

44266

農村水力發電站

蘇聯 恩·卡·庫茲聶佐夫工程師 合著
阿·波·茲拉特科夫斯基工程師
沙 蔭 田 何 志 方 翻譯



燃料工業出版社

農村水力發電站

蘇聯恩·卡·庫茲聶佐夫工程師合著
阿·波·茲拉特科夫斯基工程師
沙 蔭 田 何 志 方翻譯

燃料工業出版社

本書分兩編，共二十二章。第一編有十二章，其主要內容為建築農村水力發電站的設計與施工等；第二編則為電氣設備及運行等。

本書第一——六章係沙蔭田同志翻譯；第七——二十二章係何志方同志所譯。第十三——二十二章由沙蔭田同志負責校訂。

本書可供水利、水電和土木工程人員閱讀，對有關的技術學校師生亦頗有參考價值。

• •
•

農村水力發電站

СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ ГИДРОЭЛЕКТРОСТАНЦИИ

根據蘇聯國立農業書籍出版社(СЕЛЬХОЗГИЗ)1948年莫斯科俄文第二版翻譯

Н. К. КУЗНЕЦОВ
А. П. ЗЛАТКОВСКИЙ

沙蔭田 何志方譯

燃料工業出版社出版

地址：北京東長安街燃料工業部

北京市印刷一廠排印 新華書店發行

編輯：韓至誠 校對：周金英 戴佩英

書號 205 • 電 89 • 31 × 45 $\frac{1}{2}$ 開本 • 20 $\frac{2}{3}$ 印張 • 416 千字 • 定價 30,700 元

一九五四年七月北京第一版(1—4,200冊)

版權所有★不許翻印

譯 者 前 言

關於黨在過渡時期的總路線，毛主席作了如下的指示：「黨在這個過渡時期的總路線和總任務，是要在一個相當長的時期內，逐步實現國家的社會主義工業化，並逐步實現國家對農業、對手工業和對資本主義工商業的社會主義改造。」

為實現國家的社會主義工業化，首先應當發展電業，這是很容易理解的。列寧曾經指示過：「只有在農業中大規模地運用拖拉機與機器，只有大規模的實行電氣化，才能夠解決對小農關係的問題，才能夠恢復他們的全部心理趨於健全」（見「列寧全集」第32卷，第194頁）

這樣看來，農村的電氣化不僅是農村經濟改革的基礎，也是小農的全部心理轉變的有力因素。

在土地改革勝利完成以後，我國的農業生產力已經從封建剝削制度下面解放出來。為了提高農業生產不但需要積極發展互助合作組織，以便逐步走向機械化、電氣化，而且為了滿足農民的物質和文化生活的需要，從現在開始考慮逐步建設農村小型水力發電站的問題，也是適時的了。

即使高度工業化、電氣化的國家，如今日的蘇聯，也還在提倡大量建設小型農村發電站，特別是水力發電站，可見提倡農村發電站的建設是為了補助電力事業，使它能夠更普遍、更全面的發展。而且距離大的供電系統和城市電力線路較遠的農村，更不應一意依靠大電力系統來解決供電問題。相反的，應該早日考慮解決這一問題的方向。有時還要比較一下：是修建較長的輸電線路合算，還是自己組織起來修建小型發電站合算。

在蘇聯農村電氣化問題是由農業部設計局領導的。農村發電站的投資可以用各種方式籌劃——集體農莊投資，拖拉機站投資，地方蘇維埃投資，或由幾個方面共同投資。總之，其投資數額並不大，而且不必佔用國家的工業建設資金。

我國有極豐富的水力資源，適於作農村小型開發的水力資源是不難找到的。對農村小型水力發電站來說，除了建廠以前的勘察、設計工作須有水力發電專門工程師參加指導外，對建築施工則僅要求一般技術水平即可。至於發了電以後的技術管理工作，那是很簡單的，只要極少數的技術員和技工即可擔負起來。即使在設計方面，對技術水平的要求也遠沒有像對火力發電站要求的那樣嚴格。至於設備的現代化程度，更可以隨經濟條件之不同，而由籌劃人自行掌握：可以把水力發電站全部或局部自動化起來，也可以採用簡化的設備（比如水輪機的調速裝置可以用自動式，在某些情況下也可以用手動式）。普通小型水力發電站的機電設備大都比較簡單，國內工廠完全可以製造，而且已有相當豐富的製造經驗。

以上數點都說明：為供給農村用電而建設水力發電站，與建設火力發電站（柴

油機、煤氣機、機車式蒸汽機或其他蒸汽機等)比較起來,前者在各方面都有其優越性。在理論上講,水力發電站的土木工程工作量大,因而建設費用可能比較多些。但是如果把農村裏的潛在勞動力量組織起來利用到這方面去,則每瓩設備容量的單位造價不見得會超過同樣容量的火力發電站。這一點可以在設計時用計算的方式明確地比較一下。

此外建設農村小型水力發電站,還可以收到綜合利用水力資源的好處,在很多情況下,是可以與農田水利事業配合起來的。利用灌溉渠道的跌水來修建小型水力發電站是很容易的;利用水力發電站蓄水庫或引水渠附帶作農田灌溉之用也是一舉兩得的事情。

我們認為在黨和政府的正確領導之下和廣大工農羣衆積極忘我的勞動之下,在農村生產力和農民物質與文化生活迫切需要提高的要求之下,及早研究農村供電問題是很必要的。譯者爲了介紹這一方面的蘇聯先進經驗和技術,特選擇了這本不可多得的著作。

這本書的內容包括了農村水力發電站的全面技術問題,也概括着農村水力發電站從勘察到運行的各方面的問題。原文的敘述深入淺出,對工程師和技術員可作爲參考資料之用。其他讀者爲了對小型水電建設得到一般概念,也可把它當作一般性的參考讀物。

本書除介紹了農村水力發電站的一般知識以外,還着重地指出了小型水電站的特點,並且搜集了蘇聯在建設農村水力發電站各方面的新成就,比如全部自動化的無人水力發電站,使用普通感應電動機作發電機之用等等。這使我們可以看到農村水力發電站的光輝遠景,同時也說明建設農村水力發電站是簡易可行的事情。

本書涉及範圍太廣,遠超過譯者所僅有的專業知識範圍,因而在翻譯過程中遇到了很多困難。雖然也參考過一些書籍,但在名詞方面未能全部的得到現成的譯法,有些名詞甚至是被迫杜撰出來的。由於譯者的知識水平和修養的限制,一定有許多地方未能充分傳達原著的意旨,疏漏錯誤亦所難免,至希讀者不吝指教。

1954, 6 · 北京

原出版者的話

本書是第二版，內容包括農村水力發電站的設計、施工和運行等問題。本版根據一九四一年出版的第一版作了很多修改和補充，供工程師和技師之用。

本書第一編是工程師 H. K. 庫茲聶佐夫寫的，第二編是工程師 A. П. 茲拉特科夫斯基寫的。

讀者對本書如有批評和建議，請寄莫斯科奧爾里可夫巷三號農業書籍出版局。

目 錄

原出版者的話

第 一 編

第一章 水能利用的技術基礎	1
小河流	1
水流的功率	1
水能利用的技術佈置及水力設備的型式	2
小河流的多元利用問題	3
小型水力發電站按其容量大小之分類	10
按水力工程建築物的規模大小分類	11
第二章 小型水力發電站設計勘測工作的內容和範圍	13
水力勘測的任務和設計工作的幾個階段	13
初步設計	13
技術經濟調查報告	15
技術設計	16
施工圖及設計文件應辦的手續	18
第三章 水文的勘測	19
水位的測量	19
流量的測定	21
流量曲線的繪製法	23
流量過程曲線	30
第四章 水文計算	32
逕流的各種特性	32
根據短時期的觀測記錄確定逕流標準	33
約略估計逕流標準的方法	36
年逕流量在多年內的波動	38
逕流的年間分佈	46
最大流量	47
大雨洪水的最大流量	54
水文計算舉例	57
第五章 流量調節和用水計算	59
調節的各種形式	59
計算用的原始資料	59
水庫損失計算	61
日調節	64
用解析的方法確定日調節水庫的容積	64

季調節.....	65
水庫計算的圖解法.....	68
第六章 水能計算	72
計算用的原始資料.....	72
水力發電站計算水頭的選擇.....	73
設備容量和機組數目的選擇.....	73
第七章 攔河壩	74
攔河壩的分類.....	77
土壩.....	77
土壩的類型和對土壩的要求.....	77
土壩的滲漏.....	79
排水裝置.....	80
土壩建築的典型範例.....	81
土壩邊坡的加固.....	83
洩水建築物.....	85
天然溢水道.....	87
枝條槽壩.....	90
木壩.....	92
木壩基面的構造.....	94
木壩的岸坡結構.....	96
基面主要尺寸的計算.....	98
木質基面漏水的原因.....	104
基面的水力技術計算舉例.....	105
築有中間扶壁支柱的樁板式木壩.....	106
裝有三角形桁架的活動木壩.....	108
裝有工波爾桁架的活動壩.....	111
石壩和混凝土壩.....	112
閘門和起重機.....	115
溢流木壩和堆石壩.....	118
第八章 引水建築物	121
引水的方式.....	121
無壩式引水.....	121
攔堤式引水.....	122
有壩式引水.....	123
堤壩引水建築物的種類.....	123
非壩式引水口.....	124
第九章 輸水建築物	126
明渠.....	126
不沉澱的流速.....	127
壓力水池和溢水道.....	128
壓力管道.....	128

木質管道	128
鋼筋混凝土管道	131
管道座墩的計算	132
第十章 水輪機	134
水輪機的分類	134
水輪機結構和尺寸的選擇	137
法蘭西斯式水輪機	139
BT 牌立式水輪機	139
Φ20-B0 牌立式水輪機	143
ΓT 牌臥式水輪機	145
ΦT 牌正面式水輪機	147
CT-2 $\frac{1}{4}$ 牌蝸體型臥式水輪機	147
螺旋槳式水輪機	149
別利通式水輪機	150
班克式水輪機	150
皮帶輪和飛輪	152
第十一章 小型水力發電站的廠房	153
水力發電站廠房的佈置	153
壓力廠房的結構	153
輸水渠上的典型水力發電站廠房	154
裝有 ΦT 牌正面式水輪機的廠房	159
▲高水頭水力發電站廠房的典型設計	159
利用水磨工程建設水力發電站	162
在現有壅水建築物上裝設袖珍水力發電站的機組	163
第十二章 水力發電站建設的組織和施工及其運行	165
土建工程的施工	165
壩河壩的建築和施工期中河水的宣洩	165
土工	168
木工和繕工	169
石工	170
混凝土工和鋼筋混凝土工	171
水力發電站的技術經濟指標	173
價值指標和單位指標的圖表	173
農村水力發電站的經營	176
總則	176
排冰工作	177
沉砂的排除	178
水力發電站的水文和氣象的記錄	179

第 二 編

第十三章 水力發電站結線圖	181
電壓和電流的制度	181
結線圖設計的一般法則	181
單機組水力發電站	182
兩座發電機的並聯運轉	185
發電機的單獨運轉	186
高壓配電佔大部分的水力發電站結線圖	188
第十四章 水力發電站的主要電氣設備	192
發電機	192
立軸發電機	199
固體矽整流器式發電機	201
異步發電機	204
變壓器	207
第十五章 開關器械和量度儀器	210
高壓器械	210
低壓器械	224
短路電流	228
第十六章 水力發電站的配電裝置和變電所	237
發電站的配電盤	237
高壓配電裝置和變電所	241
農村水力發電站的自動化	248
袖珍水力發電站	256
小型水力發電站和電力系統的併列運轉	256
小型水力發電站和大電力系統的连接	259
小型水力發電站和中等電力系統的连接	264
第十七章 高壓線路和低壓線路	265
導線的類型和構造	265
銅導線	265
鋁導線	266
雙包金屬導線	267
鋼(鐵)導線	268
架空線的主要尺寸	273
高壓線和低壓線在共用線桿上的架設	275
高壓和低壓線桿的構造	276
高低壓線路導線的計算	284
用諾模圖表計算架空線路的導線	287
線路的電壓偏差計算	296
網路中和用戶的電壓調整	299

第十八章 農村發電站中的接地和零線問題及 380/220 伏的電壓制	304
接地和接通零線的效用	304
接地裝置的基本定義	304
中點接地的 380/220 伏系統中發電機零點和變壓器零點的接地電阻	305
房屋的分類	308
保護接地和接通零線的應用	308
接地和接通零線用的導線	309
架空線和引入接戶線的接地	311
配電板和用戶分路板	312
安裝材料和照明燈罩	313
接地和接通零線的試驗和檢查	315
第十九章 農村中的特殊配電制度	317
三相單相混合制	317
利用大地作一根導線	321
第二十章 大氣過電壓的防護	325
農業電氣裝置的特點	325
架空線路的保護	325
發電站和變電所的保護	326
發電機的保護	331
變壓器的保護	332
低壓設備的防雷	332
保護低壓發電機和低壓電網用的特種避雷器	332
第二十一章 農村水力發電站的用戶和負荷	334
照明負荷	334
以利用率法計算照明負荷	342
電動機的負荷	343
家用電熱器	351
值得推荐的幾種室內用照明罩具	352
第二十二章 農村水力發電站的負荷曲線和運用制度	354
負荷曲線	354
負荷曲線表的用途	355
日負荷曲線表	355
年負荷曲線表	359
發電站的工作指標和可靠性係數	361
加油和洗擦	363
電價	366

第一編

第一章 水能利用的技術基礎

小 河 流

現今還沒有一種共同採用的河流分類法，所以，究竟甚麼樣的河流應當列入「小河流」一類的問題，也沒有明確的解釋。有些專家主張按河流的集水面積分類，另一些則主張按其多年平均流量的大小分類，還有些主張，按其長度分類。

我們採用內河航運部所規定的河流分類法作為基準。這種分類法，我們認為是對於利用小河流通航和開發動力最適合的一種，因為河流的常時水位的情況，對於通航和開發動力極為重要。

按照這種分類法，凡深度在 0.7 公尺以下的河流，都列入「小」河流類。

內河航運部把小河流分為下列四類：

第一類	可靠通航深度為	0.7—0.6 公尺
第二類	可靠通航深度為	0.6—0.5 公尺
第三類	可靠通航深度為	0.5—0.4 公尺
第四類	可靠通航深度為	0.4 公尺以下

應當指出，上列分類法，祇適用於有充分深度的西伯利亞的河流在航運上的分類。至於在蘇聯歐洲部分已充分開發了的區域，則將後面兩類，即深度在 0.5 公尺以下的河流列入小河流類，最為適當。

利用最後一類河流（即深度在 0.4 公尺以下的河流）建築農村水力發電站，最為適宜，以集體農莊農民的力量和資金來開發這類河流，也最容易實現。

水 流 的 功 率

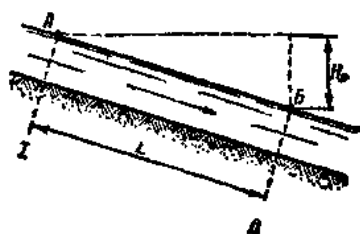
水流所作的功，可用下述方法算出：若河流在 L 段的流量等於 Q_p 立方公尺/秒，落差的高度等於 H_p 公尺（第 1 圖），則水流所作的功，即等於水的重量和落差高度的乘積：

$$R = 1000 Q_p \cdot H_p \text{ 公斤公尺} \quad (1)$$

式中 1000 是 1 立方公尺的水的重量（公斤）。

理論的（可能的）功率 N_p ，即在單位時間（以秒計）內所作的功，其單位是公斤公尺/秒，即：

$$N_p = 1000 Q_p \cdot H_p \text{ 公斤公尺/秒。}$$



第 1 圖 L 河段的落差計算

相等於 75 公斤公尺/秒的功率，稱作一「馬力」，一馬力等於 0.736 瓩，（1 瓩等於 1.36 馬力）。

所以，水流的理論功率等於：

$$N_p = \frac{1000 Q_p H_p}{75} = 13.33 Q_p H_p \text{ 馬力}, \quad (2)$$

或
$$N_p = \frac{1000 \cdot Q_p H_p}{75} \cdot 0.736 = 9.81 Q_p H_p \text{ 瓩}. \quad (3)$$

計算河流的功率時，所採用的流量，應取其多年平均流量，而用 (2) 和 (3) 兩式所算出的功率，稱作河流某段的總功率或估計功率。

若以擬加利用的區段的長度 L 去除 N_p ，即得出該段每公里的單位功率：

$$N_{\text{KK}} = \frac{N_p}{L}. \quad (4)$$

若將整條河流各段的功率加起來，即得出河流的全部功率：

$$\sum N_p = \sum 9.81 Q_p H_p \text{ 瓩}. \quad (5)$$

以河流的流域面積 F 去除 $\sum N_p$ ，即得出河流流域面積每平方公里功率：

$$n = \frac{\sum N_p}{F}. \quad (6)$$

水流的實際功率，遠較可能的（理論的）功率為小，因為在各種引水建築物中，水輪機及傳動裝置等上面，都有不可避免的損失。

上面列舉的各種損失的總和，在小型水力設備中，約佔全部理論功率的 30—40%，此百分數之大小，隨水電站的土木工程及裝在廠內的水力機械（水輪機，傳動裝置）等的完善程度而定。

水力設備的有效功率 N 與理論功率 N_p 的比率，叫做水力設備的有效係數（效率）：

$$\eta = \frac{N}{N_p}, \quad (7)$$

式中 η ——水電站的效率。

小型水電站，一般在實際上祇利用水流的理論功率到 65% 左右，即其有效功率係數，約等於 0.65。這樣，小型水電站的有效功率大體上可由下式算出：

$$N = N_p \cdot \eta = 9.81 Q_p H_p \cdot 0.65 \approx 6.5 Q_p H_p \text{ 瓩}. \quad (8)$$

水能利用的技術佈置及水力設備的型式

為要利用水流的功率，必須得到一個水頭。欲得到水頭，則須建造水力工程建築物。其結果，就有可能集中水頭於某一地點上。

根據河流的坡度大小和地區的地形條件，可用兩種方法構成水頭：(a) 建築壩，

(6) 利用所謂渠道。在坡度(落差)不大的平原河流上, 水力設施中的水頭, 是藉橫斷河流並遏阻河水的特殊的場所構成(第2圖)。壩前面的河段叫做上游部, 壩下面的河段叫做下游部。

上游部和下游部的水面差 H , 叫做水頭(總水頭)。水輪機中的實際水頭 H_H , 叫做淨值水頭, 因為在引水設備及水輪機等裏面有摩擦, 所以產生不可避免的水頭損失, 即 H_H 較 H 為小, 在壩前面(上游)的河水表面, 並不是水平的, 而是形成所謂壅水曲線, 壅水曲線的長度 L_1 , 可按葉吉阿扎羅夫教授所提出的公式算出近似值:

$$L_1 = \frac{h}{I}, \quad (9)$$

式中 h ——壩前水的全部深度(以公尺計);

I ——河水表面在自然狀態下的平均坡度。

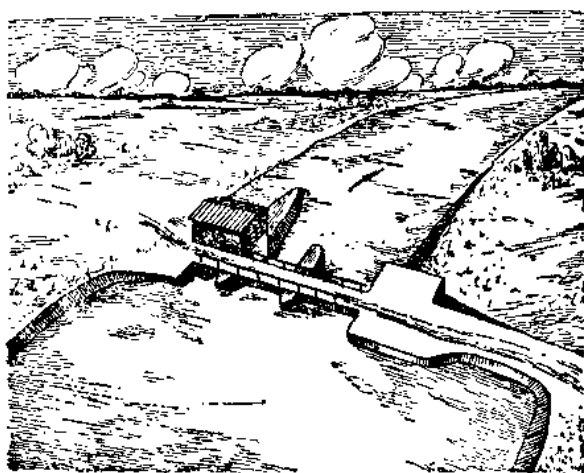
在劃分小河流為上下游時, 可以初步地假定壩前水面是水平的, 在這種情況下: L_2 的長度, 可用下式計算:

$$L_2 = \frac{H}{I}, \quad (10)$$

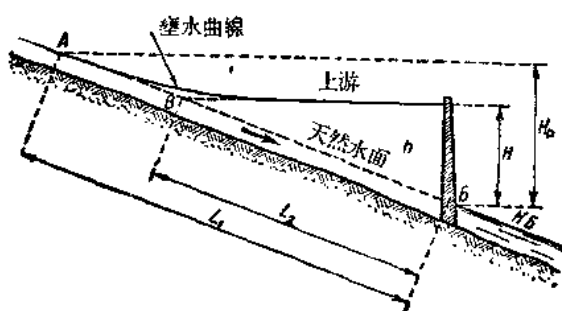
式中 H ——壩前的水頭(以公尺計);

其餘符號所代表的意義同前。

因有壅水曲線的存在, 建築壩時, 不能將河流被利用一段的全部落差 H_p 完全集中在一處。所以, 可利用的水頭 H , 必將較該段河流的落差 H_p 為小。



第3圖 電站廠房和攔河壩建在同一直線上的河床式水電站

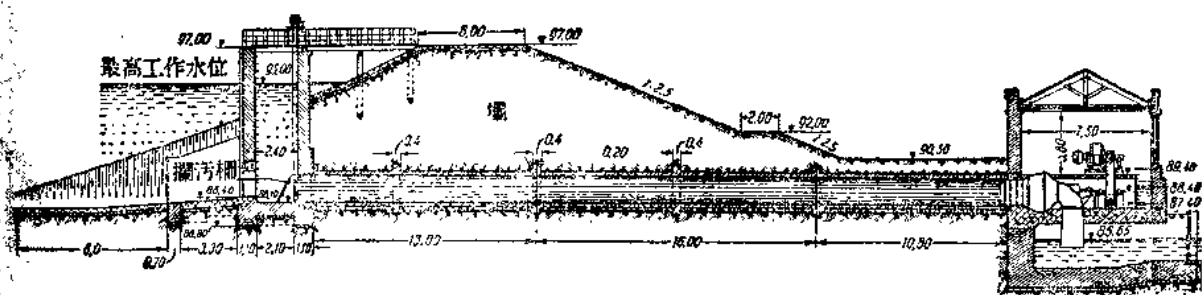


第2圖 藉壩構成水頭

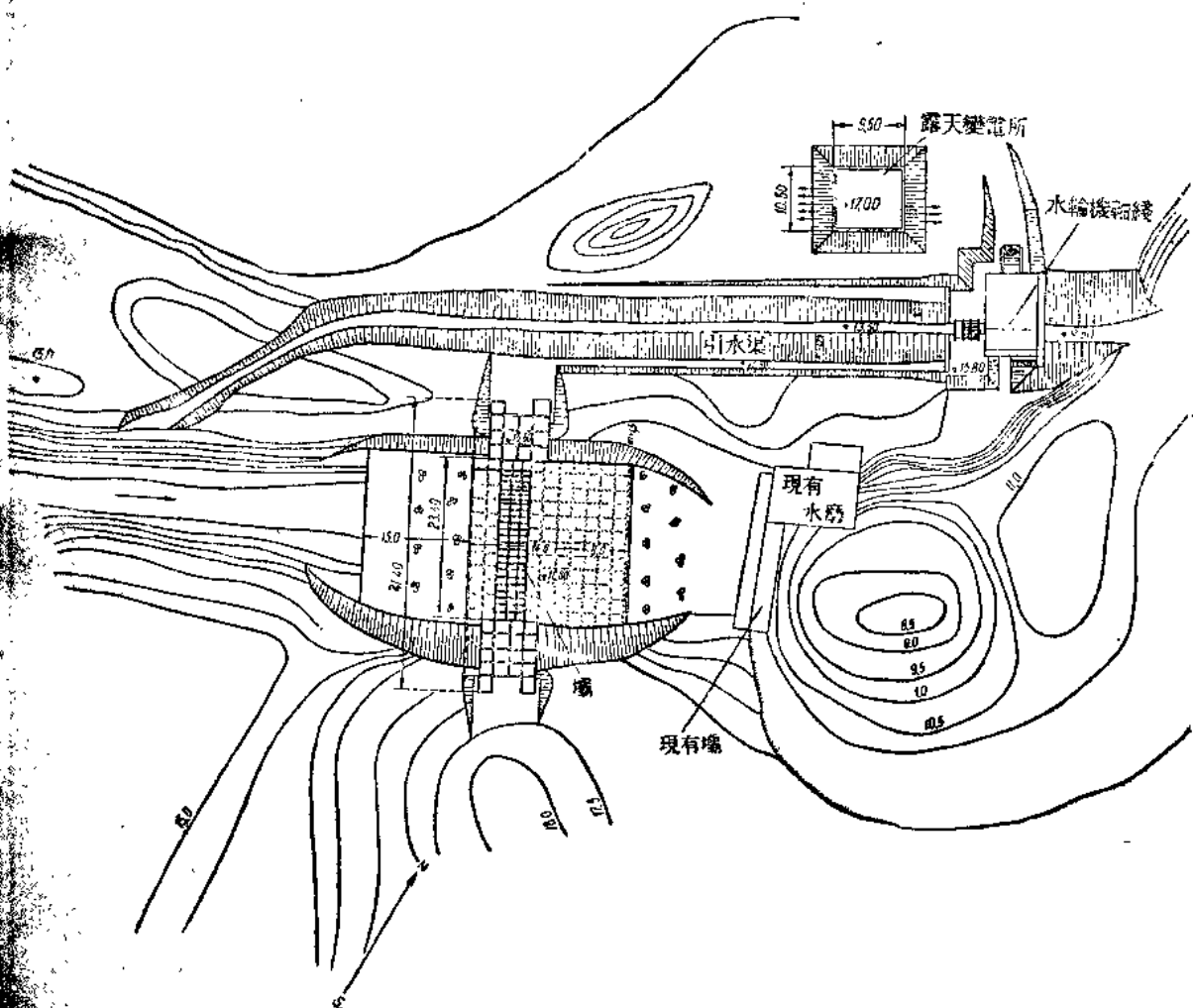
水力發電站的水頭, 若是用建築壩的方法獲得, 則該站就稱作壩式的水力發電站。

壩式水電站, 按廠房對壩的相互位置之不同, 可歸納為三種主要的佈置圖:

1. 電站之廠房與壩並列, 互相成為延長部分, 這樣, 廠房與壩壩可在同一直線上, 或與壩壩成一角度; 第3圖所示, 即此種佈置圖之一例。在這種佈置中, 電站之廠房須承受水頭的壓



第4圖 廠房建在壩河壩下方的壩後式水電站



第5圖 廠房建在壩的引水渠上的壩旁式水電站

力，故其構造應特別堅固。

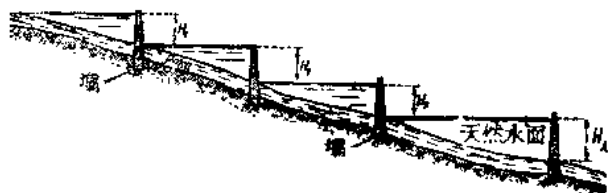
2. 電站之廠房建在壩的後面，而流入電站的水用短的渠道或導管引入（第4圖）。在這種情形下，廠房構造不需特別加固。

3. 電站廠房建在繞過壩的短的引水渠上（第5圖），在這種情形下，電站廠房與堤壩是分離的。這種設計，在河面窄狹、兩岸很高，若將廠房與堤壩建在同一直線上，並須挖去大部河岸的情況下，方可採用。將廠房建在遠離堤壩之處，其建築工程即可避免在水中進行，因而可大為減少施工的困難。在有現成壩可資利用時，常採用上述設計。

河床式水力發電站的全部建築物，組成一個水利工程區，其主要組成部分是堤壩，溢水道和電站廠房。壩是水力發電站特別重要的建築物，壩的作用是提高水位，保證引水為水輪機使用，並構成水頭和一定容積的蓄水庫。在大多數情況下，溢水設備與堤壩建在一起，溢水設備可在運行過程中，排除多餘的洪水。

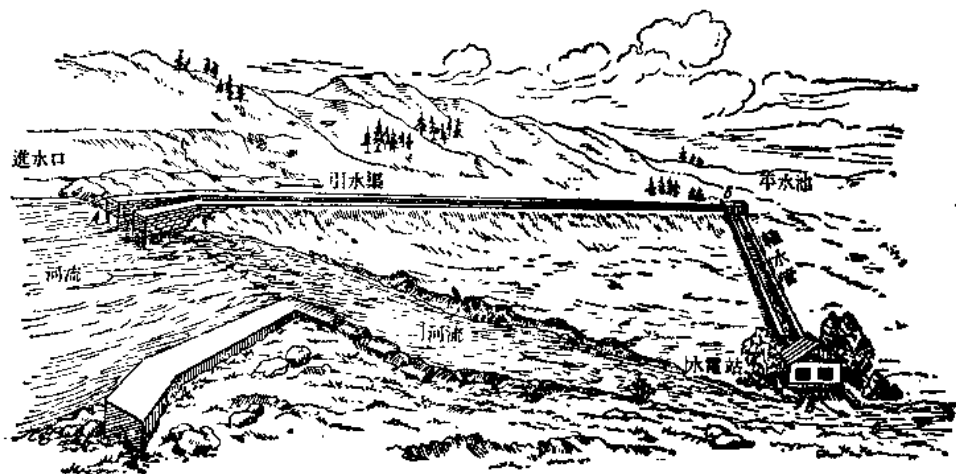
若該河流可以通航，則在壩旁應當建築船閘。

由第2圖可以看出，藉壩形成的水頭，只可利用河流落差的一部分，也就是只能利用因築壩而積水的一段。為了利用河流的全部落差，必須從上游至河口，建築幾個多級急流槽（第6圖）。在這種情況下，為了提高發電量，採用在上游增加蓄水庫的容量，而在下游增加電廠容量的辦法是有好處的。



第6圖 階梯式排列的許多水力發電站

在坡度「落差」甚大的山地河流上，為要構成所需用的水頭，一般採用下述方法（第7圖）：將水從河流的A點用遠較河床坡度為小的小坡度渠道引出。因此，

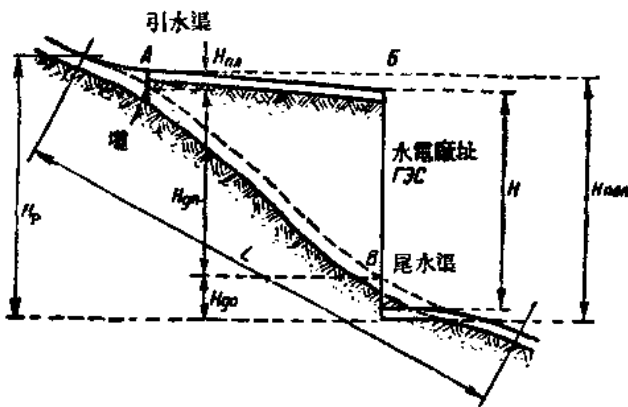


第7圖 一般渠道式水電站圖

渠道終點 B 點的水位即遠較天然河床 B 點的水位為高，結果就得到集中的水頭，以供電廠水輪機之用，為了使水更好地流入渠道，可在河上建一低壩，並在渠道首端建一進水口。

從河中引水的渠道或其他建築物稱作渠道工程，藉渠道構成水頭的水電站本身，稱為渠道式水電站。

渠道式水電站的水頭的一般計算，如第 8 圖中的略圖所示。



第 8 圖 渠道式水電站的水頭計算

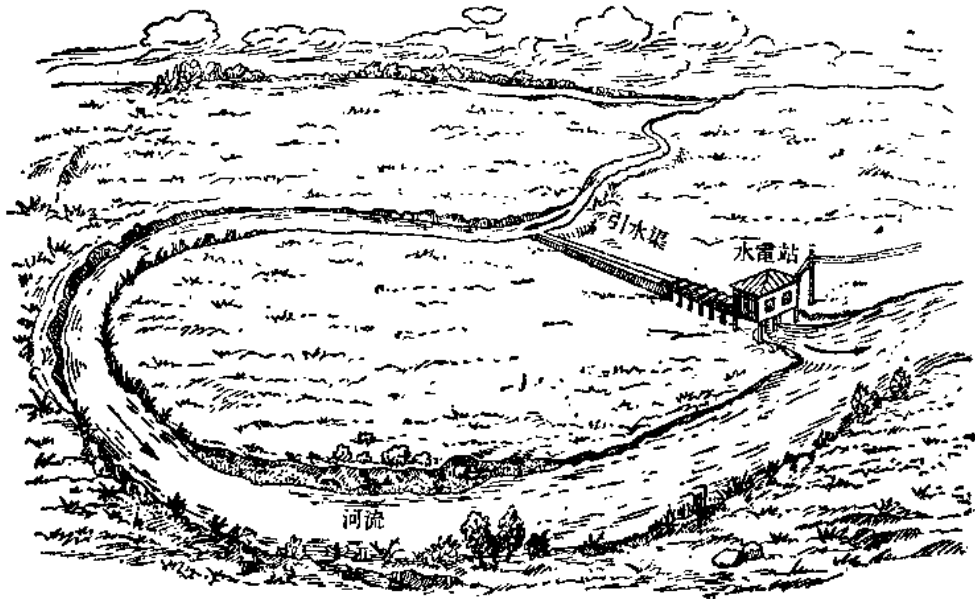
進水口和向河中排水的尾水渠的出口的水位差，就是全部水頭 ($H_{no.1}$)。

全部水頭是下列三個水頭的和，即：由壩所造成的水頭—— H_{na} 由引水渠所形成的水頭—— H_{an} 和由尾水渠所形成的水頭—— H_{no} 。

平水池和尾水渠內的水位差，就是水電站可以利用的水頭—— H (總水頭)。

由總水頭 H 減去水進入水輪機以前，因流經導水管和水閘所受的損失，即得出淨水頭—— H 。

因地形條件和所採用的工程佈置的原則不同，渠道式水電站有下列數種典型的



第 9 圖 利用河灣造成水頭