

DOI:10.13828/j.cnki.ckjs.2020.02.046

留墙爆破中墙体厚度计算方法的探讨

丁汉堃^{1,3}, 张阳², 李超³

(1.中科院力学所, 北京 100190; 2.北京科技大学, 北京 100083;
3.北京中科力爆炸技术工程有限公司, 北京 101318)

摘要:在爆破施工中,爆区的一侧存在建筑、设施、古迹等待保护的构筑物时,为了保证它们的安全,在临近这一侧的爆区内临时设置一面岩墙,一方面防止墙体岩石脱落产生的危害,另一方面对常规爆破飞石可以起到屏蔽作用。待主爆区常规爆破完成后,再使用小炮法或机械法精准拆除岩墙,从而达到爆破与保护双赢的效果。

关键词:中深孔爆破;条形药包;留墙爆破;等效药包

露天钻孔爆破实质是条形药包爆破,当它处于两面或三面临空状态时,炮孔内炸药能量是依据不同的抵抗线大小而分配的^[1]。抵抗线大的分得能量小,则单耗小。抵抗线小的分得能量大,则单耗大,从而可以依据预估的单耗值判断预留墙体的厚度。根据地质情况及施工要求,在常规爆破时,墙体可处于:基本稳定不动;岩体裂缝加大而无大块石脱落;墙体松散而无飞石等不同状态;留墙爆破时要选择合理的爆破参数,其中预留墙体的厚度也是重要参数。本文提出以炮孔在不同状态下的能量分配和不同临空面的单耗值来作为计算墙体厚度的主要参数,并推导出相应的计算公式。通过结合相关工程资料对公式进行了验证,取得了较为满意的结果。

1 炮孔处在两面临空条件下的墙体厚度计算

假设一个药包爆破时具有多个临空面,可以将该药包按照各个临空面的抵抗线比例分解为相应的等效子药包。当爆区的爆破抛掷方向与墙体走向垂直,炮孔起爆顺序由外侧向墙侧微差间隔起爆,此时炮孔处在墙侧与孔排距二面临空的状态,据文献^[1-2]提供的炮孔内能量分配公式,则有:

$$L_{p1} = \frac{L_p}{1 + \frac{W_1}{W_2}}, \quad q_1 = \frac{L_{p1}}{W_1^2} \quad (1)$$

$$L_{p2} = \frac{L_p}{1 + \frac{W_2}{W_1}}, \quad q_2 = \frac{L_{p2}}{W_2^2} \quad (2)$$

式中, L_{p1} 、 L_{p2} 为炮孔内装药线密度, kg/m; W_1 、 W_2 为炮孔两侧临空面抵抗线, m; q_1 、 q_2 为炮孔两侧单耗, kg/m³。

1.1 新建铁路复杂环境下石方爆破开挖

岩墙爆破基本参数如图1所示,墙体厚度为6~8 m,钻孔直径为76 mm,台阶高度为6.5 m,孔深 $L=7$ m,底盘抵抗线 $W_p=2.3 \sim 2.5$ m,排距 $b=2.3 \sim 2.5$ m,边坡侧炮孔底至边坡水平距离为排距的2倍,装药顶点至边坡距离为 $1.5 W_p$,据上述公式,可得二面临空处能量分布,如表1和表2所示。

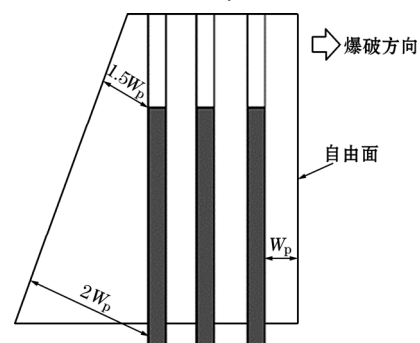


图1 岩墙爆破设计

表1 装药底部能量分布情况

序号	W_i	L_p	L_{pi}	q_i
1	5	4.5	1.5	0.06
2	2.5	4.5	3.0	0.48

表2 装药顶部能量分布情况

序号	W_i	L_p	L_{pi}	q_i
1	3.8	4.5	1.8	0.12
2	2.5	4.5	2.7	0.43

表1、表2数据和实际爆破结果表明,炮孔两侧单耗相差悬殊,爆破效果为“前排空少量抛掷,

岩石块度均匀, 后排岩墙自稳性好, 一次开挖达到设计要求, 同时爆区周围及设施均未受到损坏”。

1.2 中远船务公司厂区内的山体爆破

该项目^[3]是在原有高边坡地带上进行施工, 山体周围环境十分复杂, 地质情况多变, 爆区分南北两区, 其中南区分为主爆区和岩墙爆区, 均使用中深孔爆破技术; 北区则分为主爆区、控制爆区和岩墙小炮区。其中南区部分采用了留墙方式的爆破设计。具体参数为: 第3排孔径为76 mm, 排距 $b=2.5$ m, 孔底至边坡距 $W_1=2.5b$ 。

用上述二面临空计算公式计算, 能量分布见表3。

表3 南区第3排装药能量分布

位置	W_1	W_2	L_{p1}	L_{p2}	q_1	q_2
第三排底部	6.25	2.5	1.3	3.2	0.03	0.51
第三排顶部	5	2.5	1.5	3.0	0.06	0.48

效果: “爆破后边坡面上有个别石块剥落, 全部被防护栅顺利拦截, 岩墙经过机械开挖后下降到+37高程”。

以上数据表明, 爆破施工中岩墙厚度及排距设计是合理的, 也说明式(1)、式(2)运用于岩墙爆破参数计算是可行的, 能够确保墙体稳定。

2 炮孔处在三面临空条件下的墙体厚度计算

如图2所示, 爆区爆破方向与岩体墙走向平行, 此时爆区的炮孔处在三面临空状态, W_1 为墙体厚度, W_2 为炮孔抵抗线, W_3 为孔间距。

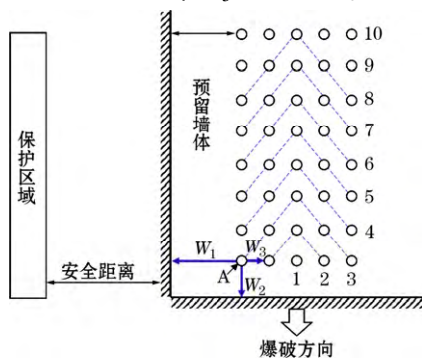


图2 爆区炮孔布置

三面临空条件下^[4-5], 有:

$$L_p = L_{p1} + L_{p2} + L_{p3} \quad (3)$$

$$L_{p1} \cdot W_1 = L_{p2} \cdot W_2 = L_{p3} \cdot W_3 \quad (4)$$

推导出:

$$L_{p1} = \frac{L_p}{1 + \frac{W_1}{W_2} + \frac{W_1}{W_3}}, \quad q_1 = \frac{L_{p1}}{W_1^2} \quad (5)$$

$$L_{p2} = \frac{L_p}{1 + \frac{W_2}{W_1} + \frac{W_2}{W_3}}, \quad q_2 = \frac{L_{p2}}{W_2^2} \quad (6)$$

$$L_{p3} = \frac{L_p}{1 + \frac{W_3}{W_1} + \frac{W_3}{W_2}}, \quad q_3 = \frac{L_{p3}}{W_3^2} \quad (7)$$

2.1 廉江服务区爆破设计

在广东湛江到玉林高速公路廉江服务区建设中, 进行山体爆破时, 爆破区域一侧离碎石生产线仅有40 m, 极易受到爆破抛石损坏。为了避免爆破飞石危害的产生, 应用条形药包三面临空能量分配理论, 采用留墙的方法, 使得爆破施工得以顺利进行, 同时保证了碎石生产线的安全。

其中留墙爆破的基本参数如下: 炮孔直径 $\Phi=115$ mm, 炮孔间距 $a=3$ m, 炮孔排距 $b=2.5$ m, 孔深 $l=15$ m, 留墙厚度(侧向抵抗线) $W_1=5$ m。起爆网路采用V型网路, 布孔方式为方形, 总孔数84个, 总药量 $Q=8.8$ t。具体见图2。

V型网路中A点纵排的炮孔从前到后逐孔爆炸时已处在三面临空状态中, 如图3所示, 炮孔内的炸药爆破产生的能量因抵抗线不同而产生的分配作用使得三方面的岩石产生不同的爆破效果。

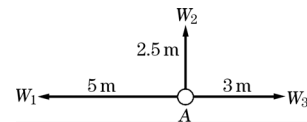


图3 廉江服务区爆破设计中A孔三面临空参数

根据公式计算可得3个方向等效炸药单耗(见表4)。

表4 廉江服务区留墙爆破装药能量分布情况

序号	抵抗线距离 W_n/m	等效子药包线装药密度 $L_{pn}/(kg \cdot m^{-1})$	能量占比/%	等效单耗 $q_i/(kg \cdot m^{-3})$
1	5	2.2	21.2	0.09
2	3	3.7	35.6	0.41
3	2.5	4.5	43.2	0.72

备注: $\Phi=115$ mm 炮孔内 $L_p=10.4$ kg/m, q_i 为条形药包等效单耗。

表4数据说明, 炮孔的主要能量作用于最小抵抗线上, 当留墙厚度(侧向抵抗线)为5 m时, 单耗仅为0.09 kg/m, 通过设计可预判, 爆破时由于所留墙体的作用仅会使岩体裂缝加大, 而不会产生飞石。

实际爆破作业中, 起爆后的墙体外侧没有产生飞石, 从而起到了“挡”的作用, 进而墙体碎裂缝

加大,其本身从前向后逐渐地被“推倒”,松散解体,倒塌距离为15 m,生产线安然无恙。爆破效果达到了设计目的及业主要求,从而验证了条形药包在多临空面时,炮孔能量分配公式对于保护性爆破施工具有指导作用。

2.2 浙江三门公路爆破工程

在浙江三门公路的爆破施工中,由于所需爆破的山体一侧有公路及高压线,为保其安全,山体施工采取留墙爆破方案,从而防止飞石侵入公路以及撞击到高压线。

如图4所示,留墙爆破孔径为89 mm,孔深为8 m,孔间距 $W_3=2.5$ m,排距 $W_2=2.0$ m,岩墙厚度为 $W_1=5.5$ m,线密度 $L_p=6.2$ kg/m。根据公式(3)~式(7)计算所得见表5。

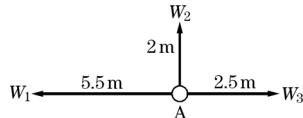


图4 山体施工中A孔三面临空参数

表5 浙江三门工地留墙爆破装药能量分布情况

序号	抵抗线距离 W_1/m	等效子药包线装药密度 $L_p/(kg \cdot m^{-1})$	能量 占比/%	等效单耗 $q_i/(kg \cdot m^{-3})$
1	5.5	1	16.1	0.03
2	2	2.9	46.8	0.73
3	2.5	2.3	37.1	0.37

爆破效果:墙体上部松散,无大块滚落,另一侧爆堆正常,墙体部分随后机械拆除。上述计算表

(上接第145页)

25 ms×8 m、42 ms×8 m等孔外雷管连接爆破网络,能有效降低单段最大起爆药量,从而有效控制爆破震动。

(2) 预裂爆破可以有效降低爆破震动,降振率约为30%。充分利用预裂爆破的优点,因地制宜的使用,将爆破震动控制在合理水平。

(3) 充分利用矿岩硬度的性质。离教会学校古建筑比较近的南水坑处矿岩硬度低,用挖掘机可以直接开挖,这样不仅减少了开挖区域爆破的次数,而且还形成了减震沟,可有效降低振动。

(4) 露天采场台阶爆破振动的控制还应尽量

明炮孔爆破能量在爆破临空面方向上占46.8%,孔间距方向上占37.1%,墙体方向占16.1%,在单耗上各为0.73, 0.37, 0.03 kg/m³。依据现场实际观测到的爆破结果,说明留墙爆破设计是合理的,公式进行预估是可行的。

3 结论

本文从爆破实际问题出发,分析了炮孔处在二面临空和三面临空的条件下的能量分配,按推导出的相应公式,并结合实际爆破效果表明,以炮孔各临空面的单耗来判断留墙厚度的方法是可行的。本研究得到的炮孔能量分配规律也可运用于露天爆破及条形硐室爆破中,对爆破设计施工具有指导作用。

参考文献:

- [1] 邱新宁,袁野.论多面临空定向抛掷爆破[J].铜业工程,2001(4):18-20+50.
- [2] 丁汉堃,张阳,西子阳,等.基于能量分布的深孔预裂爆破参数优化研究[J].采矿技术,2017,17(5):120-122.
- [3] 汪竹平,宋志伟,那树刚,等.爆破技术在复杂条件下高边坡岩墙开挖中的实践[J].工程爆破,2010,16(2):31-34.
- [4] 林睦盘.多面临空爆破理论与硐室控制爆破设计[J].新疆矿冶,1981(2):2-20.
- [5] 林睦盘,邱新宁,范学仁.论多面临空定向爆破筑坝[J].西部探矿工程,1993(6):1-12.

(收稿日期:2019-09-23)

作者简介:丁汉堃(1946—),男,高级工程师,主要从事工程爆破施工与技术研究,Email: ycy90@126.com.

使用清渣爆破。由于清渣爆破时,自由面附近没有阻碍,所需要的能量比较少,炸药单耗比较低,震动比较小。

(5) 合理安排爆区的起爆方向,尽量使被保护的教会学校古建筑处在起爆方向的侧方,有利于降低爆破震动。

参考文献:

- [1] 王玉杰.爆破工程[M].武汉:武汉理工大学出版社,2007.
- [2] 史秀志,黄敏,陈寿如,等.改进爆破网络降低露天矿台阶爆破震动[J].现代矿业,2010,498(10):23-25.

(收稿日期:2020-01-08)

作者简介:周士淇(1991—),男,助理工程师,主要从事露天矿开采技术研究和管理工作,Email: 1471692168@qq.com.