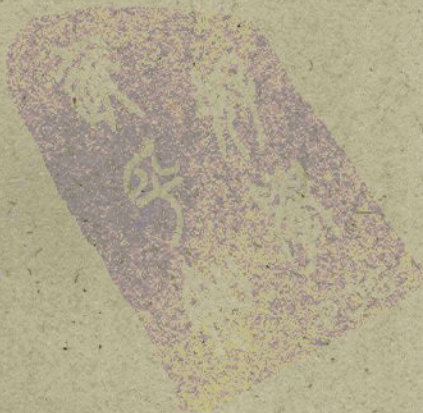


電力建設勘测設計技術革命資料選編

水工部分之二

取水及排水構築物的改進

水利電力部電力建設總局編



水利電力出版社

前 言

在偉大整風运动胜利的基础上，在总路綫光輝的照耀下，电力設計人員解放了思想，破除了迷信，树立了敢想、敢說、敢做的共产主义风格，使水工专业設計工作，在开展羣众性的技术革命运动中，大大地向前跃进了一步，在各方面都取得了不少成績。

本資料选編是将技术革命中有关取水及排水构筑物的先进經驗汇编成冊，以供火力发电厂及工业企业取水及排水构筑物設計人員的参考，并借以促进新技术的不断革新。

目 录

一、虹吸进水圓形結構式水泵站	2
二、框架式水泵站	9
三、基坑式露天水泵站	11
四、当地基为岩层时，水泵站底板之計算	12
五、装配式鋼筋混凝土取水口	14
六、木質淹沒式取水口	17
七、水泵站重力式木質引水管	17
八、人字形滤网	19
九、磚石拱形排水沟	22
十、磚和鋼筋混凝土混合結構矩形排水沟	22
十一、橡皮伸縮縫接头	23

一、虹吸进水圆形结构式水泵站

(一)自然条件

重庆电厂的水泵站是建造在流量丰富的长江边上，水泵站的供水量是以满足电厂45万瓩容量直流供水的需要为标准，因此在水泵站內需装置8台出水量为9,500公尺³/时，水头为52公尺的水泵。当保证率为1%时，其最高洪水水位为208.6公尺标高；当保证率为97%时，其低水位为171.45公尺标高，水位变化幅度达37.15公尺。水泵站地段的地质为砂质页岩、泥质页岩及砂岩的交互层。泥质页岩极易风化，在空气中即生裂缝，见水后即碎裂。其中以砂岩质地较坚，无明显裂缝。各类岩石的裂隙、节理及破碎程度难于掌握，故水泵站所处地段，地质条件甚为复杂。取水地点地形较好，从岸边205~185公尺标高的地形较陡，在185~180公尺标高处，有一宽广的小阶地；由180~170公尺标高，坡面平缓，其地质为无明显裂隙质地坚固的砂岩。水泵站的位置在185~180公尺标高的阶地上。江水在枯水时的含砂量很小，经常为1公斤/公方以下，洪水时的含砂量最大则到3公斤/公方左右。

(二)供水设备及水泵站形式的选择

重庆电厂的水泵站取水量在20秒公方以上，是为一大型水泵站。在选择供水设备和泵站的形式时，必须注意到取水条件，和分析研究取水地点的特点。当地的特点是水位变化幅度大，幅度有37公尺之多，水泵站的深度将达45公尺左右。加之地质又是复杂的岩层，为此专建造一个经济合理的水泵站就必须考虑两个问题：一个问题是供水量大，水头高，需耗费大量的电力。我们应如何设法使耗电量减少，运行经济；其二是水泵站深度大，造价

高，我們應如何設法使水泵站的面积减小，造价經濟。

由于水位变化的幅度大，使建筑物深度增加，造价增大，这是不利的，但同时也带来了电厂排水落差大的有利条件。从水文資料分析，电厂排水的落差，有半年以上時間达 30 公尺之多。我們就可以設法在水泵电动机机組上加装水輪机来回收排水的能量，从而降低供水的耗电量。就国内制造的产品上看，尙沒有制造过这样大容量，这样高水头的水泵。同时，就产品目录上看，对供水量为 9,500 公尺³/时，水头为 52 公尺的水泵，也是空白点。于是我們向制造厂提出可以大大縮減水泵站面积的立式水泵水輪机及电动机的訂貨。由于得到制造厂的支持，最后选定的泵組是这样的：一共 8 台立式泵組，其中 4 台泵組是带有立式水輪机的（这种水泵——水輪机——电动机立式联合机組，在国内外尙屬首創）；另外 4 台是不带水輪机的水泵——电动机的机組。4 台水輪机可回收全部排水能量，一年中可回收供水的 40%。由于水輪机在水位和高水位以上时期，因水头太低不能工作，因此配有全功率的电动机与水輪机联合运行，在不同水位期間可相互补偿。水泵的型号是 40DL-19 型，水輪机的型号是 $\phi 123$ -BM-84 型。

由于采用了立式泵組泵站的結構形式，就更有利于采用圓形結構。尤其是深达 45 公尺的泵站就更显得經濟。安裝 4 台水泵——水輪机——电动机及 4 台水泵——电动机机組，內徑为 30 公尺的圓形水泵站，較一般长方形的水泵站减小面积 30%，节约投資 20%。

取水地点的地質是岩层。由于开挖与施工困难，增加了建筑物的造价，这是不利的。但因有利的地形将水泵站布置在常水位 175 公尺标高以上，可垂直开挖基坑，并利用基坑外圍的岩层作为圍堰，减少了施工費用，因此将水泵站布置在标高为 180~185 公尺的阶地上，这是有利的。水泵站在常水位以下所采用的引水管是虹吸式的，該引水管在砂岩层面，采用水下敷設，节省了施工費用，較一般自流引水管节约 60%（指单項造价的对比）。在采

用鋼管的条件下，虹吸式引水管的密封性是相当高的，因此虹吸式引水管可以保证运行的安全。水泵站一共采用了四根 $\phi 2,000$ 的低水位的虹吸式引水管(见图1)。

因此，水泵站最后确定的形式是：用虹吸引水管的圆形泵站，装有8台立式泵组。成为在当地条件下经济合理的形式。

(三)水泵站布置上和结构上的特点

水泵站布置上的特点是：集水井分开布置在水泵站的二侧(见图2)，与过去集水井集中地放在泵站前部的布置不同(见图3)。这种新型的布置方案是由结构上的特点所带来的。水泵站的底板采用弧形底板以后，如集水井布置在水泵站的前部，当集水井充满水时，水泵站重心前倾较多，致使水泵站后端地基上产生拉应力。由于岩层破碎情况难以掌握，以岩石的抗剪力来保证泵站的稳定，把握不大；若以增加水泵站后半部筒壁厚度以消除后端地基上的拉应力，就需增加20万元的投资。为此，将集水井对称布置在水泵站的两侧，水泵站原由前方引水改为两侧引水，水泵站的重心就移到了中心，地基上的拉应力就消除了。同时，集水井分开二侧布置以后，水泵站安装设备面积也增大了，如按水泵站内径30公尺不变的条件，集水井分开布置在泵站的两侧，可以较集水井集中布置，在泵站的前部多装一台水泵，从而提高了泵站的容量。

水泵站内泵组的安排是这样的，在平面上8台泵组分成二列平行对称布置，其中4台带有水轮机的泵组在外侧(见图2)，为便于布置水轮机的进排水管，在立面上水泵是布置在底层，其上是水轮机层，再上是电动机层。电动机层上，靠集水井壁布置有电动机的电气设备以及控制水泵、水轮机和电动阀门的集中控制盘。在电动机层上有一桥式行车，一切设备均由这一行车先起吊到电动机层，然后由水泵站顶层上的单轨吊车起吊到水泵站的外面。电动机层和水轮机层设有二个吊孔为起吊设备之用，因此设备起吊是比较方便的。

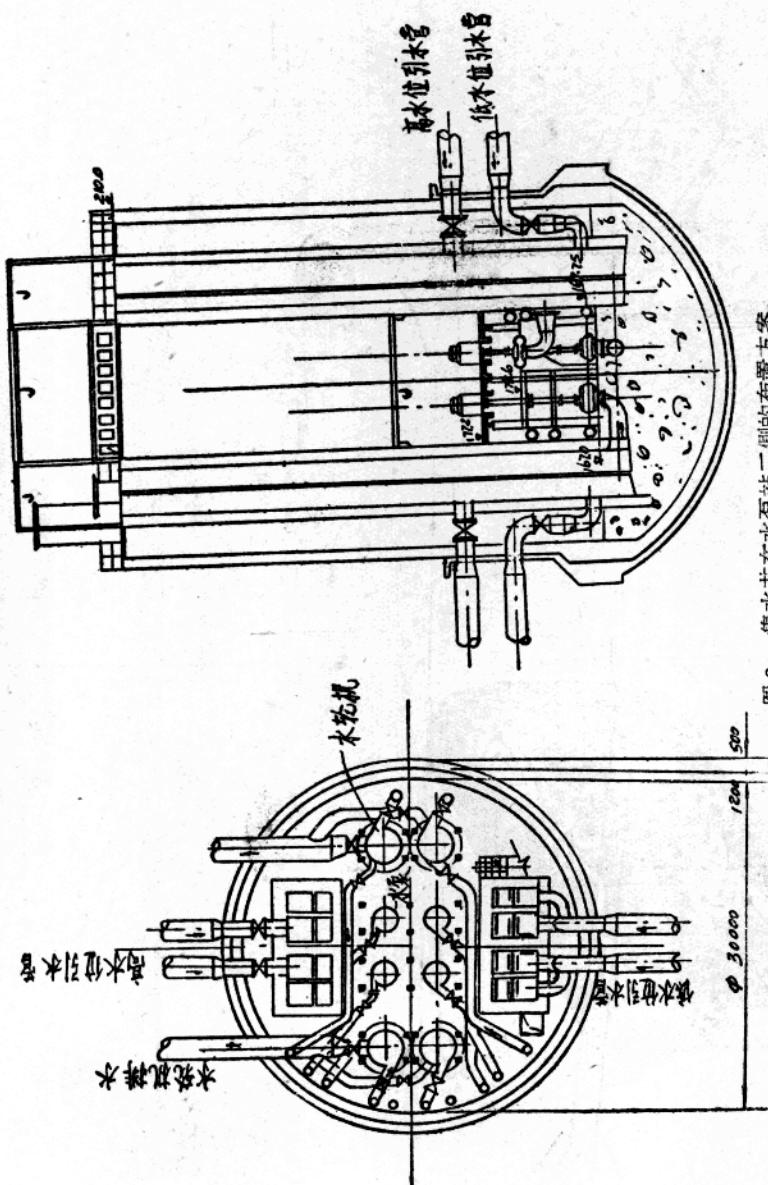


图 2 集水井在水泵站二侧的布置方案

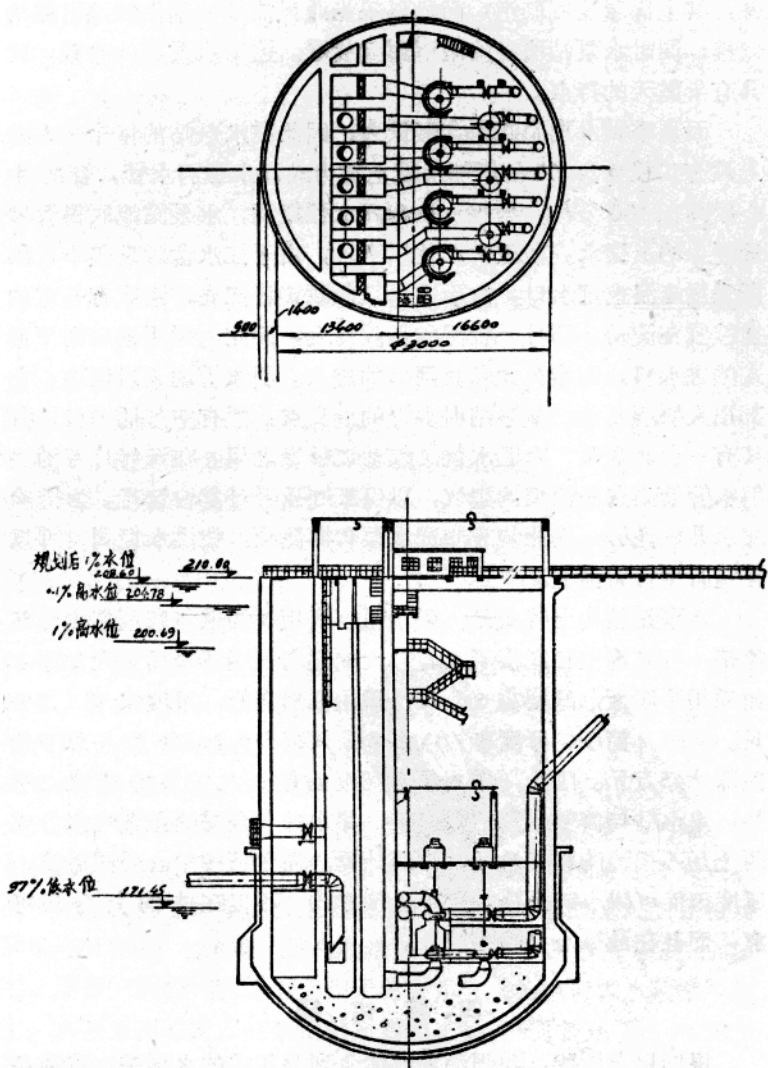


图3 集水井在水泵站前部的布置方案

由于重庆地区的气候温暖多雨，因此除交通需要的电梯間外，其上部屋盖可取消，而代以采光通风需要的鋼化玻璃頂棚的气楼；同时水泵站頂层的吊車露天放置。这样水泵站的布置，就具有半露天的特点。

因夏季洪水期間江水含砂量大，因此在水泵站的每个集水井上設有二根 $\phi 2,000$ 的鋼筋混凝土重力式高水位引水管，管的中心标高在180公尺。当中水位和高水位期間，水泵站能取得泥砂量較少的上层水。在正常水位以下时，由于江水含砂量很小，故可采用淹沒式进水口。由于进水口敷設接近江底，河床有一定的推移質在流动，同时一般泥砂顆粒較大，因此，采用进口向下形式的进水口，而避免大顆粒泥砂的进入。引水管埋入岩层中，上部用大块石复盖。在泵站引水管的最高点，置有空气抽出口，并装有一台真空泵，为低水位时起動虹吸管之用。在运行时可抽去引水管最高点所积聚的空气，以保証虹吸管可靠地运行。为排除集水井的泥砂，因此装有冲洗水泵和排泥泵，使洪水期間，可以在运行中經常清泥。

水泵站結構上特点是：采用弧形底板及筒壁与底板用剛性环連接，可使筒壁和底板不因有較大的縱向固端弯矩而大大加厚。如采用平底板，厚度需6公尺；采用弧形底板，厚度仅有1.5公尺。同时，筒壁的厚度也相应由2公尺减少为1.2公尺，总節約值即达45万元。因此，采用弧形底板是有很大的節約意义。另外，集水井与筒壁用薄鋼板連接，集水井与泵站筒壁就可以分成两个互不相关的結構单元，分別計算。筒壁可按中心受压計算，厚度因而可减小20公分。这种連接方式，不但在結構上合理可靠，而且在計算上也明确簡單。

四、結 束 語

根据以上所述，我們深刻地体会到深基式的水泵站，特别是在深度为20公尺以上的水泵站，采用立式水泵是可以大大地减少建筑物的面积；在結構上采用圓形結構和弧形底板，将获得鋼筋

混凝土的巨大节约，在地形地质许可的条件下(即有稳定而坚固的河岸)，采用虹吸式引水管可以减省施工费用，加速施工；在气候适宜的地方，水泵站上部结构可以全部省去，成为全露天或半露天的布置。

二、框架式水泵站

目前，由于全国大搞水利，并在最近两三年内要实现全国水利化和河网化，这样对大型火力发电厂的供水来说，便可基本上消除洪水和枯水的影响；提供了在大型水库、运河与渠道等水力枢纽中普遍取水的可能性。同时，由于水力枢纽使水位和流量得到调节，因此更保证了发电厂供水的可靠性。

框架式泵站根据它的运行条件，适用于水位和流量能够控制的水库、运河及渠道。特别是在渠道中可以将净水设备与泵站分开建筑，更为经济适宜。

在目前大跃进的形势下，要多、快、好、省，就必须做到材料节省、施工简易与造价低廉。框架式泵站就体现了这几方面的特点。过去所设计的岸边水泵站都是采用地下式的(图4，见书末插页)，水泵运转层是设在很大的钢筋砖地下箱形结构内，这样就需消耗大量的水泥和钢材；而且施工复杂，工期很长，投资很大。而框架式水泵站是以简单的框架来代替岸边水泵站的地下箱形结构。这样，不仅可节省大量的钢材与水泥，同时还可大大减少水下施工的工作量。当遇到施工易，排水或建筑围堰费用很高的场合时(如在水库或河流中取水)，还可采用管桩法来进行施工。图5(见书末插页)为应用于北京热电站的框架式水泵站平面图，水泵为离心式，该泵站的布置和结构分别参见图6和图7(见书末插页)。

框架式泵站的运转层由立于水中的框架支承。运转层的地面标高应高于最高水位。同时，又要适应于水泵的吸水头。目前对

采用一般的离心式水泵来说，由于吸水头较小，当水位变化较大时，是存在一定问题的。

如在渠道中取水，泵的进水间和滤网间可以与控制渠道水位的节制闸合建在一起。这样，不仅可以用石块或其他当地材料砌筑降低造价；而且能使水泵站面积大为缩减。但应考虑水泵能在水中运行，这对水泵的维护和检修带来不便；但如果进一步改善水泵的性能，还是可以解决。

框架式泵站也可以采用轴流式水泵。由于轴流式水泵和电动机为立式布置，故可大大缩小泵站面积。运转层采用露天式和远距离操作，使设备和结构大为简化。水下部分结构采用预应力装配式结构，这样不但可用高标号钢筋混凝土以节省材料用量，而且可大大简化和加速施工。此外水下部分又可以便宜的块石支墩代替钢筋混凝土支柱，进一步节省钢材，降低造价。如北京热电站的水泵站，安装4台48Д-22型水泵，供水量为13.2公尺³/秒，泵站土建部分造价为52万元。消耗钢筋混凝土2,000余方；需用钢材100余吨；水泥500吨。施工期间约3个月。而立式水泵的露天框架式泵房安装4台ОИ-3型水泵，供水量20公尺³/秒，而造价仅为10.7万元。仅消耗混凝土400方，钢材20吨，水泥96吨，造价降低了80%以上。框架式水泵站在运行上与一般泵站无多大区别。唯采用立式水泵时，检修水泵必须将电动机移开方能吊出。同时，必须在水位低于水泵的安装基础时才能进行；致使检修受到一定的限制。但由于水泵的检修次数较少，故对泵站的运行影响不大。水位变幅较大时，水泵转动轴须增设中间轴承，如用油润滑的方式，须采取防水措施。不如采用水润滑的中间轴承简便。据了解，此种轴承在技术制造上可以解决。但中间轴承的安装，其固定架将影响水泵的起吊和增加拆装的不便。框架式泵站，不能分段清理，而且，当水位变幅较大，洪水时期水位越过滤网的挡水壁顶时，漂浮物将进入水泵间，滤网失去作用，对水泵运行稍有不和利。

三、基坑式露天水泵站

基坑式露天水泵站，目前已应用于望亭电厂二期工程中（如图8与图9，見書末插頁）。望亭电厂供水系統为二次循环系統，自运河取水，水位变化幅度不大，約2.93公尺。水泵系布置在引水渠道岸边的基坑內，在渠道內单独設置淨水設備。水泵站的地面建筑則全部取消，水泵吸水管直接伸入渠道中取水，水泵中心綫布置在最高洪水位以上。考虑到在洪水位出現时基坑內可能渗水，故在基坑內設置雨水排出管，并与排水泵結合使用。

为防止电动机絕緣层的硬化和潤滑油的冻結，必須使水泵經常投入运行，若在特殊情況下需要停泵，則可临时增設电炉保温。

由于水泵系安設在基坑內，因此受暴风雨的影响不大。

这种型式的水泵站具有下列特点：

（一）减少土建施工工作量，縮短工期一半以上：由于取消了地上部分房屋建筑与地下部分箱形結構，而全部采用块石結構，因此不但节省了鋼筋混凝土，并且减少了搭置模板和养护的时间，使施工不仅迅速而且簡單，并可使部分設備提前与土建施工交叉进行安装。

（二）大量节省鋼材和水泥：望亭电厂二期工程，共安装3台容量为5,600吨/小时的水泵，可节省鋼筋混凝土400公尺³（鋼材60吨，水泥120吨），10吨吊車一座，及其他投資3~4万元，降低建筑物造价50%以上。

（三）基坑式露天水泵站可使設計簡化，减少設計工作量，加快設計速度。

根据望亭二期工程的經驗，基坑式露天水泵站可运用于下列条件：

（一）基坑式露天水泵站一般适用于气候不十分寒冷或炎热的地区（气温約在5~35°C左右）。

(二) 基坑式露天水泵站适用于水位变化幅度不大的直流式和二次循环供水的系統。如果水位变幅太大，則因地下部分結構仍要采用鋼筋混凝土，节省投資有限。

(三) 基坑式露天水泵站以采用臥式水泵，和水泵吸水头在4.5公尺以上为宜。电动机最好放置在最高洪水位以上，以便排除雨水，并保証运行的安全；否則需增大排水泵的容量，致使雨季增加水泵的耗电量，同时为了保証运行安全，排水泵还需設置备用泵。

(四) 基坑式露天水泵站不宜用于风沙較多的地区，以免影响水泵及电动机軸承的寿命。

基坑式露天水泵站，因各地区水文气象条件的不同，因此在具体工程中必須根据該地区的水文气象特点，通过技术經濟比較确定，并需考虑下列問題：

(一) 在多雨地区，基坑式露天水泵站要考虑雨季的排水及檢修問題。

(二) 水泵与电动机在运行中要防止灰砂侵入，并且电动机还需防止昆虫、鼠、蚊等的侵入。

(三) 在冬季时水泵要考虑保温的措施；在夏季时，电动机需考虑防止太阳輻射热的問題。

(四) 在暴风雨情况下，要保証水泵站的安全运行，尤其是一般非屋外式全封閉，电动机更应特別注意。

基坑式露天水泵站虽然已在望亭电站中采用，但因設計和运行經驗都还不够，因此一定还有很多考虑不周的地方。預备在望亭电站工程投入运行后，吸取运行单位的經驗和意見，依靠大家帮助和制造厂的大力协作，进一步的改进，使它更趋于完善。

四、当地基为岩层时，水泵站底板之計算

水泵站地基为坚实的岩石时，如底板产生弯矩之土壤反力不存在，則可将底板减薄。所謂底板产生弯矩之土壤反力不存在，

系指由水泵站上面傳下来之荷重，不再作用于底板上而言，事实上由于底板自重及底板上其他荷重所产生之土壤反力仍然存在，但不产生弯矩作用。

以往設計，水泵站底板所受荷重均按均布荷重計算(图10)。在沉陷性的地基上，如粘土类或粘土与砂砾土夹层类等可如此假定。但在无沉陷性的岩石地上，則不可如此假定，否則会使底板厚度增大，造成經濟上的浪費与技术上的不合理。

在吉林热电站工程中，水泵站地基为岩石，該岩石表层由于风化成碎块状，但在水泵站建造基础标高处，則为較完整岩石帶。岩石紋理不很发达，但有透水性，估計耐压力可达150公斤/公尺²以上。在此情况下，因地基无沉陷，而且墙基面积所承受之全部荷重小于地耐力；此时可假定認為在底板上产生弯矩之土壤反力不存在(图11)。

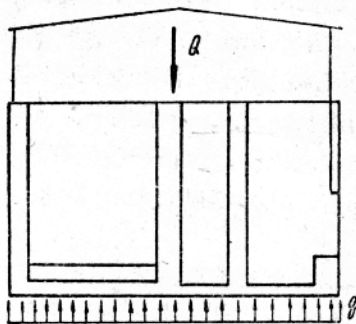


图 10

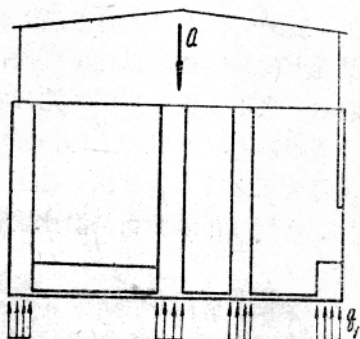


图 11

在計算时，作用于底板上之反力仅有水压，并同时考虑底板上荷重，如素混凝土填充体与底板自重等所抵消一部分，由于水压所产生的弯矩，此时剩余弯矩很小了，按此弯矩决定断面与配筋，但必須指出应考虑防水之要求。

在吉林工程中如按以往計算方法，其底板厚度为100公分，最大鋼筋直徑达32公厘，目前按新方法計算后底板厚度可减薄至20公分，但考虑防水問題，故决定厚度为30公分，节省混凝土600公尺³，鋼筋25吨。

五、装配式钢筋混凝土取水口

杭州电厂原有之岸边水泵站取水口，其底板标高高于最低水位标高(+3.09公尺)。当在低水位时，取水困难，因此需于水泵站前深水处修建桥墩式取水口，以便将吸水管伸入江中取水。

以往进行桥墩式取水口施工时，均需修建围堰，使钢筋混凝土结构在现场进行整体浇灌。这样，不仅工作量巨大，施工复杂，而且因需用大量钢板桩及抽水设备，致使施工费用昂贵。同时由于围堰工程，不但质量不易得到保证，并且容易发生事故，尤以在水深流速大的江河中，更为显著。而采用装配式钢筋混凝土取水口，则可避免上述缺点。

装配式取水口的特点是：取水建筑的水下部分采用预制钢筋混凝土的摩擦桩，以打桩机械打入河床的地基中，既不需要围堰围水，也不需进行基坑开挖和现场浇灌混凝土，同时施工也不受季节限制。取水口的上部构件可采用装配式或现场浇灌式。因之使得施工速度大大加快，施工设备大大减少，仅需一般的打桩机械、轻型的吊装设备与潜水设备即可，从而可以大大的降低造价。

根据已有资料的初步估算，本工程节省的施工费用约14,000元，即每公尺³土建造价可节省投资90元。同时由于节省了围堰工程中170吨钢板桩的工程量，基坑开挖土方工程量2,000公尺³，可缩短工期一个月。

杭州电厂装配式取水口施工程序可以归纳如下：

(一)河床清理工作

取水口的位置为原水文台旧址，在河床中曾堆置了大量的块石。为便于使桩入土，必须将块石搬移，其办法是用专门装置起吊设备的木船，由潜工配合清理，运送他处。

(二) 桩的定位

桩的定位，首先是测定取水口的中心线，并约略定出桩位，然后在纵横方向每隔1.5公尺打入木桩(如图12)。沿木桩纵横方向，每隔1公尺绑扎横木组成脚手架，并在其上铺以木板，而成通道，并预留桩位孔。然后进行桩位水平和垂直方向位置的精确测定。沿桩位的竖直方向每隔1公尺绑夹木，其间距根据桩的断面尺寸确定。因考虑到桩入土过程中的偏斜，将会引起脚手架的损坏，所以在脚手架与夹木之间塞以木楔以便调整(如图13)。

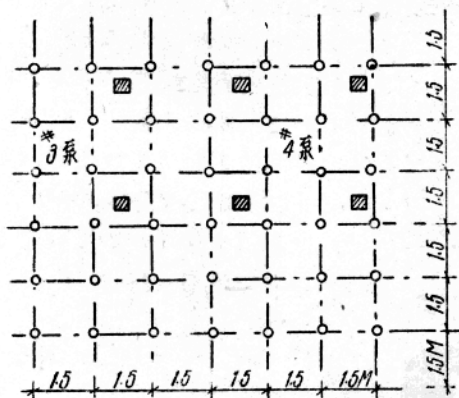


图 12

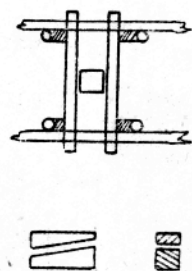


图 13

(三) 打桩过程中所发生的问题及所采取的措施

取水口共有八根桩，桩的入土是用龙门打桩架把桩沿着夹木送到起打位置，用2.5吨落锤打下。在桩入土约1.5公尺开始，即遇到大量块石，并发生显著的偏斜和扭转，但因难以改变这种情况，因此仍然依偏斜位置打入土中。

桩的偏斜及扭转程度还没有精确测量，但据初步测量结果，桩间相对偏移最大的约有11公分，扭转最大的约为10公分。按此情况，施工质量不能满足设计要求(偏斜应 ≤ 5 公分)，因而给底板梁、滤网及样板的安装带来了许多困难。由于扭转较大，底板

梁不能与牛腿螺栓联接；由于桩的歪斜，不能保证样板槽间的相对位置。在设计中曾考虑到这种情况的发生，因此在桩的四周采用较大的铁套，使铁套上的标槽保证竖直位置，而铁套与桩间的空隙则浇灌灰浆(图14、15、16，见书末插页)，但在水下工作是有困难的。

为解决上述问题，拟采用如下措施，即底板梁与牛腿按原设计采用螺栓联接的个别节点考虑改用抱箍包在桩的周围，某两端预制螺纹，插入梁的预留孔内，并用螺帽旋紧(如图17)，孔隙间则塞以垫片。

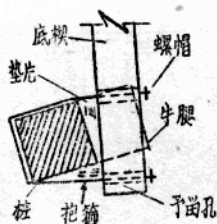


图 17



图 18

考虑到铁套与桩间水下浇灌灰浆的困难，因此拟改用套环，其断面根据受力情况决定。沿桩的竖向位置，每隔适当距离设置一个套环，套环与桩间的空间以垫块填塞，在套环上焊上槽钢或角钢组成凹槽，焊接工作必须在岸上进行，然后进行水下安装(如图18)。

(四)底板、样板及滤网的制造和安装

考虑到桩在施工过程中所发生的偏斜及扭转，因此构件的预制必须在桩施工完毕后，按照实际要求来制造。

(五)其 他

在+9.921标高处，平台板及其上部构件可以采用现场浇灌的，也可以采用预制构件安装。

如上所述，装配式取口在施工过程中还存在一些问题，如桩的定位不易控制，在打桩过程中容易发生偏差等。特别是当河床地质复杂(如有块石等)的情况下，更为显著，很难采用有效的措施，予以防止。但如果在施工前充分考虑到这些问题，做好准备