

# 数码电子雷管在提高矿石粉矿率方面的探究及生产实践

付强 王李朋 李双勤 张伟 李明  
金堆城铝业股份有限公司矿山分公司 陕西 渭南 714102

**摘要:**金堆城铝业股份有限公司矿山分公司利用数码电子雷管延期精度高、延期时间可进行自由设置等特点,通过炸药爆炸理论分析,采用科学公式计算爆破网路中孔间、排间理论延期时间,再对大量爆破试验数据进行调整、归纳,总结出数码电子雷管最佳起爆延期时间。结果表明:选择合理的数码电子雷管延时时间能够有效降低爆破大块率,提高矿石粉矿率,进而提高了选矿效率,取得了较好的经济效益。

**关键词:**中深孔爆破;数码电子雷管;延期时间;粉矿率;爆破效果

## 引言

金属矿山大多对矿石粉矿率有一定的要求,粉矿率越高对后续选矿流程更为有利,节省人力、物力,对矿山成本管控和生产效率以及经济效益提高都有着重要意义。粉矿率的决定因素有很多,炮孔孔网参数、岩石软硬程度、成孔率、延期时间、爆破单耗等等,以往只能从技术层面对炮孔孔网参数进行调整,加大单孔装药量,提高成孔率等方面进行改善,结果就造成采矿成本提高,生产效率降低。有没有一种更好的、更简单有效的方法来提粉矿率呢?随着全国矿山普及数码电子雷管的浪潮,我们有了新的途径。

起爆雷管的延期时间对爆破效果有着重要的影响<sup>[1]</sup>。若延期时间选择合适,在爆破的瞬间,爆孔会按照预先的设计按顺序起爆,相邻爆孔之间会出现应力叠加,使岩石破碎效果更好,充分发挥炸药的爆破性能,达到预定的爆破效果。反之若延期时间选择错误,有可能造成爆破设计失败,炸药能量浪费,还可能增加爆破有害效应的风险,出现大量死根、岩墙等。数码电子雷管起爆时间可以在0~2s时间内以1ms的精度进行设置,对优化爆破效果提高粉矿率提供了较为可行的技术途径。

露天台阶深孔逐孔起爆技术实施过程中<sup>[2]</sup>,合理的延期时间选取能够有效提高爆破能量利用率、改善爆破效果、增强岩石破碎性、优化炸药单耗和增加经济效益。然而,工程爆破是一种静态和动态综合作用方式,由于孔网参数、炸药性能、地质环境、装药结构等诸多复杂因素,加之逐孔起爆延期时间很短,通常只有几十毫秒,因此最佳延期时间确定一直是工程爆破研究焦点问

题。为了减小磨矿时间,提高选矿效率,要求矿石粉矿率达到38%以上,这对爆破效果提出了更高的要求,因此探寻数码电子雷管的最佳延期时间十分必要。

金堆城露天采矿场硬岩区域主要集中在采场南部和西南、东南部,其余区域岩性松软,硬岩区域主要为石英岩和花岗斑岩,软岩区域主要岩石为安山玢岩。本文就硬岩和软岩两个大方向分别进行分析和研究。

## 1 现场试验方案选取

现场试验方案是对数值模拟结果的验证。现场试验方案要结合理论计算的结果,和数值模拟得出的结论制定,应考虑以下因素:

(1)根据爆破区域周边地质环境条件不同,在保证施工安全、防止爆破有害效应的前提下,选择矿岩性质相对较稳定的施工点进行试验;

(2)爆破施工过程中,爆破参数除了延期时间外,孔网参数、最小抵抗线、爆破单耗等其他参数应尽量保持一致。

(3)炮孔布置方式采用梅花形布置。炮孔深度及排间距、孔间距误差均应控制在可控范围内( $\pm 0.5m$ ),否则需要重新补孔试验。

(4)现场试验前,需要对数码雷管进行检测,确保雷管合格有效。记录好孔号及雷管号避免串号或者漏号。<sup>[3]</sup>

此次试验选取采场内具有明显对比度的几个软硬岩区域,延期时间主要选取5个常用的时间组,为了分析孔间延时和排间延时对爆破效果的权重,可适当调整延期时间进行试验,为减少试验次数,采用正交试验法设定现场试验方式。

表1 现场试验正交表

序号	软、硬岩区域	延期时间1	延期时间2	延期时间3	延期时间4	延期时间5
1	硬岩	36ms&80ms	42ms&65ms	25ms&65ms	28ms&61ms	31ms&71ms
2	软岩	36ms&80ms	25ms&65ms	42ms&65ms	31ms&71ms	28ms&61ms

按照正交试验表进行试验，并在每次试验后，记录试验数据。试验后，块度的大小反映了延期时间的好坏，故还应该按照块度分析软件的分析要求，拍照记录，以备后序使用。

### 2 爆破试验及结果处理

根据生产实践总结、理论分析和数值模拟结果等，将常用的几组延期时间用于露天爆破试验，详细记录每

次试验的作业面位置、岩性特征、延期时间设定等信息，爆破完毕评价爆破效果，拍摄爆堆用以块度分析。图1~图4是筛选的4次爆破结果的块度分析结果。

根据露天台阶深孔爆破结果，依照参考物拍摄矿石破碎照片作为爆破效果处理的素材。利用爆破破碎块度分析软件Split-Desktop对每次选取的爆破时间对应的爆破效果图片进行处理，计算出爆破破碎块度分布范围。

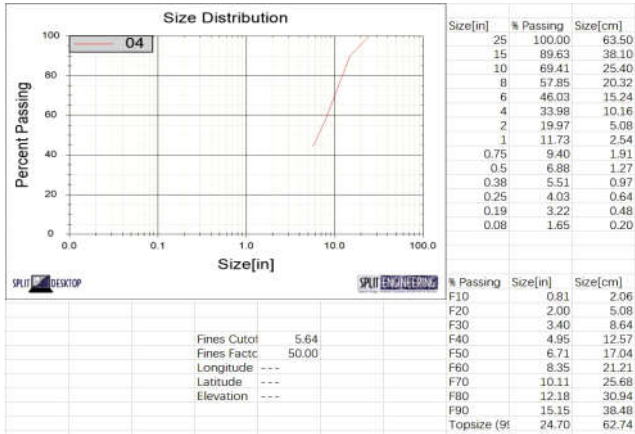


图1 硬岩区块度分析结果（孔间36ms，排间80ms，最后一排102ms）

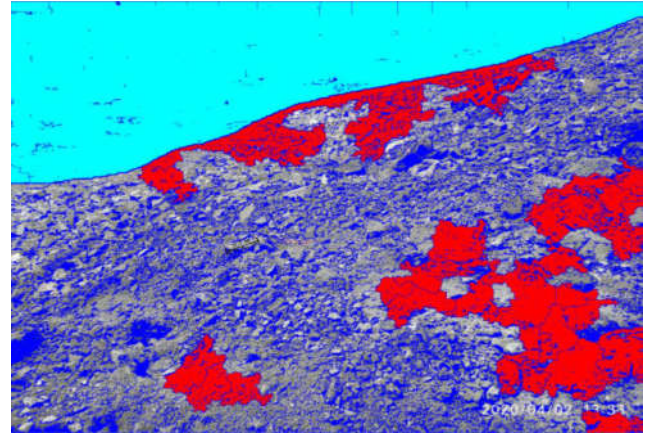


图2 硬岩区块度分析结果（孔间25ms，排间65ms，最后一排100ms）

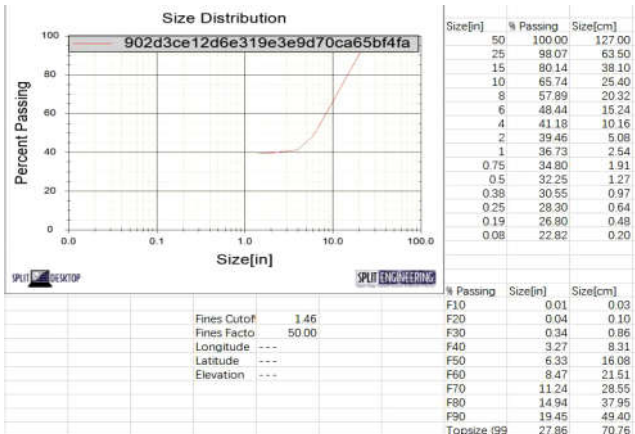
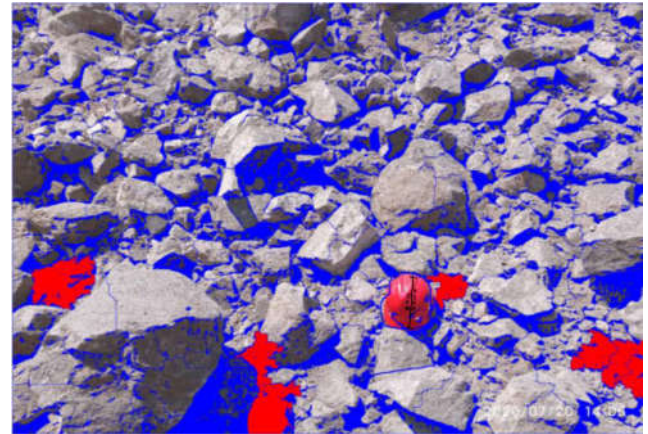
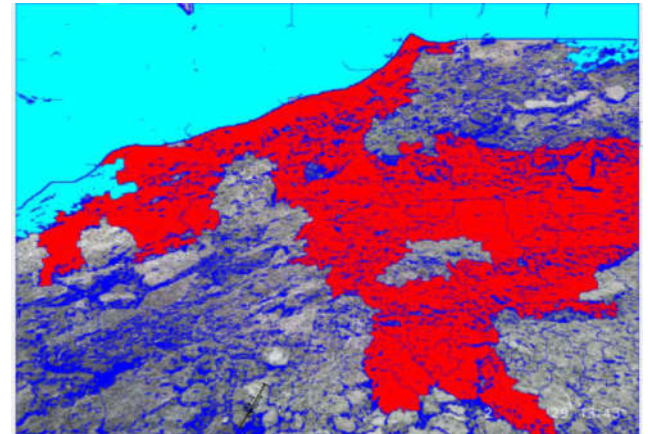


图3 软岩区块度分析结果（孔间36ms，排间80ms，最后一排102ms）





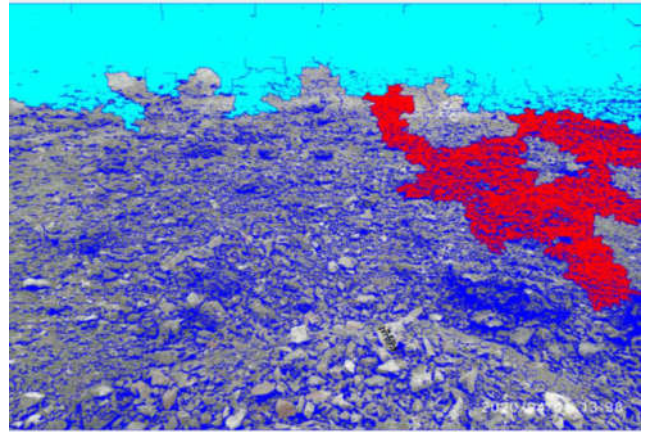


图4 软岩区块度分析结果（孔间42ms，排间65ms，最后一排100ms）

针对粉矿率随延期时间（孔间延期、排间延期、最后一排延期）变化规律利用多项式拟合分别拟合出不同延期时间的曲线如图5-1~3和图6-1~3所示。

由图5-1到图5-3分别是硬岩区爆破粉矿率随孔间延期时间、排间延期时间、最后一排延期时间的变化规律，均是二项式拟合，根据拟合公式可以推导出任意延期时间对应的粉矿率。

2.1 硬岩区粉矿率随延期时间变化规律

2.2 软岩区粉矿率随延期时间变化规律

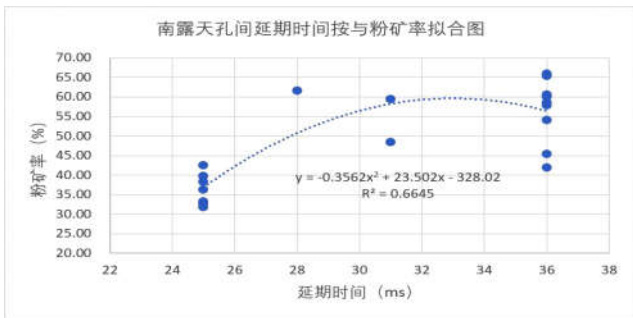


图5-1 硬岩区爆破粉矿率随孔间延期时间变化规律图

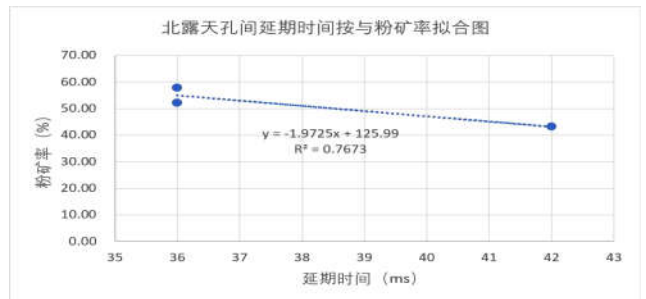
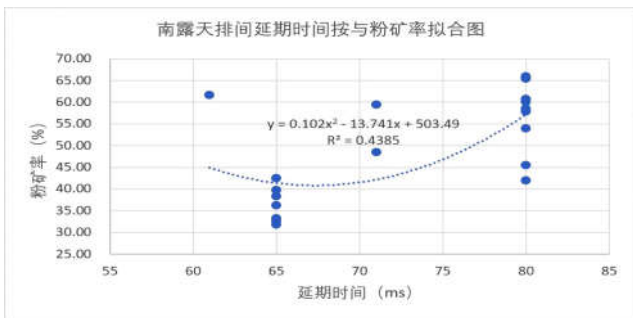
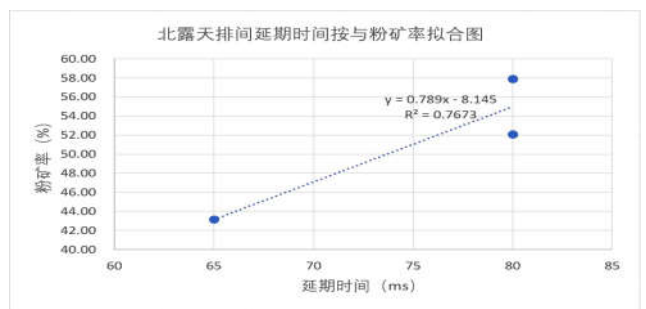


图6-1 软岩区爆破粉矿率随孔间延期时间变化规律图



5-2 硬岩区爆破粉矿率随排间延期时间变化规律



6-2 软岩区爆破粉矿率随排间延期时间变化规律

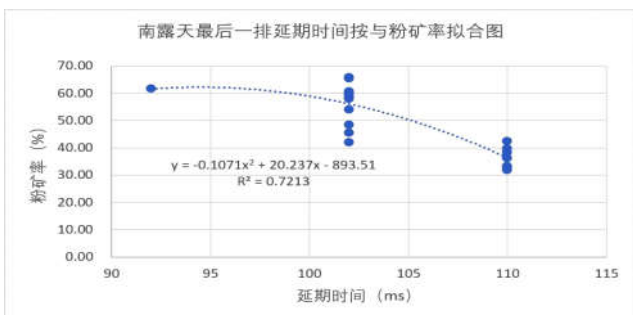


图5-3 硬岩区爆破粉矿率随最后一排延期时间变化规律

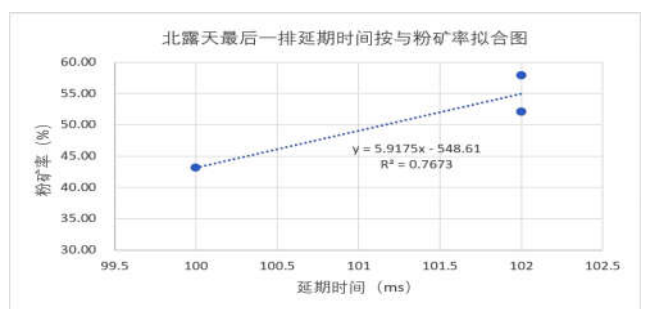


图6-3 软岩区爆破粉矿率随最后一排延期时间变化规律

图6-1到6-3是软岩区粉矿率随不同的孔间延期时间、排间延期时间、最后一排延期时间的变化规律，均为线性规律。

根据以上拟合曲线，可以指导爆破过程中数码电子雷管延期时间的选取，以求达到最佳爆破效果，提高粉矿率，从而提升整体效益。

### 3 不同延期时间粉矿率统计结果

矿石尺寸小于17cm的块度称之为粉矿，根据块度分析软件统计结果，将不同孔间、排间和最后一排的延期时间对应的粉矿率汇总，如表2所示。

表2 块度分析数据汇总

序号	延期时间 (ms)			粉矿率 (%)	备注
	孔间	排间	最后一排		
1	25	65	110	32.59	硬岩区
2	28	61	92	61.60	硬岩区
3	31	71	102	59.38	硬岩区
4	36	80	102	50.34	软岩区
5	42	65	100	43.14	软岩区
6	25	65	110	36.23	硬岩区
7	25	65	110	39.78	硬岩区
8	36	80	102	57.89	软岩区
9	36	80	102	41.98	硬岩区
10	25	65	110	33.29	硬岩区
11	36	80	102	58.55	硬岩区
12	36	80	102	60.00	硬岩区
13	25	65	110	31.84	硬岩区
14	36	80	102	65.93	硬岩区
15	36	80	102	65.36	硬岩区
16	36	80	102	54.00	硬岩区
17	36	80	102	60.65	硬岩区
18	36	80	102	52.06	软岩区
19	36	80	102	57.85	硬岩区
20	36	80	102	45.43	硬岩区
21	31	71	102	48.48	硬岩区
22	25	65	110	42.46	硬岩区
23	25	65	110	38.31	硬岩区

从表2中可以看出，粉矿率的范围在32.59%~65.93%，平均粉矿率达到49.44%。其中延期时间36ms、80ms、

102ms组合效果最佳，31ms、71ms、102ms组合效果次之，25ms、65ms、110ms组合效果最差。

### 4 研究结论

为满足选矿厂对矿石粒度的要求（使粉矿率达到33%以上），利用Split-Desktop块度分析软件，结合数码电子雷管在日常生产中的应用情况，通过理论分析、数值模拟、现场试验等方法<sup>[4]</sup>，找到了适合金堆城露天采场矿石爆破的延期时间，对提高爆破粉矿率提供了有力的理论依据。研究成果及结论有以下几点：

(1) 利用数值模拟得到的最佳延期时间，在采场进行了多组现场试验，实验结果表明：孔间延期时间对爆破效果的影响大于排间延期时间的影响；

(2) 通过对炮孔逐孔起爆过程中应力情况分析以及实际开挖情况分析，得到了最佳延期时间是孔间延期为36ms，排间延期时间为80ms，该延期时间下粉矿率范围在41.98%~65.93%；

(3) 利用Split-Desktop块度分析软件对不同延期时间下爆破后拍摄的图片进行分析，得到了爆破后矿石块度分布规律。该软件对日常爆破效果分析、矿石粉矿率变化等情况具有现实指导意义；

(4) 对不同孔间延期时间、排间延期时间、最后一排延期时间下对应的矿石粉矿率进行多项式拟合，得到了矿石粉矿率随不同延期时间的变化规律。该变化规律与实际情况相符，可以作为日常生产指导性依据。

研究结论为提高露天矿山台阶爆破效果及矿山粉矿率提供了科学理论依据，后期还需要大量的现场试验为探究最佳延期时间提供数据支撑。

### 参考文献

- [1]王林.微差爆破中合理微差间隔时间的研究[J].爆破器材, 1995(01): 22-24.
- [2]张志呈, 熊文, 吝曼卿.浅谈逐孔起爆技术时间间隔的选取[J].爆破, 2011, 28(02): 45-48.
- [3]李迎.中深孔爆破合理微差时间对块度分析的研究[J].贵州大学.2015.
- [4]吴腾芳, 王凯, 倪荣福.微差爆破间隔时间计算模型的探讨[J].工程爆破, 1997(04): 59-62.