

充填采矿法的应用现状及发展方向

本文主要介绍了充填采矿法在国内外的应用现状及分类,并预测了其未来发展趋势。

文 | 万海涛 方勇 肖广哲 秦杨

充 填采矿法具有安全、回采率高、对地表生态环境破坏较小等一系列优点。本文主要介绍了充填采矿法在国内外的应用现状及分类,并预测其未来发展趋势。

充填采矿法国内外应用现状

1. 国外应用现状

充填采矿法的研究在国外发展较早。1930年霍恩矿山公司首次试验磁黄铁矿尾砂和炼铜炉渣干式充填获得成功。20世纪50年代,澳洲一些地下金属矿山,以水力充填取代了早期使用的干式充填。1962年加拿大Food矿首次采用尾砂和水泥胶结充填。1969年澳大利亚芒特艾萨铜矿首次采用水泥胶结充填回采底柱,同时进行铅锌铜冶炼炉渣代替水泥的研究。20世纪70年代,尾砂胶结充填工艺开始在金属矿山推广应用。1993年加拿大发展了膏体充填技术,这项技术的出现只是近10年的事,但发展极为迅速。一些矿业发达国家,如澳大利亚,1997年8月建成的大型地下矿山坎宁顿(Cannington)矿,就采用了膏体充填系统,而芒特艾萨矿业公司为开采深部的3500矿体,在1998年底建成一个膏体充填系统。可以说10年内加拿大矿山采用高浓度尾砂充填料将会成为规范。由于经济的需要,许多矿山应用了空场法采矿,并进行嗣后充填。特别是在20世纪50~60年代后,各国都加大了充填采矿所占的比重,有关国家还围绕灾害控制制



定了相应规范,可以说,充填采矿法将是采矿技术研究的重点。

2. 国内应用现状

我国充填采矿法的发展经历了四个阶段:第一阶段为20世纪50年代的干式充填。1955年我国干式充填采矿法在有色金属地下开采中占38.2%,在黑色金属地下开采中高达54.8%,但由于当时设备比较落后,技术水平比较低,从采矿工效、生产能力及成本上制约了充填采矿技术的发展,至1963年,有色矿山中充填采矿法的应用比重降至0.7%;第二阶段为20世纪60、70年代以分级尾砂、河砂、风砂、碎石等为集料的水砂充填和胶结充填工艺。1960年,湘潭锰矿为了防止矿坑内因火灾,采用了碎石水力充填技术,1965

年锡矿山南矿为了控制采场大面积地压,使用了尾砂水力充填工艺,1968年凡口铅锌矿为了满足采矿工艺要求,首次采用分级尾砂和水泥胶结充填工艺;第三阶段为20世纪80年代发展起来的全尾砂高浓度胶结充填、高水速凝全尾砂固化胶结充填和块石胶结充填工艺。上世纪80年代末,凡口铅锌矿和金川有色金属公司开始试验全尾砂充填,同时高水速凝充填技术在煤矿开始应用,1988年大厂铜坑矿采用了块石胶结充填工艺;第四阶段为20世纪90年代发展起来的膏体泵送充填工艺。1997年金川有色金属公司二矿区建成了膏体泵送充填系统,1999年大冶有色金属公司也采用了膏体泵送充填技术。此后,随着各种新型充填工艺、新型胶结材料的

成功应用,极大地推进了我国充填采矿技术的发展。

充填采矿法的分类

充填采矿法依据充填材料的不同可分为:干式充填法、水砂充填法、胶结充填法。其发展经历了由干式充填到最初为不含胶结剂的水砂充填,以后发展了胶结充填,并使充填体的浓度逐步提高,逐步发展到高浓度的似膏体充填、膏体充填。

1. 干式充填法

干式充填采矿法用矿车、风力或其它机械输送干充填料(如废石、砂石等)充填采空区,也是充填采矿技术最早采用的方法。苏联及日本、澳大利亚曾广泛采用,20世纪50年代,我国有色金属矿山50%以上使用干式充填采矿法。用此法采出的矿石占总矿石量的1/3之多。

随着充填技术的发展,干式充填法因工艺繁杂,劳动力需求大,作业成本高,采场充填时间长,矿石贫化率高,生产率低,采场充填时不能进行回采等缺点,已不能满足“三强”(强采、强出、强充)采矿生产的需要。因而,国内干式充填法所占的比重逐年下降,但它能适应矿体产状复杂变化的矿区,因此至今仍有矿山使用此法。

2. 水砂充填法

利用砂浆泵或自流方式,将选厂尾砂、冶炼场炉渣、碎石砂石等固液两相浆体输送到井下,作为充填料来充填采空区。1864年在美国宾夕法尼亚的一个煤矿区进行了第一次水砂充填试验,以保护一座教堂的基础安全。随后南非、德国、澳大利亚等国家也先后试验并成功运用了水砂充填工艺。进入20世纪后,美国 and 加拿大开发了基于采用选厂分级尾砂进行水砂充填的充填工艺,在悬浮液输送固体物料、水力旋流器脱泥等方面取得了进步,实现了低浓度(35%~70%)泵压或自流输送的水力充填采矿。我国的水砂充填工艺从20世纪60年代开始采用,1965年首次采用了尾砂水力充填采空区工艺,有效地减缓了地表下沉,取得了较好的效

果;70年代一些矿山都先后成功应用了尾砂水力充填工艺;进入80年代后,分级尾砂充填工艺与技术应用更加广泛,有60余座有色、黑色和黄金矿山都推广应用了该项工艺技术。但是水砂充填工艺较为复杂(需砌筑溜矿井和人行滤水井,构筑混凝土隔墙,铺设混凝土底板等)、排水费用高、充填量小,充填体强度不高,使其应用范围受到很大限制,发展胶结充填已成为当今的必然趋势。

3. 胶结充填法

胶结充填法一般采用以碎石、河砂或尾砂或戈壁集料为骨料(间或掺入块石),与水泥或石灰类胶结材料经拌和形成浆体或膏体,以管道泵送或重力自流方式输送到充填区的充填。与水砂充填相比,胶结充填的充填料强度大,充填速度快,充填量大,工艺简单。随着材料科学的发展,目前胶结材料类型、品种多样,加上掺合料的多样化,使胶体、浆体或膏体的成分愈加复杂和多样,再加上浆体泵送工艺的发展,使胶结充填出现了空前的繁荣局面。胶结充填又可分为:尾砂胶结充填、块石胶结充填、高浓度全尾砂胶结充填、膏体泵送充填、高水速凝充填。由于胶结充填具有强度大、速度快、工艺简单等优点,因此目前世界各国矿山企业,特别是矿业发达的国家都在广泛应用这种充填方法。

充填采矿法的发展方向

1. 向无轨机械化、回采连续化发展

现代充填采矿技术已将低效率的充填工艺改造成为大规模高效率的先进的采矿工艺。斜坡道与各种类型无轨采掘设备的应用,使井下作业面貌发生巨大变化。井下工人劳动条件得到很大改善,采场生产能力和劳动生产率大幅度提高。

据称,国内矿山已有53种型号800多台铲运机(LHD)在运行,铲斗容积最小的0.38³码,最大的已达6.1³码,其中柴油驱动占70%,电力驱动占30%。拥有铲运机的矿山有56座。白银有色金属(集团)有限责任公司小铁山铅锌矿先后引进地下无轨

现代充填采矿技术已将低效率的充填工艺改造成为大规模高效率的先进的采矿工艺。斜坡道与各种类型无轨采掘设备的应用,使井下作业面貌发生巨大变化。

采掘及辅助设备12台(套),实现了采掘无轨机械化。装备有瑞典水星—14单臂液压凿岩台车4台,美国EST 2D铲运机4台,中国金川JCCY 2A铲运机4台,铲斗容积为2³码,即可每年采出矿石30万吨,生产能力达到800~1200吨/天;又如安庆铜矿采用120米以上高阶段大孔径崩矿嗣后一次充填采矿法,瑞典Simba-251潜孔钻机钻凿直径为165毫米垂直下向深孔,美国ST-SC(斗容3.8³耐)铲运机出矿及大规模连续振动出矿,采场综合能力达到750~800吨/天。

2. 新型充填材料、化学添加剂逐步扩大应用

矿山充填材料主要由骨料和胶结剂两部分组成,骨料大多数就地选取廉价的可用物料,不足部分就地选料破碎加工,而胶结剂绝大多数矿山选用普通硅酸盐水泥或矿渣水泥,少量矿山掺入粉煤灰、赤泥、石灰等物料。目前适用于矿山充填特点的专用水泥还不多见。高水速凝材料是一种典型的专用充填胶结剂,其在硬岩矿山的应用仍处于试验研究和推广阶段。

除了常规的充填材料,如砂石集料、水泥、粉煤灰、炉渣以及水之外,在充填料制备之前或混合之后直接加入的材料以外添加剂,已在国内外一些矿山开始研究和试用。例如速凝剂用来缩短凝固时间,缓凝剂用来延长凝固时间,减水剂用来改善易性和提高强度,减阻剂用来降低高浓度物料的管道输送阻力等,其目的是为了提高充填料的物理性能,包括强度、稳定性、可输送性、可泵性、和易性以及浇注



性等,这些特性满足于充填与采矿工程需要。特别是减水技术和水化过程控制技术已在海外矿山生产中应用。许多化学添加剂如絮凝剂、减水剂、减阻剂、泥浆杂物快速固化剂等也在矿山得到了不断应用,依赖水泥单一品种的局面将会得到改变。

3. 充填设施、机械、监测仪表将不断更新

在充填设施中,充填料贮仓的作用是十分重要的,但往往被人们所忽视。贮存干料的卧式贮仓较为简单,而采用湿法处理技术产出的分级尾砂或全尾砂的贮存通常用立式贮仓,要求贮仓中以高浓度料浆(例如65%~70%)稳定的、可靠的排出,对制备优质充填料十分重要。因此,对现代两相散体流动特性与理论研究十分必要。对现行使用的几种立式贮仓:半球形底部结构多点放砂型、锥形底部单点放砂型以及带搅拌器的贮罐型进行综合分析评价,并开发研究和设计出无搅拌器重力排放充填料贮仓,对浆体充填系统或膏体充填系统都是十分必要的。澳大利亚Wollongong大学松散固体与颗粒技术中心已开展了这方面的研究。

充填料制备的专用混合搅拌机得到进一步发展,出现了立式强力搅拌机、卧式叶片搅拌机、卧式圆筒旋转搅拌机、卧式双轴螺旋搅拌输送机以及水泥活化搅拌机、高剪力高速搅拌机等。由于尾砂充填的广泛应用,处理尾砂的分级脱泥设备、各种类型、各种尺寸的水力旋流器,输送尾砂的各种耐磨砂泵、油隔离泵、隔

膜泵等,特别是全尾砂技术的开发,促进了连续脱水技术和脱水设备的发展,大型盘式过滤机和大型水平带式真空过滤机研制水平有了较大的提高,过滤效率和处理能力完全可以满足生产需要。

充填搅拌站常规的国产监测仪表已由II型发展到m型,涡街流量计、电磁流量计、质量流量计、超声波流量计、同位素密度计、各种料位计、液位计、电子秤等已经得到普遍应用,技术等级更高的智能化仪表、核子秤、远传电子压力表也在少数充填系统中应用。但是选用于高浓度和高体管道输送监测压力的仪表还不够完善,尤其是井下充填管网的监测仪表还极少,这也是国内外矿山需要解决的问题。

4. 充填力学研究向现场连续监测与预报发展

许多应用充填采矿法的矿山,对充填体的作用及其对采场围岩稳定性影响的研究都比较重视,经常联合科研院所并注入了相当多的资金开展试验研究,主要通过原岩应力测量和矿岩的物理力学性质检测及在井下采场充填体中和上、下盘围岩中埋设各种应力、应变仪器来实测相关参数,再将这些参数按预定建立的数学模型输入计算机进行演算,从而得出一定的结论。

1995年,白银有色(集团)有限责任公司和瑞典吕律欧大学合作,按上述程序完成了中国-瑞典关于小铁山铅锌矿矿区的岩石力学研究报告,主要对机械化上向进路式尾砂胶结充填采矿法采场及附近围岩进行大量数据整理分析,得出小铁山铅锌矿的地压基本规律。

1994年,美国矿业局月一佛岩石力学研究中心与中国合作开展矿山岩石力学研究,其中拟在金川建立一套宽频带微震监测系统,对地下开采过程中的地压活动进行长期的监测,但因为投资太大而未能实现。这说明类似金川这样工程地质条件复杂的大型矿山,建立长期的地压活动连续监测与GPS预报系统,进行地下开采稳定性的研究是十分必要的。

5. 充填模式向生态化、无公害化发展

采矿工业在提供原材料的同时也不可避免地破坏自然环境。随着矿产需求量的增加,由资源开发利用引发的环境破坏和废料排放已成为全球性的严峻问题。因此,尽量使矿山固体废物不向地面排放和采空区被有效地充填,已是亟待研究解决的重大课题。按照工业生态学的观点,解决矿山环境问题最有效的途径是将矿山废料转化为资源被重新利用。生态的充填模式就是要将矿山的各个工序作为一个系统对待,把矿山充填作为固体废物资源化的一个有效手段,实现矿山固体废物排放最小化,从根本上解决矿山环境保护问题。新的充填模式由三个基本要素组成:①内循环技术②经济效益③废料流量。第一要素是必要条件,即该充填模式必须以低成本、高效率和高可靠性能的充填技术作为支撑,是其核心要素;第二要素为充分条件,在该充填模式下能够实现经济平衡甚至获取新增效益;第三要素则表征废料的资源化程度。这一充填模式将实现固体废物排放量最小甚至为零。

结束语

近年来,由于充填采矿法的回采工作应用了高效率的装采设备,充填工作实现了管路化、自动化,并广泛使用选厂尾砂作为充填料,矿石损失贫化小,作业安全。特别是对于围岩和地表需要保护,地压大,有自然灾害危险,矿体形态复杂的高品位或贵金属矿床,充填采矿法的优越性更为突出,因此充填采矿法的应用范围将会不断扩大。^[世]

(本栏目由江西理工大学协办)

参考文献

- [1] 胡华,孙恒虎.矿山充填工艺技术的发展及似膏体充填新技术.中国矿业,2001.10.
- [2] 刘同有等.充填采矿技术与应用[M].北京:冶金工业出版社,2001.
- [3] 孙恒虎,黄玉诚,杨宝贵.当代胶结充填技术[M].北京:冶金工业出版社,2002.
- [4] 周爱民编.基于工业生态学的矿山充填技术与模式.长沙:中南大学博士论文,2004.