

民用爆炸物品生产与存储过程中安全风险控制策略探讨

张保国 (河南省松光民爆器材股份有限公司, 河南 郑州 450100)

摘要: 民用爆炸物品生产具有高度危险性, 生产过程中原料处理、混合等环节易引发火灾或爆炸事故, 需严格控制以保障安全。本文分析了安全事故可能性、风险特征, 并探讨了安全风险控制策略。防控策略主要包括优化安全防护体系、实施全过程管理和做好关键工序管控。研究为安全工程提供理论支持, 推动安全生产标准化建设, 降低事故率, 增强整体社会安全性。

关键词: 爆炸物品; 民用产品; 生产; 存储; 安全; 风险控制

中图分类号: TQ560.7 **文献标识码:** A **文章编号:** 1674-5167 (2025) 027-0151-03

Discussion on Safety Risk Control Strategies in the Production and Storage of Civil Explosives

Zhang Baoguo (Henan Songguang Civil Explosives Co., LTD, Zhengzhou Henan 450100, China)

Abstract: The production of civilian explosive materials is highly dangerous. During the production process, raw material handling, mixing and other links are prone to cause fire or explosion accidents, and strict control is required to ensure safety. This article analyzes the possibility and risk characteristics of safety accidents and explores safety risk control strategies. The prevention and control strategies mainly include optimizing the safety protection system, implementing full-process management and doing a good job in the control of key processes. The research provides theoretical support for safety engineering, promotes the construction of safety production standardization, reduces the accident rate, and enhances overall social safety.

Key words: Explosive materials; Civilian products; Production; Storage; Safety; Risk control

民用爆炸物品是指用于采矿、建筑等民用领域的爆炸性物质, 常见民用爆炸品包含工业炸药、烟花爆竹等各种物品, 具有高度危险性, 但在现代工业中具有重要作用, 难以轻易取代^[1]。民用爆炸物品的生产过程涉及原料处理、混合、包装等多个环节, 其中多个步骤都很容易引发火灾或爆炸事故, 需严格控制以保障人身安全^[2], 设置科学合理风险评估模型, 配备可行可用的应急机制, 在生产、存储过程中不断优化监管框架, 降低事故率, 保障安全生产^[3]。

1 民用爆炸物品生产过程中的安全风险

民用爆炸物品的生产过程涉及多学科技术融合, 应当在严格的安全标准下实现高效、稳定的产品输出, 民用爆炸物品主要包括工业炸药、起爆器材、烟火剂等, 生产流程通常涵盖原料预处理、混合、成型、干燥、包装等环节^[4]。由于爆炸物品具有能量释放属性, 因而民用爆炸物品的每个生产环节均需在高度受控的环境中进行, 温度、湿度、压力等参数的实时监控至关重要。生产设备的设计需满足防爆、抗静电等多项要求, 生产线布局必须遵循最小化殉爆风险的原则, 必须通过物理隔离或缓冲装置降低事故连锁反应的可能性。而民用爆炸物品生产过程从原料称量到成品储存均需执行标准化作业程序, 任何偏离既定规程的行为均可能成为安全隐患的源头。民用爆炸物品生产过

程中安全事故的发生可能性源于多方面风险因素的共同作用, 这些风险可归纳为物质特性、工艺缺陷、人为失误及环境干扰等多个不同方面。民用爆炸物品生产过程所需要用到的多数原料都具有易燃易爆的化学特性, 其中硝酸铵、硝化甘油等常见原料组分对摩擦、撞击或高温极为敏感, 其在混合或输送过程中可能因机械故障引发意外反应。工艺设计缺陷方面, 若反应容器散热效率不足或搅拌不均匀则可能导致局部热量积累, 严重时甚至会触发分解爆炸, 而常见的干燥工序中, 若温度控制失准, 也很容易导致溶剂挥发, 形成爆炸性混合气体。生产实践中, 设备老化引发的密封失效、仪表失灵等问题具有隐蔽性, 其风险随时间推移呈指数级增长。由此可见, 安全事故的可能性始终贯穿于生产全周期, 需通过系统性防护策略实现风险动态管控。

2 民用爆炸物品生产、存储等多环节的安全风险特征

2.1 行业危险性较高

民用爆炸物品生产行业因其产品内在属性的特殊性, 危险性极强, 爆炸物品的本质决定了其能量高度集中, 且其能量释放速率极快, 任何失控的意外能量释放都将引发灾难性后果, 此类物品本身对环境中的物理或化学刺激因素异常敏感, 对热能、机械撞击、

静电火花乃至特定化学物质的接触都可能表现出明显响应,存在较低的自发反应启动阈值,这些理化特性在生产环境中构成了几乎无处不在的潜在点火源诱因。生产活动本身又不可避免地需要涉及高温加热、高压操作、剧烈机械搅拌、摩擦工序以及对各类高活性化学物质的处理过程,这些工艺条件的叠加显著增大意外能量释放场景出现的可能性与频率。生产过程涉及的物料往往具有剧毒性、强腐蚀性或易燃易爆性,任何物料泄漏事件存在直接的燃烧爆炸风险,更可能引发伴随的次生灾害链,如急性中毒、化学灼伤或严重的环境污染事故,一旦主要生产装置或储存设施发生意外爆炸,其破坏烈度巨大、作用范围广、冲击波与破片危害距离远,极易在极短时间内形成工厂内外连片的灾难性后果,并对人员的生命安全及社会公共安全造成极为严重的负面影响。

2.2 事故原因多样化

民用爆炸物品生产过程中的安全事故,其诱因复杂交织,几乎涵盖了从微观个体操作到宏观管理体系的全部内容。从核心的“人”的因素审视,操作人员的专业技术水平存在差异、安全意识状态存在波动、心理与生理疲劳状态的累积效应、现场应急处置能力不足乃至因习惯性行为模式驱动的不安全动作偏离标准作业规程等可能性,都在持续构成事故触发的直接原因,人员行为层面的任何细微偏差在混合高能物质的高风险环境中均会被指数级放大其负面后果。而从“物”的状态分析,生产设备随着运行周期的延长可能出现的材料性能自然劣化、关键安全部件的功能性失效、在强腐蚀性或剧烈振动环境下易发的结构损伤累积问题、精密控制系统信号传输的延迟与失真风险,以及因工艺本身特性或维护条件限制导致的难以完全消除的设备设计缺陷隐患,均是物料能量意外失控释放的前提。管理的薄弱甚至缺位现象往往构成事故的触发原因,具体表现可能为企业安全文化建设的虚化与浅表化倾向、内部安全责任制体系未能穿透落实到所有执行前沿、风险分级防控机制与隐患排查治理制度在实操层面的流于形式、应急预案与实际风险场景契合度的缺失导致其可操作性不足、安全培训教育内容与实际生产需求间存在断层难以有效转化应用等各类常见问题,此类问题必须尽快解决。环境要素涵盖极端恶劣气象条件如高温热浪、雷击风险、高湿凝露环境对电气设备的威胁、低气压条件对密闭容器物理状态的影响,也包括场地内部潜在的静电聚集未导除风险、地面粉尘浓度超标未清除、不同性质功能区之间安全隔离距离被违规占用或变相压缩等物理环境状态的恶化,各个维度绝非彼此孤立存在,而是紧密交

织、互为条件、彼此催生,多重诱因复合叠加的连锁反应必然将对生产过程构成重大扰动,最终引发严重的事故后果,导致巨大的损失。

2.3 生产与输送环节事故概率高

生产流程运行阶段构成了民用爆炸物品安全风险集中爆发的高频地带,原料准备作为起点环节,即面临初始混合风险,多种具有不同能量敏感特性的氧化剂、可燃剂及其他功能助剂在此阶段需进行物理或初始化学接触处理,均匀度控制稍有不慎便可能导致体系内部形成和预期不同的局部热点或高敏感反应区,此阶段物料的输送与转移过程亦伴随着意外摩擦产生或静电积聚未及时消除的风险累积效应。制药、混同等工序中,伴随强大的机械外力引入用于驱动原料的均匀混合及晶型结构的定向调整,复杂的机械运动直接使得机械能与热能向药剂体系内部输运,此过程的能量输入边界控制难度极高,转速、温度、压力等设备运行参数一旦出现波动超限,或物料自身特性产生不可预期的非均匀性状态变化,就非常容易快速引发局部热失控,并导致爆炸。装药及压制成型工段,敏感物料在高度约束条件下承受强大的外部压力,其内部应力分布状态、装药密度梯度控制水平以及模具界面摩擦系数均可能影响体系稳定性,期间一点微小的意外撞击、模具动作干涉、压装参数偏移均可能立即点燃药剂,危险性极高。产品完成主体成型后的输送流转、暂时性周转储存也是关键风险聚集期,半成品或成品在此阶段仍保持着固有能量状态,却脱离了生产监控系统主控范围,周转设备可能出现的运行稳定性劣化、作业通道与固定障碍物之间防护间隙的动态消失意外接触、防护设施如泄爆装置或隔爆闸门的不当配置甚至功能性缺失问题均显著放大了该环节的危险暴露程度。

2.4 储存环节安全风险大

民用爆炸物品在完成主体生产后转移至专用仓储环境暂存,此时物品本身仍保持固有的高能量敏感特性,内部化学组分可能因长期静置发生缓慢的自分解反应,导致能量结构稳定性不足。仓库内部环境参数的变化对此类物质的安定性产生直接影响,通常爆炸物品存储应存储于温度稳定环境中,但如果存储环境出现温度波动,就很容易加剧分解反应速率,湿度过高引发吸湿潮解破坏包覆隔离层完整性,而空气流通性不足则将导致挥发性物质在有限空间内逐步形成爆炸性混合气体。仓库结构设计如果未能严格遵循防火防爆标准,如库房承重墙抗爆强度不足、泄爆面设置比例失衡、相邻库房间距未达到殉爆安全临界值,将大幅降低事故物理隔离效能。物品堆垛方式的科学性

同样构成关键风险变量,堆垛高度超标可能引发底层包装变形破损,密度过大,导致散热效率降低,不同类别爆炸品未严格按相容性原则分区存放时,也容易因意外泄漏形成交叉污染催化链式反应^[5]。

3 民用爆炸物生产与存储过程中安全风险防控策略

3.1 优化安全防护体系

民用爆炸物品生产具有高危险性特征,企业需建立完备的安全防护体系,从技术层面提高设备本质安全水平,确保所有生产装置满足国家防爆标准且定期检测维护。厂区规划应严格遵循分区隔离原则,将原料存储区、生产操作区及成品暂存区进行物理隔离,有效控制事故影响范围。安全防护需覆盖环境风险防控,例如对粉尘、温度、湿度等参数的实时监测与自动调控,避免环境异常引发燃爆事故。同时应完善自动化监测系统,在关键工艺节点安装压力、流量、温度等多参数传感器并联动声光报警装置,实现异常工况的早期预警。人员防护方面需强制配备防静电工装、抑爆头盔等个体防护装备,并在危险区域设置安全逃生通道与紧急避险设施。安全防护体系的优化还需结合管理手段,通过制定标准化操作规程和应急预案演练形成人防、物防、技防的协同机制,全面降低系统性安全风险。

3.2 实施全过程管理

生产活动的全流程管控是消除安全风险的关键所在,要求企业构建覆盖原料入厂至成品出厂的全链条管理体系。原材料采购环节需建立供应商安全评估机制,对炸药组分纯度、稳定性及相容性进行严格检测,从源头杜绝劣质材料输入。在仓储物流阶段推行定置定位管理,根据危险品相容性原则分类存放,通过智能仓库管理系统实时跟踪库存状态与储存环境参数。生产过程中需灵活运用管理工具,对工艺参数波动进行趋势分析,持续优化控制方案。全过程管理尤其强调质量追溯机制的建立,利用批次编码系统记录原料投料比、反应时间、操作人员等信息,确保异常问题可快速定位责任环节。

3.3 做好关键工序管控

在爆炸物生产的全流程中,部分关键工序的风险集中度更高,须采取针对性管控措施。原材料预处理环节需重点防控粉尘爆炸风险,破碎、筛分设备需配置惰性气体保护系统与泄爆装置,同时保证作业区通风系统每小时换气次数不低于安全设计值。混合工序必须精确控制投料顺序与搅拌速率,采用机械隔离方式实现人机分离操作,并设置温度监测装置,防止局部过热引发分解反应。化学反应阶段需严格限定反应釜的压力承载阈值,在设备设计阶段保证足够的泄压

面积,在操作规程中明确升温速率控制要求,明确冷却水系统失效的应急处置程序。成品分装环节需在抗爆间室内进行自动化操作,限定单次作业药量并保持作业区地面导电性能达标。干燥工序需采用远红外等非接触干燥技术,严禁采用明火直接加热。

3.4 优化存储流程

为确保存储安全,民用爆炸物品仓库选址应当避开地质活动带、洪涝多发区等自然灾害高风险区域,建筑设计需满足国家标准中二级以上防爆等级要求,墙体及屋顶须采用轻质泄压材料与非燃性承重构件的复合结构,确保冲击波超压峰值控制在安全阈值内。仓库内部必须建立分区管理制度,依据相关标准中危险性分类要求,将不同点火感度与爆炸威力的物品进行物理隔离存放,隔离区之间需设置高度不低于实体墙的抗爆屏障。存储环境参数调控系统应实现多重冗余控制,包含温度联动冷却机组、湿度自动调节装置、浓度超标自动切断的惰性气体覆盖系统,所有监测数据须接入企业中央安全监控平台实现异常状态预警。在物品存储操作规范层面,必须严格执行堆垛的量化标准,堆叠高度限制应根据包装材料抗压强度进行动态计算,垛间距须保证足够的热对流空间及紧急处置通道,同时采用先进先出原则避免超期存储导致的性能劣化风险。

4 结束语

民用爆炸物品生产行业危险性高,事故诱因多样,企业设备老化、人员培训不足等问题突出,急需有效控制策略。文章探讨了安全事故可能性与风险特征,提出优化安全防护体系、实施全过程管理和做好关键工序管控等控制措施。展望未来,需结合生产实际优化监管框架,配备可行应急机制,提升设备本质安全水平,持续降低事故发生率。

参考文献:

- [1] 文锋. 民爆企业在智能化生产中的安全问题及对策[J]. 化工管理, 2025(15):78-80+84.
- [2] 王森森. 我国气体爆破技术安全问题与管控措施研究[J]. 工程爆破, 2025,31(02):47-53.
- [3] 文锋. 民用爆炸物品企业安全生产标准化管理探析[J]. 现代职业安全, 2025(04):52-54.
- [4] 章文义, 郭建. 民用爆炸物品安全管理发展历程及趋势[J]. 工程爆破, 2024,30(05):85-92.
- [5] 童钟文, 彭婷. 煤矿型水胶炸药存储稳定性测试[J]. 计量与测试技术, 2020(5):46-47,51.

作者简介:

张保国(1973—),男,汉族,河南郑州人,硕士研究生,研究方向:民爆。