

我国铁矿采矿技术的回顾与展望

监察审计部 刘新海

摘 要

我国是一个铁矿石资源大国,但由于可供开发的易采储量少,以及采选装备和工艺技术等原因,自产矿石远远不能满足国民经济强劲发展的需求。本文讨论了我国铁矿山主要采矿技术的特点、应用情况、得到的改进及应用前景,针对现有的技术基础以及我国经济发展对铁矿资源的需求趋势,对未来矿山的发展进行了展望。

1 前言

建国以来,我国铁矿采矿规模得到了突飞猛进的发展,我国已相继建成了齐大山铁矿、水厂铁矿两座生产能力达 1000 万 t/a 的露天铁矿。目前我国露天矿采出的铁矿石占总量的 90%^[1],但是随着时间的推移,地下开采必将成为主导。随着采矿规模的扩大,采矿技术也得到迅速发展,特别是近 30 年来,全面开展了各种现代化采矿工艺和技术的攻关研究,使我国铁矿采矿技术水平迅速提高,有力地促进了铁矿开采的发展,取得了显著的成效。

随着我国国民经济的连续高速增长,国内钢铁业也得到快速发展^[2]。钢铁工业的迅速发展必将使铁矿石资源的需求量迅速增加。预计 2010 年我国的钢材需求量为 3.12~3.37 亿吨^[3],需要铁矿石达到 5.8~6.3 亿吨。我国铁矿石资源储量尽管居世界第五,但因人口众多,人均占有量仅 36.23t(世界人均占有量为 51.19t)^[4]。自 1985 年起,我国自产的铁矿石就不能满足国民经济发展的需要,并且呈逐年下降趋势,2006 年,我国自产铁矿石的保证度仅 60%,预计到 2010 年将进一步降到 35%~40%^[5];同时,我国资源开发利用水平低,资源损失、浪费现象比较严重。当前,我国已经成为铁矿石进口量仅次于日本的第二

大铁矿石进口国家^[6]。因此,研究采用正确的可持续发展策略,确保我国铁矿资源长期稳定的供应,对保证我国国民经济的持续发展具有重要的意义。

2 露天开采

2.1 开采新工艺与新技术

2.1.1 陡帮开采

目前,我国大部分大型露天矿已进入深凹开采,采场作业条件逐年劣化,采运设备陈旧老化,效率降低。因此要想从根本上改变铁矿工业面貌,提升整体生产能力,必须依靠科学技术,提高科技贡献率,增强工业企业活力,以求得发展。陡帮开采技术具有初期剥离量小,基建工程量少,建设周期短和最终边坡暴露时间短等优点。因此,我国“八五”期间,将陡帮开采列入国家科技攻关项目,并在南芬露天矿开展了大规模的工业试验,为我国大中型露天矿的技术改造和新建、扩建提供了实践经验。该技术已为我国大部分进入深凹开采的大型露天矿所采用,使用效果良好。

2.1.2 间断—连续开采

这种采矿技术是在工作面用电铲装载矿石,经汽车运输和破碎机破碎后,用胶带

运输机将矿石运出采场。这种工艺有利于发挥汽车和胶带机的优点,适合于深凹露天矿开采。自 20 世纪 80 年代开始,我国先后在大孤山、东鞍山等铁矿应用该开采工艺。1997 年齐大山铁矿通过引进,建成了采场内可移动式矿岩破碎—胶带运输系统,标志着我国深凹露天矿开采工艺进入了世界先进水平。

2.1.3 陡坡铁路

采用陡坡铁路运输是解决深凹露天矿(采深 350~400m)开拓运输问题的发展方向。深凹露天矿改用陡坡铁路运输可保证铁路运输进入露天矿更深的水平,矿山基建工程和汽车集运量分别减少 2.5% 和 1.5%,运距缩短 30%,由采场向上提升矿岩的费用降低 20%,而且减少线路的移道工作量,可获得巨大的经济效益。为了将铁路坡度由 3% 提高到 4%,目前正在进行着“十五”国家科技攻关计划,分别在攀枝花和首钢水厂铁矿实验。

2.1.4 高台阶采矿

随着露天开采设备大型化的发展,国外一些矿山研究并采用高台阶开采工艺。我国对高台阶开采技术的研究起步较晚,采用高台阶开采的露天矿不多,台阶高度最大也只有 14~15m。近几年来,我国大型露天铁矿装备水平有了很大提高,采用 10m³ 以上的大型挖掘设备逐渐增多,为高台阶开采新工艺的实施提供了有利的技术保证。为此,国家将本项目列入“八五”科技攻关项目,南芬露天铁矿南山扩帮区开采参数优化表明,与 12m 台阶相比,18m 高台阶开采的单位成本可降低 5.76%~6.12%,动态效益每年可节省 1052~1162 万元。南芬露天铁矿 18m 高台阶开采工艺研究和实践表明,高台阶开采技术是成功的,经济效益可观。

2.1.5 装备大型化

随着高新技术特别是微电子技术的进一步扩大应用,大功率柴油机和大规格轮胎相继研制成功,为装载设备大型化发展创造了条件。在 21 世纪必将会有采用先进技术特别是高科技微电子控制系统的、更加灵活可靠的、造价较低的更大型装载设备登上露天开采的舞台。1988 年,露天矿穿孔设备实现了国产化。至 20 世纪 90 年代,国产 15t 到 154t 的矿用自卸汽车形成系列产品,使露天矿用汽车不再依靠进口。

2.1.6 边坡稳定与境界

露天矿山采场合理境界确定是矿山设计和工程科研中的重要内容。一旦露天矿山采场境界确定后,边坡稳定性研究就成为验证矿山设计方案合理与否的重要手段。因而边坡岩体稳定性研究和分析已成为露天矿山尤其是大中型露天矿山贯穿整个生命周期的重要工程课题之一。对境界的确定将有利于实现低贫化放矿,降低矿岩混合比,提高矿石的品位,减少劳动量,提高生产效率,提高经济效益。

2.1.7 边坡监控

在露天采矿技术较先进的国家,边坡角已达 45° 左右,而在我国是 40° 左右。为了生产安全和避免损失,必须搞好岩移监测预报。20 世纪 90 年代随着集成电子技术的发展,矿用监测仪器向便携式小型化、智能化、高精度、多功能、多层次方面发展,例如全站仪、声发射仪。尤其是近年发展起来的“3S 技术,将使金属矿山(特别是大型露天矿边坡)的岩移监测实现遥控全天候监测。

2.1.8 露天地下联合开采、露天转地下开采技术

我国正在进行露天转地下开采的矿山

或露天与地下联合开采的矿山。如广西的大新锰矿、河北的建龙铁矿、福建的连城锰矿、河南的银洞坡金矿、安徽的新桥硫铁矿、铜山铜矿和凤凰山铜矿、吉林板石沟铁矿等。取得了大量的成功经验。

2.2 爆破技术

牙轮钻机正向增大孔径(450mm, 480mm)、加大孔深方向的趋势发展,而今后主要向自动化方向发展。控制爆破技术广泛应用挤压、微差爆破、孔内微差爆破、大爆区微差爆破等技术,解决了难爆矿岩的破碎块度问题和爆破减振问题。新型炸药以及爆破器材不断问世:铵油炸药及各种衍生含水炸药、防水浆状炸药、爆药雷管、电子雷管、塑料导爆系统、气爆系统等新型爆破器材的使用对提高爆破精度、改善爆破质量、加强爆破安全等都有重大的影响。其中,在南芬露天铁矿,采用奥瑞凯雷管起爆器材,基本上实现了逐孔起爆的功能。

3 地下开采

3.1 空场采矿法

空场采矿法是比较传统的采矿方法,包括:VCR法(大直径深孔球状药包后退式崩落采矿法)和地下金属采矿连续化。20世纪80年代,VCR法首先在我国凡口铅锌矿试验成功。该采矿方法的实质是:将露天矿的台阶崩矿技术应用到地下开采中,即在采场的局部面积上,先形成切割槽,然后以这一切割槽为自由面和补偿空间,采用大直径深孔装药进行全阶段高或台阶状崩矿,崩落的矿石由采场下部的出矿系统运出。地下铁矿山连续开采主要包括:矿房的连续回采、矿体(床)的连续开采、矿石的连续运送及全工艺过程的连续化。即在开采过程中一步化,回采过程中落矿、出矿、矿石运搬工艺的连续作业化,井下矿石的转载、运

输、提升等环节矿石的连续化,掘进、落矿、出矿、运搬、运输等全工艺过程的连续化。

3.2 崩落采矿法

我国无底柱分段崩落法面临着一个如何加大和优化结构参数的问题。结构参数优化的主要方向是增大进路间距。增大进路间距将大幅度地减少采掘工程量,仅梅山铁矿将15m×15m结构改为15m×20m结构参数,将减少采掘工作量25%,同时增大了一次崩矿量,提高采矿强度,降低矿石成本,提高矿山的经济效益。由于增大进路间距具有较强的可操作性,易于推广应用,目前程潮、桃冲、板石沟、北铭河等矿山都应用了该技术,具有重要的实践意义。

3.3 充填采矿法

我国先后采用干式、分级尾砂胶结、全尾砂胶结、碎石水泥浆胶结等新工艺与新技术。最近,我国成功地试验了一批具有世界先进技术水平的充填采矿工艺。具有代表性的是:高水全尾砂速凝固化胶结充填新工艺、高浓度全尾砂自流输送及泵压输送充填新工艺、粗粒级水砂充填新工艺、膏体泵送充填工艺与技术等。该采矿技术近年来发展迅速,已经成为了今后地下采矿工艺的一个发展方向。特别是根据矿体的开采技术条件,以及从环境保护角度考虑位于地表移动范围内的大量建筑物和村庄需要保护,矿区又位于城市边缘,不允许采用崩落法采矿,必须采用充填采矿法。

3.4 无(低)废采矿技术

在目前情况下,应用露天采矿工艺一般无法实现无(低)废采矿,其原因是靠近地表的矿床越来越少,露天矿开采深度逐渐增加,剥离范围逐渐增大。相对来说,地下矿开采产生的废石较少。在合理的地下选厂前提下,应用全尾砂充填、块石胶结充填等

技术,使采矿本身产生的废渣能形成一个无(低)废的封闭系统。逐步实现矿业循环经济模式^[7]。

3.5 多种矿石资源的综合开采

我国的铁矿资源品位较低,伴生矿较多。因此,为了节约资源,我们应该充分利用每种矿石资源,使每种资源各尽其所。在潘洛铁矿铁矿层的顶层赋存石灰石矿,为开发利用矿产资源,结合铁矿开采系统,采用浅孔留矿法和浅孔房柱法兼采石灰石矿,延长了矿山服务年限,提高了经济效益。

4 计算机技术的应用^[8]

由于微型计算机的成本降低,运算速度加快,并且图形处理与显示功能增强,微机的应用广度和深度也日益增加。计算机在采矿工业中的应用几乎涉及到了采矿工程的各个方面,主要用于地质勘探、生产等管理信息系统(MIS)、决策支持系统(DSS)、计算机辅助设计技术(CAD)、三维矿床模型和露天矿边坡稳定性分析三维模型、图像分析、人工智能(AI)等技术。计算机技术应用于采矿工业是时代的发展对采矿工业的要求,其在采矿工业中的应用有令人振奋的发展前景。计算机各种新技术的推广使用也将使过去认为无法解决或难以解决的采矿工程问题得以顺利的解决,必将推动矿山生产的计算机化和矿山管理的自动化。

5 铁矿采矿技术展望

我国铁矿采矿技术取得了显著成就,但总体水平仍然较低,在以后一定时期内采矿技术的主要发展方向为:机械化大规模采矿、无底柱分段崩落法和充填采矿等技术。随着科学技术的进步和采矿技术条件的进一步复杂化,还将逐步发展露天地下联合采矿技术、无爆破采矿技术、自动化采矿技术和连续采矿技术。人类进入21世纪以来,

采矿科学技术依然按照其自然发展规律进行着,某些成熟的技术和新的理念已初露端倪,可能对21世纪的中期采矿技术带来巨大的影响^[2]。

a. 矿业数字化。

我国是一个采矿大国,科技含量和管理水平与世界发达国家采矿国家相比还存在相当大的差距。面对数字地球和数字中国战略的挑战,必须抓住机遇,勇敢地迎接挑战,统筹规划,努力依靠科技创新,尽快实现矿山的信息化,建立矿山信息系统。发挥数字矿山在宏观管理决策、技术研讨、机电管理、人事管理等方面的巨大潜力。

b. 露天开采运输系统优化。

目前我国一大批国有大中型矿山进入晚期开采阶段,其中部分矿山进入深凹露天矿开采,使矿山的运输费用大幅度提高,极大地影响矿山的经济效益,因此,研究具有独立知识产权的、确实可行的、能大大降低运输系统成本的系统具有重大经济意义。根据国内外露天运输系统研究现状,建议开展以下方面的研究和探讨。陡坡铁路、双能汽车、整车提升、运输系统地下化和大角度皮带等。

c. 地下开采露天化及其运输露天化。

毋庸置疑,露天开采大大优于地下开采。将原属于地下开采的部分转为露天开采,其安全和经营成本将大幅度降低。该研究应无技术难点,只是研制遥控设备需要一些投资;国内一些露天矿矿体倾角在 $30^{\circ}\sim 50^{\circ}$ 之间,埋藏较深,在转入地下开采时,采用竖井或斜井开拓,基建时间长,还需大量的投资。这种情况下,可采用在露天坑内斜坡道开拓,形成露天坑下部地下开采汽车进采场,上部使用露天坑的运输系统的生产模式,既能充分发挥露天装备和设施的优势,又能大大减少投资。

d. 开采智能自动化。

全面实现采矿的自动化,目前尚有较大

的困难。但局部装备实现遥控系统,进行遥控开采将是易事。特别是将露天矿常用的推土机、穿孔机、装药车、电铲和汽车等设备实现遥控,将使我国露天与地下采矿技术提升到一个前所未有的新水平,可用于解决各种恶劣条件下的采矿问题,如边坡不稳定,安全条件差,通风困难等,具有跨时代的意义。

e. 节约资源、加强环保,实现可持续发展。

我国是一个资源大国,但是人均资源占有量小,资源的节约势在必行。一方面,要树立节约意思,从矿石生产到加工的各个环节建立完善的节约机制;另一方面,加强对低品位矿石、伴生矿石的合理利用,加大对复杂矿和残况的开发力度。在环保意识逐渐增强的今天,应在利用资源的时候要时刻注意环境保护。就铁矿石开采的过程来讲,我们主要是减少采矿过程中的废弃物的排放,尽量实现矿业循环经济模式。并加强

“后矿山”的开发与管理。只有在资源得到合理利用,并切实执行环保措施的前提下,才能实现可持续发展。

参考文献

- 1 孙豁然,周伟,刘炜.我国金属矿采矿技术回顾与展望[J].金属矿山,2003,(10):6~9
- 2 王文潇.谈加速提升我国铁矿采矿业市场竞争力[J].矿业快报,2004,(2):1~4
- 3 王文潇.谈加速提升我国铁矿采矿业市场竞争力[J].矿业快报,2004,(2):1~4
- 4 杨合湘,等.从需求看我国钢铁工业发展规模[J].宏观经济研究,2004,(3):34~37
- 5 袁志安,黄志伟,姚振瓠.论我国铁矿资源可持续发展战略[J].采矿技术,2006,(3):67~69
- 6 王泗代.世界铁矿工业的发展动态[J].有色金属设计,2003,(1):1~4
- 7 王兆远.济钢张马屯铁矿“矿业循环经济模式”探索[J].矿业快报,2006,(5):45~47
- 8 郭忠林,郑志琴.计算机技术在采矿工业中的应用[J].云南冶金,2002,(3):32~37

粉煤灰资源的回收技术

我国是煤炭大国,很大的电力供应是由煤炭产生的,每年用煤以亿吨计。与此同时,粉煤灰的排放量也很大,是世界最大的排灰国,这些煤灰造成了严重的环境污染并占用了大量的土地。

粉煤灰的回收利用技术可以充分开发粉煤灰资源。将粉煤灰应用于建筑业,能提高其自硬性,其活性大大高于低钙粉煤灰,对提高混凝土的早期强度很有帮助。粉煤灰可用作水泥、砂浆、混凝土的掺合料,并成为水泥、混凝土的组分。粉煤灰作为原

料代替黏土生产水泥熟料的原料,可以广泛应用于建筑业,如铺筑道路、修建大坝和建设港口等领域。以粉煤灰为资源,还可以制造一种折型非金属粉体材料与增强纤维复合材料,即空心微珠与复合纤维,该材料作为填充料能广泛应用于塑料、橡胶、涂料、水泥产品中,可以广泛应用于建材、造纸、石油、化工、电子、汽车、船舶、家电、油漆涂料等众多领域。所以,粉煤灰的回收技术大有可为。

(本刊讯)