

隧道富水全风化砂岩真空井点降水及旋喷桩施工技术

刘金星 张宏伟

中铁隧道集团二处有限公司张掖项目

DOI:10.32629/btr.v8i6.4817

[摘要] 为提高富水全风化砂岩类地质隧道初期支护施工的安全性和稳定性,王洼铁路程儿山隧道在富水全风化砂岩中采用真空井点降水及旋喷桩相结合的施工技术,达到了有效安全地推进了施工进度目的。根据设计及现场地质情况,从地质勘查资料,现场数据分析及不利因素等情况入手,采用先真空井点降水,后旋喷桩施工相结合的施工方法,有效控制隧道沉降及收敛,为初期支护的施工提供了安全的作业环境,并提高了施工进度,以此为类似工程施工安全与技术提供经验。

[关键词] 富水全风化砂岩; 真空井点降水; 旋喷桩施工技术

中图分类号: U455.49 文献标识码: A

Construction Technology of Vacuum Well-Point Dewatering and Jet Grouting Pile for Tunnels in Water-Rich Completely Weathered Sandstone

Jinxing Liu Hongwei Zhang

Zhangye Project, China Railway Tunnel Group No. 2 Engineering Co., Ltd.

[Abstract] To improve the safety and stability of initial support construction for tunnels in water-rich completely weathered sandstone geology, the Wangwa Railway Cheng'ershan Tunnel employed a combined construction technology of vacuum well-point dewatering and jet grouting piles in water-rich completely weathered sandstone, achieving effective and safe advancement of construction progress. Based on design requirements and on-site geological conditions, starting from geological survey data, on-site data analysis, and unfavorable factors, the construction method of first implementing vacuum well-point dewatering followed by jet grouting pile construction was adopted. This effectively controlled tunnel settlement and convergence, providing a safe working environment for initial support construction and improving construction progress, thereby offering experience for the construction safety and technology of similar projects.

[Key words] Water-Rich Completely Weathered Sandstone; Vacuum Well-Point Dewatering; Jet Grouting Pile Construction Technology

引言

隧道施工是交通基础设施建设中主要的施工项目,尤其在山岭地区最为普遍。由于地质条件复杂,隧道施工过程中常面临各种技术难题。富水全风化砂岩在西北地区是一种常见的地质情况,其特点是土体疏松、含水量高、承载力低等。在这样的地质条件下进行隧道施工,必须采取有效的技术措施来提高岩体的稳定性和安全性给隧道施工带来了诸多挑战。为了解决隧道施工中的地质问题,本文研究了真空井点降水与旋喷桩相结合的施工技术在富水全风化砂岩地质隧道施工中的应用,为类似工程提供参考。^[1]

1 工程概况

王洼铁路程儿山隧道洞身1000m范围揭示地质为全风化白垩系砂岩,呈砂状、松散颗粒结构,弱胶结、含水量较大,开挖过

程中自稳能力差,采用为台阶施工,易发生台阶溜垮、拱背及边墙涌水涌砂、开挖断面难以成型等现象,下台阶及底部边墙为全~强风化白垩系砂岩,呈砂夹块石状,频繁发生涌水涌砂及变形现象,安全不可控,施工进度停滞。

2 施工方法选择

为保证现场正常施工,前期各方参建单位共同研究决定采用全断面帷幕注浆对掌子面进行加固,但现场围岩揭示为全风化砂岩,结构致密,孔隙率小,浆液难以扩散,可注性差,且施工周期较长,功效低,初支变形控制不明显,安全风险依然存在。针对现场实际情况,结合市政工程基坑防护施工方案及类似地质围岩施工方法,各方确定采用采用先降水后旋喷桩施工措施:在隧道未封闭段施做真空降水,隧道两侧及拱部施工“三向”旋喷桩,形成止水帷幕及超前初期支护支撑体系。

经过实际对两种方案的可操作性、可行性、可靠性、经济性进行工后对比,得出真空降水+旋喷桩相结合的施工方案对未成环的初期支护提供坚实的基础,有效的控制了初期支护的沉降、变形,提高了全风化砂岩隧道初期支护施工的安全性和稳定性,形成安全的施工环境.

3 总体工艺过程

现场勘察:对隧道施工区域进行详细勘察,了解富水全风化砂岩的分布、厚度、颗粒组成等情况。

方案设计:根据勘察结果,设计真空井点降水与旋喷桩施工方案,包括桩径、桩深、间距等参数。

施工实施:按照设计方案进行降水与旋喷桩施工,并记录施工过程中各项数据。

监测与检测:对施工后的隧道进行沉降监测和稳定性检测,收集相关数据。

结果分析:结合监测与检测数据,分析旋喷桩与降水施工技术在全风化砂岩地质隧道施工中的应用效果。

4 施工工艺

4.1 真空井点降水施工

根据隧道施工范围的地址勘察资料,确定井点的位置、数量和深度。同时考虑周边环境 and 施工条件,进行合理的井点布置设计。设计时需考虑抽水设备的选择、供电和排水等配套设施的建设。

4.1.1 井点施工。降水设备采用7.5kw真空泵,降水管支管采用 $\phi 32$ PPR管或钢管,主管采用 $\phi 75$ mm钢丝软管。纵向沿各台阶左右两侧边墙布置,横向沿台阶底部及边墙布置,间距不大于0.5m。按照井点布置设计进行钻孔、清孔、下管、填砂等施工工序。

钻孔时应注意控制孔深、孔径和钻孔角度;清孔是为了清除孔内泥浆,保证滤水管顺利安装;下管时需注意保护井管,防止损坏;填砂是为了防止孔壁坍塌,保证抽水设备的正常运行。

4.1.2 抽水与水位监测。安装好真空泵后,进行抽水试验,检查井点的排水能力是否符合施工要求,并确保真空泵压力要在负压以下。^[2]抽水过程中,定时记录水位变化,进行水位监测。同时,根据水位变化情况及时调整抽水设备的工作参数,确保达到预期的降水效果。

4.1.3 降水效果评估。在隧道施工期间及运营初期,应对降水效果进行评估。评估内容包括:降水对隧道施工安全的影响、隧道内外的水文地质条件变化等。根据评估结果,可对井点布置进行调整或采取其他有效的补救措施,以提高降水效果。

4.1.4 维护与清理。在降水运行过程中,应加强现场巡查,定期对真空泵及降水管进行检查和维护,确保其正常运行。同时,及时清理排水管道和沉淀池等设施,防止堵塞和淤积。

4.2 旋喷桩施工工艺

4.2.1 施工工艺。根据设计图纸、地质勘查资料及现场实际情况,为确保隧道掌子面稳定,减小初支变形,真空降水持续一段时间后,使掌子面达到中湿状态,施工斜向旋喷桩+洞内水平旋喷桩。

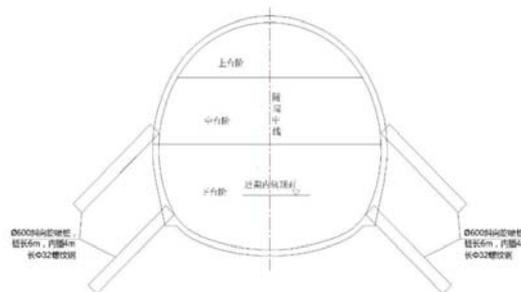


图1 旋喷桩布置示意图

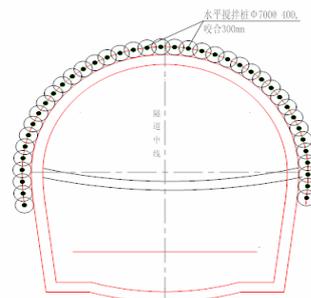


图2 旋喷桩布置示意图

斜向旋喷桩为在隧道两侧拱脚处施工旋喷桩锁脚,桩长6m,桩径为60cm,桩中心间距为50cm,相邻两根桩相互咬合10cm,旋喷桩内插两根 $\phi 32$ 钢筋并与拱架焊接牢固,目的是在软弱围岩条件下,提高拱脚承载力。相邻旋喷桩缩脚之间形成咬合形成隔墙,截流结构两侧部分地下水。针对隧道上台阶及中台阶上部范围内的地下水是做拱部水平旋喷桩,每循环桩长18m,搭接3m,其余施工参数同斜向旋喷桩。

采用潜孔钻打设水平孔及锁脚,高压泵将水泥净浆通过钻杆、喷嘴旋喷到土体内。喷浆用水泥浆在搅拌桶中集中拌制,流出的污水及废浆收集到储浆桶集中运出隧道按规定处理。旋喷桩施工时拱部孔位从下到上或左、右交替进行。

水平旋喷桩施工工艺流程图,见图2:

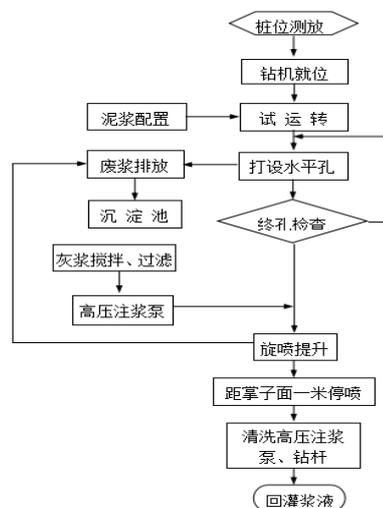


图3 施工工艺流程图

4.2.2主要施工步骤。

4.2.3施工准备。场地平整: 因在隧道洞内施工, 施工作业空间和场地有限, 必须提前清理和平整施工场地, 确保机械通行及作业安全;

材料准备: 配足水泥及外加剂, 并检验合格;

设备准备: 检查潜孔钻机、高压泵、空压机、浆液搅拌机是否正常;

工艺性试验: 正式旋喷桩施工前, 进行试验桩旋喷, 确定该地层情况下喷射压力、提升(或后退)速度、转速、水泥浆液配合比等参数。

测量放样: 测量人员根据施工交底精确在掌子面或拱脚位置放出桩位, 并做好标记。

钻机就位: 将钻机在指定位置就位(水平旋喷桩需提前搭设作业平台), 校正钻机, 使钻机中心对准桩位中心。

钻孔: 使用潜孔钻钻设导孔, 钻至设计位置。

插管至孔底: 旋喷桩采用单管发施工, 钻杆本身就是注浆管。

高压喷射注浆: 当注浆管达到设计深度后, 启动高压泵、空压机等设备, 按试验得出压力、流量等参数喷射浆液。^[3]

旋喷提升或后退: 参数稳定后, 按照固定速度边旋转边提升(或退管)注浆管, 保持匀速、连续, 严禁中途停顿或提速过快, 最终形成均匀桩体。

成桩: 旋喷注浆至设计桩顶标高后, 停止喷射, 提出注浆管, 将钻机移至下一桩位。为防止串孔, 相邻桩施工间隔时间不宜小于48小时。

清洗: 施工结束后, 用清水清洗高压泵、注浆管及喷嘴, 防止水泥浆堵塞系统。

回灌浆液: 旋喷结束后, 根据桩体情况, 及时进行静压注浆, 防止出现凹陷。

4.2.4主要技术参数。浆液压力: 30MPa~40MPa; 浆液流量: 60L/min~120L/min;

提升(后退)速度: 10~25cm/min, 速度越慢, 桩径越大, 强度越高。

4.2.5旋喷桩施工技术标准。

表1 旋喷桩施工技术检查表

序号	项目名称	技术标准	检查方法
1	钻孔垂直度允许偏差	≤1.5%	实测或经纬仪测钻杆
2	钻孔位置允许偏差	50mm	尺量
3	钻孔深度允许偏差	±200mm	尺量
4	桩体直径允许偏差	≤50mm	开挖后尺量
5	桩身中心允许偏差	≤0.2D	开挖桩顶下500mm处用尺量, D为设计桩径
6	水泥土强度	qu(28) ≥ 1.2MPa	试验检验
7	水灰比	1:1	试验检验

5 方案特点

5.1真空降水

降水效果好, 使用范围广: 不仅依靠重力排水, 更主要是通过真空吸力, 产生负压, 强力抽取围岩中的裂隙水, 特别适用于

渗透系数较小的粉土、粉砂等地质。

降水深度较大: 单级井点降水深度一般为2~6m, 多级井点系统可有效降低更深基坑10m以下地下水位。

有效固结土体, 提高自稳能力: 减少围岩孔隙水压力, 增加土颗粒之间有效应力, 使砂岩产生固结, 密实度提高, 增强了开挖面的稳定性。

设备简单, 施工灵活: 设备为井点管、连接弯管、集水总管和真空泵, 结构简单。根据降水区域随机布置井点, 限制条件少。

成本低: 相比深井降水、帷幕隔水等工法, 真空井点降水施工成本低, 尤其对粉细砂岩, 性价比更高。

5.2旋喷桩

地质局限小: 针对淤泥、黏性土、砂土、粉细流砂层, 碎石土等地质加固均可应用。

加固效果好, 强度高: 通过高压旋喷, 使水泥浆液充分与地质岩层均匀混合, 固结强度远高于原状围岩。

可控性强, 桩径灵活: 施工过程中根据围岩情况通过调整压力、速度、流量等参数控制成桩直径, 达到合适的桩体。

可垂直、倾斜施工: 根据实际加固作业面, 通过调整钻机角度, 形成一定角度的旋喷桩。

兼具加固与止水双重功能: 旋喷桩施工完成后, 桩体连续且密实, 不仅提高地基承载力, 还能有效阻隔地下水。

6 实施效果

王洼铁路程儿山隧道进入富水全风化砂岩段后, 采用了水平旋喷桩与真空降水相结合的施工技术, 有效降低了隧道初支大变形、大坍塌等施工风险, 保障施工人员安全, 提高了施工效率, 有效地缩短施工工期。通过合理的施工组织和技术优化, 确保了工程按计划顺利进行。

7 结论与建议

根据在王洼铁路程儿山隧道施工实践和研究, 得出以下结论:

真空降水施工能够降低富水全风化砂岩地区的地下水位, 降低软化砂岩及冲刷边墙风险, 提高其抗滑能力和稳定性, 为隧道施工创造有利条件。

旋喷桩能够有效加固富水全风化砂岩地区的隧道围岩, 提高围岩的稳定性。

综合运用真空降水与旋喷桩施工技术, 能够有效地解决富水全风化砂岩地区隧道施工中的地质问题, 提高隧道施工的安全性和稳定性。

本文对富水全风化砂岩地区隧道施工中的旋喷桩与降水施工技术进行了深入探讨, 得出了有益的结论。然而, 由于地质条件的复杂性和多变性, 实际应用中还需根据具体情况进行调整和完善。未来将继续深入研究相关技术, 以期在更多领域得到应用。

【参考文献】

[1]胡齐凡, 张继青. 超高压旋喷注浆法在卵石地层的应用试验研究[J]. 铁道工程学报, 2017, 34(12): 13-17.

[2]赵建夏, 刘小峰. 钻孔咬合桩在深圳地铁工程中的应用[J]. 人民长江, 2001. 9.