

ICS 编号

CCS 编号

团体标准

T/CHES XXX—20XX

山区性河流堰生态化设计技术导则

Technical guidelines for ecological design of weirs in
mountainous rivers

（报批稿）

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	III
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	1
5 资料收集与调查	2
6 选址和布置	2
6.1 选址	2
6.2 布置	2
7 纵向连通设计	3
7.1 生态流量泄放	3
7.2 过鱼通道设计	3
8 环境友好设计	3
8.1 环境协调设计	3
8.2 建筑材料选用	4
9 管理设计	4
附录 A（规范性） 梯级堰的控制间距计算	5
附录 B（规范性） 过鱼通道设计	7
附录 C（规范性） 鱼类游泳能力计算	11
参考文献	12

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9章和3个附录，主要包括总体要求、资料收集与调查、选址和布置、纵向连通设计、环境友好设计、管理设计等。

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、四川水发建设有限公司、中山市水利水电勘测设计咨询有限公司。

本文件主要起草人：王斌、尤爱菊、吴辉、夏继红、陈怡、袁斌、李蕊、徐岗、仇少鹏、李妙艳、胡可可、兰立伟、王自明、许立祥、陈宇豪、胡金春、郑寓、许国、赵孟津、程萌、邱雄、曾荣章。

山区性河流堰生态化设计技术导则

1 范围

本文件规定了山区性河流堰建设与改造中生态化设计的资料收集与调查、选址和布置、纵向连通设计、环境友好设计、管理设计等相关工作的技术要求。

本文件适用于山区性河流堰建设与改造中的生态化设计工作。

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。

DL/T 5871 水电工程过鱼建筑物水力学模型试验技术规程

NB/T 10612 水电工程过鱼对象游泳能力测验规程

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 219 水环境监测规范

SL 609 水利水电工程鱼道设计导则

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

山区性河流 mountainous rivers

分布于山地及丘陵地区，河床质以原生基岩、卵石及砾石等为主，比降一般大于5%，具有浅滩与深槽交替分布、水位与流量季节性变化显著等特征的河流。

3.2

堰生态化设计 ecological design of weir

以维护河流生态系统健康为核心目标，通过融合水利设施功能与生态保护需求，围绕河流的纵向生态连通、水流连续、环境友好等要素开展的堰的设计。

3.3

纵向连通设计 longitudinal connectivity design

以维持或恢复河流纵向的水流、泥沙、营养物质及生物等自然连通性为核心目标，通过构建过鱼通道和生态流量泄放设施，维护河流生物迁徙、物质循环及能量流动的相关设计。

4 总体要求

4.1 应在堰的设计、施工和运行全过程中，遵循尊重自然、保护自然的理念。

4.2 应在确保堰的设施安全与基本功能需求基础上，妥善处理与河流生态系统及周边环境的协调关系。

4.3 应根据区域特征和生态保护目标，从保障河流基本功能、改善河流水生态环境、提升

周边人文景观等角度，统筹考虑区域的生态系统保护修复与高质量发展需求，有针对性地提出生态化设计目标。

4.4 应以生态保护、自然恢复为主导，将河流的纵向连通性、生态流量泄放作为约束指标。

5 资料收集与调查

5.1 除基本建设资料外，应对堰址所在河流的生态现状与保护需求进行调查，包括水文水资源、河湖地貌、水生态环境、区域规划、涉水工程建设情况及周边人文景观等。

5.2 调查重点应涵盖水功能区、水产种质资源保护区、鱼类“三场一通道（产卵场、索饵场、越冬场和洄游通道）”、重要湿地、国家公园等生态敏感区，以及水文化遗产等。

5.3 水生态环境调查内容应包括水质指标、浮游生物、底栖动物、鱼类资源等，调查工作应符合 SL 219、SC/T 9102.3 和 SC/T 9429 的相关规定。

5.4 应调查项目所在地的生态建筑材料供应渠道、技术参数及实际应用案例等。

6 选址和布置

6.1 选址

6.1.1 新建堰选址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等相关规划，并与渔业、航运、城乡发展等专项规划相协调，综合评估堰的建设对河流行洪排涝、水资源利用、水生态环境及亲水宜居等方面的影响。

6.1.2 新建堰选址应综合考虑地形地貌、水流泥沙、淹没浸没、水生态环境、邻近建筑物、人文景观及生态环境敏感区等因素。

6.1.3 新建堰规模应根据相关规划要求、功能需求及行洪影响、水生态环境保护等因素综合确定，宜采用中低堰梯级组合形式。

6.1.4 梯级堰间应保留一定距离的天然河段，下级堰的堰顶高程不应高于上级堰的下游侧河床平均高程。梯级堰最小间距可按附录 A 计算。

6.1.5 对现状堰数量较多的河流，应以水系或河流为单元开展生态影响评估，重点分析对鱼类洄游通道的阻隔作用及河流的水文情势变化，提出保留、改造或拆除等分类处置方案。

6.1.6 旧堰的改造除考虑行洪安全、结构稳定及功能效益外，应重点复核堰体是否位于生态敏感区，是否列入文物保护名录或具有历史价值，是否与上、下游堰的间距过密，是否考虑河流的纵向连通设计要素，筑坝材料是否生态友好等。

6.2 布置

6.2.1 堰体型式应结合周边自然环境、人文景观和亲水需求设计，可采用鱼鳞纹、云纹、花纹、景石等造型，满足与所在河流及周边环境相协调的要求。

6.2.2 堰体轴线应与河势及两岸堤防走向协调衔接，可选用 S 型、U 型、W 型或 J 型等布置方案。过堰水流应平顺归槽，不应直接冲击两岸堤岸及下游涉水建筑物。

6.2.3 堰体下游坡面宜采用缓坡或分级阶梯形式，应与堰体造型、消能设施及过鱼设施等一体设计，末端高程宜低于河床平均设计高程。

6.2.4 堰体设计应满足过鱼要求，宜采用全河床式坡面过鱼通道。条件不具备时，应增设专用过鱼设施。

6.2.5 多泥沙河流建堰时，宜在主槽区域设置冲砂闸，并在上、下游一定范围内设置清淤坡道。

7 纵向连通设计

7.1 生态流量泄放

7.1.1 具备流量调节能力的堰，应根据河流自净能力、水生生物栖息地保护、河湖湿地修复、入海河口生态等需求核定生态流量，同步制定生态调度方案。

7.1.2 生态流量核定按 SL/T 820 的相关规定执行，核定内容应包括生态基流流量和鱼类产卵、洄游等关键时期的敏感生态流量。过鱼通道的设计流量应纳入生态基流统筹考虑。

7.1.3 生态流量泄放设施宜与过鱼通道协同布置。

7.2 过鱼通道设计

7.2.1 应根据鱼类调查及河流健康评估成果，判定堰的过鱼需求。对确有需求且堰体不满足过鱼要求的，应开展过鱼通道设计。

7.2.2 过鱼通道的需求分析内容应包括过鱼对象、过鱼目的、过鱼季节、过鱼规格以及鱼类行为习性等。过鱼对象应包括洄游及半洄游鱼类、本土稀有鱼类及经济鱼类等，并明确其优先保护等级。

7.2.3 过鱼通道应结合堰体结构设计，可分为全河床式、部分河床式及旁通式 3 种类型。

7.2.4 自然河道恢复项目、湿地保护区或自然保护区等生态优先区域宜选用全河床式过鱼通道布置，河流宽阔地段建堰或旧堰改造项目宜选用部分河床式布置，古堰、高堰、活动坝或过鱼对象游泳能力较差的河流宜选用旁通式布置。

7.2.5 部分河床式及旁通式过鱼通道可分为仿自然河流型和工程型，仿自然河流型过鱼设施可按附录 B 布置，工程型鱼道布置按 SL 609 的相关规定执行。

7.2.6 过鱼通道设计应重点关注过鱼对象的感应流速、突进游泳速度、突进距离、跳跃高度等关键参数。资料缺失区域，应按 NB/T 10612 的相关规定开展游泳能力测试，在条件不具备时可按附录 C 确定。

7.2.7 过鱼通道进、出口的水流流速应大于对象鱼类的感应流速。过鱼通道内的水流流速应小于对象鱼类的突进游泳速度，高流速区长度不应超过对象鱼类的突进距离。采用池室结构布置的，相邻两级之间的高差应小于目标鱼类的跳跃高度。资料缺失或水动力条件复杂区域，宜按照 DL/T 5871 开展过鱼通道的水力学模型试验，对设计布置方案进行优化论证。

7.2.8 当河流分布有鳗鱼种群时，过鱼通道应满足鳗鱼过鱼条件或设置专用鳗鱼道，鳗鱼道设计应符合 SL 609 的相关规定。

7.2.9 梯级堰的纵向连通性改造宜采用从下游往上游的推进顺序，优先改造河口段和汇合口区域的堰。

8 环境友好设计

8.1 环境协调设计

8.1.1 堰生态化设计应与周边自然环境、人文风貌、亲水景观等要素协调融合，并依据区域特征进行分类设计，打造一堰一景。

8.1.2 乡野段应以自然生态为主，采用“藏堰于水”的设计理念，最大限度保持河流的天然风貌。

8.1.3 村镇段应统筹周边人文风貌与亲水需求，融入水文化、水景观等特色元素，设置汀步、河埠头、下堤通道等亲水设施，打造居民亲水游憩空间。

8.1.4 城市公园或景区节点应与周边文化、景观一体化设计。

- 8.1.5 设计居民住宅区周边的堰时，应考虑跌水噪声影响。
- 8.1.6 亲水主题堰的设计应充分考虑安全因素。堰体表面不应设置尖锐边缘，不宜采用高跌水设计，同时需配备必要的安全防护措施。
- 8.1.7 汀步顶高程距堰顶常水位不宜小于 0.15 m，台阶踏步宽度（堰轴线方向）不宜小于 0.30 m，间距不宜大于 0.40 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。

8.2 建筑材料选用

- 8.2.1 建筑材料宜选用生态友好、景观及环境协调的材料。
- 8.2.2 宜选用卵石、砾石、块石、条石、景石、蛮石等利于藻类、贝类附着的当地天然材料，不宜大面积裸露混凝土面板。
- 8.2.3 堰面过流部位应选用抗冲性强及耐磨性好的材料。
- 8.2.4 宜选用基坑开挖、堰体附近河流疏浚及施工过程中产生的石料作为料源。

9 管理设计

- 9.1 应根据自然地理条件及管理需求，遵循有利于生态环保、工程安全、方便运行管理的原则，在生态化设计中合理划定工程管理与保护范围。
- 9.2 应设计堰的标识牌，标明堰的名称、建设年代及人文历史等。应设计安全警示牌及安全防护、防溺水等应急设施。
- 9.3 应结合堰的规模、功能和特点，依据有关规定，明确管理措施及监测方案。

附录 A
(规范性)
梯级堰的控制间距计算

A.1 梯级堰间距控制示意图见图 A.1~A.2。建堰后，堰上河流可分为回水段及自然河流段，考虑山区性河流日常流量较小，堰上回水区水位基本与下游侧堰的堰顶持平，因此堰上河段长度可按照公式 (A.1~A.3) 计算：

$$L = L_1 + L_2 \quad (\text{A.1})$$

$$L_1 = \frac{H}{i} \quad (\text{A.2})$$

$$L_2 = \frac{L_1}{1-k} \quad (\text{A.3})$$

式中 L_1 ——回水范围长度，即下游侧堰回水区域对应的水平投影长度，从下游侧堰的堰顶起算，m；

L_2 ——自然河段长度，即下游侧堰的回水末端 A 至上游堰之间的水平投影长度。当堰体及其防冲设施长度较长时，可分段统计，m；

H ——下游侧堰的堰高，m；

i ——两级堰之间的河流坡降，沿程坡降变化明显时，可分段进行计算。

k ——河流中相邻两级堰之间自然滩地面积的占比，河流较长时，可分段计算。

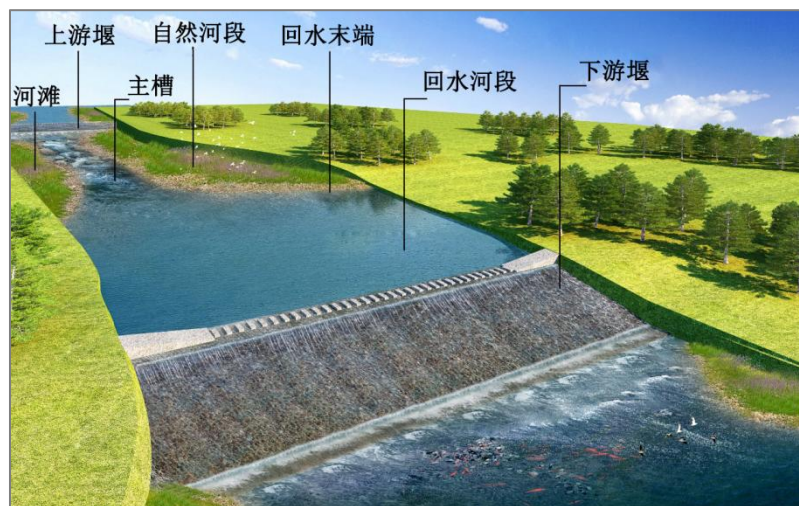


图 A.1 梯级堰的间距控制平面示意图

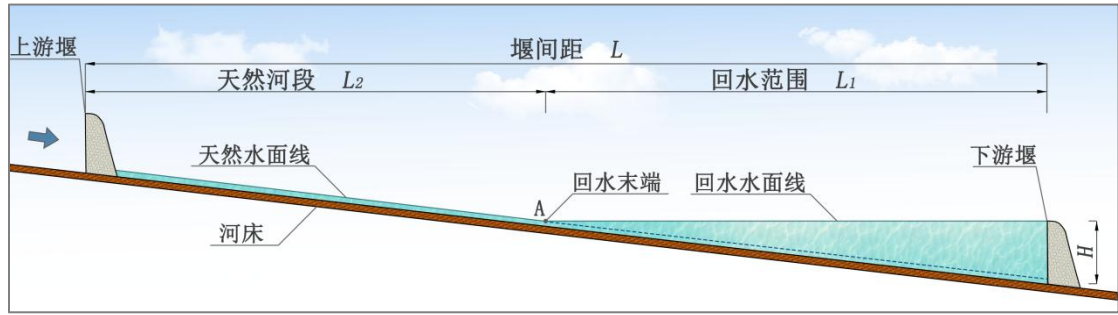


图 A.2 梯级堰的间距控制剖面示意图

A.2 对于自然滩地面积占比资料缺失的河流，可按《生态水利工程学》提出的浅滩面积占比为 30%~40%的范围进行控制。当 $k=0.3$ ，按照公式 (A.4~A.5) 可得计算：

$$L_2 = 1.43L_1 = \frac{1.43H}{i} \quad (\text{A.4})$$

$$L = L_1 + L_2 = 2.43L_1 = \frac{2.43H}{i} \quad (\text{A.5})$$

附录 B
(规范性)
过鱼通道设计

B.1 过鱼设施类型

B.1.1 各类型过鱼通道特点见表 B.1。

表 B.1 各类型过鱼通道特点

类型	布置方式	适用条件	优缺点	运行管理
全河床式	结合堰体型式开展的全断面布置,堰的下游侧坡度较平缓,表面以卵石镶嵌加糙或多级池室组合方式布置	自然河道恢复项目、湿地保护区或自然保护区等生态优先地区;堰高小于 2m 的中低堰	大部分水生生物均能通过,与河流融合度较好;但堰下游侧顺水流长度较长,基础结构等投资相对较大	维护投入少
部分河床式	占用堰体一定宽度开展的布置,内部结构基本与全河床式相似,也可按工程型鱼道进行结构设计	河流宽阔地段建堰或旧堰改造项目;上游来流量较小或堰高超过 2m 的中高堰	目标过鱼对象能通过,结构较为独立,投资相对较小;鱼道段的顺水流长度明显大于堰侧,与河流的融合度相对较差	应定期维护
旁通式	不涉及堰体,在岸坡或陆域以渠道或天然支流方式绕行至堰的上游,内部可采用仿自然式或工程型鱼道布置	古堰、活动坝(翻板坝、橡胶坝)、堰高大于 3m 的高堰及过鱼对象游泳能力较弱的河流	所有水生生物均能通过,与河流融合度较好;占用陆域土地,工程投资与陆域的用地投入相关	维护投入相对较少

B.2 全河床式

B.2.1 全河床式过鱼通道可分为斜坡式和跌坎式,有底栖生物上溯需求的堰,宜采用斜坡式,且进、出口底部宜与河床或岸坡平顺衔接。

B.2.2 斜坡式过鱼通道通过布置蛮石等加糙结构达到均分沿程水头、降低堰面流速的目的。堰面坡度宜为 1:10~1:20,应控制堰面最大流速不超过过鱼对象的突进游泳速度,一般不超过 1.0 m/s~1.6 m/s,具体根据过鱼对象游泳能力进行调整。堰面坡度较长时,应加密蛮石结构或设置休息池。休息池间距应根据目标鱼类的游泳能力计算,一般不大于 2 m。休息池长度应满足消能要求,水舌落水点后的长度应大于 2.5 倍过鱼对象体长;池深宜为 2 倍过鱼对象体长,且不应小于 0.3 m。径流量较小的河流,主槽段堰顶高程及下游堰面宜下沉 0.1 m~0.2 m。堰面下游侧末端坡面宜低于相邻位置河床的平均高程,不应设置跌水坎。

B.2.3 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 B.1,纵剖面布置见图 B.2。

- 1) 蛮石嵌入式构造将尺寸为 0.6 m~1.2 m 的蛮石竖向镶嵌堆放。该结构宜设置在基础层上,基层一般根据地质情况由单层碎石或多级砾石构成。
- 2) 填石构造为多层松散填石,下游河床须坚固。若天然底质为砂质,应额外铺设基底结构层。

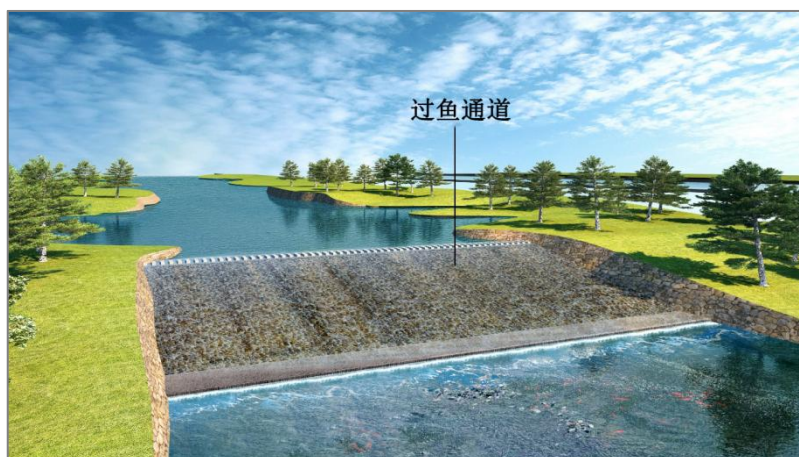


图 B.1 全河床式过鱼通道布置示意图

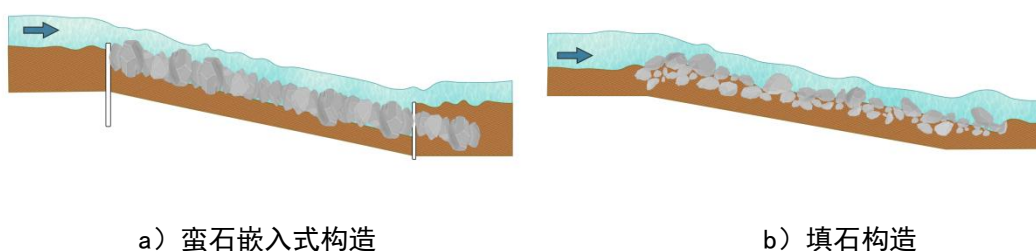


图 B.2 全河床斜坡式过鱼通道构造示意图

B.2.4 跌坎式也称池式，堰面采用池室逐级下降布置，适用于跳跃能力较强的中上层鱼类。每级跌坎高差宜控制在 $0.2\text{ m} \sim 0.3\text{ m}$ 之间，隔板上可保留 $2 \sim 3$ 个窄缝或底孔，具体可结合过鱼对象的习性及其跳跃能力进行调整。池室长度和深度参照 B.2.2 中的休息池设计要求进行布置。

B.2.5 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 B.3。

- 1) 蛮石槛构造：采用直径 $0.6\text{ m} \sim 1.2\text{ m}$ 的大块蛮石或天然块石砌筑；通过块石的自然堆叠改变纵向坡度，形成连续凹凸结构，其间形成天然滞水池；块石间隙保持 $0.05\text{ m} \sim 0.15\text{ m}$ 空腔，为小型鱼类提供庇护空间。
- 2) 池室构造：外形与蛮石槛构造相似，池室一般由混凝土浇筑，表面镶嵌卵石饰面。尾坎下游侧宜采用弧形或斜坡设置，可为跳跃高度不足的鱼类创造二次突进条件。

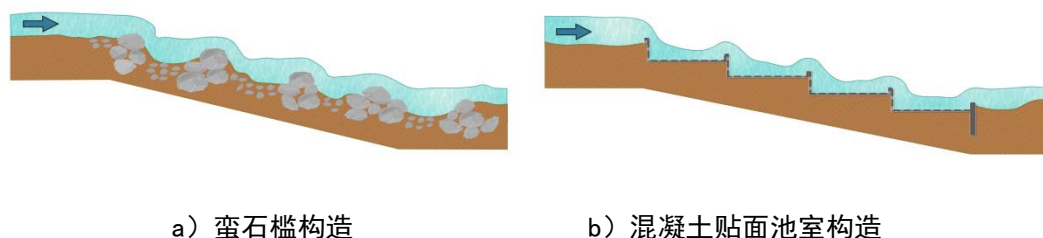


图 B.3 全河床跌坎式过鱼通道构造示意图

B.3 部分河床式

B.3.1 部分河床式过鱼通道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，平面布置见图 B.4。工程型鱼道布置参照 SL 609，可采用隔板式、槽式等布置方式。

- B. 3. 2 过鱼通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，可采用边墙与河流主流区分隔。
- B. 3. 3 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附近，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。
- B. 3. 4 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。鱼道进口底高程应低于河床平均高程，水深不宜小于 0.3 m，流速应大于对象鱼类的感应流速。
- B. 3. 5 鱼道内部可设置为斜坡式或跌坎式结构，构造同全河床式过鱼通道。
- B. 3. 6 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，流速不宜大于 0.5 m/s。
- B. 3. 7 鱼道出口底高程宜低于堰顶 0.2 m~0.3 m，宽度一般不小于 2 m，鱼道下泄流量应不小于生态基流。
- B. 3. 8 鱼道出口宜为开敞式布置，且应设置检修门槽。口门外可设置拦污、拦漂和清污、冲污等辅助设施。

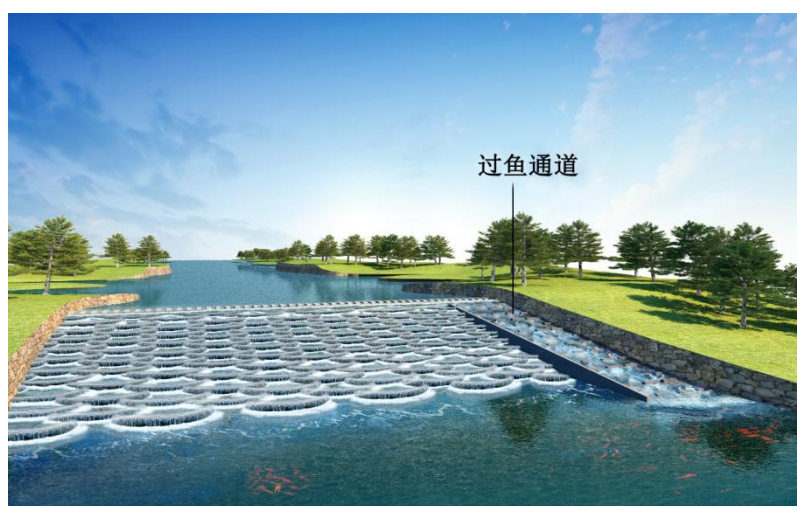


图 B. 4 部分河床式过鱼通道布置示意图

B. 4 旁通式

- B. 4. 1 旁通式鱼道一般采用仿自然河流或渠式结构，是从岸坡或陆域绕过堰体的一种布置方式，见图 B. 5。
- B. 4. 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。
- B. 4. 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 0.8 m，水深不宜小于 0.3 m。
- B. 4. 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计，优先选择邻近具有丰富坡度变化的自然溪流当作设计原型，一般为 1:80~1:300；鱼道内设计平均流速宜为 0.4 m/s~0.6 m/s，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。
- B. 4. 5 渠式结构可与堤防一体设计、施工。涵洞、隧洞等封闭段可设置人工补光措施。
- B. 4. 6 鱼道进、出口的布置方式可参照局部河床式过鱼通道设计。
- B. 4. 7 与道路、管道等线性工程交叉位置宜采用桥涵方式跨越。交叉段设计应保持鱼道过流断面结构完整，不宜缩窄变形，同时应设置平缓过渡通道，便于小型鱼类及底栖动物通行；当河床为非天然底质时，可铺设 0.30 m 左右厚度的粗砾石或小卵石；交叉段长度不宜超过

鱼道宽度的 10 倍。

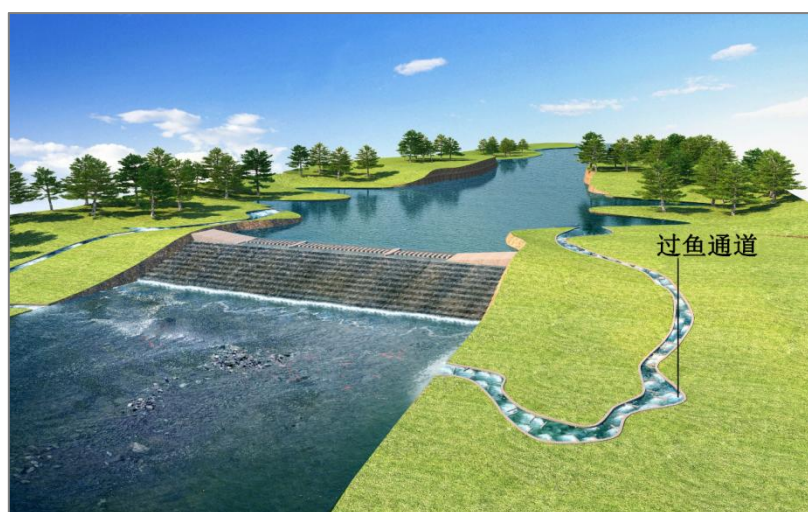


图 B. 5 旁路式过鱼通道布置示意图

附录 C
(规范性)
鱼类游泳能力计算

- C.1 鱼类游泳能力主要以突进游泳速度、突进距离和跳跃高度进行表征。
- C.2 鱼类突进游泳速度可采用 SL 609 或涂志英等提供的公式估算，见 C.1、C.2（前者相对适用于体型较大的鱼类，后者相对适用于体型较小的鱼类）：

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

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

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 8~12，一般来说，游泳能力越强倍数越高。

- C.3 鱼类突进游泳上溯距离可采用公式（C.3）计算：

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

式中 L_{BFS} ——鱼类突进游泳时游过的距离，m；
 V_W ——堰面下泄的水流流速，m/s；
 T_{BF} ——鱼类突进游泳达到疲劳的时间，s。若无试验参数，可取 20 s。

- C.4 鱼类跳跃高度可利用涂志英等提出的公式（C.4）估算：

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

式中 J_H ——跳跃高度（不含鱼类体长），m；
 g ——重力加速度，9.8 m/s²。

- C.5 几种常见山区性河流鱼类的试验突进游泳速度见表 C.1。

表 C.1 几种常见山区性河流鱼类的试验突进游泳速度

鱼 类	体长 (m)	突进游泳速度 (m/s)
光唇鱼	0.05~0.14	0.89~1.62
香 鱼	0.06~0.15	0.97~1.56
马口鱼	0.07~0.11	0.92~1.35
圆吻鲴	0.08~0.18	0.58~0.82

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。
-