

高速公路桥梁人工挖孔桩施工技术探讨

张 圣

(四川公路桥梁建设集团有限公司公路二分公司, 四川 成都 610200)

摘 要 在高速公路桥梁工程的基础施工体系中, 人工挖孔桩凭借施工设备简便、对场地要求低、适配多种复杂地质条件等独特优势, 成为桥梁基础施工的核心工艺。本文结合高速公路桥梁施工实际情况, 分析了人工挖孔桩施工中的各类挑战, 重点探究地质适配型成孔、孔壁支护及桩身混凝土浇筑等核心技术的实际应用, 以为同类工程施工提供实践参考, 推动高速公路桥梁人工挖孔桩施工技术向规范化方向发展。

关键词 高速公路桥梁; 人工挖孔桩; 地质适配型成孔技术; 孔壁支护技术; 桩身混凝土浇筑技术

中图分类号: TU753.3

文献标志码: A

DOI: 10.3969/j.issn.2097-3365.2026.20.017

0 引言

我国高速公路建设事业飞速推进, 桥梁工程作为保障线路畅通的关键结构, 施工质量愈发受到行业关注。人工挖孔桩依靠人工开挖形成桩孔, 后续完成钢筋笼安装与混凝土浇筑, 最终打造出承载性能优良的桥梁基础。当前, 高速公路桥梁建设对基础施工质量提出了更高标准, 深入探究人工挖孔桩施工技术的实际应用具有重要意义。

1 高速公路桥梁人工挖孔桩施工面临的挑战

地质条件复杂是施工首要面对的问题, 高速公路线路跨度大, 途经区域地质类型多样, 不同路段的土层、岩层性质差异明显。部分区域存在软土层, 这类土层稳定性欠佳, 开挖时易出现沉降, 进而加大孔壁坍塌风险; 部分区域岩层硬度较高, 人工开挖难度陡增, 既消耗大量人力物力, 也会延误施工进度。与此同时, 有些施工区域地下水位偏高, 开挖过程中易出现涌水、涌砂现象, 处理不当会破坏孔壁稳定性, 甚至造成桩孔报废, 增加施工成本与工期压力。人工挖孔桩作业空间狭窄, 作业人员需在井下开展开挖, 易引发缺氧、中毒等安全隐患。除此之外, 开挖过程中可能遭遇地下管线、孤石等障碍物, 未提前探测清楚极易引发安全事故, 阻碍施工顺利推进。施工精度控制难度较高也不容忽视, 人工挖孔桩的孔径、孔深、垂直度等参数直接影响桩体承载性能, 人工开挖时易出现孔径偏差、孔壁不平整、垂直度超标等问题, 不及时纠正会降低桩体质量, 进而影响桥梁基础稳定性。

2 高速公路桥梁人工挖孔桩施工技术的具体应用

2.1 地质适配型成孔技术

施工前, 施工人员需开展详细地质勘察, 全面掌握施工区域土层、岩层分布情况、地下水位高度及不良地质隐患等信息, 依据勘察结果制定针对性成孔方案, 杜绝盲目开挖。粉质黏土、砂土层等稳定性较好的地质区域, 可采用人工直接开挖方式。开挖前先在桩位做好标记, 按照设计孔径放线, 借助洛阳铲、铁锹等工具分层开挖, 每层开挖深度控制在 1.0 米~1.5 米。开挖过程中要及时清理孔内渣土, 通过提升设备将渣土运至地面指定位置, 切勿堆积在桩孔周边, 防止渣土坠落引发安全事故^[1]。开挖时要随时检查孔壁平整度与垂直度, 发现偏差立即纠正, 确保孔径符合设计要求, 孔壁无坍塌、鼓包等现象。软土层地质稳定性较差, 单纯人工开挖易出现孔壁坍塌, 因此需采用分层开挖、及时支护的方式。

每层开挖深度控制在 0.5 米~0.8 米, 开挖完成后立即开展孔壁支护, 待支护结构达到设计强度, 再进行下一层开挖。同时可在孔壁表面喷洒水泥浆, 增强土层凝聚力, 进一步提升孔壁稳定性。地下水位较高的软土层区域, 需先采取降水措施, 待地下水位降低后再开展开挖作业, 防止涌水、涌砂问题影响成孔质量。岩层地质人工开挖可以结合机械辅助施工, 采用风镐、电钻等工具破碎岩层, 破碎过程中控制力度, 避免破坏孔壁完整性。硬度较高的岩层, 可采用静态爆破技术, 合理配置爆破药剂, 在不破坏周边环境的

作者简介: 张圣 (1996-), 男, 本科, 研究方向: 公路工程。

前提下将岩层破碎,再进行人工清理。破碎后的岩石碎片通过提升设备运至地面,清理时注意保持孔壁平整,避免尖锐岩石划伤孔壁,影响后续支护与混凝土浇筑质量。成孔过程中需做好孔内通风工作,通风可以采用鼓风机向孔内持续送风,保障孔内空气流通,降低有害气体浓度,守护作业人员人身安全。

2.2 孔壁支护技术

支护技术需结合地质条件、桩孔深度等因素,遵循“因地制宜、及时支护、安全可靠”的原则,确保支护结构能够承受孔壁压力,满足施工安全需求。粉质黏土、黏土层等稳定性较好的区域,可采用喷射混凝土支护方式。喷射混凝土选用C20混凝土,搭配速凝剂使用,加快混凝土凝结速度,缩短支护成型时间。喷射前需清理孔壁表面浮土、杂物,保证孔壁平整、干净,喷射过程中控制喷射压力与厚度,厚度控制在8厘米~10厘米,喷射顺序从下往上,做到均匀喷射,杜绝漏喷、空鼓等现象。喷射完成后,对混凝土表面进行养护,养护时间不低于7天,确保混凝土强度达到设计要求,切实发挥保护孔壁的作用。砂土层、软土层等稳定性较差的地质区域,可采用钢套管支护方式。钢套管采用厚度6毫米~8毫米的钢板制作,根据设计孔径加工成圆柱形,套管长度结合桩孔深度与地质条件确定,每节套管长度通常为1.5米~2.0米。

施工时,施工人员可以先将第一节套管放入桩孔内,调整套管垂直度,确保其与桩孔中心线重合,再通过人工或机械方式将套管压入土层,压入深度控制在1.0米~1.5米,随后进行下一节套管安装,直至达到设计深度。套管连接部位采用焊接方式,焊接必须牢固,避免出现缝隙,防止泥土、地下水渗入孔内。岩层地质若孔壁稳定性较好,可采用锚杆支护方式。锚杆选用HRB400级钢筋制作,直径根据设计要求确定,一般为22毫米~25毫米,锚杆长度结合岩层厚度与稳定性确定,通常为3米~5米。施工时,在孔壁钻孔,钻孔深度略大于锚杆长度,将锚杆插入孔内后,向孔内注入水泥砂浆,水泥砂浆强度等级不低于M15,确保锚杆与岩层紧密结合,提升孔壁稳定性。锚杆安装完成后,需进行拉拔试验,检验其承载力是否符合设计要求,合格后方可继续施工。施工人员应定期检查支护结构的完整性与牢固性,发现裂缝、变形、松动等问题时,及时采取加固措施,防止问题扩大^[2]。

2.3 桩身混凝土浇筑技术

混凝土浇筑需严格遵循设计要求与施工规范,精准控制配合比、浇筑速度、振捣质量等关键参数,确

保混凝土浇筑密实、强度达标,杜绝蜂窝、麻面、空洞等质量隐患。施工人员可以结合桩体设计强度等级,兼顾施工环境、地质条件等因素,合理确定配合比,选用强度等级不低于42.5级的普通硅酸盐水泥,骨料选用级配良好的碎石与中砂,碎石粒径控制在5毫米~25毫米,含泥量不超过1%,中砂含泥量不超过3%。水胶比控制在0.5~0.6之间,掺入适量外加剂,改善混凝土和易性与流动性,提升密实度。配合比设计完成后,需进行试配试验,检验坍落度、抗压强度等指标,达标后才可用于实际施工。混凝土浇筑前需做好充分准备工作,施工人员可以对桩孔进行再次清理,清除浮土、杂物与积水,确保孔底干净、无积水。检查钢筋笼安装位置、垂直度,确保其与桩孔中心线重合且固定牢固,防止浇筑过程中出现偏移。同时检查浇筑设备,确保混凝土输送泵、导管等运行正常,导管连接牢固、无渗漏。导管直径根据桩孔直径确定,一般为200毫米~300毫米,导管底部距离孔底控制在30厘米~50厘米,方便混凝土顺利下落^[3]。

混凝土浇筑可以采用导管法,浇筑过程中合理控制浇筑速度,避免速度过快导致混凝土离析,同时确保浇筑连续性,中途不得随意停顿。浇筑时需随时观察导管内混凝土高度,及时调整导管埋入深度,埋入深度控制在2米~6米,防止导管拔出混凝土面,造成断桩隐患。振捣工作由专业人员操作,采用插入式振捣器,振捣时插入深度适中,振捣时间控制在20秒~30秒,直至混凝土表面不再下沉、无气泡冒出、呈现泛浆状态,确保振捣密实,避免出现振捣不足或过度振捣的情况。在混凝土浇筑过程中,施工人员要做好现场取样工作,每浇筑一定数量的混凝土,抽取一组试块,用于后期强度检测,确保混凝土强度符合设计要求。浇筑至桩顶设计标高时,需适当超灌,超灌高度控制在0.5米~1.0米,待混凝土凝固后,剔除超灌部分,保证桩顶平整、密实,符合设计标准。根据施工环境温度,施工人员要选择合适的养护方式,在常温环境下,浇筑完成后12小时内覆盖保湿材料,定期洒水养护,养护时间不少于14天。

2.4 钢筋笼制作及安装技术

钢筋笼制作要在施工现场设置专门的加工场地,场地需平整、干净,配备必要的加工设备与工具,确保制作工作有序开展。施工人员要对所用钢筋进行严格检查,核对钢筋的规格、型号、数量,确保与设计要求一致,同时检查钢筋外观质量,剔除表面锈蚀、弯曲、裂纹等不合格钢筋。钢筋加工前需进行调直处理,

调直后的钢筋表面无明显弯曲、锈蚀,直线度符合规范要求。钢筋切断需采用切断机,切断长度精准控制,误差不超过规范允许范围,切断后的钢筋需分类堆放,做好标记,避免混用^[4]。钢筋笼绑扎要按照设计图纸进行,先绑扎主筋,再绑扎箍筋,绑扎过程中确保钢筋间距、数量符合设计要求。主筋连接采用焊接方式,焊接需由专业焊工操作,焊接接头需符合规范要求,接头位置错开布置,同一截面内焊接接头数量不超过主筋总数的 50%,焊接质量需严格把控,杜绝夹渣、气孔、裂纹等焊接缺陷,确保接头牢固。箍筋与主筋绑扎需紧密,绑扎点均匀分布,每间隔 20 厘米~30 厘米设置一个绑扎点,防止箍筋松动、移位。

钢筋笼制作完成后,进行全面检查,检查钢筋规格、型号、数量、间距,焊接接头质量,钢筋笼长度、直径等参数,确保符合设计要求与施工规范。检查合格后,在钢筋笼表面涂刷防锈涂层,防止钢筋锈蚀,延长桩体使用寿命。同时,在钢筋笼上设置定位垫块,垫块采用混凝土制作,垫块厚度与保护层厚度一致,每隔 1.5 米~2.0 米设置一组,每组不少于 4 块,均匀分布在钢筋笼四周,确保钢筋笼安装后与桩孔壁之间的保护层厚度达标。钢筋笼安装需结合桩孔深度与现场施工条件,采用起重机配合人工安装。安装前,再次检查桩孔内情况,确保孔底干净、无积水,孔壁无坍塌现象。将钢筋笼吊装至桩孔上方,调整钢筋笼垂直度,确保其与桩孔中心线重合,缓慢将钢筋笼放入桩孔内,放入过程中避免钢筋笼碰撞孔壁,防止孔壁坍塌、钢筋笼变形。钢筋笼放入指定位置后,施工人员要及时固定,采用型钢支架将钢筋笼固定在桩孔口,支架需牢固可靠,能够承受钢筋笼重量,防止浇筑过程中钢筋笼下沉、偏移。

2.5 应急处置技术

孔壁坍塌是施工中常见的突发情况,施工企业应急处置需遵循“快速响应、及时加固”的原则。一旦发现孔壁出现坍塌迹象,立即停止井下作业,组织作业人员快速撤离至安全区域,严禁冒险作业。坍塌范围较小时,待坍塌稳定后,采用钢套管、喷射混凝土等方式对坍塌区域进行加固,加固完成后检查孔壁稳定性,确认安全后再恢复施工。坍塌范围较大时,需重新清理桩孔,调整支护方案,加强支护强度,确保孔壁稳定后再继续开挖。涌水、涌砂突发情况多发生在地下水位较高的区域,处置核心是快速控制水位、封堵涌水涌砂通道。发现涌水、涌砂时,立即停止开挖作业,组织作业人员撤离,同时启动潜水泵、井点

降水等设备,加快孔内积水排出,降低地下水位^[5]。若涌水、涌砂较为严重,可在桩孔周边设置止水帷幕,采用水泥浆注浆封堵,形成止水屏障,控制涌水涌砂现象,待水位稳定、涌水涌砂得到控制后,再恢复施工。

施工过程中若出现作业人员缺氧、中毒等安全事故,需立即启动应急救援流程。停止孔内作业,加大鼓风机通风力度,向孔内输送新鲜空气,同时组织专业救援人员佩戴防护装备进入孔内,将受伤人员转移至地面安全区域。对受伤人员进行初步急救处理,如吸氧、心肺复苏等,同时拨打急救电话,将受伤人员送往医院进行进一步治疗,确保人员生命安全。出现断桩迹象时,立即停止浇筑,清理孔内已浇筑的不合格混凝土,检查导管状态,调整浇筑方案,重新进行浇筑,确保混凝土浇筑连续、密实。出现混凝土离析时,停止浇筑,对离析的混凝土进行清理,重新搅拌合格的混凝土后再继续浇筑,同时加强振捣,确保混凝土密实度。应急处置工作中,需加强应急物资储备,配备足够的潜水泵及急救药品等应急物资,定期检查应急物资的完好性,及时更换损坏的物资,确保突发情况发生时能够正常使用。

3 结束语

高速公路桥梁人工挖孔桩施工技术的合理应用,是保障桥梁基础质量的关键。人工挖孔桩施工需兼顾地质条件及施工环境等多重因素,严格遵循设计要求与施工规范,强化质量控制与安全管理,不断优化施工技术,提升技术应用水平。随着高速公路桥梁建设向偏远复杂区域延伸,人工挖孔桩施工技术需紧跟行业发展步伐,朝着智能化方向迭代升级。未来可结合数字化技术,将地质勘察数据与施工过程精准对接,实现成孔及支护等环节的智能化监测,减少人工操作误差。

参考文献:

- [1] 侯青科.高速公路桥梁人工挖孔桩施工技术[J].交通世界,2025(21):116-118,122.
- [2] 严昌虎.高速公路桥梁工程中人工挖孔桩施工安全管理研究[J].运输经理世界,2025(10):109-111.
- [3] 仲亚洲.桥梁人工挖孔桩通风技术改进分析[J].运输经理世界,2023(14):80-82.
- [4] 罗公贵.岩溶发育地段高速公路桥梁桩基施工技术[J].企业科技与发展,2023(03):57-59,67.
- [5] 杜承志.高速公路桥梁施工中人工挖孔桩技术的应用分析[J].运输经理世界,2022(35):86-88.