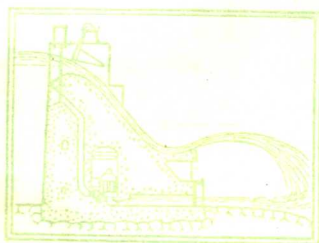


水力發電站建設叢書之十二

水力發電站的洩水道 和放水孔

苏联 A. П. 莫耶維赤諾夫著

金崇磐 王愛英譯



電力工業出版社

內 容 提 要

这本小册子叙述了水力发电站洩水道和放水孔的主要型式，指出了它們的用途和对它們的要求，講述了关于建造的各种方法；并叙述了一些有关运用的知識。

这本小册子是本書作者的另一著作“水力发电站的攔水坝”的繼續部分，目的在于使水电站建設者熟知苏联洩水建筑物建設技术上的新成就，这对我国正在进行的大規模水力发电建設很有帮助。本書供从事建筑水力发电站的工長和技术工人閱讀。

А. Л. МОЖЕВИТИНОВ

ВОДОСБРОСЫ И ВОДОСПУСКИ ГИДРОЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СТАНЦИЙ
ГОСЭНЕРГОИЗДАТ МОСКВА 1955

水力发电站的洩水道和放水孔

根据苏联国立动力出版社1953年莫斯科版翻譯

金崇磐 王爱英譯

533S79

电力工業出版社出版 (北京府右街26号)
北京市書刊出版業營業登記證出字第082号

北京市印刷一厂排印 新华書店發行

787×109 $\frac{1}{2}$ 开本 * 2 $\frac{3}{4}$ 印張 * 42 千字

1957年2月北京第1版

1957年2月北京第1次印刷(0001—4,100册)

統一書号:15036·464 定价(第10类)0.32元

早在二十五年前，苏联就已經开始修建电气化的首創物——伏尔霍夫水力發电站。从那时起，我国在电气化方面就获得了卓越的成就。在完成具有历史意义的苏联全国电气化委员会的計划和战前的几个五年計划的过程中，苏联人民在共产党的领导和鼓舞下，建成了我們电力事業中足以自豪的以B.H.列宁命名的第聶伯水力發电站，并在偉大的俄罗斯的伏尔加河上游及其他河流上建造了許多大型水力發电站。

恢复和發展国民經济的第四个（战后第一个）五年計划胜利完成后，苏联人民开始解决更进一步的任務：創造共产主义的物質技术基础。这个任务主要是全国电气化。

1952年完成了B.H.列宁伏尔加-頓河运河及齐姆良水力發电站的工程，并开始通航和發電。

苏联共产党第十九次代表大会关于發展苏联的第五个五年計划的指示中，預定在五年內要將水力發电站的容量增加大約兩倍。將有一系列大型水力發电站开始运行，其中有容量为210万瓩的古比雪夫水力發电站；以及其他总容量为1916千瓩的卡木斯、高尔基、明格察烏尔、烏斯啓-卡曼及其他水力發电站等；还有正在建筑中的斯大林格勒、卡霍夫、新西伯利亞水力發电站，以及正在建筑的

切包克薩尔、沃特金、布赫塔尔明等新的大型水力发电站。

胜利地修建这一切建筑物，主要决定于大量培养水力发电站的建筑工人和干部的程度，决定于他们对于党和政府所交给他们的重要责任的正确理解。

为了帮助建设者们完成摆在他们面前的任务，我们出版社着手出版一系列的小册子“水力发电站建设丛书”。

列入这个丛书的书籍中的内容，都是在水力发电站建设中进行各项工程施工时所必须熟知的基本知识，以及关于水能、水力发电站及其建筑物的基本知识。

在这本小册子中阐述水电站建筑物的重要部分之一——洩水道和放水孔。

国立动力出版社欢迎读者，特别是从事水力发电站的建设者，将在本书中所发现的一切缺点以及对本书的愿望函寄本社。地址：列宁格勒，聶伏斯克大街門牌28号，国立动力出版社列宁格勒分社。

目 录

原出版者的話

1. 洩水建筑物的用途和对它們的要求·····	4
2. 坝和水电站的溢流堰——洩水建筑物的 基本型式·····	10
3. 开敞式河岸洩水道* ·····	25
4. 隧洞式洩水道·····	35
5. 底洩水道和放水孔·····	47
6. 在引水道上和 在压力池中的洩水道·····	54
7. 施工洩水道·····	58
8. 洩水道和放水孔的运用·····	63

1. 洩水建築物的用途和對它們的要求

在水工建築物樞紐的組成中，除了有能在河川上造成水庫并控制河流的壩以外，還有洩水建築物，就是在水庫太滿時用來洩出過多的水的結構，它有着重要的作用。

根據對自然現象的直接觀測，大家知道，在不同的年份和在一年中的不同時期，河川有着不同的水量，河中的水位也不一樣。在大的平原河川，它的特征是，在被河川干流及其無數支流穿過的廣大區域上的雪一下子融化，因而引起很大的春季漲水。當在這些被稱為河川的流域的區域中降下強烈而持久的雨時，同樣可以觀察到水位的上漲。

如果河川的流域大，延伸達數百公里，暴雨不可能同時分佈在它的整個面積上；而融雪却是到處而且幾乎是同時發生的，所以大河的春季漲水比暴雨洪水大。在不大的流域中，暴雨可能一下子降在整個區域內，並且因為在短時間內由於降雨而增加的水量比在同樣時間內由於融雪而增加的水量來得多，所以在小河中，特別在山區流域中，暴雨洪水比融雪洪水的持續時間短，漲落快。

如果在河上沒有建造河岸護堤也沒有建造有壩及溢水道的調節水庫，暴雨洪水將使居民遭受很大的損失，甚至使人的生命受到損害。僅僅在1953年夏季，在日本由暴雨引起的兩次洪水便奪去了幾千人的生命。

在苏联，有專門的機構——水文气象管理局的測站網曾有系統地进行觀測河中的流量，即觀測一秒鐘之間流过河川某处的水量、觀測河中的水位、觀測河川流域上的降水(雨、雪)。为了正确地估計河川的下洩水量，須在很多年間逐日地計算它的流量。

根据这些觀測而研究河流的狀況，可以确定这种狀況的特点，这些特点和河川流域当地地理条件有关。譬如河川流域中的大湖并不严重地影响全年流过河川的总水量，却大大地減少最大洪峯，延迟洪水的到来，并增加洪水的总持續時間。

山区流域，特别是無林山区流域的河川，其特点是洪水增長急速。所以最大洪峯要比流域中年降水量相同的平原河川的最大流量值大几倍。由永冻冰雪補給的高山河川，其特征是春季洪水發生得迟，而且比普通山区河川的春洪均匀和持久。

树木对于一年間河川逕流的均匀性有重大的影响，并且大大地減少了最大洪峯。在美国，由于在大河流域濫伐树木，这些河川年复一年地泛濫成災。

用筑高堤的方法在河川上造成巨大的人工水庫，对于河川流量的数值有極大的影响。这些水庫用来調节流量。洪水期中水庫尽量地截留一部分河川逕流，以便在一年的枯水期——冬季和夏季的干燥月分有計劃地使用所儲存的水(圖1)。

經過这样調节以后的河水流量用来發出电能；水通过水电站的水輪机后，重新回到河中。所以，造成水庫并在

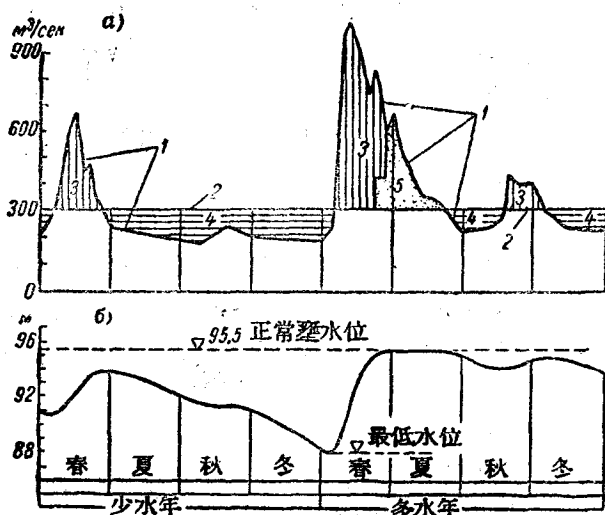


圖 1 河中水的流量圖(a)及水庫中水位的变化圖(6)
 1—流入水庫的流量；2—水电站所利用的調節后的流量；
 3—充滿水庫的剩余水量；4—由水庫補充的不足水量；
 5—洩掉的剩余水量。

其中調節河川的流量不僅保證了水电站經常發出電能，並且也改進了通航的條件；事實上，不僅在水庫中增加了通航深度，並且由於在枯水期增加了河川流量，壩和水电站下游的通航深度也增加了。

無論多大的水庫，都很少能夠調節河川的全部逕流而使它都通過水电站的水輪機。在水工建築物樞紐（或簡稱水力樞紐）運用的許多年間，可能發生特大洪水，可能遇到一連幾個多水年，於是水庫就過滿了。此外，必須考慮到在水电站和輸電綫路的工作中，或在用電的企業中可

能發生長期的意外事故（例如由于天災等等）。在水电站不工作期間，水庫的充滿程度可能很快超越安全的範圍。

為了保證水力樞紐不致有被淹沒的危險，在它的組成中必須設計洩水建築物。當水庫充滿時，使那些不能用來發電或供其他目的（灌溉、給水等）使用的水通過它而放掉，或如一般所說的，通過它而洩掉。如果在該水力樞紐中水电站停止工作。但仍必須維持河中流量來供水給位於河流下游的水电站、並保證通航、灌溉、給水等。當水庫未滿時，也可以通過這些建築物來放水。

當然，如果在水力樞紐的組成中沒有水电站，而水庫僅僅為了調節供下游某處使用的逕流而建造的，那末在這樣的水力樞紐中必須建造經常作用的洩水建築物。

有時建造洩水建築物是為了保證可以放空水庫，以便修理在水下深處的部分建築物。這種洩水建築物很少做，因為水工建築物建造的規模極大，需要大修的機會很少。

因此，洩水建築物的主要任務是：使被壩攔斷的河川中不加利用的流量毫無阻碍地從上游即從水庫中放到下游；這時應當考慮到在水力樞紐存在期間有時可能需要宣洩的最大洩流量。

計算洩水建築物所依據的最大流量數值變化範圍很廣，因而洩水建築物的尺寸也變化很大。小河上的不大的洩水道每秒宣洩幾十立方公尺水，至於在第五個五年計劃中建造的大型水工建築中的洩水道，那末它的宣洩能力要用每秒幾萬立方公尺來量度。

要是預定用水力樞紐組成中獨立的建築物來洩水，這

样的建筑物就称为洩水道。当经过坝顶溢水时，这种过水结构就叫做溢流堰。在坝体内或在比上游水位低很多的岸坡上的洩水孔，称为深式洩水道或底洩水道。用来放空水库的底洩水道，亦称为放水孔（圖 2）。

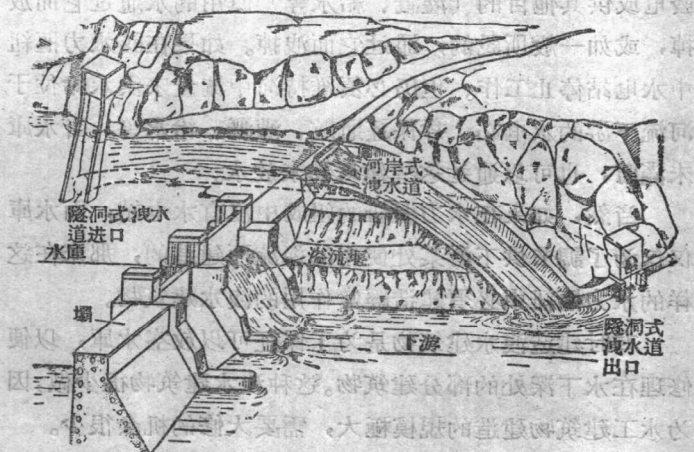


圖 2 洩水建築物的型式——溢流堰，開敞式河岸洩水道，陰洞式洩水道（底孔洩水道）

对所有各种型式的洩水建築物的要求是根据洩水道的主要用途而提出的。根据多年来对河川流量大小和洪水頻率研究而得的經驗，決定計算洪水流量，就是在建築物使用期間大概不致被超过的河川最大流量的数值。計算当最大洪水通过时，流量中有多少是用去蓄滿水库的，有多少將用在水电站中和用来灌溉的，便可求出在洩水建築物上通过的那部分流量的数值。很明显，决定于孔的尺寸，并决定于它被上游水面淹沒的深度，即决定于水头的洩水

道的宣泄能力，应当不小于所求得的洩流量。

当河中流量不大并全部被利用时，不發生洩水，洩水建筑物的孔口用閘門遮盖。当必須把过多的水洩掉时，才打开閘門。所以閘門和使閘門移动的啓門机械的作用应当可靠，这也是对洩水道提出的基本要求之一。如果水庫不大而它可能很快就滿出，閘門的开放应当自动化，借助于專門的仪器来檢查水庫中的水位和打开操縱閘門的机械。

因为水从充滿了的水庫中溢出时，或者从很高处落下（例如通过填頂的溢流堰），或者有很大的水头（当在底洩水道中）时，在这兩種情況下，溢出的水流都具有很大的速度和破坏力。在用水力机械化方法处理土壤时，观察水力冲射机的工作，可以看到，即使是不大的噴射水流具有相当的流速后，不但可以冲刷并且帶走砂壤土、壤粘土或粘土，还可以冲刷并且帶走軟弱的岩層；因此不难理解，从洩水道跌落到河床上、其中所包含的能量要比那些噴射水流中所包含的能量强大数千倍的水流，对于建筑物会有多么大的威肋。

保护洩水道以及和它相連的建筑物不受洩下水流的淘刷，并且將河床的冲刷限制在不危及建筑物的範圍內，这也是一个对洩水建筑物提出的十分重要的要求。

洩水建筑物除了要滿足上述要求外，它也和其他所有的水工建筑物一样，当受大的力量——水压力、冰的冲击力等作用时，它应当有足够的强度和稳定性。这些建筑物是水力樞紐中的重要部分，应当保証在各种运行条件下都

能去檢查它們的狀況和進行修理。

2. 填和水电站的溢流堰——洩水建築物的基本型式

按照洩水建築物的型式、尺寸、在水力樞紐中的位置、設備、運行條件和施工方法，可以把洩水建築物分成極多的種類。在這本篇幅不大的小冊子中不可能把這些各種各樣的洩水建築物詳加研究，因此我們只限於說明一些主要的、應用最廣的洩水道。

人們會很自然地推想到：自水庫沿最短的途徑把水洩到下游去的最簡單的方式是通過填頂，而在事實上，假若這在土填和堆石填上是做不到的，那末在混凝土填、石填和鋼筋混凝土填中，用建造溢流堰的方法來適應這個目的是比較容易的。這就說明為什麼填的溢流堰是應用最廣的洩水建築物型式。

填的溢流段通常位於河床較深的部分，往往和水电站的廠房併排，只是用延長到下游的閘墩——分水牆來隔開。當溢流堰佈置在河灘或岸腳範圍內時，就會發生如何保護河岸，使它不受洩下水流沖刷的問題，而解決這個問題卻並不是很容易的。

溢流填的最簡單的型式——沒有閘門的開敞式溢流堰。開敞式溢流堰的頂位於正常壅水位的高程，即相當於水庫滿蓄時水面的高程。當水庫中的水剛一滿時，所有過多的水自己就溢到下游去。因此，開敞式溢流堰的作用是自動的，再加上它因為沒有閘門而構造簡單，這便是它的全部優點。

为了使很大的流量通过开敞式溢流堰，上游水位应当提高到至少超出正常壅水位 2—3 公尺。于是非溢流坝、水电站厂房和其他拦河建筑物的高度，比在不发生溢水的正常运用条件下所需的高度应当相应地增大；水库沿岸将会额外地有很大面积被淹没。为了尽量减少建筑物的高度和淹没范围，开敞式溢流堰必须要有很大的长度。这种溢流堰的上述缺点，使得采用它大多是不经济的。

有闸门的溢流堰的顶可以设在正常壅水位以下之深度等于闸门高度的那个地方。当水库中的水过多时，把闸门全部或部分打开，不许上游水位超过正常壅水位。闸门有很高的——至 10 公尺，因此水以很深的水层溢过这种溢流堰，于是有闸门的溢流堰的长度可以比开敞式溢流堰小（圖 3）。

溢流堰的顶在顺着水流动的方向总是做成光滑的、具有曲线形的轮廓；这样可以增加每公尺长溢流堰上通过的流量，因而可以减少堰的总长度。在曲线形的顶之后，转为陡峭下降的溢流堰斜坡，最后在近下游水面处接一段新的曲线，引导水流水平地或稍向上地流入下游的河床。

为了在溢流堰顶上装置闸门^①，在堰顶上设闸墩，把溢流堰分成几孔。闸门上的水压力由闸门通过支承结构传到闸墩上。闸墩还可以用作为了提升闸门的机械和为了联络两岸而设置的桥的支座。

^① 溢流堰闸门的各种型式，在本书作者所著的“水力发电站的拦水坝”中加以简单的叙述。其中某些型式的闸门也可在本书圖 2, 3, 6, 7 等中看到。

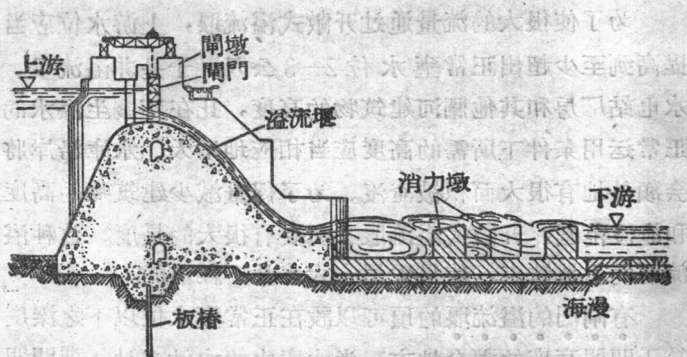


圖 3 有大塊消力墩的溢流坝

虹吸式溢流堰这种結構是很有趣的。大家知道，虹吸管是指將液体从一个容器轉注到另一个位置較低的容器中去管子，这种管子是这样弯曲的：它的上端浸在第一个容器的液体中，而管子开头的一段要高出这个容器中的液面，以便管子能通过容器的边緣。虹吸管的下端可以暴露在大气中，也可以浸在下面容器內的液体中。要使虹吸管發生作用，必須先使它“充液”，即在整个管子中灌滿液体，以便把管中空气驅除出去。“充液”以后的虹吸管將連續工作，一直到上面容器中的液面低于进口孔为止。这时空气立刻进入管中，液柱被破坏，殘剩的液体流掉，于是轉注停止。

虹吸式溢流堰也是根据这个原理而建造的，只是所有現象都是大規模地發生的。虹吸式溢流堰的外形类似普通溢流堰，但溢过虹吸式溢流堰的水流被一个鋼筋混凝土的罩子来与周圍的大气空間隔开，这个罩子形成了很大的虹

吸弯管。罩子上部的边缘浸在上游水位之下，因而虹吸管的进口断面也浸在上游水位之下；溢流堰顶位于和水庫正常壅水位相同的高程上(圖4)。

为了把罩子固定在溢流堰上，寬的虹吸管用縱牆隔离成独立的几跨；像構成一組虹吸管似的。

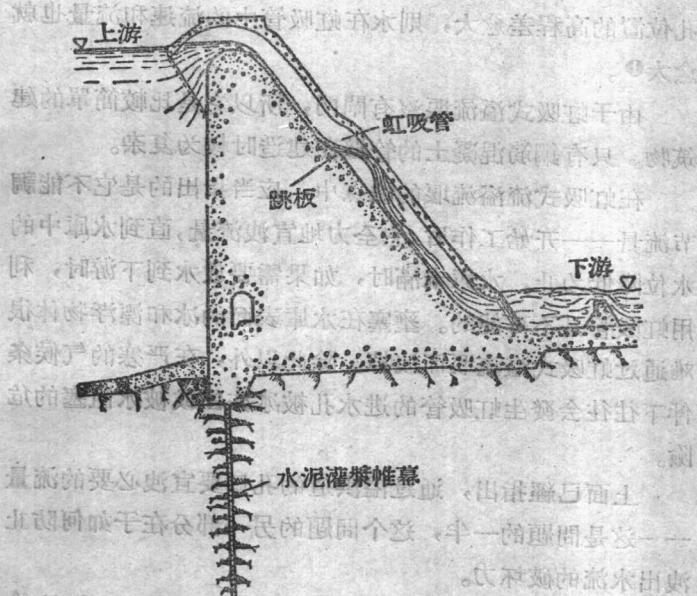


圖4 在开始工作瞬間的虹吸式溢流堰

当上游水位上升到超过正常壅水位时，水开始渐渐地溢过溢流堰顶，并以很大的速度流动，且將空气包围一起从管中帶走。如果在溢流堰表面做个不大的突緣——跳板

时，排气作用發生得特別强烈。跳板使水舌冲到对面的管壁上，即冲到罩子上。当管子灌滿水后，虹吸管充水而开始以整个断面工作。

由此可見，虹吸式溢流堰和开敞式溢流堰一样，都是自动作用的；但是它不同于开敞式溢流堰的是：虹吸管可宣洩大流量而不必提高上游水位。虹吸管的进口孔和出口孔位置的高程差愈大，則水在虹吸管中的流速和流量也就愈大^①。

由于虹吸式溢流堰沒有閘門，所以它是比較簡單的建築物。只有鋼筋混凝土的管壁在建造时較為复杂。

在虹吸式溢流堰的缺点中，应当指出的是它不能調节流量——开始工作后，它全力地宣洩流量，直到水庫中的水位降低为止。水庫未滿时，如果需要放水到下游时，利用虹吸管是不可能的。壅塞在水庫表面的冰和漂浮物体很难通过虹吸式溢流堰而洩掉。除此以外，在严寒的气候条件下往往会發生虹吸管的进水孔被冰冻住或被冰阻塞的危險。

上面已經指出，通过溢洪道的孔口要宣洩必要的流量——这是問題的一半，这个問題的另一部分在于如何防止洩出水流的破坏力。

从溢流堰上落下的每一立方公尺水都具有一定的余能，也就是具有一定的做功能力。在大坝，例如高度为50公尺时，每一立方公尺水跌落的能量足够用来煮沸一茶壺

① 为了使流速不至于太大和流经虹吸管的水注不致于破裂，这个高程差不应当超过30—40公尺。

水。这样的能量并不大，但是如果注意到每秒鐘可能有几千立方公尺水溢过一个大坝，并在某些年中溢流堰要工作几百万秒，那末可以明白，这些未被水电站水轮机利用的河流余能，可以鬧出多大的禍来！建設者的任务也就在于使得这些水流即便对建筑物沒有好处，那末至少也不要对建筑物有害处。

解决这个問題的方法之一，是在水的流动途徑上，在水剛从溢流堰跌落到下游的地方，即在填的所謂护坦部分，在坚固的板上裝置坚强的障碍物，其形式为橫断水流而放置的大塊混凝土或鋼筋混凝土梁。水流遇到障碍物以后，分碎成为許多水舌，水舌彼此碰撞，洶湧湍激，正像在瀑布脚下所發生的那样；而如果护坦設計得正确并建造得精細的話，水舌不会破坏护坦。

已經平息了的、但因有漩渦和急流而依然帶有危險性的水流，向前流到海漫上面——这是用比护坦輕的大塊护面加固的河床段。在这里，水流速度漸漸減少，因而以后的河床便不再需要采取保护的措施了。水流中仅仅剩下的这些能量，使水像在筑坝前的天然条件下那样靜靜地流动。

可能会产生这样的問題：水流所作的功并未在护坦和海漫範圍内留下看得見的效果。那末水流的巨大能量到底消耗在什么地方呢？从物理学上找到了答案——能量並沒有被消耗掉，水流仍然保持着它，只是它的形狀已經变换了：强大的急速流动能轉变成为对建筑物沒有危害的、在水流中很难觉察出来的热能；如果測量水庫中的水温和下