

天荒坪抽水蓄能电站的爆破振速公式

⑧
35-37 孙小鹏 冯伯林 吕家才 陶艳芝

王金汉 刘兴昌 周四平

TV743
TV542

(河海大学 南京 210098)

(中国水利水电第十四工程局 昆明 650041)

摘要 介绍天荒坪抽水蓄能电站地下洞室爆破开挖振动测试结果,包括测点振速、振动加速度,以及根据实测振速建立的爆破振速经验公式。文中对振速公式的应用及振速波形也作了讨论。

关键词 爆破振动 振动速度 经验公式 爆破开挖 抽水蓄能电站

天荒坪抽水蓄能电站位于浙江省安吉县,装机容量 180×10^4 kW(6台机组),是我国目前最大的抽水蓄能电站,除上、下水库及其挡水建筑物外,厂房、主变室、输水系统等均位于山体之内,整个电站由许多大型地下洞室结构组成。地下厂房长200m,宽22.4m,高40m,自上至下分六层爆破开挖,厂房内吊顶小牛腿岩壁梁、岩壁吊车梁的混凝土浇筑分别于第Ⅰ、第Ⅱ层爆破开挖后进行。为确保已浇筑的吊顶小牛腿和岩壁吊车梁在厂房下层爆破开挖及相邻洞室爆破开挖时的安全,并满足施工进度要求,对爆破作业需进行精心设计和安全监测,为此,我们组织了两次现场爆破振动测试。测试任务之一是根据现场爆破振动资料确定爆破振动速度经验公式 $v = K(\sqrt[3]{Q}/R)^\alpha$ 中的系数 K 值和 α 值,为爆破开挖设计和安全控制提供依据;测试任务之二是监测吊顶小牛腿岩壁梁、岩壁吊车梁分别在厂房第Ⅱ、第Ⅲ层开挖爆破时的振动速度,及岩壁吊车梁在相邻洞室爆破开挖时的振动速度,为爆破安全评价提供数据。

1 估计爆破地震效应的经验公式

估计爆破地震的效应目前多采用振速经

验公式:

$$v = K \left(\frac{\sqrt[3]{Q}}{R} \right)^\alpha \quad (1)$$

式中 v 为爆破地震对建筑物所在地表及地基产生的质点垂直振动速度, cm/s; Q 为炸药量(齐发爆破取总装药量,延时爆破取最大一段装药量), kg; R 为从爆破地点药量分布的几何中心至观测点或被保护对象的水平距离, m; K 为与岩土性质、地形和爆破条件有关的系数; α 为爆破地震随距离衰减的系数。

振速经验公式的用途之一一是用于爆破施工设计,即在确定了被保护对象的允许质点振动速度 v 值的情况下,根据装药量 Q 求安全距离 R ,或已知 R ,求允许装药量 Q 。

振速经验公式的用途之二二是用于爆破安全评价,即由已知的装药量 Q 和距离 R ,计算被保护对象处地表的垂直振动速度 v ,并与爆破地震效应对建筑物或地基的破坏标准相对照,对被保护对象作出安全评价。

由于系数 K, α 与工程(或建筑物)所在地的地质、地形和爆破条件有关,对于不同地点的工程(或建筑物)和不同的爆破条件,显然 K, α 值是不同的。因而, K 与 α 是经验振速公式中两个待定系数,对于每一个具体振速公式而言都有一定的适用范围或适用条件。

第一作者简介:孙小鹏,男,教授级高级工程师,从事工程水力学及振动工程学研究,曾发表《压力脉动场中空化判别的概率方法》等论文。

通常根据现场爆破振动观测资料,即实测振速 v 及已知的 Q, R 和爆破条件来确定系数 K, α 值。当振动速度实测数据较多时,可采用最小二乘法求取 K 和 α 值;而振动速度实测数据较少时,也可用联立方程法求取 K 和 α 值。确定了 K 和 α 值,也就建立了一个估计爆破地震效应的具体振速经验公式。

2 爆破地震的振速规律

用于天荒坪抽水蓄能电站地下厂房爆破开挖振动测试的量测系统由传感器、电荷放大器、磁带记录仪、计算机等组成。整个量测过程可按设定程序自动完成,无需人员在爆破现场监控,并不受临时断电影响,既可量测爆破振动速度,也可量测爆破振动加速度和位移。

天荒坪抽水蓄能电站地下厂房爆破开挖现场的两次爆破振动测试结果表明,爆破中心附近(以下称爆破近区)及距爆破中心较远处(以下称爆破远区)质点振动速度的规律是不同的;前者为脉冲波;后者为地震衰减波(图1)。

天荒坪抽水蓄能电站地下厂房爆破开挖现场振动测试结果还表明:根据目前爆破地震效应的破坏标准,无法采用爆破近区实测

的 v, Q, R 等资料取得有实用价值的爆破振速经验公式;只能从爆破远区实测的 v, Q, R 等资料建立可供实用的爆破振速经验公式。

3 爆破振动测试成果及振速经验公式

天荒坪抽水蓄能电站地下厂房第一次爆破振动测试由于测点紧靠爆破开挖段,传感器又安装在已浇筑的吊顶小牛腿岩壁梁顶,测得的爆破振动速度为脉冲波,不宜用于推求振速经验公式中的系数 K 和 α 。第二次爆破振动试验共获得5组数据,爆破振动试验测点处实测最大振速 v 及加速度 a 等资料见表1,实测振速及加速度波形举例见图1。从爆破地震波的传播途径考虑,其中第4、第5两组数据的情况基本相同,因而,取这两组数据用解联立方程的方法求取 K, α 值,即令

$$\begin{cases} K(\frac{\sqrt[3]{26.61}}{57.81})^\alpha = 0.757 \\ K(\frac{\sqrt[3]{26.93}}{28.34})^\alpha = 2.163 \end{cases} \quad (2)$$

解式(2)得 $K=58.1, \alpha=1.465$,代入式(1)即得所求天荒坪抽水蓄能电站地下厂房等爆破

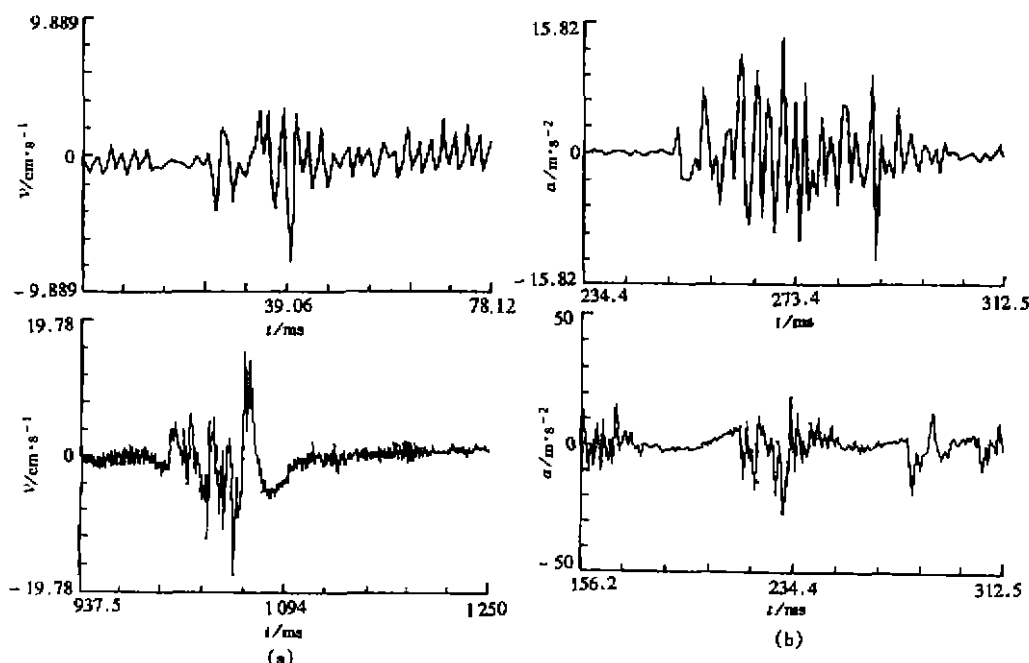


图1 第二次爆破试验部分测点垂向振速及加速度波形
(a)第4,5组速度波形;(b)第4,5组加速度波形

表 1 第二次爆破振动试验实测资料

组号	段别	各段药量 /kg	折算药量 Q/kg	R/m	垂直向 $v/\text{cm}\cdot\text{s}^{-1}$	垂直向 $a/\text{m}\cdot\text{s}^{-2}$	测点位置	爆破位置
1	MS1	3.75	3.75	87.83		1.73	主变压器运输洞上部岩壁, 坐标:厂左 $x=144.8\text{m}$; 厂下 $y=10.0\text{m}$; $EL=248.65\text{m}$	主变洞
2	MS7	21.20	21.20	83.39	0.576	7.31	与第 1 组相同	尾闸室
3	HS3	24.60	24.60	83.39	0.522	6.81	与第 1 组相同	尾闸室
4	MS2	10.80	26.61	57.81	0.757	14.20	与第 1 组相同	主变第Ⅲ层 5号母线洞
	MS6	12.30						
	MS8	8.40						
	MS10	7.50						
	MS13	17.70	26.93	28.34	2.163	34.70	主厂房Ⅱ段吊车梁上部岩壁, 坐标:厂左 $x=119.3\text{m}$; 厂下 $y=10.85\text{m}$; $EL=251.65\text{m}$	主变第Ⅲ层 6号母线洞
	MS2	1.65						
	MS3	5.85						
	MS4	9.15						
	MS6	11.10						
	MS7	6.00						
5	MS8	7.20						
	MS9	5.25						
	MS10	10.80						
	MS13	7.20						
	MS14	10.80						
	HS3	9.00						

开挖的振速经验公式:

$$v = 58.1 \left(\frac{\sqrt{Q}}{R} \right)^{1.465} \quad (3)$$

4 讨 论

衡量爆破地震强度的物理量可以用爆破引起的质点振动速度、加速度或位移,但目前多以振动速度作为判别标准。由于爆破振动破坏的复杂性,岩土介质的多变性,以及影响因素的多样性,关于爆破振动的破坏标准(或允许批准)目前尚无统一规定,这给爆破振速公式的具体应用带来一定困难,如由于允许振速把握不准,常给爆破施工和爆破安全带来影响。开展必要的现场爆破振动试验,加强爆破安全监测是目前解决这一问题的有效途径。

爆破振速公式是有具体地域特性的经验公式,它反映爆破地震随传播途径及距离的增长而衰减的规律,通常由爆破远区的振动测试数据建立,一般只能在爆破远区应用,并有具体的适用条件。

天荒坪抽水蓄能电站地下厂房的爆破开挖自上至下分六层进行,厂房吊顶小牛腿混凝土岩壁梁和吊车岩壁梁的混凝土分别于厂房上部Ⅰ、Ⅱ层爆破开挖后进行,岩壁梁的混

凝土浇筑与厂房下层的爆破开挖,在时间上几乎是并行或交叉进行的,需保护的混凝土岩壁梁与爆破开挖段在位置上几乎是上下关系,无论上下高差或水平距离都很短,被保护对象处(混凝土岩壁梁)的爆破振速为爆破近区的脉冲型(预裂爆破),在数值上远远超过现行技术手册上所规定的允许振速(远区)^[1]。在这种情况下如何评价爆破时被保护对象的安全性?现行技术手册上的这些允许振速标准在爆破近区的适用性如何?这些都是当前急待研究的课题。

天荒坪抽水蓄能电站地下厂房的爆破开挖现已完成,在爆破开挖中曾应用过本文公式(3),事后检查表明,混凝土岩壁吊车梁在厂房下层爆破开挖中是安全的,有人甚至还认为用式(3)进行爆破开挖设计偏于保守。这是爆破振速公式用于爆破近区且安全的一例,这是否意味着近区的允许振速可以较大地超过现行技术手册中的允许振速?这也是值得进一步研究的课题。

参考文献

- 1 水电建设总局. 水利水电工程施工组织设计手册(2). 北京: 水利电力出版社, 1990

(收稿日期: 1996-11-13 编辑: 许宇鹏)