

ICS 编号
CCS 编号

团 体 标 准

T/CHES XXX—20XX

区域河湖水系连通水安全保障能力 评价技术导则

Guidelines for assessment of regional water security safeguards
capability of the connectivity of river and lake

（征求意见稿）

20XX-XX-XX 发布

20XX-XX-XX 实施

中国水利学会 发布

前 言

根据水利部水利水电技术标准编制修订计划安排，按照《水利技术标准编写规定》（SL 1-2002）要求，制定《区域河湖水系连通水安全保障能力评价技术导则》。

本文件共 8 章，主要技术内容包括：

- 河湖水系连通特征调查；
- 水资源安全保障能力评价；
- 防洪安全保障能力评价；
- 水生态安全保障能力评价；
- 区域河湖水系连通水安全保障能力评价；

本文件由中国水利学会归口。

本文件批准部门：

本文件主持机构：

本文件解释单位：

本文件主编单位：

本文件参编单位：

本文件出版、发行单位：

本文件主要起草人：

审查会议技术负责人：

本文件体例格式审查人：

目 次

1	总则	1
2	术语	2
3	基础资料	3
3.1	一般规定	3
3.2	资料搜集	3
4	河湖水系连通特征调查	4
4.1	一般规定	4
4.2	河湖水系连通评价指标	4
4.3	河湖水系连通性评价	4
5	区域河湖水系连通水资源安全保障能力评价	5
5.1	一般规定	5
5.2	区域河湖水系连通水资源安全保障能力评价指标	5
6	区域河湖水系连通防洪安全保障能力评价	6
6.1	一般规定	6
6.2	区域河湖水系连通防洪安全保障能力评价指标	6
7	区域河湖水系连通水生态安全保障能力评价	7
7.1	一般规定	7
7.2	区域河湖水系连通水生态安全保障能力评价指标	7
8	区域河湖水系连通水安全保障能力评价	8
	标准用词说明	9
	条文说明	12

1 总 则

1.0.1 为做好区域河湖水系连通优化的规划工作，规范其技术工作的内容、方法及标准（准则），制定本文件。

1.0.2 本文件适用于在规划阶段评价区域河湖水系连通特征下的水安全保障能力，识别区域河湖水系连通优化需求，判定规划的科学性和合理性。

1.0.3 评价对象区域河湖水系连通构件包含天然河湖水系及人工水通道。

1.0.4 区域河湖水系连通水安全保障评价应搜集相关基础资料，并对资料进行复核。当基础资料不满足河湖水系连通水安全保障评价要求时，应通过补充现场勘测等途径查清补齐。

1.0.5 区域河湖水系连通水安全保障评价应在区域踏勘和资料分析基础上，按照现行相关规范（标准）的规定和要求，调查区域河湖水系连通特征，对区域河湖水系连通特征下的水资源安全保障能力、防洪安全保障能力和水生态安全保障能力进行评价，并综合上述评价结果对区域河湖水系连通水安全保障能力进行评价。区域河湖水系连通水资源安全保障能力、区域河湖水系连通防洪安全保障能力和区域河湖水系连通水生态安全保障能力评价得分分为0~100，分值越高该项保障能力越高。

1.0.6 区域河湖水系连通水安全保障能力评价报告应对区域河湖水系连通水安全保障能力进行分类，按照得分大小将其分为优、良、中、差、劣五个等级。对河湖水系连通水安全保障能力评级中、差、劣的区域，应结合区域河湖水系连通特征调查提出区域河湖水系连通优化建议。

1.0.7 区域河湖水系连通水安全保障能力评价指标选择应遵循科学性、可操作性、代表性、独立性和敏感性原则。

1.0.8 本文件主要引用下列标准：

GB/T 30943-2014 水资源术语

GB/T 50095 水文基本术语和符号标准

GB/T 50594-2010 水功能区划分标准

GB 3838-2002 地表水环境质量标准

GB 50201-2014 防洪标准

GB 50707-2011 河道整治的设计规范

SL 45-2006 江河流域规划环境影响评价规范

SL 167-2014 水库渔业资源调查规范

SL 196-2015 水文调查规范

SL 219-2013 水环境监测规范

SL/T 238-1999 水资源评价导则

SL 247-2020 水文资料整编规范

SL 257-2017 水道观测规范

SL 383-2007 河道演变勘测调查规范

SL 395-2007 地表水资源质量评价技术规程

SL 520-2014 洪水影响评价报告编制导则

SL 602-2013 防洪风险评价导则

SL/Z 738-2016 水生态文明城市建设评价导则

SL 752-2017 绿色小水电评价标准

SL/T 793-2020 河湖健康评估技术导则

SL/T 800-2020 河湖生态系统保护与修复工程技术导则

DB32/T 3674-2019 生态河湖状况评价规范

1.0.9 区域河湖水系连通水安全保障评价除应符合本文件规定外，尚应符合国家现行有关标准的规定。

2 术 语

2.0.1 河湖水系连通 the connectivity of river and lake networks

依靠自然水循环更新能力的天然河湖水系和人工措施构建的水通道（水库、人工湖、运河、引水渠等）共同组成的区域河湖水系连通状况，其与区域水资源利用调配、洪水宣泄调节、水质水生物迁移密切相关，很大程度决定了区域内水资源安全保障能力、防洪安全保障能力和水生态安全保障能力。

2.0.2 水安全保障能力 water security safeguards capability

区域水资源安全保障能力、防洪安全保障能力和水生态安全保障能力的综合。

2.0.3 河湖水系连通特征 connectivity characteristics of river and lake networks

区域河湖水系连通的数量、结构和连通性特征的综合。

2.0.4 纵向连通性 longitudinal connectivity

区域河湖水系水流迁移在空间结构上的纵向（例如上游到下游）联系程度。

2.0.5 横向连通性 lateral connectivity

河湖水系与洪泛区、河岸区、湿地之间的联系程度。

3 基础资料

3.1 一般规定

3.1.1 应根据区域河湖水系连通水安全保障评价的需要，搜集和复核区域概况和水文气象、河湖水系连通特征、水利工程特征、水资源特征、洪涝灾害、水生态监测等方面的资料。

3.1.2 资料搜集范围应结合行政区划、水资源分区、主体功能分区等区域划分合理确定。基础资料应能反映区域河湖水系连通特征及河湖水系连通特征下的水安全保障能力的实际状况，应注意时序波动比较大的观测资料，例如水文气象、水质检测等方面的资料，应搜集长历时资料分析计算。

3.1.3 应对搜集的基本资料的可靠性、一致性和代表性进行审查。在资料丰富的区域，应对比不同来源资料进行资料复核。当搜集的基础资料不满足区域河湖水系连通水安全保障能力评价要求时，应通过实地调查、现场勘测、布置测点观测或采用无人机拍摄、卫星遥感、地理信息系统等先进技术手段开展必要的调查和勘测，查清补齐基础资料库。对存在明显错误或系统偏差的资料，应予以纠正或剔除。

3.2 资料搜集

3.2.1 流域概况和水文气象资料搜集与复核应按 SL 196-2015 和 SL 247-2020 的有关规定进行。

3.2.2 河湖水系连通特征应搜集水系形态、地表水体分布、河道演变情况等资料，相关调查应符合 GB 50707-2011、SL 257-2017、SL 383-2007 的相关规定。

3.2.3 水利工程特征应搜集包括水利水电、闸坝、取排水等不同类型工程的建设情况、工程规模特性、管理运行等资料，小型水电站的调查可参照 SL 752-2017 中的相关规定。

3.2.4 水资源特征方面应搜集和分析经济社会取用水特征、地表地下水取用情况、江河湖库蓄水量、引调水规模等资料。相关规定应符合 SL/T 238-1999、SL 395-2007 的相关规定。

3.2.5 洪涝灾害方面应搜集防洪工程特性、防洪规划报告、历年年度防汛报告等资料。相关规定应符合 GB 50201-2014、SL 520-2014、SL 602-2013 的相关规定。

3.2.6 水生态监测应搜集区域内关键断面水质、水生物等长历时监测记录。水质检测的采样布点、监测频率及监测数据的处理应遵循 GB 3838-2002、SL 219-2013、SL 395-2007 的相关规定。鱼类的调查可参照 SL 167-2014 相关规定。

4 河湖水系连通特征调查

4.1 一般规定

4.1.1 河湖水系连通特征与区域水安全保障能力密切相关,调查河湖水系连通特征的目的是掌握区域河湖水系连通现状,为河湖水系连通水安全保障能力评价提供基础资料、识别存在的问题和提出河湖水系连通优化建议。

4.1.2 河湖水系连通特征调查应包括对区域河湖水系连通的数量、结构及连通性特征的调查。

4.2 河湖水系连通评价指标

4.2.1 河湖水系连通数量特征应采用河网密度和水面率两个指标反映。

4.2.2 河湖水系连通结构特征应采用河网发育系数和干流面积长度比两个指标反映。

4.2.3 河湖水系连通性特征应采用河湖水系的纵向连通性和横向连通性两个指标加以描述。

4.3 河湖水系连通性评价

4.3.1 河湖水系连通特征调查计算宜按照以下步骤:

- 1 确定调查区域及地理范围;
- 2 搜集和复核河湖水系连通特征资料;
- 3 运用地理信息分析工具,提取计算河湖水系连通特征;
- 4 对比历史时期及现状下河湖水系连通特征,明确当前河湖水系连通特征的演变方向。

5 区域河湖水系连通水资源安全保障能力评价

5.1 一般规定

5.1.1 区域河湖水系连通水资源安全保障能力应从供水安全保障能力、水资源承载能力、水资源调配能力三个方面进行评价。

5.1.2 区域河湖水系连通水资源安全保障能力各评价方面应根据评价区实际情况及数据获取难易情况选取敏感于河湖水系连通特征变化的水资源安全保障能力评价指标。

5.2 区域河湖水系连通水资源安全保障能力评价指标

5.2.1 供水安全保障能力可选用供水安全系数作为评价指标,该指标应按公式(5.2.1)计算。

$$P_s = W_N / W_A \quad (5.2.1)$$

式中 P_s ——供水安全系数;

W_N ——区域用水总量 (m^3);

W_A ——区域所有供水工程供水能力之和 (m^3)。

5.2.2 水资源承载能力可选用水资源开发利用程度作为评价指标,该指标应按公式(5.2.2)计算。

$$C = W_u / W_r \quad (5.2.2)$$

式中 C ——水资源开发利用率;

W_r ——水资源总量 (m^3);

W_u ——水资源开发利用量 (m^3);

5.2.3 水资源调配能力可选用水资源调配率作为评价指标,该指标应按公式(5.2.3)计算。

$$A_\mu = w_1 \times \gamma_{st} + w_2 \times \gamma_{dr} + w_3 \times \gamma_{lf} \quad (5.2.3)$$

式中 A_μ ——水资源调配率;

γ_{st} ——蓄水工程调配率;

γ_{dr} ——河湖水系连通工程引水调配率;

γ_{lf} ——泵站提水调配率;

w_{1-3} ——蓄水工程调配率、河湖水系连通优化工程引水调配率、泵站提水调配率对应的权重,取 0~1 的正数,且满足 $w_1 + w_2 + w_3 = 1$ 。

6 区域河湖水系连通防洪安全保障能力评价

6.1 一般规定

6.1.1 区域河湖水系连通防洪安全保障能力应从防洪达标度、湖库调控能力、水网通道稳定性三个方面进行评价。

6.1.2 区域河湖水系连通防洪安全保障能力各评价方面应根据评价区实际情况及数据获取难易情况选取敏感于河湖水系连通特征变化的防洪安全保障能力评价指标。

6.2 区域河湖水系连通防洪安全保障能力评价指标

6.2.1 防洪达标度可选用防洪体系达标率作为评价指标，该指标应按公式（6.2.1）计算。

$$F_A = \frac{\sum A_{fs}}{\sum A_w} \times 100\% \quad (6.2.1)$$

式中 F_A ——区域防洪体系达标率；

A_{fs} ——区域达标的防洪工程个数或达标的面积（ m^2 ）；

A_w ——区域防洪工程总个数或区域总面积（ m^2 ）。

6.2.2 湖库调控能力可选用区域防洪能力作为评价指标，该指标应按公式（6.2.2）计算。

$$R_f = \frac{W_p}{W_f} \times 100\% \quad (6.2.2)$$

式中 R_f ——区域防洪能力；

W_p ——区域防洪工程（包括区域中水库等控制性工程在内的所有防洪工程）蓄水总量（ m^3 ）；

W_f ——历史特大洪水来水总量（ m^3 ）。

6.2.3 水网通道稳定性可选用冲淤岸线比例作为评价指标，该指标应按公式（6.2.3）计算。

$$K_{c/y} = \frac{L_c + L_y}{L_{tol}} \times 100\% \quad (6.2.3)$$

式中 $K_{c/y}$ ——冲淤岸线比例；

L_c ——区域受冲刷影响的岸线长度（ m ）；

L_y ——区域受淤积影响的岸线长度（ m ）；

L_{tol} ——区域总岸线长度（ m ）。

7 区域河湖水系连通水生态安全保障能力评价

7.1 一般规定

7.1.1 区域河湖水系连通水生态安全保障能力应从生境维持能力、水质达标程度、生物多样性维持能力三个方面进行评价。

7.1.2 区域河湖水系连通水生态安全保障能力各评价方面应根据评价区实际情况及数据获取难易情况选取敏感于河湖水系连通特征变化的水生态安全保障能力指标。

7.2 区域河湖水系连通水生态安全保障能力评价指标

7.2.1 生境维持能力可选用生态流量（水位）保障率作为评价指标，该指标应按公式（7.2.1）计算。

$$H_F = \frac{D_F}{D_E} \times 100\% \quad (7.2.1)$$

式中 H_F ——生态流量（水位）保障率；

D_F ——满足最低生态流量（水位）的断面（水体）个数；

D_E ——评价断面（水体）总个数。

7.2.2 水质达标程度可选用代表断面水质达标率作为评价指标，该指标应按公式（7.2.2）计算。

$$W_S = \frac{A_O}{A_E} \times 100\% \quad (7.2.2)$$

式中 W_S ——评价区域代表断面水质达标率；

A_O ——评价区域代表断面水质达标个数；

A_E ——评价区域代表断面总数。

7.2.3 生物多样性维持能力可选用香农-维纳多样性指数作为评价指标，该指标应按公式（7.2.3）**错误!未找到引用源。**计算。

$$H = -\sum_{i=1}^S \left(\frac{n_i}{N}\right) \log_2 \left(\frac{n_i}{N}\right) \quad (7.2.4)$$

式中 H ——香农-维纳多样性指数；

n_i ——物种 i 的个体数；

N ——生物总体个数；

S ——物种总数。

8 区域河湖水系连通水安全保障能力评价

8.0.1 区域河湖水系连通水安全保障能力评价采用层次分析法，综合水资源安全保障能力、防洪安全保障能力、水生态安全保障能力三个方面，依据指标计算得分，逐级加权，综合计算区域河湖水系连通水安全保障能力得分，应采用公式（7.2.1）进行计算。

$$CI_{ws} = \sum w_{hr} H_r = \sum w_{hr} \sum w_{cha} I_{dex} \quad (7.2.2)$$

式中 CI_{ws} ——区域河湖水系连通水安全保障能力得分；

w_{hr} ——水资源安全保障能力、防洪安全保障能力和水生态安全保障能力所占权重；

H_r ——水资源安全保障能力、防洪安全保障能力和水生态安全保障能力得分；

w_{cha} ——水资源安全保障能力、防洪安全保障能力和水生态安全保障能力选择评价指标所占权重；

I_{dex} ——选择评价指标得分。

8.0.2 区域河湖水系连通水安全保障能力应分为以下 5 个等级：

1 优：区域河湖水系连通水安全保障能力得分大于 90，表明当前区域河湖水系连通特征下的水安全保障能力高。

2 良：区域河湖水系连通水安全保障能力得分在 80 至 90 之间，表明当前区域河湖水系连通特征下的水安全保障能力较高。

3 中：区域河湖水系连通水安全保障能力得分在 65 至 80 之间，表明当前区域河湖水系连通特征下的水安全保障能力中等。

4 差：区域河湖水系连通水安全保障能力得分在 40 至 65 之间，表明当前区域河湖水系连通特征下的水安全保障能力较低。

5 劣：区域河湖水系连通水安全保障能力得分低于 40，表明当前区域河湖水系连通特征下的水安全保障能力低。

8.0.3 依据评价得分对区域河湖水系连通水安全保障能力进行等级划分，综合河湖水系连通特征调查分析结果，基于河湖水系对水安全保障的作用机制，分析区域河湖水系格局优化需求，提出水系连通优化建议，形成区域河湖水系连通水安全保障能力评价报告。

标准用词说明

标准用词	在特殊情况下的等效表述	要求严格程度
应	有必要、要求、要、只有……才允许	要求
不应	不允许、不许可、不要	
宜	推荐、建议	推荐
不宜	不推荐、不建议	
可	允许、许可、准许	允许
不必	不需要、不要求	

中华人民共和国水利团体标准

区域河湖水系连通水安全保障能力评价技术导则

T/CHES XXX—20XX

条 文 说 明

目 次

1 总则..... 13

2 术语..... 15

3 基础资料..... 16

4 河湖水系连通特征调查..... 18

5 区域河湖水系连通水资源安全保障能力评价..... 20

6 区域河湖水系连通防洪安全保障能力评价..... 22

7 区域河湖水系连通水生态安全保障能力评价..... 24

8 区域河湖水系连通水安全保障能力评价..... 27

1 总 则

1.0.1 本条主要说明区域河湖水系连通水安全保障能力评价技术导则编制的目的。

河湖水系是区域水资源的重要载体、生态环境的重要组成部分、经济社会发展的重要支撑，人类文明的出现，社会的进步和发展，都与河湖水系密不可分。我国水资源时空分布不均、部分地区水资源承载能力和调配能力不足，导致江河地区洪涝水宣泄不畅；加之近现代城镇化进程带来的河湖湿地萎缩，水环境和水生态恶化，区域河湖水系连通特征及功能与经济社会发展布局不匹配的矛盾日益凸显。

河湖水系连通优化作为增强水资源战略配置、提高水利保障能力、促进水生态文明建设的有效举措，在水安全保障中起到了举足轻重的作用。党和国家高度重视河湖水系连通在水安全保障中的作用，颁布一系列决议和指导意见，大力推进江河湖库水系连通优化工程建设，不断优化供水结构，统筹地表水和地下水资源利用，优化水资源调度配置，增强水灾害抵御能力，保护与修复水生态。但河湖水系连通优化的综合性、复杂性和不确定性，使得河湖水系连通优化对水问题的作用机制与保障手段呈现出综合性、协同性和差异性等不同特性。科学合理的河湖水系连通优化能够有力地提升水安全保障能力从而造福一方，反之则会使水安全问题更加恶化。因此，评估区域河湖水系连通特征下的水安全保障能力对河湖水系连通规划优化具有关键性的指导作用。

现有的较为成熟的水安全评价标准（导则）主要聚焦于水安全的某一方面，对河湖水系连通下综合性的水安全保障响应描述不足，使得对河湖水系连通优化工程建设指导性不强，亟待构建河湖水系连通水安全保障能力评价体系。从“水资源-水灾害-水环境”多角度筛选对河湖水系连通特征变化敏感的水安全保障指标，综合评估区域河湖水系连通特征下的水安全保障能力，为制定科学合理的河湖水系连通优化工程规划提供关键性指导，促进区域经济社会发展，服务于生态文明建设战略。为此编制本导则以统一和规范区域河湖水系连通水安全保障能力评价的内容、方法和技术要求。

1.0.2 本条说明本文件的评价目的及适用范围，即在规划阶段评判区域河湖水系连通特征下的水安全保障能力，识别区域河湖水系连通优化需求，判定规划的科学性和合理性。本文件定位为工程前评价，预期给管理部门及规划设计部门进行工程建设前序研究。

1.0.3 本条说明评价的对象为区域当前河湖水系连通特征下的水安全保障能力，河湖水系连通构件包含天然河湖水系及人工水通道。

1.0.4 区域河湖水系连通水安全保障能力评价资料搜集包含多个方面，涉及评价区域内河湖水系分布等下垫面情况，经济社会发展、关键断面水文生态检测等。复杂的资料收集给科学评价河湖水系连通水安全保障带来很大困难。因此，在开展评价前，应通过实地调查、现场勘测、布置测点观测或采用无人机拍摄、卫星遥感、地理信息系统等先进技术手段开展必要的现场调查和勘测，查清补齐，对收集资料的准确性、可靠性和一致性进行审查，以确保河湖水系连通水安全保障能力评价工作依据充分，特别是时序变化明显的资料，应搜集长历时资料反映演变情况。

1.0.5 本条规定了区域河湖水系连通水安全保障工作的主要内容。包括区域河湖水系连通特征调查、区域河湖水系连通水资源安全保障评价、区域河湖水系连通防洪安全保障能力评价和区域河湖水系连通水生态安全保障能力评价。其中区域河湖水系连通水资源安全保障能力、区域河湖水系连通防洪安全保障能力和区域河湖水系连通水生态安全保障能力评价得分为0至100，分值越高该项保障能力越强。

1.0.6 区域河湖水系连通水安全保障能力类别分为优、良、中、差、劣五个等级，依次对应区域河湖水系连通水安全保障能力高（90~100）、较高（80~90）、中等（65~80）、较低（40~65）和低（0~40）。结合区域河湖水系连通特征调查，对水安全保障能力中等及以下的区域提出河湖水系连通优化建议。

1.0.7 指标设置包括推荐指标和备选指标。根据评价区实际情况，选择一定的备选指标用于特定区域河湖水系连通水安全保障能力的评价。指标设置的合理性直接影响着评价结果的可信度，这里指标的选择遵从以下原则：

- 1 科学性原则：基于现有的科学认知，选取指标的驱动要素应具有确切的物理机制；

- 2 可操作性原则：用于评价的指标应可从现有观测统计成果上搜集整理，或可通过合理（时间和经费）的补充检测手段获取，便于操作；
- 3 代表性原则：指标选取应力求少而精并具有很好的代表性，可较好地反映河湖水系连通水安全保障能力；
- 4 独立性原则：用于评估河湖水系连通水安全保障的各项指标应相对独立，指标间不应存表征或含义重复；
- 5 敏感性原则：用于评价的指标应敏感于区域河湖水系连通特征变化。

2 术 语

2.0.1 河湖水系连通的定义及内涵理解多样。鉴于本文件旨在评估区域当前的河湖水系连通下水安全保障能力，明确河湖水系连通为当前评价区域的物理禀赋，确定本定义及内涵。

2.0.2 受不同学科不同尺度的影响，水安全的定义很多，本文件聚焦区域尺度，选择受河湖水系连通特征优化影响显著的水资源、水生态、水灾害三个方面综合评估水安全，确定本定义。

2.0.3 河湖水系连通有众多特征，参照工程实践和以往研究成果，河湖水系连通的数量、结构和连通性特征与水安全保障最为密切相关。基于此，本文件中河湖水系连通特征为区域内依靠自然水循环更新的天然河湖水系和人工措施构建的水通道的数量特征、结构特征和连通性特征的综合。

3 基础资料

3.1 一般规定

3.1.1~3.1.4 区域河湖水系连通水安全保障评价涉及河湖水系连通特征调查、区域河湖水系连通水资源安全保障评价、区域河湖水系连通防洪安全保障能力评价和区域河湖水系连通水生态安全保障能力评价四个方面。调查和评价所需资料较多，包含区域概况和水文气象、河湖水系连通特征、水利工程特征、水资源特征、洪涝灾害、水生态检测等多方面的资料。在很多区域，尤其是欠发达区域，观测和统计资料相对匮乏，加之早期资料观测和统计方法不统一，时空差异性大，导致资料的准确性、可靠性、一致性相对较弱。此外一些时序波动明显的变量（例如地表水面面积）显著受气象水文波动的影响，需要多年资料取均值计算。因此，有必要通过实地勘探和区域调研尽量收集区域河湖水系连通特征与水安全现状与历史情况的资料，对收集的资料进行三性审查。对于缺失的资料，应通过遥感卫星提取、布置测点观测等途径查清补齐，建立完善的河湖水系连通水安全保障能力评价基本资料库。

3.2 资料搜集

3.2.1 流域概况和水文气象资料应按 SL 196 和 SL 247 的有关规定收集和复核，主要包括以下部分：

- 1 区域经济、人口、地形、地质、植被等资料；
- 2 区域降水、气温、蒸发等气象资料，相关流量站、水位站历年实测径流等水文资料；
- 3 基础图件，包括河湖流域水系图、河湖地形图、河湖流域行政区划图、河湖流域水功能区划图等资料。

3.2.2 河湖水系连通特征应按 GB 50707、SL 257、SL 383 的相关规定收集和复核以下资料：

- 1 河湖水系形态、河道流向、流道等级等资料；
- 2 湖泊河流等水域面积、容积、水深等河湖水系地理信息资料。

3.2.3 涉水水利工程情况应调查水利闸、坝、取排水设施等不同类型的拦河工程的位置、规模、工程特性、调度运行等特性资料，小型水电站的调查可参照 SL 752 相关规定。

3.2.4 水资源特征资料应按照 SL/T 238、SL 395 的相关规定，从水利普查、水文年鉴、水资源公报、水资源规划以及相关水利工程的规划设计报告等文件中收集，获取如下资料：

- 1 区域用水量和产水量。用水量包括工业、农业、生活用水长历时资料；产水量需要地表和地下水产量、上游来水量、跨区域调水量等长历时资料；
- 2 存在水库、引调水工程等引-蓄-调水工程的区域，应收集水库、引调水工程的规模、蓄泄特征曲线等资料。

3.2.5 洪涝灾害方面应收集洪水资料、防洪规划资料、防洪工程资料、洪涝灾情和其他相关报告，按 GB 50201、SL 520、SL 602 的相关规定获取如下资料：

- 1 洪水资料包括历史典型暴雨、洪水和风暴潮资料，暴雨、洪水和风暴潮频率分析资料及设计暴雨、设计洪水成果资料，河道、分洪道、湖泊、水库和蓄滞洪区蓄泄特征资料等；
- 2 防洪规划资料包括防洪标准、防洪总体布局、洪水调度预案、防洪应急预案、河湖工程设计报告等；
- 3 防洪工程资料应调查工程与非工程措施。工程措施包括堤防、水库、蓄滞洪区、分洪闸坝、泵站等防洪排涝工程建设、运行和管理等资料。非工程措施应涵盖洪水调度方案、超标洪水防御及应急预案、洪水风险范围等资料；
- 4 洪涝灾情资料包括历史洪水淹没的范围、水深、时长、人员伤亡、财产损失等受灾情况资料。

3.2.6 水生态监测资料包含水质和水生物监测资料，应收集重点水质断面监测数据、评价区水产研究机构、农业农村局等水生态管理机构相关生态报告，受经济社会发展制约，在很多区域，尤其是欠发达区域，缺少相关水生态监测资料。水质监测应遵循 GB 3838、SL 219、SL 395、HJ 493 等标准相关规定布

置测站监测。水生生物监测应当依据 SL 167 等调查技术规范确定监测断面，监测水质、水生浮游生物、动植物等资料。需获取的资料如下所示：

- 1 水质监测应包括代表断面水质达标率、水功能区水质达标率等；
- 2 水生物监测包括水陆交错带植物、大型水生植物、鱼类、底栖动物等方面的数据。

4 河湖水系连通特征调查

4.1 一般规定

4.1.1 河湖水系连通特征调查是为了掌握区域内依靠自然水循环更新的天然河湖水系和人工措施构建的水通道（水库、人工湖、运河、引水渠等）的数量、结构和连通性特征。河湖水系连通特征是河湖水系形态及功能研究的基础，与水安全保障功能密切相关，很大程度决定了区域内水资源安全保障能力、防洪安全保障能力和水生态安全保障能力。例如水系数量发育程度高的区域，其水资源保障承载能力更高，但也可能面临更高的防洪保障压力；连通性良好的区域，在防洪安全保障、水生态保障更具优势。对于河湖水系连通水安全保障能力低的区域，对比分析河湖水系特征，可为区域河湖水系连通优化提供建议。

4.1.2 河湖水系连通特征众多，基于现有的工程实践与研究成果，河湖水系连通的数量、结构和连通性特征与水安全保障最为密切相关。河湖水系连通数量特征表明了区域内过水通道数量，直接影响着区域内水资源调配能力。河湖水系作为区域水资源的重要承载，与区域内水资源承载能力联系密切，更高的河湖水系储量意味着更大的自然调节库容和更高的洪旱灾害抵御能力。平原河网区域水流缓慢，不利于洪水、污水排泄与稀释，河湖水系连通结构优越的区域（例如干流面积长度比大的区域）更有利于洪水宣泄，提高区域防洪安全保障能力和水生态安全保障能力。广泛开展的河湖水系连通优化工程已经在实践中证明河湖水系的纵向和横向连通性能显著提高水生态保障能力。首先，区域内河湖水系连通性会影响水体交换能力和水功能区水质状况，特别是河湖水系连通性的好坏与水流的自净能力和纳污能力有着密切联系，并且连通性好的河湖水系能够显著增加河流湖泊周边湿地面积，提供更多的生物栖息地，有助于更好地保护生物多样性。其次，连通性好的河湖水系可扩大河流的源汇作用，增强了区域内蓄滞洪水的能力，有利于防洪和水资源分配与开发。综上，本文件选择对河湖水系连通数量、结构和连通性特征三方面进行调查，为河湖水系连通保障能力较低区域的河湖水系连通提供优化建议。

4.2 河湖水系连通评价指标

4.2.1 河湖水系连通数量特征反映了区域河湖水系发育程度，应采用河网密度和水面率指针。河网密度是单位流域面积上的河流总长度与区域总面积之比，其数值大小说明河流分布的疏密程度。水面率是区域多年平均水位下的水面积与区域总面积的比值，在一定程度上反映了区域水体容量与水体承载特征。河网密度和水面率越大，表明区域蓄水潜能越大，有利于区域水资源安全保障，但也可能不利于防洪安全保障。区域河湖水系连通数量特征指标的最优值空间异质性较大，应通过对比分析流域历史水安全保障能力较高时期的取值确定。

4.2.2 河湖水系连通结构特征是对区域河湖水系在平面空间上展布结构的描述，应采用河网发育系数和主干河流面积长度比指针。河网发育系数是河湖水系各级河道长度与河道总长度的比值，表示了各级支流的发育程度。干流面积长度比是区域主干河流的长度与河湖水系所占面积的比值，表明了主干河流长度与河网面积发育的不同步性。主干河流面积长度比越大，反映了单位主干河道长度覆盖的面积越大，河道过水能力越强，越有利于排涝与污水的排放，但同时也带来了较差的水资源蓄滞能力，削弱区域水资源安全保障能力。区域河湖水系连通结构特征指标的最优值空间异质性较大，应通过对比分析流域历史水安全保障能力较高时期的取值确定。

4.2.3 河湖水系连通性是对区域河道干支流、湖泊与其他湿地等水系连通情况的描述，反映水流的连通性和水系连通状况，参照《全国水资源保护规划技术大纲》采用纵向连通性和横向连通性加以描述。

河湖水系纵向连通性反映了区域河湖水系水流迁移在纵向（例如上游到下游）的联系。可由河道水坝等障碍物数量、水流通过障碍物前后流速等状态差异大小、鱼类的生物迁徙顺利程度、能量和营养物质的传递等方反映。针对实际观测难度情况采用河道闸坝等拦河水利工程数目与河道长度的比值评估纵向连通性，河湖水系连通纵向连通性应按公式（1）计算

$$W=N/L \tag{1}$$

式中 W ——河流纵向连通性指数；
 N ——河流的断点或节点等拦河障碍物数量（如闸、坝等）；
 L ——区域范围内河流的长度（km）。

纵向连通性的取值从 0 到无穷，其值越趋近 0，表明区域河湖水系纵向连通性越好。其值越大，表明区域水流迁移受阻越大，纵向连通性越差。按其值大小分为“优、良、中、差、劣”五级，具体划分见表 1。

表 1 纵向连通性赋分表

指标名称	评价标准（单位：个/100km）				
	优	良	中	差	劣
纵向连通性	0~0.3	0.3~0.5	0.5~0.8	0.8~1.2	>1.2

河湖水系横向连通性反映了河道与洪泛区和河岸区之间的联系。可采用具有连通性的水面面积（湖泊分布面积）/长度占区域总的水面面积/长度的比值表征，河湖水系连通横向连通性应按公式（2）计算。

$$C=A_2/A_1 \tag{2}$$

式中 C ——河湖水系横向连通性指数；
 A_2 ——连通的水面面积或滨岸带长度（m）；
 A_1 ——区域范围内水面面积或滨岸带长度（m）。

河湖水系横向连通性可以采用长历时的地表水面分布图，采用 ArcGIS 等地理信息处理软件拓扑获得。横向连通性的取值为 0~100%。其值越趋近 0，表明区域河湖水系横向连通性差。其值越大，表明区域水流横向迁移通畅，横向连通性越好。按其值大小分为“优、良、中、差、劣”五级，具体划分见表 2。

表 2 横向连通性赋分表

指标名称	评价标准（单位：%）				
	优	良	中	差	劣
横向连通性	>90	70~90	50~70	30~50	0~30

4.3 河湖水系连通性评价

4.3.1 资料收集范围应结合行政区划、水资源分区、主体功能分区等区域划分合理确定。对于可能存在的行政分区和地理分区复合存在的区域，应采用地理信息处理工具，例如 ArcGIS 手动描绘边界提取。

河湖水系连通性资料收集详见条文说明 3.2.2 及 3.2.3，对于缺资料地区可采用无人机拍摄、卫星遥感、地理信息系统等先进技术手段开展必要的现场调查、勘测和提取，查清补齐。对于资料相对丰富的区域，应对比调查勘测河湖水系图和卫星遥感影像复核资料。

运用地理信息分析工具提取河湖水系长度、等级、面积、拦河建筑数量等特征计算河网密度、水面率、河网发育系数、干流面积长度比、纵向连通性、横向连通性。其中河道等级采用霍顿河道等级划分方法。不同区域河湖水系的数量和结构特征存在明显的地域差异，应对比区域历史水安全保障能力较高时期的特征值分析河湖水系连通特征演变方向，识别当前河湖水系连通特征短板，用于综合河湖水系连通水安全保障能力提出河湖水系连通规划建议。

5 区域河湖水系连通水资源安全保障能力评价

5.1 一般规定

5.1.1 通过加强区域河湖水系连通性，增强地区水资源输送能力，减少引水的损失，增强对于径流的有效利用率，从而有效增加地区的可供水量，改善地区水资源承载能力，提升区域内水资源利用能力，合理提高区域水资源安全保障能力。所选水资源安全保障能力指标敏感于河湖水系连通特征变化。选取的供水安全保障能力、水资源承载能力、水资源调配能力三个方面可以反映区域河湖水系连通特征下的供水安全保障能力。如河网密度、河网发育系数可影响水系之间水资源的运输转移能力进而影响供水保障能力；河网密度、水面率可影响区域内水资源的分配均衡度进而影响区域水资源承载能力；河网密度、河网发育系数可影响区域水资源调配策略进而影响水资源调配能力。

5.1.2 若所推荐的指标无法反映评价区域实际情况或资料搜集以及计算难度较大，可选用备选指标进行评价，区域河湖水系连通水资源安全保障能力备选指标见 5.2.1~5.2.3，赋分细则见表 4。

5.2 区域河湖水系连通水资源安全保障能力评价指标

5.2.1 供水安全系数为区域内用水总量与区域内所有供水工程供水能力之和的比值，此处供水工程包括水库、泵站、引调水、农村供水、窖池及灌区和地下水取水井等供水工程可提供的供水量。

若供水安全系数相关资料难以获取或区域战略水源设置需要优化，可选用战略水源应急保障率作为备选指标。

战略水源应急保障率定义为战略水源储备量能够满足缺水量的年份与缺水总年数的比率，用于评价区域应急水源工程对该地区缺水量的保障能力。可通过长系列资料计算得到该地区每年的缺水量，然后对所有缺水年份的缺水量进行排频计算，若应急水源工程的战略水源储备量大于该年的缺水量，则称战略水源储备量能够满足该年缺水量。该指标应按公式（3）计算。

$$K_W = \frac{T_{WR-WE}}{T_{lac}} \quad (3)$$

式中 K_W ——战略水源应急保障率；

T_{WR-WE} ——战略水源储备量满足度，指战略水源储备量能满足应急缺水量的年数；

T_{lac} ——该地区缺水的总年数。

5.2.2 水资源开发利用程度指标参考《全国水资源保护规划技术大纲》，是指区域内各类生产与生活用水及河道外生态用水的总量占区域内水资源量的合理限度。水资源量的计算可用地表水资源量与地下水水资源量之和减去重复计量值。各流域水资源量在全国水资源评价中都有明确的数值以备查用。了解水资源开发利用状况，要对流域内的各类生产、生活用水量做全面调查，扣除重复利用量，得到总的水资源开发利用量。

若水资源开发利用程度相关资料难以获取或区域雨洪资源利用问题突出，可选用雨洪资源利用能力作为备选指标。

雨洪资源利用能力指通过河湖水系连通工程将洪水转化为可利用的水资源量与洪水总量的比值。该指标应按公式（4）计算。

$$F_{yh} = \frac{W_{yh}}{W_{hs}} \times 100\% \quad (4)$$

式中 F_{yh} ——雨洪资源利用能力；

W_{yh} ——通过河湖水系连通工程将洪水转化为可利用的水资源量（ m^3 ）；

W_{hs} ——洪水总量（ m^3 ）。

5.2.3 水资源调配率为蓄水工程调配率、泵站提水调配率、河湖水系连通工程引水调配率的加权平均，是一项综合性指标，反映区域内调配水资源的能力。蓄水工程调配率 γ_{st} 、河湖水系连通工程引水调配率

γ_{dr} 、泵站提水调配率 γ_{lf} 的内涵及计算公式如下：

蓄水工程调配率反映蓄水工程调配水资源的利用程度，应按公式（5）计算。

$$\gamma_{st} = \frac{W_{st}^*}{W_{st}} \times 100\% \quad (5)$$

式中 W_{st}^* ——蓄水工程实际蓄水量（ m^3 ）；

W_{st} ——蓄水工程最大蓄水能力（ m^3 ）。

河湖水系连通工程引水调配率反映河湖水系连通工程引水调配水资源的利用程度，应按公式（6）计算。

$$\gamma_{dr} = \frac{W_{dr}^*}{W_{dr}} \times 100\% \quad (6)$$

式中 W_{dr}^* ——河湖水系连通工程实际引水量（ m^3 ）；

W_{dr} ——河湖水系连通工程最大引水量（ m^3 ）。

泵站提水调配率反映泵站提水工程调配水资源的利用程度，应按公式（7）计算。

$$\gamma_{lf} = \frac{W_{lf}^*}{W_{lf}} \times 100\% \quad (7)$$

式中 W_{lf}^* ——泵站提水量（ m^3 ）；

W_{lf} ——泵站最大提水能力（ m^3 ）。

对水资源调配率进行赋分计算时，应首先对各子项进行计算然后对各子指标进行加权求和得出水资源调配率的值。各项所对应的权重值需要根据区域内各分子指标的重要性程度进行权重的分配，从而得到每一项的权重值。

若水资源调配能力相关资料难以获取或区域关键时间节点或关键站点水位保证问题突出，可选用枯季水位保证率或代表站水位满足程度作为备选指标。

枯季水位保证率指区域内主要河湖水位能达到枯季最低要求水位的保证程度，该指标应按公式（8）计算。

$$P_{sw} = \frac{T_s}{T_N} \quad (8)$$

式中 P_{sw} ——枯季水位保证率；

T_s ——水位达到枯季最低要求水位的时段数，一般选择天（旬或月）作为计算时段长；

T_N ——统计时段总数，一般选择天（旬或月）作为计算时段长。

代表站水位满足程度指区域内代表站水位一年中达到供水保证水位的天数占年内总天数的百分比，该指标应按公式（9）计算。

$$P_z = \frac{T_M}{T_N} \times 100\% \quad (9)$$

式中 P_z ——代表站水位满足程度；

T_M ——代表站一年内水位达到供水保证水位的天数；

T_N ——年内总天数。

6 区域河湖水系连通防洪安全保障能力评价

6.1 一般规定

6.1.1 河湖水系为洪水提供畅通出路，提供洪水蓄滞空间，平衡洪水灾害防治与资源利用的综合效益，有效降低洪涝灾害风险，保障防洪安全。选取防洪达标度、湖库调控能力、水网通道稳定性三个方面反映区域河湖水系连通特征下的防洪安全保障能力。所选防洪安全保障能力指标应敏感于河湖水系连通特征变化。如河网密度、水面率、河网发育系数、干流面积长度比、河湖水系纵/横向连通性可影响区域分洪能力，合理地优化河湖水系连通特征可减轻区域内河道分洪压力进而提升防洪达标度；河网密度、干流面积长度比、河网发育系数可影响区域内河湖有效蓄滞能力，进而影响湖库调控能力；可通过改善河湖水系横向连通性、河网密度、干流面积长度比优化河湖水力特征和岸线特征，进而提高水网通道稳定性。

6.1.2 若所推荐的指标无法反映评价区域实际情况或资料搜集以及计算难度较大，可选用备选指标进行评价，区域河湖水系连通防洪安全保障能力备选指标见 6.2.1~6.2.3，赋分细则见表 4 区域河湖水系连通水安全保障能力评价计分细则。

6.2 区域河湖水系连通防洪安全保障能力评价指标

6.2.1 防洪体系达标率用于评价区域行洪能力，指区域内满足预期防洪标准的工程个数（面积）占评价河湖流域防洪工程总个数（面积）的比率。

若防洪体系达标率相关资料难以获取或区域排涝问题突出，可选用排涝体系达标率作为备选指标。排涝达标率反映区域的排涝能力，指相关规划明确排涝任务与目标的区域中排涝达标面积与区域总面积的比值。该指标应按公式（10）计算。

$$R_d = \frac{M_d}{M_{tol}} \times 100\% \quad (10)$$

式中 R_d ——排涝达标率；

M_d ——排涝达标面积（ m^2 ）；

M_{tol} ——明确排涝任务与目标的区域总面积（ m^2 ）。

6.2.2 区域防洪能力反映区域能够抵御洪水的最大能力，指区域防洪工程能够有效蓄滞水量与百年一遇或特大洪水来水总量的比值。

若区域防洪能力相关资料难以获取或区域内水库淤积问题突出，可选用代表水库库容淤积损失率作为备选指标。代表水库库容淤积损失率反映区域或流域内代表水库的淤积损失程度，指截至评价基准年总计淤积损失库容占建库总库容的百分比。该指标应按公式（11）计算。

$$K_y = \frac{V_{los}}{V} \times 100\% \quad (11)$$

式中 K_y ——代表水库库容淤积损失率；

V_{los} ——总计淤积损失库容（ m^3 ）；

V ——建库总库容（ m^3 ）。

6.2.3 冲淤岸线比例反映区域岸线冲淤情况，指区域受冲刷和淤积影响的岸线长度与总岸线长度的比值。

若冲淤岸线长度资料难以测量获取或区域内崩岸/滩涂问题较为突出，在崩岸问题较为突出的区域可选用崩岸比例作为备选指标，在滩涂问题较为突出的区域可选用滩涂长度作为备选指标。该指标应按公式（12）计算。

$$K_{b/t} = \frac{L_{b/t}}{L_{tol}} \times 100\% \quad (12)$$

式中 $K_{b/t}$ ——崩岸或滩涂长度比例；
 $L_{b/t}$ ——河道崩岸/滩涂长度（m）；
 L_{tol} ——河道总长度（m）。

7 区域河湖水系连通水生态安全保障能力评价

7.1 一般规定

7.1.1 河湖水系连通特征变化可改变湖泊淹水范围而直接影响到水生生物的生境面积，由于河湖阻隔导致湖泊静水水位下降会进一步加剧生境质量降低。良好的河湖水系连通格局可以维持区域水文连通性以改善区域水动力条件，加快水体交换速度，增强水体富氧能力，改善湖泊水质。河湖水系连通特征变化可影响食物链、食物网和种间竞争，从而对其他生物群落产生间接影响。选取生境维持能力、水质达标程度、生物多样性维持能力三个方面反映区域河湖水系连通特征下水生态安全保障能力。所选水生态安全保障能力指标敏感于河湖水系连通特征变化。如可通过改善河湖水系纵/横向连通性、提升河网密度从而增加水力连接通道，促进物种转移，进而提升生境维持能力；可通过改善河湖水系纵向连通性增加水系节点，促进区域内水环境物质交换，进而提升区域水质达标程度；可通过改善河湖水系纵向连通性、增加河网密度、提升水面率为区域提供生态调水所需的必要通道，进而提高生物多样性维持能力。

7.1.2 若所推荐的指标无法反映评价区域实际情况或资料搜集以及计算难度较大，可选用备选指标进行评价，区域河湖水系连通水生态安全保障能力备选指标见 7.2.1~7.2.3，赋分细则见表 4 区域河湖水系连通水安全保障能力评价计分细则。

7.2 区域河湖水系连通水生态安全保障能力评价指标

7.2.1 生态流量（水位）保障率为水体流量（水位）满足最低生态流量（水位）的程度。最低生态流量（水位）即维持河流、湖库中动植物等生物群落稳定，生态环境与功能不受破坏所需要的基本水量（水位）。一般对河流评价其满足生态流量的程度，对湖库评价满足生态水位的程度。生态流量（水位）可直接采用水利部或地方政府部门的核算值；对于无法核算的河流断面，可参考该区域（或相似区域）大小相近河流（湖库）的生态基流（生态水位）值；对于小型河流，可以是否存在断流为判断依据，如不存在断流则认为满足，否则为不满足。选取河流的主要控制断面及湖库的代表性水位站点进行评价，在评价期内，评价断面如出现不满足最低生态流量（水位）的情况，则认为该断面不达标。

若生态流量（水位）保障率相关资料难以获取则可选用水陆交错带面积指数或关键生活史时期流速（水位）适宜度作为备选指标。

水陆交错带指水体与陆地之间的过渡带。可通过现场监测（自然状态下，水陆交错带陆向界线为周期性高水位时湖泊影响地形、水文、基质和生物的上限，水向界线在深水湖泊为大型植物分布的下限，或为由深水波浪转为浅水波浪的界限；通过计算得出上下限之间的面积，即其与常水位水体面积的比值）以及资料搜集（文献资料以及示范区环保部门监测资料等）获取数据。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）》，适宜的左、右岸河岸宽度一般均应大于河槽的 0.4 倍；对于浅水湖泊，水陆交错带面积一般应为湖泊面积的 10%至 50%，或平均宽度大于 50m。水陆交错带面积指数是指满足上述要求水体的个数占评价水体总数量的比例。该指标应按公式（13）计算。

$$H_A = \frac{L_O}{L_E} \times 100\% \quad (13)$$

式中 H_A ——水陆交错带面积指数；

L_O ——满足水陆交错带面积或宽度要求的水体个数；

L_E ——评价水体总个数。

关键生活史时期流速（水位）适宜度表示评价区域流速（水位）达标河（湖）段占总河（湖）段的比例。生活史指个体从出生、生长发育、生殖直到死亡的全部生命过程和格局。关键生活史时期是指水生生物繁殖、幼体生长的主要时期，一般而言，3 至 6 月份是大部分种类的关键生活史时期。当评价水体流速（水位）达到主要水生生物类群或重要物种繁殖和幼体生长的需求时，该水体的流速（水位）被认为是适宜的。关键生活史时期流速（水位）适宜度评价范围应包括评价区域的主要河流和湖库。该指

标应按公式（14）计算。

$$H_V = \frac{N_O}{N_E} \times 100\% \quad (14)$$

式中 H_V ——关键生活史时期流速（水位）适宜度；

N_O ——评价区域河湖流速（水位）达标断面个数；

N_E ——参与评价的河湖总断面个数。

7.2.2 代表断面是指评价区域内的重点控制断面、关键控制断面或受工程影响较大的断面，可依据区域国家及省市地表水考核断面进行选取。代表断面水质达标率是代表断面水质优劣程度达到本地区水质标准的比例。断面水质达标数据可参考环保部及地方政府发布的水质公报等，也可依据现场监测（评价标准与方法遵循《地表水资源质量评价技术规程》（SL395-2007）、《地表水环境质量标准》（GB 3838）等相关规定）以及资料搜集（文献资料、示范区环保部门监测资料以及当地水质公报、水资源公报等）进行评价。

若区域代表断面划分较为困难，可选用水功能区水质达标率或区域河湖水体交换率作为备选指标。

水功能区水质达标率表示评价达标水功能区个数占评价水功能区个数的比例，水质达标率按全因子评价。评价范围应包括评价区域的主要河流和湖库。数据来源主要有现场监测（评价标准与方法遵循《地表水资源质量评价技术规程》（SL395-2007）、《全国重要江河湖泊水功能区达标评价技术方案》、《地表水环境质量评价办法（试行）》（环办〔2011〕22号）、《地表水环境质量标准》（GB 3838-2002）等相关规定）以及资料搜集（文献资料、示范区环保部门监测资料以及当地水质公报、水资源公报等）。该指标应按公式（15）计算。

$$W_Q = \frac{F_O}{F_E} \times 100\% \quad (15)$$

式中 W_Q ——评价区域水功能区水质达标率；

F_O ——评价区域水功能区达标个数；

F_E ——评价区域水功能区总数。

区域河湖水体交换率表示河湖水体交换的快慢程度即速率，指年度河湖入库水量与河湖容积之比。评价范围应包括评价区域的主要河流和湖库，以通江湖泊鄱阳湖的换水周期为参考确定其水体交换率的上限，此指标适用于平原水系。该指标应按公式（16）计算。

$$W_E = \frac{R_Z}{V} \times 100\% \quad (16)$$

式中 W_E ——区域河湖水体交换率；

R_Z ——年度河湖入库流量（ $\text{m}^3/\text{年}$ ）；

V ——河湖容积（ m^3 ）。

7.2.3 香农-维纳多样性指数适用生物类群有底栖动物、浮游植物和浮游动物、大型水生植物。

若香农-维纳多样性指数相关资料难以获取，可选用指示性物种多样性或主要类群物种多样性作为备选指标。

指示性物种是指可以反映环境质量信息的生物体，具有分类明确、生态学特征明显、分布广泛、数量丰富、易于量化、对环境压力高度敏感等特征。主要选取对水系连通响应敏感的生物类群，如洄游性鱼类、底栖动物中的双壳类和 EPT（蜉蝣目、襀翅目及毛翅目）、硅藻等类群。指示性物种多样性是指群落中指示性物种的种类数，在数据充足的条件下，可以计算指示性物种的香农-维纳多样性指数。可通过现场监测（利用《内陆水域渔业自然资源调查手册》进行调查，并利用《中国动物志》进行鉴定）或资料搜集（文献资料以及示范区环保部门监测资料等）获取数据，可以历史状态、其他优良系统或管理预期目标作为参照系统。该指标应按公式（17）计算。

$$B_I = \frac{M_O}{M_E} \times 100\% \quad (17)$$

式中 B_I ——指示性物种多样性；

M_O ——评价区域指示性物种的种类数；

M_E ——参照系统中指示性物种的种类数。

主要生物类群包括鱼类、底栖动物、浮游动物、大型水生植物、浮游植物。主要类群物种多样性是指各类群水生生物种类数量与参照系统中种类数量比值的算术平均值。依据水体类型，河流生态系统可选择鱼类、底栖动物和硅藻进行评价，湖泊可选择鱼类、底栖动物和大型水生植物进行评价，水库可选择鱼类、底栖动物和浮游植物进行评价。可通过现场监测或资料搜集获取数据，以历史状态、其他优良系统或管理预期目标中的指示性生物多样性为参照系统。该指标应按公式（18）计算。

$$B_M = \frac{\sum_{i=1}^n (Y_i/JY_i)}{n} \times 100\% \quad (18)$$

式中 B_M ——主要类群物种多样性；

Y_i ——评价区域第 i 个类群的物种数；

JY_i ——评价区域参照系统第 i 个类群的物种数；

n ——类群总数。

8 区域河湖水系连通水安全保障能力评价

8.0.1 层次分析法是将需要决策的问题置于一个大系统中，将问题分解并层次化，形成一个多层次的评价分析模型。通过专家咨询确定指标相应重要程度，形成判断矩阵，计算出每个评价指标对上级指标产生的影响权重。通过逐层计算，计算评价问题总目标，其主要步骤如下：

1 构造判断矩阵：针对某一个评价指标的下一级，有 n 个同级指标， a_{ij} 为第 i 个指标对第 j 个指标的相对重要性比值，数值根据 9 标度方法确定。构成判断矩阵为：

$$A=\begin{bmatrix}a_{11}&a_{12}&\cdots&a_{1n}\\a_{21}&a_{22}&&a_{2n}\\\vdots&&\ddots&\vdots\\a_{n1}&a_{n2}&\cdots&a_{nn}\end{bmatrix}$$

(19)

2 处理判断矩阵：对判断矩阵 A 的每列进行归一化处理，计算判断矩阵的特征向量与最大特征值，并计算随机一致性比率进行一致性检验。

$$W=(W_1,W_2,\dots,W_n)$$

(20-1)

$$W_i=\frac{C_i}{\sum_{i=1}^n C_i}$$

(20-2)

$$\lambda_{max}=\frac{1}{n}\sum_{j=1}^n\frac{(AW)_i}{W_i}$$

(20-3)

$$CR=CI/RI$$

(20-4)

$$CI=\frac{\lambda_{max}-n}{n-1}$$

(20-5)

式中 W ——矩阵近似特征向量；
 λ_{max} ——最大特征值；
 AW_i —— AW 的第 i 个分量；
 CR ——判断矩阵的随机一致性比率；
 CI ——判断矩阵的一般一致性指标；
 RI ——通过查表获得。

表 3 层次分析法一致性 RI 表

n	1	2	3	4	5	6	7	8	9
RI	0.00	0.00	0.58	0.90	1.12	1.24	1.32	1.41	1.45
n	10	11	12	13	14	15			
RI	1.49	1.51	1.48	1.56	1.57	1.59			

若 $CR<0.1$ ，则认为判断矩阵通过一致性检验。最大特征值 λ_{max} 所对应的特征向量 W 的各个分量代表了该层各指标相对于上一级指标的相对重要性，即为该级各指标的权重。

按照上述过程计算每一级指标权重，然后自下而上逐级相乘得到每个评价指标相对总目标的权重，并最终将各指标按其权重逐级加权对目标加以综合评价。

各指标应根据计算得分依据表 4 进行赋分。

表4 区域河湖水系连通水安全保障能力评价计分细则

指标性质	类别	指标	单位	指标分级阈值及分值				
				优 (80~100)	良 (60~80)	中 (40~60)	差 (20~40)	劣 (0~20)
推荐指标	水资源	供水安全系数	-	≥1.5	1.5~1.2	1.2~1.0	1.0~0.9	0.9~0
		水资源开发利用程度	%	0~50	50~80	80~120	120~150	>150
		水资源调配率	%	≥80	80~60	60~40	40~20	20~0
	防洪	防洪体系达标率	%	≥95	95~80	80~70	70~60	60~0
		区域防洪能力	%	≥95	95~85	85~75	75~60	60~0
		冲淤岸线比例	%	0~10	10~20	20~30	30~40	>40
	水生态	生态流量(水位)保障率	%	≥95	95~80	80~70	70~50	50~0
		代表断面水质达标率	%	≥95	95~80	80~60	60~40	40~0
		香农-维纳多样性指数	-	≥3	3~2	2~1	1~0	0
备选指标	水资源	战略水源应急保障率	%	≥95	95~80	80~60	60~40	40~0
		雨洪资源利用能力	%	≥40	40~30	30~20	20~10	10~0
		枯季水位保证率	%	≥95	95~85	85~70	70~50	50~0
		代表站水位满足程度	%	≥98	98~95	95~90	90~80	80~0
	防洪	排涝体系达标率	%	≥95	95~80	80~70	70~60	60~0
		代表水库库容淤积损失率	%	0~5	5~10	10~15	15~25	>25
		崩岸(滩涂)长度比例	%	0~10	10~20	20~30	30~40	>40
	水生态	水陆交错带面积指数	-	≥0.95	0.95~0.8	0.8~0.7	0.7~0.5	0.5~0
		关键生活史时期流速(水位)适宜度	%	≥95	95~80	80~70	70~50	50~0
		水功能区水质达标率	%	≥95	95~80	80~60	60~40	40~0
		区域河湖水体交换率	%	1200~200	200~100	100~50	50~30	30~0
		指示性物种多样性	%	≥90	90~70	70~50	50~20	20~0
		主要类群物种多样	%	≥90	90~70	70~50	50~20	20~0

8.0.3 区域河湖水系连通水安全保障能力评价报告主体部分应包含以下部分：

- 1 基本情况：确定调查区域及地理范围，概要说明自然地理、河湖水系及历史演变、水文气象及经济社会状况概要，分析水资源及开发利用状况、水环境、水生态等方面的主要特点及存在的主要问题；
- 2 河湖水系连通特征调查：收集和复核河湖水系连通特征资料，运用地理信息分析工具获取区域河湖水系数量、结构、连通性特征，分析区域河湖水系连通特征现状；
- 3 区域河湖水系连通水安全保障能力评价方案：说明选用的评价指标体系、评价方法与评价标准；重点针对可能选取的备选指标，说明其选用的必要性与依据，论述备选指标选取的合理性，说明指标的资料数据收集来源及收集情况；
- 4 区域河湖水系连通水安全保障能力评价：按照规定的评价方法与标准，逐一说明各指标的权重设置、计算过程与赋分结果，最终计算得到区域河湖水系连通水安全保障能力赋分；
- 5 区域河湖水系连通水安全保障能力问题分析与保护对策：根据区域河湖水系连通水安全保障能力赋分，说明区域河湖水系连通水安全保障能力整体特征，分析区域河湖水系连通水安全保障能力的主要压力。在河湖水系连通特征调查的基础上，重点对比历史水安全保障能力较高时期的河湖水系连通特征，分析河湖水系连通特征，对河湖水系连通水安全保障较差（区域河湖水系连通水安全保障能力评级为中、差、劣）的区域加以分析，并通过历史资料对比或流域调查等方法提出区域河湖水系连通规划优化建议；
- 6 专题图：河湖水系图（包括水资源分区、水功能区区划、行政区划、重要水工程布置等信息）以及区域河湖水系连通水安全保障能力调查方案专题图（包括评价水系及典型区位置图等）。