

ICS 编号

CCS 编号

# 团 体 标 准

T/CHES XXX—20XX

## 山区河流堰生态化设计技术导则

Technical guidance for ecological design of weirs in mountain  
rivers

（征求意见稿）

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 资料收集调查 .....             | 2  |
| 6 生态化需求分析 .....            | 3  |
| 6.1 建设需求 .....             | 3  |
| 6.2 改造需求 .....             | 3  |
| 7 选址、规模和布置 .....           | 3  |
| 7.1 规划与选址 .....            | 3  |
| 7.2 规模与布置 .....            | 4  |
| 8 环境协调设计 .....             | 4  |
| 8.1 亲水与文化景观 .....          | 4  |
| 8.2 生态建筑材料运用 .....         | 5  |
| 9 纵向连通设计 .....             | 5  |
| 9.1 过鱼对象及设施类型 .....        | 5  |
| 9.2 过鱼设施 .....             | 5  |
| 10 管理设计 .....              | 7  |
| 10.1 管护设计 .....            | 7  |
| 10.2 生态流量调度设计 .....        | 7  |
| 10.3 监测评估 .....            | 7  |
| 附录 A（规范性） 梯级堰的控制间距计算 ..... | 8  |
| 附录 B（规范性） 鱼类游泳能力计算 .....   | 10 |
| 附录 C（规范性） 过鱼设施布置 .....     | 12 |
| 参 考 文 献 .....              | 16 |

# 前 言

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。

本文件共分为 10 章和 3 个附录，主要内容包括范围、规范性引用文件、术语和定义、总体要求、资料收集调查、生态化需求分析、选址、规模和布置、环境协调设计、纵向连通设计、管理设计、附录等。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本标准的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由中国水利学会归口。执行过程中如有意见或建议，请寄送中国水利学会（地址：北京市西城区白广路二条 16 号，邮编 100053），以便今后修订时参考。

本文件主编单位：浙江省水利河口研究院（浙江省海洋规划设计研究院）

本文件参编单位：丽水市水利局、河海大学、浙江广川工程咨询有限公司、水利部产品质量标准研究所……

本文件主要起草人：XXX、XXX、XXX。

本文件主要审查人：XXX、XXX、XXX。

# 山区河流堰生态化设计技术导则

## 1 范围

本文件规定了山区河流堰生态化建设与改造的设计内容和技术要求。

本文件适用于山区河流堰建设与改造的生态化设计。

## 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 50201 防洪标准

GB 50288 灌溉与排水工程设计标准

GB/T 50662 水工建筑物抗冰冻设计规范

GB 50707 河道整治设计规范

SC/T 9102.3 渔业生态环境监测规范 第3部分：淡水

SC/T 9429 淡水渔业资源调查规范 河流

SL 104 水利工程水利计算规范

SL 191 水工混凝土结构设计规范

SL 203 水工建筑物抗震设计规范

SL 219 水环境监测规范

SL 252 水利水电工程等级划分及洪水标准

SL 265 水闸设计规范

SL 395 地表水资源质量评价技术规程

SL 609 水利水电工程鱼道设计导则

SL/T 800 河湖生态系统保护与修复工程技术导则

SL/T 820 水利水电工程生态流量计算与泄放设计规范

## 3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

### 3.1

#### 山区河流

河床质由粗颗粒床沙组成，比降一般在0.5%以上，具有跌水-深槽形态特征的河流。

### 3.2

#### 堰 weir

一类具有蓄水、防洪、导流、分流等功能的低矮挡水设施，也称堰坝、陂、埭、滚水坝等。

## 3.2

### 堰生态化设计

以提升河流蓄水灌溉、行洪排涝、人文景观等功能需求，维持河流环境协调性、纵向连通性、生态流量等为目的，通过环境友好材料和工法结合，对堰进行的建设与改造设计。

## 3.3

### 堰高 height of weir

堰顶（不含汀步）至堰下游侧防冲槽的顶高程或临近河床的平均高程的高差。一般情况下，堰高大于 3m 的称高堰，在 1~3m（含 3m）的为中堰，小于 1m（含 1m）的为低堰，其中堰高在 0.3m 以下的低堰也称微型堰。

## 4 总体要求

4.1 生态化设计的堰一般由堰体、过鱼设施（通道）、消能设施、生态流量泄放及监测设施、放空设施、冲砂闸、汀步、人文景观设施等组成，具体可根据堰高、河流泥沙特性、引调水布置进行优化组合。

4.2 堰生态化设计应以水系或河流为单元，充分考虑河流的生态化需求及堰的选址、规模与布置、环境协调性、纵向连通性及管理等要求。在满足目标功能需求的基础上，尽量降低高度、多级组合，合理控制堰的间距，避免对河流的河势稳定、行洪排涝、水资源利用、水生态环境及临近堤防与涉水工程安全造成不利影响。

4.3 堰生态化设计应以满足河道行洪、保证自身结构安全及基础稳定为前提。建筑物级别及洪水标准按 SL 252 和 GB 50707 确定，混凝土结构强度及抗渗、抗震、抗冰冻应分别符合 SL 191、SL 203 和 GB/T 50662 的有关规定，结构设计、稳定应力计算、地基处理及消能防冲应符合 GB 50288 和 SL 265 等有关标准的规定。

4.4 堰生态化设计应充分考虑与周边环境的协调性需求。堰的设计宜采用生态建筑材料，有利于区域的生态环境及人文景观的提升，营造“一堰一景”。

4.5 堰生态化设计应充分考虑河流的纵向连通性需求。堰体不满足过鱼条件时，应根据过鱼对象及堰的平面布置特点设置专用的过鱼设施。淹没区涉及产卵场、索饵场、越冬场的，应按照 SL/T 800 开展保护与修复工作。

4.6 堰生态化设计应考虑运行维护、生态流量调度、监测评估等要求。

4.7 对堰数量较多的河流，应以水系或河流为单元开展生态影响评估，提出保留、改造、拆除等分类处置措施，修复河流的生态系统。

## 5 资料收集调查

5.1 应收集建设区域的地形、地质、气象、水文等基础资料。

5.2 应收集区域已建的堰、闸、堤防、桥梁、取排水口、水文设施等涉水建筑物、构筑物资料。

5.3 应搜集、整理、分析堰建设区域的水生态环境、人文景观以及水利、渔业、城乡等相关规划资料。

5.4 水生态环境资料缺失地区应开展现场调查工作，调查内容包括水质、浮游动植物、底栖动物、大中型鱼类等，调查方案应符合 SL 219、SL 395、SC/T 9102.3 和 SC/T 9429 的有关要求。

5.5 应对堰建设所在地的生态建筑材料进行调查。

## **6 生态化需求分析**

### **6.1 建设需求**

6.1.1 从区域灌溉供水、行洪排涝、航运、发电等河流功能完整性方面，分析新建堰的生态化设计需求。

6.1.2 从河流栖息地修复、生物多样性保护、生态流量保障等生态环境改善方面，分析新建堰的生态化设计需求。

6.1.3 从周边景观营造、文化传承、休闲游憩、浣洗戏水等人文景观提升方面，分析新建堰的生态化设计需求。

### **6.2 改造需求**

6.2.1 以水系或河流为单元开展，从功能、行洪影响、水生态影响、结构安全、外观面貌等方面，对已建堰开展综合评估。

6.2.2 功能评估应关注是否与初始建设需求相符，是否具备功能调整条件。

6.2.3 行洪安全评估应复核设计洪水条件下堰高、上下游堤防及其保护对象的防洪标准。

6.2.4 水生态影响评估应判断堰是否位于生态敏感区，是否具备过鱼能力，筑坝材料是否生态，堰的距离是否过密，以及引水发电及灌溉功能堰的生态流量泄放及监测设施是否齐全。

6.2.5 结构安全评估应判断堰的基础是否存在沉降及渗漏，两岸堤防的连接段是否存在破损及绕渗，堰下的消能防冲设施是否存在水毁，以及其他影响堰体结构安全的问题。

6.2.6 外观面貌评估主要包括堰面是否存在明显破损，是否存在混凝土外露白化现象，是否存在其他与周边环境不协调问题。

6.2.7 功能需求丧失及间距过密的堰应列入拆除类进行处置，影响行洪的宜开展拆除或降低改造，存在结构安全问题的应开展加固措施，影响水生态及景观的宜建立提升改造计划。

6.2.8 列入文保单位、文化遗产等名录以及具有历史价值的古堰应结合文保要求单独评估。

## **7 选址、规模和布置**

### **7.1 规划与选址**

7.1.1 堰生态化设计应符合流域综合规划、防洪排涝规划、水生态保护与修复规划、幸福河湖建设规划、城乡规划等要求，综合评估其对河流行洪排涝、水资源利用、水生态环境、亲水宜居等的效益及影响。

7.1.2 应根据地形、地质、水流、泥沙、淹没浸没、水生态环境、临近涉水建筑、周边自然及人文景观等因素进行堰的选址，宜设置在河段平直、河面宽阔、岸坡稳定、河床基岩较浅、壅水影响较小且生态系统较为稳定的河段，不宜在自然保护区核心区、水产种质资源保护区、鱼类“三场”等生态环境敏感区附近建堰。在生态环境敏感区附近建堰的，应按相关

规定开展专题论证。

7.1.3 梯级堰之间应保留一定距离的自然河段，下级堰的堰顶高程不宜超过上级堰的下游侧河床平均高程。梯级堰的最小间距计算方法见附录 A。

## 7.2 规模与布置

7.2.1 堰的规模应根据规划、利用要求及行洪影响、水生态环境保护等确定，优先建设低堰、中堰，梯级组合堰，相关要求应符合 GB 50201 和 GB 50707 的有关规定。

7.2.2 堰的型式应在地形、水文、地质基础上，结合两岸自然环境、人文风貌及亲水景观等进行布置，可采用鱼鳞纹、云纹、花纹、景石等造型，与河流及周边环境自然融合。

7.2.3 堰的轴线宜采用 S 型、U 型、W 型、J 型等型式，应与河势及两岸堤防走向自然衔接。过堰水流应自然归槽，避免顶冲两侧堤岸及下游临近的涉水工程。

7.2.4 堰的下游侧宜采用缓坡形式与河床自然衔接，具体可结合堰的造型、消能设施、过鱼设施等设计。斜坡段末端宜低于河床平均高程，避免长期冲刷后产生跌水高坎。

7.2.5 消能设施宜采用坡面消能，仍不满足时，应增设其他专用消能防冲设施。

7.2.6 过鱼设施宜采用全河床式的坡面过鱼通道，无法满足时，应增设专用鱼道。

7.2.7 具有发电及灌溉等引水功能的堰，应设置生态流量泄放及监测设施，宜与鱼道等结合。

7.2.8 放空设施宜设置在主槽区或岸墙内，可采用放空管、放空闸等方式。

7.2.9 多泥沙河流建堰时，宜在堰的主槽区设置冲砂闸，并在上、下游一定范围内设置清淤坡道。

7.2.10 有人行需求的堰，宜在堰顶设置汀步。

7.2.11 旧堰改造宜优先改造存在行洪影响和结构安全的堰，优先在旧堰基础上进行微改造、精提升。涉及古堰的，应征求文保等相关部门意见。

7.2.12 堰址附近宜设置标识牌，展示堰的名称、建设年份及相关的人文历史。

## 8 环境协调设计

### 8.1 亲水与文化景观

8.1.1 堰的亲水与景观设计应与周边自然、人文、亲水、景观等协调融合，并根据周边环境特点分类设计。

8.1.2 乡野段的设计应以自然生态为主题，宜采用“藏堰于水”的设计思路，最大程度地维持河流的原有风貌。

8.1.3 村镇段的设计宜结合周边亲水需求及人文景观进行设计，设置汀步、河埠头、下堤通道等配套亲水设施，融入美丽乡村等特色元素，营造居民休闲游憩场所。

8.1.4 城市公园或景区节点的堰，宜与周边景观一体化打造，必要时可增设亮化工程。

8.1.5 居民住宅区附近不应设置跌水声音较大的堰，避免噪声扰民。

8.1.6 汀步顶面距堰顶的常水位不宜小于 0.15 m，台阶踏步宽度（堰轴线方向）不宜小于 0.30 m，间距不宜不大于 0.40 m，长度（顺水流方向）宜大于 1 m，相邻汀步之间的高差不

宜大于 0.25 m。汀步设置应纳入河流的行洪影响分析。

8.1.7 戏水堰应充分考虑安全因素，固定设施不宜设置直角或尖锐边缘，下游侧不宜采用高跌水设计，上下游亲水区应控制安全水深，并做好必要的安全防护措施。

8.1.8 堰的上、下游应设置安全警示牌及防溺水应急救援设施。

## 8.2 生态建筑材料运用

8.2.1 建筑材料应体现生态和景观需求。宜采用生物类、天然石料类、人工块体类等绿色环保、生态友好的建筑材料，以利于植物生长和藻类、贝类附着，促进生物多样性恢复。

8.2.2 建筑材料宜按以下优先级选定：天然石料类、生物类、人工块体类。天然石料类优先选用卵石、砾石、块石、条石、景石、蛮石等当地天然材料。生物类包括松木桩、大麻混凝土、稻草和菌丝体。堰体外观应与堰的造型及周边环境相协调，不宜暴露混凝土面板等白化材料。

8.2.3 选用及布置天然材料时，材料应具备抗冲性及耐磨性。

8.2.4 宜优先选用基础开挖及堰附近河流疏浚或施工产生的石料为料源。

## 9 纵向连通设计

### 9.1 过鱼对象及设施类型

9.1.1 堰的纵向连通性设计应重点保障鱼类洄游上溯通道的畅通，过鱼对象应包括海河洄游类和淡水洄游类。微型堰可不设置单独的过鱼设施。

9.1.2 应根据收集的鱼类基础资料，分析鱼类优先保护等级，确定主要过鱼对象及其生物学特性、行为习性等。生物学特性包括过鱼目的、过鱼季节和过鱼规格，行为习性包括过鱼对象的感应流速、喜好流速、极限流速、跳跃高度等参数指标。

9.1.3 过鱼设施内的水流流速应小于主要过鱼对象的极限流速，宜为喜好流速。鱼类的极限流速宜通过实验观测确定，条件不具备情况下可参照附录 B。

9.1.4 过鱼设施应结合堰的布置进行设计，一般可分为全河床式、部分河床式及旁通式，内部结构宜通过水工模型试验进行优化布置，过鱼设施型式见附录 C。

9.1.5 旧堰的纵向连通性改造宜从下游往上游开展，优先实施河口段、干流汇合口段的改造。

### 9.2 过鱼设施

#### 9.2.1 全河床式过鱼通道

9.2.1.1 全河床式过鱼通道一般适用于低堰或中堰，以仿自然河流方式进行设计，通过调整堰的下游侧堰面型式、坡度及糙率等布置，达到满足过鱼条件的要求。

9.2.1.2 根据堰的下游侧型式，全河床式过鱼通道可分为斜坡式和跌坎式，纵剖面布置见附录 C。有底栖生物上溯的鱼道，宜采用斜坡式鱼道，且进、出口底部与河床或岸坡宜平顺衔接。

9.2.1.3 径流量较小的河流，主槽段堰顶高程及堰面宜适当下沉，以便集中下泄水流。

9.2.1.4 全河床式过鱼通道堰面下游侧防冲设施顶高程宜低于结合部河床的平均高程，避

免长期冲刷后产生跌水高坎。

### 9.2.2 部分河床式过鱼通道

9.2.2.1 部分河床式过鱼设施一般临近堤防布置，结构相对独立，对堰的整体布置及面貌影响较小。

9.2.2.2 部分河床式过鱼设施可分为仿自然河流型和工程型，由进口段、通道段、出口段以及导诱鱼设施等组成。

9.2.2.3 仿自然河流型可分为斜坡式和跌坎式，布置要求参照 9.2.1 设置；工程型鱼道布置参照 SL 609，可采用隔板式、槽式等布置方式。

9.2.2.4 部分河床式鱼道宜临近主流或深槽侧堤岸布置，纵向轴线应与河势走向基本一致，防止洪水顶冲造成水毁。

9.2.2.5 鱼道进口宜布置在泄水闸、电站尾水渠、生态流量泄放设施、放空设施等经常有水流下泄的位置，或鱼类洄游路线及经常集群巡游区域，不宜布置在有较强漩涡、回流等区域及死水区、泥沙淤积区。城镇地区的鱼道进口可采用人工光源等方式提升诱鱼效果。

9.2.2.6 鱼道进口平面形态宜为喇叭口，可通过设置导墙或与护坦相结合等方式布置，以提升集鱼效果。进口底高程应低于河床平均高程，水深不宜小于 30 cm，流速不宜小于对象鱼类的喜好流速。

9.2.2.7 鱼道出口宜远离取水口、漂浮物聚集区及码头航道等位置，出口外水流应平稳，有利于引导鱼类上溯，流速不宜大于 0.5 m/s。

9.2.2.8 鱼道出口高程宜低于堰顶 10 cm~20 cm，宽度宜按不小于生态基流测算，净宽一般不小于 2 m，可与汀步结合布置。

9.2.2.9 鱼道出口宜为开敞式，应设置检修门槽，可设置拦污、拦漂和清污、冲污等设施。

9.2.2.10 有鳗鱼的河流应设置鳗鱼道，具体可参照 SL 609。

### 9.2.3 旁通式过鱼通道

9.2.3.1 旁通式过鱼通道布置应根据场地、地形、地质、水流、植被、过鱼对象等条件综合确定，一般位于河流常水位以外的堤防或陆域，结构独立，对堰的整体结构及面貌基本没有影响。

9.2.3.2 鱼道内部可采用仿自然河流型和工程型，宜优先利用已有的溪流、沟渠等条件，模拟天然河床和河岸的底质、结构及水动力环境。

9.2.3.3 鱼道内部断面形状、宽度应尽可能多样，以适应不同鱼类的需要，鱼道底部宽度宜取最大过鱼对象体长的 3~5 倍，最小不宜小于 80 cm，水深不宜小于 30 cm。

9.2.3.4 仿自然河流型斜坡式鱼道底坡宜接近区域河流的自然坡度设置，一般为 1:80~1:300，以适应不同鱼类的需要；鱼道内设计平均流速宜在 0.4 m/s~0.6 m/s 左右，具体可根据水文条件以及河流规模进行调整；岸坡宜采用生态护岸结构。

9.2.3.5 跌坎式及工程型鱼道布置方式分别参照 9.2.1 及 SL 609 设计。

9.2.3.6 渠式结构可与堤防一体设计、施工，对于涵洞式、隧洞式的封闭段可采用人工补

光措施。

9.2.3.7 鱼道进口和出口布置应满足 9.2.2 相关要求。

## **10 管理设计**

### **10.1 运行维护**

10.1.1 堰在投入运行前，应明确管护范围、管理单位、管理职责，落实管护经费。

10.1.2 管护范围包括管理范围及保护范围，应设置界碑（牌）、标识牌等。

10.1.3 日常管护包括常规检查、定期检查和特别检查。检查内容应包括堰体结构、防冲设施、过鱼设施、临近堤防的结构安全等。常规检查可结合河道的日常巡查开展，以外观检查为主；定期检查一般在汛期前后，特别检查为发生特大洪水、暴雨、暴风、强烈地震和重大工程事故后，应通过地形测量及借助相关仪器设备开展。

10.1.4 对检查中发现的缺陷和问题，应及时进行保养和修复。当工程发生较大损坏且修复工程量较大，应有计划进行工程整修或重建。

### **10.2 生态流量调度**

10.2.1 具有发电及灌溉等引水功能的堰，应根据河流的自净能力、水生生态、河流湿地、水环境、入海河口等需求布置生态流量泄放设施，并开展调度设计。

10.2.2 生态流量核定按照 SL/T 820 开展，应包括生态基流流量和敏感期生态流量。

10.2.3 生态流量泄放设施宜结合鱼道进行设计，采用全河床式过鱼通道的堰应单独设置泄放设施，局部河床式及旁通式的堰可直接采用鱼道进行泄放。

### **10.3 监测评估**

10.3.1 应对堰及所在河流开展全过程监测，一般包括施工前、施工中、竣工后和延续期，延续期时间通常不少于 3 年。监测范围宜以水系或河流为单元，监测内容应包括安全监测及生态环境监测。

10.3.2 安全监测应包括沉降、位移、渗流以及堰上、下游的河床冲淤变化等指标。

10.3.3 生态环境监测应包括水环境监测和水生态监测等。应结合监测范围水生态环境特点和实际需求，按照 SL 219、SL 395、SC/T 9102.3 和 SC/T 9429 的规定布设监测断面，确定监测项目、频次和方法等。

10.3.4 应在监测基础上，对河流的健康状况进行评估，识别堰的建设带来的效益及生态环境问题，明确胁迫因子、影响程度和范围，提出相应的风险防范及修复措施。

附录 A  
(规范性)  
梯级堰的控制间距计算

A.1 山区河流河床坡面陡峻，滩地-跌水-深槽交替，日常水流流态紊乱、急缓并存。对于梯级堰间距控制应以维护山区河流特有的水动力条件出发，控制规划河段的自然浅滩占比不减少。

A.2 梯级堰的控制间距计算应先通过资料收集、监测、统计、测量等方法，获取所在河流的多年平均流量及规划河段的地形，统计规划河段的自然浅滩占比、平均河宽、沿程坡降等。

A.3 堰的间距控制平面图见图 A.1~A.3。梯级堰间距包括回水范围区及自然河段两部分。堰的回水区范围分析应以下级堰的位置为基准开展计算，具体可参照 SL 104 中的水库回水计算方法或采用数学模型进行计算。堰前水位采用堰顶高程，起算点为堰顶位置（宽顶堰采用上游面），来水条件采用河流的多年平均流量，回水水面线的末端计算至回水水位不高于同一断面同频率天然水位的 0.3 m 处，以此统计回水间距为（采用水平投影长度）。集雨面积较小的河流可直接采用 0 平均流量进行分析，即以下级堰的堰顶高程所形成的水面与上游河床的交点，并减去 0.3 m 水深以下区域后作为回水范围，计算式如下：

$$L_1 = H / i - 0.3 / i \quad (\text{A.1})$$

式中  $L_1$ ——堰的回水范围形成的水平投影长度，从下级堰的堰顶起算；

$H$ ——堰高；

$i$ ——河流坡降，沿程坡降变化明显时，可分段进行计算。

A.4 自然河段长度为回水末端至上游堰的间距，计算式为：

$$L_2 = (S_f / (1-k) - S_f) / B / k; \quad (\text{A.2})$$

式中  $L_2$ ——下级堰的回水末端 A 至上级堰的防冲设施末端之间的水平投影长度；

$S_f$ ——下级堰的回水范围所形成的深潭区域面积；

$k$ ——为规划河段自然浅滩面积占比；

$B$ ——为规划河段平均河宽。

集雨面积较小且上下游基本等宽的河流，浅滩段可以河流栖息地的 30%~40% 的下限进行控制，即  $k=0.3$ ，计算式简化为：

$$L_2 = (L_1 / (1-0.3) - L_1) / 0.3 = 1.43 L_1 \quad (\text{A.3})$$

A.5 根据 A.1~A.4，可得出梯级堰的间距计算式。

一般情况下：

$$L = (H / i - 0.3 / i) + (S_f / (1-k) - S_f) / B / k \quad (\text{A.4})$$

式中  $L$ ——堰的间距，即下级堰的堰顶至上级堰的防冲设施末端之间的水平投影长度。  
简化式如下：

$$L=L_1+L_2=2.43L_1 \tag{A.5}$$

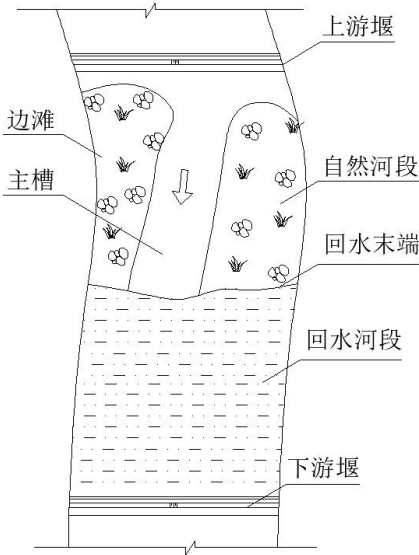


图 A.1 堰的间距控制平面示意图

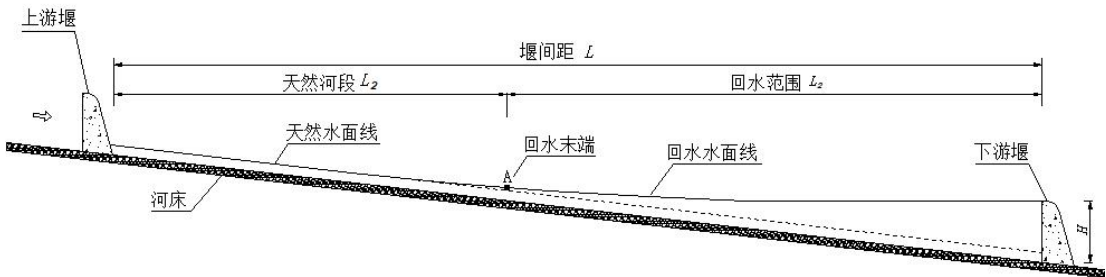


图 A.2 堰的间距控制平面示意图

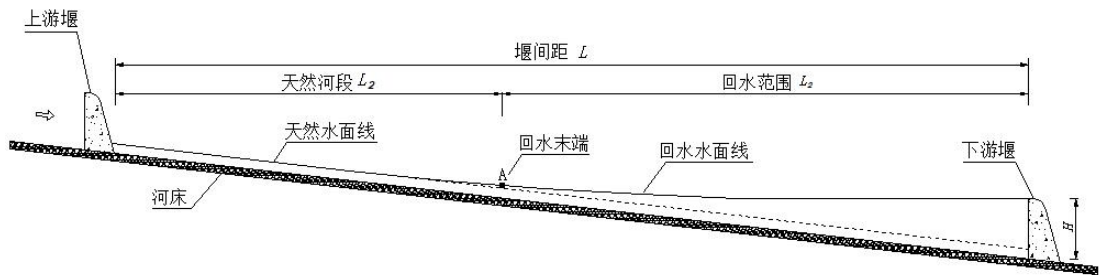


图 A.3 堰的间距控制平面示意图（简化计算示意图）

附录 B  
(规范性)  
鱼类游泳能力计算

B.1 按照生物代谢模式和持续时间不同,鱼类游泳能力分为持续游泳速度(持续游泳时间 > 200 min)、耐久游泳速度(20 s < 持续游泳时间 < 200 min)、爆发游泳速度(持续游泳时间 < 20s),这三类游泳速度均为范围值。鱼类游泳能力试验测试指标主要为感应流速、临界游泳速度、突进游泳速度三个指标。感应流速即鱼所能感知并产生趋流运动的最小流速,鱼道内部及下游口门区的最小流速不小于感应流速,一般不小于 0.4 m/s;临界游泳速度即最大耐久游泳速度,是目前评估鱼道设计合理性的主要参数;突进游泳速度即爆发游泳速度,也称极限流速,鱼道进口、孔口、转弯段等高流速区域的流速一般应小于鱼的突进游泳速度。在长度较短的鱼道上,也可采用突进游泳速度作为鱼道设计的主要控制参数。

B.2 SL 609 给出了几种典型鱼类的突进游泳速度,对于没有进行实验观测的鱼类,可利用公式(B.1)估算:

$$V_{BF} = 1.98L_{BL}^{0.5} \quad (B.1)$$

式中  $V_{BF}$ ——鱼类突进游泳速度, m/s;

$L_{BL}$ ——鱼类体长, m。

B.3 根据涂志英等相关研究成果[2], 鱼类突进游泳速度可利用公式(B.2)估算:

$$V_{BF} = nL_{BL} \quad (B.2)$$

式中  $V_{BF}$ ——鱼类突进游泳速度, m/s;

$L_{BL}$ ——鱼类体长, m;

$n$ ——经验系数, 取 8~12, 倍数越高鱼类越健康。

B.4 鱼类突进游泳上溯距离可采用以下公式(B.3)计算:

$$L_{BFS} = (V_{BF} - V_W) \times T_{BF} \quad (B.3)$$

式中  $V_{BF}$ ——鱼类突进游泳速度, m/s

$V_W$ ——堰面下泄的水流流速, m/s

$L_{BFS}$ ——鱼类突进游泳游过的距离, m;

$T_{BF}$ ——鱼类突进游泳达到疲劳的时间, s, 若无试验参数, 可取 20s。

B.5 根据涂志英等相关研究成果[2], 鱼的跳跃高度可利用公式(B.4)估算:

$$J_H = (9L_{BL})^2 / 2g \quad (B.4)$$

式中  $J_H$ ——跳跃高度(不含鱼类体长), m;

$L_{BL}$ ——鱼类体长, m;

$g$ ——重力加速度。

B.6 根据胡金春等研究成果[3]，根据模型试验测试，给出了几种典型山区河流鱼类的特征流速：

表 B.0.6 几种典型山区河流鱼类的特征流速

| 鱼 类 | 体长<br>(cm) | 特征流速 (cm/s) |              |              |
|-----|------------|-------------|--------------|--------------|
|     |            | 感应流速        | 临界流速         | 突进游速         |
| 光唇鱼 | 3.2~6.9    | 6.5         | 70.10~89.36  | 75.27~102.55 |
|     | 4.5~11.8   | 7.1         | 76.87~114.86 | 84.85~138.69 |
|     | 5.6~13.7   | 8.2         | 82.59~124.74 | 92.97~152.70 |
| 香 鱼 | 6.0~14.5   | 10          | 86.36~125.90 | 96.64~152.69 |
| 马口鱼 | 7~11       | 5~6         | 101.0        | 135.0        |
| 圆吻鲴 | 5.5~8.8    | 10          | 37.0         | 51.0~55.0    |

B.7 根据刘超等相关研究成果[4]，幼鳗在上溯过程中表现较为活跃，其上溯形式与蛇类爬行相似，呈现 S、Z 和直线型，且边缘趋向运动较为明显，可在堰面设置梅花型基质以提高上溯效果。幼鳗另具有典型的以爆发游泳上溯的行为，单次最大爆发游泳速度可达 0.66 m/s。

附录 C  
(规范性)  
过鱼设施布置

### C.1 过鱼设施类型

C.1.1 各类型过鱼通道特点见表 C.1。

表 C.1 各类过鱼通道特点一览表

| 类型    | 布置方式                                       | 适用条件                | 优缺点                                                | 运行管理     |
|-------|--------------------------------------------|---------------------|----------------------------------------------------|----------|
| 全河床式  | 在河流内全断面进行布置，堰的下游面坡度平缓，表面以卵石镶嵌加糙或多级池室组合方式布置 | 适用于上游河流来流量较大的中、低堰   | 大部分水生生物均能通过，与河床融合度较好；但堰的长度较长，基础等投资相对较大             | 维护投入少    |
| 部分河床式 | 占用小部分河流断面，内部布置基本与全河床式相似，也可设置工程型鱼道结构        | 适用于上游河流来流量较小的堰      | 主要过鱼对象能通过，结构较为独立，鱼道段的顺水流长度明显大于堰侧，但与河床的融合度较差，投资相对较小 | 应定期维护及清理 |
| 旁通水路式 | 不占用河流过水断面，在岸坡或陆域以渠道或天然支流方式绕行至堰的上游          | 适用于古堰、翻板坝、橡胶坝等整体性的堰 | 所有水生生物均能通过，与河流融合度较好；占用陆域土地，工程投资与陆域的自然条件相关          | 应定期维护及清理 |

### C.2 全河床式

C.2.1 全河床斜坡式过鱼通道是一种通过蛮石等加糙结构布置，均分沿程水头，降低堰面流速的结构型式。堰面平均坡度宜为 1: 10~1: 20，堰面控制最大流速不超过目标过鱼对象的突进游泳速度，一般不宜超过 1.0 m/s~1.6 m/s，具体根据对象鱼类游泳能力进行分析。堰面坡度较长时，应加密蛮石结构或设置休息池。休息池间距应根据对象鱼类的游泳能力计算，一般不大于 5 m。休息池顺水流长度应大于 2.5 倍过鱼对象体长，池深宜为 2 倍过鱼对象体长，同时应满足消能要求。

C.2.2 全河床跌坎式也称池式，堰面采用池室逐级下降方式，适用于跳跃能力较强的中上层鱼类。每级跌坎高差宜小于 20 cm~30 cm，具体根据对象鱼类习性 & 跳跃能力分析。池

室顺水流长度应大于 2.5 倍过鱼对象体长，池深宜为 2 倍过鱼对象体长且不小于 30 cm，同时应满足消能要求。

C.2.3 全河床斜坡式过鱼通道构造包括蛮石嵌入式构造和填石构造，平面布置见图 C.1，纵剖面布置见图 C.2。

1. 蛮石嵌入式构造将大小为 0.6 m~1.2 m 的蛮石通过镶嵌竖向堆放。该结构宜设置在基础层上，而基层则是由一层碎石或一个多级砾石基层构成，并根据地质情况而确定。根据一般的基层设计规则确定基层厚度和宽度。这种斜坡的最上游和最下游的蛮石通常用板桩墙、排桩或钢制固定构件固定，确保结构的稳定性。该布置为刚性结构，可以抵抗较高流速冲击，但下游河床须坚固。

2. 填石构造为多层松散填石，下游河床须坚固。如天然底质为砂质，则需要一层基底结构；填石构造属于弹性结构，由于占用的河床范围较大，其基础处理面积也相应增加，建设成本相对较高。

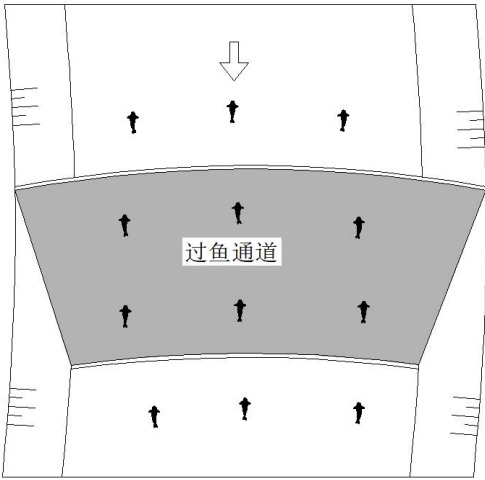
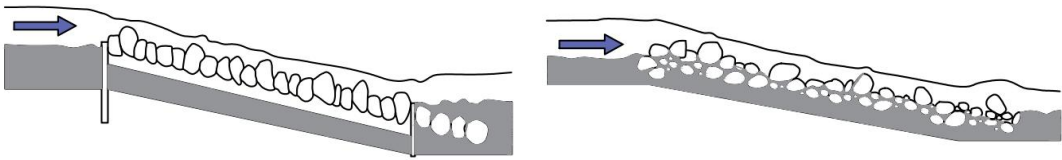


图 C.1 全河床式过鱼通道布置示意图



(1) 蛮石嵌入式构造

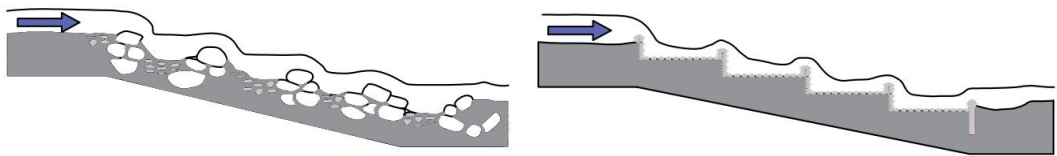
(2) 填石构造

图 C.2 全河床斜坡式过鱼通道构造示意图

C.2.4 全河床跌坎式过鱼通道构造包括蛮石槛构造和池室构造，纵剖面布置见图 C.3。

1. 蛮石槛构造主要由直径为 0.6m~1.2m 的大蛮石或块石组成。坡度被形成凹凸状构造的蛮石块中断，可让凹凸状构造顺其自然改变，形成水池。

2. 池室构造总体与蛮石槛构造相似，池室一般由混凝土浇筑，表面镶嵌卵石进行装饰。尾坎下游侧宜采用弧形设置，便于鱼类跳跃高度不足时具备二次突进条件。运行过程中卵石容易剥落，后期应加强维护。由于池室基础稳定，可设置为鱼鳞纹、云纹、花纹、景石等造型。



(1) 蛮石槛构造

(2) 混凝土贴面池室构造

图 C.3 全河床跌坎式过鱼通道构造示意图

C.3 部分河床式

部分河床式过鱼通道宜通过边墙与主流区阻隔，平面布置见图 C.4。该布置内部水流相对独立，可设置为斜坡式或跌坎式，构造同全河床式，但由于受宽度限制，造型相对较为单一。在宽阔的河道中，部分河床式过鱼通道的建设成本占比相对较低。

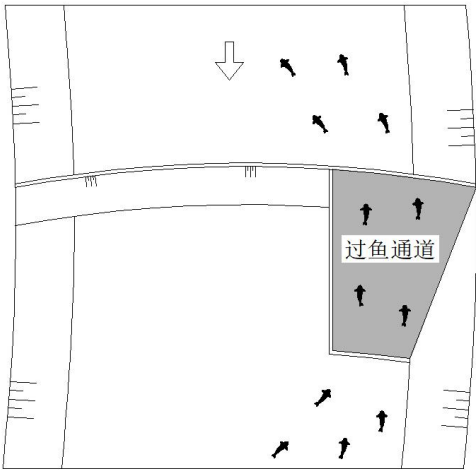


图 C.4 部分河床式过鱼通道布置示意图

C.4 旁路水道

C.4.1 旁路水道采用仿自然河流或渠式结构，是一种从岸坡或陆域绕过堰体的布置方式，见图 C.5。旁路水道的长度相对较长。因不会对已建堰的结构产生任何影响，该种布置方式适用于已建工程的鱼类生境恢复，尤其是古堰、翻板闸、橡胶坝等。但旁路水道的缺点也很显著，其建设的占地面积较大。为此，能否使用这类鱼道，在很大程度上取决于当地的特定条件，比如周边可使用土地、建设投资等。若临近具备天然的溪流或沟渠，其建设成本相对较低；若需要另行征地及开渠，则建设成本相对较高。

C.4.2 仿自然河流的旁路水道设计时应尽可能地贴近自然，但是，由于落差、坡度等问题，宜在河底及两岸作加糙处理，从而降低流速。最为直接和有效的是选择临近的坡度变化丰富

的自然溪流当作设计旁路水道的原型。

C.4.3 旁路水道一般需要相当长的距离才能实现，必然会与其他道路、管道等交叉。为解决交叉过渡的问题，宜设置桥梁进行跨越。交叉过渡的设计不应缩窄鱼道的过流面积，为确保小鱼和底栖动物能够通过，桥下或隧道中应平缓过渡。如果无法实现天然的底质，可采用一层厚 0.20 m~0.30 m 的粗砾石或小卵石铺设。交叉过渡的长度不宜超过开口宽度的 10 倍。

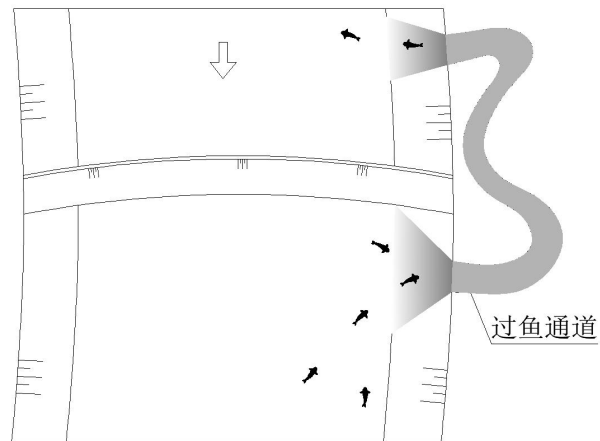


图 C.5 旁路水道式过鱼通道布置示意图

## 参 考 文 献

- [1] 董哲仁, 生态水利工程学[M], 中国水利水电出版社, 2019。
- [2] 涂志英, 袁喜, 韩京成, 等, 鱼类游泳能力研究进展[J], 长江流域资源与环境, 2011 (20) Z1: 59-65。
- [3] 胡金春等, 《水利工程对典型河流过鱼能力影响及生态补偿关键技术研究报告》, 浙江省水利河口研究院(浙江省海洋规划设计研究院), 2021 年。
- [4] 刘超, 张世宝, 王二平, 等, 鳗鱼道堰面加糙的过鱼效果评价[J], 河海大学学报(自然科学版), 2020 (48) 2: 136-142。
- [5] SL/T 278 水利水电工程水文计算规范
- [6] SL 753 水力自控翻板闸门技术规范
- [7] SL/T 793 河湖健康评估技术导则
- [8] DB 33/T614 美丽河湖建设规范
- [9] DB 44/T 2283 水利工程生态设计导则