

文章编号: 1006—2106(2009)03—0027—06

# 钢板桩围堰结合填芯筑岛技术在高速铁路 施工中的应用

李 达 赵祥允<sup>\*\*</sup>

(中国交通建设股份有限公司, 江苏 苏州 215122)

**摘要:** 研究目的: 京沪高铁 VI标段位于江苏省和上海市境内, 全长 158 km 多次跨越通航河道, 其中吴淞江大桥跨越五级通航河道, 大桥基础位于水中, 埋置深, 水中施工周期长, 施工环境差、风险大, 是全线的重点工程。为了降低施工风险, 缩短施工周期, 将水中施工变为陆上施工是本项目的关键。如何利用钢板桩作为深水基础止水围堰, 将钻孔桩施工和深水承台施工有机地结合在一起, 变水中施工为陆上施工, 保证深水基础施工进度、安全质量以及航道通航正常, 实现京沪高铁控制性工程的节点工期目标。

**研究结论:** 通过本工程采用钢板桩围堰结合填芯筑岛技术方案的实施, 成功将水中钻孔桩和承台施工改变为陆上施工, 降低了施工风险, 施工环境等到了较大的改善, 加快了施工进度, 保证了施工安全和航道运输安全, 同时本工程开工早, 为本标段其他多处跨江、跨河工程提供了有益的实践经验, 同时对上海地区类似的工程建设也具有参考意义。

**关键词:** 钢板桩围堰; 水中基坑; 施工技术

**中图分类号:** U445.556 **文献标识码:** A

## Application of Steel Sheet Pile as Surrounding Wall along with the Technology for Island—filling in the Construction of High—speed Railway

LI Da ZHAO Xiang—yun

(China Transportation Construction Co. Ltd. Suzhou Jiangsu 215122, China)

**Abstract:** Research Purposes: The Bidding 6 of Beijing—Shanghai High—speed Railway located in Jiangsu Province and Shanghai City crosses navigable waterway for several times with total length of 158 km. The Wusongjiang Bridge crosses the 5 grade navigable waterway with deep buried depth of its foundation, long construction period, bad construction environment and big construction risk, so construction of the bridge is essential to construction of the railway. Turning the construction of the bridge in water to the construction on land, how to use the steel sheet pile as surrounding wall and how to combine bored pile with deep water abutment are the key points to lower the construction risk, shorten the construction period, speed up the construction process, guarantee the construction quality and normal operation of navigable waterway and achieve the expected goal of the controlled project of the railway.

**Research conclusions:** With application of steel sheet pile as surrounding wall along with the technology for island—filling, it was successful to turn the bored pile and abutment in water were to on land, lower the construction risk, improve the construction environment, speed up the construction process and guarantee the construction quality and normal operation of navigable waterway, which can offer the reference to the similar works.

**Key words:** surrounding wall with steel sheet pile; foundation pit in water; construction technology

\* 收稿日期: 2008—12—21

\*\* 作者简介: 李达, 1976年出生, 男, 工程师; 赵祥允, 1975年出生, 男, 工程师。

京沪高速铁路是中国第一条高速铁路,设计时速为 350 km/h,其中跨吴淞江大桥位于上海闵行区,是全线重点控制工程。主桥设计为 60 m+100 m+60 m 连续梁,占用河岸约 230 m,以 31°斜角上跨吴淞江,其中 5<sup>#</sup>、6<sup>#</sup>主墩分别位于两岸水中,墩中心距岸边约为 9~13 m。桥梁每个主墩有 21根群桩基础,桩径  $\phi$ 1.5 m,桩间距 3.9 m,在圆形范围内布置,每根桩长 92 m;下承台为圆柱形,直径 20.5 m,高 4 m;上承台为圆台形,下上直径分别分 14 m、11.4 m,高 3 m。

1 工程难点

吴淞江为五级通航河道,来往船只较多。航道要求净宽不小于 45 m,净高不小于 5 m。规划河底标高-3.622 m,规划河底宽 38 m,可通行 500 的船舶。为保证通航要求,主墩承台基础置于规划河床线以下,而水下基础施工须占用两岸的河道长,占用后通航净宽为 24 m。如何保证驳岸安全,保证正常通航条件下按期完成施工,是本工程的难点。

2 工程地质和水文地质

2.1 工程地质

桥位地层均为第四系松散堆积层,总厚度在 100 m 以上。上部近 50 m 范围分布第四系全统青浦组(Q4<sup>q</sup>)地层,主要为冲—海积、海—冲积,岩性以粉质黏土、粉土、淤泥质黏土、淤泥质粉质黏土为主;下部主要分布第四系上更新统南汇组(Q3<sup>n</sup>)地层,主要为冲—海积、海—冲积,海积相成因,岩性以粉质黏土、黏土、粉土、粉砂、细砂为主。

表 1 主墩基础地质地层分布情况

土层厚度/m	粉土	淤泥质粉质黏土	粉土	粉质黏土	粉砂、中砂
5号墩	1.4	14.5	15.5	6.8	11.4以上
6号墩	0.9	12.2	21.5	7.8	5.5以上

2.2 水文地质

地下地表水丰富,河流水位受季节影响明显,雨季水量丰沛,有生活和工业废水的排入,排泄方式以迳流、蒸发为主。吴淞江属平原感潮河网,本桥桥址常水位  $H_{常}=0.8$  m,100年一遇的内涝水位  $H_{1/100}=2.59$  m,50年一遇的内涝水位  $H_{1/50}=2.52$  m。桥址区河水流向从西向东,遇大潮时流向相反。河水通常流速 0.5 m/s,通常流量约 130 m<sup>3</sup>/s。桥址区河面平均宽度为 64 m,水深 2~6 m,流量约 268 m<sup>3</sup>/s,河床坡度较平缓,形态

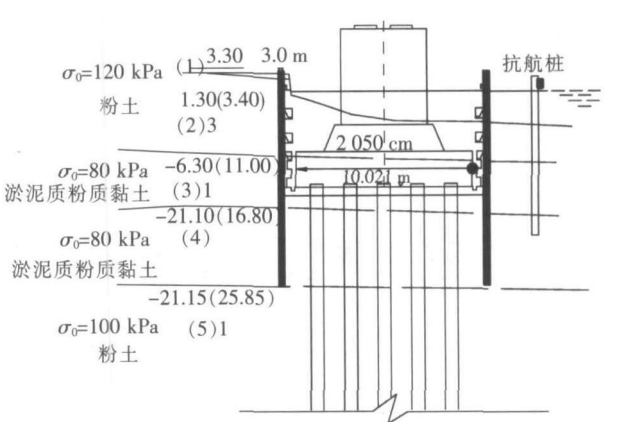


图 1 地质情况示意图

较顺直。桥址区地表水及地下水有硫酸盐侵蚀,环境作用等级 H。

3 施工方案比选

为确保安全质量和工期,结合主墩的地形地质和水文情况,设计了 2个不同的施工方案:A 钢板桩围堰+填芯筑岛;B 双壁钢箱围堰+水上钻孔平台。

表 2 工程费用比较一览表

方案名称		1个围堰费用/万元	一座双线桥 2个围堰费用/万元
方案 A 钢板桩围堰+填芯筑岛	新购钢板桩	700	1 400
	租赁钢板桩	430	860
方案 B 双壁钢箱围堰+水上施工平台		1 050	2 100

表 3 施工工期、风险比较

方案 A 钢板桩围堰+填芯筑岛	钢板桩围堰加内围檩和钢筋混凝土连续墙有足够的刚度抵抗外侧土压力、水压力、施工机具压力,堰壁止水技术成熟,工期短	风险较小
方案 B 双壁钢套箱围堰+水上钻孔平台	双壁钢套箱围堰体形庞大,下沉困难;施工过程中若遇偏移或倾斜,实施纠偏困难,纠偏期较长。双壁钢套箱围堰刚度大,整体效果好,但拼装场地、起吊设备受到限制。插入土层浅,为防止冒底管涌,须采取水下封底,封底工作量大,施工工期长	风险中等

通过从工程造价、工期、施工风险等方面进行综合比较,结论如下:主墩采用方案 A 即钢板桩围堰+填芯筑岛。

4 施工工艺

施工工艺流程如图 2所示。

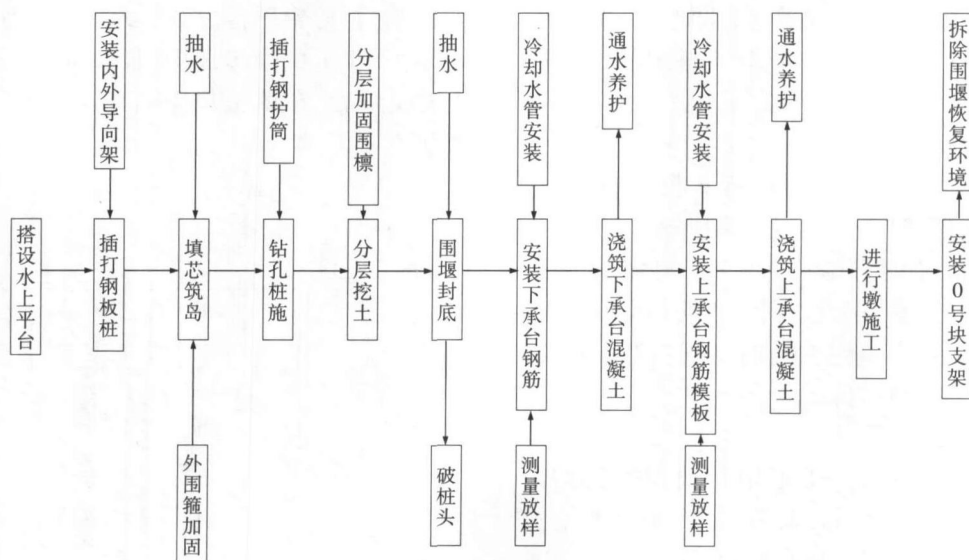


图 2 钢板桩围堰+填芯筑岛施工工艺框图

#### 4.1 搭设施工平台

水中平台基础利用桩基护筒,护筒之间设平联,岸上设混凝土条形基础。纵梁为六四军用梁,设置横联,铺  $\angle 10$  型钢作分配梁,10 mm 厚钢板作桥面。

##### 4.1.1 测量定位

插打中间的桩基钢护筒,钢护筒内径  $\phi 1\,800\text{ mm}$ ,壁厚 12 mm,共 4 根,每根长度 15 m,入土深度 9 m。水中安放六四军用梁框架作护筒定位架,采用全站仪监测护筒的垂直度、平面位置、标高,特别是作好入土初期的控制,如发现偏差及时纠偏。

##### 4.1.2 制作牛腿

插打  $\phi 800\text{ mm}$  钢管桩作桥台基础,插打完成中间 4 个护筒,安装和焊接护筒顶部牛腿,牛腿部位的护筒用钢板加固,焊缝高度 12 mm,双面满焊,控制好牛腿标高。

##### 4.1.3 安装军梁

安装六四军用梁纵梁,检查标高、平面位置,安装桁架横联;安装  $\angle 10$  桥面分配梁;安装 10 mm 厚桥面钢板,与  $\angle 10$  点焊。

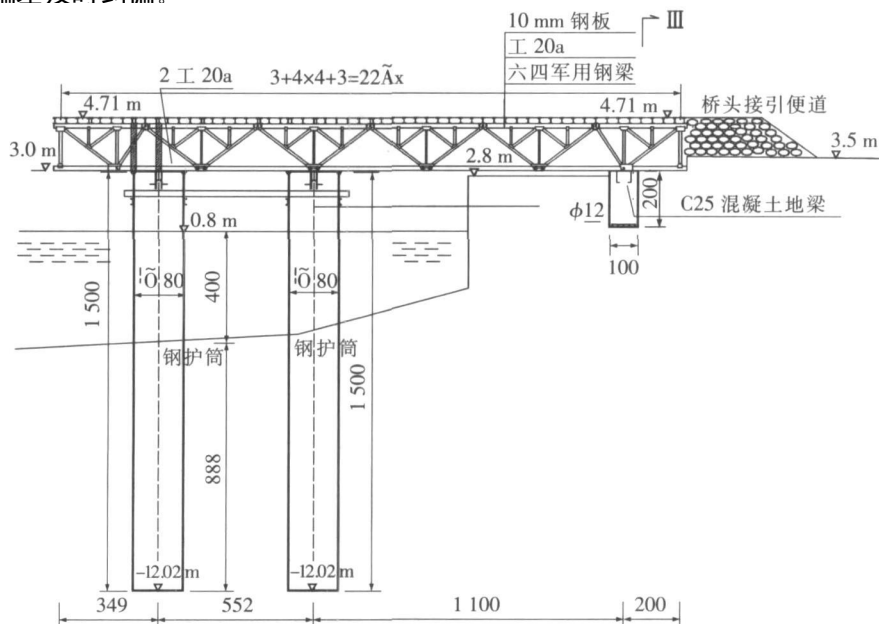


图 3 主墩施工基础平台纵向立面图 (单位: cm)

#### 4.2 插打钢板桩围堰

##### 4.2.1 钢板桩设计

经调查,吴淞江历史水位未溢出河堤(标高 2.8 m),

为保证围堰的正常使用,围堰顶标高设为 3 m,比最高水位高 0.41 m,比常水位 0.8 m 高 2.2 m。钢板桩采用拉森 IV 型钢板桩,设计长度 24 m,插入河床以下约

18 m 承台底面以下 10.78 m 承台为圆形, 钢板桩围堰为圆形, 预留 1.5 m 的施工空间, 钢板桩围堰内径设计为  $\phi 23.5\text{ m}$

4.2.2 临时护岸施工

在上、下游堤岸与围堰之间各打 6 根 6 m 长的  $\phi 60\text{ mm}$  钢管桩, 码砂袋封口。在下游围堰外顺堤向插打钢板桩临时护岸, 临时护岸长 7.2 m。测定岸上围堰位置, 在河堤背后进行试探性开挖, 查明挡墙基础的影响范围。将河堤逐段向上游方向拆除, 挖开下游堤背土方, 将底下的桩基础拔除。

4.2.3 导向定位架施工

插打靠近围堰内壁的 12 根钢护筒, 护筒壁厚 10 mm, 长 9 m, 入土深度 3 m, 采用工 20 a 作平联, 连成稳定的框架。为确保围堰插打精度, 先安装工 20 a 内、外导向定位架, 导向架作上口内外围檩, 再增加工 10 槽钢作外围檩, 并在钢板桩与围檩之间的空隙间插打木楔夹紧。定位架与钢护筒之间采用工 20 a 平联连接牢靠, 然后顺定位架插打钢板桩。

4.2.4 插打钢板桩顺序

钢板桩先插打上游桩, 分别向两边分, 最后破除堤岸, 在岸上合龙。先插打河上游的第 1 根钢板桩, 第 1 根钢板桩长 22 m 为通长桩, 其它桩长为 24 m 为接长钢板桩, 接长钢板桩所用钢板为钢板桩切割的原钢板, 以确保材质相同, 焊接缝合性能好。在第 1 根钢板桩两边插打, 逐渐向两边分, 对打好的钢板桩进行检查, 并与内外定位圈进行连接, 空隙处插上木楔, 保证钢板桩与定位圈密贴, 保证插打钢板桩围堰质量。插打围堰钢板桩, 直到合龙。

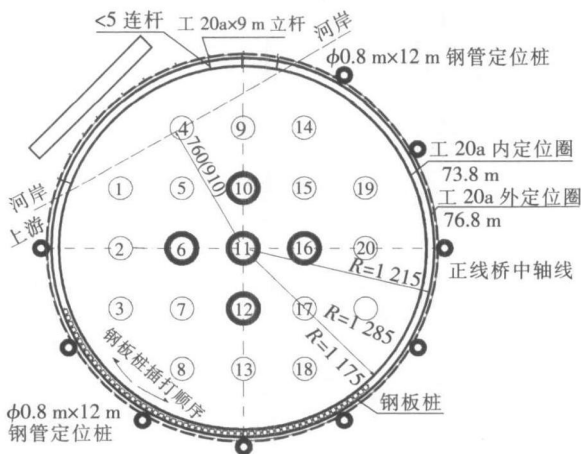


图 4 钢板桩围堰施工平面图 (单位: m)

4.3 填芯筑岛

安装外围檩对围堰进行加固。堰内分层填土 (40 cm 一层), 每层基本找平后再填上一层, 采用透水性的砂土, 一边填土, 一边抽水, 确保堰内外压力基

本平衡。拆除钢平台桥面及纵梁。将岛面填筑成中间比周边高 1 m 的隆起, 理顺排水, 防止岛面积水。围堰填筑成型后, 在填土顶面铺一层碎石以增强其承载能力。

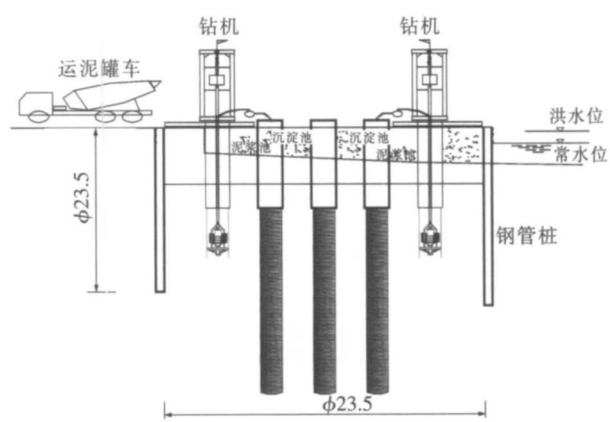


图 5 填芯筑岛施工示意

4.4 钻孔灌注桩施工

采用反循环回转法成孔, 设沉淀池和泥浆池 (可利用钢护筒) 循环造浆。泥浆采用汽车或船舶中运至指定地点。

4.5 承台开挖及内围檩安装

(1) 采用长臂挖机分层开挖、高压水枪、吸泥机等设备开挖承台基坑, 泥土采用汽车和轮船运到环保部门指定的弃土场。

(2) 大面开挖到标高 +1.1 m 时, 安装第一道围檩 (0.4 × 0.4 m 双室钢箱)。第一层内围檩采用 10 mm 的钢板自行加工成圆形钢箱。内围檩在加工场加工成 8 个组件, 采用履带吊吊装至设计位置。在钢板桩侧壁上焊接牛腿, 围檩安装在牛腿上。第一层内围檩安装完毕后, 进行内支撑安装, 内支撑与围檩间采用焊接。内支撑安装完毕, 方可进行下层开挖。

(3) 边开挖边抽水, 分层开挖, 5#墩大面开挖到标高 -2.25 m 和 -5.021 m 时, 安装钢筋、模板、焊锚固钢筋、安装塑料隔膜, 各浇注 C40 围檩混凝土 (1.1 × 1.1 m)。

(4) 5#墩大面开挖到标高 -7.021 m 时 (6#墩开挖到标高 -7.221 m), 浇注 1 × 1 m C40 混凝土 (连续墙第一次浇筑)。

(5) 5#墩大面开挖到标高 -8.021 m 时 (6#墩开挖到标高 -8.221 m), 安装模板、钢筋、并与上层墙体钢筋相连、安装塑料隔膜, 浇注 1 m 高、0.5 m 宽 C40 混凝土 (连续墙第二次浇筑)。连续墙竖向分节开挖, 分节施工浇注, 连续墙高度共 4 m。

4.6 围堰封底

(1) 连续墙完工, 强度达到 75% 后, 继续开挖, 比

承台底超挖 1 m 基底找平, 浇注 1 m 厚封底混凝土, 并在坑底四周预留排水沟、积水坑等。封底顶标高即为承台底标高, 封底采用 C20 混凝土。为保证以后钢板桩好拔出, 在钢板桩与封底混凝土之间 10 mm 厚的泡沫板作隔离层, 以便于以后钢板桩拔出。

(2) 封底混凝土与承台混凝土分开。封底时, 精

确测量, 严格控制封底混凝土顶面标高, 高凿平, 低垫平, 使封底混凝土不侵占承台截面, 确保承台底面标高满足设计要求。

(3) 作水下封底应急预案, 作好水下封底的准备, 施工中作好观察, 如出现基础底部发生隆起、管涌流量大等情况, 停止干处挖基, 改成水下挖基, 水下封底。

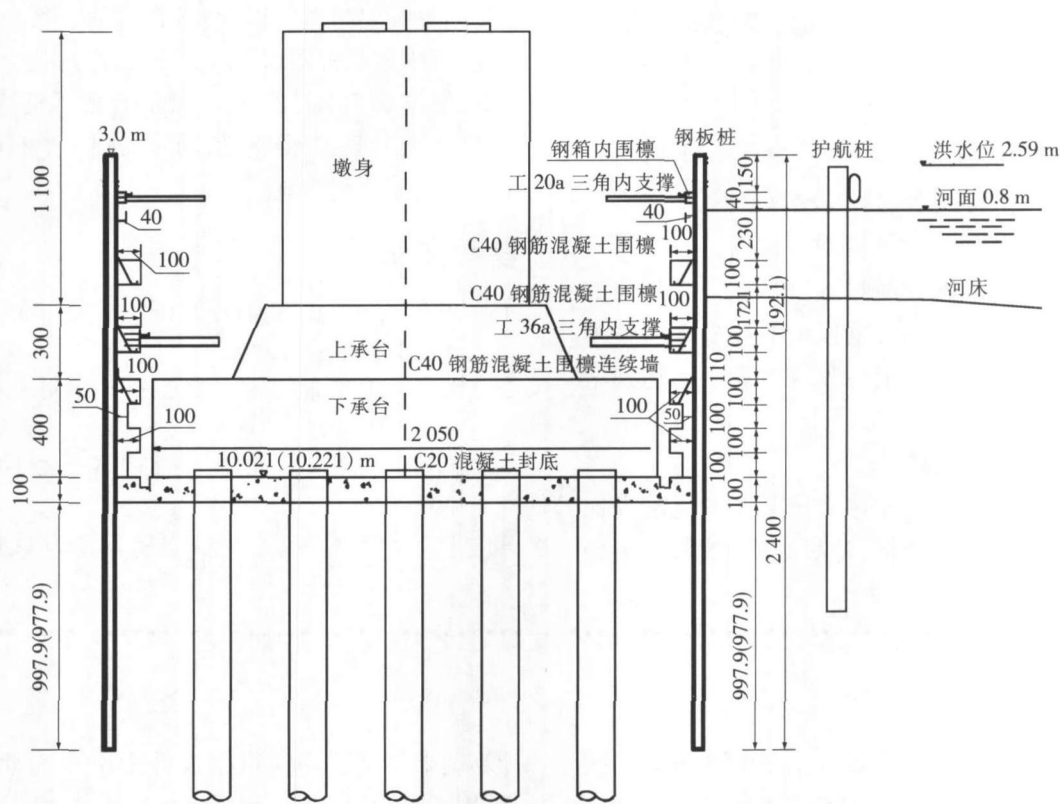


图 6 主墩围堰立面示意图 (单位: mm)

4.7 承台施工

以连续墙作模板, 浇注下承台混凝土。承台为大体积混凝土, 采用埋设冷却水管、减小浇注层厚、覆盖养生等温控防裂措施。(详细施工工艺不在赘述)。

5 钢板桩围堰施工质量控制措施

5.1 钢板桩精度保证及纠偏措施

(1) 钢板桩打设之前, 在钻孔平台周围用工 20 a 设置定位导向架, 定位架要安装精确, 固定牢靠, 保证钢板桩的插打精度。

(2) 为了确保插打位置准确, 第一片钢板桩是插打的关键。插打在导向架上设置一个限位框架, 大小比钢板桩每边放大 1 m, 插打时钢板桩背紧靠导向架, 边插打边将履带吊钩缓慢下放。这时在互相垂直的两个方向用经纬仪观测, 以确保钢板桩插正、插直, 然后以第一根钢板桩为基准, 再向两边对称插打钢板桩。

(3) 在整个钢板桩围堰施打过程中, 开始时插一

根打一根, 即将每一片钢板桩打到设计位置, 到剩下最后 5 片时, 要先插后打, 若合龙有误, 用倒链或滑车组对拉使之合龙, 合龙后, 再逐根打到设计深度。

(4) 在钢板桩锁口内涂黄油, 安置吊点, 根据履带吊起重高度可在桩顶利用拔桩孔系千斤顶, 如起重机高度不够, 可用钢丝绳在钢板桩 1/3 以上处捆扎, 捆扎处有夹板, 并垫有木块, 胶皮以防滑移和受力后吊点处锁口变形。

(5) 在钢板桩下端系揽风绳 2 根, 履带吊起吊钢板桩接近垂直状态时, 利用揽风绳控制正反方向。

(6) 钢板桩就位下插, 第一片钢板桩沿活动导向下插是整个围堰的基准, 要反复测量检查, 使其方向垂直, 位置准确, 必要时可加辅助设施, 控制桩在导向内的位置。

(7) 复核桩的垂直度、位置, 认可后进行插打。使钢板桩 (第一片或第一组) 下沉到河床设计标高, 其它钢板桩则以插打好的桩为准。

(8)在插打过程中,钢板桩下端有上挤压,钢板桩锁口和锁口之间缝隙较大,上端总会产生向远离第一根钢板桩的方向倾斜。因此,每打四五根钢板桩就要用垂球吊线,将钢板桩的倾斜度控制在1%以内,超限时给予纠偏(一次性纠偏不能太多,以免锁口卡住)。当钢板桩偏移太多时,采用多次纠偏的方法逐步减少偏移量,若因土质太硬纠偏困难时,采用四滑轮组纠偏。

## 5.2 钢板桩围堰防水、堵漏控制

检查钢板桩整体质量的均匀性,发现孔洞缺口,要封补严密,防止漏水。抽水时如发现有渗漏,用潜水工下水在锁口处填塞棉絮、砂等堵漏。钢板桩表面锁口部位喷射止水带。在钢板桩施打过程中用棉絮、黄油等填充物填塞接缝,采用顺着钢板桩的接缝下溜较干细砂的方法,借助水压力将细砂吸入接缝内而达到堵漏的目的。

## 5.3 钢板桩围堰刚度控制

在承台开挖时,要分层开挖,分层支护。认真比选,确定围堰结构和材料规格,计算结构安全性能,确

保各项安全指标符合安全要求。采用加大和加强的钢筋混凝土内围檩和地下连续墙,确保围堰具有较高的刚度。

## 6 结论

吴淞江大桥是京沪高速铁路重点工程,是保证施工工期关键控制性工程,经过合理的方案比选和专家论证,运用钢板桩围堰与填芯筑岛技术是合理的施工方案,经过5.5个月的施工,顺利完成了桩基和承台施工,确保了工期、安全质量,同时又减少了对环境污染,保证了航道顺利通航。

## 参考文献:

- [1] 周水兴,何兆益,邹毅松.路桥施工计算手册[K].北京:人民交通出版社,2001
- [2] 刘建航,候学渊.基坑工程手册[K].北京:中国建筑工业出版社,1997
- [3] 陈仲颐,周景星,王洪瑾.土力学[M].北京:清华大学出版社,1998
- [4] TZ213—2005 客运专线铁路桥梁工程施工技术指南[S].

(上接第22页)

线线型,尖轨曲线起点断面宽度 $P$ 为33.08 mm,曲线相离值为9.5 mm,直股轨距 $S$ 为1435 mm,尖轨加宽值 $a$ 为0,曲股轨距 $S$ 为1435 mm。采用60AT钢轨,曲基本轨与直线尖轨密贴范围内为直线,计算程序计算得到的最大构造加宽出现在距尖轨尖端水平方向3890 mm处,最大构造轨距为1440.2 mm。计算结果已经设计图验证。

## 5 结论

小号码道岔曲股轨距加宽及构造加宽通用计算方法的研究重点在于各种道岔平面线型之间的同一性,运用循环算法这一电算手段能比较精准、快速地得到

计算结果。该程序在道岔设计中可作为辅助设计工具,用于轨距检算、道岔平面线型比选、相比作图法有其简便、灵活的优势;工务部门利用本程序计算成果可确定曲股最大构造轨距及其位置,完成道岔铺设、轨道维护等工作。具有一定的实用价值。

## 参考文献:

- [1] 练松良.轨道工程[M].上海:同济大学出版社,2006
- [2] 中国中铁路岔联合设计组.60 kg/m钢轨12号可动心轨单开道岔设计图(GLC(06)01)[J].北京:中国中铁股份有限公司,2007
- [3] 杨晶.VB6.0程序设计[M].北京:机械工业出版社,2004