

# 润扬长江公路大桥南汊桥南索塔基础大口径灌注桩钻孔施工综述

李维俊

(无锡市交通工程总公司 无锡 214101)

刘震宇

(无锡市高速公路指挥部 无锡 214123)

**摘 要** 本文详细介绍了润扬长江公路大桥南汊桥南索塔基础大口径钻孔桩的钻孔施工工艺,其软弱地层的护筒浅置工艺及复杂地层的钻孔控制,可以对以后同类大口径桩基的施工提供借鉴。

**关键词** 大口径桩基 护筒浅置 钻孔控制

随着我国大跨径桥梁建设技术的不断发展,大口径钻孔灌注桩在桥梁基础中得到广泛应用,举世瞩目的“润扬长江公路大桥”其南汊桥跨径 1490m 悬索桥的索塔基础就采用了直径 2.8m 的大口径钻孔桩。本文就南索塔桩基施工的钻孔工艺以及作者的体会介绍给读者,希望能给以后的大口径桩基施工提供借鉴。

## 1 工程概况

### 1.1 概况

润扬大桥南汊桥南索塔基础为直径 2.8m 的大口径钻孔嵌岩桩,共计 32 根 1825.04 延米。受塔区特殊地质状况的影响,设计桩长差别较大,最长的桩达 79.5m。最短的只有 50.5m,平均桩长为 57.03m。钻孔桩嵌入微风化层大于 3m,最深处达 17.93m。

### 1.2 地质状况

(1)覆盖层:钻孔区域覆盖层为第四系松散层,以厚度 38.8~40.0m,埋深 31.0~34.4m 的厚层状软土为主,局部夹层状粉砂或亚砂土,下部为全新世早期冲洪积亚粘土,含卵砾中粗砂。

(2)基岩:该地段岩基为花岗岩、花岗斑岩、花岗质碎裂岩,分布为强风化层、弱风化层、微风化层和微风化受构造影响。基岩顶板标高 -35.51~-37.70m,埋藏稍深,整体由东向西微向上倾。风化层厚薄不均,致使微风化层顶板变化较大,顶板标高 -49.32~-56.30m,塔址西侧自南向北逐渐变深,

东侧自北西往东南逐渐变深。各岩层的完整性、强度评述如下:

强风化层:平均厚度 9.6m,岩芯以散体状为主,局部含碎石、碎块,手捏易碎,强度低。

弱风化层:平均厚度 6m,岩芯呈碎石—碎块状,少量短柱状,裂隙很发育,且分布密集。饱和单轴抗压强度 18.7~24MPa。

微风化层:平均厚度大于 10.60m,岩芯呈短柱—长柱状,不规则闭和裂隙发育。饱和单轴抗压强度 44.3~52.4MPa,最高达 194.3MPa。为桩尖持力层。

微风化受构造影响层:平均厚度大于 9m,岩芯以短柱状为主,不规则闭和裂隙发育,结合面结合一般。饱和单轴抗压强度 18.4~20.9MPa。

### 1.3 水文

桥区所在的润扬河段属于感潮河段,其潮水位为非正常半日潮型,水位变化明显。每日水位两涨两落,涨潮历时 3h 多,落潮历时 9h。受上游径流控制,年内水位变幅较大。地下水为孔隙潜水及微承压水,地下水位埋深随季节而变化,受长江水位影响明显。

## 2 施工准备

### 2.1 护筒的埋设深度及护筒顶标高的确定

(1)埋置深度:塔区内覆盖层较厚(38.8~40m),且多为淤泥质土,淤泥质夹砂土,钻孔时易塌孔、缩颈。如采用全护筒法施工,施工难度大、工期

(收稿日期、编号:2004-08-23/1067)

长、成本高。根据润扬大桥工艺性试桩成果,施工采用了优质泥浆护壁浅护筒埋置方案(护筒埋深定为 9.1m),配合以合适的钻孔进尺控制,有效的解决了大口径桩基、软弱覆盖层钻孔护壁的问题,成孔后检测结果表明孔壁完整、顺直,未有塌孔、缩颈现象。

(2) 顶标高确定:《规范》要求反循环钻孔时,孔内水头高度应高出地下水位 2.0m 以上,由于桩位距长江很近,受长江水位影响大,钻孔桩孔径达 2.8m,自身稳定性差,施工中必须保证有足够的水头高度。为摸清地下水位在长江水位变化时的变化规律,从而确定合理的孔内水头高度,我们在桩位附近打了一口观测井。井的直径 28cm 深度 40m,水位观测结果表明:地下水位的变化一般滞后长江的变化 2~3h,变化的幅度也较平缓,即使在大潮时地下水位标高也不超过 3.32m,由此设定孔内水头标高为 5.5m。

## 2.2 钻孔机具

(1) 钻机:南塔工程共调集大型钻机四台套,主要技术参数如表 1。

表 1

编号	I	II	III	IV
钻机型号	KTY3000A	ZSD300/210	XZ-30	CYD-400
钻孔直径	覆盖层	Φ1.5~Φ6.0m	Φ1.5~Φ5.0m	
	岩层	Φ1.5~Φ4.0m	Φ1.5~Φ3.0m	Φ4.0m
钻孔深度	130m	140m	140m	130m
排渣方式	气举反循环	泵吸空气反循环	气举反循环	气举反循环
动力头转速及扭矩	转速	0~8rpm	0~8rpm	
	扭矩	200kN·m	210kN·m	
转速及扭矩	转速	0~16rpm	0~16rpm	0~18rpm
	扭矩	100kN·m	105kN·m	180kN·m
提升能力	1200kN	1500kN	1500kN	1200kN
封口盘承载力	200kN·m			1200kN
钻架倾斜角度	0~30°	0~25°	0~25°	
钻杆(mm)	Φ351~Φ301×3000		Φ285×3000	Φ351×2500
总功率	238kW		200kW	165kW
外形尺寸	7820×4432×6770		6565×5700×9810	7500×5190×8400
主机重	4192kg		40000kg	45000kg

(2) 钻头:钻头采用了楔齿滚刀钻头和球齿滚刀钻头两种,一般地层采用楔齿滚刀钻头,特殊地层(普氏岩石坚固系数 f 值大于 12)采用球齿滚刀钻头。

## 3 钻孔工艺

### 3.1 泥浆配制与泥浆循环方式

(1) 配制:优质的泥浆可使孔壁形成一层粘性好、密度大,抗渗性高的泥皮,这层泥皮可阻止孔内泥浆外渗,大大减缓孔内水头降低的速度,是保证孔壁稳定的有效措施。本工程配制泥浆的主要原料为膨润土和水,掺加了适量的纯碱和 CMC。配制的新浆指标为:比重 1.06~1.07,稠度 18~20s,含砂率小于 1%,胶体率大于 95%,失水量小于 15ml,PH 值 8~10;泥浆配制的加料顺序为:先加水再加膨润土和碱,搅拌 3min 后,加 CMC 再搅拌 1min,总搅拌时间控制为 5min。新浆制备好以后泵入新浆储备池,待泥浆与碱作用 24h 后投入使用。

(2) 循环:本工程在承台东西两侧每台钻机各建一个 450m<sup>3</sup> 的泥浆池,泥浆池设沉淀池三个,循环池一个,新浆储备池一个,制浆筒二个。正循环钻孔时,泥浆从循环池由两台 BS200 型泥浆泵泵入孔中,带渣泥浆自流入沉淀池 I;反循环时,泥浆气举(泵吸)排入沉淀池 I,流经沉淀池 II、III 自然沉淀后,流入循环池,在测定泥浆指标并做必要的调整后自流入孔内。

对沉淀池 I、II 中的钻渣每天视情况用挖机清理 1~2 次,沉淀池 III 中的沉淀一般多为膨润土沉淀可回收使用。

### (3) 泥浆指标、循环方式:

针对各地层的地质特点,制定了各地层钻孔时的进浆控制指标和钻孔循环方式如表 2。

表 2

地层	指标	比重	粘度(s)	含砂率(%)	失水量(%)	PH 值	胶体率	循环方式
亚粘土		1.05~1.10	18~20	<4	<15	8~10	>95%	正循环
淤泥质亚粘土		1.15~1.20	18~25	<4	<15	8~10	>95%	正循环
粉细砂夹亚粘土		1.15~1.25	18~25	<5	<20	8~10	>95%	正循环
中细砂		1.25~1.3	20~28	<4	<20	8~10	>95%	正循环
强风化花岗岩		1.06~1.1	18~20	<4	<20	8~10	>95%	反循环
弱风化、微风化花岗岩		1.06~1.1	18~20	<4	<15	8~10	>95%	反循环

(4) 调整:及时调整泥浆指标有利于提高钻孔效率,施工过程中我们对泥浆指标实施了 24h 监控,每 2h 监测一次。当发现泥浆指标不合格时,采取以下方法调整:

① 泥浆粘度小于 17(s)时,由储浆池向孔内补充部分粘度为 19~22(s)的新浆加以中和调整。

② 泥浆的 PH 值小于 7 时,向护筒内加入部分

纯碱。纯碱分次逐步加入,控制分次加入量不能一次过多,同时不断检测出浆口的PH值,直至进、出浆口处泥浆指标相等,且PH值在8~10范围内才算完成一次调整。

③ 胶体率小于95%,在孔内加入适量CMC。

④ 相对密度(比重)较大时,向泥浆池中注入适量清水,并搅拌均匀,注意不能一次加得太多,否则易破坏泥浆结构使泥浆沉淀量难以控制。

### 3.2 钻孔

针对各地层的特点,本工程制订了各地层钻孔的技术措施:

#### (1) 覆盖层

塔区覆盖层多为淤泥质亚粘土,夹砂土,钻孔时易塌孔,易缩径,护筒浅置方案也加大了钻孔难度,除采用合理的泥浆指标外,对钻孔工艺的控制也至关重要,该地层施工采用正循环工艺,小钻压、高转速(0~16rpm/min),并严格控制进尺不大于3m/h,防止因进尺过快护壁不好造成塌孔,并注意反复上下扫孔,防止缩颈。

#### (2) 强风化层

钻孔在覆盖层和强风化层交界面上要减小钻压、降低转速,待进入强风化层50~100cm钻头能有良好导向时,改正循环为反循环,增大风量、加大钻压,同时增加泥浆供应量,及时排渣,提高钻进速度。

#### (3) 弱风化、微风化层

该层岩石强度高,钻孔作业困难,采用大钻压、低转速,同时增加泥浆冲注量,使用较小的泥浆比重及粘度,来提高钻进速度。

### 3.3 钻孔中应注意的事项

#### (1) 钻机护筒要准确定位

钻盘中心、护筒中心、桩位中心三点相对偏差的控制对钻孔的顺利进行及成桩后桩位的偏差控制至关重要,另外保持钻机平台的水平可以避免斜孔。施工不仅要在护筒打设时设置必要的导向,钻机定位要对中、操平,还要固定牢靠,经常检查。本工程实测三点最大偏差2.4cm,钻机四支点平整度误差小于3mm。

#### (2) 钻机具安装牢固及时检查

大口径桩基施工需要的钻机扭矩大,钻具之间的连接必须十分牢靠。对钻杆之间,钻杆与钻头之间的紧固螺栓必须严格按照规定紧至规定的预应力度,并定期复紧。在钻至弱风化层后,必须对钻具进行一次检修,更换磨损滚刀,检查钻头、钻杆上的焊

缝及连接螺栓以提高进尺速度,避免掉钻。

#### (3) 采取措施防止铁件落入孔内

大口径桩钻孔作业时,特别在钻杆拆装过程中钻机平台上会有很多铁件,象螺栓、螺帽、扳手等,一旦掉入孔中,会破坏滚刀,损坏钻头,严重影响钻进尺,打捞也相当困难。所以在整个钻孔作业过程中要对钻台上的铁件严格进行管理,并在孔口设置盖板及防落网。

(4) 微风化层施工要认真观察钻机抖动情况和出渣情况,及时调整钻孔工艺,更换钻头

进入微风化层以后,为加快进尺速度一般都将钻压加到60~70t,但在遇到基岩强度不均,裂隙发育的地层时,过大的钻压会引起钻机剧烈的抖动,也容易使钻头产生偏磨,从而影响进尺,这时就应适当减小钻压,通过该地层后在行加压钻进。

根据出渣情况结合进尺速度判断岩层状况,一般来说钻渣新鲜、颗粒均匀、进尺也较慢时,说明岩石完整,就应该将镶齿钻头换成球齿钻头。

### 4 清孔

南塔基础全部为嵌岩桩,设计要求沉淀层厚度小于5cm,为确保达到设计要求,施工中采用了换浆法清孔,在新浆储备池中储备好大于成孔体积1.5倍的新浆,待达到设计孔深后,提起钻头60cm,钻机低档慢速运转,气举(泵吸)换浆。当进浆口的泥浆指标和出浆口的基本一致后,再循环30~50min,实测沉淀层厚度达到设计要求后,即可停止清孔。在钢筋笼、导管安装结束后实测沉淀达不到设计要求时,要进行二次清孔,二次清孔是利用导管进行气举换浆。

### 5 结语

润扬大桥南汊桥南索塔基础32根钻孔灌注桩,先后投入四台钻机用于钻孔作业,自2000年11月15日开钻到2001年3月30日完成,总工期136d。前期成孔时间一般在10d左右,在总结经验改进钻孔控制方法后成孔时间缩短到5~7d,缩短了工期。另外本工程采用的浅护筒埋置,优质泥浆护壁配合以合理的钻孔进尺速度等措施取得成功,大大节省了成本,这一点对以后相似项目的施工有一定的借鉴意义。

### 参考文献

- [1] 公路桥涵施工技术规范(JTJ041—2000)
- [2] 桥涵,交通部公路一局
- [3] 洛阳九久技术开发有限公司·破碎岩石方法的选择
- [4] 洛阳九久技术开发有限公司·全断面钻进中钻压及转数的选择