

ICS 13.060.01

Z 10

# 团 体 标 准

T/CAQI

---

## 内陆湖泊生态补水技术导则

Technical guidelines for ecological water replenishment of inland lakes

(征求意见稿)

2021-XX-XX 发布

2021-XX-XX 实施

---

中国质量检验协会 发布

# 目次

前言.....	I
1 范围.....	1
2 规范性引用文件.....	1
3 术语和定义.....	1
4 内陆湖泊生态补水原则.....	2
4.1 总体原则.....	2
4.2 水位原则.....	3
4.3 水质原则.....	3
4.4 水生态原则.....	3
5 基础资料准备.....	3
5.1 总体资料需求.....	3
5.2 背景资料.....	3
5.3 气象水文资料.....	4
5.4 水质资料.....	4
5.5 水生态资料.....	4
5 内陆湖泊生态水位及生态需水量计算.....	4
5.1 生态水位计算考虑因素.....	4
5.2 生态水位计算方法.....	5
5.3 生态需水量计算方法.....	5
5.4 生态补水流量计算方法.....	5
6 内陆湖泊生态补水方案制定.....	5
6.1 生态补水通道的确定.....	5
6.2 生态补水年内过程的确定.....	6
7 内陆湖泊生态补水影响评估.....	6
7.1 生态补水影响评估指标选择原则.....	6
7.2 生态补水对内陆湖泊水文水动力的影响.....	6
7.3 生态补水对内陆湖泊物理化学要素的影响.....	7
7.4 生态补水对内陆湖泊生物的影响.....	7
7.5 生态补水对内陆湖泊水生态环境影响评估方法.....	8
附录 A.....	1

---

## 前言

本文件按 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》的规则起草。

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这些专利的责任。

本文件由中国质量检验协会提出并归口。

本文件起草单位：中国水利水电科学研究院、青岛中质脱盐质量监测有限公司

本文件起草人：

本文件在执行过程中的意见或建议反馈至中国质量检验协会标准部。

本文件为首次发布。



---

# 内陆湖泊生态补水技术导则

## 1 范围

本标准规定了内陆湖泊生态补水的原则、基础资料准备、生态水位和生态需水量的计算、生态补水方案的制定以及生态补水工程影响评估等内容。

本标准适用于内陆湖泊生态补水水量的确定、生态补水方案的制定和生态补水工程影响评估。

## 2 规范性引用文件

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

GB 3838 地表水环境质量标准

GB 3097-1997 海水水质标准

SL/Z 479-2010 河湖生态需水评估导则(试行)

SL348-2006 水域纳污能力计算规程

HJ 2.3—2018 环境影响评价技术导则 地表水环境

SL 395-2007 地表水资源质量评价技术规程(附条文说明)

SL/T793-2020 河湖健康评估技术导则

## 3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

### 3.1 生态系统 **Ecological system**

在自然界的一定的空间内，生物与环境构成的统一整体，在这个统一整体中，生物与环境之间相互影响、相互制约，并在一定时期内处于相对稳定的动态平衡状态

### 3.2 生态补水 **Ecological water allocation**

通过工程措施向因最小生态需水量无法满足而受损的水生态脆弱地区补水，从而达到有

效遏制生态系统结构的破坏与功能丧失的目的,实现逐渐恢复生态系统自我调节基本功能的目标

### 3.3 咸水湖 Salt water lake

湖水的含盐度超过 1000mg/L 的湖泊。

### 3.4 生态水位 Lake ecological water level

维持湖泊生态系统结构功能完整性所需的水位,包括水位的变化范围和过程。

### 3.5 最低生态水位 Minimum ecological water level

维持湖泊生态系统生物物种不消亡、湖泊生态系统的健康以及基本功能不严重退化所需要保持的最低水位。

### 3.6 适宜生态水位 Suitable ecological water level

维持湖泊生态系统结构稳定和生物多样性不受损所需的最适宜水位。

### 3.7 生态需水量 Environmental water

维持生态系统健康所必要的流量大小、时机和水质。

### 3.8 生态保护目标 Ecosystem protection targets

根据生态系统需求和社会需求,结合大众预期,通过保护和修复等措施实现的生态系统状态。

### 3.9 封闭式内陆湖泊 Enclosed inland lake

无出湖径流的内陆湖泊,包括全封闭式内陆湖泊和半封闭式内陆湖泊,其中全封闭式内陆湖泊是指无任何出湖、入湖径流,但现有存在的水体概称;半封闭式内陆湖泊是指有入湖径流,无出湖径流的水体概称。

### 3.10 敞开式内陆湖泊 Open inland lake

有出湖径流的内陆湖泊,包括全敞开式内陆湖泊和半敞开式内陆湖泊,其中全敞开式内陆湖泊是既有地表入湖径流、地下入湖径流,又有地表出流径路、地下出湖径流的水体概称;半敞开式内陆湖泊是有地表入湖径流、地下入湖径流、无地表出湖径流但有地下出湖径流的水体概称。

### 3.11 换水周期 Lake residence period

内陆湖泊湖水交换更新一次所需时间长短。

## 4 内陆湖泊生态补水原则

### 4.1 总体原则

4.1.1 应遵循科学客观、系统统筹、便于实施的原则。

4.1.2 应依据生态保护目标和资料获取情况,合理确定被补水内陆湖泊生态水位,包括最小生态水位和适宜生态水位。

- 
- 4.1.3 应全面考虑被补水内陆湖泊水位要求、水质达标和水生态系统完整性。
  - 4.1.4 应兼顾区域社会经济发展对于被补水内陆湖泊水量的动态需求和水资源开发利用程度。
  - 4.1.5 应考虑生态补水方案补水时间过程和补水空间点位。
  - 4.1.6 不宜向未实施截污的内陆湖泊水体补水。
  - 4.1.7 对于有多个生态保护目标的内陆湖泊而言，应逐个对单项生态保护目标所需的生态水位进行计算，然后取各个单项生态保护目标生态水位的外包线作为内陆湖泊综合生态水位。
  - 4.1.8 内陆湖泊生态补水技术流程见附录 A。

## 4.2 水位原则

- 4.2.1 生态水位的确定应不低于被补水内陆湖泊历史最低水位。
- 4.2.2 生态水位的确定应考虑被补水内陆湖泊的防洪需求。
- 4.2.3 生态水位的确定应兼顾被补水内陆湖泊生态保护红线范围内的区域。
- 4.2.4 生态补水水量需要协调入湖水量、出湖水量和补水量三者之间在时间变化上的平衡性。

## 4.3 水质原则

- 4.3.1 补水水源水质应优于被补水区域，生态补水工程实施后，被补水内陆湖泊的水质状况应得到有效缓解，逐步满足原有控制断面水质目标。
- 4.3.2 针对内陆淡水湖泊，生态补水工程实施后的湖泊水质参数的考核限值应遵循 GB3838 地表水环境质量标准。
- 4.3.3 针对内陆咸水湖泊，生态补水工程实施后的湖泊盐度应逐步降低，生态补水工程实施后的湖泊水质参数的考核限值应遵循 GB 3097-1997 海水水质标准。

## 4.4 水生态原则

- 4.4.1 生态补水方案的制定应尽量减少对被补水内陆湖泊原有生态系统的冲击；
- 4.4.2 补水水源的生物物种不应为被补水内陆湖泊本土生物物种的天敌关系；

# 5 基础资料准备

## 5.1 总体资料需求

内陆湖泊生态补水需水量计算、方案制定和影响评估的基本资料包括背景资料、气象水文资料、水质资料、水生态资料和其他资料等。

## 5.2 背景资料

- 5.2.1 内陆湖泊的自然条件、社会经济状况、水资源开发利用程度、与内陆湖泊相关的取耗水量等。
- 5.2.2 生态补水工程拟投入规模、关键工程设计参数等。
- 5.2.3 流域未来发展规划等。

## 5.3 气象水文资料

5.3.1 内陆湖泊湖区降水量、水面蒸发量、地下水交换量。

5.3.2 内陆湖泊入湖流量、出湖流量。

5.3.3 内陆湖泊水位、水面面积、湖泊蓄水量。

5.3.4 5.3.1 节—5.3.3 节数据资料应为实际监测值，且时间序列长度不宜小于 20 年。

5.3.5 内陆湖泊地形数据和湖泊水位—水面面积—湖泊蓄水量关系曲线。

## 5.4 水质资料

5.4.1 内陆湖泊控制断面水质目标。

5.4.2 内陆湖泊湖区干湿沉降通量。

5.4.3 内陆湖泊地下水补给量水质状况。

5.4.4 内陆湖泊入湖水量水质状况。

5.4.5 内陆湖泊沉积物释放通量。

5.4.6 5.4.1 节—5.4.4 节数据资料应为实际监测值，且时间序列长度应与 5.3 气象水文资料相匹配。

5.4.7 生态补水水源水质状况。

## 5.5 水生态资料

5.5.1 内陆湖泊水生态资料包括湿地群落类型和空间分布；水鸟种类、数量和栖息地分布；优势藻群和丰度。

5.5.2 内陆湖泊生态保护红线范围内的生态环境资料。

5.5.3 内陆湖泊要求保护的珍稀生物。

5.5.4 内陆湖泊要求恢复的生态保护目标。

5.5.5 生态补水水源生态环境数据。

# 6 内陆湖泊生态水位及生态需水量计算

## 6.1 生态水位计算考虑因素

6.1.1 生态水位计算应考虑内陆湖泊所处气候区域和水文特征。

6.1.2 生态水位计算应考虑不同类型的内陆湖泊，包括敞开式内陆湖泊和封闭式内陆湖泊。

6.1.3 生态水位计算应考虑不同水文年差异的影响。

6.1.4 生态水位计算应考虑内陆湖泊生态保护目标。

6.1.5 生态水位计算应考虑内陆湖泊所在流域水资源开发利用程度和未来发展规划。

6.1.6 生态水位计算应考虑不同水位对于生态系统的影响。

6.1.7 生态水位计算应考虑基础资料收集情况。

6.1.8 生态水位计算结果不应低于被补水内陆湖泊历史最低水位，当采用不同方法计算得到

不同生态水位时，应采纳风险较小的生态水位计算结果。

## 6.2 生态水位计算方法

内陆湖泊生态水位计算方法包括天然水位资料法、湖泊形态分析法、功能法。在本标准应用过程中，可以通过上述多种方法计算后，结合实际水位统计数据进行类比，取较大值，计算方法参考 SL/Z 479-2010 河湖生态需水评估导则(试行)。

## 6.3 生态需水量计算方法

6.3.1 内陆湖泊生态需水量包括生态水位对应的湖泊蓄水量和生态水位对应的湖泊耗水量，计算公式如式（5-1）所示：

$$W_L = W_Z + W_C \quad (6-1)$$

式中  $W_L$  为被补水内陆湖泊生态需水量 ( $m^3$ )； $W_Z$  为被补水内陆湖泊生态水位所对应的湖泊蓄水量 ( $m^3$ )； $W_C$  为被补水内陆湖泊生态水位所对应的湖泊耗水量 ( $m^3$ )。

6.3.2 生态水位对应的湖泊耗水量包括内陆湖泊湖面净蒸发量加上湖泊渗漏量，计算公式如式（5-2）所示：

$$W_C = \sum_{i=1}^n (E_i - P_i + G_i) \cdot A \quad (6-2)$$

式中  $A$  为被补水内陆湖泊生态水位所对应的湖面面积 ( $km^2$ )； $E_i$  为时段  $i$  内的湖面蒸发量 ( $mm$ )； $P_i$  为时段  $i$  内的湖面降水量 ( $mm$ )； $G_i$  为时段  $i$  内的湖底渗漏深 ( $mm$ )。

## 6.4 生态补水流量计算方法

6.4.1 内陆湖泊生态补水流量应满足 6.3 节计算的生态需水量。

6.4.2 在满足 5.3 节中的生态需水量外，生态补水方案还应该考虑对被补水内陆湖泊水质的改善。一般假设污染物入湖后均匀混合，以某类目标污染物为对象，分析不同补水流量对内陆湖泊水质改善的影响，采用《SL348-2006 水域纳污能力计算规程》中湖（库）均匀混合模型来计算。

# 7 内陆湖泊生态补水方案制定

## 7.1 生态补水通道的确定

7.1.1 在确定内陆湖泊生态水位、生态需水量和补水流量后，生态补水方案应根据生态补水通道起止的高程确定生态补水的型式。

7.1.2 若生态补水通道的进口高程大于出口高程，一般情况下，采用重力流引水。

7.1.3 若生态补水通道的进口高程小于出口高程，一般情况下，采用泵站提水，补水渠道应包括进水口泵站、补水渠道以及出口防洪闸等建筑物。

7.1.4 生态补水渠道应考虑工程地理位置、施工条件等，为减少生态补水渠道对于流经区域的扰动，对于流经的重要区域，可采取顶管形式。

7.1.5 当生态补水水源水质部分参数不达标，或水质情况不稳定，且无其他替代水源时，有必要实施生态补水工程时，在补水通道出口位置布置出水净化措施。

7.1.6 出水净化措施可选取人工湿地、一体化水处理设备、砂砾石床过滤和人工水草等，其措施类型的选择和布局方式需要综合考虑空间面积、运维费用等，可选择上述出水措施的一种或几种类型的组合。

## 7.2 生态补水年内过程的确定

### 7.2.1 年内生态补水时间的确定

- (a) 年内生态补水量应以旬、半月、月的时间尺度进行确定；
- (b) 应考虑补水水源地的水量需求，在不影响补水水源地用水需求的时段进行生态补水；
- (c) 应考虑补水水源地的水质变化，在补水水源地水质较好时段进行生态补水；
- (d) 应考虑被补水内陆湖泊的水位变化，在被补水内陆湖泊年内水位下降显著时段进行生态补水，同时考虑被补水内陆湖泊的年内丰枯变幅，保持被补水内陆湖泊的水文自然节律；
- (e) 应考虑被补水内陆湖泊的水质变化，在被补水内陆湖泊年内水质高风险时段进行生态补水；
- (f) 应考虑被补水内陆湖泊的生态系统需求，在被补水内陆湖泊敏感性物种需水阶段进行生态补水。

### 7.2.2 年内生态补水量的确定

- (a) 应采用多目标优化方法确定年内生态补水过程；
- (b) 目标优化应考虑水位恢复目标、水质改善效果和生物栖息地生境面积；
- (c) 约束条件应考虑补水水源地补水能力、输水线路输水能力，被补水内陆湖泊的水位变幅、湖泊水量损耗、湖泊水量平衡等因素；
- (d) 优化方法可采用湖泊生态动力学模型与遗传算法相结合的方式。

## 8 内陆湖泊生态补水影响评估

### 8.1 生态补水影响评估指标选择原则

- 8.1.1 评价指标相对独立性：各项评价指标应相对独立；
- 8.1.2 评价指标代表性：评价指标能从不同角度反映生态补水工程对被补水内陆湖泊生态系统的影响，同时具有一定敏感度；
- 8.1.3 评价指标易获取性：评价指标所需基础数据易获取，方便量化，便于分析比较。

### 8.2 生态补水对内陆湖泊水文水动力的影响

#### 8.2.1 生态补水对内陆湖泊换水周期的影响

- (a) 换水周期的确定需要综合考虑生态补水水源的供给能力、被补水内陆湖泊生态系统保护目标、工程运行成本等方面的因素；

---

(b) 换水周期的影响可采用水龄来表征。

### 8.3 生态补水对内陆湖泊物理化学要素的影响

#### 8.3.1 生态补水对内陆湖泊溶解、pH 和盐度的影响

(a) 生态补水工程应促进被补水内陆湖泊水体复氧，增加水体的溶解氧水平；

(b) 生态补水工程应改善被补水内陆湖泊 pH 环境，对内陆湖泊的富营养化程度起到抑制作用；

(c) 生态补水工程应降低被补水内陆湖泊 pH 值，控制沉积物磷的释放；

(d) 一般而言，对于蓝藻爆发的内陆湖泊，通过生态补水工程的调控，被补水内陆湖泊的 pH 值应控制在 8.5 以内；

(e) 生态补水工程应稀释被补水内陆湖泊的盐度，降低和减缓被补水内陆湖泊的咸化趋势；

(f) 一般而言，对于淡水鱼类，内陆湖泊的盐度应控制在 7000mg/L~10000 mg/L 以下。

#### 8.3.2 生态补水对内陆湖泊营养盐通量的影响

(a) 生态补水工程应稀释、降解污染物，达到减少湖区污染物浓度，降低被补水内陆湖泊营养水平的目的；

(b) 生态补水工程在改善被补水内陆湖泊总体水环境的同时，要统筹考虑补水水源携带的营养物等污染物质的累积效应；

(c) 当补水水源的某一水质指标浓度高于被补水内陆湖泊相对应的水质指标浓度时，应通过生态补水通道末端治理与调控等措施，减缓补水水源对于被补水内陆湖泊的水质冲击；

(d) 内陆湖泊营养盐指标可选取总氮、总磷、氨氮等指标进行表征。

#### 8.3.3 生态补水对内陆湖泊有机污染物的影响

(a) 生态补水工程应起到预防被补水内陆湖泊发生“湖泛”等水体黑臭现象；

(b) 内陆湖泊有机污染物指标可选取化学需氧量、高锰酸盐指数、总溶解性有机碳、叶绿素 a 等指标进行表征。

### 8.4 生态补水对内陆湖泊生物的影响

8.4.1 生态补水工程对被补水内陆湖泊生物的影响对象应包括浮游生物、底栖生物、水生植物和鱼类等。

8.4.2 应重点评估生态补水工程对于被补水内陆湖泊的浮游生物和底栖生物的生物量和群落结构的影响。

8.4.3 应重点评估生态补水工程引起的被补水内陆湖泊消落带的水位淹没频率、淹没历时、淹没水深等水文因素对于水生植物的影响。

8.4.4 应重点评估生态补水工程对于鱼类适宜生境面积的影响。

8.4.5 应重点评估生态工程补水水源中外来生物物种对于被补水内陆湖泊本土生物物种的影响。

8.4.6 被补水内陆湖泊生物指标可采用特征指示物种的种群密度来表征，包括浮游生物和底栖生物的数量与生物量、水生生物的种类与分布面积以及鱼类产量与适宜生境面积。

## 8.5 生态补水对内陆湖泊水生态环境影响评估方法

### 8.5.1 单因子指标法

(a) 单因子指标法是采用代表内陆湖泊物理化学与生物环境特征的可直接监测的指标，表征被补水内陆湖泊受生态补水工程的影响；

(b) 水动力指标的选取可参考 7.2.1 (b) 和 7.2.2 (b)；

(c) 水质指标的选取可参考 7.3.1、7.3.2 (d) 和 7.3.3 (b)；

(d) 生物指标的选取可参考 7.4.6。

### 8.5.2 综合指数法

(a) 综合指数法是综合反映生态补水工程对被补水内陆湖泊水环境或水生态影响的方法，是基于由多种单因子监测指标计算而来的综合指数；

(b) 常见的综合指数法包括水质评价指数、综合污染指数、富营养化指数和生物多样性指数；

(c) 水质评价指数计算方法参考 HJ 2.3—2018 环境影响评价技术导则 地表水环境；

(d) 综合污染指数计算方法可采用内梅罗综合污染指数法；

(e) 富营养化指数计算方法参考 SL 395-2007 地表水资源质量评价技术规程(附条文说明)；

(f) 生物多样性指数计算方法参考 SL/T793-2020 河湖健康评估技术导则；

### 8.5.3 数值模型法

(a) 采用数值模型法预测生态补水工程对于被补水内陆湖泊的水文水动力、水质以及生物参数的影响可以弥补 7.2 至 7.4 中监测评估在时空方面的缺陷；

(b) 数值模型的关键控制方程参考 HJ 2.3—2018 环境影响评价技术导则 地表水环境。

# 附录 A

