

金属矿山采空区灾害防治技术研究综述

苑晓军

赤峰市防灾救灾中心

[摘要]我国是世界上最大的金属矿山生产国，地下金属矿山超过10000个，每年生产超过20亿吨矿石，这加剧了采空区带来的严重危害问题。通过对采空区灾害基础理论的系统研究，了解了采空区的定义，明确了采空区的灾害类型。针对采空区引的灾害，从采空区治理技术方面，对其进行详细介绍，最后展望了未来的研究技术。

[关键词]金属矿山；采空区；治理技术

【DOI】10.12252/j.issn.2096-6288.2021.09.1002

引言

金属矿山是人类建造的工业场地，用于从地质矿物中提取富含金属元素的矿石。针对采掘的金属矿物种类不同，业界人士一般把金属矿山进行分类，主要有：黑色矿山、有色金属矿山、金矿山、核工业矿山、稀土矿山等。我国的金属矿石产量是世界上最大的。2012年，我国生产铁矿石、有色金属、黄金，分别为13亿吨、3672万吨、403吨。金属矿开采总量，超过30亿吨，其中20亿吨来自地下。矿山的金属被开采，就会导致地下填不满，从而形成采空区。随着科学技术发展，在生活中很多地方都用到金属制品，需求也逐渐增大，采矿完成后遗留下来的问题日益严重，资源枯竭问题日益突出。如果不能及时处理，将成为威胁矿业生产和周边安全的主要灾害类型。

一、金属矿山采空区的定义

在金属采掘和采矿领域，至今为止，也没有专家明确解释采空区。相反，有的学者已经更深入地研究和解释了“地面压力”的概念。事实上，“地压”和“采空区”，在金属开采中，是相辅相成的。例如，对于采空区的处理，人们通常称作地压管理。在《采矿手册》中，第4卷23章特别指出，采场地压顾名思义是指物与物之间形成的作用力，在这是指矿体、围岩和立柱与支护系统相互作用的应力场。2001年冶金术语审查委员会，制定冶金术语规定，在冶金、采矿、矿山测量中，在英文里解释为停矿区处理，但并没有进行定义和解释。《中国大辞典》中解释说，“采空区”是采矿作业留下的形状各异、空间复杂，大小不一。在《采矿安全术语》GB/T 15259-2008中，“采空区”定义为开采后不再维护的地下和地面空间^[1]。

二、金属矿山采空区的灾害类型

采空区与矿业生产密切相关，采空导致灾害的类型有：地压灾害、涉水灾害、火灾、窒息。地压和涉水是主要危害。地压灾害是金属矿山采空区主要危险类型，金属矿山的围岩易发生断裂，并且其地质复杂。在采空区长期稳定后，矿柱可能会持续失稳，顶板可能突然坍塌，也会导致矿井坍塌。老采空区水灾，又称“老空水”，是威胁矿业生产的第二大灾害^[2]。金属采空区火灾主要是硫化矿自燃引起的内部火灾。此外，采空区是中毒和窒息事故的高发区。未封闭的采空区容易积聚爆破烟和其他有毒烟雾，人员误入时会导致中毒和窒息事故。

三、金属矿山采空区治理技术进展

合理处理采空区的措施，一般有四种：一是封闭法；二是崩落法；三是加固法；四是充填法。采空区充填是最有效、最完整、最环保的采空区处理方法。它的缺点是工程量和工艺量大。随着灌装工艺的改进，灌装效率越来越高，使用范围也逐渐扩大。泥浆在压力作用下充满采空区的剩余空间。浆液通过物理和化学反应，在孔隙和裂缝中形成具有一定强度和低透水性的石料，起到补强和防渗的作用。在采空区的渗透注浆角度，注浆主要作用于导水断裂带，用于岩石裂隙、岩间裂隙和塌陷带沉积物的加固。灌浆方式是按流变学原理可分为牛顿流体和非牛顿流体。采空区灌浆处理过程中使用的充填材料在非牛顿流体中通常属于宾汉流体，其剪

切速率与剪切应力不成正比。

我国部分省市安全监管部门，要求本地区金属矿山，采取填埋采空区。填充材料不一，其工艺可分为：干式充填、水砂充填、渣水泥充填、膏体充填和高水快凝充填^[3]。目前，干法充填已基本淘汰，我国广泛采用胶结尾矿充填。最新兴的面团填充和高含水量快凝填充技术是采空区填充技术的发展方向，但由于技术不太成熟，加上成本太高，人们利用此方法不多。在采空区整个充填过程中，去除剩余采空区充填物并制作充填材料和顶板是充填过程中最关键的技术。

允许围岩自然崩落填充空隙区域，随后用未胶结的水砂填充，是处理大面积点柱空坑的有效方法^[4]。老采空区水灾的重点是预防，当开采扰动区影响到已知采空区的水时，应及时采取措施排水或注浆，加固保水柱，将风险控制可在接受的范围内。

四、展望

地下的金属矿石开采完成后，随即留下采空区，这样就会形成固有危害源，也是导致地压灾害的主要原因之一。在过去的很长时间内，大量的矿山企业，不但不重视采空区的管理，还在一直不规范的进行采掘矿山。另外，我国金属矿山目前已经有大量遗留下来的采空区，对当地造成了很大安全隐患，有着极不稳定的安全隐患。伴随科学技术的迅速发展，采空区的治理技术还是有挑战性。开采留下的采空区有几种安全处理方法，具体如下：探洞区、回填采空区、永久性柱支撑采空区。对岩石周围洞穴的采空区处理需要更高的施工技术。空矿区域的大量岩石容易突然坠落，并可能导致电波损坏。支撑采空区的永久性支柱只能满足短期稳定的需要。采空区屋面在工程爆破扰动和岩石流变特性条件下存在不稳定失效的风险。

在检测采空区隐患方面，重点把握小工程、小构筑物的分辨率和精度。评估采空区风险方面，希望将安全监测和检测隐患系统相结合，互为前提和条件。在监测方式上，近年来出现了自动全站仪、激光雷达、合成孔径干扰雷达、探地通信技术、无线技术等。我们要相信随着国内加强相关体制规定，再加上安全技术不断提升，金属采空区会逐渐解决危险隐患。

参考文献：

- [1] 曹贞兵. 金属矿山采空区灾害防治技术研究综述[J]. 中国金属通报, 2020(06): 204-205.
- [2] 马海涛, 刘宁武, 王云海, 李全东, 陈善刚. 金属矿山采空区灾害防治技术研究综述[J]. 中国安全生产科学技术, 2014, 10(10): 75-80.
- [3] 于文龙, 赵旭阳. 某金属矿山采空区安全评估方法探索与应用[J]. 水科学与工程技术, 2020(05): 48-51.
- [4] 张兵兵, 许龙星, 张璞, 张岗涛. 基于无人机航测技术的露天矿山采空区精细化验收[J]. 金属矿山, 2021(07): 96-101.
- [5] 卢道红. 金属矿山采空区灾害防治技术研究综述[J]. 低碳世界, 2017(04): 88-89.