

附件 3

《湿地生态质量评价技术规范(征求意见稿)》 编制说明

《湿地生态质量评价技术规范》编制组

2023 年 1 月

目 录

1 项目背景	1
1.1 任务来源.....	1
1.2 工作过程.....	1
2 标准制订的必要性分析	1
2.1 项目相关行业概况.....	1
2.2 相关生态环境标准和环境管理工作的需要.....	2
3 国内外相关标准情况的研究	3
3.1 主要国家、地区及国际组织相关标准情况的研究.....	3
3.2 国内标准情况的研究.....	6
3.3 本标准与国内外同类标准或技术法规的对比.....	14
4 标准制订的基本原则和技术路线	14
4.1 标准制订的基本原则.....	14
4.2 标准制定的技术路线.....	15
5 标准主要技术内容	16
5.1 标准适用范围.....	16
5.2 术语和定义.....	16
5.3 标准主要技术内容确定的依据.....	16
6 标准实施建议	29
7 参考文献	29

1 项目背景

1.1 任务来源

为推动环境保护事业发展，根据《关于开展 2021 年度国家环境保护标准项目实施工作的通知》（环办科技函〔2021〕312 号），按照《国家环境保护标准制修订工作管理办法》（国环规科技〔2017〕1 号）的有关要求，生态环境部自然生态保护司和法规与标准司下达了《湿地生态质量评价技术规范》国家环保标准制修订任务，项目统一编号为 2021-54。项目由生态环境部南京环境科学研究所牵头、中国环境科学研究院协作共同完成。

1.2 工作过程

2021 年 8 月，依据国家生态环境标准制修订工作规则（国环规法规〔2020〕4 号），项目承担单位组织专家和相关单位成立了标准编制组。

2021 年 9 月，标准编制组成员赴浙江、湖北、内蒙等省调研，与地方生态环境、发改、自然资源、林草、农业、水利、气象等部门召开座谈会，就湿地生态质量评价技术开展研讨；即时查阅国内外相关文献、标准、指南等资料，对国内外湿地生态质量评价技术方法开展调研。

2021 年 12 月，在前期项目研究、文献资料分析和基础调研的基础上，编制组召开研讨会，讨论并确定了开展标准编制工作的原则、程序、步骤和方法，最后形成开题报告。

2022 年 3 月 30 日，生态环境部自然生态保护司以线上形式召开了本标准的开题论证会。来自中国科学院西北生态环境资源研究院、中国科学院东北地理与农业生态研究所、中国科学院新疆生态与地理研究所、南京大学、生态环境部卫星环境应用中心、生态环境部环境工程评估中心和四川省生态环境科学研究所等单位的专家通过听取标准开题汇报、审核资料、提出意见及建议，经质询、讨论，一致认为本标准紧密结合湿地生态环境监管工作需要，技术内容翔实、完整，技术路线合理、可行，最终形成开题论证意见，结果为一致通过。标准编制组认真吸取专家意见，经过多次讨论和修改完善，形成标准征求意见稿。

2022 年 7 月 21 日，生态环境部自然生态保护司以线上形式召开了《标准（征求意见稿）》征求意见技术审查会议，专家组一致同意通过技术审查，同时提出修改意见。目前，编制组已根据专家意见对《标准（征求意见稿）》进行修改完善，形成《标准（征求意见稿）》。

2 标准制订的必要性分析

2.1 项目相关行业概况

湿地生态质量评价主要是通过构建合理的指标体系和标准，运用综合评价方法，选择主要生态状况因子确定权重系数，对湿地生态系统的健康状况进行定量评判及预测，服务于全国和区域湿地生态状况综合评估。虽然林草和生态环境等部门已陆续发布了《湿地分类》（GB/T 24708—2009）、《湿地生态风险评估技术规范》（GB/T 27647—2011）、《湿地生态系统定位观测指标体系》（LY/T 2090—2013）、《全国生态状况调查评估技术规范——湿地生态系统野外观测》（HJ 1169—2021）等相关技术规范，关注的是湿地生态系统的野

外观测方法和技术规范，针对湿地生态系统质量的评价技术标准仍存在空白。为了规范化开展湿地生态状况综合评价和后续科学保护、修复和监管工作，目前仍需制定一套服务于湿地生态环境质量综合评价的标准化、规范化技术规范。

2.2 相关生态环境标准和环境管理工作的需要

2.2.1 落实国家及生态环境主管部门职责的重要手段

《湿地保护法》已于2022年6月1日起施行。这是我国首部专门保护湿地的法律，标志着我国湿地保护全面进入法治化轨道新阶段。开展湿地生态质量评价，是贯彻落实《湿地保护法》重要任务和生态环境部“拟订和组织实施生态保护修复监管政策、法律、行政法规、部门规章、标准……开展全国生态状况评估……监督野生动植物保护、湿地生态环境保护、荒漠化防治等工作”相关职责的重要手段，对于实施生态系统生态保护修复，遏制生态系统退化，健全生态文明制度体系具有重要意义。

2.2.2 提升湿地保护和管理能力的迫切需求

党的十九大报告明确提出“要牢固树立社会主义生态文明观，树立和践行绿水青山就是金山银山的理念，强化湿地保护和恢复”。生态环境部《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》（环办监测〔2020〕9号）中要求，“明确和优化监测评价指标，逐步建立统一的生态质量监测评价指标体系”。以习近平同志为核心的党中央高度重视湿地工作，把湿地保护纳入“五位一体”总体布局和“四个全面”战略布局。定期组织开展湿地生态质量评价，及时掌握全国及重要湿地的生态环境质量健康状况及动态变化，提高对湿地各生态要素内在耦合关系及平衡状况的认识。评价结果作为增强湿地生态功能，维护湿地生物多样性，全面提升湿地保护与修复水平，合理开发利用湿地资源决策提供技术支撑，对践行习近平生态文明思想，进一步提升湿地保护和管理能力具有重要的现实意义。

湿地生态质量评价是进行湿地生态环境监管的一项基础性工作，使用相关指标构建评价模型，可以直观清晰反映湿地生态系统的健康状况，是联系湿地生态监测与监督管理决策的关键环节。研究建立湿地生态质量评价指标体系和技术规范，可以指导湿地生态环境健康状况调查评价规范化开展，保障评价成果质量，对于全方位支撑湿地空间开发的合理布局，科学有效地实施湿地生态保护和修复，维护国家和区域生态安全，健全生态文明制度体系，建设美丽中国等具有重要意义。

2.2.3 完善国家相关标准技术体系的现实要求

目前各部门从自身职责出发，开展了相关的湿地生态环境监测和评估项目研究，初步形成了湿地生态环境监测指标体系和技术规范，积累了一定的观测方法和经验。但大多针对各自领域进行的零散性研究，或者对湿地生态状况某些指标的量进行测算，不能量化表示湿地生态状况的现状或变化趋势。尤其是针对湿地生态质量评价标准体系尚未建立，与服务于国家开展湿地评价和管理的需求仍有很大差距。亟需衔接各地区生态质量评价技术标准规范，制定湿地生态系统生态质量评价技术规范，为我国湿地生态质量监测提供依据。因此，制定本标准是国家环境保护标准体系建设的客观要求。

3 国内外相关标准情况的研究

3.1 主要国家、地区及国际组织相关标准情况的研究

人类发展的历史表明，湿地具有巨大的经济、社会和环境价值。但是近 50 年来，随着世界经济的飞速发展，大片湿地被开发，许多具有国际重要意义的湿地急剧消失，引起严重的环境后果。国际社会从上世纪 50 年代起才逐渐认识到湿地对人类生存的意义。

3.1.1 国际组织

《湿地公约》全称为“关于特别是作为水禽栖息地的国际重要湿地公约”，又简称拉姆萨尔公约，于 1975 年 12 月 21 日正式生效，是全球第一个环境公约。《湿地公约》的初衷是为保护水禽，主要通过各缔约方保护水禽栖息地的共同努力来实现。现在已经逐步拓展到了整个湿地生态系统，并在第八届缔约方会议采用了拉姆萨尔湿地清单框架。湿地清单框架确定了一组湿地生物物理和管理特征的监（观）测调查指标，具体监（观）测调查指标见下表。

表 3-1 《湿地公约》湿地清单框架核心指标内容

特征	指标	内容
生物物理特征	站点名称	场地和集水区的正式名称
	面积和边界	尺寸和变化、范围和平均值
	位置	投影系统，地图坐标，地图质心，高程
	地貌	在景观内，与其他水生栖息地、生物地理区域的联系
	基本情况	形状、横截面和平面图
	气候	区域和主要特征
	土壤	结构和颜色
	水域状况	周期性、淹没程度和深度、地表水来源和与地下水的联系
	水文化学性质	盐度、pH 值、颜色、透明度、营养成分
	生物群	植被带和结构、动物种群和分布、特殊特征，包括稀有/濒危物种
管理特点	土地利用	地区，以及流域和/或沿海地区
	对湿地的压力	湿地内的人类活动等
	土地使用权和行政管理权	针对湿地的关键部分
	湿地保护与管理现状	包括影响湿地管理的法律文书、社会或文化传统
	湿地的生态效益/服务	包括湿地产品、价值、功能和属性
	管理计划和监控程序	在湿地内实施和规划

全球淡水环境监测系统（GEMS/Water）成立于 1978 年，是全球环境监测系统（GEMS）中的水项目，监测数据依附于联合国全球环境监测网络站点（GEMStat），该网络现包含全

球范围内的超过 3800 个监测站点，接近 430 万个数据记录，标准监测变量超过 100 个。其宗旨是以水资源可持续管理为目标，提供全球内陆淡水水质现状及趋势方面的数据、信息、评估及研究。监测指标包括物理和化学、营养、主要离子、金属离子、有机物、有机污染物、微生物以及水文学等 8 个方面的内容和项目。

3.1.2 美国

美国环保署（EPA）在湿地健康评价方面做了大量的研究工作，对美国国内的大量湿地进行了全面深入的健康诊断和评价，形成了一系列的评价方法。

根据评价方法的强度和尺度，美国环保署（EPA）提出了 3 个层次的湿地健康评价方法，通常称为 Level I、II、III。Level I 是利用地理信息系统和遥感技术的一种景观尺度的评价方法。此方法的优点为可以用较少的资源来评价大面积或大量的湿地，但其对单个湿地的基本状况评价精度相对较低。Level II 评价方法是利用单个湿地简单的观测数据来快速定性评价局地或区域尺度的健康状况，其优点是可以用中等资源花费对区域尺度的湿地进行评价，对单个湿地的评价精度适中。因此 Level II 评价方法是最普遍使用的方法。Level III 评价方法是一种利用野外采样定量进行场地评价的强度较大的方法，该方法是精度最高的一种方法，可以评价湿地的健康或生态完整性，但需耗费大量的人力、物力和财力。美国环保署建议用 Level III 方法来验证 Level I 和 Level II 评价技术。

为统一各州水生态评估工作标准，美国颁布了一系列湿地生态监测评价标准、方法与导则等技术文件，其中最具代表性的是《生物快速评价手册》。快速评价方法是一个评价人类活动对湿地系统影响的敏感工具，可以用来评估管理措施的效果，评价恢复措施的效率以及在资源管理时可以对湿地进行排序以便更好的利用资源，同时也可以用来建立湿地水生生物利用标准等。

美国湿地生态健康评价的方法给我们的启示是，应根据评价目的来选择合适的方法。如果要评价较大地理单元内诸多湿地的健康状况，且可获得评价对象的 GIS 数据和遥感数据，若需对一个或少量的湿地健康状况进行快速评价、又要求花费又少时，可以采样快速评估方法；而当要求做出高精度的评价，而人力、物力、资源又恰好能满足要求时，可结合野外定量采样方法开展评价。总之，不存在普遍适用的评价方法，应用时需要根据评价目的，能获取的资源等来选择适合的评价方法，并尽量将多种方法相结合以保证湿地健康评价的结果准确、客观。

3.1.3 欧盟

近年来，由于欧洲境内的近岸海域面临越来越多的人为环境压力，欧盟出台了一系列水管理法令，包括水框架指令（WFD）、海洋发展战略、海洋政策等，这些法令都强调了保护近岸海域生态系统和海洋综合管理的必要性。在技术评估和分析方面，WFD 规定了各成员国应对其境内的每个流域区或部分国际流域区开展评估与分析，具体包括对流域特征的分析、人类活动对地表水与地下水状况影响的评估、水资源利用的经济分析。WFD 把流域现状评估作为流域规划的起点。对地表水而言，首先是要对地表水体进行初步的特征说明，再按照指令附件二确定的两套指标体系对不同水体进行类型划分，建立特定类型水体的水文形态和物理化学条件以及生物参照条件，最后确认地表水体可能面临的重大人为不利因素，并

进行影响评估，以此为基础优化后续的监测程序和控制措施计划。对地下水的评估则包括特征鉴定，评估人类活动、地下水位变化及污染对地下水体的影响。在经济分析和评估方面，WFD 引入经济原则及具体的经济性工具与手段，包括污染者付费原则、成本效益分析和水价形成机制。成本回收原则包括环境成本和资源成本，要求各成员国确保在 2010 年之前，家庭、农业和工业用水都要承担水资源管理的费用，并且通过运用水价政策鼓励节水。按照指令附件三的规定，经济分析是指对与水资源服务相关的水量、水价、成本和投资进行估算，以达到在用水方面和污染控制方面采取成本效益最佳的综合性措施的目的。为了执行 WFD，欧盟下设的“生态质量状态工作组”于 2000 年提出了“生态质量状况综合评价方法”，用于指导欧盟所有成员国所辖水域的生态质量状况评价工作。该方法认为水体质量状况主要是指海洋生态系统的结构、功能和过程，同时包括物理、化学、形态学、地理和气候要素，此外，还要综合考虑影响这些要素的相关区域的人为影响和人类活动，该方法在欧盟得到了广泛的应用。

WFD 指令中监测评估主要侧重水生生物及支持生物的水文地貌指标、理化和污染指标等，其中水生生物监测内容包括底栖动物、鱼类、浮游植物、大型水生植物和着生藻类；水文地貌监测内容包括流量和动力条件、与地下水的连通性、河流连续性、河流深度和宽度变化、河床结构和基质、岸带结构等；理化和污染监测内容包括热条件、溶解氧、盐度、酸碱度、营养盐、特殊污染物等。

欧盟的湿地生态质量评价工作，给我们带来若干启发：（1）湿地生态质量评价的研究工作将更多的从生态系统角度进行研究，且在较大时空尺度上和较长的时间阶段内对生物多样性变化与生态系统功能进行研究，并对系统层次的价值评估给予特别关注；（2）先进技术对湿地生态质量评价工作的支撑作用更为突出，一系列前沿的研究工作和保护工作在 DNA 分子标记技术、基因工程技术、遥感技术、空间信息技术等新技术支持下将取得进一步的重大突破。

3.1.4 日本

日本非常重视湿地生态系统和生物多样性的信息采集与研究。从 1973 年开始，环境省每 5 年要进行一次全国范围的自然环境保全基础调查，这些年来积累了大量的宝贵数据。这种全国性调查受《自然环境保全法》的保护，旨在把握日本自然环境的现状及变化情况，包括动植物分布、自然保护地域状况、濒危野生动植物分布和湿地的分布情况等。大量的人员参与调查的实施，包括都道府县等各级地方政府、研究人员、专家和全国的志愿者。调查结果首先以报告书和地图等形式公布，再转变成电子地图情报和电子报告书，在 Internet 上为国民提供各种检索和解析的网页，构成日本生物多样性情报系统（J-IBIS），为自然环境政策的制定、环境评估、调查研究和教育提供基础数据。日本生物多样性中心主要负责提供关于生物多样性的信息采集、管理及公共服务，隶属于环境省。中心的展览厅对公众开放，来展示保护生物多样性的重要性。中心还保留有稀有野生动植物的样本资料。日本在湿地生物多样性信息的采集和保护中十分注重新技术的采用，其中采用遥感技术，利用卫星跟踪系统追踪鸟类在亚洲的迁徙已经 10 余年，观察了 15 种鸟类的迁徙路线，主要集中于鹤类和鹳类，获得关于鸟类迁徙的路线，中途停留地和越冬地的第一手数据，为政府科学划定环境保护区

的区域界线和为迁徙鸟类制定长期保护计划提供有利的数据支持。

3.2 国内标准情况的研究

湿地生态质量评价研究在我国起步较晚，目前尚未形成一套完整统一的指标体系。早期湿地生态质量评价一般采用自然保护区生态评价中使用的生物多样性、稀缺性、代表性、适宜性、自然性和脆弱性等指标，并对各指标进行加权赋值，再对生态环境现状进行打分，最后将分值累加划分等级；或者在指标的基础上结合遥感、GIS 等技术手段和数量方法，对湿地生态质量进行评价。湿地生态质量评价一般包括定性和定量 2 个方面的研究：定性评价通过概括描述湿地资源、特征、功能及质量，为湿地管理、资源开发利用及保护提供科学依据；而定量评价则通过运用数学公式和建立评价指标体系，与 3S 技术等网络信息技术相结合，对湿地功能、效益及健康等进行定量分析。国内湿地生态质量评价研究经历了由描述特征的定性评价到构建模型的定量评价或二者相结合的评价方式，并从单一属性评价发展到综合指标评价。

3.2.1 生态环境部组织制定的标准

生态环境部针对湿地生态系统野外观测、河湖生态环境质量监测与评价组织制定了《全国生态状况调查评估技术规范——湿地生态系统野外观测》（HJ 1169—2021）、《湖库水生态环境质量监测与评价技术指南》（征求意见稿）、《河流水生态环境质量监测与评价技术指南》（征求意见稿）等标准规范。

《全国生态状况调查评估技术规范——湿地生态系统野外观测》（HJ 1169—2021）规定湿地生态系统类型包括沼泽湿地、湖泊湿地和河流湿地。湿地生态系统野外观测内容包括基本情况、生物指标和水文指标。根据不同观测内容，设定不同野外观测指标，如表 3-2。

表 3-2 湿地生态系统野外观测指标

观测内容	观测指标	指标定义	观测时间	观测频度
基本情况	湿地类型	湿地类型包括湖泊湿地、河流湿地和沼泽湿地	—	一年一次
	湿地植被类型	指湿地中的主要植被类型，如森林或草地等	7—9 月	一年一次
生物指标	植被覆盖度	植被（包括叶、茎、枝）在地面的垂直投影面积占统计区总面积的百分比	7—9 月	一年一次
	叶面积指数	单位土地面积上植物叶片总面积与土地面积的比值	7—9 月	一年一次
	郁闭度	乔木树冠在阳光直射下在地面的总投影面积与此林地总面积之比	7—9 月	一年一次
	木本生物量	某时刻木本植物单位面积内实存生活的有机物质总量	7—9 月	一年一次
	草本生物量	某时刻草本植物单位面积内实存生活的有机物质总量	7—9 月	一年一次
	土壤有机碳密度	单位面积中一定厚度的土层中有机碳储量	—	一年一次

观测内容	观测指标	指标定义	观测时间	观测频度
水文指标	蒸散发	土壤蒸发和植物蒸腾的总耗水量（监测站连续观测；或人工观测，一月一次）	1—12月	连续/一月一次
	积水水深	积水区域的平均水深（监测站连续观测；或人工观测，一年两次，分别选择汛期前后）	1—12月	连续/一年两次
	径流量	某一时段内通过河流某一过水断面的水量（监测站连续观测；或人工观测，一年两次，分别选择汛期前后）	1—12月	连续/一年两次
	土壤湿度	一定深度土层的土壤干湿程度的物理量	—	一年一次
	水质	湿地生态系统水体的水环境质量，包括I类、II类、III类、IV类和V类共5类水质	1—12月	一月一次

《湖库水生态环境质量监测与评价技术指南》（征求意见稿）、《河流水生态环境质量监测与评价技术指南》（征求意见稿）均采用加权赋分基本思路进行综合评价，通过水化学指标、物理生境指标和水生生物指标加权求和，构建湖库水生态环境质量综合评估指数（*Watereco-environment quality index, WEQ_{lake}*）和河流水生态环境质量综合评估指数（*Watereco-environment quality index, WEQ_{river}*），以该指数表示各评估单元和水环境整体的质量状况，实现综合评价。

湖库水生态环境质量综合评价指数 WEQ_{lake} 公式：

$$WEQ_{lake} = \sum_{i=1}^n x_i w_i$$

式中： WEQ_{lake} ——湖库水生态环境质量综合评价指数；

x_i ——评价指标分值；

w_i ——评价指标权重。

综合评价时暂时考虑水化学指标、大型底栖动物指标、浮游植物和浮游动物指标，其分值范围及建议权重见表 3-3 所示。

表 3-3 湖库水生态环境质量综合评价公式说明表

指标	分值范围	湖泊建议权重	水库建议权重
水化学指标	1~5	0.4	0.6
水生生物指标	1~5	0.4	0.4
生境指标	1~5	0.2	/

对于综合评价给出说明：水化学指标赋分取水水质评价和营养状态评价中赋分最低的一项作为赋分结果。水生生物指标若单独用大型底栖动物、浮游植物或浮游动物评价，建议权重为 0.4；若同时使用 2 种及以上生物类群评价，建议采用最差评价结果代表水生生物评价结果，深水湖泊和水库建议优先选择浮游植物和浮游动物评价结果。湖心点位因其不作生境评价，进行水生态环境质量综合评价时只考虑水化学指标和水生生物指标即可，这两项指标建议权重分别为 0.5。

河流水生态环境质量综合评估指数 $WEQI_{river}$ 公式:

$$WEQI_{river} = \sum_{i=1}^n x_i w_i$$

式中: $WEQI_{river}$ ——河流水生态环境质量综合评价指数;

x_i ——评价指标分值, w_i 指评价指标权重。

该技术指南在综合评价时暂时考虑水化学指标、大型底栖动物指标、着生藻类指标, 其分值范围及建议权重见表 3-4。

表 3-4 水生态环境质量综合评价公式说明表

指标	分值范围	建议权重
水化学指标	1~5	0.4
生境指标	1~5	0.2
水生生物指标 a	1~5	0.4

注: a 水生生物指标若单独用大型底栖动物或着生藻类评价, 建议权重为 0.4; 若同时使用大型底栖动物和着生藻类评价, 建议采用最差评价结果代表水生生物评价结果。

3.2.2 国家林草局组织制定的标准

国家林草局针对湿地分类、观测指标体系、风险评估等发布了多个标准规范, 主要有《湿地分类》(GB/T 24708—2009)、《重要湿地监测指标体系》(GB/T 27648—2011)、《湿地生态风险评估技术规范》(GB/T 27647—2011)、《基于 TM 遥感影像的湿地资源监测方法》(LY/T 2021—2012)、《湿地生态系统定位观测指标体系》(LY/T 2090—2013) 等。

《湿地分类》(GB/T 24708—2009) 通过综合考虑湿地成因、地貌类型、水文特征、植被类型将湿地分为三级, 第 I 级将全国湿地生态系统分为自然湿地和人工湿地两大类。自然湿地往下依次分为第 II 级 (4 类)、第 III 级 (30 类)。人工湿地相对较为简单, 往下仅划分第 II 级, 共有 12 个类。整个分类系统共包括 42 类。

表 3-5 湿地分类表

I 级	II 级	III 级
自然湿地	近海与海岸湿地	浅海湿地
		潮下水生层
		珊瑚礁
		岸石海岸
		砂石海滩
		淤泥质海滩
		潮间盐水沼泽
		红树林
		河口三角洲/沙洲/沙岛
		海岸性咸水湖

	河流湿地	海岸性淡水湖
		永久性河流
		季节性或间歇性河流
		洪泛湿地
		喀斯特溶洞湿地
	湖泊湿地	永久性淡水湖
		永久性咸水湖
		永久性内陆盐湖
		季节性淡水湖
		季节性咸水湖
		苔藓沼泽
		草本沼泽
		灌丛沼泽
		森林沼泽
		内陆盐沼
		季节性咸水沼泽
		沼泽化草甸
		地热湿地
		淡水泉/绿洲湿地
人工湿地	水库	
	运河、输水河	
	淡水养殖场	
	海水养殖场	
	农用池塘	
	灌溉用沟、渠	
	稻田/冬水田	
	季节性洪泛农业用地	
	盐田	
	采矿挖掘区和塌陷积水区	
	废水处理场所	
	城市人工景观水面和娱乐水面	

在观测指标体系和湿地监测方面，《重要湿地监测指标体系》（GB/T 27648—2011）规定湿地状态监测指标包括湿地类型监测、湿地面积监测、气象要素监测、水文监测、水质监

测、湿地土壤监测、湿地植被及群落监测、湿地野生动物监测以及外来物种的监测；影响状态的调查与监测指标包括人口、农业、渔业和水产业、牧业、旅游业、交通运输、污染物排放。《湿地生态系统定位观测指标体系》（LY/T 2090—2013）规定湿地生态系统定位观测指标包括总体概况、湿地气象、湿地土壤、湿地水文、湿地水质、湿地生物、湿地灾害七大类指标，具体见表 3-6。《基于 TM 遥感影像的湿地资源监测方法》（LY/T 2021—2012）从数据源、图像处理、影像解译、精度检验与评价和统计制图等方面规定了基于 TM 遥感影像的湿地资源监测方法。在湿地生态风险评估方面，《湿地生态风险评估技术规范》（GB/T 27647—2011）规定了适用于开发与利用建设工程产生的湿地生态风险评估指标包括自然条件、湿地类型和面积、土壤、水文、水质、植被、植物、动物、生态系统功能、生态系统价值。

表 3-6 湿地生态系统定位观测指标体系

指标体系	指标类别	指标体系	指标类别
总体概况	地理坐标	湿地水文	河流湿地
	平均海拔高度		湖泊湿地
	地貌形态类型		沼泽湿地
	主要湿地成因类型	湿地水质	物理性质
	湿地总面积		化学性质
	湿地水源类型		溶解性气体（包括部分温室气体）
	湿地蓄水量	湿地生物	湿地植被特征
	湿地积水状况		湿地植物群落特征
	湿地土壤类型		湿地植被群落生物量
	湿地底泥类型		湿地植物凋落物
	人为干扰强度		湿地野生动物
湿地气象	天气现象		湿地土壤动物
	气压	湿地浮游动物	
	风	湿地浮游植物	
	空气温度	湿地底栖动物	
	地表温度	湿地微生物	
	空气湿度	湿地濒危物种	
	辐射	湿地灾害	疫源疫病
	大气降水		有害入侵物种
	蒸发量		虫害
湿地土壤	土壤物理性质	病害	
	土壤化学性质	兽害	
	泥炭层	火灾	

指标体系	指标类别	指标体系	指标类别
	冻土层		水华/赤潮
湿地水文	近海与海岸湿地		气象灾害

3.2.3 水利部组织制定的标准

水利部门于 2010 年印发《全国河流健康评估指标、标准与方法》、《全国湖泊健康评估指标、标准与方法》等文件，启动了“全国河湖健康评估计划”。该评价体系从生物完整性出发，准则层涵盖了水文、物理结构、化学、生物和功能完整性，指标层则提出了分水体类型进行评价的理念。2020 年印发《河湖健康评价指南（试行）》，提出了河湖健康评价的新方法、新要求和新内涵（表 3-7 和表 3-8），明确了河湖长制背景下河湖健康评价工作的目标和意义，并将河湖健康评价结果与河湖长制考核工作有机结合。

表 3-7 河流评价指标体系表

目标层	准则层		指标层	指标类型
河流健康	“盆”		河流纵向连通指数	备选指标
			岸线自然状况	必选指标
			河岸带宽度指数	备选指标
			违规开发利用水域岸线程度	必选指标
	“水”	水量	生态流量/水位满足程度	必选指标
			流量过程变异程度	备选指标
		水质	水质优劣程度	必选指标
	底泥污染状况		备选指标	
	水体自净能力		必选指标	
	生物		大型底栖无脊椎动物生物完整性指数	备选指标
			鱼类保有指数	必选指标
			水鸟状况	备选指标
			水生植物群落状况	备选指标
	社会服务功能		防洪达标率	备选指标
			供水水量保证程度	备选指标
			河流集中式饮用水水源地水质达标率	备选指标
			岸线利用管理指数	备选指标
			通航保证率	备选指标
			公众满意度	必选指标

表 3-8 湖泊评价指标体系表

目标层	准则层		指标层	指标类型
湖泊健康	“盆”		湖泊连通指数	备选指标
			湖泊面积萎缩比例	必选指标
			岸线自然状况	必选指标
			违规开发利用水域岸线程度	必选指标
	“水”	水量	最低生态水位满足程度	必选指标
			入湖流量变异程度	备选指标
		水质	水质优劣程度	必选指标
			湖泊营养状态	必选指标
			底泥污染状况	备选指标
			水体自净能力	必选指标
	生物		大型底栖无脊椎动物生物完整性指数	备选指标
			鱼类保有指数	必选指标
			水鸟状况	备选指标
			浮游植物密度	必选指标
			大型水生植物覆盖度	备选指标
	社会服务功能		防洪达标率	备选指标
			供水水量保证程度	备选指标
			湖泊集中式饮用水水源地水质达标率	备选指标
			岸线利用管理指数	备选指标
			公众满意度	必选指标

3.2.4 地方制定的标准

(1) 北京市

北京市地方标准《湿地生态质量评估规范》（DB 11/T 1503—2017）规定了湿地生态质量评估流程、指标选取与赋值、赋值标准、计算方法和等级划分等。

标准规定评估指标体系由水环境、生境质量、物种多样性、干扰压力等 4 个评估内容 13 个评估指标组成，总分为 100 分，评估指标及其分值见表 3-9。

表 3-9 评估指标体系及其分值

评估内容（分值）	评估指标（分值）
A 水环境（20 分）	A1 水资源条件（10 分）
	A2 水质条件（10 分）
B 生境质量（36 分）	B1 生长季指示植被和水面覆盖度（8 分）

	B2 植被类型多样性 (8 分)
	B3 生境完整性 (8 分)
	B4 生境自然性 (8 分)
	B5 面积适宜性 (4 分)
C 物种多样性 (28 分)	C1 水鸟种类 (8 分)
	C2 水鸟数量 (6 分)
	C3 湿地植物相对丰度 (6 分)
	C4 珍稀濒危物种 (8 分)
D 干扰压力 (16 分)	D1 外来入侵物种 (8 分)
	D2 人为干扰程度 (8 分)

根据评估项目中各评估因子的评估赋值计算湿地生态质量的评估分值, 并按照评估总得分和单类评估内容得分共同确定湿地生态质量等级, 具体见表 3-10。

计算公式如下:

$$w = \sum_{i=1}^n X_i \quad (i=1, 2, 3, \dots, 13)$$

式中: W—北京市湿地生态质量的评估分值;

X_i —评估项目中各评估因子的评估赋值;

n—评估指标个数。

表 3-10 湿地生态质量等级划分

分值	等级
评估总得分大于等于 85 分, 且单类评估内容得分均不小于该类评估内容满分的 60%	优
评估总得分大于等于 70 分, 小于 85 分, 且单类评估内容得分均不小于该类评估内容满分的 60%	良
评估总得分大于等于 60 分, 小于 70 分, 且单类评估内容得分均不小于该类评估内容满分的 50%	一般
评估总得分小于 60 分, 且单类评估内容得分为该类评估内容满分的 50% 以下	较差

(2) 安徽省

安徽省地方标准《湿地生态状况评估技术规范》(DB 34/T 3420—2019) 规定了湿地生态状况的评估流程、评估指标及其权重、评估指标赋分、评估分值确定和评估等级划分等内容。适用于安徽省的湿地斑块、特定区域或行政区域的湿地生态状况评估。

评估指标由 4 个一级指标、10 个二级指标构成, 各评估指标及其权重见表 3-11。

表 3-11 评估指标及其权重表

评估指标		指标权重
一级指标	二级指标	
水环境指标	1 地表水水质	0.18
	2 水源保证率	0.18

生物指标	3 生物多样性	0.1652
	4 受保护物种丰富度	0.12
	5 生长季植被覆盖度	0.108
景观指标	6 有效湿地面积	0.012
	7 自然湿地率	0.03
	8 单位面积斑块数	0.018
干扰指标	9 入侵植物覆盖度	0.054
	10 威胁因子影响程度	0.1328
合计		1

该指南制定的湿地生态状况评估技术方法，既可以适用于湿地斑块或特定区域湿地评估，也可以用于行政区域湿地生态状况评估。湿地生态状况等级根据待评估湿地生态状况评估分值确定，可分为“优”、“良”、“一般”、“较差”4个等级，各等级评估分值范围由安徽省湿地主管部门根据安徽省湿地总体生态状况综合确定。

3.3 本标准与国内外同类标准或技术法规的对比

与国内外湿地生态质量评价相关标准相比，本标准突出特点主要体现在：

- (1) 紧密围绕湿地生态监管要求，更多地考虑指标选择的定量化、科学性和可操作性，支撑湿地生态保护修复监管定期评价的技术要求；
- (2) 识别影响不同类型湿地质量的关键因子，为进一步提升湿地监管能力提供科学依据；
- (3) 使用多源数据（遥感识别+地面监测）叠加评价，使评价结果更加客观和准确。

4 标准制订的基本原则和技术路线

4.1 标准制订的基本原则

4.1.1 支撑性原则

本标准的适用范围和工作原则满足相关生态环境标准和生态环境工作的要求，通过抓住主要的、关键性指标，能够指导不同类型湿地生态系统质量评价工作。同时，通过定期对评价结果进行回顾，可向相关部门报告评价结果及在评价工作中发现的问题，使评价结果与湿地生态环境保护政策和行动紧密联系起来。

4.1.2 科学性原则

在开展评价前，必须明确4个与湿地生态质量评价相关的技术问题：（1）评价的目的；（2）评价的区域；（3）评价的对象；（4）评价的方法和流程。因此，明确评价目标、评价指标和评价方法，是开展湿地生态质量评价的关键环节。评价指标的概念必须明确，且具有一定的科学内涵，能够客观地反映湿地生态系统内部结构关系，并能够较好地度量生态质

量。同时，评价的方法应具有科学性，应运用借鉴复合生态系统理论、景观生态学、区域生态学等先进理论方法，采用统一、标准化的评价方法，能检测到生物多样性的变化规律，以确保评价结果的准确性和客观性。

4.1.3 可操作性原则

在制定本标准时，应充分考虑所拥有的人力、资金和后勤保障等条件，使技术指南切实可行。首先，标准要满足湿地生态系统保护和管理的需要，并能对湿地生态系统保护和管理起到指导和预警的作用。其次，标准必须具有可操作性，并能够量化测度，而且数据的采集成本要相对低廉、可行。在实践中，筛选高效率、低成本的评价技术方法是提高湿地生态质量评价效率的重要因素之一。

4.2 标准制定的技术路线

本标准适用于湿地生态系统中河流湿地、湖泊湿地、沼泽湿地、海岸湿地和库塘湿地的生态质量评价。其他湿地生态系统可参照本标准执行。围绕湿地生态系统监管的需求，从生态格局、生态结构、生态功能、生态状态 4 个方面设置湿地生态质量评价指标，技术路线如图 4-1。

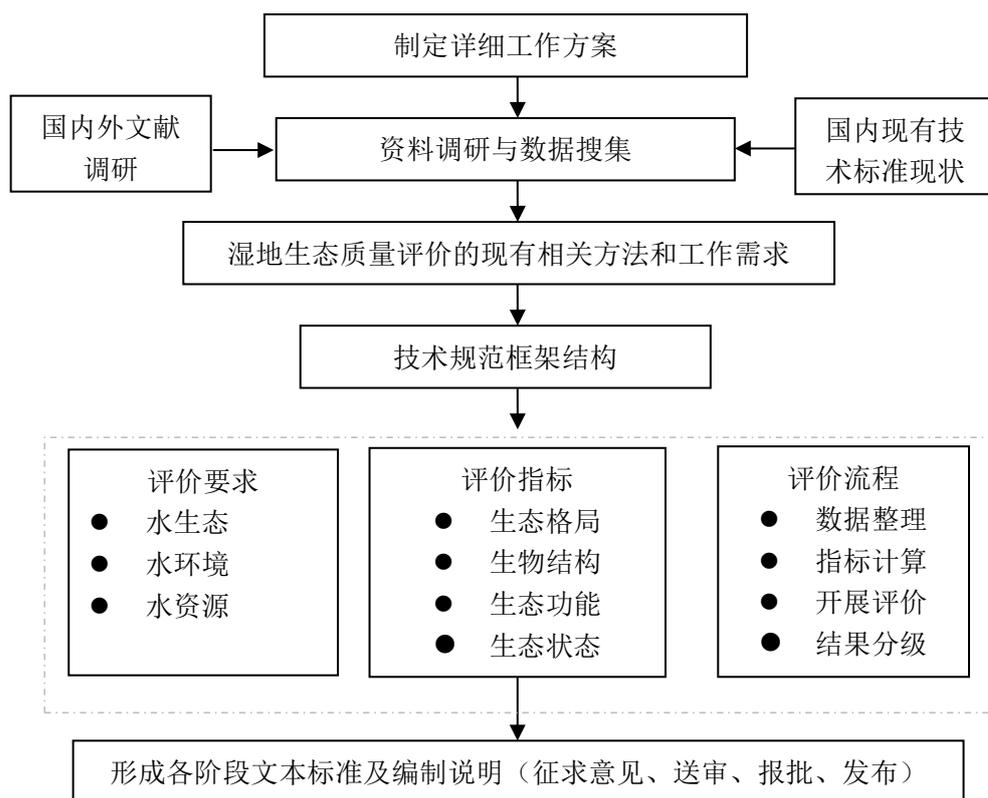


图 4-1 湿地生态质量评价技术路线图

5 标准主要技术内容

5.1 标准适用范围

《湿地分类》(GB/T 24708—2009)中,将湿地分为自然湿地和人工湿地两个一级分类,其中自然湿地包括近海与海岸湿地、河流湿地、湖泊湿地、沼泽湿地,人工湿地包括水库、运河、输水河、淡水养殖场等。本标准适用的湿地类型,以自然湿地为主,包括河流湿地、湖泊湿地、沼泽湿地和海岸湿地,考虑到《近岸海域生态环境质量评价技术导则》已开展编制,故不包括近海湿地。同时考虑到水库作为重要的人工湿地类型,具备蓄水、维护生物多样性等重要的生态功能,故在人工湿地类型中选取库塘湿地开展生态质量评价。其他湿地生态系统可参照本标准执行。

5.2 术语和定义

本部分为执行本标准制定的专门术语和对容易引起歧义的名词进行的定义。

5.2.1 湿地

本标准所指湿地的定义,引自《中华人民共和国湿地保护法》,该法自2022年6月1日起施行。湿地定义尊重其科学性,体现了湿地的多重自然属性,既可以满足湿地管理的需要,也兼顾了国际履约的需要。

5.2.2 湿地类型

本标准中湿地类型包括河流湿地、湖泊湿地、沼泽湿地、海岸湿地和库塘湿地。不同类型的湿地定义均引自《湿地分类》(GB/T 24708—2009)。

5.2.3 生态质量

本标准所指生态质量的定义,引自《区域生态质量评价办法(试行)》,是指一定时空范围内通过生态要素的水平和垂直组合,保持生态系统结构完整性与稳定性、维持生态功能平衡,保障人类福祉,抵抗外界干扰的能力。

5.3 标准主要技术内容确定的依据

5.3.1 评价指标与计算方法

(1) 湿地生态质量评价指标体系整体构成

生态质量实际反映的是区域内生态系统的总体质量。本标准构建的湿地生态质量评价指标体系包括生态格局、生态结构、生态功能和生态状态四类一级指标;根据各类指标所反映的生态学内涵,综合考虑指标获取能力、参考借鉴已有方法标准,分类细化提出14个二级指标。

生态格局是生态系统在自然、生态、人为多重作用下的现实表征。生态格局影响生态过程,进而对生态系统产生重大影响。本标准结合湿地生态系统特征,选取湿地面积指数、自然岸线占比、滨岸带生态用地占比、河流纵向连通度、破碎度指数5项指标建立生态格局评

价子体系，不同类型的湿地分别选取相应指标计算得分。

生态结构是生态系统的构成要素及其时空分布和物质、能量循环转移的途径，是可被人类有效控制和建造的生物种群结构。不同的生物种类、种群数量、种的空间配置、种的时间变化具有不同的结构特点和不同功效。它包括平面结构、垂直结构、时间结构和食物链结构四种顺序层次，独立而又相互联系，亦是系统结构的基本单元。本标准结合湿地生态结构特性，重点保护生物指数、湿地植被覆盖度、生物多样性指数（推荐选择水鸟、鱼类、两栖动物、底栖动物或湿地植物）和外来物种入侵度 4 项指标建立评价子体系，各类型的湿地均需开展上述 4 项指标计算。

生态功能是指生态系统与生态过程所形成及所维持的人类赖以生存的自然环境条件与效用。它不仅包括各类生态系统为人类所提供的食物、医药及其他工农业生产的原料，更重要的是支撑与维持了地球的生命支持系统，维持生命物质的生物地化循环与水文循环，维持生物物种与遗传多样性，净化环境，维持大气化学的平衡与稳定。本标准结合湿地生态功能特性，选取水质净化指数、蓄水指数和固碳能力指数 3 项指标建立评价子体系，不同类型的湿地分别选取相应指标计算得分。

生态状态是指生态系统所处外界环境的状态。对于湿地生态系统，主要包括水环境质量和水文水资源状态。本标准结合湿地生态环境特性，选取水环境质量、生态流量/水位满足程度 2 项指标建立评价子体系，不同类型的湿地分别选取相应指标计算得分。

（2）生态格局类型评价指标的选取

生态格局是生态系统在自然、生态、人为多重作用下的现实表征。生态格局影响生态过程，进而对生态系统产生重大影响。本标准用 5 项指标表征湿地生态格局状况。

①湿地面积指数

本标准不以湿地的绝对面积作为生态质量评价，而是以湿地面积的变化率作为湿地生态质量的评价方面之一。湿地面积指数为湿地减少面积占历史参考年湿地面积的比例。历史参考年宜选择 20 世纪 80 年代末（1988 年《中华人民共和国河道管理条例》颁布之后）与评价年水文频率相近年份。在充分考虑重要湿地近期变化的基础上，应用 3S（遥感、地理信息系统、全球定位系统）技术，利用遥感影像或地形图量测获得，推荐卫星遥感分辨率为 10 m 及以上。

②自然岸线占比

本标准中自然岸线包括河湖（库）岸线和海岸线。其中，河湖（库）自然岸线指由水陆相互作用形成的原生河湖岸线，以及修复后具有自然岸线形态特征和生态功能的河湖岸线占河湖总岸线长度的比例；海洋自然岸线指由海陆相互作用形成的海岸线，包括砂质岸线、淤泥质岸线、基岩岸线、生物岸线等原生岸线，同时整治修复后具有自然海岸形态特征和生态功能的海岸线纳入自然岸线管控目标管理。

③滨岸带生态用地占比

该指标指在滨岸带范围内，林地、草地等具有自然生态属性的生态系统用地所占的比例。滨岸带是水域与陆域系统间的过渡区域，是河湖（库）生态系统的保护屏障。河湖（库）临水边界线和外源边界线的确定方法参考水利部 2019 年印发的《河湖岸线保护与利用规划编

制指南（试行）》）。其中，临水边界线是根据稳定河势、保障河道行洪安全和维护河流湖泊生态等基本要求，在河流沿岸临水一侧顺水流方向或湖泊（水库）沿岸周边临水一侧划定的岸线带区内边界线；缘边界线是根据河流湖泊岸线管理保护、维护河流功能等管控要求，在河流沿岸陆域一侧或湖泊（水库）沿岸周边陆域一侧划定的岸线带区外边界线。滨岸带生态用地分类标准参照全国生态状况遥感调查评估生态系统分类体系。

④河流纵向连通度

该指标适用于河流生态系统，表征河流纵向连通程度，反映河流系统内的生态元素在空间结构上的纵向联系。河流纵向连通性对于鱼类的分布、种群结构、繁殖成功和许多物种的扩散具有重要影响。河流纵向连通性评价对于建造闸坝等构筑物以及该类建筑物的建造位置等具有重要意义。采用每百公里河长上的断点与节点等障碍物（如闸、坝等）数量来考量，其中不足 100 km 的河流按 100 km 计算。具有生态流量保障、有效过鱼设施的闸坝可不计入。

⑤破碎度指数

已有研究表明，沼泽湿地、海岸湿地相对较易受外界影响呈现破碎化特征，而气候变化等自然因素与湿地围垦、水利建设以及植被破坏等人为因素导致湿地呈现斑块破碎化的主要原因。景观格局指数通过简单的定量指标来高度反映景观格局的结构组成和空间配置，将景观格局进行数量化分析，可以比较不同景观或同一景观在不同时期的变化。通过计算景观指数，可以将景观空间格局的变化信息随时间推移的状况进行监测和定量描述。本标准选用破碎度指数来指湿地景观的破碎化程度，值越大说明景观的破碎化程度越大。

（3）生态结构类型评价指标的选取

本标准所指的生态结构侧重生态系统的形态结构，主要指生态系统的生物种类、种群数量、种群的空间配置（水平分布、垂直分布）、种的时间变化等，构成了生态系统的形态结构。共选用 4 项指标表征湿地的生态结构状况。

①重点保护生物指数

生物多样性是人类赖以生存的物质基础，为人类的衣、食、住、行提供了必要的物质保障。但是，由于资源的过度开发、气候变化、外来物种入侵、生境丧失等因素的影响，生物多样性受到严重威胁，生物多样性丧失已成为全球重大环境问题之一。生物多样性保护，不仅关系到地球上诸多物种的存在和延续，也关系到人类自身的生死存亡。随着全社会对生物多样性丧失问题的日趋重视，生物多样性保护也已成为当前国际上最为关注的热点。我国是世界上生物多样性最为丰富的国家之一，具有种类丰富、起源古老，多古老、孑遗种和特有种等特征，是世界上相对保存完整的古老区系之一。生物多样性维护功能是生态系统在维持基因、物种、生态系统多样性发挥的作用，是生态系统提供的最主要功能之一。

总结已有的评估方法，全国生态环境十年变化（2000-2010 年）遥感调查与评估中采用栖息地不可替代指数来评价生态系统对生物多样性保护的重要性，即在野生维管束植物和脊椎动物（包括哺乳类、鸟类、两栖类、爬行类和鱼类）中分别选择多种指示物种或代理种，利用单物种栖息地适宜性评估方法获取每个物种在区域的栖息地适宜性空间分布图，最后利用累积相乘法评估出整个区域的生境质量，进而确定生物多样性保护极重要和较重要地区。

为保护国家生态安全和提升生物多样性保护水平，2010 年我国发布了《中国生物多样

性保护战略与行动计划（2011-2030年）》，共划定 32 个内陆陆地及水域国家生物多样性保护优先区域，这些区域是目前中国在生物多样性保护领域最全面、系统的优先区，对全国生物多样性优先保护具有一定的指导意义，但目前划定的优先区面积还偏大，对于保护地网络优化还缺乏很强的操作性。《行动计划》采用的方法是通过筛选国家重要的保护对象（物种、群落和生态系统）并对其分布和状态进行分析，以量化的保护目标为驱动，用 MARXAN 物种分布模型结合专家意见，识别我国生物多样性优先保护区域，通过威胁因子和保护空缺分析，以提出关键的保护策略与行动计划。《行动计划》从 692 种重点保护动物和 1852 个重点保护植物中，确定了 318 个优先保护的指示物种；以 1:100 万植被图为基础，提取了 683 种生态系统类型，确定了 96 个优先保护的生态系统。建立了以物种和生态系统为核心的生物多样性数据库。同时以生态区划分为基础，结合全国重要物种和生态系统的状况分布，并参考国家级自然保护区以及其他现有国际国内认可的各种保护地的分布，以及 Koppen-Trewatha 气候区分类等相关数据，通过 MARXAN 物种分布模型计算和专家审核，在全国规划出生物多样性优先保护区域，总面积 315 万 km²，涵盖 26 个省（市、自治区）共 984 个县（市）和 196 个国家级自然保护区，占国土面积的 33%。实践证明，生态区评估方法和 MARXAN 物种分布模型可用于生态功能区规划等相关业务领域；此外，由项目产出的生物多样性数据库可进行二次或多次开发，并可广泛用于生态环境规划、环境影响评价、保护区管理、履行公约等生物多样性保护相关领域。

生物多样性保护功能的评估方法采用《区域生态质量评价办法（试行）》中推荐的重点保护生物指数来衡量评价区域内生物物种被保护的状态，即评价区内列入《国家重点保护野生动物名录》和《国家重点保护野生植物名录》的物种数。数据来源为具有经纬度坐标的点面调查、监测数据。

计算公式：

$$KS_r = A_{KSr} \times AKS + 13.2142$$

式中： KS_r ——重点保护生物指数；

A_{KSr} ——重点保护生物指数的归一化系数，参考值为 0.1510；

AKS ——评价区内列入《国家重点保护野生动物名录》和《国家重点保护野生植物名录》的物种数，种。

②湿地植被覆盖度

指生长季湿地植被覆盖区面积与湿地总面积的比值表示。观测方法主要参考《全国生态状况调查评估技术规范——湿地生态系统野外观测》（HJ 1169—2021）。湿地生态系统的植被覆盖度采用目测法和照相法相结合的方式观测。利用相机获取植被覆盖的数码照片，重复拍摄 2-3 次，最后分别计算每张相片植被覆盖度，取其平均值作为样方植被覆盖度。对于相机不易识别的区域，采用目测法观测植被覆盖度。观测时间为 7—9 月，频度为一年一次。有条件的区域也可结合遥感影像解译的方法开展湿地植被覆盖度调查。

③物种多样性指数

采用 Shannon-Wiener 生物多样性指数，定量和定性评价湿地生物（建议选择水鸟、鱼类、两栖、底栖动物或湿地植物）的物种多样性。

计算公式：

$$H' = - \sum_{i=1}^S P_i \log_2 P_i$$

式中： H' ——物种多样性指数；

P_i ——第 i 种生物个体数在全部群落总个体数中所占的比重，%；

S ——整个生物样所包含的种的数目，个。

④外来物种入侵度

本指标定义和计算方法引自《区域生物多样性评价标准》（HJ 623—2011），外来入侵物种指在当地的自然或半自然生态系统中形成了自我再生能力，可能或已经对生态环境、生产或生活造成明显损害或不利影响的外来物种。外来物种入侵度指被评价区域内外来入侵物种数与本地野生湿地动物和维管束植物的种数的和之比，用于表征生态系统受到外来入侵物种干扰的程度。外来入侵物种包括外来入侵动物和外来入侵植物。外来物种种类参照《国家重点管理外来物种名录（第一批）》（农业部公告第 1897 号）、《关于发布中国第一批外来入侵物种名单的通知》（环发〔2003〕11 号）、《关于发布中国第二批外来入侵物种名单的通知》（环发〔2010〕4 号）、《关于发布中国外来入侵物种名单（第三批）的公告》（环境保护部 2014 年第 57 号）、《关于发布〈中国自然生态系统外来入侵物种名单（第四批）〉的公告》（环境保护部 中国科学院公告 2016 年第 78 号）。

（4）生态功能类型评价指标的选取

湿地生态系统功能独特，不仅具有净化水质、固碳释氧、涵养水源、提供生物栖息场所等生态功能，还具有补充地下水、提供丰富的动植物产品、丰富旅游和野外科学场所、传承文化等重要的社会经济功能。本标准选取水质净化、蓄水和固碳 3 种生态功能开展评价，其他生态功能也可以依据情况而定加入评价。

①水质净化指数

湿地具有去除水中营养物质或污染物质的特殊结构和功能属性，在维护流域生态平衡和中环境稳定方面发挥巨大作用。本标准中采用的水质净化指数计算方法，引自《湿地生态系统服务评估规范》（LY/T 2899—2017），表征湿地生态系统内生态过程对水体污染物进行降解的服务能力。按照 GB 3838 测定进水口和出水口的主要污染物的浓度。

通过调查湿地来水方向和出水方向的水质，计算污染物的降解幅度，公式如下：

$$B_{2i} = Q_{2i} \times (C_{\lambda i} - C_{\text{出}i})$$

式中： B_{2i} ——第 i 种污染物的年降解量，kg；

Q_{2i} ——湿地中第 i 种污染物的年排放总量，kg；

$C_{\lambda i}$ ——湿地入水口污染物 i 的浓度，%；

$C_{\text{出}i}$ ——湿地出水口污染物 i 的浓度，%。

$$\text{或 } B_{2i} = Q_{2i} \times \rho$$

式中： B_{2i} ——第 i 种污染物的年降解量，kg；

Q_{2i} ——湿地中第 i 种污染物的年排放总量，kg；

ρ ——湿地污染物平均处理率，%。

②蓄水指数

湿地是地球上淡水资源的生物贮水库，湿地如江河、湖泊、池塘等几乎集中了所有的地表水，既是生产和生活用水的水源，也是地下水的重要补给源之一，同时有些湿地可能是地下水的排水区。本标准中采用的蓄水指数计算方法，引自《湿地生态系统服务评估规范》（LY/T 2899—2017），表征湿地生态系统通过蓄积地表水实现水资源的再分配，进而减轻洪旱灾害的服务能力。

湖泊、河流等湿地主要采用年内水位最大变幅来估算其蓄水能力，而沼泽湿地主要是为土壤蓄水和地表滞水两部分进行核算蓄水能力。

计算公式如下：

$$B=S \times H$$

式中： B ——湖泊或河流湿地蓄水量， m^3 ；

S ——湖泊或河流湿地的面积， m^2 ；

H ——湖泊或河流湿地的洪水期平均水深， m 。

$$\text{或 } B=S \times H + O$$

式中： B ——沼泽湿地蓄水量， m^3 ；

S ——沼泽湿地的面积， m^2 ；

H ——沼泽湿地的洪水期平均淹没深度， m ；

O ——沼泽湿地泥炭土壤调蓄水总量， m 。

③固碳能力指数

湿地是陆地上巨大的有机碳库。尽管全球湿地面积仅占陆地面积的4~6%（即5.3~5.7亿公顷），但碳储量约为3000~6000亿吨碳，占陆地生态系统碳储存总量的12~24%，因此固碳能力是湿地生态质量评价的重要方面。

本标准提供三种固碳能力计算方法，评价时可依据实际技术能力和时限要求选择合适的方法计算，计算方法主要参考《深圳市生态系统生产总值核算技术规范》（DB4403/T 141）。

方法一：如果净生态系统生产力（ NEP , *Net ecosystem productivity*）数据可得，生态系统二氧化碳固定量核算计算公式如下：

$$Q_{tCO_2} = M_{CO_2}/MC \times NEP$$

式中： Q_{tCO_2} ——生态系统二氧化碳固定量， $t \cdot CO_2/a$ ；

M_{CO_2}/MC ——C 转化为 CO_2 的系数，44/12；

NEP ——净生态系统生产力， $t \cdot C/a$ 。

其中， NEP 的计算方法有以下两种：

——如果异氧呼吸消耗数据可得， NEP 由 NPP 减去异氧呼吸消耗得到，计算公式如下：

$$NEP = NPP - RS$$

式中： NEP ——净生态系统生产力， $t \cdot C/a$ ；

NPP ——净初级生产力， $t \cdot C/a$ ；

RS ——异养呼吸释放碳量， $t \cdot C/a$ 。

——如果异氧呼吸消耗数据不可得， NEP 根据本地 NEP 和 NPP 的转换系数计算得到，计算公式如下：

$$NEP = \alpha \times NPP \times M_{C_6} / M_{C_6H_{10}O_5}$$

式中： NEP ——净生态系统生产力，t·C/a；

α —— NEP 和 NPP 的转换系数；

NPP ——净初级生产力，t·干物质/a；

$M_{C_6} / M_{C_6H_{10}O_5}$ ——干物质转化为 C 的系数，72/162。

方法二：如果净生态系统生产力（ NEP ）数据不可得，采用生物量法测算生态系统 CO_2 固定量，计算公式如下：

$$Q_{tCO_2} = M_{CO_2} / MC \times A \times C_C \times (AGB_{t_2} - AGB_{t_1})$$

式中： Q_{tCO_2} ——生态系统二氧化碳固定量，t· CO_2 /a；

M_{CO_2} / MC ——C 转化为 CO_2 的系数，44/12；

A ——生态系统面积，ha；

C_C ——生物量-碳转换系数；

AGB_{t_2} ——第 t_2 年的生物量，t/ha；

AGB_{t_1} ——第 t_1 年的生物量，t/ha。

方法三：如果净生态系统生产力（ NEP ）和生物量数据均不可得，采用固碳速率法计算生态系统二氧化碳固定量，计算公式如下：

$$Q_{tCO_2} = M_{CO_2} / MC \times SCSR \times SW \times 10^{-2}$$

式中： Q_{tCO_2} ——生态系统二氧化碳固定量，t· CO_2 /a；

M_{CO_2} / MC ——C 转化为 CO_2 的系数，44/12；

$SCSR$ ——该类湿地的固碳速率，g·C·m⁻²·a⁻¹；

SW ——该类湿地的面积，ha。

(5) 生态状态类型评价指标的选取

生态状态指标表征特定时间阶段的生态环境现状和生态环境变化情况，包括生态系统现状与自然环境本底等。本标准用 2 项指标表征湿地生态状态状况。

①水环境质量

湿地的水环境质量直接影响水生生物的生存状况和人体健康，是湿地生态质量重要的表征指标。本标准中，水样的采样布点、监测频率及监测数据的处理应遵循 SL 219 相关规定，地表水水质评价应遵循 GB 3838 相关规定，海水水质评价遵循 GB 3097。有多次监测数据时应采用多次监测结果的平均值。水质优劣程度评判时分项指标（如总磷 TP、总氮 TN、溶解氧 DO 等）选择应符合各地湿地水质指标考核的要求，由评价时段内最差水质项目的水质类别代表该湿地的水质类别。

表 5-1 地表水环境质量标准基本项目标准限值 单位：mg/L

序号	项目标准值 分类	I 类	I 类	类	IV 类	V 类
1	水温（℃）	人为造成的环境水温变化应限制在： 周平均最大温升≤1 周平均最大温降≤2				
2	pH 值（无量纲）	6~9				

序号	项目标准值 分类	I类	I类	类	IV类	V类
3	溶解氧 \geq	饱和率90% (或7.5)	6	5	3	2
4	高锰酸盐指数 \leq	2	4	6	10	15
5	化学需氧量(COD) \leq	15	15	20	30	40
6	五日生化需氧量 (BOD ₅) \leq	3	3	4	6	10
7	氨氮(NH ₃ -N) \leq	0.15	0.5	1	1.5	2
8	总磷(以P计) \leq	0.02(湖、 库0.01)	0.1(湖、库 0.025)	0.2(湖、库 0.05)	0.3(湖、库 0.1)	0.4(湖、库 0.2)
9	总氮(湖、库,以N计) \leq	0.2	0.5	1	1.5	2
10	铜 \leq	0.01	1	1	1	1
11	锌 \leq	0.05	1	1	2	2
12	氟化物(以F ⁻ 计) \leq	1	1	1	1.5	1.5
13	硒	0.01	0.01	0.01	0.02	0.02
14	碑 \leq	0.05	0.05	0.05	0.1	0.1
15	汞 \leq	0.00005	0.00005	0.0001	0.001	0.001
16	镉 \leq	0.001	0.005	0.005	0.005	0.01
17	铬(六价) \leq	0.01	0.05	0.05	0.05	0.1
18	铅 \leq	0.1	0.01	0.05	0.05	0.1
19	氰化物 \leq	0.005	0.05	0.2	0.2	0.2
20	挥发酚 \leq	0.002	0.002	0.005	0.01	0.1
21	石油类 \leq	0.05	0.05	0.05	0.5	1
22	阴高子表面活性剂 \leq	0.2	0.2	0.2	0.3	0.3
23	硫化物 \leq	0.05	0.1	0.2	0.5	1
24	粪大肠菌群(个/L) \leq	200	2000	10000	20000	40000

②生态流量/最低生态水位满足程度

为维系河流、湖泊、沼泽等水生态系统的结构与功能，需要保留在河流、湖泊、沼泽内符合水质要求的流量（水量、水位、水深）及其过程。河湖生态流量应按照河湖生态保护目标的用水需求分析计算，河湖生态保护目标根据河湖生态保护对象确定。河湖生态保护对象包括维持河湖基本形态、基本栖息地、基本自净能力，以及保护要求明确的重要生态敏感区、水生生物多样性、输沙、河口压咸等。

本标准中生态流量/最低生态水位满足程度依据 SL/T 793、《河湖健康评价指南(试行)》、SL/T 712 相关要求执行。

A. 生态流量满足程度

对于常年有流量的河流，宜采用生态流量满足程度进行表征。分别计算4~9月及10~3月最小日均流量占相应时段多年平均流量的百分比，取二者的最低赋分值为河流生态流量满足程度赋分。

对于季节性河流，可根据丰、平、枯水年分别计算满足生态流量的天数占各水期天数的百分比，按计算结果百分比数值赋分。

B. 最低生态水位满足程度

对于某些缺水河流，无法保障全年均有流量，可采用生态水位计算方法。采用近30年的90%保证率年最低水位作为生态水位，计算河流逐日水位满足生态水位的百分比，指标计算结果数即是对照的评分。对于资料覆盖度不高的区域，同一片区可采用流域规划确定的片区代表站生态水位最低值作为标准值。

对于湖泊和沼泽，最低生态水位宜选择规划或管理文件确定的限值，或采用天然水位资料法、湖泊形态法、生物空间最小需求法等确定。天然季节性沼泽可只分析确定非干涸期的生态水位（水面面积）。沼泽生态水位（水面面积）计算结果应和与之有水力联系的河流和湖泊生态流量计算结果相协调。

5.3.2 生态质量指数计算及评价分级

将每项指标根据其阈值范围划分为五级，具体见表5-2。

表 5-2 评价指标分级标准

指标类别	评价指标	20分	40分	60分	80分	100分	备注
生态格局	湿地面积指数	$X > 40$	$30 < X \leq 40$	$15 < X \leq 30$	$5 < X \leq 15$	$X \leq 5$	
	自然岸线占比	$0 \leq X < 5$	$5 \leq X < 25$	$25 \leq X < 50$	$50 \leq X < 75$	$X \geq 75$	
	滨岸带生态用地占比	$0 \leq X < 50$	$50 \leq X < 60$	$60 \leq X < 70$	$70 \leq X < 80$	$X \geq 80$	
	河流纵向连通度	$X > 1.2$	$1 < X \leq 1.2$	$0.5 < X \leq 1$	$0.25 < X \leq 0.5$	$0 \leq X \leq 0.25$	
	破碎度指数	$X > 40$	$30 < X \leq 40$	$20 < X \leq 30$	$10 < X \leq 20$	$1 \leq X \leq 10$	
生态结构	重点保护生物指数	$X \leq 14$	$14 < X \leq 16$	$16 < X \leq 18$	$18 < X \leq 20$	$X > 20$	
	湿地植被覆盖度	$X < 10$	$10 \leq X < 30$	$30 \leq X < 50$	$50 \leq X < 60$	$X \geq 60$	
	物种多样性指数	$X < 1$	$1 \leq X < 1.5$	$1.5 \leq X < 2$	$2 \leq X < 3$	$X \geq 3$	
	外来物种入侵度	$X > 0.12$	$0.09 < X \leq 0.1$	$0.06 < X \leq 0.0$	$0.03 < X \leq 0.0$	$0 \leq X \leq 0.03$	
生态功能	水质净化指数	不重要	较不重要	一般重要	较重要	极重要	

指标类别	评价指标	20分	40分	60分	80分	100分	备注	
	蓄水指数	不重要	较不重要	一般重要	较重要	极重要		
	固碳能力指数	不重要	较不重要	一般重要	较重要	极重要	依据实际评价技术能力和时限要求,选取合适的方法	
生态状态	水环境质量	劣V类	V类	IV类	III类	I类、II类	地表水环境质量	
		劣于第四类	第四类	第三类	第二类	第一类	海水水环境质量	
	生态流量/水位满足程度	(10~3月)日均流量占比(%)	$0 \leq X < 5$	$5 \leq X < 20$	$10 \leq X < 20$	$20 \leq X < 30$	$X \geq 30$	适用于常年有流量的河流,取二者的最低赋分值得分
		(4~9月)日均流量占比(%)	$0 \leq X < 10$	$10 \leq X < 30$	$30 \leq X < 40$	$40 \leq X < 50$	$X \geq 50$	
		生态流量满足天数比例(%)	根据丰、平、枯水年分别计算满足生态流量的天数占各水期天数的百分比,按计算结果百分比数值赋分。					适用于季节性河流
生态水位满足程度(%)	60d 滑动平均水位低于最低生态水位	7d 滑动平均水位低于最低生态水位	3d 滑动平均水位低于最低生态水位,但7d 滑动平均水位不低于最低生态水位	日均水位低于最低生态水位,但3d 滑动平均水位不低于最低生态水位	年内日均水位均高于最低生态水位	适用于湖泊和沼泽		

(1) 生态格局类型评价指标的分级

①湿地面积指数

本指标的分级主要参考水利部2020年8月印发的《河湖健康评价指南(试行)》中“湖泊面积萎缩比例”指标的分级方法,与历史参考年(推荐选择20世纪80年代末(1988年《中华人民共和国河道管理条例》颁布之后)与评价年水文频率相近年份)相比,将湿地面积指数分为五个等级,湿地面积萎缩超过40%的,视为最低级,赋20分;大于30%小于等于40%的,视为次低级,赋40分;大于15%小于等于30%的,视为中级,赋60分;大于5%小于等于15%的,视为次高级,赋80分;小于等于5%的,视为高级,赋100分。

②自然岸线占比

本指标的分级主要参考水利部2020年8月印发的《河湖健康评价指南(试行)》中“岸线植被覆盖率”指标的分级方法,将自然岸线占比分为五个等级,低于5%的,视为最低级,赋20分;大于等于5%小于25%的,视为次低级,赋40分;大于等于25%小于50%的,视

为中级，赋 60 分；大于等于 50%小于 75%的，视为次高级，赋 80 分；大于等于 75%的，视为高级，赋 100 分。

③滨岸带生态用地占比

根据文献数据和科研积累经验，将滨岸带生态用地占比分为五个等级，小于 50%的，视为最低级，赋 20 分；大于等于 50%小于 60%的，视为次低级，赋 40 分；大于等于 60%小于 70%的，视为中级，赋 60 分；大于等于 70%小于 80%的，视为次高级，赋 80 分；大于等于 80%的，视为高级，赋 100 分。

④河流纵向连通度

本指标的分级主要参考水利部 2020 年 8 月印发的《河湖健康评价指南（试行）》中“河流纵向连通度指数”指标的分级方法，将河流纵向连通度分为五个等级，超过 1.2 的，视为最低级，赋 20 分；大于 1 小于等于 1.2 的，视为次低级，赋 40 分；大于 0.5 小于等于 1 的，视为中级，赋 60 分；大于 0.25 小于等于 0.5 的，视为次高级，赋 80 分；小于等于 0.25 的，视为高级，赋 100 分。

⑤破碎度指数

本指标的分级主要参考《湿地生态状况评估技术规范》（DB 34/T 3420—2019）、《1980～2015 年东北沼泽湿地景观格局及气候变化特征》（王延吉等，2020）、《青藏高原东部高寒沼泽湿地动态变化及其驱动因素研究》（侯蒙京等，2020）等文献资料，将破碎度指数分为五个等级，超过 40 个/km² 的，视为最低级，赋 20 分；大于 30 个/km² 小于等于 40 个/km² 的，视为次低级，赋 40 分；大于 20 个/km² 小于等于 30 个/km² 的，视为中级，赋 60 分；大于 10 个/km² 小于等于 20 个/km² 的，视为次高级，赋 80 分；大于等于 1 个/km² 小于等于 10 个/km² 的，视为高级，赋 100 分。

（2）生态结构类型评价指标的选取

①重点保护生物指数

本项指标源自《区域生态质量评价办法（试行）》，将评价区域内重点保护生物指数分为五级，大于 20 的视为最高级，赋 100 分；指数大于 18 小于等于 20 的视为次高级，赋 80 分；指数大于 16 小于等于 18 的视为中级，赋 60 分；指数大于 14 小于等于 16 的视为次低级，赋 40 分；指数小于等于 14 的视为最低级，赋 20 分。

②湿地植被覆盖度

根据文献数据和科研积累经验，将湿地植被覆盖度分为五个等级，低于 10%的，视为最低级，赋 20 分；大于等于 10%小于 30%的，视为次低级，赋 40 分；大于等于 30%小于 50%的，视为中级，赋 60 分；大于等于 50%小于 60%的，视为次高级，赋 80 分；大于等于 60%的，视为高级，赋 100 分。

③物种多样性指数

本指标的分级主要参考《近岸海域海洋生物多样性评价技术指南》（HY/T 215—2017），将物种多样性指数分为五个等级，低于 1 的，视为最低级，赋 20 分；大于等于 1 小于 1.5 的，视为次低级，赋 40 分；大于等于 1.5 小于 2 的，视为中级，赋 60 分；大于等于 2 小于 3 的，视为次高级，赋 80 分；大于等于 3 的，视为高级，赋 100 分。

④外来物种入侵度

本指标的分级主要参考《区域生物多样性评价标准》（HJ 623—2011），将外来物种入侵度分为五个等级，大于 0.12 的，视为最低级，赋 20 分；大于 0.09 小于等于 0.12 的，视为次低级，赋 40 分；大于 0.06 小于等于 0.09 的，视为中级，赋 60 分；大于 0.03 小于等于 0.06 的，视为次高级，赋 80 分；小于等于 0.03 的，视为高级，赋 100 分。

(3) 生态功能类型评价指标的选取

①水质净化指数

参照《湿地生态系统服务评估规范》（LY/T 2899）中的划分等级标准进行。

②蓄水指数

参照《湿地生态系统服务评估规范》（LY/T 2899）中的划分等级标准进行。

③固碳能力指数

参照《湿地生态系统服务评估规范》（LY/T 2899）中的划分等级标准进行。

(4) 生态状态类型评价指标的选取

①水环境质量

本指标的分级主要参考《湿地生态状况评估技术规范》（DB 34/T 3420—2019）等标准规范，将水环境质量分为五个等级，劣 V 类的，视为最低级，赋 20 分；V 类的，视为次低级，赋 40 分；IV 类的，视为中级，赋 60 分；III 类的，视为次高级，赋 80 分；I 类、II 类的，视为高级，赋 100 分。

②生态流量/最低生态水位满足程度

本指标的分级主要参考水利部 2020 年 8 月印发的《河湖健康评价指南（试行）》的分级方法，具体赋分方法见表 5-3。

表 5-3 生态流量/水位满足程度赋分标准

评价指标		20 分	40 分	60 分	80 分	100 分	备注
生态流量/水位满足程度	(10~3 月) 日均流量占比 (%)	$0 \leq X < 5$	$5 \leq X < 20$	$10 \leq X < 20$	$20 \leq X < 30$	$X \geq 30$	适用于常年有流量的河流，取二者的最低赋分值得分
	(4~9 月) 日均流量占比 (%)	$0 \leq X < 10$	$10 \leq X < 30$	$30 \leq X < 40$	$40 \leq X < 50$	$X \geq 50$	
	生态流量满足天数比例 (%)	根据丰、平、枯水年分别计算满足生态流量的天数占各水期天数的百分比，按计算结果百分比数值赋分。					适用于季节性河流
	生态水位满足	60d 滑动平均水位低于最低	7d 滑动平均水位低于最低生	3d 滑动平均水位低于最低生	日均水位低于最低生态水	年内日均水位均高于最低生	适用于湖泊和沼泽

评价指标		20分	40分	60分	80分	100分	备注
	程度	生态水位	态水位	态水位, 但 7d 滑动平均水位不高于最低生态水位	位, 但 3d 滑动平均水位不高于最低生态水位	态水位	

5.3.3 湿地生态质量指数计算的评价分级

湿地生态质量指数 (WEQI) 总分为 100 分, 由生态格局指数 (EP)、生态结构指数 (ES)、生态功能指数 (EF)、生态状态指数 (EC) 4 个分指数的得分组成。

指标权重根据专家打分法和典型验证法相结合的方法来确定, 首先设计权重打分表, 然后邀请各领域生态监测与评价专家, 从专家知识层面对湿地生态质量各指数的权重进行打分, 然后取各专家打分均值作为每项指标的权重, 后期可根据管理需求、专家意见和验证情况对各指标权重进行优化, 指标权重见表 5-4。

表 5-4 湿地生态质量指数指标权重

分指数	生态格局指数	生态结构指数	生态功能指数	生态状态指数
权重	0.2	0.3	0.3	0.2

湿地生态质量指数 (WEQI) = 0.2 × 生态格局指数 (EP) + 0.3 × 生态结构指数 (ES) + 0.3 × 生态功能指数 (EF) + 0.2 × 生态状态指数 (EC)

根据 WEQI, 把湿地生态质量等级划分为 5 类, 即优 (保持自然状态)、良 (需要采取保护措施)、中 (需要采取防护措施)、低 (需要进行治理)、差 (需要重点治理)。见表 5-5。

表 5-5 湿地生态质量状况分级

级别	一类	二类	三类	四类	五类
指数	$WEQI \geq 80$	$60 \leq WEQI < 80$	$40 \leq WEQI < 60$	$20 \leq WEQI < 40$	$WEQI < 20$
描述	自然生态系统物种多样、生态结构完整、系统稳定、生态功能完善。	自然生态系统物种较为多样、生态结构较完整、系统较稳定、生态功能较完善。	自然生态系统物种多样性一般、生态结构完整性和稳定性一般、生态功能基本完善。	自然生态本底条件较差, 自然生态系统较脆弱, 生态功能较低。	自然生态本底条件差, 自然生态系统脆弱, 生态功能低。

5.3.4 附录

《规范》共包括 2 个附录, 附录 A 属于资料性附录, 附录 B 属于规范性附录。其中, 附录 A 为评价指标含义、数据来源和计算方法, 附录 B 为评价指标分级标准。

附录 A 规定了四类一级评价指标 (生态格局、生态结构、生态功能、生态状态) 下 14 项二级指标各自的含义解释、数据来源途径以及计算方法。

附录 B 规定了 14 项指标的等级划分范围, 主要是依据相关标准、文献、历史经验等明

确了每个指标的阈值范围,在阈值范围内又结合湿地生态系统的特征划分为五个等级,给予分级赋分。

6 标准实施建议

本《标准》是生态环境部门关于湿地生态质量评价的第一个行业标准,对推进全国湿地生态环境保护具有重要作用。建议尽快征求意见并发布实施,为未来湿地生态环境保护 and 长效监管提供科学依据。各级生态环境部门可以根据本辖区湿地生态环境状况和数据获取情况,选取合适的评价类型和评价模型开展湿地生态质量评价,并灵活选取特色指标,在评价过程中可以根据区域生态特征进行适当调整,并制定详细的操作手册。

为保证本标准的有效实施,建议生态环境部门加强湿地生态质量评价技术和方法的培训,为湿地生态环境保护管理决策提供有效支撑;建议加大标准的宣传力度,扩大标准的影响力,促进标准在科研以及其他领域的应用;建议各级人民政府在完成湿地生态环境保护后公布评价结果,满足民众的生态环境知情权,提高全民的生态环境保护意识。

7 参考文献

- [1] 马梓文, 张明祥. 从《湿地公约》第12次缔约方大会看国际湿地保护与管理的发展趋势[J]. 湿地科学, 2015, 13(5):523-527.
- [2] 陈展, 尚鹤, 姚斌. 美国湿地健康评价方法[J]. 生态学报, 2009, 29(9):5015-5022.
- [3] Borja A, Bricker S B, Dauer D M, et al. Overview of integrative tools and methods in assessing ecological integrity in estuarine and coastal systems worldwide[J]. Marine Pollution Bulletin, 2008, 56(9): 1519-1537.
- [4] 杜群, 李丹. 《欧盟水框架指令》十年回顾及其实施成效述评[J]. 江西社会科学, 2011, (8):19-27.
- [5] Borja Á, Franco J, Valencia V, et al. Implementation of the European water framework directive from the Basque country (Northern Spain): a methodological approach[J]. Marine Pollution Bulletin, 2004, 48(3/4): 209-218.
- [6] Borja Á, Rodríguez J G. Problems associated with the ‘one-out, all-out’ principle, when using multiple ecosystem components in assessing the ecological status of marine waters[J]. Marine Pollution Bulletin, 2010, 60(8): 1143-1146.
- [7] European Community (EC). Establishing a framework for Community action in the field of water policy. 2000 /60 /EC.
- [8] 吴海燕, 吴耀建, 陈克亮, 等. 基于“OOAO原则”的罗源湾生态质量状况综合评价[J]. 生态学报, 2013, 33(1):249-259.
- [9] 李鸿敏. 日本湿地生态系统保护的经验和启示[J]. 生态经济(学术版), 2008(2):300-303.
- [10] 王学斌, 董龙福, 李洪光, 等. 乌裕尔河自然保护区生态质量评价及价值[J]. 防护林科技, 2005(2):43-44.
- [11] 王佐霖, 尹玉柱. 深圳市铁岗-石岩湿地自然保护区生态质量评价[J]. 南方农业, 2015,

009(21): 1-3.

- [12] 孙萍, 刘毅. 利用3S技术评价凌河口湿地生态环境质量. 首届环渤海环境遥感论坛, F, 2009.
- [13] 张晓楠, 宋宏利, 王雨, 等. 基于RS和GIS技术的湿地生态环境质量评价分析——以黄骅湿地为例[J]. 水土保持研究, 2007(4):233-236.
- [14] 尉斌. 内蒙古兴安里湿地保护区生态质量评价[J]. 内蒙古林业调查设计, 2008(4):6-8.
- [15] 姜云鹏, 乔玉, 张扬, 等. 天津古海岸与湿地国家级自然保护区沙井子实验区陆生生态环境现状评价[J]. 水利水电工程设计, 2016(3):28-31.
- [16] 刘建军, 宋岷涓. 青海省三江源区玉树州湿地生态质量评价[J]. 林业资源管理, 2015, 000(5):32-35.
- [17] 裴海萌, 管华, 叶姣霓. 洪泽湖湿地自然保护区生态环境质量综合评价及保护研究[J]. 淮阴师范学院学报(自然科学版), 2011(4):319-323.
- [18] 周静, 万荣荣. 湿地生态系统健康评价方法研究进展[J]. 生态科学, 2018,37(6):209-216.
- [19] 崔保山, 杨志峰. 湿地生态系统健康研究进展[J]. 生态学杂志, 2001(3):31-36.
- [20] Larson J S. Rapid assessment of wetlands: history and application to management. In Mitsch (ed). Global wetlands: Old world and new. Elsevier,1994: 623-636.
- [21] 陶艳茹, 苏海磊, 李会仙, 等. 《欧盟水框架指令》下的地表水环境管理体系及其对我国的启示[J]. 环境科学研究, 2021, 34(5):1267-1276.
- [22] 钱逸凡, 刘道平, 楼毅, 等. 我国湿地生态状况评价研究进展[J]. 生态学报, 2019, 39(9): 3372-3382.