ISSN 1671 - 2900
CN 43 - 1347/TD

采矿技术 第6卷 第3期
Mining Technology, Vol.6, No.3

2006年9月
Sep.2006

简易位移报警器在膨胀性软岩巷道支护中的应用

陈梅芳,丁德馨

(南华大学建筑工程与资源环境学院, 湖南 衡阳市 421001)

摘 要:以膨胀性软岩为研究对象,对其变形特性和支护机理进行分析。在位移计算过程中把巷道等效为理想圆形巷道,岩体视为各向均质岩体。针对已进行初期支护的膨胀性软岩巷道确定二次支护时间的问题,提出用简易位移报警器的速率感应器和警报器确定支护时间,并对位移报警器的结构和工作原理做了简单介绍。

关键词:膨胀性软岩;位移;支护时间;位移报警器

软岩巷道的支护主要是采用工程类比法进行,支护时间和支护强度主要由实践经验确定。拟用简易位移报警器确定支护时间。

1 膨胀性软岩的变形特性

膨胀性软岩岩体强度低,开挖后产生明显的塑性和膨胀位移,从各个方向向巷道发生挤压性变形,产生巨大的位移与压力,最终导致巷道的破坏。

1.1 压力显现

软岩的压力显现可分为3个阶段(见图1)。

(1) 原岩潜能释放阶段。在掘进初期,围岩位移量大,位移速度快,此阶段的位移主要以弹塑性变形为主,处于软岩蠕变的第一、二阶段。此时,围岩吸水膨胀处于准备阶段,不会马上发生变形。

(2) 稳定变形阶段。此时位移较缓慢,位移速度减小,稳定时间较短。岩体潜能大部分已释放,岩体的吸水膨胀刚开始,处于平缓的蠕变阶段。

(3) 膨胀变形阶段。围岩由平缓变形再次转入剧烈变形,位移量与位移速度急剧增加,直至发生松动脱落。此阶段主要是围岩吸水膨胀,流变明显,蠕变处于加速阶段。

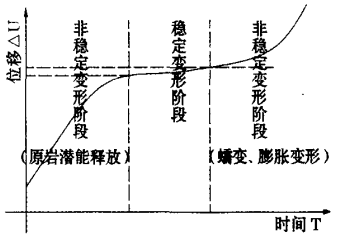


图1 围岩位移与时间的关系曲线

1.2 位移计算

(1) 弹塑性位移。在原岩潜能释放阶段,主要是以弹塑性变形为主。围岩弹塑性位移为ΔU_A:

$$\Delta U_A = \frac{P_0\sin\varphi + C\cos\varphi}{2G_0}\cdot\frac{R_p^2}{R_a}$$

(2) 蠕变位移。根据岩体的蠕变特性,蠕变分为稳定蠕变,典型蠕变,加速蠕变。巷道围岩在弹性变形期,即蠕变的第一、二阶段,主要是弹性位移,蠕变影响很小,可以忽略不计。当围岩进入第三阶段的平缓蠕变之后,围岩的塑性区基本形成,此时,围岩的位移以蠕变为主。设蠕变中塑性区的大小保持不变,则围岩的最终蠕变位移ΔU_B为:

$$\Delta U_B = \frac{P_0\sin\varphi + C\cos\varphi}{2}\left(\frac{1}{G_\infty}-\frac{1}{G_0}\right)\frac{R_p^2}{R_a}$$

(3) 膨胀位移。围岩渗水、风化膨胀主要发生在塑性松动区,且发生在弹塑性位移之后。此时,围岩的侧向约束膨胀率为$w\%$,其膨胀位移ΔU_c为:

$$\Delta U_c = (R_p - R_a)\cdot w\%$$

(4) 围岩的总位移ΔU_r为:

$$\Delta U_r = \Delta U_A + \Delta U_B + \Delta U_c$$

以康家湾铅锌金矿12中段东石门井底下山巷道破碎段的计算结果为例,有ΔU_A = 7.69 cm,ΔU_B = 15.38 cm,ΔU_c = 25.28 cm,ΔU_r = 48.35 cm。可见,软岩井巷围岩的变形很大,给支护造成巨大的附加应力。当支护本身的变形和围岩变形不能互相协调达到稳定时,就造成了支护的破坏,应选择合适的支护刚度。围岩在变形的过程中不断地释放能量,围岩本身(即使是软岩)有很强的承载能力,一旦围岩的变形超过了某一极限,就会发生松动破坏,所需支护抗力也剧增,所以要适时支护。支护时机要选择在使围岩的收敛变形控制在仍保持弹塑性应力状

万方数据

态下的最大位移量之内。

2 支护特点

控制岩石位移是支护和加固系统的主要作用。支护和围岩是相互作用的一对力,在小范围内,支架可视为一个反力,围岩形变压力则是一个作用力,两力应相互适应。

如果想完全阻止围岩的移动,所需要的支架支承力为 P_{max},其值相当于原岩应力。实际上,围岩产生少量位移,P 值就会急剧减小。图 2 中 A 点处利用了围岩的自承力,支架的支承力比 P_{max} 小很多。但这种情况不能无限制的继续下去,因为随着支架支承力的减小,围岩位移量随之增加,当围岩移动量增加到一定程度,就会发生松动破坏,致使支架所受的松动压力也增加(见图 2 中曲线段 2)。

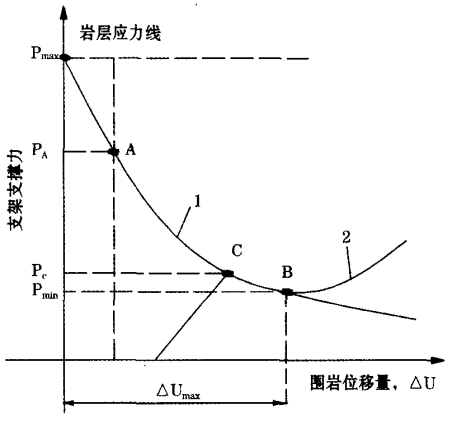


图 2 支架与围岩相互作用关系

由图 3 可知,允许岩体产生一定的位移才能充分利用岩体的强度,从而把支护荷载限制在实际有效的水平上。同样的支护措施在不同的时间安设,支护受到的压力不一样,如图 3 的虚线所示。然而过大的位移会导致岩体松动,所以要合理的设计支架刚度和确定支护时机。

为了充分利用围岩的自承能力,开挖巷道以后应使安设支架的时间尽量推迟,这样才能达到通过变形,释放能量的效果,所以需要找到一个既允许围岩产生一定变形,又不导致破坏的最佳支护时间。

对于易风化、膨胀的软岩,开挖后要尽快喷射混凝土封闭围岩,以改善围岩的受力状态,控制塑性区的扩大。对于稳固性差的破碎围岩,还应加以锚杆支护,锚杆的类型和数量根据围岩的实际情况而定。初期支护与围岩形成共同的承载结构,大大提高了原有围岩的承载性能。二次衬砌原则上是在初期支护的位移收敛后实施,但是膨胀性软岩变形大,而且不会收敛,这就需要确定二次衬砌最佳时间。一般的二次衬砌不承受压力,但在软弱围岩和不稳定的偏压地形的围岩场合,需要考虑二次衬砌的承载能力并进行设计。

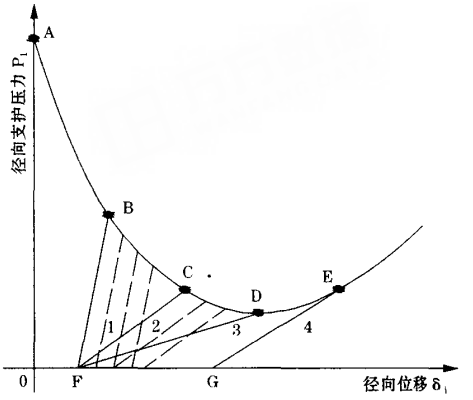


图 3 支护构件刚度和安设时间对支护效果的影响

3 简易位移报警器的研究

3.1 简易位移报警器的工作原理

简易位移报警器的结构见图 4。

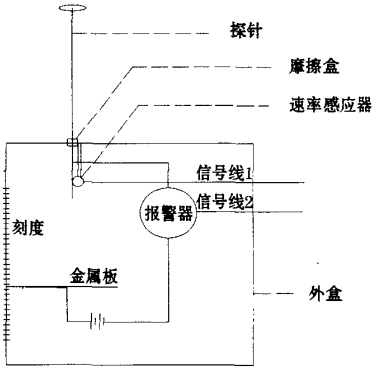


图 4 位移报警器结构

(1) 摩擦盒。摩擦盒中的摩擦力的大小比探针重力大,但不宜过大,要求可阻止探针在重力作用下滑落并能固定探针不左右偏移即可。

(2) 速率感应器。测量探针的移动速率反映出围岩位移速率,其动态通过信号线 1 传入控制室。

(3) 报警器。在围岩变形发生到设定刻度时,探针与金属板接触,电源接通,发出支护警报,警报信号由信号线 2 传入控制室,监测现场也可以听见报警声。

万方数据

3.2 应 用

初期支护的锚杆和喷射混凝土能改善围岩的受力状态，提高围岩的稳固性，使塑性区域和壁面的位移减少。膨胀软岩在进行初期支护后，围岩的变形并不收敛，若过早进行二次衬砌，则由蠕变和膨胀位移带来的围岩压力非常大，如果二次衬砌不能承载这一压力将导致垮巷。位移报警器可以解决确定二次支护时间的问题，围岩在初期支护条件下发生的位移 ΔU_f 为：

$$\Delta U_f = \Delta U_2 + \Delta U_B + \Delta U_c$$

初期支护和围岩形成的共同承载结构允许的最大位移为 U_{max}，$\Delta U_f - U_{max}$ 是二次衬砌支护必须抵抗的最小位移。进行二次衬砌支护设计时，必须保证二次衬砌的承载能力大于 $K(\Delta U_f - U_{max})$，其中 K 为支护刚度。可以看出，刚度越小受到的压力反而要小，因为这种衬砌更能适应围岩的变形。衬砌的主要类型有素混凝土、钢筋混凝土、钢纤维混凝土、金属网＋混凝土衬砌等。施工过程中，为了更有效的加固围岩，一定要使衬砌与围岩密贴，在衬砌之后，要通过预留的灌浆孔进行回填灌浆，以填塞因混凝土冷凝收缩而在围岩与衬砌间形成的空隙，衬砌厚度根据矿压来确定。

报警器在初期支护完成之后安装，根据巷道的实际情况来定具体的安装时间。可以用刚性锚杆打入弹性体内，外露部分的长度略长于报警器上探针的外露长度，在忽略锚杆位移的情况下，设定报警器上的报警位移（$< U_{max}$），当围岩壁的变形达到设定值时，报警器发出警告，现场有报警鸣叫，同时由信号线将警报信号传入控制室。此时，可组织施工队进行二次支护。对于具体情况，也可以根据报警器探针处安装的速率感应器测出变形速率，并做出是否进行二次支护的决定。

4 结 论

位移报警器可用于膨胀性软岩巷道的初期支护后确定二次支护时间，不需要工作人员现场观测，比工程类比法更符合实际。对于不同岩性的围岩，可以设计不同的警报位移，或根据速率感应器测量结果进行二次支护，也可以用于边坡的稳定性分析。

位移报警器在应用之前，应该取样、模拟现场受力情况，进行实验，测出围岩的变形特性，计算位移等，并根据实际情况调整、修正警报位移。

参考文献：

[1] 沈明荣. 岩体力学[M]. 上海：同济大学出版社，1999.

[2] 谢和平，陈忠辉. 岩石力学[M]. 北京：科学出版社，2004.

[3] 樊克恭，翟德元. 巷道弱结构破坏失稳分析与非均匀控制机理[M]. 北京：煤炭工业出版社，2004.

[4] 彭苏萍，孟召平. 矿井工程地质理论与实践[M]. 北京：地质出版社，2002.

[5] 王焕文，王继良，等. 锚喷支护[M]. 北京：煤炭工业出版社，1989.

（收稿日期：2006－05－30）

作者简介：陈梅芳（1983－），男，湖南浏阳人，硕士研究生。

（上接第 330 页）

裂缝、断层等破碎带时，弹性波在传输过程中其速度和能量都会发生显著变化，通过分析接收信号波的速度或能量变化[5]，便可对两锚固单元及其之间的岩体稳定性进行定性或定量的分析。

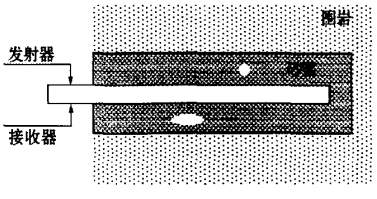


图 2 锚固单元模型

3 结束语

根据理论分析，在煤巷的现有锚杆的基础上，利用波的振动耦合技术，可以实现连续准确检测的目的，并可大面积测试锚杆锚固质量，减小施工强度，提高经济效益，是一项很实用、可靠的技术，对提高煤矿安全生产具有重要的使用价值，目前该技术的有关试验还在进一步研究中。

参考文献：

[1] 候朝炯，郭励生，等. 煤巷锚杆支护[M]. 徐州：中国矿业大学出版社，1999.

[2] 彭 斌，刘春生，等. 锚杆锚固质量无损检测数据的分析与处理[J]. 物探化探计算技术，2003，25(3).

[3] 孔 恒，王梦恕，等. 岩体锚固系统的作用机理的认识[J]. 西部探矿工程，2002，76(3)

[4] Amos Nur，等. 双相介质中波的传播[M]. 北京：石油工业出版社，1986.

[5] 赵光宙，舒 勤. 信号分析与处理[M]. 北京：机械工业出版社，2001，88～90.

（收稿日期：2006－05－30）

作者简介：程秀芝（1975－），女，研究方向为信号与信息处理。

万方数据