

钻孔灌注桩在铁路特大桥梁施工中的应用

张立新, 唐文超, 张铁兵

(中国水利水电第五工程局有限公司, 四川 成都 610066)

摘要: 钻孔灌注桩凭借其高度的灵活性、地基承载力大、施工环保型以及质量可控制被广泛应用到特大桥梁的施工。对钻孔灌注桩施工技术在铁路特大桥梁建设中的应用进行了探讨,旨在为施工单位应用钻孔灌注桩技术时借鉴,进而提升其对该项技术的掌握与应用,为特大桥梁的施工质量提供有效的技术保障。

关键词: 钻孔灌注桩;铁路特大桥梁;开孔与钻孔;水下混凝土

中图分类号: U215;U215.1;U215.7;[U24]

文献标志码: B

文章编号: 1001-2184(2024)增 2-0049-04

Application of Bored Piles in the Construction of Extra-large Railway Bridges

ZHANG Lixin, TANG Wenchao, ZHANG Tiebin

(Sinohydro Bureau 5 Co., Ltd., Chengdu Sichuan 610066)

Abstract: Bored cast-in-place pile is widely used in the field of extra-large bridge construction because of its high flexibility, large foundation bearing capacity, environment-friendly construction and controllable quality. This paper discusses the application of bored pile construction technology in the construction of extra-large railway bridges, aiming to provide technical reference for the construction units, so as to improve the mastery level and application effect of the technology, provide effective technical guarantee for the construction quality of extra-large bridges.

Key words: Bored pile; Extra-large railway bridge; Opening and drilling; Underwater concrete

1 概述

近年来,我国不断加大了面向铁路桥梁建设的投入力度,特别是特大桥梁工程项目。为了进一步提升特大桥梁的施工质量,钻孔灌注桩技术被广泛应用。但该项施工技术涉及多专业融合且其在实施阶段具有一定的难度。因此,对钻孔灌注桩施工技术在铁路特大桥梁项目施工中的应用进行研究是确保施工单位深入掌握钻孔灌注桩技术、保证施工质量的重要一环。

特大桥梁的施工具有以下特点:

(1) 工程量与造价较高。对于特大桥梁工程建设通常需要投入大量的人力、物力、财力。特别是铁路工程的特大桥梁,其规模往往超出城市公路桥梁,故其造价相比城市公路桥梁而言需要更大的投入。为了实现特大桥梁工程的顺利建设,建设与施工单位需要购置大量耐用的建筑材料、先进的施工设备,支付高昂的人力工资与保险费

用;同时,为了保证工程质量与安全,建设单位还需要投入大量的资金进行技术研发与管理。因此,基于特大桥梁的工程量、成本投入水平,掌握先进的施工技术并保证施工质量是有效控制桥梁建设成本的重要手段之一。

(2) 安全要求高。特大桥梁工程的施工环境复杂多变,作业条件严苛,施工期间任何环节的失误、疏漏都可能引发严重的安全事故,给工程造成重大损失,甚至威胁到施工人员、周边群众的生命安全。因此,桥梁工程的施工应强调严谨的工艺流程,确保各个施工环节的质量。施工单位必须高精度地掌握各项施工技术的规范、流程、应用要点与安全管理,做好应急预案以保证特大桥梁施工过程的安全。

(3) 风险性高。由于特大桥梁工程规模庞大、技术要求高、环境影响因素多,其施工过程中具有较大的风险发生概率,这些风险主要体现在施工技术、项目管理、环境变化、人力资源、资金等方

收稿日期: 2024-06-26

面。特别是施工技术,随着施工技术的不断创新、发展、进步,使其在特大桥梁中的应用变得越发复杂、不确定性增大。若施工单位未深入掌握各项施工技术,如钻孔灌注桩施工技术、混凝土施工技术等,在施工阶段可能会引发一系列风险,如质量风险、安全风险乃至施工、建设单位在面临施工事故的法律风险^[1]。

2 钻孔灌注桩施工技术在铁路特大桥梁建设中的应用研究

笔者以新建北京至雄安新区至商丘高速铁路项目卫运河特大桥 D 段、聊城特大桥 A 段、B 段工程为例,对钻孔灌注桩施工技术的应用进行了深入探讨。卫运河特大桥 D 段、聊城特大桥 A 段、B 段工程的桩基均采用摩擦桩形式,共计 8 045 根,桩径从 1 m 至 1.5 m 不等,最大桩长为 82 m,共计 957 个承台(矩形),955 个桥墩(双线圆端实体墩),13 联连续梁采取挂篮悬臂现浇施工形式。该工程设计为 350 km/h 高速铁路,具有高技术标准、高平顺性、高速度型特点,对桥梁施工有着极高的要求,且施工后对沉降的要求十分严格,桥梁主体工程完工后要求施工单位设置不少于 6 个月的自然沉降观测周期。此外,两座特大桥梁的总长度达到 31.7 km,占整个标段正线长度的 94.6%,桩基单根长度超过 40 m,且选址地层以粉质黏土、粉砂以及粉土为主,桩基具有较大的塌孔风险,故对于施工技术的掌握以及施工组织管理的要求极高。

2.1 施工方案的制定

施工前,项目部对两座特大桥梁制定了钻孔灌注桩基础施工方案,决定采用反循环钻机结合旋挖钻机钻进成孔。对于钻孔内的处理采用泥浆护壁形式,开展混凝土灌注作业前必须进行清底;钢筋笼采用在加工厂集中加工、集中分段制作的形式,分段长度为 9 m 至 12 m,使用平板小车向施工现场运输。钢筋笼的接长采用汽车起重机配合人工进行操作,节段使用焊接、钢套筒连接的形式。对于桩身方面,采用混凝土拌和站集中进行加工、由罐车向施工现场运输的方式,水下混凝土使用导管法进行灌注,其桩头采用环切法切除,待桩顶钢筋整修完毕方可进入承台施工环节。

2.2 钻孔灌注桩施工

(1)施工准备。对于两座特大桥梁钻孔灌注

桩的施工准备阶段,首先进行场地平整,要求施工单位严格按照桩基设计、钻机数量、钻机底座平面尺寸、钻机类型以及施工方法提出的要求进行场地平整。安排专人清除场地内的杂物,在夯填密实的地层上设置横向枕木,在枕木上铺设废旧型钢构筑钻机平台;其次,在埋设护筒阶段,将基于 4~8 mm 厚的钢板制作、内径大于钻头直径的护筒按照设计要求进行埋设,埋设后严格检查其高度是否满足孔内泥浆面的要求。针对旱地区域桩基础,采取挖埋法埋设护筒,同时要求在护筒内存储的泥浆必须高出地面亦或是施工水位 0.5 m 以上,以有效保护桩孔顶部的土层不会因钻头反复升降而导致塌孔问题的出现;再次,布置钻机就位,将钻头缓慢放入护筒内,随后开启卷扬机、吊起钻盘,将钻机平稳对准孔口后安装钻盘。该阶段要求严格检查钻盘中心、钻架起吊滑轮是否处于同一铅垂线,严格控制钻杆位置偏差 ≤ 2 cm;最后,进行泥浆的制备与循环净化。以项目桩基分布为依据设置制浆池、储浆池与沉淀池,循环槽连接作业空间,要求出浆循环槽底部纵坡 $\leq 1\%$,沉淀池的流速 ≤ 10 cm/s。在此基础上,使用泥浆搅拌机制备浆液,其材料为优质膨润土,在必要的情况下添加 Na_2CO_3 纯碱、CMC 羧基纤维素等外加剂,并进行循环系统的平面布置。泥浆循环系统的布置情况见图 1。

特大桥梁钻孔灌注桩膨润土造浆配合比见表 1。在使用膨润土拌制泥浆阶段,要求施工单位严格遵循表 1 中造浆配合比的要求拌制泥浆。

(2)开孔与钻孔。对两座特大桥梁群桩采取跳桩法施工。灌注桩成桩后,临近桩开孔阶段需要等待已完成灌注作业桩基混凝土强度达到 2.5 MPa 后方可进行钻孔操作。钻机就位后,启动泥浆泵与钻机钻进;作业阶段,先在孔内进行泥浆浇筑,钻进过程中必须确保孔内的水位超过孔外水位 1 m(低于护筒顶面 0.3 m 左右),以防止泥浆溢出^[2]。

反循环钻机作业期间,要求施工单位严格执行监理岗位责任制、交接班制与质量检查制。对于不同的地层,要求合理选择钻头。作业期间应遵循先慢后快的原则,若钻进期间出现塌孔或掉钻问题时应立即停止钻进,对事故产生的原因进行分析后立即处理。旋挖钻机作业期间,要求施

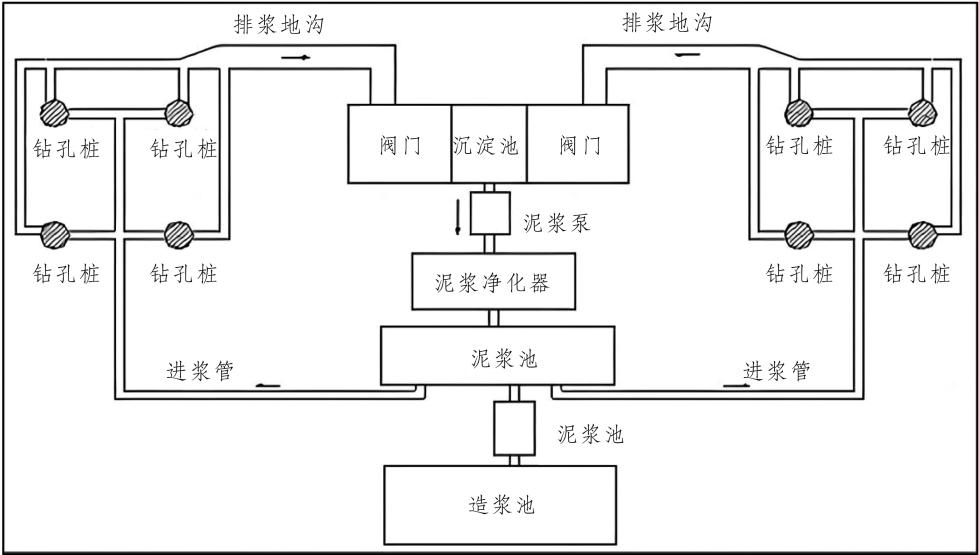


图 1 泥浆循环系统布置图

表 1 特大桥梁钻孔灌注桩膨润土造浆配合比表

项目	材料名称					
	淡水 /kg	膨润土 /kg	CMC	纯碱 /kg	FCI /kg	PHP
配合比	100	8~4	0.004~0.008	0.1~0.4	0.1~0.3	0.003

工单位严格遵循旋挖成孔→钢筋笼制作与吊装→浇筑水下混凝土→成桩检测的流程施工。作业期间,依靠钻杆钻头的自重以及旋转斗齿切入地层,将切下的土块推进斗内,利用起重机提升钻杆、钻斗,将渣土排出钻斗,再回转到孔内开展下一次循环作业^[3]。

(3)一次清孔与验孔。当钻孔深度满足设计标高后,安排施工人员使用长度为桩径 4~6 倍的检孔器对孔径的垂直度、大小进行检测。当成孔质量满足设计要求后,在监理工程师批准的基础上使用换浆法进行清孔。作业期间,由施工人员稍微提起钻头空转进行泥浆循环,不断加入清水以降低泥浆的比重、直至泥浆的各项指标达到相关规范后停止清孔作业。清孔期间,必须确保孔内的水位比孔外的水位高出 1.5~2.0 m。验孔阶段,一旦发现超出垂直线以及中心线、孔内沉渣等方面不符合设计要求时必须立即进行处理。孔径检验阶段,要求施工单位使用 Φ8 与 Φ12 笼式并径器结合测锤开展检测作业。钻孔灌注桩的钻孔允许偏差指标见表 2。

此外,在安全方面,进出孔时严禁施工人员在孔口附近停留,以避免安全事故的发生。停钻阶段,必须对孔口加盖保护,杜绝将钻头留在孔内的

行为,避免出现黏钻问题^[4]。

表 2 钻孔灌注桩的钻孔允许偏差指标表

检测项目		允许偏差
孔深	柱桩	≥设计孔深
	摩擦桩	≥设计孔深,进入设计地层
混凝土浇筑作业前桩底的沉渣厚度	柱桩	≤50 mm
	摩擦桩	≤100 mm
孔径		≥设计孔径
倾斜度		≤1%孔深
群桩孔位中心的偏心		≤50 mm

(4)钢筋笼的制作及安放。钢筋骨架在施工场地周边的制作场内以胎具成型法进行制作,使用钢板、槽钢焊接制作并在每一道胎具同侧设置加劲箍筋,按照胎膜凹槽进行主筋、箍筋的摆焊作业,完成焊接后将立梁、上横梁拆卸,随后将骨架放置在支架上套入盘筋,严格按照设计要求的位置布置螺旋筋并以电焊形式焊牢。在此基础上,严格按照铁路工程的施工要求进行接地钢筋的设置。与此同时,对混凝土垫块、设置钢筋骨架保护层期间对于靠孔壁一侧将其制作成弧面,靠骨架一侧将其制作成平面,同时设置十字槽,将横向、纵向分别设置为曲槽与直槽,要求其曲率严格配合箍筋曲率,槽的宽度可容纳主筋与箍筋。随后,

在纵槽两侧对称埋设设备用绑扎铁丝(U型、12号),根据钻孔土层的变化调整垫块的布置形式。

在钢筋骨架吊装作业阶段,钢筋笼入孔时使用吊车吊装,要求施工单位采用两点起吊形式:第1点设置于骨架下部,第2点设置在骨架长度中点到上方三分之一点之间。吊装阶段,要求严格对准孔径,保持垂直度,缓慢下放入孔,避免作业期间钢筋笼左右旋转、摆动。一旦遇到阻碍则要求立即停止下放并查明原因。当第1节骨架下放到最后1节加筋部位后将工字钢穿入,随后将钢筋骨架临时支撑于工字钢上,再进行第2节骨架的起吊,将其与第1节骨架以挤压套筒的形式链接。作业期间,要求严格对准上、下主筋的位置,先连接一个方向的两根接头,随后略微将其提起让上下节钢筋笼在自重作用加持下呈垂直状态,随后进行其他接头的连接。在完成接头焊接的基础上,将骨架吊高、将工字钢抽出后再进行骨架的下放作业。布置声测管期间,需要确保其数量、布置形式满足设计要求;作业期间,应将其同钢筋笼同步吊放,作业前严格检查其管内是否存在异物,是否严格按照要求进行上下全封口。开展水下混凝土施工时,严禁管内出现漏浆情况。

(5)二次清孔。二次清孔阶段,由于安装钢筋笼、准备导管阶段的时间较长,孔底易产生新渣,故在钢筋笼、导管就位后应采取换浆法进行二次清孔,要求施工单位将导管下至孔底位置,以确保沉渣能彻底被置换^[5]。

(6)灌注水下混凝土。完成二次清孔后,要求施工单位立即开展水下混凝土的灌注作业。采用直升导管法作业,使用直径为250 mm的钢管作为导管,每节长度为2~2.5 m,搭配1~2节长度为1~1.5 m的短管。导管使用前,要求对其开展密闭试验。作业阶段,利用马道配合罐车将混凝土送至导管顶部的漏斗内,并将其坍落度控制在18~22 cm范围内。先灌注首批混凝土,通过数量计算以确保其具有一定的冲击能量、可将泥浆自导管内排出;同时,严格控制导管埋入混凝土的深度 ≥ 1 m。此外,作业期间,要求施工单位随时进行钢护筒顶面以下的孔深、灌注混凝土面的高度测量,以精准控制导管的埋入深度及桩顶标高。施工期间,应确保导管提升阶段保持轴线的

竖直、位置居中,若出现导管法兰盘卡住钢筋的情况时,应转动导管以确保其脱开,随后移到钻孔中心后再进行提升。

2.3 成桩检测

完成混凝土灌注作业后,严格进行成桩的检测,遵循《铁路工程基桩检测技术规程》TB 10218—2019文件中的规定与方法严格开展静态测试、主动测试、空隙水压试验、土工焊接试验等,以验证钻孔灌注桩的施工质量是否满足铁路特大桥梁的设计要求^[6]。

3 结 语

笔者以卫运河特大桥梁D段、聊城特大桥A段、B段工程建设为例,对案例工程项目中的钻孔灌注桩施工技术的应用进行了探讨,详细分析了钻孔灌注桩部分施工方案以及钻孔灌注桩施工阶段的施工准备、开孔与钻孔、清孔与验孔等工序。相关单位在从事特大铁路桥梁钻孔灌注桩施工时,可借鉴笔者所述施工方案的制定与施工管理,同时还应将更多的信息化施工管理技术融入到施工过程中,以确保充分发挥钻孔灌注桩的技术优势,从而为特大铁路桥梁的整体施工质量作出技术保障。

参考文献:

- [1] 林秀胜. 钻孔灌注桩施工技术在市政桥梁施工中的运用分析[J]. 工程建设与设计, 2023, 71(6): 201-203.
- [2] 谢俊杰. 钻孔灌注桩施工技术在建筑工程中的应用[J]. 建材与装饰, 2023, 19(28): 19-21.
- [3] 侯林. 钻孔灌注桩施工技术在市政桥梁施工中的应用[J]. 建材发展导向(上), 2023, 21(1): 189-192.
- [4] 赵冠军. 桥梁桩基础的钻孔灌注桩施工技术研究[J]. 交通科技与管理, 2024, 5(9): 143-145.
- [5] 王甫云. 小河坝大桥钻孔灌注桩施工技术要点及质量控制分析[J]. 交通科技与管理, 2024, 5(9): 152-154.
- [6] 王荔武. 钻孔灌注桩施工技术在房屋建筑工程中的应用[J]. 四川建材, 2022, 48(3): 188-189.

作者简介:

张立新(1984-),男,四川成都人,工程师,从事铁路工程施工技术与管理工作;
唐文超(1992-),男,四川成都人,从事铁路工程施工技术管理与商务工作;
张铁兵(1992-),男,宁夏吴忠人,工程师,从事铁路工程施工技术与管理工作。

(编辑:李燕辉)