
冶金矿山难采 矿体采矿技术

辛洪波 主编

冶金工业出版社

TD851
X-372

冶金矿山难采矿体采矿技术

辛洪波 主编

冶金工业出版社

北京·1994

(京)新登字 036 号

图书在版编目 (CIP) 数据

冶金矿山难采矿体采矿技术/辛洪波主编. —北京:冶金工业出版社, 1994. 4

ISBN 7-5024-1515-7

I. 冶… I. 辛… III. 矿体-金属矿开采技术 N. TD851

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (94) 第 03531 号

出版人 卿启云 (北京沙滩嵩祝院北巷 39 号, 邮编 100009)

北京昌平长城印刷厂印刷; 冶金工业出版社发行; 各地新华书店经销

1994 年 4 月第 1 版, 1994 年 4 月第 1 次印刷

850mm×1168mm 1/32; 8.125 印张; 212 千字; 248 页; 1-1000 册

8.50 元

序

地下开采的冶金矿山，由于地质构造复杂，矿岩松软破碎，花费大量资金建设投产后，无法正常生产，主要表现为巷道和采场垮冒严重；矿石损失大，资源回收率很低；矿石产量低，与设计产量规模差距很大；作业不安全，发生事故多；经济效益很差，大都处于亏损状态，问题相当严重。

针对地下矿存在的技术难题，“七五”期间，冶金部矿山司组织了北京科技大学、东北大学、马鞍山矿山研究院、武钢矿山设计研究所、鞍钢矿山研究所和青岛冶金矿山大学等六个科研单位和大专院校，与矿山企业领导、工程技术人员和广大职工，共同进行采矿方法生产技术攻关。在鲁中冶金矿山公司的小官庄铁矿、邯邢矿山局的玉石洼铁矿和西石门铁矿、鞍钢弓长岭铁矿、武钢的金山店铁矿和酒钢镜铁山铁矿进行攻关，经过五年多的艰苦努力，取得了突破性进展和丰硕成果，主要表现在五个方面：第一是提高矿石产量和矿石回采率，降低了贫化率，改善了作业条件，提高了经济效益；第二是以控制地压和加强支护治理巷道破坏为中心的综合工艺技术，使无底柱崩落法在矿岩松软破碎的缓倾斜中厚矿体中，得到应用和发展；第三是对赋存条件合适的松软破碎的难采矿体，试验采用阶段自然崩落法，获得突破性进展；第四是试验研究的新采矿方法，如卸压开采的垂直分条崩落法、垂直平行密集束状孔有底柱崩落法以及分段留矿崩落法，均获得成功，取得了好的技术经济效益，为难采矿体开采开辟了新的途径；第五是结合采矿方法生产工艺进行了大量试验研究工作，如矿体可崩性分析评价岩体稳定性分级、巷道支护系列方案、采场地压活动监测、研究地压活动规律和控制方案等等。总之，“七五”地下采矿生产技术攻关取得的科技成果标志着我国难采矿体的开采技术达到较高水平，有的已达到了国际先进水平。谨向所有参加“七五”地下采矿方法生产技术攻关的科技工作者、企业的领导、

工程技术人员和广大职工表示崇高的敬意。

为了宣传、推广应用和进一步发展、巩固、完善“七五”采矿生产技术攻关的丰硕成果，东北大学的辛洪波、刘兴国、刘斌全面系统地总结了攻关技术成果，进行分析整理提高，编写成书，做了一件非常有益、非常必要的工作。本书出版，必将有利于冶金矿山的采矿生产技术水平的进一步提高。谨向三位先生表示衷心感谢并祝贺本书的出版发行。

董稼祥

1994年2月27日

前 言

“七五”期间，在党的改革开放方针指引下，全国冶金矿山职工发扬艰苦奋斗、开拓进取、拼搏、奉献精神，使我国铁矿石产量由 13735 万 t (1985 年) 提高到 16832 万 t (1990 年)，超额完成国家计划。1992 年在邓小平同志南巡重要谈话精神鼓舞下，又加快了改革步伐，全国铁矿石产量上升到 19764 万 t，1985 至 1992 年，年均增产矿石 861.3 万 t。“七五”期间，冶金部矿山司组织 6 个重点地下难采铁矿山，即邯邢冶金矿山管理局玉石洼铁矿、西石门铁矿，鲁中冶金矿山公司小官庄铁矿，武汉钢铁公司金山店铁矿，酒泉钢铁公司的镜铁山铁矿及鞍钢矿山公司弓长岭井下铁矿进行采矿技术攻关，依靠科技进步和技术改造，加速这些矿山发展，提高了矿山的综合生产能力。1992 年 6 个难采铁矿山的矿石产量达 906 万 t，比攻关前净增 381 万 t，小官庄铁矿、西石门铁矿、玉石洼铁矿、金山店铁矿的矿石回采率都提高 20%；攻关期间共创经济效益 5569 万元^[1]。

1992 年 6 个难采铁矿山的矿石产量虽然仅占全国铁矿石总量的 4.6%，但却占地下铁矿山矿石产量的 48% 以上；尤其是从布局上看，都是一些冶金企业的主力矿山，如邯邢冶金矿山管理局的露天矿基本结束，主要是井下开采，鲁中冶金矿山公司，武汉钢铁公司及酒泉钢铁公司的矿山全部或者大部分为地下开采，其产量直接影响到钢铁生产任务的完成。

从矿石质量上，一般地下铁矿地质品位高于露天矿 10%~15%，选矿比小，如弓长岭井下矿平炉富矿平均品位为 64.66%，高炉富矿平均品位达 52.51%，金山店富粉矿品位达 47%；矿石品种中有原矿、成品块矿和粉矿都是选、冶、烧必不可少的原料。

通过“七五”采矿技术攻关，难采矿体中使用无底柱分段崩落法采矿技术取得重大突破，基本上解决了玉石洼铁矿，小官庄

铁矿等类似矿山的地质条件复杂、矿岩松软破碎、采场地压大的回采技术问题。在金山店铁矿、镜铁山铁矿，试验研究阶段自然崩落法，取得新的进展，尤其是矿体可崩性研究方面，如金山店铁矿提出了现场直观破碎度综合评价法（JZPZ法）达到国际先进水平；在小官庄铁矿东区，西石门铁矿南区及弓长岭井下矿西区，有底柱崩落法取得了重大成果，为地下铁矿开采中实现集中作业和高强度回采开辟出一条新的途径。

冶金矿山“七五”采矿技术攻关，对难采矿体的采矿进行了许多试验研究，推动了难采矿体采矿技术发展，取得了丰硕成果。这些成果标志着我国基本上掌握了金属矿复杂难采矿体开采技术，达到了世界先进水平^[13]，应当加以宣传推广应用。基于这种认识，我们编写《冶金矿山难采矿体采矿技术》一书，以期为发展冶金矿山生产贡献微薄之力。

在本书完成之际，编者诚挚地感谢冶金部矿山司有关领导，参加攻关的北京科技大学、东北大学、马鞍山矿山研究院、武钢矿山设计研究所、鞍钢矿山研究所和青岛冶金矿山的广大科技人员，攻关矿山的各级领导和广大工程技术人员及职工，以及《金属矿山》编辑部编辑同志，正是由于他们在“七五”采矿技术攻关中付出创造性的劳动和无私的奉献，我们才得以完成此书。

本书由东北大学辛洪波主编。辛洪波编写前言、第一章和第二章；刘斌编写第三章，刘兴国、辛洪波共同编写第四章。全书由辛洪波统一审定。

由于编者学术水平有限，编写时间短促，书中难免存在错误和不足之处，诚恳地欢迎批评指正。

编 者

一九九四年一月十日

目 录

1 绪论	(1)
1.1 概述	(1)
1.2 难采矿体开采中的主要问题	(5)
1.3 采矿技术攻关成效显著	(10)
2 难采矿体采场地压活动及其控制方法	(14)
2.1 概述	(14)
2.2 采场地压显现特点	(17)
2.2.1 巷道破坏的典型形式	(17)
2.2.2 中深孔及支护破坏的典型形式	(20)
2.3 采场地压活动规律	(22)
2.4 采场地压活动原因	(30)
2.4.1 矿岩软破与结构面发育	(30)
2.4.2 巷道围岩内应力集中	(34)
2.4.3 地压活动的时空效应	(35)
2.4.4 爆破震动冲击荷载	(37)
2.4.5 巷道掘进质量差、暴露面积过大	(39)
2.4.6 支护不及时,支护形式不合理	(41)
2.5 采场地压控制方法	(42)
2.5.1 集中作业,强化开采	(42)
2.5.2 合理的回采顺序	(43)
2.5.3 改变围岩应力状态,实现卸压开采	(46)
2.5.4 正确选择联巷位置与巷道结构	(48)
2.6 阶段自然崩落法采场地压活动及其控制方法	(49)
2.6.1 金山店铁矿矿块崩落法采场地压活动及其控制方法	(49)
2.6.2 镜铁山铁矿平底柱阶段自然崩落法采场地压	(57)
2.6.3 金山店铁矿端部出矿阶段自然崩落法采场地压观测与分析	(59)
3 软破矿体中采准巷道的掘进与支护	(63)
3.1 概述	(63)
3.2 软破矿体中采准巷道加固特点	(64)

3.2.1	支护时间及时	(65)
3.2.2	提高围岩强度	(66)
3.2.3	调整应力分布	(66)
3.2.4	施作容易、成本低	(66)
3.3	简易光面爆破技术	(67)
3.3.1	简易光面爆破参数分析	(68)
3.3.2	简易光爆设计与施工	(72)
3.3.3	简易光面爆破效果检测与分析	(76)
3.4	采准巷道支护	(81)
3.4.1	采准巷道围岩破坏形态分析	(82)
3.4.2	软破矿岩中采准巷道支护方法的演变与发展	(83)
3.4.3	软破矿岩中巷道支护的基本要求	(84)
3.4.4	以管缝式锚杆为主的喷、锚、网支护	(84)
3.4.5	以长短锚杆相结合的喷、锚、网联合支护	(87)
3.4.6	喷锚网支护可靠性分析	(90)
3.4.7	支护效果评价	(99)
3.4.8	支护存在的问题	(101)
3.5	可缩性支护	(104)
3.5.1	问题的提出	(105)
3.5.2	可缩性金属支架作用机理	(105)
3.5.3	可缩性金属支架在金属矿山的应用	(108)
3.5.4	应用中的几个问题	(110)
3.6	崩落法采矿采准巷道失稳破坏的综合治理	(114)
3.6.1	综合治理的重要性	(114)
3.6.2	采准巷道失稳破坏分析	(114)
3.6.3	综合治理方法	(116)
3.6.4	综合治理实例	(117)
3.7	似散体矿岩中采准巷道施工	(118)
3.7.1	似散体矿岩基本特点	(118)
3.7.2	似散体矿岩中巷道掘进	(119)
3.7.3	巷道支护	(122)
3.7.4	支护效果分析与评价	(124)
4	难采矿体采矿方法及其生产工艺	(125)

4.1	概述	(125)
4.2	以进路为单元组织生产的无底柱分段崩落法	
	——玉石洼铁矿应用无底柱分段崩落开采软破矿体的经验	(130)
4.2.1	玉石洼铁矿矿体赋存情况和采矿生产中的问题	(130)
4.2.2	以进路为单元组织生产的实质和基本内容	(132)
4.2.3	实施强化开采缩短生产周期	(133)
4.2.4	同时回采进路形成阶梯状工作面	(135)
4.2.5	改变凿岩方式,施行分段凿岩	(137)
4.2.6	出矿改用装岩机,缩小进路断面尺寸	(139)
4.2.7	改善切割工作	(139)
4.2.8	技术经济指标	(139)
4.3	下盘岩石中设回收进路区无底柱分段崩落法	
	——玉石洼铁矿扩大无底柱分段崩落法使用范围的经验	(142)
4.3.1	无底柱分段崩落法的下盘矿石损失	(143)
4.3.2	减少下盘矿石损失的技术措施	(145)
4.3.3	最佳开掘高度的确定方法	(150)
4.3.4	矿体下盘倾角不同时开掘下盘岩石的经济计算	(155)
4.3.5	下盘岩石中设回收进路的无底柱分段崩落法	
	——玉石洼铁矿扩大无底柱分段崩落法使用范围的经验	(157)
4.4	小官庄铁矿应用无底柱分段崩落法开采西区难采矿体的实践	
		(168)
4.4.1	小官庄铁矿西区矿体赋存情况和采矿生产中问题	(168)
4.4.2	调整回采顺序控制采场地压	(169)
4.4.3	根据地压显现规律调整采准布置	(170)
4.4.4	适应地压大矿岩软破的巷道支护工程	(170)
4.4.5	按采场地压分布规律划分回采单元实行强化回采	(171)
4.4.6	上盘和两翼三角矿带并段回采	(172)
4.4.7	切岩回采底板三角矿带	(176)
4.4.8	加强放矿管理工作	(179)
4.4.9	实践效果	(180)
4.5	阶段自然崩落法(矿块崩落法)	
	——金山店铁矿开采难采矿体的经验之	(180)
4.5.1	金山店铁矿I采区西部矿体赋存情况	(180)

4.5.2	矿石可崩性研究·····	(182)
4.5.3	矿块崩落法结构与采准工程布置·····	(185)
4.5.4	底部出矿巷道掘进与支护·····	(187)
4.5.5	拉底与切割削弱工程·····	(190)
4.5.6	中深孔一次爆破成井和劈漏·····	(193)
4.5.7	采场放矿控制·····	(194)
4.5.8	地表回填及井下疏干·····	(197)
4.5.9	试验矿块主要技术经济指标·····	(197)
4.6	端部出矿的阶段自然崩落法	
	——金山店铁矿开采难采矿体的经验之二·····	(198)
4.6.1	金山店铁矿Ⅱ采区矿体215矿块赋存情况和采矿生产中 问题·····	(199)
4.6.2	矿体可崩性评价与矿岩稳固性分级·····	(200)
4.6.3	215矿块采矿方法与采准·····	(202)
4.6.4	切割、拉底与回采工作·····	(203)
4.6.5	试验矿块的主要技术经济指标·····	(205)
4.7	平底柱阶段自然崩落法	
	——镜铁山铁矿开采破碎矿体的经验之一·····	(205)
4.7.1	试验矿块赋存情况及开采中的问题·····	(206)
4.7.2	平底柱阶段自然崩落法方案结构·····	(208)
4.7.3	采准工程与支护·····	(209)
4.7.4	拉底工程·····	(210)
4.7.5	蟹沟开掘·····	(211)
4.7.6	出矿·····	(213)
4.7.7	试验矿块主要技术经济指标·····	(214)
4.8	无底柱阶段自然崩落法	
	——镜铁山铁矿开采破碎矿体经验之二·····	(214)
4.8.1	无底柱阶段自然崩落法结构和主要生产工艺·····	(215)
4.8.2	试验矿块主要技术经济指标·····	(218)
4.9	垂直分条崩落法	
	——小官庄铁矿应用有底柱崩落法开采东区难采矿体的经验 ·····	(220)
4.9.1	小官庄铁矿东区矿体赋存条件和采矿生产中问题·····	(220)

4.9.2	垂直分条崩落法方案结构和系统	(222)
4.9.3	采准与切割	(224)
4.9.4	回采工艺	(228)
4.9.5	试验采场的主要技术经济指标	(229)
4.9.6	改进意见	(230)
4.10	垂直平行密集束状孔落矿的有底柱崩落法	
	西石门铁矿南区试验研究的新采矿法	(230)
4.10.1	西石门铁矿南区矿体赋存情况和采矿方法选择	(230)
4.10.2	垂直平行密集束状孔落矿的有底柱崩落法方案	(231)
4.10.3	采场布置和结构参数	(232)
4.10.4	掘进斗井、劈漏和崩矿同时完成的新工艺	(235)
4.10.5	研制双立柱井字形钻架,提高凿岩精度	(238)
4.10.6	改进装药系统及其工作参数	(239)
4.10.7	垂直平行密集束状孔爆破技术	(240)
4.10.8	提高耙矿巷道稳固性的技术措施	(242)
4.10.9	试验采场主要技术经济指标	(243)
	主要参考文献	(245)

1 绪 论

1.1 概 述

本书所指的地下难采铁矿山，从矿体赋存条件方面可分为两类，一是缓倾斜中厚矿体，如玉石洼铁矿和西石门铁矿，原张家洼矿山公司的小官庄铁矿；一是急倾斜厚矿体，如金山店铁矿张富山矿体，弓长岭铁矿及镜铁山铁矿破碎矿体。这些难采矿山的共同特点是矿体赋存条件极为复杂，矿石和围岩松软破碎。表1-1列出了6个难采矿山的矿体赋存条件。其中“两洼一店一门”（玉石洼铁矿、张家洼铁矿、金山店铁矿、西石门铁矿）是我国黑色冶金矿山出名的老大难矿山，详细情况见表1-1。

表1-1 地下难采铁矿山的矿体赋存条件

序号	矿山名称	矿床类型	矿体赋存条件				围岩特征		
			矿体形态	采深(m)	厚度(m)	倾角(°)	矿体稳固性	上盘围岩	下盘围岩
1	玉石洼铁矿	接触交代砂卡岩型磁铁矿床	似层状变化大	180	20~40 平均 36	上部 25~50 下部 10~25	磁铁矿f=7~15,矿体中常有砂卡岩穿插,从不稳固到极不稳固	石灰岩,多呈块状结构,不稳固	蚀变闪长岩,碎裂结构,稳定性差,局部砂卡岩,极不稳固
2	小官庄铁矿 西石山区	同上	形态复杂变化大上下薄呈蝌蚪状	450 以上	30~50	上盘 10~17 下盘 20~30	浸染状磁铁矿含质地松软的脉石矿物,不稳固。砾石矿不稳固,矿体内穿插闪长玢岩和砂卡岩极不稳固	粘土质砂岩,极不稳固	蚀变闪长岩和砂卡岩,极不稳固

续表 1-1

序号	矿山名称	矿床类型	矿体赋存条件				围岩特征		
			矿体形态	采深 (m)	厚度 (m)	倾角 (°)	矿体稳固性	上盘围岩	下盘围岩
8	镜铁山铁矿 IV ₁ 矿块	沉积变质铁矿床	层状	110	30~40	70~90	菱铁矿、镜铁矿 $f=12\sim18$ 矿石坚硬破碎, 不稳固	黑灰色千枚岩 $f=5\sim10$, 中等稳固	灰绿千枚岩 $f=8\sim10$, 中等稳固。矿岩接触带稳固性差

自 1965 年我国从瑞典正式引进无底柱分段崩落法及其配套的无轨采矿设备以来, 在我国金属矿山迅速推广。据 1985 年对 15 个重点地下铁矿山所用的采矿方法统计, 崩落法占 94.1%, 空场法占 5.9%, 其中无底柱分段崩落法占 90.7%, 几乎采用单一的无底柱分段崩落法。上述 6 个难采铁矿山在攻关前主要是采用无底柱分段崩落法。

从表 1-1 中可以看出, 难采铁矿体的主要地质赋存特征为: 矿体本身松软破碎, 围岩不稳固, 特别是近矿围岩, 节理裂隙极其发育; 大部分矿床为高温热液接触交代矽卡岩型磁铁矿床, 矿体形态复杂, 多呈似层状、透镜状; 矿体内穿插矽卡岩夹层, 顶底板起伏变化较大; 缓倾斜中厚矿体居多, 使用崩落法开采时, 上、下盘及两翼三角矿柱矿石损失大, 尤其是下盘侧难以回收; 急倾斜厚矿体中有 3 种情况, 一是节理、裂隙和断层发育, 二是粉矿多, 矿石稳固性极差, 三是矿体虽然坚硬, 但是非常破碎。

表 1-2 列出 6 个难采铁矿山自 70 年代初期相继投产以来, 至攻关前的主要指标。从表 1-2 中看出, 有的矿山投产长达 17 年, 有的矿山是从“七五”初期投产, 然而产量都是一直上不去, 实际达产率为 20~50%; 经济效益很差, 甚至长年亏损; 矿石回采率平均为 65.54%, 贫化率平均为 20.8%, 回采率最低只有 33.37%, 贫化率最高达 25.9%。

表 1-2 六个难采铁矿山攻关前主要指标

矿 山	年 代		产 量 (万 t/a)		回采率 (%)	贫化率 (%)	1987年 盈亏 (万元)	主要采矿方法	备 注
	投产 时间	统计 时间	设计规模 (建成能力)	实际 达到					
玉石洼铁矿	1977.12	1984	70	31.44	78.79	23.26	480	无底柱分段崩落法	1987年攻关 后转为盈
小官庄铁矿 · 其中 东区 西区	1985.9	1986	250	47.31 17.07 20.06	33.87 37.1 42.9	25.90 35.60 20.80	-415	无底柱分段崩落法	全公司亏损额
金山店铁矿	1976	1985	150	33.94	52.60	18.30	-767	无底柱分段崩落法,有底 柱分段崩落法	
西石门铁矿	1986	1987	220	50.1	59.30	19.26	-607	南区底板漏斗有底柱崩 落法,中区无底柱分段崩落 法	
弓长岭井下 铁矿中央区	1968.8	1985	220	117.75	85.28	22.94	-368	西区电耙出矿有底柱阶 段崩落法	
镜铁山铁矿	1970	1985	500	244.56	83.40	15.15	218	无底柱分段崩落法	1988年亏损 448.7万元

①达产率为矿石实际产量与建成能力之比。

造成这种局面的原因是多方面的,主要原因还是矿体难采,选用的采矿方法不当,采矿工艺不合理,与矿体赋存条件不适应。

为了扭转这种困境,使难采矿体采矿技术尽快过关,冶金部矿山司于1986年4月在张家洼矿山公司召开了第一次地下重点铁矿技术攻关座谈会。在会上确定小官庄铁矿、玉石洼铁矿、西石门铁矿、金山店铁矿、弓长岭铁矿和镜铁山铁矿6个矿山为采矿技术攻关矿山,规定了攻关目标、内容和进度,组织了北京科技大学、东北大学、马鞍山矿山研究院、青岛冶金矿山大学、武钢矿山设计研究所、鞍钢矿山研究所等研究单位,与这些矿山企业共同开展采矿技术攻关^{[2][3]}。

1.2 难采矿体开采中的主要问题

(1) 地压活动剧烈。地压显现经常是以突发性方式迅速转移,造成大面积冒落。

玉石洼铁矿于1986年7月中旬,一采区250m分段以1[#]联巷的2[#]进路口冒落作为突破口,引起2[#]至6[#]进路间,大约2000m²大面积来压,造成2[#]进路部分,3[#]、4[#]进路全部,5[#]进路部分报废^[4]。

金山店铁矿Ⅱ采区,无底柱分段崩落法回采±0m与-10m分段时,1984年8月24日首先由±0m7[#]、8[#]、9[#]进路的局部冒顶片帮开始,至1984年10月16日,不到两个月时间,±0m分段的5[#]至13[#]进路,-10m分段11[#]~22[#]进路相继发生大面积冒落破坏^[3]。

1993年该采区-75m分段14[#]进路垮冒后,由于支承压力外移,造成15[#]~31[#]共计16条进路相继冒落^[10]。

弓长岭井下铁矿-160m阶段东区19号溜井至20号溜井之间的下盘联巷部位,1987年5月,当-112m分段此处冒落后,-124m分段的相应部位相继冒落,这时-136m和-148m分段相应部位开裂、掉渣,经过不长时间全部冒落,这4个分段几乎是同时冒落。6号溜井及其附近,从-120m至-150m分段也是几乎