

高等学校交流讲义

# 水工建筑物

上册

武汉水利电力学院 水工结构教研组编  
农田水利工程建筑物教研组

只限学校内部使用



中国工业出版社

高等学校交流讲义



# 水 工 建 筑 物

上 册

武汉水利电力学院水工结构教研组编  
农田水利工程建筑物教研组

中国工业出版社

本书分上下册出版。上册包括绪论及总论、蓄水枢纽的水工建筑物（其中航运建筑物及蓄水枢纽两章列入下册）两篇；下册包括取水枢纽的水工建筑物和渠道系统上的水工建筑物两篇，并附有水工建筑物的观测研究。书中内容力求贯彻理论与实践统一的原则，适当地反映现代水利科学技术的成就，并对当地材料坝蓄水枢纽、取水枢纽和渠系上的水工建筑物作了比较详细的阐述。

本书是适应农田水利工程专业及治河防洪工程专业的教学用书的需要而编写的，也可供其他水利专业的师生和水利工程技术人員参考。

## 水 工 建 筑 物

上 册

武汉水利电力学院 水工结构教研组編  
农田水利工程建筑物教研组編

水利电力部办公厅图书编辑部編輯（北京阜外月坛南营房）

中国工业出版社出版（北京佟麟阁路丙10号）

（北京市书刊出版事业许可证出字第110号）

中国工业出版社第四印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行·各地新华书店經售

开本 $787 \times 1092^{1/16}$ ·印张 $14^{1/8}$ ·字数335,000

1961年7月北京第一版·1964年1月北京第四次印刷

印数5,947—7,459·定价（10-5）1.70元

統一书号：K15165·447（水电-66）

## 編者的話

1958年教育革命以后，我們开始使用自編的水工建筑物讲义。三年来，經過几次的試用与修改，逐步形成了本书的初稿。1961年3月高等学校水利电力类教材工作會議选定本教材初稿作为全国农田水利工程专业及治河防洪工程专业的教学用书以后，又进行了加工，但由于時間紧迫，沒有进行較大的变动。

在几年来的編写与修改的过程中，曾力求貫徹理論与实践統一的原則，并适当地結合生产、結合专业、反映現代水利科学技术的成就，同时也重視了在規划設計中如何体现党的方針政策的問題。本教材內容，除水工建筑物設計的基本理論和方法外，对于它們的工作条件、性能特点、細部构造、設計数据的分析和运用、各种建筑物的相互联系、規划設計的步驟和要求等，都有所論述。但由于我們的理論水平不高和实践經驗不足，在这方面作得还很不够。

由于篇幅和教学时数的限制，某些在教学上不甚必要的內容即未編入；某些章节中的部分內容用小字排印。对于这些內容，可根据教学时数的多少并与其他有关課程相互配合，以定取舍。

在体系的安排上，除了第一篇总論之外，我們把所有水工建筑物归納为蓄水樞紐的水工建筑物，取水樞紐的水工建筑物和渠道系統上的水工建筑物等三篇。这种分篇方式对于某些建筑物(如航运建筑物、隧洞、涵管等)，可能并不十分恰当，但这样处理便于使学生获得各种水工建筑物相互配合、協同工作的概念，并便于适应专业的性质，将后两篇适当地加强。在蓄水樞紐的水工建筑物一篇中，我們把土坝、堆石坝、河岸溢洪道、隧洞及涵管等章摆在前面。通过这几章的讲授，使学生对所学专业中常見的当地材料坝蓄水樞紐尽早地形成一个完整的概念。根据我們的教学实践，认为这样作还是比较恰当的。

在这次編写工作中，为了加强有关課程的配合，貫徹少而精的精神，本书沒有把习惯上列入本課程內容的閘門一章包括进去，而将它編入鋼木結構的教材中。这样作是企图解决以往这两門課程的重复脫节現象，但也可能带来新的課程配合問題，尙待进一步研究解决。

本书附加了水工建筑物的观测研究的内容，以便在教学时数允許的条件下进行讲授，以提高学生从事水工建筑物的設計管理和研究工作的能力。

如上所述，本书主要是针对农田水利工程专业及治河防洪工程专业的教学需要而編写的，对于其他水利类专业或有关工程技术人員，也可作为参考用书。

最后，应该說明，由于我們的水平有限，編写的時間也比较匆促，缺点和錯誤在所难免，热誠地期待着讀者，特别是兄弟院校有关教研組的同志們，給予批評和指正。

武汉水利电力学院 水工結構教研組  
农田水利工程建筑物教研組

1961年5月

# 目 录

## 編者的話

## 緒論

- §0-1 水利工程、水工建筑物及其与国民經济建設的关系..... 3
- §0-2 我国水利工程和水工建筑物的特点..... 4
- §0-3 我国水利建設事业的成就和水利科学技术的发展..... 6

## 第一篇 总 論

- 第一章 水工建筑物与水利枢纽**..... 9
  - §1-1 水工建筑物的特点..... 9
  - §1-2 水利工程的分等和水工建筑物的分級..... 10
  - §1-3 水工建筑物的設計..... 11
  - §1-4 水工建筑物的科学基础和研究方法..... 12
- 第二章 水工建筑物上的作用力**..... 13
  - §2-1 作用力的分类及組合..... 13
  - §2-2 作用力的計算..... 14

## 第二篇 蓄水枢纽的水工建筑物

- 第三章 土坝**..... 23
  - §3-1 概說..... 23
  - §3-2 土坝的地基及其处理..... 27
  - §3-3 土坝的断面尺寸及构造..... 29
  - §3-4 土坝的滲透..... 40
  - §3-5 土坝的穩定..... 50
  - §3-6 土坝的材料..... 57
  - §3-7 土坝的坝型选择..... 60
  - §3-8 溢流土坝..... 63
  - §3-9 土坝的加高培厚..... 68
  - §3-10 水中填土坝..... 71
- 第四章 堆石坝**..... 76
  - §4-1 概說..... 76
  - §4-2 堆石坝的断面尺寸及构造..... 79

- §4-3 混合式坝..... 85
- §4-4 堆石坝的滲透計算、穩定分析及沉陷变形..... 87
- §4-5 堆石坝的适用条件及坝型选择..... 89
- 第五章 河岸溢洪道**..... 91
  - §5-1 概說..... 91
  - §5-2 开敞式河岸溢洪道..... 93
  - §5-3 側槽溢洪道..... 101
  - §5-4 豎井式溢洪道..... 103
- 第六章 隧洞及涵管**..... 106
  - §6-1 水工隧洞的分类及适用条件..... 106
  - §6-2 水工隧洞的山岩压力及彈性反力..... 108
  - §6-3 水工隧洞的断面形式及尺寸..... 111
  - §6-4 水工隧洞的衬砌..... 113
  - §6-5 水工隧洞的进出口和路綫选择..... 123
  - §6-6 涵管..... 128
- 第七章 重力坝**..... 136
  - §7-1 概說..... 136
  - §7-2 重力坝的断面形状及坝体构造..... 138
  - §7-3 岩石地基上重力坝的穩定計算..... 156
  - §7-4 重力坝的应力計算..... 159
  - §7-5 坝内孔口及廊道的应力計算..... 167
  - §7-6 重力坝对地基的要求及其处理..... 172
  - §7-7 預应力及装配式混凝土坝..... 177
- 第八章 拱坝**..... 182
  - §8-1 概說..... 182
  - §8-2 拱坝的类型及坝体輪廓布置..... 185
  - §8-3 拱坝的計算..... 192
  - §8-4 拱坝的細部构造..... 200
- 第九章 支墩坝**..... 204
  - §9-1 概說..... 204
  - §9-2 平板坝..... 205
  - §9-3 連拱坝..... 215
  - §9-4 大头坝..... 224

## 緒 論

### § 0-1 水利工程、水工建築物及其与国民經济建設的关系

水是人类生产和生活必不可少的宝贵資源之一，它和人类社会有着十分密切的关系。

地球上水的蘊藏量达13亿立方公里。其中，与人类社会关系最为密切的河川水流虽只占很小一部分，但每年河川的总径流量仍达3万立方公里。我国地域辽阔，河流縱橫，正常的年径流量达2,500立方公里以上，水利資源极为丰富。

上述的巨大水量在時間上和地区上的分布是很不均匀的。如果听任水流完全維持其自然状态，則不仅不能按照人类对水的需要适时、适地、适量地加以利用，而且也很难避免天然洪水所引起的巨大灾害。因此，为了控制和利用天然的水利資源，达到兴利除害的目的，就必须付出一定的劳动，采取各种必要的措施；而各种措施的綜合就形成国民經济中一項十分重要的事业——水利建設事业，如农田水利、防洪治河、水力发电、水道港口、漁业水利等。在水利事业的各項措施中，主要的一項是工程措施——水利工程，而水利工程一般是由若干个水工建築物組成的。

水利工程及其建築物所具体体现的水利建設事业是工农业建設的一个重要的組成部分，它和工农业的发展有着非常密切的关系。

早在土地革命时期，毛主席就指出了“水利是农业的命脉”。1958年，毛主席又总结了农民的增产經驗和解放以来农业技术改革的經驗，系統地提出了农业“八字宪法”，“水”是其中重要的一条。农业生产的实践証明，水利是发展农业的根本条件之一。我国解放以来水利事业的飞跃发展，对农业的增产起了巨大的推动作用。

建国十多年来，我国工农业建設的跃进和电力建設的高速度发展是分不开的。1949年到1959年十年間，我国的发电設備容量增长了3.6倍；其中，水电設備容量的比重的增长更大。丰富的水利資源和优越的建設条件使我国的水电建設有着十分广阔的发展前途，它在整个国民經济中的作用将日益增大。

航运事业有着运输量大、运费低廉的特点。我国地域辽阔，较大河流有1,600余条，海岸綫长达一万多公里。水道港口的建設，在促进工农业发展和物资、文化交流等方面都将日益发挥其应有的作用。

城市建設、漁业生产等也都和水利建設有着十分密切的关系。

特別應該指出的是，大規模的水利工程及其建築物，在与其他措施的密切配合下，不仅能在国民經济建設中发挥其直接的效益，而且可以改变风沙、干旱、低湿、盐碱等地区的自然条件，变沙漠为綠洲，变低产田为高产田，为提高人民的生活水平創造有利的条件。

人类从开始在地球上生活以来，就不断地进行着除水害兴水利的斗争。随着对水的变化規律了解的日益深刻和全面，人类与水的斗争也逐步由被动轉为主动，由初期的逃避、适应，轉变到积极地控制与利用。水工建築物，作为直接实现水利事业的手段，作

为控制和利用水的工具，也是由初級到高級，由不完善而逐步到完善。然而，在旧社会中，和其他生产措施一样，水利建設主要为剝削阶级所掌握，这就必然严重地影响到水利资源的合理开发和水利科学技术的迅速发展。只有在无比优越的社会主义制度下，水利建設才是从滿足广大劳动人民生产和生活上的需要出发的，才有可能在进行水利建設时，根据水利资源綜合利用的原则，正确地解决防洪、灌溉、发电、航运等各个水利部門之間的关系，大中小型、上中下游、干支流、点綫面之間的关系，局部利益与整体利益、当前利益与长远利益之間的关系，以及安全、經濟和便于运用管理之間的关系。

## § 0-2 我国水利工程和水工建筑物的特点

我国水利资源虽极丰富，但由于地域辽阔，气候差异，水量在時間上和地区上的分布都很不均匀。西北、內蒙古雨量稀少而蒸发量大，缺水情况比較严重；华北、黄河中游、淮河平原和东北松辽平原的雨量虽基本上能滿足作物生长的需要，但由于在時間上分布不均，往往形成旱涝灾害；江南地区雨量充沛，但由于降雨季节与作物生长季节不够适应，也存在着不同程度的旱涝問題。此外，由于过去长期的封建統治和国民党的反动統治，森林破坏，水土流失，更使水旱灾害頻繁和加剧。因此，兴修水利，战胜干旱、洪涝等灾害，对我国农业生产具有特殊重要的意义。为此，必須修建大量的取水和灌溉系統上的水工建筑物。此外，由于在時間上和地区上水量不均的特点，蓄水、調洪和跨流域引水的水工建筑物也将有十分广闊的发展前途。

我国地域辽阔、自然条件悬殊的特点，对水工建筑物的类型和結構也提出了显著不同的要求。中南、西南和东南地区，有很多条件优良的峡谷，适于修建高水头的水利枢纽，其經濟指标和动能指标是很优越的。但由于峡谷狭窄，流量大，也就为施工导流和泄洪带来一定的困难。在这些地区，一般适于修建重力坝、大头坝等可以从坝頂泄洪的水工建筑物；在地质条件允許的情况下，更适于修建拱坝。但其中也有不少地方，地质条件复杂，結合其他具体条件，修建当地材料坝的經濟性和可能性往往是首先必須加以考虑的；在現代水利科学技术迅速发展的情況下，使用定向爆破等新的筑坝技术来修建当地材料坝的可能性将更大些；在这种情况下，隧洞和地下建筑物也必然广泛地被采用。至于在广大的华北、西北和东北地区，既有山区和丘陵，又有高原和平原；既有岩石地基，又有砂土地基；而黄河流域的冲积黄土，又有其在工程上的特点。随着我国农业水利建設的迅速发展，在这一广大地区，将出现众多的中、低水头的閘、坝、灌溉建筑物和航运建筑物；它們都将因地形、地质、建筑材料而各自有其不同的特点。以上說明，我国的水工建筑物在建筑規模和結構形式等方面都是多种多样的。

泥沙問題的复杂性是我国河流的一个显著特点。华北、西北各河流每年向海洋輸送着大量的泥沙。例如，黄河每年經陝县带到下游和海口的泥沙平均达92,000万立方米之多。这就为水利工程和水工建筑物的建設带来了一系列的問題。例如，水庫的淤积影响到有效庫容的利用，渠系的泥沙为管理工作增加了沉重的負担；河道的整治也必須适应多沙善淤这一突出的特点等。千百年来，人們只看到泥沙的危害性，而不可能采取必要的措施以控制其产生并有效地加以利用。只有在党的领导下，在社会主义制度下，在辯証唯物主义世界觀的指导下，才有可能制定并贯彻执行控制和利用泥沙的正确方針。从水工建筑物这一学科的角度來說，如何进一步总结提高群众在自力更生、就地取材的情况。

下修建水土保持工程的經驗，如何适应水庫异重流排沙的要求等等来探求水工建筑物的合理布置和结构型式，如何利用施工时期截流拦淤来形成天然的防渗斜墙与鋪盖并进而探求利用截流拦淤筑坝的可能性，如何利用水流的自然規律进行取水建筑物的总体布置和结构设计以防止或减少泥沙入渠，如何采取经济合理的工程措施来控制渠系的泥沙并把肥沃的細泥輸送到农田中去，如何根据多沙河流的特性和经过水土保持、水庫拦淤后河水变清所带来的影响以采取正确的河道整治工程措施。这一切，都是我国水工建筑工作者所面临的必須解决并已在不同程度上取得实践和研究成果的問題。

### § 0-3 我国水利建設事业的成就和水利科学技术的发展

同其他科学技术一样，我国在水利建筑方面，也有着十分悠久的历史与光輝的成就。在治河防洪方面，早在春秋战国时代，我国即已普遍建筑堤防；西汉时即曾利用“长四丈大七围”的竹籠装石进行堵口；黄河特有的埽工，北宋时即有較成熟的經驗。在农田水利方面，据史书记載，夏商时我国即有成型的灌溉系統；秦代开凿的都江堰工程，包括一系列的分水、护岸、泄水、排沙及进水等建筑物，其布置形式基本上符合近代水利科学技术所揭示的水流客观規律，两千余年以来，经过不断的維修，一直工作良好。在航运方面，春秋时代我国即有以太湖为中心的人工运河的开凿；連貫湘漓二水的灵渠，初建于秦始皇时，設有用来分水、壅水的鐮堤和用来溢水的大小天秤，渠道在平面上布置成弯曲形式以减小水流坡降，唐代又修建了斗門18道（以后又增建为36道）以利航行；元代基本完成的南北大运河，对沟通南北交通，作出了巨大的貢獻。我国沿海的海塘工程开始于汉代，其后历代不断有所改进，如五代的竹籠装石海塘、宋代的柴塘、元代的石圍木柜塘、清代的魚鱗大石塘等。

我国古代劳动人民虽然在水利工程和水工建筑物方面积累了丰富的經驗，但由于长期的封建統治，水利工程得不到应有的发展。特别是国民党反动統治时期，不仅很少修建新的水利工程，而且不少原有的水利工程，也由于缺乏养护而日趋荒废，有的还遭到人为的破坏。全国解放前，我国灌溉面积仅有2.4亿亩，水电站数量則更少。

解放后，勤劳勇敢的中国人民，在党和毛主席的英明领导下，开展了大規模的水利建設，在短短的十多年內取得了輝煌的成就。

解放后，党十分重视与关怀水利建設。在国民經济恢复时期的开始，党就指出，当时水利建設的重点任务是：“在受洪水威胁的地区应着重于防洪排水，在干旱地区则着重于开渠灌溉，以保障与增加农业生产。同时应加强水利事业的調查研究工作，以打下今后长期水利建設的基础。”<sup>①</sup>1950年毛主席提出“一定要把淮河修好”的伟大号召。1951年起，中央又指出水利建設的总方向应由局部治理轉向流域规划，由临时性工程轉向永久性工程。在这些方針政策的指导下，这一段时期內，加高培厚了长江、黄河的堤防，兴建了荆江分洪工程，在淮河干支流上修建了白沙、板桥、石漫滩等一系列的山谷水庫，有效地減輕了洪水的灾害。1952年，随着全国范围内土地改革的基本完成，农民群众的积极性空前高涨，出现了水利建設的高潮，一年之間就增加了灌溉面积4000万亩。总计这一时期，扩大了农田灌溉面积8000万亩，修复与改建了东北及西南地区的一

① 李葆华 “当前水利建設的方針和任务”在全国各解放区水利联席會議上的报告，1949。



些水电站，同时着手新建另一些水电站，为后来开展更大规模的水利建设，准备了条件。

第一个五年计划时期（1953年～1957年）的水利建设，是“积极从流域规划入手，采取治标治本相结合、防洪排涝并重的方针，继续治理为害严重的河流，同时积极兴办农田水利，以逐渐减免各种水旱灾害，保证农业生产的生长。”<sup>①</sup>在这一时期，继续进行了治淮工程，完成了南湾、薄山、佛子岭、梅山等山谷水库和三河闸、高良涧进水闸以及中下游河道治理工程；同时进行了永定河、辽河等的治理和开发。这一时期的农田水利工程也得到迅速的发展，同时还制定了不少河流的流域规划。

1958年以来，在总路线、大跃进、人民公社三面红旗的光辉照耀下，我国的水利建设取得了更大的发展，修建了蓄水1亿立方米以上的大型水库上百座、万亩以上的大型灌区数千处，中小型灌、排工程则更多。很多大型水电站相继施工，农村水电站也得到了迅速的发展。

随着水利建设事业的发展，我国在水工建筑物的设计、施工和科学研究方面也有不少的发展和创造。遍布全国的小型工程和南湾、薄山、官厅、狮子滩等大中型水库都采用了当地材料坝。通过这些工程实践和科学研究，逐步摸索出了解决当地材料坝筑坝技术中某些复杂问题的途径，例如，对定向爆破筑坝和水中填土筑坝，取得了一定的经验；对砂砾地基上筑坝的防渗问题也摸索出了一套解决办法。在松软地基上建造水工建筑物，也取得了许多经验，例如不打或少打桩基、预压加固、利用深层爆炸震密处理饱和松散地基等。在混凝土坝方面，根据具体条件，曾采用了重力坝、空心重力坝、宽缝重力坝、大头坝、平板坝、连拱坝、拱坝等多种坝型，并在应力、稳定、振动、温度控制等方面改进了已有的计算方法。在地下建筑物方面，我国已修建了若干个地下厂房；在大直径水工隧洞的设计和施工方面也积累了不少经验。水工建筑物的试验研究，在我国有了显著的发展；建立了不少试验研究基地，并开展了原型观测；应力试验方面，如偏光弹性试验（平面的及三向的）、轻质混凝土立体模型试验、印刷胶延伸网格试验等，也已应用；水力试验方面，对于较重要的工程，大都进行了水工模型试验，保证了设计的质量；还针对我国适于修建高坝及大型水电站的特点，展开了高速水流问题如消能、掺气、气蚀、脉动、振动等方面的研究；轻型坝溢流问题，也进行了试验研究并取得了实践经验；针对我国河流多沙的特点，还进行了挟沙水流基本理论及其实际应用方面的研究；原型观测方面，如仪器的设计、制造、布置、安装等，也都有了一定的发展。

虽然我国在水利建设和水工建筑物的设计施工和科学研究等方面获得了很大的成就，但为了满足社会主义建设的需要，彻底消灭水旱灾害，综合利用水利资源，还必须进行十分艰巨的工作。我们深信，我国人民在党和毛主席的英明领导下，继续高举总路线、大跃进、人民公社三面红旗，自力更生，勤学苦练，一定能够克服任何困难，多快好省地进行水利建设，攀登水利科学技术的最高峰。

<sup>①</sup> 周恩来，“在第一届全国人民代表大会第一次会议上的政府工作报告”，1954。

# 第一篇 总 論

## 第一章 水工建筑物与水利樞紐

### §1-1 水工建筑物的特点

水利事业的范围十分广泛，因而水工建筑物的类别也相当众多。根据水工建筑物的作用，可以分为：挡水建筑物(如拦河坝、閘及堤防\*等)，取水建筑物(如开敞式进水閘，深式进水閘等)，輸水建筑物(如渠道\*、渠系上的建筑物等)，泄水建筑物(如溢洪道，深式泄水道等)，整治建筑物\*(如丁坝、順坝等)，力能建筑物\*(如水电站厂房、水力站厂房等)，水运建筑物(如船閘、筏道等)以及魚业建筑物(如魚閘、魚道等)。

上述各种水工建筑物，往往不是单独存在的。为了充分控制和利用水流，达到全面综合利用的目的，时常将若干个建筑物配合在一起，形成协同工作的綜合体——水利樞紐。水利樞紐也因其功用、主要建筑物的材料、水头的大小而分为：蓄水樞紐，取水樞紐；当地材料坝的樞紐，非当地材料坝的樞紐；高水头、中水头和低水头的水利樞紐等。

水工建筑物有一些不同于其它建筑物的特点，理解并掌握这些特点将有助于我們正确地解决水工建筑物的設計和施工問題。这些特点是：

一、水工建筑物經常承受着水的作用。巨大的靜水压力对水工建筑物的滑动稳定有着特别重要的意义，它在很大程度上影响建筑物的形式、构造和尺寸。此外，还可能有波浪的压力、地震时水的激蕩力、結冰时的冰压力、渗透水流对建筑物及其地基的作用、高速水流的作用、水对木材及金属结构的腐蝕作用，这些作用往往随水文条件的变化而消长，使水工建筑物的工作条件复杂化。

二、水工建筑物的体积与重量都比較巨大，基础处于水下，难于及时观察，因此它对地质的要求較其他建筑物为高，常須进行大規模的地质勘探工作，研究的范围常达几个甚至几十个平方公里，钻孔深度常达几十乃至上百米。对于重要的水工建筑物，不仅要求了解地质的物理技术性质，还要了解地质的大构造和发展过程。此外，对于不利的地质条件，还須从积极的方面来加以适当的处理和改进。

三、水工建筑物的工程量一般都比較巨大，因而往往要求較多的劳动力、广泛的机械化和較长的施工工期，其施工組織和管理工作也較为复杂；水工建筑物的施工常須在河床中进行，必須和变异多端的洪水或冰凌打交道，还必须考虑航运和筏运的照常进行。因此，建筑物的施工方案、完建次序、施工时的稳定与应力等問題，都必須在設計中給予充分的重視。

四、兴修水工建筑物是对水流的自然状态进行了人为的干涉，不独可以免除洪水灾害，还可以发出电能、改良航运、变沙漠为良田，改变大地自然面貌。这是一方面。另

\* 有\*者，由其他有关課程讲授。

一方面，在河道上建坝蓄水，常使上游广大田亩遭受淹没；经水库下泄的含沙量大减的水流，能引起下游河床长距离的冲刷及邻近地区地下水位的下降；拦蓄巨大水量的挡水建筑物的失事，将造成巨大的灾害，其损失远远超过它本身的价值，并将使以该水利工程为基础而建立起来的经济事业处于瘫痪状态。由于水工建筑物对附近地区的影响巨大，因此对于水工建筑物规划、设计和施工的质量，必须保证达到应有的水平。

五、水工建筑物就其工作条件、总体布置、形式构造以及施工条件和运用要求等来说，都与当地的水文、地形、地质条件有着密切的关系，而这些条件的综合，是千差万别，绝少重复的。因此，每一个水工建筑物，都有其独自的特点，设计时必须根据每一具体条件进行具体分析，针对其特点，妥善地解决问题。必须说明，指出水工建筑物的个别性，并不否认它同时具有统一性，恰恰相反，为了正确地解决个别性的问题，必须对水工建筑物的普遍规律有足够深刻的理解，这正是学习本教程的主要目的。此外，对于广泛使用的中小型水工建筑物和装配式水工建筑物的构件也存在着标准化或定型化的可能性。只有在对水工建筑物的一般性和个别性的辩证统一关系有深刻理解的基础上，才能够最为恰当地运用它们。

## §1-2 水利工程的分等和水工建筑物的分级

如上所述，水工建筑物往往规模巨大、技术复杂，为了保证它们安全可靠和经济合理，通常按照它们的重要性划分级别，以便确定：勘测和设计工作的内容和范围、设计流量的大小、所用建筑材料的种类和质量、建筑物的计算方法和构造上的要求、强度和稳定方面的安全系数等。

水工建筑物的分级，与其所属的水利工程的规模及重要性有关。水利工程按其在全国经济中的作用和生产能力可分为五等，如表1-2-1所列。

表 1-2-1 水利工程分等指标

工程等别	工 程 用 途		
	水 电 站 容 (万千瓦)	发 电 量 灌 溉 或 排 水 面 积 (万亩)	防 洪 下 游 防 护 地 区 的 性 质 或 农 田 面 积 (万亩)
I	>50	>300	1. 主要城市或重要工农业区 2. 农田面积 > 1000万亩
II	50~5	300~100	1. 次要城市或次要工业区 2. 农田 1000~200万亩
III	5~0.5	100~10	1. 一般城镇及人口较密的农业区 2. 农田 200~20万亩
IV	0.5~0.05	10~1	农田 20~2万亩
V	≤0.05	≤1	农田 < 2万亩

水工建筑物按其所在水利工程的等别，本身所起的作用和使用期限，可以划分为五级，如表1-2-2所列。

综合性水利枢纽的永久性建筑物的级别，按照下述原则确定：对于保证整个枢纽进

表 1-2-2 水工建筑物分級指标\*

工 程 等 别	永 久 性 建 筑 物 的 級 别		临 时 性 建 筑 物 的 級 别
	主 要 建 筑 物	次 要 建 筑 物	
I	1	3	4
II	2	3	4
III	3	4	5
IV	4	4	5
V	5	5	—

行工作的建筑物，如坝及溢洪道等，按这一樞紐在所服务的各国民經济部門中的最高等別来确定其級別；对于只能服务于一个国民經济部門的建筑物，按这一国民經济部門所要求的等別来确定其級別。

在个别情况下，当建筑物失事将使下游的企业或居民遭受严重損失时，或当建筑物承受的水头較高而地质条件不良需要考虑較大的安全性时，允許将建筑物或其一部分的級別提高一級来設計；而在另一些有利情况下，如坝的高度不大，地基十分良好，不易发生事故，或即使发生，損失也不严重时，也可允許按規定的級別降低一級来設計。

### §1-3 水工建筑物的設計

水工建筑物的設計，应以馬克思列宁主义、毛泽东思想为指导，以社会主义建設总路綫和党的各項方針政策为依据，辯証唯物地运用勘查資料和最新的科学技术成就，广泛地吸收羣众的創造革新，在高产优质的前提下来完成。

水工建筑物的設計应体现规划中所提出的技术經济要求，最大限度地滿足国民經济各部門的綜合效益，尽可能减少地面和地下的淹沒損失以及对河流及水庫地区的不利影响。

所設計的建筑物应考虑尽量利用当地的建筑材料，采用土洋結合的施工方法，力求施工期短，早获效益，以节约投資和劳动力。水工建筑物的兴建应符合国民經济发展的步調和要求，考虑分期修建，分批投入运轉的可能性以减小初期投資和淹沒損失；此外，还要研究临时建筑物与永久建筑物相結合的可能性。各建筑物的修建更应考虑及时成龙配套，提早发挥作用。

所設計的建筑物应坚固、耐久，运轉上安全而便利。各建筑物与自然环境之間以及各建筑物之間要相互协调，尽可能避免干扰。此外，也应适当地考虑到建筑物外形的美观，反映社会主义的时代特点。

設計水工建筑物时应利用国家頒布和工程领导机关所推行的各种設計规范。在规范中規定了建筑物的等級、所采用的安全因素、荷載組合、設計方法以及勘测研究的内容和范围。对于若干目前在理論上尚未研究成熟的問題，规范內也作了适当的建議。掌握

\* 在水利工程运用期間所使用的建筑物属于永久性建筑物；在水利工程施工期間或个别建筑物修理期間所使用的建筑物属于临时性建筑物；当进行修理或发生事故时可使水利工程的全部或絕大部分工作停頓因而完全喪失或大大降低其工作效能的建筑物，属于主要建筑物；当修理或发生事故时不致发生上述情况的建筑物属于次要建筑物。

和熟悉规范要求，是設計者應該力求作到的。

为了使水工建筑物設計中的重大問題随着勘测研究工作的深入逐步地求得合理的解决，水工建筑物的設計一般根据建筑物的重要性划分阶段来进行。凡規模大的工程，建筑物应按三个阶段設計，即初步設計、技术設計和施工詳图；比較次要工程的建筑物設計，常将技术設計与施工詳图阶段合并，按两阶段进行；此外，根据設計內容的繁簡和其他具体条件，还可以有其他划分設計阶段的方法。

初步設計的目的在於說明拟建工程的經濟上的合理性和技术上的可能性。当初步設計內的問題得到肯定的解决时，即可就最后选定的方案进行技术設計。

初步設計包括：拟建工程的总体布置图；各建筑物的簡略設計及工程数量；施工計劃、施工方法和施工期限；根据估算指标編制的工程造价和财务預算；关于工程效益的考虑；調查和勘测的程序；編制技术設計的計劃和預算等。

技术設計所包括的項目大致与初步設計相同，但就已批准的方案作更詳細的研究；施工詳图則系根据已批准的技术設計，再做出詳細的細部設計，并繪制反映細部构造及尺寸的詳图。

农田水利工程中的小型建筑物可仅限于編制技施設計。在灌溉及排水系統上的大量的小型建筑物，因为它们在设计和技术条件上有很多共同之点，因而就有可能按其共同特征，例如按照用途、流量和材料来分类，制定每一类型建筑物(如小河流上的坝，渠系上的水閘、涵管、渡槽、跌水等)的定型設計。在定型設計中，有广泛地利用装配式及預应力构件的可能性。

#### §1-4 水工建筑物的科学基础和研究方法

正确地設計水工建筑物，要求設計者具有广泛的科学技术知識。其中最主要的有：水力、水文系統(如水力学、水文学、水利水能計算)和工程建筑系統(如結構力学、土石力学、建筑結構、建筑材料、工程地质)两个方面的知識。

水工建筑物的基本尺寸应根据水文分析、水利水能計算和水力計算来求得。水力計算还应确定建筑物在运用上(如閘門的操纵、危害性冲刷和淤积的防止、淤沙的冲洗和排除等)最优越的条件。地下水流对建筑物的作用則主要由渗透計算来确定。

水工建筑物及其各部分的稳定和强度应根据結構理論进行校核，并根据它进一步确定或修正建筑物的构造和尺寸；建筑物地基及两岸的稳定和强度則根据工程地质及水文地质的勘测資料运用土石力学知識来論証。

然而，由于水工建筑物所涉及的各种因素甚为复杂，目前，科学技术理論的水平还不能完全滿足实际工作的需要。因此，在进行水工建筑物設計时，除簡化某些边界条件运用理論知識以初步拟定建筑物的形式、构造和尺寸外，往往还須借助于模型試驗、实地观测、方案比較和类比成例的方法。

模型試驗方法是根据相似准則作出模型并給予与实际建筑物相类似的工作条件，观测其各种水力因素(如流速、压力等)或結構因素(如应力、变形、振动頻率等)，以推断在实际工程中可能发生的現象；实地观测方法是在工程現場或已成建筑物中进行，可获得更符合实际的資料，檢驗理論計算和模型試驗的成果，并为以后設計积累新的依据；方案比較法是在設計时对于同一个水利樞紐或水工建筑物建立若干个不同解决问题的方

案，进行技术经济比较，以确定最优方案，比较时应善于甄辨矛盾的主次，抓住关键性的问题；类比法是比较条件相似而工作良好的已成建筑物来进行，这是一个带参考性的方法，在使用时，应特别注意时间、地点、条件和设计任务的不同，防止保守思想和经验主义的倾向。

总之，研究水工建筑物的方法虽是多种多样的，但其根本要求是理论与实践的统一。在使用这些方法解决实际问题时，必须做到政治挂帅、思想领先，既要有创造革新的精神，又要有实事求是的态度，力求体现出我国政治、经济、自然条件等方面的特点，全面地体现社会主义建设总路线的精神。

## 第二章 水工建筑物上的作用力

水工建筑物上的作用力是设计水工建筑物的主要依据之一。因此，如何正确地确定和计算这些作用力，是必须十分重视的问题。应该说明，只注意这些力的计算方法而不注意受力条件的正确选择（作用力的组合）以及作为计算基础的基本数据的恰当采用是不正确的。

### § 2-1 作用力的分类及组合

#### 一、作用力的分类

作用在水工建筑物上的力和荷载，按其性质有：

1. 建筑物及位于其上的各种设备的自重；
2. 水压力——静水压力、动水压力、脉动压力、浪压力及扬压力；
3. 冰压力——静态的和动态的；
4. 各种填土和上游沉积泥沙的压力；
5. 地震力；
6. 用于建筑物材料的体积变形（由温度和干湿所引起的伸缩变形）所引起的力；
4. 其他的力——风压力、雪压力、船舶的缆绳拉力和靠船撞击力、运输车辆、货物、起重机和人群等的临时荷重以及爆炸引起的气浪力等。

上述作用力，应根据具体条件给予不同考虑。如对于高坝，浪压力影响很小，可以忽略不计；对于六级以下的地震，地震力对建筑物的影响很小，也可以不予考虑。

#### 二、作用力的组合

设计水工建筑物时，力的组合有基本组合和特殊组合两种。

1. 基本组合——由下述作用力所组成；
  - (1) 建筑物及其上的永久设备的自重；
  - (2) 在设计洪水位时的水压力（对于溢流建筑物为宣泄设计洪水时的水压力）；
  - (3) 浪压力；
  - (4) 扬压力；
  - (5) 冰压力；
  - (6) 土压力；

- (7) 淤沙压力；
- (8) 雪压力；
- (9) 起重机及运输机械造成的牵引力；
- (10) 来自船舶的荷载。

在考虑作用力的基本组合时，如有特殊论据，可根据具体情况，将雪压力及冰压力列入特殊组合，或不予考虑。

2. 特殊组合——由 (1) ~ (10) 各项力及下述各力组成：

- (11) 风压力；
- (12) 混凝土和钢筋混凝土中由温度和干湿伸缩所引起的力；
- (13) 地震力；
- (14) 宣泄非常洪水时的水压力，用以代替 (2)；
- (15) 非常流冰时的冰压力，用以代替 (5)；
- (16) 建造、试验及修理建筑物时的作用力。

在考虑作用力的特殊组合时，如有特殊的论据，可将风压力、混凝土和钢筋混凝土中温度和干湿伸缩所引起的力列入基本组合；并可将其排水设备部分或全部失效时的渗透压力和建筑物一部分破坏时所产生的力或上下游建筑物遭受破坏时所产生的水压力，列入特殊组合。

设计水工建筑物时，应依据其工作条件及各种力同时作用的实际可能性来决定力的计算组合。不恰当的组合往往招致水工建筑物的浪费或失事。

由于各种组合中各作用力的持续时间及重复特性不同，设计时对建筑物的强度计算和稳定计算的安全系数应取不同的数值。特殊组合下的安全系数，应比基本组合下的安全系数为小。例如对于岩基上重力坝的稳定系数，后者一般采用1.05~1.1，前者采用1~1.05。

### § 2-2 作用力的计算

上述各种作用力，除静水压力、动水压力和脉动压力可按水力学课程的方法或试验

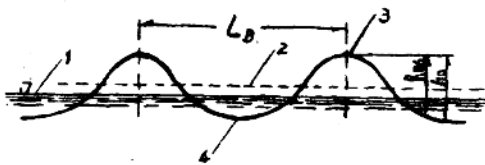


图 2-2-1 波浪的要素

1—静水位；2—平均波浪线；3—波峰；4—波谷。

确定，温度应力将在拱坝中讲述，一部分其他的力的计算在其他课程中讲述外，兹将浪压力、扬压力、冰压力、淤沙压力、地震力的计算分别介绍如下。

#### 1. 浪压力

计算浪压力时，首先要决定波浪的要素 (图2-2-1)。波浪的高度 \$h\_B\$ 和长度 \$L\_B\$

一般根据水库的具体情况用经验公式来决定。常用的有下列两种公式，

(1) 史蒂文生公式

$$h_B = 0.76 + 0.34\sqrt{D} - 0.26\sqrt[3]{D}, \quad (2-2-1)$$

式中 \$h\_B\$——波浪的高度 (米)；  
\$D\$——波浪的扩散长度 (公里)。

$D$ 的数值决定于水庫的形状。当水庫的平面形状近似对称时，設水庫水面的平均寬度为 $\bar{B}$ ，水庫沿水面自坝至对岸的直綫距离为 $D_0$ ，在較寬闊的( $D_0 < 5\bar{B}$ )水庫中，采用 $D = D_0$ ；在窄而长的( $D_0 > 5\bar{B}$ )水庫中，采用 $D = 5\bar{B}$ 。当水庫平面形状为弯曲时，采用由建筑物起沿水面至对岸的最大直綫的距离，如图2-2-2所示。

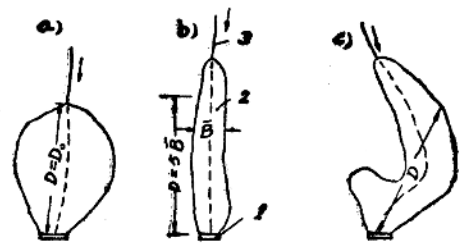


图 2-2-2 波浪扩展长度示意图  
1—坝；2—水庫；3—河流。

式(2-2-1)在 $D < 60$ 公里时适用；公式中未考虑风速的因素，因此只限于在缺乏风速資料的条件下采用。

(2) 安得烈揚諾夫公式

$$h_B = 0.0208 V^{5/4} D^{1/4}, \quad (2-2-2)$$

$$L_B = 0.304 V D^{1/2}. \quad (2-2-3)$$

式中  $V$ ——风速(米/秒)；

其他符号同前。

(2-2-2)及(2-2-3)式适用于 $V = 5 \sim 15$ 米/秒和 $D = 3 \sim 30$ 公里的范围内，也可粗略地用于較广的范围内。

波浪的长度也可按一般經驗数据  $\frac{L_B}{h_B} = 8 \sim 12$  来定出。

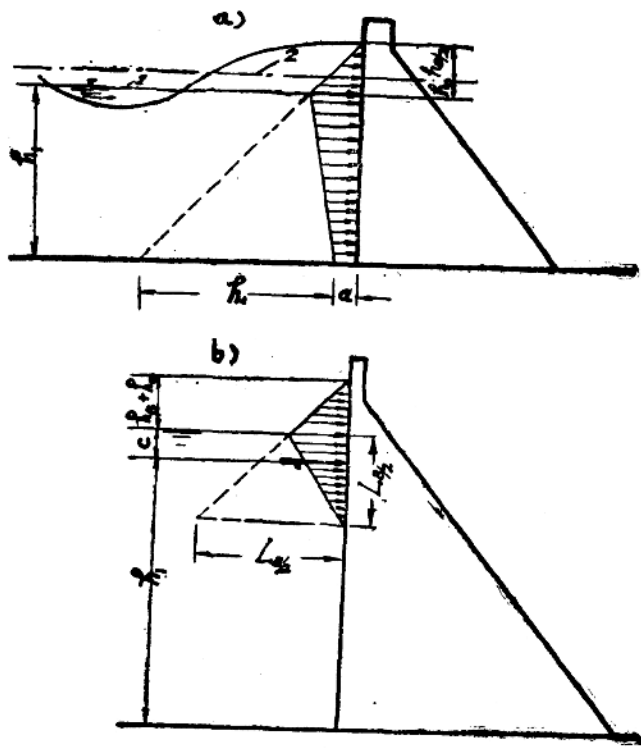


图 2-2-3 波浪压力分布  
1—静水位；2—波浪中心綫。



当建筑物临水面呈铅直面或很陡(陡于1:1)而水深 $h_1 > 1.5h_B$ 时,根据波浪理论,波浪在建筑物前产生重复驻波而使浪高增加一倍,从(2-2-1)或(2-2-2)式所算得的 $h_B$ 即为建筑物前波峰在波浪中心线以上的高度(图2-2-3, a)。

(1) 坝前水深为 $h_1 < \frac{L_B}{2}$ 的情况下,铅直坝面浪压力 $W_B$ (取建筑物1米的长度来计算)可按下式计算(图2-2-3, a):

$$w_B = \gamma \frac{(h_1 + h_B + h_0)(h_1 + a)}{2} - \gamma \frac{h_1^2}{2}, \quad (2-2-4)$$

式中  $h_0$ ——平均波浪线在静水位以上的升高,其值为:

$$h_0 = \frac{\pi(h_B)^2}{L_B} \operatorname{ctg} h \frac{2\pi h_1}{L_B}, \quad (2-2-5)$$

$a$ ——水深 $h_1$ 处的浪压力强度,其值为:

$$a = \frac{h_B}{\operatorname{ctg} h \frac{L_B}{2\pi h_1}}. \quad (2-2-6)$$

浪压力对建筑物底部的倾复力矩 $M_B$ 为:

$$M_B = \gamma \frac{(h_1 + h_B + h_0)^2 (h_1 + a)}{6} - \gamma \frac{h_1^3}{6}. \quad (2-2-7)$$

(2) 坝前水深 $h_1$ 很大( $h_1 > \frac{L_B}{2}$ ),则在水深 $L_B/2$ 以下各点的浪压力实际上可令其等于零,因此可按图(2-2-3, b)来决定浪压力。

另外还应考虑在风的作用下水面的壅高 $\Delta h$ ,可按下列式计算:

$$\Delta h = (3 + 5h_B) 10^{-8} \frac{L}{H_{cp}} V^2 \cos \alpha, \quad (2-2-8)$$

式中  $\Delta h$ ——风的作用下水面壅高;

$L$ ——水库边缘至坝前距离(米);

$H_{cp}$ ——水库平均水深(米);

$\alpha$ ——风向与垂直坝轴线间的交角;

其他符号同前。

上式适用于风速 $V > 12 \sim 15$ 米/秒的情况;若风速小,则用该式算出的 $\Delta h$ 值偏低。

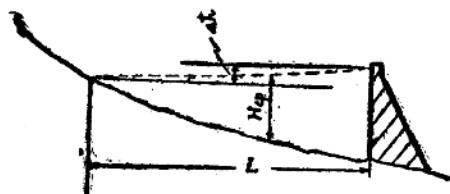


图 2-2-4 风浪作用时水库水面壅高

对于正常情况,对 I、II 级建筑物,取 $V = 1.5V_{max, cp}$ ,

这里 $V_{max, cp}$ ——最大风速多年平均值。

## 2. 扬压力

作用于坝基下的地下水压力(即扬压力)由下述两部分组成:

上列各式中的风速对正常情况和非常情况取不同数值。正常情况时的风速取得大些,非常情况时的风速取得小些,这是因为在非常洪水位时出现最大风速的可能性比在正常洪水位时要小。例如苏联1957年的国家规范中曾作如下的决定:

对于非常情况,取 $V = V_{max, cp}$ ;