

试论金属矿山采矿工程中岩石力学的应用

柳云成

(云南澜沧铅矿有限公司, 云南 澜沧 665600)

摘要:岩石力学是一门科学学科,主要是研究岩层地应力、稳定性等外在因素,广泛用于水利工程和土木工程建设中。其中开采环节运用岩石力学进行应力科学测量的使用已经越来越广泛,在这个基础上设计开采计划方案,能够有效降低开采环节中可能发生的一些问题。结合金属采矿工程中岩石力学的实际应用,分析岩石力学的应用方式,希望为金属矿山采矿工程提供一定的参考。

关键词:金属矿山;采矿工程;岩石力学;科学测量

中图分类号:TD853

文献标识码:A

文章编号:1004-7344(2023)07-0117-03

0 引言

随着金属材料的应用和消耗不断增多,其需求也在日益提升,对矿山开采明确提出更高要求。岩石力学是具体指导采矿工程专业的设计方案的前提,也是保障开采安全、有效的基础,主要应用岩体勘察和地应力勘测设计采掘计划方案^[1]。在实际操作中,需要了解岩层的特征,做好应力场测绘工作,充分认识深层采掘的危害性。

1 简述岩石力学

岩石力学是一门科学研究环境中岩石构成和岩石转变因素的综合型学科。该学科广泛用于很多大型工程,是建筑工程设计和施工的理论依据。岩石力学理论与实际工程实践具有紧密联系,需要逐步完善。岩石力学以岩石为研究对象,认为其为地质结构中的“介质”,具有不连续特性^[2],如图1所示。受板块运动等因素影响,岩石内部结构形成应力场,建筑施工也会导致岩石地应力释放形变。因为岩石的不连续性,致使不确定性,而岩石力学可研究这一不确定性。



图1 岩体结构

传统采矿技术以工作经验为基础,因开采欠缺技术性、不合理,所以开采效率不高。随着科技的不断发展,采矿技术明显提高,基础理论研究也不断深入,牵涉到不同的内容。岩石力学理论的明确提出为开采工作的高速发展提供了具体指导。岩石力学的研究方向主要包括地应力精确测量、边坡加固设计方案、井下围岩稳定性研究、开采工艺技术和设计方案、岩石爆破技术、地面沉降处理等内容。在采矿工程专业中,可根据具体开采环境和岩层自然环境,科学设计工程内容,处理问题。

2 岩石力学在采矿工程中应用

2.1 地应力测量方法

地应力是通过板块运动所引起的岩土形变。在工程施工过程中,受到基坑开挖的外力作用,岩石也常出现形变。精确测量岩石的地面地应力,可为矿山开采基坑开挖提供具体计划方案指导。在掌握基坑开挖地区地貌管理方法的前提下,能够确立基坑开挖位置和方向,明确最后的支撑模式和结构,保证基坑开挖环节中岩石的稳定。

矿山开采中的基坑开挖需要根据弹性力学基础理论来判定岩石的横截面结构和形状,以防止应力集中。假如岩石横截面为椭圆形,压力均匀,基坑开挖应该考虑岩石的主应力方位,以保证主应力方位与压力方向平行,降低地应力对岩石的损害。地应力精确测量可使用3D模型,如图2所示。

地应力精确测量是基于弹性力学基础理论,开展巷道和采场断面主应力的比率测量。测量的根本目的是防止应力集中,科学合理的计算和分析是采矿工程专业发展的前提和基础。计算机模拟技术广泛用于地应力值精确测量中,可根据定量分析技术的有效应用,



图2 地应力结构

掌握初始应力值，并且为特定的开采设计方案提供支持。因为岩层地应力的影响因素受地质环境的作用比较大，应力状态也具有一定的多元性。现场测量是最准确、直接的方式，项目实施前需要特别注意。

2.2 岩石力学在采矿工程中实际应用

应力精确测量需在基坑开挖前进行，可通过数据信息科技仿真模拟基坑开挖岩石及周围区域内的应力状态，通过好几个点精确测量。三维模拟应该选择6个点做为地应力座标，明确3个主应力，并明确尺寸和方位。因为测量点的岩石规格无法明确，大时可以达到千余立方。为了确保地应力测量的精确性，应该考虑岩石的环境条件，保障测量点的总数能够满足战略需求，科学合理创建地应力实体模型。

常见的运用方式主要包括水压致裂法和应力解除法两种^[9]。其中，水压致裂法的实际操作不便，必须在岩石上打孔；而应力解除法是一种相对全面的操作，使用方便、结论精确，是当前常用地应力测量法。操作方式主要包括：①从岩石表层向里开洞，当孔位接触测量点终止。直径为15cm，深度大约为岩石区煤巷或隧道的25倍，以保证获取原始地应力数据信息。②以形成的大孔为基础，在底端打一个同心孔，为在孔内安装摄像头作准备。小圆孔的孔径保持在3.7cm，深度大约为直径的10倍，以保证同心孔的中间地区处在平面应变状态下。③安装探头设备，应用比较好的空心包体应变计开展地应力精确测量，并将其固定在小孔中央。④继续延伸大孔区域，触碰小圆孔四周的地应力，纪录机器设备采集的小圆孔形变数据信息。

3 采矿工程在采矿设计中的应用

3.1 设计理念

金属材料开采的稳定性和安全性受地应力的影响较大。以地应力作为开采的基本条件，联系工程周边的地质和水文条件，设定开采标准，进行合理布局，完成参数设计和支撑结构加固，才能保证采矿工程专业的合理性。实际设计构思包括：数据采集、基本设计方案、定量分析、管理决策、技术性工程施工、现场检测、计划方案改善^[9]。受开采岩石环境的作用，可选用两段基坑开挖技术实现定量检测和定量分析，操作步骤为：资料

收集→方案设计→定量分析→决策优化→技术施工→现场检测→完善方案。

3.2 采矿方法具体应用

某金属矿山的地质结构为断裂带，上层含有大量碎岩，矿体长度比较短，厚度较大。地区周围有道路和水稻田，必须防止基坑开挖环节中地面塌陷，对采掘技术要求很高。根据以上工作原理，设计工程采掘计划方案，控制施工成本。设计方案区域内含22个测量点，保持6个水平的应力计算，并在这个基础上建设模型，应用技术如下。

(1)在顶层设计回采填充加工工艺。该技术成本低，可以实现好几个采场间的协同工作。能够确保整个回采过程的安全性，提升了开采效率。初步设计后，可运用信息技术构建模型对方案开展定量分析，依据采场具体情况和岩体样子，确立开采次序，明确结构参数。“品”字形开采，控制采场地压，中间地区设计“拱”字形，完成对应力的控制，并作为主要采掘地区，保证开采安全。

(2)优化工程爆破主要参数，提升岩石爆破效率，提高矿物资源的开采水平。为了减少工程爆破过程的成本，改进和优化开采自然环境。选用无轨设备进行开采工作，实现全方位的机械化操作，达到控制成本、提高工作效率的目标。

(3)现场监测选用地压实时检测方式，不但确保对地压的科学检测，也确保生产的安全性。因此，根据岩石力学的开采设计方案，应充分考虑地应力对实际施工的规定，使用以上方法开展具体采矿作业。应用以上设计内容，预估矿山开采生产量至少到80%，损失率控制在45%以内，矿产量提高36%。

4 岩石力学在露天矿边坡设计中的应用

4.1 设计重点

岩石力学理论还会用于一些露天矿山的建设与采集，边坡应依据岩层地应力来设计和优化。在我国绝大多数露天矿山已逐渐转变成深凹采掘，采掘深度超过200m，部分边坡垂直高度达到600mm，又高、又陡，严重影响矿产资源开采的安全。这种情况可应用岩石力学理论，通过减少坡角剥离控制开采成本。角度越高，越需要减少剥离量，成本越少。因而，为了金属矿成本，应依据岩石力学理论优化边坡设计方案。

4.2 设计优化方案

矿山的边坡设计主要依据极限值平衡法。我国很多大型露天矿区边坡视角比较缓，设计方案欠缺专业性，导致成本较高。极限值平衡法是一种科学合理、全面的边坡设计方法。但是因为边坡稳定性也会受到岩层应力的影响，假如矿山是深凹露天煤矿，应用此方法

不能达到最理想的效果。

边坡设计中必须将传统边坡设计构思与现阶段的信息内容技术相结合,考虑到地应力对岩层环境和开采的影响,选用定量计算方式,实现边坡的科学设计。本文以山坡露天煤矿为例,明确边坡设计执行线路。具体为:定量分析边坡角度,确立边坡方案设计,提高边坡角度,降低剥离量。在实际操作中,应密切关注岩石构造。一般岩石构造包含断层、不连续结构和非线性结构。可运用三维离散元程序,合理模拟边坡值的设计。通过三维数据分析,实现对边坡稳定性的控制。在实际操作中,应结合多种方式,考虑到矿山开采岩石的具体情况,通过多次检验和比较,明确最后数据信息,为边坡固定提供数据。具体步骤为:数值模拟→坡角明确→定量分析→三位模型→反复验证。

5 岩石力学在灾害预测与防治中的应用

5.1 设计重点

金属矿山在开采中可能出现坍塌、冲击、岩层爆炸等诸多问题。一旦发生灾害事故,会对周边环境造成负面影响,导致巨大经济损失。岩层爆炸事故杀伤力较强,案例很多。尽管我国加大了对岩层爆炸事件基本原理研究力度,将岩石力学与灾难预测分析紧密结合,为矿产资源开采提供一定的指导。但目前灾难预测分析和预防技术的发展仍然存在一些问题,如何有效设计方案,利用岩石力学实现预测仍然是科学研究重点。

5.2 技术路线

根据矿山的具體勘察结果,在此基础上搜集、整理和分析数据。首先,精确测量地应力,科学进行地质调查,开展地应力试验,收集和梳理现场检测数据信息。其次,运用演化手段确立岩层爆炸的原理,分析岩层发生爆炸与地质结构之间的关系,定量预测岩爆炸的概率,运用信息科技梳理矿山空间强度和时间参数,模拟岩层发生爆炸参数。最后,结合预测分析和预防,综合考核研究,保证安全生产。实际技术方案为:资料收集→参数设计→综合防治。

5.3 准备工作

储存在岩石中的弹性能量可在外力作用下释放出应变能。本次案例运用地应力测量法,开展岩石力学试验,通过三维有限元模拟测算,测算岩石里的应力和应变发生爆炸标准,讨论岩层发生爆炸的概率和岩层发生爆炸后杀伤力^①。定量分析深度、能量、冲击性等主要参数后,依据岩层的性质、弹性和切力评价岩石的地应力,最后分辨岩石发生爆炸的概率,防止实际矿源采掘环节中可能发生的难题。

5.4 具体应用

地应力相对较高的岩石中可能存在大量应变能

量。若是在采掘环节中堆砌损坏,导致能量释放和岩层发生爆炸,会对周边环境造成极其恶劣影响。项目设计选用现场勘察和三维模型建设,测算有限元分析值,分析岩石内储存的能量值和外部岩石自然环境,作为依据定量计算岩层发生爆炸的概率和抗压强度。具体包括:①依据地应力基本原理,明确采掘次序和采掘流程,有效运用卸压开采技术,防止部分岩石地应力提升,释放出岩石弹性能量产生岩爆。②在确立岩层环境和岩石结构的前提下,有效填充采空区域。填充物体必须确保抗压强度,适用地应力,降低空区太大所引起的岩层爆炸事件。③用喷锚网固定岩石,运用喷锚装置的推动作用,确保岩石在可控范围内的柔性,使围岩在移动环节中缓慢释放能量,减少灾难释放效果。④爆破设计应有效,防止工程爆破所引起的岩石震动,从而产生岩爆反应。⑤建立和完善监测网络,确立围岩活动规律和稳定性等主要参数,掌握具体岩石能量释放情况,为预防灾害奠定基础。

以上措施的运用能够实现围岩的保护,减少开采环节中产生灾难的概率。岩石力学的实践应用,应结合具体开采条件和采矿环境,以综合性勘测、精确测量为基础,确保计划方案科学合理,充分发挥岩石力学的积极意义,减少开采成本,提升开采效率。

6 结语

综上所述,岩石结构是决定开采项目进展的重要因素。为了保证采矿工程的质量,提升开采效率,务必提前准备相应的开采工作和地质勘探工作。以岩石力学有关基础理论为原则,具体指导金属矿山开采的设计工作,可有效减少开采过程的运营成本,提升开采深度和效率,具有重要的意义。

参考文献

- [1] 李少明.有色金属采矿施工中不安全技术因素与对策分析[J].世界有色金属,2018(21):102-103.
- [2] 董宣.岩石力学在金属矿山采矿工程中的应用[J].科学与财富,2018(15):128.
- [3] 徐茂文.金属矿山采矿工程技术与施工安全事故防范[J].中国金属通报,2018(4):37-38.
- [4] 赵钺.金属矿山采矿工程中岩石力学的应用探析[J].世界有色金属,2019(13):32-33.
- [5] 程涌.岩石力学在金属矿山采矿工程中的应用[J].世界有色金属,2018(19):227,229.

作者简介:柳云成(1984—),男,汉族,云南曲靖人,本科,工程师,主要从事矿山地质、资源开发、地质勘查工作。