

岩溶地区旋挖钻成孔工艺探讨

Discussion on Drilling Technology of Rotary Drilling in Karst Areas

程世豪

Shihao Cheng

宁波市轨道交通集团有限公司建设分公司 中国·浙江 宁波 315199

Construction Branch of Ningbo Rail Transit Group Co., Ltd., Ningbo, Zhejiang, 315199, China

摘要: 岩溶也称喀斯特 (Karst), 是自然界中水对可溶性岩石产生的一种地质作用。一般情况下岩溶形成的地下空间内部破碎或空洞, 溶洞顶强度较高, 岩溶形成后严重影响铁路、公路等线性工程的基础施工, 尤其是岩溶地区桥梁桩基的施工存在多种不确定性, 对工程施工进度、质量均有较大程度的影响, 极大地增加了施工成本。对岩溶地区旋挖钻成孔工艺进行研究总结十分必要。

Abstract: Karst, is a geological process that water produces on soluble rocks in nature. Generally, the interior of underground space formed by karst is broken or hollow, and the strength of karst cave top is high. After karst formation, it seriously affects the foundation construction of linear projects such as railways and highways. Especially, there are various uncertainties in the construction of bridge pile foundations in karst areas, which have a significant impact on the progress and quality of project construction, and greatly increases the construction cost. It is necessary to study and summarize the drilling technology of rotary drilling in karst areas.

关键词: 岩溶; 旋挖钻成孔; 溶洞处理; 施工工效

Keywords: karst; drilling holes by rotary drilling; karst cave treatment; construction efficiency

DOI: 10.12346/etr.v5i2.7695

1 引言

桥梁基础成桩工艺多样, 在不同地区也均有各类良好的示范, 针对不同的地质, 不同的环境和工程项目的工期要求, 可以选择相匹配的桩基成孔方式。由于不同的成桩工艺、作业机械产生的实际效果相去甚远, 尤其是在西南山区的喀斯特地貌强烈发育场所, 对桩基成孔工艺, 及遭遇岩溶地质的应对处理措施研究对于工程顺利推进具有重要借鉴意义。

2 工程概况及地质

新建黔江至张家界至常德铁路 (代建段) 站前 I 标, 正线全长 10.41km, 设计速度 200km/h。站前 I 标管段位于重庆市黔江区以东, 是典型的岩溶地貌。其中: 桥梁 7517.72m/9 座, 各桥均存在岩溶不良地质, 地勘显示: 黔江河特大桥桥址区勘探的 299 个钻孔中, 揭示到溶洞的有 103 个, 见洞率约 34.4%, 最大规模约 15.2m, 且地表出露的基岩多存在溶穴、溶洞与溶槽, 属岩溶强烈发育区。学府南路立交中桥钻孔中多揭示为溶洞, 属岩溶强烈发育区。其

余各桥均属于岩溶中度发育。实际施工过程中, 图纸中溶洞基本存在, 且有部分溶洞未在图纸中揭示, 溶腔内以半填充和无填充两种类型为主。

3 施工工艺对比选择

在施工初期, 曾采用冲击钻施工工艺, 经过实践, 施工周期长, 费用高, 远远无法满足工期要求, 后更改为旋挖钻干法成孔施工工艺, 极大提高了桥梁基础施工工效。

两个工法主要差异在于两种作业方式的作业机械不同, 冲击钻施工采用冲击钻钻机, 需架设临时用电并制备泥浆做护壁及出土, 泥浆池需要单独征地, 由于部分溶洞连通地下水系、缝隙, 泥浆外漏情况时有发生, 泥浆的使用对铁路沿线山林、田地产生不同程度污损, 常激化“路地关系”矛盾, 钻孔结束后的泥浆处理也面临较大的环保风险。另一方面, 冲击钻利用自身重力冲击地基, 产生的噪声污染大, 影响周边居民生产生活。旋挖钻施工在采用干孔作业的情况下可以节省泥浆制备所带来的各项风险, 仅需外运钻孔弃土至项目

【作者简介】程世豪 (1994-), 男, 中国河南洛阳人, 本科, 助理工程师, 从事城市轨道交通施工管理研究。

弃土场即可。

通过前期的成孔进度分析,工程地质多为弱风化泥质粉砂岩,冲击钻施工过程中,随着钻进深度增加,桩基进入弱风化泥质粉砂岩,岩渣遇水软化形成胶泥状,粘锤严重,钻机进尺困难,冲击钻单根桩成孔每日平均进尺2.6m,远无法满足工期要求,旋挖钻单日平均进尺可达到16m,同时在遇到地下溶洞情况下,可利用自身快速移动至下一桩孔进行作业,待溶洞处理完成返回继续钻孔,工效优势相对明显。

由于以上原因,通过现场实践及综合分析,现场主要采用旋挖钻干作业成孔技术。针对超长桩基,比如阿蓬江特大桥14#主墩桩基设计桩长75m,旋挖钻施工深度无法满足要求,采用旋挖钻+冲击钻组合施工方式进行作业,其中地面标高以下44m采用旋挖钻施工,后续桩孔由冲击钻进行施工。

4 岩溶区域旋挖钻干孔作业施工工艺探索

4.1 典型断面下施工工艺探索

4.1.1 特大型溶洞处理工艺

黔江河特大桥26#墩桩基贯穿11.4m大型无填充溶洞,由于溶洞体积大,横向宽度长,填充浆砌片石效果差,无法稳定桩基钻孔区域,后期混凝土浇筑过程混凝土极易冲破填充区域,影响桩基质量;若填充混凝土,则成本高昂。对于此类特大型溶洞(5m以上),需灌注低标号混凝土和护筒跟进相结合:钢护筒要内径准确,连接顺直,用卷扬机成型^[1]。钢护筒要有一定的刚度,钢板厚为10mm为宜,跟进至基岩内1m以上。护筒采用自重和振动跟进为主,振动无法跟进时,先按照跟进钢护筒直径钻孔,然后下设钢护筒。若出现两层溶洞,且间隔较大,可采取双护筒跟进措施^[2],首段护筒跟进基岩1m后便可停止跟进,待二层溶洞出现,跟进内层钢护筒至相应标高。多层溶洞采取多护筒跟进(现场一般较少),以此类推。

①钢护筒的选择,内护筒长度和内径的确定:钢护筒要有一定的刚度。护筒长度为超前钻确定的溶洞高度加上150cm。采用单层护筒时,内径大于桩直径10cm;多层护筒时,最内层护筒内径大于桩直径10cm,其外面一层护筒内径大于内层护筒外径10cm,并以此类推。

②内护筒的沉放:钻头击破溶洞顶后,用钢丝绳活扣绑住内护筒,用吊机把内护筒放入外护筒内沉至孔底,必要时用振动锤下沉。如果由于孔径缩小,护筒不能下沉时,则提出护筒,进行二次钻孔,以保证钢护筒顺利下沉。为保证钢护筒顺利下滑,控制桩孔竖直,无歪斜、缩颈。

③护筒下放后,下导管至溶洞所在位置。导管安装完成以后,灌注首批低标号的混凝土,期间采用测绳测试混凝土面高度,若混凝土面提升高度大于溶腔高度,停止灌注。若混凝土面高度没有提升,则待首批混凝土初凝后,继续灌注第二批低标号混凝土,提升导管,待混凝土初凝后,测试混

凝土提升高度,直至提升高度大于溶腔高度,停止灌注,待混凝土初凝后重新钻孔。

4.1.2 大型溶洞处理工艺

对于大型溶洞(2~5m),由于溶洞空间大,或有裂隙连接其他溶洞,处理不当则会造成灌注桩基混凝土时混凝土挤破洞壁,大量流失,增加成本且影响成桩质量。考虑项目拥有自己的搅拌站,可以自主生产各种标号混凝土,故在钻破溶洞顶后,钻机停止钻进,提钻钻进下一孔,同时搅拌站制备低标号(C15)混凝土对溶洞进行灌注填充,用测绳控制灌注高度,结束后经过三天,待混凝土达到一定强度后,钻机复位重新钻孔。旋挖钻的移动方便也为整个处理过程提供大量便利和时间成本的节约:在处理有溶洞的孔位时仍可以迅速前往下一孔继续施工,减少窝工。

4.1.3 小型溶洞处理工艺

对于溶腔高度较低、发育面积小的小型溶洞(2m以下),此时采取回填片石、黏土至溶洞顶1m以上,夯实后重新钻进。

4.1.4 不规则溶洞处理工艺

学府南路立交中桥常德台6、7号桩基地勘显示在临近桩底区域出现竖向不规则溶洞,如图1所示,溶洞体积狭长、贯穿两根桩基并有向桩基底部以下蔓延趋势,考虑防止钻机在该区域发生卡钻、偏岩等不利状况,并确保桩基底部承载力满足要求,此溶洞采取C30混凝土全填充,同时涉及溶洞区域桩基与设计单位沟通进行加长处理。

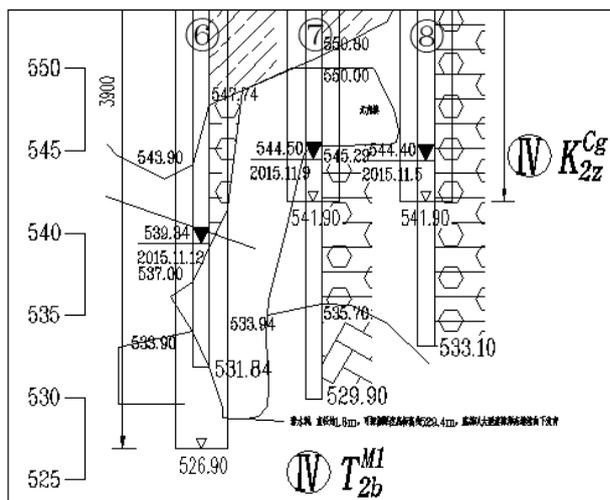


图1 学府南路立交中桥常德台典型地质揭示图

4.1.5 接连出现多层溶洞处理工艺

玉泉村特大桥17~18#墩区域,岩溶发育强烈,且存在多层溶洞,最大规模约7.3m,最小的约0.2m,如图2所示。该处桩基施工过程中,必须采用钢护筒全过程跟进措施以确保桩基施工顺利。同时由于多层溶洞接连出现,旋挖钻冲破溶洞顶部坚硬岩层后钻压突减极易发生卡钻或其他钻机损坏事故,要求作业人员必须提前对钻机司机进行详细技术交底,临近溶洞区域轻压慢钻,防止各类事故发生。

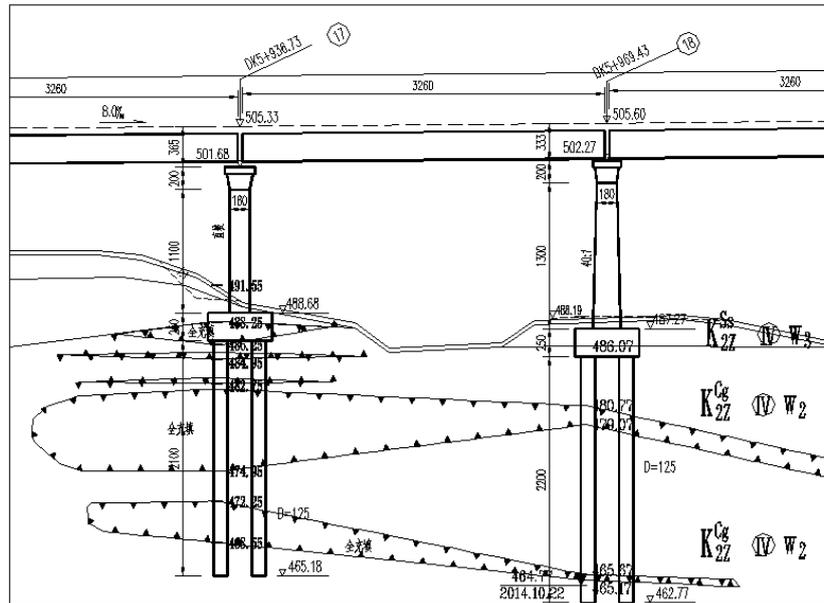


图 2 玉泉村特大桥 17# 墩典型地质揭示图

4.1.6 特殊情况下岩溶地质处理工艺

阿蓬江特大桥常德台位于岩石基础之上，设计采用扩大基础。基底开挖至设计标高 580.72 位置时，基底出现一个尺寸为 $0.3 \times 0.8\text{m}$ 的溶洞，可测深度大于 1.6m，底部倾斜向下延伸，且在常德台基底承台范围内揭示一走向与线路相交的御荷型张开裂缝，宽度 1.5~3m，深度大于 1.3m，泥质半填充，考虑岩溶区开口较小，裂隙宽窄不一，混凝土灌注无法填满岩溶区域，起到加强地基作用，现场采用注浆方案加固：

在岩溶裂隙区，采用交替注浆法，先注水泥浆液，再灌注砂砾石。加入砂砾石后，对于注浆量较大的段落或者注浆较大的钻孔采用水泥掺入水玻璃溶液进行注浆，以期快速封闭岩溶裂隙。

在钻孔有较大无填充、半填充溶洞出现时，应加入砂砾石，施工用砂浆泵或者采用浆液将干砂砾石直接充填灌入孔内，使充填物在浆液带动下逐渐填充满溶洞，直至拖底完成。

4.2 岩溶区域旋挖钻干法成孔施工技术保障措施与效果

4.2.1 地质偏岩现象造成孔位倾斜现象

由于岩溶地区桩基施工旋挖钻在钻进成孔过程中多遇到成孔路径上一半石头一半松软土（松软土夹层）现象及无充填溶洞或半充填溶洞较多，容易造成孔位倾斜。这是旋挖钻头因自身重力及液压加压时易往松软土方向偏移造成的。

处理措施：熟悉图纸，详细进行技术交底^[3]，在施工至溶洞区域，轻压慢钻，并加强对钻杆垂直度的观测。偏岩现象发生时，灌注 C15 混凝土，待混凝土达到一定强度后（一般需等待 3 天），再进行桩基复钻。

4.2.2 塌孔现象

桩位处松软土层较厚及有大型全充填或半充填溶洞，容易造成塌孔现象。

处理措施：塌孔后旋挖钻机需重提钻头，回填片石、黏

土，夯实后再重新钻进，直至成孔。

4.2.3 卡钻、掉钻现象

岩溶发育区域施工，钻头打破溶洞顶壁时，压力骤减，钻头易发生掉落；在钻头提升时易发生卡钻埋钻事故。

处理措施：技术人员提前对钻机作业人员进行技术交底，钻进过程保障桩孔顺直，无倾斜，在临近溶洞区域便减压慢钻，溶洞顶部一般岩层较坚硬，当钻进速度进一步变缓时，大概率已经到达顶部区域，需要钻手进一步提高警惕打破溶洞壁后及时提升钻杆，对溶洞进行处理后开始下一步施工。

在岩溶地区施工，超前的详细的地质资料勘探对施工具有重大意义，施工时可以根据地质资料确定溶洞位置，提前采取相应措施，是保证人机安全，确保成孔质量的前提要素。施工过程中，需要结合现场实际，各方条件，加强观测，多手准备处理溶洞需要材料，确保发现溶洞便能处理溶洞，提高作业工效，保障施工质量和进度。

5 结语

论文通过对岩溶地区旋挖钻机作业方式的探讨与摸索，总结出一套科学的、具有实践性的针对特大型、大型、小型、连续多层溶洞、不规则溶洞及特殊情况下岩溶地质的处理方式和成孔保障措施，对于岩溶地区桥梁工程地基处理的实施具有一定的推广性及指导意义。

参考文献

- [1] 冯建.岩溶地区桥梁桩基础施工技术探讨[J].科学技术创新, 2021(32):151-153.
- [2] 李斌.岩溶地区钻孔桩基础施工疑难处理措施[J].工程建设与设计,2021(10):138-140+146.
- [3] 崔志军.公路桥梁桩基施工中溶洞处理技术[J].交通世界,2021(23):149-150.