

鱼道:

生物学依据、
设计标准及监测



 中国农业出版社

封面设计 田 雨

ISBN 978-7-109-16113-9



9 787109 161139 >

定价：80.00元

鱼道：生物学依据、 设计标准及监测

翻 译：王 珂 李志华 刘明典
刘绍平 段辛斌 罗宏伟
徐树英 吴 强 杨青瑞

审 校：陈大庆 昌永华（特邀） 王瑞雯

中 国 农 业 出 版 社
联合国粮食及农业组织
法国国家水资源与水源环境办公室
2011·北京

图书在版编目 (CIP) 数据

鱼道: 生物学依据、设计标准及监测 / 联合国粮食
及农业组织编; 王珂等译. —北京: 中国农业出版社,
2011. 10

ISBN 978-7-109-16113-9

I. ①鱼… II. ①联… ②王… III. ①鱼道—研究
IV. ①S956.3

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2011) 第 205559 号

中国农业出版社出版

(北京市朝阳区农展馆北路 2 号)

(邮政编码 100125)

责任编辑 刘爱芳

中国农业出版社印刷厂印刷 新华书店北京发行所发行
2011 年 12 月第 1 版 2011 年 12 月北京第 1 次印刷

开本: 889mm×1194mm 1/16 印张: 10.5

字数: 286 千字

定价: 80.00 元

(凡本版图书出现印刷、装订错误, 请向出版社发行部调换)

02—CPP10/11

本出版物的原版系法文。此中文翻译则基于联合国粮食及农业组织、法国农业及环境工程研究所 (Cemagref) 和法国渔业高级理事会于 2002 年联合出版的英文版 (即 LARINIER M., TRAVADE F., PORCHER J. P., 2002: Fishways: Biological Basis, Design Criteria and Monitoring. *Bull. Fr. Pêche Piscic.*, 364 *supp.*, 208 p.), 由中国水产科学院长江水产研究所安排并对翻译的准确性及质量负全部责任。如有出入, 应以英文版为准。

ISBN 978-7-109-16113-9

本信息产品中使用的名称和介绍的材料, 并不意味着联合国粮食及农业组织 (粮农组织) 或法国国家水产资源与水资源环境办公室 (ONEMA) 对任何国家、领地、城市、地区或其当局的法律或发展状态、或对其国界或边界的划分表示任何意见。提及具体的公司或厂商产品, 无论是否含有专利, 并不意味着这些公司或产品得到粮农组织或 ONEMA 的认可或推荐, 优于未提及的其他类似公司或产品。本出版物中表达的观点系作者的观点, 并不一定反映粮农组织或 ONEMA 的观点。

版权所有。粮农组织鼓励对本信息产品中的材料进行复制和传播。申请非商业性使用将获免费授权。为转售或包括教育在内的其他商业性用途而复制材料, 均可产生费用。如需申请复制或传播粮农组织版权材料或征询有关权利和许可的所有其他事宜, 请发送电子邮件致: copyright@fao.org, 或致函粮农组织知识交流、研究及推广办公室出版政策及支持科科长: Chief, Publishing Policy and Support Branch, Office of Knowledge Exchange, Research and Extension, FAO, Viale delle Terme di Caracalla, 00153 Rome, Italy。

© ONEMA 1992 和 1994 年 (法文版)

© ONEMA 2002 年 (英文版)

© ONEMA 和粮农组织 2011 (中文版)

法文版出版者：G. SIMMON，渔业高级理事会理事长（巴黎）

主编：E. VIGNEUX，教育局长（博沃）

编辑委员会：

- P. ALEXANDRINO，波尔图大学（葡萄牙）
- J. ALLARDI，环境部，巴黎（法国）
- J. L. BAGLINIÈRE，全国农艺研究所，雷恩（法国）
- P. BERREBI，全国科学研究中心，蒙彼利埃（法国）
- R. BILLARD，国家自然博物馆，巴黎（法国）
- Ph. BOET，内陆水生生物资源科学单位科技信息处（法国）
- G. BOEUF，法国海洋开发研究所普卢赞（法国）
- B. CHEVASSUS，全国农艺研究所（法国）
- P. DE KINKELIN，全国农艺研究所，茹伊昂若萨（法国）
- J. DODSON，拉瓦勒大学，魁北克（加拿大）
- M. DORSON，全国农艺研究所，茹伊昂若萨（法国）
- S. DUFOUR，国家自然博物馆，巴黎（法国）
- P. S. ECONOMIDIS，亚里士多德大学（希腊）
- J. C. EIRAS，科学院，波尔图（葡萄牙）
- P. ELIE，内陆水生生物资源科学单位科技信息处，波尔多（法国）
- D. GERDEAUX，全国农艺研究所，托农莱班（法国）
- B. GONCHAROV，科学院，莫斯科（俄国）
- J. HAURY，国立雷恩高等农业学校—全国农艺研究所，雷恩（法国）
- B. JALABERT，全国农艺研究所，雷恩（法国）
- Ph. KEITH，国家自然博物馆/渔业最高委员会，巴黎（法国）
- C. LÉVÊQUE，全国科学研究中心，巴黎（法国）
- J. C. LEFEUVRE，国家自然博物馆，巴黎/雷恩大学（法国）
- J. LOBÓN CERVIÁ，科学研究高级理事会，马德里（西班牙）
- A. NEVEU，全国农艺研究所，雷恩（法国）
- J. C. PHILIPPART，动物研究所，烈日（比利时）
- P. RAB，动物生理与遗传研究所，利贝乔夫（捷克共和国）
- C. RUHLÉ，野生动物与鱼类处，圣加仑（瑞士）
- J. A. SANCHEZ PRADO，奥维耶多大学（西班牙）
- L. THALER，蒙彼利埃第二大学，蒙彼利埃（法国）

致 读 者^{*}

多年来, *Bulletin Français de la Pêche et de la Pisciculture* 学报鼓励高质量科学论文的发表, 这些论文涵盖了大部分对淡水生态系统管理至关重要的学科。

读者的反应鼓励我们在覆盖多种学科的传统文章和只针对特殊主题的文章之间进行选择。这个文献与 1992 年在法国出版的 (326/327) 关于如何改善鱼类溯河或降河洄游顺利通过障碍物这一问题的译本不同。文章包括一些可以单独参考的补充论文。环保部门的同事 (以前的国家河流机构) 已经认识到了这项工作的意义, 并于几年前就开始了翻译工作, 我们希望成为它的一部分。

自从最初的法语版本出版到现在已经将近十年了。在这期间我们接受的反馈和这些年的发展, 使我们不得不针对某些部分做一更新。尽管大部分是从原始的出版物直译过来, 但是随着一些充实的研究和在这段时间 (特别是在法国) 工作的进展, 一些文章被略微修改了, 其他有的则完全被重写了 (例如与降河洄游相关的最后一个问题)。

我们相信, 这本著作可以为管理者提供技术指南, 为专家更新基础知识, 并且可以使读者认识到以生物学家、水力工程师和土木工程师的经验为基础的多重交叉学科的重要性, 意识到对于自己目前岗位知识更新的需要。

进一步来说, 洄游鱼类的溯 (降) 河通道的保留要求在所有合作伙伴之间公开对话 (产业公司、地方当局、行政部门、科研家和用户)。我们相信, 这个特殊出版物将对洄游鱼类中受威胁种类的保护提供具体解决方法。

我们非常感谢启动本书翻译的环境部门, 特别是我们的同事 Greg AMSTRONG, 渔业官员, 他为保证翻译的质量花费了很多时间和精力。

我们也非常感谢粮农组织 (内陆水域资源和水产养殖部), 他们对启动本书的出版工作表现了巨大的兴趣, 并对它的出版和发行做出了巨大贡献。

最后, 我们也对 Cemagref 致以崇高的谢意 (科技信息服务处—DICOVA—和内陆水生生物资源科学部), 它为新版的出版发行提供了可靠的后勤保障。

Erick VIGNEUX
Michel LARINIER

^{*} 即致英文版的读者。

英文版序一

内陆渔业长期为人类提供重要的食物来源。为了充分利用资源，改进食物安全和生活水平，联合国粮农组织数十年来一直通过各种各样的区域性活动和日常程序来关注内陆渔业问题。实现这一目标的一个途径是通过开展可持续渔业管理实践，这不仅对于发展中国家的渔业管理有很大的重要性，对于渔业资源丰富的国家也同样适用。

内陆渔业，一般来讲，其特征是与水生资源的其他用途之间有很密切的关系。全世界的多数国家和地区，对渔业的主要冲击并非源于渔业本身，而是源于外部因素，对于内陆渔业更是如此。结果，对于资源的保护和可持续利用的大部分方面受到了经察觉到的社会优越性和财政的重要性的影响。避免或减轻负面影响是一个与其他人交涉和咨询的问题。渔业必须在由外部因素引起的限制之内管理，并且在有为渔场的常规管理的空间时，需要对外在冲击的缓和或修复技术上给予注意。

人类活动譬如沼泽地开垦对水生环境的变动逐渐加大。对于农业、都市化、废物处置、水提取和调动、以及航海和为灌溉和水力发电建坝，这些导致了内陆水域栖息环境的重大变化，对渔业储备有着显著的影响。从可信赖渔业的管理方法和相关的技术指南一致的角度来看，粮食与农业组织的渔场部门，通过它们的主要工作，通过提倡水生环境的修复作为渔业内陆水域管理的一个适当的工具，旨在提高可信赖渔业的充分发展。

《鱼道：生物学依据、设计标准及监测》这本书是关于鱼道的规划、建设和效率监测所有方面知识的汇编。强调必须考虑种群的生物学和行为特征，它从工程学的角度对过鱼措施进行了详细描述。因此本书有助于提高关于缓和措施重要性的认识。这本书法语版已经出版很多年，但将其翻译成英文并出版可以使它的信息在更加宽广的人群中推广。与粮食和农业组织联合出版，可以使本书得到最大范围的发行，有助于使更多人认识到缓和措施的重要性。因此，本书也更加容易地传播到那些频繁修建水坝和那些急需把缓和和设备整合进入大坝的发展中国家。

粮农组织（FAO）非常欣赏作者在鱼道设计和评估领域中的丰富经验以及他们在处理信息方面的专业水平，这本书将在全球范围内被充分认可，内陆水域资源和水产养殖部门（FIRI）为本书英语版本的出版提供了资金。特此感谢 FAO 出版和多媒体服务的友好合作。

粮农组织渔业及水产养殖部
内陆水资源及水产养殖处处长
贾建三

英文版序二

在英国和威尔士的河道中有很多影响过鱼的障碍。这些障碍对当地鱼群的生态效应存在着不利的影响，尤其是对于那些迁移鱼类譬如鲑鱼和海鳟鱼，这些鱼都有很高的经济价值和娱乐价值。

由于许多不同的因素，在最近二十年，鲑鱼种群的数量明显下降。这些因素与海洋环境的联系，现在还不是很了解，更不用说在我们的控制之内了。因此，为了使成年鲑鱼产品产出最大化，必须确保去除这种鱼在生命周期的淡水阶段中的限制，使这个阶段很好地被了解并且处于我们的控制范围之内，以便使成年鲑鱼产品最大化。对上游和下游迁移来说，拆除或绕过阻碍是达到这个目标的一个极其重要的部份。

迁移中障碍的拆除和减少也是粗放式渔业储备得以成功管理的一个重要元素，即便不以像鲑鱼种群那样如此壮观的方式，这些鱼也需要自由地迁移。另外，我们需要确保保护价值高的稀有鱼种类能自由通过，譬如美洲河鲑，为未来子孙保护鱼类种群。的确，所有鱼类种类都从能够充分利用其最佳生境获益是一个事实，特别对于那些生命周期的不同阶段而言，最佳生境在时间和空间上几乎总是分开的。

过去四十年里，英国和威尔士采取了很多措施来去除对鱼类种群的首要限制——低劣水质，低劣水质是工业化的遗产。即使这个限制被去除了，还有其他遗患，如河道中的工业测流堰，限制了鱼类充分利用栖息的潜在范围。

鱼道是补偿障碍不利影响的一个重要手段。因此，英国和威尔士环境机构很高兴通过与我们的法国同事合作，将 1992 年首次出版的这本学报翻译成英语，把对鱼道的知识和经验的重要贡献带给更广大的读者。希望通过这种做法，我们能为在法国更加广泛的利用鱼道铺平道路。

David CLARKE
Head of Fisheries
Environmental Agency,
England & Wales

摘 要

作者在本文里概述了一些基本原理，这可以用作在水坝或阻碍规划过鱼设施的方针指南。第一部分主要介绍跨河障碍对于自然鱼群的消极作用，主要导致了鱼群丰度的减少甚至种群灭绝。法国给出了在障碍处过鱼设施的法律规定。第二部分描述了不同过鱼设施的功能特点 and 设计参数，主要集中于优势，极限和各种类型的费用：水池类型鱼道，挡板鱼道，鱼锁，升鱼机，自然旁路渠道，前堰坝。重点在于鱼道位置，入口的水流条件以及泄流量。一些过鱼设施必须对美洲河鲱、年轻鳗鱼和幼鳗特别注意。提出各种各样的监视技术来评估过鱼设施的效率（诱捕，自动计数，录影记录，遥感监测）。通过管道、岩石测流堰和河口处障碍的鱼道也涉及了。最后部分讨论了在水利电站处降河洄游问题：估计在泄洪道和水力涡轮机处鱼的死亡率，鱼类遮蔽物设计和防止降河洄游鱼类进入进水闸的牵制技术的选择。特别提及在法国普遍应用的技术，例如，下游旁路表面聚集平常的垃圾，集中他们的设计标准，优势和极限。

目 录

致读者	v
英文版序一	vi
英文版序二	vii
摘要	viii
第一章 鱼道：生物学依据、限制及法律问题	1
1. 洄游性鱼类：若干定义	1
2. 自由洄游的障碍：洄游性鱼类衰退的主要历史因素	1
3. 自由迁移的必要条件	2
4. 重建自由洄游通道：方法、困难和局限	4
5. 法规	5
6. 鱼类洄游设施的效率	8
第二章 鱼道概况	9
1. 过鱼设施的原理	9
2. 鱼道的不同类型	9
3. 鱼道选择的标准	10
4. 鱼类通过设施故障的主要原因	11
第三章 设计鱼道时需要考虑的生物学因子，溯河洄游障碍的概念	15
1. 鱼类的游泳能力及鱼类通过设施中水的流速	15
2. 鱼道设施中的照明	20
3. 洄游障碍的概念	21
第四章 鱼道的位置	23
1. 鱼类通过设施的吸引力	23
2. 影响鱼道位置选择的因素	23
3. 鱼道入口处的水力条件	27
4. 鱼道设施的保护措施	31
第五章 水池型鱼道、前拦河坝及自然旁路水道	35
1. 水池型鱼道的原理	35
2. 水池间落差和水池内流态	35
3. 水池尺寸	36
4. 槽孔、潜孔和竖缝的最小尺寸	37
5. 水池式鱼道流量的估计	37
6. 水池型鱼道的规格	39
7. 水池型鱼道对上、下游水位变动的适应	40
8. 水流控制断面	41
9. 水池鱼道的有效性	42
10. 水池鱼道的例子	43

11. 前拦河堰	49
12. 近自然旁路通道	50
第六章 挡板鱼道	58
1. 原理	58
2. 特征和运行	58
3. 游动区段和休息池的长度	59
4. 挡板鱼道的利用与限制	60
5. 平面挡板鱼道或丹尼尔鱼道	60
6. FATOU 鱼道	61
7. 超高效底部挡板鱼道	65
8. 既可以过鱼又可过船的 V 型挡板鱼道	67
9. 阿拉斯加陡峭鱼道	69
第七章 鱼闸和升鱼机	74
1. 鱼闸	74
2. 升鱼机	77
第八章 通过涵洞、岩堰及河口障碍物的过鱼通道	88
1. 通过涵洞的过鱼通道	88
2. 通过岩石堰的过鱼通道	93
3. 在海岸和河口障碍处的过鱼设施	94
第九章 西鲱鱼道的设计	100
1. 引言	100
2. 西鲱的游泳能力和洄游行为	100
3. 水池型鱼道	101
4. 挡板鱼道	103
5. 升鱼机和鱼闸	104
6. 西鲱鱼道的吸引力和设置	104
7. 西鲱鱼道的效率	104
第十章 鳗鱼道	109
1. 生物学要素	109
2. 通过障碍的不同方式	110
3. 幼鳗和黄鳗过鱼设施的设计	111
第十一章 鱼道设计、施工监理、成本、水工模型研究	117
1. 鱼道设计	117
2. 施工	120
3. 鱼类通过设施的造价	121
4. 水工模型研究	122
第十二章 鱼道监测技术	123
1. 鱼道监测	123
2. 监测水力和机械运转状况	123
3. 收集定性生物学信息	124
4. 计数鱼道中鱼的数量	124
5. 鱼道真实效率的评价	130

第十三章 降河洄游：问题与设施	135
1. 概要.....	135
2. 降河洄游涉及的种类和生命周期阶段	135
3. 人工治理河流对降河洄游鱼类造成的问题	135
4. 降河洄游设施	138

第一章 鱼道：生物学依据、限制及法律问题

J. P. PORCHER^① F. TRAVADE^②

1. 洄游性鱼类：若干定义

鱼类的种群非常密切地依赖于其生活并支持其所有生物功能（生殖、营养、运动等）的特定水生生境的特征。

这种依赖性在洄游性鱼类中是非常明显的，在它们生命周期的主要阶段如产卵、幼鱼发育、成鱼和性成熟过程需要不同的环境，而在不同的环境之间移动是此类鱼类生存所必需的。

洄游性鱼类主要分为两种：

河湖间洄游性（Potamodromous）种类，这种鱼整个生命周期在淡水中完成，且它的繁殖和觅食区域可能被或大或小的距离所隔断。

所有鱼类都在河流集水区四处活动，但这种迁移行为对它们生命周期的成功完成是重要的。有些种类譬如白斑狗鱼（*Esox lucius*）、鳟（*Salmo trutta fario*）、湖鳟（*Salmo trutta trutta*），生命周期的连续阶段所必需的区域划分非常不同，并且经常相隔甚远。为了维持健康和成功的种群，有强烈的洄游需求。这些需求在其他种类中较不明显，如欧白鱼和拟鲤。然而为了避免生殖隔离，有必要维持河段之间个体的循环交流。

淡海水间洄游（Diadromous）种类，在他们的生命周期过程中必须改变生活环境，部分发生在淡水中，部分在海水中，生殖区和索饵区之间距离可达数千公里。

随着栖息地的每一次变动，淡海水间洄游鱼类在外形和生理上的变化使它们容易受到伤害。对于迁移中的年幼鲑科鱼类，这种变动叫做幼鲑初次降海，可以使它们适应海洋阶段的生活。

淡海水间洄游种类又可分为两种类群：

溯河产卵（Anadromous）种类，如大西洋鲑鱼（*Salmo salar*）、美洲河鲱（*Alosa alosa*）、海七鳃鳗（*Petromyzon Marinus*）、鲟鱼（*Sturio sturio*）等，在淡水中繁殖，在海水中生长。这种鱼类洄游到淡水是出于繁殖的目的。溯河产卵的种类可以准确的识别并回到它们出生的河流集水区域，误差率非常低。这种返回到它们诞生河（“回家”）的现象主要依赖于嗅觉对水流的识别。因此，各江河流域都有属于它自己并且构成独特的种群群落。

降河产卵（Catadromous）种类，如鳗鲡（*Anguilla anguilla*），具有相反的生活周期。洄游返回到淡水是出于索饵的目的。对于欧洲鳗鲡，亲鱼会聚集于马尾藻海。从任何一个地方或流域而来的亲鱼并不会发生种群的隔离现象，因此欧洲大西洋海岸只有一种鳗鲡种群的存在。

2. 自由洄游的障碍：洄游性鱼类衰退的主要历史因素

据观测，在过去的两个世纪，法国洄游性鱼类的地理范围在不断缩小，并且近期减少的趋势有所增大。

① Conseil Supérieur de la Pêche, DR 2, 84 Rue de Rennes, 35510 CESSON SÉVIGNÉ - France.

② Electricité de France, Research and Development, 6 Quai Watier, 78401 CHATOU Cedex - France.

洄游种类的衰退尤其以淡海水间洄游种类最为明显。在大多数情况下，其衰落的主要原因在于河道建筑阻止了鱼类的自由迁移。直到现在这一原因对鱼群衰退的影响超过了水污染或过度捕捞。河道阻碍是鱼群完全消失（莱茵河、塞纳河和加仑河的鲑鱼等）或某些种类被限制在河流某个有限河段的原因（卢瓦尔河的鲑，加仑河和罗讷河的西鲱）。

直到 20 世纪 70 年代期间，由于科技的进步，迁移种群衰落的趋向得到扭转，人们才开始考虑将一些鱼类向他们的原产地迁移。从而启动了洄游种群恢复的繁育计划。

3. 自由迁移的必要条件

3.1 迁移必要条件的种间差异

表 1 列出了主要淡海水间洄游种类的生物学特征。溯河产卵的种类其繁殖区域分布在整个河系，上游和中游为鲑科鱼类，中游和下游为七鳃鳗，鳗鱼倾向分布于整条河流。

表 1 大部分迁徙种类的生命周期特征

鳗鲡	生活周期的特征		鲑 (<i>Salmo salar</i>)	海鲈 (<i>Salmo trutta</i>)	阿勒斯西鲱 (<i>A. alosa</i> -) 芬塔西鲱 (<i>A. fallax</i>)	七鳃鳗 (<i>Petromyzon marinus</i> <i>Lampetra fluviatilis</i>)	鲟 (<i>Acipenser</i> <i>sturio</i>)
马尾藻海	生殖场点	生殖场所的位置	上、中区	上、中区	中、下区	上、中区	中、下区
		生殖场所的特征	砾石床水流	砾石床水流	卵石床水流-浮性卵	砾石床（鲑）	水流深沟
3 月~7 月	日期	日期	11 月至次年元月	11 月至次年元月	5~7 月	海七鳃鳗：3~6 月 温度>8~10℃， 七鳃鳗：5~6 月 温度>15℃	5~6 月
	孵化期	孵化期	孵化和再吸收 大约 3 个月	孵化+再吸收 约 3 个月	孵化：18℃ 7 天， 22℃ 4 天	孵化：海七鳃鳗： 18.5℃，10~13 天	孵化：19℃ 3 天，14℃ 7 天
假定：1 年	海水中迁徙期	淡水中生活的时间	1~2 年	1~2 年	3~6 个月	未成熟生活：约 4~5 年	约 6 个月+数月 河口生活
夏季一些阶段	移居淡水区	降河洄游	3~6 月	3~6 月	夏、秋季-河口生活期	海七鳃鳗：10 月~2 月 七鳃鳗：10 月~4 月	冬季
3~10 年	淡水中生活时间	海水中生活时间	1~3 年	1 个夏季至 2 年	3 至 5 年	海七鳃鳗：20~31 个月 七鳃鳗：17~29 个月	寿命>60 年， 未成熟鱼返回至河口
5~12 年	初次成熟最小年龄	初次成熟最小年龄	约 3 年	约 3 年	雄性：3 年 雌性：4 年	6~7 年	约 10 年
秋、冬季 (流量增加达峰值)	生殖洄游期（降河）	生殖洄游期（溯河）	依鱼群数目而变，一整年数次	一个峰值在 6 月~7 月，一个峰值在秋季	3 月~7 月	海七鳃鳗：12 月~5 月 七鳃鳗：10 月~4 月	3 月~6 月
否	多次产卵	多次产卵	很少 (<10%)	很频繁	阿勒斯西鲱 罕，芬塔西鲱 很常见	否	是
降河产卵种类	溯河产卵种类						

大西洋沿海的流域可能在它们的整个流域长度中皆提供无论哪种洄游鱼类不同生命阶段所需的生境。

只有当所有合适的生境对洄游性鱼类而言都容易抵达，才可能繁育或恢复其数量。管理策略必须考虑到所有河道中阻碍物的本质和位置地点以及该处的鱼群种类。

在下游的河道中，必需在所有障碍物间维持永久且完整的自由通道。所有障碍物都必须是鱼类能够通过的，并且每个障碍物对洄游造成的时间延迟应尽可能减到最小。

当障碍位于生长区或生殖区中部时，在最下游的障碍物上修建鱼道可以直接增加鱼类数量。鳗鲡和美洲河鲱就是例证。使这些种类在通过障碍时的时间延迟减到最低同样是必要的，因为它们活跃的迁移时期是有限的，且对于西鲱来说，这个时期离它们的繁殖期非常近。

对于比淡海水间洄游（Diadromous）种类有更多限制要求的河湖间洄游种类（Potamodromous）来说，在河段间保持联系是很有必要的，而完成迁移过程的鱼类数目较不重要。如果仅仅考虑这一种鱼类，虽然鱼道中的水力条件必须细心设计，但可以接受鱼道吸引力水平稍微弱弱的情况。

3.2 自由迁移几乎是一个固定的必要条件

在大型河流中由于许多鱼类洄游期在时间上的重叠，所以必须保证河道障碍物上可提供永久的通道。图 1 说明了这一点，该图显示了 Dordogne 河 Bergerac 鱼道每月平均通过的鱼的数量。春天（4~6月）洄游高峰显示了西鲱的产卵洄游及河湖间洄游种群的迁移达到顶峰。除了在这个时期外，特定种类的鱼在特殊期间也出现相对集中的连续运动（例如鲑和海鲱的洄游峰值期在年末，即 10 月到 12 月）。值得注意的是，Bergerac 诱捕笼的结构不能监测七鳃鳗和鳗鱼的通过，这会增加春夏两季记录的鱼的总数。

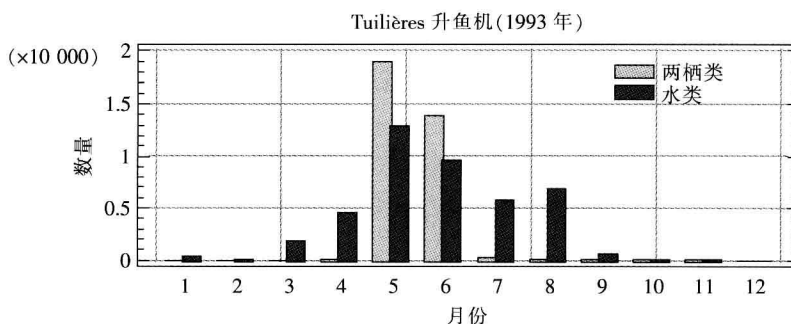


图 1 Dordogne 河 Tuiliere 升鱼机每月平均洄游鱼量

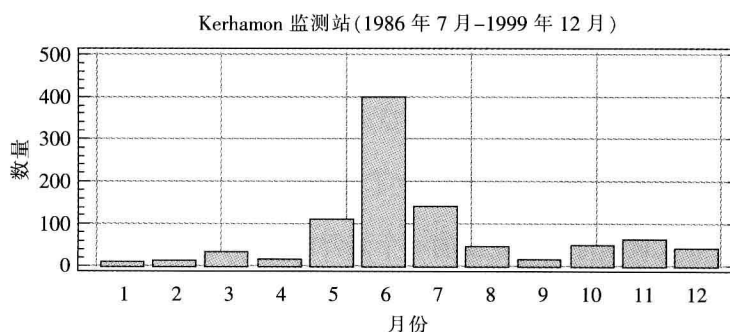


图 2 Elorn 河 Kerhamon 监测站每月平均洄游鱼量

在鲑鱼出现的河中连续监测数年便可得知一整年中什么样的水文气候条件对迁移有利。图 2 显示

了在 Kerhamon 站捕捞鲑鱼的月平均数量（法国，Elorn 河）。5、6、7 三个月的显著峰值与首次从海洋返回至淡水的幼鲑（仅在具有 Armorican 丘陵的河流特征的海洋中短暂逗留的鲑）的到达时间相符。然而，洄游活动在整年都在持续，只是强度上有一些波动。

由于现在存在很多鱼类种群，所以鱼道只在非常短的时期可以空闲，不用运转。例如，这也许发生在某些河流集水区上部区域，鲑科鱼类产卵期开始前的一小段时间。但是，不论什么原因，当鱼类到达河流的障碍处迁移开始时，必须保证鱼道的畅通。在没有鱼道的情况下（或鱼道设计的非常不合理），迁移鱼群在通过阻碍时可能受到伤害或出现死亡。在幼鳗和小鳗鱼被阻拦于水坝下游时，它们也可能因遇到掠食性动物而使死亡率增加。

3.3 无法永远保证无障碍的自由通道

简单地提供一种过鱼设施本质上不能解决鱼群洄游的问题，必须不断的维护设施，并且不断地核实它的效率，因为任一环境变动都能影响它的最适性能：由于渠道施工或河床的不稳定性造成河流障碍处上游或下游的水位有所变动；在站点水力操作的变动（装备的变动、涡轮安装或拆除、新的操作步骤）。

在洄游路线上只要有一个鱼道运作不佳便足以完全毁掉其他对鱼类的生存和发展所做的努力。因此在其上重建自由洄游通道的水体必须永久地严密监测。它不再被视为一个自然系统，而必须灵活处理。

4. 重建自由洄游通道：方法、困难和局限

4.1 设计鱼道需要生物学和水力学两种技能

洄游种类的生物学要求是鱼道设计的依据。鱼道这个术语掩饰了一些环境情况多样性。它们实际上应该叫做鲑科鱼类鱼道、西鲱鱼道、鲤科鱼类鱼道或鳗鲡道。通过对迁移种群游泳或飞跃能力以及面对障碍时它们的行为反应的认识，才得以建立某一鱼种过鱼设施大小要求的设计标准，将来设计鱼道时不应该忽略这些标准。设计阶段必须考虑到有关站点信息。并且为了保证在迁移季节期间的河流正常流量下设施能够正常运转，必须应用水利和土木工程的必要技能。

4.2 在河道障碍处提供一种过鱼设施不能完全补偿对洄游鱼类造成的伤害

为迁移鱼类建立鱼道并不意味着可以无限制的在河流上修建大坝。首先，在河道中修建大坝会发育幼和产卵地河流水体理化性质或者水力特征改变，例如产卵和育幼地区的淹没，从而会对洄游鱼类造成某些无法挽回的损害。第二，即使是最佳设计并且对鱼有很大吸引力的鱼道设施也必然会延迟鱼类的迁移过程，并且障碍物在河道上的累积作用也可能会迅速达到一个与维持洄游鱼类数量比例不相容的值。这对于一些要求比较苛刻的种类（美洲河鲑）来说是很根本的问题，而对降河洄游的迁移种类，可能伴随着由于无法通过涡轮机和泄洪道而造成的死亡率。

4.3 自由通过只是洄游鱼类资源管理的一个方面

自由通道是洄游鱼类数量的维护或恢复的一个必要前提。在过去，这一因素是某些种类衰退或灭绝的主要原因，而将来它只是未来鱼群管理方针中的一项因素。

迁移种群的数量也受其他许多因素调控，且最近一些因素已经出现：

- ①水质的恶化以及水体中天然流量的改变；
- ②与洄游鱼类有关的疾病或寄生生物的进入或传播；
- ③与河流水体（抽水设施、防洪设施）、局部环境（排水湿地，洪水平原）或流域之间的物理性