

V形起爆网路分析及其应用

丁汉堃¹, 季青²

(1.中国科学院力学研究所, 北京 100190;

2.北京中科力爆炸技术工程有限公司, 北京 101318)

摘要:在露天爆破中, V形起爆网路由于二次破碎成本低, 爆堆集中, 展现出良好的破碎效果, 且便于清运以及不需要较大抛掷空间等特点, 得到了广泛应用。根据爆破理论与爆破实践, 对 V形爆破网路与布孔方式之间的关系进行了研究, 揭示了 V形网路改常规爆破技术为宽孔距爆破技术的实质原理, 阐述了 V形网路在应用中的操作和爆破效果, 可对采用 V形网路的爆破工程提供参考和指导。

关键词: V形起爆网路; 布孔方式; 宽孔距爆破; 网路计算

在起爆工程中, 起爆网路可分为直线形(排间、排间分区、奇偶式)和斜线形(V形、对角线形、波浪式)。本文结合多年的爆破实践, 主要对 V形起爆网路进行分析。

前后排孔同段相连, 其起爆顺序似 V形结构, 起爆时, 先从爆区中部爆破出一个 V形起爆空间, 为后段炮孔的爆破创造自由面, 然后两侧同段起爆。该起爆顺序的优点是岩石向中间崩落, 加强了碰撞和挤压, 有利于改善破碎质量。由于碎块向自由面抛掷作用小, 该起爆网路也常用于挤压爆破和掘沟爆破。

1 V形起爆网路布孔方式

常规爆破的布孔形式有三角形布孔(梅花式)和方形布孔(正方形、长方形)。起爆网路与布孔形式是相辅相成的关系, 不同网路对应不同的布孔形式, 搭配合理才能充分发挥爆破作用。

直线形网路宜采用三角布孔; 斜线形网路宜采用方形布孔。V形网路采用方形布孔更具优势。

1.1 方形和三角形布孔的 V形网路

在同一孔间距 a 和孔排距 b 条件下, 采用方形和三角形布孔方式的 V形网路见图 1~图 3。图中斜线上的孔间距 a' 为方形大, 三角形小; 排间距 b' 为方形小, 三角形大; V形顶角 α 为方形大, 三角形小。这是 V形网路实质作用在不同布孔形式上的不同反映。

方形和三角形布孔 V形网路计算模型见图 4 和

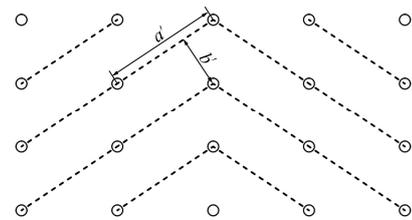


图 1 长方形布孔 V形网路

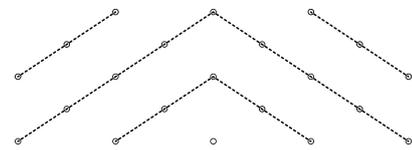


图 2 三角形布孔 V形网路

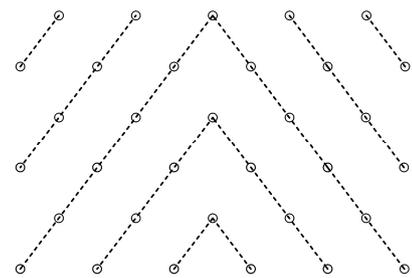


图 3 三角形布孔 V形网路

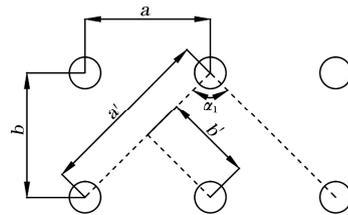


图 4 长方形布孔网络计算模型

图 5。

方形布孔 V形网络计算公式见式(1)~式(3)。

$$a' = \sqrt{a^2 + b^2} \quad (1)$$

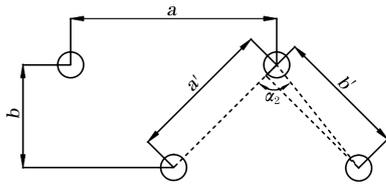


图5 三角形布孔网络计算模型

$$b' = \frac{ab}{\sqrt{a^2 + b^2}} \quad (2)$$

$$\alpha_1 = 2 \arctg \frac{a}{b} \quad (3)$$

三角形布孔 V 形网络计算公式见式 (4) ~ 式 (6)。

$$a' = \sqrt{\left(\frac{1}{2}a\right)^2 + b^2} \quad (4)$$

$$b' = \frac{ab}{\sqrt{\left(\frac{1}{2}a\right)^2 + b^2}} \quad (5)$$

$$\alpha_2 = 2 \times \arctg \left(\frac{1}{2}a/b\right) \quad (6)$$

1.2 平行四边形布孔的 V 形网路

平行四边形的布孔方式 (见图 6) 是以上两种布孔形式的过渡形态, 当 V 形各排顶点连线与临空面不垂直时, 方形布孔容易将矩形渐变成平行四边形。由于平行四边形的两条对角线不等, 因此 V 形网路连接时, 两侧斜线的孔间距一侧大, 一侧小, 斜线排间距一侧小, 另一侧大。爆破后形成的岩石块度一侧小, 另一侧大。这项技术可在填海造地工程中发挥作用, 主要表现在调整岩石级配, 安排爆堆位置和调度运输先后次序等方面。

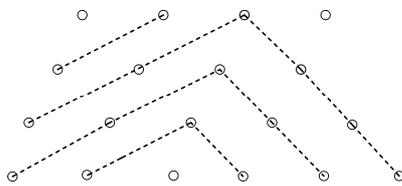


图6 平行四边形布孔 V 形网路

平行四边形的 V 形网路计算模型见图 7。

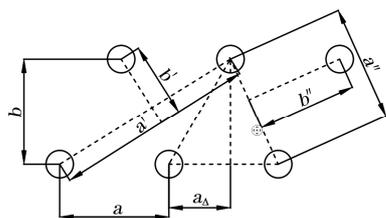


图7 平行四边形布孔

平行四边形布孔 V 形网路计算公式见式(7)~式(10)。

$$a' = \sqrt{(a + a_\Delta)^2 + b^2} \quad (7)$$

$$b' = \frac{ab}{\sqrt{(a + a_\Delta)^2 + b^2}} \quad (8)$$

$$a'' = \sqrt{(a - a_\Delta)^2 + b^2} \quad (9)$$

$$b'' = \frac{ab}{\sqrt{(a - a_\Delta)^2 + b^2}} \quad (10)$$

2 工程应用

广东玉湛高速公路全程 145 km, 湛江段廉江服务区附近山体作为公路石料场, 爆破总方量约 260 万 m³。山体主要以花岗岩为主, 兼有其他成分岩体。取石山头分散, 相对高差约为 60 m, 场内装有碎石生产线, 机口宽为 50 cm, 入机口石料尺寸要求严格, 似椰子大小。一段时间爆破大块较多, 使用多台液压锤进行二次破碎, 效率低、成本高。针对该问题, 制定了改进措施, 明显改善了碎石质量, 大幅度提高了生产效率, 降低了大块率。单次炸药用量由原来的 8 t 提高到 20 t, 采石量提高到日产 3 万 m³, 满足了生产需要。

采用方形布孔 V 形网路起爆, 改变了三角形布孔以及不规范的网路连线方式。根据爆区大小以及地形状况, 采用一个或多个 V 形网路联合起爆, 其爆破抵抗线选为 3 m, 采用毫秒导爆管起爆。

为了保证 V 形顶角连线与临空面眉线垂直, 从爆区的中心位置向两侧延伸对称进行方形布孔。为确保 V 形网路左右同一斜排炮孔同时起爆, 连线时先将同一斜排炮孔导爆管抓为一“把”, 清理检查无误后, 再进行排间接力连接。该方形布孔 V 形起爆网络的爆破参数见表 1。

表 1 爆破参数

孔径/mm	孔距/m	排距/m	孔深/m	堵塞长度/m
115	3	3	15	3

3 结论

结合多年的爆破实践, 对 V 形起爆网路进行了详细分析, 认为该爆破网络实质上是将常规爆破技术改变为宽孔距爆破技术, 并推导出计算公式, 提出“方形布孔, V 形连线”的操作要点。结合广东玉湛高速公路的爆破工程实践, 进一步阐述了 V 形

网路的应用价值。该工程应用对使用 V 形网路爆破的工程具有参考和指导作用。

参考文献:

- [1] 王旭光.爆破设计与施工[M].北京:冶金工业出版社,2013.
 [2] 丁汉堃,张阳,李超.留墙爆破中墙体厚度计算方法的探讨[J].采矿技术,2020,20(2):146-148.
 [3] 袁玉宝,雷振,贺路,等.爆破荷载下减震荡的最佳尺寸研究[J].采矿

技术,2020,20(4):155-158.

- [4] 丁汉堃,张阳,西子阳,等.基于能量分布深孔预裂爆破参数的研究[J].采矿技术,2017,17(05):120-122.
 [5] 刘郭洁.45 m 钢筋混凝土烟囱爆破不倒原因分析[J].采矿技术,2020,20(3):151-154.

(收稿日期: 2020-09-16)

作者简介:丁汉堃(1946—),男,高级工程师,主要从事工程爆破技术与施工的研究, Email: 47449519@qq.com.

(上接第 131 页)

电子雷管爆破的最大振动速率约为普通导爆管雷管最大振动速率的 50%。

(1) 数码电子雷管具有高精度和大范围延时的特点,可以实现大规模、大范围逐孔起爆,不出现多孔同时起爆。

(2) 降低单孔孔内同响药量,采用孔内间隔装药分段延时起爆,孔外按逐孔起爆网路,实现控制最大单响药量,降低爆破振动。

(3) 控制爆破振动频率,有效降低爆破振动,通过优化延期时间,将低频地震波转换为均匀分布的高频地震波。

4 结语

数码电子雷管延时精度和可靠性较高,通过几年的应用,对比分析发现,数码电子雷管在降低炸药单耗、减少大块、降低振动等方面具有巨大的优势,在降低矿山的综合生产成本和保证本质安全方面具有显著成效,能更大限度地满足业主的需要。因此,数码电子雷管不仅具有较高的安全性和可靠性,更在降低爆破成本和矿山开采部分成本上具有较大的竞争优势,随着主管部门监管力度的加强和

安全管理形势的严峻,应用前景将十分广阔。

参考文献:

- [1] 邓重阳,张海艳,莫颖.数码电子雷管及其推广应用[J].采矿技术,2020,20(03):146-148.
 [2] 王怀,林大能.露天矿山和谐爆破关键技术及应用[J].采矿技术,2020,20(02):127-130.
 [3] 胡浩川,明悦,周建敏.数码电子雷管精确延时爆破减振及破碎效果试验研究[J].采矿技术,2016,16(05):57-59.
 [4] 傅鹏,吴从师,曾湘涛,林同立,刘犇.电子雷管爆破的震动特性[J].采矿技术,2013,13(05):118-120.
 [5] 左庭,张小康.数码电子雷管在瓮福磷矿中的应用[J].采矿技术,2018,18(03):82-83.
 [6] 吕淑然,姚浩辉,王立强.电子数码雷管在铁矿采场爆破中的应用研究[J].工程爆破,2013,19(03):53-56.
 [7] 王晋,穆大耀,蒋跃飞.高精度电子雷管在小龙潭矿中的应用[J].采矿技术,2005,5(04):61-62.
 [8] 王林.电子雷管在桐庐南方水泥石灰石矿深孔爆破中的应用[J].采矿技术,2017,17(05):110-111.
 [9] 段宗银,施发伍,张良贵.爆破块度分布与控制的模拟试验研究[J].爆破,2010,27(02):45-48+83.

(收稿日期: 2020-08-07)

作者简介:胡勇(1984—),男,江西高安人,高级工程师,主要从事爆破技术应用研究工作, Email: 274160145@qq.com.