

鱼类克服流速能力的试验*

赵希坤 韩桢铄

(河北省海河勘测设计院) (河北省水产学校)

提 要

为了解鱼类克服流速的能力,确定鱼道过鱼孔口流速,对鲤、鲫、鲢、草鱼、梭鱼、团头鲂、鲇、乌鳢、鲶等鱼进行试验。

各种鱼类的感应流速多在0.2米/秒左右,适应流速是0.3米/秒,到0.8米/秒之间,极限流速的差别较大。以适应流速的上限值作为确定鱼道过鱼孔口的选定值是适宜的。

试验结果还表明,鱼类克服流速能力,受其体型、体长、水温和所处环境条件等影响。

从本试验结果及已建鱼道的观察资料分析,不同鱼类各体长组所能克服流速值的增长率是有差异的。选用时可按经验公式: $V = (1.19 - 1.66)L^{1/3}$, 进行推算。

前 言

建国以来,我国各地建设了许多大型水利枢纽工程,由于这些工程的兴建,阻截了鱼类的洄游通道,泄水时大量鱼类(特别是幼鱼)随泄水逃失。再加上其他一些原因,致使一些水库湖泊鱼类资源遭到破坏,渔产量下降。

鱼道是恢复鱼类洄游通道及逃鱼重新返回水库、湖泊的一种过鱼建筑物,而鱼道过鱼孔口流速适宜值的选定是建筑鱼道成败的关键。因此,为确定孔口流速值,搞清不同鱼类的克服流速能力(以下简称“克流能力”),很有必要。在国内对鱼类分科进行研究时,把各种鱼类所能适应的水流条件定名为“感应流速”、“适应流速”和鱼类所不能适应的“极限流速”。对此,我们选择了鲤、鲫、鲢、草鱼、团头鲂、鲇、乌鳢、鲶等鱼进行了试验。试验在河北省海河勘测设计院水工室进行。

设备、材料和方法

(一) 设备

整个试验是在室内玻璃水槽中进行。水槽全长18米、宽50厘米,槽底为1/70的固定底坡,有效观测段为12米。上设有25.4厘米及20.32厘米进水阀门各一个。为控制水槽内水流垂直方向的流速均匀分布与调节水深,在槽的末端安装了一座百叶窗式尾门。

* 前后参加这项工作的有胡晓光、王虎权、廖胜群、唐叶伦、韩光法、高平、马绍武、张俊芬、马彩霞、胡福林等同志。本工作得到了蔡克训同志的指导。何世堂、于凤钧两同志对本文提供了宝贵意见与帮助。

此尾门可控制水深在25—50厘米范围内,流速可达1.8米/秒。为避免鱼在槽内逃逸,在槽内前端及尾部各安装拦鱼网一块,拦鱼网用三目铅丝网制成。此网既能防止幼鱼逃逸,又可避免由于网目过密、过细而造成水流壅高或降低,致使流速不稳。并在试验水槽尾部,尾门前方的右侧设置一暂养池,暂养池与水槽间有插板式闸板相隔。此池的设置是为了缓和鱼类在进入试验前由于捕捞而造成的惊吓,使其逐渐适应环境并准备投入试验之用。试验时将闸板打开,鱼群即出池寻流流动(图1)。

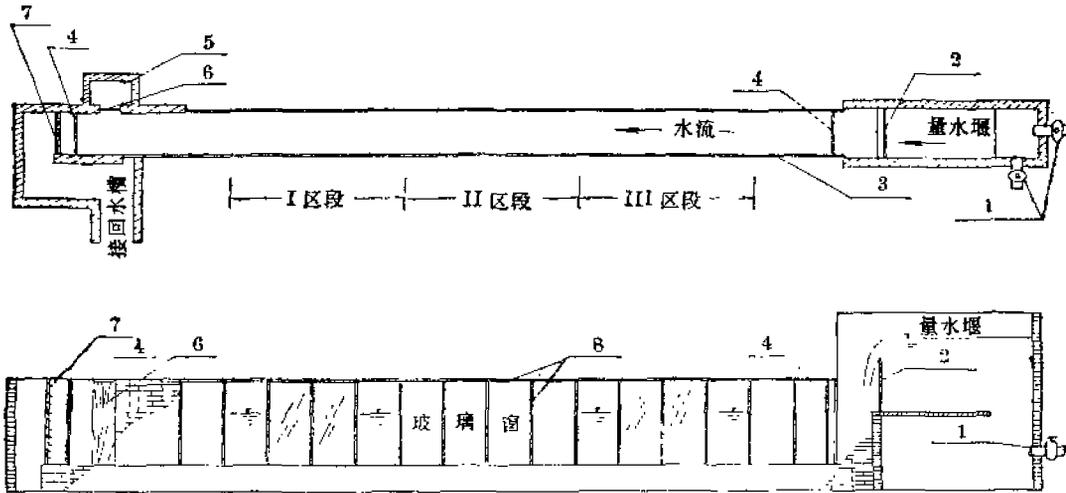


图1 试验水槽示意图(平面、侧面)

1. 任意阀门; 2. 量水堰板; 3. 玻璃窗; 4. 拦网; 5. 暂养池; 6. 闸门; 7. 尾门; 8. 角钢架

二、材料

试验用鱼除团头鲂、草鱼来源于天津市东风鱼种场,梭鱼来自河北省黄骅渔场外,均捕捞于河北省白洋淀。根据试验需要在试验前分批运输,暂养于实验室的水泥池内。

三、方法

试验所需的流速和水深,通过调节尾门和进水阀门的给水量来控制。水槽分成三个区段进行观测,每区段长4米,距尾门1.5米处始为第一区段,二、三区段在其上游,观测段全长为12米,尾门前1.5米及进水拦网后3.5米为空流段。在观测区段内,每区两端施测断面平均流速,控制流速变化幅度在0.15—0.20米/秒范围内。

流速平稳后,将健壮的试验用鱼按要求的品种、规格、数量严格挑选后投放于槽侧暂养池内。为避免试验用鱼体力消耗过大影响结果,将每组鱼分成三批,每批投放10尾以上。每批试验20分钟左右,从最低流速开始。打开暂养池闸板,鱼群即游入槽内,当槽内流速很小时,鱼群在水槽末端不定向的游动。当流速逐渐增至一定值时,鱼中大部分开始逆水向上游动,此时之流速定为该鱼的感应流速。调节流速并逐渐增大,再投放第二批、第三批鱼继续观察,当鱼群大多数(约占80%以上)能通过某一试验段而不能继续向上游动时,这时的流速定为该鱼的极限流速。此时表现的克流能力较强,是其冲刺速度。介于

上述两者之间的一段，能满足鱼类生活习性要求的流速定为此鱼的适应流速。为使试验力求准确，每组试验均重复数次。

结 果

对所做过的数种鱼类的克流试验的观察资料，经整理如下：

表 1 鱼类克服流速能力试验结果表

资料来源	鱼的种类	体长 (厘米)	感应流速 (米/秒)	适应流速 (米/秒)	极限流速 (米/秒)	备 注
河北省海河勘测设计院	梭 鱼	14—17	0.2	0.4—0.6	0.8	室内试验
”	鲫 鱼	10—15	0.2	0.3—0.6	0.7	”
”	”	15—20	0.2	0.3—0.6	0.8	”
”	鲤 鱼	6—9	0.2	0.3—0.5	0.7	”
”	”	20—25	0.2	0.3—0.8	1.0	”
”	”	25—35	0.2	0.3—0.8	1.1	”
”	鲢 鱼	10—15	0.2	0.3—0.5	0.7	”
”	”	23—25	0.2	0.3—0.6	0.9	”
”	鲂 鱼	10—17	0.2	0.3—0.5	0.6	”
”	草 鱼	15—18	0.2	0.3—0.6	0.7	”
”	”	18—20	0.2	0.3—0.6	0.8	”
”	鮊 鱼	20—25	0.2	0.3—0.7	0.9	”
”	乌 鳢	30—60	0.3	0.4—0.6	1.0	”
”	鲇 鱼	30—60	0.3	0.4—0.8	1.1	”
”	草 鱼	15—20	—	—	0.91	克林庄闸原型观测
”	”	5—10	—	—	0.50	”
”	”	10—15	—	—	0.80	”
”	鲤 鱼	30	—	—	1.45	”

表 2 国内已建鱼道工程原型观察资料汇总表*

资料来源	鱼的种类	体长(厘米)	能克服流速(米/秒)	备 注
裕 溪 闸	鲤 鱼	50—60	0.90	
”	”	23—40	0.80	
”	鳊 鱼	7—12	0.81	
”	刀 鲚	20—33	0.80	
南 科 所	鳊 鱼	5	0.20	
”	鲈、鳊、梭鱼	3—4	0.20	
”	鲫 鱼	5—10	0.70	
”	鲈 鱼	15	0.7—0.8	
团 结 闸	鲈 鱼	15	0.70	
”	”	28	1.10	
”	梭 鱼	5—6	0.50	
”	”	10	0.70	
太 平 闸	鲫 鱼	10	0.70	
”	鮊 鱼	5	0.70	

(接下页)

(续表)

资料来源	鱼的种类	体长(厘米)	能克服流速(米/秒)	备注
南科所	鲢	10	0.50	室内观测资料
"	鳊	23	0.80	
"	草鱼	31	1.34	

- 1. 水利工程过鱼设施资料汇编,(水电部、交通部、南京水利科学研究所);
- 2. 江苏省太平闸鱼道情况介绍;
- 3. 安徽省裕溪闸鱼道设计与运用报告

表3 不同体长时鱼的极限流速值(米/秒)

种类	水温(℃)	体长(厘米)	极限流速(米/秒)
鲤	26	10	0.8
"	26	25	1.0
"	26	30	1.1

表4 不同水温条件下鱼类的极限流速值(米/秒)

种类	水温(℃)	体长(厘米)	极限流速(米/秒)
鲢	26	10—15	0.7
"	17	10—15	0.6

表5 不同体型时鱼的极限流速值(米/秒)

种类	水温(℃)	体长(厘米)	极限流速(米/秒)
鲈(侧扁型)	18	10—17	0.6
草鱼(纺锤型)	19	12—15	0.7
鲤(纺锤型)	17	6—9	0.7

上列数据系1974年8月至1976年11月前后69组的试验结果综合而成。试验时间多在5—11月份,气温15—25℃,试验槽水温10—27℃,水深25—50厘米。

讨 论

1. 影响鱼类克流能力的一些因素 试验结果表明,影响鱼类克流能力的因素是多方面的。其中鱼的体长是主要影响因素,鱼在水中游动需克服水的阻力,所受阻力的大小与鱼体的大小有密切关系。表3所列在同一水温(26℃)条件下,不同体长鲤鱼所能克服的最大流速值。从数值中看出鱼类的克流能力与体长关系较大,在一定的范围内,随着体长的增长其克流能力也随着增强。除此以外,水温、体型等因素也有一定的影响。

鱼类是生活在水中的变温性脊椎动物,水温变化会直接影响它的各种生理活动强度。如表4白鲢在其体长相同(10—15厘米),水温不同(相差9℃)时,其极限流速值差0.1米/秒。

鱼类游泳速度和体型也有密切关系。在鱼类的四种基本体型中以纺锤型前进时阻力

最小,游泳最快。侧扁型与圆筒型次之,平扁型则最慢。表5中所列鱼类分属于两种体型,即纺锤型——鲤、草鱼,侧扁型——团头鲂。团头鲂、草鱼在体长相似,水温相近的条件下,团头鲂的极限流速值较草鱼值小0.1米/秒。鲤鱼在相近水温范围,其平均体长比鲂鱼小6厘米的条件下,其极限流速值较鲂鱼大0.1米/秒。

2. 关于不同鱼类克流能力增强的速度与体长的关系 为全面分析试验结果,我们搜集了部分国内已建鱼道工程的原型观察资料列表成表2,综合绘制了鱼类体长与极限流速的关系曲线(图2)及鱼类体长与适应流速上限值的关系曲线(图3)。从上述图表看出,不同鱼类各体长组所能克服流速极限值的增长率是不同的,即其克流能力大小的顺序是发生变化的。按其不同体长顺序排列于后,供参考。

体长在5—10厘米

鲫>鲤、梭鱼

体长在10—15厘米

鲫、梭、鲢鱼>鲂鱼

体长在15—25厘米

草、鲤、梭鱼>鲢鱼>鲂、鳊鱼>鲫鱼

从鱼类能克服的极限流速带形关系曲线及适应流速上限的关系曲线,整理得出的经验公式为:

$$V = (1.19 - 1.66)L^{\frac{1}{3}}$$

式中: V 为适应流速上限值(米/秒)

L 为鱼体长度(米)

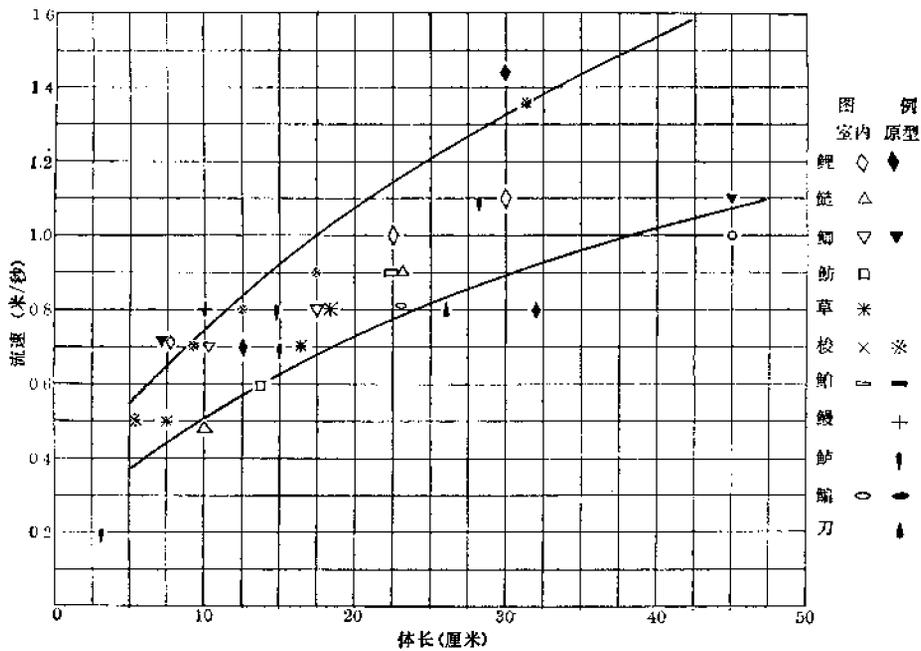


图2 鱼类体长与极限流速关系曲线

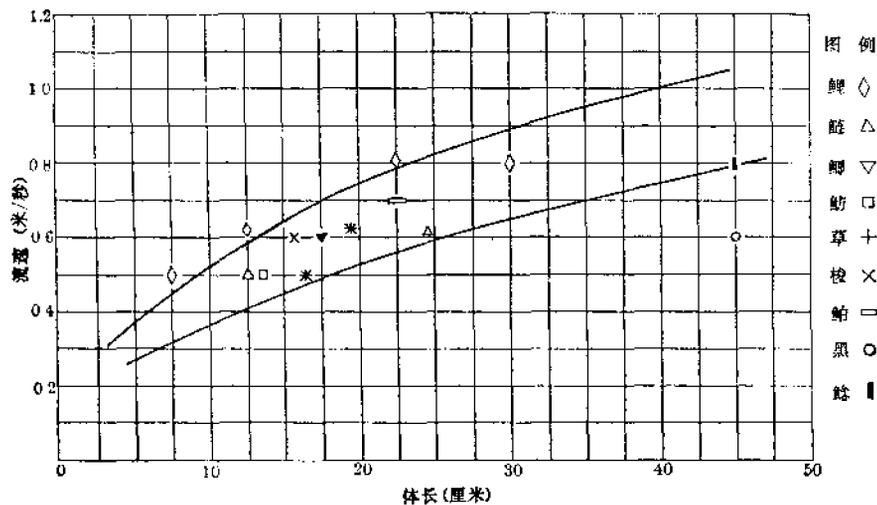


图3 鱼类体长与适应流速上限值关系曲线

3. 关于鱼类克流关系曲线以“带形”区显示的分析 鱼类克流能力受到如鱼的形状、大小、体重和体长的比例,体表的光滑度、摄食程度以及鱼类对外界条件的反应等生态、生理等多方面的影响。我们认为其中起主要作用的是鱼的体长因素。因而在研究影响鱼的克流能力的诸因素中,只以其体长为标志,故反映在曲线上,同体长不同鱼类的克流能力相差就较大,出现有高低两个数值。根据这种情况,我们认为,曲线以“带形”区显示较以一条曲线的方法更为确切。曲线中看出同一规格的鱼,克流能力相差0.3—0.6米/秒的变动幅度。在带形曲线间,包括游泳能力较强和较弱的鱼类能克服的流速。

4. 鱼道容许流速的选定 前表所列鱼类克服流速极限值为在试验中照顾弱鱼所选定的最大数值。选定鱼类所能克服的流速值的大小,直接关系着工程规模的大小和工程投资,选取极限值虽工程较省,但做为过鱼孔口的设计数据似嫌偏大。我们认为按照喜爱流速的上限值做为设计中选定的容许流速值是适宜的。根据我们的试验,此时的流速约较鱼类克服流速的极限值小15—30%。设计时可根据过鱼对象的种类、大小、体型及当地水文条件等选用其高值或低值。为了便于选用曲线中的数值,在初步设计中可根据过鱼对象的体长按本文提供的经验公式系数的均值进行计算,参考使用。

结 论

根据试验的结果与分析,我们对鱼类克流能力和鱼道孔口流速的初步结论如下:

1. 鱼类的克流能力是受其体长、体型及其所处的环境条件如水温等等诸多方面因素综合影响的结果。起主要作用的是鱼的体长,所能克流值随体长增长而增大。不同鱼类所能克服的流速值的增长率是有差异的。

2. 各种鱼类的起点流速多在0.2米/秒左右;喜爱流速的下限在0.3—0.4米/秒;上限为0.5—0.8米/秒;极限流速区别较大。试验条件为:气温15—25°C、试验槽水温10—27°C、水深25—50厘米。

3. 在研究影响鱼类溯游能力的诸因素中,因只以其体长为标志,故表现在关系曲线中有高、低两个数值,它们的溯游能力变动在0.3—0.6米/秒幅度内。

4. 确定鱼道过鱼孔口的容许流速时,以本试验鱼类喜爱流速的上限作为设计中选用的容许流速值是适宜的,亦可用经验公式 $V = (1.19 - 1.66)L^{\frac{1}{3}}$ 根据过鱼对象及工程的水文条件推算。

EXPERIMENTS ON THE CURRENT OVERCOMING ABILITY OF SOME FRESHWATER FISHES

Zhao Xikun

(Hai He Prospecting and Designing Institute of Hebei Province)

Han Zhen'e

(Fisheries School of Hebei Province)

Abstract

In designing the magnitude of current velocity at the inlet of a fishway, the current overcoming ability of fishes should be considered at first. A series of experiments were conducted in the flume of a hydraulic laboratory. Various kinds of fishes were selected for experiments, such as carps (*Cyprinus carpio*); Crucian carps (*Carassius auratus*); silver carps (*Hypophthalmichthys molitrix*); grass carps (*Ctenopharyngodon idellus*); mullets (*Liza sinuy*); whitefish (*Erythroculter erythropterus*); snake head (*Ophiocephalus argus*); catfishes (*Parasilurus asotus*); blunt-headed bream (*Megalobrama amblycephala*) etc.

At the water temperature 10—27°C, and water depth 25—50 cm., the starting velocity for various kinds of fishes is about 0.2 m/sec. The optimum velocity ranges from the lower limit of 0.3—0.4 m/sec. to the upper limit of 0.5—0.8 m/sec.. But the limiting velocity for different kinds of fishes varies comparatively large.

The upper limit of optimum velocity is generally considered as the preferable velocity for fishway inlet. The value is about 15—30% less than the limiting velocity.

The experiments denote that the current overcoming ability of fishes concerns mainly with their body shapes, body length and the variation of the water temperature.

By analyzing the results of the experiments and the observed data from some existing fishways, it indicates that the current overcoming ability of a fish is closely related to its body length, so that an empirical formula is proposed for estimation.