



# 地下开采爆破地震动安全评价

国家安监局安全科学技术研究中心 田东胜 王云海

**摘要:**介绍了爆破地震烈度和质点峰值震动速度两种对爆破地震动危害的评价方法。并结合矿山实例进行了危害性评价。

**关键词:**爆破 地震烈度 质点峰值震动速度 危害性评价

## 1 前言

表 1 爆破地震烈度表

地下矿山开采过程中,多数使用爆破法崩落矿岩。爆破时,炸药的一部分能量会转换为地震波,从爆源以波的形式向外传播,经过介质达到地表,引起地表的震动。这种地震动的强度,随着爆心距的增加而减弱。在爆区的一定范围内,当地震动达到一定的强度时,会引起地表和建筑物、构筑物不同程度的破坏。这种爆破地震动引起的各种现象及后果,称为爆破地震效应。

根据爆破地震效应领域的研究成果,本文选用地震烈度和质点峰值震动速度两种方法评价爆破地震动危害程度。

## 2 爆破地震烈度确定方法

爆破后评价地面建筑物的指标主要参数有烈度 I、谱烈度 S 和地面最大速度平均值  $\bar{V}_{max}$ 。烈度 I 表示地震时一定地点的地面震动强弱程度的尺度,是指该地点一定范围内地面震动强度的平均水平。谱烈度 S 表示了爆破地震动作用下,一般建筑物的周期从  $T_1=0.15$  到  $T_2=0.8$  秒范围内,阻尼比皆为 0.05 时的范围内,可能出现的最大速度反应的平均值。前苏联专家 C.B. 麦德维捷夫提出的三参数同比尺距 r (折算距离)之间关系是:

烈度 I (度)	震动的特征	$\bar{V}_{max}$ (cm/s)	S (cm/s)	r (m/kg <sup>1/3</sup> )
1	只有仪器才能记录到振动	<0.2	<0.2	<100
2	在静止状态下有时感觉到振动	0.2~0.4	0.3~0.6	63~100
3	一些人或知道有爆破的人感觉到振动	0.4~0.8	0.6~1.2	40~63
4	许多人注意到振动,窗户玻璃发出声响	0.8~1.5	1.2~2.5	25~40
5	粉刷的灰粉散落;欲倒塌的房屋发生破坏	1.5~3.0	2.5~5.0	16~25
6	抹灰层有细小裂缝;歪的房屋破坏	3.0~6.0	5.0~10.0	10~16
7	处于良好的房屋破坏	6.0~12.0	10.0~20.0	6.3~10
8	房屋严重破坏	12.0~24.0	20.0~40.0	4.0~6.3
9	房屋毁坏、局部倒塌	24.0~48.0	40.0~80.0	2.5~4.0
10~12	房屋大量毁坏和倒塌	>48.0	>80.0	<2.5

$$11-51 \log r \leq I \leq 12-51 \log r \quad (1)$$

$$S=315 r^{-1.5} \quad (2)$$

$$\bar{V}_{max}=190r^{-1.5} \quad (3)$$

其中, r- 折算距离, m/kg<sup>1/3</sup>, 表示为

$$r = \frac{R}{Q^{1/3}} \quad (4)$$

其中, R- 测点至爆心的距离, 单位为 m;

Q- 炸药量, 单位为 kg。

根据现场实际情况,计算出 r、s、V 值,再根据表 1 确定烈度 I,评价危险程度。



### 3 质点峰值震动速度的计算方法及评价标准

实践表明,质点峰值震动速度与建筑物的破坏程度具有较好的相关性,因此国内外普遍采用质点峰值震动速度作为安全判据。

质点峰值震动速度的计算用下式:

$$V=K\left(\frac{Q^n}{R}\right)^\alpha \quad (5)$$

式中:V—质点峰值震动速度,cm/s;

n—药包形状系数,欧美等国家的n值通常取1/2,我国和前苏联一般取1/3;

Q—最大单响段药量,kg;

R—爆心距,即测点至爆源中心距离,m;

K、 $\alpha$ —与地质条件、爆破类型及爆破参数有关的系数。

对于较重要工程,应通过现场试验确定K、 $\alpha$ 值。在没有现场试验资料的情况下,不同岩石的K、 $\alpha$ 值,可参考表2确定。

表2 不同岩性的K、 $\alpha$ 值

岩性	K	$\alpha$
坚硬岩石	50~150	1.3~1.5
中等坚硬岩石	150~250	1.5~1.8
软弱岩石	250~350	1.8~2.0

我国《爆破安全规程》(GB6722-2003)对某些建(构)筑物的允许质点峰值震动速度作了具体规定,见表3。

表3 建(构)筑物的允许质点峰值震动速度

保护对象类别	安全质点震动速度(cm/s)		
	<10Hz	10~50Hz	5~100Hz
土窑洞、土坯房、毛石房屋	0.5~1.0	0.7~1.2	1.1~1.5
一般砖房、非抗震性大型砌块建筑物	2.0~2.5	2.3~2.8	2.7~3.0
钢筋混凝土结构房屋	3.0~4.0	3.5~4.5	4.2~5.0
一般古建筑与古迹	0.1~0.3	0.2~0.4	0.3~0.5
水工隧道		7.0~15.0	
交通隧道		10.0~20.0	
矿山隧道		15.0~30.0	
水电站及发电厂中心控制室设备		5.0	
新浇筑大体积混凝土	龄期	初凝~3d	2.0~3.0
		3~7d	3.0~7.0
		7~28d	7.0~12.0

### 4 评价实例

以某实际开采矿山为例,矿体赋存在较坚硬岩石中,矿井按40m的中段划分。采用的采矿方法是中、深孔挤压爆

破留矿法。爆破采用微差爆破,微差爆破最大段炸药量为800kg。使用乳化炸药RJ-2型。爆破点距地表最短垂直距离约90m,示意图如图1所示。

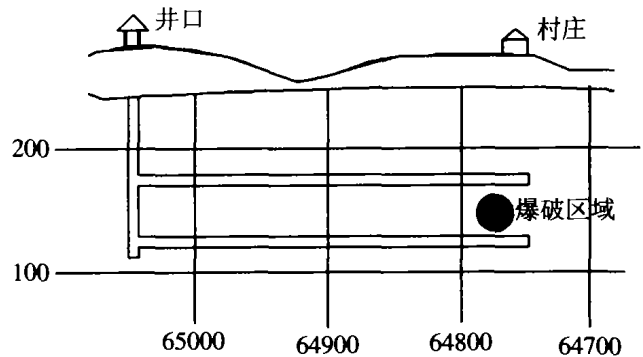


图1 开掘示意图

#### 4.1 确定爆破地震烈度

矿爆破地点距地表最近距离90m左右,最大炸药量为800kg,则R=90m,Q=800kg;按照公式4计算出折算距离r:

$$r=9.69m/kg^{1/3}$$

按照公式2计算出谱烈度s:

$$s=10.4cm/s$$

按照公式3计算出地面最大速度平均值 $\bar{v}_{max}$ :

$$\bar{v}_{max}=6.3cm/s$$

根据上述折算距离、谱烈度、地面最大速度平均值的计算结果,对照表1“爆破地震烈度表”可以看出,该矿大爆破后,产生的爆破地震烈度在7度,良好的房屋可能会被破坏。

#### 4.2 计算质点峰值震动速度

根据实例矿山实际,取R=90m,Q=800kg,n=1/3,K=250, $\alpha=1.5$ ,则按照公式5,计算出质点峰值震动速度:

$$V=4.0cm/s$$

对照表3,可以看出,该矿地下爆破时,对于一般砖房、非抗震性大型砖块建筑物,其质点峰值震动速度都超过了《爆破安全规程》中标准值,可能导致一般砖房、非抗震性大型砌块建筑物毁坏。

通过计算爆破地震烈度和质点峰值震动速度,都可以确定,该矿地下开采爆破会对地表产生破坏性影响,需要降低一次爆破药量或地面居民拆迁。

### 5 结论

对于地下开采爆破地震动,可以采用爆破地震烈度和质点峰值震动速度两种方法评价爆破地震危害后果。爆破地震烈度方法可以确定爆破后地震效应的地震烈度,结论较为直观。而质点峰值震动速度方法的判定标准在《爆破安全规程》(GB6722-2003)进行了明确,结论更具有权威性。实际应用中,两种方法可以结合起来使用。