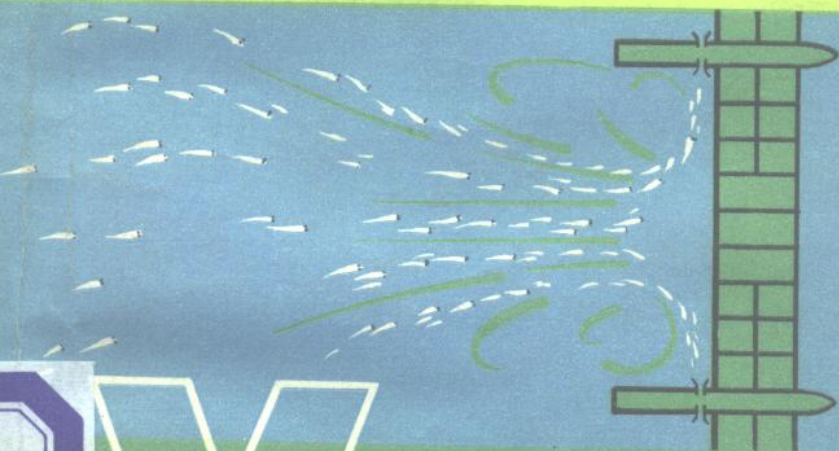


水利部 南京水利科学研究所
交通部

电力工业部华东勘测设计院
江苏省淡水水产研究所

鱼道



Y
UDAO

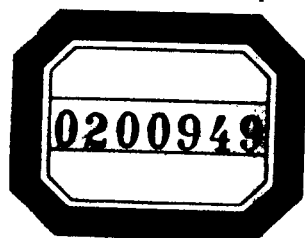


006510 水利部信息所

鱼

水利部科技情报所	
图书总号	中12405
分类号	S95

水利部 南京水利科学研究所
交通部
电力工业部 华东勘测设计院
江苏省淡水水产研究所



电力工业出版社

鱼 道

水利部 南京水利科学研究所
交通部

电力工业部华东勘测设计院

江苏省淡水水产研究所

*

电力工业出版社出版

(北京德胜门外大钟寺)

新华书店北京发行所发行·各地新华书店经售

水利电力印刷厂印刷

*

787×1092毫米 32开本 9印张 197千字

1982年7月第一版 1982年7月北京第一次印刷

印数 0001—2830 册 定价 0.76元

书号 15036·4336

内 容 提 要

本书共分六章，阐述了鱼类与水工建筑物有关的生态习性，鱼道水力学模型及原体试验，鱼道的规划和设计、附属设施及鱼道的管理和原体观测，其他过鱼、孵鱼设施。

本书主要是介绍鱼道设计，但对鱼的生态习性，洄游特性也给予了一定的篇幅介绍。

本书可供中小型水利水电工程设计、管理人员及渔业部门的同志使用，亦可供有关高等院校师生参考。

2039/21

前 言

解放以来，我国修建了大量水利工程，为发展粮食生产和开展淡水养殖提供了有利条件；然而，水利工程截断了原有江河中洄游性鱼类的通道，使某些地区的渔业产量和鱼类组成发生不利的变化。为此，水利工程中的过鱼问题，已日益受到有关方面的关注和重视。据不完全统计，全国已建鱼道约40座，尚有不少在规划设计中。

我国开展过鱼设施的研究工作的历史还很短；国外过鱼设施建设的历史虽然较长，但这方面的专著寥寥无几。为了总结国内已建鱼道工程的经验，介绍国外成功的实例，更好地指导我国过鱼工程的建设，根据1978年全国水利管理会议精神，原水利电力出版社委托水利部、交通部南京水利科学研究所邀请电力工业部华东勘测设计院、江苏省淡水水产研究所共同编写《鱼道》一书，由水利部、交通部南京水利科学研究所主编。

参加本书编写工作的有南京水利科学研究所王亚平、杨臣莹同志，华东勘测设计院陈惠欣同志，江苏省淡水水产研究所张亢西同志。由南京水利科学研究所王亚平同志负责全稿的汇总和定稿工作。

本书在编写过程中，始终得到了各编写单位领导支持和关心。华东水利学院、江苏省水利厅、湖南省水利厅和广西壮族自治区水利厅等单位提出了许多宝贵意见，特此表示感谢。本书最后经南京水利科学研究所须清华、杨孟藩同志审

校，由时良玫、赵树琨及陈惠欣同志描图。

本书是我国水利、水产部门科研、设计人员共同编写的有关过鱼工程的第一本书籍，由于编著者水平有限，国内工程实践经验还不多，书中错误和不当之处，敬希读者批评指正。

编 者

一九八二年一月

目 录

前 言

第一章 概述	1
第一节 鱼的基本知识	1
第二节 水工建筑物和鱼类资源	30
第三节 鱼道的发展简史和对鱼道的评价	40
参考文献	46
第二章 模型及原体试验	48
第一节 概述	48
第二节 水工模型试验	49
第三节 鱼类游泳能力的试验	54
第四节 拦鱼和导鱼试验	62
参考文献	68
第三章 鱼道设计	70
第一节 概述	70
第二节 鱼道进口设计	88
第三节 鱼道水池设计	109
第四节 鱼道出口设计	149
第五节 观测设计	156
参考文献	162
第四章 辅助设施	164
第一节 幼鱼的下行设施	164
第二节 诱导设施	180
第三节 自控设计	208
第四节 清污设备	222

参考文献	228
第五章 鱼道的管理运行及原体观测	231
第一节 概述	231
第二节 原体观测	232
第三节 鱼道的运行方式	235
第四节 鱼道管理	239
第五节 调查研究	240
参考文献	246
第六章 中高水头过鱼设施及渔业工程	247
第一节 概述	247
第二节 鱼闸	249
第三节 机械升鱼和转运设施	257
第四节 人工孵化场及产卵槽	261
第五节 集运鱼船	271
第六节 开闸纳苗	271
参考文献	277

第一章 概 述

第一节 鱼的基本知识

为了做好鱼道设计工作，首先应该对“鱼”有一个全面的了解。由于没有全面了解到“鱼”的洄游性规律，我国早期修建的鱼道，有一些是失效的。正确地了解渔业资源、选择过鱼对象和认识过鱼对象的行为，是作好鱼道设计的重要前提。

我国地跨温带、热带，内陆水面广阔，水体中富有大量的营养物质，这些自然环境给鱼类提供了良好的生活条件。我国淡水鱼约有 500 种，资源极为丰富。在珠江、长江、黑龙江流域和许多湖泊中，盛产着很多经济鱼类，如中华鲟、达氏鲟、白鲟、鳊鱼、刀鱼、青鱼、草鱼、鲢鱼、鳙鱼等。它们的习性不一，差异甚大。

鱼的栖息环境和生活史等，常常是决定其行为的因素。特定的栖息环境和生活史与特殊的行为和习性是分不开的。因此，熟悉它们的特定的栖息条件和生活史，可以了解它们的生活习性。

一、鱼类的繁殖

（一）产卵期、产卵周期和产卵场

产卵期：鱼类的繁殖和发育必定在一定的水温条件下进行。达到某一水温时，鱼类便开始产卵，这就形成了鱼类的产卵期。大多数鱼类在春季水温开始上升时进行繁殖，这时

水中氧气状况较好，饵料生物的繁殖加强，这对幼鱼的发育生长显然是有利的。鱼类的产卵要具备一定的温度，例如长江的青、草、鲢、鳙在水温 $22\sim 26^{\circ}\text{C}$ ；鲤鱼在水温 18°C 以上才能产卵。曾发现，正在产卵的鲤鱼在水温骤然下降时会停止产卵。

很多鱼类的卵是一次排出的，但也有些鱼类却具有分批产卵的特性，其产卵期可延续很长时间，这或是对饵料的适应，或是对环境的适应，以保证在不良条件下，它的后代不致遭到全部毁灭。

产卵周期：不同鱼类的性腺成熟和发育所需要的时间，各不相同。不仅第一次产卵的时间不同，而且各次产卵相隔时间也不一致，如食蚊鱼两次生殖相隔几个月，大多数鱼的生殖周期接近一年，某些溯河性鱼类，如鲟科鱼的产卵周期达二年或更长。某些鱼类一生中可以多次产卵，而另外一些鱼类，一生中只一次产卵。

产卵场：在适宜于鱼类繁殖的水域，鱼类大批群集，进行繁殖，这样就形成了鱼类的产卵场。

鱼类对产卵场的选择是严格的。除水温外，鱼类繁殖还要具备一些其他外界环境因素，如一定的水流和底质、氧气状况和幼鱼的生长条件等。

根据鱼类的生殖和发育的特点，而首先是产卵环境的特点，可以将鱼类大致分成五个生态群：

1. 喜石性鱼类 这些鱼类把鱼卵产在河道的石底或砂砾上。它们的卵子有的有粘性，能粘附在石头上发育，如鲟科鱼类；有的无粘性而随着水流流散在石砾之间发育；有的将鱼卵埋在砂砾中发育，如大麻哈鱼。

2. 喜水层性鱼类 这些鱼类直接把卵产于水层中，卵

子的整个发育过程是在悬浮状态中进行的,如青、草、鲢、鳙、鲂、鳊、鳊等。

3. 喜砂性鱼类 这些鱼的卵子是粘性的,它们粘附在被水冲刷出来的植物根上发育,如鮡鱼。

4. 喜植物性鱼类 这些鱼把卵直接产在植物性附着物上发育,如鲤、鲫等。

5. 喜贝壳性鱼类 这些鱼把卵产在软体动物的外套腔内,如鲢鳊、刺鲢鳊等。

(二) 鱼类的产卵群体

洄游性或半洄游性鱼类的产卵群体可以分为两个部分。一部分是由无产卵标志的,即首次成熟的个体组成;另一部分是由有产卵标志的,即成熟的个体组成。第一部分是补充部分,第二部分是剩余部分。

苏联Г.Н.莫那斯特基把产卵群体分为三种类型。第一类型是无剩余部分,只有补充部分;第二类型是补充部分大于剩余部分;第三类型是补充部分小于剩余部分。鲑鱼的产卵群体属于第一类型,鲟鱼的产卵群体属于第二类型,闪光鲟的产卵群体属于第三类型。

对于第一类型的产卵群体,亲鱼在完成产卵以后,在自然条件下,会引起死亡。亲鱼过坝自然繁殖后,无需回归。

对于第二、第三类型的产卵群体,亲鱼在首次完成产卵以后,在自然条件下不会引起死亡。为了保护鱼类资源,保护成熟个体能重复产卵,存在着这些亲鱼回归的问题。

(三) 鱼的绝对繁殖力

鱼类在一个生殖周期中所产出的全部卵子,称为绝对繁殖力。不同鱼类的绝对繁殖力是不同的。卵子受到特殊保护的鱼类的产卵量少,如鲢鳊鱼,只产不到 100 粒的卵子;多

数鱼类的卵子没有保护，常遭受敌害的大量吞食，其产卵量也大，青、草、鲢、鲮等喜水层性鱼类的产卵量，可达100万粒以上。

二、鱼类的洄游

（一）洄游的定义

鱼类在生活的一定时期，作一定的有规律移动，叫做洄游。鱼类的洄游是一种集体行动，通常是主动的洄游，有时也发生被动的洄游。洄游时，鱼常从一个栖息环境移到另一个栖息环境，目的是寻找适应其生活周期某一阶段所必需的条件。

（二）鱼类洄游的生态分类

1. 洄游性鱼类 有两类洄游性鱼类。一类是通常在海洋中生活，达到性成熟后，在每年的繁殖季节成群地上溯至内河及其附属湖泊和河流上游繁殖的鱼类，有鲥鱼、刀鱼、河鲀、中华鲟、大麻哈鱼等；另一类是通常在淡水中生活，性成熟后降河到海洋中繁殖的鱼类，如鳊鲂等。前者称溯河洄游鱼类，后者称降河洄游鱼类。

2. 半洄游性鱼类 有些纯淡水鱼类，为了产卵、索饵和越冬的目的，可以从静水水体（如湖泊）洄游到流水水体（如江河），也可以从流水水体向静水水体进行洄游，这些鱼类称为半洄游性鱼类，如青、草、鲢、鳊等。

3. 定居性鱼类 营定居生活（不进行有规律的洄游活动），它们的繁殖、索饵、越冬一般均在同一水体中进行，如鲤鱼、鲫鱼等。

（三）主动洄游和被动洄游

鱼类的洄游包括主动洄游和被动洄游两个部分，在生命

的某一阶段为主动洄游，而在生命的另一阶段为被动洄游。主动洄游是逆水洄游，被动洄游是顺水洄游。

主动洄游和被动洄游，都是鱼类周期性的生活规律。鱼卵、幼鱼和产卵后的亲鱼，运动能力微弱或完全没有运动能力，处在随水流运动的支配之下，进行被动或半被动洄游；成鱼和性成熟的亲鱼，则能主动地沿河上溯洄游。被动洄游是顺水移动，表现为“负的趋流性”；主动洄游是逆水移动，表现为“正的趋流性”。鱼类在不同生活时期可以因不同的趋流性而对水流作出不同的反应，而水的运动是鱼类决定方向的重要因素之一。

（四）洄游周期

洄游周期一般由生殖洄游、索饵洄游和越冬洄游三种洄游组成。但一部分鱼（如许多白鲢）只有产卵洄游和索饵洄游，而无越冬洄游；而另一部分鱼的繁殖场与肥育场相一致（如鲟鱼），它们只有在肥育期结束后才向河道深处作越冬洄游。

生殖洄游：生殖洄游是从索饵场、越冬场向鱼类繁殖场的洄游，它是因鱼类繁殖的需要而进行的移动。鱼类在生殖洄游时，向着适宜于鱼卵发育、食物丰富和生活安全的水区前进。这样的移动，对其后代的正常发育，有着很大的意义。

生殖洄游又分三种类型：

1）大多数海洋鱼类，如大黄鱼、小黄鱼、鳓鱼、鲭鱼和马鲛鱼等，属第一种类型。在生殖季节，它们由深海向浅海洄游，或由外海向海洋洄游；

2）由海洋洄游到江河中产卵的鱼类，属第二种类型。如鲥鱼、鲑鱼，平时生活在海水中，其产卵要到江河中的某一地段进行；

3) 第三类型是由淡水进到深海中产卵的鱼类, 鳗鲡就属于这一类型。

索饵洄游: 很多鱼类在生殖期停止摄食, 越冬期也很少吃食, 因而在生殖期和越冬期后, 对食物的需要就非常迫切, 所以在生殖或越冬洄游之后, 那些产卵后不死亡的或越冬的亲鱼, 接着就进行索饵洄游。

索饵洄游同时就是肥育的过程。

越冬洄游: 鱼类对水温的变化反应非常敏感, 它们能随着水温升降而主动地选择水温适宜的栖息场所。冬季水温下降, 鱼类新陈代谢减慢, 它们常洄游到水底地形、河床底质、温度等条件都适宜的水区越冬, 这就是越冬洄游。如秋季, 许多长江鱼类, 从湖泊、河叉洄游到水深较大的河段进行越冬。

洄游性鱼类和半洄游性鱼类、海水鱼类和淡水鱼类都进行越冬洄游。洄游性鱼类的越冬洄游, 常常是产卵洄游的开始。冬季溯河性鱼类从海中肥育处游入河中越冬时, 常聚集在深坑中, 很少活动, 一般不摄食。而鲟科鱼类常进行越冬洄游。许多淡水鱼类的越冬洄游表现得也很明显, 草、鲢等在肥育期结束后就离开湖泊, 到大江下游的坑穴中越冬。

上述生殖、索饵和越冬洄游, 是洄游周期中的几个环节。这个周期在不同种鱼类的生活中重复 1~10 次或更多次。

鱼类的洄游是许多世纪以来逐渐形成的, 是生物有机体与外界环境的统一, 是由于外界环境周期性的变化而引起其生理状态发生相适变化的一种反应。

鱼类的洄游是保证其种群得到有利的生存和相适应的繁殖条件而进行的, 因此对洄游路线的任何阻碍, 都将对其种群的生存和繁殖产生不利的影响。这种影响对于洄游性鱼类

颇为明显，对半洄游性鱼类影响也是很大的。

鱼类的洄游，既然是为了适应外界环境周期性的变化，因此鱼类在洄游之前，必然要有洄游的准备，如必须具备一定的肥满度和含脂量等。为了保证洄游途中具有较好的体力和溯游能力，那些在江、河中、上游繁殖的洄游性鱼类，更需要作此准备。据有关文献报导，鲑鱼在一定条件下能达到10米/秒以上的游速和3.5米以上的跳高能力。

洄游性鱼类进入内河繁殖、肥育时，它们对繁殖、肥育场的选择是严格的，在它们上溯时，它们穿越沿途障碍物的积极性是较高的，半洄游性鱼类则次之，定居性鱼类更次之，三者有明显的差别。

三、鱼类洄游速度和游泳能力

(一) 洄游里程和洄游速度

许多资料表明，洄游鱼类的路线有长有短。如红大麻哈鱼 (*Oncorhynchus nerka* Walb) 在哥伦比亚河内进行洄游达1800公里，而在有的河流中能溯河3600公里，通过标志放流查明，一昼夜中，它们沿河往上游洄游的前进里程为30~40公里。秋大麻哈鱼 (*Oncorhynchus Keta* inf.sp.autumnalis) 沿黑龙江能溯河洄游 1500 公里以上，夏大麻哈鱼 (*Oncorhynchus keta* typ.) 沿黑龙江上溯里程，没有秋大麻哈鱼游得那么远，据记载，它们的溯河洄游里程为400~500公里。中华鲟 (*Acipenser sinensis* Gray) 生殖时，由长江口向长江上游的洄游，可直至川江上段和金沙江下游。长江鲟鱼可溯至江西赣江上游。

(二) 洄游方式和洄游时的体力消耗

洄游方式：洄游性鱼类在长途洄游过程中总是按最有利

于它们的运动和最小的体力消耗的方式前进。它们常选择最有利的局部水域和最有利的运动队形前进。如大洋中某些鱼类大都是集群洄游的，而且大小相近，呈多排交叉前进。生物学家认为，这种列队洄游的方式可以大大减小鱼群的运动阻力，从而可以减小每尾鱼的体力消耗。从苏联伏尔加格勒水电站和坝区附近鲟鱼游泳路线的观测可以发现，它们向坝前的游泳路线出现惊人的划一。在伏尔加河对鲟鱼的观测表明，其游泳路线之间的相关系数值，在水位保证率为99%时，可达0.9。

我国七里垅水电站尾水渠护坡末端和右岸灌溉渠中的观测表明，急流中鱼类的运动以固有的洄游路线间歇间跃地前进。

有经验的渔民反映，鱼类在较大的急流中顶流前进时，往往是迎着急流迅速冲刺前进。在冲刺后，又迅速在旁侧较缓的水流区中休息片刻，待体力恢复后，继续顶流上溯，它们往往是以冲刺游速、间歇间跃地前进的。

洄游时的体力消耗：一般说来，生殖洄游期间，鱼停止摄食，它们的洄游完全是依靠其有机体内的贮存物质。现已查明，大麻哈鱼经过长途洄游之后，几乎丧失了自己全部贮存物质的3/4以上。鲟鱼在溯河洄游至产卵场时，其体内贮存物质已大大消耗，所以在江西峡江以上所捕获的鲟鱼，已远不及江苏境内的肥美。

（三）游泳能力和可以克服的流速值

鱼的游泳能力，是指鱼逆着不同的流速，能够支持自身的总的游泳持续时间，在此持续时间内，鱼的体力所作出的某种功，表示着其体力的强弱程度和游泳做功的能量指标值。

鱼可以克服的流速值，是指鱼在一定的时段内可以克服

的某种水流流速值。

在鱼类能克服的各种水流流速值中，又可分为鱼的感应流速、喜爱流速和极限流速。

感应流速：当水体从静止到流动，鱼开始有反应并游向水流时的水流流速值，称为感应流速，又称起点流速。

喜爱流速：鱼在自己能克服的各种水流流速值中，常喜欢聚集在对它们的游动最为合适的某一流速区范围内顶流前进，这种流速称为喜爱流速。

极限流速：即鱼类所能克服的最大流速，超过这一流速时，它们就停止前进，或者后退。极限流速又称临界流速。

按鱼的游泳能力和行为，又有鱼的巡游速度和猝发速度。

巡游速度，即鱼能在某一适当长的时间（如60分钟、30分钟等）持续前进的速度，又称持久游速。

猝发速度，即鱼的最大速度，它只能维持一个短暂的时刻，如1~5秒。它是鱼的冲刺游速。

鱼类的游泳能力指标，通常可以用鱼的持久游泳能力和短程冲刺能力的指标来表示。近年来日本学者认为：“鱼的游泳能力，应以游泳速度和能坚持的时间关系曲线来表示，

并以 $S_{AI} = \int_0^{3600} V dt \times 10^{-4}$ 的值，定为鱼的游泳能力的综合指数。

鱼能在较长时间内游泳的速度，国外运用数学推导，其近似的表达式为：

$$V = (2 \sim 3) L \quad (1-1)$$

$$V = 1.98 \sqrt{L} \quad (1-2)$$

式中 V ——鱼可以克服的流速值(米/秒)；