

矿井巷道差异化支护研究及应用

翟小军（山西煤炭运销集团吉县盛平煤业有限公司，山西 临汾 042103）

摘 要：本文主要研究矿井巷道差异化支护及其应用，首先对矿井开采现状及巷道支护存在问题进行介绍，了解矿井开采中巷道使用存在的问题，重点分析矿井巷道稳定性及支护控制原理，在此基础上总结矿井巷道差异化支护的实际应用，希望通过本文的研究能够更加全面的认识矿井巷道支护问题，形成对于矿井巷道差异化支护的全面认识，同时也为后期更好的实行矿井巷道的差异化支护提供参考。

关键词：矿井；巷道；差异化支护

1 绪论

近年来随着我国经济社会的不断发展，各行业对于矿藏资源的需求不断增加，矿山资源的开采量不断提升。矿井开采质量安全受到越来越多的关注，相关技术要求也不断提高。矿井施工及开采中都要通过巷道，巷道安全是矿井作业安全的基础，在矿井井下特殊环境需要利用支护来支撑巷道，保障巷道的坚固可靠。但是矿井中不同位置的地质条件不同，巷道承受的应力也有区别，针对性进行差异化支护才能更好地发挥支护作用，对巷道形成保护。因此在现阶段加强对于矿井巷道差异化支护应用的研究是十分必要的，能够更加全面的认识当前矿井开采现状、巷道支护存在问题以及矿井巷道的支护原理，从而研究制定针对性的差异化支护方案，更好的发挥差异化支护的作用，保护矿井巷道的安全。

2 矿井开采现状及巷道支护存在问题

近年来矿井的开采规模不断扩大，矿藏开采的深度也不断增大，国内深部矿井数量逐年增多，这就导致矿井在开采作业中会承受更复杂的高地温、瓦斯、冲击矿压等工作环境。矿井巷道的断面也会逐渐增大，巷道周边的构造应力和原岩应力会不断升高，尤其是在深部矿井中岩层会转化为高应力软岩，容易出现较为突出的巷道高地压现象，存在一定的作业危险。这种复杂的矿井巷道地质条件会对矿井巷道安全以及开采作业的正常进行造成较大影响，巷道在掘进期间以及应力稳定后都可能会出现围岩变形、应力流变等问题。而且对矿井巷道进行维护难度较大、成本较高，还会影响到开采作业的进行，不利于提高矿山的开采效益。

分析相关统计资料可知，近几年，国内矿山的开采深度平均每年增加 100m，同时矿井中岩石巷道的断面面积平均每年增加 8%，其中岩巷的平均增加率为每年 32%。在开采深度增加额同时，巷道承受的地应力不断增大，巷道围岩容易出现严重变形问题。尤其是开采深度超过 700m 的矿井中，巷道矿压问题尤为普遍，甚至会出现底鼓等问题现象，而且矿井巷道的失修比例不断增加，深度越深，巷道失修越严重，其中在深度 1000m 位置的矿井巷道失修率约是 500m 位置的 10 倍左右。除了巷道失修问题，在矿井巷道维护中还容易出现前掘后修、反复维修的情况，这种情况的出现会严重影响巷道

的可靠性，而且会影响到矿井中的正常作业，不利于矿藏资源的顺利开采。这种情况的出现一方面会矿井开采深度较深以及巷道维护不到位有关，另一方面也受到矿井巷道支护技术的影响。矿井巷道掘进过程中可以使用的支护形式技术有多种不同的形式，在选择确定支护形式时需要参考矿井巷道周边的围岩性质、承受的压力大小、矿井巷道的设计服务年限以及巷道的断面形状、实际用途等多方面是因素。但是一些矿井巷道在选择确定支护形式时未充分考虑巷道的实际情况，导致支护不能有效发挥作用，出现巷道损坏等问题。

3 矿井巷道稳定性及支护控制原理

3.1 矿井巷道围岩稳定性分析

根据连续介质力学的原理可知，在矿井巷道中，支护结构与周围围岩共同作用，支撑矿井巷道的稳定性，其中最重要的是围岩作为承载结构发挥作用，而巷道支护则会镶嵌在巷道内的介质孔洞中发挥加劲环的作用。在矿井中巷道围岩的稳定性能综合反映出矿井开挖后围岩的应力状态。在实际分析中一般可以采用解析计算方法分析围岩的连续介质力学模型，即通过计算数学力学得到闭合解，从而得到矿井巷道围岩的规律性以及连续介质力学模型，模型示意图如图 1 所示。

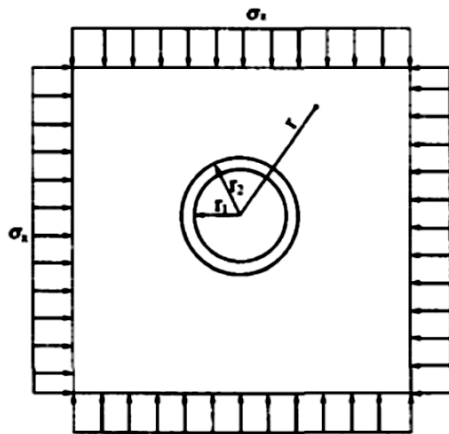


图 1 矿井巷道围岩连续介质力学模型

利用数学力学方法借助本构方程来求解矿井巷道稳定性问题，该方程能够综合反映岩体的基本力学性质。因此，需要重点选择与巷道围岩所处形态相匹配的物理关系式对围岩进行解析，从而真实反映矿井巷道的力学行为。在矿井中，如果围岩处于全应力 - 应变曲线的峰

前段,一般能够维持自稳,岩体在这一阶段属于变形体,可以按照变形体力学原理进行研究,当岩体的应力状态分别处于弹性、塑性状态时,需要分别应用弹性力学和损伤力学或弹塑性力学方法进行研究。如果巷道围岩承受应力应变的情况进入曲线峰后段,数值异常变大,超过峰值应力,围岩就进入张裂状态,可能会发生刚体滑移,需要使用初等力学方法进行解析,比如块体力学。

在对矿井巷道进行稳定性分析时,一般是假定巷道形状为圆形而且在巷道周围承受的荷载基本以轴对称的形式分布,而且不存在上拉应力区。在矿井巷道的实际掘进使用时,矿井巷道会受到各种压力的作用,必然会出现位移和弹塑性变形问题,与此同时形成的塑性区会影响到围岩的稳定性。最理想的状态是减少或消除在巷道周边形成的塑性区,因此需要利用支护提供支护阻力,而最小支护阻力的设定要考虑到矿井围岩的极限变形量,确保变形低于该极限值,这样才能避免出现岩体松弛和塌落问题的出现,保护矿井巷道的稳定性。

3.2 矿井巷道矿压的显现特征

随着矿井开采深度的不断增加,矿井巷道承受的应力也会变大,而巷道周围的围岩岩性也会恶化,在围岩中形成的破坏区和塑性区的范围会逐渐增大。当矿井巷道两侧的强度较小时,支承压力会造成更大面积的破坏区和塑性区和破坏区更大,两侧会发生剧烈的移动,对顶板的支护保护作用逐渐降低,这种情况下巷道承受的高地应力会逐渐传递到底板,从而造成巷道底鼓等问题。在矿井巷道中矿压增大的显现主要表现在以下四方面,其一是巷道内流变,而且随着时间的延续,矿井巷道的变形会一直持续而且更加严重;其二是巷道围岩的变形速度不断加快,同时会产生更大的变形量;其三是在深井巷道中会发生较高的失效率,频繁发生采掘失调的问题;其四是矿井巷道的支护对于使用的支护支架的特性要求提高,需要依靠高吨位支护体系来保护支撑巷道。

3.3 矿井巷道围岩支护控制原理

矿井巷道围岩的支护需要从以下几方面入手,首先要优化矿井巷道布置,通过合理实际巷道位置和走向来降低巷道围岩应力。其二是正确选择巷道支护形式,巷道支护方式需要与巷道的实际采动情况匹配,传统支护方式在浅层巷道能够发挥作用,但是在采深深度较大的位置,传统支护方式难以发挥作用,而且不利于巷道维护,需要根据巷道的实际情况设计使用新型联合支护方式。其三是提高矿井巷道的围岩强度,比如利用锚杆支护法来提高巷道破坏区周边的围岩强度,并逐渐增大锚固体的残余强度和极限强度,同时加强控制巷道底板和两帮,采用注浆加固或加强支护的方法提高周边围岩的锚固力和残余强度,从而降低破碎区围岩发生碎胀变形的概率。

4 矿井巷道差异化支护应用

4.1 矿井巷道常用支护方式及差异化优化

在矿井掘进使用中,对巷道进行支护有多种不同的

形式,支护材料也有许多选择。具体的巷道支护方式和材料的选择要综合考虑矿井巷道的服务年限、压力大小、围岩性质、巷道用途等多方面的因素。传统模式下可以使用的巷道支护方式按照材料不同可以分为料石及混凝土砌碛、木支护、U型钢支护和矿工钢支护,按照支护方式又可以分为喷射混凝土支护和锚杆支护,这也是当前巷道支护最常用的方式。

不同类型和不同位置地段的巷道其周边的地质条件和运行环境都有较大的区别,单一的支护方式无法完全保障每一段巷道的安全,针对巷道进行差异化支护优化就是要充分分析巷道现场实际情况,根据不同巷道的特点选择确定最合适的支护方式,其中最关键的就是巷道地质条件。因此在进行差异化支护优化时首先要全面分析矿井不同区域巷道附近的岩性、构造、风化、破碎及采空特点,进而准确判断其压力显现情况,这样才能针对性优化支护方式。

4.2 矿井巷道差异化支护应用

相关资料显示,矿井巷道中使用工字钢架梯形棚支护得到的巷道抗压性较差,不如锚喷效果理想。但是架棚支护适合在服务年限较短的回采巷道中使用,便于快速掘进巷道,而且成本更低。不同的支护方式各有优缺点,要结合巷道的实际应用要求进行选择,这样才能更好地发挥巷道差异化支护的优势。在实际应用中可以结合相关理论核算不同巷道位置的实际顶侧压以及巷道地质条件和用途及确定巷道的实际支护方式,在矿井巷道差异化支护中从服务年限、断面地段、层位岩性、顶底两帮、特殊区域等多方面实现差异化。

4.2.1 矿井巷道锚杆支护

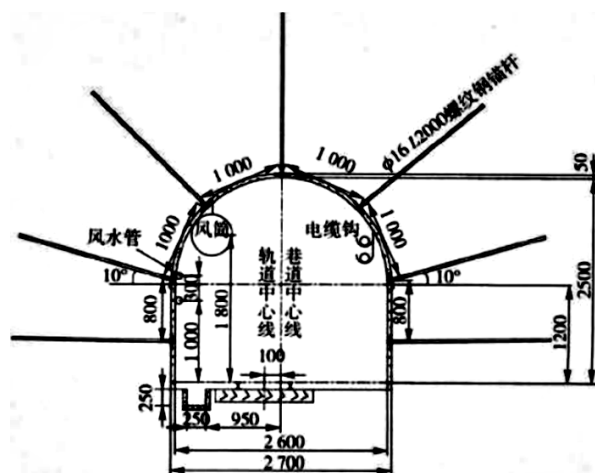


图2 矿井巷道锚喷支护断面图

矿井巷道锚杆支护一般应用于回风巷道和采区巷道,前者用于变电所电力控制,后者在使用中需要提供较长的服务年限。在设计使用锚杆支护时,需要综合考虑岩巷道的特点以及巷道所处地段位置支护强度的区别,而且要尽量减少锚索、锚杆的使用,降低成本。因此一般采用动态设计法,方便根据矿井巷道的掘进使用情况及时对巷道的支护参数进行动态地修护调整支护参数,既能保证不同位置巷道不同的支护强度的需要,又

能够按需设计,节省支护材料成本。

传统模式下,矿井中的锚喷巷道都是采用锚杆、锚索和联合支护的方式,最后还会对巷道进行 50mm 以上的喷浆。本课题研究中,改变传统支护模式,根据不同矿井巷道的实际地质受力情况及巷道用途改进支护方案,对于矿井巷道中需要长年服务的回风巷道和采区巷道采用锚喷支护方式。同时结合巷道不同分段位置附近的围岩岩性和破碎情况具体调整支护方式,如果巷道附近的顶板相对完整直接利用锚杆进行支护,不再使用钢筋网和锚索进行联合支护。调整后的锚喷支护断面如图 2 所示。

对这部分巷道进行差异化支护处理后,巷道的支护方式更具备针对性。为了更加全面的掌握了解巷道差异化支护的效果、支护过程中应力变形的变化规律以及矿井巷道稳定性的变化情况,在矿井巷道顶板的完整区域及破碎带分别设置观察点,用于观察相应位置的岩石位移量。巷道表面位移的观测周期为 5 天一次,最终得到如图 3 所示的巷道围岩收敛量图。其中 Y1、F1 和 Y2、F2 分别表示破碎带区域和顶板完整区域。综合分析图中数据可知,在改进后的支护方式下,矿井巷道围岩能够维持相对稳定的整体承载能力,而且巷道周边的破坏程度得到有效控制,破坏程度显著降低,矿井巷道的差异化支护取得理想效果。

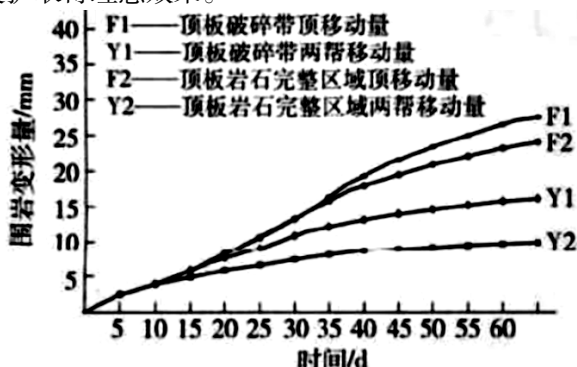


图 3 差异化支护后围岩变形量

4.2.2 矿井巷道架棚支护

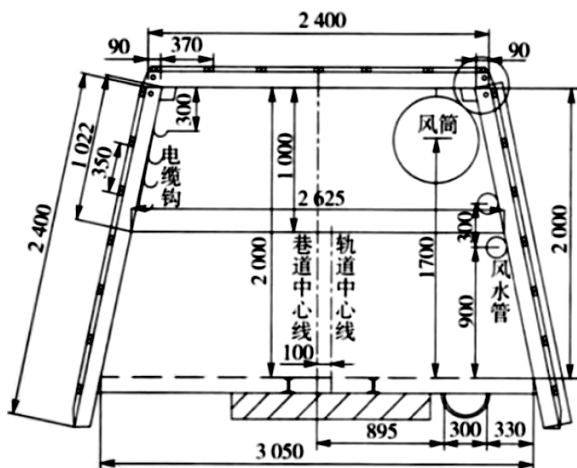


图 4 架棚支护断面图

在矿井中的工作面回采使用的机、风巷道一般采用架棚支护,这种支护方式能够有效控制顶板及巷道的稳

定,而且能够满足井下的运输、行人和通风要求。这部分的支护也要坚持减少材料消耗的原则,使用梯形断面工字钢架底扎、高度和棚距设置为 3050mm、2000mm 和 650mm,棚距的设计采用差异化,对于压力较大的巷道位置,可以缩小棚距并放大底扎。一般条件下,使用编织网、塘材棍和铁丝连接固定,对于压力过大的巷道位置,可以差异化处理,使用对子棚替代工字钢梯形套棚,有助于降低维修量,其支护断面如图 4 所示。

对架棚支护进行差异化支护处理后密集棚、对子棚和正常架棚等区域设置多个观察点观察矿井巷道的变形量,汇总变形量数据如图 5 所示。分析数据可知架棚支护能够有效保障临时巷道的安全,而且能够根据巷道在使用过程中发生的压力变化对架棚的设计参数进行调整从而更加可靠的控制压力变化。对比架棚顶板和两帮数据可知,前者变化明显更小,说明金属棚能够发挥更强的顶板支护作用,而巷道的两帮受到较大而且不均的压力,容易出现较大的变化量。

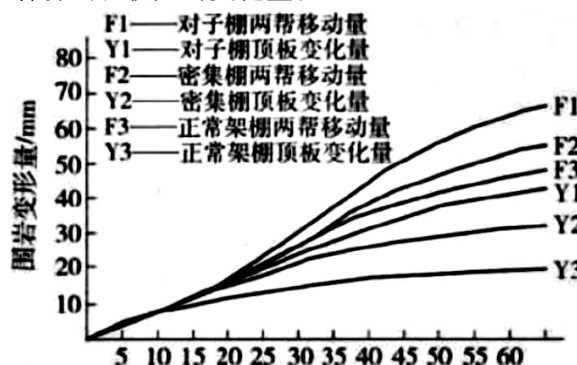


图 5 架棚支护围岩变形量

5 结语

通过本文的分析可知,当前矿井开采规模不断扩大,矿井巷道的支护变得更加重要。矿井巷道在不同位置承受的应力条件存在较大的区别,单一的支护方式难以有效保障矿井巷道的稳定性,对矿井巷道支护中实行差异化优化能够更好的发挥巷道支护的作用,保护巷道安全。未来随着矿藏资源需求的不断增加,矿井开采深度会进一步增加,矿井巷道稳定性的重要性会受到更多的重视,差异化支护也会发挥更加重要的作用,这就需要不断加强对于矿井巷道差异化支护的研究,制定更加合理的支护方案,充分发挥各种支护方式的作用,全面保障矿井巷道的稳定性和安全性,保障井下作业的高效安全进行,实现更好的经济效益。

参考文献:

- [1] 李俊杰.厚煤层坚硬顶板综放开采巷道顶板差异化管理研究与应用[J].当代化工研究,2020(14):68-69.
- [2] 赵鹏杰.关于断裂构造区巷道支护方案的研究[J].矿业装备,2020(2):114-115.

作者简介:

翟小军(1976-),男,汉族,山西翼城人,本科学历,中级采矿工程师 2016 年毕业于重庆大学,主要从事矿井防治水及生产技术管理工作。