

爆炸焊接用炸药的研究

北京理工大学 孙业斌 张守中

〔摘 要〕 本文叙述的是如何利用普通的高级炸药RDX、TNT, 经钝感处理后降低其爆速, 使之成为爆炸焊接工艺中能够应用的低爆速炸药的实验研究。测试了这种混合炸药在不同钝感剂比例、不同直径、不同厚度下的爆速, 以及在使用状态下的临界直径和临界厚度。文中还给出了这种低爆速混合炸药的工程计算方法。

An Experimental Study on The Explosives Used in Explosive Bonding

Sun Yebin, Zhang Shouzhong (Beijing Institute of Technology)

〔ABSTRACT〕 Ordinary high explosives, such as RDX and TNT, can be desensitized to reduce their detonation velocity to form low velocity explosives for use in explosive bonding. Detonation velocities of such explosive mixtures are measured at different contents of desensitizer, different charge diameter, and different charge thickness respectively. The critical diameter and critical thickness of the charge under the condition of use are also determined. Furthermore, the technical calculation method of the detonation velocity of these low velocity explosives is also given.

因为实现爆炸焊接的必要条件是 $\rho_H c_H < \rho_1 c_1 < \rho_2 c_2$ (ρ_H, ρ_1, ρ_2 分别为爆轰产物 C-J 面、复板材料及基板材料的密度; c_H, c_1, c_2 分别为爆轰产物 C-J 面、复板材料及基板材料内传播的声速), 同时, 炸药的爆速 D 与爆轰产物声阻抗的关系为^{〔1〕}

$$\lg D \propto \lg(c_H \rho_H) \quad (1)$$

所以在爆炸焊接工作中, 要求所使用炸药的爆速必须在一定范围内, 才能得到优质的焊接界面。一般在使用平行几何结构焊接时, 其炸药的爆速约为两被焊金属中声速较低的那种金属声速 $\frac{1}{2} \sim \frac{2}{3}$ ^{〔2〕}; 在采用预制角几何结构焊接时, 所用炸药的爆速约等于垂直点速度的 $\frac{1}{2} \sim \frac{2}{3}$ ^{〔3〕}。根据常用金属材料声速的统计, 在爆炸焊接中, 一般采用炸药的爆速应为 2000~3000 m/s。但是, 未经钝感处理的单体炸药 RDX、TNT, 即使在散装时的爆速也均高于此值。因此, 为满足爆炸焊接工作的需要, 就必须将炸药进行钝感处理, 使炸药的爆速符合上述范围。

目前国内爆炸焊接工作中多采用硝酸炸

药, 这种炸药具有爆速符合要求、价格便宜、使用安全等优点。但是也存在易吸潮、结块等缺点。我们在爆炸焊接中, 研究使用的炸药是向 RDX、TNT 中加入稀释剂降低其爆速的办法, 制成符合爆炸焊接要求的混合炸药。所采用的稀释剂为 N 粉。N 粉是一种惰性物质, 与炸药间相容性很好。炸药中加入 N 粉后, 既降低了原单体炸药的爆速又维持着足够的爆轰感度。经过爆炸焊接实际的应用, 取得了较好的效果。

1 原料要求

RDX: 一般采用较细颗粒的 RDX。如果颗粒较大, 为了混合均匀, 需要将 RDX 过 60# 筛, 使 RDX 颗粒为 250 μ m 以下。

TNT: 通常将片状 TNT 放入球磨机磨细, 为便于混合均匀, 将磨细的 TNT 倒出后也要过 60# 筛, 控制 TNT 的细度在 250 μ m 以下。

N 粉: 将加工好的 N 粉过筛, 其颗粒小于 250 μ m, 松装密度约为 0.2~0.4 g/cm³, 含水量 $\leq 0.4\%$ 。

2 圆柱形装药爆速的测定

将混合好的炸药装填在先做好的圆筒形外壳内,炸药自然松装,装药长度为200mm,我们测定了不同比例N粉与装药直径对炸药爆速的影响。

图1给出了装药直径为20mm,不同N粉比例条件下,RDX/N粉、TNT/N粉爆速的实测数据。从实验数据可知,随着N粉比例的增加,混合作药的爆速下降,二者大约成线性关系。对RDX来说,未加入N粉松装(自然装填)时的爆速为6500m/s;当加入30%的N粉时(质量百分数),混合炸药的爆速为3100m/s;最大可加入质量比为1/3的N粉,这时该炸药的爆速为2650m/s。对TNT炸药来说,未加入N粉、自然装填时的爆速为2700m/s,当加入质量比为10%的N粉时,混合炸药的爆速为2100m/s,加入20%的N粉时,该炸药的爆速为1540m/s。

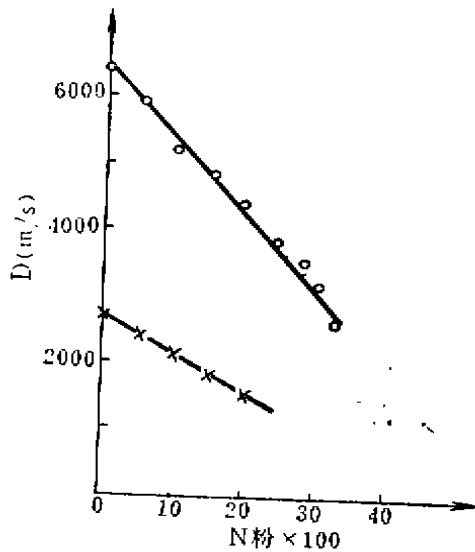


图1 N粉比例与爆速的关系
○—RDX/N粉; ×—TNT/N粉。

图2给出了80RDX/20N粉、70RDX/30N粉,80TNT/20N粉,在不同装药直径下爆速的实测数据。由实验得出,80RDX/20N粉的临界直径为12mm,极限直径为25mm;70RDX/30N粉的临界直径为16mm,极限直径为30mm,80TNT/20N粉的临界直径

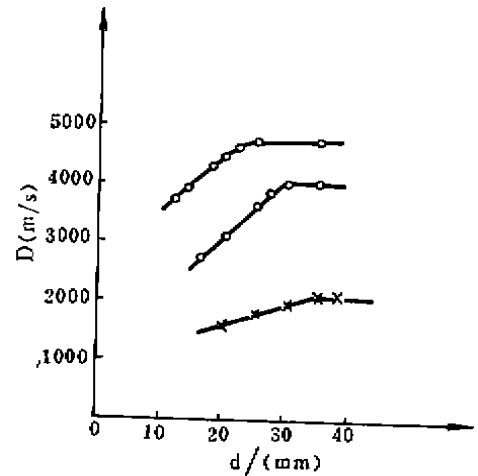


图2 爆速与装药直径的关系
○—80RDX/20N粉; □—70RDX/30N粉;
×—80TNT/20N粉。

为20mm,极限直径为38mm。

3 板式装药爆速的测定

板式装药是将混合好的炸药自然装填在预先做好的盒内,形成板状,装药长200mm。我们测定了不同N粉比例及不同装药厚度对炸药爆速的影响。

图3给出了装药厚度为20mm时,不同N粉比例条件下,RDX/N粉、TNT/N粉的

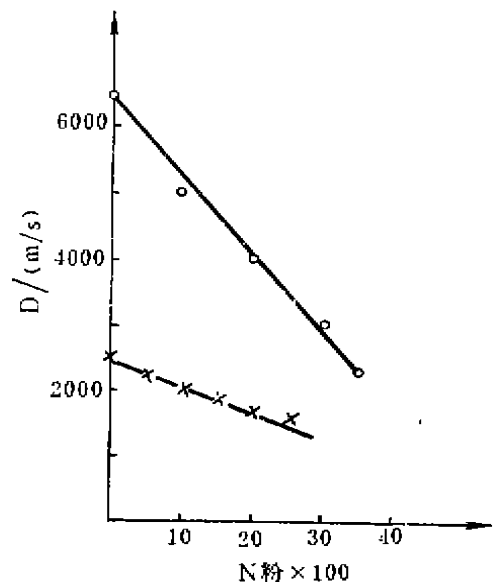


图3 装药厚度20mm时,N粉比例与爆速的关系
○—RDX/N粉; ×—TNT/N粉。

爆速实测数据。由图3可知,随着N粉比例的增加,混合炸药的爆速下降,二者也大约成线性关系。RDX内最多可加入35% (质量比)的N粉,混合炸药的爆速为2350m/s, TNT内最多可加入25% (质量比)的N粉,混合炸药的速爆为1600m/s。

图4给出了70RDX/30N粉、85TNT/15N粉、70TNT/30N粉在不同装药厚度下的爆速实测数据。由实验得出,70RDX/30N粉的临界厚度为12mm,极限厚度为27mm,85TNT/15N粉的临界厚度为10mm,极限厚度为25mm;70TNT/30N粉的临界厚度为18mm,极限厚度为35mm。

4 工程计算

实际工作中,有时往往知道了装药密度 ρ_0 和N粉的比例,那么就可以根据[4]介绍的方法求出这种炸药的爆速。但由于N粉作为添加剂占百分数较大,所以在求代表炸药组成和能量贮备示性数 ϕ 值时,采用爆炸组分与添加剂组分的 ϕ 值相合加合的方法,作为这种混合炸药的新 ϕ 值。则由[4]可知:

$$D = K \sqrt{\phi} (1 + 1.3 \rho_0) \quad (2)$$

式中 ϕ —— 炸药组成和能量贮备的示性数,由[4]求出;

ρ_0 —— 实际装填密度;

K —— 与混合炸药组成及装药尺寸有关的系数。

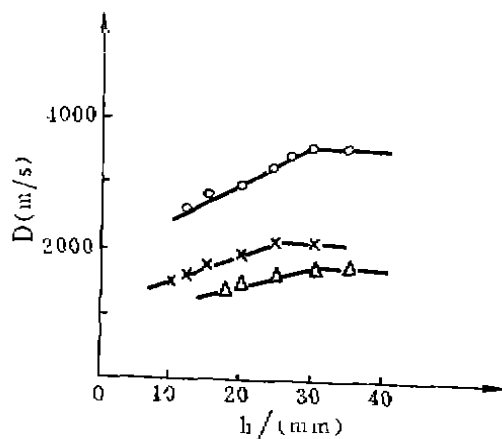


图4 装药厚度与爆速的关系
○—70RDX/30N粉; ×—85TNT/15N粉;
△—70TNT/30N粉。

系数 K 由实验确定,见图5。由装药直径为20mm、板状装药厚为20mm的实验数据经数学处理后得出:

对RDX/N粉:

$$K_{RDX} = 1.211e^{-1.84M} \quad (3)$$

相关系数 $r = 0.94$

对TNT/N粉:

$$K_{TNT} = 0.669e^{-2.24M} \quad (4)$$

相关系数 $r = 0.98$

(3)及(4)式中的 M 为N粉的比例。根据N粉的分子式 $C_{25}H_{22}O_{10}$,按文献[4]求出N粉的 ϕ 值为4.386。

这样,我们就可以将直径与高度是同一尺寸而装填密度和N粉比例不同的装药,统一按(4)式计算其爆速。而且对同一类组成的炸药,当装药直径与装药高度相同时,可使用同一 K 值。

下面将 $d = 20\text{mm}$, $h = 20\text{mm}$, $L = 200\text{mm}$ 的装药,按(4)式计算爆速的结果与实测结果列于表1、表2、表3、表4。

5 讨论

通过实验可知,在炸药中加入N粉是降低炸药爆速的一种有效方法。所制成的混合炸药爆速可控制在(1500~3000)m/s,适合于做爆炸焊接用。同时通过工程算法可以计算该种混合炸药的爆速。因此,在使用该种混合炸药对金属进行爆炸焊接时,可根据实际要求,选用不同混合比例,不同装药密度和不同装药尺寸,控制其爆速,以达到满意的焊接效果。

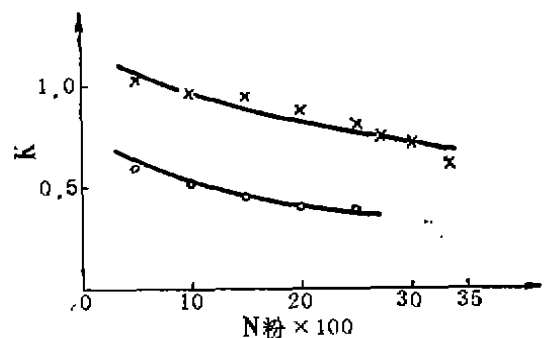


图5 $d = 20\text{mm}$, $h = 20\text{mm}$,
不同N粉比例的 K 值

液体炸药起爆弹的研究

华东工学院 金序兰 刘祖亮 吕春绪

(摘要) 本文介绍了一种新研制的NGY液体炸药起爆弹(俗称起爆包),以及用其代替TNT/RDX药柱引爆铵油炸药(ANFO)的应用研究。

A Study on The NGY Liquid Explosive Boosters

Jin Xulan, Liu Zuliang, Lu Chunxu (East China Institute of Technology)

(ABSTRACT) A newly developed NGY liquid explosive is introduced, and its use as a booster instead of ordinary TNT/RDX booster to initiate ANFO charge is also described in detail.

许多常用的工业炸药,如铵油炸药和浆状炸药等,其起爆感度低,在使用时必须经传爆药柱才能够形成稳定爆轰。工业上使用的传爆药是TNT或以TNT为主要成分的猛

表1 d=20mm,RDX/N粉爆速的计算值与实测值对比

M×100	5	10	15	20	25	27.5	30	33.5	35
$\rho_0(\text{g/cm}^3)$	0.923	0.839	0.805	0.755	0.705	0.671	0.651	0.604	0.5
D测(m/s)	5900	5290	4910	4429	3910	3518	3170	2540	拒爆
D计(m/s)	6273	5388	4767	4170	3644	3383	3170	2854	
$\Delta \times 100$	6.3	1.9	-2.9	-5.8	-6.6	-3.8	0	12.4	

表2 h=20mm,RDX/N粉爆速的计算值与实测值对比

M×100	10	20	30	35	40
$\rho_0(\text{g/cm}^3)$	0.730	0.620	0.600	0.506	0.500
D测(m/s)	4840	3762	3128	2480	熄爆
D计(m/s)	5023	3801	3057	2571	/
$\Delta \times 100$	3.9	1.0	-2.3	3.7	/

表3 d=20mm,TNT/N粉爆速的计算值与实测值对比

M×100	5	10	15	20	25	30
$\rho_0(\text{g/cm}^3)$	0.621	0.604	0.587	0.570	0.545	0.500
D测(m/s)	2420	2163	1800	1539	1490	熄爆
D计(m/s)	2372	2090	1841	1621	1419	/
$\Delta \times 100$	-2.0	-0.5	2.3	5.4	-4.8	

这种混合炸药具有下列优点:

(1)混制工艺简单易行,不受设备、场地及环境条件的限制,可以在现场现用现混。

表4 h=20mm,TNT/N粉爆速的计算值与实测值对比

M×100	5	10	15	20	25	30
$\rho_0(\text{g/cm}^3)$	0.585	0.570	0.530	0.510	0.500	0.456
D测(m/s)	2250	1950	1800	1588	1420	熄爆
D计(m/s)	2311	2038	1764	1537	1371	
$\Delta \times 100$	2.7	4.5	-2.0	-3.2	-3.5	

(2)原材料来源丰富,价格便宜。可利用装药厂、炸药厂的废药及厂内生产的N粉。

(3)装药厂及炸药厂利用废药及所生产的N粉,可以制成爆炸加工用混合炸药,变废为宝,提高经济效益。

这种混合炸药的主要缺点是装药密度不易严格控制。实验证明,在正常操作条件下稍加注意,即使装药密度有些变化,对爆炸焊接质量影响不大。

(下转第24页)

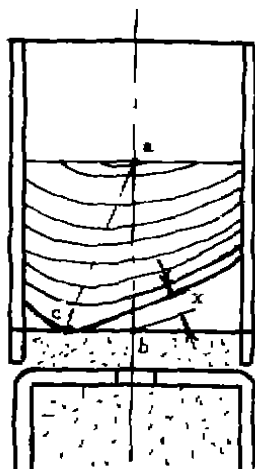


图5 凹底延期结构延期药燃烧传播途径示意图

柱高度误差的问题。主要表现在：第一，药柱底部端面出现片落现象，这是由其结构特征决定的。延期体加工时，由于压药时延期药对壳体的反作用力，很难做到药柱底面与延期壳体端面平齐，实际上药柱底面比延期

体壳端面要凸出一些，这凸出部分没有受到壳体的约束力，因而容易脱落；第二，有些脱落的药块留在模具中，压下一个延期体时，使其药块压入药柱中导致药柱叠加，这样，掉药的延期体药柱高度必然小于其标准值。药柱叠加后的高度必然大于标准值，这样必然会造成延时秒量偏高或偏低，在小批量生产产品的抽样统计中，平底结构的这种掉药或药柱偏高的延期体大约在5~15%之间。

当采用凹底结构时，就不可能产生掉药现象，因此能确保药柱高度的准确性。避免了药柱高度而引起的延时误差。

5 结论

通过上述三种延时结构的数据比较和分析，可以肯定延期体底部结构对延时精度的影响。因此，延期体结构的优化设计和研究，对提高延时精度具有重要意义。

本刊编委会部分负责同志与吉田忠雄等进行座谈

应邀担任《爆破器材》杂志顾问的日本东京大学教授吉田忠雄和田村昌三先生，于1990年10月26日下午在南京华东工学院和杂志主编汤明钧、副主编吕春绪、常务副主编胡雅君、宋敬埔就期刊工作进行了座谈。首先，由宋敬埔作简要介绍，并对吉田先生给予我们的支持和帮助表示感谢，希望进一步开拓专业领域内的合作交往，以促进两国间的信息沟通。

吉田先生颇有兴趣地了解了出版、稿源情况，还兴致勃勃地对日本《工业火药》在国内的影响及出版、发行等作了介绍。他希望通过他的努力，把《爆破器材》介绍给更多的日本朋友和国际友人。最后，共同祝愿本刊成为增进中日友谊、促成广泛合作的桥梁。

（本刊编辑部）

（上接第13页）

参 考 文 献

- | | |
|---|--|
| <p>[1] 中国科学技术大学201《爆炸焊接》小组，爆炸焊接（会议资料），1979。</p> <p>[2] Munson, W. O., Specialty explosives development, 1973.</p> | <p>[3] Ezra, A. A., 著、张铁生等译, Principle and Practise of the Metallic Explosive Working, 1985.</p> <p>[4] Kamlet, M. J., et al, J. Chem. Phys. 1968, 48 (23)</p> <p>[5] 孙业斌, 爆炸作用与装药设计, 北京: 国防工业出版社, 1987.</p> |
|---|--|