

doi: 10.3969/j.issn.1006-1576.2010.05.018

## 炸药破碎安全控制及其可靠性设计

吴玉广, 吕颖

(中国兵器工业新技术推广研究所 推广一室, 北京 100089)

**摘要:** 炸药破碎设备是实现过期炸药重复利用和炸药生产中边角料合理处置的关键工艺装备, 针对其工艺过程安全性和电气控制系统可靠性要求高的特点, 分析了系统实现原理, 为实现新型炸药破碎技术的全面推广应用, 提出了控制系统设计的安全措施, 并采用了安全性设计法、冗余设计法和预防故障设计法, 保证了系统可靠性。

**关键词:** 炸药破碎; 安全控制; 可靠性设计

**中图分类号:** TP202<sup>+</sup>.1 **文献标识码:** A

## Security Control and Reliability Design for Dynamite Crusher

WU Yu-guang, LV Ying

(No. 1 Staffroom of Generalization, China North Advanced Technology Generalization Institute, Beijing 100089, China)

**Abstract:** Dynamite crusher is the key equipment for the leftover material using in the process of dynamite producing and also for the reusing of the overdue dynamite, considering the security of the process and the reliability of the electric controlling system, the realization principle of the system is analyzed. For widely use of new dynamite crusher technology, introduce the security measures of control system design, and adopt security design method, redundancy design method and failure avoidance method to ensure the system reliability.

**Keywords:** Dynamite crushing; Security control; Reliability design

### 0 引言

炸药是武器装备发挥威力的重要介质, 军工企业的炸药生产既涉及新型炸药制备, 也包括废旧炸药处置。由于炸药本身的特殊性质和安全环保需要, 对于过期火炸药的处置, 各军事大国早在 50 年代初就开始了多方面的探索研究, 并取得了一些研究成果。与生活及工业废弃物不同, 过期火炸药由于其固有的不安全性和非安全性, 有的甚至具有剧烈毒性, 储存具有潜在的危险, 若不能妥善地处理这些危险品, 将会给社会带来严重的后果。

处理过期火炸药的方法总体上可分为 3 类: 1) 焚烧方法: 使过期火炸药完全燃烧, 将其中所含的化学能释放出来, 从而达到消除过期火炸药的爆炸及燃烧隐患的目的; 2) 物理方法: 通过一些物理手段 (例如机械粉碎、机械压延、溶剂萃取等), 使过期火炸药的非安全性降低, 并转变成可以再利用的原材料或成品; 3) 化学方法: 利用一定的反应条件, 使过期火炸药发生一定的化学反应, 变成安定性较好、对环境危害较小或无危害的产物, 从而消除废旧火炸药的不安全隐患。

以上方法各有其优缺点, 为保护环境和资源再生, 设计生产一种可以使过期炸药得到重复利用的炸药破碎设备, 既能保护环境, 又可以把过期火炸

药作为一种可利用的资源加以回收。

### 1 炸药破碎设备的设计分析

炸药破碎机是过期炸药处理及火炸药生产过程中边角废料回收利用的关键设备。针对过期炸药及火炸药生产过程中边角废料回收利用的问题, 研制适应多种炸药的破碎设备, 需要突破炸药破碎均匀性控制技术、破碎过程的安全技术、破碎过程的分级控制技术, 实现炸药安全、自动化破碎。

首先, 要突破关键控制技术。依据技术指标和炸药破碎后的粒度要求, 必须采用分级破碎方式对炸药进行破碎, 每一级的轧辊齿数、齿形及轧辊间距均不同, 通过对轧辊转速的控制, 最后满足技术要求。第一级轧辊两辊速度差大, 破碎的剪切力大。齿数少, 齿形间距大, 这样第一级对辊充分满足了大剪切力和“吃入”较大体积炸药的需要。第二级轧辊两辊齿数增多, 间距缩小, 满足进一步破碎炸药的需要。第三级轧辊齿形是断开的, 交叉安装于辊轴中。不同的速度、间距的进一步缩小及齿形的变化, 最终达到破碎炸药粒度和效率的要求。

其次, 要实现绝对的安全可靠操作。要满足适合至少 3 种炸药的破碎要求, 实现人机隔离的自动化生产方式。破碎工艺过程要具有高可靠性, 工作过程要保证设备与人员安全。

收稿日期: 2009-12-17; 修回日期: 2010-01-21

作者简介: 吴玉广 (1965-), 男, 河北人, 大学本科, 研究员级高级工程师, 1986 年毕业于天津大学, 2005 年获北京理工大学兵器工程硕士学位, 从事工艺技术、技术基础等技术研究。

## 2 炸药破碎机的控制系统设计

### 2.1 工艺过程分析

由投料机械手将过期炸药或炸药废料送入炸药破碎机装药斗, 启动装药控制, 药斗给药控制器打开, 药斗底板由气缸带动抽离, 炸药在重力的作用下进入破碎机体内, 关闭底板防止破碎粉尘外泄对人体造成伤害。破碎机体内三级轧辊在电动机的驱动下, 通过链传动及齿轮传动以相反的方向旋转进行工作。在破碎过程中, 炸药颗粒的强度随颗粒的减小而增大, 因此轧辊的转速也需逐级递增。炸药破碎工艺过程如图 1。

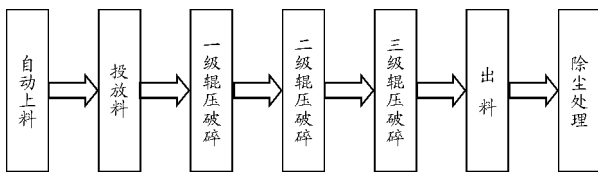


图 1 炸药破碎工艺过程

### 2.2 电气控制系统设计

#### 1) 系统配置

为满足要求, 选用功能很强的 PLC 现场控制系统, 具有协调功能, 并能独立工作。这种配置方案允许在整个自动化环境内能畅通无阻地进行数据交换, 从最高层向下一直到接触器或按钮, 且所有信息也能在 ms 级时间内送到其目的地。PLC 安装在设备就近的动力间内, 适用于各种场合中的检测、监测及控制的自动化。在独立运行中能够实现复杂控制功能, 具有可靠性高、指令集丰富、易于掌握、操作便捷, 丰富的内置集成功能、实时特性、强劲的通信能力和丰富的扩展模块等特点, 且可靠性高, 结构简单, 使用维护方便。

主电机、电磁阀以及电器检测元件、系统监控装置等电气设备都是控制系统设计要综合考虑到部分, 首先要满足安全与可靠性要求, 其次是选择性价比高的产品, 最后开展了性能匹配及系统适应性试验。

#### 2) 控制系统的实现

电气控制系统主要完成对炸药破碎的工作控制, 并具有与自动化生产线联机功能。安全自动化炸药破碎机的系统控制工作原理框图如图 2。

该电气控制系统既可独立工作, 又可通过网络模块与 PROFIBUS-DP 现场总线连接, 在计算机控制下工作。操作员可在操作站上对生产线进行自动操作或手动操作, 以分析和判断生产线当前的运行状况。能够方便实现单机自动、手动和全线联动功

能。只需改变控制程序, 就可适用于不同的生产。

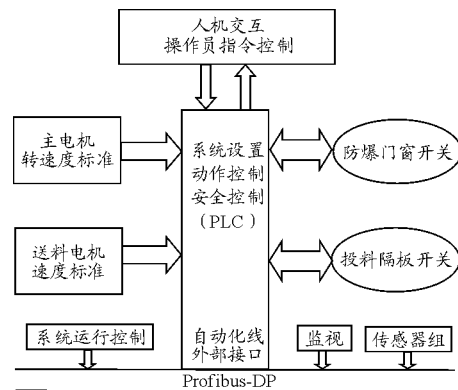


图 2 破碎控制工作原理图

## 3 过程安全与系统可靠性保证设计

### 3.1 安全要求与安全保证措施

所谓系统安全就是工作系统的安全, 是指工作系统在规定的条件下, 发生事故的风险值被控制在可接受的水平, 而风险值大小则取决于事故发生频率和事故后果严重程度 2 个因素。炸药破碎属于特殊生产, 系统的安全程度要求更高。因此, 设计中重点考虑了系统中人-机-环境的整体协调, 既要保证设备运行安全, 又要保证操作人员的安全。

具体的安全保证措施主要设计有:

1) 炸药破碎机上的电气设备应符合危险场所电气选型要求。

2) 主电机、电磁阀等均采用隔爆设计, 所有位置检测元件均采用本质安全系统设计。本质安全系统的原理是安全栅能够限制能量, 限制位于药剂粉尘中的传感器、变送器的火焰能量和表面温升, 使其均不能引燃药剂。

3) 设备的电器检测元件选用防爆型, 设备进行良好接地, 孤立导体处用软电缆与接地体跨接, 避免孤立导体的存在, 防止静电积累, 及时释放静电荷, 做到静电荷有效泄放, 防止静电危害爆炸发生。

4) 炸药破碎机体内的监控器, 操作人员可通过监控器对炸药的破碎过程进行全程监控。

5) 控制软件设计了错误锁定功能, 可以对违反规程的操作、不熟悉的误操作等予以系统保护, 这样既实现了炸药破碎机安全自动化, 又避免了人员的不安全因素影响。

### 3.2 系统可靠性保证设计

国家标准 GB/T3187-94 指出可靠性是产品在规定的条件下和规定的时间内完成规定功能的能力。ISO9000 指出可信性代表产品的可用性, 包括

可靠性、维修性和保障性 3 个相关因素。可信性的核心是可靠性工程，可靠性设计是以提高可靠性为目的的设计方法，可靠性设计是由产品安全性需要、用户对产品的可靠性要求和产品竞争性需要等因素所决定的。

本设备为火炸药场所专用，安全可靠应贯穿整个设计和施工的始终，因此，可靠性设计是至关重要的。系统采用的可靠性设计方法主要有：

1) 安全性设计法

安全性设计法是提高产品或系统固有可靠性和固有安全性的设计方法。系统采用隔爆技术、本安技术和防静电技术，提高可靠性。为仪表、电器等设计一个足够坚固的外壳或将其安置在足够坚固的壳体内，严格按标准设计、制造和安装所有的界面，使在机壳内发生的爆炸不至于引发机壳外危险性物质的爆炸。系统中所选用的防爆摄像机外壳、防爆电动云台及防爆红外、紫外火焰探测器等都执行隔爆和防爆标准。

2) 冗余设计法

冗余设计是以功能的重复结构确保局部发生故障时整机不丧失功能的设计方法。因为电源是关键设备，必须保证可靠，因此采用冗余技术，提高可靠性系统中稳压电源设备冗余配置。

3) 预防故障设计法

预防故障设计法是由经验积累产生的可靠性设计方法。根据相关安全改造系统工程经验，重点通过软件设计提高可靠性。软件设计了手动调整程序和自动运行程序及故障自诊断程序等。无论是手动调整程序还是自动运行程序，设计中除充分考虑各种互锁、连锁及计数累计外，还有丰富的自诊断功能，用于判断整条生产线的设备运行状态及影响产品质量的工艺参数正确与否。若运行状态错误，系统将报警，并在人机界面上显示该故障的故障点及原因。

另外，为确保系统安全可靠运行，还设计了紧急停车装置，紧急停车装置分布于中央控制室和现场，可以控制突发事件的发生。

4 结束语

在军品技术开发计划的支持下，兵器行业结合企业需求进行了炸药破碎技术的开发与推广。针对系统安全与可靠性要求，对破碎原理及安全控制要求进行了系统分析，在控制系统设计中采用了 5 条

安全保证措施，在可靠性保证方面采用了安全性设计法、冗余设计法和预防故障设计法。试验表明，系统所采用的安全措施及可靠性设计方法有效，保证了系统的正常运行，并为设备使用和集成控制等全面应用提供了技术支持。

参考文献：

[1] 左东红, 贡凯青. 安全系统工程[M]. 北京: 化学工业出版社, 2004.  
 [2] 张根保, 刘英. 质量管理与可靠性[M]. 北京: 中国科学技术出版社, 2001.

\*\*\*\*\*

(上接第 53 页)

根据表 2 和表 3 进行 5 个场站航材股航材保障能力的聚类分析，可以将 A（强同势）、E（弱反势）分别归为一类，B、C、D（弱同势）归为一类。通过聚类分析可以看出，虽然航材股 D 保障效能评估排名第 1，但其中影响航材保障能力的不确定性因素较大，仍需要加强管理力度，确保其航材保障能力的稳定性。

3 结束语

应用集对分析方法评估航材保障效能，分析计算过程概念明确、原理直观、计算简便、结果合理，为解决军事领域类似效能评估、方案论证等问题提供一种定性与定量相结合的研究思路。但文中仅是从宏观上对集对静态的角度进行研究，并没有涉及集对的动态变化规律，而实际中的航材保障在平时和战时有很大不同，研究其效能问题需要对平时向战时转化过程中的动态变化规律及可能出现的结果进行分析，可为下一步研究提供参考。

参考文献：

[1] 韩兴才. 航材保障工程[M]. 北京: 蓝天出版社, 2003.  
 [2] 丁静波, 傅涛. 影响航材保障效能的问题与对策[J]. 航空杂志, 2005, 15(5): 52-53.  
 [3] 赵克勤. 集对分析对不确定性的描述和处理[J]. 信息与控制, 1995, 24(3): 162-164.  
 [4] 赵克勤, 宣爱理. 集对论——一种新的不确定性理论与应用[J]. 系统工程, 1996, 14(1): 18-20.  
 [5] 张平, 黄德才. 基于联系度的 ROUGH 集[J]. 杭州电子工业学院学报, 2001, 21(1): 52-53.  
 [6] 陈维赞. 航空兵部队航材保障效能评估[D]. 西安: 空军工程大学, 2006.  
 [7] 杜海舰, 伍瑞昌. 集对分析在卫生装备评估中的应用研究[J]. 医疗卫生装备, 2003, 24(6): 19-20.  
 [8] 康广, 岳强斌, 宋辉. 装备保障训练评估质量分析[J]. 四川兵工学报, 2009(4): 116-118.