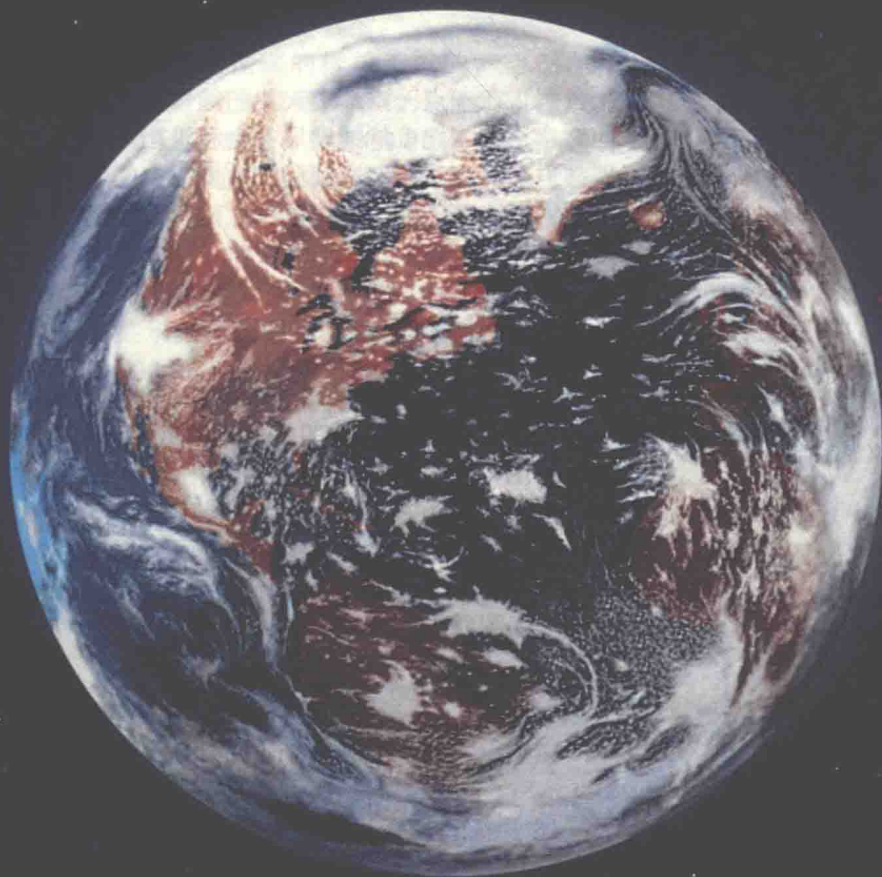


插图 人类只有一个地球

如果全世界的人都采用目前发达国家的生活方式，恐怕需要四个地球才能满足能量和资源的需求

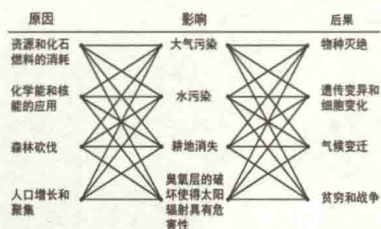


图 0-1 复杂的环境问题

环境问题十分复杂，我们可以将其分为原因、影响和后果，本图描绘了最重要的环境问题及其导致的部分后果

我们正在一点一点地毁灭我们赖以生存的美丽地球。越来越多的人意识到创建可持续发展社会和阻止环境破坏的重要性。这一切都迫在眉睫。我们必须尽快改变原有的生存方式。许多研究者和独立评论家认为，在目前情况下，要达到可持续发展的目标，我们仍需几十年的努力。

0.1 环境问题

环境问题是人类发展走向歧途最清晰的证据。气候变化、臭氧层破坏和生物多样性的耗竭成为我们最常听到的问题。产生这些问题的主要原因是过度消耗化石燃料和化学品，造成空气、水和土壤的污染（图 0-1）。此外另一个值得关注的情况是廉价的化石燃料使人口出现史无前例的增长，但是对于这些增加的人口，却不再有充足的资源来满足目前西方国家的能源消耗水平（图 0-2）。

1) 觉醒

1962 年，雷切尔·卡森（Rachel Carson）的《寂静的春天》（Silent Spring）一书出版，最先敲响了环境问题的警钟。这本书描述了受到水银污染的种子如何使鸟类数目减少。1972 年，罗马俱乐部（The Club of Rome，一个由卓越的科学家和具有各种专业背景的人士共同组成的国际性组织）发表了一份名为《增长的极限》（The Limits to Growth）的报告。由于以石油为代表的自然资源的有限性，导致经济也不可能无限制的增长，该报告对这一问题的前瞻性研究，得到了广泛关注。



图 0-2 在 2000 年中化石燃料的使用和人口增长

廉价化石能源的使用促使了人口的大幅度增长。很明显这两条曲线相互对应。人口曲线中的一小段骤降是由于中世纪的瘟疫

今天，四分之一的哺乳动物和八分之一的鸟类都濒临灭绝。在欧洲，野生狐狸和多种海豚、鲸鱼和海豹已濒临灭绝。世界自然保护联盟（The World Conservation Union）列出了一项世界范围内 12 000 种濒临灭绝的动物和植物的清单。

2) 化石燃料

我们的能源供给基于化石燃料，这种不可再生资源会对大气产生负面影响，并且导致了气候变化、酸化和臭氧层破坏。此外化石燃料是一种有限的资源，终有一天会消耗殆尽。我们必须学会使用可再生资源，例如太阳能、风能、生物能和水能。

3) 气候变迁

由于大量燃烧来自地球内部的化石燃料，大气中的二氧化碳排放量大幅度增加。越来越多的研究者警告所谓的温室效应会导致气候变化。温室气体像玻璃一样包裹在地球表面，允许太阳光通过，但却阻止热量向外辐射。

温室效应主要是由二氧化碳的排放造成的，当然，氟利昂、甲烷、氮氧化物和臭氧也难辞其咎。二氧化碳排放总量的 80% 来源于化石燃料的燃烧，剩下的 20% 归因于森林砍伐和生态系统的破坏。植物在生长过程中吸收二氧化碳并在腐烂过程中释放二氧化碳。瑞典的年人均二氧化碳排放量为 1.5t，美国的人均排放量是瑞典的数倍，而印度则是瑞典的 1/4。为了阻止持续增长的温室效应，需要将排放率减至年均 0.3t CO₂/ 人。研究显示全球气温可能增长 1.6—6℃，这将导致海平面上升 15—100cm。地势低的地区将会受到洪水和被污染地下水的严重影响。这将会导致地球绝大部分地区气候的变化。极端的气候情况如风暴、洪水以及干旱将会成为普遍现象。温室效应是最为严峻和困难的环境问题之一。如果我们不走运的话，北极融化的冰川将会改变墨西哥暖流（Gulf Stream），导致北欧国家步入新的冰川时代（表 0-1，图 0-3 至图 0-5）。

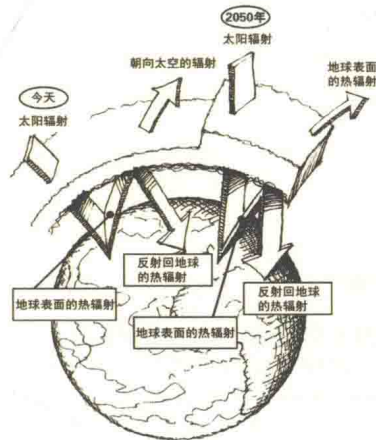


图 0-3 2050 年全球气候变化

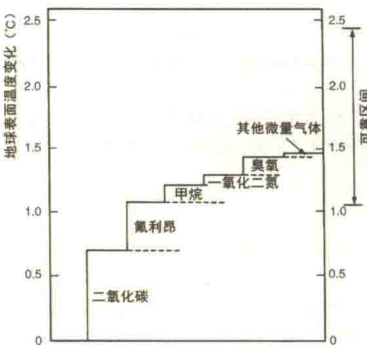


图 0-4 温室气体与气温变化的关系图
其价值在于于到 2050 年为止全球平均气温的增长可以被预测。资料源于伯特·博林（Bert Bolin）等

表 0-1 从 1850—2050 年温室气体的增加

年代	1850	1988	2050
二氧化碳 CO ₂	275	345	500
甲烷 CH ₄	0.7	1.7	3.0
氮氧化物 NO _x	0.285	0.304	0.400

注：单位为 ppvm（每百万分之一的容积数）。

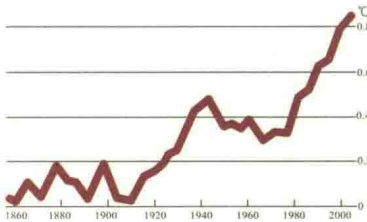
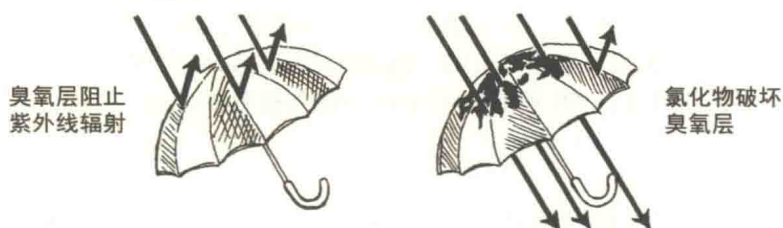


图 0-5 地球平均温度的改变
资料源于 DN，2003-08-12

保护我们的臭氧层

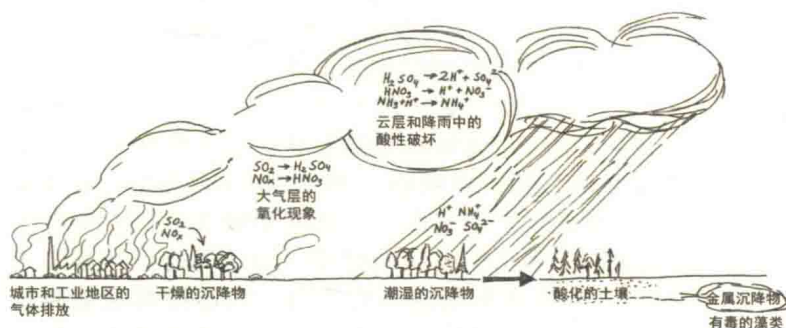


但是臭氧层的破坏愈演愈烈

图 0-6 臭氧层阻止紫外线辐射
在南极上空的臭氧层空洞正在扩大，北极上空的臭氧层也存在空洞。资料源于瑞典环境保护局（Naturvårdsverket）1995. “Vägskal för miljön”



图 0-7 酸化的硫、氮化合物在大气中的运动过程和在此过程中的化学反应
资料改编自瑞士标准化协会（SNV）信息 3（Meddelande），1981



4) 臭氧层破坏

化石燃料燃烧产生的温室气体，以及冰箱等电器中使用的氟利昂，造成了臭氧层的破坏（图 0-6）。紫外线辐射的增加提高了患皮肤癌的风险。北极上空的臭氧层空洞比南极上空要小。臭氧层空洞扩大被认为是澳大利亚人患皮肤癌概率增加、南非兔角膜出现病变以及南极浮游生物减少的原因。

5) 酸化

工业区和高密度建筑区域大量燃烧化石燃料产生的氮氧化合物和硫氧化物造成土壤和水的酸化（图 0-7）。

6) 地表臭氧

当汽车排放的废气或有机溶剂与太阳光发生反应产生了地表臭氧，这会造成农业减产和细胞黏膜病变。有证据表明在瑞典每年有 1 500 起死亡案例可归因于地表臭氧。

7) 化学药品

为了提高生活品质，数以万种的化学药品在全球范围内被广