

喷锚网技术在隧道开挖初期支护中的应用实例

陈艳芳

中国五冶集团有限公司 四川 成都 610000

【摘要】：软弱破碎段的围岩及初期保护是影响整条隧道施工进度和工程质量的关键所在，一旦施做不及时不落实，将会造成掌子面不稳状态、产生极大变形，最严重时甚至会引起整个隧洞的坍塌，直接导致重大人员伤亡和巨大损失。采用喷锚网联合支护技术，能有效的阻止围岩变形，及时提供支撑抗力，提高支护结构的承载力和完整性。同时，对隧道围岩进行长期的变形监测，结果表明，喷锚网支护方法能够有效的防止隧道发生变形，有效确保周围岩体的稳定性。

【关键词】：喷混凝土；锚杆；金属网；围岩稳定

引言

隧道支护不仅关系到隧道的安全性，而且对施工工艺、支护材料以及掌子面的推进速度乃至隧道围岩稳定的维护状况都有着重要的影响。经常使用的超前性保护措施主要有超前性锚索、超前小导管、插板、管挡和支护围岩的注浆材料加固措施等^[1]。喷锚网式支护技术起源于隧道矿山井巷施工支护，目前普遍使用于超期高压注浆材料锚索、超期张拉锚杆，以及注浆锚管棚架等，在软弱破碎巷道的围岩地区，结合高强金属网和喷射混凝土护面，及时提供支撑力，提高围岩的抗剪力和整体刚度^[2]。

1 工作原理

喷锚网支护技术主要特点是利用高强度外部预应力锚杆，结合金属网与高压喷射砼的结合，使锚杆、金属网和砼外喷层及岩石体组成联合作用的整体系统，有效抵抗岩体剥离、滑动，避免对围岩形成巨大的侧向变形，以实现提高围岩稳定性的工程建设目标，并保证了隧道结构的稳定性。该技术特点所采用的锚杆有很强的锚固性能，可及时承载，在安装后可及时对支护围岩施以预应力；同时结合金属网的特殊应用，限制了支护围岩的初始位移，并有效地使用了部分预紧能力，有效地将支护围岩的有效整合，进一步增强了承载能力；同时利用混凝土喷射泵把内掺速凝剂的砼和高压水混匀后，直接喷洒在岩石表面，快速凝固而成，对岩体表层产生胶结密封效果，起到对岩石块内嵌咬合效果，使节理裂隙切割的岩石块也不轻易松动剥落，削弱了软弱围岩结构风化作用^[3]。喷锚网支护通过预应力锚杆承受主要作用力，辅以金属网和高压混凝土的联合使用，共同承担着隧洞施工后的围岩压力，与围岩组成挤压拱，而当隧道的支护围岩来压之后，与整个挤压拱构成了一个整体。

2 工程概况

2.1 项目简介

华新路隧道全长 233，围岩天然抗压强度为 5.0MP，隧道最大埋深为 38m，开挖断面跨度为 17.71m，设计为连拱隧道，且出口段有偏压，属于软弱围岩、偏压、浅埋、大跨度连拱隧道。

2.2 工程水文地质

本段线路揭露地层有第四系松散层、坡残积粘土和侏罗系上统遂宁组基岩。按照含水介质种类和赋存要求，把地下水分类成上层滞水、基岩裂隙水二种，本段线路揭露的基岩为遂宁组泥岩，地表迳流条件较好。道路区及周边区域均不出现断层、滑坡、坍塌、泥石流等恶劣工程地质作用。进洞口段位于一坡地，斜面上由少许细粉质粘土所包裹，局部泥岩出露；洞体结构主要为中风蚀泥岩所构成，其主要工程的地质特点是：岩块均为较破碎，中节理裂缝比较发育，属自稳性一般的巷道围岩；出入洞口段洞体均为一坡地，斜面上端有少许第四系残破积粉质黏土所包裹，局部强风化作用泥岩出露。

3 支护参数设置

本项目隧道主洞地质均为 V 级，衬砌为 V 浅型衬砌，开挖断面为

圆弧形断面，最宽尺寸为 17.7m×13.1m，开挖断面面积为 188m²。根据破碎围岩变化较大的特性，设计上采取锚喷网结合支撑，锚杆杆采用药卷锚杆，以实现速效进行保护的目的；喷混凝土尽快关闭岩面，以避免软弱岩体强度与空气环境和水分的风化以及高岭土化，铺挂高强度柔性金属网防止掉块。具体支护参数设置为：

主洞支护材料为 I 二十二 b 工字钢，距离为 50cm(偏压段)和 60cm(正常段)；双层网片为 ϕ 八钢筋直径，网格宽度为 20×20cm；系统锚索为 ϕ 22 药卷锚杆，环纵长度为 ×50cm(偏压段)和 100cm×60cm(正常段)；喷射混凝土为 C25，厚度为 30cm，如图 1 所示。

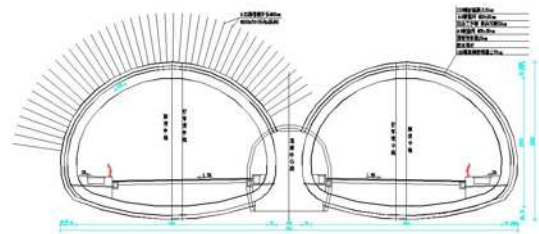


图 1 隧道开挖支护横断面图

4 收敛监测

4.1 监测方案布置

为确保安全的同时，进一步指导工程建设，在施工过程中，必须严格按照工程设计规定做好施工过程中的监测计算工作(见表 1)，以利于进一步分析判断围岩的物理力学参数，以便于适时调整隧道施工方式与支护方法，同时也通过量测的数据，作出了相应分析，以判断围岩、支撑系统之间能否达到平衡状况，是否进行下步衬砌施工等。

表 1 设计监控量测项目及监测频率

应测项目	方法及工具	布置	测试时间			
			1~15天	16天~1个月	1~3个月	3个月以上
后开挖隧道爆破震速测试	测震仪	每 20m 一个断面	在后进洞爆破的瞬间，测出测点前后、左右、上下三个方向的振动波速和衰减规律。			
地质及支护状态观察	岩性、结构面产状及支护裂缝，观察和描述，地质罗盘	全长度开挖后及初期支护后进行	每次爆破后及初期支护后			
周边位	各种类型收敛计或	间隔：55A 洞口段	1-2次/	1次/2	1-2次/	1-3次/

移	测杆	5m, S5B 洞身段 10m, S4 段 20m, 每断面 2-3 对测 点	天	天	周	月
拱顶下沉	水平仪、 水准尺或 测杆	间隔: S5A 洞口段 5m, S5B 洞身段 10m, S4 段 20m, 每断面 2-10 对测 点	1-2 次/ 天	1 次/2 天	1-2 次/ 周	1-3 次/ 月
地质超前 预报	地震法超 前预报仪 TSP 202/203/ 地质雷达/ 超前钻孔		TSP:间隔 100-150m 一个断面 地质雷达:间隔 30m 一个断面 超 前钻孔: 根据需要增加			
地表下沉	精密水平 仪	洞室中心 线上, 并 与洞轴, 线正交平 面平面的一 定范 围内布设 必要数量 测点	挖面距量测断面<2B 时, 1-2 次/ 天 开挖面距量测断面<5B 时, 1 次/2 天 开挖面距量测断面>5B 时, 1 次/ 周			
中墙顶 水平位 移	预埋设单 点 或多点位 移计	每代表地 段 1 个断 面, 每断 面 1-3 个 测点	1-2 次/ 天	1 次/2 天	1-2 次/ 周	1-3 次/ 月

注: 上接表 1

对检测数据信息实行了分类处理和统计, 并描绘移动—持续时间曲线, 当移动-持续时间曲线发生反常的急骤改变迹象时, 说明巷道围岩支护呈现不平衡状况, 应当加强观察并相应提高支护, 在必要时立即暂停施工, 并作出改进处理; 即便在隧道周边移动收敛的速度并无显著减少, 但当支护混凝土表层发生明显裂纹或相对位移值已接近设计规定的值(表 2)时, 仍须采取必要的补充保护措施, 或变更工程设计参数及施工方式。

表 2 净空相对收敛值 (%)

围岩类别	围岩相对位移值	覆盖层厚度小于 50m 地段	覆盖层厚度大于 50m 地段
		V	0.2-0.8

注意:表中数值都是从无量纲数(最大位移量/毛洞长度)来表达的;净空的相对地收敛值取值范围如下:硬岩地区取最大值,软岩地区取下限。

4.2 围岩稳定性判定

根据实际累计设计极限位移的确定方法:以《高速公路建筑隧洞建设技术标准》(JTG/T3660-2020)中所列综合评价的主要技术指标为原则,根据工程设计文件规定和现场实际状况,将实际累积位移量并加以确认:当实际累积位移超过三分之二设计极限位置时,宜采用特殊的管理办法;超过 1/3 等于 2/3 设计极限位移时应做好保护,同时做好监视情况和准备采用特殊保护措施的准备;当低于 1/3 设计极限位移时,建设工程才能正常建设。针对本项目,预留变形量为 25cm,在 V 级浅埋段,累计位移量小于 8.33cm 时,可正常施工;累计变形位移量大于 8.33cm、小于 16.67cm 时,应加强支护;累计位移变形量大于 16.67cm 时,应采取特殊措施。

根据位移速度变化确定:当速度低于 0.2mm/d 时,与围岩温度达到了基本平衡;速度变化在 0.2-1.0mm/d 之间时,应当加强观察,并作好加固的准备;速度超过 1.0mm/d 时,围岩处在剧烈变化状态,应当做好初期保护工作。在高地应力、岩溶地层和挤压岩层等恶劣地质中,还应该针对情况提出评估准则。

根据移动速度变化而确定的:当围岩移动速度发生变化或上升时,围岩已达到危险状况,应当迅速停止掘进,并采取紧急保护措施;当围岩的移动速度变化保持恒定时,围岩尚不稳固,因此应当加强保护;而当围岩的移动速度变化持续下降时,围岩则保持相对稳定状态。

5 监测数据分析

对支护初期 60 天左右进行的隧道变形监测数据进场分析(表 3、图 2),结合对现场支护效果的现场观测,没有发现异常,洞内外各断面监测数据累计值均处于正常值范围内,爆破监测数据也均在规范控制值之内,现场安全处于可控状态,围岩变形得到有效的控制,满足隧道开挖的要求,喷锚网支护效果良好。

表 3 左洞洞内必测项据分析表

监测对象	桩号	项目类型	测点	累计监测时间(天)	总累计变形值(mm)	本周平均日变形速率(mm/d)	数据分析	结论	备注
左洞	ZK0+533	拱顶沉降	D	61	-9.9	-0.04	测点处于稳定状态,继续监测	继续监测	时空变化曲线图见图
			I		-12.4	0.03			
		收敛	GH	28	-1.7	-0.03			
			EJ		-2.0	-0.04			
	ZK0+538	拱顶沉降	D	35	-6.5	-0.03	测点处于稳定状态,继续监测	继续监测	
			I		-7.6	-0.16			
收敛		GH	28	-3.3	-0.14				
		EJ		-3.8	-0.17				

ZK0+545	拱顶 沉降	D	31	-6.5	-0.16	测点处于未稳定状态, 继续监测	继续监测
---------	----------	---	----	------	-------	-----------------	------

注: 上接表 3

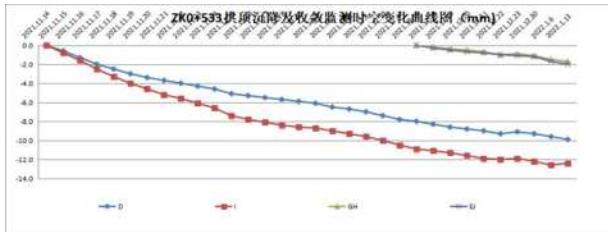


图 2 ZK0+533 拱顶沉降及收敛监测时空变化曲线图

参考文献:

[1] 刘哲.国内锚杆支护技术的发展与展望[J].煤矿支护,2003(2):14-16.
 [2] 杨振茂,马念杰,孔恒,官山月.以地应力为基础的锚杆支护设计方法[J].岩石力学与工程学报,2003,22(2):270-275.
 [3] 赵卫东,张再兴.喷锚网支护原理及应用实践[J].有色金属,2010,62(2):17-19.
 [4] 吴爱祥,韩斌,刘同有,杨长祥,邹龙.金川镍矿不良岩层巷道变形与支护研究[J].岩石力学与工程学报,2003,22(增 2):2595~2600.
 [5] 赵兴东,唐春安,张国联,于言平.高应力破裂岩体条件下锚网支护研究[J].岩土力学,2006,27(增刊):918-947.

作者简介: 陈艳芳 (1987-6), 女, 汉, 籍贯: 四川省眉山市, 学历: 硕士研究生, 职称: 中级工程师, 研究方向: 工程施工, 单位: 中国五冶集团有限公司。

7 结论

目前喷锚网式支护技术已经在隧道施工中获得了广泛的运用, 该技术可以满足不同的地层, 并且具备了高度的灵活性能, 因此可以根据需要配置大量的作业人员, 对机具的要求也不严, 实用性和经济性较强^[4]。高强度锚杆的应用可有效控制围岩变化, 并通过向围岩施以应力, 阻止已破碎围岩强度下降, 使松动区的围岩结构节理裂隙、破碎面得到有效联结, 从而提高围岩整体性与稳定性; 金属网能有效的调节锚索间非锚固围岩的变化, 托住挤入巷道的围岩, 避免破碎岩块跨落, 同时也可把锚索间的非锚固围岩负荷上传到锚索; 喷射砼与围岩密贴并粘接, 并向巷道围岩表层施加抗力和剪力, 有效封堵了开挖工作面, 并吸收了软弱巷道围岩的变形。喷锚网支护技术的使用, 体现了质量稳定、支护及时、强度高和施工灵活性大等优点, 在隧道开挖初期支护施工中得到广泛应用^[5]。