

抛石、柴排和第四系沉积层成桩工艺方法与探索

朱效中

(安徽省地质实验研究所,安徽 合肥 230001)

摘要:上海某炼油厂拟在黄浦江边码头施工可系万吨油轮的系缆墩,系缆墩采用钻孔灌注桩。在江面施工过程中遇到潮汐、抛石、柴排、漏浆和涌水等施工难题,导致工期和工程费用均用去2/3时施工仍没有取得突破性进展。经过研究探索,采用冲抓、粘土造壁、跟管和回转钻进相结合的工艺方法,成功地解决抛石层、柴排层、第四系沉积地层的成孔问题和抛石层漏失混凝土浆液问题,圆满完成施工任务。

关键词:潮汐;抛石;柴排;漏浆;钻进成孔;冲抓;造壁;跟管

中图分类号:P634;TU473.1⁺4 **文献标识码:**A **文章编号:**1672-7428(2013)11-0052-05

Exploration of Pile Formation Process in Mattress, Riprap and the Quaternary Sedimentary Layer/ZHU Xiaozhong (Anhui Province Geological Experiment Reserch Institute, Hefei Anhui 230001, China)

Abstract: Near Huangpu river wharf, a mooring dolphin for 10000 Tons oil tanker was planed to build by an oil refinery of Shanghai, which would be constructed with bored grouting piles. Tide, riprap, mattress, mud leakage and water gushing were experienced during the construction process. Through research and exploration, by the combination of grab, clay wall building, drilling with casing and the rotary drilling method, the difficult problems of boring in riprap, mattress and the quaternary sedimentary layer were successfully overcome with completion of the construction task.

Key words: tide; riprap; mattress; mud leakage; boring; grab; wall building; drilling with casing

1 工程概况

1.1 项目概况

上海某炼油厂至今已有60多年历史,全厂占地面积220万m²,位于上海市浦东,临近吴淞口的黄浦江畔,年生产加工能力为800万t原油,有12大类130余种燃料油、润滑油及化工原料产品,产品除供应国内市场外还远销美国、日本、东南亚等国家和地区,是中国最大的石化产品生产基地之一。为进一步扩大生产规模,降低生产成本,以适应炼油事业大发展的需要,在黄浦江边兴建可停泊万吨级油轮码头,系缆墩采用钻孔灌注桩,设计桩数为25根,桩长为59m(其中零标高以上为2m,零标高以下为57m),桩直径为1200mm。

1.2 施工条件

施工现场位于黄浦江边,道路交通便利,电力充足,但施工场地十分窄小。由于受潮汐影响,每天有效工作时间只有5~6h,施工位置满潮时水深1.5~2m,施工时需要搭建水上钻井平台。防水坝高1.2m,坝至桩位距离8.5m,增加了设备安装、钻孔施工、钢筋笼加工、混凝土搅拌和浇注的难度。

1.3 地层情况

根据工程勘察数据,0~0.5m为淤积杂土;0.5

~3.8m为抛石层,中间夹杂着杂土充填物,抛石成不规则状,块径多数为30mm×50mm,少数为80mm×120mm左右,有较强的透水性;3.8~5.1m为竹质或藤质柴排、石块并夹杂粘土等充填物;5.1~6.6m为粘土;6.6~17.95m为砂质粉土;17.95~24.15m为粘土;24.15~38.25m为粉质粘土;38.25~61.80m为粉砂土。但实际钻孔显示,0.5~3.8m抛石的块径一般在130mm×350mm,最大块径达345mm×405mm,与工程勘察报告提供的数据严重不符,给施工方法的选择造成很大的误区。

1.4 地层特点

该炼油厂码头有较为悠久的历史,经过多次改建与改造,在航运欠发达时期以柴排和石块作为建设码头的基础材料,后又以抛石为主构建码头基础,形成了抛石层、柴排层及柴排抛石层相间的特殊性地层,且具有良好的透水性,在清理至抛石层时涌水量达35~80m³/h,在狭小的空间内靠人工清孔无法穿过抛石层,给钻孔施工带来巨大的难题。

2 成桩难点分析

抛石、柴排和第四系沉积层成桩的主要难点集中在抛石层和柴排层的成孔和混凝土浆液的漏失。

收稿日期:2013-08-16

作者简介:朱效中(1955-),男(汉族),安徽肖县人,安徽省地质实验研究所党委书记、高级工程师,钻探工程专业,从事钻探工程、基础施工和管理工作,安徽省合肥市芜湖路239号,dss1955@sina.com。

(1) 抛石层抛石块径大小不均,块与块之间互相支撑形成空隙各异,充填物多为粉砂质杂土,抛石与抛石之间无法达到牢固的胶结,形不成均质、致密的真正意义上的岩层,钻进时随着钻头的旋转,抛石受力后体态不断发生变化。前期工作实践表明,无论采用大口径平面硬质合金钻头钻进还是采用大口径四翼笼式硬质合金钻头钻进,钻头上下跳动严重而无法真正达到有效地切削抛石的目的。

(2) 抛石与抛石之间胶结力极弱,受钻进振动、泥浆冲洗和泥浆漏失的影响,大量的胶结物随泥浆流入黄浦江,使抛石与抛石之间的胶结力进一步减弱,而使孔壁失去稳定性,钻进中所表现的进尺多是孔隙变化而产生,提动钻具时进尺被上部落石充填而无法真正达到延伸钻孔之目的。

(3) 由于抛石层上部层位略高于黄浦江低潮期水平面,受高差和泥浆与江水密度差影响,大量泥浆流入黄浦江内,不仅大量增加施工成本而且混凝土浆液的漏失将使抛石层石子与黄砂富集而产生严重的桩身质量缺陷。

(4) 由于抛石层上述因素的影响极易造成钻孔孔壁的坍塌,有效地保护抛石层、柴排层孔壁完整是成桩的关键。

(5) 柴排层柴排主要由山上藤条编排而成,具有较强的柔性、耐变形和耐腐等特点,钻进时不易被切断,部分藤条被挤入孔壁内,部分藤条绕缠钻头上,提钻时被带出钻孔,而留在孔内的藤条从孔壁弹出后形成纵横交织封闭钻孔的藤条网络,不仅影响钻进成孔,更严重的是影响钢筋笼和导管的下入,进而影响整个工程的质量。

3 解决成桩难题的基本认识和工艺措施

3.1 基本认识

针对抛石、柴排和第四系沉积层成桩难题,在总结前期工作经验和教训的基础上,经综合分析,解决抛石、柴排和第四系沉积层成桩的基本认识为:(1)用单一的钻探方法无法解决抛石、柴排和第四系沉积层成桩难题;(2)由于抛石层与黄浦江水连通,施工时涌水量太大,靠人工无法穿越抛石层;(3)由于抛石层易坍塌,单纯的跟管冲击成孔也无法达到抛石层成孔之目的;(4)必须采用组合式施工方法才能有效解决抛石、柴排和第四系沉积层成桩难题。

3.2 基本方法

在上述分析和共识的基础上,采用冲抓→回填造壁→跟管→回转钻进成孔→下入钢筋笼、导管→

清孔→灌注混凝土→提出护管综合工艺措施,成功地解决了抛石、柴排和第四系沉积层成桩难题。依据是:(1)与回转钻进和冲击成孔相比,采用冲抓成孔可更为有效地抓取抛石层抛石;(2)回填粘土造壁增加了抛石与抛石之间的胶结力,同时减少了混凝土浆液的漏失;(3)跟管为抛石层、柴排层成孔提供了必要的条件,并保证了整个成桩过程的安全。

4 施工设备及钻井平台

4.1 设备选择

GPS-15型工程钻机2台,3PN型泥浆泵3台,JZC型混凝土搅拌机2台,PCY型翻斗车2台,16t汽车吊1台,BX1830F-3型电焊机2台,对焊机1台,排污泵2台,东风排污车2台,泥浆测定仪1套,S3型水平仪1套,JJY-4型井径仪1套,JSOS-1型电子水平仪2台,JRP-1型冲抓斗1套,JC-B型重力冲锥1套等。

4.2 钻井平台的制作与安装

4.2.1 钻井平台的选择

施工现场位于黄浦江防水墙内测,满潮时一般水深1.8m左右,低潮时防水墙距水面距离7~8m,极端大风天气浪高3.1~5.2m,综合考虑环境、成本及施工的方便性等因素,采用可回收钢结构整体移动式钻井平台。

4.2.2 钻井平台高度的确定

钻井平台的设计高度以最大浪高、最高潮位不被水浸钻井平台工作面为原则,根据前人工作经验,采用 $H=2/3$ 最大浪高+最高潮位水深+1.5m确定钻井平台的高度,考虑施工期为秋末冬初,最大浪高选择3.1m,最高潮水深1.8m,经计算钻井平台的高度为5.36m。

4.2.3 钻井平台的制作

钻井平台主要由桩、梁、柱、斜撑和法兰等构件组成。桩、梁、柱、斜撑和法兰分别采用废旧的 $\varnothing 108$ mm钢管、250mm×118mm×10mm工字钢、 $\varnothing 74$ mm×12mm钢管, $\varnothing 50$ mm×5mm废旧钻杆和10mm厚钢板加工而成。

4.2.4 钻井平台的安装

按照设计要求,由测量技术人员用J2经纬仪确定桩的轴心位置,2C值不大于30,垂直度盘指标误差1",桩轴心位置偏差<5mm。经项目技术负责人复核后一次性将一组5根桩的外层定位护筒埋设就位,并确保外层护筒的中心与钻孔桩的中心重合。埋设外层定位护管时,护管内壁涂1~2mm厚黄

油,防止灌注混凝土后混凝土与外层护管固结。

将12根长6 m、 $\Phi 108$ mm的钢桩依次用吊锤夯入地层,并将12根钢桩顶部法兰平面控制在同一水平面内,钢桩顶部法兰盘与梁底部法兰盘用 $\Phi 16$ mm螺栓连接,梁与梁用 $\Phi 16$ mm螺栓连接,梁与梁之间用 $\Phi 50$ mm钻杆斜撑加固。

4.3 泥浆循环系统的制作与安装

泥浆池和泥浆沉淀池均用4 mm钢板焊制,泥浆池的规格为(长、宽、高)2 m \times 2 m \times 1.2 m,泥浆沉淀池的规格为1.5 m \times 1.5 m \times 1 m。泥浆循环槽用3 mm厚钢板焊制,槽口宽度为300 mm,高度为250 mm。

将制作好的泥浆池、泥浆沉淀池和泥浆循环槽分别固定在钻井平台特制的支架上,槽与槽、槽与泥浆池、槽与外层护管的连接均采用 $\Phi 10$ mm螺栓连接。

5 钻孔结构

根据地层结构特点、成桩要求和施工方法的选择,采用三级成孔的施工技术方案,见图1。

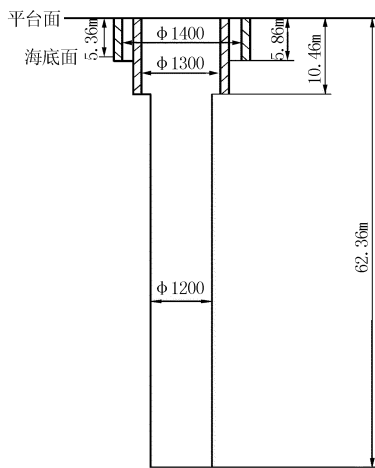


图1 钻孔结构图

6 施工工艺

由于所施工地层十分复杂,施工时既要穿过长孔段的抛石层,还要穿过柴排层,同时还要解决灌注混凝土时抛石层漏浆和水面下一次性灌注成桩问题。根据前期施工总结,确定的施工工艺方法为:埋设外层护管→下入技术护管→冲抓成孔→充填块状硬质粘土→挤压扩径(加固孔壁)→沉入技术护管→钻孔→清孔→测量孔径→下入钢筋笼和灌浆导管→二次清孔→灌注混凝土→提出技术护管→拆除外层护管。

6.1 埋设外层护管

外层护管的主要作用:一是隔离江滩表面松散的杂物,二是确定钻孔桩的中心位置,三是保证水面下部钻孔灌注桩桩身的成型与完整。

外层护管采用6 mm厚钢板卷制,直径为1400 mm,考虑安装与拆除方便,每节长为2 m,节与节、半合管与半合管均用 $\Phi 10$ mm螺栓连接,连接处用胶垫密封,外层护筒内壁涂上一层均匀的黄油,便于外层护筒的拆除和桩表面的光滑。外层护筒长度按5.36 m+外层护管理入的深度确定。

充分利用10:00~15:00时落潮时间,清理江滩桩位表面的碎石和淤积层,清理深度为0.5~1 m,下入半合式 $\Phi 1400$ mm的外层护管。外层定位护管就位后,管内充填块状硬质粘土,充填厚度为1~1.5 m,用冲抓锥压密夯实,防止受潮起潮落影响使外层护管改变位置。同时将外层定位护管与外层护管用 $\Phi 10$ mm螺栓连接,延伸至钻井平台台面与泥浆循环槽连接并固定在钻井平台上。

6.2 技术护管的下入

技术护管的主要作用是隔离抛石层和柴排层。保证冲抓成孔时分阶段跟进;保证钻孔施工的顺利进行;保证灌注混凝土顺利进行。

技术护管的直径为1300 mm,采用8 mm厚钢板卷制。钢板内外侧均应剖口、坡度为 30° ,焊接要均匀,无脱焊、虚焊夹焊和漏焊,焊接完成后,内外焊缝表面均要打磨平整,防止在施工过程中出现外层护管与技术护管及技术护管与冲抓斗或冲锥卡死现象。技术护筒的长度视江滩松散层、抛石层和柴排层的厚度而确定,但差异较小,一般长度为10.46 m。

由于技术护管与外层护管直径相差100 mm,为确保技术护管与外层护管同心,在技术护管外层圆周等距离焊3个梯形导正块,导正块采用厚度为12 mm钢板制作,上底长100 mm,下底长160 mm,高度为40 mm。在技术护管的上、中、下焊3组导正块,以确保外层护管、技术护管与钻孔灌注桩的轴心相处于同一轴线上。用16 t吊车将技术护管吊放入外层护管内,并用手转动技术护管,如无阻力则可轻放固定。

6.3 冲抓成孔

用16 t吊车将JRP-1型冲抓斗吊入技术护筒内,松下脱钩器让冲抓斗下落,抓取抛石块后上提冲抓斗,将抓取的抛石块堆放到指定地点。经过反复冲抓孔不断延伸,由于抛石层没有胶结性,抓取的过程中伴随上部小块抛石的坍塌,成孔的直径一般大

于设计的直径,因此,在实际施工过程中分4~5段穿过3 m多厚的抛石层。

6.4 充填硬质粘土

冲抓成孔每延伸0.5~1 m提出冲抓锥,从井口投入块状硬质粘土,考虑冲抓成孔扩径、抛石层孔隙度、投入硬质块状粘土形成的孔隙等因素,投入块状硬质粘土的体积为实际施工所形成体积的2.5倍,用重力冲锥将填入的粘土压实。

6.5 挤压扩径

用重力冲锥加大冲击力,通过反复挤压作用,将部分硬质粘土挤压入抛石层、柴排层和柴排与抛石混合层的空隙中。一是提高抛石层石块与石块之间的胶结力,保持孔壁的稳定;二是封闭抛石层石块与石块之间的过水通道,防止灌注混凝土时混凝土浆液的流失而产生桩身质量缺陷;三是由于柴排大部分已经腐变而失去韧性,但对少部分具有弹性的柴排有固结作用。

6.6 沉入技术护管

通过挤压扩径,上下提动重力冲锥,在确认所形成的孔壁稳定后提出重力冲锥,沉入技术护管。开始下一阶段冲抓成孔、充填硬质块状粘土、挤压扩径和沉入技术护管工作,直至技术护管穿过柴排层,将技术护管坐落在稳定的粘土层上部。

6.7 钻孔及清孔

6.7.1 钻具结构

主动钻杆+ $\varnothing 114$ mm 钻杆+ $\varnothing 500$ mm 加重器+ $\varnothing 1100$ mm 导正管+ $\varnothing 1200$ mm 四翼笼式刮刀钻头。

6.7.2 钻进参数

根据上海黄浦江畔地层的特点和以往施工经验,钻进技术参数为:压力1~3 kN;转速30~60 r/min;泵量1200~2400 L/min;钻速 ≥ 3 m/h。在技术护管与粘土层接触面钻进时一定要轻压慢转,减少钻孔超径,防止钻进时泥浆与技术护管外部联通造成上部井壁坍塌,技术护管悬空而使技术护管下沉或脱落。在易缩径的粘土层钻进,适当增加扫孔次数防止缩径。在砂层中钻进,采用轻压慢转并适当增加泵量。

6.7.3 泥浆配方及性能

由于系缆墩钻孔灌注桩桩径较大,钻进工艺选择一径成孔,泥浆应具有良好的携砂和保护孔壁的能力,而该地层上部粘土层很薄,自然造浆很难达到施工目的。本工程开孔采用配制的优质泥浆为主,钻进至20 m后以自然造浆为主,收到较好的效果。

泥浆配方(1 m³水加量):山东高阳膨润土粉50 kg,纯碱2.5 kg,HPAN(由本单位生产的水解腈纶废料,浓度10%,水解度55%)15 kg,生石灰3 kg,用NaOH调节pH值至10.5。其主要性能为:密度1.05~1.12 g/cm³,漏斗粘度19~22 s,失水量5.5~9 mL/30 min。

6.7.4 清孔

钻进至设计孔深时,钻具提离孔底0.3~0.5 m,小幅上下窜动钻具并缓慢旋转,扫清扫碎孔底残余的泥块,同时加大泵量减少孔底沉渣,清孔时间一般不少于50 min。

6.7.5 提升钻具

清孔结束后,为防止钻具(泥包钻头)的抽吸作用,应缓慢提出钻具。在提钻的同时向孔内回灌泥浆,始终保持孔内压力平衡,保持孔壁的稳定。

6.7.6 孔径测量

下入JJY-4型井径仪,测量孔径,为计算灌注量和初灌量提供可靠的数据。

6.8 下钢筋笼及灌注混凝土

6.8.1 钢筋笼的安装

将加工好的钢筋笼用三点固定法吊运至孔口,由质检人员验收,验收合格后方可下入孔内。在起吊入孔时应尽量避免钢筋的弯曲,同时采用双十字架对中法确保钢筋笼安装的垂直度。在钢筋笼与钢筋笼的对接时,主筋与主筋接缝的重合不得少于250 mm,焊缝不得出现漏焊脱焊和虚焊,同时补齐补足所缺绕筋,并再一次由现场质检员确认焊接合格后下入孔内。每隔5 m左右焊接一组导正块,焊接时3个导正块应沿钢筋笼圆周均匀分布,以确保导正块的导正作用。

6.8.2 安装注浆导管

采用10 in($\varnothing 254$ mm)注浆导管,安装前应认真检查:(1)检查注浆导管管身和第一根注浆管底部是否变形;(2)检查注浆管管身有无漏洞;(3)检查注浆管内壁是否有残留混凝土固结物块;(4)检查注浆导管丝扣是否完好。

将检查确认管身无变形、漏洞和内管壁无残留固结物块的注浆管依次排列,丈量确认下入孔内注浆管的长度,注浆管与注浆管丝扣连接处进行涂油处理,正确放置密封圈并确保注浆管密不透水。

6.8.3 第二次清孔

注浆管下入距孔底0.5 m时开始送浆清孔。清孔时一定要采用经沉淀除砂后的优质泥浆,泥浆的粘度一般控制在22 s,密度1.15~1.25 g/cm³;泵量

控制在 $100 \text{ m}^3/\text{h}$ 左右,保证泥浆有足够的携砂能力和悬浮能力;清孔时间视孔内沉砂量确定,但一般不少于 50 min ;停泵 10 min ,测量孔底沉渣厚度 $\geq 30 \text{ mm}$ 。

6.8.4 混凝土灌注与护管拆除

6.8.4.1 混凝土配方

系缆墩主要受力来自于横向拉力,对混凝土桩身强度要求较高,桩身混凝土强度设计为 C40;同时考虑到桩径大、孔深、灌注时间较长等因素,添加适量的缓凝剂使其候凝时间保持 10 h 左右。其配方为(每立方米混凝土所用材料):水泥 469 kg ,黄砂 1088 kg ,石子 1091 kg ,水 234 kg ,木钙 0.96 kg 。坍落度 $18 \sim 20$ 。材料要求:水泥 52.5 号;石子块径 $< 31.5 \text{ mm}$;黄砂含泥量 $< 1\%$;中性水,不含其它固体物质。

6.8.4.2 混凝土搅拌

将符合上述要求的材料过磅后送入 JZ350 型搅拌机,搅拌时间 $< 120 \text{ s}$,初次灌注的混凝土应连续测定坍落度,确保初次灌注一次性成功。其后,由质检员随机抽样检查混凝土的坍落度并及时做好记录。

6.8.4.3 混凝土灌注

为确保首次灌注混凝土埋管 $0.8 \sim 1.2 \text{ m}$,准确计算初次灌注混凝土灌注量。将注浆导管下放至距孔底 0.3 m 处,连接注浆斗和水泥隔离球,将初次灌注混凝土加入注浆斗,剪断水泥隔离球吊绳灌注混凝土。混凝土液面与注浆导管底部宜保持 5 m 左右,提管前由质检员测量混凝土的液面高度,在确保埋管深度 2 m 左右的前提下再确定提出注浆导管的长度。混凝土试块每根桩要求 3 组,以备送质检站检测。为了避免水面下施工困难,设计要求灌注桩一次性成桩,为保证桩头质量,灌注时桩头预留高度 $< 2.5 \text{ m}$,或新鲜混凝土从技术护管中溢出后再提出注浆导管。

6.8.4.4 提出技术护管

注浆结束后应及时提出技术护管,防止时间过长使注浆导管与混凝土固结在一起。提管时要先用钻机慢慢提拔技术护管,待松动后再换用吊车一次性将技术护管提出。

6.8.4.5 拆除外层护管

待混凝土凝固 1 个星期后,用木锤敲击外层护管表面,松动外层护管与混凝土的局部固结,然后拆除外层护管。

7 结语

经检测,桩长、桩径、混凝土强度符合设计要求;桩身质量完整,无断桩、缩径、砂石富集和夹泥现象,混凝土密度均匀良好。

抛石层、柴排层和第四系沉积层成桩工艺方法是一次探索性工作实践,它成功的解决了抛石层和柴排层的成孔问题,对抛石层的坍塌、固结和漏浆问题有了更进一步的认识,并积累了治理抛石层、柴排层坍塌和漏浆的工作经验,同时为有类似复杂地层的江、湖、河码头建设提供施工借鉴。由于我们在施工实践中所遇类似复杂地层较少,抛石、柴排和第四系沉积层成桩工艺方法是一次探索性实践,工艺方法、设备配置等方面还存在许多不足之处,还需要我们在以后的工作实践中进一步探索和不断的优化完善。

参考文献:

- [1] DZ/T 0155-95, 钻孔灌注桩施工规程[S].
- [2] 杨宗仁,史学伟.沪-蓉高速铁路跨越汉江特大桥桩孔施工技术[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2010,37(3):47-50.
- [3] 曾定帮,彭文祥.东海大桥海上钻孔灌注桩施工技术[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2005,32(5):31-32,36.
- [4] 陈福华.砂性、粉砂性土层钻孔灌注桩施工要点[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2006,33(11):19-20.
- [5] DG/TJ 08-08-202-2007, 钻孔灌注桩施工规程[S].
- [6] 石飞轮.江苏苏通大桥钻孔灌注桩超标 PHP 泥浆技术应用[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2006,33(2):50-51.
- [7] 蒋华福.上海中心大厦钻孔灌注桩施工技术[J].建筑技术,2010,41(9):854-857.

国内首个可燃冰勘探项目采集完成

《中国矿业报》消息(2013-11-18) 由东方物探吐哈物探处 1836 队承担施工的青海省天峻县聚乎更矿区三露天天然气水合物三维地震调查评价项目日前顺利完成最后一炮,标志着我国首个可燃冰三维勘探项目野外采集工作完成。

青海省天峻县聚乎更矿区三露天天然气水合物三维地震调查评价项目是中国地质科学院在青藏高原可燃冰勘探领域部署的首个三维项目,项目是为了进一步发现和拓展可

燃冰有利目标区带,并为这一地区可燃冰勘探工程提供地球物理依据。

项目自 8 月下旬运作以来,吐哈物探处 1836 队在海拔 4100 m 的青藏高原克服了气候变化无常、高原反应强烈、人力物资匮乏等诸多困难,确保了项目安全、快速、高质量运作,提前 2 天完成 5 km^2 、3976 炮的野外采集任务,取得了日均日效 361 炮的优异成绩。