

DOI: 10.5846/stxb202102050378

王楠,李海东,唐力,赵立君,仇宽彪,姚国慧,王伟民.城市生态观测:质量控制对象、体系和规范编制.生态学报,2021,41(22):8807-8819.

Wang N, Li H D, Tang L, Zhao L J, Qiu K B, Yao G H, Wang W M. Urban ecological observation: objects, systems and criterion of quality control. Acta Ecologica Sinica, 2021, 41(22): 8807-8819.

城市生态观测:质量控制对象、体系和规范编制

王楠¹, 李海东^{1,*}, 唐力², 赵立君¹, 仇宽彪¹, 姚国慧¹, 王伟民²

¹ 生态环境部南京环境科学研究所, 南京 210042

² 深圳市生态环境监测站, 深圳 518016

摘要:城市生态系统长期观测是开展城市生态安全评价和制定人居环境健康管理政策的基础。为了确保城市生态观测数据的准确性和科学性,通过辨识城市生态观测质量控制的概念,基于“人机料法环”理论构建了城市生态观测质量控制体系,结合城市生态观测质量控制相关规范的编制与实施现状,探讨了城市生态观测质量控制规范的编制技术。结果表明:(1)城市生态观测质量控制是面向城市生态观测内容(要素、空间格局、功能、服务),为保证生态观测全过程质量要求、提高生态观测结果的准确性而实施的质量控制活动和措施。(2)城市生态观测质量控制体系可从对象和过程这两个维度进行界定:对象维度方面,包括“人”-人员、“机”-仪器设备、“料”-数据、“法”-文件和“环”-观测过程 5 个方面;过程维度方面,涵盖城市生态观测全过程,包括城市生态观测前期准备工作、观测过程中以及观测后的数据录入、审核与评价等环节的质量控制措施。(3)我国已发布的生态观测相关技术标准中,发布的时间越晚,质量控制内容越完整,目前生态观测相关标准共 102 则,仅 38 则明确提出了质量控制具体要求。(4)《城市生态观测质量控制规范》编制需包含质量体系和质量控制措施两项技术内容,主要包括前引、正文和附录三个章节,对生态观测全过程质量保证和质量控制技术进行规定。

关键词:城市;生态观测;质量管理体系;质量控制

Urban ecological observation: objects, systems and criterion of quality control

WANG Nan¹, LI Haidong^{1,*}, TANG Li², ZHAO Lijun¹, QIU Kuanbiao¹, YAO Guohui¹, WANG Weimin²

¹ Nanjing Institute of Environmental Sciences, Ministry of Environmental Protection, Nanjing 210042, China

² Shenzhen Ecological and Environmental Monitoring Station, Shenzhen 518016, China

Abstract: Long-term urban ecosystem observation is the basis for urban ecological safety evaluation and habitat health management policy formulation. In order to ensure the accuracy and scientificity of urban ecological observation data, this research first established an urban ecological observation quality control system based on the theory of "Human-Machine-Material-Method-Environment" by identifying the concept of urban ecological observation quality control, and discussed the compilation technology of urban ecological observation quality control specification by combining the current situation of preparation and implementation of urban ecological observation quality control specification. The results show that: (1) Quality control of urban ecological observation are the quality control activities and measures implemented for the content of urban ecological observation (elements, spatial patterns, functions, and services), to ensure the quality requirements of the whole process of ecological observation and improve the accuracy of ecological observation results. (2) The quality control system of urban ecological observation can be defined in two dimensions: object and process. The object dimension includes five aspects: "human"-personnel, "machine"-instruments and equipment, "material"-data, "method"-policy documents and "environment"-observation process; The process dimension covers the entire process of urban ecological

基金项目:中央级公益性科研院所基本科研业务专项(GYZX210101)

收稿日期:2021-02-05; 接收日期:2021-09-28

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: lihd2020@163.com

observation, including the quality control measures in the pre-preparation work of urban ecological observation, data entry, review and evaluation during the observation process and after the observation. The quality control of the observation process is the main body of the quality control system. Different quality control measures should be developed according to different observation methods (sampling observation, positioning observation, socio-economic survey, and remote sensing observation) to achieve total quality management. (3) A total of 102 technical standards related to ecological observation have been published in China, only 38 of which clearly put forward specific requirements for quality control. Compared with local standards, ecological observations in national standards and industry standards involve more quality control content, and the quality control system is more complete. In 2005, the Marine Standard took the lead in issuing relevant standards for the content of ecological observation, and there is still a lack of standards for the quality control of ecological observations in urban ecosystems. (4) The compilation of "Criterion on Quality Control of Urban Ecological Observation" needs to contain two technical contents of quality system and quality control measures, mainly including three chapters, namely, the introduction, the main text, and the appendix, which provide for the quality assurance and quality control technologies for the whole process of ecological observation.

Key Words: city; ecological observation; quality management system; quality control

我国正处在快速城镇化阶段,根据预测,到 2050 年接近 70% 的人口将居住在城市,城市人居环境健康关系到人类的幸福指数^[1-2]。随着城市化的快速推进,人群活动对自然生态系统的干扰不断增强,负面影响逐渐扩大,物种多样性丧失、生态系统退化、城市黑臭水体、热岛效应等逐渐成为影响城市生态安全和人类福祉的重要因素^[3-4]。城市治理是国家治理体系和治理能力现代化的重要内容,城市生态系统的观测可为研究城市生态质量、空间格局和生态系统服务功能变化提供一手科学数据,从而为城市生态系统管理和人居环境质量改善提供决策依据^[5-6]。

质量控制是保证城市生态观测数据准确和长期科学观测研究的重要保障。2018 年,中国环境监测总站建立并验收“国家环境保护环境监测质量控制重点实验室”,以环境监测内部质量控制、外部质量监督和质量管理制度与机制为主要方向开展研究,为环境监测和生态观测质量保证和质量控制工作提供了支撑。2020 年 4 月,生态环境部发布《关于推进生态环境监测体系与监测能力现代化的若干意见》,提出通过完善生态环境监测评价制度、夯实生态环境监测基础,加强对数据质量的监督管理,生态观测质量控制得到了完善与发展。现阶段,我国从标准制定的角度开展城市生态观测过程管理和质量控制的研究仍然较少^[7-8],与生态文明示范区、国家环境保护模范城市创建和监管的新要求不相适应。构建观测要素完整、观测方法合理、质量控制措施完善是生态观测质量控制体系建立的阶段性目标。目前,城市生态观测质量控制存在技术规范缺乏、监测与监管结合不紧密、质量控制体系尚未涵盖全过程等问题^[9]。例如,有些质量控制仅关注数据收集^[10]、采样^[11-13]和实验室^[14]等一个或几个环节,生态观测指标重点关注土壤^[15-16]、水质^[17-18]、噪声^[19]等部分要素,造成质量控制对象不清、指标要素不全、过程不连贯、数据不系统等问题。有些学者以森林、荒漠生态系统^[20-21]为对象,研究了生态观测质量管理的系统结构和质量控制措施,但对城市复合生态系统的关注较少,以城市为研究对象的生态观测及质量控制仍处于探索阶段,相关技术规范和标准的适用性差,难以满足城市生态安全和绿色人居环境建设形势的迫切要求。为此,研究和构建科学完善的城市生态观测质量控制体系,制定生态观测和管理所必需的技术标准和规范,已经成为城市生态系统长期观测面临的重要任务之一。

该文通过城市生态观测质量控制的概念辨析,构建了城市生态观测质量控制体系,分析了城市生态观测质量控制标规范编制的可行性,以期为城市生态观测质量控制规范的编制与生态系统管理提供科学依据。

1 概念辨析

1.1 城市生态观测

生态观测是贯彻“山水林田湖草是生命共同体”发展理念,对生态系统进行长期连续观测,获取长期、连

续、稳定的观测数据,以阐明生态系统发生、发展、演替的内在机制,揭示生态系统的普遍规律,目标是为生态系统管理和决策提供依据^[22]。城市生态观测是针对城市生态系统的观测,城市生态系统是一个复杂的社会-经济-自然复合生态系统^[23-24],是人类社会、经济和文化发展的产物,具有复杂性和空间异质性的特征。社会经济构成的人工系统影响着自然系统,自然系统提供的城市生态系统服务支持着社会经济的人工系统^[25]。城市生态系统包括生物和环境两个部分,生态系统中的基本要素和环境构成不同的生态空间格局,并实现物质传递和能量的流动,从而提供多种生态系统服务功能^[26]。城市生态观测最初主要是针对城市范围内的部分生态要素,如生物变化的调查和研究,随着城市生态环境问题不断凸显并受到关注,城市生态系统的概念被提出,对城市生态的观测研究也逐渐扩展到完整的城市生态系统^[27]。现状城市生态观测主要包括对城市生态系统要素、格局和物质、能量流动的过程以及功能采取相应的方法进行观测(图1),进而探讨和解释城市生态系统结构、质量与功能的时空变化规律^[28]。目前对于城市生态系统要素的观测已拓展到“水、气、土、生”及人类社会全要素,由仅观测数量拓展到数量、质量和生态的三位一体^[29]。相比于其他生态系统观测,城市生态观测的内容是自然和人类社会的综合,关注与社会经济发展和人类生活相关的生态要素、结构和功能,具有变化快、受外部因素影响剧烈的特点。现阶段,城市生态观测方法主要包括遥感观测、定位观测、长期样地观测和社会经济调查等^[30]。定位观测是在城市典型地域设置长期或短期的定位观测站点;遥感观测是通过遥感数据的解译,观测城市生态空间格局的现状与动态;长期样地观测是通过布设典型的样地和样方,进行长期的生物多样性、土壤、水体等的样地调查;社会经济调查是进行社会经济资料的调查和收集,获得人类社会的变化情况。根据观测要素的不同特点,实现多种手段并存、不同尺度观测方法的有机结合,建立“空天地源”一体化的监测网络,能够全面地覆盖城市生态观测的内容。

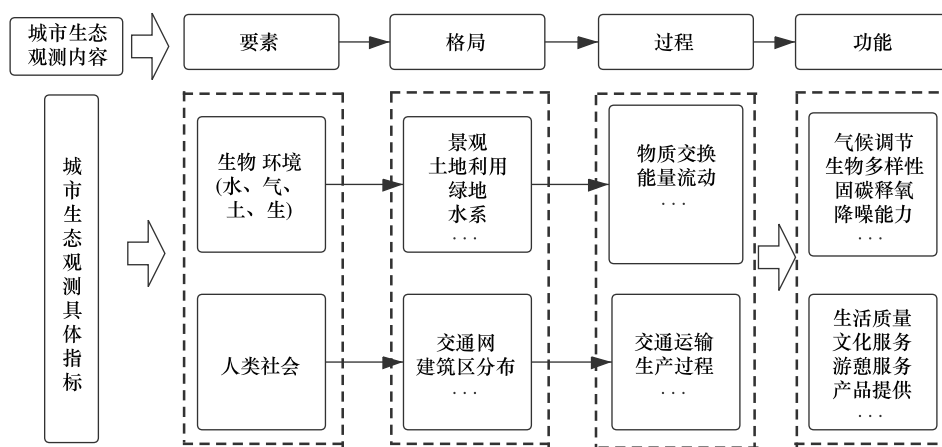


图1 城市生态观测的主要内容

Fig.1 The main connotation of urban ecological observation

1.2 城市生态观测质量控制

质量控制最早源于分析化学,经历了理论建设阶段、统计学质量管理阶段和全面质量管理阶段3个阶段^[31],国家标准《质量管理和质量保证术语》(GB/T 6583—1994)对质量控制的定义是“为达到质量要求所采取的作业技术和活动”。质量控制的对象是过程,质量控制的目的在于以预防为主,通过采取预防措施来排除质量环节各阶段产生问题的原因。随着我国生态文明建设的纵深推进,生态环境保护受到广泛关注,生态观测是实施生物多样性保护、生态保护修复的基础性工作,为城市“双修”(生态修复和城市修补)提供根本指引。城市生态观测具有观测对象多、观测指标多、观测技术手段多等特点,为保证观测数据的质量,必须加强观测过程中的质量控制^[32]。城市生态观测质量控制可以定义为,面向城市生态观测内容,以贯穿生态观测全过程的人员、仪器设备、文件/规范、数据和观测过程为对象,为保证生态观测全周期(观测工作开始前、观测

过程中、观测工作结束后等)质量要求^[33],提高生态观测结果的准确性而采取的质量控制措施。

观测过程中的质量控制是影响观测结果的重要因素,完善的生态观测质量控制体系、合理有效的质量控制措施,是保证生态观测结果准确性、科学性、代表性和权威性的重要手段^[34]。提高生态观测数据质量作为推进生态文明建设的重要任务之一,是城市生态学基础研究、城市生态管理的重要技术支撑^[35]。目前生态观测质量控制的研究多集中在单要素或者单一生态系统的观测质量管理,如袁国富等^[36]按照 ISO9000 族国际质量管理体系标准,提出了陆地生态系统水环境观测质量管理体系;于新文^[37]、王亚玲^[38]提出了构建气象观测质量管理体系框架。对城市生态观测质量控制有别于其他自然生态系统。其不同点在于:第一,受到人为活动的频繁剧烈干扰,生态要素、生态过程更为复杂多变,对其的质量控制也提出了更高的要求;第二,城市是人类聚居的主要区域,也是人类社会经济活动发生的主要场所,对其进行精细化的观测以实现精准化管理是保障人类生存与发展的前提;第三,城市生态系统作为多种生态系统的复合体,不仅包括传统的大气、土壤、水等环境要素的观测,还包括社会、经济等要素的观测,其观测内容和方法更加复杂,需要更加完善的综合观测质量控制体系支撑质量保证和控制措施地合理和全面实施。

2 基于“人机料法环”理论的城市生态观测质量控制体系构建

2.1 质量控制对象

“人机料法环”(简称 4M1E),是全面质量管理的重要工具,随着生态文明建设和生态环境保护的不断深入,其理念已被广泛应用于环境监测、生态观测的质量控制中^[39]。从全面质量控制的角度出发,把城市生态观测的最终数据结果看做是一个产品,城市生态观测实施的过程则是观测数据产生的过程,影响城市生态观测质量的因素可以从人、机、料、法、环这 5 个方面展开分析。“人机料法环”视角下的城市生态观测质量控制对象如图 2 所示。城市生态观测质量控制的对象主要包括参与生态观测的人员、使用的仪器设备和试剂材料等、制定的相关文件和使用的规范、数据的产生和评价以及针对在不同观测环境下观测过程中的主要工作(包括户外调查、采样、实验室分析等具体的环节)。质量控制对象应是在观测过程中对结果准确性有直接影响的各要素,通过采取相适应的质量控制措施,规范观测全过程和各个环节,实现对观测结果质量的有效管理。

2.2 组织结构

科学认知城市生态观测的组织结构,建立健全内部质量控制为主、外部质量监督为辅的数据质量管理体系,有助于厘清生态观测实施的内部关系,合理设计质量控制措施,实现生态观测体系和能力的现代化。根据城市生态观测的目标和要求,确定具体的城市生态观测内容(包括生态要素、格局、过程和服务),按照观测内容细化城市生态观测的运行组织架构(图 3),观测主体主要包括城市生态观测内容承担单位、调查小组等。在确定具体观测指标的基础上,制定相应的质量控制措施工作方案,实现生态观测主体内部的自我质量管理。与此同时,建立质量控制实验室对城市生态观测运行主体和运行过程进行外部质量控制,实现对观测主体行为全过程的监督,对生态观测过程进行质量保障。

2.3 质量控制体系

完善的质量控制体系可以确保生态观测工作的顺利开展和观测数据的质量^[40]。2016 年 11 月,原环境保

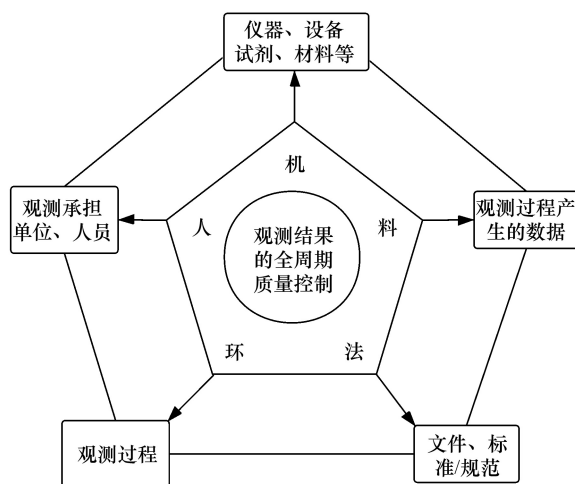


图 2 “人机料法环”视角下的城市生态观测对象

Fig.2 Observation Objects of Urban Ecology from the Perspective of “4M1E”

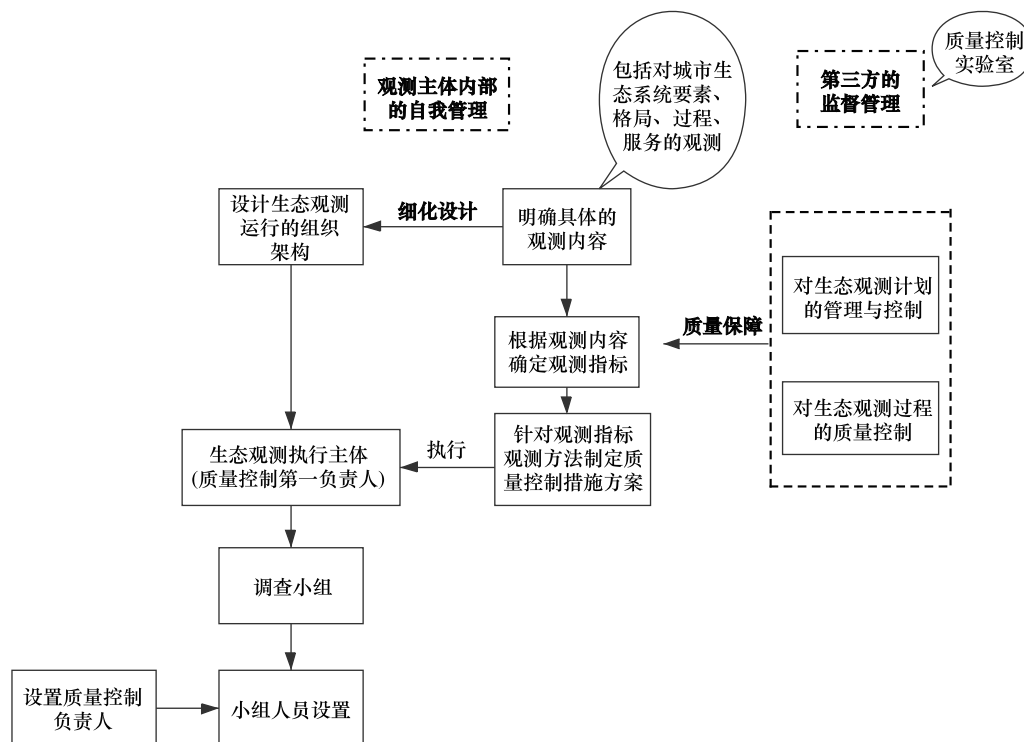


图3 城市生态观测的组织结构

Fig.3 Organizational structure of urban ecological observation

护部印发《“十三五”环境监测质量管理工作方案》，明确提出要强化质量控制体系建设，实现环境质量监测活动全要素溯源传递和全过程质量控制，保障监测数据的科学性和可比性。在明确城市生态观测组织结构的前提下，从全过程质量管理角度出发，制定质量控制体系，为质量控制工作提供一定的依据与理论基础^[41]。城市生态观测质量控制体系与质量控制对象密切相关，包括观测前期准备工作以及观测过程中的质量控制和观测后数据的录入、审核与评价等环节（图4）。文件、标准的质量管理以及人员和仪器的管理，是生态观测数据质量的保障和进行质量控制工作运行的基础^[42]，城市生态观测质量控制要点涵盖了人员、文件和设备的资格有效，和从观测前准备阶段到观测结束后数据记录全过程的程序有效。

2.3.1 人-人员

城市生态观测人员管理主要规范在观测全过程中人员配置、人员资质、人员培训等方面的管理措施。优质的生态观测结果是由高水平和高素质的管理人员、工作人员完成的，这就要求制定符合自身需求的人员管理制度。加强人员素质是提高生态观测工作效率的关键。对生态观测人员的专业素质、技能培训提出了更高的要求^[43]。参加生态观测的人员，应具备相应的专业背景并按照相应的工作任务进行培训和考核，考核合格后才能上岗，质量控制人员结构依据组织结构，按照调查单位和质量控制实验室进行划分。

2.3.2 机-仪器设备

在城市生态观测过程中，完善的质量管理体系需要对相关技术、设备、方法进行灵活运用，而生态观测仪器的质量水平是保证数据质量的根本^[44]。要保证仪器的精度水平，必须要求相应的质量控制人员掌握和恪守仪器的标定方法和技术规范。仪器设备在使用过程中，应安排专人进行管理，并严格按照相关的技术规范进行操作，确保准确和规范。

2.3.3 料-数据

城市生态观测结束后，主要是对数据的管理，保证数据的准确和完整，是质量控制工作的最终目的^[45]。数据质量的管理一般包括确保原始数据的获取准确完整、加强数据录入环节的质控以及、进行数据录入后的

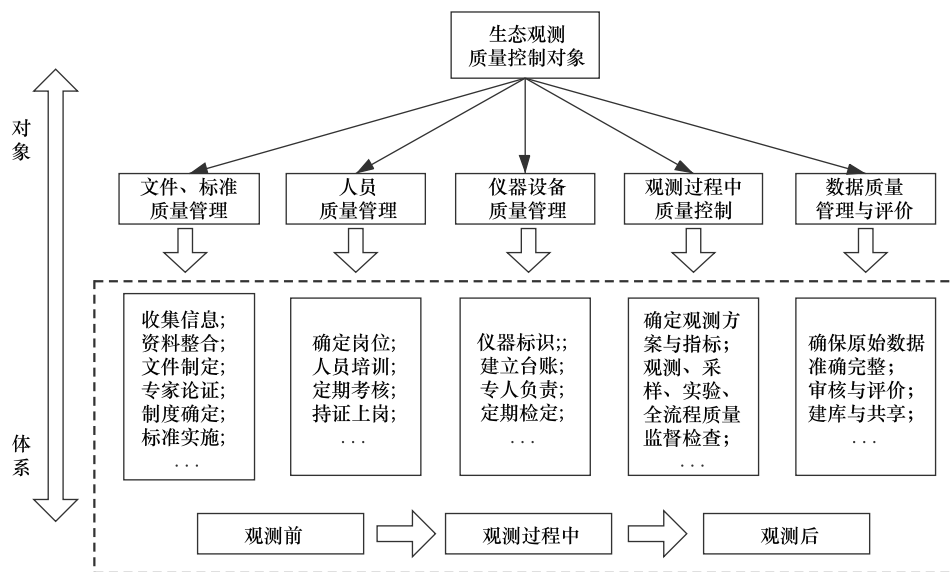


图4 城市生态观测的质量控制体系

Fig.4 Management system of quality control in the process of urban ecological observation

审核与评价等步骤,通过制定数据质量监控制度和措施,协调各质量控制环节^[46]。数据质量是评价城市生态观测质量控制效果的主要因子,加强对数据质量的控制与管理,是观测数据有效利用和共享的关键^[47]。

2.3.4 法-文件

质量文件是描述质量管理的所有文档,是组织开展城市生态观测质量管理和质量保证的重要基础。根据文件内容的性质,将质量文件分为程序性文件、作业指导书和质量记录 3 个层次(图 5)。程序性文件对城市生态观测的质量活动和具体工作程序中的细则做出规定,具有可操作性;作业指导书是对有关生态观测活动的具体操作规程、操作方法作详细描述的执行性文件,是针对特定组织结构活动应达到的要求和遵循的方法,

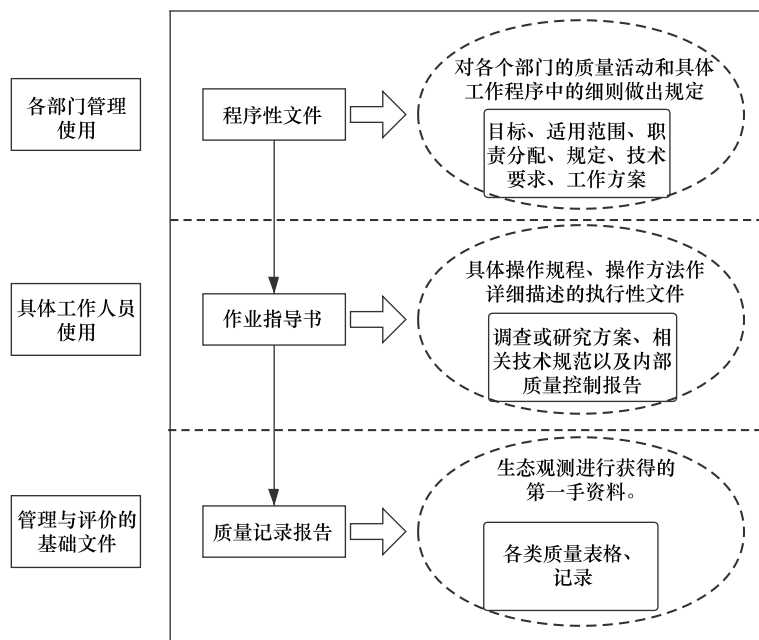


图5 质量文件系统

Fig.5 Quality Document System

是观测人员使用的具体指导文件(主要包括针对水质、噪声、地表径流等城市生态观测指标制定的相适应的质量控制方案);质量记录则是城市生态观测获得的第一手资料,是质量管理体系运行有效性的客观依据。

2.3.5 环-观测过程

城市生态观测过程是质量控制的主体,是保障观测结果、反映质量控制工作成效的关键。不同生态观测方法的质量控制措施不同(图6),实现地面观测与遥感监测的全面质量控制,达到“样地-局部-区域-城市”全方位生态观测质量控制目标。样地观测主要包括现场观测环节、采样环节及实验室环节的质量控制^[48];长期定位观测主要通过加强对观测站点的系统维护和日常管理进行质量控制;社会经济调查和遥感观测主要通过确定观测点的位置、规范观测环节的行为实现质量控制。质量控制中样点设置的规范性、代表性是保证生态观测质量的第一道“关口”,应遵循“随机”和“等量”的原则。可根据城市生态观测的目标,开展生态观测样地标准化建设,统一样地布设标准。观测过程的质量控制主要包括对不同观测内容采取全面的质量控制措施(表1)以及对观测过程进行质量检查抽查,从而提高城市生态观测的整体水平。质量检查抽查的内容包括:①观测样点和站点的布设;②现场观测和样品采集、制备、储存与传输;③样品分析过程与测试;④数据采集、传输、评价与报告编制;⑤仪器设备、人员和文件管理体系;⑥观测方案和记录档案;⑦观测站的仪器维护和管理。

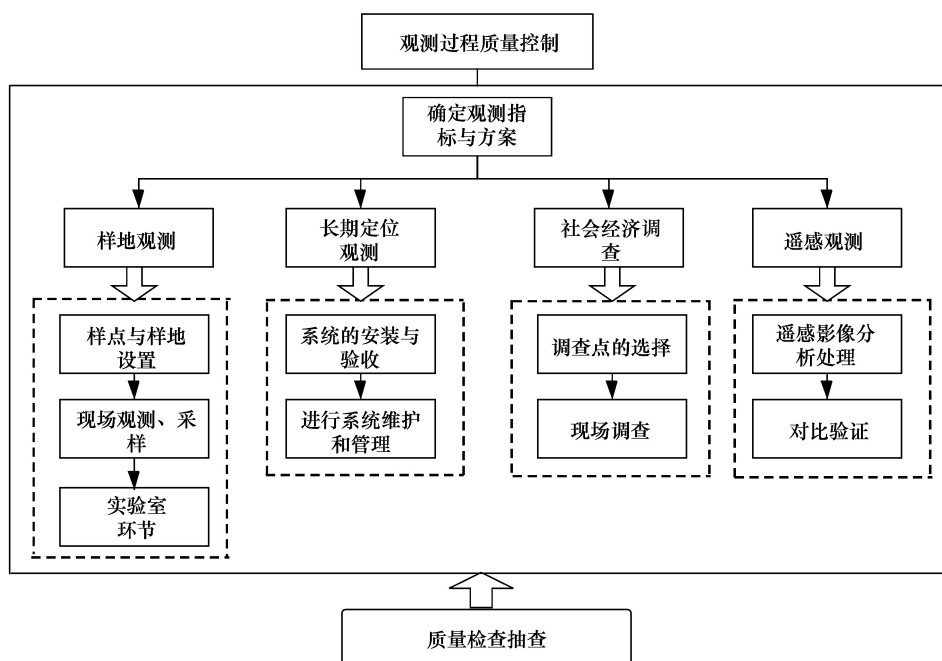


图6 城市生态观测过程的质量控制

Fig.6 Quality control in the process of urban ecological observation

3 城市生态观测质量控制规范编制研究

3.1 相关规范制定现状

生态观测质量控制只有通过制定与实施相关标准规范,做到有标可依,才能确保生态观测的质量和效益^[57]。目前,关于城市生态观测质量控制的规范十分有限,不利于城市群和城市生态观测工作的有序开展。《生态环境监测规划纲要(2020—2035年)》指出,生态环境监测方法标准体系有待健全,统一的生态环境监测体系尚未形成,现有的生态监测标准规范尚未覆盖全部生态要素,自动监测、卫星遥感监测、应急监测等针对生态监测方法的标准规范缺口较大。由此可见,我国生态监测标准规范还多集中于传统的生态要素观测领域,对于新技术新方法在生态观测中应用的质量控制还较为薄弱。我国已发布的生态观测相关技术标准中,

发布时间越晚,质量控制内容越完整,早期的技术标准基本没有质量控制的内容(图 7 和表 2)。统计发现,与生态观测相关的国家标准、环保行业标准、林业标准、其他部门标准以及地方相关标准共 102 则,仅 38 则明确提出了质量控制具体要求、措施和实施方法。相比于地方标准,国家标准和行业标准更多地涉及质量控制的要求,发布时间也较早,质量管理内容更全面,质量控制措施更具系统性。环保行业标准中,有关生态观测更多的涉及质量控制内容,体系更加完善。从质量控制出现的时间轴来看,海洋行业标准最早在生态观测相关标准中出现质量控制内容,时间为 2005 年,国家标准中最早为 2006 年,环保行业标准最早的为 2008 年发布的《近岸海域环境监测规范》(HJ 442—2008)。地方标准中提出对质量控制要求的生态观测相关标准起步较晚,为 2017 年。

表 1 城市生态系统观测的质量控制措施
Table 1 Quality control measures of the process of urban ecological observation

观测对象 Object	观测内容 Content	观测方法 Method	质量控制措施 Quality control measures
要素 Element	自然环境要素(噪声、水质、土壤、大气等)	长期定位观测、样地观测、遥感观测	城市生态定位观测站可采用"主辅结合、一站多点"的布局,全面覆盖城市生态系统,使定位观测具有中心城区-近郊-远郊梯度观测的特点。样地观测应与定位观测布点保持一致,实现对定位观测和遥感观测结果的验证和补充。样地观测的采样和实验室分析应严格按照相关规范 and 标准进行
	生物要素	样地观测	按照观测要求进行随机布点,样点涵盖不同的类型的城市绿地,包括花园、工业区绿地、交通绿地、社区公园和自然山地等 ^[49] ,可采用网格布点法,并结合土地利用类型适用不同网格布点密度
	社会要素	社会经济调查	社会经济调查数据应保证其权威性,尽量选择统计年鉴等政府统计资料,对于采取调查问卷的形式,应保证调查样本的代表性
空间格局 Spatial pattern	景观格局、土地利用格局、绿地格局、水系格局等	遥感观测	遥感观测可以观测城市生态空间格局的现状与动态 ^[50] ,城市景观类型、斑块数、土地利用类型、绿地面积等指标依靠遥感观测的方法可以便捷的获取,从而得出生态空间格局的变化和发展的规律。要建立多要素-多尺度-精细化综合观测系统,确保对观测数据的长期有效积累 ^[51] 。遥感观测质量控制的重点在观测场地的选取与建设、观测指标的遴选,同时遥感观测需要进行更加的地面的观测进行补充对比验证,以确保获取信息的准确性 ^[52-53]
过程 Process	径流过程、地气交换、热量平衡、生态治理、物质代谢等	定位观测	通过建设综合观测塔、地面气象观测场、水上观测平台、气候变化因子模拟实验平台等基础设施,研究城市生态系统生态过程的变化机理和生态要素的演替过程,包括碳循环过程 ^[54] 、热通量、氮沉降等。维护基础设施和观测仪器的正常运行以保证观测数据的质量 ^[55]
功能 Function	减少噪音、气候调节、生物多样性等	样地观测	应设置长期观测场,长期定位观测生态系统服务功能测算因子,在观测和数据处理过程中采用合理的方法确保数据的准确性、科学性 ^[56]
	生活质量、游憩服务	社会经济调查	多采用问卷调查、现场调研等形式,应确定调查的目标和范围,尽量增加样本的数量。

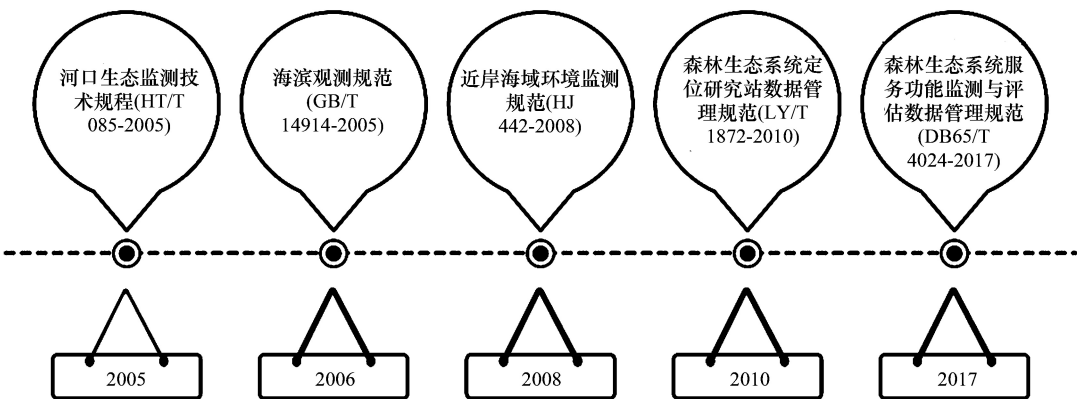


图 7 城市生态观测相关标准中的质量控制出现的时间轴

Fig.7 The timeline of the emergence of quality control in the related standards of urban ecological observation

表 2 生态观测质量控制相关技术规范

Table 2 Related technical specifications of ecological observation quality control

序号 Number	标准类别 Standard category	标准名称 Standard name
1	国家标准	海洋观测规范 第 1 部分:总则(GB/T 14914.1—2018)
2		地面气象观测规范 自动观测(GB/T 35237.1—2017)
3		自然生态系统土壤长期定位监测指南(GB/T 32740—2016)
4		海洋调查规范 第 2 部分:海洋水文观测(GB/T 12763.2—2007)
5		海洋调查规范 第 3 部分:海洋气象观测(GB/T 12763.3—2007)
6		海洋调查规范 第 7 部分:海洋调查资料交换(GB/T 12763.7—2007)
7		海洋调查规范 第 9 部分:海洋生态调查指南(GB/T 12763.9—2007)
8		海滨观测规范(GB/T 14914—2006)
9	环保行业标准	环境与健康现场调查技术规范 横断面调查(HJ 839—2017)
10		生物多样性观测技术导则 水生维管植物(HJ 710.12—2016)
11		生物多样性观测技术导则 蜜蜂类(HJ 710.13—2016)
12		生物多样性观测技术导则 陆生维管植物(HJ 710.1—2014)
13		生物多样性观测技术导则 地衣和苔藓(HJ 710.2—2014)
14		生物多样性观测技术导则 陆生哺乳动物(HJ 710.3—2014)
15		生物多样性观测技术导则 鸟类(HJ 710.4—2014)
16		生物多样性观测技术导则 爬行动物(HJ 710.5—2014)
17		生物多样性观测技术导则 两栖动物(HJ 710.6—2014)
18		生物多样性观测技术导则 内陆水域鱼类(HJ 710.7—2014)
19		生物多样性观测技术导则 淡水底栖大型无脊椎动物(HJ 710.8—2014)
20		生物多样性观测技术导则 蝴蝶(HJ 710.9—2014)
21		生物多样性观测技术导则 大中型土壤动物(HJ 710.10—2014)
22		生物多样性观测技术导则 大型真菌(HJ 710.11—2014)
23		环境监测质量管理技术导则(HJ 630—2011)
24		近岸海域环境监测规范(HJ 442—2008)
25	林业行业标准	立木生物量建模样本采集技术规程(LY/T 2259—2014)
26		防护林体系生态效益监测技术规程(LY/T 2497—2015)
27		林内空气颗粒物监测技术规程(LY/T 2669—2016)
28		经济林产品质量安全监测技术规程(LY/T 2800—2017)
29		森林生态系统定位研究站数据管理规范(LY/T 1872—2010)
30		荒漠生态系统定位观测研究站数据管理规范(LY/T 2511—2015)
31	其他部门标准	海洋渔业资源调查规范(SC/T 9403—2012)
32		海洋微型底栖生物调查规范(HY/T 140—2011)
33		水旱灾害遥感监测评估技术规范(SL 750—2017)
34		水资源水量监测技术导则(SL365—2015)
35		河口生态监测技术规程(HY/T 085—2005)
36	地方标准	环境检测机构监测质量管理技术规范(DB 11/t 1543—2018)
37		生态环境监测质量管理技术规范(DB61/T 1305—2019)
38		森林生态系统服务功能监测与评估数据管理规范(DB65/T 4024—2017)

3.2 规范编制的可行性分析

城市生态观测质量控制相关的标准/规范是指导生态观测全过程、衡量观测结果是否受到控制的手段,对相关标准/规范的质量控制是生态观测质量控制体系中的重要环节之一。随着全程质量控制研究工作不断受到重视,质量控制的规范也扩展到了观测、采样与分析等全过程中,为了解决观测规范化的问题,针对不同生态系统的生态观测标准与体系,生态环境部、中国环境监测总站、国家林业局和中国科学院相继出台了水、气、

土、生物等相关生态要素观测的制度、细则、技术导则和规范^[58-61],这些制度、规定和要求奠定了环境监测、生态观测质量的基础。2015 年,原环境保护部发布了一系列生物多样性技术导则,如生物多样性观测技术导则 水生维管植物(HJ 710.12—2016)、生物多样性观测技术导则 蝴蝶(HJ 710.9—2014)等,规定了生物多样性观测的主要内容、技术要求和方法,虽然也明确了质量控制和安全管理的部分措施,但是内容不全,未形成质量控制体系;《环境监测质量管理技术导则》(HJ630—2011)规定了环境监测过程质量保证与质量控制方法,但是没有对城市生态观测质量控制作出要求。这些标准与规范普遍缺乏针对性,虽然也涉及到了城市生态系统的生态观测和质量控制的相关内容,但是许多规范对指标的描述并不详细,并没有关注不同生态系统在观测指标、内容、方法上存在的差异性,尚存在薄弱点,且质控措施和内容不足,造成在有些方面无标准可循的状况,影响了生态环境监督管理。因此,针对城市生态观测的特点,制定一个统一的、规范化的、可操作性强的、开展城市生态观测质量控制所必须的专业技术规范,确保观测结果的准确性、科学性和可比性,是十分必要的。

现有的环境监测质量控制技术规范一般通过建立质量管理体系并规定质量控制措施来达到保障环境监测结果质量的效果^[62]。本文介绍了城市生态观测质量控制的概念,提出了质量控制体系和措施,为城市生态观测质量控制规范的编制奠定了基础。在现有研究基础上,文章参考国内相关规范的有关内容,编制《城市生态观测质量控制规范》(表 3),对生态观测全过程质量保证和质量控制技术进行规定,侧重质控手段和质控指标,主要包括前引、正文和附录三部分,主要技术内容包括质量体系和观测过程的质量控制措施。

表 3 《城市生态观测质量控制规范》各章节内容

Table 3 The content of each chapter of 《Criterion on quality control of the urban ecological observation》		
章节编号 Chapter number	标题 Title	内容 Content
前引 Forward	前言	目次
正文 Text	适用范围	本规范适用于城市生态观测的质量控制,包括城市生态系统格局调查数据、动植物调查数据、历史社会经济统计数据、环境观测数据等资料获取的过程质量控制,过程质量监督抽查等工作环节
	规范性引用文件	主要包括城市生态观测相关技术规范、检测标准、质量管理技术导则等
	术语和定义	生态观测,城市生态系统,城市生态观测,质量控制,质量控制体系,城市生态观测质量控制
	质量控制体系	文件质量控制、人员质量控制、仪器设备质量控制、观测过程质量控制、数据质量控制
	质量控制措施	野外观测:样地与采样点设置,现场观测,采样环节,实验分析环节 定点观测,定位观测站的建设
	质量控制报告	规定质量控制报告的结构
	质量控制报告具体说明	
附录 Appendix	技术人员上岗证	
	仪器设备使用标签	

4 结论

城市生态观测质量控制是指面向城市生态观测指标和内容,以贯穿生态观测全过程的人员、仪器设备、文件/规范、数据和观测过程为对象,为保证生态观测全周期(观测工作开始前、观测过程中、观测工作结束后等)质量要求,提高生态观测结果的准确性而采取的质量控制措施。

城市生态观测质量控制对象主要包括参与生态观测的人员、使用的仪器设备、制定的相关文件和使用的规范、数据的产生和评价以及观测过程中的主要工作五方面。城市生态观测质量控制体系与质量控制对象密切相关,包括观测前期准备工作以及观测过程中的质量控制和观测后数据的录入、审核与评价等环节。在质量控制的内容和方式上,除了传统的对人员、仪器设备等硬件条件的控制外,更应该包含在观测过程中的

第三方单位的质量检查,从而由外向内增加约束,形成完整的城市生态观测质量控制体系。

目前关于城市生态观测质量控制的规范有限,不利于城市群和城市生态观测工作的有序开展。我国已发布的生态观测相关技术标准中,发布时间越晚,质量控制内容越完整,早期的技术标准基本没有质量控制的内容。从质量控制出现的时间轴来看,海洋行业标准最早在生态观测相关标准中出现质量控制内容,时间为2005年。

在现有研究的基础上,提出编制《城市生态观测质量控制技术规范》,应包含健全的质量控制体系和完善的质量控制措施,增强生态观测质量控制规范的针对性和可操作性。

5 展望

以城市生态系统研究为目的的观测已经开展很多年,国内陆续建成北京城市生态系统研究站、深圳“1+4”定位观测站、南昌城市生态系统定位观测研究站,研究城市整体自然环境因子及其受人类活动和经济发展的影响^[63],这些传统意义上的城市生态观测能有效获取生态环境的大数据,推进了生态效益评估工作,对推动城市可持续发展具有重要的作用。城市生态观测质量控制保障了各城市生态观测工作的标准化和一致性,确保城市生态观测数据的科学性与准确性,便于比较各城市生态环境建设效果,有利于制定科学合理的考核制度,提升全国生态环境领域治理体系和治理能力现代化水平。随着我国生态文明建设进入快车道,作为摸清自然资源家底、支撑国土空间生态修复、城市环境管理与决策实施的依据,城市生态观测数据的真实、准确客观至关重要,观测过程中的质量控制越来越受到重视。2017年9月,中共中央办公厅、国务院办公厅印发了《关于深化环境监测改革 提高环境监测数据质量的意见》,明确提出要加快提高环境监测质量监管能力,健全质量管理体系;2018年8月,生态环境部在此基础上制定了《生态环境监测质量监督检查三年行动计划(2018—2020年)》,上海、四川、陕西和青海等地纷纷在此基础上制定实施方案,全面提升环境监测数据质量。2020年3月,四川省生态环境厅印发了《2020年四川省生态环境监测方案》,实施“提高环境监测数据质量行动”,确保监测数据真准全。相关文件的陆续出台为城市生态观测质量控制提供了支撑与基础保障。应在此基础上加快制定与城市生态观测相适应的质量控制规范,开展城市生态观测试点示范,调查与评估现有相关的技术标准的适用性,提出生态观测标准制定的需求和建议,促进现有技术标准在示范台站的示范、推广、应用。同时为了规范城市生态观测的具体操作步骤和流程,在制定和完善标准、规范的基础上,尽快完善城市生态观测标准体系,为指导城市生态系统观测领域的标准修订、编制提供研究基础。

本文所探索出的城市生态观测质量控制体系尚存在如下不足。第一,城市生态观测是一个长期工作,随着技术发展,一些新的观测工具、观测技术可能被应用到城市生态观测中,如何及时吸纳这些新技术新方法,及时更新城市生态观测质量控制是未来需要考虑的重点之一。第二,城市生态观测的质量控制体系不仅仅是个生态观测项目质控的简单罗列,而是各生态观测项目的有机组合,相互之间存在数据的生产、应用上的上下游关联,随着未来城市生态观测项目的扩充,如何保证这些生态观测项目之间的有机整合事关城市生态观测结论的可信度,比如随着我国碳达峰和碳中和目标的提出,城市生态观测内容将有所改变,质量控制措施和保障体系需不断完善。第三,城市是人类社会经济活动发生的主要场所,生态环境风险的影响较大,今后,如何在城市生态观测质量控制体系中考虑城市生态环境风险数据的质量控制,对城市生态环境风险防控、辅助城市生态环境决策有重要意义。

参考文献(References):

- [1] United Nations, Department of Economic and Social Affairs, Population Division. World Urbanization Prospects: the 2014 Revision. New York: United Nations, 2015: 13-64.
- [2] Wigginton N S, Fahrenkamp-Uppenbrink J, Wible B, Malakoff D. Cities are the future. *Science*, 2016, 352(6288): 904-905.
- [3] 王军, 钟莉娜. 生态系统服务理论与山水林田湖草生态保护修复的应用. *生态学报*, 2019, 39(23): 8702-8708.
- [4] Li X M, Zhou W Q, Ouyang Z Y, Xu W H, Zheng H. Spatial pattern of greenspace affects land surface temperature: evidence from the heavily

- urbanized Beijing metropolitan area, China. *Landscape Ecology*, 2012, 27(6): 887-898.
- [5] Naald B P V, Sergeant C J, Beaudreau A H. Public perception and valuation of long-term ecological monitoring. *Ecosphere*, 2019, 10(10): e02875.
- [6] 苏文. 基于文献计量的生态系统观测研究网络长期观测数据应用研究. *生态学报*, 2019, 39(13): 5005-5013.
- [7] 赵文廷. 土壤环境监测技术规范中的土壤环境质量评价问题. *中国环境管理*, 2017, 9(4): 29-33.
- [8] 张璐娇. 地理国情普查中属性数据的质量评价[D]. 南昌: 东华理工大学, 2015: 1-63.
- [9] 买买提艾力·买买提依明. 新疆沙漠区碳收支特征及其影响因素研究[D]. 南京: 南京信息工程大学, 2015: 1-188.
- [10] 张璐娇, 周世健. 地理国情普查中属性数据的质量评价. *江西科学*, 2015, 33(1): 6-9, 34-34.
- [11] 张弼. 环境样品采集和分析全程质量控制及其评价方法研究[D]. 长春: 吉林大学, 2009: 1-55.
- [12] 李峰. 环境空气手工监测现场采样质量管理方法研讨. *环境与发展*, 2019, 31(6): 139-139, 141-141.
- [13] 陈科峰. 探讨环境监测现场采样的质量控制措施. *能源与环境*, 2019, (2): 69-69, 71-71.
- [14] Hou P Q, Ren Y F, Zhang Q Q, Zhang Y, Wang H F, Lu F, Zhang H X, Ouyang Z Y, Wang X K. Temporal and spatial variations of water quality in a trans-urban river in Beijing, China. *Fresenius Environmental Bulletin*, 2013, 22(2A): 561-572.
- [15] 赵冰冰. 浅谈土壤污染环境的质量控制和评价方法. *中国高新区*, 2018, (14): 211-211.
- [16] Myint S W, Okin G S. Modelling land-cover types using multiple endmember spectral mixture analysis in a desert city. *International Journal of Remote Sensing*, 2009, 30(9): 2237-2257.
- [17] 卓丽媚. 水质监测的质量控制问题分析及对策研究. *绿色科技*, 2019, (8): 75-77.
- [18] Shields C A, Band L E, Law N, Groffman P M, Kaushal S S, Savvas K, Fisher G T, Belt K T. Streamflow distribution of non-point source nitrogen export from urban-rural catchments in the Chesapeake Bay watershed. *Water Resources Research*, 2008, 44(9): W09416.
- [19] 陈潇江. 噪声监测的全过程质量控制. *内蒙古环境科学*, 2009, 21(1): 85-87.
- [20] 李爱霞, 曹占江, 谭会娟. 沙坡头站荒漠生态环境长期定位监测数据信息管理系统的发展. *中国沙漠*, 2014, 34(2): 617-624.
- [21] 李爱霞, 张景光, 王新平, 周海燕, 樊恒文. 沙坡头站生态监测数据的质量控制与综合管理. *中国沙漠*, 2005, 25(2): 287-292.
- [22] 卢康宁, 段经华, 纪平, 李惠鑫, 陈欢欢, 杨振寅. 国内陆地生态系统观测研究网络发展概况. *温带林业研究*, 2019, 2(3): 13-17.
- [23] 马世骏, 王如松. 社会-经济-自然复合生态系统. *生态学报*, 1984, 4(1): 1-9.
- [24] 王如松. 欧阳志云. 社会-经济-自然复合生态系统与可持续发展. *中国科学院院刊*, 2012, 27(3): 337-345.
- [25] Pickett S T A, Cadenasso M L, Grove J M, Groffman P M, Band L E, Boone C G, Burch W R, Grimmond C S B, Hom J, Jenkins J C, Law N L, Nilon C H, Pouyat R V, Szlavecz K, Warren P S, Wilson M A. Beyond urban legends: an emerging framework of urban ecology, as illustrated by the Baltimore ecosystem study. *Bioscience*, 2008, 58(2): 139-150.
- [26] 王青青, 巨天珍, 王培玉, 温飞, 石垚, 马成, 常锋. 兰州市 SO₂ 时空动态分布特征及其与城市生态系统的关系. *生态学报*, 2020, 40(8): 2577-2588.
- [27] 王如松. 高效. 和谐: 城市生态调控原则与方法. 长沙: 湖南教育出版社, 1988: 1-170.
- [28] 国家林业和草原局. LY/T 2990—2018 城市生态系统定位观测指标体系. 北京: 中国标准出版社, 2019.
- [29] 廖小罕, 师春香, 王兵. 从无人机遥感、数据融合、生态价值谈自然资源要素综合观测体系构建. *中国地质调查*, 2021, 8(2): 4-7.
- [30] Shochat E, Warren P S, Faeth S H. Future directions in urban ecology. *Trends in Ecology & Evolution*, 2006, 21(12): 661-662.
- [31] 中国环境监测总站《环境水质监测质量保证手册》编写组. 环境水质监测质量保证手册(第二版). 北京: 化学工业出版社, 1994: 1-272.
- [32] 刘玖芬, 高阳, 冯欣, 薛彦萍, 何海洋, 赖明, 代辛. 自然资源要素综合观测质量管理体系构建. *资源科学*, 2020, 42(10): 1944-1952.
- [33] 宋钊, 陈迪. 生态环境检测实验室现场采样质量管理技术数字化研究与应用. *质量与认证*, 2021, (6): 59-60, 64-64.
- [34] 吴冬秀, 韦文珊, 宋创业. 陆地生态系统生物观测数据质量保证与质量控制. 北京: 中国环境科学出版社, 2012: 1-155.
- [35] 张阳, 赖剑, 何敏鑫. 生态环境监测质量管理中的问题与对策. *化工管理*, 2020, (36): 63-64.
- [36] 袁国富, 张心昱, 唐心斋, 王溪, 刘玉洪, 苏宏新, 李伟, 姜峻, 娄金勇, 郭永平, 董雯怡, 谢娟. 陆地生态系统水环境观测质量保证与质量控制. 北京: 中国环境科学出版社, 2012.
- [37] 于新文. 构建质量管理体系新模式 推动中国气象高质量发展——关于气象观测质量管理体系建设的探索与思考. *中国质量报*, 2018-06-21(004).
- [38] 王亚玲. 基层气象观测质量管理体系建设和思考. *科技风*, 2020, (26): 120-121.
- [39] 李威君, 刘伟韬, 刘音, 周刚. “人机料法环”全面质量管理视角下的城市风险治理研究. *中国应急管理科学*, 2019, (S6): 81-86.
- [40] Pitz M, Birmili W, Schmid O, Peters A, Wichmann H E, Cyrys J. Quality control and quality assurance for particle size distribution measurements at an urban monitoring station in Augsburg, Germany. *Journal of Environmental Monitoring*, 2008, 10(9): 1017-1024.
- [41] 廖德兵, 李具康. 实现生态环境监测数据可追溯性的常见问题及对策初探. *环境保护*, 2019, 47(15): 17-20.
- [42] 石毓岷. 环境监测中 POPs 分析的关键问题与对策. *生态与农村环境学报*, 2010, 26(2): 178-184.

- [43] Wagner G. Basic approaches and methods for quality assurance and quality control in sample collection and storage for environmental monitoring. *Science of the Total Environment*, 1995, 176(1/3): 63-71.
- [44] 张炅, 董树屏, 滕曼, 杨婧, 杜祯宇, 曹冠, 于跃, 周瑞, 杨勇杰, 贾岳清, 单丹滢, 张翼翔, 黄业茹. 区域大型环境空气综合观测中外场观测与实验室分析数据质量控制研究. *环境科学研究*, 2019, 32(10): 1664-1671.
- [45] 董涛, 周海强, 陈杰. 浅谈辐射环境监测数据合理性问题与应对措施. *资源节约与环保*, 2019, (7): 31-31.
- [46] 崔向慧, 卢琦, 郭浩. 荒漠生态系统长期观测标准体系研究与构建. *中国沙漠*, 2017, 37(6): 1121-1126.
- [47] Guan C L, Yang Y. Research on computer control method of marine environmental monitoring data quality. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 2019, 252: 042067.
- [48] Dong D M, Ramsey M H, Thornton I. Sampling and analytical quality control of the determination of aluminium in soybean leaves. *Analyst*, 1997, 122(5): 421-424.
- [49] Gutrich J J, Taylor K J, Fennessy M S. Restoration of vegetation communities of created depressional marshes in Ohio and Colorado (USA): the importance of initial effort for mitigation success. *Ecological Engineering*, 2009, 35(3): 351-368.
- [50] 马耀明, 马伟强, 李茂善, 孙方林, 王介民. 黑河中游非均匀地表能量通量的卫星遥感参数化. *中国沙漠*, 2004, 24(4): 392-399.
- [51] 车涛, 李弘毅, 晋锐, 盖迎春, 谭俊磊, 张阳, 任志国, 王旭峰, 李新. 遥感综合观测与模型集成研究为黑河流域生态环境保护与可持续发展提供科技支撑. *中国科学院院刊*, 2020, 35(11): 1417-1423.
- [52] 孙飒梅, 卢昌义. 遥感监测城市热岛强度及其作为生态监测指标的探讨. *厦门大学学报(自然科学版)*, 2002(01): 66-70.
- [53] Avtar R, Kumar P, Oono A, Saraswat C, Dorji S, Hlaing Z. Potential application of remote sensing in monitoring ecosystem services of forests, mangroves and urban areas. *Geocarto International*, 2017, 32(8): 874-885.
- [54] 马泽清, 王辉民, 杨风亭, 付晓莉, 方华军, 王景升, 戴晓琴, 寇亮, 赵博. 基于长期观测研究支撑亚热带红壤丘陵区森林生态系统恢复与可持续发展. *中国科学院院刊*, 2020, 35(12): 1525-1536.
- [55] 郭慧, 王兵, 牛香. 基于 GIS 的湖北省森林生态系统定位观测研究网络规划. *生态学报*, 2015, 35(20): 6829-6837.
- [56] 刘维, 周忠学, 郎睿婷. 城市绿色基础设施生态系统服务供需关系及空间优化——以西安市为例. *干旱区地理*: 1-19(2021-06-11)[2021-06-17]. <http://kns.cnki.net/kcms/detail/65.1103.X.20210610.1117.002.html>.
- [57] 侯姗, 徐秉声, 林翎, 王赓, 李燕. 我国生态文明标准体系构建初探. *质量探索*, 2018, 15(5): 5-14.
- [58] 中华人民共和国生态环境部. HJ 91.1—2019 污水监测技术规范. 北京: 中国环境出版集团, 2019.
- [59] 中国生态系统研究网络科学委员会. 陆地生态系统土壤观测规范. 北京: 中国环境科学出版社, 2007.
- [60] 中国生态系统研究网络科学委员会. 陆地生态系统生物观测规范. 北京: 中国环境科学出版社, 2007.
- [61] 中国生态系统研究网络科学委员会. 陆地生态系统水环境观测规范. 北京: 中国环境科学出版社, 2007.
- [62] 中华人民共和国环境保护部. HJ 630—2011 环境监测质量管理技术导则. 北京: 中国环境科学出版社, 2011.
- [63] Kaye J P, Groffman P M, Grimm N B, Baker L A, Pouyat R V. A distinct urban biogeochemistry? *Trends in Ecology & Evolution*, 2006, 21(4): 192-199.