

## 软弱盐渍土地质下的灌注桩基础施工方法

张昊 齐德鹏 田巍 王臣 黄明铎  
北京电力工程有限公司, 北京 100070

[摘要] 在新疆地区软弱盐渍土这种特殊地质下, 灌注桩施工非常困难, 分析当下电力建设常用的施工机械的优缺点综合考量下选择全跟进式护筒和化学造浆两种成孔方式, 使灌注桩施工可以顺利进行。

[关键词] 软弱盐渍土; 塌孔; 灌注桩施工

DOI: 10.33142/ucp.v1i1.12351

中图分类号: TU753

文献标识码: A

### Construction Method of Cast-in-place Pile Foundation in Weak Saline Soil

ZHANG Hao, QI Depeng, TIAN Wei, WANG Chen, HUANG Mingduo  
Beijing Electric Power Engineering Co., Ltd., Beijing, 100070, China

**Abstract:** In the special geological conditions of weak saline soil in Xinjiang region, the construction of cast-in-place piles is very difficult. After analyzing the advantages and disadvantages of commonly used construction machinery in power construction, two drilling methods, full follow-up casing and chemical grouting, are selected to ensure the smooth progress of cast-in-place pile construction.

**Keywords:** soft saline soil; collapse hole; construction of cast-in-place pile

#### 引言

我国新疆地区以其辽阔的地域面积和独特的自然景色而闻名, 同时新疆也有着极大的能源贮备量, 然而新疆地区有着极其恶劣的环境, 尤其是在输电线路铁塔基础施工方面。

对于输电线路的杆塔基础来说, 新疆地区土质复杂多变, 大面积的地质均为戈壁, 沙漠等。软弱且盐碱含量丰富的土质对于灌注桩基础来说, 施工异常困难。承载力不足的土质导致常规的灌注桩基础施工难以进行, 同时因塔里木河流域补水灌溉造成的沙漠段地下水位变幅较大, 且流沙坑地质比例较高, 容易造成基坑开挖坍塌, 这使得基础施工困难度大大增加。为此需要改变灌注桩的施工工艺, 从而克服新疆的特殊地形。

本次研究主要讨论两种少见的应对特殊地质的灌注桩施工方法, 为以后类似施工提供经验。

#### 1 灌注桩施工成孔机械的选择

(1) 循环钻机成孔灌注桩, 又称正/反循环成孔灌注桩, 是国内输电线路基础工程最常采用的灌注桩成孔方式, 主要采用循环泥浆护壁成孔, 护壁效果好, 成孔质量可靠。同时根据不同的循环方式还分为正循环钻进和反循环钻进。

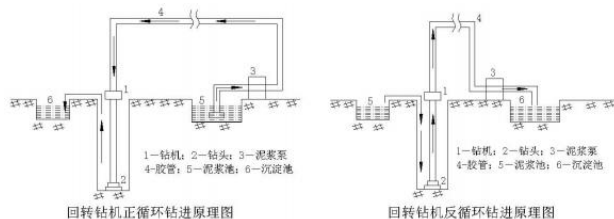


图1 正/反循环钻机工作示意图

正/反循环的区别在泥浆池、基础孔洞、沉淀池的循环方向不同, 其优点在于兼顾速度的同时成本较低, 并能适用于多种地形地质条件。两种循环方式对地基的扰动都为三种常用机械中最低的, 其中正循环的地基扰动量最小。

(2) 冲击钻成孔。冲击钻是用钻头的旋转和冲击, 从而使岩石碎裂的成孔方式, 冲击钻因为其高昂的成本和极大的扰动量, 只适用于特定的土质和场景。

(3) 旋挖钻机通过钻杆的液压推进和钻头的切削地基土来成孔的器械, 在其适用的地形下, 其成孔速度要快于旋挖钻, 同时能保持较好的精度和成孔质量。

(4) 总结。基础施工机械的选择, 要根据不同的施工工艺, 约定的施工工期、风险程度等因素, 同时要保证施工的质量和施工安全, 并进行成本分析, 综合考量, 选择最宜的方法。

对于南疆地区细砂、粉砂地基土, 土地承载力地, 土壤密度小, 地基极不稳定且容易出现变形。

a 冲击钻, 对于细砂、粉砂地基土来说, 冲击钻对地基扰动过大、同时成本最高, 不做考虑。

b 回转钻, 对于正/反循环钻机成孔来说, 无论是机械对地基的扰动、还是施工成本都是最低的, 但即便是正循环成孔这种对地基扰动最低的成孔方式, 依旧无法顺利成孔。

c 旋挖钻抛开冲击钻, 旋挖钻机是成孔最快的方式, 但同时依旧对地基扰动太大, 单独使用无法满足施工。

d 最终考虑同时满足成孔质量和施工效率。选择旋挖钻提高施工效率, 并依靠其他辅助手段来加强对孔壁的支撑力, 既使用全跟进护筒和化学泥浆的方式来加强孔壁的承载力。

## 2 全跟进式护筒施工工艺

### 2.1 施工工艺流程

施工工艺流程如图 2 所示。

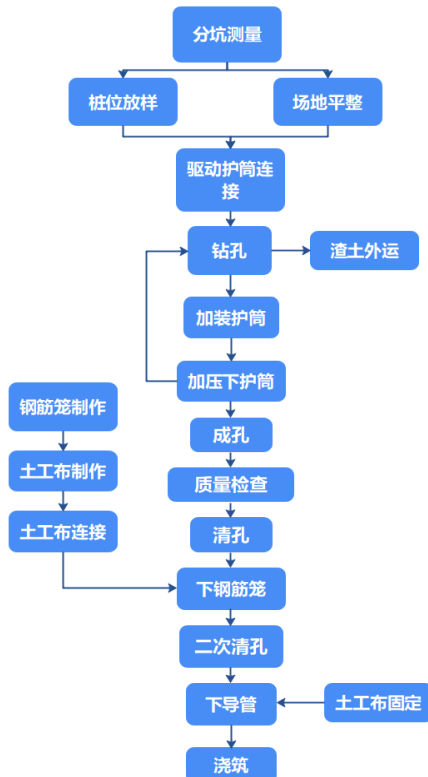


图 2 全跟进式裹体灌注桩施工工艺流程

### 2.2 施工特点及相关问题

(1) 钻孔阶段。在初钻孔阶段，旋挖钻机就位后，需要更换钻杆，因为普通的长钻杆在垂直连接第一节钢护筒时，因为过高而导致连接繁琐，并且工人无法安装螺栓，所以要更换为短钻杆。并装上连接护筒的驱动套(如下图)，驱动套连接完成后，需要对坑位进行初开挖，初步开挖的深度不易过深，在不引起地基崩溃塌方的同时，能放逐步放进第一节护筒，同时护筒顶端要高出基坑水平基础面，且标高应在适合施工的范围内，方便工人进行螺栓孔的清理，护筒的连接。初开挖约 3m 左右再下放第一节护筒，但是连接驱动套后，整体离地面约 5m 左右，使得在实际施工过程中，孔位中心找平很难，需要时刻用双向十字线控制桩中心并与测量放桩中心进行校正钻机是否偏位，并时刻用水平尺测量其垂直度，要求在水平面上的偏差值应不大于 50mm，既护筒中心与桩基中心偏移值不大于 50mm。同时倾斜度偏差小于 1%，为了满足要求需在施工中需要反复尝试，耗费的时间较长。

初步钻孔完毕后，提出、拆掉钻杆，准备对接第一节护筒，底部有切削齿。钢护筒顶部有 10 个螺栓孔，对接前要把钢护筒放置在平整的地面上，用钢刷把螺栓孔清理干净，孔内存留的污垢会让无法螺栓销无法安装。



图 3 旋挖钻连接驱动套

在钻进过程中时刻利用水平尺随时检测护筒垂直度，如有偏差，及时调整，之后通过钻机加压把护筒压进孔内，待第一节护筒(标准节 4 米)钻进至地面以上留有 1m 时停止钻进，松开驱动筒与护筒连接销，根据土质情况用钻具进行孔内挖土，黏土或沙土宜选用捞砂钻，当土中含有砾石或卵石时，宜选用螺旋钻挖土，孔内挖土至护筒底以上停止挖土，不得超挖，以防塌孔。然后，继续连接护筒(普通标准节 3m)，护筒钻进、挖土反复进行挖至设计标高。

成孔过程要时刻注意钻孔质量、缓慢推进，并经常性地测量、检查、记录。勤检勤纠下保证成孔质量。



图 4 旋挖钻机连接护筒

#### (2) 下放钢筋笼阶段

①本工程灌注桩均处于高腐蚀地区，故所有灌注桩均采用裹体灌注桩，既外层包裹一层土工布，防水的土工布袋是混凝土灌注桩桩体防腐、保证质量的关键因素，经过大量的试验和实践，选用复合土工布，在材质上复合土工布有着强大的抗腐蚀、抗化学性，能在长时间的盐碱地侵蚀下保证良好的强度，从而保护基础混凝土不被盐碱侵蚀。同时也能在新疆地区四季极大的温差下保持长期的使用。

②钢筋保护层是混凝土钢筋结构中非常重要的一部分，可以保护钢筋不外露，对结构保护具有很重要的作用。

本工程桩体混凝土采用 C50，基础保护帽混凝土采用

C15, 钢筋净保护层为 65mm, 底部保护层 70mm, 顶部保护层 50mm。

为了确保工程外包的土工布不影响保护层厚度,本工程圆饼垫块在钢筋主筋之上用圆饼连接筋,与内箍筋相同分层布置,每层 8 个,圆饼尺寸为 130mm,外露半径 65mm 正好满足保护层距离,并且车轮状的垫块能让土工布的安装更加顺利。

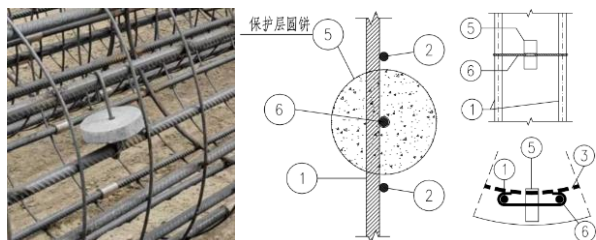


图 5 保护层圆饼示意图

③土工布的安装:本工程裹体灌注桩采用整体下放,土工布整体包裹在钢筋笼外侧,上下不封口,开口处切开固定。

在实际施工中,最开始的土工布袋是用铁丝绑扎在钢筋笼上,虽然经过多出绑扎,但依旧出现土工布袋脱落和打褶严重的情况,后来更换为焊接连接,连接时应对土工布袋有防护措施,避免灼烧土工布。



图 6 土工布袋安装示意图

### 2.3 浇筑阶段

本工程虽为干孔钻进,但因为地区水位较高,故浇筑依旧是水下灌注桩浇筑,因为孔内积水过多,压强过大导致钢筋笼难以下方,所以要贯通土工布袋上下,并随着钢筋笼的下方及时向外抽水,直至钢筋笼全部下放。通过导管浇筑混凝土,把孔中的盐碱水挤出,只有最开始浇筑的混凝土始终接触盐碱水,在最终浇筑完成后应刮掉最上层。

在浇筑完成后,应缓慢拔出钢护筒,并根据混凝土下沉情况及时补砂。

## 3 施工难点分析

### 3.1 桩的垂直度的控制

桩孔垂直度检测严格按照规范的要求,质量检查应按照灌注桩垂直度 $\leq 1/100$ 的允许偏差。首先应保证钢护筒自身的垂直度,进场后应对其进行校正,对不垂直度不合格的及时进行调整。其次,在每压一次钢护筒时均采用线锤监测每一节钢护筒的垂直度,发现偏差随时纠正。垂

直度检测应该在每一个护筒下压时都应该进行检测测量,不能中断。最后,每根桩施工至设计标高后,进行桩孔垂直度检测,桩孔检测应满足规范要求。在实际施工中,下放钢护筒和钢筋笼时,要进行多次不断调整,比较耗费工时。

### 3.2 断桩问题

水下灌注混凝土桩的质量除混凝土本身质量外,是否断桩是鉴定其质量的关键。预防时要注意两个方面问题:一是力争首批混凝土浇灌一次成功;二浇灌过程中导管始终保证埋入混凝土中;

### 3.3 混凝土超方

以本工程 1L147 为例,桩径 1200mm,桩长 10700mm;设计单桩的混凝土量为 12.09m<sup>3</sup>;本工程采用比设计桩径+200mm 的钢护筒,为保证钢护筒护壁强度,选用厚度为 25mm 厚的钢护筒。在把护筒过程中,混凝土会充实外侧防腐土工布,实际混凝土浇筑量为 17.65m<sup>3</sup>;单桩混凝土超方量为 31.5%,而设计给的超方量为 17%。

综上所述,全跟进式护筒施工方法很好地解决了沙漠地区塌孔、缩孔现象,很好地完成灌注桩基础施工,但是对施工队负荷过大,资金人力消耗过大,其整体施工速度大约一天 1 天一根桩,综合来说不符合本工程的要求。

## 4 化学泥浆灌注桩施工工艺

在本工程复杂地质条件下,需要更加稳定、坚固的孔壁护壁质量,以解决过程中的漏浆、塌孔问题,从而保证施工效率、施工质量。在经过一段时间的调查咨询后,决定采用化学聚合物泥浆造浆成孔。

化学泥浆成孔的原理就是用特制的旋挖液直接在孔内造浆,化学泥浆往孔壁的沙层不断渗透,将泥浆与砂砾粘黏为一体,一定时间内将护壁微微固化,再通过孔内护壁的液体压力,平衡孔壁外侧压力,来确保不会出现塌孔现象。

优质的化学泥浆能提高钻头寿命、减少提钻次数、缩短钻进周期、降低成本、提高,还具有制备容易、成本低、用量少的优点。综合考量最后选择了奈普顿旋挖液。

### 4.1 奈普顿化学泥浆与传统膨润土泥浆对比及注意事项

(1) 奈普顿化学泥浆使用简单,采用:“清水+化学泥浆”。用量是膨润土的 1%以下,节约场地,节省人工。

(本工程采用“孔内盐碱水+化学泥浆”,经核实验强度无影响。)

(2) 化学泥浆成孔速度快,比膨润土省工、溶解速度快、钻杆、钻头没有泥浆和砂子,增加钻杆和钻头的使用寿命,一定程度上减小机械设备折旧。

(3) 化学泥浆能加速钻屑砂子絮凝沉淀,可以自行清洁,含沙率低,与混凝土自行分离,成孔后一般不需要二次成孔,减少清孔时间,节省人工并能保证沉渣厚度。

(4) 化学泥浆属于轻质泥浆,在保证护壁效果的同

时,用量小、比重低、黏度高、含沙率极低;灌注顺利,不易堵管,避免混凝土夹砂现象出现。

(5) 化学泥浆能提高桩基摩擦承载力,提高桩基质量,增加桩的承载力。

(6) 奈普顿化学泥浆正常使用情况下不得与膨润土混合使用。

#### 4.2 泥浆配制

在旋挖机成孔过程中,在孔中倒入适量的旋挖液,伴随着旋挖机运作转化为化学泥浆。化学泥浆能在孔壁周围形成强韧的保护膜,有效封堵孔壁周围的空隙,防止泥浆渗漏,同时对孔壁提供压力,防止在不稳定地层中钻孔的坍塌、流砂现象的发生。又能充分发挥旋挖钻工作效能,冷却钻头、润滑钻具、保护孔壁、提高钻进效率的目的。

在钻进施工中,班组人员应该时刻关注孔内泥浆黏稠度、液面高度,在钻进过程有变化时应及时加入旋挖液增加泥浆黏度。

在旋挖钻机提土时,因为旋挖钻头接触面过大,所以在提出时,容易对孔内产生负压,这时应该缓慢退出,可避免因抽吸力过大而造成孔底坍塌。并且钻头在出入孔口时,也应注意减速,以减轻对孔内泥浆扰动,确保孔壁稳定。避免孔口坍塌、护筒下沉。

在下钢筋笼过程中,减少孔壁接触,以保证沉砂达到灌注桩标准。

整个灌注桩流程应连续进行,不能中断,旋挖液护壁能维持大约 1.5h 左右,所以在成孔后必须尽快进行浇筑。

综上所述化学泥浆成孔施工方法在解决了沙漠地区

塌孔、缩孔现象,在能节省工时、降低成本,很好地满足了本工程的要求。

#### 5 结语

灌注桩基础施工新工艺的应用能够让灌注桩基础施工更加高效、稳定,进而提高工程的质量和安全性。

对于过程中的管理要点对桩基质量起着至关重要的作用。因此施工过程中还需不断完善控制措施,与时俱进,尽量使用各类电子设备仪器加强对施工质量检查,进行技术创新,提升建筑施工技术;

同时应该加强工人培训,强化工作技能,管理人员合理调配,适岗适才,将合适的人放到合适的岗位,最大限度发挥人力量,才能保障高效、高质量地完成服务工程建设。培养施工现场管理人员,完善施工现场管理制度,活跃、调动施工现场员工,人尽所用,最大限度地发挥潜能,提高工作效率,从而保证整个建筑工程施工质量有效提升。

#### [参考文献]

- [1] 《混凝土质量控制标准》[Z]. GB 50164-92.
- [2] 《混凝土外加剂应用技术规范》[Z]. GB 50119-2013.
- [3] 毛宗原,何刚,毛刚,等. 临地铁全回转干成孔灌注桩承载力特性实例分析[J]. 建筑科学, 2021, 37(3): 131-137.
- [4] 李卓文,张秀川,张帅,等. 基于全回转全套管工艺的密集障碍桩区钻孔灌注桩设计与施工[J]. 施工技术, 2020, 49(23): 115-119.

作者简介:张昊(1998.9—),男,北京大兴人,现就职于北京电力工程有限公司。