

Design and Analysis of Large Scale and Large Charge Medium Deep Hole Extrusion Blasting in Glauberite Mine

Nianjun Zeng Chuntai Zhang Haitao Li

Qingyijiang Salium Powder Co. Ltd, Hongya, Sichuan Province, Meishan, Sichuan, 620360, China

Abstract

The middle and deep hole extrusion blasting of calcium mirabilite is an important link in the mining of mirabilite. The author has been engaged in for many years and carried out the middle and deep hole extrusion blasting for more than 200 times. The paper designs and analyzes the blasting parameters of the successful implementation of the maximum charge. The blasting network design is used to reduce the amount of single explosive, thus controlling the vibration of the ground surface. The patent technology is used to detect the smoothness of blasting transmission network. The safety and reliability of large-scale blasting operation is realized by using the technology of mixing emulsion explosive on site.

Keywords

calcium mirabilite; medium and deep hole extrusion blasting; blasting parameters

钙芒硝矿大规模大药量中深孔挤压爆破设计及分析

曾念均 张春太 李海涛

四川省洪雅青衣江元明粉有限公司, 中国 · 四川 眉山 620360

摘 要

钙芒硝矿中深孔挤压爆破是芒硝矿开采的重要环节, 作者从事了多年并实施了 200 多次中深孔挤压爆破, 论文是对成功实施最大装药量的爆破参数进行设计和分析; 通过爆破网络设计实现减少单响药量, 从而控制了地表的振动; 利用专利技术实现了对爆破网络传爆畅通性的检测; 使用现场混装乳化炸药技术, 实现了规模化爆破作业的安全可靠性。

关键词

钙芒硝矿; 中深孔挤压爆破; 爆破参数

1 引言

钙芒硝矿大爆破是钙芒硝矿采矿中的必要环节, 爆破规模也从原来的单次爆破几吨到几十吨, 再到现在的上百吨的爆破; 从装填成品条状炸药到现在装填现场混装炸药, 不论是从产品性能还是从安全上都日新月异, 爆破发展以及爆破技术可谓是突飞猛进。

2 工程概况

3310 溶区位于井田西南部, 距主井口距离为 1668m (直线距离 594m); 溶区走向 106°、倾向 16°、倾角 3°, 爆破高度 8.95m。落矿走向平均长度 126m, 落矿倾向长度

252m, 爆落岩石 693000t, 为确保地表不塌陷, 保留矿柱面积 8323.7m²。

3 爆破区地形地貌地质条件

该溶区地面属低山丘陵, 溶区平均标高 +326.2m。爆破对应地面为余坪镇福宝村, 地面标高 +530m, 高差 203.8m, 地表有少量住户。爆破矿层为灰绿色中—粗晶钙芒硝矿, 由 2 个单层组成, 密度为 2.7t/m³。矿层顶板为灰绿色钙芒硝矿, 矿石硬度 f=6—7。

4 爆破设计

4.1 溶区设计

溶区沿倾向布置切巷 7 根和沿走向布置平巷 15 根, 成网格状设置 105 个矿房, 矿房间距 18m。

【作者简介】曾念均 (1985—) 男, 中国四川乐至人, 本科, 从事方向矿山开采、爆破技术、矿山安全等研究。

4.2 爆破参数设计

溶区采用中深孔挤压爆破。

① 炮孔直径 55 mm, 平巷布置拉槽炮孔, 切巷布置切割炮孔; 溶区中深孔用 YT-90 型钻机施工, 炮孔呈扇形布置。

② 孔深: 平巷 4.9 m -9.7 m, 切巷 6.6 m -9.7 m。

③ 拉槽炮孔排距 1.4 m, 孔底距 2.4 m, 孔底密集系数取 1.33。

④ 切割炮孔首排抵抗线取 0.7-0.8 m, 排间距 1.8m, 孔底距 2.5m。

⑤ 单位炸药消耗量: $0.82 \text{ kg} / \text{m}^3$ 。

⑥ 装药系数: 平巷 71%, 切巷 75%。

⑦ 补偿空间系数: 12.8%。

4.3 爆破器材

① 炸药选用现场混装乳化炸药; 敏化密度控制在 $1.05-1.15 \text{ g} / \text{cm}^3$ 。

② 导爆索选用 5# 普通导爆索。

③ 雷管选 8# 毫秒延时导爆管雷管, 导爆管长度 14m。

④ 选用普通导爆管。

4.4 装药量计算

$$\begin{aligned} Q_{\text{总}} &= q \times v \quad (q \text{ 表示单位炸药消耗量; } v \text{ 表示爆破落矿体积}) \\ &= 0.82 \times (31752 \times 8.9 - 25900) \\ &\approx 210488 \text{ kg} \end{aligned}$$

根据实际炮孔布置, 装药量调整为 210506 kg。

4.5 单排装药量

平巷装药按装药系数 71% 计算, 每墩装药量为 519kg;

切巷装药按装药系数 75% 计算, 每排装药量为 189 ~ 208kg。

4.6 爆破网络设计

本次爆破使用毫秒导爆管雷管 (MS2, MS5, MS8 ~ MS19)。要求必须是同一厂家同一批次生产并且有危险品合格证且齐全, 有产品说明书, 雷管外观无缺陷、无过期的非电雷管。

① 网络设置。

采用导爆索作为网络主线, 起爆点设置在 4 切巷 1 平巷天井处, 敷设塑料导爆管至地面用击发枪起爆。

为了降低同段起爆药量, 减少对地表的振动, 该次溶区以平巷为延时区域, 各平巷之间用 MS-2 段雷管延时。每根平巷在 4 至 5 切中间再用 MS-5 段雷管进行延时, 见网络示意图。

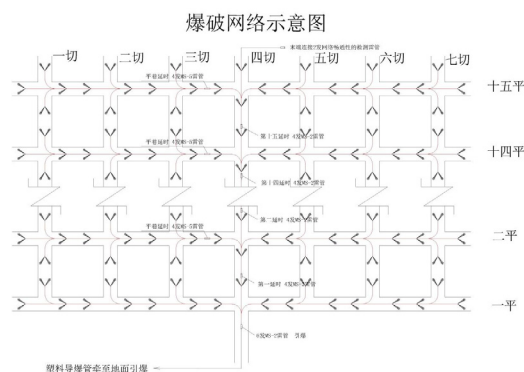


图 1 爆破网络示意图

② 爆破网络传爆时间计算。

$$\begin{aligned} t_{\text{导爆索}} &= (\text{导爆索传递长度}) / 6000 \times 1000 = (252 + 63) / 6000 \\ &\times 1000 = 52.5 \text{ ms}。 \end{aligned}$$

$$t_{\text{延时}} = 25 \times \text{延时区域数量} = 25 \times 14 = 350 \text{ ms}。$$

$$t_{\text{导爆管}} = (10 \times 1 + 14) / 1600 \times 1000 = 15 \text{ ms} \quad (\text{炮孔内雷管脚线 } 10 \text{ m; } 14 \text{ 个区域延时雷管搭接导爆索后剩余雷管脚线长 } 1 \text{ m})。$$

$$t_{\text{总}} = 52.5 + 350 + 15 = 417.5 \text{ ms}, \text{ 即爆破网络传爆时间}^{[1]}。$$

③ 首段管选择。

按首段管选择原则, 应选择延时时间大于 417.5ms 的雷管, 即 MS-11 段雷管 $t_{11} = 460 \text{ ms}$ 。根据炮孔的实际布置, 本次网络设计上首段管选用 MS-8 段雷管 $t_8 = 250 \text{ ms}$, 待整个网路完全传爆时, 首个延时区域 (第一平巷) 首段雷管已经起爆, 此时要考虑首段雷管起爆后产生的飞石和冲击波对其他区域爆破网路的影响。经计算, 第八延时区域网路传爆完需用时: $t = 250 \text{ ms} \leq 250 \text{ ms}$, 第一至第八延时区域为完全点燃正面, 所以首段雷管起爆后对第八延时以前的区域无影响, 应考虑首个延时区域爆破后的飞石和冲击波对第九至十五延时区以后的影响。

飞石影响: 最后一个延时区域与第一延时区域相距 252m, 根据溶区网格状布置的特性, 先爆破的第一延时区域 (一平巷) 内爆破产生的飞石对第九至十五延时区域 (九至十五平巷) 网路无影响。

冲击波的影响: 从先爆破的第一延时区域传递到第九平巷需用时: $144 / 340 \times 1000 = 423.5 \text{ ms}$; 传递到十五平巷需用时 $252 / 340 \times 1000 = 741 \text{ ms}$ 。而网路总延时为 417.5ms, 所以冲击波冲从首爆区域传递到最近的第九延时区或最远的第十五延时区, 爆破主网路早已传爆完毕, 由此类推第一延时区域爆破后对第九、第十……第十四、第十五平巷网络都无影响。

综上,首段管选择 MS-8 理论上是可行的。并且在第十五平巷网络后设置完全传爆检验雷管,通过上次爆破的验证,每次都实现了全部传爆^[2]。

④ 起爆顺序。

击发枪→塑料导爆管→6 发 2 段导爆管雷管(4 切巷 1 平巷总网)→导爆索→各延时区域导爆管雷管→导爆索→孔内导爆管雷管。

5 爆破安全设计

5.1 爆破飞散物

本次爆破工程为矿山地下爆破,爆破时人员已经全部撤离,产生的飞散物不会对人员和周围环境造成危害,故飞石安全距离计算从略。

5.2 爆破地震波安全距离的确定

① 对地面建筑物的安全距离。

加强挤压爆破作用指数取 $n \leq 1$, 取 $n=1$ 。

最大同段起爆药量 $Q_{\max}=1640 \text{ kg}$, 衰减指数 $a=1.8$, $k=250$, 振动速度 $v=2.5 \text{ cm/s}$

$$R=(k/v)1/aQ_{\max}^{1/3}=152.3\text{m}$$

与实际的埋藏深度 $H=203.8\text{m}$ 相比属安全。

② 对井下巷道的安全距离。

根据中国《爆破安全规程》矿山巷道安全震动允许震速 $V=15 \sim 30 \text{ cm/s}$, 在此取 $V=15 \text{ cm/s}$, 代入公式: $R=(k/v)1/aQ_{\max}^{1/3}=56.3\text{m}$ 。即对爆区 56.3m 内的巷道采取支护处理。

5.3 空气冲击波的安全距离

$$\text{总装药量 } Q_{\text{总}}=210729\text{kg}$$

$$\text{对井下设备 } K_{\text{空}}=1$$

$$R_{\text{空}}=K_{\text{空}}Q_{\text{总}}^{1/2}=459\text{m}$$

$$\text{对人员的保护 } K_{\text{空}}=5$$

$$R_{\text{空}}=5 \times 459=2295\text{m}$$

故要求井下设备在 459m 范围内应搬迁或加固,井下人员应在直线距离 2295m 范围之外,因爆破点距地表 191m,由于在起爆前,井下所有人员都已经撤出地面,因此不会对人员造成影响,但地面人员在起爆前不能站在主井、副井口 200m 范围内^[3]。

5.4 爆破地表振动速度的计算

$$\text{根据 } V=K(Q^{1/3}/R)^a$$

其中 V ——保护对象所在地面质点振动速度 cm/s ;

Q ——最大一段装药量 kg , $Q=1640\text{kg}$;

R ——爆心至观测点的距离 m , $R=203.8 \text{ m}$;

K, a ——与爆破点至计算保护对象间的地形、地质条件有关的系数和衰减指数; K 取 250, a 取 1.8。

$$\text{根据 } V=K(Q^{1/3}/R)^a=1.480 \text{ cm/s} < 2.5 \text{ cm/s}$$

根据《爆破安全规程》爆破安全振动允许标准规定,地表振动速度应该控制在 1.5 ~ 3.0 之间,因此此次地表振动速度 1.480cm/s 符合相关规定。

5.5 炮烟排放设计

该矿配备有专业的救护队负责炮烟排放,采用加强通风稀释炮烟的方法,将炮烟排尽。

爆破炮烟:爆炸后产生大量的炮烟,其中 CO 浓度高达 50000ppm。

通风排烟时间计算:

① 按照炸药量计算需风量:

$$Q=25A, \text{ m}^3/\text{min}$$

式中: 25——每使用 1kg 炸药的供风量 m^3/min ;

A ——本次爆破使用的最大炸药量,该矿 A 值取 210506kg。

$$Q=210506 \times 25=5262650 \text{ m}^3/\text{min}。$$

② 按需风量计算排烟时间:

$$T = \frac{Q}{Q_{\text{溶区}}} \times 60$$

式中: T ——通风需要的时间 h ;

$Q_{\text{溶区}}$ ——排除爆破溶区炮烟的风量 $800\text{m}^3/\text{min}$ 。

$$T=109.6\text{h}。$$

本次排烟时间计划约为 109.6h,具体时间以救护排毒人员检测为准。排放必须达到中国国家允许浓度,不对环境及动物造成危害。井下所有地点的有毒、有害气体达到中国国家规定的允许浓度,并稳定在 12h 以上,方能进入井下从事其他作业^[4]。

6 结语

6.1 设计适用性

论文所介绍的起爆网路系统、有关参数以及经验公式,适合在钙芒硝地下矿的中深孔挤压爆破中使用。由于不同矿山的矿岩性质不同,爆破要求不同,因此其他性质的矿山在参考应用时,必须结合矿山自身的条件。

6.2 规模化爆破有利于提高资源利用率

二十多年来,该公司进行了200多次的中深孔挤压爆破,大药量爆破伴随采区的规模大型化,采用硐室水溶法需留设不开采的保安矿柱,矿柱大小基本一致,采用大规模比小型爆破,可减少整个矿区内的保安矿柱的留设量,从而提高矿山的资源利用率,一般可比几十吨炸药规模化爆破可提高10%~15%个点的资源利用率(小规模爆破采区回采率一般在63%~67%之间,大型化规模爆破在73%~78%之间)。

6.3 起爆网络分析

为确保整个爆破网络的准爆性、可靠性和实现挤压破碎的目的,雷管段别的选择是非常重要的。由于爆区炮孔排数过多,先爆孔必须为后爆孔创造出新的自由面,所以排间的传播雷管必须选择合适,微差时间必须认真进行计算,微差时间过长则可能造成先爆孔破坏后爆孔的起爆网络和不能实现挤压破碎的目的,过短则后爆孔可能因先爆孔未形成新的自由面而影响爆破效果。本次溶区爆破在充分考虑上述因素的基础上,对雷管的段别选择进行了优化。经过理论的验算与实际的工程运用,采用双导爆索以及孔内双雷管起爆的方式,准爆率达到了100%。

6.4 规模化爆破作业安全可靠

中深孔挤压爆破作为中国四川地下芒硝矿开采的一个主要环节,安全在这一环节占据最重要的地位。本设计中使用现场混装乳化炸药,采用机械化作业,减少了作业人员,作业人数从数百人减少至数十人。BCJ-5型小型装药机通过泵送的方式将乳胶基质送入炮孔中,经过敏化后才形成具有雷管感度的成品炸药。而乳胶基质属于5.1类氧化剂,无雷管感度,实现了炸药在运输、储存过程中的本质安全,大大减少了爆破作业中的安全风险。

参考文献

- [1] 冯明武. 非电多段微差起爆网路在地下矿挤压爆破中的应用[J]. 工程爆破, 2002(4):74-78.
- [2] 李传迎, 李明珠. 中深孔爆破在排山楼金矿的应用[J]. 黄金(采矿工程), 2017(6):33-36.
- [3] 李洪彦, 郁华嘉. 中深孔无井拉槽挤压爆破工艺参数优化[J]. 现代矿业, 2020(10):52-56,71.
- [4] 张春太, 余建兵, 杨志刚, 等. 一种具有通畅性检测功能的爆破装置[Z].