

ICS
CCS

团 体 标 准

T/ACEF 000—202X

河流生态流量效果监测评价技术导则

Technical guide for effect monitoring and evaluation of
river ecological flow

(征求意见稿)

2000-00-00发布

2000-00-00实施

中华环保联合会 发布

目 次

前 言	II
1 范围.....	1
2 规范性引用文件.....	1
3 术语和定义.....	1
4 总则.....	3
5 资料收集与调查.....	4
6 生态流量效果监测断面.....	7
7 生态流量效果监测内容与指标.....	7
8 生态保护对象的生态状况评价.....	10
9 生态流量达标评价与目标优化分析.....	11
10 生态流量预警评价.....	13
附录A（规范性）河流生态流量效果监测评价数据记录表.....	14
附录B（规范性）河流生态流量达标评价与目标优化建议表.....	16
附录C（资料性）河流生态流量计算方法.....	17
附录D（资料性）河流生态流量计算方法适用条件.....	21

前 言

本文件按照GB/T1.1-2020《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。

本文件为首次发布。

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。

本文件由中国水利水电科学研究院提出。

本文件由中华环保联合会归口。

本文件起草单位：中国水利水电科学研究院、

本文件主要起草人：

河流生态流量效果监测评价技术导则

1 范围

本文件规定了河流生态流量效果监测评价原则、监测断面设置、监测内容与指标要求、生态保护对象状况生态状况评价、生态流量达标评价与目标优化分析、生态流量预警评价分析等技术要求。

本文件适用于河流生态流量效果监测、评价及预警管理。

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 50179	河流流量测验规范
GB/T50138	水位观测标准
SL 196	水文调查规范
SL 195	水文巡测规范
SL 219	水环境监测规范
SL 395	地表水资源质量评价技术规程
SL/T 793	河湖健康评估技术导则
SL 709	河湖生态保护与修复规划导则
SL/T 278	水利水电工程水文计算规范
HJ 1098	水华遥感与地面监测评价技术规范（试行）
SC/T 9402	淡水浮游生物调查技术规范
SC/T 9429	淡水渔业资源调查规范

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

生态流量 ecological flow

维持河流水生态系统结构与功能，需要保留在河流内的符合要求的流量（水量、水位）及其过程，包括生态基流和敏感期生态流量。

3.2

生态基流 ecological base flow

维持河流基本形态和生态功能，防止河道断流、干涸，避免水生态系统功能遭受无法恢复性破坏的最小流量。

3.3

敏感期生态流量 ecological flow in sensitive period

有生态保护对象的河流在生态敏感期需要的流量（水量、水位、水深）及其过程，以维系河流水生态系统中的某些组分或功能在特定时段对于流量及其过程的需求。

3.4

生态保护对象 ecological protection objects

主要包括河流基本形态、基本栖息地、基本自净能力等基本生态保护对象，以及保护要求明确的重要生态敏感区（明令要求明确的重要生态敏感区、重要保护鱼类“三场一通道”、重要湿地、河谷林草区等）、水生生物多样性、输沙、河口压咸等特殊生态保护对象。

3.5

生态流量控制断面 ecological flow control section

保障生态保护对象流量（水量、水位、水深）及其过程需求的河流流量控制断面。

注：通常情况下，根据生态保护对象，选择跨行政区断面、把口断面（入海、入干流、入尾闾）、重要生态敏感区控制断面、主要控制性水工程断面等作为河流生态流量控制断面。

3.6

生态流量监测 monitoring on ecological flow

为满足河流控制断面生态流量需求，采用测量、计算、观测等手段，对断面生态流量状况进行信息采集、传输和分析。

3.7

生态流量监测断面 ecological flow monitoring section

专门开展生态流量监测的河流断面，可与生态流量控制断面为同一断面。

3.8

生态流量效果 effect of ecological flow

河流水生态系统结构与功能对于生态流量(水量、水位)及其过程保障情况的响应特征。

3.9

生态流量预警 early warning of ecological flow

对河流监测断面上生态流量达到或低于生态流量保障目标阈值范围的提前警示,在阈值设定中应重点关注生态保护对象敏感期保护时间及生态流量目标要求。

4 总则

4.1 基本任务

在资料收集整理和现状补充调查的工作基础上,选取河流生态流量监测评价指标,明确监测要求,从河流水文变化、生态保护对象保护情况以及水环境状况等方面进行效果评价,开展河流生态流量达标评价,提出生态流量监测预警分析要求,为河流生态流量监管、水资源保护与修复等提供支撑。

4.2 基本原则

河流生态流量效果监测评价应遵循下列基本原则:

——客观公正,科学评价的原则。应在系统梳理和客观开展河流的水文水资源禀赋条件、生态保护要求、开发利用状况、水文及生态环境监测工作与基础数据分析基础上,选取适宜的评价指标及适用的分析评价方法,科学开展河流生态流量效果监测评价工作;

——统筹兼顾,突出重点的原则。以河流生态流量效果监测评价需要统筹考虑河流自然水文特点和水利水电工程生态流量下泄保障的关系,重点针对河流敏感生态保护对象所在河段生态流量保障状况进行监测分析与效果评价;

——易于获取,可行性的原则。尽可能采用易于获取的数据和指标,在确保达到监测目的、保证必要的监测精度和样本量前提下,要兼顾监测工作的可操作性,以期用最少的断面、人力、物力和时间投入获得最有效的数据,在此基础上开展河流生态流量效果监测评价。

4.3 基本内容

河流生态流量效果监测评价应根据河流生态环境特点及管理要求,并包括以下全部或部分内容:

——资料收集整理与调查;

- 生态流量效果监测断面；
- 生态流量效果监测内容与指标；
- 生态保护对象的生态状况评价；
- 生态流量达标评价与目标优化分析；
- 生态流量预警评价分析。

4.4 基本步骤

河流生态流量效果监测评价一般包括4个步骤，主要如下：

- 开展资料收集与调查，明确河流生态流量目标及生态保护对象分布特征；
- 确定生态流量效果监测指标与断面，确定监测内容与要求；
- 根据监测结果，分析生态保护对象的生态状况，开展生态保护效果分级评价；
- 开展生态流量达标情况评价，给出生态流量目标优化建议，提出生态流量预警设计。

4.5 基本要求

4.5.1 应在系统收集、整理和分析已有基本资料的基础上，明确河流上重要生态保护对象分布特征，根据生态保护对象保护要求以及河流水生态系统特征，构建生态流量效果监测评价指标体系。当基础资料不满足需求时，应通过专项调查或专项监测予以补齐。

4.5.2 对于河流上具有生态保护对象的，尽可能针对生态保护对象开展加密监测，在此基础上开展敏感期生态流量效果评价分析。

4.5.3 在监测评价范围的确定方面，应以生态流量保障的敏感生态保护对象所在河段为重点范围进行分析，也可以整条河流为评价单元。一个评价单元可根据生态保护对象分布情况划分为多个河段，分别开展生态流量效果监测评价分析。

4.5.4 评价时段方面，宜选取河流生态流量正常保障情形下一个完整年份，推荐开展河流生态流量正常保障情形下的3年连续监测后进行效果评价。

4.5.5 在监测评价指标方面，应结合河流水文情势变化特点、水生态环境时空演变特征以及生态保护对象保护要求等情况，选取反映河流生态流量效果的特征指标。当出现特别情况无法涵盖的某些特征（如有机污染等），可增加反映该河流特定变化的自选指标。

4.5.6 根据生态流量效果监测结果，分析监测数据与生态流量保障目标要求的偏离情况，按照“良好、一般、差”3个级别，分级评价河流生态流量效果。

5 资料收集与调查

5.1 一般规定

5.1.1 应系统调查和收集已有基本资料，包括河流水文、水资源、水环境、水生态等历史调查、常规监测、规划资料、研究报告等。开展补充调查或监测时，水环境监测应符合SL 219有关规定。

5.1.2 资料收集范围宜结合河流所在水资源分区、行政区划、主体功能区划、生态功能区划、水功能区划、生态红线范围、河道岸线保护与利用规划等合理确定，时间上宜反映河流水系演变情况。对于资料缺乏地区可采用卫星遥感、无人机摄影测量、无人船监测系统、多参数水文水环境监测仪、地理信息系统、全球定位系统、大数据分析等等监测技术手段以及大数据分析技术进行必要的现场调查和监测。

5.1.3 调查收集的资料应进行复核、整理和分析，应查明其来源、精度、计算方法和存在问题，对来源不同的资料进行复核，并进行系统整理，必要时可进行技术审查，确保资料口径的统一，符合可靠性、一致性和代表性的要求。

5.1.4 应根据生态流量效果监测评价河流上生态保护对象分布特征及生态敏感程度，分类开展资料收集工作。对于敏感性河流应在调查收集现有资料基础上，根据需要开展必要的现场补充调查监测；对于一般性河流，以收集现有资料为主，可不开展现场调查监测。

5.1.5 生态流量效果监测应充分运用先进仪器设备、技术方法，水位、流量、流速及水质监测要素应优先考虑在线监测和便携式仪器设备。

5.2 基本资料

5.2.1 应根据河流生态保护要求、生态保护对象分布情况以及生态流量效果监测评价工作需要，收集有关流域（区域）自然地理资料、河流形态、气象水文、水环境、水资源开发利用、社会经济等相关规划、设计、水工程调度方案及相关批复等方面的资料。

a) 自然地理资料主要包括地理位置、地形地貌、水系分布、河流特征、水资源分区、土壤、植被、土地利用等。

b) 河流形态资料主要包括河床形态，河道横、纵断面分布及特性，河道地形，河道比降，河流蜿蜒度，深潭与浅滩的分布特征等。

c) 气象水文资料主要包括流域范围内及其周边的气象与水文站名录和分布情况；选定的气象测站及其气象水文资料，包括降水量、蒸发量，单站历年逐月（旬、周、日）实测和天然径流系列、天然径流量特征值，水资源分区地表水资源量系列，河流含沙量和输沙量，以及历史特大洪水、干旱等资料。

d) 水环境资料主要包括水环境规划、水（环境）功能区划、总量控制目标、水环境保护目标及分布、国（省）控断面分布及水质目标、水质现状监测资料等。

e) 水资源开发利用及工程调度相关资料主要包括供水量、用水量、耗水量现状及变化；各类水利设施建设和运行情况，以及水力发电等河道内生产用水情况等；

f) 相关规划、设计及相关批复资料主要包括流域综合规划、水资源规划、水资源保护规划、生态环境保护规划、经济社会发展规划等规划及其批复，水功能区划，生态功能区划相关资料，河流上相关水利水电工程可研、初设等设计文件，流域规划环评、工程环评及其批复，河流水量调度方案等。

5.3 生态流量目标调查分析

5.3.1 收集整理河流上的水利水电工程及其调度情况，包括水工程类型、工程规模、开发方式、取用水资源量、运行调度方案等，收集工程生态流量下泄方案、生态流量泄放设施、生态流量保障措施、生态流量监测及管理等相关资料。

5.3.2 调查分析监测河流（段）生态流量目标要求相相关规划，相关工程批复文件等确定的生态流量目标情况，包括控制断面位置、生态流量目标要求等。

5.3.3 根据历史水文资料，结合当地水资源条件与水生态保护要求，复核分析已有生态流量目标的合理性。

5.3.4 存在没有生态流量目标或多个生态流量目标不一致情形时，应采用多种方法计算并综合确定河流生态流量合理目标值。一般情况下，河流应确定生态基流，具有特殊生态保护对象（保护要求明确的重要生态敏感区、水生生物多样性、输沙、河口压咸等）的河流，还应确定敏感期生态流量。

5.4 生态保护对象调查分析

5.4.1 生态保护对象调查主要包括重要鱼类、鱼类三场（产卵场、索饵场、越冬场）及洄游通道、涉水自然保护区、水产种质资源保护区、重要湿地等，以及其它保护要求明确的重要生态敏感区、输沙、河口压咸等特殊生态保护对象等。

5.4.2 对于相关批复文件中已经确定了生态流量的河流（段），重点调查收集生态流量明确保护的生态保护对象情况。对于尚未明确生态保护对象的河流，结合历史和现状鱼类及其他保护物种调查，获取河流重要水生生物名录及其分布范围，根据国家批复的自然保护区、水产种质资源保护区、重要湿地等重要生态敏感区等，识别生态保护对象，调查收集生态保护对象情况。

5.4.3 根据生态保护对象调查，分析河流生态保护对象生态水文需求特征。

5.4.4 对于涉及重要保护水生生物的，还应调查分析河流上重要珍稀保护鱼类及其它保护水生生物的物种组成、数量、分布、生态习性（如产卵习性，浮性卵、沉性卵等）、洄游特性等，若收集到历史数据，则应与历史数据进行复核对比，分析鱼类群落结构等的变化。

6 生态流量效果监测断面

6.1 一般规定

6.1.1 监测断面设置时，除了体现断面设置的典型性、代表性以外，还应根据调查监测工作开展的可操作、安全性、交通便利性等实际情况开展调查监测。

6.1.2 应根据生态保护对象以及重点关注河段的地貌稳定性特征等设置相应生态流量效果监测断面。

6.2 监测断面设置

6.2.1 根据生态保护对象分布情况设置监测断面，优先选择现有水文站监测断面，也可以根据现有水质站、主要控制性水工程断面、重要生态敏感区控制断面等的分布情况进行监测断面设置，也可采用水工建筑物（坝、闸、堰、槽等）、水电站和泵站等断面。

6.2.2 生态流量效果监测断面所在河段无水文站点或可用于推流的水工建筑物时，应综合考虑河势、水文特性、通信、交通等基础条件。

6.2.3 考虑到生态流量效果监测中水生态调查监测的随机性较大情形，每次在监测断面上的调查不宜少于3个点位，并应充分考虑空间的差异性；对于年内开展多次调查的河流，应考虑季节的差异性。对于有重要生态敏感区的河流（段），需充分考虑该区域的特征性。

6.2.4 若现有水质断面难以与生态流量效果监测断面统一时，对于水质监测断面优先采用现有常规监测站，并应适当增加生态保护对象所在水域的代表断面。

7 生态流量效果监测内容与指标

7.1 一般规定

7.1.1 河流生态流量效果监测内容主要包括常规水文要素、水生生物和水生生境。

7.1.2 河流生态流量效果监测指标应重点进行水位、流速、流量等指标监测，宜同步开展水

质监测，有条件的地方还应根据实际需要开展水生生物和水生生境监测。

7.1.3 指标类型分为基本指标和备选指标，其中基本指标为必选指标，备选指标可结合实际情况进行自选指标的选取。自选指标选取原则主要包括：

- a) 能够反映监测河流的特有特征的指标；
- b) 与其他指标不存在重复或冗余信息；
- c) 指标可在现有监测统计成果基础上进行收集整理或通过其他途径获取。

7.2 监测内容

7.2.1 河流常规水文要素监测主要包括水位、流速、流量、水质。

7.2.2 河流生态基流效果重点监测分析河流生态基流满足程度及其生态成效，监测内容主要为水文断面的径流过程、枯水期生境状况等。

7.2.3 生态敏感期生态流量效果重点监测分析生态敏感流量过程及其生态影响，包括：

a) 对于需要保障目标鱼类产卵脉冲水流条件的河段，在生态敏感流量期间，根据目标鱼类主要繁殖季节确定水文调查时段，在目标鱼类产卵河段调查流量涨落过程，应开展脉冲流量过程关键水文参数（包括涨水时间、日上涨率、涨水天数、落水时间及其对应流量、水位等）调查分析，同时开展水质状况和生态保护对象状况及其重要水生生境的调查监测；

b) 存在有河滩湿地、河谷林草地、河滨带植被等在生态流量确定时关注的生态保护对象时，应开展漫滩流量过程水文调查，重点调查漫滩断面涨退水全过程，包括涨水时间、退水时间、平滩流量、洪峰流量，各流量对应的水域面积、植被漫水面积、范围、平均漫水水深、最大漫水水深、持续时间等内容。

7.3 监测指标体系设计

7.3.1 河流生态流量效果监测指标体系包括水文、水环境、水生态和水景观4类一级指标，各个一级指标包括相应的二级指标。

7.3.2 监测指标的选取应考虑适用性条件，应根据河流水文径流特点、水环境状况以及水生生态特征进行考虑，河流水生生物监测主要包括鱼类、浮游植物、浮游动物、底栖动物等，水生生境监测主要包括河道断面、滩槽地形、植被、河床泥沙组成等。

7.3.3 水景观水面宽、水面面积、植被覆盖度等指标可通过卫星遥感进行专题提取，在影像分析时，宜以河流平水期水文条件下进行相应指标的提取分析。

7.3.4 针对河流生态流量效果表征特点，从水文、水环境、水生态和水景观方面，结合可操作性等要设计监测指标体系（表1）。

表 1 河流生态流量效果监测指标体系

一级指标	二级指标	指标类型
水文	流量	基本指标
	水位	基本指标
	流速	基本指标
	水深	备选指标
	水温	备选指标
	泥沙	备选指标
	常遇洪水涨退水特征	基本指标
	河道大断面	备选指标
水环境	常规水质	基本指标
	水体透明度	备选指标
	富营养化指标	备选指标
	底泥污染状况	备选指标
水生态	鱼类	基本指标
	水生生境状况	基本指标
	指示性水生生物或关键水生物种	备选指标
	鱼类资源量	备选指标
	鱼类早期资源	备选指标
	浮游植物	备选指标
	底栖动物	备选指标
	水生植物	备选指标
	横向连通性	备选指标
	纵向连通性	备选指标
水景观	水面宽	基本指标
	水面面积	备选指标
	河岸植被覆盖度	备选指标

注：监测指标可根据河流天然水文条件、水文地貌状况以及水生态特征进行自选指标的考虑。

7.4 监测频次

7.4.1 水位或流量采用在线监测的断面，监测频次应不少于每日24次；非在线监测断面，水文要素指标监测不应少于1次/d，有条件的河流可加密监测。在河流水文变化不大情形下，可按照相关水文规范推算到逐日流量。对于河流径流分析复核计算方法可参照GB 50179、SL/T 278、SL/T 793、SL 709等有关规定。水文调查监测参照GB 50179、GB/T50138、SL 195、SL 196等执行。

7.4.2 生态敏感流量所对应的生态敏感期应根据敏感流量过程的监测要求，增加流量或水位的监测频次，以实现能够描述流量涨落全过程特点。

7.4.3 水生态调查监测包括水生生物调查监测、水生生物生境调查监测两个方面，其中水生生物调查监测枯水期至少开展1次，生态敏感期不少于1次，漫滩流量期至少1次。生境调查监测应与水生生物调查监测开展同步监测。水生生物调查可参照SC/T 9402、SC/T 9429等技

术要求执行。

7.4.4 生态流量效果监测断面宜同期开展水质监测，可按照国家重点水质站要求每月监测1次。水质监测参照SL 219、HJ 1098等执行。

8 生态保护对象的生态状况评价

8.1 一般规定

8.1.1 应依据生态流量的组分(生态基流和敏感期生态流量)及生态保护对象生态状况变化，开展相应的生态流量效果评价分析。

8.1.2 对于生态基流的效果分析，重点开展枯水水文条件下的生境状况评价；对于有敏感流量的河流，需开展敏感期生态流量对应的生态保护对象的生态状况评价。

8.1.3 水生生态评价方面，利用水生生物调查情况，以鱼类、浮游植物、浮游动物、大型底栖动物、水生维管束植物的相关生物指数进行水生态状况评价，评价方法参照SL/T 793等有关技术内容。

8.1.4 水环境监测效果评价参照SL 395等有关规范执行。

8.2 枯水水文条件下水生生境状况评价

8.2.1 根据河流历史鱼类调查资料或现状调查资料，确定相应的鱼类或敏感水生生物的生境保护要求，如水深、水位、流速等要求，通过调查监测对生境状况是否满足要求进行生态流量效果评价分析。

8.2.2 可参照表2进行生境一般要求的设定，对应分析生境状况是否满足水生生物要求。

表 2 水生生境生态水力学评估标准

指标/标准	最低标准	指标类型
最大水深 H_{\max} (m)	性成熟鱼类体长的 2~3 倍	基本指标
平均水深 H_{mean} (m)	0.3	备选指标
平均流速 V_{mean} (m/s)	0.3	基本指标
水面宽度 B (m)	30	备选指标
湿周率 W (%)	50	备选指标
过水断面面积 A_{water} (m ²)	30	备选指标
水域水面面积 S_{river} (m ²)	70	备选指标
平均水温 T (°C)	适合鱼类生存、繁殖 (按不同鱼类种类分析)	备选指标 (保护鱼类为生态保护对象时该指标应为基本指标)
急流 Fr_r	$Fr > 1$	备选指标

指标/标准	最低标准	指标类型
缓流 Fr_s	$Fr < 1$	备选指标

注：1) Fr 为弗劳德数。2) 多年平均流量小于 $150\text{m}^3/\text{s}$ 的河流可根据天然情况适当降低标准要求。

8.2.3 评价分析步骤如下：

- a) 确定河流（段）生态水力学与生态保护对象最低标准值要求；
- b) 在最大水深 H_{\max} （m）、平均水深 H_{mean} （m）、平均流速 V （m/s）、水面宽度 B （m）、湿周率 W （%）、过水断面面积 A （ m^2 ）、水域水面面积 S 、水温 T （ $^{\circ}\text{C}$ ）等中选择相应评价指标；
- c) 计算实测数据与目标要求的偏离度；
- d) 当所有的监测指标大于等于最低标准值时，评价为“良好”；当基本指标大于等于最低标准值，备选指标小于最低标准值，评价为“一般”；当基本指标小于最低标准值，评价为“差”。

8.3 生态敏感期生态状况评估

8.3.1 根据河流历史鱼类调查资料或现状调查资料，确定相应的鱼类或相关水生生物的保护要求，如鱼类产卵适宜的刺激流速、漂流性鱼卵漂流需要的水深、流速和持续时间等要求；通过敏感期开展的生境调查，分析生境状况是否满足相关目标鱼类的对生境的要求。

8.3.2 对于有历史鱼类资源量/早期资源量监测资料的河流，可开展鱼类资源量/早期资源量改善效果评估，并分析其与历史状况的偏离程度。

8.3.3 对于河谷林草或漫滩状况评估分析方面，重点分析洪水脉冲过程及其相应的河谷林草或河滩湿地生境变化情况，可结合高分遥感影像或无人机航拍影像，分析涨水前、平滩流量、洪峰流量、退水后的，包括河滩湿地或河谷林所在河段的河谷形态、各流量对应的水域面积、植被漫水面积、范围、平均漫水水深、最大漫水水深、持续时间等，评估分析生态流量目标规定的敏感流量（ n 年一遇洪水脉冲）对谷林草或河滩湿地维持作用。

8.3.4 根据鱼类产卵刺激效果及河滩湿地或河谷林漫滩淹没情况，结合历史资料对比，按照“良好、一般、差”评价生态敏感期生态状况。

9 生态流量达标评价与目标优化分析

9.1 一般规定

9.1.1 应明确评价时长。河流主要控制断面生态基流保障情况宜按日均流量进行评价，生态

水量保障情况可选月均流量、分水期（汛期、非汛期、冰冻期）平均流量、年均流量进行评价。

9.1.2 应在明确保证率前提下开展河流断面生态流量达标评价，达标情况可以年为评价时间尺度。

9.1.3 生态流量（水量）保证率根据生态保护目标的不同而有所差异。生态基流的保证率应不小于90%，敏感期生态流量的保证率应根据生态保护目标在敏感期的流量过程需求，结合河流天然水文变化特点综合确定。

9.2 生态基流达标评价

9.2.1 应通过计算评价时段内满足生态基流的天数占全部评价时段天数的比例 P 的数量情况分析达标情况。

9.2.2 对于 P 值在90%以上的生态基流达标情况，均评价为达标。否则为不达标。

9.2.3 当 P 值大于等于100%时，生态基流效果评价为“良好”； P 值处于区间[90%，100%)时，评价为“一般”； P 值低于90%的情形，评价为“差”。

9.3 敏感期生态流量达标评价

9.3.1 应分析目标敏感流量实测径流出现次数与时间，通过评价分析敏感期河流断面流量（脉冲流量或漫滩流量）过程与生态流量目标规定的敏感期生态流量过程要求的偏离程度，分析敏感期生态流量达标情况。

9.3.2 重点评价分析洪峰流量、连续日涨水速率、涨水天数，持续涨水时间等偏离比例。有条件的区域可以分析敏感期水文过程应与天然水文过程的相似程度（或多年平均水文过程），以此分析河流水文节律维持特征。

9.3.3 生态敏感流量达标情况可根据洪峰流量、涨水持续时间与落水持续时间3个指标进行评价。3个指标实测值相对目标值偏离程度平均值小于等于10%，评价为“良好”；大于10%小于等于20%的评价为“一般”；大于30%的评价为“差”。

9.4 敏感期生态流量目标优化分析

9.4.1 对于未能满足生态流量目标的河流，应对不满足的原因进行分析，可从降水变化、水工程影响、水资源过度开发利用和生态流量目标设置过高等方面进行问题的分析，提出满足生态流量监测指标及目标优化的建议。

9.4.2 对于河流水文季节性变化明显的河流，可根据水文特征分析中获得的季节性水文特征参数，结合河流生态保护对象的需求，按季节提出生态流量目标优化建议。

10 生态流量预警评价

10.1 生态流量预警设计

10.1.1 为保障生态流量效果和维护河流健康生命，在河流生态流量保障工作中，应开展生态流量预警评价分析，明确生态流量控制断面预警等级和预警阈值。

10.1.2 为直观反映生态流量预警信息，宜采用不同颜色进行预警信号的表达，预警信号的级别依据生态流量不满足可能带来的水生态损害情况、紧急程度和发展态势划分。

10.2 生态流量预警评价分析

10.2.1 生态流量预警评价等级的确定，应在充分考虑河流生态保护对象用水需求特征、管理需求、水文特征和监测实施条件等因素基础上划定，宜划分为3级。

10.2.2 按照生态流量达标评价情况，进行预警等级和预警信号设计，对于生态流量达标评价为“良好”的，可设置为蓝色预警；生态流量达标评价为“一般”的，可设置为黄色预警；生态流量达标评价为“差”的，设置为红色预警。

10.2.3 在有条件的区域，为了及时掌握河流生态流量状况，实现河流生态流量有效保障，应充分发挥物联网、无线通信、云计算及大数据分析技术的优势，研发生态流量监测预警系统平台，实现河流生态流量自动化监测与实时智能预警。

附录 A

(规范性)

河流生态流量效果监测评价数据记录表

A.1 枯水水文条件下河流水文及水生生境调查监测表

调查河段名称	所在		起始位置		终止位置		调查日期	水位(m)	平均流速(m/s)	平均水深(m)	最大水深(m)	水面宽度(m)	过水断面面积(m ²)
	流域	河流	东经	北纬	东经	北纬							

注：在枯水期生态基流期间，宜选择 1~2 次枯水流量过程，结合遥感与无人机影像技术等，在水生态保护对象所在河段开展河流枯水水文状况专项调查，重点调查水位、水面宽度、流速、水深（包括深水区 and 浅水区）。

A.2 生态敏感期水文状况调查监测—目标鱼类产卵脉流量保障效果监测表

调查河段名称	所在		起始		终止		调查日期	开始涨水时间	开始落水时间	涨水时间对应流量(m ³ /s)	涨水时间对应水位(m)	连续涨水天数(天)	流量日上涨率	落水时间对应流量(m ³ /s)	涨水时间对应水位(m)	鱼类重要生境				
	流域	河流	东经	北纬	东经	北纬										主要鱼类种类	平均水位(m)	平均流速(m/s)	平均水深(m)	最大水深(m)

注：对于需要保障目标鱼类产卵脉冲水流条件的河段，在生态敏感流量期间，根据目标鱼类主要繁殖季节确定水文调查时段，在目标鱼类产卵河段调查流量涨落关键水文参数等，不少于 2 次完整的涨落水过程。

A.3 生态敏感期水文过程及漫水生境（河谷林草/河漫滩）漫滩洪水过程效果监测表

调查河段名称	所在		起始		终止		涨水时间	退水时间	涨水时间对应流量 (m ³ /s)	平滩流量 (m ³ /s)	洪峰流量 (m ³ /s)	涨水持续时间	退水时间对应流量 (m ³ /s)	河谷林草/河漫滩湿地生境					
	流域	河流	东经	北纬	东经	北纬								植被类型	漫水前植被覆盖度 (%)	平滩流量漫水面积 (m ²)	洪峰流量漫水面积 (m ²)	平均淹水水深 (m)	最大漫水水深 (m)

注：以河谷林草、河滩湿地或河口湿地等为保护目标的河段，开展不少于 1 次漫滩流量过程（建议 2 年一遇洪水过程）水文调查，重点调查漫滩断面涨退水全过程，包括涨水时间、退水时间、平滩流量、洪峰流量、淹没持续时间等。可同步调查河谷林草/河漫滩湿地生境及其漫水情况。

附录 B

(规范性)

河流生态流量达标评价与目标优化建议表

B.1 河流生态基流达标情况与优化建议表

水文站/ 断面名称	所在 河流	生态基流目标 (m ³ /s)	评价时段总天数 (天)	满足生态基流天 数(天)	生态基流 保证率	枯水期基本生境 状况评估	生态基流目标优化调整建议 (m ³ /s)

注：1) 生态流量保证率可按照评价时段内满足生态流量的天数占评价时段总天数的比例计算。

2) 枯水期基本生境状况评估按照“良好、一般、差”填写达标评价结果。

3) 针对基本生境状况评估为差的河流提出优化调整的生态基流目标。

B.2 河流敏感期生态流量达标情况与优化表

水文站/ 断面名称	所在河流	鱼类产卵繁殖期生态流量目标偏离 评价结果	河谷林草、河滩湿地或河口湿地漫 滩洪水脉冲流量目标偏离评价结果	生态保护对象敏感流 量生态状况评估	敏感生态流量优化 建议

注：1) 敏感生态流量优化建议重点根据生态保护对象敏感流量施放其生态状况评估结果，对洪峰流量、涨水持续时间、落水持续时间等指标提出优化建议。

2) 按照“良好、一般、差”填写达标评价结果。

附录 C

(资料性)

河流生态流量计算方法

C.1 水文学法

水文学法(也称历史流量法)是生态需水评价中最简单的、需要数据最少的方法,它依据历史水文数据确定需水量。最常用的方法有Tennant法或称蒙大拿法、水生物基流法、可变范围法、7Q10法、德克萨斯(Texas)法、流量持续时间曲线分析法、年最小流量法和水力变化指标法(IHA)等。

C.1.1 Tennant 法

Tennant法是水文学法中最常用的方法,其解决的是水生生物、河流景观及娱乐与河流流量之间适应关系的问题,具有宏观的定性指导意义。该方法是Tennant,D.L等人于1976年提出的,他们在1964年-1974年对美国蒙大拿、怀俄明基内布拉斯加的11条河流进行了野外研究,分析得出多年平均天然径流量的10%是保持河流生态系统健康的最小流量,多年平均天然径流量的30%能为大多数水生生物提供较好的栖息地条件。因此,Tennant法提出生态流量取值为多年平均流量的10%-30%。

Tennant法主要优点是使用简单,操作方便,一旦建立了流量与水生生态系统之间的关系,需要的数据就相对少,也不需要进行大量的野外工作,可以在生态资料缺乏的地区使用。但由于对河流的实际情况作了简化处理,没有直接考虑生物的需求和生物间的相互影响,只能在优先度不高的河段使用,或者作为检验其它计算方法的一种粗略方法。

C.1.2 水生物基流法(Aquatic Base Flow Method,ABF)

水生物基流法属标准设定法,由美国鱼类和野生动物保护部门在研究了48条流域面积在50平方英里以上,且有25年以上观测资料,没有修建对环境影响较大的大坝或调水工程的河流后创立的方法。它设定某一特定时段月平均流量最小值的月份,其流量满足鱼类生存条件。该方法一年分3个时段考虑,夏季主要考虑满足最低流量,设定流量为一年中3个时段最低的,以8月份的月平均流量表示;秋季和冬季时段,要考虑水生物的产卵和孵化,设定的流量为中等流量,以2月份的月平均流量表示;春季也主要考虑水生物的产卵和孵化,所需流量在3个时段中为最大,以4月份或5月份的月平均流量表示。

这种方法的优点是考虑了流量的季节变化,对小河流比较适合。其缺点是对于较大河流,由于受人为影响因素大,要获得还原后的径流量,需要有长期的河流取水统计资料;另外,对某些月份,河流的径流量达不到设定流量的要求。此法不适合于季节性河流。

C.1.3 可变范围法 (Range of Variability Approach, RVA)

RVA法是最常用的水文指标法，其目的是提供河流系统与流量相关的生态综合统计特征，识别水文变化在维护生态系统中的重要作用。RVA法主要用于确定保护天然生态系统和生物多样性的河道天然流量的目标流量。RVA法描述的流量过程线的可变范围是指天然生态系统可以承受的变化范围，并可提供影响环境变化的流量分级指标。RVA法可以反映取水和其它人为改变径流量的影响情况，表征维持湿地、漫滩和其它生态系统价值和作用的水文系统。在RVA流量过程线中，当其流量为最大与最小流量差值的1/4时，该数值为所求的生态需水流量。

RVA法至少需要有20年的流量数据资料。如果数据不足，就要延长观测，或利用水文模拟模型模拟。RVA法的应用在河流管理与现代水生生态理论之间构筑了一条通道。

C.1.4 7Q10 法

7Q10法采用近10年中每年最枯连续7天的平均水量作为河流最小流量的设计值。该方法最初是由美国开发用于保证污水处理厂排放的废水在干旱季节满足水质标准，不代表河道内生态需水量。

7Q10法的应用在我国演变为采用近10年最小月平均流量或90%保证率最小月平均流量。该法主要是为了防止河流水质污染而设定的，在许多大型水利工程建设的环境影响评价中得到应用。基于水文学参数的7Q10法，没有考虑水生物、水量的季节变化，其计算的生态流量一般比其它方法计算出的流量要小，只可维持低水平的栖息地。

C.1.5 德克萨斯 (Texas) 法

德克萨斯法采用某一保证率的月平均流量表述所需的生态流量，月流量保证率的设定考虑了区域内典型动物群（鱼类总量和已知的水生物）的生存状态对水量的需求。德克萨斯法首次考虑了不同的生物特性（如产卵期或孵化期）和区域水文特征（月流量变化大）条件下的月需水量，比现有的一些同类规划方法前进了一步。

上述水文指标法，其优点是：使用相对简单，在流域层面上，适合于对需水量计算精度要求较低的评估，这些方法要求现场实测数据较少，在多数情况下仅要求有历史流量记录数据，不需要使用昂贵的设备进行野外工作。水文指标法的缺点：虽然水文指标法对资源现场调查的数据资料精度要求较低，但还要求进行大量的野外工作，以满足设定不同标准和获取必要的参数；这些方法仅适用于已进行了河流观测和研究的地区。

C.2 水力学法

水力学方法是根据河道水力参数确定河流所需流量，所需水力参数可通过实测获得，也可以采用曼宁公式计算获得，代表方法有湿周法、R2-Cross 法等。

C.2.1 湿周法 (Wetted Perimeter Method)

湿周法是依据湿周和流量的变化关系，以曼宁公式为基础来确定河流流量。具体过程是首先根据现场调查资料绘制湿周-流量关系图，然后确定关系曲线中湿周随流量增加所表现出的增长变化点，最后根据该变化点确定河流推荐流量。采用湿周法的优点是使用相对简单，要求的数据量相对少。缺点是只能获得最小生态基流量，没有考虑水温变化对水生物的影响。

C.2.2 R2-Cross 法

R2-Cross方法是由科罗拉多水利委员会针对高海拔的冷水河流为保护浅滩栖息地冷水鱼类（如鲑鱼、鳟鱼等）而开发的，属中等标准设定法。该法认为河流流量的主要生态功能是维持河流栖息地，尤其是浅滩栖息地，其采用河流宽度、平均水深、平均流速以及湿周率等指标来评估河流栖息地的保护水平，从而确定河流目标流量。这种方法仅提出了维持浅滩的夏季最小生态流量，没有考虑年内其它时段的天然径流过程。

R2-Cross法只要求进行一些野外现场观测，不一定要有观测站的观测数据，因此没有设立观测站的河流也可用此法，但必须选择合适的研究断面。

水力学方法只需要对河道的地形特征进行简单的测量，不需要生物对生境关系的数据，因此具有很好的可操作性，但是，水力学方法未考虑到河流的季节变化性，通常不能用来确定季节性河流的流量。

C.3 生境模拟法

生境模拟法，也称为栖息地法，是从河流流量与生物量或种群变化关系直接入手，判断生物对河流流量的需求，以及流量变化对生物种群的影响，研究对象通常是鱼、无脊椎动物和大型植物等。通常采用多变量回归统计方法，建立初始生物数据与环境条件的关系，代表方法有 RCHARC 法、Basque 法、河道内流量增量法 (IFIM)、CASMIR 法等。

C.3.1 RCHARC 法

RCHARC法是根据水深和流速与鱼类种群变化的关系，对河流的生态可接受流量状态进行研究，另外该法还用于水资源利用、河道治理项目的生态环境影响评价。

C.3.2 Basque 法

Basque法是基于河流连续性概念的生物学方法，认为河流上中游的物种多样性随着流量的增加而增加，该法首先是依据曼宁公式建立湿周与流量的变化关系，然后利用河流无脊椎动物多样性与湿周的变化关系确定最小和最优流量。

C.3.3 IFIM 法

IFIM法是根据指示物种所需的水力条件确定河流流量，目的是为水生生物提供一个适

宜的物理生境；IFIM 法通过建立河流流量变化与生物量间的定量关系，对河道内流量变化对水生生物栖息地产生的影响做出评价。

栖息地法虽然将流量与生物关系相联系，但流量并不是决定生物种群以及生物量的变化的唯一因素，还存在许多其它影响因素，特别是水质状况，所以这种方法并不能完全解释流量与生物种群的内在关系。目前，这种方法主要是适用于受人类影响较小的河流。

C.4 整体分析法

整体分析法建立在尽量维持河流水生态系统自然功能的原则之上，整个生态系统的需求，包括发源地、河道、河岸地带、洪积平原、地下水、湿地和河口等都需要评价。为了维持生态系统功能的整体性，必须保留河流自然生态系统的根本特征，比如径流季节性特征、洪水脉冲持续时间和重现、冲刷流量。其中主要包括南非的Building Block Methodology(BBM)法和澳大利亚的整体研究法(Holistic Approach)等。

C.4.1 BBM 法

BBM 法目的是确定河流、湿地、湖泊的水质和水量要求，保证它们保持在一个预定的状态，这种预定状态包括 4 种水平 (A~D)：A 是接近自然状态，D 是接近人工状态。该法主要是根据专家意见，定义河流流量状态的组成成分，利用这些成分确定河流的基本特性，成分主要包括干旱年基本流量、正常年基本流量、干旱年高流量、正常年高流量等。

整体分析法弥补了栖息地法只针对一、二种生物进行研究的缺陷，强调河流是一个综合生态系统，但较为复杂，需要大量的数据和资料。

附录 D

(资料性)

河流生态流量计算方法适用条件

河流生态流量各计算方法优缺点及适用条件见表D.1。

表 D.1 河流生态流量计算方法对比

方法名称	描述	优点	缺点	适用条件
水文学法	将保护生物群落转化为维持历史流量的某些特征	快速，低成本，不需现场测量	缺乏生物学验证，没有针对性，时空变异性差	任何河道
水力学法	建立水力学参数与流量的关系曲线，取曲线的拐点流量作为最小生态流量	相对快速，低成本，具有针对性	缺乏生物学验证，体现不出季节性变化规律，不适用于三角形河道	稳定河道，季节性小河
生境模拟法	将生物响应与水力、水文状况相联系；确定某物种的最佳流量及栖息地可利用范围	有生态联系和针对性	广泛的数据收集，成本高，操作复杂，耗时，方法移植性差	受人类影响较小的微生境尺度或中小型栖息地
整体分析法	从河流生态系统整体出发，使用流量相关的信息和知识	着眼于广泛的环境效果	需要广泛的专家意见和技术，成本高，耗时	基于流域尺度的各种河流

参考文献

- [1] SL 562 水能资源调查评价导则
 - [2] SL/T 752 绿色小水电评价标准
 - [3] HJ/T 91 地表水和污水监测技术规范
 - [4] 河湖健康评价指南，水利部河湖司，2020.8
 - [5] 河湖生态流量监测预警技术指南（试行），水利部，2022.1
-