

粮农组织

渔业技术丛书

262

江河渔业



中国
农业科技出版社
北京 1988



联合国
粮食及农业组织

S9
(4)
0284

~~5770~~
~~S972~~

江河渔业

作者：R.L. 韦尔科姆

(粮农组织渔业资源及环境司
高级渔业资源委员)

中国农业科学院科技文献信息中心
根据其同
联合国粮食及农业组织的协议出版

粮农组织

渔业技术丛书

262

中 国
农业科技出版社
北京 1988



联 合 国
粮食及农业组织

江 河 渔 业

责任编辑 段道怀

中国农业科技出版社出版（北京海淀区白石桥路30号）

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

北京海淀东华印刷厂印刷

开本：787×1092毫米 1/16印张：20 字数450千字

1988年12月第一版 1988年12月第一次印刷

印数：1—3000册 定价：7.00元

ISBN 7-80026-114-X/S·83

说 明

本技术报告为非粮农组织出版的《泛洪区河流渔业生态学》(Longman, 1979)一书提供了最新资料和补充。本书就所有江河渔业的物理学与生物学环境管理方面的文献为基础,试图对当前最新的研究作一概括性介绍。因此,它不仅有助于渔业专业的学生、科学家和管理者,对从事水生生物,尤其是鱼类以及自然资源开发与管理等方面的生物学家、生态学家和地理学者也同样具有参考价值。

发送部门

粮农组织渔业部

粮农组织区域渔业官员

Selectors

非洲内陆渔业委员会

COPESCAL

欧洲内陆渔业咨询委员会

本册编目词:

Welcome, R.L, River fisheries.

FAO Fish. 1985

Tech.pap. (262) : 330p

封面图为马格达雷那河部份泛洪区,展示了一些泛洪区水生系统的复杂性。

提 要

除了世界上最干旱的地区外，所有河流排水，都是通过河床按自然规律进行调节，因而使它们形成一定的形状。理想的形状实际上很难见到，归结到一点，它们反映了地势的变化趋向过程。通常一条河可分为二个主要的区域：即陡峭的流速快的上游急流河段和迂缓的低平的下游缓流河段。一条河流的情况根据它的纵长是十分不同的，而不同河流的相同河段则区别甚小，即使在不同的大陆或不同纬度上也是如此。所有各大陆都有一系列主要的河流系统，它的组成不仅包括河床，也包括沼泽，湖泊，及与之相连的季节性泛洪陆地。

大多数河流都受到在其流域内降水量模式的严格制约。虽然有些水系靠特殊的地理条件，可在一年中将流量较均匀地分散开来（如水库型河流），但对大多数河流（涨水型河流）来讲，一年中降水强度的不同，会推向下游产生洪波。经过流量调节与水坝修建，水库型河流数量在不断增加。虽然河流的基本特征是根据河流经过的岩石决定的，洪水情况也季节性的改变了河流的物理与化学状况，尤其是热带地区的河流。在高纬度地区，其它气候特征如日照和气温会产生进一步的影响。

流量，营养物含量，pH值，温度和溶解氧等的季节变化，在它们转换的时候，也会影响到栖息在河中的植物与动物群落的组成和数量。这些变化尤其在缓流河段的泛洪区更为明显。在那里，洪水期间河水上涨淹没了大片主河道旁的土地。由于生活空间的扩大，加上土壤淹没后释放出营养盐类，使初级生产力出现一个周年性的高峰，紧接着是动物群落生物量的增长。

栖息在河流中的鱼类种数与河流的大小有一函数关系。较大的流域，如亚马逊河，就超过1000种。各种鱼类都能高度适应它们所生活的那类河段的环境。这种适应性不仅是形态学上的，也包括它的生活习性，而且有些鱼类采取长途迁移办法，以避免不利条件，或为了繁殖和摄食，有时也会改变其精巧的繁殖机制。

鱼类生物学的其它特性是与河流的水文周期有关。因此，当大面积的生活空间与丰富的食物，为幼鱼提供了最好的生活与生长条件的时候，洪水就和大部分鱼类的产卵密切联系起来了。这些因素的影响，使特大洪水年份鱼的成活与生长条件得到极大改善，以致鱼群总生物量大为上升。同时产生一个强大的世代并将传递到其它年份。在水库型河流和季节性的流水河中，这种类型的年际差异就不那么明显。

河流中鱼类群落的组成可进行各种渔具捕捞作业，为渔业奠定了基础。捕鱼强度也是有季节性的，并且与温度或洪水的变化相关。由于鱼群数量能随洪水强度波动而变，同样渔获量也与之有关，特大洪水年过后随之而来的是渔捞丰产年。一些捕捞手段增加了捕捞压力，因而对鱼群结构会有所影响。通常河流中单一种群的捕获量总是遵循一条典型的产量曲线，而那些复合种群的捕获量则表现为一个平稳时期，它可以在一个大范围的捕捞强度中坚持下来。但这一平稳时期在鱼群的组成上往往是假象变化，即由大型的生长缓慢的类型转变为个体小生长快的类型。

河流及其流域不仅用于渔业，而且还可用于其它多种目的。其中有许多用途因改变了河流的水质与水量，并与河中鱼群相互作用，因而使利用受到损害。当河流的利用增多后，为了发展渔业，河流的管理就越来越重要了，渔业本身也需要管理，这种管理可采取直接对鱼类资源的干预，或是对渔民本身用法规与经济的制约来完成。由于河流在不断改造，最初实行的捕捞渔业就变得不适应了。虽然河道可继续提供食物或重新改造，而主要的发展重点则是取代问题，例如在原泛洪区发展农业，或在与主河道相连的水库中建造新的渔业。

简介

自人类起源,江河流域就成为人们居留的中心,在富饶的泛洪平原上形成了许多古老文化,大约自公元前5000年以来,在尼罗河、美索不达米亚、印度和中国的江河流域,就有最早期的、系统的定居者出现了,人们集中力量控制水文情况使农业受益。罗马文化和后来的西欧文化,也在许多较小的河流上建库蓄水,以利用水力。在世界上有许多极干旱地区,溪流与河流被用来蓄水灌溉。这些趋势不断发展,直到今天,仍在努力修建水库,改造河道,建设水渠,只留下少数河流的河道未受到什么干预。由于水利工程对环境影响的压力必然会增加各种农业,畜牧业,工业化学等给水域污染带来的威胁。另外,不良的或缺乏对流域的管理,砍伐森林和在缘岸山坡地上耕作也加剧了侵蚀作用,同时由于河流泥沙运送,迅速改变了低洼河段情况。这些变化不仅改变了环境,剥夺了鱼的生存空间和鱼为了完成生命周期所必需的河流通道,而且也改变了它们赖以生存的水质和水量。

河流鱼类群落提供了渔业的基础,大致可追溯到最早人类在河谷定居时期。粮农组织渔业统计年鉴 (FAO, 1984) 表明,世界淡水水域正常捕捞量从1977年的 710万吨上升到1983年的 890 万吨,分别占世界捕捞总量的10.4%和11.6%。平均年增长率较低,只有 3%,这似乎表明捕捞水平正达到最大量。目前许多内陆水域捕捞量仍由河流或季节性的或与之相连的泛洪地区提供,尤其是在拉丁美洲和东南亚地区,那里大型湖泊很稀少。在渔业竞争下,利用率增高,导致了一些长期建立起来的渔业的消失,有的还濒于绝灭。

对鱼群的研究一般来说落后于对湖泊和水库的研究,虽然近十年,这一课题已引起人们越来越多的兴趣。为了渔业,对河流管理的真正关注,是从上世纪末就已在北美和欧洲开始了,并对这些水域进行了研究,以便发展鱼类资源与自然改良实施,主要是维护鲑鱼类的各种渔业。这在东欧早期对河流渔业的分类划区中开了先导。在那里,粗杂鱼类的商品渔业在经济上也是重要的。对大河流最早期的系统研究之一是 Antipa (1910), 他开始对多瑙河进行研究,以后由其他一些人继续工作,最后该河流成为世界上最为深入研究的主要河流之一。Antipa认为:多瑙河的渔产量在任何特定年份内是与洪水的强度和持续期成正比的。并已证明对所有其它调查过的泛洪型河流也同样适用。(Botnavinc, 1968) 对多瑙河的研究还说明了泛洪区并不是孤立的,而必须作为较大河流整体的一部份 (Botnavinc, 1967。Balon 1967)。稍后苏联工作人员也开始了对伏尔加河的研究,研究工作是在该河梯级水库建成后才有所加强,但仅部分文献有译文。对密西西比——密苏里河的详细研究则更晚一些,仅在最近十年才获得对该河的了解。目前对上述河流及其它温带河流的现代科学研究是非常复杂的,它涉及到许多生物学与生态学问题,尤其是与河流生境地保护有关的问题。

热带河流渔业生态的系统研究是由尼日尔河开始的。当时在中央三角洲成立实验室, (Blanc等, 1955)。研究成果由Daget的一些出版物发表,阐述了该河许多鱼类分类与生物学方面的问题。粮农组织的一些项目也与尼日尔,贝宁和尼日利亚在该河协作研究,苏丹的尼罗河撒德草甸曾经过一系列个人、团体的研究,包括琼格莱运河勘察组 (1954) 和 Megit Baktic (1984)。由爱达荷大学和密执安大学对卡佛埃河进行了短期的研究,报导了卡佛埃平原鱼类生物学。ORSTOM 队在七十年代研究了洛贡河的雅尔斯泛洪平原,其它地

方另一些人 also 报导了希雷、河欧科范果河三角洲 (Botswana Society, 1976) 和部分扎伊尔河的渔业和普通生态学情况。

在南美已经对大部分河系进行了一定程度的考察。Bonetto 和他的调查组的许多调查报告提供了有关巴拉那河及其支流的大量资料。与此同时, Godoy (1975) 概括了同一水系在巴西的支流莫吉嘎苏河的情况, 亚马逊河 Pesquisas 国家研究所工作人员研究了马瑙斯周围地区的情况, 同时粮农组织一个资助项目使秘鲁当局能够收集到该河在伊奎托斯水位的同样情报。Mago-leccia 在 1970 年开始了对奥里诺科河的研究, 以后 Navoa 和他的合作者继续了这项工作。Lowe-McConnell 对鲁普努尼河热带河流的鱼群生态学进行了基础研究。马格达雷那河的渔业调查是由 INDERENA 开始的, 并通过粮农组织项目得到了加强。

虽然 Chevey et Le Poulain 在 1940 年开始了对湄公河的研究, 并提出了对大型热带河流的一般见解, 但亚洲河流的研究, 多少有些局限性。除此以外, 在马来西亚半岛、加里曼丹、印度、斯里兰卡和美索不达米亚等地的河流也都进行过研究。无疑有许多是关于中国主要河流的文献, 但现存尚没有翻译版, 只是苏联发表了黑龙江的一些研究报告。

所有这些和许多其它著作, 共同为我们提供了世界鱼类及渔业方面的一个完整的情报。正如我们目前的这份技术报告所提到的。本报告虽然说明河流差异是相当大的, 而某些一般的结论则是一致的: 第一, 虽然缓流河段和急流河段十分不同, 但这两大河流段在形状与特性上, 不论在那个大陆或纬度带, 表现则是一致的。换句话说, 无论那里的急流河段都相似, 正如无论何种缓流河段都相似一样。各处都可找到一整套相似的情报和数据, 不论其地理起源如何。第二, 泛洪型河流的缓流段的鱼群动态和习性与水库型河流 (及人造河流) 是不同的。第三, 泛洪型河流中许多鱼类的生物学与生态学对季节性的洪水协调那样好, 以致水文情况变化会引起鱼类群落结构与生产力的变化, 当泛洪型河变为水库的条件时, 而鱼群情况则随之相应转变。

虽然在一定程度上受文献篇幅所限制, 但本文概括了当前河流系统的鱼类与渔业的现状。虽然鱼群的其它用途也提到了, 但我们要强调的是河流作为食物生产源的重要作用。如对游钓渔业的管理与实施方面, 大量文献分析均省略了。第一部份阐述了物理与化学环境, 同时简单地概述了河流的初级生产力和次级生产力, 因为它们在渔业上有如此重要的意义。在这里对流水水域的湖泊学全面论述是不恰当的, 那要另外用许多篇幅来单独论述。虽然本文提到了急流河段鱼类群落的生物学。但也分析了大型河流主要鱼类的生物学与生态学, 因为那是渔业的重要基础。有关鲑鱼河流的大量文献没有在这里充分报导, 因为已在其它地方发表了。对河流渔业的研究是特别需要的, 但可获得的数量和质量的统计资料太少, 限制了分析的深度。然而, 不断地要求渔业专家们迅速提出河流管理建议, 并对流域内其它利用的干扰作出评价, 这就很需要建立一些通用的模式。从经验看未来, 很显然这样的模式应公开听取批评, 并作出最后修订。同样, 管理部份章节, 意图对鱼群管理的效果做一些试验, 而并非完整地阐述江河渔业的调整与改良, 及探讨各种社会与经济上的影响等问题。这些问题详细论述可在有关专著中获得。

目 录

简介

第一章 河系形态学	(1)
河系形状.....	(1)
河流类型 纵剖面 支流发育与溪河分级 (溪河等级 河流长度与流域面积的关系)	(1)
急流河道的形态学.....	(6)
缓流河道的形态学.....	(8)
河道 泛洪区.....	(10)
主要河流简述.....	(21)
非洲 北美洲 南美洲.....	(21)
亚洲 欧洲 澳大利亚和新西兰.....	(28)
第二章 物理化学过程	(34)
水文学.....	(34)
流量 流量规律的可变性 流速 洪水的来源 泛洪区的水量平衡.....	(34)
水化学.....	(43)
输沙量和混浊度 营养物的螺旋上升 碳与有机物 离子成份 氢离子浓度 (pH) 温度 溶氧.....	(43)
第三章 河流初级生产力	(59)
河流连续体概念.....	(59)
外源物质.....	(61)
细菌和其它微生物.....	(61)
浮游植物 环境因素的影响 产量.....	(62)
固着藻类.....	(68)
高等植物.....	(69)
分布与成带 沉水植物 漂浮植物 漂浮草甸 泛洪区草甸 高等植物在营养平衡中的作用.....	(69)
第四章 河流中的次级生产力	(80)
浮游动物与漂流生物.....	(80)
动物群落与漂浮植物和沉水植物的关系.....	(85)
底栖生物.....	(87)
漂浮生物.....	(91)
除鱼以外的脊椎动物 两栖类 爬行类 鸟类 哺乳动物.....	(91)
第五章 江河鱼类及河流系统	(95)
河流中鱼类的种类 各河系间鱼类种数差异 在一条河系中种的相对数量	

亚种群 种的个体大小.....	(95)
河流系统中鱼类种的分布.....	(104)
场所和地带上的分布 分布带 河流系统及其附属泛洪区中的生境.....	(104)
洄游及时间的分布 洄游和迁移的类型 成鱼的洄游 幼鱼的迁移	
迁移距离和速度 洄游时间.....	(115)
对外界环境条件的适应性.....	(129)
低溶氧浓度的适应 空气呼吸的适应 利用表层水的适应	
生理上的适应性.....	(129)
抗高温的适应性 抗干旱的适应性 对弱光的适应性 抗激流的适应性...	(131)
第六章 江河鱼类的生产力生物学	(136)
摄食.....	(136)
饵料来源 食性特化和按食物源分类 (食性特化 按食物源分类)	
摄食的季节性.....	(136)
生长.....	(153)
影响生长的因素 生长模式 生长的逐年变化.....	(153)
繁殖.....	(160)
产卵场和繁殖适应 繁殖力和产卵方式 产卵时间	
水文变动规律对鱼类产卵的影响.....	(160)
死亡率.....	(173)
死亡原因 死亡率的季节变化 死亡率的估算 死亡率公式.....	(173)
现存资源量和生产力.....	(178)
现存资源量 (主河道 滞水区 泛洪区静水水域 河流总资源量)	(178)
生产力 (生产力的估测 江河鱼类生产力和现存资源量的公式)	(185)
第七章 渔业	(194)
渔民.....	(194)
临时渔民 兼业渔民 专业渔民.....	(195)
渔具.....	(197)
季节性 渔法 (枯水期 洪水消涨期间的捕捞 洪峰期的捕鱼)	(197)
渔船.....	(207)
鱼获物的保藏.....	(207)
鱼产品类型 (冻鱼 干鱼 腌鱼 熏鱼 鱼粉 鱼油 发酵制品)	
防治虫害.....	(207)
捕捞鱼类.....	(210)
拉丁美洲 非洲 亚洲 欧洲与北美洲.....	(210)
幼鱼渔业.....	(216)
渔获量.....	(216)
不同河流渔获量的分析 (渔获量与河流形态的函数关系 渔获量与捕捞强度	
的函数关系 增加捕捞压力对鱼类群落结构的变化) 渔获量的年际波动...	(216)
第八章 江河渔业的管理	(233)

江河及其流域的其它利用对渔业的影响·····	(233)
流量的变化 含沙量的变化 水质的变化 (其它用途的相互影响 陆生动 物 林业 农业 城市化 水利工程) ·····	(233)
江河渔业的管理·····	(251)
目标和措施 (目标 鱼类资源的利用 发展阶段) ·····	(251)
河流环境管理 (保护天然生态系统 改善河流内部结构)鱼类资源管理(引 入新种 移植放流) 渔业管理 (控制从业渔民 加强渔民的捕捞能力 禁 渔期 禁渔区 网目调整 取缔有害渔具渔法 地理条件) ·····	(255)
发展新的或其它渔业·····	(262)
水产养殖 水库渔业·····	(262)
名词索引	
物种名称索引·····	(270)
地名索引·····	(290)
致 谢 ·····	(311)

第一章 河系形态学

河系的形状

河流类型

河流是直线性系统，起着将大陆物质随水下泄排入海洋的作用。这一转移使水中固有的动能有所消耗。同时，河道形态使沿着河长能量最后完全消耗掉，河道中这种可预见的耗能作用产生了水压过程，因此河流类型是根据世界上各河流的流床岩石、海拔高度和降雨情况的相似性来划分的（Leopold等，1964）。实际上，同一条河流的不同地带之间的差异大于不同河流相同地域带之间的差异。因此，对河流的生物学研究趋向于按河系的下属单元来对待，如“鲑鱼溪”或“低地缓流河段”，而不是将某一河流从源头到河口作为一个整体来考虑。这样分段只是为了方便研究，任何河系最终都作为一连续体来看；表示出它沿河流长度特征。

任何一个流域的地理性状，都可影响河流的某些特征。它的明显区别在于以下两种：
①水库型河流：在其源头附近有开阔的湖泊，沼泽或泛洪区，可使洪水逐渐排放，它的流量变化率很小；②泛洪型河流：水位年度波动很大，可由猛烈洪水有时到旱季时候完全干涸。泛水河流达到极点时河水经常停止流动，甚至季节性地全部干涸，Jackson（1961和1963）对此称之为“沙洲河”。

第二个区别是根据河流经过的景观类型来划分：即①热带森林河流：它在流量变化方面具有许多水库河的特征，涨水时候森林保持水份，可使流量变化维持平缓。这样的河流容易成为瘦水水域，具有pH值偏低，导电率和离子含量低，含泥沙少，腐殖质高；②干草原河流：根据其流域的形态可分为沙洲型河和泛洪型河，河水pH值少有出现极端，其变化从微酸性到微碱性，导电率随河水含沙量适当增高；③沙漠河流：在干旱陆地上没有支流河道，趋向于泛洪型河流特征。顺着河流长度河水逐渐蒸发浓缩，使导电率和碱度大为增加，最终到达极限，形成盐湖或盐沼；④冻原河流：位于北极和亚北极地区，河水向北排出，水量变动规律取决于冬季冰冻情况。离子含量经常很低，因它们流经的土地，经冰川作用将地表层土壤剥蚀，混流系流也会出现，尤其是较大型的河流，在其流程中能几次出现自然变化。同样，在流域内的进程中也可发生变化，有时是森林河流，有时又成为干草原河流，最后经过侵蚀，淤积和水的利用而变成沙漠河流。

许多河系都会出现相当大的变化，特别是在温带地区，那里已没有什么大的河道能反映河流原来的所有特性，同时，由于控制河水流量，对水体系统进行干预，调节溪河水流。所以水库型河流的数量便在全世界稳定增长。

纵剖面

河流的纵剖面是凹口向上（图1.1）。也就是说在任何一条河流中，河道的典型性状，是由发源地的陡坡到河口的最小坡度具有一系列的形状，但并非始终如一，许多河流通过地表不规则起伏，会在迅流、石质缓流、淤泥河段之间交替变化。这样，上游河道通过激流河段之后，会在沿河出现若干段泛洪平原河段和湍流河段。如尼日尔河（图1.1），扎伊尔河或多

瑙河。不同类型河道一般有不同生物群落生存，由此形成了一些作为地理的与生态的分布带的基础。从地理学上讲，这种分带就是常说的不同类型河道之间的区别，包括急流、小溪、小河、溪河、江河等；从生态学上讲，这些区别也是有价值的，因其能反映许多不同条件，包括水流、坡度和河床类型等，这些条件对生活在那里的动植物类型起了决定性作用。由于我们认识了不同类型水流的差异性，因此不可能编制一个在生态学上令人满意的河流综合分类，也有一些作者如Petts (1984) 最近出版了这类目录。但是在急流溪与缓流河之间，确有根本差别存在。这与Illies和Botosaoneanu (1963)，在检查了许多河流分带建议方案之后，提出的分类相一致，它将河道分为二个主要等级—高地急流河和低地缓流河。

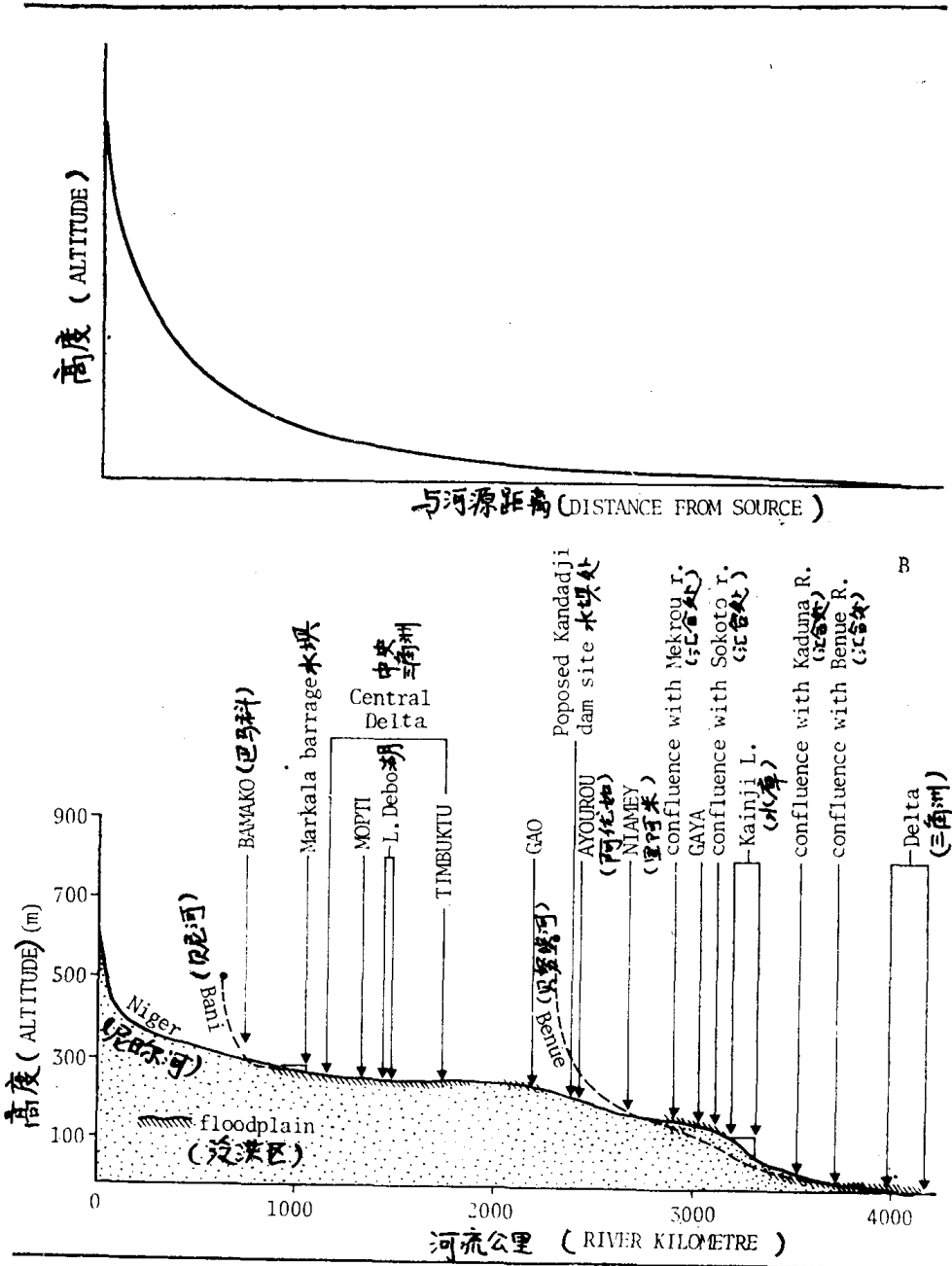


图1.1: 河系纵剖面
 (上图: 理论剖面 下图: 尼日尔河)

高地急流河：其含义为由源头开始向下延伸的部份，直到月平均温度最高达摄氏20度的地方。这个地方河水含氧量常高，流速快、有湍流，河床由岩石、石头、或卵石组成，并时有砂质或粉沙质的镶嵌地段。高地急流河可再分为三个亚区：即上、中、下高地急流河，水道范围包括由溪流到小河河段为止。

低地缓流河：指那些月平均温度超过摄氏20度的地方，这个地方河水可能发生缺氧，流速慢，河床主要是沙质和泥质地段。低地缓流河可再分为三个亚区：即上、中、下低地缓流河段。下低地缓流河段是受海水影响的半咸水区域。

按这个系统分类，温度是划区的重要条件，在热带地区，由高地河段到低地河段的转变，要在地势较高的地方出现，低洼地方真正的急流河带是不存在的。在温带地区，从科学研究上或河流生物学方面，必须重视这种差别。在温带几乎全力着重高地急流河段的研究，而在热带则极重视低地河段的研究。但不论温度条件如何，由于河源湍流河段与低地缓流河段的动植物差别根本不同，所以保留这一划分方法甚至对热带河流也是有用的。因此在本文中我选用了高地急流河一词来概括河流坡度较陡、石质、湍急的上游河段；用低地缓流河一词来概括水流缓慢，成年期的低地河段。

支流发育与溪河分级 溪河等级

众所周知，贯穿集水流域的一条河流的水道系统是呈树枝状排列的。对形成溪河排列的模式等级，已有若干建议意见。最普遍采用的是按溪河等级序列分类，其定义如下：一级溪流是那些没有支流的河流，二级溪流是由两条一级溪流汇合而成，三级溪流是二级溪流汇合而成，以此类推。按 Horton 最初的划分法，各河流系统只提出一条最长的河流一直延伸到源头处，这样，河的主河道就连续不断地由河流向河口伸延(Horton, 1945)(见图1.2)。随后由 Strahler 加以修正，废除了这一观念，因为它把所有溪河按同一等级归并为一个等级，似乎分级过于简单了(Stahler, 1957)。

对于河流的生态学研究来说，每个分类法都各有优势。前者按河流进程考虑到沿河全长的某种特性时(例如捕鱼便是有用的)，后者是更多的按自然分组，对任何特定级别的溪河，它的形状、位置、数量等可以合并考虑，进行概括的研究则是有用的。在溪流汇集点下面，动物区系数量的突然变化并不常见，尤其是相同等级的溪河，它的流量、输沙量和其它水文因素的突变，都会使河道产生重大变化，从而使生态学因素导致对一类种群有利，而对另一类种群不利的变换。

各级溪河的数量与长度之间有明显的关系，下列公式适用于任何等级的溪河。它根据公式的对数关系，表明某一流域不同等级的河流数量随着等级递减而增加。

$$N_s = a \cdot b^s$$

式中， N_s = 任何等级的河流数量， S = 级别。任何等级的溪河长度(L_s)以同样形式按等级(S)的下降而减小。

$$L_s = x \cdot y^s$$

a 、 b 、 x 和 y 各因素是根据不同的大陆或气候带而变。

上述关系式表明小支流的数量很大，总长度可占任何水系总长的最大百分比(表1.1)。例如 Leopold 等(1964)，估计美国500万公里的溪河，以平均长度等于或大于1.6公里计，有90%以上是四级或更低的级别。相关的公式为：

$$N_s = 7,661,837 \cdot (-1.58^*)$$

$$L_s = 0.697 \cdot (0.8320^*)$$

低等级河流经常有湍流，具有急流河段性质，而低地缓流河段常是汇集了较高等级的河流。低洼地区的低级支流，尤其是在热带，一般都具有低地缓流河段特征。

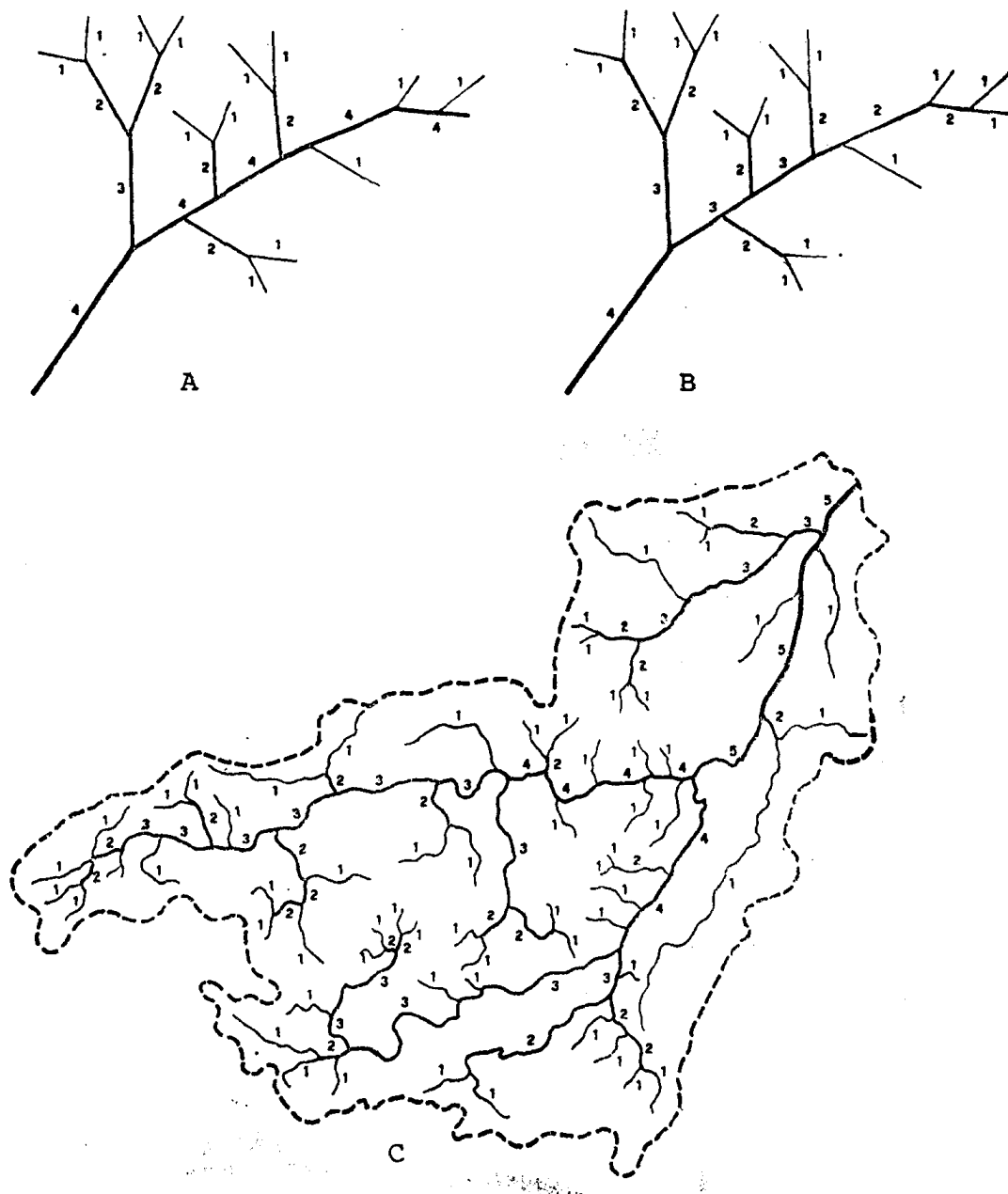


图1.2 河流等级的不同分级法。

A. Horton(1945) B. Strahler(1957) C. Strahler法适用于芒都高地的洛贡河水系。

河流长度与流域面积的关系。

流域面积和其中的河流长度也是相关的。世界上的五十条最长的河流，按年平均流量排

表1.1 美国不同大小河道的数量与长度 (据 Leopold 等, 1964)

等 级①	数 量	长度 (公里)	总 长	%	累 积
1	1,570,000	1.6	2,512,000	48.39	48.39
2	350,000	3.7	1,288,000	24.83	73.20
3	80,000	8.5	674,400	13.07	86.26
4	18,000	19.2	345,600	6.66	92.92
5	4,200	44.9	188,160	3.62	96.55
6	950	102.4	97,280	1.87	98.62
7	200	235.2	47,040	0.91	99.33
8	41	540.8	22,173	0.43	99.45
9	8	1,243.2	9,946	0.19	99.94
10	1	2,880.0	2,880	0.05	100.00
			5,191,479		

① 据 Strahler.

序, 其关系为:

$$L = 1.7084 A^{0.5418} \quad (r^2 = .70)$$

式中, L = 主河道长度 (单位: 公里)。 A = 流域面积 (单位: 平方公里)。当按地区分析时, 这一关系式的系数与指数是不同的, 如表1.2所示。

表 1.2 世界一些地区主要河流长度与流域面积的关系

苏联向北流的河	$L = 0.8747$	$A^{0.5901}$	$r^2 = 0.97$	$n = 6$
北美: 加拿大	$L = 0.9618$	$A^{0.5769}$	$r^2 = 0.81$	$n = 6$
北美: 美国	$L = 1.2528$	$A^{0.5609}$ ①		
欧洲	$L = 1.5421$	$A^{0.5420}$	$r^2 = 0.56$	$n = 7$
印度	$L = 2.2475$	$A^{0.5138}$	$r^2 = 0.61$	$n = 11$
亚洲向东流的河	$L = 3.3608$	$A^{0.4849}$	$r^2 = 0.37$	$n = 24$
南美	$L = 3.4641$	$A^{0.4843}$	$r^2 = 0.93$	$n = 16$
非洲	$L = 4.9500$	$A^{0.4521}$	$r^2 = 0.76$	$n = 30$

① 据 Leopold 等, 1964.

这一数据组中系数 (a) 和指数 (b), 据资料计算得出如下的相关公式。

$$b = 0.5797 A^{-0.1492}$$

Gregory 和 Walling (1973) 对世界的河道总长度与流域面积的关系, 按不同地区的河流密度变动数据整理。结果如表1.2所列, 由此表明, 根据地形和降雨量不等。每平方公里地面的河道, 变动在1.6到8公里之间。

急流河道的形态学

急流河段的主要形态学特征是根据河床比降变化出现坑潭和浅滩的交替变动(图1.3)。较陡的上急流河段以急流、瀑布、陡滩为主,由于河流向下游流去,与礁滩相接的坑潭形河段,比例有了增加,最终到急流河下段进入缓流河段。浅滩是有巨砾、石头或小卵石的粗糙底质,为陡而浅的地带。坑潭是较平、较深的地带,底部有细粒物质。它们的形状更复杂,特别是在急流河下段,底质多变,在滞水区为淤泥和沉渣底质。这样造成了生态学的更大差异。根据Leopold等1964年的研究,一个坑潭一滩礁序列,不管河的形状与地理位置如何,占有长度相当于河道宽度的五到七倍。其中坑潭或浅滩之间的相对长度比率则差异较大。急流河段的生产力常用潭一滩比率一词来表示。其中礁滩略占优势,认为是对鲑科鱼类有益的,因为较多的无脊椎动物食物容易在这类地带找到。

根据Sedell和Luchessa(1981)提出的历史证据,和世界上少有人居留的河流实际情况表明:整个温带和热带许多高地河流的现状。与未经人类改造的河流相比,变动规律是很不一致。世界上相当大面积的居住地,昔日为林地,河流经过时接收了大量的木头,植物,砾石和其它能改变流量结构的物体,例如河狸营造水坝。这种溪河都在第七级以上,至今世界仍有少数存在。这类阻塞物的存在,能比现今一般情况产生更为有利的环境条件,它使泛洪时回水范围扩大,大为延缓了溪河水流向外出流,使溪河内出现相当多的泛洪区,碳素物质得以保持,因而造成多样化的生境结构。(Swanson等1982)。

有少数人主张将急流河段按形态学类型分类,而不按滩潭划分。这二个主要的生境类型,根据其内在的差异性需要进一步划分,如果能够恰当地描述这些地区差别的话。Bisson和Sedell(1982)进行了这种区分的尝试,他们以美国鲑鱼河为例,得出如下的划分类型,这种分类对世界上其它地区的高地急流河段也是非常适用的。他将不同生境地细分如下:

浅滩:低坡度浅滩一位于浅溪河段,流速中等,有紊流。底层一般有砂砾石、小卵石和中砾石质粒等组成。

险滩一坡度大于4%,并有迅流和相当的紊流。底层一般更为粗糙,有较大的漂砾。

陡滩一位于陡坡河段,有小瀑布和浅水坑交替组成的坡度变化,底层是漂砾。

坑潭:二级河道坑潭一处于山洪暴发区,常有临时性坑塘,且与卵石洲滩相连,底部有沙和粘土层。

回水坑一由大障碍物引起的旋涡所形成、出现在沿河边缘地区,常为浅水,底层以细颗粒物为主。

沟潭一常是又深又长,主要是堵塞的下游河槽。通常有粗粒底质,河槽较稳定。

跌水潭一当溪流流过大障碍物时,挖掘河底而形成。深度与底质不一。

侧向冲蚀坑一在有大障碍物或阻塞物使水流改向的地方出现。

坝池一在溪河上游水道完全堵塞或大半堵塞所形成的积水坑,流缓,有较细的底质。

滑流带:为第三类生境地,由中等浅水河段组成,水流均匀,没有阻塞物,紊流不明显,底质一般是卵石或小石子。滑流带在大河流经山地地形时尤为常见。因在这样的区域,河流可相对的直泻许多公里。

由于急流河段大部属低级溪河,洪水状况有些“湍急”,流量也变化迅速。水量被限制

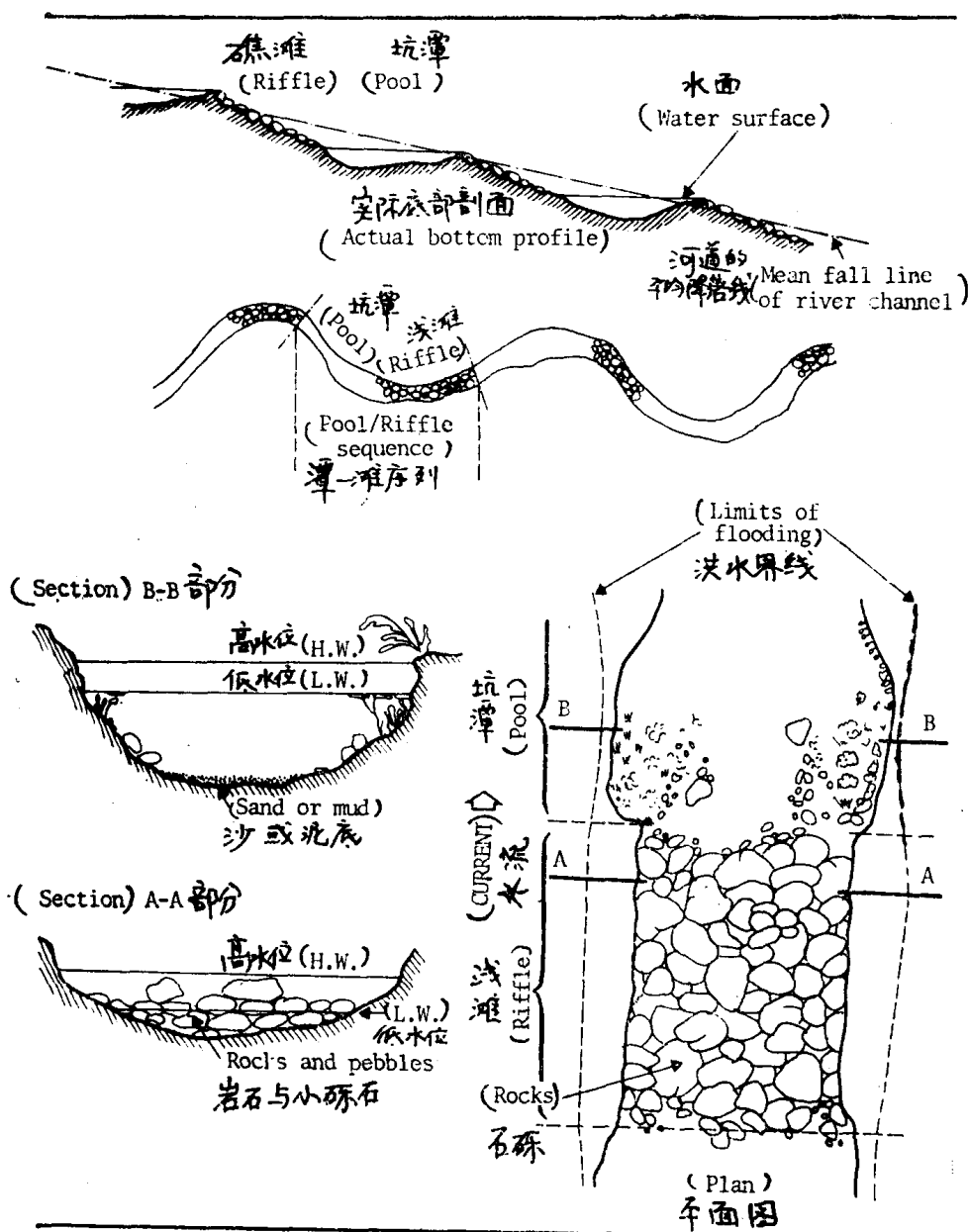


图1.3 急流河段的形态学，表示河槽依次分为坑潭与礁滩部分。

在一条十分有限的河床内，洪峰可淹没顺河槽边缘的一条狭窄地带。水流量大时，礁滩和坑潭混而为一，全部被淹没，从表面看分不出两部分，成了一个统一体；中等流量时，礁滩出现紊流，而坑潭则出现片流，在岸上常是相对平静地区；当流量下降时，坑潭与浅滩的区别逐渐明显，直到最后河水不再流动，浅滩干涸，而坑潭则保留有水，恰似给河道镶上了一串明珠。

如若坡度较小，水量充满到平河岸时，就会出现分叉河道。形成许多交织支流河网，这些支流本身可在石头，沙质和有植被岛屿之间蜿蜒，迂回前进，在低水位时露出，而在高水位时淹没（图1.4）。坑潭和浅滩河流可在个别交织河网中较陡多石的河段出现。