白云鄂博铁矿主采场穿孔超深优化初探*[1]

高会友，秦鹏渊，郝利军

（包钢（集团）公司白云鄂博铁矿，内蒙古 包头 014080）

摘 要： 针对穿孔超深不合理，特别是超深偏大的问题，在多年爆破工作经验基础上，通过大量的爆区实验，优化了白云鄂博铁矿主采场各类岩性的穿孔超深；提高了爆区顶部的破碎效果、提高了穿孔延米，降低了炸药单耗、减弱了爆破振动危害、提高了采场台阶底板的平整度，完善了爆破设计、施工的标准化、定量化，确保采场各生产工序高效、高质量、低成本运行。

关键词： 穿孔超深；孔网参数；穿孔延米；底板平整度；爆破振动

中图分类号： TD854⁺.2 **文献标识码：** B **文章编号：** 1009－5438(2019)01－0009－03

DOI:10.13647/j.cnki.btgkj.2019.01.003

Initial Exploration on Optimizing Ultra Deep Perforation in Main Stope of Bayan Obo Iron Mine

Gao Hui－you, Qin Peng－yuan, Hao Li－jun

(*Bayan Obo Iron Mine of Baotou Iron & Steel (Group) Co., Ltd., Baotou* 014080, *Inner Mongolia Autonomous Region, China*)

Abstract: The ultra－deep perforation for all kinds of lithology in the main stope of Bayan Obo Iron Mine is optimized through a large number of experiments in the blast area based on the blasting work experiences for many years aiming at the unreasonable ultra－deep perforation, especially the problem of larger ultra－deep perforation. As a result, the crushing effect on the top of the blast area and linear meter of perforation are improved, the unit consumption of explosive is reduced, the damages of blast vibration are weakened, the flatness of floor for steps of stope is improved as well as the standardization and quantification of blasting design and construction are perfected to ensure the efficient, high－quality and low－cost operations of each production process in the stope.

Key words: ultra deep perforation; parameter of hole pattern; linear meter of perforation; flatness of floor; blast vibration

包钢白云鄂博露天矿属大型的铁、稀土、铌等多种有用矿物共生矿，普氏系数 f = 10－14，属于坚固岩石；该地区多年平均蒸发量 2 732.5 mm，多年平均降水量 248.5 mm，长年干旱缺水；采用汽车－胶带联合运输方式，采坑内破碎站要求入破矿岩最大尺寸：岩石 800 mm、矿石 600 mm；采用的穿孔设备为 Φ310 mm 牙轮钻机；为提高爆破的破碎效果和降低穿爆成本，采取了多项技术措施，重点优化了穿孔超深。

1 穿孔超深作用机理

穿孔超深可以降低装药中心位置，有效地克服

* 收稿日期：2018－11－01

作者简介：高会友（1971－），男，山东省济南市人，高级工程师，现从事露天采矿爆破工作。

底盘抵抗线及孔间岩体的阻力以消除根底。超深的目的在于保证爆破后保持采场底板的平整度及避免产生根底,保证后续工序的正常运行。

2 影响穿孔超深因素

矿岩性质、炸药特性、装药结构、抵抗线、孔距、排距、台阶高度、钻孔直径、穿孔角度、结存量、起爆方式和台阶坡面角等。

3 超深不合理

3.1 超深不足

爆破作用无法破坏前排底盘抵抗线或孔间底部岩体,导致采掘后台阶底板高度高于设计标高,且易产生岩根。

3.2 超深过大易产生问题

(1) 破坏下一台阶顶部岩体,产生过厚虚渣或采场底板降低; 浪费穿孔米道和炸药,最终边坡靠界后因上部的大量虚渣易产生落石,增大了边坡维护费用和安全隐患。

(2) 破坏下一台阶表面岩体的完整性,加大穿孔难度,降低了穿孔质量和效率,因虚渣较厚,穿孔开孔、护孔、完孔后孔口扒渣、装药时车辆及人员踩踏极易塌孔,导致孔深不足、砸断导爆管、装药间断等,严重降低爆破质量。

(3) 增大了爆破振动危害,威胁着采场边坡、矿山周边民居及人员的安全。

4 现状问题

(1) 超深偏大: 原因主要有两方面,一是为了避免出根底或防止抬高台阶底板标高; 二是采用采场内破碎站运输方式后,为保证要求破碎度而减小了孔网参数,却未有效调整相应超深; 现状超深值普遍为: 2.5 ~ 3.0 m,如表1所示。

表1 超深优化前各岩性爆区爆破参数

岩性	MFe(磁铁矿)		HFe(氧化矿)、霓石		DT(白云岩)		ST(板岩)	其它
	高品位	中低品位	高品位	中低品位	矿化	普通		
孔距/m	7.0	7.0	8.0	8.5	9.0	10.0	10.0	10.0
排距/m	6	6	6	6	6	6	6	6
超深/m	3.0	3.0	2.5 ~ 3.0	2.5 ~ 3.0	2.5 ~ 3.0	2.5 ~ 3.0	2.5 ~ 3.0	2.5 ~ 3.0
填塞长度/m	6.5 ~ 7.0	7 ~ 7.5	7.0 ~ 7.5	7.0 ~ 7.5	7.0 ~ 7.5	7.0 ~ 7.5	7.0 ~ 8.0	7.0 ~ 7.5
穿孔延米/(t·m^{-1})	136	141	145	152	137	148	133	140
炸药单耗/(g·t^{-1})	386	354	322	287	268	236	365	326

(2) 孔口标高控制精度差; 穿孔深度及其超深误差较大。

(3) 穿孔成区后因结存过大、炸药供应不及时等原因无法组织爆破,受降雨及风化作用引起孔口坍塌导致孔深不足,受地下渗水及地表降水导致水孔增多等情况。

(4) 缺少完善的超深定量化设计及施工规范。

(5) 乳化炸药使用量占总炸药使用量的70%左右,与本地区的干旱、缺水的气象与水文地质情况不相吻合; 经过调查分析: 过大的超深是产生水孔多的一个重要原因。

5 技术要求及措施

5.1 技术措施

在已有技术条件下,影响超深的可控制因素: 孔网参数、起爆方式、延时间隔时间、起爆点选取、抵抗线大小等,采取有针对性的技术和管理措施,进行合理的超深优化,并结合其它相关因素的控制,提高爆破质量。

(1) 利用测量手段,采用拓普康GPS现场测定爆区每个孔位标高,根据设计台阶高度和超深,确定每个钻孔的孔深,对钻机司机下达穿孔指令单; 孔深允许误差(±0.2) m,间排距允许误差(±0.2) m,偏斜度允许误差2%,发现不合格钻孔应及时处理,未达到验收标准不得装药[1],孔口扒渣内径应不小于700 mm; 切实实现由顶板标高设计穿孔孔深以控制底板标高的目标,进一步提高采场底板的平整度和达到设计标高。

(2) 根据孔网参数来设计穿孔超深，用穿孔超深校核孔网参数，因各岩性孔网参数相对固定，以优化穿孔超深为主。

(3) 严格采掘管理，既要保证采掘平整度，又要达到设计标高; 同时，根据现场采掘情况来调整优化孔深，并进行了反复试验，对有效数据进行科学的统计、整理和总结。

(4) 通过爆破振动监测仪检测，进行爆破振动衰减规律、频谱、波延时间、加速度等分析，减小超深可有效降低爆破地震效应[2]; 提高采场边坡的稳定性。

(5) 反推法: 根据计划爆破成本指标确定炸药单耗，进行爆破孔网参数、填塞长度设计，优化穿孔超深，有效提高炮孔和炸药的利用率，严防出现根底和冲炮事故。

5.2　保障性措施

(1) 为稳妥起见，优先在现状标高低于设计标高的采场部位试验，制定试验计划，逐步调整超深量，根据实验效果持续完善试验计划。

(2) 避免因超深减小未调整相应底盘抵抗线而出现根底的现象。

(3) 尽量避免或减少压渣爆破，因压渣会增大爆破阻力，改变爆破方向，减小炸药对爆区底部岩体水平方向的剪切作用，易出现根底，从而影响超深优化效果。

(4) 原则上减少穿孔超深后，不再增大爆破单耗，确保装药余高不小于 5.5 m，以减少冲炮及飞石危害，保证爆破质量和安全。

(5) 保证堵塞施工质量，以防出现冲天炮等安全事故。

(6) 控制爆区纵向规模，如采用排间微差爆破时，排数尽量不超过 6 排，因随着排数的增多，爆破夹制作用逐渐增大，爆破作用克服根底能力降低，易导致底板逐渐抬高，如必需超过 6 排，采取每增加一排孔较前排孔超深加大 0.1 m，适当降低药柱高度增强爆区底部破碎效果，可保证底板平整的要求。

(7) 严格执行孔深三级验收制度，成孔后钻机不撤离由司机测孔，确保达到穿孔指令单的要求，如超深过大应在孔口扒碴后回填至设计深度; 穿孔成区后由爆破技术员逐孔绳测验收，对不合格钻孔及时安排处理达到设计要求; 爆破前 1 ~ 2 天应测孔复查，发现问题及时处理。

(8) 设计爆区穿孔位置应确保成区后能尽早组织爆破，以减少炮孔的暴露时间，减少因降雨、风化等因素对孔口的破坏，保证成孔率; 同时减少孔内因地下水渗入及降雨灌入导致水孔数量的增加，减少水炸药使用量，提高爆破效果，降低炸药单耗。

(9) 采用孔内反向起爆方式，将起爆药包布置于药柱的下部，如连续装药采用两点起爆，则两个起爆药包应分别设置在药柱的 4/5 和 6/7 位置处，雷管底部朝向孔底; 可提高炮孔利用率，提高底部破碎效果。

6　取得的效果

根据采场各矿岩性质及地质结构的差异，组织多爆区穿孔超深优化试验，总结了规律，通过科学分析得出研究成果; 利用测量软件上图标注，完善爆破设计标准化技术和管理措施，并提出持续改进措施及考核办法。

6.1　超深优化研究成果

超深优化研究成果，见表 2。

表 2　超深优化后各岩性爆区爆破参数

岩性	MFe(磁铁矿)		HFe(氧化矿)、霓石		DT(白云岩)		ST(板岩)	其它
	高品位	中低品位	高品位	中低品位	矿化	普通		
孔距/m	7.5	7.5	8.5	8.5	9.5	9.0	9.0	10.0
排距/m	6	6	6	6	6	7	7	6
超深/m	2.0	2.0	1.5	1.5	1.5	1.5	1.2	1.2
填塞长度/m	5.5 ~ 6.0	6.0 ~ 6.5	6.0 ~ 6.5	6.0 ~ 6.5	6.0 ~ 6.5	6.0 ~ 6.5	6.0 ~ 6.5	6.0
穿孔延米/(t·m^{-1})	149	157	159	164	152	156	148	150
炸药单耗/(g·t^{-1})	343	321	272	261	242	211	342	310

(下转第 23 页)

稳定各高炉有害元素的入炉水平。

(2) 针对包钢高炉入炉碱负荷、硫负荷高，且存在炉渣脱硫排碱矛盾的问题，建议包钢炉渣碱度控制在 1.05 ~ 1.10 之间，操作上尽量按 1.08 控制，以便可以取得良好的炉渣脱硫排碱的效果。

(3) 高炉操作上，应尽量控制好中心和边缘两股气流稳定炉况，在高 Zn 负荷条件下，以便能更好的通过煤气流实现炉内 Zn 负荷的降低排出工作，同时日常生产中，要严密监控风口工作状态，避免由于 Zn 的富集造成风口损坏进而造成不必要的生产事故。

参 考 文 献

[1] 吕晓芳，刘玉江. 关于高炉有害微量元素的控制 [J]. 南方金属，2008，(6)：21 - 23.

[2] 吕桂双，张波波，刘永新，等. 碱金属对焦炭热性能的影响 [J]. 河北冶金，2007，(2)：26 - 28.

[3] 徐君，赵俊国，李超，等. 碱金属氧化物对焦炭高温热性能的影响研究 [J]. 河南冶金，2008，16(3)：5 - 6.

[4] 刘伟. 高炉碱金属行为的研究 [D]. 武汉：武汉科技大学，2004.

(上接第 11 页)

6.2　效益分析

2018 年主采场穿孔超深优化实验爆区共 27 区，与 2017 年同期相比，减少穿孔超深 0.5 ~ 1.0 m，取得效益及数据总结整理如下：

(1) 提高穿孔延米单耗 4.1 t/m；减少了废孔率，提高穿孔效率 7% ~ 10%，降低穿孔费用 36 万元。

(2) 降低爆破炸药单耗 11.7 t/kg；减少炸药使用费用 93 万元；降低大块二次破碎费用 64 万元。

(3) 爆区振动测量仪采集数据分析，减少爆破振动 8% ~ 13%，提高炸药爆破有用功；提高了采场边坡稳定性。

(4) 降低穿孔超深可减少水孔数量 12% ~ 30%；减少了水炸药的使用量，同重量粒状铵油炸药比乳化炸药在 310 mm 炮孔药柱高度提升 25%，药包分布更为合理，提高了爆区整体破碎效果，同时降低了炸药单耗。

(5) 提高爆破设计及施工管理的精细化、定量化程度，实现了爆破质量的稳定性及可操作性目标。

(6) 采场台阶底板平整度提高为 (±0.5) m/200 m；与设计标高基本相符。

7　结论

(1) 优化穿孔超深降低了穿、爆成本，减弱爆破地震危害，解决了底板浮碴厚且厚薄不均匀问题，严格执行设计标高，改善了采场面貌，降本增效效果显著，有力的提升了矿山核心竞争力。

(2) 超深的优化应与孔网参数的优化紧密结合，且根据岩性变化实时调整，对穿孔和爆破施工质量要求较高，只有持之以恒、持续改进，才能形成良性工艺循环，取得更大的经济和社会效益；实施经验具有较大的推广价值。

参 考 文 献

[1] GB6722 — 2014，爆破安全规程 [S].

[2] 魏格平. 昊达露天煤矿台阶爆破振动影响因素及减振实验 [J]. 工程爆破，2017 (5)：33 - 37.