

软岩大变形隧道三台阶开挖工法研究及应用

龚志明

中铁隧道局集团有限公司, 广东 佛山 528000

[摘要]为解决软岩大变形高风险隧道在台阶法施工过程中容易发生垮塌,以及初期支护施工不当而带来的大变形不可控、安全步距超标等问题,以中老铁路新安隧道为研究对象,研究分析新型的三台阶预留核心土带仰拱一次开挖法的关键控制要点,对其工艺控制关键点及创新效果等进行系统研究,进而为软岩极易发生变形的隧道施工提供有益的技术参考。

[关键词]软岩大变形;施工工法;应用

DOI: 10.33142/ect.v2i1.10676

中图分类号: U455.31

文献标识码: A

Research and Application of Three Step Excavation Method for Large Deformation Tunnel in Soft Rock

GONG Zhiming

China Railway Tunnel Group Construction Co., Ltd., Foshan, Guangdong, 528000, China

Abstract: In order to solve the problems of large deformation and high-risk tunnels in soft rock that are prone to collapse during bench method construction, as well as uncontrollable large deformation and excessive safety step distance caused by improper initial support construction, taking Xin'an Tunnel of China Laos Railway as the research object, this paper studies and analyzes the key control points of the new three bench reserved core soil belt inverted arch one-time excavation method, and systematically studies the key points of its process control and innovative effects, which provides useful technical references for tunnel construction in soft rock formations that are prone to deformation.

Keywords: large deformation of soft rock; construction method; application

引言

软弱围岩在隧道建设中所带来的挑战,主要表现为其强度低、稳定性差、变形持续不可控制等问题,这些因素已成为当前国内隧道建设面临的主要难题之一。这一问题不仅直接影响到施工进度,还对安全管控提出了严峻的挑战。在国内外,许多专家针对不同地质条件下的软弱围岩展开了深入研究,通过大量围岩模型参数的分析试验以及采用不同的工法进行软岩隧道开挖工艺的优化,试图解决软弱围岩的施工问题。

这些研究主要集中在构建模型进行受力变形分析和总结提升施工工法两个方面。通过模型分析,研究人员试图理解软弱围岩在受力过程中的变形规律,为工程实际操作提供理论指导。此外,对不同的施工工法进行总结提升,旨在通过经验总结和工法的改进来提高软岩隧道开挖的效率和安全性。

值得注意的是,目前的研究主要侧重于理论分析和工法总结,而实际工程中软弱围岩的施工方法的研究及效果应用仍然存在亟待解决的问题。在实际施工中,由于软弱围岩的多变性和复杂性,理论研究难以覆盖所有实际情况。因此,对软弱围岩的施工方法进行深入研究,提升其实际应用效果,对于提高施工效率、节约施工成本以及确保施工安全等方面都具有非常重要的意义。

软弱围岩的施工问题是当前隧道建设中亟待解决的难题之一,需要在理论研究的基础上更加注重实际工程应用的有效性。通过深化对软弱围岩施工方法的研究,我们可以更好地应对实际工程中的挑战,为隧道建设领域的可持续发展贡献更多有价值的经验和解决方案。

1 工程地质概况

新安隧道长8878m,最大埋深658m,穿越5个断裂带,1个向斜、1个背斜,隧道后半段存在与隧道走向平行的平面间距很近的区域性扬武-青龙厂大断裂,并伴生许多未探明的次生断裂纵横切割洞身,地质构造极为复杂,洞身断裂、褶皱、节理极其发育,岩体极为破碎,遇水泥化严重,施工过程中频繁遭遇溜坍、涌突和变形等不良地质灾害,施工难度大。新安隧道沿线部分地质纵断面示意图如图1所示。

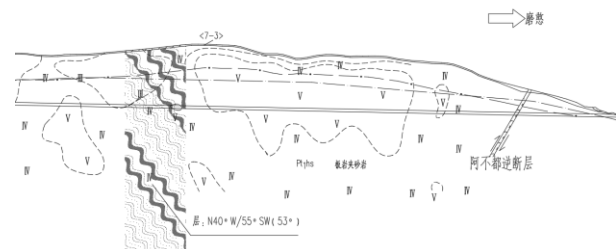


图1 新安隧道软弱围岩分布图

通过对岩性的分析可见,新安隧道岩性多为板岩,夹杂页岩,具有明显的层理结构,其抗拉强度在垂直于层理面时较低,加之节理、裂隙的影响,该地层软弱围岩的抗拉强度进一步降低,当层里面具有镜面时,炭质板岩可能沿着层面滑移,造成掉块或滑移型大变形。

2 三台阶预留核心土带仰拱一次开挖工法关键技术及措施

2.1 传统工法施工特点

传统软岩隧道开挖工法通常采用分步开挖法,主要采用台阶法。在这种方法中,每一台阶的开挖都会伴随着及时的支护和变形控制。具体而言,当每一台阶进行开挖时,都会实施及时的支护措施,以控制隧道围岩的变形。随后,进行仰拱并分步进行下一台阶的施工。这一过程的结果是封闭成环的周期相对较长,由于下一台阶的支护必须在仰拱开挖之后进行,整体工序的衔接相对不够顺畅。

2.2 本工法施工特点

为解决以上弊端,新安隧道采用三台阶预留核心土带仰拱一次开挖工法,仰拱开挖及初期支护与下台阶同时进行,实现初期支护第一时间封闭成环,同时上台阶预留核心土,防止软弱围岩开挖面和隧道变形、坍塌,对类似复杂地质隧道工程具有借鉴意义,其工序组织如图2所示,具体如下:

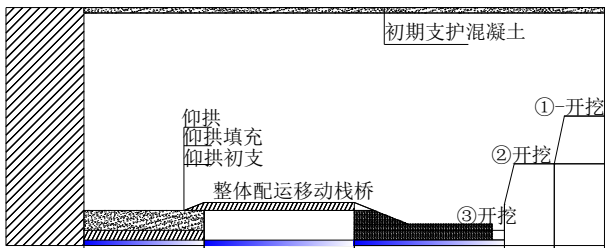


图2 工序组织示意图

(1) 上台阶的铣挖与中、下台阶的开挖同步进行,上台阶铣挖结束后,上、中台阶勾碴,下台阶出碴,上台阶立拱支护及施做超前支护和下台阶、仰拱开挖出碴同步进行,待上中台阶喷浆时平行进行下台阶、仰拱初支立拱作业,喷浆结束后,对成环的仰拱初期支护回填,进入下循环作业,有效规避初支封闭成环不及时造成的支护变形。

(2) 配套采用非爆机械铣挖方式,减少滑塌、突涌现象,并解决了超挖大、效率低等问题。铣挖平均线性超挖控制在8cm以内,避免开挖断面不整齐而造成的应力集中。铣挖过程中配合机械手初喷,围岩暴露时间短,避免溜坍,且提高施工效率。

(3) 上台阶预留核心土对掌子面施加反力,又能减少一次掘进的方量,最大限度地保证掌子面的稳定。遵循“岩变我变”的原则和思路,核心土长度和尺寸根据工况及作业需求进行动态调整。

(4) 仰拱施工采用整体移动栈桥,上台阶施做超前支护同时对仰拱初支部分回填洞碴形成平行作业,利用工

序衔接提高效率,有效加快仰拱施工进度,并能确保隧道安全步距不超标,对仰拱边墙及时二次衬砌支护,控制地质风险高的区段初支变形。

3 变形监测与安全性评价

为保障隧道施工安全,需加强对围岩变形监测数据的收集和分析,V级围岩每5m布设一个量测断面,特殊情况下,缩小布点间距,增加布点数量,加大观测频率。围岩变形主要测点布置图如图3所示。

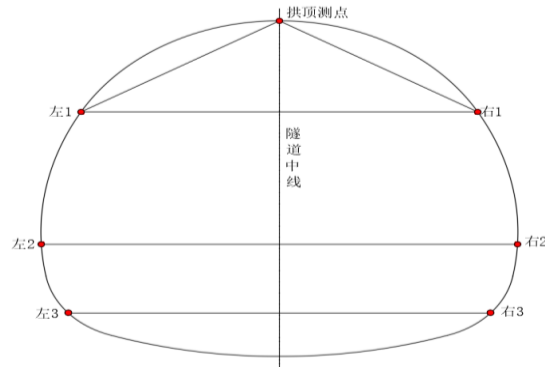


图3 围岩变形测点布置图

使用本工法开挖,仰拱初支距离掌子面近,封闭及时,沉降变形及时稳定。监测数据表明,初支封闭后收敛趋势明显。经分析汇总,各观测点的时间-位移和距离-位移关系满足图4所示的正常曲线分布情况,控制变形收敛效果好,满足相关规范安全要求。

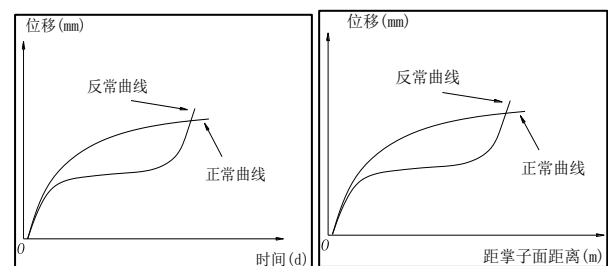


图4 时间-位移曲线图和距离-位移曲线图

该工法另一重点是上下各有效空间的平行作业施工,核心是工艺标准制定和顺畅衔接。要求仰拱初支面回填碴土厚度大于0.8m,传感器上报数值达到I级控制值以及水平收敛、拱顶下沉达到5mm/d,或累计位移达到100mm时,必须立即暂停施工,研究相应处理措施,进行专家研讨制定措施,并按照工程安全性评价流程进行。

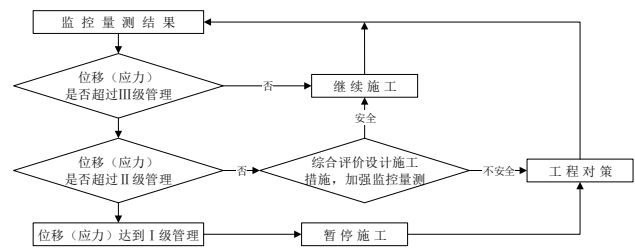


图5 工程安全性评价流程

4 工法效果分析

与传统台阶法比较,采用新型的三台阶预留核心土带仰拱一次开挖工法,大大简化了仰拱开挖程序,确保各工序之间的顺畅衔接,降低仰拱初支护时间,节约达 18h;经多次验证,一次掘进 0.6m,以 25 个工作日计算,每个月可掘进 50m,明显提升施工进度;仰拱清理工之后,配套移动栈桥整体行走到位,对仰拱钢筋、防排水、立模、浇筑混凝土的施工极为有利。

5 结论与建议

通过实际验证,新型的三台阶预留核心土带仰拱一次开挖工法在软岩大变形隧道工程中表现出许多显著的优点,为解决传统工法的一系列问题提供了有力的技术支持。以下是对该工法的结论和建议的详细阐述:

优点总结:

(1) 工序衔接效果显著:三台阶预留核心土带仰拱一次开挖工法成功实现了开挖工序与机械手初喷封闭的有效衔接,极大地缩短了围岩的暴露时间。这不仅有助于提高工程的施工效率,而且减少了围岩长时间受到外界影响的可能性。

(2) 安全风险降低、质量可控:该工法采用仰拱初支及时封闭成环,使拱墙整体受力,有效避免了下台阶拱脚长期浸泡而导致的支护变形。这一做法降低了安全风险,同时也保证了施工质量的可控性,为工程的长期稳定性提供了有力的保障。

(3) 经济效益显著:该工法的采用不仅有助于降低工程成本,而且有利于工期的控制。通过有效的变形控制和及时的封闭成环,工程可以更加迅速、高效地完成,从而实现显著的经济效益。

(4) 适用性广泛:三台阶预留核心土带仰拱一次开挖工法在软岩大变形的隧道工程中显示出较高的适用性。结合合理的管理手段,该工法能够实现各工序的平行施工,为软岩隧道工程创造了有利的经济效益,也为世界隧道领域提供了一种可行的解决方案。

在推动软岩大变形隧道工程中新型三台阶预留核心土带仰拱一次开挖工法的实际应用过程中,提出了一系列建议,以进一步优化和完善这一工法,确保其在实际施工中充分发挥优势,并为软岩隧道工程领域的发展作出更大贡献。

在软岩隧道的施工中,及时地开挖和支护对于控制变形、确保安全至关重要。因此,我们建议在实际施工中引入快挖快支的机制,确保机械手与开挖工序之间的紧密配合。通过机械手与开挖工序的协同作业,可以实现下台阶带仰拱作业的一次成型到位,从而实现快速封闭。这一机制不仅有助于提高施工效率,还能有效地控制隧道围岩的变形,最终确保施工的安全性。

在后续工序中,为了减少交叉施工干扰,我们建议引入创新的配套工装。这些工装的设计应考虑到各个工序的需求,确保它们能够相互协调,提高整体施工效益。通过减少交叉施工的干扰,我们可以为各个工序创造更多的便利条件,进一步提高整体工程的质量和效率。

为了不断完善三台阶预留核心土带仰拱一次开挖工法,我们建议进行持续的改进和研究工作。这包括结合实际工程经验,不断优化施工方案和技术细节。通过持续的研究工作,我们可以更好地了解工法在不同地质条件下的适用性,提高其可靠性和可持续性,确保其在实际工程中的长期有效性。

这些建议旨在进一步提高新型工法在软岩大变形隧道工程中的应用水平,促使其更好地适应实际施工需求。通过采纳这些建议,我们有望为软岩隧道工程领域的创新和发展贡献更多有价值的经验和实践。

[参考文献]

- [1]高玉明. 软弱破碎围岩卸荷特性与施工要点研究[J]. 公路工程, 2018, 43(1): 181-185.
- [2]李树繁. 滇东山区软弱围岩高陡边坡隧道进洞开挖技术对比研究[J]. 公路, 2020, 65(3): 325-331.
- [3]李鹏宇, 崔光耀, 王庆建. 软弱围岩铁路隧道三台阶带仰拱一次开挖工法台阶高度优化研究[J]. 高速铁路技术, 2021, 12(1): 46-49.
- [4]铁路隧道监控量测技术规程:Q/CR 9218—2015[S]. 北京:中国铁道出版社, 2015.
- [5]林建奎. 三台阶带仰拱一次开挖工法在高铁隧道施工中的应用[J]. 城市建设理论研究(电子版), 2018(26): 68.
作者简介: 龚志明(1984.6—), 男, 毕业院校: 湖南科技大学. 所学专业: 土木工程道桥工程专业. 当前工作单位: 中铁隧道局集团建设有限公司. 职务: 副总经理. 职称级别: 高级工程师.