



2018 第十二届
SUPER PILE WORLD
 国际大口径工程井(桩)
 高峰论坛

时间：2018年10月17-19日

地点：南京·江苏省会议中心(南京市玄武区中山东路307号)

大口径新技术分会场



演讲嘉宾介绍

付连红，浙江易通基础工程有限公司，副总工程师，市政/公路一级建造师，道桥专业高级工程师，目前主要负责技术研发与质安管理工作。先后参与唐山LNG储罐桩基工程、江苏LNG储罐桩基工程、乐清湾大桥桩基工程、港珠澳大桥桩基工程等工程的建设与技术管理。在中国科技核心期刊发表关于大直径桩基施工技术方面的论文2篇，获取桩基施工技术方面的实用专利5项，申报发明专利2项，获取基础施工方面的省级工法2项，目前正在与海口经济学院开展海南省重点科研项目的申报工作，以期在入岩功效、混凝土灌注标高控制、事故防控等方面取得突破。

倾斜岩面处钻孔灌注桩成孔
 垂直度控制技术

研究与应用

演讲人：付连红，联系方式：13586855115

2018年10月



一、前言

桥梁的基桩经常遇到嵌岩桩，由于大多数基岩埋藏于一定厚度的土层下，在物理、化学和生物作用下，基岩顶面都会呈一定角度的倾斜，这必然会对钻孔灌注桩成孔的垂直度造成不良影响。

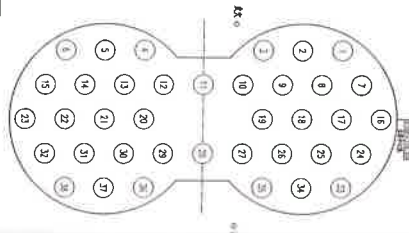
本文结合某大桥主墩桩基工程实例，在详细分析造成孔斜原因的基础上，研究制造出一种新型入岩钻头，制定出一套倾斜岩面成孔垂直度控制关键技术措施，供同行借鉴。



二、研究项目概况

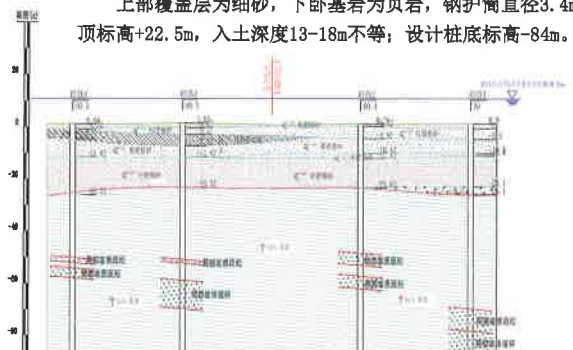
1、设计特点

该桥主墩基桩设计桩径为 $\Phi 3.0\text{m}$ ，桩数为38根，桩间距为6.0m，设计桩长为87.0m，施工孔深110.6m，持力层为中风化页岩，基桩布置如图



2、地质特点

上部覆盖层为细砂，下卧基岩为页岩，钢护筒直径3.4m，顶标高+22.5m，入土深度13-18m不等；设计桩底标高-84m。



特殊情况说明：

1、强风化砂岩夹页岩，锤击易碎，岩质较软，饱和抗压强度平均值12MPa；中风化砂岩夹页岩，岩质较硬，饱和抗压强度平均值17MPa，最大值35MPa；中风化页岩，岩质较软，饱和抗压强度平均值14MPa，最大值20MPa。

2、工程地质勘察资料显示：34#基桩中心基岩面与18#基桩中心基岩面相差1.0m倾斜面呈 5° ，18#基桩中心基岩面与2#基桩中心的相差2.3m，倾斜面呈 11.4° 。

3、下卧基岩内有二层破碎带，标高分别在-52m和-65m左右，



3、项目施工工艺选择：

3.1、最初方案选择和施工情况

平台搭建特点：护筒打设后，沉放围堰沉箱，并进行沉箱封底，而后利用沉箱搭建施工平台。

施工工艺选择：采用大型旋挖机TR500成孔，反循环清孔，180T履带吊吊放钢筋笼， $\Phi 300$ 导管灌注水下混凝土，TR500主要性能参数见《附表3-1》。

钻具以截齿钻头为主，辅以截齿筒钻入岩为辅的成孔钻具。钻具主要结构见《附图3-1》。



2018 第十二届
SUPER PILE WORLD
国际大口径工程井（桩）
高峰论坛

时间：2018年10月17-19日

地点：南京·江苏省会议中心（南京市玄武区中山东路307号）



附表3-1: TR500旋挖机主要性能参数表

产品型号	TR500C	主卷扬提升速度 m/min	30
最大输出扭矩 KN.m	475	副卷扬提升力（第一层） KN	130
最大钻孔深度 mm	130	副卷扬提升速度 m/min	65
最大钻孔直径 mm	4000	工作状态设备厚度 mm	6300
发动机功率 KW	412	工作状态设备厚度 mm	33670
钻孔转速 KN	6~20	工作状态设备厚度 mm	4000
主卷扬提升力（第一层） KN	510	总重量（含钻杆） t	200



附图3-1: 旋挖机的钻具主要结构

顶 建筑脊梁 立 民族品牌



施工情况: 采用旋挖机施工7个孔, 其中二个孔经筒钻修孔后垂直度达标, 二个孔偏斜严重采用砂浆回灌处理, 三个孔护筒底部漏浆塌孔, 回填处理。

3.2、方案调整和施工情况

方案调整: 将成孔工艺由旋挖机调整为大功率全液压钻机RCD工法, 其他工艺不变。

设备及钻具选择: 设备选择中锐重科生产的ZJD4000/350全液压钻机, 钻头选择刮刀钻头, 配重30T; 空压机选择风量达20m³的欣达SF160, 除砂器选择处理能力达200m³/h的ZX200泥浆净化器, 主要设备结构及参数如下:

顶 建筑脊梁 立 民族品牌



设备主要性能参数表

钻杆型号	ZJD4000/350
最大钻孔口径 (m)	4.0
最大钻孔深度 (m)	150
动力头转速 (rpm)	45
孔内钻杆 (mm)	φ450×30×3000
钻杆连接方式	法兰式
扭矩最大扭矩 (T.m)	35
主卷扬机最大提升能力 (t)	210
最大转速 (转/分)	15
电动机功率 (kW)	305
工作站位钻杆尺寸 (m)	1.4×6.6×8.8
主卷自重 (t)	45
循环方式	气举反循环



ZJD4000/350全液压钻机

顶 建筑脊梁 立 民族品牌



泥浆净化器主要参数表

名称	泥浆净化器
型号	ZX-200
处理能力 (m³/h)	200
分离粒度 (μm)	d ₉₀ =0.050mm
总功率 (kW)	48
筛分出的滤液最大含水率	<30%
外形尺寸 (长×宽×高)	3.54m×2.25m×2.13m
重量 (kg)	4800



ZX-200泥浆净化器

SF160空压机主要参数表

技术参数	欣达 (SF160)
规格 (内径×筒体×长) mm	2400×1400×2000
功率 (kW)	160
吸气压力 (MPa)	0.1MPa
电源电压/频率	3-AC380±5%/50
工作介质	压缩空气、油
排气量 m³/min	20
总重 (kg)	3500



SF160空压机

顶 建筑脊梁 立 民族品牌



普通四翼刮刀钻头



四翼重型刮刀钻头

顶 建筑脊梁 立 民族品牌

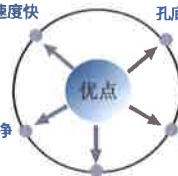


工艺优点

排渣能力强, 进尺速度快

孔底加压, 全孔段减压, 孔壁垂直度高

破岩效率高, 孔底干净



大扭矩、大提升力, 适合复杂地层施工

岩屑上返速度快, 有利于地层判断

顶 建筑脊梁 立 民族品牌



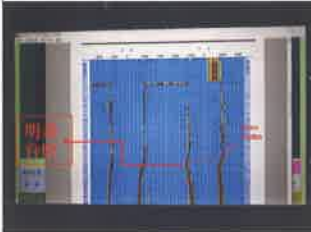
2018 第十二届
SUPER PILE WORLD
国际大口径工程井(桩)
高峰论坛

时间：2018年10月17-19日

地点：南京·江苏省会议中心（南京市玄武区中山东路307号）



方案实施情况：本项目共投入7台ZJD4000/350全液压钻机，但从前期施工的两个孔15-34#、15-16#来看，发生不同程度的孔斜，其中15-16孔在46m处发生台阶，15-34孔在65m处孔斜73cm，具体详见下图：



15-16#孔阶段性检孔图像



15-34#孔阶段性检孔图像

顶 建筑精英 立 民族品牌



针对15-34#桩、15-16#桩出现的斜孔问题，确定15-34#桩采用滚刀钻头进行扫孔处理；15-16#桩采用双扶正器重型刮刀钻头进行扫孔。



滚刀钻头

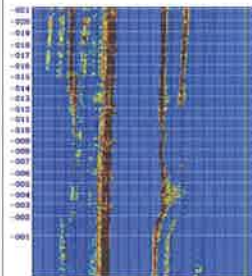


双扶正器重型刮刀钻头

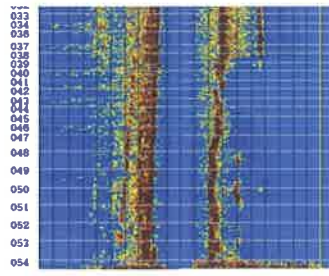
顶 建筑精英 立 民族品牌



扫孔完成后，对扫孔结果进行检测，孔斜达标。



15-16#二次检孔图像



15-34#二次检孔图像

顶 建筑精英 立 民族品牌



3.3、方案调整后遇到的主要问题

问题一：孔斜

在后期的钻孔桩成孔过程中，总计投入7台设备，在刚入岩和破碎带处，其垂直度突然出现偏差的概念极大，给成孔的垂直度造成影响。

问题二：成孔周期长

孔斜的发生，虽然可通过后期的扫孔进行纠正，但频繁的更换钻头，以及扫孔过程的缓慢性和重复性，导致单桩成孔时间普遍达1个月之久，是原来计划工期的2倍多，严重影响整体工程在汛期前完成的施工节点目标。

顶 建筑精英 立 民族品牌



三、问题分析与处理

1、孔斜的主要原因

1.1、刮刀设计因素

前期由于进场时间紧，主要是对常规刮刀钻头的角度进行改进和根据地层选择适合地层的齿齿（截齿和板齿），但钻头的角度和布齿的角度及数量控制不合理（见照片）；



顶 建筑精英 立 民族品牌



1.2、地质因素

对地层了解不透彻，通过前期施工出现的问题和结合地质报告，我们发现下卧基岩面倾斜从3°到20°不等，且在62米到80米之间还有1-2.5米厚的硅质岩夹层，强度达到40MPa左右，极易造成孔斜。



硅质岩层



页岩岩层

顶 建筑精英 立 民族品牌



1.3、人为因素方面

在钻进参数的控制和设备操作的细节方面重视不够，钻进参数控制随意性较大。

操作人员和管理人员常常注重进尺效果，忽略了钻进过程中对出渣情况的查勘，忽略了钻进过程中钻机钻压、扭矩的变化情况，片面追求速度，从而操作上：在岩体疏松层和破碎带区间放纵加压、加速钻进；在进尺缓慢时不断加压钻进，从而导致孔斜的发生。

顶 耀筑臂梁 立 民族品牌



2、解决措施

2.1、钻头结构改进措施

发生钻孔倾斜往往与钻头的结构设计不合理息息相关。本项目施工配置的是四翼刮刀钻头（如图），该钻头由开封头、连接板、合金切削齿、挡圈组成。该钻头虽然钻进速度较快，但钻至倾斜岩面处时，开封头尖端首先接触岩面接触为点接触，极易造成钻孔产生偏移。



顶 耀筑臂梁 立 民族品牌



钻头调整：针对倾斜软岩地层，创造性地改进了钻头结构（图左），形成双向线定位模式，有效解决孔斜发生；翼板折线布置，截齿受力均匀，不易损坏；截齿切入角倾斜，加大破碎岩石效率；筒钻开四个过水槽口，有利于排渣。



折线翼板

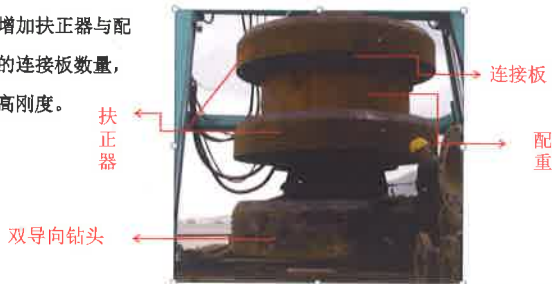
顶 耀筑臂梁 立 民族品牌



2.2、钻具结构调整：

在配重两端各设置一道扶正器，两道扶正器间距缩小，与双向钻头形成长达5米的导向筒，更好的进行钻进导向，防止孔斜。

增加扶正器与配重间的连接板数量，以提高刚度。



顶 耀筑臂梁 立 民族品牌



2.3、钻进参数方面

(1) 钻头开始钻进倾斜岩面时，要轻压慢钻，控制孔底钻压小于25%钻具总重量（扣除浮力），且不超过（钻头+1块配重）重量之和，转速 ≤ 4 r/min；

(2) 钻头全断面入岩至入岩1米范围内，控制孔底钻压小于30%钻具总重量（扣除浮力），且不超过（钻头+2块配重）重量之和，转速 ≤ 4 r/min；

(3) 钻头入岩1米后，控制孔底钻压小于60%钻具总重量（扣除浮力），且不超过（钻头+配重+配重杆）重量之和，转速 ≤ 6 r/min。

顶 耀筑臂梁 立 民族品牌



3、实施结果

通过钻具结构的大胆调整，以及钻进参数的优化，孔斜问题得到控制，一次成孔达标率95%，钻进速度提高一倍，充分发挥了全液压钻机大功率、大扭矩、大排量的特点，使钻机台班进尺工效由原来的1-2m提高到2-4米，确保单桩成孔时间在13-16天，取得了较好的效果。

顶 耀筑臂梁 立 民族品牌



2018 第十二届
SUPER PILE WORLD
国际大口径工程井(桩)
高峰论坛

时间：2018年10月17-19日

地点：南京·江苏省会议中心（南京市玄武区中山东路307号）



四、研究及应用成果

通过该施工技术的研究及应用，得出以下结论：

1、对于倾斜岩面钻孔垂直度控制，钻头结构的选择起到关键和主导作用。本文所研发的新型钻头结构——双导向重型刮刀钻头，将普通钻头钻尖单向定位和点定位的模式，改为双向定位和线定位模式，有效解决了倾斜岩面孔斜问题。更进一步，可对钻头、钻齿结构进行适当改进，可使得该技术能进行倾斜硬岩层的施工。

顶·建筑脊梁 立·民族品牌



2、对于倾斜岩面的成孔垂直度控制，除了钻具结构具备双向定位功能外，其导向扶正的正确设置和钻进参数的控制，也起到了重要作用，研究及应用结果：

(1) 对于全液压钻机来讲，其工作原理是减压钻进，因此其导向扶正的关键部位在钻具下部，特别是钻头附近10m以内（本次扶正设置总长度4-5m），必须设置扶正设施。

(2) 对钻压、钻速的控制也是保证垂直度的要点之一。应在初始入岩阶段、全断面入岩阶段、岩性变化处采取不同的钻压、钻速。

顶·建筑脊梁 立·民族品牌



3、钻孔垂直度偏差的问题，是我们大直径超长桩经常面临的一个重要问题，其控制是一个综合性的系统工作，在实际桩基工程施工时，不仅仅是倾斜岩面处，土层软硬交接不均匀、岩体层理倾斜等均易发生钻孔倾斜，均应从钻头型式选择、钻具结构及扶正器设置、钻进参数控制等方面综合考虑，才能确保成孔垂直度达标。

顶·建筑脊梁 立·民族品牌

