

内容简介

《都市景观工程管理与可持续发展》是一部系统探讨现代城市景观建设与管理的专业著作，聚焦于在快速城市化与全球气候变化背景下，如何通过科学、系统、协同的管理手段实现都市景观工程的高质量发展与生态永续。全书共分十章，内容涵盖都市景观工程的基本概念、规划与设计管理、施工组织、材料资源利用、生态保护修复、气候适应策略、社会文化价值、经济管理模式、法律政策框架以及未来发展趋势。

本书首先厘清了都市景观工程作为自然、人工与人文三大子系统融合体的本质特征，并深入剖析其与传统自然景观的根本区别。随后，从全生命周期视角出发，系统阐述了从前期规划、中期施工到后期运维各阶段的关键管理内容，强调跨专业协同、全过程控制与公众参与的重要性。书中特别关注绿色材料应用、资源循环利用、生物多样性保护、海绵城市建设、极端天气韧性设计等前沿议题，将可持续发展理念贯穿始终。

同时，著作结合中国实践，分析了当前都市景观工程管理中存在的体制碎片化、生态保护与开发冲突、技术应用深度不足等现实挑战，并提出制度整合、生态补偿机制、智慧化管理等应对路径。通过大量国内外典型案例，展示了公私合作、绿色金融、文化传承与社区营造等多元价值维度在景观工程中的综合体现。最后，作者展望了人工智能、数字孪生、全球化协作等趋势对行业未来的深远影响，为构建人与自然和谐共生的现代化城市空间提供理论支撑与实践指南。

本书既可作为高等院校风景园林、城乡规划、环境工程等相关专业的教学参考书，也适用于政府管理者、规划设计人员、工程技术人员及研究者深入理解都市景观工程的系统逻辑与可持续路径。

都市景观工程管理与可持续发展
Urban Landscape Engineering Management and Sustainable Development

曹世伟 著



Urban Landscape Engineering Management and Sustainable Development

都市景观工程管理与可持续发展

曹世伟 著



作者简介



曹世伟，1977 年 6 月生，中共党员，高级工程师，现任上海园林绿化建设有限公司（下称绿建公司）党委副书记、总经理。自 1996 年投身园林工程领域以来，他深耕行业近三十载，历任绿建公司项目经理、项管部经理、副总经理、总经理等职，积累了从一线施工到企业管理的全链条经验，在城市景观工程管理与可持续发展领域形成了深厚的理论积淀与实践洞察。

科技研发与学术贡献

他主持及参与多项重点课题研究，包括上海市绿容局课题 1 项、上海建工集团重点研发课题 5 项；累计获得专利授权 23 项（其中发明专利 8 项），参编市级工法 2 项，主编或参编技术专著 3 部，发表学术论文 6 篇。科研成果先后荣获上海市科技进步奖二等奖 1 项、国家级行业科技进步奖二等奖 1 项、市级行业科技进步奖一等奖 1 项及三等奖 5 项，为园林工程技术标准化、绿色化发展提供了重要支撑。

工程实践与项目成就

在重大工程管理领域，他主导上海市及外埠数十项标志性园林项目的施工管理，如上海世博公园、上海迪士尼乐园、崇明东滩生态修复工程、成都世界大学生运动会体育公园等，所负责项目屡获国家级及省部级工程质量最高荣誉，包括鲁班奖、大禹水利科学技术奖、中国风景园林学会“优秀园林绿化工程奖”金奖、上海市建设工程“白玉兰”奖、上海市“园林杯”优质工程金奖等。尤其是他主导建设的历届世园会、花博会、绿博会等全球、全国行业展会中的“上海园”，均摘得最高荣誉，成为上海城市建设的一张张“绿色名片”。这些都体现了他以精细化管理践行“生态优先、质量为本”的工程理念。

行业认可与个人荣誉

凭借在技术研发、工程实践与行业服务中的突出贡献，他先后荣获党中央、国务院授予的“世博会先进个人”，“全国绿化劳动模范”，上海市重大工程立功竞赛“建设功臣”，上海建工集团“优秀项目经理”“业绩突出作风过硬好干部”等十余项个人荣誉称号，彰显了新时代园林工程师的专业素养与责任担当。

社会服务与行业协同

他积极推动产学研融合，现兼任上海市风景园林学会副理事长、上海市园林绿化行业协会副会长、上海市园林绿化行业协会立体绿化专委会主任、上海市绿色建筑协会理事等职，致力于搭建学术界与产业界的交流平台，促进景观工程管理理论与可持续发展实践的深度结合。作为《都市景观工程管理与可持续发展》的作者，曹世伟将多年工程管理经验与科研成果融入著作，为行业提供兼具理论高度与实践价值的参考范式。

Urban Landscape Engineering Management and Sustainable Development

都市景观工程管理与可持续发展

曹世伟 著



International
Union of Scientific and
Technological Scholars

CIP INFORMATION

Title: Urban Landscape Engineering Management and Sustainable Development

题目：都市景观工程管理与可持续发展

Author: Shiwei Cao

作者：曹世伟

ISBN: 979-8-90040-019-8

Publisher: CYPEDIA INTERNATIONAL UNION OF SCIENTIFIC AND
TECHNOLOGICAL SCHOLARS

Price: \$60.00

定价：60 美金



**International
Union of Scientific and
Technological Scholars**

Urban Landscape Engineering Management and Sustainable Development
都市景观工程管理与可持续发展

Address: 100 N Howard St Ste R, Spokane, Wa, 99201. United States

Tel: +888-754-5177

Email: contact@cypedia.net

Format: 170mmx240mm 1/16 Sheets: 15.75

Word Counts: 200.000

Edition: First edition in December 2025

Printing: First printing in December 2025

**CYPEDIA INTERNATIONAL UNION OF SCIENTIFIC AND TECHNOLOGICAL
SCHOLARS**

非开放获取·电子版请联络出版社购买·版权归出版社所有·侵权必究

Not Open Access. For the electronic version, please contact the publisher for purchase. The copyright belongs to the publisher.
Infringement will be prosecuted.

前言

PREFACE



随着全球城市化进程不断加速，城市已成为人类活动最密集、资源消耗最集中、生态压力最突出的空间载体。在此背景下，都市景观不再仅是城市的“装饰品”或“绿化带”，而是承载生态安全、文化认同、社会交往与气候韧性的复合型基础设施。如何科学、高效、公平地规划、建设与管理都市景观工程，使其真正成为推动城市可持续发展的核心力量，已成为当代城市治理亟需回应的重大课题。

本书《都市景观工程管理与可持续发展》正是基于这一时代命题而撰写。作者长期从事城市生态与景观工程领域的教学、科研与实践工作，深切体会到当前我国都市景观建设虽取得显著成就——绿地面积持续增长、公园体系日益完善、生态修复项目遍地开花——但在管理体系、价值认知与技术深度上仍存在诸多短板。例如，多头管理导致的系统割裂、“重建设、轻维护”的惯性思维、形式主义导向下的“伪生态”设计，以及数字化、智能化技术尚未深度融入工程全周期等问题，严重制约了景观工程综合效益的发挥。

有鉴于此，本书试图构建一个融合生态学、工程学、管理学、社会学与政策科学的跨学科分析框架，以“系统性、协同性、可持续性”为核心理念，全面梳理都市景观工程从概念生成到长效运营的完整链条。我们强调，真正的可持续景观，必须超越单一的美学或功能诉求，转而追求生态健康、社会包容、经济可行与文化延续的多维统一。

在内容组织上，本书不仅注重理论体系的完整性，更重视与中国国情和发展阶段相契合的实践路径探索。例如，在讨论施工管理时，我们详细解析了如何通过精细化的施工组织设计应对城市复杂环境下的交叉作业难题；在分析材料管理时，倡导建立绿色供应链与废弃物闭环系统；在探讨气候变化应对时，系统引入海绵城市、碳汇景观、韧性设计等创新理念，并辅以本土化案例加以验证。

尤为值得一提的是，本书将“人”置于景观管理的核心位置。无论是强调公众参与规划设计过程，还是关注公共空间对社区凝聚力的促进作用，抑或是通过环境教育提升市民生态素养，都体现了“以人为本”的治理哲学。我们坚信，只有当景观真正被市民所使用、所认同、所珍视，它才具备持久的生命力。

本书的写作过程中，参考了大量国内外最新研究成果、政策文件与工程实践，力求在学术严谨性与实践指导性之间取得平衡。尽管如此，都市景观工程本身是一个动态演进、高度复杂的领域，涉及的技术标准、制度环境与社会需求也在持续变化之中。

限于作者水平，书中难免存在疏漏及不妥之处，敬请读者批评指正。

作者

目 录 Contents

第一章 都市景观工程管理概述	1
第一节 都市景观工程的基本概念	1
第二节 都市景观工程管理的发展历程	7
第三节 都市景观工程管理的主要内容	11
第四节 都市景观工程管理的目标与原则	16
第五节 都市景观工程管理的现状与挑战	21
第二章 都市景观工程规划与设计管理	27
第一节 都市景观规划的基本原则	27
第二节 景观设计方案的编制与评审	32
第三节 景观工程与城市总体规划的协调	39
第四节 生态设计理念在景观工程中的应用	43
第五节 公众参与与景观规划设计	48
第三章 都市景观工程施工管理	55
第一节 景观工程施工组织设计	55
第二节 施工质量控制与监督	59
第三节 施工进度与成本管理	63
第四节 施工安全与环境保护	68
第五节 施工技术创新与应用	73
第四章 都市景观工程材料与资源管理	79
第一节 景观工程材料的分类与特性	79
第二节 绿色材料的选择与应用	85
第三节 资源循环利用与废弃物管理	90
第四节 材料供应链的优化策略	95
第五节 材料管理的经济与环境效益	100

第五章 都市景观工程生态保护与修复·····	105
第一节 生态保护在景观工程中的重要性·····	105
第二节 生物多样性保护与景观设计·····	108
第三节 水土保持与生态修复技术·····	111
第四节 污染防控与景观工程·····	116
第五节 生态监测与评估体系·····	121
第六章 都市景观工程与气候变化应对·····	127
第一节 气候变化对都市景观的影响·····	127
第二节 景观工程的碳汇功能与减排策略·····	130
第三节 海绵城市理念在景观工程中的应用·····	133
第四节 极端天气应对与景观韧性设计·····	136
第五节 气候适应性景观管理案例·····	140
第七章 都市景观工程的社会文化价值·····	145
第一节 景观工程与城市文化传承·····	145
第二节 公共空间与社区凝聚力·····	148
第三节 景观工程的美学与社会功能·····	153
第四节 文化遗产保护与景观融合·····	156
第五节 公众教育与景观可持续性·····	161
第八章 都市景观工程的经济管理·····	165
第一节 景观工程的投资与融资模式·····	165
第二节 成本效益分析与项目评估·····	171
第三节 景观工程的运营与维护管理·····	175
第四节 绿色经济与景观产业·····	180
第五节 公私合作与可持续发展·····	185
第九章 都市景观工程的法律与政策·····	191
第一节 景观工程相关法律法规·····	191
第二节 政策支持与激励机制·····	195

第三节 环境评价与审批流程·····	201
第四节 法律合规与风险管理·····	211
第十章 都市景观工程的未来展望·····	217
第一节 可持续发展理念的深化·····	217
第二节 智慧技术与景观工程管理·····	222
第三节 全球化背景下的都市景观·····	227
第四节 创新模式与未来趋势·····	233
第五节 案例分析与实践启示·····	238
参考文献·····	243

第一章 都市景观工程管理概述

第一节 都市景观工程的基本概念

一、都市景观工程的定义与特征

（一）景观工程的系统性构成要素

都市景观工程不是孤立元素的简单堆积，而是一个具有内在逻辑、相互联系的系统。它是由三个核心子系统有机结合形成的：

首先是自然要素子系统，地形地貌、水体、土壤、动植物等构成景观生态基础的各种自然物质和过程。这些都是景观生命力的源泉，也是决定景观基本生态属性和自然美学特征的基础。

其次就是人工要素子系统，包含了所有的由人类所建造的实体，即建筑物、构筑物、道路、广场、铺装、照明设施和景观小品等。这些实体不但是空间格局的构成要素、功能的主要承载者，也是特定时期科技水平、经济实力和审美观念的反映。

第三就是人文要素子系统，它是一个无形但是非常重要的层面，包含着景观空间里的人类活动、社会交往、文化实践、历史记忆、公众感知、情感体验。正是这些人文因素给景观赋予了灵魂和意义，使之成为有生命力的社会空间。

这三大子系统彼此渗透、互相影响、互相制约，共同组成一个动态发展的整体。成功的都市景观工程就是运用科学的规划、合理的技术使这三大要素子系统达到高度协同、和谐共处，从而形成一个形态美观、丰富多彩、可持续发展的健康景观系统。

（二）都市景观与自然景观的本质区别

虽然都市景观和自然景观都有“景观”二字，但是它们在形成原因、构成要素、演变规律、价值取向上却存在本质的区别。要更好的了解这两种景观的特点，我们可以参考下面的对比表：

都市景观与自然景观对比表

特征维度	自然景观	都市景观
形成原因	地球内外力地质作用与漫长生物演化自发形成，人类活动影响微弱甚至缺席。	人类为满足生存发展需求，有意识地对自然环境进行规划、设计、改造。
构成要素	以原生性地貌、水文、植被、动物群落为主体，形成自我维持的生态系统。	大量使用人工材料与非本土物种；“人工自然”部分需与市政基础设施网络（供水、排水、电力、通讯等）紧密耦合。
演变规律	缓慢的生态演替为主导。	迅速，主要受城市规划调整、经济产业更迭、社会风尚变迁、技术革新驱动。其生命周期与城市脉搏同步。
价值取向	美学价值和生态功能内生且非目的性。	核心价值在于功能性，承载多元城市生活；评价标准围绕人的需求与福祉，体现强烈“人本主义”。

如上表所示，自然景观是地球表层在内外力地质作用、漫长生物演化过程中自发形成的地理综合体，形态和过程遵循自然法则，人类活动对其影响很小，甚至没有。它的美学价值和生态功能是内生的，非目的性的。相反，都市景观是人类社会活动直接产生的东西，是人们为了满足自己的生存和发展需要而有意地对自然环境进行规划、设计和改造的结果。其每一寸土地都印有人的意志、技术和文化。

从构成上看，自然景观是由原生性地貌、水文、植被、动物群落等组成的自然生态系统。都市景观大量采用人工材料和非本土物种，其自然部分大多经过高强度选择、配置、集约化管理的“人工自然”，必须和复杂的市政基础设施网络（供水、排水、电力、通讯系统等）紧密耦合才能维持正常运转。

从演替规律上来说，自然景观的演变过程比较缓慢，主要是由生态演替来主导；都市景观的变迁却非常迅速，主要由城市规划调整、经济产业更替、社会风尚变迁、技术革新等因素所驱动，其生命周期与城市发展的脉搏同步。

都市景观的核心价值就是它的功能性，它被精心设计用来承载居住、工作、交通、游憩、交往等多样化的城市生活。评价标准始终从人的需要和幸福出发，充分体现出人本主义的思想。

（三）现代都市景观的功能多元化趋势

伴随城市发展的理念发生巨大变化，人们对于生活品质的要求也越来越高，现代都市景观的含义也已不再只是以前的赏心悦目。它正在形成功能复合化、多

元化的发展趋势。这一趋势清楚地表现出景观空间在有限土地上创造出更多的社会、生态和经济价值，成为解决复杂城市问题的综合手段。因此现代都市景观的功能体系正在逐渐变成多元、高效的综合平台。

1. 生态服务功能。构建绿色基础设施网络之后，都市景观就具备了重要的生态调节功能。雨水花园、植草沟、下沉式绿地可以有效地吸纳、净化雨水，助力海绵城市建设；增加绿量、水体面积可以有效地缓解城市热岛效应；营造多样的生境来保护生物多样性；创建城市生态廊道；利用植物的光合作用和滞尘作用来净化空气、吸音。

2. 景观空间是城市核心的公共领域，它的社会性被空前放大。它不仅是市民的休闲娱乐场所，也是体育锻炼、康体健身之地，可以促进人们的身心健康，同时又是邻里之间的交流沟通点、社区建设与文化认同的重要媒介。公共艺术的植入、文化活动的开展、历史信息的留存，都将景观变成城市的记忆载体、地方精神的展示舞台。

3. 经济价值功能，好的景观可以产生可观的经济效益。优美的公园、滨水空间可以大幅度提高周边土地的价值以及房地产的吸引力，具有独特魅力的景观节点可以成为旅游的名片，促进区域旅游、餐饮、商业的发展，景观产业本身也已经形成了从规划设计到施工养护的完整产业链，创造了大量的就业岗位。

4. 教育科普功能越来越突出，越来越多的都市景观被设计成寓教于乐的户外课堂。设置解说牌、互动装置、自然观察径等方式来向公众普及生态知识、传授园艺技术、讲述地方历史，让游客在观光游憩的同时也能获得知识，从而提高市民的科学素养和环保意识。

这种功能的高度整合，正标志着城市景观工程迈入了注重综合效益、可持续发展的新阶段。

二、都市景观工程的分类体系

（一）按空间尺度分类

按照空间尺度来对都市景观工程实施分类，属于一种宏观化的、较为基础的划分手段。此类分类方式直接影响项目规划层次、影响范围、投资规模以及管理复杂程度，有利于形成宏观到微观的系统性认识。一般可以分为宏观、中观、微观三个层次。

宏观尺度景观工程是以整个城市或者区域生态格局、空间结构为对象，是城市总体规划的重要组成。该类工程体量巨大，影响深远，典型的有区域生态廊道、城市绿地系统规划、大河或海岸线的综合整治、国家公园、风景名胜区等。规划设计的核心就是保障区域生态安全、保证生态系统服务的连续性、确定城市长期绿色发展的总体框架。

中观尺度景观工程介于宏观格局与微观项目之间，一般对应城市中的一个片区、社区或重要线性空间。这类项目是市民最常接触的公共绿地主体，城市综合性公园、专类公园（植物园、动物园）、滨水开放空间、城市绿道网络、大学校园环境、较大规模的居住区绿地等都属于这一类。中观尺度的景观设计要承接上位规划给与的设计要求，也要结合所在区域的具体功能和居民的实际需要进行细化的处理，是实现生态效益和社会效益平衡的关键环节。

微观尺度的景观工程针对场地、节点等具体的对象，体现景观设计的精细化程度。它包括街头绿地、口袋公园、庭院、广场、屋顶花园、垂直绿化，甚至是一个花坛或者一组街道家具。微观景观设计要产生宜人的空间感觉、适应近人尺度的功能要求，体现精细工艺、艺术品位。虽然规模小，但是微观景观数量多，与市民的日常活动路线紧密结合，其质量好坏直接关系到整个城市的环境质量和市民的幸福感。

这三个层次相互嵌套，紧密联系，共同组成了完整的城市景观体系。微观的活力节点支撑着中观的社区脉络，中观的社区网络又共同组成宏观的城市生态基底。

（二）按功能属性划分的技术标准

根据都市景观工程所承担的主要功能来进行分类，能更准确地指导其规划设计、施工建造、后期维护工作，保证各项功能得以有效发挥。不同功能的景观，其对应的技术标准和评价体系也大不相同。以下表格为各种功能属性的景观的主要目的以及关键技术标准：

都市景观工程功能属性及技术标准概要表

功能属性	主要目的 / 特征	关键技术标准 / 关注点
游憩型景观	为市民提供休闲、娱乐、社交、体育活动场所。	人身安全、舒适性、便利性；无障碍设计；植物安全性（无毒、无刺）、季相变化、遮荫效果；儿童活动区器械安全、缓冲铺装、视线通达性。
生态型景观	发挥生态系统服务功能，应对环境挑战。	水文性能：土壤渗透系数、蓄水容积、溢流口高程（雨水花园、植草沟）。 生物修复：植物吸收、富集、降解污染物能力。 生境营造：本土植物选择、植被群落结构、食物与遮蔽场所设计。
文化型景观	保护、传承与展现历史文化遗产或特定精神内涵。	真实性与完整性：遵循文物保护原则，考证原材料、原工艺；通过标识系统、空间手法展现遗址信息，不损害本体。
交通型景观	美化道路环境、组织交通流线、保障交通安全。	与交通规范结合；行道树种植间距与分枝点高度（不遮挡信号）；中央隔离带植物防眩光功能；绿道与城市道路交叉口安全处理。

游憩型景观是城市中最传统、最普遍的一种类型，主要目的是给市民提供休闲、娱乐、社交和体育活动的场所。这类景观有公园、广场、游乐场等。技术标准对人的自身安全、舒适性和便利性有很高的要求。儿童活动区有严格的安全器械标准、跌落区缓冲地面的标准、活动半径和监护视线通达性的标准；步道系统需符合无障碍设计要求，对坡度、宽度、路面材质防滑性有明确的标准；植物配置要考虑季相变化、遮荫效果，禁止使用有毒、带刺植物。

生态型景观是近几年来迅速发展起来的一类景观，其主要目的就是发挥生态系统的服务功能来应对环境挑战。从上表可知，其技术标准核心不同。以雨水花园、植草沟这些海绵城市设施为例，它们的技术标准关键之处在于水文性能，土壤渗透系数，蓄水容积，溢流口高程这些参数必须算得准确。对于污染场地修复的植物修复系统，其标准主要是对某些植物吸收、富集、降解污染物的能力以及防止二次污染扩散的工程措施。生物多样性栖息地的标准主要是本土植物的选择、植被群落结构布局和为特定物种提供食物、遮蔽场所的设计。

文化型景观的主要目的是对历史文化遗产或者某种精神内涵进行保护、传承和展示，如历史园林、遗址公园、纪念性广场等都属于此类。其技术标准遵照文物保护原则，突出真实性，完整性。修复历史园林时要考证原材料、原工艺并加以沿用；在遗址公园设计中，用标识系统、空间处理手法等方式清楚地表现遗址的格局和信息，但不能破坏遗址本体。

交通型景观包括道路绿化、交通岛、绿道等，可以美化道路环境、组织交通流线、保障交通安全。其技术标准要同交通规范紧密衔接，行道树的种植间距及分枝点高度不能遮蔽交通信号与行车视线，中央隔离带的植物配置要有防眩光效果，绿道的设计要妥善处理与城市道路的交叉口，保证骑行者和行人的安全。

通过这样一种功能上的精细分类，景观工程的管理已经从以前的模糊的“美化”要求转变为可衡量、可考核的性能指标，有效地推动了行业专业化、科学化的进步。

（三）新型景观类型的创新特征

伴随气候变化、资源短缺、城市化加速等全球性问题的出现以及数字技术和人们社会需求的变化，带有明显时代特征的一系列新型景观类型也应运而生。这些新型景观不是传统园林绿化的简单延续，在理念、技术、功能等方面都表现出了明显的创新之处，是未来都市景观工程的发展方向。其创新之处有三个，跨界整合、性能导向、智慧互联。

跨界整合是新型景观最突出的特点。它冲破了传统景观、建筑、市政、生态等专业的壁垒，具有很强的融合性、杂糅性。海绵城市景观就是典型例子，它把景观设计和水文工程结合在一起，将绿地、广场、屋顶等都当成雨水管理的基础设施，实现了景观的市政化。城市农业景观是把农业生产活动纳入到城市空间中，集园艺、生态学、社区营造为一体的具有生产、生态、社会功能的景观。

性能导向代替了以前的形而上学的形式主义。新型的景观设计不再只关注视觉美感，而更重视其能够产生的具体的环境绩效或者社会效益。疗愈花园的设计严格按照环境心理学和医学的研究成果来进行，在空间组织、植物搭配、色彩使用等方面都经过量化研究，从而达到减轻病人压力、促进康复的目的。生态浮岛、人工湿地等水处理景观的主要评价标准，就是对氮、磷等污染物去除率。这样以性能为目标的做法使景观设计更加科学、实证化。

另外，智慧互联给景观带来了动态的生命力。物联网、大数据、人工智能这些数字技术被用到景观领域当中，于是就有了智能景观。通过遍布的传感器来实时检测环境数据（土壤湿度、空气质量、人流等）并根据这些数据调节灌溉系统、照明亮度等从而达到精细化管理以及资源节约的目的。另外游客可以借助手机 App、虚拟现实等方式与景观进行互动，获取丰富的景观信息，实现了景观由被动的被观赏对象向主动与人交流、回应需求的有智慧的生命体转变。

这些新型景观的革新之处，一起指向一个未来走向，就是都市景观会变成一个更加高效，更具韧性，更为智慧的复合型生态系统，它既是城市美好环境的创造者，又是城市可持续发展难题的化解者。

第二节 都市景观工程管理的发展历程

一、国际景观工程管理演进脉络

（一）从古典园林到现代景观的转型

古典园林到现代景观的转变，就是景观工程管理观念的彻底改变。古典园林无论是东方写意的山水园林还是国外几何构图的规则式园林，本质大多是私家贵族的财产。管理的主要目的在于保持它的美学价值和私密性，为少数人提供游憩和社交的场所。此时的管理更加注重精雕细琢的园艺养护、建筑修缮、水体维护，是封闭的、审美绝对化的管理模式。法国古典主义园林讲究轴对称、宏大叙事，管理上必须严格按照最初的设计来执行，自然生长的植物也要被精心修剪、规整，以保持高度人工化的秩序美。而英国风景式园林虽然追求自然画境，给植物留出一定的自然生长空间，但是也需要经过精心布置、养护才能营造出理想的田园牧歌景象。

伴随着社会进程的发展，城市化、民主化思想的兴起，欧美地区的公园运动蓬勃发展，现代景观也随之而来。景观的功能由原来的私家享乐转变成了公众服务，成为了城市的重要基础设施。无疑给工程管理提出了新的要求。管理对象已经不再局限于封闭的庭院里，而是变成了开放、高强度的使用性城市公共空间。管理的内容也由原来的单一审美维护扩展到公众安全、休闲娱乐、环境教育等各方面。纽约中央公园的设计与管理不仅要注重创建优美的景观，还要考虑大量的游客量、合理的各种交通流线、各项功能设施的正常运转和安全。于是专门负责公共园林管理的机构出现了，开始对人流控制、设施维修、病虫害防治、安全保卫巡逻等复杂管理问题展开研究，这标志着以公共利益为出发点的现代景观工程管理模式开始出现。

这不仅仅是空间功能和服务对象的转变，更是一种管理思维的转变。需要管理者有更强的公共服务意识、综合协调能力以及科学的管理知识。从重视形式美

感到关注社会功能,从服务个人到服务大众,从静态维护到动态运营,这些变化共同为现代都市景观工程管理打下了基础。古典园林中沉淀下来的植物配置、地形改造等工程技术被继承下来,但是被赋予了新的社会意义和管理目的,从而推动景观工程管理向着更加科学化、系统化、公众化的方向发展。

（二）工业革命对景观管理的冲击

工业革命以前所未有的方式对国外的世界产生了巨大的冲击,也给城市景观及其管理带来深远持久的影响。一方面工厂出现之后,城市迅速扩张造成严重污染,居住环境拥挤且出现公共卫生危机。烟尘满城、污水横流的城市面貌,与田园牧歌式古典园林的对比更加鲜明,城市公园作为市民获得清洁空气、阳光和游憩空间的需要,从一种美学需求变成了社会的迫切需要。景观工程因此由服务精英转向了服务大众,其管理目的也增加了改善公共健康、缓和社会矛盾的功能。

另一方面是工业革命带来的新技术、新材料、新观念对景观工程的建造和管理方式产生影响。钢铁、玻璃等新材料被广泛地用在建造大型温室、桥梁以及公共设施上,使得公园景观元素和功能更加多样化。铁路发展以后,城市居民去郊野公园的交通更加便利,对公园的承载能力以及管理效率提出了更高的要求。大量的高强度地使用以往的经验式管理方法已经难以继续,从而催生出更加专业的、系统的管理模式。工程师、规划师开始进入景观领域,带来更加理性的规划方法和科学的技术手段,景观管理开始重视功能分区、交通组织、基础设施配套和运营维护效率,科学性、实用性达到了前所未有的水平。城市问题造成的被动应对和科技进步引起的主动革新共同促成变革。

（三）生态主义思潮的兴起与影响

20 世纪中期以后,由于环境问题越来越具有全球性,生态主义思潮兴起,从而深刻改变了都市景观工程管理的价值取向和技术路线。以伊恩·麦克哈格的《设计结合自然》为标志,人们开始反思工业时代以来征服自然的发展方式,提出景观规划与设计要尊重、顺应自然生态过程。该思潮把景观工程管理从过去传统的装饰美化、功能实现推向以生态系统健康、可持续发展为目标的新阶段。

生态主义对景观管理的各方面都产生了影响。在规划设计阶段开始利用生态学的知识研究场地的水文、土壤、动植物群落等自然条件,尽量降低工程建设对自然环境的影响。工程建设中提倡使用本地物种、可再生材料、生态友好型技术,雨水花园、绿色屋顶、透水铺装等技术的运用,其目的就是模仿自然的水文循环,

减少城市径流污染。后期养护管理也从高水准的人工化规整转向了低干预、近自然的养护。允许草地有一定程度的自然生长来增加生物多样性,使用生物防治代替化学农药来减少二次污染。

生态主义思潮的出现,实际上就是景观工程管理理念的一次新的跃升。它要求管理者不能只是空间的守护者,还要做生态过程的引导者和协调者。管理的评价标准不再仅仅看视觉上的美丑,而是更多地看重景观所具有的生态服务功能,也就是净化空气、调节微气候、保持生物多样性等。这就使景观管理者不断学习生态学、环境科学等多学科的知识,并把所学的知识有体系地应用到从规划、设计、施工到后期运营维护的全过程管理之中。

其影响是系统性的、长期的,既产生了生态修复、棕地改造、海绵城市等新的景观工程类型,又形成了新的管理评价体系

二、中国景观工程管理的发展阶段

(一) 计划经济时期的政府主导模式

计划经济时期中国的都市景观工程管理具有政府主导、集中统一的特征。该时期的城市绿化工作被看作社会主义建设事业的组成部分,其主要目的是为国家的生产建设、政治宣传服务,具有很强的意识形态色彩。绿化祖国等口号的提出使得城市绿化成了群众性的政治任务。在管理体制上,各城市大多成立了园林局等专门负责城市绿地系统规划、建设、养护的政府机构。从苗木生产、工程施工、日常管理全部由国有企事业单位来完成,社会力量和市场机制基本上缺位。

此时的景观工程内容比较简单,主要任务就是尽快扩大城市绿地面积,改善城市面貌。建设类型主要为主干道绿化、公共广场及工厂和单位大院内部的绿化,重在整齐划一的视觉效果以及适用经济的原则,景观的艺术性、生态性、参与性较少被关注。管理方式以行政命令式的粗放管理为主,植物选择上偏爱速生、易成活的少数几种植物,造成城市植物多样性不足。虽然这种模式在某个历史时期对快速形成城市绿化骨架、普及绿化意识起到了一定的作用,但也留下了管理模式死板、景观风貌雷同的历史痕迹。

(二) 市场化改革中的管理创新

改革开放以后,伴随着市场经济体制的逐步建立,中国都市景观工程管理领域也发生了一场深刻的变革。房地产行业迅猛发展给开发商给予了强大的发展推

力,开发商为了提升楼盘品质与市场竞争力,不惜投入巨额资金创建高品质的居住区景观,于是景观设计和工程行业慢慢步入了市场化轨道。同时城市化进程加快也会促使政府加大市政公园、道路绿化等公共事业的投资,景观建设需求增大。

此时的管理创新主要是多元主体参与以及市场机制的引入。一批民营企业、外资企业相继兴起,打破了原来的国营垄断局面,给景观设计领域带来更多样的设计理念和更先进的工程技术。政府从原来的运动员变为裁判员,通过制定行业标准、项目招投标、工程监理等制度来规范、监督市场行为。像《城市绿化条例》这些法规标准出现以后,给景观工程的质量把控和市场准入工作赋予了法律上的依据。管理模式从以前的一个行政命令转变成了政府宏观调控、市场配置资源、企业为建设主体、社会公众广泛参与的多方共治模式。大大调动了行业的积极性,提高了景观品质和管理水平。

(三) 新时代高质量发展的转型特征

进入新时代以后,中国的经济社会发展已经转向高质量发展阶段,对都市景观工程管理提出了更高的要求。管理目标已由原来单纯的追求扩大绿地面积、营造视觉上的美观效果转变为重视景观整体的效益,即更加重视生态、社会、文化、经济四大效益的平衡和提高。这一时期转型有系统化、智慧化、人本化、特色化的特点。

系统化的表现是对景观作为城市生态基础设施的认识加深。海绵城市、公园城市等新理念提出以后,要求景观工程管理者具备宏观系统思维。通过建立互联互通的网络式绿道,把城市分散的各个小公园、绿地、水体等生态斑块连成一片,争取最大的生态效益。这样就冲破了单个项目所固有的局限,提到了城市乃至大区域范围内的生态安全格局。

人本化、特色化就又回到了对人的关注、对地方文脉的尊重上。新时代的景观管理更注重全龄友好,在增加儿童游戏设施、无障碍通道、健身步道等各方面满足了不同人群的需求。同时各地景观建设越来越注重挖掘和展示地域文化特色,反对千城一面的同质化现象。历史街区风貌保护、工业遗存的创造性利用等,都是通过景观来传递城市记忆、形成地方认同。一系列的转型,使都市景观工程管理达到了一个更加综合、科学、精细、富有温情的人文关怀的新高度,努力创建人与自然和谐共处的美丽家园。

第三节 都市景观工程管理的主要内容

一、项目全周期管理框架

（一）前期策划阶段的决策要点

前期策划是都市景观工程开始的地方和基础，它的决策好坏直接决定着项目的成败以及最终价值。这一阶段的主要工作就是进行系统的综合分析，为项目确定方向、打下基础。管理的第一个切入点就是认真阅读业主的设计任务书，弄清业主的主要想法和愿望。与此同时，必须对项目所在地域的文脉、自然条件、地形地貌、周边环境做详细的现场勘查和深入的研究。经过以上系统的分析，管理者就可以对项目的优劣、机会、威胁做出判断，重点关注后期设计、施工会产生重大影响的因素。

在此基础上就进入到了项目定位以及概念策划阶段。管理者要按照前期的分析成果，对项目进行准确的定性定量分析，确定景观总体风格、文化主题、功能定位。这不仅仅是技术问题，更深层次的涉及到城市发展策略、公众实际需求和市场未来走向等各个方面。又如口袋公园以提升社区活力为主导时，就要先考虑居民的日常休闲、社交、儿童活动需求；而城市门户区域的大规模景观项目，其策划重点应放在塑造地标性、文化展示、城市形象上。

在这一阶段，创建有效的沟通协调机制就显得格外重要。管理者应当积极搭建业主、规划部门、设计团队以及其它相关方之间畅通无阻的交流渠道，就项目的策划理念、目标、主要的技术经济指标形成共识。这就需要通过多方的反复讨论和协商，依靠专业意见并保持良好的沟通，把模糊的构想变为切实可行的规划。本阶段的决策要慎重考虑项目的经济可行性与未来的可持续运营能力，编制合理的工程预算和运维成本预估，为后面成本控制打下基础。

（二）设计施工阶段的关键控制

设计与施工，是把设计图纸变为现实的桥梁。此阶段管理的主要任务就是保证设计意图得到准确体现，高质量地完成工作，以及对于各种不可预见的困难和变化做出正确的应对。设计阶段管理的主要工作就是对施工图的细节进行严格的控制。施工图是现场作业的最后依据，施工图的深度和准确性十分重要。管理者组织结构、水电、绿化等各专业设计人员密切配合，保证图纸科学、合理、可行。

对细节的追求,是最后景观效果质量的根本保证,图纸上哪怕是最小的一处疏忽,也会造成施工中的返工、浪费,甚至造成安全隐患。

施工阶段管理重点就转为现场全面动态监控。关键控制点之一就是施工组织方案的审核与优化。好的施工组织方案可以合理安排工序、科学配置资源、缩短工期,是项目顺利进行的有力保证。管理者应对施工单位提交的方案严格把关,重点关注其中为解决项目的特点和难点所制定的专项技术措施。施工过程中设计与施工脱节的现象比较普遍,因此建立设计现场服务与督导机制就显得非常必要。设计人员定期到现场指导,可以及时解决图纸上的疑问和工程技术上的难题,在需要时对设计进行符合现场实际情况的修改,保证设计理念不会因为施工的误读或者技术的限制而偏移。

现场施工质量与进度控制是密切相关的、互相促进的。质量控制上要严把材料关,所有进场材料尤其是对景观效果影响重大的苗木、石材等主材要经过严格的检验。施工工艺标准化实施也十分重要,地形整理、管线铺设、植物栽种、小品安装等各环节都应规定好质量标准和验收标准。进度上,由于景观工程一般是在整个项目收尾阶段,工期紧。管理者要采用动态的进度跟踪方式,甘特图、里程碑计划之类的方式,对项目的进展展开及时的监督,一旦出现偏离状况就马上找出原因,快速执行纠偏措施,保证项目可以沿着既定的路线前进。

安全文明施工也是不能忽略的管理内容。景观工程施工现场常常会与其它工程交叉作业,环境比较复杂,因此必须建立严格的安全管理制度,强化施工人员的安全教育和现场监督工作,有效防止安全事故的发生。合理安排施工场地,做好围挡管理,最大限度地减少施工对周边环境和居民生活的影响,从而树立项目良好的社会形象。这繁杂的管理活动就形成了设计施工阶段管理的核心,它的好坏直接决定了景观作品最后的质量。

(三) 运维阶段的长效管理机制

都市景观工程的价值并不在竣工剪彩的那一刻达到顶峰,而是在长久的使用中不断释放出来。运维阶段管理核心就是建立科学、系统、可持续的长效机制,保证景观空间活力永驻、功能持续发挥、品质恒久如一,从而真正发挥生态和社会效益。不但是对建成的工程精心保护,更是工程全生命周期价值的最终实现。

完善的长效管理机制,其基础就是有具体的管理责任和足够的资金保障。项目交接前就要明确后续的管养主体,不管是专业的物业公司、市政园林部门还是

社会化运营机构，都要具有相应的专业技术与管理能力。管理资金的来源和可持续性决定运维水平的重要因素，因此要积极探索政府财政补贴、商业运营反哺、使用者付费等多元化的资金筹措渠道，防止因资金不足而陷入“重建轻养”的窘境。

具体的运维管理内容涵盖了多个层面，需要系统化、精细化的作业流程。详细的管理内容与目标可见下方的

都市景观运维管理内容表

管理类别	具体内容与目标
绿化养护	依据不同植物生长习性，制定详细的年度、季度、月度养护计划，涵盖浇水、施肥、修剪、病虫害防治等。对特色植物或古树名木需采取特殊养护措施，确保植物群落健康生长，达到设计预期的季相变化和生态功能。
设施设备养护	将景观区硬质地面、景观小品、照明系统、灌溉系统、游乐设施等纳入日常巡检与定期维修范围。建立设备台账，制定维护保养手册，做到“小病即修，大病预报”，确保所有设施始终处于良好工作状态，为公众提供安全、便捷的使用条件。
环境卫生保洁	建立全域保洁网络与应急处理机制，对垃圾清运、水体保洁、公共卫生间管理等作业标准和频次做出严格要求，保证景观空间始终清爽宜人。
安全秩序管理	采用“人防+技防”相结合的网格化管理模式。合理配置安保人员进行网格化巡逻，在重要节点设置监控摄像头，及时发现并处理各类安全隐患和突发事件，营造安全、有秩序的游玩环境。

公众参与和智慧化管理，是提高运维效率的两种新的途径。可以设立反馈机制，使使用者能够参与景观维护情况的监督和评价工作，从而使得管理更符合实际需要。与此同时积极利用物联网、大数据等智慧技术对人流量、设施运行状况、环境指标等实施实时监控与智能分析，从而达成从被动应对到主动预判的管理升级，极大改善运维工作的科学性与效率。

二、核心管理要素分析

（一）质量控制标准化体系

质量是都市景观工程的生命线，它不但关系到结构的安全、使用的功能，还决定着项目的艺术表现力、生态效益以及长久的价值。因此，创建起全过程的标准化质量控制体系，才是保证景观品质由设计蓝图到现实成果高质量转化的根本保证。该体系的核心思想就是将抽象的质量要求具体化、量化，使质量控制有章可循、有据可依。

这一体系的形成始于设计阶段。要形成完备的设计质量标准,确定施工图的深度,各个专业的图纸要协调统一,选用的材料和工艺标准也要有具体的规定。经由多级图纸会审制度,力求让设计方案在美学、功能、生态、经济这四者之间取得最好协调,从根子上防止由于设计漏洞造成的先天不足问题出现。景观设计所涉及的元素十分繁多,从一砖一石的选择到一草一木的搭配,都应有具体的设计标准和质量要求,因为细节的把握是实现整体高品质的前提。

施工阶段就是质量控制体系落地实施的环节。首先要建立严格材料准入制度。所有进入工地的材料,包括苗木的规格、土方的质量、石材的色泽和强度、成品构件的工艺等,必须按设计要求和国家规范进行检验,不合格的材料立即清退出场。其次就是推行施工工艺标准化,对地形塑造、水电预埋、绿化种植、园路铺装等主要工序,编制详细的施工工艺标准和操作规程。通过技术交底、样板引路等手段,使一线作业人员对质量标准有清晰的认识,保证每一个工序都符合规范的要求。

过程监控、验收是体系有效运转的保证。质量管理人员应该深入施工现场,对关键工序和隐蔽工程实行旁站监督,及时发现并纠正不规范的操作。实行三检制,即自检、互检、交接检,保证每一道工序完成后都必须经过严格检查,合格后才能进入下一个环节。分项、分部工程的验收必须严格按照标准来进行,所有的质量数据、影像资料都应当完整地记录归档,从而形成质量追溯链。标准化的体系就像精密的过滤器,把可能出现的质量问题一层层筛去,最后留下高品质的景观作品。

（二）进度管理的动态调控方法

进度管理对于都市景观工程来说存在它所独有的难题。景观工程常是建筑项目的收尾阶段,如果前期工程出现延期,就会大大压缩其可用工期。多专业交叉作业和天气等不可控自然因素的影响也很明显。因此僵化的进度计划不能适应现实的变化,必须采用动态调节的方法来实现进度的柔性及精确的管理。

动态调整的基础就是科学合理的项目进度计划。该计划需要使用 WBS 的方法把复杂的工程项目分解成具体可管理的任务单元。在此基础上,确定各个任务之间的逻辑关系,估计完成各个任务所耗时间、资源,绘制网络图,找出关键路径。运用关键路径法可以找到项目总工期是由几个关键任务链决定的,从而把有限的管理资源投入到这些关键少数的任务中去。

计划的生命力就在于执行过程中的跟踪与反馈。管理者要创建有效的工面进度信息收集系统,实时获取各个工面的实际进度。这可以经由定时的现场巡查、进度报告会议、采用现代项目管理软件等手段来达成。将实际进度与计划进度不断进行比较,一有偏差就发出预警。这时动态调控的关键就是快速反应、科学决策。管理者必须立刻组织力量,对造成偏差的原因展开分析,找出根源,是资源投入不够,还是技术方案出错,或者是外界环境发生变化?

根据准确的原因分析,管理者会采取不同的调控措施。赶工策略是指增加资源来缩短关键工作任务的时间;快速跟进就是改变任务之间的逻辑关系,将原本的串行任务改为部分并行,争取宝贵时间。有时甚至要对原来的施工方案或技术路线进行修改。也就是“计划、执行、检查、调整”的PDCA闭环循环在动态调节中的体现。进度管理不再只是静态的目标控制,而是动态的学习、适应、优化的过程,使进度目标在项目环境诸多的不确定性中最大程度地实现。

(三) 成本优化的创新路径

成本控制一直是项目管理的永恒主题,在都市景观工程中,它并不是一味压低造价,而是在保证质量、功能、美学的基础上,用科学的管理、创新的技术实现项目全过程的最优化。传统成本控制通常只是把施工阶段预算的执行当作主要内容,而创新优化的路径是从设计阶段开始一直到后期的保养,针对各个阶段的节约可能性展开挖掘。

设计阶段为成本控制的最佳时期,因为项目超过70%的成本在这个阶段就已决定。一种新的途径就是采用价值工程理论,对景观项目的各项功能进行分析,找出那些投入大、效益低的“过度设计”,将其剔除出去,把资源集中在用户最关心的功能上。如对地形进行优化,尽量使场地内土方达到平衡,可大大减少土方外运、回填的费用。使用乡土植物和地方材料,一方面可以突出地域特色,另一方面可以有效地减少由于采购、远距离运输等原因造成的成本。

技术创新是达到成本节约的又一重要途径。新材料、新工艺、新技术的使用,一般会带来明显的经济效益。装配式技术预制景观构件,在工厂里进行标准化生产,可以提高质量、提高效率、减少现场湿作业、减少材料损耗,总体费用也一般低于现场浇筑。使用海绵城市技术建设雨水花园、下沉式绿地等生态设施,使雨水得到就地消纳和利用,可以大幅减少市政雨水管网投资,在后期运行维护中降低灌溉用水成本。利用建筑信息模型技术可以在设计、施工之前对管道系统进

行碰撞检测和虚拟建造，在问题出现之前就及时发现并处理，从而避免施工现场返工造成的巨额成本。将管理智慧和技术革新结合在一起的全生命周期成本优化路径，最终实现了经济效益、环境效益和社会效益三者的统一。

第四节 都市景观工程管理的目标与原则

一、可持续发展的三维目标体系

（一）生态效益的量化指标设计

把抽象的概念变成可以量化的、可以考核的实体，这就叫可持续管理。这就需要建立起一个科学、系统的量化指标体系来衡量景观工程对城市生态系统的真实贡献。指标设计要与项目所在区域的生态基底、主要环境问题相结合，保证评价的针对性、有效性。通过数据化反馈来发现决策带来的生态影响，从而进行动态的调整与优化，使生态目标得到准确的实现。

为了保证评价的全面性，量化指标体系的建立要涵盖景观生态学各方面的内容。针对这些指标可以从以下几方面进行更为细致的设计和衡量，

1. 水文调节、水质净化能力年径流总量控制率、雨水渗透与回用量、地表径流污染物削减率（对总悬浮颗粒物、化学需氧量等的削减率）等，反映海绵城市建设成效。

2. 生物多样性保育水平：使用本地物种丰富度指数、植被群落结构复杂度、生态斑块连接度和为鸟类、昆虫等提供的栖息地面积和质量等方式，来衡量景观对于城市生物多样性的支持状况。

3. 微气候调节和固碳释氧能力：测量景观绿地内外的温湿度变化，评价其缓解城市热岛效应的能力。根据植被类型、覆盖面积、生长状况等来估算其单位面积的年固碳量和释氧量，明确其在城市中作为碳汇、氧吧的功能价值。

4. 资源循环利用效率，对工程建设以及后期养护过程中使用于本地的材料、再生材料进行统计，在后期绿化养护中修剪下的枝叶、枯草等绿化废弃物是否进行就地堆肥或者资源化利用等体现循环经济。

这些指标的設置与监测，既给项目绩效评价提供客观依据，又给不同项目间横向比较和经验推广创造条件。采用物联网、遥感技术、大数据分析等现代科技

手段，对以上指标进行长时间的动态自动监测，极大提高了生态效益管理的科学性 & 反应速度，使都市景观工程真正成为改善城市生态环境的杠杆。

（二）社会公平的实现路径

社会公平目标重视都市景观工程的公共产品特性，也就是保证所有市民，不论收入高低，年龄大小，种族差异，还是身体状况如何，都可以均等的享有景观资源所带来的环境，健康，精神方面的收益。要求景观工程的规划、设计和管理不能只从美学和功能的角度来考虑，而应该把推动社会融合、增加公共福祉作为主要的价值取向。所以，景观工程不只是对物理空间的改造，也是对社会结构优化的一种媒介。

实现社会公平的第一种途径就是保证公众参与的广度和深度。项目启动之初就要建立开放、透明的沟通机制，把社区居民、本地商户、非政府组织等各方面的利益相关者纳入到决策过程中来。以工作坊、听证会、网上调查等方式来获得人们对景观的功能、风格、活动内容的期望与需求。特别要关注和听取弱势群体的声音，即老年人、儿童、残障人士、低收入社区居民等，使他们在公共空间的设计中得到充分的体现，避免精英主义设计方案主宰公共空间。

空间布局的均好性是达到社会公平的物质条件。管理者可以用地理信息系统这些手段，来对城市绿地的分布情况加以分析，从而找到那些绿地覆盖度低，可达性差的“公园沙漠”地段。新的景观工程规划要优先向服务缺位的地区倾斜，新建、改建或者连接现有的零散绿地，使城市形成均衡、连通的绿色空间网络。既关系到绿地数量的公平，也关系到质量的公平，保证每个社区附近公园都有完善的设施、优美的环境、安全的保障。

景观空间包容性的设计与管理才是社会公平得以实现的保证。从设计角度看，必须满足无障碍设计的标准；给不同的活动预留不同的空间；加入本地文化的元素来加强社区居民的归属感。就运营管理而言，必须保证公共空间开放的时间要适应大多人的需求，组织普惠性的、多样的社区文化活动，建立完善的维护制度以形成人们都感到安全、舒适、受欢迎的环境。只有这样综合性的措施，都市景观才能成为社会正义的推动者、社会差距的缩小者。

（三）经济可行的平衡策略

经济可行性是都市景观工程得以持续发展的物质保证。它不仅仅是指项目初期投资是否可以接受，更多的是从整个生命周期中，从设计、建造、运营、养护

到最终更新的全部成本效益分析。成功的平衡策略就是在有限预算之内取得最大生态与社会效益，找到景观资产价值实现的方式。

项目前期要抛弃高投入就高质量的错误观念，转而实行全生命周期成本精细化管理。这就意味着设计阶段的选择很关键。选择适应当地气候、抗病虫害的乡土植物，虽然苗木成本略高，但是可以大大降低后期浇水、施肥、喷药等养护费用。利用生态草沟、下凹式绿地等低影响开发技术，虽然初期建设投入会增加，但是它能带来的雨洪管理效益能大大减轻市政排水管网的负担，降低市政排水管网的建设和维护成本。因此经济可行性评价要创建一种有远见的综合成本核算模型，把短期建造费用和长期运作费用综合考虑，做出最具有经济智慧的选择。核心就是前期投入更多的智慧，减少后期大量的资金投入，达到长期经济可持续发展。

与此同时，积极探寻景观资产价值实现和多元融资途径，也是实现经济平衡的关键。都市景观营造的生态系统服务价值，即提升周边地块资产价值、吸引旅游和商业消费、减少市民医疗支出等，不能直接计入项目收入，但是可以采用科学的方法进行核算，作为争取政府财政支持、社会资本投入的依据。创设新的投融资机制，以模式引进社会资本参与到景观的创建与运作当中，发行绿色债券为具有明显环境价值的项目给予专门资金，对公园内部开展的适度商业开发活动持包容态度，依靠部分商业收益来承担公园的日常运作费用。形成政府引导、市场参与、社会支持等多方面共同投入的局面，能有效减小单一财政渠道的压力，给都市景观工程持久发展提供源源不断的经济动力。

二、工程管理的基本原则

（一）生态优先的实践要求

生态优先原则把保护、修复生态系统作为都市景观工程管理各个环节的中心工作。任何决策和行动都必须把生态环境影响放在首位，以实现生态效益最大化、生态损害最小化为前提。这实际上就是价值观的重新塑造，把景观当作有生命的生态基础设施，而不是毫无生气的装饰品。

生态优先原则在实践中的具体表现就是尊重并利用场地的自然过程。在规划设计阶段，管理者要主导开展详细的生态基底调查，确定场地内主要生态要素，即现有的植被、野生动物廊道、水文系统、微气候等，把它们作为设计的框架而不是障碍。即尽可能的保留场地内健康的树木和原生栖息地，根据地形地貌进行

设计, 尽量减少大范围的土方开挖和回填。施工过程中一定要制定严格生态保护措施, 设置施工禁区, 保护表层土壤, 防止水土流失和环境污染。材料选择上, 首先要采用本地区采购、可循环和环保的材料, 从而减少碳排放量。

长期的运营养护阶段, 生态优先原则就是抛弃传统园林高耗能、高干预的管理方式。用近自然的养护理念代替频繁的修剪、浇灌、施药, 给植物群落留下一定的自然演替空间, 既能降低维护成本, 又能给昆虫、鸟类提供更多的食物来源和庇护所。水体管理可以用生态浮岛、水生植物等生物的方法净化水质, 而不是用化学药剂。这既是生态尊重的表现, 又是不断变化、流动的生态景观, 给人们提供了一种人与自然和谐共处的理念教育。

（二）系统思维的方法论价值

系统思维是用在城市景观工程复杂问题上的一种有效思想方法。要求管理者从孤立、片面的角度出发, 把景观项目看做是和城市宏观系统紧密相连、多要素相互作用的动态网络。该原则的价值在于可以找到问题的根本原因, 预判决策的连锁反应, 寻找协同增效的办法。

系统思维最直接体现就是跨越空间的尺度。一个公园的管理不应该仅仅停留在围墙之内, 也应该考虑到它在更大尺度的城市绿地系统中所起的作用。它是生态斑块也是连接不同斑块的廊道。它怎样同周边的河流、街道绿化、社区花园相互衔接, 构成一个功能齐全的区域生态网络? 管理者要同城市规划、水务、交通等许多部门配合, 保证景观工程融入并加强整个城市的绿色基础设施体系。滨水景观带设计要考虑防洪安全、水质净化、市民休闲、交通联系、生物迁徙等许多目标, 这就是系统思维的典型应用场景。

系统思维还体现在时间上。景观是“活”的系统, 它随着四季的轮回、植被的生长、社会的变化而不断变化。工程管理不能一劳永逸, 而应该是一个以监测、评价、反馈、调整为循环基础的适应性管理过程。通过长时间的监测景观的生态、社会、经济效益指标, 管理者可以了解到系统对最初设计的反应, 发现事先没有料到的困难或者机会, 然后按照实际情况调整管理策略。如果某处由于人流量大而引起土壤板结、植被退化, 管理者应该采取轮休、更换耐践踏植物或者增设小径等方式进行干预。依靠动态反馈管理, 可以使景观工程更好地适应不确定性, 持续保持其生命力和功能, 体现出从建造移交的线性管理向设计建造运营的演化循环管理的转变。

（三）因地制宜的灵活应用

因地制宜是都市景观工程管理中最具智慧、最富艺术性的原则。它强调对于项目所在地域的独特性进行认识和尊重，涵盖自然条件、历史文脉、社会经济状况、居民需求等诸多方面，反对简单模仿标准化的“样板工程”。该原则的核心是，解决方案要来源于地方，服务于地方，从而创造出生态可持续、有地方身份认同感的场所。

就实践而言，因地制宜首先要对“地”有一个全面的认识。这里的“地”是个多维度的概念。从自然层面看，指的是当地的气候、土壤、水文、原生动植物等生态因子。干旱地区的景观设计应该以节水为核心，选用耐旱的乡土植物，并采用高效的滴灌技术；多雨地区的景观设计应该以雨洪管理为核心，构建吸纳、净化、利用雨水的海绵景观。人文层面就是场地历史记忆、文化传统、居民生活习惯和审美偏好等。一个成功的景观项目理应可以讲述地方的故事，延续城市的历史。在工业遗址上改造的公园，应该保留有代表性的工业构筑物，使其成为独特的景观元素和历史见证，而不是全部拆除，用千篇一律的景观来代替。

灵活应用就是指策略和技术的适应性以及创新性。管理者不应被固定的技术手册或设计范式所束缚，而应该根据场地具体问题以及可用资源，创造性地组合或者开发出适合的技术。在材料选择方面，可以就地取材，利用场地内拆除建筑垃圾加工成的再生骨料或者使用当地特有的石材、木材，从而降低运输成本、环境负荷，增加景观的地方特色。关于社区参与，要根据不同的社区特性采取不同的沟通方式和活动形式。老龄化社区的景观设计更多地考虑无障碍通行、康养健身、安静的休憩空间；年轻家庭较多的社区更多地考虑儿童游乐设施和开放草坪。正是因为对于地方性的深刻认识以及策略的灵活变通，才使得每一个都市景观工程都是独一无二的作品，深深扎根于其所处的土地和社群之中，从而具有了长久的生命力。

第五节 都市景观工程管理的现状与挑战

一、国内管理实践的主要成就

（一）重大工程的标杆示范效应

重大国际活动以及国家级战略项目，成为推动我国都市景观工程管理水平飞跃发展的强大动力。从北京奥运会提出绿色奥运理念、上海世博会确定城市让生活更美好这一主题；杭州 G20 峰会呈现的诗意江南景观、北京冬奥会可持续的场馆群；这些大型工程不但是国家形象展示的重要窗口，而且还是景观工程管理创新实践的试验场。在这些项目当中，全生命周期管理、跨学科团队合作、公众参与、生态优先这些以前常常被忽略的先进理念，得到了前所未有的重视，并且被广泛地应用起来。

北京奥林匹克森林公园建设过程中使用了雨洪管理、乡土植物群落构建、废弃物再生利用等生态技术，其成功的经验也为以后的大规模城市公园建设提供了一个很好的范例。重大工程的管理经验很丰富，从宏观的规划决策到微观的施工工艺，都有可以复制并推广的“中国方案”。依靠这些标杆项目的榜样带动，新的设计思路、经营方式和技术标准迅速被传播并被采用，整个行业认识水平与操作能力明显提高，城市管理者 and 市民对于高质量景观的审美价值有了更为广泛的认同。

示范效应在人才队伍培育、产业链升级等方面都很明显。围绕重大工程，国内国外最优秀的设计师、施工师和管理者汇集在一起，项目对人才进行打磨，一批具有国际视野，可以带领团队完成复杂项目的人才快速成长起来。同时对于新材料、新工艺、新设备的高标准要求，也有力地促进了相关产业技术革新和产品更新换代，产生了良好的带动作用，为我国都市景观工程行业整体高质量发展提供了持续动力。

（二）标准体系的逐步完善

成熟的行业，必须有科学完善的规范来支持。我国都市景观工程管理的发展过程中，伴随着一套日趋细化、系统化的一套标准规范。早期行业的标准大多注重于园林绿化种植养护等技术方面，规定比较零散。如今标准体系已经成为一个涵盖规划设计、材料选用、施工建设、后期养护以及绩效评价等各方面内容的完

整框架,贯穿工程的全生命周期,对工程质量、市场行为、行业发展都具有重要的指导意义。

这一进程的主要特征就是标准的广度和深度同步发展。广度上标准涉及的范围越来越宽泛,由传统的公园绿地扩展到城市滨水空间、绿色交通廊道、屋顶绿化、垂直绿化、海绵城市设施等新的景观类型。其内涵越来越丰富,体现出与时俱进、注重可持续发展的思想。主要表现在以下几个方面:

1. 技术规范更加细化,由原来的只重视绿化覆盖率,变为更加重视乡土植物、适生植物的使用,并制定相应的苗木质量及栽培技术标准。工程技术上,透水铺装、雨水花园、绿色屋顶这些海绵城市有关的技术规范出现以后,景观工程不再只是单纯地完成美化视觉的任务,而是肩负起了重要的生态功能。土壤改良、节水灌溉、病虫害绿色防控的维护管理标准,给景观的可持续经营提供更加科学的标准。

2. 管理流程标准化,项目管理的标准化程度越来越高,从项目前期策划、招标投标、施工质量监督、安全生产监管到竣工验收、移交都有了具体可操作的规程。不仅可以提高工程管理效率、透明度,而且可以降低项目风险,保证公共投资效益。

3. 绩效评价多样化,评价体系不再只是用绿地率、绿化覆盖率这样单一的数量指标来评价,而开始采用包含生态效益、社会效益、经济效益在内的综合评价体系。就像评价标准由“有没有”变成了“好不好”,加入生物多样性改善、微气候调节、市民满意度、社区活力激发、景观资产的长期价值等更丰富的指标。

(三) 国际影响力的显著提升

中国都市景观工程领域的实践与探索开始得到国际社会的重视和认可,由“引进来”走向了“走出去”。既是国家综合国力提高、文化自信增强的体现,又是行业专业能力提高的表现。国内的景观设计师、学者及管理者日益活跃于国际社会之中,积极将中国的城市建设智慧与经验推介给全世界。

一方面,国内一大批优秀的景观项目屡次获得世界级设计大奖,比如国际风景园林师联合会奖、世界建筑节奖等。不论获奖设计作品采用了何种创新性改造工业遗产的方式、以现代语境诠释传统园林哲学,还是大规模的生态修复工程所带来的成果,在本质上是景观设计在中国所独有的文化情境以及创新的技术路径。这既大大提升了我国设计师的国际地位,又使国际社会对中国的城市景观建设有了更丰富、更全面的认识,证明了中国的城市景观建设既有艺术美感,又有生态

深度，完全有能力创造出一流水平的景观作品。

另一方面就是国际学术交流与专业的合作。国内很多高校开设的景观学专业同国际知名院校存在紧密联系，联合培养具有全球视野的人才。在中国举办的各类国际景观高峰论坛、学术研讨会都吸引了世界各国的优秀专家学者前来交流思想，共同讨论城市发展所遇到的难题。同时中国的景观规划设计理念、生态修复技术也开始随着“一带一路”等国家战略走向世界，为其他发展中国家的城市化提供借鉴。一方面加快了国内景观行业知识更新的速度，另一方面使包含东方生态智慧的“中国方案”在全世界的可持续发展议程中所起的作用越来越突出。

二、面临的关键挑战

（一）碎片化管理的体制障碍

都市景观工程管理最棘手的问题之一就是城市管理体制的碎片化。城市景观是完整的、流动的生命体，它的组成部分，街道、公园、广场、水系、建筑附属绿地等在空间上、功能上是紧密联系的。但是这些要素却常常被分到规划、住建、园林、水务、交通、林业等不同的政府部门。造成了九龙治水的局面，即权责不清、标准不一、信息不畅。

由此造成的是景观系统性的缺失。一条滨水绿道的规划是由规划部门制定的，线上的乔木由园林部门负责养护，堤岸的结构安全由水务部门负责，连接绿道的城市道路则由交通部门管理。出现问题时，很容易产生互相推卸责任的现象；在日常管理中，各部门的预算、工作计划、考核指标不相容，不能形成合力。因此构建贯穿全城的生态廊道、实现区域雨洪综合管理等系统性的目标就变得异常困难。

同时规划与建设、建设与管理之间也存在着脱节现象。一份具有前瞻性的区域景观规划，在落实阶段由于部门利益的斗争而变得支离破碎，使原有的设计理念不能完整地实现。建成的景观项目，由于缺少长期稳定的资金来源和统一的责任主体，造成管理维护水平下降。一些精心设计的生态设施由于缺少专业维护导致功能丧失，造成重建设、轻管理的普遍现象。

从根本上解决这个问题，必须进行体制上的彻底改革。这就需要设立一个更高层次的、可以协调各个涉景部门的综合管理机构或者联席会议制度。只有创建统一的景观战略规划，明确各方面的协作流程和责任，消除信息孤岛，实现由各

自的独立治理到全域协同治理的转变,保证城市的景观整体性、系统性和连续性。

（二）生态保护与开发的矛盾

在寸土寸金的城市环境中,生态保护和土地开发之间的矛盾,也成了都市景观工程管理所面对的又一重大难题。快速的城市化进程中土地资源的需求量急剧增大,位于城市或者城乡交界处的林地、湿地、农田等重要的生态空间,常常被视作可以被开发的“储备地”而遭到严重破坏。短期的土地财政收入、经济增长等指标,一般都会压倒长期、难以量化的生态系统服务价值。

矛盾最根本的体现就是项目实践的价值取向和审美偏好上。一方面存在将景观工程当作装饰品、表面化处理的倾向。为了追求快速见效、视觉冲击力强的政绩,一些项目过于看重形式上的宏大、奇特,偏爱大面积的硬质铺装、整齐划一的草坪、非本土的奇花异草,造成生态功能脆弱的盆景式景观。这样的处理方式忽略了景观本身作为一个生命系统本身的规律,不仅维护成本大,而且生物种类单一,不能很好地发挥出它的雨洪调蓄、气候调节、环境净化等生态功能。伪生态设计实际上就是开发逻辑在景观领域的延伸,而不是真正的生态保护。

另一方面体现生态智慧、强调自然演替、低干预维护的设计理念,比如“荒野美学”,也会因为不整洁、不精致的形态而遭到一些管理者或者公众的不理解甚至是不接纳。公众的审美习惯及生态认知水平的限制性,使得依靠自然界来解决的办法在实践中遇到了无形的阻力。要调和这矛盾,除了依靠立法划出生态保护红线,强制保护重要生态空间之外,还要大搞公众环境教育,提高全社会对生态价值的认识,建立生态补偿机制,让守卫生态的人有合理的经济回报,促使开发行为与生态保护良性互动。

（三）技术应用的深度不足

信息技术、生物技术等现代科技在都市景观工程上的应用程度还不高。新技术、新方法的引入还处于概念倡导或者零星试点阶段,还没有成为行业的普遍生产力,技术优势也没有充分发挥出来。这就导致景观工程的规划、建设、管理决策,很大程度上还是依靠传统的经验,缺少精准的数据和智能化的手段。

地理信息系统、遥感、建筑信息模型等数字技术,在规划、设计阶段还没有充分发挥出它们的潜力。GIS 在实践中大多被用作底图绘制、绿地面积统计的工具,而很少使用 GIS 模拟生态过程、评价栖息地连通性、进行多因子场地适宜性分析等强大功能。BIM 技术在景观工程中多用于三维可视化展示,但是在实现设

计、施工、运维全生命周期信息集成和协同管理方面的价值还没有完全体现出来。

在建设运维过程中，智慧化的程度普遍不高。虽然智慧园林、智慧公园的概念已经提出多年，但是实际的落地效果却良莠不齐。大部分景观的后期管理仍然依靠大量的人工作业，效率低、浪费大。智能灌溉系统即使已经安装，也大多只是定时控制，没有和土壤湿度传感器、气象数据联动实现按需灌溉。缺少对植物生长状况、病虫害情况、土壤健康状况进行动态监测的技术，造成问题发现滞后、应对措施被动。海绵城市这类生态基础设施普遍缺少有效的在线监测网络，无法衡量在不同的降雨情况下实际运行的绩效，从而缺少科学依据来进行后续的改善和维护。

技术应用的不深入，在背后其实是有诸多因素共同影响所造成的。包括行业从业人员知识结构更新滞后，缺少掌握新技术的复合型人才；项目投资重建设轻运维，造成智能化管理系统投入不足；目前的项目招标、评价体系偏爱成熟、低风险的传统技术方案，对需要前期较大投入的创新技术应用缺乏激励机制。因此产学研结合、推动技术成果转化应用示范、改革项目管理与评价标准、大范围开展从业人员的继续教育和培训，成为破解技术应用瓶颈的有效途径。

第二章 都市景观工程规划与设计管理

第一节 都市景观规划的基本原则

一、生态优先原则的实施路径

（一）生态基底的调查分析方法

生态基底是构成城市自然系统的骨架，对其做精确的调查分析，是实行生态优先原则的科学基础。本项工作的主要内容是全面认识区域内山、水、林、田、湖、草等自然要素的组成、结构以及生态过程。调查方法常常会把多种技术手段结合起来使用，用遥感影像和地理信息系统来做宏观尺度的格局分析，从而快速了解地貌、水文、植被覆盖等的空间分布情况。同时需要进行详细的现场踏勘，对关键区域土壤类型、水质状况、生物多样性等进行取样分析，获得第一手数据。

调查的核心就是深入分析，而这种分析并不是简单的数据罗列，而是对生态系统健康状况和承载能力进行综合诊断。经由创建生态评价模型，可对区域的生态重要性，敏感性以及脆弱性展开量化分级，之后产出直观的生态适宜性评价图谱。分析成果会直接变成规划语言，即明确出必须严格保护的地区、可以有限度开发利用的地区、要尽快进行生态修复的地区。它们为之后的景观规划布局打下了坚实的基础，保证城市建设能够“踩在实处”，有效地规避生态风险。

（二）生态敏感区的保护策略

生态敏感区，即水源涵养地、洪泛区、陡坡地、生物集中栖息地等，在城市生态安全格局中占据着关键性的节点位置，生态敏感区本身的稳定性直接决定着整个区域生态平衡的情况。对这些地区加以保护，就必须采取严格而有针对性的手段，以保证其核心生态功能不被破坏。保护策略的形成要依靠系统风险评价，找出主要的威胁来源，创建起多层次的防护体系。

具体的保护策略可分为几个层面：

1. 空间管制和用途限制。用生态保护红线把重要的生态敏感区纳入刚性管控范围。在这些区域范围内，对与主导生态功能相冲突的开发建设活动实施严格限

制或者禁止。根据敏感性不同,还可以分为核心保护区、缓冲区、外围协调区,实行差别化管理。

2. 生态修复和功能提升。对已经有一定破坏的生态敏感区,应该用生态工程技术进行修复。用植被恢复水源涵养功能,用生态护岸技术加固河湖岸线,营造多样生境来吸引和保护野生动物。

3. 建立长期生态监测网络。持续追踪敏感区的生态指标,发现预警可能存在问题的情况。此种动态管理模式可以保证保护措施的效能,随时根据环境的改变而作出相应的调整。

(三) 生态廊道与生物踏脚石的构建技术

高度城市化的环境里生态廊道和生物踏脚石是维系生物多样性、连接分散的生态斑块的重要生命线。生态廊道就是连接不同生境,利于物种迁徙和基因交流的线状或者带状的生态空间,如滨水绿带、山体间绿色通道等。生物踏脚石指的是散布在城市基质中的小型生态斑块,比如小公园、社区花园、绿色屋顶等,这些地方给物种提供暂时的栖息和觅食场所,像是迁徙途中歇脚的“驿站”。

构建生态网络元素要依靠精细化的技术支持。廊道设计时必须考虑到目标物种的特性,确定出合适的宽度、植被结构以及连续性。陆生小型哺乳动物的廊道需要有丰富的灌木层来提供庇护,鸟类廊道要考虑食物源植物和可以筑巢的高大乔木。除常规的植物配置方法外,还可以借助地形改造、人工造景等方式创造复合型的生态环境。生物踏脚石的重点就是见缝插针,最大程度地利用城市空置的空间。从技术角度来讲,低维护、高生态效益的技术,如使用本地植物、建立昆虫旅馆、创造小规模雨水花园等,在小范围内能发挥巨大的生态作用。

二、系统整合原则的实践要求

(一) 多规合一的协调机制

多规合一是在宏观管理层面实现系统整合的关键措施,目的在于解决城市发展常出现的国民经济和社会发展规划、城乡规划、土地利用规划、生态环境保护规划等各类规划之间相互冲突、衔接不畅的问题。在都市景观工程方面,“多规合一”即景观规划不再是城市总体规划的附庸,而应是城市总体规划的重中之重,在规划编制的初始阶段就应深度介入。

要达成这个目的,有效的协调机制是首要的条件。要搭建起跨部门参与的协

调平台,就整个项目的总体目标、指标达成统筹规划,在空间布局、用地安排、重大项目的选址等方面形成共识。就具体的景观工程而言,协调机制要保证城市绿地系统、生态廊道、重要的公园等景观要素在土地利用规划中有明确的用地保障,并且它们的生态、游憩、文化功能也要充分地融入到城市总体设计中。利用统一的空间信息平台,对不同的规划内容进行叠加分析,可以直观地发现冲突点并进行协商调整,最后形成“一本规划、一张蓝图”,避免景观工程在实施阶段因为与其它规划发生冲突而受阻。

(二) 景观与基础设施的融合设计

传统观念常常把道路、桥梁、管线等灰色基础设施同公园、绿地等绿色景观空间割裂开来。系统整合原则就是要打破这种二元对立,使景观与基础设施融合在一起,使基础设施本身成为景观的组成部分,使景观空间承担更多的生态市政功能,实现从“灰色”到“绿色”的转变。

融合设计表现在很多方面,在城市水系统管理中,“海绵城市”理念就是很好的例子。设置下沉式绿地、植草沟、雨水花园等景观设施,把城市绿地变成了吸纳、存蓄、净化雨水的天然海绵体,有效缓解了内涝压力,增加了地下水。高架桥下面消极空间可以通过景观设计变成社区活动场地或运动公园,道路中央隔离带和两侧绿化带也可以设计成连续的生态廊道。

能源、通信等管线设施可以同绿道、公园座椅、城市家具等做一体化设计,不仅可以有效隐藏杂乱的设备,而且可以显著提高公共空间的整体品质。极大提高了土地利用效率、城市环境的优美,同时将工程学思想与生态学智慧有机地融合在一起,共同创造出具有韧性、可持续性的城市系统,达到 1+1 大于 2 的综合效益。

(三) 地上地下空间的统筹利用

伴随着城市化进程的加快,土地资源越来越紧张,向地下拓展空间已经成了一种必然。系统整合原则是指在景观设计时要树立起立体化空间观念,做到地上地下空间协调发展,以求达到土地资源价值最大化和城市功能立体化。

地上地下空间统筹利用首先在规划上。城市广场、公园等开放空间设计时,应该同时规划下面商业、停车、交通枢纽或者市政管廊等功能。垂直向度的整合要景观设计师同建筑师、工程师从项目开始就紧密配合。设计的关键是地上地下无缝对接。采用下沉庭院、采光天窗、坡道绿化等方式把自然光和绿色植物带入

地下空间，能很好地消除地下空间的封闭、压抑感觉，创造出舒适的地下空间。地下空间的开发为地上景观创造了有利条件，地下车库顶板覆土后可以形成无车干扰的纯粹步行花园。地上景观设计要充分考虑地下结构的荷载、覆土厚度、植物根系生长需求、设备管线的检修口等技术问题，保证景观长期健康、安全。一体化的设计手段可以节约土地资源，也可以给城市公共空间提供更丰富、便捷、有趣的服务。

三、文化传承原则的创新表达

都市景观是城市文化的载体和窗口，是城市历史的记忆、地域的特色、精神的面貌。文化传承原则要求景观设计不能脱离它所深厚的文化土壤，而应该在尊重历史文脉的基础上用创新的方式去进行当代表达，从而塑造出有独特身份认同感和场所精神的城市空间。

（一）地域文化元素的提取与转译方法

地域文化是城市独特魅力的来源，对它的元素进行有效的提取和转译，是文化传承中非常关键的一步。这不叫简单的复制粘贴传统符号，得花工夫去研究，抽象提炼，再艺术加工。提取对象可以是有形物质文化，比如地方传统建筑的形制、色彩、材质，民间工艺品的纹样、图案等，也可以是无形非物质文化遗产，比如地方传说、历史典故、民俗活动、生活方式等。

而转译，就是将这些提取出的文化元素，用现代景观设计的语言 and 材料技术进行重新解释。这就考验着设计师的创造性。可以将当地传统纺织品上的几何图案抽象后用在广场铺装上；也可以用地形起伏、植物配置和水景来表达描绘的地方名山的古诗意境；还可以把地方戏曲中经典身段以雕塑的形式表现出来。成功的转译成果既能使人们隐约感受到历史文化根源，又能表现出符合当下审美的新面貌。它抛弃了符号的简单堆砌、表面的复古，把文化精神融入到空间的灵魂之中，从而创造出可以引发情感共鸣、文化认同的独特空间。

（二）传统造园技艺的现代转化应用

中国传统造园艺术历史悠久，在其中包含了很深的生态智慧以及独特的美学思想，是当之无愧的中国园林史上的明珠。在现代都市景观工程里，对这些传统技艺实施创造性的转化并加以应用，既是传承优秀文化的一种重要方式，又是解决当前城市问题、改善景观品质的一种有效手段。这就需要我们不能只是模仿古

典园林的外在形式，而要深入领会它的精神内核。传统造园技艺的现代转化应用，详见下表：

传统造园技艺与现代转化应用表

传统技艺	核心理念 / 特点	现代城市景观应用
借景	拓展空间视觉，将外部景色引入园中	巧妙借用摩天大楼轮廓线、远山，形成古今对话
框景、漏景	组织视线，引导游赏体验，创造画面感	优化城市公共空间视线，引导游客体验路径
水体处理	讲究聚散、动静、藏露，赋予水体灵动与生命	结合现代水循环技术，应用于雨水花园、生态水景，兼具美学与生态功能
意境营造	创造可游、可观、可居、可思的诗意境界，达天人合一	营造慢节奏、宁静、让人获得心灵安顿的场所

传统造园的借景古时可以是远山，今时可以借鉴摩天大楼轮廓，实现了自然和人工、古今的对话。园林里的框景、漏景这些构图手段，能够被巧妙地利用起来，从而组织并改善城市公共空间里的视线联系，有效地引领人们的游赏过程。传统园林对于水的处理讲究聚散、动静、藏露等手法，这些智慧可以同现代水循环技术相结合，并应用于社区的雨水花园或者生态水景的设计当中，既具有美学价值又具有生态功能。

更深层次的转化就是对意境的追求。传统园林是追求一种可以游的园、观的园、居的园、思的园，最后达到天人合一的境界。以人为本、重精神体验的设计思想，在当下快节奏、高压的都市生活中显得尤为可贵。通过精心安排空间序列，利用植物的季相变化，体会光影声色，现代景观也能营造出让人慢下来、静下来、获得心灵安顿的场所。这就是传统造园技艺在当下所能贡献的最高价值。

（三）文化符号的空间叙事与景观呈现

景观不单是物理空间，它也是一种可以叙述故事的媒介。有意识地组织文化符号，于空间之中形成一条叙事线索，可引导使用者遵照这条线索去“阅读”城市的故事，从而加深他们对地方文化的理解以及情感上的依附。这就把景观设计从单形式创造提升至文化传播、身份建构的更高层面。

空间叙事要先确定一个明确的主题，主题可以来自一段重要的城市历史、一位杰出的历史人物、一种独特的民俗风情或者一个流传广泛的神话传说。然后设计师就要将抽象的主题拆解成一个个可以感知的章节或者场景，再将章节与节点、

元素一一对应。文化符号的呈现方式多种多样，可以是具象的（在纪念性公园设置反映历史事件的一系列雕塑群），也可以是抽象的（用某种植物隐喻某种精神品质，用铺装材质的变化暗示历史年代的更替）。光影、声音、互动装置等新媒体技术被加入进来，给空间叙事增添了更为丰富多样的表现手段。利用灯光的变化重现历史场景、用二维码听故事，都会大幅度地提高叙事的沉浸感和趣味性。最终成功塑造的文化景观，人们离开时带走的不会仅仅是美丽的风景的回忆，还会带走对这座城市文化内涵的独特记忆和认同。

第二节 景观设计方案的编制与评审

一、方案编制的流程与内容深度

（一）从概念设计到方案设计的深化过程

都市景观工程设计不是一次性完成，而是一个从无到有、逐渐深入的过程。概念设计阶段属于整个设计流程的起始环节，它主要的工作就是确定项目的核心理念以及总体架构。此阶段设计师主要关注项目的整体大局、设计思想、文化内涵、空间形象等，以意向图、草图、故事板等表达方式把抽象的思考变成可视化的呈现，形成初步的设计愿景。此阶段主要是创意发散、可能性探索，目的就是给项目绘制出一张有吸引力、契合上位规划的宏观蓝图，给后续工作提供指引方向。

从概念设计过渡到方案设计，属于设计深化的一个重要环节。此过程就是把概念阶段所形成的模糊愿景变成具体的、可以测量的空间布局和形态。设计师要确定各个功能分区的边界，规划动线系统的走向，设计关键节点空间的形态，初步确定植被群落的格局，选择硬质景观的基本样式。该阶段成果主要是确定空间尺度及功能性质的平面图、鸟瞰图和初步效果图，这些一起描绘出未来景观环境的景象。这时设计的重点从一开始的“为什么做”转为“做什么”“怎么做”，可行性分析也加入其中，对场地的技术限制、法规要求、投资估算等进行初步的考量，保证设计的构想有现实的实施基础。

深化过程本身是动态的、循环的。设计师在概念变成方案的过程中会不断对自己进行审视和修改。像“流动”，在方案阶段可以是曲折的园路、层层叠叠的水景、起伏的地形。具体元素加深时，设计师还要不断考虑美学效果、功能是否

合理、建造费用和后期养护是否困难。在过程中一般要经过多轮内部讨论，并同甲方反复协商、反馈，从而在创意的基础上满足实际的要求，产生既符合设计初衷又具有可行性和成熟度的设计方案。

（二）设计说明、图纸与概算的成果要求

设计方案的成果文件是设计思想全面反映，也是方案评审、后续工作的主要依据，因此其规范性、完备性十分重要。设计说明、图纸、概算都是重要的组成部分，它们所传递的信息各不相同，但却一起构成了完整的设计语言。设计说明是用文字对设计思想进行系统阐述的纲领性文件，应该详细阐述项目的概况、设计依据、总体构思、功能分区、交通组织、竖向设计、植物配置、水电照明、小品构筑物以及可持续设计策略等内容。一份优秀的设计说明应该条理分明，语言简明扼要，即使非专业人士也能理解设计的大体价值和采用的技术手段，是设计决策之间的重要桥梁。

图纸是方案设计的主要表现形式，图纸的深度和图纸的质量决定着方案的可读性和可实施性。方案阶段的图纸成果一般要达到如下标准：

1. 总平面图是最重要的图纸，它要准确地表示出整个项目中所有设计要素的位置、尺寸及其相互关系，标明主要坐标点、标高。
2. 分析图包括区位关系分析图、场地现状分析图、功能分区分析图、交通流线分析图、视线分析图、竖向设计分析图、日照风环境分析图等，是设计决策的依据，体现了设计的科学性。
3. 效果图、意向图，用渲染图、手绘图等形式表现重要的节点或者区域的效果，营造空间的氛围和美学追求，是方案魅力的直观展示。
4. 剖立面图：对重要的地形变化、滨水岸线、特色构筑物等制作剖面图或者立面图，确定其垂直向度的设计及空间关系。

概算是衡量方案经济可行性的关键指标，是项目投资决策的基础数据。方案设计阶段的概算不能像施工图预算一样准确，但仍需要有足够精确度来支持决策。按照方案图纸结合当地市场价格信息对项目所涉及的土方工程、园建工程、绿化工程、给排水、电气照明等主要分项工程量进行估算，计列工程建设其他费用、预备费等，最后形成项目总投资估算。概算编制力求全面，不得遗漏，成果一般用表格形式列出，并附编制说明，说明取费标准和估算依据。

方案设计阶段图纸成果要求

图纸类型	主要内容	作用
总平面图	所有设计要素位置、尺寸、相互关系； 坐标点、标高	核心表达，整体布局概览
分析图	区位、现状、功能分区、交通流线、视线、 竖向、日照风环境等分析	设计决策依据，体现科学性
效果图、意向图	渲染图、手绘图等形式展现重要节点 或区域效果	营造空间氛围，展现美学魅力
剖立面图	地形变化、滨水岸线、特色构筑物等 垂直向度设计	明确垂直空间关系与设计细节

（三）方案比选与优化决策机制

都市景观工程比较复杂，单一的设计方案不能兼顾所有的可能性并满足所有相关人的需求。因此，要保证项目成功就必须科学的制定比选优化决策机制。其本质就是通过对多个方案的平行比较，找出各个方案的优劣，再综合考虑，选择出最优方案或者组合出更好的方案。比选的前提就是确定出明确且可量化的评价标准，一般来源于项目目标，包含功能性、艺术性、经济性、生态性、可实施性等几个方面。

方案比选一般用定性、定量结合的方法。定性评价依靠专家评审和公众参与，通过研讨会、问卷调查等方式从不同的专业背景和用户群体中收集意见，主要对方案的创意、文化内涵、空间体验等无法用数据来量化的方面进行评判。这样可以充分地发挥集体的智慧，弥补单纯技术评价的不足。定量评价是指依据评价标准，对各个指标赋予不同的权重，由评委打分评价，最后加权计算出综合得分，对结果进行定量分析。

决策并不是选择得分最高的方案这么简单。成熟的决策机制更重视优化。在比选过程中，各个方案的优势会被识别出来，A 方案的生态策略突出，B 方案的空间布局更富有活力，C 方案的成本控制最好。决策者或者设计整合者需要做的是判断这些优点能否融合，创造出一个集大成的新方案。优化过程要设计团队投入额外设计工作，对原有方案进行修改、重组，形成融合各方优点、规避明显缺点的最优方案。

最后决定要在一个公开、公正的框架里做出。决策会议要有详细的记录，对选择某一方案或者对方案进行整合的理由要详细阐述。该决策结果既是对设计团队工作的最终肯定，也是后续初步设计、施工图设计阶段不能更改的法定依据。

经过这样严格的选择优化过程之后,决策的风险就降到最低,保证最后实施的景观方案是经过深思熟虑、权衡利弊之后做出的最优选择。

二、多专业协同的设计方法

(一) 景观、建筑、规划、水利等专业协同要点

多专业协同设计就是打破专业壁垒,促进信息自由交流,保证设计目标的一致性。景观专业是整合室外空间的平台,应该主动与其它专业建立良好的合作关系。建筑专业的主要协同重点是处理建筑与外部环境的过渡关系,即建筑出入口广场的设计、建筑立面与景观风格的协调、裙房屋顶的绿化利用等,以期达到建筑与景观相互融合的效果。建筑布局、形态、开窗方式会影响景观空间的组织以及视线通廊的营造,而景观设计也应该为建筑创造良好的外部环境和视觉前景。

与城市规划专业之间的协同,主要是对宏观格局做出响应并加以落实。景观设计必须在城市规划确定的绿地系统、开放空间网络、土地使用性质等范围之内。规划专业给景观设计赋予上位指引,决定项目在城市里担当的角色以及肩负的功能。反之,景观设计也可以给规划提供微观上的反馈,即景观设计师对某个具体地块的细致考察,可能会提出对局部路网、开放空间边界等进行改善的意见,使规划更加人性化、可行。

水利专业在当代景观设计中变得越来越重要,特别是在海绵城市建设背景之下。景观设计也不再只是简单的“造景”,它还要承担雨水调蓄、净化、渗透等重要的生态功能。景观设计师要同水利工程师合作设计雨水花园、下沉式绿地、植草沟、生态湿地等低影响开发设施。水利专业计算汇水面积、确定调蓄容积、设计管网衔接,景观专业将这些功能性设施与场地美学、植物配置、游憩功能结合,使之成为景观的一部分,而不是突兀的工程体。这样一种协同方式可以保证项目的生态效益和景观效果两者皆得。

(二) BIM 技术在协同设计中的应用

信息时代到来给多专业协同提供强大的技术工具支持,建筑信息模型技术就是其中的佼佼者。BIM 的运用,极大改变了传统以二维图纸为基础的协同方式,把各个专业的设计信息整合到一个三维数字模型中,所有的设计信息都在一个共享的数据平台上。在这个平台上,景观、建筑、结构、机电等各个专业设计成果不再是孤立的信息,而是相互关联、实时更新的同一个整体。

景观设计过程中可以一直使用 BIM 技术。方案初期设计师可用 BIM 做场地建模、地形分析、日照分析、视线分析等,得到更加科学的规划布局,比如模拟不同季节的日照来布置休憩座椅或者选择植物。方案深化阶段景观模型可以实现参数化设计,铺装样式、植物规格、设施型号等信息均被赋予模型构件。设计变更的时候,只需要更改模型参数,工程量、图纸、分析结果等就会自动更新,从而极大地提高了设计效率和准确性。复杂的空间形态异形廊架、参数化表皮等可以用 BIM 给出精确几何描述,给后加工和施工提供可能。可视化设计方法可以使得同甲方的交流更直观有效,并且可以减少由于理解有误而造成的后期修改。

（三）冲突检测与一体化解决方案

在传统的设计过程中,各个专业之间图纸矛盾一般要到施工阶段才被发现,造成大量返工以及成本浪费。BIM 技术的一大优点就是它具有很强的冲突检测能力,也叫碰撞检查。在统一的 BIM 模型中对各个专业的硬碰撞、软碰撞进行检测。硬碰撞即两个实体构件在空间上发生重合,比如景观灯具基础与地下给排水管道相撞;软碰撞即构件之间虽然没有物理接触,但是预留的施工或者检修空间不够。

通过定期的冲突检测,可以在设计阶段就提前发现并解决这些问题。当出现冲突点的时候,BIM 平台就会产生一份详细的冲突报告,把冲突出现的地点,牵涉到的构件以及有关的专业一一显示出来。然后项目协调人就会把各个专业工程师召集起来,在三维模型上一起去看问题出在哪。可视化的讨论方式比在二维图纸上比划要高效得多。各方可以立刻给出解决办法,也就是改变管线标高,挪动构件位置,修正设计细节等等,然后在模型上试试这些解决办法行不行,直到解决全部的冲突为止。形成发现问题、协同解决、模型更新的闭环,将错误扼杀在设计阶段,真正实现了集成化设计。不但节约了工程造价、缩短了工期,更重要的是明显提高了最终建成物的质量。

三、设计方案的评审体系

（一）专家评审委员会的构成与职责

专家评审委员会是方案评审的主要组织,其权威性、专业性决定了评审好坏。委员会的组成要体现专业领域的广泛性、代表性。一般情况下,一个配置合理的评审委员会应该邀请景观设计、城市规划、建筑学、生态学、水利工程、交通工程、结构工程、经济学、社会学、艺术评论等各方面的学者和专家。跨学科的构

成能够保证方案从各个角度进行考量,防止由于单一专业视角造成的考虑片面化。按照项目性质可以邀请建设单位、运营单位、公众代表等参与进来,使方案更符合管理的需求、公众的期望。

评审委员会的职责明确而重大,它主要是负责评审工作,即按照事先制定的评审标准,对提交的方案进行独立的、客观的、公正的审查和评判。专家们要认真阅读设计说明、图纸、概算等全部文件,同时结合现场踏勘的直观印象,对方案好坏加以剖析。其次就是咨询的职能,专家不仅仅是评判者,同时也是指导者。他们应当凭借自身的专业知识以及丰富经验,就方案存在的问题或者可能引发的风险,给出具有建设性并且可以落地的修改建议与改进想法。委员会还要起到决策辅助的作用,在集体讨论、投票之后形成正式的评审结论,即通过、修改后通过或者不通过,并向项目决策方提交一份详细的评审报告,为后续决策提供重要的专业依据。

（二）技术、经济、艺术、生态的综合评价标准

为了使评审工作有章可循、不带主观随意性,必须建立一个综合的评价标准体系。该标准一般以技术、经济、艺术、生态这四个标准来构建,因此形成一个四位一体的价值评判体系。这四个维度彼此配合,一起形成起对一个景观项目总体品质的全面考虑。

景观方案综合评价维度

评价维度	主要考察内容	关注点
技术评价	可行性、耐久性、规范符合性、结构安全、材料选用、施工工艺、后期维护	方案是否能安全、高效、持久地实施与运行
经济评价	概算合理性、投资收益、生命周期成本、运营养护、周边土地价值提升、商业效益	项目投资与收益平衡,经济效益最大化
艺术评价	空间构图、尺度适宜性、文化主题表达、设计创新性、场所精神营造	方案的美学价值、人文内涵及创意表现
生态评价	场地生态保护、生物多样性、雨水管理、水资源循环、海绵城市理念、乡土植物、节能环保材料	项目对环境的友好程度、可持续发展理念的落实

上表显示技术评价主要看方案是否可行、耐久。评审专家对方案是否符合国家和地方的各种技术规范进行审查,审查结构设计是否安全可靠,材料选择是否合理耐用,施工工艺是否成熟可行,后期维护管理是否方便。经济评价主要考察项目的投资和收益,即从方案概算的合理性方面进行审查,防止投资超支,并从

项目整个生命周期的角度出发来评价项目经济价值,包括长期的运营养护费用、周边土地价值改善作用、旅游或商业收益等。

艺术评价是对方案的美学价值和人文内涵进行评判的一种方法。它考查方案的空间构型是否和谐美观,尺度是否适宜,文化主题表达是否深刻准确,设计手法是否有创新性,能否营造出有感染力的场所精神。生态评价是体现项目对环境负责的态度,也是体现可持续发展思想。评审内容包括对场地原有生态系统的保护与利用,生物多样性的贡献,雨水管理、水资源循环利用等方案中海绵城市理念的落实情况,乡土植物的应用比例,节能环保材料的使用等。完整的评审就是在这四个维度进行仔细斟酌,保证在实现艺术创想的同时,也达到技术可行、经济合理、生态友好这三个要求。

（三）评审意见的落实与方案修改闭环

评审会议结束不是评审工作的结束,而是设计优化的开始。保证评审意见得到切实的落实,形成一个完整的修改闭环,是评审体系发挥实效的关键。评审会结束之后,项目组织方要将专家所提出的全部意见和建议归结到一份正式的、有条理的评审意见纪要里,再把这份纪要正式交付给设计单位。纪要中要明确指出方案需要修改的部分、修改的方向以及修改的原则。

设计单位接到评审意见之后,应当指定专人或者成立专题组,逐条研究消化。对评审意见,设计单位应予以书面答复,就每一条意见作出答复,说明具体的修改方案。这也是一个很重要的沟通环节,可以消除疑惑,保证修改方向的正确性。之后就是设计小组按照收到的反馈对设计文件进行修改。修改完毕后,再提交方案。为了保证修改的质量,评审体系应该有复审的机制。复审可以采取会议审查或者函审的形式,由原评审委员会的专家或者授权代表对修改后的方案进行核查,确认所有的关键问题是否都已经解决。只有经过复审通过之后,这个方案才算真正地通过了评审,整个评审流程才形成了从“提出问题”到“分析问题”再到“解决问题”的闭环。闭环机制保证专家的智慧能够在设计成果的改进里体现出来,而不能只是走过场。

第三节 景观工程与城市总体规划的协调

一、上位规划的解读与传导

（一）城市总体规划、控制性详细规划的约束性要求

城市总体规划给城市未来发展勾画出宏图伟略，是景观工程必须遵照的最高准则。它从战略高度确定城市性质、发展目标、空间结构，划定生态保护红线、永久基本农田、城镇开发边界，给景观系统规划提供刚性总体格局。因此景观工程规划要服从于总体规划所确定的城市绿地系统结构、重大开放空间布局、生态廊道走向，使项目建设能够有效服务于城市整体的生态安全、空间秩序。

控制性详细规划简称控规，是将总体规划的要求进行分解、落实的法定依据，也是景观工程项目实施时最直接的管控文件。控规对于具体地块的地块用地性质、使用强度都作出了规定，比如绿地率、建筑密度、建筑高度等，这些都是景观工程设计所要遵守的约束条件。控规中明确划定的公园绿地、防护绿地、广场用地位置、规模和界限等，直接构成城市公共景观空间的基础骨架。景观设计师在项目前期，一定要仔细阅读控规文本和图则，保证设计方案中的绿地分布、空间形态等各项内容全部符合控规的刚性指标。对强制性内容作出任何修改，都必须依法定修订程序。

（二）城市设计导则的引导性内容

如果说控规给出的是硬性底限，那么城市设计导则给出的则是更为弹性的引导。城市设计导则主要是对城市三维空间、城市风貌、环境质量等进行控制和引导，它是控规在美学和空间感受层面的深化。导则一般会包含城市重要界面、街道空间、公共开敞空间、建筑风貌、城市色彩等各方面的引导性内容，目的在于塑造出具有识别度的、充满魅力的城市形象。

景观工程在满足控规指标的基础上，应该积极地配合城市设计导则的指导。导则会对某一风貌区的街道家具样式、铺装材质、植物配置等作出具体的规定来加强该区域的特色风格。同时导则还重视视线通廊的保护，对建筑物的布局 and 高度做出要求，以保证重要的景观节点之间有良好的可视性，为城市景观画面的营造提供依据。景观设计师对导则进行创造性理解并加以运用之后，可以将城市风貌整体性意图转化为具体的、生动的、高质量的景观空间，从而有效防止城市景观的千篇一律。

（三）各类专项规划的衔接

现代城市是复杂的巨系统，景观工程除遵守国土空间规划体系外，还要同诸多专项规划有效对接，才能形成合力。专项规划从不同角度给城市发展提出专业要求，和景观工程的实施息息相关，共同服务于城市可持续发展目标。

历史文化名城保护规划的衔接十分重要。历史文化街区、文物保护单位周边的景观设计要严格按照保护规划的要求，尊重历史街区的历史格局、传统肌理、风貌特征，用“绣花功夫”保护好、活化利用好历史文化遗产。景观设计时需要采用合适的材料、形式、尺寸，体现历史文脉，不能随便加进现代元素造成突兀。

与海绵城市建设、水系规划等生态类专项规划相衔接，是实现景观生态功能的主要方式。通过在景观工程设计出下沉式绿地、雨水花园、植草沟这些“海绵体”来对雨水资源进行组织及利用，并缓解城市内涝状况，净化水体。这就要求景观设计要从模仿自然转向利用自然做功，把雨水设施艺术地融入到景观中去，达到生态、美学、功能三者统一的目的。与交通规划、市政管线规划等进行协调，使景观空间与城市基础设施无缝对接，高效运转。

二、景观规划对城市空间的优化作用

（一）优化城市空间结构与形态

景观系统是形成城市空间结构、形态的绿色骨架。建立由大型郊野公园、城市公园、社区公园、口袋公园组成的点线面结合的绿地系统，景观规划推动城市用更具生机、更生态的方式发展。由点、线、面组成的绿地网络，一方面给市民提供了足够的休憩场所，另一方面也成了城市重要的生态基底，有效地控制了城市的无序扩张，形成组团式、网状的城市空间。

景观规划巧用山、水、林、田、湖、草等自然要素，可以加强城市自然格局，形成独特的空间形态。沿河道而建的滨水绿带既是市民休闲的长廊，又是城市重要的通风廊道和生态廊道，可改善城市微气候。以山体资源为基础规划的风景区，给城市发展设定了边界，守护了城市和自然环境的和谐共处。以自然基底为依据，城市空间的形态不再是一种均质化的摊大饼式的蔓延，而是疏密相间、有规律的有机形态，城市整体空间质量得到明显的提升。

（二）塑造城市特色风貌与天际线

在城市趋同化日益严重的时候，景观规划与设计对于塑造城市的独特风格就

显得尤为重要。可以提取地域文化要素,使用乡土植物、材料营造具有地方特色的空间场所,使城市不再陷入千篇一律的困境中,呈现不同的文化面貌、精神气质。像江南城市景观设计就会运用白墙黛瓦,小桥流水这些元素,北方城市则会彰显出雄浑开阔的皇家园林气势,这些都是地域文化深植所孕育出来的。

城市天际线是城市风貌最直观的表达,景观规划在其中起到控制、引导的作用。城市天际线并非越高越好,而应该用规划来形成有韵律、有层次的轮廓线。限制滨水、沿山等地的重要地段建筑的高度,并引导一线建筑高度适度降低,形成前低后高、起伏有致的天际线。同时规划一些大型开敞空间,如公园、广场,给人们欣赏和感受城市天际线提供了最好的视觉廊道和视野。这就加强了山、城、水三者之间的视觉联系,共同构成和谐的城市整体形象。

(三) 缝合城市空间与功能板块

城市在迅速发展的同时,交通干道、铁路等大型基础设施把城市像刀片一样割裂开来,造成两侧社区隔绝、缺乏交流,城市空间被分割,形成功能单一、缺乏活力的“城市孤岛”。景观工程依靠其特有的渗透性、连接性,成为缝合这些城市空间、功能板块的有效手段。缝合就是指用景观的巧妙介入来实现不同空间的整合、衔接、渗透、共生。

1. 建设生态廊道在高架桥下面,铁路沿线等消极空间创建带状公园或者生态绿廊,把原本被分割的城市绿地系统连接成网。这既给生物提供迁徙通道,又给两侧居民提供穿越屏障的绿色步行路径,从而达到生态与交通的双重缝合。

2. 建设复合功能的公共空间,在不同的功能区之间建设复合功能的城市广场或者社区公园。它们既有绿色景观,又有文化、商业、体育等各类活动,是激发地区活力的“触媒”,推动各个功能板块相互交流、相互融合。因此,原本消极的边界地带就能变成积极的城市客厅,达到社会缝合和功能缝合的目的。

经过上述缝合之后,城市空间得以被修护起来,由零散的结构变成了连续而完整,并且充满生命活力的空间。

三、动态协调与适应性调整机制

(一) 规划实施过程中的动态反馈

规划是否科学,就看它在实施过程中能否经得起持续的检验。景观工程在建设过程中以及后续使用的阶段所产生信息,是检验原规划的最好反馈。因此建立

规划实施的动态反馈机制就显得十分重要,即对已经建成的景观项目进行后评估,详细调查公众使用满意度、生态效益实现程度、维护管理成本等各方面的情况。

这些评价结果要尽快反馈给规划管理机关和设计单位。若发现设计无法满足实际使用的需要或者不能达到规划的目标,可以作为后来项目的设计改进以及规划标准的修改的重要依据。根据对公园使用人群的分析,增设或者调整市民所需要活动设施。通过不断的评价、反馈和改进的过程,使景观规划与建设可以随着社会需求变化做出相应的调整,从而达到自我完善,持续发展的效果,不至于陷入静态规划不能适应动态现实的困境。

(二) 应对城市发展的弹性景观设计

面对气候变化、社会结构变化等不确定性的因素的时候,景观设计要从确定形态的“刚性”设计转变为具有适应性和恢复性的弹性设计。弹性设计的核心在于强调景观系统受到外界的压力或者扰动时,依靠自身调节、修复的能力保持其基本的功能。在实践中,弹性景观设计主要原则及其应用可见下表:

弹性景观设计原则及应用

弹性设计原则	核心理念	实践应用示例	主要效益
多功能空间设计	一地多用,空间复合利用,提高效率	公园草坪晴天休憩,暴雨时作临时蓄洪区	提高土地利用效率,增强综合效益,应对自然灾害
模块化、可生长式设计	分阶段建设,弹性调整,预留发展空间	预留未来设施用地,景观分期实施和改造	适应城市发展速度,降低初期投入,保持系统活力
生态优先设计	优先采用自然过程解决工程问题,减少人工干预	建设湿地净化水质,营造城市森林缓解热岛效应	成本低,自我维持和修复能力强,生态效益显著

弹性景观设计体现在多个方面:

1. 多功能空间设计就是设计可以承担多种功能的景观空间。公园草坪在晴天是游人休憩的地方,暴雨来临的时候就可以变成临时蓄洪区,发挥海绵城市的功能。这极大地提高了土地的利用效率,也增大了景观的综合效益。
2. 模块化、可生长式的设计,即景观按照城市发展的需要分阶段建设,根据城市发展需要做调整。通过预留未来增设设施、改变功能的弹性用地,使景观系统像生命体一样生长、进化,更好地适应城市发展的速度。
3. 生态优先设计即强调用自然过程来解决工程问题。建设湿地来净化水质,或者营造城市森林来缓解热岛效应。基于自然的解决方案成本低,自我维持、修

复能力强，有很好的弹性。

（三）法定规划调整时的景观响应策略

城市在发展的过程中，由于重大项目的落地、战略转型等原因，对法定的城市总体规划或者控制性详细规划进行调整是不可避免的。因此，上位规划发生改变的时候，原有景观系统的规划和设计要作出相应的响应和适应性调整。

对规划调整可能造成的影响进行科学评估，分析其对目前的景观格局、生态廊道连通性、公共空间可达性等各方面的影响。在新的规划框架下积极提出景观应对措施，探寻保护和提高景观价值的有效途径。比如新的开发项目占用了规划的绿地，那么就要严格执行“占补平衡”的原则，在周边区域置换或者提升同等质量的绿地空间，保证城市绿地的总量不减少、生态功能不降低。当规划调整造成城市风貌定位发生改变的时候，有关的设计导则以及具体的项目也要做出相应的修改，从而体现出新的城市形象。只有主动的景观响应策略，才能使城市不断变化的状况下景观系统的完整性、功能性和美学的价值得以维持和发展。

第四节 生态设计理念在景观工程中的应用

一、近自然景观设计理论

（一）模仿自然群落的植物配置方法

我们应抛弃传统景观设计那种单一整齐的植物种植方式，而从中吸取自然界的植物群落结构。核心就是模拟地带性植被的自然组合规律，在植被的选择上要优先选用适应当地气候、土壤条件的乡土植物做骨架。在植物色彩、形态等美学元素之外还要注重群落结构的层次性，即高大的乔木层、提供庇护的灌木层、地表覆盖的草本和地被层以及垂直攀援的藤本植物。多层次结构可以创造出丰富的生态位，给多种生物提供多样化的栖息、觅食场所。

还要模拟自然群落的动态演替过程，留有足够的植物生长空间，使群落内部产生优胜劣汰的自然竞争和相互依存的关系。最终目的是培育出物种丰富、结构复杂、抗逆性强的稳定植物群落。不仅可以大大提升景观的生态价值，而且后期养护成本低，是一种构建韧性城市绿地的重要技术。

（二）营造多样化生境的技术路径

生物多样性是评价景观生态健康的主要指标，营造多样化的生境是提高生物多样性的根本措施。这就意味着设计师不能再局限于视觉层面的营造，更要承担起生态系统构建者的责任。具体的技术途径要包含地形、水体、土壤、植被等各个要素的综合设计。

1. 微地形塑造，通过设置小型的土丘、洼地、缓坡等，形成光照、温度、湿度不同的微环境，给不同的动植物提供多样的栖息地。

2. 水体多样化设计：应设计出形态自然、深浅有变化的池塘、溪流或者湿地。通过设置浅滩、深潭、岛屿等，并用枯木、石块等来给水生生物和两栖动物提供产卵、栖息、避难的地方。

3. 土壤改良利用：优先保护、利用场地内原生表土，用有机质改良贫瘠的土壤。局部保留沙土地或者石砾地，可以吸引某些昆虫、地栖鸟类。

设计师在景观设计时应该有意识地设置一些生态补丁，比如枯枝落叶堆、保留下来的枯立木、石块堆等等。这些零散的要素成了许多昆虫、真菌、小型哺乳动物的家园，大大提高了景观的生态价值。

（三）减少人工干预的自我维持机制

近自然景观设计的最终目的是打造一个可以自我调节、自我繁衍、自我维持的生态系统，最大程度上减少人类的干预和资源消耗。要建立这样的机制，就要充分认识并巧妙运用生态系统的内在规律。核心就是形成完整的物质循环、能量流动链。科学种植植物，用豆科植物固氮作用，依靠分解者（微生物、蚯蚓）分解枯枝落叶，使土壤肥力自给自足地循环而不依赖化学肥料。

健康的植物群落可以覆盖地面，抑制杂草生长，减少使用除草剂。多样化的生境能吸引鸟类、蛙类、瓢虫等天敌形成天然的病虫害防治系统从而减少农药使用量。采用耐旱植物、提高土壤蓄水能力、利用地形引导雨水自然渗透等方法，可以明显减少人工灌溉的次数和用水量。这种用自然的力量养自然的理念就是尊重生态过程，也是景观可持续管理最具有成本效益的方式。

二、低影响开发设计策略

低影响开发是现代城市雨水管理的新理念。它利用分散的、小型化的源头控制设施来模拟自然水文循环过程，达到雨水的就地消纳、渗透、净化和利用的目的。

的，是建设海绵城市的技术支撑。

（一）场地原有地形、水文、植被的保护与利用

在项目开发之初对场地原有自然基底的保护和尊重，就是低影响开发策略成功的根基。规划设计者在场地布置之前必须先调查、评估已有的地形地貌、水体、植被等环境条件，将这些资源视为宝贵之物而不能当作发展的阻力。要妥善保存原有的地形，尤其是自然洼地、坡地、沟壑，维持场地天然的汇水、排水路径，以避免大规模土方工程造成的生态破坏和高昂的建设成本。

完整保留场地原有的自然水文特征，如小溪、池塘、季节性湿地等，并把这些自然水体有机地纳入到新的雨水管理系统当中，可以极大增强系统韧性及生态功能。天然水体本身就是很好的调蓄和净化设施，可以为设计提供宝贵的借鉴。

同时应该重点保护场地内成熟的乔木和原生植被斑块。它们除了有重要的生态、美学价值外，发达的根系和茂密的树冠可以截留、消纳雨水，稳固土壤，给项目提供健康的生态基底。对这些自然元素的优先保护以及合理利用，就是低影响开发理念下实现“设计跟随自然”的基本原则。

（二）源头减排、过程控制、末端治理的 LID 设施链

低影响开发依靠形成一条完整的设施链，对雨水径流实行全面控制。按照源头减排、过程控制、末端治理的程序来一步步推进雨水管理目标的实现。源头减排是第一道防线，主要任务是减量控峰。设施有绿色屋顶、透水铺装、下凹式绿地、雨水桶等。它们可以有效地截留、渗透和储存雨水，使大部分的降雨第一时间在当地得到处理，从而减轻下游管网的压力。

过程控制是在雨水离开源头、汇集流动的路径上设置的第二道屏障。植草沟、生物滞留带、渗透塘等设施一般设在道路两侧、停车场、绿地等地方。它们主要起到减缓径流速度的作用，依靠植物和土壤的共同作用，对径流中的污染物进行过滤、吸附，从而达到水质初步净化和水量进一步削减的目的。

末端治理是整个设施链的最后一个环节，主要对前两个环节不能完全消纳的超量雨水进行处理，或者达到更高水质净化标准。人工湿地、调节塘、大型蓄水池等设施一般设在场地下游或者低洼地带，具有很强的调蓄能力以及优良的深度净化效果，可以应对极端暴雨事件。

经过处理的水可以安全排入市政系统或者作为景观用水回用。由此构成一个弹性、生态化的雨洪管理网络，使城市在下雨的时候可以像海绵一样自然地呼吸。

各种 LID 设施在雨水管理中的作用环节、主要功能及典型应用场景，详见下表。

LID 设施类型及其功能特点

设施类型	作用环节	主要功能	典型应用场景
绿色屋顶	源头减排	截留雨水、减少径流	建筑屋顶
透水铺装	源头减排	渗透雨水、补充地下水	人行道、广场、停车场
下凹式绿地 / 雨水花园	源头减排 / 过程控制	滞留渗透、净化径流	道路旁、绿地、庭院
植草沟	过程控制	传输径流、减速净化	道路边缘、绿地分隔带
生物滞留带	过程控制	过滤吸附、滞留净化	停车场、绿地边缘
渗透塘	过程控制	快速渗透、地下水补给	绿地、开放空间
人工湿地	末端治理	深度净化、生态栖息	公园、大型绿地、河流入水口
调节塘 / 蓄水池	末端治理	调蓄雨水、削减洪峰	场地下游、低洼区域

（三）LID 设施与景观功能的融合设计

低影响开发设施的价值不仅仅是雨洪管理本身。关键之处在于能否将其同城市景观的功能无缝融合，创造出集生态、美学、游憩功能为一体的多功能空间。这就要求设计师不能再用传统的工程和景观分离的方式去思考，而是把这些设施当作是景观设计的一个重要组成部分。下凹式绿地用于滞留雨水，可以设计成地形优美、植物多样的雨水花园。无雨时它是供人休憩的静谧空间，有雨时则变成灵动的动态水景。

植草沟可以取代传统混凝土路缘石给道路边缘增加一片生机；透水铺装采用艺术的拼花图案使广场更美观；人工湿地创造出多元的动植物栖息地，是城市进行自然教育和生态观光的理想场所。经过巧思的设计之后，这些生态基础设施不仅具有了美观的外形，而且承担了多样的社会功能，从而把“灰色”的工程设施变为了“绿色”的生活空间，并最终实现了生态、社会、经济效益的一致。这种融合的深挖大大提高了市民对于生态技术的接受程度和喜爱程度，使可持续发展的观念真正融入到日常生活中。

三、景观生态安全格局构建

（一）景观生态安全格局的“源－廊－基质”识别

构建景观生态安全格局首先要科学识别出它的基本构成单元，即源地、廊道、

基质。生态源地是生态系统中质量最好、生物多样性丰富、面积较大，能够持续为周边地区提供生态产品和服务的主要的生态斑块，如大型森林公园、自然保护区、湖泊湿地等。它们是物种繁衍和扩散的源泉，也是保持区域生态功能的动力来源。

生态廊道是连接各个孤立的生态源地的线性或者带状的生态要素，是物质、能量、物种在不同源地之间流动和交换的通道。廊道有各种形式，可以是河流廊道、山脉廊道，也可以是城市中的绿道、防护林带等。廊道连续性、通透性的好坏决定整个区域生态网络连接程度好坏，防止栖息地被分割为小块，从而保护基因多样性。

基质就是覆盖整个区域的背景景观，源地、廊道镶嵌其上的“底板”，在城市中主要由建设区、农田、零散绿地等构成。基质性质决定物种在其上移动时所遇到的阻力大小。找到源地、廊道和基质后，对它们进行优化，就可以构建起相对稳定的高效城市整体生态网络，从而保证城市生态安全。

（二）维护城市生态过程的关键性空间格局

仅仅识别出源、廊道、基质还不足以，关键在于通过规划设计维护和优化其空间格局，以保证重要的生态过程，即物种迁徙扩散、水文调节循环、养分流动转化等可以正常发生。因此要维护好这些过程就要依照一定的空间格局原则。

1. 保护核心源地的完整性和规模，保证生态源地不受城市建设的干扰和分割，保持足够的内部面积，减少边缘效应，给内部物种提供稳定的栖息环境。

2. 加强生态廊道的连通性和宽度：廊道应力求连续，不能被道路等人类活动所分割。增加廊道宽度可以减小外部干扰，给更多的物种提供安全的迁移通道。

3. 建设区内增设小型绿地斑块、屋顶绿化、垂直绿化等“踏脚石”，提高整个基质的生物移动便捷度，也就是提高其“渗透性”，从而有效降低物种迁移过程中的死亡率。

形成并保持这些重要的格局，可以有效地抵抗城市化进程中产生的生境破碎化的影响，使整个城市生态系统的抵抗外界干扰的能力大大提高。

（三）通过景观规划维护区域生态平衡

景观规划属于综合性空间规划手段，对把生态安全格局由理论模型转化为物理空间，维持区域生态平衡起决定性作用。它把宏观的生态分析结果同具体的地块利用、项目建设联系起来，经由制定具有法律效力的规划图则和设计导则，用

刚性的方式保护生态源地和廊道，保证它们不被侵占。

景观规划属于城市总体规划体系，对绿地系统、水系网络、开放空间展开统筹安排。它用生态廊道把分散的公园、绿地串连起来，形成蓝绿交织、城乡相融的区域生态网络。新的开发项目在规划中要避免生态敏感区，并要求内部有一定比例的生态化设计，作为区域生态系统的一个有效补充和修复。

从宏观角度来看，基于生态安全格局的景观规划已经超出了单个城市的限制，可以协调起跨越区域的生态保护与发展问题。它使区域内各个城市一起守护共享的生态资源，比如流域、山脉等。这代表一种从被动应对到主动塑造的转变，其最终目的就是创建一个健康、稳定、有弹性的区域生命共同体，最终达成人与自然的长久和谐共生以及区域的可持续发展。

第五节 公众参与与景观规划设计

一、公众参与的价值与意义

（一）提升规划设计的科学性与民主性

市民是城市空间最直接的使用者、体验者，他们拥有的“在地知识”是规划师、设计师等很难获取的，例如特定街区的微气候变化、社区居民的日常活动轨迹、非正式的交往场所，以及那些带有特殊文化记忆的地方等等。把来源于长期生活实践的经验和信息融入设计当中，可以有效地弥补专业知识的不足，精准地校准技术参数与功能布局，使规划设计更加贴近实际，更加具有科学性。

同时公众参与也是现代城市治理民主价值的直接体现。景观工程属于公共产品，规划、建设的过程应当公开透明，保证公众的知情权、参与权、监督权。吸收不同的社会群体意见和诉求，使规划决策由“精英决定”变成“协商共治”，使公共资源分配更加公平，项目成果更受广大人民群众欢迎，从而提高决策的合法性与公信力。

（二）增强公众的归属感与认同感

当人们有机会参与到身边环境的塑造之中时，就会自然产生强烈的心理卷入感和主人翁意识。试想，社区居民一起讨论、构思，并亲眼看着它落成启用的公园或者广场，对它们来说就不再只是“政府的项目”，而是“我们的家园”。人

们从被动的接受者变成积极的共同创造者，对建成环境的归属感和情感联系大大提高。

归属感就会转化为对景观设施的爱护和自发维护行为。通过参与过程形成起来的社区认同感，可以促进居民形成共同的行为规范，自觉抵制破坏公共环境的行为，从而大大降低后期运营维护的难度和成本。居民自发组织景观的维护、社区活动等，使景观的生命力得以延续，也加深了邻里关系，建立了具有活力的社区网络，并且积累了许多社会资本。

景观空间就是城市的历史文化之书。公众可以在参与的过程中充分表达出对于地方历史、传统文化的重视，从而保证无形文化价值得以继承和发展。一个带有深厚的地方文脉的景观项目更容易引发人们的情感共鸣，也更容易成为加强地方认同感和文化自信的重要载体。

（三）有效化解社会矛盾，显著降低实施风险

都市景观工程项目牵扯诸多利益关系，比如土地使用权调整、商业利益与公共利益的协调、不同年龄层人群对空间功能需求各不相同等等。没有良好的沟通协商机制，这些潜在的矛盾就会在项目实施阶段爆发出来，引发群体性事件、法律纠纷和舆论危机，导致项目的延期或者取消。

公众参与提供了预先的、开放的对话平台，各种潜在的矛盾、冲突在规划设计的早期阶段就被暴露、识别出来。经由促使各方面的交流与博弈，寻找到各方利益的最大公约数。这个过程有明显的社会“减压阀”效果，其主要作用表现在：

1. 预防性化解冲突，通过协商来调整设计方案，平衡不同的群体诉求，把矛盾扼杀在萌芽之中。

2. 减少决策的不确定性。广泛的支持可以给项目打造一个稳固的民意基础，有效减少由于反对意见而造成方案的变更或者推翻重来，使项目的顺利进行并持续发展。把公众从项目的反对者变为支持者，这是避免项目实施风险，节约社会总成本的正确选择。

二、公众参与的方法与工具

为了保证公众参与的广度、深度和实效性，在项目不同阶段、项目特点以及目标参与对象的不同之间需要灵活运用各种方法、工具来组成一套线上线下的立体式参与网络。各种公众参与的方法与工具，如下表所示。

公众参与方法与工具概览

参与方式	特点描述	优点	局限性	适用场景
座谈会 / 焦点小组	面对面深度交流，小范围群体	获取深度定性信息，互动性强，洞察细微需求	参与面窄，易受少数人主导，组织成本较高	初期问题探讨，特定群体需求挖掘，方案细化
问卷调查	大范围意见收集，量化数据	覆盖广，可获取统计数据支持，效率高	深度不足，问卷设计影响结果，样本代表性要求高	普查公众偏好、使用习惯，满意度评估，基础数据收集
公示 / 听证会	正式法定程序，公开透明	提高决策严肃性与透明度，保障知情权与监督权	互动性与灵活性弱，公众反馈常显滞后	重大项目决策前，方案公示，利益协调，合法性保障
线上地图标注	数字化地理信息互动	空间信息明确，数据收集高效精确，突破时空限制	需一定技术门槛，可能存在数字鸿沟，参与深度有限	问题点位反馈，路线建议，功能区划初稿
虚拟现实 / 增强现实 (VR/AR)	沉浸式视觉体验	直观深刻，引发真实情感反应，降低理解门槛	设备成本高，技术依赖强，仍属辅助体验	建成方案预演，公众体验优化，设计方案推广
参与式规划工作坊	高强度协同设计，多方共创	激发集体智慧，产生创意方案，增进信任共识	组织复杂，引导员专业性要求高，耗时耗力	概念构思，方案细化，跨领域合作，社区营造

（一）传统参与方式：座谈会、问卷调查、公示听证

座谈会或焦点小组访谈是获取深度定性信息最有效的一种方法。通过邀请社区代表、特定年龄或者兴趣群体的成员进行面对面的交流，从中可以获取到他们对于场地问题的具体意见、隐含的需求以及对于设计方案的评价。此类方法互动性强，但是参与面相对较小，并且要防止少数强势声音主导讨论。

问卷调查适合大范围、广覆盖的意见收集，可以得到量化的数据，为决策提供统计学上的支持。一份精心设计的问卷可以全面地了解公众使用习惯、喜好、满意度等各方面的信息。问卷的设计必须科学严谨，不能出现引导性的问题；并且要通过线上线下多渠道来发放，保证样本具有足够的代表性，能够真实地反映不同的社会阶层所发出的声音。

公示与听证会为更正式的、有法律效力的参与方式。项目方案在关键环节向社会公布，接受社会公众的审阅并就书面的意见，这是保证知情权最基本的方式。听证会为重大利益相关方提供了一个在公开场合发表意见、同决策者、专家进行辩论的平台。这些方式程序性强，有利于提高决策的严肃性、透明度，但互动性、灵活性差。

（二）数字化参与平台：线上地图标注、虚拟现实体验

信息技术一日千里，数字化工具给公众参与打开了新的通道，很好地冲破了传统方式在时间和空间上的限制。线上地理信息系统参与平台可以利用电子地图上存在的点、线、面等图元对问题地点进行标定，对推荐线路进行标注，对期望的功能区进行标注，并用文字和图片进行详细的说明。可以直接提供给设计团队使用，大大提高数据采集效率和准确性。

虚拟现实、增强现实技术使公众的体验发生了革命性的变化。公众戴上 VR 设备之后，就可以走进还未建成的方案中，以第一人称视角在未来的公园里漫步，亲身体验空间的大小、光影的变化、植被的疏密。沉浸式体验比平面图或者效果图更加直观深刻，能够使参与者产生更加真实的感受，并提出更加具有建设性的意见。AR 技术可以把虚拟的设计元素叠加到现实的场景中，让老百姓通过手机或者平板电脑就可以看到新设计的长椅、树木放在现实的街道上是什么样子，这样就大大降低了老百姓理解设计方案的难度。

（三）参与式规划工作坊的组织与引导

参与式规划工作坊属于强度大、层次深的协同设计活动。它的目的就是要把不同背景的人，也就是规划师、政府管理者等利益相关者集合在一起共同完成问题的分析，概念构思以及方案细化等工作。在工坊里，人们不再是单纯的意见提供者，而是积极的共同设计者。在领队的指导下用地图、模型、卡片、积木等可视化的手段，通过小组讨论、动手操作的形式将自己的想法、需求转化为可见的空间方案。

工作坊成功的要素就是细致的策划和专业的引领。组织者要设定明确的目标，给参与者提供充足的资料和易于操作的器具。引导员是中立的促动者，不是观点的输出者，他的工作就是营造平等包容的讨论环境，保证每个人都有发言的机会，激发集体智慧，并且有效整合讨论的结果。这样不仅可以产生出更有创意、更可行的设计成果，而且可以增进参与者之间的信任和共识。

三、参与成果的整合与应用

（一）公众意见的梳理、分析与有效性甄别

海量的公众意见是宝贵的资料，但是必须经过科学的整理分析，才能变成有价值的信息。应该按照意见的内容主题、情感倾向、来源渠道、参与者的社会人

口学特征等对意见进行编码。大量的文本意见可以用自然语言处理技术进行关键词提取、情感分析等，迅速找到热点问题和主要观点。

分析阶段主要工作就是找出数据背后隐藏的模式和联系。特定区域的居民是否都关心某一个问题的？各个年龄段人群的功能需求有无显著差异？经由详细的交叉分析，便能找到零散意见之下所存在的深层次的结构性的需求。

鉴别意见的有效性是重要的，并不是所有的公众意见都可以不加分析地采纳。设计团队要形成一套客观的评判标准，从技术可行度，经济合理度，法律法规遵从度，公共利益导向度，以及同项目总体目标的契合度等许多方面，展开全面评定。我们必须要把个人喜好与大众需求，情绪化表达和理性建议区分开来，保证最后纳入设计的都是经过慎重考虑的合理化建议。

（二）将合理诉求转化为设计要素的技术路径

把抽象的公众诉求转变为具体可行的设计元素，是对设计师专业水平进行考察的一种方式。这不是一个简单的“翻译”工作，而是一个带有创造性的“转译”。就公众提出的增加邻里交流空间的建议来说，就可以转化为具体措施，比如用可移动的模块化座椅来满足不同的群体需求，在步道旁边设置偶遇点，例如加宽平台、特色地面等，在社区公告栏处设置供人们停留驻足的小广场等。

另一个例子就是，公众表达出对于“场地历史记忆”的尊重的时候，设计团队就有多种回应的方式。这样既可以保留场地内带有故事的老树、老建筑构件，把它们巧妙地融入新的设计里；也可以用铺装图案、景墙浮雕、说明性标牌等形式叙事性地再现历史场景或事件；还可以选择种植有地方文化内涵的特定植物来唤起群体的记忆。转化过程需要设计师有扎实的空间设计能力，并且要拥有深刻的社会洞察力和文化理解力，才能把公众的“心声”通过景观的方式准确的表现出来。

（三）建立公众参与的长效反馈与监督机制

公众参与不能是一次性的活动，而应该是项目整个生命周期中持续循环的闭环。建立长效反馈监督机制来保证项目的持续发展，维持大众对政府的信任。

首先需要建立起公开透明的反馈机制，设计方案确定之后要将采纳了哪些意见、怎样采纳、不采纳哪些意见及其不能采纳的原因公之于众。坦诚的沟通可以使得公众认为自己提出的意见是被认真考虑了的，并且即使有些意见没有被采纳也能体谅到背后存在合理的理由，所以能持续不断的参与进来。

在项目建成后，应引入后评估机制。

1. 定期采用问卷调查、访谈等方式获取公众对建成环境使用情况的反馈，检验设计目标是否实现，发现问题。

2. 鼓励成立公园之友等社区共管组织，使公众参与到景观空间的日常维护、活动策划、微更新等各方面，使景观空间和社区共同成长、不断改善。

3. 创建公开的线上平台或者线下渠道，便于群众随时反馈设施损坏的情况及提出改善的意见。只有不断的监督与反馈，都市景观工程才能不断的动态的适应社会需求的变化，才能真正的发挥出服务于人的最终目的。

第三章 都市景观工程施工管理

第一节 景观工程施工组织设计

一、施工组织设计的核心要素

（一）项目特点分析与管理重难点识别

都市景观工程一般都具有各自的特点，对这些特点加以深入剖析，是制订出有效的管理策略的前提。每个项目都存在着自己独有的区位条件、功能定位、设计风格和生态要求。位于城市核心地带的口袋公园和郊外的大型生态廊道，在交通组织、对周边社区的影响、施工时段限制等各方面都存在着较大的差别。项目特点分析要整理项目的地理位置、地质水文条件、周边环境敏感点、设计方案的复杂程度（特殊地形处理、大规格乔木移植、复杂水景系统等）和项目所具有的社会文化功能。

在此基础上要具有前瞻性地找出项目管理的重点难点。难点可以是技术层面的，也可以是新材料、新工艺的使用，也可以是特殊结构物的建造；也可以是管理层面的，如多专业交叉作业的协调、成品保护、季节性施工窗口的限制（植物种植工程尤为明显），以及与市政管线、周边社区居民的沟通协调等。例如，水景工程中包含很多水下结构以及精密喷泉系统，防水施工、设备安装调试、水电交叉等就是管理重点；历史风貌区景观改造则需要把文物保护、风貌延续作为主要难点，开展专项应对。准确找到重点难点问题，才能在施工组织及资源调配上做到有针对性，针对其制定出相应的预防措施以及应急方案，从而有效地避免潜在风险的发生，保证工程顺利进行。

（二）施工部署与空间组织的优化策略

施工部署根据项目特点和管理难点，对工程全部施工过程所作的宏观安排，它决定着项目建设的“时间轴”。优化施工部署即找到一个条理清楚、联系紧密且效率最高的施工过程。一般情况下应遵循“先地下，后地上”、“先结构，后装饰”、“先土建，后绿化”的原则，但也要结合景观工程的实际情况做适当的

调整。为了保证植物的生长周期,在土建主体施工阶段穿插进行种植土回填改良工作。大型复杂项目应采用流水作业或平行作业方式,将项目划分为若干施工段或工作面,科学搭接,缩短总工期。关键线路的确定非常重要,项目管理者需要把主要力量用在保证关键工序不被耽误上。

空间组织的优化,就是对施工现场这个“三维空间”进行高效利用和管理。它直接关系到现场文明施工水平、物料流转效率、施工安全。优化的重点是科学地规划施工总平面图,合理地布置临时道路、材料堆场、加工区、办公及生活设施、临时水电管网等。应尽量减少场内二次运输,科学地安排运输路线,避免各工序施工现场互相干扰。大规格苗木的吊装通道和硬质铺装材料堆放区要分开布置,并尽量靠近各自的施工区。空间局促的场地应考虑利用垂直空间,设置多层材料架。空间组织要具有动态调整的思维,随着工程的进展,已经完成的区域可以提前进入养护或者成品保护阶段,及时释放占用的场地,为后面的工序提供空间。统筹优化施工的“时间轴”和“空间体”,达到本项目施工井然有序、高效流转的目的。

(三) 资源配置计划与动态调整机制

资源配置计划是施工组织设计的血脉,给项目顺利开展赋予物质保障。该计划要按照施工部署和进度计划,准确测算并编制出劳动力、材料、机械设备、资金、技术等各方面资源的需求计划。劳动力计划要明确各个工种、各种技术水平人员的数量和进场、退场时间。材料计划应包含苗木、石材、管材、混凝土、钢筋等物资的规格、数量、采购周期、供应节点,严格执行进场检验制度。机械设备计划要按照施工方案来确定需要的机械型号、数量和使用时间,提高设备台班效率。

都市景观工程施工环境千变万化,设计变更、天气影响、材料供应延迟等不确定因素随时可能发生,所以建立资源配置动态调整机制显得尤为重要。这就意味着项目管理团队不能把计划当成一纸不变的指令,必须建立起来一种不断监视、反馈的循环。通过定期的进度检查、资源消耗统计、成本核算,把计划值和实际值对比分析。

一旦发生偏差就要立即进行调整。如果某道工序因为天气原因而耽搁,那么需要重新评价该工序对后面工序以及总工期的影响,并根据此来调整后面工序的人员、材料、机械的进场时间,防止出现资源闲置或者窝工的现象。反之,如果某个工作面具备提前开工的条件,也要灵活调配资源予以支持。

动态调整机制还要有应急预案，比如建立备选材料供应商库来规避主供应商断供的风险，或者储备一定数量的机动劳动力来应对突发性的抢工任务。采取这样的“计划刚性、执行柔性”式的管理方法，可以最大限度地提高项目资源的利用效率，提高项目的抗风险能力，在施工条件千变万化的情况下，也能经济、有效地完成建设任务。

二、施工方案的编制与审批流程

（一）专项施工方案的技术深度要求

专项施工方案必须具有足够的技术深度，才能使它对现场施工起指导作用、有可操作性。它不能只是施工工艺的简单说明，更应该是技术逻辑完整的综合性文件。技术深度主要体现在以下几个点上：

1. 详述每一个工序的工艺流程及参数控制，对每一个工序具体的施工方法、操作要点、先后顺序做出详细的说明。像大树移植的方案要详细列出从断根、起挖、吊装、运输、栽植、支撑到养护的全部技术要求，还要量化一些关键参数，比如土球大小、吊装角度、浇水次数和浇水量等等。

2. 明确质量标准和验收方法，根据设计图纸、国家现行规范和标准确定质量验收标准。以花岗岩铺装方案为例，平整度、坡度、相邻高差、缝宽的允许偏差值要具体说明，还要注明检测所用的工具和方法。

3. 周密的安全保证措施，对施工期间可能出现的安全隐患要制订出具体的、可行的安全技术措施。临边作业、动火作业、起重吊装等危险性较大的工作必须有专门的安全控制要点及应急预案。

4. 资源配置和组织管理清晰，在方案中明确本项工作所需人员、工种、设备材料、进场时间、清单内容等具体的资源配置和组织管理，保证技术方案和资源保障相匹配。

（二）危大工程方案的专家论证程序

对危险性大的分部分项工程，即危大工程，如深基坑、高大模板、大跨度脚手架、大型构筑物吊装等，仅仅依靠内部审批是不够的，必须经过严格的专家论证程序。这是国家相关法规的强制性要求，也是防止发生重大安全事故的重要防线。如果项目实行总承包的话，由总承包单位组织专家论证会。

论证程序一般分为，施工单位在危大工程专项方案编成后首先做内部审查然

后报监理单位。然后施工单位在当地建设主管部门建立的专家库中,随机抽取五位以上单数的专家为专家组。参会人员还应有建设、勘察、设计、施工、监理等各方的代表。

在论证会上方案编制人应就方案的内容向专家组做详尽的汇报,专家则通过质询、商讨从技术层面、安全角度、经济效益等各方面对方案进行深层次全方位的审查。重点审查的是计算书是否正确,构造措施是否可靠,安全监控方案是否齐全。专家组会后出具书面论证报告,给出通过、修改后通过或者不通过的结论。被判定为修改后通过的方案,施工单位必须按照专家意见修改完善后重新履行审核程序;被判定为不通过的方案,必须重新编制。经由专家论证并通过的专项施工方案乃是一现场施工唯一的标准,任何人不得擅自更改。

(三) 数字化模拟技术在方案预演中的应用

信息技术发展之后,数字化模拟成为改良施工方案品质和可行性的关键方法。以 BIM、三维激光扫描、虚拟现实等数字技术为代表的数字化手段,可以在项目实体建造前在虚拟空间里对施工方案进行全面预演并剖析,提前发现问题,优化改进方案。

BIM 技术的应用非常突出,它可以创建一个包含几何信息、物理信息和功能信息的三维模型,从而实现“四维”施工模拟,也就是在三维空间模型上加上时间这一维。通过 BIM 管理者能清楚地知道各个分项工程之间施工的顺序,空间的关系以及施工进度等安排。BIM 最重要应用之一就是在方案预演阶段的碰撞检查。系统可以自动检测出结构、给排水、电气、绿化种植等各个专业之间的管线碰撞、空间冲突等问题,把本来可能会在施工阶段才出现的错误,提前到设计和方案编制阶段就解决掉,从而减少返工和浪费。

对于异形构筑物模板架设、大型机械运行路径规划等复杂的施工工艺,用动画模拟的方式可以清楚地展示出施工步骤及关键节点的控制要点。有利于对施工人员进行可视化交底,提高沟通效率及操作准确性。虚拟现实技术可以带来身临其境的感觉,让管理人员和操作工人好像走进了施工现场,提前发现安全风险点,进行应急逃生演练。利用这些数字化模拟技术,施工方案不再是静态的纸质文件,而是可以交互、可以验证、可以优化的动态过程,大大提高了景观工程施工管理的科学性、预见性。

第二节 施工质量控制与监督

一、景观工程质量控制体系构建

（一）材料、工艺、环境三要素控制标准

景观工程的质量是由构成它的三个基本要素决定的，即材料、工艺、环境。对这三个要素进行标准化控制，就是建立质量管理体系的基础。材料控制是品质的源头保障，即使工艺再精湛，也不能弥补由于材料差造成的先天缺陷。控制标准要明确各类物料的技术参数、外观规格、产地等；苗木要确定胸径、冠幅、土球尺寸和健康状况；石材要规定品种、色泽、抗压强度、放射性指标等。所有进场材料都要经过取样、送检、验收程序，建立完整的台账记录，不合格材料坚决清出场外，从源头上杜绝隐患。

景观工程材料控制要点表

材料类型	关键控制参数 / 指标	检验标准 / 方法
苗木	胸径、冠幅、土球尺寸、健康状况、病虫害	现场测量、外观检查、检疫证明
石材	品种、色泽、纹理、抗压强度、放射性指标	样品比对、检测报告、外观检查
铺装材料	材质、规格、防滑性、耐磨性、强度等级	样品比对、检测报告、外观检查
种植土	肥力、酸碱度、有机质含量、重金属含量	土壤检测报告、现场取样
水景设备	品牌、型号、性能参数、能耗等级	设备清单核对、产品合格证、性能测试

详尽的材料控制要点可参见上表。

工艺控制是达成设计目的的途径，它把静止的材料变成流动的景观形态。为此需要制订详细可行的工艺标准。标准要细化到每一个施工步骤上，园路铺装的基层厚度及压实度、接缝宽度及高差、收边方式，种植穴的开挖尺寸及回填土配比，水景池壁的钢筋绑扎及混凝土浇筑工艺等。工艺标准不应该是纸上谈兵，在技术交底、现场培训中也应该保证每个作业人员准确理解并能严格执行。高质量的工艺控制不但可以保证景观细节的精细程度以及整体的协调，而且也是匠心精神的直接反映。

环境要素控制指的是施工期间的动态控制，也是施工期间可持续发展的具体体现。这里的环境包括两方面：一方面影响施工质量的是自然环境，即气温、湿度、风力等。施工方要根据天气变化调整作业计划，避开高温、大风天气吊装大

规格苗木,保证混凝土养护期间温湿度适宜;二是施工活动对周边建成环境和生态环境的影响。控制标准应包括扬尘、噪音、废水排放、固体废弃物处理等各方面内容,通过设置围挡、喷淋降尘、合理安排高噪音作业时间等措施,将施工对城市正常运转的干扰降到最低,这也是现代都市景观工程质量评价的重要维度。

(二) 样板引路制度的实施要点

样板引路制度属于一种重要的管理方法,它把抽象的质量标准和技术规范转变为可以直观感知、可以触摸的实体。在正式大面积施工前,会挑选有代表性、关键性的分项工程,制作成工艺精美、效果良好的“实体样品”,作为后续施工的技术指导、质量验收的标准,也是管理人员的培训教材。该制度实施后可以统一各参建方对于质量的认识,提前发现设计或者施工过程中可能存在的问题,防止出现大规模的返工,达到控制成本、工期的目的。

实施样板引路制度,需紧抓以下核心要点,确保其发挥最大效用。

1. 样本次数的代表性、关键性。样板不是越多越好,而应该选择工程中重复次数较多、工艺复杂、对整体效果影响较大的部分,比如特色铺装单元、景墙饰面、种植组合区、小型构筑物等。选择这些重要节点做样板,可以起到解剖麻雀、以点带面的示范效果。

2. 样板建造的标准化工艺流程。样板施工过程是对标准工艺的预演。从材料准备、基层处理、面层施工到细部收口,每一个工序都要严格按照设计图纸和施工规范进行操作,做好影像、文字资料的记录。这本身就是对工艺流程的检验和优化,产生的记录资料可以成为下个班组进行技术交底的权威教材。

3. 样板制作完成后必须经过建设单位、设计单位、监理单位、施工单位四方严格验收。验收内容不能只停留在观感质量上,还应该包括尺寸、材料、结构等内在指标。各方对样板质量达成一致之后,需要书面确认并签字,样板就成为具有法律效力的质量标准。有关标准的争议都以样板为准。

4.4 样板保护和示范作用。经认定的范本在整个施工过程里要得到恰当的保护,不得污染或者破坏。应设在工地显眼处,让所有作业人员随时观看、学习、对照,时时提醒施工质量要达到的标准。这样的持续无声的视觉教育比说教的效果要好得多。靠样板的示范作用,把高标准变成每个工人自觉的行为,从而实现工程整体质量的飞跃。

（三）质量追溯与责任倒查机制

在现代工程管理当中，形成一条明晰、完备、可追溯的质量信息链，从而达到对质量的全方面管控并做到准确的责任追溯，是极为重要的一个环节。质量追溯与责任倒查机制就是利用系统记录和管理，给每一个工程实体建立一份从材料源头到最终成型的身份档案，保证每一个质量问题都可以追根溯源，责任可以明确到具体的单位和个人。

核心就是信息的完整准确记录。依靠信息化技术，建筑信息模型，物联网传感器，二维码标识等，可以大幅提高信息采集的效率与准确性。每批进场材料，苗木、石材、水泥、钢筋等均应附有包含供应商、生产批次、规格参数、检测报告等信息的二维码。施工过程中，哪个班组在什么时候，用哪批材料，完成哪道工序，都可以通过移动终端实时记录，并与工程部位做空间关联。

精细化的数据记录就形成了强大的信息数据库。当竣工后或者使用过程中出现质量问题的时候，比如某一片铺装出现大面积破损的情况，管理者就可以通过追溯系统迅速地找到问题出在哪里。系统可以显示该区域所用的石材批次、供应商，基层施工和面层铺设班组，当时现场监督的监理工程师和施工员。这样，问题诊断不再依靠模糊的记忆或者推诿，而是依靠准确的数据。

建立责任倒查机制的目的并不是惩罚，而是用有效的驱动方式去预防、改进质量的问题。依靠清晰的责任链条，把质量责任的压力传导到每一个岗位、每一个作业人员身上。当每个人都清楚自己的工作成果将被永久记录，并且与个人信誉和工作绩效直接挂钩时，就会极大地提高其主观能动性以及工作责任心。这样就形成了一种无形的约束力，使所有参与者在施工过程中自觉遵守规范、追求卓越。同时对历史问题的剖析可以发现系统的管理漏洞或者常见的工艺难题，也可以为改进管理流程，培训内容，未来项目的质量控制方案提供重要的数据支持，形成质量管理的闭环与持续改进。

二、关键工序的质量控制要点

（一）地形塑造与土壤改良的精细化施工

地形是景观的骨架，土壤是景观的血脉。地形塑造和土壤改良属于景观工程的“隐蔽工程”，施工质量好坏决定后期植物生长、水系营造以及整个场地生态健康和艺术形态。精细的施工控制是保证一副“骨架”和血脉健康、稳固的前提。

地形塑造的控制首先是读懂设计图纸,进行现场放样。利用全站仪、全球定位系统等现代测绘设备,把设计等高线、特征点准确地还原到场地中,形成严格的高程控制网。施工时要控制填挖方的土质和密实度,填方处分层碾压,每层压实度都要达到设计要求,防止后期不均匀沉降导致地形走样,构筑物开裂或者管线损坏。微地形处理坡度应平顺过渡、曲线自然流畅,不能出现生硬棱角或者阶梯状坡面,这是对操作人员技艺和管理人员美学素养的考验。

土壤改良是保证植物成活、健康生长的重要技术环节,在城市高密度开发的背景下,施工现场常常是建筑弃土或重度压实的素土,是贫瘠的土壤。精细化施工要求先对现场土壤进行专业取样检测,检测其物理结构、酸碱度、有机质含量、重金属污染情况。根据检测结果和目标植物的生长需要来制订科学的土壤改良方案。改良措施有掺入有机肥、草炭土、珍珠岩或沙子等来提高土壤肥力、透气性和保水性;使用石灰或硫磺粉调节酸碱度;重度污染土壤需客土更换。

操作的精细化表现在改良材料的配比精度、搅拌的均匀性以及回填厚度上。种植区的改良土层厚度必须达到设计要求,保证植物根系有足够大的生长空间。改良土回填后还要进行镇压、灌溉,促进其自然沉降,防止后期土壤下沉导致植物根部裸露。同时对改良过的土壤一定要做好保护工作,严禁重型机械再次碾压造成二次板结。地形与土壤施工是有机结合的过程,改良后的优质土壤要准确地覆盖在塑形完成的地形上,两者共同构成承载都市景观生命力的坚实基础。

(二) 大规模苗木种植与成活率保障技术

大规模苗木是都市景观工程迅速形成景观空间、塑造空间骨架的主要材料。它们价值昂贵、移植困难、恢复时间长,成活率是评判景观工程质量好坏的标准。保证大规模苗木成活是个选、挖、运、种、养全程的系统工程,必须有严格的技术支持与管理控制。在苗圃中挑选。除了胸径、冠幅等规格外,最重要的是苗木健康的树形、旺盛的长势,以及紧实而须根发达的土球。土球是苗木移植的“生命之舟”,土球大小、完整与否直接影响到树木成活。挖掘时必须采用专业方法,保证切断的主根平整,用草绳、无纺布等材料严密包扎土球,防止运输、吊装时出现松动、破裂。

运输和吊装阶段是苗木遭受较大胁迫的时期,控制要点是快、稳。长途运输要在夜间,减少水分流失,对树冠进行适当修剪并遮盖,避免风吹日晒造成伤害。吊装时受力点应选在土球和主干结合处,不得直接绑扎主干或者主枝,以防伤及

树皮、破坏其输导组织。整个过程要轻起轻落，防止剧烈震动。种植环节的技术控制，才是成活保障的核心。种植穴的大小一般应比土球大 40 ~ 60cm，深度与土球高度相适应或略高于地面以防积水，底部应铺一层透气排水层。回填土必须是改良过的肥沃疏松土壤。种植时小心拆除土球外包装物，特别是不可降解的包装物，然后将苗木直立，根颈与地面平齐或略高，防止根部积水窒息。

种植结束并不意味着工作结束，科学的后期养护才是保证成活率的最后一道防线，也是最坚固的一道防线。及时足量浇灌定根水，使土壤和根系紧密接触。根据不同的树种和立地条件，设置稳固的、能够适应苗木生长的支撑。覆盖在树盘上的地膜或者有机覆盖物，能够起到保湿、保温、抑制杂草的作用。漫长的恢复期中要制定动态的养护监测方案，定期观测土壤湿度，观察叶片、新梢的生长情况，及时防治病虫害、补充养分。依靠这一系列环环相扣的技术保障措施，才能最大限度提高大规格苗木的成活率，使之成为都市中具有生命力的绿色地标。

第三节 施工进度与成本管理

一、进度计划的编制与动态控制

（一）景观工程关键线路的识别方法

在复杂的景观工程项目里，找到关键线路是保证项目按时完成的主要工作。关键线路就是网络计划中总时差最小的路径，其上各工作的持续时间总和决定整个项目的总工期。任何一个关键工作拖延都会直接造成项目总工期的延长。景观工程关键线路的确定要依靠详细的工作分解结构。项目管理者需要把整个工程分成若干个可以被管理和控制的工作包，例如场地平整、管线预埋、构筑物基础施工、园路铺装、大乔木种植、灌木和地被种植、草坪铺植、景观照明安装、水景系统调试等。

接下来就是确定各项工作之间的逻辑关系。景观工程的逻辑关系比传统的建筑工程要复杂得多，它既有物理上的依赖，又有生态上的依赖。物理依赖是显性的，地下给排水、电力管线的铺设必须在园路基层施工前完成；亭廊架基础施工要先于主体结构安装。生态依赖性比较隐性，土壤改良、消毒工作要提前做好，留足沉降、熟化时间；大乔木吊装、种植由于操作空间大，会对下方区域造成影

响,一般安排在小灌木、地被种植之前,防止机械损伤。

利用项目管理软件,用前导图法或者箭线图法建立网络图,输入每一项工作的预计持续时间之后,系统就自动计算出每项工作的最早开始时间、最晚开始时间、最早完成时间、最晚完成时间、总时差和自由时差。总时差为零或者负数的工作称为关键工作。项目管理者要对这些重点工作予以足够重视,保证这些工作的资源供应处于优先地位,人力、设备、材料、资金等不能出现延误。同时非关键工作存在的时差给项目管理人员提供了重要的弹性余地,使管理者在不影响总工期的情况下对工程进行资源调配、施工负荷的平衡、突发情况的处理等。

(二) 考虑植物生长节律的进度安排

景观工程的主要元素是植物,植物的生长节律是编制进度计划时不能忽略的刚性约束。和钢筋、混凝土等无机材料相比,植物的种植、成活、生长效果很大程度上取决于适宜的时间窗口,从而直接决定着工程软景部分的成败。因此将植物的生长周期和物候特征融入进度计划,是景观工程管理区别于其他工程管理的标志。

进度安排要精确对应各种植物最适宜种植的时间。落叶乔木裸根苗一般在秋冬季落叶后至春季发芽前的休眠期进行移栽,此时植物的生命活动比较缓慢,移植时根部受损造成的失水较少,有利于提高成活率。常绿树种移植时间避开盛夏高温、冬季严寒。草坪的播种或铺植,暖季型草种在晚春到初夏,冷季型草种则在春季或秋季。违反自然规律,在不能种植的季节强行施工,不但会造成大量植物死亡、经济损失,还会造成连锁反应,使整个项目竣工验收延迟。

所以,在编制总体进度计划的时候,要把关键植物的“种植窗口期”当作重要的里程碑。所有前置的土方工程、地形整平、土壤改良、灌溉系统安装等硬景和基础设施工作,其最终完成时间都必须严格对齐,服务于该窗口期。这就意味着项目要按照植物的节律分阶段施工。北方冬季不能种植,大部分土方工程无法施工,但是可以进行预制构筑物、石材加工等不受低温影响的作业。待到春季土壤解冻之后,立即开展土方和种植工作。

植物从种植到出现初步景观效果要经历一段时间的恢复、生长,这段时间也应该算作施工周期的一部分。计划中应留出苗木的缓苗期或者养护稳定期。在此期间应不断进行浇水、扶架、防病治虫等精细化养护工作。项目交付时,植物应满足设计上对健康状态及初具形态的要求,不能仅仅完成“种下去”这个动

作。把植物的生命周期提前加入进度管理，才是保证景观工程品质和可持续性的根本。

（三）应对季节性影响的进度预案

季节性、气候因素是景观工程进度最大的不确定性来源，它影响面广、程度深，牵涉到土方、混凝土、种植、养护等方方面面。一个完备的项目进度计划必须要有一套完备、可行的季节性影响应对预案来提高项目计划的灵活性和抗风险能力。

预案重在识别风险，制定措施。管理者要按照项目所在区域历史气象数据进行预估，识别出施工周期内最有可能遭遇的典型不利天气，夏季高温连绵，暴雨如注，冬季冰冻严寒，大雪纷飞，春季大风漫天等。对可预见的风险要事先制定出详细的应对措施。

季节性影响及应对措施表

季节 / 天气	典型影响	应对措施
夏季高温暴雨	高温导致工人中暑、植物灼伤；暴雨冲刷场地、基坑积水。	调整工作时间，避开高温时段；新植苗木遮阳喷淋；准备排水设备、防汛物资；土方分段开挖，及时回填或保护。
冬季低温冰冻	大部分室外作业停滞；混凝土施工困难；土壤冻结无法种植。	明确冬季停工期，在此前完成关键土方、管线、基础工程；冬季混凝土施工添加防冻剂、保温；利用冬歇期开展室内预制、采购计划、技术资料整理。
春季大风	新植乔木倒伏、根系受损。	种植后及时搭设牢固支撑；指定专人观察，防止大树晃动。

见上表，根据季节、天气状况采取相应的措施。高温暴雨季节，要调整夏季工作时间避开午间高温，保证工人身体健康，新植苗木增加遮阳喷淋防止日灼和大蒸发。暴雨来临之前要准备好排水设备、防汛物资，如水泵、沙袋、覆盖用的彩条布等，防止雨水冲刷破坏新平整的场地和已经开挖好的基坑。土方开挖应分段进行，不得大面积暴露，应随时注意天气变化，在暴雨到来前及时回填或采取保护措施。

北方冬季气温降到零度以下时大部分室外作业停止。预案要明确冬季停工期的起止时间，在此之前必须完成所有需在封冻前完成的工作，比如土方开挖、地下管线敷设、混凝土基础浇筑等。冬季必须进行的混凝土工程，必须采用加防冻剂、覆盖保温材料等方式。同时利用这“冬歇期”把工作重心转到室内或工厂，

比如景观构筑物的预制加工、采购计划的制订与落实、技术资料的整理等。

对于大风天气,春季大风对新植乔木的成活构成严重威胁。种植后要及时搭设牢固的支撑,专人看护,防止大树倒伏、晃动造成根系损伤。

制定出具体的、量化的进度预案,项目管理团队就可以变被动应对为主动管理,在遇到不利的季节性因素的时候,立即启动相应的措施,把对工期的冲击降到最低,使项目进度处于可控范围内,平稳推进。

二、全生命周期成本管理策略

(一) 目标成本分解与动态监控

目标成本管理是获得景观工程项目经济效益最大化的方式。其实质就是在项目投资决策时就确定一个科学合理成本总目标,然后将此总目标分解到各个方面,在全过程严格控制动态,保证最后的实际花费不超过目标。项目从立项开始,就会用投资估算和设计概算来确定整个项目的成本目标。

目标成本分解为控制工作打下基础。管理者要采用工作分解结构与成本分解结构相结合的方式,把总的目标成本逐级分解到子项目、分项工程以及具体的作业单元上。景观公园总成本目标可以分解为地形整理工程成本目标、园路广场工程成本目标、绿化种植工程成本目标、水景工程成本目标、照明工程成本目标、配套服务建筑成本目标等。绿化种植工程的成本目标可以继续细分,乔木采购与种植、灌木与色块、地被草坪、土壤改良等都可以看作是独立的成本单元。经过这样分解之后,成本目标就变得明确,责任也有了归属,给后续的成本控制提供清晰的指引。

动态控制属于成本目标管理的重要内容。施工期间,项目部应当定时(每月或者每季),搜集,归整,核算已完工工程的实际成本,并且同同期的计划成本以及已完工工程的预算成本加以比较。在这里可以使用挣值管理,根据成本偏差、进度偏差等指标的计算分析,对成本执行情况作出量化评价。当出现成本超支的预警信号时,动态监控就必须使管理者马上进行分析,找出造成偏差的原因,也许是材料涨价了,人工费效不匹配,施工方案不经济,或者是设计变了。

根据分析结果必须立即采取纠偏行动。如果是由于施工浪费造成的,就要加强现场的管理,提高资源的利用率;如果是由于市场价格波动造成的,可以调整采购策略或者寻找替代材料;如果是由于设计原因造成的,就需要与设计单位协

商优化设计。经过这样一次“设目标—分目标—控过程—析偏差—纠错误”的闭环循环,把成本控制这项静态的事后算账,变成动态的、持续性的主动管理,从而有效地保证项目在预算之内达成预期价值。

（二）设计变更的成本快速响应机制

景观工程实施阶段因为设计变更造成成本超支、工期延误的情况非常普遍,也是主要原因之一。变化难以避免,但是它的消极效应可通过建立一套行之有效的、公开透明的成本快速反应机制来加以控制。该机制的主要目的,是在于变更决策做出之前,让所有利害关系人明了地意识到变更决策将会带来的所有成本后果。

完善的响应机制从标准化的变更管理流程开始。所有的变更要求无论从业主、设计方还是施工现场发起都必须以书面形式提交设计变更申请单,写明变更的原因,内容及效果。项目成本管理部门在接到申请后应马上展开快速评估程序。该评价不能只是定性的,而应当是定量的。成本工程师依据已有的合同单价、市场信息以及施工经验,立刻对此次变更带来的成本增减做出大致的估算。复杂的变更还要施工技术人员一起分析对工期、后续工序、其他专业接口等的影响。

为了实现快速反应,在项目前期就要建立一个参数化的成本数据库。对常见的景观元素(如某类乔木、某类材质的铺装、某类型号的座椅等)单价提前进行约定或者市场化的归集,出现替换或者增减的时候,可以快速调用数据得出相对准确的成本估算。数字时代建筑信息模型技术的应用给成本快速反应提供了有力的工具。参数化的三维模型里,不管改哪一条园路的线形,换一片新的铺装材料,模型就会自动重新算工程量,再跟成本库关联起来,几乎马上就能生成一份变更后的成本分析报告。

评价结果就是决定的根据。项目管理层同业主、设计单位、承包商一起考察变更的必需性以及它的成本后果。如果所增加的价值大于所增加的成本,就批准变更;否则就寻找替代方法或者不予批准。将成本核算前置到变更决定之前,改变了以前先变更再核算的被动状况,使每一次变更都成为有目标、有成本效益分析的理性选择,从而有效地控制了由于无序变更所造成的成本失控现象。

（三）运营维护成本的前期介入控制

都市景观工程的价值存在于其长久的利用和服务当中,昂贵的运营维护费用也可能是项目建成之后能否持续发展的沉重负担。运营维护成本的前期介入控制,

是极具前瞻性的成本控制方式,它体现的是一种在项目最开始的规划、设计阶段,就充分考虑到并主动改善未来几十年的运营维护费用。其实质就是真正实现了全生命周期成本理念,用适当的初期投资来换取长期维护成本的大幅度降低。

前期介入控制的第一要点就是从源头把控设计方案。设计师选择的好坏决定着后期维护成本的高低。植物配置上采用适应本地气候土壤条件的乡土植物、低维护植物,可以大大减少后期浇水、施肥、修剪、病虫害防治的次数和成本。在硬景材料上使用耐候钢、花岗岩、高分子复合材料等耐久性高、抗污损、易清洁的材料,虽然初期的采购成本会略微高一些,但是由于其超长寿命和很少的维护需求,在全生命周期的成本摊销上会更加经济。设计细节也不能马虎,比如设计便于大型机械进入的维护通道,利于绿化修剪和垃圾清运;设计智能灌溉系统,根据土壤湿度和天气情况精准给水,可以避免水资源浪费,节约水费。

为了保证这些前瞻性的考虑可以落实,就必须建立一种使运营维护团队早期参与设计的方式。邀请将来要从事园林养护工作的专家、物业人员参加方案评审,依靠养护方面的实际操作经验指出当前方案存在的“高成本陷阱”。他们会指出一个设计得十分精美的水景由于结构繁杂、设备众多,在以后的使用中会变成修整的噩梦;或者某处草坪形状不规则而造成割草机不能高效作业,造成了大量的人工成本。他们的意见可以给设计师指明如何在美学和实用之间找到最佳平衡点,在设计之初就可以防止出现不经济、不合理的设计。因此运营维护成本不再是项目建成后被动承受的结果,在前期主动设计、跨界协同的条件下,运营维护成本可以被控制在合理的、可持续的范围里。

第四节 施工安全与环境保护

一、安全风险识别与管控体系

(一) 高处作业、机械操作等高风险源管理

都市景观工程中,高处作业和大型机械操作都是事故高发的两个大隐患。因此,对这两类专项作业进行重点管理、监控,就是安全工作中的重中之重。这些作业技术要求高、危险性大,任何一个微小的疏忽都会带来严重的后果,因此必须采取最严格的管控措施来保证万无一失。

高处作业的管理要从源头上抓起，严格执行审批、监护制度。所有坠落高度基准面 2 米及以上的作业，都被认定成高处作业。作业前项目部要开展专项安全技术评估，识别作业环境中的危险源，编制详细的应急预案。作业人员必须经过专业培训，取得上岗证后方可进行高处作业，上岗前还要进行体检，以确认身体状况适合高处作业。施工过程中作业点下面必须按规范设置安全网，作业人员应正确佩戴高挂低用安全带，保证防护用品的有效性。并且现场必须有专人监护，全程监督作业过程，及时发现并纠正不安全行为。遇到大风、暴雨等恶劣天气，应当立即停止所有露天高处作业，保证作业人员生命安全。

机械操作风险的管理包含设备、人员、环境这三个方面。工地上所有的施工机械，包括起重机、挖掘机、高空作业车等，都必须经过严格的进场验收，保证其安全性能、防护装置、各类仪表完好有效，并建立详细的设备档案。操作人员必须持证上岗，严禁无证或酒后操作。设备操作流程上要有明确的安全操作规程，且必须严格执行。吊装作业时要明确吊装区域，设置警戒线，专人指挥，起重臂或被吊物严禁越过无防护的架空线路。对有视觉盲区的作业要配合影像辅助系统或者增设地面引导员，消除由于视线被遮挡带来的不安全因素。定时的设备保养和检查不能少。通过日常巡检和定期深度检查来及时排除设备故障，严防机械设备带病运转，从根本上杜绝机械伤害事故发生。

（二）临边洞口与临时用电的标准化防护

施工现场的临边、洞口和复杂的临时用电网，都是极易被忽略但危险性极高的地方。标准、规范的防护是预防高处坠落、触电事故的基础保证，也是项目管理精细化的一个表现，同时也是尊重生命价值的体现。

临边、洞口防护必须实现定型化、工具化。所有楼层周边、屋面周边、基坑周边、各类预留洞口必须设牢固的防护设施。根据规范要求，坠落高度基准面 2 米及以上的临边作业要设高度不低于 1.2 米的防护栏杆，用密目式安全立网或者工具式栏板封闭。防护栏杆要由上、下两道横杆和立杆构成，下杆居中设置，底部应设置不低于 18 厘米的挡脚板防止小物件坠落伤人。地面或者楼板的洞口，应根据洞口大小采取不同的防护措施，短边小于 500 毫米的非竖向洞口，用坚固盖板严密覆盖，盖板应能承受相应荷载且不易发生移位；短边大于 1500 毫米的洞口，在四周设防护栏杆，并加设安全平网。

临时用电安全管理的根本就是严格依照《施工现场临时用电安全技术规范》

的要求,建立完整的用电安全系统。这套系统采取三级配电、两级漏电保护,而且使用 TN-S 接零保护系统。三级配电就是在施工现场设置总配电箱、分配电箱、开关箱,各配电箱功能明确,逐级分配电力,隔离风险。两级漏电保护就是在总配电箱和开关箱中都装设漏电保护器,形成双重保险,一但发生漏电立即切断电源。TN-S 系统把工作零线 N 和保护零线 PE 分开,给用电设备的金属外壳提供可靠的接地保护,大大降低触电风险。除此之外,所有电缆线路的敷设、配电箱的安装和保护、接地电阻的定期检测等,都必须由持证电工按照设计图纸进行,并建立完整安全技术档案,做到有据可查、有迹可循。

(三) 全员安全责任制的落实与考核

安全生产责任的有效落实,不能仅仅依靠少数安全管理人员来实现,它应该渗透到项目的每一个层次、每一个岗位、每一个人。因此,建立并严格执行全员安全生产责任制,把安全责任层层落实到项目经理直至一线作业人员,辅以科学的考核制度加以推动,是创建项目安全文化、实现长治久安的基石。

全员安全责任制的产生是从职责的明确开始的。项目部按照国家的法规及企业的规章制度,对所有管理层、技术人员、班组长、一线工人等制定安全生产责任清单。这份清单必须清楚地规定出每一个岗位的安全责任、权限、不承担安全责任的后果。项目经理为第一责任人,对项目安全生产负总责,技术负责人对专项施工方案中的安全技术措施负审批责任,安全员对日常监督检查、教育培训负有责任,一线工人有责任遵守安全规程、正确使用防护用品、拒绝违章指挥。构建横向到边、纵向到底的责任体系,使安全管理没有死角,覆盖全部。

责任的明确要依靠不断的教育培训才能使它内化于心。项目部要创建常态化安全教育培训体系,新员工入场三级安全教育、岗前安全技术交底、每周安全活动日等都包括在内。培训内容不能只是安全规章、操作技能,还应该包含风险识别、应急处理、个人防护等,其目的在于提高全员的安全意识和自我保护能力,从而实现从“要我安全”到“我要安全、我会安全”的根本转变。

科学的考核奖惩制度,是促使责任制落实到位的必要条件。项目部应该建立一套科学、量化的安全生产责任制考核办法,把考核结果同个人的绩效、薪酬、评优、职业发展等直接挂钩。考核方式可以是定期检查、量化打分、安全绩效评定等。对安全生产表现好的人和班组实施物质及精神上的奖励;对于违反安全规定、不履行安全职责者,将实行相应的处罚,甚至追究其法律责任。这样的奖罚

分明会使得全部人员参与到安全管理当中来,从而形成一种人人重视安全、人人落实安全的良好氛围。

二、绿色施工的环境保护措施

(一) 扬尘、噪声、光污染的防治技术

施工过程中产生的扬尘、噪声、光污染是施工过程中对城市环境和居民生活造成严重影响的三大公害。污染源系统化治理既是衡量景观工程绿色施工水平的重要指标,又是企业社会责任感的直接表现,对维护城市环境质量有着十分重要的意义。

为了有效控制施工现场的各类污染,必须采取综合性的防治策略:

1. 扬尘污染控制要按照“清、封、洗、洒”的原则。施工现场主干道及材料堆放区必须进行硬化处理;工地四周应设置不低于规范要求的连续、封闭式围挡;工地出入口应设置车辆冲洗平台,保证所有驶出工地的车辆清洁,不得将泥沙带入城市道路。对易产生扬尘的土方作业和建筑垃圾运输,必须采取洒水、喷雾或者覆盖密目网等措施加以抑制。结构施工和垃圾清运过程中不得凌空抛洒,应尽量使用封闭式管道或者容器来进行垂直运输。

2. 噪声控制要从源头减少噪声,阻断噪声的传播途径。应该优先选用低噪声、低振动的施工设备和工艺。对于高噪声设备,如切割机、搅拌机等,应当尽量设在封闭的隔声棚或者操作间内。合理地安排施工时间,严格遵守当地环保部门有关夜间施工的规定。不可避免的夜间施工应该事先通知居民,并且采用更加严格的降噪措施来取得社区居民的谅解与支持。

3. 光污染防治主要是对夜间施工照明、电焊作业。夜间照明灯具要加装灯罩,严格控制照射角度和范围,不得直射居民区。电焊作业时要设专用的遮光屏或者防护挡板,防止电焊弧光外射,影响到行人及周围环境。

(二) 施工废水与废弃物的分类、回收与处置

施工期间产生的废水、固体废弃物,如果处置不当,就会对土壤、水体造成严重污染。因此建设完善的废水处理系统和废弃物分类、回收、处置体系是实现资源循环利用、污染减排的关键环节,也是绿色施工管理不可缺少的重要组成。

施工现场的废水主要有生产废水和生活污水两种。含有大量泥沙的生产废水如车辆清洗水、钻孔桩泥浆等都要经过特设的三级沉淀池处理。废水在沉淀池中

充分沉淀，分离出悬浮物后，上层清水可以循环用于场地洒水降尘、车辆冲洗等，达到水资源的循环利用。沉淀下来的泥浆要交给有资质的单位出去处理。生活污水应设临时化粪池或隔油池进行预处理，达到排放标准后方可排入市政污水管网，严禁将各类废水直接排入周围环境。

建筑废弃物的管理要遵守源头减量、分类回收和处置的原则，各类别的处理方法如下表所示。在施工现场设置专门的垃圾分类堆放区域，将废弃物分为可回收物（废金属、废木材、废纸板等），惰性废弃物（混凝土块、砖瓦等），有害废弃物（废油漆桶、废电池等），其他垃圾。可回收物交由专业的回收公司进行回收利用；惰性废弃物可以现场回填或者加工成再生骨料；有害废弃物必须交由具有资质的危险废物处理机构安全处置，并建立详细的转移联单和记录。经过这样细致的分类管理，一方面可以减少最终填埋的垃圾量，另一方面可以大大提高资源的再利用率，取得良好的环境 and 经济效果。

施工废弃物分类与处置方式

废弃物类别	描述	主要处置方式	效益
可回收物	废金属、废木材、废纸板等	专业回收，循环再利用	节约资源，降低成本
惰性废弃物	混凝土块、砖瓦等建筑渣土	现场回填，或加工成再生骨料	减少填埋量，资源化利用
有害废弃物	废油漆桶、废电池、废荧光灯管等	交由有资质的危废处理机构安全处置	避免环境污染，保障生态安全
其他垃圾	无法分类或无回收价值的普通垃圾	集中收集，送至指定垃圾处理场	维持现场整洁，保障环境卫生

（三）场地内原有植被与表土的保护方案

都市景观工程的场地中一般会存在有生态或景观价值的原有树木、植被和富含有机质的表土。对这些珍贵的自然资源加以有效保护，这是绿色施工的要求，也是对场地历史文脉和自然基底的一种尊重，为新景观的创造打下健康的基础。

对场地内有保留价值的原树种，在施工前必须编制详细的保护方案。应进行详细的调查，并挂牌登记出需要保护的树木种类、规格、位置。树木周围要用坚固材料筑起一道围栏，围栏范围不小于树冠垂直投影半径，保证树根不被施工机械碾压、破坏。保护范围内禁止堆放建筑材料，也不能倾倒有害液体。对穿越保护区的作业地段应设保护通道或者对树干、树枝做软包处理，防止物理损伤。同

时安排专人定时对被保护树木进行检查,随时掌握树木的生长情况,必要时进行浇水、施肥、防治病虫害等养护工作,保证施工期间树木正常生长。

表土是土壤中最肥沃、含有最多微生物和有机质的一层,是植被生长的根基。大面积土方开挖前应将施工范围内优质表土剥离分类堆放。剥离出的表土应集中堆放于指定区域,堆高不宜过大,以防过度压实造成土壤结构破坏、微生物活性下降。堆放的土方还要覆盖防尘网或者种植临时性速生草本植物,防止水土流失和养分流失。在景观工程的后期绿化种植阶段,用储存下来的优质表土回填新造地形,给植物的快速健康生长提供良好的土壤条件。不仅可以降低后期养护费用,还可以加快新栽绿地生态系统稳定发展。

第五节 施工技术创新与应用

一、新型施工工艺的集成应用

目前,都市景观工程项目的施工效率、艺术表现力、环保性能等各方面要求越来越高。新型施工工艺集成应用是传统工法的优化升级,也是跨界技术融合给景观落地实施带来了新的可能,推动整个行业往标准化、精细化、可持续化的大方向稳步前行。

(一) 模块化预制与快速拼装技术

模块化预制与快速拼装,属于当代景观工程进行工业化建造的重要手段。它把大部分建造工作转移到了受控的工厂环境里,彻底改变了以往的现场作业方式。该项技术的核心就是将景观构筑物,如花坛、座椅、铺装单元、小型构架、完整的建筑模块等,在工厂里按照标准化的设计图纸进行预先制造。在受严格控制的工厂环境中,构件生产精度和质量得到保障,减少了现场施工中由于天气、人为因素造成的各种不确定性。大大减少现场湿作业,大大降低粉尘、噪音污染。对处于城市中心或者环境敏感区的景观工程来说,其环境友好性更加明显。

利用预制生产模式进行景观构件的大规模、高效率的制造生产,从而极大的提高了材料利用率并减少了浪费。预制模块运到施工现场之后,工作重心就转移到了准确、高效地吊装、拼接上。整个过程就像搭积木一样简单快捷,大大缩短了施工工期,模块化建造方式可以将工程工期缩短 20% 到 50%。即插即用模式

不仅可以大大加快项目的交付速度，也可以最大程度上减少对市民日常生活的影响，进而提高工程建设的社会效益。

模块化从设计上给景观设计师提供新的创作语汇。标准化模块不同的组合可以形成千变万化，形态各异的空间和视觉效果。座椅、树池、地面铺装等，在一个项目中是可以作为一体化的模块单元进行设计的，由工厂生产，现场只需整体安放即可。这项技术的推广，正在促使都市景观工程由原来的劳动密集型转向技术密集型，为高品质、高效率、可持续的城市公共空间建设赋予强大的技术支撑。模块化预制同传统施工的比较优势如下表所示。

模块化预制与传统施工对比

特征	模块化预制施工	传统现场施工
施工地点	工厂环境，受控	现场环境，受外界影响大
建造效率	大幅提升，工期缩短 20%-50%	依赖现场条件，工期较长
构件质量	高精度、高稳定性，质量有保障	易受天气、人为因素影响，质量波动大
环境影响	显著减少粉尘、噪音、湿作业	易产生粉尘、噪音，湿作业多
资源利用	材料利用率高，减少浪费	现场裁切、损耗较多
现场管理	简化，以吊装拼接为主	复杂，需协调多工种、多环节
社会效益	减少对市民干扰，提升交付速度	施工期长，易扰民

（二）3D 打印在景观小品中的应用

3D 打印技术，即增材制造，凭借着它独特的造型能力和高精度的优势，正在都市景观小品制造领域掀起一场革新风暴。可以将数字模型直接转化为实体构件，尤其适合制作传统工艺难以实现的复杂、非线性或者异形结构，为景观设计师的想象力提供几乎无限的实现空间。这项技术在景观小品设计、施工阶段有巨大的潜力，让设计师创作出独一无二，艺术感染力极强的作品。

在具体的应用实践中，3D 打印技术已被广泛应用于各类景观元素的制造。

1. 在上海科普公园，一座用 3D 打印混凝土构件拼接而成的大小步行桥，桥面的纹理准确再现了水面的涟漪，平滑度、精细度比传统的模板浇筑工艺要好得多。这使对物体表面的轮廓控制得以实现，把设计师对于自然形态的细腻把握淋漓尽致地表现出来。

2. 北京奥运会主场馆“鸟巢”的建造中，部分特种钢结构也用到了 3D 打印技术进行加工，这说明了 3D 打印可以制造出复杂的结构部件。景观坐凳、雕塑、花钵、功能性铺装单元等各种类型的景观小品，设计师可以利用参数化设计软件

创建出各式各样的数字模型，再通过 3D 打印机选用混凝土、再生塑料、金属、再生纸等不同的材料把它们具体化。

除了很强的造型能力之外，该技术还大大提高了设计和打样的速度。设计师在电脑上完成三维模型之后，就可以很快打印出缩小的物理模型，用来推敲方案、评估效果，大大缩短了从概念构思到实物呈现的时间。增材制造按照用多少才需要多少的原则，大大减少了传统加工过程中产生的废料，完全符合可持续发展的理念。随着打印材料种类越来越多，设备成本越来越低，3D 打印技术正从前沿探索向大规模工程应用快速过渡，为城市景观注入更多的科技和艺术气息，成为塑造独特场所精神的重要方式。

（三）节水灌溉与智能喷灌系统施工

在全世界水资源日趋紧张的情况下，都市景观工程的绿地养护正遭遇着严重的考验。引进节水灌溉、智能喷灌系统并且施工规范，为景观的可持续发展打下基础。该类系统用科学准确的方法给植物供水，可以很好地满足植物生长的需求，同时又可以有效地节约水资源，避免传统漫灌造成的大量浪费。

节水灌溉系统施工前，需要对项目所在地的气候条件、土壤特性、植物种类和需水规律有充分的了解，在此基础上进行系统的精细化设计。常用的节水灌溉技术有滴灌、微喷灌、渗灌等，滴灌、微喷灌、渗灌的特点及适用场景见下表。滴灌系统通过分布在植物根部的滴头，将水分和养分以水滴的形式缓慢而准确地送入土壤深处，节水效果非常明显，适合乔木、灌木、花坛。微喷灌介于喷灌和滴灌之间，用微型雾化喷头实现局部湿润，常用于增湿降温区域。渗灌系统是将渗水管埋入地下，水分通过管壁上的小孔慢慢渗出，直接供给植物根系吸收，减少了地面蒸发。

常见节水灌溉技术对比

技术类型	工作原理	主要特点	适用场景
滴灌	水和养分经滴头精准输送至植物根部	节水效果最佳,供水均匀,减少病虫害	乔木、灌木、花坛、蔬菜、果园
微喷灌	微型雾化喷头形成局部湿润	介于喷灌和滴灌之间,兼顾局部覆盖与节水	增湿降温区域、苗圃、小型草坪
渗灌	渗水管埋设地下,水分从微孔渗出直达根系	减少地面蒸发,不影响地表景观,高效隐蔽	地下管线不影响美观,适合多种绿地

智能喷灌系统是在节水灌溉技术的基础上，把传感器技术、自动化控制和物

联网通讯相结合的一种新型解决方案。施工的关键是各类传感器的准确布置和控制系统调试。土壤湿度传感器要埋入具有代表性的植物根系深度处,对土壤的含水量实施实时监测,雨量传感器在降雨的时候可自动停止灌溉,防止无效浇水。中央控制器即系统的大脑,综合气象站预报数据+传感器实时数据→根据预设的蒸散量算法→智能生成并执行最佳灌溉决策。

施工期间管网铺设、各类阀门、喷头安装等均按设计图纸严格执行,保证连接处不漏水,保证系统正常稳定运行。系统建成后要进行全面调试,包括压力测试、流量校准、覆盖范围调整、智能化逻辑验证等。管理人员可通过手机 APP 等移动终端对系统进行远程监控、手动干预和数据分析,从而实现景观绿地水分管理的精细化与智能化。这种集成化的智能灌溉体系,把都市景观的养护工作从依靠经验的粗放式管理,变成了依靠数据的科学化管理,给创建节水型、智慧型园林给予了强有力的科技支撑。

二、数字化施工管理平台

(一) BIM 技术在施工全过程的深度应用

建筑信息模型正在由建筑领域迅速地走向景观工程行业,逐步成为景观信息模型,为项目管理带来了革命性的变革。它构建了一个将几何、物理、功能等各方面的信息融合在一起的数字化三维模型,进而实现对景观工程项目全生命周期进行信息化管理。

BIM 模型在施工准备阶段的价值主要是深化设计以及图纸会审。建筑、结构、地形、种植、水电等各专业的模型整合之后,可以直观地做三维可视化的交底工作,利用其碰撞检测功能提前发现管线交叉、构件冲突等设计错误,从而避免施工阶段的返工浪费。可视化协同的方式大大提高各个参与方的沟通效率。BIM 模型能准确算出土方量,材料量等工程量,给成本估算和物资采购给予准确的数据支撑。

施工阶段 BIM 技术应用更深入。将模型和施工进度计划相结合,可以得到 4D 施工模拟,直观地展示工程在时间维度上发展的过程,有利于管理人员优化施工部署、合理安排工序。将成本信息融入模型之中,便产生了 5D 模型,从而能够对工程成本实施动态的跟踪与调节。现场施工人员可以通过移动设备查看 BIM 模型,清楚知道每个构件该安装在哪儿、安装有什么要求,就可以进行精确的施工。尤其对于地形复杂的坡地设计或者异形构筑物的建造来说, BIM 的三维

坐标定位功能就显得十分必要。

项目竣工后,包含完整信息的 BIM 模型不会废弃,而是作为重要的数字资产移交给运维单位。模型里面存有全部设施设备的具体位置、型号、供应商以及维修记录等详细信息,这就构成了一本数字化的运维手册。管理人员可以凭借 BIM 平台快速找到故障点并查询相关资料,然后制定出科学的养护方案,大大提高建成后管理水平和园艺服务的水平。BIM 技术贯穿了都市景观工程蓝图设计、项目实施以及长期维护的整个周期,成为都市景观工程精细化、智能化管理的根本所在。

（二）无人机航拍与进度影像管理

无人机技术的应用给都市景观工程现场管理打开新的视角,也为现场高效数据采集提供方式。依靠其机动性高、成本低的特点,正在快速成为施工进度监控、土方测量、现场影像资料管理等领域的关键工具。

施工进度管理中无人机可定期对整个施工场地做高分辨率航拍。从不同时期正射影像图叠加比较,管理者可以清楚了解工程的建设情况,绿化种植区的铺设完成程度,硬质铺装材料的延伸状态,构筑物建造状况等等。这样全局的、可视化进度记录,相较于文字报告或者局部照片更加直观全面。影像资料可以同 BIM 模型或者施工计划相联系,进而达成对进度偏差的自动识别和预警,给管理者及时调整资源配置赋予有力的决策依据。

土方工程量精确计算一直成为景观施工的一大难题,传统的测量方法工作量大、精度低。无人机倾斜摄影技术可以从多个角度对场地进行拍摄,很快就可以得到高精度三维点云模型以及数字表面模型。利用专业软件对比不同时段的地形模型,可以准确得出填方、挖方体积,误差很小,为土方平衡、成本核算、工程结算提供可靠的数据。

无人机获得的高清影像、视频也被广泛应用于项目管理以及存档的重要资料。它既可以用于施工安全检查,及时发现潜在隐患,又可以当施工日志的一部分来详细记录重要节点施工工艺及现场情况。大型或者地形复杂的景观工程,无人机可以轻易到达人力无法到达的区域,获取全部现场信息。定时采集、系统管理的影像资料,一起构成了完整的工程影像史,给项目复盘、纠纷解决、今后的宣传展示提供丰富的素材。

（三）移动端质量安全管理系统的应用

随着移动互联网技术的日益普及，以智能手机、平板电脑为载体的移动端质量安全管理系统已经成为现代景观工程“智慧工地”建设中不可缺少的一环。它把过去依靠纸质检查表格、整改通知单的质量检查、安全巡检、问题上报等流程全部电子化，集中到一个移动应用里，现场工作人员可以随时用手机进行质量检查、安全巡检和问题上报，实现管理的即时性、便捷性和闭环性。

利用移动端的管理系统，质量员或者安全员在进行现场巡查的时候，按照事先设定好的检查清单一项一项地进行核对。发现问题，立刻用手机拍照或者录像取证，并加上文字说明，准确找到问题在图纸或者 BIM 模型构件上，一键生成电子整改单，直接推送到施工班组负责人手上。信息传递效率高，图文结合，定位准确，避免了口头或纸质单据传递过程中由于理解偏差而造成的耽误。

责任人接到整改通知之后，可以在 APP 上查看问题详情；整改完成后，也通过拍照上传的方式进行回复。质量员或者安全员收到回复之后马上开展在线复核，确认合格之后就可以关闭此问题项。发现问题、任务派发、执行整改、复核关闭构成的数据闭环过程，所有记录保存在云端服务器上随时可以被查询查阅。系统后台可自动产生质量安全统计报表，包含问题类型占比，班组整改速度排行，高发问题区域等等，为项目管理层赋予数据化决策支撑，有益于找出管理方面的短处并及时予以改正。

除了质量安全检查功能之外，此类移动端系统一般还会包含施工日志填报、人员实名制考勤、技术交底查阅、材料验收等实用功能，把诸多管理模块集中在一个平台上。其应用冲破了办公室和施工现场之间的信息壁垒，把管理流程推进到“最后一米”，明显改善了现场的协作效率和管控水准，是保证都市景观工程项目质量与安全的重要技术手段。

第四章 都市景观工程材料与资源管理

第一节 景观工程材料的分类与特性

一、主要材料类别及其性能要求

（一）植物材料的生态习性与景观功能

植物是景观工程中唯一具有生命的核心要素，植物的选择和应用要符合生态原则。选择植物材料时要考虑植物的生态习性，即它对光照、水分、土壤酸碱度、温度等环境条件的适应能力。优先选用适应当地气候、土壤的乡土植物，是建立稳定、低维护植物群落的前提。乡土植物比外来物种具有更强的适应性，可以有效地降低后期养护费用，对维持地区生物多样性、为本土动物提供栖息地和食物来源起到不可替代的作用。在干旱少雨的北方城市推广耐旱的景天类植物或者乡土草种，比盲目种植需水量大的外来草坪带来的生态、经济效益要大得多。

除了生态适应性之外，植物的景观功能也属于另一个重要的考量维度。植物用自身的形态、色彩、线条、质感等视觉元素来创造景观的美学价值。乔木可以用来界定空间、提供荫凉；灌木可以起到遮挡视线或者引导流线的作用；地被植物能很好地覆盖裸露的土壤，防止水土流失。植物的季相变化，春花烂漫、夏叶葱茏、秋实累累、冬枝遒劲，给都市景观增添了时间的维度和生命的律动。在进行植物配置的时候，应该将植物的生态习性与景观功能相结合，采用乔、灌、草合理搭配的方式，形成美观且健康的复层植物群落，发挥调节微气候、净化空气、降低噪音等多种生态服务功能。

（二）硬质铺装材料的物理与美学性能

硬质铺装是构成都市景观空间的骨架，它决定了场地是否实用、安全、好看。物理性能是选择铺装材料的基础，主要的物理性能指标有抗压强度、耐磨性、防滑性、透水性等。在广场、主要园路等人流量大区域应选用强度高、耐磨损的花岗岩、混凝土砖等高强度材料来抵御长时间的踩踏、重载。在儿童活动区、坡道、临水区等地方，材料的防滑性是关系到使用者生命安全的一根弦，必须选择表面

有一定程度粗糙度的材料。随着海绵城市的推广,铺装材料的透水性越来越被人们所关注,采用透水砖、透水混凝土或者在传统的铺装中设置嵌草缝等,可以促进雨水的下渗,补给地下水,缓解城市内涝。

美学效果对于形成空间氛围、场所精神起着重要的作用。材料本身所具有的色彩、质感、尺寸、拼接等都是设计师用来表达设计意图的媒介。天然石材花岗岩、板岩等,因其独特的纹理及厚重的质感,营造出庄重典雅或者自然朴拙的氛围。烧结砖、陶土砖由于温暖的色调和人文气息,多用来营造一种亲切舒适的步行环境。木质铺装由于它的亲和性和天然的温度,被用来做休憩平台、滨水栈道。设计当中不同的材料搭配、对比、并置,可以产生多样的地面纹理,引导视线,划分空间,突出主题,使地面本身也成为一道独特的风景线。

选择硬质铺装材料的过程,就是物理性能和美学性能平衡的艺术。像高度抛光的石材虽然漂亮,但是潮湿的时候会存在危险。多孔透水材料虽然生态效益好,但是容易被污染,清洁维护较难。因此项目管理者与设计师要根据场地具体的功能需求、环境条件、使用者特点、整体设计意图综合考虑,做出最合适的材料选择,实现功能、安全、美学三者之间的和谐统一。

(三) 结构材料与装饰材料的耐久性分析

都市景观工程中的构筑物,廊架、亭、景墙、桥梁等的安全性、使用寿命都依赖于结构材料的耐久性。结构材料主要是指钢材、混凝土、木材、复合材料等。耐久性分析中必须充分评估服役环境下性能衰减的规律。钢结构更要重视防腐蚀问题,尤其是沿海或者高污染工业区,一定要采取热浸镀锌,高性能防腐涂料,耐候钢等防护手段。混凝土结构要注意其抗碳化、抗冻融、抗氯离子侵蚀的能力,设计或施工不当会造成钢筋锈蚀、混凝土开裂剥落,严重时危及结构安全。木材是天然材料,容易被腐朽菌和害虫侵蚀,所以应选用自然耐久性较好的硬木,或进行可靠的防腐处理。

装饰材料附在结构表面上,是景观美学表现的直接载体,耐久性影响景观项目长期视觉品质以及维护成本。外墙涂料、金属饰板、装饰挂板、铺贴瓷砖等都需要具备很好的耐候性,即抗紫外线辐射、耐酸雨侵蚀、抗温度变化等。涂料的保色性、抗开裂性、抗起皮性等都是衡量涂料耐久性的标准。金属饰面还要考虑抗氧化、抗划伤性。装饰材料耐久性不好,容易出现褪色、污损、脱落等现象,既影响美观造成高额的修复更换费用,又会影响场地的正常使用。所以,在挑选

装饰材料的时候，不能只看中它的即时视觉效果，而要慎重考虑它在特定环境下长时间的表现。

二、材料性能的检测与评价标准

（一）国家及行业标准的规范体系

景观工程材料质量控制必须按照国家或者行业发布的标准规范来执行。这一规范体系形成了一种层次清楚、互相补充的结构。最高层级是国家标准 GB，其强制性或者推荐性规定是全国范围内必须遵守的技术底线。第二为行业标准（CJJ 系列），景观建设领域专门性标准，专业性更强。地方标准是根据某地气候、环境、资源等条件对国家或行业标准进行补充、细化所形成的标准。这些标准对各类材料的技术要求、试验方法、检验规则、包装、标志、运输和贮存等各方面均作了具体规定。

规范体系包含景观工程材料的所有方面。针对植物材料有《城市园林绿化用植物材料》等标准，详细规定了苗木的规格、冠形、土球大小、根系状况和病虫害检疫要求。天然石材、混凝土砖、陶瓷砖等硬质材料都有国家有关标准对尺寸偏差、抗压强度、吸水率、耐磨度等物理性能指标做出规定。木材、钢材等结构材料强度等级、防腐处理规范都是项目安全的基本保证。

工程实践中，项目管理人员必须按照有关标准对材料进行招标、验收以及施工过程中抽样检验。不符合标准的材料不得投入使用。这一套规范体系既给工程质量赋予了法律和技术上的保证，又给市场供应公平竞争的尺度，推进材料生产行业技术改造和品质改善。

（二）材料耐久性与环境适应性的试验方法

为了预测并验证材料在长期使用中会表现出怎样的性能，必须采用一系列科学的试验方法。这些试验模拟了材料在实际环境中会碰到的各种不利因素，以此来评判其耐久性以及环境适应性。试验方法主要有两种，一种是实验室加速老化试验，另一种是现场暴露试验。实验室试验利用加强光照、温度、湿度、化学介质等条件，在短时间内模拟材料多年的老化过程，是筛选、评价材料性能的有效方法。

各类材料的耐久性与环境适应性可通过以下试验方法进行评估，详见下表：

常见材料试验方法

试验类型	主要目的	适用材料举例
物理性能测试	评估材料的机械强度和抗破坏能力，如抗冻融、耐磨损	石材、砖、混凝土
化学侵蚀试验	模拟酸雨、工业废气、融雪剂等化学物质对材料的长期影响	金属、混凝土、涂料
老化性能测试	模拟紫外线辐射、温度变化等对材料的老化作用，评估保色性、抗开裂能力	高分子材料、涂料、木材
生物适应性测试	评估材料对腐朽菌、害虫等生物侵蚀的抵抗能力，或植物品种的生长适应性	植物材料、防腐木材

常用的试验方法包括：

1. 物理性能测试，主要是对硬质材料进行测试。用冻融循环试验来检验石材、砖、混凝土等在寒冷地区抵抗冻融破坏的能力，反复进行低温冷冻和高温融化循环。对铺装材料进行耐磨性检测，模拟行人或者车辆长期摩擦的影响，评价材料表面抵抗磨损的能力。
2. 化学侵蚀试验用以模拟酸雨、工业废气（含氯盐融雪剂）等化学物质对材料的作用。将材料样品浸入一定浓度的酸性或者盐性溶液中，并定期测量外观变化、强度损失和质量变化，来评定耐化学腐蚀性。
3. 老化性能测试主要是对高分子材料、涂料、木材等有机或复合材料进行测试。用紫外光老化试验箱或者氙灯老化试验箱模拟太阳光中的紫外线辐射，加速材料的光降解、老化过程，评价其保色性、抗粉化、抗开裂能力。
4. 生物适应性测试，主要是对植物材料和部分容易受到生物侵蚀的建筑材料进行测试。新引进的植物品种，在项目所在地或类似环境试验田进行一至两个生长周期的适应性栽培，观察其生长势、抗病虫害能力、景观效果。防腐木材会进行野外埋地试验或者实验室抗腐朽菌、抗白蚁试验。

（三）新型材料的认证与准入机制

随着科技的发展，新型景观材料不断涌现出来，有再生骨料透水混凝土、木塑复合材料、光催化自清洁涂料等。新材料一般具有更好的环保性能或者特殊功能，给景观设计提供了更多的可能性。但是由于缺乏长期工程应用案例以及成熟的技术标准，因此在性能稳定性、耐久性等各方面存在不确定性，会带来设计师、业主潜在的风险。因此建立科学透明的新型材料认证和准入制度就显得尤为必要。

该机制意在对新材料做系统的评价，给新材料进入市场应用提供可靠的技术

支撑。机制所包括的内容有材料生产商必须向用户全面提供相关资料,内容涉及材料配方、生产技术参数、性能指标、第三方检测报告等。由权威行业协会或者认证机构的专家委员会来实施评审工作,专家会就材料的技术革新性,性能稳定情况,环境影响以及同已有标准的兼容程度展开评判。选取试点工程或者示范项目加以应用验证,在真实环境中观测新材料的施工工艺,实际表现以及耐久情况,搜集关键数据。在试点应用获得成功经验、积累大量数据之后,相关机构就会制定技术指南或者出台技术标准,为新材料的大规模推广创造条件。该认证和准入制度很好地平衡了技术创新和工程安全保护的需求,可以加快优质新材料的推广应用,把不成熟或者有潜在风险的产品挡在市场之外,促进整个行业的健康、可持续发展。

三、材料选择的技术经济分析

(一) 全生命周期成本评价模型

传统的材料成本核算只注重材料采购、安装等初期的投资,没有考虑到材料在整个使用年限内所需要的后续支出。全生命周期成本评价模型给经济分析供应了一种更加科学,全面的框架。它把材料从“摇篮到坟墓”的全部费用算进来,主要包含初期费用(材料费、运输费、安装施工费),运营费用(清洁、能耗),维护维修费用(定期检查、小修、部件更换),最终处置费用(拆除、回收、废弃处理)。

利用 LCC 模型进行经济性分析,可以发现不同材料方案的真经济性。以方案 A 使用价格便宜的防腐木作为平台铺装,前期投入少;方案 B 使用价格较高的木塑复合材料。从初期投资角度看,方案 A 更有优势。但 LCC 分析表明,防腐木一般每两到三年要重新涂刷一遍,十年左右就要局部更换,而高质量的木塑复合材料几乎不需要维护,使用寿命也远比前者长。将未来几十年的维修更换成本折现到现在,那么方案 B 的总生命周期成本就会比方案 A 低很多。

LCC 评价模型让项目的决策者从长远的角度来考虑选择耐久性好、维护量小、生命末期易于回收的材料,即使初期投资稍高一些。既可以节约业主大量的长期资金,又能符合可持续发展的要求,即用最少的资源消耗、环境代价获得最持久的服务价值。全生命周期成本分析,就是景观工程迈向高质量、可持续发展的一种强有力的经济手段。

（二）地方材料的可获得性与经济性

可持续景观设计与建设中首先要使用地方材料。地方材料也叫乡土材料，指项目所在地及其周边地区自然产出或者加工生产的材料。在材料选择的时候，对其可获得性以及经济性展开评定是不能缺少的环节。可获得性分析主要就是本地是否有稳定的、足够的材料供应源，供应商的生产能力、技术水平、质量控制体系是否能够满足项目的需要。需要对当地的石材厂、砖窑、苗圃、木材加工厂等做详细的市场调研。

地方材料的经济性表现在几个方面。最直接的好处就是可以大大缩短运输时间、降低运输费用，尤其是对石材、土壤等重质材料来说，长途运输的成本非常高。缩短运输距离就意味着能源消耗、温室气体排放显著减少，有明显环保效果。深层次的经济效益就是能带动地方相关产业的发展，增加本地区的就业机会，使项目投资更多留在当地社区，从而促进区域经济良性循环。地方材料往往最能体现一个地域的地理风貌和人文特色，用当地的石材砌成景墙，用当地的树种营造绿荫，可以创造出具有强烈场所感和文化认同感的景观空间。这种无形的价值是标准化的工业成品所不具备的。

（三）材料性能与设计意图的匹配度

材料是设计师用来书写空间诗篇的语言，它所包含的文化、情感、审美等要素都是其性能的有机组成部分。材料性能与设计意图相适应的程度，才是评判材料选择是否成功最高等级的标准。优秀的设计，材料的选择必定是经过深思熟虑的，每一块石材、每一张木板的选择都是为了整体的设计理念。

匹配度表现在很多方面，功能上材料性能要符合空间的使用需求。儿童玩耍区地面应该选用柔软、弹性好一些的材质，比如塑胶地垫、厚草坪，而不是硬邦邦的花岗岩。从美学上来讲，材料的色彩、质感、光泽、肌理一起就形成了特定的空间气氛。为了营造出现代、简洁、有科技感的办公园区入口，设计师一般会使用不锈钢、玻璃、抛光黑色花岗岩；为了营造出宁静、自然、让人冥想的禅意庭院，则会使用风化的旧石板、粗糙的夯土墙、带有天然疤结的木材。

材料的选择，就是技术和直觉的完美结合。因此设计师必须要兼备工程师严谨科学素养，对材料强度、耐久性、经济成本等都了如指掌，而且还应具备一定的艺术造诣和审美水平。当材料的物理性能、经济成本，以及它所表现出的审美、文化内涵与项目的设计目的相吻合的时候，材料就不再只是一种物质，而是成了

一个精神载体，从而达到功能、形式和意义的完美结合。如此深入的匹配度，就是创作出经典、耐看、有灵魂的景观作品的根本所在。

第二节 绿色材料的选择与应用

一、绿色建材的评价体系与认证

（一）绿色建材的“四节一环保”内涵

绿色建材核心价值可概括为“四节一环保”的要求，它从全生命周期角度来全面地体现出绿色建材的环境效益。“四节”即节能、节地、节水、节材。节能要求建材在生产、运输和使用中能耗低或者具有良好的保温隔热性能，能够有效降低建筑物或者构筑物的运行能耗。节地就是优先采用工业废料、城市垃圾等代替对土地资源的开采占用。节水体现在建材生产过程中水资源的循环利用和高效利用，以及材料本身具有涵养水源、促进水循环的功能，比如透水铺装材料。节材，就是采用高性能、长寿命、可循环的材料，通过优化设计减少材料使用量，做到物尽其用。

“一环保”即建材对环境的友好程度，这是最基本的要求。它指的是从原料开采、生产加工、施工应用到最终废弃处置的整个生命周期内，尽可能减少对自然环境的影响，并且对人体健康无害。控制有毒有害物质的释放，例如甲醛、挥发性有机化合物等，减少生产过程中“三废”的排放，保证材料废弃后可以安全处置或者回收再利用，不产生新的污染源。“四节一环保”共同组成了绿色建材的全部内容，也是评判景观工程材料选取是否契合可持续发展观念的标准。

（二）国内外主流绿色建材认证标准

为了能够对绿色建材做出系统的评定和区分，世界各国相继颁布了权威的绿色建材认证标准。这些标准给市场营造出一种统一的“绿色语言”，促使绿色技术得以革新和流传。在美国的 LEED 评价体系当中，“材料与资源”章节就对建材的再生成分、地域性、快速再生性、生命周期评价等方面做出了具体规定。英国的 BREEAM 从管理、健康、能源、水、材料、废弃物、土地利用和生态等各方面综合评价建材的环境影响。

我国国家层面的绿色建材评价标识管理办法以及相应的系列技术导则，形成起具有中国特色的绿色建材评价体系。同样以“四节一环保”为主线，把建材

分成一星、二星、三星三个等级,星级越高,绿色性能就越强。评价内容包含资源属性、能源属性、环境属性、品质属性这四个方面,评价指标包括资源消耗、能源消耗、污染物排放、产品主要性能、耐久性、安全性等。国内外主流认证标准在具体指标和权重上虽有差别,但其根本目的却是一致的,即促使建材行业朝着更加环保、健康、高效的方向发展,给都市景观工程的绿色实践提供科学的工具和明确的方向。

(三) 绿色建材在景观工程中的应用比例要求

在政策的引导以及市场的推动下,很多城市已经把绿色建材的应用比例作为景观工程项目审批、验收以及绿色建筑评级的前置条件。源头控制项目环境足迹,强制推行可持续材料在建设领域中的应用。一般规范会依照项目的种类、规模以及所在地,就绿色建材的使用比例作出最低要求,像项目价值或者体积百分之五十以上的材料须有绿色建材认证。这些量化指标把宏观的可持续发展理念转化为具体工程指令,促使设计单位在方案阶段就把材料的绿色特性考虑进去,要求施工单位创建起绿色采购和供应链管理体系。不仅可以提高单个景观项目的生态效益,还可以通过需求侧拉动,促使上游建材企业加大研发力度,开发出性能更好、更环保的新型建材,从而形成良性循环,加快整个建筑行业向绿色转型的步伐。

二、可再生与可降解材料的应用

(一) 竹木材料在景观结构中的创新应用

竹材、木材等典型的可再生生物质材料本身就有碳汇功能,合理开发利用是实现景观工程负碳设计的重要途径。传统的防腐木在景观中使用较多,但是随着现代技术的发展,竹木材料的性能更加优异,表现形式也更加多样。工程竹(或重组竹)经过竹材纤维重新组织,高压成型后强度、硬度、耐候性远高于天然竹材,可以用来制作高强度的景观桥梁、廊架、座椅和建筑外墙等。

木材方面,交错层积木材、胶合木等工程木产品通过技术手段改善了木材的各向异性,可以做为结构材料来建造大跨度、造型独特的景观构筑物。新型竹木材料既能保留天然材质的温润质感与亲和力,又可以营造出自然亲切的游憩空间,在保证工艺标准的前提下,通过标准化、预制化的施工模式可以缩短施工工期、减少现场湿作业。

采用现代防腐、防火、改性技术改良竹木材料可以大大提高耐久性,减少后期维修次数和费用。用现代的方式把含有自然之美和生态之智的这些材料用于都市景观,既美化了空间,又是对循环经济、低碳生活的最好注脚。

(二) 再生骨料与透水铺装技术

城市化进程中,建筑垃圾围城之困越来越严重。把废弃混凝土、砖石等建筑垃圾经过破碎、筛分、清洗等一系列处理加工获得的再生骨料也是一种资源循环利用的方式。在都市景观工程中,再生骨料可部分或者全部代替天然砂石,用作道路基层、广场垫层、植草砖、景观混凝土制品(路缘石、树池等)。这样既可以有效消纳大量的建筑废弃物,节约堆放、填埋所占的宝贵土地资源,又可以减少天然矿产资源的开采,从而达到保护环境的目的。

将再生骨料和透水铺装相结合,就是建设海绵城市景观体系的重要一环。透水铺装系统是由透水混凝土、透水沥青、透水砖等构成的,其内部有较多的连通孔隙,雨水可以快速下渗到地下,补充地下水,也可以和配套的收集系统一起调蓄再利用。铺装结构中使用再生骨料,可以进一步提高铺装结构的生态价值。设计时需要考虑的是:

1. 再生骨料的级配、强度、孔隙率要符合透水铺装的设计需求,这样才能保证承载能力以及透水性能。

2. 铺装系统下面应该设置合理的基层和垫层结构,并考虑防堵塞措施,如设置反滤土工布等,以保证长期有效的透水功能。

这项技术的推广使用,可以使城市硬质景观由阻断水循环的“隔水层”变为促进水文生态循环的“渗透层”,对缓解城市内涝、削减雨水径流污染、改善城市微气候有不可替代的作用。

(三) 生物降解材料在临时设施中的使用

都市景观工程经常会用到很多临时性的设施,如节庆活动的装饰装置、施工期间的围挡、护坡材料、育苗用的花盆等。这些设施使用时间短,活动结束后容易变成难以处理的垃圾。生物降解材料的使用为解决上述问题提供了一个很好的办法。以聚乳酸、聚羟基脂肪酸酯等生物基聚合物为代表的材料,其原料大多来源于玉米、甘蔗等可再生植物资源。

在一定的环境条件下(如堆肥),可以被微生物完全分解为二氧化碳、水和生物质,不会造成环境污染。以大型花卉展览为例,使用生物降解塑料做的育苗

盆、临时标识牌等在展会结束时可以和植物残体一起进行堆肥，就地循环利用。在河道、坡地生态修复工程中，用植物纤维和生物降解聚合物制成的植被毯，前期可固土保水、防止水土流失；待植物根系长牢后，植被毯自身会慢慢降解，变成土壤有机养分，整个过程不需要人工去除，新生植被也不会受到二次干扰。通过这些一次性或者过渡性的景观元素中使用生物降解材料，在满足其功能的前提下，尽可能的减少项目全生命周期内的废弃物产生量，践行“从自然中来，到自然中去”的生态设计思想。可再生与可降解材料的特点及其在景观工程中的应用，详见下表：

可再生与可降解材料特点及应用表

材料类别	主要特点	典型应用	环境效益
竹木材料	可再生、碳汇功能；工程竹强度高；工程木大跨度、造型独特	景观桥梁、廊架、座椅、建筑外墙、构筑物	减少碳排放、自然亲和、可持续利用
再生骨料	循环利用、变废为宝、部分替代天然砂石	道路基层、广场垫层、植草砖、景观混凝土制品、透水铺装	消纳建筑废弃物、节约土地、减少矿产开采
生物降解材料	生物基、可被微生物完全分解	临时装饰装置、施工围挡、护坡材料、育苗花盆、临时标识牌	减少废弃物产生、避免二次污染、回归自然

三、低碳环保材料的推广实践

（一）低碳水泥与高性能混凝土的应用

水泥生产是工业领域重要的二氧化碳排放源之一，熟料煅烧过程会产生大量的碳。推广低碳水泥成为景观工程材料减碳的主要途径。低碳水泥主要是用粉煤灰、矿渣、硅灰等工业废料作辅助胶凝材料，部分代替高耗能水泥熟料以达到减排的目的。保证性能的情况下，每替代一吨熟料，大约可以减少 0.8 吨二氧化碳的排放。景观工程中大量混凝土结构物，如挡土墙、基础、铺装等都可以优先选用掺入大量混合料的低碳水泥或者商品混凝土。

与此同时高性能混凝土、超高性能混凝土的使用也被作为低碳化的趋势。该类混凝土通过调节材料组成及微观结构，其强度、韧性、耐久性远超普通混凝土。其低碳优势有两个方面，第一强度很高，构件的截面尺寸可以显著减小，从而大幅降低水泥的用量和碳排放；第二耐久性好，结构物的使用寿命长，全生命周期内维修更换的次数少，避免因重复建设而造成资源消耗和碳排放。在景观桥梁、

薄壳结构、创意雕塑等项目中采用高性能混凝土,能得到更轻盈、更雅致的造型,并且符合可持续发展的深层需求。

（二）无毒害涂料的选用标准

涂料是景观构筑物、设施表面的“皮肤”,它的环保性能影响公共空间的空气质量以及使用者的健康。传统的溶剂型涂料含有大量的挥发性有机化合物,在涂装和使用时不断向空气中释放出来,既污染环境又对人体呼吸系统、神经系统造成危害。因此,都市景观工程中必须严格使用无毒或者低毒的环保涂料。

选择时首先的标准是控制挥发性有机物的含量。水性涂料使用水作为稀释剂,从根本上用有机溶剂取代了它,挥发性有机化合物含量很低,是目前推广使用的环保涂料。粉末涂料生产、施工时不加溶剂,固化后形成致密的涂层,几乎不产生挥发性有机化合物排放,涂料可回收利用,非常适合金属栏杆、座椅等景观设施的工厂化涂装。对于生态要求高的工程,可以选择矿物涂料(硅酸盐涂料)、植物油涂料等天然涂料,天然涂料取自自然,成分简单,和基层结合好,透气性好,对环境及人体非常友好。采购时必须核查产品的检测报告,保证产品符合国家相关环境标志产品技术要求,从源头上杜绝有毒有害物质进入公共环境。

（三）本地化材料采购的碳足迹计算

材料运输过程属于景观工程隐含碳排放的组成部分,也就是灰色能源的消耗。远距离、高能耗的运输既增大了项目的碳足迹,又加大了交通拥堵、空气污染。因此坚持本地材料采购的原则,就是低碳景观建设的一种有效途径。本地化采购主要选择在项目所在地 500 公里范围内的采矿地、生产地材料,其目的就是尽量减少运输距离。

量化本地化采购的减碳效果,可以通过对材料碳足迹进行计算来达成。简化的计算模型为材料运输碳足迹 $\approx$ 材料重量 $\times$ 运输距离 $\times$ 运输工具碳排放因子。对比本地材料与外地材料这两条供应链,不难发现就环保来说,采用本地化采购更有优势。用本地开采的石材代替外省或者国外进口的同种石材,在运输环节碳排放可以减少百分之九十以上。

推行本地化采购不单是出于环保的考虑,还可以带动地方经济,促进区域内特色建材产业的发展,保护和传承地域性建造工艺和文化。景观设计师在材料的选择上要深入研究当地的自然条件以及人文特色,把当地的石材、木材、陶土、竹材等融入设计之中,创造出既低碳环保又具有地域文化认同感和场所精神的都

市景观。因此需要项目管理者建立供应链调查机制，把碳足迹核算融入材料比选的决策过程之中，保证低碳理念能够真正落实到实处。

第三节 资源循环利用与废弃物管理

一、施工废弃物的减量化与资源化

（一）建筑垃圾分类与回收体系

建筑垃圾的有效管理要以精准分类为起点。在都市景观工程中应该制定现场分类标准，将混凝土、砖石、金属、木材、塑料等各种不同材质的废弃物在产生源头上就进行分类。施工人员必须接受专门培训，能正确区分各种废弃物并分类，施工区应设置明显的垃圾收集容器标识。源头分类可以极大提高后面回收利用的效率和价值。像废弃的混凝土块、砖石之类，经过破碎、筛分之后，能够变成再生骨料，拿来制作路基、广场垫层或者再生砖，这样就能削减对天然砂石资源的开采。

健全完善的回收体系，是实现资源化的关键保证。这就意味着要与有资质的回收企业形成稳定的合作关系，保证分类后的建筑垃圾能够及时、专业地清运和处理。项目管理方要制订详细的废弃物流向管理计划，记载各类废弃物的产生量，清运量，处置方法等信息，创建可追溯的废弃物处理流程。对大型的景观工程，可以考虑引进移动式的或者小型固定式的建筑垃圾处理设备，现场对废弃物进行初步的加工处理，以达到减少运输成本、降低二次污染的目的。

从源头分类、定点投放、集中处理、再生利用形成一条完整的链条，建筑垃圾的资源化利用率将得到很大提高，循环经济会在景观工程里广泛应用。金属废料可以回炉重造，废木材可制备成复合板材或者生物质燃料，都是景观工程可持续废弃物管理的措施。

（二）工程渣土与废弃物的场内再利用

工程渣土是景观工程中产生量较大的固体废弃物之一，主要是由地形整理、管线开挖等产生的。传统的处理方法就是将其运到消纳场填埋，这样既会增加运输费用和交通压力，又会占用宝贵的耕地。实现工程渣土的场内再利用，是解决上述问题的良策。项目规划时就要做土方平衡计算，尽可能做到挖方与填方内部平衡，减少渣土外运。

对于不能在场内直接平衡利用的渣土,可以采取各种技术手段进行处理,使其再次利用。添加固化剂、改良剂等,改变渣土的工程性质,使之可以做为路基材料、回填土或者地形塑造材料使用。在景观设计中还可以将多余的渣土用作微地形的材料来塑造,从而得到具有生态功能和观赏性价值的土丘、台地等,既节约了垃圾填埋的成本,又丰富场地的景观。废弃的石块、混凝土碎块等硬质材料可以用来作加筋挡土墙的填充物,也可以用来建设生态护坡,甚至用作特色铺装的点缀,从而把废弃物变成景观元素。变废为宝的场内再利用方式一方面可以节省项目成本,另一方面也可以体现循环低碳的设计理念,是景观工程可持续性的一种体现。科学规划,技术整合之后,工程废弃物就会从“包袱”变为“财富”。

(三) 植物废弃物堆肥与土壤改良技术

都市景观建设后期养护时,会产出很多植物废弃物,修剪下来的枝条、落叶、草屑等。这些都是很好的生物质有机废弃物,经过堆肥处理后可生产出优良有机肥料,用于改善项目地土壤,实现“落叶归根”。堆肥过程就是利用微生物的分解作用,使有机物转变为稳定的腐殖质。根据场地条件可以选择条垛式堆肥、静态好氧堆肥、发酵仓式堆肥等不同的工艺。

堆肥技术的中心就是对碳氮比、水分、温度、通风量等参数进行正确的调控。植物性废弃物碳含量高,需要和食堂剩余物、污泥等氮含量高的物质混合,碳氮比调节到 25 到 35 之间,加快微生物的分解。堆肥初期微生物活动旺盛,温度快速上升至 $55^{\circ}\text{C} \sim 65^{\circ}\text{C}$,高温期可杀死病原菌和草籽。后期要定时翻堆保证氧气供应,堆体含水率保持在 $50\% \sim 60\%$ 。经过数周或者数月的腐熟之后,植物废弃物就会变成富含有机质和营养物质的黑色或者深褐色堆肥。

将腐熟的堆肥产品施用于景观绿地,可以明显改善土壤的理化性质。一方面堆肥的有机质可以改善土壤团粒结构,提高土壤保水保肥能力,改善土壤通气性;另一方面堆肥的有机质可以给土壤微生物提供充足的食物,保持土壤微生物生态系统的活力,抑制土传病害的发生。就地对植物废弃物进行资源化利用可以解决废弃物的处理问题,可以避免焚烧、填埋造成的环境污染,还可以减少对外购化肥、土壤改良剂的依赖,降低景观项目后期养护成本,是实现景观生态系统物质循环、能量流动的有效途径。

二、水资源的循环利用策略

（一）雨水收集与中水回用系统设计

雨水是城市中被严重低估的清洁水资源。都市景观工程中，设计一套高效能的雨水收集系统是实现水资源循环利用的第一步。这套系统一般由汇水区、输水管网、截污净化设施、储存设施、利用设施组成。从源头上延缓径流、增加雨水下渗，在设计上可以采用绿地、透水铺装、下凹式绿地、植草沟等海绵城市设施。多余的径流被引导至地下蓄水池或者生态调节塘。雨水进入储存设施之前需要经过初期弃流、过滤、沉淀等简单的处理，来去除径流中所带有的污染物。

中水是经过处理的生活污水或者工业废水，也是景观用水的一个重要补充水源。将项目地或者周边建筑物产生的中水通过专门的管道输送到景观区域，可以大大减少新鲜自来水的用量。中水回用主要看处理工艺的选择以及水质保证。根据回用水目的（绿地灌溉、水景补水、道路冲洗等），需要进行不同的深度处理，保证水质达到有关国家标准，防止对植物、土壤、人体健康造成危害。

将雨水收集与中水回用系统结合起来进行设计，可形成较为稳定的循环用水系统。在旱季时优先使用储存的雨水，不足部分再用中水来补充；在雨季时尽可能多地收集利用雨水。多样化的非传统水源利用模式可以明显提高景观项目的用水效率，减少城市排水系统的压力，提高城市抵抗气候变化造成的暴雨内涝、干旱缺水等风险的能力，是建设水敏性城市景观的重要策略。

（二）节水型灌溉技术与设备选择

景观绿地灌溉是水资源消耗的大头，采用节水型灌溉技术是实现水资源高效利用的关键。相比传统的漫灌来说，现代节水灌溉技术能根据植物实际的需求，将水分精准且均匀地输送到植物根部，最大程度上减少由于蒸发、径流、深层渗漏所造成的水分的损失。

1. 滴灌系统是通过遍布植物根部的滴头，把水一滴一滴、缓慢均匀地输送到土壤中。灌溉均匀度高，水分利用率高，一般达到 90% 以上，适合于树木、灌木、行栽花卉等。滴灌系统可以和水肥一体化技术结合起来使用，将溶解好的肥料和灌溉水一同输送，达到水肥同步高效管理的目的。

2. 微喷灌系统就是通过微喷头将水喷洒成雾状或者细小水流的形式，作用于作物叶面或者根系周围土壤表面的一种灌溉方式。其灌溉范围和强度介于滴灌与

喷灌之间,适用于地被植物、花卉等对空气湿度有要求的植物,也具有较好的节水效果。

3. 智能灌溉控制系统:现代节水灌溉的核心就是智能化。布置土壤湿度传感器、布置小型气象站等仪器来检测土壤含水量、降雨量、蒸发量这些环境因素。控制器根据这些数据以及事先建立好的植物需水模型,自动决定什么时候灌溉、灌溉多久,真正实现了按需供水,不再像以前那样依靠人工经验判断,随意且不准确。同时根据不同区域植物的用水特点采用分区、分时的控制阀门。依靠数据、模型的智能控制才是景观灌溉节水潜力的保证。

(三) 水体生态循环与水质维护技术

景观水体是都市景观的点睛之笔,但是静止或缓慢流动的水体很容易出现富营养化,导致水质变差、藻类大量繁殖,最终变成一潭死水,丧失它的美学和生态价值。所以,建立水体自我净化、生态循环系统是水体水质长期稳定的根本途径,也是实现水体水质长期稳定的最低成本途径。需要从物理、化学、生物等多方面进行综合治理,构建健康的生态系统,依靠自然的方式净化水质,取代传统的大量换水、投加化学药剂的管理方式。

为了实现这一目的,首先要建立完整的水生生态系统结构。即在水中合理搭配沉水植物、浮叶植物、挺水植物和漂浮植物。这些水生植物可吸收水中氮、磷等营养物质,还能进行光合作用提高水体溶解氧含量,给水生动物提供生活场所和食物来源。苦草、狐尾藻等沉水植物在水下形成一片“森林”,发达的根系可以固定底泥,巨大的表面积为净化微生物提供附着床。可以添加光合细菌、硝化细菌、反硝化细菌等有益微生物菌群,它们能够促进有机物的分解和氮循环,将有害的氨氮转化成无害的氮气排入大气。同时放养鲢、鳙等滤食性鱼类及螺、蚌等底栖动物,可抑制浮游藻类的暴发,利于物质循环。建立食藻生物、鱼类、微生物、水生植物组成的立体生态链,可以有效控制内源污染,使水质保持清澈、健康。用生态学原理来维护水质的技术既环保又能创造出生态多样性丰富、生机勃勃的动态水景。

三、土壤资源的保护与改良

(一) 表土剥离、存储与再利用技术

工程开始之初剥离并储藏场地的肥沃表层土壤,成为土壤资源保护的第一步。

表土是经过长时间自然过程形成的,含有丰富的有机质、养分和有益微生物,不能人工快速形成。施工前,要按照土壤勘察结果来确定表土的分布范围、厚度,制订详细的剥离方案。一般要剥离 20 到 40 厘米深的表土。剥离下来的表土要运到指定地点堆放。

为防止表土在贮藏过程中退化,应该采用科学的保护措施。堆放场地应选在地势较高、排水较好的地方,防止积水导致土壤厌氧。土堆高度不应大于 2 米,坡度要缓和,减少压实和水土流失。在土堆表面覆盖草席、无纺布或者种植一些固土能力强的地被植物(黑麦草等)来防止风蚀、雨水冲刷,抑制杂草生长,同时也有利于保持土壤微生态环境,保护微生物的活性。存储时间不宜过长,项目应做好施工计划的衔接,尽量减少表土的闲置时间。绿化种植阶段用储存的表土回填种植区,可给植物提供良好的生长基质,提高苗木成活率及长势,减少以后施肥的需要。

(二) 废弃地土壤的生态修复方法

城市中常常会存在由于工业生产、垃圾堆积或者不合理的土地利用所形成的废弃地。这些场地土壤受到重金属、有机物等污染或者存在严重的物理结构破坏(高度压实、沙化等),不能直接用于植物生长。对这些土壤进行生态修复,使之重获生机,是扩大城市绿地、改善区域生态环境的有效途径。

修复策略选择要按照土壤污染的类型和程度,还要顾及场地的立地条件。对重金属污染的土壤,可以采用植物修复技术,即选用能够大量吸收、富集某种重金属的“超富集植物”(如蜈蚣草对砷的吸收能力),待植物生长到一定时期后,收割地上部分,从而把重金属从土壤中转移出去。对于有机污染的土壤,可以采用微生物修复技术,接种高效降解菌群或者改善土壤环境来激活本土微生物,加快有机污染物的降解。物理修复方法,如客土法(用清洁土壤代替污染土)、深耕松土,主要改善土壤的物理结构,隔离污染物。

在实际工作中,常常把不同的方法结合起来,形成综合的修复方案。先深耕破除土壤板结层,再施加有机改良剂提高土壤肥力和微生物活性,最后再种植修复功能的先锋植物群落。贫瘠的土地变为生机盎然的城市绿地要花费时间与耐心。

(三) 有机废弃物与土壤改良剂的结合应用

将有机废弃物资源化利用,和土壤改良剂科学结合,是快速高效提高土壤质量的有效途径。前面提到的植物废弃物堆肥,是典型的把有机废弃物转化为优质

的土壤改良剂的一个例子。除堆肥外，经专业处理达标后的城市污泥、可降解的厨余垃圾等有机废弃物也都可以成为优质的土壤有机质来源。

把那些有机改良剂施入土壤当中，就会产生许多益处。可以大大提高土壤中的有机质含量，而有机质是衡量土壤肥力的主要指标。有机质可改良土壤物理性，让黏重土疏松，让沙质土增加保水性。有机物分解过程中会缓慢地释放氮、磷、钾等元素，为植物提供全面而持久的养分供给，减少化肥的使用。更重要的是有机质给土壤中的微生物（细菌、真菌、蚯蚓等）提供能量和食物，能极大促进土壤生物多样性，构建起一个健康的土壤微生态系统。活跃的微生物生态系统可以抑制病原菌生长、促进养分的循环与转化、增强植物的抗逆性。

在具体使用中，可以将有机改良剂与沸石、珍珠岩、蛭石等有特殊功能的矿物改良剂混合使用。沸石具有很强的离子交换能力以及吸附性，可以提高土壤对养分和水分的保持能力，降低重金属的活性；珍珠岩、蛭石可显著提高土壤的孔隙度、通气性。通过有机、无机改良剂的科学配伍可以针对不同的立地条件、植物需求来制定最合适的土壤改良方案，从而达到废弃物高效循环利用、景观土壤质量根本性提高的目的。

第四节 材料供应链的优化策略

一、材料采购的精细化管理

（一）集中采购与战略供应商管理

集中采购是将项目群或者大型项目的材料需求集中起来，通过规模优势增强与供应商的议价能力，以此来降低采购成本。该模式把分散采购变为集中管理，一方面可以简化采购流程，提高工作效率，另一方面可以统一材料标准，保证各个标段或者区域的景观效果统一协调。通过集中采购平台对需求、订单、支付进行全流程的跟踪，可以提高透明度、规范性。

集中采购的补充是战略供应商管理。其核心就是和少量的核心供应商建立长期、稳定、互信的关系，而不是一次性交易。信息共享和协同创新可以给项目方提供更加可靠的供应保证、更好的技术支持，甚至与供应商一起研发新型环保材料。伙伴关系把供应商深度嵌入到项目价值链当中，促使供应商参加成本控制和质量改进，共同抵御市场风险，达到共赢的目的。

（二）基于建筑信息模型的材料精确算量

运用建筑信息模型技术，使景观工程材料算量的精确化有了革命性的手段。设计人员可以利用三维可视化模型来直观地做铺装、绿化、小品等的设计工作，模型所包含的数据信息也使得系统可以对各种材料进行准确的计算，比如每一块异形石材的尺寸、每一个种植区域的苗木的数量和规格。

基于模型的算量方式相比于传统的人工读图计算方式要准确、高效很多。这就避免了因为估算错误而导致的材料买多了，浪费且增加仓储压力，或者买少了导致停工待料和工期延误的情况。准确的材料清单为后面采购计划、资金计划及现场管理打下基础，为项目精益建造提供数据支撑。

建筑信息模型不仅在设计、算量阶段使用，它的数据还可以与采购管理系统、库存管理系统无缝对接，从而形成从设计、采购、施工全过程的数据流。设计变更后系统立刻更新材料用量、并及时通知相关方，使采购、施工等各方及时调整以实现动态精细化管控。

（三）准时化供应模式在景观工程中的应用

准时化供应模式的基本思想是在需要的时候、按需要的数量把所需物料送到指定地点。在都市景观工程中采用该模式，项目部无需现场大量囤积材料，特别是石材、构件等占地大、价值高的材料和苗木这类具有生命周期的特殊材料，准时化模式的优势更加明显。可以最小化现场库存，节省宝贵的场地空间，规避由于堆放不合理、二次搬运、天气影响等原因造成的损失以及变质的风险。

准时化的供应对于供应链的协同性要求很高，施工计划与材料需求计划必须相互匹配。具体应用时可按如下步骤进行：

1. 制定详细到日的施工进度计划，并据此分解出每日的材料需求清单。
2. 与供应商签订准时化供货协议，明确供货的时间窗口、数量及质量要求。
3. 建立高效的信息沟通机制，确保施工现场及时向供应商反馈进度变化，动态调整送货安排。

这种模式的成功推行，有助于降低库存资金占用，提升现场管理水平，让施工流程更为顺畅高效。

二、材料物流与仓储管理

（一）苗木等鲜活材料的运输保障措施

苗木是有生命的工程材料，运输质量直接关系到成活率和远期景观效果。运输保障要贯穿起挖、吊装、运输、卸载的全过程。起挖时保证土球完整、规格一致，做好根系保湿、修剪。长途运输应使用有遮阳、防风、喷水等功能的专用车，并控制适宜的温度、湿度环境，最大程度地减少由于水分散失及物理性损伤而造成的植物生理胁迫。

运输途中的固定也不能忽略，大型乔木要用软性材料绑扎，并设置稳固的支撑架，防止树皮被磨坏，树冠被损。灌木、地被植物一般用专用运输筐或者营养钵整体运输，减少根系扰动。运输时间的选择要慎重考虑，尽量避开高温、暴晒的午间，选择清晨、傍晚或者夜间运输，减少苗木处于恶劣环境的时间。

到达现场之后，卸载环节也要做好规划。必须使用合适的吊装设备，有经验的人操作，轻吊轻放，严禁强拉硬拽。卸载后应立即把苗木运到预先设置好的临时假植区，进行喷水、遮阴等养护措施，使苗木尽快恢复生机，为后面种植工序做好准备。整个流程中苗圃、物流公司和项目现场三方要紧密配合，信息流通，交接清楚。

（二）材料堆场规划与二次搬运成本控制

施工现场材料堆场的规划属于影响工程效率、成本的因素。规划不合理会造成材料二次甚至多次的搬运，直接增加人工、机械台班费，并且会影响材料的供应时间，打乱施工节奏。二次搬运会增加材料破损、丢失的风险，也会对成品、半成品的完好性、品质造成影响。因此必须在施工组织设计阶段就对堆场做出前瞻性、系统性的规划。

优化堆场规划要遵照靠近使用地点、便于存取、保障安全、节约用地的原则。根据施工平面布置图和施工顺序，将不同阶段使用的材料布置在各个施工区域附近。结构施工阶段钢筋、模板靠近作业面；铺装阶段的石材、道板砖布置在铺装区域的起始点或者中心位置。对狭长的线性工程设置多个小型分散的临时堆场，随施工进度的推进动态转移，从而实现人找材料向材料找人的转变，使场内运输距离最短。

（三）智能仓储与信息化管理系统

传统的仓储管理方式存在着信息滞后、盘点困难、账实不符等弊端。引进智能仓储和信息化管理平台，属于景观工程材料管理现代化的有效途径。对入库材料粘贴二维码或者植入带有芯片的 RFID 射频识别标签，给材料赋予唯一的电子身份信息，从而实现材料从入库到存储、领用、调拨直至最终使用全过程的跟踪。

管理人员手持终端设备对标签进行扫描之后，出入库登记、库存盘点等任务就可以很快完成，数据也会立刻传送到中央管理平台。该平台综合了库存信息、采购订单和施工需求等数据，可以随时查看各种材料的库存数量、存放位置、规格等信息，也可以设置库存预警值。当某类材料小于安全库存时，系统会自动产生采购申请或者调拨建议，保证供应连续。

智能化的管理模式可以大大提高仓库作业的效率与准确度，而且可以做到信息透明化、共享。项目经理、采购部、施工班组长等根据权限可以进入系统，及时获取实时数据信息进行决策。将独立的仓储环节融入整个供应链的信息网络当中，就是消除数据孤岛，达到项目精细化协同管理的重要一步。

三、供应链风险管理应对

供应链系统在运行过程中会遇到市场、环境、合作方等各方面的不确定性。健全风险管理机制及策略是提升供应链灵活性，保障项目按时交付的基础条件。

（一）材料价格波动的风险对冲机制

都市景观工程所用材料种类繁多，其中石材、钢材、苗木等大宗材料价格很容易受到市场供需、宏观政策、投机行为等多种因素的影响，波动较大。价格风险如果不加控制，就会造成项目成本严重超支，甚至产生合同纠纷。因此建立有效的风险对冲机制十分必要，目的是固定成本、规避或减轻价格不利变动带来的冲击。

常用的对冲手段是签订长期的固定价格合同，特别适合于与战略供应商合作的大型或者长期项目，可以提前确定一段时间内材料的价格。对于市场化程度较高的标准化材料可以探索用期货、期权等金融衍生工具来套期保值。在工程承包合同中明确材料价格调整机制，规定价格变动阈值及调价公式，共同承担市场风险也是一种公平务实的做法。

（二）供应商履约能力的评估与监控

供应商属于供应链中的重要节点，供应商的履约能力好坏会直接影响到材料的质量、数量以及及时性。选择不可靠的供应商，就等于给项目埋下巨大的隐患。因此必须建立系统的、科学的供应商评价和监控体系。准入时，评价不能只看报价高低，应该全面衡量。

对潜在供应商的评估应涵盖多个维度，具体情况可见下表：

潜在供应商评估维度

评估项目	具体内容
财务状况与信誉	查阅信用报告、财务报表，核实企业财务健康状况和商业信誉。
生产 / 供应能力	考察生产线规模、技术水平、历史供货记录及产能。
质量保证体系	审核质检流程、认证证书、质量追溯能力。
过往项目履约评价	走访历史客户，了解其实际供货表现及服务质量。

选择好供应商之后，在履约期间对供应商的持续监督也十分重要。定期的或者不定期的现场抽检、进度核实，保证供应商按照合同约定的质量要求来履行合同，发现问题及时督促整改。

（三）突发情况下的应急供应预案

供应链脆弱性在自然灾害、公共卫生事件、重大政策调整、供应商突然破产等突发事件发生时就会暴露出来。这样会造成关键原材料供给中断、交通路线受阻，使整个工程不能正常运转。制定周密的应急供应预案，是提高供应链韧性、保证项目在逆境中顺利进行的重要“安全阀”。

应急预案的核心就是“备”和“替”。“备”即对工期关键、供应周期长的核心材料设置一定量的安全库存，以减轻短期供应中断造成的冲击。替就是提前识别、认证备选供应商。项目部应在平时选定的供应商之外，建立一个应急供应商资源库，储备不同区域、不同类型的供应商。一出现主供应商问题就可以实施替代采购。应急预案应该包括明确的应急响应启动程序、决策授权机制和内外信息沟通方案，以保证在突发事件发生时能够迅速反应，按预先计划有条不紊地进行应对工作，将项目的损失降到最低。

第五节 材料管理的经济与环境效益

一、材料成本控制的关键路径

（一）设计优化阶段的材料成本控制

都市景观工程的材料成本，大部分在设计阶段就已经基本确定。设计优化为成本控制打下基础。用 BIM 技术进行材料用量精确计算和模拟，可以避免由于设计估算不准确而造成材料浪费的情况。在方案设计阶段使用标准化的、模块化的设计语言可以大大提高材料的通用性以及互换性，从而减少因为异形加工而产生的额外费用以及废料。景观设计师选择材料的尺寸和种类时需要考虑当地市场供应状况，选择常用、价格稳定的材料来减少采购、运输成本。

以功能为导向的设计思维同样十分重要。减少不必要的装饰和复杂造型，把设计的重点放在功能性、耐用性和生态性上，这本身就是一种成本控制。用植草砖代替部分硬质铺装，既可降低材料成本，又可提高绿地率，取得经济和生态双重效益。按照设计理念来控制成本，才能使项目总体效益达到最大化。

（二）施工过程中的材料损耗控制

施工阶段是静态材料转变为动态消耗材料的重要过程，也是材料损耗最容易出现的时候。好的现场管理是控损耗。建立和完善材料验收、领用、保管、回收制度，保证材料有据可查、账物相符。对易碎、易腐蚀的材料要提供合适的仓储环境，防止保管不当造成损失。

精细化的施工组织能够显著降低材料的非正常损耗。具体措施包括：

1. 推行限额领料，按施工进度、任务量准确计算所需材料，禁止一次领料过多造成现场堆积浪费。
2. 改进施工工艺：加强对工人的技术交底和培训，提高操作熟练程度，减少由于操作不当造成的材料报废。石材铺贴前做好精确排版可以最大限度地利用边角料。
3. 加强废料分类回收再利用：施工现场产生的木材、钢材边角料、废弃混凝土等要分类收集，对可再利用的进行二次利用，实现变废为宝，直接减少材料的净消耗量。

采用数字化的管理方式，利用移动应用软件对材料库存、消耗、损耗情况随

时掌握，利于决策。利用数据分析可迅速发现损耗率异常的环节或班组，及时采取纠正措施，从而达到材料损耗的动态、精准控制的目的，使成本管理真正落到实处。

（三）新材料应用的经济效益评估

新材料、新技术的应用是都市景观工程发展的主要推动力，其经济效益的评价不能只考虑最初的采购费用。尽管某些新材料的初始价格比传统材料高，但是它们的长期经济效益一般会更高。评价的时候要采取全生命周期成本观念，把从购置，创建，运作，保养到最终废弃处置的所有费用纳入考量范围。

新材料与传统材料全生命周期成本对比

材料类型	初始采购成本	长期维护成本	使用寿命	综合经济效益
新型塑木复合材料	较高	较低（免维护）	长	高
传统木材	较低	较高（需防腐、涂刷）	较短	较低
透水混凝土 / 砖	较高	较低（雨水管理效益）	长	高
传统硬质铺装	较低	较低	长	较低（无雨水管理效益）

上表为新材料和传统材料在全生命周期成本上做对比。相较于传统的木材而言，新型塑木复合材料前期投入较高，但是因为其优良的耐候性、抗腐蚀性和免维护性，使得后期维修、更换、刷漆的费用大幅度降低。透水混凝土或者透水砖铺装的广场虽然前期投资较大，但是能有效地收集雨水，补充地下水，减轻市政排水管网压力，降低城市内涝风险以及水处理费用。间接经济效益在考虑中绝不能忽略。对新材料的经济效益进行全面、长远的评价，是推进景观工程材料革新的必要条件。

二、绿色材料的环境效益量化

（一）材料隐含碳的计算与比较分析

隐含碳指的是材料在其整个生命周期中，从原材料的开采、加工、制造、运输到施工安装等各个环节所消耗能源所产生的温室气体排放总量，是评价材料环境影响的重要指标。都市景观工程中各种材料的隐含碳差别很大，生产一吨水泥或者钢材所排放的二氧化碳，比生产同等质量的木材或者竹材要多得多。

计算材料隐含碳需要用专业的数据库和方法。将工程项目所用各类材料的数量乘以相应的单位隐含碳因子，即可得到整个项目的总隐含碳足迹。此举让设计

师和管理员可以在材料选择环节就实行前瞻性碳排放评估,从而给低碳景观的实现打下数据基础。

比较分析是隐含碳计算价值的体现。在功能和美学要求相同的情况下可以设计出几种不同的材料组合方案。方案 A 使用传统的混凝土挡墙,方案 B 使用的是本地的石材砌筑的干垒石墙。分别求出这两种方案的隐含碳,就可以直观地看出哪一种方案更环保。用数据为基础的比较分析来支持低碳设计,使景观工程从源头开始就减少对气候变化造成的不良影响。

(二) 材料全生命周期的环境影响评价

材料的全生命周期环境影响评价是种系统的评价方法,评价的范围远远大于单一的隐含碳计算。它包含材料从“摇篮”到“坟墓”的全部历程,既考虑温室气体排放,又考虑资源消耗、能源消耗、水体富营养化、酸化潜能、生态毒性等众多环境影响。这样全方位的评价方式可以避免顾此失彼的情况,防止产生新的环境问题。

用 LCA 方法进行景观工程材料管理可以系统比较不同的材料方案的优劣。以评价一种铺装材料为例,不仅要考虑这种材料在生产过程中所消耗的能源和产生的污染,还要考虑这种材料在使用过程中是否会产生有害物质,废弃之后是可回收再利用,还是可以自然降解,或者是只能被填埋在垃圾填埋场,从而占用土地并造成长期的污染。利用 LCA 评价可找出全生命周期中的主要环境影响环节,进而提出相应的改进措施,选择环境负荷最小的材料方案。

(三) 绿色材料应用的生态补偿价值

绿色材料产生的环境效益,也可以转变为具有社会经济性质的生态补偿价值。价值就是指项目对环境和人类所产生积极的影响。像景观项目里用很多本地木材、竹材等固碳材料,其固碳量能用科学方法算出来,然后乘以碳汇交易市场的价格来估测,就可大致算出碳汇价值。

同样,大面积使用透水铺装材料,其削减地表径流、补充地下水、缓解热岛效应等效益,可参照“海绵城市”建设效益评价标准进行货币化量化。量化评价让绿色材料生态贡献不再是免费的午餐,而成为可以衡量、可以认可的资产。把生态补偿价值计入项目总效益评价,可以促使开发商和设计单位更加主动地使用绿色材料,从而形成“谁保护、谁受益”的良性循环,推动整个行业朝着绿色方向发展。

三、材料管理的综合效益评价模型

（一）经济、社会、环境效益的协同分析

都市景观工程材料管理的综合效益，就是体现在经济、社会、环境这三者之间互相联系、互相促进的相互作用的效果当中。经济效益是全生命周期成本的节省与资产价值的提升，环境效益是资源消耗的降低与生态负荷的减小，社会效益是公共健康、社区活力、地方文化遗产与公众满意度的改善。三者之间密切相关。

协同分析要发现并利用正向关联。采用本地传统手工艺石材，从经济角度降低了运输成本，从社会角度保护并传承了地方工匠技艺，从环境角度减少了长途运输的碳排放。综合评价模型必须可以识别并度量这些协同效应。在建立了权重体系之后，根据各种项目的目标（如成本优先或者生态优先），对各项目的效益进行加权分析，得到一个综合评价值，给不同的材料方案决策提供一个更加全面、均衡的视角。

（二）基于案例的效益评估方法

理论模型要通过实际的案例检验来修正。案例分析法效益评价就是把前面所建立的综合评价模型应用到具体的、已经完成的都市景观工程项目上，通过实地调研、数据收集和对比分析来验证模型的有效性。这就使得抽象的评价指标变得具体化、可衡量。

在实施时，可以选取两个或者两个以上在规模、功能上相似，但在材料选择策略上存在较大区别的景观项目。有的项目用了大量的进口高端石材，另一个项目用的大多是再生骨料、本地木材等环保材料。经过详细的核算它们各自的初始投资、后期的维护费用、隐含碳排放量、雨水的管理能力、周边居民使用后评价等数据，就可以直观的看到不同的材料管理策略所带来的综合效益的差异。鲜活的案例是说服决策者、说服教育者、引导市场的有效方式。

（三）提升材料管理综合效益的策略

根据上述分析，提高都市景观工程材料管理的综合效益要从多方面着手，进行系统性的推进。牵涉到政策、技术、市场、管理等各个方面，关键就是将可持续发展的理念落实到材料管理的每一个环节。

具体而言，可以从以下几个方面着手，构建一个完整的策略体系：

1. 政策引导与标准制定政府部门出台相关政策，对使用高比例绿色材料的项

目给予财政补贴。同时加快绿色建材认证体系和景观工程碳排放计算标准的建立，给设计、施工提供明确指引与依据。

2. 技术创新和改善供应链：推动研发低碳、可再生、高性能的新型景观材料。创建区域性的绿色材料供应链平台，把生产，物流，回收等环节整合起来，从而削减绿色材料的成本，便于取得，利于再生材料的循环利用。

3. 设计理念与管理模式的变革，在项目规划设计之初，就把全生命周期综合效益作为主要目标之一。工程管理过程中全面采用数字化、精细化的材料管理手段，对工程的设计、采购、施工以及运维全过程实施效益追踪并加以改进。

提高综合效益的关键就是形成闭环管理系统。项目结束后应该开展实际效果的后评估，把评价结果反馈给新的项目，实现知识的积累和方法的更新。不断改进的循环，就是推动整个都市景观工程行业向着更经济、更公平、更环境友好方向前进的动力源泉。

第五章 都市景观工程生态保护与修复

第一节 生态保护在景观工程中的重要性

一、生态系统服务功能的认知与评估

（一）城市生态系统的调节、支持与文化服务

城市生态系统服务功能是人类直接或间接从城市生态系统中获取的福祉，大致可划分为调节服务、支持服务与文化服务三大类。调节服务主要是生态系统对环境的调节作用，城市绿地、水体对局部气候的调节作用、植被对空气中污染物的吸收净化作用、海绵城市设施对雨水径流的调蓄作用等都属于调节服务。这些都是与城市生活息息相关的事，是决定城市是否宜居的生活要素。

支持服务是其它所有服务功能得以实现的基石，虽然它本身不直接产生经济效益，但是它是不可缺少的。土壤形成、养分循环、生物多样性维持等。健康的土壤微生态系统为植被的旺盛生长打下了基础，生物多样性使生态系统的韧性、稳定性更强。景观工程施工期间对土壤的扰动、对原生栖息地的改变，都会直接影响支持服务的发挥。

文化服务指的是生态系统给人类带来的非物质方面的收益，包括美学感受、精神愉悦、休闲娱乐、科学普及、地方认同等。城市公园、滨水空间、历史风貌区等景观既是市民休憩、社交的地方，又是城市文化、集体记忆的承载者。它们所带给人的美学感受和与自然的联系，对提高居民的幸福感和心理健康起着极其重要的作用。

（二）景观工程对生态系统服务的影响评估

任何景观工程的建设都会对生态系统服务功能造成影响，影响具有两面性。一方面，如果规划设计不合理，大规模的硬质铺装、破坏原有的地形地貌、引入外来入侵物种等，都会使区域的生态服务功能大大降低，从而造成热岛效应加剧、生物多样性降低、水土流失等问题的突出。另一方面按照生态学原理，可以改善生态系统服务功能，在人工湿地中建设水质净化设施，创建连接各个孤立栖息地

的生态廊道，采用本地植物进行植被群落复育。

项目前期必须做好全面而科学的影响评价。在评估的时候需要考虑项目给调节、支持和文化服务带来的正负影响。常用的评价方法有地理信息系统的空间分析、遥感技术、生态模型。对于各种设计方案的涵养水源、净化空气、固碳、生物栖息地连通性等重要的指标进行模拟，为方案比选和优化提供依据。这种前置性评价可以预见可能产生的生态风险，避免不可逆的环境破坏，寻找生态效益最大的方案，使工程建设由改造自然变为修复并提升自然。

（三）生态价值核算在项目决策中的应用

生态价值核算就是用货币或非货币单位去量度生态系统服务的价值，使它能够被纳入到传统的成本效益分析框架中。长期以来，由于生态系统所提供的服务具有公共物品属性，因此在开发决策中常常处于不利地位。经过价值核算，可以把“绿水青山”这样抽象的概念转化成具有经济说服力的、可量化的、称为“金山银山”的东西。

生态价值核算方法概览表

方法名称	基本思想 / 原理	适用范围 / 举例
市场价值法	直接或间接利用市场交易价格评估生态服务。	农产品、林产品、渔业产品等直接生态产品的价值评估。
替代成本法	评估替代某种生态服务功能的人工成本。	评估森林的水源涵养价值（通过修建水库的成本）；评估湿地净化水质的价值（通过污水处理厂的成本）。
旅行费用法	基于人们为享受某项生态服务所支付的旅行费用（交通、住宿等）来评估其价值。	评估公园、自然保护区、风景名胜区的休闲娱乐、文化服务价值。
意愿支付法	通过问卷调查等方式，直接询问人们为获得或保护某项生态服务所愿意支付的金额。	评估空气质量改善、生物多样性保护等非市场生态服务的价值。

二、生态红线与保护优先原则

（一）生态保护红线区的识别与避让

生态保护红线是通过科学评价划定的，包括水源涵养区、生物多样性保护区、水土流失重点治理区、生态功能重要或者生态环境脆弱的区域。在都市景观工程的选址与规划阶段，第一项工作就是通过国土空间规划数据库，正确判断项目所

在的范围是否涉及或者临近生态保护红线。不仅是一项法律上的强制性规定，也是防止重大生态风险的有效途径。

识别工作要依靠地理信息系统等技术手段，把项目地块和生态保护红线图斑做精确的叠合分析，从而确定红线区的边界、保护目标、管控要求。发现项目在红线区内，必须执行避让原则，改变规划布局，使主体功能区完全避开红线区。对于确实不能避免的重大民生项目、线性基础设施等，也必须要进行严格的论证，并采取最严格生态保护措施，将对其红线功能的损害降到最低。用底线思维建立起来的避让机制，是从源头上防止生态破坏、保证城市生态安全格局的重要防线。

（二）最小干预设计原则的实践路径

最小干预原则就是项目在满足基本功能需求的前提下，尽可能少地对自然生态系统产生影响和改变，使项目适应场地的自然过程和原有特征。这一原则的践行，才真正算得上是景观设计思想由“征服自然”转向“顺应自然”。

1. 保留并利用已有资源，对场地内原有的树木、特色地形、历史遗迹、乡土植被群落等进行详细的调查与评价，将其作为设计的主要元素加以保留，并巧妙地利用起来。在低洼处设置雨水花园或者以场地中的古树为中心营造独特的景观，这样既可以保护生态、文化价值，又可以形成独特的场所精神。

2. 采用低影响开发技术，广泛使用透水铺装、绿色屋顶、下沉式绿地等海绵城市技术，促进雨水就地消纳、渗透、净化，模拟自然渗、滞、蓄、净、用、排的过程，缓解城市内涝，补充地下水。

3. 使用生态材料及工艺，选择本地、再生、环保的材料，减少因生产材料、运输材料带来的碳排放。施工技术上，要避免大范围土方开挖和高强度机械作业，采取更为精细、生态的方法保护土壤结构及表土资源。

通过上述途径，最小干预原则把生态保护的思想融入到设计的每一个环节当中，最后达到功能、美学、生态三者和谐统一的效果。

（三）生态补偿机制的建立与实施

生态补偿是依据谁受益谁补偿、谁破坏谁付费的原则，运用经济手段调节各方利益关系，促进生态保护的一种制度安排。在都市景观工程中，项目建设不可避免地会占用或者破坏一部分生态系统服务功能，此时就需要建立补偿机制来弥补由此造成的生态损失。

生态补偿的方式很多，其中一种就是资金补偿，即项目建设方直接把资金支

付给生态受损区的管理者或者权益人,用于该区域的生态修复或保护。补偿标准的确定一般会根据前面生态价值核算的结果。另一种是异地补偿或者替代性修复,即在其它适宜地块上建设或者修复具有同等或者更高生态价值的区域,实现生态系统服务功能的“占补平衡”。例如如果项目建设填埋了部分湿地,则在规划确定的区域内新建或者修复面积、功能相当的湿地。政策性补偿也是一种有效的手段,用税收减免、容积率奖励等形式来促使开发商自觉提高生态保护标准。健全的生态补偿机制可以把生态保护的外部成本内部化,使工程项目建设者承担应该承担的生态责任,推动保护与发展的良性循环。

第二节 生物多样性保护与景观设计

一、生物多样性调查与评估方法

(一) 项目区动植物本底调查技术

项目区动植物本底调查是描绘区域生态画像的第一步,其主要工作是弄清项目区域内物种种类、数量、分布格局及生境。传统的调查技术,如对植物的样方法、样线法,对动物的样线法、样点法和标志重捕法等,至今仍然是获得基本数据的手段。这些方法依靠系统的实地观察和记录,可以直观反映出优势物种以及群落结构。

随着科技的发展,现代调查技术给本底调查提供了更加高效、精确的手段。红外触发相机可以全天候无干扰的采集兽类、鸟类活动的影像,大大提高了对隐蔽性强、夜行性动物的监测效率。环境 DNA 技术是通过对土壤、水体或者空气中残留的生物遗传物质进行分析,可以快速得到区域内物种名录,对水生生物和微生物的普查尤为适合。无人机遥感技术可以从宏观上迅速得到植被覆盖、生境类型和空间格局信息,从而评价生境质量及连通性。综合使用传统和现代技术,可以建立立体的、全面的动植物本底数据库。

(二) 生物多样性影响评价流程

生物多样性影响评价是对景观工程可能造成的生态系统影响进行预估,并提出相应对策的重要步骤。一套规范的评价程序可以保证工程建设生态上负责任,防止造成不可逆的生态破坏。它一般会依照一个系统的程序来进行,以保证评价的科学性、全面性。

评价工作从筛选、界定开始，即判定项目是否需要做专项生物多样性影响评价，确定评价的空间范围、时间尺度、关键评价因子。之后进入影响预测和分析阶段，用本底调查数据，采用生态模型、专家咨询等方法，对工程在建设期和运营期对物种、栖息地、生态系统功能造成的直接或间接影响进行定量或者定性地预测，如栖息地丧失、破碎化，噪声、光污染对动物行为的影响等。

基于影响预测的结果，评价的核心任务是提出减缓和补偿措施。

1. 减缓措施：规避、减小或者修复负面的影响，调整施工方案避开动物繁殖期，设置隔音屏障，修复被破坏的植被。

2. 补偿措施：即当负面影响无法完全避免的时候，通过在其他地方创造、恢复或者保护同等价值的生境来实现生态补偿。

最后一步就是环境监理和后评价，用长期监测来检验评价结论和措施的有效性，根据监测结果做适应性调整。

（三）关键物种与栖息地的识别与保护

在众多生物中，一些物种或某一类栖息地对维持整个生态系统的健康稳定发挥着举足轻重的作用，它们是生物多样性保护的重中之重。准确识别并优先保护这些重要的因素，是保证景观设计事半功倍的前提。识别工作要综合考虑物种的生态功能、珍稀程度、社会文化价值等各种标准。

关键物种主要包括旗舰物种、基石物种和指示物种。它们的特点及其在生态系统中的作用，可见下表：

关键物种分类表

类别	特点	作用 / 意义
旗舰物种	知名度高，形象鲜明，具吸引力	引起公众关注，成为地区生态保护标志
基石物种	数量可能不多，但影响深远	对生态群落结构和功能有决定性影响
指示物种	对环境变化敏感	其存亡或种群变化直接反映环境质量

识别出这些物种之后，景观设计要以它们的生存需求为基础，在食物来源、繁殖场所、庇护所等各方面开展专项的栖息地营造与优化。同样不能忽视的是寻找并保护好关键的栖息地，散布在城市中的一小块湿地、承载着丰富生物群落的一棵古树名木、作为候鸟迁徙中转站的城市绿地。对重要的栖息地进行严格的保护，划定保护区域，禁止任何建设性活动，在此基础上实施生态强化。

二、提升生物多样性的设计策略

（一）近自然植物群落构建技术

近自然植物群落构建是提高城市绿地生态功能的重要技术，它所追求的是模拟区域内顶级或者演替阶段的自然植物群落，构建起结构复杂、物种丰富、能够自我维持的植物生态系统。摒弃了传统园林整齐划一、单一物种的种植方式，提倡模仿自然。第一步就是选择合适的乡土植物。乡土植物经过长期的自然选择，已经完全适应了本地的气候、土壤、病虫害等环境，可以给本地动物提供最适宜的食物和庇护所。在物种选择方面，要兼顾乔木、灌木、草本、藤本等不同生活型，重视引入蜜源植物、食源植物来支持传粉昆虫、鸟类的生存。

从空间配置上来看，近自然群落重视垂直方向上多层次结构、水平方向上斑块状镶嵌。模拟自然林地的乔、灌、草复层结构，可以给不同的习性动物提供多样的栖息地，最大限度地利用阳光、水分等资源，提高群落稳定性、生产力。水平格局上通过营造林缘、疏林、密林、草地等不同生境斑块来提高生境异质性，满足更多物种对环境的需求。

土壤是植物群落的基础，近自然营造也重视土壤生态系统的修复。用有机覆盖物、减少人为干预、接种有益微生物等方法，可改善土壤结构、恢复土壤生物群落，形成健康的活性土壤。成功的近自然植物群落不仅视觉上生机勃勃，而且也是一个功能完备、能够吸引和支持丰富动物群落的微型生态系统。

（二）动物栖息地营造

给动物提供合适的栖息地，这就是景观设计对生物多样性最直接的支持。这就要求设计师要像生态管家一样，对动物的食、饮、居、藏、行等基本生存需求做出细致的考虑，把这些需求转化成具体的设元素，巧妙地嵌入到景观之中。

水是生命之源，城市景观中设置永久性或季节性浅水水体、溪流、生态水坑等，是吸引鸟类、两栖动物、昆虫最直接、最有效的方法。水体设计要重视缓坡、深浅变化以及水生植物的配置，给不同物种给予饮水、沐浴和繁殖的场所。

食物供给是栖息地营造的重点。种植多种乡土食源植物如果树、蜜源植物等，可以为鸟类、昆虫等提供连续的食物供应。不使用农药，让落叶、枯枝自然分解，可以培育出健康的土壤动物群落，给更高一级的消费者提供食物。

营造多样化的庇护所和繁殖地十分重要。保留或人为堆叠枯木、石块，可以

给昆虫、爬行动物、小型哺乳动物提供藏身之处。设置人工鸟巢、蝙蝠箱、昆虫旅馆等可有效地解决城市缺少自然洞穴的问题。留出一部分区域不经常修剪,形成高草区,给昆虫和地面筑巢鸟类提供繁殖、庇护的地方。

减小人为干扰是保证栖息地成功的重要因素。生态缓冲区、游客路线、夜间照明处都要创造出一种安静安全的环境来,使那些天生比较敏感的动物能在城市里安然地生存。

(三) 生态廊道与生物踏脚石设计

城市化造成自然栖息地严重破碎化,野生动物被分隔在孤立的“生态孤岛”里,面临种群衰退甚至局部灭绝的危险。生态廊道、生物踏脚石出现,目的在于创建连通性景观要素,重建区域生物流动通道,保持遗传多样性、生态系统韧性。

生态廊道是连接不同的栖息地斑块的线状或者带状的绿色空间,如滨河绿带、道路绿化带、铁路沿线绿地等。廊道设计要有一定的宽度,内部结构要有一定的复杂性,满足不同物种迁移的需求。廊道内植被应该以本地植物为主,形成乔木、灌木、草本连续覆盖带为动物迁徙提供食物和隐蔽。道路上的走廊要设置专门的动物通道(地下涵洞、空中走廊等),以减少“路杀”。当建立连续廊道有困难的时候,生物踏脚石就成为一种重要的补充。生物踏脚石是指散布在不能让生物生存的基质(建成区)中的小块栖息地,口袋公园、社区花园、绿色屋顶、生态化庭院等。这些小斑块面积不大,但是能给迁徙中的鸟类、昆虫等提供临时停歇、觅食、避难的地方,使物种跨越“隔离带”所走的距离缩短,像跳棋子一样帮助物种完成长距离迁移和扩散。在城市中系统性地规划、布置生态廊道和踏脚石,可以将孤立的绿地连成有功能的生态网络,大幅度提高整个城市的生物多样性承载能力。

第三节 水土保持与生态修复技术

一、水土流失的成因与危害分析

对都市景观工程建设过程中水土流失的原因和危害进行分析,是制定防治措施的前提。施工扰动、城市化引发的水文改变,还有这些因素对工程本身安全的直接威胁,一起形成了一个繁杂的难题,需要系统的分析和应对。

（一）施工期人为扰动对水土流失的影响

都市景观工程施工期的土地开发活动，是造成水土流失加剧的直接原因。大规模的土石方开挖、回填、场地平整等作业都会破坏原来地表的植被覆盖和稳定的土壤结构。植被根系的固土作用一消失，团粒结构就被机械压实或者搅动破坏，土壤的抗侵蚀能力就会大大下降。裸露的土体直接受到风力、雨水的侵蚀，暴雨时很容易形成地表径流，把大量的泥沙冲走。

工程建造时产生的大量临时堆土场、弃渣场以及未做防护的施工边坡，是水土流失的主要源头。临时形成的陡坡在降雨的作用下稳定性极差，表层冲刷都会发生，小规模的山体滑坡、崩塌也都会发生。施工道路的修建以及车辆频繁碾压都会造成地表严重的压实现象，使土壤入渗能力降低、径流量增大、流速加快，对周边区域的冲刷作用增强。形成的泥沙径流汇入城市排水系统之后，很容易引起管道堵塞以及下游水体污染。

（二）城市径流冲刷与面源污染问题

伴随着城市化的进程，不透水地面（如混凝土路面、沥青路面、屋顶等）的面积不断增大，区域水文循环状况完全改变。天然地表雨水入渗和涵养能力强，不透水地面扩展后，大部分降水很快变成地表径流。径流洪峰流量大、流速快，汇集之后形成强大的冲刷力，对景观工程中的绿地、坡岸、植被缓冲带造成持续的侵蚀，掏空植物根部土壤，形成冲沟，破坏景观的完整性、稳定性。

城市地表径流在汇集的过程中，会冲刷并带走大量污染物，引起面源污染，成为城市水环境恶化的一个重要原因。污染物的来源有很多，有交通工具漏油、轮胎磨损产生的重金属颗粒、大气沉降污染物、园林农药化肥的滥用、生活垃圾、宠物排泄物等。这些物质会随着径流进入人工湖、景观河道等景观水体中，导致水体富营养化、透明度下降、底泥淤积，严重时还会出现水华或者黑臭现象。破坏了景观水体的美观，也严重威胁到水生生态系统的安全。

（三）水土流失对景观工程安全的威胁

水土流失给都市景观工程带来的危害，不仅是生态、外观方面的问题，还会直接对工程结构安全、工程长期使用稳定性造成影响。构筑物在坡地上，其基础下部的土壤受到侵蚀流失时，就会出现构筑物结构悬空、开裂、下沉、倾斜等危险。景观工程里经常出现的挡土墙，护坡这些支护结构，稳定设计同墙后填土的密实程度，坡脚的支撑力有着密切联系。持续的水土流失会降低墙后土体的密实度，

增大墙体所受的侧向土压力，削弱坡脚的抗滑力，在极端情况下会导致支护结构失稳垮塌。流失的泥沙大量淤积在排水系统、景观湖泊、洼地中，削弱了工程防洪调蓄的功能，增大了城市内涝的风险，不但提高了后期清淤维护的费用，还缩短了工程的使用年限。

二、工程性水土保持措施

（一）坡面防护工程设计

坡面是水土流失发生的主要地段，对坡面实施有效的工程防护是水土保持工作的关键。坡面防护设计需综合考虑坡度、土质、水文状况以及景观要求。对于坡度缓、稳定性好的土质边坡，可优先采用植生袋、生态袋或三维植被网。通过在坡面上构建模块化的种植基质或网状结构，为植物生长提供附着点，利用植物根系的固土作用实现长期稳定，并快速实现坡面绿化，兼备防护和美化的功能。不同坡面防护工程措施的适用场景和特点，可见下表：

常见坡面防护工程措施对比表

方法名称	适用坡度 / 土质	主要特点	优势
植生袋 / 生态袋 / 三维植被网	缓坡、稳定性好	模块化种植基质或网状结构，与植物结合	快速绿化，固土，兼顾防护美观
浆砌片石护坡	冲刷严重、整体稳定的坡体	砂浆块石砌筑，形成整体	强度高，抗冲刷能力强
格构梁框架护坡	地质复杂、高风险边坡	钢筋混凝土梁格，格内植被	工程约束与植物柔性防护结合，稳定生态兼顾

地质条件复杂、坡度陡、易出现滑塌的高危边坡应选用浆砌片石护坡或者格构梁框架护坡。浆砌片石是用砂浆把块石砌成整体，起保护作用，适用于冲刷严重但是整体稳定的坡体。格构梁框架是在坡面上浇筑钢筋混凝土梁格，在格构内回填客土种植植物，形成工程约束与植物柔性防护相结合的复合系统，保证坡体宏观稳定的同时也为生态恢复保留了空间，实现工程安全与景观生态的统一。

（二）截排水沟与沉沙池系统的优化

有效地管理地表径流，就能很好地控制水土流失。截排水和沉沙系统主要完成“疏导”和“净化”的任务，即对坡面径流有组织地拦截引导，在汇入下游水体前去除其中的泥沙。此系统的改善设计，是提高水土保持效果的重点。

- 1. 系统布置合理，截水沟设于坡顶或汇水面积较大的平台处，边坡每隔一定

高程设一处,拦截上游来水,防止径流在坡面集中冲刷。排水沟用以将截流后的雨水安全、有序地排向安全地点。沟渠断面尺寸、坡度、材质等应做水力计算,保证在设计暴雨强度下不溢流,不产生超速冲刷。

2. 生态化沟渠设计,传统的混凝土矩形沟渠排水效率高,但是生态功能差,视觉效果也较生硬。条件许可时应当首先采用生态型排水方式,即植草沟。植草沟通过在沟内种植耐水湿植物,用植物茎叶的阻滞和根系的过滤作用来减缓流速、沉淀泥沙、吸收污染物,实现径流的自我净化。

3. 沉沙设施的精细化才是重中之重。沉沙池作为径流中悬浮颗粒物最后一道过滤装置,优化方向就是多级串联、功能复合。设置大小不同的多级沉沙池,逐级去除不同粒径的泥沙颗粒来提高净化效率。可以把沉沙池和雨水花园、人工湿地等景观元素结合起来,形成集泥沙沉降、雨水渗透、生物净化、景观游赏为一体的多功能雨水处理设施,把原来的单一水保工程巧妙地融入到整体景观设计当中。

(三) 临时覆盖与快速植被恢复技术

在景观工程施工过程中,大面积裸露地面是水土流失最严重的时候。采用临时覆盖和快速植被恢复的技术,在永久性的防护措施建成之前,属于控制施工期水土流失的应急措施。目的是尽快给脆弱的土壤表面加一层保护膜,抵御风雨的侵蚀。

临时覆盖措施属于物理方式,隔开雨滴击溅与径流冲刷。常用的材料有塑料薄膜、无纺布、稻草、木屑覆盖等。塑料薄膜和无纺布能完全覆盖土体,防水效果好,适合重点防护区或者短期堆土。稻草、木屑等有机覆盖物既缓冲了雨滴的能量、减缓了径流,又分解后增加了土壤的有机质,有利于后期植物生长和土壤改良。近些年来,以椰丝、秸秆等天然纤维为原料的可降解生态毯(又称侵蚀控制毯)的应用越来越广泛,可以紧密贴合坡面,起到即时防护的作用,网状结构为草籽萌发提供了稳定的微环境。

快速植被恢复技术是在短时间内形成有固土能力的植物群落。液压喷播技术就是其中的代表,将草种、木纤维覆盖物、保水剂、粘合剂、肥料等混合均匀后制成泥浆,再用喷播机喷射到坡面上。黏合剂、木纤维可以马上形成一层保护膜,把种子粘结在坡面上,防止水土冲刷带走种子。保水剂、肥料给种子萌发及幼苗生长创造了良好条件,一般几周内就可以形成致密植被覆盖,对坡面起到快速持久的生态防护作用,是工程扰动区生态重建的有效途径。

三、生态性修复技术应用

（一）受损土壤的微生物修复技术

都市景观工程造成土壤结构破坏、有机质减少、微生物群落退化，形成所谓“工程土”，其生物活性极低，不能支撑健康的植物生长。土壤微生物修复技术的关键就是使土壤生态系统重新活跃起来，用人工接种有益微生物来重建土壤微生态环境。该项技术一般是把具有菌根真菌、固氮菌、解磷菌等功能的微生物菌剂施入退化土壤中。

菌根真菌可以和绝大多数植物的根系形成共生关系，菌根真菌的菌丝网极大地扩展了植物根系的吸收面积，使植物吸收水分和吸收磷等矿质营养的能力大大增强，提高了植物的抗旱性和抗病性。固氮菌可以将空气中游离的氮气转变为植物能利用的形式，给生态系统提供天然的氮肥。微生物生命活动产生的胞外多糖等物质可以重建土壤团聚体结构，改善土壤的通气性、保水性。这样，土壤就从一个单纯的物理介质变成了一个充满活力的生物反应器，为植被的长期健康生长打下了良好的基础，是实现低维护可持续景观的根本途径。

（二）河湖岸线的生态化改造技术

传统的城市河湖岸线多为垂直的混凝土或者浆砌石硬质驳岸，虽然稳固，但是切断了水陆生态系统之间的联系，破坏了生物栖息地，加剧了水流对下游的冲刷。河湖岸线生态化改造技术就是恢复岸线的自然形态和生态功能，形成一个动态的、连续的“水陆交错带”。其主要理念是以柔性、生态的材料和结构来替代或者包裹硬质工程。

改造技术就是将陡峭的垂直岸壁改造成缓坡，给植物扎根、动物活动提供空间。缓坡上可利用柳枝等易生根的植物枝条做“法式暗篱”埋入土里，既可以提供初期物理稳定性，又可以生根发芽形成活体植被护岸。加筋麦克垫、生态石笼等技术把工程结构和植物生长空间巧妙融合在一起，在网箱或者垫层里装入石块和土壤，然后栽种水生或者湿生植物，就构成了一个既能抵抗水流冲刷，又生机勃勃的多孔隙生态驳岸。这样改变既可有效控制水土流失，又可创造丰富的生物栖息地，过滤岸边径流，为鱼类、两栖类、鸟类、昆虫等生物提供生存的生态廊道，使城市滨水空间的生态价值和景观魅力得到极大的提升。

（三）矿山废弃地等退化生态系统的景观再生

矿山废弃地、采石场、工业棕地等城市边缘常见的“生态疮疤”，地形破碎、土壤贫瘠甚至含有毒害物质，生态系统的基本特征全部丧失。对这类退化的生态系统进行景观再生，是一项复杂的系统工程，目的在于引导其走上一条新的生态演替之路，使其成为有价值的城市景观资产。这绝不是简单的覆绿，而是生态系统的重建。

再生的第一步就是地形重塑、安全治理，削坡、平整消除地质灾害隐患，形成利于生态、景观的宏观地形。接下来就是关键的土壤重建。由于原来的土壤已经不存在了，需要用客土回填或者对现有的基质进行重度改良，包括调整酸碱度、添加有机肥、使用特定的微生物或者植物来固定或者降解重金属等污染物，为生命提供一个可以支撑的基础。植物选择要遵照生态演替的规律，先选耐贫瘠、抗逆性强的乡土先锋种，豆科植物，耐旱草本等，它们能快速占领地表，对土壤初步改良。在此基础上，再增加灌木、乔木，形成多层次植物群落，最终使该区域发展成为一个自我维持的森林公园、湿地景观或者郊野游憩地，达到生态、社会、经济效益的有机统一。

第四节 污染防控与景观工程

一、施工期环境污染源识别与控制

（一）扬尘、噪声、振动污染的防控措施

城市景观工程施工过程存在扬尘、噪声、振动等环境影响因子，必须综合手段来控制。扬尘主要来自于土方开挖、物料运输、堆存、现场搅拌、道路遗撒等环节。控制扬尘的主要途径就是源头抑制、过程控制和末端治理三者相互配合。施工现场应当设置围挡，围挡的高度应符合规范的要求，起到物理隔离的作用。对主要施工道路和物料堆放场地进行硬化，安排专人定时洒水清扫，可大大减少道路扬尘。袋装水泥等易飞扬材料应入库存放或严密遮盖，散装材料应采用密闭容器储存。车辆离开工地的时务必清除车身和车轮的泥土，在途中采取覆盖等形式避免遗撒。拆除旧建筑的时候适当喷淋洒水，也是抑制扬尘的有效方法。

噪声、振动污染是由施工机械的施工、物料的装卸、运输车辆等产生的。控

制噪声首先要从声源入手,选择低噪声设备,做好设备的日常保养维护工作。施工现场应建立控制人为噪声的制度,提倡文明施工,禁止随意敲打、高声喊叫。合理地安排施工时间可以控制噪声的影响。在居民密集区做强噪声作业时,必须严格按当地规定的时间作业,一般情况下,夜间22时至次日早晨6时之间不得做强噪声作业。因为特殊工艺需要连续作业的,要事先向有关部门报备,并与周边社区充分沟通,取得理解。固定高噪声的木工加工设备可以设置隔声棚或者隔声屏障。

振动控制不能小觑,在靠近已有建筑物或者精密仪器设施的地方尤其如此。改善施工方案,用静态破拆代替传统的冲击破拆,可以减少振动影响。在项目规划阶段就要对周围环境进行振动影响评价,根据评价结果选择合适的施工机械和施工工艺。地铁等大型基础设施周边的景观工程,振动控制尤为重要,需要制定专门的方案,保证施工活动不会给主体结构和运营安全造成影响。综合采用以上措施,可以将施工对周边环境的影响降到最低,达到绿色施工的目的。

（二）施工废水与生活污水的处理与排放

景观工程施工时产生的废水主要有施工废水和施工人员生活污水。如果不加以处理直接排放,就会对周边水体、土壤环境造成污染。因此建立完善的废水处理和排放系统,是施工期环境管理的重要部分。施工废水主要是车辆冲洗、场地降尘洒水、混凝土养护、基坑降水等产生,特点是悬浮物含量高,有机物含量低。对于此种废水要按照收集、处理、回用的原则。施工场地内应设沉淀池、隔油池等预处理设施。车辆冲洗废水、场地降水经沉淀处理后,可以回收作为场地洒水降尘、绿化浇灌用水,从而节约用水量、减少外排量。

生活污水主要产生于施工现场的办公区、生活区食堂、盥洗室、厕所等地方,含有较多的有机物、氮、磷等污染物。按照国家以及地方的《污水综合排放标准》、《城镇污水处理厂污染物排放标准》等相关规定,生活污水必须经过处理后才能排放。对规模大、工期长的工程应设置一体化生活污水处理设备或者小型生化处理装置,如采用厌氧-好氧工艺、接触氧化法等。处理后的水质达到相应排放标准之后才能排入市政污水管网。对于不能接入市政管网的偏远工地,处理后水质标准要更严格一些,以免对周围地表水或者地下水造成污染。设计、运行这些处理设施时,应该重视其简单易行、运行稳定、处理效果好,以适应施工现场动态变化的管理要求。

（三）有毒有害物质的管理与应急处置

施工现场的有毒有害物质主要有油漆、涂料、稀释剂、各种油料、化学添加剂、废弃的电池、灯管等。如果管理不善或者处置不当，会对土壤、地下水以及人员健康造成严重危害。因此，必须要健全完善好相关的规章制度，制定出应急预案。

1. 规范储存标识，有毒有害物质要专门设置符合安全要求的小屋分类存放。库房要有防渗、防漏、通风、防火等功能。所有的化学药品容器都应贴上标有中文名称、成分、危险性、安全注意事项的标签。废弃的危险品应该按照《危险废物贮存污染控制标准》来管理。

2. 全过程跟踪管理，建立有毒有害物质台账，对有毒有害物质的采购、入库、领用、使用、废弃处置实行全过程的记录和跟踪，保证其流向清楚、数量可控。现场作业人员在使用前要接受相应的安全教育，了解它的危险性以及防护措施，并配戴好必要的个人防护用品。

3. 应急预案及演练：项目部应该针对化学品泄漏、火灾等突发环境事件制订详细的应急预案，并且定期进行应急演练。应急预案的内容有应急组织机构、应急响应程序、应急处置措施、疏散路线、应急物资清单等。现场要备足吸附棉、沙土、防护服、灭火器等应急物资。定时举行应急演练，保证所有人知晓应急流程，提高应对突发事件的能力。一旦发生泄漏就要立即启动应急预案，迅速控制泄漏源防止扩散。

二、土壤与地下水污染修复

（一）场地环境调查与风险评估

场地环境调查与风险评估属于土壤和地下水污染修复的开端，同时也是做出决策的依据。一般会采用分阶段的方式进行，有条不紊地识别污染、评价风险，为之后的修复工作提供科学的指导。第一阶段的环境调查主要是采用收集资料、现场踏勘、人员访谈等方式，找到场地内外的潜在污染源和污染物，初步判定场地有无污染的可能。此阶段的工作为后面调查做好铺垫，确定调查的重点区域和污染物。

第一阶段调查显示场地存在污染可能性的，要进入第二阶段初步调查。本阶段以现场采样和实验室分析为主，用系统布点方案采集土壤和地下水样品，检测污染物浓度。把检测结果与国家或者地方发布的《建设用地土壤污染风险管控标

准》等标准相比较，从而对污染物是否超标做出初步判断，以此来确定该地块是否为污染地块。如果污染物浓度大于筛选值，则认为该场地对人体健康存在不能接受的风险，需要做进一步的调查和风险评价。

第三阶段的详细调查与风险评价是在确认了污染事实之后才进行的。详细调查主要是进一步了解污染的范围、程度及污染物的三维分布，采集满足风险评价需要的各项参数。风险评价较复杂，包括危害识别、暴露评价、毒性评价、风险表征这4个过程。危害识别即确定污染物的种类和分布；暴露评价即分析污染物通过不同的途径（经口摄入、皮肤接触、呼吸吸入）进入人体的可能性以及暴露量；毒性评价即确定污染物的致癌或者非致癌毒性水平；最后风险表征就是综合以上信息，量化场地对敏感受体（儿童、成人）的健康风险，计算出可接受风险水平下的修复目标值。该目标值会成为以后修复方案制定的最终参照标准。

（二）原位与异位土壤修复技术选择

土壤修复技术的选择直接决定了治理效果、成本和工期，主要分为原位修复和异位修复两大类。这两种技术路径适用的场合和优势各有不同，需要综合考虑场地污染状况、水文地质条件、修复目标、资金预算以及周边环境敏感性等多种因素来决定。各类土壤修复技术的特点及适用性，可见以下：

土壤修复技术对比表

技术类型	具体技术	优点	缺点	适用场景
原位修复	原位化学氧化 / 还原	成本较低，扰动小，避免二次转运污染	周期长，受场地非均质性影响大，药剂输送均匀性要求高	深层土壤污染，对扰动敏感区域
	原位生物修复	成本较低，环境友好，可实现彻底降解	周期长，受环境条件（温度、pH）影响，效率相对较低	轻中度有机物污染
	原位热修复	效率较高，对多种挥发性、半挥发性污染物有效	需高温设备，能源消耗大，可能产生挥发性副产物	挥发性或半挥发性有机物污染
异位修复	热脱附	效率高，处理效果彻底，修复周期短	成本高，能耗大，挖掘、运输易产生二次污染	挥发性、半挥发性有机物污染，大面积污染
	固化 / 稳定化	成本相对较低，操作简便，降低污染物迁移性	不去除污染物，增加土壤体积，长期稳定性需评估	重金属污染，无机污染物
	土壤淋洗	效率较高，可回收部分污染物	产生大量淋洗废水，可能破坏土壤结构，需后续处理	重金属、有机物、氰化物污染，土壤渗透性良好

原位修复技术是指不需要将污染的土壤挖出来,在污染的原地进行处理的技术。最大优点是成本低、对场地的扰动小、无二次转运污染,特别适合深层土壤污染。常见原位技术有:原位化学氧化还原,即向地下注入氧化剂或还原剂,使污染物转化成无害或低毒物质;原位生物修复,利用土著或者外来的微生物降解有机污染物;原位热修复,通过加热土壤使污染物挥发或者分解。原位修复技术虽然经济效益好,但是修复周期长,修复效果受场地非均质性影响大,且对药剂或者微生物的输送均匀性要求高。

异位修复技术就是将受污染的土壤从原地挖出,运到其他地方进行处理的技术。该方法具有控制好、效率高、周期短、可处理各种复杂的污染物。常用的异位技术有:热脱附,即将污染土壤加热到一定温度,使污染物挥发,然后收集处理;固化/稳定化,即用固化剂或稳定剂固定污染物,降低其迁移性和毒性;土壤淋洗,即用淋洗液清洗土壤,将污染物从土壤中分离出来。异位修复技术存在挖掘、运输产生扬尘、噪声等二次污染,工程量大、费用高,处理后的土壤要重新回填或寻找消纳场地的缺点。

(三) 地下水污染阻隔与净化技术

地下水污染具有隐蔽性大、迁移扩散慢、治理难等特点。地下水污染治理一般采取阻隔和净化同时进行的策略。阻隔技术的主要目的就是切断污染物的迁移途径,控制污染羽的扩散,防止其继续污染周边环境或者接触敏感受体。净化技术主要是去除或者降解水中的污染物,恢复水质。

垂直阻隔属于常见的阻隔技术之一,在地下创建连续的低渗透性墙体,水泥-膨润土墙、板桩墙或者高密度聚乙烯膜墙,从而阻止污染地下水的水平移动。该方法多用来包围污染源区或者污染羽下游处,保护敏感区。水平阻隔是在污染区上下层铺防渗层的方法,主要用于阻止污染物垂直向下渗透或者挥发至地表。阻隔技术本身并不能去除污染物,属于风险管控范畴,一般与其他修复技术联合使用。

地下水净化技术也分为原位和异位两种。原位净化技术是在含水层内进行的,原位化学氧化就是向地下注入高锰酸钾、过硫酸盐或芬顿试剂等强氧化剂,把有机污染物氧化成二氧化碳和水等无害物质。该技术见效快、成本低,但是需要了解场地的水文地质情况,保证药剂可以送达需要作用的区域。异位净化技术,即“抽出-处理”技术,是指把污染的地下水用抽水井抽到地表,然后在地表进行处理。

净化后的水可以回用或达标排放。地表处理方法有很多，空气吹脱法、活性炭吸附法、高级氧化法、生物反应器法等都可以，根据污染物的种类进行搭配。抽出处理技术成熟可靠，但是由于污染物从土壤中缓慢持续释放引起的拖尾效应，会造成修复时间长、成本高。

第五节 生态监测与评估体系

一、生态监测指标体系的构建

（一）物理、化学、生物指标的选取

建立完整的都市景观生态监测指标体系，就要把物理、化学、生物三大类关键参数都纳入考虑范围。物理指标是对景观环境的宏观、微观物理特性进行评价的指标，比如用小气候指标来反映其缓解城市热岛效应的能力，用“海绵”效应指标来衡量其水文调节功能，用土壤结构、容重等指标来评价土壤健康状况。可以直接体现景观工程改善城市物理环境的程度。

化学指标主要是对环境介质中物质的循环、污染情况等。土壤检测的项目包括酸碱度、有机质、氮磷钾等养分含量、重金属和有机污染物的浓度；水质检测的项目有化学需氧量、生化需氧量、溶解氧、氮磷含量；空气质量检测的项目为颗粒物、二氧化硫、氮氧化物等。通过对这些化学指标的检测可以评价景观工程对于土壤、水体、空气净化能力。

生物指标能直接体现生态系统的健康与活力，可以从物种、群落到生态系统等各个层面展开评价。物种多样性，区域内物种的丰富度、多度等都是评价生态系统稳定性的重要指标。植物群落结构，包括垂直分层、盖度、生物量等可以反映植被的恢复状况。对动物的监测，尤其是鸟类、昆虫等指示性物种出现与繁殖的情况，可以间接反映出生态系统食物链是否完整、栖息地质量的好坏。这些生物指标就组成了都市景观生态系统的生命脉络。都市景观生态监测的物理、化学、生物指标及其评估侧重，可见下表。

生态监测指标分类与示例

指标类别	监测内容（示例）	评估侧重
物理指标	小气候（温度、湿度、风速） 水文（径流、渗透） 土壤结构（容重、孔隙度）	景观工程对物理环境的改造程度及气候调节能力
化学指标	土壤（pH、有机质、氮磷钾、重金属） 水体（化学需氧量、生化需氧量、溶解氧、氮磷） 空气（颗粒物、二氧化硫、氮氧化物）	景观工程对土壤、水体、空气的净化能力
生物指标	物种多样性（丰富度、多度） 植物群落结构（垂直分层、盖度、生物量） 指示性动物（鸟类、昆虫出现与繁殖情况）	生态系统健康与活力，食物链完整性，栖息地质量

（二）长期监测点位的布设原则

科学合理设置长期监测点位是获得具有代表性、可比性监测数据的前提。点位布设要体现系统性、代表性和可行性三者相结合的原则，目的是用有限的点位获取整个景观工程区的生态变化的关键信息，从而为长期趋势分析提供有力支撑。

点位布设要以代表性为第一原则。监测点应该覆盖工程区域内的人工湖、生态湿地、城市森林、屋顶绿化、垂直绿化等各种典型景观单元。同时还要考虑景观格局的异质性，在生态过渡带、景观斑块核心区、廊道等重要的生态功能区设置监测点，以捕捉空间差异。为了能够有效进行比较，应该在工程区外选择条件相似、没有受到工程影响的地形区作为对照点位，用以评价工程的效果。

点位的空间布局要顾及均匀与重点。可以利用网格法进行系统的布点，保证空间覆盖的均匀性；也可以用分层抽样法，按照景观单元面积或者重要性来按比例分配点位数量。污染源、人类活动频繁区或者生态敏感区等区域要加密布点，进行重点监测。点位密度的确定要综合考虑监测目标、景观异质性程度、监测成本等各方面因素，在保证数据精度满足要求的前提下，考虑经济上的可行性。

长期监测点的稳定、可及也十分重要。点位确定后应设置永久性标志，做好精确的地理坐标测定工作，保证不同时期监测数据的空间一致性。点位选择还要考虑监测人员和设备到达的方便和安全，防止出现难以到达或者存在安全问题而造成监测中断。虽然这些环节都很细微，但是是保证监测计划持续进行并取得高质量时间序列数据的前提。

（三）遥感与物联网技术在监测中的应用

现代信息技术给都市景观生态监测提供前所未有的强有力手段。遥感技术具

有宏观、快速、动态的特点，和物联网技术的实时、准确、连续特性相结合，共同构成了一天、一天、一天的立体监测网，大大提高监测效率、广度、深度。

遥感技术主要用来做大面积、周期性的宏观监测。利用卫星遥感影像可以得到整个城市或者大片地区的植被指数，从而动态的对绿地覆盖率、植被生长情况和健康情况加以评价。热红外遥感能直接反映景观工程对城市热岛效应的缓解作用。高分辨率无人机遥感技术是卫星遥感的补充，可以针对项目区进行详细的测绘，获取厘米级的影像数据，用来评价植物群落结构、识别病虫害、计算小微水体面积等，给中观尺度的评价提供丰富的数据支持。

物联网技术则深入到景观生态系统的“毛细血管”，实现了对关键微环境因子的实时、自动化监测。

1. 精准感知：通过在土壤、水体、空气里布置各种传感器，可以全天候、不间断地采集土壤湿度、养分含量、水体 pH 值、溶解氧、空气温湿度以及 PM2.5 浓度等数据。海量高频的数据给精准化提供实时的支撑。

2. 智能联动，监测数据通过无线网络实时上传到云平台，用预设的算法模型进行分析。数据一旦超阈值就会自动报警并通知管理员，甚至可以联动灌溉系统、增氧机等设备进行相应的操作，从而实现智能化无人化控制。

3. 数据融合，物联网在“点”上得到的精确数据与遥感在“面”上得到的大范围信息融合起来，可以对生态系统时空变化规律有更加全面、准确的认识，从宏观到微观进行跨尺度的思考。

二、生态修复效果的评估方法

（一）生态系统结构与功能的恢复度评估

评价生态修复效果，关键就是看受损生态系统恢复到原来或者目标状态的程度。这是一项复杂的工作，需要从各方面进行全方位的考虑，不能仅仅依靠一个指标就草率地下结论。

结构恢复度评价主要看生态系统的物理形态和生物组成是否再现。这涉及对植被群落的评判，不能只看树木成活率，还要剖析植被群落层次是否丰富（乔、灌、草合理搭配），物种构成是否本地化、多样化，植被群落盖度和生物量是否增长。对水体景观而言，则要评价它的岸线形态自然化的程度、水下地形复杂性的高低以及为水生生物提供的栖息地种类的丰富性。土壤结构改善，孔隙度增大、有机

质层形成等，都是结构恢复的明显标志。

功能恢复度的评价更进一步，它关注的是生态系统主要过程的运行效率。通过对比工程区内外水文数据来评价雨水截留、渗透、净化等海绵功能的恢复程度；通过碳通量监测或者生物量估算来评价生态系统固碳释氧的能力，即其碳汇功能的恢复状况。食物网恢复状况的评价，比如关键功能群（传粉昆虫、食肉鸟类）的回归以及种群稳定，是判定生态系统内部物质循环、能量流动功能是否正常运转的重要指标。功能的恢复一般要比结构的恢复晚，是生态系统真正向深层健康迈进的标志。

（二）参照系对比与成功标准判定

修复效果的评估离不开合适的参照系，选择什么样的参照系直接影响到评价结果的科学性。理想的参照系是项目实施前该地区没有受到干扰的原始生态系统状态，但是这样的数据很难获得。因此在实践中一般采用替代参照系，即选择项目地周边已有的、结构和功能比较完整、与修复目标相似的自然生态系统作为“样板”，将恢复后的生态系统各项指标与“样板”进行比较，以此来衡量恢复程度。

另一种很重要的参照系，就是项目设计之初设定的修复目标。这些目标应该是具体的、量化的、带有明确的时间节点的，是工程是否成功的判断标准。湿地公园修复可以设定如下目标，五年内使水质达到地表三类水标准，区域内鸟类种类多于 50 种，植被覆盖率达到 85%，本地植物物种占总植物种类的比例不低于 70%。这些事先按照科学的预测和管理期望而制定的成功标准，为评价工作指明了方向，使评价结论更清晰明确。评估的过程就是把监测的数据同这些标准一个一个地进行比较，从而判断目标是否达成。

成功的标准不是简单的是或者不是的判断，而是动态的、多维的过程。项目刚开始的时候，成功的标准主要涉及物种存活率，工程稳定等基本指标。随着时间的推移，评价的重点就从群落演替、生态功能的实现、系统的自我维持能力等角度展开。一个成功的修复项目不仅要实现预期指标，还要显示出朝着健康、稳定、有韧性的生态系统发展的趋势。

（三）生态效益的量化与价值评估

都市景观工程的生态效益是全面的，但改善空气质量、调节微气候、提供休憩空间等效益属于公共物品，其价值在传统市场中无法直接体现。为了能让决策者和公众对这些无价的生态服务有一个直观的感知，就必须要对其进行科学的量

化以及价值评估。

首先是生态效益的物理量量化，依靠的是长期的生态监测数据。根据植被生物量的增长速率，可以计算出每年固定的二氧化碳量以及释放的氧气量；通过比较项目区内外的空气质量监测数据，可以定量得出工程对 PM2.5、二氧化硫等污染物的削减量；水文监测可以计算出项目场地每年的调蓄和净化雨水量。物理量的量化是之后价值评估的基础，即将抽象的生态功能转化为具体的、可以感知的数据。

其次是货币化价值评估。由于生态服务缺乏直接的市场价格，因此需运用环境经济学评估方法将其价值显性化。常用的生态效益货币化评估方法见下方

生态效益货币化评估方法

方法名称	核心思想	示例应用
成果参照法	将生态服务的价值与提供同等功能的替代品成本或市场交易价格挂钩。	固碳释氧价值 $\approx$ 造林成本 / 碳交易价格；水气净化价值 $\approx$ 净化设施建设运行成本。
意愿调查法	调查公众对生态服务的支付意愿或接受补偿意愿，反映其主观价值。	调查公众为享受优美景观或避免其破坏所愿支付 / 接受的费用，评估游憩价值、存在价值。
市场价值法	利用市场交易数据（如房地产价格）间接推算生态服务的价值。	分析公园绿地对周边房价的提升效应（享乐价格法），评估其资产增值效果。

将各项生态效益量化之后加总，就可以得到项目生态系统生产总值。这个综合指标可以同传统的国内生产总值进行比较，非常清楚地表明了景观工程对城市福祉做出的巨大贡献。

价值评价的目的不是为了把自然商品化，而是要给绿色基础设施在城市规划、项目审批和财政预算等决策中争取应有的重视与投入。为生态保护目标提供了共同语言，有助于把生态保护目标纳入经济社会发展的大框架里考虑，从而有力推动了城市的可持续发展。

第六章 都市景观工程与气候变化应对

第一节 气候变化对都市景观的影响

一、气候变化的主要表现与趋势

（一）全球变暖与城市热岛效应的叠加

全球平均气温持续上升是气候变化最明显的一个特征。宏观背景同城市固有的热岛效应互相叠加，从而产生效应放大的情况。城市区域内，大量的混凝土、沥青等建筑材料取代了原来自然植被和土壤，不透水硬质铺装白天大量吸收并储存太阳辐射，夜间再缓慢释放，使城市中心的温度比周围郊区高出许多，这就是城市热岛效应。

全球变暖提高了整个区域的环境基准温度，城市热岛效应在此基础上又额外增加了几度。因此城市就面临着夏季更容易出现极端高温天气，热浪事件强度、频率、持续时间都明显增加的双重压力。对都市景观来说，高温会加大植物蒸腾作用，恶化户外游憩空间热舒适问题，还会提高景观设施耐热性要求，影响城市公共空间活力和景观元素生命周期。

（二）极端降水与干旱事件的频发

气候变化改变了全球水循环模式，城市区域的具体表现不是简单的线性增减，而是更加极端的两极化趋势。一方面，短时强降雨事件越来越频繁、强度越来越大。旧有的城市雨水管网系统已经不能应对超出设计标准的洪峰流量，造成城市内涝频发。暴雨径流的冲刷会造成景观区绿地土壤严重侵蚀，植物根系受到破坏，严重的时候还会冲毁坡地景观结构。大量的地表径流带着污染物流入景观水体，造成水质急剧下降。

另一方面，降水在时间、空间上的不均匀性更加突出，很多地方在短时特大暴雨过后，就会出现长时间的干旱。降水总量减少或者蒸发量增大，使城市绿地的灌溉用水量大幅上升，给本就水资源紧张的城市带来严峻挑战。长时间的干旱胁迫不但会使景观植物不能正常生长，降低观赏价值和生态功能，还会增大城市

林地、绿化带的火灾隐患，给城市生态安全造成潜在的威胁。这种“旱涝急转”的气候模式，是对都市景观工程雨水管理能力的考验，也是对都市抗旱韧性的考验。

（三）海平面上升对沿海城市景观的威胁

全球变暖造成海水热膨胀、陆地冰川和冰盖融化，两者一起使全球海平面上升。对于世界上很多沿海城市来说，这是对它们生存和发展最根本的威胁。滨水区是城市最活跃的公共空间和最宝贵的景观资源，首当其冲地受到了海平面上升的影响。平均海平面持续上升，将会造成永久性土地被淹没，很多低洼的滨海公园、湿地、沙滩、步行道等景观区域将会被侵蚀甚至完全消失。更糟糕的是海平面上升把风暴潮的基础水位抬高了，所以同样的风暴潮会造成更大的洪水灾害，对滨海景观带的防浪堤、栈道、码头等设施造成毁灭性的破坏。海水倒灌致使近岸地区地下水、土壤盐碱化，这对大多数淡水景观植物来说是致命的打击，滨海绿化带将会大面积退化，沿海城市景观风貌及生态格局将被彻底改变。

二、气候变化对景观植物的胁迫

（一）高温干旱对植物生长的影响

持续高温、干旱频繁是气候变化背景之下植物遭遇的最直接的胁迫。高温导致植物叶片蒸腾作用加强，水分流失过多。土壤水分供应不足的时候，植物就进入水分亏缺状态，轻的表现为叶片萎蔫、焦边、生长缓慢，重的导致光合作用效率大大降低，甚至完全停止。植物为了应对高温而关闭部分气孔以减少水分散失，但这样也会限制二氧化碳的吸收，进而影响养分的积累。

长期的高温 and 干旱胁迫会引发一系列复杂的生理生化反应，对植物的生长发育造成不可逆的损伤。这些影响具体表现可见下方

高温干旱对植物生长的主要影响

影响方面	具体表现
代谢与生长	酶活性受损，代谢紊乱；生长停滞、发育受阻；开花 / 休眠期被打乱。
水分生理	蒸腾加剧，水分亏缺；叶片萎蔫、焦边；光合作用效率降低甚至停止。
抗性与寿命	能量消耗，抗性减弱；易受病虫害侵扰；植株早衰、甚至死亡。
观赏价值	观赏性状不稳定；生态功能受损；绿地养护成本增高。

1. 代谢紊乱、生长受阻：高温下，植物体内的酶活性会遭到破坏，不能正常

进行代谢。植物的开花期、休眠期会被打乱,从而影响植物的繁殖、生命周期节律,使观赏性状不稳定。

2. 抗性减弱、植株衰败:连续的胁迫会消耗掉大量的储能物质,使植物对于病虫害的抵抗力下降。根系活力下降,水肥吸收能力变差,进而导致整株植物早衰甚至死亡,无疑会增加城市绿地的养护成本以及更新压力。

(二) 降水格局改变对物种分布的冲击

气候变化使降水总量发生了改变,更重要的是降水时空分布也发生了改变。传统的、以温和持续降雨为主的方式,正在被短时强降雨与长期无雨交替的方式所取代。这给选择景观植物的物种、确定它们的地理分布造成了极大冲击。短时强降雨带来大量水资源,但是由于雨量大,大部分雨水以地表径流形式快速流失,真正下渗到土壤深层、被植物根系利用的有效水量很少。这就造成在年降水量没有减少的情况下,植物仍会遭受季节性或者生理性的干旱。

新的降水节律改变区域生境条件,对植物的适应性进行筛选。根系浅、不耐旱涝交替的物种,即使是乡土植物,在新的气候条件下也会难以生存。相反,耐水分胁迫能力较强的物种会得到扩张的机会。由气候因素主导的物种竞争关系改变,会渐渐改变城市绿地的植物群落结构。对景观工程管理者来说,这就意味着过去基于历史气候数据所制定的植物规划名录不再适用,需要重新考虑并选择适应未来气候情景的“气候智慧型”植物材料,从而保证景观的长期稳定。

(三) 病虫害发生规律的变化

气候变化给景观植物病虫害滋生蔓延创造了更多有利条件,影响是全方位的。全球变暖,特别是冬季最低气温升高,一些原来不能在北方地区越冬的害虫、病原菌可以存活下来并扩散到更大的地理范围。这就造成一些以前在新地区从未出现过的外来病虫害暴发成灾,而本地景观植物由于没有共同进化历史,对这些病虫害的抵抗力普遍较低。

温暖的气候使植物的生长季变长,也使害虫的繁殖期变长。许多害虫一年内可以完成世代数增多,种群累积速度加快,可在短时间内达到致灾密度。气候变暖会打乱害虫和天敌的同步关系,害虫的发生期提前,而天敌的活动期没有相应的调整,自然控害作用就会减弱。

植物在受到高温、干旱、水涝等气候胁迫时,自身的免疫力和抵抗力都会大大降低,从而更容易受到病菌的感染或者受到害虫的侵害。植物抗性下降、病虫

害压力增大,双重效应叠加形成恶性循环,加大了都市景观病虫害防治难度,提高管理成本,对城市绿地生态系统健康造成严重威胁。

第二节 景观工程的碳汇功能与减排策略

一、城市绿地系统的碳汇机制

(一) 植物光合作用与碳固定原理

植物的碳汇功能是植物最基本的生命活动,即光合作用所决定的。这是一间大自然的化学工厂,植物在叶片中的叶绿体里,利用光能将空气中的二氧化碳和水转化成储存能量的有机物(主要是碳水化合物),同时释放出氧气。转化过程本质就是把气态无机碳固定成稳定的固态有机碳,储存在植物枝、干、叶、根等各部位,形成植物生物量碳库。

碳固定过程的效率并不是固定不变的,受到各种环境因子的综合影响。光照强度、二氧化碳浓度、温度、水分是决定光合速率的主要外部条件。城市环境比较复杂,建筑物阻挡会减少光照,交通排放会使局部二氧化碳浓度增大,热岛效应也会对局部温度产生影响。因此,在景观设计过程中认识场地微气候的特点,给植物创造适宜的生长环境是植物碳固定的首要工作。植物的生长周期也会影响植物的总固碳量,速生树种在短期内生物量增长快,长寿树种可以将碳元素长期封存,是更加稳定的碳仓库。

(二) 土壤有机碳库的积累与保护

城市绿地系统的碳汇能力,不仅仅是植物生物量所能体现的,而大量的、稳定的碳库却是埋藏在我们脚下的土壤中。土壤有机碳库主要是由地表凋落物(落叶、枯枝)和地下死亡根系分解转化而来。当这些有机物进入土壤之后,在微生物的作用下,一部分被分解矿化,另一部分在复杂的腐殖化过程中,形成性质稳定的腐殖质,腐殖质在土壤中可以存在几十年甚至几千年。

城市环境下的土壤有机碳库动态平衡很容易打破。频繁的人为干扰,如工程中土壤剥离、压实、翻动等,都会破坏土壤团粒结构,加快有机质的分解,使大量的碳变成二氧化碳回到大气中。地表硬化铺装隔绝了土壤与大气、植被的物质交换,有机物料无法补充到土壤里,土壤碳库不断被消耗。所以保护和培育健康的城市土壤,对提高景观系统整体的碳汇功能来说非常重要。这就要求在工程

实践过程中,尽量保留原有表土,缩小土壤扰动范围,增加有机肥的施用量,用覆盖有机物如枯枝落叶等手段来持续给土壤补充有机质,使土壤碳库得以恢复并积累起来。

（三）不同植被类型碳汇能力的比较

城市绿地的植被种类繁多,从高大乔木到低矮草坪,碳汇能力相差很大。一般情况下植被的碳汇能力与它的生物量大小、生长速度、生态系统复杂度成正比。乔木因体积大、根系广布、寿命长,单位面积固碳能力最强,是城市绿地的绝对固碳主力。一棵成年乔木在其一生中固定下来的碳量,是灌木和草本植物固定碳量的很多倍。

灌木的生物量和固碳能力排在第二位,但它在形成复层群落结构、提高生态系统的稳定性方面有着不可替代的作用。而单一种植的草坪虽然能够进行光合作用固定碳,但是生物量很低,且需要经常修剪、灌溉、施肥等养护管理,这些养护过程会排放大量的碳,所以单一种植草坪的净碳汇效益会大大降低,甚至在某些高强度养护的情况下会成为碳源。

理想的都市绿地植被模式就是模拟自然森林的乔木、灌木、草本复层群落结构。多层次立体绿化模式能够最大程度地利用阳光和空间,单位面积叶面积指数、总生物量比单一植被类型大得多,从而达到固碳效率最大化的目的。不同的植物根系分布在不同的土层里,可以改善土壤结构,促进土壤有机碳的积累。所以从单一的草坪向高生物量的多层次复合植物群落转变,是提高城市绿地碳汇能力的主要方法。

二、提升景观工程碳汇的设计与施工

（一）高碳汇植物群落的选择与配置

形成高碳汇植物群落是提高景观碳汇能力最直接的方式。植物的选择要综合考虑很多指标,实现固碳效益、景观功能和生态适应性三者的统一。

1. 选择生长快、生物量大、适于当地种植的乡土树种。乡土树种对本地气候、土壤条件适应性强,抗逆性好,生长稳定,养护成本低,可较快形成可观的生物量碳库。

2. 选择寿命长的树种,樟树、榉树、银杏等长寿树种可以把固定的碳长期储存在木质部中,形成稳定的百年碳库,碳汇效应非常明显。

3. 建设层次分明、密度较高、有植物群落。在设计上要摒弃单一、稀疏的种植方式,积极采用乔木、亚乔木、灌木、地被植物相结合的复层配置方式。群落可以大大提高单位面积的叶面积指数和光能利用率,内部微环境丰富,有利于凋落物分解和土壤有机质的积累,从而系统性地提高整个生态系统的碳储存能力。

具体配置技术上可以参考近自然林、宫胁法等生态恢复理念,采用高密度栽植多种乡土树种的方式来加快群落演替速度,短时间内形成结构稳定、功能强大的小微森林生态系统。该法适合于城市废弃地、边角地的改造,可把它们转化为有强碳汇能力的生态斑块。

（二）保护性耕作与土壤碳固存技术

土壤是景观碳汇的基础,在施工及后期养护中,必须把土壤碳库的保护与培育作为首要任务。传统的景观施工方法会大大破坏土壤结构,影响其有机质的含量。推广保护性耕作的思想才能改变目前的局面。场地准备和植物种植时,尽量避免大范围的翻挖、压实,尤其要珍惜、保护好场地上的珍贵原生表土层。

从施工技术角度看,可以采用一些主动的土壤碳固存技术。回填种植土时加入大量的优质有机堆肥,直接给土壤提供稳定的有机碳。生物炭技术是近年来的研究热点。生物炭是生物质在缺氧条件下热解产生的富碳物质,化学性质十分稳定,作为碳封存载体可长期发挥作用,同时能改善土壤结构,提高保水保肥能力。在施工结束后进入养护阶段,大力推行地表覆盖技术,采用树皮、碎木屑等有机覆盖物,可以抑制杂草、保持土壤湿度,同时它的缓慢分解过程也能持续给土壤补充有机质,模拟自然森林凋落物循环的过程。

（三）湿地等高碳汇生态系统的营造

除陆生植被系统以外,湿地生态系统是单位面积碳汇能力最大的生态系统类型之一,被人们称做地球之肾,又是重要的储碳库。城市人工湿地、雨水花园、生态草沟等蓝绿基础设施,在完成雨洪调蓄、水质净化等主要功能之外,还发挥着超级碳汇的作用。其强大的碳汇能力主要源于特殊的环境条件,常年或者季节性积水,使土壤处于厌氧状态,微生物分解有机物的速度被极大抑制,植物残体等有机物大量堆积,形成厚厚的泥炭层。因此,有意识地营造或者恢复湿地生境,就是提高碳汇功能的重要途径。在公园、社区、道路绿带中设置小规模人工湿地、植草浅沟、洼地,收集净化雨水,种植芦苇、香蒲、鸢尾等湿生植物,营造出具有雨洪调控能力且固碳能力强的生态景观。

第三节 海绵城市理念在景观工程中的应用

一、海绵城市的核心理念与技术体系

（一）“渗、滞、蓄、净、用、排” 六字方针

渗、滞、蓄、净、用、排这六个字是海绵城市建设纲领性的指导原则，共同组成一个完整的雨水综合管理链条。其具体含义和作用见下面的渗、滞、蓄、净、用、排六字方针概览表。

“渗、滞、蓄、净、用、排” 六字方针概览表

环节	核心目标	主要措施	典型设施 / 载体	关键作用
渗	减少地表径流，补充地下水	保护与营造透水表面	透水铺装、植草沟、下沉式绿地	源头消减，提升地下水位
滞	延缓径流汇集，削减洪峰	设置微地形，小型滞留设施	雨水花园、生态草沟、旱溪	延缓雨水，为处理争取时间
蓄	暂时储存雨水，提供后续利用水源	利用天然 / 人工洼地	蓄水池、调蓄湖、蓄水模块	调蓄洪峰，储备水资源
净	改善水质，去除污染物	物理过滤、生物降解	植被、土壤、生物滞留带	净化雨水，减少环境负荷
用	优化水资源配置，减少自来水消耗	收集净化后的雨水循环利用	雨水收集系统、景观补水、冲厕灌溉	资源化利用，节约水资源
排	保障城市防涝安全	有组织、高效率地排出超标雨水	传统管网、超标径流通道	底线保障，应对极端暴雨

渗是基础，主要通过保护和营造能让雨水自然下渗的表面，从源头上减少地表径流的产生，有效补充地下水。“滞”是减缓雨水汇流时间，利用微地形或者小型滞留设施来降低雨水洪峰峰值，为后续处理环节争取时间。“蓄”，就是利用天然或者人工的洼地、池塘、蓄水模块等，把雨水暂时存起来，一方面可以调蓄洪峰，另一方面也可以为后续利用提供水源。净主要是依靠土壤、植被、填料等介质，对雨水径流进行物理过滤、生物降解，去除污染物，改善水质。“用”指雨水的资源化利用，把收集并经过净化处理的雨水用于城市绿化灌溉、道路冲洗、景观补水等，缩减自来水的耗费。排为最后的保障环节，在前面所有措施的基础上，对于仍超过承载能力的雨水，仍需依靠传统的管网或者超标雨水径流通道，有组织、高效率地排出，保证城市在极端暴雨天气下的安全运行。六个环节互相配合，形成一个从源头到末端、分散与集中相结合的雨水管理系统，是实现

城市水系统良性循环的重要组成。

（二）低影响开发技术集成

低影响开发就是海绵城市理念在工程技术上的具体表现。它强调采用分散的、小型化的源头控制手段，模仿自然水循环的过程，尽量减少开发建设对原有水文生态环境的不良影响。这不是把各种技术简单的叠加在一起，而是一种有机的组合和优化。低影响开发技术在景观工程中的集成应用就是依据场地地形地貌、土壤性质、降雨规律、规划功能等具体情况，把生物滞留设施、植草沟、透水铺装、雨水花园、下沉式绿地等技术手段进行系统化、模块化的组合。成功的海绵城市项目一般是由多种技术协同完成的。屋顶雨水经由雨水链引到雨水花园做初步的净化和下渗，多余的径流再经由植草沟导向至下沉式绿地做二次调蓄，最后才进入市政管网。这样的集成方式可以使得雨水在场地内部实现逐级处理和利用，达到效益最大化的目的。它改变了以往以快排为主的雨水管理模式，转而重视源头控制和过程利用，是建设功能复合型现代景观的重要技术途径，最终目的是在保证排水防涝安全的基础上，尽量实现雨水的自然积存、自然渗透和自然净化。

（三）灰色基础设施与绿色设施的协同

海绵城市建设并不是完全抛弃传统灰色基础设施，而是绿色基础设施和灰色基础设施的有机结合以及功能的相互补充。灰色基础设施指的是传统的排水管网、泵站、调蓄池等人造工程设施，优点是排水效率高，抗大暴雨能力强，是城市防涝安全的底线保障。绿色基础设施指的是公园绿地、河流湖泊、植被缓冲带、绿色屋顶等以自然为主的解决方案，在源头径流削减、水质净化、生态服务功能方面有明显的优势，但是应对超标准降雨的能力较弱。若将二者分开，则会造成巨大的投资，并且不能充分地取得生态效益，在极端天气下也会难以应对。现代景观工程管理越来越重视系统的绿灰结合思想。用绿色设施对雨水产生的过程和传递过程进行渗透、滞留、净化处理，大幅度削减流向灰色管网的水量和污染物负荷，减小传统排水系统末端处理设施的压力和规模，节约工程投资。极端暴雨发生时，绿色设施达到饱和之后，灰色基础设施便开始启动，高效的排放功能立刻发挥出来，保证城市的安全。协同作用不仅可以提高城市雨洪管理整体韧性、可靠性，还可以兼顾成本效益、生态效益，是城市可持续发展的必由之路。

二、海绵型景观设施的设计与施工

（一）透水铺装的结构设计与施工要点

透水铺装是海绵城市中实现“渗”的主要载体，在人行道、广场、停车场等硬质景观区域应用较多。其主要功能是使雨水能迅速透过铺装面层、结构层，渗入到下面的土体中，从而减少地表径流。其结构设计一般是由透水面层、找平层、基层和路基组成的。面层可以采用透水混凝土、透水沥青、透水砖、植草格等透水性较好的材料来保证透水率和承载力。施工期间对质量的严格把控，才可保证透水性能达成并长久耐久。

1. 基层是承重、保证透水效果的关键层，一般选用级配良好的、有一定孔隙率的碎石或砾石作为基础。施工时必须分层压实至规定的密实度，保证结构稳定性以及长期透水性能。

2. 材料选择及质量控制，透水砖或者现浇透水混凝土的各项技术指标（原材料配比、孔隙率等）必须满足设计要求。材料进场前要进行严格的检验，合格后方可使用。

3. 接缝处理：透水砖铺装中砖与砖之间缝隙用粗砂或者细砾石填充，一方面可以保证铺装的嵌锁稳定，另一方面可以增加雨水下渗通道。

4. 成品保护及后期养护，养护期间严禁泥浆、油污等堵塞铺装孔隙，否则会失去透水功能。后期的维护管理工作中，要定时用高压水冲洗或者用真空吸尘器清扫，这是保证它长期有效运转所必需采取的措施。

（二）下沉式绿地与雨水花园的构建技术

下沉式绿地、雨水花园是实现雨水“滞、蓄、净”的重要设施。下沉式绿地一般指比周围地面低 5-30 厘米的绿地，主要汇集、滞留周围场地雨水，经植被、土壤向地下渗透。雨水花园是一种特殊的下沉式绿地，经过专门设计，具有更强的雨水净化功能，结构较为复杂，一般由进水口、蓄水区、过滤层、溢流口等组成。构造此类设施的关键就是选择适宜的土壤和植物进行搭配。要依照汇水面积以及设计标准来决定设施的规模和深度，之后才是精确的土方开挖。关键在于内部结构层的铺设，从下往上依次为砾石排水层、隔离土工布、特殊的种植土层。种植土层为技术核心，由砂、土、有机质按一定比例混合而成，既要满足植物生长的要求，又要有良好的渗透性，以达到去除径流中悬浮物、氮、磷等污染物的

高效效果。植物选择很关键,要先选耐水淹、耐干旱、根系发达、对污染物吸收能力强的乡土植物,还要形成乔、灌、草相结合的复层植物群落,这样才能提高系统稳定性和净化效率,也能营造出丰富的季相景观。必须精心设计好溢流系统,保证当入流雨水超过设计容量的时候,能够顺利、安全地将多余水量排入下一级设施或者市政管网,防止局部内涝的发生。

(三) 绿色屋顶与垂直绿化的雨水管理功能

绿色屋顶和垂直绿化属于向空中发展的景观类型,极大地丰富了城市第五立面以及垂直空间的生态景观,在海绵城市建设中起着不可替代的雨水管理作用。它们借助植被截留、介质吸纳、蒸发蒸腾等一系列过程,在降雨初期就能有效地削减径流量,而且显著推迟径流峰值出现的时间。绿色屋顶是由植被层、种植介质层、过滤层、排水层、防水层等构成的微型生态系统。降雨的时候,雨水先被植物叶片截留一部分,直接蒸发的,另一部分被种植介质吸收储存起来。只有当介质层饱和之后,多余的雨水才会从排水层缓慢排出。此过程大大减少了直接排入市政管网雨水量,对短时、小雨量削减效果更明显。垂直绿化,不管采取攀爬式、模块式还是铺贴式,其雨水截留、蒸发的功能都是相同的。雨水沿着墙面的植物和介质流下来的时候,流速被大幅度减缓,水分在过程中被植物和介质吸收,因此到达地面的水量减少。立体化的雨水管理方式,在寸土寸金的高密度城区有非常大的应用价值。它们把原本不透水的建筑表面变成了具有生态功能的海绵体,除了调控雨水径流之外,还有节能降耗、缓解热岛效应、增添生物多样性等许多附加好处,是现代都市景观可持续发展的新方向。

第四节 极端天气应对与景观韧性设计

一、景观工程的韧性设计原则

(一) 多功能性与冗余性设计

多功能设计即一个景观元素或者空间可以承担多种生态和社会功能,这是提高系统效率和价值的有效途径。一片绿地平时是市民的休闲场所,暴雨时却可以作为滞留雨水的洼地,其植被和土壤还能起到净化水质、涵养水源的作用。一地多用的布局方式把生态、游憩、防灾等功能有机结合,大大提高了土地利用的

综合效益。公园的公共活动空间不仅可以满足居民的社交需求，在灾害发生的时候，合理的空间布局与规模也能成为临时的避难和应急场所，体现景观功能的双重价值。

冗余设计，系统中留有备用或重复的功能单元。某个部件坏掉以后，系统仍然可以维持基本的功能。就如同为系统加上了安全气囊，当冲击超过某个单元的承受范围的时候，冗余的部分就会立即加入进来分担压力，防止系统性地崩溃。以城市排水系统为例，在主要的管道网络之外再设计多条生态草沟、透水路面、小型蓄水池。即使某一个环节出现故障，其他的环节仍然可以相互配合发挥各自的作用，共同形成多层次的防御体系，在遭遇超标暴雨等极端事件的时候，保证整个景观系统稳定可靠。

（二）可恢复性与适应性策略

可恢复性即景观系统在受到自然灾害或者人为干扰之后，依靠自我调节或者少量人工干预，快速恢复到原来结构和功能状态的能力。实现高可恢复性的关键就是保护和利用自然的演替过程。在设计时应当以适应性好的、抗逆性强的乡土物种为主，这些植物对当地的气候、土壤条件有较强的适应性，灾后恢复速度快，维护费用低。建立健康的土壤生态系统，提高土壤保水保肥、抗侵蚀的能力，为植被的迅速恢复打牢基础。

适应性策略更重视长远视角，要求景观设计主动去改变自己来适应不断变化的环境。设计不应该僵化、静止，而应该具有足够的灵活性、可调节性。气候变暖时，有些植物不能适应新的环境，这时景观系统就要利于物种的演替和更新。从空间布局来说可以采用模块化设计，适应以后需要的变化，方便局部功能区的改建或者功能转变，保证景观系统长久活力及效能。这种策略的思想就是接受并积极应对变化，依靠动态调整来保持系统长期稳定。

（三）系统协同与一体化防御

系统协同与一体化防御是把城市景观看作一个相互联系的整体，冲破行政、专业、空间的界限，达成跨区域、跨部门、跨尺度的高效协作。城市中的公园、绿地、河流、湖泊、道路、建筑等不是孤立存在的，而是构成一个复杂的社会生态系统。设计时要考虑各要素之间的相互作用，在创建蓝绿基础设施网络的同时，把分散的生态斑块联结成整体，从而实现综合效应。

一体化防御就是把传统的灰色基础设施（堤坝、防洪墙等）和绿色基础设施

(湿地、绿地等)相结合,形成一种互相补充、协同配合的复合型防御体系。绿色基础设施主要依靠自然过程来处理雨水、调节气候,它的成本低,同时还有多重生态效益,但是对极端事件的处理能力比较弱。灰色基础设施的刚性防护能力较强,但生态功能、灵活性却比较弱。在防洪堤内侧建设生态湿地,既可以提高堤坝的稳定性,又可以为生物提供栖息地、雨洪调蓄空间,达到工程安全和生态健康双赢的目的。系统化的思考可以构建起多道防线,全方位提高城市抵御各种自然灾害的能力。

二、应对高温热浪的景观策略

(一) 城市通风廊道与遮荫系统构建

城市通风廊道是利用城市内外气压差,把郊区凉爽、新鲜的空气引入城市中心区域的通道。高效的通风廊道系统对减缓热岛效应、扩散污染物起着非常重要的作用。

1. 廊道体系的搭建,在廊道体系的建立过程中首先确定城市主导风向,将大面积的公园、河流、湖泊和道路绿化带串联起来形成宽度大于 500 米的主通风廊道,并且形成几条宽度小于 500 米、大于 80 米的次级辅助通风廊道,形成网状通风系统。在廊道范围内,必须严格控制建筑的高度、密度、布局,不得出现高大密集的建筑群,影响气流的通畅。

2. 遮荫系统建设,遮荫是局部降温最直接、最有效的办法。在广场、街道、庭院等开阔的地方应该大力推广高大乔木,依靠它宽阔的树冠形成天然的遮阳伞。建筑立面、停车场、公交站台等地方可以设计出各式各样的廊架、张拉膜等人工构筑物,并且同攀缘植物相结合,一起形成多层次立体的遮荫网络。遮荫系统可以有效地减少地表以及行人对太阳辐射的吸收,并且可以大大提高空间的舒适度。

建立通风和遮荫互相配合的立体降温体系,可以明显改善城市热环境。通风廊道从宏观上改善整个城市空气流通情况,遮荫系统从微观上提供即时的凉爽感,两者相互配合,可以大大提高城市整体的气候舒适度。

(二) 高蒸腾效率植物的应用

植物蒸腾作用犹如天然的空调系统,吸收热量把液态水变成水蒸气,大幅度降低周围环境温度。高温热浪来临时,选择蒸腾效率高的植物,是提高城市绿地降温效果的重要方法。阔叶乔木因为叶片面积大、气孔数量多,蒸腾作用一般较

高，香樟、悬铃木、栎树等都是良好的降温树种。

植物配置时要组成乔、灌、草结合的复层植物群落。多层次的群落结构既可以提高叶面积指数，提高整个林下空间的蒸腾降温效果，又可以更有效地截留太阳辐射，营造出更加凉爽的林下空间。由研究结果可知植被的覆盖度越高降温效果越好。植物群落的健康状况影响其蒸腾效率。因此精细化的养护管理，及时浇水施肥，保证植物处于良好的生长状态，对发挥植物的生态降温作用十分必要。选择科学合理的蒸腾效率高的植物进行搭配，可以给城市创造高效、可持续的生态冷源。

（三）水体与喷雾等降温技术的集成

水体由于具有很大的热容量以及蒸发散热的能力，在城市里起到了不可小觑的作用。在景观设计中应该重点保护和恢复原来的河流、湖泊、池塘等自然水体，并把它们与城市公共空间结合起来，设计出人工湖、景观溪流、喷泉等。流动水体的热交换效率比静止水体要高，在设计中可以设置小瀑布、跌水等来加强水体流动，从而增大降温效果。水体周围一般会形成一个温度较低、湿度较高的舒适小气候区，是市民理想的避暑之处。

人工喷雾降温技术是对高温天气的缓解方法。它用高压设备把水雾化成微米级的颗粒，雾滴在蒸发的时候会吸收大量的热量，于是乎短时间内局部环境温度就会下降3到8摄氏度。喷雾系统可设置在广场、公园、商业街区、公交站台等人流量大的地方，快速降温的同时还可以提高空气湿度、吸收粉尘、形成特殊的雾化景致。

自然水体加人工喷雾技术打造出来的多尺度、多方案综合降温体系，可以较好地抵抗高温热浪。水体属于区域性“宏观”冷源，一直稳定地调节大环境气候，喷雾系统是“微观”的即时降温工具，可在重点部位提供精准高效的清凉感受。两者相互配合，共同给市民创造更宜人、健康的城市环境。

第五节 气候适应性景观管理案例

一、国际典型案例分析与启示

（一）德国柏林波茨坦广场雨水管理

柏林波茨坦广场是二战后欧洲最大的城市重建项目之一，在它的规划理念中生态优先是被当作圭臬的，其核心就是一套精细高效的雨水管理系统。该系统以“原地滞留、原地渗透、原地利用”为目标，把广场内的所有建筑屋顶都设计成绿色屋顶，进行初步的过滤和滞留。雨水被引到地下巨型蓄水池中，作为广场中央的人工湖的补给水源，也用来冲洗厕所和消防等。

这样一套闭环的雨水循环利用系统，一方面大大减轻了暴雨径流对市政管网的压力，另一方面也产生了生态、景观效益。中央水体与周边绿地互相影响，改善了区域微气候，形成城市中心的“清凉绿岛”，给公众提供亲水、舒适的休憩场所。波茨坦广场的实践证明，把雨水管理同景观设计结合起来，可以以较低的长期维护费用取得生态、社会、经济多方面的显著成效。

（二）新加坡“ABC 水计划”的实践

新加坡为应对气候变化所造成的强降雨、海平面上升等问题，在 2006 年推出了一个名为“活跃、美丽、干净的水”的计划，简称为 ABC 水计划。本计划意在把散布在全国的功利性排水渠、蓄水设施，改造成具有生态功能、休闲娱乐、社区活力的蓝绿空间，从而重新建立人与水的和谐关系。

其中碧山宏茂桥公园是该计划的旗舰项目之一，把原来 2.7 公里长的直线混凝土排水渠改造成自然河流穿行于公园之中。改造工程里，他们创造性的使用了土壤生物工程技术，用植物根系和天然材料构建出稳定的生态河岸，完全取代了传统的硬质护岸。这一改造产生了很多明显的效益，大致有如下几方面的体现：

1. 生态效益，改造前河流流速快，自净能力强，生物种类多，许多鸟类、水生生物都来这里安家。

2. 排水渠成为社区的生态纽带，河岸上的阶梯式护坡成了居民亲水的平台和公共活动的场所。

3. 增强城市韧性河道蓄洪量增加 40%，暴雨时公园部分区域作为泛洪区，城市防洪韧性大提升。

（三）纽约“更绿色更伟大”规划中的景观策略

2007年纽约市发布了《更绿色，更伟大》规划，这是纽约市应对气候变化、改善居民生活质量的综合性城市可持续发展纲领。景观策略在其中发挥着非常重要的作用，景观不再只是城市的点缀，而是被当作实现环境目标的核心基础设施。绿色空间被当作缓解城市热岛效应、调节雨水径流以及改善空气质量的有效途径。

规划中的标志性景观项目有百万棵树计划，大量植树，大幅度提升城市的绿化覆盖率、碳汇能力；绿色街道项目，道路两侧、社区内部大面积设置生物洼地、渗透性铺装等绿色基础设施，实现雨水就地消纳和净化。这些分散的、自然的解决办法一起形成了一个庞大的城市绿色海绵系统，减轻了老旧合流制下水道系统溢流污染的问题。纽约的实践也表明，经过系统性的景观规划和持续的投资，可以明显提高城市应对气候变化的能力，也可以给市民创造一个更健康、更有活力的城市环境。

二、国内气候适应性景观实践

（一）北京奥林匹克公园的雨洪利用

北京奥林匹克公园是2008年北京奥运会的核心区，在规划之初就将雨洪管理系统地纳入考虑之中，为中国北方缺水城市大规模雨洪利用提供了典范。公园面积辽阔，其设计重点是建立一套“收、蓄、净、用”完整的雨水综合利用系统，以达到园区雨水零外排的目的。

公园的雨洪利用系统是以龙形水系为骨架展开的。利用地形、管网等巧妙的布置来收集奥体场馆屋顶、广场等硬质铺装区的大量雨水。初雨经过下沉绿地、植草沟、生态湿地等一系列的净化设施。经过砂石过滤、植物吸收、微生物降解等多道工序之后，雨水的质量明显提高。

雨水净化后最终汇集到39公顷大的奥海。奥海是公园的核心景观，也是巨大的雨水调蓄库。这些储存在园内的水资源被用作园区绿地的浇灌水、道路洒水、景观用水，每年可以节约大量的优质自来水。奥林匹克公园的实践为大型城市公共绿地怎样将雨洪管理、生态净化和景观营造有机地融合起来，提供了很好的参考。

（二）上海世博园区后滩湿地生态修复

上海世博园区后滩公园，是把一块曾经受到严重污染的工业棕地，改造成具

有水质净化、防洪功能和公共游憩用途的生态湿地公园的典范。项目直面黄浦江水体污染的严峻问题,用创新的景观方式来打造生态基础设施,在超大城市中心区域展现出基于自然的解决方案的潜力。

后滩公园的设计核心就是它的狭长、梯田式的内河湿地系统。设计者并没有使用传统的硬质防洪墙,而是建成了一个可以随水位变化而弹性调整的生态江岸。污染严重的黄浦江水被泵入湿地系统顶端之后,在重力的作用下逐级流经由不同的植物和基质构成的净化单元。通过沉淀、过滤、植物吸收、微生物分解的共同作用,日处理量巨大的劣五类江水,在几天内就可以被自然净化成三类水,达到非饮用目的的利用标准。此过程极大地改善了水质,又创造了一方生机盎然的动植物栖息地,给市民提供了一个亲近自然、体验生态过程的场所。

（三）雄安新区高标准海绵城市建设

以承载着“千年大计”的未来之城的雄安新区的规划建设为例,从一开始就没有忽略生态优先、绿色发展。其海绵城市建设不是对已有建成区的改造,而是在一张白纸上进行系统的、高标准的顶层设计和实践,目的是构建一个与自然水文过程高度适应的城市水循环系统。

雄安海绵城市建设的特色就是区域、城市、社区三个层面协同联动。从区域上来说,以华北平原最大淡水湖白洋淀的生态修复和保护为中心,构建“淀、河、渠、塘、涝”互联互通的区域水网体系,充分发挥它的巨大自然调蓄、净化功能。规划出穿越全城的大生态廊道和大型中心绿地,使城市有绿心、蓝脉,给雨水的下渗和滞留提供足够的空间。

在社区、地块层面雄安新区强制推行低影响开发模式。新建道路多用透水铺装,建筑小区内普遍设有下凹式绿地、雨水花园、植草沟等,实现了小雨不积水、大雨不内涝的效果。从源头到末端,从宏观到微观全方位构建海绵体系,实现70%以上雨水就地消纳利用,为新时代城市水敏性设计提供前瞻性的中国方案。

国际国内的典型案例及其主要特点和效益,可见下表。

气候适应性景观管理案例概览表

案例名称	所在地	核心策略 / 目标	主要效益
柏林波茨坦广场雨水管理	德国柏林	精细高效雨水管理（原地滞留、渗透、利用）	减轻管网压力、改善微气候、生态景观多赢
新加坡“ABC水计划”	新加坡	蓝绿空间改造、水体自然化、韧性增强	生态净化、社区活力、防洪韧性提升
纽约“更绿色更伟大”规划	美国纽约	绿色基础设施建设（百万棵树、绿色街道）	应对热岛、雨水管理、改善空气、减轻溢流污染
北京奥林匹克公园雨洪利用	中国北京	“收、蓄、净、用”雨水综合利用系统	雨水零外排、节约水资源、生态净化、景观营造
上海世博园区后滩湿地生态修复	中国上海	工业棕地改造、梯田式内河湿地系统	水质净化、防洪、公共游憩、生物多样性恢复
雄安新区海绵城市建设	中国雄安	区域 - 城市 - 社区协同海绵体系	水循环适应性、小雨不积水、大雨不内涝

第七章 都市景观工程的社会文化价值

第一节 景观工程与城市文化传承

一、城市文脉的解读与景观表达

（一）历史地段的景观肌理保护与延续

历史地段的景观肌理是城市记忆的物质载体，是由街道网络、建筑风貌、空间尺度、植被特点等诸多要素共同构成的，像城市指纹一样。景观工程管理中对此类肌理不能一概而论，而应该在保护的基础上进行审慎的介入和活化。工程要以微更新、针灸式改造为主，不进行大拆大建，对原有的空间感受和社区网络造成破坏。经由修补破损的铺地、整理杂乱的管线、恢复地域特色植物等方式，在改良环境品质的同时，也能够加强历史地段的真实性、完整性，让历史的韵味自然而然地融入到当代生活中去。

延续景观肌理的关键就是抓住它内在的“神韵”，而不能拘泥于外在的“形制”。这就要求景观设计师要对地段的历史演变过程有所了解，理解其空间组织的规律以及社会生活方式。在一条古老商业街的改造中，不能只是模仿旧时建筑风格，而要通过合理的业态引导、精心的公共空间营造、巧妙的夜景灯光设计等手段，再现过去繁华热闹的商业气息和人际交往的活力。延续是动态的、发展的，它使历史地段在新的时代条件下焕发出新的生命力，成为市民联系过去与现在的纽带，使历史文化变得可亲、可近、可感。

（二）非物质文化遗产的景观化转译

非物质文化遗产是无形的、活态的，包括传统节庆、民间故事、手工技艺等。用创新的方法加入景观设计之中，便成了保护和弘扬这些文化的又一新途径。转译不是简单的模仿或者复制，而是提取其核心文化精神、美学特点，用抽象、象征、隐喻等方式创造出能引起情感共鸣、文化联想的景观空间。

用某地区的传统纺织技艺作为研究对象，其图案的精美、色彩搭配的独特、编织的节奏感都是景观设计的素材来源。设计师可以把它们用到铺装图案上，座

椅形态上,雕塑小品里,甚至用到植物配置的色彩搭配上,形成有地域文化特色的景观细节。游览其中,即使不能直接看到纺织的过程,但是通过这些设计元素,游客也能感受到其中的文化内涵,从而对这项非遗产生好奇与兴趣,达到文化传承的潜移默化的效果。

成功的景观化转译可以给非物质文化遗产赋予新的展示、活动场所。以地方神话传说为主题的公园,设置故事场景的雕塑、互动装置并举办相关民俗活动之后,市民尤其是青少年在沉浸式体验中了解和传承本土文化。景观空间因此成了动态的文化课堂,给非物质文化遗产的活态传承提供必要的物理载体和展示舞台,使非物质文化遗产在现代城市生活中“活”起来,实现价值的再创造。

(三) 城市精神与时代特征的物化呈现

每个城市都有自己独有的精神气质,可以是开拓创新、温婉闲适、也可以是坚韧不拔。都市景观工程是城市的外衣,是物化呈现抽象精神的重要媒介。用形态、色彩、材料的选取和组合,可以向外界发出强烈的城市性格信号。高科技产业为主导的城市中心广场景观设计,采用简洁流畅的线条、有未来感的金属材料、智能化的互动设施来体现创新、高效的时代精神。

景观工程同时又是时代的年轮。不同时期的重大社会变革、技术发展、审美思潮在景观建设中都会留下印记。从最初的纪念政治、生态可持续发展到如今的人文关怀、智慧交互,景观的发展史就是城市发展史的微观史。因此,在工程管理中应该鼓励能够反映当代时代价值和科技水平的创新设计,使其成为后人回望我们的时代所保留下来的一份珍贵的样本,给城市的历史叙述添加新的一页。

二、传统造园技艺的现代传承

(一) 古典园林造景手法的创新应用

古典园林里包含许多造景的智慧,对景、借景、框景、障景等等,都是在有限的空间里创造出无限的景深与意趣的精巧手段。这些手法在现代高密度的城市环境里有着非常高的现实意义。可以组织视线、分隔空间、弱化不利因素,使景观艺术性和体验性得到很大提升,增加空间层次。

当古典手法被转译成现代的语汇时,新的功能和新的审美趣味就介入进来。古典园林造景手法核心概念以及现代应用如下表所示:

古典园林造景手法及其现代应用

造景手法	核心概念	现代应用示例
对景	视线引导，使两处或多处景物互为衬托，形成对望与呼应。	在广场两侧设置风格呼应的雕塑或建筑，或在轴线两端遥相呼应的标志性景观。
借景	将园外美景引入园内，扩大空间感与意境。	借用城市天际线、地标建筑、车水马龙的动态街景，或远山、河流、古塔等自然人文景观。
框景	利用门窗、洞口等形成画框，截取外部美景，集中视线。	现代建筑的落地窗、廊架、构筑物上的几何开孔，将特色树木、雕塑等框成一幅立体画。
障景	以景物遮挡视线，引导游客视线，欲扬先抑，增加空间层次和趣味。	利用高大的植物、景墙或建筑构件巧妙遮挡，营造柳暗花明又一村的探索感。

以景入画，除了可以借用远山塔影之外，还可以借用城市天际线、地标建筑、车水马龙的流动街景。用精心设计的观景平台或者取景窗把现代城市元素加入景观中，从而形成古今对话。框景就是利用现代建筑门窗、廊架、构筑物上的几何开孔，把某一特定景物，如一棵姿态优美的树、一组富有艺术价值的雕塑，截取成一幅立体画。于是观者的视线就被这些“画面”所吸引，聚焦到某一个景物上，景观的艺术感染力也因此得到了极大的增强。

运用这些方法之后，传统的造景手法就不再是刻板僵硬的符号了，它就焕发出新的生命。使现代都市景观在满足实用功能的同时，也可以创造出步移景异、曲径通幽的诗意空间，给生活在快节奏都市中的人们提供一个可以静心品味、浮想联翩的精神家园，达到实用功能和艺术审美性的和谐统一。

（二）传统材料与现代工艺的交融

青砖、黛瓦、山石、竹木这些传统的材料因为具有自然质朴的外观和深厚的历史底蕴，所以它在创造富有东方风韵的景观空间方面发挥着不可替代的作用。现代景观工程不能全盘复古，而应该探索传统材料与现代工艺技术相结合的可能性。用新的切割、打磨、拼接、结构技术，能使传统材料呈现出前所未有的形态和质感，满足现代设计的要求。

传统的太湖石经过三维扫描、参数化设计以后，可以被精确地切割、组合成带有现代雕塑质感的，同时又兼具传统美感的艺术装置，既保留了石头本身的纹理，也表现出数字时代特有的构成逻辑。同样，用现代防腐、胶合、弯曲技术处理竹子这样的传统材料，可以建造出大跨度的轻型结构、流线型的景观廊架，性

能和表现力都有了极大的扩展。这样的融合既提高了景观的艺术性、技术含量，也是对传统物质文化的一种创造性转化和发展，使它在现代社会中焕发生机。

（三）东方美学思想的现代表达

东方美学尤其是中国的古典美学重视意境营造，虚实对比和自然趣味。它的重要之处不在元素的简单相加，而在简练的笔触中引发观者无穷的遐想与深刻的体会。把这种思想融入现代景观设计中，可大大提高景观的文化内涵。促使设计师在设计的时候更多重视的是空间氛围以及精神的表达。

留白在东方美学中一直备受推崇，它现代表现形式有大面积草坪、平静的水面、简约的墙体等。看似没有物体的空间，实则是光影变化、植物季相变化、人的活动的广阔舞台，营造出一种宁静空灵的禅意氛围。它给观者留下喘息、沉思的空间，在高楼耸立、信息爆炸的都市中是十分难得的，是对现代人紧张心理的一种空间治愈。

对意境的追求也表现在整体的景观布局以及细节上。设计师不再只是简单的模仿自然山水的形态，而更深层次地去捕捉它内在的韵味。借助地形微塑、水体巧置、植物精配、灯光氛围营造，创造出开阔、深远、静谧或热烈的情感体验。这样一种现代表达把东方美学的思想从传统的符号里解放出来，用更加抽象、更加普适的形式进入到现代都市生活当中，表现出跨越时空的文化魅力。

第二节 公共空间与社区凝聚力

一、公共空间的可达性与包容性

（一）无障碍设计与人本化尺度营造

无障碍设计是实现空间平等的基础，它已不再仅仅是给残疾人带来方便，而已经成为一种普遍适用的设计原则，渗透在都市景观工程中的每一个细节里。城市街道人行道应当连续、平坦，在交叉口应当设置缘石坡道，盲道的铺设应当符合国家标准，在起点、终点以及转弯处设置提示性标识，提示视障者安全通行。既满足了特殊人群的需要，也给推婴儿车的父母、提重物的游客和行动不便的老人带来方便，体现出城市温暖的一面。

营造人本化的尺度，才能够获得真正的亲切感和舒适感。长久以来，公共空

间的设计大都以健全人为唯一的标准,忽略了人群的多样性。真正以人为本的设计会考虑人的行为习惯、心理感受,街道宽几米、广场大不大、座椅高不高,都要考虑。宽阔的广场虽然宏伟,但是如果没有小尺度的“口袋空间”,人们就很难停留交流,沿街座椅如果间距过大或者完全暴露在烈日之下,就会失去休憩节点的作用。设置人性化街道家具、营造舒适的步行环境、合理限定空间,使人们感受到放松、被尊重,从而愿意走出家门,享受公共生活。

在具体的景观工程管理中,无障碍理念、人本化尺度应是设计评审与项目验收的指标。这就需要设计师打破常规的设计惯性,更加了解各个阶层的居民真实的需求。最终目的就是创造一个人人可以自由进入、自由使用、愿意停留的空间环境,使公共空间成为连接人与人、人与社区的桥梁。

（二）全龄友好型活动空间设计

全龄友好是评价社区公共空间包容性的标准,它要求在空间规划的时候考虑到儿童、青少年、成年人、老年人等各个年龄段人群的需求,打造一个各个年龄段的人可以共同参与、共享的活力场所。不仅要有设施的投入,而且要对各个年龄层次人群的行为习惯、心理需求有正确认识。

儿童活动空间设计要体现出趣味性、探索性、安全性。可以利用自然材料木桩、沙地等,加上有趣的科普标识,创设出能够引起儿童感官体验和好奇心的活动场地。儿童活动场地的通视性十分重要,设计时要防止高大灌木遮挡视线,保证看护人可以清楚地观察到儿童的活动情况,在场地周围设置足够的座椅,方便家长陪同。青少年需要的运动场地要能释放活力的滑板场、篮球场等。老年人的安静休闲区要单独设置,用绿化或者小地形等形式加以分隔,防止互相干扰。

老年人空间设计更重视安全、舒适、社交三者之间的有机结合。场地宜选在公园内交通方便、地势平坦的地方,所有的道路都应做无障碍防滑处理。配置的健身器材要充分考虑到老年人的身体特点,座椅的布置要便于他们围坐交谈。遮阳避雨设施的设置对提升老年人的使用舒适度起着很重要的作用。建设全龄友好型公园或者社区空间,其最终目的就是体现社会的公平与关爱,让每一位居民都能找到属于自己的天地。全龄友好空间设计的主要要素及特点见下表。

全龄友好空间设计要素对比表

年龄段	核心需求	设计原则	典型设施 / 特点
儿童 (0-12 岁)	趣味性、探索性、安全性	感官刺激、易于看护、防风险	自然材料 (木桩、沙地)、科普标识、通视性好、看护座椅
青少年 (13-18 岁)	释放活力、社交、挑战性	独立空间、多功能	滑板场、篮球场、小型运动设施
成年人 (18-60 岁)	休憩、社交、减压、活动	舒适、灵活、功能多样	组合座椅、林下空间、运动场地、弹性广场
老年人 (60 岁以上)	安全、舒适、社交、健康	无障碍、防滑、易达、静谧	交通便利、地势平坦、防滑坡道、健身器材、围坐座椅、遮阳避雨设施

（三）弱势群体需求的关注与满足

城市文明水平和社会包容性，是由对都市景观工程中弱势群体关怀的程度来检验的一块试金石。弱势群体除了身体上的残障人士以外，还包括了因为经济、社会、文化等各方面原因而处于边缘地位的人群。景观设计要从空间权利平等的角度出发，给予其一个安全、有尊严、符合其特殊需求的公共环境。这不单单是无障碍设施建设的问题，也是人对人有无关怀的深层次问题。

安全性是第一位的，为弱势群体服务的活动场地应具有一定的独立性，使用时能感受到安全感、舒适感；设置在靠近出入口、容易到达的地方。老年人、残障人士活动场所地面铺装应平整防滑，高差变化处用平缓坡道连接并设牢固扶手。充足夜间照明、清晰的引导标识、紧急呼叫设施的设置，都是构成安全环境不可缺少的部分。

设计的根本目的就是满足他们的生理、心理需求。对于轮椅使用者来说，公共空间中座椅区、饮水台、服务窗口等的尺寸应该进行适应性的设计。心智障碍者或者认知症老人可以依靠色彩鲜明、识别度高、带有多种感官刺激的疗愈花园和导向系统来感知环境、调节情绪。疗愈性景观的设计利用植物的自然属性，既可以给人们带来视觉上的美感，也可以起到情绪抚慰、压力缓解的作用。

另外，促进社会参与是景观设计包容性的一个更高目标。公共空间的设计要听取弱势群体的声音，认识他们真实的情况和真正的要求。营造包容性的空间氛围，可以促使他们与社会其它群体自然地进行交往，从而减少孤立感。像在社区花园的设计里加入抬高的种植池，让轮椅用户也能参与到园艺当中来，在一起劳作的过程中自然而然地产生社交联系。

对弱势群体的关心体现出一种系统的设计思想,设计师必须抛弃以“平均人”为假设的设计观念,把人的多样性作为设计的出发点。包容性的城市公共空间,可以给包括弱势群体在内的所有居民提供平等、有尊严地享受城市生活的权利,对增强社区凝聚力、促进社会和谐起到积极作用。

二、促进社区交往的景观设计

(一) 交往节点的空间布局与氛围营造

促进社区交往的关键是创造能够留住人、使人们相遇、交流的“交往节点”。节点并不是孤立存在的,而是在精心布置下组成一个交往空间网络系统。

1. 创造多样的交往节点:在设计时要充分考虑居民的行为习惯,在社区重要路径上设置大小不等、功能不同的交往节点。在住宅楼出入口旁设置小块休憩组合座椅,供邻里出门时短暂相遇交谈;在社区中心留出较大的广场或活动草坪,配合儿童游戏设施、棋牌桌等,形成社区活力中心;在比较安静的区域,可设置临水平台或林下空间,给喜欢宁静的居民提供沉思与交流之所。根据功能多样性满足不同人群、不同时段交往需求。

2. 营造人性化氛围,空间的氛围好坏,决定了交往的好坏。运用温暖的材料、围合的空间、舒适的座椅、柔和的夜间灯光等等,能引起人们内心安全、亲切、放松的感觉,消除心理防备。植物配置十分重要,用乔木构成宜人的荫蔽、花卉和灌木给空间增添了色彩和层次感,既美化了环境,又创造出接近自然的舒适体验,拉近了人与人之间的心理距离。

有效的交往节点布局与氛围营造,可把社区公共空间由单纯的通行场所变成活跃的“社区客厅”,在潜移默化中编织起紧密的社区关系网。

(二) 社区农园与共同劳作空间的组织

社区农园作为一个新的景观类型,成为促进社区交往、重塑邻里关系的重要媒介。它把城市里被忽视的角落或者附属绿地变成居民可以自己动手去耕种、收获的地方,经由共同劳作的过程,自然而然地消融了现代都市生活中邻里间的隔膜。

社区农园的魅力就在于它的参与性非常高。场地设计、土地整理、播种、浇水、施肥、收获,每一个环节都给居民提供合作交流的机会。在共同劳作中,居民们共享园艺知识、交流种植技巧,共同分配劳动成果,在共同目标下合作的过

程,能很好地建立起人与人之间的信任和友谊。孩子们可以到农园里去获取宝贵的自然教育体验,认识植物,了解生态;成年人在田园劳作中释放工作压力;老年人在其中找到新的社交平台和价值感。

社区农园的组织和经营管理对于它的长久发展来说是至关重要的。成功的社区农园不是自上而下强加的,是由社区内的一些积极分子或园艺爱好者发起,并吸引更多的居民加入的。建立园主制度、成立园艺小组、制定共同遵守的维护公约等方法可以形成共建共管的社区自治机制。在这期间,景观设计师的身份也从以前的“设计者”变成了现在的“促成者”或者“赋能者”,用自身的专业知识去为居民举办园艺工作坊等各类活动提供支持,助力居民完成属于他们的花园梦。共同创造、共同维护的经历,既是对美化社区环境的实践,更是对培养居民公共精神、形成社区共同体意识的过程,使社区农园真正成为名副其实的“社区客厅”和凝聚力中心。

(三) 弹性空间支持多元社区活动

弹性空间,又叫“留白”设计,是指在都市景观工程中,有意识地保留下来、功能未被完全限定的开放空间。其设计的核心思想就是具有很强的适应性、包容性,可以按照不同的时间、不同的人群来灵活承载各种社区活动,从而最大限度地激发公共空间的活力。

成功的弹性空间一般具有简单的形式和最少的设计干预。它可以是一片平整开阔的草坪,也可以是硬质铺装的广场,还可以是一块配有简单的活动设施的林下空地。这种“未完成”的状态就是它的生命力所在,给居民的自发活动留下了无限的可能。周末的早晨,这里是太极拳和广场舞的场地;下午,这里是孩子们的足球场和家庭野餐的乐园;晚上,这里也许会临时架设投影设备,摇身一变成社区露天电影院;而在节庆之时,这里又可以变成社区市集、邻里百家宴和庆典活动的举办地。

实现空间真正弹性的条件有以下几点。地面应平坦、坚实、易保养,满足高强度使用的需要。周围应留有足够的电源接口、水源以及储物空间,为临时性活动的开展提供基本保障。良好的可达性以及社区主要人行流线的顺畅连接,是保证空间使用率的前提。设计师利用模块化的、移动式的景观家具,如组合座椅、活动花箱、遮阳伞等,增强空间的灵活度,使居民能按照自己的需要自由搭配使用,创造出符合自己需要的临时场景。其灵活性大大丰富了社区生活的内容,使

公共空间成为居民自发组织、自发表达、共享欢乐的舞台，有效地促进了社区的交流与融合。

第三节 景观工程的美学与社会功能

一、景观美学的多元价值

（一）形式美法则在景观设计中的应用

形式美是景观构成中最直接、最基本的审美层次，是人类对秩序、和谐的本能追求。景观设计用对比与统一、均衡与稳定、节奏与韵律这些经典的形式美法则来组织城市中复杂多样的各种因素，给人们带来视觉上的愉悦和舒适。又如公园中蜿蜒曲折的小路以曲线创造出一种美感，广场上整齐排列的树木、灯柱用重复、序列的方式创造出一种庄严肃穆、秩序井然的空间氛围。

设计师一般采用黄金分割比例确定建筑物与植物的比例关系，以获得最佳的视觉效果；用色彩的冷暖对比、明暗对比来突出景观的焦点，营造不同的空间气氛；用材料质感的粗糙、细腻、坚硬、柔软等来创造丰富的触感和质感。这些法则是不是死的教条，要看设计师是不是真正读懂了场地的精神、功能的需求，再加以艺术加工使用。成功的景观作品，一般都会将这些法则内化于心、外化于形，表现出一种看似自然天成、实则匠心独运的秩序之美，让人在其中得到内心的平静和审美的享受。

（二）生态美学与野性之美的价值

生态美学是工业文明反思中产生的一种美学观念，它反对传统园林过于精雕细琢的人工美，提倡一种尊重自然、顺应自然、体现自然之美的人工美。它认为景观之美不在外表而在内在的生态健康、系统完整。一个可以自我维持、物种丰富、生机勃勃的生态系统本身就具有无法比拟的生命之美，也是万物和谐共处的美。

在此基础上，“野性之美”的价值更加突出。它不是指景观的荒芜或废弃，而是有意识地把自然界中非规律性、自发性的甚至是略显凌乱的状态引入到设计当中来。用本地野花草甸代替单一草坪，一方面可以吸引昆虫、鸟类，增加生物多样性，另一方面也可以打破人工环境的刻板、死寂。保留一部分自然演替的场地，让植物自由生长、枯枝落叶自然堆积，能够给小型动物提供庇护场所，也可

以让市民观察到真实的自然循环过程。赞美“野性”，可以弥合现代人与自然的隔阂，唤起人们对于土地的敬畏与热爱，这是可持续发展在美学上深刻的体现。

（三）动态美学与季相变化的体验

景观与绘画、雕塑等静态艺术最大的不同就是生命性和时间性。动态美学所关注的，就是景观在时间流逝中带来的无限变化。这种变化有以年为周期的季相变化，有以日为周期的光影变幻，有风、雨、雾等气象变化带来的瞬间之美。春天的花团锦簇、夏天的绿树成荫、秋天的灿烂缤纷、冬天的傲骨冰心，虽然四季景色不同，但是都蕴藏着无穷的乐趣。好的景观设计要捕捉时间维度的美。

精妙的植物选择、配比可以描绘出美丽的四季图景。早春有迎春、玉兰先通报；仲夏有荷花、紫薇似火如荼；深秋有银杏、枫香染红山峦；隆冬有梅花、南天竹傲雪凌霜。季相的有序更替给城市空间赋予了时间的节奏，使人们在日常生活里真正感受到自然的脉动。光影也是创造景观动态美魔术师。阳光透过树叶的缝隙形成斑驳的光影，建筑的影子随着一天的时间缓慢移动，夜晚的灯光给建筑带来与白天完全不同的轮廓，这一切让空间变得丰富多彩起来，建筑的层次和表情也被丰富得多，从而创造出一种流动不止、鲜有重复的景观体验。

二、景观的社会教化功能

（一）科普教育型景观的设计与表达

科普教育型景观是将科学知识，特别是与环境、生态、地理等有关的知识，用具象化、趣味化的设计手法融入到公共空间中，使游憩过程变成轻松愉快的学习体验。该类景观重在寓教于乐，不采取生硬说教的方式，而且注重互动和体验。其设计路径以及具体实践案例如表所示：

科普教育型景观设计路径与实践示例

设计路径	核心理念	实践示例
信息可视化与在地化	将抽象知识转化为可视可感元素，实现科普信息与场地的融合。	地质时间走廊（化石复制品），湿地剖面模型，带二维码的植物铭牌。
功能与过程的显性化	将生态基础设施的运作原理和过程直观展示，提升理解。	透明管道展示雨水收集渗透，裸露的绿色屋顶结构，透水铺装剖面。
互动参与的趣味性	设计引发好奇心和动手欲的互动装置，寓教于乐。	阿基米德螺旋提水器，模拟食物链互动游戏装置。

由此形成一个开放式的、没有围墙的自然博物馆和科技馆，对于提高全民科

学素养起到积极的作用。

（二）纪念性景观的情感传递与价值引导

纪念性景观是保存民族记忆、铭记重大事件、缅怀英雄人物的场所。用独特的空间语言和艺术形式超越时空的限制，与观者产生情感上的共鸣，进而达到传承集体记忆、引导主流价值观念的目的。此类景观设计的要点不是简单地复制过去，而是用艺术化的方式去理解、表达情感。设计师常常用象征、隐喻的手法来构造引起人们共鸣的空间氛围。

设计纪念战争牺牲者的地方，常常会用大面积的静水倒映天空来表现永恒的安详和哀伤，也有的地方会用刻有牺牲者名字的大块大理石墙，让参观的人一眼就能感受到生命的重量和战争的残酷。空间的序列也不能忽视，路径控制观者体验的方式由压抑狭窄的通道到开阔光明的广场、由苦难到希望的象征。材料的选择也有象征意味，粗陋的混凝土、锈蚀的钢板、冰冷的黑花岗岩等等，都能传达出沉重、肃穆或者坚韧的情绪。纪念性景观依靠这些精心布置的空间叙事，其意义已经超出了物理存在的本身，变成了一处可以引起人们情感共鸣、促使人们深入思考并增强民族认同感的精神圣地，把尊重历史、珍惜和平等价值观不言而喻地传递给每一个来访者。

（三）廉政、法治等主题的景观化呈现

把廉政、法治这些抽象的社会治理理念用景观语言来表达出来，无疑是一项十分艰巨的设计工作。其要义在于摒弃空洞的口号、刻板的符号，重视意境的营造、精神的物化，让人们在环境的感染下，潜移默化地接受、认同这些价值。其表现形式追求润物无声的效果，重在内在精神和外在形式的统一。

廉政主题的设计可以大量使用有象征意义的传统文化元素。以竹子为主题的景观小品可以体现节节高升、中通外直的寓意，代表清正廉洁、虚心劲节。一片清澈见底的水面，配上方正洁净的石块，便可以营造出“清如水、明如镜”的效果，暗指为政者为人清白、心地坦荡。法治主题的呈现更多使用秩序、均衡、公平等形式语言。用严格的对称布局、明确的轴线、规整的铺装格网来表现法律的严肃规范。在步道、景墙上刻上艺术化的法治格言、法律发展史上的重要节点，使它成为有文化意蕴的环境装饰。用景观化的形式来表现抽象的政治理念，在人们游览休憩的过程中，不知不觉地感受并接受公平正义的社会理想、清廉公正的文化风尚。

第四节 文化遗产保护与景观融合

一、文化遗产与周边环境的协调

（一）建设控制地带的景观风貌管控

建设控制地带是保护文化遗产本体的防线，它的景观风貌影响着遗产的历史氛围和视觉感受。该区域的管控目的是保证新建或者改建的活动在建筑高度、体量、色彩、材质、建筑风格等各方面与遗产风貌相协调，防止出现突兀的构筑物对遗产环境造成视觉上的破坏。管控重点就是制定详细具体的设计导则，对地带内开发强度、建筑密度、绿地率等重要指标做出严格的规定。

历史文化街区、古建筑群周边新建的建筑物要使用坡屋顶、青砖灰瓦等传统的元素，或者低饱和度的中性色同周边环境保持协调。管控还要对街道家具、户外广告、夜景照明等景观元素进行统一规划。这三种元素的风格、尺寸、亮度都需要精心设计，目的就是彰显遗产独特韵味而不是互相干扰。通过精细化的风貌控制，建设控制地带从一道简单的物理防线，转变为能够体现并延展遗产价值的文化风景线，共同构建和谐统一的景观整体。

（二）视觉廊道的保护与视域分析

视觉廊道就是连接观众和文化遗产的视线通道，对它的保护对于保持遗产的标志性景观、空间关系来说十分重要。视觉廊道的保护不能只限于遗产本体以及直接背景，还应该包括从城市重要的公共空间、主要道路或者特定观景点远眺遗产的视线。一旦廊道被高层建筑或者不协调的构筑物遮挡或破坏，遗产在城市景观中的地位 and 可识别性就会大为削弱。

视域分析属于视觉廊道保护技术基础。用地理信息系统等数字手段，可以对各种建设方案所造成的视觉廊道进行准确的模拟评价。规划管理者可以按照视域分析的结果，划定建筑高度控制区和风貌协调区，保证重要的视线不被遮挡。重要的历史地标可以设置以它为中心的锥形或者扇形的高度控制区，区域内所有的新建项目都要遵守这个空间限制。

视域分析有利于发现并开拓新的观赏角度，改善公众观赏遗产的视觉感受。通过考虑城市地形与建筑布局，找到能提供独特视角或者全貌的潜在位置，将它规划为公共观景平台或者开放空间来丰富遗产的观赏层次，加强其作为城市地标

的公共属性。这种保护方式通过科学的分析,把二维平面控制转变为三维空间管制,保证文化景观长期可观赏。

(三) 新旧景观的和谐共生策略

在城市更新的大潮下,新旧景观共存的现象是难以避免的。二者的和谐共生关键在于建立相互尊重、互为补充的对话关系,而不是简单的模仿或者生硬的割裂。成功的方案应该在保持历史文脉的同时,运用当代的设计语言和技术手段去创造新的景观,既要回应历史又要体现时代的精神。这就需要设计师对旧有景观的肌理、尺度、材质、空间精神进行深入解读,将其作为新设计的灵感来源。

有效的办法就是“和而不同”,即新建筑或者景观的体量、比例、空间布局与旧环境保持一致,形成和谐的整体轮廓。在材料以及细部处理上,可以采用玻璃、钢材等现代材料与原有的砖石、木材进行对比。新旧材料的碰撞,在视觉上能清楚地看出时代的层次,而形态上的协调又使得两者有机地融合在一起。在旧里弄中嵌入一个现代玻璃体量的社区中心,既可以满足新的功能需求,又可以通过透明的界面把内外的历史景观联系起来,形成有张力的空间对话。

另一种方法叫做“抽象转译”,也就是提取历史元素中具有代表性的符号、色彩、比例等,用抽象简化的方式加入到新的景观设计中。该方法避免了对于历史形式机械化的模仿,而转向了对精神上的契合。新的景观要和旧环境气韵相呼应,共同组成完整的空间场所。于是新旧景观不再是简单的对立面,而是共同构成城市历史长卷的经纬线,在城市发展过程中保持自身独特的文化身份。

二、遗址公园的规划设计

(一) 遗址保护与展示的平衡

遗址公园最根本的任务,就是真实、完整地保护遗址本体及其环境,这是所有规划设计工作的基础,不能改变。但是封存式的保护使遗址脱离大众,失去了它的教育和传承功能。因此,在保护的基础上如何进行适度的展示,就成为规划设计中主要的问题。平衡二者的关键就是采取分级、分类的保护和展示策略,具体见下表。

遗址保护与展示策略

遗存类型	保护级别	常用方法	特点
价值重大、性质脆弱的核心遗存	最高	原地覆罩保护、模拟展示、数字化呈现	最小干预，确保真实性，间接体验
稳定性较好、规模较大的遗迹（如城墙、道路、建筑基址）	中高	地面标识、局部修复、情景再现	直观展示，强化现场感，易于理解
潜在地下文物区域	弹性	预留考古空间、非永久性建设	确保未来考古发掘可能性，避免破坏

对于价值大但是性质脆弱的核心遗存一般用原地覆罩保护、模拟展示或者数字化呈现的方法来保护。覆罩建筑自身的设计要轻巧、可逆，并且与环境协调，从而将对遗址的干扰降到最低。对稳定性较好、规模较大的城墙、道路、建筑基址等可以采用地面标识、局部修复、情景再现等形式。可以通过不同的植被或者铺装来标示出地下宫殿的轮廓及布局，让游客一眼就能知道它的规模和布局。

动态规划的思想很重要。考古工作是长期的，遗址公园的规划要给以后的考古发掘留有足够的空间和弹性。设计时不要在考古信息还不明确的地方做永久性的建设，以防对潜在的地下文物造成不可逆的破坏。通过上述审慎而富有创造性的安排，遗址的真实性被保留下来，遗址所包含的历史信息也可以以更加安全、更容易理解的方式向公众展示，从而达到保护与展示的目的。

（二）游赏组织与解说系统设计

成功的遗址公园除了要保护好历史遗存，还要能够使游客了解历史，感受文化。科学合理的游赏组织、深入浅出的解说系统设计是达到目的的关键。它把零散的遗迹点串连成有逻辑、有故事的参观线路，把深奥的考古知识变成引人入胜的文化体验。

游赏路线的设计应基于对遗址历史格局和价值亮点의 深入解读。

1. 主题化设计，按历史时期、功能分区或重大历史事件为特征设立不同的特色游线，帝王陵寝探秘之旅，古代水利工程考察线等都使游客能顺着故事主线去进行更深入的游览。

2. 空间引导，路线要利用地形地貌、景观元素，经由步道、广场、植被等营造出有节奏、有引导的空间序列，让游客步移景异，产生探知的冲动。

解说系统是游客与遗址进行对话的媒介，它的设计要体现出多元化、互动化和分众化的特点。传统解说牌、导游讲解仍然是重要的形式，但是内容要具有生

动性、启发性。积极引进现代科技手段,使用二维码扫描、增强现实虚拟复原和虚拟现实沉浸式体验等。游客可以使用手机或者专用设备,在看到复原后的古代建筑的同时,还可以和历史人物进行虚拟互动。根据游客的年龄以及知识背景提供不同的解说内容,例如给儿童设计趣味问答,给学者提供详细的考古报告,使每一位游客在游览过程中都有所收获。

（三）遗址环境的生态修复与重现

遗址的存续要靠它所处的自然环境,很多遗址本身反映的就是古人同自然的和谐相处。因此遗址公园的规划不能只重视文物本身,也不能忽视周围环境的生态修复和历史环境的适度再现,从而恢复遗址的历史风貌完整性、提升公园生态品质、改善游憩体验。

生态修复要当首要任务。一些遗址在被发现之前,也许早就遭到长期的农业开垦,工业污染或者不当的建筑开发,进而引发土壤质量变差,水源被污染,生物多样性减少等状况。修复工作应遵循最小干预原则,优先采用当地物种进行植被恢复,重建稳定的植物群落。对受污染的土壤、水体采取植物修复、微生物修复等生态技术治理,使区域生态健康逐步恢复。既是对历史环境的尊重,也是建设可持续发展的公园生态的基础。

在生态修复的基础上,根据考古研究成果,有选择地再现历史时期自然环境。利用孢粉分析等考古证据来复原古时的植被状况或者河流形态,让游客仿佛置身于遗址当时的地理环境之中。重现并不是简单的复制,而是经过科学考证的艺术再创造,目的是营造遗址的历史氛围。当遗址公园把生态修复和历史环境重现结合起来的时候,它就不再是一个孤立的文物展示场所,而是一个历史信息与自然生态相融合、充满生机的文化空间。

三、工业遗产的景观化再生

（一）工业遗存的保护性再利用

工业遗产景观化再生的根基在于对于核心工业遗存的保护性再利用。再利用不是简单的“修旧如旧”,而是在对旧有结构功能置换、空间重塑的基础上获得新生。其核心策略就是保留那些最能体现工业精神、历史元素的,高大的厂房骨架、标志性的烟囱、传送带、锅炉、具有时代特征的机器设备等,使其成为新的景观的结构骨架和视觉焦点。

适应性再利用是最主要的方法,高敞的厂房空间可以被改造成博物馆、美术馆、剧场或者创意办公区,原来的结构美感和尺度感得到完整的保留,与新的艺术或者商业功能产生奇妙的化学反应。废弃的铁轨可以作为引导人流的步行道,旧的储料仓可以改造成独特的咖啡馆或者观景台。不但最大限度的保留了历史痕迹,在旧功能与新功能的叠加之下,也形成了独一无二的空间体验。保护性再利用成功的意义就在于人们在使用新的空间的同时,依然能感受到历史的温度、工业时代的力量。

（二）工业景观的场所精神塑造

每一个工业遗产都有属于它自己的历史故事、精神气韵,这就是我们所称的“场所精神”。景观化再生中成功的设计,不但是物质形态的改变,更是对无形场所精神的挖掘、提炼,并以艺术化的方式展现出来。塑造场所精神,就是让新景观讲述过去的故事,唤起人们共同的记忆和情感。

为了达到这样的目的,设计师要研究本地区的历史、生产工艺流程、在此工作过的人们故事。设计可以有很多方式来对这些历史信息作出回应。生产流程图被刻在地面铺装上,形成一条叙事之路;旧机器零件组合成雕塑,致敬劳动者;灯光、声响装置模拟当年机器轰鸣、炉火旺盛的场景。多种设计手法把抽象的历史记忆转化为具体的景观要素,使场地具有自己的个性及识别性。经过精心设计的场所精神,使后工业景观不再是冰冷的遗迹,而是一个有情感、有故事、有人文关怀的空间,可以和使用产生深层次的精神联系。

（三）后工业景观的生态修复技术

很多工业废弃地存在着土壤污染、水体污染以及生态系统退化等严峻的环境问题。生态修复是后工业景观再生的不可缺少的重要环节,也是将其变成安全、健康、可持续的城市公共空间的前提。后工业景观的生态修复技术,主要依靠自然力量,结合创新的工程手段,把以前的污染土地变成充满生机的绿色地带。

常用的技术有植物修复,即选择种植能够吸收、降解土壤中重金属等污染物的植物,依靠植物的生命过程来净化土地。已经受污染的水体可以创建人工湿地系统来净化水质,并营造多样化的湿地栖息地吸引鸟类和昆虫。废物利用也是重要一环,可以将废弃的混凝土块、钢板等破碎重组,用作铺路材料、挡土墙、艺术装置等,从而减少新材料消耗和建筑垃圾外运。这些生态修复技术不仅可以解决环境问题,修复形成的景观本身就是一道独特的风景,可以向人们展示大自然强大的自愈力和循环经济的理念,具有很强的科普教育意义。

第五节 公众教育与景观可持续性

一、景观作为户外课堂的潜力

（一）自然教育径与科普解说系统设计

自然教育径是把景观中的生态节点、特色物种、地质现象等串连起来的一条知识探索之路,其设计过程本身就是一种叙事。路径规划要遵照景观的自然肌理,依托地形地貌,塑造出富有趣味的探索性步行环境。沿途所设的科普解说系统,也就是发挥教育功能的重要载体。传统的解说牌设计要图文并茂,语言生动浅显,包含物种信息、生态功能、历史文化等各个方面,而不是简单的知识罗列。同时解说牌的材质、形态也要与周围环境相协调,成为景观的一个组成部分,而不是一个突兀的插入物。

现代科技使解说系统焕发生机。互动式装置能模仿生态系统的运行,让游客亲手操作去体验,从而加深印象。声音装置发出鸟鸣、流水等自然音响,有身临其境之感。解说系统不应该只是单向的信息传递,更应该能够引起公众的好奇心和探索欲。创设提问、小任务等互动环节,促使游客主动去观察、思考,把景观变成一个可以亲身参与、不断探索的动态课堂,让环境教育有味而思辨。

综合性的科普解说系统还要分年龄、分层次地向受众提供信息。例如给儿童设计卡通形象、趣味问答;给爱好者提供专业的物种分类、生态学知识等。差异化的服务设计让自然教育径可以被更多的公众所使用,将繁杂的生态知识变成游客容易吸收的养分,让人们在欣赏美景的时候,也能对自然心存敬畏,并有所领悟。

（二）植物挂牌与二维码信息技术的应用

植物作为构成城市景观的主要要素,给它贴上身份标签,才能实现它的科普价值。传统的植物挂牌一般会写上植物的中文名、学名、科属以及简单的形态特征或者生长习性。规范的挂牌设计既可以方便公众识别物种,也可以体现景观细节的品质。挂牌材质的选择、字体的排版、安装方式都需要慎重考虑,使提供的信息实用并且与景观环境协调美观。

信息技术飞速发展时,二维码的应用使植物信息的承载维度大大拓展。小小的二维码可以链接到一个内容丰富的数据库。用户只需用智能手机一扫,就能获得比传统挂牌容量多得多的信息,比如植物详细的形态特征、不同季节的季相变

化照片或视频、相关的诗词典故、药用价值、养护管理知识、在生态系统中扮演的角色等。一码通模式把实体植物和虚拟信息空间联系在一起,形成一个立体的植物知识网络。一方面给公园成为市民科普的便捷地创造了条件,另一方面也为智慧公园和数字园林的建设打下了基础。

（三）生态监测数据的可视化展示

都市景观区域的环境质量,即空气、水体、土壤、噪声等指标,是评判其生态功能好坏的标准。专业的生态监测产生大量的复杂数据,这些数据由于专业性使得公众不能理解。将抽象的监测数据形象化地展现出来,就搭建起专业监测与大众认知之间的桥梁。公园、绿地等地方设置电子显示屏、互动装置或者艺术性构筑物来发布环境数据。用水质传感器的实时数据来控制LED灯的变化,直观表现水体的健康状况,把空气质量指数用不同的颜色花朵或者笑脸的形象动态显示出来。

可视化的呈现方式把科学数据转换成大众能感知到的视觉语言,打破信息壁垒。公众能够直接看到人类活动和环境变化之间的联系,认识景观作为“城市之肺”、“城市之肾”的重要作用。可以创建起一个交互式的数据平台,使得大众能够对过往的数据展开查询、对各地的环境状况加以比较,同时也可以上传自己的观察记录,从被动的信息接收者转变为主动的环境观察者及监督者。不但提高了环境信息的透明度,而且增强了公众对生态保护工作的认同感以及参与感。

二、提升公众生态意识的途径

（一）生态修复过程的公众参与

让公众直接参与到生态修复项目当中,是培养其环保责任感和归属感的有效途径。许多城市景观,比如退化了的河流廊道、废弃的工业棕地、损毁的山体等等,都需要做生态修复。在专业人士的指导下组织市民、学生、社区居民参加力所能及的修复工作,比如清除入侵物种、种植本地植物、修建昆虫旅馆、监测水质等。亲身实践之后,人们才会对生态系统脆弱性以及恢复的艰难有更加清晰的认识。

参与式的修复过程,使景观从被单方面欣赏的对象,变为需要大家共同呵护、培育的生命体。参与者在劳动中学习了生态知识,修复了土地,更重要的是,他们会因为自己用汗水浇灌过的土地而产生深厚的情感。看着自己亲手种下的一棵小树由小变大,看着曾经浑浊的河水变得清澈,这样一种成就感、自豪感是任何

书本教育都给不了的。

当修复项目进展到一定程度的时候,就举办公众开放日或者成果展览会,把修复成果展览出来,邀请参与者去分享他们的感受。既是对参与者的鼓励和激励,也是对大众的一种宣传和动员。通过这些肉眼可见的变化,生态修复的理念被广泛地宣传出去,景观的多种价值被淋漓尽致地展现出来,在社区层面上形成了保护环境的强大力量,推动人与自然和谐共生的新格局。

(二) 节水、节能等技术的示范展示

在都市景观的创建与保养时,应用各种可持续技术,这是达成资源高效率使用的要点。把它们当作示范项目集中起来展览,这就成了对大众实施环境教育的直观教具。这既有利于人们认识并接受绿色技术,又会促使人们在日常生活中效仿而采取类似的环保行为。

(三) 环保主题活动的策划与组织

定期组织环保主题活动是引起公众关注、传播生态知识、营造环保氛围的有效方式。此类活动应该兼具知识性、趣味性、参与性,把严肃的环保问题转化为轻松愉快的体验。活动的形式要多样化,适合不同年龄阶段的人、各种爱好的人的要求。家庭为单位的自然寻宝游戏能教孩子认识植物、昆虫、岩石等,观鸟、夜间昆虫观察活动由专家带领参与者了解景观中的生物多样性。

结合世界地球日、世界环境日等环保纪念日开展大型主题活动,可产生集聚效应。可以开展环保知识竞赛、废旧物品创意改造工作坊、环保主题音乐节、艺术展、绿色市集等。邀请环保组织、学校社团、企业等加入可以扩大活动影响力,形成社会联动。经由社交媒体平台开展活动预热宣传、现场直播以及成果展示,可以引发线上公众的注意并参与到互动当中去,冲破物理空间的束缚。

活动的策划要重视参与者亲身参与的体验。在“无痕山林”工作坊里,学习者一边学理论一边动手,掌握户外活动时怎样减少对环境的影响。居民在社区堆肥教学活动中学到的是如何将厨余垃圾制作成有机肥料。亲身实践的体验比单纯地说教更能使人们的行为发生真正的、持久的改变。通过长期开展这样的活动,景观空间就会成为社区环保文化的发源地,聚集起共同守护美好家园的强大力量。

第八章 都市景观工程的经济管理

第一节 景观工程的投资与融资模式

一、政府投资项目的管理特点

（一）财政预算管理 with 审批流程

政府投资景观工程项目的资金使用按照国家财政预算体系进行。项目立项之初就应编制详细的投资估算，并列入年度城市建设财政预算草案。该预算必须经过同级人民代表大会的审议批准，才能使资金安排具有合法性、民主性。项目建议书、可行性研究报告、初步设计及概算等重要环节都必须经过发展改革、财政、规划与自然资源等部门联合或者单独审查。严格程序可以控制投资规模、优化资源配置、防范决策风险，保证每一分钱的公共资金都用在最需要的景观建设项目上。它完全表现出了政府投资的计划性、程序性，在源头上杜绝了盲目投资和重复建设的现象。

项目资金拨付、使用也受控。财政部门按项目进度分批拨付资金，要求项目单位设立专用财务账户，严格实行专款专用。审计部门对资金的使用情况实行定期或者不定期的审计监督，防止截留、挪用、浪费等现象的发生。虽然全过程的预算控制与监督会降低项目的执行灵活性，但是它对于保证大型公共景观工程的顺利进行，保障公共利益，防止腐败等方面起着不可替代的重要作用。政府若想用细密的预算来引导有限的财政资金，投入到改善城市人居环境、提升城市生态功能的重要项目当中，以求达到公共投资效益最大化的效果。

（二）政府投资项目代建制模式

为了提高政府投资项目管理专业化水平和建设效率，都市景观工程推行代建制，即由具备一定建设能力的单位承担整个项目的工程建设。其核心就是实现投资、建设、管理、使用四权分离。即政府以投资人的身份，通过公开招标等方式来选择专业的项目管理公司（代建单位）来负责项目的建设，项目竣工以后再移交给最终的使用单位。彻底改变了以往政府部门或者使用单位自行建设项目的传

统做法,有效解决了政府机构内部普遍存在的项目管理人才缺乏、技术力量薄弱、管理经验不足等顽疾。代建单位凭借自身专业团队、丰富的工程经验以及高效的管理机制,可以对工程设计、招标、施工、监理等各个过程实施更加细致、专业的掌控,在保障工程质量、合理控制工程造价、大幅缩减建设时长远期获益。

代建制的推行,其实质是政府投资领域内引入市场竞争机制以及专业化分工。有利于理顺政府与市场之间的关系,使政府摆脱具体的工程建设事务,把精力更集中于投资决策、政策引导和宏观管理层面。代建单位在合同授权范围内对项目建设全过程负总责,承担起质量、安全、进度、投资控制的主要责任,从而明确、形成权责利统一的关系。依靠契约精神的管理模式可以提高政府投资的透明度,也可以为项目建设风险控制建立一道坚固的防线。复杂的都市景观工程,代建制可以集中优秀的设计、施工和技术资源,使项目由图纸变成现实,最终交付出既具有设计美感又可以长久使用的精品工程。代建单位的专业化管理,还会促使新材料、新工艺、新技术在景观工程中的应用,从而推进整个景观工程项目技术水平的提高和管理的创新。

（三）绩效评价与后评估机制

为了使政府投资取得有效效果,科学建立绩效评价与后评估机制显得更为重要。绩效评价覆盖项目实施的全部周期,评价内容不仅仅是财务指标,更多地关注项目的社会效益、生态效益和公众满意度。评价指标体系包含投资控制率、工期完成率、质量合格率等工程性指标,也包含建成后公园绿地使用频率、建成后对周边微气候的改善效果、公众对景观设计的主观评价、对区域生物多样性的贡献等综合性指标。经由动态的绩效监控与评判,管理部门可随时察觉项目建设期间产生的问题并加以改正,从而保证项目目标的顺利实现。以结果为导向的管理方式,使项目各参与方更加重视项目的最终成果和长远效益,而不仅仅是完成建设任务。

项目竣工后使用一段时间以后,会开展后评价工作。后评估是对整个项目周期中的立项、设计、施工、运营进行总结和反思。它从长远、宏观的角度去考察项目实际成效是否达到预期目标,投资决策是否科学合理,项目带来的长期影响是积极的还是消极的。对大型滨水景观带项目进行后评估的时候,不能只看建设成本,更应该深入分析它对周边土地价值的提升、旅游经济的带动、城市防洪能力的增强以及市民实际游憩体验的改善等综合效益。后评估的结果会变成宝贵的

教训，马上返还到之后的项目决定及经营活动中，进而塑造起一种不断改善的闭环管理构造。这既可以不断优化政府的投资决策能力、提高整个城市景观建设的投资回报率，防止重复出现错误，也能使城市景观建设向更加科学高效、可持续发展方向前行。

二、市场化融资模式的创新应用

（一）公私合作模式在大型景观项目中的运作

近几年来，公私合作模式（Public-Private Partnership，简称 PPP）成为大型基础设施和公共服务领域广受推崇的融资与管理模式，在都市景观工程中同样具有广阔的应用前景。PPP 模式就是政府同社会资本方形成长久合作关系，一起参与项目的规划、融资、建造、经营和保养全过程。政府的作用也由单一的建设者、管理者，成为重要的合作者和监管者。社会资本方以资金、技术、管理经验等投入，在合同期内以项目收益分成或者政府支付服务费的方式收回投资，获取合理的回报。投资规模大、运营维护成本高、基础设施性明显的大型城市公园、生态廊道、流域治理等景观工程项目可以采用 PPP 模式来分担政府当期的财政支出压力，把一次性的大额建设投资转化为长期的、多次的运营费用支付。

PPP 模式的优势并不只是融资方面的。通过引进专业的社会资本方，能够大大提高项目经营运作的效率以及服务水平。社会资本方带去的企业化管理思维、精细化的成本控制、对市场需求的敏锐捕捉，都会给景观项目注入新的活力。可以通过举办文化活动、引进特色商业、开发智慧导览系统等手段来充实公园的功能，提高游客的体验感，从而获取更多的附加价值。PPP 模式借助精心设计的合同，明晰政府同社会资本方的风险分担机制，把商业风险，运营风险等转移给更有管理能力的社会资本方，政府主要承担政策，法律等宏观风险，实现风险的合理分担。这样一种利益共享、风险共担的机制，促使双方都努力为项目做出长期贡献，使得景观工程在项目整个寿命期内都被妥善地维护着，不断地产生着新的价值。

但是 PPP 模式的推行也存在很多问题。项目必须要有明确、可预测的回报机制来吸引社会资本，因此对项目的商业模式设计提出了很高的要求。合同的复杂性、合作周期的长、政府监管的专业性，都会给政府部门的契约精神和治理能力造成严峻的考验。因此，在景观工程中推广 PPP 模式，必须要做好充分的项目前期论证，科学设计交易结构与回报机制，并建立完善的履约监管制度，才能

真正达到公共利益和企业利益双赢的效果。

（二）特许经营与使用者付费机制设计

特许经营是市场化运作的一种重要形式，在都市景观工程领域中，它把公园、广场、绿地等公共景观资源在一定时期内和一定范围内，以商业开发、运营权的形式交给特定的经营者。此种模式意在把景观的公益特性同经营特性区分开来，于保障景观基本公共服务功能的基础上，引进市场竞争机制，进而改善经营效能并优化资产价值。

1. 对于部分具有准经营性特征的景观工程，可以设计出合理的使用者付费方式。大型综合性公园内植物园、主题展览馆、特色游乐设施、停车场等可以向使用者收取门票或者服务费。定价时需要进行充分的听证和论证，考虑市民的接受度、项目运营成本的补偿要求，一般对老年人、学生、军人等特殊群体实行优惠或者免费政策，体现公共服务的公平性。这样既能给项目的后续维修更新提供一个稳定的资金来源，又可以利用价格杠杆来调节需求，防止公共资源因为使用过度而快速消耗。

2. 经营权出让和商业业态植入。政府可以采取公开招标的方式把景观区域内咖啡厅、餐厅、纪念品商店、文创空间等商业配套设施的经营权出让给有实力、有创意的商业机构。特许经营者需要向政府交纳特许经营费，并且必须严格遵守景区总体风格和各项规定，不能对景区的生态、美学造成破坏。经过精心的规划和引导，把与景观主题相契合的优质商业业态植入进来，既能够满足游客多样化的需求，改善游憩体验，又可以将商业活力有效转化为景观维护的资金来源，形成“以景养景”的良性循环。

（三）绿色债券与资产证券化探索

随着绿色发展理念的不断深入，都市景观工程也开辟出一条新的融资途径。绿色债券是一种专门面向具有环境效益的项目发行的债务证券，其募集资金只能用于上述项目。这与景观工程的生态属性不谋而合。政府或者项目公司可以将若干个生态改善效益明确的景观项目，如湿地公园建设、城市绿道网络构建、海绵城市更新等项目进行整合打包，然后以发行绿色债券的形式在资本市场融资。由于此类项目非常契合目前可持续发展的政策导向与投资潮流，所以更易于吸引到社会责任投资者，且有望获得更低的融资成本。发行绿色债券时需要第三方机构独立认证和评定项目的绿色属性，并公开披露项目募集资金使用情况和环境效益

等信息,增加对项目管理透明度及规范性。

资产证券化可以有效地激活存量的景观资产。对已经建成并能产生稳定现金流的景观项目,例如实行收费制度的著名风景区、大型植物园等,其未来可获得的门票收入、特许经营权收入等收益权,可以作为基础资产,打包成证券产品,在金融市场上进行销售。这种方式可以将未来长远的收益提前变现,给新的景观项目建设和现有设施改造升级快速筹集资金。资产证券化实现资产“出表”,可以改善项目所有者的资产负债结构,提高资产的流动性。都市景观领域探索资产证券化,虽然存在现金流稳定性评判、法律权属界定等难题,但其供给了一种联系景观资产与资本市场的革新性金融解决办法,对挖掘和循环利用景观资产价值有着重要的探索意义。

三、多元化投融资体系的构建

(一) 政府、企业、社会资本的合作模式

构建多元化投融资体系的关键在于破除政府单一投入的旧模式,建立起政府、企业、社会资本等各方面的灵活多样的合作关系。合作不限于大型项目的公私合作,在各种形式的公私伙伴关系中同样存在。政府可以通过政策奖励、缩短审批时间等方式鼓励、推动房地产开发公司在项目周边代建或者捐建高品质的公共绿地、口袋公园。此种模式把公共空间的创建成本同土地开发的商业价值联系起来,把企业的经济利益和社会的公共利益结合起来,既减小了政府的财政负担,又明显提升新建地区的人居环境品质,还助推了土地价值的增值。

对于存量景观,在提升改造时也可以采用认养或者共建的方式。政府可以请具有社会责任感的企业或者社会团体,对城市里的公园、绿地或者街道景观给予资金帮助,或者直接参与到这些地方的改造以及日常养护当中。企业因此可以得到冠名权、广告权等收益,并且可以提升自身的品牌形象和社会声誉。政府利用企业资金、专业力量可以更快更好的完成景观的更新换代。点对点的合作方式比公私合作模式更灵活快捷,适合中小型景观项目改造提升。它让社会资本更多地介入到城市公共事务当中,一起培育出一种主人翁意识和公民自豪感。

多元化合作不是仅仅资金上的援助,它还是资源、技术、管理经验的全面整合。政府负责规划引导、公共利益监管,企业出资金、出专业能力、出高效运营,社会资本出更多的社会资源。根据景观项目规模和类型的不同,选择适合的合作

方式,选择最匹配的投融资和管理模式,从而形成优势互补、风险共担、利益共享的合作局面,最终一起创造出活力十足、富有韧性的城市新风貌。

（二）社会捐赠与公益基金的引入

社会捐赠、公益基金,是多元化的投融资体系中的有温度、有社会价值的一个元素。由于公众的环保意识、慈善意识越来越强,越来越多的人愿意为改善身边生活环境出一份力。政府应当主动创建平台,开辟捐赠途径,倡议并引导社会各届积极参与捐赠。可以设立城市绿化基金或者景观发展专项基金,以专业化、透明化的运作方式来接受和管理社会捐助资金。基金会可以发起“为社区认捐一棵树”、“共同缔造儿童游戏场”等具体的项目众筹活动,使市民直观地看到自己的捐款能产生什么样的成果,进而产生更多的参与热情。这些来自民间的涓涓细流汇集在一起,便构成了一定的力量,对于社区层面的微型绿地、口袋公园这些“小而美”的项目来说,社会捐赠常常起着决定性的作用。

公益基金的加入,给景观创建赋予了更为持久且专业的资金助力。这些基金大都由大型企业、慈善家或者专业机构发起成立,资金实力雄厚,投资管理团队也更为专业。它们可以同政府合作,一起出资投资一些具有重大生态或者社会价值的景观工程,比如濒危植物保护园、城市生物多样性廊道创建等。公益基金不同于纯商业投资,更注重项目长期的社会效益和环境价值,公益基金的介入会促使项目在生态保护、公众教育、社区融合等非盈利性目标上投入更多的关注。甚至可以设立专门的景观公益信托,保证资产的永久公益性使用,使景观设施能够长久、稳定地为大众服务。引入社会捐赠、公益基金,一方面充实了资金来源,另一方面在全社会营造出共建共享美好家园的文化氛围,使景观工程的公共性、社会性得到强化。

（三）土地增值收益反哺景观建设

土地增值收益反哺景观建设,是城市经济运行规律下的一种内在融资机制,它充分体现出高品质景观对城市空间价值产生的显著增值效应。都市景观工程,尤其是大型城市公园、滨水绿带和优质学区周边的绿化工程,对改善城市环境质量、提高居民生活品质具有举足轻重的作用,因而会极大地提升周边土地及物业的价值。但是由公共投资所创造出来的土地增值,如果全归私人开发者或者土地所有者所有,则会违背公平原则,而且不能形成可持续的城市建设资金循环。因此,设计合理的制度,使土地增值收益可以反哺公共景观的建设与维护,就成为

城市发展内生造血功能的重要途径。

反哺的方式多种多样，一种是在土地出让过程中，事先考虑好未来土地增值部分的预期收益，并计入土地出让金的评估中，或出让合同中约定开发商在项目周边进行绿化建设。另一种更精细的模式叫做价值捕获，比如借鉴轨道加物业的开发经验，政府在规划大型景观项目的时候，提前收购或者储备周边有开发潜力的土地，等景观建成、土地大幅增值之后再行出让，从而把增值收益收归公共财政，用于偿还项目贷款或者投入新的城市建设。针对直接从公共景观创建中获益的商业物业，可尝试建立专门的受益税或者景观养护费，从商业物业的经营性收入中提取一部分资金交由景观管理机构使用。该机制就是创建起一个价值传递和分享的链条，让景观创建者和景观受益者之间形成良好的经济循环，保证高品质的城市景观既是城市发展的重要成果，又是持续推动城市更新的内在动力源。

第二节 成本效益分析与项目评估

一、景观工程的全成本分析

（一）建设成本、运营成本与废弃成本

都市景观工程全生命周期成本由建设成本、运营成本、废弃成本三部分组成。建设成本是项目初期的直接投入，是从规划设计、土地征用、材料采购、设备租赁、劳务支出、工程监理等所有费用。这部分成本在项目预算中往往最明显，也是传统成本控制的主要部分。它不仅包括主要的景观元素，即植被、水体、铺装、构筑物等所构成的造价，而且要包含配套的给排水、照明、智能化管理系统等基础设施投入。

运营成本指项目建成之后，为保持其正常运转并维持良好的状态所必须支付的各种费用。这是决定景观工程长期可持续性的重要因素。其内容繁杂，包括日常的植物养护（灌溉、施肥、修剪、病虫害防治）、设施维修、清洁保洁、安保、水电能源消耗和管理人员工资。一些高科技、高维护需求的景观设计，虽然建成初期效果很好，但是高昂的运营成本超出城市财政或者管理方的长期承受能力，难以持续，甚至会成为废弃景观，造成更大的资源浪费。

废弃成本指项目生命周期结束或者进行大修时产生的费用。这部分成本最容

易被忽略,但是对环境的长期影响却不可忽视。它包含有景观设施拆除、建筑垃圾清运及处理、土壤修复和改良、场地生态恢复等。按照可持续设计的思想,在项目刚开始的时候就应该考虑材料的可回收性、设计的可适应性、灵活性,采用“为拆解而设计”的思路,最大限度地降低未来废弃的成本,促进资源的循环利用。采用模块化构件或者选用乡土植物,可大大降低项目结束时的处置难度,减少对环境的不良影响。

（二）环境成本与社会成本的识别

传统的成本核算一般只计算项目内部的直接货币支出,而常常忽略其对环境和社会造成的负外部性,也就是环境成本和社会成本。从可持续发展的角度来讲,识别出并量化这些隐性成本是做全面公正评价的前提条件。环境成本指景观建设及运行过程中给生态系统造成损害、消耗所需要承担的代价。施工期间扬尘、噪音污染,建成后过度硬质铺装会加大城市热岛效应、增加雨水径流,引入外来物种会造成生态入侵,水、电、化肥、农药等资源消耗对环境的总体影响。这些成本不会直接出现在项目的财务报表里,但是会以环境质量下降、公共健康受到损害、未来治理费用增加等形式,由整个社会来承担。

社会成本主要考察项目给社区结构、居民生活、文化传承等各个方面造成的影响。大型景观工程兴建时,涉及居民拆迁,社区解体、社会关系网络断裂等社会成本就会出现。项目建成以后周边地价房价必然上涨,造成景观绅士化,原住民由于生活成本过高而无法负担,被驱逐出社区,从而破坏社区的多样性、包容性。设计风格与地域文化不符合会削弱地方认同感和历史文脉的延续性,公共空间设计没有考虑到不同年龄、性别、阶层人群的需求,也会造成使用不便或者产生排斥感,这些都是项目在社会层面产生的成本。要正确地识别出这些成本,就需要深入的社会调查、社区沟通,充分听取各个利益相关者的意见。

（三）影子价格在生态价值评估中的应用

对于没有市场交易价格的环境成本和生态服务价值,在经济学上一般采用影子价格来衡量。影子价格不是实际的市场价格,而是利用经济模型算出的、体现资源稀缺性、社会边际效益或者边际机会成本的一种理论价格。在都市景观工程的生态价值评价中,用影子价格来为那些没有价格的生态产品和服务赋予货币化的衡量。因此生态系统所做出的贡献就能被纳入主流的成本效益分析框架,避免在决策过程中系统性地低估生态系统所作出的贡献。

应用影子价格的方法有很多种,关键在于找到有市场价格的替代品或者用相关市场进行间接推算。城市湿地公园的水质净化功能价值,可以采用如果没有这个湿地,需要建设、运营同等效果的污水处理厂所花费的成本来估算,这个成本就是水质净化服务的影子价格。公园绿地的碳吸收、氧气释放的生态功能,可以参照国际或者国内碳交易市场上的碳价来量化和评估。景观所提供的休闲娱乐功能本身不收费,但是可以通过调查人们愿意为享受这些服务支付多少钱(支付意愿调查)或者人们为此付出的旅行成本(旅行成本法)来推算其影子价格。通过影子价格的运用,生态系统固碳释氧、水源涵养、空气净化、生物多样性保护等重要的价值被体现出来,给景观工程的生态设计和保护提供强有力的经济学支持。

二、景观工程效益的量化评估

与成本分析相对应的就是效益评价,用以衡量景观工程所创造的价值贡献。景观工程的效益是多维、多层次的,既有可以直接量化的经济效益,也有影响深远的间接经济、生态和社会效益。全面、科学地度量这些效益,是证明项目投资合理性的重中之重,也是争取社会广泛支持的重要环节。

(一) 直接经济效益

直接经济效益是景观工程项目最直接、最容易量化的经济收益,可以直接用市场交易和财务数据来核算。该类效益主要表现在以下几个方面。标志性、品质优良的城市景观可以极大地提高周边土地、物业的价值,即住宅、商业、办公楼宇。开发商一般愿意高价买下临近公园、绿道或滨水地带的土地,居民也愿意为更好的居住条件支付溢价。价值提高通过项目前后周边区域和对比区域的房价、租金变化来判断。另外有吸引力的都市景观也是发展旅游业和服务业的重要动力。精心打造的城市公园、广场或者特色街区,会成为城市的名片,吸引国内外游客前去观光旅游,进而直接促进酒店、餐饮、零售、交通等行业的收入增加。门票收入、商业摊位租赁收入、活动举办收入等均属于项目自身产生的现金流。好的景观环境可以为周边的商业体吸引更多的客流,使商业体更加的活跃,从而提高销售额,这也是直接的经济效益。

(二) 间接经济效益

间接经济效益是景观工程改善宏观环境、优化资源配置而产生的所有间接经

济效果。这些都是效益,不像直接效益那样立竿见影,但是它们的影响范围更广,作用时间更长,是衡量城市综合竞争力的重要指标。一个城市的景观品质会直接影响到整个城市的形象和品牌价值。优美宜人、有文化底蕴的城市环境可以吸引高素质人才、创新型企业的聚集,从而带动整个城市产业升级转型。这就是景观投资所获得的巨大间接回报,即筑巢引凤效应。当下招商引资、人才争夺愈演愈烈,好的城市景观成为一种重要的软实力。

景观工程给生态服务带来的贡献,也能间接地产生经济效益。城市绿地、水体构成的“海绵体”能够有效调蓄雨洪,减少城市内涝造成的经济损失和市政排水管网的建设、维护费用,这部分节省下来的防灾减灾费用就是其间接经济效益。公园绿地所具有的绿色开敞空间,给居民提供锻炼、交流、休养身心的场所,有利于提高公众的身心健康水平,从而减少全社会的医疗保健费用。虽然这些效益不能明确地归属于单个项目,但是通过宏观数据分析和流行病学研究,可以对其经济价值做出合理的估计,它们共同为景观工程给城市经济福祉带来的深远影响做出了贡献。

(三) 生态效益与社会效益的价值化方法

生态效益和社会效益是都市景观工程可持续价值的体现,由于其公共物品性质和非市场性特点,很难量化评价。为了把这些“软”效益算进同一个决策框架里,学者们便为此发明了各种价值化手段。

1. 条件价值评估法是建立“假想市场”后,采用调查的方法。设计一份严密的问卷,直接问公众为了保护或者改善某项景观的生态或社会功能(提高生物多样性、增加一个儿童游乐场等),最多愿意出多少钱(支付意愿),如果某项功能被破坏,最少需要补偿多少(受偿意愿)。可以直观反映公众对非市场价值的主观评价,适合评价景观的美学价值、文化价值、存在价值等。

2. 旅行成本法主要用于评价景观的休闲娱乐价值。人们去一个景点所花费的时间、费用(交通费、时间的机会成本等)都可以视为该景点的价格。根据游客距离的不同来分析其访问频率,得到需求曲线,进而求出该景观休闲功能所具有的消费者剩余,即其经济价值。

3. 特征价格法主要用在房地产市场环境效益的评价上。这种方法认为商品(一般是房产)的价格是由它的许多特性(面积、房龄、区位、周边环境质量等等)共同决定的。利用计量经济模型分析大量的房产交易数据,就可以得到景观、公

园、水体等环境舒适性因素对房价影响的程度。这一部分影响，即环境质量的资本化价值。

成果参照法（即参照类似项目已经实现的效益来估算）、恢复成本法（即以恢复被破坏的环境到原来水平所要支付的费用来衡量其价值）等也被广泛使用。各种方法各有利弊和适用范围，实际操作中常常将几种方法结合使用并互相印证，从而获得一个更可靠的价值区间，给决策提供更全面的信息支持。

第三节 景观工程的运营与维护管理

一、全生命周期成本视角的运维

（一）设计阶段对运维成本的考量

景观工程的运维成本，很大程度上是在设计阶段就基本确定好的。一份经过深思熟虑的设计方案，依靠前瞻性的策略选择，可以有效地在项目后期漫长的管理费用上预先控制并削减。设计师在宏观布局和微观选材上的每一个决定，都会影响以后几十年的维护成本。好的设计不仅要创造出美，还要具有内在的可持续性和经济性。

植物选择就是其中一环。优先选择适应当地气候、土壤的乡土植物，可以减少灌溉、施肥、病虫害防治等投入，也可以很好地融入当地生态系统，其顽强的生命力就是维护成本的一大节约。硬质景观材料的选择也不能忽视，选择耐候性好、易清洁、易更换的铺装、座椅等材料，虽然初期投资较高，但是后期维修更换的次数会大大减少。设计的可达性、合理性也会对维护效率产生影响，检修通道、设备间、水电接入口等布置合理，养护人员作业会非常方便，节省了日常工作所耗的人力。

（二）不同景观元素的运维成本差异

都市景观由诸多元素构成，而各个元素的运维成本存在显著差异。精细化管理要求管理者对这些差异有清晰的认知，并据此优化资源分配。这些元素大致可归为软质景观、硬质景观和水景系统三大类，它们在后期所需的投入精力与财力各有侧重。不同景观元素的运维成本差异，详见下表：

景观元素运维成本对比表

景观元素	初始建设成本	运维成本特征	主要维护工作	典型成本构成
软质景观	相对较低	持续性高、发生频次密	修剪、灌溉、施肥、病虫害防治、花卉更换	人工、水肥、农药、苗木损耗
硬质景观	较高	相对较低、发生频率低	清洁、局部修补、设施检测与更换	材料、人工、设施更换
水景系统	很高	极高、技术要求复杂	水质净化、循环系统维护、设备检修与更换	水电能耗、专业设备维护、应急维修

软质景观主要包括草坪、花卉、灌木、乔木等，运维成本特点表现为持续性高、发生频次密。草坪需要定期修剪、灌溉、施肥、病虫害防治，属于维护强度比较高的一个环节。时令花卉虽然可以创造繁盛的景观效果，但是其更换频繁导致大量投入。与之相比，长得好的乔木、灌木在成活后，后期的管理费用基本上是逐渐降低的，主要是修剪整形以及少量的病虫害防治。

硬质景观如园路铺装、广场、座椅、栏杆、标识牌、照明设施等，虽然初始建设费用较高，但是后期运营成本较低，发生频率也较低。日常的维护工作有清洗污垢，修好坏的部分，并且检测其性能。铺装松动开裂必须马上进行修补，避免安全隐患的扩大；定期对照明灯具的损坏光源加以更换。喷泉、瀑布、溪流等水景要素是造成运维成本最高的一部分。它们对于日常水质的净化以及循环系统的维护有着非常高的要求，并且耗电量、耗水率高，设备技术含量高，一旦出现故障，维修费用也较高。科学的成本控制要从规划开始，通过合理的比例和种类搭配，力求在景观效果和长期的运维负担之间找到一个最佳点。

（三）预防性维护与矫正性维护的平衡

景观工程运行维护要找到预防性维护和矫正性维护的动态平衡。矫正性维护也就是人们常说的“坏了再修”，是一种被动的响应方式，一般是设施设备发生故障、损坏之后才进行处理。虽然问题没有出现的时候不需要投入，但是问题一旦出现，修复成本就会很高，甚至会造成服务中断所造成的更大无形损失。

预防性维护属于一种主动的管理策略，它是根据设施设备生命周期的预估，依靠定时查看、保养并计划更换来达到在问题出现前将其消除或者有效控制的目的。水泵定时加油、木质结构定期刷漆、排水系统季节性疏通等。虽然实施预防性维护需要持续而有计划的投入，但是从长远角度来说，它可以有效地延长设施的使用寿命，保证设施的稳定运行，避免由于突然发生严重故障而造成的昂贵的

维修费用和安全事故发生。寻找二者之间的平衡点,即管理者要根据数据和经验,对各类设施的故障模式及成本曲线进行深入分析,对重要设施、高风险环节加大预防性投入,对非核心、低影响部件采取矫正性维护,以达到整体运维效益最大化的目的。

二、精细化与智慧化运维管理

(一) 设施设备的信息化台账管理

精细化运维的前提是对管理对象有全面而准确的认识,设施设备的信息化台账管理正是实现这一目的的重要途径。给景观范围内的每一个设施,包括座椅、路灯、配电箱、水泵等,都赋予一个唯一的身份标识,然后记录这些设施从诞生到报废的全部动态信息。

信息化台账绝不是简单的静态资产清单。详尽记录每一个设备的前世今生,也就是品牌型号,采购时间,供应商,保修年限,安装地点,设计图样这些基本资讯。更可贵的是它是一份鲜活的“健康档案”,上面清楚地记载着以前所有的维修保养记录、更换的零部件次数、运行情况及花费。

依靠信息化平台的支持,管理人员从一堆纸质文件、靠记忆模糊的账目中解脱出来,资产状况可以实现“一键查询”。可以迅速找出即将到保修期的所有设备以便进行全面检查,也可以统计某一品牌的灯具故障率以评价其质量,为之后采购提供数据支持。维修历史分析可预测设备周期规律,给预防性维护计划提供科学依据,实现运维体系透明化、高效化、可控化,由被动响应转变为主动管理。

(二) 基于物联网的设施状态监测

物联网技术把景观运维管理的精细化推进到以前没有过的程度。通过给各类设施设备加装小型、低功耗传感器,管理者可以冲破时空的束缚,对景观系统运行状况展开7×24小时的远程监测,由原来的被动巡查变成主动预警。

该种监测网络的使用场景十分广泛。在古树名木上安装倾斜传感器、土壤温湿度传感器等,可以实时监测古树名木的生长姿态、生境变化,一旦发现异常就立即报警,给抢救性保护争取宝贵的时间。在公园垃圾桶上安装满溢度传感器,系统就可以规划出最高效的清运路线,既不会造成浪费,也不会导致污染。利用光照传感器和流量检测器,在保证照明安全的基础上,达到最佳的节能效果。水景水位、水质实时在线监测可以即时发现循环系统故障或者污染事件,快速启动

应急处理流程。物联网实时数据汇总到统一管理平台,用可视化的方式呈现出来。管理者似乎拥有了千里眼和顺风耳,能洞察到每个角落的变化,在突发事件发生的时候可以迅速反应并且精准地调派资源。

（三）智慧灌溉与精准施肥系统

水和肥料是植物养护的两大要素,传统养护模式中所消耗的资源 and 投入的人力也是在这两方面。智慧灌溉和精准施肥系统属于智慧运维当中最具代表性的应用,用物联网、大数据、自动控制技术来实现水肥的按需供给。

1. 智慧灌溉系统不再像以前那样按照固定的时间表来工作,而是会根据当前的数据做出决定。系统通过绿地土壤湿度传感器、空气温湿度传感器、气象预报平台数据对接,能准确知道植物是否干渴、环境蒸发情况。当土壤湿度低于设定的数值且预报没有降雨的时候,系统会自动打开电磁阀进行灌溉;一旦土壤湿度达到适宜的数值,系统就会自动关闭。闭环控制模式,使每一滴水都用在最需要的地方,节水效果明显,同时可以避免因为过度灌溉造成的植物烂根、土壤板结等问题。

2. 精准施肥就是从大水漫灌式的粗放投加转变为精准滴灌式的靶向补充。利用无人机携带的多光谱相机对植被进行扫描,可以得到植被长势和营养状况的信息,进而得到养分需求分布图。根据土壤成分分析得出各个区域所需氮、磷、钾等元素的含量和施肥量,生成施肥处方图。然后利用水肥一体化系统把调配好的营养液随灌溉水输送到植物根部,也可以指导无人机进行变量喷施。这项技术不但大大提高了肥料的利用率,降低了运营成本,而且避免了由于施肥过量而造成的环境污染,是实现景观可持续发展的技术途径。

三、运维管理的市场化与社会化

（一）物业管理模式的引入与创新

将成熟的商业、住宅物业管理模式引入城市公共景观运维,是市场化探索的一条有效途径。其核心就是把景观区域当作一个大物业,通过契约形式,委托专业的物业管理公司或者园林绿化企业提供系统的管理服务。任务的外包不单单是服务外延的体现,同时也是管理理念、服务标准提升的过程。

专业的物业公司一般有更好的管理流程、更好的服务队伍以及更好的品质控制体系。它们把“顾客满意”的理念带入公共服务领域,以细致的作业标准、正

规的员工培训、迅速的反应机制来有效地提高养护质量,提升民众的体验。可以设置清洁度标准、绿化养护等级、设施完好率等指标,定时对各项绩效进行考核。

在此基础上,物业管理模式也不断变化。物业城市模式的服务范围由单纯的公园、绿地延伸为整个街道,整个城区的公共空间,对环卫保洁、绿化养护、市政设施维修等事务进行统一安排,通过规模效应来达到降本增效的目的。EPC+O模式将运营环节前置至设计、建设阶段,运营单位在项目设计之初就可以参与进来,保证设计能够考虑后面运维的便利性和成本效益,从而实现全生命周期的优化管理。

（二）政府采购公共服务的实践

政府采购公共服务属于景观运维市场化的主要形式。地方政府作为服务的购买方,采用公开招标、竞争性谈判等形式,将某地景观养护工作打包成服务项目,交由中标企业或社会组织在合同期内完成。该模式依靠市场竞争机制来选出性价比最好的服务供应商,激发市场各种主体的积极性和创造性。

政府采购模式推动了景观养护行业专业化分工。以园林绿化、设施维护为主的一批企业不断发展壮大,引进先进技术、改进管理方式,不断提高自身的竞争力。政府的角色由“运动员”变成“裁判员”,主要的职能是制定服务标准、监督合同的执行情况、检验服务效果。为了保证公共利益,合同中一般会就养护等级标准、作业频次、应急响应时间、考核与奖惩机制等做出明确的规定。成功的政府采购可以有效地控制财政支出,也可以通过专业服务提高景观品质,实现政府、企业、公众三方共赢的局面。

（三）社区自治与公众参与运维

景观的生命力不单靠专业的养护,更在于它同公众的良性互动。激发社区活力,推动公众参与社区“家门口”的景观运维,属于社会化协同治理的重要途径,有利于培养公众的归属感和责任感,塑造共建共治共享的良好氛围。

公众参与有各种形式,既有基本的监督,也有深入的共建。可创建方便快捷的线上或线下渠道,倡导市民随时捕捉景观中出现的各种问题,例如设施损坏、卫生死角等,并迅速通报给相关管理部门,从而成为景观运维管理的一个流动探头。更高层次的参与,就是组织形式多样的社区自治活动。

公园认养或者绿地认养模式就是典型的例子,社区组织、企业单位或者市民家庭可以自愿“认养”一小块绿地或者几棵树,负责浇水、除草、保洁等工作。

在不增加财政负担的情况下，有效地增加了专业的养护力量。社区花园项目更进一步，把社区内闲置的土地规划成共享花园，由居民共同设计、种植、管理。它不仅可以美化环境，为社区提供新鲜的蔬果花卉，更重要的是，它是邻里交流的场所，大大地增强了社区凝聚力。举办园艺讲座、环保宣传等活动，可以有效地提高人们的生态意识和园艺技术。居民参与到自身生活环境维护当中以后就会更加珍惜、爱护景观，从根本上减少人为破坏行为，从而形成可持续维护的内生动力。

第四节 绿色经济与景观产业

一、景观工程对绿色经济的贡献

（一）带动绿色建材与节能环保产业发展

都市景观工程是绿色建材和节能环保产品主要的使用场所，庞大的需求直接促使相关产业的技术革新以及规模化发展。项目建设中大量应用透水铺装、生态袋、再生木塑复合材料、竹质工程材料等绿色建材，一方面减少了自然资源的开发，另一方面促进建筑垃圾资源化。如海绵城市建设中大量应用的透水砖、透水混凝土等，促进了新型建材企业发展，形成了完整的研发、生产、施工产业链。

同时景观工程对节能环保技术的集成应用市场也是十分广阔的。太阳能庭院灯、风光互补路灯在公园、广场等场所得到普及，减少对传统电网的依赖，也降低公共空间的碳排放。智能节水灌溉系统通过传感器对土壤湿度、气象数据等进行实时采集，实现精准灌溉、合理喷灌，极大提高用水效率，促进智慧农业、节水设备制造行业的发展。景观水体净化用到的生态浮岛、人工湿地等技术，给环保水处理行业开拓出宽广的发展领域。需求端的拉动作用，是推动绿色技术由实验室走向市场，实现商业化价值的主要力量。

（二）促进生态旅游与康养产业发展

高品质都市景观是发展生态旅游、康养产业天然的载体、重要的吸引力。伴随着居民生活水平的提高，人们的旅游需求也从以前的观光旅游变成了深度的体验、亲近自然、有益身心健康的生态旅游和康养活动。精心打造的城市公园、滨水绿道、郊野公园、湿地公园等，因为拥有美丽的自然风光、完善的配套设施、

丰富的文化内涵，成为市民周末和节假日休闲的首选之地，吸引了越来越多的游客。

这些绿色空间是生态旅游业态发展的肥沃土壤。依靠着景观资源可以开发出自然教育、户外拓展、亲子露营、观鸟摄影等一系列的旅游产品，带动周边餐饮、住宿、零售、交通等众多服务业的发展，带来巨大的经济辐射效应。滨水绿道经过城市中心将各个景点、商业区等地方串联起来，是举行马拉松、自行车比赛等各种体育赛事的良好场地，给城市增添生气活力，提高城市的知名度、形象。

景观的疗愈作用被人们注意到出现在康养产业上。具有丰富负氧离子的森林公园、精心设计的疗愈花园、安静美丽的社区庭院等可以有效缓解现代都市人群的心理压力，有利于身心健康。围绕这些绿色空间来建设康养中心、瑜伽馆、冥想室、健康步道。景观工程创造健康物理环境，直接推动大健康产业的发展，满足人们追求高品质健康生活的需求，成为新的经济增长点。

（三）创造绿色就业岗位的社会效益

景观产业属于劳动密集型和技术密集型相结合的行业，具有明显的创造就业岗位的优势，在吸纳绿色就业方面起着重要的作用。产业链前端的规划、设计，中端的施工，后端的操作维护都需要大批的专业人才和技能劳动者。景观设计师、园林工程师、植物学家、土壤学家等高级知识分子给产业创新提供主要动力。

工程建设和养护中包含很多不同的工种，例如项目经理、施工员、绿化工、花卉工、植保员、水电工、石匠木匠等。这些岗位给不同教育程度、不同技能水平的劳动者提供了就业机会，对于稳定社会、缓解就业压力有着十分重要的现实意义。尤其是在公园、绿地等公共空间的长期养护管理方面，可以提供稳定的长期的就业岗位，因此它的社会效益就更加突出。这些活动本身就是改善生态环境的实践，从业者在得到经济收入的同时也给社会创造了生态价值，属典型的绿色就业。反过来又给苗木培育、农机制造、化肥农药生产等相关产业创造新的就业机会，形成广泛的就业乘数效应。

二、景观产业链的延伸与拓展

（一）从工程建设向规划设计、运营维护延伸

传统景观产业模式一般是哑铃型，即规划和建设两个环节互不联系，建成后运营维护被忽略。现代景观产业的发展方向就是提供全生命周期服务的综合解决

方案。产业链前端的景观工程企业也参与到了项目前期的策划、规划设计之中，有的企业还对区域的生态进行评价，做可行性研究。前向一体化整合可以保证设计理念更好的贯穿到施工全过程之中，避免了设计与现实相脱离的现象出现，从源头上保证了项目品质以及生态效益的实现。

产业链后端运营维护价值又被重新认识。景观项目三分建、七分养，高质量的养护是景观项目功能和效益得以持续发挥的保证。这就催生了专业化、市场化景观运营维护服务。大型景观企业开始组建专门的养护团队或者成立专门的运营公司，将业务收入从一次性工程建设转变为稳定的长期服务收入。依靠物联网，大数据，无人机等现代技术，智慧化运营维护成新趋向。借助已经建立的数据监测平台对植物生长状况、土壤含水率情况、设施设备等各方面开展实时掌握并实行智能化管理，既优化了养护工作量和养护效果，也形成了新的商业模式与服务价值。

（二）苗木、花卉等上游产业的协同发展

景观工程是苗木、花卉和种子等上游产业的主要销售市场，景观工程需求波动会对整个农业种植业结构及发展造成影响。过去的景观项目对于苗木的需求比较单一，造成了苗圃之间的同质化竞争。随着生态修复、生物多样性保护理念的深入，景观设计越来越重视乡土植物、特色地被、大规格乔木的应用，这给上游产业提出更高要求。

这种需求的变化促进了苗木花卉产业的转型升级。具体要点可见下表：

苗木花卉产业转型升级要点

要点	具体内容
品种研发与培育	引入、驯化、培育适应本地气候土壤条件的乡土植物；重视开发观赏性状或抗逆性新品种；流行订单式生产、定向培育，保证苗木规格与品质。
标准化、规模化	为满足大型项目需求，提升标准化生产水平；育苗、栽培、修剪、起挖、运输等全流程标准化管理，提高产品质量和市场竞争力。
生态化生产	采用有机肥、生物防治病虫害、发展林下经济等环保生产方式，减少农业面源污染，实现景观产业链整体绿色协同。

上下游紧密配合，一方面可以保证景观工程的物料供应，另一方面也可以促使传统农业向高附加值、生态化的现代都市农业转变，达到产业之间的互利共赢。

（三）与文化、体育、教育等产业的融合

景观已不再局限于物理空间，它也逐渐成了承载各种社会功能的平台，并与

文化、体育、教育等行业融合发展,孕育出多元化新业态和新模式。景观产业的内涵和外延大大拓展,使景观产业由单一的建设行业转变为复合型的服务产业,形成了新的景观产业形态。

景观空间给各种文化活动提供了一个天然的舞台,在与文化产业的融合过程中起着重要的作用。城市公园、滨水广场被用作音乐节、艺术展览、戏剧表演、非物质文化遗产展示等活动的举办场地,把自然风光和人文艺术融为一体,丰富了公众的文化体验。挖掘地域历史文脉,把文化元素巧妙地融入到景观设计当中,营造出有独特记忆、故事性的空间,工业遗址公园、历史文化街区改造等都是文化传承与创新的体现。城市绿道、山地公园、极限运动场地建设同体育产业深度融合,直接服务于全民健身国家战略,满足人民日益增长的健身需求。举办马拉松、健步走、自行车赛等群众性体育赛事,一方面可以促进体育消费,另一方面可以很好地提升城市健康形象和品牌价值。景观与教育产业的融合主要表现在它的科普功能上,植物园、湿地公园、社区花园等面向广大市民尤其是青少年开展室外科普教育活动,通过设置说明牌、组织自然导览、开展园艺体验等方式来普及生态环保知识、培养环境意识。

三、景观产业的市场前景与发展趋势

(一) 存量更新市场的巨大潜力

随着中国的城镇化从高速扩张的增量阶段进入到优化提质的存量阶段,城市发展的重点也由“造城”转变为“营城”。大量的上世纪八九十年代建成的城市公园、街道绿地、老旧小区公共空间,由于设计理念落后、设施老化、功能单一,已经不能满足现代人的需求了。存量绿色空间更新改造将会成为未来景观产业最重要的、最确定的增长点。

存量更新有多种需求。老旧公园经过功能重构、设施更新、生态恢复等一系列措施之后,才能重新焕发生机。对老旧社区来说,则应该根据实际情况建设口袋公园、微型绿地,改善居住环境,增强社区凝聚力。城市中工业棕地、废弃地等消极空间,经过生态化景观改造以后可以成为活力十足的城市公共开放空间,土地价值得到再创造。

存量更新项目比新建项目更复杂,对设计施工技术、资源整合能力、社区沟通水平都有更高的要求。因此,景观企业需要从单一的施工方变成集策划、设计、

投资、建设、运营为一体的综合服务商。广阔的蓝海市场将会改变景观产业竞争态势和商业模式，给有综合实力的企业提供更广阔的发展空间。

（二）乡村振兴战略下的景观需求

在乡村振兴战略的宏大背景之下，建设宜居宜业和美乡村的目标给景观产业开辟了新的战场。以往乡村建设重生产而轻生活、重环境而轻生态。改善农村人居环境、打造有地域特色的乡村风貌已经成为乡村建设的新发展方向，给景观行业提供巨大的市场空间。

乡村景观建设需求千差万别，主要包含村口标识设计、村庄公共空间营造、庭院美化、垃圾污水治理、河道生态修复、乡村绿道建设等几个方面。更需要指出的是乡村景观创建要和当地的自然格局、历史文化、产业发展等情况相结合。以乡村田园风光、特色农业、传统民居等为依托，发展观光农业、乡村旅游、民宿康养等新的业态，景观在其中起着连接产业、吸引人流、提升体验的作用。需求已经超出了工程建设本身，也牵涉到乡村整体风貌的设计以及长期管护机制的创建。景观产业的加入，会极大地推进乡村从一处美到处处美、从环境美到发展美的飞跃。

（三）技术驱动下的产业升级方向

新一轮科技革命给传统的景观产业注入新的动力，数字化、智能化、工业化成为产业转型升级的主要驱动力。未来的景观产业将不再是简单的植树铺草，而是一个技术密集型的现代产业，它的升级方向主要有以下几点，具体如下表所示：

景观产业技术驱动升级方向

方向	关键技术与应用
数字化设计与 BIM	景观信息模型拓展 BIM 应用，实现项目全生命周期数字化管理；利用三维可视化设计、碰撞检查、工程量计算、施工模拟等，提升设计与管理效率，奠定智慧运维基础。
智能化施工与预制化	无人机航测、激光扫描应用于现场勘测；机器人、自动化机械在地面平整、砌筑等领域进行应用探索；构筑物、铺装单元工厂预制化生产，保障质量、缩短工期、减少污染，推动工业化。
智慧化运营与维护	物联网传感器实时采集土壤、气象、植物、人流数据；大数据分析支持精准灌溉、病虫害预警、设施维护、安防管理等决策，实现精细高效运营维护。
新材料与生态技术融合	例如，光催化材料能够净化空气，储能发光材料可实现无电照明；系统性整合海绵城市、垂直绿化、生态浮岛等生态技术，以应对气候变化，增强城市生态韧性。

第五节 公私合作与可持续发展

一、公私合作模式的适用性分析

（一）PPP 模式在景观项目中的优势与风险

运用 PPP 模式进行都市景观工程的核心优势就是能够优化整合各种资源。社会资本的加入，可以给文化企业带来资金上的支持，也可以带来先进的管理思想、创新的技术手段、专业的管理团队。此种模式可以达成对项目的设计，融资，建造，运作，保养等各个方面的统一管理，从而达到全生命周期期间成本的有效把控与效率的改进，全面提升景观工程的整体品质及其公共服务水准。市场竞争的驱动使得私人部门的运作更加灵活、创造，从而产生出既有艺术性又有实用性的高质量景观。

但是 PPP 模式在带来机遇的同时，也伴随着不可忽视的风险。都市景观工程一般都具备明显的公益性和外部性，其社会效益和生态效益远远大于直接的经济效益，使得项目自身通过“使用者付费”模式很难全部覆盖成本。私人部门以获取利润为主要目的，与政府保证公共利益的意图相矛盾。项目实施过程中监管不到位，私人部门为了节约成本会牺牲工程质量、忽视生态保护或者限制公众可及性。景观项目的工期一般较长，由于政策法规变化、市场环境波动、公众需求变化等不可控因素，都会给合作双方长期稳定的合作带来挑战。

因此如何平衡公益性和经营性，是 PPP 模式在景观领域中遇到的主要难题。过度商业化会破坏景观的公共性与生态性，完全不顾商业回报又无法吸引有实力的社会资本。因此，项目在策划之初就必须明确其公益性质，把公共利益目标作为项目的基本约束写入合同。合理的商业模式设计，即采用以丰补歉的方法，用项目中经营性资源的开发收益来支持公益性的建设和维护，是项目持续性的保证。

（二）风险分担与利益共享机制设计

一个成功的公私合作项目，它的基础就是科学合理地分担风险、共享收益。风险分担的基本原则是把某项风险分配给最能控制、管理该项风险的一方。政府对于都市景观工程的 PPP 项目一般会承担政策、法律、规划审批、土地征用等宏观风险，因为政府对于这些方面具有绝对的控制权。社会资本方主要承担项目

建设、运营、技术、市场等风险，建设超支、工期延误、运营成本控制不好、商业收入达不到预期等均在其专业能力所能影响的范围内。风险矩阵和分配清单是合同谈判的重要内容，有利于减少以后因风险事件产生的纠纷，保证项目顺利进行。

利益共享机制的建立，也不能只考虑财务回报，而应该建立一种动态、公平的分配制度。社会资本方利益有项目运营期间取得的门票、商业租赁、配套服务等直接收益，也有因项目成功带来的品牌价值提升、带动相关产业发展等间接收益。政府和公众的利益体现在城市环境质量改善、生态系统修复、市民福祉提高、土地价值溢出等各个方面。因此，利益共享机制应当具备一定的弹性，例如可以设置超额收益分成条款，当项目的实际收益远超过预期的时候，政府可以按照事先约定的比例分享一部分收益，使公共资源开发产生的增值收益反哺社会。同时对于项目带来的土地增值，政府应该用税收或者土地出让等方式进行合理的回收，用于城市公共事业。

（三）合同结构与绩效考核要点

公私合作项目的合同结构是实现风险分担、利益共享的法律工具，它的复杂程度和严密性直接关系到项目成功与否。通常完整的景观 PPP 项目合同体系由主体特许经营协议以及融资合同、建设承包合同、运营维护合同、保险合同等附属合同组成，共同形成一个相互关联、权责分明的法律框架。合同设计就是确定合作双方的权利、义务、责任，详细规定项目的各项标准、服务水平、考核指标。合同条款要既有刚性又有柔性，刚性是核心原则不能动，柔性是为应对未来不确定留有余地。

绩效考核是保证 PPP 项目实现预期目标、保障公共利益的重要环节，也是政府给合同义务方支付报酬的依据。对于都市景观工程的绩效考评，不能只满足于“按图施工”的工程验收，而必须是包含整个运营期、以结果为导向的综合评价。其考核要点要包含项目的诸多方面，如下表所示：

都市景观 PPP 项目绩效考核要点

考核维度	主要指标	具体内容
社会效益	公众满意度	调查问卷、投诉处理、媒体评价
	游客接待量	年度游客数量、增长率
	公共空间可达性与公平性	开放时长、无障碍设施、区域覆盖均衡性
	文化活动频率与质量	举办活动次数、参与人数、活动影响力
生态效益	绿地覆盖率	绿化面积占比、植被多样性
	生物多样性指数	动植物种类、栖息地保护成效
	水体净化效果	水质监测数据、自净能力提升
	空气质量改善贡献	区域 PM2.5、PM10 数据变化
运营管理与财务可持续性	运营成本控制	实际运营成本与预算对比
	设施完好率	基础设施、景观小品、服务设施完好程度
	安全管理水平	安全事故发生率、应急响应机制
	项目自身盈利能力	收入来源、利润率、现金流稳定性

这些指标直接体现了项目作为城市公共产品的服务效能和可持续发展能力。

二、成功的公私合作案例剖析

（一）北京奥林匹克公园中心区

北京奥林匹克公园中心区赛后运营和发展是我国大型公共空间采用 PPP 模式开展可持续管理的典型范例。奥运会结束之后，怎样防止大量的场馆和广阔的公园陷入闲置和亏损，成为北京市政府面临的严峻挑战。为此政府引入以中信集团为首的联合体作为社会资本方，设立项目公司，授予其 30 年的特许经营权，实现了从政府办到市场营的转变。该模式成功之处在于明确区分了政府与企业二者角色，政府是资产所有者、公共利益的监管者，负责规划制定、监督服务；企业是运营主体，负责公园日常养护、商业开发、品牌推广，自负盈亏。

项目公司用多样化的经营策略激活了城市核心区域。一方面保障公园公共性，向大众免费开放，提供开阔宜人的休闲健身场地，另一方面举办各类文化艺术体育展览等活动，开发旅游产品，为标志性的“鸟巢”、水立方等场馆带去稳定的商业运营现金流。公益和商业相结合的方式，既可以保证项目自身财务平衡，又可以不断为城市注入活力、带来经济效益，最大程度地发挥奥运遗产的价值，使之成为一个充满生机、服务市民、享誉国际的城市客厅。

（二）成都锦江水生态治理与绿道建设

成都天府绿道体系的创建，尤其是其中包含的锦江水生态治理部分，是 PPP 模式在城市生态基础设施领域的一次大规模、全方位的实践。项目体量庞大，涉及水环境治理、生态修复、景观提升、文化植入、体育设施建造等诸多内容，对资金和技支撑需求量大。成都市政府创新性地采用了投资、建设、运营一体化的 PPP 模式，以中国建筑、中国电建等实力雄厚的企业集团为代表的社会资本方参与工程建设。此种模式把过去分散在各个部门、各自独立开展的工程整合成统一的合作模式，保证了规划的连续性、标准的统一性、实施的高效性。

该项目的可持续性在于实现了生态、社会、经济“三效合一”。依靠 PPP 模式引入的专业治水技术以及生态建设能力，锦江水质以及滨水生态环境明显改善，给城市构筑起一个稳定的绿色基底。在此基础上建设起来的绿道，将公园、社区、产业区紧密地联系在一起，成为了市民骑行、跑步、休闲的绿色动脉，极大地提高了居民的生活品质和幸福感。绿道旁边出现了文化创意空间、特色商业和体育服务等多种业态，也产生了新的消费场景、创造了就业机会，使生态效益转成了经济效益。成都锦江绿道项目证明了 PPP 模式能有效完成复杂的生态景观工程，也可以获得比 1+1 等于 2 更好的综合效益。

（三）上海苏州河两岸公共空间提升

上海苏州河两岸公共空间贯通及品质提升工程，体现出公私合作更加灵活细致的方式。苏州河项目沿线产权复杂、历史风貌保护要求高，不能采用单一的大包干式 PPP 模式。所以上海采取了政府主导、多方参与、分段实施的策略。市政府作为顶层设计者、政策协调者以及关键节点上的投入人，保证 42 公里的公共空间连续性以及公共性。同时在具体的岸线区段和功能节点上积极引导沿线企业、开发商、社区单位参与进来。

合作方式多种多样，拥有滨河土地的企业按照统一规划标准，以代建或者捐建的形式完成其门前公共空间的建设与维护，换取更好的营商环境和品牌形象，政府在一些具有商业开发潜力的节点上，通过出让开发权的方式，吸引社会资本打造集商业、文化、休闲为一体的滨水活力区，其开发收益用于公共空间的长期运营。“化整为零”、因地制宜的合作模式调动了各方面的积极性，不但高效实现了苏州河两岸物理上的连通，还注入了多元文化、商业元素，使它成为一条承载着历史记忆、充满现代活力、世界级的滨水区，是城市更新背景下公私合作的精妙实践。

三、促进可持续公私合作的策略

（一）完善法律法规与政策保障

稳定的法律制度、透明的法律制度、高层级的法律制度，这是吸引社会资本、保护各方利益的根基。目前我国 PPP 领域的规定大多是以部门规章、政策文件的形式存在，法律效力层级较低，并且存在政策多变、部门规定不一的问题，给长期合作带来不确定性。因此推动国家层面出台统一的《特许经营法》或者《公私合作法》就显得十分必要。这样一部法律可以明确 PPP 模式的法律地位、适用范围、基本原则、政府和社会资本方的主要权利义务，为项目的全生命周期提供稳定可靠的法律预期和保障，降低长期投资政策风险。

因为都市景观工程具有公益性强、直接收益少的特点，所以需要制定出适合它的配套支持政策体系。关于土地使用，对建设公共绿地、广场等非经营性设施所占用地实行划拨或者长期租赁的政策；关于财税金融，对参与该类项目的社会资本给予一定的税收减免、财政补贴或者绿色信贷等金融支持，以补偿社会资本的部分投入，提高项目财务可行性。采用组合使用的方式，可以有效地调动社会资本参与公共价值创造，使政府、企业、公众三方共赢。

（二）建立透明高效的决策机制

透明度是公私合作的生命线，也是防止腐败、树立公信力的途径。必须要有项目发起、伙伴挑选、合同谈判到最后的经营监督的全环节信息公开制度。项目筛选标准、资格预审条件、评标过程、合同关键条款、项目运营绩效考核结果等都应当依法公开，接受社会和媒体的监督。既可以保证采购过程的公正公平，吸引有实力的企业参加竞争，又可以使公众了解到项目的实际情况，增加对项目的理解和支持，减少由于信息不对称造成的社会矛盾。

效率是 PPP 模式比传统政府投资模式的优势。为发挥其优势，政府应当完善内部决策程序，消除部门壁垒。可以设立跨部门的 PPP 专门机构或者领导小组，对 PPP 项目实行统一归口管理，协调发改委、财政局、规划局、国土局、环保局等各部门的审批工作，推行一站式服务。可以明显缩短项目前期冗长的审批时间，降低社会资本的时间成本和制度性交易成本，加快项目落地的速度，提高项目落地的确定性。一个有效的政府协调机制对于社会资本方来说是信心的来源，也是合作成功的保障。

在决策过程中加入公众参与,可以保证景观项目的成功,并使景观项目达到最大的社会价值。在项目规划设计的阶段就要通过听证会、问卷调查、网络征集意见等多种途径来广泛听取市民的意见。项目运营阶段就要创建起常态化的用户满意度调查和反馈机制,把公众评价作为绩效考核的重要组成。最终使用者的参与可以保证景观产品满足实际需要,同时又能培养大众的主人翁意识,进而形成共建共治共享的局面。

(三) 加强能力建设与人才培养

公私合作是一项牵涉到法律、金融、工程、管理等诸多领域的复杂系统工程,对政府方和社会资本方都有很高的专业要求。目前在各地公务员队伍里,普遍存在既懂公共管理又了解 PPP 项目的复合型人才缺乏的现象。这就使政府在与经验丰富的社会资本方进行谈判、博弈的时候,会处于信息、专业上的不利地位,不能很好地维护公共利益。因此必须把政府方的能力建设作为一项战略任务来抓,通过系统的培训、案例教学、专家咨询等方式,着力提高公务员在项目识别、风险评估、合同管理、绩效监督等各方面的专业素养。

能力建设不只是对政府而言,也是对参与 PPP 项目整个生态系统的建设。引导社会资本方树立正确的合作观念,既算经济账,也该算社会账、生态账,充分认识到景观项目的公共责任。对 PPP 项目使用到的第三方专业机构,即律师事务所、会计师事务所、咨询公司等也需要加强职业道德和专业技能培训,保证可以为 PPP 项目提供独立、客观、高质量的专业服务。只有建立高素质的政府官员、负责任的社会资本、专业化的中介机构三者组成的合作生态,都市景观工程的公私合作之路才能走得更稳、更远,真正实现可持续发展的宏伟目标。

第九章 都市景观工程的法律与政策

第一节 景观工程相关法律法规

一、国家层面的法律体系

（一）《城乡规划法》中的景观规划要求

《中华人民共和国城乡规划法》属于指导和调控城乡建设发展主体法律，从源头上赋予了景观规划在城乡建设中的法定地位。该法规定了城市规划编制要考虑自然环境和历史文化遗产保护，体现城市特色风貌。城市视觉轮廓线、重要地段建筑的形态、色彩、体量、山、水、林、田、湖、草等自然景观元素的保护与融合，在规划编制过程中必须做出明确的控制性要求。也就是说，任何都市景观工程的启动，都必须以所在地已经经过法定程序批准的控制性详细规划为前提。

详细的规划中一般包含绿地系统规划、开放空间布局、景观廊道的创建等内容，对绿地率、人均公园绿地面积等主要指标提出具体要求。景观工程的设计方案必须严格按照规划条件进行。任何对原有的地形地貌、重要的植被和水体造成重大改变的行为，都必须经过规划部门的严格审批。这一法还确定了“先规划，后建设”的原则，在申请建设用地规划许可证、建设工程规划许可证的时候，项目方案应当证明与整体城市景观相协调，单个项目发展不得损害城市整体环境品质和风貌特征。

《城乡规划法》把景观要求纳入法定规划体系，从土地利用与空间布置的宏观角度，给都市景观的有序发展赋予了基本保证。不但可以防止城市发展过程中对自然和人文景观造成的破坏，而且能够主动引导城市营造优美、和谐、有特色的人居环境。所有的景观工程管理者、设计者都必须认真学习、严格遵守本法的各项规定，保证项目从立项之初就具有合法性、规划合理性。

（二）《环境保护法》与《水污染防治法》的约束

都市景观工程直接作用于城市生态环境，所以不可避免地受到环境法律法规的严格限制。《中华人民共和国环境保护法》属于环境领域的一项根本大法，对

保护优先,预防为主,综合治理作出规定。所有的建设活动都必须对其可能产生的环境影响进行评价,并采取有效的预防和治理措施。景观工程土方开挖、植物移栽、材料运输等过程中会扬尘、噪声、水土流失等一系列环境问题。因此施工单位必须制定详细的环保方案,施工时严格执行,尽量减少对周围环境的影响。

《中华人民共和国水污染防治法》对景观工程中的水体营造和保护有更具体的要求。城市公园、滨水绿地中的人工湖、溪流等水景是都市景观的重要组成部分,但是它们设计、施工及养护如果处理不当,很容易造成水质恶化、富营养化等问题。该法规定不得将油类、酸液、碱液和剧毒废液排入水体,不得在饮用水水源保护区内新建、扩建与供水设施和保护水源无关的建设项目。景观工程中产生的生活污水以及含有农药、化肥的绿化养护废水,必须经过处理达到排放标准后才能排放。这就要求景观设计阶段就要考虑到水体的生态自净能力,合理设计循环净化系统,优先选择生态、环保的防水材料和水处理技术,保证景观水体既美观又洁净、安全,成为城市可持续水循环系统中良性循环的一个环节。

(三)《建筑法》与《招标投标法》的规范

都市景观工程属于建设工程的一个门类,它的市场准入,发包承包,施工许可,质量安全等各个层面都被《中华人民共和国建筑法》所全面囊括并加以规范。该法规定从事建筑活动的建筑施工企业、勘察单位、设计单位、工程监理单位都必须具有相应资质等级,在资质等级许可范围内承揽工程。承接园林景观工程的企业必须有园林绿化或市政公用工程等资质。法律还禁止转包、违法分包,保证工程责任主体明确、稳定。景观工程施工前必须依法申请领取施工许可证,没有施工许可证不得擅自开工。

我国的市场交易行为中起着至关重要作用的是《招标投标法》。大型基础设施、公用事业等关系社会公共利益、公众安全的项目,全部或者部分使用国有资金投资或者国家融资的项目,必须依法招标。都市景观工程,特别是政府投资建设的公园、广场、滨河绿地等项目,大部分属于必须招标的工程。招标过程必须公开、公平、公正、诚信,采用竞争的方式选择有实力、有信誉的承包单位。不仅可以控制工程造价,保证工程质量,还可以预防腐败,维护市场秩序。招标文件编制、招标公告的发布、开标、评标、中标等各个环节都必须严格按法定程序执行,保证整个过程公开、规范。

以下表格总结了《建筑法》和《招标投标法》在景观工程中的核心要求:

《建筑法》与《招标投标法》核心要求

类别	主要内容	对景观工程的影响
资质管理	勘察、设计、施工、监理单位须具备相应资质，严禁无证或越级承揽。	确保承建单位具备专业能力，杜绝无序竞争和不合格工程。
施工许可	工程开工前须依法取得施工许可证，否则不得擅自开工。	规范工程建设程序，保障项目合法性与合规性。
招标程序	达到法定规模和标准的项目，须公开或邀请招标选择承包方。	促进市场公平竞争，优选高质量服务商，控制工程成本。
合同效力	未履行招标程序的项目，所签订的承包合同无效。	强调招投标程序的强制性，保障合同合法性。
禁止性规定	严禁招标人与投标人串通投标、排斥竞争，严禁投标人围标串标。	维护市场竞争秩序，防止腐败和不正当竞争行为。

见上表可知，《建筑法》和《招标投标法》对景观工程的合法性和规范性起着决定性作用。

二、行业法规与部门规章

（一）《城市绿化条例》的核心内容

城市绿化条例专门为城市绿化的规划、建设、保护和管理制定，是都市景观工程领域最重要的、最直接的法律依据。该条例明显体现出国家改善城市生态环境、提高居民生活品质的政策取向，其包含的内容涉及城市绿化工作整个过程。条例规定，城市人民政府应当组织编制城市绿地系统规划，将其纳入城市总体规划，从法律上保证城市绿化用地的数量和布局。

条例对各类建设项目的绿地率指标作出明确规定，并要求新建、改建、扩建工程项目配套绿化建设资金必须纳入主体工程总投资预算，绿化工程必须和主体工程同步设计、同步施工、同步验收。这一规定有效地解决了过去城市建设中重建筑、轻绿化的现象，保证了绿地能够建得成、建得好。条例还对城市中的古树名木等树木实行特殊保护，任何单位和个人不得随意砍伐、移植树木，确需砍伐的必须经过严格审批并补植。尊重并保护城市里的绿色生命，这是城市可持续发展的表现。

根据城市绿化条例规定，绿化养护管理责任也做出了明确规定，按照谁投资、谁所有、谁养护的原则，明确了政府、单位、居民小区等不同类型的绿地养护主体。这就为建立长期有效的绿化管养制度、巩固绿化成果提供法律保障。由此该

条例就形成了从规划、建设、保护、管理全过程的法律框架，堪称推进城市生态宜居的绿色宪章。

（二）风景名胜区管理相关规定

风景名胜区是自然景观、人文景观和文化价值高度集中的地方，在该区域进行景观建设受到的法律限制比一般城区更为严格。国务院发布的《风景名胜区条例》是风景名胜区管理的基本法。该条例确立的原则是“科学规划、统一管理、严格保护、永续利用”，把保护放在第一位。风景名胜区内所有的建设活动，都要服从风景名胜区总体规划和详细规划。

条例规定，在风景名胜区内禁止开山、采石、开矿、滥伐林木等一切破坏景观、植被、地形地貌的活动。对于确需建设的项目，其选址、布局、高度、体量、造型、风格、色调等都要与周围景观、环境相协调，不能破坏视觉通廊和核心景观。核心景区内不得建设与风景名胜资源保护无关的宾馆、招待所、疗养院等建筑设施。对于涉及重大建设工程的缆车、索道等选址方案，应当报请国务院建设主管部门核准，可见其审批程序的慎重、严格。

条例还对规划的审批、修改做了严格的规定，任何对已经批准的规划进行修改的，都必须经过法定的论证和报批程序，防止随意改变规划给风景资源造成不可逆转的破坏。经过这些详细而又严格的措施，保证风景名胜区这种珍贵的自然文化遗产能够被代代相传。景观工程在该区域中起的作用更多的是点缀、服务、融合，而不是主导、改变。

（三）建设工程质量管理与安全生产法规

都市景观工程最终成果的表现形式不单是它的艺术效果，更重要的是它的工程质量及施工过程中人员的安全。国务院发布的《建设工程质量管理条例》和《建设工程安全生产管理条例》给它提供坚实的法律保障。《建设工程质量管理条例》对建设单位、勘察单位、设计单位、施工单位、监理单位等五方主体的质量责任做了明确规定，实行工程质量终身负责制。这就意味着景观工程的设计图纸深度、材料构配件的选择、施工工艺的每一个环节都必须符合国家强制性标准和设计要求。条例规定，施工单位必须对建筑材料、构件和设备进行检验，未经检验或者检验不合格的不得使用。监理单位要代表建设单位对施工质量进行监督，在关键工序旁站监理，及时发现并纠正质量问题。

《建设工程安全生产管理条例》是根据施工现场的安全而制定的一个管理条

例，坚持“安全第一，预防为主”的原则。条例明确规定施工单位要建立健全安全生产责任制，施工现场必须有专职的安全生产管理人员，并且要组织从业人员参加安全生产教育培训。景观工程施工过程中，大型土方开挖、高空树木修剪、起重吊装、临时用电等均为危险性大的作业环节，施工单位要编制专项施工方案，并采取有效的安全防护措施。建设单位在编制工程概算时，必须足额预留安全生产费用，保证安全投入。这二个条例如同双胞胎，都是景观工程建设的生命线，任何单位和个人不得以牺牲质量、安全为代价，盲目抢进度、图效益。

第二节 政策支持与激励机制

一、国家层面的宏观政策导向

（一）生态文明建设战略的顶层设计

生态文明建设已经成为国家发展的千年大计，已经提升到前所未有的战略高度，对都市景观工程的发展理念、发展模式起着决定性的影响和指导作用。将生态文明建设纳入到“五位一体”总体布局中，意味着我国的发展理念发生了根本性的转变，提出了尊重自然、顺应自然、保护自然的新理念，给都市景观工程赋予了新的价值观念。在这个框架之下，景观工程不再只是美化城市的“面子工程”，而成了构建“山水林田湖草沙”命运共同体、维护国家生态安全的重要组成部分。这就要求都市景观工程抛弃过去重人工干预、重视视觉奇观的建设方式，转而以生态修复、功能改善为主。

全面推进美丽中国建设的意见等纲领性文件的发布，也给行业发展指明了方向。文件提出建设美丽城市、推行以绿色低碳、环境优美、生态宜居为目标的城市发展模式，与都市景观工程的目标不谋而合。该战略要求城市规划建设要守护住自然生态安全边界，依靠科学的合理的绿地系统规划来提高生态系统多样性、稳定性和持续性。景观工程要依靠创建近自然的植物群落、守护和复原城市湿地、塑造生态廊道等途径，全方位改善城市生态系统的服务功能，涵盖净化空气、涵养水源、调节微气候等方面，从而稳固城市生态基底，让城市成为人与自然和谐共生的美丽家园。

生态文明建设促使行业标准提高、技术路径发生改变。过去的工程评价体系

大多重视绿化覆盖率、美观度等单一指标，而以生态文明理念为指导时，更重视生态效益的综合评价，即生物多样性指数、雨水吸纳和利用率、固碳释氧能力等。因此业界开始积极寻找自然的方法，设计出下凹式绿地、植草沟等“海绵体”，有效地解决了城市内涝的问题，实现了雨水的自然积存与净化。生态文明建设的顶层设计，从根本上改变了都市景观工程的行业标准和价值取向，使都市景观工程从原来的单一美化功能转变为复合的生态服务功能，并成为国家可持续发展战略中的重要环节。

（二）碳达峰碳中和目标下的政策支持

面对气候变化问题愈发严重的情况，我国提出的碳达峰、碳中和目标给都市景观工程行业带来了新的历史使命与新的发展机遇。园林绿地是城市重要的生态基础设施，在减少碳排放源、增加碳吸收汇方面起着不可替代的作用，是城市中少有的碳汇载体。国家层面将提升生态系统的碳汇能力当作实现双碳目标的重要手段，由此产生许多支持政策，促使都市景观工程朝低碳化、零碳化方向发展。

政策先从增加城市生态碳汇空间开始。相关的指导意见中明确提出，通过科学的绿化、城市更新、废弃地修复等方式来增加城市的绿地总量，从而加固城市碳库的基底。这就意味着城市中现存的可以绿化使用的空间，在都市景观工程的建设过程中应被最大程度地加以利用，推行立体绿化、建设口袋公园等，不断改善绿化覆盖率、生态空间比例。政策还大力提倡对已有的绿地进行质量提升，采用改善土壤健康、科学经营、合理配置植物等措施来提高单位面积绿地的固碳能力，实现“增绿”变“增汇”。北京市指导意见中就提出要通过森林健康经营、精准提高平原森林质量等措施来持续提高城市绿地的碳汇功能。

政策倡导景观工程全生命周期内减碳。这就包括了从规划设计、建材生产、施工建造到后期养护的全部过程。政策引导设计师采用低影响开发模式，尊重场地的自然条件，尽量减少土方开挖和运输；提倡使用本地化的、可再生的、低隐含碳的绿色建材，如木竹材料、再生骨料透水砖等，减少高能耗材料的使用。技术创新、智慧化管理对于降低运营维护碳排在政策上也越来越受到鼓励。建设智慧园林综合监管平台可以对园林景观的灌溉、施肥、修剪等养护工作实施精确调度，减少园林景观系统的用水、用油量，进而降低园林景观系统的碳排放。

为保证上述措施能落到实处，政府采取制定行业标准、开展试点示范等方式加以支持。科技部等联合发文的《科技支撑碳达峰碳中和实施方案(2022-2030年)》

中就明确提出要把城乡建设领域低碳零碳技术作为重点攻关方向。许多地方政府也制订了具体的行动方案,用项目补贴、技术指导等方式来鼓励企业、项目采用碳汇能力高、碳排放低的方案和技术。双碳目标下的政策走向,正在推动都市景观工程行业进行一场绿色革命,使之成为城市达成碳中和愿景的重要力量。

（三）新型城镇化与城市更新政策

随着我国城镇化进入新的发展阶段,发展方式由原来的大量增量扩张,转变为存量提质改造和增量结构调整并重的新格局。国家大力推行新型城镇化战略和城市更新行动,给都市景观工程可持续发展提供广阔的空间以及明晰的发展方向。这一系列政策的实质就是促使城市内涵式发展,提出建设宜居、韧性、智慧的现代化城市,把景观工程的作用由过去的附属配套提升到改善城市品质、激活城市活力的重要因素。

在新型城镇化战略之下,都市景观工程不仅仅中心城区的公园绿地建设有所重视,在城乡生态空间的系统性、连通性上也有所体现。政策倡议形成了贯穿城乡的绿道网,把城市中的公园绿地同郊区的森林、农田连接起来,形成完整的生态网络系统。既给居民提供更多的绿色开敞的休闲游憩空间,又倡导绿色出行的方式,同时有效地保护区域生物多样性,提高整个地区的环境承载力。另外政策中也提到要加大对中小城市和县城环境基础设施的建设,推动园林绿化提级扩能,实现城乡基本公共服务均等化,让绿色福祉更多的惠及到人民群众。

城市更新行动给老城区景观改善、生态修复赋予历史性的机遇。过去老旧小区、工业遗存、废弃地等普遍存在着绿化空间缺乏、生态功能缺失、人居环境品质不高问题。城市更新政策支持留白增绿、见缝插绿开发老城区绿色空间。利用拆违腾退土地、闲置边角地建设口袋公园、小微绿地,将绿色送到居民家门口,较好地解决了老城区公共空间不足的问题,提高了社区的宜居程度。山西省在“十四五”期间新增加几百个口袋公园、小型绿地,改善市民生活环境。

城市更新政策提倡在项目改造的全过程中,将生态修复的理念融入进去。对于城市中受毁的山体、水体、废弃的工业用地等,政策上倡导使用基于自然的解决方案来进行生态化的改变,从而使之转变成具备公共性质的城市公园或者生态空间。更新方式既改善了城市面貌,又恢复了地区生态功能、增强了城市韧性,提高城市抗内涝能力、减弱城市热岛效应等。新型城镇化和城市更新政策给都市景观工程赋予了新的发展空间,促使它在更为广阔的城市和乡村尺度,更为细致

在社区尺度上发挥作用,依靠系统化的生态空间营造,精细化的品质提升,全方位地服务于建设人民满意的高品质人居环境这一核心目标。

二、财政与税收激励政策

(一) 财政专项资金的支持方向

财政专项资金是政府引领行业发展的杠杆,又是扶持关键领域技术攻关和突破的重要支撑。在都市景观工程方面,中央和地方财政设立了诸多专项资金,这些资金被专门用来扶持那些契合可持续发展目标的项目和技术,其支持的方向也很好地体现了国家的政策意图。资金不仅能解决项目建设所遇到的资金困难问题,而且起着榜样的作用,撬动更多的社会资本投入绿色景观事业。

专项资金重要的一个投向就是与提高城市生态功能、环境韧性相关的项目。海绵城市中央财政给试点城市几亿到十亿元的专项定额补助,主要用于支持海绵城市相关各类设施的建设。这其中就包含了可以吸纳和净化雨水的下凹式绿地、雨水花园、植草沟、湿地公园等基于自然的解决方案。这些项目就构成了城市景观工程的主要部分。财政资金的大量支持,使海绵城市理念在景观设计和建设中得到广泛的应用,城市从以前的“灰色基础设施”向绿色和灰色相结合的基础设施转变。在城市黑臭水体治理、生态修复等领域,财政资金同样不能忽视,资助构建生态驳岸、恢复水生植被等景观工程手段,从根源上改善城市水环境质量。

其他的重点扶持方向就是园林绿化领域增汇减排,资源循环利用。为了响应双碳目标,一些地方政府成立了专门资金,对于碳汇能力提高项目或者在建设采用低碳技术项目的奖励、补贴。对使用乡土植物、营造复层植物群落、选择固碳能力强的树种等予以补贴。同时废弃物的资源化利用也得到财政政策的支持,支持建筑垃圾、园林废弃物等经过处理之后,作为景观建设的再生骨料、有机覆盖物或者土壤改良剂使用,从而节约资源并削减污染。每年用数百万元的财政专项资金来开展城区绿化的养护工作。

除了上述对具体项目的资金支持,财政专项资金的投向还包括以下几个关键方面,具体内容可见下表:

财政专项资金主要支持方向表

支持方向类别	具体内容	作用或示例
提高城市生态功能与韧性	海绵城市建设、黑臭水体治理、生态修复	资助下凹式绿地、雨水花园、生态驳岸等项目建设，改善城市水环境质量。
增汇减排与资源循环利用	园林绿化碳汇提升、废弃物资源化利用	补贴使用乡土植物、固碳树种；支持建筑垃圾、园林废弃物转化为再生建材。
示范项目和技术研发	创新性、示范性项目；高品质绿色空间样板	支持“无废城市”园林绿废循环体系，创建集生态、文化、科技于一身的样板工程。
规划编制与标准制定	城市绿地系统规划、生物多样性保护规划	制定绿色建筑、海绵城市、低碳园林技术标准和导则，为行业可持续发展提供依据。
人才培养与公众教育	行业专业人才培养、科普宣传活动	提高公众对可持续景观价值的认识，增强社会参与度，营造良好氛围。

（二）节能环保、绿色建材的税收优惠

税收优惠属于引导市场主体行为、推动产业结构绿色转型的主要经济手段。国家出台了很多关于节能环保、资源综合利用等行业的税收优惠政策，对于都市景观工程行业的可持续发展有重大意义。政策以降低企业使用绿色产品，采用环保技术等为手段，对企业建设项目与运营中选择可持续的方式进行推动，进而带动全产业链的绿色发展。

国家对节能环保设备和服务税收优惠。根据相关政策规定，企业购买并使用环境保护专用设备、节能节水专用设备等专用设备的投资额，可以按照规定比例实行企业所得税税额抵免。即景观工程公司为项目中采购、应用高效节水灌溉系统、太阳能照明设备、雨水回收利用装置等环保设施时，可以直接减少自身的应纳税额，降低新技术使用的门槛。对于提供合同能源管理服务的企业，其技术服务、货物转让可以享受增值税免税或者即征即退的政策，促使景观项目中更多地采用能源托管等专业化节能服务，提高能源利用率。

绿色建材使用方面税收优惠政策的导向作用最明显。国家税务总局发布支持绿色发展税费优惠政策指引中，包含了很多和绿色建材有关的优惠政策。对利用工业废渣、建筑垃圾等生产新型墙体材料的企业销售自产的新型墙体材料，实行增值税即征即退政策。这就使得透水砖、生态砌块等绿色建材的价格下降，在和传统硬质铺装材料的竞争中获得价格优势，促使景观项目优先选用透水铺装。对利用废旧轮胎生产出的弹性地垫、利用废玻璃生产的景观骨料等综合利用资源制

造出的产品，也可以享受增值税即征即退的优惠政策，从而使得景观设计师以及建设方更倾向于选择环境影响小、全生命周期成本更低的产品。

国家对从事农林牧渔业所得的企业所得税减免政策也有所规定。园林公司从事林木、花卉培育、种植所得，依法享受企业所得税减半或者免征。这对拥有苗圃、从事苗木生产环节的景观工程企业来说是直接利好，有利于稳定产业链上游的绿色供应，也促使企业培育出更多适应性强、生态价值高的乡土植物。这一套税收“组合拳”有效地降低了可持续实践的经济成本，把绿色选择变为企业的理性决策、提高经济效益的行为，有力推动都市景观工程朝着节约、环保、生态方向发展。

（三）政府购买服务的政策应用

政府购买服务是新的公共服务供给模式，近些年城市景观工程管理中得到广泛使用和政策支持。其核心就是政府把本应该由自身承担的园林绿化养护、公园管理等公共服务职能，用法定程序交给有专业能力的市场主体去承担，根据服务数量和质量支付费用。一方面提高了公共服务的专业化水平和效率，另一方面也给社会资本参与公共产品建设开辟了新的途径，释放出市场活力。

随着政策的深入执行，政府购买服务才能够有合法的地位，并规定了适用范围。有关海绵城市的建设政策文件提出，要积极采用 PPP、特许经营等形式吸引社会资本广泛参与海绵城市的建设和运营。住房城乡建设部的指导意见也提倡民间资本采取政府购买服务的方式，进入园林绿化运营养护环节，实现共建共享的目标。这给地方政府把公园、道路绿地、广场等公共绿地日常养护工作交由市场承担奠定了良好的政策基础。以契约化的方式进行管理，政府由运动员变成裁判员，工作重心由具体事务的执行变成服务标准的制定、过程的监督和绩效的考核。

政府购买服务的运用，使都市景观工程项目管理的专业化、精细化程度大大提高。专业的景观养护公司有更先进的技术设备、更专业的管理团队、更高效的作业流程。它们可以利用智能化灌溉系统进行精准节水、用无人机进行病虫害监测、用大数据分析来制定养护方案，这些都是传统政府事业单位所难以赶上的优势。服务外包可以明显提高养护质量，保证景观效果的持久性以及生态功能的稳定性。市场竞争机制的存在，使服务供给方为了获得竞标优势而不断改善服务质量、降低成本，最终使广大市民和城市公共环境成为受益者。

更重要的是政府购买服务模式为解决存量绿地“重建轻养”、新建项目资金

短缺等问题提供了一种方式。对于存量绿地来说,稳定的政府购买合同保证了养护资金的持续投入,防止了由于财政波动导致的养护水平下降。对投资大、新建的大型生态公园、绿道网络等可以采用 PPP 等长期合作的方式。社会资本方负责项目设计、投融资、建设、长期运营和维护,政府在合作期内按年度向它支付服务费。它把一次性的大额建设投资分散成长期的、可承受的运营费用,有效地解决了大型生态景观工程的融资问题,加快了城市绿色空间的建设。

第三节 环境评价与审批流程

一、环境影响评价制度

(一) 景观工程环评报告的编制要点

都市景观工程的环境评价报告编制与传统的环境评价报告编制不同,除了环境要素以外,还要注重生态、视觉、人文等各个方面的内容。报告应该准确地识别出景观工程所特有的影响源,例如土方开挖对地形地貌的改变、大规模植物引种可能带来的生物多样性风险、夜景照明对光环境的干扰、硬质铺装对城市水文循环的影响等等。因此,报告的编制必须服从于项目本身的特点,把工程的设计同生态的原理结合起来。

在编写报告的时候,保证数据充分、准确是保证评价结论科学性的基础。即对项目所在区域的生态背景、水文地质状况、土壤理化指标、现有的动植物名录及群落结构等进行详细的调查。在此基础上,对工程施工期和运营期的各种影响进行分类、预测和评价。施工期的扬尘、噪声、废水排放,运营期绿地养护农药、化肥的径流,游客活动对环境造成的影响等等都应进行定量或者定性的分析,并且要清楚地阐明其影响范围、程度和持续时间。

报告的重点是提出切实可行的环境保护措施。这些措施应当具有针对性,操作性以及应该贯串在工程设计的改良、施工工艺的选择和后期运营管理的所有过程里。例如对于水土流失问题,就要给出生态护坡技术的具体方案;对于生物多样性保护,就应提倡使用本土植物,营造微型生境;对于光污染,就要对灯具的选择、照射角度、启闭时间作出具体规定。最后环评报告应该形成完整的闭环管理体系,包括环境监测计划以及跟踪评价,使各项环保措施真正得以落实并且发挥效果。

（二）生态影响评价的主要内容与方法

生态影响评价是景观工程环评的重点，主要是研究工程活动对生态系统结构、功能及稳定性所产生的影响。评价的深浅、宽窄决定景观工程是否能真正融入自然。系统的、全面的评价内容可以反映工程建设所造成的连锁生态效应，为之后的生态修复、补偿提供决策依据。

生态影响评价的主要内容一般包含几个方面。要对区域生态系统完整性进行分析，评价工程是否会形成重要的生态斑块破碎化，是否会阻碍重要的生态廊道，从而影响区域物种的迁徙与基因交流。其次就是生物多样性影响，主要考察对珍稀濒危动植物及其栖息地的直接或者间接影响，以及外来物种入侵的风险评价。再者就是生态要素服务功能的影响，例如工程建设对区域小气候调节能力、水源涵养能力、土壤保持能力等的影响。

为科学评估这些影响，评价工作常采用多种方法相结合的技术路径。这些评价方法：

生态影响评价主要方法及其特点

方法名称	主要特点	应用场景
矩阵分析法	直观揭示项目活动与生态因子因果关系，系统梳理影响途径。	项目活动与生态因子相互作用复杂时，用于识别主要影响。
网络图法	与矩阵法类似，更侧重影响链条和反馈机制的展现。	识别间接影响和累积效应，预测更深层次的生态变化。
指数评价法	构建多指标体系，量化对比工程建设前后生态环境质量。	需对生态环境质量进行量化评估及趋势分析的场景。
地理信息系统	空间叠加分析，精确预测工程影响空间范围，优化布局。	需要空间分析、敏感区识别、多方案比选的规划阶段。
生态模型模拟	动态模拟复杂生态过程，预测长期演变趋势。	涉及水文、污染物扩散等复杂过程，需长期预测的场景。

矩阵分析法和网络图法可以直观地找出工程活动（场地平整、管线铺设、植物种植等）和各种生态因子之间复杂的关系，梳理出主要影响途径。指数评价法是创建以生物丰度指数、植被覆盖指数、生境质量指数等生态质量评价指标为基础的评价指标体系，对工程建设前后生态环境质量进行量化对比，判断影响程度的方法。地理信息系统的空间分析技术可以对生态敏感区进行叠加分析，准确预测工程影响的空间范围，模拟不同的设计方案下生态格局的变化，给规划选线及布局优化提供空间决策支持。对于一些复杂的水文径流变化、污染物扩散等生态

过程,可以采用专业的数学模型进行动态模拟,预测其长期演变趋势,提高评价的预见性和准确性。

（三）公众参与在环评中的地位与作用

公众参与是现代环境影响评价制度的灵魂,它把环评由一个纯粹的技术专家过程,变成一个包含社会价值判断的开放决策过程。由于都市景观工程同公众的日常生活联系密切,项目社会接受度以及实施成效同公众参与度存在直接联系。所以公众参与的地位从以前的补充性环节,上升为环评全过程的法定核心程序。

公众参与的重要作用表现在很多方面。可以有效的汇集信息,弥补专家评价的不足。当地居民对项目所处区域的历史文脉、生态细节、使用习惯等有着深入的了解,这些是任何短期的专业调查都难以获取的宝贵信息,可以使评价更加全面、准确。公众早期介入可以提前发现并预防社会矛盾,消除冲突。通过信息公开、问卷调查、听证会等方式,使有关利益主体充分发表意见和诉求,可以使项目设计更好的回应社会关注,避免后期因为反对而使项目陷入僵局。

有效地开展公众参与,才是程序正义、决策民主的体现。保障了公众的环境知情权、参与权和监督权,提高了决策的透明度、公信力。公众感受和担忧被重视、考虑之后,他们会从反对者转变为支持者和监督者,对景观工程建成后的长期维护和社区共管起到无法估量的积极作用。

一个成功的公众参与机制,要有制度上的保障。需要建设单位及环评机构在项目开始阶段就主动公布项目信息,指定参与的方式及途径。参与形式应该多样化,既可以采取召开座谈会、听证会等传统的方式,也可以利用网络平台等现代化的方式,降低参与的门槛。对收集到的公众意见进行系统的整理、分析并及时反馈,说明采纳了哪些意见,不采纳的意见有何理由,以保证参与过程不是形式主义,而是真正双向沟通。

二、规划与建设的审批流程

（一）项目选址与用地预审

项目选址和用地预审是景观工程审批流程的第一个步骤,也是决定项目是否能够顺利实施的前提。本阶段主要是根据宏观规划指导来选取合适的地块,并对项目的用地合法性做初步审查。选址是否合理,直接决定了项目的投资效益、社会效益、生态效益。

项目选址工作要考虑诸多因素。要服从所在城市总体规划和详细规划,使项目功能定位与区域发展方向相适应。需要对场地的工程地质、水文地质等自然条件进行充分的评价,避开地质灾害易发区和生态环境极度敏感的区域。交通可达性、周边基础设施配套情况、与已有建成区的关系等,都是选址时不能马虎对待的现实条件。在选址时一般会提出若干个比选方案,然后利用层次分析法等多准则评价方法,对各个方案的优劣进行综合评价,从而选出最优的选址方案。

初步确定选址意向以后,就进入用地预审阶段。这是土地管理部门对建设项目用地有关事项预先进行的审核。建设单位要向土地行政主管部门递交用地预审申请,附上项目建议书,选址论证报告等。预审的主要内容是对项目用地是否符合土地利用总体规划、国家供地政策、用地标准、耕地占补平衡的规定进行审查。用地预审相当于项目在土地使用方面拿到了初步的“准生证”,为后续取得正式的用地批准文件铺平了道路,可以规避由于土地问题造成项目无法实施的风险。

（二）工程规划许可证与施工许可证办理

项目选址与用地预审工作完成之后,景观工程项目就将进入设计方案深入设计及具体施工许可办理的阶段。工程规划许可证和施工许可证是本阶段两个重要的、相互衔接的行政许可文件,它们从规划的合规性、施工的可行性两方面对工程进行把关,是保证工程由合法的图纸转化为实体建设的关键环节。

建设工程规划许可证是由城乡规划主管部门依法核发的法律文件,证明建设工程项目的选址位置、用地范围、建设规模、建设用途、设计方案等符合城乡规划的要求。办理此证前,建设单位需提交已审核通过的修建性详细规划或建设工程设计方案总平面图。规划部门会对设计方案中有关容积率、建筑密度、绿地率、建筑退线、出入口设置、停车泊位、市政管线接入等各项技术经济指标进行严格的审查,以保证它们与法定规划要求完全一致。取得此证,就说明项目的设计图纸已经经过规划层的最后批准。

取得建设工程规划许可证之后,在正式开工建设之前,建设单位必须向建设行政主管部门申请领取建筑工程施工许可证。这是对即将开始的施工活动进行全方位监管的许可。申请施工许可证时需要提交一系列证明文件,证明施工前的各项准备工作已经完成。一般包括已经批准的施工图设计文件、已经签订的工程监理合同、保证工程质量和安全的具体措施、建设资金已经落实的证明等。建设主管部门对这些文件进行审查的主要目的,就是核查项目是否具备了法定的开工条

件，特别是质量安全保障体系是否健全。缺少施工许可证就擅自开工的行为属于严重的违法建设行为，将会受到责令停工、罚款等严厉处罚。这两个证书的办理过程层层递进，是对于工程建设活动的由宏观到微观严密控制。

（三）竣工验收与备案管理

竣工验收及备案管理是都市景观工程建设全过程最后一个环节，也是工程转正式使用并进入长期养护期的关键一步。该阶段主要是保证工程实体按照批准的设计文件及有关技术规范建成，其功能和质量均符合规定要求，并将建设档案资料完整地纳入城市建设档案管理体系。

竣工验收属于系统性的综合评定过程。工程全部完工并通过自检后，由建设单位牵头，组织设计、施工、监理等相关单位组成验收小组对工程进行正式验收。验收工作根据国家现行的工程施工质量验收规范、已经批准的施工图设计文件和工程合同进行。验收内容很全面，不仅要对地形整理、园路铺装、构筑物建造等土建部分的质量进行检查，还要对植物的品种、规格、成活率以及灌溉、照明等专业系统运行效能进行检验。如果验收中发现问题，施工单位必须在限定的时间内完成整改，直至所有问题都整改完毕并且验收合格为止，然后由各方共同签署竣工验收报告。

工程竣工验收合格之后，建设单位应当在规定期限内，向工程建设所在地或者授权的工程质量监督机构办理竣工验收备案。备案时要递交以竣工验收报告为主的一套文件，包含工程规划许可证、施工许可证、各种施工记录、试验报告、竣工图等。备案机关对文件进行形式审查，确认文件的完整性、规范性之后，在备案表上签注备案。项目法律建设程序的完成，也即其合法性得到了最后的确认。备案结束的档案资料会变成城市建设的重要历史见证，给今后的养护，改造，扩建以及解决各种纠纷给予原始凭证。

一、发达国家景观法规政策借鉴

（一）美国《国家环境政策法》的启示

美国于1969年通过的《国家环境政策法》，是世界环境立法史上的一座里程碑，该法所体现的思想和制度安排，给世界各国，尤其是城市景观工程管理领域，带来了许多有益的启示。该法案明确规定，联邦机构任何行动如果会对人类环境质量造成重大影响，则在作出决定之前必须对环境做全面、系统的环境影响

评价。前置性的程序要求从源头上把环境考虑进去,避免由于规划不合理而造成的景观生态永久性损害。都市景观工程项目的选址、设计、施工等每一个环节都需要把生态影响、视觉影响、社会文化影响等各方面因素纳入评价体系中,实现由被动治理到主动预防的转变。

国家环境政策法的又一显著特点就是给公众参与提供制度化的保障。法案规定环境影响报告书的草案和最终版都应公开,给公众提供发表意见的途径。开放透明的决策方式提高了规划的民主性和科学性,也很好地解决了可能存在的社会矛盾。在都市景观工程项目中加入公众参与的环节,可使项目更贴近市民的生活需求以及文化认同,使景观建设的成果真正地为市民所享用,提高市民的归属感与满意度。通过听证会、问卷调查、专家咨询等方式集思广益,可以克服设计师主导或者行政命令式决策的缺点,使城市景观成为具有集体记忆、反映共同意愿的公共空间。

该法案的实行也说明程序正义对环境治理有着重要的作用。虽然该法案并没有明确规定实体性的环境质量标准,但是其严格的程序规定却迫使决策者必须考虑环境因素,并为自己的决策合理性提供充分的理由。由于存在程序性约束力,所以联邦机构把环境保护当作一种自觉行动。我国在借鉴的基础上,应该建立一套覆盖景观工程项目整个生命周期的评价和审查程序,明确各个阶段的评价内容、方法、责任主体,使可持续发展理念从宏观政策层面有效传导并落实到每一个微观环节,推进都市景观工程管理的精细化、科学化。

(二) 德国景观规划与生态补偿机制

德国关于景观规划的法制建设与实践方面表现出系统性、科学性、前瞻性,其特有的景观规划体系以及生态补偿机制,给城市发展同自然保护之间的矛盾提供了一个行之有效的解决范例。自1976年德国颁布《联邦自然保护法》首次把生态补偿确立为法律地位以来,德国就一直把干预与补偿的原则作为国土空间开发的基本准则。此原则规定,对于自然及景观造成的无法避免的损害,进行干预的建设项目必须采取措施给予等值的补偿,保证区域生态系统的整体功能及景观价值不被开发所造成净损失。

德国景观规划是由上至下、逐级细化的完整体系,涉及联邦、州、地区、市镇四个层次,与各级国土空间规划相衔接。联邦政府制订景观纲要计划,确定全国自然保护的总目标和总原则。各州在此基础上编制景观规划,把上面提到的保

护、养护、发展等大措施落实到具体的地方。直至市镇一级,则制定出具体的景观建设计划,直接指导土地利用、项目建设。由此形成一个层级化规划体系,保证国家宏观生态战略可以有效传递到地方的实践当中,使景观保护不再是孤立的项目行为,而是深入到国土空间治理的系统工程里。对于都市景观工程而言,这就表示任何一项工程都要在相应的景观规划框架下加以考虑,它的潜在环境影响也会依照规划目标来进行评价。

生态补偿机制是德国景观规划体系中最具体的一个实施步骤。逻辑为,规避在前,减缓在后,补偿最后。当项目建设给自然环境带来的负面影响无法避免的时候,开发者要承担起补偿的责任。补偿方式有多种,就地、异地的生态修复、功能重建,例如重新造林、恢复湿地、改造河道等。为了提高补偿的效率和灵活性,德国创立了生态账户或者生态积分制度。未来开发者可购买生态积分履行补偿义务,生态积分一般来自第三方提前开展并经官方认证的生态恢复项目。

把生态价值量化的方式纳入经济活动的成本之中,使开发者在项目开始阶段就主动寻找对环境影响最小的方案,体现污染者付费的原则。它既是对城市发展过程中不可避免的生态占用的一种有效平衡,又孕育出了一种以生态修复为业务的专门市场,实现了生态保护与经济发展的良性循环。我国推进都市景观工程可持续发展时,用本土生态系统服务价值作为基础建立生态补偿机制,创建区域生态补偿项目库和交易平台,对于提高城市生态系统整体韧性、实现建设与保护动态平衡有重要的战略意义。

（三）新加坡花园城市建设的法治保障

新加坡由一个资源贫瘠的岛屿国家变成了花园城市而闻名于世,强有力的法治保障体系就是它最关键的因素。新加坡政府很早就认识到良好的生态环境是吸引人才、资本、提高国民生活品质的关键竞争力,因此把绿色发展上升为国家战略层面,通过一系列严格的立法将“花园城市”的梦想转变为刚性约束和全民自觉遵守。以法律为依据,集规划、建设、管理、执法为一体的都市景观工程系统化治理模式,给我国都市景观工程的可持续发展提供了重要的实证经验。

新加坡绿化法律系统齐全,权责分明,执行严厉。主要法律规定为1975年颁布又经过多次修订的公园和树木法。该法案给予政府主管部门(国家公园局等)极大的管理权,有关公共绿地、道路旁树木、自然保护区等各个方面均有涉及。其详细规定,给城市景观的营造提供明确指引和强大的支撑。

1. 强制性绿化规划要求。没有符合标准的绿化规划的开发项目，不能取得开工许可证。这就从源头上保证了城市发展同绿化建设同步进行。法律强制规定住宅区绿化用地面积应占总面积的一定比例，建筑与道路之间应留出足够的退线距离用于绿化。

2. 严格的树木保护制度，对境内所有的树木，尤其是有历史价值的古树名木都实行严格的保护。任何人均不得擅自砍伐其土地上属于保护范畴的树木。需要移植的，必须经批准并且缴纳高额保证金，直到成活为止。严厉的惩罚手段，比如高额罚款，有效地制止了破坏绿化的现象。

新加坡法治体系的另一面就是严刑峻法加激励的治理模式。一方面对破坏绿化行为予以重罚，震慑力很强。政府也用经济奖励来刺激人们从事亲环境行为，比如拥有花园的私人住宅，如果不用围墙围住花园，并且将花园的一部分向公众开放，就可以免征房地产税。对在城市绿化工作中作出显著成绩的单位和个人，可以授予奖金，也可以由总统亲自颁发勋章予以奖励。奖惩结合，法律划出了不可逾越的底线，也充分调动了全社会建设花园城市积极性和自豪感，将爱绿护绿的意识植根于市民文化之中，最终形成政府主导、市场参与、全民共建的良性循环。

综观上述发达国家的经验，其在景观法规政策上的主要特点与启示，可概括为下表所示。

发达国家景观法规政策比较表

国家 / 区域	核心法规 / 机制	主要特点	对景观工程的启示
美国	《国家环境政策法》 (NEPA, 1969)	强制性环境影响评价；公众参与制度化；强调程序正义	项目选址、设计、施工全程纳入环境考量，从源头预防。
德国	《联邦自然保护法》； 景观规划体系；生态 补偿机制	“干预与补偿”原则；自上而下逐级规划；“生态账户” / “生态积分”	任何工程需在规划框架内审视；生态价值内化为成本，鼓励环境友好方案。
新加坡	《公园与树木法》； 国家战略层面推行花园城市	强制绿化规划要求；严格树木保护制度；奖惩并举的治理策略	城市发展与绿化同步；法律刚性约束与全民参与，塑造爱绿护绿文化。

二、国际公约与标准的对接

（一）《生物多样性公约》的履约实践

生物多样性公约属于全球三大环境公约之一，核心目的是保护生物多样性，可持续地利用它的各个部分，并公平、公正地分享遗传资源所产生出来的惠益。把上面的目标落实到都市景观工程的管理中，就意味着城市绿地系统不再只是美化环境的装饰，而要承担起维持甚至改善城市生态功能、给生物提供栖息地的重要载体作用。城市是人类活动最密集的地方，城市内部以及周边地区生物多样性受到生境破碎化的影响十分严重。根据生物多样性公约的要求，景观规划与工程实践要从区域生态格局的宏观角度出发，致力于修复和构建连续的生态网络。

景观规划层面履约实践的关键就是建立和保护生态廊道。生态廊道把城市里分散的公园、绿地、水体、山体等生态孤岛连接起来，给动植物的迁徙、觅食、繁殖提供通道，进而促进基因交流，保持种群健康。在都市景观工程中道路绿化带、滨水绿廊、楔形绿地等线性空间设计要突破传统的视觉美学的束缚，深层次地融合生态的功能要求。选择能给本地鸟类、昆虫提供食源和庇护的乡土植物；设计供小动物穿越的地下通道或林冠桥；恢复河流自然岸线等，都是创建功能性生态廊道的具体的实践。

项目实施和管理过程中应该把生物多样性保护原则贯穿整个过程。即在景观设计时，首先要选用本地的植物，因为这些植物更适合本地区的气候和土壤条件，并且同当地其它生物有长期协同进化的关系。增加多样性的生境类型，模仿天然林区的多层植物群落结构，保留一些枯木、落叶，给昆虫、微生物提供生存空间，建立浅水区、沼泽地等，吸引两栖动物和水鸟。该种以自然为本的解决办法，既可以大大提高绿地生态价值，又能减少后期灌溉、施肥、病虫害防治的依靠程度，从而实现景观的低维护和可持续性。将生物多样性监测作为景观项目后期管护的常规工作，可为评价保护成效、改良管护策略给予科学支撑，从而形成起一个完备的闭环管理系统。

（二）世界遗产保护公约的遵循

《保护世界文化和自然遗产公约》目的是保护全世界都公认的具有突出普遍价值的文化和自然遗产。都市景观工程的管理，尤其在历史城市或者靠近世界遗产地的区域，必须严格按照该公约的原则和要求来执行，保证工程活动不会给遗

产的价值、真实性、完整性造成不良影响。遵照公约,就是真正意识到并尊重每一项遗产的突出普遍价值,把每一项遗产看作是制定景观规划和设计时不能逾越的底线。这就意味着任何新的建设活动都应当衬托和彰显遗产的价值,而不是与其竞争或者淹没它。

1992 年文化景观被正式纳入世界遗产类别,文化景观是指自然与人类共同创造的作品,是人与环境长期互动的结果。该概念提出之后,遗产保护的范畴被大大地拓宽,从原来的单一的纪念性建筑或者考古遗址,扩展到了包括周边环境、传统土地利用方式、相关的非物质文化等在内的广阔区域。因此,在文化景观类遗产的区域,都市景观工程设计要特别小心,要对这个区域内历史格局、视线走廊、天际线、传统建筑风貌以及与此有关的生产生活方式等展开研究并加以保护。以杭州西湖为典型例子来阐述,在它周边展开的任何景观改造,均要充分考虑到对“三面云山一面城”的经典布局以及诗画江南意境可能造成的影响。

公约要求遗产地及其缓冲区的有效管理,防止内外各种威胁。对于位于遗产地或者其周围的都市景观项目,必须建立严格的审批和监管制度。因此项目规划方案要经过遗产影响评价,对项目可能对遗产造成的直接或间接的视觉、生态、社会文化等各方面的影响进行系统分析。设计要保持谦逊、协调,材料、色彩、体量、风格等各方面都要与遗产环境相协调。同时对遗产地周边的开发强度、建筑高度和密度进行控制,防止出现建设性破坏。通过法律法规来确定遗产保护的刚性要求,并把这些要求纳入到城市总体规划与详细规划之中,这是保证《世界遗产公约》的精神能够在城市发展过程中真正落到实处的基础。

遵守公约,也就意味着要积极促使社区居民参与文化遗产的保护和管理。在景观工程的设计与实施中要充分尊重当地的社区,听取当地社区的意见,尊重当地的传统知识和文化习俗。成功的景观项目应可以加强地方认同感、利于文化的传承,并且能够使当地居民从遗产保护中获益。既可以保持遗产的社会文化生命力,又可以形成遗产可持续保护的社会基础,从而达到保护与发展并重的目的,使珍贵的遗产在新的时代焕发新气象。

(三) ISO 环境管理体系标准的引入

在都市景观工程管理中采用 ISO14001 环境管理体系标准,就是使项目管理由粗放走向精细、科学的重要方法。ISO 14001 不是一项具体的技术规范,而是给组织提供了一个系统性的管理框架,以识别、控制、监测和改进组织活动、产

品、服务中环境表现的各项内容。将此体系运用到景观工程的全生命周期中,可以保证可持续发展的理念从顶层设计落实到每一个细节当中,从而从根源上减少工程项目给环境带来的负面影响。

ISO 14001 的主要思想就是不断改进的 PDCA 循环。在景观工程管理中应用该模型,首先应该从项目策划阶段开始,识别设计、采购、施工、后期养护等各个环节可能会涉及到的环境因素,即水土流失、扬尘、噪音、废弃物产生、能源消耗、生物多样性影响等,并进行显著性评价。在此基础上确定具体的、可以测量的环境目标和指标,如减少施工废弃物 30%,采购本地苗木占 80% 等等,制定相应的管理措施来完成这些目标。进入实施阶段后就要保证资源配置、人员培训、操作规程等都服务于环境管理方案的有效实施。

检查、行动这两个环节对实现闭环管理和持续改进起着关键的保证作用。通过定期的内部审核、绩效检测将实际的环境表现同所设定的目标做对比,找出偏差和不达标的地方。管理层对审核结果进行评审,采取纠正或预防措施,并对环境管理体系本身进行调整和优化。自我发现问题、自我完善机制促使景观工程项目团队不断寻找环保施工技术、可持续材料、高效资源利用方法。经由 ISO14001 认证,可以明显改善景观工程的环境管理水准,向社会及业主表明自己对环境保护的严肃态度,从而避开环境法律风险,改进企业品牌及市场竞争力,进而达成经济效益、社会效益、环境效益的协调统一。

第四节 法律合规与风险管理

一、全过程的合规性审查

(一) 合同法律风险的识别与防范

都市景观工程项目的核心法律文件就是合同,它是各方权利义务的基础。合同法律风险的识别与防范,属于合规管理中的重要组成。风险存在于合同订立、履行、变更、终止这些不同的过程当中。

合同订立环节的风险主要有以下几方面,合同主体资格审查不严格,工程范围界定不清,计价方式、支付条款约定不明,质量标准、验收程序规定不明确,违约责任、索赔条款明显不公平等。措辞不清的条款,很容易在以后引发纠纷。

合同履行期的风险有工程款支付迟缓风险、设计变更处理不当风险、竣工验收标准含糊其辞风险、保修责任界限不明风险等。发包人利用自身的优势地位拖延进度款的支付,承包人因资金周转困难导致施工质量、进度受到影响,形成恶性循环。对于景观工程特有的苗木养护、季节性施工等特殊问题,如果合同中没有具体的约定,很容易引发养护责任、存活率计算等争议,从而产生法律风险。

防范合同法律风险要从事前、事中、事后三个角度来入手。事前,要形成标准的合同评审制度,由法务人员或者外部律师对合同文本实施专门检查,保证条款符合合法性,准确并且可以执行。在合同履约期间,就要做好动态管理,建立规范的文档体系,把往来函件、会议纪要、签证单据这些重要证据分门别类地存档起来。事后当风险事件或者纠纷发生的时候,可以根据合同约定和已经固定的证据迅速采取应对措施,通过协商、调解或法律途径最大程度地保护自己的合法权益,控制损失。

（二）劳动用工与安全生产合规

都市景观工程项目的生产方式大部分为劳动密集型,劳动者用工是否合规、安全生产是否合法,关系着企业所承担的社会责任、企业成本以及企业的品牌声誉。

在劳动用工上,必须严格按照《劳动合同法》等有关法律法规执行。项目管理方要同所有工人,包括临时工和季节性用工,签订书面劳动合同,对工作内容、工作时间、劳动报酬、社会保险等重要条款作出规定。不签合同、以包代管、拖欠工资等都是易发多发的违法情形。一经查处或劳动仲裁,企业要支付双倍工资、经济补偿金等法律责任,严重者会被取消招投标资格。

安全生产是工程管理的红线,对于高空作业、土方开挖、大型机械操作等景观工程来说,更是重中之重。安全生产合规的核心就是建立并有效执行一套完善的安全生产体系。

1. 人员与资质合规:电工、起重机司机等特种作业人员必须持证上岗;管理人员需通过安全生产知识及管理能力考核。

2. 完善安全制度、培训、严格落实安全生产责任制、安全操作规程、应急预案并实行定期对施工人员的安全教育与技能培训。要重视新进场工人的培训,尤其是转换工种的工人,使其充分认识施工现场危险源和相应的防范措施。

3. 设施和环境合规,给工人提供符合国家标准的劳动防护用品,保证施工机

具、临时用电、脚手架等设施设备的安全运行。施工现场应该设置明显的安全警示标志，危险区域需要进行有效的隔离。生产安全事故发生以后，必须依法及时报告并妥善处理，任何隐瞒、谎报的行为都将受到法律的严惩。

（三）知识产权保护与侵权风险

在如今重视创意和设计的背景下，都市景观工程的知识产权问题开始凸显出来。不仅包括传统工程领域里的专利权，还涵盖设计图、设计理念、景观小品、艺术装置等作品著作权和植物新品种的品种权。无形资产保护、尊重有利于行业创新发展、可持续发展。项目管理方要持有双向的知识产权意识，既要捍卫自身的创新成果，又不能侵犯别人的合法权利。

保护自身的知识产权首先要体现在合同中。在与设计单位、施工单位、材料供应商所签订的合同中，应有专门的知识产权条款，确定设计方案、施工工艺、技术文件等成果的所有权及使用权。例如可以约定设计成果著作权归建设单位，设计单位享有署名权和后续项目的合理使用权。对具有较高独创性的景观设计或者技术革新进行著作权或者专利登记，使其成为法律保护的资产，防止他人抄袭、非法使用。

防止知识产权侵权风险同样不能小视。项目所用的设计软件和管理软件必须为正版授权。使用别人的设计理念、图片素材、音乐喷泉的音乐时，必须取得权利人的许可并支付相应的费用。对于专利保护的特殊铺装材料、生态修复技术、节水灌溉设备等，在使用和采购前要确认其来源的合法性，防止因为供应链环节的问题而产生侵权纠纷。建立知识产权尽职调查制度，在项目前期就对所涉及的知识产权问题进行排查，是防范风险的有效手段。

二、常见法律纠纷与应对

（一）工程质量与价款支付纠纷

工程质量及价款支付纠纷是都市景观工程中最常出现且联系最为紧密、相互影响最深的两类纠纷，常常此消彼长、互相因果。质量是价款支付的前提，而价款的及时支付又是保证工程质量和进度的基础。纠纷易发的节点主要有隐蔽工程验收、苗木成活率认定、景观效果认定、竣工结算等。

质量纠纷的根本原因是标准不明。景观工程具有功能性、艺术性，好坏评判带有较强的主观性。如果合同中对植物规格、土壤要求、小品材质、工艺精细度

等没有量化且明确的约定,验收时就容易出现“公说公有理,婆说婆有理”的情况。施工方偷工减料,使用不合格的苗木、材料,现场管理混乱,是造成质量缺陷的直接原因。

当质量问题发生时,发包方一般会采用拒付或者扣减工程款的方式来作为制衡,这就直接导致了价款支付纠纷的发生。承包方可抗辩质量问题并非由其引起,或者发包人所提质量标准超出了合同约定范围,坚持支付全部款项。双方一旦僵持不下,就会造成项目停工,矛盾进一步激化。

根据此类纠纷以事实为依据、合同为准绳的原则来处理。要提高证据意识,在施工的全过程做好施工日志、监理报告、质量检验记录、影像资料、各方来往函件等各项资料的详细记载。一旦发生质量争议,就应当及时委托有资质的检测机构进行鉴定。积极沟通协商是第一种办法,双方本着实事求是的态度分析问题产生的原因、确定责任、商定整改办法和费用承担方式。协商不成的,依照合同约定的方式提请仲裁或者向人民法院起诉,依法解决争议。

（二）设计变更与索赔争议处理

都市景观工程项目的建设周期较长,外部环境十分复杂多变,设计变更现象在工程实践当中屡次发生。业主审美趣味改变、项目功能调整、现场地质水文情况不同、与其他专业管线发生碰撞等情形都会引起设计变更。规范的变更管理是控制项目投资、保证进度的关键,但是处理不当很容易引发索赔和反索赔纠纷。

争议一般是由变更程序的缺失或者不规范引起的。业主或者监理工程师以口头指令的方式要求施工方进行变更,但是事后不对变更的计价以及工期补偿进行确认。施工方在没有得到正式的变更指令下就擅自施工,新增的工作量也就难以被承认。变更部分的计价原则,是套用合同已有的单价还是按市场信息价重新组价,如果合同约定不明确,也会产生争议。

索赔是指非承包方原因造成的损失(业主提供错误的地质资料、业主迟延提供施工场地、反复变更设计导致工作效率降低),承包方向业主提出工程款补偿或者工期延误补偿。反索赔即业主以工期延误、质量不合格等理由对承包方进行索赔。不管是变更还是索赔,本质上都是责任的划分,进而影响成本和工期,并对其进行度量。解决争议的根本办法就是建立健全的程序、文档管理制度。所有变更必须通过书面的“工程变更单”予以确认,明确变更内容、变更原因、工程量增减、单价、总价、工期影响。索赔事件发生时当事人应当在合同约定的时限

内发出索赔意向通知书，后附上详细的索赔报告及证明材料。同期记录（即事件发生之时就立即产生的文件，比如会议纪要、现场照片、气象记录等）是索赔能否成功的最有力的证据。

常见错误纠正码参数和属性表

	码字长度 n	码长 k	纠错能力 r	比特损失率
Hamming Code	7	4	1	0.43
Golay Code	23	12	3	0.48
Reed-Solomon (7,3)	7	3	2	0.57
Reed-Solomon(15,5)	15	5	5	0.67
Reed-Solomon(15,3)	15	3	6	0.80

当面对复杂的數據傳輸與存儲狀況時，錯誤糾正碼（Error Correction Code，簡稱 ECC）就起到非常重要的作用。上表给出了常用的几种错误纠正码以及重要的参数与性能指标。汉明码对较短的码字长度给出最基本的单比特纠错，里德-所罗门码具有很强的多比特纠错能力，在数据存储和通信中被广泛使用。这些参数对构成可靠的数据系统来讲是重要的，因为它们可以帮助找到最佳的纠错能力和传输效率的结合点。

（三）环境污染与生态破坏责任

都市景观工程的主要目的在于改善居住环境、提高生态价值，但是建设过程中也可能会对环境、生态系统造成负面影响，从而产生法律责任。责任具有多元性，既可以承担行政处罚，也可以承担民事赔偿责任，甚至有承担刑事责任的风险，是体现项目可持续发展思想的法律风险点。

环境污染主要是指施工扬尘、噪声、污水、固体废弃物等给周围环境造成的直接污染。生态破坏更加隐蔽，而且影响深远，例如不当的土方作业会破坏原来地表植被、有价值的土壤层；施工活动会侵占或者破坏周边的古树名木、野生动物栖息地；由于改变地形水系而破坏局部微生态平衡。这些行为都是《环境保护法》、《土壤污染防治法》等法律法规明令禁止的行为，行为人要承担相应的法律责任。法律责任主要表现在以下几方面：

- 1. 行政责任是由环保部门对违法单位作出罚款、责令停止施工、限期整改、暂扣或者吊销许可证等行政处罚。
- 2. 民事责任，因污染环境或者破坏生态给国家、集体或者他人造成财产损失

或者人身损害的,应当承担侵权责任,予以赔偿或者修复。施工降水导致邻近建筑物地基下沉、农药使用不当污染下游水源,都应当依法赔偿。

3. 刑事责任根据刑法规定,严重污染环境、非法处置进口固体废物、擅自采伐国家重点保护植物等行为,构成犯罪的,依法追究直接负责的主管人员和其他直接责任人员的刑事责任。

为了防止出现这种情况,必须将生态环保的思想融入到设计、施工、养护的全过程之中。项目部应当编制详尽的环境保护与生态恢复专项方案,确定降尘、降噪、污水处理、垃圾分类的具体措施。施工时首选低影响开发方式和环境友好型技术、材料。对于场地内原有的树木及有价值的生态斑块采取保护措施。项目完工以后,对于施工过程中造成的临时性生态扰动,应按照设计要求或者相关标准进行生态恢复,保证项目最终能够对环境产生正向贡献,规避法律风险,实现真正的可持续发展。

第十章 都市景观工程的未来展望

第一节 可持续发展理念的深化

一、从生态优先到基于自然的解决方案

（一）NbS 的内涵与景观工程的契合点

基于自然的解决方案是战略性措施，用以保护、可持续地管理和修复自然或者改造过的生态系统，以应对社会所面对的种种挑战，同时给人类福祉和生物多样性带来好处。核心就是把生态系统看作可以提供多种服务的基础设施，而不仅仅是被动的保护对象。这一套理念就是多功能、系统化、协同增效，主张依靠生态系统内部的规律和力量，比如水的自净力、气候的调节力、土壤的固持力等等，来解决城市洪涝内涝、热岛效应、空气污染这些难题，最终达到环境、社会、经济三效合一。

都市景观工程是直接塑造和管理人地关系的学科，和基于自然的解决方案有着天然的契合。景观工程的设计对象就是由植物、水体、土壤、地形等自然要素组成的生命系统。以往的景观工程往往侧重于景观工程的美学价值与游憩功能，但基于自然的方案却把景观工程的实践提升到了一个新的战略层面。它使景观设计师、工程师不再只是空间的化妆师，更是城市生态系统的调理师、工程师。经过科学的设计，城市公园、绿地、滨水空间、屋顶花园等景观项目可以成为高效的生态基础设施，具有雨水管理、小气候调节、生物多样性保护、促进民众健康等多重功能，成为城市韧性、可持续性的重要节点。契合点可以使景观工程跳出以前的单一功能导向，发展成为一种综合的、以价值创造为核心的发展状态。

（二）利用自然过程应对城市挑战的实践

将基于自然的解决方案付诸实践，就是把宏观的生态学原理转化为具体的景观设计和工程措施。在全球城市应对气候变化、环境压力的进程中，产生了一系列的创新实践，利用自然过程来解决城市问题，给出高效且有韧性的解决办法。攻克了技术难关，提升了城市空间品质，改善了居民生活体验。

利用自然过程应对城市挑战的实践体现在多个方面,其应用已经相当广泛。

1. 雨水管理与净化:“海绵城市”建设为代表的雨水管理方式,是自然解决方案在景观工程中最为典型的代表。建设下凹式绿地、植草沟、雨水花园、透水铺装、人工湿地等景观元素,模仿自然的水文循环。这些设施可以就地吸纳、存蓄、净化、缓释雨水,削减洪峰流量,减轻城市排水管网的压力,补充地下水,改善城市水生态。经过植物根系、土壤微生物的过滤净化的雨水,给城市景观提供洁净水源,形成良性水循环。

2. 城市热岛效应的缓解,针对城市高温问题愈发严重的情况,利用植被、水体的降温效应就成为一种重要的方法。大城市的公园、森林绿地依靠树木树冠遮阴和植物的蒸腾作用形成城市中的冷岛。垂直绿化、屋顶绿化把绿色空间延伸到立体空间,可以起到建筑隔热降温的作用,降低空调能耗。滨水景观设计改善风道、增加亲水界面,利用水分蒸发带走热量,创造清凉舒适的微气候,给市民提供宝贵的避暑休憩场所。

3. 生物多样性保护,现代都市景观工程不再只是用单一物种的装饰性种植来体现,而是努力创造可以支持多样化生物群落的栖息地网络。种植乡土植物、构建复层植物群落、保留枯木落叶、设置昆虫旅馆和鸟类食源水源地等,为传粉昆虫、鸟类、小型哺乳动物提供食物和栖息地。利用生态廊道、绿道等线性空间把分散的绿地连接成片,形成覆盖城市的生态网络,使物种可以迁徙、基因可以交流,从而提高整个城市的生态健康水平和生态活力。把城市从钢筋水泥的荒漠变成人和自然和谐共处的生命共同体。

这些实践的取得说明,基于自然过程的景观设计,它的生态功能很强大,所营造出的城市空间也更具有吸引力、教育意义和疗愈作用。未来挑战就是将分散、零碎、局部的绿色基础设施体系成功例子集结起来,构建起覆盖全域的城市绿色基础设施体系,发挥绿色基础设施体系的协同效应,加强城市生态韧性。

(三) NbS 的规模化应用与效益评估

虽然示范项目中基于自然的解决方案效果比较明显,但是城市范围内实现规模化应用还面临着许多问题。这就需要跳出项目本身,在政策法规、资金投入、技术标准、管理机制等各方面进行变革与创新。规模化应用的关键就是把绿色基础设施建设、运营纳入城市总体规划和基础设施建设的统一体系中,使其与传统灰色基础设施同等重要,在城市发展的各个阶段优先考虑。这就需要打破政府部

门之间存在的障碍，建立跨部门协作机制，统筹规划、水务、交通、园林等各方面力量，合力推进。

效益评价对于推动基于自然的解决方案的规模化应用十分重要，也是它的难点。不同于功能单一、效益可以量化度量的灰色基础设施，基于自然的解决方案所产生的好处是多样的、综合的、长期的。它包含直接的经济效益，即减免洪涝损失、节能降耗、增土地值等；也包含无法用货币直接衡量的生态效益和社会效益。生态效益包含生物多样性增加、水质改善、碳汇增加等。社会效益包含居民身心健康改善、社区凝聚力加强、环境教育机会提供、城市美学品质提升等各个方面。基于自然的解决方案所获得的多种效益，见下表。

基于自然解决方案的综合效益评估

效益类型	具体表现及衡量指标
经济效益	• 减少洪涝灾害损失 • 节约能源开支（如空调能耗） • 提高周边土地及物业价值 • 创造绿色就业机会
生态效益	• 增加生物多样性（物种数量、栖息地质量） • 改善水质（污染物削减率） • 提高碳汇能力（碳吸收量） • 提升空气质量（PM2.5 削减、有毒气体净化）
社会效益	• 改善居民身心健康（户外活动、心理放松） • 增强社区凝聚力 • 提供环境教育和科普机会 • 提升城市美学品质和宜居性 • 增加城市韧性（应对气候变化能力）

传统的成本效益分析法不能很好地反映这些价值，容易造成其真正的作用被低估。

因此，建立科学、综合的效益评价体系是十分必要的。未来的效益评价要从单方面的经济效益转向生态、社会、经济三方面综合的价值评价。这就需要生态学、社会学、经济学、公共健康学等多学科知识的融合，开发出新的评估工具和方法。生态系统服务价值评估可以度量其生态贡献，健康影响评估可以度量其对公众福祉的贡献，享乐定价法等可以估算其对周边物业价值的提升。只有依靠遥感技术、物联网传感器、大数据分析等现代科技手段对项目的长期性能、环境影响进行持续跟踪分析才能得到有效的效益评价数据。只有自然的解决方案的综合价值被清晰、可信地展示出来之后，才能获得更广泛的社会共识，得到更多的政策、资金支持，推动城市走向可持续的未来。

二、循环经济理念在景观中的全面渗透

（一）景观废弃物的“零废弃”目标

传统的都市景观工程管理模式，城市生活垃圾被当作急需处理的废物，清运到填埋场或者焚烧之后会造成土地资源的浪费和二次污染，也是一种潜在资源的浪费。景观废弃物主要有两大部分，一是绿化养护过程中产生的有机废弃物，即修剪下来的枝条、草坪修剪物、枯枝落叶等；二是景观建设或改造过程中产生的建筑类废弃物，即废弃的混凝土块、砖石、旧木材、铺装材料等。由于城市绿地面积增大、景观更新速度加快，这两类废弃物的产生量不断增大，加重了城市的垃圾处理负担。

零废弃目标的提出，就是从根本上改变线性处理模式，把景观废弃物当作宝贵的资源，用一系列技术和管理手段实现景观系统内部或者跨系统的循环利用。重点就是创建从源头减量、过程控制、末端资源化全链条的管理体系。绿化有机废弃物可以在现场或者集中处理实现资源化。修剪下来的枝条可以粉碎后作为覆盖物撒在树穴、花坛里，起到保湿、抑草、增肥的作用，也可以通过堆肥、生产生物炭等方式转化为优质的有机肥料或土壤改良剂，回馈给城市绿地，改善土壤结构和肥力，减少对化肥的依赖，形成一个闭合的养分循环。

建筑类废弃物的“零废弃”目标，在景观设计、施工阶段就要考虑材料的再利用。拆除下来的混凝土、砖石等硬质材料，经过破碎、筛分后可以制成再生骨料，用作新景观道路、广场基层铺设材料或地形塑造填充材料。旧的石板、木材等带有历史印记或者美学价值的材料，更应该优先考虑，用创意的方式进行再设计、再利用，成为新的景观中的特色元素，延续场所的记忆与文脉。实现景观废弃物“零废弃”，不但是技术问题，也是管理革命和观念变革。这就需要景观工程的管理者、设计师、施工方、养护方相互配合，将循环利用的理念贯穿于项目从规划、设计、采购、施工到运营、拆除的全过程，最终使城市景观由资源的消耗者变为资源的生产者和循环者。

（二）材料循环与景观系统的闭合循环

循环经济理念在景观工程中渗透，并不是对废弃物进行末端处理，而是从材料选择、系统设计等源头进行思考，最终目的是实现物质和能量在景观系统内部的循环。这就意味着项目启动之初就要把材料全生命周期的影响考虑进去，并致

力于设计出能够自我维持、自我调节的景观生态系统。在材料选用上,未来景观工程将优先选择本地化、可再生、可回收、低隐含能耗的材料。采用当地生产的石材、木材,可以大大减少长距离运输造成的碳排放。推广使用竹材、速生木材等可再生资源代替高消耗的传统建筑材料。大量的应用是由建筑垃圾、工业废渣、废旧塑料等变成的再生材料,如再生砖、再生骨料混凝土、木塑复合材料等,这是实现材料循环的重要途径。设计时要考虑材料以后的可拆卸、可回收性,为景观生命周期结束后的资源回收留出接口,避免再变成建筑垃圾。

从系统设计上讲,闭合循环是把景观当作一个动态的、相互联系的生态系统,而不是把景观看作静态元素的组合。水、养分等重要的物质循环利用设计表现在:

1. 水的闭环循环:采用雨水花园、绿色屋顶、透水铺装等方式,尽量多地实现雨水的就地收集与利用。收集到的雨水经过简单的物理或者生态净化后,可以用于景观灌溉、水景补水,也可以冲洗道路,大大减少了对市政自来水的依赖。与中水回用系统结合,用处理达标的城市生活污水作为景观用水,可以实现水资源的闭合。

2. 养分闭合循环:绿化废弃物堆肥还田,把有机质、养分返回到土壤里,形成落叶归根的自然循环。在景观设计中加入豆科等固氮植物,依靠生物固氮作用改善土壤。利用建立“鱼菜共生”系统,把水产养殖产生的排泄物作为蔬菜生长所需要的肥料,在不同的生物链之间形成养分流动和转化的关系。

从材料到系统全面闭合循环的设计,会使得未来的都市景观工程完全摆脱传统模式下“高投入、高消耗、高排放”的局面,转而成为可以持续提供生态系统服务、资源效率高、环境韧性好、具有生命特征的基础设施,成为循环城市的一部分。

(三) 从产品到服务的模式转变

循环经济深入发展,正在推动商业模式发生深刻变化,在都市景观工程领域也将会引发一场从“提供产品”到“提供服务”的范式变革。在传统模式下,景观工程被当作有形产品,价值交付在项目竣工验收时就完成了。开发商或者政府机构购买的是一块已经建成的公园、广场或者绿地,之后的运营维护被视作是额外的、独立的成本承担。该模式将设计、建设、长期运营割裂开来,造成重建设轻管理,设计成果得不到长期的维护,景观的长期生态、社会效益不能保证。

景观即服务,将景观作为一个可以不断提供各种效益的服务平台。在此模式

下,业主购买的就不再是景观本身,而是景观在它整个生命周期中所能提供的各种服务。服务可以是量化了的生态服务,比如每年消纳的雨水量、降低的周边环境温度、吸收的二氧化碳量等;也可以是社会服务,比如给社区提供的休憩空间品质、承载的公共活动数量、对居民健康水平产生的积极影响等。景观服务提供者可能是设计、施工、养护、运营等不同主体组成的联合体,这些主体对景观的长期绩效负责,他们的收益同所提供的景观服务的质量、数量相关联。其核心就是把一次性销售的产品转变为以长期绩效为标准的支付合同。所以服务提供商在设计建造时就要考虑景观的耐久性、易维护性、适应性、功能可持续性,因为这些都会直接影响到他们以后的运营成本和收益。他们有动力去使用循环材料、建立闭环系统、利用智慧化技术,用最小生命周期成本取得最大化的服务产出。产品及服务转变之后,经济激励与可持续发展目标就完美地结合在一起,保证景观资产在漫长的生命周期内一直高效地为城市、居民创造价值,这是推动景观工程行业向更高水平发展的根本动力。

第二节 智慧技术与景观工程管理

一、数字孪生技术的应用前景

(一) 景观全生命周期的数字孪生体构建

建立景观全生命周期数字孪生体,是进行智慧化管理的前提。已经超出传统三维建模范畴,应当创建出一个和实物景观点对点、动态演化着的虚拟镜像。孪生体包含景观的静态几何信息、空间关系、材料属性(地形地貌、建筑小品、管网布置、植物种类、规格等),更重要的是它带有动态的、时间序列的数据。

在规划、设计阶段数字孪生体把建筑信息模型、地理信息系统、环境数据等整合成一个多维、多尺度的数字基底,用来做方案比选和效果模拟。建设阶段用无人机倾斜摄影、三维激光扫描等技术采集施工现场高精度数据,及时更新孪生模型,使虚拟模型与实体工程高度一致。在长期的运营维护阶段,孪生体不断接收物联网传感器传来各种数据,如植物生长情况、土壤理化指标、设施运行参数等等,于是它变成了一个反映景观实时状态、记录历史变迁、预知将来走向的“活”数字生命体。

孪生体贯穿于从概念形成、规划设计、施工建设、运营维护直到最终的更新或者拆除的全过程之中，并且一直给各个不同阶段的决策者和管理者提供了一个统一、透明和协同的工作环境。构建过程是动态发展的，价值随着数据累积和模型优化而指数级增长，最后形成了都市景观独有的数字资产。

（二）虚拟仿真与实时监控的融合

数字孪生体依靠的是虚拟仿真与实时监控的有机结合，在物理世界与数字世界的之间构建了闭环反馈系统。

一方面虚拟仿真可以让管理者在虚拟环境中做各种假设推演，而不会对实际景观造成影响。例如可以模拟不同季节、不同时段的光照变化对植物群落、游客休憩空间的影响，从而优化植物配置和座椅摆放；可以仿真特大暴雨等极端天气下景观区域内雨水花园、下沉式绿地等海绵设施的蓄排水效能，完善应急预案；也可以仿真节假日高峰期的人流动线及分布，预测拥堵点，提前规划疏导路线和安保力量。管理决策从“事后弥补”到“事前预测”，使管理更加科学、有前瞻性。

另一方面，实时监控使虚拟仿真更加精确，更具有现实意义。散布在景观各个角落的传感器网络，把物理世界实时状态源源不断地上传到数字孪生平台，使得虚拟模型不再是静态的快照，而是和现实世界同频共振的镜像。虚拟仿真的预测结果同实际的监控数据有差别的时候，系统就可以依靠机器学习算法来自我修正，让模型的参数更加接近真实的物理规律。仿真土壤蒸发速率可以被实际土壤湿度传感器数据检验和校正。以形成“虚实联动、双向赋能”的机制为前提，数字孪生体始终保持着高保真、高可信的状态，仿真分析和决策建议也因此有了可靠的现实依据，避免了理论模型与实际情况脱节的现象，真正实现了都市景观工程精准、动态、闭环式的智慧管控。

（三）基于孪生数据的预测性维护与决策

借助海量、高维度的孪生数据以及人工智能、大数据分析算法，都市景观工程项目管理已经从被动响应型、计划性维护模式上升到了更高效、更主动的预测性维护和智能化决策阶段。这是数字孪生技术应用的高级阶段，也是它价值最集中的体现，它极大地改变了景观设施的养护逻辑以及管理者的决策模式。

1. 传统设备维护多是固定周期的，故障发生后才维修。前者容易造成过度维护和浪费资源，后者由于突然出现的故障会影响到景观的功能和游客的体验。数字孪生体把设备的历史运行数据同实时的状态监测数据（水泵的振动频率，温度，

照明灯具的电流,光衰)融合起来,创建设备健康状况评价模型。当算法发现某个参数有细微的变化,而且这种变化和历史故障模式高度相关的时候,系统就可以预判设备发生故障的时间,自动发出警报,创建维护工作单,安排维修人员及时处理。对于植物的照看也可以通过土壤、气象数据以及高光谱影像分析来推测病虫害发生可能性,从而及时进行目标化的治理,将损失降到最低。

2. 科学辅助决策支持,管理者在进行复杂决策的时候,不再只是依靠个人的经验来进行方案的量化比较。在制定年度绿化更新计划时,输入不同的植物品种、预算限制等条件,平台可以仿真出未来几年内生长效果、季相变化、养护成本和生态效益等,用数据可视化的方式展现出各个方案的好坏,从而帮助管理者作出综合效益最好的选择。该系统还可预测人流数据、历史规律所反映的未来几小时的人流分布状况,并模拟出用单向流通、区域限制等方法的效果,给管理者制定出最合理的疏导方案。

3. 强化应急响应与风险防控。数字孪生体也是一个很好的应急演练平台。管理者可以模拟虚拟火灾、恐怖袭击、设施重大故障等突发事件,在此环境下进行演练来检验和改善应急预案的可行性。仿真可以评价不同疏散路线的有效性,找出布置救援资源的最佳位置,还可以训练工作人员应对突发事件的能力。这样“零成本、高保真”的虚拟演练,极大提高景观管理团队应对真实世界突发事件的能力,保障公众生命财产安全。

二、泛在物联网与感知网络

(一) 覆盖土壤、水体、空气的智能传感网络

创建出覆盖景观生态系统的全部要素的智能传感网络,是达到精细化管理、可持续发展的前提。该网络是由分布在各种介质中的微型、低功耗传感器构成的三维环境监测网,对景观的“健康”做不间断诊断。

土壤方面,传感器网络既当植物营养师,又作灌溉调度员。在绿地、花坛等地方埋设土壤传感器,可以对土壤温度、湿度、电导率以及氮、磷、钾等主要养分含量进行实时监测。用数据代替了以前的漫灌、凭经验施肥。管理系统根据不同的植物需水需肥特性,结合实时监测数据和天气预报,产生精确到每一块绿地的灌溉、施肥指令,实现按需供给,大大节约水资源、肥料,降低农业面源污染风险,保证植物在最好的环境中健康生长。

水体中,景观湖泊、溪流、喷泉等处应设置水质、水文传感器网。这些传感器可以连续检测水的酸碱度、溶解氧、浊度、电导率、温度以及一些污染物的浓度。一旦水质变差,比如溶解氧减少到鱼类窒息的水平,或者发现异常污染物,就会立即报警,并自动开启曝气增氧设备或者联动污水处理系统。同时水位传感器可以实时监测水位的变化,给防洪排涝、水景效果控制、水量平衡管理提供准确的数据,保证水系统生态健康、运行安全。

智能传感网络所重视的是景观区域内微气候以及环境舒适度,在空气方面。在公园主要入口、人员密集活动区、植被覆盖度高的地方可以布置小型气象站和空气质量监测节点,实时获取温度、湿度、风速、风向、PM2.5、二氧化碳、臭氧浓度等数据。一方面可以作为环境质量指标向社会公布,供游客选择最佳的游憩时间和地点;另一方面也可以为研究城市绿地调节微气候、净化空气、提供生态系统服务等具体作用提供宝贵的科学数据,为城市绿地规划设计提供依据。

（二）设施设备状态的实时感知与远程控制

泛在物联网技术除了对生态环境进行感知之外,还会延伸到景观工程中的人工设施设备上,对它的运行状态进行实时感知,并且实现远程控制,从而达到运维管理智能化、自动化的目,极大地提高了管理效率和服务质量。此系统把原来孤立、静默的物理设备变成了互相交互的智能节点,形成一个协同工作有机的整体。

实时感知是智能运维的基础。照明系统、灌溉系统、给排水泵站、景观构筑物、公共服务设施等重要节点加装各种传感器后,管理者就可以对设施设备的状态有全面的了解。智能灯杆利用光照传感器感知环境亮度,集成人流、车流传感器感知区域内活动情况;智能灌溉系统阀门、管道上装有压力传感器、流量传感器,实时监测管网运行状况;智能垃圾箱内装有超声波或红外传感器,监测箱体的填充程度;桥梁、廊架等大体量结构物上装有应力、位移传感器,对结构健康进行监测。海量、连续的数据取代了传统的人工巡检模式,可以全天候、无死角地观察设施状态,及时发现异常情况,为后面处理和控制提供准确输入。

远程控制是实时感知的必然结果,也是它的价值所在。感知网络获取信息之后,控制系统根据预先设定的逻辑规则或者人工智能算法,可以自动或者半自动地执行控制操作。光照传感器检测到天色变暗,且人流传感器检测到区域内有游客活动时,系统就会自动开启并调节此区域的照明亮度;土壤湿度小于设定值时,

灌溉系统就会自动打开对应区域的电磁阀，进行精准补水；智能垃圾箱的填充水平达到警戒线时，系统就会自动把清运需求发送给环卫工人移动终端，并为他规划出最优的清运路线。管理者可以利用中央控制平台或者移动应用，随时随地对任意一个联网的设备实施远程手动控制，比如远程开启关闭喷泉，调节背景音乐的音量，发布紧急广播信息等等。感知和控制的完美结合形成景观管理的反射弧，使响应更加及时、准确、高效，从而减轻了人力，使管理人员有更多的精力去做一些创造性的工作。

（三）数据驱动的精细化、自动化管理

泛在物联网以及感知网络汇聚的大数据，是开展都市景观工程精细、自动化运营的财富。通过对这些数据进行深度挖掘、分析，再运用起来，从而使得管理工作由原先的经验式的粗放式管理转变为以数据为基础、以算法为驱动的新管理模式，这是园林景观管理能力的一个质的飞跃。

精细化管理即管理单元可以无限细分，管理行为可以精确对待。传统管理方式多以整个园区或者大片区域为单位开展统一的工作，数据驱动式管理可以实现对每一株花草、每一件家具的个性化照护。灌溉系统不再是全域开启，而是以每个微型气候区内的不同植物品种的光照强度、土壤湿度、蒸发量等为依据来决定何时启动，从而达到按需浇灌的效果；能源管理也不再是简单的开关控制，而是会根据不同的人流量、时段以及天气条件等毫秒级的调整照明、空调等设备的功率，以达到极致的节能。下表给出智能传感网络在景观管理中应用的实例。

智能传感网络在景观管理中的应用示例

感知对象	传感器类型	监测数据	管理应用
土壤	温度、湿度、电导率、氮磷钾传感器	土壤温湿度、肥力	精准灌溉、施肥、病虫害预警
水体	pH 值、溶解氧、浊度、水位传感器	水质、水位、污染物浓度	水质预警、水循环控制、防洪排涝
空气	温度、湿度、风速风向、PM2.5、CO2 传感器	微气候、空气质量	环境舒适度评估、空气净化效果监测
设施设备	光照、人流、压力、填充水平传感器	运行状态、环境参数	智能照明、人流疏导、设备故障预警、垃圾清运优化

自动化管理是精细化洞察的必然产物，它是把数据分析出的最优策略变成不需要人工介入的自动执行程序，形成起一个“感知 - 分析 - 决策 - 行动”的闭环

管理机器。核心就是预设的自动化工作流程和智能算法。当系统检测到某处游客数量超载安全值的时候,就会给管理中心发出警报,然后触发一系列连锁反应,在该区域入口处显示限流信息,通过智能广播引导游客前往人流较少的区域,自动改变该区域内安防摄像头的监控重点。同样,系统预测到某个部件即将到达寿命末期或者出现故障前兆之时,就会在维护管理系统中自动生成工单,标明故障所在之处、疑似原因以及所需备件,再按维修人员的技术水平、所在位置和正忙的任务量,智能挑出最合适的人选。高度自动化的利处,不只是削减人力成本,更是把人的身份由沉重的日常操作者变成系统规则的制订者,复杂的异常事件的处理者,整体服务体验的改善者,进而促成整个景观管理体系效率与智慧的革新。

第三节 全球化背景下的都市景观

一、全球性议题的景观响应

(一) 生物多样性保护全球行动的本地实践

城市化进程是造成生物栖息地破碎化的主要原因之一,从而给全球生物多样性造成严重威胁。都市景观工程于是成了在地实践生物多样性保护策略的载体,也是应对生物多样性锐减危机的希望所在。科学规划、设计之后,城市就可以成为保护生物多样性的空间。保护策略的要义在于塑造出完备的城市生态网络,而绝不是简单地零星加上一些绿色的点。关键就是恢复和营造多样化的生态系统,比如建设城市森林、保护修复湿地、营造小微湿地等。北京方面也做了积极的探索,在城区营建生物多样性保育小区、设置昆虫旅馆等设施,给野生动物给予宝贵的栖息和觅食场所,让这座特大城市里的生物多样性得以繁荣发展。

有效的本地实践就是建立起来一个连续的生态廊道,把分散的生态孤岛联系起来。生态廊道属于重要的景观要素,一方面可以连通破碎的景观格局,另一方面也是物种迁徙、基因交流、能量流动的重要通道。廊道规划不应该只停留在地面的绿带,还可以扩展到滨水空间、道路和建筑物的垂直绿化。深圳的“山海连城”,它用成千上万公里的绿道把城市里的公园、绿地、水库、自然保护区等连接起来,形成一个完整的生态网,给动植物自由迁徙赋予了强有力的支撑。悉尼等城市把各个公园连接起来,形成一条生物多样性走廊,在走廊内设置免修剪区,给本地物种创造了近自然的生存空间。

生物多样性的保护要得到广大民众的积极参与,提高全社会的意识,才能实现。景观设计师和管理者在重视物理空间设计的时候,也应该借助解说系统、社区活动、公民科学项目等途径,对市民进行生物多样性价值的宣传教育。使市民认识到门前公园、屋顶花园、阳台上的一盆植物都是城市生态系统不可缺少的一部分。保护生物多样性最后要变成全社会的共识和文化自觉,就是认识到城市生物多样性同大气、水、土壤环境一起构成了居民赖以生存的生态环境根基,维系着城市的生态平衡和人居健康。

(二) 气候变化适应与减缓的景观贡献

由于气候变化所引发的极端天气事件出现的越来越频繁,城市热岛效应也在持续的增强。在此情况下,都市景观作为解决气候变化问题的有效途径,其重要性越发突出。风景园林是城市生态系统的重要组成部分,风景园林规划、设计在适应和减缓气候变化两方面为城市作出重要贡献,是实现低碳韧性城市发展的关键。景观设计利用增加绿色基础设施、改善空间布局等手段,能较好地调节城市微气候,提高城市的生态韧性。

减缓气候变化的途径之一就是利用景观强大的碳汇能力。城市中的绿地、森林、湿地等生态系统,依靠光合作用可以吸收大量二氧化碳并将其储存起来。因此扩大城市绿地覆盖率、推广屋顶绿化和垂直绿化、保护和恢复城市周边的自然生态系统,都是提高城市碳汇能力的好方法。值得注意的是“基于自然的解决方案”的理念,该理念认为保护、修复、可持续地管理生态系统,可以应对气候变化等诸多社会问题。有研究显示,基于自然的解决方案能够达到 30% 减排目标,森林、农田和湿地等生态系统起到的作用最大。

在适应气候变化方面,景观设计提供了多样化的策略,以应对极端气候事件的挑战。

1. 对抗城市热岛效应,增植植被,增设水体等均可起到降温作用。树木的蒸腾作用、树冠遮阴作用可以使局部环境温度降低;公园、湖泊等大面积蓝绿空间形成冷岛来调节整个区域的微气候。高反射率的铺装材料、设计通风廊道等硬质景观措施对缓解热岛效应有很好的效果。

2. 海绵城市理念下的景观设计对于解决城市内涝问题起到了核心的作用。通过构建透水铺装、下凹式绿地、雨水花园、生态滞留池等组成的系统,实现雨水就地消纳、蓄存、净化、再利用,从而大大提高城市防洪排涝能力。

3. 提高沿海城市韧性，保护并恢复滨海湿地、红树林等自然屏障，能极大地提高沿海城市抵御风暴潮、海平面上升的能力。

从总体上看，景观的贡献是全方位的，它用生态手段直接对抗气候问题，又用改善人居环境、提高公共健康、保护生物多样性等方式，间接提高整个社会经济体系的气候韧性。

（三）联合国可持续发展目标的景观路径

联合国制定的 17 项可持续发展目标，给未来全球发展绘制出一幅宏大的蓝图，包括消除贫困、增进健康福祉、建设可持续城市等各个领域。景观设计学是综合性学科，它把自然、社会、文化等各方面的要素整合在一起，其规划、设计、管理实践为实现上述目标提供具体而有效的途径。景观专业不只是环境美学的延伸，它直接关系到人的幸福、健康和社会公平，和 SDGs 的思想不谋而合。景观设计对各项 SDGs 的贡献见下表。

景观设计对联合国可持续发展目标的贡献

SDG 3	良好健康与福祉	提供接触自然环境的机会，促进身心健康；鼓励体育活动，减轻精神压力。
SDG 6	清洁饮水和卫生设施	采用海绵城市理念，促进水资源循环利用和净化；为清洁饮水供给贡献力量。
SDG 11	可持续城市和社区	建设包容、安全、可达的公共绿色空间；应对气候灾害风险，改善空气质量，削减环境影响。
SDG 13	气候行动	提升碳汇能力；提供气候适应性设计策略，应对极端气候事件。
SDG 15	陆地生命	为野生动物提供栖息地；维护和恢复城市生态系统多样性。

景观设计对于实现目标 11（建设包容、安全、有抵御灾害能力、可持续的城市和人类住区）起着直接而且关键的作用。规划建设公园、绿道、广场等绿色公共空间，为全部市民（妇女、儿童、老人、残疾人）提供安全、包容、可达的休闲交流空间。同时通过创建绿色基础设施网络，使用基于自然的解决方案可以有效应对气候变化带来的灾害风险，减少经济损失，保护弱势群体（目标 11.5），改善城市空气质量，降低城市对环境的不良影响（目标 11.6）。

景观的作用不止这些，它渗透到诸多可持续发展目标当中。健康和福祉方面（目标 3），接触自然环境对人的身心健康有益；设计良好的公园、绿色空间可以促使人们参加体育活动，降低精神压力。在水资源管理上（目标 6），景观设

计依靠海绵城市的概念,达成水资源循环利用与净化,从而为清洁饮用水的供应作出贡献。城市农业、社区花园等景观实践对于消除饥饿这一目标(目标2)也有贡献,整合城市区域内粮食生产系统可以提高粮食安全。应对气候变化(目标13)中景观的碳汇功能、气候适应性设计等是不可缺少的。

景观路径的价值在于它所具有的整合性。一个精心规划的城市公园,可以是市民的休憩场所(SDG 3, SDG 11),也可以是野生动物的栖息地,可以吸收二氧化碳,在暴雨时分可以蓄积雨水(SDG 6, SDG 11)。因此,在都市景观工程管理中,自觉地将可持续发展目标融入到规划、设计、建设、维护的全过程之中,既可以系统地解决城市所面临的各种复杂问题,又可以用最小的经济投入获得最大的环境、社会、经济效益,推动城市走向真正可持续的未来。

二、跨文化交流与景观融合

(一) 国际化语境下的地域文化表达

文化趋同的全球大趋势之下,都市景观是表现地域特色、维系文化认同的重要方式。国际化并不意味着抹去地方特色,而应该用更深刻、更智慧的方式来表达本土文化。这并非简单的复制或者拼贴传统符号,而是经过对地域文化最本质的精神、空间哲学以及生活方式的挖掘之后,将其转化成现代设计语言与空间体验的过程。

成功的地域文化表达首先要对地方文脉有深刻的认识和尊重。这包括对于历史遗产、传统营建智慧、乡土材料、地方气候、民众生活习俗等各方面内容的全面认识。在中国古典园林的现代应用当中,设计师并不只是照搬亭台楼阁的形态,而是在其中提炼出了空间组织的方式、步移景异的游览体验、天人合一的哲学思想,并用现代的材料和技术来创造出具有诗意的空间。文化遗产的保护与活化是其中的重要环节,景观设计要努力创造出包含历史遗存、能在当代城市生活中焕发新生命力的遗产廊道或者生态网络。

地域文化的表达还要持有批判性地域主义的思维。该理论认为设计不能盲目复古,也不能全盘西化,在吸收普适性的技术、思想的同时,有选择地转化地域文化元素。它主张建筑或者景观要同所在环境开展辩证对话,重视光线,地形,气候这些自然要素,地方独有的建造技艺和触觉也予以考虑。设计师应该将视线从宏大的视觉符号转向更细微、更贴近日常生活的文化实践,即地方的节庆活动、

邻里交往方式、饮食习惯等,并把这些非物质文化遗产融入到公共空间的设计中,从而创造出既具有地方特色又能让当代人所理解、所喜爱的公共空间。

国际化地进行地域文化表达,其实就是在找全球视野与本土关注之间的微妙平衡。它所创造的景观可以与世界对话,也能让本地居民产生强烈的归属感和自豪感。景观的独一无二在于它深深地植根于某一块土地、一种文化里,它的价值也因此具有了世界性的意义,成为讲述地方故事、进行文化交流的媒介。

（二）多元文化社区的景观包容性设计

伴随着全球移民、人口流动的加剧,大都市的多元文化特征越来越明显。不同种族、不同信仰、不同生活习惯的居民共处同一片城市空间,都市景观的包容性问题前所未有地被提出来。包容性景观设计并不只是无障碍设计的基本范畴,它努力创造一种公平、开放的公共环境,使各种文化群体可以相互理解、积极交往。

包容性设计的内涵就是承认差异,追求共享。这就意味着在景观规划、设计之初就要充分征求并采纳不同文化背景社区成员的意见和需求。通过参与式设计工作坊、社区会议等形式,使居民成为空间塑造的共同创造者,保证最后方案能体现居民真实的生活方式和文化偏好。公共空间的功能布局应该考虑不同年龄、性别、文化程度的人所需要的不同的活动方式,既能够举办集体活动(广场舞、集市等),又能够满足个体的独处或者小范围交往(静思花园、棋盘角等)等各种的空间需要。

从空间元素的应用来说,包容性设计提倡的是文化中性同文化多样并存的方法。一方面空间基本结构和设施要简约通用,不能使用带有强烈特定文化或宗教排斥性的符号,使所有人都能感到舒适和受欢迎。另一方面也可以保留一些展示的空间,让居民把自身的文化带入到公共空间中,比如设置社区公告栏、涂鸦墙、可移动花箱、座椅等等,使空间能够随着时间、社群的改变而变化,成为一个动态的文化展示平台。既增加了景观的层次,又给不同的文化之间提供互相可见、互相交流的机会。

多元文化社区景观设计的目的,就是营造出强烈的场所感和社区归属感。好的包容性景观应是活跃的,促使人们偶然相遇、自然交流的社群空间。它依靠空间设计促使人们走出家门,在散步、休息、游玩时自然地相遇、相识。通过提供舒适的休息座椅、合理的遮阳设施、儿童活动空间、便利的社区服务设施等,使景观能够促进社会交往的发生。当来自不同文化背景的邻居们共同拥有同一个空

间、一起参与社区活动的时候,以共同地域认同为依托的新型社区文化就得以孕育,从而实现社会的融合与和谐。

(三) 国际设计理念的本土化创新

全球化给都市景观领域带来国际先进的理念、最新的技术以及多元的美学思想。从生态可持续设计、参数化设计到后工业景观改造,这些国际理念给中国城市发展过程中的许多问题给予了很好的参照。但是外来理念的引进绝不是简单的拿来主义,而是一个审慎选择、深刻理解、批判性吸收、最终与我国实际相结合的创新过程。本土化创新,才是国际理念在中国产生生命力并产生积极作用的地方。

本土化创新的过程,要从把握住国际理念背后所蕴含的核心价值开始。任何一种设计思潮都是在一定的社会、经济、文化背景下产生的,直接复制它的形式很容易出现水土不服的情况。因此必须对其理论内核加以研究,弄清它要解决的是什么根本问题。借鉴国外“后工业景观”改造经验的时候,重点不在于模仿它对废旧工业元素在美学上的具体处理方法,而在于学习它尊重场地历史、修复生态系统、激活社区参与的思想。在此基础上,根据中国的工业遗产的特殊历史背景和现实状况,探索出一条具有中国特色的发展道路,例如结合红色文化教育、传统手工艺的复兴或者数字创意产业的发展,从而创造出具有复合价值的新空间。

将国际理念同中国的自然地理、社会文化以及技术条件相融合,就是本土化创新的重要环节。批判性地域主义理论在这里给予了重要指导,它提倡在现代与传统之间、全球与地方之间达成一种平衡。即使用国际先进的生态技术,也应该选用本地的植物和土材;运用现代设计语言时,可巧妙地将中国传统园林的空间哲学与审美趣味融合进去。设计师要像翻译家一样把国际化的设计语言翻译成本土的语言,使之能够和普通民众的日常生活经验、文化记忆产生共鸣。海绵城市的雨水管理技术可以和传统的坑塘-基塘系统结合起来,也可以通过参数化的方式来分析、模拟传统园林里光影、风环境这些细微之处的变化。

最终成功地创造出具有国际水准又富有中国特色的景观新范式。这些作品在美学和功能上达到一个新的高度,同时也可以对当下中国现实问题作出深刻的回应。避免了盲目模仿国外模式造成的千城一面,也摆脱了对传统符号的浅层次模仿。通过不断实践、反思、交流,中国景观设计师、管理者正在形成一套源自中国、对世界而言的理论与方法,给全球都市景观发展赋予独特的中国智慧和

解决办法。基于深厚的文化自信进行的创新，就是中国都市景观工程迈向更高层次可持续发展的必由之路。

第四节 创新模式与未来趋势

一、管理模式创新

（一）从项目交付到绩效付费的转变

传统的城市景观工程管理是采用项目交付的方式，即业主根据工程量、建设成本向承建方支付费用，项目竣工验收一般就是主要合同责任的结束。此模式注重建设而轻视了项目建成之后所具有的长期生态效益、社会效益以及运营维护情况。短视的交付方式造成了重建设、轻管养的弊端，许多精心设计的景观项目由于后期养护不到位而迅速衰败，造成巨大的资源浪费，没有达到预期的环境和社会效益，违背了可持续发展的目标。

为了克服这种弊端，以结果为导向的绩效付费模式出现了，并且成为行业创新的重要方向。该模式把支付同景观项目全生命周期中达成的预定绩效目标紧密结合。绩效目标包含的是可以量化且长时期的价值指标，即公园年接待游客数量、绿地对周边小气候调节作用（降温幅度）、单位面积雨水调蓄能力、生物多样性指数上升、带动周边商业价值提高等。在此模式下，景观工程总包方或者运营方不再是简单交付一次性工程，而是转变为长期的服务提供商，收入与景观实际表现挂钩。

传统的项目交付模式与创新的绩效付费模式之间存在显著差异，具体可见下表。

项目交付模式与绩效付费模式对比

对比维度	传统项目交付模式	绩效付费模式
支付依据	工程量、建设成本	预定绩效目标达成情况
关注重点	项目“建设”本身，竣工验收	项目全生命周期效益（生态、社会、经济）
责任周期	项目竣工验收后主要责任结束	贯穿项目全生命周期的长期责任
风险承担	业主承担后期运营维护及效益风险	承建方 / 运营方承担部分效益风险
激励机制	激励按时按量完成工程	激励提升长期价值与运营效果
合作关系	短期承包关系	长期服务伙伴关系

项目交付转为绩效付费,从根本上改变了项目各方之间权责关系以及合作方式。它促使设计方在项目开始阶段就要充分考虑可实施性、耐久性和低成本的维护策略;促使施工方采用更优的材料和工艺来保证长期稳定;同时催生了专业的景观运营服务商,通过精细化、科学化的管理不断改进景观功能,保证各项绩效指标的实现。紧密捆绑的联系把所有参与方的利益融合到营造并维系高品质、高效能景观空间的共同目标里,保证城市景观工程在漫长的时间跨度内,切实实现生态、社会、经济价值的融合统一,促使行业朝着更加健康、可持续发展的方向。

（二）平台化、生态化的产业组织模式

伴随着数字经济的蓬勃发展,传统的以项目为单位的线性供应链模式正在被打破,取而代之的是平台化、生态化的新型产业组织模式。在城市景观工程领域,这样的变革表现为建设起一个把规划设计、材料供应、工程施工、智慧运维、金融服务和公众参与等各方面连接起来的综合数字平台。该平台是信息集散地,也是资源配置、协同工作、价值共创的中心。它冲破了传统产业链各个部分之间信息壁垒和协作阻碍,产生出一种相互依靠、共生共荣的产业生态系统。

在这样的模式下,大型景观工程不再只是业主与少数几家总包单位的简单合作。平台汇集了很多服务提供者,从行业内的顶尖设计大师,专门从事某种植物培育的中小苗圃,提供先进灌溉系统科技公司,擅长社区营造的社会组织等都可以经过平台认证成为生态圈成员。项目需求在平台上发布之后,智能算法会根据任务的要求进行拆解和匹配,找到最适合的人或者团队去完成相应的工作。高度模块化,网络化的工作方式使得资源配置的效率、灵活性提高,也使得大型复杂的景观项目管理的敏捷性得到提高。像清远市靠麻竹笋产业做深加工、竹林露营、文化体验等农文旅项目一样,形成了生态效益和经济效益兼得的产业生态。

更深层次的改变就是价值创造逻辑的转变。平台化组织不再仅仅依靠项目差价盈利,而是从数据服务、技术支持、金融解决方案、品牌赋能等几个方面获得多种多样的价值。平台积累的设计方案、建材价格、施工数据、公众偏好等本身就有很高的价值,可以成为生态伙伴的决策支持。同时平台可以整合供应链金融服务来解决中小企业的融资难题,统一品牌和质量标准给优质服务商提供更多的市场机会。该种生态化的组织方式促使行业内形成良性的竞争和合作,促使技术与商业模式不断创新发展,进而催生出更加开放、透明且有韧性的新产业生态系统,并引导城市景观工程行业进入新的高质量发展的阶段。

（三）数据资产化与价值挖掘

在数字化浪潮席卷各行各业的时候，数据已经成为了决定、管理、创造价值的主要生产要素。城市景观工程在规划、建设、运营全生命周期中产生的大量数据，正由成本中心变为价值中心。数据资产化、深挖数据，正成为促进行业管理“细、精、智”的重要力量。把数据当作可以被管理、可以被运营、可以增值的核心资产，是管理模式创新的一个重要表现。

数据资产的形成贯穿于景观项目全生命周期：

1. 设计阶段通过城市人口热力图、交通流、环境敏感区、社交媒体情感等数据分析来实现绿地选址、功能定位、空间布局的科学化和精准化。

2. 建设过程中，用物联网技术进行施工机械调度，用 BIM（建筑信息模型）进行进度、成本控制，实时跟踪供应链，形成工程管理数据库。

3. 运营维护阶段：进入运营维护阶段后，数据采集的维度和密度呈指数级增长。部署于公园范围内的智能传感器能够实现对土壤湿度，空气品质，光照强度，人流数量，设施使用频次等信息的即时监测。这些实时动态数据流为景观数字孪生体打下了基础，也为预测性维护、主动式服务提供可能。

数据资产价值挖掘表现在诸多方面。首先是运营效率的提高：对灌溉数据进行分析可以实现按需精准补水，大大节约水资源；根据人流的变化来调整安保、保洁人员配置，有效地调配人力资源。第二是服务体验改善，根据游客的停留点、移动路线可以找到游客热门区域、潜在的拥堵点，给景观改善、增设服务设施提供依据。再次就是商业价值的创造：热门公园的人流数据，对于周边商业的业态规划以及精准营销有很高的参考价值。经过脱敏处理、合规处理的数据可以用来对外提供数据产品，开辟新的盈利途径。

数据转化为资产要健全数据治理体系，包含数据标准、采集、存储、处理、安全、应用等各个方面的规定。许多城市已经探寻城市数据资产化的道路，政企合作推动数据要素的融通与发展。借助建立景观数据大脑或者智慧公园管理平台，采用人工智能、大数据分析等手段对大量的数据进行整合分析，从而产生出新的辅助管理决策的服务和业态。数据资产化是技术和管理的双重升级，会把城市景观工程带入以数据驱动为特征的更加智慧、高效的新时代。

二、设计范式的革新

（一）参数化与生成式设计的普及

长期以来，景观设计在很大程度上依靠设计师的经验直觉和手工绘制，设计过程的迭代和方案的优化受到很大的限制。伴随着计算机辅助设计技术的发展，特别是参数化、生成式设计的兴起，正在从根本上改变传统的设计模式。这两大设计方法把设计的逻辑规则、制约因素和改良目标转化成算法和参数，靠计算机运算力强的特点，迅速产出很多、多种类且品质高的设计方案，大大扩展了设计的可能性范围。

参数化设计让设计师可以凭借改变一系列事先确定好的参数（地形坡度、日照时长、人流密度、植物高度等），立刻促使设计形态发生改变。设计不再固定、不再最终，而是一个动态的、可调节的系统。该方法对复杂地形、场地性能优化、特定形式语言的实现有明显的优势。像用参数化模型控制地砖疏密，既可引人流，又能造节奏。

生成式设计在参数化的基础上更进一步，更加注重用算法去进行自主的探索与创造。设计师给出初始条件、最终目标（例如最大化绿地连通性、最小化土方工程量、达到某种视觉风格等），算法（遗传算法、元胞自动机等）在巨大的解空间中搜索、迭代、进化，最后得到满足条件的优化方案。近年来，以 Stable Diffusion 为代表的生成式设计技术把生成式设计推向了一个新的高度。设计师只需要输入自己期望的景观氛围、风格和元素等文字描述，人工智能就可以很快地生成高质量的平面图了。该项技术的推广，使设计师从繁杂的制图工作中解脱出来，把更多的精力用在设计策略、逻辑建构、人文关怀等更高层次的创造活动上。

（二）动态、可变、适应性景观的兴起

传统景观设计追求永恒、稳定、完成时的一种状态，把景观当作一个静态的成品。但是城市 and 自然本身都是不断变化的生命体，气候在变、生态在变、人的需求也在变。面对这种不确定性，一种重视动态的、可变的、适应性的新设计范式正在出现。它不再把景观看作一幅一成不变的画，而是把它看成一个能对内对外不断作出反应、具有自我调节、自我演进的生态系统。

动态与适应性景观的核心理念就是和不确定性共舞，把变化本身当作设计的一个积极因素。从生态的角度来说，这就需要设计要遵循并利用自然过程。海绵

城市雨水花园的设计初衷就是适应降雨的周期性变化,旱季是旱生植物组成的绿色洼地,雨季是蓄纳雨水的临时水景。该种设计最大程度地使用自然力,养护费用低廉,并能有效地避开静止景观对变化的敏感性。在重庆潼南大佛寺湿地公园的设计中,设计师采用与洪水做朋友的弹性策略,大部分场地设在洪水线以下,用最少的干预保留滩涂地貌,使景观适应季节性洪水淹没,产生独特的动态体验。

从社会功能上讲,适应性景观看重的是一空间的多义性、可变性。用模块化的、可移动的景观设施或者灵活的空间划分方式,使同一片场地在不同的时间可以满足不同的群体需求。广场工作日是通勤通道,周末可以迅速转变成举办市集的公共客厅,节庆日又可以转变为容纳演出的临时剧场。该种场景转换的能力大大提高了城市公共空间的利用效率与活力。适应性景观的出现,是景观设计从重视“形式”转向重视“过程”的深刻变革,它要求设计师在考虑空间建成样貌的时候,也要预见到空间在未来时间里的演变轨迹,从而创造出更具有韧性和生命力的城市环境。

（三）关注过程与体验的叙事性设计

城市景观最基本的功能需求得到满足以后,人们对其精神、文化层面的需求就越来越突出。景观不再只是物理环境的一个部分,它是人们情感的寄托、记忆的承载、故事的诞生地。因此,以过程和体验为重心的叙事性设计方法应运而生。参考文学、电影等领域的叙事理论,用空间序列精心排列、景观元素巧妙的匹配、象征、隐喻的方式在游园过程中让使用者产生情感共鸣和场域认同感,体验某一故事或者某个主题。

叙事性设计的核心就是创建出一个引人入胜的体验剧本。设计师如同导演一般,把场地中不同的空间节点(入口、广场、小径、观景台、休息点等)连成一条有起承转合的游览路线。在这个时候,景观元素,不管是植物、水体、雕塑还是铺装细节,都是叙事的“词汇”。以植物的季相变化讲时间的更替,用残破的工业遗迹讲一段场地的历史,像日本枯山水用砂石隐喻山海,带人走进禅宗的冥想世界。此种设计手法所追求的绝非单纯地美化视觉,而在于激起使用者们的想象力,让个人情感同场所精神建立起联系。

叙事性设计更关注过程,不是孤立的节点,而是空间转换、时间推移中连续感知得到的一种完整的体验。它要求设计师不能只注重单一空间的设计,还要考虑各个空间之间怎样过渡、联系,使用者移动过程中视线的变化、光影感受、心

理上的期待。此方法在文化遗址公园、主题公园、纪念性景观、城市更新项目中都有使用。叙事性设计把抽象的文化内涵和历史记忆转化成可以感知的空间体验,给城市景观赋予灵魂与温度,让人们在享受风景的同时,也能品味故事,体会设计的深刻含义和人文关怀,从而大大提高了景观空间的文化价值与吸引力。

第五节 案例分析与实践启示

一、未来型景观项目案例解读

(一) 案例一: 沙特“线城”的生态廊道构想

沙特阿拉伯“线城”项目是沙特“新未来城”规划的组成部分,提出一种颠覆性的城市景观理念。该项目将在长达 170 公里的线性城市结构里,完全抛弃传统的道路与汽车,把地面空间全部归还给行人和自然。其景观设计的重点是打造一条贯穿始终的生态廊道,把严酷的沙漠环境和高科技人居空间有机地融合在一起。这条廊道既是条视觉上的绿色轴线,又是块具有完整生态系统功能的区域,它靠先进的灌溉技术和对本土物种的精心挑选,创造出适合人居的微气候,给动植物留有栖身之所。

线城的生态廊道构想很好地体现了可持续发展的思想。在能源方面,整个城市全部使用可再生能源,景观维护所用的能源供给也采用可再生能源。就资源利用而言,项目追求的是水资源的高效循环利用。利用智能感应与数据,做到每一滴水都用来灌溉,减少蒸发与浪费。对于在极度干旱的地方建造大面积绿地来说,无疑是一项巨大的技术和管理难题。

该构想的实现不但要面对技术上的极限挑战,更会遭遇传统的城市景观管理模式的严峻考验。它所呼唤的是一个高度整合、数据驱动的智慧化管理模式。用物联网、人工智能等先进技术来建立一个动态响应、自我调节的智慧园林系统,对植物生长监测、土壤健康评估、微气候实时调节等各方面进行建设。将自然生态过程与高科技相结合的尝试,给在极端气候条件下开展城市景观建设、可持续性管理提供了一个虽然激进但是充满启迪的探索方向。

(二) 案例二: 荷兰“为河流创造空间”项目

荷兰的为河流创造空间项目被普遍认为是应对气候变化,实现水域景观可持

续发展的典范。面对不断出现的洪水灾害,荷兰政府不再使用提高堤坝高度来抵御洪水的传统对抗方式,而选择实行还地于河的方式。通过一系列的空间改造措施给河流留出更宽的行洪和蓄洪空间,从而降低洪水的洪峰水位,保障国土的安全。该工程牵涉到莱茵河、马斯河等主要河流沿岸的三十余个地点,采取的工程措施有开挖边槽、降低洪泛区、清除障碍物、兴建蓄洪区、迁移堤坝等。

宏大的景观改造工程的核心价值就是把防洪安全、生态修复、区域发展三者有机地结合起来。项目实施过程中,在创建更具抗洪能力的防洪体系的同时,也刻意营造出各种湿地环境,使野生动植物回归、物种多样性得到较大提升。改造后的河岸区域成了非常有吸引力的自然休闲场所,沿线城镇也由此得到了新的旅游和康体效益,有力推动了地方经济的发展。多种目标共同达成说明景观作为综合性媒介,在解决复杂的生态问题中还具有提高人类居住条件的好妙价值。它说明基于自然的解决方案在大型基础设施项目中是可行的,给人水关系处理提供了一种新的范式。

（三）案例三：中国雄安新区未来之城景观实践

从一开始中国雄安新区的规划建设就以“世界眼光、国际标准、中国特色、高点定位”为指导方针,景观实践是打造绿色生态宜居新城区的重要部分。雄安的景观规划超出了绿化这个概念,它想要建成一个蓝绿交织,清新明亮,水城共融的生态城市典范。新区把优质的生态环境当作最宝贵的财富,规划了百分之七十的蓝绿空间,力求实现“3公里进森林,1公里进林带,300米进公园”的宜人布局。

雄安新区的景观实践体现在多个层面,展现了其作为“未来之城”的系统性与创新性。

1. 淀泊复兴、生态修复,雄安生态建设核心就是白洋淀的生态修复。经过综合治理、生态补水、清淤、严格污染物控制等一系列措施之后,白洋淀水质明显好转,生物多样性慢慢恢复,重新展现出“华北明珠”的生态魅力。这就为整个城市的生态基底打下了坚实的基础。

2. 千年秀林计划,在城市大规模建设之前雄安新区就已经开始了千年秀林工程。这片广袤的森林不但是城市绿色屏障,更是集生态涵养、休闲游憩、文化展示为一体的复合型景观系统。林地建设时重视本土树种选择和近自然林设计,目的是创建稳定健康的森林生态系统。

3.3 绿色基础设施网络。雄安的城市规划把公园、绿地、水体等生态要素有机地渗透到城市的肌理里，形成一个互相连通的生态网络。无论中央绿谷多么广阔，社区里的口袋公园散布在哪里，都是为了给居民提供近在咫尺的自然体验，并且还具有雨水管理、气候调节等多重生态服务功能。

4. 无废城市和韧性设计。雄安把景观建设同无废城市理念融合起来，建筑废弃物被循环利用，用作公园建筑材料，实现了资源的高效再利用。海绵城市的理念被全面地落实到城市建设的每一个角落，景观绿地成为雨水吸收、净化、缓释的主要载体，大大提高了城市的生态韧性。

雄安新区的景观实践是以区域生态安全格局为起点，统筹山水林田湖草生命共同体的宏大叙事，又是从居民生活品质提升、健康宜人环境营造出发的细致表达。它用前瞻的规划和坚决的执行，探查了在快速城市化的过程中，怎样把生态文明理念全面嵌入城市建设的每个细节里，给中国乃至世界的未来城市景观发展，供应了一个内容充实并具有雄心的样本。

以上三大未来型景观项目的核心特点和实践路径，可见以下对比表：

未来型景观项目案例对比

项目名称	核心理念	主要实践	技术 / 生态亮点	启示意义
沙特“线城”	人与自然共生；颠覆传统城市模式；可持续发展	170 公里线性城市；无车步行化；生态廊道贯穿	100% 可再生能源；智能灌溉系统；物联网与 AI 智慧园林管理	极端气候下高科技与生态融合的激进探索和挑战
荷兰“为河流创造空间”	还地于河；与水共存；多目标共赢	莱茵河、马斯河沿岸 30 余处改造；开挖边槽；降低洪泛区；迁移堤坝	恢复湿地生境，提升生物多样性；防洪与生态旅游有机结合	基于自然的解决方案在大型基础设施中的有效性与前瞻性
中国雄安新区	蓝绿交织；生态优先；人居品质提升；未来之城	白洋淀生态修复；千年秀林计划；绿色基础设施网络；海绵城市建设	白洋淀水质改善与生物多样性恢复；多样化森林生态系统；建筑废弃物循环利用	快速城市化背景下生态文明理念全面融入城市建设的系统实践

二、案例背后的核心理念与技术支撑

（一）系统性思维与跨学科整合

未来型景观项目的一个明显特点，就是用系统性的思维去应对复杂的都市环

境。项目不再是孤立的工程，而是一个城市巨系统中的一个有机组成部分，同交通、水利、能源、社会等其他子系统密切相关，互相影响。荷兰的“为河流创造空间”项目就是很好的例子，它并没有把洪水问题简单地归结为堤坝高度这一单一变量，而是从流域的水文、生态、社会经济等各个系统层面出发，寻找综合性的解决办法。该种思维模式需要管理者及设计师具有宏观视角，识别并深究各个系统之间相互作用以及影响的关系。

系统性的思考实践必须要实现跨学科的融合。沙特线城的生态廊道构想要实现离不开植物学家、生态学家、水利工程师、能源专家、数据科学家和城市规划师等多学科专家的紧密合作。雄安新区规划建设集中了国内外的众多专家。跨学科整合不是简单地把各个学科的专业知识加在一起，而是在项目一开始，就由双方共同确定目标，通过不断的交流和碰撞，打破学科壁垒，共同形成创新的解决办法。在景观工程管理方面，就是要创建出能够有效推动跨学科团队合作的工作流程以及沟通机制，使得各种专业知识能够在整个项目生命周期内被充分利用，从而获得最高的整体价值。

（二）前沿技术的集成创新应用

高瞻远瞩的思想最终要依靠先进技术的支撑来落地。目前 BIM、GIS、大数据、物联网等数字技术正在对都市景观工程的整个过程进行全方位的改变。BIM 技术可以实现景观设计三维可视化，也可以将设计、施工到运维全生命周期的各方面的信息汇集起来，给景观精细化管理及成本控制提供有力支持。GIS 擅长对宏观的空间地理信息进行处理和分析，可以把景观项目放到更大的地理背景之下进行评价和规划，对地质情况、水系散布、生态环境敏感区等实施深入的研究。

当 BIM 遇上 GIS，就在建筑实体和城市环境间搭起了一座数据桥梁，把单个的构筑物 and 整个场地连接起来。大数据和物联网技术的大规模应用使得景观系统更加的“智慧”、“生命”。埋设在土壤、植物和各种设施中的传感器可以使管理者对环境参数（温湿度、光照强度），资源消耗（水、用电量），设备运行状况等进行实时的、海量的数据采集。经过云平台的人工智能算法分析之后，就可以变成高效的决策依据，从而实现灌溉系统的自动调节、病虫害的智能预测、能源利用的优化和人流的智慧管理。不论是线城还是雄安新区的智能管理构想，都是在这样的技术集成创新应用的基础上建立起来的。综合使用上述的技术，不

仅可以大大提高工程管理的效率与准确性，而且可以产生动态响应、自我调节的新景观管理模式。

（三）政策、市场与社会力量的协同

都市景观工程能否顺利实施并且长期保持良好运行，并不是某一项技术或者设计方案可以决定的，它需要政策法规的引导、市场机制的驱动和社会各界的参与。实际上就是多方博弈、合作的一个复杂过程。强有力的顶层设计以及稳定的政策支持，是项目能够顺利启动并且持续进行下去的基本保证。雄安新区国家战略地位、荷兰政府给河流创造空间项目长期的法规支持、长期的资金支持都说明政府在大尺度可持续景观项目中起着主导作用。政策除给整个景观行业指明方向、提供资源外，还会通过对整个景观行业标准和规范的建立，促进行业向可持续发展的方向发展。

市场机制的适时介入，政府和社会资本的合作模式出现以后为项目带来了新的生机与活力。吸引私营部门参与投资、建设、运营，可以有效地减轻政府的财政负担，也可以引入市场化的管理经验、创新的技术，从而提高项目的运营效益和专业化水平。设计出合理的利益共享与风险分担机制是实现公共利益最大化的手段。并且创建一个开放透明的市场环境，可以促使企业对绿色技术、可持续材料、生态服务等展开良性竞争与革新，这也是产业升级的题中之义。

社会力量也不能轻视。在项目规划阶段公众咨询，在建设时期社区参与，在建成后使用者监督、志愿维护，公众的认同感、支持度才是项目得以长期存在下去的肥沃土壤。现代的景观项目越来越注重它的社会属性，更加关心它是否可以满足社区居民的实际需求，是否能够促进社区居民之间的交往以及文化认同的形成。建立有效的公众参与渠道，保证民众的声音能够被听见、被回应，实现管理者、市场主体、公众三者之间的良性互动，这才是景观项目长期可持续发展的根本保证。三个力最是互相配合，共同形成起一个稳固、有效且有韧性的一种撑持架构。

参考文献

- [1] 亓晶,邵宋羽,崔欣. 地方文旅融合实践中的媒介景观建构:以哈尔滨为例 [J]. 辽宁工程技术大学学报(社会科学版), 2025, 27 (06): 469-474.
- [2] 武晓平,张雨溪. 城市故事:历史文化街区语言景观的互文性——以济南市芙蓉街一百花洲历史文化街区为例 [J/OL]. 通化师范学院学报, 1-8[2025-12-08].
- [3] 袁晴,姚磊. 长株潭绿心昭山示范区景观视觉美学质量评价研究 [J]. 农业与技术, 2025, 45 (22): 112-118.
- [4] 杨文慧,王荣华,许宇培,等. 徐州城市绿地景观元素对美学价值的影响研究 [J]. 农业与技术, 2025, 45 (22): 119-123.
- [5] 吴婷婷,李远远. 基于海绵城市理念的景观设计研究——以池州湿地公园为例 [J]. 黑河学院学报, 2025, 16 (11): 124-126.
- [6] 邓永聪. 城市园林绿化中大树移植与养护技术探析 [J]. 当代农机, 2025, (11): 73-74.
- [7] 马坚炜. 试析景观园林设计的植物配置与规划设计 [J]. 居舍, 2025, (33): 131-134.
- [8] 陈慧. 生态智慧园林理念在公园植物景观设计中的应用研究 [J]. 居舍, 2025, (33): 135-137+157.
- [9] 杨茹. 探索国土空间规划新形势下城市设计策略——以合肥市瑶海区总体城市设计为例 [J]. 智能建筑与智慧城市, 2025, (11): 61-63.
- [10] 郑生淮. 浅谈城市道路纵断面设计与实际应用 [J]. 建材发展导向, 2025, 23 (22): 34-36.
- [11] 蒋艳玲,张亚平,李东宸,等. 生态优先·功能融合——北京市居住区植物景观的营造策略探究 [J]. 居舍, 2025, (33): 127-130.
- [12] 汪洋. 现代园林景观设计与园艺技术的结合 [J]. 农村科学实验, 2025, (22): 144-146. DOI:10.20264/j.cnki.rse.2025.22.049.
- [13] 蔡锦江. 针对入侵物种福寿螺抑制的湿地生态景观设计实践探索——以无锡城市职业技术学院湖心岛为例 [J]. 现代园艺, 2025, 48 (22): 148-150.

- [14] 张鲁燕. 基于景观美学的中国月季园林设计理论与实践探索 [J]. 分子植物育种, 2025, 23 (22): 7694-7699. DOI:10.13271/j.mpb.023.007694.
- [15] 杨胜龙. 基于公园城市理念的桂林市城区园林绿化特点及优化 [J]. 现代园艺, 2025, 48 (22): 145-147.
- [16] 张雄. 公园景观植物配置与生态策略提升探讨 [J]. 现代园艺, 2025, 48 (22): 165-167.
- [17] 孙哲. 城市小区水环境综合治理设计 [J]. 水利规划与设计, 2026, (01): 115-118.
- [18] 杨涛. 草坪景观功能化应用及其在园林空间营造中的设计 [J]. 现代农业科技, 2025, (22): 112-114+119.
- [19] 邹诚,唐孝祥,舒畅. 佛寺园林景观要素对公众健康行为的影响机制 [J]. 西南大学学报(自然科学版), 2025, 47 (11): 191-205.
- [20] 廖颖楠,唐淑怡,陈观秀,等. 广州市高密度城区平屋顶可食用景观空间设计研究 [J]. 城市建筑, 2025, 22 (22): 170-172.
- [21] 马清泉,张博阳. 北方寒地城市乡村公共空间景观活力提升研究——以怀来县鸡鸣驿城为例 [J]. 城市建筑, 2025, 22 (22): 90-93.
- [22] 邓心茹,别强,黄春林,等. 干旱区典型绿洲景观格局的冷岛效应 [J]. 中国沙漠, 2025, 45 (06): 12-25.
- [23] 偶春,孔令娟,刘腾飞,等. 公园城市背景下阜阳市主城区生态网络构建及景观格局优化 [J]. 湖南城市学院学报(自然科学版), 2025, 34 (06): 14-21.
- [24] 徐雨涵,林乙煌,杨鸿辉,等. 海岛型城市绿地景观格局与热环境的作用机制研究 [J]. 西北林学院学报, 2025, 40 (06): 273-284.
- [25] 李光明. 城市景观河道水体富营养化检测与生态修复技术研究 [J]. 环境科学与管理, 2025, 50 (11): 158-163.
- [26] 鲍红敏,陈鹏宇. 面向污染物扩散特征的景观园林布局植物配置优化研究 [J]. 环境科学与管理, 2025, 50 (11): 170-175.
- [27] 彭蕾,杨陈,杨钰. 西北干旱区城市主城区低效用地生态建设优先级评估及更新策略 [J]. 风景园林, 2025, 32 (11): 130-139.
- [28] 肖云祥. 花境微景观在现代园林中的应用研究 [J]. 西北园艺, 2025, (11): 35-38.