

ICS
CCS

团 体 标 准

T/ACEF 000—202X

河流生态流量复核评估技术导则

Technical guidelines for river ecological flow
recheck and assessment

(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 基本资料收集与现状调查.....	4
6 控制断面复核分析.....	7
7 生态保护对象复核分析.....	9
8 生态流量分区分类复核计算.....	10
9 生态流量目标可达性评估与综合确定.....	12
附录A（资料性）IHA方法评估指标.....	14
附录B（资料性）河流生态流量计算方法.....	15

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：

河流生态流量复核评估技术导则

1 范围

本文件规定了河流生态流量复核原则、控制断面复核分析、生态保护对象复核分析、生态流量分区分类复核计算、生态流量目标可达性评估与综合确定等技术要求。

本文件适用于河流生态流量复核、评估、确定与保障管理。

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
SL 219	水环境监测规范
SL/T 278	水电工程水文计算规范
SL/T 712	河湖生态环境需水计算规范
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 77	小型水电站水文计算规范
DL/T 5431	水电水利工程水文计算规范
NB/T 35091	水电工程生态流量计算规范
HJ 710	生物多样性观测技术导则
HJ 19	环境影响评价技术导则 生态影响
HJ 1169	全国生态状况调查评估技术评估——湿地生态系统野外观测

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。

3.6

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。

3.7

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。

3.8

生态流量保障目标 guarantee target of ecological flow

满足河流水生态系统结构和功能维持、敏感生态保护对象保护、河流健康生命维护的生态流量保障要求。

3.9

生态流量满足程度 satisfaction degree of ecological flow

河流生态流量控制断面下泄流量满足生态流量目标要求的样本数与下泄流量样本总数的比例。

3.10

生态流量泄放设施 discharge facilities of ecological flow

用于泄放河流生态流量的专用水工构筑物，或兼顾泄放生态流量的泄水、引（输）水、过鱼、通航等构筑物。

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，通过河流生态流量控制断面复核分析、生态保护对象复核分析、分区分类生态流量复核与确定分析，从数据资料、保护目标及计算方法等方面，评估生态流量目标的可达性，评估生态流量目标保障合理性，在协调性基础上进行生态流量综合分析确定，以支撑流域河流生态流量目标体系建立与完善、河流生态系统健康保障及生态流量监管等工作。

4.2 基本原则

河流生态流量复核评估应遵循下列基本原则：

——人水和谐，绿色发展原则。应符合河流所在流域区域天然水文条件和生态特点，遵循河流自然规律及生态保护要求，坚持人与自然和谐共生，维系河流生态系统功能，科学复核评估河流生态流量满足程度及达标状况；

——立足整体，统筹协调原则。以自然流域为整体，根据流域水资源条件和生态保护需求，协调上下游、左右岸、干支流关系，统筹生活、生产和生态用水配置，生态流量复核确定需符合河流生态流量监管及流域区域高质量发展的要求；

——分区分类，合理确定原则。应符合不同区域、不同类型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等差异性，遵循分区分类要求，突出重点，兼顾一般，合理确定生态流量控制断面，因地制宜的确定生态保护对象，选择适用计算方法，客观公正开展河流生态流量目标达标状况复核评估。

4.3 基本内容

河流生态流量复核评估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：

——基本资料收集整理与现状调查；

——生态流量控制断面复核及水文特征分析；

- 生态保护对象识别与复核分析；
- 生态流量分区分类复核与计算；
- 生态流量目标可达性评估与综合确定。

4.4 基本要求

4.4.1 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，分析生态水文需求特征，针对控制断面设定、生态保护对象识别及生态流量保障目标可达等方面，开展河流生态流量复核评价分析。在基本资料不能满足需求时，应开展补充调查、监测或测量工作。

4.4.2 根据河流生态流量保障要求，分别开展生态基流和敏感期生态流量复核评估，对于河流上分布有敏感生态保护对象的，应详细开展敏感期生态流量复核评估分析。

4.4.3 应进行分区复核评估。根据生态保护对象分布情况，可分为2种河流区域：生态敏感河流区及一般河流区。对于生态敏感河流区，结合实地勘察、典型调查与补充监测等水生态状况调查相关工作，生态流量复核评估工作应系统、全面考虑生态保护对象生态水文需求，在此基础上进行生态流量保障目标的综合确定；对于一般河流区，可着重开展生态基流的复核评估分析工作。

4.4.4 在分区复核评估时，根据不同分区河流所在地理区域的情况，复核评估需重点体现针对性和区域性水文特征，南方地区河流，生态流量复核评估中应重点保障河流生态系统完整、健康、稳定要求；北方地区河流，生态流量复核评估应重点保障河流水体连续性及相关重要生态敏感目标关键时段生态用水。

4.4.5 应考虑分类复核评估。根据河流（河段）流域天然水文径流特点，河流生态流量复核评估河流可分为2类：常流性河流与季节性河流。对于常流性河流生态流量复核评估应着重针对满足水体连续性保护要求；季节性河流可针对枯水条件及天然干涸断流期，分季节复核分析和评估确定适宜的生态流量。

5 基本资料收集与现状调查

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 应根据生态流量复核评估河流上生态保护对象分布特征及生态敏感程度，分类开展有的资料收集工作。对于敏感河流区应首先调查收集现有资料，当现有资料不能满足生态流量复核评估的分析要求时，应根据需要开展必要的现场补充调查监测；对于一般河流区，以收集现有资料为主，可不开展现场调查监测。

5.1.3 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、无人船、多参数水文水环境监测仪、地理信息系统、全球定位系统、大数据分析等先进技术进行必要的现场调查和监测。

5.1.4 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。

5.2 基本资料调查内容

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复核评估工作需求，收集有关流域（区域）自然地理资料、气象水文、河流形态、水环境、水生态系统、河湖湿地及河谷林草、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) 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。

c) 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。

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) 水生态系统相关资料主要包括水生动植物资料、湿地动植物以及敏感区域资料等。其中，水生及湿地动植物资料包括水生和湿地动植物、鱼类种类及珍稀保护鱼类及其他水生动物等，鱼获量特征，湿地鸟类种类及其重要栖息地分布等，不同水位、流量下水生生物物的响应关系等；敏感区域资料主要为流域（区域）分布的涉水自然保护区、风景名胜区、水产

种质资源保护区等以及鱼类产卵场、索饵场、越冬场和洄游通道等。

f)河湖湿地及河谷林草资料主要包括国家公园、湿地自然保护区、湿地（自然）公园总体规划等相关湿地保护与修复规划，对于已知的河湖湿地、重要湿地及河谷林草区域，应着重收集其分布、面积、水源补给、湿地生态保护要求、湿地动植物种类和数量分布、湿地重要物种习性特征以及湿地历史演变特征等相关资料。

g)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；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、取用水量资源量、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。

h)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，取水许可批复生态流量目标，河流水量分配方案，河流生态流量保障方案，河流水量调度方案等。

5.3 水文状况调查

5.3.1 对于敏感河流区的河流水文状况调查，应收集河流（段）代表水文站逐日（月）实测及天然径流系列资料，包括日（月）平均流量、日（月）径流量等，以及关键断面长系列或典型年逐日（月）水温、水位、水深、流速、湿周、水面宽等资料。宜收集所在河流（段）分期（洪水期、枯水期）径流系列特征值统计成果，以及敏感期脉冲流量过程关键水文参数计算成果，包括洪峰流量、连续日涨水速率、涨水天数、持续涨水时间等。

5.3.2 对于一般河流区的水文状况调查，可收集河流（段）代表水文站多年平均天然径流计算成果；在缺乏本河流（段）水文监测数据时，可采用所在流域（区域）或邻近流域（区域）参证水文站数据。

5.3.3 常流性河流对于生态敏感特征按照上述要求进行水文状况调查；季节性河流水文状况调查中，还应重点调查枯水径流情况，应结合历史文献、相关研究资料，河流所在流域和邻近流域长系列枯水径流、降水等资料，调查历史枯水水位、流量及其出现与持续时间，河道变化、干涸断流情况及人类活动对枯水径流的影响等。

5.4 生态状况调查

5.4.1 对于敏感河流区的河流生态状况调查，按照敏感生态保护对象的类型开展相应生态状况调查工作，一般包括生物和生境两个方面。对于一般河流区，可着重开展河流生境调查工作，对于河流水生生物可通过资料收集进行整理分析。

5.4.2 对于涉及重要保护水生生物的，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。

5.4.3 对于涉及重要生境的，应调查分析重要生境的结构、功能、生态保护目标等；有鱼类三场（产卵场、索饵场、越冬场）及洄游通道时，应调查分析三场所在水域的水温、水深、流速、流量等生境指标及时段要求（如鱼类产卵期、主要洄游鱼类的洄游时间）。

6 控制断面复核分析

6.1 一般规定

6.1.1 应复核分析河流生态流量控制断面的合理性特征，应避免死水区、回水区和排污口处，应尽量选择河床稳定、河段顺直、水面宽阔、水流平稳之处。

6.1.2 河流生态流量控制断面复核分析中，应着重分析河流控制断面流量变化及生态水文节律特征的代表性、典型性，且保持长期河流断面形态上的稳定性和一致性，能够反映河流上生态保护对象所在河段的流量丰枯过程变化特征。

6.1.3 河流上分布有多处生态保护对象，或河流较长、水文情势变化复杂的，可根据河流水文情势变化特征、生态保护需要等情况，复核分析控制断面设置数量的合理性。

6.1.4 河流生态流量控制断面复核评估与分析中，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。

6.2 控制断面复核确定

6.2.1 对于河流生态流量控制断面复核分析时，应考虑断面流量变化过程的一致性分析，根据河道控制断面形态特征资料，分析河道断面上冲刷及断面水位流量曲线等变化，明确生态流量控制断面的稳定性特征，在此基础上考虑河流生态流量控制断面的确定。

6.2.2 根据资料收集调查中河流断面、水文站以及控制性水利水电工程的分布情况，重点从河流基本生态功能要求、生态保护对象分析、水文情势变化特点及河流上水利水电工程的分布特征等方面，开展生态流量复核评估的河流控制断面的合理性分析和识别确定分析。

6.2.3 在河流生态流量控制断面的复核确定中，应分析断面对于河流水生态系统的代表性特

征,宜选择对于河流水生态系统结构和功能维持具有重要影响的典型代表断面,包括影响河流水生态系统的重要水利工程控制断面、城市所在地主要河流控制断面、重要生态环境敏感保护目标控制断面等,同时也要可考虑水资源管理的重要断面,如省管河道的跨市断面、市管河道的跨县(市、区)断面等。

6.2.4 河流生态流量控制断面确定中,可根据生态敏感程度的河流分区特征进行分类确定,对于河流内分布重要敏感生境或特别保护的珍稀水生野生动植物的,优先确定为生态敏感区控制断面;对于不存在特别保护的水生生境及珍稀保护野生水生动植物的,可确定为一般生态流量控制断面。

6.2.5 在河流生态流量控制断面的确定中,应复核分析与相关水利规划、相关生态环境规划、水量分配方案确定的断面等重要河流断面的衔接性,分析已有生态流量控制断面的合理性,宜选择有水文监测资料的河流断面。

6.3 控制断面水文特征分析

6.3.1 应从水文数据整理的系列完整性和连续性上,分析采用生态流量复核分析的水文数据的可靠性;从河流流量累积曲线、人类活动对于河流所在流域下垫面影响、土地利用变化等方面,分析水文数据系列的一致性;从河流断面流量数据变差系数(CV值)等特征上,分析作为控制断面上水文数据的代表性。

6.3.2 应分析复核河流所在流域或区域降雨-径流条件的变化特征,当人类活动和下垫面变化使河道控制断面上的径流量及其过程发生变化时,应根据SL/T 278、SL 77或DL/T 5431有关要求,进行还原计算与合理性分析。

6.3.3 对于敏感河流区的河流控制断面(即生态敏感区控制断面)水文特征分析,按照不同河流分类情况,分析内容如下:

a) 对于常流性河流应重点分析天然及实测径流系列的变化特征,可按月(季或水期)统计分析年内不同时段径流变化特征,统计分析相应的特征流量,如平均流量、最大和最小流量、逐月最枯日平均流量、最枯月平均流量等;枯水径流特征应统计分析最小流量、最小日平均流量、时段径流量及其过程线、特枯径流的重现期等。

b) 对于季节性河流应结合补给水源及季节性特点,重点分析枯水径流特征,可分析计算控制断面上实测及天然径流系列的最小流量、最小日平均流量、时段径流量及其过程线等,确定天然条件下河流控制断面上特枯径流的重现期等。

6.3.4 对于一般河流区的河流控制断面(即一般生态流量控制断面)水文特征分析,按照不同河流分类情况,分析内容如下:

a) 对于常流性河流，统计分析多年平均流量，以及最小流量、最小日平均流量、特枯径流的重现期等枯水径流特征数据。

b) 对于季节性河流应分析枯水径流特征，重点分析多年枯水径流变化情况，包括平均流量，最大、最小流量以及季节性天然干涸断流特征。

7 生态保护对象复核分析

7.1 一般规定

7.1.1 应通过河流的河道基本形态、水生生物栖息地以及重要生态敏感区、珍稀保护水生野生动植物的调查分析，结合基本资料全面收集整理和分析，合理确定生态保护对象。

7.1.2 应根据河流自然地理特征、水资源禀赋条件、水文径流丰枯变化情况等因素，分析生态保护对象生态功能保护要求及生态水文保障需求。

7.1.3 河流生态流量控制断面复核评估与分析中，对于河流生态调查与分析应符合HJ 710、HJ 19及HJ 1169等有关规定。

7.2 生态保护对象复核确定

7.2.1 生态保护对象应包括由国家及地方立法保护或明确规定的水生野生动植物、水生态敏感区。

7.2.2 应在全面梳理分析生态流量复核评估的河流所在流域或区域相关国家或地方规划，水利、生态环境、林业、国土、农业、渔业等相关主管部门发布文件、名录等资料基础上，复核分析河流的生态保护对象，评估与相关生态保护规划等要求的符合性，分析合理性。

7.2.3 根据国家及地方明令规定的具有保护要求的水生生物种类及重要生境区域，应结合实地勘察、典型调查与补充监测等水生态状况调查，围绕关键水生生物的生态水文需求进行分析，合理确定生态保护对象及其生态流量保障目标要求。

7.2.4 无国家及地方立法保护或明确规定的生态保护对象时，可采用影响区内代表性水生野生动植物的生境或者河流廊道功能为生态保护对象。

7.2.5 根据生态保护对象的不同类型，开展河流生态保护对象及其所在水域的水生态环境状况分析，分析内容如下：

a) 涉及重要保护水生野生动植物的，应分析生态保护对象的群落结构现状及生境需求；涉及鱼类的，应分析鱼类群落结构现状，包括鱼类物种组成、产卵习性（浮性卵、沉性卵等）、洄游特性、喜急流缓流特性等，应与历史数据进行对比，分析鱼类群落结构及资源量、早

期资源量等的变化；有鱼类三场（产卵场、索饵场、越冬场）及洄游通道时，应分析所在水域的水温、最大水深、平均水深、平均流速、流量等生境指标。

b) 涉及重要生态敏感区的，应分析重要生态敏感区水生野生动植物群落结构（含自然保护区及水产种质资源保护区的保护生物、湿地及河谷林草区的重要生物）、物种组成、生态敏感区的生态功能特征等。

7.3 生态水文需求分析

7.3.1 对于敏感河流区的河流，在生态水文分析中应分别考虑生态流量基流和敏感期生态流量生态水文需求分析，涉及重要保护水生生物的，应分析鱼类产卵适宜的刺激流速、流量及脉冲过程等；涉及重要生态敏感区的，应分析维持重要生态敏感区功能的水温、水深、流速、流量、流量脉冲过程、持续时间等需求。可利用IHA法选取与生态相关的主要水文特征指标进行分析。

7.3.2 对一般河流区的河流，在生态水文分析中，可对河流水生态系统与水文节律关系进行简要分析，说明生态水文的需求特征。

8 生态流量分区分类复核计算

8.1 一般规定

8.1.1 应全面梳理分析河流相关流域综合规划、水资源规划、水资源保护规划、生态环境保护规划及其批复，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，取水许可批复生态流量目标，河流水量分配方案，河流生态流量保障方案等确定的控制断面生态流量目标，复核分析生态流量目标的一致性。

8.1.2 对于没有确定生态流量保障目标的河流，应根据河流水文、生态数据资料的分析，以及生态保护对象生态水文调查与分析情况，开展生态流量计算，合理确定控制断面生态流量目标。

8.1.3 按照河流生态流量复核评估的分区分类要求，按不同地区、不同河流自然水文节律变化特征，综合考虑气象、水文、生境、下游用水需求等因素进行分区分类生态流量复核计算。

8.1.4 在生态流量复核评估中，对于生态流量计算方法具体选取，应根据河流水生态系统类型和特性，生态系统的重要性和敏感性，生态保护目标及生态需求，所在河流资源状况，水文、河床及生物特性数据情况及计算方法的适用性特征等方面，选取合适的河流生态流量计算方法。

8.2 生态基流复核计算

8.2.1 对于敏感河流区的河流控制断面生态基流计算，应采用水文学法、水力学法等多种方法综合计算，在具有长系列数据资料条件的情况下，可采用生境模拟法、BBM法（模块结构法，Building block methodology）方法计算。

8.2.2 对于一般河流区的河流控制断面生态基流计算，可采用水文学法、类比法等方法计算。

8.2.3 常流性河流，可采用控制断面90%~95%保证率下最枯月平均流量或近10年最枯月平均流量进行计算确定河流生态基流。

8.2.4 季节性河流，可通过采用剔除不为零的最枯月平均流量数据进行分析，利用90%保证率下最枯月平均流量或近10年最枯月平均流量进行计算确定河流生态基流。

8.2.5 水文资料系列少于30年的，可采用近10年最枯月平均流量（水位）法等其它方法，结合类比法、原型观测法等方法综合确定生态基流。也可选取与所在河流同一流域、相近流域或自然地理特征及生态环境相似的水文站作为参证水文站，采用类比方法确定生态基流。

8.2.6 河流冰冻期生态基流宜采用不同频率最枯月平均值法（ Q_p 法）或水文频率曲线法计算，频率 P 的取值宜取90%或95%。

8.3 敏感期生态流量复核计算

8.3.1 在敏感期生态流量复核分析中，根据不同生态保护对象及其生态水文需求，复核分析相应参数，主要包括：

a) 针对鱼类产卵需求的敏感期生态流量，应包括鱼类产卵刺激流量过程关键水文参数，如涨水时间、日上涨速率、涨水天数、落水时间及其对应流量、水位、水深、流速，以及峰值流量等；

b) 针对河谷林草、河滩湿地或河口湿地等生态保护对象的敏感期生态流量，应根据漫滩流量要求，以1~2年一遇的漫滩洪水过程为对象进行筛选确定，并明确其涨水时间、退水时间、平滩流量、洪峰流量、淹没持续时间等。

8.3.2 对于敏感河流区的河流控制断面敏感期生态流量计算，可采用水文学法或水力学等方法计算，在具有长系列数据资料条件的情况下，宜采用BBM法、IFIM法（河道内流量增加法，Instream flow incremental methodology）、ELOHA法（水文变化的生态限度法，Ecological limits of hydrologic alteration）等多种方法综合计算。

8.3.3 对于一般河流区的河流控制断面敏感期生态流量复核计算，可采用类比法确定。

9 生态流量目标可达性评估与综合确定

9.1 一般规定

9.1.1 根据生态流量分区分类复核计算的结果，对比规划、设计、工程水量泄放等资料中已有的生态流量保障目标，分析生态流量保障目标的可达性。

9.1.2 应评估分析河流控制断面的生态流量满足程度，敏感河流区的河流宜针对生态基流满足程度和敏感期生态流量满足程度两个方面进行评估分析，综合给出河流生态流量满足程度评估结果。

9.2 可达性评估

9.2.1 开展控制断面生态流量计算结果与水利相关规划、水量分配方案、工程环评和取水许可等已有成果的符合性分析。对于生态流量目标不一致的，应在分析不同生态流量目标确定边界条件的基础上，识别主要的差异性问题的，根据河流水文水资源条件、生态保护需求、上下游协调等要求，分析评估生态流量目标一致性的关键因素。

9.2.2 从流域降水产流特征、河流径流变化、生态保护对象需求、工程调度等方面，根据控制断面实测径流量，结合流域区域水资源配置方案和工程调度运行，评估河流生态流量计算结果在实际调度保障中合理性和可达性。

9.2.3 应系统分析河流控制断面生态流量保障条件，尤其河流上具有水资源调控能力的水利水电工程，在径流调节计算、工程调控保障分析基础上，提出河流生态流量可达性保障的生态调度需求，必要时，可开展工程规模及调度运行保障生态流量目标的技术经济论证，科学评估河流控制断面生态流量可达性保障状况。

9.2.4 对于特别需要重点保护生态保护对象或受对于生态流量保障目标存在较大争议的河流，可通过开展河流生态流量可达性专题论证分析，广泛征求河流取用水各方的意见，综合评估河流生态流量保障目标的合理性和可达性。

9.3 生态流量综合分析确定

9.3.1 河流生态流量确定应基于计算结果和可达性评估结果，在统筹兼顾上下游、左右岸关系，分析目标合理性等的基础上等综合确定。

9.3.2 根据流域水资源条件和经济社会发展用水需求，进行生活、生产、生态用水的协调分析，统筹考虑流域区域内生活、生产、生态用水配置要求，分析生态流量计算成果对现有生

活、生产及生态用水的影响，在分析基础上可对于不合理的生态流量保障目标进行优化，综合提出河流控制断面生态流量要求。

9.3.3 应对河流或流域开展上下游控制断面生态流量协调性分析，同一河流上下游断面生态流量计算方法应保持一致，保持上下游水量或流量的连续与协调平衡。

9.3.4 合理评估和确定生态流量满足程度。应在满足城乡生活用水的前提下，根据水资源条件、工程调控能力、生态保护保障需求等因素，将生态流量纳入流域水资源配置和综合管理，统筹生活、生态、生产用水，平衡维持河流健康和经济社会用水需求，在河流生态流量复核评估基础上，合理确定控制断面生态流量满足程度。

9.3.5 对现状河流生态流量满足程度低于90%的，应分析其与天然状况生态流量满足程度的差异，结合河流上的水工程调节能力，应进行生态流量满足程度提高到90%或天然状况的可达性与合理性的工程调度能力分析，结合工程规模进行技术经济论证后，可综合提出控制断面生态流量优化建议。

附录 A

(资料性)

IHA方法评估指标

表 A.1 IHA 与生态相关的主要水文特征指标

IHA指标	水文指标	生态学意义
月平均流量 (12个指标)	1~12个月的逐月平均流量	水生生物的栖息地 植物所需的土壤湿度 陆生动物所需的饮用水 陆生动物的食物和住所 捕食者接近营巢地 影响水体水温、溶解氧和光合作用
年极值流量的大小 (12个指标)	年1日平均最小流量 年3日平均最小流量 年7日平均最小流量 年30日平均最小流量 年90日平均最小流量 年1日平均最大流量 年3日平均最大流量 年7日平均最大流量 年30日平均最大流量 年90日平均最大流量 零流量的天数 年均7日最小流量/年平均最小流量	平衡竞争性、杂草性和耐受性的生物 创造植物适宜定殖场所 构建生物和非生物组成的水生态系统 塑造河道形态和栖息地物理条件 植物土壤湿度胁迫 动物体内脱水 植物厌氧胁迫 河流和河漫滩地的营养物质交换 持续胁迫条件(比如水生环境低氧和化学物质浓缩) 湖泊、池塘和洪泛区植物群落分布 河道沉积物中废弃物处理、产卵场河床的曝气
年极值流量出现的时间 (2个指标)	年最大流量出现的日期 年最小流量出现的日期	与生物体生活周期相一致 鱼类洄游和产卵信号 鱼类繁殖和防捕食的特殊栖息地 生活史策略和行为机制的进化
高、低流量的频率与持续时间 (4个指标)	每年高流量的天数 每年低流量的天数 年高流量平均持续时间 年低流量平均持续时间	植物所受土壤水分胁迫的频率和强度 植物所受厌氧胁迫的频率和持续时间 水生生物洪泛区栖息地的可得性 河流和洪泛区有机物质和营养物质交换 土壤矿物质的可用性 有无水鸟摄食、栖息和繁殖场所 影响河床泥沙输移、河道沉积物组成和底质破坏的持续时间(高流量)
水流条件的变化率与频率 (3个指标)	连续日流量的增加量 (涨水率) 连续日流量的减少量 (落水率) 每年涨落水次数	植物干旱胁迫(落水线) 生物体滞留在岛屿、洪泛区上(涨水线) 对河边低移动性生物体的脱水胁迫

附录 B

(资料性)

河流生态流量计算方法

B.1 主要生态流量计算方法基本思路

生态流量的计算应根据河湖生态环境功能、生态环境状况及人类对河流的开发利用程度，合理确定维持河流基本生态环境功能和维系给定目标下生态环境功能的不同保护要求，计算得到河流生态流量。概括而言，生态流量计算方法可大致可分为水文学法、水力学法、栖息地评价法、整体分析法。

表 B.1 生态流量计算的主要方法

分类	代表性方法	基本思路
水文学法	Tennant法, 7Q10法, Texas法, 基本流量法 (Basic Flow)	以长系列的历史流量数据为基础, 采用固定流量百分比或者流量频率保证率形式给出生态流量值
水力学法	湿周法 (Wetted-perimeter), R2-Cross法	采用水力参数表征河流水生态系统的需水, 通过建立流量与水力参数之间的可计量关系来估算生态流量值
栖息地模拟法	河道内增量增加法 (IFIM), PHABSIM (Physical Habitat Simulation Model) 模型, CASIMIR 模型	构建水力学模型, 建立流量与保护目标需求之间的关系, 确定适用于生物生存繁育的生态流量
整体分析法	ELOHA法 (the Ecological Limits of Hydrologic Alteration), DRIFT法 (Down stream Response to Imposed Flow Transformations)	综合各方面相关因素, 推荐的生态流量能同时满足健康河流所需的功能

B.2 生态流量计算方法优缺点及适用性特点

生态流量计算的4类方法对于数据的需求和应用条件各有不同, 且由于水生生态和河流水文情势之间关系的复杂性, 以及各自研究的出发点不同, 各类方法具有不同的优缺点特征, 在实际工程中, 通常根据具体的情况, 选用适当的方法进行分析计算。

从方法发展来看, 水文学法最早提出, 至今已经得到充分发展, 该方法具有其它方法不可替代的优点, 而且水文分析是河道生态环境需水研究的一个基本手段, 所以在未来研究中水文学法将同样发挥重要作用, 其方法将不断得到完善, 以保证河道生态流量计算更加精确。水力学法是向生境模拟法的过渡方法, 目前应用也相对较广泛。生境模拟法能够反映出流量与生境变化的关联而受到学者的欢迎, 目前也是国内外研究的热点, 其未来发展

T/ACEF □□□—202X

将在模型中考虑生物种群和生物量的变化，在空间上将向二维和三维模拟发展。综合法是近年来新发展的方法，其研究思路不同于以往计算方法，更强调河流生态系统的整体性和完整性，更符合当前河流综合管理的要求，具有很大的发展前途，但由于计算过程复杂，一定程度上限制了其应用。

表 B.2 生态流量计算方法优缺点及主要适用性特点

类型	生态学基础	数据需求	评价方式	适用条件	优点	缺点	适用性
水文学法	生态系统状况与天然流量之间的关系	长系列水文数据	水文指标	任意河流	方便、快捷、数据易获得，不需要现场测量	可靠性差	低精度的评价时间、资源和专业知识十分有限的条件下使用
水力学法	生物生产力和河道湿面积之间的关系	河道地形数据、水文数据	水力参数	河道、河岸带	增加了河流的信息	没有考虑不同生物不同生命阶段的需求	低精度评价
生境模拟法	栖息地与生态系统之间的关系	地形、水力、底质、生物需求	栖息地适宜性曲线	河道	不需要过多依赖科学家的专业知识	生物资料需求较高，未考虑整个生态系统的需求	生物资料丰富
整体法	天然流量与河流生态系统整体性之间的关系	地形、水文、水力、底质、生物、经济社会	河流生态系统的整体需求	河道、河岸带以及泛滥平原	从河流生态系统的保护出发，考虑了社会经济因素。多应用于区域尺度、河流分类	计算过程复杂，水文-生态研究基础要求较高	精度较高的评价，时间、资源和专业知识充足的条件下

B.3 常用河流生态流量计算方法说明

B.3.1 Tennant 法（蒙大拿法）

Tennant 法也称 Montana 法，它假定河流流量是水系面积尺度、地形学、气候、植被和土地利用等特征的综合体现，年平均流量的各种比例与生态环境质量相关联。Tennant 法属于标准测定法，流量推荐值以预先确定的年平均流量百分比作为基础。在美国多条河流中应用后，发现河宽、流速和深度在流量小于年平均流量的 10% 时增加幅度较大，当流量大于年平均流量 10% 时，这些水力参数的增长幅度下降，于是提出将年平均流量的 10% 作为水生生物生长低限，年平均流量的 30% 作为水生生物的满意流量，年均流量的 60% 作为最佳范围的基础。

应用该方法可以从以下三个方面来进行或参照：

- a) 利用流域统计资料，可以月(旬)为时段，逐年计算时段平均流量的不同百分频率；
- b) 以枯水期为基础，计算不同频率下的流量组间差异，以变化较小的平均值为初步估算；
- c) 对不同的河道分析其流量系列的变化性，参照 Tennant 法的 8 个等级标准，制定河道生态流量的经验标准进和匡算模式。

具体计算中，Tennant 法以平均年流量的百分比作为推荐流量，在不同的月份采用不同的百分比，具体标准见表 B.3.1。

表 B.3.1 Tennant 法对栖息地质量和流量关系的描述

级别	流量及相应栖息地的定性描述	推荐基流标准（平均流量百分数）	
		一般用水期 (10~3 月)	鱼类产卵育幼期 (4~9 月)
1	最大	200	200
2	最佳范围	60~100	60~100
3	极好	40	60
4	非常好	30	50
5	好	20	40
6	中	10	30
7	差或最小	10	10
8	极差	<10	<10

B.3.2 流量频率曲线法(QP 法)

流量频率曲线法基于历史流量资料来构建各月流量频率曲线，将某个累积频率相应的流

量 Q_P 作为生态流量。 Q_P 的频率 P 可取 90% 或 95%，也可根据实际需要作适当调整。 Q_{90} 为通常采用的枯水流量指数，作为水生栖息地的最小流量，被当成警告水资源管理者的危险流量条件的临界值。

以月均流量系列为基础数据，首先对研究对象的月均流量分别从大到小排序，计算月均流量对应累积频率，计算公式如下：

$$P_i = p(Q > q_i) = \frac{i}{n+1} \quad (\text{B.1})$$

式中：

$i=1, 2, \dots, N$;

$q_1、q_N$ ——序列中的最大、最小月均流量值，

Q 为实测月均流量。

根据计算所得各月的累积频率绘制流量频率曲线。根据各月流量频率曲线，以 90% 来水频率下的平均流量作为河流的生态流量。

该法在保留了采用水文资料的简单性的同时，还更好地反映了径流年际、年内分布的不均匀性。另外，流量频率曲线法不要求历史流量资料的连续性，避免了因流量数据缺失而进行插补所带来的误差。

B.3.3 90%最枯月平均流量法

将 20 年以上的最枯月实测流量资料进行排频，绘制最枯月流量频率曲线，根据最枯月流量频率曲线，以 90% 来水频率下的最枯月平均流量作为河流的生态流量。

B.3.4 近 10 年最枯月平均流量法

缺乏长系列水文资料时，可用近 10 年最枯月（或旬）平均流量、月（或旬）平均水位或径流量，即 10 年中的最小值，作为基本生态环境需水量的最小值。

本方法适合水文资料系列较短时近似采用。

$$Q_b = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \min Q_{ij} \quad (\text{B.2})$$

式中：

Q_b 为河流生态基流， m^3/s ；

Q_{ij} 为第 i 年第 j 月的实测平均流量， m^3/s ；

n 为统计年数。

B.3.5 湿周法

湿周法最初由 Gippel 和 Stewardson 提出，该方法的主要思路是以湿周与流量关系曲线的转折点所对应流量为维持浅滩的最小生态需水量。湿周法是目前国内外较为常用的计算生

态流量的水力学的方法，利用湿周作为水生生物栖息地指标，建立湿周与流量的关系曲线，将曲线中拐点流量作为生态基流。拐点不明显时，可采用80%湿周率（某个流量对应的湿周占多年平均流量对应湿周的百分比）对应的流量，作为生态基流。有多个拐点时，可采用湿周率最接近 80%的拐点。

湿周法计算的最小生态环境流量可作为维持生物基本栖息地需水量。本方法主要适用于河床形状稳定的宽浅矩形和抛物线型河道。

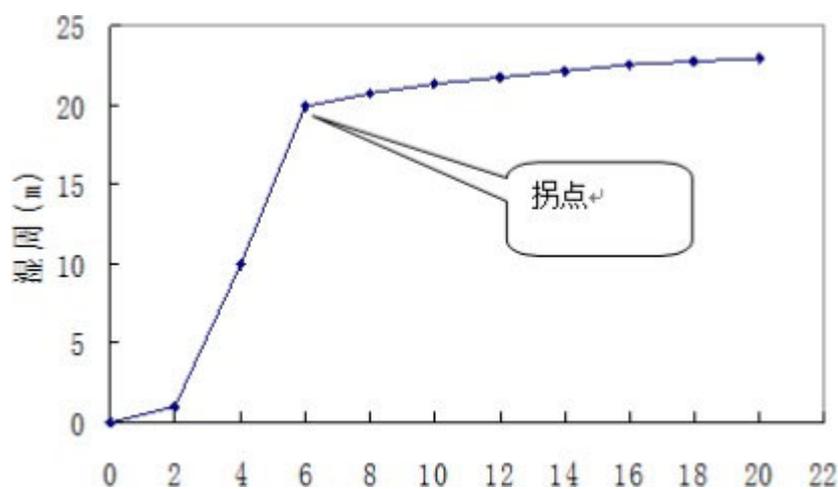


表 B.3 湿周-流量关系示意图

a)河道断面湿周-流量关系确立

建立单一、稳定的湿周-流量关系是湿周法的关键所在。湿周法受河道断面形状影响很大，要求河床形状稳定，否则不能得出稳定的湿周-流量关系曲线，也就没有固定的突变点。假设水流满足曼宁公式，则湿周可由曼宁公式推求而得：

$$Q = \frac{S^{1/2} A^{3/5}}{m P^{2/3}} \quad (\text{B.3})$$

式中：

Q 为流量， m^3/s ；

S 为水力坡度；

n 为糙率；

A 为过水断面面积， m^2 ；

P 为湿周，m。

为了在确定突变点时消除对坐标轴比例的影响，一般需要将流量和湿周进行标准化，映射到 $[0, 1]$ 的范围之内，即采用相对湿周 P 相（实际湿周 P 与最大流量所对应湿周 P_{\max} 的比值）与相对流量 Q 相（实际流量 Q 与最大流量 Q_{\max} 的比值）的概念绘制湿周-流量关系曲线。

由于湿周与流量关系比较复杂，难以得到两者直接关系。故对规则断面，一般采用对数函数和幂函数对湿周-流量关系曲线进行拟合。三角形、U形和抛物线形断面的湿周与流量关系符合幂函数变化规律，梯形和矩形断面则符合对数变化规律。对数函数和幂函数的拟合形式表达方式如下：

$$P_i = a \ln Q_i + 1 \quad (\text{B.4})$$

$$P_i = Q_i^{-b} \quad (\text{B.5})$$

式中：a、b 为常数。

b) 湿周-流量关系曲线突变点的确定

确定湿周与流量关系曲线突变点的方法主要有斜率法及曲率法。斜率法采用曲线上斜率为 1 的点为突变点，此时对应的流量为该方法下河流最小生态需水量；曲率法采用曲线上曲率最大的点为突变点。根据曲率的定义，曲率 K 的表达式为：

$$K = \frac{\partial^2 P_i}{\partial Q_i} \left[1 + \left(\frac{dP_i}{dQ_i} \right)^2 \right]^{3/2} \quad (\text{B.6})$$

在曲率最大点，即对应于曲率对流量的导数为 0 的点。令曲率对流量的一阶导数为 0，其对应的流量值即为河道最小生态需水量。对数函数和幂函数拟合得到的相应最小生态需水量 Q_i 、 Q_i 分别为：

$$Q_i = \frac{a}{2} \quad (\text{B.7})$$

$$Q_i = \left[\frac{2-b}{b^2(1-2b)} \right]^{\frac{1}{2(b-1)}} \quad (\text{B.8})$$

在突变点的选择问题上，斜率法算得生态需水量较大，故采用曲率法确定曲线突变点。

B.3.6 R2-CROSS 法

R2-cross 法最早由 Nehring 提出并运用于科罗拉多州的栖息地，是科罗拉多州水资源保护董事会（CWCB）最为常用的一种生态基流定值方法。该方法根据河流季节性变化及满足栖息地生态功能的水力学指标，如水深、河宽和流速等计算河流所需水量。

以河流平均水深、流速及湿周率等水力生境参数评估鱼类生境状况，可用于计算分析小型河流的生态流量，亦适用于非季节性小型河流的生态流量计算。R2-CROSS法确定的最小生态流量见表B.3.2。

水力生境参数按公式（B.9）和公式（B.10）计算：

$$Q = AC\sqrt{RJ} \quad (\text{B.9})$$

$$C = \frac{1}{n} R^{1/6} \quad (\text{B.10})$$

式中：

Q ——流量（ m^3/s ）；

A ——过水断面面积（ m^2 ）；

R ——水力半径（ m ）；

J ——水力坡度（ m^{-1} ）；

C ——谢才系数（ $\text{m}^{1/2}/\text{s}$ ）；

n ——糙率，根据实测资料率定。

表 B.3.2 R2-CROSS 法确定最小生态流量的标准

河宽（m）	平均水深（m）	湿周率（%）	流速（m/s）
0.3~6.3	0.06	50	0.30
6.3~12.3	0.06~0.12	50	0.30
12.3~18.3	0.12~0.18	50~60	0.30
18.3~30.5	0.18~0.30	≥ 70	0.30

B.3.7 生态水力学法

生态水力学法以鱼类对河流水深、流速等水力生境参数及急流、缓流、浅滩、深潭等水力形态指标的要求评估河流生境状况，可用于计算分析各种类型河流的水生生物生态基流。水力生境参数按下列公式计算：

$$A_1 v_1 = A_2 v_2 \quad (\text{B.11})$$

$$H_1 + \frac{\alpha_1 v_1^2}{2g} = H_2 + \frac{\alpha_2 v_2^2}{2g} + h_{\epsilon} \quad (\text{B.12})$$

式中：

A_1 ——上游过水断面面积（ m^2 ）；

v_1 ——上游断面平均流速（ m/s ）；

A_2 ——下游过水断面面积（ m^2 ）；

v_2 ——下游断面平均流速（ m/s ）；

H_1 ——上游水位（ m ）；

α_1 ——上游动能修正系数；

H_2 ——下游水位（ m ）；

α_2 ——下游动能修正系数；

g ——重力加速度（ m/s^2 ）；

h_{ϵ} ——水头损失（ m ）。

水力生境参数的计算结果宜按表B.3.3的标准进行判别。多年平均流量小于150 m³/s的河流可根据天然情况适当降低评估标准。

表 B.3.3 生态水力学法评估标准

生境参数	指 标 标 准	
	最低标准	累计河段长段的百分比
最大水深	性成熟鱼类体长的2倍~3倍	≥95%
平均水深	≥0.3m	≥95%
平均流速	≥0.3m/s	≥95%
水面宽度	≥30m	≥95%
湿周率	≥50%	≥95%
过水断面面积	≥30m ²	≥95%
水域水面面积	≥70%	不同流量情况下水面面积及枯水期多年平均流量情况下水面面积的百分比
水温	适合鱼类生存、繁殖	
水力形态指标	概念界定	
急流	Fr>1	各流态的段数无较大变化，急流段累计河段长度减少20%
缓流	Fr<1	

注：Fr—弗劳德数。

B.3.8 生态水位法

河岸带景观是评估河流健康状况好坏的重要社会功能性指标之一，与河流自然功能与生态环境功能存在很强的相互影响。

考虑到水位高低不仅仅影响河道堤岸防洪安全，及取用水难易程度、通航条件好坏，还直接影响人们的亲水感观，娱乐休闲等文化功能。需要在不影响堤岸防洪安全条件下，从维护河道景观价值及娱乐休闲功能，和保证通航、取用水等条件出发，研究河道生态水位。

鉴于此，对于有通航要求及城市景观水位有要求的河段，采用生态水位~流量曲线来确定生态流量。

B.3.9 生境模拟法

根据指示物种所需的水力条件确定河流生态流量，为水生生物提供适宜的物理生境。代表方法包括IFIM法、PHABSIM法、CASMIR法等。

IFIM是生境模拟法中应用最为广泛的方法之一。IFIM法即河道内流量增量法，目的是建立鱼类和流量关系，通常与物理栖息地模型（PHABSIM）相结合，通过建立栖息地面积随流量变化的关系曲线确定生态流量；

生境模拟法通常以鱼类繁殖对水深、流速、基质和覆盖物等指标的要求评估鱼类产卵生境状况，结合产卵场水力计算成果建立流量-加权可利用生境面积（ A_{WUA} ）曲线，以曲线中的拐点对应的流量作为适宜流量，结合鱼类繁殖期的天然涨水过程，分析确定鱼类繁殖期所需的水文过程。

生境面积按公式（B.13）计算：

$$A_{WUA} = \sum_{i=1}^n A_i(S_h, S_v, S_s, S_c) \quad (\text{B.13})$$

式中：

A_{WUA} ——生境面积（ m^2 ）；

A_i ——单元面积（ m^2 ）；

S_h ——水深适宜度因子，取值范围0~1；

S_v ——流速适宜度因子，取值范围0~1；

S_s ——基质适宜度因子，取值范围0~1；

S_c ——河面覆盖适宜度因子，取值范围0~1。

B.3.10 整体分析法

从生态系统的整体出发，综合考虑流量、泥沙运输、河床形状与河岸带群落之间的关系，提出的河道流量能够同时满足生物保护、栖息地维持、泥沙沉积、污染控制和景观维护等功能。该方法克服了水文-生物分析法和生境模拟法只针对1~2种生物的缺点，强调河流是一个综合生态系统。代表方法有南非的BBM法和澳大利亚的整体研究法等。

许多情况下，生态流量的评估目的不是保护几个物种，而是保护区域内的整个河流生态系统健康。另外，生态流量评估需要平衡人类社会发展需求与生态系统健康，不仅要考虑河流生态系统，同时也要考虑社会和经济因素。从上世纪90年代开始，在南非和澳大利亚开始出现整体评估法。整体法是近年来生态流量评估的发展趋势。整体法评估中通常考虑的生态系统组分包括地形地貌、栖息地、水质、河岸和水生植物、大型无脊椎动物、鱼类等。

整体法在近20年发展了很多方法，这些方法可以分为“自上而下”和“自下而上”两种。“自下而上”的方法是将满足特定生态目标的各种流量特征逐时段合成流量过程，这些特征满足预期的生态目标，例如结构单元法（Building Block Methodology, BBM）。“自上而下”是以自然水文条件下的生态状况为基础，评估一定程度水文变化引起的生态状况与自然状况的偏离情况，例如DRIFT法（Downstream Response to Imposed Flow Transformation）。近些年，生态流量评估的权威专家组成的一个国际团队提出了一种新的生态流量评估框架——水文变化生态限制法（Ecological Limits of Hydrologic Alteration, ELOHA）。该方法在几年时间内已经引起世界各地科学家和水管理者的广泛关注，并在美国和澳大利亚进行了示范应用。

(1) BBM法

上世纪80年代中期，南非政府要求对所有计划的河流水资源开发项目进行“河道流量评估”，并且要求河流科学家“代表河流说话”。1994年Luvuvhu河的生态流量评估被广泛认为BBM法首次能够涵盖所有需要考虑的关键问题。后来，南非制定了使用BBM法评估生态流量的技术导则。该方法从河流生态系统整体出发，采用多学科专家研判方法，以河流自然水文情势为参照，识别确定维持河槽、河漫滩、岸边带、入海（河）口、重要物种等河流生态系统重要组成部分的关键流量组成，以及其幅度、时机、持续时间等流量过程参数

BBM法工作步骤如下：

a) 专家研判准备阶段：在河流现状生境完整性调查的基础上，确定研究区域代表性河段和典型断面，开展研究区的社会调查，明确研究区的经济、社会及生态重要性以及研究区的生态管理目标的级别，开展天然及现状水文情势分析、典型断面河道断面调查及水力学分析、工程影响河段地貌特征评价、工程影响河段过去、现状及未来期望水化学状态评价、选定点位处生物调查及文献调查等，季节性、砂质河床河流还要开展地下水水文学分析等。

b) 专家研判阶段：研判参与人员应包括行政管理人员、设计人员、各学科专家等。全体参与人员对工程影响河段进行逐典型断面、逐月生态流量讨论与确定，由各学科专家阐述河流生态系统重要组成部分各月的流量需求及理由，并将流量需求以水深、湿周、流速或淹没面积等水力学参数明确表达，将关于生态系统组成的流量需求的直觉性或专门性知识以流量形式呈现出来，最终形成工程影响河段各典型断面的推荐生态流量需求过程的共识。

c) 后续阶段：通过工程影响河段水资源配置分析及流域水量平衡分析，对推荐的生态流量需求进行细化调整，开展生态流量可达性和合理性分析，开展后续生态流量监测工作以便对河流生态流量进行适应性管理。

(2) FLOWS法

FLOWS法是BBM法的一种衍生方法，但其结合了7种季节性特殊的流量要素。该方法使用了一系列逻辑步骤的框架，由一组专家和河流管理者执行：选址报告、实地考察、问题报告（结合文献和数据回顾以及生态、地貌、水质和水文学流量目标的叙述）；实地地形调查；水力模拟，流量评价；流量建议报告。通过水力模型，建议与生态和地貌紧密联系的目标。

FLOWS法具体步骤如下：

a) 确定目标物种。根据河流的水文、地形和生物特征，将河流分为若干个断面，并对每个河段的重要水生物种进行调查，以确定每个区段的保护目标，如鱼类等；

b) 识别流量要素。根据水文情势特征和水生生物习性来确定目标物种随流量的变化关系；

c) 建立水力学标准。对于每个目标物种，给出这些物种生活所需的流速、水深等水力学标准；

d) 通过建立水力学模型，模拟满足这些目标物种所需的水力学参数所对应的流量；

e) 提出一套可供选择的生态流量，包括河流流量、频率、持续时间等。

(3) DRIFT法

DRIFT法的思想是评估一系列不同程度的流量变化情境下对生态、河流生态社会价值以及健康方面的影响后，根据不同利益相关者需求设置不同的流量情境，最后得出不同情境的损失和补偿费用。该方法包括四个模块：生物物理模块、社会模块、情境设置模块和经济模块。DRIFT法的转变在于专家在评估过程的作用是为决策者提供水文情势变化可能产生的影响，而不是设置特定的水文情势。

DRIFT的优势体现在两个方面：一方面是情景假设为水资源管理者以及相关利益方进行谈判提供了基础；另一方面是将不同情景水文改变产生的生态影响与社会和经济相联系，最终得出实施生态流量的成本损失和补偿费用，能够较好的平衡生态和社会经济效益。DRIFT的缺点体现在水文要素的设置，10个流量类型考虑了流量大小和频率，未考虑其他水文要素如出现时间、持续时间和变化率。

(4) ELOHA法

ELOHA法是由国际科学家团队提出的一种发展区域内生态流量标准的新框架。区域尺度可以是流域、省级行政区域、全国尺度，也可以使用户自定义的区域。提出在区域尺度下的生态流量评估有三个原因：1) 水资源开发利用的速度超过科学家逐条河流进行生态流评估的速度，该方法将区域内的河流分类，同种类型的河流水文-生态响应过程可以借鉴；2) 生态流量评估往往需要与区域内水资源开发项目结合考虑；3) 河流系统提供的生态和社会服务功能需要在区域尺度范围内考虑。

ELOHA评估框架的关键过程包括：

a) 建立区域内河段的历史自然水文情势和现在水文情势，没有实测站点的河段利用水文模型模拟得到水文数据；

b) 利用一系列生态相关的水文指标将区域内的河段进行分类，然后根据地貌特征将河段进一步分类，不同类型河流水文变化与生态响应的关系不同；

c) 确定现在水文情势与历史水文情势的偏离程度；

d) 基于现有的生态水文文献、专家知识和现场调查，建立各河流类型的不同程度水文变化与生态响应关系；

e) 根据可接受的生态状况目标确定生态流量。

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] 《欧盟水框架指令》共同实施战略第31号指导文件——生态流量技术指南
 - [4] 《水电水利建设项目河道生态用水、低温水和过鱼设施环境影响评价技术指南（试行）》（环评函〔2006〕4号）
-