

20年地下锰矿床开采技术的进展与展望

郭金峰

(马鞍山矿山研究院,安徽 马鞍山 243004)

摘要:介绍了在1982~2001年期间国内地下锰矿床开采技术的进展,在20年间围绕提高矿石回采率和控制不稳固采场顶板这2个方面的内容,对国内主要地下锰矿床进行了采矿方法和地压活动规律的研究,最后提出了21世纪地下锰矿床开采技术的研究方向。

关键词:锰矿床;地下开采;采矿方法;地压控制

中图分类号:TD861 **文献标识码:**A **文章编号:**1002-4336(2002)03-0032-05

我国锰矿资源丰富,保有储量6亿多t,主要分布广西、湖南、贵州、云南、福建和陕西等省区,锰矿矿点多、分布广、规模小;缓倾斜薄矿体多、贫矿多等赋存特点,多属难采难选矿体,加上锰矿技术队伍薄弱,设备陈旧,投资少等原因,长期制约了锰矿床的发展。为了解决锰矿床的落后状况,针对我国锰矿资源难采难利用的特点,解决难采难选的技术问题,进一步调动科技人员的积极性和发挥作用,促进锰矿床科学技术的发展,为此,1982年5月原冶金工业部批准成立了“原冶金工业部全国锰业技术委员会(下简称:锰技会)”。

锰技会成立20年来,致力于全国锰矿的科技进步和新产品的开发,由国家冶金工业局(原冶金工业部)牵头,全国锰业技术委员会组织了以马鞍山矿山研究院、长沙矿冶研究院为主的国内多家科研院所及大专院校对国内主要锰矿床(如遵义锰矿、湘潭锰矿、斗南锰矿、鹤庆锰矿、桃江锰矿、花垣锰矿等)的采矿方法与地压控制技术进行了科技攻关,并围绕提高矿石回采率和控制采场地压两方面进行针对性的试验研究工作,使这类难采矿体的地下采矿技术有了明显的进步,有效地控制了采场地压,确保了采场生产的安全,采矿技术指标也得到了较大的提高,使国家有限的锰矿资源得到了较好地回收和利用。

回顾20年来锰矿科研工作,虽然锰矿床和从事锰矿床的广大科技人员付出了艰辛,但能为我国

锰矿床的技术进步做些工作也感到欣慰。本文从采矿方法和地压控制2方面全面阐述了地下锰矿床开采技术进展,并展望了21世纪我国地下锰矿床采矿技术的发展方向。

1 地下锰矿床采矿方法的进展

针对我国锰矿床的赋存特征,锰矿的采矿方法以空场采矿法为主,辅以充填采矿法和崩落采矿法。总结20年来锰矿床采矿方法发展的特点,对于空场采矿法,主要围绕控制采场地压和提高矿石回采率、提高劳动生产率、降低工人的劳动强度等方面进行研究;对于充填采矿法和崩落采矿法,更重要的是引进消化国内冶金、有色、黄金等系统采矿方法的基础上,探索适合于锰矿床开采的采矿工艺及相关配套的技术措施,从而提高矿石的回采率和降低矿石贫化率。上述2种研究方法和途径,促进了我国地下锰矿床采矿方法的技术进步。

1.1 空场采矿法的进展

空场采矿法是我国金属矿床地下开采史上应用最早,在技术上也最为成熟的采矿方法,该采矿方法具有成本低、生产能力大、劳动生产率高、采准时间短和较易达产等突出优点,因此在我国多数矿岩较稳固的矿床应用较为普遍。锰矿最初使用的也是以空场采矿法中的房柱法、浅孔留矿法较多,回采工艺落后,机械化程度低,但通过20年来的技术革新与

收稿日期:2001-11-28

作者简介:郭金峰(1963-),男,江西信丰县人,高级工程师,马鞍山矿山研究院采矿研究所所长;全国锰业技术委员会委员。1983年一直从事国内锰矿及其它金属矿床的采矿方法和地压灾害控制与防治等方面的研究取得锰矿科技成果8项。

进步,也取得了可喜的成就。

遵义锰矿东区为缓倾斜薄矿体,矿体直接顶板为粘土页岩,具有吸水膨胀、失水收缩、层理、节理较为发育,1984~1988年,马鞍山矿山研究院和遵义锰矿联合试验,采用预支顶板锚杆房柱采矿法进行试验获得成功,该方法在切割上山内采用长钢筋砂浆锚杆预先加固采场不稳固的直接顶板,采场内采用快硬水泥卷锚杆加固采场两侧顶板代替留顶矿支护采场顶板的联合护顶方式,大大地提高了采场顶板的稳定性,同时落矿采用梯段式由下向上推进、三卷筒电耙连续出矿等回采工艺,使矿石回采率由过去的50%~60%提高到80.29%,采场生产能力达到120 t/d,矿石贫化率7.9%^[1,18]。

鹤庆锰矿是缓倾斜中厚矿体,采场顶板不稳固,由于该矿是国内少有的几个富锰矿山之一,为了提高该富锰矿体的矿石回采率,1989~1992年马鞍山矿山研究院、鹤庆锰矿和大理州矿冶开发研究所在该矿进行了人工矿柱锚杆房柱法试验。该方法采用片石砌筑人工矿柱代替矿石矿柱,回采中采用超快普通水泥卷锚杆加挂10号~12号铁丝网加固采场不稳固顶板,提高了采场顶板的稳固性,大大地改善了采场作业条件和安全条件,矿石综合回采率达到88%,最高达到92.24%,使矿山经济效益大幅增长,目前已在该矿全面推广应用^[2,8]。

斗南锰矿白姑矿区为缓倾斜多层状的锰矿床,主要含矿层有5层,其中具有开采价值的有2层矿层,2层矿间距7.8~13 m,平均10.1 m。1994~1995年马鞍山矿山研究院在斗南锰矿开展了缓倾斜多层矿体采矿方法试验,采矿方法为锚杆房柱法,通过相似材料模拟试验和三维有限元分析等手段,对各矿层的回采顺序、超前关系和矿房的布置形式、采场结构参数等进行了模拟分析,实践证明,采用先采上层矿后采下层矿、上层矿采场超前下层矿采场40~60 m和矿块内各矿房以对称布置为好,位移和应力值均比交错布置时小^[3]。

斗南锰矿嘎斜南翼矿区为急倾斜层状矿床,矿体厚度0.5~2.0 m,矿体直接顶板为粉砂质泥岩、鲕状泥岩,直接底板为泥岩,岩性较差;遇水软化。1988~1991年马鞍山矿山研究院,在该矿试验中分别采用了浅孔留矿法和下向分段空场法进行回采。回采中采用了降低回采中段高度、缩小采场跨度、铺设人工假底和强化采场支护等技术手段,确保了矿层在回采时期内的安全,使矿石回采率和贫化率等

采矿技术指标达到较好的水平^[4,5]。

1.2 充填采矿法和崩落采矿法的进展

受国内锰矿床赋存特征的限制,锰矿充填采矿法主要类型为削壁充填采矿法,少数为水砂充填采矿法;崩落采矿法(分长壁式和短壁式2种)主要类型为壁式崩落法和分层崩落法。总结20年来的地下锰矿开采经验,充填采矿法和崩落采矿法也取得了一定的进展。

湘潭锰矿属浅海相沉积碳酸盐矿床,矿体呈层状或似层状产出,矿层厚度变化较大,一般为0~5 m不等,矿体直接顶底板均为黑色页岩,稳固性极差,而黑色页岩中平均含S量为3%~4%,爆破落矿后产生自燃现象,同时与水会发生硫化作用,形成强酸性水。针对这一现象,该矿与长沙矿山研究院和长沙矿冶研究院合作,分别开展了采矿方法和地压活动规律的研究,试验的采矿方法为上向水平分层充填法,尽管采矿劳动生产率下降,采矿成本上升,但基本解决了地下水和内因火灾威胁,控制了地表塌陷等问题。此外,湘潭锰矿在矿体比较规整,顶板无含水层,顶板岩石可以自然冒落的地段,分别采用了长壁、短壁和进路3种壁式崩落采矿法和分层崩落采矿法,均取得较好的效果^[6]。

鹤庆锰矿针对小天井矿区急倾斜富锰矿地段矿岩破碎,稳定性极差等问题,1996~1999年该矿与马鞍山矿山研究院和大理州矿冶开发研究所合作,采用了进路式分层干式充填采矿法进行回采,该方法的特点是结合进路和分层两种方法的优点,利用控顶高度控制采场冒落的采矿技术手段,成功地回采了该区段的破碎富锰矿体,同时也取得了较好的技术指标^[7]。

此外,鹤庆锰矿在回采“三软”矿体时,由于是高品质的优质氧化锰矿石,为了减少损失和降低矿石贫化,应用了分层崩落采矿法。该方法采用2个分层布设一条联络道,回采进路内铺设坑木和金属网等回采工艺技术,实践证明,工人在金属网假顶下面作业是安全的^[8]。

桃江锰矿为层状产出的多层缓倾斜碳酸锰矿床,矿层厚度为0.5~0.7 m,直接顶板为厚层粘土岩,整体性好,不透水,直接底板为块状黑色页岩,遇水膨胀破碎,极不稳固。针对这类矿体赋存状况,采用了垂直分条水平分段削壁充填采矿法,该方法的工艺特点是:切割上山及切割平巷安装水泥卷锚杆支护,回采时用废石条带充填后,采空区用浅眼强制

崩塌顶板,底板用药壶爆破将废石抛向采空区进行充填,实践证明,该回采工艺对拓宽回采空间,控制采场地压有明显的效果^[6]。

2 地下锰矿地压研究与控制技术的进展

20年来,国内地下锰矿山采矿技术试验研究的特点是采矿方法与地压活动规律研究紧密结合起来,通过对采场地压显现规律的研究,为确定合理的采场结构参数和采空区处理方法,提供了技术依据,锰矿地压与控制技术的研究取得上述成果与马鞍山矿山研究院和长沙矿冶研究院等单位长期研究是分不开的。

湘潭锰矿和长沙矿冶研究院开展上向水平分层充填采矿法试验期间,采用地压工程监测、计算机数值分析等研究手段,研究了分层开采的地压变化规律、提高矿块中段高度、合理的顶柱与底柱尺寸、采场支护技术和水体下矿柱安全开采等内容。从而确定了符合该矿开采的地压变化规律,并以此指导采场回采,为锰矿充填开采地压管理开辟了成功的先例^[6,20]。

遵义锰矿和马鞍山矿山研究院在该矿攻关试验期间,通过对采场顶板冒落高度和沉降变形规律进行系统量测,确定了采场顶板沿走向的规律是中部下沉量相对于两侧小,呈“W”字型(采场中部采用锚杆加固);采场顶板沿倾向的规律是下部下沉量相对于上部要大,最大下沉量处是下部拉底巷道 $\frac{1}{3}$ 的地方;采场顶板表部下沉量大,深部下沉小,一般表部下沉量比深部下沉量大 $\frac{1}{3}$ 左右。通过采用现场监测与实验室相似材料模拟实验、计算机数值分析相结合的研究方法,摸清了长钢筋砂浆锚杆对采场直接顶板具有悬吊、组合和加固作用,在采场中间不大的区段内,相当于一个无形的矿柱支撑采场顶板,起到减跨作用。同时,掌握了采场顶板的下沉和矿房跨度与回采之间的关系,为确定合理的矿房跨度和采矿工艺试验提供了技术依据,达到了提高矿石回采率的目的^[9,10,11]。

马鞍山矿山研究院和斗南锰矿在采矿方法试验过程中,分别对缓倾斜、急倾斜矿体的采场地压活动规律进行了研究,采用节理裂隙调查、岩层冒落特征现场监测的结果,对矿山岩体工程进行分类,并结合实验室相似材料实验、底摩擦模型实验和计算机数值分析,基本揭示了巷道围岩和采场地压显现规律,

并将其研究结果用于确定不同赋存条件下的采矿方法和采场结构参数,为采矿方法试验及矿山生产提供了技术依据^[12,13,14]。此外,斗南锰矿在回采缓倾斜多层矿体时,采用现场调查、采场变形监测、压力测量,并结合相似材料模拟试验的采场地压研究手段,揭示的采场地压活动规律为采场中下部顶板压力比采场上部顶板压力大,尤其以采场中部压力为最大;采场回采期间的压力较空顶期顶板压力大;多层矿体回采的采场布置应以对称布置最佳;回采顺序以采上层为先,然后采下层矿,有利于控制采场地压^[19]。

马鞍山矿山研究院、大理州矿冶开发研究院和鹤庆锰矿在采矿方法试验中,通过对工程岩体分类、现场监测及计算机数值分析相结合的地压研究方法,对采场地压显现规律进行了研究,提出了在“人工矿柱锚杆房柱法”的开采工艺中,每回采2个矿房就必须进行一次空区处理的地压管理制度,否则就难以正常回采。根据采场顶板的稳固性和最大允许暴露面积,结合矿山实际情况以及采矿方法的特点,提出了浅孔切割锚固层顶板,同时崩跨人工间柱,扩大顶板暴露面积,使加固后的不稳固顶板自然冒落充填采空区^[15]。此外,鹤庆锰矿在急倾斜破碎富锰矿体开采中,通过现场地压调查,结合三维有限元数值分析的地压研究方法,揭示了采场地压活动规律。回采期间采取了充填或隔离冒落区、控制回采分层高度、采场控制爆破落矿和由下盘向上盘的回采顺序等采场地压控制技术,保证了采场的回采作业安全,效果十分显著^[16]。

长沙矿冶研究院针对花垣锰矿1994年2次大规模地压活动的原因及规律进行了深入的研究,找出了地质构造、地层原岩应力、地下水作用、膨胀性等因素不是导致该矿地压活动的决定性因素,而开采空间布置、回采顺序、工艺、采场结构参数、开采方式等对于环境地层应力的不适应性促成了该矿大规模地压破坏,危及矿山生存。研究提出了该矿南段700m中段以下应继续研究原岩应力、陡倾角状况、井巷地压、加强监测、确定合理的采矿方法等开采技术措施,从而确保矿山的安全开采^[21]。

为了适用缓倾斜薄锰矿采矿方法工艺对控制采场顶板的需要,新型的加固材料,即水泥卷锚杆系列产品也相继研制成功,并在国内的锰矿、有色等其它矿山推广应用。1984~1986年在遵义锰矿进行采矿方法试验时,马鞍山矿山研究院根据瑞典波立登

矿业公司研究的一种新型注浆锚杆(即水泥卷锚杆)原理,首先研制了以快硬水泥为充填剂的快硬水泥卷锚杆,该锚杆具有承载速度快、安装方便、结构简单和价格低廉等优点。该锚杆在遵义锰矿试验采场中用于加固不稳固的采场直接顶板,有效地控制了采场直接顶板的早期变形和离层,使采场跨度由4~6 m增大到8~10 m,取得了良好的加固效果。1988~1989年,在原冶金部和全国锰业技术委员会的支持下,马鞍山矿山研究院和湖南省锰矿公司、桃江锰矿联合研制了水泥卷锚杆的系列产品,该产品以普通水泥为基础,外加水泥硬化剂的超快硬水泥卷锚杆,并在桃江锰矿进行工业试验获得成功,此后又在斗南锰矿、鹤庆锰矿和宁强锰矿用于加固采场顶板,也取得了较好的加固效果^[12,17,22]。

3 21世纪地下锰矿采矿技术的展望

20年来,在原冶金部和全国锰业技术委员会的组织下,锰矿科研工作者对国内的遵义、斗南、湘潭、鹤庆、桃江和花垣等锰矿山的缓倾斜、急倾斜薄到中厚矿体进行了提高矿石回采率和控制不稳固采场顶板这两方面的研究,取得了可喜的进步,主要表现在:

(1) 锰矿石回采率逐步得到提高。锰矿山采用合适的采矿方法,配以先进的回采工艺和有效的技术措施,使锰矿石回采率由过去的50%~70%之间逐步提高到80%左右,个别矿山如鹤庆锰矿的综合回采率达到88%以上。

(2) 锰矿石贫化率或废石混入率呈下降趋势。由于20年来重点放在了控制不稳固的采场直接顶板上,实践证明取得了明显效果,经攻关的遵义、斗南、湘潭、鹤庆等锰矿山的矿石贫化率或废石混入率均控制在10%以内(缓倾斜)和12%以内(急倾斜),大大地提高了锰矿石的质量。

(3) 矿山逐渐趋于正规化开采。在80年代初期,我国地下锰矿开采停留在传统的开采工艺上,尤其是农民进入矿山滥采乱挖现象较为严重,使国家锰矿资源受到了严重破坏。地方政府的配合和广大锰矿技术人员的努力工作,国内锰矿山开采技术水平得到较大的提高,锰矿山也逐渐趋于正规化开采。

(4) 锰矿山开采淘汰了陈旧落后的工艺。锰矿开展科技攻关,进行技术改造,将效率低的人工凿岩和电动凿岩改为风动凿岩,人力推车出矿改为电机车运输,采场出矿逐渐引进电耙出矿,以及多功能节

能风机、局扇的应用等。使工人的劳动强度大幅度降低,劳动生产率也得到了较大的提高。

(5) 揭示了锰矿开采的地压显现特征和规律。通过系列的地压活动规律的研究,缓倾斜矿体采场顶板的冒落形式主要有局部单层脱落、岩层悬壁折断垮落、倾台阶型冒落;而急倾斜的地压显现主要表现为岩层脱落或冒落和松散压力等几种形式。

4 结 语

尽管20年来锰矿开采技术取得了较大的进步,随着我国地下锰矿开采深度不断延深,更深层次的问题又会出现,因此笔者建议在现有锰矿开采技术水平上,应在以下几方面加强研究:

(1) 鉴于目前我国锰矿开采机械化水平仍然较低,研制和改进适合于锰矿开采的采矿设备,配以全新的锰矿开采工艺,共同推进锰矿开采技术的发展,因此锰技会及相关科研院所应积极争取国家科技部的支持,在锰矿系统开展“地下锰矿机械化开采方法的研究”。

(2) 随着地下锰矿开采的深度不断延深,深部地压问题将会更加突出,开展“深部锰矿开采地压显现规律的研究”,有助于制定适合深部开采方法和地压控制措施,以解决矿山开采与安全的潜在隐患。

(3) 我国地下锰矿在过去的开采过程中,由于采矿方法选择不当、农民进入矿山滥采和为了保护一些重要的井巷工程或建(构)筑物的安全而留下大量的保安矿柱和边残矿柱,域此,要充分回收这部分的锰矿资源,应该开展“地下锰矿残矿和保安柱回采方法的研究”。

(4) 国内锰矿在建矿初期,由于矿体埋深较浅,往往选择露天开采方式进行矿山开采,但是随着露天采场设计采深逐渐到位,矿石量也就随之减少,要解决这些露天开采锰矿山的产量下降问题,必须通过两种途径加以弥补,即露天采场扩界开采或露天转地下开采。因此,今后亦应开展“锰矿山露天采场不扩界境外矿开采技术的研究”和“锰矿山露天转地下开采技术的研究”。

(5) 锰矿山产生的尾矿在地面尾矿库长期堆放,造成矿山生态环境的严重破坏,而锰矿山开采又留下了大量的废弃空间(如地下空区、露天采坑等)严重威胁矿山的安全开采。我国对矿山开采与环境保护放在同等重要的位置,提出了建设环保型和无公害型的矿山模式,这就要求矿山(包括锰矿山)对

保护环境要更加重视,所以要开展“锰矿山无废开采技术的研究”,解决锰矿开采的尾矿废料出路,做到锰矿开采与环境保护协同发展。

参考文献

[1] 李际昌. 预支顶板锚杆房柱法的试验应用[J]. 中国锰业, 1987, 5(3): 22-25.

[2] 郭金峰. 我国地下锰矿床开采技术的研究进展[J]. 中国锰业, 1995, 13(1): 16-21.

[3] 郭金峰, 谈晓明, 侯大德. 缓倾斜多层矿体开采工艺的研究[J]. 云南冶金, 2000, (4): 13-15, 22.

[4] 郭金峰. 浅孔留矿法在斗南锰矿试验应用[J]. 中国锰业, 1993, 11(1): 3-6.

[5] 郭金峰. 急倾斜薄矿体不稳固顶板采矿方法的试验研究[J]. 有色金属(矿山部分), 1992, (4): 15-18.

[6] 丁楷如, 余逊贤等编著. 锰矿开发与加工技术[M]. 长沙: 湖南科学技术出版社, 1992.

[7] 谈晓明, 杨兴明, 傅林. 进路分层干式充填采矿法在鹤庆锰矿的应用[J]. 中国锰业, 2000, 18(2): 12-14.

[8] 张利平. 鹤庆锰矿中厚矿体开采的实践[J]. 中国锰业, 2001, 19(2): 27-30.

[9] 郭金峰. 遵义锰矿采场顶板沉降观测数据的处理和分析[J]. 中国锰业, 1990, 8(6): 5-8.

[10] 刁心宏, 伍素华. 遵义锰矿采场地压规律的研究[J]. 中国锰业, 1991, 9(5): 14-19.

[11] 郭金峰. 长钢筋砂浆锚杆在窄矮工作面护顶中的应用[J]. 中国锰业, 1990, 8(3): 9-12.

[12] 郭金峰. 斗南锰矿应用超快硬水泥卷锚杆加固采场顶板的试验研究[J]. 中国锰业, 1993, 11(6): 8-12.

[13] 郭金峰. 斗南锰矿嘎科矿区采矿方法与地压活动规律的研究[J]. 中国锰业, 1994, 12(2): 11-15.

[14] 郭金峰, 侯大德, 谈晓明. 斗南锰矿缓倾斜多层矿体开采相似材料模拟试验[J]. 中国锰业, 1999, 17(3): 16-18.

[15] 李兆平. 鹤庆锰矿采场地压活动规律的研究[J]. 中国锰业, 1993, 11(2): 3-8.

[16] 郭金峰, 王彦武, 谈晓明, 等. 急倾斜破碎富锰矿体开采地压控制技术的研究[J]. 中国锰业, 2000, 18(1): 16-18.

[17] 郭金峰. 水泥卷锚杆的力学作用及其应用[J]. 云南冶金, 1994, (1): 1-4.

[18] 郭金峰. 我国地下矿山采矿方法的进展及发展趋势[J]. 金属矿山 2000, (2): 4-7.

[19] 郭金峰, 侯大德, 谈晓明. 缓倾斜多层锰矿体开采采场地压活动规律研究[J]. 中国锰业, 1998, 16(2): 9-13.

[20] 颜荣贵. 冶金矿山岩石力学与岩石工程进展及其展望——冶金矿山科学技术的回顾与展望[M]. 北京: 煤炭工业出版社, 2000.

[21] 颜荣贵. 湖南花垣锰矿灾难性地压及对策[J]. 中国锰业, 1996, 14(1): 10-14.

Developments and Prospect of Technical for Underground Manganese Deposit Mining in 20 Years

GUO Jin-feng

(Ma'anshan Institute of mining Research, Ma'anshan 243004, China)

Abstract: The paper presents the developments of technical during 1982 to 2001 for underground manganese deposit mining. Increasing ore extraction and controlling unstable ceilings of working districts were aimed in the studies of mining techniques and underground pressure regularities of major manganese mines in China. A recommendation for the orientation of the technical studies for underground manganese deposit mining in China in the 21st century is made.

Key words: manganese mine; underground mining; mining method; controlling underground pressure

《电解金属锰行业标准》的审定

根据国家经贸委国经贸厅行业[2001]608号关于下达《2001年冶金产品推荐性行业标准项目制修订计划》的通知要求,由全国锰业技术委员会、遵义新地锰业有限责任公司、广西大锰锰业有限公司、遵义天磁锰业有限责任公司、冶金工业信息标准研究

院负责起草的《电解金属锰》行业标准,经过近一年的努力工作,现已提出送审稿及有关资料,并定于2002年9月19~22日在山东省德州市召开标准审定会。

(冯子勇)