

DOI: 10.13758/j.cnki.tr.2023.06.025

张琪, 杨娜, 冉继伟. 园林土壤质量标准的对标分析与体系构建. 土壤, 2023, 55(6): 1363–1370.

## 园林土壤质量标准的对标分析与体系构建<sup>①</sup>

张琪<sup>1,2</sup>, 杨娜<sup>1,2</sup>, 冉继伟<sup>3</sup>

(1 上海市园林科学规划研究院, 上海 200232; 2 上海城市困难立地绿化工程技术研究中心, 上海 200232; 3 武汉理工大学资源与环境工程学院, 武汉 430070)

**摘要:** 科学管理园林土壤对提升绿地的生态功能、社会功能具有十分重要的作用。当前我国园林土壤技术标准独立性不足, 通常是引用农业及环保的相关标准。与国外园林土壤技术标准相比, 我国相关标准化组织成立较晚, 缺乏土壤分类管理与监测体系, 监测点数量不足, 管理方式和土壤改良技术有待提升。应建立以完善土壤监测布点网络、更新土壤监测和改良技术以及实现土壤精细分类管理为核心的新型园林土壤技术标准体系, 不断完善我国园林土壤标准化管理体系, 不断提升我国园林土壤质量、绿化工程质量和标准化管理水平。

**关键词:** 土壤质量; 技术标准; 对标分析; 体系构建; 标准化管理

中图分类号: S731.2 文献标志码: A

### Benchmarking Analysis and System Construction of Garden Soil Quality Standards

ZHANG Qi<sup>1,2</sup>, YANG Na<sup>1,2</sup>, RAN Jiwei<sup>3</sup>

(1 Shanghai Academy of Landscape Architecture Science and Planning, Shanghai 200232, China; 2 Shanghai Engineering Research Center of Landscaping on Challenging Urban Sites, Shanghai 200232, China; 3 School of Resources and Environmental Engineering, Wuhan University of Technology, Wuhan 430070, China)

**Abstract:** Scientific management of garden soil plays a very important role in improving the ecological and social functions of green spaces. The independence of the current technical standards of garden soil is insufficient in China, which usually refers to the related standard of agriculture and environmental protection. Compared with the garden soil technical standards in the world, the standardization organizations were established late in China, soil classification management, monitoring system and the number of monitoring sites are insufficient, and the management methods and improvement technology of garden soils need to be improved. A new type of garden soil technical standard system should be established in views of improving the soil monitoring network, updating soil monitoring and improving technique, and realizing fine soil classification management in order to continuously improve the standardization management system, and enhance the qualities of garden soils, afforestation engineering and standardization management levels.

**Key words:** Soil quality; Technical standard; Benchmarking analysis; System construction; Standardized management

城市园林是城市中唯一具有生命的基础设施, 是生态文明和美丽中国建设的重要载体, 承担了调节气候、固碳释氧、蓄水保土、滞尘降噪、维持生物多样性等生态功能<sup>[1-2]</sup>, 以及休闲游憩、文体活动、舒缓疗愈、防灾避难、美化环境等社会功能, 是城市宜居和竞争力的重要指标。园林土壤处于人居环境内, 离人群的物理距离最近, 其质量直接影响到绿地生态功能、社会功能, 对人的身心健康影响巨大<sup>[3-4]</sup>。近年来, 越来越多的学者开始关注园林土壤质量, 特别是

上海的绿化工作者在上海世博会、迪士尼等重大绿化工程实践中, 在国内率先建立起表土保护-绿化种植土质量-绿化用改良材料的系列标准<sup>[5-7]</sup>。张浪等人<sup>[8]</sup>提出我国在城镇化进程中, 要进一步重视园林土壤质量, 工厂化、定制化生产配生土。王延洋等<sup>[9]</sup>建议进一步健全园林绿化标准体系, 使标准覆盖到园林绿化建设的各个环节, 做到全过程监管。上海的实践证明依托标准化手段提升园林土壤质量是一种有效且经济可行的方法<sup>[10-13]</sup>。一方面, 技术标准为园林土壤的

①基金项目: 上海市科委标准专项 (21DZ2206600)资助。

作者简介: 张琪(1978—), 女, 河南许昌人, 硕士, 高级工程师, 主要从事园林土壤评价、改良和标准化工作。E-mail: zhangqi1122@126.com

调查、评价和改良提出了最佳的实施方案<sup>[14-16]</sup>；同时，标准化管理则能把各个关系到园林土壤质量提升的要素有序地组织起来<sup>[17-19]</sup>，最终构建科学合理的园林土壤质量管理体系。国外也有园林土壤相关标准，经过检索，主要是美国和澳大利亚的标准。本研究通过对比国内外园林土壤标准化现状，分析我国园林土壤标准化工作的不足，提出园林土壤标准体系的构建思路，为后续相关标准的制修订以及政策的出台提供参考，以实现园林土壤的有效管理，为提升园林土壤质量、增强绿地的生态服务功能提供技术支撑。

## 1 园林土壤标准化的国内外现状

### 1.1 标准化组织

标准化工作一般由该领域的标准化技术委员会来推动，我国土壤领域的标准化组织类别与国外类似（表 1）。肥料与土壤调理剂标委会负责全国肥料、土

壤改良剂和分子筛领域标准化的技术归口工作；土壤质量标委会的主要职能是针对我国土壤类型和利用方式等特点，逐步构建符合我国国情的土壤质量评价标准；监测方法标委会主要负责土壤环境监测方法和环境标准样品相关标准的整理撰写工作。园林土壤是土壤学研究的一个分支，目前，园林绿化土壤尚未成立独立的标准化组织，相关工作主要由全国城镇风景园林标准化技术委员会(SAC/TC449)进行推动。

### 1.2 我国园林土壤标准体系现状

截至目前，我国园林土壤板块共发布国家标准、行业标准、团体标准与地方标准(上海)共 19 项(表 2)，构建了包含表土保护-土壤改良-废弃物再利用-土壤质量评价的技术标准体系，这一技术标准体系在长三角乃至全国的园林行业都得到了广泛推广及应用，为城市园林绿化土壤质量管理提供了有力支撑<sup>[20]</sup>。

表 1 国内外土壤领域标准化组织  
Table 1 Landscape soil standardization organizations in China and in the world

专业范围	国际		国内	
	标委会编号	成立时间(年-月)	标委会编号	成立时间(年-月)
土壤质量	ISO/TC 190	1985-01	TC404	2008-08
监测方法	ISO/TC 190/SC 3	1987-06	TC273	2011-10
			TC118/SC1	2016-04
肥料与土壤调理剂	ISO/TC 134	1969-01	TC105	2009
肥料	ISO/TC 134/WG 2	2009-02	TC105/ SC(2、3、4 和 5)	2009
			TC105/SC7	2015-11
土壤调理剂	ISO/TC 134/WG 4	2015-08	TC105/SC6	2009
风景园林	-	-	SAC/TC449	2009

表 2 我国现行园林土壤技术标准组成  
Table 2 Composition of current landscape soil technical standards in China

类别	标准名称与编号	类别	标准名称与编号
表土保护	DB31/T 661—2012 绿化用表土保护和再利用技术规范	废弃物再利用	DB31/T 403—2008 城镇污水厂污泥应用于园林绿化的技术要求
	LY/T 2445—2015 绿化用表土保护技术规范		GB/T 23486—2009 城镇污水处理厂污泥处置园林绿化用泥质
土壤改良	DB31/T 759—2013 滨海盐渍土绿化原土利用的植物材料隔离技术导则		DB31/T 404—2009 绿化植物废弃物处置技术规范
	LY/T 2959—2018 滨海盐渍土原位隔盐绿化技术规程		LY/T 2316—2014 绿化植物废弃物处置和应用技术规程
	DB31/T 1198—2019 硬质路面绿化用结构土配制和应用技术规范		DB31/T 288—2016 绿化栽培介质
土壤质量评价	DB31/T 769—2013 园林绿化工程种植土壤质量验收规范		GB/T 33891—2017 绿化用有机基质
	DG/TJ 08-231—2013 园林绿化栽植土质量标准		GB/T 31755—2015 绿化植物废弃物处置和应用技术规程
	DB31/T 1191—2019 绿化土壤肥力质量综合评价方法		LY/T 1970—2011 绿化用有机基质
	CJ/T 340—2016 绿化种植土壤		DB31/T 1035—2017 绿化有机覆盖物应用技术规范
	T/CHSLA 50005—2020 园林绿化用城镇搬迁地土壤质量分级		

此外，一些企业，特别是一些大型公司，也会根据自身需求制定自用的园林土壤技术标准，对具体项目的绿地土壤改良工程会提出更严格的要求。例如上海迪士尼项目中的种植土壤改良工程就是根据美方要求来制定种植土技术标准，该标准涉及土壤养分(有机质、磷、钾)、有机污染物(石油碳氢化合物、有机苯环挥发烃等)、重金属(砷、镉、钴、汞、银等)以及中微量元素含量(有效硼、铝、锰、锌、铜、镍等)等诸多方面的内容<sup>[21]</sup>。

### 1.3 国内外园林土壤监测指标对比

土壤的评价指标很多，但纳入标准的指标往往得

到了同行的认可，并在实际工作中被广泛执行。国外现行的园林土壤监测标准主要以美国材料与试验协会的 ASTM D5268—2013 *Specifications for Topsoil for Landscaping* 和澳大利亚标准 AS 4419—2018 *Soils for Landscaping and Garden Use* 为主。ASTM D5268—2013 中的技术指标主要涉及土壤质地、pH、有机质含量和杂质含量等指标(表 3)。AS 4419—2018 则将园林土壤分为 3 大类，针对低密度土壤、有机土壤和天然土壤分类制定相应的监测指标，此标准还对容重、润湿性、分散率、导水率和氮吸附指数(NDI)等指标进行了明确规定(表 3)。

表 3 我国和国外园林土壤监测指标对比  
Table 3 Comparison of landscape soil monitoring indexes between China and other countries

属性	指标	美国标准 <sup>[22]</sup>	澳大利亚标准 <sup>[23]</sup>			中国标准 <sup>[6]</sup>
			低密度土壤	有机土壤	天然土壤	
物理属性	质地	过 2 mm 筛后土壤样品中砂粒占 20%~60%，粉粒和黏粒占 35%~70%	-	-	砂质或细砂质	壤土
	容重(g/cm <sup>3</sup> )	-	0.3~0.6	>0.6	>0.7	<1.35 若土壤下有构筑物时，干容重≤0.5，最大湿容重≤0.8
	润湿性(mm/min)	-	-	>5	>5	-
	入渗率(mm/h)	-	-	-	-	≥5
	分散率(%)	-	-	-	完全絮凝或中等絮凝	-
	导水率(cm/h)	-	-	2~100	-	-
	杂质或大颗粒质量比(%)	杂质(岩石、砾石、矿渣、煤渣、植物残体)≤5	大颗粒(树皮、根、黏土块、石头或其他固体材料)质量占比(10mm<粒径<20mm)≤8，(粒径≥20mm)≤2	-	-	无明显可视杂物
	压实	-	-	-	-	非毛管孔隙度介于 5%~25%
	石砾含量(%)	-	-	-	-	总含量(粒径≥2 mm)≤20%(质量百分比);其中草坪最大粒径≤20 mm，其他最大粒径≤30 mm
	化学属性	pH	5~7	酸性土壤 4.5≤pH≤6，中性土壤 5.5≤pH≤7.5，碱性土壤 7≤pH≤8.5		
有机质(g/kg)		20~200	100~400	150~250	30~150	12~80
EC(dS/m)		-	<2.5	<1.2	<1.2	0.15~0.9
氨(mg/L)		-	<200	<200	-	-
氮吸附指数		-	-	≥0.9	-	-
阳离子交换量(cmol/kg)		-	-	-	-	≥10
水解性氮(mg/kg)		-	-	-	-	40~200
有效磷(mg/kg)		-	-	-	-	5~60
有效钾(mg/kg)	-	-	-	-	60~300	

续表 3

属性	指标	美国标准 <sup>[22]</sup>	澳大利亚标准 <sup>[23]</sup>			中国标准 <sup>[6]</sup>
			低密度土壤	有机土壤	天然土壤	
化学属性	有效钙(mg/kg)	-	-	-	-	200 ~ 500
	有效镁(mg/kg)	-	-	-	-	50 ~ 280
	有效铁(mg/kg)	-	-	-	-	4 ~ 350
	有效锰(mg/kg)	-	-	-	-	0.6 ~ 25.0
	有效锌(mg/kg)	-	-	-	-	1 ~ 10
	有效铜 mg/kg)	-	-	-	-	0.3 ~ 8.0
	交换性钠(mg/kg)	-	-	-	-	<120
	可溶性氯(mg/kg)	-	-	-	-	<180
	钠吸附比	-	-	-	-	<3
	可溶性硫(mg/kg)	-	-	-	-	20 ~ 500
可溶性硼(mg/kg)	-	-	-	-	<1	
环境属性	潜在障碍因子	-	至少 75% 的土壤无植物病原体和害虫			种子发芽指数>80%,花坛用土或用于种植对土壤病虫害敏感植物的绿化土壤宜先进行消毒后再使用

注：“-”表示没有涉及相关指标。

目前,我国园林土壤质量监测指标划分为主控指标、养分控制指标、潜在障碍因子控制指标和重金属控制指标。其中主控指标包括土壤质地、入渗率、紧实度、pH 和有机质含量等,主要应用于一般园林土壤。此外,肥力控制指标包括有效养分含量和无机盐含量等。对于景观要求较高的城市园林土壤,除了满足主控指标外,阳离子交换量和有机质含量必须满足标准要求,其他肥力控制指标中的部分或全部指标应根据实际情况满足规定要求。另外,园林土壤存在某些潜在障碍因子时,该潜在障碍因子应符合标准规定要求。

通过对比国内外园林土壤评价指标后发现,国外标准的评价指标的种类较少,我国的标准对于养分指标的分类较为详细。此外,有机质作为土壤肥力的核心,从指标阈值看,澳大利亚标准对土壤有机质含量的要求较高,其中天然土壤或土壤混合物中的有机质含量要求在 30 ~ 150 g/kg,远远高于我国标准(12 ~ 80 g/kg)。另外,土壤 pH 是土壤重要的化学性状,是影响土壤中元素形态和转化的重要指标。澳大利亚针对不同类型的土壤 pH 有较详细的划分,如酸性土壤  $4.5 \leq \text{pH} \leq 6$ 、中性土壤  $5.5 \leq \text{pH} \leq 7.5$ 、碱性土壤  $7 \leq \text{pH} \leq 8.5$ ,而国内标准并未对不同土壤类型所适应的 pH 做出明确规定。

同时,国外绿地土壤对于有效态养分及重金属指标暂无相关要求,而我国对于此类指标的要求则较为全面,指标体系涵盖大量元素和部分微量元素的有效态养分,以及重金属元素,还对钠吸附比也加以规定,最大程度上对园林土壤的养分、盐渍化及污染情况进行了监测和评价。对土壤物理指标,澳大利亚标准和我国标准都有较详细的规定,说明物理指标对园林土壤的重要性。其中澳大利亚标准有质地、容重、润湿性、分散率、导水率、杂质或大颗粒质量比等指标,我国标准有质地、容重、入渗率、非毛管孔隙度、石砾含量等指标。对质地的要求澳大利亚要求砂质土或壤土,我国标准是壤土;对容重的要求,两个标准差异较大,我国标准是采用环刀法测定原状土获得,澳大利亚标准则是非原状土的方法测定,因而不具有可比性。

CJ340—2016《绿化种植土壤》<sup>[6]</sup>作为我国首部园林绿化栽植土壤的行业标准,为规范和指导园林绿化建设和养护中土壤质量控制、质量评价和改良利用发挥了重要作用,但随着园林绿化建设的发展及该标准制定当时的局限性,该标准的某些内容不能完全适应和满足当前的需求,有必要进行部分内容的调整和修订,主要存在问题有:

1)土壤 pH 和 EC 值的阈值分别列出国际通用的

水土比及饱和浸提法测定结果的技术要求,可操作性较差,实际应用中易混淆。饱和浸提法测定土壤 pH 和 EC 值,导致平行值的绝对偏差大,与历史数据可比性差,而且测定效率低。

2)重金属指标按照与人群接触的密切程度,列出了四级指标,其中二、三、四级又以 pH 6.5 为限分别给出了阈值,并引用了 HJ 350—2007《展览会用地土壤环境质量评价标准》的条款,但该标准在 GB 36600—2018《土壤环境质量建设用地土壤污染风险管控标准(试行)》发布后已被废止。随着我国对土壤环境质量的重视,现有土壤重金属方面的国家标准有 GB 15618—2018《土壤环境质量农用地土壤污染风险管控标准(试行)》和 GB 36600—2018《土壤环境质量建设用地土壤污染风险管控标准(试行)》,这两个国标根据用地类型,从农用地、建设用地角度分别规定了土壤污染风险的筛选值和管制值,以及监测、实施及相关监督要求。根据绿地分类标准,建议该标准修订时引用这两个国标进行分类管理。

3)标准中有效态的大量、中量、微量营养元素,采用碳酸氢铵-二乙三胺五乙酸浸提液(AB-DTPA)方法浸提,但该方法与传统方法匹配度不高,可比性差,致使该方法实际应用较少。

## 2 我国园林土壤技术标准的不足与建议

近年来,我国的园林土壤技术标准体系已经开始逐步丰富和完善,但仍然存在一定的缺陷,主要体现在以下几个方面。

1)监测缺乏针对性的布点方法。与国外小面积的网格化布点不同<sup>[24]</sup>,目前我国针对园林土壤监测布点的方法均参考农田及环境监测的土壤布点方法,且布点数量相对较少<sup>[25-26]</sup>。但是园林土壤存在来源复杂、侵入体多和人为扰动强等特殊特点,应根据我国园林土壤特性,制定有针对性的布点原则和布点方法,布设具有代表性的土壤监测点位,形成符合我国国情的土壤监测体系<sup>[27]</sup>。

2)技术标准有待优化。一方面,园林行业对于土壤养分质量的要求较农业相对较低,在质量评价及改良技术方面可适当减少评价指标或放低阈值;另一方面,我国现有园林土壤技术标准中,部分指标与农业、生态环保领域衔接不足,例如有效态养分元素、污染元素不能像元素总量一样持续和稳定地表征土壤养分及污染情况<sup>[28]</sup>,且与目前我国关于农田土壤和建设用地土壤的相关标准衔接不足,因此关于有效态元素含量的质量控制指标可考虑进一步优化。园林土壤

相关标准中还缺乏一些与生物多样性、水土保持等生态功能相关的指标及阈值<sup>[29-30]</sup>,如与绿地生态功能密切相关的生物学指标等。纳入这些新的指示园林土壤质量的指标,既可将国际上 ISO 质量管理体系中的与生物多样性、微生物量等相关的标准方法等同或等效转化为国内标准,还可加大新型的生物学指标研发力度,并及时将研究成果转化为相关标准<sup>[31]</sup>。

3)缺乏精细化的分类管理。我国园林用地种类繁多,有公园绿地、附属绿地、防护绿地等,由于利用方式不同,土壤来源和性质往往差异较大,因此不能一概而论,亟需制定相应的管理措施进行分类管理<sup>[32-35]</sup>,为园林土壤质量提升奠定管理基础。

4)土壤改良技术标准缺乏更新迭代。随着园林土壤改良技术的不断进步,相关改良技术标准也需要与时俱进,不断将各类新型调理剂纳入指标范围。在城市困难立地土壤的改良中,配生土、各类废弃物资源化利用后生产的土壤调理剂能够为植物生长发育提供所需的土壤条件<sup>[36-37]</sup>,已经逐步开始用于各类园林绿化重大工程的土壤改良中,但目前相关技术标准仍不多见,因此园林土壤技术标准体系需要及时纳入园林土壤改良技术标准最新研究成果,不断将最新研究成果转化为技术标准。

5)相关标准独立性不足。例如在监测标准方面,园林绿化行业土壤监测标准大多照搬农业和环保标准<sup>[38]</sup>。但是涉及园林行业特殊要求的指标体系时,就需要加强相关标准的编制、发布及修订,根据不同的技术子体系领域,以地标、行标或团标的形式进行发布。此外,随着大部制的改革以及国家对生态环保领域的统筹考虑,园林行业可考虑联合环保、国土等部门共同制定标准,从而最大限度推动标准的落地与应用。综上所述,园林土壤技术标准的修订完善需要在充分考虑国内实际情况的基础上,借鉴国外优秀经验,合理制定标准方案,分步骤实施,逐渐推进标准体系建设。

## 3 新型园林土壤技术标准体系构建

针对现有标准体系存在的问题,应及时构建新型绿地土壤技术标准体系,以减少标准之间的重复与矛盾,使标准间能够相互协调和配套,从而更加科学系统地进行园林土壤管理。与国外园林土壤技术标准比对分析后发现,国内园林土壤技术标准体系需要从土壤调查技术、土壤检测技术、土壤质量评价和改良技术、土壤改良材料检测评价技术 5 个方面进一步地优化,并建立起适合我国国情的园林土壤技术标

准体系。

1) 园林土壤调查技术标准体系。园林土壤调查技术标准体系涵盖了土壤调查中的前期资料收集与实地勘察, 调研物资准备, 采样方案制定, 样品采集、记录、装袋与运输, 样品的制备和贮存等一系列工作, 以土壤调查技术标准体系来规范采样流程, 为后续的检测和改良奠定基础。因园林土壤变异扰动大, 为在有效的预算内采到具有代表性的土壤样品, 需要针对监测布点方法制定标准。另外由于绿地土壤种类繁多且用途不同, 对绿地土壤的监管尤为重要, 见证取样制度把采样人也纳入标准化管理, 能够较好地管理采样人, 保障采样流程的规范、可信、可追溯, 杜绝不规范采样现象。

2) 园林土壤检测技术标准体系。园林土壤检测技术标准体系应包括与土壤生态功能相关的所有检测指标, 如肥力指标、生物学指标与环境指标等, 相配套的检测技术标准也应及时更新迭代。目前土壤中有机无机元素检测方法, 虽然检测体系已趋于完善, 但是随着各类新型检测仪器的开发和使用, 如 X 射线荧光光谱仪、拉曼光谱仪、高光谱仪等, 在土壤质量检测中逐步发挥重要作用, 但仍缺乏相关检测标准从而对土壤质量检测工作有一定影响。同时, 作为目前研究热点的各类生物学指标也应逐步纳入到土壤质量评价体系中, 如微生物指标、土壤动物指标等, 但相应的研究成果离标准化尚有距离, 应进一步研发和推广。

3) 园林土壤质量评价技术标准体系。我国幅员辽阔, 土壤种类繁多, 应根据成土条件、人为影响及用途, 构建适合不同土壤类型的园林土壤评价指标和评价方法, 使其能够全面地、科学地评价园林土壤质量, 为改良和养护提供可靠依据。目前园林土壤质量评价技术标准主要集中于地标和团标, 上升为行标的较少, 仅有 LY/T 2445—2015《绿化用表土保护技术规范》和 CJ/T 340—2016《绿化种植土壤》, 尚未形成系统的评价技术标准体系。因此, 应分类构建科学合理的评价技术标准, 形成标准体系, 同时可根据实际情况设立管理标准, 明确相关方职责, 保障标准体系顺利运行。

4) 园林土壤改良技术标准体系。园林土壤改良技术标准体系主要包括各类园林土壤的改良方法和改良技术等, 土壤的障碍因子不同, 改良技术与方法也不同。土壤改良技术应根据土壤本底调查及植被调查等结果, 基于土壤质量的合理评价, 找出关键性障碍因子, 并根据最终土壤利用目的, 切合实际地制定土壤改良技术方案。在改良土壤的同时注重促进各类废

弃物的就地资源化利用, 如加大湿垃圾改良材料与配生土的应用等, 营造微地形过程中注意场地内土方的平衡。同时基于各类重大工程绿化土壤改良方案的小试、中试以及具体工程实践结果, 凝练提升并制定和出台相关改良标准, 逐步规范土壤改良工作程序和内容, 以促进园林土壤质量全面提升。

5) 土壤改良材料检测与评价标准体系。改良材料的质量直接影响着改良技术的实施和效果, 因此应建立起改良材料检测与评价标准体系。一方面, 对于改良材料的检测方法大都套用农业的检测方法, 但由于园林土壤改良材料的类型与农业土壤存在一定差异, 使得部分改良材料尚未有相应的检测标准, 亟需推动新仪器和新方法的应用, 并将研究成果转化为检测标准; 另一方面, 改良材料的质量评价暂时停留在相应标准的限值判定, 部分改良材料的行业特殊性, 如黄沙、石膏等, 受众范围较窄从而缺乏相关标准, 不能够进行科学的质量评价, 因此应推进园林行业特有改良材料的技术标准制定, 建立起覆盖常用改良材料检测及评价的指标体系, 对改良材料进行科学合理的质量评价, 为园林土壤的改良奠定坚实的基础。如上海市园林科学规划研究依托相关科研及工程项目出台了 T/CHSLA 1007—2022《厨余垃圾固态残余物腐熟后绿化用改良材料质量及施用要求》, 为厨余垃圾固态残余物腐熟后绿化用改良材料提供了技术支持。

在上述 5 个子体系基础上, 笔者团队构建了适合上海园林土壤调查与评价的技术标准体系(图 1), 该体系以通用基础标准体系为前提, 以技术标准体系和管理标准体系为主体, 以工作标准体系为具体实施指导, 全面、科学、系统地 为世博文化公园和三林楔形绿地等上海市重点工程的土壤质量保驾护航。通用基础标准体系对整个标准化体系的术语、定义、符号等进行了规范; 技术标准体系规定了绿地土壤和改良材料的调查、检测及评价的基本技术要求; 管理标准体系则是对相关工作人员的职责、工作要求等进行划分, 以实现规范化、可追溯的管理; 而工作标准体系则是从可操作层面明确了采样、检测、评价等各项工作的实施步骤、流程和方法, 让标准体系的运行尽量减少人为因素的影响。通过上述体系运行和不断改进完善, 最终实现了对表土、改良材料和种植土的质量监控、评价和改良提升, 为施工方提供了便于理解和操作性强的工作指南, 为管理部门提供了管理的技术依据, 为技术服务推广部门提供了工作方法和流程, 在全国园林行业进行了标准宣贯和推广, 强力支撑了城市绿化园林工程的建设 and 园林绿化行业的发展。

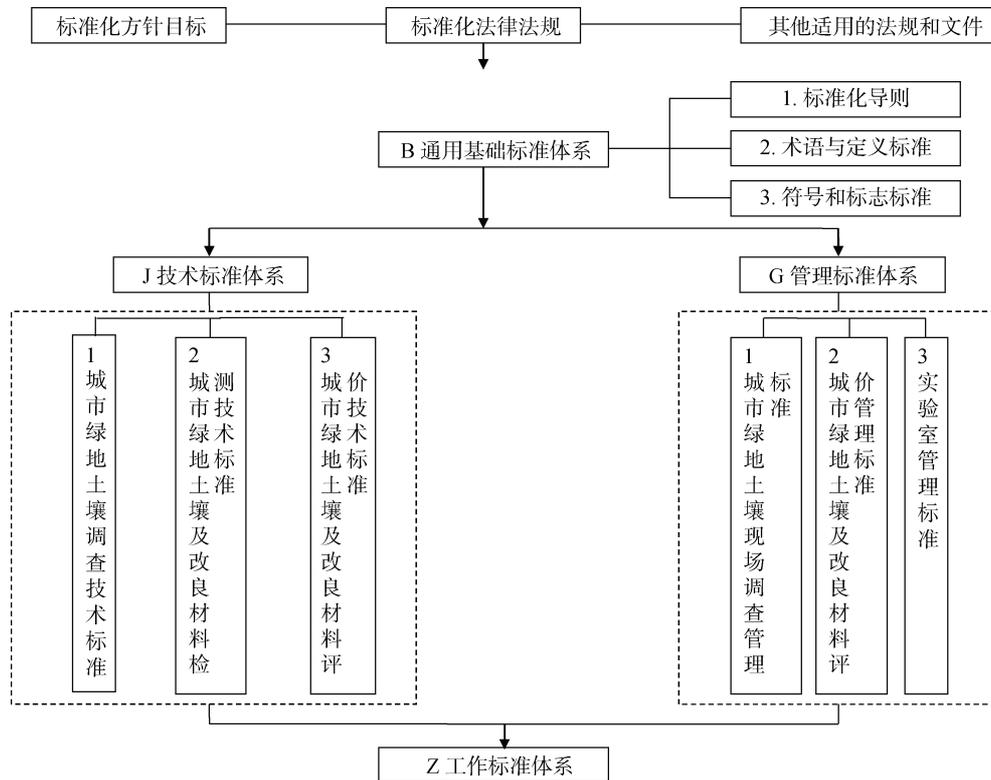


图 1 上海绿地土壤调查与评价标准化体系结构图

Fig. 1 Standardization system of survey and evaluation of green-land soil in Shanghai

参考文献：

[1] 纪媛. 园林工程质量管理研究[D]. 河北: 河北地质大学, 2022.

[2] 顾建中, 徐玲子, 管益敏, 等. 基于园林绿地普查的常德生态园林城市创建思考[J]. 湖南文理学院学报(自然科学版), 2023, 35(2): 83-87.

[3] 李晓英, 周惠民, 李畅, 等. 城市不同功能区绿地土壤理化性质及微生物生物量的分布特征[J]. 土壤, 2021, 53(4): 874-880.

[4] 杨兴宇, 王子铭, 马扬宏. 园林植物与园林土壤关系探究[J]. 南方农业, 2019, 13(23): 36, 38.

[5] 上海市质量技术监督局. 绿化用表土保护和再利用技术规范: DB31/T 661—2012[S]. 北京: 中国标准出版社, 2013.

[6] 中华人民共和国住房和城乡建设部. 绿化种植土壤: CJ/T 340—2016[S]. 北京: 中国标准出版社, 2016.

[7] 国家林业局. 绿化用有机基质: LY/T 1970—2011[S]. 北京: 中国标准出版社, 2011.

[8] 张浪, 王忙忙, 仲启铖, 等. 上海城市绿化“四化”建设的综合评价指标体系构建[J]. 园林, 2022, 39(3): 63-68.

[9] 王延洋, 李向茂, 王琰. 上海园林绿化标准体系的现状与思考[J]. 上海建设科技, 2016(1): 50-51, 61.

[10] 郝瑞军, 王玮红, 刘海波. 园林土壤工程方法研究与展望[J]. 园林, 2020(6): 46-50.

[11] 刘喆. 市政园林土壤生态环保修复措施的应用[J]. 南方农业, 2022, 16(12): 198-200.

[12] Khan M I, Zhu X Y, Arshad M, et al. Assessment of spatiotemporal characteristics of agro-meteorological drought events based on comparing Standardized Soil Moisture Index, Standardized Precipitation Index and Multivariate Standardized Drought Index[J]. Journal of Water and Climate Change, 2020, 11(S1): 1-17.

[13] 周文娟. 园林土壤质量管理探讨配置的几点思考[J]. 四川农业科技, 2019(1): 71-72.

[14] 张米尔, 国伟, 纪勇. 技术专利与技术标准相互作用的实证研究[J]. 科研管理, 2013, 34(4): 68-73.

[15] 王博, 刘则渊, 丁堃, 等. 产业技术标准和产业技术发展关系研究——基于专利内容分析的视角[J]. 科学学研究, 2016, 34(2): 194-202.

[16] Harrington E, Wambugu A W. Beyond technical standards: Creating an ecosystem for quality and repair in Kenya’s off-grid solar sector[J]. Energy Research & Social Science, 2021, 77: 102101.

[17] Redlich S, Martin E A, Steffan-Dewenter I. Sustainable landscape, soil and crop management practices enhance biodiversity and yield in conventional cereal systems[J]. Journal of Applied Ecology, 2021, 58(3): 507-517.

[18] 刘三江, 刘辉. 中国标准化体制改革思路及路径[J]. 中国软科学, 2015(7): 1-12.

[19] Hortensius D, Meinardi R. ISO/TC 190 and the development of an international standardized approach to soil quality problems[J]. Water International, 1989, 14(2): 89-90.

- [20] 张琪, 张贾宇, 张浪, 等. 上海园林土壤标准及管理现状与对策研究[J]. 中国园林, 2022, 38(7): 86–90.
- [21] 冯双平. 上海迪士尼绿化种植土生产工程管理项目案例[J]. 中国农学通报, 2016, 32(27): 187–193.
- [22] NY-SA. Specifications for topsoil for landscaping: ASTM D5268—2013[S]. New York: Chemical Analysis, Chemical Publishing Co., 2013.
- [23] AU-SA. Soils for landscaping and garden use: AS 4419—2018[S]. AU Standard, 2018.
- [24] 李哲, 郭迎涛, 程紫华. 土壤环境现状现场调查方法评析[J]. 环境影响评价, 2019, 41(5): 8–13.
- [25] 谢云峰, 曹云者, 杜晓明, 等. 土壤污染调查加密布点优化方法构建及验证[J]. 环境科学学报, 2016, 36(3): 981–989.
- [26] 谢永龙. 新时代城市土壤环境监测点位布设应用的研究分析[J]. 环境与发展, 2020, 32(2): 160–161.
- [27] 方芳芳, 由文辉, 蒋跃, 等. 上海外环线地内段不同植被类型下土壤有害动物的群落结构[J]. 长江流域资源与环境, 2010, 19(S2): 28–33.
- [28] 张庆泉. 土壤中重金属生物有效态的研究[J]. 山西化工, 2022, 42(5): 181–183.
- [29] 边雪廉, 岳中辉, 焦浩, 等. 土壤酶对土壤环境质量指示作用的研究进展[J]. 土壤, 2015, 47(4): 634–640.
- [30] 孙新, 李琪, 姚海凤, 等. 土壤动物与土壤健康[J]. 土壤学报, 2021, 58(5): 1073–1083.
- [31] 李茜玲, 彭祚登. 国内外林业标准化研究进展述评[J]. 世界林业研究, 2012, 25(3): 6–11.
- [32] McBratney A, Koppi T, Field D J. Radical soil management for Australia: A rejuvenation process[J]. Geoderma Regional, 2016, 7(2): 132–136.
- [33] 陆军, 马薇, 王夏晖, 等. 农用地土壤环境分类管理研究[J]. 环境保护科学, 2016, 42(4): 6–10.
- [34] Devine S M, Steenwerth K L, O’Geen A T. A regional soil classification framework to improve soil health diagnosis and management[J]. Soil Science Society of America Journal, 2021, 85(2): 361–378.
- [35] Shrestha K, Stevens S, Shrestha P, et al. Characterisation of the soil microbial community of cultivated and uncultivated vertisol in Australia under several management regimes[J]. Agriculture, Ecosystems & Environment, 2015, 199: 418–427.
- [36] 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.
- [37] 黄晶, 孔亚丽, 徐青山, 等. 盐渍土壤特征及改良措施研究进展[J]. 土壤, 2022, 54(1): 18–23.
- [38] 孙亚彬, 吴克宁, 胡晓涛, 等. 基于潜力指数组合的耕地质量等级监测布点方法[J]. 农业工程学报, 2013, 29(4): 245–254, 302.