

浅谈超深大直径钻孔灌注桩清孔技术

王勇 魏玉麟 李厚鹏 王栋柯
中国水利水电第十工程局有限公司

DOI:10.12238/hwr.v8i8.5684

[摘要] 乌鲁木齐绕城高速(西线)工程头屯河连接线特大桥主桥桩基直径2.8m,最深孔深超过100m,设计内外双层钢筋笼,同时基础为中风化砂岩和泥岩,一清后下设钢筋笼及导管时间远超4h间隔,必须进行二清以保证沉渣达到设计及规范要求。本项目采用改进气举反循环工艺,提高二次清孔效率,同时操作简便,此气举反循环清孔技术可为类似工程提供一定参考。

[关键词] 超深; 大直径; 气举反循环; 泥浆净化机; 清孔

中图分类号: TF803.25 **文献标识码:** A

Discussion on clearing technology of super deep and large diameter bored cast-in-place pile

Yong Wang Yulin Wei Houpeng Li Dongke Wang

SINOHYDRO BUREAU 10 CO.,LTD

[Abstract] The pile foundation diameter of the main bridge of Toutunhe Connection line in Urumqi Expressway (West Route) project is 2.8m, and the deepest hole depth is more than 100m. It is designed with double steel cage inside and outside, and the foundation is medium and high weathered sandstone and mudstone. After the first cleaning, the steel cage and pipe time exceed 4h interval, which must be cleaned twice to ensure that the sediment meets the design and specification requirements. In this project, the improved gas lift reverse circulation technology is used to improve the efficiency of second hole clearing, and the operation is simple. The gas lift reverse circulation cleaning technology can provide some reference for similar projects.

[Key words] Super deep; Large diameter; Gas lift reverse circulation; Mud purifier; Hole cleaning

1 概述

头屯河连接线特大桥桥梁全长2292m,该特大桥分为引桥和主桥两部分,连接线主桥跨径布置为82+4×150+82预应力连续刚构,基础采用钻孔灌注桩和矩形承台,桩基混凝土采用C30水下混凝土,桩径2.8m/2.2m的变截面钻孔灌注桩,单个桥墩设置16根桩,单个桥台设置6根桩,7个承台共计桩基92根,其中三个承台桩基长度在87~95m之间,地面标高比设计桩顶标高约5m,4号承台钻孔深度超过100m。设计桩顶以下25m桩径为2.8m,25m以下至设计桩底桩径为2.2m。

桥址区上覆第四系冲洪积卵碎石土,局部分布少量填土及粉土,其下为新近系(N2cha-c)及白垩系下统吐谷鲁组下亚组、上亚组(K1ta-b)全风化~中风化泥岩、砂岩、砾岩。强风化砂岩、泥岩遇水软化。

2 施工工艺选择

根据强风化泥岩砂岩遇水软化的特点,灌注桩施工重点是控制钻孔到浇筑之间的时间,时间越短,对孔壁岩体影响越小,孔壁越稳定。选择旋挖钻机成孔,掏渣法进行一次清孔,气举反循环进行二次清孔,尽可能缩短成孔到成桩之间的时间。

成孔施工技术是超深埋深大直径钻孔灌注桩施工技术的基础性环节,本项目选用旋挖钻机成孔,钻孔时先将2.8m孔钻进至设计深度,再更换钻头将2.2m孔钻进至设计深度,重点控制30m范围内孔斜率,保证变截面出桩中心同心。

钻孔施工至设计孔深时,进行第一次清孔。第一次清孔时,采用掏渣法结合气举反循环清孔,清孔过程中必须及时补充泥浆,并保持浆面稳定。掏渣法采用平底清孔钻头,清除孔底淤积及大粒径钻渣,防止气举反循环清孔时堵塞渣浆管。若浆液比重较大,含砂率较高,则采用气举法换浆,以达到第一次清孔换浆目的。

清渣完成后,安装钢筋笼,安装浇筑导管等,由于桩深度深,变截面桩设置双层钢筋笼,外笼直径2.55m,内笼直径2m,外笼长27.5m,内笼长37.5m~97.5m,为减少钢筋笼下设时间,钢筋笼采用直螺纹套筒连接;将外笼分为两节制作,共计224根,56组,每组4根,加劲筋内外各2根并置;外笼12m每节,每节84个接头,42组,每组2根并置。根据施工统计,单层双筋并置,单个接头时间约2min,双筋双层布置,单个接头连接时间约3min,两节钢筋笼孔口对正时间约20min,钢筋笼孔口焊接固定时间约60min,所以

深度大于80m, 4个熟练工外笼下设时间约4h, 内笼下设时间(87m为例, 7节, 588个接头, 对正6次, 固定一次, 耗时约8h, 下设钢筋笼时间约12h, 远大于4h。在浇筑砼前须进行第二次清孔。第一次清孔属于掏渣法清孔, 本文主要探讨第二次清孔工艺。

钢筋笼下放过程中会从井壁上挂落部分泥块, 这些就构成沉渣, 经常超过设计要求^[1], 需进行二次清孔。由于深度较大, 采用正循环清孔耗时长, 效率低, 同时孔内钢筋笼主筋间距较小, 最小仅约2cm左右, 正循环清孔极易在钢筋笼主筋间距较小位置上形成堆积沉淀, 造成钢筋和混凝土之间夹渣, 钢筋与混凝土粘结不密实, 或者露筋, 影响桩基使用年限, 故选用气举反循环进行二次清孔。

3 施工控制要点

3.1 渣浆管

采用150mm钢导管作为渣浆管, 丝扣接头, 方便快速下设拆除, 标准节单根长度9m, 减少连接次数, 另1m, 2m, 3m各配2根, 以适应不同下设深度。

底管2m应为花管, 孔径2-3cm, 梅花形布置, 底部加工间隙10cm左右的滤网(主要是根据渣浆管管路最小直径以及钻孔方式/地层选择), 防止大粒径颗粒堵塞浆管, 同时可防止因操作不当导致底部堵塞。

孔口外部选择厚壁耐磨软管, 配快速接头, 方便拆装。渣浆管底部加焊一定配重, 保证渣浆管竖直。

3.2 空压机选择

气举反循环法清孔时所需风压P的计算。

$$P = \gamma_s \cdot h_0 / 1000 + \Delta P$$

γ_s ——泥浆比重(KN/m³), 一般取1.2

h_0 ——风管沉没深度(m)

ΔP ——供气管道压力损失, 一般取0.05~0.1Mpa^[2]。

按照风管最大埋设深度80m计算, 空压机风压应在1-1.2Mpa之间, 供风量在6-9m³/min。

从公式不难看出, 供风压力要大于浆液压力, 才有可能送至混合器部位压入渣浆管, 形成气浆混合物, 气浆混合物比重小于泥浆比重, 导致渣浆管外的泥浆压力大于渣浆管内的气浆混合物的压力, 压力差将渣浆管底口附近浆液压入渣浆管内。下面的泥浆在压力差的作用下不断上升并在气压动量的联合作用下不断补浆, 上升至混合器的泥浆与气体持续形成气浆混合物后继续上升, 进而形成浆液循环。由于浆管的内截面积大大小于浆管外壁与桩壁间的环状截面积, 形成了流速、流量极大的反循环, 所携带的沉渣从浆管内返出排出孔外, 环状面积比在一定范围越大, 流速越大。渣浆管内气浆混合物流速, 决定出渣能力。

参考液体中压强公式, $P = \rho \cdot g \cdot h$, 压力 $F = P \cdot S$, 渣浆管内气浆混合物密度由气和泥浆的占比决定, 渣浆管总容积固定(混合器上部容积), 在一定范围内, 单位时间内压入渣浆管内的气体越多, 气浆混合物比重越小, 则压力差越大, 流速越大。

所以渣浆管流速由渣浆管和径径比值以及供风量2个因素决定, 渣浆管管径确定后, 主要控制供风量控制流速。

3.3 渣浆管固定平台

150mm钢导管(渣浆管)采用浇筑导管改造而成, 在井架侧面焊制双开活门(参考浇筑井架), 并且外侧敞开, 使渣浆管可以和井架分离, 实现渣浆管在孔内自由移动位置。由于桩径较大, 如果渣浆管仅固定在中心位置, 有可能“抽芯”, 仅中间位置将沉渣清理干净, 形成漏斗状, 渣浆管和孔壁之间浓浆或沉渣清理不出来。所以大直径桩基清孔验收要在孔中心和四周多测几个测点, 以保证准确检验沉渣厚度。

3.4 混合器布置

根据气举反循环原理, 风进入渣浆管与浆液混合, 形成气浆混合物导致管内气浆比重小于外侧浆液压力, 形成负压, 即在一定范围内, 混合器深度越深, 形成的负压越大, 但需要更大的风压和供风量。综合结合地层情况、经济性及合理性, 混合器位置选择0.8左右。为避免风管在渣浆管内造成缩颈堵塞, 风管外接, 同时风嘴向上或水平, 防止因风压大, 空气直接从渣浆管底部返出, 导致需要重新下设渣浆管。

3.5 泥浆净化机除砂

选择黑旋风ZX-250泥浆净化机, 每小时可净化泥浆250m³。将渣浆管直接与净化机连接, 经净化机除砂后直接回灌入孔内, 不需要单独补浆, 除砂后的泥浆满足护壁要求。

3.6 气举反循环清孔

气举反循环自上而下进行清孔。

①安装井架, 将浇筑井架布置在孔口打稍盘上; ②下设渣浆管, 风管和渣浆管同步下设, 下至预定深度, 固定在井架外侧活门上; ③将渣浆管顶部加弯管与软管相连, 用软管接至泥浆净化机; ④启动空压机, 开始清孔, 开始后在出浆口取样, 检测泥浆性能, 根据泥浆性能, 预判下次检测时间。根据深度调整风压, 将钢渣浆管从井架上移出, 用吊车将渣浆管在孔内缓慢移动, 并转动导管, 改变导管在孔底位置^[3], 待出浆口浆液满足清孔要求后, 将渣浆管下放至下一深度, 同时调整风压。持续清孔至孔底。由于孔径2.2m, 渣浆管0.15m, 过程中不断移动渣浆管位置, 保证孔径范围内浓浆尽快、全面被置换。⑤二清达到要求后, 应先停气再断水, 以防水头损失^[4], 因为停气后一定时间内, 还会有气浆混合物从渣浆管返出孔外, 如果停止补浆, 将造成孔内浆面急速下降, 可能导致塌孔等孔内问题。待孔内浆面稳定后, 将渣浆管固定在井架上, 开始下设浇筑导管。⑥浇筑导管下设完成后, 开浇之前, 复测沉渣厚度, 若不满足, 则继续清孔, 直至满足设计及图纸要求。⑦浇筑过程中同步拆除渣浆管及风管, 直至浇筑结束。

清孔时最大清出直径10cm块渣, 出渣效果明显。

3.7 工艺优点

①采用气举反循环可快速达到二次清孔的目的, 将孔底沉渣控制在5cm以内, 既能提高工效, 又能确保桩端承载力满足要求。②气举反循环和泥浆净化机联合使用, 提高了泥浆的重复利用率, 节约材料成本; 孔口补浆保证浆液供应; 减少废浆排放, 有利于保护环境。③可以通过控制供风量调整出浆量, 保证补浆

出浆平衡,防止因补浆不及时出现塌孔。④通过改进井架实现渣浆管和井架分离,实现全断面清孔,避免清孔不彻底。

3.8特殊情况处理

①出浆量减少:风压不够,造成进风量减少,气浆混合物比重变大,则需增加风压和风量;下设过快,底管处浆液比重明显大于上部浆液,吸不动。则需稍提高渣浆管高度或移动渣浆管。预防措施:根据清孔深度及时调整风压和供风量,避免渣浆管下放过快,将底口埋在孔底淤积内。②渣浆管上浮:底部浓浆和沉渣粘结在一起,造成底部管口(混合器或进风口以下)堵塞,下部无进浆,渣浆管形成空腔,在浆液浮力作用下上浮。将渣浆管拆除,疏通渣浆管。预防措施是底口焊接滤网,滤网间距小于浆路最小直径(变径、弯头),同时将渣浆管底部2m范围做成花管,同时避免渣浆管下设过快,将底口埋在孔底淤积内。

4 结语

随着桥梁跨度的增大,承受桥梁荷载的桩基的直径和长度愈来愈大,桩长多超过了100m,直径有的达4.5m以上。如何选取快速有效的清孔方式,将直接决定成桩质量。

通过气举反循环法清孔、泥浆净化机除砂的方式进行大直径、超深孔清孔施工技术研究,并结合新疆乌鲁木齐绕城高速(西线)头屯河连接线特大桥桩基工程施工的实践,不断调整优化施工工艺,该工艺可加快清孔速度,节约清孔时间,有利于各工序紧密衔接;且能有效降低泥浆中的粗颗粒含量,提高泥浆的重复利用率^[5];可保证开浇前孔底干净,提高桩基承载力。该工艺确保依托工程施工的质量,目前该特大桥桥墩全部封顶,最大

桥墩高度114.8m,经过工程应用和施工实践,取得了明显的社会效益。超深、大直径钻孔灌注桩气举反循环成功实施,该技术可在类似采用“超深、大直径”钻孔灌注桩工程中推广应用。

【参考文献】

- [1]高新学.气举反循环清孔技术在大桥深桩基础中的应用[J].黑龙江交通科技,2010,196(6):96-97.
- [2]吴波.气举反循环清孔工艺在超长钻孔灌注桩施工中的应用[J].城市道桥与防洪,2016,220(12):124-125.
- [3]贾兆兵.气举反循环二次清孔技术在百米深桩施工中的应用[J].交通科技,2007,224(5):22-26.
- [4]喻荣华.气举反循环清孔在大口径钻孔灌注桩的应用[J].西部探矿工程,2005,110(7):126-127.
- [5]张军旗.钻孔灌注桩气举反循环二次清孔工艺研究与应用[J].施工技术,2010,39(增刊):53-54.

作者简介:

王勇(1990--),男,河南安阳人,学士,工程师,从事工程施工技术与管理工作。

魏玉麟(1988--),男,甘肃兰州人,工程师,从事工程施工技术与管理工作。

李厚鹏(1996--),男,陕西安康人,助理工程师,从事水利水电工程施工技术与管理工作。

王栋柯(1996--),男,河南郑州人,学士,助理工程师,从事水利水电工程施工技术与管理工作。