



可持续基础设施 的国际良好实践 原则

提供给政策制定者的
系统层级综合方法

第一版



版权所有 © 联合国环境规划署, 2021

本出版物可以全篇或部分复制, 以任何形式用于教育或非营利目的, 无需版权许可, 但须注明来源。

联合国环境规划署将感谢引用者向我们寄送任何在撰写过程中参考或引用了本报告的出版物的副本。未经联合国环境规划署事先书面许可, 不得将本报告再次出售或用于任何其他商业目的。

免责声明

本出版物所采用的名称与材料的编写方式并不意味着联合国环境规划署关于任何国家、领土、城市、或其当局的法律地位或关于其边界划定表示任何意见。同时, 本出版物中的观点不一定代表联合国环境规划署的观点或政策规定; 提及具体的商业名称或商业流程并不构成环境署对它们的认可或支持。

中文版译制: 同济大学

组织协调与审校: 李风亭、王玮琳、沈佳琦

翻译: 李佳妍、李翌、赵世超、张跃恒、傅志颖、马淑娴、孙迪

芯、贾蕊、吴子祯、张倩、周尧瑶、胡海琪

排版: 张爱爱、陈雨、王玮琳、杨茹奕

推荐的引用格式

联合国环境规划署 (2021) . *可持续基础设施的国际良好实践原则*.
内罗毕

ISBN No: 978-92-807-3846-9

Job No: DTI/2344/GE

目录

序言	4
致谢	6
缩写词	8
定义	10
执行摘要	12
引言	14
基础设施与可持续发展	14
系统层级综合方法的国际良好实践原则	17
指导原则	19
1. 战略规划	20
2. 提供响应式的、有韧性的、灵活的服务	22
3. 可持续性的综合生命周期评估	25
4. 避免环境影响并投资于自然	27
5. 资源效率和循环性	29
6. 公平、包容与赋权	31
7. 提高经济效益	33
8. 财政可持续性与创新融资	35
9. 透明化的、包容的参与式决策	37
10. 循证决策	39
参考文献	41

序言

基础设施系统提供饮用水、卫生设施、农业和工业生产以及电力等基本服务，确保经济得以正常运行。然而，我们目前的基础设施对自然资源的利用模式并不可持续，造成了气候变化、自然和生物多样性衰退、以及废弃物和污染问题。要解决这三大全球性危机并实现《2030年可持续发展议程》中的各项目标，我们迫切需要对当前基础设施系统存在的问题进行反思。而这正是2019年联合国环境大会要求环境署完成的工作。通过这份报告，环境署为这样的反思提供了思路。

基础设施资产的使用寿命往往长达数十年，而基础设施对环境的影响则以数百年为计。因此，造成长期深远的影响是无可避免的——无论这些影响是积极的还是消极的。在基础设施投资的单个项目层面，已开展了很多推动可持续性的工作；当然这样的工作应该继续保持下去。然而，与此同时，我们也应思考一些更宏大、更广泛的问题，即不同的基础设施系统间如何相互协调，以及基础设施如何成为维持地球生命的自然系统的组成部分。

为此，本文及随附的案例研究为可持续基础设施的综合方法提供了一个框架。此报告提出了十项良好的实践原则，从资源效率与循环性到财政创新，再到对可持续性的综合生命周期评估。除了实证案例外，这些原则为政策制定者提供了一条处理基础设施在环境、社会和经济层面可持续问题的途径。这些解决方案摆脱了孤立的规划、线性经济和“硬”资产的不良影响，进行了平衡、亲自然、低碳的合理化调整，反映了公众偏好和前沿创新技术。

对整个世界而言，当下是将这十项原则付诸实践的良好时机。因为大部分将在2050年存在的基础设施尚未建成。它们需要每年数万亿美元的资金投入，且这些基础设施将主要建在发展中国家。而且，许多旨在从新冠疫情中恢复的国家经济刺激计划都以基础设施为重点，通过创造就业机会和刺激需求来促进经济复苏，这为投资可持续基础设施提供了一个更好的机会。

我由衷感谢各成员国和其他利益相关方在完成这两份文件方面发挥的宝贵作用。现在，正是各成员国采取进一步行动来落实这十项原则的良好时机。只有将其纳入国家和地方层面的制度、政策和法律，这些原则才会转化为积极的成果。我想鼓励基础设施系统的所有相关者展开合作，借鉴报告中的国家案例研究，积极使用和推广这些原则。希望这份出版物可以为可持续基础设施发展提供实用基础，最大程度地满足人类和地球的需求。



英格·安德森 (Inger Andersen)

联合国环境规划署执行主任



致谢

《可持续基础设施的国际良好实践原则》是为了执行联合国环境大会（UNEA）关于可持续基础设施的第4/5号决议（UNEP/EA.4/Res.5）而编写的。该报告由Rowan Palmer（联合国环境规划署）领导的团队在盛馥来（联合国环境规划署）的指导下编写。团队成员包括Motoko Aizawa（可持续基础设施观察站），Giulia Carbone（世界自然保护联盟），Steven Crosskey（联合国项目事务署），Douglas Herrick（经济合作与发展组织），Lori Kerr（全球基础设施基金），Kate Kooka（经济合作与发展组织），Maikel Lieuw-Kie-Song（国际劳工组织），Geoffrey Morgan（联合国项目事务署），Kate Newman（世界自然基金会），Daniel Taras（德国国际合作机构），Scott Thacker（联合国项目事务署），Mito Tsukamoto（国际劳工组织）和Graham Watkins（美洲开发银行）。

本报告也从专家工作组的意见中受益匪浅，该工作组帮助制定了指导原则和最初概要，并对报告早期草稿提出了意见。除上述团队成员外，专家工作组还包括Graham Alabaster（联合国人类住区规划署），Scott Chapelow（儿童投资基金会），Cristina Contreras Casado（哈佛大学），Alison Davidian（联合国妇女署），Achim Deuchert（德国国际合作机构），Alexandre Hedjazi（日内瓦大学），Linda Krueger（大自然保护协会），Waleska Lemus（可持续基础设施基金会），Oliver Lorenz（德国国际合作机构），Elizabeth Losos（杜克大学），Katherine Lu（地球之友），Virginie Marchal（经济合作与发展组织），Eva Mayerhoffer（欧洲投资银行），Oshani Perera（国际可持续发展研究院），Laura Platchkov（瑞士联邦环境办公室），Spiro Pollalis（哈佛大学），Graham Pontin（国际咨询工程师联合会），Adina Relicovschi（欧洲投资银行），Katharina Schneider-Roos（全球基础设施巴塞尔基金会），Veronica Ruiz（世界自然保护联盟），Tim Scott（联合国开发计划署），尚升平（中国对外承包工程商会），Laurin Waunnenberg（国际可持续发展研究院）。

作者也感谢来自以下人员的评论、意见和其他贡献，他们是Dorothee Allain-Dupré（经济合作与发展组织），Apoorva Bajpai（联合国项目事务署），Timothy Bishop（经济合作与发展组织），Nicholas Bonvoisin（联合国欧洲经济委员会），Till-Niklas Braun（联合国环境规划署），Tihana Bule（经济合作与发展组织），陈亚璇（联合国环境规划署），Sarwat Chowdhury（联合国开发计划署），Lorena Cruz Serrano（经济合作与发展组织），Anna-Sophia Elm（联合国环境规划署），Ana Fernández Vergara（联合国环境规划署），Sergio Forte（墨西哥公共工程银行），Philippe Froissard（欧盟委员会），Catherine Gamper（经济合作与发展组织）。Juan Garin（经济合作与

致谢

发展组织), Colm Hastings (联合国环境规划署), Franziska Hirsch (联合国欧洲经济委员会), Jonathan Hobbs (世界保护监测中心), Diego Juffe Bignoli (世界保护监测中心), William Kelly (美国土木工程师学会, 亚洲土木工程协调委员会), Renu Khosla (城市和区域卓越中心), Jinseok Kim (联合国环境规划署), Arend Kolhoff (荷兰环境评估委员会), Joanne Lee (世界自然基金会), Désirée Leon (联合国环境规划署), Max Linsen (联合国欧洲经济委员会), Dominic MacCormack (联合国环境规划署), Luca Marmo (欧盟委员会), Beatriz Martins Carneiro (联合国环境规划署), Alexandre Martoussevitch (经济合作与发展组织), Isabella Neuweg (经济合作与发展组织), Stefano Paci (欧盟委员会), Kristyna Pelikanova (欧洲投资银行), Joseph Price (联合国环境规划署), 钱成宸 (联合国环境规划署), Carme Rosell (欧洲基础设施与生态网络), Ana María Ruiz Rivadeneira (经济合作与发展组织), Dirk Röttgers (经济合作与发展组织), Sigita Strumskyte (经济合作与发展组织), Paolo Tibaldeschi (世界自然基金会), Anna Willingshofer (大自然保护协会), Helena Wright (世界自然基金会) 和 Maria Yeroyanni (欧盟委员会)。

本报告由 Frances Meadows (联合国教科文组织) 编辑并由 Katharine Mugridge 排版。

联合国环境规划署衷心感谢全球环境基金 (GEF) 和瑞士联邦环境办公室 (FOEN) 的资金支持。



缩写词

术语	释义
ACECC	亚洲土木工程协调委员会
ADB	亚洲开发银行
ASCE	美国土木工程师学会
CEA	累积影响评价
CHINCA	中国对外承包工程商会
CIFF	儿童投资基金会
CURE	城市和区域卓越中心
EC	欧盟委员会
EIA	环境影响评价
EIB	欧洲投资银行
FIDIC	国际咨询工程师联合会
FoE	地球之友
FOEN	瑞士联邦环境办公室
GDP	国内生产总值
GEF	全球环境基金
GHG	温室气体
GIB	全球基础设施巴塞尔基金会
GIF	全球基础设施基金
GIZ	德国国际合作机构
GtCO ₂	十亿吨二氧化碳
ICE	英国土木工程师协会
IDB	美洲开发银行
IFC	国际金融公司
IFRC	红十字会与红新月会国际联合会
IISD	国际可持续发展研究院
ILO	国际劳工组织
IMF	国际货币基金组织
IENE	欧洲基础设施与生态网络

缩写词

InVEST	生态系统服务和交易的综合评估模型
IPBES	生物多样性和生态系统服务政府间科学政策平台
IPCC	联合国政府间气候变化专门委员会
IUCN	世界自然保护联盟
MSMEs	中小微企业
NbS	基于自然的解决方案
NCEA	荷兰环境评估委员会
OECD	经济合作与发展组织
PBS	基于性能的规范
PPP	公私合营模式
SCP	可持续消费和生产
SDGs	联合国可持续发展目标
SEA	战略环境评价
SEEA	环境经济核算体系
SIF	可持续基础设施基金会
SLOCAT	可持续低碳运输伙伴关系
TEEB	生态系统与生物多样性经济学
TNC	大自然保护协会
UNCTAD	联合国贸易和发展会议
UNDESA	联合国经济和社会事务部
UNDP	联合国开发计划署
UNEA	联合国环境大会
UNECE	联合国欧洲经济委员会
UNEP	联合国环境规划署
UNEP-WCMC	世界保护监测中心
UN-Habitat	联合国人类住区规划署
UNOPS	联合国项目事务署
WAVES	财富核算和生态系统服务估值
WWF	世界自然基金会

定义

有很多术语经常用于描述可持续基础设施的各个方面，但它们在不同的人 and 群体之间有不同的用法^a。以下定义旨在阐明这些术语在本文件中的用法。

基础设施系统由有形资产（也称为硬基础设施）以及使得硬基础设施得以运行的知识、机构和政策框架（也称为软基础设施）组成^b。基础设施系统包括所有领域人工建成的基础设施（也称为灰色基础设施）以及自然基础设施（也称为绿色基础设施）。

社会基础设施一词通常指那些为社会健康和福祉提供服务的系统。该术语可用于描述提供医疗、教育、住房、用水和卫生、法治、文化和娱乐等相关服务的基础设施。经济基础设施一般是指支撑经济发展的系统，包括但不限于能源、交通和通信基础设施。在许多情况下，社会基础设施和经济基础设施之间的界线并不明确，因为一个特定的基础设施系统可以同时具有社会功能和经济功能。因此，区分社会基础设施和经济基础设施时，最好基于其满足的需求来区分，而不是根据其提供服务的类型，或者所使用的资产或系统的类型。

可持续基础设施（有时也称为绿色基础设施）系统是以保障整个基础设施生命周期内的经济和财政、社会、环境（包括气候适应能力）和制度可持续性的方式进行规划、设计、建造、运营和报废的系统^c。可持续基础设施可包括人工基础设施、自然基础设施或半自然半人工的混合基础设施（见下文）。

本文中，“可持续性”一词包含了包容性、社会健康与福祉、质量、服务供应、适应力和经济效益等概念。

a 例如，“绿色基础设施”一词通常用于描述环境友好型可持续基础设施（例如，可再生能源基础设施），或者更具体地说，用于描述那些受到人为管理从而提供基础设施服务的自然要素，即“自然基础设施”。

b 软基础设施也可以与硬基础设施分开，单独提供服务——即存在纯粹的软基础设施。

c 这一定义改编自美洲开发银行在其《可持续基础设施是什么：贯穿项目周期的可持续性指导框架》报告中对可持续基础设施的定义。

定义

讨论可持续基础设施时常用的（但用法不一的）其他术语包括生态基础设施、自然基础设施、绿色基础设施和基于自然的解决方案。虽然这些术语与可持续基础设施相关，但并不完全等同于可持续基础设施；确切地说，它们指的是可持续基础设施的具体方面。**自然基础设施**（有时也被称为**生态基础设施、环境基础设施或绿色基础设施**）指的是“经过战略规划和管理自然土地网络，如森林和湿地、生产景观、以及其他保护或提高生态系统价值和功能并为人类提供相关利益的开放空间”¹。自然基础设施既可以是先天存在的，也可以是人为创造出来的，但是其关键特征是，自然基础设施应该是由人类积极管理的，缺少了人为管理便只是“自然”²。

自然基础设施可以单独运行，也可以用来补充人工基础设施。并且，自然基础设施的元素可以整合进人工建成的基础设施的设计中（例如，绿色屋顶和墙壁），这样就会形成**混合基础设施**（也称为**灰绿混合基础设施**）。

基于自然的解决方案（Nature-based solutions，简称NbS）是指“保护、可持续地管理和恢复自然或改造后的生态系统的行动，能够高效且具有适应性地应对社会挑战，同时为人类福祉和生物多样性带来益处”³。

基于自然的解决方案的应用并非仅限于基础设施方面，却与基础设施高度相关。基于自然的基础设施解决方案包括使用自然基础设施和混合基础设施，来满足基础设施的服务需求（例如保护自然流域以确保饮用水质量）。

执行摘要

基础设施是可持续发展的核心，支撑着经济增长，并提供对于改善生计和福祉至关重要的服务。与此同时，不可持续的、规划不良的和交付不善的基础设施可能会对环境和社会产生灾难性影响。

《可持续基础设施的国际良好实践原则》旨在为基础设施在全生命周期中贯彻可持续性提供全球适用的指导方案，其重点是项目层级的“上游”部分。它旨在帮助政府高级别政策制定者和决策者，为实现可持续发展目标（Sustainable Development Goals，简称SDGs）和《巴黎气候协定》目标所需的可持续基础设施创造赋能环境。

总的来说，本指南强调：基础设施应满足服务需求，在规划过程中尽早处理可持续性问题，不仅要整合可持续性的各个方面，还应将相关治理框架以及跨越时空界限的不同基础设施系统和行业整合在内。



本文提出的十项指导原则概述了基础设施的规划和发展应如何进行，以及为何应当重视这十项原则：

1. **战略规划**——以确保基础设施政策和决策与全球可持续发展议程一致，并加强赋能环境。
2. **提供响应式的、有韧性的、灵活的服务**——以满足实际的基础设施需求，允许随时间推移而产生的变化和不确定性，并促进基础设施项目和系统之间的协同作用。
3. **可持续性的综合生命周期评估**——包括多个基础设施系统在其整个生命周期内对生态系统和社区的累积影响，以避免“陷入”具有各种不利影响的基础设施项目和系统。
4. **避免环境影响并投资于自然**——利用大自然的能力提供必要的、性价比高的基础设施服务，并为人类和地球提供多种共同利益。
5. **资源效率和循环性**——从而最大程度地减少基础设施的自然资源足迹，减少排放、废弃物和其他污染物，提高服务效率和可负担性。
6. **公平、包容与赋权**——通过平衡社会基础设施和经济基础设施的投资来保护人权并增进福祉，特别是弱势群体或边缘群体的福祉。
7. **提高经济效益**——通过创造就业机会和支持当地经济来提高经济效益。
8. **财政可持续性**与创新融资——以在公共预算日益紧张的背景下填补基础设施投资缺口。
9. **透明化的、包容的参与式决策**——包括利益相关方分析、持续的公众参与和适用于所有利益相关方的申诉机制。
10. **循证决策**——包括根据关键性能指标对基础设施的性能和影响进行定期监测，并促进与所有利益相关方的数据共享。

这十项原则可用于构建系统层级的综合方法，进而提高政府以更少的基础设施满足所需服务的能力，这会比“一切照旧”的方法效率更高、污染更少、适应力更强、成本效益更高以及风险更小^d。

^d 有关综合方法的更详细说明，请参阅联合国环境署发布的报告《可持续基础设施的综合方法》。

引言

本报告旨在促进系统层级的综合方法在可持续基础设施的规划、交付和管理方面的应用。考虑到每个国家都有其独特国情，因此它为政策制定者提供了在基础设施全生命周期中整合环境、社会和经济可持续性的指导原则，使得这些原则能够适用于任何特定的国家背景。这些做法旨在帮助各级政府从“正确地建设基础设施”转变为“建设正确的基础设施”，以可持续的方式最大限度满足服务需求。

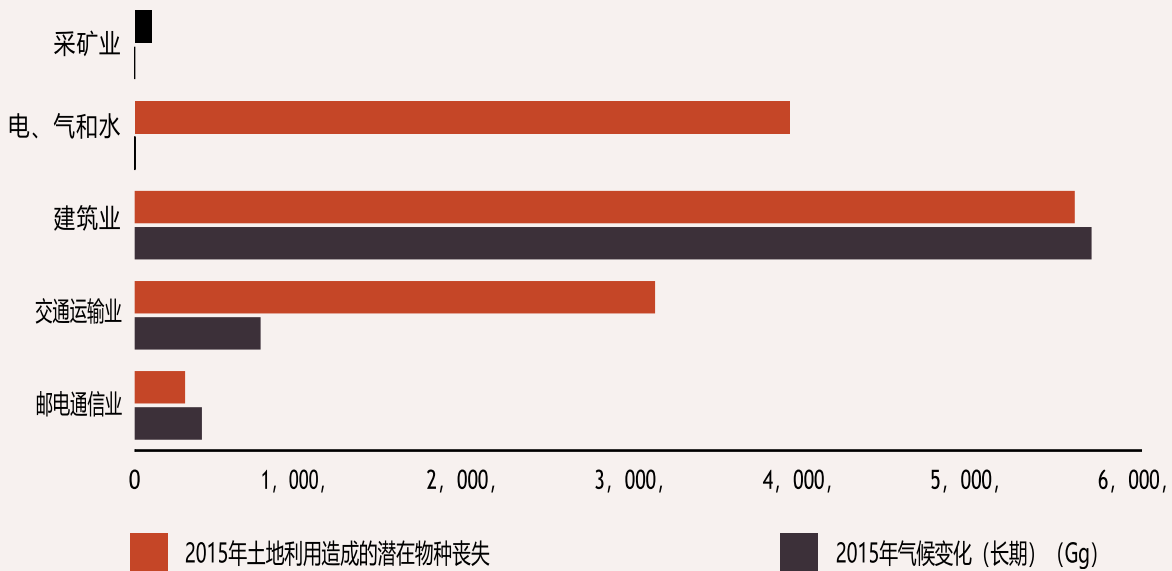
此处概述的原则可广泛应用于所有基础设施系统，包括运输、住房、能源、用水和卫生、废弃物管理、粮食和电信等。

基础设施与可持续发展

基础设施是人类和经济发展的支柱，与所有17项可持续发展目标（SDGs）相关联，直接或间接影响着169项具体的可持续发展目标中92%目标的实现⁴。基础设施系统是经济增长的驱动力，为人们提供改善生计和福祉所需的基本服务和经济机会。

与此同时，基础设施也可能会对人类和地球产生重大的负面影响。灰色基础设施（包括建筑、交通和发电基础设施）的建设和运营所产生的温室气体排放量，约占全球温室气体（Global Greenhouse Gas，简称GHG）总排放量的70%⁵，并对生物多样性和生态系统服务产生直接和间接的影响（见图1）⁶。同样，规划不善的基础设施可能使某些社会阶层无法获得服务和福利（例如就业），而大规模的基础设施开发可能导致整个社区的居民流离失所。财政可持续性也是一个问题，因为负担不起的基础设施项目可能会给国家和地方政府带来不可持续的债务，并导致民营企业参与、投资和地方社区商业模式的不可持续。此外，设计不当的基础设施会导致运营期间的长期维护或更换成本高昂，并影响其正常报废。

图1：潜在的物种损失和气候变化



来源: SCP热点分析

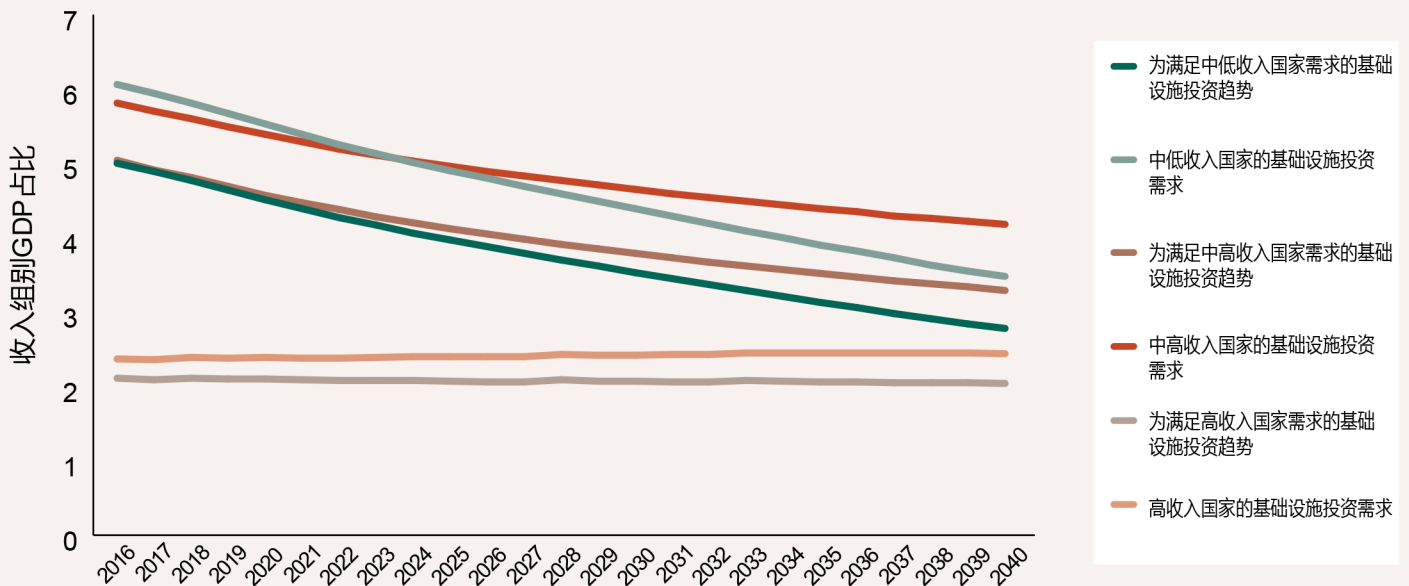
为了使基础设施发挥积极作用，必须在提高基础设施的社会、环境和经济效益的同时管理其对人类和地球造成的风险，而且基础设施还应在不断变化的条件下具有韧性和灵活性。基础设施系统通常可以持续几十年，因此做出明智的决策至关重要，当前决策的后果将直接影响我们共同的未来。

这一点尤其重要，因为在未来几十年，基础设施投资的规模预计将会很大。同时，在不可持续的投资对地球造成无法弥补的损害之前，我们拥有的机会窗口期非常短暂。

对基础设施服务日益增长的需求意味着我们需要在新的和现有的基础设施上投资数万亿美元。据经济合作与发展组织（OECD）估计，未来十年平均每年需要6.9万亿美元的投资用于气候兼容型基础设施才能满足全球发展需求^{e, 7}。根据全球基础设施中心（Global Infrastructure Hub），这些投资需求与当前的投资趋势之间存在巨大差距，尤其是在低收入和中等收入国家（见图2）⁸。

e 这个数字只包括了四个行业的投资:能源、交通、水和电信。实现可持续发展目标所需的基础设施投资可能要高得多，并扩展到其他更多行业。

图2：基础设施的投资缺口



来源：Infrastructure Outlook

新冠疫情使这一问题变得更加紧迫。各国政府已经在经济复苏计划中拨款数万亿美元⁹，其中包括对基础设施的大量投资，并以此作为刺激经济的手段¹⁰。这些投资为减少化石燃料依赖、保护及创造自然资本和增强危机抵御能力提供了前所未有的机会，同时也能缩小全球基础建设的差距，并刺激经济复苏^{f, 11}。以投资可再生能源和能源效率为例，每100万美元创造的就业机会是投资化石燃料的5倍¹²。同样，在发展中国家投资气候适应性基础设施可创造4.2万亿美元的经济效益，相当于每投资1美元可获得4美元的回报¹³。然而，经济复苏计划的很大一部分支出仍然投资于不可持续的产业^{14, 15}。

为了实现可持续发展目标和《巴黎气候协定》的目标，并保护社会和经济免受未来危机的影响，基础设施投资不应再遵循“一切照旧”的方法。此方法已被证实无法提供所需规模的可持续基础设施发展。基础设施投资的规范现在必须转向改善基础设施，利用现有的最佳证据、知识和技术，创造能够有效、高效、包容和可持续地提供服务的基础设施系统。

可用于进行这些改变的时间转瞬即逝。目前生物多样性和生态系统健康方面的负面趋势正在破坏大多数可持续发展目标的进程^{9, 16}，而要将全球气温上升控制在《巴黎气候协定》的目标范围内，就需要快速地从根本上减少碳排放^{h, 17}。鉴于大型基础设施项目通常需要数年时间来规划和交付，因此必须立即开始向更可持续的基础设施系统过渡。

f 世界自然资本论坛将自然资本定义为“包括地质、土壤、空气、水和所有生物在内的世界自然资产存量”。自然资本产生有价值的商品和服务的可持续流动。欲了解更多信息，请参见 Costanza and Daly. *Natural Capital and Sustainable Development*. *Conservation Biology*. 1992; 6(1): 37-46.

g 生物多样性和生态系统服务政府间科学政策平台 (Intergovernmental Platform on Biodiversity and Ecosystem Services, 简称 IPBES) 报告称，相对于它们最初估计的状态，自然生态系统已经平均减少了47%，25%的物种已经面临灭绝的威胁——这一速度已经比过去1000万年的平均速度高出至少几十到几百倍，而且还在迅速加快。

h 政府间气候变化专门委员会 (Intergovernmental Panel on Climate Change, 简称 IPCC) 发布的报告《气候变化2014：减缓气候变化》估计，基于化石燃料的基础设施的持续扩张将在21世纪剩余时间内产生2986 - 7402 GtCO₂的累积排放量，远高于预期的2100年CO₂的累计排放量上限值（如果相对于工业化前，温度上升水平保持在2°C以下，则上限值为1550 GtCO₂）。进一步估计，2030年排放水平相对较高的形势，将对2030 - 2050年期间的能源基础设施构成更大的挑战。届时，为了实现2°C阈值，低碳基础设施的比例将需要迅速扩大近四倍。

系统层级综合方法的国际良好实践原则

不同类型的基础设施系统与经济、社会和环境之间的关系是复杂且多维的。为使基础设施投资助力于可持续发展目标的实现，必须将可持续性纳入基础设施规划的最初阶段进行思考，考虑整个生命周期中不同基础设施系统和行业之间、它们的位置、相关治理框架以及可持续性的三大支柱（经济、社会和环境）的相互联系。与“一切照旧”的方法相比，这种系统层级的综合方可以提升政府的能力ⁱ，以更少的基础设施、更高的资源效率、更少的污染、更有韧性、更有成本效益、更少的风险来满足服务需求。

图3：基础设施生命周期和赋能环境

基础设施生命周期不仅包括单个项目的生命周期，还包括决策阶段。决策阶段是任一特定项目计划的“上游”。

赋能环境由管理基础设施系统的规划、交付、运营和报废等流程的制度、政策、规则和法规组成。赋能环境适用于基础设施的全生命周期，尽管特定的制度、策略、规则和法规的制定必然发生在它们所适用的生命周期阶段的上游。

资料来源：GIZ和UNEP



ⁱ 有关综合方法的未尽事宜，请参阅联合国环境署发布的报告《可持续基础设施综合方法》。

“一切照旧”的方法中，基础设施的环境和社会影响往往只在项目层级被加以考虑，不同基础设施系统和行业之间的协同作用和相互依存关系，以及它们对自然和社会的累积影响没有得到充分考虑。当基础设施被视为一个“由系统组成的系统”时，不同项目和行业之间的权衡和协同作用就可以相互平衡，进而在提供服务和实现国家可持续发展目标方面实现更有效的基础设施投资分配¹⁸。在规划过程的早期识别和处理潜在风险，可以产生更具可持续性、更符合用户需求和期望的项目。

尽管有许多现行指导原则、标准和工具将可持续性整合到基础设施中，但对项目级别的工具和保障措施的过度依赖只是寻求“不损害（do not harm）”。这些类型的工具往往缺乏雄心壮志，或者在规划过程中应用过晚，以至于已经无法影响关键决策，从而错过了将负面影响最小化、积极影响最大化的机会。

可持续基础设施工具导航：

可持续基础设施工具导航是一个在线平台，它帮助用户寻找在基础设施的生命周期中整合可持续性的工具。该平台主要面向参与基础设施开发的公共和私营部门利益相关者。导航包括几类工具，包括：高层次原则、影响评估、计算机建模、项目准备和规划、财务和成本效益分析、指导和评级系统。用户可免费使用可持续基础设施工具导航平台，登录 <https://sustainable-infrastructure-tools.org> 即可访问。

在政府间层面，《G20高质量基础设施投资原则》为基础设施投资提供了大体框架，支持《2030年可持续发展议程》并承认治理的重要性¹⁹。但这些原则仍然主要是从项目的角度看待基础设施，并且在可持续性的环境方面提供的指导十分有限。《经合组织高质量基础设施投资政策良好实践纲要》对《G20高质量基础设施投资原则》进行了补充，对可持续性的所有方面提供了更详细的政策性指导²⁰。

《可持续基础设施的国际良好实践原则》旨在对已有文献材料进行补充，重点关注项目层级的上游（见图3），并总结可持续基础设施政策、规划、准备及交付的良好实践，为支持实现可持续发展目标的可持续基础设施创造赋能环境。

这些原则侧重于政府可以采取的行动。公共部门在为可持续基础设施创造赋能环境方面发挥着主要作用。并且，如果没有适当的制度和政策，基础设施投资将继续走在不可持续的道路上。所有的基础设施开发都是这样，无论公共和私营部门在何种项目中扮演何种角色。

除了创造赋能环境以外，政府也是基础设施发展的主要驱动力。虽然私营部门投资和专业技术越来越被需要来帮助一些国家（特别是发展中国家）缩小基础设施差距，但社会最终将要求政府对提供大多数基础设施服务负责。这一点体现在公共部门在全球基础设施投资占大部分这一事实中²¹。例如，2017年，公共部门占发展中国家基础设施总投资的83%，而当私营部门对基础设施进行投资时，往往是投资于由公共机构资助的基础设施项目²²。因此，公共政策和基础设施采购，是引导投资进入可持续基础设施项目并产生积极影响的强大力量。



指导原则

1. 战略规划

基础设施发展的决策应当基于与全球可持续发展议程一致的战略规划，并由扶持性政策、规则和制度支持，以促进跨部门、国家和地方各级政府及公共行政部门之间协作^j。

长期愿景

基础设施投资的决策，应以长期的、以需求为导向的可持续发展战略愿景和超越国家和地方政治周期的公正转型为依据。这一愿景必须由适当的规划作为支撑，包括与连贯的规划周期相一致的基础设施发展和投资计划。至关重要是，环境、社会和经济可持续性要完全纳入这些规划，而且这些规划之间要保持概念上的一致。基础设施项目的全部流程都应与此保持相一致，并受到公共部门预算的支持²³。规划应当包括明确的环境、社会和经济目标，这有助于指导决策者选择更加可持续的基础设施项目^k。

除了新的可持续基础设施系统，这些规划还应当包括现有基础设施的可持续发展战略。这有助于最大限度地减少环境和社会影响，尽可能避免搁浅资产，并在资产搁浅问题无法避免时减轻其对经济的影响。

战略环境评价：

战略环境评价 (Strategic Environmental Assessment, 简称SEA) 是将可持续性纳入拟议政策、计划和项目的工具。SEA分析拟议计划、项目和政策的影响，并且可以帮助规划者就环境、社会和经济结果之间的权衡作出决定。SEA在规划过程中的应用比建设项目环境影响评价 (Environmental Impact Assessment, 简称EIA) 早得多，此时有更多战略可供选择并且可以应用于涉及多个项目的规划。如果使用得当，这些战略可以成为将可持续性纳入战略基础设施规划的有效途径，并有助于创造有利的体制和政策环境²⁴。

^j 《2030年可持续发展议程》被认为是当前最重要的全球可持续发展议程。

^k 《2030年可持续发展议程》及其相关文件——尤其是联合国可持续发展目标 (SDGs)、《亚的斯亚贝巴行动议程》、《巴黎气候协定》、《仙台框架》和《新城议程》——为国家战略愿景和计划提供了一个全面且受到广泛认可的框架基础。各国政府应当根据当地条件选择适当的目标和指标。

体制性协调

为了实现综合性和可持续的基础设施规划、交付和管理，需要在各级政府进行纵向（国家到地方政府）和横向（如不同部委和行政辖区之间）的机构协调。在整个生命周期中，基础设施涉及政府许多不同部门的管理，基础设施系统及其影响往往跨越地理和行政边界，包括跨越国家边界。物质资本和自然资本的优化以及资源的有效利用，意味着基础设施必须按照其地理影响水平进行规划和管理²⁵。

为了实现这种协调，需要打破机构之间和机构内部的壁垒，以促进和激励更多的跨学科合作。应协调数据的收集、生成和分析，并且共享数据。需要共同制定愿景、计划和政策。各级政策和法规必须协调一致，以避免相互矛盾或产生相反的激励或市场信号。机构之间和机构内部的跨学科和跨部门协调，还要确保从基础设施规划的最初阶段就适当考虑可持续性的各个方面。构建对话与合作的平台、联合政府、区域或市政合并以及签订合同等措施都有助于激励综合治理²⁶。

赋能环境

计划和战略的实施必须得到稳定和可预测的有利监管和政策环境的支持，随着时间的推移和领域的跨越，该赋能环境能够持续激励可持续性。稳定且有效的治理结构、法律框架以及与长期的、基于需求的规划相一致的经济、社会和环境政策，有助于为规划者、企业、投资者和基础设施发展的其他关键驱动者提供确定性并降低风险。融资的有利框架还包括监管确定性、适当的经济激励、财政政策、信用增级和风险缓释机制（包括社会和环境风险），以及改善可持续基础设施的当地资本市场条件（例如通过绿色债券）²³。对不遵守法律法规的行为采取的制裁和处罚力度必须足够大，并贯彻执行，这样，这些处罚就不会被视为“经营成本”的一部分。

这些措施对于吸引私营部门投资尤为重要。私营部门投资将在基础设施发展中发挥越来越重要的作用，因为有限的公共预算使得政府希望私营部门填补基础设施投资的缺口。稳定的政策和监管环境，必须得到能够设计、执行和实施改革的机构的支持，以促进私人投资。

案例研究：圣卢西亚国家基础设施评估



2. 提供响应式的、有韧性的、灵活的服务

基础设施的规划和发展，应当基于对基础设施服务需求的充分认知，并了解实现这些需求的各种可行的选择。这包括了解和管理不断变化的需求，并在投资新基础设施之前通过翻新或修复现有基础设施来满足需求。基础设施项目的系统级规划应促进协同作用，以改善其联通性，从而提高生产力、生产效率、可持续性和投资的溢出效益。基础设施规划也应具有灵活性和韧性，以应对随着时间推移发生的变化和未来的不确定性，并且规划也应当随着时间推移更新。

理解和管理需求

基础设施规划应该基于明确的服务需求进行，并能够根据未来情况的变化而做出改变。基于服务需求制定的基础设施计划，能使资源分配更高效，降低基础设施的成本，更加符合可持续发展的目标²⁷。

基于服务需求的基础设施建设方法，其核心是深刻理解基础设施需求的多样化和不断变化的驱动因素——包括人口统计特征和人口增长、城市化和移民、气候变化、生活方式、健康和经济等——以及已有的基础设施系统在满足当前和预计的需求方面的表现（包括可持续性表现）。

在服务供应中也应考虑性别方面的问题。男性和女性使用基础设施的方式不尽相同，但在进行基础设施规划和运营时，这些不同之处通常未被考虑在内。例如，公共交通设施的运营方式通常并未考虑女性的日程安排和安全需求，这可能会降低女性在就业市场的参与度，并对可持续发展产生负面影响²⁸。

注入灵活性和韧性

将威胁基础设施功用的潜在风险考虑在内也非常重要，如气候变化、土地退化、灾害、流行病、地区冲突、经济危机等。其中包括威胁基础设施的物理完整性的直接风险——如飓风和野火——和间接风险，如经济或公共卫生危机导致的对基础设施需求量的急剧变化。

> 案例研究：阿富汗数字基础设施在联通性和韧性方面的改进

此外，基础设施的规划和设计应当适应技术的变化，避免使用过时或成本过高无法负担的技术。这包括碳密集型和污染型技术，随着环境外部性越来越多地成为定价因素，这些技术可能会增加未来的运营成本。相反地，那些能够增加未来的灵活性的技术（如数字技术或“智能化”技术）则有助于减少基础设施所面对的不确定性风险，并提高其对各种冲击的韧性。

增强灵活性和响应能力的“智能化”解决方案：

由数字技术支持的“智能化”解决方案产生的数据，使提供的服务能实时地对需求进行反馈，从而提升灵活性和性能，并最优化资源的利用。这些“智能化”解决方案可以在各基础设施行业内部进行整合，也可以跨行业整合，涉及到建筑、交通、能源（参考原则5）、水、废物处置与健康等领域。例如，智能交通系统能充分利用交通模式的相关数据，整合各种交通方式，包括个体的交通方式和公共交通运输方式，从而改善网络化管理，减少交通拥堵，增强可及性和环境方面的表现。智能供水系统能够分析水流和水压数据，为用户提供实时的水况信息，助力节水²⁹。

促进协同作用以改善联通性

将整个生命周期中不同基础设施系统和行业之间的相互作用考虑在内是很关键的，也就是说一个行业的改变会影响到其他行业面临的风险、需求和其表现。例如，所有的基础设施系统都只有在保证能源供应的情况下，才能保证可靠性、适应力和可持续性。在规划阶段如果未能理解这些关联性，会威胁基础设施系统的可行性，也会造成更广泛的社会和环境后果。

在对当前和预期的服务需求以及现有基础设施资产的性能和可持续性进行评估之后，规划者应该探索可满足这些需求的各种可能。为满足基础设施服务需求，规划者应采用减缓层次或“避免—转移—提升”等理念，力求避免负面的环境和社会影响（项目选址、资源利用、排放、人口迁移等造成的影响）³⁰。如果这些负面影响无法避免，就先将危害最低化，再对其进行补偿¹。减少对基础设施服务的需求（如交通和能源）是一种避免和最小化负面影响的重要方式。

协同用地和多用途的基础设施也应当被视为一种可最大限度提升服务供应的协同效应、提高资源效率、降低建设和运营成本、最小化负面的环境和社会影响以及获得规模经济收益的手段。在过去的几十年，人们对发展走廊的兴趣显著提升^m。通过将基础设施发展集中在已建有人为工程的地区，并促进资本、商品、服务和人员的流动，发展走廊可以促进以前偏远地区的区域一体化和社会经济发展，同时避免对未受干扰的栖息地和生态系统产生影响^{31, 32, 33}。

¹ 尽管减缓层次是专门针对项目层面的生物多样性受损问题提出的，但是该原则也可应用于战略层面，以及其他类型的环境或社会问题。“避免—转移—提升”策略由可持续低碳运输伙伴关系（Sustainable Low Carbon Transport partnership，简称 SLOCAT）提出，应用于交通基础设施，但也适用于其他类型的基础设施。

^m 发展走廊是指，通过基础设施的大规模扩张在经济节点或枢纽之间提供重要联系进而推动经济增长和发展的地理目标区域。



权衡取舍

在某些情况下，新的基础设施资产的确会是更好的选择。然而，新资产虽然具有政治吸引力，但往往是自然资源密集型、碳排密集型和资本密集型设施，并且通常也需经过一定时间后才能投入使用。如果规划者只关注新资产，这种倾向往往意味着其他更加可持续的、成本更低、风险更低的基础设施方案被忽视了。这可能导致不可持续、低效率且最终与建设目标相左的基础设施。所谓的“白象”基础设施项目（译者注：“白象”即“white elephant”，在英语中指无用之物、华而不实之物）就是与需求不相符的极端案例，但即使是一般程度的例子也代表着错失的更持续的机会和稀缺资源的低效分配。

尽管在环境、社会、经济方面的成本和收益之间做取舍是不可避免的，但是通过平衡这三个维度的可持续性，依然会有多种选择来满足基础设施服务需求。这包括减少对效率低下或不可持续的的需求（如通过财政和税收手段）；翻新或者升级现有基础设施资产，选择最佳可用技术，提升分配效率——包括降低损失和监管非法使用，以及在可能的情况下，用基于自然的解决方案（NbS）代替灰色基础设施（参照原则4）。

战略预测、情景分析和计算机建模等工具能帮助规划者理解不同基础设施系统之间的相互作用、潜在的协同效应、不同成本和收益的权衡、潜在的风险和未来不确定性、以及不同的基础设施解决方案的可行性和可持续性ⁿ。当被应用到系统层级方法的实践中时，这些工具能帮助创造出灵活的“无悔”方案，以适应变化并确保连续、可持续地提供基础设施服务³⁴。

ⁿ 战略预测和情景分析是两个紧密相关的过程，涉及识别和评估那些看似合理但往往具有高度不确定性的未来预想情景的潜在影响。计算机建模的方法整体上是更加量化的，可用于模拟多种社会、经济和环境系统。它们使用数学公式和算法来显示引入不同变量后的结果，帮助规划者理解复杂的系统，并优化不同政策和投资决策的结果。计算机建立的模型可单独使用，也可用于支持更加定性的过程——如战略预测和情景分析。

3. 可持续性的综合生命周期评估

基础设施的规划者应在项目的规划和准备期中尽早评估基础设施的环境、社会和经济可持续性，涵盖其生命周期中相互依存的项目、系统和行业的财务和非财务因素。评估应从更广泛的格局思考基础设施项目对于生态系统和社区的累积影响，而不是仅限项目的周边范围，并考虑跨国影响。

分析财务和非财务因素

分析基础设施的相关选择时不仅应考虑基于市场价格的财务成本和收益，还应考虑社会和环境外部性，针对风险和市场不完善进行调整。在可能和适当的情况下，应对项目的正面和负面影响进行量化和货币化，以便可以根据共同的参考框架客观地评估权衡。在有些因素无法或不适合被量化和货币化的情况下，如生物多样性的价值或人权影响，应充分考虑其它物理单位或定性的评估。

环境因素包括基础设施对自然的影响（包括栖息地退化、生物多样性丧失和污染等直接影响，以及气候变化和不可持续的资源开采等诸多间接影响）、自然对基础设施和人类的影响（特别是在气候和灾害韧性方面）以及生物多样性和生态系统服务提供的价值^o。社会因素包括人权、包容性、创造就业机会和生计、性别影响以及基础设施影响用户、工人和社区的健康和安全的的方式等。

社会和环境的影响包括基础设施建设导致的即时影响（土地清理造成的生物多样性丧失、人口迁移等），和设施运营期间的持续影响（碳排放、破坏生态系统和栖息地的联通性、土地利用和经济活动的变化、非法野生动物贸易、噪音污染、性别歧视等）。对于环境、社会和经济成本和收益（见图 1）的考量应当贯穿整个基础设施生命周期。例如，必须评估生命周期每个阶段的环境和材料足迹，并考虑累积影响。这包括输入（能源、沙子和矿物等建筑材料）和输出（固体废物、水、排放等）。

^o 可用于量化自然资本和生态系统服务的价值从而将其纳入决策流程的方法有多种，例如生态系统和生物多样性经济学（The Economics of Ecosystems and Biodiversity, 简称 TEEB）、财富核算和生态系统服务估值（Wealth Accounting and the Valuation of Ecosystem Services, 简称 WAVES）、环境经济核算体系（System of Environmental-Economic Accounting, 简称 SEEA）、生态系统服务和交易的综合评估模型（Integrated Valuation of Ecosystem Services and Tradeoffs, 简称 InVEST）。这些方法均意识到了生物多样性和生态系统服务的社会和经济重要性，并使用经济术语量化它们的价值，为成本效益分析和决策提供信息。这些分析工具可帮助说明投资于自然基础设施的好处，并有助于在分析满足基础设施服务需求的潜在解决方案时对灰色基础设施和绿色基础设施进行准确比较。

考量对生态系统和社区的累计影响

规划者还应考虑多个相互关联的基础设施系统和项目的累积影响，评估不应受到行政边界的约束。应在所有相关司法管辖区的景观尺度或生态系统规模内考虑环境影响，这包括跨国影响。这一点对于水资源等资源尤为重要，因为一个上游国家的水资源可能会影响其他下游国家的水资源，并对活动范围和栖息地超出国界的迁徙物种产生影响。在后一种情况下，确保跨越边界的栖息地联通性是控制影响的重要方式。

> 案例研究：蒙古保护自然资源、保障游牧民生和促进可持续发展的景观尺度规划

城乡联系也很重要。为满足城市人口的服务需求而在农村地区建造的基础设施，对当地产生的负面影响，可能要超出为城市用户带来的好处。随着大量基础设施即将在日益拥挤和不断扩大的城市中

建造或为其提供服务，规划者必须了解城市基础设施影响的总体空间分布，而不仅仅将目光聚焦于城市范围之内。

了解积极的和消极的累积影响以及环境、社会和经济成本与收益之间的协同作用和利害权衡，有助于确定基础设施系统的整体组合是否提供了满足服务需求的最佳解决方案（参考原则2）同时实现可持续发展目标。风险评估往往过于偏向于财务风险，忽略主要的环境和社会风险，而这些风险最终将对财务底线产生影响（例如，移民安置和土地使用权风险可能使项目面临法律诉讼的）。

为了充分了解不同基础设施系统的所有成本和收益，应尽可能在基础设施生命周期的早期阶段系统地运用分析工具，如战略环评和累积影响评价（Cumulative Effects Assessment，简称CEA）等——最好是在战略规划期内，也就是当规避风险和促进协同效应的可替代方案和机会在政治、经济和技术上仍然可行时^p。



^p CEA 可应用于单个项目或更广泛区域的土地使用规划。即使应用于单个项目级别，它也不同于环境影响评价（EIA），主要在于它明确考虑了其他项目对研究区域的累积环境和社会影响。如需更多信息，请参阅加拿大政府的 CEA 从业者指南。

4. 避免环境影响并投资于自然

基础设施建设对环境的不良影响应减少到最低，同时，应最大限度地增强自然资本。基础设施的开发应当尽量避免生物多样性保护重点地区或生态系统服务价值高的地区。实体基础设施的开发应当完善和增强，而非取代大自然所提供的供水、净水、防洪和碳汇等服务。因此，基础设施开发时，应当优先考虑基于自然的解决方案。

保护和加强生物多样性

为了尽量减少基础设施开发对生物多样性的影响，应尽可能优先考虑棕地开发（即选择那些自然性质已被改变的用地）和协同用地，这一原则同时适用于地面和地下的开发选址。例如，在现有人口中心地区建立一个发展走廊，将有助于减少对生物多样性的影响。当确需进行绿地开发（即在先前未开发的土地上施工）时，应避免选址在生物多样性保护的地区或生态系统服务价值高的地区。这些地区可带来的更大规模的益处，一旦遭受消极影响，是极难或者说不可能予以弥补的³⁵。这些地区包括，但不仅限于保护区和生物多样性重点地区^q。

在项目设计阶段，应明确那些用于避免、减少和修复负面影响的措施。针对可预计的任何余留的负面影响，应尽早确定补偿措施方案，并做好规划和预算。基础设施项目应当以生物多样性零净损失为最低标准，以生物多样性净收益为优^r。对于一些基础设施资产来说，譬如石油和天然气基础设施，尽管出现事故的可能性很小，但一旦事故发生，对环境产生的影响将非常大。因此，应在基础设施资产区域和生物多样性保护的地区或生态系统服务价值高的地区之间设立大型缓冲地带。如果基础设施在施工和运转过程中，需要使用可能对环境造成污染或者危害的材料或技术，那么就应该在分析设计备选方案时考虑全生命周期内管理废弃物以及减少环境安全影响的最佳实践方案。各国政府应在跨国间、国家和地方层面制定污染治理和生物多样性管理计划，并根据地方和国家可持续发展目标评估基础设施项目对环境的影响²³。

q 通过生物多样性综合评估工具（IBAT），可以访问世界自然保护联盟濒危物种红色名录（也称为 IUCN 红色名录）、世界保护区数据库（WDPA）和世界生物多样性重点地区数据库。

r 有关生物多样性净收益的更多信息，请参阅世界自然保护联盟（International Union for Conservation of Nature，简称 IUCN）生物多样性补偿政策。

生态系统服务与抗冲击能力

如果大自然丧失了保护基础设施免受洪水、山体滑坡、野火和其他灾害、事故的能力，这种情况下，自然生态系统退化将对已建成的基础设施系统本身构成威胁。在规划基础设施选址时，还应考虑到事故、灾害以及气候变化带来的影响。这不仅适用于基础设施本身的抗冲击能力，例如，在某一地点遭受山体滑坡或洪水的风险，还适用于发生本地和跨境灾害时，基础设施对自然环境的影响。在基础设施生命周期的所有阶段，都应做好抵抗冲击的准备，并制定灾害应急响应战略。

> 案例研究：厄瓜多尔设立水利资金促进基于自然的解决方案制度化

优先考虑基于自然的解决方案

在基础设施服务供应时采用基于自然的解决方案，对于实现环境、社会和经济可持续性的“三赢”至关重要。基于自然的基础设施解决方案包括使用自然生态功能取代或补偿已建成的基础设施的功能。举例来说，前者包括增强湿地的蓄水能力解决防洪问题，加强对现有森林的保护来防止滑坡和土壤侵蚀问题的出现；后者包括在城市环境中打造绿色空间，以及在环境设计中加入绿色墙壁和屋顶等元素。这种基于自然的解决方案优势不但在于能提供基础设施服务，同时能在自然、社会（包括建筑环境）以及人类健康与福祉方面实现共赢³⁶。

在应对全球问题的挑战时，基于自然的解决方案是一种高性价比的“无悔”选择。例如，为达到防洪目的，投资于红树林生态系统恢复和保护项目，每年可节省数百万美元的堤坝建设和维护费用，还能维持生态系统功能，并保留大量不同类型的就业岗位³⁷。同样，对流域保护与修复项目进行投资，每年可节省数亿美元的水质管理成本，同时为生物多样性、碳封存、人类健康和福祉等带来共同效益³⁸。

保护自然生态系统的成本要比生态系统修复或替代的成本低得多。因此决策者和政策制定者在规划基础设施发展时，应该优先考虑对生态系统的保护，并最大限度地发挥自然基础设施和灰色基础设施之间的协同作用。即使没有直接的社会效益或者经济效益，也应该考虑在保护和加强自然资源以及生态系统服务上进行投资，因为运转良好的自然系统和生物多样性也具有内在价值^s。

s 《IUCN 基于自然的解决方案全球标准》为 NbS 的验证、设计和扩展提供了一个便于使用的框架。



5. 资源效率和循环性

循环性以及可持续技术和建筑材料的使用应被规划和设计到基础设施系统中，以最大限度地减少它们的“足迹”，进而减少排放、废弃物和其他污染物^t。

减少资源使用

基础设施建设使用了大量的自然资源，这是新兴经济体消耗资源的主要驱动力³⁹。许多基础设施系统还需要在其生命周期中不断投入能源和水等资源。此外，在建设、运营和停用过程中，基础设施资产还会造成其他类型的空气、地面和水污染，并产生大量固体废物。例如，在发达国家40%的固体废物是由建筑的建造、维护和拆除过程产生的⁴⁰。

基于需求的综合性方案可最大限度减少新增基础设施的数量，从而有效改善基础设施系统中的资源消耗、温室气体（GHG）排放、污染和废弃物等问题（见原则2）。这种方案首先考虑减少需求和对自然基础设施的投资，其次是对现有基础设施进行升级或再利用。

在有必要建设新的基础设施资产或对现有资产进行修复和升级时，规划者应了解整个生命周期和价值链中所需的自然资源种类和数量，并考虑使用替代的材料和技术以减少材料需求。例如，寻找混凝土的替代品及减少其使用量的方式，对于基础设施的能源使用效率将产生重大的积极影响（对碳足

迹来说也是如此）^{41, 42}。

在基础设施的能源使用效率上进行重点投资，对于实现《巴黎协定》的目标来说至关重要⁴³。同样，尽可能禁止或者避免使用存在污染风险、有害、或者难以安全处置的材料，可大大节省建造和运营期间减缓环境影响和安全措施的成本，以及停运期间的处置成本。

新技术还可以通过“非物质化”解决方案避免基础设施发展中的资源使用、污染和废弃物问题，例如数字基础设施可以减少对传统物理基础设施的需求。数字基础设施还有助于提高经济和社会抵御冲击的能力，例如新冠疫情期间，互联网和数字技术的使用显著地减少了为阻止病毒传播而采取的措施对经济和社会产生的负面影响。此外，人工智能技术、远程传感器和“智能”仪表的实时数据等技术可将服务更好地匹配需求从而提升服务效率（参见原则2）。例如，在能源基础设施中，数字技术可以帮助减少用电高峰需求和相关成本，使清洁能源更好接入现有系统，使供电更加稳定⁴⁴。然而，技术解决方案本身可能产生的环境影响（例如能源消耗和稀土矿物的使用）也必须加以考虑。

^t “可持续技术”一词在此处指的是包括建筑材料在内的能够提高可持续性的任何技术。它不仅限于新技术，通过合理的使用方式可提升可持续性的现有技术也可被视为可持续技术。

公众政策在促进新技术和建筑材料替代品在基础设施项目中的使用方面发挥着关键作用。必须制定基础设施设计、建设和运营的标准和规范，以促进或强制新型可持续材料的使用，法律法规也应限制或禁止使用危险材料。

> 案例研究：新加坡绿色建筑

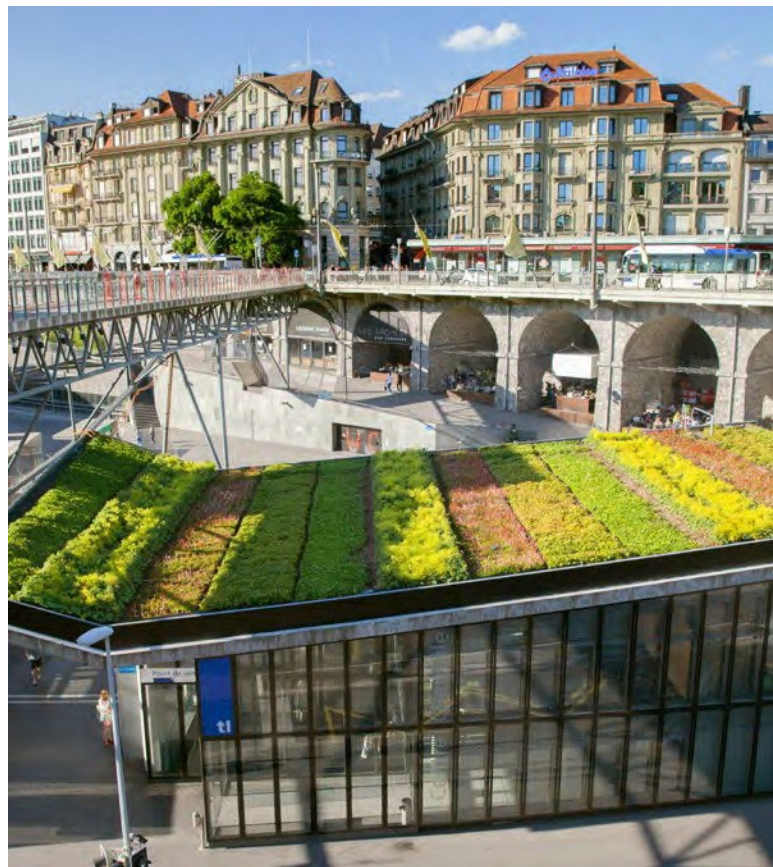
循环使用基础设施材料

循环性和产业共生对于提高资源效率和减少污染及浪费也非常重要。例如，对现有基础设施资产中被替换下来的材料进行再利用，可以降低成本并提升新资产的资源效率。这一举措节约成本的潜力是巨大的，因为原材料成本可以占到基础设施资产建设总成本的40-60%。同样，精心设计的互联和多功能基础设施，比如区域能源系统，可以提高能源效率并节约相关成本。区域能源系统的效率通常高达90%⁴⁵。

循环性原则，包括资源回收、再利用、再制造和再循环利用的理念，应被规划到基础设施的全生命周期中。涉及到不同行业的综合规划是实现这一目标的关键，因为基础设施的位置、技术和材料的选择都会影响到循环性被纳入基础设施规划的程度。在这方面，城市地区尤其重要。由于其人口和基础设施密度，城市地区在基础设施系统集成和循环方面具有巨大潜力，如果结合密集化战略等方法，可以将资源耗用强度降低到目前的一半以上⁴⁶。由于目前城市消耗了全球四分之三的资源，所以这种减少将对全球产生重大影响⁴⁷。

可持续的公共采购

在拟制基础设施项目合同时，政府可将相关标准纳入采购流程，激励投标人将可持续性纳入规划方案⁴⁸。政府在签订合同时也应更加重视可持续性和绩效的标准。例如，政府不应该根据最低成本投标做出采购决定，而应该考虑生命周期成本——包括整个基础设施生命周期的碳排放和其他外部成本——作为激励基础设施项目更具可持续性的手段⁴⁸。绩效规范（Performance-based specifications, 简称PBS）是采购方将可持续性纳入基础设施采购的另一种方式。PBS通过相关绩效指标来描述期望的绩效水平，包括环境和社会绩效标准。精心制定的PBS仅明确预期的成果而不限定实现成果的方法，这样，可以更好地利用私营部门的力量，寻找创新的、可持续的基础设施解决方案⁴⁹。



u 可持续性标准主要包括符合综合空间规划的要求、可持续建筑材料的使用、基于自然的解决方案（NbS）和混合解决方案的结合以及可持续性认证或标签。

6. 公平、包容与赋权

基础设施投资必须在社会与经济目标的优先级之间取得平衡。为提升社会包容性、促进经济赋权、提高社会流动性与保护人权，基础设施应该公平地为所有人提供易于取得并能够负担得起的服务。基础设施应避免对社区团体及用户（尤其是弱势群体与边缘群体）造成伤害，并确保安全、促进人类健康福祉。

平衡社会与经济目标的优先级

基础设施是提升人力与社会资本的基础，对于提升对世界上最贫穷、最弱势群体的社会包容至关重要。基础设施的投资不足和难以获取是造成社会排斥的主要原因之一。

经济基础设施往往能够从终端用户那里收回成本并产生收益，而与之不同的是，许多种类的社会基础设施并不能产生收益，只能依赖公共资金的投入⁵⁰。因此，流入经济基础设施的投资是社会基础设施的两倍多⁵¹。

在战略层面，基础设施规划需要为社会基础设施和经济基础设施发展分配足够的资源。在许多情况下，用户收益本身可能不足以抵消建设和运营基础设施系统的成本，必须开发其他收入来源或进行成本优化。例如，对于具有重要社会或环境效益的独立项目，可能永远不会“有利可图”。在这种情况下，其他经济收益更高的项目或许能够帮助偿付提供重要公共产品的成本。例如，汽车税或收费公路通行费可以用来补贴低碳公共交通。绿色债券、集合基金或混合基金等创新金融方案，亦可用于为优先考虑社会和环境效益而非经济效益的可持续基

础设施项目提供发展资金支持（见原则8）⁵²。

> 案例研究：津巴布韦“太阳能为健康（Solar for Health）”项目

公平地获得服务

所有基础设施的发展都应公平地造福社区、工人和雇主、用户、纳税人和广大人民。无论个人经济承受能力如何，任何人都应当能够平等地取得基础设施所提供的关键服务和福利。战略性基础设施规划应考虑到不同辖区的社会经济发展条件与服务需求差异，政策和投资也应当考虑地域差异。



妇女和女童的需要应受到特别关注。男性和女性在获取基础设施服务方面存在差距，这些差距在不同方面影响着男性和女性。因此，基础设施发展应促进性别平等，为男女提供平等的就业机会和服务，并在确立基础设施设计和运营的优先事项时赋予两性平等的发言权⁵³。为此，需要在性别层面深刻理解需求的差异（见原则2），并取得按性别分类的数据（见原则9）。通过将性别问题纳入基础设施发展和服务供应的主流，在改善妇女和女童生活的同时也会带来许多宏观经济效益⁵⁴。

保护社区

各国政府应确保采取措施保护基础设施项目中的工人，包括最低工资、社会保障、休假、职业安全和健康以及公共采购程序等方面的立法和标准。每个国家的立法和标准应符合《国际劳工组织（ILO）工作中的基本原则和权利宣言》⁵⁵。

必须采取措施维护人权，避免基础设施发展的不利影响不公平地落在贫困群体、边缘群体与弱势群体身上。基础设施发展应竭力避免造成流离失所、丧失住房、土地、财产和生计等问题，并应规避文化遗产和其他土著人民及当地社区保留地⁵⁶。在土著人民的领地，开发商必须依照联合国《土著人民权利宣言》，取得对方自主的、事先的和知情的同意⁵⁷。

当流离失所、丧失住房、土地或生计等问题不可避免时，应以公平、一致和透明的方式对受影响社区和个人进行充分补偿，努力改善或恢复其生活水平，并且主动参与安置过程，提供直接协助⁵⁸。

7. 提高经济效益

基础设施应该创造就业机会、支持当地企业、建设有利于社区的便利设施，从而最大限度地提高和维护其经济效益。

创造共同利益

在许多情况下，经济刺激是决定建设新基础设施的驱动因素。例如，能源、水或交通基础设施的发展可对经济产生深远的好处，如刺激工业发展、贸易发展和劳动力流动等。然而，如果基础设施规划建立在对需求的不完全理解上，与互相关联的系统隔离，也没有适当的扶持政策来确保预期结果，那么这些预期的效益可能会无法实现。

基础设施规划者和开发商应系统性地寻求机会，从基础设施发展中创造环境和社会的共同效益，这就需要从一开始就考虑可持续性和跨行业相互关联的系统层面综合规划。

就业

基础设施的建设和运营有创造就业机会的巨大潜力。因此，应尽可能在基础设施的战略规划和采购流程中加入创造就业机会的措施，包括鼓励使用基于劳动力和当地资源的解决方案、技术和做法，以及提升中小微企业的参与度。增加女性劳动力参与度的政策已被证明具有经济效益，也应被纳入规划和采购流程⁵⁹。就基础设施发展而言，增加女性在基础设施规划和设计过程中的参与度也有助于确保基础设施更加顾及性别平等，以及提高基础设施的环境可持续性。研究表明，女性比男性更愿意采取环境可持续的行为²⁸。

采用基于自然的解决方案（NbS）也有助于为当地社区创造就业机会。例如，在沿海地区使用原生植被代替混凝土来防止建筑物周围的水土流失，并作为防洪设施，这一策略为当地社区居民提供了构筑和维护自然基础设施的工作机会，也减少了进口建筑材料的数量。

本地企业

让中小微企业参与基础设施项目可以使当地社区的经济效益产生乘数效应。大公司与中小微企业之间的联系可以成为技术、知识、管理技能和技术技能转让的有效渠道，但这取决于有利的环境和本地中小微企业吸收这些技术的能力。施行合同激励、简化商业法规和招标程序、进行有针对性的职业培训、提供商业发展服务和争端解决机制等措施均有助于促进中小微企业参与基础设施发展。

围绕增长极和增长走廊的发展，即涉及将多行业投资和发展集中在已有某些基础设施的地区，是通过推动经济活动的聚集和工业的增长而提升基础设施发展的经济效益的另一战略。除了协同用地带来的简单经济效益外，增长极开发还可以通过增加竞争、促进创新、利用不同部门和行业之间的协同效应和联系来刺激增长⁶⁰。通过实现循环性和多用途基础设施以及限制绿地开发的需求，围绕增长极和发展走廊的协同用地也可以带来环境效益。

> 案例研究: 伊朗传统坎儿井系统的社区效益



8. 财政可持续性与创新融资

基础设施发展应在财政透明、财务诚信和债务可持续的框架内进行。

债务可持续性

基础设施的开发、运营和维护需要大量资本投资，一些国家在基础设施上的支出甚至高达其国内生产总值（GDP）的8%⁶¹。这些投资预计在未来20年内还将继续增加，以填补基础设施的投资缺口，因此政府必须提高警惕，确保计划和项目层面的金融与财政可持续性，以及国家层面的债务可持续性⁸。这一点在当下更为重要，尤其是发展中国家，新冠肺炎疫情造成的经济影响使公共预算捉襟见肘并威胁到债务的可持续性⁶²。

债务可持续性的评估应考虑到对基础设施项目的累积承诺，无论项目是由公共拨款、私人资金或两者共同融资。例如，国际货币基金组织（IMF）为不同收入水平的国家制定了债务可持续性评估框架，用于识别国家公共债务结构中的薄弱环节并采取措​​施解决相关问题。债务可持续性的评估结果可为制定可持续基础设施投资方案提供信息。

从长远的角度考虑财政可持续性，对于可持续基础设施项目尤为重要。对这些项目而言，更加可持续的选择可能需要更高的前期成本，但长期来看将带来巨大的节约和收益。系统层面的综合规划对于理解基础设施全生命周期的财政可持续性、了解某些基础设施项目的收益帮助补贴其他项目成本的机理以及在促进环境、社会和经济的长期可持续性的情况下避免短期的经济权衡至关重要。理解包括气候变化及其他现象在内的环境和社会因素如何影响未来的公共预算也同样重要²⁶。

大型基础设施项目往往会超出预算，部分原因是采购流程过于重视成本，导致投标人为赢得合同而做低预估的成本。采购程序应重视基础设施全生命周期的效益，这有助于确保更准确的成本估算，从而促成基础设施投资的财政可持续性⁶³。

> 案例研究：奥地利开发具有财政可持续性的风电场

融资工具

为基础设施发展筹措资金有不同的方式，每一种方式都涉及公共和私营部门不同程度的参与。正在建设的基础设施，其类型及计划提供的服务往往决定了它能获得何种拨款和融资^v；这些反过来又会影响到满足特定需求选择何种基础设施解决方案的决策。基础设施项目的选择，公共经费和私营经费（或两者与其他经费来源的混合）之间的取舍，应当以最符合公共利益的公正评估为指导原则。这一目标的实现，有赖于对项目进行全生命周期的成本效益分析（见原则3），包括所有可选的服务交付模式，基础设施供应的完整系统，融资选择和经济效益。对于某些公共基础设施项目而言，选择私人融资方式可能是不恰当的。

在政府预算日益紧张的背景下，包括公私合营模式（PPPs）在内的创新融资机制已成为动员私营部门参与并长期投资基础设施项目的重要手段。公私合营模式还可以提升项目的经济效益，并为可持续基础设施成果建立融资的合约框架。然而，在某些情况下，经济基础设施和社会基础设施之间的界限可能并不明确。因此，重要的是，虽然公私合营模式往往会考虑从用户那里增加成本回收，但不应将私营部门利润的优先级置于提供负担得起的基本服务之上（特别是对于中小微企业和其他弱势群体而言）。同样，将低风险或非重要风险转移至私营部门的公私合营项目难以体现出更优的风险管理带来的好处，因此可能最适合传统的公共采购。另一方面，将过多风险转移至私营部门则会增加项目成本，并可能对项目中私人投资的成本效益产生负面影响。

混合融资和绿色债券等投资工具可以将具有不同程度金融吸引力的项目绑定在一起，或以不同的方式为不同类型的投资者分配风险（例如，开发银行比私人投资者承担更多风险），为经济收益相对较低的基础设施项目增加私人投资⁵²。政府还可以利用各种风险缓解手段（如贷款担保）和交易促进手段（如承购协议），增加私人部门对可持续基础设施的投资⁶⁴。

透明度

无论基础设施的资金来源如何，财政和金融透明度都是可持续性的重要组成部分，需要进行制度化协调，以确保金融信息的准确收集、分析和共享⁶⁵。当有私营部门参与时，担保和其他财务激励措施应向公众披露，以利益相关方了解与基础设施发展相关的真实风险。基础设施项目尤其容易受到贿赂和腐败的影响。经济合作与发展组织（OECD）的研究表明，近六成的海外行贿案件发生在与基础设施有关的四个行业⁶⁶。对基础设施项目的商业行为进行尽职检查，可帮助政府确保参与基础设施交付的私营部门能够遵循国际标准，并优先考虑最严重的环境和社会风险。负责任的商业预期也适用于在国有企业采购实践、出口信贷与发展融资中作为所有者和经济行为主体的国家⁶⁷。

^v 例如，私营部门不大可能对无法产生财务投资回报的项目进行独立投资（见原则6）。

9. 透明化的、包容的参与式决策

基础设施发展应以公开透明的规划、信息共享和决策过程为基础，以促成有意义的、包容的和有参与性的利益相关方协商。在涉及土著人民的情况下，必须取得他们自由的、事先的和知情的同意。应制定国家、地区和项目层级的申诉机制，以处理利益相关方的投诉和关切。

利益相关方协商

包容的、有意义的利益相关方协商对于可持续基础设施各部分的顺利执行至关重要。它有助于达成对服务需求和偏好的良好理解，并帮助确保基础设施发展的文化适宜性以及需求的匹配（见原则2）^w。它也是准确评估不同基础设施解决方案的环境、社会及经济成本和效益并在它们之间进行权衡取舍的重要工具。提高决策透明度有助于减少腐败，从而降低基础设施发展的成本并促进财政可持续性（见原则8）⁶⁸。缺乏透明度和协商是基础设施发展相关冲突的主要驱动因素。利益相关方协商能够帮助项目在当地社区建立信任和获取本地居民的支持，这将有助于显著降低这些冲突发生的可能性⁶⁹。

为保证有效性，利益相关方协商过程应贯穿基础设施的整个生命周期，并通过全面的利益相关方分析确定所有潜在用户、直接或间接受到影响的非用户群体。尤其重要的是，应将妇女、残疾人、老年人、青年、土著人民、少数民族及其他更弱势、边缘化或处境不利的群体包括在内，以确保基础设施能够满足他们的需求。私营部门的参与也同样重要，包括项目开发商、可持续标准制定者、民营金融机构、建筑和运营公司，以及在基础设施生命周期不同阶段发挥作用的其他部门²³。

> 案例研究：智利通过公开透明和协商平衡国家优先事项与地方关切

^w 来自不同文化背景的群体对这些服务及其提供渠道的适宜性可能产生不同看法。



信息共享

利益相关方协商的质量取决于合适信息的可得性和协商流程的设计。有效的协商需要公众尽早参与、持续参与，并充分披露相关信息，包括发展目标、空间规划数据、环境基线数据、备选方案、评估结果、决策依据、采购流程和成本等。这些信息必须以各利益相关方易于获得的渠道传达、以其能够理解的形式表述。协商过程应留有足够的时间让利益相关方提供反馈，且必须在决策过程中尽早开始（最好是作为战略规划的一部分），以便利益相关方能够影响关于建设内容和建设地点的关键决策，并监督其执行²⁶。

调解纠纷

应当提供司法和非司法机制来帮助回应利益相关方的申诉。这包括执行层面的申诉机制。这些机制应使用易于理解、公开透明的程序，及时向相关人员提供反馈，不应有惩罚措施，且不应妨碍其获取根据法律或现行仲裁程序可采用的其他司法或行政补救措施。这些机制的存在应告知所有利益相关方⁷⁰。

10. 循证决策

整个生命周期中基础设施的规划和管理应以关键绩效指标（KPI）为指导，推动包括按利益相关群体分类的数据的收集。定期监测基础设施的绩效和影响对于数据的生成是必要的。这些数据应当提供给所有利益相关方。

测量关键绩效指标（KPI）

关键绩效指标的测量是管理基础设施的服务交付、经济效益以及环境、社会和经济可持续性的重要工具。监测基础设施系统的积极或消极绩效和影响，可以促使适应性的管理方法得以应用，以应对基础设施系统生命周期中不断变化的情况。这确保了在生命周期的不同阶段基础设施系统的可持续性和服务交付的持续改进。

使用通用指标可以让决策者和利益相关方对照已有标准分析当前数据，也可以让政府根据预设的目标来评估基础设施的绩效，并确保其与战略规划及全球政策框架（例如联合国可持续发展目标）保持一致。

基础设施生命周期所有阶段的事前和事后相关数据，均应被识别、定义、收集、管理、分析并反馈给决策者和利益相关方，以便做出基于事实的决策。这包括现有建筑和自然基础设施存量的绩效数据（见原则2）。

需要数据的不仅是政府，还有正在寻求包括可持续性方面明确市场信号的投资者。为了满足投资者的需求，可持续基础设施指标应当可量化、具有相关性和全面性（涵盖环境、社会以及经济/财政治理等方面），但又不过于复杂或数量过多。

除了经济和财政数据外，还应分配充足的资源收集与原则3中提及的环境和社会可持续性因素相关的数据（包括空间数据）。使用空间数据不仅能够识别潜在的基础设施地点并跟踪施工进度，在景观尺度层面收集和分析的相关环境数据也可以在基础设施的规划和运营阶段确保整个生态系统的健康和功能。社会数据应按照受基础设施影响的各种人群进行分类（例如按性别分类的数据），尤其是对于那些更弱势或边缘化的人群。

在规划基础设施时，应在国家、地方和项目层面进行数据收集。区块链和其他新兴技术创新可能会为整个供应链（例如来自分包商）数据访问的挑战提供解决方案，而“大数据”的应用则可以提高透明度并实现“智能化”解决方案，例如智能移动系统或智能能源系统（见原则2和5）。

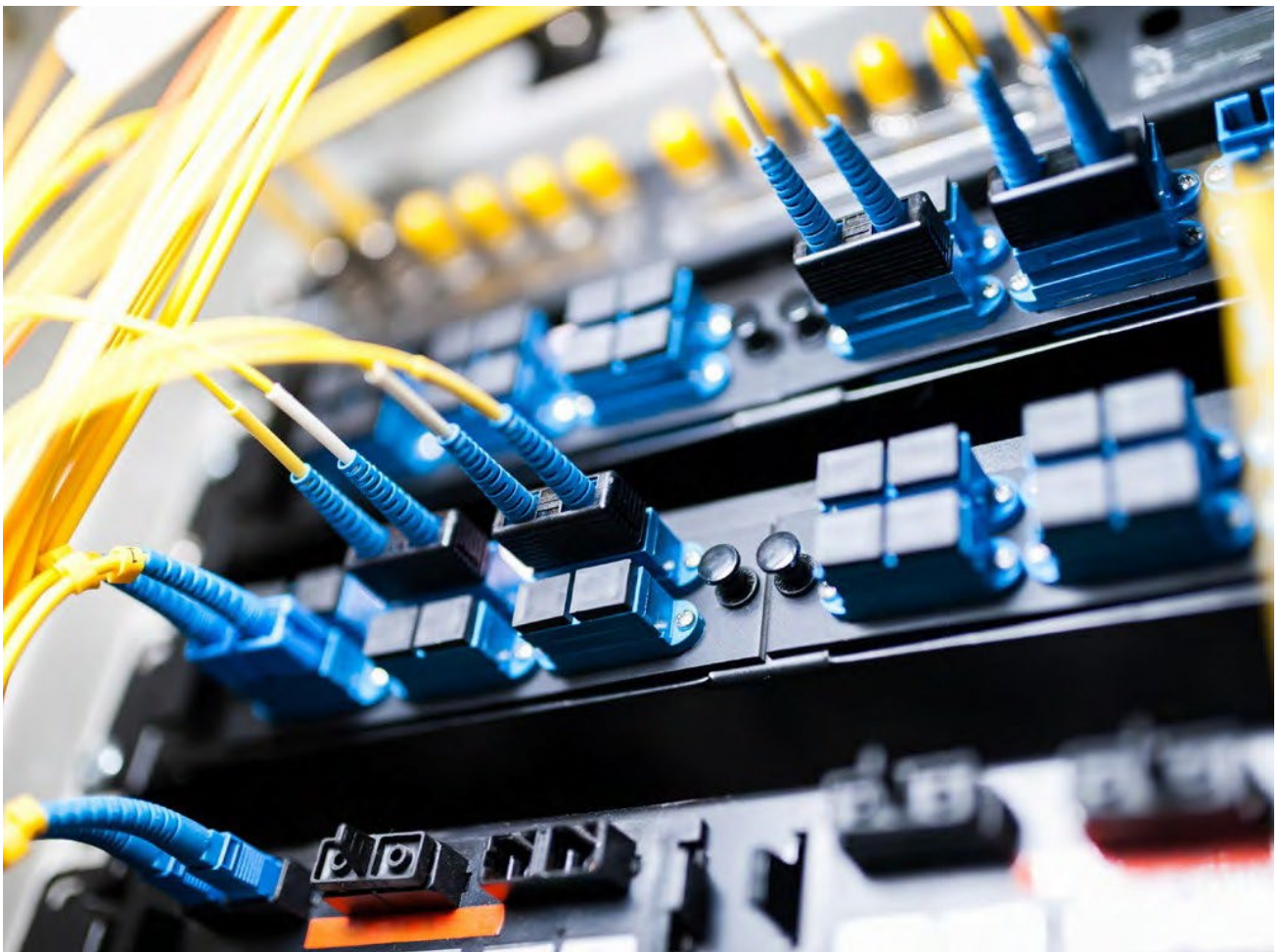
数据共享

有效的监控需要数据管理和存储能力，以确保在不同的项目和生命周期阶段以及不同的利益相关者群体之间持续进行数据和信息收集、存储及共享。据估计，全球公共部门数据透明度的经济效益每年约为3万亿至5万亿美元⁷¹。

> 案例研究：马拉维的基础设施数据创新

因此政府应与私营部门、学术界和民间社会建立伙伴关系，确保相关数据以对决策者和公众有用的方式被定义、测量、收集、分析以及汇总。由于不是所有国家和部门都具备收集、连接和解析数据方面的广泛专业知识，能力建设是可持续基础设施规划和运营期间数据驱动方法得以应用的关键推动因素。

建立数据的“数字生态系统”，有助于解决许多现有的数据挑战，开发不同数据倡议之间的协同作用，并可为基础设施发展与可持续发展目标的匹配提供各种机会。这种数字生态系统用算法和分析将个人数据联系起来，创造出关于环境状况以及经济、社会和环境之间关联性的可靠见解。它可以提升决策和评估政策的能力⁷²。





参考文献

尾注

1. Benedict, M. A. and McMahon, E. T. *Green Infrastructure: Linking Landscapes and Communities*. 2nd ed. Washington, DC, USA: Island Press; 2006.
2. Roy, D. “The Multiple Benefits of Natural Infrastructure”. International Institute for Sustainable Development Blog; 27 August 2018. Available from: <https://www.iisd.org/articles/multiple-benefits-natural-infrastructure>. [Accessed 4 January 2021].
3. International Union for Conservation of Nature. “Defining Nature-based Solutions.” IUCN Resolution WCC-2016-Res-069-EN; 2016. Available from: https://portals.iucn.org/library/sites/library/files/resrecfiles/WCC_2016_RES_069_EN.pdf.
4. Thacker, S., Adshead, D., Morgan, G., Crosskey, S., Bajpai, A., Ceppi, P. et al. *Infrastructure: Underpinning Sustainable Development*. Copenhagen, Denmark: UNOPS; 2018. Available from: https://content.unops.org/publications/Infrastructure_underpinning_sustainable_development_EN.pdf?mtime=20200416084541
5. Saha, D. “Low Carbon Infrastructure: an essential solution to climate change?”. World Bank Blogs; 18 April 2018. Available from: <https://blogs.worldbank.org/ppps/low-carbon-infrastructure-essential-solution-climate-change> [Accessed 4 January 2021].
6. Brondízio, E.S., Settele, J., Díaz, S. and Ngo, H.T. (eds.). *Global assessment report on biodiversity and ecosystem services of the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services - Chapters 2 and 4*. Bonn, Germany: IPBES secretariat; 2019. Available from: <https://www.ipbes.net/global-assessment>.
7. Organisation for Economic Co-operation and Development. *Investing in Climate, Investing in Growth: A Synthesis*. Paris, France: OECD; 2017. Available from: <https://www.oecd.org/environment/cc/g20-climate/synthesis-investing-in-climate-investing-in-growth.pdf>.
8. Global Infrastructure Hub and Oxford Economics. *Global Infrastructure Outlook*. Sydney, Australia: Global Infrastructure Hub; 2017. Available from: <https://cdn.gihub.org/outlook/live/methodology/Global+Infrastructure+Outlook+-+July+2017.pdf>.
9. Vivid Economics. “Greenness of Stimulus Index”. Available from: https://www.vivideconomics.com/wp-content/uploads/2021/01/201214-GSI-report_December-release.pdf [Accessed 12 January 2021].
10. Davisson, K. and Losavio, J. “How Sustainable Infrastructure Can Aid the Post-COVID Recovery”, World Economic Forum website; 28 April 2020. Available from: <https://www.weforum.org/agenda/2020/04/coronavirus-covid-19-sustainable-infrastructure-investments-aid-recovery/> [Accessed 4 January 2021].
11. International Monetary Fund. “How a Collective Infrastructure Push Will Boost Global Growth”, IMFBlog; 24 November 2020. Available from: https://blogs.imf.org/2020/11/24/how-a-collective-infrastructure-push-will-boost-global-growth/?utm_medium=email&utm_source=govdelivery [Accessed 4 January 2021].
12. Garrett-Peltier, H. Green versus brown: Comparing the employment impacts of energy efficiency, renewable energy, and fossil fuels using an input-output model. *Economic Modelling*. 2017; 61: 439-447.
13. Hallegatte, S., Rentschler, J. and Rozenberg, J. *Lifelines: The Resilient Infrastructure Opportunity*. Washington, DC, USA: World Bank; 2019. Available from: <https://openknowledge.worldbank.org/handle/10986/31805>.
14. International Institute for Sustainable Development. “Energy Policy Tracker”. Available from: <https://www.energypolicytracker.org/about/> [Accessed 17 November 2020].
15. Organisation for Economic Co-operation and Development. “Biodiversity and the economic response to COVID-19: Ensuring a green and resilient recovery.” OECD Policy Brief; 28 September 2020. Available from: <https://www.oecd.org/coronavirus/policy-responses/biodiversity-and-the-economic-response-to-covid-19-ensuring-a-green-and-resilient-recovery-d98b5a09/> [Accessed 4 January 2021].

16. Díaz, S., Settele, J., Brondízio, E.S., Ngo, H.T., Guèze, M., Agard, J. et al. (eds.). *Summary for policymakers of the global assessment report on biodiversity and ecosystem services of the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services*. Bonn, Germany: IPBES secretariat; 2019. Available from: https://www.ipbes.net/sites/default/files/2020-02/ipbes_global_assessment_report_summary_for_policymakers_en.pdf.
17. Edenhofer, O., Pichs-Madruga, R., Sokona, Y., Farahani, E., Kadner, S., Seyboth, K. et al. (eds.). *AR5 Climate Change 2014: Mitigation of Climate Change. Contribution of Working Group III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA: Cambridge University Press; 2014. Available from: https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/02/ipcc_wg3_ar5_full.pdf.
18. Hall, J.W., Tran, M., Hickford, A.J. and Nicholls, R.J. (eds.). *The Future of National Infrastructure: A System of Systems Approach*. Cambridge, UK: Cambridge University Press; 2016.
19. G20. *G20 Principles for Quality Infrastructure Investment*. Japan: G20; 2019. Available from: https://www.mof.go.jp/english/international_policy/convention/g20/annex6_1.pdf
20. Organisation for Economic Co-operation and Development. *OECD Compendium of Policy Good Practices for Quality Infrastructure Investment*. Paris, France: OECD; 2020. Available from: www.oecd.org/finance/oecd-compendium-of-policy-good-practices-for-quality-infrastructure-investment.htm.
21. The Global Commission on Economy and Climate. *The Sustainable Infrastructure Imperative: Financing for Better Growth and Development*. Washington, DC: World Resources Institute; 2016. Available from: <https://greengrowthknowledge.org/research/sustainable-infrastructure-imperative-financing-better-growth-and-development>.
22. World Bank. *Who Sponsors Infrastructure Projects? Disentangling public and private contributions, 2017*. Washington, DC, USA: World Bank; 2019. Available from: https://ppi.worldbank.org/content/dam/PPI/documents/SPIReport_2017_small_interactive.pdf.
23. Inter-American Development Bank. *What is Sustainable Infrastructure? A Framework to Guide Sustainability Across the Project Cycle*. Washington, DC, USA: IDB; 2018. Available from: <https://publications.iadb.org/en/what-sustainable-infrastructure-framework-guide-sustainability-across-project-cycle>.
24. Organisation for Economic Co-operation and Development. *Applying Strategic Environmental Assessment: Good Practice Guidance for Development Cooperation*. Paris, France: OECD; 2006. Available from: <https://www.oecd.org/dac/environment-development/applying-sea-good-practice-guidance.htm>.
25. Battacharya, A., Nofal, B., Krueger, L., Jeong, M. and Gallagher, K. “Policy and Institutional Framework for Delivering on Sustainable Infrastructure”, T20 Policy Brief; 9 May 2019. Available from: <https://t20japan.org/wp-content/uploads/2019/05/t20-japan-tf4-10-policy-institutional-framework-delivering-sustainable-infrastructure.pdf>.
26. Organisation for Economic Co-operation and Development. *Recommendations of the Council of the Governance of Infrastructure*. Paris, France: OECD; 2020. Available from: <https://legalinstruments.oecd.org/en/instruments/OECD-LEGAL-0460>.
27. Rozenberg, J., and Fay, M. *Beyond the Gap: How Countries Can Afford the Infrastructure They Need while Protecting the Planet*. Washington, DC, USA: World Bank; 2019. Available from: <https://openknowledge.worldbank.org/handle/10986/31291>.
28. Organisation for Economic Co-operation and Development. “Sustainable Connectivity: Closing the Gender Gap in Infrastructure”, OECD Environment Policy Paper No. 15; 2019. Available from: <https://www.oecd-ilibrary.org/docserver/6350ba66-en.pdf?expires=1610284970&id=id&accname=guest&checksum=-6907E3C6DFFCCAC06FDEA2F6BB0F318>

29. United Nations Economic and Social Council. "Smart cities and infrastructure". Report of the Secretary-General: E/CN.16/2016/2; 26 February 2016. Available from: https://unctad.org/system/files/official-document/ecn162016d2_en.pdf.
30. Stevenson, M. and Weber, C. "Mitigation Hierarchies First Things First: Avoid, Reduce...and Only After that—Compensate." WWF Discussion Paper; April 2020. Available from: https://wwfint.awsassets.panda.org/downloads/wwf_discussion_paper_mitigation_hierarchies_april_2020.pdf
31. Development Corridors Partnership. "What is a Development Corridor?". Available from: <https://developmentcorridors.org/development-corridors/> [Accessed 4 January 2021].
32. Brunner, H.-P. *What is Economic Corridor Development and What Can It Achieve in Asia's Subregions?* Manila, Philippines: Asian Development Bank; 2013. Available from: <https://www.adb.org/sites/default/files/publication/100110/reiwp-117-economic-corridor-development.pdf>.
33. Development Corridors Partnership. *Development Corridors in Tanzania - A scoping study*. Cambridge, UK: UNEP-WCMC; 2019. Available from: <https://developmentcorridors.org/wp-content/uploads/2019/07/Tanzania-Scoping-Study.pdf>
34. United Nations Development Programme Global Centre for Public Service Excellence. *Foresight as a strategic long-term planning tool for developing countries*. Singapore: UNDP; 2014. Available from: <https://www.undp.org/content/undp/en/home/librarypage/capacity-building/global-centre-for-public-service-excellence/Foresight.html>.
35. Bartlett, R. *Visioning Futures: Improving infrastructure planning to harness nature's benefits in a warming world*. Washington, DC, USA: WWF; 2019. Available from: <https://www.worldwildlife.org/publications/visioning-futures-improving-infrastructure-planning-to-harness-nature-s-benefits-in-a-warming-world-loses>.
36. Cohen-Shacham, E., Walters, G., Janzen, C. and Maginnis, S. (eds.). *Nature-based Solutions to address global societal challenges*. Gland, Switzerland: IUCN; 2016. Available from: <https://portals.iucn.org/library/sites/library/files/documents/2016-036.pdf>.
37. International Federation of Red Cross and Red Crescent Societies. *World Disasters Report: Focus on Reducing Risk*. Geneva, Switzerland: IFRC; 2002. Available from: <https://www.ifrc.org/Global/Publications/disasters/WDR/32600-WDR2002.pdf>.
38. Gartner, T., Mulligan, J., Schmidt, R. and Gunn, J. *Natural Infrastructure: Investing in Forested Landscapes for Source Water Protection in the United States*. Washington, DC, USA: World Resources Institute; 2013. Available from: <https://www.wri.org/publication/natural-infrastructure?downloaded=true>.
39. Oberle, B., Bringezu, S., Hatfield-Dodds, S., Hellweg, S., Schandl, H., Clement, J. et al. *Global Resources Outlook 2019: Natural Resources for the Future We Want*. Nairobi, Kenya: International Resource Panel and United Nations Environment Programme; 2019. Available from: <https://www.resourcepanel.org/reports/global-resources-outlook>
40. Bringezu, S., Ramaswami, A., Schandl, H., O'Brien, M., Pelton, R., Acquatella, J. et al. *Assessing global resource use: A systems approach to resource efficiency and pollution reduction*. Nairobi, Kenya: International Resource Panel and United Nations Environment Programme; 2017. Available from: <https://www.resourcepanel.org/reports/assessing-global-resource-use>.
41. Peduzzi, P. Sand, rarer than one thinks. *Environmental Development*. 2014; 11: 208-218.
42. Lehne, J. and Preston, F. *Making Concrete Change: Innovation in Low-carbon Cement and Concrete*. London, UK: Chatham House; 2018. Available from: <https://www.chathamhouse.org/sites/default/files/publications/2018-06-13-making-concrete-change-cement-lehne-preston-final.pdf>.
43. Amon, A., and Holmes, I. *Energy Efficiency as Infrastructure: Leaping the Investment Gap*. London, UK: E3G; 2016. Available from: https://www.e3g.org/wp-content/uploads/E3G_Energy_Efficiency_as_Infrastructure.pdf.
44. Atkinson, R. D., Castro, D., and Ezell, S. J. *The Digital Road to Recovery: A Stimulus Plan to Create Jobs, Boost Productivity and Revitalize America*. Washington, DC, USA: Information, Technology, and Innovation Foundation; 2009. Available from: <https://itif.org/files/roadtorecovery.pdf>.

45. United Nations Environment Programme. *District Energy in Cities: Unlocking the Potential of Energy Efficiency and Renewable Energy*. Nairobi, Kenya: UNEP; 2015. Available from: <https://greengrowthknowledge.org/research/district-energy-cities-unlocking-potential-energy-efficiency-and-renewable-energy>.
46. Swilling, M., Hajer, M., Baynes, T., Bergesen, J., Labbé, F., Musango, J.K. et al. *The Weight of Cities: Resource Requirements of Future Urbanization*. Nairobi, Kenya: International Resource Panel and United Nations Environment Programme; 2018. Available from: <https://www.resourcepanel.org/reports/weight-cities>.
47. Swilling, M., Robinson, B., Marvin, S. and Hodson, M. *City-Level Decoupling: urban resource flows and the governance of infrastructure transitions*. Nairobi, Kenya: International Resource Panel and United Nations Environment Programme; 2013. Available from: <https://www.resourcepanel.org/reports/city-level-decoupling>.
48. Organisation for Economic Co-operation and Development/World Bank/United Nations Environment Programme. *Financing Climate Futures: Rethinking Infrastructure*. Paris, France: OECD; 2018. Available from: <https://www.oecd.org/environment/financing-climate-futures-9789264308114-en.htm>.
49. Turley, L., Hug Silva, M., Benson, S., and Dominguez, C. *Performance-Based Specifications: Exploring when they work and why*. Winnipeg, Manitoba, Canada: IISD; 2014. Available from: <https://www.iisd.org/system/files/publications/performance-based-specifications-exploring-when-they-work-and-why.pdf>.
50. Fransen, L., del Bufalo, G., and Reviglio, E. “Boosting Investment in Social Infrastructure in Europe: Report of the High-Level Task Force on Investing in Social Infrastructure in Europe”. European Economy Discussion Paper 074; January 2018. Available from: https://ec.europa.eu/info/sites/info/files/economy-finance/dp074_en.pdf.
51. Woetzel, J., Garemo, N., Mischke, J., Kamra, P., and Palter, R. *Bridging Infrastructure Gaps: Has the World made Progress?*. McKinsey Global Institute; 2017. Available from: <https://www.mckinsey.com/business-functions/operations/our-insights/bridging-infrastructure-gaps-has-the-world-made-progress>.
52. The Ecological Sequestration Trust. *Smart ways to mobilise more efficient and effective long-term investment in city regions*. London, UK: The Ecological Sequestration Trust; 2014. Available from: <https://ecosequestertrust.org/financeforSDGs.pdf>.
53. Wellenstein, A. and Gill, M. “Making Infrastructure Work for Both Women and Men”. World Bank Blogs; 28 August 2019. Available from: <https://blogs.worldbank.org/voices/making-infrastructure-work-both-women-and-men> [Accessed 4 January 2021].
54. Morgan G, Bajpai A, Ceppi P, Al-Hinai A, Christensen T, Kumar S, Crosskey S and O’Regan N. *Infrastructure for gender equality and the empowerment of women*. Copenhagen, Denmark: UNOPS; 2020. Available from : <https://content.unops.org/publications/UNOPS-Infrastructure-for-Gender-Equality-and-the-Empowerment-of-women.pdf?mtime=20200914194443>.
55. International Labour Organization. *Declaration on Fundamental Principles and Rights at Work*. Geneva, Switzerland: ILO; 18 June 1998. Available from: <https://www.ilo.org/declaration/thedeclaration/textdeclaration/lang--en/index.htm>.
56. International Union for the Conservation of Nature. “Protected areas and other areas important for biodiversity in relation to environmentally damaging industrial activities and infrastructure development”. IUCN Recommendation WCC-2016-Rec-102-EN ; 2016. Available from: https://portals.iucn.org/library/sites/library/files/resrecfiles/WCC_2016_REC_102_EN.pdf.
57. United Nations. “United Nations Declaration on the Rights of Indigenous Peoples”. Resolution A/RES/61/295; 2007. Available from: <https://www.un.org/development/desa/indigenouspeoples/declaration-on-the-rights-of-indigenous-peoples.html>.
58. International Finance Corporation. *Performance Standard 5 – Land Acquisition and Involuntary Resettlement*. Washington, DC, USA: IFC; 2012. Available from: https://www.ifc.org/wps/wcm/connect/75de96d4-ed36-4bdb-8050-400be02bf2d9/PS5_English_2012.pdf?MOD=AJPERES&CVID=jqex59b.
59. International Labour Organization. *World Employment and Social Outlook: Trends for Women 2017*. Geneva, Switzerland: ILO; 2017. Available from: https://www.ilo.org/wcmsp5/groups/public/---dgreports/---inst/documents/publication/wcms_557245.pdf.

60. Speakman, J. and Koivisto, M. "Growth Poles: Raising Competitiveness and Deepening Integration", in *The Africa Competitiveness Report 2013*. Geneva, Switzerland: World Economic Forum; 2013. Available from: http://www3.weforum.org/docs/ACR/2013/ACR_Chapter2.3_2013.pdf.
61. Fay, M., Lee, H.I., Mastruzzi, M., Han, S., and Cho, M. "Hitting the Trillion Mark; A Look at How Much Countries are Spending on Infrastructure". World Bank Policy Research Working Paper 8730; 2019. Available from: <https://openknowledge.worldbank.org/handle/10986/31234>.
62. United Nations Conference on Trade and Development. "The Covid-19 Shock to Developing Countries: towards a 'whatever it takes' programme for two thirds of the world's population being left behind". Trade and Development Report Update, March 2020. Available from: https://unctad.org/system/files/official-document/gds_tdr2019_covid2_en.pdf.
63. Institution of Civil Engineers. *Reducing the gap between cost estimates and outturns for major infrastructure projects and programmes*. London, UK: ICE; 2019. Available from: <https://www.ice.org.uk/news-and-insight/policy/gap-between-estimates-and-outturns>.
64. Röttgers, D., Tandon, A. and Kaminker, C. "OECD Progress Update on Approaches to Mobilising Institutional Investment for Sustainable Infrastructure". OECD Environment Working Papers No. 138; 2018. Available from: <https://www.oecd-ilibrary.org/docserver/45426991-en.pdf?expires=1609765223&id=id&acname=guest&checksum=F2D80B68030B9BFD7ABE7C99D57FB79>.
65. International Monetary Fund and World Bank. "G20 Note: Improving Public Debt Recording, Monitoring, and Reporting Capacity in Low and Lower Middle-Income Countries". G20 Notes on Strengthening PublicDebt Transparency; 14 June 2018. Available from: <https://www.imf.org/external/np/g20/pdf/2018/072718.pdf>.
66. Organisation for Economic Co-operation and Development. *OECD Foreign Bribery Report: An Analysis of the Crime of Bribery of Foreign Public Officials*. Paris, France: OECD; 2014. Available from: <https://www.oecd.org/corruption/oecd-foreign-bribery-report-9789264226616-en.htm>.
67. Organisation for Economic Co-operation and Development. *OECD Due Diligence Guidance for Responsible Business Conduct*. Paris, France: OECD; 2018. Available from: <http://mneguidelines.oecd.org/OECD-Due-Diligence-Guidance-for-Responsible-Business-Conduct.pdf>.
68. G20. *G20 Compendium of Good Practices for Promoting Integrity and Transparency in Infrastructure Development*. Japan: G20; 2019. Available from: <https://www.oecd.org/g20/summits/osaka/G20-Compendium-of-Good-Practices-in-Infrastructure-Development.pdf>.
69. Watkins, G., Mueller, S., Meller, H., Ramirez, M.C., Serebrisky, T., and Georgoulas, A. *Lessons from Four Decades of Infrastructure Project-Related Conflicts in Latin America and the Caribbean*. Washington, DC, USA: IDB; 2017. Available from: <https://publications.iadb.org/en/lessons-four-decades-infrastructure-project-related-conflicts-latin-america-and-caribbean>.
70. International Finance Corporation. *IFC Performance Standards on Environmental and Social Sustainability*. Washington, DC, USA: IFC; 2012. Available from: https://www.ifc.org/wps/wcm/connect/24e6bfc3-5de3-444d-be9b-226188c95454/PS_English_2012_Full-Document.pdf?MOD=AJPERES&CVID=jkV-X6h.
71. United Nations Department of Economic and Social Affairs. *United Nations E-Government Survey 2016: E-Government in Support of Sustainable Development*. New York, USA: United Nations; 2016. Available from: <https://publicadministration.un.org/egovkb/Portals/egovkb/Documents/un/2016-Survey/E-Government%20Survey%202016.pdf>.
72. United Nations Environment Programme and Science Policy Business Forum. "The Case for a Digital Ecosystem for the Environment: Bringing together data, algorithms and insights for sustainable development." Discussion Paper; 5 March 2019. Available from: <https://un-spbf.org/wp-content/uploads/2019/03/Digital-Ecosystem-final-2.pdf>.

其他参考文献

- Browder, G., Ozment, S., Rehberger Bescos, I., Gartner, T. and Lange, G.-M. *Integrating Green and Gray – Creating Next Generation Infrastructure*. Washington, DC, USA: World Bank and World Resources Institute; 2019. Available from: <https://www.wri.org/publication/integrating-green-gray>.
- Costanza and Daly. Natural Capital and Sustainable Development. *Conservation Biology*. 1992; 6(1): 37-46.
- Foresight4Food. “A Framework for Understanding Foresight & Scenario Analysis”. Available from: <https://www.foresight4food.net/a-framework-for-understanding-foresight-scenario-analysis/> [Accessed 13 January 2021].
- Hegmann, G., Cocklin, C., Creasey, R., Dupuis, S., Kennedy, A., Kingsley, L. et al. *Cumulative Effects Assessment Practitioners Guide*. Hull, Quebec, Canada: Canadian Environmental Assessment Agency; 1999. Available from: <https://www.canada.ca/en/impact-assessment-agency/services/policy-guidance/cumulative-effects-assessment-practitioners-guide.html>.
- Integrated Biodiversity Assessment Tool. Available from: <https://www.ibat-alliance.org/about-us>
- International Union for Conservation of Nature. *Global Standard for Nature-based Solutions*. A user-friendly framework for the verification, design and scaling up of NbS. First edition. Gland, Switzerland: IUCN; 2020. Available from: <https://portals.iucn.org/library/node/49070>
- International Union for Conservation of Nature. “IUCN Policy on Biodiversity Offsets”. IUCN Resolution WCC-2016-Res-059-EN; 2016. Available from: https://portals.iucn.org/library/sites/library/files/resrecfiles/WCC_2016_RES_059_EN.pdf.
- Stanford University. “Integrated Valuation of Ecosystem Services and Tradeoffs (InVEST)”. Available from: <https://naturalcapitalproject.stanford.edu/software/invest> [Accessed 13 January 2021].
- Sterman, J. D. A Skeptic’s Guide to Computer Models. In: *Managing a Nation: The Microcomputer Software Catalog* Barney, G. O. et al. (eds.). Boulder, CO: Westview Press; 1991. 209-229. Available from: https://web.mit.edu/jsterman/www/Skeptic%27s_Guide.pdf.
- Sustainable Low Carbon Transport Partnership. Available from: <https://slocat.net/about-us/who-we-are/> [Accessed 13 January 2021].
- The Economics of Ecosystems and Biodiversity initiative. Available from: <http://teebweb.org/> [Accessed 13 January 2021].
- United Nations. “System of Environmental Economic Accounting (SEEA)”. Available from: <https://seea.un.org/ecosystem-accounting> [Accessed 13 January 2021].
- United Nations Environment Programme. *Integrated Approaches to Sustainable Infrastructure*. Geneva, Switzerland: UNEP; 2019. Available from: https://www.greengrowthknowledge.org/sites/default/files/downloads/resource/Integrated_Approaches_To_Sustainable_Infrastructure_UNEP.pdf.
- United Nations Environment Programme. *Integrated Approaches in Action: A Companion to the International Good Practice Principles for Sustainable Infrastructure*. Nairobi, Kenya: UNEP, 2021.
- Wealth Accounting and the Valuation of Ecosystem Services (WAVES) Partnership. Available from: <https://www.wavespartnership.org/> [Accessed 13 January 2021].
- World Forum on Natural Capital. “What is Natural Capital?”. Available from: <https://naturalcapitalforum.com/about/> [Accessed 13 January 2021].

ISBN NO: 978-92-807-3846-9

JOB NO: DTI/2344/GE