ICS 13.060.99
CCS Z00

DB63

青　海　省　地　方　标　准

DB 63/T XXXX—XXXX

青海湖水体生态安全评估指标体系

（报批稿）

XXXX－XX－XX 发布　　XXXX－XX－XX 实施

青海省生态环境厅
青海省市场监督管理局　　发 布

目　　次

1　范围 1
2　规范性引用文件 1
3　术语和定义 1
4　水体生态安全评估指标体系 1
附录 A（规范性）　青海湖水体生态安全评估方法 3

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。

本文件由青海省生态环境厅提出并归口。

本文件起草单位：青海省生态环境监测中心、中国环境科学研究院、生态环境部环境标准研究所、国家环境保护青藏高原生态环境监测与评估重点实验室、青海省生态环境监测与评估重点实验室。

本文件主要起草人：窦筱艳、余若祯、王鹏飞、陈珂、李旭华、徐珣、保善磊、张虞、付正辉、高海鹏、张志军、杨增霞、陈周杰、张妹婷、李正科、张欢欢、李淑敏、刘维明、杨玉婷、鲁子豫。

本文件由青海省生态环境厅监督实施。

青海湖水体生态安全评估指标体系

1 范围

本文件规定了青海湖水体生态安全评估中水环境、水资源、水生生物和水生生境指标体系，评估方法等内容。

本文件适用于青海湖的水体生态安全评估。

2 规范性引用文件

本文件没有规范性引用文件。

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

生境

生物出现在环境中的空间范围与环境条件总和，又称栖息地。

3.2

基准年

用于比较分析后续年份各评估指标数值变化的初始年份。

3.3

基线值

基准年各评估指标的数值，用于比较各评估指标后续年份的变化程度。

4 水体生态安全评估指标体系

4.1 青海湖水体生态安全评估指标分为水环境、水资源、水生生物和水生生境等四类。

4.2 按照与水体生态安全之间的关系，对水体生态安全产生正向影响的评估指标为正向指标，以“＋”标识；对水体生态安全产生负向影响的评估指标为负向指标，以“－”标识。

4.3 以1961年作为青海刚毛藻覆盖面积的基准年，以2020年作为其他评估指标的基准年，获取各评估指标的基线值。

4.4 青海湖水体生态安全评估指标及其分类、基线值、权重值和数据来源等见表1。

4.5 青海湖水体生态安全评估方法见附录A。

表 1　青海湖水体生态安全评估指标信息表

方案层		评估指标层					
评估指标	权重值	评估指标	分类	基线值	单位	权重值	数据来源
水环境（A_1）	0.45	总磷（A_{11}）	－	0.0106	mg/L	0.20	监测数据
		总氮（A_{12}）	－	0.804	mg/L	0.21	监测数据
		高锰酸盐指数（A_{13}）	－	2.32	mg/L	0.10	监测数据
		透明度（A_{14}）	＋	318.48	cm	0.09	监测数据
		矿化度（A_{15}）	－	13.10	g/L	0.09	监测数据
		水质达到III类及以上入湖河流的占比（A_{16}）	＋	85.7	%	0.31	统计数据
水资源（A_2）	0.11	湖面面积（A_{21}）	＋	4546.27	km^2	0.49	遥感数据
		地下水水位（A_{22}）	＋	3249.65	m	0.51	统计数据
水生生物（A_3）	0.23	叶绿素*a*（A_{31}）	－	0.002	mg/L	0.55	监测数据
		青海刚毛藻覆盖面积（A_{32}）	－	5.78	km^2	0.45	遥感数据
水生生境（A_4）	0.21	自然岸线率（A_{41}）	＋	98.57	%	0.14	遥感数据
		流域植被覆盖率（A_{42}）	＋	54.47	%	0.46	遥感数据
		保护区内人类活动占比（A_{43}）	－	0.62	%	0.40	遥感数据
注：水质类别评价按照《地表水环境质量评价办法（试行）》的相关要求执行。入湖河流包括布哈河、泉吉河（巴哈乌兰河）、沙柳河（伊克乌兰河）、哈尔盖河、甘子河、黑马河、倒淌河等7条主要入湖河流。							

附 录 A
（规 范 性）
青海湖水体生态安全评估方法

A.1 数据处理

A.1.1 指标层评估指标评估值的确定

指标层评估指标评估值的确定方法如下：

a) 年度内参与评估的评估指标仅有 1 个数值时，以此数值作为该评估指标的评估值（$\overline{E}_i$）；

b) 年度内参与评估的评估指标有不同点位和（或）不同时段的多个测定结果时，以多个测定结果的算术平均值作为该评估指标的评估值（$\overline{E}_i$），按照公式（A.1）计算。

$$\overline{E}_i = \frac{\sum_{j=1}^{m} E_{i,j}}{m} \quad \text{（A.1）}$$

式中：$\overline{E}_i$ ——评估指标 i 的评估值；

$E_{i,j}$ ——评估指标 i 的第 j 个测定结果；

m ——评估指标 i 测定结果的个数。

A.1.2 指标层评估指标分值的计算

指标层评估指标A_k中评估指标i的分值，按照公式（A.2）计算。

$$S_{k,i} = (\overline{E}_i / E_{\mathrm{b},i})^x \quad \text{（A.2）}$$

式中：$S_{k,i}$——指标A_k中评估指标i的分值；

$\overline{E}_i$ ——评估指标 i 的评估值；

$E_{\mathrm{b},i}$——评估指标 i 的基线值；

x ——正向指标取值 1，负向指标取值-1。

A.1.3 方案层评估指标分值的计算

方案层评估指标A_k的分值，按照公式（A.3）计算。

$$S_k = \sum_{i=1}^{n} (S_{k,i} \times W_{k,i}) \times 100 \quad \text{（A.3）}$$

式中：S_k ——指标A_k的分值；

n ——指标A_k对应评估指标的个数；

$S_{k,i}$——指标 A_k 中评估指标 i 的分值；

$W_{k,i}$——指标 A_k 中评估指标 i 的权重值，见表 1。

A.1.4 水体生态安全评估综合指数的计算

水体生态安全评估综合指数，按照公式（A.4）计算。

$$\mathrm{EQI}=\sum_{k=1}^{4}(S_k\times W_k) \cdots\cdots (A.4)$$

式中：EQI ——水体生态安全评估综合指数；

4 ——方案层评估指标个数；

S_k ——指标A_k的分值；

W_k ——指标A_k的权重值，见表1。

A.2 水体生态安全评估综合指数分级

水体生态安全状况分为五级（Ⅰ、Ⅱ、Ⅲ、Ⅳ、Ⅴ），水体生态安全分级、状况和水体生态安全评估综合指数见表A.1。

表 A.1 评估指数与分级表

分级	水体生态安全状况	水体生态安全评估综合指数（EQI）
Ⅰ	优	80≤EQI
Ⅱ	良	60≤EQI＜80
Ⅲ	中	40≤EQI＜60
Ⅳ	较差	20≤EQI＜40
Ⅴ	很差	EQI＜20

A.3 评估报告编制

评估报告应根据水体生态安全评估综合指数计算结果判定青海湖水体生态安全等级和状况，查找问题，分析原因，提出对策建议。

《青海湖水体生态安全评估指标体系（报批稿）》编制说明

标 准 名 称： 青海湖水体生态安全评估指标体系

项 目 编 号：

制、修订类型： 制定

主要起草单位： 青海省生态环境监测中心

协作单位： 中国环境科学研究院、生态环境部环境标准研究所、国家环境保护青藏高原生态环境监测与评估重点实验室、青海省生态环境监测与评估重点实验

归 口 单 位： 青海省生态环境厅

起 草 时 间： 2022 年 6 月---2024 年 3 月

目　录

一、工作简况.....1
（一）任务来源.....1
（二）起草单位、协作单位.....1
（三）主要起草人.....1
二、制定（修订）标准的必要性和意义.....3
（一）编制的目的、意义和必要性.....3
（二）可行性.....6
三、主要起草过程.....7
（一）成立标准编制组.....7
（二）调研国内外相关标准和文献资料.....7
（三）标准制订的技术路线.....59
四、制定（修订）标准的原则和依据，与现行法律、法规、标准的关系.....60
（一）标准制订的依据和基本原则.....60
（二）标准与现行法律、法规和标准的关系.....60
五、主要条款的说明.....61
（一）术语和定义.....61
（二）青海湖水体生态安全主要问题.....64
（三）评估指标的构建.....66
（四）基线值的确定.....77
（五）权重值的确定.....85
（六）评估方法.....91
（七）应用案例.....96
（八）评价报告编制.....98
（九）质量保证.....98
六、重大意见分歧的处理依据和结果.....98
（一）立项审查会.....98
（二）专家技术初审会.....99
（三）公开征求意见.....99
（四）技术审查会.....100
七、贯彻实施标准的要求、措施等建议.....100
八、参考文献.....101
附件 1：立项审查意见汇总处理表.....103
附件 2：初审专家意见汇总处理表.....104
附件 3：公开征求意见反馈汇总处理表.....106
附件 4：审查会专家意见汇总处理表.....109

《青海湖水体生态安全评估指标体系（报批稿）》地方标准编制说明

一、工作简况

（一）任务来源

2022 年 5 月，由青海省生态环境监测中心申请地方标准《青海湖水体环境评价指标体系》的立项，根据青海省生态环境厅下达的《关于印发青海省 2022 年地方标准制修订项目计划的通知》（青生办〔2022〕34 号），批准《青海湖水体 生态安全评估指标体系》地方标准的制定（修订）。

（二）起草单位、协作单位

起草单位：青海省生态环境监测中心

协作单位：中国环境科学研究院

生态环境部环境标准研究所

国家环境保护青藏高原生态环境监测与评估重点实验室

青海省生态环境监测与评估重点实验室

（三）主要起草人

本标准主要起草人员见表 1-1。

表 1-1　标准主要起草人员列表

姓名	性别	职务/职称	工作单位	任务分工
窦筱艳	女	主任/ 正高级工程师	青海省生态环境监测中心	项目负责人
余若祯	女	主任/ 副研究员	中国环境科学研究院、生态环境部环境标准研究所	报告编制
王鹏飞	女	副高级工程师	中国环境科学研究院	项目申报、 报告编制
陈　珂	女	工程师	青海省生态环境监测中心	项目申报、 报告编制
李旭华	女	副研究员	中国环境科学研究院、生态环境部环境标准研究所	报告编制
徐　珣	男	工程师	青海省生态环境监测中心	报告编制
保善磊	男	工程师	青海省生态环境监测中心	报告编制
张　虞	女	副高级工程师	中国环境科学研究院、生态环境部环境标准研究所	报告编制
付正辉	男	副高级工程师	中国环境科学研究院	数据统计
高海鹏	女	工程师	青海省生态环境监测中心	数据统计
张志军	男	副高级工程师	青海省生态环境监测中心	数据统计
杨增霞	女	助理工程师	青海省生态环境监测中心	数据统计
陈周杰	女	工程师	青海省生态环境监测中心	数据统计

姓名	性别	职务/职称	工作单位	任务分工
张妹婷	女	工程师	青海省生态环境监测中心	数据统计
李正科	男	工程师	青海省生态环境监测中心	数据统计
张欢欢	女	工程师	青海省生态环境监测中心	数据统计
李淑敏	女	副高级工程师	青海省生态环境监测中心	数据统计
刘维明	男	助理工程师	青海省生态环境监测中心	数据统计
杨玉婷	女	工程师	青海省生态环境监测中心	数据整理
鲁子豫	男	副高级工程师	青海省生态环境监测中心	数据整理

二、制定（修订）标准的必要性和意义

（一）编制的目的、意义和必要性

青海湖，古称西海、鲜水、仙海、青海，蒙古语称库库诺尔，意为“青色的湖”，在青海省东部、海南和海北藏族自治州之间，西南岸为共和县，北为刚察，南为海晏县，呈不规则多边湖型。湖面海拔 3196 m，系断层陷落而成，湖周长约 360 km，湖面最大长度 106 km，最大宽度 63 km，面积 4635 km^2（一作 4583 km^2），平均水深 19 m，最大水深 32.8 m（一作 28.7 m），蓄水量 1050.0×10^8 m^3，为我国最大的内陆咸水湖。湖水主要来自北部疏勒南山的布哈河和东南部的托勒山柳河等河流，水产丰富，以无鳞湟鱼（裸鲤）著称，冬季结冰，湖中有海心山、海西山、三块石、鸟岛、沙岛等。候鸟成群，水质清秀，风景

迷人。湖岸草原辽阔，为我国优良牧场之一。据考证，青海湖自全新世以来就有湖水下降和湖面退缩现象。每年由河水、地下水带入湖内的盐分、泥沙等杂物约 120×10^4 t，约每 8 年下降 1 m，年均减少蓄水量约 4×10^8 m^3。

青海湖地处青藏高原东北部，是我国面积最大的湖泊、是世界高原内陆湖泊湿地类型的典型代表，是东亚水鸟重要繁殖地和迁徙通道的主要节点，是我国西部重要的水源涵养地和水气循环通道，是维系青藏高原生态安全的重要水体，是阻止西部荒漠化向东蔓延的天然屏障。党中央和习近平总书记高度重视青海湖流域生态保护，多次作出重要指示，2021 年 6 月 8 日，习近平总书记在青海湖考察时强调，“生态是资源和财富，是我们的宝藏”，“保护好青海生态环境，是‘国之大者’”，青海湖流域作为重要生态功能区，保护好水生态环境责任重大。

统筹水资源、水环境、水生态，以流域为整体系统谋划青海湖流域水生态系统保护，是进一步贯彻落实习近平总书记重要指示的深化实践，是把青藏高原打造成为全国乃至国际生态文明高地的重大举措，是巩固青海湖流域生态环境保护与综合治理成效、进一步筑牢国家生态安全屏障的迫切需要，是推动黄河上游生态保护和高质量发展、青藏高原生态环境保护和可持续发展的重要支撑。

由于特殊的地质、地理和气候条件，青海湖作为咸水湖与淡水湖水体生态环境差异较大，目前国内外咸水湖水体生态安

全评估指标体系尚处于空白，制定青海湖水体生态安全评估指标体系，准确、客观地评估青海湖水体现状及发展趋势，对保护青海湖水体生态环境、控制污染源和制定生态环境保护治理对策具有重要意义，同时也填补了国内咸水湖水体生态安全评估指标体系空白。

目前国内外咸水湖水质监管与评估技术指标体系处于空白状态，缺乏可借鉴的经验。美国大盐湖未制定盐湖水质标准，而是重点监管入湖河流水质，大盐湖水质调查项目主要包括水温、溶解氧、pH、氧化还原电位、透明度、电导率、总溶解性固体、总氮、硝酸盐、氨氮、总磷、可溶性正磷酸盐、叶绿素 *a* 等 13 项。澳大利亚和新西兰咸水用途触发值包括叶绿素 *a*、总磷、可滤过性磷、总氮、硝酸盐和亚硝酸盐氮、氨氮、溶解氧和 pH 等 9 项。

依据《地表水环境质量标准》（GB 3838-2002），青海湖水环境质量评价等级为劣 V 类，与现实情况不符。根据青海湖长期水质监测数据，湖体自 20 世纪 80 年代至今，pH 值、化学需氧量均处于偏高水平，依据《地表水和地下水环境本底判定技术规定（暂行）》（环办监测函〔2019〕895 号），对青海湖环境本底进行判定，pH 值、化学需氧量偏高是受地理、地质等自然条件因素影响。2020 年 12 月，中国环境监测总站在向生态环境部生态环境监测司《关于征求呼伦湖及其类似水体水质监测评价有关问题意见的复函》中提到：“青海湖地区是传统牧业区，

入湖河流水质优良；青海湖湖水清澈，属高矿化度、极硬水，水质基体成分复杂。在没有相应高氯离子水质分析方法和咸水湖水质评价标准前提下，用淡水水质分析方法和评价标准，不能客观真实反映青海湖水质。”综上情况，亟需制定青海湖水体生态安全评估指标体系，以客观、准确地评估青海湖水体生态环境质量，服务于青海湖生态环境管理工作。

（二）可行性

评估指标的选择是准确反映水体生态环境质量状况的关键。2020 年、2021 年青海省生态环境监测中心联合中国环境科学研究院，结合青海湖水体生态环境监测工作，对青海湖水体生态环境质量开展了多期、全要素监测，并开展了青海湖水体环境质量监测评估指标体系研究。通过研究，因地制宜的构建了青海湖水生态环境质量评估指标备选监测指标库，经过监测指标优选，结合水质、水生态、沉积物、生态遥感等监测结果，从水环境、水资源、水生态、水生境四个方面建立了青海湖水体生态安全评估指标体系，并对青海湖 2020 年、2021 年水生态环境质量进行了评估。通过 2020 年以来的定期监测，初步掌握了青海湖流域水环境理化指标、浮游动植物、底栖动物、水体底质等水生态环境底数，初步具备了构建基于“三水统筹”的青海湖水生态环境监测评价技术体系基础，为优化青海湖湖水质评价考核方法积累了经验。2021 年 11 月，我中心邀请了国内水环境领域知名专家对青海湖水体生态安全评估指标体系进行了评

审，专家组一致认为该评估指标体系内容全面、技术路线正确，可作为青海湖水体监测及评价的依据。2022 年 4 月，我中心积极配合省生态环境厅与生态环境部水生态环境司对接，争取将青海湖水体监测评价指标体系纳入国家标准体系。

三、主要起草过程

（一）成立标准编制组

2022 年 6 月，青海省生态环境监测中心接到青海省生态环境厅下达的《关于印发青海省 2022 年地方标准制修订项目计划的通知》（青生办〔2021〕22 号）的任务后，成立了由技术负责人任组长，由相关监测分析人员任组员的标准编制组。

（二）调研国内外相关标准和文献资料

1.国内外水质评价发展历程

水质评价是解决水体污染和保护水环境的基础，水质评价工作最早出现在美国，美国学者在水质评价的过程中提出了许多水质评价的方法，为水质评价方法的研究开拓了一条道路。20 世纪 60 年代，水体质量评价的水质指数（EQI）概念的提出标志着水质评价的开始，之后各个国家以此理论为基础，不断对水质评价的方法进行补充和发展[1-2]，总结国内外对水环境状况评价的研究，大致经历了三个阶段[3-4]，第一阶段是传统的基于物理、化学参数评价水体的水质状况，第二阶段是用指示物

种的监测与指标评价来反映水体状况[5]，第三阶段是考虑整个水生态环境系统的综合指标评价法[6]。我国在水环境质量综合评价方面起步较晚，我国水质评价研究始于1973年第一次对北京西郊环境质量的评价[7]。

1978年地表水质污染指数[8]由中国科学院地理科学与资源研究所提出，并将该指数用于我国东部河流水质污染程度的评价中。1981年，我国将单项评价法地图重叠法和加权算术平均河长的水质指数法运用到了第一次全国水质评估中。

我国水质评价工作虽起步较晚，但发展迅速。经过50多年的发展，随着技术水平的提升，各种数学模型应用到水质评价中，到目前已有单项污染指数法、内梅罗指数法、综合标识指数法、模糊综合评判法、主成分分析法、综合指数法、灰色关联法等多种水质评价方法应用到各类水体的水质评价[9-16]。

（1）单项污染指数法

又叫单因子评价法，以逐一比较后最差的因子评价的结果作为最终的水质类别，具有严谨、计算简便、易于推广等优点。

（2）内梅罗指数法

内梅罗指数法是当前国内外进行综合污染指数计算的常用方法之一。此方法根据样品检测指标的单项污染指数计算得到内梅罗指数法。其特点是同时兼顾各监测指标污染指数的平均值和最高值，重点突出最大污染项目对水环境质量的影响和作用。

（3）综合标识指数法

综合水质标识指数可以完整表达河流总体的综合水质信息，其特点是：既能定性评价、也能定量评价；既不会因个别水质指标较差就否定综合水质，又能对河流综合水质做出合理的评价；既可以用于一条河流不同断面水质的客观比较，又可以用于不同河流水质的评价比较；既可以比较同一类别中水质的优劣程度，也可以进一步比较劣 V 类水的污染严重程度。

（4）模糊综合评判法

模糊综合法基于模糊数学的理念，可以将一些不确定边界的因子进行定量分析，针对流域环境的不确定性进行综合评价，得到的结果更加客观和准确。

（5）主成分分析法

主成分分析法是一种将多维因子纳入同一系统进行定量化研究、理论比较完善的多元统计分析方法。它是利用降维的思想，在损失很少信息的前提下，将多个变量指标压缩为几个综合变量指标（即主成分），每个主成分都是原始变量的线性组合，且各主成分之间互不相关。

（6）综合污染指数法

综合污染指数是在单因子评价法的基础上统计得到的，能够定性反映湖泊水体的综合污染程度。

（7）灰色关联法

灰色关联法是对各子系统多因素之间大小、强弱与次序的

灰色关联度进行分析，通过分析计算各子系统的关联度对系统的联系紧密程度和发展变化态势提出量化计算结果。

2.国外相关标准

在西方发达国家关于河流湖库健康的评价也最早开始于对水质的评价 这可追溯到世纪末期就已开始进行的对严重污染的欧洲河流的评价。

（1）美国

美国环境保护署于1989年提出了旨在为全国水质管理提供基础水生生物数据的快速生物监测协议（RBPs） 该协议经过近10年的发展和完善后 又于1999年推出了新版的RBPs，给出了快速生物监测的新协议 提供了河流着生藻类、大型无脊椎动物以及鱼类的监测及评价方法标准。此外 美国的“环境监测和评价项目”通过监测反应指标、暴露指标以及压力指标诊断了全国河流每年水质状况及变化趋势 并试图找出对水质状况有重要影响的环境因素，见表3-1。

美国EPA健康流域评估中，采用六大类指标（健康指数）来评估水生态系统状态，分别是景观条件、地貌条件、栖息地条件、水质条件、水文条件和生物条件；同时采用了两大类健康流域脆弱性评价指标（脆弱性指数）来评价人类活动对健康流域的干扰程度，包括土地利用方式改变、水资源利用改变和野火所造成的环境损害。

表 3-1　美国 RBPs 的工作程序及评价指标

工作程序	一级指标	二级指标
选择无人为干扰或人为干扰极小的河流作为参照点	生境指标	河床表层生境，泥沙组成
调查被评价河流的 10 个生境指标，根据评价系统得出的综合评分确定被评价河流的生境质量		流速及水深参数，河床稳定性
调查被评价河流的生物状况，根据反映生物群落的结构、功能及过程指标，得出综合指标以反映该点的生物状况		河道干枯情况，河流形态变化
将被评价河流的生境质量与参照点对比，如果相匹配，则可用生物的多指标综合得分评价生物状况，生物状况评价结果可以直接反映河流损害程度，确定河流健康状况		河岸浅滩特征，河岸冲淤，河岸植被及河岸带宽度
如果参考河流生境劣于参照点，则需要先研究不同生境对生物的支撑能力，然后再判断河流的健康状况	生物指标	着生生物，鱼类，大型无脊椎动物

（2）欧盟

欧盟《水框架指令》（Water Framework Directive，WFD）按照不同水体类型，从生物因素、水文要素、化学要求和理化

要素四方面开展水生态健康评估，并建立了以生物状态为核心的评估方法，通过大型植物群落、底栖无脊椎动物、鱼类的多样性和丰度等生物指标评价水生态状态（分为优、良、中、差、劣五类），同时将物理化学条件、物理生境条件等作为支持生物状态的条件。

对于水质评价的更深入的理解则是源于2000年EC WFD对其极大的推动。WFD不但拓展了水生生态系统评价的范围，从而超越了从前的限制，并且第一次将流域计划设为法定程序以维持并提高地表水水质。WFD的一个主要环境目标是到2015年12月使包括河流、湖泊、过渡水区以及沿海水域在内的水体达到好的状况（good status），这里“好的状况”（good status）是指，从“高的状况”（high status）到“坏的状况”（bad status）划分为五级中的第二级,而划分的依据是测量得到的生态学表征（如浮游植物、水底植物、大型植物、无脊椎动物、鱼类等）、水的化学性质以及对于流量、物理结构和连续性的评价。对于河流水文形态的评价尤其重要，一方面它是实施WFD的需要，另一方面也有利于保护自然生态。然而，对于河流水文形态评价方法却相当乏，建立标准化的方法是当务之急。因此，欧洲标准化委员会（CEN）开始与其合作伙伴一道主动促进技术上的协调发展，于1999年9月开始编制评价河流水文形态特征的标准并于2004年11月完成了EN 14614: 水质　河流水文形态特征评价指导标准。

EN 14614 是一个指导标准，它首先是提供了一个通用原理框架，但并未包括已经在一些成员国中使用的方法，特别是英国、法国、德国和奥地利，意大利和荷兰也有相对较少的一部分。它还为那些没有评价河流水文形态的正式方法的欧盟国家提供了一些指导方针，以使得他们在通用的标准下发展自己的技术。该标准包括以下几个部分：关于适用范围的描述、标准的主要原理、定义列表、其他相关的已颁布标准的详述。整个文本被分为：指导部分，指出哪些河流水文形态的特征应当评价，如何设计以及管理区域的测量调查、如何解释及给出测量结果等；适用水质安全程序的方法部分。

随后，CEN 针对完善 EN 14614 标准进行了讨论，以制定有关河流水文形态的第二个标准，即 EN 15843: 水质　确定河流水形态变化程度的标准指南，该标准于 2009 年 10 月 27 日获得批准。该标准包含了一致的更广泛的水文形态修正的特征，涉及河槽、河岸、河边区域以及漫滩等，其主要目标是评价人类压力对河流水文形态造成的偏离自然状况的程度。特别是它设立了评分系统，并给出了适于评价水文形态特征修正的信息源。

（3）英国

英国关注河流健康状况的一个重要举措就是进行河流生态环境调查（RHS），即通过调查背景信息、河道数据、沉积物特征、河岸带特征以及土地利用等指标来评价河流生境的自然特征和质量，并判断河流生态环境现状与纯自然状态之间的差距。

另一个值得关注的评价实践是 Boon 于 1998 年提出的英国河流保护评价系统（SERCON），该系统通过调查评价由 35 个属性数据构成的 6 大恢复标准（包括自然多样性、天然性、代表性、稀有性、物种丰富度以及特殊表征）来确定英国河流的保护价值，该评价系统已经成为一种被广泛运用于英国河流健康状况评价的技术方法，此外，英国还建立了以 RIVPACS 为基础的河流生物监测系统。

（4）澳大利亚

澳大利亚政府于 1992 年开展了国家河流健康计划（NRHP），用于监测和评价澳大利亚河流的生态状况，评价现行水管理政策及实践的有效性，并为管理决策提供更全面的生态学及水文学数据，其中用于评价澳大利亚河流健康状况的主要工具就是 AUSRIVAS。除此之外，澳大利亚自然资源和环境部还开展了溪流状态指数（ISC）研究[40-43]。ISC 采用河流水文学、形态特征、河岸带状况、水质及水生生物五方面指标，见表 3-2，试图了解河流健康状况，并评价长期河流管理和恢复中管理干预的有效性，其结果有助于确定河流恢复的目标，评估河流恢复的有效性，从而引导可持续发展的河流管理。

表 3-2　澳大利亚 ISC 的工作程序及评价指标

工作程序	一级指标	二级指标

工作程序	一级指标	二级指标
根据地域特点，选择被认为健康状况良好的河流作参照点	河流水文特征	修正后的年均流量偏差，因流域渗透能力变化引起日流量变化，因水电站建设引起日流量变化
进行被评估河流的资料收集及现场监测工作	物理构造特征	河岸稳定性，河床退化和侵蚀，人为阻碍物对鱼类迁徙的影响
将被评估河流的各项指标与参照点对比并计分	河岸带状况	河道内自然生境，河岸植被带宽度及纵向连续性，结构的完整性，外来植被的覆盖，本土植被重建的存在，河岸湿地和洼地状况
将各项指标得分累加，得出被评估河流的健康状况综合指数	水质参数	总磷、浊度、电导率、pH 等
根据综合指数计算结果，判断被评估河流的健康状况等级（很好、好、一般、差、很差），从而得出该河流健康状况的综合评价	水生生物	大型无脊椎动物（SIGAL 指数）AUSRIVAL

（5）南非

南非的水务及森林部（DWAF）于 1994 年发起了“河流健康计划（RHP）”，该计划选用河流无脊椎动物、鱼类、河岸植被、生境完整性、水质、水文、形态等河流生境状况作为河流健康的评价指标，提供了可广泛用于河流生物监测的框架 Copper（1994）还针对河口地区提出了南非的河口健康指数（Estuarine health index，EHI），即用生物健康指数、水质指数以及美学健康指数来综合评估河口健康状况。此外,南非的快速生物监测计划也发展了生境综合评价系统（Integrated Habitat Assessment System，IHAS），系统中涵盖了与生境相关的大型无脊椎动物、底泥、植被以及河流物理条件。

3.国内相关标准和技术规定

（1）国家层面

2011 年，为客观反映全国地表水环境质量状况及其变化趋势，规范全国地表水环境质量评价工作，原环境保护部办公厅印发《地表水环境质量评价办法（试行）》（环办〔2011〕22 号）。本办法主要用于评价全国地表水环境质量状况，地表水环境功能区达标评价按功能区划分的有关要求进行，其评价指标包括两类：1）水质评价指标。地表水水质评价指标为《地表水环境质量标准》（GB 3838-2002）表 1 中除水温、总氮、粪大

肠菌群以外的21项指标。水温、总氮、粪大肠菌群作为参考指标单独评价（河流总氮除外）。2）营养状态评价指标。湖泊、水库营养状态评价指标为叶绿素*a*（Chla）、总磷（TP）、总氮（TN）、透明度（SD）、和高锰酸盐指数（COD_{Mn}）共5项。在上述指标的基础上采用单因子评价法和综合营养状态指数法开展河流水质评价，湖泊、水库水质评价或营养状态评价。

2013年，原环境保护部办公厅印发了《关于印发＜流域生态健康评估技术指南（试行）＞的通知》（环办函〔2012〕1163号），指南规定了流域生态健康评估的一般性原则、内容、方法和技术要求，旨在从流域尺度进行生态环境现状调查、问题分析和综合评估，全面识别人类活动对流域生态系统的影响范围和程度，为流域生态环境保护和可持续发展提供技术支撑。

2014年，原环境保护部办公厅印发了《关于印发江河湖泊生态环境保护系列技术指南的通知》（环办〔2014〕111号），其中《湖泊生态安全调查与评估技术指南（试行）》规定了两部分的技术内容：（1）对从湖泊生态安全调查技术指南；（2）湖泊生态安全评价技术指南。湖泊安全评价技术指南从湖泊流域经济社会影响、湖泊生态系统服务功能、湖泊水生态健康和人类活动的调控管理等四个方面，利用DPSIR评估模型，构建评估指标体系，计算指标权重和各层次的值，最终得出湖泊整体或各功能分区的湖泊生态安全指数（ESI），评估湖泊生态安全相对标准状态的偏离程度。湖泊生态安全评估指标体系见表

3-3。

表 3-3　湖泊生态安全评估指标体系

目标层	方案层	因素层	指标层
生态安全综合指数	社会经济影响（A_1）	人口 B_1	人口密度 C_{11}
			人口增长率 C_{12}
		经济 B_2	人均 GDP C_{21}
		社会 B_3	人类活动强度指数 C_{31}
			湖泊近岸缓冲区人类活动扰动指数 C_{32}
		流域污染负荷 B_4	单位面积面源 COD 负荷 C_{41}
			单位面积面源 TN 负荷 C_{42}
			单位面积面源 TP 负荷 C_{43}
			单位面积点源 COD 负荷 C_{44}
			单位面积点源 TN 负荷 C_{45}
			单位面积点源 TP 负荷 C_{46}
		入湖河流 B_5	主要入湖河流 COD 浓度 C_{51}
			主要入湖河流 TN 浓度 C_{52}
			主要入湖河流 TP 浓度 C_{53}

目标层	方案层	因素层	指标层
			单位入湖河流水量 C_{54}
	水生态健康（A_2）	水质 B_6	溶解氧 C_{61}
			透明度 C_{62}
			水体氨氮 C_{63}
			水体总磷 C_{64}
			水体总氮 C_{65}
			高锰酸盐指数 C_{66}
		富营养化 B_7	叶绿素 *a* C_{71}
			综合营养指数 C_{72}
		沉积物 B_8	沉积物总氮 C_{81}
			沉积物总磷 C_{82}
			沉积物有机质 C_{83}
			重金属风险指数 C_{84}
		水生生物多样性 B_9	浮游植物多样性指数 C_{91}
			浮游动物多样性指数 C_{92}
			底栖生物多样性指数 C_{93}
			沉-浮-漂-挺水植物覆盖度 C_{94}
	生态服务功能（A_3）	饮用水服务功能	集中饮用水水质达标率 C_{101}

目标层	方案层	因素层	指标层
		B_{10}	
		水源涵养功能 B_{11}	林草覆盖率 C_{111}
		栖息地功能 B_{12}	湿地面积占总面积的比例 C_{121}
		拦截净化功能 B_{13}	湖（库）滨自然岸线率 C_{131}
		人文景观功能 B_{14}	自然保护区级别 C_{141}
			珍稀物种生境代表性 C_{142}
	调控管理（A_4）	资金投入 B_{15}	环保投入指数 C_{151}
		污染治理 B_{16}	工业企业废水稳定达标率 C_{161}
			城镇生活污水集中处理率 C_{162}
			农村生活污水集中处理率 C_{163}
			水土流失治理率 C_{164}
		监管能力 B_{17}	监管能力指数 C_{171}

目标层	方案层	因素层	指标层
		长效机制 B_{18}	长效管理机制构建 C_{181}

2015 年，原环境保护部发布了《生态环境状况评价技术规范》（HJ 192-2015），规定了生态环境状况评价指标体系和各指标计方法。指标体系包括生物丰度指数、植被覆盖指数、水网密度指数、土地胁迫指数、污染负荷指数五个分指数和一个环境限制指数，5 个分指数分别反映被评价区域内生物的丰贫，植被覆盖的高低，水的丰富程度，遭受的胁迫强度，承载的污染物压力，环境限制指数是约束性指标，指根据区域内出现的严重影响人居生产生活安全的生态破坏和环境污染事项对生态环境状况进行限制和调节。

2021 年，生态环境部印发了《关于印发＜区域生态质量评价办法（试行）＞的通知》（环监测〔2021〕99 号）。本评价办法规定了区域生态质量评价的指标体系，数据要求和评价方法，指标体系包括生态格局、生态功能、生物多样性和生态胁迫 4 个一级指标，下设 11 个二级指标，18 个三级指标，具体见表 3-4。

表 3-4　区域生态质量评价指标体系

一级指标	二级指标	三级指标	备注

一级指标	二级指标	三级指标	备注
生态格局	生态组分	生态用地面积比指数	
		海洋自然岸线保有指数	沿海县域
	生态结构	生态保护红线面积比指数	
		生境质量指数	
		重要生态空间连通度指数	
生态功能	水土保持	水土保持指数	水土保持类型国家重点生态功能区县城
	水源涵养	水源涵养指数	水源涵养类型国家重点生态功能区县域
	防风固沙	防风固沙指数	防风固沙类型国家重点生态功能区县域
	生态宜居	建成区绿地率指数	地级及以上城市建成区
		建成区公园绿地可达指数	其他县域
	生态活力	植被覆盖指数	
		水网密度指数	

一级指标	二级指标	三级指标	备注
生物多样性	生物保护	重点保护生物指数	
	重要生物功能群	指示生物类群生命力指数	
		原生功能群种占比指数	
生态胁迫	人为胁迫	陆域开发干扰指数	
		海城开发强度指数	沿海县域
	自然胁迫	自然灾害受灾指数	

2023 年，为贯彻落实党中央、国务院决策部署，落实长江保护法有关规定，探索建立长江流域水生态考核机制，生态环境部会同国家发展改革委、水利部、农业农村部研究制定了《长江流域水生态考核指标评分细则（试行）》（环办水体〔2023〕10 号）。长江流域水生态考核指标包括水生态系统健康、水生境保护、水环境保护和水资源保障等 4 个一级指标，细分为鱼类物种数等 14 个二级指标。按河流、湖泊、水库分类确定评价考核指标。其中，湖泊 11 个二级指标，包括鱼类物种数、重点保护水生生物数量、大型底栖动物物种数、水华面积比例、水生植被覆盖度、浮游动物群落结构、自然岸线率、水生生物栖息地人类活动影响指数、水源涵养区生态系统质量、综合营养状态、生态流量达标率。部分湖泊不评价重点保护水生生物数

量或水生生物栖息地人类活动影响指数、水源涵养区生态系统质量。见表 3-5。

表 3-5　湖泊水生态考核指标

一级指标	序号	二级指标	内容
水生态系统健康	1	鱼类物种数	指自然恢复的土著鱼类物种数。针对鱼类多样性下降等问题，引导地方开展土著鱼类保护，做好长江十年禁渔工作
	2	重点保护水生生物数量	指自然恢复的重点保护水生生物物种数和长江江豚等旗舰物种的个体数。引导地方开展珍稀濒危水生生物保护
	3	大型底栖动物物种数	指大型底栖无脊椎动物的分类单元数。引导地方保护河湖底质环境
	4	水华面积比例	指年度内单次水华发生的最大面积占监测水体总面积的比值。引导地方开展水华治理
	5	水生植被覆盖度	指水生植被在湖泊中分布的面积占湖泊总面积的比值。引导地方因地制宜开展水生植被恢复
	6	浮游动物群落结构	指小型枝角类密度占浮游甲壳动物密度的百分比。针对湖泊生态系统严重失衡，浮

一级指标	序号	二级指标	内容
			游动物生物链条薄弱甚至断裂问题，引导地方开展生态系统恢复
水生境保护	7	自然岸线率	指天然未开发岸线或通过生态修复基本达到岸线生态功能的岸线长度占岸线总长度的比值。引导地方合理利用岸线资源，保障自然岸线比例，恢复岸线生态功能
	8	水生生物栖息地人类活动影响指数	指长江流域涉水自然保护地人类活动面积占保护地总面积的比值。引导地方依法有序退出水生生物栖息地内的人类活动，转变发展方式
	9	水源涵养区生态系统质量	指根据水源涵养区的植被覆盖度等指标计算的综合指数。针对陆域生态破坏问题，引导地方控制过度放牧，因地制宜提高水源涵养能力
水环境保护	10	综合营养状态	指根据总氮、总磷、高锰酸盐指数、叶绿素 *a*、透明度计算的综合指数。引导地方开展湖泊富营养化治理
水资源保障	11	生态流量达标率	指纳入生态流量保障重要河湖名录的河湖控制断面生态基流、最低生态水位、基本生态水量、敏感生态流量等保障目标实现

一级指标	序号	二级指标	内容
			比例。引导地方保障生态用水

2023 年，生态环境部发布了《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）》（HJ 1296-2023），规定了湖泊和水库水生态监测中水生生物监测点位布设与监测频次、监测方法、质量保证和质量控制、评价方法等技术内容。评价方法中对湖库常用水生生物评价方法的适用性、评价方法的选择、评价指数等内容进行了规定。

总之，国家目前已发布了较多湖库评价相关的标准或技术文件，见表 3-6。

表 3-6　我国湖库水质评价相关标准或技术文件汇总表

序号	标准或文件名	标准号或文件号	颁发部门	主要技术内容
1	地表水环境质量评价办法（试行）	环办〔2011〕22 号	原环境保护部办公厅	主要用于评价全国地表水环境质量状况，地表水环境功能区达标评价按功能区划分的有关要求进行。
2	流域生态健	环办函	原环境保	规定了流域生态健康评

序号	标准或文件名	标准号或文件号	颁发部门	主要技术内容
	康评估技术指南（试行）	〔2012〕1163 号	护部办公厅	估的一般性原则、内容、方法和技术要求。
3	江河湖泊生态环境保护系列技术指南	环办〔2014〕111 号	原环境保护部办公厅	其中《湖泊生态安全调查与评估技术指南（试行）》旨在为湖泊生态安全调查与评估、识别湖泊主要生态环境问题提出可参考的技术方法，为湖泊生态环境保护工作的具体实施提供科学依据。
4	生态环境状况评价技术规范	HJ 192-2015	原环境保护部	规定了生态环境状况评价指标体系和各指标计方法。
5	区域生态质量评价办法（试行）	环监测〔2021〕99 号	生态环境部	规定了区域生态质量评价的指标体系，数据要求和评价方法。
6	长江流域水生态考核指标评分细则（试行）	环办水体〔2023〕10 号	生态环境部 国家发展改革委	根据不同类型水体的水生态系统特征，按河流、湖泊、水库进行分类评价。

序号	标准或文件名	标准号或文件号	颁发部门	主要技术内容
			水利部农业农村部	
7	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）	HJ 1296-2023		规定了湖泊和水库水生态监测中水生生物监测点位布设与监测频次、监测方法、质量保证和质量控制、评价方法等技术内容。

（2）地方层面

北京地标《湿地生态质量评估规范》（DB11/T 1503-2017）规定了湿地生态质量评估的评估流程、指标选取与赋值、赋值标准、计算方法和等级划分等技术内容。其评估指标体系见表3-7。

表 3-7　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）	A_1 水资源条件（10 分）
	A_2 水质条件（10 分）

评估内容（分值）	评估指标（分值）
B 生境质量（36 分）	B_1 生长季指示植被和水面覆盖度（8 分）
	B_2 植被类型多样性（8 分）
	B_3 生境完整性（8 分）
	B_4 生境自然性（8 分）
	B_5 面积适宜性（4 分）
C 物种多样性（28 分）	C_1 水鸟种类（8 分）
	C_2 水鸟数量（6 分）
	C_3 湿地植物相对丰度（6 分）
	C_4 珍稀危物种（8 分）
D 干扰压力（16 分）	D_1 外来入侵物（8 分）
	D_2 人为干扰程度（8 分）

北京地标《水生态健康评价技术规范》（DB11/T 1722-2020）规定了水生态健康评价的范围、评价项目、评价方法等内容。其评价指标体系分河流（山区河流与平原河流）、湖泊、水库三类。评价指标体系分三个层级，一级目标层（A）为水生态健康综合指数，反映水体生态系统健康总体状况；二级准则层（B）包括生境指标、理化指标、生物指标三类，反映完整水体生态系统状况，是决定水体水生态健康状况的主要因素；三级指标层（C）是在二级准则层下选择若干具体特征要素，见表 3-8。

表 3-8　湖泊水生态健康评价指标体系

目标层（A）	准则层（B）	权重	指标层（C）	权重
湖泊水生态健康综合指标 LaHI	生境指标（B_1）	0.2	湖泊更新周期（C_1）	0.05
			平均水深（C_2）	0.025
			水面面积（C_3）	0.025
			湖滨带植被覆盖度（C_4）	0.05
			汇水水质情况（C_5）	0.05
	理化指标（B_2）	0.4	水温（C_6）	0.025
			溶解氧（C_7）	0.025
			pH 值（C_8）	0.025
			生化需氧量（C_9）	0.025
			总磷（C_{10}）	0.05
			高锰酸盐指数（C_{11}）	0.05
			氨氮（C_{12}）	0.025
			全盐量（C_{13}）	0.025
			透明度（C_{14}）	0.05
			叶绿素（C_{15}）	0.05
			总氮（C_{16}）	0.05
	生物指标（B_3）	0.4	鱼类（C_{17}）	0.1
			大型水生植物（C_{18}）	0.05

目标层（A）	准则层（B）	权重	指标层（C）	权重
			浮游植物（C_{19}）	0.1
			浮游动物（C_{20}）	0.05
			大型底栖动物（C_{21}）	0.1

天津市地标《河湖健康评估技术导则》（DB12/T 1058-2021），以维持河湖健康可持续发展为目标，结合天津市河流、湖库的特点与实际，构建河湖健康评价指标体系，确定评价方法，对河湖健康评价提供科学技术支撑。其评估指标体系包括目标层、准则层和指标层，见表 3-9。目标层为河湖的健康，是其生态系统状况与社会服务功能状况的综合反映。准则层包括水文水资源完整性、物理结构完整性、水质水环境完整性、生物完整性和社会服务功能完整性。指标层为具体评估项目，分为必选指标与备选指标，其中备选指标可根据河流或湖库的实际情况酌情考虑是否选择。

表 3-9　河湖健康评估指标体系表

目标层	准则层	指标层		指标类型
		河流	湖泊、水库	
河湖健康	水文水资源	水资源开发利用率	水资源开发利用率	必选指标
		生态水位（水量）满足程度	生态水位（水量）满足程度	必选指标

目标层	准则层	指标层		指标类型
		河流	湖泊、水库	
		流量过程变异程度	入湖阵流量过程变异程度	备选指标
	物理结构	河岸带稳定性	湖库岸带稳定性	必选指标
		河岸带植被覆盖度	湖阵岸带植被覆普度	必选指标
		河岸带人工干扰程度	湖库岸带人工干扰程度	必选指标
		河流连通性	湖库连通性	备选指标
		河道面积萎缩率	湖库面积委编卓	备选指标
	水质水环境	水环境整洁程度	水环境整洁程度	必选指标
		河流水质状况	湖库水体高营养化状况	必选指标
		水功能区达标率	水功能区达标卓	备选指标
		入河排污口布局合	入湖库排污口布局	备选

目标层	准则层	指标层		指标类型
		河流	湖泊、水库	
		理程度	合理程度	指标
	生物	鱼类保有指数	鱼类保有指数	必选指标
		大型底栖动物生物完整性	大型底栖动物生物完整性	备选指标
		大型水生植物覆盖度	大型水生植物覆普度	备选指标
		浮游植物密度	浮游植物密度	备选指标
		水体盐度稳定程度	水体盐度稳定程度	备选指标
	社会服务功能	公众满意度	公众满意度	必选指标
		防洪达标率	防洪达标卓	必选指标
		通航保证卓	通航保证卓	备选指标
		商业开发程度	商业开发程度	备适指标

河北省地标《自然湿地生态环境质量评估技术规程》（DB13/T 5328-2021）规定了自然湿地生态环境质量评估的评估流程、指标与分值、赋值标准、评估方法与等级划分等技术内容。其评估指标由水环境指标、生物指标、生境指标和干扰指标组成，总分为100分，评估指标及分值见表3-10。

表3-10　评估指标及分值

评估指标		分值
一级指标	二级指标	
水环境指标	水资源条件	14
	水质条件	14
生物指标	维管束植物种类	12
	脊椎动物种类	12
	受保护动物种类	10
生境指标	湿地面积	8
	生长季指示植被和水面覆盖度	10
干扰指标	外来物种入侵	10
	人为干扰程度	10
合计		100

辽宁省地标《辽宁省河湖（库）健康评价导则》（DB21/T 2724-2017）以维持河湖（库）健康可持续发展为目标，结合辽

宁省河流、湖库的特点与实际，构建河湖（库）健康评价指标体系，评价指标体系由目标层、准则层和指标层三级体系组成。河流健康评价指标 16 项，其中必选指标 12 项，可选指标 4 项；湖库健康评价指标 17 项，其中必选指标 13 项，可选指标 4 项，见表 3-11。

表 3-11　河湖（库）健康评价指标体系

目标层		准则层	河流		湖库	
总目标层	亚目标层		指标层	选择	指标层	选择
河湖（库）健康评价	活力性	水文水资源	流量过程变异程度	必选	最低生态水位满足程度	必选
			生态流量满足程度	必选	入库流量变异程度	必选
		物理结构	河岸带状况	必选	库岸带状况	必选
			河流连通状况	必选	河库连通状况	必选
					水库淤积状况	可选
	清洁性	水质	溶解氧状况	必选	溶解氧状况	必选

目标层		准则层	河流		湖库	
总目标层	亚目标层		指标层	选择	指标层	选择
			耗氧有机污染物状况	必选	耗氧有机污染物状况	必选
			重金属污染状况	可选	重金属污染状况	可选
					富营养状况	必选
		水生物	大型底栖动物生物完整性指数	必选	大型底栖动物生物完整性指数	可选
			鱼类生物损失指数	必选	鱼类生物损失指数	必选
			陆生动物群落结构	可选	浮游植物数量	必选
			鸟类栖息地状况	可选	大型水生植物覆盖度	必选
	完整性	社会属性	水功能区达标率	必选	水功能区达标率	必选

目标层		准则层	河流		湖库	
总目标层	亚目标层		指标层	选择	指标层	选择
			水资源开发利用率	必选		
			防洪保证率	必选	防洪保证率	必选
			公众满意度	必选	公众满意度	必选
			历史文化价值指数	可选	历史文化价值指数	可选
注：表中指标层的各项指标分必选与可选，其中可选指标为评价者可根据河流、湖库的实际情况酌情考虑是否选择。						

江苏省地标《生态河湖状况评价规范》（DB32/T 3674-2019）规定了生态河湖状况的评价指标体系、评价方法、生态河流评价指标计算方法和评分对照等。其评价指标体系见表 3-12。

表 3-12　生态河流评价指标体系

指标类型	指标	权重	权重（不含集中式饮用水水源地）
水安全	防洪工程达标率	0.07	0.09

指标类型	指标	权重	权重（不含集中式饮用水水源地）
	供水水量保证程度	0.06	0.09
	集中式饮用水水源地水质达标率*	0.06	0
	水功能区水质达标率	0.08	0.09
水生物	河流浮游植物多样性	0.07	0.07
	河流着生藻类多样性	0.07	0.07
水生境	生态用水满足程度	0.07	0.07
	水质优劣程度*	0.18	0.18
	河岸带植被覆盖度	0.07	0.07
水空间	岸线利用管理指数	0.10	0.10
	管理（保护）范围划定率	0.07	0.07
	综合治理程度	0.10	0.10
总和		1	1
公众满意度	公众满意度*		
注：有*上标的为否决项指标，其中集中式饮用水水源地水质达标率和水质优劣程度参与评分，公众满意度不参与评分对于有指标缺失项的河流，将缺失指标的权重平均分给该指标所			

指标类型	指标	权重	权重（不含集中式饮用水水源地）
在指标类型的其他指标。			

江苏省地标《浅水湖泊水源地水生态安全评价指南》（DB32/T 4079-2021）规定了浅水湖泊水源地水生态安全的术语和定义、评价方法和流程、评价常用指标、指数计算及分级等。浅水湖泊水源地水生态安全评价常用指标如表 3-13 所示，包括 1 个目标层（V）、个方案层（A）、11 个因素层（B）和 20 个指标层（C），特异污染物对应的指标为可选指标，各地参照实际情况选择是否参与评价，如未测定，按取值为 0 进行评价。其他指标为必选指标。

表 3-13　浅水湖泊水源地水生态安全评价常用指标

目标层（V）	方案层（A）	权重（W_{A_k}）	因素层（B）	权重（W_{B_j}）	指标层（C）	权重（W_{C_i}）
水生态安全综合指数	环境压力（A_1）	WA_1	风险源（B_1）	WB_1	风险源强度指数	WC_1
			污染源（B_2）	WB_2	污染排放强度指数	WC_2
					人类活动强度	WC_3

目标层（V）	方案层（A）	权重（W_{A_k}）	因素层（B）	权重（W_{B_j}）	指标层（C）	权重（W_{C_i}）
（ESI）					指数	
	水生态健康（A_2）	WA_2	富营养化（B_3）	WB_3	综合营养状态指数	WC_4
			特异污染物（B_4）可选	WB_4	藻毒素浓度	WC_5
					抗生素浓度	WC_6
					异味物质浓度	WC_7
					全氟和多氟烷基物质浓度	WC_8
					壬基酚浓度	WC_9
			沉积物（B_5）	WB_5	重金属生态风险指数	WC_{10}
			水生生物（B_6）	WB_6	浮游植物多样性指数	WC_{11}
					浮游动物多样性指数	WC_{12}
					底栖动物多样性指数	WC_{13}
					水生植物多样	WC_{14}

目标层（V）	方案层（A）	权重（W_{A_k}）	因素层（B）	权重（W_{B_j}）	指标层（C）	权重（W_{C_i}）
					性指数	
	服务功能（A_3）	WA_3	水量保障（B_7）	WB_7	取水量保证率	WC_{15}
			水质达标（B_8）	WB_8	水质达标率	WC_{16}
			水量达标（B_9）	WB_9	水量达标率	WC_{17}
	应急监管（A_4）	WA_4	应急能力（B_{10}）	WB_{10}	应急管理指标完成率	WC_{18}
			管理措施（B_{11}）	WB_{11}	风险防控指标完成率	WC_{19}
					管理制度完成率	WC_{20}

山东省地标《山东省生态河道评价标准》（DB37/T 3081-2017）针对境内流域面积50平方公里以上（含）的河道评价，并建立了生态河道评价体系、评价指标和评价方法。其评价指标体系见表3-14。

表 3-14　山东省生态河道评价体系

目标层	准则层	指标层
生态河道	水文水资源	地表水资源开发利用率
		生态水量满足度
	生物状况	鱼类保留指数
		水生植物群落状况
		鸟类栖息地状况
		河岸带植被覆盖率
	环境状况	河道水环境质量
		河道底泥污染
		自然河道保有率
		岸线开发利用率
	社会服务功能	防洪排涝能力
		人文景观价值
		景观舒适度
		公众满意度
	管理状况	管理范围划定程度
		河道管护能力

相关标准的比较见表 3-15。

表 3-15　相关标准比较表

序号	标准号	标准名称	指标类别	具体指标	具体指标分类	具体要求	等级划分
1	环办〔2014〕111号	湖泊生态安全调查与评估技术指南	1.湖泊生态安全调查	1.1 湖泊基本信息调查		主要包括湖泊水面面积湖泊容积出/入湖水量、多年平均蓄水量、多年平均水深及其变化范围、补给系数、换水周期、流域的地理位置、所涉及县（市）及其乡镇面积、流域的土地利用状况水资源概况以及湖泊的主要服务功能。	
				1.2 湖泊流域人类活动影响调查	社会发展和经济调查		
					湖泊流域污染源调查	包括点源、面源、内源污染调查	
					湖库主要入湖河流污染调查	水文参数：流量、流速等。 水质参数：溶解氧（DO）、pH、总氮（TN）、总磷（TP）、COD、高锰酸盐指数、氨氮、悬浮物（SS）等指标。	
				1.3 湖泊	水质调查	着重关注溶解氧(DO)、总氮(TN)、	

序号	标准号	标准名称	指标类别	具体指标	具体指标分类	具体要求	等级划分
				流域生态系统状态调查		总磷（TP）、高锰酸盐指数、氨氮、透明度（SD）、悬浮物（SS）、叶绿素 *a*（Chla）等富营养化指标以及铅（Pb）、汞（Hg）等重金属指标	
					沉积物和间隙水调查	沉积物的分析测试指标包括粒径、含水率、容重、pH、总氮（TN）、总磷（TP）、有机质（OM）、镉（Cd）、铬（Cr）、铜（Cu）、锌（Zn）、铅（Pb）、汞（Hg）、砷（As）和镍（N）等； 间隙水调查指标主要涉及与内源释放相关的氨氮、无机磷、镉（Cd）、铬（Cr）、铜（Cu）、锌（Zn）、铅（Pb）、汞（Hg）、砷（As）和镍（Ni）等。	
					水生态调查	重点关注浮游植物、浮游动物、底栖生物、大型水生维管束植物，有条件者还可调查鱼类。主要测定指标为生物量、优势种、多样性指数、完整性指数。	

序号	标准号	标准名称	指标类别	具体指标	具体指标分类	具体要求	等级划分
				1.4 湖泊流域生态服务功能调查	饮用水水源地水质达标率调查	查向当地环境监测部门获取，无现成资料或者没有条件者可着重考虑对水体颜色、溶解氧（DO）、藻毒素、铅（Pb）、氨氮、高锰酸盐指数、异味物质、挥发酚（以苯酚计）、BOD_5、TP、TN、Hg、氰化物、硫化物、粪大肠杆菌 15 个指标进行监测。	
					栖息地功能调查	主要包括鱼类种类数、天然湿地的面积，候鸟种类及数量等，同时应考虑外来入侵物种的调查。	
					湖滨带、消落带拦截净化功能调查	主要为其现状情况调查，指标包括湖滨缓冲区、消落带的长度、宽度，湖体周长，天然湖滨区面积，人工恢复面积等。	
					湖泊景观和水产品供给调查	指标主要包括：旅游业总产值、水产品产量、自然保护区、珍稀濒危动植物的天然集中分布等指标。	
				1.5 湖泊	资金投入	包括中央财政投入地方财政及社会投入两个方面。	

序号	标准号	标准名称	指标类别	具体指标	具体指标分类	具体要求	等级划分
				流域生态环境保护调控管理措施调查	污染治理	主要指标为工业企业废水稳定达标率、城镇生活污水集中处理率、环湖农村生活污水集中处理率、农村生活垃圾收集处理率以及农村畜禽粪便综合利用率等。	
					产业结构调整	主要指标为工业万元增加值用水量情况，第一、二、三产业生产总值情况等。	
					生态建设	方案基准年及方案规划期间每年湖泊流域内天然湿地恢复面积森林覆盖率等。	
					监管能力	主要指标可包括是否满足饮用水源地规范化建设、是否满足环境监测能力、是否满足环境监察标准化建设能力及生态环境管理的科技支撑能力等。	
					长效机制	主要包括湖泊流域内法律、法规、政策的制定情况、流域内是否有统一监管机构、市场化的长期投融资制度的制定情况等。	

序号	标准号	标准名称	指标类别	具体指标	具体指标分类	具体要求	等级划分
			2.湖泊生态安全评估（生态安全综合指数）	2.1 社会经济影响	人口	包括人口密度、人口增长率	湖泊生态安全指数分为安全、较安全、一般安全、欠安全、很不安全五个等级
					经济	人均 GDP	
					社会	包括人类活动强度指数、湖泊近岸缓冲区人类活动扰动指数	
					流域污染负荷	包括单位面积面源 COD 负荷、单位面积面源 TN 负荷、单位面积面源 TP 负荷、单位面积点源 COD 负荷、单位面积点源 TN 负荷、单位面积点源 TP 负荷。	
					入湖河流	包括主要入湖河流 COD 浓度、主要入湖河流 TN 浓度、主要入湖河流 TP 浓度 单位入湖河流水量	
				2.2 水生态健康	入湖河流	包括主要入湖河流 COD 浓度、主要入湖河流 TN 浓度、主要入湖河流 TP 浓度、单位入湖河流水量	
					水质	包括溶解氧、透明度、氨氮、总磷、总氮、高锰酸盐指数。	
					富营养化	包括叶绿素、综合营养指数	

序号	标准号	标准名称	指标类别	具体指标	具体指标分类	具体要求	等级划分
					沉积物	包括总氮、总磷、有机质、重金属风险指数	
					水生生物多样性	包括浮游植物多样性指数、浮游动物多样性指数、底栖生物多样性指数、沉-浮-漂-挺水植物覆盖度。	
				2.3 生态服务功能	饮用水服务功能	包括集中饮用水水质达标率	
					水源涵养功能	包括林草覆盖率	
					栖息地功能	包括湿地面积占总面积的比例	
					拦截净化功能	包括湖（库）滨自然岸线率	
					人文景观功能	包括自然保护区级别、珍稀物种生境代表性	
				2.4 调控管理	资金投入	环保投入指数	
					污染治理	工业企业废水排放稳定达标率、城镇生活污水集中处理率、农村生活污水处理率、水土流失治理率。	
					监管能力	监管能力指数	
					长效机制	长效管理机制构建	
	HJ	生态	生态	生物丰度	生物多样性指	包括林地、草地、水域湿地、耕地、	生态环境分

序号	标准号	标准名称	指标类别	具体指标	具体指标分类	具体要求	等级划分
	192—2015	环境状况评价技术规范	环境状况评价指标体系	指数	数	建设用地、未利用地	为5级，即优、良、一般、较差和差
					生境质量指数		
				植被覆盖指数			
				水网密度指数			
				土地胁迫指数		包括重度侵蚀、中度侵蚀、建设用地、其它土地胁迫	
				污染负荷指数		包括化学需氧量、氨氮、二氧化硫、烟（粉）尘、氮氧化物、固体废物、总氮等其它污染物	
				环境限制指数	突发环境事件	包括特大环境事件、重大环境事件、较大环境事件、一般环境事件	
					生态破坏环境污染	包括环境污染、生态破坏、生态环境违法案件、被纳入区域限批范围	
	DB32/T 3871-2020	太湖流域水生	1.生物质量指数	湖泊、水库淡水浮游藻类质量指数	包括总分类单元数（Py1）、生物密度（Py2）、前3		等级划分为：优、良、中、一般、差

序号	标准号	标准名称	指标类别	具体指标	具体指标分类	具体要求	等级划分
		态环境功能区质量评估技术规范		（IPI）	位优势种优势度（Py3）		
				淡水大型底栖无脊椎动物质量指数（IBI）	包括软体动物分类单元数（B1）、第 1 位优势种优势度（B2）、BMWP 指数（B3）		等级划分为：优、良、中、一般、差
			2.水质质量指数	湖泊、水库综合营养状态指数（TLI）	叶绿素 *a*（T1）、透明度（T2）、高锰酸盐指数（T3）、总磷（T4）、总氮（T5）		等级划分为：优、良、中、一般、差
				河流综合染指数（P）	溶解氧（P1）、氨氮（P2）、高锰酸盐指数（P3）、总磷（P4）、总氮		等级划分为：优、良、中、一般、差

序号	标准号	标准名称	指标类别	具体指标	具体指标分类	具体要求	等级划分
					（P5）		

4.国内外文献研究现状

基于文献计量分析，对水生态安全研究领域进行文献统计和资料收集，了解水生态安全研究的最新进展。本文文献数据来源于 WOS 核心集和 CNKI 数据库信息，国外期刊数据为 Web of Science 核心集，国内期刊数据为 CNKI 数据库，检索时限为 1985-2020 年。

（1）发文量时间分布

总体来看，Web of Science（WOS）核心集关于水生态安全的文献数量在近年来迅速增长，截至 2020 年 12 月 31 日，关于水生态安全研究成果共计 215 篇。CNKI 文献库检索到水生态安全研究成果 70 篇，可以看出，CNKI 文献总量较 WOS 文献总量少，在 2015 年达到高潮后近年来发文量逐渐稳定。

2013 年开始，水生态安全研究国内外文献量开始迅速增长，均到达两位数，是一个发展的标志性节点，这可能与 2013 年 1 月，水利部印发《关于加快推进水生态文明建设工作的意见》，将水生态安全提到了国家战略高度，促进了国内水生态安全研究有关。国际上水生态安全研究火热势头不减，相对而言，国内水生态安全研究自 2015 年后发展较为缓慢，在国内，政府及社会层面对于水生态安全概念有了较大认同，成为研究热点和趋势，但由于学术界对其概念的理解还存在分歧，需要进一步推动其深入发展。

（2）主要研究国家

从水生态安全研究的主要国家来看，国际上，我国学者的发文量最大，文献总数为 115 篇，占 53.5%，其次为美国，文献量为 42 篇，占比 19.5%。澳大利亚也是发文量较多的国家之一，文献总量为 23 篇，占比 10.7%。对比可以发现，当前国内学者将水生态安全研究的绝大多数先进成果多发表在国外高水平期刊上，而国内期刊的整体发文量相对较少，国外绝大多数是基于生态环境方面的研究内容较多，而国内主要是围绕水生态文明建设，从政府政策层面和理论探讨方面的研究内容较多。

在发文量最大的 10 个国家发展情况来看，中国位居首位，也是唯一的发展中国家其他国家均为发达国家。可以看出，国际上，我国水生态安全研究已经走在了前列该领域的发展势头良好，发文量逐年迅速提升，水生态安全将是今后的一个研究热点。

（3）主要发文期刊

从发文期刊来看，国内外关于水生态安全研究的高产期刊分布具有一定的相似性在国外，水生态安全研究主要发表在《Sustainability》《Ecological Indicators》《Science of the Total Environment》《Environmental Science and Pollution Research》等生态环境类期刊。在国内，水生态安全研究论文主要发表在《中国水利》《长江流域资源与环境》《水利科技与经济》《安全与环境工程》等环境与水利类期刊上。这也体现了当前的一些国内外水生态安全研究的特点和区别，国内侧重于水利研究方面的较

多，主要是“就水言水”解决水问题，国外侧重于生态环境方面，偏向于从系统综合视角看待水问题。

（4）高产作者

在 Webof Science 核心集(WOS)检索出的 215 篇水生态安全相关文献中，主要的高产作者有 WANGX、WANGY、ZHANG Y、ZHAOCS 等，他们均为国内学者，排名前 10 的高产作者仅有澳大利亚的 MITROVIC SM 和 ALIA（西北大学合作第三作者）。国内高产作者主要来自于甘肃农业大学水利水电工程学院成自勇团队（戴文渊、张芮、刘静霞、马奇梅），辽宁大学的魏冉、华中农业大学的陈广等人。

（5）研究热点分布

通过对水生态安全研究主题和研究方向的词频归纳，如表 3-16 所示。

表 3-16　水生态安全研究热点

SCI 研究热点方向	文献数量	占比（%）	CNKI 研究热点方向
ENVIRONMENTAL SCIENCES ECOLOGY	151	70.23	水生态安全
SCIENCE TECHNOLOGY OTHER TOPICS	40	18.61	生态安全评价
WATER RESOURCES	39	18.14	DPSIR

SCI 研究热点方向	文献数量	占比（%）	CNKI 研究热点方向
ENGINEERING	38	17.67	水生态
AGRICULTURE	24	11.16	生态安全
GEOLOGY	21	9.77	水资源
BIODIVERSITY CONSERVATION	15	6.98	水生态安全评价
ENERGY FUELS	6	2.79	水生态文明
MARINE FRESHWATER BIOLOGY	6	2.79	模糊综合评价
METEOROLOGY ATMOSPHERIC SCIENCES	5	2.33	PSR
PHYSICAL GEOGRAPHY	5	2.33	生态安全评价指标体系
PUBLIC ENVIRONMENTAL OCCUPATIONAL HEALTH	55	2.33	水安全
BIOTECHNOLOGY APPLIED MICROBIOLOGY	3	1.40	DPSIR 模型
CHEMISTRY	3	1.40	指标体系
GENERAL INTERNAL MEDICINE	3	1.40	三峡库区

SCI 研究热点方向	文献数量	占比（%）	CNKI 研究热点方向
GEOGRAPHY	3	1.40	流域水环境
TOXICOLOGY	3	1.40	现状评价
COMPUTER SCIENCE	2	0.93	

水生态安全研究领域主要的研究热点词汇有：①“水生态文明、水生态、水资源、流域水环境”等热点词汇，体现出了水生态安全的资源属性、环境属性、生态属性及经济社会属性（水生态文明）；②“综合评价、现状评价”等热点词汇，体现了当前水生态安全研究的综合性（不是简单的就水言水，综合了经济、社会、自然因素），目前注重现状评价（水生态安全之前一段时间的发展变化情况，注重对“态”的关注）的特点；③“PSR、DPSIR 及 DPSIR 模型、评价指标体系”等，体现了水生态安全评价指标体系的构建中，当前绝大多数是基于现状评价，采取 PSR 及其扩展模型分析指标间因果关系；④“水安全、生态安全、水生态安全”等热点词汇，体现了当前在水生态安全研究融合了水安全、生态安全的内容，三个概念间存在包含关系。因此，在研究水生态安全时，需辨析水安全、生态安全、水生态安全概念内涵；⑤“三峡库区”等热点词汇说明当前国内外水生态安全研究中，紧紧围绕实证研究展开，体现了水生态安全研究对象选择时，突出

人为因素影响，具有典型地域性特点。

随着国内外学者对水生态安全评价的深入研究，水生态安全评价指标体系由单因子指标向着多指标综合评价体系发展，不同评价体系的优缺点见表 3-17。

表 3-17　不同评价体系优缺点

评价体系名称	适用性	局限性
压力-状态响应（PSR）	适用于研究区域较小，评价指标较少的区域生态安全评价。	社会指标和经济指标不适配；模型简化指标间的因果关系，不适用于复杂的系统结构。
驱动力-状态-响应（DSR）	加入社会经济发展因素，加强了指标间的相互联系。	较难解决驱动力指标和区域生态环境之间的联系问题。
驱动力-压力-状态-响应（DPSR）	较好反应规划对生态环境时空演变所起的驱动作用。	容易忽略人类生产生活活动对环境的影响。
驱动力-压力-状态-影响-响应（DPSIR）	对复杂系统及各个指标之间的相互关系进行准确的描述，经济社会发展与环境之间	评价指标多，一定程度上对研究过程造成影响。

评价体系名称	适用性	局限性
	的关系能够准确描述。	

上述评价体系中，DPSIR 模型被广泛应用于水生态安全评价的研究中。PSR 模型是以压力层、状态层和指标层三层组成生态安全评价指标体系。欧洲环境署（EEA）在 PSR 模型的基础上，加入驱动力指标和影响指标，建立了驱动力-压力-状态-影响-响应模型，即 DPSIR 模型。该体系可以更有效地反映水生态环境与人类社会经济活动的关系，具有整体性、综合性等特点。DPSIR 模型被广泛应用于水生态安全评价的研究中。KhadijehRahimi Balkanlou 将 DPSIR 模型运用于人类活动和气候影响下乌尔米耶湖生态环境状态的研究中。E.D.Bidone 应用 DPSIR 模型评价沿海地区发展的可持续性。

国内对运用 DPSIR 模型进行水生态安全评价方面进行了深入的研究。张向宁等基于 DPSIR 模型构建的指标体系，对庆阳市的水安全进行了评价研究。侯磊以 DPSIR 模型为框架对云南省湖泊生态安全的驱动机制与趋势变化进行研究。陈佳，鲍雅静以 DPSIR 模型为框架，对克孜勒苏河流域的生态安全进行评价，并提出流域针对性保护建议。陈洋波等以 DPSIR 模型为框架对深圳市水资源现状进行了评价。李玉照等运用 DPSIR 模型构建了金沙江流域生态安全指标体系。

（三）标准制定（修订）的技术路线

通过点位布设、数据分析、污染调查精准识别问题，摸清青海湖水体生态环境质量存在的主要问题，比选评估模型，进行初步分析论证，在上述内容基础上进行指标优选，构建完备的评估指标体系，最终通过合适的评估方法综合评估青海湖水体生态安全，系统地诊断青海湖水体生态环境质量存在的问题，为青海湖的生态环境保护提供理论依据和技术支持。青海湖水体生态安全评估指标体系建立的技术路线见图 3-1。

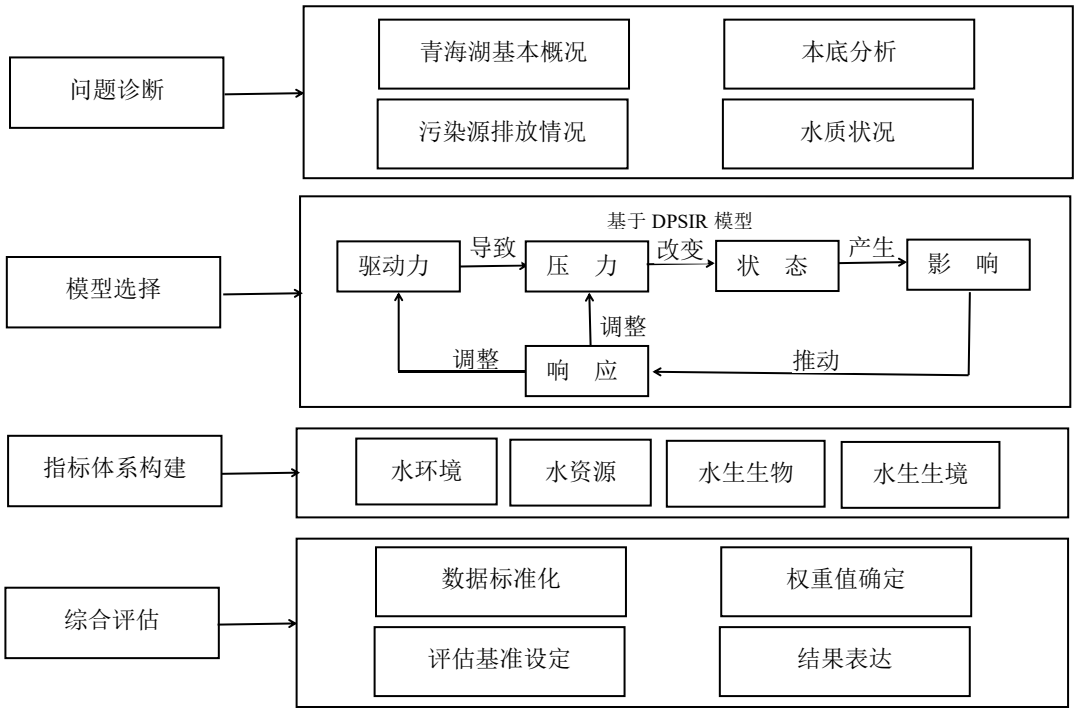

图 3-1　本标准制定（修订）技术路线图

四、制定（修订）标准的原则和依据，与现行法律、法规、标准的关系

（一）标准制订的依据和基本原则

在我国现有的评价考核体系下，以目前的《地表水环境质量标准》（GB 3838-2002）《地表水环境质量评价办法（试行）》（环办〔2011〕22 号）《湖泊生态安全调查与评估技术指南》（环办〔2014〕111 号）来判定断面水质评价、水质变化趋势评价、断面主要污染评价、数据完整性等方面存在的问题进行修改完善，参考《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）》（HJ 1296-2023）最新成果，形成《青海湖水体生态安全评估指标体系（试行）》。

在满足科学性、客观性和准确性的基础上，建立具有普适性、可操作性和可比性的评估方法和指标体系。从而真实地反映青海湖水体生态环境质量状况和变化趋势，为青海湖水体生态环境质量管理和青海湖水体污染防控提供技术支撑和保障。

（二）标准与现行法律、法规和标准的关系

（1） 本标准方法的制定符合《中华人民共和国标准化法》《地方标准管理办法》的规定和要求；

（2） 本标准的编写符合《标准化工作导则　第 1 部分：标准化文件的结构和起草规则》（GB/T 1.1-2020）的要求；

（3） 本标准的制订符合《标准编写规则 第 5 部分：规范标准》（GB/T 20001.5-2017）的要求；

（4） 本标准法定计量单位的书写符合《国际单位制及其应用》（GB 3100-93）的规定。

五、主要条款的说明

（一）术语和定义

（1）生境

生境是指生物物体生长，繁殖和存活的特定环境条件，包括物理因子和生物因子。生境是生物体与其周围相互作用的场所，对生物体的生长和具有重要的影响作用。

生境可以根据其特征和条件的不同而分为多种类型。如，陆生生境可以分为森林、草原、沙漠等；

根据《科普中国》，水生生境是指水的自然生境结构，典型的水生环境是指海洋、港湾、盐沼、湖泊、池塘、河川和泉水。水生生境对水生动植物的构成和演变十分重要。水生生境中生活着的水生生物，是自然地貌、水流和波浪、水体中沉积物、河岸带植被等因子间相互作用的结果，反映出宏观和微观的生境特征。宏观生境也叫群落生境，包括缓慢流水和快速流水的宏观生境。微观生境一般指基底类型、覆盖物、深度、水力的复杂性和流速。基底类型一般根据颗粒大小确定，主要包括淤泥和泥土、

砂土、砂砾、细砾、中砾和巨砾。

生境是指某个区域或环境中与水有关的生态系统、生物群落和生活方式，通常指与水密切相关的地理区域或生态系统。这个术语在环境科学、生态学以及水资源管理领域经常被使用。

本文件中“生境”采用《水生态监测技术指南　河流水生生物监测与评价（试行）》（HJ 1295-2023）《水生态监测技术指南　湖泊和水库水生生物监测与评价》（HJ 1296-2023）中定义，是指生物出现在环境中的空间范围与环境条件总和，又称栖息地。

（2）基准年

基准年是计算经济或金融指数中的第一个。通常意义上，以一个基准年为起点的时段最长不超过100年。任何一年都可以作为基准年，但是比较典型的选取方式为从较近的年份中选取。新的、更具时效性的基准年被规律地引入并应用于特定指数的数据更新。

目前，基准年的概念被广泛用于各个领域，包括银行业、建筑业、水利以及气候变化等方法，是一个用于比较分析的时间区段，它被用作参照标准，以便比较不同时期的数值。在环境领域常被指历史上任何一个可以获得量化数据的年份。

欧盟统计学词汇中，base year 的定义如下：

In the calculation of an index the base year is the year with

which the values from other years are compared. The index value of the base year is conventionally set to equal 100. 即在计算项目时，基准年是与其他年份的值比较的年份。基准年的项目值通常设置为等于 100。

故本标准中基准年定义为用于比较分析后续年份各评估指标数值变化的初始年份。

（3）基线值

柯林斯词典中，基线值（baseline value）的定义如下：

a value recorded at the beginning of a scientific study that is used to assess the change brought about by a particular intervention。即在科学研究开始时记录的一个值，用于评估特定干预措施带来的变化。

基线值是指在一项研究、实验或观察开始之前测量的初始数值或状态，它是用来衡量某一特定领域或情境下基本或起点水平的参考点。基线值的作用包括提供参考标准、具有可比性和排除其他因素的影响。通过获取基线值，可以建立一个基准，用以评估随后的观察、实验或干预效果。在进行研究和实验时，基线值有助于比较和评估后续的变化或干预措施的有效性。确定基线值的过程涉及定义变量、选择测量方法和设计实验或观察计划，以及在实验或观察前进行测量和记录。基线值可以通过与其他变量的比较来进行评估，这可以是绝对数值的比较，也可以是百分比

变化的比较，或者通过统计分析来进行综合评估。

故本标准中基准年定义为基准年各评估指标数值，用于比较各评估指标后续年份的变化程度。

（二）青海湖水体生态安全主要问题

青海湖地处青藏高原东北部，是我国最大的咸水湖、国际重要湿地和国家级自然保护区，是维系青藏高原东北部生态安全的重要水体，同时也是阻挡西部荒漠化向东蔓延的天然屏障。根据近十年连续监测数据，青海湖水生态环境质量总体保持优良。扣除湖体受背景值影响的化学需氧量和 pH 值（分别为 V 类和劣 V 类），青海湖及其主要入湖河流年均水质连续十年稳定在 II 类及以上优良水平，湖体主要污染物浓度保持稳定。湖水总体呈贫营养状态，浮游植物丰度总体较低，浮游动物和底栖动物群落结构也较为稳定，裸鲤资源量较 2002 年增长了 38 倍。流域草地平均植被覆盖率达到 77.4%，沙化草地植被覆盖度提高 11%，黑土滩植被覆盖度提高 39%。

受周边经济社会发展特别是旅游业发展以及全球气候变化的共同影响，青海湖水体生态环境正面临新的挑战。

（1）现有污染防治能力不能有效削减夏季的激增点源和脉冲式面源污染负荷，水质持续稳定压力大

青海湖旅游业发展迅猛，旅游人数由 2008 年的 32 万人次增至 2018 年的 396.5 万人次，旅游收入也由 3913 万元增至 5.5 亿

元，且主要集中在夏季 7 月～8 月。以污水处理能力为例，青海湖流域常住人口的日污水产生量约为 1.1 万吨；旅游季节的日污水产生量激增到 2.45 万吨，而青海湖流域现有污水日处理能力为 1.9 万吨，城镇基础设施建设落后于旅游业带来污染处理激增量。青海湖流域畜牧业发达，牲畜总数量超过 580 万头；据估算，畜牧业占青海湖总氮贡献的 80%以上、总磷贡献的 68%以上，这些污染物随流域短期的冻融过程与降雨过程集中流入河湖，易造成河湖局部时段的脉冲式污染，而温度的升高会加剧冻融过程中水土流失的影响。

（2）气候暖湿化转变对水生态安全带来新的影响

1958～2020 年期间，青海湖四季气温均呈升高趋势，年均气温从零下 1.3 ℃，上升至零上 1.9 ℃，特别是夏季和冬季的最高气温分别升高了 1.74 ℃和 3.09 ℃；降水量从 354.1 mm 增加到 437.3 mm，且主要集中在 5 月～9 月，占全年总量的 85%以上。气候的暖湿化引起周流域冰雪融化，入湖河流径流量增加，湖水水位持续抬升，面积持续扩大，原有湖滨牧场被淹没。水鸟的繁殖地、营巢地、栖息地面积减少可能对其种群数量稳定产生影响；淹没区水深较浅，透明度和水温较高，加之淹没草场释放的磷营养盐和提供的充足着生基质，加剧了部分河口和沿岸区域着生藻类刚毛藻的暴发式增殖。

（三）评估指标的构建

1.指标体系选取原则

评估指标的选择是准确反映青海湖水体生态安全状况的关键。由于不同的湖泊生态系统所处的自然、社会、经济状态一般不同，同一湖泊生态系统发展的不同阶段所具有的特点也不同，因此建立统一的湖泊生态安全评估的评估指标十分困难。因此，对于青海湖的水体生态安全评估，必须制定有针对性的、能够反映该湖泊真实状况的指标体系。指标在选取时应遵循以下原则：

系统性：把青海湖水体生态系统看作是自然—社会—经济复合生态系统的有机组成部分，从整体上选取指标对其生态环境状况进行综合评估。评估指标全面、系统地反映青海湖水体生态健康的各个方面，指标间应相互补充，充分体现青海湖水体生态环境的一体性和协调性。

目的性：青海湖水体生态安全评估的目的不是为生态系统诊断疾病，而是定义青海湖生态系统的一个期望状态，确定生态系统破坏的阈值，并在文化、道德、政策、法律、法规的约束下，实施有效的生态系统管理，从而促进青海湖生态系统健康的提高。

代表性：评估指标应能代表青海湖水体生态环境本身固有的自然属性、水生态系统特征和受周边社会经济影响状况，并能反映其生态环境的变化趋势及其受干扰和破坏的敏感性。

科学性：评估指标应能反映青海湖水体生态环境的本质特征及其发生发展规律，指标的物理及生物意义必须明确，测算方法标准，统计方法规范。

可操作性：指标概念明确，易测易得。评估指标的选择要考虑当地的经济发展水平，无论从方法学和人力、物力上，均要符合青海湖现状，同时还要考虑当地技术能力。为保证评估指标的准确性和完整性，评估指标要可测量，有便于统计和计算的足够数据量，其计算和测量方法要简便，可操作性强，实现理论科学性和现实可行性的合理统一。

规范化：湖泊水体生态安全评估是一项长期性工作，所获取的数据和资料无论在时间上还是在空间上，都应具有可比性。因而，所采用的指标的内容和方法都必须做到统一和规范，要根据青海湖特点因地制宜，同时确保其具有一定的科学性和可比性。

2.评估指标确定依据

基于“驱动力－压力－状态－影响－响应”（DPSIR）概念模型总体思路，以《青海湖水体 生态安全评估指标体系（试行）》确定的监测指标为备选指标库，包括 132 项水环境（水质和沉积物）指标、3 项水资源指标、4 项水生生物指标、4 项水生生境指标），遵循系统性、目的性、代表性、科学性、可表征和可度量性、因地制宜等筛选原则，并参考《地表水环境质量标准》（GB 3838-2002）、《湖泊生态安全调查与评估技术指南》（环办〔2014〕

111 号）、《长江流域水生态考核指标评分细则（试行）》（环办水体〔2023〕10 号）、黄河流域水生态调查评估试点技术方案（征求意见稿）、《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）》（HJ 1296-2023）、《“十四五”岱海水生态环境质量考核方案（试行）》（环办水体函〔2023〕111 号）等国内水生态评价考核方案，以及欧盟《水框架指令》（Water Framework Directive）规定的欧盟地表水生态环境质量评价方法和美国《国家湖泊调查评估方案》（National Lakes Assessment 2017），确定青海湖水体生态安全评估指标体系，包括水环境、水资源、水生生物、水生生境 4 个方面共 13 项评估指标。

（1）水环境

1）总磷

磷通常被认为是水生生态系统中的“限制性营养物”，过量的磷会导致富营养化和有害藻类的生长等水生态环境问题。水体磷主要人为来源包括农田、城镇地表径流、污水处理厂出水等。由于磷在自然环境中通常含量较低，即使少量增加也会对水质和生物状况产生负面影响。《地表水环境质量标准》、《湖泊生态安全调查与评估技术指南》、欧盟《水框架指令》、美国《国家湖泊调查评估方案》均包含该指标。

青海湖流域城镇基础设施建设落后于旅游业，畜牧业对磷入湖污染负荷贡献大，并且刚毛藻的生长依赖于高光照、高磷浓度环境。为控制青海湖水体总磷浓度，保障青海湖水体生态安全，

选择总磷浓度设为青海湖水体生态安全评估指标体系中评估指标。

2）总氮

水体氮输入的增加会刺激藻类和水生植物的过度生长，从而产生富营养化条件，干扰植被、昆虫、鱼类和其他水生生物的健康及多样性。随着时间的推移，动植物物种组成可能会随着本地物种的减少而发生变化，并被适应高营养水平的物种所取代。这种群落组成的变化会导致水生态环境质量的下降，并改变水体功能。《地表水环境质量标准》《湖泊生态安全调查与评估技术指南》、《黄河流域水生态调查评估试点技术方案（征求意见稿）》、欧盟《水框架指令》以及美国《国家湖泊调查评估方案》均将总氮作为湖泊调查与评估指标。

氮对沿海水域等高盐水体藻华的贡献尤其重要。水体过量氮的来源包括肥料、废水、动物粪便和大气沉降等，畜牧业对青海湖总氮入湖污染负荷的贡献占80%以上。为控制青海湖水体总氮浓度，保障青海湖水体生态安全，选择总氮浓度设为青海湖水体生态安全评估指标体系中评估指标。

3）高锰酸盐指数

高锰酸盐指数是反映水体中有机和无机可氧化物质污染的常用指标，其测定受水体盐度影响小。《地表水环境质量标准》《湖泊生态安全调查与评估技术指南》均包含该指标。为控制青海湖有机污染，保障青海湖水体生态安全，选择高锰酸盐指数设

为青海湖水体生态安全评估指标体系中评估指标。

4）透明度

透明度反映水体的澄清程度，与水中存在悬浮物和胶体含量有关。《湖泊生态安全调查与评估技术指南》、欧盟《水框架指令》均将透明度作为湖泊水生态环境状况评价指标。为综合反映青海湖水体浮游植物、胶体等矿化度是区分淡水湖、咸水湖、盐湖的依据，维持一定的矿化度水平是支撑咸水湖水生生物水平、确保水生态系统功能实现的前提。欧盟《水框架指令》将矿化度作为湖泊水生态状况基本评价指标。作为我国最大的咸水湖，参考欧盟《水框架指令》，将矿化度设为青海湖水体生态安全评估指标含量状况，选择高锰酸盐指数设为青海湖水体生态安全评估指标体系中评估指标。

5）矿化度

矿化度是区分淡水湖、咸水湖、盐湖的依据，维持一定的矿化度水平是支撑咸水湖水生生物水平、确保水生态系统功能实现的前提。欧盟《水框架指令》将矿化度作为湖泊水体生态状况基本评估指标。作为我国最大的咸水湖，参考欧盟《水框架指令》，将矿化度设为青海湖水体生态安全评估指标体系中评估指标。

6）水质达到 III 类及以上入湖河流占比

入湖河流水质与湖泊水质密切相关，入湖河流水质能够反映流域人类活动对湖泊的影响。《湖泊生态安全调查与评估技术指南》、《“十四五”岱海水生态环境质量考核方案（试行）》均包

括入湖河流水质指标。为减轻青海湖流域畜禽养殖、旅游业等人类活动对湖泊水质的影响，保障青海湖水体生态安全，将入湖河流 III 类及以上比例设为青海湖水体生态安全评估指标体系中评估指标，入湖河流水质依据《地表水环境质量评价办法》（环办〔2011〕22 号）进行评估。

（2）水资源

7）湖面面积

湖泊水面面积反映流域水资源状况，是支撑湖泊特别是干旱半干旱区湖泊水生态系统的重要水文要素。《“十四五”岱海水生态环境质量考核方案（试行）》将湖泊水面面积作为半干旱区萎缩湖泊岱海的水生态环境质量考核指标，《黄河流域水生态调查评估试点技术方案（征求意见稿）》将生态水位达标率作为黄河流域重点湖库调查评估指标，欧盟《水框架指令》将湖泊水位作为湖泊水生态状况评价指标，美国《国家湖泊调查评估方案》把湖泊水位降低作为湖泊调查评估指标。青海湖湖面面积受气候变化影响显著，是湖泊水文状况的重要代表性指标。通过 1956～2023 年期间青海湖湖面面积变化情况（见图 5-1）可以看出，湖面面积最大值和最小值的差约为 361.05 km^2，其差值与历年水面面积的均值的占比为 8.25%，自然因素下湖面面积青海湖水体生态安全的影响相对较小；考虑到后续人为因素的影响，将湖泊水面面积设为青海湖水体生态安全评估指标体系中评估指标。

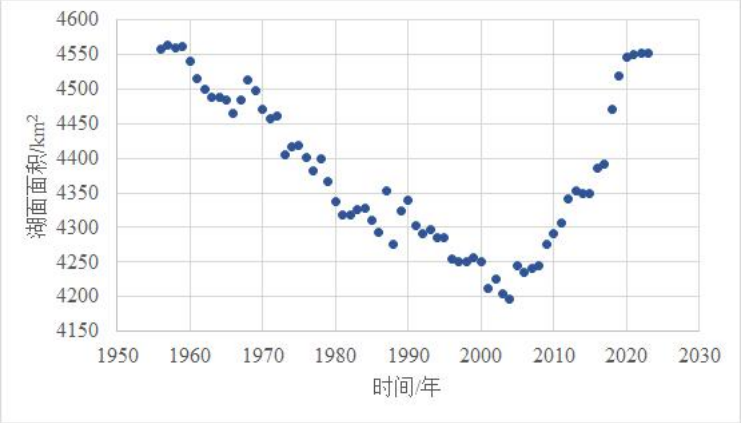

图 5-1　1956-2023 年期间青海湖湖面面积变化情况

8）地下水水位

青海湖流域地处西部内陆干旱地区，淡水资源稀缺，地下水开采利用活动强烈。地下水水位反映流域地下水水资源状况，与流域地下水开采强度有关。《“十四五”岱海水生态环境质量考核方案（试行）》将地下水水位纳入岱海生态环境质量考核指标体系。为控制青海湖流域地下水资源开发利用强度，保障青海湖水资源量与水体生态安全，将地下水水位设为青海湖水体生态安全评估指标体系中评估指标。

（3）水生生物

9）叶绿素 *a*

叶绿素 *a* 是水体中藻类生长数量的量度，可以用来对水体的营养状况进行分类。过多的藻类会导致绿色浮渣和臭味，并可能导致溶解氧水平下降，一些藻类还会产生毒素，浓度很高时，可

能会引起公众健康关注。水生态环境质量退化的症状之一便是叶绿素 *a* 浓度测量的藻类生物量增加。来自肥料、污水处理厂和城市径流的高营养盐输入导致水体营养水平增高是水体高叶绿素 *a* 浓度高、藻类过量生长的主要原因。青海湖近年来湖面上涨，原有湖滨牧场被淹没，水体营养水平存在升高风险。为控制青海湖藻类数量，保障青海湖水体生态安全，将叶绿素 *a* 浓度设为青海湖水体生态安全评估指标体系中评估指标。

10）青海刚毛藻覆盖面积

刚毛藻是青海湖最为常见的大型藻类之一。中国科学院水生生物研究所研究表明，青海湖主湖区只存在一种刚毛藻，且存在附着生长型和浮漂生长型两种形态。进化结果分析显示，该种刚毛藻处于海洋刚毛藻群和淡水刚毛藻类群的过渡位置，通过藻类分类和物种鉴定，已确定青海湖刚毛藻为刚毛藻属青海湖特有种，并科学命名为“青海刚毛藻”。近年来，青海湖的刚毛藻生长面积显著增加，尤其以鸟岛和入湖河口区域最为明显。刚毛藻的大量生长并在水面形成堆积后对水生态环境造成一系列不利影响。刚毛藻堆积遮挡水面影响近岸水域沉水植物生长并影响水体景观，刚毛藻在其消亡过程中会消耗水体大量溶解氧并产生异味，并可能会影响堆积区附件的鱼类和底栖生物的正常生长。《长江流域水生态考核指标评分细则（试行）》也将水华面积比例作为长江流域湖库水生态考核指标。因此，为控制青海湖刚毛藻生长，保障青海湖水体生态安全，将青海刚毛藻覆盖面积设为青海

湖水体生态安全评估指标体系中评估指标。

（4）水生生境

11）自然岸线率

自然岸线率指天然未开发岸线或通过生态修复基本达到岸线生态功能的岸线长度占岸线总长度的比值。《湖泊生态安全调查与评估技术指南（试行）》《长江流域水生态考核指标评分细则（试行）》《黄河流域水生态调查评估试点技术方案（征求意见稿）》《“十四五”岱海水生态环境质量考核方案（试行）》、欧盟《水框架指令》均将自然岸线率设为湖库水生态环境质量评价指标，美国《国家湖泊调查评估方案》也包括了湖岸植被盖度、湖岸生境复杂度等相似指标。可见，国内外现行湖库水生态环境评价规范性文件均包括自然岸线率指标。为引导地方合理利用岸线资源，保障自然岸线比例，恢复岸线生态功能，将自然岸线率设为青海湖水体生态安全评估指标体系中评估指标。

12）流域植被覆盖率

流域植被覆盖率指流域乔木林、灌木林与草地等林草植被面积之和占流域土地面积的比例，是反映流域水源涵养功能的重要指标。《湖泊生态安全调查与评估技术指南（试行）》《长江流域水生态考核指标评分细则（试行）》《黄河流域水生态调查评估试点技术方案（征求意见稿）》均包括水源涵养区生态系统质量的指标。畜禽养殖为青海湖流域支柱产业之一，过渡放牧可能引起流域水土流失，降低水源涵养能力。为保持流域植被覆盖度，

保护提升流域水源涵养能力，将流域植被覆盖率设为青海湖水体生态安全评估指标体系中评估指标。

13）保护区内人类活动占比

保护区内人类活动面积占保护区总面积的比例，直接反映人类对水体干扰的程度。受到过度人为干扰可能会造成鱼类、野生动物和大型无脊椎动物的优质栖息地减少，水环境质量恶化，景观娱乐等生态服务功能受到损害。《湖泊生态安全调查与评估技术指南（试行）》、美国《国家湖泊调查评估方案》均设有流域人类活动占比指标,《长江流域水生态考核指标评分细则(试行)》《黄河流域水生态调查评估试点技术方案（征求意见稿）》均规定，有重要涉水自然保护地的湖泊水生态调查评价，需包括水生生物栖息地人类活动影响指数指标。青海湖作为国家级自然保护区、国际重要湿地，是我国生物多样性保护优先区域之一，孕育着普氏原羚、青海湖裸鲤、黑颈鹤、大天鹅等特有生物物种，是普氏原羚的唯一分布区，也是东亚水鸟重要繁殖地和迁徙通道的主要节点。青海湖水生态健康是保护区内生物赖以栖息和繁衍的基础。为保护青海湖特有生物物种，保障青海湖流域生物多样性，维护区域生态安全，将保护内人类活动占比设为青海湖水体生态安全评估指标体系中评估指标。

3.指标体系构建

（1）依据水体生态安全评估方法、目的和评估指标的选取

原则，结合青海湖水体生态环境健康因素的分析，考虑水体富营养化的总磷、总氮、高锰酸盐指数、矿化度、叶绿素 *a* 五项指标、人类活动对青海湖的影响，以及青海湖的特征指标如青海刚毛藻面积，从水环境指标、水资源指标、水生生物指标、水生生境指标方面共挑选 13 项指标对青海湖水体生态安全进行评估。

（2）方案层（A）主要包括水环境（A_1）、水资源（A_2）、水生生物（A_3）、水生生境（A_4）4 个评估指标。

（3）评估指标的分类质按照其与水体生态安全之间的关系，对水体生态安全产生正向影响的为正向指标，以“＋”标识；对水体生态安全产生负向影响的为负向指标，以“—”标识。

（4）以 1961 年作为青海刚毛藻覆盖面积的基准年，以 2020 年作为其他评估指标的基准年，获取各评估指标的基线值。

青海湖水体生态安全评估指评估指标及其权重值，二级评估指标及其分类、基线值、权重值和数据来源等见表 5-1。

表 5-1　青海湖水体生态环境质量评价指标体系

方案层	评估指标层	
评估指标	评估指标	性质
水环境（A_1）	总磷（A_{11}）	—
	总氮（A_{12}）	—
	高锰酸盐指数（A_{13}）	—
	透明度（A_{14}）	＋

方案层	评估指标层	
评估指标	评估指标	性质
	矿化度（A_{15}）	—
	水质达到 III 类及以上入湖河流的占比（A_{16}）	+
水资源（A_2）	湖面面积（A_{21}）	+
	地下水水位（A_{22}）	+
水生物（A_3）	叶绿素 *a*（A_{31}）	—
	青海刚毛藻覆盖面积（A_{32}）	—
水生境（A_4）	自然岸线率（A_{41}）	+
	流域植被覆盖率（A_{42}）	+
	保护区内人类活动占比（A_{43}）	—

（四）基线值的确定

以 2020 为青海湖水体生态安全评估的基准年，以基准年各评估指标监测数据的年均值为青海湖水体生态安全评估指标体系的基线值。部分评估指标无环境监测数据的情况下，以历史统计数据和遥感监测数据来确定基线值，如水质达到 III 类及以上入湖河流占比，湖面面积、青海刚毛藻覆盖面积、自然岸线率、流域植被覆盖率、保护区内人类活动占比等。

青海湖水体生态安全评估指标体系各评估指标基线值见表

5-2。

表 5-2　青海湖水体生态环境质量评价指标体系的基线值

方案层	评估指标目层				
评估指标	评估指标	性质	基线值	单位	数据来源
水环境（A_1）	总磷（A_{11}）	—	0.0106	mg/L	监测数据
	总氮（A_{12}）	—	0.804	mg/L	监测数据
	高锰酸盐指数（A_{13}）	—	2.32	mg/L	监测数据
	透明度（A_{14}）	+	318.48	cm	监测数据
	矿化度（A_{15}）	—	13.10	g/L	监测数据
	水质达到 III 类及以上入湖河流的占比（A_{16}）	+	85.7	%	统计数据
水资源（A_2）	湖面面积（A_{21}）	+	4546.27	km^2	遥感数据
	地下水水位（A_{22}）	+	3249.65	m	统计数据
水生物	叶绿素 *a*	—	0.002	mg/L	监测数据

方案层	评估指标目层				
评估指标	评估指标	性质	基线值	单位	数据来源
（A_3）	（A_{31}）				
	青海刚毛藻覆盖面积（A_{32}）	—	5.78	km^2	遥感数据
水生境（A_4）	自然岸线率（A_{41}）	＋	98.57	%	遥感数据
	流域植被覆盖率（A_{42}）	＋	54.47	%	遥感数据
	保护区内人类活动占比（A_{43}）	—	0.62	%	遥感数据

（1）水环境（A_1）

1）总磷（A_{11}）

含义：水体中各种有机磷和无机磷的总量，一般以水样经消解后将各种形态的磷转变成正磷酸盐后测定结果表示。

测定方法：采用过硫酸钾消解法或钼酸铵-分光光度法（GB 11893-89）测定；

单位：mg/L；

数据来源：监测数据；

基线值：0.0106 mg/L。

2）总氮（A_{12}）

含义：水中各种形态无机和有机氮的总量；

测定方法：采用碱性过硫酸钾氧化-紫外分光光度法（GB 11894-89）或气相分子吸收光谱法测定（HJ 199-2023）；

单位：mg/L；

数据来源：监测数据；

基线值：0.804 mg/L。

3）高锰酸盐指数（A_{13}）

含义：指在一定条件下，以高锰酸钾（$KMnO_4$）为氧化剂，处理水样时所消耗的氧化剂的量。

测定方法：酸性法（氯离子含量不超过 300 mg/L）或者碱性法（氯离子含量超过 300 mg/L）测定（GB 11892-89）；

单位：mg/L；

数据来源：监测数据；

基线值：2.32 mg/L。

4）透明度（A_{14}）

含义：透明度是反映水体澄清程度，与水中存在的悬浮物和胶体含量有关；

测定方法：采用塞氏盘法测定；

单位：cm；

数据来源：监测数据；

基线值：318.48 cm。

5）矿化度（A_{15}）

含义：矿化度是区分淡水湖、咸水湖、盐湖的依据，而青海湖是我国最大的咸水湖；

计算方法：采用《水和废水监测分析方法》（第四版）国家环境保护总局（2002 年）的重量法；

单位：g/L；

数据来源：监测数据；

基线值：13.10 g/L。

6）水质达到 III 类及以上入湖河流占比（A_{16}）

含义：水质满足《地表水环境质量标准》（GB 3838-2002）III 类及以上入湖河流的比例，反映流域内主要入湖河流水质情况，其与湖泊水质密切相关。青海湖的 7 条主要入湖河流分别是布哈河、泉吉河（巴哈乌兰河）、沙柳河（伊克乌兰河）、哈尔盖河、甘子河、黑马河、倒淌河，其流量占入湖总径流量的 95%；

计算方法：水质达到 III 类及以上入湖河流的数量占入湖河流入湖河流总数量的比例；

单位：%；

数据来源：统计数据；

基线值：85.7%。

（2）水资源（A_2）

7）湖面面积（A_{21}）

含义：湖泊水体面积受气象和水文等因素影响，反应一定时间内湖泊整体变化情况。

计算方法：利用遥感手段获取青海湖湖面面积数据；

单位：km^2；

数据来源：遥感监测数据；

基线值：4546.27 km^2。

8）地下水水位（A_{22}）

含义：反映青海湖流域地下水水资源状况，与流域地下水开采强度有关；

计算方法：水位计法《地下水环境监测技术规范》（HJ 164-2020）测定青海湖流域环湖监测井取年均值。

单位：m；

数据来源：统计数据；

基线值：3249.65 m。

（3）水生生物（A_3）

9）叶绿素 *a*（A_{31}）

含义：叶绿素是植物光合作用中的重要光合色素。通过测定浮游植物叶绿素，可掌握水体的初级生产力情况。同时，叶绿素 *a* 含量还是湖泊富营养化的指标之一。

测定方法：采用丙酮提取-分光光度计测定（HJ 897-2017）；

单位：mg/L；

数据来源：监测数据；

基线值：0.002 mg/L。

10）青海刚毛藻覆盖面积（A_{32}）

含义：青海刚毛藻发生面积与青海湖水位上升呈显著正相关，2020 年～2023 年青海刚毛藻的测算面积与水体营养物浓度不存在显著的相关关系，但作为青海湖特有的藻类刚毛藻覆盖面积大小可反映水体安全状况。从图 5-2 可知，近几年青海刚毛藻面积变化较大，数据稳定性较差；1961 年青海刚毛藻面积受人类活动影响较小，宜作为评估中刚毛藻评估指标的基线值，用于评估刚毛藻面积变化带来的水体生态安全风险。

计算方法：1961 年青海刚毛藻面积的数据；

单位：km^2；

数据来源：遥感监测；

基线值：5.78 km^2。

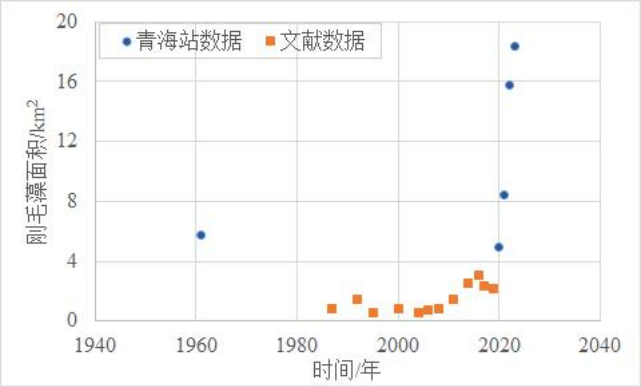

图 5-2　1961-2023 年期间青海刚毛藻面积变化情况

（4）水生生境（A_4）

11）自然岸线率（A_{41}）

含义：湖滨带分天然湖滨带（未开发或自然状态岸线长度）和人工湖滨带，天然湖滨带长度占湖滨岸线总长度的比例；

计算方法：自然岸线率=天然湖滨带长度/（天然湖滨带长度+人工湖滨带长度）×100；

单位：%；

数据来源：遥感监测数据；

基线值：98.57%。

12）流域植被覆盖率（A_{42}）

含义：指流域乔木林、灌木林与草地等林草植被面积之和占流域土地面积的比例，是反映流域水源涵养功能的重要指标；

计算方法：保护区人类活动占比=流域乔木林、灌木林与草地等林草植被面积之和/流域土地面积×100；

单位：%；

数据来源：遥感监测数据；

基线值：54.47%。

13）保护区内人类活动占比（A_{43}）

含义：统计保护区内人类活动影响区域面积占保护区总面积的比例，面源污染的主要来源，反应人类对水体干扰的程度。

计算方法：保护区内人类活动占比=保护区内人类活动影响面积/保护区总面积×100；

单位：%；

数据来源：遥感监测数据；

基线值：0.62%。

（五）权重值的确定

确定权重的方法主要有客观赋权法和主观赋权法。客观赋权法是由评价指标值构成的判断矩阵来确定指标权重，最常用的熵值法，其本质就是利用该指标信息的效用值来计算，效用值越高，其对评价的重要性越大。主观赋权法最常见的是专家打分法，其优点是概念清晰、简单易行，可抓住生态安全评价的主要因素，但需要寻求一定数量的有深厚经验的专家给予打分。

1.熵值法

（1）将各个指标进行去量纲化处理。假设给定了 m 个指标：

$$X_1，X_2，...，X_m$$

其中：

$$X_i=\{x_1，x_2，...，x_n\}$$

假设对各指标数据标准化后的值为：

$$Y_1，Y_2，...，Y_m$$

则：

$$Y_{ij}=\frac{X_{ij}-\min（X_i）}{\max（X_i）-\min（X_i）}（正向指标）$$

$$Y_{ij}=\frac{\min（X_i）-X_{ij}}{\max（X_i）-\min（X_i）}（负向指标）$$

（2）构建 n 个样本 m 个评价指标的判断矩阵 Y

构建的评价指标的判断矩阵见表 5-3。

表 5-3　层次分析法判断矩阵

Y	X_1	X_2	…	X_j	…	X_n
X_1	x_{11}	x_{12}	…	x_{1j}	…	x_{1n}
X_2	x_{21}	x_{22}	…	x_{2j}	…	x_{2n}
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
X_i	x_{i1}	x_{i2}	…	x_{ij}	…	x_{in}
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
X_n	x_{n1}	x_{n2}	…	x_{nj}	…	x_{nn}

判断矩阵 Y 中的元素 x_{ij} 表示依据评价准则，要素 x_i 对 x_j 的相对重要性，并有一定的遵循依据，判断矩阵标度含如表 5-4 所示。

表 5-4　判断矩阵标度及其含义

标度 x_{ij} 赋值	重要性等级
1	i, j 两因素同等重要
3	i 因素比 j 因素稍微重要
5	i 因素比 j 因素明显重要
7	i 因素比 j 因素强烈重要

标度 x_{ij} 赋值	重要性等级
9	i 因素比 j 因素极端重要
2、4、6、8	以上两判断的中间状态
倒数	因素 i 与 j 比较的判断 x_{ij}，则因素 j 与 i 因素比较的判断 $x_{ji}=1/x_{ij}$

（3）计算指标信息熵。

$$e_j = -k\sum_{i=1}^{m}(Y_{ij} \times lnY_{ij})$$

其中 $k = ln\frac{1}{n}$，n 为样本数。

（4）计算信息熵冗余度。

$$d_j = 1 - e_j$$

（5）计算指标权重。

$$W_j = \frac{d_j}{\sum_{j=1}^{n} d_j}$$

（6）计算单指标评价得分。

$$S_{ij}=W_j \times Y_{ij}$$

最后，将每个指标评价得分相加，得到评价总得分。

由于客观赋权法要依赖于足够的样本数据和实际的问题域，通用性和可参与性差，计算方法也比较复杂，而且不能体现评判者对不同属性指标的重视程度，有时候定的权重会与属性的实际重要程度相差较大。

2.专家打分法

专家打分法是出现较早且应用广泛的一种评价方法。它是在定量和定性分析的基础上，以打分等方式做出定量评价，其结果具有数理统计特性。该方法的优点在于可以将定性的评价定量化并具有苏子的直观性，简单易懂、节约时间、适应性强。为了避免方法因专家经验不足而造成错误判断或与实际风险误差很大的情况出现，本文件选择水体生态安全领域专家（分别为北京大学郭怀成教授、中国科学院大学胡正义教授、中国环境监测总站解鑫高级工程师、北京林业大学孙德智教授、青海师范大学毛旭峰教授）进行三轮打分缺点评价指标权重。具体打分方法和步骤如下：

a） 专家选择。根据对青海湖水体生态安全评估的理解，选择水环境、水资源、水生生物和水生生境等 4 类评估指标体系中方案层下共 13 项评估指标发放给确定权重值的专家成员，并详细说明权重的概念和顺序以及记权的方法。

b） 列表。给出所有青海湖水体生态安全评估指标的权重值范围，基准年的基线值供各位专家参考，以及水体生态安全评估综合指数的计算方法和过程。

c） 打分。发给每位专家一份列表，按 d）～e）反复核对、填写，直至没有专家变动打分为止。

d） 每位专家成员对评估指标体系中各评估指标权重值进行标记打分，通过取专家平均值得到其权重值。

e） 用得到的各权重值进行试算，所有专家讨论所得到的每个评估指标的权重是否能代表他们的意见，如有不妥之处或是不能反映他们意见的地方，专家对相应的指标权重值重新第二轮打分，直至满意为止。

f） 通过多轮专家打分得出所有评估指标的权重。

经过三轮专家打分得到的青海湖水体生态安全评估指标体系的权重值如表 5-5 所示。

表 5-5 青海湖水体生态安全评估指标体系的权重值

方案层		评估指标层					
评估指标	权重值	评估指标	分类	基线值	单位	权重值	数据来源
水环境（A_1）	0.45	总磷（A_{11}）	—	0.0106	mg/L	0.20	监测数据
		总氮（A_{12}）	—	0.804	mg/L	0.21	监测数据
		高锰酸盐指数（A_{13}）	—	2.32	mg/L	0.10	监测数据
		透明度（A_{14}）	+	318.48	cm	0.09	监测数据
		矿化度（A_{15}）	—	13.1	g/L	0.09	监测

方案层		评估指标层					
评估指标	权重值	评估指标	分类	基线值	单位	权重值	数据来源
				0			数据
		水质达到 III 类及以上入湖河流的占比（A_{16}）	＋	85.7	%	0.31	统计数据
水资源（A_2）	0.11	湖面面积（A_{21}）	＋	4546.27	km^2	0.49	遥感数据
		地下水水位（A_{22}）	＋	3249.65	m	0.51	统计数据
水生生物（A_3）	0.23	叶绿素 *a*（A_{31}）	－	0.002	mg/L	0.55	监测数据
		青海刚毛藻覆盖面积（A_{32}）	－	5.78	km^2	0.45	遥感数据
水生生境（A_4）	0.21	自然岸线率（A_{41}）	＋	98.57	%	0.14	遥感数据
		流域植被覆盖率（A_{42}）	＋	54.47	%	0.46	遥感数据
		保护区内人类活动	－	0.62	%	0.40	遥感

方案层		评估指标层					
评估指标	权重值	评估指标	分类	基线值	单位	权重值	数据来源
		占比（A_{43}）					数据

（六）评估方法

1.数据处理

（1）评估指标评估值的确定

指标层评估指标的评估值的确定方法如下：

a）年度内参与评估的评估指标仅有一个数值时，以此数值作为该评估指标的评估值（$\overline{E}_i$）；

b）年度内参与评估的评估指标有不同点位和（或）不同时段的多个测定结果时，以多个测定结果的算术平均值作为该评估指标的评估值（$\overline{E}_i$），按照公式（1）计算。

$$\overline{E}_i = \frac{\sum_{j=1}^{m} E_{i,j}}{m} \qquad (1)$$

式中：$\overline{E}_i$——评估指标 i 的评估值；

$E_{i,j}$——评估指标 i 的第 j 个测定结果；

m——评估指标 i 测定结果的个数。

（2）指标层评估指标分值的计算

指标层评估指标 A_k 中评估指标 i 的分值，按照公式（2）计算。

$$S_{k,i} = (\overline{E}_i / E_{b,i})^x \quad (2)$$

式中：$S_{k,i}$——指标 A_k 中评估指标 i 的分值；

$\overline{E}_i$ ——评估指标 i 的评估值；

$E_{b,i}$——评估指标 i 的基线值；

x——正向项目取值 1，负向项目取值−1。

（3）方案层评估指标分值的计算

方案层评估指标 A_k 的分值，按照公式（3）计算。

$$S_k = \sum_{i=1}^{n} (S_{k,i} \times W_{k,i}) \times 100 \quad (3)$$

式中：S_k——指标 A_k 的分值；

n——指标 A_k 对应评估指标的个数；

$S_{k,i}$——指标 A_k 中评估指标 i 的分值；

$W_{k,i}$——指标 A_k 中评估指标 i 的权重值，见表 5-5。

（4）水体生态安全评估综合指数的计算

水体生态安全评估综合指数，按照公式（4）计算。

$$\mathrm{EQI} = \sum_{k=1}^{4} (S_k \times W_k) \quad (4)$$

式中：EQI——水体生态安全评估综合指数；

4 ——方案层评估指标个数；

S_k——指标 A_k 的分值；

W_k——指标 A_k 的权重值，见表 5-5。

2.水体生态评估综合指数分级

评估指数数值大小的本身并无形象意义，必须通过对一系列数值大小的意义的限值界定，才能表达其形象的含义。由于研究区域的条件不同，评估目的不同，评估标准也会不一样，同时各项指标的计算方法及考核标准不同，分级标准也会有所不同。

《关于印发江河湖泊生态环境保护系列技术指南的通知》（环办〔2014〕111 号），其中《湖泊生态安全调查与评估技术指南（试行）》参考了全国重点重点湖泊水库生态安全评估方法，将湖泊生态安全指数分为安全、较安全、一般安全、欠安全、很不安全五个等级（见表 5-6）。

表 5-6　生态安全指数等级划分标准

分级	生态安全指数（ESI）	安全状态	预警颜色
I	80≤ESI≤100	安全	●
II	60≤ESI＜80	较安全	●
III	40≤ESI＜60	一般安全	●
IV	20≤ESI＜40	欠安全	●
V	ESI＜20	很不安全	●

《流域生态健康评估技术指南（试行）》（环办函〔2012〕1163 号）根据流域生态健康评估综合指数（WHI）分值大小，

将流域生态健康等级分为五级，分别为优秀、良好、一般、较差和差，具体指数分值和健康状况分级见表 5-7。

表 5-7　流域生态健康状况分级

健康状况	优秀	良好	一般	较差	差
综合指数（WHI）	WHI≥80	60≤WHI＜80	40≤WHI＜60	20≤WHI＜40	WHI＜20

《区域生态质量评价办法（试行）》（环监测〔2021〕99号）根据生态质量指数值，将生态质量类型分为五类，即一类、二类、三类、四类和五类，具体见表 5-8。

表 5-8　生态质量分类

类别	一类	二类	三类	四类	五类
指数	EQI≥70	55≤EQI＜70	40≤EQI＜55	30≤EQI＜40	EQI＜30
描述	自然生态系统覆盖比例高、人类干扰强度低，生物多样性丰富、	自然生态系统覆盖比例较高、人类干扰强度较低、生物多样性	自然生态系统覆盖比例一般、受到一定程度的人类活动干扰、	自然生态本地条件较差或人类干扰强度较大，自然生态系统较脆	自然生态本底条件差或人类干扰强度大，自然生态系统脆弱，生

类别	一类	二类	三类	四类	五类
	生态结构完整、系统稳定、生态功能完善。	较丰富、生态结构较完整、生态功能较完善。	生物多样性丰度度一般、生态结构完整性和稳定性一般、生态功能基本完善。	弱，生态功能较低。	态功能低。

《河湖健康评估技术导则》（SL/T 793-2020）将河湖健康评估分级标准分为五级：非常健康、健康、亚健康、不健康、病态，按表 5-9 的规定执行。

表 5-9　河湖健康评估分级表

评估分级	安全状态	颜色		赋分范围（RHS）
非常健康	安全	蓝	●	80≤ESI≤100
健康	较安全	绿	●	60≤ESI＜80
亚健康	一般安全	黄	●	40≤ESI＜60
不健康	欠安全	橙	●	20≤ESI＜40
病态	很不安全	红	●	0≤ESI＜20

为此，本标准在参考了上述资料的基础上，把青海湖水体生态安全状况分为五级（I、II、III、IV、V），即优、良、中、较差、很差，水体生态安全分级、状况和水体生态安全评估综合指数见表 5-10。

根据水体生态安全评估综合指数计算结果判定水体生态安全等级和状况。

表 5-10　评估计指数与分级表

分级	水体生态安全状况	水体生态安全评估综合指数（EQI）
I	优	80≤EQI
II	良	60≤EQI＜80
III	中	40≤EQI＜60
IV	较差	20≤EQI＜40
V	很差	EQI＜20

（七）应用案例

为了验证本标准建立评估指标体系的科学性、适用性、可操作性，标准编制组采用青海湖水体生态环境质量评价指标体系的基线值（表 5-2）和青海湖水体生态安全评估指标体系的权重值（表 5-5），通过评估方法数据处理（本标准附录 A）对 2021～2023 年期间青海湖水体生态安全进行评估。

评估结果见表 5-11、表 5-12 和表 5-13，从表可知 2021～2023 年青海湖水体生态安全评估综合指数分别为 94.4、92.6 和 94.3，水体生态安全等级均为“I”，水体生态安全状况均为“优”，评估结果与青海湖水体生态实际情况相符。

（八）评价报告编制

评估报告应根据水环境、水资源、水生生态和水生生境4个分类的分值，判断青海湖水体生态安全的现状，查找问题，分析原因，重点分析主要污染源类型及排放特征和风险源分布等，提出对策建议。

（九）质量保证

（1）监测数据优先选用按照《青海湖水体环境评价指标体系》（DB 63/T XXXX）中推荐方法测定的数据。

（2）应对可疑数据和信息加以甄别和核实，剔除无效或错误数据后用于计算和评估。

（3）可根据实际情况重新设置部分评估指标的基准年，并调整基线值。

六、重大意见分歧的处理依据和结果

（一）立项审查会

2022年7月，省生态环境监测中心联合中国环境科学研究院湖泊生态环境研究所申报青海省地方标准《青海湖水体环境评价指标体系》《青海湖水体 生态安全评估指标体系》，通过了国家分析测试中心、青海省生态环境厅相关专家的立项审查（附件1）。

（二）专家技术初审会

2023 年 8 月 29 日省生态环境监测中心组织北京大学、中国环境监测总站、中国科学院大学、浙江省生态环境监测中心、北京工业大学多领域专家对两项地方标准开展了专家技术初审会。专家委员会在听取汇报、审查材料和质询答疑的基础上，提出以下修改意见（见附件 2）。

1.进一步完善评价指标体系，做好与《黄河保护法》《黄河流域水生态调查评估试点技术方案》的衔接。

2.建议标准名称修改为《青海湖水生态环境质量评价指标体系（试行）》。

3.严格按照 GB/T 1.1-2020、DB 63/T 1789-2020 的要求进一步规范完善标准文本。

会后标准编制组认真研究专家意见，根据《青海省地方标准管理办法》（青市监标(2021)86 号）标准立项后名称不得更改，且《黄河流域水生态调查评估试点技术方案》相关文件并未公开，无法采纳。会后统计 2013～2023 年十年间的青海湖水质监测数据，进一步完善支撑材料，形成标准文本送审稿和编制说明。

（三）公开征求意见

2023 年 11 月～12 月，广泛征求了生态环境厅各处室以及青海湖景区保护利用管理局等单位的意见并按照意见进行修改完善。意见汇总及处理情况见附件 3。

（四）技术审查会

2024 年 3 月 12 日，青海省生态环境厅组织召开《青海湖水体 生态安全评估指标体系》送审稿技术审查会。专家审查委员会在听取汇报、审查材料和质询答疑的基础上，形成意见见附件 4，形成结论如下：

1.该标准的编写符合 GB/T 1.1-2020 的编写要求。

2.该标准规定了青海水环境、水资源、水生生物、生境等水体生态安全评估指标体系。

3.该标准对青海湖水体生态安全评估和青海湖国家公园建设提供了技术支撑。

专家审查委员会经过表决，同意通过审查，并提出以下修改意见：

1.将术语定义中的“水生生境”改为“生境”。

2.进一步修改和充实编制说明。

标准编制组根据技术审查会专家意见对标准为文本和编制说明进行了修改完善，形成标准文本报批稿和编制说明。

七、贯彻实施标准的要求、措施等建议

《地表水环境质量标准》（GB 3838-2002）不适用于青海湖这类咸水湖的水体生态安全评估，为了客观反映青海湖水体生态安全状况，建议使用《青海湖水体 生态安全评估指标体系》开

展相关生态安全评估工作，其中部分评估指标的监测方法宜采用适用的现行的国家生态环境监测分析方法。基线值的确定受现有数据的影响，本标准执行 4～5 年后可根据积累的数据进行调整。

八、参考文献

[1] 保金花, 黄　勇. 水质综合评价方法研究综述[J]. 水利科技与经济, 2008(8):639-642.

[2] JACOBS H L. Water quality criteria[J]. Journal of water pollution control federation, 1965, 37(5): 292-300.

[3] 嵇晓燕, 刘廷良, 孙宗光. 河流健康概念与评价研究进展[C]. 中国环境科学学会中国环境科学学会, 2011.

[4] 李贵宝, 曾畅云, 王东胜等. 水环境安全及其指标体系研究——以北京市为例[C]. 2004 北京城市水利建设与发展国际学术研讨会论文集.2004:83-91.

[5] 张　柱. 河流健康综合评价指数法评价袁河水生态系统健康[D]. 南昌大学, 2011.

[7] 杜　兰. 地表水水质监测现状分析与对策[J]. 资源节约与环保, 2018(7): 34.

[8] 丁桑岚. 环境评价概论[M]. 北京: 化学工业出版社, 2001.

[9] 姜明岑, 王业耀. 地表水环境质量综合评价方法研究与应用进展[J]. 中国环境监测, 2016, 32(4):1-6.

[10] 焦　瑞, 徐晓民. 指数法在内蒙古岱海湖水质评价中的应

用研究[C]. 2022 中国水利学术大会论文集. 2022: 424-429.
[11] 徐祖信. 我国河流综合水质标识指数评价方法研究[J]. 同济大学学报（自然科学版）, 2005. 33(4): 482-488.
[12] 宋执航. 基于模糊综合法的慈湖河上游流域水质评价[J]. 环境保护与循环经济, 2021.
[13] 王晓鹏. 河流水质综合评价之主成分分析方法[J].数理统计与管理. 2001, 20(4):28, 49-52.
[14] 刘春龙. 改进的主成分分析法及其在水质评价中的应用[J]. 安徽农业科学. 2009,37(22): 10642-10643,10735.
[15] 曾凤连, 杨　刚, 王　萍等. 淮河干流水环境质量时空变化特征及污染趋势分析[J]. 水生态学杂志. 2021, 42(5):86-94.
[16] 杜浩田, 栾建勤等. 基于灰色关联法的潇河上游水质评价[J]. 人民黄河, 2022, 44 (S2): 157-158.
[18] 原环境保护部. 集中式饮用水水源地环境保护状况评估技术规范: HJ 774-2015 [S]. 北京:中国环境科学出版社, 2016.
[19] 原国家环境保护总局《水和废水监测分析方法》编委会. 水和废水监测分析方法（第四版）[M]. 北京：中国环境科学出版社，2002.

《青海湖水体 生态安全评估指标体系》标准起草小组

二〇二四年三月十五日

附件 1

立项审查意见汇总处理表

负责起草单位：青海省生态环境监测中心

序号	标准条款	意见内容	提出意见专家	处理意见和理由
1		建立青海湖水体生态安全评估指标体系，对客观、全面反映青海湖生态环境安全现状及发展趋势的研判，对青海湖生态环境保护工作的实施可提供科学依据。建议草案中补充论述水环境、水资源、生态和水安全指标、基准值、最终权重的确定依据，阐明其代表性、全面性和科学性。	吴向培	采纳，已在编制说明中补充。
		该标准的立项对青海湖水质和生态安全评估具有重要意义，目的明确，参考引用的规范较全面，水体生态安全评估的计算方法科学，评价分级合理，水体评估指标参考标准基本可行。	董亮	采纳

附件 2

初审专家意见汇总处理表

负责起草单位：青海省生态环境监测中心

序号	标准条款	意见内容	提出意见专家	处理意见和理由
1	4	加强指标体系中优选指标的必要性说明，并适当增加体现青海湖这一咸水湖泊的特征指标。	郭　伟	采纳，已逐条说明。
2	4	建议水资源的指标增加一些类似径流量、蒸发量、降雨量等体现水量补给特征的指标。	郭　伟	原则采纳，径流量、蒸发量、降雨量等补给综合起来以湖面面积和地下水水位综合反映。
3	4	建议水生态指标增加一些特征生物如鱼类、底栖动物物种完整或多样性的指标。	郭　伟	不采纳，目前国内监测裸鲤数量取值存在争议，缺乏可靠性，同时裸鲤的数量指标手人工放养有关，与水生态环境无直接关联，不建议作为指标；青海湖是咸水湖，底栖动物的底数不清，不宜作为评估指标。
4	4	建议将本项目调整为《青海湖水生态环境质量评价指标体系》。	郭　伟	原则采纳，根据市场监管局规定，立项后不能修改标准名称。
5		编制说明明确“青海湖水生态环境质量监测指标和参考值”和“青海湖水生态安全评估评价指标体系”的使用场景（同时使用还是区别使	周菁清	采纳，文本和编制说明已说明参考值用于控制监测工作质

序号	标准条款	意见内容	提出意见专家	处理意见和理由
		用）。		量；不用于生态安全评估。
6		建议编制说明补充近几年青海湖水质用这两个指标体系评价的结果情况。	周菁清	采纳，已补充
7		建议补充水环境指标的选择依据，为什么选择总磷、总氮、高锰酸盐指数、透明度、矿化度等指标，这些指标的选取是否更偏向富营养化。	周菁清	采纳，编制说明中已说明。这五项指标与叶绿素 *a* 一起，构成湖泊水环境质量评价的重要指标。
8		建议编制说明中补充青海湖水生态环境质量评价指标参照标准基准值确定依据。	周菁清	采纳，已补充。
9		建议将标准名称修改为“青海湖水体生态环境质量评价指标体系”。	胡正义	原则采纳，根据市场监管局规定，立项后不能修改标准名称。
10		进一步调研咸水湖水生态特征，水环境特征，补充、完善特征性指标。	胡正义	原则采纳，青海湖水质特征已有全面的研究报告。
11		流域人类活动主要是畜牧业，建议该指标体系内涵表述突出重点	胡正义	原则采纳，采用保护区内人类活动占比反映人类畜牧业活动。

附件 3

公开征求意见反馈汇总处理表

负责起草单位：青海省生态环境监测中心

序号	标准条款	意见内容	提出意见专家	处理意见和理由
1	3	缺术语与定义。	青海湖景区保护利用管理局	采纳，已补充相关术语和定义，《青海湖水体 生态安全评估指标体系》补充了“生境”“基准年”“基线值”等 3 个术语和定义。
2		监测点位不明，影响基准值。	青海湖景区保护利用管理局	采纳，已在《青海湖水体环境评价指标体系》中明确湖区监测点位。
3		明确权重是如何确定的？	青海湖景区保护利用管理局	采取专家打分法确定评估指标的权重，由北京大学、中国科学院大学、中国环境监测总站、中国林业大学和青海大学 5 位专家经过 3 轮打分试算后确定。
4		明确具体什么性质，加减号表示什么含义。	青海湖景区保护利用管理局	监测项目的性质按照其与水生态环境质量之间的关系分为正向项目和负向项目。与水生态环境质量正相关的项目作为正向项目，以“+”标识；与水生态环境质量负相关的项目作为负向项目，以“−”标识。
5		各指标如何赋分未作交代。	青海湖景区保护利用管理局	根据实际监测数据和统计数据，按照附录 A 给出的方法结合表 1 的基线值和分类符号计算。
6		未颁布的标准不能作为本标准的参考。	青海湖景区保护利用管理局	同期发布的标准编号大的标准可规范引用编号小的标准，如 HJ 1296 引用了同时发布的 HJ 1295。
7		青海湖水体环境评价指标体系是包含了对入湖河流的评估的，本指标体系是否包括？如果包括的话，总氮不适宜作为水环境评价指标。	青海湖景区保护利用管理局	（1）水环境评价指标体系不包含对入湖河流的评估，《青海湖水体生态安全评估指标体系》中入湖河流水质 III 类水的评价不包括总氮指标。透明度也不是入湖河流的评价指标。

序号	标准条款	意见内容	提出意见专家	处理意见和理由
		因为 GB3838 中河流并不评价总氮。透明度也不适宜以 50cm 作为基准值。		（2）采纳，透明度以 318.48 cm 作为基准值。
8		矿化度不适宜作为评价指标，并没有证据表明对于青海湖这类咸水湖泊，矿化度越高（或越低）水生态环境越好。	青海湖景区保护利用管理局	矿化度是区分淡水湖、咸水湖、盐湖的依据，矿化度与水中生物量成反比，维持一定的矿化度水平是支撑咸水湖水生生物水平、确保水生态系统功能实现的前提。欧盟《水框架指令》将矿化度作为湖泊水生态状况基本评价指标。作为我国最大的咸水湖，参考欧盟《水框架指令》，将矿化度设为青海湖水生态安全评估指标。
9		没有证据表明湖泊面积越大青海湖水生态环境越好。	青海湖景区保护利用管理局	湖泊水面面积反映流域水资源状况，是支撑湖泊特别是干旱半干旱区湖泊水生态系统的重要水文要素。《“十四五”岱海水生态环境质量考核方案（试行）》将湖泊水面面积作为半干旱区萎缩湖泊岱海的水生态环境质量考核指标，《黄河流域水生态调查评估试点技术方案（征求意见稿）》将生态水位达标率作为黄河流域重点湖库调查评估指标，欧盟《水框架指令》将湖泊水位作为湖泊水生态状况评价指标，美国《国家湖泊调查评估方案》把湖泊水位降低作为湖泊调查评估指标。青海湖湖面面积受气候变化影响显著，是湖泊水文状况的重要代表性指标。因此，将湖泊水面面积设为青海湖水生态安全评估指标。将青海湖水位作为正向指标，1956-2023 年，青海湖面积极差与平均值的比值约为 8.25%，在评估中对结果的影响约 4 分，一般不会影响分级。

序号	标准条款	意见内容	提出意见专家	处理意见和理由
10		河流作为青海湖裸鲤洄游和产卵的重要区域，具有极其重要的生态服务功能。在本标准中并未作为重要参考依据。	青海湖景区保护利用管理局	本标准题为《青海湖水体 生态安全评估指标体系》，应聚焦青海湖水体，标准中将 7 条主要入湖河流的 III 类水占比作为评估指标之一，也是考虑到裸鲤的洄游和产卵要求，GB 3838 中 III 类水适用于鱼虾类越冬场、洄游通道、水产养殖区等渔业水域。
11		通过遥感监测的流域植被覆盖率确定为什么植被，陆生植物还是水生植物？是否和水生态安全有直接关系？通过遥感监测的流域人类活动占比是否具有科学性和可靠性？	青海湖景区保护利用管理局	《湖泊生态安全调查与评估技术指南（试行）》《长江流域水生态考核指标评分细则（试行）》《黄河流域水生态调查评估试点技术方案（征求意见稿）》均包括流域植被覆盖率/水源涵养能力指标。畜牧养殖为青海湖流域支柱产业之一，过渡放牧可能引起流域水土流失，降低水源涵养能力。为保持流域植被覆盖度，保护提升流域水源涵养能力，将流域植被覆盖率/水源涵养能力设为青海湖水生态安全评估指标。遥感监测流域人类活动占比在生态环境管理领域已经试行多年，在天气状况良好的情况下，判断精准，具有科学、高效和可靠性。
12		无意见	厅生态环境监测处	
13		无意见	厅水生态环境处	

附件 4

《青海湖水体 生态安全评估指标体系》审查会专家意见汇总处理表

负责起草单位：青海省生态环境监测中心

序号	标准条款	意见内容	提出意见专家	处理意见和理由
1	1	标准范围将评估方法加入	毛旭锋	采纳
2	3	术语中，生境等定义修正	毛旭锋	采纳
3	4.3	基准年可统一	毛旭锋	不采纳。标准中“以 1961 年作为刚毛藻面积的基准年”专家委员会讨论后认为 1961 年的数据反映未受到人类活动干扰的情况，以 1961 年为基准年更合理
4	表 1	入湖河流进一步明确	毛旭锋	采纳
5	3.2	“水生生境”指标建议改为“生境”或“物理生境”	孙德智	采纳，改为“生境”
6	表 1	删除“刚毛藻覆盖面积”参数，增加“香农-维纳多样性指数”	孙德智	采纳
7	4.3	将 1961 年作为刚毛藻面积为基准年换为 2020 年，与其他评估指标为基准年	卢素锦	不采纳。标准中“以 1961 年作为刚毛藻面积的基准年”专家委员会讨论后认为 1961 年的数据反映未受到人类活动干扰的情况，以 1961 年为基准年更合理

序号	标准条款	意见内容	提出意见专家	处理意见和理由
8		补充对青海湖指标与分级的依据	卢素锦	采纳
9	5	删除正文中的“质量保证”内容，在编制说明中进行说明	卢素锦	采纳
10		将标准中的水生生物和生境合并为“水生态”	蒋小明	不采纳，与生态环境部长江水生态考核、水利部河湖健康评价分类指标保持一致。
11	3	将“3.术语和定义”中的英文删去，“水生生境”改为“生境”	蒋小明	采纳
12		将文中的“评估指标”统一改为“评估指标”	蒋小明	采纳
13	5	将“5.质量保证”放入附录或说明部分	蒋小明	采纳
14	表 1	评估指标中的“刚毛藻覆盖面积”建议使用相对值（%），而非绝对值	蒋小明	不采纳，相对值中分母是青海湖面积，青海湖水面积本身是一项独立的评估指标，不宜重复。
15	表 1	青海湖水体生态安全方案层中的指标建议补充水生生物多样性指标（鱼类、两爬、水鸟等），进一步修订表 1	周华坤	原则采纳，青海湖鱼类、爬行、水鸟等多样性指标非常重要，但是还没有监测的标准方法，不同人员不同时期观测结果差距很大，目前尚不具备作为标准的评估指标。
16		进一步说明表 A.1 评价指数和分级的出处和应用案例	周华坤	采纳，已补充。

序号	标准条款	意见内容	提出意见专家	处理意见和理由
17	3	将“水生生境”改为“生境”	郭怀成	采纳