

doi: 10.7690/bgzdh.2020.11.018

粉状炸药自动化包装箱设计和试验

张得龙¹, 何丹¹, 王娜¹, 肖勇², 晁慧¹, 马晓萍¹, 王静¹, 吴海北¹, 许彦明¹, 胡佩璇¹

(1. 甘肃银光化学工业集团有限公司, 甘肃 白银 730900;

2. 中国兵器装备集团自动化研究所有限公司, 四川 绵阳 621000)

摘要: 为解决目前所使用的粉状炸药包装箱存在资源浪费大、人工操作劳动强度大、操作环境差、生产效率低和成本高等问题, 设计制作一种粉状炸药自动化包装箱。采用符合自动化包装工艺具有防粉尘功效的内外包装箱结构, 由内包装箱体、内包装箱盖、外包装箱体、外包装箱盖、铅封机构等组成, 分析其包装箱特征, 并进行相容性测试、防静电试验、加速老化试验、塑料光老化试验和机械性能实验。实验结果表明, 该包装箱具有环保无污染、防静电、抗老化且结实耐用等优良性能。

关键词: 粉状炸药; 自动化包装; 包装箱

中图分类号: TJ410.5⁺2 **文献标志码:** A

Design and Test of Automatic Packing Box for Powdered Explosives

Zhang Delong¹, He Dan¹, Wang Na¹, Xiao Yong², Chao Hui¹, Ma Xiaoping¹,

Wang Jing¹, Wu Haibei¹, Xu Yanming¹, Hu Peixuan¹

(1. Gansu Yinguang Chemical Industry Group Co., Ltd., Baiyin 730900, China;

2. Automation Research Institute Co., Ltd. of China South Industries Group Corporation, Mianyang 621000, China)

Abstract: In order to solve the problems of large waste of resources, high labor intensity of manual operation, poor operating environment, low production efficiency and high cost in the powder explosive packing box currently used, an automatic powder explosive packing box is designed and manufactured. The inner and outer packing box structure with dust prevention effect in accordance with automatic packing process is adopted, which is composed of inner packing box, inner packing box cover outer packing box, outer packing box cover, lead sealing mechanism, etc. the characteristics of packing box are analyzed, and compatibility test, anti-static test, accelerated aging test, plastic light aging test and mechanical performance test are carried out. The experimental results show that the packaging box has the advantages of environmental protection, pollution-free, antistatic, anti-aging and durable.

Keywords: powder explosive; automatic packing; packing box

0 引言

目前, 国内粉状炸药所使用的包装箱采用 20 世纪八九十年代制定的 GJB636—1988《炸药包装用木箱技术条件》和 WJ2099—1992《炸药包装用纸桶规范》, 用木箱包装单质炸药(如黑索今、奥克托今和太安等), 用纸桶包装混合炸药(如钝黑类炸药、聚黑类炸药、聚奥类炸药、塑黑类炸药以及新型不敏感单质炸药等)。2 种包装均存在木材资源浪费、人工操作劳动强度大、操作环境差、生产效率低和成本高等问题, 且炸药包装物存在所执行标准标龄过长, 标准中引用的材料标准、试验方法标准、抽样方法标准等与现代快速发展的工业技术和材料技术不匹配^[1-2]。

20 世纪 90 年代, 我国进行了相关炸药包装的研究, 并将纸筒用于外贸产品包装, 由于纸桶无法

回收、长储性能差等原因, 未在国内推广应用^[3-4]。对粉状炸药包装箱进行改进, 是实现自动包装技术、降低制造成本的需要。笔者就此包装箱的设计工艺进行探讨, 遴选出现有包装物替代材料, 设计出便捷实用的包装箱, 采取自动化包装技术, 实现人机隔离操作, 以降低木材资源消耗和劳动强度, 提高生产效率, 保证包装质量, 改善操作环境, 具有较为重要的社会、经济效益。

1 设计方案

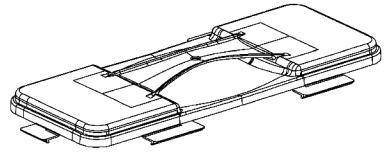
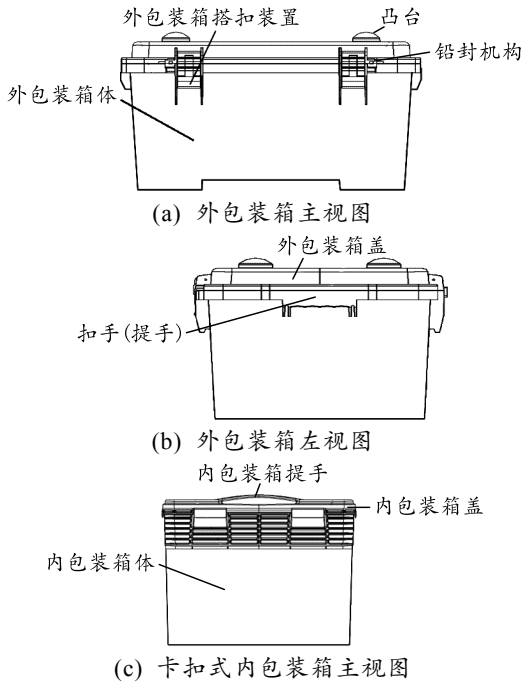
考虑到包装运输过程的安全性以及使用过程中的便捷及存储性, 将粉状炸药包装箱设计成内外 2 层, 内包装物设计成 4 个单独包装形式, 便于取用。内、外包装物均设计成倒梯形结构, 便于使用过程中倾倒和回收过程中堆叠码放, 节约空间。设计和制作技术方案如下:

收稿日期: 2020-06-12; 修回日期: 2020-07-08

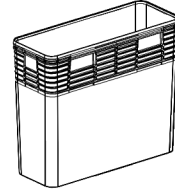
作者简介: 张得龙(1982—), 男, 甘肃人, 工程师, 从事火炸药及工艺设计研究。E-mail: phoniex123@126.com。

外包装箱设计主要包括箱体、箱盖、搭扣装置、密封条、提手和铅封装置。外包装箱体外表面底部四角设置有凹坑，侧面有搭扣装置，外包装箱体内表面底部，设置有定位凸棱；外包装箱盖口部四周边缘设置有凹槽，密封条安装在凹槽中，箱盖外表面四角设置有凸台，箱盖上的凸台和箱体底部的凹坑配合使用，在包装箱码放时可以起到定位功能，使外包装箱多层码放时稳固放置，防止倾倒。

内包装箱箱体设计主要包括箱体、箱盖、搭扣装置、密封条和提手。箱体外表面对立面设置 2~4 组搭扣装置，内包装箱体外表面设有叠放限位装置，方便自动化包装夹具夹紧、自动抓取定位和叠放回收。箱盖外表面设置 2~4 组搭扣装置，箱盖内表面四周边缘设置有凹槽，密封条设置在凹槽内。外包装箱具体结构如图 1 所示。



(d) 卡扣式内包装箱箱盖轴侧视图



(e) 卡扣式内包装箱箱体轴侧视图

图 1 包装箱结构

内、外包装箱具有彼此配合的精确定位和导向结构，满足全自动线的要求，通过外包装箱箱盖和箱体上凸台和凹坑设计，使包装箱堆码时稳固可靠，提高生产、周转、运输过程的稳定性。包装箱设有搭扣，锁紧可靠，开启方便，在运输、搬运过程中不能自行打开，安全可靠；特有的铅封装置，满足对军品密封性、防拆封的要求，且可实现铅封自动化。内、外包装箱选取环保无污染的材料，防静电、抗老化且结实耐用，实现了可回收使用，降低成本。铅封机构如图 2 所示。

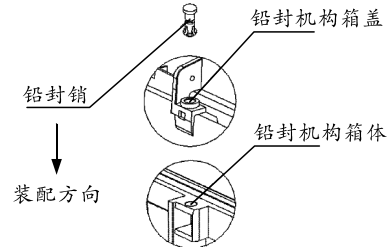


图 2 铅封机构

2 粉状炸药包装箱的组成与功能

粉状炸药自动化包装箱的特征如表 1 所示。

表 1 粉状炸药包装箱的特征

项目名称	内容描述
外包装箱体	箱体外表面对立面设置有 2~4 组搭扣装置，1 对提手。底部设置挂车专用凹槽，便于装卸车。箱体外表面底部四角设置有凹坑。
外包装箱箱盖	箱盖外表面对立面设置有 2~4 组搭扣装置。箱盖口部四周边缘设置有凹槽，密封条安装在凹槽中。箱盖外表面四角设置有凸台，箱盖上的凸台和箱体底部的凹坑配合使用，在包装箱码放时可以起到定位功能，使外包装箱多层码放时稳固放置，防止倾倒。
外包装箱内表面底部	置有定位凸棱（平行设置或网格状设置），便于内包装箱码放在外包装箱内时定位，限制内包装箱在搬运或运输时的相对滑动。
内包装箱箱体	箱体外表面对立面设置有 2~4 组搭扣装置。箱体外表面设有叠放限位装置，方便自动化包装夹具夹紧、自动抓取定位和叠放回收。
内包装箱箱盖搭扣	箱盖外表面设置有 2~4 组搭扣装置，箱盖内表面四周边缘设置有凹槽，密封条设置在凹槽内。分别对立设置在内外箱盖和内外箱体外表面的对立面，定位准确，扣合紧密。
铅封装置	铅封防拆封、防破坏机构共有 2~4 组，分别设置在外箱盖和外箱体上，由配合使用的扣合装置和销体组成，圆柱体的铅封锁死在铅封机构中，必需破坏铅封锁才能打开外包装箱盖。铅封扣合装置由具有中空通道的支架配合组成，铅封销体为带有倒钩刺的圆锥体。

3 性能试验

对粉状炸药自动化包装箱材料进行相容性测试以及防静电、加速老化、塑料光老化和机械性能等试验(拉伸强度、延伸率、弯曲强度)。对粉状炸药自动化包装箱进行密封性、堆码稳定性、500 km 公路运输、自由跌落、水平冲击、高/低温贮存、湿热贮存、淋雨、太阳辐射和防拆封等试验。

3.1 相容性测试

通过 GJB 772A—1997 501.2 《真空安定性试验压力传感器法》^[5], 分别取组成外包装箱的 2 种材料: 高抗冲改性聚苯乙烯和改性聚丙烯, 组成内包装箱的 2 种材料: 改性聚乙烯和导电聚丙烯。此 4 种材料分别与常用粉状炸药及各类成分助剂均匀混合, 实验温度(100±0.5) °C, 实验时间 40 h, 每组平行实验 3 组, 最终测得包装箱材料与炸药等相容

性测试结果如表 2 所示。

表 2 包装箱材料与炸药等相容性测试结果

试样种类	试样名称	试验结果
粉状炸药	RDX、HMX、硝基胍、改性钝黑铝、聚奥-11、聚黑-2、10-159、Fox-7、CL-20、NTO、TKX-50、TATB、LLM-105、TNT、DNAN	相容
	铝粉、氟橡胶 2603、80#石蜡、DOA、	
成分助剂	DBP、石墨、卵磷脂、聚氨基甲酸酯弹性体	相容

由相容性试验可得出结论: 组成外包装箱的 2 种材料和组成内包装箱的 2 种材料相容性良好。

3.2 防静电试验结果

依据 GJB 2605—1996 《可热封柔韧性防静电阻隔材料规范》规定的试验方法^[6], 对包装箱材料高抗冲改性聚苯乙烯、改性聚丙烯、改性聚乙烯、导电聚丙烯进行防静电试验。试验结果见表 3。

表 3 包装箱材料防静电试验结果

项目	外包装箱材料-横 (改性聚丙烯)	外包装箱材料-纵 (改性聚丙烯)	内包装材料-横 (改性聚乙烯)	内包装材料-纵 (改性聚乙烯)	外包装箱材料-横(高 抗冲改性聚苯乙烯)	外包装箱材料-纵(高 抗冲改性聚苯乙烯)	内包装材料-横 (导电聚丙烯)	内包装材料-纵 (导电聚丙烯)
测试标准	GJB 2605—1996 《可热封柔韧性防静电阻隔材料规范》							
判定要求	10 ⁸ ~10 ¹²	10 ⁸ ~10 ¹²	10 ⁵ ~10 ⁸	10 ⁵ ~10 ⁸	10 ⁸ ~10 ¹²	10 ⁸ ~10 ¹²	10 ⁵ ~10 ⁸	10 ⁵ ~10 ⁸
试验结果	1.19×10 ¹¹	3.36×10 ¹¹	4.21×10 ⁷	2.69×10 ⁷	1.05×10 ¹⁰	5.61×10 ⁹	2.05×10 ⁷	2.24×10 ⁷
单项判定	符合	符合	符合	符合	符合	符合	符合	符合

根据防静电试验可得出结论: 组成外包装箱材料的高抗冲改性聚苯乙烯、改性聚丙烯的表面电阻率在 10⁸~10¹² Ω, 组成内包装箱材料的改性聚乙烯、导电聚丙烯的表面电阻率在 10⁵~10⁸ Ω。

3.3 机械性能试验

依据 GB/T 9341—2008 《塑料弯曲性能试验方法》和 GB/T 1040.2—2006 《塑料拉伸性能测定》对包装箱材料高抗冲改性聚苯乙烯、改性聚丙烯、改性聚乙烯、导电聚丙烯进行机械性能试验^[7-8]。试

验结果见表 4。

由机械性能试验可得出结论: 组成外包装箱材料的高抗冲改性聚苯乙烯、聚丙烯的弯曲强度大于等于 11 MPa、拉伸强度大于等于 16 MPa、断裂伸长率大于等于 11%; 组成内包装箱材料的改性聚乙烯、导电聚丙烯的弯曲强度大于等于 15 MPa、拉伸强度大于等于 12 MPa、断裂伸长率大于等于 45%。

3.4 其他性能测试结果

包装物其他性能测试结果如表 5 所示。

表 4 包装箱材料机械强度试验结果

项目	外包装箱材料 (改性聚丙烯)			内包装材料 (改性聚乙烯)			外包装箱材料 (高抗冲改性聚苯乙烯)			内包装材料 (导电聚丙烯)		
	弯曲强度/ MPa	拉伸强 度/MPa	断裂伸 长率/%	弯曲强度/ MPa	拉伸强 度/MPa	断裂伸 长率/%	弯曲强度/ MPa	拉伸强 度/MPa	断裂伸 长率/%	弯曲强度/ MPa	拉伸强 度/MPa	断裂伸 长率/%
测试标准	GB/T 9341—2008 《塑料弯曲性能试验方法》	GB/T 1040.2—2006 《塑料拉伸性能测定第 2 部分: 模塑和挤塑塑料的试验条件》	GB/T 9341—2008 《塑料弯曲性能试验方法》	GB/T 1040.2—2006 《塑料拉伸性能测定第 2 部分: 模塑和挤塑塑料的试验条件》	GB/T 9341—2008 《塑料弯曲性能试验方法》	GB/T 1040.2—2006 《塑料拉伸性能测定第 2 部分: 模塑和挤塑塑料的试验条件》	GB/T 9341—2008 《塑料弯曲性能试验方法》	GB/T 1040.2—2006 《塑料拉伸性能测定第 2 部分: 模塑和挤塑塑料的试验条件》	GB/T 9341—2008 《塑料弯曲性能试验方法》	GB/T 1040.2—2006 《塑料拉伸性能测定第 2 部分: 模塑和挤塑塑料的试验条件》	GB/T 9341—2008 《塑料弯曲性能试验方法》	GB/T 1040.2—2006 《塑料拉伸性能测定第 2 部分: 模塑和挤塑塑料的试验条件》
判定要求	≥11	≥16	≥11	≥15	≥12	≥45	≥11	≥16	≥11	≥15	≥12	≥45
试验结果	22.5	16.2	134	25.5	26.6	244	32.2	17.0	50.6	27.2	22.8	316
单项判定	符合											

表 5 包装物其他性能测试结果

序号	试验项目	测试标准	判定要求	试验结果	单项判定
1	加速老化 试验	GB/T 7141—2008《塑料热老化 试验方法》 ^[9]	外观无明显色变,无粉化,气泡,斑点, 变形等现象	外观无明显色变,无粉化,气泡, 斑点,变形等现象	符合
2	塑料光老 化试验	GB 9344—1988《塑料氙灯光源 曝露试验方法》 ^[10]	外观无明显色变,无粉化,气泡,斑点, 变形等现象	外观无明显色变,无粉化,气泡, 斑点,变形等现象	符合
3	密封性 试验	GJB 4403A—2018《常规兵器弹 药包装定型试验规程》 ^[11] 中 5.1.4.3 浸水试验	被试包装物内表面无游离水	被试包装物内表面无游离水	符合
4	堆码试验	GJB 4403A—2018《常规兵器 弹药包装定型试验规程》中 5.3 规定	在堆码和试验持续过程中,码垛稳定,未 出现倒垛、破损等现象,则堆码稳定性评 为合格。试验持续时间到达后,各层包装 物未出现损坏或明显的永久性变形现象, 则包装物的堆码强度评定为合格	在堆码和试验持续过程中,码垛 稳定,未出现倒垛、破损等现象。 试验持续时间到达后,各层包装 物均未出现损坏或明显的永久性 变形现象	符合
5	500 km 公 路运输模 拟试验	GB/T 4857.23—2012《包装 运 输包装件基本试验》 ^[12] 中第 23 部分:随机振动试验方法	包装物结构完整、无破损,内装物不外漏	包装物结构均完整、均无破损, 内装物均无外漏	符合
6	自由跌落 试验	GJB 2711—1996《军用运输包装 件试验方法》 ^[13] 方法 1 自由跌 落试验	包装物面无可见的破损和破裂,内装物不 外漏,包装物加强筋不出现影响使用性能 的缺陷,铅封销不断裂	包装物面无可见的破损和破裂, 内装物无外漏,包装物加强筋无 影响使用性能的缺陷,铅封销无 断裂	符合
7	水平冲击 试验	GJB 2711—1996《军用运输包装 件试验方法》方法 4 可控水平冲 击试验	包装物结构应完整,被试包装物撞击部位 可以出现局部损坏,但不得出现破碎现象 和影响下一步使用	包装物结构均完整,撞击部位无 局部损坏	符合
8	高/低温贮 存试验	GJB 4403A—2018《常规兵器弹 药包装定型试验规程》中 5.10 规定	包装物不出现由于高温膨胀、低温收缩而 引起的材料或零部件的变形失效、永久性 硬化、表面裂解或龟裂、标志褪色等现象	包装物均无材料或零部件的变形 失效、永久性硬化、表面裂解或 龟裂、标志褪色现象	符合
9	湿热贮存 试验	GJB 150A—2009《军用装备实验 室环境试验方法湿热试验》 ^[14]	包装物表面不出现粉化、褪色、腐蚀、标 识不清的现象,包装材料不出现肉眼可见 的膨胀	包装物表面均无粉化、褪色、腐 蚀、标识不清的现象,包装材料 均无肉眼可见的膨胀	符合
10	淋雨试验	GJB 150A—2009《军用装备实验 室环境试验方法 淋雨试验》	包装物内部无游离水	包装物内部无游离水	符合
11	太阳辐射 试验	GJB 150A—2009《军用装备实验 室环境试验方法 第 7 部分:太 阳辐射试验》	被试包装件表面不得发生龟裂、粉化现象	被试包装件表面无龟裂、粉化 现象	符合
12	耐腐蚀性 试验	GJB 150A—2009《军用装备实验 室环境试验方法 第 11 部分:盐 雾试验》	经盐雾试验后,不会引起各组件的粘接, 无严重锈蚀斑点	各组件无粘接,无严重锈蚀斑点	符合
13	防拆封 实验	手动检测	包装物拆封后无法恢复原状	包装物拆封后均无法恢复原状	符合

从表中可以看出,加速老化试验、塑料光老化试验等其他 13 项性能满足符合判定要求。

4 结论

设计的粉状炸药自动化包装箱采用与炸药及各类成分助剂相容的具有防静电、耐老化、抗冲击等性能的高抗冲改性聚苯乙烯、改性聚丙烯、改性聚乙烯、导电聚丙烯材料制成;采用符合自动化包装工艺的内外包装箱结构,由内包装箱体、箱盖外包装箱体、箱盖和铅封机构等组成。组成外包装箱的材料:高抗冲改性聚苯乙烯、改性聚丙烯的表面电阻率在 $10^8 \sim 10^{12} \Omega$,组成内包装箱的材料:改性聚乙烯、导电聚丙烯的表面电阻率在 $10^5 \sim 10^8 \Omega$ 。组成外包装箱的材料:高抗冲改性聚苯乙烯、改性聚丙烯的弯曲强度大于等于 11 MPa,拉伸强度大于等

于 16 MPa,断裂伸长率大于等于 11%;组成内包装箱的材料:改性聚乙烯、导电聚丙烯的弯曲强度大于等于 15 MPa,拉伸强度大于等于 12 MPa,断裂伸长率大于等于 45%。经 500 km 公路运输模拟、自由跌落、堆码、密封性、高/低温贮存等 13 项性能试验可知:新型粉状炸药自动化包装箱性能测试结果均符合判定要求,证明该新型发射药包装物可替代现有包装物,并推广应用到火炸药行业。

参考文献:

- [1] 张治华. 炸药包装用木箱技术条件: GJB636-1988[S]. 北京:国防科工委军标出版发行部, 1988.
- [2] 张治华, 卞革, 卫九泽. 炸药包装用纸桶规范: WJ 2099-1992[S]. 北京:中国兵器工业部出版发行部, 1992.
- [3] 张得龙, 何丹, 马冲, 等. 粉状炸药包装箱的改进研究

- [C]. 第六届军品防护与包装发展论坛暨成果展示, 2019: 88-91.
- [4] 毛长勇, 代久双, 张晓志, 等. 火炸药产品用包装物现状及发展趋势[J]. 包装工程, 2018, 39(15): 250-254.
- [5] 于荫林, 吴承云, 殷风学. 炸药试验方法: GJB 772A-1997[S]. 北京: 国防科工委军标出版发行部, 1997.
- [6] 袁介南, 罗祥骥, 李京, 等. 可热封柔韧性防静电阻隔材料规范: GJB 2605-1996[S]. 北京: 国防科工委军标出版发行部, 1997.
- [7] 孙佳文, 俞峰, 邢进, 等. 塑料弯曲性能试验方法: GB/T 9341-2008[S]. 北京: 中国标准出版社, 2008.
- [8] 刘力荣, 陈敏剑, 赵磊, 等. 塑料拉伸性能测定: GB/T 1040.2-2006[S]. 北京: 中国标准出版社, 2006.
- [9] 谢绍国. 塑料热老化试验方法: GB/T 7141-2008[S]. 北京: 中国标准出版社, 2008.
- [10] 谢绍国, 韩宽定, 文敏红. 塑料氙灯光源曝露试验方法: GB 9344-1988[S]. 北京: 中国标准出版社, 1988.
- [11] 侯日升, 黄立创, 刘毅, 等. 常规兵器弹药包装定型试验规程: GJB 4403A-2018[S]. 北京: 国防科工委军标出版发行部, 2018.
- [12] 韩雪山, 牛淑梅, 陈振强, 等. 包装运输包装件基本试验: GB/T 4857.23-2012[S]. 北京: 中国标准出版社, 2012.
- [13] 王一临, 陈崇石, 梅冬初, 等. 军用运输包装件试验方法: GJB 2711-1996[S]. 北京: 国防科工委军标出版发行部, 1996.
- [14] 吴彦灵, 祝耀昌. 军用装备实验室环境试验方法: GJB 150A-2009[S]. 北京: 中国人民解放军总装备部, 2009.

(上接第 57 页)

依据技术创新评价指标对此项装备采购项目进行资料收集和核实确认。聘请 10 位专家, 依据采购装备技术创新评价指标, 和此采购项目这一阶段详细数据, 分别独立打分, 利用数学方法加和求平均值计算出 10 位专家对技术创新评价指标的分数。

2) 计算技术创新度评价价值。

依据式(11)。其中, w_{ij} 表示合成权重, u_{ij} 表示专家打分的平均值, 可得此次装备采购技术创新度评价为:

$$S = \sum(w_{ij} \times u_{ij}) = 78.6239. \quad (12)$$

通过专家评价打分, 对此采购项目量化技术创新度的评价为 78.6239。该分值在较高的区间, 和通过专家对这个装备采购项目评价定性一致。

5 结论

笔者构建了装备采购技术创新度评价指标体系, 全面反映了装备采购技术创新度评价的各方面因素。利用分层分析法对装备采购技术创新程度进行定量评价, 为我军装备采购制定技术创新评价标准提供借鉴, 并以某型号直升机采购为例, 对构建的评价指标体系进行验证, 得到的结论与专家定性一致。

参考文献:

- [1] 李鸣, 毛景立. 装备采购理论与实践[M]. 北京: 国防工业出版社, 2003: 103-105.
- [2] 马惠军. 装备采购成本控制理论与实践[M]. 北京: 经济科学出版社, 2018: 21-25.
- [3] 周华任, 张晟, 穆松. 综合评价方法及其军事应用[M]. 北京: 清华大学出版社, 2015: 31-33.
- [4] 舒本耀. 装备价格理论研究[M]. 北京: 国防大学出版社, 2015: 54-55.
- [5] 周曼. 专利技术水平评价的指标体系及方法研究[D]. 镇江: 江苏大学, 2017: 34-38.
- [6] 陈劲, 赵闯, 贾筱, 等. 重构企业技术创新能力评价体系: 从知识管理到价值创造[J]. 技术经济, 2017, 36(9): 1-8.
- [7] 毕可新, 吕健. 信息化条件下制造业企业工艺创新能力评价指标体系研究[J]. 科技与经济, 2010(2): 124-127.
- [8] 孙建松. 高校专利分层评价指标体系研究[D]. 大连: 大连理工大学, 2017: 12-15.
- [9] 陈景沛. 兵团工业企业技术创新能力评价及提升对策研究[J]. 产业经济学, 2016, 21(3): 56-89.
- [10] 雷锦生, 莫鸿傲. 高新技术企业 R&D 投入的价值相关性研究: 基于创业板上市公司的数据[J]. 广西职业技术学院学报, 2012, 5(2): 74-77.
- [11] JOOH L, EUNSUP S. On the informational usefulness of R&D capitalization, amortization[J]. Working papers of Yale School of Management, 1995, 23(5): 160-165.
- [12] 陶军倩. 装备采购中知识产权成本核算研究[J]. 海军装备, 2017, 3(4): 69-72.
- [13] 陈劲, 郑刚. 创新管理: 赢得持续竞争优势[M]. 3 版. 北京: 北京大学出版社, 2016: 78-80.
- [14] 吴贵生. 技术创新管理[M]. 北京: 清华大学出版社, 2000: 57-59.