

普通高等教育“十三五”系列教材

水利工程概论

华北水利水电大学水利水电工程系 编



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

普通高等教育“十三五”系列教材

水利工程概论

华北水利水电大学水利水电工程系 编



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

·北京·

内 容 提 要

本教材以现代水利工程基本理论为核心,以工程应用为主线,系统地介绍了水利水电工程的分类、组成、工作原理、设计要求和安全运行等内容,旨在使学习者初步掌握水利水电工程涉及的主要范畴、工程的组成及作用,了解现代水利水电工程的发展趋势,为后续专业课程的学习奠定基础。全书共分10章,内容包括概述、挡水和泄水建筑物、引调水建筑物、水电站及水电站建筑物、防洪治河工程、水利工程施工、水库大坝运行管理、农田水利工程、城市水务工程和生态水利工程等。

本教材注重理论与实践相结合,可作为高等院校水利、岩土、土木、资源等专业学生的入门教材,也可作为水利工程一线人员的培训教材和参考书。

图书在版编目(CIP)数据

水利工程概论 / 华北水利水电大学水利水电工程系
编. — 北京:中国水利水电出版社,2020.5
普通高等教育“十三五”系列教材
ISBN 978-7-5170-8571-3

I. ①水… II. ①华… III. ①水利工程—高等学校—
教材 IV. ①TV

中国版本图书馆CIP数据核字(2020)第107891号

书 名	普通高等教育“十三五”系列教材 水利工程概论 SHUILI GONGCHENG GAILUN
作 者	华北水利水电大学水利水电工程系 编
出版发行	中国水利水电出版社 (北京市海淀区玉渊潭南路1号D座 100038) 网址: www.waterpub.com.cn E-mail: sales@waterpub.com.cn 电话: (010) 68367658 (营销中心)
经 售	北京科水图书销售中心(零售) 电话: (010) 88383994、63202643、68545874 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	清淤永业(天津)印刷有限公司
规 格	184mm×260mm 16开本 16印张 369千字
版 次	2020年5月第1版 2020年5月第1次印刷
印 数	0001—6000册
定 价	45.00元

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

编写人员名单

顾问：李彦彬 徐存东

编写人员（排名不分先后）：

刘尚蔚 张宏洋 韩立炜 张世宝 孟美丽

张宪雷 于国辉 白卫峰 杨世锋 马颖

赵梦蝶 赵基花

统稿：刘尚蔚 张宏洋



前 言

水利历来都是治国安邦的大事。新中国成立以来，我国的水利建设成绩卓著，建成了一大批水利基础设施，初步形成了防洪、排涝、灌溉、供水、发电等工程体系，在防御水旱灾害，保障国民经济持续发展和人民生命财产安全，改善生态环境，维护社会稳定等方面发挥了重大作用。截至2016年年底，我国共修建各类水库98460座（不含港澳台地区），其中大型水库720座，中型水库3890座，小型93850座，总库容8967亿 m^3 。

《国家中长期教育改革和发展规划纲要》（2010—2020年）中提出，把改革创新作为教育发展的强大动力，强调针对高等教育改革和发展，要在注重提高教育质量和人才培养质量的同时，增强社会服务能力；在人才培养体制改革方面，提出要更新人才培养观念，创新人才培养模式。2016年，为适应新形势下水利改革对水利人才的需求，水利部正式发布了《全国水利人才队伍建设“十三五”规划》，要求培养造就一支数量充足、布局合理、结构优化、富有活力、勇于创新的复合型水利人才队伍。

基于此，本教材以现代水利工程的基本理论知识为核心，以工程的实际应用为主线，重点突出了不同类型的水利水电工程的规划、设计、施工及运行管理，详细介绍了挡水和泄水建筑物、引调水建筑物、水电站及水电站建筑物、防洪治河工程、水利工程施工、水库大坝运行管理、农田水利工程、城市水务工程和生态水利工程的特性及原理等内容。本教材可为水利水电类专业新生和其他专业学生提供水利水电工程的基本特点、作用、类型、构造、布置和施工等方面的基本知识。

本教材由华北水利水电大学水利水电工程系负责编写，具体分工如下：第1章由韩立炜编写，第2章由张世宝编写，第3章由赵基花编写，第4章由孟美丽编写，第5章由张宪雷、韩立炜编写，第6章由刘尚蔚编写，第7章由张宏洋编写，第8章由于国辉、杨世锋编写，第9章由张宏洋、马颖、赵梦蝶编写，第10章由白卫峰编写。全书由刘尚蔚、张宏洋负责统稿。

在本教材编写过程中，李彦彬教授、徐存东教授作为本书顾问，对书稿提出了许多建设性意见，同时编者也参阅了国内外有关学者的教材、专著和论文，在此表示衷心感谢。

由于编者水平有限，书中难免存在缺点、错误和不足之处，恳请读者给予批评指正。

编者

2020年2月



目 录

前言

第 1 章 概述	1
1.1 水资源	1
1.2 防洪	3
1.3 水力发电	6
1.4 灌溉	7
1.5 水利工程	10
1.6 我国水利工程建设成就	14
思考题	16
参考文献	16
第 2 章 挡水和泄水建筑物	17
2.1 重力坝	17
2.2 拱坝	30
2.3 土石坝	37
2.4 岸边溢洪道	45
2.5 水闸	49
2.6 水工隧洞	54
思考题	60
参考文献	61
第 3 章 引调水建筑物	62
3.1 引水建筑物	62
3.2 输水建筑物	67
思考题	75
参考文献	75

第4章 水电站及水电站建筑物	76
4.1 水电站类型和组成建筑物	76
4.2 水电站进水口	80
4.3 水电站渠道、压力前池、日调节池及隧洞	89
4.4 水电站压力管道	93
4.5 调压室	99
4.6 水电站厂房	104
思考题	118
参考文献	118
第5章 防洪治河工程	120
5.1 洪水及防洪措施	120
5.2 河道整治工程	122
5.3 堤防工程	130
5.4 分、蓄、滞洪工程	137
5.5 防汛抢险	140
思考题	142
参考文献	142
第6章 水利工程施工	144
6.1 施工水流控制	144
6.2 土石坝施工	153
6.3 混凝土坝施工	157
6.4 水工建筑物智能建造技术	159
思考题	161
参考文献	161
第7章 水库大坝运行管理	163
7.1 概述	163
7.2 水库泥沙管理	164
7.3 水库调度	168
7.4 水库大坝安全监测	172
7.5 水库信息化	182
思考题	184
参考文献	184
第8章 农田水利工程	186
8.1 农田土壤、作物和水	186
8.2 灌排制度与灌水技术	191
8.3 灌排系统	195
8.4 泵站枢纽布置	198

8.5 节水灌溉	203
思考题	206
参考文献	206
第9章 城市水务工程	207
9.1 城市水务概述及发展历程	207
9.2 城市供、排水系统工程	209
9.3 城市防洪排涝工程	214
9.4 城市污水处理工程	217
9.5 城市水务系统管理和运行机制	220
思考题	224
参考文献	224
第10章 生态水利工程	225
10.1 概述	225
10.2 河流廊道生态工程技术	230
10.3 水库的生态治理和生态调度	238
思考题	245
参考文献	245

第 1 章

概述

1.1 水 资 源

1.1.1 世界水资源概况

地球上的水资源，从广义上来说是指水圈内的总水量。由于海水难以直接利用，因而通常所说水资源主要指陆地上的淡水资源。通过水循环，陆地上的淡水得以不断更新、补充，满足人类生产和生活需要。

水是地球上最丰富的资源，覆盖地球表面 71% 的面积。但是，地球上的水尽管数量巨大，能直接被人们生产和生活利用的却少得可怜。地球上的水有近 98% 是既不能供人饮用、也无法灌溉农田的海水，淡水资源仅占总水量的 2.53%，而在这极少的淡水资源中，有 70% 以上被冻结在南极和北极的冰盖中，加上难以利用的高山冰川和永冻积雪，有 87% 的淡水资源难以利用。人类真正能够利用的淡水资源是江河湖泊和地下水的一部分，约占地球淡水量的 0.26%，占地球总水量的十万分之七，即真正有效利用的全球淡水资源每年约为 9000km³。

全球淡水资源不仅短缺而且地区分布极不平衡（详见电子资源 1.1）。按地区分布，巴西、俄罗斯、加拿大、中国、美国、印度尼西亚、印度、哥伦比亚和刚果等 9 个国家的淡水资源占了世界淡水资源的 60%。约占世界人口总数 40% 的 80 个国家和地区严重缺水，有约 15 亿人口面临淡水不足问题，其中 26 个国家的 3 亿人口完全生活在缺水状态，预计到 2025 年，全世界将有 30 亿人口缺水。21 世纪水资源正在变成一种宝贵的稀缺资源。水资源问题已不仅仅是资源问题，更成为关系国家经济、社会可持续发展和长治久安的重大战略问题。

1.1.2 中国水资源概况

依据《中国水利统计年鉴 2018》，1998—2017 年我国多年平均年降水总量为 6.12 万亿 m³，通过水循环更新的地表水和地下水的多年平均年水资源总量为 2.78 万亿 m³。其中地表水 2.67 万亿 m³，地下水 0.81 万亿 m³，地表水与地下水相互转换、互为补给的两者重复计算量为 0.71 万亿 m³，与河川径流不重复的地下水资源量为 0.1 万亿 m³。我国年人均水资源量为 2104m³，约为世界人均占有量的 1/4，在世界银行连续统计的 153 个国家中居第 88 位。目前有 16 个省（自治区、直辖市）人均水资源量（包括过境水）低于严重缺水线，有 6 个省（自治区）（宁夏、河北、山东、河南、山西、江苏）人均水资源量低于 500m³（详见电子资源 1.2）。

从中国大陆水资源总量的变化趋势看，最近 20 多年来，由于环境变化，如受气



资源 1.1



资源 1.2

候变化和人类经济活动导致的土地利用和覆被变化的影响,我国各地区的水资源有不同程度的变化,降水和水资源数量略有减少,特别是中国北方地区(如华北地区等)水资源数量减少的趋势比较明显。北方缺水地区持续枯水年份的出现,以及黄河、淮河、海河与汉江同时遭遇枯水年份等不利因素的影响,更加加剧了北方水资源供需的矛盾。

1.1.3 中国水资源特点

我国地理位置特殊,地形变化大,气候差异也大,水资源分布特点明显。从全国来看,目前我国水资源的主要特点有以下几个。

1. 水资源总量丰富,人均占有量少

我国水资源多年平均总量为 2.78 万亿 m^3 ,居世界第 6 位,平均径流深度约 284mm,为世界平均值的 90%,居世界第 6 位。虽然我国水资源总量丰富,但是平均占有量很少。水资源人均占有量为 $2104m^3$,约为世界人均量的 1/4,被列为世界 13 个贫水国家之一。水资源耕地的平均占有量为 $28320m^3/hm^2$,仅为世界平均数的 80%。

2. 水资源在空间上分布不平衡

长江流域及其以南地区国土面积只占全国的 36.5%,其水资源量却占全国的 81%;淮河流域及其以北地区的国土面积占全国的 63.5%,其水资源量仅占全国的 19%。

3. 水资源在时间上分布不平衡

我国河流年际间最大和最小径流的比值,长江以南地区中等河流在 5 以下,而北方地区多在 10 以上,径流量的年际变化存在明显的连续丰水年和连续枯水年情况。年内分布则是夏秋季水多,冬春季水少。大部分地区年内连续 4 个月降水量占全年的 70%以上,短期径流过于集中,易造成洪涝灾害。例如,1998 年属于丰水年,全国河川径流量比正常年份多 6247 亿 m^3 ,其中长江偏多 3491 亿 m^3 (多 36.7%),松花江偏多 693 亿 m^3 (多 90.9%),长江、嫩江出现了特大洪涝灾害。2001 年干旱严重,全国大部分地区河川径流量偏少,松花江、辽河、海河、黄河、淮河比正常年份来水量偏少 23%~67%,长江也偏少 6%~9%,仅东南、华南沿海、西南和西北内陆来水偏丰。

4. 水资源分布与人口、耕地布局不相适应

我国北方人口占全国总人口的 2/5,耕地面积占全国耕地面积的 3/5,但水资源占有量不到全国的 1/5。在全国人均水资源量不足 $1000m^3$ 的 10 个省区中,北方占了 8 个,而且主要集中在华北。另外,南方每公顷耕地水资源量 $28320m^3$,而北方只有 $9645m^3$,前者约是后者的 3 倍。水资源空间分布的不平衡性与全国人口、耕地资源分布的差异性,构成了我国水资源与人口、耕地资源不匹配的特点。

5. 水体污染

我国一些河流湖泊处于富营养化状态,部分湖泊已经丧失供水、旅游、水产等功能,极大地影响到人类的生存环境。在我国的七大水系中,只有珠江、长江总体水质

比较良好，松花江、黄河、淮河为轻度污染，辽河、海河为中度污染。

2018年，全国地表水监测的1935个水质断面（点位）中，Ⅰ～Ⅲ类水比例为71.0%，劣Ⅴ类比例为6.7%；长江、黄河、珠江、松花江、淮河、海河、辽河七大流域和浙闽片河流、西北诸河、西南诸河监测的1613个水质断面中，Ⅰ类占5.0%，Ⅱ类占43.0%，Ⅲ类占26.3%，Ⅳ类占14.4%，Ⅴ类占4.5%，劣Ⅴ类占6.9%。西北诸河和西南诸河水质为优，长江、珠江流域和浙闽片河流水质良好，黄河、松花江和淮河流域为轻度污染，海河和辽河流域为中度污染。

2018年，监测水质的111个重要湖泊（水库）中，Ⅰ类水质的湖泊（水库）7个，占6.3%；Ⅱ类34个，占30.6%；Ⅲ类33个，占29.7%；Ⅳ类19个，占17.1%；Ⅴ类9个，占8.1%；劣Ⅴ类9个，占8.1%。主要污染指标为总磷、化学需氧量和高锰酸盐指数。监测营养状态的107个湖泊（水库）中，贫营养状态的10个，占9.3%；中营养状态的66个，占61.7%；轻度富营养状态的25个，占23.4%；中度富营养状态的6个，占5.6%。

天然降水与河川径流在地区、季节和年际之间的分配不均匀，使来水和用水之间不相适应。导致一些地区在枯水季节容易出现干旱，而在洪水季节或丰水地区又往往由于降雨量过多而发生洪涝灾害。因此我们必须认识水资源的变化规律，根据天然水资源的时空分布特点和国民经济各用水部门的需求要求，合理地开发利用和保护水资源，大力发展水利事业，达到除水害和兴水利的目的，满足社会主义现代化建设的需要。

1.2 防 洪

1.2.1 洪水及其灾害的成因

洪水是由连续降雨、急骤融冰化雪、风暴潮等自然因素引起的江河湖海水量剧增或水位猛涨的现象。我国大部分地区的洪水是由于连续暴雨或久雨不晴形成的，而由于融冰化雪所导致的洪水不占主要方面。冰川洪水主要发生在新疆，融雪洪水主要发生在东北地区，即使在东北地区，大洪水也往往是夏季的暴雨洪水。

我国大部分地区在大陆季风气候影响下，降雨时间集中，强度很大。汛期集中全年雨量的60%~80%，而汛期中最大一个月雨量又占全年的25%~50%。大范围暴雨主要由两种天气系统所形成，即西风带低值系统（低压槽或冷涡）和低纬度热带天气系统。前者影响全国大部分地区，后者主要是热带风暴和台风，影响东南沿海和华南各省。除一般暴雨外，江淮流域的梅雨期长短和降雨量大小，对长江中下游和淮河流域的洪涝灾害也有很大的影响。因此，我国防洪的主要对象是每年雨季的雨洪以及台风暴雨洪水。

洪水是否会成灾，不仅与地形、植被、河道的泄流能力等自然因素有关，而且与社会经济发展也有密切的联系。如果一个地区荒无人烟，虽然洪水经常泛滥，也不会造成灾害；相反，若在人类大量繁衍和生产不断发展的地区，洪水泛滥就会造成严重灾害。影响洪水灾害最主要的社会经济因素是人口的增长和土地的盲目开发利用。人

口增长、农业发展、扩大耕地、围垦河湖滩地、与水争地，致使洪水的排泄出路和蓄滞场所不断受到限制，自然蓄泄能力日趋减少，增加了造成洪灾的可能性，进一步发展到山丘区土地的大量开垦利用，山林植被的破坏，以及居民点、城市、交通道路的形成，这些都在不断改变地表的状况，使洪水的产生和汇流条件不断发生变化，从而加重了洪水危害的程度。

影响洪水灾害的自然因素是多方面的（详见电子资源 1.3），若从洪水流量和河道的泄洪能力考虑，可归纳为如下几方面。

- (1) 洪水流量过大，超过河道的泄流能力。
- (2) 河流挟带大量的泥沙使河床逐年淤高，泄流能力逐渐下降。
- (3) 河线由于离心力和环流作用日益曲折，不能使洪水尽快入海。
- (4) 冰块堵塞（亦称冰塞），使河道过水断面减少，上游水位壅高而成灾。
- (5) 入海河流因海潮顶托，使洪水排泄不畅，促使河道下游水位抬高而成灾。

历史上，洪水灾害给人们的教训是惨痛的。如黄河自公元前 22 世纪至 1946 年的 4200 多年间，改道 26 次，堤防决口 1593 次。每次改道或决口都造成人民生命财产的惨重损失。如 1933 年决口 72 处，淹没河北、河南、山东等省的 67 个县，受灾面积 11 万 km^2 ，受灾人口达 364 万。再如长江，从公元前 185 年至 1911 年的 2096 年间，亦发生过大小水灾 214 次。1931 年长江大水灾，受灾面积计 10 万 km^2 ，受灾人口达 2800 万，死亡 14.5 万人。其他如淮河、海河、辽河、松花江、珠江等河流，亦发生过许多次洪水灾害。

1.2.2 防洪标准

防洪标准是指某一地区或河段在某一时期内确定的所要防御洪水的大小。一般以河道某一控制断面的设计洪水（包括洪峰流量、一定时段的洪水总量、洪水过程或洪水位）来表示。这种设计洪水可以是实测洪水中选用的典型洪水，也可以是历史调查洪水，或是通过频率分析，选用某一重现期的洪水（如十年一遇洪水、百年一遇洪水等），对特别重要的防洪对象，也可采用经过分析确定的最大可能洪水（PMF）。

防洪标准的选择与保护区域的防洪工程投资和未来安全程度及防洪效益有关，需要通过经济效益分析和社会影响评估加以选定。其经济效益主要是以工程措施造价、管理运行费用和多年平均减免的洪灾损失为基础进行分析计算。分析结果表明：防御 5~20 年一遇洪水的效益最高。我国主要受洪水威胁的地区，大多人口稠密，财富集中，往往又是交通枢纽地带，特大洪水的危害很难用计算的经济损失来衡量，而需要对它可能造成的大量人口伤亡、生态环境破坏，可能导致的社会不稳定和对整个社会经济发展的长远影响进行综合的分析评估。因此，防洪标准的确定，不仅要按常规的分析计算方法进行。而且要对超标准洪水，特别是历史上曾经发生的特大洪水进行分析，采取必要的对策。如黄河下游堤防，如果决口失事可能形成改道，中断南北交通，对两岸生产建设造成巨大的破坏和难以挽回的损失。因此其防洪标准要高于其他河道。对历史特大洪水和可能最大洪水，也必须有紧急对策，避免洪水完全失控。又如长江荆江河段的行洪安全，直接影响汉江平原、洞庭湖区和武汉市，如再遭遇历史特大洪水，南北堤防溃决的可能性很大；无论南决或北溃都可能造成数十万，甚至上



资源 1.3

百万人口的伤亡，并造成严重的经济损失，后果极为严重，必须认真加以考虑。

需要指出的是，防洪标准并非固定不变，它随国民经济发展而提高，随保护对象不同而变化。具体确定时需根据本地区国民经济发展情况、洪水淹没以后的经济损失及社会影响、工程破坏失事的后果、灾后恢复的难易程度、防洪措施的费用和效益等因素进行综合分析，根据不同的保护对象定出不同的防洪标准。世界各国防洪标准确定的方法不尽相同。日本、苏联多采用频率法，美国、加拿大、印度等国家多采用水文气象法，我国主要江河一般多采用实测最大洪水作为防洪标准。如长江中下游大部地区以1954年洪水作为干流防洪标准。我国现行的防洪标准为《防洪标准》（GB 50201—2014）。规划设计时，对不同的防护对象应选用不同的防洪标准。城市防护区的保护等级和防洪标准见表1.1。

表 1.1 城市防护区的保护等级和防洪标准

保护等级	重要性	常住人口 /万人	当量经济规模 /万人	防洪标准（重现期） /年
I	特别重要	≥ 150	≥ 300	≥ 200
II	重要	$< 150, \geq 50$	$< 300, \geq 100$	200~100
III	比较重要	$< 50, \geq 20$	$< 100, \geq 40$	100~50
IV	一般	< 20	< 40	50~20

注 当量经济规模为城市防护区人均GDP指数与人口的乘积，人均GDP指数为城市防护区人均GDP与同期全国人均GDP的比值。

1.2.3 防洪措施

防洪措施是缩小洪水泛滥范围，减少洪水灾害损失的具体办法和手段，包括工程措施和非工程措施。通常的做法是在河流的中上游山区、丘陵地区开展造林及水土保持工作，兴建水库，调（滞）蓄洪水，防治山洪；在中下游平原地区修筑防洪堤，整治河道，以利泄洪，并利用湖泊洼地滞蓄洪水或兴建必要的分洪工程。因此，防洪措施一般可归纳为调蓄和排泄两个方面：调蓄就是把有害的洪水暂时存蓄起来，待洪水过后再有控制地慢慢下放，或等到使用时再按需要下放，因此，蓄水不仅可以防洪，而且可以兴利；排泄就是把控制下泄或自由下泄的洪水安全顺利地送到大海里去。

主要的防洪工程措施有以下几种。

(1) 蓄洪，是利用山谷水库和湖泊洼地来调蓄汛期洪水，防止洪水灾害的措施。

(2) 筑堤防洪，是平原地区历史最悠久的防洪措施，堤防主要有三大类，即江河防洪堤、圩垸围堤和海堤（海塘）等。

(3) 泄洪，是扩大河道过水能力，使洪水能畅通下泄所采取的措施，泄洪措施包括加高培厚防洪堤、整治河道、扩大行洪区等。

(4) 分洪，是在河流的某一处或数处分泄一部分洪水直接入海，或分入其他河流、附近湖泊和预筑的分洪区等，以削减通过河流的流量，减轻洪水对堤防的威胁。

(5) 滞洪，是利用河道附近的湖泊和洼地引进一部分洪水拦蓄起来，待洪峰过后再引回河道的措施。

(6) 蓄洪垦殖, 小水年份垦殖, 大水年份废田还湖(注), 是水利与农业相结合的措施。

(7) 水土保持。以上介绍的是工程措施(详见电子资源 1.4)。对非工程措施, 则是通过法令、政策、行政管理、经济手段和直接利用蓄泄洪水工程以外的其他技术手段, 以减少洪灾损失的措施。非工程防洪措施并不能减少洪水的来量或增加洪水的出路, 而是更多利用自然和社会条件去适应洪水特性, 减少洪水的破坏和造成的损失。非工程防洪措施与防洪工程措施相配合, 就可形成完整的综合性防洪体系, 缩小洪水泛滥的范围, 大幅度减少洪灾损失和人口的伤亡。我国从 80 年代开始逐步重视非工程措施, 从加强管理入手制定了各种法规政策, 加强了分蓄洪区的建设, 进行了防洪保险试点工作, 逐步收到了成效。



资源 1.4

1.3 水 力 发 电

利用水流能量进行电力生产, 是水资源开发利用的一项重要内容, 也是解决我国能源问题的有效途径之一。水力发电是利用水的能量发电。水在自然界周而复始地循环, 水资源可由自然循环补给, 因而水能资源是一种再生资源, 不像煤和石油等是不可再生资源。并且, 水力发电不会污染环境, 发电成本比火力发电低得多。世界各国都尽量开发本国的水能资源, 有些国家水力发电所占比重相当高。截至 2017 年, 中国水电装机达到 3.41 亿 kW, 居世界第一位, 美国 1.03 亿 kW, 巴西 1 亿 kW, 加拿大 0.81 亿 kW, 日本 0.5 亿 kW。

我国有着丰富的水能资源, 水能理论蕴藏量为 6.76 亿 kW, 居世界首位, 其中可开发的为 3.79 亿 kW, 可开发的年发电总量为 1.92 万亿 kW·h。

1.3.1 河川水力资源的开发方式

天然河流的流量是不断变化的, 落差也大多分散在河流的全长上, 像瀑布、急滩这种天然落差集中的情况只是个别现象, 因此, 开发水力资源需采取各种人工措施, 把分散的落差集中起来。

根据开发河段的水文、地形、地质等自然条件不同, 集中水能的方式也不一样, 主要有以下几种方式(详见电子资源 1.5)。

(1) 抬水式(坝式)开发。在河流中拦河筑坝, 使原河段中分散的落差在坝址处集中起来, 坝的上下游形成较大的水位差, 即水电站水头。集中水头的大小取决于坝的高低, 坝越高, 水头越大。但坝高常受坝址处的地形地质条件、库区地形地质条件及浸没淹没条件、国民经济发展的需要以及开发技术条件等因素的控制。在河流中拦河筑坝的开发方式称为抬水式(坝式)开发。

(2) 引水式开发。利用无压或有压的引水建筑物(前者如渠道, 后者如压力隧洞), 把水从河中引出一段距离, 由于天然河道比降较大, 修建的引水建筑物比降较小, 因此在引水建筑物的末端就能集中一定的水头, 再经压力水管引水至厂房, 这种开发水能的方式称为引水式。用引水道集中水头的水电站称为引水式水电站。

(3) 混合式开发。既利用大坝抬高水位又利用引水建筑物集中水头, 水电站的水



资源 1.5

头由两种工程措施共同取得的开发方式称为混合式开发。

混合式开发因建有水库，可调节径流，兼有坝式开发和引水式开发的双重优点，但必须具备合适的条件，如河段前部有筑坝建库的条件，后部坡降大（如有急滩或大河弯）。

1.3.2 抽水蓄能电站

抽水蓄能发电（详见电子资源 1.6）是水能利用的另一种形式。它不是为了开发水能资源向系统提供电能，而是以水体为储能介质，起调节负荷的作用。其工作过程包括抽水蓄能和放水发电。因此需建有高低两个水库和连接两个水库的有压引水建筑物，如图 1.1 所示。在用电负荷低时（如夜间），电站就利用电力系统中多余的电能抽水蓄存于高水库（以水的势能形式储存能量）。等到系统负荷高涨电力供应不够时，再将高水库中的水放下来推动水轮机发电，从而起到调节负荷的作用。



资源 1.6

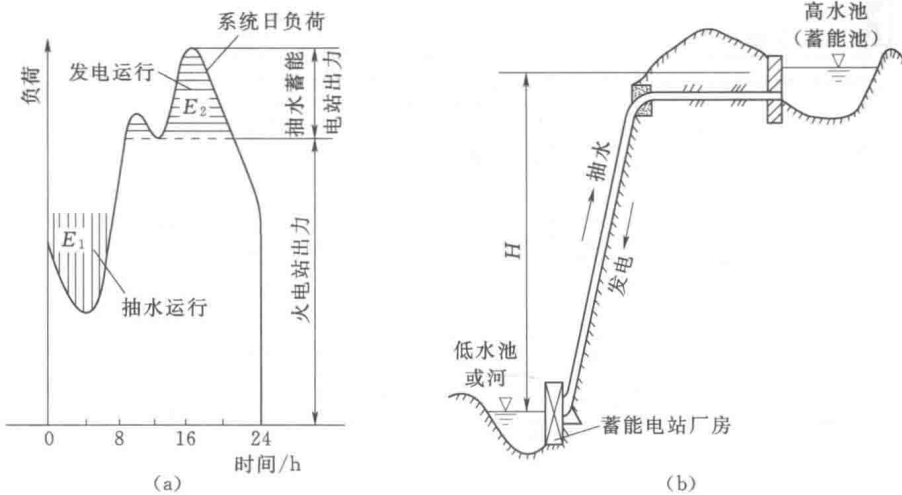


图 1.1 抽水蓄能式水电站示意图

(a) 在日负荷图上的工作状态；(b) 建筑物的布置

需要指出的是，抽水蓄能电站将能量从电能转换成水能，再由水能转换到电能，其损失较大。即抽水所消耗的电能 E_1 大于它所发出的电能 E_2 。总效率 (E_2/E_1) 较低，一般为 0.6~0.7。但它消耗的是系统剩余电能，提供的是电力系统急需的峰荷电能，两者的作用和价值不同。同时通过它的调节，可使火电厂机组工作均匀，节省煤耗，提高效率和供电。

抽水蓄能电站按电站有无天然径流可分为纯抽水蓄能电站和混合式抽水蓄能电站；按水库调节性能分为日调节、周调节和季调节抽水蓄能电站。

1.4 灌 溉

灌溉与水力发电、航运和渔业等只用水不耗水的国民经济部门不同，它需要消耗大量的水。据统计，生产 1t 玉米或小麦约需水 1000t，而生产 1t 稻谷需水就更

多。在作物所消耗的这些水量中，主要是参与体内营养物质的输送与代谢，然后通过茎叶蒸腾作用散发到大气中去。此外，作物棵间土面与水面也有水量蒸发，土层还有水量渗漏等。雨水是供应农作物需水的重要来源。但是由于降雨在时间上和地区上分布的不均匀性，单靠雨水是远远不够的。多雨时段会发生涝灾，少雨时段则又发生旱灾，不能满足农作物对水的要求。因此合理地采用人工措施，兴修水利，搞好农田灌溉与排水，是抗旱排涝、防渍、防治盐碱化，保证高产稳产的重要措施。

1.4.1 灌区的灌溉排水系统

灌溉工程的主要任务是解决水源、渠系建筑物及田间灌溉排水系统等问题。图 1.2 为灌溉排水系统示意图。

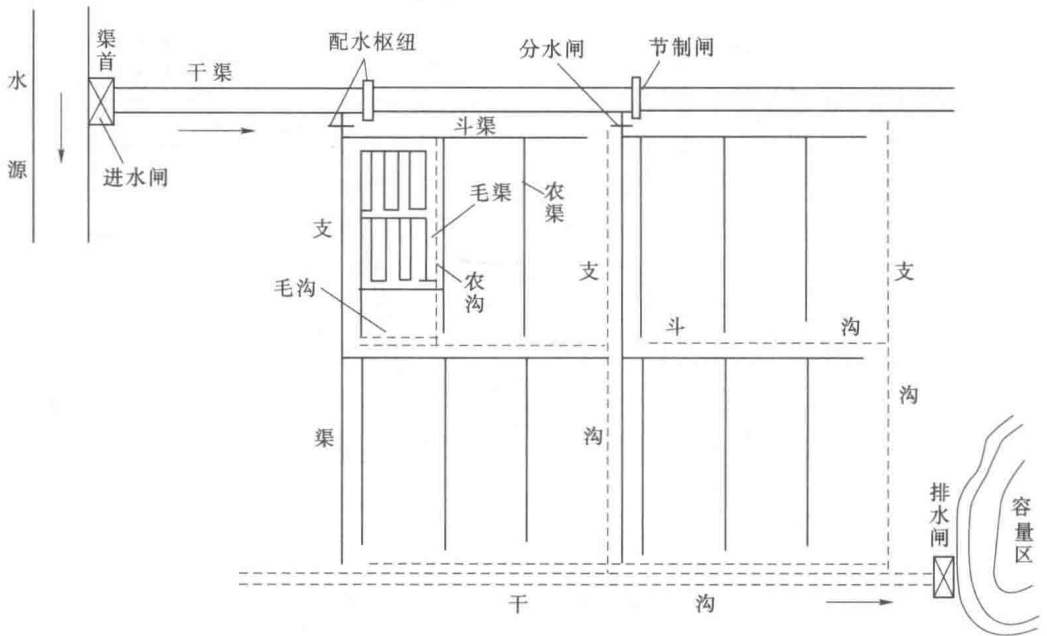


图 1.2 灌溉排水系统示意图

(1) 水源及取水枢纽。根据各地不同的自然条件，农田灌溉水源（详见电子资源 1.7）及采用的取水方式主要有从水库引水灌溉和自河道取水灌溉。

(2) 渠系建筑物。渠系建筑物包括输水用的渠道、调节水位分配流量的建筑物以及输送水流跨越或穿过山梁、溪谷、河流的交叉建筑物等。

(3) 田间调节系统。田间调节系统包括灌水和排水系统。用于灌水的有临时毛渠、灌水沟（或灌水畦）；用于排水的有排水毛沟、地下集水管道。

(4) 排水系统。包括各级排水沟及沟上建筑物。其任务是将田间排水系统汇集的水排往容泄区。当容泄区水位低于干沟出口水位时，用排水闸，反之用抽水站。容泄区多半是河流、湖泊、洼地等，用以蓄纳该地区的降雨以及田块中排出的水量。故容泄区里的水又可当作高田提水灌溉和低田自流灌溉的水源。