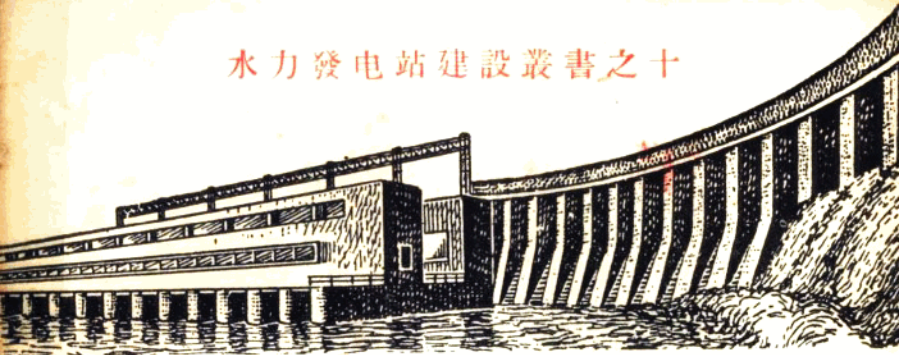


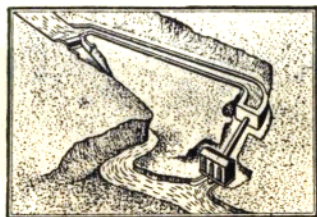
水力發電站建設叢書之十



引水道式水力發電站 水工建築物的運行

苏联 С.Я. 瓦爾塔札羅夫著

電力工業部水力發電建設總局專家工作室譯



電力工業出版社

原也區製的需

1950年8月、9月和12月苏联部長會議通过了建筑斯大林时代的巨大水力工程建筑物的決議，該決議的內容包括：在伏尔加河上修建古比雪夫和斯大林格勒水力發電站，在第聶伯河上修建卡霍夫卡水力發電站；灌溉及引浸伏尔加河左岸、里海附近地帶、南烏克蘭和北克里木等地区；在土尔克明尼亞蘇維埃社会主义共和国建筑規模宏大的攔水壩、灌溉渠道和水力發電站等水力工程建築物；开整伏尔加-頓河运河以及灌溉羅斯托夫省和斯大林格勒省的农田等。

共产主义偉大工程的开展，是我国改造自然計劃的主要組成部分之一。这表明了利用科学和技术的一切成就，来为人民謀福利的社会主义制度的創造力量。

首創的偉大建筑工程——列宁伏尔加-頓运河及包括齐姆良水力發電站在內的許多水力工程建築物已建成，并已开始运用。

除上述水力發電站及水力工程建築物以外，在苏联各河流上，正建筑着数十个大、中型水电站和数千个小型水电站。

所有这些結構物修建工程的順利进行，將在絕大程度上有賴于广大的建筑工人干部，有賴于他們的業務水平，以及他們对于党和政府交付給他們的重大責任的正确理解。

水力發電站建設叢書的內容包括建筑水电站施工方面的必要知識，和有关水能、水电站及其各种建築物的基本知識。

国立动力出版社希望本書讀者，特別是工人讀者們，將所發現的缺点和对本書的願望函告莫斯科水關河岸街10号本出版社。
(Москва, Шлязовая набережная, д. 10).

目 录

第一章 各种类型的水力发电站及其运行任务	3
第一节 水力发电站的主要类型	3
第二节 关于水力发电站出力的一般概念	5
第三节 关于电力系统的一般概念	7
第四节 引水道式水电站建筑物的组成成分及其功用	9
第五节 水电站运行的一般任务	16
第六节 防止水电站建筑物中的流量损失和水头损失	20
第二章 首部枢纽建筑物和引水道建筑物	24
第七节 首部枢纽的运行	24
第八节 沉沙池的运行	30
第九节 引水渠道的运行	32
第十节 引水隧洞的运行	37
第十一节 引水道建筑物的运行	38
第三章 电厂枢纽建筑物	42
第十二节 压力前池的运行	42
第十三节 水轮机输水管和压力输水管的运行	48
第十四节 日调节池的运行	52

第一章 各种类型的水力发电站 及其运行任务

第一节 水力发电站的主要类型

水力发电站 简称水电站(ΓЭС), 是利用河流的水的能量(水能)生产电能。在国民经济中河流不仅可用来发电, 而且也用于其他方面, 如航运、灌溉土地、流放木材等。为国民经济各种目的在河流上所建造的专门建筑物叫做水利工程建筑物。

在发电站上为生产出电能是利用一种叫做发电机的机器。驱动发电机, 也就是使发电机旋转, 是由另一种通常叫做水轮机的机器进行的。水轮机的转动或者是由于从高处向轮叶上落水的作用(水轮机和发电机), 或者是由于轮叶上受到蒸汽压力的作用(汽轮机)。

水力发电站由各种不同的水工建筑物组成, 这些建筑物的作用是: 形成河水的“落差(水头)”, 将水引至水轮机; 能置放所需的机器(水轮机和发电机), 并将利用过的水排出。

在所开发的河道上形成“落差”是利用那些不同的建筑物, 水电站可分为两种主要的类型: 坝后式水电站和引水道式水电站。

坝后式水电站 在这种类型的水电站中河水的“落差”是由建筑在河道中的拦河坝形成的。坝以上的河段叫做上游, 坝以下的河段叫做下游。如果坝体很高, 上游容积大, 则这一上游段通常叫做水库。

水电站厂房(也叫主机室)常与坝体并排设置(图 1, a)。水电站厂房是用来布置水力设备和电气设备的。

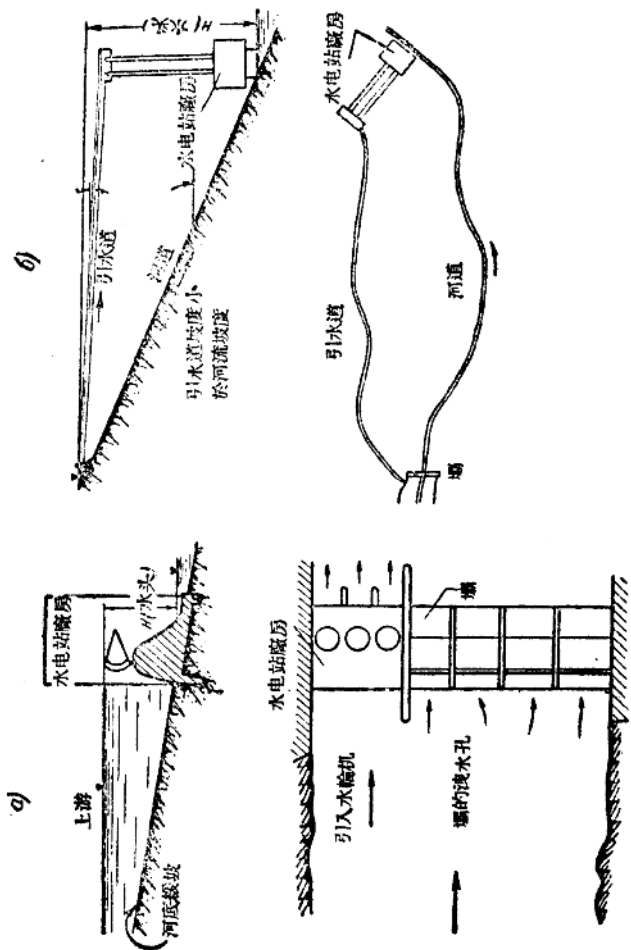


圖 1 水电站佈置示意圖
 a—坝后式水电站； b—引水道式水电站。

按照这种佈置方式已經建成的水电站有以列宁命名的第聶伯水电站、伏尔霍夫水电站和許多小型的集体农庄水电站等。此外，伏尔加河上的新水电站——古比雪夫水电站和斯大林格勒水电站也是按照填后式建造的。

引水道式水电站 引水道式水电站与填后式水电站的佈置方式不同，它的攔河坝和水电站厂房的距离較远。填的主要用途是由河中引水，而不是形成人造瀑布——“落水阶梯”。

水由河中引到引水管道中称为引水道式水电站。引水道設在高出河床的河岸地段上。由圖 1,6, 可看出，由于所利用的河段与引水道的坡度不同而得出落差。引水道式水电站一般建造在坡度較大的山地河流上。如高加索的赫拉姆水电站就是按这种佈置形式建成的。引水道式水电站建筑物的組成成分將于第四节中詳細闡述。引水道式水电站建筑物的一般外貌在圖 2 中示出。

第二节 关于水力发电站出力的一般概念

水从一定高度落到水輪机的叶片上使水輪机和發电机轉动，这也就是进行做功。每一秒鐘所做的功就等于机組（水輪机和發电机）的功率值。出力是用瓦(КВТ)为單位来計量的，也就是：

$$1 \text{ 瓦} = 102 \text{ 公斤公尺/秒}$$

在某一段时间內連續做的功，表示机組的發電量是以千瓦时(КВтч)計量的。水电站的發電量就是所生产的电能数量。

水电站的出力，大致可用下列公式表示：

$$N = 10QH\eta \text{ (瓦)}$$

式中 N ——水电站的机組出力；

Q ——流量，就是每秒鐘通过水輪机的水量(公方数)；

H ——水头(水的落差);

η ——水力机械設備(水輪机、發电机、傳动裝置)的效
率。

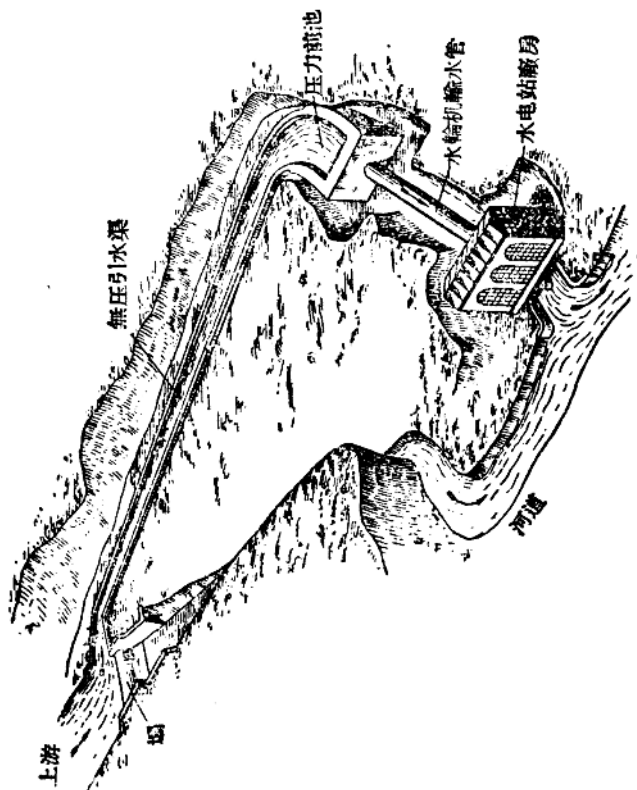


圖 2 引水道式水电站建築物組成示意图

由出力公式可以看出，出力的大小要随着水量和水头的变化而發生变化。

水輪机和發電机所能發出的最大出力叫做水力机組的額定出力。

水电站所裝設的全部水力机組的最大出力的总和，叫做水电站裝机容量。

第三节 关于电力系统的一般概念

电力系统 一定的地区、边区或加盟共和国的各个国民經济部門，是發电站所發出電能的用戶。

各發电站的总出力应保證現有各企業的所需電力，为了有計劃地發展国民經济，又应有一定的余量。因为水电站所利用河流的水情不定，所以夏冬枯水时期水电站的出力小于其裝机容量的数值，所不足的电量要由火力發电站(ТЭС)①或調节水电站②来補給。

把几个發电站(水电站和火电站)联結成电力系统，就可以保證不間断地將电能供給系統所在的地区、边区或加盟共和国的各个電力用戶。

組成一个电力系統的各个电站，彼此之間是用高压輸电綫路联結起来，并由区电業管理局調度总站管理的。

电力系統的負荷 水电站或电力系统所应供給電力用戶的电量，叫做該电站或該电力系統的負荷。系統負荷的性質可能是各种各样的。城市或居民地区照明所需的負荷到夜晚逐漸增加。冶金工業企業部門在一晝夜間經常需要不变的電力。化学工業企業由于生产技術条件的关系，其所需電力与平均電力比

① 火力發电站利用燃料(煤、泥煤或石油)的能量以取得电能。

② 所謂“調节水电站”是具有大水庫的水电站，其中所蓄存的水可以在其他电站出力不足的时候使用。如伏尔加河上的烏格里齐水电站、謝尔巴克夫水电站和格魯吉亞的赫拉譚水电站等都是这种具有大水庫的水电站。

較增加或減少的变化很大。

电气化铁路段的負荷最不平衡。电力机車启动时需要很大的电力；因此，特别是在同时發出几班列車的情况下，所需要的电力是非常大的。

把电力供給电力系统中的許多用戶，是按照一晝夜內或較長期間內的一定計劃进行的。电力系统或水电站所發出的按時間而变化的电量，可确定負荷曲綫。水电站或电力系統的短時間的最大負荷叫做尖峯負荷。

各發電站按不同的方式加入电力系統中运行，也就是說担負負荷曲綫。火力發電站时常改变鍋爐和汽輪机的出力是既困难而又不适当的，所以火力發電站通常都按不变負荷的方式运行。一晝夜內变化相当大的那一部分負荷是由水力發電站担負的。

区电業管理局調度員根据电力用戶預先提出的申請書可以了解电力用戶的需要，另一方面也了解每一發電站的可能出力，然后分配各發電站的工作使發電站更好地完成負荷曲綫的工作，也就是保証不間断地供电。

水电站的运行質量 評定火电站的运行質量要根据燃料的單位消耗量，也就是每生产1瓩时电能所燃燒的煤、泥煤或石油的公斤数量。

水对于水电站來說也好像燃料一样，所以使用水时也必須爱惜。如果不通过水輪机就把水从建筑物中白白地排放出去，这就給国民經济造成了电力的損失。因此，在用水方面評定水电站的运行質量时要根据單位耗水量。这一指标是由水电站每生产1瓩时电能所用的水量来决定的。

水电站水工分場人員在爭取降低單位耗水量方面的一个主要任务，就是消除非生产的漏水和从水工建筑物中洩水。

第四节 引水道式水电站建筑物的組成成分及其功用

下面將研究水电站建筑物各个樞紐及其功用。引水道式水电站的組成成分中包括首部樞紐各建筑物、引水道和电厂樞紐各建筑物。

首部樞紐 首部樞紐的功用就是保證水电站所需的水量不間斷地流入引水道中，排洩河道中的洪水以免破坏电站的运行，并且保證在冬季里能正常供水。因此，首部樞紐建筑物中經常包括有：攔河坝、洩洪設備、进水口和沉沙池。

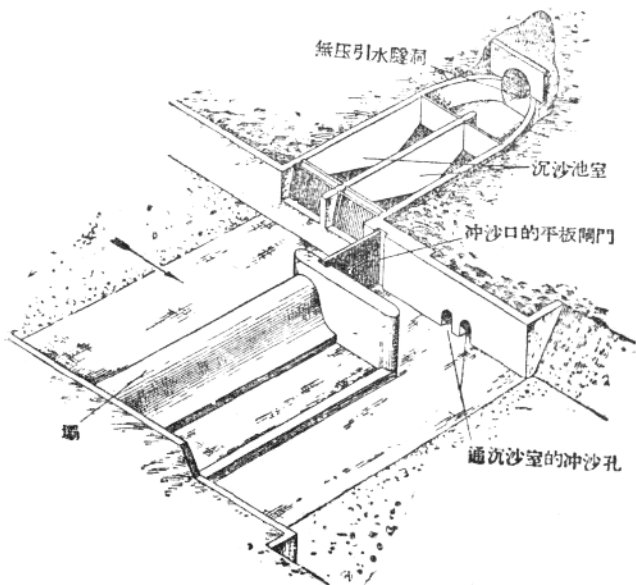


圖 3 由帶有冲沙孔的溢流坝和双室式沉沙池組成的水电站首部樞紐示意圖

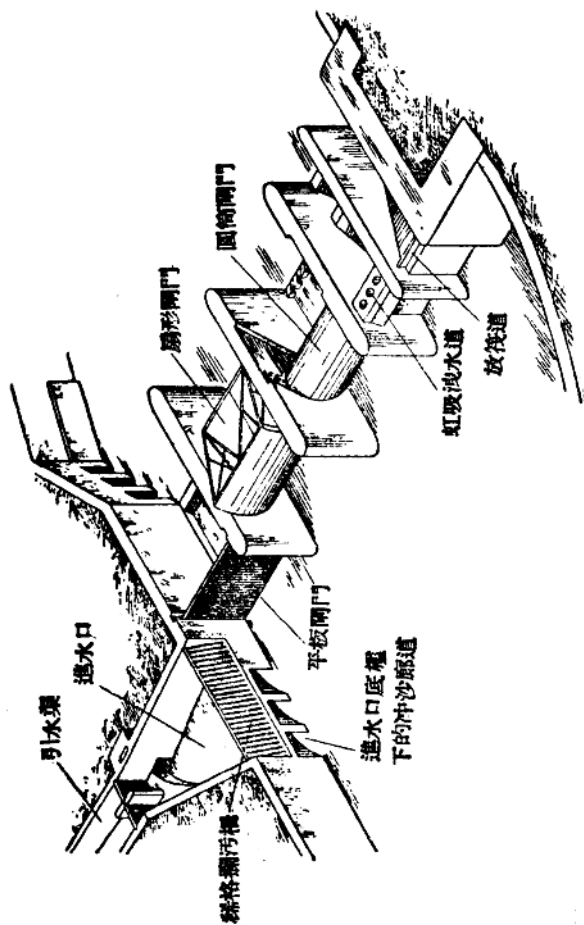


圖 4 由壩和進水口組成的水電站首部樞紐示意圖
圖中示出閘門的各種可能的構造，閘門的起重機并未示出。

填可以抬高河流中的水位到一定的高度，以便使所需的水量流入引水道中。填的結構應保證能排洩洪水的流量和沖除泥沙。

在圖3的首部樞紐示例中可看出為沖去泥沙而在填內設置的專用沖沙孔，該孔為平板閘門所關閉。水從上游段經過溢流填的填頂排洩下去。

圖4表示首部樞紐的填上具有深孔，假定各孔上裝置着不同結構的閘門。一般說來，在建築物的一個樞紐上採用不同類型的閘門是不適宜的。

圖3和圖4僅僅能表示出首部樞紐各種建築的初步概念。若詳細研究建築物的結構及其佈置，則應利用水工建築物的專門教程。

進水口 就是引水渠道或隧洞與填相連接的加寬部分。水從填上游通過進水口流入引水道中。為了減少流入渠道的泥沙和便於沖沙，進水口的底部要比河底稍高。為了沖除泥沙，可在填體內設置沖沙孔，或在進水口底檻內設置沖沙廊道(圖4)。為了避免污物或冰塊進入渠道中，在進水口處全部設置稀格的攔污柵，它是用金屬管或鋼軌製成的。此外，為了能控制流入引水道中的水，在渠道或隧洞的入口處設有閘門。

● **沉沙池** 如果河流挾帶大量懸移質泥沙並且泥沙有侵入引水道中的危險時，要建造專門用來沉淀泥沙的水池——沉沙池。沉沙池系由幾個彼此隔開的水槽構成。每個水槽都有進水閘門、出水閘門和沖沙孔，用來保證各個水槽能獨自關閉和進行沖沙。

沉沙池或者直接設置在首部樞紐中作為進水設備(圖3)，或者設在引水道上兩段渠道的中間。

引水道建築物 水從進水口流入引水道建築物(輸水結構

物)中。引水道有各种各样的类型。根据当地地形、地質条件和所引的水量，可以沿着山坡修筑的渠道、沿着隧洞或輸水管进行引水。

若渠道中或隧洞中水的表面露出并与大气相接触的引水道叫做無压引水道。如果水充滿了輸水道(隧洞)的全部截面，就叫做压力引水道。

引水道的組成成分中包括各种輔助建筑物，計有渠道中間各种形式的轉換段、渡槽、倒虹吸管、渠道上的桥梁，以及为排除暴雨用的設在渠道下面的涵管。

引水渠道或者完全沒有护面(襯砌)，或者有混凝土护面、石砌护面。为防止渠道变形每隔5~10公尺設置接合縫，縫中用瀝青或其他塑性材料填充。

引水隧洞一般都有混凝土护面。为使护面不透水，在隧洞內部表面加一層噴漿層。

如果渠道很短，为了防止水电站突然停机时水从渠道岸壁上溢出，应把渠道岸頂做成水平的，这种渠道叫做自动調节渠道。如果引水道很長，就要設置洩水道用来排除渠道壁內的水量。

电厂樞紐 电厂樞紐建筑物的功用是：(一)分配从引水道流入各水輪机管道的流量；(二)在水电站負荷变动因而引起引水道中水位突然变化的情况下能保証水电站的运行；(三)輸水至水輪机；(四)使水电站各水力机組利用水能；(五)排出已利用过的水。

电厂樞紐建筑物的組成部分中包括：压力前池(無压引水道所用)、平水塔(压力引水道所用)、水輪机輸水管、水电站厂房和尾水設備。

如果是無压引水道，渠道末端与水輪机輸水管入口的連接

部分应加寬，这就是压力前池。压力前池的用途是：

(一)保証沉淀和进一步排除由渠道流入的泥沙；

(二)儲存一部分备用水量，以备負荷突然增加时向水輪机补充供水；

(三)保护压力輸水管以免有冰塊、泥沙或杂物侵入。

前池一般应設有排冰或洩凌的設備，用来排除冰塊或冰凌，設置冲沙孔用来排除存积的泥沙，并設置事故洩水道用来排出多余的水量。

輸水管入口处設有閘門，并設置放下檢修閘門用的閘槽。在閘門前或閘門后設置金屬桿制成的密格攔污柵，用来防止引水道中的污物和冰塊进入水輪机中。

圖 5 所示是具有無压引水道的电厂樞紐簡單佈置示意圖。

如果采用压力引水道时，則在隧洞与水輪机輸水管中間的轉換部分处設置圓柱形的平水塔。平水塔(井)可在岩石內鑿成(圖 6)，也可做成外露塔式的。

水輪机輸水管(永远是压力水管)一般用金屬制成，但在很少的情况下也有用木料制成的(將單塊的管板用圓箍箍起来)和鋼筋混凝土制成的。所用輸水管的类型应根据水头和管徑決定。

金屬輸水管可以制成各种直徑的，适用于各种不同的水头，因此应用范围很广。在某一个水电站上所裝設的輸水管其直徑曾达到 7 公尺。位于山区上的水电站的最大落差約有 1600 公尺。

鋼筋混凝土管最好是做成大直徑的，但应用时水头不能超过 80 公尺。用这种輸水管的还很少。

木質水管在落差小于 50 公尺，管徑不超过 4 公尺时可以广泛地应用。

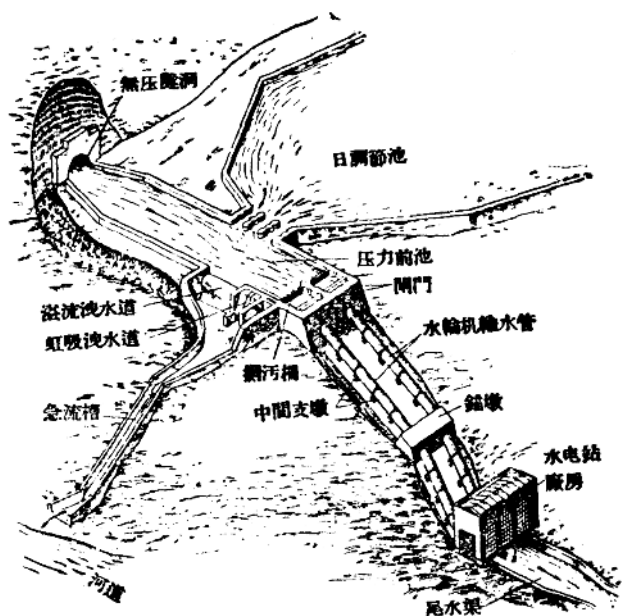


圖 5 具有無壓引水道和日調節池的電廠樞紐示意圖

輸水管架設在許多中間支墩上。在輸水管坡度改變的地方設置大體積混凝土塊體的墩子，這就是通常所說的錨墩。在每一段金屬輸水管的管頭緊接着錨墩的地方裝設一種叫做“伸縮接頭”的專用裝置，這種裝置使水管在受熱或冷卻後長度發生變化時有移動的可能。

為了防止輸水管破裂時水電站廠房受到破壞，設在輸水管入口處的閘門在水管破裂時可自動落下（關閉）。

圖 6 上示出壓力引水道式和無壓引水道式水電站各建築物佈置圖。

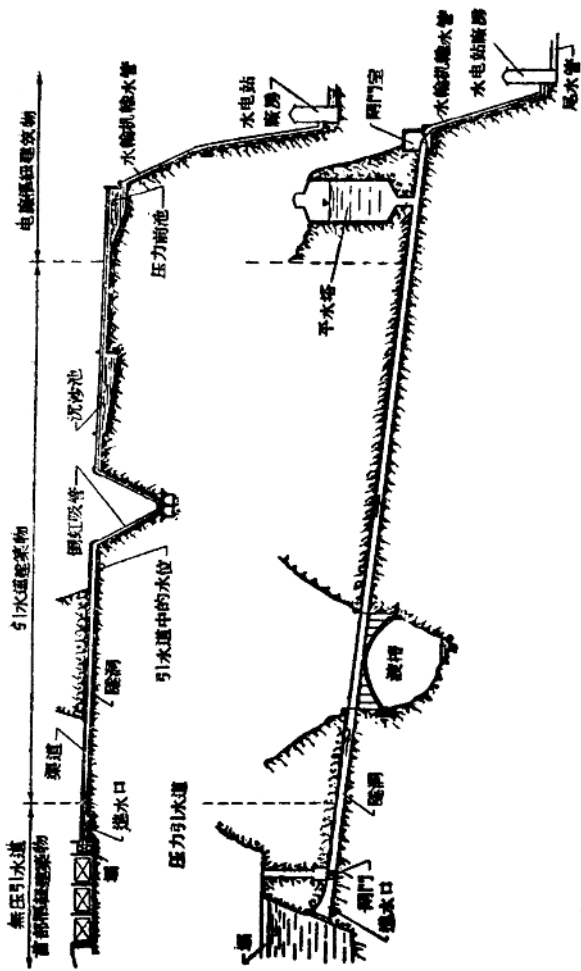


圖 6 無壓引水道式(上)和壓力引水道式(下)的水電站各建築物的縱剖面圖

开发一条河流经常是为了满足发电和灌溉两方面的需要。为达到这一目的，应建成可以共同使用的首部枢纽，以使引水渠道中的水流出后引入灌溉渠道中。

某些电站在电厂枢纽附近设置容积不大的调节池。调节池的容积以能调节一昼夜间的水量为限，当引水道中的流量减少，或者是水电站的负荷骤然增加时，由调节池供给水轮机一部分补充水量。这种水池称为日调节池。一昼夜内，在电站负荷不大、不能利用全部水量时，调节池就进行蓄水。

第五节 水电站运行的一般任务

运行的条件 利用河流时，具有重要意义的三个代表性时期是：平水期、洪水期和枯水期。每一时期的特点决定着建筑物的工作条件和运行的任务。

河水是来自本河流域中的降水(雨和雪)和冰河融解的水。河中流量按照本河流域供水的性质和季节而发生变化。

春季融雪时河中流量最大，这种流量称为洪水。夏季和冬季流量不大，这个时期称为夏季平水期或冬季平水期。秋季时雨水使河中流量短时增加，这称为秋季洪水期(这是苏联的情况，我国秋季洪水较大——译者注)。

春季洪水时河水混浊，这是因为河水挟带了大量悬浮状态的岩石的细小颗粒。这些颗粒叫做悬移质泥沙，当流速减缓时这种泥沙就沉淀到河底。某些河流中的悬移质泥沙量达到每公升水内含200克之多。这些细粒泥沙能填满水库、淤塞渠道，并且能磨损水轮机。河流所挟带的悬移质泥沙量经常有很大变化，全年中的变化范围可由200万公方到1000万公方。这样数量的泥沙应通过各个建筑物排放到下游而不破坏它的运行。

除了悬移质泥沙以外，河流还顺着河底带来较大的颗