

锁扣钢管桩在桥梁施工中的应用与探讨

李义东

太湖县公路管理服务中心 中国 安徽 安庆 246400

【摘要】围堰的形式有很多种，根据不同的结构特点和现场环境选择适宜的围堰对承台进行施工，确保施工安全，提高工程质量，节约工期，本桥采用钢栈桥配合锁扣钢管桩围堰施工。

【关键词】锁扣钢管桩围堰；桥梁技术控制；施工；深水桩基

Application and Discussion of Lock Steel Pipe Pile in Bridge Construction

Li Yidong

Taihu County Highway Management and Service Center, Anqing, Anhui, 246400, China

[Abstract] There are many forms of cofferdam, according to different structural characteristics and site environment to choose the appropriate cofferdam for the cap construction, to ensure the construction safety, improve project quality, and save construction time. The bridge is constructed by steel trestle bridge with locking steel pipe pile cofferdam.

[Keywords] locking steel pipe pile cofferdam; bridge technical control; construction; deep water pile foundation

一、工程概况

S248 太湖县天华大桥危改造工程属内河湖无通航要求的桥梁，跨越花凉亭水库。该桥为新建桥梁，主桥采用 55+100+55m 变截面预应力混凝土连续钢构桥，桥梁采用单幅布置，上部结构采用单箱双室断面，梁高 2.5—6.0m，下部结构主墩采用双肢薄壁墩承接台接群桩基础，薄壁墩高度分别为 25m 和 26m，过渡墩采用三矩形墩承接台接群桩基础，高度 26.0m；桩基均采用钻孔灌注桩基础，桥梁全长 367.5m，桥面宽度：0.5m 防撞护栏 +14m 行车道 +0.5m 防撞护栏，全宽 15m。

桥位区跨越花凉亭水库。项目区属于山间沟谷、河谷平原地貌，一般呈宽窄相间分布，内有河漫滩、低级阶地等地貌组合，从上而下高差可达 30 米，据其发育程度可分两个亚类：一亚类是宽广盆地型河谷平原，谷地宽展可达数公里，表面平坦，由亚黏土或砂质土组成，最典型的是潜山与怀宁两县间的河谷平原；另一亚类是狭窄山谷型河谷平原，谷地

狭长宽仅数百米，最典型的是九华河中、上游的河谷平原，一般河漫滩都由砂质土或砾石组成，且个别孤石 3—10T 左右，本项目桥位区所在位置属于该类。

二、围堰方案比选

方案 1、筑岛土便道结合钢板桩围堰施工方案（原方案）

原方案采用黏土在湖中修筑土便道再进行筑岛，后桩基施工；待桩基施工完毕后，在筑岛平台上施打钢板桩围堰，围堰内进行基坑开挖后施工承台。现桥位施工水深达 9 m 以上，若继续采用按原方案施工，将会增大筑岛填方量，加深钢板桩的入土深度，根据地质资料反映可以看出拉森钢板桩很难打入卵石层，从而增加基坑开挖的安全隐患，势必对工程的质量、安全、环保等方面造成不利影响，

1、该方案在水位较深的情况下，便道填土和筑岛土袋围堰的堆码不易成形，不能确保工程质量。

2、根据图纸地质报告，河床下为坚硬岩石，钢板桩入土深度较浅，且钢板桩自身物理受力特征的局限性，刚度较小，

形成钢板桩围堰，其强度、刚度和稳定性都达不到规范要求。封水性能较差，需采用大量抽水辅助措施。

3、需要土方约 10 万立方，而且山区大量取土极其困难，同时对生态环境造成极大的破坏，特别是水资源环境保护（该区域为人畜饮用水保护区），防止水土流失和水环境污染工作难度增大；施工便道和围堰土方回填对花凉亭水库造成水环境污染严重；后期清理难度大。

4、根据便道设计，泄洪期间便道泄水口为上游 70m，下游 35m 泄水口，占用河道面积，影响汛期泄洪。由于土方便道阻水改变了水流流态，减少了有效过水断面面积，增大了过流流速，阻水面积占过流面积比例较大，因此对河床及岸坡将产生的冲刷影响较大。便道挤占了库容，体积相对于水库库容比例较大，对水库蓄洪影响也较大。

方案 2、钢栈桥钢平台结合双壁钢围堰施工方案

分别从 1# 墩下游向 5# 墩下游修建宽 6m 的钢栈桥作为施工通道；在 2# 墩位、3# 墩位修建 34m*18m（中间预留 18m*18m 套箱空间）、4# 墩位修建 30m*18m（中间预留 18m*14m 套箱空间）的施工平台，在每个平台的两侧修建宽 8m 的支栈桥，作为桩基和承台施工过程中机械设备的操作平台。该方案首先修建钢栈桥和支栈桥 打入钢护筒 搭设钻台桩基施工 钢套箱下沉 混凝土封底 承台施工。

1、该方案适用于深水基础但更比较适用于浅挖深水施工，施工工艺较复杂，围堰的接高下沉和着床需要严格控制，尤其是钢围堰在下沉过程中若出现倾斜，调整难度大，碰到河床底不平整，有突出孤石等情况，不易着床，此地质反而不利于双壁钢套箱大体积钢构件的下部吸泥、清淤、开挖下沉。

2、钢围堰施工受诸多因素的制约，如水文、地质、起重设备等，施工难度大，需较多内支撑，施工空间小；钢围堰拆除过程中存在水下作业，施工过程中需加强水上和水下作业管理。

3、该方案施工无需大开大挖，对生态环境保护，防范水土流失方面控制较好。

4、围堰的制作和施工耗用大量的钢材，施工成本较高。

方案 3、钢栈桥钢平台结合锁扣钢管桩围堰施工方案

该方案与方案 2 类似，是将 2 方案中的钢套箱围堰改为锁扣钢管桩围堰。2#、3# 主墩根据承台的大小设计锁扣钢管桩主墩围堰的尺寸为 15.3m×13.464m，共计 2 个，采用 16 米

长锁扣钢管桩施工，设置 3 层内支撑。围堰基底浇筑 2 米封底混凝土。4# 墩承台较高，施工工期充裕，拟在枯水期采用 12 米钢板桩围堰施工。根据承台的大小设计钢板桩围堰尺寸为 15.2m×9.6m，共计 1 个，采用 12 米长钢板桩，设置 3 层内支撑。基底浇筑垫层进行承台施工。

1、该方案无需大开大挖，对河道泄洪影响小，水土保持、防止水环境污染工作开展容易。

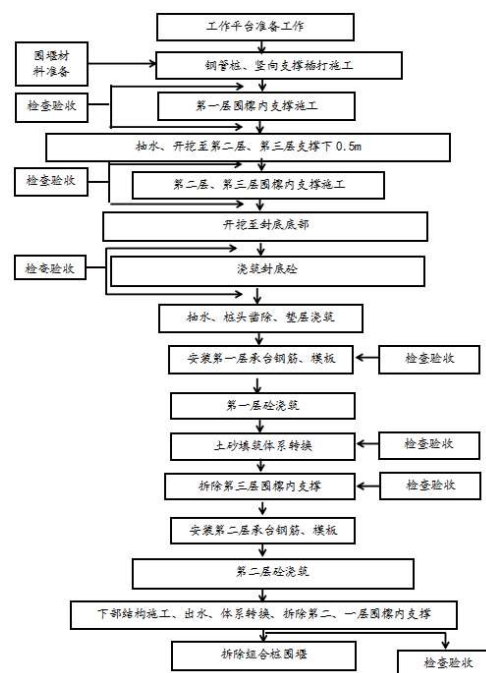
2、钢管桩围堰相较于钢围堰施工工艺较简单，应用广泛，钢管可以回收重复利用，消耗小；工程质量可靠，施工速度较快。

3、锁扣钢管桩较钢板桩刚度大，承载力高，能够有效地打入坚硬岩层且桩身不易损坏，安全稳定性有所增加；相较于钢围堰下沉着床，钢管桩施工过程中出现倾斜可以随时调整，碰到河床底不平整，钢管桩通过锁扣连接为一个整体，结合封底砼的实施，单根钢管桩打在孤石上对整体稳定性影响较小。

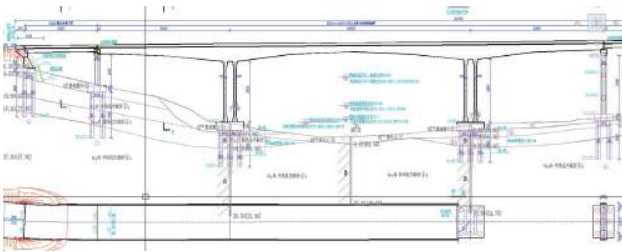
综上所述，经专家认证后最终确定采用钢栈桥结合锁扣钢管桩施工工艺。

三、锁扣钢管桩围堰施工工艺

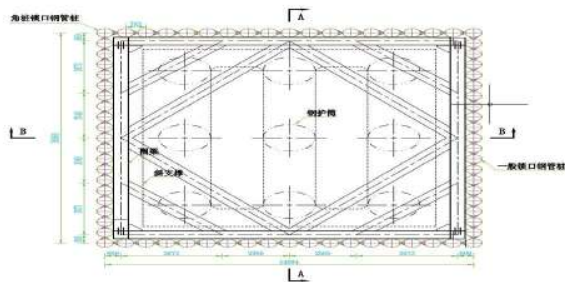
首先搭设钢栈桥、支栈桥及钻井平台，由于现场地质为卵石层，拟采用引孔 Φ80 的钻头再打入钢管桩的方法。2#、3# 钢管桩围堰工艺流程如下图示



1、天华大桥主桥布置图

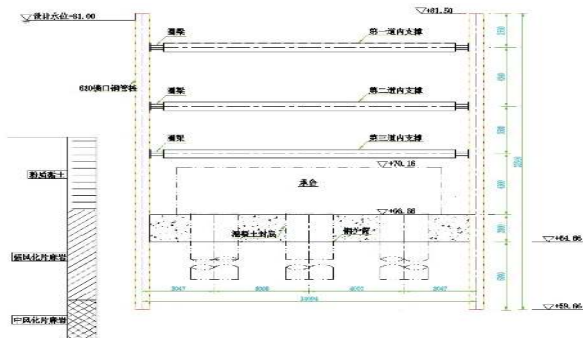


2、主桥钢管桩围堰设计



根据天华大桥主墩承台的尺寸以及河水最高水位记录，围堰平面尺寸为：15.66m（横桥向）*14.094m（顺桥向），大桥主墩围堰顶标高 81.5m，比施工期间正常水位高出 2.5m。（根据现场实际，考虑到围檩及斜支撑影响承台施工时模板安折，将 630*10 的钢管桩长边和短边各增加 2 根，以利于施工）

围堰结构：采用钢管桩（630*10mm）围护结构，围檩内支撑设计 2 层，第一道围檩采用双拼 HM 588x300x12/20 型钢，第一道内支撑采用 630x10 钢管；第二道围檩采用双拼 HM 588x300x12/20 型钢，第二道内支撑采用 630x10 钢管；第三道围檩采用双拼 HM 588x300x12/20 型钢，



2、3 号墩承台围堰立面示意图

根据天华大桥主墩承台的尺寸以及河水最高水位记录，围堰平面尺寸为：15.66m（顺桥向）*14.094m（顺桥向），大桥主墩围堰顶标高 81.5m，比施工期间正常水位高出 2.5m。

围堰结构：采用钢管桩（630*10mm）围护结构，围檩

内支撑设计 2 层，第一层围檩采用双拼 HM 588x300x12/20 型钢，内支撑采 630x10 钢管，第二层围檩采用双拼 HM 588x300x12/20 型钢，内支撑采 630x10 钢管，围堰结构设计均满足强度、刚度、稳定性要求。

3、插打钢管桩围堰

1、测量放线

为保证钢管桩施打位置准确无误，对墩位承台控制点标明并经过复核无误后加以有效保护，同时在插打钢管桩前需设导向架及导向框。钢管桩插打过程中测量人员现场测量控制，保证位置、垂直度复核设计、规范要求。

2、引孔

测量队放出引孔桩位后，钻机班组在桩位周围（距离桩位 1.5m 左右）设置 4 个护桩；护桩顶面比地面高出 3 ~ 5cm，并应保证 4 个铁钉的对角线交点与桩位重合；现场施工时必须随时注意保护护桩不受破坏；

引孔采用 SB285 旋挖钻机、湿法成孔的施工工艺，与桩基旋挖钻成孔施工工艺一致。旋挖钻引孔时，钻头直径较锁扣钢管桩直径大 30cm，成孔底标高控制在锁扣钢管桩底标高往上 1m 左右，高差不得超过 0 ~ 100cm；先使用旋挖钻一次性完成一侧四根钢管桩的引孔，为避免插打前面管桩时后面的孔塌孔，利用履带吊依次起吊四根锁扣钢管桩呈垂直状态下完成插桩；当引孔完成后，再进行第一根锁扣钢管桩插打；在此期间，将旋挖钻调到另一侧继续进行引孔工作；

3、导向架及导向框

（1）先在支栈桥上焊接牛腿横梁并接长平台面板分配梁，梁端纵梁连通。钢管桩紧贴纵梁插打，保证其垂直度。桩位由测量放样在主栈桥上定出中心线，焊接导向架进行桩位导向，首先将导向桩打设到位。拆除导向架在导向桩上安装导向框，导向框分两层，一层位于牛腿横梁上，一层位于距河面 2m。插打导向桩时进行试桩，总结工艺参数、设计指标，若与设计施工相比比较困难时，调整合适的方案进行施工。

利用导向框插打第一根钢管桩，第一根钢管桩插打至持力层停止，然后进行第 2 根钢管桩插打，完成第一阶段钢管桩插打。

（2）将第一阶段钢管桩引孔继续第二阶段插打至设计标高。



现场引孔照片

4、钢管桩打设

钢管桩采用 80 吨的履带吊配合 230 型振动锤打入施工，插打钢管桩围堰顶标高为 81.5m。打桩前要对钢管桩逐根检查，剔除连接锁口锈蚀、变形严重的钢管桩，不合格者待修整后才可使用。在钢管桩的锁口内涂油脂，以方便打入拔出。

插打钢管桩要充分采取止水措施，以防钢管桩围堰大量漏水。

(1) 送桩：打桩机吊起钢管桩移动至桩位附近。

(2) 定位：钢管桩下端系缆风绳 2 根，履带吊起吊钢管桩接近垂直状态时，利用缆风绳控制就位，就位误差控制在 $\pm 50\text{mm}$ 内。

(3) 垂直度校正：利用 2 台全站仪在两个方向控制垂直度，垂直度控制在 1% 内，如垂直度超过 1%，应当拔起重重新施打。

(4) 打桩：单桩逐根连续施打，每块钢管桩自起打到结束中途不停顿，桩顶标高控制在 $\pm 50\text{mm}$ 内。

(5) 钢管桩插打至设计标高后，立即与定位横梁进行焊接。

(6) 插打过程中，须遵守“插桩正直，分散即纠，调整合拢”的施工要点。

5、合拢施工

在即将合拢时（剩下最后 20 根左右时），要先插后打，待全部合龙后，再逐根打到设计深度。若合拢有误，用倒链或滑车组对拉，使之合拢。合拢后，再逐根打到设计深度，在用倒链或滑车组对拉时不要过猛，以防止合拢段缝隙过大。

在整个钢管桩插打过程中必须保证合拢密实，以防漏水。

6、垂直度控制措施

①、第一根钢管桩沉入后的垂直度影响到整个围堰其它钢管桩的垂直度，其打入时要缓慢些，打入到设计深度一半

时暂停沉桩，检查桩身的垂直度是否在 0.5% L 以内，如满足要求则继续开启振动锤沉桩；否则拔出重打。

②、其它的钢管桩在定位架和锁扣的共同作用下，一般不会产生较大偏差，只需每插打 15 ~ 20 根作一次检查，保证桩身的垂直度在 1% L 以内即可。

锁扣钢管桩控制标准

序号	检验项目	允许偏差	检验方法
1	桩身垂直度	1%L (L 为桩长)	用尺量
2	齿槽平直度及光滑度	无电焊渣或毛刺	用 2-3 m 长的桩段作通过试验
3	桩长度	不小于设计长度	用尺量

7、围檩、内支撑施工

钢管桩施打完毕后安装第一层围檩支撑，然后抽水、进行基坑开挖。采用长臂挖机（配合吸砂设配）进行基坑开挖，基坑内采用水泵排水，做到基坑角部不余任何松土堆及其它障碍物，如碰到地下障碍物应及时清除掉，土方开挖应分层分区连续施工，并对称开挖。

按施工图纸将土体挖到第二层内支撑以下 50 公分，然后放出中心线及安装线，进行第二层围檩支撑安装。先安装围檩再焊接牛腿，后进行斜撑焊接安装，做到先撑后挖要求，以此类推。

围檩支撑要保证尺寸正确，有一定刚度。安装时，按照设计图纸要求，以支撑轴线拉麻线检验支撑位置，先丈量复核实际长度尺寸，然后将支撑尺寸编号入册，再按实际丈量尺寸拼装支撑长度。

8、钢管桩围堰拆除

承台施工完成后，回填至与承台面标高平完成体系转换，继续施工墩身，施工出水面后，采用边回水边拆除的方式进行，直至回水至与围堰外侧水位平。支撑拆除完成后拔除钢管桩。

拔桩时应注意以下几点：

1、为防止将临近钢管桩同时拔出，宜将钢管桩和加固的支撑围檩逐根解除。

2、按与插打钢管桩顺序相反的次序拔桩。

3、将钢管桩用振动锤再复打一次，可克服土的黏附力。

4、拔出的钢管桩应及时清除土砂，涂以油脂。变形较大的钢管桩需调直，完整的钢管桩要及时运出工地，堆置在平整的场地上。

三、施工中遇到的问题及处理

由于河床地质结构复杂，钢管桩打拔施工中常遇到一些难题，常采用如下几点办法解决：

1、打桩过程中有时遇上大的孤石或其它不明障碍物，导致钢管桩打入深度不够，则采用转角桩或弧形桩绕过障碍物。

2、钢管桩在软泥质地段挤进过程中受到泥中块石或其它不明障碍物等侧向挤压作用力大小不同容易发生偏斜，采取以下措施进行纠偏：在发生偏斜位置将钢管桩往上拔 1.0m ~ 2.0m，再往下锤进，如此上下往复振拔数次，可使大的块石等障碍物被振碎或使其发生位移，让钢管桩的位置得到纠正，减少钢管桩的倾斜度。



3、钢管桩沿轴线倾斜度较大时，采用异形桩来纠正，异形桩一般为上宽下窄和宽度大于或小于标准宽度的板桩，异形桩可根据实际倾斜度进行焊接加工；倾斜度较小时也可以用卷扬机或葫芦和钢索将桩反向拉住再锤击。

4、软泥质基础较软，有时施工发生将邻桩带入现象，采用的措施是把相邻的数根桩焊接在一起，并且在当前施工打桩的连接锁口上涂以黄油等润滑剂减少阻力。

四、质量控制及注意事项

1、在拼接钢管桩时，两端钢管桩要对正顶紧夹持于牢固的夹具内施焊，要求两钢管桩端头间缝隙不大于 3mm，断面上的错位不大于 2mm，使用新钢管桩时，要有其机械性能和化学成份的出厂证明文件，并详细丈量尺寸，检验是否符合要求。

2、对组拼的钢管桩两端要平齐，误差不大于 3mm，钢管桩组上下一致，误差不大于 30mm，全部的锁口均要涂防水

混合材料，使锁口嵌缝严密。

3、为保证插桩顺利合拢，要求桩身垂直，并且围堰周边的钢板数要均分，确保桩身垂直，发现倾斜，及时调整，使每组钢管桩在顺围堰周边方向及其垂直方向的倾斜度均不大于 5‰。

4、在使用拼接接长的钢管桩时，钢管桩的拼接接头不能在围堰的同一断面上，而且相邻桩的接头上下错开至少 2m，组拼钢管桩时要预先配桩。

5、在进行钢管桩的插打时，当钢管桩的垂直度较好，一次将桩打到要求深度，当垂直度较差时，要分两次进行施打，即先将所有的桩打入约一半深度后，再第二次打到要求的深度。

6、打桩时必须在桩顶安装桩帽，以免桩顶破坏，切忌锤击过猛，以免桩尖弯卷，造成拔桩困难。

7、同一围堰的钢管桩只能用同样的锁口，按设计尺寸计算出使用钢管桩的数量，以确保够用。

8、剔除锁口破裂、扭曲、变形的钢管桩。

9、剔除钢管桩表面因焊接钢板、钢筋留下的残渣瘤。

10、在接长焊接时，相邻焊缝高度差不得小于 1m。

11、焊接时要采取控制变形措施，焊后两对角线误差不大于 2mm；直线度、平面度不大于 2.5mm。

12、焊缝要平滑、饱满，不能出现凸凹现象，不得有气孔、夹渣、咬边等焊接缺陷。焊后须清渣，焊缝打磨光滑。

13、质量标准

内容	允许值或允许偏差
桩顶标高	+100mm, -50mm
平面位置	50mm
垂直度	≤ 1%

五、钢管桩围堰监测

1、监测项目

钢管桩围堰顶部竖向、水平位移监测。

2、监测方法

在钢管桩顶部焊接钢筋头，钢筋头顶面布置十字形对中线，通过全站仪与配套的棱镜采集测点处位移数据，分析测点位置移位情况。

①、水平位移监测

采用测边交会法进行观测，监测点棱镜安装采用强制归心装置，以利提高精度。监测点相对于工作点的点位误差控

制在 $\leq \pm 2.0$ mm,各监测点的水平位移量以两次测量的数据差计算并得出,水平位移量计算至 mm,将测量数据做记录。

②、竖向位移监测

选用徕卡 DNA03 电子精密水准仪,监测的垂直中误差控制在 $\leq \pm 0.5$ mm。为保证监测精度,各监测点的高程值由各工作水准基点组成一个闭合水准路线环,各监测点的沉降量是以两次测得各监测点的高程差计算得出,沉降量计算至 mm,将测量数据做记录。

3、测点布置

每个围堰布置 18 个观测点。首先在 4 个拐角位置观测点,然后依据拐角观测点横桥向等距布置 4 个监测点并涂刷红漆、顺桥向等距布置监测点 3 个并涂刷红漆。

4、监测频率

钢管桩合拢后,每天观测 2 次,上午、下午各一次。

在内部支撑施工完成后,每天观测一次,直至钢管桩内部支撑全部拆除后,方可停止观测。

六、钢管桩围堰施工中的防漏水措施

天华大桥 2#、3# 墩位于河水中,围堰能否成功防水,钢管桩锁口之间连接是否紧密是施工的关键因素。为此,须从钢管桩施工的每道工序加以控制。

1、钢管桩在运到现场后,派专人仔细清理索口间杂物、观察索口是否变形,对于索口变形的钢管桩,应调正后使用;

2、在钢管桩锁口内涂抹黄油混合物油膏(重量配合比为沥青:黄油:滑石粉:锯末=4:6:10:1)以防止钢管桩的漏水;

3、钢管桩在插打时应保证其垂直,防止相互倾斜的钢管桩之间索口无法密贴;

4、钢管桩围堰在抽水后若存在较小的漏水现象,在抽水时,利用漏水处水压差降产生吸力的原理,在漏水处钢管桩上迅速溜下一袋干细砂或锯木屑、粉煤灰(煤渣)等填充物,在吸力的作用下,填充物会被吸入接缝的漏水处,将漏水通道堵塞,有效的减少漏水量。若抽水后漏水现象较为严重,则将旧棉被或土工布裁剪成 3 - 5cm 的长条状,对漏水处进行堵塞;

参考文献

韩立军,锁扣钢管桩在桥梁围堰施工中的应用-技术研发 VOL2,NO.10.2015