

凡口铅锌矿 VCR 法采矿工艺 的应用发展与技术看新

吴璟, 姚曙

(深圳市中金岭南有色金属股份有限公司凡口铅锌矿, 广东 韶关 512325)

摘要: VCR 采矿法是一种先进的采矿工艺, 具有生产效率高、作业安全等优点, 在国内外矿山得到广泛应用。本文首先总结了凡口铅锌矿 VCR 采矿法的应用发展情况, 和 VCR 采矿法在使用过程中的创新成果, 然后提出了进一步完善 VCR 采矿法的意见和建议, 同时展望了 VCR 采矿法的应用前景。

关键词: 凡口铁矿; VCR 采矿法; 采场拉槽; 微差爆破; 侧向爆破; 技术创新

1 前言

凡口铅锌矿资源丰富, 品位高, 储量大, 是我国著名的大型地下开采矿山。矿山于 1958 年建矿, 1968 年投产, 经过多期建设与扩产技术改造, 目前已形成日处理铅锌矿石 5 500 吨、年产 18 万吨铅锌金属量的生产生产规模和能力。矿山采用中央竖井、斜坡道开拓, 开采深度目前已近 900 m, 斜坡道长度达 8 000 m, 上部中段高度为 40 m, 深部中段为 50 m, 从 1968 年至 2011 年, 采掘总量约为 3 600 万 t。

VCR 采矿法的全称是深孔大口径球状药包垂直落矿阶段空场采矿法, 它以利文斯顿的漏斗爆破理论为基础并随着潜孔钻机的发展和应用而发展起来的一种采矿方法。自上世纪七十年代中期在加拿大涅瓦克矿间柱采场试验成功后, 就引起了国内外采矿界的极大重视, 加拿大、美国、澳大利亚、西班牙等国家于上世纪七十年代中后期相继得到推广应用。上世纪八十年代初, 凡口铁矿与长沙矿山研究院、北京矿冶研究总院等科研单位合作, 率先在国内开展了 VCR 采矿法的试验研究, 1983 年试验取得圆满成功, 试验成果达到国外先进水平。1985

年 1 月“凡口铅锌矿大孔径深孔采矿法”(简称 FDQ 采矿法)项目荣获国家科技进步二等奖。此后, VCR 采矿法迅速在我国矿山得到了广泛推广应用。VCR 采矿法在我矿试验成功并推广使用 30 年来, 取得了显著的技术经济成果, 不仅为凡口的矿山生产发展和技术进步作出了重要贡献, 而且有力地推动了我国采矿技术的发展。实践证明, VCR 采矿法是一种高效、安全、低成本的采矿工艺。

2 VCR 采矿法应用情况

2.1 发展历程

凡口铅锌矿的 VCR 采矿法应用发展, 大致分为四个阶段: 试验研究阶段、推广应用阶段、暂缓使用阶段和恢复使用与创新阶段。

2.1.1 试验研究阶段

1982 年 7 月至 1984 年 12 月为试验研究阶段, 凡口铁矿与长沙矿山研究院、北京矿冶研究总院合作, 先后在井下 6 个采场进行 VCR 采矿法试验研究, 共回采矿石 20 万 t, 采场生产(出矿)能力达到 733~1 000 t/r, 采场综合生产能力为 300.6~304 t/r, 是原普通充填法的 3 倍, 作业成本是原普通充填法的 1/3~1/2。它的试验

作者简介: 吴璟 (1959-), 男, 《广东有色金属》执行主编, 长期从事采矿、机械专业技术工作。E-mail: 1034578202@qq.com; 姚曙 (1966-), 男, 采矿高级工程师, 矿长, 长期从事矿山技术工作。

成功为凡口铅锌矿达到 3 000 t/r 的生产规模创造了重要条件。

2.1.2 推广应用阶段

1985 年 1 月至 1994 年 12 月为推广应用阶段, VCR 采矿法在凡口铁矿试验成功后, 迅速得到推广。这个阶段的使用情况, 见表 1。这段时期 VCR 采矿法推广使用, 大大提高了凡口铅锌矿的生产效率并节约了生产成本, 取得了显著的经济效益。

表 1 凡口铅锌矿 VCR 采矿法推广应用阶段使用情况

年份	VCR 采矿法				全矿采出量 (万 t)	备注
	采出量 (万 t)	占全矿 比例(%)	采场 个数	生产能 力(t/r)		
1983	8.66	16.9	6	168.9	51.0	
1984	12.40	24.3	8	274.1	51.0	
1985	15.37	25.5	9	293	60.3	
1986	25.79	38.9	10	243.7	66.2	
1987	26.89	34.9	12	165.8	77.1	
1988	19.43	21.67	12	200.9	89.7	
1989	24.94	25.1	19	205.8	99.36	
1990	26.63	32.5	9	215.3	82.0	

注: ①1991 年后 VCR 采矿法使用逐渐减少; ②1991-1994 年资料不全, 未作统计。

2.1.3 暂缓使用阶段

1995 年至 2007 年, 矿山生产技术情况发生了变化。一方面, 由于 VCR 采矿法在推广使用中逐渐出现爆破矿石块度较大、采场变帮控制困难以及采场嗣后充填脱水等问题, 特别是在回采间柱采场时, 采场两边充填体变帮控制不好, 造成充填体混入矿石中, 对选矿工艺带来较大影响; 另一方面, 随着矿山开采矿体条件的变化和盘区机械化分层充填采矿法的进一步推广应用, 矿山采用的采矿方法有了选择的余地。因此, 这段时间, VCR 采矿法在矿山处于暂缓使用阶段(如 2003~2007 年 VCR 采矿法使用情况, 见表 2), 甚至停止了使用。

2.1.4 恢复使用与创新阶段

2008 年至现在, 随着矿山安全生产形势和井下用工人员结构等因素的变化, 矿山需要寻找更加安全和高效的采矿工艺技术。VCR 采矿

表 3 凡口铅锌矿 VCR 采矿法恢复使用与创新阶段应用情况

年份	VCR 采矿法		采场 个数	其它采矿方法		全矿 合计	备注
	采矿量 (万 t)	比例 (%)		采矿量 (万 t)	比例 (%)		
2008	5.0	3.6	3	155.0	96.4	160.0	
2009	25.0	16.1	9	130.0	83.9	155.0	
2010	37.0	24.5	13	114.0	75.5	151.0	
2011	34.7	22.4	18	120.3	77.6	155.0	

工艺技术在矿山又逐渐恢复使用并进行了改进和创新。

这段期间, 凡口铁矿根据矿山深部矿体结构较差的情况, 在原 VCR 采矿法下向爆破崩矿的基础上加以改进, 在破穿拉槽区位置后, 以爆破空场为自由面实行侧向崩矿。2008 年该矿与中南大学合作, 将 VCR 采矿法改进发展为现在的无底柱深孔后退式采矿法。2008 年开始到 2010 年 9 月, 该矿又与北京矿冶总院合作在深部进行了精密 VCR 采矿的实验。此段时期应用情况见表 3。

表 2 凡口铅锌矿 VCR 采矿法暂缓使用阶段应用情况

年份	VCR 采矿法		采场 个数	其它采矿方法		全矿 合计	备注
	采矿量 (万 t)	比例 (%)		采矿量 (万 t)	比例 (%)		
2003	1.48	1.3	1	112.22	98.7	113.7	
2004	2.22	1.98	2	110.18	98.02	112.4	
2005	0.75	0.64	1	116.4	99.36	116.4	
2006	0	0.0	0	116.7	100.0	116.7	
2007	0	0.0	0	122.6	100.0	122.6	

注: 1995-2002 年资料不详, 未作统计。

2.2 使用现状

2.2.1 采场布置

VCR 采矿法采场, 一般选择矿体急倾斜中厚以上, 形态较规整, 矿、围岩均稳固的矿体, 垂直于矿体布置, 采场高度为井下中段高度, 40~50 m, 采场宽度为 8~10 m。采场上部布置凿岩硐室, 采场底部布置拉底巷(层), 或叫下部硐室。我矿 VCR 采矿法采场典型结构如图 1。

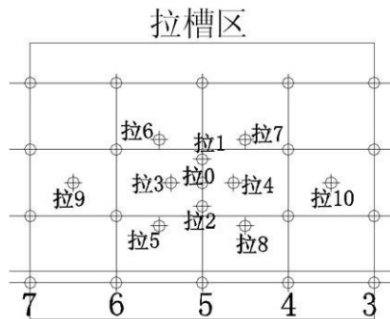


图6 Sh-320 m 0#采场人工拉槽区布置

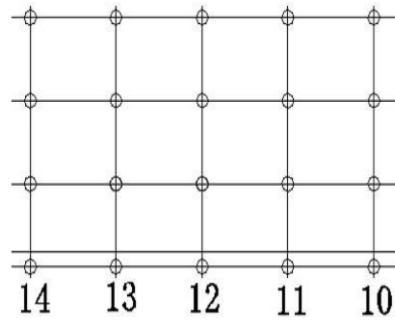


图8 间柱采场侧爆区布置情况

3.2 采场侧向爆破新方法

与拉槽区相比，VCR采场侧爆区炮孔的布置只与采场性质有关，即分为矿房采场和间柱采场，其中矿房采场布置五排，间柱采场布置四排。目前矿房采场（如图7）与间柱采场（如图8）普通区基本上都是排距 \times 列距=1.8 m \times 2.2 m。采场侧向爆破技术是凡口铅锌矿VCR法采矿工艺技术的一大特色。

采场侧爆区炮孔的布置基本原则为：①在破穿拉槽区位置后，以前面爆破后空场为自由面，实行全孔一次性后退式侧向崩矿。②侧向崩矿范围为4—8列炮孔，要视现场实际情况（包括上部硐室柱子位置、对余下炮孔的保护和一次崩矿药量等）而定。③每次侧向崩矿都要保护后续炮孔，尽可能减少爆破切口的破坏，切口必须采取光面爆破。

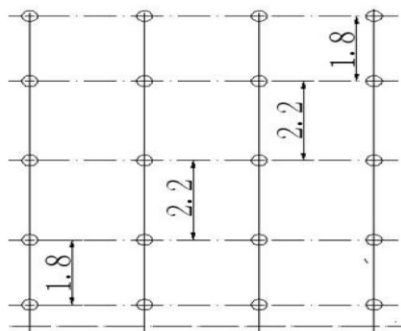


图7 矿房采场侧爆区布置情况

3.3 采场炮孔微差爆破技术

凡口铁矿的VCR采场爆破具体实施，首先根据矿山采场爆破整体规划，进行采场爆破单体设计，然后进行采场分次爆破设计。采场分次爆破设计是在采场单体设计、炮孔设计、施

工返水矿界更新、炮孔实测的基础上进行的。爆破设计图纸内容包括：上下部硐室底板平面图、每排炮孔剖面图、炮孔装药结构示意图、雷管段位示意图、爆破网络示意图、爆破说明等。爆破设计的原则为多分次、少药量、先掏槽、后侧向。采场爆破一般分为拉槽、破顶、侧崩三个部分内容。每次爆破都采用微差爆破的方法，即后起爆的炮孔以先起爆炮孔形成的空间为自由面来形成抛掷。采用微差爆破有如下优势：

①应力叠加作用。在深孔微差起爆中，后爆药包较先爆药包延迟十几至数十毫秒起爆，这样后爆药包是在相邻先爆药包的应力、震动作用下处于预应力的状态中（即应力波尚未消失）起爆的。两组深孔爆破产生的应力波相互叠加，可以加强破碎效果。

②增加自由面作用。在先爆深孔破裂漏斗形成后，它对后爆深孔来说相当于增加新的自由面。后起爆孔的最小抵抗线和爆破作用方向都有所改变，增多了入射压力波和反射拉伸波在自由面方向的破碎岩石作用，并减少夹制作用。

③增加岩块碰撞作用。当第一响炮孔爆破时，爆破漏斗内的破碎岩石起飞尚未回落时，相邻第二响炮孔已经起爆，此时破碎的岩石也朝刚形成的补充自由面方向飞散，二者相互碰撞。在密集的“岩块幕中”后爆药包的爆生气体不易逸散到大气中，从而又增加了补充破碎机会。接着后排第三响又起爆，在微差适当的时间内，与第一、二响破碎的岩石可能再次碰撞，形成第三次破碎。在碰撞破碎过程中，岩石中的动能降低，导致抛距减小，爆堆相对集中。

④减少爆破地震作用。由于微差爆破显著地减小了单响的药量，即将原来同时齐爆药量在时间上得以分散，因此，爆破地震能量也在时间上和空间上加以分散，使地震强度大大降低。如果微差时间选得适当，两组地震波还可能产生干扰，也会削弱地震波的强度，一般可降低地震强度。

3.4 采场光面爆破技术

光面爆破作为一种控制爆破技术，在凡口铁矿井巷掘进、采场压顶中应用多年，且使用比较成熟，它不仅使岩壁成型规整，减少超爆，而且不产生或很少产生裂隙，新岩面可以保持原有的稳定性，岩体的完整性没有遭到显著破坏，减少了应力集中现象。因此，采用光面爆破可以满足 VCR 法对于相邻采场边帮保护的要求。经过试验，该矿 VCR 法采场光面爆破的主要工艺参数为孔距 1.8~2.0 m，排距 2.0~2.2 m。装药结构见图 9。

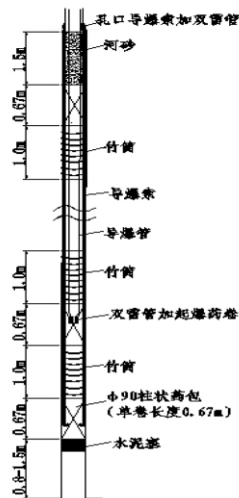


图 9 VCR 法采场光面爆破炮孔装药结构示意图

近几年来，在该矿 VCR 法的 10 多个采场应用了光面爆破技术，从出矿结束后的采空区探测情况来看，光面爆破在 VCR 法采场应用，取得了一定效果，对边帮围岩和矿体的保护作用效果明显。

3.5 采场底部结构与出矿方式的改进

在试验初期，凡口铁矿 VCR 法采场底部结构与采场出矿方式为斩沟加进路的方式，铲运机出矿。

到了上世纪八十年代中期，在井下 Sh-160 m 15[#]、Jb-80 m 1-1[#] 付等 VCR 法采场，分别进行了采场底部布置组合振动漏斗和人工底柱振动漏斗出矿试验，VCR 法采场振动出矿取得了一定成效，采场出矿效率是铲运机出矿的 1.3 倍、出矿成本是铲运机出矿的 1/3。

1998 年初，凡口铁矿引进了遥控铲运机，在 VCR 法采场出矿试用。随着试验成功并根据遥控铲运机使用特点和优势，对 VCR 法采场底部结构进行了改进，把 VCR 法采场底部改为拉底硐室，即为无底柱底部结构。从而进一步简化了 VCR 法采场结构，提高了采场矿石回收率。

4 VCR 采矿法今后发展的意见和建议

VCR 采矿法在凡口铁矿推广应用 30 年来，取得了显著的技术经济效果，为矿山的生产发展和技术进步发挥了重要作用。实践证明，VCR 采矿法具有回采效率高、采场作业安全、采切工程量少、采场嗣后充填回填废石量多以及平衡井下出矿作业等方面的优点。

但由于受到凿岩设备、装药设备及采场空场检测装备等因素限制，目前 VCR 采矿法仍然存在采场边帮准确控制、爆破块度、采场嗣后充填质量控制及采场采充周期较长等问题有待今后解决。结合矿山当前实际，提出如下几点建议：

(1) 进一步开展 VCR 采矿法的研究。随着矿山开采深度的增加，根据井下矿体赋存条件的变化，要进一步开展对 VCR 法采矿工艺技术的研究，使 VCR 法工艺技术更加完善，使用范围更广，采场作业效率更高，作业安全更可靠，使用成本更低，工艺操作更简单方便。

(2) 继续加强现场作业人员的技能培训。凡口铁矿现有爆破作业人员，因加入时间先后和个人工作能力差别，并非每个人都能熟练操作采场爆破工艺的每一个环节。为了从根本上解决问题，就必须加强对他们的技能培训。在培训中，要注重突出要点，把握每个人的不足，对症下药，将好的经验传授给每个人。

(3) 加强单位之间的协调工作。可以预见，未来几年的 VCR 爆破还会有很多，如何将有限

的人力和设备资源进行合理的分配，需要进一步做好各个单位之间的协调工作，减少不必要的消耗。

(4) 建立对爆破器材的定期检验制度。在近几年的VCR法爆破工作中，该矿所使用的器材(包括起爆弹、小药卷和导爆管雷管)出现了一些问题，曾数次造成盲炮，幸未发生人身伤害事故。目前矿山应尽快建立爆破器材的质量定期抽检和检验制度，做到不合格的产品坚决不发放、不领用，保证VCR法采场爆破的顺利进行，保护作业人员的人身安全。

(5) 加强对爆破中安全管理工作的投入力度。目前，该矿VCR法采场布置多集中在通风风路较复杂、易影响其它作业点的区域，做好爆破中的安全工作就显得尤为重要。当前要把爆破及炮烟影响区域、清岗站岗位置等纳入考虑范围，并在爆破前和爆破时进行专人专项检查，确保每一个环节都达到爆破管理的要求。在这些工作中，要求所有单位和个人都要有充分的责任心，认真做好自己的本职工作，以配合爆破工作的安全、顺利完成。

5 结 语

随着我国矿山安全管理要求和矿山用工成本的提高，寻求高效、安全、可靠、低成本的采矿工艺技术，成为矿山的必然选择。从近几年凡口铁矿生产中各采矿方法所占比重的变化来看，VCR法已经扮演了重要的角色，它充分表现了高效、安全、低耗的特点。那么它将在凡口铅锌矿今后的生产中发挥越来越重要的作用。从国内外近些年采矿技术发展趋势来看，尤其是随着矿山高机械化、高自动化以及高阶

段大直径深孔技术的不断发展，VCR采矿法的优势会越来越明显的体现出来，具有更加广阔的应用前景。

参考文献：

- [1] 陈寿图. VCR采矿法爆破理论与回采工艺的先进性. 长沙矿山研究院, 1986(12).
- [2] 吴璟, 等. 振动出矿技术在我矿VCR法15号采场应用情况及初步评价. 有色金属(矿山部分), 1987(2).
- [3] 王建春, 等. VCR采矿法研究及应用现状. 矿业工程, 2010(2).
- [4] 彭常成. 无底柱深孔后退式采矿法在凡口铅锌矿的应用. 广东有色金属, 2011(2).
- [5] 黄沛生. FDQ采矿法的合理布置与推广应用. 矿业研究与开发, 2008(增刊).
- [6] 孙鹏伟. VCR爆破中人工拉槽雷管段位安排. 广东有色金属, 2011(1).
- [7] 赵金山, 等. 光面爆破技术在凡口铅锌矿的应用. 矿业研究与开发, 2008(增刊).
- [8] 谭军. VCR采矿法不同底部出矿结构类型的技术经济评述. 广东有色金属, 2010(1).
- [9] 吴立坚. 凡口铅锌矿VCR法采场的矿石质量管理措施. 广东有色金属, 2011(2).
- [10] 古德生. 地下金属矿采矿科学技术的发展趋势. 黄金, 2004(1).
- [11] 姚曙, 等. 凡口铅锌矿数字化技术的研究开发与应用. 广东有色金属, 2011(4).
- [12] 张木毅. 凡口铅锌矿采矿技术的创新与发展. 广东有色金属, 2010(2).
- [13] 罗开贤. 凡口铅锌矿科技进步发展综述. 矿业研究与开发, 2008(增刊).
- [14] 《凡口铅锌矿志》第一卷(1986-10-01); 第二卷(1993-07-01); 第三卷(1997-09-01); 第四卷(2007-12-01); 第五卷(2011-06-01).