



高等学校教材

利
工
程

水利工程

陕西机械学院 张彦法 陈尧隆 刘景翼 合编

水利
电力
出版社



高等学校教材



水 利 工 程

陕西机械学院 张彦法 陈尧隆 刘景翼 合编

水利电力出版社

(京)新登字115号

高等学校教材

水 利 工 程

陕西机械学院 张彦法 陈尧隆 刘秉翼 合编

*

水利电力出版社出版

(北京三里河路8号)

新华书店北京发行所发行·各地新华书店经售
·北京师范大学印刷厂印刷

*

787×1092毫米 16开本 18.25印张 410千字
1993年5月第一版 1993年5月北京第一次印刷

印数0001—2690册

ISBN 7-120-01738-1/IV·622

定价4.75元

内 容 提 要

本书为水利院校非水利专业的基础用书。主要内容包 括：水库工程、闸坝工程、水力发电工程、农田水利工程、给排水工程、治河防洪工程、内河航运和渔业工程以及水利水电工程的勘测、设计、施工和管理等。

本书除用作教材外，还可供基层水利工作人员作为自学的参考用书。

前 言

《水利工程》是根据水利部《1990~1995年高等学校水利水电类专业本科、研究生教材选题和编审出版规划》(第一部分)编写的水利院校非水利专业的教材,也可作为基层水利工作人员的自学参考书。

本书包括绪论、水利水电工程基本知识、水库工程、闸坝工程、水力发电工程、农田水利工程、给排水工程、治河防洪工程、内河航运和渔业工程、水利水电工程的勘测设计、施工和管理共十章。

本书由陕西机械学院张彦法(第一、第三、第八、第九章)、陈尧隆(第四、第五、第十章)、刘景翼(第二、第六、第七章)合编,全书由张彦法统稿,葛洲坝水电工程学院李锡波主审。

在编写过程中得到全国高校水工建筑物教学组全体同志们的大力支持 and 帮助,在此谨以致谢。

由于编者水平所限,错误和不当之处在所难免,恳请读者批评指正。

编 者

1992年6月

目 录

前言	
第一章 绪论	1
第一节 水资源	1
第二节 水利事业	2
第三节 我国的水利水电建设	4
第二章 水利水电工程的基本知识	7
第一节 水文学的基本知识	7
第二节 水利水电规划	12
第三节 水工建筑物	15
第四节 水利枢纽	18
第五节 水资源保护	22
第三章 水库工程	25
第一节 挡水建筑物	25
第二节 泄水建筑物	75
第三节 放水建筑物	81
第四章 闸坝工程	91
第一节 概述	91
第二节 水闸的轮廓尺寸	93
第三节 水闸闸室的布置和构造	99
第四节 闸室稳定计算和地基处理	104
第五节 水闸与两岸的连接	107
第六节 闸门及启闭机	110
第七节 壅水坝	114
第五章 水力发电工程	118
第一节 水能的利用和计算	118
第二节 水能的开发方式和水电站的主要类型	119
第三节 水电站建筑物	123
第四节 水电站主要设备	133
第五节 水电站厂房枢纽	145
第六节 其它类型的水电站厂房	152
第七节 电力系统中的水电站	158
第六章 农田水利工程	161
第一节 概述	161
第二节 取水工程	164

第三节	渠道工程	173
第四节	渠系建筑物	183
第五节	水泵及水泵站	197
第七章	给排水工程	208
第一节	给水系统	208
第二节	主要给水构筑物	211
第三节	给水处理	216
第四节	排水系统	219
第五节	污水的特征指标	220
第六节	污水处理	222
第八章	治河防洪工程	230
第一节	河道演变	230
第二节	河道治理的基本方法	234
第三节	河道整治建筑物	237
第四节	防洪工程	241
第九章	内河航运和渔业工程	243
第一节	航道工程	243
第二节	内河港口	246
第三节	通航建筑物	247
第四节	过木建筑物	252
第五节	渔业水利工程	254
第十章	水利水电工程的勘测、设计、施工和管理	258
第一节	水利水电工程的基本程序	258
第二节	水利水电工程勘测	259
第三节	水利水电工程设计	261
第四节	水利水电工程施工	263
第五节	水利水电工程管理	277
主要参考文献		283

第一章 绪 论

第一节 水 资 源

水是人类生活和生产劳动所必须的、能够补给的自然资源。地球上的水源及其水域计有海洋、冰川、湖泊、河流、地下水、大气中的水蒸气等,总水量约为 15亿 km^3 ,据估计人类可以利用的淡水总量不过 0.38亿 km^3 ,仅占全球总水量的 2.5% ,而且其中大部分(约 0.3亿 km^3)贮藏在极地的冰山和冰川中,另外相当大的一部分埋藏于地下,对人类及人类活动起着特别重要作用的江河湖泊的地表水资源,其水量总和约为 47亿 m^3 。

我国江河众多,水利资源丰富。流域面积在 100km^2 以上的河流就有5万多条,流域面积在 1000km^2 以上的有1500余条,还有星罗棋布的天然湖泊,其中面积在 100km^2 以上的有130多个。我国年平均径流总量约为2.8万亿 m^3 ,居世界第六位。可通航的内河水道总里程达16万 km ,河湖可供养殖的水面面积约有7万 km^2 。我国水能资源极其丰富,仅河川水能资源的理论蕴藏量就达6.76亿 kW ,其中可开发利用的约为3.78亿 kW 。丰富的水利资源,必将为我国实现四个现代化做出巨大的贡献。

我国水资源的年径流总量,居世界第六位。但由于人口众多,年人均占有水量只有 2500m^3 ,相当于世界人均占有水量的四分之一。随着国民经济的发展,人民物质文化生活的不断提高,对水量的需求日益增长,不少地区和城市已感到水源不足。因此,应当看到我国水源问题是相当严峻的,必须研究对策,合理开发利用水资源。

我国的河流主要是降雨补给。就平均年降雨量来看,东南沿海地区在 1500mm 以上;淮河、秦岭以南大于 1000mm ;华北、东北大部分地区在 400mm 到 800mm 之间;西北大多数地区少于 400mm 。从地面径流看,长江多年平均径流量达 9793亿 m^3 ,而黄河多年平均径流量只有560 亿 m^3 ,仅占长江水量的 5.7% 。西北地区内陆河的径流总量约为1133 亿 m^3 ,也只有长江水量的 11.5% 。总之,我国水资源在地区上分布不均,东南多,西北少,由东南到西北递减。长江流域和长江以南地区,地表水资源占全国的 70% ,长江流域以北地区拥有的地表水资源仅占全国的 30% 。

水能资源在地区分布上同样也很不均匀。我国主要江河多发源于西南高原,加之南方雨量充沛,因而水能资源大部分集中在西南各省(区)。西南地区的水能蕴藏量占全国总量的 70% 以上;西北地区约占 12.5% ;中南地区约占 9.5% ;华南地区约占 4.4% ;华北和东北地区各占 1.8% 。

就同一地区面论,降雨量和径流量在年内分配不均,年际变化也很大,而且有连续枯水年和连续丰水年的规律。大部分地区年降雨量和年径流量主要集中在汛期,南方地区汛期的雨量约占全年雨量的 $50\%\sim 60\%$;北方汛期的雨量约占全年的 $60\%\sim 70\%$ 。径流也主要集中在汛期,以黄河为例,一般说来7~10月四个月的海水量约占全年的 60% 以上,

甚至一个月的水量可达全年水量的四分之一弱，而冬春枯水期每月水量只有全年水量的3%~5%。由于汛期雨量过分集中，非汛期水量缺乏，总水量不能充分利用。集中程度越高，弃水越多，可利用水量占水资源总量的比例也就越小。降雨量和径流量在年际之间变化也很大。最大年径流量与最小年径流量的比值，黄河干流为3~4，支流则高达5~12，且有连续枯水年和连续丰水年的特点，黄河60年中出现过连续11年（1922年~1932年）的枯水期，平均年径流量比正常年份少24%；出现过连续9年（1943~1951年）的丰水年，平均年径流量比正常年份多19%。淮河蚌埠站，丰水年的1921年径流量（719亿 m^3 ）是枯水年1978年（26.9亿 m^3 ）的26.7倍。

由于我国水资源年内分配不均，水量年际变化也很大，可利用水资源数量大大小于天然水资源，这就是我国水旱灾害频繁发生的自然因素。这些特点对充分利用水资源为国民经济服务，造成极大的困难，因此，需要兴建各种水利设施，来调节和重新分配径流，以减少水旱灾害，造福人民。

第二节 水利事业

水资源是有限的，且在地域上和时间上分布极不均匀，同时人类活动对水的污染日益严重，需水量不断增加，为了充分利用水资源，必须对河流进行控制和改造。研究自然界水资源，并采取各种工程措施，以达到兴利除害的各部门，统称为水利事业。除水害主要是防止洪水泛滥和淤涝成灾；兴利则是从多方面利用水资源为人民造福，主要包括：农田水利、水力发电、供水、养殖、航运等。

一、防洪

我国有112万 km^2 的冲积平原，处于各大江河的中下游，地面高程大都在河流汛期洪水水位以下，需要靠堤防和其它工程措施来保护。这些地区人口集中，经济发达，是我国工农业生产的主要基地。据记载，从公元前206年到1949年期间，我国共发生过较大的洪水灾害1092次，平均每两年发生一次水灾。解放后40年来，我国虽然进行了大规模水利工程建设，各大江河没有发生重大洪水灾害事故，但远未达到根本治理。如发生超过现有防洪能力的洪水时，全国国土近二分之一的面积、二分之一的人口、三分之二的工农业总产值，将受到不同程度的威胁。因此，防洪问题仍然是一个十分突出的问题，应给以足够的重视。防止洪水形成灾害的主要措施，有以下几种。

1. 水土保持 流域内上游地区大量泥沙随地面径流进入河道，逐渐淤积在下游河床内，降低河道的行洪能力，致使河道破堤决口甚至改道，造成严重的洪水灾害，黄河便是一个典型的例子。水土保持就是利用造林、种草等生物措施，修筑梯田、治理沟壑等工程措施，拦蓄雨水，保护坡面土壤少受冲刷，以达维持生态平衡，涵养水土资源，防止洪水灾害。

2. 提高河槽行洪能力 修建堤防，疏浚和整治河道，提高河道的行洪能力。

3. 分洪、滞洪和蓄洪 分洪是在泄流能力不足的河段上游修筑分洪闸，将超过河段安全泄量的部分洪水引走，以保证该河段的安全。滞洪和蓄洪是利用水库、湖泊、洼地等拦

蓄部分洪水，以削减洪峰流量，保证河道安全。

二、农田水利

农作物的生长发育必须有适宜的水分、养料、空气、温度和日照等条件，而它们又相互联系，相互影响。特别是水，它对气、肥、热的影响起着主导作用。当土壤内水分不能满足作物生长时，则应向农田输水、配水，以增加土壤的含水量，这就是灌溉；当土壤中水分过多时，则应排水。灌溉和排水是农田水利的两项主要措施。实现农田水利化，通常是修建引水、输水和配水建筑物，以及排水、集水设施，形成良好的灌溉排水系统，使农田旱则可灌，涝则能排，以保证农作物的正常生长。

三、水力发电

天然河道蕴藏着巨大的能量，水流能量的大小是由水体的重量和其落差的乘积来确定的。水力发电是在河流上筑坝或修建引水道，集中河道分散的落差取得水头和调节径流取得流量，引导水流通过水电站厂房中的水轮发电机组，将水能转换为机械能和电能。水力发电突出的优点是以水为能源。水不是一次性能源，可周而复始的循环供应，而且不污染环境，发电成本低。因而世界上工业发达的国家，在能源开发过程中，几乎都把开发利用水能资源放在优先地位。我国也正在大力发展水力发电，为国民经济发展和人民生活需要，提供高质量的廉价电力。

四、给水和排水

居民区、工矿企业、交通运输的生活用水和生产用水的供给，工业废水、污水及可能的暴雨积水的排除，称为给排水。

居民生活用水和工业用水有一定的质量要求，水中有害物质的含量不得超过国家规定的标准，而且供水量和供水时间要求有较高的可靠性。工矿企业排放的废水和污水，常含有大量有害化学物质，应加以妥善处理，防止对水源和环境的污染。

为实现供水，必须修建取水建筑物，沉沙池、输水、净化设施，泵站以及供水管网等，将水送至用水单位。排水则需通过排水管道（下水道），将污水、工业废水送至污水处理厂集中处理，再由排水闸或抽水泵站排入容泄区。

五、航运及水产养殖

内河航运是利用水的浮运能力，以河流为航道的客、货运输。水运具有运量大、运费低等优点，在我国社会主义现代化建设中占有重要的地位。发展航运的工程措施主要是疏浚天然河道，开挖运河及修建码头等专门建筑物。内河水道有时为了获得足够的航道水深和平稳的流速，需修建一系列的节制闸和船闸等建筑物。在水库枢纽区还需兴建船只过坝的专门建筑物，如船闸、升船机等。

养鱼和捕鱼是重要的国民经济部门，淡水养鱼占有重要的地位。在有洄游鱼类生长的河段中，修建水利水电枢纽工程以后，对库区养鱼提供了有利条件，但也不可避免地要改变洄游鱼类的生活习惯和生存环境，严重影响鱼类的繁衍，甚至不再出现这种鱼类。因此，必须修建过鱼设施，以保证鱼类的生存和发展。水库养鱼，以人工放养为主，但当水库泄水建筑物泄水时，常有大量鱼类逃走而损失严重，因此，必须搞好水库拦鱼设施的建造，并提高其拦鱼效果。

水资源应综合利用，最大限度地满足国民经济各部门的需要。由于各部门对水资源的利用方式不同，他们对水量和用水时间的要求也存在着矛盾，因而，在规划设计水利水电工程时，不仅应从河流、地区特点出发，而且还要考虑到国民经济所有各部门发展的要求，统筹兼顾，全面研究，充分合理地利用水资源，以取得最大的综合效益。此外，还需估计到工程建设可能引起的不利方面。例如大面积的土地淹没，生态变化，河床演变的趋势等。事先就应考虑和采取相应的措施，以防止这些不利因素的产生。

水资源的合理利用，是当前我国亟待解决的重大问题之一。在我国水资源的统一规划、统一管理工作较为薄弱，各地区、各部门、各用水单位自行其事，不考虑综合效益，以致造成地区之间、部门之间的水事纠纷。用水浪费现象也极为严重。农业上，水的利用率仅达30%~50%；城市水的重复利用率也很低，其中工业用水的重复利用率不足30%，水质污染日益严重，全国废污水排放量每天高达数千万吨，而污水处理能力却没有相应的提高。为了解决以上问题，必须认真实施《中华人民共和国水法》，加强水资源的统一管理，合理开发、利用、保护水资源，充分发挥水资源的综合效益。

第三节 我国的水利水电建设

我国历史悠久，几千年来劳动人民在与洪水作斗争和利用水资源方面，积累了很多宝贵的经验。

防洪、御潮的黄河大堤和江浙沿海海塘，是我国历代劳动人民与洪水、海潮进行艰苦斗争取得的伟大成就和生动记录。它们的修建不仅保护了黄河两岸和江浙滨海的广大农田和人民生命财产的安全，也为后来的江河海岸的治理、堤坝建设与养护提供了丰富的经验。

我国是世界上最早开凿运河的国家。如秦始皇时代开凿的灵渠，位于广西兴安县城，又称兴安运河。灵渠连接湘江和漓江，沟通长江和珠江两大水系，畅通了长江两岸地区与珠江两广地区的物资运输。从公元前485年开始兴建到公元1292年全线通航。纵贯我国南北、全长1794km的京杭大运河，将钱塘江、长江、淮河、黄河、海河五大水系联系起来，是世界上最早最长的大运河。后因黄河决口，大运河不能全线通航。拟建的南水北调东线工程，基本上是沿大运河故道规划的。

公元前256年在四川灌县修建的都江堰水利工程，既能防洪，又能灌溉，对于成都平原的发展起了重要作用。经过历代的改建、维修、管理运用，至今仍是一项比较完整的灌溉工程。都江堰从布局到修建施工都充分体现了我国人民群众的巨大创造性。其它如引泾的郑国渠，引黄的秦渠、汉渠、唐徕渠等灌溉工程，不仅对当时当地的农业生产创造了有利条件，而且在分水、引水、排沙、淤积等方面积累了丰富的经验。

在水力利用方面，早在二三千年以前的汉、晋时代，人们就创造了水车、水磨、水碓等古老的水力机械，用来提水灌溉、磨面、舂米或作其它动力之用。

以上列举的一些历史成就，是我国劳动人民智慧的结晶。但由于长期封建制度的束缚，特别是解放前近百年来又遭受帝国主义、封建主义和官僚资本主义的剥削和压迫，人

民生活痛苦,生产力受到极大的摧残。水资源不仅不能为人民造福,相反,劳动人民还经常遭受水旱灾害的困扰,有些地区水、旱灾害交替发生,连年受灾。以黄河为例,在解放前2000多年内,决口1500余次,重大的河流改道26次,大致是三年两决口,百年一改道。水灾波及的范围北抵天津,南达江淮。1642年明王朝为了扑灭人民起义的烈火,竟决黄河大堤,水淹开封城,致使城内37万居民,有34万人被淹死。1933年一次洪水就决口54处,淹没河南、河北、山东、江苏四省67个县12000km²的土地,受灾人口达360万。1938年6月日本侵略军侵占开封以后,国民党军队为了自己逃命,竟在花园口炸开黄河大堤,使黄河改道入淮,造成了一个面积达54000km²的黄泛区,受灾人口达1250万人。长江自唐代以来的1300多年间,发生水灾200多次。1931年,长江宜昌站出现6.36万m³/s的洪峰,上自沙市,下至上海,沿江城市全部被水淹没,南京也未幸免,武汉一片汪洋,江汉平原沦为泽国,5000多万亩农田,2855万人口受灾,死亡14.2万人。

新中国成立后,中国共产党和人民政府十分重视水利水电事业。一方面大力整修、恢复、扩建原有残破的水利工程。同时又积极防治水旱灾害、开发利用水利资源,先后有计划的综合治理淮河、黄河、海河等灾害较多的水系,又对水利资源比较丰富的长江、珠江等流域分期进行综合开发,取得了巨大成就。截止1988年底^①,全国共整修、新修堤防20.3万km;疏浚和整治了许多排洪、排涝河道,并开通了淮河和海河的人海通道;修建水库82900多座,总库容4504亿m³;建设万亩以上灌区5302处,全国灌溉面积由1949年的2.4亿亩增加到7.2亿亩;机电排灌能力发展到6437万kW;水力发电装机由解放初期的16万kW增加到3270万kW,年发电量由7.1亿kW·h增加到1100亿kW·h。总之,我国水利水电建设,40年来取得了显著成就,主要表现在以下几方面:

1) 初步控制了一般洪涝灾害,基本上保证了城乡安全。黄河已改过去三年两决口的历史,40年来没有出现大的洪水灾害,1958年经受住了与1933年同样大的洪水考验;淮河改变了“大雨大灾,小雨小灾,无雨旱灾”的悲惨景象;海河、长江、辽河、珠江等江河也初步得到了治理。农田的水旱成灾率逐步有所下降。

2) 提供了大量的生活用水和工业用水。水利工程建设每年向工矿企业和城市居民提供几百亿立方米的工业用水和生活用水。同时,又解决了边远山区水源困难的4000多万人、2100万牲畜的饮水问题。

3) 发展农田灌溉,防治盐碱,促进农业生产。全国灌溉面积为7.2亿亩,其粮食产量约占全国总产量的三分之二。原易涝耕地面积3.65亿亩,初步治理了2.86亿亩。原有盐碱地1.15亿亩,初步改良了7245万亩。这些措施对促进农业增产起了重要作用。

4) 水力发电,提供大量的廉价能源,促进工业、农业的发展。

5) 水库养鱼。全国水库可养鱼水面约有3000万亩,可向市场提供大量的水产品,以提高和改善人民生活。

水利水电工程建设,促进了水利科学技术的普及和提高。40年来,在实践中形成了一支勘测、设计、施工、管理和科研队伍。在“自立更生”和“艰苦奋斗”精神鼓舞下,出

① 摘自《中国水利》,1989年第9期。

色的完成了许多大型水利水电工程的勘测、设计、施工以及机电设备制造与安装。奠定了比较坚实的技术基础，具备一定的研究和解决大型水利水电工程建设技术难题的水平和能力，在有些方面形成自己的特色，并有所发展。与此同时，在大规模农田水利工程建设中，广大群众结合当地具体条件，也积累了很多改造山河的宝贵经验，这是今后大力开发水资源，加速水利水电工程建设的保证。

电子计算机是当代科学技术的重大成就，它可以完成过去用人力难以解决的数学计算和数据处理，而且计算速度快、精度高，在水利水电工程中已广泛应用。我国现已编制了重力坝、拱坝和土石坝的坝体及其基础的线性和非线性分析程序、动力分析和大体积混凝土温度场及温度应力计算程序。编制了符合我国现行设计规范的实体重力坝、宽缝重力坝和拱坝的优化设计程序等。坝工设计方面的计算机辅助设计发展很快，并开始实际应用。用有限元法分析有陡倾角断层分布的拱坝，取得了很好的成果。

当前水利水电建设的发展现状与我国现代化建设的要求还很不适应。大江大河的洪水灾害还没有得到根本治理，一般设防标准偏低，难以抵御较大的洪水；随着国民经济的发展，人口数量的增加，我国的农业生产，特别是粮食、棉花等主要农产品的生产应稳步发展，目前全国还有半数以上的农田没有水利设施，已有的灌溉面积标准还不够高，且有不少水利工程年久失修，不能充分发挥作用，全国每年因水旱灾害损失的粮食达上百亿公斤，甚至几百亿公斤，所以迫切需要提高农田的抗灾能力；城市工业企业和人民生活供水短缺问题日益突出；电力供应不足已直接影响了工农业的发展和人民的日常生活。这就充分说明，我国社会主义现代化建设对水利水电事业提出了十分艰巨而光荣的任务。为了实现到本世纪末工农业总产值翻两番的总目标，必须加速水利水电建设。在水利建设方面，要巩固和完善现有各种防洪设施，提高主要江河的防洪能力，保证重要河段和大、中城市的安全，尽量缩小受灾范围，以保障社会安全和促进经济建设的发展；认真贯彻“水法”，搞好水资源的管理、保护和综合利用；保证城市供水；大力发展农田水利，改善农业生产条件。水电建设到2000年还要新增装机5000万kW。日前全国已有李家峡、安康、隔河岩、漫湾、二滩和岩滩等大型水电工程正在施工；近期在西南、西北等地还将有一批大型水利水电工程陆续开工，这些工程规模巨大，有不少工程坝高突破200m量级，最高达300m，逐步迈向世界水平。与此同时，要大力发展小水电；加强现有工程的运用管理，进行挖潜配套，使之充分发挥经济效益。

第二章 水利水电工程的基本知识

第一节 水文学的基本知识

一、自然界水的循环及水量平衡

(一) 自然界的水分循环

自然界的水，分别存在于以下三个方面：

- 1) 地球表面上，如海洋、河流、湖泊、冰川等；
- 2) 地球表面下即地层内；
- 3) 大气中。

地表的水，由于受到太阳辐射热的作用，会蒸发上升到大气中，与大气中的水分一起，在一定的条件下，又凝结成降水（含降雨、降雪等）复回到地表（含陆地、海洋、河流等）。回到地表的水，一部分又蒸发，另一部分则经各级沟涧江河汇入海洋。这种周而复始地运行过程，称为水循环。

降雨到达地表后：一部分雨水沿地表坡面流动，汇入河道成为地面径流；另一部分雨水渗入地下，它除增加土壤含水量外，还可能有一部分水以渗流方式补给河道，形成地下径流（地面径流与地下径流之和称河川径流）；第三部分水又蒸发并升到大气中。

从海洋蒸发的水分中，一部分随大气运行到陆地上空，凝结成为降水而降至陆地。降至陆地上的水中，一部分在陆地上蒸发上升入大气中，另一部分则如前所述形成径流，并最后又重同返至海洋。这个过程称为水的大循环。

此外，还存在着局部性的水的小循环，例如：降至陆地上的水，在没回到海洋之前，又被蒸发到空中，重又凝结成为降水而降至陆地上；陆地上有一部分地区，其上的河流并不汇入海洋，而是汇入内陆湖泊（如青海湖水系、罗布泊水系等）。

(二) 自然界的水量平衡

海洋的水量平衡方程式为

$$Z_{\text{海}} = X_{\text{海}} + Y_{\text{海}} \quad (2-1)$$

陆地的水量平衡方程式为

$$Z_{\text{陆}} = X_{\text{陆}} - Y_{\text{陆}} \quad (2-2)$$

自然界（全地球）的水量平衡方程式为

$$Z_{\text{海}} + Z_{\text{陆}} = X_{\text{海}} + X_{\text{陆}} \quad (2-3)$$

式中 $Z_{\text{海}}$ 、 $Z_{\text{陆}}$ ——分别为海洋、陆地的多年平均蒸发量；

$X_{\text{海}}$ 、 $X_{\text{陆}}$ ——分别为海洋、陆地的多年平均降水量；

$Y_{\text{海}}$ ——汇入海洋之河川多年平均径流量。

地球上总的蒸发量与总的降水量的多年平均值是相等的。

(三) 水文现象及水文学

自然界各种水体的变化现象称为水文现象。研究自然界各种水体的变化规律的学科叫水文学。研究海洋水的称海洋水文学, 研究陆地水的称陆地水文学, 研究河川水的称河川水文学, 研究为工程建设服务的有关水文问题的则称为工程水文学。此外, 专门研究水文资料观测技术的则称为水文测验学。

二、河流的水文特性

(一) 河流的流域及水系

流域是指河流的地表降水的集水区域。分隔两个相邻流域的界限称分水岭。例如, 秦岭是长江和黄河流域的分水岭, 秦岭以南的降水汇流入长江, 以北的降水则汇流入黄河。再如, 在已成悬河的黄河下游河段, 其北岸河堤为其与海河的分水岭, 其南岸河堤为其与淮河的分水岭。

流域的气象条件、地形及地质条件、土壤植被条件、流域的几何特征等, 对河流的水文特性有着重大的影响。

直接流入海洋或内陆湖泊的那些河流称干流。汇入干流的称一级支流, 例如汉江、渭河等; 汇入一级支流的称二级支流, 其余类推。河流的干流及其各级支流(末级的那些支流往往称溪涧或峪沟)所构成的系统称河系或水系。

(二) 河道的纵横断面

河道横断面是指垂直于河道水流方向所切取出来的断面, 其在河道水位以下的部分称为过水断面。低水位时的过水断面常简称为河槽。稀遇洪水时的过水断面称大断面或洪水河槽。大断面及其以上较陡的岸坡合称为河谷横断面。

沿河道纵向之最大水深线切取一断面, 并将其拉直即得河道纵断面。河段首尾的水面高差称落差, 此落差与其河段长的比值称河段的纵比降。

(三) 河渠的流速、流量及水位

在水利水电工程上, 常把人工水道称为渠道, 而把一般的天然水道称之为天然河道。

1. 流速 常用单位为米/秒 (m/s)。河渠中水流各点的流速是不同的, 参见图2-1。

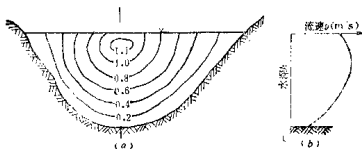


图 2-1 河渠中的流速分布
(a)横断面上的等流速线; (b)流速沿水深的分布

由图2-1可以看出, 流速的一般分布规律是: 近河底和河岸处较小, 近河心主流处(即河渠的中速线处)较大。

沿水流方向，横断面不变的河渠称棱柱形河渠。棱柱形河渠中，水面平行于其底时的水流称均匀流。均匀流时的断面平均流速 v 可用以下的谢才公式来计算

$$v = C \sqrt{Ri} \quad (2-4)$$

式(2-4)中的 C 常用下述的曼宁公式计算

$$C = \frac{1}{n} R^{1/6} \quad (2-5)$$

式中 C ——谢才系数；

i ——河渠的水面比降；

R ——水力半径， $R = \omega/x$ ；

ω ——河渠的过水断面面积， m^2 ；

x ——湿周，即河渠横断面中与水接触的周界长度， m ；

n ——糙率，亦称糙率系数，典型情况下的 n 值可在表2-1中查取，水力学手册中有可供查取的更详细的 n 值表。

2. 流量及水位 单位时间内流过某过水断面的水的体积称为流量，常用单位为 m^3/s ，显然，流量可以用下式来计算

$$Q = \omega v = \omega C \sqrt{Ri} \quad (2-6)$$

式中 Q ——流量， m^3/s ；

其它符号意义同前。

河渠中的流量与其相应的水位是有密切关系的。以水位 Z 为纵坐标、流量 Q 为横坐标，所点绘出的曲线称水位流量关系曲线 $Z \sim Q$ 。

表 2-1 河渠糙率 n 值表

序号	河渠特征	n
1	涂油漆的钢管	0.011~0.014
2	油漆的钢管	0.012~0.017
3	表面刨光的木板	0.010~0.014
4	用窄木条拼成的渠床	0.012~0.018
5	钢筋混凝土渠槽	0.013~0.016
6	在开凿不大好的岩石上喷浆	0.022~0.027
7	渠线顺直、断面均匀的黏土渠	0.016~0.020
8	渠线顺直、断面均匀、经过风干侵蚀的土壤	0.018~0.025
9	渠线顺直、断面均匀、有牧草和杂草的土壤	0.022~0.033
10	浆砌块石渠道	0.017~0.030
11	人工开凿出来的均匀石渠	0.025~0.040
12	弯曲、有深潭和浅滩的较小平原河流	0.033~0.045
13	河槽多卵石和孤石、岸坡陡又有草的山区河道	0.040~0.070

一般讲，上游河床是逐渐下切的（因为冲刷），下游河床是逐渐上升的（因为淤积）。

河床冲淤对水位流量关系的影响可参见图2-2。

洪水涨落时的河道水流属于变量流，这时的水位流量关系有其特殊性，参见图2-3。

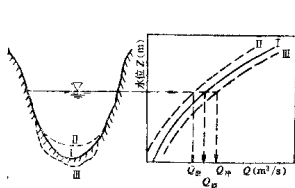


图 2-2 河床冲淤对水位流量关系的影响

I—淤积前和相应的水位流量关系曲线；II—淤积后的断面和相应的水位流量关系曲线；III—冲刷后的断面和相应的水位流量关系曲线

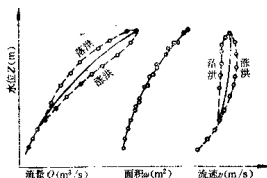


图 2-3 洪水涨落时的水位流量关系曲线

(四) 河渠的泥沙

河渠中的泥沙由于在不停的随水下移，因此，河渠存在一个固体径流问题。河渠中的泥沙常被分为两类：悬浮于水中者称浮沙或悬移质；沿河底滚动者称底沙或推移质。

单位体积水流中所含泥沙的重量称含沙量，常用 ρ 表示，其常用单位为 kg/m^3 。我国黄土高原地区一些河流的实测最大含沙量可达 $1000\text{kg}/\text{m}^3$ 以上。例如：无定河白家川站为 $1520\text{kg}/\text{m}^3$ ；泾河张家山站为 $1430\text{kg}/\text{m}^3$ 。

单位时间内流过河流某断面的泥沙重量称输沙率，常用 Q_s 表示，单位为 t/s 。每年通过河流某断面的泥沙重量称年输沙量。表2-2载列了我国一些河流的泥沙特性。

表 2-2 我国一些河流的径流及泥沙特征

河 流	测 站	测站以上流域面积 (万km^2)	平均年径流 (亿m^3)	平均年输沙量 (亿t)	最大断面含沙量 (kg/m^3)
黄 河	陕 县	68.79	426	15.70	530.0
长 江	宜 昌	100.55	4510	5.14	10.5
渭 河	华 县	10.65	91	4.25	753.0
泾 河	张 家 山	4.32	16	2.84	1430.0
无 定 河	白 家 川	2.97	14	1.82	1520.0
永 定 河	官 厅	4.25	13	0.81	436.0
汉 江	碾 盘 山	14.00	544	1.30	16.9
西 江	棉 州	32.37	2206	0.72	4.1

(五) 河川的径流

河川径流是指在河川中流动的水流。年径流量是指一年内通过河流某一横断面的水量，常用单位为 m^3 ，有时也用 m^3/s 来表示（这时其含义实质上是年平均流量）。