



普通高等教育“十五”国家级规划教材

水工建筑物

主 编 王英华 陈晓东

副主编 叶 兴 刘儒博 王海兴

Higher Education



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

普通高等教育“十一五”国家级规划教材

水 工 建 筑 物

主 编 王英华 陈晓东

副主编 叶 兴 刘儒博 王海兴



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

内 容 提 要

本教材是普通高等教育“十一五”国家级规划教材。本教材结合高职高专教育教学改革和专业建设的需要编写而成,全书内容包括:绪论、重力坝、拱坝、土石坝、河岸溢洪道、水工隧洞与坝下埋管、水闸、水利枢纽、渠系建筑物、水工建筑物抗冰冻设计等。

本书可作为高职高专水利类相关专业的教材,也可供其他相关专业师生和工程技术人员参考。

图书在版编目(C I P)数据

水工建筑物 / 王英华, 陈晓东主编. -- 北京: 中国水利水电出版社, 2010. 8
普通高等教育“十一五”国家级规划教材
ISBN 978-7-5084-7812-8

I. ①水… II. ①王… ②陈… III. ①水工建筑物—高等学校—教材 IV. ①TV6

中国版本图书馆CIP数据核字(2010)第166433号

书 名	普通高等教育“十一五”国家级规划教材 水工建筑物
作 者	主编 王英华 陈晓东 副主编 叶兴 刘儒博 王海兴
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 (发行部)
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	北京纪元彩艺印刷有限公司
规 格	184mm×260mm 16开本 29印张 688千字
版 次	2010年8月第1版 2012年8月第2次印刷
印 数	3001—6000册
定 价	49.00元

凡购买我社图书,如有缺页、倒页、脱页的,本社发行部负责调换

版权所有·侵权必究

前 言

本教材是在普通高等教育“十五”国家级规划教材的基础上，根据普通高等教育“十一五”国家级规划教材的编写要求，遵循《教育部关于全面提高高等职业教育教学质量的若干意见》（教高〔2006〕16号）等有关高职高专教学改革及专业建设的文件精神和要求编写的。在编写过程中，针对高职高专水利类专业的特点和毕业生就业岗位实际情况，在“十五”规划教材的基础上对有关内容进行了进一步修改和完善，突出了针对性、适应性和通用性。采用了最新的行业规范，新增了土石坝及堤防的养护维修章节，各章还增加了学习指导与小结、计算示例等内容。根据各院校对“十五”规划教材的使用反馈意见和建议，将水工建筑物荷载进行拆分，进一步突出了教材的先进性、实用性和行业特色。

本教材的编写大纲经全体参编人员进行多次讨论和修改。全书由王英华、陈晓东任主编，叶兴、刘儒博、王海兴任副主编。具体分工如下：第一章、第三章、第六章由王英华编写，第二章由王海兴编写，第四章由叶兴、张日俊共同编写，第五章由秦鹏编写。第七章由陈晓东编写，第八章、第十章由叶兴编写，第九章由刘儒博编写。全书由王英华、陈晓东统稿并共同定稿，由河北工程大学水电学院李彦军教授任主审。

本书在编写过程中，参考借鉴了有关教材、专业书籍、科技文献资料，编者在此一并表示感谢。

由于编者水平所限，难免有一些不足和疏漏，恳请各位同仁和广大读者批评指正。

编 者

2010年5月

目 录

前言

第一章 绪论	1
第一节 水利工程建设	1
第二节 水工建筑物及水利枢纽	4
第三节 本课程的内容及学习方法	10
学习指导	11
小结	12
思考题	12
第二章 重力坝	13
第一节 概述	13
第二节 重力坝的荷载及荷载组合	15
第三节 重力坝的稳定分析	25
第四节 重力坝的应力分析	28
第五节 重力坝的极限状态设计方法简介	35
第六节 非溢流重力坝的剖面设计	39
第七节 溢流重力坝的剖面设计	42
第八节 重力坝的泄水孔	51
第九节 重力坝的材料及构造	55
第十节 重力坝的地基处理	62
第十一节 碾压混凝土坝	66
第十二节 其他型式重力坝	71
学习指导	75
小结	76
思考题	76
第三章 拱坝	78
第一节 概述	78
第二节 拱坝的布置	81
第三节 拱坝的荷载及应力分析简介	90
第四节 拱坝坝肩稳定分析简介	97
第五节 拱坝坝身泄洪特点	101
第六节 拱坝的构造及地基处理	104
学习指导	106
小结	107
思考题	107

第四章 土石坝	109
第一节 概述	109
第二节 土石坝剖面的设计	111
第三节 土石坝的渗流分析	114
第四节 土石坝的稳定分析	125
第五节 土料选择与填土标准确定	137
第六节 土石坝的构造	140
第七节 土石坝的地基处理	148
第八节 土石坝与坝基、岸坡及其他建筑物的连接	153
第九节 面板堆石坝	155
第十节 土工合成材料在土石坝中的应用	159
第十一节 土石坝及堤防的养护与维修	170
学习指导	190
小结	190
思考题	191
第五章 河岸溢洪道	193
第一节 概述	193
第二节 正槽溢洪道	194
第三节 侧槽溢洪道	201
第四节 非常溢洪道	206
学习指导	208
小结	208
思考题	209
第六章 水工隧洞与坝下埋管	210
第一节 概述	210
第二节 隧洞的进出口建筑物	213
第三节 隧洞洞身的形式及构造	218
第四节 圆形有压隧洞的衬砌结构计算	223
第五节 土石坝坝下埋管	235
学习指导	240
小结	241
思考题	241
第七章 水闸	243
第一节 概述	243
第二节 闸孔设计	246
第三节 水闸的消能防冲	251
第四节 水闸的防渗排水设计	259
第五节 闸室的布置与构造	270

第六节	闸室表层抗滑稳定性验算	276
第七节	闸室结构计算	284
第八节	水闸的两岸连接建筑物	292
第九节	闸门与启闭机	296
第十节	橡胶坝	305
	学习指导	317
	小结	318
	思考题	318
第八章	水利枢纽	320
第一节	概述	320
第二节	蓄水枢纽	324
第三节	引水枢纽	329
第四节	水利枢纽中的过坝建筑物	338
	学习指导	345
	小结	345
	思考题	345
第九章	渠系建筑物	347
第一节	渡槽	347
第二节	倒虹吸管	381
第三节	涵洞	398
第四节	渠道上的桥梁	404
第五节	跌水与陡坡	419
第六节	量水设施	424
	学习指导	429
	小结	429
	思考题	430
第十章	水工建筑物抗冰冻设计	431
第一节	概述	431
第二节	抗冰冻设计基础	435
第三节	抗冰冻结构设计	439
第四节	抗冰冻措施	445
	学习指导	452
	思考题	453
	参考文献	454

第一章 绪 论

第一节 水 利 工 程 建 设

一、我国的水资源及开发

水是生命之源，地球上一切生物的产生和成长都离不开水，水也是人类赖以生存和发展的最基本的条件之一。因此，水是一种不可缺少、不可替代的宝贵资源，而且是一种可循环再生的有限自然资源。一般来讲，可供利用或可能被利用，且有一定数量和可用质量，并在某一地区能够长期满足某种用途的水源，称之为水资源。水资源是人类社会进步和经济发展的生命线，是实现社会与经济可持续发展的重要的物质基础。

1. 我国的水资源及其特征

我国地域辽阔，河流、湖泊众多，水资源总量比较丰富。多年平均水资源总量约为 28124 亿 m^3 ，其中多年平均河川径流总量 27115 亿 m^3 ，居世界第六位。水能资源蕴藏量达 6.76 亿 kW，其中可开发利用的约 3.79 亿 kW，均居世界首位，这是一个巨大的洁净能源宝库。但是，受我国的地理、气象、地形等自然条件和人口众多的影响，我国的水资源具有如下特征：

(1) 由于我国人口众多，占世界人口的 22%，人均水资源占有量仅为 2163 m^3 ，是世界人均水资源占有量的 1/4，居世界第 121 位，是严重的贫水国家。若按耕地面积计算，我国的耕地面积 9600 万 hm^2 ，每公顷年占有的水资源量为 28300 m^3 ，约为世界平均水平的 80%。

(2) 水资源时空分布严重不均，从空间分布上，我国幅源辽阔，南北气候悬殊，东南沿海地区雨水充沛，水资源丰富。而西北部地区干旱少雨，水资源严重缺乏；在时间分布上，降水多集中在汛期的几个月，一般其降雨量占全年的 70%~80%，往往是汛期抗洪、非汛期抗旱。同时，年际变化很大，丰水年洪水泛滥，而枯水年则干旱成灾。

(3) 水资源分布与耕地人口的布局严重失调，长江以南地区水资源总量占全国的 82%，人口占全国的 54%，人均水量 4170 m^3 ，亩均水资源量为 4134 m^3 ，是全国平均值的 2.3 倍；而淮河以北广大地区人口占全国的 43.2%，水资源总量占全国的 14.4%，人均水量仅为全国平均值的 1/3，亩均水资源量为全国平均值的 1/4。这种水土资源与人口的分布不合理，更加剧了水资源短缺的程度，特别是西北、华北的广大地区，已形成严重的水危机。

2. 我国水资源的开发利用

几千年来，我国广大劳动人民曾为开发水利资源、治理水患灾害进行了艰苦卓绝的斗争，取得了光辉的业绩，积累了宝贵的经验，建设了很多成功的水利工程。如从公元前 485 年开始兴建，历经数代至公元 1292 年贯通南北方，长达 1794km 的京杭大运河；公元



前 200 多年秦代李冰父子在四川岷江上修建的都江堰分洪灌溉工程；以及引泾水的郑国渠、引黄河水的秦渠、汉渠等。这些水利工程都取得了良好的社会效益和巨大的经济效益，有些工程至今仍在发挥其作用。

在水能利用方面，自汉晋时期开始，劳动人民就已利用水力为动力，来带动水车、水碾、水碓、水磨等，用以浇灌农田、碾米、磨面。

上述一些典型的水利工程，是我国古代广大劳动人民智慧的结晶。但是，由于我国长期处于封建社会，特别是 18 世纪以来，遭受帝国主义、封建主义、官僚资本主义的剥削和压迫，使得社会生产力严重低下。水资源不但没有得到较好的开发利用，而且水旱灾害时常威胁着广大劳动人民的生命与财产安全。如黄河 1933 年大洪水，造成 1.8 万人死亡，364 万人无家可归。1877~1879 年的大旱灾，使黄河流域广大劳动人民因饥饿而死亡高达 1300 万人。1931 年长江大洪水，宜昌站最大洪峰达 $63600\text{m}^3/\text{s}$ ，长江沿岸城市悉数被淹，2855 万人受灾，14.5 万人死亡。海河流域 1939 年大洪水，淹没农田 5000 万亩，受灾人口 800 万人，天津市成为一片汪洋。

自新中国成立以来，在中国共产党的领导下，我国的水利事业才得到了空前的发展。在“统一规划、蓄泄结合、统筹兼顾、综合治理”的方针指导下，全国的水资源得到了合理有序的开发利用，经过 50 多年的艰苦奋斗，取得了巨大的成就：建成了一批骨干防洪兴利工程，使长江、黄河的洪水灾害基本上得以控制，并根治了海河、淮河流域的洪水灾害；农田灌溉面积大大提高，实现了粮食的自给自足；黄河、淮河、辽河、海河四大流域水资源利用率高达 40%；到 2000 年底，全国可供水量达 6678 亿 m^3 ，比 1980 年增加 1943 亿 m^3 ，保证了我国工业发展和城镇人民生活水平提高的需求。近年来在水电开发方面，建成投产了黄河小浪底、长江三峡、龙滩、小湾、二滩等为代表的一批大型水电站。截至 2009 年 7 月底，全国水电装机容量达到 1.82 亿 kW，为 1979 年的 8.9 倍。当前，还有溪洛渡、向家坝、锦屏一级、白鹤滩等一大批大型水电站正在建设之中。

二、我国水利工程建设

在新中国成立后的几十年里，我国的水利工程建设得到了前所未有的巨大发展。修建了一大批山区水库和蓄滞洪工程，并加固了黄河大堤，保证了黄河“伏秋大汛不决口，大河上下保安澜”。使淮河流域“大雨大灾、小雨小灾、无雨旱灾”的局面得到彻底的改变。在 1963 年海河流域大洪水后，开始了对海河流域的治理，上游修水库，中游建防洪除涝系统，下游流畅和新增入海通道，彻底根治了海河流域的洪水涝灾。

在治理大江大河的同时，在全国各地建设了大量的控制性水利工程。到 1991 年，共修建水库近 8.61 万座，总库容 4677.5 亿 m^3 ；加固和新修江河堤防、海塘 22 万 km；修建水闸 2.9 万座；建设安全蓄滞洪区 100 多处，总面积约 3 万 km^2 。

另外，完成了引滦入津、引黄济青，万家寨引黄、东深引水及正在建设中的南水北调等重大引水工程。所有这些工程的建成并发挥效益，有效地减轻了大江大河的洪水灾害程度，大大缓解了一些大中城市的供水矛盾，为我国工农业生产的发展、保障人民群众生命及财产安全和提高人民群众的生活水平做出了巨大的贡献。

但是，1998 年长江流域、东北三江特大洪水的经验教训也表明，我国大江大河的防洪标准仍偏低，洪涝灾害仍是中华民族的心腹大患；而同时西北、华北地区干旱及供水矛



盾突出,水资源短缺问题十分严重;水环境恶化的趋势尚未得到有效控制,干旱缺水、洪水灾害和水污染严重制约着经济的发展。因此,在新世纪必须加快大型水利工程建设步伐,坚持全面规划、统筹兼顾、标本兼治、综合治理的原则,需建设一批关键性控制工程,以利防洪减灾、调蓄水量、提供能源;必须对宝贵的水资源进行合理开发、高效利用、优化配置并要有效保护。

随着水利工程建设的发展及科技水平的提高,水利工程建设的设计理论和施工技术等方面也有了迅速发展和提高。

在坝工方面,由于土石坝设计理论和施工技术的不断发展,大功率土石振动碾压机械的研制成功,高土石坝发展迅速,特别是混凝土面板堆石坝技术发展成熟,建成了湖南水布垭等一批大型混凝土面板堆石坝,水布垭面板堆石坝,最大坝高 233m,是目前世界上最高的面板堆石坝;在混凝土坝方面,建成了小湾、龙滩等一批 200m 以上的高混凝土坝。碾压混凝土筑坝技术的日益完善,使其不仅在重力坝中被广泛采用,而且已运用在拱坝施工中,我国广西的龙滩水电站工程,最大坝高 216m,是当今世界第一碾压混凝土重力坝。还建成了当时世界最高的(最大坝高 75m)贵州普定碾压混凝土非对称双曲拱坝。

在泄水建筑物建设方面,泄水建筑物的类型多样化,单个泄水建筑物的尺寸不断增加,泄水单宽流量不断提高。我国贵州乌江渡水电站溢洪道单宽泄量为 $210\text{m}^3/\text{s}$,而泄洪中孔则达到 $240\text{m}^3/\text{s}$ 。湖南凤滩水电站总泄量为 $32600\text{m}^3/\text{s}$,是世界上拱坝中泄量最大的工程。湖北葛洲坝水利枢纽的总泄量达 $110000\text{m}^3/\text{s}$,为全国大坝泄量之首位。

在渠系建筑物方面,在建成大量的渠系建筑物和大型引水工程的同时,利用现代的设计、施工技术,建设了一批结构新颖、技术先进的渠系建筑物,如双曲拱渡槽、斜拉渡槽、U 形薄壳预应力大型槽身、高压预应力钢筋混凝土倒虹吸管、轻型结构的水闸等。

在堤防工程建设方面,在过去几千年治理黄河的经验基础上,从 20 世纪 80 年代开始利用土工膜止水,利用土工织物加固大堤和防汛抢险。为大堤除险加固及堤防工程建设提供了先进经验。

在施工技术管理方面,以网络技术、大型计算机应用技术、现代化大型施工机械等为依托,采用了现代化的高效项目管理技术和经验,大大加快了水利工程建设步伐。

三、我国水利事业的发展

1. 我国的水电建设发展前景广阔

随着我国现代化建设进程的加快和社会经济实力的不断提高,在新世纪,我国的水利水电建设将达到一个更好、更快的发展阶段。西部大开发战略的实施,西南地区的水电能源将得以加快开发。充足的电力资源将满足不断扩大发展的需求,并通过西电东送,使我国的能源结构更趋合理。

为了更有效地控制大江大河的洪水,减轻洪涝灾害,并开发水利水电资源,将建设一批大型水利水电枢纽工程。可以预见,在当前高拱坝、面板堆石坝、碾压混凝土坝等建坝经验基础上,在建设三峡、小浪底等世界大型水利水电工程经验的基础上,将建设一批更高、更好的大坝。把我国的水利水电建设推向新的时代。

2. 现代水利、民生水利大有可为

(1) 在总结国内外治水经验、深入分析当前社会经济发展需求的基础上,从工程水利



向资源水利转变，从传统水利向现代水利转变，树立可持续发展观念，以水资源的可持续利用保障社会经济可持续发展。

(2) 需坚持人与自然的和谐，转变对水及大自然的认识。从人定胜天、对大自然无节制地索取转向按自然规律办事。人与自然、人与水和谐共处，在防止水对人类侵害的同时，特别注意人对水的侵害。要提高水资源的承载能力，统筹规划解决水问题。水利发展目标要与社会发展和国民经济的总体目标结合，水利建设的规模和速度要与国民经济发展相适应，为经济和社会发展提供支撑和保障条件。应客观地根据水资源状况确定产业结构和发展规模，并通过调整产业结构和推进节约用水，来提高水资源的承载能力。使水资源的开发利用既满足生产、生活用水，也充分考虑环境用水、生态用水，真正做到计划用水、节约用水、科学用水。

(3) 需提高水资源的利用效率，进行水资源统一管理，促进水资源优化配置。不论是农业、工业，还是生活用水，都要坚持节约用水，高效用水。真正提高水资源的利用水平，要大力发展节水灌溉，发展节水型工业，建立节水型社会。逐步做到水资源的统一规划、统一调度、统一管理。统筹考虑城乡防洪、排涝灌溉、蓄水供水、用水节水、污水处理、回用回灌等涉水问题，真正做到水资源的高效综合利用。

(4) 需确立合理的水价形成机制，利用价格杠杆作用，遵循经济发展规律，形成水权交易，实行水权有偿占有和转让。促进水资源向高效率、高效益方面流动，使水资源达到最大限度的优化配置。

3. 我国防洪抗旱及水污染防治工作任重而道远

虽然我国水利建设取得了很大的成绩，但在防汛抗旱、水污染防治及水土保持等方面仍需做大量工作。

(1) 继续加强大江大河大湖治理，逐步推进重点中小河流治理。加快大中型水利枢纽工程建设，加快水库除险加固工作，搞好蓄滞洪区建设和山洪灾害防治。认真做好防汛、防台和抗旱救灾工作，切实保障人民群众生命财产安全。

(2) 以农田水利为重点，加强农业水利工程建设，加快大中型灌区的配套改造，扩大节水灌溉面积，夯实水利基础，提高农业抗旱能力。

(3) 加大水污染防治力度，开展河流生态修复技术，加大封育保护力度，抓好水土流失重点防治。进一步提升水利保障能力；全面落实最严格的水资源管理制度，确保水资源可持续利用。

第二节 水工建筑物及水利枢纽

一、水利枢纽

为改变水资源在时间、空间上分布不均的自然状况，综合利用水资源以达到防洪、灌溉、发电、引水、航运等目的，需修建水利工程。水利工程中常采用单个或若干个不同作用、不同类型的建筑物来调控水流，以满足不同部门对水资源的需求。这些为兴水利、除水害而修建的建筑物称水工建筑物。而由不同类型的水工建筑物组成、集中兴建、协同运行的综合水工建筑物群体称水利枢纽。



图 1-1 是甘肃白龙江上的碧口水电站枢纽布置图。它是以发电为主，兼有防洪、灌溉、养殖等综合作用的大型水利水电工程。工程中的主要水工建筑物包括：

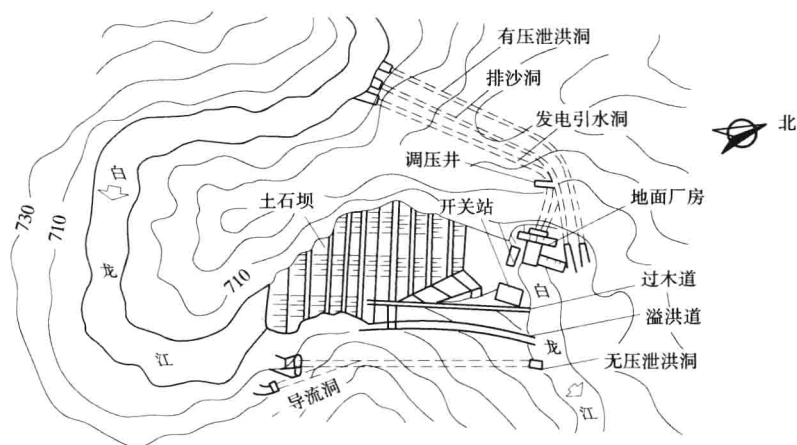


图 1-1 碧口水电站工程布置示意图

- (1) 黏土心墙土石坝。其作用是截断水流，挡住来水，蓄水形成水库。
- (2) 水力发电站。包括发电引水洞、调压室、电站厂房等。作用是利用大坝形成的上下游水位差，将水能变成电能。
- (3) 河岸式溢洪道。其作用是宣泄水库中的多余洪水，保证大坝安全。
- (4) 导流洞（无压泄洪洞）。作用是导引施工期来水和泄放洪水。
- (5) 排沙洞。是为排放库内部分淤积泥沙，减少水库淤积。
- (6) 过木设施。其作用是向水库下游运送原木。

水利枢纽常按其主要作用可分为蓄水枢纽、发电枢纽、引水枢纽等。

蓄水枢纽是在河道来水年际、年内变化较大，不能满足下游防洪、灌溉、引水等用水要求时，通过大坝挡水，形成水库，利用水库的库容拦洪蓄水，用于枯水期灌溉、城镇引水等。

发电枢纽是以发电为水库的主要任务，利用河道中丰富的水量和水库形成的落差，安装水力发电机组，将水能转变为电能。

引水枢纽是在天然河道来水量或河水位较低不能满足引水需要时，在河道上修建较低的拦河闸（坝）等水工建筑物，来调节水位和流量，以保证引水的质量和数量的要求。

二、水工建筑物的分类及其特点

1. 水工建筑物的分类

在各种水利枢纽中，都建有不同类型的水工建筑物。这些水工建筑物按其作用可分为以下几种：

- (1) 挡水、壅水建筑物。用以拦截江河水流，抬高上游水位以形成水库。如各种坝、闸等。
- (2) 泄水建筑物。用以宣泄洪水期河道入库洪量超过水库调蓄能力的多余洪水。以保



证大坝及有关建筑物的安全。如河岸溢洪道、泄洪洞、重力坝的溢流坝段、坝身泄水孔等。

(3) 输水建筑物。用以满足发电、供水和灌溉的需求,从上游向下游输送水量。如输水渠道、引水管道、水工隧洞、渡槽、倒虹吸管等。

(4) 取水建筑物。一般布置在输水系统的首部,用以控制水位、引水流量或人为提高水的势能。如进水闸、扬水泵站等。

(5) 河道整治建筑物。用以改善河道的水流条件,防治河道变形及险工的治理。如顺坝、导流堤、丁坝、潜坝、护岸等。

(6) 专门建筑物。为水力发电、过坝、量水等而专门修建的建筑物。如调压室、电站厂房、船闸、升船机、筏道、鱼道、量水堰等。

需要指出的是,有些建筑物的作用并非单一,在不同的工况下,可有不同的功能。如拦河闸,既可挡水又可泄水;泄洪洞,既可泄洪又可引水。

2. 水工建筑物的特点

水工建筑物和工业与民用建筑、交通土木建筑物相比,除具有土木工程的一般属性外还具有以下特点:

(1) 工作条件的复杂性。水工建筑物在水中工作而受水的特殊作用。首先其受到静水压力、风浪压力、冰压力、地震动水压力等推力作用,会对建筑物的稳定产生不利影响;其次,在水头作用下,水会通过建筑物及地基的孔隙向下游渗透,产生一定的渗透压力,使由松散颗粒构成的土石坝,有可能产生渗透破坏而导致工程失事;第三,对泄水建筑物,下泄水流集中且流速高,而高速水流的冲刷及空蚀作用,可能会使溢流表面破坏,也极易造成对河床及河岸的冲刷。此外,水库大量蓄水产生对地壳的压力作用,在特定的地质条件下,也可能诱发地震,而将使建筑物的正常工作条件进一步恶化。

(2) 施工的艰巨性。水工建筑物比其他土建工程的修建要困难和复杂得多。首先需解决好河床的来水导流问题,在保证工程正常、安全施工的条件下,使河道来水通畅下泄,并满足必要的通航、过木等方面的要求。如施工导流处理不当,可能增加工程投资、延误工期。其次,由于工程规模较大,施工技术复杂,工程量巨大,施工工期长,且受截流、度汛的影响,工程进度紧迫,必须和大自然争时间、抢速度。第三,施工受气候、水文地质、工程地质等方面的影响较大,如冬雨季施工困难大、地下水排水量多且时间长等都会增加施工的难度。

(3) 建筑物的独特性。水工建筑物的形式、构造及尺寸与其所在地的地形、地质、水文等条件密切相关。特别是地质条件的差异对建筑物的形式及尺寸影响更大。而且,科技水平 and 工程技术条件对建筑物的结构形式、尺寸也会产生一定影响。因此,由于各地区自然情况的千差万别,必然形成水工建筑物的独特性。除一些小型建筑物外,一般都应根据地形、地质、水文等条件进行单独设计,而不能采用定型设计。

(4) 与周围环境的相关性。水利工程的修建能防止洪水灾害,并能发电、灌溉、供水等。但同时周围自然环境和社会环境也会产生一定影响。工程的建设与运用将改变河道的水文和小区气候,对河中水生生物和两岸植物的繁殖和生长产生一定影响,即对沿河的生态环境产生影响。另外,由于占用土地、开山破土、库区淹没等而必须迁移村镇及人



口，会对人群健康、文物古迹、矿产资源等产生不利影响。因此，为了合理地利用水土资源，保护环境、保持生态平衡，实行可持续发展，在规划设计、施工时，必须充分考虑工程建成运行后对自然环境和社会环境的影响，研究提出相关对策和方案，使其在对国民经济最有利的前提下，尽量减小对环境的不利影响。

(5) 对国民经济的影响巨大。水利工程项目，一般都是规模大、综合性强、组成建筑物多，其本身的投资巨大。尤其是大型水库工程，一般是大坝高、库容大，担负着重要的防洪、发电、供水等任务，一旦出现堤坝决溃现象，将对下游工农业生产造成极大损失，对人民群众的生命财产带来灾难性乃至毁灭性后果，这在国内外的教训是惨痛的。因此，在水利工程的设计、施工和管理过程中，一定要以对国家对人民高度负责的精神，严肃认真、一丝不苟、实事求是，在确保安全的情况下尽量降低造价，追求更大的工程经济效益。

三、水利水电工程及水工建筑物的等级

为了使水利工程建设既安全又经济，遵循水利工程建设的自然规律和经济规律，应在一定的经济发展水平的基础上，对规模、效益不同的水利水电工程进行区别对待。在工程实践中，首先根据工程项目的规模、效益及其在国民经济中的重要性将其分等；然后，再根据枢纽中各水工建筑物的作用大小及重要性，对建筑物进行分级。在设计和施工中，对不同级别的水工建筑物在安全系数、洪水标准、安全超高等技术方面则区别对待。根据水利部发布的《水利水电工程等级划分及洪水标准》(SL 252—2000)，水利水电工程按其工程规模、效益及在国民经济中的重要性划分为 5 个等级，具体分划指标见表 1-1。

表 1-1 水利水电工程分等指标

工程 等别	工程 规模	水库总 库容 ($\times 10^8 \text{ m}^3$)	防 洪		治涝	灌溉	供水	发电
			保护城镇及 工矿企业的 重要性	保护农田 ($\times 10^4$ 亩)	治涝面积 ($\times 10^4$ 亩)	灌溉面积 ($\times 10^4$ 亩)	供水对象 重要性	装机容量 ($\times 10^4 \text{ kW}$)
I	大(1)型	≥ 10	特别重要	≥ 500	≥ 200	≥ 150	特别重要	≥ 120
II	大(2)型	$10 \sim 1$	重要	$500 \sim 100$	$200 \sim 60$	$150 \sim 50$	重要	$120 \sim 30$
III	中型	$1.0 \sim 0.10$	中等	$100 \sim 30$	$60 \sim 15$	$50 \sim 5$	中等	$30 \sim 5$
IV	小(1)型	$0.10 \sim 0.01$	一般	$30 \sim 5$	$15 \sim 3$	$5 \sim 0.5$	一般	$5 \sim 1$
V	小(2)型	$0.01 \sim 0.001$		< 5	< 3	< 0.5		< 1

注 1. 总库容指水库最高水位以下的静库容。

2. 治涝面积和灌溉面积均为设计面积。

对综合利用工程，其等别按各项综合利用项目中的最高等别确定。

一般情况下，将枢纽工程运用期间长期使用的各建筑物称为永久性建筑物；枢纽工程施工及维修期间使用的建筑物称临时性建筑物；在永久性建筑物中，起主要作用及失事后影响极大的建筑物称主要建筑物，否则称次要建筑物。水利水电工程的永久性水工建筑物的级别应根据工程的等别及重要性，按表 1-2 确定。



表 1-2 永久性水工建筑物级别

工程等别	主要建筑物	次要建筑物
I	1	3
II	2	3
III	3	4
IV	4	5
V	5	5

表 1-3 水库大坝提级指标

级别	坝 型	坝高 (m)
2	土石坝	90
	混凝土坝、浆砌石坝	130
3	土石坝	70
	混凝土坝、浆砌石坝	100

对失事后损失巨大或影响十分严重的（2~4）级主要永久性水工建筑物，经过论证并报主管部门批准后，其标准可提高一级；失事后损失较轻的主要永久性建筑物，经论证并报主管部门批准后，可降低一级标准。

对 2、3 级的水库大坝，如坝高超过表 1-3 规定的指标时，可提高一级设计，但洪水标准不予提高；当建筑物基础的工程地质条件复杂或采用新型结构的 2~5 级永久性建筑物，可提高一级设计，但其洪水标准不予提高。

临时性挡水和泄水水工建筑物的级别，应根据其规模和保护对象、失事后果、使用年限，按表 1-4 确定其级别。

表 1-4 临时性水工建筑物级别

级别	保护对象	失 事 后 果	使用年限 (年)	临时性水工 建筑物规模	
				高度 (m)	库容 ($\times 10^8 \text{ m}^3$)
3	有特殊要求的 1 级永久性水工建筑物	淹没重要城镇、工矿企业、交通干线或推迟总工期及第一台（批）机组发电，造成重大灾害和损失	>3	>50	>1.0
4	1、2 级永久性水工建筑物	淹没一般城镇、工矿企业、或影响工程总工期及第一台（批）机组发电而造成较大经济损失	3~1.5	50~15	1.0~0.1
5	3、4 级永久性水工建筑物	淹没基坑，但对总工期及第一台（批）机组发电影响不大，经济损失较小	<1.5	<15	<0.1

当根据表 1-4 指标分属不同级别时，其级别按最高级别确定。但对 3 级临时性水工建筑物，符合该级别规定的指标不得少于两项。如利用临时性水工建筑物挡水发电、通航时，经技术经济论证，3 级以下临时性水工建筑物的级别可提高一级。

在规划和设计中，为了达到安全、经济、合理的目的，不同级别的水工建筑物在以下几个方面的要求不同：

- （1）抗御洪水能力。如建筑物的设计洪水标准、坝（闸）顶安全超高等。
- （2）稳定性及控制强度。如建筑物的抗滑稳定强度安全系数，混凝土材料的变形及裂缝的控制要求等。
- （3）建筑材料的选用。如不同级别的水工建筑物中选用材料的品种、质量、标号及耐久性等。



四、水利水电工程的设计洪水标准及堤坝安全加高

1. 永久性水工建筑物设计洪水标准

水利水电工程永久性水工建筑物的设计洪水标准与工程所在地区的类型、坝体结构型式、运用情况等因素有关，一般分山区和平原两种情况，其具体标准应按我国水利部颁发的《水利水电工程等级划分及洪水标准》(SL 252—2000)的相应规定确定。

山区、丘陵区永久性水工建筑物的洪水标准见表 1-5。对平原及滨海地区的水利水电工程的永久建筑物的洪水标准应按表 1-6 确定。

表 1-5 山区、丘陵区水利水电工程水工建筑物洪水标准

项 目			水 工 建 筑 物 级 别				
			1	2	3	4	5
洪水重现期 (年)	设计情况		1000~500	500~100	100~50	50~30	30~20
	校核情况	土石坝	可能最大洪水 (PME) 或 10000~5000	5000~2000	2000~1000	1000~300	300~200
		混凝土坝、 浆砌石坝	5000~2000	2000~1000	1000~500	500~200	200~100

表 1-6 平原地区水利水电工程永久性建筑物洪水标准

项 目		永 久 性 水 工 建 筑 物 级 别				
		1	2	3	4	5
		洪 水 重 现 期 (年)				
设计情况	水库工程	300~100	100~50	50~20	20~10	10
	拦河水闸	100~50	50~30	30~20	20~10	10
校核情况	水库工程	2000~1000	1000~300	300~100	100~50	50~20
	拦河水闸	300~200	200~100	100~50	50~30	30~20

当山区永久性水工建筑物的挡水高度低于 15m，且上下游最大水头差小于 10m 时，其洪水标准按平原区确定；而平原区的永久性水工建筑物的挡水高度大于 15m，且上下游最大水头差大于 10m 时，其洪水标准按山区标准确定。

失事后对下游将造成特别重大灾害的土石坝和洪水漫顶后将造成极严重损失的混凝土（砌石）坝，1 级建筑物的校核洪水标准，经专门论证并报主管部门批准，可取可能最大洪水 (PMF) 或 10000 年一遇标准。对土石坝中的 2~4 级建筑物的校核洪水标准，可提高一级。

2. 临时性水工建筑物

临时性水工建筑物的洪水标准，根据其结构类型、级别，结合风险度综合分析，按表 1-7 合理选用。对失事后果严重的，应考虑遇超标准洪水的应急措施。

3. 水工建筑物的安全加高

对永久性的挡水建筑物、堤防工程和不允许过水的临时性挡水建筑物，确定其顶高程时，在各种运用情况静水位上加波浪高后，还须考虑安全加高，以确保其自身安全。永久性水工建筑物的安全加高值应不小于表 1-8 中的规定值。



表 1-7

临时性水工建筑物洪水标准 [重现期 (年)]

临时性建筑物类型	临时性水工建筑物级别		
	3	4	5
土石结构	50~20	20~10	10~5
混凝土、浆砌石结构	20~10	10~5	5~3

表 1-8

永久性挡水建筑物安全加高

单位: m

建筑物类型及运用情况			永久性挡水建筑物级别			
			1	2	3	4、5
土石坝	设 计		1.5	1.0	0.7	0.5
	校 核	山区、丘陵区	0.7	0.5	0.4	0.3
		平原、滨海区	1.0	0.7	0.5	0.3
混凝土及浆砌石闸坝	设 计		0.7	0.5	0.4	0.3
	校 核		0.5	0.4	0.3	0.2

当永久性挡水建筑物顶部设有稳定、坚固不透水且与建筑物防渗体紧密结合的防浪墙时,防浪墙顶可作为坝顶高程,但坝顶高程不能低于水库正常蓄水位。

堤防工程的安全加高,根据其级别及运行条件按表 1-9 中的规定确定。对不允许过水的临时挡水建筑物,其安全加高应按表 1-10 的规定确定。过水的临时挡水建筑物,其顶高程为设计洪水位加波浪高度,不计安全加高。

表 1-9

堤防工程顶部安全加高

单位: m

防浪条件	堤 防 级 别				
	1	2	3	4	5
不允许越浪	1.0	0.8	0.7	0.6	0.5
允许越浪	0.5	0.4	0.4	0.3	0.3

表 1-10

临时性挡水建筑物安全加高

单位: m

临时性挡水建筑物类型	建 筑 物 级 别	
	3	4、5
土石坝结构	0.7	0.5
混凝土、浆砌石结构	0.4	0.3

第三节 本课程的内容及学习方法

1. 本课程的性质、内容

水工建筑物是水利水电类专业的一门主要专业课。其内容涉及面很广,是一门集理论性、实验性、实践性、综合性于一体的课程。