

文章编号: 1672-3031 (2005) 02-0100-04

# 大坝对鱼类栖息地的影响及评价方法述评

朱 瑶

(中国水利水电科学研究院 水环境研究所, 北京 100038)

摘要: 本文总结了大坝建设造成水流状态、水温、水质、底质和地形等因素的变化对鱼类栖息地造成的影响, 并归纳了目前国内外对栖息地预测评价的主要方法, 对每一种评价方法的特点进行了分析, 最后对可采取的生态补偿措施进行了介绍。本文得到的结论为, 大坝建设对鱼类的影响很大, 但可以通过补偿措施加以恢复。

关键词: 大坝; 鱼类栖息地; 影响预测; 补偿措施

中图分类号: X143

文献标识码: A

随着科技的日益发展, 大坝的建设规模也在不断扩大, 据中国大坝委员会 2003 年的统计, 截止到 2003 年年底我国已建、在建 30m 以上大坝共 4 694 座, 其中在建大坝 132 座; 坝高在 100m 以上的有 108 座, 最高坝为在建的云南小湾拱坝, 高 292m。全世界 30m 以上大坝总数为 12 600 座, 100m 以上大坝 670 座, 最高的土石坝是前苏联的罗贡心墙土石坝, 坝高 335m。随着大坝高度的不断增加, 大坝对鱼类的影响问题也变得越来越突出。大型水坝到底对鱼类的生存造成什么样的影响, 主要影响因素是什么, 如何预测大坝建设可能对鱼类造成的影响, 如何进行生态补偿等问题一直困扰着人们。本文从大坝建设对鱼类栖息地造成的影响、对栖息地的评价方法和栖息地补偿措施三个方面进行讨论。

## 1 大坝对鱼类栖息地的影响

1.1 水流流态改变对栖息地的影响 大坝建成后, 库区水位上升, 库内水流流速降低, 流态趋于稳定, 水流对岸坡栖息地的冲蚀能力降低。水库水深的增加, 使水库内淤积的泥沙比建库前河道淤积的泥沙多<sup>[1]</sup>, 而这些淤积的泥沙多为有机物和无机物的来源。有机物和悬浮物的富集使库区成为鱼类索食场所。由于水库使原有河道失去急流、浅滩和较大的弯曲度, 喜急流性鱼类的栖息环境发生变化, 因而水库中急流性鱼类数目会有所减少。相反, 水库静水区面积增大, 静水性鱼类数目会相应增加。

由于大坝下泄流量是靠人工调节, 加强了对河流径流的控制。水库运行的削峰添谷功能降低了河流原有脉冲式水文周期的变幅, 甚至有些水库的调节库容接近或超过河川的多年平均径流量, 造成大坝下游河流水量的相应减少。鱼类根据流速、水温、水位等信息获得产卵的信号, 因此河流流态的改变必然会影响到鱼类的产卵和生长。如长江中的四大家鱼和铜鱼的卵为漂流性卵, 要求产卵场水流发生漩滚, 鱼卵才不至于下沉<sup>[2]</sup>。当流速降低、流量减少、水流动能不足以形成漩滚时, 鱼卵下沉, 无法孵化成幼鱼。

1.2 水温改变对栖息地的影响 水温作为鱼类栖息地环境的一个重要因素, 直接影响鱼类的新陈代谢。鱼类的生长一般与温度成正相关<sup>[3]</sup>。库区水深增加, 库水温度出现分层, 为库区的鱼类提供了不同的栖息水温, 在库区周边浅水区水温相对较高, 适宜鱼类的产卵和活动, 因此库区的形成有利于静水鱼类的生长。对于大坝下游的鱼类, 由于水库经常下泄底层的低温水, 造成大坝下游河道水体温度

收稿日期: 2004-10-14

基金项目: 国家自然科学基金重点项目 (30490230)

作者简介: 朱瑶 (1973-), 女, 河南新乡人, 硕士, 工程师, 主要从事环境影响评价、河流生态学、生态恢复等研究。

E-mail: zhuyao@iwhr.com

比历史同期温度低，对鱼类产卵有延迟作用。如延迟时间过长，刚孵化的卵遇到春汛，江水很有可能将卵带走，破坏卵的孵化。长江上达氏鲟的产卵水温为 15℃ 以上，产卵季节在 3、4 月份，如果产卵时间因水温低推迟到 5 月份，繁殖将受到严重影响<sup>[2]</sup>。

**1.3 水质改变对栖息地的影响** 水库蓄水有利于泥沙和营养物的沉积，蓄水初期对库区水质的改善起到一定作用，但随着时间的推移，上游污染物在库区中不断累积，有可能使库区及部分库汉的水质恶化。同时，水体营养水平的增加为藻类等浮游植物和以浮游植物为食的浮游动物的生长提供了条件。如果水质继续恶化，造成藻类大量爆发，将大量消耗水体中溶解氧，导致水体中溶解氧浓度降低，会使鱼类因缺氧而死亡。对大坝下游的鱼类而言，大型水坝高水位下泄时，在高速水流表面形成掺氧，将空气卷吸入下泄水体中，使水体发生剧烈曝气，水体中溶解气体( $N_2$ 、 $O_2$ 、 $CO_2$ )处于过饱和状态，会导致鱼体内血液中产生气泡，鱼类因气泡病而死亡。三峡水库建成后在葛洲坝三江出口曾出现的鱼苗死亡现象与葛洲坝建成初期泄流导致鱼苗死亡现象相似。通过对三峡大坝下游至城陵矶江段的水质监测资料的分析得出，水体中溶解氧明显高于历史记录<sup>[4]</sup>。

**1.4 河床底质改变对栖息地的影响** 大坝建成后，由于泥沙在库区的沉淀，下泄水流的含沙量比建坝前少，对下游河床的冲刷加强，河床泥沙被带走，河床底质中沙、石的组成比例发生改变。鱼类的产卵习性可分为产卵于水层、水草、水底、贝内和石块上，比如，有些鱼类选择粗糙砂砾、岩石基底产卵，有些选择砂质基底产卵，有些选择基底植物上产卵。因此，当河床底质发生变化时，一些鱼类将无法产卵或卵无法成活。

**1.5 地形改变对栖息地的影响** 复杂多变的地形造就复杂的流态，栖息环境越复杂生物多样性越好。水库蓄水后淹没河道江心洲，河道断面由复式变成单一断面，同时降低了回水区江段的水头差和河道的弯曲度。河道地形的单一会造成栖息环境的单一化，相应鱼类的种类也有向单一化发展的趋势。

**1.6 阻断栖息地的连续性** 大坝的建设对洄游性鱼类最直接的影响是切断了其洄游通道，而这种影响是不可逆的。阻断河流使得一些需要洄游到河道上游产卵的鱼类无法产卵而数量明显下降。如长江中洄游性鱼类鲟鱼、胭脂鱼、鲌鱼。鲌鱼的产卵场位于赣江上游，而万安水电站修建后，阻断了其洄游通道，影响了种群繁殖。

2 栖息地预测评价方法

为了有效保护栖息地，减少水利水电工程对栖息地的影响，需要对栖息地的状态进行评价。目前国内外通常采用的评价方法有：(1) 水文评价方法。如河道湿周法、R2CROSS 法、流量增加法、有效宽度法等，这些方法通过流量、水位等水文参数反映栖息地的状况，也是河道生态流量计算常采用的方法；(2) 栖息地健康评价法。如快速生物评估草案，通过多项指标从物理化学、地形、水文等多个方面评估栖息地对生物的适应度。

**2.1 河道湿周法<sup>[5]</sup>** 该方法假设浅滩是最临界的河流栖息地类型，保护了浅滩也就保护了其它水生栖息地。通过在临界栖息地区域现场收集多个河道断面的几何尺寸与流量，或单一河道断面的一组几何尺寸和流量数据，计算得出湿周(指水面以下河床的线性长度)与流量之间的关系曲线(见图 1)。湿周通常随河流流量的增大而增加，但当湿周超过某临界值后，河流流量的大幅度增加也只能导致湿周的微小变化，即河流湿周往往存在一个转折点。只要河道内的流量能保持河道湿周的临界值转折点，也就认为能满足维持河道内所有水生生物栖息地的最低要求。可以根据建立的湿周-流量关系曲线中的转折点选择河道生态流量值。该方法一般适用于宽浅河流，河流的形状会影响该方法的分析结果。

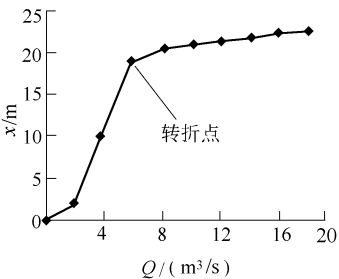


图 1 湿周与流量关系曲线

**2.2 R2CROSS 法<sup>[6]</sup>** R2CROSS 法以曼宁公式为基础，也同样假设保护了浅滩也就保护了其它水生栖

息地。该方法将河流平均深度、平均流速和湿周率作为反映生物栖息地质量的水力学指标。如能在浅滩类型栖息地保持这些参数在足够的水平,即认为将足以维护鱼类与水生无脊椎动物在水塘和水道的水生生境。该法适用于浅滩式的河流栖息地类型。

**2.3 流量增量法(IFIM)<sup>[7]</sup>** 该方法把大量的水文水化学实测数据与特定的水生生物物种在不同生长阶段的生物学信息相结合,进行流量增加对栖息地影响的评价。考虑的主要指标有河流流速、最小水深、河床底质、水温、溶解氧、总碱度、浊度、透光度等。IFIM 根据这些指标,采用 PHABSIM 模型模拟流速变化与生物栖息地类型的关系,通过水力数据和生物学信息的结合,确定适合于一定流量的主要水生生物及其栖息地类型。

**2.4 有效宽度法(UW-Usable Areas)<sup>[8]</sup>** 该方法是建立河道流量和某个物种有效水面宽度的关系,以有效宽度占总宽度的某个百分数相应的流量作为最小可接受流量。有效宽度是指满足某个物种需要的水深、流速等参数的水面宽度。不满足要求的部分即为无效宽度。

**2.5 加权有效宽度法(WUW-Weighted Usable Areas)<sup>[8]</sup>** 该方法与有效宽度法的不同之处在于加权有效宽度法是将一个断面分为几个部分,每个部分乘以该部分的平均流速、平均深度和相应的权重系数,从而得出加权后的有效水面宽度,权重参数取值范围从 0 到 1。

**2.6 快速生物评估草案(Rapid Bioassessment Protocols)<sup>[9]</sup>** 快速生物评估草案是一种专家打分法。该方法认为河道的生物多样性与河道的水文特性、栖息地环境、水质特性有很大关系。评价一个河道的生物多样性单从栖息地环境来看,可以从河道形态、河岸结构、岸边带植被等方面判断河道内的栖息地是否能为大型无脊椎生物和鱼类提供丰富的生存环境。选取的参数有流态、底质、河道比降、弯曲度、泥沙、岸坡稳定、河滨带植被等,将河流健康状况分最好、好、一般、差 4 个评价级别,从地形、水文、水质、植被等方面对河道栖息地进行综合评价。

从上述几种方法的特点可以看出,河道湿周法和 R2CROSS 法主要用来计算保护浅滩型栖息地所需的生态流量。优点是数据直接从现场得到,不需要从水文站获得,这样算得的流量值可以用在没有水文观测点但水文情势被干扰的流域(如建有大坝、水闸的河道上)。难点是如何选择有代表性的河道断面进行观测。IFIM 法的优点是针对性强,常常用于河流某一生物物种保护上,可以有效地评估水资源开发对下游水生生物栖息地的影响,但对基础资料要求高,通常需要收集大量的生物和水流数据,建立某种生物和水文要素(如水流、水深、水质)间的适配曲线。关于有效宽度和加权有效宽度法的介绍很少。快速评价法是一个综合评价方法,其优点是简单易用,可以快速地对某一条河流的栖息地的地形、水流、水质等多个方面做出评价,但评分受人为因素较大,误差较大。其它一些计算河道生态流量的方法如 7Q10 法、逐月最小生态径流法和 Tennant 法,主要是防止河流水质污染和生态环境恶化的计算方法,没有专门的保护对象,一般用于河流水质保护和规划工作上。

### 3 生态补偿措施

针对大坝对鱼类栖息地造成的影响,目前国内外已开展的生态补偿措施主要有在枢纽上建设过鱼措施、人工繁殖鱼苗后投放河道和建立保护区等。

**3.1 过鱼建筑物** 在大坝一侧或两侧设鱼道(中小河流)、升鱼机(大型水坝)。鱼道的设计非常复杂,首先需要了解鱼类洄游的物理过程,鱼类从鱼道的入口应能够引诱鱼类进入鱼道,鱼道水流的设计应能引诱鱼类不断向上游动,鱼道中还应设置鱼道砌块,用以抬高水位和减缓流速。如法国加朗纳河上哥尔费什坝和多尔顿涅河上图里叶尔坝的升鱼机用于通过西鲱鱼,罗瓦尔河上的贝勒维尔和加朗纳河上的巴扎克尔连续水池式鱼道用于通过西鲱鱼和鲑鱼。

**3.2 人工繁殖鱼苗** 人工繁殖鱼苗,待鱼苗长到一定长度后放回河道,让其在自然环境中生长的方式,也是目前经常采用的大坝生态补偿措施。这种方法避免了因产卵场的丧失给鱼类带来的数目减少,保证了鱼苗的数量。成功的案例如长江中华鲟的人工养殖、日本长良川香鱼的人工养殖等。

**3.3 建立保护区** 除以上两种方法外,还可以考虑的补偿措施有鱼类栖息环境的恢复和再造,即通

过工程措施使已被破坏的鱼类栖息地完全或部分恢复原有功能,或在其它区域选取环境相似的水域(如河道支流)进行改造,但再造栖息地对那些只在祖先产卵的地方产卵的鱼类是无用的。

#### 4 结语

大坝建设对鱼类栖息地的影响越来越受到公众的关注。大坝建设对鱼类的影响程度是很大的,但不能简言之是毁灭性的,有些影响可以通过补偿措施加以恢复。目前我国开展鱼类栖息地评价还刚刚起步,尚没有比较成熟的栖息地预测评价方法,有关鱼类与水文条件、地形、水质之间的关系没有太多定量的描述。目前国内急需开展的工作是进行鱼类与水文、水流、水质、底质等环境要素的同步监测,研究栖息地环境因素(水文、水质、底质等)与鱼类种群密度、分布等因素的关系,制定栖息地评价指标体系和开发栖息地模拟和评价模型。另外,大坝建成后,如何对鱼类进行生态补偿和生态补偿方法研究也是今后需要研究的课题。

#### 参 考 文 献:

- [1] 博·斯藤.水电开发对瑞典北部环境和人类活动的影响[A].大坝与环境[C].第16届国际大坝专题论文集,武汉,1990.
- [2] 张志英,袁野.溪落渡水利工程对长江上游珍稀特有鱼类的影响探讨[J].淡水渔业,2001,(2):62-63.
- [3] 刘建康.高级水生生物学[M].北京:科学出版社,2000.
- [4] 郑守仁.三峡工程与生态环境[A].联合国水电可持续发展研讨会论文集[C].北京,2004.
- [5] Lamb B L. Quantifying instream flows: matching policy and technology. Instream Flow Protection in the West [M]. Island Press, Covelo, CA, 1989. 23-29.
- [6] Mosely M P. The effect of changing discharge on channel morphology and instream uses and in a braided river, Ohau River, New Zealand[J]. Water Resources Researches, 1982, 18: 800-812.
- [7] Bovee K D. A guide to stream habitat analyses using the incremental methodology [A]. Information and technology report [C]. USGS/BRD/ITR 1998-0004, US Fish and Wildlife Service, Office of Biological Services, 1998.
- [8] 徐志侠,陈敏建,董增川.河流生态需水计算方法评述[J].河海大学学报,2004,32(1):5-9.
- [9] Michael T B. Rapid Bioassessment Protocols For Use in Streams and Wadeable Rivers: Periphyton, Benthic, Macroinvertebrates, and Fish[R]. EPA 841-B-99-002, US. Environmental Protection Agency, Office of Water, 1999.

### Commentary on dam influence on fish habitat and evaluation on assessment method

ZHU Yao

(The Department of Environment, IWHR, Beijing 100038, China)

**Abstract:** The author made a summary on influencing factors of dams on fish habitat, referring to flow condition, water temperature, water quality, reservoir substrate and morphology. The author also reviewed the main methods of forecast and assessment for habitat changing due to dam construction at home and abroad and analyzed the characteristics of these methods. It is pointed out that dam construction would greatly affect the environmental and ecological conditions of fish habitat, which can be restored to some extent by adopting ecological compensation measures.

**Key words:** large dams; fish habitat; impact forecast; compensation measures

(责任编辑:王冰伟)