

Research on NATM Construction Technology of Tunnel Engineering

Ming Li Renhong Ding

Chongqing Urban Construction Investment (Group) Co., Ltd., Chongqing, 400000, China

Abstract

In the 21st century, tunnel construction technology accounts for a large proportion of the development of tunnel and underground space. Tunnel and underground engineering have the advantages of energy saving, land resource saving, environmental protection, earthquake resistance and disaster prevention, so they are widely used in railway, highway, water conservancy and hydropower, energy, logistics, national defense and other aspects. Since the application of NATM in the construction of high-speed railway tunnels in China more than 60 years ago, based on the theory of rock mechanics and tunnel engineering construction, it has fully considered the bearing capacity of rock mass, and adopted the implementation means of "NATM", namely "pipe overtaking, strict grouting, short excavation, strong support, early plugging, frequent measurement", which effectively reduces the disturbance of rock mass and has been widely used in tunnel construction.

Keywords

NATM; construction technology; support structure; tunnel works

隧道工程新奥法施工技术研究

李明 丁仁洪

重庆市城市建设投资(集团)有限公司, 中国·重庆 400000

摘要

在21世纪隧道施工技术占隧道和地下空间大发展的极大比重,隧道及地下工程具有节能、节约土地资源、环保、抗震防灾等优势,因而在铁路、公路、水利水电、能源、物流、国防等各方面都得以广泛采用。自60多年前,新奥法开始在中国高速铁路隧道施工中应用以来,它以岩体力学理论和隧洞工程建设为依据,充分考虑岩体承受能力,并采取“新奥法”实施手段,即“管超前、严注浆、短开凿、强支撑、早封堵、勤量测”,有效地减小了对岩体的扰动,在隧道施工中得到了广泛的应用。

关键词

新奥法; 施工技术; 支护结构; 隧道工程

1 引言

在中国隧道工程施工中,盾构法、采矿法和新奥法等技术应用最为广泛,其中新奥法施工技术更是以丰富的施工经验和精湛的岩体力学技术为基础,为隧道建设提供了一种全新的施工方式。一些书籍将山岭隧道施工技术划分为传统矿山法和新奥法,其中新奥法在理论和实践上都有显著的改进,使得它更加符合实际情况,更加具有可操作性^[1-3]。自20世纪60年代以来,新奥法的出现标志着一种全新的掘进方式的诞生,它利用控制爆破或机械开挖技术,结合岩石锚杆和混凝土喷射施工技术,实现了更加高效、安全的掘进和支护。近60年来,光面爆破、喷锚支护和监控测量等技术方法一直被广泛应用于隧道工程施工,并在实践中不断完

善,为隧道施工提供了更加有效的技术支持。随着交通基础设施的不断改善,技术也在不断进步和完善。新奥法的技术优势已经被广泛应用于隧道工程,它对工程质量的影响是不容忽视的^[4]。因此,在实践中,应该严格把控关键技术的应用,以确保工程质量达到最高标准。

2 新奥法施工技术

2.1 新奥法施工原理

新奥法施工技术旨在充分利用岩体的自身承载力,以最大限度地减少对围岩的干扰,确保围岩的完整性;同时,要密切关注围岩的性质,避免长期暴露在外环境中,从而导致其质量下降。在隧道开挖过程中,应当建立一个具有良好受力条件的洞室,以确保岩体能够得到充分的支撑。一般来说,开挖后岩体会出现轻微变形,但这些变形都是正常的,可以通过重新分配岩体应力来缓解。通过将挖掘面视为整体,岩体应力均匀分布在圆形平面空穴中,以保持岩土应力

【作者简介】李明(1963-),男,中国重庆人,硕士,正高级工程师,从事建筑结构研究。

均衡,有效地支撑隧道结构^[5]。

2.2 新奥法与传统矿山法对比

公路隧道建设中,新奥法和传统方法相比有很大的优势。例如,利用爆破与柔性薄衬砌的方式,将有效面积 L 定义为 500m²,判断混凝土衬砌面积 M、超挖面积 N。通过对新奥法和传统方法的施工量对比,可知在此情况下传统方法比新奥法多挖 175m²,新奥法的开挖量仅占传统矿山法的 0.758,新奥法衬砌量为传统方法的 0.194。通过工程经验及换算关系,新奥法还节省了木模和 40% 左右混凝土,节约支护成本 30% 以上。传统方法与新奥法优势对比见表 1。

表 1 传统方法与新奥法优势对比

项目	新奥法	传统矿山法
有效面积 L	500m ²	500m ²
混凝土衬砌面积 M	35m ²	180m ²
超挖面积 N	15m ²	75m ²
M+N	50m ²	225m ²

2.3 新奥法施工特点及现状

2.3.1 新奥法施工优点

新奥法具有多项优势,其中最重要的是安全性和经济性,它能够大大加快施工进度,并且具有更强的适应性。它特别适用于那些比较坚固的黏土地质学、一般岩体、那些胶结不强的砂岩、泥质灰岩或者高应力环境下仍然坚固的岩层,这种地质学的共同特点在于自稳时间较长。

新奥法使用喷锚支护进行临时性保护,具有显著的优势:不仅能够节省大批材料,而且能够尽快实施,有效围岩变化,发挥其强度,而木支撑只是消极地承担围岩的松动荷载。使用闭合支护技术能够更好地满足岩体结构动力的要求,有助于稳固围岩;相比常规爆炸破碎方式,控制爆破技术更具优势,它能够按照要求有效实现开挖轮廓线,并将爆炸破碎对围岩的影响降到最低点。此外,相对常规采矿法而言,使用限制爆炸破碎更是一种有效的方法。量测是新奥法施工的关键步骤,它能够帮助我们更好地理解工程地质条件,并且在相同的条件,新奥法的分块可能比传统矿山法少得多。此外,由于使用了锚保护,新奥法施工的空间能够得到极大扩展,为建筑施工提供了更加有利的条件。

2.3.2 新奥法施工现状

现阶段,新奥法已成为隧道工程建设新起点,其主要利用对隧道结构的明确,分析围岩核心承载力基准点;利用围岩开挖与加固的手段,对其卸载位移给予有效控制;针对整体隧道支护项目,在受力围岩区域内,可在较小空间内出现围岩结构变形,应对围岩位移幅度进行抑制,避免发生围岩结构松散的状况;围岩首次支护工作的开展,需以围岩自身承载力为标准,通过对支护最佳时间、效果的判断,降低围岩变形的危险;公路隧道工程开挖前,应对围岩周边地质条件进行勘测,在确保无任何遗漏的前提下,计算围岩位移变形参数。总而言之,新奥法的出现,得益于其与喷射混

土围岩紧密结合、受力迅速的特点,使其能在各类隧道工程中得到了广泛的应用。

3 某隧道工程施工及开挖

现有一公路隧道长 230m,该隧道围岩等级从内到外依次为 IV 级、V 级。该隧洞有所占地理位置低,隧洞的围岩也是由硬度较大的岩体所构成。隧洞基本采用微风化地层,主要部分为砾石地层与冲沟地带构成。在进行隧道施工的现场准备工作、资源配置工作以及对施工中人员的教育培训工作之后,在保证隧道设计图纸、施工器械、施工人员各方面都没问题的情况下,开始进行隧道施工及开挖工作。

3.1 洞口土石方施工

3.1.1 洞口边、仰坡开挖及防护

在开始进行隧道施工之前,应该首先处理好隧道入口。应该清除所有可能导致滑坡的土壤和危险的石头,以避免安全事故发生。洞口入口处的支护工程应该从上到下逐层进行,并及时完成洞口入口处的加固、防护和防水工程。

3.1.2 洞口段施工

洞口段为暗挖地段,将会对洞顶土壤地表的仰坡产生不良影响,但因为该工程的洞口岩体地质条件不好,所以对洞口段采取掘进机与炸药破碎有机地结合的方法进行,采取明挖法掘进,并采取分层支护方法进行。由于洞口段围岩的开挖条件很差,所以在进入洞口以前应该根据设计条件做好早期支护,并且在开挖过程中应加强初期工作在隧道暗洞挖掘至 55m,洞口施工完毕时进行二次衬砌。

3.2 隧道洞身施工方法

3.2.1 IV 级围岩普通段开挖支护措施

针对 IV 级围岩的开挖,初期支护采用注浆小导管或砂浆锚杆超前支护,网喷砼、锚杆及格栅拱架联合支护。同时为了保证隧道结构整体的稳定性,在隧道开挖前就该对洞口进行施工套拱处理。在开挖前应做好以下支护处理:在洞口处打入直径为 89mm 的管棚,之后进行开挖断面的操作,注意在开挖过程中每前进 1~1.5m 就应该进行喷锚支护,确保结构的稳定性。

隧道洞身施工方法有许多,主要有:全断面法、台阶法、中侧壁法、分部开挖法,本文中 IV 级围岩段采用施工方法为中隔壁法。首先进行右导坑上部断面开挖,然后是中部、下部,开挖完成后依次进行 I、II、III 步……直至完成 IX 步,喷射混凝土达到设计厚度。采用直径为 89mm 的短管棚注浆超前支护。考虑其他因素,备用直径为 22mm、L=4m 的超前砂浆锚杆支护,与超前注浆短管棚配合使用,设置位置位于相邻两环短管棚之间,纵向间距 5m。之后采用喷锚网工字钢架联合支护,初喷混凝土设计厚度为 25cm。

3.2.2 V 级围岩普通段开挖支护方法

对于较破碎的岩体,其喷锚支护参数计算不能与 I 和 II 级围岩相同,因为喷锚支护的作用不像整体围岩那样仅限

于消除表面局部的应力集中,防止爆破进一步松动岩石,也不像在块体围岩那样仅限于防止表面危石的坍塌。根据以上分析,软弱围岩的支护参数计算可采卡斯特纳和鲁波斯伊特导出的无支护圆形洞室的围岩出现塑性区时塑性区半径的计算公式。

V级围岩普通初期支护采用注浆小导管或砂浆锚杆超前支护,网喷砼、系统锚杆及格栅拱架联合支护。初喷混凝土厚度为25cm。V级围岩普通段二次模筑衬砌拱墙厚40cm,仰拱为60cm。V级围岩普通段采用超短台阶、下半断面分部法开挖。

4 衬砌施工

4.1 初期支护

在完成洞口洞身开挖工作后,立即进行喷射混凝土施工以避免岩体松塌,并对喷射的混凝土进行定期养护。隧道施工包括挖掘和保护两个主要部分,目前使用复合型衬砌作为隧洞支撑,由初期支撑和二次衬砌构成,初期支撑是在隧洞开凿完毕后进行的,它可以有效地帮助围岩稳定,从而提高隧道施工的安全性和可靠性。隧洞工程设计初期,系统锚索、钢筋混凝土网、工字钢拱架和浇注钢筋混凝土形成了支护结构。能够迅速闭合岩面,改变受力布置,合理调节变化,克服现场地质条件不好的实际问题,在出渣前采取湿喷法完成初喷混凝土施工。在喷涂前,应当彻底清除表面上的杂质,以确保表层的光洁平顺。在喷涂时,应当适当降低灰尘比例,以减少黏结和回弹。

4.2 仰拱施工

在施工阶段,仰拱和隧道洞身下台阶同时浇筑,人工清理仰拱下部的虚渣,抽取雨水,架设仰拱堵头模块,将水泥经过输送泵送至模块内,并进行振捣,以确保浇筑完成后强度产生,随后拖移仰拱施工平台进入到下阶段浇筑。

4.3 二次衬砌混凝土施工

在进行隧道二次衬砌施工之前,必须采取有效措施确

保变形和位移基本稳定,并且采用自行式液压模板台车作为外模,混凝土输送泵送入模,同时还要确保各预留预埋件的安装完毕,以确保施工质量。在施工时,二次衬砌与掌子面之间的距离需严格控制,直到二次衬砌完成后以及隧道结构稳定后,才能对其他部位进行施工。

针对需要安全储存的二次衬砌,应在围岩或围岩加固后开始实施;而针对需要承载力的二次衬砌,则应根据实际测量数据及时开始实施。为了保证隧洞拱部混凝土灌注质量达到最佳状态,应在拱部留出足够的注浆孔,便于在两次衬砌之后提供有效的填充注浆。

4.4 监控量测

在隧道施工过程中,新奥法采用多种仪表装置和量测元件,对地表沉降、围岩与支撑构件的变化、位置、应变等开展实时监测,以此来评价隧洞施工对环境的影响程度、围岩安全性及其支撑构件的状态,以确保施工质量。

5 结语

总而言之,“新奥法”是一种在当前和国际隧道施工中应用的新型技术,它能够有效处理各种围岩,达到“安全、合理、高效”的要求,为隧道工程施工提供了有力的支持。采用喷锚支护技术,能够有效控制开挖施工面的时空变化,从而防止围岩出现松动状况,并且在需要的条件下能够实施提前保护,这样能够确保支撑的实时性和效果。

参考文献

- [1] 赵前进,李敬伟.玉磨铁路新平隧道穿越密集断裂带施工关键技术[J].隧道建设(中英文),2019,39(12):9.
- [2] 何鹏.铁路隧道的新奥法施工技术研究[J].长春大学学报,2020.
- [3] 肖世江.新奥法施工技术在城市排污隧道工程中的应用研究[J].城市建筑,2019,16(32):4.
- [4] 彭立敏,施成华.隧道工程第二版[D].长沙:中南大学出版社,2017.
- [5] 宋秀清.隧道施工[D].北京:人民交通出版社,2020.