

园林土壤工程方法研究与展望

Methods Research and Prospect of Landscape Soil Engineering

郝瑞军* 王玮红 刘海波
HAO Ruijun* WANG Weihong LIU Haibo

基金项目:

上海市科委科研项目“上海‘四化’生态网络空间区划及其系统构建关键技术研究示范”(编号: 19DZ1203300)
住建部科技研发项目“城市三种典型困难立地生态园林化关键技术与工程应用”(编号: K62018038)

文章编号: 1000-0283 (2020) 06-0046-05
DOI: 10.12193/j.laing.2020.06.0046.009
中图分类号: TU986
文献标识码: A
收稿日期: 2020-05-18

郝瑞军

1981年生/男/陕西府谷人/硕士/上海市园林科学规划研究院、上海城市困难立地绿化工程技术研究中心高级工程师/研究方向为园林土壤工程、城市森林碳汇计量监测、生态服务评估(上海 200232)

王玮红

1988年生/女/上海人/上海市园林科学规划研究院、上海城市困难立地绿化工程技术研究中心助理工程师/研究方向为风景园林学(上海 200232)

刘海波

1991年生/男/贵州六盘水人/上海市园林科学规划研究院、上海城市困难立地绿化工程技术研究中心助理工程师/研究方向为园林观赏植物(上海 200232)

*通信作者 (Author for correspondence)
E-mail: 17083510@qq.com

摘要

园林土壤工程是集土壤学、风景园林学、材料学等多学科的交叉应用,是园林工程的重要组成部分,贯穿于园林工程的规划设计、预算编制、施工、监理、竣工验收,以及后期的养护管理,园林土壤工程的质量直接影响植物的景观效果和后期的养护管理成本。文章通过对国内外园林土壤工程理念和实践研究,阐述了园林土壤工程背景、概念及其在园林工程中的重要作用,提出了基于园林工程设计的土壤调查、土壤设计原则、程序,以及主要技术,以期为新时期城市园林绿化建设提供科学参考和技术支撑。

关键词

园林土壤工程;景观设计;土壤设计;土壤结构

Abstract

Landscape soil engineering is an interdisciplinary application of soil science, landscape architecture, materials science, and other disciplines. It is an essential component of landscape engineering, including the planning and design, budgeting, construction, supervision, completion acceptance, and maintenance management of landscape engineering. The quality of landscape soil engineering directly affects the landscape effect of plants and the cost of later maintenance management. The article expounds on the background and concept of garden soil engineering and its critical role in garden engineering by studying the concepts and practices of garden soil engineering at home and abroad. It provides scientific reference and technical support for the construction of urban landscaping in the new era.

Key words

landscape soil engineering; landscape design; soil design; soil structure

园林绿化作为城市经济、社会、环境发展重要的有机组成,是城市唯一有生命的基础设施,在维持城市生态安全、改善城市环境、提升城市核心竞争力等方面具有重要作用。园林土壤是影响城市园林绿化的重要要素,提供园林植物生长环境和养分需求,也是调节城市水库、参与物质能量循环的基础,具有重要的生态服务功能^[1]。近年来,随着《土壤污染防治行动计划》《土壤污染防治法》《关于加强生态修复城市修补工作的指导意见》等文件先后颁布实



1. 上海迪士尼绿化景观

施，城市园林从业人员对园林土壤的重要性认识有了一定的提高。比如上海迪士尼绿化景观建设(图1)，在国内开创了大规模配方改土先河，对国内城市园林绿化具有一定的推动意义。但总体来看，由于土壤对植物景观影响的滞后性、土壤质量退化的隐蔽性等特征，在实践中，无论是园林工程设计、工程概预算编制、施工、竣工验收和后期的养护管理，对园林土壤投入的人力、物力和经费还远远不足，这也是制约园林景观质量提升和工程频繁返工的重要因素。

国内外大量优秀园林工程案例表明，只有将土壤纳入园林工程全流程，从规划设计、预算编制、工程施工、养护管理等环节重视土壤^[2]，让景观规划师、施工方、监理方、业主等相关人员形成园林土壤工程化理念，才能从根本上改变土壤在园林景观构建上的地位和其对景观效果的影响。本文通过对国内外园林土壤工程理念和实践分析研究，主要阐述园林土壤工程背景、概念及其在园林工程中的重要作用，提出了基于园林工程设计的土壤调查、土壤设计原则、程序以及主要技术，以期为城市园林绿化建设提供科学参考和技术支撑。

1 园林土壤工程背景及概念

随着经济建设的快速发展，新技术、新材料、新理念层出不穷，土壤在工程建设领域的应用也日益频繁。传统的土壤学面临着更多工程领域的需求和冲击，进而推动土壤学的革新和理论创新。2016年，中国土壤学会顺应需求成立了土壤工程专业委员会，旨在推动土壤学界和工程学界交叉领域的相关理论和技术研究，促进土壤工程学科的建立和发展。相关的实践探索也普遍认识到，土壤的基本物理、化学乃至生物学特性强烈影响工程建设的质量和效率。国内外已有大量将土壤工程理念应用在相关领域的案例^[3]，如土地整治与改良工程、固废土地处置工程、土壤固化与土建工程、土壤污染防治工程、土壤生态修复工程、盐碱地治理工程等，突破了传统土壤学研究范畴，建立土壤学和工程学交叉融合平台。

城市园林土壤和工程学结合十分紧密，比如园林景观地形营造、城市土壤改良与修复、滨海盐碱地造林绿化等。国外关于园林土壤工程关注较早，20世纪80年代，美国纽约等城市

就提出“园林景观土壤设计规范”^[6]，将土壤工程理念引入园林工程，纳入整个园林工程体系。比较而言，国内园林绿化领域往往强调地上植物部分，在工程的设计、施工和验收等环节，主要以地上植物景观和土建工程为主。一些案例虽涉及土壤内容，但一般也仅作为植物或土建的部分，并未从土壤学角度形成土壤工程理念。比如，北京、上海、广州等城市，先后将土壤作为园林工程验收的指标，但主要关注土壤pH值、EC值、有机质等养分指标^[6]。由于对园林土壤工程理念的滞后，在园林工程项目中，会造成对土壤部分预算编制的缺失，减少对土壤的投入，同时园林景观规划师对园林土壤规划的弱化，直接影响后期的施工。

园林土壤工程是集土壤学、风景园林、材料学、工程学等多学科的交叉应用，是园林工程学、土壤工程学的重要组成部分，其核心理念是将土壤纳入园林工程的各环节，一般包括前期的土壤调查，园林土壤规划设计，园林工程预算编制；中期的园林土壤施工、监理，园林土壤工程竣工验收；后期的园林土壤养护、管理等环节。

2 土壤在园林工程中的重要性

2.1 构成工程组成部分

园林土壤工程是园林工程的有机组成部分，不论是种植区域土壤改良、景观地形营建、土壤排水设施安装、植物种植，还是景观道路规划、配生土生产、园林小品建设等，都需要根据不同区域土壤特性进行区域规划、设计和施工。

2.2 决定植物品种选择

植物是园林景观建设的主要内容，植物的选择受土壤特性的影响，特别是当前城市园林绿化中面临的大量困难立地^[6]，直接决定着地上植物品种的选择。在园林设计中需要根据土壤特征有针对性选择植物品种。比如针对地下水位较高的土壤区域，要选择耐水湿或浅根系植物；对于存在城市地下空间的土壤，一般选择灌木和草本植物等；对于存在污染的土壤，通常选择对污染物质有一定耐性，甚至对污染物质具有富积特性的植物。此外，植物选择还要依据土壤利用方式、地质条件等因素综合确定。

2.3 影响景观地形营建

地形营造是园林景观工程中的常见手法，通过地形的构

建，形成移步换景的效果，体现园林景观的层次性和美感。以上海辰山植物园为例^[7]，为了形成植物展示的特色绿环，人为进行地形营建，但若不采取任何地基处理措施，则仅可堆高3.5 m左右，当堆载高4 m以上后，必须采取合理工程措施，土体才不会产生非线性附加沉降和水平向流动。因此，在地形营建方案中，土壤质地、矿物组成、地基承载力、内摩擦角度、滑动系数、土壤坡度的自然稳定角度等都是影响地形营造的重要因素，决定着地形的高度、坡度和形态。

2.4 决定植物养护成本

土壤是植物生长的物质基础，不仅为园林植物的生长提供营养物质、生长空间和载体，还与植物、微生物、土壤动物等共同形成有机的生态系统。土壤质量的高低往往影响后期园林植物养护管理成本^[8]。在园林土壤施工过程中，针对地上部植物进行合理的土壤设计和施工，会大大降低后续的养护成本，反之亦然。在施工中，若无视地下水位、土壤盐分、土壤压实与板结度，甚至外源有毒有害土壤侵入体，重金属和有机污染物污染等，将会在后期影响植物长势，严重情况会导致植物死亡。很多园林工程失败案例表明，因对土壤不恰当的施工，造成后期养护成本的增加，总的预算会远远超过在前期对土壤合理的改良和施工。

3 基于园林工程设计的土壤调查

基于园林工程设计的土壤调查，目的是为后续园林工程设计提供基础数据和设计依据。除传统的土壤理化性状等指标外，土壤地质特征及土地利用方式也是影响园林规划设计的因素。

3.1 传统土壤指标调查

传统的土壤调查，主要关注土壤物理、化学、生物学指标，如上海、北京等城市，相关地方标准明确了对土壤pH值、EC值、有机质、孔隙度、容重、质地，以及养分元素的调查，这方面已有大量文献阐述，本文不再赘述。

3.2 土壤地质情况调查

土壤地质调查是对园林用地地质环境情况进行调查研究，一般包括地上部分土壤的地形、坡度、位置、面积、高度及土石的情况。地下部分的市政管线种类，走向、管径、埋置深



2. 开放型乔木种植
3. 半开放型街头绿地
4. 覆盖型街边行道树

度；土壤地基承载力，内摩擦角度、滑动系数、土壤坡度的自然稳定角度等。

3.3 土地利用方式调查

土地利用方式包括土壤在城市区域的位置，附近公共建筑、车辆情况、现有园林植物情况，土地地类，用地的历史沿革和当前使用情况。此外，作为为市民休闲娱乐设计的园林景观，具有为市民提供亲近自然的功能，因此，还需要调查是否存在地下空间，是否由工业废弃地复垦而来，土壤污染情况等。

4 园林土壤工程设计

4.1 设计匹配性原则

园林植物景观设计要进行土壤匹配性判定，也就是“适土适树”“适树适土”原则⁹。通常情况下，由于受市政工程的影响，园林土壤中含有大量外源侵入体、市政管线以及地下空间等，土壤自然发育所具备的地带性特征被破坏，土壤剖面结构也不复存在。另一方面，城市园林景观营造为了追求多样性，大量使用非乡土的新优植物品种，甚至是跨纬度植物品种，致使园林植物种类地带性特征不明显。因此，设计前必须研究土壤和植物品种的匹配性，对于不能满足植物种植要求的土壤，要通过土壤设计，构建满足植物正常生长的土壤条件。

4.2 设计决策矩阵

城市园林绿地一般分为公园绿地、防护绿地、附属绿地

等类型（《城市绿地分类标准》（CJJT 85-2017）），但从土壤与植物的相对空间关系来看，园林土壤工程的植物设计类型可分为：开放型（图2）、半开放型（图3）、覆盖型三类（图4）。一些复杂的植物设计类型基本可以由上述三种组合而成。

(1) 开放型

开放型主要指大型公园绿地、街头绿地，对于植物根系的生长一般不存在障碍，这种开放型的类型最接近自然情况。

(2) 半开放型

半开放型一般指位于或临近街道的绿地，毗邻街道或路边将会对该方向的植物根系生长存在潜在限制效应，所以根系会选择在平行或远离路边的方向延伸。

(3) 覆盖型

覆盖型指应用于植物根系生长的土壤区域被不透水材料覆盖。这种情况通常发生在广场和步行街，以及单株的树穴，对土壤透水、通气有比较大的限制。

4.3 设计程序

4.3.1 确定景观类型

基于园林规划设计原则，选择合适的植物设计类型，分析设计区域内土壤空间、湿度、排水、通气、养分和污染等情况（表1），决定相应的土壤设计，以满足目标植物的生长需求。

4.3.2 选择植物品种

植物品种的选择要遵循植物与土壤匹配性原则。对于因景

表1 植物设计类型与土壤条件需求

类型	空间	湿度	排水	通气	养分	污染
开放型	较大	根据植物特征	良好	良好	受土壤影响	受土壤影响
半开放型	中等	根据植物特征	良好	一般	受土壤影响	受土壤影响
覆盖型	较小	根据植物特征	差	差	差	受土壤影响

观营建而选择的植物，必须通过土壤环境营建的工程化措施使之与植物需求相匹配。考虑植物品种，不仅仅要关注土壤的基本理化指标，是否符合植物对养分需求，也要关注土壤的地质情况，市政设施对土壤功能发挥的限制性，同时要调查土地的历史利用方式，充分了解土壤的背景特征，才能准确选择植物，实现优美的园林植物景观效果。

4.3.3 设计土壤结构

根据确定的植物设计类型和植物品种，分析土壤条件，对不能满足植物生长的土壤，要进行设计，采用相应的土壤工程技术，比如采用排水洗盐技术、配生土生产技术^[10]、土壤剖面重构技术、表土保护再利用技术、地形营造技术、园林植物土壤固定支撑技术等等，并在工程中对土壤进行施工。特别注意的是，在土壤设计中，所用到的外源介质等工程材料，要符合相关的标准规范，避免造成土壤的二次退化。

5 展望

(1) 树立园林土壤工程化理念

工程化是城市园林景观展现的主要途径，公园绿地、行道树，及居住区、学校等附属绿地等，都是通过工程化手段实现。园林土壤工程理念的提出，阐明了土壤作为园林工程的一个重要组成，对于启示园林从业人员关注土壤、重视土壤具有重要意义。

(2) 开展土壤工程设计及预算

园林土壤工程要求把工程化理念贯穿于设计、施工、监理、以及验收和养护管理的各环节，特别是在规划设计，以及造价预算中，把园林土壤工程作为不可或缺的组成，确保园林土壤工程经费，从根本上解决不重视土壤的情况。

(3) 加强土壤施工规范和监理

园林景观施工方和监理方要按照园林土壤工程设计内容，科学实施园林土壤工程。在施工过程中，要遵循施工规范，比如按照规划设计，提前确定好施工道路，避免车辆等对土

壤形成不可逆的压实。在施工中，作为园林植物种植的区域，要提前进行表土保护，并通过生物改良等方式，确保施工过程中土壤质量不退化。

(4) 构建政策法规及标准规范

在国家“土十条”和土壤污染立法出台的背景下，各地应结合区域特征，形成属地化园林土壤管理要求和规范。相关从业人员如景观规划师、施工方、监理方、业主等要将土壤纳入园林工程全链条。结合区域特征，相关科研机构要进一步研究园林土壤工程的内涵和外延，依托实践，形成一系列专利技术、标准规范、企业工法等，指导园林土壤工程实践应用。▲

参考文献

- [1] 张甘霖, 朱永官, 傅伯杰. 城市土壤质量演变及其生态环境效应[J]. 生态学报, 2003, 23(3): 539-546.
- [2] Timothy A. Craul, Phillip J. Craul. Soil Design Protocols for Landscape Architects and Contractors[M]. New York: John Wiley & Sons, Inc., 2006.
- [3] 张浪, 陈伟良, 张青萍, 等. 城市绿地生态技术[M]. 南京: 东南大学出版社, 2013.
- [4] Phillip J. Craul. Urban Soils Applications and Practices[M]. New York: John Wiley & Sons, Inc., 1999.
- [5] 陈平, 张浪, 李跃忠, 等. 基于园林绿化用途城市搬迁地土壤质量评价的思考[J]. 园林, 2019(8): 79-82.
- [6] 张浪. 谈新时期城市困难立地绿化[J]. 园林, 2018(1): 2-7.
- [7] 谢剑刚. 上海辰山植物园绿环堆筑施工技术[J]. 上海建设科技, 2016(4): 52-54.
- [8] 梁晶, 方海兰, 张浪, 等. 基于城市绿地土壤安全的主要生态技术研究及应用[J]. 中国园林, 2016(8): 14-17.
- [9] 张浪, 曹福亮, 张冬梅. 城市棕地绿化植物物种优选方法研究—以上海市为例[J]. 现代城市研究, 2017(9): 119-123.
- [10] 张浪, 韩继刚, 伍海兵, 等. 关于园林绿化快速成景配生土的思考[J]. 土壤通报, 2017, 48(5): 1264-1267.