

# 洞庭湖大桥大直径钻孔桩施工技术

张 毓,雷为民

(中铁三局集团第六工程有限公司,山西晋中 030600)

**摘 要** :简述了洞庭湖大桥在复杂地质条件下采用 2.0 m 直径的钻孔桩施工技术。分析了施工中易出现的问题,并提出了相应的处理对策。

**关键词** :洞庭湖大桥;钻孔桩;施工

**中图分类号** :U445.31

**文献标识码** :A

## 1 工程概况

岳阳市洞庭湖大桥位于市西北,连接岳阳楼区与君山区,横跨洞庭湖,桥长 5 783.5 m,是目前全国最长的内河公路桥。我们施工大桥三标段引桥部分,全长 300 m。本工程地质条件复杂 0 m ~ 18 m 为黏土层;18 m ~ 20 m 为砂砾层;20 m ~ 27 m 为软硬不均匀的弱风化层,伴有破碎层;27 m ~ 50 m 层为强风化层。基础采用  $\Phi$ 2.0 m 混凝土钻孔桩。

## 2 洞庭湖大桥大直径钻孔桩施工

### 2.1 施工机具设备

孔壁渗水的问题不容忽视,因桩身混凝土浇筑时间较长,如果渗水过多,会影响混凝土质量,降低桩身混凝土强度。可在桩身混凝土浇筑前采用防水材料封闭渗漏部位;对于出水量较大的孔可打入木楔,周围再用防水材料封闭,或在集中漏水部分嵌入泄水管,装上阀门,在施工桩孔时打开阀门让水流出,浇筑桩身混凝土时,再关闭,这样也可解决其影响桩身混凝土质量的问题。

### 4.2 保证桩身混凝土的密实性

桩身混凝土的密实性是保证混凝土达到设计强度的必要条件。为保证桩身混凝土浇筑的密实性,一般采用串流筒下料及分层振捣浇筑的方法,其中,浇筑速度是关键,即力求在最短的时间内完成一个桩身混凝土的浇筑,特别是在有地下压力水的情况下,要求集中足够的混凝土在短时间内浇入,以混凝土自身重量压住水流的渗入。

对于深度大于 10 m 的桩身下线,可依靠混凝土自身落差形成的冲击力及混凝土自身重量的压力面使其密实,这部分混凝土可不用振捣。经验证明,桩身混凝土能满足均匀性和密实性要求,而速度优于采用串流筒施工。桩身上部混凝土的浇筑要采取正常的施工方法,因为一般上部很少有地下水影响,浇筑速度不必很快,也不能采用自由下落的特殊施工方法。

## 5 合理安排施工顺序

选用了两台郑州勘察机械厂产 ZJ150-1 钻机,两台衡阳探矿机械厂产 GJ-15 钻机,一台张家口探矿机械总厂产 GPF2000 钻机,泥浆泵 4PNL 型与钻机匹配,钻头选择笼式刮刀钻头。

### 2.2 正循环钻机桩基成孔施工要点

(1) 钻头回转中心对准护筒中心,开动泥浆泵使冲洗液循环 2 min ~ 3 min,然后再开动钻机,慢慢将钻头放至孔内进行钻进。护筒刃脚处地层要能稳固地支撑护筒,钻至刃脚下 1 m 后,可根据土质情况以正常速度钻进。

(2) 在黏土层中钻进时,应采用低钻压、快转速、大泵量的钻进方法,如地层中夹砾石,地层软硬不均时,应适当降低转速。

(3) 在砂砾层钻进时钻进速度可快些,但砂砾颗粒直径比黏土颗粒

合理安排人工挖孔桩的施工顺序可对减少施工难度起重要作用,在施工方案中要认真统筹,根据实际情况合理安排。

在可能的条件下,先施工比较浅的桩孔,后施工深一些的桩孔。因为一般来讲,桩孔愈深,难度相对愈大,较浅的桩孔施工后,对上部土层的稳定起到加固作用,也减少了深孔施工时的压力。在含水层或有动水压力的土层中施工,应先施工外围(或迎水部位)的桩孔,这部分桩孔混凝土护壁完成后,可保留少量桩孔先不浇筑桩身混凝土,而将其作为排水井,以方便其他孔位的施工,从而保证桩孔的施工速度和成孔质量。

## 6 实践效果

对人工挖孔桩实施上述技术控制后,达到了预期的效果,对 325 根成桩进行的静载(堆载)试验证明,人工挖孔桩满足设计要求,达到了质量验评标准的优良等级。

(责任编辑:白尚平)

第一作者简介:左向阳,男,1964 年 9 月生,山西省孝义市人,1980 年毕业于山西省交通学校路桥专业,1996 年毕业于西安公路交通大学道桥专业(函授本科),工程师,现任吕梁路桥公司副经理,山西省离石市交口镇 033000。

## Discussion on the Construction Techniques of Artificial Excavated Pile

ZUO Xiang-yang

**ABSTRACT** : The construction of artificial excavated pile is often influenced by the groundwater, shifting sand, muddy soil layer and other factors, and the corresponding treating measures should be taken according to different situations, especially should put into considerations the pouring quality of pile body's concrete and rational arrangement of the construction sequences for the purpose of achieving the expected construction results.

**KEY WORDS** : artificial excavated pile; quality control; construction technique

表1 3种钻机工效比较

| 序号 | 钻机名称                                | 郑州勘察机械厂<br>ZJ150-1 | 衡阳探矿机械厂<br>GJ-15 | 张家口探矿机械厂<br>GPF-2000 |
|----|-------------------------------------|--------------------|------------------|----------------------|
| 1  | Φ2 000 mm 桩成孔以平均 1 150 元/m 计算的成孔费/元 | 46 000             | 46 000           | 46 000               |
| 2  | 平均成孔时间/d                            | 25                 | 26               | 9                    |
| 3  | 用电量消耗费用/元                           | 37 536             | 31 400           | 11 971               |
| 4  | 施工人工工资/元                            | 10 500             | 10 920           | 3 780                |
| 5  | 其他经营性消耗(包括房租、生活费用等)                 | 1 750              | 1 820            | 630                  |
| 6  | 盈亏状况                                | -3 786             | 1 860            | 29 619               |
| 7  | 成孔质量状况                              | 需二次成孔,换钻头处易错台、斜孔   | 需二次成孔,换钻头处易错台、斜孔 | 一次成孔,成孔竖直,质量较好       |

大,不易上返,且泥浆含砂量大,孔壁不稳定,容易坍塌;循环停止时,大量砂粒迅速沉降,易导致埋钻事故。因而要加强泥浆管理,经常清理泥浆循环槽和沉淀池内的积砂,并定期检查、清洗泥浆泵。在坍塌段,必要时可向孔内投入适量黏土球以帮助形成泥壁。要控制钻具升降速度和适当降低回转速度,减轻钻头上运动对孔壁的抽吸和回转对孔壁的水力冲刷作用。

(4)在破碎板岩层钻进时,易引起钻具跳动、蹩车、蹩泵、钻头偏斜等现象,宜用低档慢速、优质泥浆、慢进尺钻进。

(5)开孔黏土层可适当开二速,即转速分别为 39 r/min、23 r/min、25 r/min,进入砂砾层必须开一速,即分别为 15 r/min、13 r/min、14 r/min。

(6)在土层中钻进时,钻进压力应以保证冲洗液畅通、钻渣清除及时为前提,灵活加以掌握;钻进岩层时,钻头总压力依据钻头上硬质合金数量 M 计算,在不蹩车、保证桩孔垂直的情况下,适当取大值。

3 种钻机工效比较(以一个 40 m 深桩孔为标准)见表 1。

### 2.3 钢筋笼制作与吊装

(1)钢筋笼制作要求。钢筋笼所用钢筋规格、材质、尺寸,钢筋安装制作偏差,应符合设计要求。

(2)分段制作的钢筋笼,其长度以不大于 10 m 为宜,各段钢筋笼连接采用焊接。焊接时,在同一截面内钢筋接头数不得超过主钢筋总数的 50%,两相邻接头错开 70 cm。双面焊缝为钢筋直径的 5 倍,箍筋与主筋之间采用点焊联结,螺纹钢与主筋之间点焊固定。

(3)钢筋笼的吊放。钢筋笼吊放前,钢筋笼上安装的无缝检测管要与钢筋笼绑扎牢固,无缝检测管下端口一定要焊缝密合,防止泥浆等杂物渗入管内,影响检测效果。钢筋笼吊放应采用双吊点,吊点设在箍筋处并予以加强,入孔时要对准钻孔中心缓慢下放,当前一段钢筋笼放入孔内后,即用钢管穿入钢筋笼上面的箍筋下面,临时将钢筋笼搁置在钻机钢轨上,再起吊另一段,对正后焊接主筋、无缝检测管、螺纹钢。重复上述步骤并逐段放入孔内至设计标高。钢筋笼全部入孔后,按设计要求检查安放位置,并做好记录,符合要求后,在主筋上用螺纹钢加工 4 根吊筋,吊筋上部与支撑钢管点焊,混凝土初凝前可回收吊筋,重复使用。

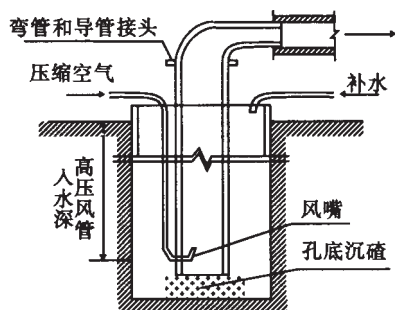


图1 抽浆法工作示意图

### 2.4 清孔

正循环钻进,采用两次清孔,第一次清孔是在孔终后进行,将钻头提离孔底 10 cm~20 cm,以中速压入相对密度 1.15 左右、含砂率 <4% 的泥浆,把孔内悬浮钻渣多的泥浆换出。

下放完钢筋笼和导管(导管要进行水密试验)后,进行二次清孔,二次清孔的质量直接关系到孔底沉渣厚度,对设计支撑桩来说,二次清孔是否彻底尤为重要。二次清孔时可导管下放到离孔底 20 cm 左右就位后在导管上装配套盖头。因孔径大,孔身长,我们以两台泥浆泵(一台 3PNL 与一台 4PNL)向导管内压入相对密度 1.15 的泥浆,把孔底部在下钢筋笼和灌注导管过程中再次沉淀的钻渣和仍然悬有钻渣的相对密度较大的泥浆换出,孔底沉渣厚度和孔内泥浆相对密度均达到清孔标准后方可停止。其缺点是:清孔时间长,需 12 h 以上。也可采用抽浆法,即以灌注水下混凝土导管为吸泥管,高压风管设在导管外,在离导管下口 50 cm 处设一风嘴,风嘴处应设单向阀,将沉渣抽出(见图 1)。

### 2.5 灌注水下混凝土

采用装载机送料,混凝土配料机按配合比自动精确计量配料,两台 JS500 搅拌机拌合,输送泵水平运输混凝土入 5 m<sup>3</sup> 分体式漏斗,导管隔水塞采用充气球胆。当漏斗储满混凝土后,打开闸板阀,混凝土推动充气球胆,将导管内的泥浆压出导管,大部分混凝土迅速将导管底口埋深 1 m 以上,充气球胆返回孔口泥浆表面。采用测深锤法,准确掌握灌注的混凝土面高度。灌注过程中,保证导管混凝土最小埋深 2 m 以上,当导管埋深太小时,混凝土拌合物不是在表面混凝土保护层下流动,而是灌注压力顶穿了表面保护层,在已浇筑的混凝土拌合物表面上流动,容易形成夹泥,破坏了混凝土的整体性和均匀性。根据经验,导管最大埋深可保持在 12 m~13 m。一次可拆导管 10 m,减少拆管时间,加快混凝土灌注速度。在灌注过程中,不论返浆情况好坏,都要不停地上下小幅度提动导管,防止卡管。灌注混凝土快结束时,由于导管内混凝土柱高度减少,导管外泥浆比重增大,超压力降低,可在孔内加水稀释泥浆,也可以采用人工掏出部分沉淀泥浆,以使灌注工作顺利进行。拔出最后一节导管时,要保持预留桩头 0.5 m,且拔管速度要慢,以防止桩顶沉淀泥浆挤入混凝土中形成泥心。

## 3 施工中易出现的问题及处理对策

### 3.1 成孔出现的问题及处理对策

#### 3.1.1 断钻原因

(1)钻杆法兰盘螺孔因使用时间太长而失圆,造成钻杆螺丝易松动,把螺丝剪切扭断,发生断钻;

(2)因砂砾层砾石颗粒部分过大或板岩局部破碎,钻进中钻杆振动大,造成螺丝松动,剪切螺丝断钻;

(3)卷扬机制动带打滑,不易控制钻压,使孔底扭矩过高,造成断钻;

(4)钻孔偏斜造成断钻。

根据断钻原因,更换钻杆,采取措施预防孔斜,并严格控制钻进压力,可避免断钻事故的发生。

#### 3.1.2 钻机故障

ZJ-150、GJ-15 钻机因使用时间过长,没有经过细致的大修,加之钻孔直径大,造成钻机超负荷工作,使转盘大轴承珠粒破碎;联轴器内外齿磨损加快,三角带易损,变速箱轴承、联轴器两端小横轴非正常损坏,加之分向箱体和变速箱箱体轴承部位磨损,从而使传动轴不同心,且密封不严漏油。

处理方法:依据钻机状况,储备钻机备件,勤检修,保证钻机正常工作。

#### 3.1.3 钻孔偏斜的原因

(1)钻机底座及支腿基础处理不当,加之钻进过程中振动过大,易造成油缸支腿及道轨不均匀沉降,造成孔斜。

(2)二次扩孔钻进时,地层变化较大,软硬不均,极易偏向软层一面,造成斜孔。

(3)在覆盖层与板岩接触带,因板岩产状为  $60^\circ < \alpha < 90^\circ$ ,若控制不

表2 桩身现场检测结果

| 序号 | 桩号    | 桩径<br>/m | 桩长<br>/m | 混凝土平均<br>波速/(m/s) | 混凝土平均<br>强度/MPa | 综合评价           | 等级 |
|----|-------|----------|----------|-------------------|-----------------|----------------|----|
| 1  | W1-上  | 2.0      | 39.0     | 4 500             | 29.0            | 桩身完整,混凝土强度满足要求 | 优  |
| 2  | W1-下  | 2.0      | 39.0     | 4 410             | 28.1            | 桩身完整,混凝土强度满足要求 | 优  |
| 3  | W2-上  | 2.0      | 39.0     | 4 390             | 27.9            | 桩身完整,混凝土强度满足要求 | 优  |
| 4  | W2-下  | 2.0      | 39.0     | 4 350             | 27.5            | 桩身完整,混凝土强度满足要求 | 优  |
| 5  | W3-上  | 2.0      | 39.0     | 4 390             | 27.9            | 桩身完整,混凝土强度满足要求 | 优  |
| 6  | W3-下  | 2.0      | 39.0     | 4 430             | 28.3            | 桩身完整,混凝土强度满足要求 | 优  |
| 7  | W4-上  | 2.0      | 39.0     | 4 310             | 27.1            | 桩身完整,混凝土强度满足要求 | 优  |
| 8  | W4-下  | 2.0      | 39.0     | 4 380             | 27.8            | 桩身完整,混凝土强度满足要求 | 优  |
| 9  | W5-上  | 2.0      | 40.0     | 4 320             | 27.2            | 桩身完整,混凝土强度满足要求 | 优  |
| 10 | W5-下  | 2.0      | 37.0     | 4 280             | 26.8            | 桩身完整,混凝土强度满足要求 | 优  |
| 11 | W6-上  | 2.0      | 31.0     | 4 270             | 26.8            | 桩身完整,混凝土强度满足要求 | 优  |
| 12 | W6-下  | 2.0      | 31.0     | 4 320             | 27.2            | 桩身完整,混凝土强度满足要求 | 优  |
| 13 | W7-上  | 2.0      | 45.0     | 4 300             | 27.0            | 桩身完整,混凝土强度满足要求 | 优  |
| 14 | W7-下  | 2.0      | 45.0     | 4 260             | 26.0            | 桩身完整,混凝土强度满足要求 | 优  |
| 15 | W8-上  | 2.0      | 43.6     | 4 250             | 26.5            | 桩身完整,混凝土强度满足要求 | 优  |
| 16 | W8-下  | 2.0      | 48.0     | 4 280             | 26.0            | 桩身完整,混凝土强度满足要求 | 优  |
| 17 | W9-上  | 2.0      | 48.0     | 4 350             | 27.5            | 桩身完整,混凝土强度满足要求 | 优  |
| 18 | W9-下  | 2.0      | 48.0     | 4 360             | 27.6            | 桩身完整,混凝土强度满足要求 | 优  |
| 19 | W10-上 | 2.0      | 50.5     | 4 400             | 28.0            | 桩身完整,混凝土强度满足要求 | 优  |
| 20 | W10-下 | 2.0      | 48.5     | 4 380             | 27.8            | 桩身完整,混凝土强度满足要求 | 优  |

好钻压,极易发生偏斜。

处理对策:认真做好钻机就位平整支垫工作,根据地质状况,合理控制钻压。

### 3.2 钢筋笼下放困难的原因及处理措施

钢筋笼下放困难时,应查明原因,不得强行下放。

(1)成孔时间长,桩孔壁泥皮较厚,钢筋笼下放时表现为一次只可下放5 cm~15 cm,可采用人力正反旋转钢筋笼,减少摩阻,也可采用加外力的方法加大钢筋笼重量,以利其下放,还可采用吊车慢起、快放数次、逐步下放的方法。

(2)桩孔换钻头处,形成错台,钢筋笼下放时表现为下放卡住位置数次不变,感觉为硬底,这时千万不要强行下放钢筋笼,避免钢筋笼变形。

### 3.3 钻孔灌注桩灌注事故成因及处理对策

#### 3.3.1 导管堵塞

混凝土坍落度小于16 cm时易堵塞导管,造成卡管事故。

处理对策:可在允许的导管埋入深度范围内,略微提升导管,或用提升后猛然下插导管的动作来抖动导管,抖动后的导管下口不得低于原来的位置,否则反会使流动性变小的混凝土堵塞导出口。

#### 3.3.2 断桩夹泥

泥浆或泥漿与水泥砂浆混合物把灌注的上下两段混凝土隔开,使混凝土变质或截面积受损,成为断桩。断桩是严重的问题,断桩的常见原因有以下几种:

(1)灌注时间长,表面混凝土流动性差,导管埋深浅,继续灌注的混凝土冲破表层上升,将混有泥浆的表层覆盖包裹,造成断桩或桩身夹泥;

(2)导管提升过猛,当混凝土卡管时,采用抖动导管的办法来促使导管内混凝土下降,此时如导管脱离混凝土面,就成为断桩;

(3)把沉积在混凝土面上的浓泥浆或泥浆中可能含有的泥块误认为混凝土,错误地判断混凝土面高度,使导管脱离混凝土成为断桩;由于拆除导管的长度的统计错误,也导致这种事故发生;

(4)灌注中途,混凝土卡管或导管严重漏水,需拔出导管才能处理,也会形成断桩;

(5)现场供电突然发生故障,搅拌设备或吊机突然损坏,浇灌过程中突然暴雨无法继续浇灌等,使中途停顿时间太长,不得不将导管脱离混凝土面而形成断桩。

为了防止断桩、夹泥事故,施工中要求采取如下有效的预防措施:灌注前应很好地清孔;灌注时速度要快,应保证在适当的灌注时间内灌注完毕;若遇堵管尽量不采用将导管提出的办法解决;要准确测量混凝土面;要保证设备的正常工作;要有备用设备;要注意天气预报,合理安排灌注时间。

## 4 洞庭湖大桥钻孔灌注桩质量检测

检测指标包括:桩身混凝土完整性;桩身混凝土强度;桩身混凝土均匀性;桩身混凝土等级评价。检测分析结果见表2。

超声波检测结果分析表明,被检测的桩身混凝土完整,混凝土强度满足设计要求,均被评为优良。

## 5 体会

由于施工中把握了以下几点,因而保障了工程的顺利进行。一是合理选配机械设备,加强维修保养,杜绝机械故障。二是组织有关人员,针对孔斜、吊放钢筋笼困难、桩基混凝土灌注过程中卡管、断桩、夹泥等易出现的施工问题,采取合理控制钻压、钢筋笼慢起快放、人力旋转、桩基混凝土灌注过程中不断抖动导管等预防措施,防止了断桩等质量问题。三是准备两套方案,备用方案独立、完整、可靠,以备应急解决突发事件。

(责任编辑:刘翠玲)

第一作者简介:张毓,女,1968年生,山东省德州市人,1987年毕业于上海铁道学院,工程师,中铁三局集团第六工程有限公司,山西省晋中市榆次区桥东街5号,030600。

# The Construction Technology of Big Diameter Bored Pile of Dongting Lake Bridge

ZHANG Yu, LEI Wei-min

**ABSTRACT:** This paper describes briefly the construction technology of 2.0 m Diameter bored pile used in Dongting Lake Bridge under the complex geological conditions, analyzes the problems that are easy to appear in the constructions, and puts forward some corresponding countermeasures.

**KEY WORDS:** Dongting Lake Bridge; bored pile; construction

刊号: ISSN 1005-6033  
CN 14-1157/N

广告经营许可证号:1400004000009

定价:12.00元