

86.834

6CH

063107

明山水庫防滲連鎖管柱的施工

聶長曄編



水利电力出版社

明山水庫防滲連鎖管柱的施工

蕭 長 嘩編

*

17885519

水利电力出版社出版(北京西郊科學路二里溝)

北京市書刊出版業營業許可証出字第105号

水利电力出版社印刷厂排印 新华書店发行

*

787×1092 系开本*1張印張*37千字

1959年2月北京第1版

1959年2月北京第1次印刷(0001—4,100册)

統一書号: 15143·1399 定价(第9类)0.23元



目 录

緒言	2
一、地質概況	4
二、連鎖管柱的結構型式	5
三、場地布置	6
四、棧橋的設計与施工	8
五、連鎖管柱的制造	13
六、連鎖管柱澆筑的步驟	10
七、制造連鎖管柱中的几点体会和存在的問題	27
八、管柱下沉	28
九、管柱內鑽岩	40
十、灌注封底混凝土	47
十一、鎖口濃漿	50
十二、管柱內回填土的問題	53
十三、結語	54

緒 言

明山水庫位于湖北省境內。坝高32.5公尺，系組合式粘土心墙坝，心墙边坡上下游皆为1:0.15，上游坝壳填筑壤土，下游为砂壳。坝基复盖层厚度为6~12公尺，由顆粒較均匀的粗砂淤积而成，不均匀系数为3~7。河床以下6~7公尺处，有厚1公尺以上的卵石夹砂层，不均匀系数为38~45。砂的有效粒徑为0.3~0.45公厘，卵石最大直徑为150公厘。左岸系打板桩圈堰开挖至岩盘，除填筑一段粘土心墙外，与防渗連鎖管柱相接处另浇筑一段长7公尺的混凝土高墙直达河床并置有鎖口。为了避免开挖与管柱施工的干扰，右岸也采用管柱处理，直达山坡，直接与混凝土齿墙相連。全长143公尺，需管柱81根(包括鎖口在內每根管柱淨寬1.79公尺)。連鎖管柱位置在坝軸綫上，頂端与河床齐平，上面再浇筑1.5公尺高的混凝土截流墙与粘土心墙相連，下端与岩层相接，橫断复盖层以防滲。见图1。

原設計的基础处理方法，系明挖截流槽至新鮮岩面，再回填粘土心墙以防滲。估計挖槽时最大滲漏流量为0.6秒公方(包括砂內饱和水)，这样大的滲漏量，在湖北省还是第一次，在施工技术方面缺乏經驗，在施工机械的供应上也有問題。經初步估計抽水机的电源約需250瓦，其它如推土机和履带式輸送机等必需的施工机械，都无法按期供应，不能保証施工。在技术措施方面，曾試圖在开挖截流槽以前，在截流槽上下游約340~300公尺处，橫断复盖层直到风化岩层各打

一排企口木板桩（工地已經試打成功），以減少滲漏量。并拟于兩道板桩之內，截流槽以外，各凿口徑約1.0公尺的井2~3排，采用大井点的办法，分級进行抽水以降低地下水位。流入截流槽內的少量滲漏水，再直接由基槽內抽出，这样排水可以避免坑內涌砂。但采用这种办法究竟效果如何，以及在深砂复盖层內能否打井，都沒有成功的經驗作为依据。因此，就长江大桥竣工之便，湖北省水利厅陶述曾厅长及时地提出了采用連鎖管柱施工方法的建議，并得到长江大桥工程局彭敏局长及专家組长西林同志的大力支持，亲临工地了解实际情况，經研究后确定可以采用。另外省水利厅也试图在水利工程方面，开辟采用这个方法的先例，取得經驗后作为其他各地的参考。在水利部的大力支持和鼓舞下，更增加了大家的信心，之后刘鍾瑞司

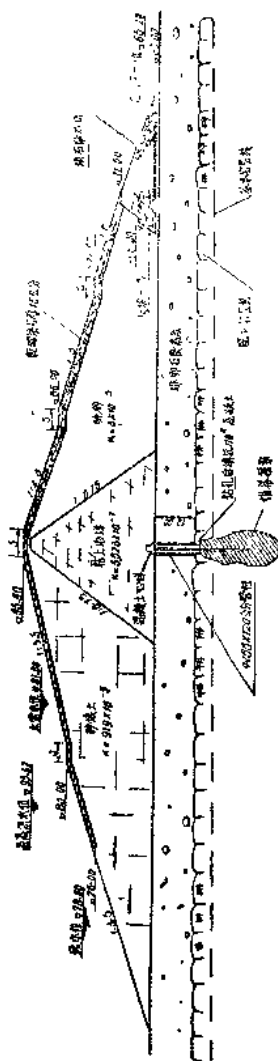


图 1

长和薩納格揚专家亲临工地指导，又給予了很大的帮助。在施工方面，系委托长江大桥工程局第一桥梁工程处代办。

由于管柱这一先进的施工方法应用到水利工程方面还是第一次，正如西林专家所说：“在施工中会遇到許多新問題”。因此，边試驗边施工是必然的过程，笔者限于水平，仅能就施工过程以及存在的問題和解决經過，作一詳細的报导性介紹，請同志们予以指正。

一、地質概况

水庫位于大別山脉东段的东南部，地質为震旦前紀的变質岩所形成，整个变質岩的前身为沉积岩(庫內有大理石的透鏡体)，基岩为片麻岩，其片理平行于层理。地質构造为一单斜构造，地层傾向下游，走向一般为北东，傾向北西，傾角为 $12^{\circ} \sim 80^{\circ}$ ，坝址正处在水庫範圍內的大背斜西南翼上，节理发育。本区为七級地震区。河床約在桩号0+220公尺处，有順河方向的平移断层，向南傾斜 $60^{\circ} \sim 80^{\circ}$ ，內填充不漏水的煌斑岩，系死断层，靠近断层以南約十公尺範圍內，岩盘表面3~10公尺較风化破碎。断层以北为完整而新鮮的角閃片麻岩，断层以南为花崗片麻岩与长英片麻岩的互层带。此外，坝軸綫下游有橫跨河身的逆掩断层，庫內有一道橫跨河身的正断层。

二、連鎖管柱的結構型式

管柱的設計原理，是按彈性地基上梁的原理，并根据

“基地系数法”进行演算的。首先求出通解，再按既定的边界条件求出特解，以求出各断面的弯矩和剪力。管柱钢筋混凝土截面的设计，是先假定截面的尺寸和配筋的数量，然后按弯矩核算，不考虑混凝土受拉地带的作用，方法详见“大桥工程学习汇编”第一期。具体计算方法另有专文介绍。此处仅将结构尺寸和型式作一简单说明。

連鎖管柱系采用长江大桥的管柱尺寸，外径为1.55公尺、内径为1.35公尺、壁厚为0.1公尺，并于外缘增加对称公母鎖口各一个。每根管柱长4~10公尺，视实际需要而定，长度不够时可采用接桩办法。下端用外直内斜的钢板制成20公分高的管靴，上端有钢板焊成的法兰盘，作为接长管柱以及连接震动打桩机之用。每根管柱内有 $\phi 22$ 公厘的纵向主筋34根，外绕螺旋钢筋，内置綁架钢筋，用200号混凝土。

母鎖口内圆直径为18.5公分，公鎖口外径为17.5公分，公母鎖口套进后间隙仅有5公厘，公母鎖口圆弧处都用钢板鑲护，以防拉断。鎖口内置有斜拉钢筋与柱身主筋连接，防止鎖口与管柱脱节，详见图2。

鑽孔深度，在无风化岩地区，鑽进新鲜岩层至少0.5公尺；在较风化地区，须视实际情况而定，要求不少于1公尺。在断层破碎地带要尽量鑽深，下面再用灌浆处理。管柱要求通过风化岩，至少鎖口底部须与岩盘接触，以免悬空不便处理而漏水。管柱内回填河沙。鎖口的空隙处采用水泥灌浆法处理。

三、場地布置

場地布置主要是根据下列条件来考虑的:

(1)公路桥梁的运输条件: 武汉市郊岱家山三号桥只载重10吨, 大型工具不能运进工地;

(2)电源困难, 须尽可能采取技术措施, 减少机械設備;

(3)山区木料方便且价廉, 所有結構应尽量就地取材, 采用木制, 避免用鋼結構;

(4)棧桥和鍋炉設備的位置应考虑布置在历年最大洪水位65.5公尺高程以上;

(5)与其他工种的配合(如地基灌浆等)。

在下沉管柱时, 棧桥上所需要的起吊設備, 原先考虑使用长江大桥的德立克塔式吊車、T.M.K-20型吊車以及A.K-35型吊車, 因这些机械的起吊能力在15至35吨左右, 本身都很重, 受桥梁和公路的限制, 不能运进工地, 如果拆散运输, 不但费时, 工地拼装也不容易。这三种吊車軸承集中压力都很大, 約在40吨以上, 对每根桥桩的承载力要求很高, 也难办到, 因而放弃采用。根据就地取材原则, 采用了木制龙门吊車。

另外, 为了减少起吊設備及工地运输設備, 采取的技术措施是管柱在下沉处就地浇筑的办法, 并改变原来长江大桥的臥式浇筑法为立式浇筑法, 这样占地显著减少, 就适应了棧桥处場地窄小的情况。总体布置如图3。其内容为:

(1)为了保証汛期施工, 在坝軸线上設置棧桥一座, 长

124公尺；

(2) 棧桥上設置木制龍門吊車一架，作為起吊管柱、震動打桩机以及射水管之用。在下游棧桥上，設置少先式小吊斗一部，作為起吊混凝土、模板、法兰盤之用。鑽机以及龍門吊車的電動卷揚机也都放在棧桥上；

(3) 因碎石場設在庫內，故靠棧桥上游布置拌合机 1 至 2 台，為制造管柱之用；

(4) 為了提高模板周轉率，在棧桥下游 30 公尺處設蒸汽鍋爐一座，作為管柱蒸汽養護之用，以便提早拆換時間；

(5) 在棧桥附近臨時搭設高台，安放高壓水泵兩部、空氣壓縮机一部，以備下沉管柱時使用。水泵和空氣壓縮机具體位置，隨管柱下沉地點而定；

(6) 靠棧桥上游，鋪設臨時輕軌，作為移動腳手架之用；

(7) 另放一部低壓水泵同鍋爐在一處，作為鍋爐充水以及管柱模板洒水和養護之用；

(8) 電路的布置，在制造管柱時期，是利用柴油發電机，布置在左岸下游約 500 公尺處器材科內，沿河兩岸都設有高壓和低壓綫路，在埧軸兩端各設有開關站，將 380 和 220 伏的電壓分別輸出，供給機械和照明用電。在下沉管柱時，採用大壩發電站的電源（距工地約 7 華里）；

(9) 焊接管柱鋼筋用的電焊机兩台，在下游靠棧桥處另搭平台安放；

(10) 在棧桥北岸下游約 300 公尺處設鋼板堆放處和加工廠，模板檢修場和模板預拼場設在靠北岸棧桥上下游附近，鋼筋加工場設在器材科內。

四、棧橋的設計與施工

(1) 棧橋的設計 白果河填址以上承雨面積為 182.5 平方公里，降雨多集中在 6、7、8 三個月，占全年降雨量的 50% 以上，根據以往紀錄統計，6 月最大來水量為 422 秒公方。3、4、5、9、10 五個月為常水期，最大來水量約 124 秒公方，一般不超過 20 秒公方。白果河的來水量極不平衡，屬山溪性質，陡漲陡落。管柱施工預計在 6 月底以前完成，正當汛期，為了適應汛期施工，所以修建橫跨河床的木製棧橋。

棧橋木桩原按摩擦桩設計，靜荷載包括龍門吊車自重加起吊一根管柱重量和在棧橋上預制一根管柱的重量。三個荷載平均分配於四腳而傳至桩上，經分配和復加後，計算出每根桩的最大靜荷載為 12.6 公噸，按蓋爾謝凡諾夫打桩公式計算：

$$e = \frac{n f Q H}{K P (K P + n f)} \cdot \frac{Q + 0.2 q}{Q + q} \quad (\text{無送桩時})$$

因此，得出貫入度“ e ”為 0.25 公分。計算時系假定桩的入土深度為 9 公尺，桩徑為 18 公分。

式中： e ——貫入度（對砂類土，桩打下後須休息 3 至 5 日，再復打時的貫入度）；

n ——與錘击方法及桩的材料有關的係數，對於木桩採用 10 公斤/平方公分；

f ——桩的橫斷面積，為 254 平方公分；

q ——桩重，為 138 公斤；

Q ——錘重，為 250 公斤（人工落錘）；

H ——落高，为200公分；

P ——桩上計算荷載，为9吨（由于計算上的錯誤，
后經核對为12.6吨）；

K ——安全系数，采用2。

但实际的“ e ”值，經試打后为2公分左右，超出計算值很多，估計很难达到标准。故确定桩木打到岩盘，改磨磨桩为支撑桩。棧桥桩料全部利用已备好的右岸圍堰15×20公分的楓木板桩料。

（2）棧桥及其它设备的布置 棧桥的正桥系沿坝軸綫方向布置，由对称的两座小桥組成，桥的桩距为1.75公尺，两个桥桩的間距为2.5公尺，使下沉管柱时有足够的空間。在工作需要时，两桥当中空隙部分，可随时搭設枕木和桥面板使連成整体。主桥两端为1.5公尺寬的悬臂式便桥，作为安設輸水管路、蒸汽管路的地方，又可作为人行路和斗車路。棧桥的全部結構見图4。

（3）下游桥面上設置起吊能力为0.75吨的少先式小吊車一部 由于管柱最大长度为10公尺，而少先式小吊車最大揚程为4.5公尺，不敷应用，故将其放在用万能常备式构件做成的10公尺高的方形鉄架上。万能常备式构件的特点，是利用既定长度的鋼鉄焊件拼湊成所需要型式的鋼架，用螺栓固定，便于高空作业。明山工地是采用了长江大桥已有的2.0公尺长的构件拼湊成方形鋼架。縱橫构件用10×10公分的等边角鉄，斜撑用7.5×7.5公分的等边角鉄，共拼成五节，每节高2公尺計10公尺，为了加强鋼架稳定性，在最下一节又加設傾角为45°的斜撑。

少先式小吊車水平活动范围为3.5公尺，挪动一次可澆筑兩組管柱（每組六根），故稍远的澆筑地点用小溜槽滑送。

(4) **上游桥边鋪設輕軌** 当第一組管柱(每組六根)澆筑完毕后, 脚手架須挪到下一組周轉使用, 由于桥面窄不能通过, 因此, 在上游靠棧桥边缘, 順填軸綫方向鋪設輕軌一条, 用茨尼式小平車推送。因茨尼式小平車低矮, 上面須鋪枕木使其頂面与桥面齐平, 搬运时将脚手架用人力沿桥面撬至平車上, 再沿輕軌推运, 如图 4。

(5) **木制龍門吊車**

1. **龍門吊車的設計** 木制龍門吊車設于棧桥上, 結構如图 5。

龍門吊車的設計原理很簡單, 两根立柱是按細長柱設計的, 工字鋼梁按簡支梁原理設計, 木料全部用杉木。

龍門吊車除頂部用两根 550 公厘的工字鋼梁外, 其余杆件都是木制。吊車兩立柱淨跨为 6 公尺, 使吊車全部荷重恰傳于棧桥的最外边两根桩上。为了适应起吊 10 公尺长的管柱和 2.70 公尺高的震动打桩机, 龍門架高度定为 15 公尺(实际为 15.26 公尺), 另在兩立柱的旁边增加两根斜撑, 以加强稳定性。为了防止前后摆动, 龍門架做成兩扇, 側面成人字形, 兩脚間距亦为 6 公尺, 用橫撑和斜撑加固, 全部用对銷螺絲扭紧。頂面工字梁按計算一根已够, 为了稳定起見, 用两根嵌入鉄板槽內。龍門架周圍并用纜風繩拉住。龍門架脚用 300 公厘槽鋼电焊于鋼板上, 使与立柱連接, 槽鋼放在 20×20 公分的木制鋼軌上(方木上端兩角, 用两块 100×100 公厘的等边角鉄包角), 用电动卷揚机或复式滑輪, 用人力拉住兩脚, 使其沿水平方向移动至需要地点, 移动时在角鋼上涂以潤滑油, 以减少阻力。此外, 在移动时尽可能避免荷重, 以免发生危險。

龍門吊車靠近底部, 每边各設置一部五吨电动卷揚机,

安放两个10吨联动复式滑輪，固定在工字梁上，不使其向两边移动。并在上下端各設一导向滑輪。由于龙门吊車本身不能左右移动，当起吊旁边棧桥上的管柱时，須依靠两边的卷揚机互相拉紧或放松来进行控制。

2. 龙门吊車的安装 龙门吊車很高，杆件又多，在缺少吊机械的情况下，曾考虑两种办法安装：

第一种办法：預先按規定尺寸鑽好各杆件上的螺栓孔，在平地上进行預拼，經檢查无誤后，再将大部分杆件拆掉以減輕重量。用立在坝軸綫上的18公尺高的独脚扒杆和五吨手搖式絞車，分两次将两扇人字形立柱拉起立于适当位置，再用纜风繩拉住。随后用扒杆将杆件逐件吊上安装，直到完成。最后再把工字梁装上去。

第二种办法：将两扇人字形木架全部杆件預先在地面上拼好，平移到棧桥两旁安設处，用独脚扒杆将两扇人字立柱同时拉起，最后把工字鋼梁装上去。

独脚扒杆用 $\phi 35$ 公分的杉木料，梢徑嫌細，周圍用5根8公斤/公尺的輕軌加固，再用鋼絲纏紧。以上两种办法，前者缺点是需要高空作业，拼装时較麻煩，但較穩妥可靠；后者的缺点是杆件本身容易损坏，起吊时又很重，为了操作安全，故采用了前一种办法。

(6) 其它設備

1. 供蒸汽养护的蒸汽系統包括鍋炉和管路，其平面布置見图6。

2. 給水系統包括管徑为150公厘的軟管，直接与6級离心式高压水泵連接，其布置与蒸汽管路相仿。鍋炉系25匹馬力立式鍋炉，汽压可达6公斤/平方公分，輸出蒸汽温度达 70° 至 85°C ，可供两根管柱之用。輸汽主管为直徑50公厘的

鋼管，通于汽包，由汽包再分出直徑為50公厘的膠管直接通于管柱內進行養護。鍋爐每日用柴約六千斤（最高每小時用300斤）。給水系統的150公厘的膠管也連于水包上，再由水包分出一直徑為75公厘的水管直接與75公厘的射水鋼管相連。

3. 拌合用容量為0.4立方公尺的拌合機二部，在製造管柱時，設置在棧橋上游面適中地點，并搭設高台，以便送料。拌合機出口處搭設臨時便橋與棧橋相連通，用獨輪鐵斗車將混凝土運到管柱澆筑地點。

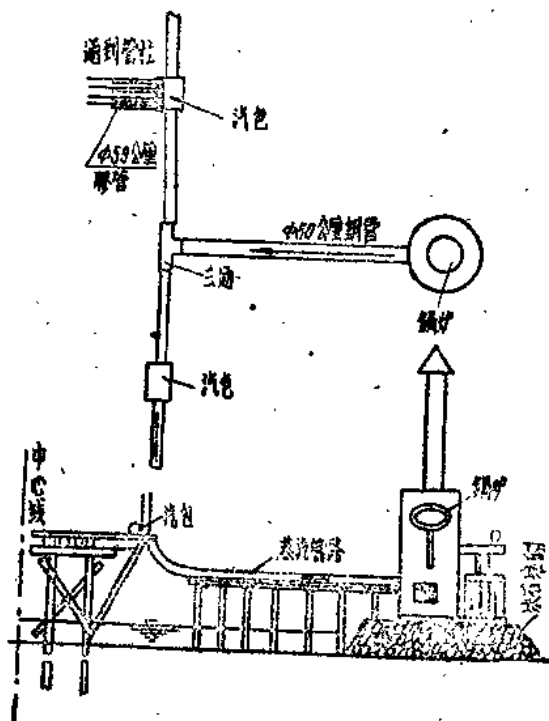


圖 6

4. 动力和照明用电 总用电量如下:

BD-3 型震动打桩机	用电量为 100 瓩;
高压水泵 2 部	用电量为 80 瓩;
YKC-30 型鑽机 1 部	用电量为 70 瓩 (包括超负荷);
电焊机 2 部	用电量为 28 瓩;
低压水泵 1 部	用电量为 14 瓩;
拌合机 2 部	用电量为 30 瓩;
少先式吊車 1 部	用电量为 7 瓩;
电动卷揚机 2 部	用电量为 24 瓩;
照明	用电量为 15 瓩;
电动震捣器 2 部	用电量为 10 瓩。

总用电量约为 400 瓩, 如果考虑平行作业, 就可以减少电源。因震动打桩机用电量较大, 在启动时往往又超负荷 2 倍多, 如果使震动下沉管柱作业与其它作业错开, 则同时作业的尚有高压水泵 2 部、鑽机 1 部、电焊机 2 部、拌合机 2 部以及照明用电和备用约需 250 瓩, 实际按此配用。电压为 380 伏特, 电流为 500 安培, 电线断面需要较大, 采用电缆输电, 这样可避免电线过多时, 在空间的干扰。

五、連鎖管柱的制造

連鎖管柱的法兰盘和管靴, 都是委托大桥工程局机械修租站加工的, 工艺过程可参看“大桥工程专家論文选集”, 本文仅就钢筋混凝土現場的加工制造予以叙述, 又因管柱大部分为 10 公尺长, 仅有 17 根不到 10 公尺, 故施工方法着重介绍 10 公尺长的管柱的加工制造, 管柱短了在操作方面更容易些。

(1) 澆筑方法

前面談過，為了管柱在澆筑時不彎曲，改變長江大橋的臥式澆筑法為立式澆筑法，比較其優缺點如下：

1. 臥式澆筑法不易插杆，有鎖口時更不易進行；
2. 臥式澆筑後，尚須將平放的管柱吊立，在吊立時管柱尖端受力很大，容易損壞。

3. 立式澆筑法，其缺點是須進行高空作業，但佔用面積小。管柱不受損壞。

因此，採用了立式澆筑法。

(2) 模板製造

1. 模板的構造(見圖 7)內模板分四片，每節高度分為 3 公尺和 4 公尺的兩種。由於組合不同，按需要可拼成 4 及 6 ~ 10 公尺長的管柱。內模板直接釘在拉帶上，每片模板的接頭處用撐頭木連結，并用丁字鉄將模板固定在撐頭木上，以防模板向外移動，丁字鉄鑲在模板內，使內模表面平滑。內面用半鑲的十字撐支撐，上下兩相鄰的十字撐在垂直方向用對應的四個小木撐架牢，不使其上下移動，十字撐與撐頭木接頭處，用兩塊木楔連接，以方便拆裝模板和調整管柱內徑。此外，為了增加工作空間，將拉帶內緣作成弧形。

外模分六片，拉帶用 $10 \times 20 \times 100$ ， $10 \times 20 \times 85$ 及 $10 \times 20 \times 75$ 公分的方木鋸成需要的形狀(詳見圖 7)。相鄰兩片模板，用鉄制連接器拉緊。鎖口處，由於鋼板不盡封閉，弧形鉄板外緣用弧形木塊和靠木封住。母鎖口兩側直綫段，用模板封死并連接在外模拉帶上。內面圓弧部分，原考慮用 2 公分寬的板條拼成所需的弧形，再用兩塊便于拆裝的弧形楔子撐牢，但鋼板稍有變形，接縫處就會普遍漏漿，而且安裝困難，後改用兩塊圓弧形楔子貫穿上下，中間用三角形楔子擠

紧，为了防止漏浆，在頂点相交处，做成 2 公分长的接縫（见图 7）。

在六片模板拉帶中間，各留窗口一个，公鎖口的頂面板、母鎖口的二側面板，亦各留小窗戶，周圍共九个窗戶，作为混凝土的进口和插入震搗器用之用。此外，为防公母鎖口模板仍有变形，周圍繞以椭圆形鋼筋箍，用連接器拉紧。材料用量見表 1。

2. 模板制造的簡單工艺过程 首先将內外模板的拉帶和模板条子、撐头木、十字撐等进行加工；然后在 10 公尺长的工作台上进行預拼工作。先将拉帶按要求的间距排好，同时校核是否合乎要求；然后将模板条逐步釘牢在拉帶上，并将表面刨光，特别是每片和每节的接头处应注意刨平，最后再用样板复核一次。制造每套模板共需 90 工日，劳动定額如表 1。

3. 鎖口鋼板的加工 首先将原鋼板敲平，再用人工截成需要宽度（方法是用两角鉄将鋼板夹住，用鑽子截断），截断后再重新敲平一次，然后經過煨燒，燒紅后用压弯器（如图 8）压成需要的弧形，如形状稍有不合再輔以人工打弯，合格后，即进行电焊鋼筋。由于鋼板較薄，电焊后仍会变形，可重新用人工敲弯至需要弧度，最后再校核一次，以上共九个工序。开始时，弯鋼板完全用人力，每工日弯 13 块，后經工人集体研究創造了压弯器，平均每班四个工可弯 268 块，即每工日弯 67 块，提高工效 5 倍。

电焊时用工作台和鉄夾子，将公母鎖口的鋼板分別固定在半圓木上，并用螺栓扭紧（如图 9）。

每根管柱需用的模板及鋼材数量如表 2。