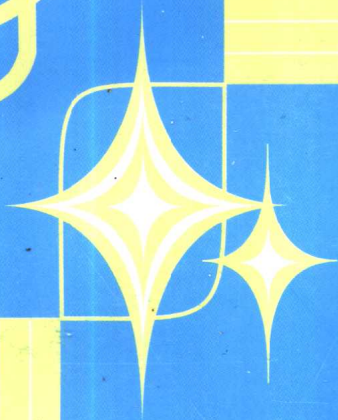




全国高等农业院校教材

全国高等农业院校教材指导委员会审定



内陆水域鱼类 增殖与养殖学

● 史为良 主编

● 淡水渔业专业用

中国农业出版社

全国高等农业院校教材

内陆水域鱼类增殖与养殖学

史为良 主编

淡水渔业专业用

中国农业出版社

全国高等农业院校教材

内陆水域鱼类增殖与养殖学

史为良 主编

责任编辑 林维芳

出 版 中国农业出版社

(北京市朝阳区农展馆北路2号)

发 行 新华书店北京发行所

印 刷 北七家印刷厂

* * *

开 本 787mm×1092mm16 开本

印 张 15.75 字数 363 千字

版、印次 1996年5月第1版

1998年5月北京第3次印刷

印 数 6,701~9,500 册 定价 17.00 元

书 号 ISBN 7-109-03759-2/S·2386

ISBN 7-109-03759-2



9 787109 037595 >

前 言

本教材是根据全国高等农业院校教材指导委员会水产学科组下达的“八五”规划教材计划而组织编写的，供本科淡水渔业专业使用，也可作为淡水养殖专业专科的主要参考书，还可供水产养殖科技人员参考。

内陆水域鱼类增养殖学是本专业主要专业课之一，课程的设置目的是解决生产实践中的问题，所以本教材注重密切联系实际，结合与应用有关的理论分析，力求反映我国与世界渔业工作者的最新成果。

本教材是按70—80个学时教学计划编写的。因为各院校执行的教学计划不尽相同，有的学校不开设水文学、湖沼学和鱼类（渔业）生态学，故在有关这方面内容的第一章、第二章和第十章都适当予以增强，以便各院校根据不同情况选用。尽管如此，全书并不超过教材指导委员会学科组规定的字数。

关于动物学名的处理，凡在文中第一次出现，均以拉丁文斜体字在括弧内注出。主审的其他意见，也都给予了充分的考虑和修改。

本教材由史为良主编，并编写了绪论和第一章、第三章；第二章和第七章由童合一编写；第四章、第五章由张兆祺编写；第六章、第八章由陈马康编写；第九章、第十章由董双林编写；魏青山编写了第八章的第一节及第三章的初稿；由于第二章和第十章的内容作了重新组合，所以第二章的少部分内容是董双林编写的；第十章的部分内容是童合一编写的，由于童合一同志不在国内，这两章由董双林重新编定。最后由主编对全书统稿、增删、定稿，并编制了参考文献和目录。

应当特别提出的是本教材的审稿人李德尚教授和张觉民教授，他们在百忙中对书稿作了仔细的审阅，提出了中肯的意见，尤其是李德尚教授，他不仅在内容取舍上、教材的科学性上提出了修改的意见，而且字斟句酌，在修辞上对文稿作了改动，使本书的质量得以提高。此外，在文稿打印过程中，王宇廷、于喜洋、李报春、史可玉都做了大量工作，马祖铭同志对编写工作大力支持，帮助解决了不少具体问题，编者对上述同志深表谢意。

由于编者水平有限，时间仓促，教学任务繁重，书中缺点错误在所难免，欢迎读者批评指正。

编 者

1994年9月

主 编	史为良	大连水产学院
副主编	童合一	上海水产大学
编 者	陈马康	上海水产大学
	张兆祺	青岛海洋大学
	董双林	大连水产学院
	魏青山	华中农业大学
主 审	李德尚	青岛海洋大学水产学院
审 稿	张觉民	黑龙江水产研究所

目 录

绪论	1
第一章 内陆水域鱼类增养殖的陆水学基础	5
第一节 陆水的基本性状	5
第二节 我国内陆水域概况	23
第三节 我国内陆水域的鱼类资源	31
第二章 鱼类的种群及其数量变动	39
第一节 鱼类种群的特征	39
第二节 鱼类的种群结构	43
第三节 种群数量及其估计	45
第四节 种群的数量变动	52
第三章 内陆水域鱼产力	59
第一节 鱼产力的基本概念	59
第二节 决定水域鱼产力的因素	59
第三节 鱼产力的变动	67
第四节 鱼产力估测	68
第四章 内陆水域的粗放养殖	77
第一节 养殖水域的选择及经营方式	77
第二节 养殖鱼类及其搭配	78
第三节 鱼种放养规格和质量	81
第四节 鱼种放养密度	84
第五节 养殖周期	87
第六节 粗放养殖的生产管理	89
第五章 内陆水域的集约养殖	93
第一节 施肥养鱼	93
第二节 网箱养鱼	99
第三节 围栏养鱼	121
第四节 大型内陆水域的综合养殖开发	126
第六章 鱼类资源保护设施	131
第一节 拦鱼设施	131
第二节 过鱼设施	145
第三节 人工模拟产卵场	156
第七章 经济鱼类的移殖驯化	161
第一节 移殖驯化的概念及意义	161
第二节 国内外移殖和引种工作的历史和成果	163
第三节 影响驯化成败的因素	168

第四节 移殖工作的步骤和措施	172
第八章 经济水产动物人工繁殖与放流	175
第一节 鲢鱼的人工繁殖与放流	175
第二节 大麻哈鱼类人工繁殖与放流	184
第三节 鲕鱼人工繁殖与放流	190
第四节 鳇鱼人工繁殖与放流	193
第五节 河蟹人工繁殖与放流	196
第九章 渔业水域的污染及防止	202
第一节 水域污染的机理和特点	202
第二节 主要污染物的污染特点及对水生生物的影响	204
第三节 水体的自净作用和富营养化	210
第四节 水体监测和污染程度评价	212
第五节 水质标准和渔业水域污染的防止	214
第六节 污染物的毒性测验	215
第七节 废水处理 and 防污对策	218
第十章 内陆水域的渔业管理	220
第一节 渔业规划	220
第二节 鱼类资源的合理利用	229
主要参考文献	240

绪 论

一、内陆水域鱼类增殖养殖的概念

内陆水域指河流、湖泊、水库、池塘等，本书只讨论大型水域，不论其矿化度高低，均在本课程所讨论范围之内。

为了恢复、维持和增加渔业资源所采取的措施，统称之为增殖，就是在渔业水体，直接间接地对水生生物及其栖息环境进行管理，促进它们成功地繁殖和发育以达到维持和扩大渔业生产的目的。鱼类增殖的方法有渔业资源保护、新种类引进、移殖、苗种放流、生态环境的改良等等。

所谓养殖是在人工控制的水域，采取清除敌害、改良环境、人工放养、施肥、投饵等养鱼措施，以达到提高产量的目的。

二、内陆水域鱼类增养殖学的内容和特点

提高内陆水域鱼产量要从内因、外因两个方面着手。内因就是改造和调整鱼类区系组成。外因则为改善鱼类的环境条件，包括栖息条件、繁殖条件和饵料基础。

改造鱼类的区系组成包括经济鱼类的放养移殖、鱼病防治、幼鱼的救护以及拦鱼设施和过鱼设施的建立。对有害鱼类则可用加强捕捞、破坏其产卵场等方法抑制其种群数量。

改造环境的内容也是非常广泛的，如内陆水域的施肥、投饵、饵料生物的移殖、水域污染的防治、修建人工运河补充水源等。这门科学涉及范围非常广泛，除生物学方面的知识外，学习本课程除鱼类学、生态学、生理学、胚胎学、水生生物学、微生物学等之外，还需要一定的水文学、水化学、水利工程、数理统计等知识。至于池塘养鱼学、鱼病学、淡水捕捞技术等则与本学科有互相联系、交叉、渗透的关系。

本学科是一门应用科学，它的发展需要紧密联系生产实际，不断从生产和科研的实践中积累丰富的实践经验，发现新问题，吸取新血液。

三、我国大型内陆水域鱼类增养殖的条件和任务

我国内陆水域面积约17.6万km²，相当于2.64亿亩，占国土面积的1.8%。其中河流占39.0%，湖泊占42.2%，水库占11.67%（1988年止），池塘占8.01%，此外，全国4亿亩稻田中还有1亿亩可用于养鱼、养蟹。小水面可为大水面提供苗种，是大水面生产的重要组成部分，这些水域大都处于温带和亚热带，气候适宜，水体深度不大，水质非常肥沃。

我国淡水鱼产量已达全国水产总产量的42.5%（1990），在世界各国中居领先地位。但我国的水体还未充分利用，平均单产还不高，生产潜力还很大。据1990年统计，湖泊平均亩产26 kg，水库17 kg，河沟53 kg，池塘亩产也只159 kg。特别是内陆水域精养，潜力

更大。我国人口众多,平均每人享用的水产品数量很低。大水面养鱼,投资少,收益大,不与种植业争地,有利于解决劳动就业、人民生活出路和脱贫致富问题。

农、林、牧、渔是一个有机整体,即所谓大农业,它们之间存在着相互依存、相互制约和相互促进的内在联系。大力开展科学研究,因地制宜地利用各种自然资源,发展多种经营,使农、林、牧、渔全面发展,农业经济结构日趋合理,以获取更大的经济效益,是水产工作者的根本任务。

四、国内外大型内陆水域鱼类增养殖的发展概况

我国是世界上养鱼业发展最早的国家,内陆水域的增养殖也有长久历史。早在春秋时代,荀况就写过“鼃鼃鱼鳖鳅鲋孕别之时,网罟毒药不入泽,不夭其生,不绝其长也”。秦汉时,《吕氏春秋》写道:“竭泽而渔,岂不得鱼,而明年无鱼。”《淮南子》则说:“鱼不长尺不得取。”这说明公元前两千多年前后,古代人民已注意到渔业资源的繁殖保护和捕捞规格的限制。最早的水库养鱼是公元744年后,在浙江东钱湖开始的,即在明嘉靖年间(1537年)。

解放后,我国大型内陆水域增养殖业发展很快。其中1950—1957年可认为是开创时期。1957年颁布了“水产资源繁殖保护暂行条例”。中科院水生生物研究所根据饵料生物的调查,研究了鲢、鳙、草鱼、青鱼的湖泊、水库放养问题,为30余年来在全国范围内湖泊、水库的放养鲢、鳙奠定了基础。

1958—1965年为发展阶段。1958年广东南海水产研究所人工孵化出鲢、鳙鱼苗,逐渐结束了全靠捕捞天然鱼苗发展养殖的局面。这一时期虽有很大发展但盲目性很大,生产规模恶性膨胀,人力、物力和资源上的浪费和破坏很大,结果元气大伤,鱼产量迟迟没得到恢复。这期间的围湖造田也破坏了生态平衡。因为对内陆水域养鱼投放大规格鱼种的重要性认识不足,投放规格普遍偏小,结果影响了鱼产量,也造成了很大浪费。

1966—1976年国务院及水产部门做了大量工作,发布了许多有关水产的文件。河蟹的人工繁殖和放流获得了很大成绩,使该种濒临绝迹的名贵水产品,又重新上了人们的餐桌。沿海沿江低水头鱼道的修建,改善了隔离水体的渔业资源,成效显著。但这一期间社会秩序混乱,水产资源破坏严重。围湖造田继续进行,毁林开荒有增无减,水土流失严重,养鱼水面淤浅,另外工业污水污染水体,降低了内陆水域的渔业生产性能。

1977年以后,政府确定水产业以养殖为主,改变了渔业生产偏重海洋捕捞,忽视淡水渔业及养殖等的政策。并提出要靠政策和科学发展淡水渔业。1979年2月10日国务院颁布了《水产资源繁殖保护条例》,1986年1月20日公布了《渔业法》,使渔业有法可依。淡水水产品产量从1978年的105.8万t到1990年的526万t,1992年更增加到624万t,短短的14年中,淡水渔业产量增加了近五倍。其增长速度是前所未有的。

这期间我国从黑龙江到珠江各主要流域的内陆水域都完成了渔业资源调查。完善了中华鲟人工繁殖和育苗技术,并完成了中华鲟在葛洲坝下的繁殖生态调查。用天然捕捞的鲟鱼经人工受精,孵出幼苗并养成了500g的成鱼。在生产上,扩大了在水库、湖泊靠天然饵料用网箱培育鲢、鳙鱼种的规模,并用投饵的方法在大水面用网箱养殖鲤、草鱼、尼罗罗非鱼等鱼类。1984年以来,江苏等地开展了在大湖中用拦网分隔出一定水面,实行施肥、

投饵精养鱼类，即所谓网围养殖，与在库湾、湖汊开展较久的网栏养殖相互补充。辽宁、陕西、浙江等地还在小水库用施肥的办法养殖鲢、鳙、鲤等鱼，获得显著的经济效益。更可喜的是政府和水产工作者都认识到了大水面渔业在发展我国水产业中的战略意义。我国的人均占有耕地面积仅1.5亩，不到全世界平均数（4亩）的1/2，因而靠扩大池塘面积发展水产事业是有限度的。而1亩网箱的产量可为池塘的50—100倍。而且网箱投饵养鱼，还能促成网箱外鱼类的增产。

在新养殖对象的移殖引进方面，这期间也取得了很大成绩。引进了白鲫、尼罗罗非鱼、高白鲑和穆松白鲑等鱼类，河蟹也向边远省区扩大放流；太湖新银鱼在云南滇池等许多湖泊移殖成功，公鱼在北方大水体的移殖得到重视。这些工作丰富了我国的增养殖对象，对提高鱼产品质量和数量具有重大意义。

但是应当看到目前我国湖泊、水库渔业生产水平还很低，鱼产量也不平衡。鱼产品中，鲢、鳙占比重较大，优质鱼比重较小。由于大型水利工程的修建，森林的过度砍伐，水质的严重污染，除一般的渔业资源日益衰竭外，许多名贵水产动物也已经灭绝或濒临灭绝，给种质资源造成不可弥补的危害。此外，由于人工繁殖技术的普及，杂交鱼进入天然水域造成“遗传污染”的危险性增加了，对保护天然种质资源非常不利。由于从外地运输鱼种、亲鱼的随意性和不重视检疫工作，鱼病的蔓延日益严重。这一问题至今还未引起有关部门的重视。对鱼类和其它水生生物的生态学研究进展较慢，特别对群体生态的研究还仅仅开始。生产部门对渔业生产的统计工作重视不够，做得不细，对内陆水域生产力与资源变动规律还缺乏系统深入的研究，因此，对鱼类数量变动难以进行科学的分析。对水域鱼类资源状况心中无数，就难以对捕捞限额、放养数量、规格和搭配比例作出科学决策。目前，大水面精养虽有很大发展，但饲料供应比较紧张，过多地依赖进口鱼粉，限制了生产的进一步发展，与之同时，不同养殖对象、不同年龄鱼类的饲料配方也应加快研制。养殖对象过于单一，已经不适应市场的需求，开展名、特优的大水面养殖已十分迫切。

据联合国粮农组织渔业通报，1988年全世界内陆渔业总产量1267.6t，其中亚洲859.3万t，占世界内陆渔业总产量的67.79%；非洲182.4万t，占14.39%；北美洲48.7万t，占3.89%；南美洲34.7万t，占2.74%；欧洲46.2万t，占3.64%；大洋洲1.7万t，仅占0.13%；前苏联94.6万t，占7.46%。以上产量可代表各洲淡水渔业发展的概况。

亚洲占世界淡水鱼大部分产量，其中养殖产量560万t，捕捞产量300万t。鲤科鱼占全部产量的79.0%，加上罗非鱼便达到83.0%。说明亚洲生产的多为低、中档鱼类。中国是淡水鱼主要产国，以1988年产淡水鱼455.2万t计，占世界内陆渔业产量的35.91%；占亚洲淡水鱼产量的52.97%，居世界之冠，但小水面产量占较大的比重。在亚洲继我国之后的是印度、越南、印度尼西亚和孟加拉国。这些国家养殖产量都较大。目前亚洲渔业生产存在的问题是鱼病的蔓延和商品鱼销售的困难以及水质污染。

非洲的内陆渔业最近发展很快，70年代初为130万t，1988年就达到180万t，主要是天然资源提供的产量，潜在的内陆渔业产量要高得多，近年来干旱给内陆渔业带来了不利影响，另外某些鱼类的引进使捕捞渔业发生了重大变化。如尼罗尖吻鲈鱼引入乌干达的基奥加湖，使这个以前以多种鱼高产捕捞的渔业变成了以三种鱼为主的捕捞业，因而渔获量长期下降，维多利亚湖也有类似的情况。

欧洲和前苏联由于养殖业的发展,内陆渔业鱼产量也有增长趋势。除养殖鲑科鱼外,也养殖鲤科鱼。东欧和前苏联也养一些草鱼、鲢、鳙等中国鱼类。前苏联占有世界上鲟科鱼的大部分产量。其亚洲沿海,与日本、美国、加拿大等濒临北太平洋国家一样,大麻哈鱼属的放流非常兴盛。欧洲盛行游钓渔业,但一般不计在捕捞产量以内。

北美洲特别美国对鲤科鱼不感兴趣,他们的沟鲶养殖最近发展较快。太平洋沿岸包括阿拉斯加盛行大麻哈鱼类的放流。太平洋沿岸地势陡峻,修建水库较多,过鱼设施修建得也多。北美的游钓渔业比较发达。

南美洲养殖业虽然近来增长很快,但养殖产量占比例仍较小,1988年占内陆渔业总产量的5%,主要是大型内陆水域提供的产量。由于亚马逊河渔业出现衰退,南美洲的淡水渔业增长不快。

大洋洲由于陆地水面较少,其产量不大。由于本地缺少淡水鱼,其养殖对象基本来自其它大陆,如鲤、虹鳟、罗非鱼等。

1964年开始,国际科学协会理事会,作为国际物理学研究的一部分,建立了国际生物学计划委员会(International Biological Programme简称IBP),为了人类的福利,针对环境的保护和自然资源的管理,在世界范围内组织了陆地、淡水、海洋生物生产力以及其共同的光合作用和固氮过程的研究,它们联系着人类的适应性、生态系的保存、生物资源的利用等方面的探索工作,并于1974年6月结束。在研究延期的基础上,综合出版了包括方法在内的多卷丛书,其中有若干册是属于淡水生物生产力(PF)的。一些研究成果广泛地涉及到渔业的基础理论,这就必然对渔业的发展起到推动作用。

1971年,国际科联理事会(ICSU)召开了环境问题科学委员会(SCOPE)全体大会,联合国教科文组织(UNESCO)召开了“人与生物圈”(Man and Biosphere简称MAB)研究计划的国际协调整理事会,在这两个会议上宣布IBP的活动在1974年结束后,主要由“环境问题科学委员会”和“人与生物圈”来接管并进一步开展其研究工作。这两个机构都是永久性的。

“人与生物圈”是综合性的生态研究计划,由教科文组织的“生态学处”负责管理有关研究计划。另外成立了“人与生物圈”研究计划秘书处,负责日常工作。我国加入了“人与生物圈”研究计划,并被选为理事国。教科文组织出版“人与生物圈”的计划和研究报告,还定期在《自然和资源》杂志中发表有关文章。IBP侧重于生产力的研究,“人与生物圈”则扩展到生态系统结构与功能的研究,尤其着重于人类经济活动对生态系统的影响。当然会在许多方面涉及渔业问题。

第一章 内陆水域鱼类增殖的陆水学基础

了解水域环境条件是确定增殖养殖方式、因地制宜地选择养殖种类、搞好渔业区划、估计鱼产量,开展科学养鱼的前提。因此我们在学习本课程中,必须先熟悉一下与此有关的陆水学基础知识。

第一节 陆水的基本性状

一、大型陆水的形成、形态和水文

(一) 河流

1. 水系和流域 (stream system & drainage basin)

(1) 河流的形成:陆地上经常有水流动的泄水凹槽称为河流。河水的主要来源是降水的汇集,在许多河流,地下水补给有重大意义,但地下水也是降水渗入土壤中形成的。由于水流本身的重力作用,不断地切割和冲刷河床,加上沿途的旁向侵蚀,使河床渐渐扩大,使最初的小沟,变成小溪,再由小溪发展成小河,直到汪洋的大江大河。把地面水和地下水汇入河流并补给河水的区域称为集水区,其面积称集水面积。如果只汇集地表水的区域可称为地表集水面积。集水区有时难确定,而以分水岭为界限确定的面积称为流域面积 (catchment area)。地下水可从分水岭以外进入河流,所以流域面积和集水面积不完全相同,但差别不大,两者常混用。

流域内大小河流系统称为水系。直接流入海洋和内陆湖泊的河流叫干流,流入干流的叫支流。凡最后流入海洋的河流叫外流河 (exterior river),如黄河、长江等。凡流入内陆湖泊或消失于沙漠之中的河流叫内流河 (interior river),如新疆的塔里木河、青海的格尔木河等。

(2) 河流的分段:河流从开始到终了,沿途都在不断的变化,因此可根据河流各段的特性,把它分作河源、上游、中游、下游及河口等五个部分。

①河源指河流开始的部分,一般在山地和高原。它可以是溪涧、泉水、冰川、沼泽或湖泊。

②上游:是河流紧接着河源的上段。上游多处山地,两岸多高山,落差大,水流急,下切力强,多瀑布。在河流发育阶段上,上游相当于河流的幼年期。

③中游的性质界于上、下游之间,冲刷和淤积现象不显著,河床比较稳定,河槽的坡度逐渐平缓,流速降低,下切减弱,河道渐宽而弯曲。较大的砾石沉积下来,河床出现沙洲和沙滩。

④下游:其特征是河谷宽、流量大,纵断面比降小,流速也不大,淤积作用显著,河底为细沙或淤泥。浅滩沙洲随处可见,弯曲显著。在发育阶段上,相当于河流的老年期。

⑤河口 (debouch): 河流流入海洋或湖泊处, 经常有大量的泥沙沉积, 形成了多汉的河网, 俗称三角洲。河口受海水潮汐的影响, 含盐量增大。有的河流消失在沙漠里, 它的下游就成了瞎尾, 在我国新疆等沙漠地区有这种河流。另外在贵州、广西岩溶地层发育的地方, 河流流入石灰岩洞中, 经相当距离又入河道, 称为伏流。

(3) 河床与河谷 (river bed & river valley) 了解河谷状况, 对河流渔业、水库清底和捕捞有重要意义。容纳河水流动的低洼部分叫作河床 (river bed), 又称河槽。河谷是河床往上延伸的无水洼地。河水有涨有落, 河床也时大时小, 河床是流水冲刷和地形、地质、土壤等相互作用的结果, 一般可分为山区的和平原的两类。山区河流的河床主要由基岩与粗大的冲积物组成。河谷狭窄, 两岸常有很多山嘴突出, 使河床两岸岸线犬牙交错, 很不规则。纵剖面坡度大, 多呈阶梯状, 水流急, 常形成许多壶穴和岩槛。壶穴是河床中被水流冲蚀的深穴; 当水流遇到河床坚硬基岩时, 由于侵蚀不同, 坚硬的基岩往往高出附近的河床面, 形成岩槛。在这里易造成跌水或瀑布。

河流进入平原以后, 河床逐渐展宽, 坡度减小, 水流变缓, 挟沙能力减弱, 河流上游带来的泥沙, 就在中下游开始沉积; 另外, 由于洪峰的沿途减弱, 也是中下游泥沙沉积的另一原因, 这样就造成中下游河床的抬高。

河曲 (meander bend): 由于有不同硬度的岩石露出和地势的不平, 河床往往从河源一开始便有弯曲, 称为河曲。因为平原河流动能小, 河床土质松软, 所以平原河流的弯曲度较山地的河流为大。平原上平静的河流可能由于偶然的原因 (如河中有树沉没等) 而产生不大的弯曲, 水流被阻后转向一边冲击, 从而冲刷河岸。水流冲到对岸受河岸阻挡后, 又转而冲向对面的河岸。这样久而久之, 河岸便形成许多弯曲。在这过程中, 凹入的河岸经常受到冲刷而冲掉的物质则沉积于水流较缓的凸出的河岸。因此河流深度最大的地方位于受冲刷的凹入河岸, 而浅滩、浅水处则位于凸出的河岸。在河道中游砾石底处, 往往形成砾石滩的“哨”和深水“汀”的相间出现。在滩 (哨) 上流过的水因为深度小, 流速较大, 往往形成很大的声响, 所以东北称“哨”。

由于不断冲刷, 河流的弯曲日甚一日, 使两个相邻河曲逐渐接近, 河曲颈部日益变窄, 在洪水季节易被冲溃, 造成河流裁弯取直。被废弃的河曲开始沉积泥沙, 形成封闭的湖泊, 状似牛轭, 故称牛轭湖 (oxbow lake)。

流速 (current velocity) 与坡度有密切关系, 坡度可用落差和比降表示。一定河段的首端到末端水面的高度之差, 称为该河段的落差。落差与其间距离之比称为比降, 可用下式表示:

$$I = \frac{H_1 - H_2}{L} \quad (1-1)$$

I 表示比降; $H_1 - H_2$ 是河流首端末端的高度差; L 表示该段河长。

2. 河流的水情

(1) 水位、流速和流量

①水位 (water level): 河流的水位是指河流在某一断面上水面的高程。水面的高程是以一定的水准零点为标准的, 可以用某一点的平均海平面为零点, 如吴淞口零点, 就

是吴淞口平均海面的高度。为便于对比，在我国现统一采用青岛零点。也可用测站基面，这种基面多采用观测地点最枯水位下0.5—1m处作为零点计算水面高程。

水位不断地随水量补给的变化而变化，常与当地的气候相应。例如雨季时水位高，旱季时水位低。水位高时称高水位，水位低时称低水位，洪水时的水位为洪水位。

②流速 (current velocity): 河流的流速是指单位时间内河水流动的距离。流速的测定在水文学上是用来计算河道的断面流量，掌握径流的变化规律，在渔业上，流速是影响鱼类活动和分布的重要因素之一。

山区河川横断面有浅滩和深潭之分，浅滩处流速大，深潭则相对静止。在深度大的中、下游河流，从垂直分布看，流速最大的地方，在水面稍下的地方，再往下则逐渐变缓。从断面来看，一般中央部流速最大，向两岸逐渐变缓。如果河道两边对称，则最大流速的位置在中央。如果河道弯曲，则最大流速偏向凹岸的一侧。

③流量 (discharge): 在单位时间内通过某一过水断面的水的体积称流量，通常以每秒立方米为单位，简称“秒立米”，河流的流量决定于断面积与其流速。流量的测定，先要测量出过水断面的面积，然后测出该断面上的流速分布并求出其平均流速。过水断面面积 (m^2) $\times$ 过水断面平均流速 (m/s) 之积即得流量 (m^3/s)。

由于流量测定比较复杂，所以可根据流量与水位的关系，通过水位资料去推求流量。流量有日平均值、月平均值和多年平均值。

(2) 径流 (runoff): 在一定时间内通过断面的总过水量称为径流量 (runoff volume)、以 m^3 或亿 m^3 计。

以公式表示:

$$W = Q \times T \quad (1-2)$$

W = 径流总量 (m^3); Q = 平均流量 m^3/s ; T = 时间 (s)。

当径流量与降水进行比较时，常使用深度值，径流深度 (y) 就是径流量或径流总量在全流域面积内均匀分布的径流水深，即

$$y = \frac{W}{F} \quad (1-3)$$

式中因为 y 以 mm 为单位，所以径流总量 W 和流域面积 F 也要分别化作 mm^3 和 mm^2 。

径流系数 (runoff coefficient) [a] 就是径流深度与全部降水量之比。

$$a = \frac{y}{x} \quad (1-4)$$

式中， y 为径流深度 [mm]; x 为降水量 [mm]

a 是没有单位的值。常以百分数表示，在 a 值大时，说明降水量大部分成为径流； a 值小时，降水的大部分消耗于蒸发和下渗。

(二) 湖泊 陆地表面蓄水的洼地叫湖泊。湖泊与河流不同，河流的流动是由于重力梯度产生的，而湖泊水的移动则主要以风的作用为主。但这种区别也不严格，许多流动性

大的湖泊，其水流有河流的特点；宽广而比降小的河流在枯水期有湖水流动的特点。全世界湖泊约 270 万 km^2 ，占地球陆地 1.8%。

不同湖泊在面积、深度、高度等方面可以相差很悬殊，大的如里海达 37.1 万 km^2

(1970)，是世界最大的内陆咸水湖。苏比略湖面积 8.2 万 km^2 ，是世界最大的淡水湖。小的仅几十平方米的池塘，有时也可称作湖泊。湖泊的深浅也是不同，世界最深的贝加尔湖，深达 1620m，而许多浅湖还不到 1m。湖的高低不一，我国青藏高原上的湖泊高达 3000—5000m，而新疆吐鲁番洼地中的艾丁湖，在海平面下 154m，湖面最低的死海，在海平面下 392m。

1. 湖泊的成因 湖盆是在内力和外力相互作用下形成的。

由内力作用形成湖盆后，又不断受外力的影响改变湖盆的外貌，外力作用形成的湖盆，也可受构造运动、地震等内因的作用而改变其外貌，因此对不同的湖泊或同一湖泊的不同历史时期要进行具体分析，找出其主要因素。根据湖泊的起源可分为以下几种类型：

(1) 构造湖 (tectonic lake)：由地壳的构造运动〔褶皱或断裂〕形成的盆地蓄水而成，通常比较深，也比较大，地球上的大湖多属于此类。如非洲的坦噶尼喀湖、亚洲的贝加尔湖、我国的滇池、洱海等。

(2) 火山口湖 (crater lake)：位于死火山口，湖泊多呈圆形，湖岸较陡，深度较大。如白头山上的天池，湖水深度达 300m 多。

(3) 堰塞湖 (barrier lake)：由于熔岩流、地震、山崩阻塞河谷而形成，如 1941 年、1942 年，台湾阿里山两次山崩，在嘉义县境内造成深达 120m 的湖泊。岷江 1932 年一次地震在上游山崩造成大小海子两个。黑龙江的五大连池和镜泊湖都是火山喷出物阻塞而成的湖泊。不过镜泊湖又在天然坝上进行了人工加高，提高了水位，变成了水库。

(4) 牛轭湖：由旧河曲形成的湖泊。有斜长形、新月形等，深度较小，多沿河谷分布，我国长江中游较多。

(5) 溶蚀湖 (solution lake)：在可溶性石灰岩、白云岩等分布地区，由地下水溶蚀岩石形成。我国云贵高原多这种湖泊。

(6) 冰川湖 (glacial lake)：由冰川磨蚀作用和冰碛物堆积形成，湖岸曲折，形状多样，我国的冰川湖主要分布在青藏高原。

(7) 风成湖：由风蚀洼地形成小而浅的湖，随水源的变动而移动。又称游移湖，新疆、内蒙有这种湖泊。

(8) 泻湖 (lagoon)：本来是海湾，由于泥沙沉积与海洋分离而成，如太湖。

2. 湖泊的形态 注水的凹陷部分称湖盆，湖盆可分三部分。沿岸带 (littoral zone) 是指湖底遭受波浪和河流作用的沿岸部分；深水带 (profundal zone)：水深，波浪作用不能直接使湖底形成波状起伏；亚沿岸带 (sublittoral zone)：是前两者的过渡地带。浅水湖泊可能没有深水带，因为整个湖底都为波浪所及且丛生水生植物，湖中露出水面的陆地称为岛屿，水面突入陆地的部分称港湾。

由于水流冲击，波浪的拍岸作用，以及河水泥沙沉淀，使弯曲的湖岸逐渐变直，使起伏不平的湖底逐渐趋向平坦、淤浅、最后变为沼泽或陆地。在湖逐渐变浅时，水生植物就可向湖心蔓延，加速了湖泊的演化。说明湖泊形态的指标如下：

- (1) 长度、宽度水的面积。
- (2) 深度宜在地图上画出等深线或等高线。其平均深度 = 体积/面积。
- (3) 湖水的体积最简单的方法是利用等深线计算：

$$V = h \left[\frac{F_1 + F_2}{2} + \frac{F_2 + F_3}{2} + \dots + \frac{F_{n-2} + F_{n-1}}{2} + \frac{F_{n-1}}{2} \right] \quad (1-5)$$

或
$$V = h \times 0.5 (F_1 + F_2 + F_3 + \dots + F_{n-1})$$

式中：V是湖泊的容积；h是等深线的高差； $F_1, F_2, \dots, F_{n-1}$ 为各等深线所包围的面积，底部的等深线所包围的面积 F_n 为零。

(4) 岸线发展系数：即湖岸线的长度与湖水面积相同的圆的周长的比值。湖岸发展系数大，说明湖泊尚处于早期发展阶段，与陆地接触面大，接受的营养物质较多，对水生生物的发展有利，令E表示岸线发展系数，U——岸线长度，F——湖面积，则：

$$E = \frac{U}{2\pi\sqrt{F/\pi}} = \frac{U}{2\sqrt{F\pi}} \quad (1-6)$$

(5) 湖岸：凡由坚固的岩石组成的湖岸都不易被冲蚀，对这种湖岸起重要作用的是风化作用，对这样的湖岸可以长期保持原有的形状和倾斜度。沙质湖岸则形成浅滩。如果湖岸倾斜度较大（10—15°），则在浅滩下形成一个倾斜角达50—60°的崖堆。土壤被冲刷时常形成丘陵状的陡壁，粘土湖岸受浸刷就形成崖壁。在靠近水面处有时逐渐形成相当深的凹壁，当水位变动时位于凹陷上部下垂的突出部分被削平，而使崖壁变成垂直状态。如果湖岸是由不同硬度的岩石堆积而成，就会形成复杂的斜坡，如阶梯状的凸出部，崖堆和陡壁交错等形状。而斜坡上的植被对冲刷和沉积的强度有重要影响。

(三) 水库 水库的修建目的有利用水能发电、防洪、灌溉、给水、运输和水产养殖等，在江河上游山区建筑水库，主要目的多是利用水能；在中游以下多用以灌溉、防洪为目的。虽然建立水库的诸多目的有主有次，但绝大多数水库都是综合利用的。

按照建造的方式，水库可分作挖掘水库——在土地上挖掘而成的，围堤水库以堤坝蓄水而成；以及拦河水库。其中后一种，是普遍而重要的，是我们下文讨论的主要对象。围堤水库地势较平坦，水也较浅，多为平原型水库或湖泊型水库，另一类是在河流峡谷狭窄处拦截河流而成，堤坝多不长但较高，库区狭长或作树枝状，水较深。此类水库以其具体地形又可分为山谷型水库和丘陵型水库。

水库还可按库容大小划分为大、中和小型三类，如表1—1。

一个水库的总库容通常由死库容、兴利库容和防洪库容组成（图1—1）。

死库容在输水洞之下，供堆积沉积泥沙之用，死库容以下的水不能排出。

兴利库容（有效库容）是为满足灌溉、发电的需要而设计的库容。兴利库容相应的水位，称为正常高水位，即水库在正常条件下允许保持的最高水位。

防洪库容，主要是调蓄上游入库洪水，减轻下游洪水的威胁，故称为防洪库容，其相应水位，称为最高洪水位，在汛期到来之前，为了削减洪峰，有时腾空一部分有效库容以备调蓄洪水，其相应水位称为汛前限制水位。

表 1-1 水库类型 (自水利部)

水库类型	大 型		中 型	小 型		塘 坝
	巨 型	大 型		小 (一)	小 (二)	
总库容 (m^3)	>10 亿	1--10 亿	1 亿—1000 万	1000—100 万	100 万—10 万	<10 万

1. 水库的形态 主要的水库是拦河建成的, 所以兼有河湖两者的特征。峡谷上的水库, 往往是楔形的, 但很多水库形状复杂, 呈分枝状。

根据外形可将水库分作三类: 即湖泊型水库、河流型水库和分枝形水库。湖泊型水库在平原地区为多, 水的表面积大为其特点。河流型水库有峡谷中修的水库, 水库深而陡, 状如河道如黄河兰州上下的几个发电为主要目的的水库, 分枝形水库多在丘陵区, 以港湾、山谷、淹没支流等突出部分多为其特点。

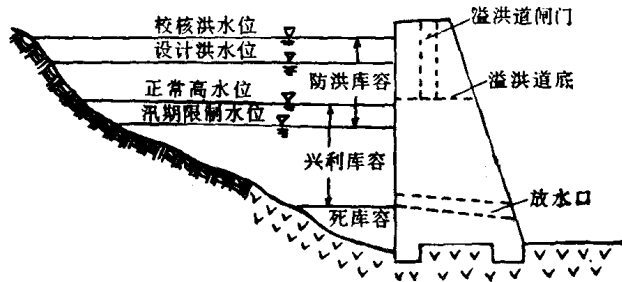


图 1-1 水库特征、水位和库容划分

水库大都是沿原有河床形成的。一般长度远大于宽度, 其最大宽度常在下游或中游区域, 很少在上游或近坝区域。拦河坝总是建筑在河谷的狭窄处, 所以该区域宽度并不大, 水库的最大深度, 常在下游拦河坝附近, 愈往上游愈浅, 水库沿旧河床部分深度也较大, 新淹没区大都深度较小。水库一般可分三区: 其上游叫河道区 (riverine zone): 水浅流大, 透明度小, 水文性质类似河流; 河道区以上叫过渡区 (transition zone), 这里沉积显著增强, 透明度增大; 湖泊区 (lacustrine zone) 在下游深水区, 水文、理化、生物性质类似湖泊。

水库是新形成的水域, 库岸和库底都未经过长期侵蚀和淤积作用的改造, 因而岸线发展系数大和底部不平是其特点。山谷型水库, 特别是分枝形水库岸线发展系数最大。库底不平 and 杂乱的程度取决于淹没区的地形、人工建筑物的多少以及充水前清底工作的质量。

2. 水库的水文特点 水库的调节作用: 水库有年调节和多年调节之分。年调节当年蓄满水, 多年调节需多年才蓄水到正常高水位。当洪水来临时, 可把多余的水存在水库里, 蓄到正常高水位为止, 如再有更多的水, 就要从溢洪道排走以保证大坝的安全。当枯水季节, 就可将所蓄水量陆续放出, 到死水位为止。

水位变动: 水库不同于湖泊, 其排水是受人为控制的。正常高水位是在正常情况下允许的最高水位, 只有在河流出现特大洪水时, 才可以暂允许比高水位更高的水位, 称为异常洪水水位, 即最高洪水水位。

水位和蓄水量变动大, 常是水库水文学的一个特点。特别是我国大部分地区处于季风气候区, 雨量比较集中, 水位波动更为激烈。水库水位的波动, 因所在河流的水文特点和水库的作用而不同, 建筑在流量较稳定的河流, 主要用作发电, 改善航运条件和供水的水