

武汉天兴洲长江大桥大口径嵌岩桩钻孔施工技术

石飞轮

(湖南省地质矿产勘查开发局四六八队,湖南 娄底 417000)

摘要:武汉天兴洲公铁两用长江大桥桥基桩孔口径大,深度深,嵌岩深度大,岩层胶结性差,孔壁不稳定,易孔斜,针对这些钻探难点,在钻孔工艺、钻进参数、钻头选择改进、泥浆应用方面采取了相应的技术措施,取得了良好效果。详细介绍了该大口径嵌岩桩钻孔施工技术。

关键词:武汉天兴洲长江大桥;桥基;大口径嵌岩桩;钻进参数;钻头;泥浆

中图分类号:U443.15⁺4 **文献标识码:**B **文章编号:**1672-7428(2007)01-0024-03

随着我国对基础建设的较大投入,路桥工程发展迅速,大口径桩基础施工工艺也日趋完善。但随着桩基础施工直径、孔深的不断加大,地层复杂程度增加,需要新的工艺和方法来适应新的施工难度,笔者结合在武汉天兴洲公铁两用长江大桥桩基础工程钻孔施工中的经验谈一点体会,供大家参考。

1 工程概况

武汉天兴洲公铁两用长江大桥位于武汉长江大桥下游 9.8 km 处天兴洲江段,大桥正桥从北岸湛家矶长江大堤脚 DK7+449.4 向南跨长江北汊上天兴洲越长江南汊到武昌青山 DK12+106.5 止,全长 4657.1 m。其中 62~65 号墩设计为水上平台钻孔灌注桩,每个墩设计桩数 12 根,桩径 2.50 m,平均孔深 100 m(从平台标高 21.5 m 到设计桩底标高 -78.5 m)。

2 地层描述

(1)粉砂,灰褐色,饱和,松散,成分以石英、长石为主,层位标高 5 ~ -5 m。

(2)粉质粘土,浅灰色,软塑,显水平层理,层面附粉砂粒,局部夹薄层粉砂,层底标高 -12 m。

(3)疏松砂岩和泥质粉砂岩互层。

疏松砂岩,灰绿色,细粒结构,层状构造,呈密实砂状,手可捏碎,矿物大多风化变质;

泥质粉砂岩,暗褐红色,粉砂状结构,层状构造,泥质胶结,岩质稍硬,锤击即碎,心样呈长柱状,局部夹砂质泥岩和砂岩,砂岩砂状结构,层状构造,岩质稍硬,用力锤击可碎。

3 施工难点

- (1)孔径大,孔深,设备要求较高;
- (2)嵌岩深,单桩嵌岩深度最大达 68 m;
- (3)岩层胶结不均匀,易造成孔斜;
- (4)疏松砂岩遇水易分散,孔壁易坍塌、掉块;
- (5)成孔质量要求高,要求用超声波测壁仪进行检测,倾斜度 $\geq 0.75\%$,桩底沉渣厚度 ≥ 150 mm。

4 施工设备

KP3500 型钻机 2 台套,最大钻孔直径 3.5 m,最大钻进深度 120 m,最大转盘扭矩 210 kN·m,水龙头额定提升力 1000 kN,主机质量 45 t;JZP300 型钻机 2 台套,最大钻孔直径 3.0 m,最大钻进深度 130 m,最大转盘扭矩 128 kN·m,水龙头额定提升力 1000 kN,主机质量 32 t;英格索兰 VHP650E 型移动式螺杆空气压缩机 4 台,排气量 21.5 m³/min,额定排气压力 1.2 MPa;电机功率 160 kW;ZX250 型泥浆净化器 4 台,泥浆处理能力 250 m³/h。

5 施工工艺

采用回转钻进、气举反循环排渣、优质泥浆护壁的一次性成孔施工工艺。

5.1 成桩工艺流程(见图 1)

5.2 钻进参数以及钻头的选择

5.2.1 钻进参数的选择

对各种不同的地层要采用不同的钻进方法,对于砂层,采用低压、小扭矩、慢速、优质浓泥浆钻进,确保孔壁稳定,并充分浮渣、排渣,以防埋钻现象;对于粉质粘土层,采用低压、中速、优质泥浆、大泵量钻

收稿日期:2006-07-04

作者简介:石飞轮(1978-),男(汉族),湖南涟源人,湖南省地质矿产勘查开发局四六八队工程勘察质量管理科科长,岩土工程专业,从事桩基施工、工程勘察技术和管理的工作,湖南省娄底市新屋中路,13873802680,shifeilun@265.com。

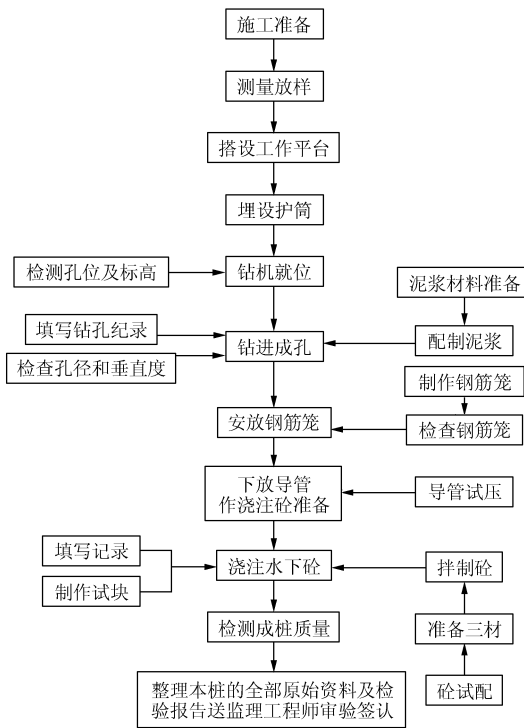


图 1 成桩工艺流程图

机钻具较笨重,起下钻时间较长,且需要吊车配合,机械设备台班费、工时费以及辅助时间较多。

(2) 选用镶焊特种硬质合金的双腰带笼式刮刀钻头。此种钻头相对普通刮刀钻头作了如下几点改进:一是选用耐磨抗冲击型的菱形硬质合金,此种硬质合金耐磨性、抗冲击性都较好,并带有较锋利的刃口,有利于切削岩块;二是为了加强硬质合金刀片抗冲击的能力,硬质合金刀片钢板厚度改成 60 mm;三是硬质合金刀片焊接角度由竖直向下改成垂直翼板;四是为了加强钻头的整体性,钻头改成双腰带笼式结构。经过几点改进后钻进效率明显加快,取得了较为理想的效果。

5.3 泥浆循环系统

(1) 在钻孔过程中,每班检测一次泥浆性能指标,当土层变化时增加检测次数。钻进泥浆性能指标要求见表 2。

表 2 钻进泥浆性能指标表

地层情况	相对密度 /(kg·L ⁻¹)	粘度 /s	含砂率 /%	胶体率 /%	pH 值
一般地层	1.10 ~ 1.15	18 ~ 22	≤2	≥95	8 ~ 10
易坍地层	1.15 ~ 1.25	20 ~ 28	≤2	≥95	8 ~ 10

(2) 优质泥浆由膨润土、碱、纤维素和聚丙烯酰胺等原料组成。制浆设备采用机械搅拌,制浆系统设在泥浆船上,制浆设备的制浆能力应根据钻孔设备的能力及泥浆的净化能力确定。

(3) 在粉质粘土或互层中钻进时地层的自造浆能力是泥浆供应的主要部分。地层自造浆性能改进和使用方法:一是在自造浆能力较强的地层随着孔深的不断加深,泥浆会越来越浓,实行边钻进边加水,多余的泥浆用泥浆泵抽至空护筒内储存。由于此段地层自身稳定性较好,护壁要求不高,不需要添加外加剂。二是没有造浆能力的地层,此类地层如疏松砂岩节理裂隙发育,稳定性较差,需要补充优质泥浆护壁,此时将储存泥浆抽至造浆池内,添加一定比例的外加剂配制成优质泥浆使用。

(4) 泥浆循环、净化系统的布置。钻孔泥浆循环采用特制泥浆箱以及相连接的钢护筒进行循环。在泥浆循环过程中,采用专门的泥浆净化器以及泥浆箱和钢护筒的多级强制与自然沉淀相结合的方式净化。

(5) 各种泥浆池以及泥浆净化器统一摆放,出渣口处设立集渣槽,集渣槽出口与排污船相连,实行钻渣的分散又集中排放。排污船内钻渣再排放至指定位置进行处理。

进;对于岩层,刮刀钻头采用中压、大扭矩、中速,滚刀钻头采用高压、大扭矩、低速、优质泥浆钻进,确保护壁厚度和充分浮渣。不同地层钻进参数见表 1。

表 1 不同地层钻进参数表

地层名称	钻压/kN	转数 /(r·min ⁻¹)	进尺速度 /(m·h ⁻¹)
粉细砂	150 ~ 200	5 ~ 10	1.5 ~ 2.5
粉质粘土	150 ~ 200	10 ~ 20	1.5 ~ 2.5
岩层	刮刀钻头	250 ~ 350	10 ~ 15
	滚刀钻头	350 ~ 450	5 ~ 10

5.2.2 钻头的选择

泥质粉砂岩和疏松砂岩互层岩石极限抗压强度 5 ~ 15 MPa,因为岩质变化较大,强风化含泥较高的砂岩较软,具有一定的粘性,易糊钻;胶结完整的砂岩较硬,需一定的钻压和嵌岩钻头才能有效进尺。

(1) 选用普通刮刀钻头和焊齿滚刀钻头配合钻进。普通刮刀钻头指的是刮刀钻头硬质合金刀片上镶焊 YG8 型一字形硬质合金。此硬质合金硬度较高,耐磨,较软地层进尺较快,岩质较硬时容易碰碎。此方法优点是能够较好的发挥各种钻头的优势,形成有效的优势互补。缺点一是由于岩层变化较多,钻进时如果不能及时更换钻头容易造成钻头的较大损耗,如刮刀碰到岩质较硬的地层容易造成硬质合金刀片破碎掉块,滚刀钻头碰到粘性较强的地层时容易糊刀;二是更换钻头误工时间较多,因为大型钻

(6)废浆处理。调配泥浆以及浇注砼时,孔内返出的废浆用大功率泥浆泵抽送至排污船,排污船再抽送至岸上废浆处理池进行处理。孔内返出的可利用浆可直接抽送至造浆池,加入一定泥浆外加剂改善泥浆性能后再次利用。

5.4 气举反循环工艺操作要点

根据护筒内泥浆面至水龙头弯管高差情况,气举反循环风包至泥浆面的高度要大于一定深度,才能形成气举反循环,在一定范围内随着孔深的不断增加排渣能力越大。虽然空压机排气压力有1.2 MPa,按最大孔深100 m,风压可以达到,但钻孔施工选用的钻机水龙头的气路密封系统一般不超过1 MPa。因此在钻孔施工过程中,随着钻孔加深,采用“接力风包”或“倒风包”的方法继续钻进。“接力风包”方法就是把第一个风包直接加在钻头上,往上10~20 m加第二个风包,达到一定深度后,采取孔口转换入风气管的方式利用不同的风包。“倒风包”是利用起钻检查钻具的时候,将风包上提一定深度。

气举反循环钻进工艺操作要点:

- (1)空压机开动前检查电路连接以及气管连接可靠情况,检查压缩油;
- (2)空压机尽量靠近钻机,减少管路长度;
- (3)气管、皮管附近以及皮管出口处严禁站人;
- (4)孔内深度不够无法形成气举反循环时,采用反吹的办法钻进,钻进时注入浓泥浆以帮助浮渣,反吹堵头设在钻杆与水龙头连接处;
- (5)保证气路密封,正常气举反循环时,孔内有大量气泡时立即起钻检查钻具;
- (6)管路通畅,避免管路变形、急转弯段;
- (7)粗筛器上安排专人排渣,钻渣及时清理;
- (8)为了减少空压机的负荷和气路密封系统承受的压力,孔深60 m后,将风包往上提3~5根钻杆或用“倒风包”的方式降低风包深度。

5.5 防斜保直措施

本项目倾斜度要求 $\geq 0.75\%$,而地层岩质不均匀易斜孔,采取了如下防斜保直措施:

- (1)钻机机架四角水平控制在5 mm以内,机座用钢板卡固定在平台上,避免孔内阻力增大时钻机的移位,每隔1~2天复查一次;
- (2)确保钻机性能完好,增强钻机本身的控制能力,如钻机各部件的整合性、对称性;
- (3)钻杆要直,不直的钻杆坚决不用;
- (4)实行减压钻进,即钻头上部增加配重块,单

机配重20~25 t,但孔底承受的钻压不得超过钻具重力之和(扣除浮力)的80%;

(5)选用双腰带笼式刮刀钻头,双腰带净距1.0~1.2 m,钻头同心度好,各方向偏差 < 2 mm;

(6)在易斜地层,加杆前反复扫孔一次,对孔壁进行修正。

6 钻进中遇到的问题及处理措施

6.1 钻头易糊钻,钻进效率较低

(1)尽量用刮刀钻头,少用滚刀钻头。

(2)刮刀钻头作了如下几点改进:翼板角度改小至 105° ,使钻头外围切削下来的岩块能迅速滚落至吸渣口排出;刮刀钻头的导向钻头宽度改至825 mm,加大吸渣水口附近的液流空间;刮刀钻头导向钻头鱼尾角度改为 90° ,吸渣水口口径改为250 mm(略小于钻杆内径),保证钻渣排出时一路畅通。

(3)在易糊钻地层钻进时,严格控制泥浆性能指标,泥浆粘度 ≥ 20 s。

(4)钻进50 cm左右,提钻10~20 cm,高速反转,一则将钻头上粘附的钻渣甩落,二则将未及时排出的钻渣排出孔外。

6.2 刮刀钻头外围硬质合金刀片磨损较快

由于刮刀钻头自转一圈,外围单个硬质合金刀片切削的岩石范围要比内圈多很多,这也造成了外围硬质合金刀片的过快磨损。处理办法如下:

(1)加快外围硬质合金刀片的修复频率;

(2)外围相邻硬质合金刀片的间隔距离由6 mm改为4 mm,尽量缩小单个硬质合金刀片切削的岩石范围。

7 效果及质量

在2005年5月底长江汛期来临前夕,顺利完成了水上钻孔任务,3个月完成方量近万立方米,为甲方下一步工作的顺利进行创造了条件,受到了甲方的充分肯定和好评。

施工过程中实行孔底加压井口减压钻进方法,经超声波测壁仪检测,钻孔的垂直度均小于0.75%,钻孔没有出现缩径和“大肚子”现象,一次验收合格率100%,完全满足设计要求。

钻进过程严格控制了泥浆指标,终孔后第一次清孔时间控制在2~4 h。灌注砼以前孔底沉渣厚度均在150 mm以内,完全满足了设计要求。

(下转第29页)

停歇过久,使泥浆、钻渣沉淀增多,造成清孔困难甚至塌孔。

4.5 砼灌注

砼灌注在二次清孔后 25 min 内及时进行,若时间过长须再测沉渣,超标要重新清孔。由于超深大桩孔初灌量大,灌注时间长,为确保砼的灌注质量,灌浆管必须严格检查接头及密封,配备相应容量的初灌大斗,保证砼的初灌量,使导管的埋深达到规范要求的 0.8 m 以上,同时,要求砼初凝时间 > 10 h,由于桩孔超深,灌注形成的浮浆很厚,且空孔段长达 18 m,灌注时对导管理深及砼方面的判定至关重要。

灌注过程中严格控制导管理深,浇筑时设专人检测砼上升情况,及时掌握导管理入深度,不得盲目提升。

砼在拌制和浇筑过程中应当经常检查水泥、砂石、外加剂等材料用量,并检查坍落度,按规程、规范要求制作砼试块,试块在浇筑砼同盘的搅拌机中留取,其制做、养护、试验应当符合有关规定。

5 施工技术措施

超深大直径钻孔灌注桩施工必须严格按施工规范及工艺要求进行,加强组织管理,各施工班组协同合作,方能保证成孔、成桩质量,施工中应当注意以下问题。

(1)首先要保证钻机水平,控制垂直偏差不超过规范及工艺要求,保证顺利地下放钢筋笼、安放浇筑导管。

(2)采用正、反循环的钻进方式,充分发挥两种钻进方式的优点,成孔后下钢筋笼至浇筑过程必须严密组织,快速施工,尽快缩短钢筋笼接长时间、缩短砼浇筑准备时间等。

(3)由于钻孔超深,孔内事故的处理难度很大,

成孔过程中,加强质量巡查工作,认真作好孔内事故的预防极为重要,钻进过程中要做到勤检查孔内钻具。

(4)影响充盈系数的因数很多,主要有导正器对桩孔的扩径、钻杆对孔壁的甩动、钻杆的刚度、钻机的稳定性、钻进参数如钻压、转速、泵量、泥浆性能等,通过对各因素的综合考虑,采取相应的措施,保证充盈系数达到规范要求的范围。

(5)清孔是钻孔灌注桩的重要环节,清孔的质量直接影响桩的承载力,由于桩孔超深,其下入的导管很难清洗干净孔底四周的沉渣,为缩短清孔时间保证清孔质量,应尽量缩短终孔至清孔的时间,减少孔内泥浆的沉淀。

(6)灌注砼时孔壁部分泥皮随砼面上升,由于桩孔超深,灌注形成的浮浆很厚,灌注时对导管理深及砼方面的判定至关重要,灌注过程中严格控制导管理深。

6 结语

钻孔灌注桩由于施工技术成熟,成桩质量高、适应范围广等优点,已经广泛应用于房屋、桥梁、集中荷载建筑物的地基处理中。在超深大直径钻孔灌注桩施工中,应当根据场地工程地质条件、设计要求,结合施工经验,采用合理的施工工艺,通过严格控制钻孔灌注桩施工过程中的各个工序环节,保证工程质量。

参考文献:

- [1] 赵旭清.上海软土地区大直径超深钻孔灌注桩施工技术[J].岩土工程界,2003,(6).
- [2] 杨德才.模糊数学在工程岩体质量评价中的应用[J].城市勘测,2005,(1).

(上接第 26 页)

8 体会

本工程所遇到的泥质砂岩和疏松砂岩互层强度虽然不高,但由于钻孔嵌岩深,施工有一定的难度,钻进效率不高。针对本项目的现场施工情况,总结出如下几点体会。

(1)泥质砂岩岩质稍硬,普通硬质合金刮刀钻头较难钻进;强风化含泥较高的砂岩岩质稍软,易糊钻,特别是采用滚刀钻头时,因此钻头的选择和加工

至关重要,应尽量选用刮刀钻头,刮刀钻头硬质合金刀片要选择合理的入岩角度和布置方法。

(2)泥浆性能方面,应降低含砂率,使之不大于 2%,这样将大大降低钻头磨损。

(3)钻进工艺方面,采用孔底加压孔口减压钻进方法;减少钻头糊钻次数;避免钻头糊钻后继续钻进引起不正常磨损的发生。

(4)提高钻机操作人员的操作水平和责任心,能够按操作规程合理操作钻机,对于钻进时进尺异常等情况能够做出正确的判断,并做出合适的处理。