

全國农村水电会議先进經驗之十二

木竹輸水管及圪工尾水管

水利电力出版社編

水利电力出版社

內 容 提 要

在总路綫的光輝照耀下，全国各地都掀起了小型水电站的建設高潮。在建站时，由于压力輸水管和尾水管所需鋼材和混凝土的数量較多，往往造成材料供应方面的困难。因而利用当地材料来代替鋼材和水泥，是建站过程中急待解决的問題之一。

这本小册子是从全国农村水电会議交流經驗中选出的比較具有广泛意义的先进經驗的一种，書中介绍了如何用木材和竹材代替鋼材和水泥作压力水管；用磚石代替鋼筋混凝土作尾水管，从而減低工程造价，作到“因地制宜，就地取材”，以貫徹多快好省的精神。因此，本書对目前的小型水电建設將起一定的作用。

本書內容有虛有实，可供广大农业社的干部和初級技術人員修建小型水电站时参考。

木竹輸水管及圪工尾水管

水利电力出版社編

*

14148372

水利电力出版社出版(北京西郊料場路二里路)

北京市書刊出版業營業許可證出字第105号

水利电力出版社印刷厂排印 新华書店发行

*

787×1092 $\frac{1}{2}$ 开本 * 1 印張 * 20千字

1958年10月北京第1版

1958年10月北京第1次印刷(0001—5,100册)

統一書号: T15143·244 定价(第9类)0.10元

目 录

大壩水电站100公尺水头压力木質輸水管的設計与施工 …	(2)
利用毛竹作压力水管的經驗介紹……………	(14)
小型水电站“井型”尾水室的設計和施工……………	(17)
利用河光石漿砌的經驗介紹……………	(25)

大均水电站100公尺水头压力木質輸

水管的設計与施工

湖北省水利厅

(一) 工程情况

大均水电站是目前湖北省兴建的第一个中型农村水力发电站，其上游为1953年修成的大均水庫，水庫承雨面积43.2平方公里，土坝高30公尺，蓄水2330万立方，配合灌溉用水，利用水庫下游兩段天然跌差建成了一座发电量为960瓩的水力发电站。

电站为引水道式，在水庫下游400公尺处攔河建筑一道3公尺高的漿砌块石滾水坝，坝左端为引水口，引水渠沿山迂迴長1920公尺至前池。前池下接压力輸水管，輸送流量1.23秒公方，最大流速2.46公尺/秒，最大靜水头100.5公尺，水錘以靜水头之30.4%計而最大設計水头为131.05公尺，水管內徑80公分，支管內徑60公分，总長214.7公尺，在山坡部分固定在四个鎮墩上，鎮墩間距55~65公尺，并每3公尺設一支座支撑压力管，自一号鎮墩至二号鎮墩压力管傾斜度(与地平綫所成的角)为35度40分，二号鎮墩至四号鎮墩为32度10分；四号鎮墩以下为平置鋼管埋入混凝土內，其尾端分叉进入厂房連接兩部机組，压力管除轉弯分叉及固定或埋置于混凝土內的隱蔽部分为鋼管外，其他采用了連續木片管。

大均水电站采用兩部机組运轉裝置，每部裝机480瓩，兩部总装机容量为960瓩。水輪机为鉄制橫抽法蘭西斯式水輪机，发电机为臥式三相同期交流发电机，发电机与水輪机直連同軸运轉。

大均水电站于1956年4月开工，由于鋼材和电气器材的缺乏延至1957年2月才全部建成开始发电。目前主要为供給距电站6公里的全国示范工程明山水庫的施工用电；多余电量供給附近城鎮的工业及生活照明用，并將建立抽水灌溉站，以及將着手进行规划自大均至明山至白果至麻城計120平方公里农业用电，如抽水、脫粒、軋花、推磨、照明，实行农村电气化。

(二)木質压力輸水管討論

大均水电站出力虽不太大，但水头达100公尺以上，这样高的水头采用連續木片管，在国内尙屬首次，因此有兩個問題必須研究考虑：第一是安全；第二是漏水。經搜集各方面与此有关的文件和参考書籍，并与有关單位研究，現將各方面的論述摘要叙述如下：

1. 莫罗佐夫著水能利用第400頁

水头和木管直徑的乘积即 HD 值(以公尺計)不应大于180~200；当直徑較小时，木質水管可以采用至水头为60~80公尺；当直徑很小时，甚至还可以更提高。

2. 古宾著水电站第278頁表5~2

水管內徑 (公尺)	容許应力 (公尺)	鋼箍直徑 (公厘)	鋼箍必要間距 (公厘)
1.25	55	10	20
1.25	75	12	23
1.25	120	16	28

在小的直徑情形下它們可以用于水头达80~120公尺。

3. 汪胡楨譯旭克列許著水力发电工程学第780頁

淨直徑(公尺)	水压力(公尺)
1.00	140

0.75 155

0.50 175

4. 克里格和焦打著水力发电手册第667頁第4图

直徑(英尺) 水头(英尺)

4 390

3 450

2 590

5. 余家洵著水力发电工程学第145頁

木管以采用較低之水压为宜，木管的弱点为不易使其絕對不漏水，不能抵抗不平衡的外方压力，內水压力不得大于大气压的6至8倍。不能承受水压不均的冲击。

6. 国定全苏标准 ГОСТ-3393-46水电站的木質压力輸水管第Ⅱ节第2条載：用以制造輸水管板的鋸材应滿足 ГОСТ-3008-45針叶树成材載“本标准适用于厚度在 100 公厘以內的針叶树成材，專供苏联国内直接使用……和工作压力在 6 个大气压以內的木管之用。”

7. 水利部勘测設計院水电組的意見

(1)按一般規定水头100公尺水管內徑0.8公尺是可以采用木管的，关于 ГОСТ-3008-45 的規定是指的必須使用木材的标准規格，如使用标准規格則只适用于6个大气压力的条件，但我們現在并不受木材标准規格的限制。因此不受6个大气压力的限制，只要在設計計算中按照木材的允許应力进行計算即可。

(2)但在計算中必須慎重并于安全方面着眼，如果可能在下半截采用鑄鉄管是比較合适的。

(3)木材質量一定要求很严格并在安裝后运轉前必須做水压試驗。木材必須經過慎重挑选。

8. 武汉水力发电設計院的意見認為100公尺水头在理論上是可以用水管作的。

由上所述100公尺压力水管使用木制是有理論根据的，水管設計主要的是計算鋼箍与木材之選擇，鋼箍的間距是一个控制因素，根据压力計算之鋼箍間距必須大于箍座的寬度使鋼箍能安得下，木材的挤压应力应大于45公斤/平方公分，以承受鋼箍的拉伸而产生对木管的挤压力，能滿足上述两个条件在理論上說木管就屬於安全；但木管承受高压下是否漏水，木材選擇是否恰当以及在高压下木管究竟是否屬於安全，必須通过水压試驗来解决。

(三) 鋼箍計算与木管挤压应力之校核

甲、計算公式

鋼箍間距按下列公式計算决定：

$$A. \text{ 当設計內水压在53.5公尺以下时: } A = \frac{f(\sigma_p)}{P(R+8t)}$$

$$B. \text{ 当設計的內水压力大于53.5公尺时: } A = \frac{f(\sigma_p)}{P(R+1.5t)}$$

式中 A ——鋼箍中心綫間之距离，以公分計；

$$f = \frac{\pi d^2}{4} \text{——鋼箍的計算断面积，以平方公分計；}$$

d ——鋼箍直徑，以公分計；

$[\sigma_p]$ ——鋼的允許拉应力(公斤/平方公分)；

P ——輸水管之計算水压力(公斤/平方公分)；

R ——輸水管內半徑公分；

t ——管板厚度公分。

註：鋼箍之間距不得大于20公分。

輸水管內的計算水压力 P 采用为 $0.1 H_{\text{расч}}$

$$H_{pgc} = H_0 + \Delta H$$

式中 H_0 ——最大靜水压力，以公尺計；

ΔH ——水輪机輸水管內由于水錘而产生之最大压力增加值， ΔH 之数值不应小于 $0.15H_0$ 。

鋼箍的直徑应以橫截木管板纖維由于箍的拉伸而产生的挤压应力来校核。

$$\text{当 } d > 16 \text{ 公分时, } \sigma_{cm} = \frac{\pi d \sigma}{2(R+t)} \leq [\sigma_{cm}] 90;$$

$$\text{当 } d \leq 16 \text{ 公分时, } \sigma_{cm} = \frac{\pi d \sigma}{3(R+t)} \leq [\sigma_{cm}] 90。$$

式中 σ_{cm} ——木管板之挤压应力公斤/平方公分；

σ ——鋼箍断面上的应力公斤/平方公分；

$[\sigma_{cm}] 90$ ——橫截木管板之允許挤压 应力公斤/平方公分；

d ——鋼箍的直徑公分；

R ——輸水管之內半徑公分；

t ——管板厚度公分。

鋼箍直徑的采用范围为10公厘至33公厘，鋼箍末端加粗的長度不得小于220公厘。

鋼箍直徑（公厘）为10、12、14、16、18、20、22、24、27、30、33。

鋼箍加粗端之直徑（公厘）为14、16、18、20、22、24、27、30、33、36、39。

乙、举例

已知最大靜水头 $H_0 = 100.5$ 公尺，設鋼箍 直徑 $d = 16$ 公厘，計算鋼箍間距并校核木管由于箍的拉伸而产生的挤压应力。

一、鋼箍間距的决定

$$\text{水錘 } \Delta H = 100.5 \times 0.304 = 30.55 \text{ 公尺}$$

設計水頭 $H_{pacu} = 100.5 + 30.15 = 131.05$

計算水壓力 $P = 0.1 H_{pacu} = 13.105$ 公斤/平方公分

鋼箍直徑及間距 $A = \frac{f[\sigma_p]}{P(R + 1.5t)}$

設鋼箍直徑為 16 公厘: $f = 2.01$ 平方公分

σ_p = 鋼的允許拉應力 = 1,200 公斤/平方公分

R = 水管內半徑 = 40 公分

t = 管板厚度 = 4 公分

$$A = \frac{2.01 \times 1,200}{13.105(40 + 1.5 \times 4)} = 4.01 \text{ 公分用 } A = 4 \text{ 公分}$$

$$\text{則鋼箍斷面上的應力 } \sigma = \frac{4 \times 13.105 \times 46}{2.01} = 1,200 \text{ 公斤/平方公分}$$

方公分

二、校核木管由於箍的拉伸而產生的擠壓應力

$$\sigma_{cm} = \frac{\pi d \sigma}{3(R + t)} \leq [\sigma_{cm}]_{90}$$

$[\sigma_{cm}]_{90}$ = 橫截木管板的允許擠壓應力為 45 公斤/平方公分

$$\sigma_{cm} = \frac{\pi \times 1.6 \times 1,200}{3(40 + 4)} = 45.75 \text{ 公斤/平方公分} \approx 45 \text{ 公斤/平方公分可用。}$$

方公分可用。

三、校核木管板厚度，按 5 個支點的連續梁計算

$$t = 0.25 A \sqrt{\frac{H_{pacu}}{fw}}$$

fw = 木材允許工作應力取為 60 公斤/平方公分

$$t = 0.25 \times 4 \sqrt{\frac{131.05}{60}} = 1.476 \text{ 公分，實用 4 公分無問題。}$$

題。

(四) 水压試驗

試驗目的为解决木制水管在高压力下是否安全，同时通过試驗以选择木材并提出防漏措施。

第一試驗段是采用越南榆木制成長 2 公尺用厚 4 公分弧形板 20 块拼成內徑 80 公分圓管，按最大設計压力安排鋼箍間距为 4 公分，兩端用鑄鐵盖封住，用 7 根直徑 30 公厘的鋼条拉紧，鉄盖与木管端之間压一涂有白厚漆的石棉圈防漏，鉄盖一端接細銅管与手压高压水泵相連，用水泵加压，由水压表記載压力。但越南榆木紋理較粗，并有虫眼，加压后严重漏水，压力加不起来，若試驗要繼續进行必須解决漏水問題。最后研究决定用 1 公厘厚青鉛皮貼在木管內壁，接縫处用錫焊住，这样压力就很快加上去了。最高达到 18.3 公斤/平方公分，管板鋼箍及箍座均一切正常。再將鋼箍間隔加大一倍，进行破坏試驗，当水压达到 13 公斤/平方公分即等于設計水压时，有一根鋼箍头断掉，但經檢查断裂痕仅占鋼箍截面的 1/3 强，系因鋼箍头制造时加火不均，只有 1/3 强的截面承受拉力。由此証明木制水管是可以承受高压的。

漏水問題还没有解决，青鉛皮是一种比較昂貴的金屬材料，不可能在整个木管內壁垫上青鉛皮。后来在大坳工地选用了当地产柏木制成了第二节木管試驗段，在工地进行試驗。柏木紋理細密，試驗結果，达到 20 公斤/平方公分的高压力，并不漏水。柏木缺点是节疤多，也有虫眼，但用石棉調白厚漆作填塞处理可以防漏。

(五) 木材选择

(1) 木質堅实，挤压应力 ≥ 45 公斤/平方公分，以承受因

鋼箍的拉伸而产生对木管的挤压力。一般什木和松木都能符合这个要求。

(2) 纹理细致。如柏木纹理是细致的通过水压试验，在高达20公斤/平方公分之压力下，没有漏水现象。

(3) 经久耐用。如柏木是当地群众用来制造上等棺木，是一种经久耐用的木材。

(4) 走性小，即在空气中不易变形，不易发裂。

木料锯成板料，再刨成弧形板，然后安装制造，中间是经过一定时间的，木材走性大，容易变形，就会使安装成为不可能。如枫木板在空气中经过一段时间就不平了，容易发裂的木材，也不能用来制造木管，如果木板太阳一晒就裂开很大的缝。柏木的走性和发裂都较小，但在制造过程中仍要作一些预防工作，如用水煮一遍，涂刷桐油，不让太阳曝晒等。

(5) 避免大节疤，节疤腐朽和有虫眼的木材。

(6) 就地取材。

就地取材是选择木材的重要原则之一，最初总认为木管承受的压力很大，质量要求严格，必须选用一级木材来制造。设计时决定采用东北松向计委申请没有获得批准，而设法购到一批从越南进口的榆木，试验结果不合用，最后采用了当地产的柏木。柏木的优点很多，不仅符合了设计要求，并为国家节约了资金，也为国家节约了高级木材。

(六) 防漏措施

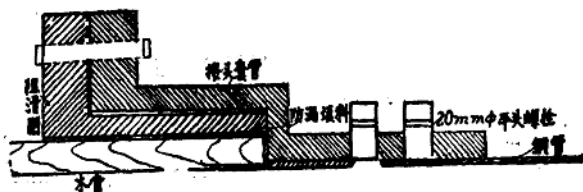
(1) 木管系由20块弧形板条拼成圆管，板条之间系平缝拼合，要求板面刨得平直，板条密缝拼合。这样在高压下是不漏水的，安装时，板侧面刷一层白厚漆，拼缝则更为紧密。

(2) 木管系采用连续式，木板条两端之间可嵌入1公厘厚

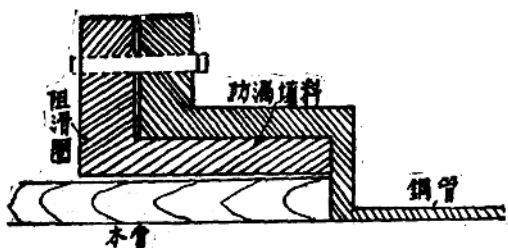
与板条同宽的鉄舌一片，鉄舌涂滿白厚漆，其作用使鉄舌与鋸縫間的空隙由厚漆填滿，同时白厚漆可以保护鉄舌不致生銹，以增長其寿命。安裝后檢查接头处若仍有空隙，須用白厚漆拌合石棉綫塞紧，这样木板条兩端相接处不会漏水。

(3)木板条虫眼过多者剔除不用，有个別虫眼可以將石棉綫拌以白厚漆用鉄錐子錐进去，將虫眼堵塞，可以防漏。挑选木板时，有个別虫眼未发现，安裝放水时，水由虫眼內射出来，可用一枚木螺絲涂以紅丹或白厚漆旋进去即可堵住漏水孔。

(4)如图一，鋼木管接头的防漏填料使用石棉纖維圈，先將石棉圈投入机油內浸透，然后涂上白厚漆圍在木管上，注意每圈的接头錯开，再用阻滑圈压紧，可以做到不漏水，但由于



图一 鋼木管接头示意图



图二 鋼木管接头示意图

鋼管系手工制成，不可能很圓，并且凸凹不平，因之，鋼管与套管之間的空隙极不均匀，填塞异常困难，今后鋼木管接头可考虑改成图二形式，則可免此弊（参看图一图二）。

(七)木管板条的加工

(1)採購木板的規格

連續木片管由20块板条拼成80公分內徑圓管，板条內外表面皆作圓弧形，兩側順半徑方向切成斜面，加工前採購的木板截面应稍放大为 150×55 公厘，長度按規範不得少于2.6公尺，須平直而不弯曲，通过水压試驗有少数短于5公寸以下的板条試驗結果亦屬安全，为安全計木板長度規定为2.6公尺以上，个别情况可短至1.5~2.0公尺。

制造板条时年輪的方向应近似的与木管圓周成同心圓，不准采用其方向为斜向或徑向者，并禁止木材的中心部分制造板条，因之在採購木材时，將树伐倒后須派木工前去下綫，鋸成合乎規定的木板，注意木板必須置于阴地不讓太阳曝曬。

(2)木板煮沸

在一个陡坎边挖两个坑相距約4公尺，每圓坑內埋置鉄鍋一口。鍋上安80公分对徑木桶一个，兩桶間連通 50×60 公分方木槽，木桶及木槽內裝滿水，木板置于水槽內，并分层隔开，使水可在木板之間流通，將水煮沸后三小时，換一批木板。每次可煮20块，每煮10次左右須調換清洁水。

柏木板紫紅色經煮过取出后表面呈紫黑色，柏木內油脂煮出，浮于水面；同时柏木有虫眼藏有白蟻。往往一顆柏树几乎全为白蟻蛀空，木板經煮沸，將白蟻全部杀死可以防腐，木板經煮过其另一作用可以减少变形。

(3)加工程序

1. 木板挑選：凡虫蛀节疤腐朽穿透，节疤过大及不合于規格的木板剔去，將合于規格的木板整齐堆放于工作棚內。

2. 因木板有縮性应按81公分直徑圓管(原为80公分)分成20等分制出样板，所有板条即按此样板加工，允許誤差寬度不得超过1公厘，厚度不得超过2公厘。

3. 先將木板兩面刨平，再刨木板的兩斜側面，然后刨凹凸兩弧面。接合工序組織平面、側面、弧面三加工組施行流水作业法，注意側面加工組須配备技艺較高的木工担任。

4. 最后鋸平板条的兩端，并鋸出嵌鉄舌的縫口，担任此項工作的木工可同时統計板条的数量及長度。

5. 將制成的板条涂刷生桐油兩遍在太阳下进行，使桐油易于吸入木板內，其作用为防腐防裂及防止变形。

(八)木管安裝

(1) 木管安裝为自下而上的进行，每兩鎮墩之間的木管安裝可以同时進行。首先安裝各鎮墩鋼管与木管相接的鋼木管接头的套管，用起重葫蘆吊裝，安裝組三人。

(2) 安裝木管下端(即鎮墩鋼管上口)鋼木管接头的阻滑圈，同时安裝木管一节，木管板条長短交錯拼合，相鄰板条長短相差不得少于6公寸。

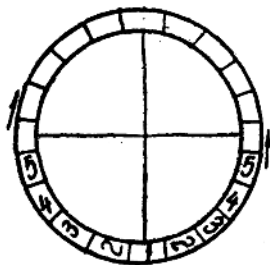
(3) 繼續安裝木管，木管連續相接使成整体，安裝組9人設組長1至2人，3人涂白厚漆及安裝板条，三人上箍紧箍，另三人加箍及紧箍。安裝程序如下：

1. 板条兩側面涂白厚漆注意涂刷均匀并隨涂隨安，以防白漆乾硬致板条間拼縫不密合容易漏水(注意当天收工时已涂漆板条未用完或已安裝板条而未拼縫者其上的白厚漆均須仔細刮去)，同时在支座上按設計間距安置至少三根鋼箍(鋼箍及箍座

均涂紅丹防銹)。

2. 在板条下端安上鉄舌，鉄舌必須擦干淨，涂滿白厚漆，然后插入已安裝板条上端之鋸縫，注意鉄舌須与板条寬度相符合。

3. 安裝板条注意从下而上兩边对称的安上去使其平衡，次序如图三，否則拼成木管的板条因受力不均会发生扭轉，板条扭轉則其兩端必产生長短角，而致板条兩端相接处不能密合就会漏水。



图三 木管安裝次序图

4. 板条安裝一半成一半圓后將80公分对徑內圓胎稍安上，須注意安置穩妥以策安全。

5. 繼續安裝上一半板条，板条拼縫注意拼齐拼紧，上鋼箍后达到白厚漆挤出来。

6. 每相距50公分上鋼箍一道并將鋼箍收紧，支座鋼箍同时收紧。

7. 取出內圓胎稍。

8. 檢查管內板条兩端接縫是否密合及作填縫工作，每天收工时入管檢查当日工作。

9. 管外壁涂刷水柏油兩遍以防腐及防止太阳晒后裂縫。

10. 另一鋼箍組三人紧接着按設計間距加箍并紧箍，上箍。紧箍時間愈短愈好，免使白厚漆干后拼縫不严，鋼箍箍座位置注意錯交或者在一螺旋綫上，箍座以跨三块板条为原則。

11. 繼續紧鋼箍約5至6遍使鋼箍嵌入管板至少与管板密合，注意所有鋼箍收紧的程度近于相等，使鋼箍受力平衡。

12. 木管安裝至上端与另一鎮墩下口鋼木管接头的套管相

連，防漏填料仍使用浸过机油再涂白厚漆的石棉圈，然后将鋸成兩半的阻滑圈合上压紧即可。

13. 木管安裝完毕必須进入管内进行总檢查拼合縫、接头縫及鋼木管接头情况，并进行必要的防漏处理。

(九) 养护管理

1. 木管上应搭盖管棚，主要不讓太阳曝晒。

2. 在夏季管内应經常充滿水以为养护。

3. 冬季用稻草包扎防冻。

4. 冬季在不发电时管内水应放空以免冰冻。

5. 应經常檢查鋼箍松紧情况。

6. 压力管充水时必须徐徐行之，注意前池閘門开启不大于1公寸，免使大量水流驟入压力管而发生事故，待压力管水滿后，再全部开放前池閘門，然后水輪机開車。

当前池水放空时則須注意打开冲沙孔閘門及关闭前池閘門，免使暴雨时大量急水冲入压力管而造成事故。

利用毛竹作压力水管的經驗介紹

福建省南平水利局

以盛产筍干聞名各地的福建省南平县西芹鎮后坪村，于1958年5月9日建成了全省第一座以毛竹为压力水管，引水冲击木質水輪机，能发电4瓩的水电站。这个电站的建成，給高山地区兴建水电站指明了方向，作出了典范。

后坪村处在海拔1500公尺的叢山峻岭之中，森林茂密，道路崎嶇，交通极其不便。全村有85戶，438人，于1955年冬合

作化高潮中办起了一个高级社，連續二年获得大丰收，社員的生产和生活水平都超过了当地合作化前富裕中农的生产和生活水平。可是，每到黑夜，除了上民校和村里开大会使用煤油灯外，羣众还是点着篾片当灯火。村里虽然有二个很小的水力米碓，仍不能满足全村农民食米加工的需要。同时，由于耕地多、竹林多，在生产大跃进的形势下，劳动力更显得不足。因此，羣众对兴建小型水电站和加工厂有着迫切的要求。

去年冬天，村里广泛深入地宣傳貫徹了全国农业发展綱要(修正草案)之后，党支部就提出了提前实现40条綱要的宏伟計劃，要求在1958年結合引水消除旱灾的同时，兴建小型水电站和联合小型加工厂各一个。这个計劃得到社員热烈的支持。社里立即成立了水利委员会，抽調9个社員組成专业队，專門負責寻找水源，兴修水利和建設水电站。但在村的附近地区，既沒有溪流，又沒有瀑泉，也沒有終年不枯的小山澗，于是党支部召开了老农座談会，发动大家献計，到离村15华里的矇矇洋高峯峡谷里找到了二股水源，用了2500多根毛竹接成二条毛竹导水管，把泉水接引到村里来，經過水利技术干部帮助設計和指导，在去冬臘月，全村男女老幼80多人参加了晚上赶筑土坝的义务劳动，苦战了13个晚上，修建成一个小山塘，把从山谷里引来的水积蓄了起来，然后再用74根(長3.5—4.5公尺，中間外圓周40公分)毛竹，接成二条水管，把山塘的蓄水从25公尺的高处引到水电站冲击水輪机，于今年5月9日正式发电(水流量約0.03秒公方)。发电后的水，再被引到山田灌溉，灌溉面积佔全社总耕地面积80%，其中有旱灾田350亩，完全摆脱了干旱的威胁。

在建站过程中，为了貫徹多快好省建設社会主义的总路綫。同时由于流量的限制，发电量少，必須想尽一切办法来降