

附件 5

《全国生态状况调查评估技术规范—— 城市生态系统调查（征求意见稿）》

编制说明

标准编制组

二〇二六年八月

目 录

1 项目背景	1
1.1 任务来源	1
1.2 主要工作过程	1
2 标准制订的必要性分析	1
2.1 制订标准的法律法规依据	1
2.2 规范开展全国生态状况调查评估的要求	2
2.3 城市调查相关行业需要	3
3 国内外相关标准情况的研究	3
3.1 国外相关项目和标准情况的研究	3
3.2 国内相关项目和标准情况的研究	5
3.3 本标准与国内外同类标准的对比	10
4 标准制订的基本原则和技术路线	10
4.1 标准制定的基本原则	10
4.2 标准制订的技术路线	11
5 标准主要技术内容	12
5.1 标准适用范围	12
5.2 标准结构框架	12
5.3 规范性引用文件	12
5.4 术语和定义	12
5.5 标准主要技术内容确定的依据	13
6 标准实施建议	25
7 参考文献	26

1 项目背景

1.1 任务来源

2022 年 5 月，生态环境部通过《关于开展 2022 年度第二批国家生态环境标准项目实施工作的通知》（环办法规函〔2022〕205 号）下达《全国生态状况调查评估技术规范——城市生态系统调查》标准制订项目，项目统一编号为 2022-27，牵头承担单位是生态环境部卫星环境应用中心，参加单位有中国科学院地理科学与资源研究所、南京信息工程大学、北京市生态环境监测中心、深圳市环境科学研究院、中国科学院城市环境研究所。

1.2 主要工作过程

任务下达后，技术规范编制组开展项目研究、文献资料分析和国内外相关研究成果调研，并在此基础上召开研讨会，讨论并确定了开展技术规范编制工作的原则、程序、步骤和方法，形成了技术规范初稿。具体过程如下：

2022 年 1 月-6 月，开展需求调研，明确城市生态系统调查所涉及的编制目标、评估指标、获取方法等。

2022 年 7 月-12 月，对国内外城市生态系统调查工作，以及我国现有相关的技术标准与规范进行调研；完善并签订项目任务书。

2023 年 1 月-7 月，根据调研情况，形成初步的标准编写思路，并召开专家咨询会，向相关专家咨询标准编制工作的总体思路。

2023 年 8 月-2024 年 10 月，结合专家意见以及调研情况，讨论并形成项目开题论证报告以及标准草案，并经过多次讨论修改。

2024 年 11 月-2025 年 9 月，提交《全国生态状况调查评估技术规范——城市生态系统调查》草案和开题论证报告至标准所，按要求修改。

2025 年 9 月，标准通过由生态环境部生态司组织的开题论证会，生态环境部标准研究所，生态环境部华南环境科学研究所、中国科学院生态环境研究中心、中国矿业大学（北京）、首都师范大学、中国环境科学研究院、中国农业大学、北京市生态环境保护科学研究院、海南省环境科学研究院等相关单位专家对标准提出了进一步修改完善意见。

2025 年 9 月-11 月，按照开题论证会专家意见修改《全国生态状况调查评估技术规范——城市生态系统调查》征求意见稿，并形成编制说明。

2025 年 12 月，标准（征求意见稿）通过由生态环境部生态司组织的技术审查，生态环境部标准研究所，生态环境部华南环境科学研究所，中国科学院生态环境研究中心，中国矿业大学（北京），首都师范大学，中国环境科学研究院，中国农业大学，北京市生态环境保护科学研究院，海南省环境科学研究院等相关单位专家对标准征求意见稿提出了进一步修改完善意见。

2 标准制订的必要性分析

2.1 制订标准的法律法规依据

从国际层面看，《生物多样性公约》（CBD）及《昆明—蒙特利尔全球生物多样性框架》

(2022)要求到2030年加强城市生态系统的保护与修复、提升“自然对人的贡献(NCP)”,并以统一口径开展生态状况监测与信息共享;《联合国气候变化框架公约》(UNFCCC)及《巴黎协定》强调建立温室气体清单和适应评估机制,提升城市尺度的碳排放、气候风险与韧性监测能力;《拉姆萨尔湿地公约》要求重点湿地(含城市湿地)名录化与定期监测评估;《2030年可持续发展议程》(SDGs)在SDG11、SDG13、SDG15等目标下提出构建可比指标与长期观测体系。上述公约与框架共同指向:应建立覆盖生态结构—生态过程—生态服务的城市生态调查与评估规范,统一指标口径与数据标准,强化跨区域可比性与信息共享,为各国城市治理与绩效评估提供可对接的技术依据。

《中华人民共和国生态环境法典》在“标准和监测”章明确提出推进生态环境领域标准体系建设、建立健全生态环境监测制度,并要求国务院生态环境主管部门会同有关部门制定监测规范、构建天地一体的监测网络与数据共享机制,为本标准开展城市生态系统调查的技术规范化与数据质量要求提供了法典层面的依据。党的十八大以来,中央对生态文明建设作出一系列决策部署,发布了《中共中央 国务院 关于加快推进生态文明建设的意见》《生态环境监测网络建设方案》《中共中央 国务院 关于全面加强生态环境保护坚决打好污染防治攻坚战的意见》等一系列重要文件。按照中央部署,落实《中共中央 国务院 关于加快推进生态文明建设的意见》(中发〔2015〕12号),以及十九届三中、四中全会精神,履行生态环境部“开展全国生态状况评估”和“拟定生态环境标准,制定生态环境基准和技术规范”职责,开展全国生态状况调查评估技术规范编制工作。

党的十八大以来,习近平总书记站在统筹中华民族伟大复兴战略全局和世界百年未有之大变局的高度,就城市工作作出一系列重要论述,深刻揭示了中国特色社会主义城市发展规律,明确了城市发展的价值观和方法论,科学回答了城市建设发展依靠谁、为了谁的根本问题,以及建设什么样的城市、怎样建设城市的重大命题,为我们做好新时代城市工作指明了前进方向、提供了根本遵循。

在底线要求上,强调把生态和安全放在更加突出的位置。习近平总书记指出,城市工作要把创造优良人居环境作为中心目标;让城市融入大自然,让居民望得见山、看得见水、记得住乡愁;要把人民生命安全和身体健康作为城市发展的基础目标;无论规划、建设还是管理,都要把安全放在第一位,把住安全关、质量关,并把安全工作落实到城市工作和城市发展各个环节各个领域。这些重要论述阐明了生态和安全的极端重要性,明确了城市工作的中心目标和基础目标。

2.2 规范开展全国生态状况调查评估的要求

全国生态状况调查评估是一项重要的基础国情调查,对于全方位支撑生态环境监督管理、推动优化国土空间开发布局、有针对性地实施生态保护修复工程,维护国家和区域生态安全,建设美丽中国具有重要意义。机构改革后,调查评估也是生态环境部的重要职责之一。2019年5月31日,生态环境部办公厅印发《全国生态状况定期遥感调查评估方案》(环办生态〔2019〕45号),明确了定期调查评估的长效工作机制,每五年开展一次全国调查评估。因此,统一规范技术体系,明确任务分工,可为定期开展生态状况调查评估提供有力保障。

城市生态系统调查是生态系统要素观测的重要组成部分，是全国生态状况调查的一项关键环节，城市生态系统调查的规范化开展对整个调查评估工作具有重要意义。

2.3 城市调查相关行业需要

城市生态系统调查是现代城市管理和发展中一个至关重要的环节，是城市规划的数据基础，调查结果可以作为决策依据，例如在土地、交通规划，基础设施建设等方面，确保决策的科学性和合理性。调查城市空气、水质等环境参数，采取措施改善环境质量。通过观测城市能耗、水资源利用等，促进资源的合理分配和节约，推动城市向绿色低碳方向发展。

当前城市生态调查相关标准大多聚焦于生态对象本身的状态量测，难以支撑现实治理中对“社会活动—生态过程—治理响应”这一完整链条的解释与管控。随着人口、经济与空间要素在城市内部高密度集聚，社会经济过程对生态系统的影响呈现出高频、多路径、快速反馈的特征；反过来，生态系统对居民健康、城市安全与经济活力的正向贡献也愈发被关注。在这样的背景下，有必要开展将社会与生态要素放在同一逻辑框架下统筹考虑的思路与标准规范。

这种需求的本质，是要在调查体系层面正视并表达城市系统的复合性和耦合性特征：社会经济活动不再只是外部“干扰因子”，而是系统内部的核心驱动力之一；生态系统也不仅是静态背景，而是持续输出多元服务的功能主体，既体现出社会发展活动到底在多大程度、通过哪些路径改变了生态格局与环境质量；又呈现为生态系统又在何种强度、以何种方式支撑着人类福祉与城市运行。

综上，当前静态的指标体系，难以回应城市高质量发展、国土空间优化等新的治理命题。因而，有必要开展以人地互动与双向反馈为核心理念的城市生态系统调查标准研究，在框架层面给出明确导向：既关注生态系统的结构与功能，也关注社会过程；既量化当下状态，也揭示演变过程与人地关系。

3 国内外相关标准情况的研究

3.1 国外相关项目和标准情况的研究

国外关于城市生态系统调查的规范可概括为三条主线：①国际综合指标体系，聚焦城市整体运行质量；②生态系统服务与价值框架，强调自然系统对人类福祉的贡献；③专项监测技术指南，聚焦空气、水、土壤等介质的采测评一体化。具体的项目和标准情况如下：

ISO 37120:2018—《Sustainable development of communities—Indicators for city services and quality of life》（《可持续发展城市与社区——城市服务与生活质量指标》）是 2014 年 5 月 15 日首次提出，现在执行的是 2018 年版，国际标准化组织（ISO）在全球城市峰会期间发布的 ISO 37120 城市可持续发展指标体系国际标准，作为全面综合的可持续发展方法而制定的一系列新国际标准的一部分，该系列标准包括城市服务和生活质量指标、智慧城市指标和韧性城市指标，为测量内容和测量方式提供了统一的方法。涵盖了城市的各个方面，有 19 个主题的 104 个关键绩效指标，包括环境、经济、社会和城市治理等指标，以指导和

衡量城市服务和生活质量的表现，其中环境板块 22 项，涵盖 PM_{2.5}/PM₁₀ 年均浓度、城市绿地率与人均绿地、温室气体排放总量与人均量、饮用水合规率、污水集中处理率、固废回收率等。每项指标给出统一的定义、单位、数据频次（年度）和优先数据源（监测站、遥感、行政台账）。提供全球通行的“城市环境—社会—经济—治理”基线指标。

《Common International Classification of Ecosystem Services (CICES)》（《通用生态系统服务分类》）由欧盟环境署（EEA）于 2020 提出，是一种用于分类和描述生态系统服务的国际通用分类系统，可用于评估城市生态系统提供的各种服务。CICES 的开发旨在为环境政策和管理提供一个共同的框架，以便更好地理解 and 评估生态系统对人类福祉的贡献。CICES 分类系统基于对生态系统服务的理解和定义，将生态系统服务细分为不同的类别和子类别，以便更好地进行监测、评估和政策制定。CICES 的使用有助于提高不同国家和地区之间关于生态系统服务的数据收集、分析和沟通的一致性。该分类将生态系统服务划分为供给、调节和文化三大类 90 余子类；其中，城市条目包括温度调节、雨洪调蓄、空气净化、生境支持、精神康养等，并为每项服务列出常用物理指标（如降温幅度、截留水量、PM_{2.5} 去除量）与可选货币化系数。

《Urban Environmental Accords》（《城市环境协定》），由 ICLEI & 旧金山政府 2005 首发，2019 更新，是一个旨在推动城市可持续发展和环境保护的全球倡议。这一倡议的目标是通过各种环境行动计划，在城市层面上促进可持续发展、资源管理和环境保护。Urban Environmental Accords 首次于 2005 年在旧金山举办的世界城市峰会（World Environment Day）上提出，得到了来自世界各地的数十个城市的政府和官员的支持。Urban Environmental Accords 包括了多个议题和行动计划，涵盖了城市环境管理的各个方面，如空气质量改善、水资源保护、可持续能源利用、废物管理、生态保护等。一些城市 and 地方政府组织共同签署的协议和框架文件，包括一系列城市生态系统调查方面的标准和准则。该协定设定了 21 条量化目标一如 7 年内公共绿地可达面积/人提高 20 %、III 类以上水体比例提高 10 %、人均碳排放降低 25% 等；并要求城市每年公开进度。

《US EPA Urban Environmental Monitoring Guidance Series》是由美国环境保护署发布的系列环境监测文件（1997 - 2023），负责执行联邦环境法规，确保工业、农业和其他部门的活动符合环境法规标准，发布了许多关于城市生态系统调查的指南和工具，包括空气质量、水质、废物处理等方面的监管，用于监测和评估城市环境质量，并在空气、水、土、固废监测等方面给出采样布点、检测限、数据完整率等要求。

《The Economics of Ecosystems and Biodiversity》（TEEB）（《生态系统与生物多样性的经济学——城市与区域指南》）是一个全球性倡议，于 2007 年由德国联邦环境部和联合国环境规划署发起，向决策者传达生态系统和生物多样性的经济、社会和环境价值，旨在评估和提高人们对生态系统和生物多样性的认识，强调它们对经济发展、社会繁荣和人类福祉的重要性，推荐量化指标包括城市绿地降温幅度（℃）、雨水截留量（m³/年）、年碳固定量（t CO₂）、自然资本净现值（USD）等，并提供折算系数。

《City Tree Assessment & Urban Forest Monitoring Protocol》（《城市树木评估与城市森林监测协议》）是联合国欧洲经济委员会（UNECE）于 2021 年发布的专门为城市林分监

测建立的一套“地基样方调查—高分辨率遥感—机载/车载 LiDAR”三位一体的技术体系：协议规定了最小样方面积、样方网格间距与点云密度等采样参数，并给出树冠覆盖率、叶面积指数（LAI）、单木碳储量以及污染物年去除量的具体计算方法与年/三年更新周期要求。该协议为城市尺度的绿量精度评估和生态功能量化提供了操作性极强的规范，可直接用来细化我国“植被覆盖度”“碳固定能力”和“空气净化能力”等调查指标的技术路线与质量控制基准。

3.2 国内相关项目和标准情况的研究

3.2.1 国内综合观测站中对城市观测的项目情况

许多高校、科研机构以及环境保护部门都开展城市生态系统调查的相关研究和实践工作。通过生物多样性调查、生态系统功能评估等探究城市环境的生态特征和演变规律，建设了与多种需求相适应的长期观测，并发布了一系列城市生态系统调查及评估相关规范。

中国生态系统研究网络（CERN）是为了监测中国生态环境变化，综合研究中国资源和生态环境方面的重大问题，发展资源科学、环境科学和生态学，于 1988 年开始组建成立的。目前，该研究网络由 16 个农田生态系统试验站、11 个森林生态系统试验站、3 个草地生态系统试验站、3 个沙漠生态系统试验站、1 个沼泽生态系统试验站、2 个湖泊生态系统试验站、3 个海洋生态系统试验站、1 个城市生态站，以及水分、土壤、大气、生物、水域生态系统 5 个学科分中心和 1 个综合研究中心所组成。

中国陆地生态系统通量观测研究网络（简称中国通量观测研究网络，ChinaFLUX）是以中国科学院生态系统研究网络为依托，以微气象学的涡度相关技术和箱式/气相色谱法为主要技术手段，对中国典型陆地生态系统与大气间 CO₂、水汽、能量通量的日、季节、年际变化进行长期观测研究的网。ChinaFLUX 于 2002 年建成，拥有 8 个微气象和 16 个箱式/气相色谱法观测站，有超过 22 个森林、草地、农田站结合野外植被、土壤生理生态学实验对碳、水及能量通量进行观测。截止目前，ChinaFLUX 的观测研究站点（网）已达 79 个（观测塔 83 座），其中包括 18 个农田站、19 个草地站、23 个森林站、15 个湿地站、2 个荒漠站、1 个城市站和 1 个水域站（网）。

中国陆地生态系统定位观测研究站网（China Terrestrial Ecosystem Research Network, CTERN）是国家林业和草原局陆地生态系统定位观测研究站网，以森林、湿地、荒漠、草原、竹林、城市生态系统为研究对象，按照我国地理分布特征和生态系统类型区划，由分布在全国典型生态区、依托林业系统科研和教学单位建设、基础条件较好的若干陆地生态系统定位观测研究站组成，开展生态系统结构与功能的长期、连续、定位野外科学观测和生态过程关键技术研究的网络体系，是国家林业科学试验基地，是国家林业科技创新体系的重要组成部分，也是国家野外科学观测与研究平台的重要组成部分。截至 2022 年，在全国典型生态区已建设生态站 220 个，其中 107 个森林站，14 个草原站，41 个湿地站，26 个荒漠站，22 个城市站，10 个竹林站，基本形成了覆盖全国主要生态区的大型观测研究网络。

我国现有的国家级综合观测网络——中国生态系统研究网络（CERN）、中国陆地生态系统通量观测研究网络（ChinaFLUX）和中国陆地生态系统定位观测研究站网（CTERN）

为本标准提供了可直接借鉴的数据基础和技术经验，但其服务城市生态系统观测的深度和广度仍有限，需要在指标覆盖与方法整合上进一步衔接。

站点分布与城市覆盖来看，主要监测网络共运行 300 余个长期观测站，其中真正位于或服务城市建成区的站点不足 30 个。CERN 的北京城科站、CTERN 的 22 个城市站及 ChinaFLUX 的北京奥森站、广州华南站等，能够提供地表通量（CO₂、H₂O、能量）、地面气象、土壤水热、植被结构等连续序列。但是目前各类城市观测站因建设目的和技术条件不同，监测内容差异较大：有的侧重碳通量与微气象，有的强调植被与生物多样性，有的仅记录水质或空气污染。即使同测一个指标，采样方法、频率和仪器规格也常不一致，也使得各项监测指标之间难以横向对比、纵向衔接，更难支撑跨城市的综合评估与决策。

3.2.2 国内城市观测站情况

城市生态系统定位观测研究站是监测城市生态系统发展演变的主要手段，与其他类型生态系统定位观测研究站既有共性也有独特性，建立长期定位观测研究站是揭示生态系统结构功能动态变化规律和开展生态系统服务功能科学评估的有效手段。城市作为人类活动最为集中的地区，具有自然景观与人工景观相互交错、内部活动与周边活动相互影响的复杂性，是一个复合生态系统，同时也对区域生态系统有着重要的影响。

近年来，城市生态系统定位观测研究受到国家重视，2016 年，原国家林业局发布了《国家陆地生态系统定位观测研究网络中长期发展规划（2008-2020）（修编版）》，新增了城市生态站建设内容，将上海、重庆、深圳、扬州等 8 个森林或湿地生态站纳入城市生态站管理，截至 2020 年已批复建立了 18 个城市生态站。2021 年，国家科技部负责组织建设的国家生态系统观测研究网络（National Ecosystem Network of China）将 69 个野外站列入国家野外站择优建设名单，其中就有 3 个以城市化为背景进行长期定位研究的生态站。

全国已批复建立 18 个城市生态站，其中有 2 个面向城市群，即广东珠江口城市群生态站和湖南长株潭城市群生态站，其所在城市中，有 2 个为直辖市，即上海和重庆；有 10 个省会城市，即长沙、银川、杭州、广州、乌鲁木齐、西安、太原、郑州、南昌、合肥；1 个经济特区，深圳；1 个国家级新区，雄安新区。

表 1 城市生态站信息

序号	生态站名称	海拔梯度地貌	生态地理分区	所属城市群规划分区
1	上海城市森林生态系统国家定位观测研究站	第三阶梯平原（临海）	长江三角洲城市群	长三角一体化发展区
2	湖南长株潭城市群森林生态系统国家定位观测研究站	第三阶梯丘陵	长江中游城市群	长江经济带
3	宁夏银川城市森林生态系统国家定位观测研究站	第二阶梯高原	宁夏沿黄城市群	黄河流域生态保护和高质量发展先行区
4	江苏扬州城市森林生态系统国家定位观测研究站	第三阶梯平原	长江三角洲城市群	长三角一体化发展区

序号	生态站名称	海拔梯度地貌	生态地理分区	所属城市群规划分区
5	广东深圳城市森林生态系统国家定位观测研究站	第三阶梯丘陵（临海）	珠江三角洲城市群	粤港澳大湾区
6	广东珠江口城市群森林生态系统国家定位观测研究站	第三阶梯丘陵	珠江三角洲城市群	粤港澳大湾区
7	新疆乌鲁木齐城市生态系统国家定位观测研究站	第二阶梯山地	天山北坡城市群	陆桥通道
8	浙江杭州城市森林生态系统国家定位观测研究站	第三阶梯丘陵	长江三角洲城市群	长三角一体化发展区
9	重庆山地型城市森林生态系统国家定位观测研究站	第二阶梯山地	成渝城市群山西中部	长江经济带
10	山西太原城市生态系统国家定位观测研究站	第二阶梯山地	山西中部城市群	黄河流域生态保护和高质量发展先行区
11	广东广州城市生态系统国家定位观测研究站	第三阶梯丘陵	珠江三角洲城市群	粤港澳大湾区
12	陕西西安城市生态系统国家定位观测研究站	第二阶梯半山半平原	关中平原城市群	黄河流域生态保护和高质量发展先行区
13	河南郑州城市生态系统国家定位观测研究站	第三阶梯平原	中原城市群	黄河流域生态保护和高质量发展先行区
14	浙江温州城市生态系统国家定位观测研究站	第三阶梯丘陵（临海）	粤闽浙沿海城市群	沿海通道
15	江西南昌城市生态系统国家定位观测研究站	第三阶梯平原	长江中游城市群	长江经济带
16	河北雄安新区城市森林生态系统国家定位观测研究站	第三阶梯平原	京津冀城市群	京津冀协同发展区
17	海南三亚城市生态系统定位观测研究站	第三阶梯山地（临海）	无	海南全面深化改革开放区
18	安徽合肥城市生态系统定位观测研究站	第三阶梯平原	长江三角洲城市群	长三角一体化发展区

根据《城市生态系统定位观测研究站建设技术规范》（LY/T 2989-2018）要求，城市生态站需要设置站点和观测点，站点即主站和辅站，而观测点定义为在典型城市生态系统中为开展气象、大气、游憩康养环境、水文、水质、土壤、植物群落等方面的综合观测和研究设置的观测位点。



图 1 我国城市生态站分布现状

3.2.3 国内城市调查相关的标准情况

我国围绕城市建设、运行与生态保护陆续发布了一批覆盖规划设计、监测评估、管理实施等不同层面的国家与行业标准，形成了一个从宏观综合评估到专业技术细节的多尺度、多部门标准矩阵。其中国家层面既有面向城市生态系统整体监测与综合评价的技术指南、风险评价方法，也有聚焦森林城市、低碳发展、光环境品质、三维 GIS 平台等专项技术规范；行业层面则补充了定位观测站建设、指标体系、热环境监测、海绵设施运维、地下管线规划等更加细分的技术要求。这些标准为城市生态系统调查提供了若干可参照的指标框架、数据采集方法和质量控制条款，也反映出我国在不同专业领域对城市生态问题的多元化关注与技术积累。

(1) GB/T 43679—2024《城市生态系统监测技术指南》

该标准属于城市生态监测领域首个系统性技术指南型国家标准，由全国环境管理标准化技术委员会提出并归口。它明确了“适用性、可操作性、科学性”等基本原则，并给出了明确目标，确定内容，选择指标，确定技术方法的完整流程图，强调遥感、地面调查、定位监测和数据集成等多源技术的组合应用，以保障数据的准确性和可比性。内容上把城市生态系统分解为“格局—要素—过程”三大监测板块：格局侧重土地覆盖/利用结构，元素监测涵盖生物（植物、动物、微生物）、非生物（空气、水体、土壤）与社会经济要素，过程监测则聚焦碳循环、水循环与地表热量平衡等关键生态过程，并针对每类对象列出了一级/二级指标及技术路径（如 CO_2 通量、蒸散发、GDP 与人口结构等），形成较完整的指标—方法对照表。

(2) GB/T 37342—2024《国家森林城市评价指标》

该标准由国家林业和草原局提出，构建了以森林网络、森林健康、生态福利为主的分层指标体系，指标具有明确的阈值和分区差异性（如按照年降水量分档设定林木覆盖率、城区绿化覆盖率、树冠覆盖率等），体现了对城市绿地系统空间结构与质量的双重关注。除覆盖率类指标外，还强调林荫道路率、水岸自然化率、受损弃置地修复率等结构—过程—恢复维度，并延伸到生物多样性、乡土树种使用率、森林质量提升等质量性指标，展现出数量、质

量、连通性一体化的生态绿网建设导向。

(3) GB/T 41152—2021《城市和社区可持续发展 低碳发展水平评价导则》

该导则由中国科学院城市环境研究所牵头编制，聚焦“低碳”这一气候治理主题，将评价对象分为“内部评价”（管理工具）与“外部评价”（横向对标工具）两类，强调建立基准值、识别关键排放部门，并形成持续的数据采集与比较机制。指标体系按照“碳排放量类—直接影响类（能源、交通、建筑）—间接影响类（环境、经济、社会）—管理类（政策、研发）”四大类展开，并在附录中给出可选指标清单，指标属性以“+/-”标记正负向，引导城市从结果、过程、治理能力三个维度推进低碳绩效改进。

(4) GB/T 43992—2024《城市光环境建设服务质量评价规范》

该规范由全国城市公共设施服务标准化技术委员会提出并归口，面向城市夜间光环境建设全过程（立项—规划设计—采购—实施—收尾）以及结果（安全、节能、光品质、效益）双维度提出评价要求，并给出综合/单项两类评价方式及评分细则，强调过程与结果各 50% 权重的综合评价思路。在指标逻辑上，除了安全、电磁兼容、信息安全等合规性指标外，还将“夜间活动”“商业消费”等社会效益纳入效果评价，显示出该标准兼顾城市夜间经济、公共安全与节能减排的多目标属性。

(5) GB/T 18578—2025《城市地理信息系统设计规范》

该标准由自然资源部测绘标准化研究所牵头编制，强化了空间/时间参考系、数据格式、设计流程等通用要求，新增了“基础地理信息数据库、专题信息数据库、城市三维模型”等术语，以适应新型智慧城市与三维 GIS 的需求。规范提出分层设计理念（数据库层—数据访问层—业务逻辑层—表示层），并建议在复杂情境下采用面向服务架构；同时给出了系统功能的基本与专业模块清单（含可视化、空间搜索、地理处理、数据库管理等）与部署架构示例（集中式/分布式），为后续生态监测、风险评估等城市生态数据平台提供技术支撑。

(6) GB/T 43235—2023《城市生态系统综合评估指标体系及计算方法》

该标准由中国科学院生态环境研究中心牵头编制，旨在为城市生态系统的整体状况评价提供一套可通用的指标框架与计算公式。其结构通常遵循“术语—原则—指标体系—计算方法—附录”的国标写法，指标覆盖生态结构、生态过程、生态功能及压力响应等多个维度，但整体仍以生态系统本身的“自然—环境”属性为主线组织，社会经济、人类活动多被当作压力或背景变量嵌入。方法上强调指标的可量化与可比性：大量使用比率、强度与效率类指标，并规定了权重设定、标准化处理、综合指数等计算步骤，以保证不同城市之间的横向对比。技术路线更偏向“自上而下”的综合评价逻辑，强调结果的可推广性与政策应用性，但对人类需求、社会福利、生态服务受益群体等“人”端变量缺乏细粒度展开。

(7) GB/T 43236—2023《城市生态风险评价技术指南》

该指南由全国环境管理标准化技术委员会提出并归口，关注的是风险视角下的城市生态安全，核心在于明确“风险”的组成要素与技术流程，遵循“风险识别—风险分析（含危害源、暴露度、脆弱性）—风险表征—风险管理建议”的路径，提供了城市生态风险评价流程、指标体系、评价方法与评价结果应用的指南。该指南提出了风险因子筛选原则、空间分区方

法与分级标准，常用数学模型包括多指标综合评价、概率—后果矩阵、情景模拟等。相较综合评估标准，本指南的特色是引入“危害源—暴露—脆弱性”框架，把人类活动造成的污染、极端事件、基础设施脆弱点等纳入风险链条；但对“人”这一主体的表述仍多停留在“暴露对象”“敏感人群”层面，缺乏对人的行为反馈、适应能力、治理响应等更动态的耦合机制描述。此外，指南将城市生态系统视为需要“防范风险”的客体，强调风险控制与管理工具。

(8) LY/T 2989—2018《城市生态系统定位观测研究站建设技术规范》

该规范由国家林业和草原局提出并归口，规定了城市生态系统定位观测研究站（城市生态站）选址、基础设施设备建设、分析实验室建设、气象和环境观测设施设备建设、水文水质观测设施设备建设、土壤理化性质观测设备建设、生物观测设施设备建设、数据采集及处理设备建设的内容及其技术指标，适用于全国范围内城市生态站。

(9) LY/T 2990-2018《城市生态系统定位观测指标体系》

该标准由国家林业和草原局提出并归口，标准规定了城市生态系统定位观测指标，从城市森林资源观测指标、气象观测指标、大气环境观测指标、游憩康养环境观测指标、水文与水质观测指标、土壤观测指标、植物群落等观测维度各提出一套具体的指标，并规定了指标的观测频度。该标准适用于全国范围内城市生态系统定位观测。标准中规定的城市生态系统主要包括城区及周边森林、湿地等自然生态系统。

总体来看，上述标准大多以各自的专业领域或管理目标为核心：生态监测类侧重格局—要素—过程的自然属性量化，低碳与光环境类强调能源、排放与夜间品质管控，GIS 与管线类则聚焦数据基础与信息化支撑；而定位观测规范更关注站点建设与样地级观测精度。在对象上普遍聚焦单一主题（如森林网络、碳排放、光环境）或单一系统（如城市森林、地下基础设施），指标之间缺乏横向衔接，尤其对“人—地耦合和反馈关系”的系统性表达仍显不足。这为后续构建统一、可比、面向人地交互全过程的城市生态系统调查标准留下了整合与创新空间。

3.3 本标准与国内外同类标准的对比

本标准规范体现出了从“要素并列”到城市复合生态系统内部的“关系—过程—反馈”动态关联。现行国内外城市相关规范多为要素并列（如生态格局/要素/过程、低碳/光环境、城市林分等），在各自场景内提供了可操作做法，但总体偏单向描述与清单式呈现，较少将“社会活动强度—生态响应—服务支撑”串联为可量化关系。本标准以**城市建成区为基本边界**，采用“**社会活动—生态环境—生态压力—生态服务**”的**四维框架**，将人→地的压力与地→人的支撑纳入同一逻辑，更能体现城市生态系统的动态过程。

4 标准制订的基本原则和技术路线

4.1 标准制定的基本原则

(1) 适用性、可操作性原则

本标准在不同城市、地区具有广泛适用性，能够覆盖各类城市生态系统的监测需求。与此同时，标准所提出的技术方法必须简便易行，能够通过标准化流程进行操作和执行，在实

际应用中可以对接现有的生态环境管理流程。标准的适用性不仅体现在理论上的普遍性，还落实到操作层面的可行性，确保各级管理部门和行业从业人员能够充分利用该标准开展城市生态系统调查工作。

(2) 科学性、先进性原则

本标准的编制采用先进的生态学原理、监测技术和数据分析方法，确保具有科学性、前瞻性和创新性。具体来说，标准充分借鉴国际上成熟的生态调查体系与标准，结合我国城市生态环境的特点，进行必要的调整和创新。

(3) 经济、技术可行性原则

在制定标准时，采用的技术方法注重实际操作的经济性和可行性，避免引入过于昂贵或技术要求过高的手段，在广泛实施过程中，能够以较低的成本实现。标准关注数据的获取途径，尽量依赖现有资源和手段，例如通过现有的环境监测和遥感等手段获取相关数据。同时，标准所推荐的方法和技术可复制和推广，具有较低的操作难度和较低的实施成本。

4.2 标准制订的技术路线

通过前期调研，查阅相关文献和标准等，确定规范化开展城市生态系统调查的业务需求。在此基础上，研究确定标准的主要内容，包括技术准备、调查观测和开展评估，并进一步构建城市生态系统调查指标体系。在系统梳理国内外标准规范后，围绕人地耦合“关系—过程—反馈”逻辑明确调查核心要素，提出统一口径的指标体系、数据方法和质量控制流程，确保标准从提出到应用全过程可追溯、可执行、可修正，为城市生态系统调查提供长期、权威且可操作的技术支撑。在确定主要技术内容后，编制开题报告和标准草案，召开开题论证会，根据开题论证会意见修改申请项目的开题论证，形成征求意见稿和编制说明初稿，并多方征求意见，根据所提意见修改完善相关内容，形成标准送审稿、编制说明后送审，根据标准审查会意见再进行修改，最终形成标准报批稿、编制说明报主管部门批准发布。技术路线如下。

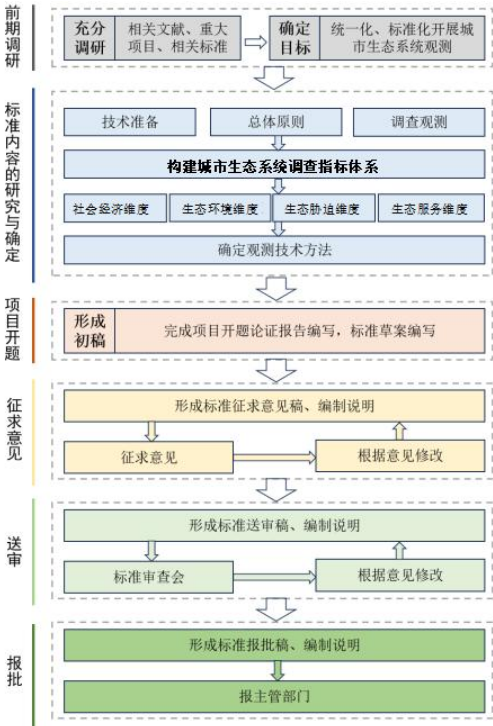


图 2 技术路线图

5 标准主要技术内容

5.1 标准适用范围

本标准规定了城市生态系统调查的基本原则、调查内容、观测与评估指标及方法、数据质量管理等。

本标准适用于建成区城市生态系统的观测与评估，县级市及区（县）可参照执行。

5.2 标准结构框架

本标准包括适用范围、规范性应用文件、术语和定义、总则、调查指标体系、数据管理与质量控制等章节，及指标内涵与观测评估方法附录。

5.3 规范性引用文件

本标准在城市生态系统术语和定义、观测指标、观测评估方法及数据管理与质量控制等部分相关内容的表述中对其他规范性文件进行了引用。

5.4 术语和定义

本标准对城市生态系统、建成区、城市生态系统格局、城市热岛、城市生态系统服务功能等 5 个术语进行了定义。

（1）城市生态系统

本标准所指“城市生态系统”的定义，参照 GB/T 43679—2024《城市生态系统监测技术指南》与 GB/T 43235—2023《城市生态系统综合评估指标体系及计算方法》中的相关表述，为匹配本标准“建成区”适用范围与“四维框架”。指以人类聚居为核心的城市生态系统，通过社会经济活动与治理行为与自然过程强烈耦合，表现为高频互动、强度大、反馈快的人—地相互作用，以及自然与社会子系统之间能量物质的持续交换。

（2）建成区

本标准所指“建成区”的定义，参照住房和城乡建设部《城市建设统计年报制度》及《城市规划基本术语标准》的术语，城市行政区内已成片开发建设，市政公用设施和公共设施基本具备的地区。

（3）城市生态系统格局

本标准所指“城市生态系统格局”的定义，参照 HJ 1171—2021《生态系统格局评估》与 GB/T 43235—2023 相关内容，并参考 GB/T 21010—2017《土地利用现状分类》，指城市生态系统各组成要素的空间组成、结构配置与相互关系，组成要素包括居住、市政与公共设施用地、工矿用地、交通设施、公共绿地、湿地与水体、农田等。

（4）城市热岛

本标准所指“城市热岛”的定义，参照 GB/T 43679—2024 关于热环境监测的相关术语及国内城市气候学通行表述，指因下垫面硬化、人工热排放、通风受阻与形态效应等导致城市近地层（或地表）温度显著高于周边郊区的现象。

（5）城市生态系统服务功能

本标准所指“城市生态系统服务功能”的定义，参照 HJ 1173—2021《生态系统服务功

能评估》与 CICES v5.1《通用生态系统服务分类》相关内容，指城市生态系统通过其生态过程所形成、维持的可为人类福祉提供的各种惠益。

5.5 标准主要技术内容确定的依据

本标准所研提的城市生态系统调查指标框架和指标，是在对城市生态系统特征和现行城市相关标准的调研基础上开展和完成的。

5.5.1 城市人地耦合生态系统的特征调研

与一般自然生态系统相比，城市生态系统的复杂性与反馈速度更高：人是系统内的核心驱动与受益主体，地（生态环境）既是承压体也是服务提供者。若仅以并列指标描述社会与生态，将难以揭示“人—地”关系中的胁迫与反馈支撑关系。面向城市的生态调查应在指标设计上体现人地关系中的胁迫与反馈，既刻画污染、资源消耗等压力路径，也定量评估生态服务的供给与人群获得；同时结合遥感、物联网、统计调查与模型推演，实现多尺度、多源数据融合，才能真实反映城市复合生态系统的运行机理。

（1）城市是人地交互最剧烈的空间单元

城市集聚了高密度人口与高强度要素流动，是自然环境要素与社会经济要素碰撞、混合、再组织的前沿地带。能源消耗、土地开发、产业集聚、交通与生活排放等活动以极高频率作用于大气、水体、土壤和生物生境；与此同时，绿地、水系、通风廊道等生态要素又以降温、滞洪、净化、康养等方式持续反馈于居民福祉。正因这种双向、即时、强烈的作用与反作用，城市成为人地关系耦合最紧密、反馈最复杂的区域。

（2）城市是高度复合、强耦合的生态社会系统

相对于一般自然生态系统，城市不仅包含结构—功能—过程等生态学内核，更叠加了经济、社会、文化、治理等多维子系统，共同构成一个典型的“复合生态系统”。在这一系统中，“人”不是外部干扰项，而是系统内的关键驱动因子与受益主体；“地”（城市生态环境）既是压力载体，也是服务提供者。人地关系表现为多尺度、多要素的交织网络。

（3）观测不仅限于生态对象，更要覆盖社会过程与相互作用

对城市生态系统的调查，不能只停留在植被覆盖率、水质指数、热岛强度等“生态对象”本身，也必须纳入人口强度、资源消费模式等“人类过程”变量；同时要关注“人—地”之间的交互过程——例如污染物的排放与迁移、生态服务的供给与支撑。只有对象—过程并重，才能揭示人地关系及其反馈与支撑。

（4）“胁迫”与“支撑”是城市观测的两个核心方向

在人—地关系框架下，一端是社会经济活动对生态环境的多重胁迫（污染排放、水热变化、资源过度消耗等），另一端是生态系统对人类社会的多样支撑（气候调节、空气净化等）。观测指标体系需同时覆盖这两条链路，才能从整体上评估城市发展的生态代价与收益，进而为优化城市治理与绿色转型提供依据。

（5）城市生态观测的逻辑路径

因此，面向城市的生态系统观测应是全方位的，明确“人—地胁迫—生态响应—服务支

撑”的逻辑路径，在时空尺度上实现多层级联动，在方法上整合遥感、物联网、统计调查与模型推演，形成真实刻画城市复合生态系统运行机理的完整框架。

5.5.2 城市生态系统观测指标框架

(1) 调查指标框架思路

城市生态系统是一个高度复杂和动态的复合生态系统，涉及社会经济与自然生态要素的深度耦合和相互作用。因此，城市生态系统观测的指标框架应从四个维度进行全面设计，体现人、地、胁迫和支撑四个关键维度之间的耦合关系与反馈机制。这个框架不仅包括对生态对象的静态监测，还强调对社会过程与生态过程的动态捕捉，以及人类活动与生态反应的相互作用。

该框架将从以下四个维度来设置具体的观测指标：“人”（社会经济活动与人口动态）、“地”（生态环境要素及其变化）、“胁迫”（人类活动对生态环境的压力）、“支撑”（生态系统对社会的多样服务）。每一个维度的指标都将从单独的量测点扩展到系统的网络结构，确保涵盖空间和时间上的全面性，能够捕捉各类社会活动与生态反应之间的互动。

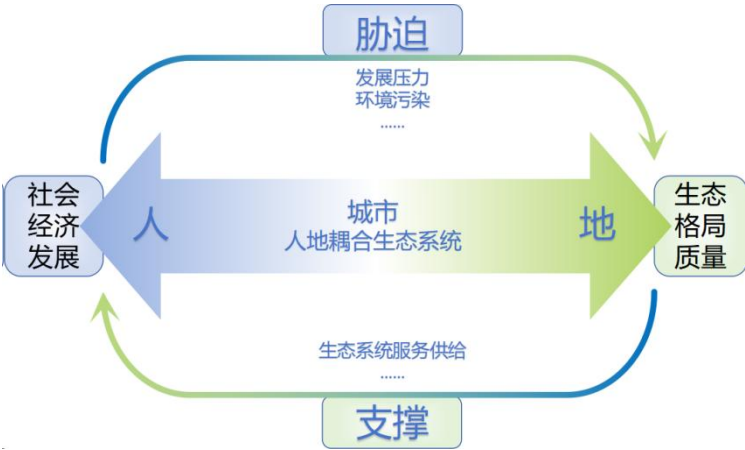


图 3 城市生态系统调查指标框架思路

1) “人” 维度：社会经济活动与人口动态

“人” 维度关注的是城市中人口的空间分布、人口流动、产业活动以及资源消费等社会经济因素。这个维度的核心是衡量人口、社会经济活动如何影响城市生态系统的压力与需求。指标设计将侧重于人口密度、生活方式等，分析社会行为与生态环境之间的关系。例如，某个区域的人口流动强度如何与周围生态服务（如空气净化、降温）产生反馈；或是某些产业活动如何加重环境胁迫（如碳排放、能源消耗）。

2) “地” 维度：生态环境要素与变化

“地” 维度关注的是城市中的生态环境要素，包括绿地、水体、土壤、空气等自然环境成分。这个维度的核心是刻画城市生态系统的结构与功能，以及它们在城市发展过程中发生的变化。指标设计应涵盖土地利用变化、绿地覆盖度、生态廊道连通性等，监测生态系统的变化如何影响城市的环境质量与资源供给。例如，城市绿化带的减少、湿地减少等，都会直接影响生物多样性、气候调节等服务功能。

3) “胁迫” 维度：人类活动对生态系统的压力

“胁迫” 维度专注于社会经济活动带来的生态环境压力。包括污染排放、土地硬化、碳

排放、能耗等因素。该维度的核心是分析人类活动如何影响生态系统功能，尤其是在城市化过程中加剧环境退化。通过测量和追踪这些压力源，评估它们对生态系统的负面影响，例如大气污染、土壤污染、噪声污染等，这些都直接影响城市生态系统的稳定性与韧性。

4) “支撑”维度：生态系统对社会的服务与贡献

“支撑”维度关注的是生态系统对城市社会经济活动的正向反馈和支撑作用。包括生态调节、气候调节、空气净化、文化康养等。这个维度的核心是量化生态系统提供的服务功能，并评估其在社会经济发展中的实际价值。通过定量分析这些服务的空间分布、时间变化，评估生态服务的供应是否与社会需求相匹配，是否存在短缺或失衡。

这一城市生态系统观测指标框架的设计，不仅关注单一的生态对象和社会经济因素，而是着眼于整个城市系统的动态耦合。通过整合“人”、“地”、“胁迫”、“支撑”四个维度的指标，全面地反映城市生态系统中的相互作用与反馈机制。

(2) 调查指标框架的确定

城市是人地交互最为剧烈的区域：高密度人口与高强度开发使社会经济过程几乎实时地塑造着生态格局，而生态系统状态的细微改变又迅速作用于城市热环境、空气质量与居民健康。本报告中也提出了城市生态系统调查指标框架思路，从人-地-胁迫-支撑四个维度搭建了本研究的顶层设计并进一步优化调整，以使各维度更加直观、易懂，同时更好地表达其在城市生态系统中的核心作用。具体来看，以“社会活动”表征“人”维度，突出了人类活动与社会经济过程对生态系统的影响，强调人类作为核心驱动因子的作用；以“生态环境”表征“地”维度，更加明确地表达城市生态系统中自然环境要素的变化与特征；以“环境压力”表征“胁迫”维度，强调了人类活动对生态系统施加的多重压力，如污染、资源消耗、土地开发等；以“生态服务”表征“支撑”维度，精准指向生态系统对社会的多样化支持和服务；每个维度的内涵更加清晰，便于更好地理解和应用，尤其是在实际操作与数据采集过程中。

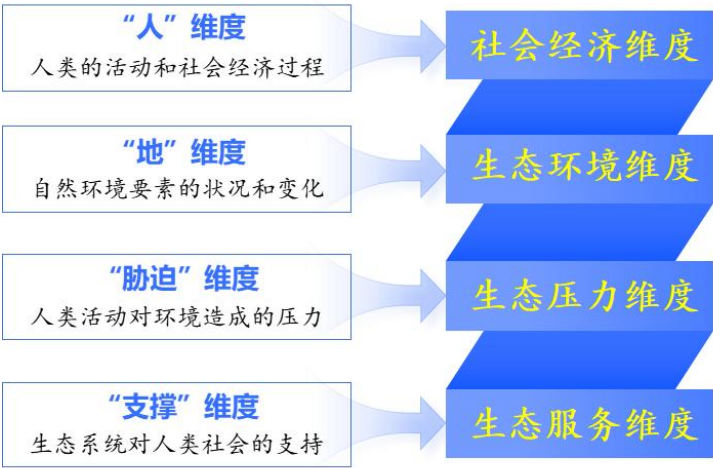


图 4 城市生态系统调查指标框架

5.5.3 关于调查指标体系

本次指标体系以城市作为人地要素高度耦合的复合生态系统为逻辑起点，在充分调研现行标准不足的基础上，围绕“社会活动—生态环境—环境压力—生态服务”四个维度，指标

选取遵循三类依据：①规范一致性——对照 GB/T 43679、GB/T 43235、GB/T 43236 等国家标准及相关技术规范，确保内涵与口径可衔接，并吸收 ISO 37120 与 CICES 等国际框架的成熟做法以增强国际可比性；②科学框架——采用“社会—生态—压力—服务”的逻辑映射（对应状态/压力/功能等范式），覆盖结构、过程、压力与功能信息，支撑状态，本底、胁迫和支撑的链条；③数据与应用可行性——优先选择来源于国家/地方监测网络、统计年鉴与遥感产品的常规化指标，强调时空可比、计算可复现与治理相关性（双碳、热岛、水环境等），以支撑不同城市尺度与管理情境下的稳定应用，精选并梳理出 32 项核心指标，用于同时刻画城市中人的行为特征与资源需求、生态环境的结构与质量、人类活动施加的多重压力，以及生态系统对社会的多样化支撑。各指标力求内涵清晰、口径统一、彼此不重复，并兼顾可获取性与可计算性，以便在不同城市尺度和管理情境下实现可比、可用、可扩展的观测与评价，为后续的数据整合、趋势研判和政策决策提供标准化基础。

表 2 城市生态系统调查框架及指标

序号	维度	监测对象	指标	调查周期
1	社会经济维度	人口与经济	建成区面积	年
2			人口密度	年
3			人均 GDP	年
4			单位国土面积 GDP 强度	年
5			道路密度	年
6	生态环境维度	气象	年均气温	年
7			年降水量	年
8			风速	年
9			年蒸发量	年
10			空气湿度	年
11			极端高温日数	年
12			极端强降水日数	年
13		环境质量	空气质量优良天数比例	年/月
14			主要污染物浓度	年/月
15			地表水Ⅲ类及以上断面比例	年/月
16			土壤环境质量达标率	年
17			声环境等级较好天数	年
18		覆盖度蓝绿格局	绿地率	年
19			水体面积比例	年
20			不透水地表面积占比	年
21			树种丰富度	年
22			蓝绿空间连通性	年

序号	维度	监测对象	指标	调查周期
23	生态胁迫维度	资源与排放压力	碳排放强度	年
24			生活污水产生强度	年
25			人均垃圾产生量	年
26		热/雨洪压力	建成区热岛强度	年
27			单位面积排水管网长度	年
28	生态服务维度	调节服务	绿地微气候调节能力	年
29			绿地空气净化能力	年
30			固碳能力	年
31		休闲游憩	绿视率	年
32			负氧离子水平	年

（1）社会活动维度指标

社会活动维度用于刻画建成区内人口集聚与生产生活活动强度，是解释生态环境压力形成与服务需求增长的基础信息。该维度指标以社会经济活动对自然生态系统影响为核心，选取具有横向可比性的指标，以“强度”指标为主。流程上，主要从统计年鉴与部门台账（人口、用水、道路等）汇聚候选指标，再统一到人均、密度或单位面积强度的表达口径，确保跨城对比不受规模效应干扰。在综合对比国内外城市可持续发展与生态环境评价框架的基础上，结合本标准以建成区为调查边界的要求，形成了以人口密度、经济活动强度（人均 GDP、GDP 强度等）以及空间开发强度（道路密度等）为核心的指标组合。数据来源以国家/地方统计年鉴、城市统计年鉴等官方发布数据为主。选取的主要指标及内涵，单位等如下：

1) 建成区面积

内涵：城市行政区内已成片开发建设、市政公用设施和公共设施基本具备的地区。

单位：km²。

数据来源：《中国城市建设统计年鉴》中建成区面积指标。

2) 人口密度

内涵：建成区内单位国土面积承载的常住人口数量，表征区域人口集聚程度、反映人类活动对生态环境压力强度。

单位：人/km²。

测算方法：

$$D_p = \frac{P}{A} \quad (\text{式 1})$$

式中：D_p—— 人口密度，单位：人/km²；

P—— 常住人口数，单位：人；

A—— 建成区面积，单位：km²。

数据获取：统计年鉴。

3) 人均 GDP

内涵：地区生产总值与常住人口之比，反映经济发展水平。

单位：万元/人·年。

测算方法：

$$GDP_{pc} = \frac{GDP}{P} \quad (\text{式 2})$$

式中： GDP_{pc} ——人均 GDP，单位：万元/人·年；

GDP —— 地区生产总值，单位：万元/年；

P —— 常住人口数，单位：人。

数据获取：人口普查、统计年鉴。

4) 单位国土面积 GDP 强度

内涵：单位国土面积上产生的地区生产总值。

单位：万元/km²。

测算方法：

$$GI = \frac{GDP}{A} \quad (\text{式 3})$$

式中： GI —— 单位国土面积 GDP 强度，单位：万元/km²；

GDP —— 地区生产总值：单位：万元；

A —— 建成区面积，单位：km²。

数据获取：统计年鉴、地方统计局 GDP 核算。

5) 道路密度

内涵：道路网总里程与国土面积的比值，反映交通基础设施密集程度及对下垫面的潜在影响。

单位：km/km²。

测算方法：

$$D_r = \frac{L_r}{A} \quad (\text{式 4})$$

式中： D_r —— 道路密度，单位 km/km²；

L_r —— 道路总长度，单位：km；

A —— 建成区面积，单位：km²。

数据获取：《中国城市建设统计年鉴》等。

(2) 生态环境维度指标

生态环境维度用于刻画建成区内生态环境要素的现状基础与空间格局，是开展压力诊断与服务评价的参照基底。该维度指标强调其对于城市生态状况的客观描述，并能实现不同年份之间的数据跨期可比性，以及数据的可复现性，基于以上要求和原则，在流程上，优先考虑基于多源遥感与权威底图构建候选库（地表覆盖、蓝网水体、重要生态空间、景观格局、气象要素），再按空间分辨率与时间一致性做口径统一。在对现行生态环境监测与生态状况调查评估相关规范进行对照的基础上，结合建成区空间特征与管理需求，形成了由气象水文要素（气温、降水、风速、蒸发量及极端事件日数）、环境质量状态（空气主要污染物浓度及优良天数、地表水水质优良断面比例、土壤与声环境达标率等）以及地表覆盖与蓝绿格局

（绿地率、水体比例、不透水面比例、树种丰富度、蓝绿空间连通性等）构成的指标组。数据来源主要为生态环境、自然资源部门等的土地利用/覆盖数据、气象部门地面观测与再分析资料、遥感影像产品等。并优先选取获取路径清晰、更新周期稳定、跨城市可复制的指标（如不透水面比例、水体面积比例、连通性指数、气温/降水/蒸发量）。

1) 年均气温

内涵：一定时期内的空气温度状况，是热环境与生态过程分析的基础。

单位：℃。

观测方法：参考 GB/T 35226-2017 中 3.1 的相关要求执行。

2) 年降水量

内涵：一定时段内的未经蒸发、渗透、流失的降水，在水平面上积累的深度。

单位：mm。

观测方法：参考 GB/T 35228-2017 中 3.1 的相关要求执行。

3) 风速

内涵：地面风速水平，影响污染扩散与热量输送。

单位：m/s。

观测方法：参考 GB/T 35228-2017 中 4.4.2 的相关要求执行。

4) 年蒸发量

内涵：一定时段内，一定容量的水由液态或固态变为气态的量，是水量平衡与能量交换的重要参数。

单位：mm。

观测方法：参考 GB/T 35228-2017 中 3.1 的相关要求执行。

5) 空气湿度

内涵：地面气象观测中测定的是百叶窗等防辐射装置中距地面 1.50 m 高度的空气湿度。

单位：湿度用水汽压、相对湿度和露点温度表示。

观测方法：参考 GB/T 35228-2017 中 3.1 的相关要求执行。

6) 极端高温日数

内涵：大于或等于极端阈值的极端高温天数。

单位：天。

观测方法：参考 QX/T 280-2015 的相关要求执行。

7) 极端强降水日数

内涵：大于或等于降水日极端阈值的降水日数。

单位：天。

观测方法：参考 GB/T 33669-2017 的相关要求执行。

8) 空气质量优良天数比例

内涵：空气质量达到国家二级标准（AQI 优良）的天数占全年天数的比例。

单位：%。

测算方法：

$$R_{aq} = \frac{D_q}{D_{year}} \times 100\% \quad (\text{式 } 5)$$

式中： R_{aq} —— 空气质量优良天数比例，单位： %；

D_q —— AQI 优良天数，单位： 天；

D_{year} —— 全年总天数，单位： 天。

数据获取方式：生态环境部空气质量发布平台、地方监测站数据。

9) 主要污染物浓度

内涵：空气污染中主要管控的常规污染物（PM_{2.5}、PM₁₀、NO₂、SO₂、O₃、CO）及花粉浓度。

数据获取：生态环境部空气质量发布平台、地方监测站数据。

10) 地表水Ⅲ类及以上断面比例

内涵：达到及优于Ⅲ类标准的地表水断面数占比。

单位： %。

测算方法：

$$R_{wq} = \frac{A_{III}}{A_w} \times 100\% \quad (\text{式 } 6)$$

式中： R_{wq} —— Ⅲ类及以上地表水监测断面比例，单位： %；

A_{III} —— Ⅲ类及以上地表水监测断面数量，单位： 个；

A_w —— 地表水监测断面总数，单位： 个。

数据获取：生态环境部门水质监测断面数据、遥感水质反演。

11) 土壤环境质量达标率

内涵：指在土壤监测点位（或其代表的面积）中，各项污染物含量满足对应土壤环境质量标准要求的比例。

单位： %。

测算方法：

$$R_{Soil} = \frac{N_{P_{ns}}}{N_{\text{总}}} \times 100\% \quad (\text{式 } 7)$$

$$P_{ns} = \left\{ \frac{PI_{\text{均}}^2 + PI_{\text{最大}}^2}{2} \right\}^{1/2} \quad (\text{式 } 8)$$

式中： R_{Soil} —— 基于内梅洛污染指数判定的土壤监测样本达标比例，单位： %；

$N_{P_{ns}}$ —— 内梅洛污染指数达标（ $P_{ns} < 1.0$ ）样本数量，单位： 个；

$N_{\text{总}}$ —— 土壤环境质量监测的样本总数，单位： 个；

P_{ns} —— 内梅洛污染指数，小于 1.0 为土壤环境质量达标；

$PI_{\text{均}}$ —— 平均单项污染指数；

$PI_{\text{最大}}$ —— 最大单项污染指数。

观测方法：参考 HJ/T 166-2004 中 12.2 的要求执行。

12) 声环境等级较好天数

内涵：指昼间、夜间平均声效都达到二级的天数。

单位：天。

表 3 声环境分级规则

单位：dB(A)

等级	昼间平均声效等级范围	夜间平均声效等级范围	对应声环境质量评价
一级	≤30.0	≤40.0	好
二级	50.1~55.0	40.1~45.0	较好
三级	55.1~60.0	45.1~50.0	一般
四级	60.1~65.0	50.1~55.0	较差
五级	> 65.0	> 55.0	差

观测方法：参考 HJ 640-2012。

13) 绿地率

内涵：建成区范围内绿地面积占比。

单位：%。

测算方法：

$$R_{green} = \frac{G}{A} \times 100\% \quad (\text{式 } 9)$$

式中： R_{green} ——为绿地率，单位：%；

G ——各类绿化用地总面积，单位： km^2 ；

A ——建成区面积，单位： km^2 。

数据获取：《中国城市建设统计年鉴》中绿地率指标。

14) 水体面积比例

内涵：城市蓝网（水体、湿地等）的面积占比。

单位：%。

测算方法：

$$R_w = \frac{A_w}{A} \times 100\% \quad (\text{式 } 10)$$

式中： R_w —— 水体面积比例，单位：%；

A_w —— 水体面积，单位： km^2 ；

A —— 建成区面积，单位： km^2 。

数据获取：水体矢量数据、遥感水体提取。

15) 不透水地表面积占比

内涵：道路、屋顶等硬化地表占比；会影响降水下渗、径流与热环境。

单位：%。

测算方法：

$$R_{imperv} = \frac{A_{imperv}}{A} \times 100\% \quad (\text{式 } 11)$$

式中: R_{imperv} —— 不透水地表面积比例, 单位: %;

A_{imperv} —— 道路、建筑屋顶等不透水地表面积, 单位: km^2 ;

A —— 建成区面积, 单位: km^2 。

数据获取: 遥感分类成果、城市下垫面调查数据。

16) 树种丰富度

内涵: 指建成区内木本植物物种的数量规模。

单位: 种。

数据获取: 城市下垫面调查、生物多样性调查数据。

17) 蓝绿空间连通性

内涵: 绿地、湿地、河流、湖泊等具有一定生态功能的自然要素的连通性。

测算方法:

$$COHESION = \left[1 - \frac{\sum_{j=1}^m p_{ij}}{\sum_{j=1}^m p_{ij} \sqrt{a_{ij}}} \right] \left[1 - \frac{1}{\sqrt{A}} \right]^{-1} \times 100 \quad (\text{式 } 12)$$

式中: $COHESION$ —— 蓝绿空间的景观聚集度指数, 取值范围 0~100;

m —— 目标景观类型的斑块总数;

j —— 斑块序号;

p_{ij} —— 第 i 类景观中第 j 个斑块的周长;

a_{ij} —— 第 i 类景观中第 j 个斑块的面积;

A —— 第 i 类景观的总面积。

数据获取: 土地利用数据、景观生态分析软件。

(3) 生态胁迫维度指标

生态胁迫维度用于表征建成区内社会经济活动对生态环境施加的压力水平, 是解释环境质量变化与风险形成的重要依据。该维度指标是指在社会经济发展驱动下, 人类活动对自然生态系统施加的多维压力, 主要表现为污染排放、资源消耗、热扰动等。结合建成区高密度活动特征, 形成以污染与排放压力 (主要大气污染物浓度及其超标表征、地表水优良断面比例等)、资源消耗与代谢压力 (用水、用能、污水、固废等的人均或单位 GDP 强度指标) 以及热—雨洪复合扰动 (热岛强度、排水系统承载表征等) 为核心的指标组。数据来源包括生态环境部等部委监测、观测及台账数据等。

1) 碳排放强度

内涵: 单位经济产出的碳排放量。

单位: $\text{t CO}_2/\text{万元}$ 。

测算方法:

$$CI = \frac{CE}{GDP} \quad (\text{式 } 13)$$

式中: CI —— 碳排放强度, 单位: $\text{t CO}_2/\text{万元}$;

CE —— 碳排放量, 单位: t CO_2 ;

GDP —— 国内生产总值, 单位: 万元;

数据获取: 统计年鉴, 碳核算数据库。

2) 生活污水产生强度

内涵：居民家庭用水、公共建筑用水、第三产业用水等产生的污水总量，与同期国内生产总值的比值。

单位：m³/万元。

测算方法：

$$I_{sewage} = \frac{C}{GDP} \quad (\text{式 14})$$

式中： I_{sewage} ——人均污水产生强度，单位：m³/万元；

C ——污水产生强度总量，单位：m³；

GDP ——国内生产总值，单位：万元。

数据获取：城管/环卫部门统计、垃圾处理数据。

3) 人均垃圾产生量

内涵：居民生活垃圾产出强度，反映固体废弃物管理压力。

单位：kg/人·年。

测算方法：

$$G_{pc} = \frac{G}{P} \quad (\text{式 15})$$

式中： G_{pc} ——人均垃圾产生量，单位：kg/人·年；

G ——居民生活垃圾产生量，单位：kg/年；

P ——常住人口数，单位：人。

数据获取：城管/环卫部门统计、垃圾处理数据。

4) 建成区热岛强度

内涵：建成区与郊区气温的差值，差值越大，热岛强度越大。

单位：℃。

测算方法：

$$UHII = T_{urban} - T_{ref} \quad (\text{式 16})$$

式中： $UHII$ ——城市热岛强度，单位：℃；

T_{urban} ——建成区气温均值，单位：℃；

T_{ref} ——城郊参考区气温均值，单位：℃。

数据获取：气象站温度数据。

5) 单位面积排水管网长度

内涵：指单位土地面积上的排水管网总长度。

单位：km/km²。

数据获取：《中国城市建设统计年鉴》。

(4) 生态服务维度指标

生态服务维度用于刻画建成区蓝绿空间对居民健康福祉与城市安全运行的正向支撑，是体现城市生态系统“支撑—调节—文化服务”价值的重要组成。该维度指标是指城市生态系统对人类福祉提供的正向支撑，主要表现为微气候调节、休闲游憩、碳固定等，在指标选取的流程上，以对居民福祉更敏感的服务切入，优先选择微气候调节（降温幅度）、固碳（年

碳固定量)等可计量项。结合建成区以公园绿地与附属绿地为主体、设施系统参与调节的重要特征,形成以微气候调节、空气净化、雨洪调蓄、固碳与游憩可达等为核心的指标组。方法上,采用成熟模型与产品,并做区域化参数:NPP用于碳固定核算。

1) 绿地微气候调节能力

内涵:指绿地、水体、透水铺装等生态下垫面,对区域近地面温度、湿度、风速、太阳辐射等气候要素的改善能力,用降温幅度表达。

单位:℃。

测算方法:

$$\Delta T = T_{noeco} - T_{cur} \quad (\text{式 } 17)$$

式中: ΔT —— 绿地调节作用表现出的降温幅度,单位:℃;

T_{noeco} —— 调节区之外的参考区域温度,单位:℃;

T_{cur} —— 绿地区域温度,单位:℃。

数据获取:LST遥感、气象数据。

2) 绿地空气净化能力

内涵:建成区植被、湿地等生态系统通过吸附、滞留、降解等作用去除空气中主要污染物的能力,以建成区绿地覆盖区域与建成区总体的主要污染物浓度差值为量化依据,差值越大,净化能力越强。

测算方法:

$$APC = C_{total} - C_{green} \quad (\text{式 } 18)$$

式中: APC——表征建成区绿地、湿地等的空气污染物消除效应,单位:与污染物浓度一致;

C_{total} ——建成区全域的空气主要污染物平均浓度;

C_{green} ——城市建成区内植被、湿地等生态系统覆盖区域的空气主要污染物平均浓度。

观测方式:生态环境部空气质量发布平台、地方监测站数据。

3) 固碳能力

内涵:森林、湿地等生态系统在一定时期内固定的CO₂量。

单位:t CO₂ /年。

测算方法:

$$C_{fix} = \sum_{i=1}^n (NPP_i \times A_i) \quad (\text{式 } 19)$$

式中: C_{fix} —— 建成区绿地碳固定总量,单位:t CO₂ /年;

NPP_i —— 单位面积绿地生态系统净初级生产力,单位:t CO₂ /km²·年;

A_i —— 绿地生态系统面积,单位:km²。

数据获取:遥感NPP产品、森林清查数据、生态模型(InVEST、CASA)。

4) 绿视率

内涵:人的视域范围内,林、田、水、草、花等生态要素所占的比率。

单位:%。

观测方法:参照DB11/T 2497-2025中总体绿视率指标的调查方法。

5) 负氧离子水平

内涵：每立方厘米空气中离子迁移率大于或等于 $0.4 \text{ cm}^2/(\text{V}\cdot\text{s})$ 的离子数目。

单位：个/ cm^3 。

观测方法：参照 QX/T 380-2017。

5.5.4 关于数据管理与质量控制

本标准分别对数据来源与分级、时空口径与有效性、质量控制等进行了规范。

(1) 数据来源与分级

本标准所涉数据来源主要包括四类：

- a) 监测数据，包括生态环境部门空气、地表水、生态质量监测，气象地面观测，水利水文与水资源公报，自然资源土地利用、覆盖，住房城乡建设、公园绿地与市政设施，交通道路里程，统计人口、GDP、能源平衡表等；
- b) 部门台账与年度报表，包括 a) 中提及的部门按职责形成并正式发布的年度统计报表、业务台账与专题年鉴，使用时注明统计口径、时间范围与发布版本；
- c) 公开数据产品，包括国务院有关部门及国家级科学数据中心、行业平台发布的基础地理、遥感与生态环境产品，如国家统计年鉴及分省年鉴、空气、水环境年度公报、国土调查及土地利用、覆盖数据、国家气象科学数据中心格点与站点资料、资源环境科学数据中心栅格产品、国家地理信息公共服务平台数据等；
- d) 模型估算与试点监测数据，仅在无可用法定数据或权威产品时补充使用，并同步提供方法说明、参数来源、校验结果与不确定性评估，在成果中明确标注。

(2) 质量控制

- a) 监测类数据原则上以法定监测数据为准；确需采用自行监测数据的，应说明采测方法、仪器与口径，提供必要的质控说明，并在成果中明确标注来源。
- b) 部门台账与年度报表，核对统计口径与期别一致（如常住/户籍、生活/生产用水、一次/终端能耗）；口径或基期调整须在指标说明中注明来源与生效时间。
- c) 公开数据产品，明确产品/传感器、版本、获取时段、分辨率、分类体系与坐标基准（统一 CGCS2000）；跨期保持同一产品与算法参数；分类成果提供误差矩阵；统一投影/分辨率/裁剪范围，热岛等需同季同窗对比。
- d) 模型估算数据，记录模型名称/版本、输入数据与关键参数；记录不确定性区间/等级。

5.5.5 关于附录

本标准附录为规范性附录，附录与正文表 1 的指标框架对应，服务于以建成区为调查范围的城市生态系统观测与评估，确保指标口径统一、方法清晰、结果可比可复现。

附录对每一项观测和评估指标给出了包含内涵、单位、测算方法、数据来源的说明。观测评估方法优先对接现行国家/行业监测与统计规范，数据来源以法定监测和部门台账为主，辅以遥感反演与模型估算，并提出基本的质控要求与缺失处置原则，保证不同城市、不同年份之间的横向纵向可比性。

6 标准实施建议

(1) 标准实施需配套的管理措施、实施方案建议

建议建立“年度复核+5年滚动评估”的机制：每年开展一次例行调查与质量复核，形成年度成果与问题清单；每5年开展一次系统性滚动评估，重点检视关键指标口径、阈值与方法的适用性、先进性及与相关国家/行业规范的衔接情况，提出指标增删、口径优化与附录修订建议，并与全国生态状况定期调查评估周期衔接同步实施。

（2）与标准实施相关的科研建议

建议围绕建成区尺度城市生态系统类型特征与“支撑—调节—文化服务”机制开展针对性科研攻关：完善建成区蓝绿空间对热环境、空气净化、雨洪调蓄等关键服务的量化模型；加强土壤环境、声环境、花粉/过敏原等新型环境因子与健康风险的指标方法研究，推动形成可推广的监测与评价技术路径。

（3）其他建议

加强标准宣贯与能力建设，面向地方生态环境、住建、水务等部门开展口径统一、数据质控与成果解读培训，降低执行差异。逐步提升数据完备度与应用水平，确保标准可落地、可持续运行。

7 参考文献

- [1] 宋永昌, 戚仁海, 由文辉, 等. 生态城市的指标体系与评价方法[J]. 城市环境与城市生态, 1999, 12(5): 16-19.
- [2] 吴琼, 王如松, 李宏卿, 等. 生态城市指标体系与评价方法[J]. 生态学报, 2005, 25(8): 2090-2095.
- [3] 张文忠. 宜居城市的内涵及评价指标体系探讨[J]. 城市规划学刊, 2007 (3): 30-34.
- [4] 夏固萍. 低碳城市空间目标下城市规划实施评估指标体系构建[J]. 安徽农业科学, 2014, 42(29): 10210-10212.
- [5] 孙峻岭, 林炳耀. 和谐城市的层次性及其通用评估指标体系研究[J]. 经济地理, 2011, 31(12): 2046-2050.
- [6] 童其慧. 主成分分析方法在指标综合评价中的应用[J]. 北京理工大学学报（社会科学版）. 2002(2): 59-61.
- [7] 赵多, 卢剑波, 闵怀. 浙江省生态环境可持续发展评价指标体系的建立[J]. 环境污染与防治. 2003(12): 380-382.
- [8] 王好芳, 董增川, 左仲国. 区域复合系统可持续发展指标体系及其评价方法[J]. 河海大学学报（自然科学版）. 2003(3): 212-215.
- [9] 周海林. 可持续发展评价指标（体系）及其确定方法的探讨[J]. 中国环境科学. 1999(4): 360-364.
- [10] 王玉敏, 周孝德. 可持续发展评价指标体系模型研究[J]. 灌溉排水. 2002(12): 70-72.
- [11] 黄少辉, 周溪召. 基于系统动力学的智慧城市评价体系研究[J]. 科技和产业, 2013, 13(2): 86-90.
- [12] 崔庆宏, 赵金先, 武丹丹, 等. 智慧青岛建设的评价指标体系及其应用研究[J]. 青岛理工大学学报, 2019, 40(2): 127-136.

- [13]赵正松. 智慧城市交通评价指标体系研究[J]. 信息技术与标准化, 2019(8): 30-33.
- [14] GB/T 43236 城市生态风险评价技术指南
- [15] GB/T 50378 绿色建筑评价标准
- [16] GB/T 43560 新型城镇化 创新型城市评价指南
- [17] 李世东,王成,孙振凯.我国城市生态系统定位观测研究站的空间布局[J].中国城市林业,2023,21(03):52-59.
- [18] 李世东,王成,孙振凯.中国城市群生态系统及其定位观测研究站点的科学布局[J].中国城市林业,2023,21(06):63-71.
- [19] 孙尚伟,孙振凯,张群,王成等.城市生态系统长期定位观测数据与服务评估的关系[J].中国城市林业,2024,22(03):62-70.