

农村小型水电站机电发电 设备选样及技术管理

江枚初编写



湖南科学技术出版社

书号：80188

农村小型水电站机电发电
设备选样及技术管理

江枚初编写

*

湖南科学技术出版社出版（长沙市新村路）
湖南省新华印刷厂印刷 湖南省新华书店发行

开本：787×1092 1/32·印张：2.15/16 插页：3·字数：68,000

1960年4月第一版

1960年4月第1次印刷

印数：1——5,100 定价：(6) 0.28元

统一书号：15162·39

目 录

第一章 水轮机	(2)
第一节 水轮机的类型.....	(2)
第二节 水轮机的出力 and 适用范围.....	(4)
第三节 水轮机的特性認識.....	(5)
第四节 水轮机的选择.....	(8)
第五节 国内現有农村用的小型水轮机产品介绍.....	(12)
第二章 发电机	(17)
第一节 农村常用发电机.....	(17)
第二节 同期发电机的选择.....	(18)
第三节 感应发电机.....	(19)
第四节 国内生产的各种小型发电机.....	(22)
第五节 电工知識.....	(24)
第三章 水电站配电設備的选择	(30)
第一节 配电屏与饋电綫的选择.....	(30)
第二节 各种电气測量仪表.....	(34)
第三节 开关設備.....	(39)
第四节 熔断器.....	(46)
第五节 避雷器.....	(50)
第四章 农村水电站的輸电工程	(53)
第一节 架空綫路的概述.....	(53)
第二节 輸电电压的选择.....	(54)

第三节 各种导线的选择	(55)
第四节 变压器	(58)
第五节 各型绝缘子的选择	(60)
第五章 电动机	(63)
第一节 电动机的性能和选择	(63)
第二节 最常用的两种感应电动机	(64)
第六章 传动胶带的选择	(72)
第一节 农村水电站的几种传动方式	(72)
第二节 传动胶带的选择	(72)
第七章 农村水电站的技术管理	(74)
第一节 水轮机的运行和维护	(74)
第二节 发电机的运行和维护	(79)
第三节 变压器的运行和维护	(78)
第四节 架空线路的运行和维护	(80)
第五节 感应电动机的使用和维护	(81)
第六节 传动胶带的使用和维护	(83)
第七节 农村安全用电技术规程	(85)

附 录

1. 100瓩以下农村小型水电站主要电气设备配用表	
2. 500瓩及以下农村水电站水轮发电机组设备配套表	
3. 电气设备常用的代表符号	(87)
4. 主要电气设备名词、字母表示法	(92)
5. 常用计算公式	(92)
6. 农副产品加工机械用电量参考表	(93)

編者的話

在总路綫、大跃进、人民公社的光輝旗帜照耀下，工农业生产有了飞跃的发展。几年来随着中、小型水利工程的兴建，許多小型水电、水力站也建立起来了，从而为农业的技术革新和技术革命創造了有利的条件，特别是节省劳动力方面打下了良好的基础，受到广大群众的热烈欢迎。在建站过程中，各地积累了許多先进經驗。但是，农村水电事业到底还是一项新的工作，在技术方面，群众还不够熟練，尤其是机电设备的選擇及电站的技术管理方面存在很多問題。为了配合大修水利的高潮，迎接农村的机械化、水利化、电气化运动，因此，搜集了一些有关資料和个人在工作的一些体会，編写了这本书。

全書的内容，主要是介紹在兴建农村小型水电站过程中，如何合理地选择机电设备，以及电站在运轉维护上的一些基本知识。本書内容通俗易懂，可供县、社从事小型水电站工作的干部和工人參閱。

由于編者的水平有限，加上水电事业中的革新很多，有些情况掌握得不够全面，难免有不完善的地方，敬希从事水电工作的同志提出批評意見，以便修正。

編者 1960年元月

第一章 水輪机

第一节 水輪机的类型

水輪机是农村水电站重要设备的組成部份之一。通过它可以把水流的能量轉变为旋轉的机械能。在我国广大农村中常用以带动水碓、水磨等的水輪，就是水輪机的最初形式，到現在已經有几千年的历史。这种水輪的效率 and 轉速都比較低，在构造方面也很笨重，不能适应大容量及高轉速的要求，經過不断的改良，才有現在的能适应各种水头、流量和轉速的新式水輪机。本章只介紹鉄制水輪机。至于目前农村中用的木制旋桨式水輪机在“农村小型水电站参考資料”一書中已詳細介紹了，同时通过几年来农村水电迅速发展，在这方面的技术，群众已有了基础，因此，不作介紹。

水輪机根据水能传至轉輪的性質，可分为反击式和冲击式两大类：前者是利用水流自輪叶間流过时所产生的反作用力而轉动；后者是利用噴射水流对水斗之冲击力来轉动的。

現在农村水电站常用的水輪机，可分二个类型。

一、反击式水輪机：

1. 輻軸流式或称法兰西斯式 見图 1；
2. 旋桨式或称軸流式 見图 2；
3. 半轉桨式或称卡普兰式 見图 3；

二、冲击式水輪机：

1. 冲击式或称培尔頓式 見图 4；

2. 两击式或称班克式 見图 5。

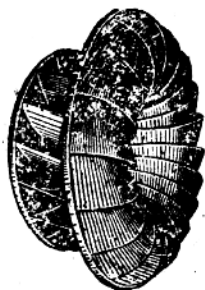


图 1 辐流式水輪机的轉輪



图 2 旋桨式水輪机的轉輪

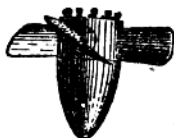


图 3 轉桨式水輪机轉輪



图 4 冲斗式水輪机轉輪

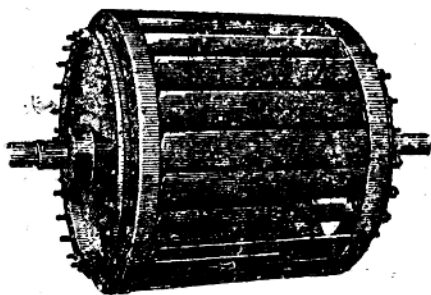


图 5 两击式水輪机轉輪

这五种水轮机，各适用于不同的工作条件（指不同的水头与出力），它与水轮相比，可以看出有下列优点：

- (1) 工作效率较高，具有较高之转速；
- (2) 水轮机的尺寸较小，便于布置厂房；
- (3) 可以充分利用水头。

第二节 水轮机的出力和适用范围

水轮机的出力，主要依靠水头及流量，但水经过水轮机摩擦及其他原因需要损失一定的能量，这样就会影响水轮机的出力；这种关系我们叫做效率。效率愈高，则出力也大。水轮机出力的单位用瓩或马力，我们常用 H 代表多少米的水头， Q 代表每秒流经过水轮机多少立方米的水量，用 η 代表水轮机的出力，则可用下列两式表示：

$$\text{水轮机的出力}(N) = 13.33 Q H \eta \text{ (马力)}$$

$$\text{水轮机的出力}(N) = 9.81 Q H \eta \text{ (瓩)}$$

各种水轮机的应用范围，主要根据水电站的水头及流量而定，现分别介绍其适用范围。

一、轴流式水轮机 它适应水头变化的范围很广，可以从10米到350米之间的水头；在水电站的外界负荷变化时，这种水轮机一般能保持较高的效率，同时它可随水头、流量的变化调节使用，这是它优于其他几种水轮机的地方。我省中、高水头水电站，已广泛采用。其形式有横（卧）轴式和竖轴式两种，竖轴式适用水头较低。

二、轴流式水轮机 它又可分为旋桨式、转桨式两种。旋桨式和转桨式水轮机适用于2—16米的低水头，而流量大的水电

站使用，但它們的轉速較低。旋槳式水輪機構造簡單，金屬用量少，價格便宜。但是流量減少到設計流量的40%時，效率就降到零；當負荷為最大負荷的30%時，效率就減少一半。所以，這種水輪機適合於多機組及流量和負荷的變化都不大時採用。轉槳式水輪機，因為它的輪葉能轉動，所以它就沒有旋槳式水輪機的那些缺點，效率增高很多。當流量減少到設計流量的10%，效率還有90%左右。當負荷減少到為最大負荷的6%時，效率還有一半。但是這種水輪機構造複雜，農村水電站用得不廣。

三、沖擊式水輪機 最常見的有屏斗式和兩擊式兩種。屏斗式水輪機轉速很高，適用於水頭高、流量小的地方。它的最高水頭可達到1,500米，構造也較複雜，製造時要有很高的技術，所以一般水電站上用的也很少。兩擊式水輪機它適用於6—80米的水頭，出力大約在60瓩以下。這種形式的水輪機，可以用木製和鐵製兩種，木製的適宜水頭較低。

另外還有貫流式水輪機，也是一種低水頭的軸流式水輪機。它適用於大流量的排水閘，及大型灌溉區的干渠上，水頭可由1—5米，結構簡單，製作方便，同時金屬用料很小，我省正在仿製。

第三節 水輪機的特性認識

各種型式的水輪機適用於各種不同的水頭。是和水輪機轉輪的形狀以及水流特性有關的。對一台水輪機來說，工作效率是指在一定的水頭和流量（或出力）時，才是最高的，在其他的水頭和流量（或出力）的情況下，效率就降低了，而效率隨水頭、

流量(出力)变化的特性, 对于各型水轮机来说都不相同, 所以在选择水轮机时, 对水轮机特性的認識很重要。

这里簡略地介紹两种常用的水轮机的特性图, 一种是水轮机的工作特性曲线图, 见图 6 所示; 另一种是水轮机的运转特性曲线图, 见图 7 所示。前者是表明在一定水头情况下, 水轮机效率和出力的关系; 后者是表明水轮机在各种水头和出力情况下的效率情况。从图 6 上的工作特性曲线可以看出各种型式的水轮机的工作特性曲线是不同的。在出力大部分的变化范围内, 轉桨式和冲击式的效率常常是比较高的, 旋桨式水轮机的效率較低, 当出力稍有变化时, 效率就急剧的降低了。輻流式的特性介乎上述二者之間。另外还可以看出旋桨式和輻流式水轮机都有一个出力的最大值。

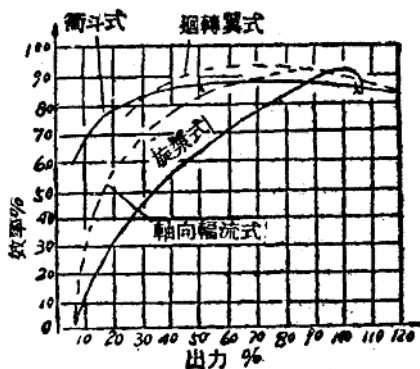


图 6 水轮机的工作特性

水轮机运转特性图, 更全面地反映了水轮机的特性, 见图 7 所示。在这个图上可以找到在任何水头和出力下的水轮机的

工作效率，同时，根据公式 $N = 9.81QH \eta$ 就能求出在这种情况下水轮机所通过的流量，当发电机的容量决定后，就可以在运转特性图上找出水轮机的工作范围。

所有这些特性在选择水轮机时是很重要的。为了使水电站的工作效率提高，在工作特性较差的水轮机就必须选择较多台数的机组。

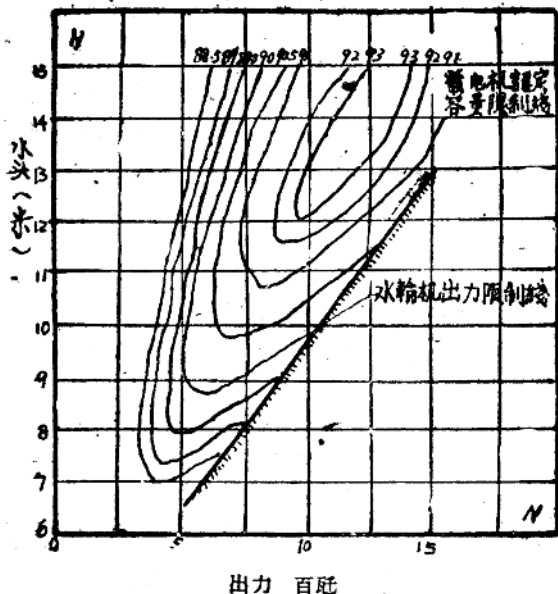


图7 水轮机的运转特性

另外，特性曲线上绘了两条较粗的线：垂直的是按发电机的额定容量的大小绘的，斜的是按水轮机运转技术上的要求绘的。这两条线就是水轮机的出力限止线，即水轮机只能在限制

綫的左边範圍內運轉而不可以越過右邊來運行。同時，根據這條限制綫也告訴了我們這樣一個事實，這水輪機出力1000瓩時，它要求有水頭9.8米，如果水電站只具有水頭8米，則它的極限出力只有750瓩。這就是我們前面提到的水輪機的“預想”出力問題。

為了使水輪機在92—93%範圍內工作，則必須使它在具有較高的水頭和較大的出力情況下運轉，一般水電站的出力由於系統負荷和河流流量的變化而經常變化的，有時很大，達到完全滿載，但有時只發出全設備容量的50%或70%的出力。當小負荷時，就常影響水電站的效率。不過，水電站的機組不只一台，往往是三至四台以上，當系統要求發出的出力小時，可以酌量關閉一些機組，由一台或二台機組運轉，以保持最高的效率。

第四節 水輪機的選擇

一、選擇水輪機是在水庫正常高水位和工作深度以及裝機容量等參考數基本上確定了以後進行的。準備選擇水輪機要有以下資料：（1）裝機容量；（2）水電站的最大的水頭和最小的水頭及計算水頭；（3）水輪機製造廠的產品圖紙及技術數據；（4）廠房的所在地形和地質條件。

二、水輪機還應確定下列的一些數據：（1）機組台數；（2）水輪機型式；（3）水渦輪直徑；（4）機組的轉數；（5）水輪機水平中心綫的安裝高程。這五項數據的確定是互相有連帶關係的，同時進行選擇水輪機的工作時，經常要進行技術經濟的比較計算。

三、决定机组台数应考虑下列一些情况:

(1)一个水电站只安装一台或两台机组,常是不允許的,如果只有一台,每当发生事故或进行检修时則全站就要停电,但在农村电站是三級負荷情况下,电力系统中的重要性不大或者容量特別小,可以装一台至二台机组。

(2)根据水电站在負荷图上的工作位置、河流流量的变化程度,以及水庫調节能力的大小等情况的分析,需使水輪机在任何配合运轉的情况下可获取高效率。

(3)应考虑水輪机制造技术的可能性,和水电站的对外交通条件。

(4)机组的台数过多,即会增加厂房土建和机电设备的投资。水輪机的效率与每台机组容量的大小有关系,而机组容量太小,水渦輪的直徑小时,它的效率比較低些。选择水輪机型式,主要是根据水电站的水头大小和它的变动情况。但水渦輪的直徑和机组轉数,一般要同时选取。这可根据水輪机制造厂的产品目录和規格进行。在单位机组容量确定的情况下,水輪机的直徑和轉数可以有很多种組合的方案。直徑大些,則轉数可慢些;直徑小些,則轉数要快些。这就需要作詳細的动能經濟比較,才能得到很好的結果。

(5)水輪机型式决定了以后,就应接着計算水輪机水平中心綫的安装高程。此安装高程主要影响着水輪机在运轉中是否发生空隙現象。如安装高程偏低,就增大了厂房基础部分的土建工程;如安装得偏高,就有发生空隙現象的危險。发生空隙現象的結果,水輪机内部的某些地方,就会发生震动,减低效率,并且水輪机的叶片会日渐被侵蚀,以致完全损坏,所以在水电站

的运转当中,切忌发生空蚀现象。因此在选择水轮机时,必须特别注意。

四、水轮机的选择是一个比较复杂的问题,但对于小型水电站来说,都可大为简化,在未介绍水轮机选择以前,先介绍几种选择时需用的符号。

(1)表示水轮机工作轮型式的符号:

中国代号	苏联代号	代表意义
P	Φ(或P)	混流式水轮机(亦称法兰西斯式)
X	ИП	旋桨式
XZ	ИПК	半转桨式
	Л	斗式(亦称培尔顿式)
	Б	两击式(亦称班克式)

(2)表示水轮机装置方式的符号:

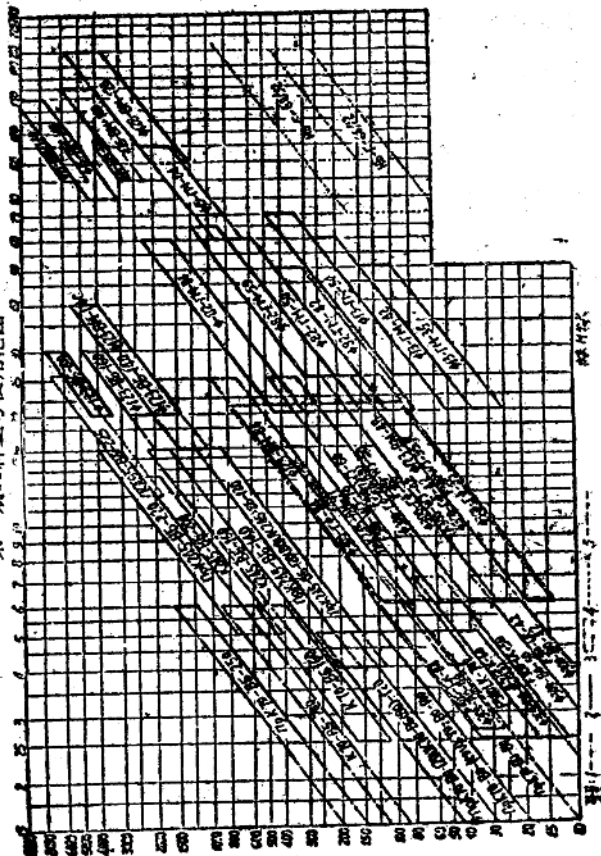
甲、表示轮轴位置的:

中国	苏联	代表意义
L	В	竖轴式的
W	Г	横轴式的

乙、表示水轮机室型式的:

中国	苏联	代表意义
K	О	开敞式(明槽)
H	Б	混凝土蜗壳的
J	М	金属蜗壳的
Y	Ф	正面进水的鼓式机壳的

图 3 苏联标准型号中、小型水轮机实用诺模图及我国新系列
第一期11种型号使用范围



注：③30—1—④系列的水轮机结构，近来将有可能变更。这种系
列将由生产中的第一阶段中③30—1—④及③30—1—④
机型或设计中的机型中，新设计。③30—1—④及③30—1—④
机型的水轮机使用范围，在1955年第一期中，曾进行过广泛
的讨论，并已在③30—1—④及③30—1—④机型的水轮机使用
范围中，进行了重新采用。目前，正在工厂制造中，并已投入
运行。我国新系列第一期中，二种型号的使用范围，前水轮机
设计所，曾进行过广泛讨论，并已在③30—1—④及③30—1—④
机型的水轮机使用范围中，进行了重新采用。目前，正在工厂
制造中，并已投入运行。

(3)表示工作輪直徑的数字：以厘米計。

五、水輪机的牌号就是用以上三組符号来代表的。由于我國符号尚未統一，故以下仍按苏联代号予以說明。如某水輪机的牌号是 $\Pi PK 70-BO-59$ ，就是說这个水輪机工作輪是70号的半轉桨式，主軸是豎軸，水輪机室是开敞式的，工作輪直徑为59厘米。又如一台水輪机的牌号是 $\Phi 300-ГМ-42$ ，就是說这个水輪机工作輪是300号混流式的，主軸是橫軸式，水輪机室是封閉式的金屬蜗壳，工作輪直徑为42厘米。有了这些代表符号，就能表明某一种水輪机的裝置方式和尺寸，向厂方訂貨时，只要提出規定的牌号，就可以得到我們所需要的水輪机。图8是供农村小型水电站選擇中、小型水輪机实用話謨图及我國新系列第一期11种型号使用范围。

第五节 国内現有农村用的小型水輪机 产品介绍

几年来农村水电事业的发展，对农村水电适用的水輪机和发电机正在着手进行訂制标准系列，現有产品尚未統一型号和规格。茲将各地已生产的型号介紹如下：

一、重庆水輪机厂产品。根据产品目录，已生产的有36种水輪机，其中14种系仿照苏联标准产品。

水輪机的型号系以数字代表。

第一位数字代表水輪机的型式，如：

1. 字代表軸向輻流式水輪机(法兰西斯式)；
3. 字代表轉桨式桨式水輪机(卡晋兰式)；
4. 字代表半轉桨式(轉动桨叶須在水輪机停車后进行)；

5. 字代表冲斗式水轮机(派尔吞式)。

第二位数字代表水轮机的额定转速。

第三位数字表示水轮机为竖轴或卧轴及机壳形式。

1 字代表立轴开敞式;

2 字代表立轴金属蜗壳式;

3 字代表立轴水泥蜗壳式;

5 字代表卧轴开敞式;

6 字代表卧轴金属蜗壳式;

7 字代表卧轴正面进水式。

第四位数字代表转轮直径(以厘米计)。此位数字如分母有1或2者,是表明单或双喷嘴。

例: 1—300—1—65型表示轴向辐流式水轮机, 额定转速300, 开敞式水轮机室, 转轮直径为65厘米。

现将该厂代表型号与苏联代表型号对照如表1:

表1

第 一 部 份		第 二 部 份	
重庆水轮机厂	苏 联	重庆水轮机厂	苏 联
1	Φ	1	BO
3	K	2	(BM)
4	ΠPK	3	BB
5	Π	5	ΓO
		6	ΓM
		7	ΓΦ

注: 第二部分重庆水轮机厂与苏联相同。