



高职高专“十一五”精品规划教材

水工建筑物

主 编 程兴奇 王志凯



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn



高职高专“十一五”精品规划教材

水工建筑物

主 编 程兴奇 王志凯
副主编 刘贵书 白继中 卓美燕
宋春发 田明武



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

内 容 提 要

本书为水利工程、水利水电建筑工程、灌溉与排水技术、城市水利等专业的通用教材。全书共分10章,主要讲述各种水工建筑物的工作原理、适用条件、设计方案和枢纽布置。每章后均附有习题,供学习者选作。

本书也可供其他相关专业的师生和工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

水工建筑物 / 程兴奇, 王志凯主编. —北京: 中国水利水电出版社, 2007

高职高专“十一五”精品规划教材

ISBN 978-7-5084-4423-9

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

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2007) 第 024279 号

书 名	高职高专“十一五”精品规划教材 水工建筑物
作 者	主编 程兴奇 王志凯
出版 发行	中国水利水电出版社 (北京市三里河路 6 号 100044) 网址: www.waterpub.com.cn E-mail: sales@waterpub.com.cn 电话: (010) 63202266 (总机)、68331835 (营销中心)
经 售	北京科水图书销售中心 (零售) 电话: (010) 88383994、63202643 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	北京市兴怀印刷厂
规 格	787mm×1092mm 16 开本 20 印张 475 千字
版 次	2007 年 3 月第 1 版 2007 年 3 月第 1 次印刷
印 数	0001—4100 册
定 价	29.00 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

序

2005年《国务院关于大力发展职业教育的决定》中提出进一步深化职业教育教学改革,根据市场和社会需要,不断更新教学内容,改进教学方法,大力推进精品专业、精品课程和教材建设。教育部也在《关于全面提高高等职业教育教学质量的若干意见》([2006] 16号)中明确指出,课程建设与改革是提高教学质量的核心,也是教学改革的重点和难点,而教材建设又是课程建设的一个重要内容。教材是体现教学内容和教学方法的载体,是进行教学的基本工具,是学科建设与课程建设成果的凝结与体现,也是深化教育教学改革、保障和提高教学质量的重要基础。

编写高职教材,要明确高职教材的特征,如同高职教育的定位一样,高职教材应既具有高教教材的基本特征,又具有职业技术教育教材的鲜明特色。因此,应具有符合高等教育要求的理论水平,重视教材内容的科学性,既要符合人的认识规律和教学规律,又要有利于学生的学习,使学生在阅读时容易理解,容易吸收。做到理论知识的准确定位,既要根据“必需、够用”的原则,又要根据生源的实际情况,以学生为主体确定理论深度;在教材的编写中加强实践性教学环节,融入足够的实训内容,保证对学生实践能力的培养,体现高等技术应用性人才的培养要求。编写教材要强调知识新颖原则,教材编写应跟随时代新技术的发展,将新工艺、新方法、新规范、新标准编入教材,使学生毕业后具备直接从事生产第一线技术工作和管理工作的能力。编写时不能孤立地对某一门课程进行思考,而要从高职教育的特点去考虑,从实现高职人才培养目标着眼,从人才所需知识、能力、素质出发。在充分研讨的基础上,把培养职业能力作为主线,并贯穿始终。

《高职高专“十一五”精品规划教材》是为适应高职高专教育改革与发展的需要,以培养技术应用性的高技能人才的系列教材。为了确保教材的编写质量,参与编写人员都是经过院校推荐、编委会答辩并聘任的,有着丰富的教学 and 实践经验,其中主编都有编写教材的经历。教材较好地贯彻了新的法规、规程、规范精神,反映了当前新技术、新材料、新工艺、新方法和相应的岗位资格特点,体现了培养学生的技术应用能力和推进素质教育的要求,注重内容的科学性、先进性、实用性和针对性,力求深入

浅出、循序渐进、强化应用，具有创新特色。

这套《高职高专“十一五”精品规划教材》的出版，是对高职高专教材建设的一次有益探讨，因为时间仓促，教材可能存在一些不妥之处，敬请读者批评指正。

《高职高专“十一五”精品规划教材》编委会

2006年11月

前

言

本教材是根据教育部在《2003—2007 年教育振兴行动计划》中提出的要求以及《高职高专“十一五”精品规划教材》编委会选题和编审出版计划进行编写的。

《水工建筑物》是水利水电工程专业中一门理论与实践相结合的必修专业课,该类专业学生必须通过本课程的学习才能提高处理水利水电工程技术问题的能力。结合高职高专的专业教育实际,顾全教学改革的实践,在编写过程中特别突出实用性,并严格按照水利水电工程的新规范、新标准、新技术的要求编写。

全书共分 10 章,包括:绪论、岩基上的重力坝、拱坝、土石坝、河岸溢洪道、水工隧洞、过坝建筑物、水闸、渠系建筑物、水利枢纽布置等内容。

本教材在吸收有关教材精华的基础上,充实了新思想、新理论、新方法和新技术,同时不过分苛求学科的系统性和完整性,强调理论联系实际,突出应用性,并且每章有教学小结,附以一定量的习题,以期突出高职高专教育教学的特色。

全书由程兴奇、王志凯任主编,刘贵书、白继中、卓美燕、宋春发、田明武任副主编。第 1、7、10 章由程兴奇编写,第 2、3 章由刘贵书编写,第 4 章由白继中编写,第 5 章由王志凯编写,第 6 章由卓美燕编写,第 8 章由宋春发编写,第 9 章由田明武编写。全书由程兴奇修改并统稿。

本教材在编写过程中还参考并引用了有关院校编写的教材和生产科研单位的技术文献资料,除部分列出外,其余未能一一注明,特此一并致谢。

最后，我们恳切地希望各校师生及其他读者对本教材存在的缺点和错误随时提出批评和指正。

编者

2006 年 12 月

目 录

序 前 言

第 1 章 绪论	1
1.1 我国的水资源与水利工程建设	1
1.2 水利枢纽工程与水工建筑物	3
1.3 水利枢纽分等和水工建筑物分级	7
1.4 本学科的学习方法和研究途径	8
习题	10
第 2 章 岩基上的重力坝	11
2.1 重力坝的特点和类型	11
2.2 重力坝的荷载及荷载组合	13
2.3 重力坝的抗滑稳定和应力分析	23
2.4 重力坝的剖面及布置	31
2.5 溢流重力坝	33
2.6 重力坝材料及构造	43
2.7 重力坝的地基处理	50
2.8 其他形式的重力坝及支墩坝	55
习题	61
第 3 章 拱坝	64
3.1 拱坝的特点、类型和适用条件	64
3.2 拱坝的布置	70
3.3 拱坝的荷载与荷载组合	74
3.4 拱坝的应力与坝肩岩体稳定分析	78
3.5 拱坝的泄洪	87
3.6 拱坝的构造和地基处理	90
习题	92

第 4 章 土石坝	94
4.1 土石坝的特点与类型	94
4.2 土石坝的基本剖面、构造及筑坝材料	97
4.3 土石坝的渗流分析	106
4.4 土石坝的稳定分析	111
4.5 土石坝的地基处理	117
4.6 堆石坝	122
习题	127
第 5 章 河岸溢洪道	129
5.1 河岸溢洪道的类型和位置选择	129
5.2 正槽溢洪道	131
5.3 侧槽溢洪道	138
5.4 非常溢洪道	140
习题	143
第 6 章 水工隧洞	144
6.1 水工隧洞的类型和工作特点	144
6.2 水工隧洞的选线与总体布置	146
6.3 水工隧洞各组成部分的形式及构造	148
6.4 隧洞衬砌的荷载及结构计算	156
6.5 坝下涵管	160
习题	163
第 7 章 过坝建筑物	164
7.1 船闸	164
7.2 升船机	173
7.3 过木建筑物	175
7.4 过鱼建筑物	177
习题	180
第 8 章 水闸	181
8.1 水闸的类型和工作特点	181
8.2 水闸孔口尺寸的确定	184
8.3 水闸的消能防冲	186
8.4 水闸的防参与排水设计	190
8.5 闸室的布置和构造	200
8.6 闸室稳定验算和地基处理	204
8.7 闸室的结构计算	208

8.8 水闸的两岸连接建筑物	213
8.9 闸门的型式与构造	216
习题	219
第 9 章 渠系建筑物	220
9.1 概述	220
9.2 渠道	222
9.3 渡槽	226
9.4 桥梁	258
9.5 倒虹吸管和涵洞	271
9.6 其他渠系建筑物	288
习题	294
第 10 章 水利枢纽布置	296
10.1 水利枢纽的设计阶段和枢纽布置要求	296
10.2 蓄水枢纽的布置	298
10.3 取水枢纽的布置	303
习题	308
参考文献	310

第1章 绪 论

【本章学习重点】 了解我国水资源概况和我国水利建设成就；掌握水利枢纽的概念和分等标准，以及水工建筑物的概念、类型和分级标准；熟悉本课程的学习方法和研究途径。

1.1 我国的水资源与水利工程建设

1.1.1 水资源

水，是生命之源、生存之本、生态之魂。地球上的总水量约为 $13.86 \times 10^8 \text{ km}^3$ ，其中 97.5% 的地球水是海洋中的咸水。通过太阳做功、大气循环而以降水、径流方式在陆地运行的淡水，相对就很少了，淡水资源只占总水量的 2.5%，在这 2.5% 中又有 87% 是人类难以利用的两极冰盖、高山冰川和永冻地带的冰雪，人类能够利用的只是江河湖泊及地下水的一部分，仅仅占地球总水量的 0.26%。就是这些水支撑着人类的生存、繁衍和发展，支撑着地球上万事万物的运动。

21 世纪初，联合国曾发出警告：除非各国政府采取有力措施，否则到 2050 年世界上就有近 1/3 的人口将无法获得安全的饮用水，其主要原因是这些地区的水资源短缺严重。由此，国际上有“19 世纪争煤、20 世纪争油、21 世纪争水”的说法。还有人说过“如果人类无视水，那么人类看到的最后一滴水，将是自己的眼泪”。在以色列，买一瓶矿泉水要花 1.25 美元，而这么多钱却可以买到 4 瓶牛奶。面对这个客观现实，珍惜水、保护水、节约水、用好水才是人类唯一的选择。由此可见，大力治水，根除水旱灾害，进而充分开发利用好珍贵的水资源是何等重要！

全球年径流总量为 $470000 \times 10^8 \text{ m}^3$ ，按 50 亿人口计，平均每人拥有 9400 m^3 ，这是最重要的一部分水。但这部分水在时间和空间上的分布极不均匀。我国幅员辽阔，河流也不少（流域面积超过 1000 km^2 的大河有 1598 条），年径流总量约 $27800 \times 10^8 \text{ m}^3$ ，而按人口平均则仅相当于全球平均数的 1/4。所以，从人均意义上说，我国的水资源并不丰富，而降水、径流在时间和地域上的分布相对更不均衡，南方一日雨量可远超过西北地区全年降水量，同一地区，一次暴雨可超过多年平均年降水量，这就导致我国各地历史上洪、涝、旱灾频发。

我国的水资源虽然不丰富，但是由于从青藏高原到海平面之间的巨大落差，我国可用于发电的水能资源十分丰富。全国水能理论蕴藏量达 $6.8 \times 10^8 \text{ kW}$ ，其中可开发量达 $3.78 \times 10^8 \text{ kW}$ ，年发电量可达 $19100 \times 10^8 \text{ kW} \cdot \text{h}$ 以上，这些数字均居世界首位。因此，利用我国这一优势，大搞水力发电，对解决我国建设中的能源问题具有决定性意义。

1.1.2 我国的水利建设

在我国，兴修水利，与水旱灾害做斗争，历来是安邦治国的重要措施。《管子》一书中说：“善为国者，必先除其五害”，“除五害之说，以水为始”。因此，水利的兴衰与社会



的治乱相互影响。

自古以来,我国人民曾为治理水患、开发水利进行过长期的英勇奋斗,取得了辉煌的业绩。至今还有一些纪元前修建的水利工程在为我们服务。如秦代李冰主持修建的岷江都江堰分洪灌溉工程,一直是成都平原农业稳产高产的保证,堪称中华民族的骄傲。

新中国成立以来,我国水利水电建设事业取得了举世瞩目的成就。据统计,到1994年底,全国共整修和新建江河堤防24.5万多km;建成水库8.46万座,总库容达4717亿 m^3 ,其中大中型水库2936座,库容4134亿 m^3 ;兴建大、中型水闸约3万座;建成了万亩以上的灌区5567处,全国有效灌溉面积0.50亿 hm^2 ,为农业稳产、高产创造了条件;内河航道由新中国成立时的7.3万km发展到11万km,建成吞吐量10万t以上的港口800多处,渠化航道里程1500km,建成通航建筑物800多座,提高了内河航道的质量;水电站装机容量由1949年的16万kW增加到4906万kW,年发电量1668亿 $\text{kW}\cdot\text{h}$ 。这些成就都为我国国民经济和社会发展提供了必要的基础条件。

1991年4月,第七届全国人民代表大会第四次会议批准黄河小浪底工程在“八五”期间动工兴建。小浪底工程于1991年9月开始前期工程建设,1994年9月主体工程开工,1997年10月截流,2000年1月首台机组并网发电,2001年底主体工程全面完工,历时11年,共完成土石方挖填9478万 m^3 、混凝土348万 m^3 、钢结构3万t,安置移民20多万人,取得了工期提前、投资节约、质量优良的好成绩,被世界银行誉为该行与发展中国家合作项目的典范。

即将完工的三峡工程是中国最大的水利工程,也是目前世界上最大的水利枢纽。它是综合治理长江中下游防洪问题的一项关键性工程,并兼有发电、航运、灌溉、供水和发展库区经济等巨大的综合经济效益,对加快我国现代化进程、提高综合国力具有重要的意义。

设计装机容量在国内仅次于三峡水电站、名列世界第二的巨型水电站——金沙江溪落渡水电站与另一巨型水电站向家坝水电站一同顺利通过了国家技术论证,现在已经开工建设。

宏伟的南水北调总体规划为东线、中线和西线三条调水线路。通过三条调水线路与长江、黄河、淮河和海河四大江河的联系,构成以“四横三纵”为主体的总体布局。东线工程从长江下游扬州抽引长江水,利用京杭大运河及与其平行的河道逐级提水北送,并连接起调蓄作用的洪泽湖、骆马湖、南四湖、东平湖。出东平湖后分两路,一路向北,在位山附近经隧洞穿过黄河;另一路向东,通过胶东地区输水干线经过济南输水到烟台、威海,即“胶东调水工程”。中线工程从扩容后的丹江口水库引水,沿唐白河流域西侧过长江流域与淮河流域的分水岭方城垭口后,经黄淮海平原西部边缘,在郑州以西孤柏嘴处穿过黄河,继续沿京广铁路西侧北上,可基本自流到北京、天津。西线工程在长江上游通天河、支流雅砻江和大渡河上游筑坝建库,开凿穿过长江与黄河的分水岭巴颜喀拉山的输水隧洞,调长江水入黄河上游。西线工程的供水目标主要是解决青、甘、宁、内蒙古、陕、晋等6省(自治区)黄河上中游地区和渭河关中平原的缺水问题。2002~2010年为实施南水北调工程近期阶段,总调水规模约200亿 m^3 ;2011~2030年为中期阶段,调水规模约增加168亿 m^3 ,累计达到368亿 m^3 左右;2031~2050年为远期阶段,年总调水规模约增加80亿 m^3 ,累计达到448亿 m^3 左右。

1.2 水利枢纽工程与水利建筑物

1.2.1 基本概念

水工建筑物：任何水利工程都要在水的静力或动力作用下工作，并与水发生相互影响的各种建筑物，这就是水工建筑物。

水利枢纽：对于开发河川水资源来说，常须在河流适当地段集中修建几种不同类型、不同功能的水工建筑物，以控制水流并便于协调运行和管理，这一多种水工建筑物组成的综合体就称为水利枢纽。

综合利用水利枢纽：水利枢纽的规划、设计、施工和运行管理应尽量遵循综合利用水资源的原则。为实现多种目标而兴建的水利枢纽，建成以后能满足国民经济不同部门的需要，称为综合利用水利枢纽。

水利枢纽按照其水头大小一般分为高水头枢纽、中水头枢纽和低水头枢纽。高水头枢纽水头大于 70m；水头 30~70m 的为中水头枢纽；水头在 30m 以下的为低水头枢纽。

由于自然因素、开发目标，以及技术经济条件的不同，水利枢纽的组成可以是各式各样的，完全相同的水工建筑物极少。现举例如下。

例一，黄河干流上以发电为主，兼有防洪、灌溉等综合利用效益的龙羊峡水力发电枢纽的平面布置，如图 1-1 所示。其主要建筑物有：

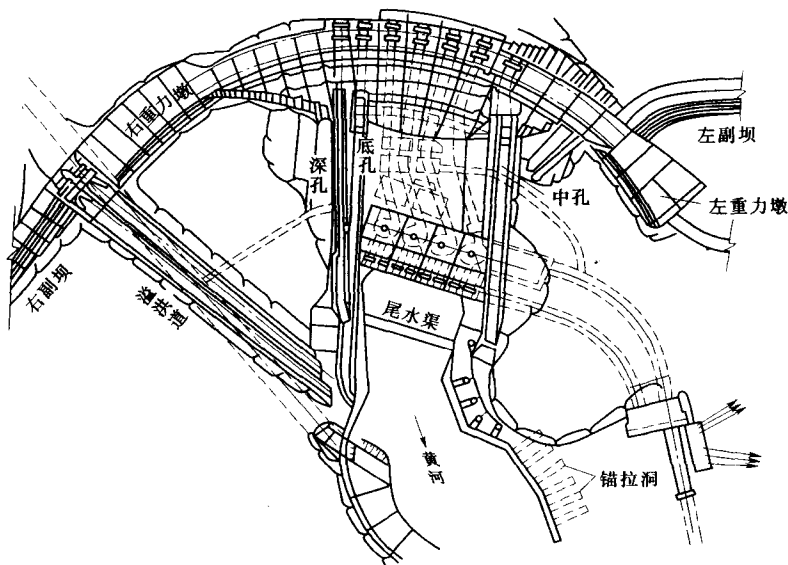


图 1-1 龙羊峡水电站平面图

拦河坝。由重力拱坝（主坝）、左右重力墩（即重力坝）以及左右岸副坝组成，主坝从坝基最低开挖高程 2432m 至坝顶高程 2610m，最大坝高 178m，从而使上游可形成一个总库容达 $247 \times 10^8 \text{ m}^3$ 的水库。

溢洪道。位于右岸，溢流堰顶高程为 2585.5m，设有 2 孔，每孔净宽 12m，由弧形闸



门控制。

左泄水中孔。穿过主坝 6 号坝段，进口底部高程 2540m，出口设 8m×9m 弧形闸门控制，与溢洪道共同承担主要泄洪任务。

右泄水深孔和底孔。分别穿过主坝 12 号和 11 号坝段，进口底部高程分别为 2505m 和 2480m，主要用于枢纽初期蓄水时向下游供水、泄洪以及后期必要时放空水库和排沙。

坝后式水电站。装 4 台单机容量 32 万 kW 的水轮发电机组，总装机容量 128 万 kW。

例二，三峡水利枢纽工程采用“一级开发、一次建成、分期蓄水、连续移民”的实施方案。坝顶高程 185m，正常蓄水位 175m，总库容 393 亿 m^3 。初期正常蓄水位 156m。初期和最终的防洪限制水位分别为 135m 和 145m，如图 1-2 所示。其主要建筑物如下。

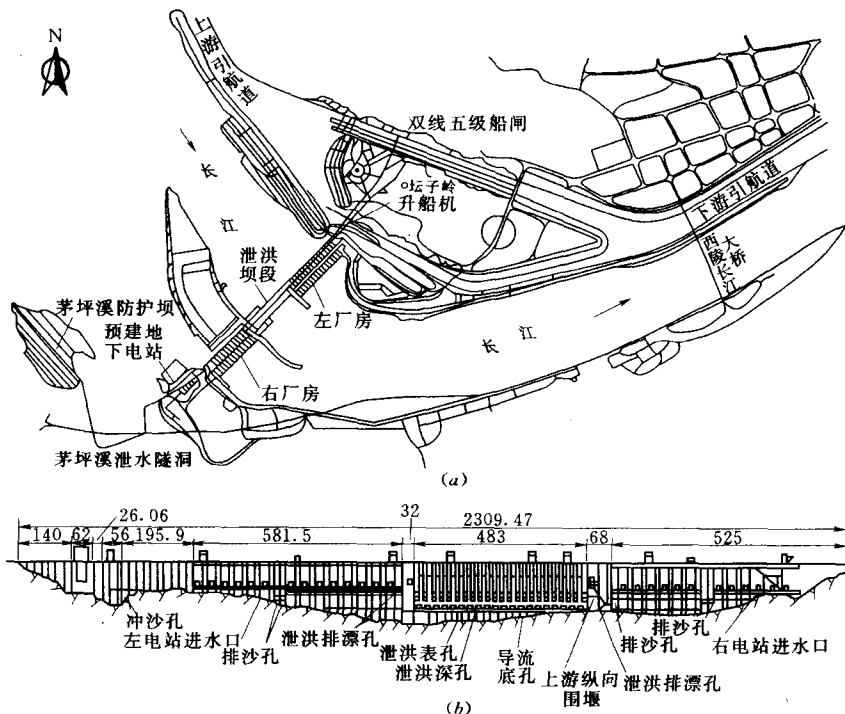


图 1-2 三峡水利枢纽布置图 (单位: m)

(a) 平面布置图; (b) 上游立视图

大坝。枢纽主要建筑物的设计洪水标准为千年一遇，洪峰流量为 $98800\text{m}^3/\text{s}$ ；校核洪水标准为万年一遇加 10%，洪峰流量为 $124300\text{m}^3/\text{s}$ 。相应的设计和校核水位分别为 175m 及 180.4m。地震设计烈度为 7 度。拦河大坝为混凝土重力坝，大坝坝轴线全长 2309.47m，最大坝高 181m。大坝右侧茅坪溪防护坝为沥青混凝土心墙砂砾石坝，最大坝高 104m。泄洪坝段居河床中部，前沿总长 483m，设有 23 个深孔、22 个表孔以及 22 个后期需封堵的临时导流底孔。深孔尺寸为 7m×9m，进口底板高程 90m。表孔净宽 8m，溢流堰顶高程 158m，下游采用鼻坎挑流方式消能。底孔尺寸 6m×8.5m，进口底高程 56~57m。枢纽在校核水位时的最大泄洪能力为 $120600\text{m}^3/\text{s}$ 。电站坝段位于泄洪坝段两侧，进水口尺寸为 11.2m×19.5m，进水口底高程为 108m。压力管道内径为 12.4m，采

用钢衬钢筋混凝土联合受力的结构型式。

水电站。水电站装机容量 18200MW，采用坝后式厂房，设有左、右岸两组厂房，共安装 26 台水轮发电机组。左岸厂房全长 643.7m，安装 14 台水轮发电机组；右岸厂房全长 584.2m，安装 12 台水轮发电机组。水轮机为混流式，机组单机额定容量为 700MW。三峡水电站以 500kV 交流输电线路和 $\pm 500\text{kV}$ 直流输电线路向华东、华中、华南送电。电站出线共 13 回。右岸山体内预留地下厂房的位置，后期扩机 6 台，总容量为 4200MW。

通航建筑物。三峡工程通航建筑物包括永久船闸和升船机，均位于左岸的山体中。永久船闸为双线五级连续梯级船闸，单级闸室有效尺寸长 280m、宽 34m，坎上最小水深 5m，可通过万吨级船队。升船机为单线一级垂直提升，承船厢有效尺寸长 120m、宽 18m，水深 3.5m，一次可通过一艘 3000t 级的客货轮。

1.2.2 水工建筑物的分类

上述水利枢纽实例中，虽已提到了多种水工建筑物，但并未包括全部的水工建筑物。事实上，水利工程并不总是以集中兴建于一处的若干建筑物组成的水利枢纽来体现的，有时仅是指一个水工建筑物，有时又是包括沿一条河流很长范围内甚至很大区域内的许多水工建筑物。在不同河流以及河流不同部位所建的枢纽，建筑物也千差万别，按功能通常分为以下几类。

1. 挡水建筑物

挡水建筑物为拦截或约束水流，并可承受一定水头作用的建筑物。如蓄水或壅水的各种拦河坝、修筑于江河两岸以抗洪的堤防、施工围堰等。

2. 泄水建筑物

泄水建筑物是根据需要，排泄水库、湖泊或河渠中的多余水量，以保证挡水建筑物和其他建筑物的安全，有时也需要降低水库水位乃至放空水库而设置的建筑物，如设于河床的溢流坝、泄水闸、泄水孔，设于河岸的溢洪道、泄水隧洞等。

3. 输水建筑物

输水建筑物是为灌溉、发电、城市给水或工业给水等需要，将水从水源或某处送至另一处的建筑物。其中直接自水源输水的也称引水建筑物，如引水隧洞、引水涵管、渠道、渡槽、倒虹吸管、输水涵洞等。

4. 取水建筑物

取水建筑物是引水建筑物的上游首部建筑物，如取水口、进水闸、扬水站等。

5. 整治建筑物

整治建筑物是为改善河道水流条件，调整河势，稳定河槽，维护航道和保护河岸的各种建筑物，如丁字坝、潜坝、导流堤、护岸等。

6. 专门性水工建筑物

专门性水工建筑物是为水利工程中某些特定单项任务而设置的建筑物，如专用于水电站的前池、调压室、压力管道、厂房，专用于通航过坝的船闸、升船机、鱼道、筏道等。

与专门性水工建筑物相对，前五类建筑物也可统称为一般性水工建筑物。

需要说明的是，同一种水工建筑物其功能并非单一，有时可兼有多种功用，所以，难以严格区分其类型，如溢流坝和泄水闸，都兼有挡水和泄水功能。



如果按使用期限, 水工建筑物可分为永久性建筑物和临时性建筑物两大类。永久性建筑物是指枢纽工程运行期间使用的建筑物, 根据其重要性又分为重要建筑物和次要建筑物。重要建筑物是指失事后将造成下游灾害或严重影响工程效益的建筑物, 如拦河坝、水闸、电站厂房等。次要建筑物是指失事后不致造成下游灾害, 对工程效益影响不大而且容易修复的建筑物, 如导流墙、挡土墙、工作桥、护岸等。工程施工期间使用的建筑物称为临时性建筑物, 如导流建筑物、施工围堰等。

1.2.3 水工建筑物的特点

1.2.3.1 工作条件的复杂性

水工建筑物工作条件的复杂性主要是由于水的作用。水对挡水建筑物的作用主要是静水压力, 静水压力的大小随建筑物挡水高度的变化而变化, 因此建筑物必须有足够的水平抗力以保持其稳定性。

除此之外, 水面也有对建筑物较为复杂的波浪压力, 水面结冰时将附加冰压力, 发生地震时将附加水的地震激荡力, 水流流经建筑物时也会产生各种动水压力。在设计水工建筑物时, 这些力都必须计算在内。

建筑物上下游的水头差, 会导致建筑物及其地基内的渗流。渗流会引起对建筑物稳定不利的渗透压力, 渗流也可能引起建筑物及地基的渗透变形破坏, 过大的渗流量也会造成水库的较多漏水。为此, 建造水工建筑物也要妥善解决防渗和渗流控制问题。

高速水流通过泄水建筑物时还可能出现自掺气、负压、空化、空蚀和冲击波等现象, 强烈的紊流脉动会引起轻型结构的振动, 挟沙水流对建筑物边壁也有磨蚀作用, 挑射水流在空中会导致对周围建筑物有严重影响的雾化, 通过建筑物的水流多余动能对下游河床有冲刷作用, 甚至影响建筑物本身的安全。因此, 兴建泄水建筑物, 特别是高水头泄水建筑物时, 要注意解决高速水流可能带来的一系列问题, 并做好消能防冲设计。

水工建筑物除了受上述主要作用外, 还受到其他可能作用。例如, 当水具有侵蚀性时, 会使混凝土结构中的石灰质溶解, 破坏材料的强度和耐久性; 与水接触的水工钢结构易发生锈蚀; 在寒冷地区的建筑物及地基还将有一系列冰冻问题。

1.2.3.2 设计选型的独特性

水工建筑物的型式、构造和尺寸与建筑物所在地的地形、地质、水文等条件密切相关。即便是规模和效益大致相仿的水工建筑物, 由于地质条件的不同, 二者的型式、尺寸和造价都会差别极大。由于自然条件千差万别, 水工建筑物的设计选型总是只能按各自特征进行, 除非规模特别小, 一般不采用定型设计。

1.2.3.3 施工建造的艰巨性

在河道中修建水利工程, 首先, 需要解决好施工导流的问题, 要求施工期间在保证建筑物安全的前提下, 让河水顺利下泄, 这是水利工程设计和施工中的一个重要课题。其次, 工程进度紧迫, 截流、度汛需要抢时间、争进度, 否则就要拖延工期。第三, 施工技术复杂。第四, 地下及水下工程多, 施工难度大。第五, 交通运输比较困难, 特别是高山峡谷地区更为突出。

1.2.3.4 失事后果的严重性

水利工程可为人类造福, 但如失事也会产生严重后果。特别是拦河坝如失事溃决, 会

给下游带来灾难性乃至毁灭性的损失，这在国内外都不乏惨重实例。应当指出，有些水利建筑物的失事与某些自然因素或当时人的认识能力与技术水平限制有关，也有些是不重视勘测、试验研究或施工质量欠佳所致。据统计，大坝失事最主要的原因，一是洪水漫顶，二是坝基或结构出问题，两者各占失事总数的1/3左右。

例如，1975年8月，特大暴雨引发了淮河上游大洪水，在河南省驻马店等地区1万 km^2 以上的土地上，共计有60多个水库相继发生垮坝溃决，近60亿 m^3 的洪水肆意横流。1015万人受灾，超过2.6万人死难，倒塌房屋524万间，冲走耕畜30万头。纵贯中国南北的京广线被冲毁102km，中断行车16天，影响运输46天，直接经济损失近100亿元，成为世界上最大最惨烈的水库垮坝惨剧。

1963年，意大利瓦伊昂拱坝水库失事，致使2600人死亡。

1.3 水利枢纽分等和水利建筑物分级

水利工程的建设对国计民生有着重要影响，不仅关系到工程自身安全，而且关系到下游人民生命财产、工矿企业和设施的安全，还直接影响工程效益的正常发挥、工程造价和建设速度。同时，水利工程的成败还对国家的国际名声有直接影响。

不同规模的工程影响程度也不同。为使工程的安全可靠性与其造价的经济合理性适当统一起来，水利枢纽及其组成建筑物要分等分级，即先按工程的规模、效益及其在国民经济中的重要性，将水利枢纽分等，而后再对各组成建筑物按其所属枢纽等别、建筑物作用及重要性进行分级，枢纽工程、建筑物的等级不同，对其规划、设计、施工、运行管理的要求也不同，等级越高要求也越高。这种分等分级、区别对待的方法，也是国家经济政策和技术政策的一种重要体现。

根据我国SL 252—2000《水利水电工程等级划分及洪水标准》，水利水电枢纽工程按其规模、效益和在国民经济中的重要性分五等，见表1-1。

水利水电工程的永久性水利建筑物的级别，根据其所在的工程等别和建筑物的重要性划分，共分为5级，见表1-2。

表 1-1 水利水电工程分等指标

工程 等别	工程 规模	分 等 指 标						
		水库 总库容 (亿 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 面积 (万亩)	治涝 面积 (万亩)	灌溉 面积 (万亩)	供水 对象的 重要性	装机 容量 (万kW)
I	大(1)型	≥ 10	特别重要	≥ 500	≥ 200	≥ 150	特别重要	≥ 120
II	大(2)型	10~1.0	重 要	500~100	200~60	150~50	重 要	120~30
III	中 型	1.0~0.1	中 等	100~30	60~15	50~5	中 等	30~5
IV	小(1)型	0.1~0.01	一 般	30~5	15~3	5~0.5	一 般	5~1
V	小(2)型	0.01~0.001		<5	<3	<0.5		<1