

岩溶地区钻孔灌注桩施工中的施工难题及处理措施

文 / 范朝朝 中铁三局集团建筑安装工程有限公司

摘要: 岩溶发育地区因其特殊、复杂的地质特点, 钻孔灌注桩在钻孔过程中, 常常会遇到塌孔、缩颈、桩身倾斜等一系列施工难题。这些问题的产生是由多方面因素引起的, 包括地质条件、水文环境、施工工艺等。本文针对湿作业成孔这几种常见的施工难题进行了分析并提出相应的解决措施, 对于实际施工发挥出参考作用, 确保岩溶发育地区桩基施工成孔顺利, 有效缩短工期, 降低施工成本, 并能确保成桩质量满足设计及规范要求, 保证整体工程施工质量, 避免质量、安全事故的发生。

关键词: 岩溶发育地区; 钻孔灌注桩施工; 施工难题; 处理措施

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2025.03.028

引言

钻孔灌注桩是一种应用非常广泛的基础形式, 它具有适用地质条件广, 可穿越各类土层、岩层、施工便捷, 承载力高、低噪音、低振动对在原始地层、周围环境影响较小等特点, 在各工程领域都得到了广泛的应用。但在岩溶发育地区钻孔灌注桩实际施工过程中, 需充分考虑其复杂的地质条件, 如溶洞、溶蚀破碎带、裂隙水等不良地质因素对成孔的影响。因此, 如何正确分析处理这些问题, 以确保施工安全和工程质量, 就显得尤为重要。本文通过对岩溶发育地区钻孔灌注桩施工中遇到的几种典型施工难题进行剖析, 并提出相应的处理措施, 以供同行参考。

一、岩溶发育地区的地质特点

岩溶发育的一般特点: 岩面起伏较大、陡倾斜的较岩面平缓的岩溶较为发育; 地层由上至下岩溶发育逐渐减弱, 地层上部以溶沟、溶槽、溶蚀破碎带、溶洞为主, 分布复杂, 甚至以串珠的形式自上而下分布, 形态多样, 既有水平发育又有垂直发育、大小不一, 岩溶发育强烈, 地层下部主要是古老溶洞, 往往溶洞与地下暗河相连通; 溶洞内填充类型有全充填、半充填、无充填, 填充物大多为流塑状、软塑状; 岩溶构造裂隙、溶蚀破碎带越多, 地下裂隙水的活动越频繁且水量充足, 岩溶发育愈发强烈^[1]; 岩溶的发育与大气降水丰富、地下水补给息息相关, 水的来源充沛, 更利于岩溶的发育。

二、岩溶发育地区钻孔过程中重要环节把控

(一) 钻孔桩施工流程 (见下页图 1)

(二) 施工准备阶段

1. 熟悉地质情况: 在施工之前需结合地质勘察报告全面充分了解场地地质条件, 包括气象、水文、地形、地貌及工程环境条件、地质构造、岩土构成及不良地质等方面内容, 掌握岩溶发育情况、地表水、地下水分布等情况。2. 根据桩位柱状图及地质剖面图, 判断溶蚀破碎带、溶洞的规模、形式、分布位置、填充物类别及地下水分布、暗河走向等不良地质情况, 分门别类制定切实可行的处理措施^[2]。3. 材料和设备准备: ①准备充足的泥浆、黏土、水泥、低强度等级的混凝土及钢护筒

等材料, 以应对施工过程中出现的各类地质问题, 做到及时处理, 避免出现塌孔问题, 影响到钻孔作业的正常性。②选择合适的料斗。计算灌注桩初始浇筑量, 选择合适的料斗, 确保首批混凝土量的充足, 且足够满足孔底导管埋入混凝土中的深度, 防止混凝土上升时导管被拔出, 保证混凝土的均匀性和桩的完整性。③针对特大型溶洞或地下暗河, 需要提前准备好钢护筒和振动锤。

(三) 钻孔阶段重点工作

1. 核查地质情况。钻孔过程中, 严密盯控桩孔的地质情况, 比对地勘报告中的孔位柱状图是否与现场相符, 结合柱状图判断地质情况, 并及时做好相应的预防措施。

2. 优化泥浆性能。在钻孔灌注桩施工过程中, 由于地质条件、施工环境等因素的变化, 泥浆的比重需要及时调整和优化。

3. 检查孔壁稳定性。随时对孔壁稳定性进行检查, 一旦出现孔壁坍塌、泥浆面下降与溶洞等问题, 按照相应的处理措施及时采取补充泥浆、抛填黏土、片石、加水泥搅拌、回填混凝土及钢护筒跟进等措施进行补救。

4. 桩孔垂直度校验。采用经纬仪定期对旋挖钻机的桅杆及钻机垂直度电子检测系统进行检验、标定^[3]。钻孔过程中通过经纬仪及钻机垂直度电子检测系统对桩孔的垂直度进行双控, 垂直度偏差过大及时分析原因并采取纠正措施, 确保桩孔垂直度满足设计及规范要求。

三、岩溶地段钻孔灌注桩在实际施工中常见的问题及处理措施

(一) 塌孔问题原因分析及采取的措施

1. 钢护筒埋设不规范, 护筒漏浆。通过挖机开挖埋设钢护筒, 实质上破坏了原有地层的完整性, 钢护筒外壁将不能与地层密实贴合, 导致护筒底口容易发生渗漏现象。

采取的措施: 护筒应置于较密实的土层中, 护筒应坚实不漏水, 并满足一定的埋深, 黏性土、粉土埋设深度不得小于1m, 砂性土不得小于2m, 一般情况埋置深度宜为2~4m, 同时必须加强对护筒底口及周边土体进行防止渗、漏处理, 埋设时应在护筒四周回填黏土并分层夯实, 已防止泥浆渗漏病害发生。

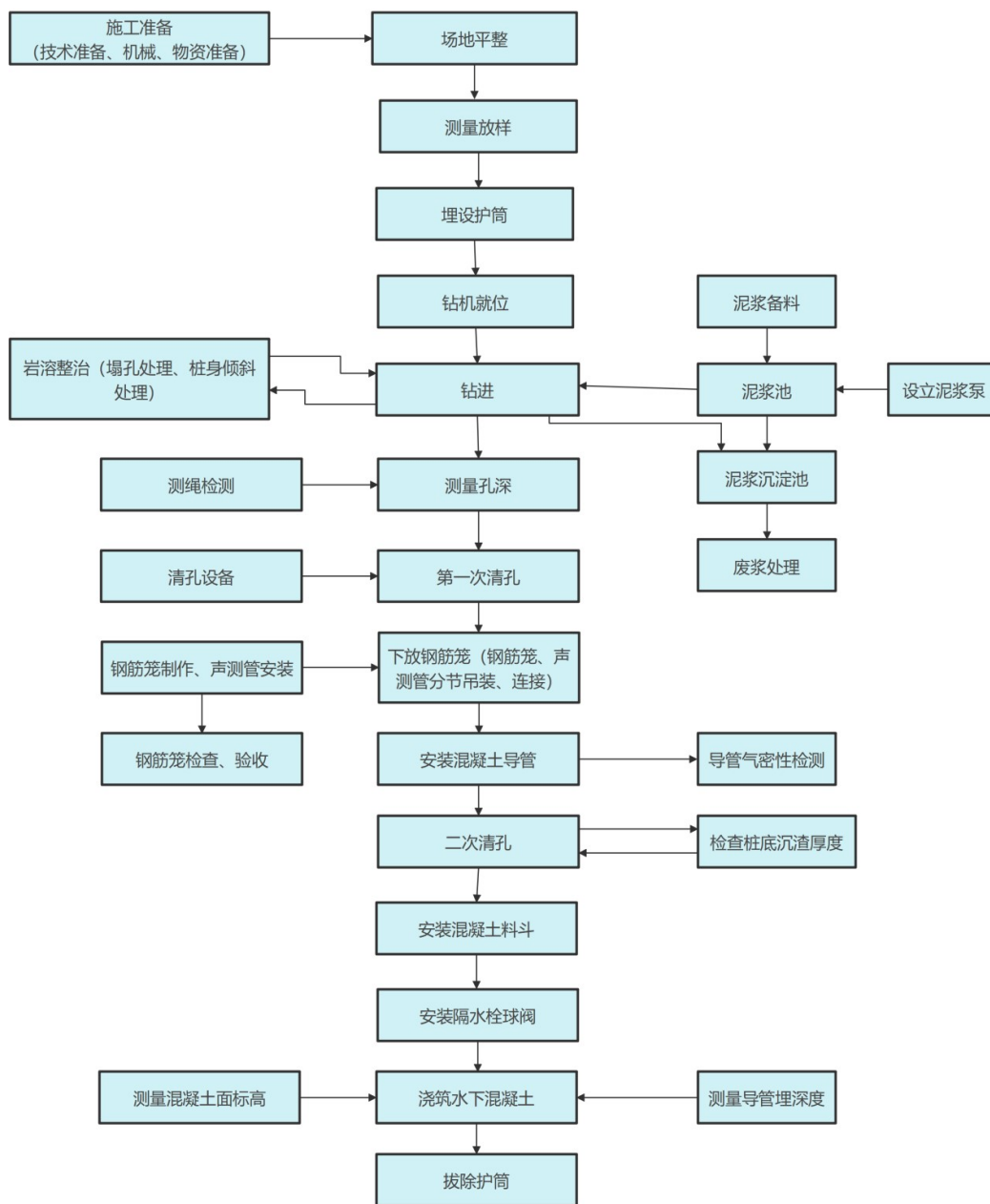


图1 桩基施工流程图

2. 泥浆比重不合理，护壁效果差^[4]。泥浆相对密度过小时，泥浆压力不足以抵抗孔壁压力，黏稠度低、黏性差无法对孔壁起到固壁作用。

采取的措施：根据地质情况的不同，对泥浆进行动态调整，选用适宜的泥浆比重、泥浆黏度。

3. 钻孔时操作不当。①松软砂层中钻孔时进尺过快，泥浆护壁成形较慢，易出现孔壁渗水不稳定；②钻孔作业未连续，中途钻孔作业停滞时间过长，孔内泥浆比重发生变化，对孔壁的压力降低。③钻头在提升、下沉过程中不垂直，晃动较大，与孔壁发生碰撞，影响护壁效果。

采取的措施：在松软砂层中钻孔时应适当降低进尺速度，并提高泥浆稠度，选用较好的造浆材料，提高泥

浆的黏度以加强护壁；钻孔时要连续作业，无特殊情况中途不得停钻；提升钻头、下放钻头时应保持垂直，尽量避免磕碰孔壁。

4. 不良地质条件。溶洞、裂隙水等不良地质是导致塌孔的主要也是最重要的因素。由于溶洞的存在，导致孔内泥浆流失，甚至泥浆面出现急剧下降，致使孔内压力不平衡，孔壁坍塌。其次，裂隙水的注入会进一步降低泥浆比重，对孔壁同时也有冲刷作用，引起孔壁不稳定。

溶洞的研判：由于岩溶发育地区地质条件较为复杂，溶洞位置、高度可通过地勘报告获取，但溶洞的延伸、走向很难勘察清楚，因此施工前需要针对各类溶洞制定相应的处理措施，施工过程中再对溶洞进行进一步

的研判,进而选用相应的处理措施^[5]。现场施工时可以通过钻机仪表盘的相关参数确定溶洞的高度,并根据孔内泥浆的下沉量推算出溶洞的大体尺寸,再结合钻头内的土质情况及出渣量判断是否为充填、半充填、无充填溶洞,充填物的种类,做出详细判断。

采取的措施:

①钻进过程中遇溶洞较小,且补充的泥浆量不大,可采用迅速补充泥浆的措施,并根据现场情况调整泥浆比重,待泥浆面稳定补充完毕后,泥浆面不再下降,则认为处理完毕,可继续进行钻进。

②若溶洞较大且填充有软塑状、流塑状充填物,涌水量较大,则可反映出溶洞可能延伸范围较大,桩体在后续浇筑混凝土量也会较大,考虑到经济性,可采取分层回填片石或黏土,利用钻头的挤压提高回填的密实度,对于无充填溶洞型溶洞也可按此措施实施^[6]。若采用分层回填片石或黏土尚不能到达预期的固结效果,也可采用向孔内投放袋装水泥及黏土并通过钻头充分搅拌并挤压等方式提高回填材料的固结能力及密实度,从而提高护壁的稳定性的。

③针对溶洞内有充填物且裂隙水较为丰富并有较大压力,已无法采用回填黏土、抛填片石挤压等方式处理时,可采用低强度等级混凝土进行回填,首先需钻进至约溶洞底500mm,并对溶洞范围内上下各500mm进行适当扩孔,再利用捞渣钻对孔内沉渣进行清理,并力量减小孔内沉渣量及稠度,保证水下混凝土浇筑时冲击力及压力足以使孔底沉渣冲散并上浮,完成上述工作后按照水下混凝土浇筑方式,采用低强度等级混凝土对扩孔段进行封闭,待混凝土强度达到足以支撑护壁的要求时,再重新进行钻进。

④针对大型溶洞且地下水系较为发达或存在有暗河时,应采用全护筒跟进的方式处理。

(二) 桩身倾斜原因分析及处理措施

1. 场地承载力不满足要求,施工过程中桩基倾斜

施工现场的不够平整,或者场地地质松软,在施工过程中将会出现桩基倾斜的问题。为了预防这一问题,在施工之前需要平整压实场地,提高场地的平整度,避免因场地问题引发桩基倾斜问题,

2. 地面沉降导致桩基倾斜

因为地面沉降引发桩基倾斜问题,可以通过地基加固处理问题,采取的地基加固措施包括注浆加固和锚杆静压桩等方法,使地基承载力得以提升,避免进一步下沉。

3. 钻孔过程中遇到了孤石,或者岩层承载力不均匀,半岩半土,致使钻杆偏移。因此在施工过程中遇到障碍区,需要降低桩锤的高度,通过重锤低击打,同时需要对桩锤的摆动进行控制。在施工之前需要加固处理岩层,提高岩层的承载,抱枕钻杆的垂直度。

具体措施:对于桩身损伤的偏斜桩,首先进行低应变测试确定桩身的损伤程度及位置。若偏斜桩的缺陷部

位在5~10m左右,可采用顶推法进行纠偏施工^[7]。对于桩身断裂的偏斜桩,优先考虑进行补桩。若补桩困难,可采用桩内填芯方法进行处理,具体钢筋配置数量应通过计算确定。若仍无法满足要求,则考虑新增锚杆静压桩来增强基础承载力。

四、施工注意事项

1. 结合设计图纸进行施工,保证钻孔深度符合施工要求,同时需要详细记录钻孔施工过程。2. 合理调配浆液配比,做好施工记录工作。3. 加强监测施工地面,避免破坏重要的构筑物。4. 做好施工现场的排水工作,避免因为地面水回渗多次翻涌岩溶。5. 在处理溶洞的时候,施工单位需要做好施工记录工作,尤其需要明确记录回填片石和黏土以及注浆等资源的投入量,有利于施工单位严格控制资金投入量。

结束语

岩溶发育地区的钻孔灌注桩施工过程是复杂的,特别是在一些地质条件比较差的地方,经常会出现塌孔、缩颈等现象。对此,必须采取有效措施加以解决,否则将会影响工程质量,给工程带来巨大损失。针对上述几种情况,本文从不同角度进行了探讨,并给出了相应的处理方法。1. 对于钻孔时产生的塌孔,除了采取高压旋喷桩处理外;2. 对于流砂地层的塌孔,应采取加大泥浆比重或更换泥浆的方式来解决。3. 对于较深的溶洞,则应将桩孔扩大至溶洞底部,进行清孔,然后回填黏土夯实,最后采用高桩承台的方式进行处理。4. 对于缩颈问题,要注意控制好钢筋笼和导管的埋深,尽量减少因涌水而引起的缩颈量。对于涌水引起的缩颈,可采用抽水和注浆相结合的方法处理,效果显著。总之,岩溶地区钻孔灌注桩的技术难题不是孤立存在的,而是由多种因素共同作用的结果。因此,在施工过程中应该综合考虑各种因素,以确保施工的顺利进行。

参考文献

- [1] 冯森. 高速公路旋挖钻孔灌注桩施工技术与管理[J]. 交通科技与管理, 2024, 5(15): 53-55.
- [2] 王亚亚. 水利工程中桥梁钻孔灌注桩施工技术的研究[J]. 珠江水运, 2024(14): 109-111.
- [3] 罗干. 软土地区钻孔灌注桩与地基加固施工关系研究[J]. 建筑科技, 2024, 8(07): 46-50.
- [4] 李海松, 于明镇, 郑文焯. 钻孔灌注桩施工技术在公路桥梁施工中的运用分析[J]. 运输经理世界, 2024(21): 100-102.
- [5] 魏露. 钻孔灌注桩施工技术在公路桥梁工程中的应用[J]. 交通科技与管理, 2024, 5(14): 77-79.
- [6] 段延军. 富水砂层中大直径钻孔灌注桩施工技术[J]. 建筑科技, 2024, 8(08): 171-174.
- [7] 罗干. 软土地区钻孔灌注桩与地基加固施工关系研究[J]. 建筑科技, 2024, 8(07): 46-50.