

doi:10.3969/j.issn.1001-8352.2014.02.011

# 溶剂提纯对硼粉表面性能影响的研究\*

胡秀丽 周伟良 肖乐勤 管晓霞

南京理工大学化工学院(江苏南京,210094)

[摘 要] 为了提高硼系延期药的质量控制水平,分别研究了原料硼、储存硼及溶剂提纯硼的表面酸碱性、比表面积、X-射线衍射及其颗粒纯度等。结果表明:原料硼储存 315 d 后酸性杂质增多,XRD 曲线中  $B_2O_3$  衍射峰显著增强,水悬浮液 pH 值略有降低,颗粒团聚加剧,比表面积由  $13.4 \text{ m}^2/\text{g}$  减至  $10.3 \text{ m}^2/\text{g}$ ,氧化增重降低约 7%。乙醇提纯后的硼粉比表面积增至  $16.2 \text{ m}^2/\text{g}$ ,分散性提高,长期储存的硼粉经溶剂提纯后的 XRD 曲线中未观察到  $B_2O_3$  衍射峰,热氧化增重提高约 12.0%~18.5%,硼粉纯度得到一定程度的提高。

[关键词] 硼粉;杂质;提纯;稳定性

[分类号] TK407.9;TQ560.7

## 引言

硼粉因其较高的燃烧热值,广泛应用于延期药、点火药和固体推进剂<sup>[1-4]</sup>。延期药是控制时间的元件,一般由火帽火焰点燃,经过稳定燃烧来控制作用时间,以引燃或引爆序列中的下一个元件<sup>[5]</sup>。通常情况下,从延期药延期时间精度、储存期间变质与否来判断延期药的质量好坏。硼系延期药在大气压大幅度降低时能稳定地燃烧<sup>[6]</sup>,且具有延期时间精度高、延期时间短、燃烧温度高、点火能量足等优点,因此在国内受到广泛关注,在发达国家也得到较高的评价<sup>[7]</sup>。

国内外学者对硼系延期药的燃烧机理、燃烧速度等的大量研究结果表明<sup>[8-9]</sup>,硼系延期药属于微气体延期药,其燃烧通常是固态反应,固态反应受组分的表面性能(例如表面积、表面氧化程度等)的影响。现阶段,有许多研究人员从理论和实践的观点论及了延期药的燃烧及配方,但对原料的表面性能及理化性能的研究极少。硼作为硼系延期药的重要组成部分,其表面粗糙,颗粒极细,极易与空气中的水蒸气、二氧化碳等气体反应,使得硼颗粒表面产生酸性杂质  $B_2O_3$  和  $H_3BO_3$ <sup>[10-11]</sup>等,而酸能够加速化学反应,即使含量很少也会有催化作用<sup>[12]</sup>。许多种金属也容易受酸的作用发生氧化还原反应,生成金属离子和氢气。因而大多数含金属的烟火剂必须不含酸性杂质,否则可能会发生彻底的分解。而  $H_3BO_3$  是弱的固体  $H^+$  给予体<sup>[13]</sup>,因此  $H_3BO_3$  的存

在使硼系延期药的存放存在一定安全隐患。原料硼粉末及时用完、存放时间不一、材料批次差异等均会导致延期药的燃烧、点火不一致,使得延期时间精度差,给生产实践带来困难。因此,对原材料硼粉表面性能和理化性能的研究可以为硼系延期药的生产研究提供一些方便。

本文通过对硼粉悬浮液 pH 值、BET 比表面积测试、X-射线衍射及热重 TGA 的分析,研究了储存硼及溶剂提纯硼的酸碱性、比表面积及提纯前后硼粉纯度的变化,为硼系延期药的质量控制提供依据。

## 1 试验部分

### 1.1 原材料

微米硼粉:1  $\mu\text{m}$ ,纯度 94%,营口硼盛精细化工有限公司;无水乙醇:分析纯,国药集团化学试剂有限公司;乙酸乙酯:分析纯,国药集团化学试剂有限公司;去离子水。

### 1.2 样品准备

$B_0$ :未经任何处理的原料硼粉; $B_0$ -315:将原料硼粉  $B_0$  置于样品管中,密封后,置于自然环境中,存放 315 d 后的样品,其中 315 表示储存天数,以此类推。

Et-B(乙醇提纯微米硼粉)的制备:将硼粉与无水乙醇按质量分数 1:3 比例加入烧瓶,在 60  $^{\circ}\text{C}$  条件下回流搅拌 4 h,过滤,将提纯的滤饼在 60  $^{\circ}\text{C}$  烘

\* 收稿日期:2013-09-09

基金项目:装备预研重点基金

作者简介:胡秀丽(1987~),女,博士研究生,主要从事含能材料的研究。E-mail:mnhuxiuli@163.com

通信作者:周伟良(1963~),男,博导,教授,主要从事含能材料的研究。E-mail:wzzhou331@163.com

干,收集;Et-B-315 是对样品 B<sub>0</sub>-315 进行乙醇提纯后的样品。

W/A-B(去离子水/乙酸乙酯混合溶剂提纯的微米硼粉)的制备:将去离子水与乙酸乙酯按质量分数 3:1 比例进行混合后,加入一定比例的硼粉,在 65 ℃ 条件下机械搅拌混合 4h,过滤,60 ℃ 烘干,收集样品;W/A-B-315 是对样品 B<sub>0</sub>-315 进行混合溶剂提纯后的样品。

### 1.3 测试方法

悬浮液酸碱性:采用 pH211(意大利 Hanna)酸度计测得各样品去离子水悬浮液的 pH 值。去离子水悬浊液质量分数为 5%,搅拌,静置 40 min 后测定其 pH 值。测量前 pH 电极 HI1230B 采用标准液进行两点法标定,并采用可进行温度补偿的温度测量电极,排除温度变化对样品 pH 值的影响。每间隔 20 min 记录一次数据。

B<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 酸性杂质:样品的 XRD 测试采用 Bruker D8 Advance 型 X-射线衍射仪(Cu Kα 射线 λ = 0.154 nm),2θ 范围为 10°~80°。

BET 比表面积:采用氮气吸附比表面积仪 ASAP2020(美国麦克仪器公司)测试各硼样品的比表面积及孔径分布情况,90 ℃ 下恒温 720 min,脱气速率为 666.6 Pa,脱气 60 min 测得样品的比表面性能。

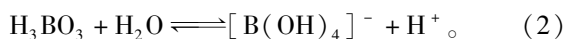
硼粉纯度分析:采用瑞士 METTLER TOLEDO STAR TGA/SDTA 851e 热重分析仪,空气氛围,流量 30 mL/min,升温速率 20 ℃/min,温度范围 50~1000 ℃,对各样品进行 TGA 试验。试验采用 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 坩埚,试样量约为 0.9~1.4 mg。

## 2 试验结果与分析

通过样品水悬浮液 pH 值、X-射线衍射、氮气吸附比表面积分析和热重分析对比,研究了储存时间对硼粉理化性能的影响;并对乙醇、水/乙酸乙酯混合溶剂等对硼提纯的效果进行了验证等。

### 2.1 水悬浮液 pH 值

硼粉表面极不规则,易与空气中的氧气、二氧化碳等反应生成 B<sub>2</sub>O<sub>3</sub>,B<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 与水反应生成酸性杂质 H<sub>3</sub>BO<sub>3</sub>,H<sub>3</sub>BO<sub>3</sub> 为一元酸,在水溶液中电离出 H<sup>+</sup>,使水溶液呈弱酸性,其反应方程式如式(1)、(2)所示。因此,可通过测试硼粉水悬浮液的 pH 来检测硼粉中含有酸性杂质的多少。



为了测试硼粉中含有的酸性杂质,将待测样品按质量分数 5% 配制水悬浮液,图 1 为样品 B<sub>0</sub>、

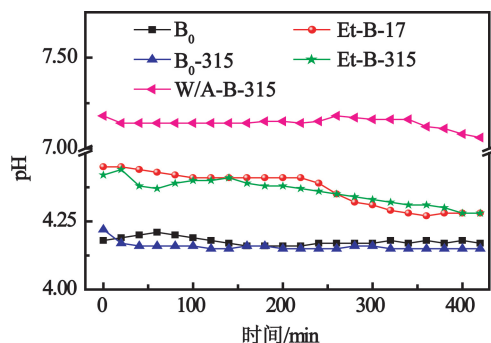


图 1 各样品硼 5% 去离子水悬浮液的 pH 值曲线

Fig. 1 pH values of the 5% aqueous suspensions of different boron samples

B<sub>0</sub>-315、Et-B-17、Et-B-315 及 W/A-B-315 共 5 个样品硼质量分数 5% 水悬浮液的 pH 曲线。

由 B<sub>0</sub>、B<sub>0</sub>-315 的 pH 曲线可知,相同的测试条件下,当硼粉 B<sub>0</sub> 存放 315 d 后,其质量分数 5% 水悬浮液的 pH 值略有降低,说明储存后硼粉中酸性物质略有增加。经乙醇提纯的样品 Et-B-17 和 Et-B-315 的 pH 均较其未处理硼 B<sub>0</sub>、B<sub>0</sub>-315 的 pH 值高,且提纯后样品 Et-B-17 和 Et-B-315 的 pH 值几乎保持一致。采用混合溶剂提纯硼 W/A-B-315 的 pH 大幅上升, pH 值约为 7。说明经溶剂提纯后的硼粉中,酸性杂质均减少,体系 pH 值上升。

### 2.2 样品 X-射线衍射分析

应用粉末 X-射线衍射对物质的晶体结构进行定性分析,能够判断样品中所含有的物质成分。因此,为进一步研究储存时间及溶剂提纯对硼粉纯度的影响,采用 X-射线衍射对各样品的组分进行分析。

图 2 为硼 B<sub>0</sub>-17 及存放 315 d 的 B<sub>0</sub>-315、醇洗硼

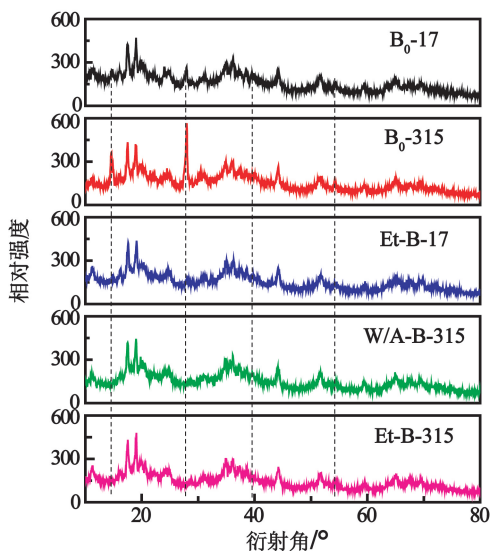


图 2 各样品硼的 XRD 图

Fig. 2 XRD patterns of each boron sample

Et-B-17 及存放 315 d 后提纯的样品 Et-B-315、水/乙酸乙酯混合溶剂提纯硼 W/A-B-315 颗粒的 X-射线衍射曲线图。

B 的衍射峰对应的衍射角  $2\theta$  为  $11.140^\circ$ 、 $17.600^\circ$ 、 $19.120^\circ$ 、 $24.019^\circ$ 、 $25.179^\circ$ 、 $36.418^\circ$ 、 $37.420^\circ$  和  $44.378^\circ$ 。 $B_2O_3$  衍射峰对应的衍射角分别为  $14.557^\circ$ 、 $27.769^\circ$ 、 $39.855^\circ$  和  $54.581^\circ$ 。由图 2 可知,样品硼  $B_0$ -17 中含有较弱的  $B_2O_3$  杂质峰,是由硼粉表面与空气中水蒸气、氧气等气体反应生成的酸性杂质导致的,此结果与图 1 中各样品的 pH 值呈酸性基本一致。 $B_0$ -315 样品硼的衍射图中对应  $B_2O_3$  的衍射峰相对于 B 的衍射峰明显增强,说明长时间的放置使得 B 表面酸性杂质增多。

经乙醇提纯、混合溶剂提纯后,硼粉中酸性杂质  $B_2O_3$  的衍射峰明显减弱,基本观察不到。不管是  $B_0$ -17 还是  $B_0$ -315,经溶剂提纯后的 XRD 谱图中均无酸性杂质衍射峰的存在,说明硼粉表面的酸性杂质能够溶于热乙醇等溶剂中。

考虑到经提纯后的硼粉制成延期药后的产品仍需经过长期储存,对于非密封型产品,仍存在硼粉被氧化的问题。因此,将溶剂提纯后的硼粉迅速采用黏结剂包裹造粒,经过 6 个月的储存后,其 XRD 曲线中没有出现  $B_2O_3$  的衍射峰<sup>[14]</sup>。由于延期药在制备过程中同样采用虫胶、乙基纤维素和火胶棉等黏结剂将硼粉与其它组分进行混合造粒,与含能黏结剂包裹硼粉的原理相似,因此,在一定程度上可以解决非密封型延期药中溶剂提纯硼粉再次被氧化的问题。

### 2.3 硼粉比表面积研究

硼系延期药属于微气体延期药,则其燃烧过程属于固态反应,硼粉的表面积、颗粒堆积情况对其燃烧性能有较大的影响。因此,探讨了储存前后样品  $B_0$ 、 $B_0$ -315 和醇洗硼 Et-B-315 样品的比表面性能及其孔径分布情况,如图 3 所示。图 4 为硼粉颗粒间发生软、硬团聚的示意图。

图 3 为氮气吸附法测得的样品  $B_0$ 、 $B_0$ -315 和 Et-B-315 样品的吸脱附等温线,该曲线的形状反映了样品硼的表面孔隙结构特征。由图 3 可见,各样品硼的吸脱附等温线形状相似,属于 BDDT 分类法中规定的 III 型等温线,说明硼粉存在中孔和大孔,所产生的孔隙为硼粉颗粒堆积产生的,滞后环的形状说明微纳米硼粉中的孔隙形状主要为具有平行板结构的狭缝孔和锥形结构的楔形孔。由图 3 中插入图可知, $B_0$  的孔径主要分布于 50 nm 以上的大孔,对应的体积占总体积的 55.21%,储存 315 d 的  $B_0$ -315

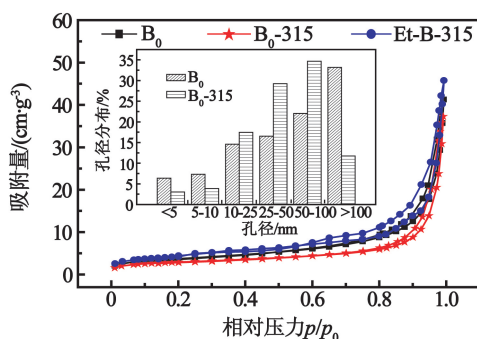
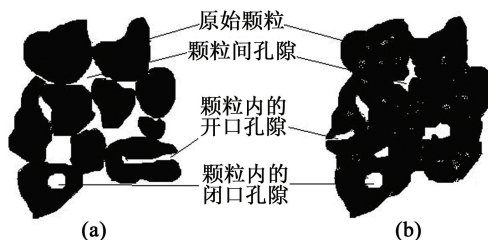


图 3 样品  $B_0$ 、 $B_0$ -315 和 Et-B-315 的等温吸脱附曲线  
Fig. 3 Isothermal adsorption and desorption curves of  $B_0$ ,  $B_0$ -315 and Et-B-315



(a) 以角-角相接的软团聚; (b) 以面-面相接的硬团聚  
图 4 硼颗粒软、硬团聚原理图

Fig. 4 Principle diagram of boron agglomeration

孔径主要分布于 25 ~ 100 nm 范围内的中大孔,占总体积的 64.0%,比表面积由  $13.4 \text{ m}^2/\text{g}$  降低至  $10.3 \text{ m}^2/\text{g}$ ,是由于硼粉表面久置而与水、氧气发生反应,产生硼酸,颗粒与颗粒之间产生氢键、吸附液桥或其它化学键作用,导致硼粉颗粒之间的黏附团聚,形成部分开孔或闭孔,如图 4 所示,使其孔径变小、比表面积降低。

乙醇提纯硼 Et-B-315 的 BET 比表面积由  $10.3 \text{ m}^2/\text{g}$  增大至  $16.2 \text{ m}^2/\text{g}$ ,这是因为提纯后,长期储存的硼粉表面酸性杂质被清洗掉,使其颗粒间的软、硬团聚部分消除,使分散性变好,比表面积增大。

### 2.4 硼粉纯度分析

经以上分析可知,储存时间、溶剂提纯等均对硼粉表面酸性杂质有一定的影响,因此采用热重分析法展开了对原料硼粉分别存放 100 d、315 d 和 455 d 的  $B_0$ -100、 $B_0$ -315 和  $B_0$ -455、乙醇提纯硼 Et-B-315 及水/乙酸乙酯混合溶剂提纯硼 W/A-B-315、W/A-B-342 中硼粉纯度的研究,结果如图 5 所示,表 1 给出了各样品的热分析参数。

为便于讨论,将样品起始质量分数记为  $M_0$ ,将测试最低点的质量分数记为  $M_{\min}$ ,其对应的温度为  $T_{\min}$ ;最大质量分数  $M_{\max}$  为热分析终点前质量分数。

由图 5 和表 1 可知各样品硼的热重分析均分为 3 个阶段。未经提纯处理的原料硼  $B_0$ -100、 $B_0$ -315 和  $B_0$ -455 样品的 TGA 曲线中均有一个失重阶段,



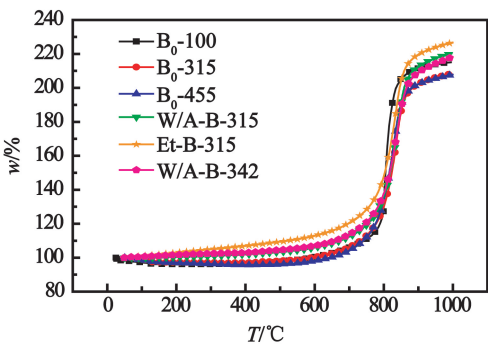


图 5 不同样品的 TGA 曲线

Fig.5 TGA curves of different samples

表 1 各样品的热分析参数

Tab.1 Thermogravimetric analysis parameters of samples

序号	名称	$M_o/\%$	$M_{min}/\%$	$T_{min}/^{\circ}\text{C}$	$M_{max}/\%$
1	B <sub>0</sub> -100	100	96.8	182.2	215.0
2	B <sub>0</sub> -315	100	96.0	367.1	208.2
3	B <sub>0</sub> -455	99.9	95.7	416.3	207.8
4	W/A-B-315	99.9	99.9	49.8	220.2
5	Et-B-315	99.9	99.9	49.4	226.7
6	W/A-B-342	99.9	99.9	49.1	218.1

失重质量分数分别为 3.2%、4.0% 和 4.2%，此失重为吸附在硼粉颗粒表面的 CO<sub>2</sub>、H<sub>2</sub>O 和 O<sub>2</sub> 等气体杂质的脱附过程。通过样品  $T_{min}$  值可知,随着储存时间延长,其开始氧化增重的温度升高 (B<sub>0</sub>-100、B<sub>0</sub>-315 和 B<sub>0</sub>-455 的  $T_{min}$  值分别为 182.2℃、367.1℃ 和 416.3℃),且其最大质量分数  $M_{max}$  随储存时间延长而降低,分别为 215.0%、208.2% 和 207.8%,硼粉纯度下降,氧化增重降低。由以上分析可知,随储存时间的延长,硼粉氧化反应困难,产生该现象的原因是空气中 CO<sub>2</sub>、H<sub>2</sub>O 和 O<sub>2</sub> 与硼粉表面反应生成一层 B<sub>2</sub>O<sub>3</sub>,而 B<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 是一种透明黏稠的物质,使得硼粉的纯度下降,阻碍了氧化性气体与硼粉之间的扩散作用,给硼粉的氧化带来困难。

经溶剂提纯后的硼粉 W/A-B-315、Et-B-315 和 W/A-B-342 从起始氧化温度开始,样品质量均处于增重状态,未出现失重部分,且溶剂提纯样品 Et-B-315 和 W/A-B-315 的最大质量分数  $M_{max}$  分别为 226.7% 和 220.2%,较长期储存硼粉 B<sub>0</sub>-315 最大质量分数 208.2% 分别提高了 18.5% 和 12.0%,说明储存给硼粉的表面性能及其热氧化性能带来负面影响,而溶剂提纯能消除该负面影响,提高硼粉纯度,从而增强硼粉的点火、燃烧作用。

3 结论

- 1)长期储存使得硼粉表面性能发生变化,酸性杂质增多,比表面积变小,XRD 中 B<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 峰显著增强,硼粉纯度降低,最终导致热氧化性能变差;
- 2)经溶剂提纯的硼粉,其酸性杂质显著变少,比表面积增大,硼粉的分散性和纯度同时得到提高,使得硼粉氧化性能得到改善。

参 考 文 献

[1] 潘功配,杨硕. 烟火学[M]. 北京:北京理工大学出版社,1997:10-21.

[2] 武双章,沈瑞琪,叶迎华,等. 硼系延期药燃烧特性分析[J]. 含能材料, 2008, 16(5): 502-506.  
Wu Shuangzhang, Sheng Ruiqi, Ye Yinghua, et al. Analysis on combustion characteristics of B/BaCrO<sub>4</sub> delay composition[J]. Chinese Journal of Energetic Materials, 2008, 16(5): 502-506.

[3] 王蕾,徐文峥,王晶禹,等. 硼-硝酸钾点火药的制备及其性能研究[J]. 化工中间体,2010(11):38-41.  
Wang Lei, Xu Wenzheng, Wang Jingyu, et al. Study on preparation and properties of boron-potassium nitrate igniter[J]. Chemical Intermediate, 2010(11):38-41.

[4] 高东磊,张炜,朱慧,等. 包覆及团聚硼对富燃料推进剂燃烧性能的影响[J]. 推进技术, 2009, 30(1): 119-123.  
Gao Donglei, Zhang Wei, Zhu Hui, et al. Effect of coated and agglomerated boron on combustion characteristics of boron based fuel rich propellants[J]. Journal of Propulsion Technology, 2009, 30(1): 119-123.

[5] 张立生,孙仁江. 硅系延期药生产工艺的优选[J]. 爆破器材, 2001, 30(5):18-21.  
Zhang Lisheng, Sun Renjiang. The optimum production craft in silicon delay chemicals[J]. Explosive Materials, 2001, 30(5): 18-21.

[6] 黄吉仙. 硼系延期药燃烧速度的影响因素研究[J]. 火工品,2006(4):31-33.  
Huang Jixian. Research on the factors influencing on burning rate of boron type delay compositions[J]. Initiators and Pyrotechnics, 2006(4):31-33.

[7] 车吉成. 硼系延期药的反应性研究[D]. 南京:南京理工大学,2007.  
Che Jicheng. The reactivity research of boron-based delay composition[D]. Nanjing: Nanjing University of Science and Technology, 2007.

[8] Al-Kazraji S S, Doulah M S, Ress G J. Thermogravimetric studies of the decomposition of red lead (Pb<sub>3</sub>O<sub>4</sub>) [J]. Journal of Thermal Analysis, 1981, 20: 471-476.

[9] Zhong Jun, Lao Yunliang, Zhou Congzhang. The mechanism of solid state reaction of silicon-red lead delay composition [C]//The Proceeding of the 17th International Pyrotechnics Seminar Combined with the 2nd

- International Symposium on Pyrotechnics and Explosive. Beijing:Beijing Institute of Technology Press, 1991:176-182.
- [10] 郑剑,汪爱华,庞爱民. 含硼 HTPB 富燃料推进剂工艺恶化机理研究[J]. 推进技术, 2003, 24(3): 282-288.
- Zheng Jian, Wang Aihua, Pang Aimin. Mechanism of the deteriorated processability in boron-fuel-rich HTPB propellants [J]. Journal of Propulsion Technology, 2003, 24(3): 282-288.
- [11] 庞维强,樊学忠,吕康. 硼粉理化特性及其在富燃料固体推进剂中的应用进展[J]. 飞航导弹, 2009(10): 53-58.
- [12] 康克林 J A. 烟火化学[M]. 张丙辰,译. 西安:陕西省秦兴烟火联合公司, 1988:10.
- Concklin J A. Chemical Characteristic of Pyrotechnics [M]. Xi'an:Shanxi Qinxing fireworks Co. Ltd, 1988: 10.
- [13] 吴双成. 硼酸的酸性问题探讨[J]. 电镀与环保, 2012, 32(1): 52-54.
- Wu Shuangcheng. Research on the acidity of boric acid [J]. Electroplating & Pollution Control, 2012, 32(1): 52-54.
- [14] 胡秀丽,周伟良,邹伟伟,等. 含能黏接剂团聚硼性能研究[J]. 固体火箭技术, 2013, 36(4): 506-510.
- Hu Xiuli, Zhou Weiliang, Zou Weiwei, et al. Research on properties of boron agglomerated with energetic binder [J]. Journal of Solid Rocket Technology, 2013, 36(4): 506-510.

## Research on the Surface Properties of Solvent Purified Boron

HU Xiuli, ZHOU Weiliang, XIAO Leqin, JIAN Xiaoxia

School of Chemical Engineering, Nanjing University of Science and Technology (Jiangsu Nanjing, 210094)

[ABSTRACT] To improve the quality control level of boron type delay composition, the surface acidity, BET specific surface area, X-ray diffraction and the purity of raw boron, stored boron and solvent purified boron were investigated. The results show that, after being stored for 315 days, the amount of acidic impurities in the raw boron increases, the peaks assigned to  $B_2O_3$  in the XRD curve increase significantly, the pH value of boron suspension decreases, the agglomeration of boron particles gets worse, the specific surface area reduces from  $13.4 \text{ m}^2/\text{g}$  to  $10.3 \text{ m}^2/\text{g}$ , and the oxidation weight of boron drops by 7%. In contrast, after being purified with ethanol, the specific surface area of boron increases to  $16.2 \text{ m}^2/\text{g}$ , the dispersion of boron is improved, no peaks attributed to  $B_2O_3$  is detected, and the thermal oxidation weight of boron increases by 12.0%-18.5%. The boron has been purified by the solvents.

[KEY WORDS] boron; impurity; purify; stability

## 民爆专利信息

专利名称:压制炸药液压机的送料小车

专利申请号:CN200620150050.9 公开号:CN200982841

申请日:2006.11.29 公开日:2007.11.28

申请人:天津市天锻压力机有限公司

本实用新型涉及一种压制炸药液压机的送料小车,包括车架、车架连接有车轮轴,车轮轴上装有车轮,车架与车轮轴的连接部装有连接螺栓和弹簧,车架下端插装有其上设有料盒的底板,在车架竖直方向上开有两长槽,车轮轴一边设有凸台,凸台插装在车架的长槽内,底板一端安装连接件,其另一端紧固有挂环。其优点在于:车体与车轮之间可相对运动,液压机工作时,滑块向下运动带动送料小车车体向下与工作台接触,车轮不受压机的压制力,使压机结构进一步简化,并降低液压机制造成本,该送料小车尤其适用于小台面的液压机。

专利名称:一种用于制造乳化炸药基质的移动式地面制备站

专利申请号:CN200620053099.2 公开号:CN200978259

申请日:2006.12.13 公开日:2007.11.21

申请人:长沙砂冶研究院

一种用于制造乳化炸药基质的移动式地面制备站,由锅炉动力车 I 和乳化炸药基质制备车 II 两部分组成。锅炉动力车 I 上设有配电柜、基质制备车的实时自动控制柜、燃油蒸汽锅炉及配套设施的锅炉间等装置;基质制备车 II 上设置有水相和油相制备系统、连续乳化系统和连续冷却设备、连接管路和自动控制系统等装置。本实用新型专利具有的特点是乳化炸药基质生产所需的设备和仪表等集成在两台半挂车厢内,配套使用各类型装药车能适合所有的大、中和小型爆破工程;能减少投资、提高效益和使用安全;还有移动方便和安装简单,使之迅速投入生产。

(王元荪)