

doi:10.3969/j.issn.1001-8352.2018.04.009

工业炸药产品入库自动装卸车系统的设计^{*}

李仕洪 李宏位 李国会
贵州久联民爆器材发展股份有限公司思南生产分公司(贵州思南,565100)

[摘 要] 在分析国内工业炸药生产过程中产品入库自动装车技术现状的基础上,阐述了一种新的自动装卸技术方案,并从机械技术动作和时间逻辑关系上进行了详细论述。该方案实现了工业炸药生产过程中成品入库装车自动化、无人化,卸车自动化、少人化,提高了炸药生产入库过程的本质安全水平,提高了生产效率,降低了劳动强度和生产成本。该方案还适用于其他行业生产中类似的产品入库过程,具有良好的经济效益和社会效益。

[关键词] 工业炸药;装车;卸车;自动化

[分类号] TD235.2⁺1;TP277

Design of Automatic Loading and Unloading Vehicle System for Industrial Explosives

LI Shihong, LI Hongwei, LI Guohui
Sinan Branch, Guizhou JiuLian Industrial Explosive Materials Development Co., Ltd. (Guizhou Sinan, 565100)

[ABSTRACT] Based on the analysis of the present situation of the automatic loading technology of products in the process of domestic industrial explosive production, a new technology plan for loading and unloading was described, and the mechanical operation and time logic relation were discussed in detail. This technology could accomplish the automation and unmanning of finished product loading and unloading, unloading automation and less humanization in the process of industrial explosive production. It improves the inherent safety level of the process of explosive production and the production efficiency, and reduces labor intensity and production cost. The scheme is also suitable for the production of similar products in other industries with good economic and social benefits.

[KEYWORDS] industrial explosives; loading; unloading; automation

引言

《民用爆炸物品行业发展规划(2016—2020)》要求民爆生产企业要推动智能制造和信息化建设,加快机器人及智能成套装备在民爆行业的推广应用,开展民爆安全生产少(无)人化专项工程工作,继续减少危险作业场所人员,提高生产线本质安全水平^[1]。2017年6月,在四川绵阳召开的全国民爆行业科技工作座谈会暨智能制造推进会上,工业和信息化部安全生产司再次提出了具体的要求,民爆行业要结合《中国制造2025》,部署“机器人换人、自动化减人”专项行动,大力推动民爆行业生产方式由“制造”向“智造”转变^[2]。近年来,一些工业炸药生产线除了制药、装药、中包装、装箱和打包等过程实现连续化和自动化以外,产品入库自动装车技术

也取得了较大的成功。以深圳市金奥博科技股份有限公司与四川凯达化工有限公司共同研制的JWL-LZ Robot型履带式装车机器人系统为代表的工业炸药生产自动装车技术已经逐步在民爆行业推广应用,该系统将机器人和成品输送皮带安装在履带式移动机构上,采用机械式抓手能可靠抓取不同规格、不同形状的炸药箱(袋),采用智能检测形成码垛位置坐标并实施码垛。装车速度可达10箱(袋)/min;装车过程每班减少2~3人,实现了装车过程无固定操作人员。

但是,该类技术方案只解决了自动装车问题,没有解决劳动强度大的卸车问题,入库卸车还是人工作业,且该系统设备造价较高,机器人系统运行维护难度较大,对打包不合格的包装箱未能实现在线检测和自动剔除。为此,笔者设计了一种新的自动装卸车技术方案,进一步解决产品入库自动卸车的问

^{*} 收稿日期:2018-03-01
作者简介:李仕洪(1970-),男,高级工程师,主要从事工业炸药生产技术研究与管理。E-mail:lsh3419@163.com

题,供同行参考。

1 自动装卸车系统技术方案

随着现代物流技术的快速发展,国内一些公司借鉴了欧美发达国家成熟的经验和技術,以 Ezload 易载快速装卸系统(上海)有限公司推出的 MF 移动地板为代表的自动装卸系统,为炸药生产过程产品入库自动装卸提供了良好的技术基础^[3]。新的自动装卸车系统包括转运车车载可移动式链板输送系统、自动码垛装车系统和自动卸车堆码系统 3 个部分。3 个部分利用气动控制和液压动力控制原理,通过 PLC 程序实现各单元动作的联动控制,从而实现炸药产品入库装车、卸车自动化。

1.1 转运车车载链板输送系统的设计

如图 1、图 2 所示,在炸药转运车中安装内置可移动式的链板输送机,链板输送机采用低速液压马达动力系统,通过独立的 PLC 程序控制,采用低压直流电伺服油泵控制,使链板输送机实现双向运动,其转速可在 3 ~ 12 m/min 之间调节^[4-5]。在装车过程中,车载独立充电及联动控制接口与自动装车系统主程序实现自动对接,同步进行充电;在卸车过程中,车载独立充电及联动控制接口与卸车滑辊上的

联动控制接口连接,由车载 PLC 控制系统实现联动控制。为保证转运车装载货物以后车厢底板高度始终与炸药码垛输送机构高度保持一致,在车尾设计限位锁紧装置;为防止运输过程中堆码产品因晃动而错位,从而影响自动卸车,在车厢内前壁和两侧均设置了可调式限位锁紧装置,装车前根据不同产品包装箱(袋)规格进行调节。

需要注意的是,车辆安全技术条件必须满足民用爆炸物品运输要求^[6],安装内置链板输送机时,链板输送机应采用独立的电控系统和液压系统,其系统部件均应与车辆燃油箱、油路、热源等保持安全或有效距离;连接管线、控制部件应安装在车两侧防护装置以内或在车厢边缘内侧 100 mm 以内;电控系统操作装置应固定牢靠,具备防护措施,装置中心位置距车厢后端宜在 300 ~ 500 mm 之间;电控系统线路应加装金属管护套,穿过车体的需安装过孔保护绝缘套;电线接头应采用插入式防爆接头;链板采用轻质铝合金材料。

1.2 自动码垛装车系统的设计与运行程序

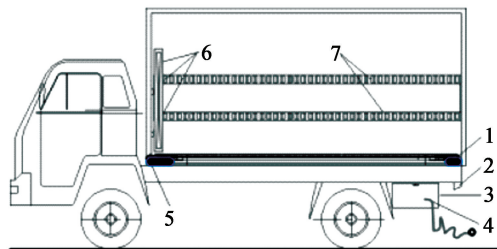
图 3 所示,自动码垛装车系统由成品输送皮带、转向辊子及排箱辊子输送机、自动码垛机、过渡存药链板输送机及装有车载链板输送机的转运车等组成,图 3(b)中标示的高度仅为参考值。系统全过程由 PLC 程序实现连锁联动控制,相连两个动作之间,后面动作未完成时,前面动作自动等待。

1.2.1 自动排箱

成品皮带输送机上的炸药包装件经过智能图像识别与处理系统进行在线检测,剔除的不合格品返回包装工序,进行返修^[7-8]。合格的包装件经可调式限位挡板的干预作用,使其在成品皮带输送机需要的轨迹上前行,由 PLC 程序控制。根据包装箱的规格、尺寸,设计两种不同的程序:A 类产品排箱时,成品皮带输送机、转向辊子输送机及排箱辊子输送机同步运转;当炸药包装箱到达转向辊子输送机右转时,经导向滚筒及转向辊子输送机的共同作用,炸药包装箱转向,前行到排箱辊子输送机进行自然排列。B 类产品排箱时,只开启皮带输送机和排箱辊子输送机,转向辊子输送机始终处于停止状态,当转向辊子输送机上的感应器识别到成品皮带输送机送入的炸药时,推箱气缸将炸药推上排箱辊子输送机后返回,等待下一箱炸药。如此重复,进入排箱辊子的炸药进行自然排列。生产结束不足一排时,手动控制进入下一程序。

1.2.2 自动码垛

当排箱辊子输送机上的炸药通过计数器感应达



1 - 传输链板;2 - 锁紧定位柱;3 - 控制箱;4 - 充电及联动控制接口;5 - 液压马达;6 - 纵向限位装置;7 - 侧向限位装置。

图 1 车载链板输送系统示意图

Fig. 1 Schematic diagram of vehicle chain conveyor system

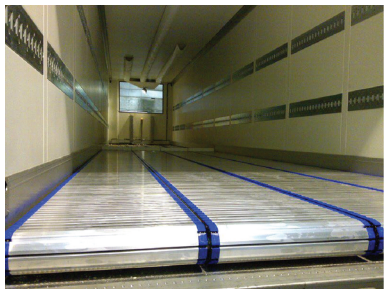
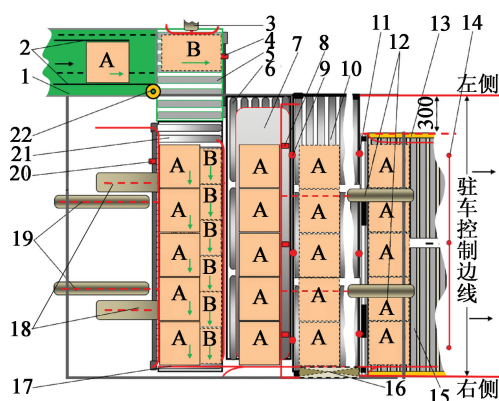
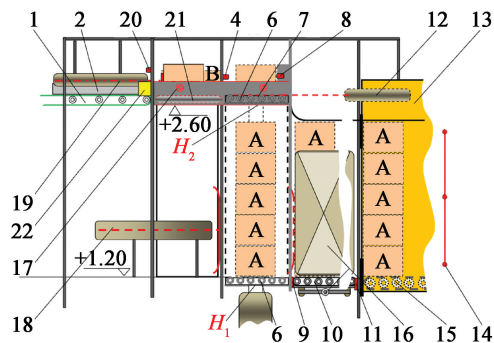


图 2 车箱内置链板输送机

Fig. 2 Car box built-in chain conveyor



(a) 平面图



(b) 立面图

1—成品皮带输送机;2—限位挡板;3—推箱气缸;4、8、9、11、14、19—光电或碰触式感应器;5—转向辊子输送机;6—码垛托辊;7—码垛托板;10—过渡存药链板输送机;12—码垛托板气缸;13—转运车;15—车载链板输送机;16—装车对位调节装置;17—限位挡板;18—推垛气缸;20—推排气缸;21—排箱辊子输送机;22—导向滚筒。

图3 自动码垛装车系统示意图

Fig. 3 Schematic diagram of automatic palletizing and loading system

到设定的箱数时,推排气缸将整排炸药推送至已伸出的码垛托板上,侧翼挡板挡住可能提前输入的炸药。当炸药包装箱同时碰触到 3 个码垛感应器时,码垛托板收回,整排炸药则落到码垛托辊上,推排气缸再收回。当码垛托辊感应到重力,根据程序设计,码垛托辊从 H_2 位下降一个位次,码垛托板再次伸出,等待下一排炸药。当码垛托辊感应到荷载达到设定值时,码垛托辊下降至 H_1 位置,高度与存药链板输送机水平对齐,推垛气缸慢慢地将整垛的炸药从码垛托辊上推送到存药链板输送机上,当炸药药箱碰触到存药链板输送机前端感应器时,存药链板输送机开始转动。当炸药药箱离开前端感应器时,推垛气缸退回原位等待下一堆垛,码垛托辊从 H_1 位升至 H_2 位,进入下一码垛流程,存药链板输送机继

续将该码垛输送至转运车内置链板输送机上后停止;若存药链板输送机设计为多码垛输送或整车码垛输送时,存药链板输送机停止,等待下一码垛到达再依次前行,达到设定的码垛数后,再一次性将炸药堆垛送入转运车车厢内。生产结束不足一垛时,手动控制进入下一程序。

1.2.3 自动装车

转运车辆按照要求停靠在固定区域位置后,车厢与过渡存药链板输送机后端保持垂直,根据驻车位置调节装车对位调节装置,将过渡存药链板输送机上的炸药横向调整到合适的位置,使炸药堆垛右侧边线与转运车车厢右侧限位锁紧装置挡板基本保持在一条直线上,打开车尾高度限位锁紧装置,进入装车程序。当炸药码垛碰触到存药链板输送机后端感应器时,若转运车对位连接不到位,则存药链板输送机停止转动,反之,转运车内置链板输送机开始转动,其转速与存药链板输送机的转速保持一致。当炸药堆垛离开存药链板输送机后端感应器时,转运车内置链板输送机停止转动。依次循环,直至车厢内装满设定的堆垛数,当炸药堆垛碰触到车厢前面内壁上的感应器时,车载内置链板输送机停止转动并开启制动系统,装车完毕,关闭车门,调节锁紧装置,运往总库。生产结束不足一车时,则手动调整堆垛参数(高度),尽量把车箱底板排满,以便调节限位装置,防止在运输过程中发生晃动而错位,影响自动卸车。

1.3 自动卸车系统的设计与运行程序

1.3.1 自动卸车系统的组成

如图 4 所示,自动卸车系统由车载链板输送机、卸车滑轨、防爆电瓶叉车附带图 5 所示的叉车推出器等组成。

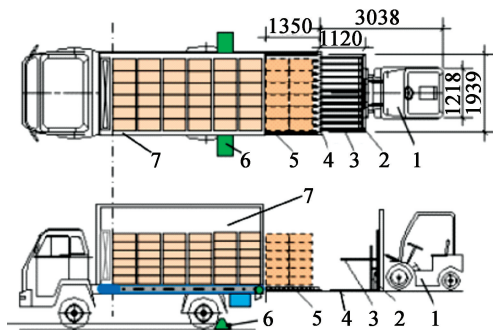


图 4 自动卸车系统示意图

Fig. 4 Schematic diagram of automatic unloading system

1-防爆电瓶叉车;2-叉车推出器;3-侧护板;
4-叉齿;5-卸车滑轨;6-驻车限位装置;7-转运车。



图 5 叉车推出器

Fig. 5 Forklift launches

系统运行流程如下:炸药转运车运达成品总库以后,根据驻车指示标识和限位装置,在指定的位置范围内停好车,调整卸车托辊位置,使之与车厢基本达到居中对齐,连接车载链板输送机控制线接口,打开车载链板输送机反向转动手控按钮,产品自动输送到卸车滑轨上。当产品碰触到限位感应器时,链板输送机停止运转,用防爆电瓶叉车将产品转运到库房内,通过叉车推出器将产品缓慢推出堆码摆放。

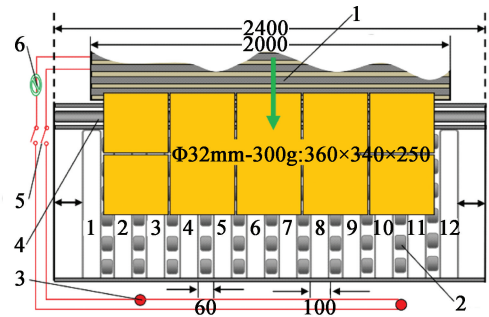
1.3.2 卸车滑轨系统的设计

图 6 所示,综合工业炸药各种包装箱规格尺寸,为了确保炸药堆码不乱、叉车叉齿对位分布均匀、各单体炸药堆垛受力均匀、入库以后堆码整齐,卸车滑轨中的托辊宽度宜为 60 mm,间距为 100 mm,且托辊内架可以横向左右调节,以便于卸车时托辊实现居中对位。每一间库房卸车平台安装一个卸车滑坡轨。随着技术的发展和安全性能的不断完善,今后还可以考虑在转运车上安装车用起重尾板,并在尾板上安装固定式的卸车滑轨,以节省投资和提高装卸效率。

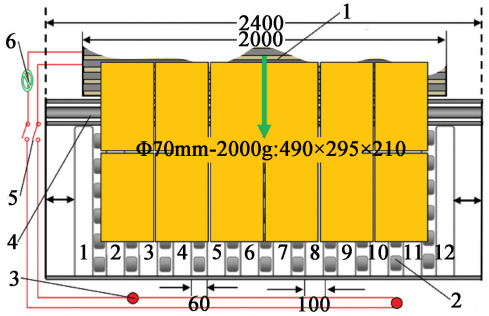
1.3.3 叉车的选型、叉齿改装及叉转方式

在炸药成品仓库使用时,必须选择防爆型电瓶叉车^[9-10],并要根据炸药成品库房门洞的尺寸确定叉车的型号、额定载荷及叉齿支架总宽度。通常,国内大多数炸药成品仓库门洞的设计建造规格为宽度 1 800 mm、高度 2 400 mm、有效宽度约 1 600 mm,在不改变库房现状的情况下,叉车装载后总宽度宜小于 1 200 mm,叉车门架静止高度宜小于 1 800 mm,从而确保在转运过程中可以顺利地进出库房大门。为确保每一垛炸药重心平衡,对应卸车滑轨,还需要对原装叉齿进行定制改装:叉齿宽度 60 mm,间距 100 mm,叉齿数量 6 齿。

叉转方式:从车厢中整体输出的产品,横向堆垛分为两次转运,如图 6 所示。对于 A 型产品,横向先转运 3 列的堆垛,叉车正好 6 齿对位,转运剩余的



(a) A 型产品



(b) B 型产品

1 - 转运车;2 - 可调节式托辊内架;3 - 感应器;4 - 卸车托辊;5 - 控制器接口;6 - 车载链板输送机手控按钮。

图 6 卸车滑轨工作原理示意图

Fig. 6 Schematic diagram of working principle of unloading rails

两列时,则要根据库房内堆放位置的左右顺序而定,从左向右堆放时空余叉齿留在右边,反之空余叉齿则留在左边;同样的道理,对于 B 型产品,从左向右堆放时,先转右侧 3 箱产品,反之则先转左侧 3 箱产品,空余叉齿始终留在堆码外侧。

如果成品库房门洞宽度 $\geq 2\,400\text{ mm}$,则可以选择额定载荷大一些的叉车,将叉齿数量设计为 10 齿,叉齿宽度和间距不变,转运时,叉齿对准卸车滑辊中的 2~11 号空位,则可一次性将车厢内输出的堆垛整体转运入库。

2 安全性分析

自动装卸车系统主要采用的是气动控制及液压力控制元件设备,在工业炸药生产线上均有使用,且系统中转动及推送速度极慢,不会因为转动和摩擦产生热积累而导致事故发生。

车辆内置链板输送机采用独立的电控系统和液压系统,且系统元件、管线路与车辆燃油箱、油路、热源等保持安全距离或有效隔离,确保链板输送设备系统不影响车辆安全。

炸药成品仓库外卸车滑轨上的限位感应装置本身无电源,只具有一个通断式信号连接功能,卸车过程中通过车载链板输送机控制线接口供电与联动控制,可选择触碰式感应器;同时,防爆电瓶叉车充电,利用库房原有照明配电箱增加防爆型接口即可。系统不影响库房原有电气系统的安全。

3 技术性分析

3.1 系统中各单元动作时间逻辑关系

从技术角度上来看,自动码垛装车系统每一个单元动作的机械与控制部分都是常用的成熟技术,但是各单元动作的用时却对系统的正常运行影响较大,特别是气动或液压动力推送过程,动作过快会在推送过程中产生强烈碰撞,造成堆码倾斜或损坏包装箱;动作过慢则会影响其他动作的正常完成,形成时间逻辑矛盾。因此,各单元动作选择恰当的用时对本系统来说是一个关键的问题。

根据目前国内包装炸药生产线实际最大产能 8 t/h 测算,生产一箱炸药理论上用时为 10.8 s,因此系统设计以生产一箱产品用时 10 s 为基准时间,依次设计后续动作。若周转装车平台设计存药量为 6 000 kg,按照不同类型产品包装箱规格确定 A 型产品堆垛为 5×5 箱,B 型产品堆垛 6×6 箱,生产区至成品总库区库房转运平均距离按 1 km 测算,则各单元动作用时设计参考时间见表 1。

由表 1 可以看出,该系统设计动作连贯紧凑,后续动作的完成不会影响到前面过程的实施,当存药链板输送机设计存量达到 6 个以上堆垛时,一条年产 24 000 t 的炸药生产线上只需配置一辆载重为 6 t 的转运车即可满足生产入库转运需求。转运区间距离较远的企业,通常配置两辆转运车为宜。

3.2 自动装车过程的特殊控制

在自动装车过程中,由于过渡存药链板输送机上码垛好的产品是沿直线运动,如果转运车驻车后角度产生偏差或车箱内两侧限位装置与产品堆码边线错位的话,将会严重影响自动装车,强行装车的话会挤坏炸药包装箱。因此,系统设计时必须有足够的对位调节空间,包括驻车区域和产品输送轨迹双向调节与控制。

驻车时,要求驾驶员尽可能地停在标准理想的位置。综合考虑驾驶员资格培训考试大纲要求和实际操作经验,加上系统对位调节空间,本方案设计驻车区域横向冗余空间为 300 mm。

产品输送轨迹的调节由驻车后转运车车箱内两

表 1 自动装卸车系统各单元过程用时设计
Tab. 1 Design of each unit process of automatic truck loader system

动作序号	过程描述	时间/s	时间逻辑关系比较
1 [#]	生产一箱产品	≥10	理论用时时间
2 [#]	推箱动作一次	≤5	用时 < 过程 1 [#]
3 [#]	完成一排堆码	≥50	理论用时时间
4 [#]	成排推送一次	≤5	
5 [#]	码垛托板收回	≤5	4 [#] ~6 [#] 项用时合计 < 过程 1 [#] 的 2 倍
6 [#]	推排挡板收回	≤5	
7 [#]	码垛托辊降一位次	≤5	7 [#] 、8 [#] 项用时合计 < 过程 3 [#]
8 [#]	码垛托板伸出	≤3	
9 [#]	完成一垛堆码	≥250	理论用时时间
10 [#]	成垛推出码垛托辊	≤30	
11 [#]	推垛气缸回位	≤10	10 [#] ~12 [#] 项用时合计 < 过程 3 [#] 的 2 倍
12 [#]	码垛托辊回 H ₂ 位	≤30	
13 [#]	码垛前行一个位次	≤20	用时 < 过程 9 [#]
14 [#]	装车对位调整	≤30	用时 < 过程 9 [#]
15 [#]	整体堆码同步装车	≤80	用时 < 过程 9 [#]
16 [#]	转运至仓库停车	≤300	
17 [#]	卸货入库	≤600	15 [#] ~17 [#] 项用时合计 < 过程 9 [#] 的 6 倍
18 [#]	转运车返回停车	≤300	

侧限位装置上发射的两条红外线进行自动对位控制,设计有两组调节方式,一是调节过渡存药链板输送机上的产品的位置,二是整体调节过渡存药链板输送机的位置,二者相辅相成,联动控制前端排箱辊子输送机和码垛托辊上的限位挡板。

4 投资效益

炸药生产入库自动装卸车系统建设投资费用估算见表 2。

系统建成运行以后,一条年产 24 000 t 的炸药生产线可以减少装车人员 4 人、卸车人员 6 人、转运车驾驶员 2 人,共计 12 人。人工工资按照 7.5 万元/(人·a)(含五险一金)测算的话,每年可节约人工成本 90 万元。增加的费用有:假如叉车操作员由保管员兼任,按照我公司薪酬体系,其工资由 5 岗调升到 7 岗,则 4 名保管员每年增加工资约为 6 万元;系统设备每年的运行、维护保养费用 10 万元。则每年新增净利润 74 万元。由此计算出,该项目投资利润率约 90.24%;投资回收期约为 1.11 a。

表 2 自动装卸车系统投资估算

Tab.2 Investment estimation of automatic loading and unloading vehicle system

序号	名称	投资金额/万元	占比/%
1 [#]	车载链板输送机	9.0	10.98
2 [#]	车厢内置锁紧装置	3.0	3.66
3 [#]	自动码垛系统	6.0	7.32
4 [#]	自动装车系统	5.2	6.34
5 [#]	控制系统	5.8	7.07
6 [#]	防爆电瓶叉车	28.0	34.15
7 [#]	卸车滑轨/10 套	10.0	12.19
8 [#]	在线检测剔除返修系统	10.0	12.19
9 [#]	其他费用	5.0	6.10
合计		82.0	100.00

由此可见,该项目投资运行一年零两个月以后即可全部收回投资费用,经济效益较好。

5 结论

自动装卸车系统采用气动及液压动力控制与运行,结构简单,各单元部件技术成熟,运行稳定,安全风险可控,使炸药生产全过程真正实现了无人操作、少人值守的无人化安全生产目标,提高了炸药生产线的本质安全水平。一条年产 24 000 t 的炸药生产线每年可节约人工成本 90 多万元。该技术既适用于箱装炸药,通过局部调整改造后,也适用于袋装炸药,同时还可以广泛用于其他行业类似的流水线生产过程中,经济效益和社会效益显著。

参 考 文 献

[1] 中华人民共和国工业和信息化部. 工信部规〔2016〕331 号:民用爆炸物品行业发展规划(2016—2020)〔Z〕. 2016.

[2] 中华人民共和国国务院. 国发〔2015〕28 号:中国制造 2025〔Z〕. 2015.

[3] 倪志伟. 现代物流技术〔M〕. 北京:中国物资出版社,

2007.

[4] 李丙才,张荣. 智能电液伺服控制系统的研究〔J〕. 科学技术与工程,2011,11(18):4377-4379.

LI B C,ZHANG R. Research on electro-hydraulic servo control system〔J〕. Science Technology and Engineering, 2011,11(18):4377-4379.

[5] 李阳,于安才,王超光,等. 智能液动力单元电液伺服系统研究〔J〕. 液压与气动,2018(1):84-88.

LI Y,YU A C,WANG C G, et al. Electro-hydraulic servo system of intelligent hydraulic power unit〔J〕. Chinese Hydraulics & Pneumatics, 2018(1):84-88.

[6] 中华人民共和国工业和信息化部安全生产司. 民用爆炸物品运输车安全技术条件:WJ 9073—2012〔S〕. 北京:中国兵器标准化所,2012.

Department of Work Safety,Ministry of Industry and Information Technology of the People's Republic of China. Technical conditions for safety of civil explosive transport vehicle:WJ 9073—2012〔S〕. Beijing: China Weapon Standardization Institute, 2012.

[7] 翁和王. 关于人工智能中的图像识别技术的研究〔J〕. 信息通信,2016(10):191-192.

[8] 李萍,徐安林. 基于 BP 神经网络的智能制造系统图像识别技术〔J〕. 现代电子技术,2016,39(18):107-109.

LI P,XU A L. BP neural network based image recognition technology of intelligent manufacturing system〔J〕. Modern Electronics Technique, 2016,39(18):107-109.

[9] 民用爆破器材工程设计安全规范:GB 50089—2007〔S〕. 北京:中国计划出版社,2007.

Safety code for design of engineering of civil explosives materials:GB 50089—2007〔S〕. Beijing: China Planning Press, 2007.

[10] 中华人民共和国工业和信息化部. 民用爆炸物品生产、销售企业安全管理规程:GB 28263—2012〔S〕. 北京:中国标准出版社,2012.

Ministry of Industry and Information Technology of the People's Republic of China. Regulations of safety management for the manufacturing and marketing enterprise of civil explosives materials:GB 28263—2012〔S〕. Beijing:China Standard Press,2012.