

3.2 力学性能

为了考核变温环境对 TATB 基高聚物粘结炸药力学性能的影响,在室温条件下对经热循环考核前后的 $\Phi 20\text{ mm} \times 20\text{ mm}$ 压缩试件及短哑铃拉伸试件的强度和模量进行了检测,在 $60\text{ }^\circ\text{C}$ 条件下对短哑铃试件的拉伸蠕变性能进行了测试。表 1 给出了 TATB 基高聚物粘结炸药试件在热循环试验前后的强度和模量的测试数据。

表 1 TATB 基高聚物粘结炸药在热循环试验前后的模量和强度变化

Table 1 Modulus and strength of TATB based PBX before and after thermal cycled

sample	tensile	tensile	compression	compression
	strength	modulus	strength	modulus
	/MPa	/GPa	/MPa	/GPa
fresh	8.73	6.67	30.30	6.42
11 cycle	7.69	6.27	-	-
28 cycle	6.98	6.17	29.97	4.92

从表 1 可见, TATB 基高聚物粘结炸药在经过热循环试验考核后,其强度和模量均随着循环周期的增加而呈现出降低的趋势。

图 2 给出了两发 TATB 基 PBX 炸药试件(其中一发为初始样品即未经热循环试验的试样,另一发为经热循环试验考核 11 轮的)的拉伸蠕变曲线,其蠕变温度为 $60\text{ }^\circ\text{C}$,蠕变应力为 3.4 MPa 。从图 2 可见,TATB 基高聚物粘结炸药试件在经热循环试验考核后,其蠕变断裂应变量减小、蠕变断裂时间变短。

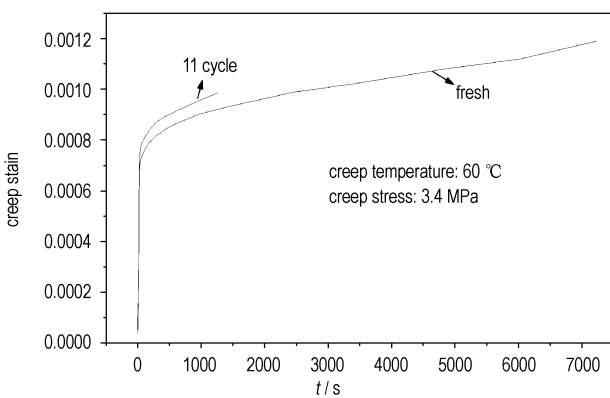
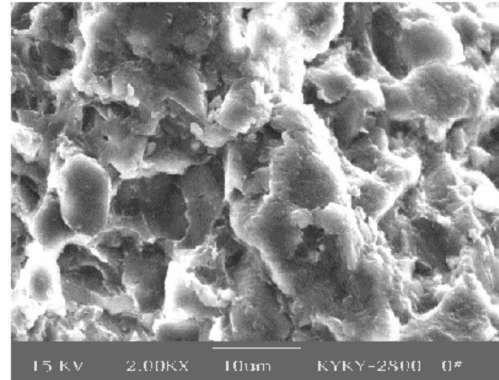


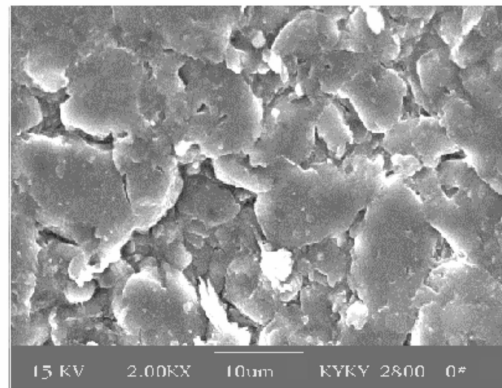
图 2 TATB 基高聚物粘结炸药试件在热循环前后的拉伸蠕变曲线

Fig. 2 Tension creep curves of TATB based PBX samples before and after thermal cycled

另外,还利用扫描电镜对热循环前后的 PBX 炸药试件的拉伸蠕变断口进行了观察,图 3 给出了两发试件拉伸蠕变断口 SEM 照片。



(a)



(b)

图 3 TATB 基 PBX 炸药试件拉伸断口的扫描电镜照片
a—初始试件,b—循环后的试件

Fig. 3 SEM photograph of TATB based PBX explosive fracture surface
a—fresh sample, b—cycled sample

从图 3 可见,这两发样品的细观形貌之间存在着较大差异,在图 3(a)中,粘结剂均呈现出被拉扯断的迹象,而在图 3(b)中,粘结剂很少被拉扯起来。我们认为,这种现象是由于 TATB 晶体和粘结剂之间的线膨胀系数之间存在差异,从而导致在热循环过程中, TATB 晶体和粘结剂之间的界面受到应力的反复作用。这种应力的反复作用将使其界面的相互作用力减弱,从而最终导致界面脱粘。正是这种界面脱粘,使 TATB 基高聚物粘结炸药在热循环试验后的力学性能出现了一定程度的下降。

3.3 爆轰性能

为考核温变环境对 TATB 基高聚物粘结炸药爆轰性能的影响,对经热循环试验考核前后的 $\Phi 20\text{ mm} \times$

20 mm 炸药试件的爆速及冲击波感度进行了测试。表3给出了热循环试验前后炸药试件的爆速变化情况。

表3 TATB 基高聚物粘结炸药热循环试验前后的爆速变化
Table 3 Detonation velocity of TATB based PBX before and after thermal cycled

sample	$v_d/\text{mm} \cdot \mu\text{s}^{-1}$	$\rho/\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$
fresh	7.528 ± 0.017	1.890 ± 0.001
11 cycle	7.529 ± 0.009	1.886 ± 0.004
20 cycle	7.521 ± 0.020	1.887 ± 0.001

从表3可见, TATB 基高聚物粘结炸药试件经过 $-40 \sim 75^\circ\text{C}$ 条件下的热循环 11 轮和 20 轮后, 其爆速并无明显变化。

PBX 试件在热循环试验前后的冲击波感度采用隔板试验进行测试, 具体方法参见国军标 GJB772A-97^[6], 测试结果见表4。

表4 TATB 基高聚物粘结炸药隔板试验测试结果
Table 4 Large gap test results of TATB based PBX

sample	$\rho/\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$	L_{50}/mm
fresh sample	1.892 ± 0.001	8.64 ± 1.24
cycled sample	1.884 ± 0.001	9.69 ± 0.64

Note: L_{50} is the gap thickness of 50% detonation.

从表4的测试数据可见, TATB 基高聚物粘结炸药在热循环后, 其 50% 爆轰的隔板厚度 L_{50} 略大于初始样品的 L_{50} , 这说明其冲击波感度在热循环后出现了一定程度的升高。我们认为, 这主要是由于 TATB 基高聚物粘结炸药经热循环试验后其内部孔隙出现了长大的缘故(表现为尺寸长大和密度下降)。

4 结论

对 TATB 基高聚物粘结炸药试件进行热循环试验的结果表明: 在热循环试验后, TATB 基高聚物粘结炸药试件的尺寸出现了一定程度的不可逆长大, 但随着循环次数的增加, 尺寸长大的速率明显变缓; 由于热循环试验对 TATB 基高聚物粘结炸药内部 TATB 颗粒和粘结剂之间界面有应力作用, 从而导致其界面作用减弱, 所以其力学性能在热循环后也出现了一定程度的下降, 如强度和模量降低、蠕变性能变差等; 另外, 由于在热循环试验过程中 TATB 基高聚物粘结炸药试件的孔隙率增大, 因而其冲击波感度也略有升高。

参考文献:

- [1] Skidmore Idar. Aging and PBX 9502[J]. *Science and Technology Review*, 1999.
- [2] 许光, 吴承云, 于荫林, 等. 混合炸药对温度渐变环境的适应性研究[J]. *火炸药学报*, 1997, (1): 15-19.
XU Guang, WU Cheng-yun, YU Yin-lin, et al. Research the adaptability of composite explosives for gradually changing temperature environment [J]. *Chinese Journal of Explosives & Propellants*, 1997, (1): 15-19.
- [3] 李玉斌, 周玉琪, 聂福德, 等. 塑料粘结 TATB 药柱的膨胀规律研究[J]. *含能材料*, 2001, 9(3): 139-141.
LI Yu-bin, ZHOU Yu-qi, NIE Fu-de, et al. Study on the growth rules of PBX TATB charges[J]. *Hanneng Cailiao*, 2001, 9(3): 139-141.
- [4] 李玉斌, 沈明, 李敬明. TATB 颗粒填充高聚物材料的热膨胀特性[J]. *含能材料*, 2003, 11(1): 24-27.
LI Yu-bin, SHEN Ming, LI Jing-ming. Thermal expansion of TATB filled polymeric material [J]. *Hanneng Cailiao*, 2003, 11(1): 24-27.
- [5] Harry F Rizzo, James R Humphrey, John R. Kolb. Growth of TATB [R]. LLL, UCRL -52662. 1979. 7.
- [6] GJB772A-97. 方法 605.1 冲击波感度 卡式隔板法[S].

Effect of Thermal Cycling Test on the Properties of TATB Based PBX

LI Jing-ming, WEN Mao-ping, HUANG Yi-min

(Institute of Chemical Materials, CAEP, Mianyang 621900, China)

Abstract: Thermal cycling tests of TATB based polymer bonded explosives (PBX) samples are undertaken at the scope from $-40 \sim 75^\circ\text{C}$. Their dimensions, mechanical properties and detonation performance are also tested before and after the thermal cycling test. The results show that the dimension of TATB based PBX increases with the increasing of cycle number, but the rate of dimension-growth reduces obviously. Because of the surface de-bonding during the thermal cycling test, its modulus, strength and creep properties decrease a little after thermal cycling test. Owing to the void growth during the thermal cycling test, its shock sensitivity increases, but its detonation velocity keeps no change.

Key words: physical chemistry; polymer bonded explosive (PBX); thermal cycling; dimension stability; mechanical property; detonation performance