

# 大直径钢管斜桩全断面冲击成孔嵌岩桩的工程应用

童康民

(浙江省岩土基础公司,浙江 宁波 315040)

**摘要:**通过大直径钢管斜桩全断面冲击成孔嵌岩桩在中奥能源集团舟山六横 PX 储运项目的应用,介绍了全断面斜桩嵌岩冲击成孔的工艺流程、冲击成孔常见事故处理,全断面斜桩嵌岩冲击成孔工艺在海域码头基础施工领域的成功运用说明其具有广阔的应用前景。

**关键词:**钢管斜桩;全断面冲击成孔;嵌岩桩;工艺流程;成孔事故

**中图分类号:**TU473.1 **文献标识码:**A **文章编号:**1672-7428(2010)04-0065-04

**Application of Whole Section Compact-shock Borehole Building Technology for Large Diameter Inclined Steel-pipe Pile/TONG Kang-min** (Zhejiang Geotechnical Foundation Co., Ningbo Zhejiang 315040, China)

**Abstract:** The paper introduced the whole section compact-shock borehole building technology about the technological process and common accident treatment with a case of whole section compact-shock borehole building technology for large diameter inclined steel-pipe pile, the successful practice proved the wide application prospect of this technology.

**Key words:** inclined steel-pipe pile; whole section compact-shock borehole building; rock-socketed piles; technological process; accident in hole completion

## 0 前言

传统的高桩码头建造,基础施工多采用预制斜桩,该桩的摩擦荷载必须满足码头多种承载力要求,如果第四系地层厚度不能满足,则必须使桩端嵌入中微风化基岩一定深度后才能满足桩的抗拔、抗滑要求。近年来在浙江沿海地区建造码头过程中所遇到的难题是预制斜桩不能进入中微风化基岩,若利用钻孔灌注桩则不能直接成斜桩,因而不能达到码头基础设计要求的抗拔力及抗滑力。针对这种现状,我公司 1996 年开发了在我国首次采用的多束斜桩锚岩技术,并获得了浙江省自然科学进步三等奖,该技术填补了国内港口建设基础施工方法上的一项空白。在过去的十多年中,在浙江沿海区域码头建设施工中,我公司已完成 20 多个斜桩岩锚施工项目。但在斜桩锚岩施工过程中发现,此施工技术只能应用于抗拔力及抗滑力设计要求不是很高的码头领域中,而不能满足设计承载能力较大的码头基础施工;在高端码头基础设计中,通过对桩基础进行理论受力分析与计算,显示只有采用全断面斜桩嵌岩才能满足高端码头中桩的高抗拔力及高抗滑力。

在国内高端码头基础全断面斜桩嵌岩施工技术中,成孔工艺采用的是全液压回旋式工程钻机进行成孔施工,钻头为牙轮钻头,这种施工工艺我们曾经

在上海宝钢集团马迹山矿石中转码头一期工程全断面斜桩嵌岩设计施工中采用过;但在施工过程中发现,此工艺在成孔施工中存在一定的缺陷:设备繁琐而笨重且造价高、成孔速度慢、对地质岩层的完整性要求高、钻头损耗大、设备及技术事故多等;导致单桩成桩时间长,为了保证施工工期,在施工过程中需要投入大量的人力及设备,从而大大增加了施工成本,严重降低了企业的经济效益。为此我公司施工技术人员在以后的多个类似项目中通过不断的实践和总结,研创出一种高效的成孔施工工艺即冲击成孔全断面斜桩嵌岩施工工艺,解决了上述难题。中奥能源集团舟山六横 PX 储运项目码头桩基础施工就是此成孔工艺的一次完美的体现。

## 1 设计要求

中奥能源集团舟山六横 PX 储运项目码头位于六横岛岙山附近,此区域第四系地层厚度薄,平均厚度为 10 m 左右,码头靠船墩要承受 15 万吨级油轮停靠,为满足受力要求靠船墩桩基础设计中需将  $\text{Ø}1800\text{ mm}$  钢管桩(斜度为 6:1)打入中等风化凝灰岩面,然后在钢管桩内成孔径为 1600 mm 的孔,成孔进入 $\text{⑥}_2$ 层中等风化凝灰岩面(岩性为:深灰色,灰绿色,紫红色,凝灰结构,块状构造,节理裂隙较发

收稿日期:2009-12-09;修回日期:2010-01-04

作者简介:童康民(1976-),男(汉族),辽宁丹东人,浙江省岩土基础公司宁波分公司主任工程师、国家注册一级建造师,土木工程专业,从事岩土工程的施工技术与管理工作的,浙江省宁波市宁穿路 448 弄 16 号,tkm88888@163.com。

育,裂隙面闭合,岩石脆硬,岩心呈碎块状和短柱状,岩性以凝灰岩为主间夹凝灰质砂岩、安山玢岩)4.0 m,数量为25根。具体结构见图1。

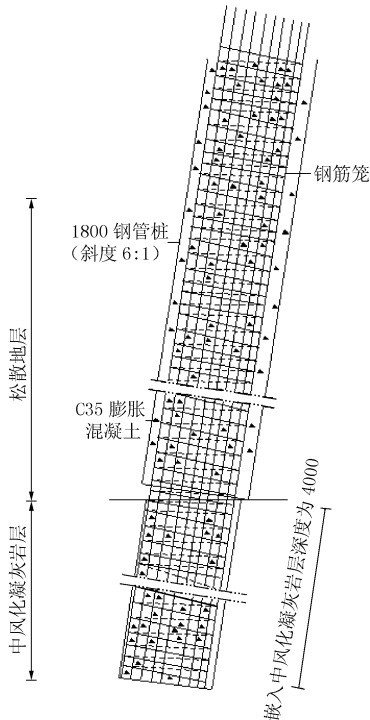


图1 钢管斜桩嵌岩桩结构示意图  
(单位:mm)

对于不可避免的磨损可以通过后期在管桩内灌注混凝土的工艺弥补,使桩基质量满足设计及规范要求;上述冲击锤头参数视试成桩效果加以调整。



图2 冲击锤头

## 2.2 成孔

开孔时,应低锤密击。遇到孤石时,可采用高低冲程交替冲击,将大孤石击碎。冲击过程中控制好泥浆密度,孔内泥浆面应保持稳定。进入基岩后,应低锤冲击或间断冲击,待桩孔全断面进入基岩后,再选取正常冲程,以防因基岩面倾斜导致孔斜,如发现孔斜应回填片石至孔斜上方300~500 mm处,然后重新冲孔。

### 2.2.1 桩身垂直度控制

(1)开孔时,必须用水平尺校正机架底座,保持稳固,交班时每个班都必须复查一次,发现倾斜应随时垫平。

(2)换层冲击时应根据地层变化调整冲击参数。

(3)冲击过程中,如发现孔斜、塌孔现象等情况,应停止冲击,待摸清情况采取措施后方可继续冲击成孔。

### 2.2.2 孔深控制

(1)据基准点引测高程,由测量员提供孔口标高,并由当班施工员记录在桩机成孔报表上。

(2)由施工员会同机班长配备足够冲具,并统一测量冲具长度做好标记。

(3)冲击成孔到中风化岩时,应准确记录其顶板埋深,严格按设计要求,控制冲击进入持力层的设计深度后终孔。中风化岩顶板埋深以下列2条作为判断依据:

①工程地质勘察报告所述的中风化岩顶板标高等值线图;

②孔口岩样硬度、颜色、风化程度及含量。

### 2.2.3 孔壁稳定性控制

成孔过程中必须保证泥浆性能。因故障停止

## 2 施工工艺流程

钻头加工→冲击成孔→清孔→安放钢筋笼→灌注混凝土。

### 2.1 钻头加工

在钢管斜桩全断面嵌岩桩冲击成孔的施工工艺中,钻机采用DZ-10型普通的冲击式工程钻机,但冲击锤头的结构是斜桩全断面嵌岩能否顺利进行的关键因素。斜桩全断面嵌岩的冲击锤头采用定做的冲击锤头及钢套筒制作(图2)。由于桩底要嵌入中风化岩层4 m并考虑到强风化基岩厚度和钢套筒在钢管桩内部存留部分长度,冲击锤头长度初步拟定为6 m左右,在钢管套筒的锤头部分一端镶嵌硬质合金头。冲击锤头由于受桩斜度的影响,锤头的重力在冲击过程中导致一定程度的分解,因此冲击效果受到影响,依据直桩全断面嵌岩的施工经验,冲击锤头总重初步拟定5~6 t;由于斜桩冲击过程中锤头是沿着管桩内壁最低位置上下反复滑动,所以在冲击过程中钢管和锤头部分对管桩内壁产生小幅度的磨损,因此考虑在钢套筒外侧四周焊接钢筋或安装滑轮的措施以减少冲击钻头对管桩内壁的磨损,

时,应保持孔内液面高度高出潮位高度,以保证孔壁内外液面压力平衡。

#### 2.2.4 沉渣的控制

终孔时必须用大泵量作一次清孔,清孔换浆应彻底,沉渣厚度满足设计及施工规范要求。

#### 2.3 清孔

采用二次清孔,第一次清孔利用成孔结束时正循环清孔,第二次清孔是在下好钢筋笼和导管后进行,利用空压机及导管进行气举反循环清孔。清孔时,经常上下窜动导管,以便能将孔底周围浮渣清除干净。清孔沉渣厚度 $\geq 5$  cm,满足设计及规范要求后,进行混凝土灌注。

(1)终孔时必须用大泵量作一次清孔,清孔换浆应彻底,孔内泥浆应无粗砂、碎石和大的泥块,泥浆密度在 1.25 kg/L 左右,粘度在 25 s 左右。

(2)下入钢筋笼、导管后,进行二次清孔,进一步置换孔内泥浆,使其性能满足护壁和灌砼要求。

(3)二次清孔后,孔内泥浆性能指标要求如下:密度 $< 1.25$  kg/L,粘度 $\leq 28$  s,含砂率 $\leq 8\%$ ,清孔沉渣厚度 $\geq 5$  cm,满足设计及规范要求后,方可进行水下砼灌注。

#### 2.4 钢筋笼制作与安放

钢筋笼制作场布置于场地高处不受潮水影响的区域,钢筋笼制作完成检查合格后利用吊船运输至孔口并进行安放。

##### 2.4.1 钢筋笼制作工艺

钢筋必须有质量保证书,并通过抽样复检合格后才能制作钢筋笼。钢筋笼由专职电焊工上岗制作,并对钢筋焊接质量抽样送检,抽样数量为每 300 个焊接接头做一组试验。采用 BX-300 型电焊机, J422 电焊条。先根据桩径制作加强筋,然后按主筋根数均匀分布点焊加强筋上,绕上箍筋并梅花点焊。做到成型钢筋笼直、箍筋圆,直观效果好。待成孔后运至孔口下笼,每节钢筋笼间采用单面焊焊接。

##### 2.4.2 钢筋笼的制作偏差范围(见表 1)

表 1 钢筋笼的制作偏差范围表

序号	项目	允许偏差/mm
1	主筋间距	$\pm 10$
2	箍筋及螺旋筋螺距	$\pm 20$
3	钢筋笼长度	$\pm 50$
4	钢筋笼直径	$\pm 10$
5	焊接长度	10d

#### 2.5 水下砼灌注

采用 C35 商品混凝土,用泵送入导管内进行混

凝土灌注,灌注时应注意以下几点:

(1)采用  $\varnothing 250$  mm 丝扣接头式导管,由于钢管桩具有一定的斜度,因此在部分导管四周安装导向钢板,以便在灌砼时使导管居于管桩中间;

(2)初灌时,导管底距应控制在 30 cm 左右,初灌量应保证导管理管达到 0.8 m 以上;

(3)灌注过程中应由专人负责探测砼面指导拆管,导管理深宜控制在 2.5 ~ 10 m 之间,杜绝夹泥、断桩;

(4)为保证桩顶混凝土质量,所有桩均需超灌,超灌按 0.8 m 控制;

(5)水下砼灌注的整个过程,包括灌注桩桩号、灌注时间、砼实际灌注量、拔管记录等,应由专人负责详细记录,便于分析和总结。

### 3 施工质量措施

(1)工程施工前为本工程全体施工人员进行技术交底,明确各道工序的设计要求及施工规范要求。

(2)组织 QC 小组,实行全面质量管理,严格把好每道工序质量关,上道工序不合格不准进入下道工序的工作。

(3)对外购的建筑材料必须严格控制质量标准,检查复核质量保证材料,对于重要材料坚持进行必要的实验测试,对钢筋笼的加工,做到工艺检查、设备检查、施工操作规范检查、焊接质量检查、建立严格验收把关制度。

(4)施工现场配备专职质量检查人员,检查复核钻机的对位,中风化岩层的顶面、钻孔深度、沉渣厚度、钢筋笼的制作质量、混凝土的坍落度等。

(5)严格按照本施工设计中拟定的工艺流程施工,认真做好施工记录,及时填写施工报表。

(6)建立每周一次的技术总结会议制度,要求项目部成员、技术员、钻机班班长参加,对施工中存在的和质量问题和隐患及时处理、总结。

(7)技术人员应配合建设、监理及总包单位管理人员共同做好各项质检工作。

### 4 冲击成孔常见事故处理

由于地质原因及稳桩措施(人工基床)的特殊构造,钢套筒底以下的成孔施工存在着许多不利情况。通过潜水探摸和施工实践,了解和掌握了海底裸岩区表层的情况,并综合了这次编方案前组织对施工区域的海底航测、潜水探摸的情况,经过了综合性分析、研究,在选择基床抛填物和沉桩工艺、钻机

及成孔工艺时已溶合了这些问题,但我们仍然认为还会有一些不确定因素的存在,还应加以预防和确定故障排除工艺。对于个别钢套筒底以下岩层孔壁存在严重的裂缝、渗漏情况,采取注压化学水泥浆液、静压渗透固结封堵的工艺。

#### 4.1 孔壁坍塌和渗漏故障

钢套筒底至岩面之间,因岩面上的礁石块、凹凸状或沟道裂缝、岩面斜坡筒底与岩面一侧开口等情况,在施工中如孔壁不能完整形成或形成后发生坍塌和孔壁渗漏时,要及时提起钻头(严防埋钻)→向孔内分层抛填块石(块石粒径应选择大于20 cm、小于50 cm)、粘土(粘土要求成块或袋装成团)、必要时抛填部分袋装水泥→冲击挤压,造壁(或固壁)→坚持分层抛填、分层冲击的造壁、固壁施工措施(每次抛填厚度控制在1 m左右)。

#### 4.2 卡钻故障

施工中应采取正确的操作工艺进行作业,避免因盲目操作等人为因素造成卡钻故障产生。同时加强作业平台面的施工管理力度,严防铁件、铁器掉入孔内造成卡钻故障。无论何种冲击钻机,都必须针对不同地层采用不同的冲程,防止斜孔或梅花孔故障的产生(甚至发生卡钻现象)。施工中一旦发生了卡钻现象,首先应查明原因、钻头所在位置及标高,判断被卡程度,分析被卡部位在排除过程中的各种可能发生的变化(包括有无可能埋钻故障的出现),做到卡钻情况明了,排除方案确定,预防故障扩大有措施。一般卡钻可采用冲击震动、外加辅力起拔、千斤顶起拔、小药量爆炸松动等手段排除(包括必要时派潜水员下潜探明情况,掌握较直观的一手资料)。如经分析判断是因钢套管底变形等原因造成的卡钻,在故障排除后,不能盲目进行再施工,应去探明证实后再作处理。

#### 4.3 掉钻故障

施工中经常有掉钻故障发生,究其原因主要有以下几个方面:冲击钻机钢丝绳陈旧断裂;冲击钻机冲锥顶可旋转吊环老化断裂、钻进中形成斜孔后折裂,吊环底部环损坏;冲锥使用时间过长、上部锥体产生了裂纹未被发现等。

从上述故障可以看出发生的原因,综合起来就是平时的设备管理与维修不到位、冲击钻进过程中没有仔细观察和及时排除故障苗头造成的,因此要防止上述故障发生的根本措施在于对钻机队伍、操作人员的加强管理,制定严密的设备进场检查和确认、设备检修与保养工作制度;同时在施工期间需要操作工精心作业、经常观察(一般上述故障中大部分最终爆发之前都会有预兆),不盲目操作,更要杜绝片面追求速度而设备带病运行。一旦发生掉钻故障,可采用专用打捞卡、夹具器材;必要时可由潜水员下潜辅助加设钢丝绳起吊排除,努力做到故障排除方案制定不过夜,不影响总体施工进度。

### 5 结语

大直径钢管斜桩全断面冲击成孔嵌岩桩在中奥能源集团舟山六横PX储运项目的应用,使得全断面斜桩嵌岩冲击成孔施工技术从理论上得到进一步的实践及认可,无疑也为我在高端码头桩基础施工领域中开创出新的局面,更大程度上满足了客户的要求,扩大了企业的经济效益。

#### 参考文献:

- [1] JTJ 221-98,港口工程质量检验评定标准[S].
- [2] JTJ 270-98,水运工程混凝土试验规程[S].
- [3] JTJ 285-2000,港口工程嵌岩桩设计与施工规程[S].
- [4] JTJ 248-2001,港口工程灌注桩设计与施工规程[S].
- [5] JGJ 94-94,建筑桩基技术规范[S].

## 天津滨海新区地热回灌技术获突破

国土资源网2010-03-30消息 将石油废井射孔改造为新近系地热井,建成一采两灌的地热开发系统,回灌能力达到100%。该项目的试验成功是天津市新近系孔隙型砂岩热储回灌工作取得的重大突破,这一国内领先技术2010年3月19日通过专家组验收。

天津市滨海新区东沽石油井改造地热资源保护工程具有创新意义,该工程由天津滨海世纪能源科技发展有限公司承担。项目在分析和研究3眼石油废井附近区域的地质构造、地热地质条件特征的基础上,收集和整理了3眼石油废井的有关技术资料,将3眼石油废井射孔改造为新近系地热井,建成一采两灌的地热开发系统,满足东沽宏苑小区的冬

季供暖和生活用水需求。项目在2009~2010供暖期进行了生产性回灌试验,最大回灌量达63.79 m<sup>3</sup>/h,水位维持在67.4 m,回灌能力达100%。

滨海新区地热开发主要为孔隙型热储层,目前该地区有地热井80多眼,且绝大多数都是单井开采。孔隙型热储回灌是一个世界性难题,长期以来没有得到很好解决,回灌难度非常大。近年来天津市开展过很多孔隙型热储的回灌试验和研究工作,回灌量只能达到30~40 m<sup>3</sup>/h。此次采用的回灌技术取得了很好的回灌效果,对今后在滨海新区大力推广具有重要的指导意义。