

农村小型水电站訓練班

机械设备讲义

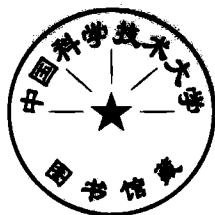
福建省水利电力厅 合編
浙江省水利厅

水利电力出版社

內 容 提 要

本講義和已出版的“水工講義”和“電工講義”合起來是一套完整的講義，是專供農村小型水電站訓練班學員用的。全書共三章，第一章介紹了農村小型水電站適用的水輪機，其中包括適于低水頭用的木制旋槳式水輪機，中水頭用的兩擊式水輪機和高水頭用的沖擊式水輪機。第二章敘述了機械傳動設備，其中包括平皮帶傳動，三角皮帶傳動和圓錐齒輪傳動等主要傳動裝置。第三章介紹了機械設備的安裝方法和一些先進經驗，這些辦法都是因陋就簡、土洋結合的辦法，很適合農村小型水電站的應用。附錄中還介紹了農、副產品加工機器的馬力和轉數以及水電站廠房布置圖，對於設計傳動設備和廠房布置都有參考價值。

本書第1、2兩章是浙江省水利廳撰寫的，第3章及附錄是福建省水利電力廳編寫的。



機械設備講義

福建省水利電力廳 合編
浙江省水利廳

*

1326S348

水利電力出版社出版(北京西郊科學院二區樓)

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

*

850×1168 $\frac{1}{2}$ 開本 * 2 $\frac{1}{2}$ 印張 * 51千字

1958年9月北京第1版

1958年9月北京第1次印刷(0001—26,000冊)

統一書號: T 15143·217 定價(第9類)0.30元

目 錄

第 1 章 小型水电站的水輪机	1
1. 原始的水力原动机——水輪	1
2. 近代水輪机的分类	2
3. 目前小型水电站採用的反击式水輪机	5
4. 反击式水輪机的导水設備	18
5. 反击式水輪机的泄水設備	26
6. 冲击式水輪机	32
7. 水輪机的支承設備	38
第 2 章 小型水电站的傳动設備	41
1. 概論	41
2. 平皮帶傳动	42
3. 三角皮帶傳动	48
4. 圓錐齒輪傳动	52
第 3 章 机械設備的安裝	52
1. 概論	52
2. 机械設備安裝与技术标准	53
3. 机械設備裝配与技术要求	61
4. 机械設備安裝的基本原則与方法	63
附录 1 农副产品加工机器介紹	65
附录 2 福建省永春县鰲峯社水电站厂房布置图	68

第1章 小型水电站的水輪机

水輪机是水电站的一个极其重要的組成部分，它可將我們所利用的水能轉为机械能，然后通过其它的傳动設備帶动发电机发出电能。它的机械效率直接影响整个水电站的效率，它的形式决定着厂房的大小和佈置形式，所以設計和選擇一种适合于我們所要建造的水电站的具体条件的水輪机，就成了一个非常重要的問題。

1. 原始的水力原动机——水輪

很早以前，我們中国就已經利用水輪来代替一部分人工劳动了，直到目前，这一类的东西还在起着作用，如目前农村中的水碓、水磨等就利用这原始的水力原动机。

原始的水力原动机——水輪分上击式(图1)，中击式(图2)和下击式(图3)三种，它的运动，主要是依靠水流的重量来轉动，往往是半边受力多于另外半边，水流的方向很难控制，产生的轉动力也很小。此外它所适用的水头和流量，也因为它的構造上的缺点而受到很大限制，因此它的容量和轉速都很

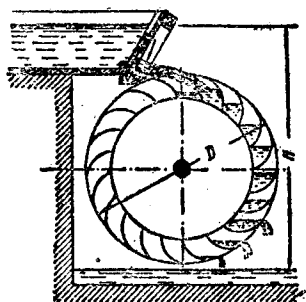


图1

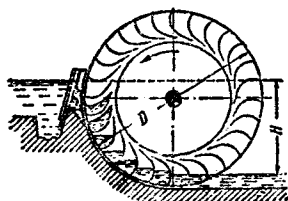


图2

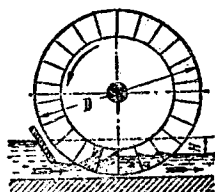


图3

小，效率也不超过50%。其唯一优点就是構造非常簡單，普通的木工也能制造，因此，在目前还作为小型的农村动力設備，如水碓水磨等。同时由于它存在一些根本性的缺点，正不断被小型水輪机所代替。

2. 近代水輪机的分类

(一)水輪机的种类：

水輪机根据水能傳至轉輪的性質，可分为反击式和冲击式兩大类，這兩大类又可按它們的構造不同，分为好多种型式。

1.反击式水輪机：

反击式水輪机的特征在于流过轉輪的水流是連續的，而且在同一个時間內所有轉輪叶片間的叶道都有水流着，因此在这种水輪机中，水流的能量是同时傳遞給轉輪的每一个叶片的，是利用水流在輪叶間流过时的反作用力来轉动的。

反击式水輪机又可分为三种常用的型式，即：輻軸流式(又名法蘭西斯式，图4)，旋槳式(图5)和轉叶式(又名卡普蘭式)。

轉叶式水輪机的型式及構造与旋槳式水輪机相同，唯一的区别是它的輪叶可以随負荷的变化进行轉动(图6)，而旋槳式水輪机的輪叶是固定的。

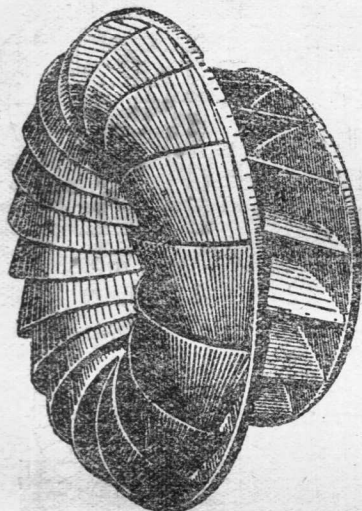


图4 混流式(弗蘭西斯型)水輪机的轉輪

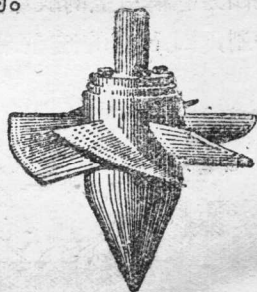


图5 旋槳式水輪机的轉輪

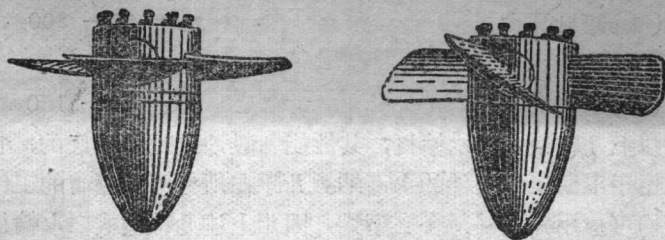


图6 轉叶式水輪机之轉輪

2. 冲击式水輪机:

冲击式水輪机的特征在于水流以自由水流的形式冲击着水輪，但在同一个時間內只是冲击轉輪的一部分，而不是轉輪的全部，它利用从上游水面至噴嘴中心的一部分水头。

冲击式水輪机最常用的有戽斗式(图30)和兩击式(图33)两种。

戽斗式又叫培尔頓式，兩击式又叫班克式。

(二) 水輪机的比速系数:

水輪机的比速系数，简称比速，又称某一水輪机的特性轉速，是表示水輪机性質的一个重要数字，作为我們以后选择和設計水輪机类型的重要依据。比速的意义是表示水輪机在一公尺水头下能发出1馬力的功率时的轉速，它用字母 n_s 来表示，它由水輪机的轉速，水电站的水头和出力来确定。

表示比速的公式是:

$$n_s = \frac{n \sqrt{N}}{H^{\frac{5}{4}}}$$

式中 N 为水輪机的容量，以馬力計。

n 为水輪机的轉速，以轉/分計。

H 为水头，以公尺計。

各种不同类型的水輪机有各种不同的比速，各类型水輪机的比速如下:

(1) 旋槳式及轉叶式

$$n_s = 500 - 1000$$

(2) 輻軸流式

$n_s = 50 - 500$

(3) 厚斗式

$n_s = 3 - 30$

(4) 双击式

$n_s = 30 - 150$

以上几种型式的水輪机，其性能一般地說是比較好的，它們各适用于不同工作条件的水电站。几乎在所有可能遇着的工作条件下均可应用其某一适合之型式，因此上述几种型式之水輪机已完全可以分別滿足不同条件下的水电站的需要。

上述几种型式之水輪机，其工作效能以轉叶式最好，旋槳式較差，见图 7 和图 8。

图 7 是根据試驗得出的卡泊蘭式、法蘭西斯式及旋槳式水輪机在出力变化时水輪机效率变化情况曲綫，从图中我們观察当实际出力为最大出力的 50% 时，卡泊蘭式水輪机的效率在 80% 以上，法蘭西斯式水輪机的效率在 70% 或 80% 以上，而旋槳式水輪机的效率仅有 67%，由此可見水輪机的效率最稳定的是卡泊蘭式，其次是法蘭西斯式，最差的是旋槳式，我們从图 8 中可以看出，当通过水輪机流量約为設計流量的 30% 时，旋槳式水輪机的效率接近于零，由此可見旋槳式水輪机的效能为最低，所以我們設計和选择水輪机时应注意，如果水电站利用的水头和流量变化大，負荷变化大，为了提高水輪机的效率，就应考虑設計或选择效率比較稳定的水輪机。

目前有几省机械制造工厂，为了适应今后农村实现电气化的需要，已开始成批制造数种类型和规格的水輪机，我們选择水

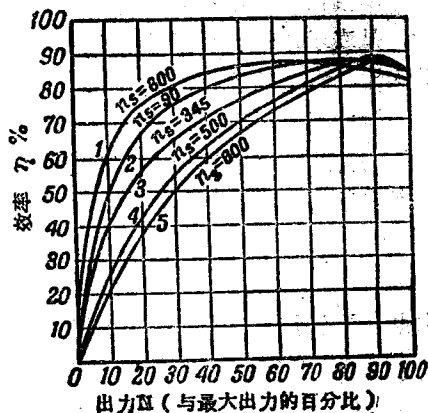


图 7 各种比速和各种型式的水輪机的工作特性曲綫 $\eta = f(N)$

1—轉叶式水輪机；2、3和4—混流式水輪机；
5—旋槳式水輪机。

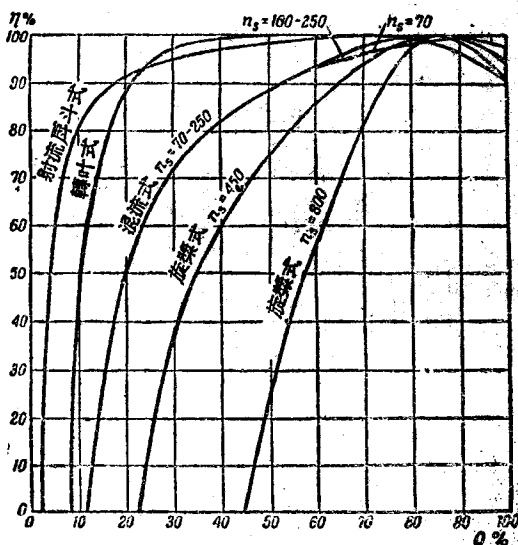


图8 各种型式和各种比速的水輪机的流量工作特性曲线 $\eta = f(Q)$

輪机时可根据工厂出品的水輪机的适用范围进行选择(省内工厂制造的水輪机适用范围内下述)。如省内工厂制造的水輪机都不合使用,可另向制造工厂訂制。

3. 目前小型水电站採用的反击式水輪机

(一)輻軸流式, 又称法蘭西斯式或混流式 它是一种使用最广的反击式水輪机。此种水輪机的輪叶的形状很复杂(见图4), 是在两个平面内呈弯曲状的。水流自动輪的外圍沿輻线方向进入动輪, 流经各輪叶之間的叶道时产生 90° 的轉弯, 然后沿輪軸方向流出。

为了使水流平順地无冲击地进入輪叶, 在反击式水輪机中採用專門的导水裝置, 它裝在轉輪外圍, 是由若干导叶組成的(图9), 因此水輪机四周的水流仅仅沿着导叶之間的叶道进入轉輪。

当負荷发生变化需要改变出力时, 导水裝置还可用来調节水輪机的流量。为此將导叶做成轉动的。当水电站負荷最大时, 导

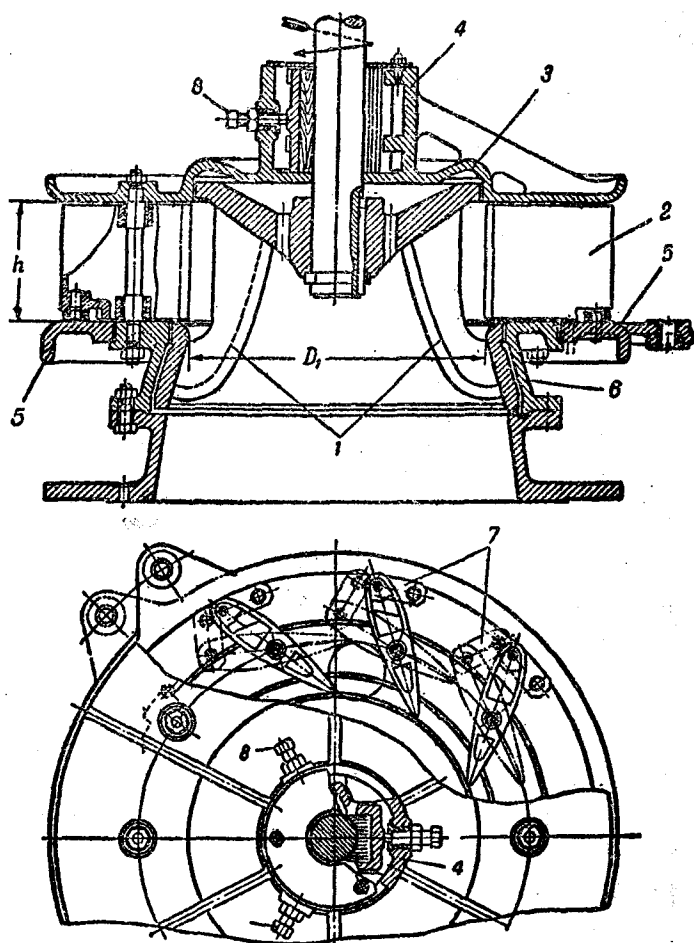


图9 立轴混流式水轮机，导叶可转动的导水装置
 1—转轮；2—导叶；3—水轮机盖；4—导轴承；5—调整环；
 6—支承底环（座环）；7—联接杆；8—拉紧螺栓。

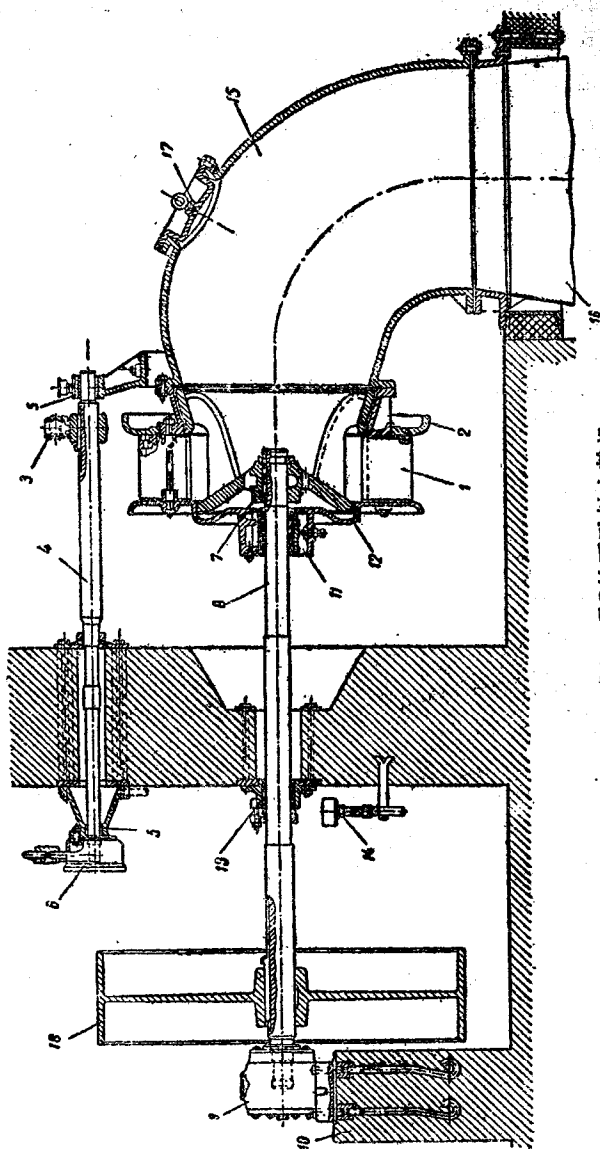


图10 Φ300-ΓO 輪系臥軸水輪機

1—導水裝置；2—調整環；3—拉桿；4—調整軸的軸承；5—調整調整器；6—手動調整器；7—調輪；8—水輪機軸；9—電力機；10—軸承座；11—軸承；12—水輪機軸；13—盤架；14—排水管；15—吸出管彎頭；16—吸出管；17—檢視孔；18—傳動皮帶輪。

叶可全开,当负荷全部丢卸时,导叶完全关闭,水轮机停止转动。

辐轴流式水轮机的比速,随轮叶的形状和进口直径 D_1 与出口直径 D_2 之比值而变化。辐轴流式水轮机分为:低速的,中速的,高速的和超高速的四种。

低速辐轴流式水轮机的比速在70~125之间,它的特点是进口直径 D_1 大于出口直径 D_2 。

中速辐轴流式水轮机的比速在125~200之间,它的特点是进口直径 D_1 与出口直径 D_2 大致相等。

高速辐轴流式水轮机的比速在200~350之间,它的特点是进口直径 D_1 小于出口直径 D_2 。

辐轴流式水轮机可在各种不同的水头情况下来采用,通常当水头6~350公尺时采用,在出力小的小型水电站适用较小的水头,只有大型的水电站中可适用于300~350公尺的水头。

辐轴流式水轮机有卧轴式(见图10)和立轴式(见图9)两种。但采用最广的为立轴式的。

目前我省地方国营浙江电机厂(厂址肖山县城关镇)和浙江水泵厂(厂址黄岩县海门区)已开始生产混-304-卧涡壳-35与混-240-卧涡壳-29两种规格之卧轴式水轮机。这两种规格的辐轴流式水轮机之适用范围表如下:

表 1 一、混-304-卧涡壳-35

水 头(公 尺)	出 力(馬 力)	流 量 (公方/秒)	轉 速 (轉/分)
7	26.5	0.378	641
9	38.6	0.429	727
11	52	0.474	804
13	67	0.516	874
15	83	0.554	939
16	91.5	0.57	970
17	100	0.59	1000
18	109	0.61	1035
19	118	0.62	1060
20	127	0.64	1080

表 2

二、混-240-臥滾亮-29

水头(公尺)	出力(馬力)	流量(公方/秒)	轉速(轉/分)
6	12.5	0.190	630
8	19	0.219	730
10	27	0.245	815
12	35.7	0.269	892
14	45	0.290	964
15	50	0.300	1000
16	55	0.310	1033
18	65.5	0.329	1095
20	76.5	0.347	1154
22	88.5	0.363	1210
24	101	0.380	1265
26	113	0.395	1318
28	127	0.410	1366

(二)旋槳式

1. 旋槳式水輪機的轉輪構造極簡單，是由一個錘形的輪殼及附在輪殼上的一些扭曲形的葉片構成(見圖 5)，它的形狀很象飛機及輪船的推進器和螺旋槳，葉片受力情況有如懸臂梁，因此需要做得牢固些。葉片的數目和水頭有關，一般採用 3—6 片(木製旋槳式水輪機有採用 2 片的)。

在旋槳式水輪機內，水流沿輪軸流動，而自導水裝置(它的導水裝置與輻軸流式水輪機導水裝置同)進入轉輪並在垂直於輪軸的平面內呈輻內流動。

旋槳式水輪機的工作特性不太好(見圖 9)，當水輪機的比速不大時，如果通過水輪機的流量約為設計流量的 30%，它的效率接近於零，所以通常用在負荷變化小的情況下，或在水電站內安裝多台水輪機。以避免僅有一台水輪機時因負荷變化效率減低很多的損失。

旋槳式水輪機的比速很大，適用於 10 公尺以下的低水頭水電站，通常水頭在 1.5 公尺~6 公尺時採用。

旋槳式水輪機構造簡單，整套機件可用金屬材料制成，或採用木料與鐵件兩種材料聯合制成（一般稱為木製旋槳式水輪機），鐵製旋槳式水輪機因輪葉的扭曲面比木製旋槳式水輪機輪葉的扭曲度更吻合水流運動的情況，所以鐵製比木製效率高。據浙江電機廠製旋-640-立明-40型之鐵槳式水輪機經測定結果效率達84%，而木製旋槳式水輪機最高的效率只有75%。但鐵製旋槳式水輪機構造雖簡單，仍要工廠製造，木製旋槳式水輪機木件部分，可就地請木工製造，所需鐵件一般地鐵器社也能製造，因此能就地製造，造價比鐵製低廉，有一定的使用價值。

目前我省許多機械廠都能製造鐵製旋槳式水輪機，其產品規格及適用範圍如下：

表3 一、旋-640-立明-40型使用範圍表

水頭(公尺)	出力(馬力)	流量(公方/秒)	轉速(轉/分)
1.0	3.0	0.261	375
1.5	5.5	0.319	460
2.0	8.5	0.369	530
2.5	11.8	0.412	590
3.0	15.6	0.452	650
3.5	19.7	0.489	705
4.0	24.0	0.522	750
4.5	28.7	0.556	795
5.0	33.5	0.586	840
5.5	38.8	0.611	875
6.0	44.0	0.640	920

製造廠：浙江水泵廠（廠址黃岩縣海門區）和寧波機械修配廠（廠址寧波市）。

2. 木製旋槳式水輪機：

木製旋槳式水輪機的主要部分由木材製成，構造簡單，能就地取材、就地製造，花錢少，並可為國家節約鋼鐵。所以這種型式水輪機在我國目前鋼鐵生產量尚不能滿足需要時，是很有實用價值的。根據蘇聯的經驗，木製旋槳式水輪機如製作時木材選用恰當，這種水輪機的木製部件在養護適宜的情況下，可以使用到

表 4

二、旋槳式-立明-50

水头(公尺)	出力(馬力)	流量(公方/秒)	轉速(轉/分)
2	11.7	0.576	427
3	21.4	0.7	524
4	33	0.815	605
5	46	0.91	675
6	60.5	1.01	740
7	76.5	1.08	800

制造厂：金华机械修造厂（厂址金华市）。

表 5

三、旋-680-立明-60 $\varphi=0^\circ$

水头(公尺)	出力(馬力)	流量(公方/秒)	轉速(轉/分)
2	17	0.756	396
3	31.2	0.925	486
4	48	1.070	560
5	64.2	1.20	600
6	88.3	1.312	685
7	113	1.56	750

制造厂：金华机械修造厂（厂址金华市）。

表 6

四、旋-680-立明-70 $\varphi=0^\circ$

水头(公尺)	出力(馬力)	流量(公方/秒)	轉速(轉/分)
2	29.3	1.335	304
3	53.7	1.633	372
4	83	1.89	430
5	116	2.12	481
5.4	130	2.2	500
6	152	2.32	523
7	192	2.5	570

制造厂：浙江电机厂（厂址青山县城关镇）。

表 7

木制旋槳式水輪機的動輪標準樣板選擇表

樣板 型號	採用這樣板的水 輪機參數	水輪機設計 出力 Q(公方/秒)	水 头										十字樣板 葉板厚度 (公厘)	主軸 直徑 (公厘)			
			1.5	1.75	2.0	2.25	2.5	2.75	3.0	3.25	3.5	3.75			4.0	4.5	5.0
0		N(馬力) Q(公方/秒)	1.69 0.113	2.12 0.123	2.60 0.130	3.10 0.138	3.65 0.146	4.21 0.153	4.80 0.160	5.40 0.166	6.05 0.172	6.71 0.179	7.36 0.184	8.80 0.195	10.3 0.206	11.8 0.216	13.6 0.225
4 叶	300	0.447	3.83 4.12	4.41 4.61	4.68 4.95	5.06 5.41	5.41 5.64	5.64 5.85	5.85 6.01	6.14 6.24	6.43 6.60	6.71 6.97	7.00 7.36	7.28 7.65	7.56 7.97	7.84 8.25	8.12 8.53
1		Q	3.66 4.61	5.64 6.75	6.75 7.90	7.90 9.06	9.06 10.4	10.4 11.7	11.7 13.0	13.0 14.5	14.5 15.9	15.9 19.1	19.1 22.4	22.4 25.9	25.9 29.4	29.4 32.9	32.9 36.4
4 叶	400	0.447	5.70 7.20	8.80 10.5	10.5 12.4	12.4 14.2	14.2 16.2	16.2 18.2	18.2 20.4	20.4 22.6	22.6 24.9	24.9 29.8	29.8 35.1	35.1 42.2	42.2 45.8	45.8 49.5	49.5 53.2
2		Q	5.70 7.20	8.80 10.5	10.5 12.4	12.4 14.2	14.2 16.2	16.2 18.2	18.2 20.4	20.4 22.6	22.6 24.9	24.9 29.8	29.8 35.1	35.1 42.2	42.2 45.8	45.8 49.5	49.5 53.2
4 叶	500	0.447	8.25 10.4	12.7 15.1	15.1 17.7	17.7 20.4	20.4 23.3	23.3 26.2	26.2 29.4	29.4 32.5	32.5 35.8	35.8 42.0	42.0 50.0	50.0 57.7	57.7 66.0	66.0 74.3	74.3 82.6
3		Q	8.25 10.4	12.7 15.1	15.1 17.7	17.7 20.4	20.4 23.3	23.3 26.2	26.2 29.4	29.4 32.5	32.5 35.8	35.8 42.0	42.0 50.0	50.0 57.7	57.7 66.0	66.0 74.3	74.3 82.6
4 叶	600	0.447	11.0 13.9	17.3 20.6	20.6 24.1	24.1 27.8	27.8 31.7	31.7 35.8	35.8 39.9	39.9 44.3	44.3 48.0	48.0 57.0	57.0 67.2	67.2 77.2	77.2 88.2	88.2 99.2	99.2 110
4		Q	11.0 13.9	17.3 20.6	20.6 24.1	24.1 27.8	27.8 31.7	31.7 35.8	35.8 39.9	39.9 44.3	44.3 48.0	48.0 57.0	57.0 67.2	67.2 77.2	77.2 88.2	88.2 99.2	99.2 110
2 叶	700	0.447	14.4 18.2	22.4 28.0	28.0 33.0	33.0 37.0	37.0 40.7	40.7 47.0	47.0 53.5	53.5 60.4	60.4 67.5	67.5 74.0	74.0 82.5	82.5 99.6	99.6 116.0	116.0 133.0	133.0 150.0
5		Q	14.4 18.2	22.4 28.0	28.0 33.0	33.0 37.0	37.0 40.7	40.7 47.0	47.0 53.5	53.5 60.4	60.4 67.5	67.5 74.0	74.0 82.5	82.5 99.6	99.6 116.0	116.0 133.0	133.0 150.0
2 叶	800	0.300	18.8 23.8	29.0 34.8	34.8 40.7	40.7 47.0	47.0 53.5	53.5 60.4	60.4 67.5	67.5 74.0	74.0 82.5	82.5 99.6	99.6 116.0	116.0 133.0	133.0 150.0	150.0 166.0	166.0 182.0
6		Q	18.8 23.8	29.0 34.8	34.8 40.7	40.7 47.0	47.0 53.5	53.5 60.4	60.4 67.5	67.5 74.0	74.0 82.5	82.5 99.6	99.6 116.0	116.0 133.0	133.0 150.0	150.0 166.0	166.0 182.0
2 叶	900	0.300	22.8 28.5	45.8 54.7	54.7 63.8	63.8 73.3	73.3 81.0	81.0 95.4	95.4 106.0	106.0 117.3	117.3 129.5	129.5 145.0	145.0 161.0	161.0 177.0	177.0 193.0	193.0 209.0	209.0 225.0
7		Q	22.8 28.5	45.8 54.7	54.7 63.8	63.8 73.3	73.3 81.0	81.0 95.4	95.4 106.0	106.0 117.3	117.3 129.5	129.5 145.0	145.0 161.0	161.0 177.0	177.0 193.0	193.0 209.0	209.0 225.0
2 叶	1000	0.300	28.0 33.0	40.7 47.0	47.0 53.5	53.5 60.4	60.4 67.5	67.5 74.0	74.0 82.5	82.5 99.6	99.6 116.0	116.0 133.0	133.0 150.0	150.0 166.0	166.0 182.0	182.0 198.0	198.0 214.0
8		Q	28.0 33.0	40.7 47.0	47.0 53.5	53.5 60.4	60.4 67.5	67.5 74.0	74.0 82.5	82.5 99.6	99.6 116.0	116.0 133.0	133.0 150.0	150.0 166.0	166.0 182.0	182.0 198.0	198.0 214.0
2 叶	1200	0.300	36.0 42.9	54.0 66.0	66.0 78.7	78.7 92.5	92.5 107.0	107.0 121.5	121.5 137.6	137.6 153.7	153.7 170.0	170.0 186.0	186.0 202.0	202.0 218.0	218.0 234.0	234.0 250.0	250.0 266.0

8~10年。

木制旋槳式水輪機，適用較小的水頭，一般應用在1.0~6.0公尺，水輪機的出力可從幾馬力到100多馬力。

蘇聯農村水電站的建設者，已將木制旋槳式水輪機設計好各種標準型式（見表7及8）。我們可根據擬建站地區的水頭和流量從表7和8內選用相同或相近似規格的标准型號的木制旋槳式水輪機，然後根據它來製造。

製造木制旋槳式水輪機各部件的材料，應選用堅硬、耐用，變形很小，膨脹性小和不易腐爛的木料。根據浙江省經驗，製造水輪機之轉輪、導葉等，常採用香樟、麻栗等硬木。各地選擇時，還可根據當地木料出產情況，採用性能符合上面要求的本地木料，以減低成本。

木制旋槳式水輪機的轉輪由若干輪葉拼塊，輪殼和泄水錐等組合而成（圖11）其製作步驟如下：

（1）備料：根據選定的水輪機型號，準備必要數量的木板。

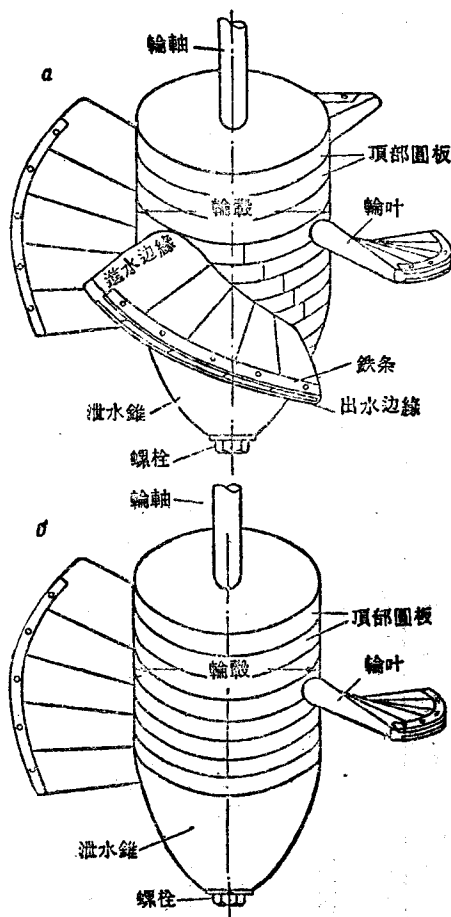


圖11 木制水輪機的轉輪外觀全圖

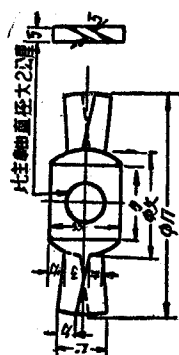
a—四葉式；b—兩葉式。

叶片样板尺寸表

表 8

型 号	叶片尺寸 (公厘)										十字拼块 (輪叶拼 块数)
	ウ	久	口	亡	カ	去	万	为	レ	万	
0											
1											
2											
3											
4											
5											
6											
7											
8											

四个叶瓣的叶片样板



两个叶瓣的叶片样板(木料)

