



普通高等教育“十二五”规划教材

# 国际河流管理

谈广鸣 李奔 编著



NLIC 2970688030



中国水利水电出版社  
www.waterpub.com.cn

要 容 内



## 普通高等教育“十二五”规划教材

# 国际河流管理

谈广鸣 李奔 编著



|                                                                                                                                                                                                                                                                      |                                                     |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------|
| 普通高等教育“十二五”规划教材<br>国际河流管理<br>谈广鸣 李奔 编著<br>中国水利水电出版社<br>(北京市西城区南礼士路151号)<br>网址: www.waterpub.com.cn<br>E-mail: <a href="mailto:waterpub@waterpub.com.cn">waterpub@waterpub.com.cn</a><br>电话: (010) 82222222, 82222223<br>北京地区: (010) 82222222, 82222223<br>全国各省市均有代售处 | 书号: 7122.01<br>定价: 48.00元<br>ISBN 978-7-122-22222-2 |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------|

中国水利水电出版社  
www.waterpub.com.cn

责任编辑: 王中群 封面设计: 王中群 印刷: 北京印刷厂 装订: 北京印刷厂

## 内 容 提 要

本书首次以国际河流管理为题,在介绍河流基本属性和河流管理基本理论与方法的基础之上,结合国际河流的特点,尝试性地对国际河流管理进行了综合分析和研究,不单是分析国际河流存在的问题,更侧重研究解决问题的对策和方法。全书的主要内容由四个部分组成:第一章为河流属性;第二章为河流管理;第三章为国际河流概况;第四章为国际河流管理。

本书可作为高校相关水利专业、国际法专业、外交学专业、测绘与遥感专业的教材,也可作为相关工程技术人员、管理人员与研究人员的参考用书。

## 图书在版编目(CIP)数据

国际河流管理 / 谈广鸣, 李奔编著. -- 北京: 中国水利水电出版社, 2011.3  
普通高等教育“十二五”规划教材  
ISBN 978-7-5084-8472-3

I. ①国… II. ①谈… ②李… III. ①国际河流—水资源管理—高等学校—教材 IV. ①TV213.4

中国版本图书馆CIP数据核字(2011)第044278号

审图号: GS(2011) 71 号

|      |                                                                                                                                |
|------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 书 名  | 普通高等教育“十二五”规划教材<br><b>国际河流管理</b>                                                                                               |
| 作 者  | 谈广鸣 李奔 编著                                                                                                                      |
| 出版发行 | 中国水利水电出版社<br>(北京市海淀区玉渊潭南路1号D座 100038)<br>网址: www.waterpub.com.cn<br>E-mail: sales@waterpub.com.cn<br>电话: (010) 68367658 (营销中心) |
| 经 售  | 北京科水图书销售中心(零售)<br>电话: (010) 88383994、63202643<br>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  | 184mm×260mm 16开本 12.5印张 296千字                                                                                                  |
| 版 次  | 2011年3月第1版 2011年3月第1次印刷                                                                                                        |
| 印 数  | 0001—2500册                                                                                                                     |
| 定 价  | <b>25.00元</b>                                                                                                                  |

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

## 前言

河流不仅是人类得以生存和社会发展的宝贵资源，同时也是维持生态系统正常运转的基础。在众多河流中，有一些河流是国与国的分界，也有些河流穿过很多国家，这些河流都属于多国共享的国际河流。由于世界淡水资源本来就很有限，且时空分布不均，而人口的迅速增长和社会经济的快速发展对水资源的需求肯定会越来越大，因此，约占世界水资源总量一半的国际河流势必会越来越受到关注和重视。无论是从其在自然资源中的重要组成部分或是其对人类社会的生存发展等多方面权衡，国际河流都显得极为重要。例如 2000 年全球“21 世纪水安全”部长级会议将国际河流跨境共享水资源的公平合理利用和国家主权问题列为重要主题，到 2009 年联合国确定的“世界水日”的主题直接就是“跨界水——共享的水、共享的机遇。”

目前，全球共有国际河流 261 条（含跨境湖泊），涉及全球约 50% 的陆地面积、45% 的人口。因此，国际河流能否公平合理地开发利用，不仅直接影响流域各国的社会经济发展和人民生活水平，还会在一定程度上决定整个流域的区域稳定与和平。在国际河流的重要价值被广泛认识以后，世界各国逐渐加快了对国际河流开发利用的步伐。但是由于国际河流跨越了国家边界，涉及国家与国家之间的关系，牵涉到政治、外交、经济、文化、民族等多个领域，使其开发利用所产生的社会、生态、环境影响具有国际化的特征，稍有不慎，就会导致国家之间的争端和冲突，因此显得十分复杂和困难。再加上各国不同的利益目标，更使得国际河流的开发利用不可避免地出现了许多问题。一是由于各国各自开发，导致跨境水污染日趋加重，主要表现为上游国家对下游国家的影响；二是跨境生态负面影响增多，由于大坝兴建、土地不合理利用导致河流径流量、水环境等发生变化，出现了海水入侵、土地盐渍化、湿地减少等现象；三是部分边界河流国土变更问题严重，由于自然原因或人为原因都可能造成河道冲刷、河岸坍塌、洲滩演变，使得主流或主航

道发生变动，引起国家领土增减。随着诸如此类的问题逐渐涌现出来，加之在国际河流问题上的国际合作力度不足，最终使得国际河流冲突经常发生，而且呈现出越来越严重的趋势。

这种冲突若是发生在一个主权国家内，通过行政协调、经济调节等手段可能容易解决一些，若是出现在不同的主权国家之间，解决起来就尤为困难。因此，鉴于在一定时期和范围内国际河流的冲突将长期存在，需要对国际河流的开发利用进行科学有效的综合管理，既要避免冲突的发生、有效解决已经出现的冲突，还需要使流域各国的利益最大化，促进整个流域的可持续发展。

对于一条河流，如何管理、如何管好，是一件非常不容易的事情。国际河流的管理在管理内容、管理方法、管理体制等方面与国家内河相比存在一些区别，但相互之间也有很多相通之处。因为国际河流首先也是一条自然河流，只是由于跨越了国家边界使得其在社会属性上变得更为复杂，但是河流的自然属性却是一成不变的。因此，一般河流的管理理念、方法、手段等仍然是国际河流管理的基础，只不过国际河流涉及的不仅仅是水资源的开发利用，还涉及到跨境水资源保护、国土资源维护等许多问题，需要按照国际河流的性质进行管理。

我国国际河流众多，其中主要的国际河流有41条，国际河流涉及的流域国家共有19个（其中15个为毗邻的接壤国），影响人口近30亿人。这些国际河流的开发利用不仅对我国经济的可持续发展具有重要的促进作用，对巩固国防、民族团结、社会稳定也意义重大，同时还影响着我国与周边国家的合作和地区稳定，具有极为重要的战略意义。

基于上述认识，本书在认真总结和充分利用前人研究成果的基础上，第一次以国际河流管理为题，在介绍河流基本属性和河流管理基本理论与方法的基础之上，结合国际河流的特点，尝试性地对国际河流管理进行了综合分析和研究，不单是分析国际河流存在的问题，更侧重研究解决问题的对策和方法。因此，本书的编排思路是：第一章为河流属性；第二章为河流管理；第三章为国际河流概况；第四章为国际河流管理。希望本书能够引起人们对国际河流的更大关注，进一步丰富和完善国际河流管理的理论、方法与技术，为我国国际河流涉外事务提供一定的借鉴与帮助。

本书可作为高校相关水利专业、国际法专业、外交学专业、测绘与遥感

专业的教材，亦可供相关管理人员参考借鉴，其讲义已在武汉大学中国边界研究院的研究生中使用三届。国际河流管理覆盖面大、涉及因素多，是一个极其特殊与复杂的研究方向，本书是初步探索，难免挂一漏万。且因限于作者水平和其他客观条件，书中在理论、方法、结构安排、内容论述等方面，都可能存在一定的问题和错误，不足和谬误之处，敬请各位同行专家批评指正。本书作为教材，在编著过程中除融入了作者的一些学术观点和研究成果之外，还引用了较多他人的研究成果和学术观点，在此表示衷心感谢，并尽量利用参考文献给予引证。如有不慎遗漏的，恳请诸位专家谅解。熊立华教授审阅了全稿，提出了很好的修改意见，一并致以诚挚谢意。

谈广鸣

2011年3月

|      |                   |
|------|-------------------|
| 1    | 第一章 绪论            |
| 8    | 第二章 国际河流管理概述      |
| 31   | 第三章 国际河流管理的法律基础   |
| 61   | 第四章 国际河流管理的原则与方针  |
| 86   | 第五章 国际河流管理的机构与体制  |
| 101  | 第六章 国际河流管理的技术与方法  |
| 121  | 第七章 国际河流管理的实践与案例  |
| 131  | 第八章 国际河流管理的展望     |
| 141  | 第九章 国际河流管理的参考文献   |
| 151  | 第十章 国际河流管理的附录     |
| 161  | 第十一章 国际河流管理的参考文献  |
| 171  | 第十二章 国际河流管理的参考文献  |
| 181  | 第十三章 国际河流管理的参考文献  |
| 191  | 第十四章 国际河流管理的参考文献  |
| 201  | 第十五章 国际河流管理的参考文献  |
| 211  | 第十六章 国际河流管理的参考文献  |
| 221  | 第十七章 国际河流管理的参考文献  |
| 231  | 第十八章 国际河流管理的参考文献  |
| 241  | 第十九章 国际河流管理的参考文献  |
| 251  | 第二十章 国际河流管理的参考文献  |
| 261  | 第二十一章 国际河流管理的参考文献 |
| 271  | 第二十二章 国际河流管理的参考文献 |
| 281  | 第二十三章 国际河流管理的参考文献 |
| 291  | 第二十四章 国际河流管理的参考文献 |
| 301  | 第二十五章 国际河流管理的参考文献 |
| 311  | 第二十六章 国际河流管理的参考文献 |
| 321  | 第二十七章 国际河流管理的参考文献 |
| 331  | 第二十八章 国际河流管理的参考文献 |
| 341  | 第二十九章 国际河流管理的参考文献 |
| 351  | 第三十章 国际河流管理的参考文献  |
| 361  | 第三十一章 国际河流管理的参考文献 |
| 371  | 第三十二章 国际河流管理的参考文献 |
| 381  | 第三十三章 国际河流管理的参考文献 |
| 391  | 第三十四章 国际河流管理的参考文献 |
| 401  | 第三十五章 国际河流管理的参考文献 |
| 411  | 第三十六章 国际河流管理的参考文献 |
| 421  | 第三十七章 国际河流管理的参考文献 |
| 431  | 第三十八章 国际河流管理的参考文献 |
| 441  | 第三十九章 国际河流管理的参考文献 |
| 451  | 第四十章 国际河流管理的参考文献  |
| 461  | 第四十一章 国际河流管理的参考文献 |
| 471  | 第四十二章 国际河流管理的参考文献 |
| 481  | 第四十三章 国际河流管理的参考文献 |
| 491  | 第四十四章 国际河流管理的参考文献 |
| 501  | 第四十五章 国际河流管理的参考文献 |
| 511  | 第四十六章 国际河流管理的参考文献 |
| 521  | 第四十七章 国际河流管理的参考文献 |
| 531  | 第四十八章 国际河流管理的参考文献 |
| 541  | 第四十九章 国际河流管理的参考文献 |
| 551  | 第五十章 国际河流管理的参考文献  |
| 561  | 第五十一章 国际河流管理的参考文献 |
| 571  | 第五十二章 国际河流管理的参考文献 |
| 581  | 第五十三章 国际河流管理的参考文献 |
| 591  | 第五十四章 国际河流管理的参考文献 |
| 601  | 第五十五章 国际河流管理的参考文献 |
| 611  | 第五十六章 国际河流管理的参考文献 |
| 621  | 第五十七章 国际河流管理的参考文献 |
| 631  | 第五十八章 国际河流管理的参考文献 |
| 641  | 第五十九章 国际河流管理的参考文献 |
| 651  | 第六十章 国际河流管理的参考文献  |
| 661  | 第六十一章 国际河流管理的参考文献 |
| 671  | 第六十二章 国际河流管理的参考文献 |
| 681  | 第六十三章 国际河流管理的参考文献 |
| 691  | 第六十四章 国际河流管理的参考文献 |
| 701  | 第六十五章 国际河流管理的参考文献 |
| 711  | 第六十六章 国际河流管理的参考文献 |
| 721  | 第六十七章 国际河流管理的参考文献 |
| 731  | 第六十八章 国际河流管理的参考文献 |
| 741  | 第六十九章 国际河流管理的参考文献 |
| 751  | 第七十章 国际河流管理的参考文献  |
| 761  | 第七十一章 国际河流管理的参考文献 |
| 771  | 第七十二章 国际河流管理的参考文献 |
| 781  | 第七十三章 国际河流管理的参考文献 |
| 791  | 第七十四章 国际河流管理的参考文献 |
| 801  | 第七十五章 国际河流管理的参考文献 |
| 811  | 第七十六章 国际河流管理的参考文献 |
| 821  | 第七十七章 国际河流管理的参考文献 |
| 831  | 第七十八章 国际河流管理的参考文献 |
| 841  | 第七十九章 国际河流管理的参考文献 |
| 851  | 第八十章 国际河流管理的参考文献  |
| 861  | 第八十一章 国际河流管理的参考文献 |
| 871  | 第八十二章 国际河流管理的参考文献 |
| 881  | 第八十三章 国际河流管理的参考文献 |
| 891  | 第八十四章 国际河流管理的参考文献 |
| 901  | 第八十五章 国际河流管理的参考文献 |
| 911  | 第八十六章 国际河流管理的参考文献 |
| 921  | 第八十七章 国际河流管理的参考文献 |
| 931  | 第八十八章 国际河流管理的参考文献 |
| 941  | 第八十九章 国际河流管理的参考文献 |
| 951  | 第九十章 国际河流管理的参考文献  |
| 961  | 第九十一章 国际河流管理的参考文献 |
| 971  | 第九十二章 国际河流管理的参考文献 |
| 981  | 第九十三章 国际河流管理的参考文献 |
| 991  | 第九十四章 国际河流管理的参考文献 |
| 1001 | 第九十五章 国际河流管理的参考文献 |

# 目 录

## 前言

|                      |     |
|----------------------|-----|
| 第一章 河流属性             | 1   |
| 第一节 河流               | 1   |
| 第二节 河流的自然属性          | 8   |
| 第三节 河流的社会属性          | 15  |
| 第四节 河流自然属性与社会属性的相互关系 | 19  |
| 第二章 河流管理             | 30  |
| 第一节 河流管理目标与内容        | 30  |
| 第二节 河流管理理念           | 32  |
| 第三节 河流管理方法           | 41  |
| 第四节 河流管理体制           | 55  |
| 第五节 河流管理法规           | 63  |
| 第六节 河流调度管理           | 68  |
| 第三章 国际河流概况           | 95  |
| 第一节 国际河流             | 95  |
| 第二节 中国的国际河流概况        | 98  |
| 第三节 世界其他地区的主要国际河流概况  | 115 |
| 第四章 国际河流管理           | 127 |
| 第一节 国际河流面临的主要问题      | 127 |
| 第二节 国际河流管理的模式        | 128 |
| 第三节 国际河流边界管理         | 132 |
| 第四节 国际河流水量分配管理       | 137 |
| 第五节 国际河流水资源开发利用管理    | 156 |
| 第六节 国际河流冲突管理         | 175 |
| 参考文献                 | 191 |

# 第一章 河流属性

## 第一节 河流

### 一、河流的基本概念

水流在重力作用下，集中于地表曲线形凹槽内作经常性或周期性的流动，这种流动的水体与容纳它的凹槽合称为河流。习惯上常依据其大小分为：江、河、溪、涧等，但它们之间没有准确的区分。

1. 河水来源 河水主要来自大气降水，有的由雨水补给，有的由冰雪融化补给，有的由地下水补给。

河水来源主要是大气降水。由于流域气候不同，降水形式也不一样，有的是雨水、有的是雪、或兼而有之，这些会对河川径流有着不同的影响。通常河水主要依靠雨水补给、融雪水补给、冰川水补给、湖泊与沼泽水补给和地下水补给。

(1) 雨水补给。雨水是河流水源补给最重要的一类。在热带、亚热带湿润地区，河流水源主要是雨水补给，其特点是河流水量及其变化与流域内降雨量及其变化的关系十分密切。

(2) 融雪水补给。温带与寒带地区，常由积雪融化补给河流。融雪水补给的特点是河流水量及其变化与流域积雪及流域气温变化有关。由于寒带地区气温的年际变化通常很小，因此它补给河流的时间比较稳定而有规律。如我国东北地区的黑龙江、松花江等，春季积雪融化补给河流的水量就占一定比例。

(3) 冰川水补给。在高山及高纬度的冰川运动至雪线以下或达到正温度地区，冰川融化会补给河流，如我国西部高山地区的河流主要以冰川补给为主。冰川补给河流水量的多少，与流域境内冰川或永久积雪储量大小及气温高低密切相关，而河流的水情变化与气温变化，尤其是气温日变化有十分紧密的联系。

(4) 湖泊与沼泽水补给。一些位于山地高原的湖泊沼泽，本身是河流的发源地，直接补给河流，有的湖泊汇集了若干河流来水后又转而补给河流，如江西鄱阳湖接纳赣江、修河、信江诸水及百多条小河来水，通过湖口注入长江。湖南洞庭湖也属此类，湘江、资水、沅江、澧水诸水汇入洞庭湖，再由城陵矶出口注入长江。湖泊沼泽补给河流的水量大小及其变化，与湖泊、沼泽补给流域的来水量及其变化有关，水量变化一般比较缓慢，变幅较小，因而在月、年、年际间水量变化较均匀。

(5) 地下水补给。大气降雨、降雪（融化后）下渗到地下成为地下水，再补给河流。一般说来，地下水对河流的补给是稳定的，尤其在湿润地区，地下水成为河流水源的重要来源。珠江全年水量丰富，除流域降水量较多以外，与流域境内地下水埋藏丰富，地下水补给河流较多有一定关系。

当然，一条河流的河水补给来源往往不是单一的，而是以某一种形式为主的混合补给

形式,对流域自然条件复杂的大河来说尤其如此。我国长江上游地区除有雨水、地下水补给外,高原高山上的冰川、积雪在夏季融化后也补给河流;东北地区的河流,春季由融化积雪补给,夏季则由雨水和地下水补给;西北内陆盆地除雨水外,夏季高山冰川、积雪融化也是河流的主要补给形式。

## 2. 河流分段

一条大河从源头到河口,按照水流作用的不同以及所处地理位置的差异,可将河流划分为河源、上游、中游、下游和河口段。

(1) 河源。河源就是河流的发源地,可能是溪涧、冰川、湖泊、沼泽或泉眼等。河源一般是一块局部地区。在一定条件下,河源可不断向上移动或改变位置。当河流有几个源头时,一般以长度最长或水量最大者为正源,此外还要考虑流向。

(2) 上游。上游位于河流的上段,直接与河源相连接,一般位于山区或高原。上游河段的特点是比降大、流速大、冲刷占优势、河槽多为基岩或砾石,洪水涨落比较急剧。

(3) 中游。位于河流上游和下游之间的河段,大多位于山区与平原交界的山前丘陵和平原地区。中游河段的特点是河谷渐宽、比降和流速减小、流量加大、冲刷和淤积都不明显,但河流侧蚀有所发展、河槽多为粗砂。

(4) 下游。位于河流中游与河口之间的河段,多位于平原地区。下游河段的特点是河谷宽阔、比降平缓、流速较小、流量大、河床大部分处在淤积状态,多浅滩或沙洲、河槽多为细砂或淤泥。

(5) 河口。是指河流与海洋、湖泊、沼泽或另一条河流的交汇处,可分为入海河口、入湖河口、支流河口等。河口段位于河流的终端,处于河流与受水盆(海洋、湖泊以及支流注入主流处)水体相互作用下的河段。在干旱的沙漠区,有些河流河水沿途消耗于渗漏和蒸发,最后消失在沙漠中,没有河口,这种河流称为瞎尾河。在石灰岩地区,有些河流经溶洞或裂隙入地下,成为地下河流(又叫暗河或伏流),也没有河口。

## 3. 河流分类

根据不同的划分标准,可以对河流进行以下5种分类。

(1) 按照平面形态分类。分为顺直型、弯曲线型、分汉型、游荡型。

(2) 按照河型动态分类。河流可分为稳定和不稳定,或相对稳定和游荡两大类。

(3) 按照最终归宿分类。通常把流入海洋的河流称为外流河,流入内陆湖泊或消失于沙漠之中的这类河流称为内流河。如世界著名的亚马孙河、尼罗河、长江、密西西比河等为外流河,我国新疆的塔里木河、甘肃的黑河等为内流河。

(4) 根据河流的补给类型分类。一般按照河流水源的补给途径将河流划分为三大类型:融水补给为主的河流、融水和雨水补给的河流及雨水补给的河流。

(5) 按照流经地区分类。一般分为山区河流和平原河流两类。山区河流流经地势高峻、地形复杂的山区,河流以侵蚀下切作用为主,河谷断面多呈V字形或不完整的U字形;平原河流流经地势平坦的平原地区,其形成过程主要表现为水流的堆积作用,河谷往往形成深厚的冲积层,河口段淤积为三角洲,并逐渐形成广阔的冲积平原。一般情况下,对于较大的河流,其上游段多为山区河流;其下游多为平原河流;其中游往往兼有山区河流和平原河流的特性。对于较小的河流,其上游段、中游段和下游段可能均位于山区,也

可能均位于平原地区。

## 二、河流特征

### (一) 基本特征

1. 河流长度

自河源沿河道至河口的距离称为河流的长度，简称河长。由于河流蜿蜒曲折不易直接测量，可以在实测的地形图上按比例尺沿深泓线量出。

### 2. 河流坡降

河流坡降包括河床坡降与水面坡降。任一河段上、下两端河床底部的高度差与河段长度的比值，称为河床坡降；河段上、下两端水面的高度差与河段长度的比值则称为水面坡降。河流坡降也称为比降，可用式 (1-1) 表示

$$J = \frac{Z_{\text{上}} - Z_{\text{下}}}{L} = \frac{\Delta Z}{L} \quad (1-1)$$

式中  $J$ ——河床或水面坡降，以千分率‰计；  
 $Z_{\text{上}}$ 、 $Z_{\text{下}}$ ——河段上、下端河床或水面的高程，m；

$\Delta Z$ ——河段上、下、两端河床或水面的落差，m；

$L$ ——河段长度，km。

河流坡降自河源至河口逐渐减小，主要是因为河床在上游以侵蚀作用为主，而在下游则以堆积作用为主。相对来说，河床坡降比水面坡降稳定，因为水位变化较河床变化要大一些。河口段由于受潮汐影响，水面坡降变化更大，有时甚至会出现负比降，引起海水倒灌。

### 3. 河流弯曲系数

河流的弯曲系数是表示河流平面形状的弯曲程度，可用河流的实际长度与河流两端的直线距离之比表示

$$\phi = \frac{L}{l} \quad (1-2)$$

式中  $\phi$ ——河流弯曲系数；

$L$ ——河流长度，km；

$l$ ——河流两端的直线距离，km。

弯曲系数是影响河流水力特性的因素之一，主要受流域地形、地质、土壤和水流等情况影响。

### (二) 水文特征

我国的河流主要是雨水补给，由于降雨情况的不同，河流水情也有所差异。某些年份降雨量大、河流水量多，称为丰水年；某些年份降雨量小、河流水量少，称为枯水年。在一年内，夏季降雨量大、河流水量大、水位高涨，称为汛期；冬季天气较干旱、降雨量偏少、河流水量小、水位低落，称为枯水期。这种反复的水情变化，是河流的基本特征。一般用来表示河流水文特征的指标主要有水位、流量和径流量。

#### 1. 水位

水位是指河流某断面的水面相对于国家规定的水准零点（基面）的高程，以 m 为单

位。我国目前采用的绝对基面是黄海基面，以青岛多年观测的海平面为基准。在以前我国还曾采用过吴淞基面等其他基面，在使用水位资料时应注意它们之间的换算关系。

对水位进行一定时期的观测，可以利用横坐标表示时间、纵坐标表示水位，按时间顺序将逐日平均水位点绘出，再连接各点得到一条曲线，即为逐日平均水位过程线，可以清晰地看出水位随时间的变化特征。

## 2. 流量

河流某断面某时刻的流量，是指在该时刻单位时间内流经该断面的水的体积，通常以  $\text{m}^3/\text{s}$  为单位。流量实际上是流速与过水断面的乘积，可用式 (1-3) 计算

$$Q=AU \quad (1-3)$$

式中  $Q$ ——流量， $\text{m}^3/\text{s}$ ；

$A$ ——过水断面， $\text{m}^2$ ；

$U$ ——流速， $\text{m}/\text{s}$ 。

流量随时间变化的曲线叫流量过程线，它与水位过程线一起反映了河流径流的分配规律和水文要素的特征值。图 1-1 为某河流年流量过程线图。大江大河的流量一般都很大，直接测量是不可能的，即使是中小河流，因其河槽不规则也不易直接测出。

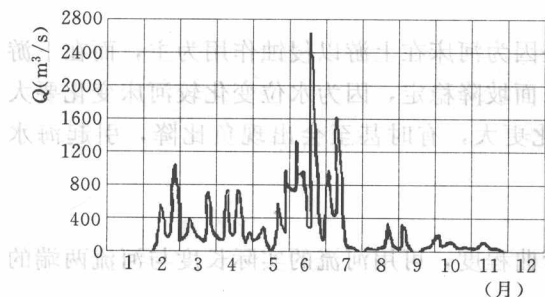


图 1-1 某河流年流量过程线图

## 3. 径流量

河流的径流量是指在一定时段内通过某断面的总水量，称为该时段的径流量，如年径流量、月径流量等。径流量的多少是开发利用河流水资源的主要依据。

### (三) 泥沙特征

泥沙来源于岩石风化，因此，河流泥沙的最根本来源是岩石的风化。河流中运动着的泥沙，其直接来源主要包括流域地表的冲蚀和河床的冲刷，风沙运动给河流带来的泥沙首先在规模上不如前两者；其次，从广义的角度也可以归入流域地表的冲蚀；再者，风沙运动带来的泥沙绝大部分属于冲泻质，对河流的冲淤影响较小。

影响河流泥沙含量的主要因素是流域气候、地形、地质、土壤、植被以及河道坡降等自然因素。但人类活动也会使地表侵蚀加剧、增加河流中的泥沙量，如森林砍伐、土地开垦、采矿等；反之，如果采取有效的水土保持措施，如植树造林、坡地改梯田等则能防止水土流失，减少河流中的泥沙。因此，不同河流所挟带的泥沙数量及其粒径大小常常有显著的差异，即使同一条河流在不同的河段和不同时期所挟带的泥沙也很不相同。

河流中的泥沙，按照不同的运行方式可以分为悬移质、推移质和床沙三类。悬移质是指那些颗粒较小，悬浮于水中随水流运动的泥沙；而推移质是指颗粒较粗，在水流的作用下沿着河底滑动、滚动或跳跃前进的泥沙；床沙则是相对静止而停留在河床上，组成河床可动层的泥沙。泥沙的这种分类并没有严格的界限，只是相对于一定的水流条件而言。由于水流条件经常变化，各类泥沙常常是相互转化的，就同一颗泥沙来说，究竟是悬移质，或是推移质，或者停留在河床上处于静止状态，一方面取决于泥沙自身的重量（或粒径大

小), 另一方面要取决于水流的速度。河流中泥沙含量的多少一般常用含沙量、输沙率和输沙量来描述。

### 1. 含沙量

含沙量是指单位体积的水中所含泥沙的重量, 通常用  $\rho$  表示, 即

$$\rho = \frac{W_s}{V} \quad (1-4)$$

式中  $\rho$ ——含沙量,  $\text{kg}/\text{m}^3$ ;

$W_s$ ——水样中的干沙重量,  $\text{kg}$ ;

$V$ ——水样体积,  $\text{m}^3$ 。

由于水流的流速和流向随时在变化, 泥沙的来量也时多时少, 因而河流内各处的含沙量也随时间不断变化。同时, 含沙量在断面上的分布也是不均匀的, 一般来说, 含沙量多少和泥沙颗粒大小在垂线上的分布是从水面向河底呈逐渐增加的趋势, 而横向分布也不均匀, 但差别不如垂线上的分布显著。

### 2. 输沙率

输沙率是指单位时间内通过某断面的泥沙重量, 可用式 (1-5) 计算

$$Q_s = \rho Q \quad (1-5)$$

式中  $Q_s$ ——断面输沙率,  $\text{kg}/\text{s}$ ;

$Q$ ——断面流量,  $\text{m}^3/\text{s}$ ;

$\rho$ ——断面平均含沙量,  $\text{kg}/\text{m}^3$ 。

### 3. 输沙量

输沙量就是在一定时段内, 通过某断面的泥沙总量, 通常以  $\text{kg}$  或  $\text{t}$  计, 如日输沙量、月输沙量、年输沙量等。如果知道了断面输沙率随时间的变化过程, 就可以根据它计算出任何时段内通过该断面的输沙总量。在任一河段如果知道了在一个时段内通过其上、下断面的泥沙总量, 也就清楚了该河段的冲淤情况。

## 三、水系

水系是流域内干、支流及其他水体 (如地下暗流、沼泽及湖泊等) 所组成的彼此相连系统的总称, 也叫河系或河网。水系一般以干流来命名, 如长江水系、黄河水系、珠江水系等。在研究某一支流或某一地区的问题时, 也可用支流或湖泊命名, 如汉江水系、洞庭湖水系等。这里所说的干流和支流只是一个相对的概念, 如对于长江水系来说, 岷江是支流, 但对于青衣江、大渡河而言, 岷江则是干流。

由于地形与地质构造的差异, 水系的形式极其复杂多样, 按照平面形态不同, 可以分为以下几种。

(1) 树枝状水系。这种水系多发育在岩性均一、地层平展的地区, 其特点是支流交错汇入干流, 平面形态形成树枝状。支流先汇入的先泄, 后汇入的后泄, 洪水不易集中, 对干流威胁较小。主要分布在华南丘陵、四川盆地和黄土高原, 最典型的是珠江水系和瓯江水系。

(2) 扇状水系。一般上游较宽, 主要支流均在较短河段内汇入干流, 形成扇状。以海河水系最为典型, 北运河、永定河、大清河、子牙河、南运河等五大支流, 从北、西、南

三面在天津附近汇合形成海河，然后入海。五大支流好似扇面，干流海河形如扇柄。这种水系支流洪水如同时集中于干流，往往会发生洪水危害。还有另外一种扇状水系，与海河水系相反，不是支流汇聚于一点，而是从一点向外辐射。这种水系广泛发育在我国许多山麓扇形地上以及河流的三角洲上。

(3) 羽状水系。自上游至下游左右岸有许多支流交错汇入干流，形如羽毛。羽状水系由于支流先后汇入干流，近水先去、远水后来，洪水遭遇的机会较小，所以洪水过程比较平缓。如我国西南纵谷地区的怒江、澜沧江和金沙江，干流沿断裂带发育，两岸流域狭小、地形陡峻，支流短小平行。

(4) 平行水系。在平行褶曲或断层地区，各支流常呈显著的相互平行排列，并先后汇入干流，或者其中有的支流与干流先平行流向下游，然后在下游与干流汇合。这种水系的来水随降雨的地区分布而异，如遇全流域降雨，各支流来水能先后错开，则干流出口断面的流量过程比较平缓；如降雨中心由上游向下游移动，则常易形成大洪水，如淮河水系。

(5) 格子状水系。是因河流沿平行排列的褶皱构造带发育所成，其基本特点是干支流之间呈直角相汇。这种水系在我国东部发育最多，如福建、浙江、广东和辽东丘陵等地的河流，其中闽江为最典型的代表；西部祁连山、天山也有格状水系，如大通河等。

(6) 辐射状水系。辐射状水系为河流从穹状山地上或从火山喷发所造成的熔岩台地上呈放射状顺坡流向四周低地。前者如发育在山东半岛的鲁中、胶东和海南岛等地穹隆构造上的河流；后者如以长白山玄武岩台地为中心，松花江、鸭绿江和图们江组成的辐射状水系。

(7) 辐合状水系。河流由四周山岭或高地向盆地中心汇集，形成辐合状水系，如藏北高原上发育了许多以内陆湖泊为中心的辐合状水系。一般较大的河流多为各种类型的支流水系组合而成的水系，称为混合型水系，如长江水系、珠江水系等。

#### 四、流域

##### (一) 分水线和流域

流域是指地表水和地下水分水线所包围的集水区域。流域四周的边界称为分水线或分水岭。每个流域的分水线就是流域四周地面最高点的连线，通常就是流域四周山脉的脊线，可根据地形图勾绘<sup>[2]</sup>。当流域的地面分水线和地下分水线重合，河流下切比较深，流域面积上降水产生的地面、地下径流能够全部经过出口断面排出者，称闭合流域。因地面分水线与地下分水线不一致，或者因河流下切过浅，导致出口断面流出的径流并不正好是流域的地面集水区上降水产生的径流时，称这种情况为非闭合流域<sup>[3]</sup>。

实际上，很少有严格的闭合流域。一般对于大、中河流来说，虽有相邻流域的水量交换，但从地下流入和流出的水量与总径流量相比很小，而且流出与流入的水量往往可以相互抵偿，因此大多可以看作是闭合流域。对于较小河流，一次洪水中地面径流往往占主要部分，可以不考虑流域非闭合的影响，但对于年径流应当考虑非闭合问题，尤其是石灰岩溶洞等特殊的地质情况流域的小河流，由于地面分水线与地下分水线不一致所造成的影响往往是很大的。另外，由于水流的侵蚀作用以及开挖新河、兴建跨流域引水工程等人类活

动的影响,流域的分水线并不是固定不变的,当分水线位置改变时,流域的大小也随之发生变化。

## (二) 流域的几何特征

流域的几何特征常用流域面积、流域长度、流域平均宽度、流域形状系数等描述。

### 1. 流域面积

流域面积是指流域地面集水区的水平投影面积。通常先在 1/50000 或 1/100000 的地形图上划出流域的地面分水线,然后用求积仪量出它所包围的面积。流域面积是衡量河流大小的主要指标,在降水量相同的地区,流域面积大的河流,其总径流量也大。

### 2. 流域长度

流域长度通常是沿流域轴线的曲线长度,也称流域轴长。从河源到河口作许多大致垂直于干流的割线与分水线相割,连接各割线的中点即得流域轴线,若流域形状不太弯曲,也可采用从河源至流域出口的直线来确定流域长度。

### 3. 流域宽度

流域面积除以流域长度的比值为流域平均宽度,即

$$B = F/L \quad (1-6)$$

式中  $B$ ——流域平均宽度, km;

$F$ ——流域面积,  $\text{km}^2$ ;

$L$ ——流域长度, km。

### 4. 流域形状系数

流域平均宽度与流域长度的比值为流域形状系数  $K$ , 即

$$K = B/L = F/L^2 \quad (1-7)$$

$K$  值越小,表示流域形状越接近狭长形,当  $K$  值接近于 1 时,流域形状近似于正方形。

## (三) 流域自然地理特征

流域自然地理特征包括流域的地理位置、气候条件、土壤性质及地质构造、地形、植被、湖泊沼泽等。

### 1. 流域的地理位置

流域的地理位置主要指经纬度和距离海洋的远近。地理位置不同,河川径流的情势也有差别。低纬度地区降雨多,高纬度地区则降雨少;距离海洋近的地区降雨量多,距离海洋远的地区降雨量少。降水的多少则直接影响着河流中水量的大小。

### 2. 流域的气候条件

包括降水、蒸发、温度、湿度、气压和风等,是决定流域水文特征的重要因素。其中降水特性与径流关系最为密切,而降水又与其他气象因素有关。

### 3. 流域地形

流域的地形特性除用地形图描述外,还常用流域的平均高度和平均坡度来定量表征。同一地理区域中,一般地势越高降雨量越大,流域平均坡度越大,则地面径流越多,汇流越快,洪水涨落也较迅猛。

### 4. 流域的土壤、地质条件

土壤的类型、结构,岩石的透水性,地质构造的断层、节理等都直接影响下渗、地下

水运动和地面径流与地下径流的分配比例。如沙土结构疏松、透水性强、下渗多，地面径流较少，洪水涨落平缓；土质密实或岩石裸露，则地面径流多，洪水涨落急剧；黄土高原土壤结构差、易冲刷，河流泥沙多。

#### 5. 流域的植被

通常以植被率（植被面积占流域面积之比）表示植被的相对多少。植被能削弱、减缓地面径流，增加下渗和地下径流，因此植被率大，则洪水的危害较小；植被还可以保护土壤免受雨水冲蚀，减少河流泥沙量。

#### 6. 流域的湖泊与沼泽

湖泊与沼泽对径流起调节作用，能调蓄洪水和改变径流的年内分配。通常以它们占流域面积的百分数（称湖泊率和沼泽率）来反映它们的相对大小。一般湖泊率和沼泽率大的流域，河流的洪峰较低，径流在年内的分配也比较均匀。

## 第二节 河流的自然属性

河流的自然属性就是它作为一种自然存在物所表现出来的特性，诸如它在生态系统平衡中的作用，对自然环境的影响，以及它自身的发生发展规律。河流的自然属性依赖于很多方面，从河流的形成过程来看，它依赖于山河湖海互动形成的地形、地貌及地质条件；从水文循环来看，它依赖于大气水、地表水、地下水和生物水之间的四水转换，其中洪水及洪水期携带的泥沙是河道和三角洲形成及演变的主要原因；从时空分布来看，它依赖于年复一年的洪枯变化、水系的形状分布和河道的弯曲特征；从物理化学过程看，它依赖于水量、水位、水质和物质流（泥沙、营养物和污染物）的输移和转换，形成水流的动力条件和特定的水质状况等。可以说，正是这些自然属性赋予了河流基本的特征，使得河流各种功能得以正常发挥。

河流的自然属性主要体现在以下5个方面：一是河道水流的一般物理特性；二是河流随时间变化的特性；三是河流的横断面特性；四是河流的纵剖面特性；五是河流平面特性。

### 一、河道水流的一般物理特性

#### 1. 二相性

河流一般都挟带泥沙，在任何时段中都完全不携挟泥沙的天然河流几乎没有。因此，挟带泥沙的河道水流属于二相流，与普通水力学中所研究的仅以水为对象的一相流比较起来，要复杂得多。应该说明的是，水沙二相流是河道水流中最常见的，但并非唯一的。在有些情况下，河道水流也可以呈一相流或多相流，或者虽呈二相流，但不一定由水沙二相组成。

#### 2. 三维性

三维性是河道水流的另一重要特性。河道水流的过水断面一般是不规则的，不规则的程度，以山区河流最大，冲积平原中的顺直河段最小。因此，河道水流为三维流动。河道水流的三维性与过水断面的宽深比往往互相关联，宽深比越小，三维性越强烈。在顺直的、滩槽比较明显的广阔滩面上，水流的宽深比较大，可能呈现出一定强度的二维性；而

在深谷高峡、宽深比很小的山区河段中，水流的三维性明显<sup>[4]</sup>。

### 3. 非均匀性

涉及运动的各物理量沿流程不变的水流为均匀流。达到均匀流的条件是水流为恒定流、水流边界是与流向平行的棱柱体。河道水流的非恒定性包括了来水来沙的不恒定性和边界的不恒定性，因此河道水流为严格意义上的非均匀流<sup>[5]</sup>。

但是，在解决实际问题的过程中，对于比较顺直的河段，如果来水来沙情况基本稳定，河床基本处于不冲不淤的相对平衡情况，过水断面及流速沿程变化不大，水面坡度、床面坡度及能坡基本平直而相互平行，可近似作均匀流处理。

### 4. 水沙不平衡性

前面我们已经提到水、沙二相性是河道水流的一个特性。在水、沙二相流中，如果呈现出水相与沙相的高度和谐，在运动过程中虽然包含着水流中的泥沙与床面上的泥沙彼此交换的现象，但来水来沙（数量与质量）保持恒定，河床的各个部分基本保持不冲不淤，没有粗化或细化的发展情况，我们把这种运动过程称之为河道水流的水沙平衡状态，或简称为平衡状态。事实表明，那种近乎绝对的、理想的平衡状态，虽然在较短的河段和较短的时段中偶尔可能出现，但总的说来是稀有的。河道水流中经常大量出现的情况是：由于自然的或人为的原因，使水流中水、沙两相的相互关系发生改变，以及在这种改变发生以后所引起的向新的相对平衡发展。换句话说，实际上经常大量出现的情况只有两类：一是强烈地或一般地向不平衡状态继续发展的情况；另一是各种程度不等地向新的相对平衡作自我调整的状态。对河道水流的水沙不平衡性的本质认识是非常重要的，不仅有其理论意义，更具有实践价值。

## 二、河流随时间变化特性

静止不变的河流是不存在的，天然河流总是处在不断运动、变化发展的过程之中。在河流上修建水利工程或其他工程建筑物后，受建筑物的干扰，河流的变化将更为显著，主要表现在两个方面：一是来水来沙情况随时间的推移而变异，有时冲刷，有时淤积；二是河床经常处于演变之中，有时变形大，有时变形小。这两方面的变化是彼此联系的。

我国绝大多数河流的水、沙来量和来沙组成，主要受制于降水，而降水在一年各季度间以及各年之间的变化是相当大的。因此，各河流的水沙变化也相当大。就变化的相对幅度及强度来说，洪水季节大于中、枯水季节，小集水面积的河流大于大集水面积的河流，植被较差的地区大于植被较好的地区，沙量的相对变化大于水量的相对变化，易形成特大暴雨中心的地区大于不易形成暴雨中心的地区。在上述几个方面都处于巨变条件下的内蒙古黄河一级支流皇甫川，陕北黄河一级支流窟野河、秃尾河、无定河等，全年沙量的95%以上可来自数十小时的一次暴雨所形成的洪水。其变化特征之突出，十分显著。

水流创造河床，适应河床，改造河床；河床改变水流，适应水流，受水流的改造。形成两者相互依存，相互制约，相互促进变化发展的关系。因此，上述来水来沙情况的不恒定性，不可避免地要引起河床时而剧烈、时而和缓的变化，呈现出与水沙情况相适应而滞后的不恒定性。与河道中的水流一样，河床也经常处于运动变化之中。就地区来说，这种运动变化的局部强度以河源区土质沟壑最为剧烈；而单项变化规模，则以冲积河流下游的情况最大。就时期来说，不论上、中、下游，都以洪水季节的暴雨期的变化最大。

### 三、河流的横断面特性

河流的横断面是河槽中某处垂直于流向的断面，它的下界为河底，上界为水面线，两侧为河槽边坡，有时还包括两岸的堤防。横断面也称过水断面，是计算流量的重要参数。

河谷的形成一方面与地壳构造运动密切相关；一方面受水流侵蚀作用的影响，水流在由构造运动所形成的原始地形上不断侵蚀，这种侵蚀表现为水流对组成河床岩石的动力磨损作用和侵蚀作用。山区河流在发育过程中一般均以下切为主，使得河谷断面往往呈 V 字形或 U 字形，如图 1-2 所示。

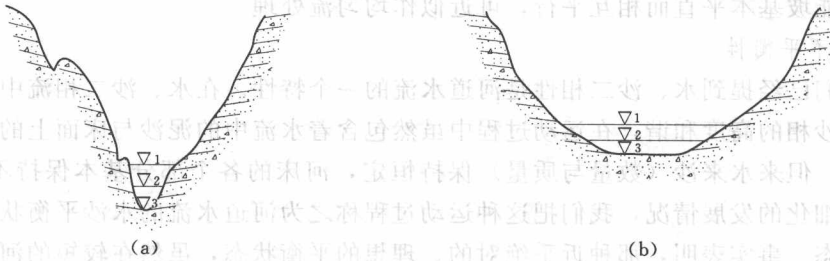


图 1-2 北盘江毛虎段河谷断面形态图

(a) V 字形河谷；(b) U 字形河谷

▽<sub>1</sub>、▽<sub>2</sub>、▽<sub>3</sub>—洪水、中水、枯水位

在陡峻的地形约束下，河床切割甚深，河槽狭窄，中水河床与洪水河床之间无明显的分界线；对于不存在卵石边滩的河谷，枯水河床和中水河床之间也无明显的分界线。河床的宽深比一般都远小于 100，某些峡谷河段仅为 10~20 左右。峡谷河段的宽深比多随水深增加而减小，非峡谷河段随水深变化不大。

平原河流流经地势平坦、土质疏松的平原地区。与山区河流不同，平原河流的形成过程主要表现为水流的堆积作用<sup>[6]</sup>。平原河流的河谷断面形态如图 1-3 所示，其显著的特点为断面宽浅，具有宽广的河漫滩。

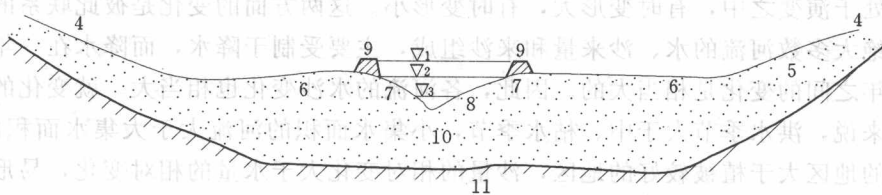


图 1-3 平原河流的河谷形态

▽<sub>1</sub>、▽<sub>2</sub>、▽<sub>3</sub>—洪水、中水、枯水位，相应水位下的河床为洪、中、枯水河床；4—谷坡；

5—谷坡脚；6—河漫滩；7—滩唇；8—边滩；9—堤防；10—冲积层；11—原生基岩

### 四、河流的纵剖面特性

河流的纵剖面是沿河流中线（也有取沿程各横断面上的河床最低点）的剖面，测出中线以上（或河床最低点）地形变化转折的高程，以河长为横坐标，高程为纵坐标，即可绘出河流的纵剖面图。纵断面图可以表示河流的纵坡及落差的沿程分布。河流的纵剖面从河源到河口一般是一条上陡下缓的下凹曲线，从图 1-4 中长江的纵剖面示意图就能很好地