



# 新一代 基础设施

后工业化时代的市政工程

[美] 希拉里·布朗 著 孙晓晖 李德新 译

中国城市出版社  
CHINA CITY PRESS

# 新一代基础设施

——后工业化时代的市政工程

[美] 希拉里·布朗 著  
孙晓晖 李德新 译

中国城市出版社

著作权合同登记图字：01-2016-8708号

图书在版编目 ( CIP ) 数据

新一代基础设施：后工业化时代的市政工程 / (美) 希拉里·布朗著；孙晓晖，李德新译. —北京：中国城市出版社，2018.3

书名原文：Next Generation Infrastructure

ISBN 978-7-5074-3154-4

I. ①新… II. ①希… ②孙… ③李… III. ①市政工程—基础设施建设  
IV. ①TU99

中国版本图书馆CIP数据核字 (2018) 第301784号

**Next Generation Infrastructure—Principles for Post-Industrial Public Works**

Copyright © 2014 Hillary Brown

Published by arrangement with Island Press through Bardon-Chinese Media Agency

Translation Copyright © 2018 by China City Press

本书由美国 Island 出版社授权翻译出版

责任编辑：张鹏伟 程素荣

责任校对：党 蕾

**新一代基础设施**

——后工业化时代的市政工程

[美] 希拉里·布朗 著

孙晓晖 李德新 译

\*

中国城市出版社出版、发行 (北京海淀三里河路9号)

各地新华书店、建筑书店经销

北京锋尚制版有限公司制版

北京圣夫亚美印刷有限公司印刷

\*

开本：787×1092毫米 1/16 印张：12¼ 字数：215千字

2019年2月第一版 2019年2月第一次印刷

定价：55.00元

ISBN 978-7-5074-3154-4

(904116)

**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 )

# 序 言

大卫·W·奥尔

位于纽约市往北一小时车程的欧米伽学院里，运行着一个太阳能污水处理系统。系统外观和工作原理都与热带温室相类似，由约翰·托德和BNIM Architects建筑师事务所设计，日处理约189.27吨废水。该系统综合利用室内湿地与室外湿地来净化污水，而不使用氯、铝盐或其他化学制剂或化石燃料。利用动植物以及地球上一些最古老的生物体去除污水里的氮和磷，并将污染物转化为无害物质。这是智能生态设计、优质工程、全部成本经济学以及远见卓识的典范。然而欧米伽学院的污水处理设施仅仅是新一代设计应用于能源、水、交通和废物管理等系统的一个小例子而已。正如作者希拉里·布朗在这部书中所展示的那样，世界各地还有更多此类应用，带来基础设施的巨变，降低成本，同时提升适应力。

我们现有的基础设施，如污水处理厂、路桥、电网、管道、堤坝等正在迅速地老化衰败。美国土木工程师协会（The American Society of Civil Engineers, ASCE）估计，修缮或者替换这些现有设施，费用将高达3.6万亿美元。就算是出于资金成本原因，现在也该重新考虑设计、建造以及投资公共基础设施的方式。但是随着这些钢筋混凝土、线路管道年久失修，旧有的基础设施设计理念依据也即将随之一起坍塌。工业基础设施的设计者们在设计之初，假设价格低廉的能源供应源源不断；针对复杂问题采取单一目的的简单解决方法是卓有成效的；使用蛮力掌控自然确有必要；上述这些假设在贯彻执行时完全相信在有限的地球上经济会无限增长。这个范式致命的种种缺陷现今早已被大幅报道，日日不绝于耳的恶性事件新闻报道充斥在我们岌岌可危的生存体验中。

而一种全新的生态范式正在重塑设计者的思维方式，这些设计者所面对的诸多系统为我们提供所需的食物、能源、物质、交通、住房、垃圾回收以及安全。生态设计师和生态工程师的头等大事是要顺应而非违背自然进程和自然量。他们紧接着

肯塔基作家温德尔·柏瑞（Wendell Berry）之后发问：这里有什么？大自然会允许我们在这里做什么？大自然会帮助我们在这里做什么？令人吃惊的是这些问题的答案，尤其是最后一个问题的答案，都是积极正面的，并且指明道路，通往更为节约成本、适应性更强也更可持续的基础设施建设。如果使用得当，基建系统的许多工程都可以由大自然来完成，且分文不花。大自然如何利用太阳光，净化垃圾，无需化石燃料或有毒化学制剂就能建造优雅的结构；这些具体知识正在改变人类各个系统的设计。例如仿生学、生态工程学和生态设计等新兴领域正悄无声息地改变建筑、工程、农业、林业、城市规划以及基础设施开发各个方面。

城市历史学家简·雅各布斯（Jane Jacobs）提出的生态设计准则简洁明了：（1）将自然视为标准而非征服的对象；（2）处理废弃物，使其成为其他生物的食物；（3）只使用可再生能源；（4）保护并增加生物多样性；（5）在这一代人以及后世之中均匀分摊成本和利润。从上述准则衍生出的操作规范有：（1）“寻求模式化解决方案”跨越传统学科分界和行政部门壁垒，使得每一个解决方案不只解决一个问题也不再产生新问题；（2）所设计的各个系统要适应冗余组成部分并可修复；（3）强调临近性，因此多为本地或者本区域供应链。

短期经济思维经常被当作低劣设计的借口。但事实是不管我们是否意识到这一点，我们迟早还是要投资兴建适应力强的可持续基础设施（还有许多其他项目）。生态方面不连贯的设计关涉人类健康，在恐怖袭击和天灾面前脆弱无助，气候变化、种种不公、丧失生物多样性以及过高的运营和维护成本，都已经令我们为之付出代价。若要为全生命周期成本负责，我们应该从更广阔的长远角度重新思考公共基础设施投资原则。首期低廉的成本并不代表着永久节约成本。可以避免的未来成本支出，包括像是飓风桑迪这样的天灾引发的损失，还是应该纳入基础设施预算中。增强适应性，在气候等不稳定因素面前不再脆弱无助，这样的投资行为可算是精明的使用公共和私人资金。关键在于我们不仅需要在投资兴建基础设施时富有创造力，在设计这些基建时同样需要创造力。

我们所设计并施工建设的交通、水资源管理和能源基础设施，能否减少对生态系统的损害，降低气候危机风险，并节省施工和维护成本开支？同时还要改善人类健康状况并为根基宽广的可持续繁荣打造经济基础？这是大有可能的。而且这种可能性并非遥不可及。希拉里·布朗在《新一代基础设施》一书中引用了数十个范例表明这样的设计技术已然存在，其在世界各地的应用也极富创见。新一代基建并非

是富人享用的奢侈品。和网上天气预报一样，它无论贫富一视同仁、随处可见，无论是应对极端高温天气，持续时间较长的干旱天气，更凶猛的暴雨还是急速的狂风。我们将会需要这样新型的基础设施，能够更好地适应人类之前从未遭遇到的更大压力。

作为一名才华横溢的作者，希拉里·布朗将我们引向打造一个适应力强的社会中最重要方面，尽管这点在大多数时候遭到忽视。布朗之前作为第一作者和合作者为纽约市出版了两部重要著作——《高性能施工指南》(High Performance Building Guidelines)和《高性能基础设施指南》(High Performance Infrastructure Guidelines)。在随后的设计、创作和教学生涯中，希拉里·布朗逐渐形成了非凡且颇具深度的远见卓识，并积累了经验。在我们编写的有关人类未来的叙事话语中，本书是不可或缺的一章，应该成为各个层面规划师、金融家和政府官员的必读书。

# 致 谢

因为我职业生涯中十分珍贵的一部分时光是在市政府渡过的，在此仅以此书致敬市政工程领域的多位同仁，不仅是我的灵感来源，更是我的精神导师。还要特别感谢迈克尔·辛格尔工作室的迈克尔·辛格尔和杰森·布莱格曼。早前的创作中蒙克里斯蒂娜·拉扎努斯和南希·莱文森不吝赐教，感激万分。多位朋友和同事伸出援手，支持我对于基础设施领域的兴趣，在此一并致谢：Andrea Woodner, Claire Weisz, Don Watson, Byron Stigge, Jim Russell, Bill Reed和Paul Mankiewicz.

对于接受采访的个人，作者在此一一致谢：David Burke, Paul Chamberlin, Christine Holowacz, Mark Horn, Dave Hyams, Penny Lee, Erika Mantz, Charles McKinney, Thomas Paino, Linda Pollack, Stephanie Reichlin, James Roche, Margie Ruddick, Anthony Shorris, Ken Smith, George Stockton, Laura Truettner, Jurgen van der Heijden, Peter Op 't Veld, Ariane Volz, David Waggonner和Kate Zidar.

我万分感激创作过程中以各种方式为我提供帮助的人：Rachel Spellman、Cara Turett、Miriam Ward。本书得到伯纳德与安妮斯皮策建筑学院基金的慷慨支持。这本书的出版还要归功于 Sandra Chizinski 敏锐的编辑能力，以及 Island 出版社编辑 Heather Boyer 一如既往的支持。最后，我满怀爱意的将这本书献给我的兄弟 Richard，还有我的侄儿 Eliot 和 Nicholas。

# 目 录

序言

致谢

|                                     |     |
|-------------------------------------|-----|
| 第1章 引言：亟待大胆行动 .....                 | 1   |
| 第2章 走向基础设施生态学：相关联，多用途和协同系统 .....    | 13  |
| 第3章 让供热和能源变得绿色环保：一个能源脱碳的综合方法 .....  | 31  |
| 第4章 发展软路径水利基础设施：人工系统与自然系统交融 .....   | 54  |
| 第5章 为基础设施正名：设计社区友好型基础设施 .....       | 76  |
| 第6章 建立具有适应能力的海岸线和水道：软硬兼施 .....      | 99  |
| 第7章 缺水压力和水资源短缺的应对之道：增扩水源，改进存储 ..... | 116 |
| 第8章 前进的路：系统思考，局部实验 .....            | 132 |
| 注释 .....                            | 153 |

## 第1章

# 引言：亟待大胆行动

如果我们对基础设施实行综合管理，那就会有充足的资源来改造城市……如果我们开始管理城市时，假设城市是一个有生命的生态系统，而城市当然真的是有生命的，或过去曾经是，而也理应如此。

——肯尼·奥苏贝尔

《大自然的运行指令：真正的生物技术》

2007年8月1日，明尼苏达州I-35W公路桥八车道中的四车道被封闭，以适应路基的维修。晚高峰交通车流被引导至剩下的四条开放车道，造成不对称应力，使得本来已经脆弱的桥梁支撑系统负担加重。桥的跨中坍塌时，当时正在桥面上行驶的111辆汽车，有17辆被甩进了距离桥面32.9m的密西西比河中，事故造成13人遇难，145人受伤。（见图1-1）。<sup>1</sup>

很快，人们开始认为I-35W公路桥的悲剧事故标志着曾经辉煌的州际公路系统破败不堪的现状——在许多批评者看来也标志着美国基础设施投资规模不断缩减。但这一悲剧性事故也呼吁公众关注更广泛的问题：“优化复杂系统的各个单独组成部分”这样狭隘的关注点很可能损害整体的可持续性。

据美国国家运输安全委员会（the National Transportation Safety Board, NTSB）所作的评估，桥面坍塌主要原因，是连接桥梁钢桁架系统关键部件的钢板起初尺寸不足，危害了桥梁结构性冗余，即承受额外应力的能力。国家运输安全委员会还强调了其他四点：后加的桥面板使得桥梁结构自重增加<sup>2</sup>；安全检查人员通常更关注腐蚀和裂纹，因而未能注意到钢板细微的弯曲（照片上明显可见）是由结构应力造成的<sup>3</sup>；在坍塌事故发生前几个小时，修路所需物资，包括原材料、设备和施工人员，共270吨重，恰巧位于公路桥最薄弱的几个点；此外，数名交通调度员也在无意中给桥梁结构增加了负重。

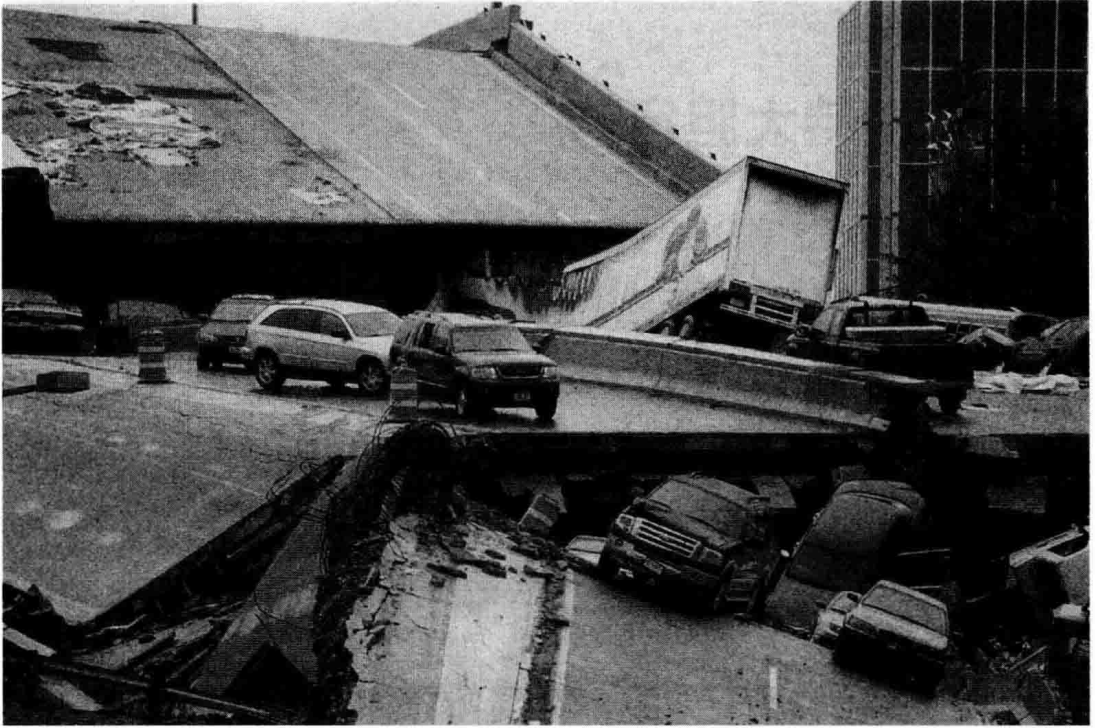


图1-1 车辆滞留在I-35W密西西比跨河大桥坍塌的部分，明尼苏达州明尼阿波利斯市。2007年8月坍塌事故后四天（感谢美国海岸警卫队凯文·鲁菲达尔提供的照片）

然而在美国国家运输安全委员会提交的报告中，并没有涉及复杂系统的设计和管理中一个颇具共性的问题：对于整体的运转机制视而不见，无法认同。在上述桥梁坍塌事故中，对既有问题的了解很可能仅限于设计、修理、检查、维护和运营各个分开的部门之中。因此，我们可以说“行政部门壁垒”之间更优化的信息流动本可以导致不一样的结果，或许能够阻止悲剧的发生。如保罗·霍肯，阿莫里·B·洛文斯和亨特·洛文斯在《国家资本主义》中所发现的：

将系统中孤立的各组成部分最大化会搞砸整个系统……当你提升系统里每个部分效率的同时，实际上是降低了整个系统效率，原因在于没能正确的将各部分联系起来。如果各个部分设计的意图不是彼此协同工作，那它们会彼此对抗。<sup>4</sup>

本书探讨的是我们如何能够最优化，而非是“最差化”公共服务设施和资产——主要是能源、水资源和垃圾的管理。本书是几种思想的汇合。首先，倘若我们要为全球可持续性规划一条发展道路的话，必须先将碳排放量大和对生态有危

害的科技从关键的基础设施系统中剥离出去，即对于当代社会至关重要的系统：水资源、废水、能源、固体垃圾、运输和通信。其次，我们有机会，通过系统化思维的力量来构想一个全然另类的未来，采取大胆的措施迈向那一可能性。最后，尽管我们拥有先进的科学技术，我们十分缺乏的是支持我们这样努力的政策和实施框架。

飓风桑迪一路横扫纽约—新泽西大都市区域，清晰地展示了城市基建系统在面对风暴来袭时极度的脆弱，这些天灾由于气候变化而变得越加频发，破坏力也越强。飓风桑迪尤其凸显了各基础设施部门间的相互依赖性。洪水淹没纽约市主干道和下水道；桥梁封闭；控制公共电力输送的变电站被关闭；煤气供应切断；街道、建筑物和整个街区被毁。数日甚至数周，由洪水引发的各类故障使数百万居民断电断水，无法供暖。

本书的一个前提是我们现行的基础设施的发展模式反映出工业化的世界观，即从便利、效率和官僚控制的角度，将基础设施系统中各个要素孤立起来。而与此相对的后工业的视角，则关注理解系统各个要素间的关系以及部分与整体之间的关系。从这点来看，能源、水资源和垃圾管理所谓的“硬件”本质上还是需要从生态角度来审视。新一代基础设施意味着超越分离式思维模式，转向整合式的新方法，来进行基础设施的规划、投资、建设、运营和维护。书中所列出的这些革新性的项目，从理念到设计所凸显的更多的是“结果驱动型”，而非“对象聚焦型”。这些创举也激励着我们前行，同时更加敏锐地感受宏观基础设施环境；从经济和环境背景出发考虑一个场地；在不同系统间共享资源，从而节约成本、扩大收益。通过系统化方法进行生命线服务，我们才能开始加速达成可持续性。

## 问题的严重性

菲利克斯·罗哈廷（Felix Rohatyn）在《大胆行动：我们的政府过去如何建造美国，而为何现在需要重建？》中讲述了美国历史上富于创见的基建投资——从横贯大陆铁路到巴拿马运河再到乡村电气化和州际公路——按时间顺序记载了每一次创举背后不同寻常的远见卓识和大无畏的领导精神，并着重描述了多重回报，尤其拉动经济增长方面。<sup>5</sup>如今我们势在必行，去维修和加固现存的基础设施；或者干脆全部重建。到底需要做什么？而又应该从何开始呢？

2009年，美国土木工程协会（the American Society of Civil Engineers）根据美国基础设施的妥善性和安全性给出平均等级D——而到了2013年评级被提升到了D+，都归功于增量投资的累积效果。而该协会2013年的报告中指出维修美国基础设施类固定资产并达到“良好”状态（基本上相当于B级）预计截至2020年将需要累计投资3.6万亿美元——这个金额还没有计算增长率或通货膨胀率。<sup>6</sup>下面是从几个近期发布的评估报告中摘录的要点：

- 美国每年由于系统渗漏和24万处主水管故障要损失6435200032.8m<sup>3</sup>饮用水。<sup>7</sup>要在20年内升级水资源输送、处理和存储的成本将高达3348亿美元。<sup>8</sup>
- 每年，由于暴雨和排污管一共造成超过7.5万次的污水泛滥，将3406870605.6m<sup>3</sup>未经处理的污水直接排放到美国各个水道中。<sup>9</sup>而估计在未来20年升级扩建污水和雨水系统的成本高达2980亿美元。<sup>10</sup>
- 重大供电故障次数从2007年的76次攀升至2011年的307次。<sup>11</sup>在2005~2009年期间，美国一共发生264次大规模断电事件。在未来20年，电力系统升级成本支出估计需要1.5万亿~2万亿美元。<sup>12</sup>
- 确保现有公共交通系统的安全和效率，则需要每年改善的投入在182亿~296亿美元（以2012年美元计算）。<sup>13</sup>
- 以2012年为例，当年全美11%的桥梁被评估为结构存在缺陷。在2028年之前维修或者替换不达标的桥梁结构，其成本估计高达760亿美元。<sup>14</sup>

美国基础设施投资主要来源是大约非国防开支总额的3.5%，而且自1976年以来基本没变，既滞后于发达国家，也比不上发展中国家。<sup>15</sup>尽管美国的国土面积大约是欧盟面积的2.5倍，在2010~2020年十年期间，美国平均每年基础设施开支约1500亿美元——不足美国国内生产总值的1%，而欧盟则是每年3000亿美元。<sup>16</sup>发展中国家的基础设施投资也同样超过美国：按照各国的国内生产总值比例计算，印度和中国在公共设施支出分别为8%和9%。<sup>17</sup>

2013年4月，时任美国总统奥巴马正在奋力争取美国基础设施投资——也是他重点关切之一——可能已经是第五次了。他的提案中包括一项500亿美元的经济刺激计划，主要基于运输交通方面的投资；还包括100亿美元的公共资金，通过新建的一个独立国家基础设施银行融资私人投资<sup>18</sup>——这些呼吁在力行紧缩政策的众议

院屡屡碰壁。然而奥巴马总统的提议却和世界其他国家领导人的做法不谋而合。

一些美国人怕预先阻止基础设施投资，将会使美国丧失其经济和政治方面的竞争优势，因而振臂高呼行动起来。美国生命线系统衰败的状况未能引起公众的注意。基础设施维修和养护属于极没有吸引力的开支；政客们更愿意为投资的新项目剪彩，而不愿将资金投入基础设施养护；而这种倾向进一步损害现存系统的状况。因此，尽管灾难性的故障之后警报时不时响起，公众却毫无紧迫感——也根本认识不到基础设施系统是至关重要的生命线，关乎经济增长、公共健康和安安全以及其他理想的社会目标。更不用说有任何人能够理解这些生命线与自然系统的完整性是如何产生直接或间接的联系。

## 大自然和基础设施

人类的生命依赖于大自然提供的各项生态服务——从水资源净化到垃圾处理再到自然灾害的管控。<sup>19</sup>这些服务源自生态系统：生物和非生物以共生状态存在，自我组织聚合，共享能源、信息和物质以互惠互利。

人造能源、水和垃圾等基础设施系统和自然生态系统一样，彼此紧密联系。<sup>20</sup>比如说，发电需要水来降温，而水资源输送和废水处理又需要电；发电仍需要铁路运输的煤。运输服务、水处理以及发电都依靠信息技术。<sup>21</sup>然而，自从工业时代到来，我们的惯例做法是将基础设施系统的各个组成部分分给不同部门，建制和管辖权全部归属各独立部门；并切断基础设施与自然生态系统服务之间的联系，而最终基础设施还是要依赖后者。

工业时代的范式在很大程度上导致了公共基础设施与生态系统服务的分离；而现今公共基础设施却依赖生态系统的服务。基础设施为公众提供的服务基本是隐形的；大多数在地面以下或是高高架起的高空——甚至几乎肉眼难以发现。电力、水、垃圾设施往往远离繁华居住区。人们很少会想起将公共服务、日常生活和环境联系在一起的网路：开灯的时候我们不会去想“污染严重的煤炭燃烧”；垃圾道或者垃圾箱也并不会令我们联想到大片垃圾填埋区的景象。

生态系统服务和人工公共服务系统之间存在着直接对应关系，尽管并非很容易发现。水过滤和水处理过程类似自然界的土壤渗透，为蓄水层和水库提供水源；也类似湿地的净化功能。与大自然的微生物分解相比，焚烧或者填埋垃圾则不那么完

美。而我们“生产”能源，其实质是释放生物质中储存的太阳能。

在过去十年里飓风造成了前所未闻的损失，对于基础设施系统间的相互依存性和人工系统对自然系统的依赖性，我们不是加以抑制就是予以否认，这使得我们处境越发艰难。而进化式的后工业时代观点反映了与可持续性相联系的整体视角，更强调了相互联系而非分离。从这一角度出发，人造的世界栖居于自然世界，并依赖后者的健康与生产力。自然生态系统和人造基础设施绝不仅仅是离散对象的集合体，而是内嵌在网络中的不可缺少的运转组成部分，彼此共享能源、物质和信息。

当我们从工业时代的世界观转向后工业时代的世界观，问题不再是“我们如何领导自然？”而是“我们怎么利用基础设施系统与自然以及各基础设施系统之间的关联性？”<sup>22</sup>比如，倘若发电厂、污水处理厂和其他基础设施提供的服务是基于相互依存的生态模式，而不是分散的工业化模式，那会怎么样呢？

## 基础设施生态学

大自然的运作模式依赖于功能的整合而非分离。举例来说，我们知道，在其他作物附近种植豆科植物可以免去使用化肥；植树行距间隔开，在间隔空隙处种植伴随作物可以增加产量；在小麦、大豆或其他作物行间种植产坚果的树种有助于防风，稳固表层土。上述提到这些例子是从永续农业这门学科中找到的，基础设施领域与之类似：随着我们逐步认识到基础设施各系统间的关联性极有益处，共享的组成部分发挥一种以上的功能，或者能源、水或垃圾在其间交换——这产生的效率自然可为人所用。这种协同效应合在一起可以减少碳排放、节约资源、减少或消灭垃圾，并提供附加的公共益处。

正如永续农业实践的创建人之一大卫·霍姆格瑞所言，“整合之前分离的系统似乎成为后工业设计中的根本原则。”<sup>23</sup>这样的整合正是基础设施生态学的本质。基础设施生态学和永续农业学科一样，从大自然在不受干扰状态下自行运转的方式中得到启发：以针对特定环境的方式将资源和信息流动最优化。例如，生物系统——完全依赖太阳能——“串联”，或是在一个闭合回路中传递能源、水和营养素，不会残留垃圾废物。

产业共生（industrial symbiosis）这个术语于20世纪80年代末产生，用于描述革

新式的方法，将能源基础设施、工业和其他商业实体搬迁至一处以互惠互利。“生态工业园区”经典案例位于丹麦的卡伦堡市，始建于20世纪60和70年代。当时是一些公共和私人实体的协作结果，他们背后是共同的利益：能源与资源的最优化使用（图1-2）。卡伦堡市的中心是一家燃煤发电厂，排出的废热可为温室、渔场和3500户家庭供暖。发电厂将多余的蒸汽和当地一家炼油厂和制药公司分享，去除承受水域的热能污染。从发电厂废气烟囱擦洗下来的粉煤灰替代了三分之二的原料石膏，原本也是隔壁工厂生产石膏墙板时需要的原料。药厂产生的废弃营养素留给当地养猪场作饲料；养猪场的垃圾直接在当地作了肥料。这个垃圾清理和循环再利用的网络（2011年统计中包括22种不同的物质交换）为合作伙伴带来了新的收入；当时在这个交换式基础设施中投资6000万美元，现在每年可以节省1500万美元。更有

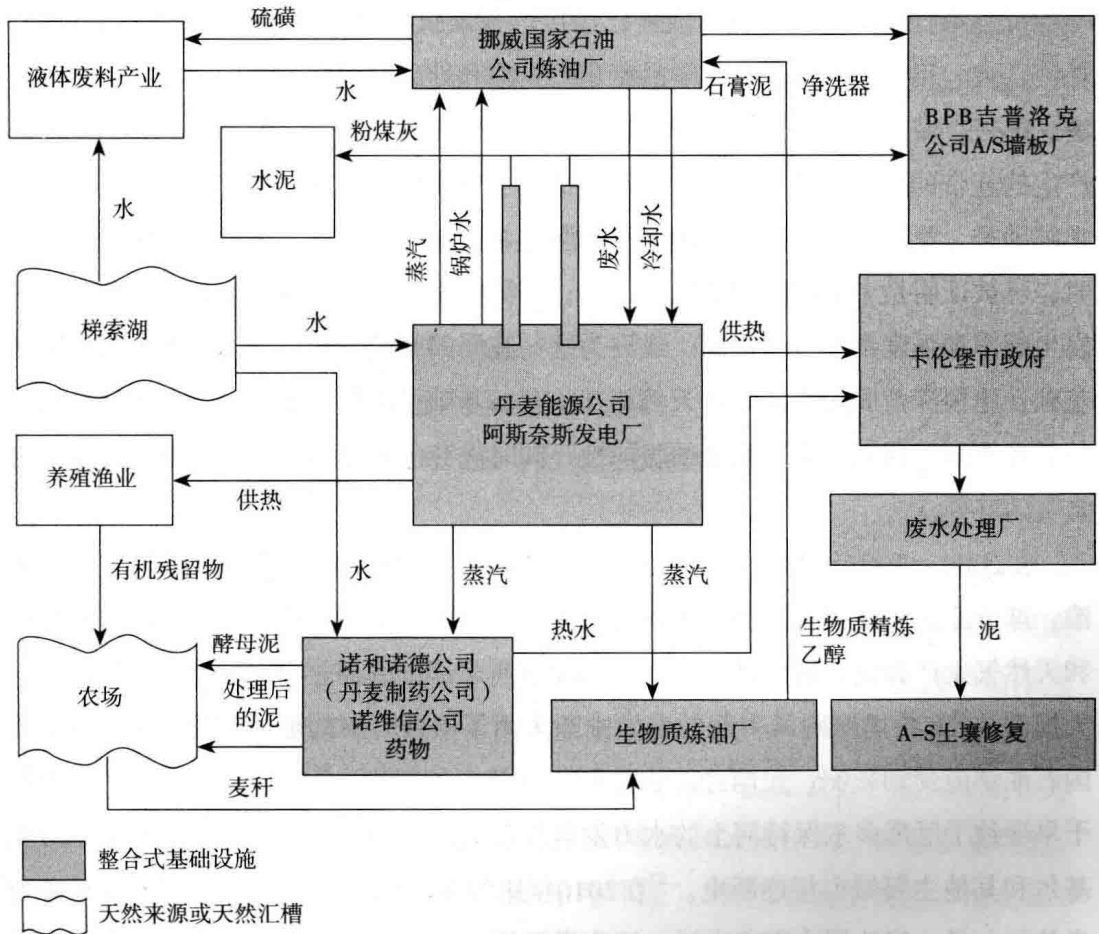


图1-2 卡伦堡共生体系。丹麦，卡伦堡（改编自雅各布森 Jacobsen, 2006, Domenech and Davies, 2011）

甚者，每年的二氧化碳排放量减少64460吨，共节水390万 $m^3$ 。<sup>24</sup>

卡伦堡互惠互利的交换网络提供了一个模型，在此将被称为后工业时代基础设施系统。这个术语突出了新的思考方式，人造系统是自然系统的延续，并依赖自然系统；同时二者也是相互依存，切忌凌驾于自然之上。采取一种后工业时代的观点也意味着少去关注具体对象，而更关注关系，更注重系统间的互惠性，更加语境化或“情景化”的知识，并且最终产生适应性更强的管理机构。

## 工业化范式的终结

构成美国经济支柱的基础设施服务至关重要，是现代工业时代的产物。但是这些“珍贵遗产系统”现在却面临着诸多挑战。第一，因为美国境内的绝大多数城市基础设施系统状况已经恶化，或者已经接近有效服务期；这就需要替换或者升级，耗资巨大。第二，碳密集和化学品密集型设施和处理过程污染我们的空气、水和土壤。第三，城市化的压力需要扩充现有设施或增加新设施——但是公众意识到可能产生的连带的债务负担和损害（还有公众对过去做法的失望），这使得恰当选址越来越困难。第四，现有基础设施结构和服务在面对极端天气、风暴潮、洪水和干旱时，已被证明是十分脆弱和不堪一击的；而科学家预测由于气候变化，这些天灾的发生频率和强度都会有所提高。或许为这些脆弱的系统带来更大风险的是我们有关基础设施根深蒂固的看法。将天然相互依存的基础设施各系统分成不相关联、自足的管理体制，我们扩大了系统的脆弱性，同时放弃了效率提高、成本节约以及其他宝贵的好处。

在2000~2001年间，加州居民经历了数次大规模停电，部分原因是干旱和热浪，部分原因是能源交易商操控电力价格，使得情况更加恶化。由于断电导致原油和天然气生产和流通的中断，令硅谷和加州西北部以冶金业为主的地方经济蒙受巨大损失。<sup>25</sup>卡特里娜飓风引起的电力中断关闭了墨西哥湾的输油管道，近10%的美国石油供应受到影响，美国经济也受到连锁效应的影响。<sup>26</sup>2007年一次极为严重的干旱导致了厄瓜多尔保特河上的水力发电设备无水可用，结果使得首都基多、瓜亚基尔和其他主要城市接连断电。<sup>27</sup>在2010年康涅狄格州的纽黑文城有记录以来最为炎热的七月，当地用水需求激增，还有灌溉用水，以及用于发电厂冷却塔和其他建筑的用水；导致给水总管流量增大，冲刷掉了水管上的沉积物，使得自来水管流出

棕色的泥水，令人不安（尽管仍然可以使用）。<sup>28</sup>

当今世界受制于碳限制排放和不稳定气候的影响，相互依赖性越来越强的复杂基础设施如何能够继续支持这个正在迅速城市化的世界？这些至关重要的技术网络如何能够重新加以建构、变得更高效、减少对环境的破坏，同时提高适应性？本书致力于探讨的方法和举措，其核心就是这些问题。只有更好地理解不同基础设施服务体系之间的关联和潜在的协同作用，我们才能减少由于疏忽导致的破坏，同时利用具有建设性的系统间交流，从而降低成本，获得各系统交织共赢的益处——简而言之，将整体最优化。为了继续提供生命线服务，我们必须更高效地进行最优化。

## 本书的结构

本书中提到的替代范式呼吁更加多元化的、分散的以及相互关联的基础设施资产，即能够模仿自然系统行为的基础设施系统。在最佳状态下，此类系统应基于五条关键原则：

1. 系统应是多功能、相互关联以及有协同作用的。
2. 基础设施应尽量减少或消除碳排放。
3. 基础设施应与自然过程协调一致。
4. 基础设施应改善社会环境并为当地居民服务。
5. 基础设施应适应不稳定全球气候导致的可预测的变化。

接下来的各个章节依次强调上述五点（气候适应性用两章加以说明）；最后一章总结了新一代基础设施发展的政策方法。尽管书中每章列举的项目都阐明某项原则，但同时也有其他与后工业时代发展相关的属性。之所以选取这些例子是因为它们尤其具有代表性，能够阐明那一章节的原则重点。

第2章，“走向基础设施生态学”阐述的是规模经济、能源效率、减少垃圾和其他好处，前提是各项目都位于同一地点，设计时考虑到协同作用，身兼多重功能。第3章中探讨的项目，“让供热和能源变得绿色环保”，利用附近生物质、地热能、填埋区沼气或垃圾焚烧，或者将基础设施建于可再生能源或存储区附近，从而使能源组合多样化。通过能源生产分布——从而减少输送过程中损耗——这类方法也能