

水力發電站建設叢書之二

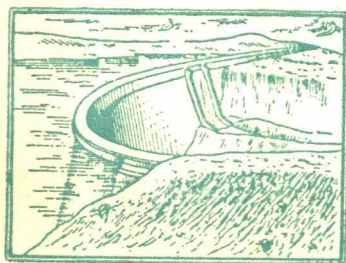


水力發電站的 攔水壩

蘇聯 阿·勒·莫耶維奇 諾夫著

燃料工業部水力發電建設總局編譯室譯

劉 振 譯校訂



燃料工業出版社

電力發電站建設設計之二

水力發電站的 攔水壩



電力工業出版社

內 容 提 要

本書研究水力發電站的土工建築物中的攔水壩。列舉壩體的主要類型、施工方法及攔水壩運用的基本知識。

本書供建築工人閱讀，以便了解蘇聯築壩技術的成就。

* * *

水力發電站建設叢書之二

水力發電站的攔水壩

ПЛОТИНЫ ГИДРОЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СТАНЦИЙ

根據蘇聯國立動力出版社(ГОСЭНЕРГОИЗДАТ)1952年莫斯科俄文第一版翻譯

蘇聯 А.Л.МОЖЕВИТИНОВ 著

燃料工業部水力發電建設總局編譯室譯

劉 振 聲校訂

燃料工業出版社出版

社址：北京東長安街燃料工業部

北京市印刷一廠排印 新華書店發行

編輯：孟慶沐 校對：李珍如

版權所有★不許翻印 1954

北京市書刊出版營業許可證出字第012號

書號250 * 電111 * 787×1092 $\frac{1}{2}$ 開本 * 1 $\frac{3}{4}$ 印張 * 41千字 * 印1—2,500冊

一九五四年九月北京第一版第一次印刷

定價2,800元

出版者勸話

1950年8月9日蘇聯部長會議通過了建築斯大林時代的巨大水力工程建築物——該工程在伏爾加河的古比雪夫和斯大林格勒水力發電站，第聶伯河的中游大斯捷尼水力發電站；灌溉及引浸伏爾加河左岸、裏海附近地帶、南烏克蘭和北克里木等地區；在土爾克明尼亞蘇維埃社會主義共和國建築規模宏大的攔水壩、灌溉渠道、水力發電站等水力工程建築物；開鑿伏爾加——頓河運河，以及灌溉羅斯托夫斯基省和斯大林格勒省的農田等。

共產主義偉大工程的開展，是改造我國自然界的斯大林計劃的主要組成部分之一。這說明了社會主義制度，運用在為人民福利方面，科學與技術一切成就的創造力量。

首創的偉大建築工程——列寧伏爾加——頓河運河及包括齊姆良力水發電站在內的許多水力工程建築物已建成，並已開始運用。

除上述水力發電站及水力工程建築物以外，在我國各河流上，正建築着數十個大、中型水電站和數千個小型水電站。

在絕大程度上，勝利地修建一切建築物有賴於水力發電站的建築工人幹部，有賴於對他們的培養程度、正確理解黨和政府交付給他們的重大責任。

本水力發電建築工程叢書的內容包括建築水電站施工方面的必要知識，和有關水能、水電站及其各種建築物的基本知識。

國立動力出版社希望本書讀者，特別是工人讀者們，將所發現的缺點及對本書願望，函告列寧格勒，涅輔斯基大街門牌28號本出版社。

目 錄

第一章 水力發電站建築物中攔水壩的用途	3
1. 攔水壩用途及水力發電站主要類型	3
2. 對攔水壩的基本要求	8
第二章 攔水壩主要類型	12
3. 總則	12
4. 低壓溢流壩	12
5. 非溢流(實體)土壩	18
6. 拋石壩及異質壩	22
7. 混凝土及砌石重力壩	26
8. 輕質壩	31
9. 拱壩	34
第三章 築壩施工	36
10. 施工期間的放水	36
11. 土方工程	40
12. 水力機械化	44
13. 拋石壩	47
14. 混凝土工程	48
第四章 攔水壩的運用	53
15. 運用中的基本問題	53
16. 對建築物的檢查	55

第一章 水力發電站建築物中 攔水壩的用途

1 攔水壩用途及水力發電站主要類型

攔水壩是組成水力發電站各建築物中的一個主要部分。

如果河水是急流，而且多變化的，不用高大的障礙物加以阻攔，又如攔水壩築成後，不對急流的河水控制；則河流水力資源的多目標開發，是不可能的。

在河道上修建攔水壩其目的不一。所有的河流逐日逐年或多或少地改變它的水量。春天積雪融化後，河中水位高漲，深度加大，單位時間內（如每秒鐘）通過河道的水量，即流量，顯著增加。某些年代春汛甚大以致發生水災，淹沒農田和城市，並沖毀許多建築物，夏秋多雨月份，也常發生洪水。夏季乾旱時期和冬天，河水淺落時，水位降低；在這平水時期河道的流量顯著減少，並可成為春汛流量極小的一部分。

壩的首要用途，是在河道上或在河源的湖泊上築成水庫；在水庫中可存儲河水，並可按需要從庫中引出。這樣有計劃地按季節或晝夜變更分配河道水流，謂之「逕流調節」，因此有季（年）調節或晝夜調節之區分。藉季調節，在春汛及洪水時水庫中存蓄過多的水量，在平水時期再把庫水放空，季調節蓄水庫的面積較大，形成一個大潮。為有效地調節年水量，水庫的容積，必須相當於河流一年間，在該地所流過的河水體積的20—30%。利用特別大的湖泊水庫，亦可作多年調節，即儲存多少年的水量，以備旱年使用。

由於白晝需電量大，夜間減少，一晝夜之間水庫引水量不平衡，而流入水庫的流量在這一時間內卻很少變化，因此有必要在最大小時需水量時放出存水，在夜間需水量少時再存儲。這就是晝夜調節水量。為此目的而建的水庫容積不大，其容積相當於一晝夜需水量的一部分。晝夜調節水庫在各河道上皆可修築，而季調節及多年調節水

庫則只能建在地質和地形條件良好的地方。

被水庫調節的河水流量，可供國民經濟各部門之用。用於堤壩式水力發電站上的水可以發電，引導到田地和草原上的水，可以灌溉和浸潤草原，也可供工業、企業生產用水及城市鄉鎮居民用水。此外，在枯水期還可補給壩下游河段水量，以改善航運及浮運木材的條件。

如果在春季汎濫前，即河道最大流量到達以前，或暴雨洪水來到以前，將水庫放空，則絕大部分的洪水量可存儲在水庫中。壩下游流量將較河中天然流量為小，並可減輕毀滅性的淹沒下游河段堤岸。

築壩以後，不但可建成水庫，同時可使水位發生變化，把上游河段水位比壩下游水位大大地抬高，這種抬高，即壩上下游水位差叫做水頭。隨着水頭的加高，可使與壩體連接的水力發電站發電量增加。水頭之重要，正如流過水輪機的流量可決定發電量。

壩身增高及水頭加大，亦可減輕對沿河土地灌溉及浸潤工作——灌溉渠道通過高地，大部土地面積，可用自流法灌溉，將減少灌溉的抽水站數目，且易於解決水庫對企業和城市的供水問題。

築壩抬高水位，極有利於上游的航行條件。如上游很長河段水的深度普遍加大及流速的減少，把險灘及沙灘淹沒，石灘及淺水處也隱匿於水中等。

但須注意，壩體將上游與下游分隔開，爲了維持其間的航運，需要修建通航建築物——船閘或浮船室，若在流運木材的河道上，還應設置筏道。

由此可見，築壩與解決全面的國民經濟問題有關，開始築壩時，體位對此問題必須由各方面加以考慮，壩址、壩體尺寸及其類型、壩置、大小和類型的選擇，必須按照建築物及其運轉費用最小的原則，使國民經濟各部門，如動力、土地灌溉、工業企業供水及河運等得到最大利益。這種全面唯一正確的科學解決問題的途徑，是蘇聯水力工程師獨有的特點；這種問題之解決，也只有在社會主義國家計劃經濟的條件下才有可能。

根據攔水壩多方面的用途，變更壩的性能，及與其同時修建的建築

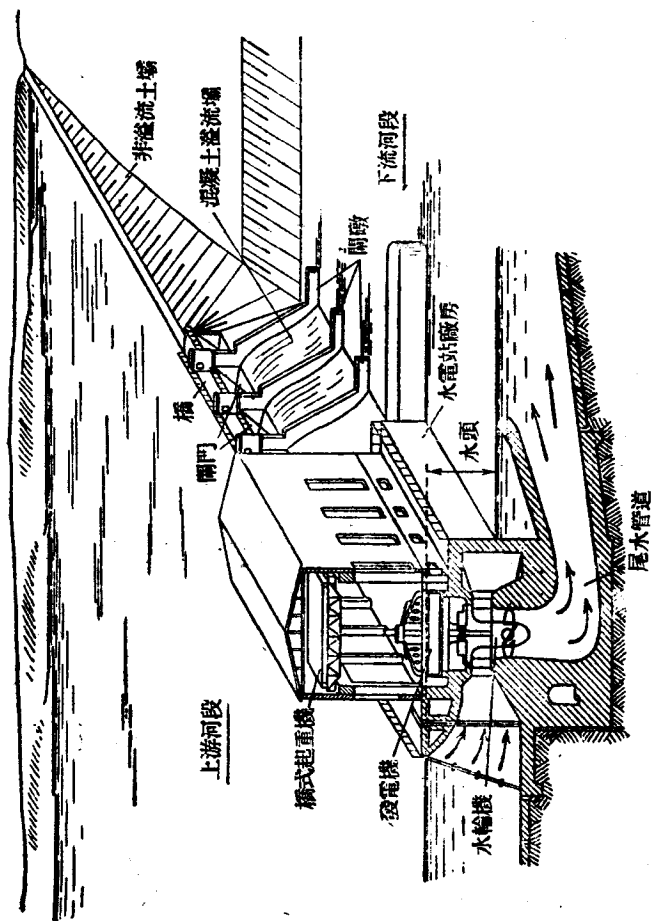


圖 1 河床式水電站建築物

物。這裏我們主要的是敘述壩的發電用途，即敘述水力發電站的各種攔水壩。

水電站分兩大類型——河床式和渠道式，其間無論是壩的性能或

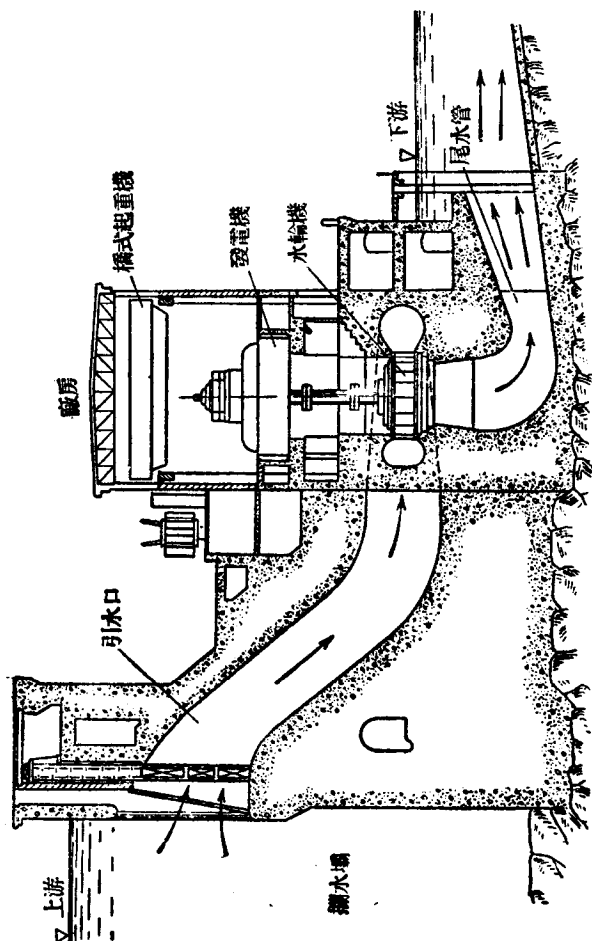


圖 2 壩下式水力發電站橫斷面

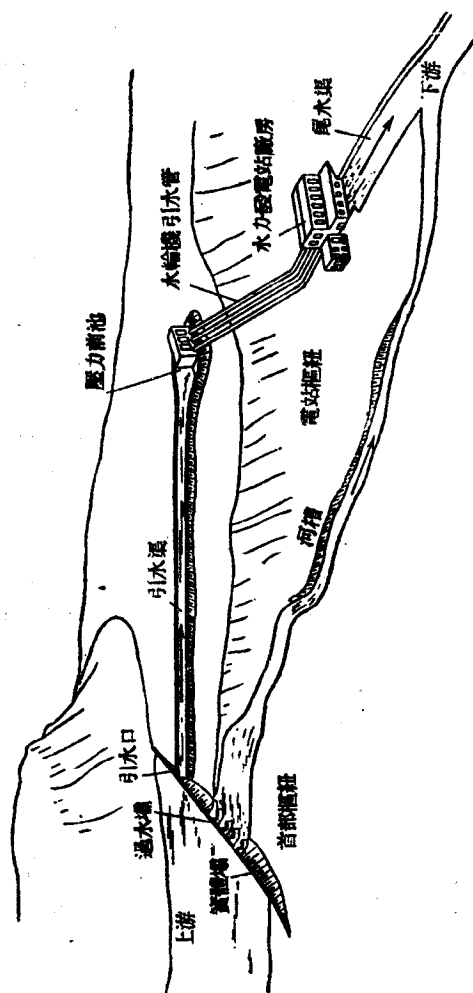


圖 5 渠道式水力發電站建築物佈置圖

各種建築物都截然不同。

河床式水電站（圖1）其特點，是它的各建築物位於河床中的一個密集的角落中。實際上水電站的廠房橫跨河身與壩同在一條線上，廠房成為壩長的一部分。這種水力發電站的廠房必須是重力式的，以便承受上游水壓。在這種情況下，必須在電站建築物中，補加任何水工建築物，具有必要水頭的水流，由庫中流出後，灌入與發電機直接相連接的水輪機中，水發生水能以後，即流至下游。

若落差很大則廠房可設於壩下游，可不受上游水壓（圖2）。壩體橫截全部河床，在有水力發電站廠房的壩體中，設有進水孔，經此孔水沿短管道流向水力發電站的水輪機，在進水孔上安裝着有特製的閘門（最常用的是平板閘門，即所謂板形閘）。這樣佈置各種建築物的河床式水力發電站，謂之壩下式水力發電站。

渠道式水力發電站，其特點在於將各建築物置於沿河相當遠的地方（圖3）。在河上選定築壩的地方，除建築橫斷河床的壩體外，尚需在岸邊上設置引水建築物，以便引取預定水力發電站使用的流量。這一組建築物謂之首部樞紐。水力發電站的廠房位於壩下，沿河下游相當遠的地方，與引水口設在同一岸邊上。河水從引水口沿特設的水道：渠道、隧洞、輸水管或渡槽，即所謂渠道，流至水力發電站廠房。渠道沿岸邊修築，其坡度以能流過水力發電站必需的流量即可。因河道內多石灘及瀑布，故河內水位降較渠道中為大，因此，位於渠道末端之廠房既可利用壩上游所抬高之水頭，又可藉修建引水路建廠房於下游水位更低處所得的落差。

如果渠道式水力發電站的總水頭很大，則廠房須建成一組建築物，其中第一組建築物為與引水渠相接的壓力前池，前池位於岸坡上；水輪機引水管由此引水至水力發電站廠房中的水輪機，水輪機位於岸坡脚處，用尾水渠與河道相連通，這一組建築物名為水力發電站樞紐。

2. 對攔水壩的基本要求

組成河床式或壩下式水力發電站，以及位於渠道式水力發電站首

部樞紐的各種攔水壩分爲兩大類：即過水壩與實體壩。實體壩中無過水孔，其功用須與過水壩或與單獨洩水建築物相配合始能完成，關於洩水建築物的各種形式著有專論，在本書中不加敘述。

爲使攔水壩符合上述功用，應向各種壩型提出那些總的要求呢？

抬高水位，在壩上游造成水庫，對建築物的壓力極大，這一壓力垂直作用在建築物的表面上，壓力大小隨壩高而增加，現代各種壩能承受這種極大的壓力。例如上游面（即向上游的壩面）爲垂直的45公尺高壩。壩長每一公尺所受的水平水壓力爲1000噸。這樣巨大的負荷在修建其它非水工建築物中是不能遇到的。除靜水壓力外，壩體還受波浪衝擊及封河和行水時水塊擠壓力。

壩體必須有足夠的堅固性和穩定性，以便抵禦這些力的作用。無論是壩體或其他部分，不可因這些荷重而碎毀或嚴重的變形；壩體既不許滑移，亦不許顛覆；壩基下的土壤，亦不可在建築物下有危險性的沉陷和岩層互相滑移。

既然築壩要投入大量物質資金，而壩的修理又需極大勞力，所以必須對壩提出要求，以使壩體堅固性和穩定性得以長期保持；這樣壩就必須有耐久性。

無論在何種土壤上及用何種材料築壩，上游的水在大壓力下，總要浸透壩體，繞滲兩岸土壤或由壩下浸滲，這種現象謂之滲透，水的滲透量照例不大，與河水逕流成極微小的比例數，一般地，這一小部分損失，對發電和經濟方面影響不大。但是在壓力下的滲透，水可帶走構成壩體的土壤顆粒，又可溶解並滲走壩體及基土中的礦物質。帶走土壤顆粒（管湧）將促使滲透擴大，而因此又會使土壤顆粒流失增加。這種最初不被察覺的現象，可造成穿透的溶洞，招致災害的起因，直到將壩體摧毀爲止。因此壩體的結構和大小必須能防止壩基或壩體土壤顆粒不發生和發展流失爲止。

水對築壩材料的化學作用及溶解能力謂之化學浸蝕性。過軟的水質或爲一些化學生產的水流所污濁的水是有浸蝕性的。這些水對混凝土和砌石灰漿起破壞作用，很快就將它們摧毀。顯然地，壩體材料必

須是非常堅固，能抵抗水的浸蝕，或者用防水層，即所謂防潮層，以防止水的浸蝕作用。

某些岩石，如硬石膏或含鹽岩具有溶於水的特性，因此在這些岩石上築壩是很危險的，也極少在這上築壩。如遇這種的情況，必須採取適當的措施，以免這種岩層遭到滲透水而溶解。

實體壩（非溢流壩）照例壩頂是不宜於作溢流之用。例如土壩就極易為溢過水流所沖毀。因此實體壩必須有適當的安全高度，以防突發的洪水、被風掀起的浪頭和水庫中波浪等的沖擊。

對於溢流壩應有特別的要求，河流水少時其放水孔應緊閉。當需要排水或排冰時，放水孔應按照往下游排水流量之大小而開放。最大排水流量應根據河流水流量而定，同時並考慮上游大容積水庫，應對流量大小的影響作決定。

用特製的鋼結構——閘門，全部地或部分地關閉放水孔，需要大力操縱的閘門，應需使其機械化，必要時更使之自動化。在無經常值日人員的自動化水力發電站上採用自動閘門，亦可在需要迅速啓閉閘門的非自動化水電站上採用。

閘門及其機械，無論在夏季或冬季，白晝或夜間必須保用，必須使看管人員能便利地運用閘門。過大地開放閘門將使可用於發電或其它方面的水流失。閘門開度不足，會使上游水位抬高，超過規定限度，淹沒水庫兩岸上的農田、房屋和各種建築物；水由壩頂或其他建築物上溢過，釀成摧毀壩體及各種建築物的危險。

由於築壩所造成的上下游水位之高差，在通過壩上放水孔排水時，水流從高處急遽向下游跌落，於是對下游河床起破壞作用——沖毀河床，沖刷河岸。經過長時間的這樣沖刷的範圍可擴大至威脅壩體，及其相鄰建築物的穩定性。

所以除修築在大塊堅固岩石河床上的每座溢流壩外，必須特設由壩上放水孔洩下水流的穩定設備，並保護壩體附近河槽，使河床及兩岸免受沖刷。

築壩時如何能符合上述各項要求，由以下的說明——攔水壩各種

類型的敘述——即可了解。

除了上述壩體的用途方面的基本要求外，還可提出附加要求，如利用壩頂作兩岸間的交通，即敷設汽車路或鐵路，這一類附加的要求在本書內不詳加敘述。

各種攔水壩除完成其控制河道逕流及集中一處構成發電用的高大跌水的主要用途外，對於河道水流的情況和附近地區的自然條件，尙可發生一系列附帶的影響。

其中首要的是淹沒和浸沒，由於攔水壩上游水位大量的壅高和水庫的造成，使廣大地區被水淹沒，在廣大平原河流上所造成的水庫，其浸淹面積很大。

例如伏爾加河上的——古比雪夫水力發電站，爲世界最大人造蓄水庫，長達500公里，寬爲40公里，實際上成了一個巨大人造湖。庫水能淹沒廣大的地區，所以在水庫貯水以前，要把樹木伐盡、遷移集體農莊、改建企業和各種建築物、道路改綫等。實行這些措施，需要時間很長，消耗財物很多，但是建壩以後所得利益能補償這一切花費，而足足有餘。不言而喻，必須預先算出建庫、築壩及其他水工建築物的造價，並與水力發電站的發電量及灌溉面積的大小等作比較。

淹沒與浸沒是密切相關的。流入河流的地下水，水位隨河流內水位之壅高而上升，岸上的土地變爲池沼，某些樹木被淹死，水浸入房屋和企業的地下室。地下水水位升高，以致破壞土地的正常利用，謂之「浸沒」。

其他如築壩以後河流泥沙運行亦發生變化。除發源於大潮的河流外，任何河流都成混水，並帶有沿河底運行或多或少的泥沙，在洪水期和山地河流中尤甚。這些泥沙是由於河流對河床之冲刷所造成的。泥沙遇水庫，像在沉沙池中一樣，即下沉至庫底，而攔水壩以下水流則被澄清。如果築壩以前由河流上段挾帶至該段的泥沙，全部被流帶下游去，則築壩後這一平衡狀態即被破壞——水庫爲沙和淤泥所冲積，而壩下游河床經過一段時間後會被冲刷。有時水庫淤塞進行得很慢——山地河流上的水庫經幾次洪水後就可能被淤滿。

河流的封冰情況也發生變化。水庫較河流的封冰期長，因此，築壩以後上游的通航期即有所縮短。

大水庫與自然湖泊相同，對於沿岸地區的氣候也起一些影響。

第二章 攔水壩主要類型

3. 總 則

各種類型的攔水壩按其結構、材料及建築方法的不同，相互間有很大的區別。決不能肯定地說：這些壩不好，那些壩好；必須根據壩的功用、建築地區的自然、經濟條件及施工期限選擇最有利的壩型。

最重要的自然條件包括河川水文情況（逕流量及其季節分佈、泥沙運行及冰川情況等），建築地區的地質特性（河床及兩岸壩基岩石的堅固和不透水程度），地形條件（河床寬度及坡地傾斜度）及氣候。自然經濟條件包括地方出產水工建築物所需大量的建築材料（如石、砂、礫石、泥土及木材）。

爲使壩造得賤，快，好及保證壩的使用可靠和方便，必須編製各種壩型的設計方案，把這些方案互相比較，選出其中認爲最適當的壩型。

下面我們談一談最普遍採用的壩型（在實際技術工程上，遇到的遠不限於此），先從比較簡單常用的，所謂低壓溢流壩開始，此壩包括大多數其它壩型所有的組成部分。

4. 低 壓 溢 流 壩

如因地形條件（平原地）關係，若不把建築物延長和不淹沒大片田地，就不可能在河上一處造成大跌水，需採用水頭在15—20公尺以內的低壓溢流壩。如河中水很多，雖然水頭小，亦能在壩下建築有足夠容量的河床式水力發電廠。又如河水流量不大而河坡頗陡，爲了得到

需要的電量最好考慮建築渠道式水力發電站，利用引水道可得到必需的水頭。低壓溢流壩主要由混凝土造成，很少用石塊或鋼筋混凝土修造。此式之小型壩以前用過木料修造，但由於這種材料不耐久，故對大規模建築物是不適用的。

今略述此種類型的混凝土壩特點（圖4）。為要維持上游高水位及洩放大流量，重力混凝土基礎板——護底——就成了建築物主要部分，在此基礎板上豎立着寬大的混凝土閘墩，這些閘墩把壩長劃分成用鋼製活動閘門開關的單個放水孔。

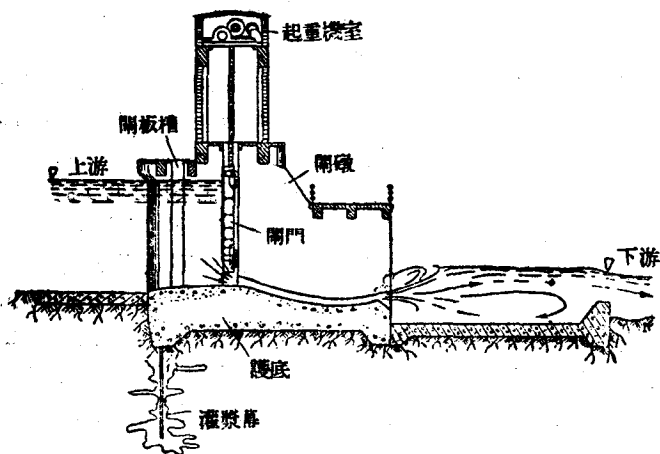


圖4 低壓混凝土溢流壩

茲詳述數種閘門於下：

對閘門的主要要求是能靈活地全部或部分開放，閘門的結構是各種各樣的：有一種閘門是向下開放，水由上部溢出；另一種與此相反，閘門由水中向上提昇，水流由下部溢出。最普遍採用的一種閘門型式是如圖5a所示的平板式閘門，閘門沿閘墩上凹槽下降，直立在護底面上，閘門把所承受的水壓力，經過閘槽中的門邊傳到支撐它的閘墩上。為使閘門能靈活地昇降，把支點部分做成帶輪的滑車形，在閘

槽中則裝上軌道。用裝在橋墩或工作橋上的電絞盤提昇閘門。

弧形閘門（其斷面如圖56所示，成弧形），不直接依靠於閘墩上，它的邊框上裝有腳架，架的頂端與嵌在橋墩上的滾軸相連結，閘門上昇時，繞着此孔中高於水位的滾軸轉動。這種閘門不需要閘槽，提昇閘門的力較同樣大小的平板閘門為小。弧形閘門的重量和造價却較平板閘門為大。

圓柱形閘門（圖56），為帶有特製腳架以增加閘門高度的長圓柱，柱的兩端做成齒輪狀支依在閘墩的齒條形斜槽上。圓柱閘門沿着齒條形斜槽向上滾動，閘孔即被開放。這種型式的閘門比其他閘門重，但提昇力比平板閘門用的少。

下降式閘門中最簡單的一種是活閘門（圖57），活閘門在固定於洩水孔底檻上的軸上轉動，它的上邊緣用升降機上的拉桿吊起。用這拉桿可把閘門降臥在護底上，這時洩水孔就完全開放。活閘式閘門可耗費少量的水把冰塊排走（如果水庫在行冰期需要排水時）。

扇形閘門如圖58所示，其狀像由大直徑圓柱分割出的扇形體。閘門的尖端安裝在滾軸上，由與弧形閘門相似的曲線形圓柱面來承受水的壓力。扇形閘門結構最有興趣的是，它能下降到護底上的凹洞中，假如在閘門的前面（承受水壓面）和上面都裝上外殼，那閘門就能承受水的作用。升降這種閘門不需裝設絞盤，而靠水力設備來控制，其方法如下：從上游向凹洞和閘門外殼組成的封閉室放入有壓水流，閘門受水壓升起，洩水孔隨着被關閉。相反地，把水由封閉室放出，閘門藉自身重量降入凹洞，洩水孔隨即開放。

此外，還有很多其他型式的閘門，以及成組合結構的，如固定於閘板上邊緣的活閘門、雙重弧形閘門或雙重平板閘門等。

因為活動閘門結構，不可能緊密地與橋墩閉合，所以防漏邊條就成了必要的部分。

防漏邊條由粗橡皮管、角木柱、軟鋼條或其它材料做成，並與閘門外殼邊緣端固接，該防漏邊條受水壓後，緊貼在外殼和橋墩面間的縫隙上，不使水透過此縫。透水除了損失水量外，冬季則在閘門邊框上