

doi: 10.7690/bgzd.2016.02.023

仿形钻削与干冰喷射复合倒空弹丸装药自动生产线

罗同杰¹, 张保良²

(1. 豫西集团有限公司销毁中心, 河南 云阳 474678; 2. 豫西集团有限公司军品分公司, 河南 云阳 474678)

摘要: 针对国内现有倒空弹丸装药工艺方法在处理所装炸药类别和治理“三废”方面存在的局限性, 介绍一种适用于各类炸药从弹丸中倒出的仿形钻削与干冰喷射复合自动生产线。论述了生产线的原理及主要组成结构, 通过采用西门子 PLC S7-200 型控制器, 实现了生产线的自动化控制; 更换相应工装, 满足不同弹丸的柔性化生产。分析结果表明: 该自动生产线可倒空多类别炸药装填的不同弹丸, 效率高、无污染; 倒出回收的炸药和倒空的弹体品质好。

关键词: 仿形钻削; 干冰喷射; 倒空; 装药弹丸**中图分类号:** TJ410.5⁺2 **文献标志码:** A

Copying Drilling and Dry Ice Blasting Composite Projectile Charge Emptied Automatic Production Line

Luo Tongjie¹, Zhang Baoliang²

(1. Disposal Center, Yuxi Industries Group Co., Ltd, Yunyang 474678, China;

2. Branch Company of Military Products, Yuxi Industries Group Co., Ltd, Yunyang 474678, China)

Abstract: In view of the shortcomings of existing process of removing shell charge in terms of disposing various explosives and treating “three wastes” (waste gas, waste water and waste residues), this paper proposes an automatic integrated plant that can removing various shell charges by means of profiling drilling and dry ice jetting. It explains the concept and the major structural components of the system, which can be automatically controlled by Siemens PLC S7-200. The plant will be flexible for disposing different types of projectiles by changing the machinery and tools. Analysis shows that the automatic plant can empty various types of projectiles filled with different kinds of explosives efficiently and environment-friendly, and the recycled explosives and shells (empty) are good in quality.

Keywords: copying drilling; dry-ice blasting; empty; charge of the projectile

0 引言

传统的弹丸倒空装药大多有热熔性或热熔基; 因此采用加热熔出的生产模式^[1], 对于装填了受热不软化或不熔融的高能炸药装药弹丸, 则采用高压水射流技术处理^[2]。这些技术在工程应用中都会产生大量含药废气或含药废水, 若这类废水、废气处理不力, 会严重污染、毒害环境; 若严加控制, 所需耗费甚巨^[3]。随着科技的发展, 人们环保意识的提高和国家对环境质量要求的日益严格, 对弹药倒空装药生产过程所采用的各项环保技术在先进性、安全性和经济性等方面提出了更高的要求^[4-5]。为改变弹丸倒空装药面临的落后局面, 实现弹丸倒空装药的安全、绿色与环保, 笔者对钻孔与干冰射流复合倒空弹丸装药自动生产线设计与实现进行研究。

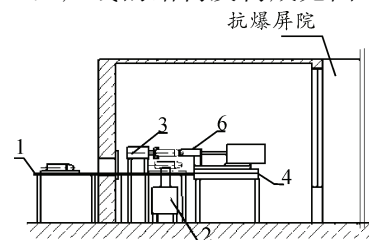
1 生产线的原理及结构

1.1 生产线的原理

在专设的抗爆小室内, 采用低速风冷钻削方式。

在专用钻床上, 正常钻削结合仿弹体内弧形的仿形钻削, 将弹丸中的大部分装药切削成粉状从药室中排出^[6-7]; 然后, 将弹丸移至干冰喷洗机上, 喷射干冰将附着在弹壁上厚度约 3 mm 的剩余炸药破碎冲出^[8-9], 实现弹丸装药的安全、绿色、环保倒空。

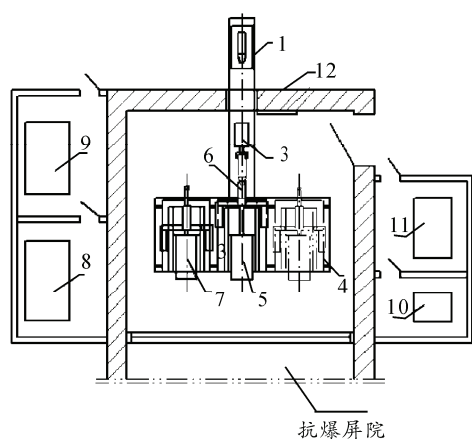
生产线主要由钻削机、干冰清洗机和传送系统组成。整套生产线安装在专设的抗爆小室内及周边。每台单机具有独立的传送、控制系统, 单机可独立运行, 通过更换相应的工装、附具或调整运行控制软件, 实现对不同装药弹丸的批量、自动倒空。生产线的结构及构成见图 1。



(a) 仿形钻削结构侧面图

收稿日期: 2015-09-26; 修回日期: 2015-10-27

作者简介: 罗同杰(1965—), 男, 河南人, 高级工程师, 从事废旧弹药拆分销毁处理的研究。



(b) 干冰喷射结构平面图

1. 弹体输送装置；2. 自动举升装置；3. 装夹旋转装置；4. 侧移装置；
5. 钻孔装置；6. 铜制密封装置；7. CO₂干冰喷射装置；8. CO₂鼓风装置；
9. CO₂制冰装置；10. 空气冷却系统；11. 药粉收集装置；12. 抗爆窗。

图1 仿形钻削与干冰喷射结构组成

1.2 钻削机原理、组成及工作过程

钻削机的原理是用带仿形驱动的钻削头装夹上特制的U钻头，钻头从弹口逐渐向低速转动(≤ 150 r/min)的弹体内部钻进(先直钻削到达底部，后仿形钻削)，装药被切削成粉末被收集器抽出收集。

装夹旋转装置：主要用于装夹弹体圆柱部及赋予弹体的旋转和轴向定位。当举升装置将弹体托举至要求位置后，张开的夹头内收，将弹体固定牢固并精确定位。

带仿形驱动的钻削头：装夹好专用U钻后，弹体旋转与刀具进给相匹配，用于弹体装药部分钻削。

空气冷却器：主要用于生成 $10\sim 15$ ℃的冷空气，用于钻削刀头冷却降温。

铜制密封装置：主要用于在弹体外弧形与钻孔装置之间形成密闭区域，在连接的药粉收集器作用下使刀具切削下的药粉可负压抽出收集。

其工作过程为：首先弹丸由输送装置输送到工作位，由自动装夹装置将弹丸装夹在设备工作位旋转装置上，弹丸被定位旋转，中空轴钻头铜制密封装置与弹丸口部外弧型紧密贴合，空气冷却器及药粉收集器启动，被压缩空气内冷的U钻头通过弹口轴向弹腔内进给，钻削形成的药粉由药粉收集器抽吸收集。内直钻到钻头限位板(距弹丸内腔底部约6 mm，确保钻头和弹底金属间无冲撞)确认的位置后，U钻头自动改受弧形板约束做退出仿形运动，最后退出弹腔，此时，弹丸内壁留存约3 mm厚的炸药层。

1.3 干冰清洗机原理、组成及工作过程

干冰清洗原理：干冰清洗技术也称干冰冷喷射清洗技术，是用极低温的干冰颗粒，在压缩空气作用下喷射处理物，使其表面急剧冷冻至脆化及爆裂。当干冰颗粒钻进其中的裂缝后，随即气化，其体积膨胀，从而把处理物剥离物体表面。干冰清洗首先利用冲击剥离处理物，然后利用温差使剥离提升，最后利用干冰升华作用清除附着物。其作业简便，已广泛应用于军工、核能、冶金、铸造、石油、化工、橡胶、塑料、船舶、汽车、食品、医药、机械、印刷、电力、电子等领域^[8-9]。

生产线采用的CO₂干冰为白色冰状固体，首先通过CO₂制冰装置将干冰制成直径为 $\phi 3$ mm的干冰球，干冰球通过CO₂鼓风装置将干冰和气体混合，再通过管道和干冰喷射装置将干冰以超音速喷射到炸药表面，在干冰动能和 -78.5 ℃作用下，钻孔后的薄壁炸药被冲击和冷冻至脆化及爆裂，产生龟裂和裂缝，随后被喷射的干冰进入裂缝后，在几分之一秒内气化，其体积瞬间膨胀 $600\sim 800$ 倍，将炸药一层一层剥落形成药粉。

制冰装置：用于干冰的制造，主要由柜式机箱、液压系统、干冰发生器及供液管路阀门、挤压成型装置、人机界面以及PLC控制系统组成。

鼓风装置：该装置主要用于将干冰和压缩空气混合，以 $3\text{ m}^3/\text{min}$ 的压缩空气动能将干冰通过管道输送至喷射装置。

干冰喷射装置：用于将干冰以一定的动能喷射到炸药表面，达到将炸药剥落分离的效果。

铜制密封装置：主要用于在弹体外弧形与钻孔装置之间形成密闭区域，在连接的药粉收集器作用下使刀具切削下的药粉可负压抽出收集。

其工作过程为：带仿形驱动的钻削头装置移开后，干冰喷射装置到位和内壁留有残药的弹丸对正，喷射装置铜制密封装置与弹丸口部外弧型紧密贴合，CO₂鼓风装置及药粉收集装置启动，喷枪像钻头那样一点点进入弹腔中，鼓风装置将CO₂干冰喷射在炸药面上，将炸药一点点击碎形成药粉并收集在药粉收集器内，待弹腔内炸药被清理干净，按预先设定时间结束喷射清理工作，喷枪退出弹丸内腔，侧移装置动作再将带仿形驱动的钻削头装置移至工作位开始下一轮循环。

1.4 输送、定位装置

弹体输送装置：主要用于弹体抗爆小室内外的输送，抗爆小室外弹体由人工上下，弹体经输送装置送至自动举升装置位置停止，并向其发送到位信号。

自动举升装置：主要用于弹体的自动举升，该装置接收到弹体输送装置所发信号后，举升卡头动作向上托举弹体，将弹体托举至装夹要求位置后停止，向装夹旋转装置发送到位信号装夹。同时对于倒空完成后的弹体，由该装置负责完成倒空弹体取回弹体输送装置。

侧移装置：主要用于带仿形驱动的钻削头装置和干冰喷射装置在两工位间完成互换移位。首先实现钻削操作，钻削完成后通过控制系统自动换位完成干冰喷射操作。一个工作循环结束，钻削装置恢复到起始位置。

药粉负压收集器：主要用于钻削及干冰撞击剥落产生的药粉的收集，在工作空间形成真空，钻削或剥落下来的药粉在负压作用下一起被收集到收集器内。

2 控制系统

控制系统采用应用广泛的西门子 PLC S7-200 型控制器作为控制核心，配置防爆触摸屏，完成生产线单机、联动的衔接和自动柔性化调度分配。具有手动、自动 2 种控制方式；依据工艺流程编制控制程序，可对生产线运行的参数进行预先设置和调整。同时还具有防爆连锁、移送位置检控、压力、排风流量监控等安全措施。且电气元器件采用防爆结构，适应 B 级工房 II 类危险场所要求。

3 结束语

1) 该自动生产线，操作简单，自动化程度高。集合了干冰喷射处理的炸药品种多，不存在“三废”处理问题，仿形钻削具有高效率、无污染等优点。

2) 仿形钻削和干冰喷射过程在铜制密封装置和弹体间形成密闭空间，药粉直接由收集器密闭收集，无外溢和暴露，避免炸药粉尘飞散带来的安全隐患。

3) 采用钻孔和 CO₂ 干冰喷射技术，炸药受高压冷风和干冰低温影响，使得炸药的感度很低，切削、破碎时不易引起燃烧和爆炸。加之整个倒空作业是在抗爆间内，人机完全隔离操作，提高倒空过程的本质安全度。

4) 自动线消耗能量低，倒空后的弹体空体可直接重新装药或作他用，无需其他清洗工序。

5) 根据弹体所装炸药类别的不同，倒空后的炸药可以直接利用或出售。

6) 采用人机隔离操作，炸药粉尘直接密闭处理技术，能减少和避免对作业人员的职业危害。

参考文献：

- [1] 李金明, 雷彬, 丁玉奎. 通用弹药销毁处理技术[M]. 北京: 国防工业出版社, 2012: 65-69.
- [2] 罗同杰, 张保良, 宁灵生. 高压水射流倒出弹体装药的实验研究[J]. 中北大学学报(自然科学版), 2014(2): 122-125.
- [3] 肖忠良, 胡双启, 吴晓青. 火炸药的安全与环保技术[M]. 北京: 北京理工大学出版社, 2011: 260-284.
- [4] 王昕. 绿色火炸药及相关技术的发展与应用[J]. 火炸药学报, 2006, 29(5): 67-71.
- [5] 夏福君, 宋桂飞, 肖东胜. 报废弹药绿色无害化处理技术发展思路探讨[J]. 兵工自动化, 2011, 30(5): 94-96.
- [6] 柏平. 炸药机械加工切削力和切削温度控制技术研究[D]. 北京: 北京理工大学出版社, 2004.
- [7] 张丘, 黄晓虎. 炸药切削数值模拟研究[J]. 含能材料, 2009, 17(5): 451-454.
- [8] 刘洋. 我国干冰清洗技术的应用与展望[J]. 清洗世界, 2006(1): 25-28.
- [9] 郭新贺, 王磊, 景玉鹏. 干冰微料喷射清洗技术[J]. 微纳电子技术, 2012, 49(4): 258-262.