



怎样修建 浮动式水电站

牟德春 杜云正

科学技术出版社

目 次

前言	1
水能利用	3
浮动式水轮机的结构和制造	8
浮动式水电站的施工方法	21
电气部分和水轮机功率	26
电站设备的管理维护和运行操作	39
今后改进的意见	43
附圖: 1. 浮动式水轮机結構圖	48
2. 三相交流發電機配電結綫圖	51

前 言

在党提出的鼓足干劲，力争上游，多快好省地建设社会主义总路线的光辉照耀下，我国社会主义建设事业中各项工作跃进再跃进。在大跃进的高潮中，由于农业生产的飞跃，农业用电和照明的需要非常迫切，因而农村小型水电站，有如雨后春笋地建立起来，开始把用之不竭的自然能源利用了起来，浮动式水电站就是在这种形势下诞生的。

1958年，中共辽宁省庄河县委提出“要在5年内实现电气化”，全县人民在这响亮的口号鼓舞下，人人动手，个个献计献策，全民参加办电，为提前实现电气化县苦战不息。庄河中学教员董德信、董恒仁二同志，参加了县委组成勘察水利条件的工作组，工作中发现蛤蜊河（县内的一条小河）双岔头地方水流湍急，引起了他们的注意，内心随时随地在想：“如何把这一有利条件利用起来呢？”正当这时，县委发出号召“要求全县人民要以创造性的劳动态度进行工作，树立敢想、敢说、敢干的共产主义风格，向苏联学习，向其他社会主义国家学习……”，他们得到了党的支持与鼓舞，不觉地在内心中生出无穷无尽的力量，于是联想到曾在“无线电”杂志上见到转载苏联格金同志在1955年创造成功的浮动式水电站的片断介绍，于是去查找资料，终于在“无线电”杂志1956年第9期找到了渴望的资料，但是仅有几百字的片断介绍，尺寸、规格要求、制作方法均无记载。这时他们在县委的直接领导与大力支持下，自由心裁绘成了简单的示意草图，后与工人姜宜谦、牛广

增、王榮基等共同研究，战胜了許多困难，試制成一台浮動式水輪機，并在小孤山鄉英那河中游的鄂營屯進行試驗，蒙當地羣眾的大力支持，熱心幫助，羣策羣力，邊試邊改，終於試驗成功了。

這一試創活動，對更廣泛的利用水能，起了很大的作用，對迅速實現電氣化也有所促進。尤其在我國這個幅員遼闊、小河如網、水力資源豐富的国家，無代價的能量是用之不竭的，而浮動式水電站技術簡單，造價低，不用修攔河壩和洩水道，很適于在一般小河流修建，用途又很廣泛，夜間帶動發電機可供羣眾照明，白日即作為磨米、磨面、脫谷等農副業加工的動力，因此甚受羣眾歡迎。

為了便于推廣，現將如何修建浮動式水電站寫成這本小冊子。在這本小冊子里簡明地介紹了浮動式水電站的特點、結構、建築方法，並為適應廣大農村辦電的需要，又將有關水能利用、電氣設備、機械安裝等知識作了扼要的說明，供從事修建小型浮動式水電站或其他的小型水電站的廣大羣眾參考。

但由於時間倉促，又是試建，經驗不多，加上我們學習不夠，知識有限，難免有不當之處，敬請讀者指正。

水能利用

一、流水的功率

源源不断的河水不息地流着，经常自上游把杂草、乱木冲下；在激流里游泳的人，也常容易被水冲倒或湧到几米以外的下游去；山洪下来，巨大的山石也会被冲下山来。这一现象，人类早就了解，它是“水力”促使的。并且早已把这种力量应用到生产和生活中去。几千年前，我们的祖先便开始利用水力冲动水轮子转动水磨、水碾等来磨米、碾谷等等，这就是利用水力作的功。河水能够作功（使机器转动）的能力，叫做“水能”。这个工作过程就叫做水能利用。

水能的大小（也就是作功的速率）叫做功率（以N表示），它是指单位时间（如1秒钟、1分钟）内所作的功。功率单位通常以瓦特（符号是W）或瓩（符号是KW）、马力（符号是HP）等表示。那么1瓦特是多大的力量呢？拿动力来说，就是以“每秒10.2米的速度举起1公斤的物体所用的力量”。瓦特的1千倍叫1瓩。什么叫马力呢？1马力就是每秒能把75公斤重的东西提高到距离地面1米的力量。所以要把用米-公斤/秒作单位的功率数化为马力时应该用75去除，即

$$\text{功率} = \frac{\text{米-公斤/秒}}{75} \text{ (马力)}。$$

这样就把功率化成马力了。

长流不息的某段河水功率，就是指单位时间（通常以秒为



圖 1

單位)內流過的水的重量
(單位時間內流過的水的體
積,稱為流量,符號以 Q 代
表)與連續流過的水流下降
的高度(上水面 a 與下水面
 b 之間的差距,即落差或水

頭,符號為 H ,如圖 1 所示)相乘之積。這個數值愈大,功率
也愈大,數值愈小,功率也愈小;二者之間的關係是保持着正
比。可見功率的大小是取決於水頭和流量的。這就是說欲求某
段河水的功率,必須先知流量與落差。因此又必須記住:1升
的水重是1公斤,1立方米的水重是1噸(1,000公斤)。

求得了河水的功率,在實際應用上能否全部利用呢?不能
的。經驗證明,一般的要有10~40%的損失,所以要想知道
可取得的實際功率,那就必須再乘以適當的係數,即:水流功
率(瓩) $= (6 \sim 9) \times \text{流量 (立方米/秒)} \times \text{水頭 (米)}$ 。例如某段
河流每秒鐘流量為5立方米,落差為3米,可取得的水能為
75%。它的功率就是: $7.5 \times 5 \times 3 = 112.5$ (瓩)。知道了某河可
以取得的功率,則就便於合理地利用水能。

二、水能利用的意義

我們日常利用的能源很多,如機械能、電能、光能、化學
能、原子能等。各種能量,可以互相轉變和傳遞,如水能可轉
變為機械能,機械能可以變為電能,電能又可變為化學能、光
能、熱能和機械能;化學能也可轉變為電能和原子能;原子能
又可轉變為強大的機械能和電能等等。

人們已把各種能量合理地應用到生產和生活中來,代替了
人們繁重的體力勞動,提高生產效率。但是,在取得能源的同

时，必須考虑它的經濟性，例如，內燃机和水輪机同时各帶一台發电机發電，前者需要有充分的煤源或足够的油料，而后者則系借水能作功。河水是無代价的，也是用之不尽取之不竭的能源。所以在煤源或油料缺乏的地区，用水能去帶动水輪机發電，还是比较合算的。

在我們国家里，河流密布全国各地，水能資源优于世界各国，广泛合理地利用水能，便是一项具有重大意义的工作。

尤其在以鋼为綱全面大躍进的高潮中，大鬧技术革命的今天，各项生产都在飞躍發展，农村地方工業之花，已遍开全国，因此，迫切要求有經濟而又簡便的充足动力相适应。所以，广泛多样地利用小河流的水能，在农村里作为生产动力，不但具有重大的现实意义，而且有着深远的經濟价值。

三、水力發電

水力發電，是合理利用水能的一个重要方面，它是首先利用水力推动水輪机使水輪机轉动，由水輪机再帶动發电机發出电来。我們已經知道，巨大的河流蕴含着用之不竭的能量，当然，这种能量可以直接用于生产。但是，对于离河較远的地方就不能直接用到这种廉价的能源，因为不能把水輪机任意搬到想用的地方去，这是直接利用水能一个最大的困难。所以如想把巨大的河水能量送到任意地方，只有間接的利用，就是通过水輪机帶动發电机把水能变为巨大的电能，通过輸电綫路，再把电能送到需要的地方去。也可以这样說，水力發電站是生产电的工厂，它的原料是源源不断的河水，产品是經濟方便的电。

在我国农村，常見的小型水力發電站，一般多为渠道引水式的。这种水电站的布置方式，多是借灌溉渠道的跌水或在陡

坡利用旧有的水利工程修建起来的。坝后式水电站也常见，它是在河面较窄小的河段上，建筑拦河坝，抬高水位，通过压力水管（木管或水泥管）把水引向水电站。在兴修水利高潮里，伴随水库的诞生，开发这种型式的水电站，尤其有利。河床式水电站，在农村开发较少，它是同河坝建在一起的水电站。

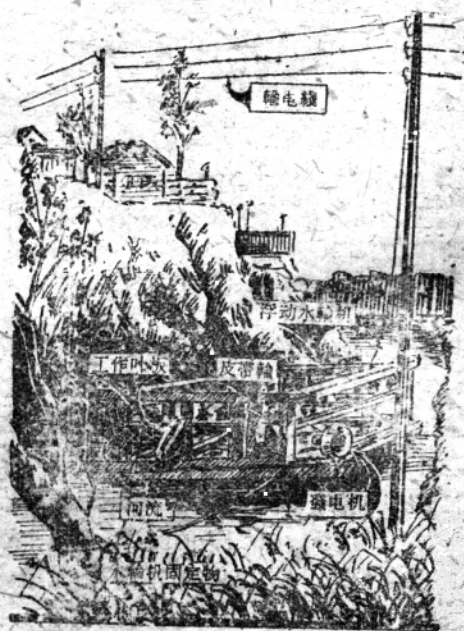


圖 2

有的厂房还要承受一部分水压力。最少见的是浮动式水电站，也就是我们本书所讲的，这是直接建在河水激流里的水电站。它具备以前三种型式水电站所没有的优点。前三种型式的水电站，必须有水工建筑物，而且对工程结构质量要求较严，水利工程很大，在河面宽大、水流湍急、

洪水位较高的河流里，开发这些型式的水电站就比较困难，如要使工程坚固耐久，势必要花费很大的工程造价。而浮动式水电站，正适应上述自然条件，它不用修筑河坝和洩水道等水工建筑，它的结构极为简单，不过是木排和木板，同少量的铁

件構成，水輪機能够浮在水上，不受水位漲落的影响。所以，建造容易、經濟耐用，适于在山区、河流湍急的地方修建（如圖2）。

四、測定流速的簡易方法

要确定某段河流流量时，首先是要知道它的流速和河水断面，流速的測定可以用特制的科学測量儀器——流速儀直接測出。測定時，只要將流速儀的轉子放在流水里，轉子轉數与某系数的乘积即是流速。但在一般山区里，很少备有这种儀器，所以我們介紹一种簡易測定流速的方法。

河流速度是水流每秒鐘流过的路程。在河流里，水的層位愈深流速愈緩，接近表面流速最大。在測定時，是采用它的平均流速为准，河水的平均流速約等于在表面以下水深 $\frac{2}{3}$ 处的河水流速，平均流速相当于表面流速的80%。

农村簡易实用的測流速的方法是“浮标法”，用能够漂浮在水面上的显明物体（如輕木板、火柴匣、羽毛朵等），在水上漂浮，随水流的快慢而移动。在河流上選擇一段較直的河身，它的長度最好是几十米以上，用标樁標示出兩点距离。然后有兩個工作人員各自站在标樁位置的旁边。第一个工作人員將漂浮物在第一个标樁位置处扔入河里，开始記下時間，并打手势表示給第二个工作人員。当漂浮物到达下游标樁时，第二个人立即打手势給第一个人，这时第一个人就要記下時間。知道了經過時間（以秒为單位），以時間除距离，其商即为單位時間內最快的流速。將此数值乘以0.8，就是平均流速。按上述方法反复作3~5次或更多次，便可得出較准确的平均流速。这是修建浮动式水电站事前不可缺少的勘测工作。

可是广大农村在試測流速这一工作中，最易碰到的困难是

無鐘表。此種情況下，可以採取數脈搏的方法進行。只須記住正常人的脈搏平均每分鐘跳60~72次。實測時指定專人數脈，及時報告次數，由次數算出時間，由時間除河段長度就可算出流速。

浮動式水輪機的結構和製造

一、浮動式水電站及其特點

浮動式水電站是一種沒有水工基礎的建築，承受水的浮力浮在水面上的水電站。它不用修攔河壩及洩水道，水輪機安裝在浮在水面的木排上（如因水淺也可置在河床上）。全部設備繫牢在河岸的固定物上。因此，不受水位漲落影響。這種水力機械叫做“浮動式水輪機”。如果直接利用它帶動其他機械加工生產時，叫做“浮動式水力站”；如果是帶動發電機發電，就是“浮動式水電站”。正因為具有以上特點，所以造價很低，一台水輪機約五、六百元，並且大都可以就地取材。製作技術很簡單，人民公社里一般木鐵工都可以製作；又適宜山區、水流湍急、修建這種水電站困難的地方建築；一般在水深0.4米以上，流速在1米/秒以上的水流，均適宜建此種水電站。

它主要是依靠工作葉板來利用水力（圖3）。工作葉板的工作過程如圖4所示。因為工作葉板垂直於水面，故當水流沖擊工作葉板B時，葉板B便借水的流力向後移去，B₁、B₂、B₃葉板因為固定在水平杆上，與B安裝的位置相同，所以同時受力向後移動，這樣④組葉板通過拉杆推動曲軸旋轉，由於曲軸柄ABC互成120度角，所以當④組葉板向後移動到一定位置提出水面時，③組葉板繼而由淺而深地全部浸入水里，被水沖擊而移動，同樣地帶動曲軸旋轉，②組葉板也保持這種工

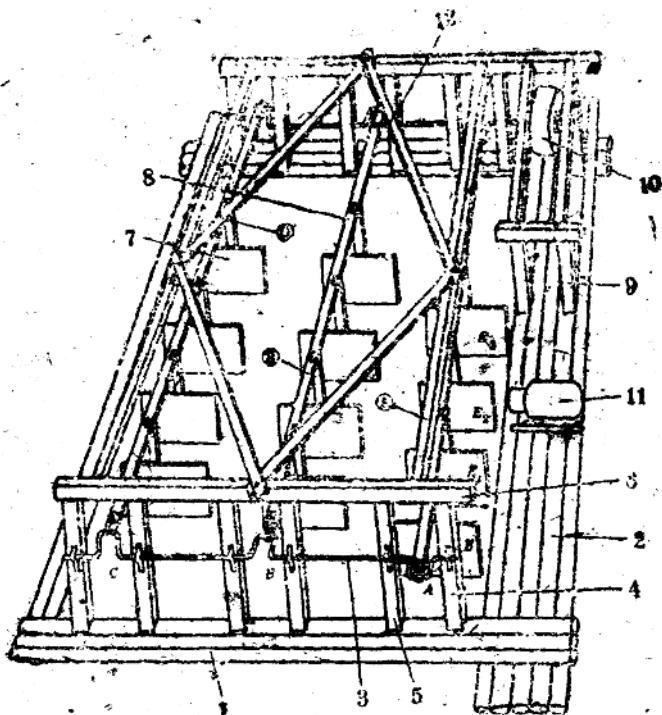


圖 3 浮动式水轮机

1—横向木杆，2—纵向木杆，3—曲轴，4—主立柱，5—副立柱，
6—横梁，7—工作叶板，8—水平杆，9—传动装置，10—传动
轮，11—发电机，12—拉木

作过程，如此来回旋转，推动曲轴作功。在其中一条曲轴的一端，安装了皮带轮，通过传动设备，带动发电机发电。

二、浮动式水轮机结构及其部件制作方法

浮动式水轮机是由工作叶板、曲轴、惯性轮、水平杆和木

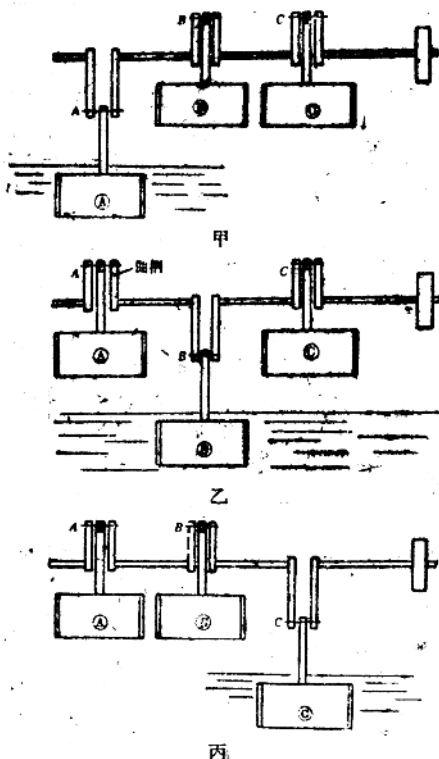


圖 4 工作叶板的工作过程

排五个主要部分構成的。

1. 工作叶板

浮动式水輪机是借工作叶板取得水能而作功，它是構成水輪机的主要部分。既然如此重要，那么在确定工作叶板的規格和尺寸时，就应力求作得叠妥、可靠，既能取得最大的水能，又要使工作叶板适应于最大水力的要求。所以在制作叶板之前，必須先知道水輪机的出力大小及河寬、河深这几个基本条件。

(1) 由水輪机的出力大小决定工作叶板的浸水面积：我們已知工作叶板的浸水面积大小，是决定水輪机出力的重要因素之一。在流速相同的条件下，浸水面积越大水輪机的出力也就越大。但这个面积的增加，并非可以無限，当到一定程度时，即达到水輪机的最大出力，这时，無論怎样增大浸水面积，水輪机出力也不会再增了（当然首先是水力条件限制）。水輪机

的最大出力，我們从第一章已知，它取决于某段河流的流量和落差。那么，工作叶板的浸水面积和水輪机的出力，又是怎样的关系呢？

我們从第一章里的公式得知：

水輪机出力 $= (6 \sim 9) \times \text{流量} \times \text{落差}$ 。为演算方便起见，我們用符号 N 代表水輪机出力， Q 代表流量， H 代表落差，上式就简化为：

$N = (6 \sim 9) \times Q \times H$ 。这是一般水輪机的出力公式。显而易见，它的大小是由流量和落差决定的。但在浮动式水輪机里，决定其出力大小的是河水流速和工作叶板的浸水面积，“ Q ”和“ H ”在这里就必须把它换算一下。所以，我們要把公式加以改变，设法利用工作叶板浸水面积和流速的关系来表示它。

我們已知，流量(Q)是每秒钟内通过水輪机工作叶板的水量，流速(我們假定用符号 V 表示)是每秒钟内河水流过的路程，不难理解，当我们知道了流速(V)与河水的有效断面(假定用符号 F 表示)，就可求出流量(Q)来。用下式表示就是：

$$Q (\text{流量}) = V (\text{流速}) \times F (\text{河水有效断面，即工作叶板的浸水面积})。$$

在浮动式水电站里，断面 F 值，就是每组工作叶板总浸水面积。

落差(H)是决定流速大小的绝对因素，从物理学上公式得知：

$$H (\text{落差}) = \frac{V^2}{2 \times g}，\text{式中符号 } g \text{ 是重力加速度，它是一个}$$

固定数值，等于 9.8，所以可写成： $H = \frac{V^2}{2 \times 9.8} = 0.051V^2$ 。

这样，我們就不难把公式 $N = (6 \sim 9) \times Q \times H$ 改写成用“ V ”

和“ V ”表示了。分別用“ $F \times V$ ”和“ $0.051V^3$ ”代替式中的 E 和 B ，就写成：

$$N = (6 \sim 9) \times (F \times V) \times (0.051V^3)$$

最后化成：

$$N = (0.3 \sim 0.5) \times F \times V^3$$

由此，可知工作叶板的浸水面积和水轮机出力以及河水流速的关系，如已知其中的 N 和 V ，就不难求得 F ，

$$F = \frac{N}{(0.3 \sim 0.5)V^3} = (2 \sim 3.3) \times \frac{N}{V^3}$$

用文字说明就是：每组工作叶板的总浸水面积等于水轮机的最大出力(N)被河水流速的立方数去除，再乘以系数 $2 \sim 3.3$ （一般取 3 ）。例如：鄂营电浮动水轮机最大出力为 6 瓩，河水流速

为 2 米/秒，每组工作叶板的浸水面积应该是： $F = 3 \times \frac{6}{2^3} =$

2.25 平方米。（因试制中未先行计算，实际取 $F = 1.68$ 平方米）。

在运算中必须注意：水轮机出力的单位是“瓩”，流量单位是“立方米/秒”，流速是“米/秒”，工作叶板面积是“平方米”。

(2) 根据河床、水深条件确定工作叶板规格尺寸：前一节的计算，已告诉我们水轮机的出力，并且也知道了要达到这个出力时工作叶板所必需的浸水面积。这样，我们就要根据河床、水深条件确定工作叶板的规格尺寸。首先根据河水深度确定工作叶板的浸水深度。如果河宽水浅，则应尽可能使叶板宽一点、矮一点；如果河窄水深，即可增加叶板的浸水深度。但在河底处会有砂、石对叶板底缘的影响，所以叶板浸水深度值应取最小水深的 80% 为宜。例如鄂营电浮动式水电站，河水深度 60 厘米，最小水深 50 厘米左右，工作叶板浸水深度取为

40 厘米。最小河水深度的选择是采用实测办法，用木杆在河床中找出几点量几次，取最浅的河床，当作最小深度。工作叶板的全高应大于浸水深度的 1.2 倍左右（即等于河水最小深度）。另外，工作叶板的木梗在板外部分，还应有 10~15 厘米的长度。这是因为在水浅浮不起来水轮机的情况下，水轮机是稳置于河床上，而曲轴是在木排的主立柱之上固定不动的，这样只有从长出浸水深度这一段来升降叶板，适应水位涨落的变化。工作叶板的宽度，一般应在 1.5 米左右为宜，过宽时，曲轴过长，势必造成曲轴横向摇动，影响水轮机出力。鄂营电浮动式水电站工作叶板取为 1 米。工作叶板的厚度可根据水轮机出力大小决定，一般的采取 2.5~5 厘米左右即可。但附加的木梗必须坚固牢靠。鄂营电浮动水轮机的工作叶板厚度采用 2.5 厘米，木梗为 10×10 平方厘米的方木楞，结构如图 5 所示。

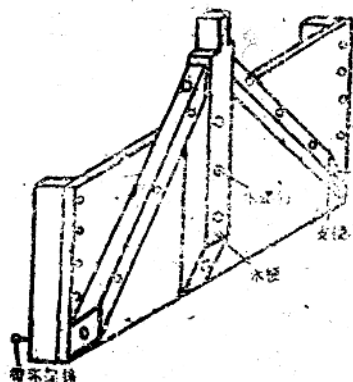


图 5 工作叶板的结构

每组工作叶板的个数，可由总浸水面积和一块叶板面积求得，即：

$$\text{个数} = \frac{\text{一组叶板总浸水面积}}{\text{一块工作叶板面积(长} \times \text{高)}}$$

(3) 工作叶板的制作：制造工作叶板，最好选择抗水性、耐腐性较好的木料，如黄花松。先按要求尺寸作成平板，两面刨光，尤其作为迎水面的一面（叫做正面），越光滑越好。在背

面的縱向中綫处，附加木梗以螺絲固定，增加叶板的堅固性和便于与水平杆安裝。木梗之下端削成 30 度角的斜面，以利于叶板浸水，上端削成榫楔，預备裝入水平杆榫槽里，加塞固定。其中一組叶板的木梗（即一条水平杆上裝的叶板）上端，用較堅固的特制鉄折頁，与水平杆連接（如图 6），以利停車。

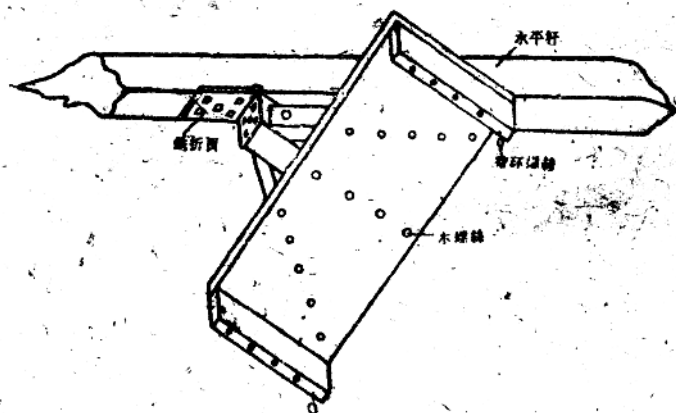


圖 6 工作叶板和水平杆的連接

即当停車时將这組叶板放开，使其迎水面接近平行于水面，失去工作能力。此外，在背面又附加兩条支梗，增加叶板的抗水强度，安放位置是从底边兩角为起点，到上边中点处形成等腰三角形的兩边。支梗的上端与中梗的接触处的那边割成适当的斜面，与中梗兩面貼接。在其交叉处，横串螺絲旋紧，支梗以木螺絲固定于叶板上。正面的兩边緣，各以木螺絲固定一小木条，防止工作叶板在水中膨脹变形或水流分散，在叶板正面的兩底角，固定着帶索环的螺絲，以便用鉄綫等与水平杆拉紧，避免叶板工作中發生歪斜現象。

2. 曲軸

曲軸的作用就是接受工作叶板取得的水能，把机械的直線运动变成旋轉运动，通过傳动設備輸出。因此，承受很大的机械扭轉力，所以必須根据水輪机的額定功率确定尺寸規格。經驗証明，3~5 馬力的水輪机，曲軸直徑 3.5 ~4.0 厘米即可；5~10 馬力者，4.0~5.0 厘米；10~30 馬力者，有 8 厘米的曲軸就可以了。

曲軸的長度，是根据河流最大流速时的最小寬度来确定。曲軸过長即易产生严重搖摆，造成不稳定的轉动，影响机械出力。因此，在可能条件下，应設法加大流速，也就是用增大河床坡降，减少粗糙度。当河中水深很小时，也可用减小河寬来达到，取得最經濟有利的曲軸長度。一般的，曲軸長度可

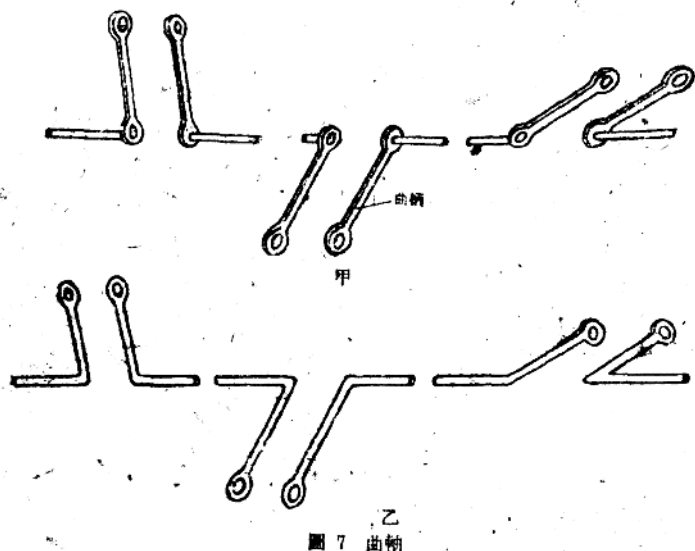


圖 7 曲軸
甲—原來的鑄造曲軸；乙—改进后的簡易曲軸