

千吨级条形药包大爆破震动特征

王德胜 龚 敏 于亚伦

(北京科技大学土木与环境工程学院)

摘要 本文简要介绍了条形药包的发展现状,指出了条形药包大爆破地震特性研究的必要性和紧迫性。结合 2002 年 12 月 29 日首钢孟家沟铁矿成功进行的一次条形药包露天矿揭顶剥离定向抛掷大爆破,对爆破地震的测试及结果进行了全面分析。

关键词 条形药包 爆破 震动

条形药包爆破技术起源于原苏联,在条形药包的作用机理和模拟实验方面都做了大量工作,并根据不同侧重点,先后提出了 5 个有代表性的药量计算公式,对条形药包爆破技术产生了深远的影响。我国从 80 年代逐步尝试使用条形药包爆破技术,经过近几年的应用发现,条形药包硐室开挖工程量小,爆破破碎均匀,抛掷效果好,爆堆集中,爆破地震小。由于这些优点,使得在硐室大爆破设计中,条形药包成为药包布置设计的主体,而集中药包降到从属地位^[2]。

综观条形药包的发展,不难看出,有关理论研究远远落后于工程实践,到目前,千吨级万吨级的条形药包大爆破已成功实施若干次,但关于条形药包的理论计算也仅提出了两种不太完善的方法。相比之下一些在实践基础上提出的经验公式却名目繁多,据不完全统计仅药量计算公式就有十个之多,往往计算结果相差很大。在爆破作用机理研究方面,关于条形药包震动特性的研究更为欠缺,至今较为全面的研究未见报道。

实际上对于条形药包大爆破而言,由于布药空间分布、装药结构明显不同于集中药包,因此国内沿用集中药包的震动公式来估算条形药包的地震,往往出入很大。但在大爆破过程中,由于装药量大,爆破地震经常是各方关注的焦点,所以开展条形药包地震特性的研究不仅意义重大,而且也是迫在眉睫的应用课题。

1 首钢千吨级大爆破工程概况

孟家沟露天矿剥离工程量大,地形陡峭,经过可行性研究和反复权衡,最终采用硐室大爆破进行揭

顶剥离工程,并委托北京科技大学、福建高能建设工程有限公司和唐山恒盛爆破工程有限公司共同完成。

爆区为 0 ~ S450 勘探线之间,走向长度约 450m,宽度近 120m,高程差 108m,呈南北走向山梁,山梁顶标高 424m,山梁东侧下部为即将闭坑的李家沟露天矿的西北边坡,边坡角 50° 左右,边坡坡顶标高 320m,边坡以上为 45° ~ 60° 的自然山体;山梁的西侧较缓,山体坡度 30° 左右。

爆区位于矿体的上盘,基岩裸露,少数部位有坡积物,厚度一般为 0 ~ 0.5m,风化层不超过 1m,地表只有少量杂草和零星灌木。岩石为混合花岗岩,局部岩石韧性极大,可钻性和可爆性很差。节理较发育,有一组与矿体走向、倾向和倾角基本一致,但倾向与爆破后的边坡倾向相反且倾角较缓,对边坡的稳定有利。地下水和裂隙水不发育,硐内无渗水。

爆区周围的环境条件对大爆破较为有利,北方 1337m 处有新水村,东北方向有李家沟和孟家沟村,距离在 1500m 以远。正东方向有采区的办公平房,距离 850m;西边 2km 内无民房。民房低于爆区 200m,但爆区的抛掷方向不足 100m 内有矿用高压电线和变电站。

根据工程要求和爆区周围环境及地形地质条件,设计采用三层双排,条形药包整体抛掷的布药形式;上层松动,下层联合抛掷,集中抛向李家沟的采坑,爆区内双电爆毫秒延期起爆网络的硐室大爆破方案。

2 大爆破主要设计参数(表 1)

表 1

大爆破主要设计参数

导硐编号	最小抵抗线 W(m)	药室长度 l(m)	端部加药长度 L _a (m)	综合单耗 K _n (Kg/m ³)	装药量 Q (kg)*	雷管段别
101#	19.5	38	4.8	1.1	17902	3
102#	20	13	5	1.1	7920	4
103#	25	27.5	6	1.3	27218	4
104#	31.5	28.5	7.8	1.3	46824	4
201#	23	55	5.7	1.2	38532	3
301#	20	20	5	1.1	11000	1
302#	22	40	5.5	1.1	24224	3
303#	24	45	6	1.35	39557	11
304#	30	38.5	7.5	1.35	55890	12
4'01#	18	27	4.5	1.2	12247	1
401#	19.5	32.5	4.8	1.1	15601	1
402#	18.5	30	4.6	1.1	13026	1
403#	29	22.5	7.2	1.35	33719	10
404#	25.5	60	6.3	1.35	58200	10
501#	18.5	37.5	4.6	1.1	15849	1
503#	29	33	7.2	1.35	45641	9
504#	33	21	8.2	1.35	42928	9
601#	32.5	52.5	8.1	1.2	76810	13
602#	30	20	7.5	1.2	29700	12
801#	28.5	41	7.1	1.1	42976	8
802#	30.5	32.5	7.6	1.1	41033	8
803#	28	32.5	7	1.35	41806	20
804#	27.5	35	6.8	1.35	42675	19
902#	27.5	12.5	6.8	1.1	16055	7
903#	30.5	40	7.6	1.35	59777	16
904#	32	22.5	8	1.35	42163	18
1001#	27.5	25	6.8	1.2	28858	7
1002#	30	17	7.5	1.2	26460	7
1101#	30	27.5	7.5	1.1	34650	5
1102#	27.5	17.5	6.8	1.1	20214	5
1103#	35.5	27	8.8	1.35	60970	15
1104#	29	18.5	7.2	1.35	29178	17
1201#	27	32	6.7	1.1	31033	6
1202#	29.5	32	7.3	1.1	37620	6
1203#	27	10	6.7	1.35	16435	14
1204#	31.5	43	7.8	1.35	68048	14
1301#	15	30	3.7	1.0	6907	2
1302#	17.5	17.5	4.3	1.0	6676	2
1401#	23	12.5	5.7	0.8	7702	2
1402#	22.5	12.5	5.6	0.8	7330	2
1501#	22	13	5.5	0.8	7163	2
1502#	22	30	5.5	0.8	13745	2

* 实际装药过程中,铵油炸药装成 40kg/袋,故实际总装药量为 1301t,其中 2#岩石炸药占总装药量的 5%。

3 爆破地震的测试方法

3.1 NCSC 5000 型测振仪简介

美国 SAULS 公司生产的 NCSC 5000 型测振仪是电脑控制的地震、噪声及冲击波测定仪。测定程序和数据处理有固化程序,由热敏打印机提示和打印输出,仪器由充电蓄电池组供电,现场测试不需要外接电源;传感器由集成三维地震传感器和噪声、冲击波传感器两部分组成。

仪器可以测出测点的三维质点振动速度及其矢量和、振动和速度、振动频率、噪声强度和噪声频率,同时画出质点振动速度与频度之间的关系图和地震

波形图,给出按照国际常用标准的评判结果图。测试结果在爆破后 1min 左右由打印机打印输出。

仪器的主要性能指标为:

触发方式	自触发方式,连续监测方式
加速度误差	<0.02g
速度误差	<0.1mm/s
位移误差	<0.1mm
振动频率误差	<0.03Hz
声强误差	<0.7dBA
通频带	2~500Hz

3.2 测试方法

爆破地震效应的观测方法有宏观和仪器观测两

种,在通常情况下,将二者结合使用,以得到理想的观测结果。

在爆破震动影响范围内和仪器测点处进行宏观调查,选择有代表性的建筑物、构筑物,岩石裂缝和断层、边坡等标志物,在爆破前后用目测或用石膏等物料涂抹,或用照相和录像等手段把观测对象的特征记录下来,对比爆破前后特征变化来评估爆破地震效应的影响程度。这种方法只适合于做定性观测。可以配合仪器观测使用。

在仪器观测时,对于 NCSC5000 型测振仪,传感器的安放很简单,仅须注意以下两点:

(1) 在土壤安放时,需将测点处土壤表层去掉一层,然后用石块或别的硬物将其砸实最后用该仪器自身所带螺栓调平、固定即可。

(2) 在岩石层上安放时,拾震器的安放更为简单,只须调节传感器底脚螺钉,直至传感器水平即可。

4 爆破震动测试效果

4.1 大爆破试验炮

大爆破前,在爆区的北侧开挖了三个小硐室 药室

的抵抗线在 15m 左右,共装药 3t,进行了试验爆破,以便检验大爆破设计的爆破参数选取是否合理,并根据爆破结果进行大爆破设计装药量的修正。根据爆破地震的特性,进行分段药量调整和爆破网络的确定。

按照实测的试验爆破地震特性,将原设计的最大分段药量由 98t 调整为 75t,这样对于大爆破时引起的爆破有害效应可以控制在设计要求的范围之内。

4.2 大爆破有害效应观测

经过两个月的紧张施工准备,大爆破于 2002 年 12 月 29 日准备就绪,并于当天中午 12:00 准时起爆,在大爆破的设计过程中采用了许多措施来降低爆破的有害效应,主要包括下列 3 项:

(1) 采用微差爆破技术,严禁使用齐发爆破,使爆破的总能量实现时间上的有效分布。

(2) 严格控制一次起爆的最大装药量,从而实现对爆破最大震动速度的控制。

(3) 加强了对爆破作业的监督和管理,对爆破作业的各个过程进行了强有力地监控。

测点的布置按照地形特点,选择距爆破地点最靠近的民房作为监测的目标。观测结果见表 2。

表 2

大爆破震动等有害效应实测结果简表

测点编号	测点位置	分维向量	最大震速 (cm/s)	最大位移 (mm)	加速度 (m/s ²)	震动频率 (Hz)	合成速度 (cm/s)	冲击波超压 (KPa)
1	新水村 (1337m)	L	1.00	0.8856	0.041	3.8	1.85	0.0004
		T	1.47	1.0144	0.076	6.3		
		V	1.54	1.1907	0.070	2.0		
2	李家沟村 (1500m)	L	0.57	0.2841	0.041	3.5	0.70	0.0008
		T	0.47	0.2767	0.028	1.7		
		V	0.37	0.2085	0.035	2.5		
3	孟家沟村 (1800m)	L	0.60	0.4794	0.035	1.4	0.846	0.0015
		T	0.33	0.1117	0.021	4.6		
		V	0.82	0.6685	0.028	2.6		

注 L、T、V 分别表示径向、切向、垂向分量。

4.3 宏观调查

据爆破前后对比观察,爆破作业周围的民房未受到进一步损害。说明大爆破产生的震动、冲击波和噪音等有害效应未造成不良影响。

5 几点体会

(1) 测试结果可以看出,大爆破的地震频率较低,本次大爆破的实测频率为 1.4 ~ 6.3Hz,与一般矿山台阶爆破和拆除爆破的震动主频率 10 ~ 100Hz 相比要低得多,而与自然地震的主频率 3 ~ 10Hz 非常接近。

(2) 大爆破地震的持续时间长,本次爆破实测为 1238ms,比一般岩石爆破、拆除爆破的几十~几百毫秒

要长得多,与自然地震持续时间属于同一量级。

(3) 对于条形药包大爆破而言,设计时按照萨道夫斯基公式预测地震速度要慎重,本次爆破设计预测的结果与实测结果的差异说明,在地形起伏较大的条件下,估算的结果往往不可轻信,实际情况甚至出现与估算情况相反的规律。现场的实际测定是必要的。

参 考 文 献

- 杨年华. 条形药包爆破现状与展望. 爆炸与冲击, 1994 (3)
- 边克信, 等. 条形药包大爆破设计的几个问题. 工程爆破, 1995, Vol. 1(1)
- 首钢大石河铁矿孟家沟千吨大爆破测试报告. 北京科技大学, 2002, 12