

《水生态承载力评估技术指南》

编 制 说 明

《水生态承载力评估技术指南》
标准制定编制组
2020年6月

目 录

1 项目背景.....	1
1.1 任务来源.....	1
1.2 工作过程.....	1
2 标准制定的必要性分析.....	3
2.1 法律法规需求.....	3
2.2 生态环保工作需求.....	4
2.3 相关标准现状.....	4
2.4 标准制定的必要性.....	5
3 前期工作基础.....	5
3.1 系统开展了水生态承载力概念内涵辨析，统一构建指标体系.....	5
3.2 构建评估技术方法，在滦河、太湖流域（常州）实现水生态承载力评估技术应用验证，支撑诊断了区域水生态环境问题.....	7
4 标准制定技术路线与实施方案.....	9
4.1 制定目的.....	9
4.2 编制依据.....	9
4.3 编制原则.....	10
4.4 编制方法.....	11
5 关键技术步骤解释.....	11
5.1 水生态承载力评估指标体系构建.....	11
5.2 水生态承载力量化评估与分级.....	12
6 技术内容.....	13
6.1 范围.....	13
6.2 规范性引用文件.....	13
6.3 术语和定义.....	14
6.3.1.....	14
6.3.2.....	14
6.3.3.....	14
6.3.4.....	15

6.4 评估指标体系.....	15
6.4.1 评估指标及权重.....	15
6.4.2 评估指标含义与数据来源.....	17
6.5 评估方法.....	24
6.5.1 评估指标赋分.....	24
6.5.2 指标加权计算.....	25
6.5.3 水生态承载力综合评估.....	26
6.5.4 等级判别.....	26
6.5.5 评估结果.....	26
参考文献.....	28
附录 A 评估指标等级、赋分标准与参考依据.....	30
1 水资源.....	30
1.1 评估指标等级与赋分标准.....	30
1.2 评估指标等级划分的参考依据.....	30
2 水环境.....	30
2.1 评估指标等级与赋分标准.....	30
2.2 评估指标等级划分的参考依据.....	31
3 水生态.....	32
3.1 评估指标等级与赋分标准.....	32
3.2 评估指标等级划分的参考依据.....	32

1 项目背景

1.1 任务来源

国家水体污染控制与治理科技重大专项（简称“水专项”）在“十三五”课题《流域水生态功能分区管理技术集成》中明确要求，在“十一五”以来水专项成果基础上，面向全国水生态功能区综合管控的技术需求，开展水生态承载力评估与调控技术体系整理与评估，形成相关技术手册和技术指南。

我国社会经济发展对水生态系统造成了巨大压力，水资源短缺、水环境污染和水生态退化等问题交织显现。当前水生态环境问题错综复杂，单纯的水资源管理或水污染防治尚不能全面支撑解决水生态环境保护与社会经济发展间的矛盾，急需开展面向水生态环境系统保护的问题诊断与综合管控技术应用。水生态承载力评估是系统诊断水生态环境对社会经济活动的承载状态、识别主要超载因子的重要手段。

可知，开展水生态承载力评估有助于系统诊断水生态环境问题，对于推动“三水”统筹管理具有重要应用价值。而现行评价标准中尚未有规范统一的水生态承载力评估技术方法，制定《水生态承载力评估技术指南》的技术标准，对于支撑实现水生态环境系统监管尤为重要。

1.2 工作过程

为科学支撑区域/流域水生态环境监管工作，“十一五”以来水专项立项6个研究课题，系统开展了水生态环境承载力基础理论和管理技术的研发与应用示范。

“十一五”期间，水专项设立“流域水生态承载力与容量总量控制技术研究”（2008ZX07526-004）、“太湖流域水生态功能分区与质量目标管理技术示范”（2008ZX07526-007）、“赣江流域水生态功能分区与质量目标管理技术示范”（2008ZX07526-008）和“辽河流域水生态功能分区与质量目标管理技术示范”（2009ZX07526-006）共4个课题在辽河、太湖和赣江流域重点开展了水生态承载力基础理论与评估技术方法研究。

“十二五”期间，水专项设立“控制单元水生态承载力与污染物总量控制技术研究与示范”（2013ZX07501-005）课题，按照“分区、分类、分级、分期”管理思路，以基于流域水生态功能分区的水质保障和水生态安全为目标，开展了控制单元水生态承载力评估与优化调控技术研究与应用示范。

“十三五”期间，水专项设立“流域水生态功能分区管理技术集成”（2017ZX07301-001）课题，在系统总结“十一五”、“十二五”前期研究成果的基础上，通过技术集成与评估，构建了功能区水生态承载力评估与调控技术体系，编制形成相关技术手册和水生态承载力评估与调控核心技术标准。

2018年4月，为推进完成水专项任务要求，编制组决定进行《水生态承载力评估技术指南》（简称《评估指南》）的编制工作。

2018年4-8月，编制组开展了《评估指南》的编制工作。2018年4月-5月，系统收集整理“十一五”以来水生态承载力相关的研究成果资料。2018年5月-6月，梳理分析水生态承载力概念内涵等理论基础，组织召开水生态承载力学术研讨会，统一承载力概念内涵，研讨支撑管理应用的评估与调控技术方法。2018年7月，基于水生态承载力概念内涵，系统调研承载力指标体系，构建水生态承载力评估推荐指标体系及指标赋分方法。2018年8月，调研水生态承载力评估方法，结合水专项典型区评估示范成果，确定水生态承载力评估推荐指标权重与量化评估方法，编制形成《水生态承载力评估技术指南》初稿。

2018年9月-2019年1月，编制组开展了《评估指南》修改完善。2018年9-10月，编制组针对《评估指南》指标体系和赋分标准进行了进一步调研和完善，优化了评估指标体系与生物完整性赋分标准。

2018年10月-2019年1月，编制组开展了《评估指南》的典型区应用。在滦河流域和太湖流域常州市功能区开展了水生态承载力评估技术应用示范，诊断识别了滦河流域水资源过度开发、水生生态破坏等主要问题，甄别了常州市天宁区、钟楼区等中心城区超载区域和河流连通性、水环境治理、水域面积指数等超载指标，完成相关成果的同行专家论证，为区域水生态环境管理指明了工作方向。

2020年1月14日，编制组完成立项申请书并召开标准审查会，邀请了7名生态类行业、环境标准、监测等方面的专家，对《评估指南》标准草案进行了专家咨询和意见收集，依据专家意见，同意对《评估指南》进行立项（于2020年5月13

日经中国环境科学学会公告正式立项)。

2020年2月-3月，进一步对标准草案开展了修改完善。

2020年4月，编制组完成《评估指南》标准草案修改稿和编制说明(初稿)，并召开技术标准审查咨询会，邀请了6名生态类行业、环境标准、监测等方面的专家，对《评估指南》标准草案进行了专家咨询和意见收集，依据中国环境科学学会及专家意见，同意加快《评估指南》发布程序，开展征求意见工作。

2020年5月-6月，进一步对《评估指南》标准草案和编制说明开展了系统修改和完善，拟广泛征求意见。

2 标准制定的必要性分析

2.1 法律法规需求

《中华人民共和国环境保护法》(2014修正)要求：“采取有利于节约和循环利用资源、保护和改善环境、促进人与自然和谐的经济、技术政策和措施，使经济社会发展与环境保护相协调”。

《中华人民共和国水污染防治法》(2017修正)规定：“根据流域生态环境功能需要，明确流域生态环境保护要求，开展流域环境资源承载能力监测、评价”。

《水污染防治行动计划》(国发〔2015〕17号)要求“强化源头控制，水陆统筹、河海兼顾，对江河湖海实施分流域、分区域、分阶段科学治理，系统推进水污染防治、水生态保护和水资源管理”。

《“十三五”生态环境保护规划》(国发〔2016〕65号)提出，“以主体功能区规划为基础，规范完善生态环境空间管控、生态环境承载力调控、环境质量底线控制、战略环评与规划环评刚性约束等环境引导和管控要求”。

为健全水生态环境系统监管技术规范体系，促进生态环境管控工作规范化、科学化，更好的系统推进水污染防治、水生态保护和水资源管理，促进经济社会发展与水生态环境保护相协调，制定水生态承载力评估技术标准是十分必要的。

2.2 生态环保工作需求

(1) 标准制定适应国家生态环保体制机制，满足我国“山水林田湖草”生命共同体管理理念的迫切要求

2018年，国家生态环境管理机构改革，打破了长期以来的“九龙治水”、生态系统分要素管理格局，将山水林田湖草都统一起来，推进构建生态系统一体化管理模式。我国“山水林田湖草”生命共同体理念指出，生态文明建设是一个系统工程，必须按照生态系统的整体性、系统性及内在规律，统筹考虑自然生态各要素，进行整体保护、宏观管控、综合治理，全方位、全地域、全过程开展生态文明建设，增强生态系统循环能力，维护生态平衡。水生态承载力评估技术标准制定，需从水生态系统性、完整性出发，满足我国“山水林田湖草”生命共同体管理理念。

(2) 标准制定面向水生态系统管理需求，推动国家从水资源、水环境分类管理向水生态综合监管转变

水十条（国发〔2015〕17号）要求按照“节水优先、空间均衡、系统治理、两手发力”原则，强化源头控制，水陆统筹、河海兼顾，对江河湖海实施分流域、分区域、分阶段科学治理，系统推进水污染防治、水生态保护和水资源管理。2018年，生态环境管理机构改革将“水环境管理司”更名为“水生态环境司”，标志着国家涉水管理工作由单纯的水环境管理向水生态保护迈进。当前，单方面的水资源或水环境管理手段对水生态环境系统性考虑不足，难以支撑水生态环境综合监管的迫切需求，急需加强水生态问题评估诊断技术支撑。水生态承载力评估技术标准制定，统筹考虑水资源、水环境、水生态“三水”管理，建立支撑水生态系统问题诊断的技术标准，有效促进水生态系统综合监管工作。

2.3 相关标准现状

2016年，国家发改委联合13部委印发了《资源环境承载能力监测预警技术方法（试行）》的通知，阐述了资源环境承载能力监测预警的技术流程、指标体系、指标算法与参考阈值、集成方法与类型划分等技术要点。

2013年，原环境保护部印发了《流域生态健康评估技术指南（试行）》的通

知，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、问题分析与综合评估。

2016年6月，江苏省发布《太湖流域（江苏）水生态健康评估技术规程》，规定了适用于太湖流域（江苏）水生态健康评估的指标体系、评估方法、水生态监测方法等技术规范。

此外，有针对海域资源和草场畜牧等发布实施的承载力监管地方标准，包括《近岸海域海洋资源承载力评估技术规程》（DB37/T 2910-2017）和《三江平原天然小叶章草场家畜承载力监测技术规程》（DB23/T 1518-2013）。

2.4 标准制定的必要性

面向我国水生态环境保护相关法律法规、生态环保工作的技术需求，我国缺少系统完善的水生态承载力监管的技术标准。以往承载力相关技术标准多从水土资源环境角度规定承载力的指标阈值、评估方法等技术要求；亦或是从水生态健康角度偏重水生生境和水生生物状况评价。相关技术标准尚未从水生态系统性、完整性角度，科学衡量水生态系统与经济社会间协调关系，缺乏针对水生态承载力监管的评估诊断技术标准，不能满足生态系统一体化管理模式构建以及由水资源-水环境分类管理向水生态系统综合监管转变的技术需求。因此，制定水生态承载力评估技术标准是十分必要的。

3 前期工作基础

3.1 系统开展了水生态承载力概念内涵辨析，统一构建指标体系

系统梳理了承载力概念起源与发展历程，全面调研了1990年以来水资源、水环境、水生态“三水”相关承载力研究进展（涉及期刊论文1300余篇），对比分析了三者间概念、指标的差异。在集成前期研究成果基础上，从水生态系统性和服务功能完整性角度，辨析统一了水生态承载力概念：在一定发展阶段，一定技术水平条件下，某空间范围内的水生态系统在维持自身结构和功能长期稳定、水生态过程可持续运转的基础上，具有的为人类社会活动提供生态产品和服务的能

力。水生态承载的主体为水生态系统，承载客体是人类社会活动，承载关系表现为水生态系统为人类社会活动提供水生态成品和服务。

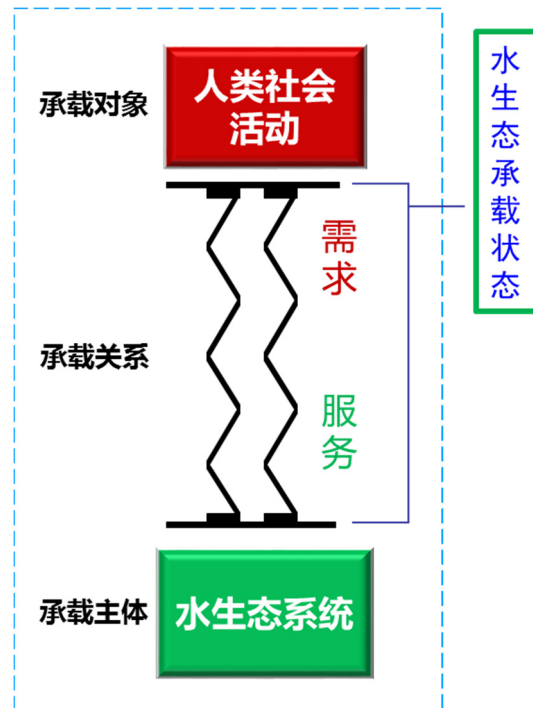


图3-1-1 水生态承载力示意图（张远等（2019））

基于水生态承载力概念与水生态系统服务功能完整性，从生态服务-人类需求角度出发，面向水资源、水环境和水生态3大维度解析了水生态承载力内涵（张远等，2019）。其中，水资源服务面向人类社会生产生活用水需求，涉及水资源禀赋和水资源利用相关要素；水环境服务面向经济社会点面源污染排放需求，涉及水环境纳污与水环境净化相关要素；水生态服务面向人类社会的生态产品或服务需求，涉及水生生境、水生生物相关要素。

进一步，通过前期承载力指标调研，结合水生态承载力概念内涵，提出“专项-分项-评估”三级指标框架，考虑指标体系完整性、区域性、普适性、可量化性、动态性等原则，从收集到的1588个基础指标（文献调研获得指标1365个、水专项研究成果指标79个、国家管理应用指标144个）中经冗余度和频度分析初选形成备选指标197个。考虑国家管控政策要求（如“三线一单”、环境准入）结合专家咨询研判，构建形成水生态承载力推荐指标体系包括水资源、水环境和水生态3个专项指标，包括6个分项指标、23个评估指标。

3.2 构建评估技术方法，在滦河、太湖流域（常州）实现水生态承载力评估技术应用验证，支撑诊断了区域水生态环境问题

在水生态承载力指标体系基础上，结合“十一五”以来水专项在辽河、太湖、赣江等水生态承载力应用示范成果，研究界定了各项指标计算阈值与权重分配，明确了评估指标计算、指标赋分、加权评分、等级判别和结果分析等技术流程与方法。应用构建的水生态承载力评估技术方法，在滦河流域（北方山区型）和太湖常州市（南方平原区）分别开展了水生态承载力评估技术应用验证。相关情况简述如下：

（1）**滦河流域（北方山区型）水生态承载力评估。**系统开展了滦河流域水生态环境、经济社会等历史数据资料收集整理。自2016年起，在滦河干流及主要支流布设点位46个，对流域开展了系列水生态调查。基于相关数据，系统开展水生态承载力评估，结果表明：滦河流域9个评估单元HECCI分值介于43~54之间，平均值为48.1分，水生态承载力总体上呈临界超载状态。水资源禀赋、水资源开发利用是制约该流域水生态承载力的关键短板；水生境质量（河岸带林草覆盖率、水域面积、河流连通性等）和生物完整性是滦河流域水生态临界超载的主控因素。

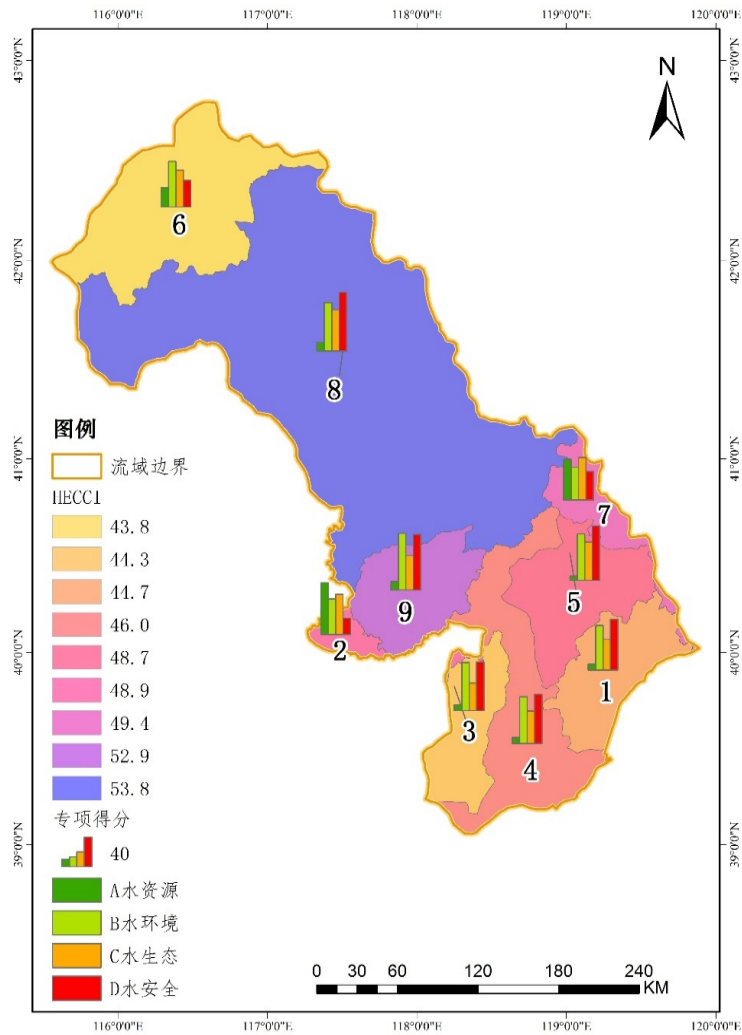


图3-2-1 溧河流域水生态承载力评估结果

(2) 太湖常州市(南方平原区)水生态承载力评估。系统开展了2010-2016年常州市水生态环境、经济社会等历史数据资料收集整理与系列水生态野外调查。从水资源、水环境、水生态3个维度综合评估了常州市水生态承载力多年动态过程，诊断各区承载力限制因素。结果表明：常州市2010-2016年来，水生态为临界承载状态，呈现逐步改善趋势，7年间提升了15%；溧阳市率先由临界超载状态提升为安全承载状态，其中金坛区的II-01和I-01功能区达到安全承载状态。天宁、钟楼等中心城区由最初的超载状态逐步改善为临界超载状态；但常武地区的IV-02功能区仍处于超载状态。超载问题诊断发现，河流连通性、水环境质量指数、水域面积指数、人均水资源量、水资源开发利用率、林草覆盖率及大型底栖动物完整性指数是制约水生态承载力的关键因子，在区域水生态环境管理中需重点关注。相关技术方法已被常州典型功能区数字化管理评估嵌入用于常态化水生态承载力评估分析（已上线运行），支撑业务化管理应用。

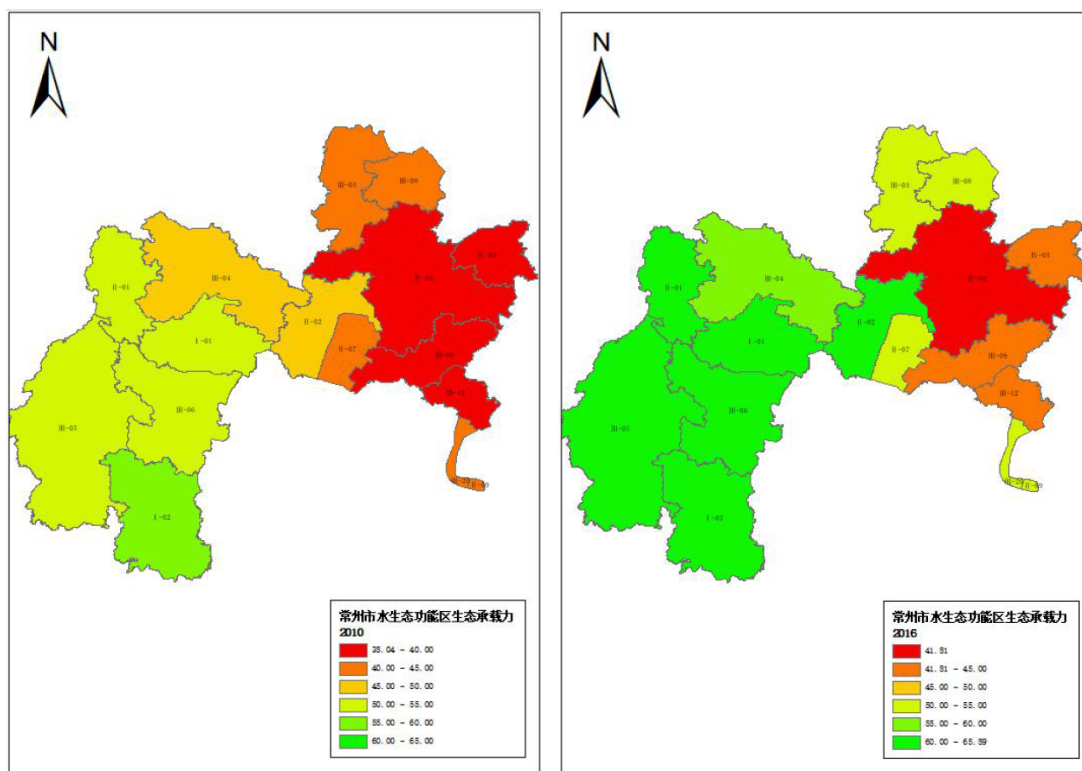


图3-2-1 常州市水生态承载力分区评估结果（左：2010年，右：2016年）

4 标准制定技术路线与实施方案

4.1 制定目的

面向国家水生态环境综合管理技术需求，从水生态系统性、功能完善性及其与经济社会协调发展关系出发，采用统筹水资源、水环境、水生态“三水”的承载力评估指标体系，综合衡量水生态承载力状况，诊断超载问题，为流域/区域水生态环境综合监管提供技术支撑。

4.2 编制依据

下列文件对于《评估指南》标准文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件，仅所注日期的版本适用于本文件。凡是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 3838-2002 地表水环境质量标准 2002.6.1

- GB 8978-1996 污水综合排放标准 1998. 1. 1
- GB/T 50095-98 水文基本术语和符号标准 1999. 4. 1
- GB/T 12998-91 水质采样技术指导 1992. 3. 1
- GB/T 12997-91 水质采样方案设计规定 1992. 3. 1
- GB 50179-93 河流流量测验规范 1994. 2. 1
- HJ/T91-2002 地表水和污水监测技术规范 2003. 1. 1
- HJ774-2015 集中式饮用水水源地环境保护状况评估技术规范 2016. 3. 1
- HJ/T192-2015 生态环境状况评价技术规范 2015. 3. 13
- SL167-2014 水库渔业资源调查规范 2014. 4. 13
- SL196-97 水文调查规范 1997. 6. 1
- 《湖泊生态系统调查观测与分析》 中国标准出版社 2000
- 《湿地生态系统观测方法》 中国环境科学出版社 2005
- 《水域生态系统观测规范》 中国环境科学出版社 2007
- 《流域生态健康评估技术指南（试行）》 环境保护部自然生态保护司 2013
- 《湖泊生态安全调查与评估技术指南》 环境保护部污防司和规财司 2012
- 《河流健康评估指标、标准与方法（试点工作用）》 水利部水资源司 2010

4.3 编制原则

（1）水生态功能保护原则

水生态承载力评估中的指标选择、评估方法等，均以保护水生态系统功能为主要目标，同时兼顾经济社会可持续发展需求。

（2）科学性与可管理导向相结合

一方面参考国内外科学研究的基础和成果，保证水生态承载力评估的科学性；在考虑科学性的基础上，对于各环节以鼓励治理和保护为导向，结合现行生态环保政策措施与目标指标，确定水生态承载力指标体系及量化评估方法，保障管理可操作性。

（3）定量优先，定性为辅

对易于量化的要素，优先采用量化指标或分析方法进行水生态承载力评估；对于不可定量或者难以量化的要素或过程，建议采用半定量或定性方法进行评估。

4.4 编制方法

主要采取政策制度分析、文献调研、案例分析和咨询论证等方法。首先进行资料分析，包括政策制度分析、文献调研等，研究技术指南制定的必要性、要求、技术内容等。通过资料分析，得出技术指南的重点，并制定标准草案框架。其次，在草案框架的基础上，编制指南文本，并开展多轮的技术咨询论证，听取重点行业、环保单位、建设单位、管理部门等各方意见，不断修改和完善技术标准。在技术标准成熟后，通过案例分析，依据实际应用成效评估情况修改和完善技术标准文本。

(1) 政策分析：分析法律法规，部门规章和文件，以及相关技术标准等存在的不足与管理需求，识别标准制定的重点和难点。

(2) 文献调研：搜集国内外水生态承载力评估的相关著作和文献，调研最新技术发展及应用状况。

(3) 咨询论证：通过召开专家咨询会和访谈等形式，听取重点行业、环保单位、建设单位、管理部门等各方意见，以不断完善技术标准。

(4) 案例分析：通过在滦河流域、太湖常州市等流域/区域开展实地应用验证与成效评估，从案例分析的角度对标准文件作进一步修订完善。

5 关键技术步骤解释

水生态承载力评估技术标准的关键技术环节或步骤主要涉及：评估指标体系构建和承载力评估分级。对相关技术步骤的简要解释说明如下：

5.1 水生态承载力评估指标体系构建

指标体系构建是水生态承载力量化评估的关键依据。《评估指南》中指标体系框架是在系统调研前期与“三水”相关承载力评估指标基础上，结合水生态承

载力的“三水”服务功能内涵，提出的“专项-分项-评估”三级指标框架。其中，专项指标包含水资源、水环境、水生态三项；分项指标分别从生态系统服务和人类社会需求角度建立包括水资源禀赋指数、水资源利用指数、水环境纳污指数、水环境净化指数、水生环境指数、水生生物指数6个方面；评估指标层则在各分项指标框架下，考虑指标体系完整性、区域性、普适性、可量化性、动态性等原则，从收集到的1588个基础指标中经冗余度和频度分析初选形成备选指标197个，并考虑国家生态环保政策要求及相关管理目标指标，构建形成水生态承载力推荐评估指标23个。《评估指南》对各评估指标的含义和计算数据来源进行了明确。

为使水生态承载力评估工作可操作、评估结果可比较，《评估指南》中对评估指标体系给出了推荐指标权重值。推荐指标权重值的确定，编制组主要通过历史文献资料调研、承载力评估技术应用案例分析和专家咨询，考虑同类指标间重要性、评估区域差异性、指标层级系统性等综合确定。此外，为保证《评估指南》的应用普适性，在推荐指标和权重基础上，规定了可考虑评估区自然地理特征、生态环境管理实际对评估指标作进一步优化调整的原则。

5.2 水生态承载力量化评估与分级

水生态承载力量化评估与分级是定量表达评估区水生态承载状态的关键步骤。在系统调研和比较相关评估技术方法基础上，考虑技术可操作性、应用普适性，以指标赋分、加权评估、等级判别为主线开展水生态承载力量化与分级。其中，针对每项评估指标，通过科学的文献资料分析、相关技术标准调研、应用案例分析等，系统梳理确定了1-5级赋分阈值标准（附录A）。在评估指标赋分基础上，采用“自下而上”逐级加权综合方式，从评估指标向分项指标、专项指标逐级加权计算，最后综合专项指标结果量化水生态承载状态得分。逐级加权综合有助于分别衡量各级各类指标状态及其对水生态承载力评估结果的影响，有益于分析诊断超载原因。

在等级判别方面，参考相关评估技术标准，将承载力状态按评分值分级，包括严重超载、超载、临界超载、安全承载和最佳承载共5个等级。评估指标体系中所包含的3个专项指标和6个分项指标均可按5级标准划分承载状态；同时，

在等级判别中兼顾考虑水质不达标情况引入一票否决制，体现水环境质量在水生态功能保障中的优先地位。

6 技术内容

6.1 范围

本标准规定了水生态承载力的相关术语和定义、水生态承载力评估指标体系和评估方法等，通过水生态承载力评估科学量化流域或区域水生态系统对人类社会的承载状态，为水生态环境综合管控提供决策支持。

本标准适用于以淡水生态系统为主导的流域或行政区域范围，不适用于海湾、咸水湖、河口等区域。

6.2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件，仅所注日期的版本适用于本文件。凡是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 3838-2002 地表水环境质量标准 2002. 6. 1

GB 8978-1996 污水综合排放标准 1998. 1. 1

GB/T 50095-98 水文基本术语和符号标准 1999. 4. 1

GB/T 12998-91 水质采样技术指导 1992. 3. 1

GB/T 12997-91 水质采样方案设计规定 1992. 3. 1

GB 50179-93 河流流量测验规范 1994. 2. 1

GB/T 26622-2011 畜禽粪便农田利用环境影响评价准则 2011. 11. 1

HJ/T91-2002 地表水和污水监测技术规范 2003. 1. 1

HJ774-2015 集中式饮用水水源地环境保护状况评估技术规范 2016. 3. 1

HJ/T192-2015 生态环境状况评价技术规范 2015. 3. 13

SL167-2014 水库渔业资源调查规范 2014. 4. 13

SL196-97 水文调查规范 1997. 6. 1

《湖泊生态系统调查观测与分析》 中国标准出版社 2000

- 《湿地生态系统观测方法》 中国环境科学出版社 2005
- 《水域生态系统观测规范》 中国环境科学出版社 2007
- 《流域生态健康评估技术指南(试行)》 环境保护部自然生态保护司 2013
- 《湖泊生态安全调查与评估技术指南》 环境保护部污防司和规财司 2012
- 《河流健康评估指标、标准与方法(试点工作用)》 水利部水资源司 2010

6.3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

6.3.1

淡水生态系统 Freshwater Ecosystem

淡水水体中由水生生物群落与水环境相互制约,通过物质循环和能量流动,共同构成的具有特定结构和功能的动态平衡系统。一般分为湖泊生态系统(Lentic ecosystem)、河流生态系统(River ecosystem)和湿地生态系统(Wetlands)。

6.3.2

水生态系统服务功能 Aquatic ecosystem services

水生态系统及其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,包括水生态系统自身维持功能和社会服务功能,如生境维持、生物保育、水资源供给、水环境净化等。

6.3.3

水生态承载力 Hydro-ecological carrying capacity

在一定发展阶段,一定技术水平条件下,某空间范围内的水生态系统在维持自身结构和功能长期稳定、水生态过程可持续运转的基础上,具有的为人类社会活动提供生态产品和服务的能力。水生态承载力是水生态系统自身服务功能的外在表现,承载力大小可由水生态系统的产品和服务供给能力表征,主要涉及水资源供给、水环境净化、水生态维持三个方面。水生态系统产品和服务也一定程度上受到人类活动的影响。

6.3.4

水生态承载状态 Status of hydro-ecological carrying capacity

在一定发展阶段，一定技术水平条件下，某空间范围内的水生态系统通过提供生态产品和服务支持人类社会活动的状况，是水生态承载力评估的对象，可用最佳承载、安全承载、临界超载、超载、严重超载五个等级表达。

6.4 评估指标体系

6.4.1 评估指标及权重

6.4.1.1 推荐指标及权重

水生态承载力评估推荐指标体系包括水资源(A)、水环境(B)和水生态(C) 3个专项指标。每个专项指标由若干分项指标构成，每个分项指标由若干评估指标构成。评估指标体系共包括3个专项指标、6个分项指标、23个评估指标，各推荐指标及权重见表5-1。

表 6-4-1 水生态承载力评估推荐指标及权重

专项指标	分项指标	权重	评估指标	权重	
水资源 (A)	水资源禀赋指数 (A1)	0.5	人均水资源量 (A1-1)	1	
	水资源利用指数 (A2)	0.5	万元 GDP 用水量 (A2-1)	0.3	
			水资源开发利用率 (A2-2)	0.2	
			用水总量控制红线达标率 (A2-3)	0.5	
水环境 (B)	水环境纳污指数 (B1)	0.4	工业污染强度指数 (B1-1)	工业 COD 排放强度 (B1-1-1)	0.1
				工业氨氮排放强度 (B1-1-2)	0.1
				工业总氮排放强度 (B1-1-3)	0.1
				工业总磷排放强度 (B1-1-4)	0.1
			农业污染强度指数 (B1-2)	单位耕地面积化肥施用量 (B1-2-1)	0.15
				单位土地面积畜禽养殖量 (B1-2-2)	0.15

			生活污染强度指数 (B1-3)	城镇生活污水 COD 排放强度 (B1-3-1)	0.075
				城镇生活污水氨氮排放强度 (B1-3-2)	0.075
				城镇生活污水总氮排放强度 (B1-3-3)	0.075
				城镇生活污水总磷排放强度 (B1-3-4)	0.075
			水环境净化指数 (B2)	0.6	水环境质量指数 (B2-1)
集中式饮用水源地水质达标率 (B2-2)		0.5			
水生态 (C)	水生生境指数 (C1)	0.5	岸线植被覆盖度 (C1-1)		0.25/0.35/0.3
			水域面积指数 (C1-2)		0.15/0.25/0.35
			河流连通性 (C1-3)		0.25/0.15/0.15
			生态基流保障率 (C1-4)		0.35/0.25/0.2
	水生生物指数 (C2)	0.5	鱼类完整性指数 (C2-1)		0.4
			藻类完整性指数 (C2-2)		0.25
			大型底栖动物完整性指数 (C2-3)		0.35

注：水生生境指数的评估指标权重分山区河流、高原与平原区河流、河口 3 类（依次以“/”隔开）。

6.4.1.2 优化调整

依据推荐指标体系和权重（表 5-1），考虑评估区自然地理特征、生态环境管理实际，依据以下原则进一步优化调整：

（1）可量化原则。评估指标计算的基础数据应易于收集，或采用合理（时间和经费）的补充监测手段可以获取。对于依靠现有条件不可量化的指标可取消。

（2）代表性原则。评估指标应是能反映评估区域人类活动对生态环境影响的代表性指标。对于主要由自然原因导致的区域生态环境问题，可调整相关指标和权重。

(3) 一致性原则。对于同一行政区域或同一条河流集水区的评估指标体系和权重需保持一致。

(4) 系统性原则。评估指标及其权重调整后应形成完整的层级体系，其中水资源、水环境和水生态的专项-分项-评估三层指标框架体系固定不变，各专项指标下的各层级权重加和均为 1.0（权重的调整可采用专家咨询、层次分析法、主成分分析法、熵权法等主客观赋权方法）。

6.4.2 评估指标含义与数据来源

6.4.2.1 水资源专项指标（A）

水资源专项指标包含 2 个分项指标、4 个评估指标。

（1）水资源禀赋分项指标（A1）

人均水资源量（A1-1）

含义：评估区内水资源总量与评估区总人口的比值（m³/人）。

计算方法：

$$A1 - 1 = \frac{\text{评估区水资源总量}}{\text{评估区总人口}} \quad (\text{式 6-4-1})$$

数据来源：地区统计年鉴、水资源公报。

（2）水资源利用指数分项指标（A2）

万元 GDP 用水量（A2-1）

含义：评估区用水总量与万元国内生产总值（GDP）之比（m³/万元）。

计算方法：

$$A2 - 1 = \frac{\text{评估区用水总量}}{\text{评估区生产总值 (GDP)}} \quad (\text{式 6-4-2})$$

数据来源：地区统计年鉴、水资源公报。

水资源开发利用率（A2-2）

含义：评估区用水总量与流域多年平均水资源量的百分比（%）。

计算方法：

$$A2 - 2 = \frac{\text{评估区用水总量}}{\text{评估区多年平均水资源量}} \times 100\% \quad (\text{式 6-4-3})$$

数据来源：地区统计年鉴、水资源公报。

用水总量控制红线达标率（A2-3）

含义：评估区所涉辖区用水总量控制达标县（市）与辖区县（市）总数的百分比（%）。

计算方法：

$$A2 - 3 = \frac{\text{评估区用水总量控制达标县(市)数}}{\text{评估区县(市)总数}} \times 100\% \quad (\text{式 6-4-4})$$

数据来源：评估区水资源公报。

6.4.2.2 水环境专项指标（B）

水环境专项指标包含水环境纳污指数和水环境净化指数 2 个分项指标。其中水环境纳污指数分项指标下包括工业污染强度指数、农业污染强度指数和生活污染强度指数 3 类评估（共 10 个评估指标）；水环境净化指数分项指标包含 2 个评估指标。

（1）水环境纳污指数分项指标（B1）

工业 COD 排放强度（B1-1-1）

含义：工业 COD 排放量与工业增加值之比（kg/万元）。

计算方法：

$$B1 - 1 - 1 = \frac{\text{工业 COD 排放量}}{\text{工业增加值}} \quad (\text{式 6-4-5})$$

数据来源：地区统计年鉴、生态环保部门统计数据。

工业氨氮排放强度（B1-1-2）

含义：工业氨氮排放量与工业增加值之比（kg/万元）。

计算方法：

$$B1 - 1 - 2 = \frac{\text{工业氨氮排放量}}{\text{工业增加值}} \quad (\text{式 6-4-6})$$

数据来源：地区统计年鉴、生态环保部门统计数据。

工业总氮排放强度（B1-1-3）

含义：工业总氮排放量与工业增加值之比（kg/万元）。

计算方法：

$$B1 - 1 - 3 = \frac{\text{工业总氮排放量}}{\text{工业增加值}} \quad (\text{式 6-4-7})$$

数据来源：地区统计年鉴、生态环保部门统计数据。

工业总磷排放强度（B1-1-4）

含义：工业总磷排放量与工业增加值之比（kg/万元）。

计算方法：

$$B1-1-4 = \frac{\text{工业总磷排放量}}{\text{工业增加值}} \quad (\text{式 6-4-8})$$

数据来源：地区统计年鉴、生态环保部门统计数据。

农业污染强度指数（B1-2）

单位耕地面积化肥施用量（B1-2-1）

含义：单位耕地面积实际用于农业生产的化肥数量（kg/hm²）。农用化肥施用量是本年内实际用于农业生产的化肥数量，包括氮肥、磷肥、钾肥和复合肥。化肥施用量要求按折纯量计算。折纯量是指将氮肥、磷肥、钾肥分别按含氮、含五氧化二磷、含氧化钾的百分之百成份进行折算后的数量。复合肥按其所含主要成份折算。折存量为实物量与某种化肥有效成分含量的百分比之积。

计算方法：

$$B1-2-1 = \frac{\text{评估区内化肥施用总量（折纯）}}{\text{评估区耕地面积}} \quad (\text{式 6-4-9})$$

数据来源：地区统计年鉴、农业统计年鉴。

单位土地面积畜禽养殖量（B1-2-2）

含义：评估区内单位土地面积的畜禽的养殖数量（头/km²）。畜禽粪便是流域面源污染物的主要来源之一，在一定技术水平下，畜禽养殖污染物产生量决定于畜禽养殖规模，而畜禽养殖量属于常规社会经济统计数据，较容易获得。

计算方法：

$$B1-2-2 = \frac{\text{评估区内畜禽养殖总量}}{\text{评估区土地面积}} \quad (\text{式 6-4-10})$$

式中，畜禽总量为当年的存栏数+出栏数。不同类型畜禽根据产物量按如下系数统一折算成猪：1头牛=10头猪=25头羊=150只禽类。

数据来源：地区统计年鉴、农村统计年鉴。

生活污染强度指数（B1-3）

城镇生活污水 COD 排放量（B1-3-1）

含义：城镇生活污水 COD 排放量与第三产业增加值之比（kg/万元）。

计算方法：

$$B1-3-1 = \frac{\text{城镇生活污水 COD 排放量}}{\text{第三产业增加值}} \quad (\text{式 6-4-11})$$

数据来源：生态环保部门统计数据、地区统计年鉴。

城镇生活污水氨氮排放量 (B1-3-2)

含义：城镇生活污水氨氮排放量与第三产业增加值之比 (kg/万元)。

计算方法：

$$B1-3-2 = \frac{\text{城镇生活污水氨氮排放量}}{\text{第三产业增加值}} \quad (\text{式 } 6-4-12)$$

数据来源：生态环保部门统计数据、地区统计年鉴。

城镇生活污水总氮排放量 (B1-3-3)

含义：城镇生活污水总氮排放量与第三产业增加值之比 (kg/万元)。

计算方法：

$$B1-3-3 = \frac{\text{城镇生活污水总氮排放量}}{\text{第三产业增加值}} \quad (\text{式 } 6-4-13)$$

数据来源：生态环保部门统计数据、地区统计年鉴。

城镇生活污水总磷排放量 (B1-3-4)

含义：城镇生活污水总磷排放量与第三产业增加值之比 (kg/万元)。

计算方法：

$$B1-3-4 = \frac{\text{城镇生活污水总磷排放量}}{\text{第三产业增加值}} \quad (\text{式 } 6-4-14)$$

数据来源：生态环保部门统计数据、地区统计年鉴。

(2) 水环境净化指数分指标 (B2)

水环境质量指数 (B2-1)

含义：按照单因子评价法对断面每月监测值进行评价，以不达标考核目标的监测次数与监测总次数之比 (%) 表征水环境质量指数。

计算方法：

$$B2-1 = \frac{\text{不达标次数}}{\text{监测总次数}} \times 100\% \quad (\text{式 } 6-4-15)$$

数据来源：生态环保部门监测数据。

集中饮用水水源地水质达标率 (B2-2)

含义：评估区集中式饮用水源地的水质监测中，达到或优于《地表水环境质量标准》(GB3838-2002)的III类水质标准的监测次数占全年监测总次数的比例(%)。

计算方法：

$$B2 - 2 = \frac{\text{评估区监测断面达标次数之和}}{\text{评估区监测断面监测总次数}} \times 100\% \quad (\text{式 6-4-16})$$

数据来源：生态环保部门监测数据或者实地调查数据。

6.4.2.3 水生态专项指标 (C)

水生态专项指标包含水生生境指数和水生生物指数 2 个分项指标，共涉及 7 个评估指标。

(1) 水生生境指数分项指标 (C1)

岸线植被覆盖度 (C1-1)

含义：河流（流域面积>50km²）或湖库（水面面积>1 km²）的植被覆盖（>3m）岸线占总岸线的比例（%）。

计算方法：

$$\begin{cases} C1 - 1 = \frac{\text{植被覆盖岸线长度}}{\text{河流总长} \times 2} \times 100\% & (\text{河流}) \\ C1 - 1 = \frac{\text{植被覆盖岸线长度}}{\text{湖库岸线长度}} \times 100\% & (\text{湖库}) \end{cases} \quad (\text{式 6-4-17})$$

数据来源：遥感影像解译数据。

水域面积指数 (C1-2)

含义：是指水域面积与区域总面积之比。

计算方法：

$$C1 - 2 = \frac{\text{水域面积}}{\text{区域总面积}} \times 100\% \quad (\text{式 6-4-18})$$

数据来源：地区统计年鉴、水资源公报、土地利用数据。

河流连通性 (C1-3)

含义：河流连通性不仅指地理空间上的连续也包括生态系统中生物学过程及其物理环境的连续，具体包括水文-水力学过程空间连通性、营养物质流和能量流空间连通性、生物群落结构空间连通性以及信息流空间连通性等方面。水利工程建设将河流拦腰斩断，改变了其连续性规律，从而破坏河流连通性；因此，闸坝及水电站越多，江河纵向连通性越差。河流连通性可由河流（流域面积>50km²）单位长度修建闸坝个数表征，闸坝越少河流纵向连通性越好。

计算方法：

$$C1 - 3 = 100 - 100 \times \frac{\text{闸坝个数}}{\text{河段长度 (km)}} \quad (\text{式 6-4-19})$$

公式中常数 100 的选取依据：调研表明，在流经农田及林地的河流上，修建拦河闸（坝）作用为防洪、灌溉、防涝等，布置间距从数十公里甚至上百公里不等；在流经城镇或周边的河流上修建拦河闸（坝），既考虑防洪、供水等因素，又考虑水生态、水环境、水景观等因素，布置间距从十几公里甚至几公里不等。

数据来源：水利工程统计数据、水资源公报、遥感影像解译。

生态基流保障率 (C1-4)

含义：生态基流量是指为保证江河生态服务功能，用以维持或恢复江河生态系统基本结构与功能所需的最小流量。生态基流保障率指基准年月实际流量占最小生态基流百分比。

计算方法：

$$C1 - 4 = \frac{1}{12} \sum_{m=1}^{12} \frac{Q_m}{W_{Eb}} \times 100\% \quad (\text{式 6-4-20})$$

式中， Q_m 为基准年第 m 个月实际流量； W_{Eb} 为最小生态基流流量 (m^3)。 W_{Eb} 可利用 Tennant 法计算，该方法属于水文学算法的一种，以年平均流量的 10% 作为水生生物生长最低标准下限，年平均流量的 30% 作为水生生物的满意流量，即将江河多年平均流量的 10% 作为最小生态基流，该法适用于流量比较大且水文资料系列较长的江河。本方法中的多年平均流量要求为近 10 年的水文站资料平均结果，计算公式为：

$$W_{Eb} = \text{近 10 年年均流量} \times 10\% \quad (\text{式 6-4-21})$$

数据来源：数据取自评估区河段内各监测站点数据。

(2) 水生生物指数分项指标 (C2)

鱼类完整性指数 (C2-1)

含义：综合反映一个地区鱼类群落的物种组成、多样性和功能等的稳定能力，由物种数、耐污类群相对丰度以及 Berger-Parker 指数 (BP 指数) 计算而来。物种数即每个监测样点所鉴定出来的全部物种数，能反映群落中的丰度程度。耐污类群相对丰度即群落中耐污能力 (专家经验判断) 较高的分类单元个体数占总个体数的比例，能反映群落中的受干扰程度，数值越大表明水质受到污染越严重。

BP 指数即生态优势度指数，反映了各物种种群数量的变化情况，生态优势度指数越大，说明群落内物种数量分布越不均匀，优势种的地位越突出。

BP 指数计算如下：

$$d = \frac{N_{max}}{N_T} \quad (\text{式 6-4-22})$$

式中：d 为优势指数， N_{max} 为优势种的种群数量 N_T 为全部种的种群数量总和。

$$C2-1 = \frac{\text{物种数BI值} + \text{耐污类群相对丰度BI值} + \text{BP指数BI值}}{3} \quad (\text{式 6-4-23})$$

式中，物种数属于随干扰增强而下降的指标，耐污类群相对丰度和 BP 指数属于随干扰增强而上升的指标。对于下降类型指标计算公式如下：

$$\text{下降类型指标 BI值} = \frac{\text{样点观测值} - \text{样点观测值的 5\%分位数}}{\text{样点观测值的 95\%分位数} - \text{样点观测值的 5\%分位数}} \times 100 \quad (\text{式 6-4-24})$$

式中，下降类型指标 BI 值在 0~100 范围之内，>100 时下降类型指标 BI 值视为 100 处理，<0 时下降类型指标 BI 值视为 0 处理。

对于上升类型指标计算公式如下：

$$\text{上升类型指标 BI值} = \frac{\text{样点观测值的 95\%分位数} - \text{样点观测值}}{\text{样点观测值的 95\%分位数} - \text{样点观测值的 5\%分位数}} \times 100 \quad (\text{式 6-4-25})$$

式中，上升类型指标 BI 值在 0~100 范围之内，>100 时上升类型指标 BI 值视为 100 处理，<0 时上升类型指标 BI 值视为 0 处理。

数据来源：水生态调查或监测数据。

藻类完整性指数 (C2-2)

含义：综合反映一个地区藻类群落的物种组成、多样性和功能等的稳定能力，由固着藻类密度、总分类单元数以及 BP 指数计算而来。固着藻类担负着物质循环和能量流动的重要任务，其密度和水体污染之间存在较大的相关性联系。总分类单元数即每个监测样点所鉴定出来的全部物种数，能反映群落中的丰度程度。BP 指数计算同鱼类完整性指数部分。

计算方法：

$$C2-2 = \frac{\text{固着藻类密度BI值} + \text{总分类单元数BI值} + \text{BP指数BI值}}{3} \quad (\text{式 6-4-26})$$

式中，固着藻类密度和总分类单元数属于随干扰增强而下降的指标，BP 指数属于随干扰增强而上升的指标。其中，上升和下降类型指标的计算方法参照式

6-4-24 和式 6-4-25

数据来源：水生态调查或监测数据。

大型底栖动物完整性指数 (C2-3)

含义：综合反映一个地区大型底栖动物群落的物种组成、多样性和功能等的稳定能力，由总分类单元数、Biological Monitoring Working Party (BMWP) 指数以及 BP 指数计算而来。总分类单元数即每个监测样点所鉴定出来的全部物种数，能反映群落中的丰度程度。BMWP 指数是基于科级分类单元上各物种出现与否，考虑出现物种的敏感值，以所有出现物种敏感值之和代表环境的情况。BP 指数计算同鱼类完整性指数部分。

计算方法：

$$C2-3 = \frac{\text{总分类单元数BI值} + \text{BMWP指数BI值} + \text{BP指数BI值}}{3} \quad (\text{式 6-4-27})$$

式中，总分类单元数和 BMWP 指数属于随干扰增强而下降的指标，BP 指数属于随干扰增强而上升的指标。其中，上升和下降类型指标的计算方法参照式 6-4-24 和式 6-4-25。

BMWP 指数计算公式如下：

$$BMWP = \sum t_i \quad (\text{式 6-4-28})$$

式中： t_i 是样点中出现物种 i 的科一级敏感值，该指标根据大型底栖动物耐污特性的差异，从最不敏感至最敏感依次给予 1~10 的分值，对样点中所出现物种的科技敏感值求和即为该样点 BMWP 得分。

数据来源：水生态调查或监测数据。

6.5 评估方法

水生态承载力评估采用指标综合评价法，通过指标赋分和逐级加权对水生态承载状态开展评估。主要包括评估指标赋分、加权综合评估与等级判别 3 个步骤。

6.5.1 评估指标赋分

根据评估指标实际数值和附录 A 中赋分标准，运用公式计算得到评估指标的分值。评估指标赋分值均在 0~100 范围之内。

评估指标类型分为 3 种，其赋分方法如下：

(1) 对于评价值是固定值的指标，赋值时直接取该级别的中值：

$$P_k = \frac{V_{kl} + V_{kh}}{2} \quad (\text{式 6-5-1})$$

(2) 对于越大越好型指标，赋值时考虑：

① 分段指标：

$$P_k = V_{kl} + \frac{V_{kh} - V_{kl}}{I_{kh} - I_{kl}} \times (I_k - I_{kl}), \quad I_k \in (I_{kl}, I_{kh}] \quad (\text{式 6-5-2})$$

② 无上限指标：

$$P_k = 80 + \frac{I_k - I_{kl}}{I_{kl}} \times 10, \quad I_k \in (I_{kl}, +\infty) \quad (\text{式 6-5-3})$$

当 $P_k > 100$ 时，取100作为 P_k 值。

(3) 对于越小越好型指标，赋值时考虑：

① 分段指标：

$$P_k = V_{kl} + \frac{V_{kh} - V_{kl}}{I_{kh} - I_{kl}} \times (I_{kh} - I_k), \quad I_k \in (I_{kl}, I_{kh}] \quad (\text{式 6-5-4})$$

② 无下限指标：

$$P_k = 20 - \frac{I_k - I_{kl}}{I_{kl}} \times 10, \quad I_k \in (I_{kl}, +\infty) \quad (\text{式 6-5-5})$$

当 $P_k < 0$ 时，取0作为 P_k 值。

上述式中， P_k 代表评估指标 k 的分值； V_{kl} 为评估指标 k 所在类别标准下限分值； V_{kh} 为评估指标 k 所在类别标准上限分值； I_k 为评估指标 k 原始数据， I_{kl} 为原始数据 I_k 所在分级的下限； I_{kh} 为原始数据 I_k 所在分级的上限。

6.5.2 指标加权计算

指标加权计算采用“自下而上”加权的方式，从评估指标向分项指标和专项指标逐级评估。计算方法步骤如下：

根据单个评估指标赋分值，使用加权求和法分别计算得到相应各分项指标值。计算公式为：

$$F_{ij} = \sum_{k=1}^n w_{ijk} \times P_{ijk} \quad (\text{式 6-5-6})$$

式中， F_{ij} 为第 i 个专项指标的第 j 个分项指标的分值； w_{ijk} 为第 i 个专项指标的第 j 个分项指标中第 k 个评估指标的权重； P_{ijk} 为第 i 个专项指标的第 j 个分项指标中第 k 个评估指标的分值； n 为第 j 个分项指标中评估指标的个数。

根据各分项指标分值计算结果，进一步使用加权求和法计算准则层各专项指标的分值。计算公式为：

$$Z_i = \sum_{j=1}^m w_{ij} \times F_{ij} \quad (\text{式 6-5-7})$$

式中， Z_i 为第 i 个专项指标的分值； w_{ij} 为第 i 个专项指标的第 j 个分项指标的权重； m 为第 i 个专项指标下涉及分项指标个数。

6.5.3 水生态承载力综合评估

根据各专项指标分值计算结果，进一步计算水生态承载力状态综合评分值。计算公式为：

$$HECC = \frac{\sum_{i=1}^4 Z_i}{3} \quad (\text{式 6-5-8})$$

式中，HECC为评估区水生态承载力状态综合评分值。

6.5.4 等级判别

依据表 5-1 水生态承载状态分类标准，考虑水环境质量达标情况和 HECC 值判别评估区水生态承载状态（如水环境质量指数小于 90%则一票否决，认为呈超载状态），评判方法如下：

$$\text{水生态承载状态} = \begin{cases} \text{超载} & (\text{HECC} > 40 \text{ 且 } B2 - 1 < 90\%) \\ \text{按分类标准判别} & (\text{其他情况}) \end{cases} \quad (\text{式 6-5-9})$$

表6-5-1 水生态承载状态分类标准

HECC得分	[0, 20]	(20, 40]	(40, 60]	(60, 80]	(80, 100]
承载状态	严重超载	超载	临界超载	安全承载	最佳承载

依据式 5-9 和表 5-1 可将评估区水生态承载力分为五级：最佳承载、安全承载、临界承载、超载和严重超载。同样，针对 3 个专项指标和 6 个分项指标，均可依据表 5-1 和相应得分判别各自承载状态等级。

依据各评估指标赋分值，初步识别对评估区水生态承载状态产生不利影响的主要指标。识别标准为评估指标赋分值小于等于 40。

6.5.5 评估结果

水生态承载力评估结果以雷达图形式呈现，雷达图常用于多指标的全面分析，具有完整、清晰和直观的优点。承载力评估结果以分项的形式呈现，分别为：HECC 综合、水资源、水环境、水生态承载状态得分值（如示图 5-1）；同时参照式 5-9 和表 5-1 判别承载状态如例表 5-2 所示。

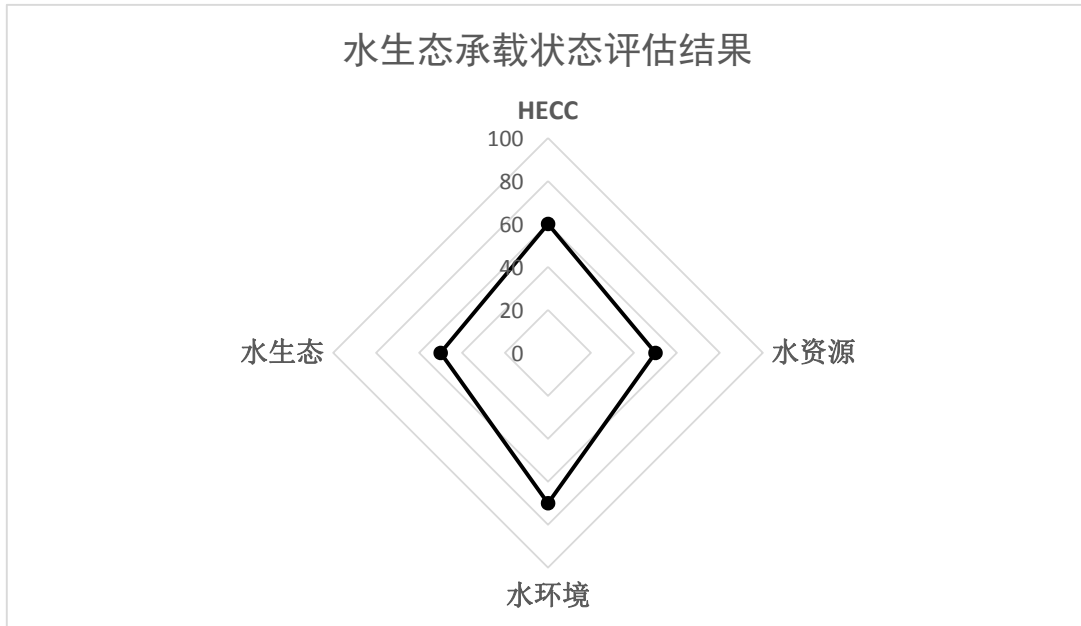


图 6-5-1 水生态承载力评估结果图示例

表6-5-2 水生态承载状态判别结果

项目	HECC综合	水资源	水环境	水生态
承载状态	临界超载	临界超载	安全承载	临界超载

进一步，依据水生态承载力评估指标赋分结果，识别评估区水生态承载力主要限制指标（如示图 5-2）。由如图 5-2 可知，影响评估区水生态承载力状态的主要指标包括万元 GDP 用水量、河流连通性和生态基流保障率 3 个（指标赋分值均小于 40）。

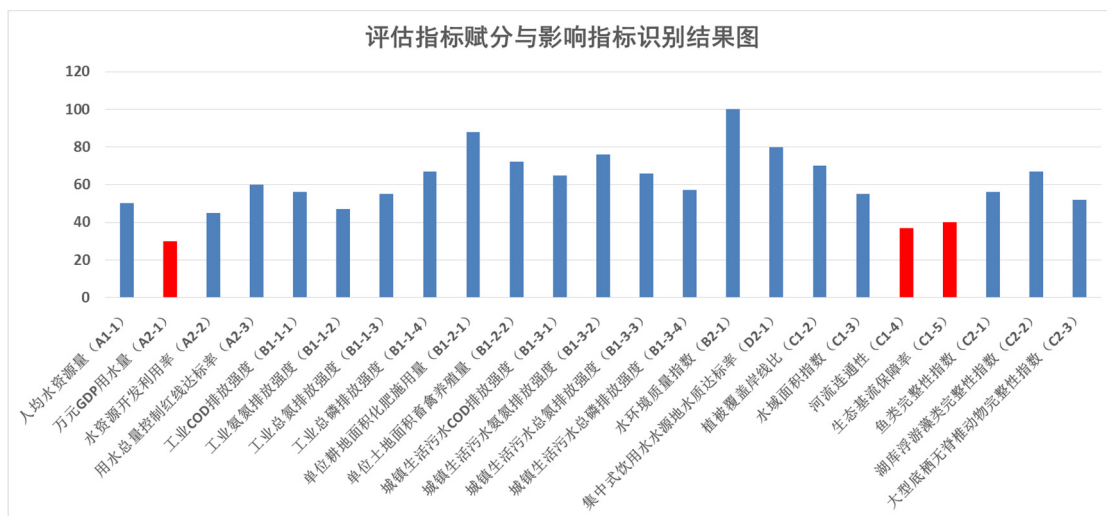


图 6-5-2 评估区水生态承载力评估指标赋分与主要影响指标识别结果图示例

参考文献

- Costanza R, Et. A. The value of the world's ecosystem services and natural capital[J]. Nature. 1997, 387: 253-260.
- Daily G C. Nature's Services: Societal Dependence On Natural Ecosystems[M]. Washington D C: Pacific Conservation Biology, 1997.
- Ding S, Zhang Y, Liu B, et al. Effects of riparian land use on water quality and fish communities in the headwater stream of the Taizi River in China[J]. Frontiers of Environmental Science & Engineering, 2013, 7(5): 1-10.
- Ehrlich P R, Ehrlich A H, Holdren J P. Ecoscience:population resources environment[J]. Journal of Range Management. 1976, 23(4).
- K Arrow, B Bolin, Costanza R, et al. Economic Growth, Carrying Capacity, and the Environment [J]. Ecological Society of America Stable. 1995, 268(5210): 520-521.
- Tisdell C A, Seidl I. Carrying Capacity Reconsidered: From Malthus' Population Theory to Cultural Carrying Capacity[J]. Ecological Economics. 1999, 31(3): 395-408.
- Odum E P. Fundamentals of ecology[M]. Philadelphia:W.B. Saunders, 1953.
- Ringold P L, Boyd J, Landers D, et al. Report from the Workshop on Indicators of Final Ecosystem Services for Streams[R]., 2009.
- Wolverton Steve. Harvest pressure and environmental carrying capacity: An ordinal-scale model of effects on ungulate prey [J]. American Antiouity, 2008, 73(2): 179-199.
- Wang Jian, Sun Tieheng, Li Peijun, et al. Research progress on environmental carrying capacity [J]. Yingyong Shengtai Xuebao, 2005, 16(4): 768-772.
- 曹艳霞,张杰,蔡德所,等. 应用底栖无脊椎动物完整性指数评价漓江水系健康状况[J]. 水资源保护. 2010(02): 13-17.
- 杜洋,徐慧. 基于生态系统服务功能需求的城市河流健康评价[J]. 中国环境与生态水力学, 2008. 416-422.
- 郝弟,张淑荣,丁爱中,等. 河流生态系统服务功能研究进展[J]. 南水北调与水利科技. 2012(01): 106-111.
- 李芬,孙然好,杨丽蓉,等. 基于供需平衡的北京地区水生态服务功能评价[J]. 应用生态学报. 2010(05): 1146-1152.
- 李靖. 叶尔羌河流域水生态承载力研究[D]. 西安理工大学, 2009.
- 李林子,傅泽强,沈鹏,等. 基于复合生态系统原理的流域水生态承载力内涵解析[J]. 生态经济. 2016(02): 147-151.
- 林坤明,赵剑. 水环境质量评价指数法在黄冈河水质评价中的应用[J]. 《水利科技与经济》, 2008, 14 (3) :203-204.
- 龙腾锐,姜文超,何强. 水资源承载力内涵的新认识[J]. 水利学报. 2004, 49(1): 38-45.
- 高宝,傅泽强,杨俊峰. 水生态承载力评估技术指南初探[J]. 生态经济. 2017(09): 146-151.

- 高吉喜. 可持续发展理论探索: 生态承载力理论、方法与应用[M]. 北京: 中国环境科学出版社, 2001.
- 郭维东, 王丽, 高宇等. 辽河中下游水文生态完整性模糊综合评价[J]. 长江科学院院报, 2013, 30(5): 13-16.
- 焦雯璐, 闵庆文, 李文华, 等. 基于 ESEF 的水生态承载力: 理论、模型与应用[J]. 应用生态学报. 2015(04): 1041-1048.
- 马涵玉, 黄川友, 殷彤, 等. 系统动力学模型在成都市水生态承载力评估方面的应用[J]. 南水北调与水利科技. 2017(04): 101-110.
- 欧阳志云, 赵同谦, 王效科, 等. 水生态服务功能分析及其间接价值评价[J]. 生态学报. 2004(10): 2091-2099.
- 彭文启. 流域水生态承载力理论与优化调控模型方法[J]. 中国工程科学. 2013(03): 33-43.
- 任丽平. 嘉陵江梯级库区鱼类生物完整性指数(FIBI)评价研究[J]. 西华师范大学学报(自然科学版). 2015(04): 432-435.
- 任晓庆, 杨中文, 张远, 王玉秋, 周凯文, 张鲁骏. 滦河流域水生态承载力评估研究. 水资源与水工程学报. 2019, 30(4): 1-9.
- 熊文, 黄思平, 杨轩. 河流生态系统健康评价关键指标研究[J]. 人民长江, 2010, 41(12): 7-12.
- 杨俊峰, 乔飞, 韩雪梅, 等. 流域水生态承载力评价指标体系研究[Z]. 中国云南昆明: 2013.
- 张盛, 王铁宇, 张红, 等. 多元驱动下水生态承载力评价方法与应用——以京津冀地区为例[J]. 生态学报. 2017(12): 4159-4168.
- 曾晨, 刘艳芳, 张万顺, 等. 流域水生态承载力研究的起源和发展[J]. 长江流域资源与环境. 2011(02): 203-210.
- 周永欣, 王士达, 夏宜琤. 水生生物与环境保护[M]. 科学出版社, 1983.
- 张远, 周凯文, 杨中文, 等. 水生态承载力概念辨析与指标体系构建研究, 西北大学学报(自然科学版) 2019, (1) 49: 42-53
- 王惠, 齐实. 山西沁河源头河岸植被带建设、评价及设计[D]. 北京林业大学学位论文, 2008.
- 王建华, 江东, 顾定法, 等. 水资源承载力的概念与理论[J]. 甘肃科学学报. 1999(02): 1-4.
- 汪恕诚. 水环境承载能力分析 with 调控[J]. 中国水利. 2002, 2(11): 2-6.
- 王西琴, 高伟, 何芬, 等. 水生态承载力概念与内涵探讨[J]. 中国水利水电科学研究院学报. 2011(01): 41-46.

附录 A 评估指标等级、赋分标准与参考依据

1 水资源

1.1 评估指标等级与赋分标准

附表A-1 水资源评估指标等级与赋分标准

评估指标	单位	指标等级与赋分				
		一级	二级	三级	四级	五级
		80~100	60~80	40~60	20~40	0~20
人均水资源量	m ³ /人	>3000	2000~3000	2000~1000	1000~500	<500
万元 GDP 用水量	m ³ /万元	<20	20~80	80~140	140~200	>200
水资源开发利用率	%	<10	10~20	20~30	30~40	≥40
用水总量控制红线达标率	%	>90	80~90	70~80	50~70	<50

1.2 评估指标等级划分的参考依据

- 1) 人均水资源量：国际公认标准。
- 2) 万元GDP用水量：专家咨询
- 3) 水资源开发利用率：《流域生态健康评估技术指南》，环境保护部自然生态保护司，2013年3月。
- 4) 用水总量控制红线达标率：张盛，王铁宇，张红，等. 多元驱动下水生态承载力评价方法与应用——以京津冀地区为例[J]. 生态学报. 2017(12): 4159-4168

2 水环境

2.1 评估指标等级与赋分标准

附表A-2 水环境评估指标等级与赋分标准

评估指标	单位	指标等级与赋分				
		一级	二级	三级	四级	五级
		80~100	60~80	40~60	20~40	0~20
工业 COD 排放强度	kg/ 万元	≤1	2~1	3~2	4~3	≥4
工业氨氮排放强度	kg/ 万元	<0.1	0.2~0.1	0.3~0.2	0.4~0.3	>0.4

工业总氮排放强度	kg/ 万元	<0.15	0.15~0.3	0.45~0.3	0.45~0.6	>0.6
工业总磷排放强度	kg/ 万元	<0.05	0.1~0.05	0.15~0.1	0.2~0.15	>0.2
单位耕地面积化肥施用量	kg/hm ²	<400	400~500	500~600	600~700	>700 (1000)
单位土地面积畜禽养殖量	头/ km ²	<200	200~250	250~300	300~350	>350 (500)
城镇生活污水 COD 排放强度	kg/ 万元	≤1.5	3~1.5	4.5~3	6~4.5	≥6
城镇生活污水氨氮排放强度	kg/ 万元	≤0.2	0.3~0.2	0.4~0.3	0.5~0.6	≥0.6
城镇生活污水总氮排放强度	kg/ 万元	≤0.25	0.5~0.25	0.75~0.5	1~0.75	≥1
城镇生活污水总磷排放强度	kg/ 万元	≤0.05	0.15~0.05	0.25~0.15	0.35~0.25	≥0.35
水环境质量指数	%	100	95~100	90~95	85~90	<85
集中式饮用水源地水质达标率	%	100	95~100	90~95	85~90	<85

注：括号内数值表示当指标大于或等于括号内数值时赋分为 0

2.2 评估指标等级划分的参考依据

1) 单位工业产值COD排放量：中华人民共和国国家标准《污水综合排放标准》(GB8978-1996)。

2) 单位工业产值氨氮排放量：中华人民共和国国家标准《污水综合排放标准》(GB8978-1996)。

3) 单位工业产值总氮排放量：中华人民共和国国家标准《污水综合排放标准》(GB8978-1996)。

4) 单位工业产值总磷排放量：中华人民共和国国家标准《污水综合排放标准》(GB8978-1996)。

5) 单位耕地面积化肥施用量：《湖泊生态安全调查与评估技术指南》，良好湖泊生态环境保护专项，环境保护部污染防治司，2012年4月。

6) 单位土地面积畜禽养殖量：《湖泊生态安全调查与评估技术指南》，良好湖泊生态环境保护专项，环境保护部污染防治司，2012年4月。

7) 城镇生活污水COD排放强度：中华人民共和国国家标准《污水综合排放标准》(GB8978-1996)。

8) 城镇生活污水氨氮排放强度：中华人民共和国国家标准《污水综合排放标准》(GB8978-1996)。

9) 城镇生活污水总氮排放强度：中华人民共和国国家标准《污水综合排放标准》(GB8978-1996)。

10) 城镇生活污水总磷排放强度：中华人民共和国国家标准《污水综合排放标准》(GB8978-1996)。

11) 水环境质量指数：专家咨询。

12) 集中式饮用水源地水质达标率：《地表水环境质量标准》GB3838-2002。

3 水生态

3.1 评估指标等级与赋分标准

附表 C-3 水生态评估指标等级与赋分标准

指标	单位	指标等级与赋分				
		一级	二级	三级	四级	五级
		80~100	60~80	40~60	20~40	0~20
岸线植被覆盖度	%	>80	60~80	40~60	20~40	<20
水域面积指数	%	>0.5	0.4~0.3	0.3~0.2	0.2~0.1	<0.1
河流连通性指数	-	>100	90~80	80~70	70~60	≤60
生态基流保障率	%	100	90~100	80~90	70~80	<70
鱼类完整性指数	-	以各生物类群完整性指标数值的 95%分位数作为一级和二级间的临界值，以 5%分位数作为四级和五级间的临界值；将 95%分位数和 5%分位数之间范围进行三等分，以确定其他相邻级别间的临界值。				
浮游藻类完整性指数	-					
大型底栖无脊椎动物完整性指数	-					
鱼	-	>79	79~56	56~33	33~23	<23
藻	-	>78	78-59	59-40	40-21	<21
底栖	-	>74	74-51	51-28	28-5	<5

3.2 评估指标等级划分的参考依据

1) 年生态基流满足率：郭维东，王丽，高宇等. 辽河中下游水文生态完整性模糊综合评价. 长江科学院院报, 2013, 30(5): 13-16.

2) 河流连通性指数：熊文，黄思平，杨轩. 河流生态系统健康评价关键指

标研究. 人民长江, 2010, 41(12):7-12.

3) 岸线植被覆盖度: ①王惠, 齐实. 山西沁河源头河岸植被带建设、评价及设计. 北京林业大学学位论文, 2008. ②杜洋, 徐慧. 基于生态系统服务功能需求的城市河流健康评价. 中国环境与生态水力学, 2008. 416-422.

4) 水域面积指数: 专家咨询。

5) 藻类完整性指数: 《流域生态健康评估技术指南》，环境保护部自然生态保护司，2013年3月。

6) 大型底栖动物完整性指数: 《流域生态健康评估技术指南》，环境保护部自然生态保护司，2013年3月。

7) 鱼类完整性指数: 《流域生态健康评估技术指南》，环境保护部自然生态保护司，2013年3月。