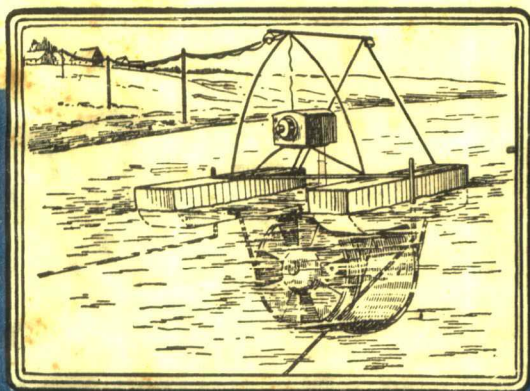


怎样修建平流式 小型水电站

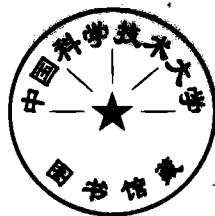
山东省王旺庄水文泥沙实验站等著



水利电力出版社

內 容 提 要

本書介紹利用轉子和曲軸驅動的平流式小型水電站的設計和施工實例，本書的特点是運用了“土洋相結合”的設計和施工方法，不僅設計簡單、施工方便；且成本也很低廉。其次，書中還附有簡單的計算公式和所用材料圖表，只要具有初中文化水平就能看懂。



怎樣修建平流式小型水電站

山東省王旺庄水文泥沙實驗站等著

*

1979S581

水利電力出版社出版（北京西郊科學路二里溝）

北京市書刊出版業營業許可證出字第105號

水利電力出版社印刷廠排印 新華書店發行

*

787×1092 1/32 開本 * 7% 印張 * 18 千字

1959年3月北京第1版

1959年3月北京第1次印刷(0001—3,070冊)

統一書號：15143·1566 定價（第8類）0.13元

編者的話

鼓足干劲，力爭上游，多、快、好、省地建設社会主义总路綫的光輝照耀着各項工作跃进再跃进，全民办水电也形成了高潮。

我国河流較多，分布极广，水力資源极为丰富，过去除了利用在水庫、灌溉渠道上修建大、中、小型水电站外，很少采用其他方式，这里我們搜集了二篇平流式水电站的設計和施工的資料，把它汇編在一起。它的最大特点是不需要修建拦河坝、不需要水头。这种水輪机完全是木材制造的，它借助于水的浮力，浮在水面上，所以不受水位漲落的影响，且造价也很低，技术較簡單，适合在較小型河流修建，值得大家参考。

編者

1959.3.

目 录

平流轉子式水电站.....	山东省王旺庄水文泥沙实验站(2)
平流曲軸式水电站.....	牟德春 杜云正(11)

平流轉子式水電站

山東省王旺庄水文泥沙實驗站

一、概 述

我們惠民地區屬於黃河下游沖積平原，地面坡度平緩，解放以來，隨着各個灌區的開發，水能資源極為豐富，這給我們平原地區水電事業的開發，提供了極其有利的條件。但目前對平原河流水能的利用問題，尚未解決。因此，水能利用受到很大限制，直接影響了各無水流落差平原灌區的電氣化的開發，如果能將廣大平原灌區的各條渠道的水能進行充分利用，這對加速我們惠民地區的電氣化，具有重要意義。因而這個繁重而複雜的任務，就擺在我們的面前。

偉大的整風運動掃除了同志們的思想障礙，端正了為生產服務的觀點，在全站開展了轟轟烈烈的技術革新運動。根據中央提出的“電力是工農業機械化的先行官，要在黨委的統一領導下，書記掛帥，全黨動手，全民辦電，全面規劃綜合利用，各種能源，並要堅決貫徹以生產為主，社辦為主，水電為主的方針”指示精神，結合我們各個灌區的具体情况，必須快馬加鞭，跟上形勢，迅速實現惠民地區電氣化，這一任務的提出和將來美好遠景的吸引，使同志們都抖起了戰役精神，向平濕地區的水電化，神密堡壘開展了進攻。在黨的正確領導下，本着多、快、好、省，勤儉辦站，就地取材的精神，參考蘇聯及有關文件，採取了幾種不同形式的水輪進行了模型比較試驗，經過多次的克服困難，終於打破了難關，找到了開發利用流速沖動機輪的門路，去年9月16日初步小型試驗成功了。

为了迅速做出典型，推广全面，使羣众普及电气化，我們本着上級党委指示精神，經实地勘察，在打漁張渠首附近的一千进水閘建設一个全部土制的小型水力发电站。电站經過簡單設計，雇用了三名木工，一名鉄工，发动了站上全部力量，日夜突击，提出苦干半个月，爭取实现渠首电气化的口号，經十二天的苦战全部完成了两个长3.2公尺，直徑一公尺，能出力12.8瓩的木制水力轉子（水輪机）以及全部設備。我們在制造过程中，充分发挥了羣众的智慧，采取了边制造，边試驗，边改进的方式，有好多叶輪的銜接和圓盘安装，及水輪布置中所产生的困难，都是同志們想法解决的，因而使我們的水力轉子的制造，不但提高了速度，而且亦增加了質量和得到了合理安排，經過两次試驗和修改，终于在十一月八日試制成功了。

这个水电路，是采用了半圓筒形式的水力轉子，借两閘洞安装的，两个轉子同拉一个主軸，閘壁上所安裝的利用了扩大57.8倍的傳动裝置带动发电机和扩大14.4倍的傳动裝置带动鋼磨，原設計每个轉子能带动6.4瓩的发电机，两个共能发电12.8瓩（每一瓩1.36匹馬力）但經实际試驗，在流速2公尺左右，每个水力轉子，可带动10瓩的发电机，两个轉子，共可出力20瓩，比設計功率提高50%以上，若按25度的灯泡来計算，可安裝800个，若帶鋼磨，可帶12馬力的两盘。这做一个300戶左右的村子來說，就足够用的了，特别是这种平流式水力轉子，安裝簡單，不需水头，在任何大于两个流量和0.5公尺/秒流速的渠道上都可以安裝。所以說：这种型式的水力发电站，它有很大的推广意义。

这个水电站的建立，所以取得这样大的成績，首先应归功于局党委、专署水利指揮部的正确领导和大力支持，站上領導也重視了这一工作，真是做到了書記亲自下手，提出以电为綱，

全站动手大战苦战口号，因此同志們及工人們都干劲十足，各显其能在短短的十几天中，就建起这座水电站。

二、水轮机型式的試驗確定

为了使水电站的建立能符合多、快、好、省的精神，也就是能采用一种功率高，制造简单的水轮机，我們便在九月份，将三种平流式水力轉子在各种不同的情况下，进行了比較試驗（图1）。为了消除轉子旋轉的死点，将輪叶做成三节，两节之間，隔有圓盘，三节輪盘互相錯开，120度，使其轉速均匀。

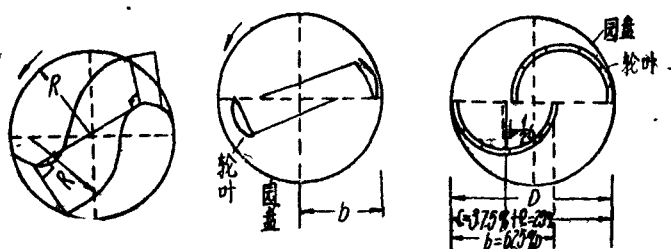


图1

a—曲綫式；b—勺子式；c—半圓筒式。

分別將各种不同型式滾珠軸承轉子正轉、倒轉的組合試驗的功率比較附表如下。

表1 有滾珠軸承正轉的各种轉子效率比較

水 深 (m)	流 速 $\frac{nn}{s}$	半 圓 筒 式	曲 綫 式	勺 式
		轉 數 (分)		
1.0	0.628	58	58	56.4
2.0	0.541	71.5	67.7	52.5
3.0	0.522	71.4	64.8	42.2

表 2

有滾珠軸承倒轉的各種效率比較

水 深	流 速	半圓筒式	曲 綫 式	勺 式
		轉 速 數 (分)		
1.0	0.628	44.6	67.0	52.3
2.0	0.541	63.5	66.0	50.0
3.0	0.522	60.0	64.5	47.8

表 3

採用滾珠軸承木軸承的效率比較

水 深	流 速	按沒有滾珠軸承的轉子轉/分	按沒有木軸頭的轉子轉/分	相差倍數
1.0	0.628	58.0	27.3	2.12
2.0	0.541	67.7	42.4	1.61
3.0	0.522	61.0	49.5	1.24

通過以上試驗結果証明，採用半圓筒式水力轉子，比較合適，它的最大優點就是：功率高，製造簡單，在技術性上，只要有會造木桶的木工，就可製造，因此相應的造價就會降低。

三、小型發電站的建立

通過模型試驗，確定採用半圓式的水輪機，修建一個生產性的木制小型水力發電站，經實地勘察認為在一干西沉沙池進水閘內修建比較合適，此處流速很大，一般在2.0秒公尺左右，流向穩定，並容易控制，借用閘墩橋板可減少設備，該閘共有

三孔，取其兩孔，各安裝一水力轉子（即水輪機）在其中間閘墩安裝傳動裝置，增大其轉速，其發電機及鋼磨，安置在橋面上，並設有簡單機房。

1. 設計水輪機時的功率計算

我們水輪機的設計，是按流速為2.0秒公尺計算的，水輪機的輪葉直徑為1.0公尺，轉子長為3.20公尺，其水輪機的投影面積為3.20平方公尺，有效利用系數，採用0.5（試驗得出）其功率按下式計算：

$$N_{\text{瓩}} = \frac{FV^3}{2} N$$

式中 N ——水輪機的功率（瓩）； F ——轉子輪葉的投影面積；
 V ——流速（公尺/秒）； N ——有效系數（0.5~0.9）。

將上述數值代入式內 $N = \frac{3.20 \times 8.0}{2} 0.5 = 6.4 \text{ 瓩}$

這樣就可以計算出水力轉子的出力數，翻過來說，也可以根據已確定的發電機或需要的馬力數，設計出所需水力轉子的大小，計劃安裝兩個水力轉子，其功率共為12.8瓩，合17.4馬力通過正式試車，效果良好，超過了原設計功率，每個水輪機可發電10瓩，這樣共發電20瓩，合27.2馬力，在確定了水輪大小以後，可計算出它的轉速，以便設計加速裝置，水輪的轉數可由下式求得：

$$N = \frac{30 \times V}{\pi \times R} \text{ 轉/分}$$

式中 V ——流速以秒公尺計；
 R ——圓盤直徑或轉子輪葉寬度的一半，以公尺計；
 π ——圓周率3.14。

將數值代入上式中 $N = \frac{30 \times 20}{3.14 \times 0.6} = 38 \text{ 轉/分}$

2. 水輪機的構造

半圓筒輪葉的水力轉子，是什麼樣式，例如：取一只水平放置的圓筒，並沿着中心軸綫將圓筒切為兩半，使其大小相等，將分开的两个半圓筒，沿着切开的断面，向相反方向移动少許，使两半个圓筒自中心綫錯开的距离相等，这样就制成了輪轉子式渦輪的两个半圓筒狀輪葉，共用三个輪葉組成一个水力轉子，兩輪及中間用木圓盤擋起，使每一个輪葉相交錯 120 度，这样可以使轉速均匀，中間用 4 公分直徑的鉄軸，串起轉子兩端，安裝軸承。

轉子圓盤的構造(圖 2)：在定輪葉半圓的半徑以前，應滿足于这个条件，就是兩支半圓筒內，緣之間的距离 e 。應等于轉子進水口寬度 c 的 $\frac{1}{2}$ ，通过这个進水口，水流進入轉子，它的压力就要施于第一輪葉的內壁，然后从寬度等于 e 的兩輪葉之間的小溝中間穿过，流向第二輪的內壁，并施以第二次的压力最后在外部水流入的吸出作用下，从轉子中流出。 e 和 c 兩尺寸之时的比值，通过試驗証明，假如不合乎上述的規定，則轉子的運轉情况和它的功率，均將达不到設計要求，任何轉子主要尺寸，就是轉

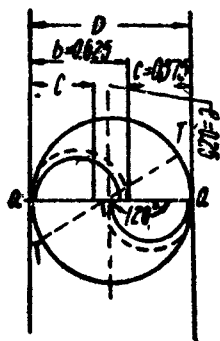


圖 2

子的幅度或直徑(以 D 表示的)。而其余的一切尺寸均从此值导出，此小溝寬度 $e = 0.25D$ (直徑)，進水口寬度 $c = 0.375D$ ，轉子輪葉寬度 $b = 0.625D$ ，如我們这一个水力轉子，直徑為 1.0 公尺，据上述的比例关系，可求出 $e = 0.25$ 公尺、 $c = 0.375$ 公尺、 $b = 0.625$ 公尺、輪葉半徑 $= \frac{1}{2}b$ ；即為 0.3125 公尺。

一个水力轉子中間被两个圆盘分成三节，每一节的对面圆盘以輪叶半徑划一半圓，然后沿半圓綫釘一墊木，將輪叶块板拼在一起，兩叶板相銜接处呈  形，这样接縫徑严密，对水阻力小，第一节定好輪叶位置后(中心綫)，从第二块圆盘正面將此中心綫引至背面，第二节的輪叶位置，以此中心綫为順时針方向，旋轉 120 度，即为第二空間的輪叶的中心綫，并釘墊木，第三节与前同，三个节的輪叶，皆按順时針交錯 120

度，这样始終有一个輪叶正面迎水，使水輪旋轉均匀消除死点。

軸应示水輪机的大小而定，我們只采用直徑 4 公分的鉄棍，在圆盘处采方形式或棱形的这样牢固。

3. 傳动裝置(图3)

設 N_1 为水輪机的轉速，
 N_2 为电机皮帶輪的轉速，
 $Y = \text{半徑}$

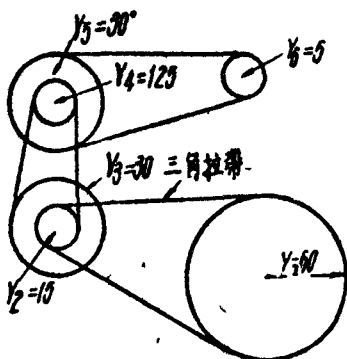


图 3

則

$$N_2 = \frac{Y_1 \times Y_3 \times Y_5}{Y_2 \times Y_4 \times Y_6} \times N_1$$

Y_1, Y_3, Y_5 为使动輪的大輪； Y_2, Y_4 为使动輪的小輪。 Y_6 为电机軸輪。 Y_1 为 60 公分， Y_2 为 30 公分， Y_3 为 30 公分， Y_4 为 15 公分， Y_5 为 12.5 公分， Y_6 为 0.5 公分，將数值代入上式。

$$\frac{60 \times 30 \times 30}{15 \times 12.5 \times 15} \times N = \frac{54000}{937.5} N = 57.6 \times N = 57.6 \times 37$$

= 2130 轉。

即为电机的轉速 57.6 倍。

傳動輪盤皆用鉄棍短軸，固定在撐架上，滾珠軸承固定在傳動輪盤上，撐架用寬1公寸厚4公寸木板制成，用螺栓扣緊。

各輪的三角皮帶槽，做的要正規，槽的深度應比三角帶的厚度稍深，其比例為皮帶厚的1:1.8倍，槽底寬應比三角帶底寬稍窄，槽底寬為皮帶底寬的0.8倍，如图4（三角皮帶系用B型活節式的）。

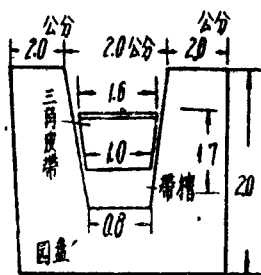


图 4

4. 調速裝置

水位漲落溜勢變化影響到流速的快慢，而流速的變化，又影響到發電機轉速的穩定，因而必須用調速裝置來調整水輪機浸沒水中的深度使發電機轉速穩定，我們採用形式是在橋面上安裝兩個小絞關，用鋼絲繩，將水力轉子吊起，若需要調整時，將鋼絲繩升降即可。

5. 電力設備及安裝

發電機是採用二相發電機（牌號S.G.H.I. 電壓是100勵磁方式是分卷的）一部和5馬力的鋼磨一台，將它安裝在橋面上其轉輪與加速輪成為一條直綫，用螺旋棍將其固定牢固，其旋轉方向一般是面對勵磁，機向順時針方向轉，但有個別的是反方向轉，可注意所標之指針。

四、建站用料及經費開支

·水電站的修建系本着多、快、好、省的精神，盡量利用舊料，但由於沒有經驗，在製造過程中，難免走了不少彎路，及有多用料的地方，從我們現在的製造來看，這座電站造價共為

851.24元(表4)。

表4

材料名称		单位	数量	单价 (元)	总价
木料	方	1.5	110	148.00	
铁件	斤	200	1.5	30.00	
螺絲				163.05	
釘子				12.89	
木工工資	工日	80	1.80	144.00	
三角皮帶B型	呎	100	1.24	124.00	
軸承				120.00	
零件				21.56	
鉄墊				7.80	
鉄軸				75.00	
共計				846.24元	

五、建站中应注意的几个問題

我們在建站中，由于沒有經驗，全部工程都在摸索中，因此走了不少的弯路，仅將我們所遇到的几个問題，提出以免今后类似产生。

1. 在建站前必須对站址进行詳細的勘察和結合实际情况进行設計(打譜)。并将設計与工人交代清楚，使其明白，整个打算，这一方面在修建中，可以發揮他的智慧，另方面也不至于不明用途产生差錯，在无建筑物的地方，利用木桩或修建磚、石墩承担水輪机时，必須注意水的經常流向，使其与水輪机垂直，以免影响轉速。

2. 各部料物，必須考虑到它的坚固性，制造水力轉子的輪叶和圓盘，最好使用柏木和杉木，穿杆墊木，軸承座支杆等，最

好采用槐木、榆木等，各部连接可購置部分 8 公分至 1 公寸的鑄絲棍，主軸可采用方形或三角形的，最好不利用圓形的，因为圓形抗剪力差。

3. 电站修建好，在試車时，严格防止直接将水力等轉子全部侵入水內，必須逐漸下放了三次放到所需水深为易，每次停留一个阶段，等其經得考驗后，再緩慢下放，否則容易发生事故。

4. 在安装加速輪时应正規平直，皮帶槽必須按上述規定控制，三角拉帶最好用胶布 B 形帶，因为此帶在水內影响不大，在安装拉帶以前，必須先将皮帶悬挂起来，用相等于拉水輪机的同等重量的重物，垂直拉紧約 24 小时左右，再取下按在輪上使其减少伸縮。

平流曲軸式水电站

牟德春 杜云正

一、水輪机的結構与制作

1. 水电站及其特点

水电站不用修拦河坝及泄水道，水輪机安装在木排上，承水的浮力浮在水面（如因水浅置于河床上也行），不是固定在地基上。因此不受水位的漲落影响。它是靠其傳动叶板被水冲击而作功，带动发电机发电，故称浮动水电站；如果没有发电机，只用带动其他机器生产也可称作浮动水力动力站。正因具有以上特点，所以造价很低，一台水輪机約五、六百元，并且大都可以就地取材，制作技术最簡單，公社里一般木鉄工都可以制作；又适宜山区，水流湍急，修建他种水电站困难的地方建

筑，一般在水深0.4公尺以上，流速在1.0公尺/秒以上的水流，均适宜建此种水电站。

2. 水电站及其工作原理

由图5我們不难了解它的工作原理。因为工作叶板垂直于水面，故当水流冲击傳动叶板 a 时，叶板 a 便借水的流力向后移去， b 、 c 、 d 叶板因其固定在水平杆上，与 a 安装的位置相同，所以同时受力向后移动，这样甲組叶板通过拉杆推动曲軸

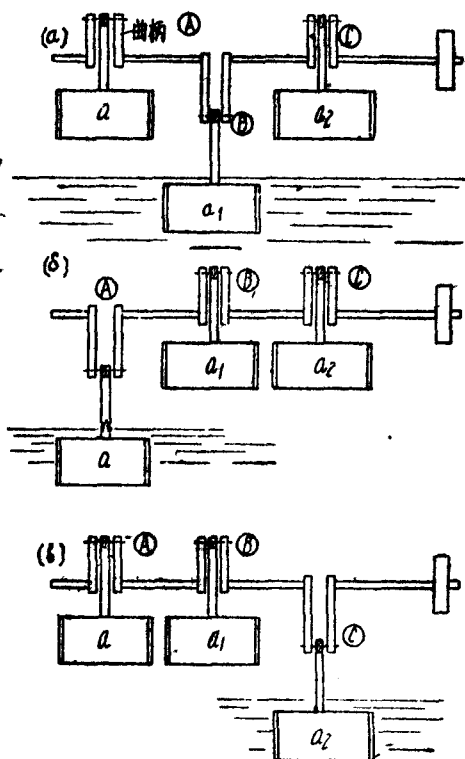


图5 浮動式水輪机工作过程示意图

旋轉，由于曲柄 A 、 B 、 C 互成120度机械角，所以当甲組叶板向后移动到一定位置提出水面时，乙組叶板繼而由淺而深地全部浸入水里，被水冲击而移动，同样的带动曲軸旋轉；丙組叶板也保持这种工作过程，如此輪回旋轉，推动曲軸作功。在其中一条曲軸的一端，安装了皮帶輪，通过傳动设备，带动发电机发电。

3. 水輪机結構与其部件制作方法

浮動式水輪机是由木排、傳动叶板、

曲軸、水平杆四个主要部件构成的。

木排：

木排是用几根圓木并联在一起，負担全部设备的重量压力（图6）。因为必須浮在水上，使其不受水位漲落影响，所以木排的浸水深度和浸水面积必須根据其总设备荷重算出。其荷重大致有：

- （1）发电设备：发电机、配电盘和傳动设备等；
- （2）傳动叶板和曲軸重量；
- （3）全部木件重量（包括木排自重）；

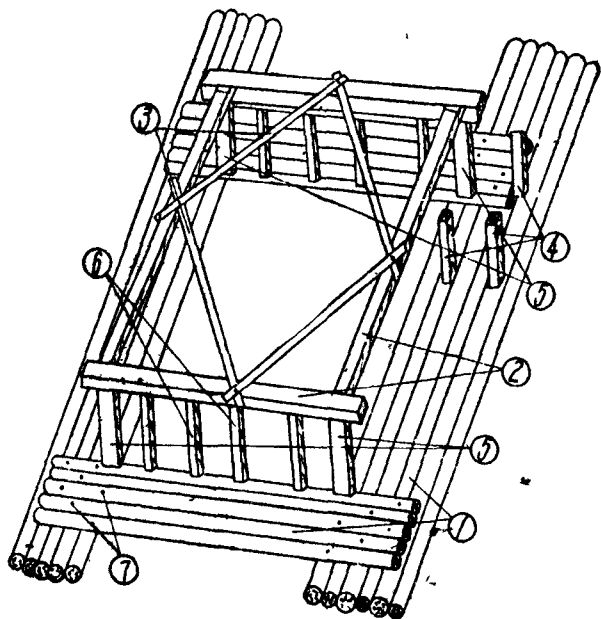


图 6

1—木排；2—横梁；3—拉木；4—傳动立柱；5—主立柱；
6—附立柱；7—螺絲。

(4) 值班人員和經常來往人員的重量；

(5) 其它附加荷重(如冬季的冰重、雪重等)。

綜合以上重量，視機件具體布置方式，假定出木排的浸水深度(一般不應大於10公分)，然後以下列公式求其浸水面積：即

$$\text{木排浸水面積(平方公尺)} = \frac{\text{總荷重(噸)}}{\text{浸水深度(公尺)}}。$$

得出木排應該浸水面積，根據構件的布置方式，確定木排的木料和圓木并聯的根數。考慮圓木形狀不一、彎直不均，浸水面積和深度的平均值可能為小，故應將計算面積增加0.1~0.2倍，再行確定木排。在個別情形下，求得的浸水面積可能很大，以致造成安裝困難和不經濟，這樣可在木排四角或邊緣均衡的索聯體重較小體積較大的物體（如密閉的油桶、木桶、木箱等），增大浮力，直到符合要求的浸水深度時為止。如果水流較淺、木排面積又不易過大，可簡修托填，將木排置於上面。

、制作木排的材料，大都可以就地取材，凡木質較堅硬、耐水性較強、彎曲變形較小的木材皆可，如河沿多有的棟梁樹等。

它的制作技術和方法很簡單，首先是將幾根圓木用木樁并串在一起，再以扒鋸鉚聯，共作同樣形式的四條，其中兩條較短者作橫的，兩條較長者作縱的，長度應根據水輪機構件的具體尺寸確定。在安裝發電機、傳動設備的一端木排上有幾種荷重，故應該考慮到這一點。

然後將四條排木合成一個中空的長方形釘在一起，其中橫跨河流的兩條，搭釘在順水流的兩條上，以帶帽螺絲固定。順水流的2條木排之迎水端，應作成流綫形(象船首形)，以免堵水。在木排靠近的四角處，固定着4個主立柱，其間距是由水平杆和曲軸長度確定。即：

$$\text{順水方向的主立柱間距} = \text{水平杆長度} + \text{曲柄長度}；$$

跨水方向的主立柱間距 = 无傳动輪那条曲軸长度

— 主立柱自身寬。

木排的空間尺寸也就根据主立柱的間距决定之。即：

橫向尺寸 = 主立柱跨水向的間距 + 两倍曲柄长(A)，

縱向尺寸 = 主立柱順水向間距(B)。

木排圓木的长度应各为 AB 两式数值的 $1.4 \sim 1.5$ 倍或更长一点。

主立柱的高度应比二倍曲柄长再高一点；縱斷面积根据水輪机功率大小，稍有不同。一般的功率在 $3 \sim 5$ 馬力者，断面可为 15×15 公分²；功率在 5 馬力以上者，可取 20×20 公分² 的断面。为防止取軸旋轉时发生搖摆現象在橫向的主立柱之間靠近曲柄的两傍，各加一双附立柱，用以固定軸承，附立柱的尺寸，視其固定軸承的規格和机械强度，經濟选择之。其縱断面一般可为主立柱的 80% 左右即可；其高度与主立柱相同。

各立柱的固定方法：在柱的上端和下端，割成突出榫楔，下端安在木排的榫槽里，上端安在口字形的橫梁里，在各安装接点处，应以扒锯箍紧，以防因震動脫落。橫梁断面应取 12×15 公分² 左右。在橫梁各相邻边的重点处，应加釘拉木，以防因震动机架变形。在安装傳动輪的曲軸那端木排上，为便于安装傳动設備，应外加三根附立柱，在木排平面上与其一主立柱成长方形四角对称布开。固定方法和立柱尺寸与附立柱相同，立柱之互相間距視其变索的比例大小和該端木排的面积而定。

傳动叶板：

浮动式水輪机就是借傳动叶板取得水能而作功。它是构成水輪机的主要部件。既然如此重要，那么怎样确定傳动叶板的規格尺寸呢？主要根据有三：

(1) 水輪机要求出力；