

# 沿海较密实砂层中薄壁PHC管桩施工工艺探讨

王海实<sup>①</sup>

(中国水利水电第八工程局有限公司, 湖南 长沙 410000)

**摘要：**河口三角洲地区第四纪沉积地层受海流波浪及潮汐的水动力作用，多交错层理或不规则的透镜体夹层，地层呈不均匀和局部密实性。在该种地层下用锤击法进行薄壁PHC管桩沉桩施工时，容易使桩头、桩身、接头等薄弱处产生裂纹，严重时可导致管桩产生碎裂破坏。某沿海燃煤电站薄壁PHC管桩项目的施工采用全套管跟管施工工艺，有效地解决了上述施工问题，在确保管桩施工质量的同时提高了施工效率。

**关键词：**沿海地层；薄壁PHC管桩；长螺旋引孔；全套管跟管；施工质量

**中图分类号：**TU473.1 **文献标志码：**A



某沿海燃煤电站设计采用薄壁PHC管桩作为主要建筑基础形式，由于该项目所在区域地层复杂，且在设计桩长范围内存在两个以上较密实地层，静压法施工工艺在该项目实施过程中存在一定的局限性。项目前期采用锤击法进行试验桩施工，当管桩穿越较密实地层时，每下沉50 cm锤击数明显上升，由于锤击力的冲击和反射，PHC管桩受到较大的压应力波和拉应力波，在桩头、桩身、接头等薄弱处产生不同程度的裂纹<sup>[1]</sup>，少数管桩在桩身或接头处产生碎裂破坏，增大了桩基施工质量控制难度。后采用了全套管跟管施工工艺，成功解决上述施工质量问题，并提高施工效率。

## 1 施工准备

### 1.1 场地准备

设备进场前现场应做好三通一平工作，同时需确

保场地地基承载力在 $0.1\sim 0.2\text{ N/mm}^2$ 之间。必要时应在设备行走及施工部位铺设钢板，确保设备安全运行。

### 1.2 管桩验收及存放

在施工准备阶段，应向建设单位工程师和监理工程师提供PHC桩生产厂家的资质证明文件及PHC桩的质保资料，积极配合监理工程师的考察计划，确定管桩供应商并签署相关合同文件。

管桩运送至现场后应组织监理方共同进行验收。验收项目包括管桩的外观、桩径、长度、壁厚、桩身弯曲度、桩端头板的平整度、桩身强度以及桩身上的材料标识等，并审查产品合格证明文件，把好材料进场验收关。根据设计及施工规范要求等级，将不符合要求的管桩清退出场。管桩外观质量检查项目及要求的管桩清退出场。管桩的外观质量检查项目及要求的管桩的尺寸允许偏差见表2。

表1 管桩外观质量检查项目及要求的管桩的尺寸允许偏差见表2。

项目	合格品质量要求	
粘皮和麻面	局部粘皮和麻面累计面积不大于桩总外表面积的0.5%；每处粘皮和麻面的深度不大于5 mm，且应修补	
桩身合缝漏浆	漏浆深度不大于5 mm，每处漏浆长度不大于300 mm，累计长度不大于管桩长度的10%，或对称漏浆的长度不大于100 mm，且应修补	
局部磕碰	磕损深度不大于5 mm，每处面积不大于50 cm <sup>2</sup> ，且应修补	
内外表面露筋	不允许	
表面裂缝	不得出现环向和纵向裂缝，但龟裂、水纹或内壁浮浆层中的收缩裂纹不在此限	
桩端面平整度	管桩端面混凝土和预应力钢筋锚头不得高于端板平面	
断筋，脱头	不允许	
桩套箍凹陷	凹陷深度不大于5 mm，面积不大于500 mm <sup>2</sup>	
内表面混凝土塌落	不允许	
接头和桩套箍与桩身结合面	漏浆	漏浆深度不大于5 mm，漏浆长度不大于周长的1/6，且应修补
	空洞和蜂窝	不允许

**作者简介：**王海实（1987— ），男，蒙古族，河南内乡人，本科，工程师，从事基础处理行业施工管理工作，现为中国水利水电第八工程局有限公司新能源公司孟加拉区域公司总工程师。

表2 管桩的尺寸允许偏差

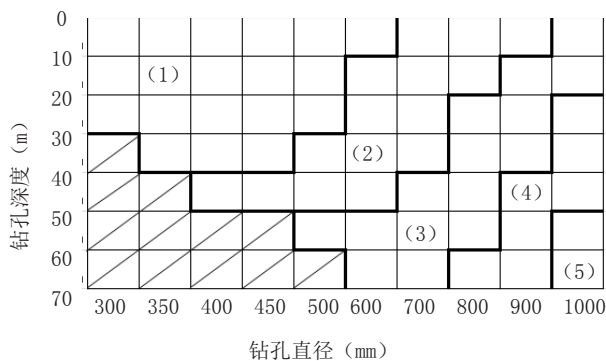
项目	合格品允许偏差	
长度 $L$	$\pm 0.5\%L$	
端部倾斜	$\leq 0.5\%D$	
外径 $D$ (mm)	$\leq 600$	+5 -2
壁厚 $t$		+20 0
保护层厚度 (mm)		+5 0
桩身弯曲度	$\leq L/1000$	
桩端板 (mm)	外侧平面度	0.5
	外径	0 -1
	内径	0 -2
	厚度	正偏差无限 0

注：表内尺寸以设计图纸为基准。

经验收合格的管桩集中堆放在临时存放区或施工现场。管桩堆放时应在其下方放置方木。方木的间距要与吊点位置相同，并保持在同一水平面上，防止局部不均匀沉降导致管桩损坏。应根据堆放场地地基承载力和周边地区情况确定管桩码放高度，一般不宜超过4层。

### 1.3 设备进场及试验桩施工

施工设备应满足设计施工要求且确保性能稳定，设备进场组装完成后应进行打桩试验，以检验施工工艺、设备是否符合要求。同时应通过试验桩高应变（PDA）及静载试验验证前期地勘成果，确定该施工区域的工程桩施工停锤标准（停锤时锤心落距及每10击贯入深度）。双动力头套管长螺旋钻机、钻塔上有上下两个回转器，上回转器带长螺旋在钢管内钻取渣土，下回转器可带套管或钢管反转回转（抵消长螺旋的反扭矩），钻孔精度高，此方法尤其适合在易坍塌地层施工灌注桩、钢管桩、预制桩<sup>[2]</sup>。套管引孔钻机设备型号需参考施工场地的地层情况，长螺旋钻机驱动电动机的功率可根据桩长和引孔直径参考图1确定<sup>[3]</sup>。



电机功率 (kW)	适用范围
45	(1)
55	(2)
90	(3)
110	(4)
150	(5)

图1 长螺旋钻机选型参考

液压打桩锤因具有操作简单、使用灵活、能源利用率高等特点，正逐渐成为最重要的锤击沉桩施工机械。双作用液压打桩锤采用的是轻锤重打理论，锤自身相对较轻，作用于桩顶的除了锤自身质量，还有液压系统提供的推动力，所以其冲击速度比自由落体要快，锤击

作用时间较短<sup>[4]</sup>。双作用液压打桩锤具有冲击能量大、打桩效率高的特点<sup>[5]</sup>，设备选型可通过给定的管桩材料及土质参数，通过预测打桩过程中的打桩阻力大小及变化，以及桩身应力变化及贯入度等，合理地选择打桩锤能量。在选定的桩锤能量下，结合桩锤自身特性对施工的影响来进一步优化选择<sup>[6]</sup>。

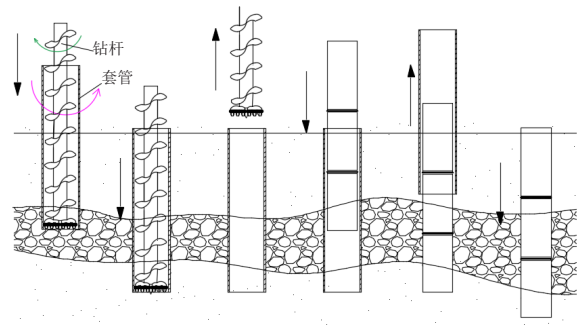
## 2 全套管跟管施工工艺

当施工区域有较密实的砂层、砂卵石地层且地下水较高时，采用长螺旋引孔，间隔一段时间再进行锤击桩施工时，往往会由于地层沉降、周边桩沉桩挤密等原因导致该部位打桩困难，此时可考虑采用全套管跟管施工工艺。该工艺适用地层更广（适用于流沙、流塑、承压水、砂卵石等易坍塌和破碎地层的钻进成桩）<sup>[7]</sup>。

双动力头套管长螺旋钻机由长螺旋钻机、套管驱动器及高压送风系统三部分组成，套管内径略大于桩径。高压风在跟管施工过程中，可将套管内经长螺旋扰动的松散渣土吹至套管外，以减小套管下沉阻力。施工前根据地层情况选择适当引孔深度和套管长度，一般套管长度小于设计桩长3~5 m，确保桩底有足够的锚固长度。

### 2.1 工艺流程

采用全套管跟管进行锤击管桩施工的工艺及流程见图2、图3。



1. 钻孔 2. 达到深度 3. 钻杆提升 4. 放PHC管桩 5. 拔除套管 6. 沉桩至设计深度

图2 全套管跟管施工工艺

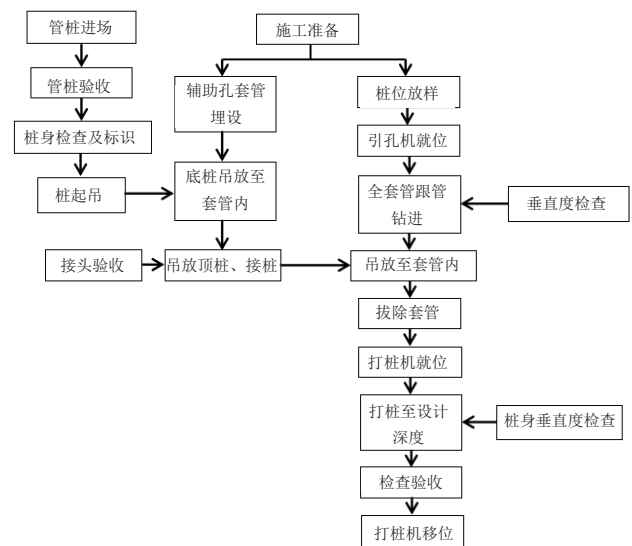


图3 全套管跟管施工工艺流程

## 2.2 辅助孔施工及管桩接长

当采用全套管跟管施工工艺进行薄壁PHC管桩锤击施工时,需在一个场地开始前避开工程桩桩位,选择一个合适的位置采用全套管跟管施工方法施工1~2个辅助孔,辅助孔内径略大于(2~5 cm)管桩外径。辅助孔主要用来对管桩进行预拼接,按照整体配桩需求将管桩接长至大于设计桩长的一个整根。

当施工区域单根桩由两节管桩组成时,只需施工一个辅助孔,由三节管桩组成时需施工两个辅助孔,以此类推。首个辅助孔的深度及套管长度应小于底桩长度1 m左右,第二个辅助孔的深度及套管长度应小于底桩+中间桩长度1 m左右。

辅助孔施工完成后将底桩吊放至第一个辅助孔内,调直后固定,在上节桩就位之前清除桩顶杂物,并用电动钢丝刷将焊缝坡口打磨干净。桩接头焊接时,必须检查上节桩身是否与下节桩头中心线重合,并确保上节桩底端与下节桩顶端环衬合缝。雨天及大风天气焊接时,应采取可靠的防雨、防风措施,确保焊接质量,焊接完成后对焊缝进行焊接质量检查。

## 2.3 全套管跟管施工

场地整平后应进行测量放样并标注桩位中心点,用生石灰将桩径圈定,在桩位附近设置两个以上护桩,以便在跟管施工过程中检查桩位,护桩与桩机应保持一定距离并采取保护措施,防止扰动。

移动跟管钻机至桩位点对中后,用两台经纬仪在互成90°角方向对桅杆进行垂直度调整,使桅杆垂直。套管对中完毕后,利用护桩检查套管中心点与桩位中心点之间的偏差,偏差过大时应提起套管重新对中。启动长螺旋跟管钻进系统,螺旋动力头驱动螺旋钻具钻进取土的同时,套管动力头驱动长套管作为跟管护壁下沉<sup>[8]</sup>。引孔施工过程中要经常检查,随时保证套管的垂直度。由于引孔施工采用套管旋转切割+螺旋钻干取土工艺,无挤土、塌孔、缩径等现象,成桩质量好,施工过程无需泥浆、无振动、施工噪声低,对周边环境影响小<sup>[9]</sup>。

引孔完成后保持通风,直至将孔内松散渣土清理干净,将套管留在原位,提出长螺旋钻杆并移开钻机,用履带吊将拼接完成的管桩整根吊放至套管内。

## 2.4 打桩机停锤

套管长螺旋钻机就位,用长螺旋头轻轻抵着桩顶,确保钻机桅杆垂直,缓慢放下套管驱动器,将驱动器与套管顶部连接。利用套管驱动器缓慢将套管旋转拔出,将桩留在孔内,跟管钻机移动至下一孔位进行跟管引孔作业。

液压打桩机就位,将桩头套入打桩锤桩帽内,移动打桩机调整桩身垂直度,轻轻击打桩的顶部,待桩身下沉基本稳定时再徐徐打入。最终停锤贯入度应通过实验桩确定,当贯入度已达到或接近设计要求时停下,通过回弹测试检查此时的贯入度,满足设计要求时即可停锤。桩身周边空隙用细砂进行回填,地下水位较深时可

通过加水等措施使回填细砂密实。

## 2.5 桩基试验及检测

预应力混凝土管桩沉桩完成后,应静置不少于7 d,让桩周土沉降密实,桩端土产生的局部应力消散,不影响检测结果的准确性后方可进行检测。桩基检测依据设计要求进行。检测的项目主要有桩身的完整性质量检测(低应变)、单桩竖向抗压极限承载力检测(高应变检测或非破坏性静载试验),低应变主要用于桩身完整性检测,不能提供承载力;高应变(或称大应变)可对单桩竖向抗压承载力和桩身完整性进行判定;静载试验是验证桩基承载力最直观、最准确的办法,但由于其检测周期长、费用高、具有一定破坏性等特点,不能成为桩基础质量全面检测的手段。

## 3 结束语

在密实、坚硬的砂层中,采用普通静压、锤击方式进行薄壁PHC管桩施工,沉桩难度较大,当管桩穿越较密实地层时,锤击数明显上升,部分桩基在桩头、桩身、接头等薄弱处产生不同程度的裂纹,少数管桩在桩身或接头处产生碎裂破坏,后采用长螺旋引孔施工工艺及全套管跟管施工工艺,释放了较密实地层的压缩应力,降低桩的入土阻力,减少桩头击破、桩身破损、断桩等锤击桩的质量通病,成功克服了沉桩困难、质量控制难度大等问题,且充分利用底部密实砂层作为持力层,管桩施工完成7 d后进行PDA复打试验及静载试验,单桩承载力均大于设计承载力值,满足设计施工要求。同时,由于采用了引孔工艺,缩短了管桩穿越较密实地层时的打桩时间,有效提高了整体施工效率。

## 参考文献

- [1] 刘瑾瑜,刘明虹.简述PHC管桩的发展态势[J].黄理工大学学报,2005(1):24-26.
- [2] 甘行平,童品正,刘家荣.日本桩工机械和基础施工方法现状[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2006(11):1-4.
- [3] 肖锋.液压打桩锤在房建施工中的应用[J].科技传播,2014(11):204-205.
- [4] 林登.液压打桩锤技术与应用浅析[J].建筑机械,2020(9):49-52.
- [5] 林登.液压打桩锤技术与应用浅析[J].建筑机械,2020(9):49-52.
- [6] 宋志彬,冯起赠,和果磊,等.全回转套管钻机和全套管施工工艺的研究[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2013,40(9):29-36.
- [7] 崔炳辰,雷斌,王涛,等.深厚软弱地层长螺旋跟管、旋挖钻成孔灌注桩施工技术[J].施工技术,2020,49(19):23-26.
- [8] 上海腾尚基础工程有限公司.一种全套管长螺旋钻孔灌注桩施工方法:CN201610466822.8[P].2016-11-23.