

doi:10.3969/j.issn.1001-8352.2012.06.007

黑索今粉料连续计量加料技术研究^{*}

邓国栋^① 刘宏英^① 郭效德^① 顾志明^① 吕 飞^① 王永红^②
① 南京理工大学国家特种超细粉体工程技术研究中心(江苏南京,210094)
② 山西北方兴安化学工业有限公司(山西太原,030008)

[摘 要] 黑索今(RDX)具有危险性大、流散性差的特性,因而在连续计量加料过程中会出现安全隐患以及计量不准确。为解决这些问题,设计了一种防静电电子皮带秤装置,并通过 RDX 粉体安息角测定,设计了合理的料仓。文章详细阐述了该装置的结构及工作原理,并对 RDX 粉料进行了多次计量试验。结果表明:该自动计量加料装置对 RDX 粉料的输送均匀稳定,料仓内不会出现“架桥断料”现象,安全性能好,且计量误差小于 1.0%,能满足 RDX 粉料连续精确计量加料的需要。

[关键词] RDX 粉料 电子皮带秤装置 连续计量 静电 计量误差

[分类号] TJ 55 TB 932 TQ564

引言

目前我国的火药生产仍采用人工称量、人工加料的方法,生产效率低,安全性差,严重阻碍了火药制造工艺连续化、自动化的实现^[1]。黑索今(RDX)是改性双基火药的主要组分之一,其计量的准确性直接影响该类火药的产品质量和火药的各种性能。RDX 的在线连续计量是火药连续化、自动化生产工艺的必备工序,因此急需开展这方面的研究,实现火药制造过程中 RDX 的自动精确计量加料,提高火药生产过程的安全性及产品质量的均匀性及稳定性。

在工业化生产中,RDX 固体粉料使用量大,流散性差,往往在输送计量过程中易结拱堵塞料仓,导致粉料不能连续、均匀地向下加料,造成“架桥断料”^[2];而且生产用 RDX 粉料粒度只有 18 μm 左右,易团聚,如果料仓设计不合理,同样会发生“架桥断料”现象,影响计量过程^[3];另外,RDX 属于强易燃易爆材料,在加料过程中极易因摩擦、冲击和静电而引起爆炸^[4],存在很大的安全隐患,这些问题给计量工作带来了许多困难,这就需要设计一种新型的计量设备。针对上述问题,本文设计了一种防静电电子皮带秤装置,以实现 RDX 粉料在线连续计量加料。

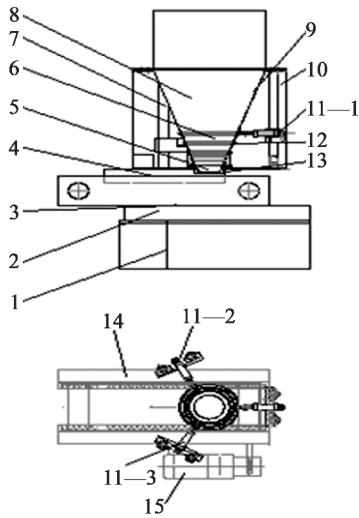
1 防静电电子皮带秤装置设计及工作原理

1.1 防静电电子皮带秤装置设计

为了解决 RDX 粉料计量加料过程中遇到的输送困难、易断料、精度差、安全系数低等问题,本文着重从防止“架桥断料”、防止静电摩擦、提高计量精度等方面出发,精心设计了一种防静电电子皮带秤

装置。

该装置主要由底座、传感器、皮带机、软料仓连接件、软料仓、料仓支架、硬料仓、防静电袋、外罩、气动执行器、软料仓动圈组、限位圈、防静电皮带、传动装置等构成,如图 1 所示。



1 - 底座;2 - 传感器支座;3 - 传感器;4 - 皮带机;5 - 软料仓连接件;6 - 软料仓;7 - 料仓支架;8 - 硬料仓;9 - 防静电电布袋;10 - 外罩;11 - 气动执行器(含 11—1、11—2、11—3);12 - 软料仓动圈组;13 - 硬料仓锥体法兰;14 - 防静电皮带;15 - 传动装置

图 1 防静电电子皮带秤装置原理结构图

硬料仓 8 固定在料仓支架 7 上,软料仓 6 分别与硬料仓 8 和软料仓连接件 5 相连,传感器 3 装在传感器支座 2 上,传感器支座 2 与底座 1 连接,防静电电布袋 9 固定在硬料仓 8 内,软料仓 6 内装有软料

^{*} 收稿日期:2011-05-26
作者简介:邓国栋(1965 ~),男,高级工程师。研究方向:含能材料加工及微纳米技术。E-mail:dypdgd@126.com

仓动圈组 12, 气动执行器 11—1、11—2、11—3 分别与软料仓动圈组连接, 另一端与压缩气源连接, 限位圈固定在软料仓连接件 5 上, 外罩 10 分别与硬料仓锥体法兰 13 和底座连接, 防静电皮带 14 装在皮带机 4 上, 皮带机由传动装置 15 带动运转。

高精度称重传感器是装在底座上的, 皮带机连接在传感器上部, 由防爆电机减速机驱动。料仓中的粉料经过软料仓直接下料到皮带机上, 软料仓上装有软料仓动圈组 3 组, 分别由气缸活塞带动, 依次做往复运动及直线运动, 经限位圈可使软料仓内的物料较均匀地落在运行的皮带上, 能有效地防止粉体架桥与堆积, 使其始终处于良好的流散状态。

针对 RDX 计量加料的危险性, 皮带采用防静电材料, 输送机上方料仓材料采用软、硬结合, 料仓的上部采用金属不锈钢材料, 内部设有防静电布袋, 并将锥体分为三段, 中、下段设置为软锥体, 该软锥体分别与上、下两锥体相连接, 且无运转的硬动件, RDX 粉料在加料及输送过程中不存在硬摩擦、撞击及火花。另外, 料仓倾斜角是根据 RDX 粉料的自然安息角(又名“休止角”)^[5]设计的, 即倾斜角(壁面与水平面的夹角)应大于 RDX 粉料的安息角, 否则, 在加料过程中会形成如图 2 所示的“鼠孔”^[6], 也会出现如图 3 所示的“架桥断料”现象。



图 2 “鼠孔”截面图

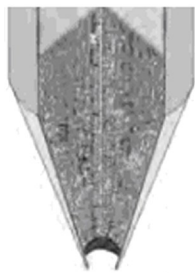


图 3 “架桥断料”截面图

在正常工作中, 为了防止外界因素对装置产生的干扰, 装置外部安装防护罩并固定在料仓底座上。整套系统全部接地以防静电积聚。

1.2 防静电电子皮带秤装置工作原理

该防静电电子皮带秤装置采用的是失重计量原理^[7], 控制器通过称重传感器对料仓质量进行高速取样和运算, 计算出料仓每一瞬时 Δt 的质量减少值 ΔW , 该质量减少值就是皮带机的瞬时加料量, 则皮带机的瞬时加料速度 $I = \Delta W / \Delta t$, 然后由计算器对各瞬时加料速度进行积分:

$$W = \int [\Delta W / \Delta t] dt = \int I dt$$

可以准确计算出某一时间段加料的累计总质量 W , W 显示于远程计算机上。

加料前, 通过升降机将 RDX 粉料加入上方料仓

(硬料仓), 经防静电布袋进入软料仓。启动时, 开启限位圈和皮带机(设定合适速度), 粉料经过软料仓洒落到运动的皮带机上, 再经防静电皮带输送, 加入到吸收槽中, 完成计量加料过程。料仓与皮带机是垂直的, RDX 粉料在限位圈开启后直接洒落在防静电皮带机上, 加料及输送过程中不存在硬摩擦、撞击及火花, 料仓在防护罩内, 防止了粉尘飞扬, 确保了加料过程安全。全系统只有一个料仓(包括硬料仓和软料仓), 料仓容积可达数百升, 避免出现其它加料计量装置需设加料计量仓及补料仓、补料过程间断进行、粉料易架桥堵料、很难实现长时间连续加料。

2 RDX 自然安息角测定实验

2.1 主要原料及装置

RDX 粉料(0.5 ~ 1.0 kg, 粒度 18.48 μm)

漏斗、直尺(3 根)、铁架台(带铁夹)

2.2 RDX 粉料安息角测定

RDX 粉料的自然安息角是通过固定漏斗法^[8]测定的。铁架台放置平稳后, 将漏斗固定于水平上方适当高度处, 从漏斗中加入 RDX 粉料。漏到平台上的 RDX 会形成一个圆锥体, 随着 RDX 粉料的增多, 圆锥体不断变大, 直到锥体母线相对于平台的角度不再增大为止。RDX 自然堆积外形如图 4 所示。由于 RDX 产生的静电对安息角有一定影响, 试验前已对 RDX 进行了防静电处理, 例如采用防静电布袋或金属铝盘进行防静电处理。



图 4 RDX 自然堆积的外形

经测量圆锥体高度 $h = 10.8 \text{ cm}$, 直径 $d = 2r = 18 \text{ cm}$, 那么 $r = 9 \text{ cm}$, $\tan \alpha = 1.2$, $\alpha \approx 50.2^\circ$ 。因此, RDX 粉料的休止角约为 50.2° 。

2.3 测定结果

采用固定漏斗法测量的 RDX 粉料的自然安息角为 50.2° , 参照自然安息角与物料流动性的对应关系表^[9]可知, RDX 的安息角偏大, 属于流散性差、不能自由流动、会黏着的物料。

因此, 为了有效防止“鼠孔”以及“架桥断料”现

象的出现,防静电电子皮带秤装置的料仓倾斜角设计应大于 RDX 的安息角(50.2°)。

3 RDX 粉料计量试验

3.1 主要原料及设备

RDX 粉料;防静电电子皮带秤装置(自制),远程计算机。

3.2 RDX 在线连续计量

3.2.1 加料速度恒定情况下的计量试验

用电子秤称取 50kg 的 RDX 粉料,全部倒入防静电电子皮带秤装置料仓内,设置加料速度为322.4 kg/h,打开空气压缩机,启动皮带秤,开始向接料室送料,直到输送完毕。仔细观察送料情况并记录加料时间。

另外分别称取 80.6、120.0、160.4 kg 的 RDX 粉料,按照上述工艺操作,以同样的加料速度计量这 3 批黑索今,统计数据并计算误差。

3.2.2 改变加料速度情况下的计量试验

用电子秤称取 14.5 kg 的 RDX 粉料,全部倒入防静电电子皮带秤装置料仓内,设置加料速度为 26.0 kg/h,打开空气压缩机,启动皮带秤,开始向接料室送料,直到输送完毕。仔细观察送料情况并记录加料时间。

然后分别设置加料速度为 84、160、280 kg/h,按照上述工艺操作,重复计量 3 批 14.5 kg 的 RDX 粉料,统计数据并计算误差。

4 结果与讨论

4.1 加料速度恒定情况下的计量试验

用防静电电子皮带秤装置以一定的加料速度,在线计量不同量的 RDX 粉料,整个输送过程没有“架桥断料”的现象出现,加料过程连续、稳定、均匀。在线计量结果如表 1 所示,加料速度均为322.4 kg/h。

表 1 加料速度一定时的在线计量

批号	实际质量/ kg	仪器显示质量/ kg	加料时间/ min	计量误差/ %
1	50.0	49.665	9.3	0.67
2	80.6	80.000	15.0	0.74
3	120.0	119.424	22.3	0.48
4	160.4	159.999	30.0	0.25

由表 1 可知,4 组试验皮带秤显示质量较实际质量分别偏小 0.335、0.600、0.576、0.401 kg,计量误差分别为 0.67%、0.74%、0.48%、0.25%,均小于 1.0%。

充分说明在加料速度一定的情况下,该电子皮

带秤装置性能稳定,称量准确。

4.2 改变加料速度情况下的计量试验

用防静电电子皮带秤装置以不同的加料速度,在线计量相同量的 RDX 粉料,同样可以看到,中途没有“架桥断料”现象出现,加料过程连续、稳定、均匀。在线计量结果如表 2 所示,实际质量均为 14.5 kg。

表 2 改变加料速度时的在线计量

批号	加料速度/ (kg·h ⁻¹)	仪器显示质量/ kg	加料时间/ min	计量误差/ %
1	26	14.388	33.1	0.77
2	84	14.446	10.3	0.37
3	160	14.404	5.5	0.66
4	280	14.380	3.2	0.83

由表 2 可知,4 组试验皮带秤显示质量较实际质量分别偏小 0.112、0.054、0.096、0.120 kg,计量误差分别为 0.77%、0.37%、0.66%、0.83%,也都小于 1.0%。充分说明在不同加料速度的情况下,该电子皮带秤装置性能同样稳定,称量准确。

5 结论

针对危险性大、流散性差的 RDX 粉体的计量问题,设计了一种防静电电子皮带秤装置,经过 RDX 粉料计量试验,得出如下结论:

1)根据 RDX 粉料的自然安息角(50.2°),设计了合理的料仓倾斜角,有效防止了 RDX 粉料在加料过程中出现“架桥断料”现象;

2)料仓内部材料及皮带机的皮带均采用防静电材料,且料仓与皮带机是垂直的,RDX 粉料在限位圈开启后直接洒落在防静电皮带上,加料及输送过程中既没有硬摩擦、撞击及火花,料仓在防护罩内,又防止了粉尘飞扬,确保了加料计量过程的安全;

3)采用该防静电电子皮带秤装置在线计量 RDX 粉料,确保了 RDX 加料过程连续均匀稳定,设备精确度较高,计量误差在 1.0% 以内。

参 考 文 献

[1] 邓国栋,刘宏英,顾志明,等. 硝化棉在线连续计量技术研究[J]. 爆破器材,2012,41(1):11-14.

[2] Pohorely M., Svoboda K., Hartman M. Feeding Small Quantities of Particulate Solids[J]. Powder Technology, 2004, 142(1): 1-6.

[3] Mitchell J. D. Vibratory Feeders for Powders[C]//1998 International Conference and Exhibition on Powder Metallurgy and Particulate Materials, Las Vegas, N V, USA. 1998. 483-486.

- [4] 韩民园,贾新娟. 粉体炸药动态计量技术研究[J]. 含能材料,2007,15(5):547-550.
- [5] 李洁云. 粉体自动加料系统的设计[D]. 北京:北京邮电大学,2011.
- [6] 张建. 粉体定量加料器及应用研究[D]. 镇江:江苏大学,2008.
- [7] 张么玄,张秋杰,胡秀娟,等. RDX 干燥过程影响因素的综合分析[J]. 爆破器材,2011,40(5):15-17,21.
- [8] 董玉秀,宋珍鹏,崔素娟. 对休止角测定方法的讨论[J]. 中国药科大学学报,2008,39(4):317-320.
- [9] 张荣善. 散料输送与贮存[M]. 北京:化学工业出版社,1994.

Study on Continuous Metering and Feeding Technology of RDX Powder

DENG Guodong^①, LIU Hongying^①, GUO Xiaode^①, GU Zhiming^①, LV Fei^①, WANG Yonghong^②

①National Special Superfine Powder Engineering Research Centre,

Nanjing University of Science & Technology (Jiangsu Nanjing, 210094)

②Shanxi North Xing'an Chemical Industry Co., Ltd. (Shanxi Taiyuan, 030008)

[ABSTRACT] RDX inherently presents high risk and poor fluxion property, which would give rise to potential safety hazard and imprecise metering during the continuous metering and feeding process. To solve these problems, a new design of the anti-electrostatic electronic belt scaling equipment was constructed and a rational hopper was designed also by measuring the angle of repose of RDX powder. Its structure and working principle were clarified in detail, and a series of metering experiments for RDX powder were conducted. The results showed that this automatic metering equipment could transport RDX powder steadily and evenly with high safety performance, the hopper could not be bridged, and the metering errors is less than 1.0%. It can meet the requirement of continuous precise metering of RDX powder during feeding.

[KEY WORDS] RDX powder, anti-electrostatic electronic belt scaling equipment, continuous metering, electrostatic, metering error

(上接第 22 页)

- [2] 何楠,李昌满. 我国乳化炸药生产现状及对策[J]. 矿业快报,2008,24(5):24-25.
- [3] 杨民刚. 工业炸药包装工艺设备现状及发展方向[J]. 煤矿爆破,2004(2):23-25.
- [4] 林泽梅,黄志平,张国全. 工业乳化炸药装药机与码夹装置工作参数不协调性分析[J]. 包装与食品机械,2010,28(2):14-16.
- [5] 章毓晋. 图像工程(中册)图像分析[M]. 2 版. 北京:清华大学出版社,2005.
- [6] 何传龙,何小敏,许亮,等. 药卷传输姿态快速识别与诊断方法研究[J]. 计算机测量与控制,2012,20(2):307-310.
- [7] 冈萨雷斯. 数字图像处理[M]. 阮秋琦,等译. 2 版. 北京:电子工业出版社. 2007:420-433.
- [8] 孙即祥. 图像分析[M]. 北京:科学出版社,2007.
- [9] 徐长青,许志闻,郭晓新,等. 计算机图形学[M]. 2 版. 北京:机械工业出版社. 2010.
- [10] Strouthopoulou C., Papamarkos N. Text Identification for Document Image Analysis Using a Neural Network[J]. Image and Vision Computing, 1998,16(12):876-896.
- [11] Bradski. G., Kaehler. A. Learn OpenCV[M]. 于仕琪,等译. 北京:清华大学出版社,2009:175-181.

On-line Inspection Method for the Transmission Profile of Industrial Explosive Cartridges

XU Haibo^①, HE Xiaomin^①, DIAO Jianbin^②, XU Liang^{①②}, LI Xiuxi^③

① School of Automation, Guangdong University of Technology (Guangdong Guangzhou, 510006)

②Guangdong Zhensheng Science &Technology Co., Ltd. (Guangdong Meizhou, 514795)

③School of Chemistry and Chemical Engineering, South China University of Technology (Guangdong Guangzhou, 510640)

[ABSTRACT] To solve the problem of abnormal profile for industrial explosive cartridges during automatic packing process, an on-line inspection method is presented by using machine vision inspection technology. During the transmission process, the feature line of industrial explosive cartridges in these images are extracted, and both the transmission detecting method based on edge-line detecting and rectangle locating method are constructed. Algorithms and simulation experiments are performed by using Visual Studio C++ and OpenCV. Experimental results show that detection speeds of both methods can satisfy the requirement of a packaging production line, and can identify and diagnose for abnormal profile for industrial explosive cartridges accurately and quickly.

[KEY WORDS] industrial explosive, cartridge, machine vision, on-line inspection