

中等专业学校交流讲义

水电站概论

浙江水利电力学校编



中国工业出版社

目 录

第一章 绪论	3
第二章 水力发电的基本知识	5
第一节 水电站的定义和地球上水的分布及循环	5
第二节 水电站的建设过程	7
第三节 水电站的发电量和出力	8
第四节 水电站的基本布置方式	12
第五节 径流调节的意义及其基本类型	16
第六节 水电站的阶梯和河流的综合利用	18
第三章 挡水建筑物及泄水建筑物	20
第一节 坝的基本概念	20
第二节 土坝的类型及对土料的要求	23
第三节 土坝的渗漏与排水装置	25
第四节 土坝的坝身与基础、河岸的联结	26
第五节 混凝土重力坝	29
第六节 混凝土坝的渗透途径及防止渗透的办法	30
第七节 坝的细部构造	31
第八节 泄水建筑物	35
第四章 水电站引水建筑物	37
第一节 水电站引水道的进水口	37
第二节 引水建筑物的作用及类型	39
第三节 引水渠道	40
第四节 输水隧洞	43
第五节 压力水管的功用和类型及其布置方式	46
第六节 钢管	48
第七节 钢筋混凝土管及木质水管	51
第八节 输水系统的特殊建筑物	53
第五章 水轮机和厂房	55
第一节 水轮机的作用和类型	56
第二节 反击式水轮机	59
第三节 冲击式水轮机	63
第四节 水轮机的选择	65
第五节 水电站厂房的功用和类型	67
第六节 厂房的一般布置	72
第七节 农村小型水电站厂房	77
第八节 厂房的总体稳定	78
第六章 测量	79
第一节 序言	79

第二节	测量学的基本知識	79
第三节	直綫定向	84
第四节	水准測量	86
第五节	經緯仪測量	90
第七章	建筑材料	94
第一节	建筑材料的基本性質	94
第二节	常用天然石料	96
第三节	无机胶結材料——水泥	96
第四节	混凝土	99
第五节	砌筑砂浆	106
第八章	施工	107
第一节	施工导流	107
第二节	土方工程	113
第三节	混凝土和鋼筋混凝土工程	122
第四节	施工組織設計	131

第一章 緒 論

在人类与自然作斗争的长期过程中，随着生产力的发展和人类对自然规律认识的不斷提高，逐渐地利用了各种动力来代替人的体力，如最初利用畜力，到后来利用原始的机械，及至近代在工农业生产和日常生活中广泛地使用电力等。社会主义制度提供了在国民經济各部門全面地实行电气化、自动化的优越条件，从而可以使人們从繁重的体力劳动中彻底解放出来。

在党的社会主义建設总路綫的光輝照耀下，各項事业都获得了史无前例的发展。水力资源的大量开发，保证了国民經济中許多重要部門的用电。有些部門如冶金工业、化学工业(化肥、化学纖維等)以及新兴的原子能工业等，所消耗的电量是很大的，这就要求我們有廉价而充足的电力，而水电是最好的电源之一。

农业是发展国民經济的基础，各行各业必須支援农业。发展电力工业对实现农业技术改造、提前实现农业发展綱要的偉大任务，有着重要的意义。党中央提出，从一九五九年算起，在十年左右的时期內，爭取在全国农村基本实现机械化和水利化，并且实现相当程度的电气化。实现了这个任务，将大大促进农业生产，提高人們的物质文化生活水平，改变农村面貌，并为逐步由社会主义集体所有制过渡到社会主义全民所有制創造重要的物质条件。

工农业生产实现电气化，是全面提高人們物质文化生活水平的重要条件之一。早在1920年，列宁就指出：共产主义就是苏維埃政权加全国电气化。由此可見，整个国民經济的发展速度与电力工业发展速度有着极其密切的关系；而电力工业就目前来讲，其主要的生产方式为水力发电和火力发电。由于水力发电有許多优越性，加上我国具有丰富的水力资源和建設的有利条件，所以从长远来看，它在电力工业中的比重将会不断增长。水力发电的优越性主要表现在：

一、水电站的建設，实现了对河流的綜合利用。在建設水电站的同时，可以使灌溉、防洪、航运等任务获得綜合解决，从而有利于推动国民經济的全面发展。

二、水力发电站，是运行上較經濟和較可靠的电源。这是由于水力发电是利用自然界的水为资源，可以为国家节约大量燃煤；再加上其技术上的特性，电站的管理人員以及厂用电均比較少，因此它的成本极其低廉。同时，水电站在管理和运行上有很大的机动性和灵活性：一台水輪发电机从静止状态到全部能力运转的整个操作过程，可以在一分钟左右的時間內完成。因此，它能适应外界負荷的急剧变化，担任峰荷与火电厂联合运转，可以收到經濟上最大的效益。

三、由于水电成本便宜，故使工农业以及国民經济的其他部門，能以广泛使用电力，从而加速工农业的技术改造。

由以上这些基本特点，可以看到水力发电是先进的，是社会主义国家改造自然和合理的利用天然资源的宏偉事业之一，是推动我們偉大祖国成为具有現代工业、現代农业、現代科学文化的偉大的社会主义强国的巨大物质力量之一。

在我們祖國廣闊的土地上，縱橫交叉，遍布着数以千万計的大小江河，构成了祖國美丽的錦綉河山。在这无数的江河中，蘊藏着大量可供水力发电的能量。

我国水力資源不但丰富，而且还具有以下的有利条件：

1. 我国的一些重大水电站，在地区的分布上很有利。許多巨大的水电站，都位于人口稠密地区的附近，例如黄河的三門峽水电站、和东北的一些河流上的水电站等。同时，我国水力資源的分布也恰巧弥补了我国煤矿分布上的缺陷。有些地区，建設火电厂的条件較差；但是，这些地区一般都有丰富的水能可以利用。

2. 我国許多水力資源都具有巨大的綜合利用价值。这些水力資源的开发，都能同时滿足国民經济各部門的要求，如防洪、发电、灌溉和航运等，达到一水多用，变水害为水利。譬如黄河的开发和治理，同时解决了黄河防洪、发电、灌溉、航运、水土保持等一系列的問題。我国許多其他重要河流都将以綜合利用的原則来开发和建設。

3. 在我国的許多水力地址，大都有很好的自然条件。由于地形、地质、水交条件优越，因而工程量比較小，发电量却比較大。例如，我国黄河上的若干水电站，每瓩只用1.5立方米左右的混凝土。水电站建設所需要的大量砂石料，也大都可以就地解决。此外，我国气候条件也比較好，絕大部分地区可以一年四季施工。

以上这些有利的自然条件，为加速我国水电站建設事业的发展提供了良好的基础。

我国的水力資源虽然丰富，但解放前几乎完全没有得到发展。在国民党統治的几十年中，只造了一些小型水电站，总容量也只有1.2万瓩；日本帝国主义在侵占东北和台湾时，为了掠夺我国資源来进行侵略战争，虽曾建造了一些大中型水电站，但工程质量都很差。总之，旧中国遺留下来的水电事业，是极其微薄的。

解放后，由于党和政府的重視，使得我国的水电建設得到了巨大的发展，而且建設速度是很快的。解放后我国自己設計施工完成的大中型电站不下数十座；例如即将完工的三門峽水电站，前后只要四年左右的时间，这是任何資本主义国家都无法作到的。以美国为例，圣罗論斯河段上大型水力发电站的設計，由于遭到铁路、碼頭、鉄矿和石油資本家的反对，吵吵嚷嚷，三十多年都沒有解决。因为这些資本家是以利潤为重，都想多得利益，这是資本主义社会制度所决定的。

我国自1958年大跃进以来，在党的社会主义建設总路綫的光輝照耀下，在高速地建設大型現代化电站的同时，各地依靠人民公社，結合大規模地兴修水利，开展了轰轰烈烈的羣众举办小型电站的运动。这种小型电站，将加速我国农村的电气化。

在我国发展国民經济以农业为基础，以工业为主导，优先发展重工业与迅速发展农业相結合的方針指导下，根据中央提出的在十年左右的时间內，爭取在全国农村基本实现机械化、水利化和相当程度的电气化的要求，电力工业必須高速度的发展，建設不同規模的电站，以保証国民經济的持續跃进。由于我国水力資源丰富，水电建設将占有相当重要的地位。全国各大水系的开发和建設是个非常宏偉的远景。全面的实现长江流域规划，将要綜合解决长江的防洪、灌溉、航运和发电等一系列的問題。根治黄河水害，开发黄河水利远景规划，是在黄河干流上修建几十座水坝，在黄河主要干支流上，修建很多水庫。其他水系水电建設的前景，也是非常雄偉的。随着我国社会主义建設的持續跃进和人民公社的日益巩固与发展，我国人民这些改造自然的偉大理想，必将实现。

x x x

本課程是水电站建筑业务的一般知識，是一門多科性的課程，分別介紹了河流开发及水电站建筑的有关知識，即研究如何获得河川能量的方法及措施。目的在于如何以最經濟的方式利用水能，以滿足国民經济对电力的要求，促进工农业更快地发展。

本課程包括以下两方面內容：

一、概略地研究利用河流資源的效用問題，如河流的开发方式，均匀流量的調节，綜合利用水量等問題，以使水电站工作获得最大的效益。

二、研究开发的方式問題，如何根据当地的地形和地质等条件来布置水工建筑物，选择水电站的建筑物型式、布置原則、构造設備和施工方法等。总之要研究为了取得水力資源必須解决的各项技术措施。

通过本課程的学习，将使水利施工机械和水能动力裝置两专业的同学，較深入了解水电站在整个社会主义建設中的作用，更加热爱所学的专业。同时，由于水电站建筑的施工有其特殊性，在工种和工程量方面，都比一般的工业与民用建筑物为多，并且有着各种动力設備（其中包括最主要的水輪机在內），因此必須熟悉各建筑物的构造及其相互联系并建立起整体概念，才能正确地选择、运用和維護水工建筑物，才能正確地进行施工机械的檢修以及设备的安装。

第二章 水力发电的基本知識

第一节 水电站的定义和地球上水的分布及循环

一、水电站的定义

有很多人认为水电站所指的只是安装有水輪机、发电机及配電設備等的厂房。显然，这是不正确的，因为水电站是把水能变为電能的工厂，所以，凡是为这一目标服务的建筑物及机械、电气設備，就都应该包括在“水电站”这一含义中。准确地說，水电站就是所有为了把水能轉变为電能的建筑物、机械和电气設備的总和。在以后我們談到水电站时，就是根据这个定义來說的，而不单单是指它的厂房。

水电站是工厂，它的产品是電能，原料是水能（所謂水能就是水流的能量，它应用于水电站上）。和其它工厂相比較，水电站有一个特点，就是它的产品不能貯存（小規模的蓄電池充电除外）。对于其他的工厂来讲，在原料多的时候，可以充分利用其設備能力多生产一些产品，放在仓库里，等到需要时再拿出来用，水电站就不能这样，因为没有貯存電能的仓库。所以也就没有法子在水多的时候多发出一些電能，留到水少的时候来用。水电站的这一特点，提出了一个要求，就是为了保證用電戶对電能的需要，必須控制原料——水能——的供应，这就是我們在以后所要談到的徑流調节。

二、地球上水的分布和水的循环

要建造水电站就得有天然的水力資源。地球上水的蘊藏量是极大的，总共比十三亿立方公里还多。它的分布是約占海洋的70%，陆地20%，天空10%。所以水大部分在海洋中，河流和湖泊中只有一小部分。此外，在地下也有相当多的水。大家知道，地球表面的水（主要是海洋中），由于太阳輻射的影响，便形成水气升到空中，然后又在空中凝

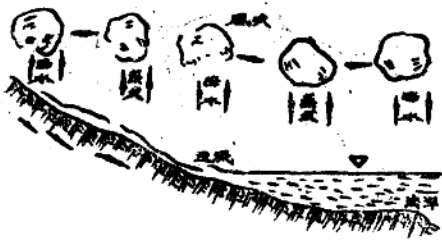


图 2-1 水循环示意图

结成雨或雪降落下来。落到地面的水除一部分渗入地下外，就顺着山间小溪汇集到河道中，然后再由小河汇合成大河流，最后流入湖泊和海洋。因为水的循环是永远不停的，河流中的水是流不完的，这就给水力发电带来了取之不尽、用之不竭的能源。

所谓水的循环就是水从水面、土地表面及植物叶面蒸发，化为水汽升至空气上层，

被气流吹动，移至遥远的距离，又凝结成为降水；降至地面以后又蒸发上升，流动凝结，再降落到地面。这种往返循环，至少已有数万万，没有终结的一天，这种过程叫做水的循环。

三、水量特性

流域——每条河流汇集着一定面积的水量(以分水线为界)，这面积称为悬河流的流域和集水区域。

落差(水头)——在一定河段内，水流降落的高度叫落差或水头。水总往低处流，水流所以会流动是因为河流的水面有高低，这个高低就是我们所要研究的水头。如图2-2中A、B二点的落差，就是 H (米)。若两点距离是一单位距离，则该单位距离的落差常用 i 表示，称为河流的坡降。用公式表示为：

$$i = \frac{\Delta H}{L}, \quad (2-1)$$

式中 L ——河段长度； ΔH ——AB两点的高差。

河流的坡降常用小数表示，有时也用千分之几表示。

一般天然河道坡降不大，0.002到0.003的坡降已经算很陡了。同一条河中坡降各地不同的，通常的特征是上游坡降大，越接近河口则越小。图2-3为一山谷溪流坡降的变化情况。

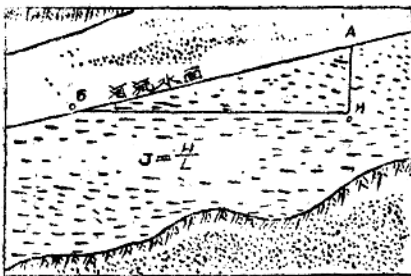


图 2-2 河流的水头

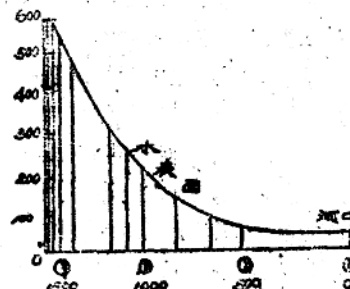


图 2-3 河口距离

河流从上游至河口的全部水头，在一般平坦的河流上达数百米，而山谷中溪流甚至达数千米。

河流中水流的速度，决定于坡降的大小，坡降越大则流速越大(水流速度也随水深和两岸距离而变，在河流中部水面的流速比较河底和两岸为大)。

假使我們在河流上截取一橫断面，每秒內在此橫断面上所流过的体积就叫流量，其单位为米³/秒。如該河道橫面积是 A ，水流平均速度是 U ，流量是 Q ，則

$$Q = UA.$$

河流的同一断面，在較長時間內的流量，称为該時間的水量，以 W 表示之，則：

$$W = Qt.$$

在一條河上要建造水电站，首先應該了解这条河的特性，这就要設立水文站长期的对河流进行观测，记录各时期水位变化的情况、水位和流量的关系等。只有充分的水文資料，才能确保水电站施工和運轉的安全。例如古比雪夫水电站的設計，曾依据了六十年的水文記錄。

第二节 水电站的建設过程

一、勘测工作

水利工程勘测工作的主要目的，就是为了查明某一河流的流量、流域的降水量、徑流、工程地质条件等的情况，作为修建水利樞紐和綜合开发的根据；所以說勘测工作是為水利建設提供有关的基本資料，它是建設的前导和基础。

勘测資料是工程設計和施工不可少的根据，地质和水文条件的查明是施工順利和運轉安全的决定性因素。勘测工作好比了解敌情，充分地了解敌情是为战役的全部胜利准备充分的条件。重視勘测工作是克服設計和施工中主观片面的重要手段之一，同时也必須明确，勘测是为設計和施工服务的，必須緊緊圍繞設計施工的要求而进行。

在資本主义国家里，由于沒有做好勘测工作，而在工程完成后发生事故的例子很多，单就坝的事故就数以百計。

我們国家对水利工程的勘测工作十分重視。十多年以来，在党的正确領導和全体勘测人員的努力下，勘测工作随着水利水电事业的飞跃前进而迅速地向前发展，測量队伍已由过去的数百人扩大到数万余人。水文地质和工程地质勘测队伍亦由过去的几百个钻探工人和个别地质人員发展到一万余人。施測的1:500到1:50000不同比例尺的地形图共面积达130万平方公里以上，地质測繪面积折成1:50000比例尺达40余万平方公里，钻探总进尺已达到100万米以上，水文基本站数已由解放前的几百个增加到近10,000个。正是由于党的正确領導和全体勘测人員高度的觉悟和冲天的干劲才取得这样的成績的。

对于任何勘测工作，一般都包括以下几个方面：

1. 室內准备工作——收集各种和勘测对象有关資料。
2. 組織工作——人員配备和組織以及仪器设备的准备工作。
3. 野外的勘测钻探、調查工作。
4. 室內工作——对野外工作的成果进行整理和分析。
5. 專門的實驗室工作。

下面介紹几种野外工作。

1. 地形測量——目的是繪制勘测对象的平面地形图和河段河流或工程区的縱橫断面图。

2. 水文測繪——目的是了解河流、湖泊、海岸等水文特性；此外还应了解气象情况。

3.地质及水文地质勘探——目的是了解和研究水利工程地点的地壳构造和岩石性质、地下水的情况。

4.经济调查——对河流流域的经济调查，其内容常常是水库区淹没的情况、天然资源的分布情况、开发规模、发展远景和开发价值以及社会经济情况(如人口，工农业，交通)，等等。

为了适应水利事业的飞速发展，勘测工作必须高质量，高速度地进行。为此，勘测工作必须根据规划、设计、施工各阶段的要求，由面到点，由粗到细，逐步深入，重点突破，来查明关键性的问题。应综合地利用勘测方法，对基本资料进行综合分析研究工作，这样才能实现高质量，全面地贯彻多快好省的建设计划。

二、设计阶段

当建设任务确定后，工程的设计就成为建设过程的关键问题了。工程在建设的时候能不能加快速度、保证质量和节约投资，以及在建成以后能不能获最大的经济效益，设计工作起着决定性的作用。

我们应当使设计做到投资经济、施工便利、运转经济和安全。

设计的内容包括建筑物的布置及其构造图、水文及水利经济计算，建筑物的水力计算和结构计算、建筑物工程量的计算以及造价预算，等等。

设计中的许多问题常常必须研究各种可能的解决办法，亦即所谓研究各种方案，然后进行比较，并选定技术上以及经济上最好的方案。

一般设计总是根据国民经济要求，从阐明工程在技术上的可能性和经济上的合理性开始，继而再进行较深入的设计，以详细研究建筑物的型式、结构和造价等。因此设计往往分成各个阶段进行。

1)初步设计——其任务在于通过一系列设计方案的研究，选定工程中主要建筑物的位置、型式、尺寸以及各个建筑物的布置等。

2)技术设计——通过详细的设计工作，以最终地确定上述问题，核定技术指标、工程费用和工期等。

3)施工图——对于技术设计中的某些部分编拟施工详图。

阶段的划分不是绝对的，应当是根据工程的规模和复杂程度、要求完成设计的日期等具体条件而定。

三、施工阶段

关于施工过程在后面将详细谈到，它主要包括以下几项主要内容：

1)土方工程；

2)石方工程；

3)混凝土工程。

第三节 水电站的发电量和出力

水力发电是利用水的势能变成机械功，再转变成电能。我们知道，如果水从一定的高度流下来，则流量越大，那末它放出的势能也越大。或者，定量的水从越高的上游水位流之下游水位，它放出的势能就越大。

上下游水位的差，我们称它为水头或落差。因此，流量 Q 与水头 H 是水力发电的二

个要素。

我們平时所指的水能数量,是由被利用的水的重量与其重心下降高度的成績来确定的。如果重量以公斤表示,高度以米表示,則我們所获得的能量值将以“公斤-米”的表示。假設在天然瀑布中(图2-4)于某一时间 T 秒內,有体积等于 W 米³的水,从 H 米的高度处落下,因为水的容重为 $\gamma = 1000$ 公斤/米³,所以在該条件下所产生出来的能量将等于:

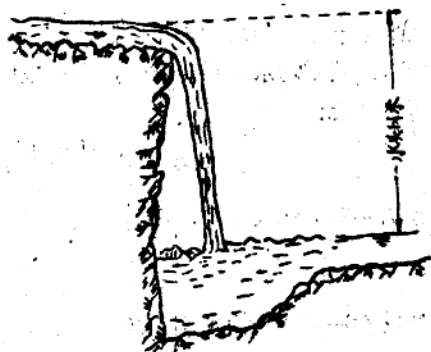


图 2-4 瀑布

$$\mathcal{G} = W\gamma H = 1000WH \text{ (公斤-米)}.$$

此能量是在 T 秒钟內产生出来的。

单位時間內产生出来的能量是衡量产生强度的尺度。在力能学中通常采用一秒钟作为該指标的单位時間。同时,将一秒钟內所产生的能量称为功率(在水力发电中一般称为出力或容量),并以 N 来表示:

$$N = \frac{\mathcal{G}}{T} \text{ (公斤-米/秒)}. \quad (2-2)$$

或者,反过来 $\mathcal{G} = NT$ (式中的 T 是以秒来表示)。

將方程式(2-1)中的 $\mathcal{G}$ 值代入到方程式(2-2)中,并且将在一秒钟內通过水流横断面的水量(所謂流量)用 $Q = W/T$ 米³/秒表示,則我們得出下列功率的式子:

$$N = \frac{W\gamma H}{T} = Q\gamma H = 1000QH \text{ (公斤-米/秒)}. \quad (2-3)$$

因为在实际計算中以“公斤-米”为单位所衡量出来的能量值常是非常之大的,計算很不方便,所以在能量計算中所采用的功率是以瓩来表示,而能量則以瓩小时表示。

由于一瓩等于102公斤-米/秒,而一瓩小时 $= 1 = 102 \text{ 公斤-米/秒} \times 3600 \text{ 秒} = 367200$ 公斤-米,所以可以把方程式(2-1)和(2-2)化成比較方便的形式。此外,考虑到一部分能量将损失在管路中(由于摩擦和形成渦流)以及水輪机和发电机中,并以有效利用系数 $\eta_{\text{гэс}}$ 表示水电站中利用水能的程度,我們可以得到水电站发电量和出力的最后式子为:

$$\mathcal{G} = \frac{\tau WH\eta_{\text{гэс}}}{367200} = \frac{WH\eta_{\text{гэс}}}{367.2} \text{ (瓩小时)}. \quad (2-4)$$

$$N = \frac{Q\tau H\eta_{\text{гэс}}}{102} = 7.81QH\eta_{\text{гэс}} \text{ (瓩)}.$$

如果采用 $\eta_{\text{гэс}} = 0.85$,則可得到以下求 $\mathcal{G}$ 和 N 值的近似式:

$$\mathcal{G} = \frac{WH}{430} \text{ (瓩小时)}. \quad (2-4)'$$

$$N = 8.3QH \text{ (瓩)}. \quad (2-5)$$

在水电站中所利用的跌水值 H ,称为水头。

如以前所述,值 $\mathcal{G} = NT$,但 N 是以瓩表示, $\mathcal{G}$ 是以瓩小时表示。必須記住,在所給情况下時間 T 应当以小时表示,因为1瓩小时是功率为1瓩的发电机工作1小时所得到的能量。

我們举一个例子来看一下。假使在一年期間中水电站利用100立方公里 $=1 \times 10^{11}$ 立方米的水，其平均水头 $H=25$ 米，那末根据公式(2-4)，在一年中水电站就可以发出近似以下的电能：

$$\mathcal{E} = \frac{1 \times 10^{11} \times 25}{430} = 5.8 \times 10^9 \text{ (瓩小时/年)}.$$

因为一年有8760小时，所以当发电量为該值时相应的平均出力将等于：

$$N_{ap} = \frac{5.8 \times 10^9}{8760} = 660000 \text{ 瓩}.$$

此时在一年期間內所利用的平均流量等于：

$$Q_{cp} = \frac{W \text{ 米}^3/\text{年}}{T \text{ 秒/年}} = \frac{1 \times 10^{11}}{31.54 \times 10^8} = 3170 \text{ 米}^3/\text{秒}.$$

利用公式(2-5)我們可以得到相同的年平均出力 N ：

$$N = 8.3 \times 3170 \times 25 = 660000 \text{ 瓩}.$$

利用类似方法，也可以解决以下問題。

(1) 当平均水头 H 为已知时，确定为了获得必要的能量 $\mathcal{E}$ 应当有多少水量通往水电站的水轮机。

自公式(2-4)我們得到必須利用的水量：

$$W = \frac{430 \times \mathcal{E}}{H} \text{ (米}^3\text{)}.$$

此值可以与該河的徑流量相比較。

(2) 当河水年徑流量的体积为 W 米³时，确定为获得一定的能量 $\mathcal{E}$ 所以必須的平均水头 H 。

自公式(2-4)我們得到所必須的水头为：

$$H = \frac{430 \times \mathcal{E}}{W}.$$

此 H 值可以与在所研究的具体条件下可能的 H 值或現有的 H 值相比較。

以下介紹一下集中落差的方法。

用人工的方法集中落差，当然得借助于水工建筑物。一般用来集中水头的建筑物有坝和引水道两种。利用坝来集中落差的方式，如图2-5所示。为了集中河流 A 、 B 两点間的落差，在 B 点筑一坝，将水位抬高到使其所构成的回水达到 A 点为止，此时，由于在回水长度內有一落差 ΔH ，故可供利用的水头 H 将此总水头 $(\Delta H + H)$ 小些，即小于河流 A 、 B 两点間的水位差。 ΔH 的数值即是回水曲綫 AB 长度內的水头损失。

用坝来造成水头，不可避免地会引起坝上游兩岸的淹没。利用坝抬高水位的可能性，一方面取决于上游的地形条件，另一方面取决于淹没面积的价值。兩岸的高度很显然应高出于河流的回水水位，同时，河岸不应该有低洼之处，以免水从这些低洼处溢流出去。如果有低洼处的話，它們就應該用土坝或土堤堵截起来。当兩岸不高时，被淹没的土地面积可能会大大的增加，因而淹没土地的损失会提高水电站的造价，以致使水电站显得不經濟。淹没村庄、市鎮、工矿企业及鉄道、公路等的建筑物，所付的代价特别高昂。所以淹没面积的大小及被淹没的对象，常可能限制利用坝来抬高水位的高度。

利用引水建筑物来集中落差的方式，如图2-6所示。图示的坝的高度很小，其作用仅

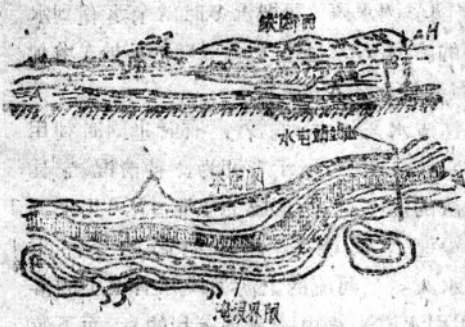


图 2-5 利用坝造成水头的示意图

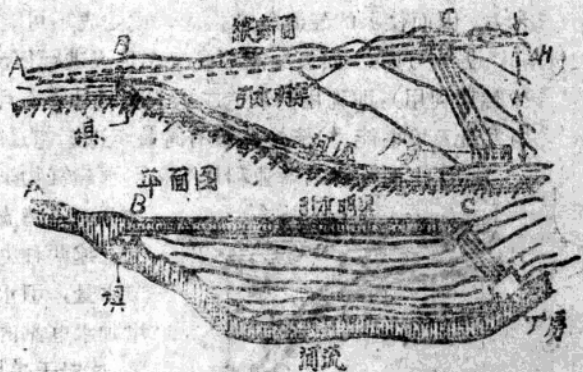


图 2-6 利用引水渠造成水头的示意图

在于将水导入引水建筑物，水头基本上是由后者造成的。

引水建筑物之所以能造成水头，是因为它的坡降比天然河流的坡降要小很多的缘故。假定引水渠的坡降是 i_1 ，天然河流的坡降是 i_2 ，水电站厂房及压力前池距进口口的长度（假定此二者相等，并设渠道沿河岸而行）为 L ，则造成的水头可按式初步估算：

$$H = i_2 \times L - i_1 \times L + h = L \times (i_2 - i_1) + h.$$

式中 H 是造成的总水头， h 是坝造成的少量水头。

利用引水建筑物来集中落差时，进口处并不一定要筑坝。有坝时叫有坝引水，无坝时叫无坝引水。

比较上述两种造成水头的方法以后，可以得出以下关于两者的优越性及采用它们的条件的结论。

河流的坡降愈大，采用引水建筑物来造成水头就愈有利，因为在这种情况下，可以在一定长度的引水建筑物中得到较大的水头。当河流的坡降小时，引水道的落差与河流的落差相差很小，和可供利用的水头相比，水头损失非常显著。对于这一类坡降很小（差不多与人工渠道的坡降相同）的河流来讲，将水引向与河流平行的渠道中借以构成或多或少的水头是不大可能的。唯一有利的方法，有时甚至是唯一可能的方法，便是建筑足够高的坝。例如建筑在苏联伏尔加河上的德涅泊水电站，它的坝所造成的回水延伸达 100 公里，其有效水头为 36 米。如果用引水渠来造成这样大的水头，它的长度就要达 100 公里左右。同时，这一渠道的大小应该足以通过德涅泊河流的全部流量（当然洪水量除外）。无疑的，坝的造价及淹没面积的价值将大大地小于这一条渠道的造价。这个例子虽然讲的是大水电站，但对于小型水电站来讲也能同样地说明问题。从这个例子还可得出另一个结论。在水电站引用大流量的情况下，利用引水建筑物来造成水头可能不经济的。因此说利用坝来造成水头适用于坡降小、流量大的场合。相反地，在河流的坡降大而可利用的流量较小时（主要是山区河流），利用引水建筑物来造成水头就有它的优点。一般来讲，利用坝来造成水头主要是在坡降小于 0.001 的平原河流上，在坡降大于 0.003 的山区河流上，水头多半是用引水建筑物构成的。而当河流的坡降在 0.001 ~ 0.003 之间时，水头的造成可以用坝也可以用引水建筑物，主要是以经济比较为依据。

如果由于淹没面积太大或地质条件恶劣因而不允许筑高坝，或由于水头很高（几百米），因而使坝的建造复杂化起来或变成不可能时，也可利用引水建筑物来造成水头。

另一方面，如果坝能形成一个足以进行径流调节的水库（即把水多时的余水存到水少时来利用），则利用坝来造成水头有时是很有利的。因为水量调节所带来的好处（增加发电量及发电能力）能够补偿有时甚至远远超过因造坝而多花的钱。

除了上面所讲的单独利用坝和引水建筑物来造成水头的办法以外，有时也同时利用



图 2-7 同时利用坝和渠道造成水头

这两者来造成水头。图2-7所示者即为此种情况。它具有上述两种办法的优点，坝所形成的水库AB可用来调节水量，引水渠道BC则能在不增加坝高的条件下增加水电站的水头。当河流的上游河段只有很小的落差（这对于采用引水道来集中落差是有利的），而下游河段的坡降却有很大时（如图2-7所示），采用这种办法最有利。因为此时上游河段的落差用坝来集中较为合

理，尤其是坡降小，就更能保证回水范围有相当的大，使水库具有足够的容量来进行水量调节。坡降很陡的下游河段当然用引水道来集中落差是最合理的。

第四节 水电站的基本布置方式

地球上大部分河流的落差都是较不均匀地分布在全河流上。河流的比降通常是从河流至河口逐渐变小。通常，平原河流的落差是很小的，虽然在个别情况下也可能有急流段。大的瀑布是比较少见的。因此现代水能学的主要注意力是集中在如何利用没有明显（集中）跌水（落差）的河流上。设法把分散的水头集中起来是我们利用水力的第一步工作。由于各地水力资源的地形、地质、水文条件各不相同，所以水电站集中水头的办法也就不同。就已有水电站的布置型式可分下面三个基本类型：

- (1) 堤坝式：整个水头用坝构成。
- (2) 引水式：用引水渠道来构成水头。
- (3) 混合式：用坝抬高水位后再用渠道引水构成水头。

一、堤坝式水电站的布置

用堤坝来抬高水位不可避免将淹没堤坝上游两岸。因此，构成水电站水头高度的性能，一方面取决于建筑高坝时技术的考虑，而另一方面取决于上游地形条件及淹河面积的价值。根据布置不同，堤坝式又分为二种：

1. 坝后式水电站：

一般采用的是坝后式水电站，特别是在具有小落差的平原大河流上和在一一般平原河流上修建水电站时。这种水电站的基本布置方式，如图2-8所示。此时河槽被坝所堵塞，水库充满着水，库中水位几乎被抬高到坝顶，这样就形成了人工的集中落差。坝的附近布置着水电站厂房，在厂房中安设着水轮机和发电机。水经过进水口和不大的常为发电用的引水管后，进入水轮机。然后，水又从水电站厂房流回河槽。

坝后式水电站的主要特点是：

- (1) 坝与厂房紧紧相连，厂房不挡水；
- (2) 坝很高，水头很大。



图 2-8 堤坝水电站

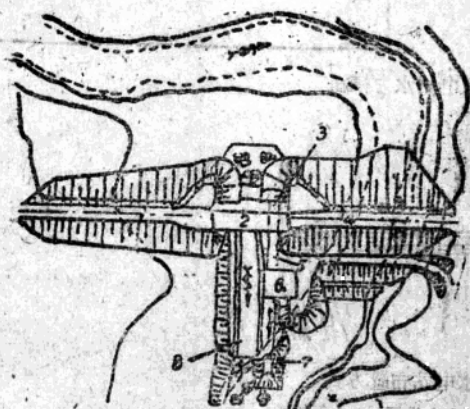


图 2-9 坝后式水电站布置方式之一

1—右岸土坝；2—溢洪道；3—进水口；4—左岸土坝；5—引水槽；6—水电站厂房；7—尾水槽；8—坝的溢流部分。

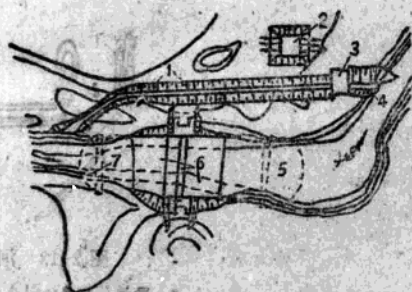


图 2-10 坝后式水电站布置方式之二

(3) 有水庫能积蓄供水期多余水量以补枯水期之不足，因而水力资源的利用率亦高。

2. 河床式水电站：

在河流的中下游，因为地势平坦，无法建筑高坝以积蓄水量和集中更大的水头，或筑坝淹没地太大，因此，在河床上筑堰来抬高上游水位，构成水头。

河床式水电站的平面图，其中包括厂房、坝、船闸、鱼梯等几个部分。河床式水电站的特点是：

(1) 堰工和厂房集中建筑在河床上，厂房也作为挡水结构的一部分；

(2) 水头低；

(3) 不能积蓄水量调节流量，因此在枯水时期发出电能将减少，而在洪水时如需要泄洪水，将闸门全开，上下游水位相平，甚至不能发电。

河床式水电站多为中小型水电站，发电能力一般为1000~2000瓩，少数达3,000瓩，个别的达3,4万瓩的。水头一般在15~30米。简单的就地取材的河床式水电站，建筑在平原上不大的河流上，很适宜作为小企业、小城市、集体农庄、拖拉机站的动力来源。

由于筑坝的工程量相当大，以致使水电站的电能成本非常贵，那么此时修建坝后式

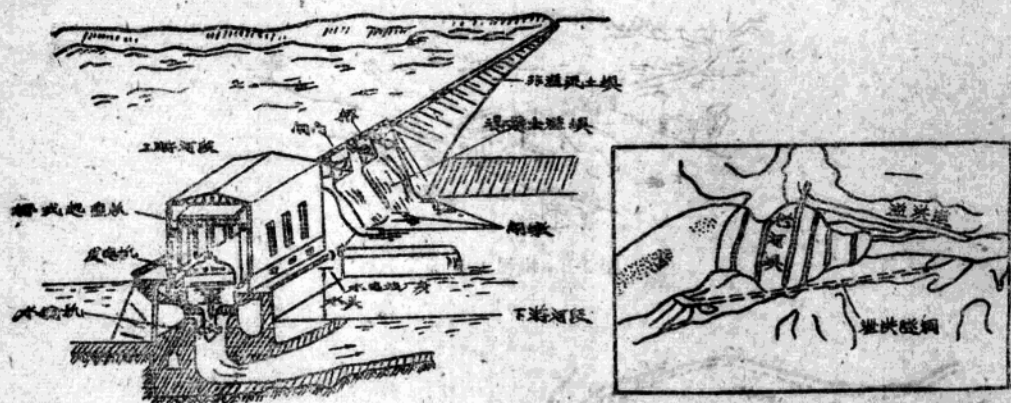


图 2-11 河床式水电站水力枢纽

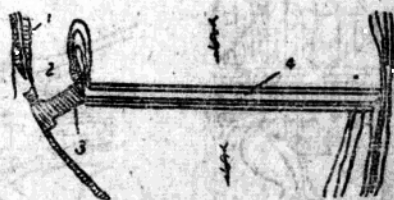


图 2-12 河床式水电站布置方式

1—导流渠；2—引水渠；3—水电站厂房；4—滚水坝。

水电站在经济上可能是不合理的。这种情况是发生在坝身既高且又长，地质条件不适于筑坝和所可利用的流量和径流量比较小的情况下，此时可以改用引水式布置。

二、引水式水电站

引水道式水电站可分为有压与无压两种。其相同之点是它们的水头一部分或大部分由引水取得。这两式水电站的厂房和堰、坝部分是分开的，而由引水道连接起来。它们的不同点是：无压引水道中水的流动是借自身重而非借水压力而流动的，在引水道中形成自由水面（如开挖渠道）。有压引水道中的水是凭借水压力而流动的（如隧洞引水、管道引水）。

在河流的急滩和弯的地方，可以用沿河的平坦的引水道引水或用截弯取直的方法取得水段水头。如两岸又无较高的山峰，不能筑坝而只能筑堰时，一般就筑无压引水道引水。

在河道弯曲得很厉害的时候，可不用渠道，而用隧洞亦可得同样效果。此外，也可以从一条河引水至另一条河而取得水头。

按照图2-17布置方式所修建的水电站，也属于引水式水电站。这种水电站采用有压引水道，例如有压隧洞、木管和钢筋混凝土管等。此时，引水道及其进水口往往布置在上游最高水位以下，有时甚至可达几十米。这样就可以利用由坝所形成的水库的上部库容（所谓有效库容）来调节河流径流，以增加枯水期水轮机的引用流量。

在引水道末端连接着一条或几条水轮机管道（有时为倾斜的隧洞，但通常是焊接的

鋼管),这些管道是将水引向水电站厂房,并将水引入厂房内的水轮机。通常,在引水道末端的附近設有調压池,当水轮机因負荷减低需水量迅速减小的瞬間,水便从引水道进入調压池。当負荷增加需水量急驟增大的瞬間,水便从調压池通往水轮机管道进入水轮机。

引水式水电站的特点是:

- (1) 堰与厂房分开,二者之間有渠道、隧道联結;
- (2) 沒有水庫或只能在一天一周內調节流量,所以河水利用率、发电可靠率較低;
- (3) 水头由壅高上游水位及引水取得,但以后者为主;
- (4) 有平水池或調压塔。

三、混合式水电站

在河道上游坡度較小而下游河段具有很大的坡降,可用拦河坝和引水道联合构成水头。这种布置具有上述二种布置的优点。坝上游会形成水庫用来調节流量,引水道可使水电站的水头增加而不增加坝的高度,因此淹沒面积也不会增加。

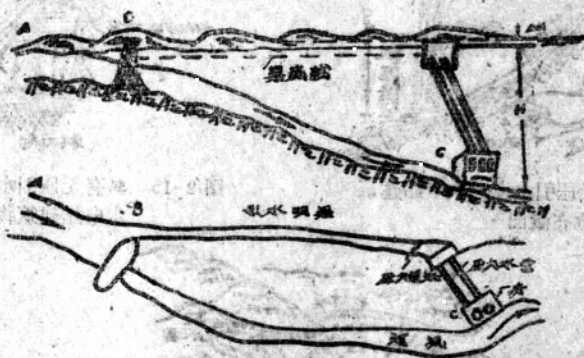


图 2-18 混合式水电站示意图

混合式水电站的特点是:

- (1) 坝与厂房分开,二者間用压力隧道、压力管联結;
- (2) 有水庫能进行年調节或多年調节;
- (3) 水头由坝抬高上游水位及引水而得;
- (4) 有調压塔。

第五节 徑流調节的意义及其基本类型

在一年过程中,流量的分布是不均匀的,有时候大,有时候小,有些河流它們的洪水流量就比枯水流量要大几百倍,甚至1,000倍以上,但需电在一年中就比較均匀,它的变化只是一天的过程里面表現得比較显著。因此,需电量和水电站在利用天然情况下的水流所发生的电站之間就存在着两个主要矛盾。

(1) 在一日之中(或一星期中)水流的流量及出力基本上是不变的,然而此时电力用戶所需要的出力却急剧地变化着。

(2) 在一年之中平均日需电量变化不大,而河流流量及出力却又在显著的变化。除此以外,每一年的流量变化过程也是不同的,有所謂多水年、中水年和枯水年,它們常