

ICS 27.140

CCS P 55

团体标准

T/CHES XXX—20XX

水利水电工程过鱼设施效果评估导则

Technical regulations for Effectiveness evaluation of fish passage
facilities of hydropower projects

（征求意见稿）

请将你们发现的有关专利的内容和支持性文件随意见一并返回

20XX-XX-XX 发布

20XX-XX-XX 实施

中国水利学会 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 总体要求 2

5 过鱼设施状态评估 2

 5.1 一般要求 2

 5.2 鱼道状态评估要求 2

 5.2.1 水力条件符合性观测与评估 2

 5.2.2 几何结构尺寸复核 2

 5.3 升鱼机状态评估要求 3

 5.3.1 水力条件符合性观测与评估 3

 5.3.2 几何结构尺寸复核 3

 5.4 鱼闸及集运鱼系统要求 3

6 进鱼效果评估 3

7 通过效果评估 4

8 保护效果评估 5

9 评估结论 6

附录 A（资料性） 鱼类观测的主要方法 7

 A.1 目测法 7

 A.2 堵截法 7

 A.3 陷阱法 7

 A.4 水下视频 7

 A.5 PIT 射频芯片跟踪 7

 A.6 电导率仪计数法 7

 A.7 水声学探测 7

 A.8 超声波遥测 7

 A.9 标志重捕法 7

附录 B（规范性） 过鱼设施运行效果监测报告编制大纲 8

附录 C（资料性） 常用监测表格 9

参考文献 11

前 言

按照中国水利学会团体标准编制工作安排，本文件按照GB/T 1.1-2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别这些专利的责任。

本标准共9章3个附录，主要内容有：范围、规范性引用文件、术语和定义、总体要求、过鱼设施状态评估、进鱼效果评估、通过效果评估、保护效果评估、评估结论。

本文件由中国水利学会提出并归口。

本文件起草单位：水利部交通运输部国家能源局南京水利科学研究院、新疆博衍水利水电环境科技有限公司、水利部中国科学院水工程生态研究所、中水北方勘测设计研究有限责任公司。

本文件主要起草人：

水利水电工程过鱼设施效果评估导则

1 范围

本标准规定了水利水电工程过鱼设施的过鱼效果评估内容、方法和技术要求。
本标准适用于水利水电工程过鱼设施的过鱼效果评估。

2 规范性引用文件

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

- GB/T 1.1 标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则
- GB/T 27638 活鱼运输技术规范
- GB 50017 钢结构设计标准
- GB 50201 防洪标准
- GB/T 50662 水工建筑物抗冰冻设计规范
- SL 74 水利水电工程钢闸门设计规范
- SL 155 水工（常规）模型试验规程
- SL 265 水闸设计规范
- SL 386 水利水电工程边坡设计规范
- SL 485 水利水电工程厂（站）用电系统设计规范
- SL 609 水利水电工程鱼道设计导则
- SL 616 水利水电工程水力学原型观测规范
- NB/T 10079 水电工程水生生态调查与评价技术规范（附条文说明）
- NB/T 10863 水电工程升鱼机设计规范
- NB/T 35054 水电工程过鱼设施设计规范
- HJ 710.7 生物多样性观测技术导则 内陆水域鱼类
- SC/T 9102 渔业生态环境监测规范

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

水利水电工程过鱼设施 fish passage facilities of hydropower project

在水利水电工程中，由于闸坝截断河道，阻碍了鱼类天然的洄游通道，为了协助鱼类顺利进行洄游、产卵和培育而设置的建筑物及设施的总称，主要包括：鱼道、升鱼机、鱼闸、集运鱼系统等。

3.2

珍稀濒危物种 vulnerable, endangered and critically endangered species

指《国家重点保护野生动物名录》中的Ⅰ级和Ⅱ级重点保护物种、各省（直辖市）发布的省级重点保护物种和在《中国生物多样性保护红色名录—脊椎动物卷》中评估为易危（VU）、濒危（EN）或极危（CR）等级的物种。

3.3

特有种 endemic species

指分布仅局限于某一特定的地理区域，而未在其他地方出现的物种。

3.4

过鱼对象 target species

设计需要通过坝(闸)的特定种类的鱼类,主要包括受大坝阻隔影响的种类或具有上下游基因交流需求的珍稀濒危、特有或重要经济种类。

3.5

过鱼效果 fish passage effectiveness/performance

过鱼设施实现目标鱼类顺利通过闸坝等障碍物的效果。

3.6

进鱼效率 attraction efficiency

诱集鱼效果的定量评估指标,为集诱到过鱼设施进鱼口附近的鱼类种类及数量,与特定时期(如洄游季节)坝下河段分布的有过坝需求的种类/数量的比值。

3.7

槽身通过效率 passage efficiency

设施内目标鱼类通过效果的定量评估指标,为进入过鱼设施进鱼口的目标鱼类中能够成功通过出鱼口的比例。

3.8

整体通过效率 efficiency

通过效果的定量评估指标。为基于通过过鱼设施鱼类数量,与特定时期(如洄游季节)坝上或坝下江段成功通过过鱼设施的鱼类数量之比值。

3.9

放鱼试验 fish release experiment

用识别器(如射频芯片、超声信号发射器等)标记鱼类个体,以监测鱼类活动、迁移模式和行为的试验。

3.10

适应性管理 adaptive management

基于过鱼设施效果监测与评估,探讨设计、施工、运行等方面存在的问题,有针对性地优化改造,提升过鱼效果。

4 总体要求

4.1 过鱼设施运行效果评估包括:过鱼设施状态评估、进鱼效果评估、通过效果评估、保护效果评估。

4.2 过鱼设施运行效果评估包括专项监测评估和日常监测评估,专项监测评估主要服务于工程项目环保验收,日常监测评估主要用于适应性管理。

4.3 工程过鱼设施有效运行 3-5 年后,应开展过鱼设施保护效果评估。

5 过鱼设施状态评估

5.1 一般要求

5.1.1 过鱼设施状态评估包括水力条件符合性观测与评估、几何结构尺寸复核。

5.1.2 应依据设计资料开展水力条件符合性观测与评估,水流条件较差的应复核过鱼设施几何结构关键尺寸,评估主要设计指标的符合程度,包括进、出鱼口处底高程。

5.1.3 应依据评估成果,提出优化意见和建议。

5.2 鱼道状态评估要求

5.2.1 水力条件符合性观测与评估

5.2.1.1 应包括典型工况(最不利工况与一般工况)下的鱼道内不同池室的级差、控制断面流速分布、池室内流场等。

5.2.1.2 池室级差、控制断面流速应满足目标鱼类的游泳需求,不宜大于设计指标;池室内主流明确,回流流速不宜大于 0.3m/s,确保目标鱼类可通过性。

5.2.2 几何结构尺寸复核

5.2.2.1 几何结构尺寸复核应包括鱼道池室长度、宽度、深度、竖缝宽度、底坡等重要参数。可采用典型池室精测，多数池室粗测的方案。典型池室宜包括进鱼口段、出鱼口段、转弯段、休息池及其他需要特别关注的部位。

5.3 升鱼机状态评估要求

5.3.1 水力条件符合性观测与评估

5.3.1.1 应复核进鱼口段、集鱼池、出水格栅、放鱼滑槽、放流地点的流速和水深等指标，具体控制要求见 NB/T 10863 水电工程升鱼机设计规范、T/CHES 水利水电工程升鱼机设计导则。

5.3.1.2 应复核升鱼机从集诱鱼至放鱼的全周期时长、赶鱼栅速度等重要运行参数，操作周期的持续时间必须适应不同鱼类的洄游模式。

5.3.2 几何结构尺寸复核

5.3.2.1 应包括格栅尺寸、集鱼池尺寸、运鱼箱尺寸等参数，具体控制要求见 T/CHES 水利水电工程升鱼机设计导则。

5.4 鱼闸及集运鱼系统要求

5.4.1 应复核设计文件规定的相应水力条件指标。

6 进鱼效果评估

6.1 进鱼效果监测内容应包括：坝下水力参数监测（水位、流量、流速），坝下水环境参数监测（水温、水质、河床底质与地形），坝下集诱鱼设施附近的鱼类种类、规格、数量、时空分布和集诱鱼设施的运行参数。

6.2 坝下水下地形、流场的测量和监测可采用声学多普勒流速剖面仪进行观测；坝下鱼类集群监测可采用水声学探测、超声波遥测等方法进行，坝下鱼类的位置分布、行动特征和运动轨迹等可采用超声波遥测进行监测，坝下鱼类集群的种类、数量和规格等指标可通过水下视频或渔获物进行统计。鱼类观测涉及的主要方法见附录 A。

6.3 监测要求具体可参照 SL 616 水利水电工程水力学原型观测规范、SC/T 9102 渔业生态环境监测规范和 HJ 710.7 生物多样性观测技术导则 内陆水域鱼类。

6.4 应评估鱼类集群特征及其与工程整体调度运行形成的流场间的关系。

6.5 应在枢纽典型工况（最不利工况与一般工况）下，分析进入到过鱼设施进鱼口与坝下河段分布的有过坝需求的种类/数量的比例，评估对目标种类的进鱼效率。

6.5.1 进鱼效果 E_a 可用下式计算：

$$E_a = \left(\frac{N_a}{N_m} \right) \times 100\% \dots\dots\dots (1)$$

式中：

E_a ——进鱼效果（%）；

N_a ——进入过鱼设施进鱼口的鱼类数量（尾）；

N_m ——坝下河段估计的有过坝需求的鱼类数量（尾）。

6.5.2 在确定 N_m （即坝下河段估计的有过坝需求的鱼类数量）时，若采用 PIT 的确定方法，为坝下标记放流鱼类的数量，开展试验时，标记鱼类宜根据过鱼种类习性、河流规模、河道形态等具体条件选择放流位置，为了获得更加准确的数据，宜在不同的时间段内重复试验，要求采用野生个体。

6.6 延迟时间：放鱼试验中的被标记鱼到达鱼道进口的时间与放鱼时间之差，单位：h。

6.7 在满足监测条件的情况下，宜监测坝下主要过鱼对象的洄游轨迹。

6.8 应依据枢纽坝下鱼类集群特征，为枢纽的进鱼口布置和诱鱼措施提出意见和建议。

6.9 对于进鱼效果明显较差的过鱼设施,应根据枢纽调度运行情况和坝下水下地形等条件,开展必要的鱼类调查、水力学观测,遵照 SL 609 水利水电工程鱼道设计导则,为枢纽的进鱼口布置和诱鱼措施提出改进意见和建议。

7 通过效果评估

7.1 过鱼设施应开展通过效果观测与评估,通过效果观测应在过鱼时段内连续进行,并结合周年观测结果进行评估。

7.2 通过效果评估宜首先对过鱼规格、过鱼数量季节变化、洄游昼夜节律等进行监测,对通过种类、通过数量进行总体评估,并对过鱼对象的通过效率、通过时间等进行分析。

7.2.1 槽身通过效率 E_p 、目标鱼类整体通过效率 E_t 计算方法如公式(2)、公式(3)所示:

$$E_p = \left(\frac{N_p}{N_a} \right) \times 100\% \quad (1)$$

$$E_t = E_a \times E_p \quad (2)$$

式中:

E_p ——槽身通过效率(%);

E_t ——目标鱼类整体通过效率(%);

N_p ——游出过鱼设施出鱼口的鱼类数量(尾);

N_a ——已游入过鱼设施进鱼口内的鱼类数量(尾)。

7.2.2 槽身通过效率若采用 PIT 监测方法,槽身通过效率为放鱼试验中到达鱼道出口线圈被标记鱼的数量与到达鱼道进口线圈的被标记鱼的数量之比,计算方法如公式(4)所示。

$$E_p = \prod_{i=1}^n (N_i / N_{i-1}) \times 100\% \quad (3)$$

式中:

N_i ——第 i 个监测标记试验鱼通过的数量(尾);

N_{i-1} ——第 i 个监测断面的前一个断面的试验鱼类通过数量(尾);

n ——设置的监测断面数量,即PIT线圈个数(个)。

7.2.3 通过时间为放鱼试验中到达鱼道出口的时间与到达鱼道进口的时间之差,单位:h;

7.3 通过效果观测应采取总体与抽样相结合的方式,在过鱼设施进鱼口段与出鱼口段合适区域设置观测断面,对游进与游出的种类和数量进行分析。

7.4 通过时间与鱼道内加密观测宜采用标志检测方法进行,通过鱼道内各区段设置的标志检测线圈,采集进鱼口段放流标志个体的通过时间,并通过各断面通过率和通过速率的比较,获得通过时间或主要问题区段的数据。

7.5 进鱼口段与出鱼口段鱼群总体特征观测宜采取连续在线观测方式进行。

7.5.1 具备观测室的过鱼设施,可采用监视录像机进行总体观测;

7.5.2 不具备观测室的过鱼设施,应布设水下摄像机进行总体观测;

7.5.3 水体浑浊无法使用视频设备观测时,可采用水声学设备进行通过数量的观测;

7.5.4 具备多进鱼口的过鱼设施,应分别在不同进鱼口处布设连续观测装置,满足不同进鱼口效果比较的要求。

7.6 水头大于 40m,长度大于 2km 或其他水力指标偏高的鱼道以及升鱼机,宜对通过前后的目标鱼类生理状况进行评估分析。

7.7 通过率低于 30%、通过时间大于 24 小时的鱼道,应在过鱼设施内部进行加密观测,分析主要影响区段、影响因子,作为过鱼设施优化的基础。

7.8 宜观测过鱼对象通过的昼夜节律,提出过鱼设施调度运行的意见。

7.9 对于通过效果明显较差的过鱼设施，应结合鱼类生态学、水力学提出改善通过率的意见和建议。

8 保护效果评估

8.1 过鱼设施保护效果评估应结合过鱼设施保护目标进行。过鱼设施保护目标通常可以分为物种保护、资源增殖与遗传交流三种类型。

8.1.1 以物种保护为目的的过鱼设施，应保证过鱼对象全部能够通过过鱼设施到达阻隔水体另一侧关键生境。物种保护效果评估应针对隔离江段中保护对象的关键生境的适宜性、有效面积，以及种群数量和结构进行评估，并分析不同周期之间的动态变化。

8.1.2 以资源增殖为目的的过鱼设施，应保证过鱼对象能充分利用阻隔水体另一侧的有效生境。资源增殖效果评估应对隔离江段中保护对象的适宜生境的面积与承载力、种群数量和结构进行评估，并分析不同周期之间的动态变化。

8.1.3 以遗传交流为目的的过鱼设施，应保证阻隔水体上下游的过鱼对象种群遗传多样性不会产生明显分化。遗传交流效果评估应对隔离江段上下游保护对象均进行种群遗传多样性分析，并进行比较分析。

8.2 根据不同保护目的，应针对性开展具体水域的生境调查、鱼类资源调查、鱼类早期资源调查与鱼类种群遗传结构调查获得评估数据。

8.2.1 生境调查应根据保护对象的保护目的开展不同空间尺度的调查取样。物种保护效果评估应主要针对保护对象的历史关键生境，资源增殖效果评估应针对连通后的整个隔离水域，遗传交流效果评估应包括连通后工程上下游河段。

8.2.2 生境调查应包括河流概况指标、物理生境指标、水质指标、水流状况指标、沉积物指标等。

8.2.3 鱼类资源调查包括鱼类物种组成与分布、保护对象种群数量、相对丰度、种群性比、体长和体重的频数分布等。

8.2.4 鱼类早期资源调查内容包括鱼类种类组成、繁殖时间以及环境条件等，以便估算保护鱼类早期资源量，推算产卵场及产卵规模。

8.2.5 鱼类种群遗传结构可结合鱼类资源调查获得遗传样本，并据此分析变异位点、单倍型数、单倍型多样性、核苷酸多样性、等位基因数、观测杂合度、期望杂合度、近交系数、遗传分化指数等。

8.3 保护效果可采用相对重要性指数或遗传分化指数进行评价。

8.3.1 相对重要性指数 (Index of relative importance, IRI) 计算方法如公式 (5) 所示，同一地点，相较于历史结果，某物种相对重要性指数 IRI 增多表征该河段采用的过鱼设施等综合措施保护效果好。

$$IRI = (P_i + P_m) \cdot F \times 100 \quad (1)$$

式中：

P_i ——某物种尾数百分比 (%)；

P_m ——某物种质量百分比 (%)；

F ——某物种在调查期间出现的频率 (%)。

8.3.2 遗传分化指数 F_{ST} (the genetic differentiation index, F_{ST}) 计算方法如公式 (6) 所示， F_{ST} 取值范围 [0, 1]， $F_{ST}=0$ 时，表明不同群体遗传结构完全一致，群体间没有分化， $F_{ST}=1$ 时，表明等位基因在不同的群体中被固定，完全分化。遗传分化指数 F_{ST} 应与历史评价结果对比进行评估， F_{ST} 降低说明保护措施促进了群体间遗传交流。

$$F_{ST} = \frac{H_T - H_S}{H_T} \quad (2)$$

式中：

H_T ——总群体在哈温平衡下杂合子期望频率 (%)；

H_S ——亚群在哈温平衡下杂合子期望频率 (%)。

8.3.3 相关指标调查方法可按 HJ 710.7 生物多样性观测技术导则 内陆水域鱼类进行。

9 评估结论

- 9.1 应以过鱼设施修建与运行阶段持续性、长系列监测数据为基础，建立过鱼设施监测数据库，每年形成过鱼设施运行效果监测报告，报告编制大纲参照附录 B，并适时开展保护效果评估。
- 9.2 过鱼设施运行效果监测报告应包括过鱼设施运行时间、监测时段、过鱼数量、过鱼规格、过鱼种类、集鱼效率、通过效率等主要内容，常用监测表格见附录 C。
- 9.3 应结合生态调度、栖息地保护和鱼类增殖放流等保护措施，规划适应性管理方案。
- 9.4 应结合水力条件符合性、进鱼效果、通过效果监测、保护效果评估成果，综合鱼类通过过鱼设施的影响因素，在过鱼设施的布置、运行和管理等方面，提出改进建议。

附 录 A
(资料性)
鱼类观测的主要方法

A.1 目测法

驱使鱼类穿过垂直的透明窗，通过目测，进行侧面形态观测，准确鉴别过鱼种类；或驱使鱼类穿过浅色底的浅水区域，以呈现出鱼的轮廓，从上方进行鱼类数量观测。

A.2 堵截法

通过在过鱼设施出鱼口布置鱼张网或拦鱼栅，通过电捕或排水等方法，将所有鱼类从过鱼设施中全部捞出统计。

A.3 陷阱法

在过鱼设施中部或出鱼口布置单向进入的笼子或容器，定期进行人工统计。

A.4 水下视频

在观测窗前架设摄像机，通过录像资料进行鱼类资源统计分析。

A.5 PIT 射频芯片跟踪

在鱼类植入PIT射频芯片，通过线圈接收信号，对鱼类游动路径、方向、范围和游动速度进行跟踪。

A.6 电导率仪计数法

通过布置自动电阻计数器，在不干扰鱼的情况下对通过过鱼设施的鱼类进行分类统计。

A.7 水声学探测

通过水声学垂直探测方法，对鱼类资源丰度、时空分布特征的资料进行收集。

A.8 超声波遥测

在鱼体中安装信号发射器，通过接收器接收信号，从而跟踪鱼类，收集鱼类分布资料。

A.9 标志重捕法

采用编码标志或染料注射进行标志，通过张网或电捕等方法对标志鱼进行回捕，监测鱼道的运行效果。

附 录 B
(规范性)

过鱼设施运行效果监测报告编制大纲

- 1 项目概况
 - 1.1 流域水资源开发及规划
 - 1.2 枢纽工程概况
 - 1.3 过鱼设施工程概况
 - 1.4 过鱼对象概况
- 2 工作方案
 - 1.1 技术路线
 - 1.2 工作目标和内容
 - 1.3 工作思路和方法
- 3 过鱼设施状态评估
 - 3.1 结构设计条件
 - 3.2 水力学设计条件
 - 3.3 过鱼设施状态综合评估
- 4 进鱼效果评估
 - 4.1 运行条件
 - 4.2 环境条件
 - 4.3 水力学条件
 - 4.4 进鱼效果综合评估
- 5 通过效果评估
 - 5.1 运行条件
 - 5.2 环境条件
 - 5.3 水力学条件
 - 5.4 通过效果综合评估
- 6 保护效果评估
 - 6.1 生境调查结果
 - 6.2 鱼类资源调查结果
 - 6.3 鱼类早期资源调查结果
 - 6.4 鱼类种群遗传结构调查结果
 - 6.5 保护效果综合评估
- 7 结论与建议
 - 7.1 结论
 - 7.2 建议
- 附表：
 - 1 鱼获物监测数据统计表
 - 2 过鱼种类、数量观测统计表
 - 3 电站运行工况及水情信息统计表
 - 4 过鱼设施关键尺寸复核表
- 附图：
 - 1 过鱼设施平面布置图
 - 2 过鱼效果监测设备布置图等

附 录 C
(资料性)
常用监测表格

表 C.1 鱼道进出鱼口高程复核表

进出鱼口编号	进鱼口高程/m	进鱼口高程偏差/m	出鱼口高程/m	出鱼口高程偏差值/m

表 C.2 鱼道池式尺寸复核表

池式 编号	实测值						偏差值					
	池式长度/m	池式宽度/m	竖缝宽度 /m	纵向导板 长度/cm	横向导板 长度/cm	导向板角度	池式长度 /m	池式宽度 /m	竖缝宽度 /m	纵向导板 长度/cm	横向导板长度 /cm	导向板角 度

表 C. 3 鱼道内鱼类采样表

日期	时间	池室编号	池室尺寸	池室尺寸	采样人员			
编号	鱼种类	全长	体长	体重	成熟个体/亚成体/幼鱼	性腺发育期	肠充塞度	DNA 样品编号

表 C. 4 鱼类 PIT 标记过鱼效率统计表

标记号	PIT 标记框	日期	时间	路线	鱼种类	鱼全长	鱼体长	鱼体重	备注

表 C. 5 观测窗/水下视频观测鱼类统计表

序号	日期	时间	数量	种类	洄游状态（上行/下行）	是否存储记录	运行工况	记录人

参 考 文 献

- [1] 《国家重点保护野生动物名录》（国家林业和草原局、农业农村部（2021）3号）
- [2] 《中国生物多样性红色名录脊椎动物卷》（环境保护部（2015）32号）
- [3] 《内陆鱼类多样性调查与评估技术规定》（环境保护部（2017）84号）