

同段雷管起爆时允许误差的探讨 (2000.01)

发布时间: 2006-09-20

郭 峰

由于制造工艺等方面的问题,雷管的延期秒量存在着一定的误差,即使使用同段雷管也不能保证所有药包的同时起爆。因此,在工程爆破中表现出分段爆破的效果比同时起爆时要好。

但在工程爆破中往往有意识或无意识地采用同时起爆技术,并没有对爆破效果引起不良影响。相反有时取得了意想不到的良好爆破效果。这是由于技术的进步,雷管秒量误差已经能够控制在一定范围,基本上能够保证爆破应力波和爆轰气体的共同作用。在群药包同时起爆时,不但应力波的强度有明显增大,其作用时间也大大增加,相应的爆炸比冲量和能流密度均有所增加。即同时起爆在介质中产生的爆炸应力波作用特性均大于非同时起爆,并且起爆间隔时间越大,爆炸应力波作用越小。从而证明采用同时起爆技术可以使爆破作用同时作用于岩石,使爆炸应力波在岩石中能够相互干扰、爆轰气体能够共同作用,从而增强了爆破的作用效果。

但是在雷管的生产过程中由于各种因素的影响,必然导致雷管秒量存在着一定的秒量误差,这一误差将影响炮孔爆炸时应力波的干扰。而在同时起爆技术中特别强调“同时起爆”,以便使爆炸应力波和爆炸气体能够产生共同作用。这就需要研究雷管秒量控制在什么范围内方能认为是所有炮孔“同时起爆”。

根据随机分布理论认为雷管秒量的分布服从正态分布。即

$$T \sim N(\bar{t}, \sigma^2)$$

式中 T ---雷管的秒量分布;

\bar{t} ---雷管的平均秒量;

σ ---雷管秒量分布的均方差。

根据雷管秒量的分布概率密度可以计算出在同时起爆技术中相邻两个炮孔起爆时间误差的分布概率密度。设相邻两个炮孔的起爆时间分别是事件 T_1 和事件 T_2 , T_1 和 T_2 是相互独立的,并且均服从上述正态分布。即

$$f_1(t_1) = \frac{1}{\sqrt{2\pi} \cdot \sigma} e^{-\frac{(t_1 - \bar{t})^2}{2\sigma^2}}$$
$$f_2(t_2) = \frac{1}{\sqrt{2\pi} \cdot \sigma} e^{-\frac{(t_2 - \bar{t})^2}{2\sigma^2}}$$

☑ 相关信息 [\[更多\]](#)

[青藏铁路冻土爆破技术原则与条形药包洞室爆破山体端部药PNJ-1型炮泥机的研制与条形药包端间距的设计计算公式条形药包长抗比的提出及其作](#)

☰ 热点排行



[爆破安全规程\(GB672\)](#)
[某公司招聘爆破工程师](#)
[爆破工程技术人员](#)
[工业炸药专用术语](#)
[某公司急聘3名爆破专业工](#)
[爆破工程技术人员安全技术](#)
[爆破工程技术人员](#)
[工业炸药的主要成分有哪些](#)
[某公司急聘爆破专业工程技](#)
[中爆网简介](#)
[起爆器材专用术语](#)
[中国典型爆破工程与技术目](#)
[工业炸药](#)
[工业雷管的作用原理是什么](#)

☰ 站内搜索

输入关键字

搜索

关键字

搜索

[超值商品热卖](#) [蓝天365](#)

设两个炮孔起爆时间差(z)为事件Z, Z与T₁和T₂关系为:

$$Z = T_1 - T_2$$

即

$$T_2 = T_1 - Z$$

利用卷积公式即可得到Z的概率密度:

$$\begin{aligned} f_z(Z) &= \int_{-\infty}^{\infty} f_1(t_1) \cdot f_2(t_1 - z) dt_1 \\ &= \int_{-\infty}^{\infty} \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} e^{-\frac{(t_1-i)^2}{2\sigma^2}} \cdot \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} e^{-\frac{(t_1-i)^2}{2\sigma^2}} dt_1 \\ &= \frac{1}{2\pi\sigma^2} \int_{-\infty}^{\infty} e^{-\frac{(t_1-i)^2}{2\sigma^2} - \frac{(t_1-z-i)^2}{2\sigma^2}} dt_1 \\ &= \frac{1}{2\pi\sigma^2} \int_{-\infty}^{\infty} e^{-\frac{(t_1-i)^2 + (t_1-z-i)^2}{2\sigma^2}} dt_1 \\ &= \frac{1}{2\pi\sigma^2} \int_{-\infty}^{\infty} e^{-\frac{z^2/2 + 2(t_1-z/2-i)^2}{2\sigma^2}} dt_1 \\ &= \frac{1}{2\pi\sigma^2} \cdot e^{-\frac{z^2}{4\sigma^2}} \int_{-\infty}^{\infty} e^{-\frac{2(t_1-z/2-i)^2}{2\sigma^2}} dt_1 \\ &= \frac{1}{2\pi\sigma^2} \cdot e^{-\frac{z^2}{4\sigma^2}} \cdot \frac{\sigma}{\sqrt{2}} \cdot \sqrt{2\pi} \\ &= \frac{1}{2\sqrt{\pi}\sigma} \cdot e^{-\frac{z^2}{4\sigma^2}} \end{aligned}$$

$$\text{即 } Z \sim N(0, \sigma^2)$$

也就是说相邻两个炮孔之间起爆时间差服从正态分布, 其期望值为零, 均方差为 $2^{1/2}\sigma$ 。以此可以计算出两个炮孔“同时起爆”的概率:

$$\begin{aligned} P\{-t_u < z \leq t_u\} &= \int_{-t_u}^{t_u} f_z(z) dz \\ &= \int_{-t_u}^{t_u} \frac{1}{2\sqrt{\pi}\sigma} e^{-\frac{z^2}{4\sigma^2}} dz \\ &= \frac{1}{2\sqrt{\pi}\sigma} \int_{-t_u/\sqrt{2}\sigma}^{t_u/\sqrt{2}\sigma} e^{-\frac{z'^2}{2\sigma^2}} dz' \\ &= \frac{2}{2\sqrt{\pi}\sigma} \int_{-t_u/\sqrt{2}\sigma}^0 e^{-\frac{z'^2}{2\sigma^2}} dz' \\ &= 1 - \frac{2}{2\sqrt{\pi}\sigma} \int_{-\infty}^{-t_u/\sqrt{2}\sigma} e^{-\frac{z'^2}{2\sigma^2}} dz' \\ &= 1 - 2 \cdot \varphi\left(\frac{-t_u}{\sqrt{2}\sigma}\right) \end{aligned}$$

式中 t_u ——同时起爆要求所允许的起爆时间差;

$$z' = \frac{Z}{\sqrt{2}\sigma}$$

$\varphi(x)$ ——标准正态分布的概率密度。

为了达到“同时起爆”的目的, 在爆区中间的每块岩石4个相邻炮孔必须保证有两个以上雷管秒量差小于 t_u , 则同时起爆的概率为:

$$P = 1 - (1 - P| -t_u < z \leq t_u |)^6$$

$$= 1 - \left[2 \cdot \varphi\left(\frac{-t_u}{\sqrt{2}\sigma}\right) \right]^6$$

根据炮孔爆炸的应力波在岩石中作用时的压缩时间确定 t_u ，在炮眼爆破条件下 $t_u = 1.2$ ms实际测试国产雷管的点火时间秒量试验看出，秒量分布误差随着段数的升高相应增加。1段~2段的雷管秒量均方差小于1 ms，3段~4段雷管的秒量分布均方差在2.0 ms左右，而5段以上雷管的秒量分布均方差

均在5 ms以上。根据测试结果可以计算出 $\frac{t_u}{\sqrt{2}\sigma}$ 的数值，再通过查标准正态分布概率表即可确定各段雷管能够保证同时起爆的概率分别为大于99%、90.8%及小于60%。

由此得出结论：为了保证爆炸应力波能够充分干扰并相互作用，使岩石充分破碎，只有选择2段以下雷管才能取得可靠的爆破效果；而选择5段以上雷管则不能保证爆破效果。

通过混凝土试块模型试验来考察雷管起爆时间误差对爆破效果的影响，得到了和理论分析相同的试验结果，在试验中试块尺寸为100 cm×100 cm×40 cm，每块试件上预留4个直径20 mm的孔，孔距20 cm，最小抵抗线30 cm，每孔装药20 g，分别采用3种不同起爆方式，瞬发雷管同时起爆（各孔起爆时间误差小于5 ms）、5段、9段雷管同时起爆各孔起爆时间误差约（5~20 ms）。分析爆破结果得出：炮孔间的起爆时间差越小，爆破效果越好，同时起爆的试块在爆破后沿炮孔连线破碎中间部分略有超炸（中间为3 cm，约为10%W），其他两组的爆破边界则凹凸不平或者略有欠炸，说明高段雷管起爆比低段同时起爆时效果差。

多排炮孔同时起爆的试验结果表明，在多炮孔同时起爆时采用4段以下的雷管同时起爆，爆破效果基本相同，而采用5段以上雷管时则会出现明显的少量欠炸，采用9段以上雷管则会使爆破效果恶化，这说明高段雷管的起爆时间误差太大，不能满足同时起爆的要求。理论和试验结果均证明同时起爆必须采用低段雷管，根据国产雷管的实际情况1段~2段可靠性高，3段~4段比较可靠，5段以上雷管的可靠性比较低，不宜使用。

发表刊物：中国民用爆破器材学会第五届年会论文集。苏州，2000年元月。



责任编辑：段雅兰



评论本文：

姓名：

邮箱：

主页：

内容:



本站文章内容未经授权严禁转载、摘编、复制或建立镜像。如有违反，追究法律责任
版权所有 中国爆破网 CBSW.cn