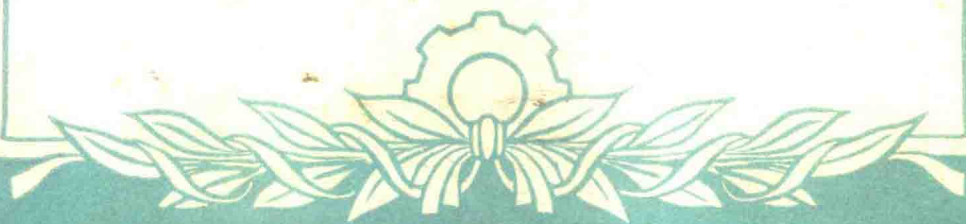


中等专业学校交流讲义

水 能 利 用

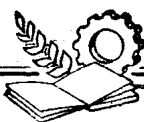
陕西省武功水利学校水电教研组编

只限学校内部使用



中国工业出版社

中等专业学校交流讲义



水 能 利 用

陕西省武功水利学校水电教研组编

中国工业出版社

本书内容包括水能规划及水电站水工建筑物两部分。前者主要研究河流最有利的开发方案；确定水电站的装机容量、发电量、经济特性及动力特性等。后者主要研究取得水能的基本措施；确定水电站水工建筑物的布置形式、构造及尺寸等。

本书除供“中小型水电站专业”学生作为教材外，还可供其他水利工程专业和从事水电建设的工程技术人员参考之用。

水 能 利 用

陕西省武功水利学校水电教研组编

中国工业出版社出版(北京佟麟阁路10号)

(北京市书刊出版事业许可证出字第110号)

中国工业出版社第二印刷厂印刷

新华书店科技发行所发行·各地新华书店经售

*

开本 $787 \times 1092^{1/16}$ ·印张15 $\frac{5}{8}$ ·插页2·字数333,000

1961年8月北京第一版·1961年8月北京第一次印刷

印数0001—1,737·定价(9-4)1.55元

统一书号: 15165-878 (水电—125)

目 录

緒 論

第一章 水力发电的基本原理	6
第一节 水电站的水头、流量、出力及发电量	6
第二节 河流水能资源的估算	7
第三节 水能利用的方式及水电站基本布置型式	8
第四节 河流水利资源的综合利用及阶梯开发	12
第二章 水文及水能计算	12
第一节 水文计算的任务及所需要的原始资料	12
第二节 最大流量及最小流量的计算	13
第三节 频率曲线(保证率曲线)的绘制	13
第四节 水电站设计流量及典型年度选择	16
第五节 水库淤积与水电站的关系	17
第六节 水电站水头	18
第七节 水能计算的目的和方法	19
第八节 水能计算的列表法	21
第九节 水能计算的图解法	26
第十节 用统计法进行多年调节水电站的水能计算	32
第三章 径流调节及电力系统负荷特性	35
第一节 河流的径流特性	35
第二节 径流调节的目的和类型	36
第三节 进行径流调节时所需要的原始资料	39
第四节 水量累积曲线	40
第五节 斜座标水量累积曲线	41
第六节 用时历列表法进行径流的日调节、年调节及多年调节计算	43
第七节 用时历图解法进行径流的日调节、年调节及多年调节计算	46
第八节 水电站正常高水位及最优工作深度选择	51
第九节 电力系统的负荷图	56
第十节 日负荷分析曲线	58
第四章 水电站装机容量的选择	59
第一节 装机容量的概念	59
第二节 水电站的出力与出力保证率	60
第三节 单独运转水电站装机容量的选择	63
第四节 系统运转中水电站装机容量的选择	64
第五节 容量平衡与电能平衡	69
第五章 水电站动能经济指标及抵偿年限	71
第六章 水电站动力渠道及压力前池	73
第一节 动力渠道路线选择	73

第二节	动力渠道的水力计算	75
第三节	动力渠道经济断面选择(渠道的动能经济计算)	81
第四节	压力前池的作用及其组成部分	86
第五节	压力前池的布置	89
第六节	压力前池的构造及尺寸决定	91
第七节	压力前池的水力计算	96
第七章	水锤和调压室	99
第一节	水锤的基本原理及计算任务	99
第二节	水锤的计算方法	100
第三节	减少水锤压力的措施	107
第四节	调压室的作用及位置确定	108
第五节	调压室的形式、选择及构造	110
第六节	调压室的水力计算	113
第八章	水电站的压力水管	121
第一节	压力水管的类型、作用及应用范围	121
第二节	压力水管的布置形式及路线选择	123
第三节	压力水管经济直径选择及水力损失计算	124
第四节	作用在露天式压力钢管上的力	130
第五节	钢管的构造及结构设计	135
第六节	钢筋混凝土管的构造及结构设计	141
第七节	木质压力水管的构造及结构设计	146
第八节	压力管道、镇墩及支墩的构造及稳定校核	152
第九章	水电站动力厂房	154
第一节	概述	154
第二节	水电站厂房的型式及其组成部分	155
第三节	蜗壳尺寸的决定	167
第四节	尾水管尺寸的决定	182
第五节	水电站厂房的水下部分及水上部分的布置及尺寸的决定	184
第六节	水电站付厂房介绍	197
第七节	小型水电站厂房的布置及尺寸选择	198
第十章	水电站动力厂房的结构设计	217
第一节	厂房总体稳定校核	217
第二节	厂房排架结构设计	219
第三节	吊车梁设计	222
第四节	发电机机墩结构设计	225
第五节	水轮机蜗壳(蜗壳)结构设计	232
第六节	钢筋混凝土尾水管结构设计	236

緒 論

水能利用是研究把水能轉变为机械能再轉变为电能的措施的科学。我国幅員辽阔，河流众多，水利資源非常丰富。因此，把水中所含的能量用来为社会主义建設服务，是我們水利水电工作者的重要任务之一。

早在三千多年前，我們的祖先就已經懂得利用水力冲动水輪，来灌溉土地、带动水磨、水碓及其他机械。

公元37年(汉光武帝建武十三年)时，冶炼工业使用的鼓风設備都是用人或牲畜来鼓动的，这样效率很低，当时有一个名叫杜詩的人，发明一种用水輪带动的鼓风設備，叫作水排来代替人或牲畜的动力。

公元260—270年間(魏末晉初)，杜予創造了連水碓，大大地提高了工作效率(图1)。公元220—300年間(約在东汉末到晉朝)，发明了用水輪带动的水磨(图2)及連二水磨。



图1 水碓

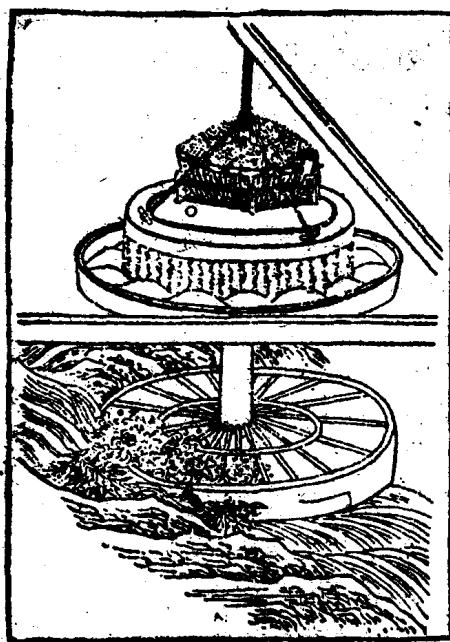


图2 水磨

又过了200年左右，发明了水碓(图3)。

唐宋时代，劳动人民就已利用水輪作为动力的筒車(图4)来提水灌溉。此外用在紡織上的还有水輪大紡車等。

現在我国西南各地如四川、云南、貴州等省及广西僮族自治区的农村还有这类簡單的水力机械，形状和古代使用的一样。这說明了我国劳动人民有着丰富的智慧和无穷的創造力量。

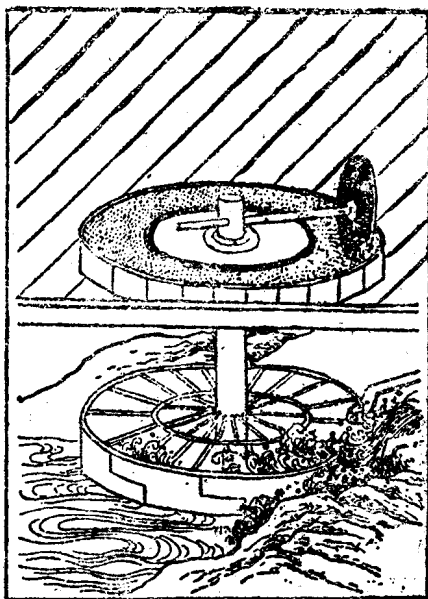


图3 水碾



图4 筒車

我国虽有丰富的水力资源，但由于长期的封建统治，没有充分利用。国民党反动派更是对已有的水电站进行了破坏。

解放后，我国人民在党的正确领导下，水电建设得到了飞速的发展。首先修复了原有的水电站，其次，又进行了大中小型水电站的勘测、设计和施工等工作。在第一个五年计划中，仅新建的19处大中型水电站（如官厅水电站、等），装机容量就比国民党反动统治20多年所建的水电站容量要多出几十倍。目前有许多大中小型水电站正在进行设计和施工。

我国虽在水电建设上取得了巨大成绩，但是由于国民经济的全面跃进，还不能满足工农业生产 and 人民生活对电能日益增长的需要，因而摆在我们面前的任务是非常艰巨的，也是非常光荣的。我们相信，在党的正确领导下，我们一定能够多快好省地发展水电建设事业，使水能产生的动力更好的为人民服务。

水能利用主要是研究全面开发河流和最大限度地利用水力资源的问题。所研究的主要对象包括下面两部分：

1. 如何有效地开发水力资源：这方面包括：如何满足国民经济在动力方面的需要，决定最优的开发方案，确定水电站的容量和电能、水电站的工作情况及经济特性，同时还应研究与水电站工作的动力和经济效能有关的许多问题。对于这方面问题的研究，通常称之为水能规划。

2. 如何利用水力资源：在解决前一问题之后，进一步的任務就是研究采用何种方式、建造怎样的水工建筑物以及采用何种设备来利用水力资源以生产电能的问题。这方面包括：确定水电站枢纽水工建筑物的布置型式、构造尺寸以及这些建筑物的动力特性等。对于这方面问题的研究，通常称之为水电站的水工部分。

研究水能利用这一门科学和研究其他任何科学一样，必须按照党的方针政策用辩证

唯物主义的观点和方法去研究。同时必須明确水能利用与国民經济中其他水利事业部門的关系，如农业灌溉、防洪、給水以及航运等，以最大限度地綜合利用水利資源为原则，来研究水利資源最优的开发方案。因此在研究过程中应結合生产实际全面考虑，根据具体条件結合需要，从多方面充分利用水利資源。

水能利用这一門科学和其他各門科学一样，在党的领导下，十余年来得到了不断地发展，無論在理論上和生产实践上，都取得了很大的成績。但在祖国建設事业飞跃发展中，还有許多問題需要进一步更好的研究解决。如系統中負載分配問題、水电站在系統中如何最有利的工作問題、水庫調配調节以及弃洪水量利用等。

第一章 水力发电的基本原理

第一节 水电站的水头、流量、出力及发电量

从物理学中我們对于“功”和“能”的概念有了清楚的了解。譬如，当把一个物体从地面举到一定高度时，我們就因为克服了重力而作功，而該物体則得到了“势能”。其实

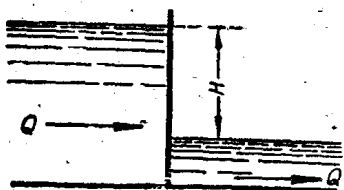


图 1-1 水头之集中

“能”就是作功的本領。如果我們把从高处落下来的水流加以利用，例如用它来冲动水輪，使水輪轉动，从能的观点来看，就是把水流的势能轉变成了机械能。如果我們想获得不断的机械能，对于河流中的水来说，則可把河中的水流在选定水电站的地点造成一个集中落差，并对水流加以控制，使水流通过水輪机，則可达到此目的。如图 1-1 所示；假定集中落差为 H (水电站水头)，

通过水輪机的流量为 Q ，則水流在一秒钟内所作的功，等于它的重量与落差的乘积。即

$$N = \gamma Q H \quad \text{公斤米/秒}, \quad (1-1)$$

式中 N ——水流的功率(即每秒钟内所作的功)；

γ ——水的容重，按 1000 公斤/米³ 計；

Q ——通过水輪机的流量，按米³/秒計；

H ——水电站的水头，按米計。即水电站上下游水位差。

如欲用工程上常用的单位：馬力或瓩表示，則它們之間有如下的关系：

$$1 \text{ 瓩} = 102 \text{ 公斤米/秒} = 1.36 \text{ 馬力};$$

$$1 \text{ 馬力} = 75 \text{ 公斤} \cdot \text{米/秒} = 0.736 \text{ 瓩}。$$

將該值代入公式(1-1)中，則可得到用馬力与瓩所表示的水电站的出力单位：

$$N = \frac{\gamma \cdot Q \cdot H}{102} = \frac{1000 Q \cdot H}{102} = 9.81 Q H \text{ 瓩}; \quad (1-2)$$

$$N = \frac{\gamma \cdot Q \cdot H}{75} = \frac{1000 Q \cdot H}{75} = 13.33 Q H \text{ 馬力}。 \quad (1-3)$$

上述公式为理論出力，未考虑任何損失，但在实际工程中，由于水电站引水建筑物、水輪机、傳动設備、发电机、輸配电設備中都有能量損失。所以理論功率应乘以总效率值才是能够利用的有效功率。为此出力可用下式表示：

$$N = 9.81 Q H \eta \text{ 瓩}。 \quad (1-4)$$

式中 η ——效率系数，为小于 1.0 的一个数。

$$\eta = \eta_{引} \eta_{水} \eta_{傳} \eta_{发}。$$

式中 $\eta_{引}$ ——引水建筑物能量損失的效率值；

$\eta_{水}$ ——水輪机能量損失的效率值；

$\eta_{傳}$ ——傳动設備能量損失的效率值；

$\eta_{发}$ ——发电机能量損失的效率值。

一般小型电站可取 $\eta = 0.6 \sim 0.7$ ，即

$$N = 9.81QH(0.6 \sim 0.7) = (6 \sim 7)QH \text{ 瓩。} \quad (1-5)$$

而对于大中型电站而言，他的机组的出力可用下式表示：

$$N = 9.81QH\eta = \alpha QH \text{ 瓩。} \quad (1-6)$$

式中 η ——水轮机与发电机的总效率一般为 $\eta = 0.82 \sim 0.90$ ；

α ——机组总效率，一般采用 $8.0 \sim 8.8$ ，通常用 8.5 。

当为小型电站时， α 值可根据水轮机与发电机连接的型式按下表1-1数值选取。

表 1-1

水轮机与发电机的传动型式	α 值	水轮机与发电机的传动型式	α 值
同轴直接连接	7~8	用平皮带传动	6.5~7.5
用三角皮带传动	6.5~7.5	用齿轮传动	6.3
用半交叉皮带传动	6~6.5	两次传动	6

水电站的发电量等于出力与时间的乘积，可用下式计算：

$$G = NT \text{ 瓩小时(度)。} \quad (1-7)$$

式中 G ——发电量，以瓩小时或度计；

N ——出力，以瓩计；

T ——水电站发电的时间，以小时计。

另外如果假定已知落差为 H ，机组效率为 η ，欲求体积为 V 立方公尺的水，能产生的发电量是多少？可用下式计算：

$$G = \frac{\eta VH}{367} \text{ 瓩小时(度)。} \quad (1-8)$$

相反，如欲计算效率为 η 的水电站，生产一度电能所消耗的水量体积，则其体积为：

$$V = \frac{367}{\eta H} G \text{ 米}^3/\text{度}。 \quad (1-9)$$

第二节 河流水能资源的估算

河流潜在的水能资源，可用下面的方法来确定，如图1-2所示。

设在某时段 T 内，流经断面 A 的水量体积为 V ，则含蓄在该水量内的能量为：

$$G_A = \left(z_A + \frac{P_A}{\gamma} + \frac{\alpha_A v_A^2}{2g} \right) \gamma V \text{ 公斤} \cdot \text{米}。 \quad (1-10)$$

式中 z_A ——断面 A 处的水面高程；

$\frac{P_A}{\gamma}$ ——断面 A 处的表面压力能；

α_A ——断面 A 处流速不均匀系数；

v_A ——断面 A 处的平均流速米/秒；

g ——重力加速度；

γ ——水的容重。

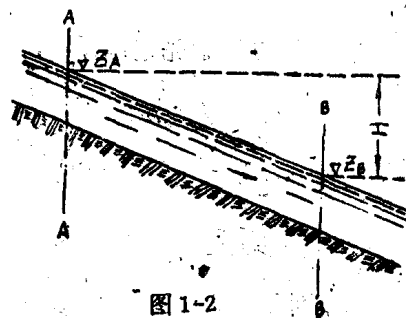


图 1-2

假定相等的水量流到下游断面B, 则在断面B处, 所含的能量为:

$$\mathcal{G}_B = \left(z_B + \frac{P_B}{\gamma} + \frac{\alpha_B v_B^2}{2g} \right) \gamma V \text{ 公斤} \cdot \text{米}. \quad (1-11)$$

$\mathcal{G}_A$ 与 $\mathcal{G}_B$ 之差, 即水量 V 由断面A流到断面B处所消耗的能量。对该能量我们可用下式表示:

$$\mathcal{G}_{A-B} = \left(z_A - z_B + \frac{P_A - P_B}{\gamma} + \frac{\alpha_A v_A^2 - \alpha_B v_B^2}{2g} \right) \gamma V \text{ 公斤} \cdot \text{米}. \quad (1-12)$$

如果假定 $\alpha_A v_A = \alpha_B v_B$, 则可认为 $\frac{P_A}{\gamma} = \frac{P_B}{\gamma}$ 。同时从图中可知 $H = z_A - z_B$, 所以当 $\gamma = 1$ 吨/米³时可得到:

$$\mathcal{G}_{A-B} = VH \text{ 公斤} \cdot \text{米}. \quad (1-13)$$

此式表示出了, 当时间为 T 时, 在断面A、B之间所消耗的能量。所谓河流的潜在出力, 就是指在单位时间内所消耗的能量, 显然此能量为:

$$N_{A-B} = H \frac{V}{T} = HQ \text{ 公斤} \cdot \text{米/秒}. \quad (1-14)$$

当A、B断面流量不相等, 如一般下游断面B处流量大于A处时, 则取其平均值即可。即

$$N_{A-B} = 9.81 \frac{Q_A + Q_B}{2} H \text{ 瓩}. \quad (1-15)$$

式中 Q_A 、 Q_B ——分别为断面A、B处所通过的流量。

有时为了说明河流动力特性的概念, 可用水能蕴蓄图表示, 如图1-3所示, 该图上表示出了河流自发源地到河口的出力增加曲线以及每一河段的单位出力线。出力增加曲线在图上我们用 ΣN 表示。单位出力线以 $N_{\text{均}}$ 表示。

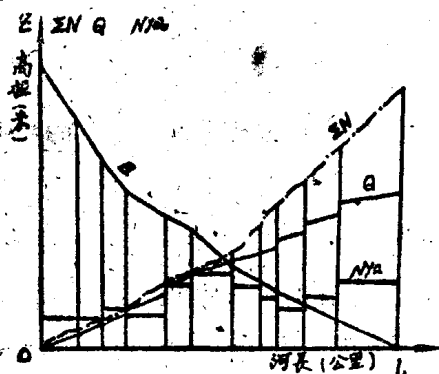


图1-3 河流水能资源蕴蓄图

$$N_{\text{均}} = \frac{N_{\text{全}}}{L} \text{ 瓩/公里}. \quad (1-16)$$

式中 $N_{\text{全}}$ ——已知河段上的总出力;

L ——已知河段的长度。

另外在该图上已增绘了原始资料, 即河流的纵剖面(用 z 表示)和流量变化曲线(用 Q 表示)。

对于河流的年平均能量值, 它应该等于多年平均出力乘上一年的小时数即得:

$$\bar{\mathcal{G}} = \bar{N} \times 8760 \text{ 瓩小时}. \quad (1-17)$$

另外也可不予先定出 $\bar{N}$ 值, 而直接用下式算出年平均能量, 即

$$\bar{\mathcal{G}} = \frac{1}{365} \frac{\bar{V}_A + \bar{V}_B}{2} H = 0.00272 \frac{\bar{V}_A + \bar{V}_B}{2} H \text{ 瓩小时}. \quad (1-18)$$

式中 $\bar{V}_A$ 、 $\bar{V}_B$ ——已知河段起止断面的多年平均水量。

第三节 水能利用的方式及水电站基本布置型式

由前面知道, 水流能量转变为机械能的两个动力要素: 一个是水电站的水头; 一个

是水电站通过水轮机的流量。获得水头的方法，一般是在河流中用人工的方法修建水工建筑物：如拦河坝、引水结构或利用自然瀑布等造成水头，使水电站上游高度处的水流落下冲动水轮机，再由水轮机带动发电机，使水流的能量转变为机械能，再由机械能转变为电能发出电来。

现在水电站的基本布置型式可分为下列三种型式：

1. 堤坝式水电站：如图1-4, a和b所示。整个水头由坝来形成。一般在坡度平缓的河流上常用这种型式，如河流的中上游以及平原河道上。水电站视水头的大小可布置成坝后式和河床式两种。后者用于低水头（大型电站不超过25米；小型电站不超过6~10米）；前者用于中高水头。

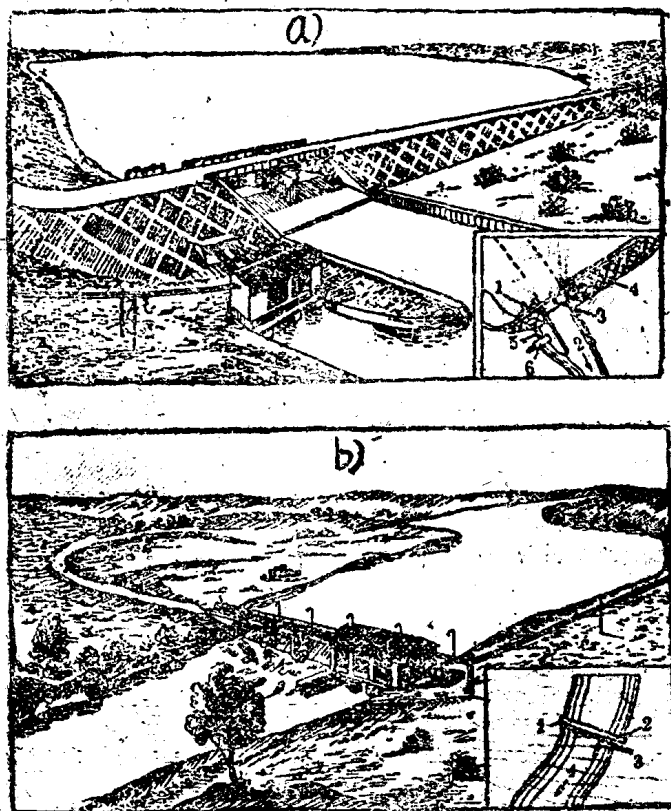


图1-4 河床式水电站厂房

堤坝式水电站不可避免要引起上游淹没损失，故须作经济效益比较。

2. 引水道式水电站：如图1-5, a和b所示。水头的形成主要是依靠引水道（引水明渠、引水隧洞、引水管道等）。这种布置型式常用在坡度比较陡的河流上，如山区河流、丘陵地带、河流转弯的地方，多布置成这种型式的水电站。其水头有时甚高，可达数千米。有时在引水渠上端作一低坝更为有利。图1-5, a所示为明渠引水道式水电站。图1-5, b为压力引水道式厂房布置横断面图。

3. 混合式水电站：如图1-6所示。水头的形成由两部分组成，一部分利用拦河坝，一部分利用引水渠道取得。这种布置型式主要用在遇到河道上游坡度平缓下游甚陡时可用此种型式，除用渠道外，还可用隧洞、压力管道等用来引水。

除此而外，随着农业灌溉事业的发展，在灌溉渠道上用跌水来发电亦甚为广泛，如

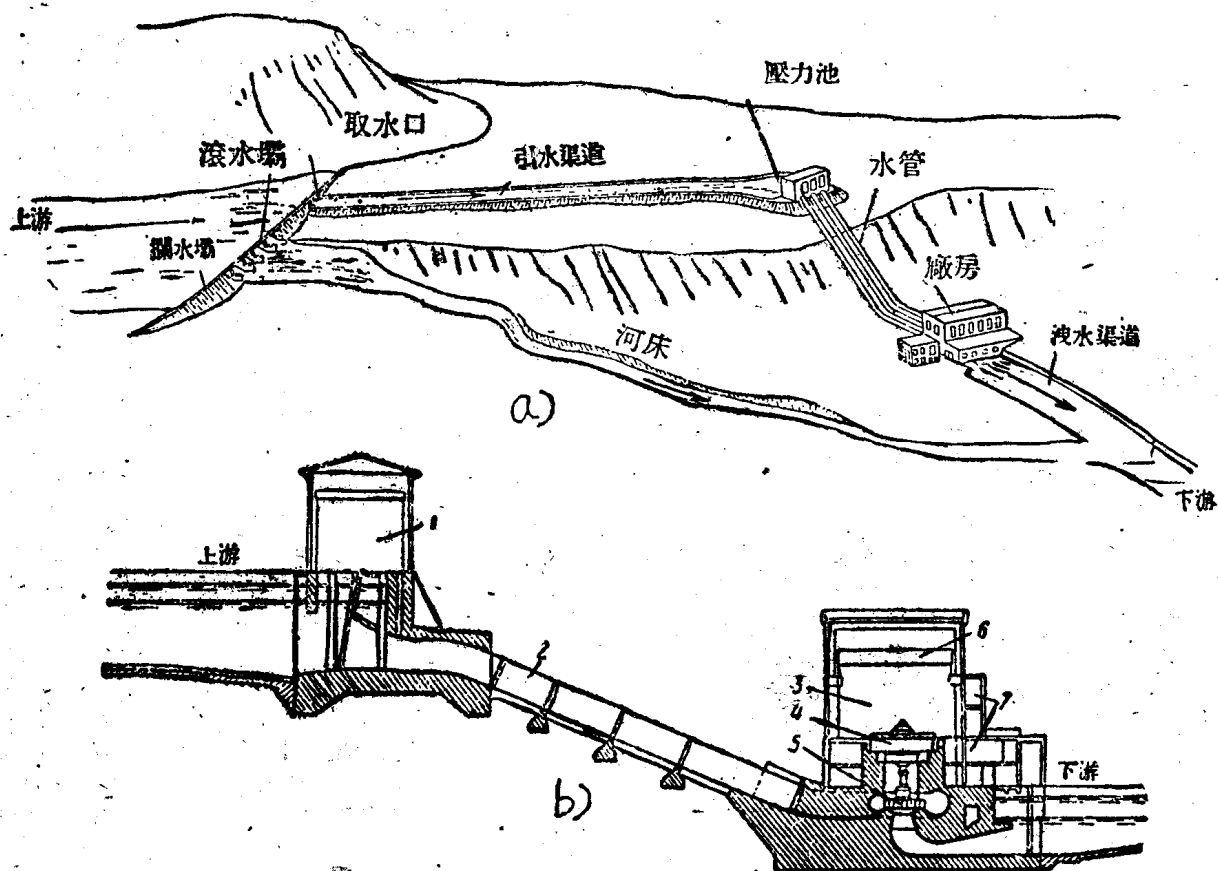


图 1-5 引水式水电站厂房布置图

1—開門室；2—水輪機輸水管；3—主机房；4—发电机；5—水輪機；6—桥式起重機；7—配电設備。

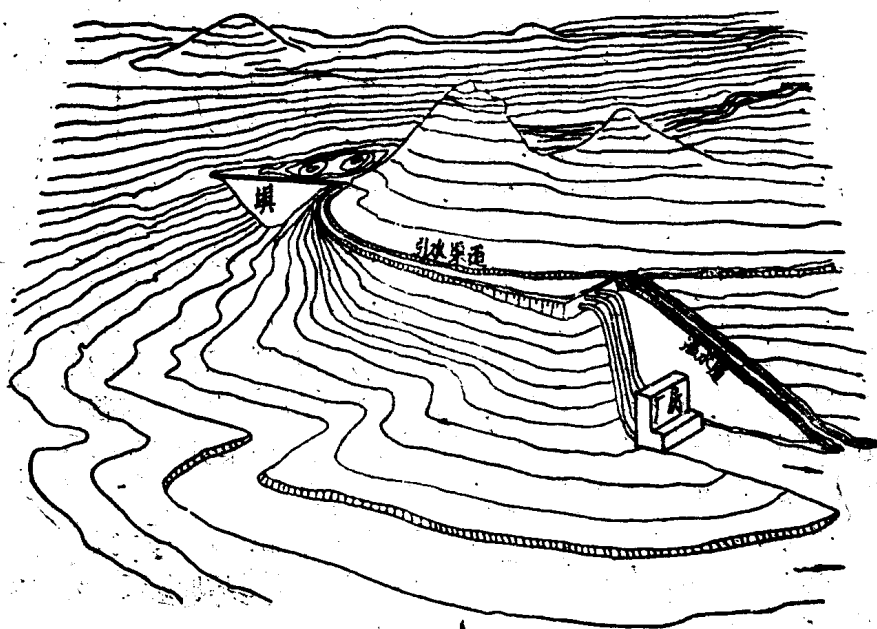


图 1-6 混合式水电站

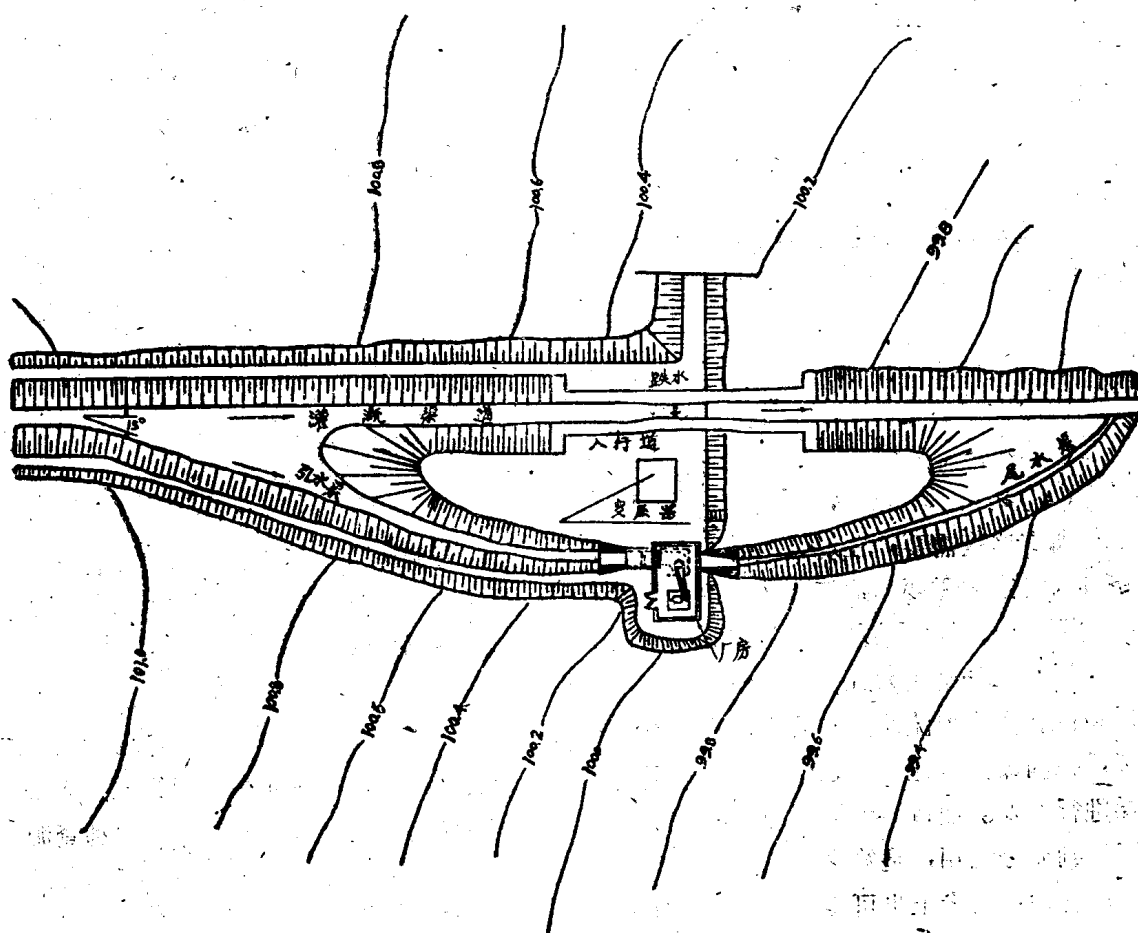


图 1-7 利用已有跌水发电站平面布置图

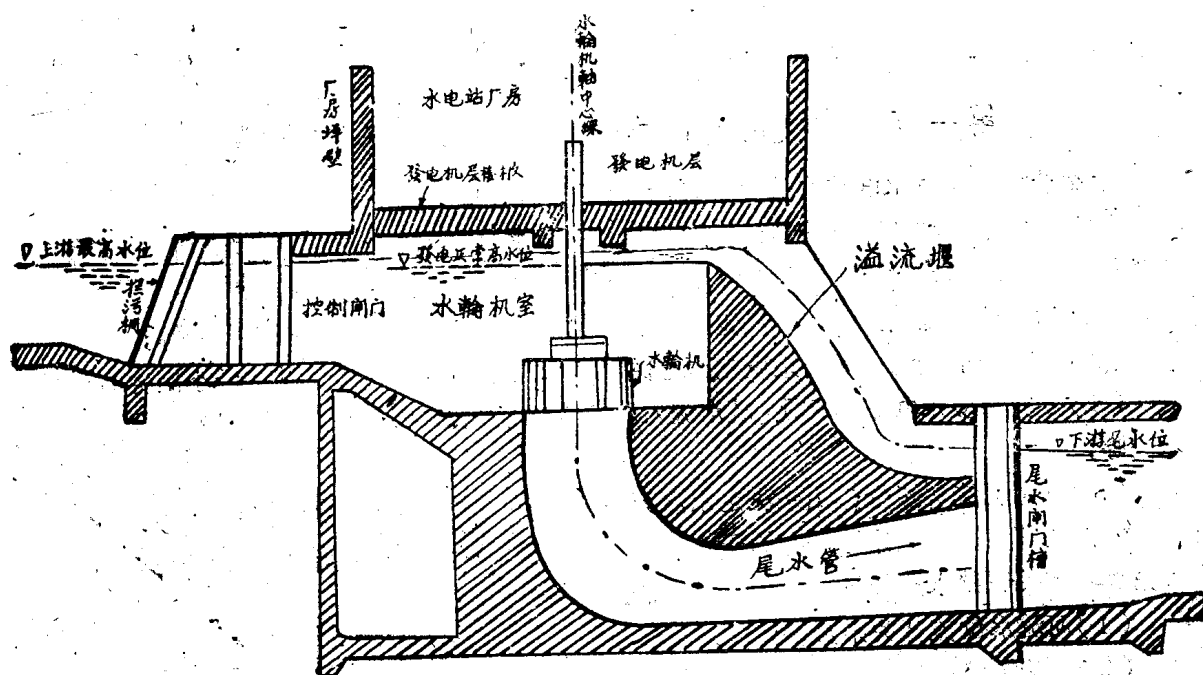


图 1-8 跌水与电站合一的横剖面图

图1-7所示。水电站厂房布置在渠道的一旁。

有时也可把跌水造在水电站厂房发电机层楼板的下面,这种型式可能比较经济,如图1-8所示。

第四节 河流水利资源的综合利用及阶梯开发

河流水利资源的综合利用,是社会主义制度国家开发水利资源的基本原则,即规划一个河流时,应最大限度的满足整个国民经济的效益。水力发电,对河流水利资源的利用,仅是其中的一部分,对整个国民经济来说,水利资源的利用包括下列几方面:

- (1)水能利用:水力发电、水力利用等;
- (2)发展农业的土壤改良、灌溉用水等;
- (3)防洪、水运、航运及伐木流放等;
- (4)其它:如水产,养鱼、鸭、卫生供水等。

所有这些需要,在规划设计利用一条河流的水利资源时,必须根据满足整个国民经济最大限度的需要和迫切要求的原则,进行综合利用开发。譬如,黄河三门峡枢纽,它的首要任务在于防洪,同时也保证了发电、灌溉、航运以及改善气候等目的。

另外在一些较大且长的河流中进行水利资源的开发时,由于经济和技术问题,往往不可能将整个河流所具有的全部水利资源一次开发完,而常常是根据国民经济建设的需要,在国民经济建设规划中考虑到长远利益与目前需要的要求,从而因地制宜地分成阶梯进行开发。如黄河水利资源的利用便是一例。这样分为阶梯开发的方式,使水利资源能得到充分利用,是符合我国社会主义建设的需要的,并且,这种水利资源的开发方式经济合理,技术上也可能。正是充分体现了社会主义制度的优越性。

第二章 水文及水能计算

第一节 水文计算的任务及所需要的原始资料

水文计算对建设水电站有关的主要任务有下列各项:

- (1)确定水电站的设计流量:譬如决定日调节水库容积和水电站装机容量时,确定在设计要求保证率条件下相应的日调节流量等;
- (2)确定最大流量:如用来决定有关建筑物的尺寸及高程(溢洪道及厂房)等;
- (3)确定最小流量:如用来确定水电站尾水管出口的高程或水电站的最小出力等;
- (4)分析整理水电站所在处(尾水流入河边处)的水位流量关系曲线,用来确定电站水头等;
- (5)确定河流含沙量:用来决定水库死库容及对水轮机工作的影响等;

上述任务计算的正确性,有赖于水文资料分析的正确程度,因而在水文计算时,应事先收集有关原始水文资料,这些资料包括:

- (1)河流水位流量关系资料;
- (2)河流流量历时关系资料;
- (3)河流最大、最小、平均流量与水位及历时关系资料;

- (4) 枯水期及汛期水位流量及历时关系資料;
- (5) 水电站上下游水位流量关系資料;
- (6) 水电站处的降雨量、日期、历时、强度等資料;
- (7) 水电站处的最高、最低及平均温度等气象資料;
- (8) 河流流域自然地理及徑流形成的資料(包括所开发河流及附近河流)。

第二节 最大流量及最小流量的計算

水利工程建設中都是根据所要求的設計頻率来求最大流量值。設計頻率由水工建筑物的类别、重要性、等級以及运轉条件根据规范 СНиП 按下表 2-1 选用。

1. 最大流量的計算方法: 最大流量的計算按照规范 ГОСТ 3999-48 进行。

当有长期的观测資料时, 作出最大流量的頻率曲綫(或称保証率曲綫, 但二者有一定区别: 保証率指的是出現等于或大于該流量的可能性有多少), 由頻率曲綫上求得。

在資料不足或缺乏时, 可按徑流等值綫图和經驗公式等間接方法計算。

表 2-1 最大流量之設計頻率

建筑物的重要性及等級	运轉条件	
	正 常 的	非 常 的
	最大流量的設計頻率 (%)	
永久性建筑物		
一 級	0.1	0.01
二 級	1.0	0.1
三 級	2.0	0.5
四 級	5.0	1.0
临时性建筑物		
三 級	2.0	1.0
四 級	5.0	—
五 級	10.0	—

2. 最小流量計算方法: 当有长期观测資料时, 最小流量可根据这些資料或根据頻率曲綫来确定; 当观测資料不足或缺乏时, 可用与邻近河流进行比拟来确定。

第三节 頻率曲綫(保証率曲綫)的繪制

由水文学知道, 保証率曲綫型式很多, 但其中最簡單而又与水文現象最接近的是所謂“二項式保証率曲綫”。繪制該曲綫須知下列三个参数:

1. 系列的算术平均值 $\bar{x}$: 它等于系列的項数除該系列各項的总和而得。

2. 变差系数 C_v :

$$C_v = \sqrt{\frac{\sum(x_i - \bar{x})^2}{\bar{x}^2 n}} = \sqrt{\frac{\sum(K_i - 1)^2}{n - 1}} \quad (2-1)$$

3. 偏态系数 C_s :

$$C_s = \frac{\sum(K_i - 1)^3}{n C_v^3} \quad (2-2)$$

当系列不够长时 C_v 与 C_s 有如下关系: 即 $C_s \geq 2C_v$, 因此通常可按式計算 C_s :

$$C_s = \frac{2C_r}{1 - K_{\text{最小}}} \quad (2-3)$$

式中 x_i ——观测系列中任一变数(如为多年中任一年中的流量值);

$\bar{x}$ ——系列的算术平均值(如35年中的各年平均流量用35除所得之值);

n ——系列的项数(如流量观测值为35年,则 n 即35项);

K_i ——模比系数(即年水量或流量与长期计算得来的年水量或流量平均值之间的比值);

$K_{\text{最小}}$ ——所考虑系列最小模比数(如35年中有一年流量最小时的 K_i)。

保证率曲线的绘制方法,现就已有资料的情况叙述如下:

如有观测资料时,各种不同保证率最大流量的计算,可以根据 C_r 和 C_s 算出理论保证率曲线(二项式保证率曲线),或用公式算出保证率曲线(当系列较短时,譬如小于35年)。理论保证率曲线可用一定的公式来表示,但其方法繁复,而通常是用雷布金表来绘制保证率曲线,其方法步骤如下:

(1)先将观测系列中,各年中最大流量值,按大小递减顺序排列。

(2)算出各年中平均流量(即将上述各年流量累加用年分除之而得)。

(3)求出各年模比系数 K_i (即用该年流量被多年平均流量除之所得之值)。

(4)求出 $(K-1)$ 及 $(K-1)^3$ 各值,并算出 $(K-1)^3$ 各值之和。

表 2-2 最大流量偏差系数计算表

顺序号	年 份	$Q_{\text{最大}}$	按递减顺序排列 $Q_{\text{最大}}$	模比数 (K)	$K-1$	$(K-1)^3$	$P = \frac{m-0.3}{n+0.4}$
1	1932	637	790	2.81	1.81	3.2761	3.13
2	1933	324	637	2.27	1.27	1.6129	7.59
3	1934	312	636	2.26	1.26	1.5876	12.0
4	1935	222	625	2.22	1.22	1.4884	16.5
5	1936	199	387	1.38	0.38	0.1444	21.0
6	1937	387	387	1.38	0.38	0.1444	25.4
7	1938	58.0	356	1.27	0.27	0.0729	29.9
8	1939	97.0	324	1.15	0.15	0.0225	34.4
9	1940	16.1	316	1.12	0.12	0.0144	38.8
10	1941	175	312	1.11	0.11	0.0121	43.3
11	1942	117	222	0.79	-0.21	0.0441	47.8
12	1943	130	199	0.71	-0.29	0.0841	52.2
13	1944	175	175	0.62	-0.38	0.1444	56.7
14	1945	356	175	0.62	-0.38	0.1444	61.2
15	1946	625	130	0.46	-0.54	0.2916	65.6
16	1947	67.8	117	0.42	-0.58	0.3364	70.1
17	1948	47.5	106	0.38	-0.62	0.3844	74.6
18	1949	316	97.0	0.35	-0.65	0.4225	79.0
19	1950	387	67.8	0.24	-0.76	0.5776	83.5
20	1951	790	58.0	0.21	-0.79	0.6241	88.0
21	1952	636	47.5	0.17	-0.83	0.6889	92.4
22	1953	106	16.1	0.06	-0.94	0.8836	96.9
	平 均	281			总 计	13.0018	