

水力发电站的进水口

苏联 И.И.列維著



電力工業出版社

水力发电站的进水口

苏联 И. И. 列維著

施 德 孙譯

电力工业出版社

內 容 提 要

本書系研究開啟式和深式進水口的構造型式，在河流上的布置及其水力計算等問題。書中着重闡述了防止推移質泥沙、冰屑、冰塊、滲透等措施，以及孔口的寬度、底檻高程、邊墩高程的選擇及計算原理，并引証了實驗與運轉的資料。

本書可供設計和建築水工建築物的工程師參考，也可供從事研究水工問題的科学工作者及高等學校水利系師生參考。

И. И. ЛЕВИ
ВОДОПРИЕМНИКИ ГИДРОЭЛЕКТРИЧЕСКИХ УСТАНОВОК
ГОСЭНЕРГОИЗДАТ ЛЕНИНГРАД 1950

水力發電站的進水口

根據蘇聯國立動力出版社1950年列寧格勒版翻譯

施 德 孫譯

*

600\$88

電力工業出版社出版(北京市右橋26號)

北京市書刊出版營業許可證出字第082號

北京市印刷一廠排印 新華書店發行

*

787×1092 $\frac{1}{32}$ 開本 * 6 1/8印張 * 133 千字 * 定價(第10類)0.95元

1957年6月北京第1版

1957年6月北京第1次印刷(0001—2,500冊)

前 言

水力發電站進水口的設計規範的出版，促使作者將此論述同一問題的本書編好付印。在水工建築物的設計規範中，不可能對在實際中所遇到的各種條件的建築物的設計方法均作必要而全面的敘述，同樣，在規範中也不可能說明建築物運轉的經驗，而研究建築物的運轉經驗是有助於合理地選擇建築物的類型及規定其工作狀態。從作者的教材出版至今已經過了15年，Д.Я.沙可洛夫教授對進水口設計方法論述極詳的專門論文出版亦早在12年前。在這段時間內，蘇聯已經造成了無數新型的進水口，在這些水电站中曾建造了一個在流量方面舉世無與倫比的進水口；积累了丰富的建築物運轉經驗；擬制了進水口新的型式；從根本上改進了與確定了進水口及其沖沙建築物的水力計算方法，特別是深式進水口的計算方法。

所有上述因素均促使作者將本書付版，本書應將有助於工程師們便於應用進水口的設計規範，同時亦可作為水利技術專業學生在研讀水工建築課程時的參考材料。

在編寫本書時，作者曾參考了全蘇水工科學研究院(ВНИИГ)所擬訂的水电站進水口設計規範，該規範系在作者А.М.叶斯娟也夫教授，一級科學工作者Д.И.庫明，工程師И.Л.沙皮爾的集體領導下所編擬，又經一級科學工作者М.Я.克羅可夫斯基校輯。書內關於深式進水口之水力計算一章系由全蘇水工科學研究院一級科學工作者А.С.阿別寥夫所寫，于此均致誠摯感謝。本書曾承В.С.拔姆札爾脫教授親自校閱原稿，並承給予許多寶貴指示，同時又承研究生С.Э.沙立夫代為制圖均表謝意。

作 者

目 录

第一篇 开敞式进水口

第一章 关于进水口設計的基本指示	5
第一节 一般性指示	5
第二节 水力發电站开敞式进水口运轉 与設計的基本特点	6
第三节 俄国工程师在創作进水口合理型式方面的工作	10
第四节 对进水口所提的要求	12
第五节 影响进水口設計的基本因素	17
第二章 进水口在水力樞紐組成中的佈置	19
第六节 进水口在穩定河床河流上的佈置	19
第七节 进水口軸綫方向的选择	21
第八节 进水口在迭床河流上的佈置	23
第九节 兩岸控制的取水佈置	30
第十节 进水口进口流速的选择	35
第十一节 建筑在夾有泥沙河流上取水樞紐的运轉經驗	37
第三章 进水口的型式与防止推移質泥沙的措施	40
第十二节 进水口的防沙方法。进水口的分类	40
第十三节 有冲沙廊道的进水口	44
第十四节 有橫向漩流的引水渠設備	48
第十五节 双層进水口	49
第十六节 奇楼尔型进水口	51
第十七节 M. B. 巴塔巴夫教授型导流結構的应用	53
第十八节 防止泥沙的几个新的建議	59

第十九节 进水口型式的选择	61
第四章 冰块、冰屑、髒物的防止	62
第二十节 在进水口运转时流冰条件的影响	62
第二十一节 防止漂浮体与髒物的方法	64
第五章 进水口的各个组成部件	65
第二十二节 进水口的佈置及其主要部件	65
第二十三节 进水口孔口宽度与底槛高程的选择	67
第二十四节 底槛、边墩及墩子	68
第二十五节 底部冲沙廊道	73
第二十六节 闸门及其他设备	74
第二十七节 双层进水口的构造	75
第二十八节 在水利技术实践中所遇到的有关其他 一些构造上的指示	78
第六章 無坝进水口	86
第二十九节 河流情况对选择进水口佈置的影响	86
第三十节 进水口型式及其构造上的特点	90
第三十一节 防止渗透的措施	93

第二篇 开敞式进水口的水力计算特点

第七章 进水口孔口尺寸的确定	97
第三十二节 计算任务与基本计算方法的指示	97
第三十三节 进水口孔口尺寸的确定	98
第八章 冲沙建筑物的计算	105
第三十四节 计算的任务	105
第三十五节 冲沙廊道输送能力的确定	106
第三十六节 冲沙廊道尺寸的确定	107
第三十七节 通过廊道的输送水流与下游衔接	111
第三十八节 流量沿长度改变的冲沙廊道的计算	114
第三十九节 双层进水口冲沙设备的计算	117
第四十节 冲沙塘的计算	120
第四十一节 用降低上游水位方法来冲刷淤积物的计算	123

第三篇 深式引水的进水口

第九章 进水口的型式及構造	129
第四十二节 关于深式进水口的一般指示	129
第四十三节 深式进水口的运转条件及对其所提出的要求	130
第四十四节 深式进水口的主要型式	133
第四十五节 河岸式进水口的構造	137
第四十六节 塔式进水口的構造	140
第十章 深式进水口水力计算的特点	145
第四十七节 主要的计算情况。深式进水口 工作的水力条件	145
第四十八节 位于压力引水道首部的深式 进水口的孔口计算	147
第四十九节 自由出流深式进水口孔口的计算 (在無压引水道的首部)	153
第五十节 在閘門局部开启情况下孔口的计算	155
第五十一节 用平板閘門遮蓋的孔口的计算	157
第五十二节 用舌瓣閘門遮蓋的孔口的计算	162
第五十三节 用弧形閘門遮蓋的孔口的计算	169
第五十四节 用球形閘門与圓錐閘門遮蓋的孔口的计算	170
第五十五节 塔式进水口的计算	173
参考文献	175

第一篇 开敞式进水口

第一章 关于进水口設計的基本指示

第一节 一般性指示

利用落差頗大的河流的能量，大多均以筑輸水道一类的建筑物的方式来取得，这一类建筑物可佈置成平行于河流，并具有小的坡降。如果輸水道与河流的坡降相差很大，則在河流所通过的地区，在筑有輸水道距离内的落差几乎可全部利用(圖1)。因輸水道与河流的坡降相差很大，因此需对进水口(經此水流进入輸水道)提出極严格的要求。这时河流因地区的落差很大而帶有很大流速，以致冲刷河槽及帶走冲刷物与各种各样的漂浮物，在冬季更夾帶着大量的冰屑或冰塊，但水力發電站輸水道的流速是比較小的，因此不能帶动常含有碎石的被河道水流冲刷的土壤。同样，亦不允許水流在悬移状态下所夾帶的較小砂質泥沙进入輸水道，因为在通过水輪机时，这些泥沙均能磨蚀水輪机的叶片与其他部件，使其有效系数減低。各种各样的垃圾(如树枝、树叶、树皮)飄浮物及树木，其中大多数均在河道水流的表面浮移，而这些污物均能堵塞压力前池的攔污栅。在河流冬季出現冰屑及浮冰时，因冰屑堵塞进口攔污栅往往会使水輪机停息，給水力發電站造成不少的障碍；为防止这些障碍，有必要对进水口預先采取适当的措施。

由上可見，进水口是一个極為重要的建筑物：一方面必須保証供給水力發電站輸水道以必需的水量；另一方面必須阻止河流中的大顆粒泥沙，浮运时沉在水下的木材，垃圾，漂浮体和浮冰，如在必要时也須防止冰屑进入輸水道。

然而，进水口未必就建筑在沒有調节的或調节能力很弱的河

流上。在水力建筑的实践中，以水电站建筑在利用人造水库来调节河流的情况最为常见。在筑有水库的情况下，水电站的运转已从本质上简化了，特别是在水库的容积很大时，因为在水库淤积的整个时期内，再没有必要防止泥沙、垃圾和冰屑。因此进水口的工作情况也随着改变。在未经调节的河流上，筑坝处水位的涨落是不大的，水力发电站输水道的取水照例是从面层取水(图2)，已筑在河流上的水库中的水位涨落是极大的；为了保证水力发电

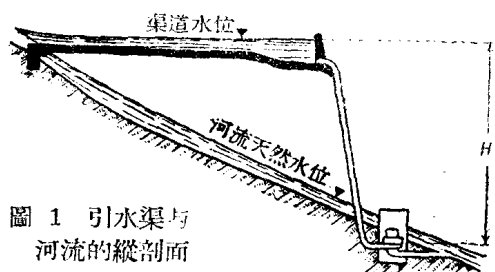


圖 1 引水渠与河流的縱剖面

站输水道在水库任何水位情况下均能供水的必要性，才创造出在水头变化下仍能工作的特殊的深水进水口(图3)。

上述二种情况的进水口的设计及运转各不相同

同，因此必须将其分成二种类型：即表面取水的进水口与深水取水的进水口。以后为方便计，称前者为开敞式进水口，后者为深水式进水口。

第二节 水力发电站开敞式进水口运转与设计的基本特点

根据开敞式进水口的运行条件，对其设计提出一些特定的要求。

在一年的大部分时间内必需取用几乎是河流的全部流量是这些开敞式进水口运转的基本特点。大家知道，水力发电站通常是按30—50%等级的保证率设计，这意思是说，在一年的大部分时间内，应自河中截取整个从上面一段流下来的流量。由于这种情况，使水电站不可能采用无坝的引水；仅在很少情况下，才可以不筑坝而自河中取水，此时，水力发电站的流量永远是小于河流的流量。

根据这一点，我们在下面主要将研究有坝式的引水；在这一方面，水力发电站的进水口与灌溉系统的进水口是有本质上区别

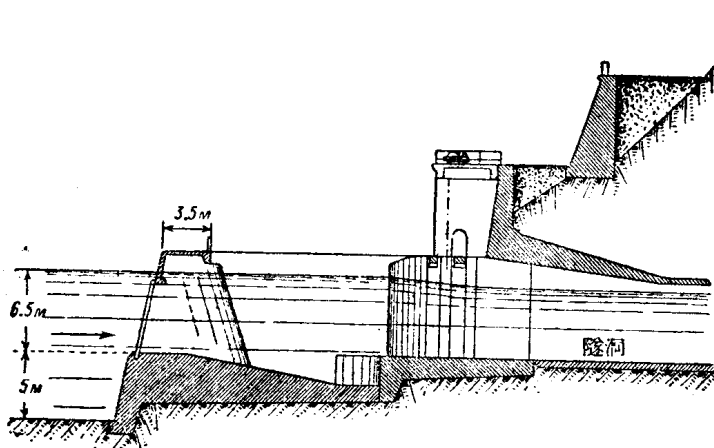


圖 2 表面取水的進水口

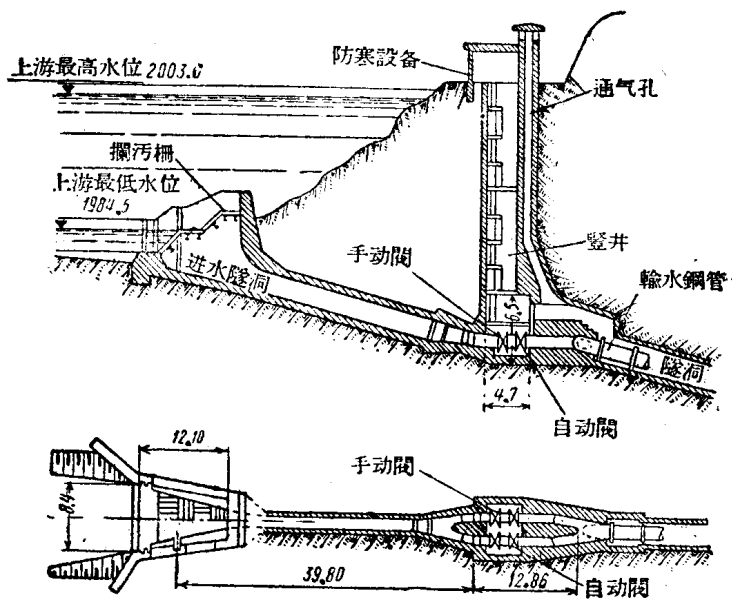


圖 3 深水取水的進水口

的。灌溉系統的進水口在大多數的情況下是可以在河流上不築壩而取水，因為灌溉的引水量往往是河水流量的很小一部分。

在各種不同的水文情況下，必需保證進水口有正常運轉的條件，是水电站進水口設計的第二個特點。河流的洪水是有各種不同的強度與歷時的；與一般經常出現的洪水同時，更必須注意雖然出現次數極少但強度甚大的洪水。因為甚至在一般洪水的流速下河流輸沙量仍是顯得很大，以致必需採取切實措施以防止有害的泥沙顆粒進入水电站的輸水道。這種河流與進水口的流量間相差較小（慣例 2—3 倍，或更小）的情況常使問題變得複雜，而在這種條件下還要防止河流夾帶的泥沙更是極端困難。在大洪水時，河流與進水口的流量相差雖然已經很大，即像大家所想像的對防止泥沙可容易一些，但因這時流速與河流的輸沙量也增加很多，以致本身的這一事實使對防止泥沙造成極端困難。

這樣，在設計進水口時必須考慮幾種運行情況；如果採用平均強度的洪水作為設計的基本情況，則必須檢查所採用的決定在大小洪水時對有效防止泥沙的條件來說能滿足要求到什麼程度。進水口在所有已指出的情況下應同樣有效地工作；僅對於非常洪水才可作為例外，這時，對進水口所提要求可以降低。

在設計進水口時，除了不允許大顆泥沙進入水力發電站的輸水道外，還必須考慮到在河流中結成大量冰屑的可能性。

現在的水力發電站，在河流的流冰期內是允許有兩種基本的輸水狀態：假如冰屑的數量並不太大，而冷天的持續時間又不長，則可採用將冰屑攔滯在上游的方法；此時冰屑不應流進水电站的渠道。如果，因為天冷時間很長而冰屑形成的數量又是很大，且在上游又不能積滯時，則允許冰屑流入水电站的輸水道，此時在輸水道中，應保證有能將冰屑順暢地送至洩冰設備處的流速^①。

因而，應使進水口適合於大量冰屑流入水力發電站的輸水

① 如果肯定冰屑通過水电站的水輪機不致破壞其工作，則同樣也容許冰屑通過水輪機。

道。但是这个要求往往与防止泥沙的要求不能协调。当进水口紧接着沉沙池时，就使冰屑通过沉沙池感到困难，因此必须设置一个绕过沉沙池的冬季专用渠道；但有时亦可利用沉沙池作为冰屑停滯场所，使冰屑能逐渐经冲沙孔排至河道下游。

从上面可以清楚地看到，在设计开敞式的进水口时，必须仔细地研究河流的水文条件、泥沙与冰屑的运动情况，并拟出与冰屑可能同时进入渠道的防沙措施。苏联大多数正在建造中的水力发电站都是筑在输送泥沙与冰屑的河流上；仅在北部和湖泊边缘的几条河流才是通过稳定河床，即不带泥沙；所有其余的河流，特别是水力资源丰富的山区河流、河床冲刷与淤积过程非常剧烈，因而进水口的防沙问题具有特别重要的意义。

从上面我们已经得出结论，即为了保证水力发电站的引水，在河流上筑坝是必须的。但是，河流情况会受水工建筑物壅水影响而显著地改变。引致河底显著昇高的河床淤积，系由悬移质泥沙开始，因新的沙洲与浅滩的形成及其显著的升高致使迴水延伸很长。最初的淤积主要是悬移质的泥沙，这些泥沙逐渐淤积在壅水建筑物上游；同时，在迴水終了之处又逐渐发生由较大的推移质泥沙所形成的淤积；推移质泥沙以沙丘形式移动，随着其向建筑物的推进而逐渐增加。由推移质泥沙所淤积的坡度很大；虽然，该坡度会因河床形状的改变（例如，河床增宽）与天然河底可能有所不同，但总近似于天然河底的坡度。

最后，推移质泥沙终于要接近进水口，同时在其前端形成一

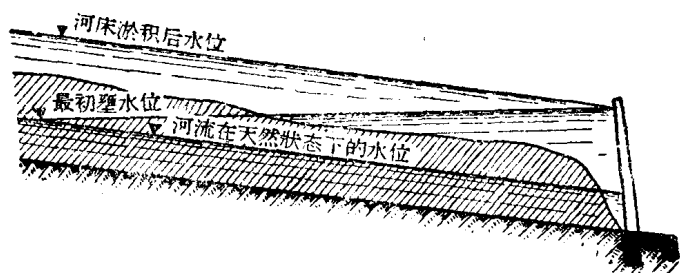


圖 4 泥沙所造成壅水建築物上游淤积

新的河床(圖 4)，其标高將决定于推移質泥沙在进行沉积年代里的水文情况和河床的地形。

在設計进水口时，必須考虑到在河床形成过程中所可能發生的变化，因此，第一步应先确定进水口前端河底抬高的高度与河床在改造过程中所引起的河流的水力情况。如果不确定泥沙在壅水建筑物的上游在洪水过程中运移的一般情况，則要合理的确定防止有害于水电站的泥沙的方法是不可能的。因此，預先估計河流上游河底的抬高是首要任务之一，这一問題应在設計进水口时研究和解决。

这些开敞式进水口运轉情况的特点在設計进水口时应慎重研究。

第三节 俄国工程师在創作进水口合理型式方面的工作

苏联大规模的水力發電建設，从偉大的十月革命后的最初日子里就已經开始了。按照在弗拉基米尔·伊里奇·列宁直接领导下所編制的全俄电气化計劃，早在 1920 年就已开始了伏尔霍夫水力發電站的建設；随后又开始了在格魯吉亞的傑馬阿夫却里，与在中亞細亞的白祖水电站的建筑。与此同时，开始在莫斯科、列宁格勒、塔什干和梯比里斯組織了在水力發電方面的科学研究工作。

水工工程师們根据灌溉建筑的經驗和研究，提出了許多新的有关进水口設計的合理的建議。俄国的科学家和技术革新者們，在这方面是按着自己的道路前进的。在 1915 年，俄国偉大的科学家 H. E. 儒考夫斯基应莫斯科电站工作人員的請求發表了一篇卓越的論文“关于選擇为冷却大型强力电站机器用水的引水口与洩水口的地址問題”^①。在水力建筑的實踐中，儒考夫斯基第一次根据逕流与水源的理論將水力机械分析用于現所研究的問題，他令人信服地指出：在何种情况才能保証从河中引取淨水，而將全部棄水流至下游。

^① H.E. 儒考夫斯基文集，第七卷。

以后(在1931年), A. Я. 米洛維奇曾用这个理論解算关于进水口进口合理的設計輪廓的問題^①, 最后, И. И. 列維在1944年已用等角反射法研究了这一同样問題^②。应着重指出, 对确定进水口合理的設計輪廓在向理論方式研究的工作, 而这种进水口系筑造在河流上的, 只在苏联已获得了發展, 在这方面以 H. E. 儒考夫斯基的功績最大。

与理論研究同时, 还有大部分工作是在水工試驗室里进行, 大多数的水工試驗室均是在偉大的十月革命后才創立的。从建筑物的試驗与考察已拟出許多新型进水口, 这些新型进水口能保証有合适的防沙措施, 当然, 最初在帶有泥沙的河流上所造的建筑物多半是根据国外的經驗所設計的; 但是, 在建筑物运轉的最初年代里就已証明在国外对这些問題的研究是很少的。就在这时候經过列宁格勒工学院水工試驗室的巴夫洛夫斯基院士, 全苏水工科学研究院水电試驗室的耶金阿查洛夫教授的最初研究, 与中亞細亞水利学院, 莫斯科水利土壤改良学院和外高加索水利学院以及在1931年所設立的全苏水工科学研究院的工作, 給科学家和工程师們以制造进水口新防沙方法的丰富資料。

这些方法中最主要的几种是: (1)在格架板前部設有能保証將大顆粒泥沙冲至坝下游的中亞細亞型的进水口; (2)耶金阿查洛夫、沙卡洛夫等所拟定的無坝式和坝式进水口佈置; (3)全苏水工科学院对山区河流所拟定的帶有曲綫渠道的进水口的型式(巴喔卡尔特, 格拉夫卓夫, 苏洛夫, 史圭尔刺); (4)列維所建議的进水口在二側引水情况下的建筑原則; (5)阿伊圭茲揚等所拟定的在坝墩內引水的进水口。

特別應該提出 M. B. 波塔包夫教授所拟定的控制推移質泥沙水流的新方法——該方法系基于利用在水流中設置許多固定导流面方法以激起內部橫向流动的水流(1932年)。这种方法已有效地用于許多灌溉工程中的进水口。波塔包夫的方法即使在最不利

① 全苏水工專家第一次代表大会上的报告。

② 具有最小水头損失的进水口計算, 全苏水工科学研究院通报, 第34卷, 1947。

的情况下，甚至进水口与河流成垂直时都能保证把泥沙全部冲入下游。

根据立亞夫斯基工程师的著作，在该著作里他第一次确立了在河流曲线段中横向漩流的存在，同时根据拉西耶夫斯基，波塔包夫的研究，令人信服地证明了采用特殊的设置在水流内部的导向装置，是可以在水流中造成一种横向漩流，且可以完全不用进水口底槛而将推移质泥沙排至河流下游。因而，在苏联经过25年研究结果已拟定了新型进水口与防止泥沙方法，这些进水口与防沙方法均有良好效果，且稳固可靠地已用之于水电建设实践。

与此同时，由于维里卡诺夫，马卡维耶夫，高契洛夫及其他俄国学者们艰苦工作，许多关于泥沙运动方面的理论著作也具有很大意义。从这些能求出水流输送能力的计算公式的基础上，已拟出了各种冲沙建筑物：如冲沙塘，冲沙廊道，双层进水口的计算方法。须着重指出，这种著作在苏联是第一次用之于水利工程，亦即开始使工程师能够充分有把握地去考虑进水口和沉沙池的冲沙建筑。目前，苏联在冲沙学领域方面的水利技术科学成就已甚显著，全苏水工科学研究所已编制了水力发电站进水口的设计标准与技术条件，其中已给出在进水口设计，进水口水力计算的标准及冲沙建筑物计算方面的各种基本指示(列维与库明)。

第四节 对进水口所提的要求

根据河流的取水条件和水文情况，可以对进水口提出各种不同的要求；现就从现有建筑物的研究所推断得的几点一般性的规则简述如下：

1. 进水口应根据水电站的运行曲线保证能不断的将水流引入水电站的输水道。

2. 进水口应装有挡水物(闸门或叠梁闸板)，以便在检查、修理和事故情况时能从输水道上游堵塞水流的进入；在非自动调节的引水渠的进水口，其闸门应保证在水电站的负荷变化很大而时间又很长的情况下能很快地调节引水。

3. 进水口的佈置与其进口部分的形狀应保証进水口有一个水头損失最小的平順进口；进水口与輸水道的連接同样应尽可能做得平順。

4. 水流在河底夾帶的泥沙与在河底附近的泥沙(一般較大, 約0.7—1.0公厘)不应进入引水渠；为防止对水輪机有害的悬移質泥沙, 应設置沉沙池。

5. 进水口应裝設为防止漂浮物及大塊髒物冲进引水渠的設備。

6. 应預先采取防止冰塊措施。在必要时也应防止冰屑进入水电站輸水道；根据引水渠在冬季的情况和上游冰屑积滯的可能性, 可提出关于研究冰屑通过进水口流入引水渠的問題。

上述各項要求, 不論在建築物工作最緊張的情况下, 或在洪水經常重复發生及流量小的时候, 均应保証实现。

为衡量上述对进水口設計要求的作用, 我們現將其中主要的几点較詳細地敘述一下。

甲 渠道进水的調节

如上所述, 进水口的基本任务是按水电站的工作情况与要求来調节渠道的取水。

大多数情况下, 在进水口前的水位不是稳定而是在某种範圍內漲落着；通常系利用坝的上游作为日調节水庫。在电站負荷小时, 在上游进行蓄水及抬高水位, 而在負荷最大时, 就要用去大量(与进水量相比)的水, 因而使水位下降。如水量的存蓄系为冲走在首部建築物或沉沙池內的泥沙, 則可以进行这样类型的流量調节。

水电站在一年內水量的消費可以是不均衡的。在現代的水电站中均力求利用河流可能大的流量, 即使这一流量是远非全年所能保証。

上述之趋向, 在苏联显得特別明显；为合理地利用現有的动能潛力, 可指使水电站与火电站联合利用；在联合利用情况下, 即使計算水电站的保証用水量仅佔30—50%, 甚至更小时, 通常

也是完全合理的。

水电站設計流量的选择应根据技术經濟的計算进行。

在水电站的工作情况中，最重要的是前述因电站負荷漲落的流量日調节的必要性(圖5)。如不受河流泥沙情况的影响，則日調节可用人工抬高或降低进水口的上游方法进行。在这种情形下，在上游水位相当低时，应保証电站有最大流量，而在水位較高时应保証有最小流量，这些在設計水电站时应加注意。

当河中存在有大量悬移質的和推移質的泥沙时，在上游之日調节实际上是不能进行的；泥沙会很快填塞上游及流向进水口；实际上，在上游又回复到进水建筑物未建之前的情况。在这种情况下，为了实现流量的日調节，在引水渠上可設置特殊的沉沙池，或采用其他方法。

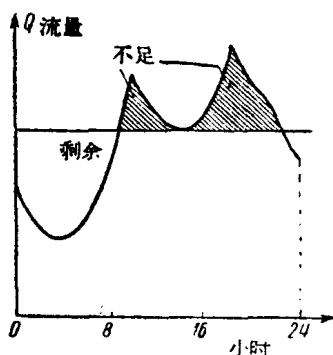


圖 5 水电站的日負荷曲綫

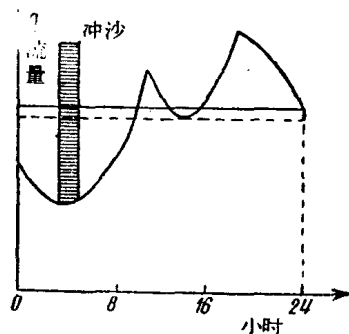


圖 6 水电站因冲沙要求的負荷曲綫变化

为了防止泥沙，在进水口附近必須建筑沉沙池，以避免有害于水輪机的悬移質泥沙顆粒流进渠道。通常，沉沙池为沉沙用的死容积不必过大，即要求經常冲洗；在某些型式中沉积与冲洗是連續不断的，而大多数情况的沉沙池的冲沙是週期性进行。

冲沙可在电站負荷不大时进行；如筑有多室的沉沙池时，則利用存蓄的水量輪流冲清各室的泥沙是有可能的。在这些情况下，日調节应預先考虑到冲沙用的蓄水量；根据这一点，在电站日調