

塑料板状炸药

陈维波

(1983年12月13日收到)

塑料板状炸药具有密度均匀,爆速可调及可以裁剪成所需要的形状等特性,它是金属爆炸加工较为理想的一种炸药。本文介绍塑料板状炸药的配方,制作工艺及其在爆炸加工中的应用。

金属爆炸加工工艺,它是国内外已发展起来的一种新的金属加工方法,许多国家都在进行研究与生产,已经给金属加工工艺开辟了新的途径。

金属爆炸加工中常用散状炸药做能源,由于密度不易控制,爆速不稳定,为此研制一种密度均匀,爆速可以调整及裁剪成任意形状板状炸药,是爆炸加工提出重要的课题。

本文着重介绍塑料板状炸药配方、制作工艺及其在爆炸加工中的应用。

塑料板状炸药的主要成分为黑索金炸药,以环氧树脂做粘结剂并在其中加入固化剂,增塑剂及改性剂制成的。调整各成分比例,可以得到不同爆速的板状炸药。

塑料板状炸药曾被应用于高锰钢辙叉爆炸予硬化,从宏观硬度,显微硬度等方面分析了炸药厚度、爆炸次数等因素对高锰钢硬化效果的影响,此外还进行了爆炸予硬化高锰钢辙叉的初步铺设试验⁽¹⁾。

一、工业炸药板状现状

国内在爆炸加工中多数采用铵油炸药,2*岩石炸药及梯恩梯等做能源。由于这些散状炸药密度不易控制均匀,爆速不易调整,因此给爆炸加工成批生产造成困难。高锰钢爆炸予硬化中,要求爆速高、猛度大及临界直径小的炸药。用较小的药量能显著提高高锰钢硬度而不会引起表面龟裂。其次炸药应能制成柔软薄片,并可裁成所需要的形状,以便粘在需要硬化的表面上。

国外为了满足爆炸加工需要,各国相继对炸药做了大量的研究工作,美国杜邦公司、日本旭化成公司、英国、西德及苏联等竞相发表文章与专刊,介绍板状炸药的配方及性能。

美国杜邦公司生产EL-506A板状炸药,是以太安炸药为主要成分,用橡胶与树脂混合物做粘结剂,制成不同厚度的板状炸药。产品每张10×20平方英寸大小,撞击敏感度比较小。这种炸药已成功地应用于高锰钢爆炸予硬化。

英国的“METABLE”板状炸药、日本旭化成研制的片状炸药都与美国杜邦公司产品大同小异,这里不详细列举^(2,3,4,5)。

为了配合爆炸加工,科学院力学所已研制成功塑料板状炸药、橡胶板状炸药及泡沫板状炸药。炸药密度从0.06g/cm³至1.4g/cm³,爆速从1.5km/s增大到6.5km/s,已应用于高锰钢

爆炸予硬化，超薄金属的爆炸焊接及其它爆炸加工等领域^[6,7]。

二、塑料板状炸药配方与工艺

塑料板状炸药的主要成分为普通黑索金炸药，以环氧树脂作粘结剂并在其中加入固化剂（乙二胺或己二胺）和增塑剂及改性剂等制成。若需要降低爆速还可以加入适量的添加剂，现在介绍一种配方如表一。

表 1

原料名称	规格	配比（重量比）
黑索金	2或3级	70-80%
环氧树脂	*6101	8.6%
聚酯树脂	*304	8.6%
乙二胺	化学纯	0.3-1%
二丁酯	化学纯	1.8-2.5%

各成分主要性能简述如下：

环氧树脂

环氧树脂在板状炸药中作为粘结剂，常用的环氧树脂系由环氧氯丙烷在苛性钠溶液中缩合而成的，由于原料配比不同，可以得到不同分子量的树脂。环氧树脂具有较高的粘结力，这是因为其结构中含脂肪族羟基、醚基及环氧基的缘故。

选择什么品种的环氧树脂主要是根据爆炸加工及炸药制备工艺所提出的要求确定的。现将国产的环氧树脂主要技术指标列举在表二中。

表 2

国产牌号	国外参考牌号	软化点（℃）	环氧值（当量1/100克）
*6101	苏ЭД-6	14-22	0.40-0.47%
	美EPON-834		
*618	苏ЭД-5	液态	0.48-0.59%
	美EPON-828		
*644		15	0.45%
*634	苏ЭД-8	20-28	0.32%
	美EPON-824		

除了上述几种外，国产的环氧树脂还有*637，*601等，这些环氧树脂软化点高达60~70℃，在常温制备工艺中希望能选择软化点低的树脂。环氧树脂能溶于丙酮、酒精等溶剂中，化学安定性好，对酸碱类及其它有机溶剂有一定的抵抗能力。

聚酯树脂

聚酯树脂在塑料板状炸药中作为增韧剂，它的主要作用是使环氧树脂改性，提高它的韧性及其机械性能。

改性剂的基团能与环氧树脂起反应，组成网状结构的一部分。改性剂的种类很多如聚酯树脂，聚硫橡胶、丁腈橡胶及丁苯橡胶等。

试验中选用聚酯树脂做改性剂，目前国产聚酯树脂有*304，*301，*302等几种。

乙二胺

使环氧树脂固化（又称硬化、熟化）的物质称为固化剂。环氧树脂分子是线性的，必须用固化剂将树脂分子链端化学活泼的官能团 $-\text{CH}_2-\text{CH}_2-$ 打开，使线型环氧树脂交联成

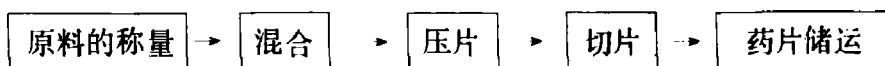
空间网状结构，从而使板状炸药具有一定的强度。

乙二胺属于常温固化剂，在室温条件下能使环氧树脂固化，试验中也用过已二胺做固化剂，也能得到满意的结果。

邻苯二甲酸二丁酯

它的作用在于增加树脂的流动性，降低树脂固化后的脆性，它是淡黄色液体，凝固点 $-6 \sim -16^\circ\text{C}$ ，它是油性无毒液体。

塑料板状炸药制备工艺大致可分为以下几个工序：



三、板状炸药性能

1. 塑料板状炸药一般性能

板状炸药是白色，不吸湿，它在水中溶解度极小。对于大部分有机溶剂不溶解，与梯恩梯作用变为鲜红色，这种炸药毒性不大，对人体作用与黑索金相当。板状炸药的柔软性取决于固化剂含量，过量固化剂制成的炸药硬而脆，不足量固化剂药团象橡皮泥似的，具有塑性，能制成各种形状。按照上述配方制作出来的板状炸药，柔软性好，可以弯曲，但这种炸药对温度较敏感，当温度低于 5°C 时，药片逐渐变硬。

2. 爆轰速度

塑料板状炸药的爆速取决于黑索金的含量与药片密度与厚度。测量所用的仪器为OK-21 高压脉冲示波器。

测量结果表明，黑索金含量80%的板状炸药爆速最大，厚度超过3mm时，达到稳定爆轰，爆速测量结果见表三。

表 3

爆速 (km/s) 炸药 含量 (%)	炸药厚度 (mm)			
	5	4	3	2
80 %	6.5	6.5	6.6	5.4
77 %	6.3	6.2	5.2	4.2
75 %	6.2	5.7	5.0	/
70 %	6.0	6.0	/	/

这里补充说明一点，若在塑料板状炸药中加入红铅粉可以大幅度降低爆速。例如70%红

铅粉加20%黑索金及10%粘结剂,测得爆速4.0km/s,此时板状炸药厚度为4 mm

3. 爆轰压力

试验中采用水箱法原理,测量水中冲击波的速度,从而求得板状炸药的C-J压强,实测结果见表四。

表 4

实验序号	炸 药			摄影参数		水介质参数		爆轰压力 (千巴)
	品种	密度 (g/cm ³)	爆速 (m/s)	速度 (m/s)	比例尺	冲击波速度 (m/s)	冲击波压力 (千巴)	
12 ^a	20/80	1.47	6580	2250	1.971	5580	130	179
14 ^a			6500			5380	119	165
21 ^a			6200			5480	125	166

用高速摄影法测量结果最大的标准误差达6%,误差的主要来源是底片角度 ϕ 的测定,若测量偏差1度,C-J压强误差值3.2~3.5%,所以这种测量方法精度差一些,但对于工业用的炸药的精度是足够了。

4. 爆轰产物有效多方指数

在爆轰过程中,多方指数可以通过近似模型所建立的经验与半经验公式计算,但是对于混合炸药很难从计算中得到确切的结果。

用实验方法测定爆轰波头后产物的多方指数 γ 值时,通常采阻抗匹配的方法,一般能得到较可靠的数据,但是这类方法测定的是爆轰波头上多方指数值。

在爆炸复合(焊接)的滑移爆轰过程中,作用在复板上的是从爆轰波压力一直衰减到几百个大气力量级的压力,它所对应的是有效多方指数 γ_0 ,因此有效 γ_0 的提出与确定具有实际意义。关于 γ_0 的确定已有专题论述⁽⁸⁾,这里只把测量结果列在表五中

表 5

炸药品种	密度 (g/cm ³)	爆速 (m/s)	飞散角 ϕ_0 (度)	γ_0	备 注
20/80 塑料板状炸药	1.47	6500	39.5	2.28	药厚 3 mm
梯 恩 梯	1.64	6950	37.3	2.4	药厚 30 mm
泡 沫 炸 药	0.2	2400	39	2.45	
6% 铵油炸药	0.62	~2000	44	~1.87	
2 ^a 岩石炸药	0.7	~2700	42.5	~1.94	

四、塑料板状炸药敏感度

炸药对外界作用敏感度,它是衡量炸药能否应用于生产与科研的重要指标,对于某一种炸药,即使它的性能很好,但由于制造与使用不安全,也会失去应用价值,因此了解塑料板状炸药对外界作用敏感度是十分重要的。它可以直接用8^o雷管或微秒雷管起爆,不需要附加

传炸药柱。由于爆轰感度大，使爆炸加工操作简化。

在垂直落锤仪上取10公斤重锤，25厘米落高做冲击实验，爆炸百分数8~28%，比黑索金感度小，接近钝化黑索金，实测的结果见表六。

表 6

序 号	炸药参数			设 备 条 件				半 爆 (%)	全 爆 (%)	撞 击 感 度 (%)
	炸 药 品 种	药 量 (克)	附 加 物 含 量 (%)	锤 重 (公斤)	落 高 (cm)	间 隙 (mm)	击 柱 倒 角 (mm)			
1 [*]	塑料板状炸药	0.03	20%	10	25	0.030-0.080	0.5-0.7	8	20	8-28
2 [*]			25%					0		20

注：2^{*}为钝化黑索金做原料

五、塑料板状炸药在爆炸加工中的应用

我们曾用塑料板状炸药做过高锰钢爆炸予硬化，并在山海关地段做铺设实验，下面着重介绍板状炸药用于高锰钢爆炸予硬化效果与国外同类型炸药的比较。从表七可以看出，塑料板状炸药予硬化效果比美国EL-506A炸药稍大一些，比英国的METABLE炸药小（两次硬化时）。

表 7

布氏硬度 爆炸次数	品 种		
	板状炸药	EL-506A	METABLE
1	403	320	379
2	426	360	465
3	461	385	/

注：原始硬度200-225布氏硬度

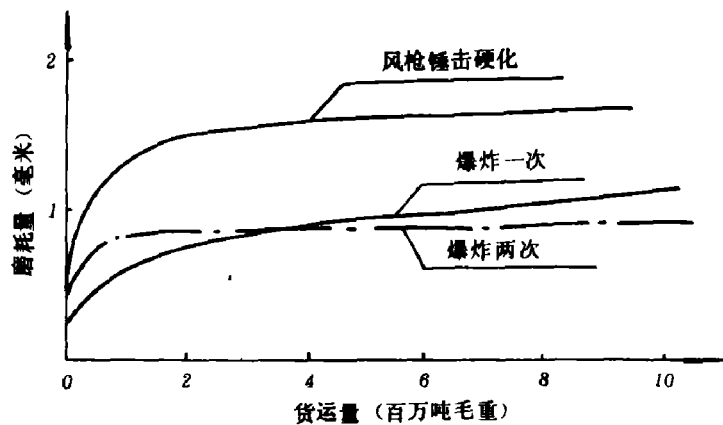


图 1 磨损曲线图

从铺设在铁路上的效果表明,爆炸予硬化后的辙叉与风枪打击予硬化比较,磨损量减少,使用寿命相应增加。

根据铁道部铁道建筑研究所过去铺设所得结果,高锰钢辙叉,每年的稳定的磨损量为0.8-1.0毫米(约通过货运量2.500万吨总量)。通过铺设实验爆炸予硬化辙叉比风枪予硬化磨损量可以减少1毫米。从图一可以看出此时磨损量已达到稳定,因此可以初步予测,爆炸予硬化的辙叉其使用寿命可以延长一年。

六、结 语

塑料板状炸药具有密度均匀,爆速可调,可以任意剪裁成所需要的形状等特性。制备塑料板状炸药,不需要复杂设备,工艺操作简单,适应我国爆炸加工场地的现状,可以就地配制就地使用。

塑料板状炸药耐寒性能差,我们已研制成功橡胶型板状炸药来弥补它的不足

参加本项工作有周一以、赵士达、张国荣等同志。

参 考 文 献

- [1] Zhao Shi-da and Chen Wei-bo. Investigation on explosive hardening of high manganese steel frogs. 5 Symposium. Explosive Working of Metals, Gottwaldov (1982).
- [2] Norman, A. M., U. S. P. 2703297 (1959).
- [3] Hopper, J. D., U. S. P. 3317361 (1967).
- [4] Hopper, J. D., U. S. P. 3400025 (1968).
- [5] 正田強, 爆発加工用爆薬の研究課題, 工業火薬協会誌, 28 (1) (1967), 68-70.
- [6] 陈维波、周一以等, 工业板状炸药的研制, 中国科学院力学所报告.
- [7] 陈维波等, 力学与实践, No. 1 (1983), 21-23.
- [8] 邵丙璞、陈维波等, 爆炸与冲击, No. 2 (1981), 30-36.

PLASTIC SHEET EXPLOSIVE

Chen Weibo

Abstract

Plastic sheet explosive has characteristics of homogeneous density, adjustable detonation velocity, and can be cut in various shapes.

It is an ideal explosive suitable for the explosive working of metals. This paper describes the composition, technology and application of this explosive.