

高等学校交流讲义

水 工 建 筑 物

上 册

陕西工业大学水利系水工结构教研组编

只限学校内部使用



中国工业出版社

水工建筑物教材除緒論外共十二章。專門論述各种有关的水工建筑物及其設計方法与原理，并較系統地反映了我国水利建設的新成就和国外的先进經驗。本书是在总结自1958年贯彻党的教育方針以来教学改革經驗的基础上，通过参加实际生产設計与施工及参加科学研究工作而进行編写的。经过两年的試用，先后作了两次修改。

全书共分上、下两册，上册主要内容包括：重力坝、拱坝、支墩坝、土坝和堆砌石坝及混合坝等；下册主要内容包括：坝外泄水建筑物、閘門、取水建筑物、輸水建筑物、樞紐中通航及过魚、过木建筑物、河川水利樞紐的設計和水工建筑物的技术运用与研究等。本书可作为高等工业院校河川樞紐及水电站建筑和水利工程施工等专业的教材，并可供水工設計、施工技术人员与科学研究人員参考。

本书由陕西工业大学水工結構教研組集体編写。

水 工 建 筑 物

上 册

陕西工业大学水利系水工結構教研組編

*

水利电力部办公厅图书編輯室編輯(北京阜外月坛南書房)

中国工业出版社出版(北京佟麟閣路內10号)

(北京市书刊出版事业許可証出字第110号)

中国工业出版社第二印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行·各地新华书店經售

*

开本 $787 \times 1092^{1/16}$ ·印張 $24^{1/8}$ ·字数540,000

1961年11月北京第一版·1961年11月北京第一次印刷

印数0001—1,900·定价(10-6)2.85元

*

統一书号：15165·903(水电433)

目 录

緒 論	4
第 一 节 水利工程及水工建筑物	4
一、水利事业, 水利工程与水工建筑物	4
二、水工建筑物的特点	5
三、解放前我国水利工程发展概况	6
四、新中国水利工程的伟大成就	7
五、水工学的科学基础和学习方法	8
第 二 节 水利枢纽的一般概念	10
一、水利枢纽	10
二、水工建筑物的分类	12
三、坝的分类	13
四、水庫对上下游的影响	16
第一章 重力坝	21
I 非溢流重力坝	21
第 一 节 作用于擋水建筑物上的各种力	21
一、力的分类及組合	21
二、作用在水工建筑物上的力和荷載的計算	22
第 二 节 重力坝的一般概念	32
第 三 节 重力坝基本剖面的分析	32
一、概述	32
二、按強度条件确定重力坝的基本剖面	32
三、按抗滑稳定条件确定重力坝的基本剖面	36
四、重力坝的实用剖面	36
第 四 节 重力坝的強度計算	39
一、概述	39
二、用材料力学法計算重力坝的強度	40
三、用彈性理論的方法計算重力坝的強度	44
四、坝剖面上的应力分布及坝体的等強度曲綫和可能破坏曲綫	48
五、用重力法計算重力坝的強度	52
六、影响坝体应力的几种因素	55
第 五 节 重力坝的稳定計算	57
一、仅考虑摩阻力时坝沿地基滑动稳定性的校核	58
二、考虑粘着力时滑动稳定性的校核	59
三、其他情况下的滑动稳定校核	59
第 六 节 筑坝材料	60
一、材料的种类	60

二、筑坝用的混凝土材料	61
三、溫度收缩現象及混凝土中裂縫的形成	65
第 七 节 重力坝的細部构造	67
一、重力坝在平面上的布置	67
二、重力坝的结构形式	67
三、构造縫	68
四、坝体和坝基的排水设备	71
五、重力坝的坝頂形式	72
六、重力坝与地基的連接	72
七、坝身的孔口和廊道	73
第 八 节 重力坝的基础处理	76
一、开挖	77
二、灌漿	79
三、特殊处理	79
第 九 节 岩基上重力坝的设计及其技术经济指标的改进	81
一、重力坝的优缺点	81
二、混凝土重力坝的应力范围	82
三、重力坝技术经济指标的改进	82
第 十 节 寬縫重力坝	84
一、混凝土寬縫重力坝的經濟性与合理性	84
二、坝剖面設計及降低造价的措施	87
非石基上的溢流重力坝及閘	38
第 一 节 非石基上溢流重力坝的坝基渗透及防渗措施	39
一、坝基渗透及建筑物的地下輪廓綫	39
二、渗透的基本原理	90
三、非均质土壤及均质土壤非等向的渗透計算	95
四、地基土壤的渗透变形及其防止	98
五、防止渗透的设备	103
六、地下輪廓綫的设计	106
第 二 节 溢流坝水力計算及消能措施	107
一、溢流坝的泄水能力及孔口尺寸的选择	107
二、泄水底孔及其泄水能力	113
三、上下游連接方式及消能措施	114
四、溢流坝后河底护面的設計	122
五、單寬流量选择及上下游联接条件的分析	125
第 三 节 非石基上溢流坝的构造	127

一、溢流坝体	127	第四节 大头坝(重力撑墙坝)	256
二、隔墩	128	一、大头坝经济轮廓尺寸的选定	252
三、隔墩和岸墩	130	二、大头坝的强度与稳定分析	255
四、连接建筑物的绕渗	132	三、大头坝的构造	267
五、构造缝的设置	133	第五节 各种类型支墩坝的比较	
六、坝上设备	134	(包括与重力坝的比较)	
第十四节 非石基上的闸	135	与支墩坝的新型结构	268
一、概述	135	第四章 土坝	274
二、闸的构造	135	第一节 土坝的类型及工作条件	274
三、闸底板应力分析概述	138	一、土坝的类型	274
第十五节 非石基上挡水建筑物的		二、土坝的工作条件	277
稳定	141	第二节 筑坝材料的选择及设计	278
一、建筑物的稳定校核	141	一、筑坝材料的选择	278
二、非石地基的稳定性(强度)验算	141	二、筑坝土料的设计数据	283
第二章 拱坝	147	第三节 土坝的渗透计算	287
第一节 拱坝的工作特点	147	一、不透水地基上土坝的渗透计算	288
一、拱坝对地基的要求	147	二、有限深透水地基上土坝的渗透计算	296
二、拱坝的结构作用及地形		三、土坝渗透问题的图解法	300
对拱坝的影响	147	四、水庫水位降落时土坝	
三、拱坝的经济性和安全性	154	浸润曲线的计算	301
四、作用于拱坝的荷载及其特点	154	五、结论	304
五、拱坝对材料的要求	156	第四节 土坝的稳定计算	305
第二节 拱坝的布置和构造	156	一、一般概念	305
一、拱坝的布置	156	二、边坡的稳定计算——滑动圆弧法	306
二、拱坝的构造	158	三、边坡的稳定计算——滑动折面法	317
第三节 拱坝的强度分析	162	四、边坡的稳定计算——复合滑面法	319
一、试荷法的基本假定和调整		五、在渗流作用下坝坡局部稳定性的	
一般概念	164	计算	320
二、地基的变位	166	六、斜墙及其保护层的稳定性计算	321
三、拱的分析	173	七、心墙的計算	323
四、垂直悬臂梁变位的计算	180	八、土坝的壅流稳定计算	323
五、拱冠梁法	183	第五节 土坝各部结构的	
六、应力计算	184	构造与设计	324
第四节 导热及温度应力计算	197	一、一般要求	324
一、导热计算	198	二、坝顶	324
二、温度应力计算	201	三、坝坡	325
第三章 支墩坝	207	四、防渗设备	328
第一节 支墩坝的分类及其对地基与		五、排水设备	329
材料的要求	207	六、坝与地基河岸及其他建筑物的联接	233
第二节 平板坝	214	第六节 碾压式土坝的坝型选择	333
一、平板坝的设计要点	214	一、土料条件	333
二、平板坝的强度与稳定分析	215	二、地质条件	337
三、平板坝的构造	228	三、气候条件	338
第三节 连拱坝	231	四、施工经济条件	338
一、连拱坝的强度与稳定分析	234	第七节 溢流土坝	339
二、连拱坝的构造	249	第八节 冲填坝的特点	339

一、冲填方法及坝型.....	339	二、斜墙的构造.....	361
二、冲填坝构造的特点.....	343	三、排水设备.....	368
三、冲填坝的边坡稳定计算.....	345	第八节 心墙堆石坝.....	369
四、冲填坝与碾压坝的比较.....	346	一、硬性心墙堆石坝.....	369
第九节 水中倒土法筑坝的特点.....	347	二、土质心墙堆石坝.....	370
一、施工特点及坝型.....	347	第九节 干砌石坝及半堆石坝的 特点.....	370
二、构造特点.....	349	一、干砌石坝.....	370
三、质量检查.....	350	二、半堆石坝.....	371
四、与碾压坝的比较.....	350	第十节 混合坝.....	372
第五章 堆砌石坝及混合坝.....	351	一、土石混合坝.....	372
第一节 概述.....	351	二、堆石混凝土混合坝及堆石浆砌块石 混合坝.....	373
第二节 坝的类型.....	351	第十一节 关于堆石坝的溢流问题.....	374
第三节 堆砌石坝对石料的要求.....	352	一、在流水中堆石.....	374
一、对石料的一般要求.....	352	二、И. И. 高尔竟柯的研究工作.....	375
二、石料的形状、尺寸及级配.....	353	三、H. H. 别浪舍夫斯基型式 溢流堆石坝.....	379
三、石料的选择与试验研究.....	353	第十二节 用定向爆破方法筑坝的 特点.....	381
第四节 对坝基的要求及坝基处理.....	354	一、定向爆破的技术原理.....	381
第五节 堆石坝的剖面形状及其 基本尺寸.....	355	二、定向爆破筑坝的特点.....	381
一、坝顶.....	355	三、定向爆破筑坝的设计.....	382
二、坝的抗滑稳定性.....	355	第十三节 堆石坝近代的发展及 坝型选择.....	385
三、边坡及坝基的稳定性.....	356		
第六节 坝体的沉陷变形.....	358		
第七节 斜墙堆石坝.....	361		
一、坝体构造.....	361		

緒 論

第一节 水利工程及水工建筑物

一、水利事业、水利工程学与水工建筑物

水是人类和其他生物生活必不可少的东西，在国民經济中起着重大的作用。水量在地球上的分布极为不均，河川徑流量常随時間发生急剧的变化，一些水质也往往不符合于人們的要求；但另一方面，河流的落差又蘊藏着极为丰富的能量。因此，要想利用水为人类的生产和生活服务，就必须采取措施在合适的地点修建工程，来取得人們經常需要的、足够数量和一定质量的水量和能量。为了利用天然水利資源来滿足社会需要而采取的各种綜合措施，称之为水利事业，它是国民經济的一个重要組成部分。

現代的国民經济对水利資源的利用提出了各种不同的要求，因而水利事业又分为許多部門，其主要的为：

- (1) 水力发电——利用水的能量；
- (2) 航运——利用河水、湖水和海水轉运貨物及旅客(航运，浮运)；
- (3) 水利土壤改良——耕地灌溉，排澇；
- (4) 居民区及工业企业的給水和排水，其中包括水质改良，水的淨化等；
- (5) 防止水害——防止洪水、暴雨和漲潮所引起的泛濫和淹沒；
- (6) 水中資源的开发——培植有益植物，养魚和捕魚，采矿等。

此外，还可把水用于卫生的目的，如預防瘧疾；用于居民区的福利設施以及体育运动等。

由上述可見，对大自然中水的利用应是多方面的，对水利資源的綜合开发合理利用，是正确处理水利事业的基本原则。因此，在进行任一部門的水利建設时，都要做到下列各点：

(1) 要同时考虑到利用河流为多方面服务的目的(如防洪、灌溉、发电，及其他等)。

(2) 按現有經濟条件，如不能同时发展几个部門的水利事业时，目前的措施不应給将来的扩大发展带来損害。

(3) 不得恶化或中断現有水利部門对河流的利用情况。

在水利事业中，实现綜合开发是一个比較复杂的任务。由于用水部門对水的需要和使用各不相同：有些部門要求均匀地供水(如城市、牧区給水)，而另一些部門則需周期性供水(如灌溉)，或在某些情况下不需供水而要进行排水(如除澇)；某些用水部門是消耗水量(如飲水，灌溉)，而另一些部門用水只是利用水的体积和能量(如发电，航运，漁业及其他)，几乎不减少徑流量。因此，各部門对于同一水利資源的利用是存在着一定矛盾的，不可能都得到滿足。在这种情况下，只有以某些部門作为重点，按主次排队，依照国民經济按比例发展的計劃加以全面安排和协调解决。在有些情况下，还可用从相

邻流域引水的方法来解决水量不足的问题。

水利资源的综合开发，只有在社会主义制度下才能完全实现。苏联东南部干旱地区自然条件的改造，我国根治黄河的梯级开发的综合规划等等，都可作为综合开发水利资源的光辉范例。

相反的，在资本主义制度下，水利事业的各种矛盾却是无法解决的。资本家是以夺取最大利润为目的，根本不考虑人民疾苦与水利资源的合理利用。例如，在美国由于不合理地利用水能，损失了几千万瓩的电力。

水利工程学(或水利工程技术)是根据国民经济的需要，研究有关开发水利资源以服务于各种经济事业的科学，研究有关与水的灾害作斗争的科学，以及研究为达到这些目的所必须修建的工程建筑物的科学。用来实现各种水利措施的工程建筑物即称为水工建筑物。用它来控制天然河流的流量、水位、流速和流向；改变水流对河床及河岸的作用；并在某一范围内利用人工水道引取一部分流量来供给使用。

二、水工建筑物的特点

1. 水对水工建筑物的作用：

水工建筑物与其他工程建筑物的区别在于它们是在水中工作，而水对于建筑物会发生机械的、物理化学的和生物的作用。

1) 水的机械作用 表现为水对建筑物的压力——静水压力与动水压力。水压力是决定大部分水工建筑物尺寸及其形状的主要荷载。由于壅水建筑物抬高了河中水位，产生了静水压力，可能使建筑物变形和沿地基或连同部分地基一起滑动。由于水流运动而产生动水压力，特别是当流速大或有风浪和水力冲击作用时，考虑动水压力的作用是很重要的。

在水工建筑物地基中的渗透水流，由下向上给水工建筑物以渗透压力，这对建筑物抵抗滑动是不利的。渗透的水还能使建筑物的地基产生渗透变形，使地基遭到破坏而危及建筑物的安全。

2) 水的物理化学作用 表现为水对建筑物接触表面的磨蚀、内部的腐蚀和溶滤等。流速很大的水流，当携有坚硬的泥砂时，会很快地磨损建筑物的表面和破坏河床；酸性水对建筑物的金属部分有腐蚀作用；渗入混凝土中的水分会溶滤其中的游离石灰质，渗透水能使地基中可溶性盐类发生溶解，形成孔穴遭受破坏；在气候严寒地区，随着气温的变化而发生冻融现象，这些都会使建筑物的工作不利，寿命缩短。

3) 水的生物作用 表现为水中生物对建筑物材料的腐蚀和破坏，如蛀木虫等。

2. 施工条件：

在河流中修筑水工建筑物，其施工条件是很复杂的。因为修筑工作必须在河床中或水下进行，因之施工环境比较困难；同时又必须使河中的水、冰凌、船舶和木筏能够不间断地通过；而且常因洪水的干扰和威胁，使工期受到很大的限制。另外就建筑物的工程量而言，一般也是很庞大的。例如：一个中型的水利枢纽，其土石方工程常达数百万立方米，混凝土和木材用量常达数十万立方米，而金属材料的工程量则以千吨计。因此，施工中要求广泛地采用机械化或半机械化，以节省人力，加速工程进度。

3. 水工建筑物的个别性：

水工建筑物的型式、尺寸和工作条件，与建筑物所在地区的地形、地质和水文条件等有着密切的关联，其中特别是地质条件对水工建筑物的型式、尺寸和造价等影响更大。由于自然条件变化多端，各个地方都不尽相同，所以每一水工建筑物都各有其独特性，应该在深入研究当地的条件后，按其特有的情况设计和建筑。当然，这并不意味着没有采用装配式水工建筑物的可能性；相反的，使水工建筑物的零件标准化，采用装配方式进行施工也是可能的。

4. 水工建筑物对附近地区的影响：

人们利用水工建筑能大规模地改造自然，使地图上出现新的湖泊(水库)；把天然河流相互连通起来；使干旱的沙漠变为良田；终止沿河常发生的洪水灾害；以及改变区域内的气候等等。

但同时，壅水建筑物将抬高水位，在其上游所形成的回水，有时能延伸到几百公里；由于筑坝而淹没的耕地，常常达数百万亩；并且也使较大地区内的地下水位升高，发生地下浸没。

5. 水工建筑物失事的后果：

壅水建筑物拦断河流后，造成储水几十亿或数百亿立方米的巨大水库，蓄积着大量的水能，若建筑物一旦失事，如此巨大能量在时间很短的过程内下泄，其所经地区势必遭受严重的破坏、造成人民生命财产的巨大损失。其后果和其他建筑物的失事是不能相比的。损失不仅超过其本身价值的好多倍，而且影响也是极为深远的。当其破坏之后，除沿河两岸的建筑物受损外，且使以水利工程为基础的工业企业也处于瘫痪状态；其修复通常又需要较长的时间。因此，要求勘测、设计、施工和管理人员，对水工建筑物的设计、建造和使用应该特别注意和慎重考虑。

三、解放前我国水利工程发展概况

我国幅员广大，物产丰富，河流的流域面积约占全国总面积的70%以上，大多数河流下游的冲积平原，广畴沃野，为极富饶的农业区；上游则多系崇山峻岭，蕴藏着极为丰富的水力及矿藏。随着社会不断地前进，生产力不断地发展，勤劳勇敢的中国人民以其智慧和力量，在与洪水作斗争的过程中，逐步积累了丰富的经验，兴修了各种水利设施，在水利史上留下了光辉的一页。

公元前2286年，黄河洪水泛滥，与长江汇流，在广大地区内造成了水灾。传说当时大禹治河，疏导入海。经过1677年至周定王五年(公元前602年)，黄河开始改道。其后的三千多年中，据历史记载，下游发生泛滥、决口达1,500多次，灾害一直波及海河流域，淮河流域和长江下游，威胁25万平方公里土地上8千多万人民生命财产的安全。在长期与洪水作斗争的过程中，我国积累了相当丰富的治河经验，曾有过不少的创造。如汉代贾让曾提出治河的上、中、下三策；王景筑堤固河；元代贾鲁疏、塞、浚并举，挽河复归故道，联舟载石下沉，创造了堵口方法；明代潘季驯用“筑堤束水，以水攻沙”来刷深河床，并修建挑水坝、埝，栽植卧柳及草皮护坡等以巩固堤防；清代靳辅、陈璜主张“蓄清刷黄”，并利用当地材料做成草坝以溢水，等等。

航运方面，春秋时的郑国开鸿沟，沟通了黄河与淮河间的水道，便利了中原的交通运输；其后，秦代史禄开凿了灵渠，沟通湘、漓二水，便利了长江与珠江流域的交通；

宋代乔维雍在其上創造了复閘(用两个斗門,相距約50步),是世界上最早的船閘雛形,解决了越岭通航的問題;从战国时的吴国起,历代延修开通了纵貫海河、黄河、淮河、长江和錢塘江五大河流域的南北大运河,全长1,782公里,是世界上最早最长的人工大运河。

灌溉方面,远古时代神农稼穡,黄帝設井,春秋提倡沟洫蓄水以利灌溉;秦代李冰父子在岷江灌县修建都江堰,灌成都平原14县的农田310万亩,使这一地区五谷丰登,号称“天府”。

在水工建筑上,都江堰利用竹籠及卵石建成了排洪溢水堰及护岸工程;用槎排擋水清除进水口前沉积的卵石和泥沙,由于經驗的积累,并制定了許多治水的格言,成为一个优良完整的灌溉引水系統。此外,韓人郑国在陝西涇河上开凿了郑国渠,灌涇阳、三原等六县200余万亩农田,变关中为沃野。在甘肃、宁夏等地,秦、汉、唐代又修筑了秦渠、汉渠及后来的唐徕渠等;在新疆地区还采用坎儿井引取天山的雪水,供农牧业之用。

在水力利用方面,早在晋朝就利用水力进行舂米,磨面,以后又巧妙地利用立式大水輪提水,凌空駕槽使水归田,水輪直徑达75市尺(25米),多用木材和竹子制成。这种水輪今天仍在繼續發揮作用。

綜上所述,不論在江河治理,引水灌溉,舟楫运输以及水力利用等方面,我們的祖先都作了非凡的努力,取得很大的成就。但是由于封建社会制度在我国长期的存在,阻碍了生产力的发展,使生产建設几陷于停滞状态,特别是对于水利工程,因其規模大,投資多,施工期限长等等特点更受到很大的限制。近百年来,更由于帝国主义的入侵和掠夺,特别是在国民党反动統治之下,水利工程也和其他工程一样,不仅不能为人民带来福利,相反地却为統治階級垄断利用,作为剝削人民的工具,这也就是我国近代在这門科学技术領域中发展緩慢、处于落后状态的根本原因。

四、新中国水利工程的偉大成就

偉大的中国共产党领导中国人民贏得了解放战争的胜利,成立了中华人民共和国。建国以来,我国人民在党和毛主席的英明领导下,以劈山造海的英雄气概,展开了史无前例的根治水害、兴修水利的頑强斗争,并取得了輝煌的成就。

建国开始,党就领导广大人民一面迅速地恢复过去遭到破坏和失修的水利工程,一面又积极开始兴修新的水利工程。在毛主席的“一定要把淮河修好”的号召下,不仅在淮河支流修建了許多中、小型山谷水庫,而且修建了一系列的大型綜合性的水庫樞紐和水利工程。

与此同时,对黄河下游的大堤也进行了加高培厚的工作,虽歷經22,300秒立方米洪峰流量的考驗,仍屹立无恙,固若金湯,这是已往所不能想象的,也是无法办得到的。

此外,还分別在长江、淮河、黄河上建立了許多分洪工程,不仅規模大,而且施工速度之快也是惊人的。

1952年和第一个五年計劃初期,随着土地改革运动在全国範圍內的胜利完成,亿万农民生产积极性更加高漲,在一年內就扩大了灌溉面积四千余万亩;并修建了永定河官厅水庫及技术性比較复杂的佛子岭等水庫;在淮河、长江中、下游建筑了很多的引水

開；并进一步对淮河、黄河、辽河等进行了查勘规划，为第一个五年计划期间的水利建設积极地准备了資料。

1955年国家通过了黄河流域规划，全部实现之后将使灌溉面积由1650万亩增到11,600万亩；可以发电2,300万千瓦，每年平均发电量将达1,100亿度；500吨拖輪可由海口直达兰州，大大改善黄河流域交通运输状况。

自1958年大跃进以来，在規模宏偉的水利工程建設实践中，英勇的劳动人民創造了許多前人沒有过的奇迹。例如：甘肃英雄渠，引洮河水东梁山，渠长达1,400公里，穿过崇山峻岭，有长达17公里的隧洞，有深达219米的大挖方，全部完工后将灌田1,500~2,000万亩。

过去素称“大雨大灾，小雨小灾，无雨旱灾”的安徽淮北地区，1958年以来已开拓了四通八达的河网工程，蓄积了地面水，并开挖了丰富的地下水源，不仅解决了这一地区已往的旱涝灾害，并且可以利用这些人工河道发电和通航以及繁殖鵝鴨和魚产等，創造了平原地区的治水經驗。

在水电建設方面，解放后的速度和規模也是惊人的，经过第一个五年计划建設时期和三年的連續大跃进，我国水电站的装机容量已大大增加，农村水电站及抽水站在合作化和人民公社的推动下也有飞快的发展。

总之，我国水利建設的成就是巨大的，发展的速度是空前的。十多年来，不論灌溉面积或发电量都有了极大的增长，各河流的防洪能力也大为加强。通过以上的事实，充分說明了社会主义制度的优越性。

生产发展的动力必然将技术推向更高的发展，水利水电建設的宏偉成就，不仅反映在規模和速度上，而且在技术上也有了空前的提高，在混凝土高坝方面，我們修建了很多类型的混凝土和鋼筋混凝土的高坝。对于坝身及坝基的应力分析，温度影响，材料的抗渗、抗冻、低热、抗侵蚀、抗磨損等性能的研究，模型試驗，原型观测等都作了不少的工作，并取得了很大的成績；在混凝土大块連續澆捣和埋設块石，施工截流，偏光彈性試驗等方面也都取得了宝贵的經驗和成就。

在当地材料坝方面，用碾压法修筑的土坝及土石混合坝，坝高在40~80米者为数很多，正在設計与施工的还有更高的，成功地解决了高坝的設计和快速施工問題；用水中倒土法筑土坝及用定向爆破法修筑土石混合坝也都有很快的发展。

此外，在电站的建筑上，樞紐管理运用上，工具改革和技术革新上也都取得了丰富的經驗和巨大的成就。

上述成就的取得，首先是由于党对水利事业的正确领导，以及党的水利方針政策与羣众路綫的正确贯彻与执行。同时也是与苏联及其他社会主义兄弟国家大力支援和热情帮助分不开的。

五、水工学的科学基础和学习方法

水工学是一門綜合性的实用技术科学，是研究解决水工建筑物的勘测、规划、設計、施工和运用管理的工程技术。其基础科学可分为以下几个方面：

首先，是工程測量，工程地质及水文地质。运用这些知識进行勘测、钻探获取設計、规划时的必需資料，以进行分析論証建造水利樞紐和水工建筑物的必要性和可能

性。

其次，是水文学、水力学的系統。根据规划拟建的水工建筑物，运用水文学、水力学和流体力学的科学技术，进行研究分析河流水文特性、水流和水工建筑的相互作用和相互影响，以解决水工建筑物設計、施工和运用中的水力荷载、水流状态等复杂問題。

再次，是工程建筑的科学系統。包括：土力学及地基基础、建筑力学和建筑施工等，运用这些科学知识进行分析研究具体建筑物的结构构造、受力变形状态、設計方法、施工技术和运用要求，使建筑物能按人們的設計意图，安全可靠地进行工作。

此外，建筑材料科学对水工建筑物来讲也是一門重要的学科，由于前述水工建筑物的特点，不論对建筑物的选型上，設計方法、施工技术，以及经济效益上建筑材料均起着很大的影响。

上述学科的理论成就和試驗技术在近代均有长足的发展，如航测技术、物理勘探、流体力学，混凝土彈塑性理論，岩石力学，高速水流以及模型試驗原型观测等；但是这些发展和經驗都还远远满足不了水利工程的要求，如水力学的研究方法多半还是經驗的道路，积累了大量的統計数据和各种系数；流体力学則长期来是一門純粹的数学科目，仅在20世紀中，才开始由实验丰富起来，促进了它的迅速发展；建筑力学和土力学对水利工程中常遇到的巨型结构(块体结构)理論，粘性和非粘性地基的物理和力学性能，坝与地基的摩擦系数等等，还是薄弱环节，均有待进一步地深入研究。因此，在水工学的基础科学中，对实验和在自然界中进行观测的研究，就显得更加重要了。

目前对水工建筑物进行学习和研究的方法可归纳为以下几种：

首先，学习前人取得的理論成就或分析比較已建成的建筑物，运用这些間接知識来解决問題。

对各种問題进行理論研究的方法是确定水工建筑物的内部和外部相互联系和規律性，借以进行水工建筑物的設計計算，以确定其尺寸，試图不必通过实验和建造模型即可求得問題的解决。

根据水工建筑物的复杂性，解决同一問題可有几种不同的途徑，常提出各种不同的方案进行比較，选择其中經濟上較为合理，技术上較有可能的作为最优方案，然后再深入作理論分析和試驗研究工作，此种方法即称为方案比較法。其中包括統計法和类比法。

統計法是总结多次采用过的结构类型的数据和求得其統計关系，以便参考利用。这种方法反映的是技术的“昨天”及过去的情况，使用时应当慎重，必須考虑到这方面理論和实践的未来发展趋势。

类比法是一种最原始的方法，但在具体情况下，能正确地运用时却是很可靠的。此法在于将实际采用过的解决方案或构造，利用于条件相似的或同样的某种情况。采用此法时也应该慎重从事，因为一方面在水工建筑物設計中，建筑物的自然条件很少有完全相同者，另一方面也很容易陷入保守主义的圈子里，因而拒絕寻求新的方案。但对經常重复采用的结构或其細部的标准設計或定型設計，使用类比法最为有效和节省工作量。

其次，由于人們实践認識的不足，对經驗不够或尚不成熟的一些問題，必需用試驗观测的方法进行研究，获得直接的知識，探求問題的解决。一般可分为室内試驗和室外試驗。

室內試驗包括驗證試驗和模型試驗。前者是用來驗證某種理論或根據一系列的試驗確立一種理論；後者是将建築物做成幾何相似的模型或變態模型在實驗室中進行試驗，在模型上量測出未知數如液體壓力、流速、變形等。

室外試驗和原型觀測是借已建成或正在建造的水工建築物進行試驗和觀測，利用這種方法以校核建築物的設計理論和計算數據的正確性，並積累充實研究理論的新數據，符合於實踐——理論——實踐的這一認識的發展過程。由於室內試驗範圍和精度的限制，目前發展多趨向於室外現場試驗和觀測，但其費用一般較貴。

第二節 水利樞紐的一般概念

一、水利樞紐

為了滿足國民經濟各部門所提出的任務和要求，需要建築不同的水工建築物。如果把它們有機地組合起來，就能發揮更高的使用效果，而且對建築施工管理也非常有利。這些建築物的綜合體，被稱為水利樞紐。這是由於水利措施的綜合性和水利問題的複雜性所致。常由許多普通的和專門的水工建築物聯合組成。

根據各種水利事業的目的而修建的壅水樞紐可以分為：

(1) 灌溉取水樞紐 用以保證渠道、輸水管、輸水隧洞從河中或水庫中取水的樞紐。

(2) 發電樞紐 其目的是為了取得水能。在樞紐組成中包括直接利用落差得到動能的水電站等。

(3) 航運樞紐 其主要用途是為水運服務，在樞紐中有航運建築物，用以通過船舶或木筏。

(4) 防洪蓄水樞紐 其用途在於重新分配樞紐下游河段的流量，例如為了防洪和供水的目的，水庫在洪水期內攔蓄一部分洪量，減免下游水災的發生；在枯水期則根據需要再將水庫中的水泄放下去，使下游河床減低洪水流量，增加了枯水流量。

根據水利措施的綜合性，水利樞紐按其組成又可分為：航運發電樞紐，航運取水樞紐，發電取水樞紐以及發電取水航運樞紐等等。

為了對水工建築物與水利樞紐的組成有一個概括了解，舉出幾個樞紐的例子作參考。

圖0-1所示為航運發電樞紐。擋水前沿為三段不泄水的非溢流壩2、3、4，船閘5和水電站廠房6所構成。連接邊墩8、9把非溢流壩與溢流壩連接起來，隔墩7作為非溢流壩與電站廠房的連接。

圖0-2所示為中水頭航運發電取水樞紐。主要擋水建築物有非溢流土壩1，河岸溢洪道2，以及為取水而修築的進水口3。木製輸水管4將水引至水電站廠房5。並設有木材拖運道6。

圖0-3所示為高水頭發電樞紐。混凝土重力壩1為擋水建築物，其上設有高壩的溢洪道2，管狀泄水孔3，電站進水用的壓力水管4及電站廠房5。

從上述三個樞紐的例子可以看到，不論樞紐的任務、性質如何，其中都包括了壩、泄洪和放水建築物三個部分，通稱為三大件。是樞紐中一般性的建築物。其他則根據樞

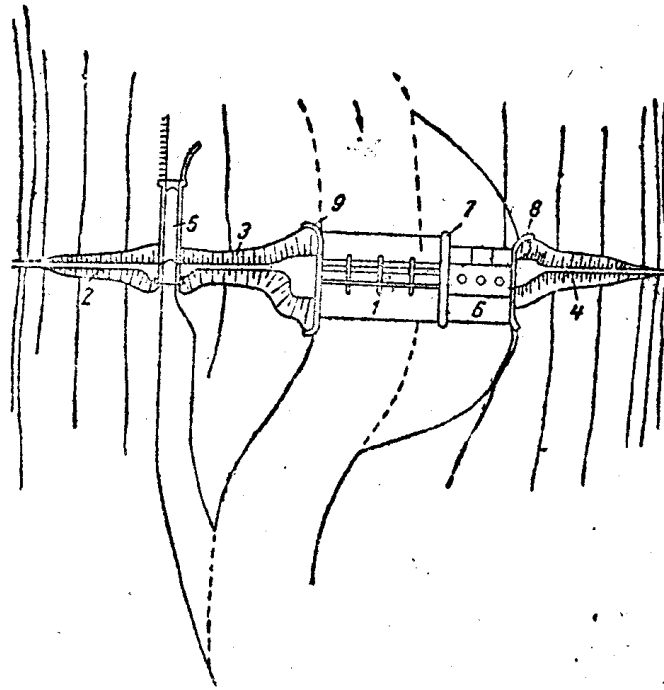


图 0-1 平原河流上中水头航运发电枢纽

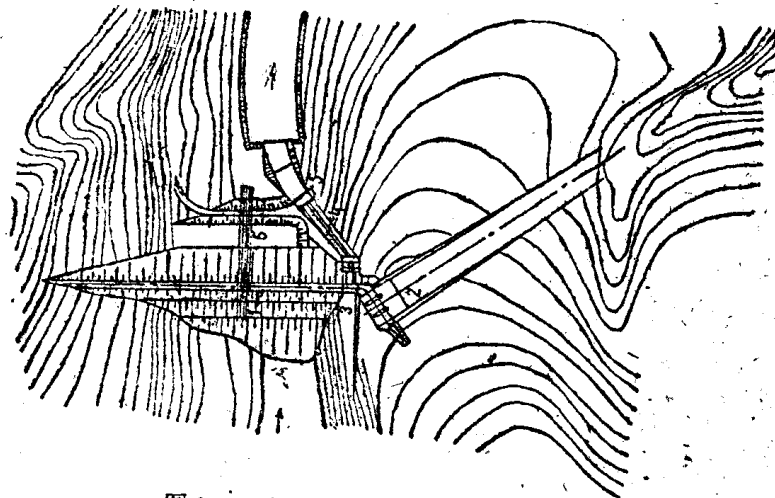


图 0-2 山区河流中水头航运发电枢纽

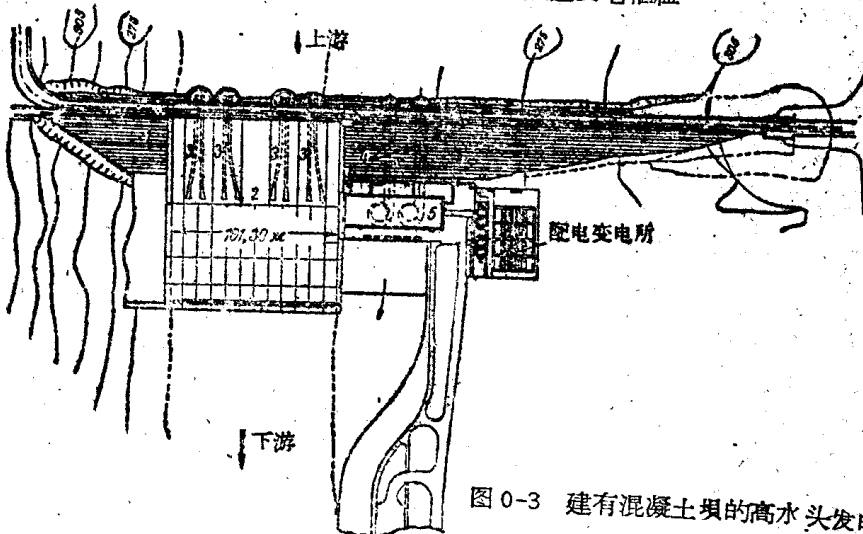


图 0-3 建有混凝土坝的高水头发电水力枢纽

紐的用途不同而成为专门性的建筑物。

二、水工建筑物的分类

1.按水工建筑物对河川或水流作用的特性，或按水流对建筑物的作用情况，可把水工建筑物区分为：

I. 壅水或挡水建筑物 用以造成水头和承受水压，在这种建筑物前面，通常都拦蓄着很大容积的水量。属于这类建筑物的有河流、湖泊、海洋上的坝、堤、闸以及拦截河流的各种建筑物。

II. 整治建筑物 用途是调整河床内水流通过的条件和水对河床和河岸的作用；防护湖泊和海洋中的波浪对沿岸的作用等。属于此类建筑物的有护岸和护底建筑物，导流堤，拦砂建筑物，防波堤及防冰墙等。

III. 输水建筑物或输水道 其用途为把水从某地引到或排往另一地区。如渠道，隧洞，水槽和输水管道等。

IV. 取水建筑物或进水口 其用途在于从河流或水库、湖泊、海洋中取出所需的水量，以导入输水道。如灌溉进水闸、取水塔等。

V. 泄水建筑物或泄水道 其用途为排泄水库、池塘、渠道、压力前池中的剩余水量。如溢洪道、泄水孔、放水孔和渠道退水等。

2.按水工建筑物的用途可分为一般性的建筑物和专门性的建筑物。前者应用于水利事业中某些部门或所有部门；而后者则仅应用于某一部门以作为实现其特定任务而修建的水工建筑物。

一般性的水工建筑物中包括有：壅水建筑物、输水建筑物、取水建筑物、泄水建筑物和整治建筑物等。

属于专门性的水工建筑物有：

I. 水力发电建筑物 在利用河流、湖泊等水能时采用，如水电站厂房、压力前池、调压塔(井)及其他。

II. 水运的水工建筑物 其用途为保证通航和浮运事业的正常进行。包括通航船闸，升船机，停泊建筑物，港口防护建筑物，航标，木材浮运建筑物等。

III. 土壤改良的水工建筑物 属于此类的有取水设施、节制闸、沉砂池、灌溉网和排水网，量水设备和分水闸等。

IV. 给水和排水的水工建筑物 包括有进水闸、抽水站、过滤设备、冷却池、喷水池和净化设备等。

V. 发展渔业用的水工建筑物 有鱼道、举鱼机、鱼梯和养鱼池等。

此外，水工建筑物尚可按其重要性和使用年限分类：

按重要性可分为：(1)主要的水工建筑物，如坝、水电站厂房等；(2)次要的水工建筑物，如挡土墙、堤防、渠道的护面等；(3)辅助的水工建筑物，如围堰、栈桥、模板等。

按使用年限可分为：(1)永久性的：使用在5年以上者；(2)临时性的：使用在5年以下者以及所有辅助建筑物均属此类。

3.水利水电工程按其在国民经济中的作用和生产能力划分为五等，各种用途的水利

水利工程的等別应經主管計劃部門批准确定，下表范围仅供参考。

表 0-1 水利水电工程等別表

工程 等 別	工 程 用 途		
	水 力 发 电	灌 溉、排 水	防 洪
	电站容量(万千瓦)	灌溉或排水面积(万亩)	下游防护地区性质或农田面积(万亩)
1	大于50	大于500	1.主要城市或重要工农业区; 2.农田大于1,000
2	50~5	500~100	1.次要城市或次要工业区; 2.农田1,000~200
3	5~0.5	100~10	1.一般城镇及人口較密农业区; 2.农田200~20
4	0.5~0.05	10~1	20~2
5	0.05和0.05以下	1和1以下	农田2~2以下

有了建筑物所属工程的等別及其作用和使用年限，則建筑物的級別也就可以根据其不同的特性按下表确定：

表 0-2 建筑物級別規定表

建 筑 物 特 性		等 別				
		1	2	3	4	5
		級 別				
永久性的	1.主 要 的	I	II	III	IV	IV
	2.次 要 的	III	III	IV	IV	V
临时性的	1.主要的(使用年限少于5年)	III	III	IV	IV	V
	2.次 要 的	IV	IV	IV	V	V
	3.輔 助 的	IV	IV	IV	V	V

三、坝 的 分 类

由上述分类，可知拦河坝是枢纽中一般的最重要的和永久性的水工建筑物，同时，拦河坝的设计和施工原則对其他各种壅水建筑物同样适用，因此，本教材将詳細地叙述拦河坝和壅水水利枢纽以及与此有关的一般建筑物，如：溢洪道、隧洞等；至于专门建筑物中的航运和过木、过鱼等建筑物只作简单的介绍，而水力发电站和给水、排水等专门性和整治建筑物将在有关的教材中詳細叙述。

拦河坝可以用不同的材料建造，而且型式和构造也是多种多样的，就地取材是决定坝型的主要原則。为便于研究，我們按一定的特征把坝分成几类：

1. 按筑坝材料分类:

1) 土坝 用砂土、砂性粘土、粘土以及其他土壤建成。是比较古老的坝型, 由于土力学等科学的发展, 得到了广泛的应用, 也是目前采用最多的坝型之一。

2) 堆石坝和干砌石坝 这种坝不用胶结材料, 由石料堆筑或干砌而成, 正在施工中的最大高度已达 155 米以上。

3) 土石坝 用土和石料堆筑成的。

4) 砌石坝 这种坝用浆砌块石筑成, 以前采用较多。现在由于砌筑过程不能广泛采用机械化, 所以建筑较少。

5) 混凝土及钢筋混凝土坝 是普遍采用的一种坝型, 可以作成溢流的与非溢流的, 其中有些坝型可以修建在任何基础上, 有些坝型则仅可修在岩石基础上。

6) 木坝 这种坝宜修在盛产木材的地区, 通常都用木框填石或填土构成, 高度较低, 已建成的最大高度为 21.5 米。

7) 钢坝 由钢肋墩和盖面板所构成, 应用并不普遍, 根据记载世界上仅作过几座钢坝。

8) 杂料坝 这种坝是由各种不同的土、石或其他材料筑成。有的是临时性建筑物, 有的是永久性建筑物。

2. 按坝的构造特征分类:

1) 重力坝 这种坝具有很大的重量, 沿坝基造成了足够的摩擦力, 使坝在承受水平水压力后不致产生滑动。大体积混凝土坝是典型的重力坝(图 0-4, a), 土坝、堆石坝和某些填石木坝也属重力坝的范畴, 但一般所谓重力坝则多指大体积混凝土坝或砌石坝。

2) 拱坝 这种坝在平面上呈凸向上游的拱形, 水的压力经拱座传到河谷两岸的岩石上。多用混凝土、钢筋混凝土、石料等筑成(图 0-4, b)。

3) 支墩坝 水的压力经挡水盖板或拱传到支墩上。这种坝可用钢筋混凝土、混凝土、木料或金属等作成(图 0-4, c)。

4) 锚定坝 如图 0-4, d 所示, 这种坝的抗滑稳定在很大程度上由插入地基土层中的结构来保证(如桩或板桩以及锚定深齿等)。

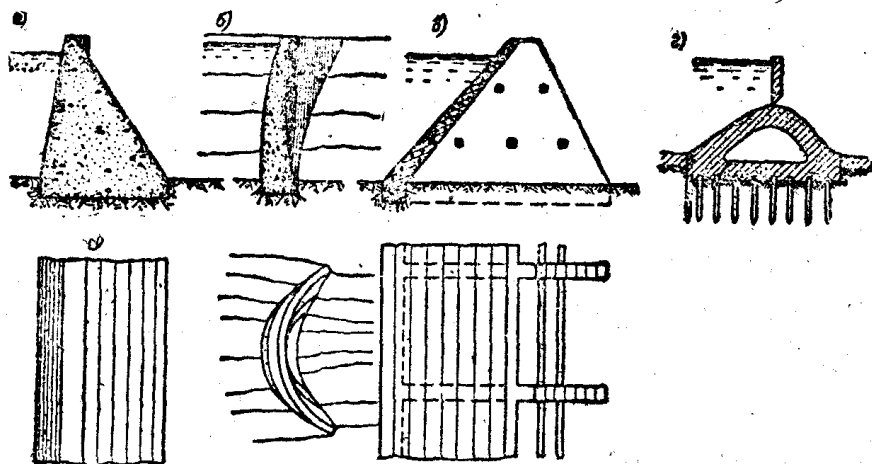


图 0-4 拦河坝主要构造类型示意图

a—重力坝; b—拱坝; c—钢筋混凝土平板肋墩坝(撑墙坝); d—锚定坝(附桩基)。

3. 按泄水条件分类:

河水可经过拦河坝或水力枢纽中的其他建筑物泄向下游。不溢水的拦河坝称为非溢流坝，溢水的则称为溢流坝或滚水坝。河水也可由坝身内的深式泄水道泄向下游，其工作情况与压力水管相同(0-5, 6、6)。

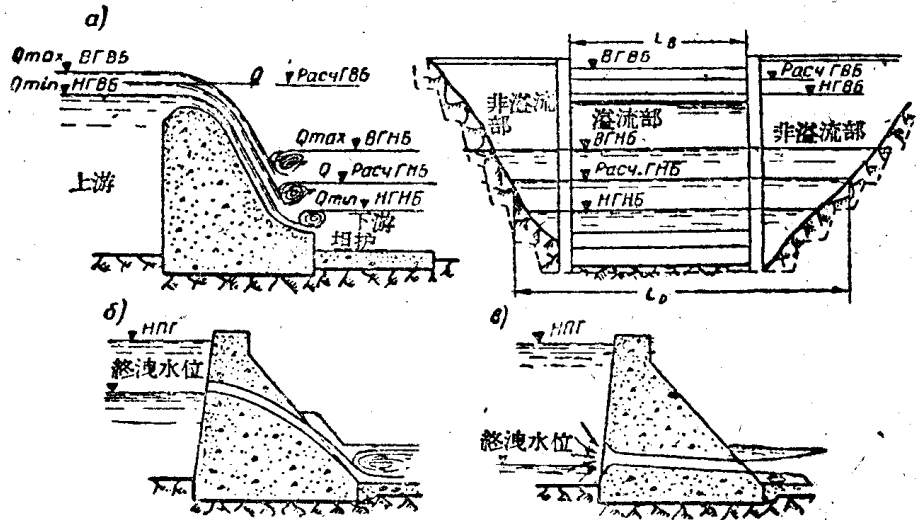


图 0-5 拦河坝内泄水孔的各种类型

a—溢流式；b—深孔泄水孔；c—底孔。

深式泄水孔位于上游水位以下一定的深度，其底槛位置通常表示水库水位下降的界限，如果底槛靠近河床，就称为底孔(图0-5, c)，可用以放空水库。

溢流坝通常设有闸门，借闸门的启闭大小可调节溢水流量和上游库水位。溢流坝也可以不设闸门，如果枢纽中没有其他孔道，这时上游水位变化将取决于经溢洪道的泄水能力(图0-6, a)，因而对上游水位和下泄流量不能起调节作用。坝的泄水孔总是装有闸门而有利于调节。

在低水头水利枢纽内，当坝上游的正常挡水位不超过或稍许超过洪水时期的水位时，则多将坝的底槛做得很低，孔口较大。当孔口完全开放时，几乎不致缩狭河床的过水断面(图0-6, b)。

由于溢流槛的高低不同，溢流坝又可分为两种：

1) 高槛式拦河坝(图0-6, a)，其中：

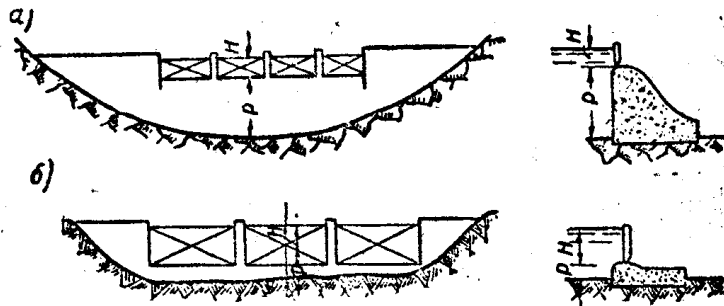


图 0-6 溢流坝

a—高槛式溢流坝；b—低槛式溢流坝。