

成都工学院图书馆

基本馆藏

374053

水电站建筑物

上册

华东水利学院水能利用教研组编



华东水利学院

水电站建筑物上册目录

緒 論

- § 0—1 水电站建筑物的性质、特点及要求..... (1)
- § 0—2 水电站的开发方式, 基本类型, 典型布置型式及組成建筑物..... (4)
- § 0—3 水电站建筑的发展簡况..... (36)

第一篇 水电站引水系統中的建筑物

第一章 水电站引水系統概述

- § 1—1 水电站引水系統的目的作用..... (43)
- § 1—2 影响引水系統結構布置的因素..... (45)
- § 1—3 水电站引水系統的类型, 它的組成建筑物及其主要建筑物的組合方式..... (46)
- § 1—4 水电站引水系統选型定綫的原則及其設計計算的要求..... (50)

第二章 水电站进水建筑物

- § 2—1 进水建筑物的目的作用要求及其类型..... (52)
- § 2—2 各种深式进水口的結構布置与适用条件..... (54)
- § 2—3 深式进水口的主要組成设备..... (61)
- § 2—4 深式进水口的位置高程及其輪廓尺寸的选定..... (70)
- § 2—5 深式进水口設計..... (75)
- § 2—6 开敞式进水口..... (76)

第三章 水电站渠道及压力前池

- § 3—1 水电站引水渠道的作用、要求及其断面构造..... (81)
- § 3—2 自动調节和非自动調节渠道以及其中水流现象..... (88)
- § 3—3 渠道的水力計算..... (91)
- § 3—4 渠道的动能經濟計算——橫断面尺寸与底坡决定..... (102)
- § 3—5 压力前池..... (105)
- § 3—6 水电站的日調节池..... (113)
- § 3—7 渠道的綫路选择与渠道上的交叉建筑物..... (115)

第四章 水电站的引水隧洞

- § 4—1 水电站引水隧洞的目的、作用、类型及构造..... (119)
- § 4—2 引水隧洞的水力計算..... (126)
- § 4—3 引水隧洞橫断面尺寸决定——隧洞經濟計算..... (132)

§ 4—4 引水隧洞綫路选择	(137)
----------------	-------

第五章 水电站压力水管

§ 5—1 水电站压力水管的作用与类型	(140)
§ 5—2 压力水管的綫路选择、布置方式、交叉建築物及防护措施	(144)
§ 5—3 压力水管中的水力现象与水力計算	(153)
§ 5—4 露天鋼管的管身构造及材料	(155)
§ 5—5 露天鋼管的敷設方式及主要构件	(159)
§ 5—6 作用在露天鋼管上的外力	(166)
§ 5—7 露天鋼管的应力分析及結構計算	(173)
§ 5—8 露天鋼管鎖墩与支墩的稳定計算	(188)
§ 5—9 露天鋼管横断面尺寸的決定	(191)
§ 5—10 閘門及其他設備	(194)
§ 5—11 隧洞式压力水管及填內式压力水管	(203)
§ 5—12 木管	(210)
§ 5—13 鋼筋混凝土压力水管	(215)

第六章 調节保証及水錘

§ 6—1 水輪机調节过程中机組及引水系統中的工作情况、調节保証	(218)
§ 6—2 水錘現象、水錘基本理論及水电站水錘計算的任务。水錘波速及直接水錘計算	(222)
§ 6—3 簡單管水錘計算解析法	(229)
§ 6—4 水錘計算图介法	(246)
§ 6—5 水管特性沿管长变化时的水錘計算	(254)
§ 6—6 反击式水輪机压力水管及水輪机內的水錘	(257)
§ 6—7 調速机調节程序对水錘的影响	(263)
§ 6—8 水电站水錘計算的計算条件及要求	(265)
§ 6—9 机組轉速暫态不均衡率計算	(266)
§ 6—10 减少水錘压力变化的措施	(271)

第七章 調压室

§ 7—1 調压室的工作原理及目的作用	(274)
§ 7—2 調压室的基本类型	(278)
§ 7—3 調压室水力計算概述	(283)
§ 7—4 調压室水位波动計算的解析法	(287)
§ 7—5 調压室水位波动計算的逐步积分法	(295)
§ 7—6 “引水道——調压室”系統波动的稳定性	(303)
§ 7—7 調压室的图例及构造	(312)
§ 7—8 調压室結構計算概述	(319)
§ 7—9 調压室的設計	(321)

水 电 站 建 筑 物

緒 論

§0-1 水电站建筑物的性質、特点及要求

一、水电站建筑物的性質

水力发电是现代生产电能的主要方法之一，是已被普遍采用的利用水能的最先进的方式。在人类生产活动中，对建設水电站已經积累了颇为丰富的經驗。这方面的科学技术水平，我們社会主义国家已居于领先地位。在社会主义建設中，水电站是利用水能生产电能的国民經济企业。“水电站规划”曾一再說明：由于利用水能要綜合利用水利資源，水电站就必然是水利系統中的一个組成部分。由于生产电能要綜合利用动力資源来共同进行，水电站又必須是电力系統中的一个組成部分。我們都知道，要綜合利用自然界的水利、动力資源，首先要全面的改造自然。要改造自然則必須先掌握了它的規律，再运用一整套的技术措施来向大自然作斗争。“水电站规划”也曾告訴我們，要利用水能生产电能，首先要向河川取得水头、流量。取得水头要依靠挡水建筑物来抬高水面，或者依靠引水建筑物来集中水头，或者两者同时并用。取得流量則必需通过挡水、落水、引水等建筑物来完成。有了水头、流量获得了水能，但要把水能轉变为电能，則又要建筑厂房、安装机电设备来进行生产。因此，水电站这个利用水能生产电能的国民經济企业，就必須要采用一整套的技术措施，构成一个水力发电工程来执行它的任务。因此，从工程結構这个角度讲，水电站是利用水能生产电能的一系列建筑物和设备有机結合的綜合体。由于利用水能要綜合利用水利資源，所以水电站这个一系列建筑物和设备有机結合的綜合体，作为水利系統的一个成員，就必須在它和綜合利用水利樞紐（包括河流梯級和跨流域水利樞紐群中的樞紐）的关系上，反映出密切的有机的結合。由于生产电能要綜合利用动力資源，所以水电站这个一系列建筑物和设备有机結合的綜合体，作为电力系統成員之一，又必須要它和电力系統中电站群的关系上，反映出密切的配合。概括上述二方面的关系，可知水电站建筑物这个綜合体，它作为綜合利用水利樞紐内部的一个成員，它的挡水、蓄水建筑物就必須是樞紐中各綜合利用部門所共同公用的庫坝系統建筑物。它的引水建筑物也可能是樞紐中綜合利用的引水系統建筑物。它的厂房机电设备則又必須具备电力系統对它的要求，在发电、变电、特别是高压配电的裝置上反映出系統电站群的协同工作关系。

總而言之，水电站是利用水能生产电能的国民經济企业。它既是水利系統中的一个組成部分，又是电力系統中的一个組成部分。水电站建筑物是一个水力发电工程。是利用水能生产电能的一系列建筑物和设备有机結合的綜合体。在这个綜合体上通过水利、动力資

源综合利用有关的各种建筑物和设备的密切配合，把水电站和水利枢纽和电力系统的具体关系显示出来。

二、水电站建筑物的特点

上面我們說明了水电站建筑物的基本的性质，为了要对它能够有个更加深刻的認識，我們还需要来进一步分析它的特点。根据水电站建筑物的性质和生产实践的经验，水电站建筑物具有下列一些主要特点：

(一)工程結構上的多变性。水电站建筑物的规模大小布置型式对各个电站各不相同的。

水电站利用水能生产电能，首先要集中水头取得流量。由于资源条件的不同，集中水头的方式是不同的，所能集中的水头大小也是不同的，同样它取得流量的方式又是不同的，可以获得的流量大小也是不同的。再说自然资源的变化与生产需要的变化亦是各处不同的。所有这些反映到技术措施上，各种建筑物的规模型式就全不一样了。例如：坝能做到和应做到多高多大，什么型式；水库能做到和应做到多大，怎样综合利用，怎样调节；引水建筑物能够 and 应该怎样引水，需要包括哪些建筑物；发电机组要用什么型式，容量要多大，机组数要多少，厂房怎样布置，规模尺寸多大，怎样变电、配电；等等。所有这些问题的解决，不仅与水利、动力资源的自然条件有关，技术条件和经济条件也有很大关系。并且在选择规模与型式时与党的方针政策的贯彻也有很密切的关系。因此，水电站建筑物在工程結構上，从总体布置型式和整个水电站规模到每个建筑物的型式、尺寸、结构、布置，以及水电站建筑物作为一个综合体的建筑物组合，都可以是变化多端的。实践证明各个建成水电站建筑物很难找到有完全一样的。

(二)作用关系上有共同性。水电站建筑物这个综合体在結構体系上形成三大系统。

水电站建筑物这个综合体的作用，是先依靠水工建筑物来集中水头取得流量获得水能，再依靠机电设备把水能变成电能。“水电站规划”中告诉我们，水电站生产电能有几个特点：

1. 它生产电能但不能存储电能；
2. 它利用水能但不耗水量；
3. 它生产的电能一般都不就地取用。

据此，水电站建筑物为了适应第1点，必须克服自然径流与负荷变化的矛盾，在取得水头流量的措施上，尽可能构成水库以调节调量和按系统负荷需要进行生产。在综合体内部起抬水、蓄水作用的建筑物群，就是库坝系统建筑物。为了适应第2点，在取得水头、流量给水轮发电机组引水能以后，水能通过机变变成电能，被机组利用了水能后的水量，則要有建筑物引去下游供下级利用。这样就在综合体内部形成了一组引水的建筑物，也就是引水系统建筑物。为了适应第3点，要把生产了的电能送去用电中心，就需要抬高电压，要接上系统的输电线路。这样就在这个综合体中又形成一组发电、变电、配电的建筑物群，这就是厂房系统建筑物。

总结上述关系，水电站建筑物有一个特点，就是不論它的建筑物怎样多变，但是它有一个共性，就是在这个综合体内部从結構体系上讲，都包括有库坝、引水、厂房三个系统。

(三)生产上为了发电服务。库坝、引水建筑物为发电提供水能，具有水流变化的适应

性。建築物都多多少少的為机电設備最有利的生產電能服務。

在生產上水電站建築物是為發電服務的，由於徑流和負荷都有變化，在調節過程中，庫內水位要有變化，引水系統建築物中流量要改變，總之水流現象引起變化。因此，庫壩引水系統建築物都應具有水流變化的適應性。而廠房系統建築物亦由於它必須適應負荷變化而應具有電流變化的適應性。由於水流變化主要是電流變化引起的，為了電站更好的進行生產，水電站建築物還有一個特點，就是它們多多少少的都是為机电設備最有利的生產電能服務的，特別是廠房建築物這方面的特點，最為突出。

三、對水電站建築物的要求

從上面所說明的水電站建築物的性質、特點里。我們可以了解到，要它們能夠很好的完成水電站的生產任務，我們還有必要來討論討論對它們應該提出些什麼要求。

我們都已知道，水電站是利用水能生產電能的國民經濟企業。從它要能很好的利用水能來講，我們必須要求它能夠尽可能充分地利用自然條件，取得最可能多的流量和最可能大的落差。並且在所有的建築物和設備中水頭、流量的損失最少，水質最好。從它要能很好的生產電能來講，我們必須要求它能尽可能調節徑流，與電站群密切配合，滿足系統負荷的需要，要求建築物和設備能灵活的及時的適應負荷變化而且工作穩定保證供電。做到供電質量高，生產電能多。從它是國民經濟企業這個角度講，我們必須要求它，工程建築得經濟堅固，運行時經濟安全可靠，維護、檢修方便，做到勞動耗費最少，經濟效益最大，工期最短，並且運行支出最小。應該說明，對於這些要求，必須通過水電站主要參數的規劃與水電建築物的設計兩個方面的共同完成。當然也要指出，在利用水能生產電能的同时要求尽可能的綜合利用水利、動力資源。總之我們要求做到在這些方面不斷地提高勞動生產率和不斷地降低生產成本，以加速我們水利電力事業的建設和增加國民經濟的發展。

說明了上述種種以後，我們還要再從水電站建築物作為一個水力發電工程——一系列建築物和設備有機結合的結合體——來進一步加以分析。當然我們也要說明，對水電站建築物的每個系統中的每個建築物的具體要求，我們將在以後各章中說明，這裡只是從建築物設備的角度，再把一些必須考慮的總的要求分列如下：

(一)水電站建築物必須要適應客觀條件（包括自然、技術、經濟和綜合利用的條件）的多變性；但是也要考慮到設計施工的方便，希望能有一定的標準化。這問題是矛盾的，因之我們從具體情況來分析。當然從建築物的工作性能講，它適應條件不同而有差別。因此對這個要求，在大中型電站上必須強調多變，但對小型電站則因效率影響較小而著重標準化。

(二)建築物為安全可靠要具有堅固性，堅固性往往要求結構固定，但是考慮到客觀條件和需要的發展，建築物也要留有一定的發展性。因為水電站建築物多為土建結構，所以考慮這個要求很重要。

(三)建築物要能嚴格準確地執行任務它要有一定的機械性。但是電站負荷多變，建築物為了要能很好的適應變化又要具有一定的靈活性。

(四)有動力連系的建築物和設備要水頭、水量、損失最小。這一點在運行情況穩定時與不穩定時都是很重要的。

(五)建筑物提供水能，要求把水质处理得最好。一切杂质污物凡是有碍建筑物和设备运行的，会影响工程设备寿命的，会减低生产效率的，都要加以处理，使水质达到要求的标准。

(六)建筑物的结构布置要尽可能的紧凑，便于运行管理，同时在结构布置方面还要有利于施工，使工期缩短，劳动力用得最少，设备亦较容易得到。

(七)建筑物运行情况要稳定。由于电站运行时负荷不断的变化，给电站运行带来很大的不稳定性，但是为了提高生产质量必须要求建筑物和设备能适应不稳定的情况并且使不稳定的现象尽快的取得稳定。决不能使不稳定的现象持续进行甚至于扩大。关于这一点在引水系统中更显得重要，我们将在以后详细的讨论这个问题。

(八)建筑物设备要求做到自动化运动化。

(九)建筑物设备要求做到维护检修方便并且经济。

(十)整个工程做得最为经济，建筑得经济并且运行也经济。整个工程要很经济，当然要求每一个组成建筑物和设备都经济。不过，有时各个建筑物和设备为了总的全部工程最经济不可能做到它自己最经济，那末局部只有服从整体。所以要求各个都尽可能的经济又使水电站整体做得最经济。

(十一)要求建筑物的结构构造能体现新的发展趋向。这就是说我们要尽可能的做到一物多用，并且尽可能的利用预制构件来装配式施工，以期缩短工期，降低成本，提高劳动生产率。

§0—2. 水电站的开发方式，基本类型，典型布置型式及组成建筑物

关于水电站的开发方式和类型在“水电站规划”中基本上已经有了说明。在讨论水电站建筑物时，对水电站这个水力发电工程，它在利用资源进行开发的方式上，它在工程结构上，有哪些基本类型，有哪些典型布置型式，有哪些组成建筑物；以及这些开发方式，基本类型，典型布置型式和组成建筑物之间，又有一些什么关系，都是我们在深入到对每一个具体建筑物进行研究之前所必须有的总的概念与认识。因此，我们现在还有必要更全面的加以分析。

水电站由于它所利用的水利、动力资源的性质不同，当今世界上已被建成运用的主要有三种：

一、河川电站

它是利用河川水利资源来生产电能的水电站。是当今建设得最普遍的水电站，也是我们讨论研究的主要对象。这种电站的开发方式、基本类型、典型的布置型式及组成建筑物，我们都有相当丰富的生产经验，下面将详细的进行讨论。这里试举例图0—1。

二、潮汐电站

它是利用海洋潮汐资源来生产电能的水电站。当今世界上建设得还不多，但是这方面潜在的能量很大，是有开发前途的一种电站，这里亦试举例图0—2。

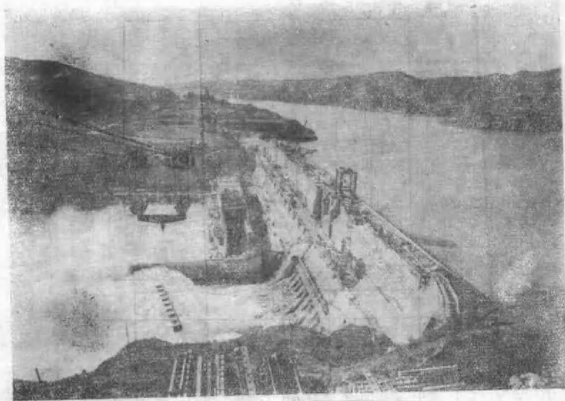


图 0-1 三門峽水电站

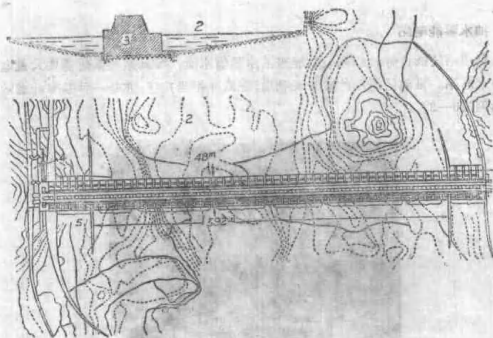


图 0-2 (平面)

1. 蘭斯海灣 2. 海洋 3. 攔河坝 4. 船閘 5. 有閘門的排水道

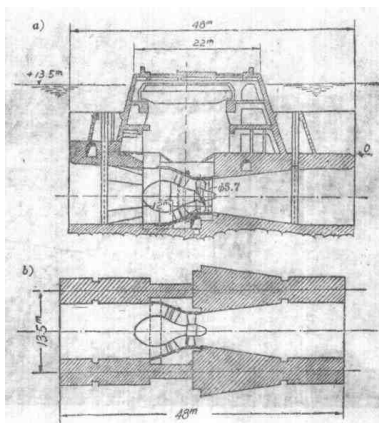


图 0—2 (剖面) 法国朗斯潮汐电站

三、抽水蓄能电站

它是利用系统低负荷时的多余电能来抽水蓄储水能，等到系统负荷需要大量电力时进行发电的水电站。目前已逐渐的被开发利用，在欧洲相当广泛，亦是一种颇有前途的电站，这里试举例图0—3。

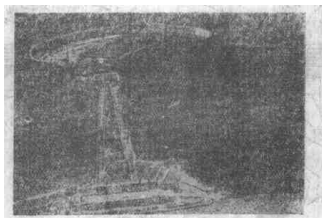


图 0—3 抽水蓄能电站

关于这三种水电站的开发方式、基本类型、典型布置型式及組成建筑物，分別討論于后。

一、河川电站的开发方式，基本类型，典型布置型式及組成建筑物

我們都知道，构成河川水能的基本因素有二，一是水头一是水量。如果取得水头、水量的方式不同，河川电站的开发方式和基本类型就也有所不同。不过由于水电站是一系列的建筑和设备的綜合体，所以它們在水电站建筑物的典型布置型式和組成建筑物上，有它們的共性。关于所有这些关系现在分別討論如下：

(一)按照集中水头的方式分：

1. 河川电站的开发方式，可有三种：

(1) 抬水式开发；（說明及图形見“水电站规划” § 1—2二，及图 1—6）

(2) 引水式开发；

(3) 混合式开发。

2. 河川电站的基本类型，可以有四种：

(1) 河床式水电站。它多建筑在河流中下游的平原河段上，是靠抬水式开发来集中水头，由于两岸不允许被淹沒，所以不能太多抬高水面，因而它安装机电设备的厂房就可以承受水压，和挡水建筑物一起建筑在河床中，它的主要組成建筑物都集中在河床內，故称“河床式水电站”。关于这类水电站的图形茲举例图 0—4。

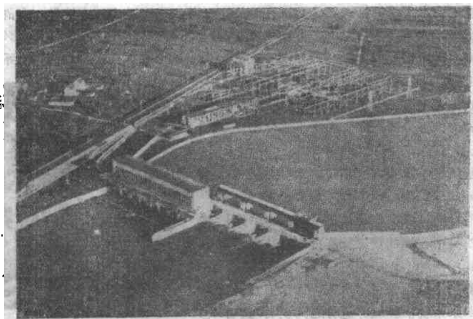


图 0—4 河床式水电站

(2) 拦河坝式水电站。它多建筑在河流中上游的峡谷河段，靠抬水式开发来集中水头，由于一般峡谷上游可以允許淹沒，能建筑高坝大量抬高水头，并构成水库。因为水头高厂房无法挡水，只能布置在坝体下游或坝內，它的建筑物集中在一起而以拦河坝最为庞大，故称“拦河坝式水电站”。关于这类水电站的图见图 0—5。

(3) 无压引水或水电站，它多建筑在河流中上游，其河段上部不能被淹沒而下部則具



图 0—5 拦河坝式水电站

有較多的急滩陡坡，可以不用抬水，仅仅依靠引水式开发来集中水头。或者也多建筑在河流中下游之大河湾上利用截湾取直来引水集中水头。由于此式只靠引水集中河段落差，它的引水道中水流都在大气压力下流动，故称无压引水式水电站。关于这类水电站的图形，可参阅“水电站规划”图 1—11。

(4) 有压引水式水电站：它多建筑在河流中上游，其河段上部有峡谷，允许淹没可筑高坝构成水库，而下部又有急滩陡坡或者还形成一个河湾，这样就既可以抬水又可以引水来集中水头，所以它是属于混合式开发方式的。为它从水库中进水，它的引水系统必须承受那部分水压作为它所集中的一部分水能传递给厂房机组，故称为“有压引水式水电站”。关于这类水电站的图形，可参阅图 0—6 及“水电站规划”图 1—12。

以上是从集中水头方式来归纳水电站结构布置特征的四种基本类型。这四种类型由于前面两种（河床式与拦河坝式）都是依靠坝工抬水，而所有建筑物又都集中在坝的周围故亦可以总称之为坝式水电站。其后两种（无压引水式与有压引水式）由于都要依靠引水结构来集中水头，而所有建筑物又都分布在引水系统沿线故亦总称之为引水式水电站。



图 0—6 有压引水式水电站

3. 水电站建筑物的典型布置型式及其组成建筑物。

工程结构多变的河川水电站，根据集中水头方式的不同来分析它们在结构布置上共同的特征，可以归纳为上述四种基本类型。辩证唯物论告诉我们事物的内部都是互相联系着和互相影响着的。要从内部的关系去研究它的发展。考虑到水电站的规模型式虽然各不相同，但是从这四种基本类型出发，在结构布置再进一步来寻找它们的共性，实践证明是可以得出水电站的一些典型布置型式。由于这些型式典型地说明着在不同条件下水电站建筑

物的內在联系和相互影响情况，我們学习了这些規律对我們掌握水电站建筑物在結構布置上的关系，初步的領会如何根据条件情况去选择和組合水电站所必須的組成建筑物；認識每个建筑物与其它建筑物的关系以及应该如何安排布置它們，都很有好处。現在我們就来討論这四种基本类型的水电站建筑物的典型布置式和它們的組成建筑物。

(1) 河床式水电站的典型布置式及其組成建筑物。

i. 河床式水电站。此式結構布置的特点，在于它的主要建筑物全部集中在河床內，而厂房作为一个整体和坝体連在一起布置在河床的一岸，只有高压配电场（开关站）常常布置在靠近厂房的河岸上。其典型布置形式可參閱图 0—7。

其組成建筑物包括：

庫坝系統建筑物：有調節性能較差的水庫，甚至沒有可供調節径流的水庫，挡水建筑物是活动坝。綜合利用建筑物在此图上有船閘。

引水系統建筑物：开敞式进山口，鋼筋混凝土引水道，尾水道。这一系列建筑物都布置在厂房下部結構中。

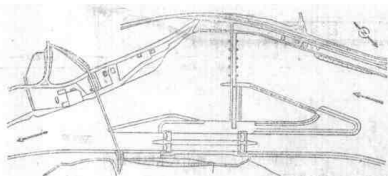


图 0—7 (a) 河床式电站概略布置



图 0—7 (b) 河床式电站全影

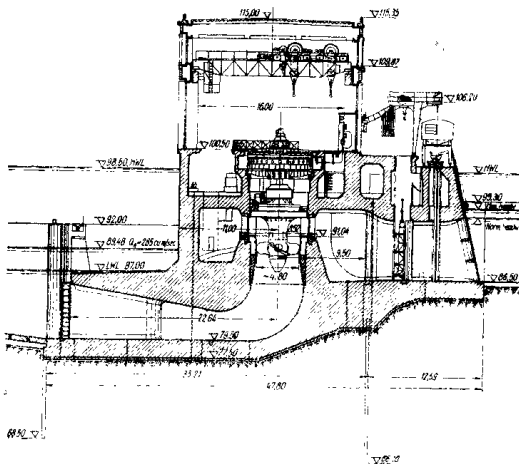


图 0—7 (ii) 河床式水电站剖面

厂房系统建筑物：封闭式厂房。

ii. 墩内式水电站。此式结构布置特点，在于厂房机组分别安装在活动坝的闸墩内部。其典型布置形式可参阅图 0—8。

其组成建筑物包括：

库坝系统建筑物：活动坝。

引水系统建筑物：开敞式进水口，钢筋混凝土引水道，尾水道等都布置在闸墩下部。

厂房系统建筑物：露天式厂房分布在各闸墩内，变电、配电场在上游右岸上。

iii. 増差射流或水电站。此式结构布置特点，在于厂房装置有増差设备，它利用洪水期来水通过射流作用把下游尾水降低，来增加洪水期水电站的发电水头。其典型布置可参阅图 0—9。

其组成建筑物除装置増差射流设备外，其余均与河床式水电站同。

(2) 拦河坝式水电站的典型布置型式及其组成建筑物。

i. 坝下式水电站。此式结构布置特点，在于它的厂房布置在坝体下游，这类的厂房一般都用地面封闭结构，但是近来亦有采用露天式或半露天结构。兹以一般采用重力坝的坝下式水电站的典型布置图形，举例说明此式结构布置特点。可参阅图 0—5 及 0—10

其组成建筑物包括：

库坝系统建筑物：蓄水建筑物——水库，挡水建筑物——混凝土重力坝，泄洪建筑物——坝顶溢洪道。

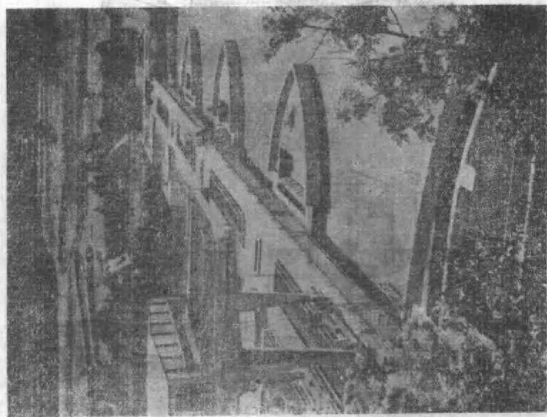


图 0-8 (a) 墩式水电站全景

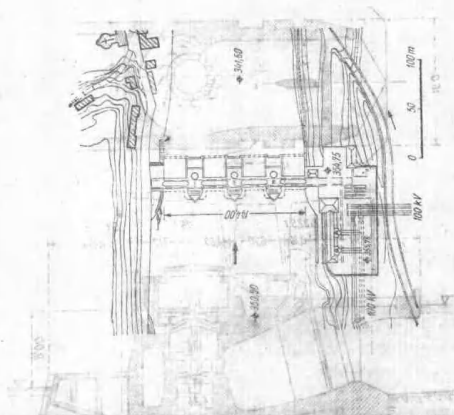


图 0-8 (b) 墩式水电站横布置

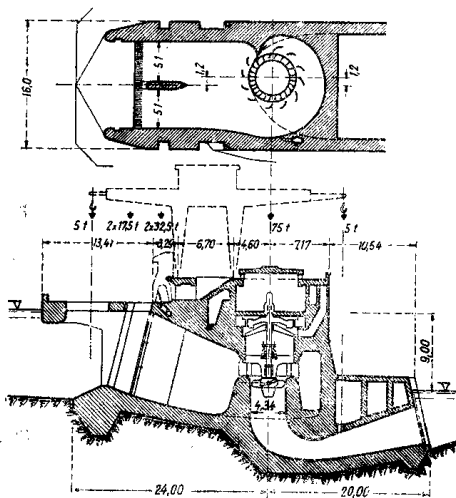


图 0—8 (n) 墩内式水电站剖面

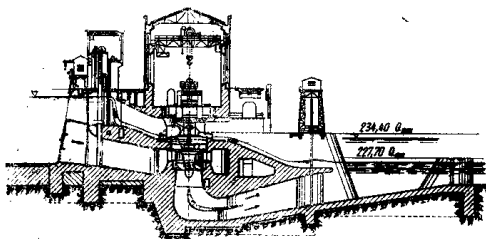


图 0—9 (a) 坝基射流式水电站剖面

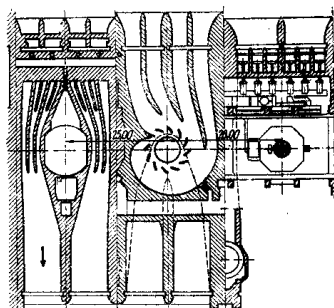


图 0—9 (6) 增泵射流式电站平面

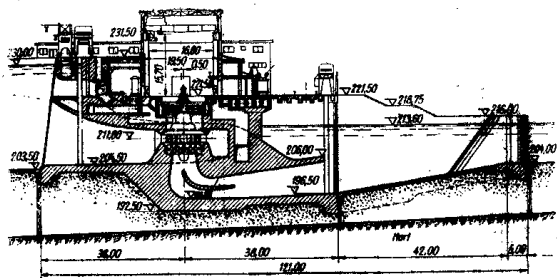


图 0—0 (a) 增泵射流式水电站

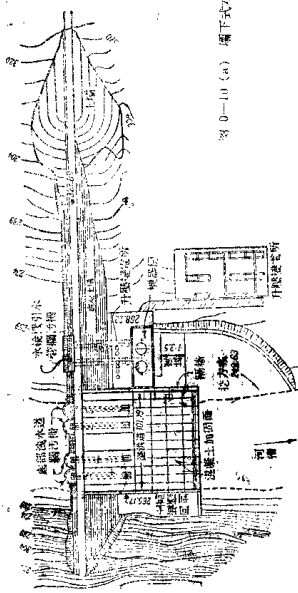
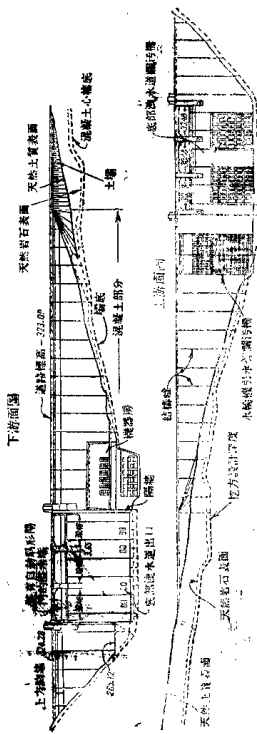


图 0-10 (a) 隔下式水电站