

基本馆藏

172088

低水头农村水电站 修建技术

四川省水利厅編

012

四川人民出版社

目 录

第一章 水能利用 1	机44
一、水能的利用 1	一、概說44
二、流量的測定 2	二、制作方法44
三、水头的測定 7	第五章 传动設備46
四、水力发电的基本开发 方式 7	一、概說 46
五、机組和装机容量 的确定11	二、几項規定47
第二章 水工建筑12	三、制作及安裝50
一、导水槽13	四、潤滑油料53
二、厂房13	第六章 一般电工知識54
三、尾水渠18	一、常用名詞54
四、基础处理18	二、有关电工定律58
五、圻工用灰漿材料配合 比19	三、电机发电原理59
第三章 木制旋槳式水輪 机21	第七章 电气結綫和表板 設備60
一、概說21	一、概說 60
二、木制旋槳式水輪机型号 的选择22	二、电气結綫61
三、木制旋槳式水輪机各 部件的結構和制作方 法23	三、电气仪表65
四、木制旋槳式水輪机的 安裝和試車35	四、开关66
第四章 裁輪叶的木軸木 制旋槳式水輪	五、熔断器67
	第八章 发电机的选择、安 裝与試車69
	一、发电机的选择69
	二、发电机的安裝71
	三、发电机的試車75
	四、异步发电机76
	第九章 农村水电站的輸 电工程82

一、架空线路的布置	82
二、电杆的材料与结构	83
三、农村水电站的输电线路	86
四、线路用电磁绝缘子	99
五、高压送电需用的变压器	100

第十章 “两线——地”

制输电

一、概说	101
二、“两线——地”制的特点	101
三、设置“两线——地”制输电线路时的注意事项	102
四、梓潼县宏仁乡水电站采用了“两线——地”制送电	103

第十一章 农村水电站的

防雷设备和接地装置

一、防雷	108
二、接地装置	110

第十二章 用电量估计及

副业加工

一、用电量的估计	115
----------------	-----

二、电动抽水机的规格及选择	118
三、电动机的启动设备	120

第十三章 电站设备的管理维护和运行

操作

一、安全用电	121
二、电站设备的管理维护	125
三、电站运转操作规程	127
四、电站设备的故障处理	130

第十四章 怎样建设农村

水电站

一、农村水电的查勘	132
二、农村水电的规划	133
三、农村水电站的设计	134
四、农村水电站的施工	137
五、农村水电站的经营管理	138

附：水利工作安全卫生措施

(草案)

(草案)	141
------------	-----

第 一 章

水 能 利 用

一、 水能的利用

水力发电，就是把天然河流和人工渠道的水能转变为电能，来供给人们的使用。水力发电站是利用水力推动水轮机，水轮机再带动发电机，使发电机的转子跟着水轮机转动起来，发出电力。水力发电站所发的电力，经过变压器和输电线，送至各用户和工厂，供给人们各种各样的需要。

水力，是在河流水面有高低差别的情况下，通过一定数量的水流而产生的。前者是落差，后者是流量。落差和流量，直接影响着水力的大小，落差和流量愈大，水力也愈大。水能利用的一些基本概念：

水头：水电站上下游的水位差，称为水头或落差。代表符号用 H （公尺）。为了充分利用水流的能量，必须在建筑水电站的地点，要有一个集中的落差，即是要在水电站的上下游造成水位差，才能充分地利用水力。

流量：每秒通过河床任一断面的水量，叫做该河道的流量。代表符号用 Q （公方/秒）。

功：水流所作的功。它等于水的重量和水头的乘积。代表符号用 P （公斤—公尺）。

$$P = \gamma \cdot Q \cdot H = 1000QH \text{ 公斤—公尺}$$

式中： γ —1公方水的重量（1000公斤/公方）。

功率：即在单位时间（每秒）内所作的功。

水流的理论功率，是根据水力资源直接计算所得的功率。代表符号用 N_p （公斤—公尺/秒）。功率又常用马力或瓩表示。1马力

等于75公斤—公尺/秒；1瓩等于102公斤—公尺/秒。故

$$\begin{aligned} N_p &= 1000QH \text{ 公斤—公尺/秒} = \frac{1000QH}{75} \text{ 馬力} \\ &= \frac{1000QH}{102} \text{ 瓩} \end{aligned}$$

上式簡化为 $N_p = 13.33QH \text{ 馬力} = 9.81QH \text{ 瓩}$ 。

水流的有效功率（也称出力），較水流的理論功率小。因为在各种引水建筑物、水輪机、发电机及傳动裝置等上面，都有不可避免的能量損失。在小型水力設備中，以上各种損失的总和，約占全部理論功率的30~40%（此百分数之大小，还隨水电站的土木工程、水輪机、傳动設備等的完善程度而定）。因此，小型水电站，一般在实际上只能利用水流的理論功率的65%左右。这个实际能利用的功率，就叫做有效功率。代表符号用 N 。

$$N = 0.65N_p = 0.65 \times 9.81QH \text{ 瓩} = 6.5QH \text{ 瓩}。$$

但因我們目前建站选用木制旋槳式水輪机，其效率約为75%；用半交叉皮帶傳动，傳动效率約为95%；安裝小容量发电机，发电机效率約为86%；有效功率暫用：

$$N = 0.75 \cdot 0.95 \cdot 0.86N_p = 0.612 \cdot 9.81QH \text{ 瓩} = 6QH \text{ 瓩}。$$

二、 流量的測定

在修建小型水电站前，首先宜測好河流的流量。測定河流的流量，一般有下列几种方法：

浮标法

浮标：一般是用稻草扎成長20公分左右、直徑5公分左右的草把，作为浮标；10公分×15公分的木板，也可作浮标。

選擇施測河段时，应注意的事項：1.宜选在河床較直，寬度和深度都沒有很大变化的河段。2.避免选在杂草叢生的河段。3.避免受其他河流的影响。4.所測河段的長度，至少应比該河段的寬度大3~4倍，或更大一些。

河流的流量計算公式：

$$Q = W \cdot V_{\text{平均}} \text{ 公方/秒}$$

式中：W——河流主要断面的过水断面面积（平方公尺）；

$V_{\text{平均}}$ ——在河流过水断面上水流的平均流速（公尺/秒）。

施测方法：在选定的河段上，布置三个施测断面（图1）。中间断面为主要的，其余两个断面为辅助的。用木桩在河岸上把施测断面标志出来。主测断面和两辅助断面的距离，应当等于河床宽度的1~2倍。发标断面，距上游辅助断面5~10公尺。

河床断面的施测与计算，在所选主测断面上，跨越河床两岸拉一条钢丝或细绳，在绳或钢丝上每隔2~5公尺（视河床宽窄而定）作一带色记号或系一细绳。在这些记号处，测量河流的深度。测量河流水深，最好用直径为2~6公分、长3~6公尺的花杆。然后根据所测的各点数据，按纵横坐标，用相同比例，绘出河床断面（图2）。

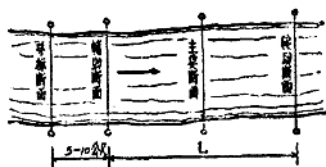


图1 用浮标法测量流速时施测断面的布置

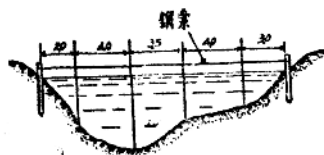


图2 河流断面和深度的测定

将绘出的河床断面，分成长方形、三角形、梯形等若干图形，分别算出各个小断面的面积，加起来就得到河床横断面面积(W)。

求湿周长，湿周(X)是围绕河床横断面面积浸水部分的折线长度。可用比例尺，根据绘制横断面时所选定的比例量出。

求水力半径：横断面面积与湿周的比叫做水力半径(R)，即 $R = \frac{W}{X}$ 。在宽浅式河道中，水力半径R接近于河床的平均水深。

流速的测定和计算，用浮标测定流速时，应根据水流的特性来在流速甚大而宽度不到20公尺的小河流上，为得到整个水流

的平均流速，仅仅可能测量最大表面流速。因此，必須將 5 ~ 10 个浮标，投于发标断面的河流中心，陸續施測。如果河流流速甚小，則須在河流寬度上从几个地方測定流速。

当浮标从发标断面的河岸上或施測船上投出，通过第一个輔助断面时，用秒表或其他鐘表上的秒針开始記时，到第二个輔助断面时，記时完畢，得出浮标从上游輔助断面到下游輔助断面的時間 (T)。这项工作，应在无风天气进行。

浮标在水面上的运动速度，用下式計算：

$$V = \frac{L}{T} \text{ 公尺/秒}$$

式中：L——兩輔助断面間的距离（公尺）；

T——浮标通过距离L所需的时间（秒）。

从所得的几个V值中，取两个最大的，再取它們的平均数，用下式計算横断面积的平均流速（ $V_{\text{平均}}$ ）。

$$V_{\text{平均}} = K \cdot V$$

式中：V——測得的水面流速的平均数（公尺/秒）；

K——水面流速換算成河流断面平均流速（ $V_{\text{平均}}$ ）时所选用的系数。因水力半徑和河床性質之不同，K有各种不同之值，可查表1而得。

表1 各种河床的換算系数K值表（奥吉也夫斯基換算系数）

項 目 水力 半徑 (公尺)	K		值
	普 通 土 質 河 床 $r=1.3$	生草的或有块石和卵石的河床 $r=1.75$	
0.10	0.55		0.49
0.15	0.58		0.53
0.20	0.61		0.56
0.25	0.63		0.58
0.30	0.65		0.60
0.40	0.67		0.62
0.50	0.69		0.64
0.60	0.70		0.66

0.80	0.72	0.68
1.0	0.73	0.69
1.2	0.74	0.71
1.6	0.75	0.72
2.0	0.76	0.73

比降法

在河床順直、水流平穩（無跌水）的河段上，用花杆、繩尺、三角紙（或用水准儀等工具）測出該河段的長度和起末兩處的水位差，求出水面比降（ i ），再測出該河段起末兩處的橫斷面積，加以平均，求出平均橫斷面積，然後代入下面的公式，即可算出流量 Q （公方/秒）：

$$Q = WC\sqrt{Ri} \text{ 公方/秒}$$

式中： W ——平均橫斷面積 = $\frac{\text{河段起末兩處橫斷面積之和}}{2}$
平方公尺；

C ——流速系數（ $\sqrt{\text{公尺/秒}}$ ），根據河床糙率和水力半徑查表而得（見一般水力学書）。

R ——水力半徑（公尺）；

$$i \text{——水面比降} = \frac{\text{河床起末兩點處水位差}}{\text{河段長度}}。$$

測定洪水流量，也多用比降法。但水面比降和平均橫斷面積，應根據洪水痕迹測定。即：

$$i = \frac{\text{河床起末兩處洪水痕迹高差}}{\text{河段長度}}；$$

$$W = \frac{\text{河段起末兩處洪水水位時橫斷面積之和}}{2}$$

平方公尺。

確定洪水痕迹是一項很重要的工作，必須深入羣眾進行訪問了解，然後分析決定。

三角紙測量高差法，用兩根長約 2 公尺的端直木杆或竹竿，在

上面刻上尺寸，再准备一張30公分見方的硬紙片，在紙上面对角綫兩根，然后把它折成三角形(图3)。另外，再准备一根長10公尺、

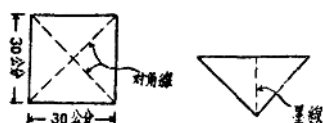
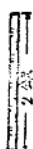


图3 三角紙和花杆



鞋底綫粗的麻繩。最后，用長80公分的細綫一根，在綫的兩头各拴一枚小銅錢(如果沒有銅錢，用小鉄片代替也可)。只要有了这些工

具，就可以測量了。

測量时，一般是三个人操作，兩人拿尺子和看尺寸，一人專門安放三角紙和作記錄。

开始測量时(图4)，拿尺子的人分別站在甲、乙两个測量点上，將

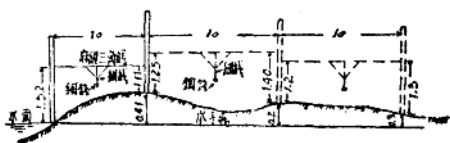


图4 用三角紙法測量高差

麻繩拉紧，尺子立直，另一人將三角紙放在麻繩的中間，再把拴銅錢的細綫安放在三角紙有墨綫的地方，使銅錢往下垂，同时指揮兩边拿尺子的人把麻繩放高或放低。如果拴銅錢的細綫与三角紙上的墨綫重合，就証明麻繩已成水平，这时就指揮拿尺子的人各看各人的尺子被麻繩所切的尺寸是好多，兩边比較一下，就得出甲、乙兩点間的高差。如甲樁尺子上的讀数是1.52公尺，乙樁尺子上的讀数是1.11公尺，就曉得乙樁比甲樁高0.41公尺。然后乙樁的尺子不动，移甲樁尺子至丙樁，照上面方法繼續进行，就可求出丙樁与乙樁間的高差。按照这个办法，一樁一樁地去測量比較，就可測出河段起末兩点处的水位高差。

測量时，要边測边把数字記下来，計算清楚，把它填在測量記錄表內。記錄表的格式如下：

測 點	項 目	相鄰兩樁間 距		比 后 樁	高 程	備 注
		(公尺)	高(公尺)	低(公尺)		
甲		0	0	0	100.00	
乙		10	0.41	—	100.41	
丙		10	—	0.15	100.26	
丁		10	—	0.10	100.16	

三、 水头的測定

农村水电站測定水头，可用上面所述三角紙、花杆、繩尺的簡單办法（图 4），或用水准仪等其它工具，測出河段上下游的水位差，即得出水头。

四、 水力發電的基本開發方式

要用水力来发电，就必须建造水工建筑物，集中水头于某一地点，然后加以利用。根据河流坡度的大小和地区的地形条件，水电站一般有以下三种开发形式：

堤壩式水电站：水力发电站的水头，如果是用建筑壩的方法获得，該站就叫做堤壩式水电站（如图 5、图 6）。它的主要部分，是堤壩、溢洪道和厂房。这种水电站，适用于河道坡度較緩的地区。壩的作用不仅可以抬高水位、造成水头、保証引水为水輪机使用，而且还能够蓄存大量的河水，以調节流量。

堤壩式水电站，筑壩的工程費用較大，技术性也比較高。筑壩后，还可能造成堤壩上游的淹沒損失。因此，对堤壩式水电站的开发，一方面要考虑筑壩的技术条件和經濟条件，另一方面还应考虑上游的淹沒損失。必須在技术上和經濟上作詳尽比較后，才能決定是否有开发的价值。



图5 用壩構成水头



图6 壩壩式水电站

渠道式水电站：水力发电站的水头，如果是用开引水渠道的方法获得，该站就叫做渠道式水电站（如图7、图8）。这种水电站，适用于坡度甚大的山地河流上。在河流的上游，将水用远较河床坡度为小的引水渠引至下游造成水头，加以利用。

引水渠道的开挖，随河道两岸的地形、地质等条件而定。引水的渠道，必须选在最方便的河岸上，采取尽可能短的路线和用较小渠道比降的方式来布置。

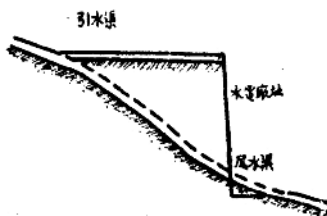


图7 用引水渠道构成水头

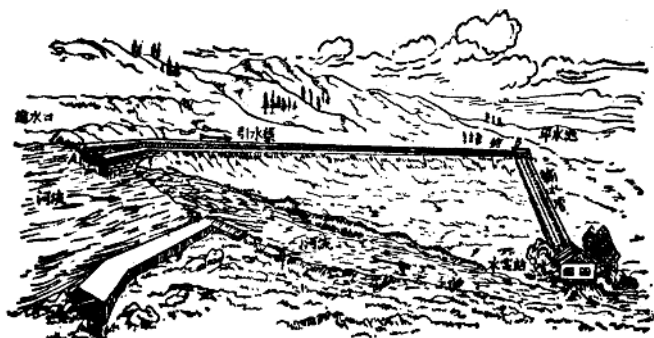


图8 渠道式水电站

混合式水电站：水力发电站的水头，利用攔河壩取得一部分水头，又用引水渠道將水引至下游取得一部分水头，集中利用这两部分水头，該站就叫做混合式水电站（如图9、图10）。

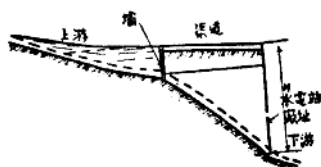


图9 用堤壩和引水渠道構成水头

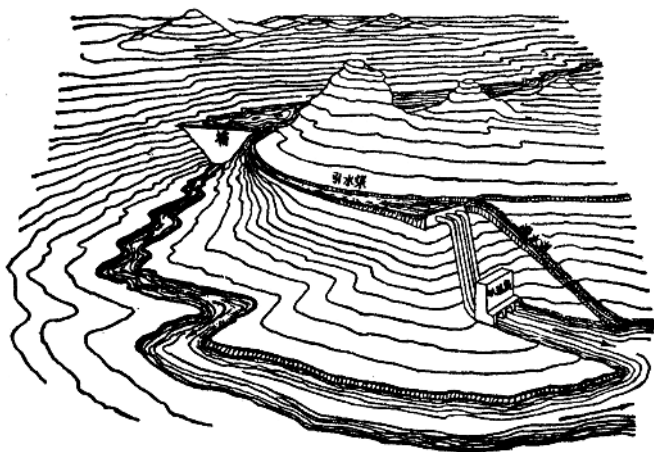


图10 混合式水电站

当在河道上游比降较小，而河道下游却有很大比降时，采用混合式（即堤壩引水式）水电站开发方法，是比较经济的。

这里，再介绍几类低水头农村水电站的一般布置形式：

利用河系或灌溉渠上的旧有水碾、水磨、陡坡、跌水取得水头，改建或新建为水电站（图11）。这种水电站，可以尽量利用原有水工建筑物，工程简单，造价便宜，在有条件的地区，应当尽量推广和使用。

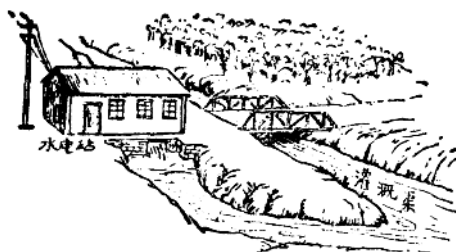


图11 灌溉渠上的渠道式水电站

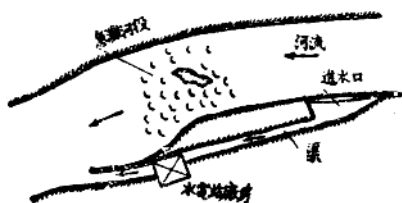


图12 利用急滩河段的渠道式水电站平面图

利用河道急滩取得水头，新建成水电站。在有急滩或天然跌水的河段上，沿河岸修建引水渠，再在跨过急滩或天然跌水不远处建站（图12）。这种水电站，一般工程简单，造价便宜。但必须很好考虑到河流的枯水与洪水情况，注意厂房的安全。

利用河弯裁弯取直取得水头，新建成水电站。具有较大落差的一个河段，河道恰好成环状时，如用引水直渠将环口接通，即可在引水渠上得到集中的水头，加以利用（图13）。这种水电站，比较

簡單經濟。

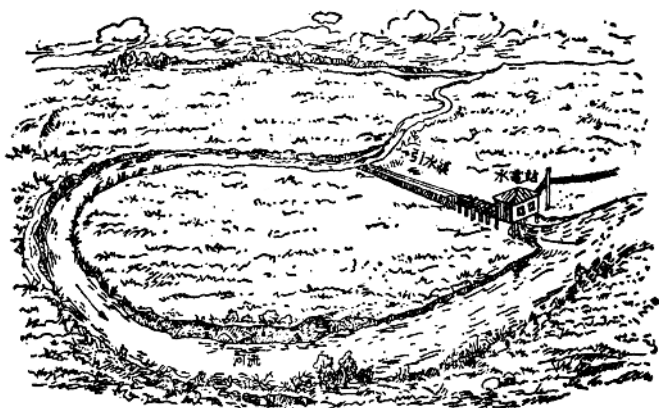


图13 裁弯取直新建水电站

五、 机組和装机容量的确定

农村水电站一般容量較小，如果遇故障后，引起短期停电的影响也不大，故常裝用單机組設備。农村水电站的装机容量，可根据下述办法确定：

根据实测水头和流量，除去沿途水头損失和輸水損失，得出淨水头（ H ）和淨流量（ Q ），用公式 $N=6QH$ 計算出水力資源的有效出力。

結合对用电負荷的調查，編制負荷曲綫。編制方法，是根据各类用戶的用电情况，做成各类用戶的日用电过程綫，然后再把各类日負荷綫累加起来，再加上輸电損失和厂用电，就可得到日負荷的总过程綫。从負荷曲綫上，找出最高用电負荷的瓦数。

根据当前的需要和可能的条件，并考慮到今后的发展情况，詳細研究比較，确定装机容量。

装机容量，必須根据市场現有的标准規格，选用相近容量的发电机。我省目前有以下各种規格的发电机：

重庆电工厂同步发电机：5，7，10，12，14，20，28，36，48，64，75，96，124，150瓩。

異步发电机：0.6，1，1.7，2.8，4.5，7，10，14瓩。

根据已确定的装机容量，用 $N = 6 QH$ 瓩公式，反过来求出建站所需引用的流量，作为今后設計时的依据。

附录：几个换算單位：

馬力——瓩换算：1 瓩 = 1000 瓦 = 1.36 馬力

1 馬力 = 0.736 瓩

長度换算：1 公里 = 1000 公尺 = 2 华里

1 公尺 = 3 市尺 = 3.28 呎

1 公分 = 3 市分

1 吋 = 2.54 公分

重量换算：1 公吨 = 1000 公斤 = 2000 市斤

1 公斤 = 2 市斤

第 二 章

水 工 建 筑

修建农村水电站水工建筑物，应因地制宜，就地取材，尽可能减少建筑物的数量，并采用简单的形式降低造价。利用已成水利工程修建农村水电站，可以显著的降低土建方面的資金。在降低造价的同时，还必须保证工程质量。

各种开发方式不同的农村水电站的水工建筑物，归纳起来，可分攔河壩、进水閘、引水渠、泄水閘（跌水、陡坡）、导水槽、厂房、尾水渠等部分。本章仅介绍一些开敞式低水头农村水电站的导水槽、厂房、尾水渠等部分的一般知識。各項建筑物詳細的水力和結構尺寸，見四川省水利厅1958年7月編印的水头1.5~30公尺、容量100瓩以下的农村水电站定型設計。

一、导水槽

导水槽位于引水渠和水轮机室之間，它的作用是以最小的水头損失，將引水渠的水平穩的导入水轮机室內。导水槽横断面，一般为矩形，由以下公式計算：

$$h = \frac{Q}{bv}$$

式中：h——导水槽水深（公尺）。为使水流平穩，宜与水轮机室水深相近，一般不小于1公尺。

b——导水槽宽度（公尺）。水轮机室蜗壳包圍角采用 360° 时，可取 $b=b_0$ ；蜗壳包圍角采用 270° 时，可取

$$b=b_0 + \frac{D_k}{2}。$$

Q——水轮机的設計流量（公分/秒）。

v——槽內流速（公尺/秒）。为减少水头損失，宜与水轮机室流速相近，一般采用 $v=0.6\sim 1.0$ 公尺/秒。

b_0 ——水轮机室进口宽度（公尺）。

D_k ——导流器頂盖直徑（公尺）。

导水槽壁在最高水位以上的超高应为0.3公尺。为了使檢修时可以把槽內的水放干，槽底应有一定比降，一般采用 $0.005\sim 0.01$ 。

二、厂 房

厂房分上层和下层。上层指水轮机室以上部分，即机电室；下层指水轮机室和尾水室。

机 电 室

为了降低建站投資，机电室一般采用木料穿逗、單編竹筋牆結構的房屋，也可采用草房。机电室中通常安裝有水轮机皮帶輪、发电机、配电盤、加工机具及其他附屬設備（參看图14）。机电室的布置，应符合下面要求：

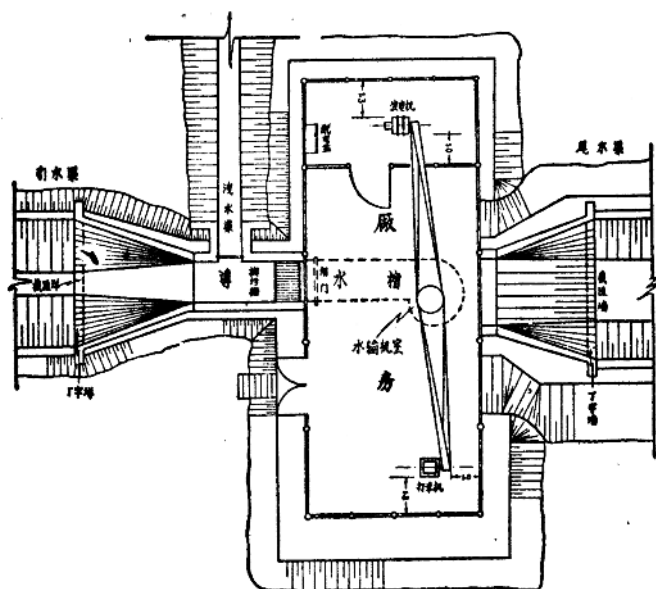


图14 低水头农村水电站机电室布置图

机电室的面积，应尽可能的缩小，但必须留出运转和修理的活动场所。为便于工作，机器与机器间、机器与牆壁间，应有一定距离，一般不小于1.0公尺。配电盘前，至少应有一块空地，宽约1.5公尺。

机电室内应有充足的光线和一定的照明设备，以便于值班人员随时对运转中的机件进行监视。

机电室应保持空气流通，以便于散发各类机器在运转中所产生的热量，保证机件正常运转。窗戶的布置，其面积至少应大于机器房面积的30%。

机电室内的机器，应保证不受日晒和雨淋，以免损坏。

水电站如附有加工房，机电室应与加工房隔开，以免尘埃飞入机电室内影响机器保养。