

石方控制爆破的设计原则及参数选择

铁道部第三工程局 刘宏刚

铁道部科学研究院 顾毅成

既有铁路的改建和扩建施工中,经常遇到石方开挖工程紧临运营线路,或建筑物,高压线,通讯线等重要设施,不允许采用一般爆破方法施工。

采用石方控制爆破技术,可以根据工程的环境条件及开挖要求,通过爆破设计,采取一定的技术措施,控制爆破产生的飞石、冲击波震动及其它破坏影响,保证环境的安全。

我们先后在石太线娘子关车站、白羊墅南货场、赛鱼车站,以及阳泉消防大队院内,烟台疗养院、西大洋水电站等地,采用控制爆破进行石方开挖,取得了较好效果。下面,仅就石方控制爆破的设计原则及参数选择,谈几点粗浅的看法。

一、爆破方案及规模的确定

在掌握一个石方开挖任务的目的、地形地质条件和周围环境以后,首要任务是制定一个较好的石方控制爆破方案。爆破方案一般应包括以下二个内容,

1. 选择爆破类型。一般可采用:

(1)浅眼拉槽控制爆破。适用于方量小,且面积小的工点,如赛鱼车站电气化增音室基础,烟台疗养院上下水管道沟槽爆破。

(2)梯段控制爆破。适用于地形条件好或方量较大的工点,如赛鱼车站第一期石方扩堑工程,西大洋水电站4*机组基础开挖工程。

(3)峒室控制爆破。适用于方量大且环境条件许可的工点,如赛鱼车站第二期石方扩堑工程,白羊墅南货场石方工程。

2. 确定开挖程序。

包括确定开挖工作面,应使爆破最小抵抗线指向环境安全及施工条件较好的方位;确定是否分期、分段、分层开挖,这些是编制爆破和施工组织设计的依据。

与爆破方案紧密相关的首要设计参数,是一次爆破允许的最大用药量,即爆破规模。爆破规模受到以下两个方面的制约。

1. 爆破震动对临近建筑物及设施的安全影响。

通常,由以下经验公式计算一次爆破允许的最大用药量。

$$Q = \frac{R^3}{K'} \left(\frac{Y}{K} \right)^{3/2} \quad (1)$$

式中 Q ——一次爆破允许最大用药量,公斤;

R —— 爆源中心到被保护建筑物或设施的距离, 米;

V —— 建筑物不受破坏所允许的地面最大振动速度, 对一般砖石建筑物, $V=10\sim12$ 厘米/秒; 普通路基、道床及轨上结构, $V=15$ 厘米/秒; 坚固的混凝土结构物, $V=20$ 厘米/秒;

K —— 介质系数, 与地震波传播地段及建筑物基础的地质条件有关, 对土壤, $K=200$; 对岩石, $K=30\sim70$;

α —— 震动衰减系数, 一般, 距爆源近区, 取 $\alpha=2$, 远区, 取 $\alpha=1$;

K' —— 安全系数, $K'=1\sim3$, 对古老、质量差的建筑物, 或安全要求高的设施, K' 取大值。

2. 允许的坍塌范围。爆破落石不能覆盖、挤压邻近爆区的建筑物、行车线路、通讯设施等。岩石控制爆破的坍塌宽度可按式估算:

$$L = K \cdot \sqrt{\frac{2\eta S}{\lg \theta}} \quad (2)$$

式中 L —— 包括爆破体在内的坍塌宽度;

S —— 检验断面的岩石爆破破碎面积;

η —— 松散系数, 新爆落岩石的松散系数在 $1.3\sim1.8$ 之间, 坚硬岩石取高值;

θ —— 爆堆的自然安息角, 一般为 $25^\circ\sim45^\circ$, 坚硬岩石取高值;

K —— 安全系数, 一般取 $1.1\sim1.5$, 保护对象的重要性大时取高值。

当计算的坍塌宽度不能满足条件要求, 则需进一步控制爆破规模, 减少一次爆落方量, 或采取转移坍塌方向和其他技术措施。

在考虑爆落岩石的坍塌影响时, 还应注意到可能产生的滚石影响, 必要时采取阻石和防护措施。

二、孔网参数设计

所谓孔网参数, 主要包括最小抵抗线 w , 孔距 a , 排距 b , 孔深 L 及其装药结构等, 孔网参数设计, 即药包布置是否合理, 对控制爆破效果的影响很大。下面主要列举我们在石方浅孔控制爆破布孔设计中的一些作法。

1. 最小抵抗线 w ;

浅孔钻孔直径一般为 $25\sim35$ 毫米, 最小抵抗线一般取钻孔直径的 $30\sim35$ 倍, 故最小抵抗线常取 $0.8\sim1.0$ 米。实践表明, 这一数值能较好控制飞石和破碎块度。

2. 孔距 a 和排距 b ;

合理选择孔距和排距对降低大块率, 提高石方清理速度有很大作用。

习惯的设计参数为:

$$a = w = 0.8\sim1.0 \text{ 米};$$

$$b = \frac{\sqrt{3}}{2} a = 0.7\sim0.9 \text{ 米}。$$

此种布孔方法在石方施工中易产生大块, 尤其当 $a < w$ 时, 形成切割, 大块更为突出, 给人工清除石方带来一定困难。

我们采用宽孔距布孔,并缩小排距,可以起到降低大块率的作用。

取 $a = 1.2w$, 即 $a = 1.0 \sim 1.2$ 米;

$b = 0.5a$, 即 $b = 0.5 \sim 0.6$ 米。

3. 炮孔深度 l :

合理的炮眼深度可以避免冲炮,使炸药能量得到充分的利用,保证控制爆破效果。

一般,取

$$l = (1.5 \sim 2.0)w \approx 1.2 \sim 2.0 \text{ 米}$$

在一切情况下,必须保证 $l \geq 1.2w$, 使堵塞长度 $l > w$, 否则,需调整 w , a , b 的关系重新布孔。

堵塞质量好坏,直接影响炸药的能量利用和爆破效果,当 $l > 1.5w$ 时,可用钻孔粉碴或干砂堵孔,适当捣固;当 $l < 1.5w$ 时,要用半干黄粘土严密捣实。

4. 装药结构与装药方法:

装药结构:

(1)非密实装药(或称不偶合装药):是采用小直径药卷,使药卷和炮孔壁间存在一定的空气间隙,可以减少对爆裂面的破坏。但此法辅助工作量大,工艺较复杂,并且需导爆索传爆;

(2)集中装药:操作简单方便,但易产生大块;

(3)分层装药:当 $l > (1.5 \sim 2.0)w$ 时,宜采用分层间隔装药,有利于破碎均匀,相邻两层药卷的中心距离 y 应符合下列条件,

$$0.7w \leq y \leq 1.5w$$

装药方法:

按雷管放置位置可分为正向装药和反向装药。

(1)正向装药:雷管聚能穴向下的装药为正向装药。正向装药可以减少冲炮的力量,有利于控制飞石。但在深孔中由于管道效应的影响,可能产生传爆中断现象,使孔底留下残药,影响爆破效果。

(2)反向装药:雷管放在孔底且聚能穴向上的装药为反向装药。反向装药在浅孔中易产生冲炮,在深孔中可以使炸药完全起爆,爆破效果较好。

在石方控制爆破时,浅孔以正向装药为主,深孔以反向装药为主。在装药中还要注意药卷的聚能穴方向,与传爆方向一致。

三、装药量计算

石方控制爆破装药量计算可参考以下经验公式:

1. 按孔深计算药量法:

$$l_{\text{药}} = (0.1 \sim 0.25) l$$

式中 $l_{\text{药}}$ ——装药的药卷长度,米;

l ——钻孔实际孔深,米。

注意:(1)应用此经验公式的前提是必须有正确的孔网参数设计;(2)只适用于炮眼孔径为38~42毫米的钻孔,对于普通药卷,长度0.1米的药量为100克;(3)临空面处的炮孔取

低值, 后排钻孔取高值。

这一计算方法简单方便, 易于现场工人掌握使用。但必须事先认真校核各孔的最小抵抗线, 有异常者需区别对待。

2. 梯段爆破法计算药量

$$q_1 = CKWaH$$

$$q_{后} = 1.2CKabH$$

式中 q_1 ——前排(临空面处)单孔装药量, 克/孔;

$q_{后}$ ——后排单孔装药量, 克/孔;

C ——药量控制系数, $C=0.15\sim0.30$;

K ——单位用药量, 与岩石性质有关, 见表1。

W ——最小抵抗线, 米;

a ——孔距, 米;

b ——排距, 米;

H ——梯段高度, 米。

单 位 用 药 量 K 值 表

表 1

岩 石 级 别	K (克/米 ³)	岩 石 级 别	K (克/米 ³)
I	500~1000	V	1400~1600
II	600~1100	VI	1600~1650
III	900~1300	VII	1600~1700
IV	1200~1500	VIII	1650~1750

梯段爆破法计算药量比较合理, 是设计计算的主要依据。

3. 松动爆破药量计算公式:

$$Q = (0.125 \sim 0.44) Kw^3$$

式中 Q ——单个药室的装药量, 克;

K ——单位用药量, 克/米³, 见表1;

W ——最少抵抗线, 米。

此公式是一般峒室松动爆破的常用公式, 对手风钻钻孔的梯段爆破有一定局限性。主要表现在:

(1) 梯段爆破的后排钻孔, 由于没有最小抵抗线的概念, 无法计算;

(2) 对于梯段爆破, 无法体现孔深或梯段高度对装药量的实际影响;

(3) 当抵抗线较小时, 按此式计算的药量偏小。

因此, 这一公式不宜用于钻孔的梯段控制爆破。

四、安全施工中的几个问题

1. 无地面雷管非电起爆网路

在电气化铁路运营线或高压线旁进行爆破作业,为避免杂散电流对电爆网路的安全影响,推荐采用无地面雷管的导爆管起爆网路,网路的关键是采用塑料连通管实现导爆管的分流传爆,这种连通管分分叉式与集束式二种,通过连通管,一根导爆管可以直接引爆几根导爆管,按联接的导爆管根数,连通管可分为三通,四通及五通。这种网路,增加了联结网路作业的安全性,并消除了网路中雷管飞片损伤导爆管的危险,联接采用接插式,操作简便,易于掌握。

近年来,铁道部科学研究院还研制成功塑料套管接头,不仅更为简便、经济,还可实现闭合网路,增加了网路的可靠性。

2. 安全防护与覆盖

岩石爆破时产生的个别飞石,主要由于:(1)药量偏大,个别飞石沿最小抵抗线飞出,(2)炮孔堵塞长度不足,或堵塞质量不好,引起冲炮。对于前者,主要应严格计算装药量来控制,对于后者,当堵塞长度小于1.5倍抵抗线时,应对爆破体进行必要的覆盖,防护材料以有一定弹性和重量为佳,一般以废手推车外胎编成的2平方米胶帘较好。

3. 运营线爆破安全要点

运营线路二侧的石方控制爆破,必须要保证运营线路的安全和正常行车。对于条件十分复杂及大型控制爆破,应对线路实行短时封闭,于开通前30分钟开始爆破,爆完后由工长亲自检查安全情况,确认达到放行列车条件后,由施工负责人向车站办理开通手续。对于邻近运营线路的一般控制爆破,应选择不少于20分钟的行车间隔时间进行爆破,并与车站建立电话联系,爆后立即检查线路,遇有不安全因素,要采取有效措施保证行车安全。

五、工程实例——石太线赛鱼车站

扩堑石方控制爆破

1. 工程概况

赛鱼车站东咽喉区石方扩堑工程是石太线电气化改造的控制工程之一,是石方施工最困难的地段。扩堑石方主要集中在G113+180~G113+290地段,全长110米,挖深12~20米,石方总量3.6万方,地质为页岩、砂岩间层,上部为页岩,砂岩多集中在下部。该段环境复杂,坡顶为石太线几十对通讯线路,坡脚跟部有阳泉矿务局二矿瓦斯管道和电瓶车线路,离坡脚5米处是石太正线,石太线右侧路肩上有铁路照明线,坡脚下为木材加工厂的专运线和矿用一万伏高压线,高压线下为瓦斯管道。挖方始端是二矿家属宿舍,末端处有搬道房。

根据工程实际情况,第一期工程采用手风钻钻孔梯段控制爆破方案,第二期工程采用小型峒室控制爆破方案。

下面简要介绍设计参数及爆破效果。

2. 手风钻钻孔梯段控制爆破

试验采用了二种布孔方法:

(1)常规的布孔方法。

取最小抵抗线 $W=0.6$ 米;

孔距 $a=0.6\sim0.7$ 米;排距 $b=0.6$ 米;

孔深 $l = 1.0$ 米, 梯段高度 $H = 0.9$ 米,

单位用药量 $K = 1300$ 克/米³,

药量控制系数 $c = 0.2$ 。

临空面处单孔装药量 $q_{\text{临}} = 84$ 克/孔,

在瓦斯管道没有拆除时 $q_{\text{临}}$ 的实装药量取 60 克/孔。

后排单孔装药量 $q_{\text{后}} = 1.2 q_{\text{临}} = 100$ 克/孔

(2) 大孔距布孔方法,

取 $W = 0.6$ 米, $a = 1.0$ 米, $b = 0.6$ 米,

$l = 1.3$ 米, $H = (1.1 \sim 1.2)$ 米,

$K = 1300$ 克/米³, $C = 0.2$

则: $q_{\text{临}} = 171$ 克/孔, 实装 150 克/孔,

$q_{\text{后}} = 206$ 克/孔, 实装 200 克/孔。

装药方法: 对于页岩, 因层理薄, 采取一层装药, 对砂岩, 层理一般为 1~2 米厚, 采取二层装药结构, 底部药量占 60~70%, 顶部药量占 30~40%, 底部药包采取反向装药 (雷管聚能穴向上), 顶部药包采取正向装药 (雷管聚能穴向下)。堵塞长度不小于 $1.2W$, 在爆破体上加胶帘覆盖。

爆破效果: 向上不产生飞石, 向临空面处飞石距离在 5 米以内, 采用大孔距布孔方法比常规方法大块率显著降低。

3. 小型峒室控制爆破

主要设计参数如下:

取最小抵抗线 $W = 8$ 米, 共布置二个药包, 药包间距 $a = 8$ 米。爆破岩体为砂岩, $f = 7 \sim 8$, 取 $K = 1.3$ 公斤/米³,

药量计算采用公式 $Q = CKW^3$

控制系数 $C = 0.25$,

则: $Q = 0.25 \times 1.3 \times 8^3 = 166.4$ 公斤

实际装药 170 公斤, 二个峒室共 340 公斤,

采用导爆管非电起爆网路。为不影响石太线正常行车, 利用上下行行车间隔时间 (28 分钟) 起爆。

爆破效果: 按设计范围塌落, 堆石前沿未超过新线轨道, 控制在 10 米以内。无任何飞石, 周围一切建筑物均未受任何损坏。实际爆落方量 1904 米³, 实际单位耗药量为 0.179 公斤/米³。