

 CRC Press
Taylor & Francis Group

鱼道及其他过鱼 设施的设计

Design of Fishways and Other Fish Facilities
(Second Edition)

[加] Charles H. Clay 著
骆辉煌 冯顺新 杨青瑞 余晓 等 译



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

鱼道及其他过鱼 设施的设计

Design of Fishways and Other Fish Facilities (Second Edition)

[加] Charles H. Clay 著
骆辉煌 冯顺新 杨青瑞 余晓 等 译



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

· 北京 ·

内 容 提 要

本书主要描述了北美洲多种鱼道及其他过鱼设施的类型以及发展过程,并提出对鱼类的保护措施。具体包括鱼道设计和运行过程中的相关知识和研究,强调生物学家和工程师在鱼道设计中应共同探讨研究,以制定出适合的保护鱼类生存和渔业发展的工程措施,内容尽可能涵盖了发展中国家对过鱼设施的需求。

本书为从事鱼道及其他过鱼设施设计的科研和设计人员提供相关的借鉴,也为相关学科的师生学习提供参考

版权声明:

泰勒-弗朗西斯集团有限公司旗下 CRC 出版社首次出版的英文原版授权翻译出版。封面无泰勒-弗朗西斯集团标签的图书是未经授权的非法印刷品。

北京市版权局著作权合同登记号: 01-2016-7366

图书在版编目(CIP)数据

鱼道及其他过鱼设施的设计 / (加) 查尔斯·克莱
(Charles H. Clay) 著; 骆辉煌等译. -- 北京: 中国
水利水电出版社, 2016.11

书名原文: Design of Fishways and Other Fish
Facilities (Second Edition)

ISBN 978-7-5170-4932-6

I. ①鱼… II. ①查… ②骆… III. ①鱼道—设计
IV. ①S956.3

中国版本图书馆CIP数据核字(2016)第287527号

书 名	鱼道及其他过鱼设施的设计
原 书 名	YUDAO JI QITA GUOYU SHESHI DE SHEJI
原 著 者	Design of Fishways and Other Fish Facilities (Second Edition)
译 者	[加] Charles H. Clay
出版发行	骆辉煌 冯顺新 杨青瑞 余晓 等 中国水利水电出版社 (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 (营销中心)
经 售	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
排 版	中国水利水电出版社微机排版中心
印 刷	三河市鑫金马印装有限公司
规 格	170mm×240mm 16 开本 13.25 印张 252 千字
版 次	2016 年 11 月中文版第 1 版 2016 年 11 月第 1 次印刷
印 数	0001—1000 册
定 价	38.00 元

凡购买我社图书,如有缺页、倒页、脱页的,本社营销中心负责调换

版权所有·侵权必究

从联合国粮食及农业组织 (Food & Agriculture Organization of the United Nations, 简称联合国粮农组织) 退休以来, Charles H. Clay 已经成为世界上许多组织、企业和政府的顾问。他出生于加拿大不列颠哥伦比亚省的新威斯敏斯特, 并于 1944 年在英属哥伦比亚大学土木工程系获得了应用科学的学士学位。在 1962—1963 年间, 他完成了荷兰代尔夫特大学水利工程的国际课程, 获得了水利工程的研究生学位。从 1949 年以来, 他是不列颠哥伦比亚省的专业工程师协会的成员, 现在为终身会员。他在国际太平洋鲑鱼渔业委员会的工作期间, 由于其在不列颠哥伦比亚省的鲑鱼保护的首创性工作, 他



作者

1950 年获得了首席工程师及温哥华渔业联邦部的资源发展首席。在这段时期, 在鲑鱼保护方面的成绩主要在不列颠哥伦比亚、育空及华盛顿、俄勒冈和加利福尼亚等西部各州工作而获得。他还担任加拿大政府顾问, 研究加拿大东海岸、纽芬兰和五大湖间鱼类洄游问题。基于工作经验的积累, 他在 1961 年写的鱼道和其他过鱼设施设计的第 1 版。随后在 1965 年加入位于意大利罗马的联合国粮食及农业组织前, 他在其他国家获得了解决鱼类洄游问题的大量经验, 这些国家包括英国、苏格兰、爱尔兰和荷兰。在联合国粮食及农业组织工作期间, 他担任湖泊项目协调员, 评估和发展埃及阿斯旺大坝、尼日利亚卡因吉大坝、加纳沃尔特大坝、赞比亚卡里巴大坝及其他等新建大型水坝而形成的巨大水库渔业。他也考察过印度、伊朗、波兰、希腊、冰岛及其他国家的水利工程, 并对渔业工程问题给出了建议。他参加了国际联盟在希腊雅典召开的自然资源保护会议、美国地球物理联合会在田纳西州诺克斯维尔召开的会议、在日本岐阜县召开的鱼道国际学术研讨会, 并提交了论文。现在他已经收集了所有的知识, 在世界上的渔业工人的帮助下, 从全球学科发展最新的视度, 编辑了《鱼道及其他过鱼设施的设计》(第 2 版)。在 1993 年, 他获得了美国渔业协会生物工程部分的优秀奖。

译 者 序

大规模的水利水电工程建设对鱼类洄游造成了显著的影响，鱼类洄游通道严重受阻。鱼道及其他过鱼设施是为解决鱼类自然洄游通道受阻的补救措施，一般用于在水闸或大坝上修改人工过鱼设施来保护鱼类的洄游习性。目前在我国水利水电工程建设中，鱼道是保护修复鱼类洄游通道的主要举措，得到了广泛应用。

鱼道一般由进口、槽身、出口和诱鱼补水系统组成。进口多布置在水流平稳处，依靠水流的吸引进入鱼道。鱼类在鱼道中需要依靠自身的力量克服流速逆流而上，以实现溯河洄游。目前鱼道设计尚存在诸多技术问题亟须解决。

本书作者 Charles H. Clay 曾就职于联合国粮食及农业组织，并且是世界上许多组织、企业和政府的顾问。他在国际太平洋鲑鱼渔业委员会和联合国粮食及农业组织的工作期间，研究解决了加拿大、英国、苏格兰、爱尔兰和荷兰等国家和地区的鱼类洄游问题。基于工作经验的积累，他在 1961 年写的鱼道和其他过鱼设施设计的第 1 版。随后根据科学技术的发展，重新编著了《鱼道及其他过鱼设施的设计》（第 2 版）。《鱼道及其他过鱼设施》（第 2 版）为解决鱼类过坝问题提供了很好的参考，值得为我国水利水电工程鱼道规划和设计的科研人员推荐。

全书分为 7 章。第 1 章作为概论，对鱼道及过鱼设施作了简要的介绍，并简要介绍了世界各地鱼道及过鱼设施的使用情况；第 2 章至第 5 章分别着重介绍了自然阻隔下的鱼道、大坝的鱼道、鱼闸和升鱼机，以及栅栏和拦截坝；第 6 章重点介绍了下游河段鱼类洄游的保护；第 7 章重点介绍了涵管式鱼道。附件对一些鱼道的改进

进行了说明。附录 A 和附录 B 分别介绍了鱼道相关的水力学知识和鱼类常用名录。

本书由长期从事水生态与水环境学科研究的科研人员合作翻译。参加本书翻译的人员有骆辉煌、冯顺新、杨青瑞、余晓、黄智华、高婷、王尚玉、杨锋、郑敬伟等人。全书由骆辉煌、冯顺新、杨青瑞统稿校译。

在本书的翻译过程中，还得到了赵珊珊、陈芳斐、景傲霜、袁梦娇、杨成锋和甘甜等同志对部分文字的编辑，在此对他们的辛勤劳动表示诚挚的谢意。

由于时间和水平有限，不免有疏漏之处，敬请读者不吝指正。

译者

2016 年 11 月于北京

原 著 前 言

联合国粮农组织渔业部门的前同事的启发下，编写了这个新版本。他们接收到有关鱼道的咨询时感觉到很尴尬，他们不得不告诉咨询者，仅有的一本关于鱼道的著作，是在 20 年前所著，最近已经绝版了。于是我与联合国粮农组织资源和环境部主任亨德森-弗兰博士达成协议，开始编写新版本，在新版本中尽可能涵盖发展中国家对过鱼设施的兴趣和需求。

在改版的最初阶段，很快就发现在发展中国家，特别是在南半球，关于过鱼问题的研究进展非常缓慢。然而，我总结了我在这些国家工作的经验，此外更新所有北半球发达国家的数据和材料。

我对所有客户的帮助深表感谢。感谢美国的 Milo Bell, George Eicher 和 Ted VandeSande 非常有用的帮助。感谢加拿大的 Chris Katopodis, Ray Bietter, Vern Conrad, H. Jansen 和 Paul Ruggles 提供了有价值的信息。感谢法国的 M. Larinier, 英国 M. Beach, 爱尔兰的 C. McGrath, 冰岛的 T. Gudjonsson, 德国的 G. Jens 和荷兰的 L. Van Haasteren 提供的大力帮助。同样感谢南非的 A. H. Bok, 澳大利亚的 J. H. Harris 和 M. Mallen - Cooper, 新西兰的 C. Mitchell, 和东南亚的 V. Pantulu 和 H. R. Rabanal, 及中国的 Xiangke Lu 提供的帮助。联合国粮农组织资助的俄罗斯 D. S. Pavlov 和拉丁美洲 R. Quiros 的出版物非常及时。这为我更新全世界的鱼道问题和实践提供了大量的素材。

在美国渔业协会资助下，我得以完成手稿和新的插图；卡尔沙利文在这方面提供了帮助。以下机构慷慨地提供资金支持：

- 联合国粮农组织

- 加拿大渔业和海洋部
- 美国内政部、农垦局

渥太华的加拿大渔业和海洋部已经授权可使用原著的数据。J. Clay 绘制了新的图表，J. Johnson 输入了手稿。在此真诚地感谢以上所有的人和组织为第 2 版的出版提供的帮助。

Charles H. Clay

目 录

译者序

原著前言

第1章 概论	1
1.1 简介	1
1.2 一些法律方面的考虑	1
1.3 定义	2
1.4 历史	6
1.5 世界各地鱼道、鱼闸、升鱼机的使用现状	11
1.5.1 北美洲	11
1.5.2 西欧	14
1.5.3 东欧和俄罗斯	16
1.5.4 拉丁美洲	16
1.5.5 非洲	17
1.5.6 澳大利亚和新西兰	18
1.5.7 中国	18
1.5.8 日本	18
1.5.9 东南亚	18
1.6 关于游泳速度的第一个词	19
1.7 参考文献	21
第2章 自然阻隔下的鱼道	24
2.1 概述	24
2.2 隔板竖缝式鱼道	25
2.3 竖缝式鱼道在小型鱼道中的应用	27
2.4 自然阻隔下的丹尼尔鱼道	30
2.5 在自然阻隔下布设鱼道的程序	32
2.6 问题的定义——生物数据	32

2.7	工程测量及野外监测	33
2.8	自然阻隔下鱼道的初步设计	37
2.9	自然阻隔下鱼道的功能设计	39
2.10	自然阻隔下鱼道的结构设计和施工	44
2.11	自然阻隔下鱼道的维护与评估	47
2.12	参考文献	48
第3章	大坝的鱼道	49
3.1	大坝对洄游性鱼类的影响	49
3.2	大坝的类型	49
3.2.1	混凝土拱坝	50
3.2.2	混凝土重力坝	51
3.2.3	安布森式坝或支墩坝	52
3.2.4	土石坝	52
3.2.5	木垛坝	52
3.3	大坝运行对鱼道设计的影响	53
3.4	鱼道入口——概论	54
3.5	鱼道入口——溢流道	57
3.6	鱼道入口——发电厂房（厂房收集系统）	62
3.7	辅助（或吸引）流	71
3.8	丹尼尔鱼道在大坝中的使用	72
3.9	大坝中竖槽鱼道的使用	74
3.10	大坝中堰式鱼道的使用	77
3.11	鱼道容量	81
3.12	鱼道出口	87
3.13	水工模型	89
3.14	施工中的鱼道	94
3.15	鱼道造价	96
3.16	世界上对溯河产卵鱼类的设计依据	97
3.17	鳗鲡梯	102
3.18	其他降海洄游性鱼的鱼道	107
3.19	参考文献	107
第4章	鱼闸和升鱼机	110
4.1	定义和历史	110
4.2	鱼闸	112

4.3	升鱼机	118
4.4	鱼闸和升鱼机的费用	123
4.5	鱼闸和升鱼机的比较	123
4.6	参考文献	124
第5章 栅栏和拦截坝		126
5.1	栅栏综述	126
5.2	成鱼计数栅栏的场地选择	127
5.3	成鱼计数栅栏的详细设计	130
5.4	下游洄游幼鱼的计数栅栏	135
5.5	成鱼栅栏	136
5.6	栅栏的成本	139
5.7	拦截坝	139
5.8	电子栅栏	142
5.9	五大湖区的七鳃鳗栅栏	143
5.10	参考文献	144
第6章 下游河段鱼类洄游的保护		145
6.1	存在的问题	145
6.2	水电站鱼类损失	146
6.3	取水口损失预防措施	149
6.3.1	行为障碍	149
6.3.2	物理障碍和分流装备	150
6.4	依据游泳能力确定的行近速度	150
6.5	格网的网眼类型和尺寸	153
6.6	旁路	156
6.7	灌溉沟渠格网——旋转滚筒格网	158
6.8	斜面格网	160
6.9	固定的且垂直于水流的工业取水口格网	162
6.10	工业取水口格网的机械或自我清洁	164
6.11	百叶窗转向器	165
6.12	水电站取水口鱼类降河洄游保护对策	167
6.13	参考文献	168
第7章 涵管式鱼道		170
7.1	存在的问题	170
7.2	生物学方面	170

7.3	工程因素	171
7.4	方法探索	173
7.5	使现有涵管可通行	174
7.6	建议	177
7.6.1	新式涵管安装	177
7.6.2	旧式涵管改造	178
7.7	参考文献	178
附录 A	基础水力学	180
A.1	概述	180
A.2	测量的单位	180
A.3	定义	181
A.4	假定	182
A.5	流量的基本公式 $Q=AV$	182
A.6	孔口出流	182
A.7	堰流	185
A.8	明渠流	187
A.9	流量测量	188
A.10	管流量测	188
A.11	使用堰或孔口量测流量	189
A.12	天然河流流量测量	190
A.13	补充阅读材料	193
附录 B	鱼类常用名汇编	194
附录 C	附件	198
C.1	对哥伦比亚河大坝设施的改进	198
C.2	对于旋转屏幕的改进	198
C.3	澳大利亚对于降河产卵鱼类鱼道的研究	199
C.4	参考文献	200

第 1 章 概 论

1.1 简介

许多类型的过鱼设施帮助鱼类在洄游时越过大坝、瀑布和激流，本章中介绍的这些过鱼设施的类型主要为鱼道 (fishway)、鱼梯 (fish ladder) 或者鱼通道 (fish pass)。通常，鱼道 (fishway) 和鱼梯 (fish ladder) 主要应用于北美洲，而鱼通道 (fish pass) 主要应用于欧洲。为了术语一致性，本书统称这些设施为鱼道 (fishway)。某些类型的鱼道能够帮助鱼类通过自己的努力逆流而上，本书将在第 2 章、第 3 章着重介绍这些类型的鱼道。鱼闸和升鱼机则是通过提升的方式帮助鱼类翻越障碍物，将在第 4 章重点介绍鱼闸和升鱼机。

无论这些过鱼设施在世界不同地区称作什么、是为哪种鱼类所设计，但所有鱼道的定义基本相同。从本质上说，鱼道即为通过消能的方式帮助鱼类在其可承受压力范围内上行越过障碍物的河流通道的。

鱼道有着悠久的历史，最早的记录可追溯至 300 多年前的欧洲。毫无疑问，对于鱼道必要性的认知远早于此。但在早期时代，在会议上讨论鱼道的必要性是难以理解的。且不幸的是，对鱼道必要性的忽视一直延续到近代。近些年，随着工业的发展，鱼类通道问题才为人类所意识到。在很多地区，洄游鱼类的种群已完全消亡，任何恢复、补救措施均无济于事。与此同时，世界各地尚有许多洄游鱼类的物种面临灭绝的危险。随着人类科学研究能力和管理水平的日益增强，人类对物种保护的意识也不断加强，从而使得尚存洄游鱼类物种的数量在很大程度上能得到维持甚至增加，其中修建足够数量的鱼道即为保护的方法之一。

1.2 一些法律方面的考虑

在大部分有鲑鱼洄游的北半球国家，均意识到应该在建有大坝或水闸等阻隔建筑物的河流上为鱼类提供过鱼设施。这种生态保护意识直接表现在为保证鱼类洄游，在新修建的堰坝上修建了过鱼设施。随着生物科学的发展、公众对生态保护认知的提高，生态保护的需求已经纳入到了现代法律规定之中。

在许多国家，洄游性鱼类在某些重要的渔场中具有举足轻重的作用。在这些国家一般都建立了特别的法律、法规用于保护这些受到大坝和其他水工建筑



物影响的鱼类。在北美洲，相关的法律概念和管理措施较为统一。该区域法律规定，对于影响鱼类洄游的大坝或水工建筑物的所有者有义务提供、修建过鱼设施。在法律规定大坝所有者提供合适的过鱼设施的同时，大坝所有者并不需要成为专业的鱼道设计者，政府或者政府顾问有义务为大坝所有者提供相应的设计，以确保顺利实施过鱼设施的建设。这一政策使大坝所有者制定鱼道设施的功能规划和规范提供了依据。这些规划和规范通常包括总体布局、内部尺寸和鱼道水力形态的技术指标等具体细节。鱼道结构设计与大坝设计同时进行，从而设计方案更易获得政府批准。

本书将以如下方式介绍鱼道。对于大坝上的鱼道，将不详细介绍结构细节，此类信息在大坝和其他水工建筑物的设计标准中有详细介绍。本书将重点介绍关于鱼道功能及其水力形态需求，这是鱼类学家最为关心的问题。在具有天然障碍物的河道上修建鱼道时，由于渔业工程师和生物学家们能够全盘考虑负责的项目，可整体性地解决鱼道建设所面临的诸多问题，如构思、勘测、水力形态与功能设计、建造及鱼道的运行等。

一般理所当然地认为在满足公共利益最大化的前提下，在大坝上修建鱼道会更容易获批准，但实际上并不完全如此。在某些情况下，最好的鱼道设施可能也无法保证渔业的持续发展。如果渔业在该区域具有举足轻重的作用，那么公共利益最大化得以保证的前提是拒绝修建大坝。因此，本书假设水工建筑物的修建后公共利益能够得到满足，在此条件下修建最经济实用的过鱼设施是必要的。

1.3 定义

为了定义用来描述鱼道各个部分的专业术语，有必要了解鱼道的基本类型。全世界最常见的鱼道通常都是由一系列的水池组成，按照梯级分布将水流由大坝上游引导至坝下，水流从上游由一个水池流向下一个水池。鱼类则通过跳跃或游动由一个水池到达相邻的水池，从而成功实现逆游洄游。这些水池被各种堰（障碍物或坝）所分割，且每个被分割的水池的水位均由这些堰控制，这种鱼道即为溢流堰式鱼道。这种类型的鱼道起源于在大坝附近开挖一系列梯级池塘或水池形成的鱼类洄游通道。现代鱼道的基本设计原理基本一致，即通过一系列横墙将矩形横断面的水槽分割成一系列互相沟通的水池，这些横墙的作用相当于堰，用来增加水流阻力和减缓流速。

虽然我们通常更多地采用溢流堰式鱼道，但有时也会采用淹没孔口式鱼道，即在隔板上设有浅孔或溢流孔，鱼类可通过这些溢流孔实现溯河洄游。这种类型的鱼道通常称为淹没孔口式鱼道。本书中将会讨论此类型鱼道。

大多数现代堰式鱼道在挡水隔板上设有溢流孔，这种鱼道仍然属于堰式鱼

道。如此设计能够保证有足够水流溢出隔板以便于鱼类向上游游动。

既有堰也有溢流孔的鱼道，能够确保水流从一个水池到下一个水池的过程中，水能消散于每个水池的湍流之中。理论上，通常水池的容量比水量大很多，以便使每个水池都能有足够的空间吸收这些湍流，确保水流在进入下一个水池之前水能充分消散。这种方式使水能均匀地消散于鱼道内，从而确保鱼类能够在其允许的压力范围内实现溯河洄游。

大约在 80 年前，比利时一位鱼类学家丹尼尔提出一种消散水流下泄能量的设想，即通过构建一个斜槽及在槽壁与槽底安装隔板和底坎，从而促使部分水流回流以达到消耗能量的目的。由于隔板和底坎的存在，水流从中央孔口通过时在其边壁和底坎上会形成反向回流从而实现减速消能，使得鱼类能够通过鱼道逆流洄游。这种类型的鱼道即为丹尼尔鱼道，并由此衍生出很多不同的鱼道设计，本书将所有这些类型都归类为丹尼尔式鱼道。

第四种类型的鱼道称为竖缝式鱼道，类似于淹没孔口式鱼道。但不同的是溢流孔沿隔板自下而上连续分布，形成一条狭长的竖缝，而不仅仅是底部的一个溢流孔。相对淹没孔口式鱼道，竖缝式鱼道会形成不同的水流特征和水力形态。此种鱼道大约在 1943 年研发成功，其称作竖缝式或地狱门式鱼道。这种鱼道一定程度上借鉴了丹尼尔式鱼道最初的设计原理，所以又称其为组合式鱼道，成功广泛应用于北美洲和欧洲鲑鱼及其他鱼类的过坝洄游。竖缝式鱼道的构造方式为沿水槽壁每隔一定距离设立一个隔板，不同形状的隔板能够使得部分下泄水流产生回流。如果竖缝形状和尺寸设计得当，会最大程度地实现水能的消散。由于竖缝自上而下分布于隔板上，如此设计能够保证生活在不同水层的鱼类都能通过竖缝由下游水池游向相邻的上游水池。这种类型的鱼道在 Milo C. Bell 的管理下，成功地运用到加拿大弗雷泽河的地狱门，因此其又称为地狱门式鱼道。由于这个设计广泛地应用于世界不同地区，因此本书统称其为竖缝式鱼道。

和鱼道有关的其他术语大多来源于一个概念，即鱼道是鱼类由下游上溯至上游的通道，而非由上游到下游的通道。例如，下游处被称作鱼道入口，或简称为入口；上游处则被称作鱼道出口或简称其为出口。这种术语会给水力学家带来困扰，他们更习惯于通过河流的流向来定义入口和出口。在使用鱼道入口和鱼道出口这类专业术语时，其所隐含的原理具有重要意义，因为它是从鱼类的角度来看待鱼道的所有问题。

鱼道入口是鱼道最重要的部分，尤其是当鱼道入口在大坝上时显得特别重要，本书将在后文有专门章节来讨论鱼道入口的各种变化和需求。下面将讨论的进口诱鱼系统为电站尾水处鱼道入口的准备装置，其作用是为了使鱼类能够为电站尾水的下泄水流所吸引，从而更容易找到鱼道入口。

相较于河道水流，鱼道入口的出水水流很小而难以吸引溯河洄游的鱼类，因



而需要一个辅助供水系统来提高鱼道入口的出水流速，从而更易于吸引鱼类，这个即为诱鱼水流。下面的章节将详细介绍目前诱鱼水流数量和流速的技术参数。

鱼道通常位于或靠近河岸，如此设计能够为鱼类向上游洄游提供保证。通常，在自然障碍物和大坝的两侧均会设置鱼道。此种情况下，为了区分这两处鱼道需要对一个或另一个进行指定、说明。标准的说明办法是指定左岸鱼道或者右岸鱼道，即人面对下游的左手边为左岸，右手边为右岸。

鱼闸和升鱼机这两种不同类型的鱼道将在本书第4章详细介绍。确切地说，鱼闸是一种供鱼类自下游翻越到大坝上游的鱼道设施。这种鱼道一般有两个闸室，一个位于坝的上首，另一个位于坝的底部，上、下端闸门交错启闭进行过鱼，两者由斜井或竖井相连接。底部闸室每隔一定时间关闭。底部闸室关闭时，闸室内水位上升，闸室中的鱼群可沿斜井往上游，并通过上闸室的溢水闸游出，如此鱼类可顺利地翻越大坝。鱼闸的运行原理同船闸相同，实际上很多情况下，鱼类直接通过船闸实现溯河洄游。升鱼机是一种机械类的运输鱼类设施，像是一节火车车厢、油罐车或者缆车车厢。本书将从鱼类收集与运输两个方面对升鱼机进行介绍。

图 1.1 和图 1.2 简单地展示了鱼道、鱼闸和升鱼机的形式。

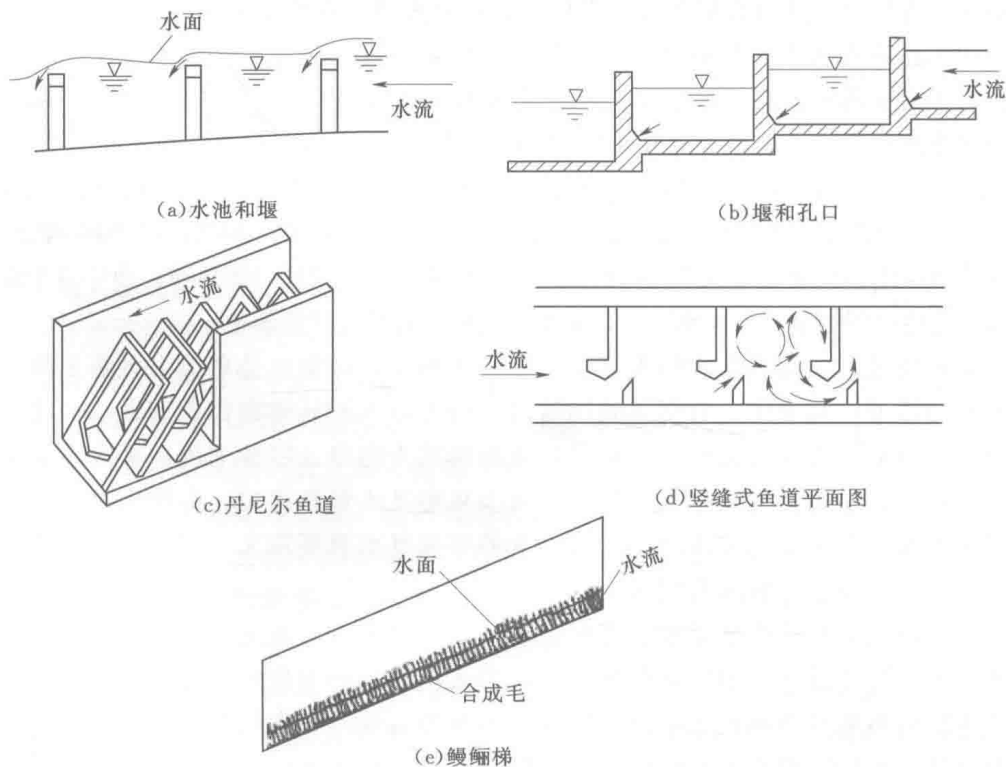


图 1.1 大坝上的鱼道和其他过鱼设施的横截面及竖缝式鱼道平面图

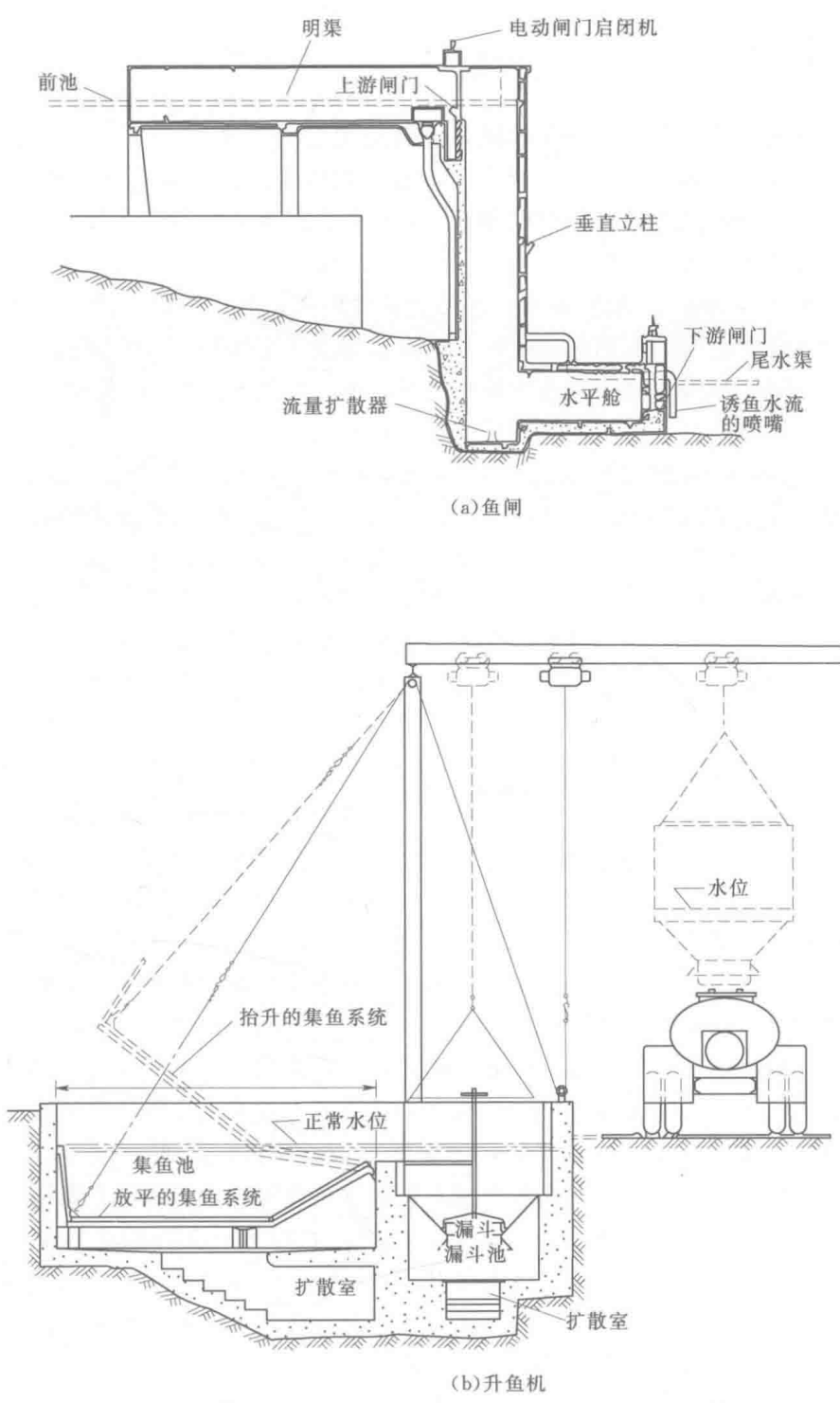


图 1.2 鱼闸和升鱼机