

化爆冲击波和炮口冲击波对生物 致伤效应的对比研究

杨志焕 王正国 唐承功

(野战外科研究所, 重庆 630024)

姚德胜 陈田 刘正邦

(总参炮兵装备技术研究所, 重庆 630024)

摘要 通过 TNT 化爆和火炮现场试验,探讨了化爆冲击波和炮口冲击波的异同点。结果发现两者的频谱大致相似。但化爆冲击波只有一次激波,而炮口冲击波有两次激波,有时甚至可见到三次激波。生物效应致伤的靶器官也有所不同,化爆冲击波以肺损伤较为多见,而炮口冲击波似乎以上呼吸道更为敏感。结果提示化爆可以模拟炮口冲击波,但又不完全等同于炮口冲击波,必要的火炮现场试验是必不可少的。

关键词 化爆冲击波 炮口冲击波 频谱 靶器官

一、引言

现代化火器(如大口径火炮、肩扛反坦克武器等)出膛时的冲击波,对操作人员的健康可能有害。实验证明弱冲击波重复作用可显示累加效应,导致损伤阈值降低,程度加重^[1,2]。本研究的目的在于通过化爆和火炮现场试验,探讨化爆冲击波和炮口冲击波频谱有何异同,以及相应的连续60次爆炸(发射)后生物效应的特点。由此也为用化爆模拟炮口冲击波的方法提供可行性依据。

二、材料和方法

本研究包括化爆试验和火炮现场试验两部分。

化爆试验 绵羊21只、体重16.2~25.1kg。胸腹部剪毛,肌注安定5mg镇静后,站立固定于铁丝笼里,右侧朝向爆心。外耳道塞泡沫海绵以保护听觉器官。觉动物分别布放于离爆心14~23m的扇形线上。10kg TNT圆柱形的炸药悬挂在离地面1.25m高的铁丝上,用8号电雷管起爆,连续爆炸60次,每次爆炸间隔时间为3~6分钟,爆炸共历时3小时44分钟。爆炸同时,用美国 ENDEVCO 公司生产的8507型压阻式压力传感器和4423型信号调节器及英国 EMI 公司生产的 SE7000C/B 型磁带记录仪测量和记录冲击波的物理参数。

火炮现场试验 152mm 加榴炮一门,置于开阔地,射角为零度。绵羊7只,体重19.0~28.0kg,作与化爆试验同样处理后,布放于火炮大架后右侧距旋转中心1.5m、2.3m、4.3m和5.8m处的炮手位上。用全装药连续发射60次,发射间隔时间约为1分钟,总共历时53分

钟。发射同时用上述仪器测定和记录冲击波物理参数。

致伤后 4~13 小时,静脉注射 3% 戊巴比妥钠 (30mg/kg) 麻醉后,股动脉放血处死动物,作大体解剖,重点观察上呼吸道、肺和胃肠道的损伤。

三、结 果

(1) 冲击波频谱分析 经频谱分析(仅取炮口冲击波的第一个激波与化爆冲击波进行频谱分析),峰压和正压持续时间相同的化爆冲击波和炮口冲击波,两者的频谱大致相同。图 1 和图 2 是化爆冲击波的压力-时间变化曲线和频率谱。图 3 和图 4 是炮口冲击波的压力-时间变化曲线和频率谱。两种冲击波都在极短的正压上升时间内达到峰值,然后迅速下降。但不同的是化爆冲击波只有一次激波,而炮口冲击波多数有两次激波,有时甚至可见到三次激波。

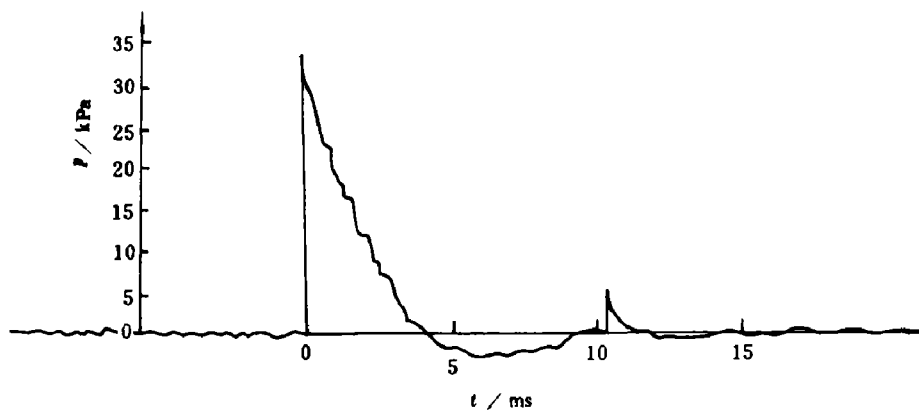


图 1 化爆冲击波的压力-时间曲线

Fig. 1 The pressure-time curves of the chemical blast wave

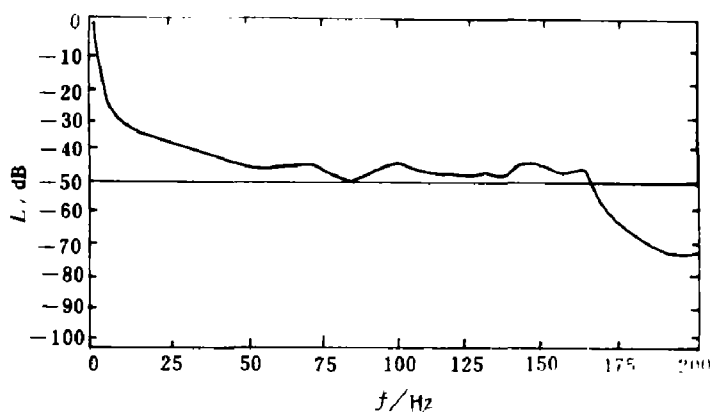


图 2 化爆冲击波的频谱

Fig. 2 The frequency spectrum of the chemical blast wave

(2) 冲击波物理参数测量结果 结果见表 1—2。60 次化爆试验超压峰值为 15.97~29.11kPa,正压作用时间为 2.4~4.2ms。随离爆心距离越远,则超压峰值下降,而正压作用时间延长。60 次火炮射击试验超压峰值为 15.29~29.01kPa,正压作用时间为 2.4~

4. 2ms。随离旋转中心越远则超压峰值下降,正压作用时间延长。

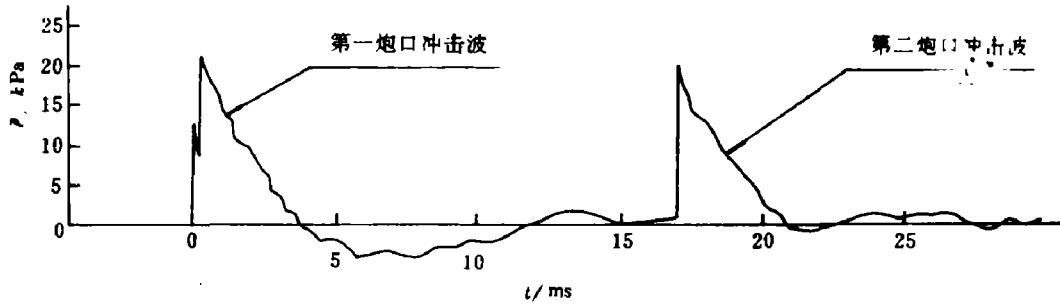


图 3 炮口冲击波的压力-时间曲线

Fig. 3 The pressure-time curves of the gun muzzle blast wave

1. First muzzle blast wave; 2. Second muzzle blast wave

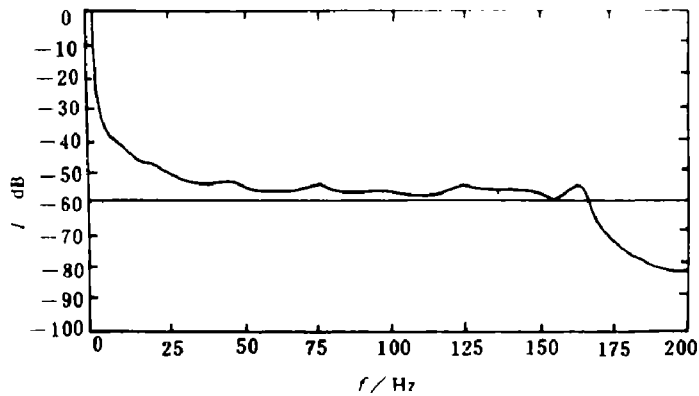


图 4 炮口冲击波的频谱

Fig. 4 The frequency spectrum of the gun muzzle blast wave

表 1 10 kg TNT 连续 60 次爆炸动物试验参数

Table 1 The experimental parameters in sheep exposed to sixty times of repeated 10kg TNT explosions

传感器号	17	10	11	12	7	8	
距离 s/m	14	14	17	17	20	20	23
峰值 p/(kPa)	29.11	29.11	22.34	20.58	17.05	17.05	15.97

注:峰值为 6 发平均值,正压作用时间为 2.4-4.2ms,正压上升时间为 5-10 μ s.

表 2 152mm 加榴炮连续 60 次发射动物试验参数

Table 2 The experimental parameters of firing 60 consecutive times from a 152 mm howitzer

传感器号	6	7	8	9	10	14	15
离旋转中心距离 s./m	3.1	3.1	4.3	4.3	5.8	1.5	1.5
峰值 p/(kPa)一次波	24.01	23.91	21.27	21.17	15.29	23.03	26.36
二次波	26.07	25.09	24.60	27.34	18.29	29.01	24.99

注:峰值为 6 发平均值,正压作用时间为 2.4-4.3ms 正压上升时间为 5-10 μ s,滞后为 1ms.

(3)大体解剖结果 大体解剖主要可见喉头和气管有点灶状和条索状出血;肺可见局灶性渗血,点灶状出血,重者可见渗血性肋间压痕;胃肠道主要表现为肠系膜有散在的点灶状出血。心、肝、脾、肾和膀胱均未见冲击伤改变。化爆试验以肺损伤更为明显,而火炮试验则以上呼吸道损伤更为明显(见表3)。

表 3 羊在 10kgTNT 连续 60 次爆炸和火炮连续 60 次发射大体解剖结果

Table 3 Gross pathological results in sheep exposed to sixty times of repeated 10·kg TNT explosions and firing 60 repeated times from a 152 mm howitzer

	动物数	上呼吸道			肺			胃肠道		
		-	±	+	-	±	+	-	±	+
化爆爆炸试验	21	12	8	1	11	7	3	14	7	0
火炮射击试验	7	3	3	1	5	2	0	5	2	0

注: -、±、+ 分别代表无伤、微伤和轻度冲击伤。

四、讨 论

鉴于火炮现场试验耗资大,且大动物布放在火炮炮手占位区的数量受限制,反复进行火炮现场试验也有一定困难。化爆则可弥补火炮现场试验的上述不足。所以一般认为,大量的研究可用化爆来模拟炮口冲击波的试验方法,而火炮现场射击试验仅作为一种最终的验证性手段。为此,必须确定出化爆与炮口冲击波参数相似性和致伤特性,但化爆冲击波和炮口冲击波在频谱和生物致伤特点方面有何异同点,文献报导不多。因而进行两者的对比研究,可进一步为用化爆模拟炮口冲击波提供可行性的依据。

我们从物理参数测试和生物效应两个方面进行了化爆冲击波和炮口冲击波的对比研究。结果发现两者的频谱大致相似,即在正压上升时间极短的时间内超压达到峰值,然后迅速下降,呈典型的爆炸波波形,特别是炮口冲击波的第一个峰同化爆冲击波极为相似。两者正压作用时间均为数毫秒的“短”作用时间。不同的是化爆冲击波为单峰,而炮口冲击波为双峰,两个峰之间的间隔时间一般为 2~3ms,有时甚至可见到三个峰,因此炮口冲击波波形比较复杂。另外,炮口冲击波近区因受盾板影响,正压上升时间缓慢,有时可达 1ms,在压力场远区,则正压上升时间同化爆相似。关于炮口冲击波产生两个波峰的机理,一般解释为第一个波峰是弹丸离开炮口后,膛内燃爆的火药气体喷出产生的冲击波,第二个波峰是由炮口喷出的火药气流在适当的环境条件下再次燃爆产生的第二次击波。^[3,4]

从生物效应的结果看,由于本研究属于低强度短时冲击波作用范畴(超压峰值低,作用时间短),因而从总体看,伤情都比较轻。但从损伤的靶器官看,两者有所不同,化爆冲击波以肺损伤较为多见,而炮口冲击波以上呼吸道更为敏感。有的学者提出弱冲击波致伤与脏器本身的特性有关。冲击波对胸腔作用主要引起自振频率较低的胸腔脏器损伤;而自振频率较高的喉和气管,其损伤可能与共振效应有关。化爆冲击波和炮口冲击波损伤的靶器官不同,是否与此有关,尚待作进一步的研究。冲击波致伤与超压峰值、冲量和暴露次数等有关。由于炮口冲击波有两个波峰,有可能使损伤加重。而盾板后正压上升时间缓慢,又有可能使伤情减轻。但这些也需要进一步的实验数据来加以证实。至于炮口冲击波两个波峰能否算作两次暴露,初步认为,对低频响应的器官只能算一次暴露,而对高频响应的器官则可按二次暴露计算,由此可以得出受同样次数(发数)效应,炮口冲击波对频响较

高的上呼吸道器官致伤作用较大的原由。

本研究结果表明:化爆冲击波同炮口冲击波既有相同之处,又各自有自身的特点,脏器损伤的敏感器官也有所不同。因而大部分试验用化爆模拟是可行的,但又不能完全代替炮口冲击波研究,必要的火炮现场试验是必不可少的。

参 考 文 献

- [1] Richmond D R et al. The biological effects of repeated blasts. D N A, 5842 F, 1981
- [2] 杨志焕等. 炮口冲击波生物效应实验研究. 创伤杂志, 1990, 6(1): 10
- [3] Yelverton J T et al. Bioeffects of simulated muzzle blasts. Proceedings of the Eighth International Symposium of Military Application of Blast Simulation. Spiez, Switzerland. June 20-24, 1983
- [4] 许厚谦等. 炮口二次燃烧的正激波点火模型. 爆炸与冲击, 1990, 10(1): 63

COMPARATIVE STUDIES ON THE BIOLOGICAL EFFECTS OF CHEMICAL EXPLOSION BLAST WAVES AND GUN MUZZLE BLAST WAVES

Yang Zhihuan Wang Zhengguo Tang Chenggong

(Research Institute of Surgery, 3rd Military Medical College, Chong Qing 630024)

Yao Desheng Chen Tian Liu Zhengbang

(Institute of Artillery Equipment Technology of the Headquarters
of the general staff, Chong Qing 630024)

ABSTRACT The differences between chemical explosion blast waves and gun muzzle blast waves were investigated by means of chemical explosion and field experiment with gun muzzle blast. The results showed that both frequency spectrums are similar, but the shock waves have only a single peak in the chemical explosion, whereas the waves have two or three peaks in gun muzzle blast waves. The effects the target organ differs for these two kinds of blast waves, the most vulnerable organ to the blast is the lung when they were exposed to the chemical explosion, while when exposed to the gun muzzle blast, the upper respiratory tract seems to have more risk of injury than the lung. The results suggest that the gun muzzle blast waves can be simulated with the chemical explosion, but chemical explosion blast waves are not completely equal to gun muzzle blast waves. Therefore, it is essential to carry out field experiment with gun muzzle blast, if it is necessary.

KEY WORDS chemical blast waves, gun muzzle blast waves, frequency spectrum, target organ