

水 工 結 構

上 册

П. И. ГОРДИЕНКО 講
清华大学水工結構教研組譯

高 等 教 育 出 版 社



水 工 結 構

上 册

И. И. 戈 尔 劍 科 講
清 华 大 学 水 工 結 構 教 研 組 譯



高 等 教 育 出 版 社

本書系根據蘇聯專家戈爾劍科(П. П. Гордпенко)前在清華大學講授水工結構時所編講稿,由清華大學水利系水工結構教研組編譯而成。專家對於這門課程,完全按照蘇聯高等工業學校水工建築學院或學系所採用的本課程教學大綱講授,他的講稿內容則以蘇聯水工技術的經驗和成就為根據。

本書分上中下三冊出版。上冊內容包括第一至第四章,除第一章為緒論外,其餘三章分述攪水結構的一般工作條件,混凝土和鋼筋混凝土滾水壩,閘門及壩的設備等。

本書可供高等工業學校水利工程系及其他專業的水工結構課程教學參考之用,亦可供水利工程工作人員及有關科學技術研究人員參考之用。

本書上冊第一次印刷後曾作為交流講義內部發行,現改為公開發行。

水 工 結 構

上 冊

П. П. 戈爾劍科講

清華大學水工結構教研組譯

高等教育出版社出版 北京宣武門內承恩寺7號

(北京市書刊出版業營業許可證出字第664號)

京華印書局印刷

新華書店發行

統一書號15916·562 開本787×1092 1/16 印張10

字數 196,000 印數7231—9200 定價(7)¥1.00

1956年3月第1版 1960年1月北京第2次印刷

上册目錄

第一章 緒論	1
§ 1. 水工技術與水利事業	1
§ 2. 水工結構及其分類, 課程的目的	2
§ 3. 水工結構的特點	4
§ 4. “水工結構”課程的科學基礎	5
§ 5. “水工結構”課程的內容	6
§ 6. 水工技術的歷史簡況	6
第二章 擋水結構的一般工作條件	8
§ 7. 擋水結構的一般概況	8
§ 8. 壩的分類	9
§ 9. 上游和下游	11
§ 10. 經過擋水結構的洩水	15
§ 11. 護坦和海漫	23
§ 12. 上下游連接條件的分析及護坦和海漫的設計	30
§ 13. 水頭結構下面水的滲透理論的概念	33
§ 14. 畫滲透綫的實驗法和圖解法	37
§ 15. 按照水動力學相對滲透水流的計算	39
§ 16. 在地下輪廓上的滲透壓力的決定	40
§ 17. 在結構的基礎中土壤的滲透變形	45
§ 18. 壩基的排水	48
§ 19. 防止滲透的設備	50
§ 20. 在石基上的結構物下面水的滲透	53
§ 21. 壩的地下線輪廓的設計	56
§ 22. 作用在水工結構上的力和負載, 基礎的作用	58
§ 23. 力和負載的分類(按 ГОСТ 3154—46)	58
§ 24. 作用在水工結構上的力和負載的值	59
§ 25. 水工結構的基礎	62
第三章 混凝土和鋼筋混凝土滾水壩	66
§ 26. 用途和計算流量	66
§ 27. 大體積壩剖面	71
§ 28. 大體積非滾水壩的構造	77
§ 29. 混凝土與鋼筋混凝土滾水壩的構造	81
§ 30. 滾水壩和非滾水壩與河岸的連接, 邊墩	83
§ 31. 用初步的方法對大體積壩強度的計算	90
§ 32. 壩及其他擋水結構的穩定性的計算	94
第四章 閘門及壩的設備	102
§ 33. 壩的設備概述	102

§ 34.	平面閘門.....	107
§ 35.	弧形閘門.....	118
§ 36.	圓錐閘門.....	123
§ 37.	將力傳到壩的閘墩上及邊墩上的閘門的啓門裝置. 這種壩上的工作橋樑.....	131
§ 38.	扇形閘門.....	133
§ 39.	屋頂式閘門.....	138
§ 40.	其他種類的傳力到檻上的閘門.....	141
§ 41.	傳力到檻及閘墩(邊墩)的閘門.....	144
§ 42.	溢洪道閘孔閘門的安裝及使用.....	148
§ 43.	底孔及輸水管的閘門.....	150

第一章 緒論

§ 1. 水工技術與水利事業

“水工結構”這門課程是普通所謂“水工技術”這門科學中的一部分。

“水工技術”這門科學是研究並提出充分利用天然水力資源所需要的技術措施、研究並提出為達到這些目的在設計和建造水工結構時以及使用它們時所需要的技術措施。

因此，水工技術的目的是要最充分地、多方面地利用國家的水力資源。

這些水力資源有多麼大呢？

在地球上，水的蘊藏量是極大的，比十三億立方公里還多（按照葛立與 M. M. Грцишн 教授的數據）。這些水主要是在海洋中，河流中只有一小部分。每年河流的流量將近三萬立方公里，地下水的流量較少一些。就國民經濟說，河流的流量的作用更大些。

地球上水的儲藏量在各個地域的分佈是不均勻的。河流水量的分佈也是不均勻的。有的地區降雨很豐富，水量很大，河流很多，但是在半沙漠和沙漠的無水地區，降雨量極少。此外，大部分河流的流量隨着時間急劇地變化（洪水、枯水）。河流和水池中水的品質往往也不符合於要求。

因之，爲了人民的需要、爲了國民經濟的需要去利用水的時候，必須化費勞動，必須實現許多一定的措施——用壩來隔斷河流、修建運河、水電站、灌溉系統等等，也就是必須控制水流。所有這些措施的總合組成了國民經濟中重要的一部分，這部分稱爲水利事業。

現代的社會對水利蘊藏提出各種不同的要求，所以現代的水利事業是多方面的，它可分爲許多部門，水利事業的主要部門爲：

- 1) 水能——利用水的能量（爲了得到電能）；
- 2) 水運——航運與浮運；
- 3) 農田水利——土地灌溉、畜牧供水、土地排水；
- 4) 給水與下水——居民區和工礦企業的給水和下水；
- 5) 防止水害——防禦洪水、河岸塌倒；
- 6) 水內資源的利用——從水中採礦、捕魚、繁殖魚類等；
- 7) 爲衛生目的的水的利用——防瘡的水利技術，居民區的公共福利設備。

水利事業措施的綜合性

天然的水利儲藏可做多方面的利用，而且一條河流或一個水池也可多方面加以利用。例如：河流可同時用來發電、通航、養魚以及灌溉土地。這樣，河流的利用稱爲綜合利用。當綜合利用時，河流當然是最有效地被利用了。

水利資源的綜合利用應該認爲是水利事業的正確的基本的原則。但必須注意到，只有

在有計劃的、國家的經濟指導的條件下才可能把這個原則完全實現。

綜合的原則要求我們為達到某一個目的的水利事業措施(例如防洪)同時也能保證達到其他目的(電能,灌溉),而且不破壞(或者不致惡化)在這條河流上已有的水的利用情況。

例如:在蘇聯,莫斯科運河這個人工的水利系統,同時能達到水運、電能、蘇聯首都的給水以及沿河灌溉的目的。

蘇聯的社會主義的計劃經濟條件完全保證了水利事業綜合原則的實現。斯大林改造自然的計劃和伏爾加河、頓河、德聶伯河、阿姆達里等河上的巨大水力樞紐結構,這些都是與農業技術相結合的綜合水利措施的巨大計劃。

§ 2. 水工結構及其分類. 課程的目的

如上所述,為了利用水利資源,必須建造特殊的結構——水工結構。

這些工程結構稱為水工結構,藉這些結構的幫助可以達到利用水利資源的目的,或者防止河流洪水或積水的有害作用。

水工結構按照其作用可以分為普通的(應用在水利事業中所有的或某一些部門);或是專門的(應用在某一部門)。我們現在研究一下普通的水工結構的分類。

水工結構以一定的方式影響河流或水量,因此,也受到水對它們的影響。這樣就規定了水工結構的工作條件。

按照工作條件,水工結構可分成下列基本種類:

1) 擋水或有水頭的結構 擋住河川的水流,造成水頭,水頭作用在結構上。這些結構通常在它們前面攔住很大容積的水。在河、湖、海上的各種堤和壩,屬於此類。

2) 輸水結構 為了從一個地方到另一個地方引水和排水之用。渠道、水槽、水管、隧道等屬於這一類。

3) 洩水結構 用以從水庫和渠道中洩水。各種溢洪道、洩水孔、放水孔屬於這一類。

4) 取水或進水結構(進水閘) 用以從河川、渠道、水庫內取水,是輸水結構的首部。

5) 治理(調整)結構 為了治理山坡和河床上的水流的流動條件,改變水流對河岸和河底的作用,以及治理海、湖的水流和波浪對於沿岸一帶的影響。屬於這類的有護岸的襯砌和結構、導水堤、丁壩、攔沙設備、防波堤、擋冰浮木、破冰堤及其他。

屬於專門的一類水工結構:

a) 水能——水電站廠房、前池、壓力水池、調壓塔。

б) 水運——船閘、船隻升降機、靠船結構(碼頭、泊堤、沿岸港口)、造船廠結構(船塢)、港口保護結構、木材浮運結構、導航設備等。

B) 農田水利——閘、節制閘、量水設備、排水、集水設備及其他。

Г) 給水與下水——專門的進水閘、抽水站、濾水池、地下水取水結構、冷卻池、噴水池等。

Д) 漁業——魚道、舉魚機、魚閘、魚池及其他。

水力樞紐

水工結構往往不是個別地、彼此不相關聯地建造起來的，而是有幾個結構集合在一起，成爲一定的綜合體。這是由於水利事業措施的綜合性和水利問題的複雜性的結果。

例如：爲了工業給水只修造一個進水結構來取水是不夠的，通常必須修築水庫，即要建造壩、壩的洩洪結構和洩水孔，形成有三四個結構的一個綜合體。

這樣的綜合體稱爲水工結構的樞紐或水力樞紐。

河川水工結構的樞紐或河川水力樞紐是非常複雜的，時常是由許多普通的和專門的水工結構聯合在一起所造成的。

按重要性的分類：

水工結構是很複雜的、很重要的，時常也是很昂貴的工程結構，使用期間也很長。各種水工結構自然有不同程度的責任，有不同的使用期限，也就是有着不同的重要性。因之，在設計和建造它們的時候，應該用不同的安全係數，用具有不同的堅固性和耐久性的材料，這些材料要有足夠的但不是過分的安全性，使安全與價值相稱。

在蘇聯，建立了全國統一的水工結構按重要性的分類，在蘇聯國定全蘇標準(ГОСТ)中加以規定。按照國定全蘇標準(見ГОСТ 3315—46)的要求，應根據結構的重要性的等級來決定：

- a) 確定結構及其各部分的強度與穩定性的安全係數；
- b) 採用材料的種類和等級；
- B) 計算流量的大小(可靠率%)；
- Г) 設計及勘測工作的內容及範圍；
- Д) 結構及其各部分的計算方法。

水工結構分爲：

- a) 視生產效果而定(例如水電站的容量)，分爲五等(I—V)；
- b) 按照它們的作用，分爲主要的、次要的、輔助的三種(例如：主要結構——壩、水電站廠房；次要的——防冰牆；輔助的——圍堰，模板等)；

B) 按照工作期限分爲永久的與臨時的；

Г) 按重要性分爲五級：

- I 級——有特別重要性的，例如，出力大於 250,000 千瓦的水電站的主要結構；
- II 級——有較高重要性的，出力自 25,000 到 250,000 千瓦的水電站的主要結構；
- III 級——有普通重要性的，出力自 1,000 至 25,000 千瓦的水電站的主要結構和出力大的水電站的次要結構；

IV 級——有較低重要性的，出力小於 1,000 千瓦的水電站的主要結構；

V 級——有特別低的重要性的，在 1,000 千瓦以下的水電站的次要和臨時結構。

結構的重要性，也與其損壞後可能引起的後果有關係。如果結構的失事可能引起嚴重的後果，如淹沒居民地區，完全摧毀已有的結構物和其他的東西，它的重要性可以提高一級。

我們這兒所介紹的按照重要性把水工結構分類的蘇聯系統只是做爲一個例子來說明一

下,至於詳細情形可以參考 1946 年國立標準規格出版社標準 (Стандартгиз) 國定全蘇標準 (ГОСТ) 3315—46。

§ 3. 水工結構的特點

A. 水對於結構的作用

水工結構與別的工程結構的區別,在於它們的工作是在水中,與靜的或是流動的水相接觸,對結構有機械的、物理化學或生物的作用。

a) 水的機械作用 表現為水靜力與水動力的壓力,是最主要的。按照負載的大小來講,時常是很大的。擋水結構(壩)抬高了水頭;由於水的靜水壓力,自己受到很大的水平力。在同一方向作用的力,還有淤積在水工結構前的泥沙壓力、冰壓力、環繞着結構流動的水流的水動壓力、風浪壓力以及地震力。

極大的水平向負載使水工結構處於很嚴重的工作條件下,這是與其他工程結構的主要區別。例如,工業的結構主要是承受垂直負載。

為了保證結構物在這些作用力下有防止滑動的穩定性,通常必須增加其重量、體積或利用水來增加他們的重量,使得結構物有足夠的重量。

在水工結構基礎中滲透的水,由下向上給水工結構以壓力,惡化其對滑動的穩定性。滲透的水還能夠毀壞結構的基礎,從基礎中沖刷細小的土粒,或者侵蝕可溶化的岩石層。通過結構的水流可能沖刷結構附近的河床,因而沖毀結構。

這些都使得水工結構的工作條件複雜而困難。

b) 水的物理-化學作用表現在其沖刷、磨損結構物與水流相接的表面,特別是當水流挾帶着泥沙;也會引起金屬部分的腐蝕。滲過混凝土結構部分的水會溶解混凝土中的自由石灰,毀壞混凝土。混凝土空隙中水的冰凍作用會加快混凝土的風化。

B) 對結構的生物學作用 是由於生活在水中的各種微生物(木材的腐爛是由於蝕木虫對它的破壞)。

由於流量、水位、溫度等這些水文因素時時在變化,所以水對水工結構的作用也是隨着時間在改變着。在設計時,應使水工結構能承受根據水文預估所定出的最大數值下的作用。

在這方面要非常謹慎,以免引起造成不幸後果的錯誤,或使結構物的可靠性過大而浪費資金及材料。

B. 水工結構對附近地區的影響

水工結構對於修建它們的地區有很大的影響。水庫會淹沒數萬以至數十萬公頃的土地。沿着河流向上的迴水延長到幾十、幾百公里,而在平原河流上有時會到幾千公里。在河流中消失了劇烈的洪水和枯水,灌溉變沙漠為花園。按照水工結構改變自然的規模來講,沒有任何一種工程建築可以和它相比。這也表示,我們可以按照國家經濟發展的計劃、按照為改進人民的生活需要用水工結構來改變和改造自然。

B. 水工結構失事的後果

水工結構攔住了河流，在水庫中儲存着大量的、以立方公里計的水量，顯然的，這儲藏着巨大的能量。水工結構一旦失事，洪水往往會淹沒廣大的地區，犧牲許多生命。例如：1928年美國聖法倫西斯(Санфренсис)重力壩的崩潰，造成了400人的犧牲；1889年沙烏特爾慮(Саутфорн)壩的崩潰，死了2,500人。由於水工結構失事而招致的損失是大大超過了結構物本身的價值，而其修復時常要很多年。

Г. 施工條件

水工結構的施工條件是很複雜的，因為建築工作必須在河床中進行，而在施工期間又必須使河中的水、冰、船、木筏能夠通過。

就水力樞紐施工的工作量講，通常是很大的。在中型或大型的水力樞紐內，土工和混凝土工以十萬、百萬公方來計算，金屬材料數以千噸計。為了以現代的高速度來建造這樣的樞紐，需要有廣泛的機械化和極好的施工組織。

Д. 水工結構的個別性

水工結構的構造、尺寸和形狀，是與施工地區的地形、地質、水文條件緊密地聯系着的。這條件，很顯然，是極端不同的。所以每一個水工結構、每一個水力樞紐，一般地都有完全不同的個別性。它們都是在很深入地研究了當地的條件以後，按其特有的情形設計和建築起來的。所以為了設計水工結構，要求預先做很多的勘查和研究工作。

§ 4. “水工結構”課程的科學基礎

上面所講的這些，說明了水工結構的設計與施工問題是極其複雜的。

“水工結構”課程是一門實用的學科，講述水工結構：關於他們的工作條件，說明其構造、計算和研究的方法及正確地運用結構等。因而水工結構課程不可能是孤立的一個學科。它依靠着一系列的理論和工程學科，主要的是兩個系統——水力、水文學系統和工程建築學系統。

第一個系統的主要學科是水力學、水動力學和水文學。這個系統的科學還不能完全保證在水工結構的設計或施工中所遇到的問題能得到理論的解答。所以在水力技術中，為了解決一系列的問題，例如，關於水流與水工結構相互作用的問題，廣泛地採用試驗的方法，把要建造的水工結構或其各別部分在實驗室中加以研究。現在沒有一個巨大的洩水結構是未經模型試驗而建造起來的。在蘇聯，許多新的水工結構的構造都是經過試驗室的專門研究後才製定的。

水工結構專門課程的工程基礎是由許多學科組成的，其中主要的是建築力學和彈性理論、工程結構(鋼結構、混凝土結構、鋼筋混凝土結構和木結構等)、工程地質和土壤力學。這些科學的發展水平也不能完全保證從理論上解決計算水工結構的強度和穩定性問題。所以，在許多情形下仍採用實驗室的試驗和研究。

為了學習我們這門水工結構課程，必須按照多科性或專科性高等工業學校的教學計劃的規定，對上述幾門課程有充分的了解。

§ 5. “水工結構”課程的內容

在水工結構的課程中，我們將要研究：

1) 一般的水工結構；2) 航運結構；3) 漁業結構；4) 河川水力樞紐；5) 建造水工結構時施工工作的一些特點。

課程學習的次序是：開始我們介紹擋水水工結構的一般工作條件，然後研究這種結構，繼之是取水、輸水、治河的結構和水力樞紐，最後講結構物的技術運用和研究。

這門課程的大綱還包括聽講者作實驗和課程設計。本課程教科書可用葛立奧 (M. M. Гришан) 教授的水工結構 (卷 I, 1947, 卷 II, 1949, 莫斯科)。

§ 6. 水工技術的歷史簡況

在第一講結束時，我們還要介紹水工技術歷史的簡單情況。水工技術，和其他任何一門科學一樣，有着自己的發展歷史，在久遠的古代就已經開始了。

大家都知道，人們很早就利用大小河川和水池以達到給水和航運的目的，來捕魚和繁殖魚類，後來爲了灌溉土地，爲了水能利用。人民很早就需要去修建專門的結構，水工結構，以便更好地利用河川和水池。從此就產生了建造這些結構的技藝，建造和利用 (運用) 這些結構的經驗逐漸累積和綜合起來，乃發展成爲現在所稱爲“水工結構”的這門科學。

大家知道，這些擋水的水工結構，如石壩，在紀元前 4,000 年就已經建造了，在中亞細亞、中國、印度和埃及所建造的古老的土壩和堤的資料達到紀元前 1,000 年。水力裝置則比較是近代的事。但是，據所知道的，例如，在俄羅斯，這些裝置 (水磨) 在十三世紀時已經有許多了。無疑的，在這之前的幾世紀它們已經在俄羅斯出現了。

在十八世紀時水力裝置在俄羅斯已很完善，且已有很廣的發展，它們應用在各種工廠、作坊和礦山中。屬於這個世紀的俄羅斯科學院士羅莫諾索夫 (M. B. Ломоносов)、勃爾奴里 (Д. Бернулли)、歐勒 (Л. Эйлер) 的試驗和理論工作給現代水力學 (水動力學) 打下了基礎。這些工作直到今天仍是很有價值的。

在十八世紀時，俄羅斯水利工程師已經建造了很完善的與獨創的結構，例如，卓越的俄羅斯水利工程師弗洛羅夫 (К. Д. Фролов) 所建造的四階梯級式的地下水力裝置，這是當時最完善的。還有西米依羅哥爾壩 (Земляногорская плотина)，高達 18 公尺，已存在了 170 多年。在同時修造了威茲涅伏洛茲克 (Вышне-волоцкая) 航道，這是雪爾杜諾夫 (И. И. Сердюнов) 所造的。還有世界上第一個引水道式的水力裝置，是波爾左諾夫 (И. И. Ползунов) 所創造，他是世界上第一個發明蒸汽機的。

市場和商品流通的發展，要求擴大交通，爲航運的目的不得不去了解河流，去發展河道的整理工作，去建造人工的航路——運河。

蒸汽機和鐵路的發明，削弱了人們對水力發動機和航運的興趣，所以在十九世紀開始時，水工技術的發展大大地減緩下來。

水工技術新的高漲是和更完善的水力發動機——水輪機和變壓器、發電機的出現相關連的。[俄羅斯學者的著作——沙奉諾夫(Сафонов)、亞不洛契可夫(П. И. Яблочков)、多立伏-多布羅伏爾斯克(М. Д. Доливо-Добровольский)等]。

偉大的社會主義十月革命在俄羅斯創立了新的、世界上空前未有的、大規模有計劃發展國家國民經濟的所有部門的條件，包括水利事業，當然也包括水工技術在內。在水工技術前面，展開了無限發展的遠景。

早在1918年，按照列寧的提議，蘇聯人民就着手建造伏爾霍夫(Волховский)水電站。1920年根據列寧的建議通過了俄羅斯國家電氣化計劃(ГОЭЛРО)，規定在十年到十五年內建造十所新的水電站。這個計劃提前完成了，而在1941年，按照斯大林五年計劃，在蘇聯已經建造幾十個巨大的水力樞紐“以列寧為名的德聶伯水電站(Днепровская гэс имени В. И. Ленина)、謝爾巴可夫水電站(Щербаковская гэс)、史維爾水電站(Свирская гэс)等，並且還有新的運河，如白海-波羅的海斯大林運河(Беломорско-балтийский им. И. В. Сталина)、莫斯科運河和大費爾干運河(Большой ферганский канал等)”。

在蘇維埃政權的年代裏，由於蘇維埃政權，水工技術這門科學得到很大的發展。蘇維埃的學者們——水利工程師與建築師們解決了許多有關水工結構設計與施工的重要問題。

同樣，蘇聯是第一個、也是最完全地發展了經過結構和其基礎的水的滲透理論和計算方法，解決了在軟弱的石基和非石基上(黏土、砂土、淤泥)重而大的水工結構的建造問題。在蘇聯研究出新的有效的方法，可以在多水河流的非石基上建築水力樞紐、用水中拋石和水中填土以攔住河床、灘地建築滾水壩等蘇聯方法[巴甫洛夫斯基(Н. Н. Павловский); 格拉夫吉(Г. И. Графтио); 維節里也夫(Б. Е. Веделев); 季里也伐諾夫(Н. М. Герееванов); 斯克累爾尼諾夫(В. П. Скрыльнинов); 葛立興(М. М. Гришин); 茹克(С. Я. Жук); 茹林(В. Д. Журин); 阿護琴(А. Н. Ахутин); 契爾圖烏索夫(М. Д. Чертоусов); 維里岡諾夫(М. А. Великанов); 沙伐倫斯基(Ф. П. Саваренский)，及其他人的貢獻]。

現在，在解決水利建設的理論和實際問題這兩方面，蘇聯的水工技術無疑地是站在世界第一位，蘇聯現在正在進行偉大的水利建設，這可以證實我們前面所提的。

第二章 擋水結構的一般工作條件

§ 7. 擋水結構的一般概況

擋水結構是能夠用它的一邊擋住比另一邊較高水位的結構。擋水結構把水流或水池分開為兩部分：1) 上游和 2) 下游。

在擋水結構之前，有着較高水位的一部分水池稱為上游（簡寫為 B. B.），其水位稱為上游水位（或水平）（YBB, ГBB）。

下游（簡寫為 H. B.）——在擋水結構之後，有着較低水位（YHB 或 ГHB）的一部分水池。

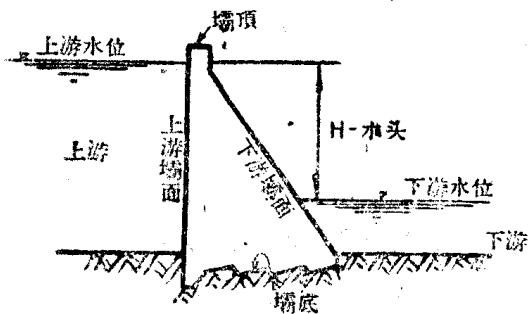


圖 1

上下游水位差稱為作用在結構上的水頭或落差（圖 1）。

如果下游水位低於結構底部，則結構上的水頭將等於上游水位與結構底部高程之差：

$$H = \nabla \text{上游水位} - \nabla \text{底部}。$$

結構的表面或是邊緣部分，朝着上游的稱為上游面或水壓方面，朝着下游的稱為下游面。

擋水結構的典型代表是壩。壩是攔斷河流的河床或河谷的擋水結構。建造在河流的河床上為了防止冲刷的小壩稱為溢流壩或堰。

堤防和塘岸是變相的壩，沿着河道、海洋、湖泊的岸建造，用以防止沿岸土地的淹沒。

有水頭結構（簡稱——水頭結構）也可能是其他的水工結構，例如水電站的廠房、閘、壩、壓力水池的胸牆以及其他承受水壓力的結構。

主要由有水頭水工結構物所組成的水力樞紐稱為有水頭的水力樞紐，與無水頭的水力樞紐的區別為後者在其組成中沒有有水頭結構物。

在有水頭水力樞紐中，壩是主要的、最重要的和最負責任的結構物。壩抬高了水位，形成了容量巨大的水庫，可以最完全地調節河流的流量，多方面地利用河水。所以壩是水工結構課程中一個主要的研究目標。

築壩的主要目的可以有兩種：

- 1) 抬高河流中水位，保持它在一定的足以滿足水利專業要求的高度；
- 2) 造成水庫，以蓄水和調節河流的水量。

有時按照這些目的，壩分為抬高水位的或蓄水的。但是，對壩這樣的稱法是不精確的，因為每一個壩，嚴格的說，既是抬高水位又是蓄水的。

抬高河中水位可能為了：

- a) 建立利用所造成的水頭的水電站；
- б) 自河道中引水去灌溉田地或引到水電站的輸水道(渠道、隧洞)；
- B) 增加河道水深到航行深度(在上游),並減緩水流的流速；
- Г) 在河道上佈置給水的引水設備,當天然水深不夠及不能保證進水開免於泥沙沉積和冰凍等時；
- A) 防止河床的冲刷；
- e) 衛生的目的(在沼澤地段形成深的水池,爲了居民地區的福利設備)。

綜合利用河水時則所建的壩同時要達到幾個目的。

造成水庫可能是由於調節水量的需要,調節水量的壩的上游叫做水庫。在調節河流水量的水庫中,水位並不是永恆不變的,當蓄水時(在洪水時)它升高,而在引用所蓄的水時它降低,在水庫新的蓄水開始時(在洪水開始時)達到最低的位置。水庫的最高和最低水位之差稱爲它的工作高度,而水庫的這一部分容積,即包括在這兩個水位之間的容積稱爲水庫的有效容積或工作容積(圖 2)。要完全地調節河流水量的往往要求很大的、多半由很高的壩所造成的水庫。例如不久以前在蘇聯建成的齊姆良水庫就是這樣的。

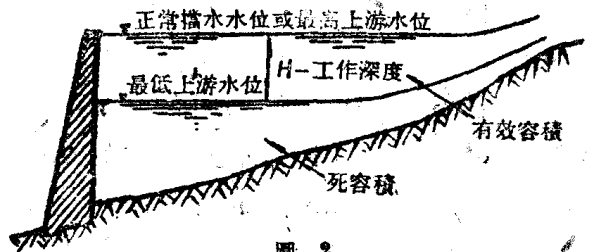


圖 2

§ 8. 壩的分類

現在,壩是用不同的材料建造的,而且有很多形式不同的構造。爲便利於壩的研究,我們按照一定的特徵把壩分成幾類。

A. 壩按照築壩材料的分類

1. 土壩 用砂土、黏土及其他土壤建造的,這是最古老的,在今天也是最普遍的壩型。在蘇聯頓河上的齊姆良土壩便是這種壩的一個例子,長達 12.75 公里,體積超過 2,500 萬公方,用水力機械在一個施工季節中做成。這種壩的高度有達到 130 公尺以上的。

2. 堆石或乾砌石壩 主要是不用膠着材料來建造。

3. 混合式壩 用土和石塊所建造,水頭在 100 公尺以下或更大一些,這也是一種很普遍的壩型。

4. 石壩 用漿砌石建造,以前很普遍地採用(在二十世紀開始前)。但由於工作的繁重,很高的造價和機械化的困難,現在已很少採用。這種壩最高的一個建造在 1916 年($H = 94.5$ 公尺)。

5. 混凝土壩 這是最普遍的一種壩型,它排擠了石壩。這種壩已有的高度達 220 公尺。混凝土壩多半做爲溢水結構,只是當它們很高而且在石基上時才築爲非溢水結構。

6. 鋼筋混凝土壩 在石基上由肋墩(壩梁)和鋼筋混凝土蓋面所構成,或是(在非石基上的溢水壩時)由閘墩、基礎底板和溢洪道檻所構成。這種壩也是普遍採用的,適用的水頭

範圍很大。

7. 木壩 在富有森林的地區，為小型的或中型的壓力水力樞紐所廣泛採用。世界上最高的木壩是索哥河 (Soro) 上的壩，高 21.5 公尺 (在蘇聯)。

8. 鋼壩 由鋼肋墩和蓋面板所構成 (肋墩壩)。有時把混凝土、木料或其他材料所做成的低滾水壩的鋼閘門也稱為鋼壩。這是錯誤的稱法。真正的鋼壩應用並不普遍，據我所知，已經築成的總共只有三個。

9. 雜料壩 用不同的材料和其他的種式：用鐵石籠，冰凍等。

B. 按照構造的特徵的分類

按照壩的構造的特徵可分為四類，相互的區別是作用於壩身的水的負載傳到基礎上的方法，和壩保證防止滑動的穩定性方法。

1. 重力壩 (或大體積壩) 必須有很大的重量，以造成足夠的、沿基礎的摩擦力，使壩承受水壓力後不致滑動。混凝土壩是典型的重力壩 (圖 3-a)，而土壩、堆石壩、某些木壩是重力壩。

2. 拱壩 在平面中是曲線的拱的形狀拱，凸向上游，拱端支承在兩岸，把作用在壩上的水壓力傳達到河岸。這種壩是混凝土的或鋼筋混凝土的，很少是砌石的，也很少是木的。它們要求很好的石基，和適當的峽谷剖面 (圖 3-b)。

3. 肋墩壩 (空心壩) 由肋墩和板形、拱形等蓋面所組成，蓋面支承在這些肋墩上，把水壓力傳到肋墩。這是些鋼筋混凝土的、混凝土的、木的或鋼的壩 (圖 3-c)。

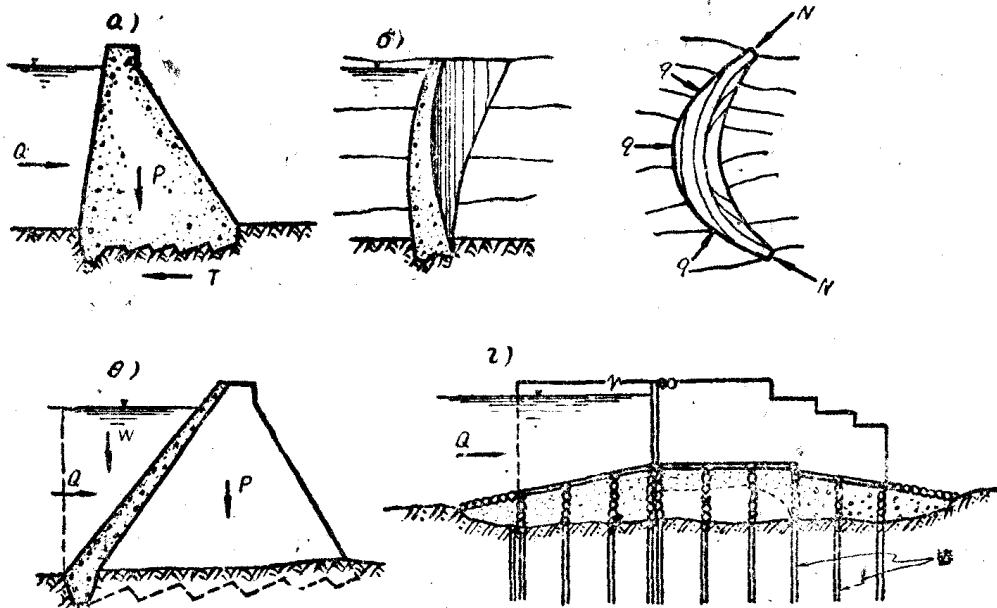


圖 3

4. 樁壩或在樁基上的壩 (圖 3-d) 這些壩對滑動的穩定性主要是靠樁來抵抗水平負載。木壩多半是樁基的。

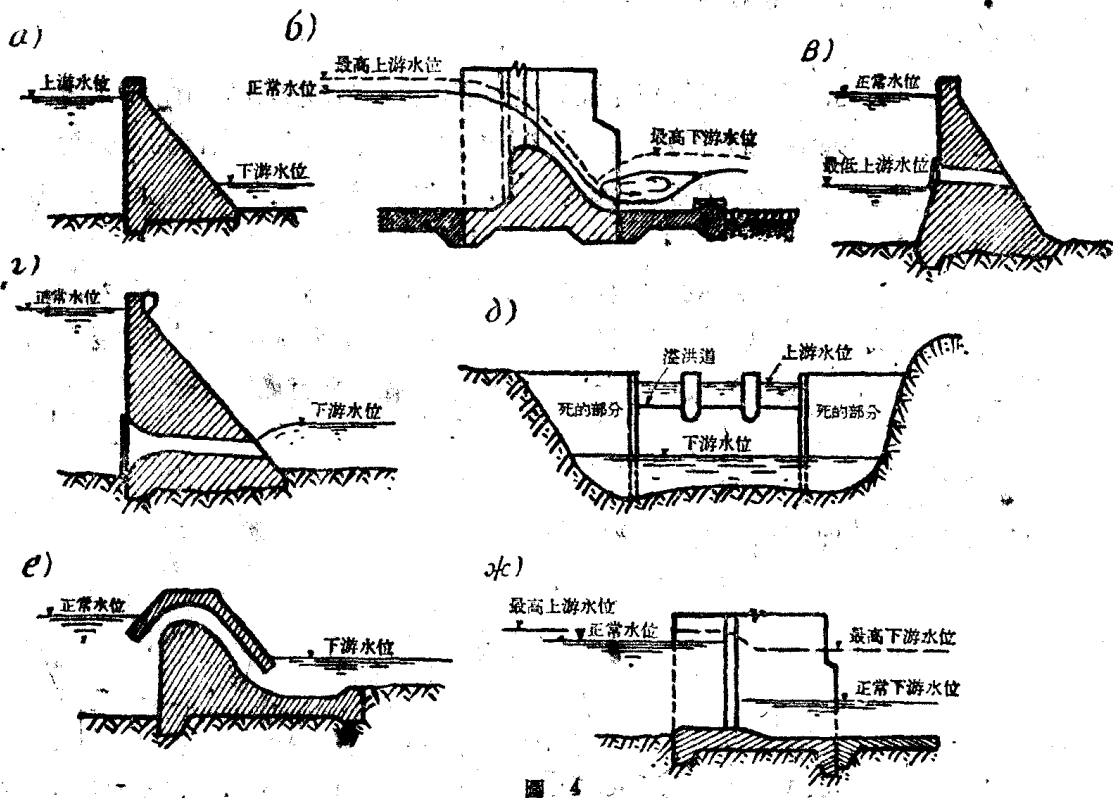
B. 按照洩水的方法的分類

可能經過壩、電廠、河岸的洩水結構或其他的結構從上游洩水到下游，因而壩可能設計為溢水的或非溢水的結構。不能溢水的壩叫非溢水壩(圖 4-a)。能溢水的壩稱為滾水壩或溢洪道(圖 4-b)。溢洪道可能是壩的一部分，而其他部分可能是非溢水的。壩身中有為洩水而建造的孔口時，這種壩稱為洩水孔壩(或放水孔壩)(圖 4-c)，而這些洩水的設備稱為洩水孔或放水孔。

洩水孔位置的高程要看我們希望將上游水位洩到什麼高程而定。如洩水孔的底靠近河底，則這種孔稱為底孔，而洩水孔稱為底洩水孔。底洩水孔可以完全將水庫洩空(圖 4-d)。

滾水壩通常有閘門，藉閘門可調節溢過壩的流量，並調節水庫中的水位。也許溢洪道沒有閘門，那麼這種溢洪道稱為開敞式溢洪道。這樣的溢洪道不能調節水庫內的水位，水位將取決於溢過溢洪道的流量。在洪水時如壩上溢水為 Q_{max} ，上游水位將是最高的，在年的枯水時期(在枯水時)當 Q_{min} 時，上游水位將是最低的。

壩的洩水孔總是裝有閘門的。壩也許採用虹吸溢洪道(圖 4-e)。當壩上游的正常擋水水位不超過或是稍為超過洪水期中河中的水位時，則多將壩的溢洪道做成一個低的溢洪檻，孔口很大。當孔口完全開時，整個河床橫斷面差不多完全開放了(圖 4-ж)。這種壩中有的在洪水時經過壩可以直接通航(通航壩)。通常這種壩是低水頭的壩 ($H = 3-5$ 公尺)。



§ 9. 上游和下游

A. 壩的迴水和淹沒

由於壩的建造，在迴水區內(也就是在上游)，河流及其支流的水位會被抬高。結果位於

這個區域內的土地和結構將被淹沒，地下水位將抬高(土地的地下淹沒)，利用河水的裝置的工作情況將改變(抽水站、水電站等)。另一結果是減低了水流流速和在上游泥沙將發生淤積。

壩所造成的迴水會延伸到相當大的距離。在平原河上的中水頭樞紐，這個距離會到數百公里。為估計將來河流的性態，在設計壩時應對河內可能有的各種特殊的流量：洪水的、最小水的都做出迴水曲綫。

由築壩而引起的損失有土地和結構的淹沒，造成農林地區、森林、居民、礦產的損失，破壞了企業和結構的運用情形。

這些損失應該由國民經濟加以補償，為此需要一定的經費。

在國民經濟是由國家來計劃的條件下(例如在蘇聯的條件下)，淹沒所引起的費用是在：

1) 有計劃的從淹沒的地區到新的地方遷移居民，安頓他們在這兒(新居民區的建造，和新土地的開發)；

2) 淹沒結構的遷移或改造：運輸的、電信綫路、電氣事業及其他；

3) 分佈在河流上或河岸上的結構和企業的重造(橋、碼頭、進水閘、抽水站等等)；

4) 下水系統、地下電綫等等的重裝；

5) 森林的恢復；

6) 在水庫內對新的河岸的保護，以免被波浪損壞，用堤來保護沿岸地區，不致淹沒。

所需要的經費通常是很大的(很貴的)，所以從這些開支中如何選擇(例如為保護貴重的目的物以防淹沒，採用堤岸，還是把這個目的物搬到新的地方)，在把各種措施的方案加以技術經濟比較以後才能決定。

永久的淹沒(與靠近壩所保持的正常擋水水位 H_{II} 有關)和臨時淹沒(與洪水的洩流過壩時，上游水位的抬高或超高有關)應分別開來。在許多情形下，地區和目的物受到臨時淹沒，可能不必重造。例如，假如淹沒在二十年中遭遇不多於一次而持續時間不大於 1—2 週的地區和目的物。

B. 地下淹沒

在靠近河岸一帶的地下水水位是一般地與河中水位相關連的。所以築壩之後河道的迴

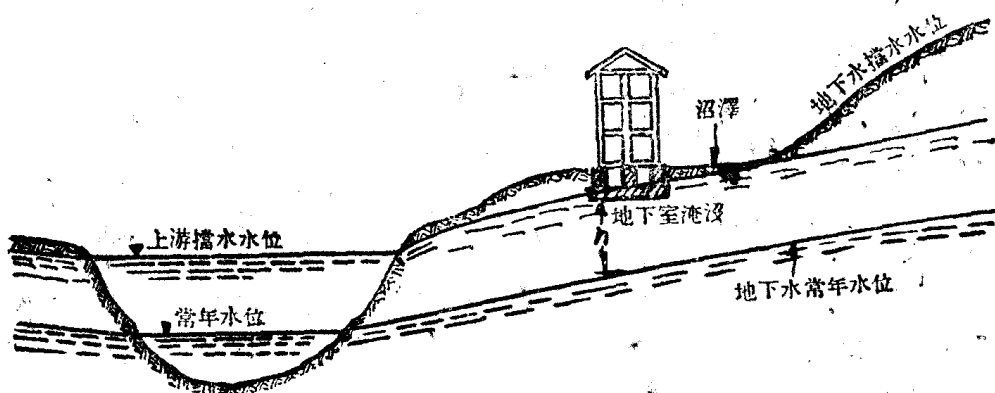


圖 5