

中华人民共和国国家标准

GB/T 43679—2024

城市生态系统监测技术指南

Technical guideline for urban ecosystem monitoring

2024-03-15 发布

2024-07-01 实施

国家市场监督管理总局
国家标准化管理委员会 发布

目次

前言 I

1 范围 1

2 规范性引用文件 1

3 术语和定义 2

4 基本原则 2

5 基本流程 2

6 监测目标、内容、指标及技术和方法 3

7 质量控制 6

附录 A（规范性） 城市生态系统要素监测技术和方法 8

附录 B（规范性） 城市生态系统过程监测技术和方法 18

参考文献 22

前 言

本文件按照 GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第 1 部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由全国环境管理标准化技术委员会(SAC/TC 207)提出并归口。

本文件起草单位：中国科学院生态环境研究中心、中国标准化研究院、中国科学院大学、北京师范大学、中国电建集团华东勘测设计研究院有限公司、核工业井巷建设集团有限公司、北京市排水管理事务中心、中核生态环境有限公司、中电建生态环境集团有限公司、北京建工环境修复股份有限公司。

本文件主要起草人：任玉芬、欧阳志云、王效科、张邈嘉、郑华、苏芝敏、徐秉声、张红星、李伟峰、韩宝龙、张鑫、周伟奇、逯非、林翎、徐华山、盛晟、陈彬、侯姗、杨锋、宋子健、赵磊、李翠、张阳、霍鹏、段存存、郦建锋、严克伍、李云风、李书鹏、汪福旺、王寒涛。

城市生态系统监测技术指南

1 范围

本文件提供了城市生态系统监测基本原则、基本流程、监测目标、监测内容、监测指标及方法、质量控制的指导。

本文件适用于城市生态系统监测工作。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

GB/T 14848 地下水质量标准
GB/T 18204.3 公共场所卫生检验方法 第3部分：空气微生物
GB/T 33027 森林生态系统长期定位观测方法
GB/T 33703 自动气象站观测规范
GB/T 35224 地面气象观测规范 天气现象
GB/T 35237 地面气象观测规范 自动观测
GB 50179 河流流量测验规范
HJ 164 地下水环境监测技术规范
HJ/T 165 酸沉降监测技术规范
HJ/T 166 土壤环境监测技术规范
HJ/T 193 环境空气质量自动监测技术规范
HJ 655 环境空气颗粒物(PM₁₀和PM_{2.5})连续自动监测系统安装和验收技术规范
HJ 664 环境空气质量监测点位布设技术规范(试行)
HJ 710.1 生物多样性观测技术导则 陆生维管植物
HJ 710.3 生物多样性观测技术导则 陆生哺乳动物
HJ 710.4 生物多样性观测技术导则 鸟类
HJ 710.5 生物多样性观测技术导则 爬行动物
HJ 710.6 生物多样性观测技术导则 两栖动物
HJ 710.7 生物多样性观测技术导则 内陆水域鱼类
HJ 710.8 生物多样性观测技术导则 淡水底栖大型无脊椎动物
HJ 710.9 生物多样性观测技术导则 蝴蝶
HJ 710.10 生物多样性观测技术导则 大中型土壤动物
HJ 710.12 生物多样性观测技术导则 水生维管植物
HJ 915 地表水自动监测技术规范(试行)
HJ 1295 水生态监测技术指南 河流水生生物监测与评价(试行)
HJ 1296 水生态监测技术指南 湖泊和水库水生生物监测与评价(试行)

SL 24 堰槽测流规范
SL 219 水环境监测规范

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

城市生态系统 urban ecosystem

由城市居民、生活在城市中的动植物等生物环境与城市非生物环境相互作用形成的功能整体。

3.2

城市生态系统格局 urban ecosystem pattern

城市生态系统中不同子生态系统在空间上的排列和组合。

3.3

城市生态系统要素 urban ecosystem element

能反映城市生态系统特性，构成城市生态系统的基本组分。

注：指构成城市生态系统的植物、动物、微生物等生物要素，空气、水体、土壤等非生物要素，以及社会经济要素。

3.4

城市生态系统过程 urban ecosystem process

城市生态系统中各类自然资源(物质、能量等)参与系统演化，服务人类生产、生活的过程。

4 基本原则

4.1 适用性原则

充分考虑城市生态系统的特点，根据城市生态系统监测的主要目标、内容和任务，选择合理的城市生态系统格局、要素和过程指标。

4.2 可操作性原则

综合考虑城市的特点，并根据监测指标的特性，客观分析人工监测方法、自动监测方法的可操作性，选择技术经济可行的监测方法，保障城市生态系统监测任务的实施。

4.3 科学性原则

科学规范地开展城市生态系统监测的前期准备、数据(样品)采集和分析整理等，确保城市生态系统监测数据的准确性。

5 基本流程

城市生态系统监测包括明确监测目标和监测任务，确定监测内容，选择城市生态系统监测指标，确定城市生态系统监测技术和方法。城市生态系统监测技术和方法宜按附录 A 和附录 B 确定。城市生态系统监测基本流程见图 1。

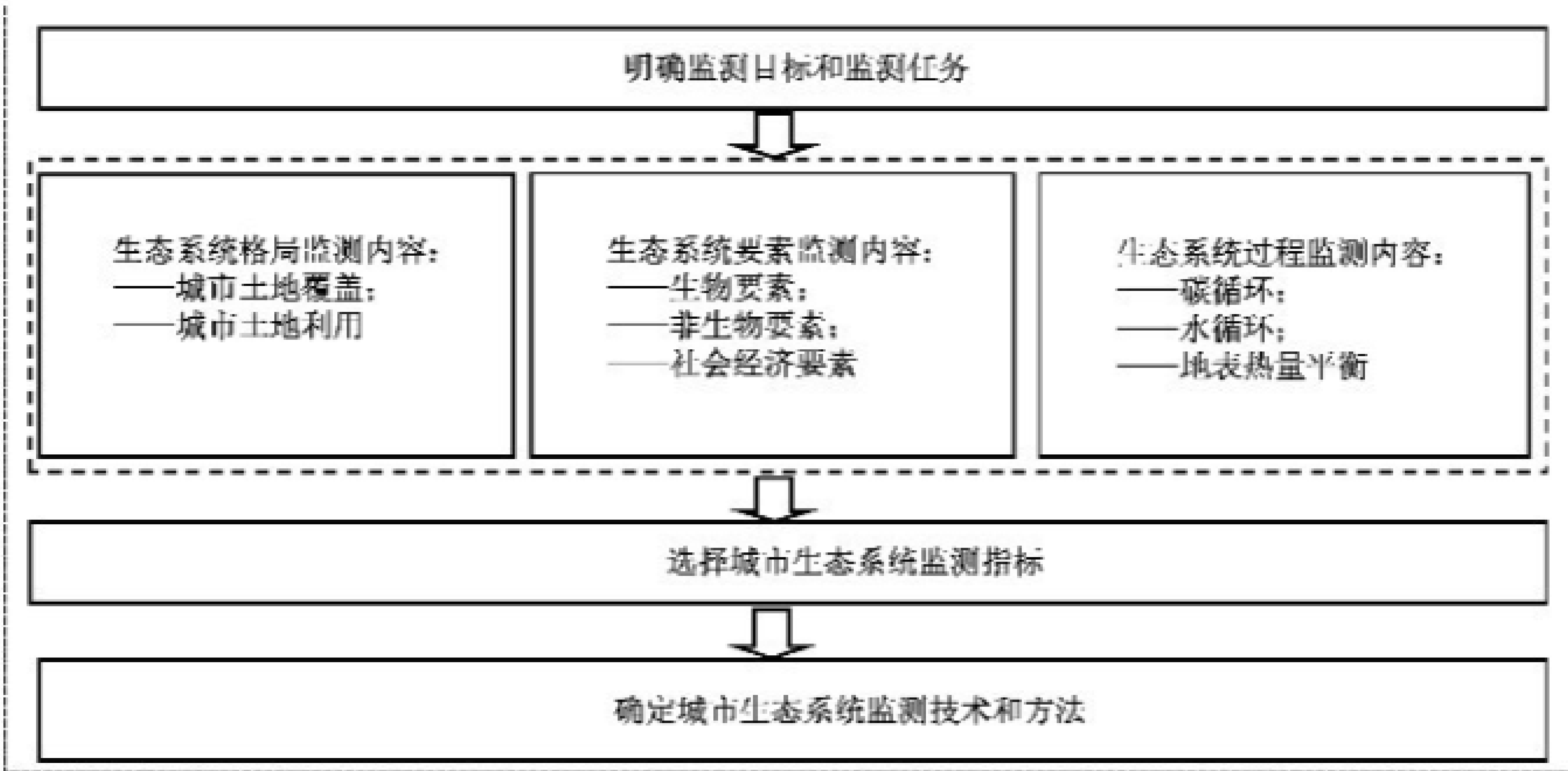


图 1 城市生态系统监测基本流程

6 监测目标、内容、指标及技术和方法

6.1 监测目标

综合运用遥感技术、地面调查、定位监测、数据集成等技术,获取城市生态系统要素、格局、过程等数据,为城市生态评价、规划与管理以及居民社会活动提供信息和科学依据。

6.2 监测内容、监测指标、监测技术和方法

6.2.1 城市生态系统格局监测

城市生态系统格局监测内容包含土地覆盖和土地利用 2 类监测。

城市土地覆盖监测主要监测城市绿地、水体、不透水地表等的面积和分布。城市绿地包括林地、灌丛和草坪;水体包括河流和湖泊等;不透水地表包括屋顶、道路、广场等。

城市土地利用监测主要监测公园、居住区、道路、学校、商业区、工业区等功能区的面积和分布。

主要依靠高分辨率遥感资料分析和地面 GPS 定位监测,确定城市覆盖和土地利用类型。遥感资料分析,采用目视判读或遥感资料解译的监督和非监督分类方法(空间分辨率小于 10 m),结合地面验证,编制城市土地覆盖和土地利用分布图。监测指标和技术方法见表 1。

表 1 城市生态系统格局监测指标及技术方法

监测内容	监测对象	监测指标	技术方法
城市土地覆盖	城市绿地	面积、分布	使用高分辨遥感数据(空间分辨率小于 10 m),采用目视解译方法和面向对象分类方法,通过影像分割,逐级提取土地覆被/利用信息
	水体	面积、分布	
	不透水地表	面积、分布	
城市土地利用	公园	面积、分布	
	居住区	面积、分布	
	道路	面积、分布	
	学校	面积、分布	
	商业区	面积、分布	
	工业区	面积、分布	

6.2.2 城市生态系统要素监测

城市生态系统要素监测内容包括植物、动物、微生物等生物要素监测,空气、水体、土壤等非生物要素监测,以及社会经济要素监测。生物要素中,城市植物主要监测陆生植物的群落组成、生长、物候和花粉,水生维管植物和浮游植物等水生植物的种类和数量;城市动物主要监测鸟类、小型哺乳动物、两栖动物、爬行动物、昆虫和土壤动物等陆生动物的种类和数量,鱼类、浮游动物和大型底栖无脊椎动物等水生动物的种类和数量;微生物主要监测土壤微生物和空气微生物的种类和相对多度/菌落数。非生物要素中,空气监测主要监测气象要素、天气现象、空气质量、干沉降、湿沉降等;水体监测主要监测地表水和地下水的水文和水质;土壤监测主要监测土壤养分、重金属和有机污染物的浓度。社会经济要素主要监测以人口为主的社会因素,以及生活水平和经济发展等经济因素。人口主要调查人口数量和结构;生活水平主要指家庭收入和生活支出,经济发展主要关注国内生产总值(GDP)和产业结构等。监测指标和技术方法见表 2。

表 2 城市生态系统要素监测指标及技术方法

监测内容	监测对象		一级指标	二级指标	技术方法	
生物要素	植物	陆生植物	群落组成	种类	见 A.1.1	
				株数		
				盖度		
			生长	胸径	见 A.1.2	
				高度		
				冠幅		
				叶面积指数		
			物候	物候期	见 A.1.3	
			花粉	种类、浓度	见 A.1.4	
		水生植物	水生维管植物	种类、数量	见 A.2.1	
			浮游植物	种类、数量	见 A.2.2	
	动物	陆生动物	鸟类	种类、数量	见 A.3.1	
			小型哺乳动物	种类、数量	见 A.3.2	
			两栖动物	种类、数量	见 A.3.3	
			爬行动物	种类、数量	见 A.3.4	
			昆虫	种类、数量	见 A.3.5	
			土壤动物	种类、数量	见 A.3.6	
		水生动物	鱼类	种类、数量	见 A.4.1	
			浮游动物	种类、数量	见 A.4.2	
			大型底栖无脊椎动物	种类、数量	见 A.4.3	
		微生物		土壤微生物	种类、相对多度	见 A.5.1
				空气微生物	种类、菌落数	见 A.5.2

表 2 城市生态系统要素监测指标及技术方法（续）

监测内容	监测对象		一级指标	二级指标	技术方法
非生物要素	空气		气象要素	空气温度、空气湿度、降水、气压、风速、风向、总辐射、光合有效辐射等	见 A.6.1
			天气现象	雨、阵雨、毛毛雨、雪、阵雪、雨夹雪、阵性雨夹雪、霰、米雪、冰粒、冰雹；雾、轻雾、露、霜、雾凇、冰针、结冰、雨淞；烟幕、霾、扬沙、浮尘、沙尘暴；大风、飇、龙卷、尘卷风；雷暴、闪电、极光；积雪、吹雪、雪暴	见 A.6.2
			空气质量	NO、NO ₂ 、NO _x 、CO、CO ₂ 、SO ₂ 、O ₃ 、PM ₁₀ /PM _{2.5} ；挥发性有机物（VOCs）；持久性有机污染物（POPs）	见 A.6.3
			干沉降	沉降量：C、N、P、K、Na、Ca、Mg、Si 等	见 A.6.4
			湿沉降	降雨量、pH、电导率（EC）、Cl ⁻ 、NO ₃ ⁻ 、SO ₄ ²⁻ 、Ca ²⁺ 、Mg ²⁺ 、Na ⁺ 、K ⁺ 、NH ₄ ⁺ 等	见 A.6.5
	水体	地表水	地表水水文	流速、流量	见 A.7.1
			地表水水质	pH、EC、浊度（ZD）、溶解氧（DO）、化学需氧量（COD）、生化需氧量（BOD）、总有机碳（TOC）、总无机碳（TIC）、总碳（TC）、总氮（TN）、总磷（TP）、K ⁺ 、Na ⁺ 、Ca ²⁺ 、Mg ²⁺ 、NH ₄ ⁺ 、F ⁻ 、Cl ⁻ 、NO ₂ ⁻ 、NO ₃ ⁻ 、SO ₄ ²⁻ 、叶绿素、大肠杆菌等；Pb、Cr、Cd、Cu、Ni、Zn、As、Hg 等；POPs	见 A.7.2
		地下水	地下水水文	水位	见 A.8.1
			地下水水质	pH、EC、COD、TOC、TIC、全碳（TC）、全氮（TN）、全磷（TP）、K ⁺ 、Na ⁺ 、Ca ²⁺ 、Mg ²⁺ 、NH ₄ ⁺ 、F ⁻ 、Cl ⁻ 、NO ₂ ⁻ 、NO ₃ ⁻ 、SO ₄ ²⁻ 等。	见 A.8.2
		土壤	养分	TOC、全氮、全磷、全钾、硝态氮、铵态氮、速效磷、有效钾等	见 A.9.1
			重金属	Cu、Zn、Pb、Cr、Cd、As、Hg 等	见 A.9.2
			有机污染物	农药、多环芳烃（PAHs）等	见 A.9.3
社会经济要素	社会	人口	人口数量	人口结构	见 A.10.1
			人口结构		
	经济	生活水平	家庭收入	生活支出	见 A.11.1
			生活支出		
		经济发展	GDP	产业结构	见 A.11.2
			产业结构		

6.2.3 城市生态系统过程监测

城市生态系统过程重点监测城市主要的碳循环、水循环、地表热量平衡等过程。碳循环重点监测生物生产、生产力和碳通量等；水循环重点监测蒸散发、树木蒸腾和地表径流过程；地表热量平衡重点关注城市屋顶、道路和绿地等下垫面的热量平衡过程。监测指标和技术方法见表 3。

表 3 城市生态系统过程监测指标及技术方法

监测内容	一级指标	二级指标	技术方法
碳循环	生物生产	生物量	见 B.1.1
	生产力	总初级生产力	见 B.1.2
	碳通量	CO ₂ 通量	见 B.1.3
水循环	蒸散发	蒸腾	见 B.2.1
		蒸散	
	树木蒸腾	液流速度	见 B.2.2
	地表径流过程	地表径流	见 B.2.3
		径流污染负荷	
地表热量平衡	下垫面热量平衡	地表温度	见 B.3.1
		净辐射	见 B.3.2

7 质量控制

7.1 监测设备

为了保证监测数据质量,宜定期对监测设备按期维护和保养。

- a) 仪器设备按期维护,根据设备的使用频率或者出厂说明书的具体要求制定相应的检测、维护和保养方案。
- b) 对仪器设备的保养过程和相关技术参数进行备案,作为日常仪器设备维修的依据;若仪器设备长时间搁置不用,注意定期进行通电检查和清洁。

7.2 监测人员

为了提高监测规范性和数据质量,宜定期对监测技术人员进行定期培训和指导。

- a) 认真参加关键设备的操作技术培训和学习。
- b) 熟练掌握关键设备的操作流程,严格遵守设备使用和维护规范,具备设备调试、故障排除、性能调整等基本能力。

7.3 数据质量控制

7.3.1 数据的完整性

原始数据文档记录是数据质量控制的基本保证,通过审核原始数据文档记录,能够溯源数据的误差来源,保证数据的完整性和可靠性。

- a) 场地记录文档:对长期采样地背景信息的详细记录。

- b) 方法记录文档:对采样时间、地点、采样方法的详细记录。
- c) 分析记录文档:分析测试条件、地点、测试方法等的详细记录。
- d) 数据处理文档:体现从原始数据到最终结果报告的过程及数据转换步骤。
- e) 仪器和标样检定文档:审核分析测试的置信度。

在发现基础数据不全或数据产生背景不够完整(如缺乏试验处理的说明)时,及时补充。

7.3.2 数据的一致性

根据历史资料,评价数据的合理性,发现问题时及时分析原因。每个数据集包含原始数据文件、数据记录文件和关键问题的描述。

7.3.3 数据的有效性检查

测定项目宜采集 3 个~6 个重复样,以保证数据的代表性和有效性。数据的缺失率不大于 70%。水环境水质采集一般采取采集平行样,与实时监测数据做比对,数据有效性一般大于 90%。

7.3.4 异常值的取舍

为了使长期监测结果更符合客观实际,剔除明显偏离监测结果的测定数据是至关重要的。对可疑数据的取舍,采取以下原则:

- a) 复查试验过程,如果是过失误差,则舍弃;
- b) 如果未发现过失,则按统计程序决定取舍。大样本离散数据的取舍采用三倍标准差法;小样本离散数据的取舍采用狄克逊(Dixon)检验法或者格鲁勃斯(Grubbs)检验法。

7.3.5 缺失数据的处理

在监测过程中如有缺失数据,一般通过以下方式进行处理:

- a) 删除:描述性统计时自动删除缺失数据;
- b) 替代:选用监测的平均值或前一个监测值或用回归预测值替代;
- c) 分组替代:将监测数值按照研究目的分组,选用分组后的平均值或回归预测值替代;
- d) 缺失数据在备注中说明是何种原因引起的缺失。

附 录 A
(规范性)
城市生态系统要素监测技术和方法

A.1 陆生植物

A.1.1 群落组成

A.1.1.1 布点方法

将城市按照一定空间距离(如 2 km)划分成网格,采用分层随机抽样方法,兼顾城市植被取样的代表性布设监测样地,房屋、道路等硬化地表区域不设监测点。为了方便下次取样,每个长期观测样地宜选取一些标志物(例如建筑物等),同时进行位置标记和地形图标记,并做好详细记录。

样地个数选取考虑以下原则:

- a) 宜尽量覆盖城市植被的所有类型;
- b) 城市建成区面积越大,监测的样地个数宜根据当地情况适当有所增加;
- c) 城市植被异质性越高的地区,监测的样地个数和密度宜根据实际情况适当增加;
- d) 城市中土地利用特殊的地区和重要生境(如石灰岩地区、重要湿地、有重要文化价值的地区等),宜设置样地。

A.1.1.2 监测方法

在每个样地中随机选取 1 个~3 个样方(面积 400 m² 或 20 m×20 m),避开房屋、道路等硬化地表区域。记录样方内所有乔木和灌木的种类、株数。在每个样方内随机选取 3 个~5 个 1 m×1 m 的小样方进行草本植物调查,记录草本植物种类、盖度。具体调查方法宜按 HJ 710.1 相关规定进行。

A.1.2 生长

A.1.2.1 布点方法

植物生长调查的布点方法同 A.1.1。

A.1.2.2 监测方法

测量样方内所有乔木的胸径、高度,以及灌木的高度、冠幅。采用叶面积仪测定特定植物物种的叶面积指数。在每个样方内随机选取 3 个~5 个 1 m×1 m 的小样方,进行草本植物调查,记录草本植物的高度。具体调查方法宜按 HJ 710.1 相关规定进行。

A.1.3 物候

A.1.3.1 布点方法

物候观测地点宜布设在按照 A.1.1 布点方式选择的样地内,宜优先选择有连续气象、水文、生物和土壤要素观测的样地。在相关物候进程的开始和结束日期期间进行观测。

A.1.3.2 监测方法

利用高分辨率数字相机进行连续监测。通过对单株植物的高频自动拍照和人工目测图像解译,提取和确定植物生长发育阶段等方面的信息。乔木和灌木包括芽开放期、开始展叶期、开花始期、开花盛

期、开花末期、果实或种子成熟期、叶秋季全部变色期、落叶末期；草本植物包括开花始期、开花盛期、开花末期。在调查过程中，宜注意：

- a) 如果仅观测 1 个城市绿地，则根据该绿地上植物群落结构的异质性而定，植物群落树种少、结构简单，原则上宜观测样地内所有种类；若植物群落构成异质性较高，侧重观测样地优势种；
- b) 如果观测多个样地，宜尽可能包括各个城市常见园林植物种类；选择在尽量多的观测样地内均有出现的物种进行物候观测；宜选择物候现象容易观测，并且各个物候阶段容易区别的物种；
- c) 确定观测物种后，从每个物种中选择观测个体，每个样地每物种选择 3 株～5 株进行观测，如果株间差异大时，宜按类选定代表树对全株进行观察，草本植物单株间物候期的差异较大，为避免偶然性，最好选择彼此靠近的数十株作为观测对象；宜选择个体生长发育正常的植株且生长阶段能代表群落的整体水平的植株；乔木和灌木，宜尽量选择已开花结实 3 年以上的树木；从观测方向看，树木树冠顶部（向阳面）或中部清晰可见；雌雄异株的植物，观测开花期以记录雄株为宜，结果现象以观测雌株为宜；
- d) 观测植株选定后，做好标记，采集植株地理坐标信息，并绘制平面位置图存档；
- e) 在观测期间，宜每天观测；人工观测条件下，如人力不足，可以隔 1 d 观测 1 次，或根据选定的观测项目酌量减少观测次数，但以保证不失时机为原则。

A.1.4 花粉

A.1.4.1 布点方法

采用网格化分层随机抽样方法，以城市的不同功能区（如公园、居住区、道路、学校、商业区、工业区等）为主导，兼顾考虑季节主风向，在城市不同发展水平区域，建立多个观测点，形成观测网络。

A.1.4.2 监测方法

- 采用 7 d 孢子容量测定采样器，收集花粉颗粒，在光学显微镜下进行计数和鉴定，具体如下。
- a) 采样器宜安装在开阔的场地，无高大建筑物及树木遮挡。将采样器固定在水平位置，进气孔的位置高出采样平台围栏 75 cm 以上，进气孔与采样平台上较高建筑夹角小于 20°。
 - b) 采样器全天 24 h 工作，以 10 L/min 的速度抽吸空气进入密闭内室。采样鼓表面覆盖涂有黏附剂的聚酯薄膜采样带，以 2 mm/h 转速转动，空气中的颗粒被黏附在内室中转动的采样鼓表面。
 - c) 采样周期设定为 7 d，1 个采样周期结束后，将聚酯薄膜采样带取下，更换新的采样带。将取下的采样带平均剪成 7 份，每份为 1 d 的采样样品，经过染色、制片，在光学显微镜高倍镜（×400）下从 2 mm/h 的截面随机选取 5 个区域（全天共计 120 个区域）进行花粉计数和鉴定，计算花粉浓度。

A.2 水生植物

A.2.1 水生维管植物

A.2.1.1 布点方法

根据调查目的，在城市内选择一定数量的代表性水体开展调查，并根据水体环境特点和不同类型水生植物的分布特点，采用系统抽样与典型抽样相结合的方法，布设样线、样方或样点。对样线、样方和样点采用全球定位系统（GPS）或其他方式进行标记，在地形图上注明位置，并记录样地的生境要素。具体抽样方式宜按 HJ 710.12 相关规定进行。

A.2.1.2 监测方法

根据生活型的不同,将水生植物分为挺水植物、浮水植物和沉水植物。水生维管植物主要调查种类和数量,具体调查方法宜按 HJ 710.12、HJ 1295、HJ 1296 相关规定进行。

A.2.2 浮游植物

A.2.2.1 布点方法

根据调查目的,在城市内选择一定数量的代表性水体开展调查。根据河流、湖泊、水库等水体形态特点,在水域内设置若干具有代表性的断面/样线,使同一断面/样线上的差异尽可能小;在同一断面/样线上,每隔一定距离设置 1 个样点。对样线、样点采用 GPS 或其他方式进行标记,在地形图上注明位置,并记录样地的生境要素。

A.2.2.2 监测方法

浮游植物包括蓝藻门、绿藻门、硅藻门、金藻门、黄藻门、甲藻门、隐藻门和裸藻门 8 个门类,主要调查浮游植物的种类和数量等。根据河流、湖泊等水体生境类型和水生植物的分布特征,选取适当的采样设备和采样方法,采集具有代表性的定量、定性样品。具体监测方法宜按 HJ 1295、HJ 1296 相关规定进行。

A.3 陆生动物

A.3.1 鸟类

A.3.1.1 布点方法

根据观测目的,观测地点主要选择在城市植物、土壤长期观测的样地或其附近相似群落内。采用简单随机抽样、系统抽样或分层随机抽样等方法,在样地内设置观测样线/样点。根据不同的土地利用类型、植被类型、海拔高度以及地形地貌等因素划分不同的生境类型。根据每种生境类型的面积大小和结构复杂度在相应斑块内设置合适数量的样线。样地设置同时考虑观测鸟类的生物学、生态学特征和观测目标;样地的数量宜符合统计学的要求,并考虑人力、资金等因素。

A.3.1.2 监测方法

主要采用分区直数法、样线法、样点法等监测鸟类的种类和数量。鸟类具有迁徙的特点,宜根据观测目标和观测区域鸟类的繁殖、迁徙及越冬习性确定观测的时间和观测频率。具体监测方法宜按 HJ 710.4 相关规定进行。

A.3.2 小型哺乳动物

A.3.2.1 布点方法

可采用分层随机抽样法或系统抽样法设置监测样点。采用分层随机抽样法时,考虑调查样点和调查样地内不同的生境类型。采用系统抽样法时,在调查样地内划定网格设置样点,网格大小为 1 km×1 km。每 1 km² 至少设置 1 个样点。样地设置同时考虑哺乳动物的生物学、生态学特征和观测目标;样地的数量宜符合统计学的要求,并考虑人力、资金等因素。

A.3.2.2 监测方法

以兔形目动物(如蒙古兔)为准,体型小于或等于兔形目动物的哺乳动物为小型哺乳动物,包括啮齿

目、猬形目、形目、攀鼯目、翼手目、兔形目、部分食肉目、灵长目懒猴科动物等。主要采用红外相机自动拍摄法、样方法等,调查记录小型哺乳动物的种类和数量。具体监测方法宜按 HJ 710.3 相关规定进行。

A.3.3 两栖动物

A.3.3.1 布点方法

可采用分层随机抽样法或系统抽样法设置监测样点。采用分层随机抽样法时,考虑调查样点和调查样地内不同的生境类型。采用系统抽样法时,在调查样地内划定网格设置样点,网格大小为 1 km×1 km。每 1 km² 至少设置 1 个样点。样地设置同时考虑两栖动物的生物学、生态学特征和观测目标;样地的数量宜符合统计学的要求,并考虑人力、资金等因素。

A.3.3.2 监测方法

主要采用样方法、样线法、栅栏陷阱法等,调查记录两栖动物的种类和数量。于两栖动物活动季节开展观测,每年观测 2 次~4 次,每次以 6 d~10 d 为宜。2 次观测至少间隔 1 个月。观测时间一旦确定,宜保持固定。但当遇到恶劣天气时,观测时间可适当顺延。具体监测方法宜按 HJ 710.6 相关规定进行。

A.3.4 爬行动物

A.3.4.1 布点方法

可采用分层随机抽样法或系统抽样法设置监测样点。采用分层随机抽样法时,考虑调查样点和调查样地内不同的生境类型。采用系统抽样法时,在调查样地内划定网格设置样点,网格大小为 1 km×1 km。每 1 km² 至少设置 1 个样点。样地设置同时考虑爬行动物的生物学、生态学特征和观测目标;样地的数量宜符合统计学的要求,并考虑人力、资金等因素。

A.3.4.2 监测方法

主要采用样方法、样线法、栅栏陷阱法等,调查记录爬行动物的种类和数量。根据爬行动物生活习性 & 气候条件,一般每年观测 3 次,高纬度及高海拔地区可适当减为 2 次。每次观测以 10 d 为宜。相邻 2 次观测宜至少间隔 1 个月。爬行动物受环境温度变化的影响较大,宜根据其活动盛期选择观测时间。每天观测时间节点根据物种的活动节律、习性确定。具体监测方法宜按 HJ 710.5 相关规定进行。

A.3.5 昆虫

A.3.5.1 布点方法

在城市生态系统中不同功能区或不同城乡梯度,采用分层随机抽样法或系统抽样法抽取调查样地,每个样地根据绿地面积和生境类型设置样方,或确定合适数量的样线。

A.3.5.2 监测方法

主要关注对环境变化较敏感的城市昆虫类群,包括蝴蝶和地表甲虫。
采用样线法调查蝴蝶的种类和数量,具体监测方法宜按 HJ 710.9 相关规定进行。
采用样方法观测地表甲虫。利用陷阱法(又称巴氏罐诱法)采集不同生境中的地表甲虫。取样方的 4 个角和中心点埋设陷阱杯。陷阱杯内盛放无水乙醇或 50% 丙二醇溶液,用于杀死和保存昆虫标本。若干天(如 3 d~7 d)后回收标本,带回室内分类鉴定,记录物种种类和数量。采用陷阱法宜避开雨季高峰期。

A.3.6 土壤动物

A.3.6.1 布点方法

城市土壤监测点以网格布设为主,功能区布点为辅,每个网格设 1 个采样点。在城市生态系统中不同功能区或不同城乡梯度,采用分层随机抽样法或系统抽样法抽取监测样地,每个样地根据绿地面积和生境类型设置样方。

A.3.6.2 监测方法

土壤动物监测对象主要为大型和中型土表和土内生土壤动物,包括大型土壤动物和中型土壤动物。大型土壤动物包括蚯蚓(环节动物门寡毛纲)、蜈蚣(节肢动物门唇足纲)、马陆(节肢动物门倍足纲)、蜘蛛(节肢动物门蛛形纲)、甲虫和蚂蚁(节肢动物门昆虫纲)等;中型土壤动物包括土壤螨(节肢动物门蛛形纲)、跳虫(节肢动物门弹尾纲)等。

重点监测大中型土壤动物的种类和数量。监测时间为土壤动物生长旺盛期,南方(中亚热带及其以南地区)为春季 4 月~5 月和秋季 10 月~11 月,北方(暖温带及其以北地区)在夏季 6 月~8 月。观测频次为每年 1 次~2 次,南方春季 1 次或春、秋 2 季各 1 次,北方夏季 1 次。具体监测方法宜按 HJ 710.10 相关规定进行。

A.4 水生动物

A.4.1 鱼类

A.4.1.1 布点方法

根据调查目的和研究需要,在城市内选择一定数量的代表性水体开展调查。对于湖泊、水库等开阔水域,根据水体底质、水生植物组成、水深、水流、湖库形状、水质等因素划分成若干小区,使同一小区内变异程度尽可能小。在每个小区内,设置若干有代表性的样点。样点的数量宜根据小区的湖体面积、形态和生境特征、工作条件、观测目的、经费情况等因素确定。一般情况下,湖体水面大于 2 km² 时样点不少于 3 个。对于通江湖泊,宜确保主要入湖支流、主湖区以及通江水道设置采样点。主要入湖支流的样点数不少于 2 个。对于通江水道,样点不少于 2 个,在离通江口和入湖口的一定距离处分别设置样点。对于河流或河流型水库,根据河流形态、河床底质、水位、水流、水质等因素,将河流划分成若干断面,使同一断面上的变异程度尽可能小。在同一断面上每隔一定的距离设置 1 个样点。具体布点方法宜按 HJ 710.7 相关规定进行。

A.4.1.2 监测方法

采用主动采集、被动采集,结合走访调查等方法,重点调查鱼类的种类和数量,具体方法、频次及时间宜按 HJ 710.7、HJ 1295、HJ 1296 相关规定进行。

A.4.2 浮游动物

A.4.2.1 布点方法

根据调查目的和研究需要,在城市内选择一定数量的代表性水体开展调查。根据河流、湖泊、水库等水体形态特点,在水域内设置若干具有代表性的断面/样线,使同一断面/样线上的差异尽可能小;在同一断面/样线上,每隔一定距离设置 1 个样点。对样线/样点采用 GPS 或其他方式进行标记,在地形图上注明位置,并记录样地的生境要素。

A.4.2.2 监测方法

重点调查原生动物、轮虫、枝角类和桡足类等浮游动物的种类和数量,具体方法、监测频次及时间宜按 HJ 1296 相关规定进行。

A.4.3 大型底栖无脊椎动物

A.4.3.1 布点方法

根据湖泊、水库、河流等水体形态特点,在水域内设置若干具有代表性的断面/样线,使同一断面/样线上的差异程度尽可能小。在同一断面/样线上每隔一定距离设置 1 个样点。对样线/样点采用 GPS 或其他方式进行标记,在地形图上注明位置,并记录样地的生境要素。

A.4.3.2 监测方法

大型底栖无脊椎动物指生活史的全部或至少 1 个时期栖息于内陆淡水(包括流水和静水)水体的水底表面或底部基质中的大型无脊椎动物,主要包括刺胞动物门(或称腔肠动物门)、扁形动物门、线形动物门、线虫动物门、环节动物门、软体动物门和节肢动物门的动物。大型底栖无脊椎动物重点调查种类和数量信息。具体方法、频次及时间宜按 HJ 710.8、HJ 1295、HJ 1296 相关规定进行。

A.5 微生物

A.5.1 土壤微生物

A.5.1.1 布点方法

采用网格化随机抽样法布点,将监测区域分为若干个网格。根据监测目的,随机选择一定数量比例的网格作为土壤微生物监测样地区域。采样点选在被采土壤类型特征明显的地方,地形相对平坦、稳定、植被良好的地点;坡脚、洼地等具有从属景观特征的地点不设采样点;房屋、广场、围墙、道路、沟渠等处人为干扰大,可能造成土壤特性错乱,使土壤失去代表性,不宜设采样点;采样点离铁路、公路至少 300 m;采样点以剖面发育完整、层次较清楚、无侵入体为准,不在水土流失严重或表土被破坏处设采样点。确定采样位置并进行记录,例如在地图上宜按易于辨认的静止物进行标注、使用非常精确的地图或使用 GPS 定位。

A.5.1.2 监测方法

采集土壤表层 5 cm~10 cm 处的土壤,如果土壤有翻动,宜适当加深土层深度,避免空气微生物污染。采样区内设置至少 3 个重复采样点,保证所取样本对所在地域的代表性。每个点取样量保持一致(土壤质量 ≥ 5 g),去除土样中的植物根系或砾石,将重复样混合均匀,做好标记,装入灭菌封口聚乙烯袋或其他无菌容器。采集样品后,宜立即置于干冰或 $-80\text{ }^{\circ}\text{C}$ 保存。若不能即刻转移,可暂存于不高于 $4\text{ }^{\circ}\text{C}$ 条件下,30 min 内转移至干冰或 $-80\text{ }^{\circ}\text{C}$ 保存。运用高通量测序技术对土壤样品中微生物基因组 DNA 进行测序,再将测序结果与现有数据库中的序列进行比对,检测样品中所含微生物种类和相对丰度。

A.5.2 空气微生物

A.5.2.1 布点方法

空气微生物的监测主要关注室内、公共场所等,采用分层随机抽样方法确定监测点位,因采样方式不同,布点方式的具体要求有:

- a) 撞击法。室内面积不足 50 m² 的设置 1 个采样点,50 m²~200 m² 的设置 2 个采样点,200 m² 以上的设置 3 个~5 个采样点。按均匀布点原则,室内 1 个样点的设置在中央,2 个采样点的设置在室内对称点上,3 个采样点的设置在室内对角线四等分的 3 个等分点上,5 个采样点的按梅花布点。采样点距离地面高度 1.2 m~1.5 m,距离墙不小于 1 m。采样点宜避开通风口、通风道等。
- b) 自然沉降法。室内面积不足 50 m² 的设置 3 个采样点,50 m² 以上的设置 5 个采样点。采样点按均匀布点原则布置,室内 3 个采样点的设置在室内对角线四等分的 3 个等分点上,5 个采样点的按梅花布点。采样点距离地面高度 1.2 m~1.5 m,距离墙壁不小于 1 m。采样点宜避开通风口、通风道等。

A.5.2.2 监测方法

重点监测空气中细菌、真菌的种类和菌落数。利用撞击式空气微生物采样器或者将营养琼脂平板暴露在空气中进行采样,以营养琼脂培养基培养,测定细菌总数;以沙氏琼脂培养基培养,测定真菌总数。进一步分离、纯化,利用高倍显微镜进行种类鉴定;或者直接采用聚合酶链式反应(PCR)技术鉴定微生物种类。现场采样和实验室培养方法宜按 GB/T 18204.3 相关规定进行。

A.6 空气

A.6.1 气象因素

从当地气象部门直接获取数据,或宜按 GB/T 33703、GB/T 35237 相关规定,按照城乡梯度设置 3 个~5 个监测点,采用自动监测方法,监测空气温度、空气湿度、降水、气压、风速、风向、总辐射、光合有效辐射等。

A.6.2 天气现象

从当地气象部门直接获取数据,或宜按 GB/T 35224 相关规定,监测以下 34 种天气现象:

- a) 降水现象:雨、阵雨、毛毛雨、雪、阵雪、雨夹雪、阵性雨夹雪、霰、米雪、冰粒、冰雹;
- b) 水汽凝结(华)及冻结现象:雾、轻雾、露、霜、雾凇、冰针、结冰、雨凇;
- c) 大气尘粒现象:烟幕、霾、扬沙、浮尘、沙尘暴;
- d) 风的现象:大风、飏、龙卷、尘卷风;
- e) 雷、电、光现象:雷暴、闪电、极光;
- f) 其他现象:积雪、吹雪、雪暴。

A.6.3 空气质量

A.6.3.1 布点方法

宜按 HJ 664 的相关规定设置监测点位,监测点的最小数量由城市建成区面积和人口数量确定。

A.6.3.2 监测方法

从当地环境监测部门直接获取数据,或者采用自动监测方法,SO₂、NO₂、O₃、CO、NO_x 的监测方法宜按 HJ/T 193 相关规定,PM₁₀/PM_{2.5}监测方法宜按 HJ 655 相关规定,VOCs 和 POPs 的监测方法宜按 HJ 664 相关规定进行。

A.6.4 干沉降

A.6.4.1 布点方法

宜按 HJ 664 的相关规定设置监测点位,监测点的最小数量由城市建成区面积和人口数量确定。

A.6.4.2 监测方法

从当地环境监测部门直接获取数据,或者采用沉降采样器自动收集样品,由实验室分析获取沉降量、C、N、P、K、Na、Ca、Mg、Si 等的浓度,具体方法宜按 GB/T 33027 相关规定进行。

A.6.5 湿沉降

A.6.5.1 布点方法

从当地环境监测部门直接获取数据,或宜按 HJ 664 相关规定设置监测点位,监测点的最小数量由城市建成区面积和人口数量确定。

A.6.5.2 监测方法

从当地环境监测部门直接获取数据,或者采用干湿沉降采样器自动收集样品,由实验室分析获取降雨量、pH、EC、Cl⁻、NO₃⁻、SO₄²⁻、Ca²⁺、Mg²⁺、Na⁺、K⁺、NH₄⁺ 等浓度,具体方法宜按 GB/T 33027 和 HJ/T 165 相关规定进行。

A.7 地表水

A.7.1 地表水水文

A.7.1.1 布点方法

根据监测目的,结合城市面积的大小、地表水体所处的功能区等,采用系统抽样与典型抽样相结合的方法,在城市内选择一定数量的代表性水体,布设调查点,并用 GPS 或其他方式进行标记,在地形图上注明位置。

A.7.1.2 监测方法

从当地水文站直接获取流速数据,或根据城市建成区面积的大小,设置不同数量的城市地表水文监测点位,主要通过流速仪进行流速连续监测,观测方法主要有机械式流速仪法、时差法和多普勒流速仪法等,宜按 GB 50179 相关规定进行。

从当地水文站直接获取流量数据,或根据城市建成面积的大小,设置不同数量的城市地表水文监测点位,宜按 GB 50179 相关规定。监测过程中需要对测验断面进行选择与勘察,按照流量测验方法需要科学布设测验断面。小型河道主要通过固定堰槽结合水位监测的方法测量流量,宜按 SL 24 相关规定进行。

A.7.2 地表水水质

A.7.2.1 布点方法

根据监测目的,结合城市面积的大小、地表水体所处的功能区等,采用系统抽样与典型抽样相结合的方法,在城市内选择一定数量的代表性水体,布设监测点位,并用 GPS 或其他方式进行标记,在地形图上注明位置。并在所监测的城市区域的上风向和下风向的城郊或者农村各设置 1 个采样点,作为对照点。具体布点方法宜按 HJ 915、SL 219 相关规定进行。

A.7.2.2 监测方法

从当地水文部门或者生态环境监测部门直接获取水质数据,或者利用采样和实验分析测试方式获得。地表水水质监测主要包括 pH、电导率、浊度、溶解氧、高锰酸盐指数、氨氮、COD、BOD、TOC、TIC、

TC、TN、TP、 K^+ 、 Na^+ 、 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 、 NH_4^+ 、 F^- 、 Cl^- 、 NO_2^- 、 NO_3^- 、 SO_4^{2-} 、叶绿素、大肠杆菌、Pb、Cr、Cd、Cu、Ni、Zn、As、Hg、POPs 等的浓度。重要水体每年不少于 12 次；重要供水水源地、流经城市污染严重河流、特殊功能水域；具有向城市供水功能的湖泊、水库（一般湖泊、水库全年采样 3 次，分别在丰水、平水期、枯水期，有污水排入严重的酌情增加采样次数）。一般水体每年不少于 6 次；分别在平水期、丰水期、枯水期各 2 次。具体采样和监测方法宜按 HJ 915、SL 219 相关规定进行。

A.8 地下水

A.8.1 地下水水文

A.8.1.1 布点方法

根据监测目的，结合城市面积的大小、地下水所处的功能区等，采用系统抽样与典型抽样相结合的方法，在城市内选择一定数量的代表性地下水水体，布设监测点位，并用 GPS 或其他方式进行标记，在地形图上注明位置。

A.8.1.2 监测方法

从当地水文站直接获取水位数据，或者采用水位计自动连续监测。

A.8.2 地下水水质

A.8.2.1 布点方法

根据监测目的，结合城市面积的大小、地下水水体所处的功能区等特点，采用系统抽样与典型抽样相结合的方法，在城市内选择一定数量的代表性地下水水体，布设监测点位，并用 GPS 或其他方式进行标记，在地形图上注明位置。

A.8.2.2 监测方法

从当地水文部门或者生态环境监测部门直接获取水质数据，或者利用采样和实验分析测试方式获得。地下水水质采样器分为自动式与人工式，自动式用电动泵进行采样，人工式、分活塞式与隔膜式可按要求选用。采样器在测井中宜能够准确定位，并能取到足够量的代表性水样。地下水环境主要监测 pH、电导率、COD、TOC、TIC、TC、TN、TP、 K^+ 、 Na^+ 、 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 、 NH_4^+ 、 F^- 、 Cl^- 、 NO_2^- 、 NO_3^- 、 SO_4^{2-} 等指标，具体方法宜按 GB/T 14848、HJ 164、SL 219 相关规定进行。

A.9 土壤

A.9.1 土壤养分

A.9.1.1 布点方法

按照简单随机、系统随机等方法，将监测区域分成网格，以网格布设为主，每个网格设 1 个采样点。

A.9.1.2 监测方法

土壤采样点主要分布在城市绿地中，分 2 层取样监测，上层（0 cm～30 cm）部分受人为干扰较大，下层（30 cm～60 cm）部分受人为影响相对较小。城市土壤样品采集宜按 HJ/T 166 相关规定。土壤养分主要监测 TOC、全氮、全磷、全钾、硝态氮、铵态氮、速效磷、有效钾等的浓度。土壤样品处理宜按 HJ/T 166 相关规定进行。

A.9.2 土壤重金属

A.9.2.1 布点方法

按照简单随机、系统随机等方法,将监测区域分成网格,以网格布设为主,每个网格设 1 个采样点。

A.9.2.2 监测方法

采样方法同 A.9.1.2。土壤重金属主要监测 Cu、Zn、Pb、Cr、Cd、As、Hg 等的浓度。土壤样品处理宜按 HJ/T 166 相关规定进行。

A.9.3 土壤有机污染物

A.9.3.1 布点方法

按照简单随机、系统随机等方法,将监测区域分成网格,以网格布设为主,每个网格设 1 个采样点。

A.9.3.2 监测方法

采样方法同 A.9.1.2。土壤有机污染物主要监测农药、PAHs 等的浓度。土壤样品处理宜按 HJ/T 166 相关规定进行。

A.10 社会

监测对象社会仅涉及人口指标,人口主要调查方法包括:

- a) 全面调查,例如人口普查、经常性人口登记;
- b) 非全面调查,包括抽样调查、重点调查等,主要调查人口数量、人口结构(如性别构成与年龄构成、地域构成和社会构成等)。

数据主要依靠国家统计局的人口普查获得。

A.11 经济

A.11.1 生活水平

城镇居民的生活水平主要通过家庭收入和生活支出两方面体现。家庭收入指被调查城镇居民家庭全部的实际现金收入,包括经常或固定得到的收入和一次性收入。生活支出指被调查的城镇居民家庭用于日常生活的全部支出,包括购买商品支出和文化生活、服务等非商品性支出。主要采用直接调查和间接资料获取等方式获取数据。

A.11.2 经济发展

一般用 GDP 作为衡量经济发展水平的重要指标。产业结构是社会经济体系的主要组成部分,按照国民经济的产业划分方法,分为第一产业、第二产业、第三产业。主要采用直接调查和间接资料获取等方式获取数据,间接资料法如参考经济公报、经济年鉴、统计年鉴等。

附 录 B

(规范性)

城市生态系统过程监测技术和方法

B.1 碳循环

B.1.1 生物生产

城市植被碳库主要包括城市森林、草地,以及城市建成区内部的公园、林木、行道树、草地等植被碳库。郊区以自然植被和农业植被为主,而市区以绿化植被为主。宜利用市政建设时需要砍伐树木的机会,收集树木样品,构建生物量模型。也可借助激光雷达技术,测定林木的主干和枝条的体积,再根据树干和枝条的相对密度,得到乔木植物树干和树枝的生物量。草本植物生物量测定采用地面实测法和遥感估算法等。树叶生物量可借助叶面积仪,采用建立面积与质量之间的相关模型进行换算得出。根生物量采用土钻法测定。

B.1.2 生产力

植物的初级生产力指植物固碳的能力。植物群落生产力,即生态系统的初级生产力,是指单位时间单位群落面积上生命有机体转化直接来自太阳辐射的能量。生产力的度量单位是 $t/(hm^2 \cdot a)$ 或 $g/(m^2 \cdot d)$ 。单位时间单位群落面积上群落光合作用所同化的总量为总初级生产力(GPP)。植物群落生产力的测定可用多次收获法和红外 CO_2 分析法。

B.1.3 碳通量

B.1.3.1 碳通量监测方法

城市中绿色植物覆盖的非硬化地表的碳通量,主要是裸地、草地、低矮灌丛等的碳通量,可采用密闭箱式法测定。高大乔木不同器官的碳通量宜按密闭箱法原理,开发不同形状适应树干、枝条的密闭腔体采样分析。城市中一定区域范围的整体碳通量,可在高于城市下垫面高度测定三维风速及 CO_2 浓度,依据涡度相关原理,计算碳通量。

B.1.3.2 密闭箱法

将密闭箱体覆盖于土壤、植被之上,通过测定单位时间内密闭箱体内气态物质浓度的变化,计算土壤与大气、土壤-植物体系与大气界面 CO_2 的气体交换通量。从测定目的考量,密闭箱分透明箱和不透明箱,透明箱用于测定考虑了植物吸收和释放 CO_2 过程的土壤-植物系统与大气界面的 CO_2 净交换量。不透明箱用于测定没有植物的土壤表面和大气的 CO_2 释放量,或者测定土壤-植物系统与大气界面在隔离光照情况下 CO_2 释放量。从控制手段而言,分人工密闭箱、半自动密闭箱、全自动密闭箱等。包括但不限于以下 3 种:

- a) 人工搬动,人工取样然后分析的静态箱;
- b) 人工搬动,自动抽气分析的半自动动态箱;
- c) 原位自动开闭或抬起,自动分析记录的全自动箱。

以上各种密闭箱都宜有平衡气管,联通箱体内部大气和外部大气,保持箱体内外气压平衡。上述各种取样分析形式,都基于相同的测定原理,即基于理想气体状态方程,计算相对固定体积箱体内 CO_2 浓度变化,得出 CO_2 通量。

CO_2 通量计算方法见式(B.1):

$$F = (d_c/d_t) \times V \times P / (S \times R \times T) \dots\dots\dots (B.1)$$

式中：
F ——CO₂ 通量,单位为微摩尔每平方米秒[μmol/(m² · s)];
d_c/d_t ——通量箱中 CO₂ 浓度随时间的变化率,无量纲;
V ——通量箱内地表与顶部覆盖范围内的体积,单位为立方米(m³);
P ——大气压,单位为千帕(kPa);
S ——通量箱底部覆盖面积,单位为平方米(m²);
R ——气体常数,单位为立方米千帕每摩尔开[m³ · kPa/(mol · K)],取 8.314 × 10⁻³ [m³ · kPa/(mol · K)];
T ——通量箱内气体绝对温度,单位为开尔文(K)。

B.1.3.3 涡度相关法

涡度相关技术通过测定指定高度的物理量脉动与风速脉动的协方差确定地表-大气间 CO₂ 湍流通量。当仅考虑物质在垂直方向上的湍流输送时,CO₂垂直输送通量(F_c)为单位时间内湍流运动作用通过单位截面积输送的 CO₂ 量,根据涡度协方差技术原理,CO₂ 的垂直输送通量(F_c)计算方法见式(B.2):

$$F_c = \overline{w \times r} = \overline{w} \times \overline{r} + \overline{w' \times r'} \dots\dots\dots (B.2)$$

式中：
F_c ——CO₂ 的垂直输送通量,单位为微摩尔每平方米秒[μmol/(m² · s)];
w ——垂直风速,单位为米每秒(m/s);
r ——观测仪器测得的 CO₂ 摩尔浓度,单位为微摩尔每立方米(μmol/m³);
w' ——w 的瞬时值和平均值之间的偏差;
r' ——r 的瞬时值和平均值之间的偏差。

B.2 水循环

B.2.1 蒸散发

蒸散发主要包括蒸腾和蒸散两部分,主要的监测方法有蒸渗仪法、涡动相关法、波纹比法等。

- a) 蒸渗仪法:包括非称重式蒸渗仪和称重式蒸渗仪 2 种方法。非称重式蒸渗仪测量排水率,或者从蒸渗仪基地渗透的水量,贮水量的变化可通过用蒸渗仪中子探测器或者其他设备检测水含量估算。称重式蒸渗仪直接测量降雨、贮水量变化和排水,通过这种方式计算时间跨度最短 15 min 内的蒸散。
- b) 涡动相关法:涡动相关仪包含 1 个快速响应的三维风速传感器波风速计,用于获取正交方向的风组分及声速,以获取水汽密度。
- c) 波纹比法:以能量平衡方程为基础,根据实测的水汽压差和温度差计算得到水通量。

B.2.2 树木蒸腾

采用热扩散探针法对树木液流速率进行测定。对每种树种按照树木健康、生长环境一致、胸径差别不大、测定部位上下各 50 cm 处无损伤的要求,选择一定规格的单株作为监测对象,对各样木的边材液流进行连续同步测定。因城市树木生长较为分散,所以根据胸径大小选择在不同方位安装传感器。整树蒸腾的计算方法见式(B.3):

$$J_s = 119 \times 10^{-6} \left(\frac{\Delta T_m - \Delta T}{\Delta T} \right)^{1.231} \dots\dots\dots (B.3)$$

式中：

- J_s ——瞬时液流密度(以 H_2O 质量计),单位为克每平方米秒 $[g/(m^2 \cdot s)]$;
- ΔT_m ——昼夜最大温差,单位为摄氏度($^{\circ}C$);
- 119 ——系数,无量纲;
- ΔT ——瞬时温差,单位为摄氏度($^{\circ}C$)。

B.2.3 地表径流过程

B.2.3.1 布点方法

地表径流过程主要监测不同土地利用/汇水单元/下垫面等的地表径流和径流污染,监测点设置的位置宜选择具有一定的汇水面积、避免地面结构过于复杂,监测点的汇水单元需能反映所在区域环境的降雨径流和污染特征;尽可能以最少的监测点获取足够的有代表性的环境信息。

B.2.3.2 监测方法

城市地表径流主要包括屋面径流、道路径流和绿地径流等下垫面的径流,以及城市汇水单元径流。监测方法主要包括径流的收集方法和污染负荷的计算方法,具体如下:

- a) 屋面径流的收集方法:在楼顶雨水管道出水口处放置收集箱,等比例、全过程收集楼顶流出的雨水;
- b) 路面径流的收集方法:在路面上的雨水下水井内安装容器,当路面产生径流时,等比例、全过程收集流入下水井的雨水;
- c) 城市干道路面径流的收集方法:在立交桥的雨水下水口处放置收集箱,当路面产生径流时,等比例、全过程收集流入下水井的雨水;
- d) 绿地径流的收集方法:采样用径流场,在径流场出口等比例、全过程收集径流样品;
- e) 城市汇水单元径流的监测需要考虑城市规模和城市地形、水系特征等,确定城市需要监测的汇水单元数量。山地和丘陵地区的城市若只有 1 个城市径流总出口,可设 1 个出口断面点,对于面积较大的城市,根据实际情况增加;而地形较平坦地区会有多个流域出口时,要根据城市面积大小和流域出口数量确定监测点。城市径流监测点首先要选择雨水管网的雨水排泄出口、雨污合流的径流出口、河流和湖泊等的雨水入口等,其次选择雨水进入上一级河流或管道的出口处;
- f) 在各类径流收集过程中同时开展径流量的测量,测量可借助压力流量计、超声波流量计等;
- g) 径流污染负荷计算:径流污染监测指标可按 A.6.2 相关规定进行;污染负荷可用地表径流量与污染物浓度的乘积计算。

B.3 地表热量平衡

B.3.1 地表温度

采用遥感调查或现场调查方法获取屋顶、道路、绿地等下垫面上的温度特征。

- a) 遥感调查法:依据遥感影像热红外通道数量特点,构建统计模型为主的“单通道”“多通道”方法计算获得。
- b) 现场调查法:一般采用红外辐射计等仪器观测得到。

B.3.2 净辐射

地表热量平衡是指地表面向大气空间支出热量和从空间获取热量相平衡的情况,实际为入射到地表面的太阳净辐射能在地表面的转换和再分配过程。净辐射能量的一部分通过地面与空气的感热和潜

热输送与大气进行热量交换,另一部分通过土壤热传导方式与土壤进行热量交换。另有少部分进入植
物体中用于光合作用的消耗。太阳净辐射可用热量平衡方程,计算方法见式(B.4):

$$R_n = H + LE + F + P \quad \cdots \cdots \cdots (B.4)$$

- 式中:
- R_n ——热通量,单位为瓦每平方米(W/m²);
 - LE ——潜热通量,单位为瓦每平方米(W/m²);
 - F ——土壤热通量,单位为瓦每平方米(W/m²);
 - P ——光合作用消耗量,单位为瓦每平方米(W/m²)。

参 考 文 献

[1] 中华人民共和国环境保护部.关于发布全国生物物种资源调查相关技术规定(试行)的公告(2010 年 第 27 号):附件三 全国淡水生物物种资源调查技术规定(试行).
