

玻璃纤维注浆锚杆在隧道中的应用

迟翰超

(中铁二十三局集团第一工程有限公司, 山东 日照 276800)

【摘要】随着锚固技术的发展, 玻璃纤维注浆锚杆作为新型的隧道施工工艺中重要的支护材料, 其物理与化学性能优越, 将推动隧道支护工艺的变革。与普通金属锚杆在隧道中应用相比, 将大幅度提高隧道支护与施工效率, 即满足隧道现场施工支护强度的要求, 又能保证隧道安全作业, 特别是对地质条件较差的隧道施工可提供一定的施工依据。

【关键词】玻璃纤维注浆锚杆; 隧道支护; 全断面预加固

引言

随着国家经济的高速发展, 为了有利于缓解国家的交通压力, 全国各地都在进行着交通网络的建设。隧道工程在这其中扮演着重要的角色, 根据隧道所处地质条件的等级可将隧道围岩划分为 I、II、III、IV、V、VI 级别, 针对 V 级以下围岩就需要进行必要的锚杆支护。现在使用的普通金属锚杆对围岩所提供的应力作用为控制围岩变形提供保证, 针对不同地质条件, 普通金属材料对地质条件的变化适应能力较差, 特别是那些地质条件复杂, 瓦斯, 腐蚀, 水量较大的地质条件, 腐蚀型条件将加快金属锚杆的腐蚀, 造成锚杆损坏。当锚杆依然承受围岩所受的压力作用, 在锚杆的损坏的薄弱环节就会出现极限破坏, 可能会造成隧道支护结构的整体损坏。

一、工程概况

某某高速 A 合同段路线位于福建省三明市范围内, 横跨三明市三元区和明溪县, 境内里程范围: K0+000~K25+481, 全线 25.48 Km。该高速公路范围内包含隧道一座, 左洞长度为 1578m, 右洞长度为 1575 m, 该隧道进出口为浅埋小净距隧道, 中间段落为分离式隧道。隧道路面设计时速 100km/h, 洞内纵坡为单面下坡, 最大纵坡 -1.2%, 最大横坡 -4%, 设计载荷: 公路 - I 级。

隧址区上覆第四系坡积层, 下伏基岩为燕山早期花岗岩及其风化层。根据地质调绘及钻探结果,

隧道洞身围岩为中 - 微风化花岗岩, 属较硬 - 坚硬岩, 但隧址区发育 3 条构造破碎带, 隧址区岩体总体较破碎, 洞身围岩级别以 III - IV 级为主, 构造破碎带附近围岩级别以 I - V 级为主。围岩稳定性差, 成洞困难, 在开挖过程中要防止开挖出现涌水、坍塌^[1]、冒顶等地质灾害。

二、支护方式选择

隧道在里程 K8+060 位置处, IV 与 III 级围岩交接处存在一条 F2 断层, 断层宽度 5-25m, 倾角 65°, 倾向 251°。现场发现开挖后, 该处地质条件较差, 围岩较破碎 - 破碎, 在一定范围内围岩无法成环存在, 处于缺损不完整环绕状态, 导致围岩整体受力结构缺损, 进而使围岩无法依靠自身支撑能力来实现自稳, 进而无法自成“应力拱”。在该阶段, 新奥法施工理论则无法得到利用, 在一定程度上增加了隧道施工的危险性, 增添了安全风险点, 在开挖过程中极易发生冒顶事故, 进而危及施工人员的生命和财产安全。为了防止发生坍塌危险, 需对隧道围岩进行有利支护, 同时为了满足现场施工进度要求, 依然保持全断面施工的要求, 经多种支护形式进行对比, 最终选定现场采用玻璃纤维锚杆进行注浆支护, 既能实现对围岩进行加固, 顺利通过危险地带, 又能保证施工的安全性, 在施工进度和经济效益上均取得了良好效果。

三、玻璃钢锚杆的特点

锚杆体作为锚固体系中主要受力构体, 其物理

性能将直接影响着锚固体系的整体强度，其对加固围岩和支撑耐久性起到决定性影响，且其具有灵活多变的特点，能适合不同工程的特殊要求。

将玻璃钢锚杆与普通锚杆进行对比：

杆体强度：玻璃纤维注浆锚杆其承载能力与抗拉能力较强，甚至优于同直径螺纹钢，可满足长期支护的要求。

耐腐蚀性：当锚杆所处地质条件具有腐蚀性时，会发生腐蚀损坏。而玻璃钢锚杆为合成材料，一般为不饱和聚酯树脂或乙烯基树脂，为防腐蚀材料，对环境地质条件适应性强。

防爆放静电：对于隧道内地质条件，特别是含有瓦斯地质条件，玻璃钢锚杆有着防爆防静电的作用，可以杜绝由于切割或者静电导致的爆炸事故，保证施工安全。

轻便易操作：玻璃钢锚杆仅为普通金属锚杆的四分之一，非常适合于隧道内较为狭窄的工作空间作业，并且可间接提高工作效率，减轻工人工作强度。

四、玻璃纤维锚杆力学性能研究

玻璃纤维锚杆的研究理论还待丰富，为了大力推广玻璃纤维锚杆施工工艺，应注重隧道工程、边坡工程及地下工程等领域的研究。针对玻璃纤维锚杆的理论研究可概括为两个方面：一是宏观方面，主要是指锚固体系建立后，岩土自承能力、岩土体物理力学参数等锚固参数研究；二微观角度，从锚固体系荷载传递途径出发，研究荷载作用下沿锚固长度的应力、应变分布及传递规律，重点研究锚杆杆体与注浆体、注浆体与岩土体界面上物理力学特性^[2]。

玻璃纤维注浆锚杆根据组成为两部分：由玻璃纤维所加强的锚固构件以及注浆管路。通过止浆塞可对注浆位置及区域进行控制。具体结构如下图1所示：



图1 玻璃纤维锚杆结构图

为了更好的验证玻璃纤维注浆锚杆其抗拉强度是否能够满足施工的要求，对玻璃纤维锚杆与普通锚杆进行拉拔力对比测试。

该试验均选用直径为 $\Phi 25$ mm 的玻璃钢注浆锚杆与普通注浆锚杆，采用千斤顶进行拉拔试验。为了保证避免其他试验因素对本试验的影响，分别选取长度为4.5 m，内壁厚度为1.0 cm，采用全长锚固，分别6支锚杆进行试验，以保证实验数据的可比性，数据选取平均值作为拉拔试验数据，以减少实验误差对试验的影响。试验数据见表1。

表1 锚杆抗拉试验数据

规格	试件编号	抗拉力 / KN	抗拉强度 / MPa	抗拉强度平均值 / MPa
25 mm 玻璃纤维锚杆	1	192	536	570
	2	200	558	
	3	199	555	
	4	215	600	
	5	208	581	
	6	211	589	
25 mm 普通锚杆	1	172	413	416
	2	170	408	
	3	178	427	
	4	169	406	
	5	174	418	
	6	176	422	

由试验数据可以看出：相同直径的玻璃钢锚杆与普通钢锚杆在尽量满足其他实验要素相同的条件下，玻璃钢锚杆的抗拉强度是普通钢锚杆1.37倍，采用玻璃钢锚杆可以更有效的实现对围岩的控制。由本试验还发现，锚杆发生屈服变形破坏时，玻璃钢锚杆发生劈裂破坏，普通钢锚杆发生拉断破坏。

五、玻璃纤维注浆锚杆预加固工艺

针对肖坂隧道K113+170位置处较破碎围岩，利用传统的前进式分段注浆和后推式注浆操作流程复杂，且注浆效率较低，因此现场采用玻璃纤维注浆锚杆进行全断面预加固工艺。

将开挖掌子面进行初喷,以实现掌子面的临时稳定,采用C6型多功能钻机进行钻眼,钻眼从高孔位向低孔位进行钻进,防止孔塌。玻璃纤维注浆锚杆按照间距 1.0×1.0 m梅花形进行布置,锚杆长度选择12 m。掌子面周边眼选择 30° 外插角进行钻进,掌子面中部位置采用垂直布设。钻孔完毕后,进行高压空气进行冲孔,保证孔内岩石碎渣全部清除。清孔完毕后立即安装玻璃纤维锚杆,防止孔眼发生坍塌破坏。锚杆安装到位后,安装止浆塞进行注浆作业。注浆采用注浆泵进行注浆,注浆压力应该保持在 $0.5 \sim 0.8$ MPa之间,每次注浆完毕后进行5~8 min钟保压处理,并要多次注浆,保证浆液充分进入松散体围岩。注浆完毕后,采用高强度防水混凝土进行封堵。开挖采用低爆速,低烈度炸药进行爆破,减小开挖步距,并辅助配合挖掘机,部分位置采用风镐进行开挖,可实现全断面开挖施工。并且玻璃纤维锚杆在爆破和挖掘机配合作业过程中可直接清除,避免了钢锚杆需依靠锚杆切割机的尴尬境地,既降低了工人的工作强度,又保证了工人的作业安全。

玻璃纤维注浆锚杆实现了隧道破碎围岩有二维受力状态转化为三维受力状态。注入的浆液增大了岩体的内摩擦角,增强了围岩的粘聚力,提高了围岩的自稳能力和强度,对实现隧道全断面安全开挖提供了保证。

六、玻璃钢锚杆在隧道中应用范围

1. 按照隧道“新意法”^[3]施工的要求,不仅可以实现隧道掌子面施工面破碎围岩进行超前加固。也可当开挖过程中遇到大面积的溶洞、断层或地下暗河等条件时,利用传统注浆,再进行分布开挖,将严重影响施工进度。而在此时利用玻璃钢注浆锚杆对隧道掘进面进行注浆预加固,可有效防止地质条件差对施工的影响,并可实现全断面开挖施工,提高工程进度,确保安全作业。

2. 超前导洞法^[4],即TBM施工中通过掘进第三条小直径导洞进行径向注浆加固来辅助施工大型公路、铁路、地铁隧道,我国现在很多项目都采用此方法进行施工。为了优化隧道的围岩状况,我国众多工程项目采用了径向注浆技术。该技术通过在不

良地质段设置小导洞,实施注浆作业,以改善围岩条件。随后,再组织全断面施工,特别适用于处理较为破碎的围岩。在这一过程中,玻璃纤维注浆锚杆发挥了关键作用。它不仅能有效改良隧道围岩的质量,还能显著提升TBM全断面掘进或钻爆法的施工效率,这一综合方案确保了施工过程的稳健与高效。工法断面图如上图2所示。

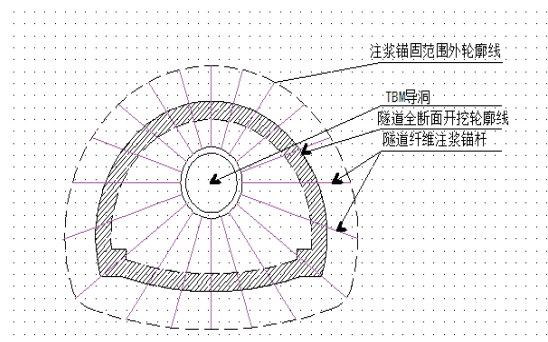


图2 玻璃纤维锚杆工艺在隧道TBM小导洞法辅助施工断面示意图

七、结语

玻璃纤维注浆锚杆作为一种运用于隧道的锚杆较为实用的新型锚杆,将进一步提供隧道的施工工艺的技术水平,对隧道开挖中遇到的地质条件较差条件时,其不仅可以从支护强度上得到保证,还能有效的保证现场施工的安全性。玻璃纤维注浆锚杆将会在隧道施工中逐渐替代陈旧普通金属锚杆,使支护工艺得到一定飞跃,其制作材料广泛,将一定程度上增加隧道的经济效益,实现企业的双赢。

参考文献:

- [1] 李明华, 玻璃纤维锚杆预加固技术在隧道中的应用研究[J]. 城市建设理论研究(电子版). 2015.8(22)
- [2] 高战祥, 隧道围岩玻璃纤维锚杆锚固性能研究[D], 2015: 1
- [3] 李斌, 漆泰岳, 高波, 等. 新意法(岩土控制变形工法)概述[J]. 公路隧道, 2009(2):1-4
- [4] 陈涛, 梅志荣, 李传福. 隧道玻璃纤维锚杆全断面预加固技术的应用研究[J]. 现代隧道技术, 2008年增刊(226-231)