文章编号：1000-5773(2012)02-0211-05

反恐中微差控爆破门实验研究*

闫鸿浩[1]，王立鹤[1]，李晓杰[1]，王 彬[2]

(1. 大连理工大学工程力学系工业装备结构分析国家重点实验室，辽宁大连 116024；
2. 中国石油天然气股份有限公司大连石化分公司计量中心，辽宁大连 116031)

摘要：在解救人质或追捕恐怖分子时，需要利用炸药炸开门体或者墙体开辟一条快速通道，通常采用集团装药或多点药包同时起爆的方法进行爆破，但产生的冲击波超压值过高，很容易对反恐人员造成不必要的伤害。采用多点延时起爆方法进行微差控爆破门，与其它方法相比，在相同药量和距离下可以降低空气冲击波的超压峰值，从而有效避免冲击波对反恐人员的伤害。实验研究结果表明，防盗门中的膨胀螺栓可以作为破门弱点进行毁伤。通过实验，得到了破门的合理药量，利用不同药量下的冲击波超压值计算出了反恐人员的安全距离。

关键词：微差控爆；爆破；超压；安全；反恐

中图分类号：O383.3 **文献标识码**：A

1 引 言

近年来，随着国际恐怖活动的愈加猖獗，我国面临的反恐形势也日益严峻。恐怖分子常常在人口密集的地方实施暴力活动，并且以挟持人质作为主要威胁手段。反恐人员在解救人质和追捕恐怖分子时，常常被有限空间或坚固的建筑物所阻挡，需要破开门体或墙体开辟快速通道，从而争取有利时机。一般来说，在作战行动中，破门主要有撞击、切割、挤压和爆破 4 种方法。相应地，人们发明了多种工具，如：破门椎、熔断式切割器、液压剪切器、破门枪、液压胀门器、破门弹、聚能破门器等[1]。撞击、切割、挤压类工具非常沉重且携带不方便，而且一般情况下需要对门体反复作用才能破开，容易给恐怖分子留有武装准备时间；爆破类工具具有重量轻、体积小、方便快捷、能量大、效率高等优点，能够有效避免其它类型工具的缺陷。运用爆破类工具破门不仅可以瞬间炸开房门，而且爆炸时产生的巨大响声可以有效震慑房间内的歹徒，其冲击波还可以破坏门上和门后隐藏的机关陷阱[2]。目前常用的爆破类工具有 500 系列柔性突破型炸药、聚能破门器等。500 系列柔性破门炸药外面包裹着具有超强粘合能力的泡沫软管，能够以任意形状粘在任何物体表面。聚能破门器的原理是在空心炸药的内表面加上一层金属药形罩，起爆后内层金属药形罩在炸药产生的高温高压下熔化并向炸药底部运动，形成高温高压薄片状金属射流，用以直接破坏墙体、飞机舱壁和金属房门[1]。

本研究以防盗门作为爆破目标。一般防盗门有两处弱点：铰链部分和门锁部分。大多数爆破类破门工具都是根据这两处弱点研发的。但是随着防盗门技术的革新，绝大多数防盗门增加了铰链强度，并采用多锁点锁定，增强了防盗门的防爆能力；门锁部分装有防钻钢板，耐冲击力强；门板为双层钢结构，夹心层为隔噪保温层，能够有效防止聚能切割等[3]。在保证反恐人员和人质安全的前提下，用小药量炸断铰链和门锁已不太容易，因此利用连接门框和墙体的膨胀螺栓作为防盗门弱点来毁伤。

* **收稿日期**：2010-08-20；**修回日期**：2010-10-26

基金项目：公安部应用创新计划项目(2006YYCXLNST101)；大连理工大学理学学科研究基金(SFDUT07012)

作者简介：闫鸿浩(1975—)，男，博士，副研究员，博士生导师，主要从事爆炸加工、爆炸合成及工程爆破研究. E-mail：yanhh@dlut.edu.cn

采用爆破方法破门虽然有效,但也是一种危险的破门手段。炸门所需的药量需要经过严格计算,否则会因为药量过多而给反恐人员带来不必要的伤害。爆炸对反恐人员的伤害主要以冲击波的直接作用为主,此外还有噪声、爆炸碎片以及爆炸粉尘的不良影响。人们对生物受空气冲击波的影响进行了大量研究,普遍认为当冲击波超压小于 20 kPa 时对人体无器质性伤害[4-5]。本研究设计一种空中微差控爆方法,在与集团装药具有相同药量和距离的情况下,能够有效降低空气冲击波的超压峰值。

2 微差控爆方法设计

实验研究发现,在破门实验中可以通过控制同段别雷管尾部导爆管长度达到微差控爆的效果。导爆管的爆速约为 2 000 m/s,极限偏差为±50 m/s,爆速比较稳定,能够保证稳定的延时间隔[6]。设计时,将每个雷管的导爆管长度按 1.5 m 递增,炸药间的位置及各雷管导爆管长度如图 1 所示。横向相邻两个炸药之间的导爆管长度相差 1.5 m,即延迟时间约为 0.75 ms;纵向相邻两个炸药之间的导爆管长度相差 3 m,即延迟时间约为 1.5 ms。

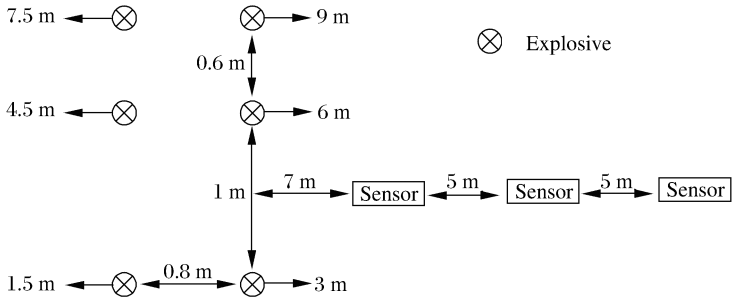


图 1 多点微差控爆破布局

Fig. 1 Multi-spot short-delay controlled blasting layout

3 螺栓断裂爆炸冲击实验

现实中防盗门的安装是将 6 个膨胀螺栓锚固在墙体中,起到固定门体的作用。防盗门中的膨胀螺栓规格为 M8 mm×100 mm,其中胀管外径为 14 mm,沉头螺栓直径为 8 mm,许用拉应力为 4.4 kN,许用剪应力为 3.3 kN。本实验中将墙体简化为一个钢架结构,采用 4.8 级 M8 六角螺栓连接门体和钢架,其中 4.8 级 M8 六角螺栓的许用拉应力和许用剪应力分别为 20.1 kN 和 4.6 kN[7-8]。可见,同规格 4.8 级六角螺栓的许用拉应力和许用剪应力大于防盗门中的膨胀螺栓。运用高强度的六角螺栓代替膨胀螺栓,可使实验结果更具有说服力。

在单螺栓断裂实验中,将小块槽型钢短边用 4.8 级 M8 六角螺栓联接到钢架上,然后用 30 g 乳化炸药进行单螺栓断裂实验,实验结果如图 2 所示。可以看出,螺栓发生断裂,失效形式为螺杆被剪断。因此,可以将膨胀螺栓作为破门弱点进行毁伤。



图 2 螺栓断裂实验结果

Fig. 2 Experimental results of bolt fracture

4　微差控爆破门实验

螺栓断裂实验已经证明,用 30 g 乳化炸药即能将单个膨胀螺栓破坏,但是考虑到现实破门时门体变形及墙体破坏需要消耗一部分能量,因此用于破门实验的单点药量要比螺栓断裂实验大得多。采用本研究设计的新方法分别进行单点 100 g 及单点 50 g 药量的 6 点微差控爆破门实验,药包为乳化炸药,垂直于门框放置在 6 个膨胀螺栓处,药包之间的相对位置以及各雷管的导爆管长度如图 1 所示。采用传感器采集数据,共 3 个通道,每个通道连接 1 台传感器,第 1 个传感器距离门体 5 m,其余间隔 5 m。

4.1　单点 100 g 药量破门实验

单点 100 g 药量破门实验效果如图 3 所示。由防盗门破坏情况可以看出,防盗门被完全破开,门板变形比较严重,门板中间两侧部位有大面积缺失,门框与门板完全分离,门板被炸出约 7 m 远,钢架也有不同程度的变形。由此可见,对于破门,100 g 乳化炸药药量有些过大,门体破坏过于严重,门体飞出距离较远,门内人质容易受到伤害。



图 3　单点 100 g 药量破门实验效果

Fig. 3　Door-explosion effect with a single point charge of 100 g

图 4 给出了空气冲击波超压曲线。传感器共采集到 4 个冲击波峰值,其中前两个峰值很小,应该是起爆端雷管造成的干扰,后两个峰值为药包产生的冲击波峰值。测量到的峰值间隔不是严格的 0.75 ms,这是由雷管本身存在的误差造成的。虽然实验达到了预期效果,但门体破坏严重,可以适当减少药量。

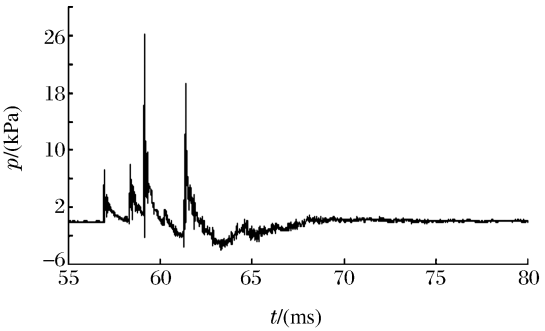


图 4　单点 100 g 药量破门实验的超压曲线

Fig. 4　Overpressure curve of door-explosion with a single point charge of 100 g

4.2　单点 50 g 药量破门实验

单点 50 g 药量破门实验效果如图 5 所示。从防盗门的破坏情况可以看出:防盗门被完全破开,6 点炸药均被引爆,门体 4 个角向内弯曲,门框与门板并没有完全脱离,门板无击穿和缺失现象,防盗门飞出 4 m 远,药量适中。单点 50 g 药量破门实验的超压曲线如图 6 所示,由图 6 可见,传感器测到 5 个明显的峰值。与单点 100 g 药量实验相同,所测峰值间隔不是严格的 0.75 ms,这是由雷管本身的误差造成的。若本研究设计的空中微差控爆技术能够推广使用,可采用高精度的电子雷管代替一般雷管。

4.3　安全距离

TNT 炸药在混凝土、岩石一类的刚性面爆炸时,可看作两倍炸药在无限空间中爆炸。于是空气超压峰值为[9]

$$\Delta p = 106\frac{\omega^{1/3}}{r} + 430\left(\frac{\omega^{1/3}}{r}\right)^2 + 1\,400\left(\frac{\omega^{1/3}}{r}\right)^3 \qquad 1 \leqslant \frac{r}{\omega^{1/3}} \leqslant 15 \tag{1}$$

式中：Δp 为空气冲击波峰值超压(kPa)，ω 为炸药质量(kg)，r 为到爆炸中心距离(m)，$\frac{r}{\omega^{1/3}}$ 为比距离。



图 5 单点 50 g 药量破门实验效果

Fig. 5 Door-explosion effect with a single point charge of 50 g

在单点 50 g 药量破门实验中，距离门体最近的传感器的 3 个峰值分别为 17.2、14.5 和 13.0 kPa，平均值为 14.9 kPa。通过对比发现：超压峰值相差较小，可以利用空气超压经验公式(1)式以及超压均值反推出 TNT 当量(约为 94 g)。普遍认为，当空气冲击波超压小于 20 kPa 时对人体无器质性伤害，因此将 TNT 当量 94 g 和超压值 20 kPa 代入(1)式，可以得到单点 50 g 乳化炸药下微差控爆破门的安全距离为 3.6 m。

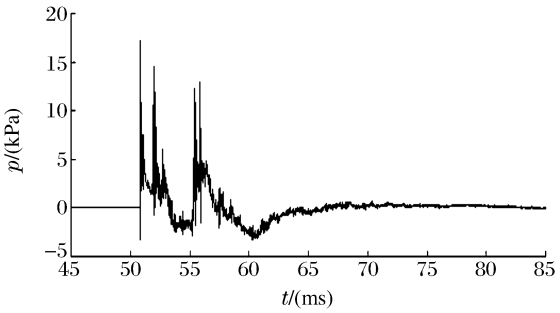


图 6 单点 50 g 药量破门实验的超压曲线

Fig. 6 Overpressure curve of door-explosion with a single point charge of 50 g

5 结 论

设计出一种空中微差控爆方法，即通过控制同段别雷管尾部导爆管的长度来达到延时起爆的目的。与集团装药和多点同时起爆方法相比，该微差控爆方法在相同药量和距离下能够降低冲击波的超压峰值，进而有效减少冲击波对反恐人员的伤害。螺栓断裂实验结果表明，防盗门的膨胀螺栓可以作为破门弱点进行毁伤。根据破门实验的破门效果以及经验公式，得到了破门的单点最佳药量为 50 g 乳化炸药，在此药量下反恐人员与门体之间的安全距离为 3.6 m。

由于研究中未考虑门和墙体的反射作用以及不同门体的差异，因此还需对该微差控爆破门技术进行深入研究，此外还需开展不同工况下的生物损伤实验。

References:

[1] Fan J T. Fast break tools [J]. Small Arms, 2003, (11): 20-21. (in Chinese)
范静涛. 美国快速破门工具 [J]. 轻兵器, 2003, (11): 20-21.

[2] Zhou X, Huangpu Y D. How to break into houses—Tactical break tools and their use [J]. Global Military, 2007, (6): 46-49. (in Chinese)
周 旋, 皇甫耀丹. 破门而入——漫谈战术破门器材及其使用 [J]. 环球军事, 2007, (6): 46-49.

[3] General Administration of Quality Supervision, Inspection and Quarantine of the People's Republic of China. GB 17565—2007 General Specification Burglary Resistant Safety Door [S]. Beijing: Standards Press of China, 2008. (in Chinese)

中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局. GB 17565—2007 防盗安全门通用技术条件 [S]. 北京:中国标准出版社,2008.

[4] Ladegaard-Pedersen A, Dally J W. A Review of Factors Affecting Damage in Blasting [M]. Baltimore, Maryland, US: University of Maryland, 1975: 148.

[5] Yang Z H, Wang Z G, Tang C G, et al. Biological effects and safety limit value of human internal organ subjected to muzzle blast waves [J]. Journal of Vibration and Shock, 1994, (4): 39-45. (in Chinese)
杨志焕,王正国,唐承功,等. 炮口冲击波的生物效应及其对人员内脏损伤的安全限值 [J]. 振动与冲击,1994,(4):39-45.

[6] Wu H M, Song J P. Suggestions to the modification of nonel tube standard [J]. Explosive Materials, 2003, 32(3): 4-6. (in Chinese)
吴红梅,宋敬埔. 对塑料导爆管标准修改的建议 [J]. 爆破器材,2003,32(3):4-6.

[7] Sun Z L, Leng X J, Wei Y G. Mechanical Design [M]. Shenyang: Northeast University Press, 2000: 49. (in Chinese)
孙志礼,冷兴聚,魏延刚. 机械设计 [M]. 沈阳:东北大学出版社,2000:49.

[8] Zhao Y G, Gao C S. Discussing about the bearing capacity of the metal expanded bolt [J]. Industrial Construction, 1993, (12): 31-34. (in Chinese)
赵允皋,高从善. 关于金属膨胀螺栓受力的商榷 [J]. 工业建筑,1993,(12):31-34.

[9] Eighth Department of Beijing Institute of Technology. Explosion and Its Action (Vol. 2) [M]. Beijing: National Defence Industry Press, 1979: 260. (in Chinese)
北京工业学院八系. 爆炸及其作用(下) [M]. 北京:国防工业出版社,1979:260.

Experimental Investigation of Door-Explosion with Short-Delay Controlled Blasting in the Counterterrorism

YAN Hong-Hao[1], WANG Li-He[1], LI Xiao-Jie[1], WANG Bin[2]

(1. *State Key Laboratory of Structural Analysis for Industrial Equipment, Department of Engineering Mechanics, Dalian University of Technology, Dalian* 116024, *China*;
2. *Metrological Center of PetroChina Dalian Petrochemical Company, Dalian* 116031, *China*)

Abstract: The counterterrorism personnel commonly use the methods of the concentrated charge and multi-spot explosion to open fast track, rescue the hostage and capture the terrorists. The peak overpressures of the blast wave produced by above two methods are very high, which may easily cause unnecessary damage to the counterterrorism personnel. A new multi-spot short-delay controlled blasting technique is proposed in this paper. The experimental results show that the expansion bolts could be considered as the weakness of the burglarproof door in the door-explosion, and the peak overpressure of shock wave is effectively reduced by this new method. Moreover, the best dosage and safe distance in the blasting are obtained.

Key words: short-delay; blasting; overpressure; safety; counterterrorism