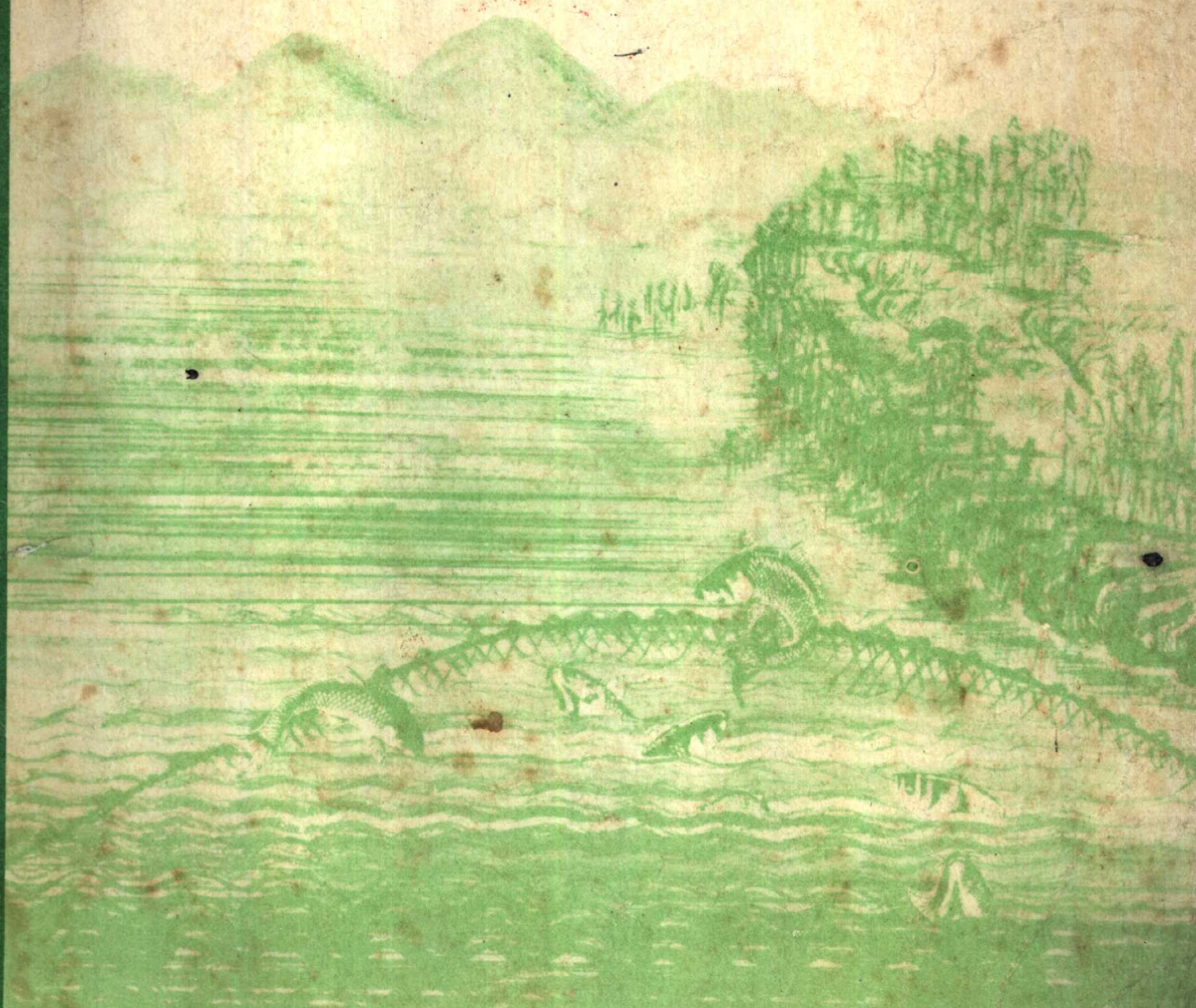


内陆水域 鱼类增殖与养鱼学

史为良 主编



大连水产学院

前 言

这本讲义是给淡水养殖本科生用的，作删节后也用于专科和中专。从1983年以来逐年增删已历年数，但由于本学科是一应用科学，居于生产第一线，随着生产的发展，新技术日新月异，使编者补不胜补，改不胜改，一直远非满意。为了教学的需要，也只好壮着胆子，仓促付印。深愧学薄识浅，有误后学。不过家丑外扬，可以求教于海内学者，亦是好事。

本书拦鱼设备部分为王明德同志编写，因为本院这部分内容由淡水捕捞课讲授，故在本书附于第五章后，供选用。由于内容较多，使用时可分别对象选讲，有的章节只作参考之用。

本教材初稿承蒙何志辉、刘焕亮、雷衍之、冯昭信、赵兴文、董双林等同志审阅并提出了宝贵的意见，本书附图绝大部分是夏德昌同志绘制，在本书的印刷出版上，马祖铭同志做了大量工作，一并在此致谢。

史为良 1987.3

目 录

绪论	(1)
第一章 内陆水体的渔业性状	(5)
第一节 河流、湖泊、水库的形成、形态和水情	(5)
第二节 陆水的物理性质	(13)
第三节 陆水的运动	(22)
第四节 湖泊的水量平衡	(24)
第五节 河流的泥沙和湖泊水库的沉积	(25)
第六节 水域的化学性状	(27)
第七节 陆水的生物性状	(32)
第八节 湖泊水库的营养类型	(37)
第二章 我国内陆水域鱼类增养殖的自然条件	(41)
第一节 我国的地形	(41)
第二节 我国的气候特征	(41)
第三节 我国的土壤分布特点	(48)
第四节 我国的内陆水体	(48)
第五节 我国内陆水域的鱼类资源	(60)
第三章 水域生产力	(69)
第一节 生态系统的基本结构	(69)
第二节 生态系统的能流	(72)
第三节 水域生态系统的生产力	(75)
第四节 鱼产力	(81)
第四章 鱼类的种群及其数量变动	(95)
第一节 鱼类自然种群的特征和鉴定	(95)
第二节 鱼类的群体结构	(99)
第三节 出生率和死亡率	(103)
第四节 种群增长	(104)
第五节 种群的大小及其数量变动	(105)
第五章 大型水体的放养	(111)
第一节 鱼种放养	(112)
第二节 苗种的来源	(123)
第三节 网箱投饵养殖商品鱼	(136)
第四节 湖泊水库施肥	(144)

第五节	拦鱼设备	(151)
第六章	鱼类的移植驯化	(172)
第一节	移植驯化的概念	(172)
第二节	国内外鱼类移植驯化的成果	(173)
第三节	移植驯化的理论基础	(175)
第四节	移植工作的具体措施	(182)
第五节	引种驯化的对象及其评价	(183)
第七章	渔业资源的繁殖保护	(195)
第一节	人类生产活动对渔业资源的影响	(195)
第二节	经济鱼类的人工繁殖和放流	(197)
第三节	过鱼设备	(223)
第四节	经济鱼类的保护	(231)
第五节	栖息和繁殖条件的改良	(234)
第八章	水域污染及水体保护	(237)
第一节	水的污染及污染来源	(237)
第二节	污染物的迁移和积累	(240)
第三节	水污染对水生生物的影响	(242)
第四节	水质评价和水体监测	(252)
第五节	水质标准	(258)
第九章	合理捕捞	(261)
第一节	渔业资源的估算	(261)
第二节	捕捞强度、生产周期和捕捞规格	(266)
第三节	害鱼的控制	(270)
第四节	渔业限制	(279)
第十章	内陆水域渔业经营的规划与管理	(280)
第一节	不同水体的鱼类组成和增殖方式	(280)
第二节	水体的渔业生物学调查	(284)
第三节	渔业规划的制定	(287)
第四节	大水面渔业的生产管理	(291)
第五节	湖泊水库渔业的基本建设	(292)

绪 论

一、我国内陆水域鱼类增殖养殖的条件和任务

内陆水域是指陆地上的各种水体，可以是淡水，也可以是咸水。有些内陆湖的含盐量比海还高，甚至浓缩成盐湖。但内陆湖的水化学与海水不同，它的各种离子含量不象海水那样固定的比例。

养殖一般指在人工控制下，对养殖对象采取投饵、施肥等强化措施达到增产目地的一种手段；增殖是指对在自然环境下生活的经济鱼类，采取综合辅助措施，补充群体数量，合理利用资源，使生态系统的物质循环处于良好的状态，持续地获得最多最好的水产品而经济效益最高的手段，如苗种放流、渔业限制、保护生态环境等措施；拿养猪来说，养殖是圈养，增殖则是对山野自然生活的野猪采取的繁殖保护措施。我们的内陆水体，根据不同的具体条件，有增殖，有养殖，也有增养殖并用。所以这门学科，就叫做内陆水域鱼类增殖学和养殖学。

我国是世界上内陆水域最广的国家之一，约有水面2.6亿亩。湖泊、水库、河流等大中型水面约占可养总水面的70%。我国大部地区处于温带和亚热带，气候适合鱼类生长，水体深度不大，营养丰富，鱼类天然饵料丰富，有良好的淡水增养殖条件。

我国淡水鱼产量约占全国水产品总产量的1/4~1/3，近年来增加很快，1985年淡水产量占水产品总产量的比重已近40%。在世界淡水鱼产量中，我国也居领先地位。但现在我国的养殖水面还未充分利用，大水面精养才刚刚开始，截至1984年水库可养水面2650万亩，才利用了2000万亩；湖泊2580万亩，才利用879.6万亩。占养殖总面积70%的大、中水面，只提供了淡水产量的22%。1984年，湖泊单产26斤，水库只有18斤，单产高低相差悬殊。大水面潜力很大，投资少、收益大、不与种植业争地、有利于解决捕捞渔民生产、生活出路和劳动致富问题，将来必定大有作为。

在养殖生产中，海水养殖的品种目前仍以贝、藻类为主，对改善市场的供应作用并不很大，鱼类正处在试验发展阶段，海水虾的养殖最近发展很快，但海水虾是高档商品，主要用于换汇，海产品难以以鲜活状态运入内地，对于改善市场供应不能起太大的作用，吃鱼难的缓和将主要取决于淡水养殖的发展。

与池塘相比，大水面鱼类养殖和增殖的特点主要是利用天然饵料资源去生产水产品，成本较低。由于水面较大，产量一般比较集中，商品率高，品种多样，经济价值较好，又深入内地，便于以鲜活状态供应市场，因此在淡水鱼生产中占有重要地位。

内陆水域增殖养殖除了生产大量的蛋白质，改善人民生活，换取外汇，支援四化建设外，农、林、牧、渔是一个有机整体，即所谓“大农业”，存在着相互依存，相互促进的内在联系，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，农业经济结构就会日趋合理，获取更大的经济效益。也只有这样，渔业才能经久不衰。

二、国内外内陆水域增殖和养殖的发展概况

我国养鱼事业是世界上发展最早的国家。春秋时代荀况就说过“鼃兽鱼鳖鰌鱉，别之时，网罟毒药不入泽，不天其生，不绝其长也。”古书还记载“竭泽而渔，岂不得鱼而明年无鱼，”“鱼不长尺不得取”，说明公元前二千多年古代人民已注意水产资源的繁殖保护。最早的水库养鱼可算是浙江的东钱湖水库，唐天宝三年，即公元744年以后曾养鳊鱼，浙江绍兴一带，在明嘉靖年间，即公元1537年，三江闸建成后，就开始了外荡养鱼。

解放后，我国淡水渔业发展很快，1955~1957年为开创时期，1957年颁布了“水产资源繁殖保护暂行条例”。在水生生物调查的基础上，根据饵料生物的数量，开展了鲢、鳙、草、青鱼的湖泊水库投放，为三十年来我国特有的大水面投放花、白鲢渔业奠定了基础，并发掘了鲂属的一个专食水草的新种——团头鲂，作为养殖的新对象。这时期淡水鱼产量从1955年平均36.6万吨增加到1957年的117.9万吨，平均75.7万吨。

1958—65年为发展阶段，在这期间，水产工作者为开创期取得的成绩而振奋，干劲很大。1958年在广东南海水产研究所在池塘孵化出鲢、鳙鱼苗，为我国水产养殖事业开辟新的途径。1964年6月25日国务院批转了水产部制定的《水产资源繁殖保护条例》（草案）。但1958年后经受了反右扩大化和大跃进的错误，造成了三年灾害，也严重地影响到水产事业。这一时期水产虽有发展但盲目性很大，许多渔场的机构盲目扩大，生产规模恶性膨胀，后来又不得不紧缩编制和生产规模，造成重大浪费。在困难时期则酷捕滥捞，使水产资源元气大伤，迟迟得不到恢复。湖泊围湖造田，减少了渔业水面，破坏了生态平衡，这一时期还未认识到投放大规格鱼种的重要性，许多水库、湖泊因投放鱼种规格偏小而成活率很低。这些疮痍到了1964—65年才有所平复。这期间淡水鱼产量年平均为89万吨。

但紧接着更大的灾难降临到人民头上，这就是1966—76年的十年动乱。在这期间，虽然有不少干部、工人忠于职守，兢兢业业为水产事业做出贡献。国务院及水产部门也做了大量工作，开了许多会议，发布了许多文件，但社会秩序混乱，盗鱼炸鱼破坏渔业资源的事非常普遍。许多地方行政管理陷于瘫痪，围湖造田继续进行，毁林开荒有增无已，破坏了水土保持，使养鱼水域淤浅，工农业污染也更为严重，降低了大水面的生产性能。但这阶段的湖泊放流和过鱼设备的建筑是有成绩的。如河蟹放流，1970年试放成功，得到迅速推广，1973年以来，江苏省还在十个大湖泊，放流鲢、鳙、青鱼、草鱼、鲤、鲫、鳊等，获得了显著效果。沿海沿江节水闸低水头鱼道的修建，在解决被隔离水体的渔业资源，也获得显著效果。

只有在粉碎四人帮之后特别在十一届三中全会之后水产事业才进入了持续稳定的新的发展时期。近几年来党中央、国务院多次强调发展水产业的重要性，提出十年八年后要把全国淡水鱼产量提高到四、五百万吨的目标。并明确了发展渔业的方针。确定以养殖为主，改变渔业生产偏重海洋，忽视淡水；重视国家和集体经营，忽视个体分散经营的缺点，要靠政策和科学发展淡水养殖。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，使渔业生产有了保障。

淡水养鱼总产量，与上年相比，1979年增长36.7%，1980年增长了10.8%，1981年增长了12.5%，1982年增长了19.3%，1983年利用了可养水面8000万亩的58%，总产量达到143万吨，比上年增长18.3%，比1978年增加了74%，相当于建国初期的5倍。1984

年更提高到224吨，比1983年增加了16.8%，1985年淡水水产品产量达267万吨，比1984年增加了19%。

这期间，我国从黑龙江到珠江主要流域都完成了水产渔业资源调查，完善了中华鲟人工繁殖和育苗技术，完成中华鲟在葛洲坝下的繁殖生态调查。还用天然捕捞的鲢鱼蓄养12小时用人工授精法孵化出幼苗，饲养成1斤重的成鱼。此外，还完善了河蟹海水和人造海水育苗技术，为增殖质量高价值大的水产品提供了条件。

在生产上，扩大了1973年以来开始的在湖泊、水库设置网箱不投饵培育鲢鳙鱼种，并用投饵的方法在大水面用网箱养殖鲤、草鱼、罗非鱼等吃食性的鱼类。1984年以来苏州等地在大湖用拦网分割成小湖投饵精养鱼类。辽宁、陕西还在小水库施用以化肥为主的肥料，培育鲢鳙成鱼，获得经济效益非常显著的成果。可喜的是政府和水产工作者都认识到大水面在战略上的重要意义。我国的人均占有耕地仅1.5市亩，不到世界人均占有耕地（4亩）的二分之一。靠挖池塘发展水产事业已无多大潜力，而一亩网箱的产量可为池塘的50—100倍，网箱里面的鱼养好了，网箱外的鱼也增产。广阔的湖泊水库养殖产量可提高5—6倍。看来，第二个翻番大水面增养殖将大显身手！

在新品种引进方面，这期间引入了日本吃浮游生物的白鲫（1976）、从泰国引进了尼罗罗非鱼（1978）；从日本引进了高白鲑和穆松白鲑（1983）。河蟹向边远省区扩大放流，太湖短吻银鱼在滇池移植成功，公鱼在北方移植逐渐获得重视，都丰富了我国的增养殖对象，对提高鱼产品质量有重大意义。

但是应当看到目前我国湖泊水库渔业生产水平还很低，鱼产量还很不平衡，截至1984年，鱼产品中鲢鳙占较大比重，优质鱼不多。科研工作也跟不上，对水域生产力与资源变动规律还缺乏系统深入的研究，对鱼类和其他水生生物生态学研究比较差，特别对群体生态学的研究，还仅仅开始。生产部门对渔业生产统计资料重视不够，因此难以对鱼类数量变动进行科学分析，对水域鱼类资源状况心中无数，对捕捞、放养的数量、种类搭配的比例都处于摸索阶段这是必须尽早改变的。

据联合国粮农组织1980年统计，全世界淡水总产量761.46万吨。其中亚洲460.57万吨，非洲149.72万吨，北美17.28万吨，南美洲25.96万吨，欧洲32.96万吨，苏联74.74万吨，大洋洲2000多吨，1980年我国产124万吨，占世界总产量的16.3%，居世界首位。这是我们在养殖技术上的优势取得的成绩。亚洲包括我国淡水鱼产量虽高，鲤科鱼居多，质量赶不上欧美诸国。另外，我国资源增殖方面比先进国家特别比苏联有一定差距。

大多数渔业发达国家目前对内陆水域的增殖工作，都相当重视。很多国家在行政部门中都已设有专门管理渔业资源的增殖与保护的机构，投入了很大的人力与物力，在一些措施上达到了相当大的规模，如洄游性鲑类的人工繁殖放流在苏、日、加、美等国都设有一些较大的繁殖场。在一些河流还设有鱼梯、鱼道，让洄游鱼通过拦河坝。许多国家广泛地进行了鱼类的移植工作，如大麻哈鱼类已驯化于欧洲、南美和大洋洲。对中国的草、鲢等鱼类，苏、日和许多欧洲国家都已移植并做了人工繁殖工作。一些资本主义国家对其大型水域的自然条件也进行了系统的调查。但除苏联、日本等国家外，对我国的鲢、鳙鱼是重视不够的，加以国外多深水湖，他们的鱼产量并不比我们高。

1964年开始，国际科学协会理事会，作为国际地球物理学研究的一部分，建立了国际生物学计划（IBP），为了人口日益增长的人类的福利，针对环境的保护和自然资源管理，在

世界范围内建立了陆地、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。在研究自然的基础上，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产力（PF）的。虽然许多工作尚未完成，但一些研究成果也广泛地涉及到渔业的基础理论，这就必然对渔业的发展起了推进作用。

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”（MAB）研究计划的国际协调理事会。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”来接管并进一步发展其研究工作。这两个机构都是永久性的。

“人与生物圈”是综合性的生态学研究计划，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（季刊）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。

三、内陆水域鱼类增殖养殖学的内容和特点

提高大水面产鱼能力的途径不外乎从内因、外因两个方面着手解决。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、放流、移植、驯化、产卵场的保护、人工产卵场的建立、鱼病防治、幼鱼的救护、以及拦鱼设施和过鱼设施的建立。对有害的鱼类则可用加强捕捞、破坏其产卵场等方法予以压制。

改造环境的内容也是非常广泛的，如水域的施肥、投饵，饵料生物的移植、驯化，水域污染的防止，修建人工运河补充水源等。所以这门科学牵涉范围非常广泛，需要雄厚的基础。学好这门课不仅要具备一定的生物学基础，如鱼类学、生态学、生理学、胚胎学、水生生物学、微生物学等，还要有一定的水文学、水化学、水利工程、数理统计的知识。至于池塘养殖、鱼病学、捕捞学则互相联系、交叉、渗透得更多。

本学科是一门应用科学或生产科学，它要求我们紧密联系生产实际，积累丰富的实践经验，不断从实践中发现新问题，输入新血液，这门科学才能生龙活虎地发展起来。但由于本课程的内容来自生产第一线，它的许多观点、方法都是初步的、不成熟的，需要时时加以改进和补充，学习这门课决不会是一劳永逸的，学完这门课仅仅是开始看到大门，有更多的艰巨的工作正等待我们去做，等待我们升堂入室。这也是本课程的特点。

第一章 内陆水体的渔业性状

本专业在国内过去多开设湖沼学 (Limnology) 课程, 但国内现行教学计划不设此课, 而把部分关于生物的内容放在水生生物学中介绍。由于水生生物学不能包括湖沼学的全部内容, 特别对陆水的形态、水文、物理性质方面, 介绍得更少。即使是生物性质, 两门课的着眼点也不相同, 我们着重介绍陆水的性状和渔业的关系 (在开设湖沼学时这部分内容也要介绍), 而水生生物学则从生物学观点出发讨论水生生物和环境的普遍规律。下面就陆水的形态、成因、理化、水文性质、生物性状和发展趋势作一简要介绍。

生物周围的一切都是它的环境, 包括非生物因素和生物因素。

有机体和环境之间的相互依赖又相互制约的关系, 在地球表面结合为一个严密的统一体, 叫做生物圈 (biosphere)。生物圈是地球表面全部生物以及和它们发生相互作用的自然环境的总称。生物圈又是太阳辐射在地球上引起一系列变化的地方。生物圈是由多种多样的生态系构成的。每一生态系都是一个物质循环能量流动系统。生态系是一个相互作用、相互依赖、相互制约的生物与非生物构成的稳定的系统。在这个系统内, 有一定的结构和功能。如一个池塘、一个湖泊、或一个水库就是一个生态系统。

我们种庄稼, 在不同的土壤和气候条件下, 不仅产量有差别, 适宜种植的品种也不可能一样。养鱼也是一样, 由于水域的土壤不同, 深浅不同, 气候条件不同, 还有其他环境条件的差异。鱼产量和适宜的种类也有显著差别。我们搞渔业区划, 就是在调查的基础上, 把自然条件相似, 经营特点相同的地区和水域, 划归同一渔业区, 以便于更合理的统筹经营, 科学管理。

了解水域环境条件是确定增殖养殖方式、因地制宜地选择适宜品种、搞好渔业区划、估计鱼产量, 开展科学养鱼的重要依据。因此我们对水域的环境因素所起的作用必须有充分认识。但影响渔业的环境条件非常复杂, 进行全面过细的了解一般是办不到的, 所以必须分清主次, 即抓住主要矛盾, 根据自己的人力、设备和时间, 对主要因素优先进行调查。

下面我们先从河流、湖泊、水库的非生物性状开始介绍:

第一节 河流、湖泊、水库的形成、形态和水情

一、河流

(一) 水系和流域

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, 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。地下水可从分水岭以外集入河流，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。在一个水系中，直接流入海洋和内陆湖泊的河流叫干流，流入干流的叫一级支流，流入一级支流的叫二级支流，依此类推。

凡最后流入海洋的河流叫外流河，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，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) 河流开始的部分叫河源，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) 中游的性质介于上、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) 下游的特征是河谷宽、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：河流流入海洋或湖泊处，经常有大量的泥沙沉积，形成了多汊的河网，俗称三角洲。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，在相当距离又入河道，称为伏流。

3、河床与河谷

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，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。在低水时期及平水时期有河水通过的部分叫“根本河床”，它通常具有明显的界限；在涨水时期才有河水通过的部分叫“泛滥河床”或洪水河床，因为洪水期为时较短，所以洪水河床没有根本河床明显。

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，常形成许多壅穴和岩槛。壅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：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。河水的动能越小越难克服沿途的障碍，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，称牛轭湖。

河谷的分型：

河谷形成初期，谷地狭深，谷底全部为河流占据。河谷横剖面呈“V”型，谷坡很陡。纵剖面坡度大，呈阶梯状。

在“V”型河谷中常见的有隘谷和峡谷等。隘谷谷地很窄，上部下部宽度几乎一样，多位于山谷的坚硬岩层中。

峡谷是“V”型河谷发展到后一阶段的谷地，谷坡尚陡峭，谷底已扩展，但大部仍被水淹没。

随着河谷的发展，河床侵蚀逐渐加强，河谷展宽，形成河浸滩河谷。这种河谷河床只占谷底的一部分，而且常呈河曲形式。河流蜿蜒于本身所造成的冲积物之间，而且分为若干分流，大河的阶地往往有很多级，紧靠河流且在洪水期被淹没的一级，称为第一阶地；第一阶地以上的叫第二阶地、第三阶地等。阶地是建立水库后曳网捕鱼的良好场所。

流速与坡度有密切关系，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：

$$I = \frac{H_1 - H_2}{L}$$

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

（二）河流的水情

1、水位、流速和流量

（1）水位：河流的水位是指河流在某一断面上河水水面的高程。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，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—1 米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，常与当地的气候变化相应。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。

同一条河的水位变化也不完全一样，这主要与河床的形态有关，同样的水流流过窄的河床时，其水位升高的程度比河床宽的地方要大。要知道一条河流某地的水位，就必须在这个地方进行观测。

最简单的水位测量工作是在河边竖一标尺，定时进行观测，把数次观测的数据平均起来，就是平均水位，如用“自记水位计”测量水位，就更为方便。

(2) 流速：河流的流速是指单位时间内河水流动的速度。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，浅滩处水浅流速大，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：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的流速。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(平方米) × 过水断面平均流速[米/秒] 即得流量[立方米/秒]。

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

在一定时间内通过断面的总过水量称为径流量，径流量以立方米或亿立方米计。

以公式表示：

$$W = QT$$

W = 径流总量[立方米]； Q = 平均流量米³/秒；

T = 时间[秒]

当径流与降水进行比较时，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

$$y = \frac{W}{F}$$

式中 y 以毫米为单位，因为流域面积(F)以平方公里为单位，径流总量(W)以立方米为单位，所以 W 和 F 也要分别化作立方毫米和平方毫米。

径流系数[a]就是径流深度与全部降水量之比。

$$a = \frac{y}{x}$$

式中 y = 径流深度[毫米]； x = 降水量[毫米]

a 是没有单位的值。常以百分数表示，在值大时，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270万平方公里，占地球陆地1.8%。

湖泊的面积、深度、高度相差很悬殊，大的如里海37.1万平方公里（1970），是世界最大的内陆咸水湖。苏比略湖面积8.2万平方公里，是世界最大的淡水湖。小的仅几十平方米的池塘，也可称作湖泊。湖泊的深浅也不同，世界最深的贝加尔湖，深达1620米，而许多浅湖还不到1米。湖的高低不一，我国青藏高原上的湖泊高达3000~5000米，而新疆吐鲁潘洼地中的艾丁湖，在海平面下154米，湖面最低的死海，在海平面下392米。

（一）湖泊的成因

湖盆是在内力和外力相互作用下形成的。根据湖泊的起源可分为以下几种类型：

1、内力湖：由地壳运动造成的，又分为：

（1）构造湖：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，也比较长，地球上的大湖属于构造湖类。如北美五大湖、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：位于死火山口，湖泊多呈园形，湖岸较陡，深度较大。如白头山上的天池，湖水深度达300多米。

（3）堰塞湖：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120米的湖泊。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，变成一个半天然半人工的湖泊或水库。

2、外力湖：是流水、风等外力所形成的湖泊。

（1）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。

（2）溶蚀湖：在可溶性〔石灰岩、白云岩等〕地区，由地下水溶蚀岩石形成。我国云贵高原多这种湖泊。

（3）冰川湖：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。

（4）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。

（5）泻湖：本是海湾，由于泥沙沉积与海洋分离而成，如太湖。

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，地震等内力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。

（二）湖泊的形态

注水的凹陷部分称湖盆，湖盆可分三部分。

沿岸带是指遭受波浪和河流作用的沿岸部分；深水带：水深波浪作用不能直接使湖底形成波状起伏；亚沿岸带：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，在湖中露出水面的陆地称为岛屿，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，加速了湖泊的演化并直接在背浪的沿岸区形成泥炭。

说明湖泊形态的数值如下：

1、长度、宽度 水的面积，

2、深度 宜在地图上画出等深浅线或等高线。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：

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

或

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

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园周长度的比。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：

$$E = \frac{U}{2\pi\sqrt{F/\pi}} = \frac{U}{2\sqrt{F\pi}}$$

5、湖盆的地质构造

凡由坚固的岩石组成的湖岸都不易被冲蚀，这种湖岸起重要作用的是风化作用，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，壤土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。在靠近水面处逐渐形成有时相当深的凹壁，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，又称平原型水库或湖泊型水库，这类水库也有溢洪道和放水孔。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。此类水库以地形的是否陡峻又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、小型三类，如表1—1。

表 1—1 水 库 类 型

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

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）。

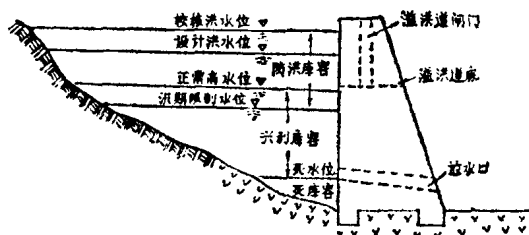


图1—1 水库特征水位和库容划分

死库容在输水道之下，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。

（一）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。

水库的外形，因淹没的河谷的地形而有不同，比较规则的河谷上的水库，往往是楔形的，但很多水库形状复杂，呈分枝状，如松花湖水库在中游以后有两个分枝，水丰水库分枝很多，广东大沙河水库则有154个岛屿，新安江水库港湾很多。

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，水表面积大为其特点，如山东的峡山水库，丹江口水库丹江一枝，水面辽阔，也近似湖泊型水库。河流型水库有峡谷中修的水库，水库深而陡，如黄河兰州以上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。

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，特别分枝形水库岸线发展系数最大，库底不平和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。

（二）水库的水文特点

水库容积：有效库容是用来进行水量调节的一部分水库容积，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，死库容一方面作为水库淤沙之用，一方面为电站造成一定的水头而服务。

水位变动：正常高水位是汛期蓄水不能超出的水位高程，只有在河流出现特大洪水时，可以暂时允许比高水位更高的水位，称为异常洪水位。

水位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库终年可保有相对稳定的水位。

以防洪为主结合发电的水库，汛前水位放得很低，汛后水位较高，冬末春初降到最低点。

以灌溉为主的水库，水位变动也很大，汛期到汛后水位逐步抬高，到灌溉开始前为最高，汛前水位最低。

以发电为主的水库，多为大型山谷水库，如水丰水库，丰满水库，新安江水库等，这类水库汛后水位最高，整个冬季水位下降，冬末达最低点。

以工业和城市供水为主的水库，水位变化较小，汛前水位最低，汛末水位最高，水库的水位变化与入库河流的径流变化比较一致。

(三) 养鱼水面

随着水位的波动，水库的面积和容积也发生很大变化，在枯水时，养鱼面积减小，摇蚊幼虫等浅水生活的底栖动物干死，对底栖动物食性的鱼影响很大。所以怎样计算养鱼面积，对于制定水库养鱼的统一规划，比较各水库的生产水平是迫切需要的。目前我国各地计算方法很不一致。

计算养鱼水面的主要有以下几种：

- 1、按正常水位或按溢洪道高程的蓄水水面计算，这种办法计算的养鱼水面偏高。
- 2、按枯水位计算，偏低。
- 3、按溢洪道高程的水面计算。
- 4、按正常水位面积的70%计算。

各地水文条件相差很大，在全国范围内至今没有形成统一标准。

(四) 流速和交换量

水库的流速也表现了河流和湖泊的中间类型，即比原来的河流变小了而又不同于湖泊的几乎是静水，在水库的开阔部分往往觉察不出水流，在水面狭窄处以及上游区流速较显著。流速在水库的横断面上的分布也是不均匀的。沿河床的部分最大，愈向两岸愈小，沿岸带除了风成流外，几乎是静水。

水库的交换量因库容大小及河流的流量而不同，在同一水库中，各个部分也因流速不同而有不同的交换量。

年交换次数可用年径流量除以库容（总库容或有效库容）获得。即

$$\alpha_1 = \frac{W_{\text{年}}}{V_{\text{总}}} \quad \alpha_2 = \frac{W_{\text{年}}}{V_{\text{有效}}}$$

式中 $W_{\text{年}}$ 表年径流量， $V_{\text{总}}$ 为总库容， $V_{\text{有效}}$ 为有效库容。 α_1 为交换次数，又称为库容系数， α 值大说明来水量大，水体交换次数多。我国山区中型水库，一般库容都较大，水交换次数不多。交换次数影响库水的混合，也会把饵料生物带走，对鱼类的生长有重要影响。表1—2是我国部分水库的 α 值情况。

表 1—2

我国部分水库的 α 值

水库名称	总库容 (亿立方米)	有效库容 (亿立方米)	平来水量 (亿方方米)	α_1 年来水量/ $V_{总}$	α_2 年来水量/ $V_{有效}$
新丰江	138.96	96.66	65.3	0.47	0.68
上犹	8.22	5.72	25.5	3.10	4.46
古田一级	6.42	6.18	13.9	2.17	2.25
柘溪	35.7	28.0	196	5.49	7.00
新安江	220	144.3	113	0.51	0.78
富春江	8.74	5.24	313	63.0	60.1
佛子岭	4.81	3.56	15.4	3.20	4.32
丹江口	208.86	140.46	388	1.86	2.76
丰满	107.8	80.2	143	1.33	1.80
桓仁	34.5	20.7	46.4	1.32	2.19
官厅	22.7	16.7	14.1	0.62	0.84
刘家峡	60.4	45.4	263	4.32	5.79
枫树坝	19.4	16.54	44.5	2.29	2.69
西津	30.0	22.0	511	17.0	23.2
云峰	39.11	28.65	87.7	2.24	3.06
狮子滩	10.27	7.48	13.9	1.35	1.85
象咀	3.57	1.56	473	132	303.2

第二节 陆水的物理性质

一、陆水的光现象

1、白昼长和辐射量在地表的分布

太阳辐射能是生物生活过程的基本能量来源，太阳辐射又是地球气候变化的基本动力，依赖辐射才使地球表面维持目前适于生物生活的环境，例如太阳辐射能通过生物的光合作用，使地球表面有了维持好氧生物需要的氧气。

太阳辐射空间分布的不均，使各地产生了气候的差异，其周期变化，是各地气候按季节有规律变化的原因。地球上各地的太阳辐射活度是由太阳的高度决定的。在赤道上，每年春分日和秋分的正午，太阳正好在天顶上（ 90° ）；而太阳高度最小的日子分别在夏至日和冬至日。在北回归线上（北纬 $23^\circ 27'$ ），正午太阳在天顶的情况，只有每年夏至日一次。北回归线以北，太阳的高度也是夏至最高，但永远不会在天顶（ $<90^\circ$ ）。纬度愈高，太阳高度愈小，在冬至北极降为 0° ，即许多昼夜都看不到太阳；但在夏至，太阳的高度虽小，很长时间昼夜均可看到太阳。

从日出到日落的时间，称为昼长时间。除两极的高纬度地区外，一日之内都可分为昼夜两部分。太阳到达地球上辐射量的多少，与昼长时数有关。在北半球，从春分到秋分，都是日出在6时以前，日落在18时之后，昼长时数在12小时以上。