

PBX颗粒力学性质对其撞击感度影响的初步研究

松全才 魏化震
(北京理工大学化工系)

摘要 利用自行研制的应力测试系统研究了在机械撞击作用下粉状塑料粘结炸药(PBX)的表现。结果表明,由不同的聚氨酯(PU)溶液处理黑索今(RDX)得到的混和炸药PU-RDX,在机械撞击作用下给出的应力-时间曲线是多样的。而且PU-RDX的机械撞击感度随出现第二个应力峰的时间比(指不同的PU-RDX第二应力峰出现时间和仪器在空打时相应时间比)的增大,有下降的趋势。该时间比在一定程度上代表了粉状PU-RDX的塑性。研究在机械撞击作用下PBX的应力-时间特性有助于理解钝感炸药的机理、改进有关的工艺。

关键词 RDX 撞击感度 应力-时间曲线 钝感

1. 前言

早在本世纪六十年代, Andrejev, C. 就已注意到粉状炸药颗粒间的力学性质和其撞击感度之间有一定的关系^[1], Boboliev, V., Aphanasiev, G.^[2]和Field, J.^[3]等对于在机械撞击作用下, 粉状炸药颗粒间因强迫运动形成的应力已作了相当广泛、深入的研究。研究结果表明, 在撞击作用下, 粉状颗粒间形成的应力-时间关系对于热点的生成有直接影响^[4]。对于同一种炸药来说, 如果只改变其颗粒表面的物理性质(如用塑性好的蜡类、聚合物包覆), 则可以显著的改变炸药颗粒间的力学性质, 从而影响到撞击作用下热点产生的概率。这样, 只改变颗粒表面性质, 就可以控制炸药的撞击感度。本文的目的就在于研究塑料粘结炸药(PBX)的粘结剂(聚合物)的包覆处理方法对于PBX颗粒机械力学性质的影响, 从而探讨有效钝感炸药的途径。

2. 实验部分

1. 实验仪器

将力传感器、瞬态记录仪、阴极示波器等仪器配合自行设计的撞击传感装置组成一套测定撞击作用下粉状炸药间形成的应力-时间关系的装置系统^[5]。在图1中列出了该系统的框图, 而在图2中列出撞击传感装置的示意图。利用这套系统测定了黑索今、以聚氨酯包覆而成的PU-RDX的应力-时间关系。测定时, 先用模具将样品轻轻压成小饼状, 而后放置在图2所示的位置。落锤重2 kg, 落高取25 cm。

2. 样品

RDX为工业粉状物。PU-RDX为实验室制品。将PU分别溶于四氢呋喃(THF)、二氧六环(Dioxane)、吡啶(Pyr.)及它们二元混合物中形成PU溶液。然后用该PU溶液按常见工艺制成塑料粘结炸药PU-RDX。一共制备了19种样品(参见表1, 文献[6])。

1988年10月20日收到原稿, 1989年4月10日收到修改稿。

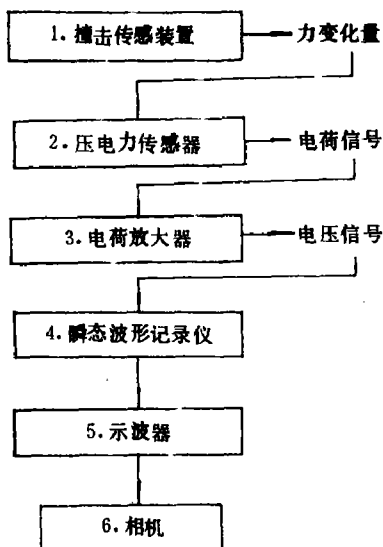


图1 测定撞击作用下粉状炸药机械力学性质的系统框图

Fig. 1 System for determining the mechanical properties of powder mixture explosives under impact

1- Impact transducing instrument; 2- Force piezocrystal transducer; 3- Electronic charge amplifier; 4- Transient recorder; 5- Cathode-ray oscillograph; 6- Camera.

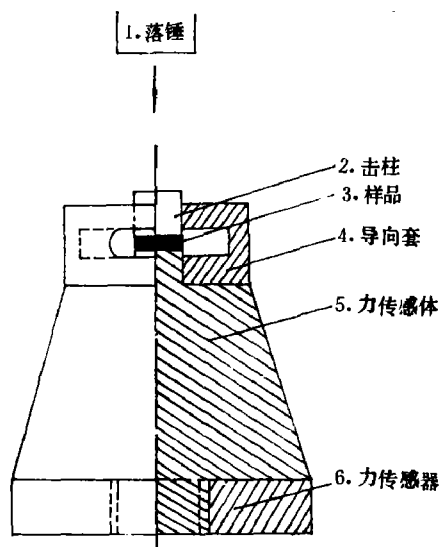


图2 撞击传感装置

Fig. 2 Instrument of impact transducer

1. Falling hammer; 2. Roll; 3. Sample-explosive; 4. Guide; 5. Body for transducing force; 6. Force transducer.

3. 实验结果

研究中所使用的各种 PU-RDX 样品具有性质不同的表面覆盖情况^{[6][8]}，在表1，图3中列出了这些样品在机械撞击作用下的应力，应力出现时间和应力—时间图形。

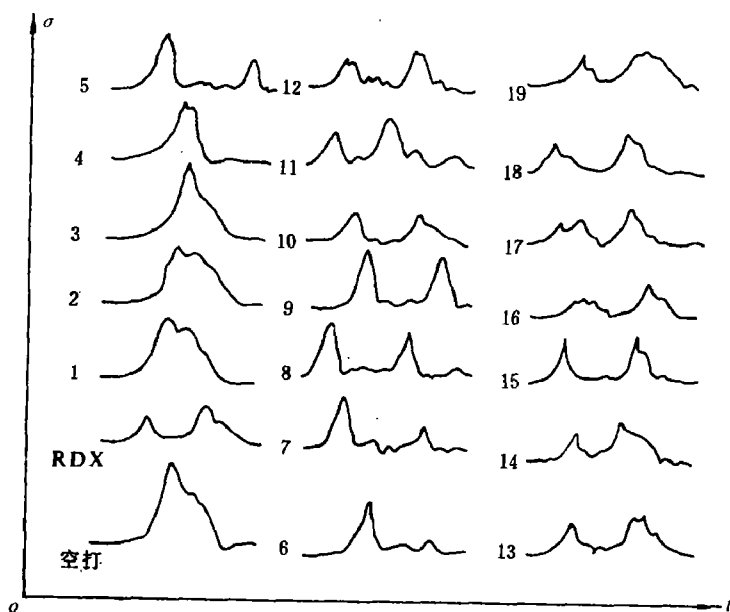


图3 RDX, PU-RDX 的应力-时间图(图中样品编号和表1同)

Fig. 3 Stress-time curve of RDX with and without PU coating under impact (the number of sample in Fig. 3 is the same as illustrated in Tab. 1)

表1 在撞击作用下, RDX、PU-RDX的应力和应力出现的时间
Table 1 The stress and the time of arising the peak for RDX, PU-RDX
under impact

样 品	制 PU 溶液 的溶剂	溶剂 体积比	F_1 /kN	t_1 / μ s	F_2 /kN	t_2 / μ s	爆炸百分** (%)	t_2/t_{20} (空打)	PU溶液的 表面张力 $\gamma/(10^{-3}\text{N/m})$
—	—		4.69	71	3.05	141	—	1.0	—
RDX	—		1.56	58	2.27	228	50	1.62	—
1*	THF		3.75	79	3.05	149	88	1.06	24.9
2	THF/Dioxane	9 : 1***	3.20	64	2.73	135	80	0.76	25.0
3	THF/Dioxane	3 : 1	4.53	105	2.19	148	66	1.05	25.6
4	THF/Dioxane	3 : 2	3.44	64	2.81	96	62	0.68	25.8
5	THF/Dioxane	1 : 1	3.52	68	1.88	254	48	1.8	26.7
6	THF/Dioxane	7 : 13	2.81	68	0.70	249	40	1.77	27.2
7	THF/Pyr	1 : 1	3.36	66	1.41	310	24	2.20	28.3
8	THF/Dioxane	1 : 3	3.59	76	3.20	307	20	2.18	28.6
9	THF/Dioxane	1 : 9	3.52	63	3.44	287	26	2.04	28.8
10	THF/Dioxane	1 : 19	1.72	90	1.79	281	22	1.99	29.1
11	Dioxane		2.11	67	2.89	224	37	1.59	30.0
12	Dioxane/Pyr	18.5 : 1.5	1.56	60	1.95	261	21	1.85	30.1
13	Dioxane/Pyr.	17.5 : 2.5	1.79	64	2.27	237	46	1.68	30.3
14	Dioxane/Pyr.	3 : 1	1.48	71	2.34	199	40	1.41	30.9
15	THF/Pyr.	1 : 3	2.58	58	2.73	256	46	1.82	31.0
16	Dioxane/Pyr.	1 : 1	1.09	64	1.88	249	34	1.77	31.4
17	Dioxane/Pyr.	1 : 3	1.17	117	2.11	252	56	1.79	32.2
18	Dioxane/Pyr.	1.5 : 18.5	1.48	46	1.95	256	52	1.81	32.7
19	Pyr.		1.88	46	2.34	229	58	1.62	33.3

注* 样品爆炸的百分数, 落锤 5 kg, 落高 25cm, ** PU-RDX样品号, 以下同, *** 溶剂体积比。

3. 结果讨论

由表1, 图3列出的研究结果看出, 当不同的粉状样品受机械撞击时, 可以在粉状样品中形成不同的应力-时间关系。在撞击装置中不放置任何样品, 也即在装置受“空打”时, 应力时间图形呈现一个形状简单波形, 峰的上升部分较陡峭, 应力很快到达极大值(时间约为70 μ s), 而后下降, 但下降部分的峰形仍有一较小的突起。这可以说是纯弹性撞击的应力-时间特性。当装置中放有不同样品时, 在撞击作用下, 全套撞击的力作用关系相当复杂, 表现为形式不同的应力-时间的图形。未经任何包覆的RDX呈现两个峰, 第一个峰高较小, 而

第二个峰高较大。其所对应的比值为 $F_1/F_2=0.69$ 。当RDX在不同PU溶液中进行表面包覆后,随着PU溶液的表面张力(γ)值的由小变大(按表1中的排列顺序^[6]),在撞击作用下,PU-RDX样品的应力-时间图改变是明显的。当PU溶液的 γ 值在 $(24\sim 26)\times 10^{-3}$ N/m时(PU-RDX样品1~4),应力图出现一个峰,只在应力下降部分有较小的突起,但是应看到峰宽和空打时有些不同。当 γ 值超过 26×10^{-3} N/m时,PU-RDX样品的应力图出现两个峰。对于感度较低的PU-RDX第8,9,10号样品来说,应力图的两个峰高近似,应力比在1左右,而两个峰间隔(表1中的 t_2-t_1)较长,约在200~240 μ s范围内。随着PU溶液 γ 值的再进一步加大,应力图形虽然基本上保持有两个峰,但是每个峰外形较复杂,且应力值变化较大。根据文献[6,7]的研究,发现在 γ 值较大($>30\times 10^{-3}$ N/m)时,PU-RDX的包覆层性质较复杂,既不均匀又不光滑,因此,这些样品表面的物理性质难于尽同,于是也就呈现出了上述图形变化。PU-RDX第18,19号样品的爆炸百分数和RDX相近,而应力图形也近似。这表明这些颗粒的力学性质近似。

由上述情况看出,对于几种感度低的样品来说(PU-RDX第8、9、10号样品),应力图形的特点是:两个应力峰形简单、应力值近似相等,两个峰出现间隔的时间约在200~240 μ s左右。

应力图形的多样性表示PU-RDX颗粒的表面塑性不同。文献[4]中详尽地分析了在撞击作用下,炸药样品飞散的性质。夹在撞击装置击柱间(参看图3)的PBX颗粒受撞击作用后飞散。当颗粒的表面塑性好,颗粒间内摩擦力较小,颗粒可以快速飞散。飞散时间,力作用关系类似于流体力学的布诺利定律所描述的情况,即流速大、压力(颗粒间的应力)小。因此,这时应力图形表现为第二个应力峰出现晚。反之,当PBX颗粒表面塑性低,不光滑时,在撞击作用下,颗粒间相对运动较困难,难于飞散。应力图形表现为第二个应力峰出现时间较短。第二应力峰的尽早出现,意味着PBX颗粒间较快地达到高应力,有利于热点的形成,容易出现爆炸。对于颗粒塑性好,表面光滑的PBX来说,这些样品受力作用后可以较高程度缓冲外力,使之难以在颗粒间形成高应力,自然不利于热点的形成。将表1中的各种样品第二应力峰出现时间和空打时相应时间比值和爆炸百分率作图,可得出一个趋势(参看图4)。即撞击感度低的PU-RDX都具有较大的 t_2/t_{20} (空打)值。正如前面已叙述过的, t_2/t_{20} (空打)的值应代表着PU-RDX颗粒的飞散性质、表面塑性。在文献[8]中已指出过,由于PU溶液的表面张力不同,PU溶液对于RDX晶体表面润湿程度也不同。 γ 值大的PU溶液不能良好润湿RDX晶体表面,电子显微镜的照片表明这种PU-RDX表面包覆粗糙、不均匀^[9],因此相应的样品如表1中样品15~19的 t_2/t_{20} (空打)值小(在1.6~1.8间),爆炸百分率也高。反之, γ 值小的PU溶液虽能良好润湿RDX表面,但是形成不了有一定厚度的PU表面膜^[8],在外力作用下,该膜脆弱易破,不能起改善RDX晶体表面塑性的作用。因此,在撞击作用下,PU-RDX的第二应力峰出现也早(如表1中样品1~6),爆炸百分数也高。只有 γ 值适当时,PU在RDX表面上形成的膜的塑性、均匀度都恰当,表现出 t_2 出现最慢、感度也最低。这样,通过对PU-RDX颗粒力学性质和PU溶液表面张力的研究可以进一步了解PU钝感RDX的最适宜条件,分析、理解聚合物钝感炸药的机理。炸药钝感机理是相当复杂的,以前的工作^[1-3]只注意到该机理的一些方面,由聚合物溶液的界面化学性质和被聚合物包覆的炸药晶体机械力学性质间联系角度探索钝感现象还只是我们所作的初步尝试。这

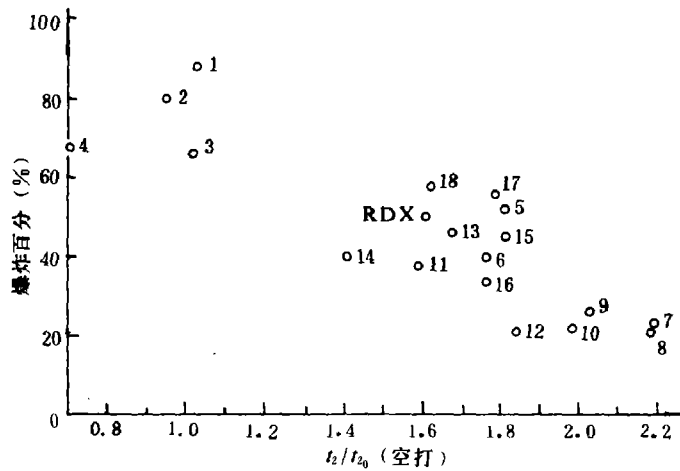


图 4 PU-RDX 撞击感度 (%) 和样品第二应力峰出现时间关系
(样品编号和表 1 相同)

Fig. 4 Time of arising the second peak of stress and impact sensitivity of PU-RDX (the number of sample in Fig. 4 is the same as illustrated in Tab. 1)

个问题还有待于进一步研究。

参 考 文 献

- [1] Андреев, К.К., Теория ВВ, Оборонгиз, Москва, (1963), 96.
- [2] Боболев, В.К., Афанасьев, Л.Т., ДАН, 136 (6) (1961), 1396; Физика Горения и Взрыва, 8 (1972), 299.
- [3] Field J., Mohan, V.K., *Combustion and Flame*, 56 (1984) 269, Field J., Swallowe G.M., Pope P.H., Palmer S.J.P., Proc. 3rd Conf. Mecha. Prop. High Rates of Strain, Oxford, (1984), 381.
- [4] 松全才, 化工通讯, 北京工业学院, 2 (1974), 50.
- [5] 松 薇, 撞击感度测试方法的改进, 北京工业学院 学士论文, (1987); 范启宏, 粉状材料机械力学性质的研究, 北京理工大学 学士论文, (1988).
- [6] 魏化震, 聚氨酯溶液与黑索今的界面性质对黑索今物化性质的影响, 北京理工大学 硕士论文, (1988).
- [7] 松全才, 魏化震, 聚氨酯溶液表面张力对以聚氨酯包覆的黑索今撞击感度的影响, 兵工学会-火炸药学会混和炸药研讨会, 湖南大庸, (1988).
- [8] 松全才, 魏化震, 聚氨酯溶液的表面张力对于聚氨酯包覆的黑索今撞击感度的影响, 兵工学报 (即发表).

PRIMARY INVESTIGATION ON THE INFLUENCE OF MECHANICAL PROPERTIES OF POWDERED PBX UPON ITS IMPACT SENSITIVITY

Song Quancai, Wei Huazhen

(Department of Chemical Engineering Beijing Institute of Technology)

ABSTRACT The stress-time behaviour of powdered plastic-bounded explosive (PBX) under mechanical impact was studied using a stress-test system developed in our laboratory. The results of investigation illustrate that PU-RDX (crystals of RDX were coated by polyurethane film from various polyurethane solution respectively in preparing PBX) may have quite different forms of stress-time curve under impact. Meanwhile the impact sensitivity of PU-RDX changes with the ratio of the time (the second peak arising time on stress-time curve of RDX with PU to that of without it). With the increase of this ratio the impact sensitivity of PU-RDX reduces. In some extent, this ratio represents the plasticity of the powdered PU-RDX. Studying the properties of stress-time curve of various PU-RDX is helpful for investigating the mechanism of desensitization of explosive and may improve the technology of preparation.

KEY WORDS impact sensitivity, stress-time curve, desensitization.