

超百米深钻孔灌注桩施工技术

魏文昌 李红民

(山东岩土工程勘察总公司 济南市 250014)

摘 要: 根据现场施工实践,介绍了在黄河三角洲地区进行超深钻孔灌注桩成孔、成桩的主要施工技术。

关键词: 钻孔灌注桩 长桩 清孔 施工技术

我公司近年来先后承接了几项单根桩长愈百米的桥梁钻孔灌注桩施工任务,工程地点均位于黄河三角洲地区。桩径主要为 1.50m 和 2.00m,桩长为 110m—120m,地层为黄河三角洲新近沉积物及早期一般沉积物,呈现内陆海相及冲积海相交互沉积,地质情况较为复杂。以利津黄河公路大桥工程为例,地质情况见表 1。钻孔灌注桩呈群桩密集排列,各项技术指标均高于规范要求。

在已竣工的利津黄河公路大桥和滨州黄河公路大桥,以及正在施工的东营黄河公路大桥工程中,施工中遇到了多种工程技术问题,经现场施工技术人员认真分析研究,并采取有效的技术措施,较好地得到了解决,提高了施工效率,保证了工程质量,创造了较好的经济效益和社会效益。

地质情况

表 1

地 层	土 质	层厚 / m
第 1 层	亚砂土, 夹有薄层亚粘土及粉砂层	2.30~7.00
第 2 层	粉砂、粉细砂	2.80~15.50
第 3 层	粉细砂、粉砂、细砂亚砂土相变层	5.40~18.20
第 4 层	粘土、亚粘土、亚砂土、粉砂组成, 以粘性土为主	3.10~11.70
第 5 层	淤泥质粘土、亚粘土	3.10~5.50
第 6—1 层	粉砂及粉细砂	12.50~22.70
第 6 层	由亚粘土、亚砂土、粘土韵律层组成	
第 7—1 层	粉细砂及细砂	6.80~23.80
第 7 层	粘土及亚粘土	4.00~21.80
第 8 层	粉砂及粉细砂、细砂	4.00~25.00
第 9 层	粘性土为主	2.50~12.60
第 10 层	粉细砂及细砂	4.90~6.60
第 11 层	亚粘土	1.40~4.10
第 12 层	粉细砂	1.00~9.00
第 13 层	粘土	

1 工程概况

1.1 利津黄河公路大桥钻孔灌注桩工程

利津黄河公路大桥位于山东省东营市利津县城南，大桥全长 1350m，主桥孔跨布置为 $(40+120+310+120+40)$ m 连续 PC 斜拉桥，塔柱高 98.0m，主桥墩钻孔灌注桩 28 根，桩径 1.50m，桩长 115m，桩间距 3.75m 成 4 排均匀排列，实际钻孔深度达 124m。

1.2 滨州黄河公路大桥钻孔灌注桩工程

滨州黄河大桥主桥全长 768m，三塔 PC 斜拉桥结构，结构形式 $(2 \times 42 + 2 \times 300 + 2 \times 42)$ m，中塔设计高度 125m，边塔设计高度 75m，群桩基础，桩径 1.50m，桩长 115m，桩间距 4.25m，每墩设计桩数 50 根，成 5 排均匀分布。

引桥桥台墩设计桩径 2.0m，桩长 120m，桩数 12 根。

1.3 东营黄河公路大桥钻孔灌注桩工程

东营黄河公路大桥主桥上部结构为 $(116+200+220+200+116)$ m 一联五跨预应力混凝土刚构—连续墙，基础为 1.50m，90m—115m 超长钻孔灌注群桩，其中 9#、10# 墩每墩设 49 根 115 桩，桩间距为 3.9 m 成 7 排均匀分布

2 钻机选型及钻孔方法的确定

施工的基本思路是：(1) 钻孔施工在黄河岸边或水上平台施工，受场地所限，无法实施反循环成孔工艺；(2) 因桩孔密集且桩又长，对桩孔垂直度和孔壁稳定性要求严格；(3) 钻机在钻进过程中必须平稳，钻具导正性要强；(4) 桩孔深度大，清孔困难，泥浆性能要好且泵量要大；(5) 因全孔安装超声波探测管和钢筋笼重量大，对钢筋笼的搭接和固定要求严格；(6) 水下砼灌注时，要求导浆管强度及密封度满足设计要求，且保证初灌量顺利灌注并使导管底口埋深 2m 以上。

根据以上要求，经综合分析，根据我公司现有设备情况，决定选用 LYJ—20 型、GW—20 型、GW—25 型钻机，3PNL 型泥浆泵，采用泥浆护壁，锥形硬质合金梳齿钻头，回转钻机正循环成孔工艺。

3 主要施工工序及施工方案的选择

3.1 护筒埋设

护筒选用 10mm 厚钢板卷制而成，直径比桩径大 300mm，岸上桩孔护筒长度

为 3m, 埋设定位要准确, 径向偏差小于 10 mm, 护筒四周填入粘土并分层捣实。水上施工时, 护筒长度据地层情况为 17—21 m, 为保证护筒埋设精度, 护筒埋设前调整好导向架, 然后用吊车配合 DZ120 振动锤分数次把护筒振动打入至设计标高。在护筒沉入过程中, 两台经纬仪成 90° 角观测其垂直度, 发现偏斜及时纠正。水上施工时要求把承台全部护筒一次性埋设完毕。

3.2 泥浆循环系统的设置

岸上施工在承台周边设置泥浆循环池; 水上施工时, 由于施工平台较小, 无法挖设泥浆池, 因此将 4 至 6 个护筒用 $\Phi 300\text{mm}$ 钢管串联起来, 作为泥浆循环系统。

3.3 钻孔

开孔时, 钻机轻压慢转, 在正常钻进过程中, 必须密切注意泥浆指标和钻进速度, 及时测定泥浆指标, 严格控制不同地层的泥浆性能, 注意用制备好的优质泥浆及时置换钻进中形成的劣质泥浆。泥浆性能控制指标见表 2。钻孔过程中分不同深度测量钻孔垂直度, 发现偏斜及时采取措施纠正。

泥浆性能控制指标 表 2

地层	比重	粘度(s)	含砂率(%)	胶体率(%)	静切率
粘土 亚粘土	1.1-1.2	18 - 20	<2	>96	1.0-2.5
粉砂 粉细砂	1.15-1.25	19 - 22	<4	>95	

3.4 清孔

清孔采用换浆法, 分两次进行。一次清孔, 当钻进深度距孔底标高 3—5m 时, 开始用新配制的泥浆置换孔内循环泥浆, 同时, 慢慢钻进至设计标高, 钻头在孔底转动或在 3m 范围内上下缓慢窜动, 泥浆继续循环, 一直到泥浆指标满足比重为 1.05—1.15、粘度为 18-22s, 含砂率<4%为止。然后, 提钻并下仪器检测, 检查合格后, 方可吊放钢筋笼和下放混凝土灌注导管。

二次清孔由导管与泥浆泵循环系统联接进行, 直至孔底检测沉渣厚度满足规范和设计要求。二次清孔控制的总体原则是泥浆粘度>18s, 含砂量<4%。清孔时间可参考下式计算:

$$t=k(F-W)l \cdot 60/Q$$

式中: t ——清孔时间, min;

k ——系数，取 3；

F ——钻孔实际面积， m^2 （孔径截面积减去钻杆截面积）；

W ——钻杆外径的断面积， m^2 ；

L ——钻孔内泥浆液面以下钻杆长度， m ；

Q ——泥浆泵流量。

3.5 钢筋笼制作与吊装

钢筋笼制作加工必须保证牢固顺直，满足规范要求。钢筋笼用两辆吊车抬吊方法将钢筋笼吊立垂直，以便钢筋笼垂直对接，每节钢筋笼顶端用起吊扁担吊立，以免在起吊过程中别弯主筋。为防止变形，在每道箍筋内增设六角内撑，快要进入孔口时再将其割除。钢筋笼分 6 节下放，钢筋接头采用焊接连接或挤压套管连接。吊入钢筋笼时，应对准孔位轻放、慢放。遇阻时可随起随落和正反旋转使之下放。若无效，应立即停止下放，查清原因进行处理，严禁高起猛落，强行下放，防止钢筋笼损坏和碰坏孔壁引起塌孔。钢筋笼到位后，牢固定位，以免钢筋笼“跑笼”、移位或上浮。

3.6 灌注水下混凝土

灌注水下混凝土采用 $\phi 300mm$ 大内径导管，导管使用前，按规范要求进行水密封压力试验。混凝土初灌注量用 $2m^3$ 灌斗和 $7m^3$ 搅拌车连续灌注，保证混凝土初灌量满足导管底口埋深大于 2.0m。

4 针对工程技术难题采取的工艺技术措施

4.1 主要工程技术难题

（1）孔斜：施工中突出的工程技术问题是孔斜发生频次高，甚至有的钻孔因孔斜超标，不得不回填后二次钻孔。孔斜多发生在深度 60m 以下，分析认为：导致钻孔偏斜率大和频次高的主要原因是机具和施工工艺参数掌握不合理所致。

（2）钻进效率低：钻进深度超过 80m 以后，钻进效率明显低下，究其原因，主要是钻渣排除困难，造成钻孔下部泥浆比重过大，存在钻渣重复破碎、进尺缓慢的现象。此外，受设备本身能力所限和钻孔深度过大，增大了桩孔施工难度。

（3）清孔难：在桩孔深度范围内，砂性土层所占比例较大，以利津黄河公路大桥为例，砂层累计厚度达 90m 以上，粉砂、粉细砂在泥浆中含量大且沉淀速度较快，给清孔带来很大困难。

(4) 处理孔内事故难度大：在施工过程中遇到的孔内事故主要是孔内落物。在东营黄河大桥施工 9 号墩台 ZK43 号孔 83m 深处时，工人不慎将垫插掉入孔内，因重视不够继续钻进时，垫插又将钻头的超前钻头及部分梳齿别掉。

4.2 采取的工艺技术措施

4.2.1 针对孔斜：

(1) 在钻机安装就位前，增加枕木数量，保证枕木绝对平稳牢固，以使钻机在钻进过程中不发生倾斜。安装就位时，除保证钻机水平外，还要对钻机的天车、主动钻杆中心、桩位进行校正，确保三点一线。同时，在整个钻进过程中，随时检验钻机是否水平，发现偏斜及时纠正。

(2) 使用导正性能较好的笼式双腰带钻头，上下腰带间高 1.5m，在钻头上部再加一导正器，导正器腰带与钻头腰带间高约 3m，增强了钻具的导正效果。钻头加工时注意翼板锥度的一致性，使钻头各翼板在工作时受力均匀。同时，保证钻头和导正器箍圈的同心度和刚度，箍圈外径加焊保径合金。

(3) 钻杆使用导正性较好的高强度法兰盘和牙嵌法兰盘接手，钻杆连接后钻杆柱保持垂直状态。

(4) 全孔减压钻进，在满足钻压的前提下，钻杆柱处于悬吊状态，保证钻具垂直钻进。

(5) 钻遇地层变化接触面孔段时，放慢进尺速度，钻头穿过接触面进入下一地层后，拉起钻头进行重复钻进，预防不平整接触面造成的孔斜。

4.2.2 针对钻进效率低：

(1) 我公司购买的 GW-25 钻机设计最大转速为 11r/min，因转速较慢制约了钻进效率。后经与厂家联系对钻机进行改造，将转速提高到 24r/min，使单桩成孔由原来的 11 天提前到 5—6 天，钻进效率明显提高。

(2) 为解决排渣问题，一是增加泵量，经验算，用两台或三台泥浆泵并联供给泥浆，基本满足钻进流量要求，泵量增大，流速加快，增强了泥浆携带钻粉的能力；二是根据施工现场条件，加大泥浆循环池体积、延长泥浆循环路径，以利于钻渣的沉淀，减少其重复破碎，提高钻效。

(3) 科学组织施工，加强现场管理，压缩辅助时间，消除事故隐患。

4.2.3 针对清孔难

(1) 采取加大冲洗液泵量的措施，是解决清孔难题的主要措施。

(2) 冲洗液的粘度及净化对清孔也极为关键，通过在冲洗液中加入优质膨润土和化学外加剂（如 Na_2CO_3 、 NaOH ）调制冲洗液粘度，保证其漏斗粘度 18—22s。及时排除废弃泥浆，勤劳钻渣，补充优质泥浆，提高泥浆悬浮携粉能力。

(3) 严格要求钻杆接手的密封性，保证冲洗液全部送达孔底。对 $\phi 168\text{mm}$ 钻杆接手全部使用我们根据钻进超深孔的实际研制开发的牙嵌法兰盘接手，见图 1。该接手具有以下特点：牙嵌接触表面采用高频淬火，硬度 HRC45，不易变形，传递扭矩大（50KN.m），克服了普通法兰盘定位销易变形及螺栓易损坏的特点。牙嵌下盘中加焊密封盘，密封盘中设置环形橡胶圈，在上、下盘之间形成环形面密封，密封严密。

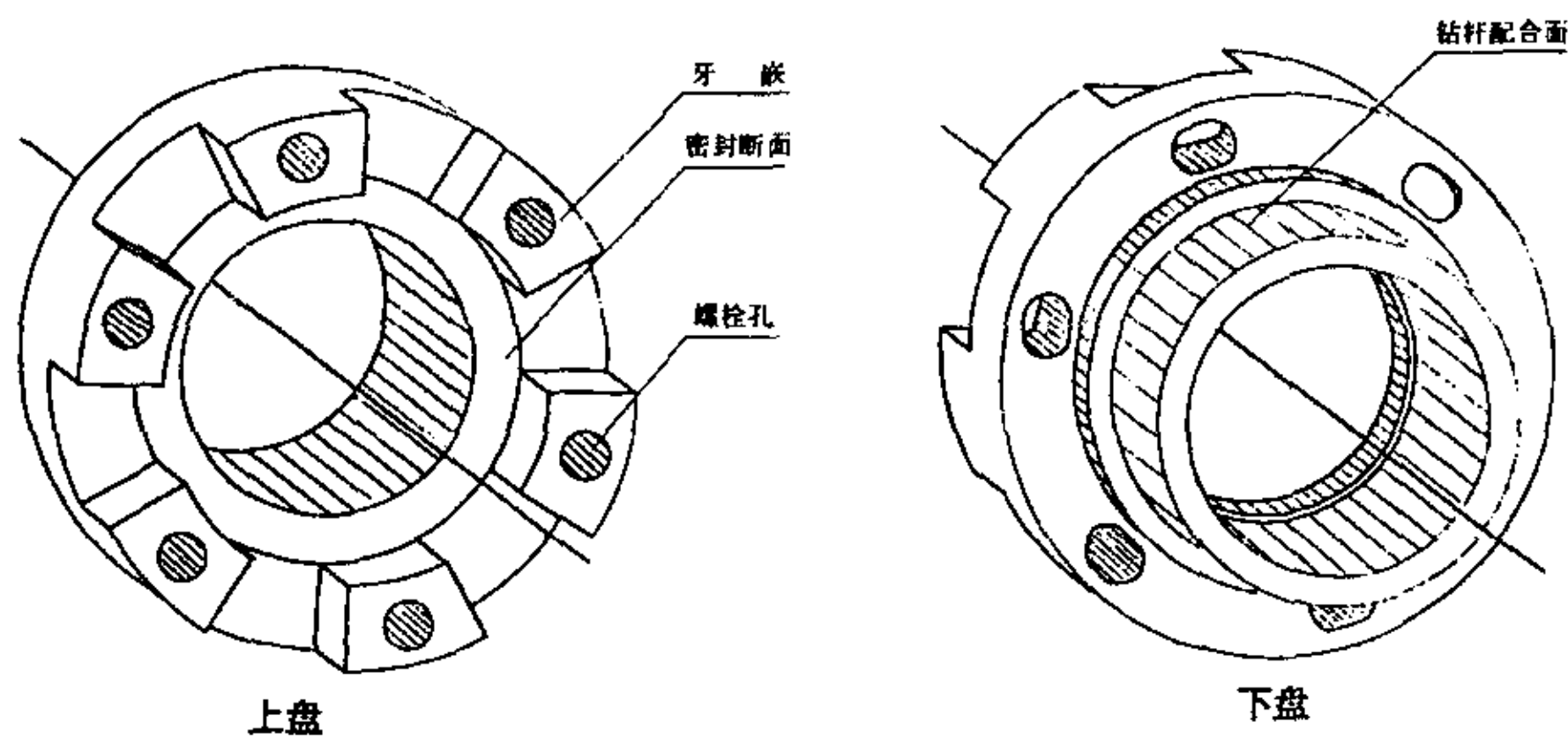


图 1 牙嵌法兰盘

4.2.4 针对孔内事故

(1) 孔内落物如是重量轻的铁件，用磁铁吸捞即可。对重量较大的落物，视落物体积大小，采用不同口径的筒状钻具，以内镶钢丝绳缠绕落物的办法打捞。这种办法在现场两起落物事故处理中均告成功，且费时较短。

(2) 做好孔口防护工作。为防止在孔口操作不慎将物品落入孔内，对在孔口经常使用的器具拴上安全绳（如导管夹板、垫插、扳手等），这样，即使器具脱手或安装不牢也不至于将物品落入孔底。

5 结语

根据设计要求，桩身全部进行无破损检测，经 CTS-25 型检测仪进行声测

检查，桩质量均为优良，完全达到设计要求。

施工实践表明，在黄河三角洲地区进行超深钻孔灌注桩施工，只要设备选型得当，技术措施合理，施工管理到位，现场监控得力，就会得到理想的施工效率和成桩质量。