



■ 胡杏保 著

金属矿床地下开采 关键技术



冶金工业出版社
Metallurgical Industry Press

金属矿床地下开采 关键技术

胡杏保 著

北京

冶金工业出版社

2015

内 容 提 要

本书介绍了金属矿床地下开采的关键技术,包括集中化开采技术应用研究、大参数开采、高应力隔断开采技术、破碎矿体开采、缓倾斜上下盘三角矿体回收、采矿方法转换技术、低贫化放矿技术、低贫化诱导崩顶技术,以及采场泥石流、岩爆、突水等矿山灾害防治技术。

本书可供采矿设计人员、矿山技术管理人员以及高等院校相关专业师生阅读。

图书在版编目(CIP)数据

金属矿床地下开采关键技术/胡杏保著. —北京:冶金工业出版社, 2015. 6

ISBN 978-7-5024-6922-1

I. ①金… II. ①胡… III. ①金属矿开采—地下开采
IV. ①TD853

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2015) 第 117547 号

出 版 人 谭学余

地 址 北京市东城区嵩祝院北巷 39 号 邮编 100009 电话 (010)64027926

网 址 www.cnmp.com.cn 电子信箱 yjchs@cnmp.com.cn

责任编辑 杨秋奎 美术编辑 杨帆 版式设计 孙跃红

责任校对 李娜 责任印制 牛晓波

ISBN 978-7-5024-6922-1

冶金工业出版社出版发行;各地新华书店经销;固安华明印业有限公司印刷

2015年6月第1版,2015年6月第1次印刷

169mm×239mm; 13.75印张; 267千字; 211页

50.00元

冶金工业出版社 投稿电话 (010)64027932 投稿信箱 tougao@cnmp.com.cn

冶金工业出版社营销中心 电话 (010)64044283 传真 (010)64027893

冶金书店 地址 北京市东四西大街46号(100010) 电话 (010)65289081(兼传真)

冶金工业出版社天猫旗舰店 yjgycbs.tmall.com

(本书如有印装质量问题,本社营销中心负责退换)

前 言

采矿工业作为国民经济基础产业，在工业建设与发展过程中占有重要地位。随着矿产资源的不断开发，浅部易采资源量不断减少，地下矿山开采的比重逐渐增加，并且“三下”、富水、深井开采等难采矿床越来越多，开采难度也越来越大。同时，随着采矿工业的迅速发展，地下矿山的技术水平、开采设备的自动化程度、地下开采的工艺技术等都有很大的提高。如何安全、高效开采地下矿产资源，在很大程度上取决于对先进矿山技术的总结、推广与应用。为适应金属矿山开采的发展，以及矿山企业、设计和研究单位工程技术人员需要，笔者将多年来从事的矿山应用技术研究和矿山实践经验总结成本书，期冀能为矿山工程技术人员提供一些有益的参考。

本书涉及多专业、多学科，以金属矿山采矿专业知识为主体，辅以其他相关专业知识而集成。本书以金属矿山为主，针对该领域矿山在开采中存在的主要技术问题及现场解决措施进行了比较详细的归纳与总结，并以现场实际矿山为辅证，对相关专题进行了分析与论证。

本书系统性、实用性、学习性强，在撰写过程中力求内容系统全面、主次得当，为读者分析、解决金属矿山地下开采中遇到的问题，让读者熟悉采矿过程中的主要着力点及解决措施，掌握采矿过程中的关键技术及难点处理与处置。

在撰写过程中，孙国全、孙丽军、郭进平、程平、孙锋刚等给予了很多宝贵意见和建议，潘健、麻雪岩等同志在文字编排、图表校核等方面做了许多工作，在此一并表示衷心的感谢。

由于著者水平所限，难免存在不当之处，敬请读者批评指正。

著 者

2015年3月于西安

目 录

1 金属矿床地下开采	1
1.1 开采现状	1
1.2 近年来进展	5
1.3 存在的主要问题	7
1.4 主要趋势及研究方向	9
参考文献	14
2 开采移动角及危害预警	15
2.1 地表变形区域的可能危害	15
2.2 确定塌陷范围的主要方法	16
2.3 移动角与塌陷角的定义	16
2.4 变形区域距离的预警作用	17
参考文献	18
3 集中化开采技术应用研究	19
3.1 概述	19
3.2 集中化开采技术	20
3.3 工程实践	22
3.4 保障系统	32
3.5 小结	33
参考文献	34
4 无底柱分段崩落采矿法大参数开采	35
4.1 采场结构参数匹配的演变	35
4.2 采场结构参数匹配的理论基础	38
4.3 采场结构参数匹配研究	40
4.4 工程实践	43
4.5 存在的问题	46

参考文献	49
5 高应力隔断开采技术	51
5.1 高应力下软破矿岩体崩落开采地压显现特征	51
5.2 高应力切割方式	51
5.3 工程实践	60
参考文献	61
6 破碎矿体开采	62
6.1 现场状况	62
6.2 存在问题的典型特征	66
6.3 主要解决措施	68
6.4 应用实例	70
参考文献	83
7 缓倾斜上下盘三角矿体回收	84
7.1 窄槽开采	84
7.2 大步距开采	84
7.3 切岩开采	85
7.4 现场试验	91
参考文献	99
8 空场法转崩落法平稳过渡开采技术	100
8.1 意义	100
8.2 特点	100
8.3 平稳过渡开采关键技术	101
8.4 工程实践	102
8.5 效果评价	108
参考文献	109
9 崩落法转充填法开采	110
9.1 关键技术	110
9.2 主要优点	111
参考文献	113

10 移动充填技术	114
10.1 具体方案	114
10.2 主要优点	116
参考文献	116
11 非煤矿山上覆岩层塌陷与变形规律	117
11.1 概述	117
11.2 非煤矿山围岩体特征	117
11.3 影响顶板岩层变形崩落的主要因素	118
11.4 国内外矿山岩体与地表移动的研究现状	118
11.5 金属矿山三带分布研究	120
11.6 弯曲下沉带的认识	122
11.7 开采塌陷时地表破坏形式	122
11.8 上部岩层移动过程	125
11.9 金属矿山上部岩层移动主要共性规律	126
11.10 典型矿山上覆岩层塌陷及变形状况	127
参考文献	140
12 低贫化放矿技术	142
12.1 概述	142
12.2 无贫化放矿工艺	146
12.3 低贫化放矿工艺	147
12.4 国内低(无)贫化放矿工艺应用状况	150
12.5 应用实例	151
参考文献	166
13 贫化损失预测及控制实践	168
13.1 采场品位预测	168
13.2 损失贫化管理措施	171
13.3 小官庄铁矿贫化损失管理实践	172
参考文献	177
14 低贫化诱导崩顶技术	178
14.1 问题的提出	178
14.2 崩落法覆盖层的作用	178

14.3	崩落法矿石贫化损失原因	178
14.4	低贫化诱导崩顶技术	179
14.5	低贫化诱顶开采原理	180
14.6	低贫化放矿的技术支撑	182
14.7	保障措施	183
14.8	无岩覆盖层开采技术实质及实施要点	183
14.9	适用条件	184
14.10	工程实践	185
14.11	结论与建议	190
14.12	效果评价	191
	参考文献	191
15	采场泥石流的形成规律及预报和防治措施	193
15.1	概述	193
15.2	矿山开采黄泥涌入采场的原因与规律	194
15.3	采场涌泥的预测预报与防治措施	195
	参考文献	196
16	岩爆及控制	197
16.1	概念及分类	198
16.2	形成条件	199
16.3	预防与控制	199
	参考文献	202
17	富水矿床突水防治	203
17.1	概述	203
17.2	矿山水害的种类及防治方法	204
17.3	井下水害应急救援	206
17.4	应急水仓的提出	206
17.5	井下应急水仓实现原理及主要参数	207
17.6	保障措施	209
17.7	小结	210
	参考文献	210

1 金属矿床地下开采

总体而言,采矿方式可大致分为露天开采、地下开采和液体开采三种基本采矿方式。露天开采即在露天条件下,将埋藏较浅的矿石从矿坑露天矿、山坡露天矿或剥离露天矿开采出来,包括挖掘一系列顺序的沟槽。采砂船采矿也属剥离露天矿的一种,它从平底船上进行挖掘。地下开采是将埋藏较深的矿石,在地下采用自然支护、人工支护及崩落采矿方法将矿石开采出来。液体开采,又称特殊采矿法,是从天然卤水里、湖里、海洋里或地下水中提取有用的物质,先将有用矿物加以溶解(或热水融化),再将溶液抽至地面后进行提取;用热水驱、气驱或燃烧,把矿物质从一个井孔驱至另一井孔中采出。大多数液体采矿是用钻井法进行的。

对于一个具体矿床,需要根据地质条件和岩石力学资料,选择合理的采矿方法。比较理想的是要使被选用的采矿方法,在符合生产安全和适当采出有用矿物的要求下,能取得最大的经济效益。如采矿方法选择不当,将长期影响矿山生产技术指标和经济效益。

从整体上讲,地下开采仍主要是包括开拓系统、提升系统、运输系统、通风系统、给排水系统、供电系统、压气系统等内容,采矿方法上仍以空场、崩落、充填三大类采矿法为主。而当一个矿床开拓等系统建设以后,地下开采中主要的问题是出现在采矿方法及其工艺过程等的技术控制与完善方面,包括方法本身的适用性,装备的更新与工艺相互配套、提高产能效率、损失贫化控制等,之外也包括一些社会进步造成的方法适应性改变等,比如国家对土地征用的控制及对环境保护及安全上的更严格要求。近年来,我国矿山经历了一个比较好的发展机遇期,很多矿山引进了一些先进采掘装备,不断开展有关技术难点的攻克及技术创新研发,使得整体采矿水平得到了比较大的提高,再加之随着资源不断被采出,露天矿开采逐步减少,地下矿山或者露天转地下矿山逐步增加。金属矿床开采过程及开采特征与煤炭及一些非金属矿开采具有较大的差异性,本书主要分析和总结了地下开采尤其是金属矿床地下开采中遇到的关键问题以及研究进展。

1.1 开采现状

1.1.1 采矿方法

在当前的金属矿山地下开采中,仍然采用三大类采矿方法。

1.1.1.1 空场采矿法

空场采矿法一般被用于中小型矿山,或者空场嗣后充填的大型矿山。所采用的装备也相对比较简单;从我国中小型矿山使用的效果看,该方法所留的矿柱均难以被有效的回收,开采总体矿石回收率一般在50%~65%,劳动生产率低下,造成了大量的资源损失;随着开采的进行,形成了多空区(群空区)的状况,不同程度地出现区域性的地压危害,其主要面临以下几个关键问题尚需开展相关研究:

- (1) 残留矿柱的有效回收。
- (2) 多(群)空区条件下区域地压预防及控制技术。
- (3) 矿山尤其是民采矿山开采过程中地质灾害、水灾害预防及报警技术。

1.1.1.2 崩落采矿法

崩落采矿法开采是国内大中型矿山尤其是冶金地下矿山及低价值矿山主要使用的开采方法,其所采用的采矿方法也多以无底柱分段崩落采矿法为主;根据初步统计,在地下铁矿山中利用无底柱分段崩落法开采的矿石产量约占总产量的82%。该采矿法相对而言因为具有操作简单、开采强度大、机械化程度高、作业安全、采矿成本相对较低等优点,所以被较为广泛的使用。但是,该采矿法在使用过程中也遇到了以下一些问题:

- (1) 中型及部分老矿山结构参数小,装备水平低。造成采准切割工程量大,单次爆破量小,开采强度低。
- (2) 放矿方式不合理,损失贫化大。造成开采产品质量下降,无效费用占比比较高,影响到产品的市场竞争能力。
- (3) 硬岩覆盖岩需要强制放顶,很多矿山需要进行人工强制放顶,在增加矿山投资的同时,延长了基建时间。
- (4) 岩层崩落形成地表塌陷,造成地表环境的破坏。地表塌陷是该采矿方法特有的现象,其结果即是危害到地表安全及环境安全,尤其在国家对土地资源极其重视的今天,其危害尤其显现。

1.1.1.3 充填采矿法

充填采矿法是近年来发展比较快的采矿法,尤其是对于“三下”矿体开采、富水矿床开采、破碎矿体、地表需要保护及要求无废排放的地域开采等矿床开采,该采矿法具有较强的适用性。近年来先后研究形成了无废开采、高浓度全尾砂胶结充填及膏体充填开采等方法,为我国资源开采与环境协调发展做出了很大的贡献。

在铁矿等低价值矿床开采方面,采用更具环保优势的充填法(全尾砂非胶结甚至胶结充填法)开采的铁矿山正在逐步增加,尤其是新建设的复杂难采矿床及对地表不允许塌陷的区域,如马钢白象山铁矿、和睦山铁矿、山东莱新铁矿、李

官集铁矿、山东苍山铁矿等，包括很多已经按照无底柱开采建设完成并生产的矿山，如金山店铁矿、安徽龙桥铁矿等，均已经改造成充填法开采。该采矿法由于其本身具有的特征必将成为地下开采的主体采矿方法。

同样，该采矿法也存在一些关键技术问题有待突破：

(1) 低成本高强度胶结材料及充填技术。成本低并使充填体具有一定的强度，是矿山充填一直以来寻找的胶结材料，并将始终是今后研究的方向。

(2) 大产能低成本充填技术。开采矿床的价值比较低、生产规模又比较大的矿山时，应经济地使用有效的充填开采综合技术，因为采用充填法开采毕竟增加了矿山的开采成本。

(3) 可移动或者可撤卸式充填装备及技术。在对于中小矿山开采后形成的空区进行后期的空区处理时，往往采用充填空区的方法进行处理（治本办法），并是一种可以消除后患的有效处理办法。然而，向空区充填需要建立充填站，但固定式充填站的建设是该类型处理的难点，一般一个固定充填站的建设需要花费数千万元费用才可以建设完成，这对于很多矿山，尤其是民营矿山难以接受，如何既可以采用充填的方法进行解决，又不必花费很多的投资则是近年来很多地区积极寻求的方法。

(4) 崩落法转充填法开采。由于很多矿山在开采过程中遇到了愈来愈严重的环境保护及地表征地等方面问题，多年采用崩落法开采的矿山也逐步开始寻求采用充填法开采的可能，其在方法转变的过程中需要解决一系列的过渡开采关键技术。

1.1.2 开采装备

在装备方面，随着前几年矿山行情的好转，一些大型矿山已经装备了比较先进的大型采掘设备，提振了采矿行业，促进了矿山整体装备水平的提高。但由于国内尚未形成大型高效的凿岩、掘进、装药、出矿等设备的生产制造体系，目前我国所采用的凿岩等大多仍还是小型风动机具，尤其是空场采矿法，大多采用的是浅孔凿岩，人工及简易装备出矿，劳动强度大，生产效率低；崩落法矿山多采用国产的 YG-80、YG-90 或 CTC-141（甚至是浅孔凿岩设备）；出矿方面，尽管近年来淘汰了风动的 T4G、T2G，但多采用 $1.5 \sim 2\text{m}^3$ 的中小型国产铲运机，其整体装备制造能力尚待提高。

1.1.3 结构参数

随着大型装备的使用，提高矿山开采效能、降低开采成本是国内地下矿山开采的趋势。我国自 20 世纪 60 年代引进无底柱分段崩落法，其开采参数在应用了几十年后几乎没有得到多大的发展，对于大多数矿山而言，所采用的 $10\text{m} \times 10\text{m}$

参数一直没有改变,并始终局限在较小参数的范围内。随着铲运机的引进与推广,这种小结构参数,一次崩矿量少,千吨采切比大的矛盾凸显出来了。具体表现为:80年代起,国外地下先进矿山已逐步开展增大结构参数应用。如瑞典的基律纳铁矿,其开采参数演化(分段高度 \times 进路间距) $10\text{m}\times 10\text{m}\rightarrow 12\text{m}\times 11\text{m}\rightarrow 12\text{m}\times 16.5\text{m}\rightarrow 20\text{m}\times 22.5\text{m}\rightarrow 27\text{m}\times 25\text{m}\rightarrow 30\text{m}\times 30\text{m}$,即参数由 $10\text{m}\times 10\text{m}$ 逐步演化到目前的 $30\text{m}\times 30\text{m}$,并采用全液压凿岩台车和重型液压凿岩机,增加一次崩矿量、出矿采用斗容达 6m^3 铲运机。马姆贝格特矿,其结构参数由原来 $15\text{m}\times 15\text{m}$ 也改为 $20\text{m}\times 22.5\text{m}$,采用大参数并形成相配套技术措施后,减少了采准工程量(减少到 $2\text{m}/\text{kt}$ 以下),提高了采矿强度,大幅度降低了采矿成本,经济效益十分显著。

近年来,国内一些大型铁矿山也已经开始使用大参数进行改造,并取得了很好的使用效果。如程潮铁矿目前已经使用 $17.5\text{m}\times 15\text{m}$,梅山铁矿使用 $15\text{m}\times 20\text{m}$,北铭河铁矿使用 $15\text{m}\times 18\text{m}$,大红山铁矿使用 $20\text{m}\times 20\text{m}$ 等参数,并形成了相应的配套技术,基本上达到了国外先进矿山使用参数。在参数的选择上,国内已经开展了如椭圆平面排列,并取得了一定的突破,但在实体三维理论方面仍未得到解决,因为该参数的合理匹配是解决矿石损失贫化的核心,如何组合才可以更有效地回收矿石、减少贫化的原理在理论上尚未得到解决。

1.1.4 放矿制度及损失贫化

金属矿山使用最为广泛的是无底柱分段崩落采矿法,但国内无底柱崩落法矿山一直沿用截止品位放矿方式,该方式的主要特点是:

(1) 崩落的矿石在其上、左、右、正面都被覆盖岩石所包围,放矿过程中,随着矿石的被放出也将其周边的岩石放出,随着放矿的进行,铲斗内的矿石量会逐渐减少,而进入的岩石会逐渐增加,每铲斗内的矿石品位会逐步降低,这是形成该方法贫化的主要原因。

(2) 截止品位放矿的着眼点为单个步距,即把每个步距视为最后一次的矿石回收,所以按边际收支平衡原则确定放矿界限(截止品位),按此边界品位放矿可以将有回收价值的都要求回收出来,造成每个放矿步距单元内的矿岩充分的混合。

该放矿方式的结果是造成了无底柱开采的损失贫化较大。

相对于其他采矿方法而言,无底柱分段崩落采矿法由于其自身的放矿特点,造成了该采矿法开采过程中损失和贫化率均较大,其每次崩落的矿石均被四面松散的废石所包围,在矿石被采出过程中周围的废石也跟着一道被放出,并且由于无底柱分段崩落法以“步距”为采矿回收的核算单位,保证了矿石和废石的充分混合(就一个同等尺寸的采场,如果采用有底柱崩落法和采用无底柱比较,无

底柱开采时的矿石和岩石的混合体面积是有底柱时的 8 倍), 结果是损失和贫化率均偏高。

而通过组合放矿的多种组合比较, 验证了低贫化放矿的可使用性, 并确认截止品位放矿方式是无底柱开采条件下所使用的最差放矿方式, 因此, 低贫化与无底柱的配合使用将成为必然。

1.1.5 深井开采

随着我国云南会泽铅锌矿、安徽冬瓜山铜矿、抚顺红透山铜矿等金属矿山开采深度超过或者接近 1000m, 大台沟超大型铁矿深度更是达到 2000m 左右, 大规模开发深部金属矿产资源是我国矿业发展的必然趋势, 深井开采已成为我国乃至世界矿业界特别关注的问题。解决深井开采所带来的高应力、岩爆、高温热害、深井充填、有效提升等难点和危害已刻不容缓。尽管近年来开展了相关的技术探索及研究, 但尚未形成系统性的实践技术, 包括如何利用深井高应力主动破岩, 化不利为有利等技术, 需要各矿山及研究单位进一步进行深入与完善。

1.2 近年来进展

近年来, 随着装备和相关应用技术的带动, 整个采矿行业, 尤其是地下开采得到了比较大的进展, 在此就其中的主要几个方向领域做一个简单介绍。

1.2.1 低贫化

低贫化放矿工艺是介于截止品位与无贫化放矿方式之间的一种放矿方式, 即截止品位放矿、无贫化放矿是低贫化放矿的两个极值放矿方式, 低贫化放矿与该两种放矿方式相比具有以下优势:

(1) 由于低贫化放矿工艺采取了多分层组合放矿的原理, 在生产应用中可以采取不同的放矿组合, 给矿山在生产应用中提供了可以选择的多种方案, 各个矿山可以依据各自不同的条件进行合理选择。

(2) 低贫化放矿工艺不同于无贫化放矿方案, 其在实施时不需要矿山在应用之前准备大量的三级矿量, 实施投资较小。

(3) 由于该工艺打破了以单个步距为矿石回收指标的考核单元, 允许在上部分层放矿时可以残留部分矿石在采场内, 其结果是减少了总体的矿岩混合程度, 从而减少了矿岩混合量, 最后的结果是减少了采出矿石中的岩石混入量, 降低了矿石贫化率。

(4) 当矿山可以在全矿推广应用时, 其生产管理难度相对较小 (不需要两套管理系统或模式); 在采场出矿控制时, 上部各分层可以采用采出矿量单量

(出矿指令方式) 进行控制 (依据所需降低的贫化率幅度进行计算而得), 简化了采场管理。

1.2.2 大参数开采

大参数开采是指无底柱开采过程中, 进路间距、分段高度大型化。之前, 由于受到所采用设备的影响, 我国的无底柱参数在应用了几十年后几乎没有得到多大的发展, 对于大多数矿山而言, 引进时所采用的 $10\text{m}\times 10\text{m}$ 参数至今仍然没有改变, 某些矿山可能在该参数的基础上曾作过部分的改动, 但都还局限在小参数的范围内。

随着国内矿山设备使用的大型化, 大参数开采在近年来得到了较大的发展, 国内大型地下矿山均开始采用 15m 以上的大参数, 最大的矿山 (大红山铁矿) 已经在生产中采用了 $20\text{m}\times 20\text{m}$ 参数; 中型地下矿山也在原来参数上进行了加大, 由原来 $10\text{m}\times 10\text{m}$ 结构加大到 $12.5\text{m}\times 12.5\text{m}$ 或者 $12.5\text{m}\times 15\text{m}$, 采切比由原来的 $6\sim 7\text{m}/\text{kt}$ 降低到 $2\sim 4\text{m}/\text{kt}$, 矿山单位面积的开采强度由原来的 $25\sim 30\text{t}/\text{m}^2$ 提高到了 $40\sim 45\text{t}/\text{m}^2$, 大大地提高了矿石开采效率, 降低了矿石开采成本。为低品位、复杂难采的矿床提供一种高效率、低成本的开采方法。

1.2.3 高阶段

高阶段开采技术也是近年来为提高矿山效率, 减少矿山建设循环而提出的一种加大阶段高度的开采工艺。在通常的矿山建设中, 对于倾角陡的矿床, 其阶段高度最大也不超过 80m 。增大阶段高度, 阶段内保有的资源量多, 所能服务的年限也将增大, 矿山新阶段需要准备的时间可以推迟, 有利于矿山的稳定生产。因此, 在条件适合的矿山, 近年来形成了一种尽可能加大阶段高度的趋势, 目前国内最大的阶段高度已经达到 200m 。

1.2.4 铁矿山充填

近年来, 随着开采条件好的矿床已经被占领开采及国家对土地和环境保护的控制, 充填法开采地下铁矿山已经得到应用, 这其中包括几种类型:

(1) 矿床上部有需要保护的對象或富水矿床开采, 如建筑物、重要运输线、水体。

(2) 地表没有可以用作尾矿库建设的场地或者由于地方环境要求不允许建设尾矿库。

(3) 由于征地价格昂贵, 经济上不适宜建设地表尾矿库。

由于铁矿山本身的低价值性, 地下铁矿山充填工艺仍以非胶结为主, 但随着充填技术的进步, 全尾砂胶结充填技术也逐步在地下铁矿山进行应用。

1.2.5 无废开采技术

矿山开采后的固体废物排放在我国很多地域的矿山已经成为了阻碍矿山发展的瓶颈,如何实现无废开采,是很多矿山需要解决的比较迫切的问题。另一方面,井下矿石采出的同时也在井下形成了相当的空场,如何实现该空场作为尾矿的堆场则需要采矿技术的配合与协作。目前国内使用比较好的矿山可以实现全尾砂充填及空场嗣后尾矿充填(排放),因此需要进行相关采矿、充填技术的改进,在采充平衡的前提下实现无废开采技术。

1.2.6 露地联合开采

随着资源的开发利用,浅部的资源愈来愈少,很多露天开采矿山的资源也逐步采完,逐步转入地下进行开采,尤其是铁矿山,如首钢的杏山铁矿、河北钢铁的石人沟铁矿、攀枝花尖山铁矿、太钢峨口铁矿等。因此,需要解决露天转地下开采的过渡关键技术问题,如产量平稳过渡、露天边坡破坏的危害、地下采矿方法过渡、露天地下联合开采安全技术及开采系统融合等,均在近年来开展了相关实践技术的研究。

1.3 存在的主要问题

在金属矿山发展过程中还存在着许多突出的技术问题需要在今后的开采实践中加以解决。

(1) 硬岩覆盖岩层形成及最小厚度。对于矿体比较缓、而顶板岩层又比较坚固的矿床开采,其覆盖岩层很难靠自身的冒落形成足够的覆盖岩层。

目前,我国更低品位、难选的铁矿床已经逐步被开采,在不适用其他方法开采的条件下,仍只能使用无底柱这种相对简单、成本较低的采矿法进行开采。但无底柱开采的前提是必须形成足够保障安全的覆盖岩层,而对于倾角缓的矿体而言,上部已经形成的覆盖层不能随着开采的向下进行而自然跟随移动,在新开采部位需要人工再造,人工再造覆盖层的结果是需要结合矿山特点布置相应工程、确定合适的凿岩和爆破方式,尤其是矿体厚度比较小,其分摊到吨矿之上的相对放顶成本及矿山开采的绝对成本将大幅度地增加,这类矿体如湖南祁东铁矿、马钢罗河铁矿等。因此,迫切需要开发一种既可保证安全开采,又降低覆盖层形成成本的覆岩再造工艺。

同时,相关设计手册一直要求最小覆盖层厚度需要为分层高度的2倍,该规定在理论上缺少依据,该厚度要求是否可靠,在采用大参数开采时是否有些太过?尚没有合适的最小覆盖层厚度确定方法。

(2) 地表塌陷及对地表的影响。崩落法开采(以及小民采铁矿山空场法开

采)的结果是地表将形成塌陷程度不同的地表塌落区(沉降),对于开采矿点集中的地区,地表的塌陷成片相连。其一是严重破坏了环境,并且再恢复过程复杂、恢复效果差;其二是对地表的构筑物可能形成影响,是地下铁矿山开采对周边环境的一个主要危害。

(3) 残留矿石资源再回收及群空区危害控制技术。主矿体开采后的残留体(包括民采后空区间矿体、露天境界外矿体)指由于民采而造成大量的残留的矿体(民采回收率不到40%,造成大约60%的矿体残留在采空区),该部分资源占我国已经开采量的20%~30%。据初步统计,属于该类型矿石资源量达到数亿吨。该部分矿体的再利用逐步得到相关企业的重视。如马钢桃冲铁矿民采空区间残留矿体开采、河北唐山地区民采空区间残留矿体开采、昆钢大红山铁矿民采空区间残留矿体等。但在再回收的过程中,由于已经被民采所破坏,其产生的地压灾害、岩层控制、采场结构布置、采矿方法、群空区处理等均是有待解决的技术问题。

(4) “三下”矿体及非煤矿山岩层破坏规律。在国内,开采条件好、品位高的矿床基本上都已经被投入了开采,而上部有水源、流沙、建筑物或主要运输干线(“三下”矿床)等复杂难采矿床的开采逐步得到重视。由于“三下”条件下铁矿体资源约占我国开采量的15%,这部分国家资源一直未能得到有效利用。目前该部分矿体已经逐步开始回收利用。

该类型矿床开采的关键技术是上部岩层的变形控制,以确保上部被保护对象的安全。而由于非煤矿山矿床赋存的周边环境千变万化,各个矿山的岩层变形特征各不相同,开采产生的岩层控制、采空区处理及地表设施保护等技术均没有解决。尤其是金属矿山的岩层变形过程及规律具有很强的随岩特征,规律性较差,如何在经济安全的条件下实现该类矿床的有效回收、如何确保生产作业安全、不同岩层的变形破坏规律等尚未进行深入的研究。

(5) 开采过程控制缺失。长期以来,地下矿山开采一直被视为是粗糙的作业工艺,没有精确、可靠的被控制过程,井下作业从生产勘探开始到矿石被提升到井口,在过程控制方面确实存在着粗犷式计划和粗犷式管理,各个工艺本身及工艺与工艺之间没有严格或精确的过程控制措施,尤其是数字化矿山的基础信息来源不可靠,真正的现代化企业管理的过程控制无法全部实现,反过来也更无法实施矿山数字化。

(6) 完善充填技术,实现矿山无废开采技术(尾矿、废石、尾水等)。矿山充填是今后我国采矿方法发展的主要趋势,可以实现矿山产生的废石、尾矿尽可能少排放甚至不排放,但对于矿石价值低的矿山,其实现的难度非常大,比如前几年尚采用空场开采嗣后充填的很多矿山,在2014~2015年则开始出现了大面积的亏损,其直接原因就是近两年来矿石价格严重下跌,而采用嗣后充填毕

竟增加了矿山开采的成本，也更难以实现铁矿山的无废排放开采。

(7) 富水矿床开采防突水开采技术。由于矿产资源的不可再生性，导致开采技术条件比较好的矿山多已经被开发与利用，而“三下”、富水、松软与破碎、深埋、低价值矿山则愈来愈多，但开采该类型矿床也必将遇到更多的灾害威胁，尤其随着社会的进步，对人本身的重视度提高，其开采过程及之后危险源的处治是矿山开采面临的重大课题。对于金属矿山来讲，其最主要面临的灾害危险是矿山井下突水危害。

(8) 深井系列技术。深井开采由于其所处的特殊环境而造就了该条件下开采的特殊问题，包括熟知的岩爆、高温、深井有效提升等，尽管近年来进行了不少的探索，也取得了一些单项成果，但作为该条件的整体系列技术尚存在很多使用性技术需要进行更深入的研究与实践。

1.4 主要趋势及研究方向

1.4.1 精确开采

矿山开采被认为是粗放式开采，目前矿山开采设计、指标统计、成本核算、过程控制、采场能力等数据要求精度不高，更没有实现高精度开采。但就一个100万吨/a规模矿山来分析，仅仅考虑回收率偏差10%计算时，就是每年误差10万吨原矿，按照目前市场价值计算就是每年误差产值4000万元左右。如果是被丢失，按照一般15年的服务年限计算，则可能在服务期间内有150万吨矿石被误差所丢失（该矿石是在应该损失矿石后而被误差所丢失），其目前市场价值将达到6个亿。对于全国来说这将是一个更大的数据。误差的结果可能使成本、分配、指标统计等均出现整体误差，在矿山实现成本控制的过程中就不能实施针对性措施，也可能使得生产过程人、财、物等资源分配出现再误差。

造成这种粗放式开采是由很多因素决定的，包括地下开采本身具有的隐形特征，再加上在开采及工艺过程中的精确测量控制仪器仪表的缺失等。这种粗放式开采的状况一直以来已经被行业认同了，矿山也没有更深地考虑和研究怎么去做好、做精。

受矿石行情的变化，目前有条件、有技术开展地下矿山由粗放开采向精确开采的转型。矿山需要精确开采，实现矿山的精确开采，具有巨大的经济价值和国家战略意义，并将提高我国地下矿山开采的整体水平和作业档次。

精确开采技术包括精确统计方法研究、精确设计技术、精确开采规划、精确控制仪器仪表。该研究包括生产过程地质品位的探查精度标准、每个炮排的矿量精确计算，品位精确计算（受到周围进路品位及残留覆盖岩层品位等的约束）、不同品级的分布控制及质量、预计采场出矿量、预计出矿品位、采场品位精确快速测量、与出矿设备配套的精确采场出矿量控制，精确溜井出矿计量、溜井各区