

41

117-120

# 软岩巷道采用锚喷做初次支护的可行性

云南省煤矿基建公司 李树德  
(云南 曲靖市)

TD 3.53

A

**摘要** 通过对软岩的弹塑性理论分析和锚喷支护的作用原理分析以及部分工程的实践经验,提出了采用锚喷做初次支护的可行性和技术合理性。

**关键词** 软岩巷道, 棚式支架, 锚喷支护, 初次支护, 管缝式锚杆

巷道支护

在田坝,后所两矿区软岩巷道施工中,在掘进时是采用木支架或 U 型钢支架做初次(临时)支护的,这种棚式支架维修量大、材料消耗高、安全隐患多、施工速度慢、经济效果差,同时给永久支护(二次支护)施工带来很大困难(图 1)。

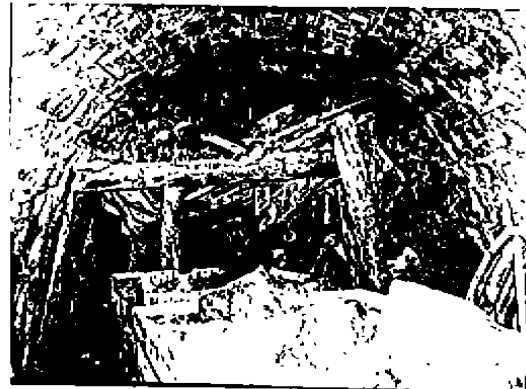


图 1 软岩巷道木棚初次支护破坏情况

大庆二号井副井井底车场内外水仓及绕道通过的地层为晚二叠系龙潭煤组 C<sub>6</sub>-C<sub>7</sub> 煤层间,为灰色泥岩、泥质粉砂岩、粉砂质泥岩及 C<sub>6</sub>-C<sub>7</sub> 煤层,围岩裂隙发育、易风化水

表 4 喷射混凝土质量指标对比

指 标	含水率 /%	配合比 (C : S : G)	风压 /MPa	喷距 /m	回弹 /%	粉尘 /mg · m <sup>-3</sup>	强度 /MPa
常用参数	2	1 : 2.1 : 2	0.18	1.5	29.5	73.5	17.9
	3	1 : 2 : 2	0.25	1.6	17.4	34.3	
优化参数	3~4	1 : 2.5 : 2	0.2	1.2	13.02	16.8	29.1

表 5 每米巷道喷射混凝土作业费用对比

项 目	参数成本 /元 · m <sup>-1</sup>		成本降低		
	常 用	优 化	元/m	%	
原材料	269.52	252.41	17.11	6.4	
人工费	121.60	107.98	13.62	11.2	
机 械 费	摩擦板	11.80	10.04	1.76	14.9
	使用费	91.14	80.94	10.2	11.2
	输料管	15.11	12.83	2.28	15.1
合 计	509.17	464.20	44.97	8.8	

施工有一定的指导作用,但由于影响喷射混凝土质量的因素较多,如围岩状态、材料、水质等,本研究有一定的局限性。各地区用此参数,喷射混凝土的质量会有一定的差异。因此现场可以直接使用优化参数,也可按上述介绍的 4 个因素 3 个水平,按 L<sub>9</sub>(3<sup>4</sup>) 作出简单试验,选出适合本单位的最佳参数,来提高喷射混凝土的质量,从而进一步提高经济效益和社会效益。

通过研究和试验取得的优化参数对现场

(收稿日期 1996-05-09; 责任编辑 徐文彦)

解塑变。外水仓掘进时开挖后架木棚,第2d木棚就受力明显,第3d梁头压断或木腿折断,施工中前面掘进后面维修,有时停止掘进全面维护,一个月中同一地段更换支架达5次。井底车场绕道掘进贯通后维修时,尽管采用加强支撑,但没隔多久也被压坏折断,迫使反复进行维修(见附表)。

附表 木棚初次支护的维修情况

巷道名称	施工长度 /m	维修架数	坑木消耗 /m <sup>3</sup>	维修费用 /万元
外水仓	158.8	499	99.8	14.61
内水仓	109.1	115	21.0	2.94
绕道(局部)	187.1	327	65.4	11.24

这种棚式支架属被动支护,不能发挥围岩的自身承载能力,由于支架破坏,围岩塑性区不断扩大,维修中围岩应力反复调整(重分布),增加了围岩的破坏(松散)速度,松散压力也渐趋增大,矿压显现更加突出,给永久支护施工带来更多困难,使支护体处于恶化的工作环境中。

## 1 软岩巷道采用锚喷做初次支护可行性分析

### 1.1 软岩的工程特点及弹塑性理论

软岩是指松散或软弱的围岩,这类围岩尽管岩块本身有一定强度,但地质结构面十分发育,没有明显的方向性;或者岩石本身强度低,结构面(弱面)的影响相对不甚显著。软岩岩体强度低、自稳能力差、来压迅速、变形时间长,有时底臃严重,围岩裂隙、节理发育,极易风化潮解塑变。国内外一些学者将此类岩体视为准连续岩体,即弹塑性体围岩。

根据弹塑性理论,当围岩稳定时,塑性区半径  $R$  与其所提供的表面支护抗力  $P_1$  有下列关系(侧压力系数为1时)

$$P_1 = -C \cdot \operatorname{ctg} \varphi + [C \cdot \operatorname{ctg} \varphi + P_0(1 - \sin \varphi)] \cdot (r/R)^{\frac{2 \sin \varphi}{1 - \sin \varphi}} \quad (1)$$

式中  $C$ ——岩体粘结力;

$\varphi$ ——岩体内摩擦角;

$r$ ——巷道半径;

$R$ ——塑性区半径;

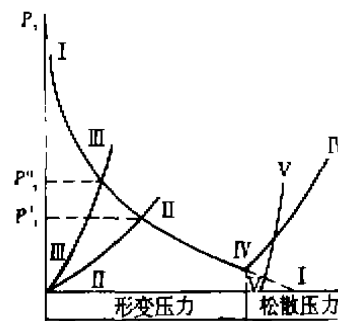
$P_0$ ——岩体原始应力。

由式(1)可得出  $P_1$  与  $R$  的关系曲线,如图2所示。由图可知, $R$  或  $\Delta r$ (围岩位移)取决于  $P_1$ ,二者成反比关系,即

$$P_1 = f_1(1/R)$$

$$P_1 = f_2(1/\Delta r)$$

但  $R$  与  $\Delta r$  不能无限增大,当  $R \geq R_0$ (临界半径)或  $\Delta r \geq r_0$ (临界位移)时,塑性区围岩将离层脱落,从而产生松散压力。因此,只有当  $R < R_0$  或  $\Delta r < r_0$ 、且围岩有一定的  $C$  和  $\varphi$  值时,支护体承受的压力就小,如  $P_1' < P_1$ 。

图2  $P_1$ - $R$ 关系曲线

由于软岩怕震动、怕水浸、怕风化碎胀和潮解塑变,因此要寻找一种能尽量提高围岩自身强度以增强自稳能力、又符合软岩工程特点的施工工艺与技术措施。笔者认为,锚喷支护是一种较为可行的技术途径。

### 1.2 软岩巷道掘进时使用锚杆的作用

锚杆主要作用是挤压加固,即在围岩四周按一定规则布置的径向锚杆将周边一定深度内的围岩挤压加固(提高  $C, \varphi$  值),从而形成整体性和强度提高的锚固压缩带(承载环),它本身就有一定的支护抗力和较大的可缩性,具有较好地调整和控制围岩位移和围岩压力的作用。

### 1.3 软岩巷道应使用管缝式锚杆

管缝式锚杆属全长摩擦锚固,其初锚固

力可以随机调整,后期锚固力则随时间而增加。它能较好地满足软岩支护“围岩-支护”协调变形和先柔后刚的要求,这不仅提供了及时支护,且使围岩的应力状态得到改善。在施工中由于爆破引起的动载作用会给自稳能力本来就差的软岩带来新的不利因素,但该锚杆在动载作用下锚固力非但不降低,反而有明显增加,在过大的围岩应力作用下它会在不丧失锚固力的前提下产生柔性卸载作用。因此该种锚杆在软岩施工中已经得到广泛应用,如我处在大庆二号井一、二采区上山施工中采用管缝锚杆就取得了满意的支护效果。

#### 1.4 喷混凝土的作用

围岩暴露后及时喷一层混凝土封闭围岩,可防止风化与潮解;喷料以一定的冲击力喷向围岩,喷层与围岩紧密结合,形成致密坚实的混凝土防护层;喷料还能充填顶帮岩石裂隙或凹穴,喷层与围岩紧密粘贴可防止围岩位移和松动,增补了围岩强度。

#### 1.5 锚喷与围岩共同作用分析

巷道开挖后及时锚喷,支护结构与围岩共同变形。当巷道围岩表面径向位移 $\Delta r$ 增大时,一方面 $R$ 增大,稳定塑性区所需的 $P_1$ 随之减小,如图2曲线I-I;另一方面由于支护结构在与围岩共同变形中产生相应的压缩变形,同时喷层也逐渐达到强度,它对围岩所提供的表面支护抗力 $P_2$ 亦渐趋增大,如图2曲线II-II;当 $\Delta r$ 增加到一定值时,曲线II-II与I-I相交于某一点,此时巷道即达到稳定平衡。从图中看到曲线II-II反映了支护结构的刚度特性,支护结构刚度越大(如曲线II-II),平衡时传到其上的形变压力也越大( $P_2' > P_1'$ ),这就是料石碇支护过早而破坏的重要原因。因此要求支护不但具有及时性与围岩紧贴且要有一定柔性以保证巷道表面产生一定量的 $\Delta r$ ,这样传来的形变压力就可大大减小。采用锚喷支护可以做到这一点。

从图中可看出 $P_2$ 值随 $\Delta r$ 增大而减小是有一定限度的,当 $\Delta r$ 过大而达到 $r_c$ (临界位

移)时会导致岩体松散、离层塌落而形成对支护体的“松散压力”,如图2曲线V-V。

## 2 大庆二号井采区上山锚喷支护效果

一采区运输机上山位于 $C_{10}$ 煤层底板岩石中,其岩性为泥质粉砂岩、粉砂质混岩、泥岩、煤线,易潮解塑变,按煤矿锚喷支护围岩分类应属IV~V类。二采区运输机上山位于 $C_{10}$ 煤层底板岩层中,岩性为粉砂质泥岩、互层状粉砂岩和细砂岩,较破碎,按煤矿锚喷围岩分类应属IV类。施工中全部采用光面爆破,爆破后及时清除浮石打护顶锚杆,必要时喷一层厚20~30mm混凝土,采用二掘一喷作业方式。地质条件较差地段采用正台阶法施工,以减少围岩暴露面积和利于锚喷质量。一采区运输机上山施工采用此法效果良好。

两条上山除断层破碎带淋水处泥化带采用临时木棚、料石砌碇外,其余地段均采用锚喷支护,效果较好,工程质量全部合格,做到了安全施工且保证了工程进度。

## 3 锚喷施工需注意的几个问题

### 3.1 预留变形余量,适当加大掘进断面

为保证巷道设计断面,施工中应留出围岩变形余量,适当加大最初的掘进断面。既要考虑到二次或多次复喷或砌碇支护后的设计断面,又要考虑到在服务期间的巷道断面收缩后仍能满足使用要求以保证生产正常进行。

### 3.2 选择合理的断面形状

从工程实践中得知,在软岩施工中巷道断面形状应选择全曲线化为合理。它有利于围岩应力的调整,使支护体处于低应力状态。底臃严重的地段,必须设置反拱以防碇体失稳。

### 3.3 施工工艺方面应注意的问题

(1)由于软岩自身特点,采用光面爆破可以减轻围岩的破坏、缩小松动范围,有利于围岩成型与自稳。大量实践和理论研究表明,它

是使围岩将受爆破破坏而产生的裂隙减少到最低程度的有效办法。

(2) 尽量做到一次开挖, 以避免因分期掘进(如先小断面后刷大成巷)而造成围岩应力重分布过程的复杂化, 使固结成岩变得困难。

(3) 视围岩性质尽可能不放炮, 采用风镐或放炮掏槽, 风镐掘进或者分两次爆破(即周边眼第二次起爆)。

(4) 为确保施工安全, 巷道拱顶掘出后应及时蹬砟打锚杆。若围岩破碎, 打锚杆的同时可挂金属网, 并喷一层厚 30mm 混凝土, 必要时可先喷后锚。或者正台阶施工, 以最快速度施作锚喷护顶。

(5) 施工过程中, 要经常了解现场地质条件的变化, 对锚喷参数应根据地质条件、围岩压力方向和大小、岩性特征予以适当调整, 确定加强支护的部位, 以充分发挥锚喷支护的随机性。

#### 3.4 经常检查, 及时维修(补强)

锚喷支护的喷层在围岩释放能量较多、变形较大的情况下, 会产生裂缝甚至掉块、离层露岩。对此要及时补强(加锚或网、喷), 否则破坏范围会逐渐扩大造成整体支护失效。

用锚杆进行维护, 既不破坏原有巷道围岩又不太减少巷道断面, 并对维护和使用都是十分有利的。

## 4 结语

(1) 软岩巷道一次支护成功率极低, 一般需要二次或多次支护。其支护可采用锚喷或联合支护, 但就其初次支护来说, 锚喷和其它传统支护相比, 无论在支护机理还是在施工工艺上都有其独特的优点, 更能适应于软岩巷道。

(2) 软岩巷道初次支护采用锚喷支护有失败的教训, 其主要原因是对其具体工程条件(地质构造、岩性、围岩应力)认识不足、锚喷参数选择不合理或施工工艺和施工质量上的原因所致。在某种程度上说, 更需要对锚喷

作用机理认识上的深化。

(3) 锚喷巷道维修比其他支护形式(棚式支护、料石等)更方便容易些。传统支护因施工工艺的限制, 曲墙断面施工难度大、速度慢, 且工艺质量不易保证, 而锚喷支护工艺简单易行、灵活, 具有其它支护形式无可比拟的优点。

(4) 目前还没有一种完善的统一的支护理论被公认。尽管锚喷支护理论各异, 但有一点是相同的, 即锚喷支护机理的根本在于充分、主动地发挥围岩自身作用, 积极调整围岩应力分布。锚喷支护具有快速、优质、安全、高效、低耗等优点已被大量工程实践所证明。在矿井基建施工中, 锚喷支护技术有着广阔的应用前景。

(5) 锚喷支护是一项科学性很强的新技术, 在应用前需要详细了解工程地质条件, 更需要精心设计、精心施工, 只有这样才能收到满意的效果。随着采深增加和开采范围的扩大, 地质条件会更加复杂, 矿压显现会更加突出, 加强现场观测并及时分析总结经验与教训很有必要。尤其应注重“新奥法”施工方法的实践与认识。

(收稿日期 1990-06-13; 责任编辑 徐文逵)

### 液压钻车斜巷施工技术通过鉴定

河北省邢台矿务局东庞矿为扩大液压钻车机械化作业线使用范围, 使液压钻车能在岩石斜巷中应用, 从1995年7月~11月在该矿200采区巷道上山进行了液压钻车斜巷施工应用技术研究及试验, 共掘进365m, 平均月进85.8m, 达到了岩石斜巷年掘进千米的目标。试验中针对岩石上山角度较大的特点, 采用慢速绞车解决液压钻车后退、侧卸装岩机自锁稳定等技术措施, 实践证明是安全可靠、合理可行的, 该项技术的试验成功, 使液压钻车机械化作业线应用范围扩大到了倾角较大的岩石上、下山中。

该项目已于1996年1月通过了河北省煤管局组织的鉴定。(建情)

\* \* \*