

ICS 27. 140

P 55

SL

中华人民共和国水利行业标准

SL 609—2013

水利水电工程鱼道设计导则

Guideline for fishway in water conservancy
and hydropower project

2013-09-17 发布

2013-12-17 实施



中华人民共和国水利部 发布

中华人民共和国水利部

关于批准发布水利行业标准的公告
(水利水电工程鱼道设计导则)

2013 年第 54 号

中华人民共和国水利部批准《水利水电工程鱼道设计导则》
(SL 609—2013) 为水利行业标准，现予以公布。

序号	标准名称	标准编号	替代标准号	发布日期	实施日期
1	水利水电工程 鱼道设计导则	SL 609—2013		2013. 9. 17	2013. 12. 17

水利部

2013 年 9 月 17 日

前 言

根据水利部水利行业标准制修订计划，按照《水利技术标准编写规定》(SL 1—2002)的要求，编制本标准。

《水利水电工程鱼道设计导则》是我国首次编制的水利水电工程鱼道设计导则。在编制过程中，总结了国内鱼道工程的主要设计方法，参考了有关工程实践经验和科学研究成果。

本标准共 8 章和 4 个附录。

本标准主要包括下列技术内容：

- 总则；
- 术语；
- 鱼道选型与布置；
- 鱼道进出口；
- 鱼道槽身设计；
- 诱导设施及其他辅助设施；
- 鱼道的运行与观测等。

本标准的强制性条文有：7.1.3 条。以黑体字标识必须严格执行。

本标准批准部门：中华人民共和国水利部

本标准主持机构：水利部水利水电规划设计总院

本标准解释单位：水利部水利水电规划设计总院

本标准主编单位：水利部水利水电规划设计总院
南京水利科学研究院

本标准参编单位：广西电力工业勘察设计研究院
中国科学院水生生物研究所

本标准出版、发行单位：中国水利水电出版社

本标准主要起草人：董安建 宣国祥 王亚平 王晓刚
温续余 李中华 吴剑疆 黄岳

潘赞文 谢松光 李树东 莫伟弘

农 静 刘家寿

本标准审查会议技术负责人：刘志明

本标准体例格式审查人：陈 昊

目 次

1	总则	1
2	术语	2
3	一般规定	4
4	鱼道选型与布置	5
4.1	鱼道选型	5
4.2	鱼道布置	8
5	鱼道进出口	9
5.1	鱼道进口	9
5.2	鱼道出口	9
6	鱼道槽身设计	11
6.1	隔板式鱼道	11
6.2	仿生态式鱼道	13
6.3	槽式鱼道	13
6.4	特殊结构型式鱼道	14
7	诱导设施及其他辅助设施	15
7.1	导鱼设施	15
7.2	诱鱼设施	15
7.3	其他辅助设施	15
8	鱼道的运行与观测	17
	附录 A 鱼类习性 & 游泳能力	18
	附录 B 鱼道水工模型试验	26
	附录 C 导鱼电栅	28
	附录 D 电栅运行观测记录格式	30
	标准用词说明	32
	条文说明	33

1 总 则

1.0.1 为了适应鱼道工程建设需要，统一鱼道设计技术要求，提高鱼道设计水平，满足鱼道过鱼要求，制定本标准。

1.0.2 本标准适用于水利水电工程的鱼道设计。

1.0.3 鱼道设计应搜集和分析相关基本资料，合理确定主要过鱼对象。

1.0.4 鱼道设计应广泛吸取工程实践经验，结合工程具体条件，积极慎重采用新技术、新材料和新设备，开展必要的试验研究。

1.0.5 本标准的引用标准主要有以下标准：

《水工（常规）模型试验规程》（SL 155）

《水闸设计规范》（SL 265）

《水利水电工程进水口设计规范》（SL 285）

1.0.6 鱼道设计及实验除应符合本标准的有关规定外，尚应符合国家现行有关标准的规定。

2 术 总 语

- 2.0.1 鱼道 fishway**
供鱼类溯河通过闸、坝等建筑物或天然障碍物的一种人工通道，一般包括进口、槽身、出口，以及诱导设施等。
- 2.0.2 鱼类的洄游 migration of fish**
鱼类出于繁殖、索饵或越冬的需要而进行的定期、有规律的迁徙。
- 2.0.3 鱼类的半洄游 potamodromous**
有些纯淡水鱼类为了产卵、索饵和越冬，从静水水体（如湖泊）洄游到流水水体（如江河），或从流水水体向静水水体的洄游。
- 2.0.4 过鱼季节 migration season**
鱼道所在河段中主要过鱼对象通过该处洄游的季节。
- 2.0.5 鱼类感应流速 rheotropism speed**
水体从静止到流动时，鱼类开始感应并趋流前进的水流速度。
- 2.0.6 鱼类极限流速 burst swimming speed**
鱼类在 20s 内能克服的最大水流速度。
- 2.0.7 鱼道上游设计水位 upstream design level of fishway**
鱼道在主要过鱼季节，闸、坝等正常运行的上游最高、最低水位。
- 2.0.8 鱼道下游设计水位 downstream design level of fishway**
鱼道在主要过鱼季节，闸、坝等正常运行的下游最高、最低水位。
- 2.0.9 鱼道进口 entrance of fishway**
鱼道进口位于闸、坝下游，是鱼类溯河游进鱼道的入口。
- 2.0.10 鱼道出口 exit of fishway**

鱼道出口位于闸、坝上游，是鱼类游出鱼道的出口。

2.0.11 鱼道设计流速 design velocity of fishway

正常运行情况下鱼道内的水流流速。

2.0.12 鱼道单位水体功率耗散 power dissipation per unit volume of fishway

鱼道池室内单位体积水体平均消耗的水流功率。

3 一般规定

3.0.1 鱼道设计基本资料主要包括河段形态、水文、地质、工程布置、工程特征水位及调度运行方式、主要过鱼对象、主要过鱼季节等。

3.0.2 主要过鱼对象应选择河段中珍稀、特有以及其他经济价值较高的洄游性、半洄游性鱼类，应收集其种类、习性、数量、体长及游泳能力等资料。常见主要鱼类习性及游泳能力见附录 A。

3.0.3 主要过鱼季节应依据主要过鱼对象需要溯河的时段确定。

3.0.4 鱼道上、下游设计水位可按下列规定确定：

1 上、下游运用水位较为稳定时，鱼道上游设计水位可采用主要过鱼季节相应的闸、坝正常运行水位；下游设计水位取主要过鱼季节的多年平均低水位。

2 上、下游运用水位变化较大时，鱼道上游最高设计水位取正常蓄水位或者主要过鱼季节的工程限制运行水位，最低设计水位不宜低于工程死水位；下游最高设计水位可选主要过鱼季节闸、坝下游常见平均高水位，最低设计水位取主要过鱼季节的常见平均低水位。

3 下游设计水位应考虑工程运用后河道、河势的变化影响。

3.0.5 鱼道设计流速不应大于主要过鱼对象的极限流速。鱼类的极限流速可按附录 A.2.2 确定。

3.0.6 鱼道过鱼孔及进口的流速不应小于鱼类感应流速。

3.0.7 鱼道与闸坝结合部分的建筑物等级及洪水标准应与挡水建筑物一致；不与闸坝结合布置的鱼道出口建筑物等级及洪水标准可参照 SL 285 确定；鱼道其他建筑物可按相应闸坝工程次要建筑物等级标准设计，经论证亦可适当降低。

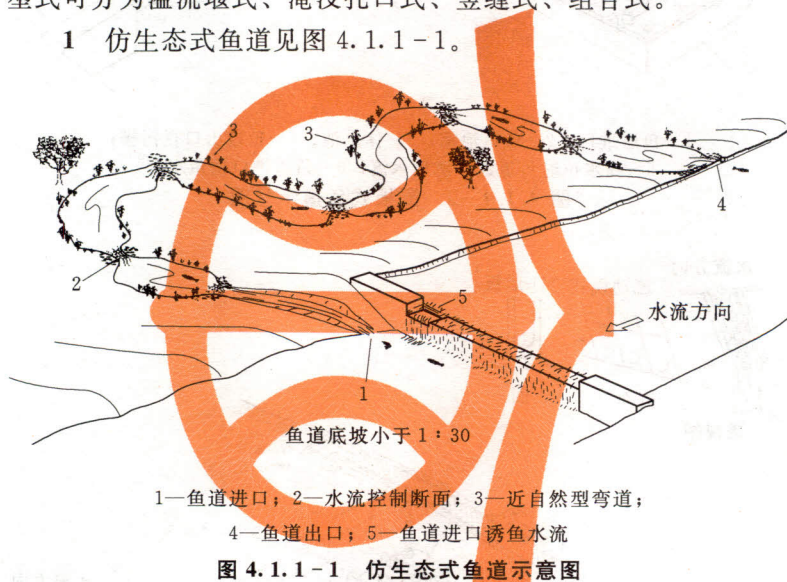
3.0.8 鱼道设计中宜进行水工模型试验，鱼道水工模型试验内容见附录 B。

4 鱼道选型与布置

4.1 鱼道选型

4.1.1 鱼道按其结构型式可分为仿生态式、隔板式、槽式及特殊结构型式等（图 4.1.1-1~图 4.1.1-4）。隔板式鱼道按隔板型式可分为溢流堰式、淹没孔口式、竖缝式、组合式。

1 仿生态式鱼道见图 4.1.1-1。



2 隔板式鱼道见图 4.1.1-2。

3 槽式鱼道见图 4.1.1-3。

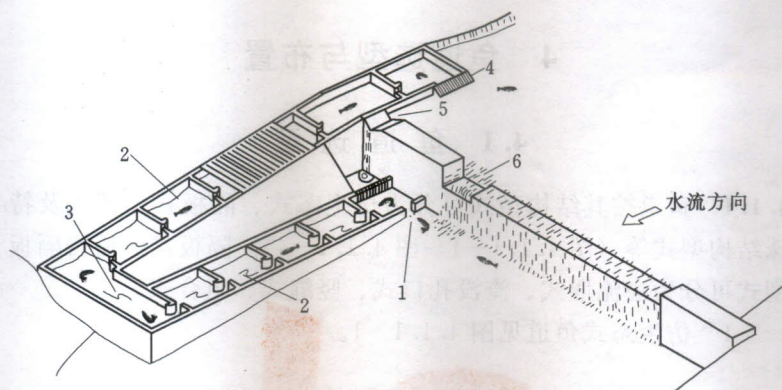
4 特殊结构型式的鱼道见图 4.1.1-4。

4.1.2 仿生态式鱼道适应鱼类范围广，可在地形条件适宜布置时选用。

4.1.3 隔板式鱼道适用于多种洄游性鱼类，可按下列规定选择：

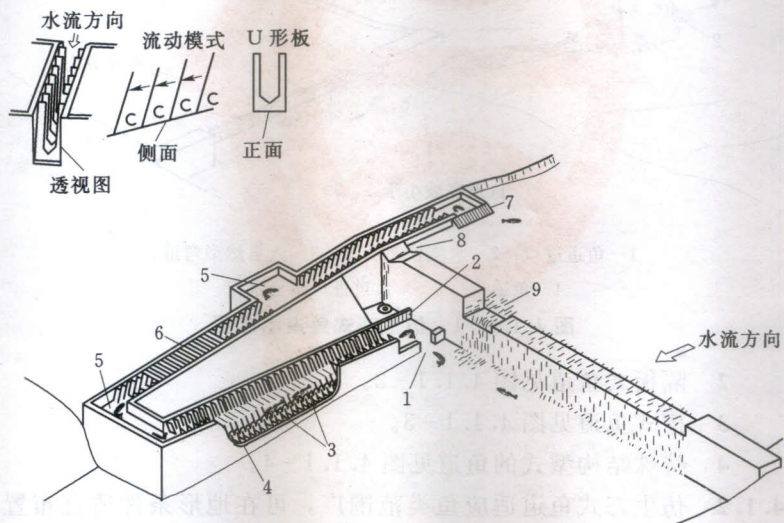
1 溢流堰式适用于表层洄游和有跳跃习性的鱼类。

2 淹没孔口式适用于底层洄游的鱼类。



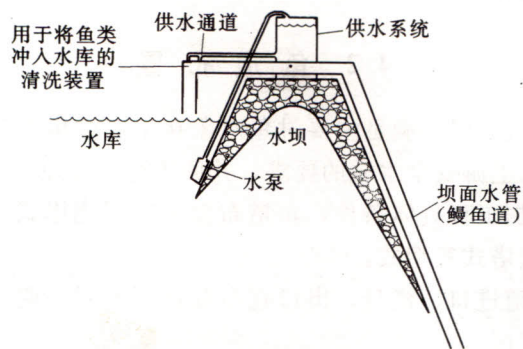
1—鱼道进口；2—鱼道池室；3—休息池；4—鱼道出口拦污栅；
5—高水位时鱼道进口诱鱼水流；6—鱼道进口诱鱼水流

图 4.1.1-2 隔板式鱼道示意图

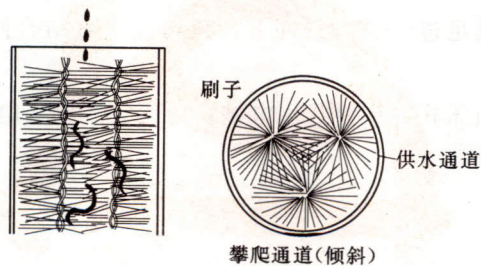


1—鱼道进口；2—消能格栅；3—过鱼示意；4—鱼道底坡；5—休息池；
6—防护格栅；7—鱼道出口拦污栅；8—高水位时鱼道进口诱鱼水流；
9—鱼道进口诱鱼吸引水流

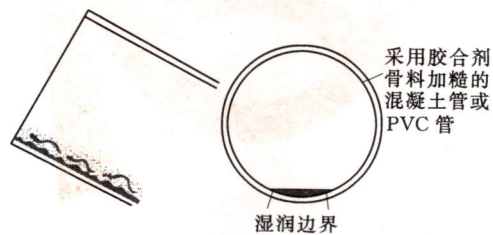
图 4.1.1-3 槽式鱼道示意图



a) 鳗鱼道总体布置示意图



b) 攀爬通道截面示意图一



c) 攀爬通道截面示意图二

图 4.1.1-4 特殊结构型式的鱼道示意图 (鳗鱼道)

- 3 竖缝式适用于不同喜好水深洄游的鱼类。
 - 4 组合式适用于不同习性、不同游泳能力的多种过鱼对象。
- 4.1.4 槽式鱼道适用于游泳能力较强的鱼类。
- 4.1.5 特殊结构型式的鱼道适用于能爬行、能粘附以及善于穿

越縫隙的鱼类。

4.2 鱼道布置

4.2.1 鱼道布置应满足主要过鱼对象在主要过鱼季节顺利通过鱼道，进入上游安全水域的要求，并便于运行管理。

4.2.2 根据工程具体条件，鱼道布置可采用绕岸式、格式、多层盘折式或塔式等型式。

4.2.3 鱼道进口、槽身、出口宜布置在河流同一侧，且应避开岸坡不稳定区。

4.2.4 鱼道布置宜避开机噐振动、污水排放和噪杂喧鬧等区域。

4.2.5 在满足过鱼要求条件下，鱼道池室可结合闸、坝建筑物进行布置。

4.2.6 对河床式、坝后式水电站，鱼道宜布置在电站旁侧。

5 鱼道进出口

5.1 鱼道进口

5.1.1 鱼道进口布置应符合以下要求：

1 宜布置于泄水闸、电站尾水、生态放水口等经常有水流下泄处，或鱼类洄游路线及经常集群地附近。

2 有条件的工程宜设置多进口的集鱼系统。

3 进口底高程应能满足下游水位的变化，在主要过鱼季节中进口水深不宜小于1.0m。

4 鱼道进口宜敞露自然采光，不宜封闭成管道，否则应配人工光源模拟自然光照条件。

5 进口应避免泥沙淤积，并与河床平顺衔接。

5.1.2 鱼道进口宜设置闸门以满足运行和检修要求。

5.1.3 当下游水位变幅较大时，应设置两个或两个以上不同位置和高程的进口。鱼道进口下游应设渐扩过渡段与下游河道相衔接。

5.1.4 鱼道进口不宜布置在有较强漩涡、回流等区域及死水区。

5.1.5 鱼道进口区域水流流速小于鱼类感应流速时，应采取补水等措施，以诱导鱼类进入鱼道。

5.1.6 枢纽其他建筑物下泄流量较大时，在鱼道进口宜辅以必要的诱鱼、拦鱼、导鱼设施。

5.2 鱼道出口

5.2.1 鱼道出口外水流应平顺，利于引导鱼类上溯，流速不宜大于0.5m/s。

5.2.2 鱼道出口应避开漂浮物聚集区、码头等区域；宜远离各类进（取）水口、通航建筑物口门区。

5.2.3 当鱼道出口结合闸、坝建筑物布置，或需布置在各类进

(取)水口、通航建筑物口门区附近,且水流条件不能满足5.2.1条要求时,在鱼道出口应设置隔流墙。

5.2.4 对于有底栖生物上溯的鱼道,出口底部与上游河床或岸坡宜平顺衔接。

5.2.5 鱼道出口宜为开敞式,根据需要可设置拦漂设施。

5.2.6 主要过鱼季节鱼道出口水深不宜小于1.0m。

5.2.7 主要过鱼季节上游水位变幅较大时,应设置不同位置与高程的多个鱼道出口。

5.2.8 鱼道出口应设闸门以满足鱼道运行和检修要求。

6 鱼道槽身设计

6.1 隔板式鱼道

6.1.1 隔板式鱼道槽身设计应遵循以下原则：

1 隔板型式及池室尺寸应适应主要过鱼对象的溯游习性及消能要求，槽身内主流应明确。隔板过鱼孔（缝）面积与槽身断面面积之比，应满足设计水位差条件下各隔板水位差基本相等的要求。

2 隔板形状宜简洁、平顺，避免锐缘。

3 每隔 10~20 块隔板宜设一个休息池，休息池宜为平底，其长度不宜小于 2 倍池室长度。休息池布置在转弯处时，长度宜适当加长。

4 槽身结合闸、坝建筑物布置时宜采用矩形断面，在岸坡布置时可采用梯形或组合断面。

5 槽身宜为开敞式，底部可铺设当地河道河床质材料。

6.1.2 槽身主要设计参数可按以下规定确定：

1 鱼道设计流速可按 3.0.5 条规定，由附录 A.2.2 选取。

2 隔板型式应根据主要过鱼对象的溯游习性确定。

3 隔板的水位差 Δh 可按公式 (6.1.2-1) 计算确定：

$$\Delta h = \frac{v^2}{2g\varphi^2} \quad (6.1.2-1)$$

式中 Δh ——隔板水位差，m；

v ——鱼道设计流速，m/s；

g ——重力加速度，m/s²；

φ ——隔板流速系数，可取 0.85~1.00，或通过水工模型试验，并经综合分析确定。

4 池室净宽不宜小于主要过鱼对象体长的 2 倍。

5 池室净长 l 可取池室净宽的 1.25~1.5 倍。

6 鱼道底坡可按公式 (6.1.2-2) 计算确定:

$$I = \frac{\Delta h}{l+d} \quad (6.1.2-2)$$

式中 I ——鱼道底坡;

Δh ——隔板水位差, m;

l ——鱼道池室净长, m;

d ——隔板厚度, m。

7 池室水深应依据过鱼对象体长及池室消能要求确定, 设计水深可取 1.5~2.5m。最小池室水深应大于 0.3m, 对于体长超过 0.2m 的鱼类, 最小池室水深应大于最大过鱼体长的 2.5 倍。

8 隔板过鱼孔(缝)尺寸可根据最大过鱼对象、池室尺寸确定。

9 鱼道流量 Q 可根据隔板水位差、隔板型式及尺寸计算。

10 池室尺寸应满足单位水体功率耗散的要求, 单位水体功率耗散可按公式 (6.1.2-3) 计算:

$$E = \frac{\rho g \Delta h Q}{V} < [E] \quad (6.1.2-3)$$

式中 E ——鱼道单位水体功率耗散, W/m^3 ;

$[E]$ ——允许单位水体功率耗散, W/m^3 ;

V ——池室水体体积, m^3 ;

Q ——鱼道过水流量, m^3/s ;

ρ ——水的密度, kg/m^3 。

11 池室数量可按公式 (6.1.2-4) 计算:

$$n = \frac{H}{\Delta h} - 1 \quad (6.1.2-4)$$

式中 n ——鱼道池室数量;

H ——鱼道最大设计水位差, m;

Δh ——隔板水位差, m。

12 鱼道总长可按公式 (6.1.2-5) 计算:

$$L = n(l+d) + m(\Delta l + d) \quad (6.1.2-5)$$

式中 m ——休息池个数；

Δl ——休息池池室净长，m。

13 鱼道的用水量可按鱼道流量及补水流量乘以各自的运行时间之和确定。

6.1.3 槽身可采用混凝土、浆砌块石等材料。槽身纵向应根据结构和地基条件分段设置结构缝；槽身横断面可采用整体式或分离式结构。结构设计和地基处理应符合 SL 265 等有关标准的规定。

6.2 仿生态式鱼道

6.2.1 仿生态式鱼道宜利用工程区原有河流、天然沟渠等地形地貌进行布置，以减少占地、降低工程投资。

6.2.2 鱼道形态宜与鱼类原栖息河道生态环境类似，水流条件应依据鱼类习性确定。

6.2.3 鱼道底坡应根据主要过鱼种类特性具体确定，宜为 $1:100 \sim 1:20$ 。

6.2.4 鱼道水深不应小于 0.2m ，最大流速不宜大于 2.0m/s 。

6.3 槽式鱼道

6.3.1 槽式鱼道在平面上宜采用直线布置，需转弯时应设置中间水池过渡。

6.3.2 槽式鱼道槽身净宽 b 不宜大于 2m ，阻板过水断面净宽 b_a 宜为 $0.5 \sim 0.6$ 倍槽身净宽（图 6.3.2），阻板间距宜为 $0.5 \sim 0.9$ 倍槽身净宽。

6.3.3 鱼道底部坡度宜为 $1:5 \sim 1:10$ 。

6.3.4 鱼道水深宜为 $1.5 \sim 1.8$ 倍阻板过水断面净宽（图 6.3.2），不应小于 0.35m 。

6.3.5 阻板与底板夹角宜为向上游 45° 。

6.3.6 槽身每 $10 \sim 12\text{m}$ 宜设置一个休息池，休息池内水流单位水体功率耗散不宜超过 50W/m^3 。

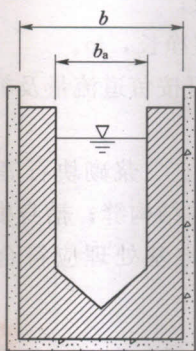


图 6.3.2 槽式鱼道横断面示意图

6.4 特殊结构型式鱼道

6.4.1 特殊结构型式鱼道的槽身内可填满刨花、草料的编框竹筴，或用树枝捆扎成束，并连成羽毛状悬浮在水槽内，典型布置见图 4.1.1-4。

6.4.2 鳗鱼道可采用筐笼式、斜槽式和细杆绳索式三种型式。鳗鱼道内应保持有薄层水流持续下泄。

7 诱导设施及其他辅助设施

7.1 导鱼设施

7.1.1 导鱼设施应根据主要过鱼对象的洄游习性、工程布置条件，因地制宜设置。

7.1.2 导鱼设施可采用拦鱼坝（堰）、电栅、气幕等。导鱼电栅设计见附录 C。

7.1.3 电栅周围一定区域内应设明显警示标志，电极阵上应装红色指示灯。严禁在电栅周围捕鱼、围观、游泳、驶船等。

7.2 诱鱼设施

7.2.1 诱鱼措施可采用水流、声、光、色和诱饵等。

7.2.2 进口附近水流流速小于主要过鱼对象的感应流速时，可设置专用的补水诱鱼设施。

7.2.3 集鱼系统应设置补水、配水系统，集鱼系统每个进口流速应大于主要过鱼对象的感应流速，并能诱导鱼类通过输鱼渠进入鱼道槽身。

7.2.4 声、光、色和诱饵等诱鱼措施可根据主要过鱼对象习性选用。

7.3 其他辅助设施

7.3.1 鱼道应在适当位置设置观测室，或图像监控设施。

7.3.2 观测室设计应满足下列要求：

1 观测室应设置在鱼道出口附近，面积不宜小于 $3\text{m} \times 3\text{m}$ ，室内应有照明、通风、防潮、绝缘和避雷等设施。

2 观测室段的隔板过鱼孔（缝）应靠近观测窗，其面积不宜小于原隔板过鱼孔面积。

3 观测室段鱼道槽身应为平底，观测窗与鱼道侧壁齐平，

观测窗底坎不宜高于鱼道槽身底板。

7.3.3 观测室或进、出口处可设置摄像头、鱼探仪、计数器等设备。

7.3.4 鱼道进出口宜布置水位监控系统。



8 鱼道的运行与观测

- 8.0.1 鱼道观测内容主要包括鱼道流速、水深、流量，上、下游水位，过鱼数量、规格、种类等，观测记录格式见附录 D。
- 8.0.2 应及时分析观测资料，掌握过鱼规律，提高鱼道过鱼效率，并为鱼道设计积累经验。
- 8.0.3 在特殊水位组合情况下，可通过对鱼道进、出口闸门进行联合控制，降低鱼道内流速，满足过鱼要求。
- 8.0.4 鱼道的运行应与闸、坝建筑物调度运行方式相协调。



附录 A 鱼类习性及其游泳能力

A.1 主要过坝鱼类的习性

A.1.1 中华鲟

中华鲟 (*Acipenser sinensis*)，国家一级保护野生动物，典型的溯河洄游性鱼类，分布于我国长江和珠江。栖息于东海、黄海大陆架水域觅食、生长，繁殖群体 7~8 月间由近海进入江河，至翌年秋季繁殖，产卵场位于金沙江和珠江上游。据初步调查，葛洲坝修建后，中华鲟的洄游路线被阻断，已在坝下形成了一定规模的产卵场，主要分布于宜昌葛洲坝下游至庙嘴长约 7km 的江段。

中华鲟是底层栖息鱼类，喜欢在夜晚活动，不善于改变运动方向。受惊时速度加快，甚至窜出水面。雌鱼初次性成熟年龄为 14 龄，体长为 213~239cm；雄鱼初次性成熟年龄为 9 龄，体长为 169~171cm。喜好流速为 1.0~1.2m/s，极限流速为 1.5~2.5m/s。

A.1.2 大麻哈鱼（鲑鱼）

大麻哈鱼 (*Oncorhynchus keta*)，属典型的溯河洄游性鱼类。在我国的产卵场主要分布于黑龙江流域，包括乌苏里江、呼玛尔河和松花江等。通常在北太平洋摄食生长，繁殖季节从外海游向近海，进入淡水河流。我国分布的大麻哈鱼分为夏季和秋季两个繁殖类群。夏季群 6 月下旬出现在黑龙江河口，约 8 月中旬抵达产卵场；秋季群洄游时间较短，一般始于 8 月下旬，9 月中旬即可抵达产卵。产卵后亲鱼死亡，幼鱼于第二年 4 月下旬开始顺流降河入海。

大麻哈鱼性成熟年龄以 4 龄为主，体长约 60cm。喜好流速约 1.3m/s，极限流速约 5m/s。大麻哈鱼喜跳跃，跳跃高度可达 4m。

A.1.3 刀鲚

刀鲚 (*Coilia ectenes*), 属典型的溯河洄游性鱼类。主要分布在我国黄河、长江、钱塘江等流域。平时栖息在东海、黄海浅海区域及河口摄食, 繁殖季节溯河进入淡水中产卵。长江刀鲚历史上每年1月开始洄游, 形成渔汛, 最远可上溯到洞庭湖, 产卵场分布于长江中下游干流和通江湖泊。20世纪80年代以来, 刀鲚的资源量显著减少, 现状调查大致3月底才开始洄游, 洄游最远一般不超过鄱阳湖湖口。繁殖后亲鱼降河入海。

刀鲚平时在底层栖息, 洄游时则多在水体的中上层活动。刀鲚的初次性成熟年龄以2龄为主。最小性成熟雌鱼体长约20cm。其喜好流速为0.2~0.5m/s, 极限流速一般在0.4~0.7m/s之间。

A.1.4 鲢

鲢 (*Macrura reevesii*), 属典型的溯河洄游性鱼类。主要分布在我国长江和珠江。鲢孵化后第1年生活在淡水或河口水域, 第2年进入近海摄食肥育, 待到性成熟时再溯河进入淡水中繁殖。长江鲢每年4月左右开始溯河洄游, 繁殖季节为每年6~7月。赣江的新干至峡江江段是长江鲢的主要产卵场。

鲢生活于水体的中下层, 初次性成熟年龄一般为3~4龄, 个体体重一般为1~1.5kg。成鱼生活在近海。20世纪80年代以来, 长江鲢已基本绝迹, 成为濒危种类。人工养殖条件下, 鲢的平均体长分别是: 1龄鱼19.28cm; 2龄鱼29.30cm; 3龄鱼35.85cm。美洲鲢是长江鲢的亲缘种, 喜好流速在0.4~0.9m/s之间, 极限流速大于1m/s, 可以作为长江鲢游泳速度的参考。

A.1.5 鳊

鳊 (*Anguilla japonica*), 属典型的降海洄游性鱼类。在太平洋马里亚纳群岛西部海域繁殖, 每年春季, 大批幼鳊自外海聚集于河口, 溯河进入淡水中。在我国主要分布于黄河、长江、闽江、珠江等流域, 台湾和海南岛的一些河流中也有分布。鳊一般在淡水中生活, 5~8年达到性成熟, 之后降河到海洋中繁

殖。繁殖后亲鱼死亡。

鳊鱼幼鱼溯河的喜好流速为 0.23m/s，能爬行通过障碍物。

A.1.6 以“四大家鱼”为代表的半洄游性鱼类

半洄游性鱼类指一些淡水鱼类为了产卵、索饵和越冬，从静水水体（如湖泊）洄游到流水水体（如江河），或从流水水体向静水水体的季节性洄游。我国青鱼、草鱼、鲢鱼、鳙鱼（四大家鱼）、鳊、鲟等，均属于典型的半洄游性鱼类。四大家鱼等半洄游性鱼类广泛分布在我国珠江、长江、黄河、黑龙江等流域。在长江流域，江湖半洄游性鱼类在每年春季的繁殖季节，集群逆流洄游到干流中的上游产卵场产卵繁殖；产卵后亲鱼又陆续洄游到原来食饵丰富的干流下游、支流和附属湖泊索饵；幼鱼常沿河逆流作索饵洄游，进入支流和附属湖泊育肥。

四大家鱼的最小性成熟年龄在 2~4 龄之间，游泳能力较强，有逆流而上的习性。其中鲢鱼喜跳跃。

A.1.7 白鲟

白鲟 (*Psephurus gladius*)，国家一级保护野生动物，主要分布于长江干流和通江湖泊。主要栖息于水体中下层，每年 6~8 月洪水期进入岷江、沱江、嘉陵江和乌江等支流的下游索饵；9 月以后又返回干流越冬；在长江中游江段，白鲟也常进入大型湖泊或与大湖相通的支流索饵；幼鱼有集群和近岸游弋的习性，常在岸边浅水区觅食。白鲟雌鱼性成熟年龄约 6 龄，雄鱼性成熟年龄约 4 龄；成熟个体长 2~3m，体重 140~150kg。白鲟于春季（3~4 月）在长江上游产卵。葛洲坝枢纽截流前，唯一产卵场位于长江上游的宜宾县柏溪至马门溪江段。

白鲟善泳阔游，有生殖洄游习性。

A.1.8 胭脂鱼

胭脂鱼 (*Myxocyprinus asiaticus*)，国家二级保护野生动物，主要分布于长江、闽江等流域，属底层鱼类。在长江干支流均有分布，以上游数量为多。胭脂鱼有生殖洄游习性。每年繁殖季节前，长江干流中、下游和通江湖泊的亲鱼，在秋末冬初相继

洄游到上游。产卵场主要分布在长江上游干、支流，如金沙江下游段、岷江的犍为至宜宾、嘉陵江等。葛洲坝兴建后，被阻隔在坝下江段的胭脂鱼可以发育到性成熟，产卵场主要分布在胭脂坝至虎牙滩、红花套至后江沱、白洋至楼子河、枝城上下等江段。雌鱼初次成熟年龄约7龄，雄鱼初次成熟年龄约5龄，最大个体体重达40~50kg。胭脂鱼的平均体长分别是：雌鱼：3龄73.67cm，4龄81.75cm，5龄88.25cm；雄鱼：3龄75.93cm，4龄84.08cm，5龄90.96cm。

A. 1. 9 花鳗鲡

花鳗鲡 (*Anguilla marmorata*)，国家二级保护野生动物，典型的降河洄游性鱼类，分布于长江、钱塘江、九龙江等。性成熟前，由江河的上、中游移向下游，降河洄游到河口附近时性腺开始发育；而后入深海进行繁殖，生殖后亲鱼死亡，卵在海流中孵化，幼鳗进入淡水河湖内摄食生长。花鳗鲡可以较长时间离开水中，能到水外湿草地和雨后的竹林及灌木丛内觅食。花鳗鲡的常见体长为50~80cm，最大体长可达230cm。

A. 1. 10 秦岭细鳞鲑

秦岭细鳞鲑 (*Brachymystax lenok tsinlingensis*)，国家二级保护野生动物，仅分布于渭河上游干、支流，冷水性鱼类。具有生殖洄游习性，每年5~6月由主河道逆河向上，进入具有沙砾底质的山涧支流中繁殖，9~10月由山涧支流进入主河道，在深水潭中越冬。最小性成熟年龄3龄，雌鱼体长约30cm；雄鱼体长约26cm，精巢粉红色。常见个体体长是15cm，最大体长45cm。

A. 1. 11 长薄鳅

长薄鳅 (*Leptobotia elongata*)，我国特有鱼类，主要分布在长江中、上游干、支流，底层鱼类，喜栖息于近岸缓流区的石砾缝隙。长薄鳅有生殖洄游习性，每年4~6月，性成熟个体进入上游水流湍急紊乱的深水区产卵场产卵。长薄鳅性成熟最小个体体重约100g，体长约23cm。长薄鳅的平均体长分别

是：1龄鱼 6.36cm；2龄鱼 12.05cm；3龄鱼 14.20cm。体长与年龄的回归方程为 $L_t = 5.21t - 1.32$ ，其中 L_t 为体长，cm； t 为年龄。

A. 1. 12 岩原鲤

岩原鲤 (*Procypris rabaudi*)，长江特有鱼类，主要分布于长江上游，属底层鱼类。岩原鲤具有生殖洄游习性，立春后开始溯河到长江上游的干流、支流中摄食、生长及产卵。产卵场大多分布于干支流的激流江段，底质为砾石。产卵季节为 3~5 月。岩原鲤的平均体长分别是：1龄鱼 11.33cm；2龄鱼 23.85cm；3龄鱼 27.60cm。

A. 1. 13 圆口铜鱼

圆口铜鱼 (*Corcius guichenoti*)，长江特有鱼类，底层鱼类，喜集群生活。圆口铜鱼有生殖洄游习性，产卵季节在 4 月初至 7 月初，产卵场主要分布于金沙江中、下游江段。圆口铜鱼雌鱼的初次性成熟年龄为 3 龄；雄鱼初次性成熟年龄为 2 龄；性成熟最小个体体重 0.7kg，体长 34cm；圆口铜鱼的平均体长分别是：1龄鱼 11.02cm；2龄鱼 20.09cm；3龄鱼 26.62cm。体长与年龄的回归方程为 $L_t = 72.04 \times [(1 - e^{-0.11(t+0.78)})]$ ，其中 L_t 为体长，cm； t 为年龄。

A. 1. 14 铜鱼

铜鱼 (*Corcius heterodon*)，长江特有鱼类，在长江水系分布广泛。铜鱼有生殖洄游习性，产卵场分布于长江干流的中、上游及主要支流。铜鱼雌鱼的初次性成熟年龄为 4 龄，体长 28~52.9cm，体重 0.3~1.8kg；雄鱼初次性成熟年龄为 3 龄。铜鱼的平均体长分别是：1龄鱼 13.90cm；2龄鱼 19.20cm；3龄鱼 27.70cm。雌鱼、雄鱼的体长与年龄的回归方程分别是 $L_t = -0.29t^2 + 7.01t + 8.02$ 、 $L_t = -0.67t^2 + 9.68t + 4.11$ ，其中 L_t 为体长，cm； t 为年龄。

A. 1. 15 齐口裂腹鱼

齐口裂腹鱼 (*Schizothorax prenanti*)，我国特有鱼类，分

布于长江、金沙江、岷江等上游江段，属底层鱼类，喜栖息于山区河弯急流处。齐口裂腹鱼有生殖洄游习性，产卵前上溯到栖息地以上的江段产卵。产卵季节在3~6月，卵多产于急流浅滩的砂、砾石上。齐口裂腹鱼雌鱼初次性成熟年龄为4龄，雄鱼初次性成熟年龄为3龄。齐口裂腹鱼的体长分别是：1龄鱼0.80~1.00cm；3龄鱼1.40~2.00cm；5龄鱼2.10~3.00cm。

A. 1. 16 河蟹

中华绒螯蟹 (*Eriocheir sinensis*)，俗名河蟹，属降河洄游性甲壳动物，在我国长江、辽河和瓯江等流域均有分布。河蟹在淡水中生长育肥，长江中下游地区，每当10月中下旬，成蟹在夜间从湖泊中成群进入长江，向河口迁徙，性腺逐步发育，在长江口附近的浅海中越冬，并于翌年春季繁殖，繁殖后亲蟹死亡。孵出后的幼体经5次蜕皮后变态为大眼幼体。大眼幼体具明显的趋淡性、趋流性和趋光性，随潮水进入淡水江河口，蜕壳变态为一期仔蟹。然后继续上溯进入江河、湖泊中生长。

幼蟹上溯过程中有较强的爬行能力，能爬越障碍物进入其摄食生境。

A. 2 鱼类的游泳能力

A. 2. 1 与鱼道设计相关的鱼类游泳能力主要为鱼的感应流速、喜好流速和极限流速。

A. 2. 2 鱼类的极限流速宜通过实验观测确定，可参考表A. 2. 2。对于没有进行实验观测的鱼类，可利用公式(A. 2. 2)估算鱼类的极限流速。

$$v = 1.98 \sqrt{L_f} \quad (\text{m/s}) \quad (\text{A. 2. 2})$$

式中 L_f ——鱼类体长，m。

A. 2. 3 鱼类的跳跃和“爬行”是鱼类游泳行为的特殊形式。一些鱼类在鱼道中能以跳跃方式越过隔板，如，鲢、鳙、鲤、鲇等。健壮的成鱼通常能跳跃出水面1~2m。

表 A. 2.2 几种鱼类的感应流速、喜好流速和极限流速

生态类型	种类	体长 (m)	感应流速 (m/s)	喜好流速 (m/s)	极限流速 (m/s)
溯河洄游性鱼类	中华鲟	成鱼	—	1.00~1.20	1.5~2.5
	大麻哈鱼	—	—	1.30	5
	虹鳟	0.096~0.204	—	0.70	2.02~2.14
		0.245~0.387	—	0.70	2.29~2.65
	刀鲚	0.10~0.25	—	0.20~0.30	0.40~0.50
		0.25~0.33	—	0.30~0.50	0.60~0.70
美洲鲟 ^a	0.40	—	0.40~0.90	>1.00	
降海洄游性鱼类	幼鳗	0.05~0.10	—	0.18~0.25	0.45~0.50
半洄游性鱼类	鲢鱼	0.10~0.15	0.2	0.3~0.5	0.70
		0.23~0.25	0.2	0.3~0.6	0.90
		0.40~0.50	—	0.90~1.0 ^b	—
		0.30~0.40	—	—	1.20~1.90 ^c
		0.70~0.80	—	—	1.20~1.90 ^c
半洄游性鱼类	草鱼	0.15~0.18	0.2	0.3~0.5	0.70
		0.18~0.20	0.2	0.3~0.6	0.80
		0.24~0.50	—	1.02~1.27 ^b	—
		0.30~0.40	—	—	>1.20 ^c
	青鱼	0.26~0.30	—	0.60~0.94 ^b	—
		0.40~0.58	—	1.25~1.31 ^b	—
		0.50~0.60	—	—	>1.30 ^c
		64.4	—	1.06 ^b	—
	鳊鱼	0.40~0.50	—	<0.80 ^b	—
		0.80~0.90	—	—	1.20~1.90 ^c
	鲤鱼	0.37~0.41	—	1.16 ^b	—
		0.40~0.59	—	1.11 ^b	—

表 A. 2. 2 (续)

生态类型	种类	体长 (m)	感应流速 (m/s)	喜好流速 (m/s)	极限流速 (m/s)
半洄游性 鱼类	鲂鱼	0.10~0.17	0.2	0.3~0.5	0.60
	鲃鱼	0.20~0.25	0.2	0.3~0.7	0.90
洄游性蟹	河蟹幼蟹	体宽 0.01~0.03	—	0.18~0.23	0.40~0.50

a 我国尚无鲂相关数据, 美洲鲂的数据供参考。
b 数据来源于中国科学院水生生物研究所室内试验成果, 参考该鱼类顶水流游动30min 以上的游速确定。
c 数据来源于富春江大比例(1:1.5)模型试验中鱼类克服孔口的流速值资料。

在鱼道中呈蛇形状的幼鳗能以“爬行”的方式越过建筑物。幼鳗具有两种“爬行”能力：一是用身体粘附于湿润且具有细流水的建筑物壁面，顺着垂直流下的细流水向上“爬行”。二是以本身细长的体形，环绕在有垂直下泄的细流水的细长杆上缓缓向上“爬行”。

河蟹的攀高能力很强，特别是在幼蟹阶段，由于身体轻，能在潮湿的玻璃上作垂直爬行。

附录 B 鱼道水工模型试验

B.1 试验内容

B.1.1 鱼道模型试验按研究内容可分为枢纽整体模型、鱼道整体模型、鱼道局部模型三种。

B.1.2 枢纽整体模型试验主要研究鱼道与其他各建筑物之间的相互关系，确定鱼类上溯的流速屏障位置，分析主要过鱼季节枢纽不同调度方式鱼道进、出口水流条件，确定鱼道在枢纽中的整体布置。

B.1.3 鱼道整体模型试验主要研究不同水位组合条件下鱼道的整体水力特性，优化鱼道进出口数量与布置、鱼道底坡坡度、池室尺寸等。

B.1.4 鱼道局部模型可分为鱼道隔板局部模型和鱼道集鱼系统局部模型二类。鱼道隔板局部模型试验主要研究横隔板具体型式，确定过鱼孔面积，评价池室水流流态，防止水流产生能量积累。鱼道集鱼系统局部模型试验主要研究集鱼系统的布置，确定补水系统型式及补水量大小。

B.1.5 枢纽整体模型试验中鱼道应包括以下测试内容：

- 1 枢纽上、下游区域流速分布，鱼道进出口区域流速分布、流态。
- 2 鱼道进出口区域特征水位、水位变幅。

B.1.6 鱼道整体模型试验应包括以下测试内容：

- 1 全程水面线。
- 2 鱼道流量。
- 3 典型隔板过鱼孔、水池流速、流态及相邻池室水位差。

B.1.7 鱼道局部模型试验应包括以下测试内容：

- 1 隔板过鱼孔（缝）、池室内流速分布、流态及相邻池室水位差。

- 2 集鱼系统各进口及输鱼渠的流速。
- 3 补水区域补水前后的流速分布。

B.2 模型设计

B.2.1 鱼道水工试验模型应满足几何相似、水流运动相似和动力相似，遵循弗劳德相似准则。

B.2.2 模型试验范围应按下列规定选用：

1 枢纽整体模型：模型范围宜包括鱼道进、出口附近各一定区域。

2 鱼道整体模型：模型范围应包括鱼道下游进口至上游出口。

3 鱼道局部模型：鱼道隔板局部模型范围可取鱼道中段 15~20 块隔板。鱼道集鱼系统局部模型可取集鱼系统及其补水系统和有关的鱼道进出口段。

B.2.3 模型比尺可按下列规定选用：

1 鱼道枢纽整体模型比尺按枢纽及其他水工水力学试验要求选取。

2 鱼道整体水工模型试验可为 1:15~1:40。

3 局部模型可为 1:5~1:10。

B.2.4 鱼道水工模型设计除需满足鱼道建筑物的特殊要求外，还应遵循 SL 155 的规定。

B.3 试验方法

B.3.1 鱼道流量可用量水堰、电磁流量计等施测。

B.3.2 隔板过鱼孔流速可用小型旋桨式流速仪、三维 ADV 或激光测速仪等施测。

B.3.3 池室流态可采用数码相机、摄像机记录。

B.3.4 池室水面线可以采用水位计、波高仪、测压管等设备测量。

B.3.5 其他有关数据采集和二次仪表应遵循 SL 155 的规定。

附录 C 导鱼电栅

C.1 基本类型及适用条件

C.1.1 导鱼电栅宜由供电电源及其附属器件、电极、支撑构件、设备间等部分组成。

C.1.2 电栅可分为以下基本类型：

1 按电极阵排数可分为单排、双排与多排。

2 按电极阵结构可分为埋设式、悬挂式及浮筒式。

3 按供电电源可分为交流电式与脉冲电式。

C.1.3 电栅适用的基本条件：水的电导率宜在 $50\sim 500\mu\text{s}/\text{cm}$ ，水温不宜低于 10°C ，主要拦阻鱼类体长不宜小于 15cm 。

C.2 电栅的布置

C.2.1 电栅轴线的一端宜布置于鱼道进口上游翼墙上；另一端向下游延伸，宜布置于河道中或对岸相应建筑物上，电栅轴线与河道水流的交角不宜大于 45° 。

C.2.2 靠近鱼道进口的电极距离鱼道进口不宜太远，以满足电场宽度要求。

C.2.3 在高寒地区，电极阵应设计成可装卸式。在漂污较多水域，应加固支撑设施及增设排污拦污设施。

C.3 电栅设计

C.3.1 电栅设计要求的基本资料包括：主要拦鱼季节、主要拦鱼对象及其尺度、下游水位变幅、水体的电导率及水温、工程建筑物组成及相对位置、电栅位置附近地形、供电、漂浮物、冰凌等。

C.3.2 设计基本内容及步骤主要包括水力计算、电工计算和稳定及结构计算。

1 水力计算应包括以下内容：

- 1) 确定设计洪水频率。
- 2) 确定电栅设计水位。
- 3) 确定电栅设计流速。
- 4) 计算电栅通道的流量、断面平均流速。

2 电工计算应包括以下内容：

- 1) 根据电栅实际断面面积、电极阵结构型式及电源类型，计算电栅所需功率。
- 2) 根据供电电源的负载性能，确定所需供电电源设备及数量。

3 稳定及结构计算。

C.4 电栅运行管理

C.4.1 电栅供电线路应与其他用电线路分开配电，宜设置避雷设施。

C.4.2 电栅区域内应设置视频监控设备，做好运行记录，电栅运行观测记录格式见附录 D。

标准用词说明

标准用词	在特殊情况下的等效表述	要求严格程度
应	有必要、要求、要、只有……才允许	要 求
不应	不允许、不许可、不要	
宜	推荐、建议	推 荐
不宜	不推荐、不建议	
可	允许、许可、准许	允 许
不必	不需要、不要求	

中华人民共和国水利行业标准

水利水电工程鱼道设计导则

SL 609—2013

条文说明



目 次

1 总则	35
2 术语	36
3 一般规定	37
4 鱼道选型与布置	38
5 鱼道进出口	41
6 鱼道槽身设计	42
7 诱导设施及其他辅助设施	47
8 鱼道的运行与观测	48
附录 A 鱼类习性及游泳能力	49
附录 C 导鱼电栅	50

1 总 则

1.0.1 我国鱼道建设水平相对滞后，相关鱼道设计尚无规范可循，限制了我国鱼道建设进程。随着我国经济发展水平的不断提升，人民对河流生态需求日益增长，大量过鱼设施亟待建设，因此有必要制定统一的行业标准，用以指导水利水电工程的鱼道设计工作。

1.0.3 确定过鱼对象是鱼道设计的前提，有时需要同时考虑几种鱼类的过坝要求，因此收集与分析相关资料十分必要。

1.0.4 鱼道设计目前仍带有一定探索性，需要通过大量实验验证，并总结各类工程的经验教训，因此本标准中提出必要时应开展试验研究。

2 术 语

2.0.4

过鱼季节不考虑鱼类下行降河洄游的时期，一般鱼道的主要过鱼季节历时 3~4 个月。

2.0.5

在鱼类感应流速条件下，鱼类能作长时间、远距离的游动。

2.0.6

超过鱼类极限流速，鱼类即停止前进或后退。

2.0.11

鱼道设计流速应不大于鱼类极限流速，不小于鱼类感应流速。

2.0.12

鱼道单位水体功率耗散用于表征鱼道池室水流紊动强度。鱼道单位水体功率耗散越大，水流紊动强度越大。

3 一般规定

3.0.5 鱼道设计流速应依据过鱼对象游泳能力，确保主要过鱼对象中游泳能力最弱的鱼类能够通过鱼道上溯。若主要过鱼对象的游泳能力差异较大，在选择鱼道槽身断面及隔板型式时要予以充分考虑，必要时也可研究设置两条不同设计流速的鱼道。

3.0.6 鱼道过鱼孔及进口水流流速若低于鱼类的感应流速，则鱼类将迷失洄游方向。



4 鱼道选型与布置

4.1 鱼道选型

4.1.3 隔板式鱼道适用于多种洄游性鱼类，选择时需要注意以下问题：

1 溢流堰式鱼道通过流量较小，消能不够充分，适应上下游水位变动能力差，水位变幅一般小于 30cm。

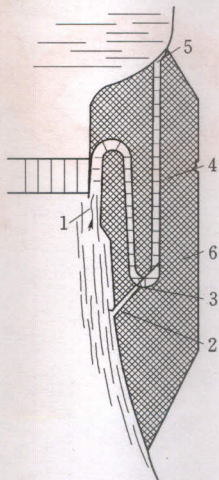
2 淹没孔口式鱼道通过流量较小，适应上下游水位变动性能较好，但孔口易被阻塞，需要定期维护清理。

3 竖缝式鱼道消能较充分，能适应上下游较大的水位变幅。

4 组合式隔板鱼道能够较好地发挥各种型式孔口的优势，便于灵活控制所需要的池室流速流态分布。

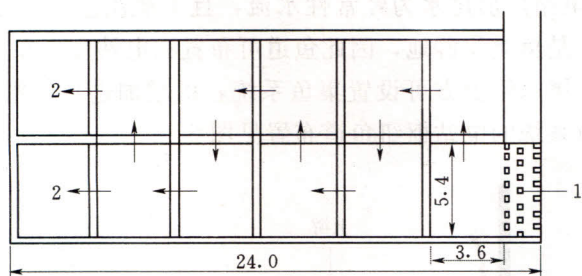
4.2 鱼道布置

4.2.2 部分鱼道布置见图 1~图 4，可供选择时参考。



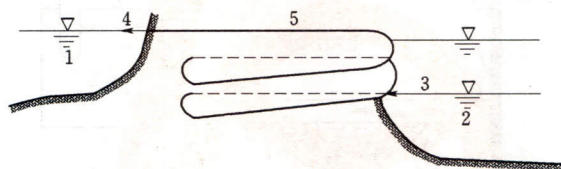
1—鱼道主要进鱼口；2—鱼道辅助进鱼口；3—交汇池；
4—槽身；5—鱼道出口；6—绿化区

图 1 绕岸式布置图



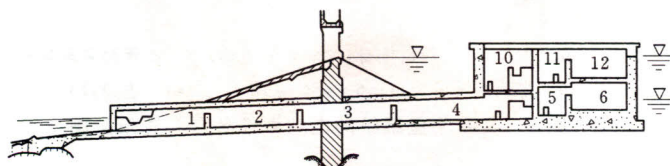
1—上游; 2—下游

图2 格式布置图 (单位: m)

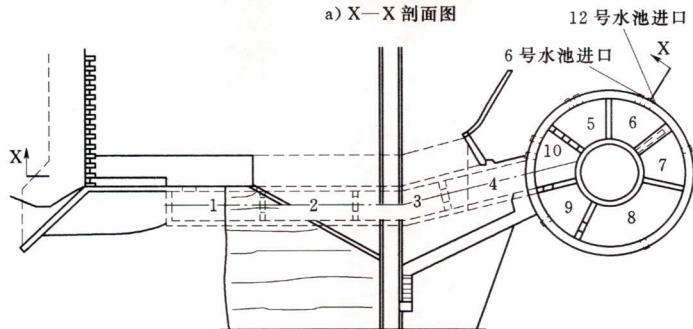


1—上游; 2—下游; 3—进口; 4—出口; 5—鱼道槽身

图3 多层盘折式图



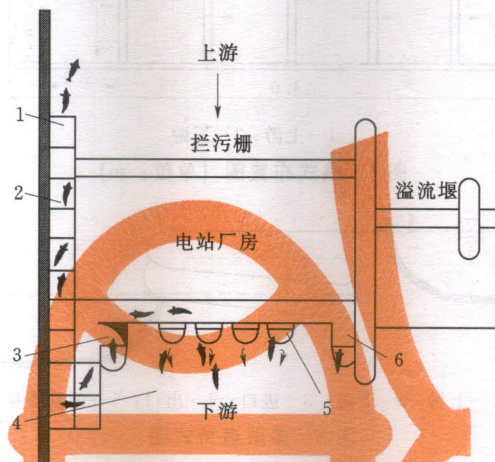
a) X-X 剖面图



b) 平面图

图4 塔式布置图

4.2.6 电站厂房尾水为经常性水流，且下泄流量远大于鱼道下泄流量，是鱼类集群地，因此鱼道可布置在电站旁。在水流条件适宜时在尾水管上方可设置集鱼系统，以增加进鱼前沿的长度。具有集鱼系统的电站枢纽鱼道布置见图 5。



1—鱼道出口；2—鱼道槽身；3—鱼道进口；4—水流高紊动区；
5—集鱼系统进鱼口；6—集鱼系统水流出口（进鱼口）

图 5 具有集鱼系统的电站枢纽鱼道布置示意图

5 鱼道进出口

5.1 鱼道进口

5.1.1 为保证生态基流及环境用水要求，大部分新建工程均设有生态放水孔或结合布置径流电站。泄水闸、电站尾水等经常有水流下泄处，鱼类洄游中易在水流出口附近集聚，是布置鱼道进口的理想位置，因此本标准规定鱼道布置宜与之结合。过鱼季节下游水位较低时，布置的进口高程也相应较低，因此需要注意泥沙淤积问题。

5.1.3 下游水位变幅较大时，固定设置的单进口常不易满足各工况要求，因此建议类似情况时可采用多进口形式。

5.2 鱼道出口

5.2.1 0.5m/s 流速约为鱼类可作长时间溯流的喜爱流速，低于此流速可保证从鱼道出口游出的鱼类能顺利继续向上游洄游，避免鱼类被冲入其他建筑物进口。

5.2.5 当鱼道出口与水电站厂房布置在同一侧时，可以将电厂与鱼道的拦漂设计一起考虑。

5.2.7 设置不同位置与高程的多个鱼道出口旨在适应过大的水位变幅及不同鱼类对水深的要求。

6 鱼道槽身设计

6.1 隔板式鱼道

6.1.1 隔板式鱼道槽身设计确定原则的目的如下：

- 1 鱼道槽身内主流明确，不致使鱼类上溯迷失方向。
- 2 隔板形态力求简单、平顺，避免锐缘，以免触伤鱼类。
- 4 鱼道槽身绕过闸坝枢纽独立在岸地时，采用梯形或下部矩形、上部梯形的复合断面可以简化设计。鱼道槽身复合断面见图6。复合断面边坡小流速区适宜幼蟹、幼鳗等攀爬。

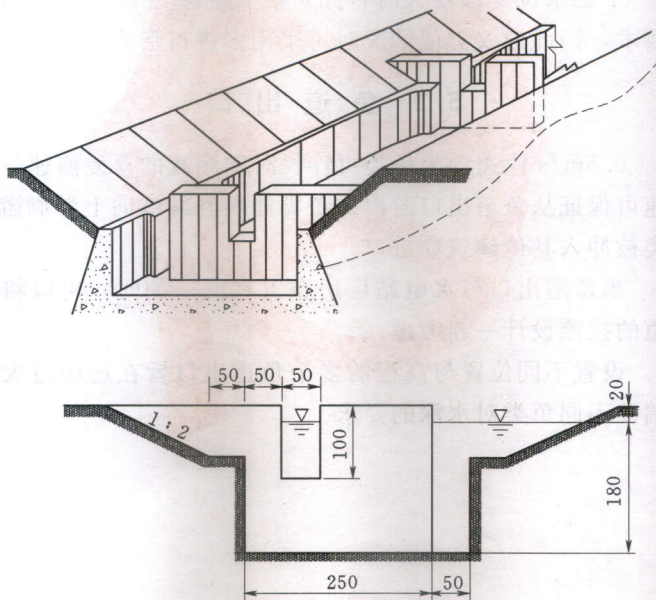


图6 鱼道槽身复合断面示意图 (单位: cm)

6.1.2 本条规定了槽身设计的一般程序及参数要求。

- 3 公式 (6.1.2-1) 中鱼道设计流速可取主要过鱼对象极

限流速，条件允许时可兼顾主要过鱼对象喜好流速。

8 鱼道隔板及过鱼孔尺寸可参考表 1 及表 2。

表 1 溢流堰式、淹没孔口式横隔板鱼道建议鱼道设计参数

过鱼对象	池室尺寸 (m)			淹没孔口尺寸 (m)		溢流堰孔口尺寸 (m)		鱼道 流量 ^a (m ³ /s)	最大 级差 Δh (m)
	长	宽	水深	宽	高	宽	高		
鲟鱼	5~6	2.5~3	1.5~2	1.5	1	—	—	2.5	0.20
鲑鱼、海鳟、 哲罗鱼	2.5~3	1.6~2	0.8~ 1.0	0.4~ 0.5	0.3~ 0.4	0.3	0.3	0.2~ 0.5	0.20
河鳟、鲢鱼、 鳊鱼等其他 鱼类	1.4~2	1.0~ 1.5	0.6~ 0.8	0.25~ 0.35	0.25~ 0.35	0.25	0.25	0.08~ 0.2	0.20
上层鳟鱼区	>1.0	>0.8	>0.6	0.2	0.2	0.2	0.2	0.05~ 0.1	0.20

a 鱼道流量按最大级差 $\Delta h=0.2\text{m}$ 估算。

表 2 竖缝式鱼道最小尺寸 (GEBLER, 1999 和 LARINIER, 1992)

过鱼种类	河鳟、鳊鱼、*鲢鱼等其他鱼类		鲟鱼	
	褐鳟	鲑鱼、海鳟、哲罗鱼		
竖缝宽度 (m)	s	0.15~0.17	0.30	0.60
池室宽度 (m)	b	1.20	1.80	3.00
池室长度 (m)	l_b	1.90	2.75~3.00	5.00
纵向导板长度 (m)	c	0.16	0.18	0.40
错开距离 (m)	a	0.06~0.10	0.14	0.30
横向导板宽度 (m)	f	0.16	0.40	0.84
级差 (m)	Δh	0.20	0.20	0.20
最小水深 (m)	h_{\min}	0.50	0.75	0.30
流量 (m ³ /s)	Q	0.14~0.16	0.41	1.40
挑流角	α	不小于 20°，竖缝宽度较大时， 建议挑流角范围为 30°~45°		

注：竖缝式横隔板鱼道池室设计参数相关符号见图 7。

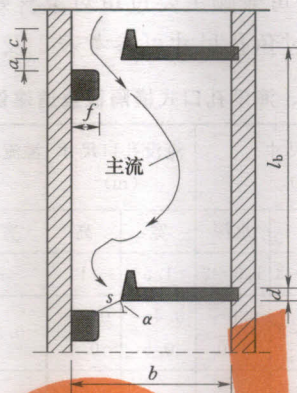


图7 竖缝式鱼道示意图

9 不同横隔板型式鱼道流量计算采用常规水力学公式，主要如下：

(1) 淹没孔口式横隔板鱼道流量可按公式 (1) 计算：

$$Q = \mu A \sqrt{2g\Delta h} \quad (1)$$

式中 A ——孔口面积， m^2 ；

μ ——流量系数，取 $0.65 \sim 0.85$ 。

(2) 溢流堰式横隔板鱼道流量可按公式 (2) 计算：

$$Q = \frac{2}{3} \mu \sigma B h_w^{\frac{3}{2}} \sqrt{2g} \quad (2)$$

式中 h_w ——堰顶水头， m ；

μ ——流量系数， $\mu \approx 0.6$ ；

B ——堰宽， m ；

σ ——淹没系数。

σ 可按公式 (3) 估算：

当 $0 \leq \frac{\Delta h}{h_w} \leq 1$ 时

$$\sigma = \left[1 - \left(1 - \frac{\Delta h}{h_w} \right)^{1.5} \right]^{0.385} \quad (3)$$

当 $\Delta h > h_w$ 时

$$\sigma = 1$$

(3) 竖缝式隔板鱼道流量按公式 (4)、公式 (5) 计算:

$$Q = \frac{2}{3} \mu s h_0^{\frac{3}{2}} \sqrt{2g} \quad (4)$$

$$\mu = f(h_u/h_0) \quad (5)$$

式中 h_0 ——池室内下游水深, m, 见图 8;

μ ——流量系数, 可查图 9;

h_u ——池室内上游水深, m;

s ——竖缝宽, m。

公式适用范围为: $s=0.12\sim 0.30\text{m}$, $h_u=0.35\sim 3.0\text{m}$, $\Delta h=0.01\sim 0.30\text{m}$ 。

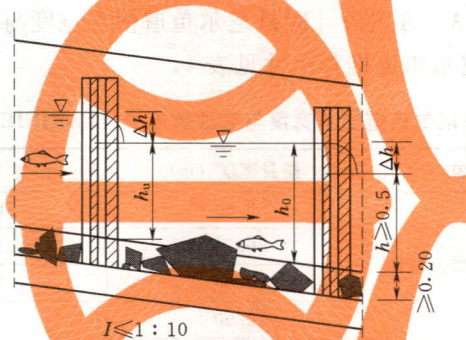


图 8 竖缝式鱼道示意图 (单位: m)

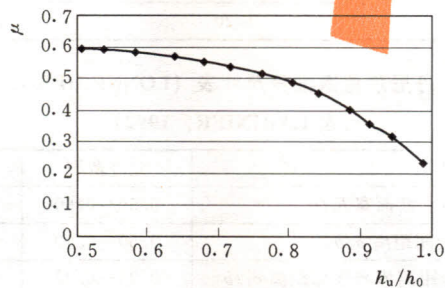


图 9 流量系数关系曲线图

10 为确保池室内水流紊动强度足够小,无其他实验资料时,池室内单位水体功率耗散一般小于 $200\text{W}/\text{m}^3$ 。

11 鱼道最大设计水位差是指鱼道上下游最大设计水位组合。

12 公式(6.1.2-5)鱼道总长指鱼道的有效长度,实际全长还需要加入进、出口段的长度。

6.3 槽式鱼道

6.3.1 槽式鱼道可分为简单槽式鱼道和丹尼尔鱼道两种。由于简单槽式鱼道极少采用,本标准所述槽式鱼道特指丹尼尔鱼道。

6.3.2、6.3.3 方案设计时丹尼尔鱼道槽身宽度与底坡坡度可参考表3,丹尼尔鱼道推荐尺寸见表4。

表3 丹尼尔鱼道槽身宽度与底坡坡度表 (LARINIER, 1983)

过鱼对象	槽身宽度 (m)	底坡
鱒鱼、鲤科鱼类及其他	0.60	1 : 5.00
	0.70	1 : 5.88
	0.80	1 : 6.67
	0.90	1 : 7.40
鲑鱼、哲罗鱼	0.80	1 : 5.00
	0.90	1 : 5.70
	1.00	1 : 6.25
	1.20	1 : 7.70

表4 丹尼尔鱼道推荐尺寸表 (LONNEBJERG, 1980
及 LARINIER, 1992)

尺寸	允许范围	推荐值
阻板过水断面宽 b_0/b	0.50~0.60	0.58
阻板间距离 a/b	0.50~0.90	0.66
阻板三角形底缘距离槽身底部距离 c_1/b	0.23~0.32	0.25
阻板三角形上缘距离槽身底部距离 c_2/c_1	2.00	2.00

注:表中相关符号见图6.3.2。

7 诱导设施及其他辅助设施

7.1 导鱼设施

7.1.1 在鱼道进口处设置导鱼设施，可防止鱼类误入被截断的水域，并帮助它们及早发现新通道入口。可使分散和零星的鱼汇集起来，进入鱼道，提高鱼道过鱼效率。

7.2 诱鱼设施

7.2.1 利用光作诱鱼设施的如：光电泵、汽油灯、乙炔气灯等；利用声作诱鱼设施的如超声波诱鱼器等。

7.2.2 补水设施补水量要足以使鱼道入口有明确的流向，能够将鱼类引诱至鱼道入口。同时应控制补水量，不使鱼道入口处水流流速过大或产生强烈的紊动。

7.3 其他辅助设施

7.3.2 鱼道观测室内灯光不要过亮，以免影响过鱼。

8 鱼道的运行与观测

8.0.3 鱼道控制运行原理如鱼闸，当鱼道内流速偏大或有幼鱼、小蟹等游泳能力差的过鱼对象上溯时，将鱼道当作鱼闸来运行。鱼道控制运行与鱼道正常运行配合运用，可以满足不同种类过鱼对象上溯的需求，且有利于省水。



附录 A 鱼类习性及其游泳能力

A.2 鱼类的游泳能力

A.2.2 公式 (A.2.2) 忽略了鱼的种类、环境等诸多因素的影响，且鱼类极限流速不完全遵循与体长成比例的关系，仅供初步设计时参考。

A.2.3 鱼类在起跳时，要求具有一定的水深、流速平缓等环境条件，以便在急速跳跃前作加速运动。



附录 C 导鱼电栅

C.1 基本类型及适用条件

C.1.1 电栅是利用鱼对电场产生反应，并本能的避开电场这一特性，实现对鱼进行拦截、引导。

C.1.2

1 单排电栅由单排电极组成，可以呈直线、折线或曲线布置；双排电栅由双排电极组成，两排间电极可前后对应或相互叉开（链式）排列；多排电栅由两排以上电极组成。

2 埋设式电极阵埋固在设计断面位置，一般在鱼道进口河床无水时施工；悬挂式电极阵悬挂在设计断面上方，可以在鱼道进口河床有水时施工；浮筒式电极阵联结在浮筒上，浮筒固定在设计断面水面上。

3 交流电式供电电源可为 380V 或 220V 交流电源；脉冲电式供电电源可为 220V 交流电经脉冲发生仪形成直流脉冲电源。现代电栅多采用脉冲电源。

中国水利水电出版社

水利水电技术标准咨询服务中心简介

中国水利水电出版社，一个创新、进取、严谨、团结的文化团队，一家把握时代脉搏、紧跟科技步伐、关注社会热点、不断满足读者需求的出版机构。作为水利部直属的中央部委专业科技出版社，成立于1956年，1993年荣膺首批“全国优秀出版社”的光荣称号。经过多年努力，现已发展成为一家以水利电力专业为基础、兼顾其他学科和门类，以纸质书刊为主、兼顾电子音像和网络出版的综合性出版单位，迄今已经出版近三万种、数亿余册（套、盘）各类出版物。

水利水电技术标准咨询服务中心（第三水利水电编辑室）主要负责水利水电技术标准及相关出版物的出版、宣贯、推广工作，同时还负责水利水电类科技专著、工具书、文集及相关职业培训教材编辑出版工作。

感谢读者多年来对水利水电技术标准咨询服务中心的关注和垂爱，中心全体人员真诚欢迎广大水利水电科技工作者对标准、水利水电图书出版及推广工作多提意见和建议，我们将秉承“服务水电，传播科技，弘扬文化”的宗旨，为您提供全方位的图书出版咨询服务，进一步做好标准和水利水电图书出版工作。

联系电话：010-68317913（传真）	jwh@waterpub.com.cn
主 任：王德鸿 010-68545951	wdh@waterpub.com.cn
主任助理：陈 昊 010-68545981	hero@waterpub.com.cn
首席编辑：林 京 010-68545948	lj@waterpub.com.cn
策划编辑：王 启 010-68545982	wqi@waterpub.com.cn
杨露茜 010-68545995	ylx@waterpub.com.cn
王丹阳 010-68545974	wdy@waterpub.com.cn
章思洁 010-68545995	zsj@waterpub.com.cn





155170.76

SL 609—2013

中华人民共和国水利行业标准
水利水电工程鱼道设计导则
SL 609—2013

*

中国水利水电出版社出版发行
(北京市海淀区玉渊潭南路1号D座 100038)

网址: www.waterpub.com.cn

E-mail: sales@waterpub.com.cn

电话: (010) 68367658 (发行部)

北京科水图书销售中心 (零售)

电话: (010) 88383994、63202643、68545874

全国各地新华书店和相关出版物销售网点经售

中国文联印刷厂印刷

*

140mm×203mm 32开本 1.75印张 47千字
2013年10月第1版 2013年10月第1次印刷

*

书号 155170·76

定价 20.00元

凡购买我社规程,如有缺页、倒页、脱页的,

本社发行部负责调换

版权所有·侵权必究