

浅析现场混装乳化炸药安全生产技术

倪浪乘

宏大爆破工程集团有限责任公司 广东 广州 511300

【摘要】：现场混装乳化基质生产到现场混装作业全过程的安全生产是一个复杂的综合性的系统工程。文章探讨了乳化基质生产到混装车作业的安全性。信息化安全方面建议采用双网络结构设计，可有效地防护信息安全。

【关键词】：现场混装；乳化炸药；信息化

Analysis of the Safety Production Technology of Field Mixed Emulsion Explosives

Langcheng Ni

Hongda Blasting Engineering Group Co., Ltd, Guangdong Guangzhou 511300

Abstract: The safety production of the whole process from the production of on-site mixed loading emulsified matrix to on-site mixed loading operation is a complex and comprehensive system engineering. This paper discusses the safety from the production of emulsified matrix to the operation of mixed loading vehicle. In terms of information security, it is suggested to adopt the dual network structure design, which can effectively protect information security.

Keywords: field mixing; emulsion explosives; information

前言

回顾过去 100 多年的工业炸药发展史，现场混装多孔粒状铵油炸药、乳化炸药、重铵油炸药的发明和发展，引发了一场无雷管感度的现场混装炸药取代传统敏感炸药的技术革命。但 2006 年 9 月 15 日美国亚利桑那州混装车发生了燃烧事故，2013 年 3 月 21 日江西永平铜矿混装车发生了爆炸事故，又让关心、支持民爆行业及以现场混装炸药车为代表的新型安全、高效、节能、环保的爆破新工艺的人士产生了新的焦虑。本文重点对现场混装乳化炸药生产作业全流程的安全性进行了探讨。

1 生产过程的安全性

现场混装乳化基质生产安全涉及的专业面广，要保障乳化基质生产安全，应当对工艺全流程以及所有的生产设备、设施的每一个元素进行安全分析。这无疑是一个复杂的、综合性系统工程。

1.1 油水相系统

油水相制备系统应设有完善的安全连锁保护装置和电子监控系统，并与乳化制药互联互通，以便对现场温度、流量、液位数据进行采集和处理，实时显示在控制面板上，一旦系统出现超温超压、过电流等现象，立即声光报警，并实现关闭阀门、自动停车等安全连锁反应，从而保证生产线的安全运转。

在保温方面，应对油水相的熔/溶化罐、贮罐采取完善的保温措施。水相溶/贮罐的保温尤为重要，不得有死角。需要引起特别关注的是，若水相贮罐底部保温欠佳，底部硝酸铵水溶液容易析晶，引起水相输送管道堵塞，造成乳化器因断料而空转，引起安全生产事故；亦或导致结晶状硝酸铵进入乳化器，在经过乳化器高速剪切作用下，相当于给乳化器内的乳化基质提供

了敏化基点，提高了引发乳化器爆炸的风险。因此，作业过程需及时清理油水相过滤网，防止杂质进入乳化器，降低安全生产风险。

在设备管理方面，油水相的熔/溶化罐、贮罐内的加热盘管要定期检查焊缝情况，谨防焊缝处出现裂缝、砂眼，以免加热时造成局部温度过高，引发燃烧、爆炸的事故。

1.2 乳化系统

乳化是乳化基质生产的关键工序，也是最具有危险性的工序。保障乳化工序的安全基础核心是对乳化器的结构设计和加工精度的精准把握。乳化器内部结构的任何一点瑕疵，都将影响到安全。另外，乳化器的监控安全保障措施的完备也是确保安全的重要手段，涉及到压力、断料、负载电流、振动、声音、冷却水等安全监控。

当前行业主要推广应用的是静态乳化器，其是利用固定在管内的混合单元体改变流体在管内的流动状态，产生分流、合流、湍流、旋转，以达到不同流体之间良好分散和混合的目的。一般，乳化过程通过柱塞泵或者螺杆泵泵送油水混合液，进入静态乳化器。输送的安全压力通常上限设置在 1.5MPa。目前该类型乳化器尚未发生爆炸事故。

动态搅拌式乳化器在油水相混合液输送过程中压力通常低于 0.4MPa，其压力远低于静态乳化所需的输送压力。该类型乳化器发生爆炸的原因，归结起来，是由于热积累产生的。具体原因大致如下：

(1) 因设备缺陷，油水相输送在进入乳化器时带入了气泡。这些气泡在乳化器的剪切分散作用下，形成了敏化气泡，并成为了乳化基质发生爆炸的热点。如果热点数目足够多，引

发的乳化基质热分解量足够多,就可导致爆炸;

(2) 物料断流是造成乳化器空转的主要原因。乳化器内的剩余乳化基质在腔体内被高速剪切,而产生大量的热,而乳化基质无法及时排出,热量没能够及时带走,导致热积累,从而引起爆炸事故;

(3) 乳化器本身故障,转子偏心,动平衡失衡,导致乳化器转子与定子发生摩擦,发生叶片断裂,高速冲击乳化基质,可能引起爆炸;

(4) 油水相输送系统过滤网穿孔,导致杂质硬物进入乳化器,乳胶基质与杂质硬物在乳化器内混合,在剪切作用下,形成以杂质硬物为基点的热点,导致乳化基质热分解,引发爆炸;

(5) 乳化器冷却水断流,导致机械密封处温度骤升,加热周围乳化基质,引发爆炸的可能。

在该类型乳化器的使用中,降低转速、降低转子线速度是保证乳化器安全的实质性措施。在保证产品质量的前提下,转速越低、转子线速度越小越安全。轴、径向间隙也是个十分重要的参数,是直接影响安全的技术性数据。间隙太小将增加机械摩擦的危险性,带来安全隐患。乳化器的转子必须经过动平衡检测。当下行业对于乳化器的转子线速度及定转子的径向、轴向间隙做出了严格规定。

(1) 剪切线速度:不大于 15m/s。

(2) 定转子的径向、轴向间隙:定转子的轴向间隙 $\geq 8\text{mm}$,径向间隙 $\geq 3\text{mm}$ 。

为了控制乳化器内存药量以及传播的危害,减少爆炸发生的灾害,行业对该类型乳化器出口内径以及容积做了规定,即物料出口内径 $\geq 50\text{mm}$;有效容积 $\leq 5\text{L}$ 。

需要注意的是,生产结束或者临时停机应立即对乳化器进行清洗,清洗标准是乳化器出口水流清澈,不应有乳胶基质残留。当前乳胶基质生产线搅拌式乳化器,结构相对简单,比较容易清洗干净,但静态乳化器内部结构相对复杂,需要进行反复清洗。清洗不干净,容易在乳化器内部、静态混合器混合单元残留部分基质,在下次开机时会造成乳化器振动异常、成乳慢、泵送压力陡升等现象。这是十分危险的。乳化器内残留乳化基质若长时间干磨下可能引发爆炸。

1.3 乳化基质输送泵

基质输送螺杆泵是乳化炸药生产中的常用设备及关键设备,已发生过多起事故,是乳化基质生产及混装装药过程中的一重大危险源,需杜绝螺杆泵在断料的情况下干磨。南京理工大学徐志祥等对国内常用单螺杆泵进行了研究,结果表明,当螺杆泵转动时,螺杆泵最高升温处在转子与定子接触处,当转速从 14.3r/min 升高至 180r/min 时,泵内基质温度会升高 5.8℃,

温升速率从 0.278℃/min 升至 13.4℃/min,基质温度可在极短时间内升至爆点。从历史上螺杆泵发生爆炸的事故中分析,其主要原因有如下几点:

(1) 吸空断流。吸空断流被认为是乳化炸药发生泵送事故的一个重要原因。乳胶基质在吸空断流时,泵内物料无法及时排出,乳胶基质在泵内摩擦挤压,由于橡胶定子导热系数小,不断地热积累,最终引起爆炸事故。吸空断流只是个表现,根本原因还是由于乳胶基质的局部热分解。

(2) 坚硬的异物进入。坚硬的异物进入使得定子与转子间容易产生机械摩擦升温,在生产安全中埋下极大隐患。

(3) 定子缺陷。由于定子缺陷,定子存在不规则凹槽,形成一个静死角。残留在凹槽内的乳化基质难以被带走,长时间的剪切摩擦,该处的热量产生积累,容易引发安全生产事故。

(4) 转子缺陷。转子缺陷,其表面光滑度低,在不平的突出点上发生局部接触摩擦从而形成热点,引起事故。

一般防范措施:(1)防止吸空断流、断料;(2)降低管道输送压力;(3)降低螺杆泵转速;(4)完善油水相系统过滤设施;(5)选择合规的专用设备等措施。

在使用中,建议采用质量保障好的螺杆泵,使用时尽可能地降低螺杆泵的转速,比较合适的转速应在 80 转/分以下。使用时还应定期检查定子状态,及时维护。

2 工艺配方的安全性

现场混装乳化炸药用的乳化基质安全性比成品炸药的乳化基质要高很多。混装乳化基质是可以《危险货物运输爆炸品认可、分项程序及配装要求》(GB 14371)或等同采用联合国《危险货物运输建议书——试验和标准手册》第 8 系列试验。在以往乳化炸药生产事故案例表明,乳胶基质在强约束条件下达到一定的温度时会发生急剧的热分解,导致爆炸。配方不同,爆炸的初始温度不同,爆炸的传爆程度也不同。曾有研究人员做过相关试验,乳化基质研磨一定时间大多都会发生严重的热分解,产生大量的气体,进而造成爆炸事故的发生。

现场混装乳化基质含水量较高,按照民爆行业要求,含水量达到 17%。敏化后的基质不具备雷管感度,需要强力的起爆条件产生稳定的爆轰。虽然混装乳化基质的感度降低,但其在强力起爆、急剧加热或强烈摩擦撞击等作用下,仍然可爆炸。江西永平铜矿“3.21”事故即值得深思。

(1) 在工艺配方上,应杜绝使用复合蜡等高粘性材料。粘度高容易降低乳化基质的流动性。在混装车作业过程中,粘度过大,下料不及时,容易引发基质螺杆泵空转,形成干磨,引发事故。

(2) 规范工艺。乳化基质配方的含水量不能低于 17%,含水量过低,形成的乳化基质的黏度过大,不利于乳化基质泵

送安全，现场混装装药困难。

(3) 地面站生产的乳化基质料头、料尾不要带入混装车。料头、料尾乳化不完全，容易有析晶的硝酸铵，该物料进入混装车基质泵内存在安全隐患。

3 混装车的安全性

现场混装乳化炸药在监控系统上主要是通过监控基质输送泵的压力来反映其工作的安全性。目前该方面的监测手段有效性和准确性会受到干扰，当堵料、断料同时发生，基质泵的输送压力有可能低于保护压力，没有触发联锁停机功能，从而出现基质泵内存留乳化基质干磨，引发安全事故风险。

现场混装乳化炸药车在每次作业完成后，要及时清洗混装车罐体、基质泵、软管，避免残存乳化基质留存。出现在罐体、基质泵的残留药体，若出现析晶现象，再次装药时，连同乳化基质混入到基质螺杆泵内，易埋下安全隐患。

4 现场混装信息化安全

在万物互联的今天，民爆行业信息化管理手段日渐丰富，地面站制备信息化控制、现场混装车实时定位及远程服务等安全信息涉及到了社会安全问题，故而，在信息化处理内/外网要区别对待。民爆信息化管控网络平台可设计为双网结构，即内部网络中的所有主机对服务器的访问与互联网用户对服务器的访问通过两条不同的通信信道进行。其安全性体现在两个方面：

(1) 将内外信息传送信道加以区分，分别对内外部网络设置不同的权限。内部网络根据管理权限，设置不同的访问权限；在外部网络部分，选择适合信息，防止敏感信息进入外部公共访问区域。

(2) 由于外网为公共访问区域，其安全风险远大于内网，采用双网结构保证了在远程网上出现问题时内网依然可以正

常工作，从而可以迅速恢复整个系统的。

具体系统网络拓扑结构图如下：

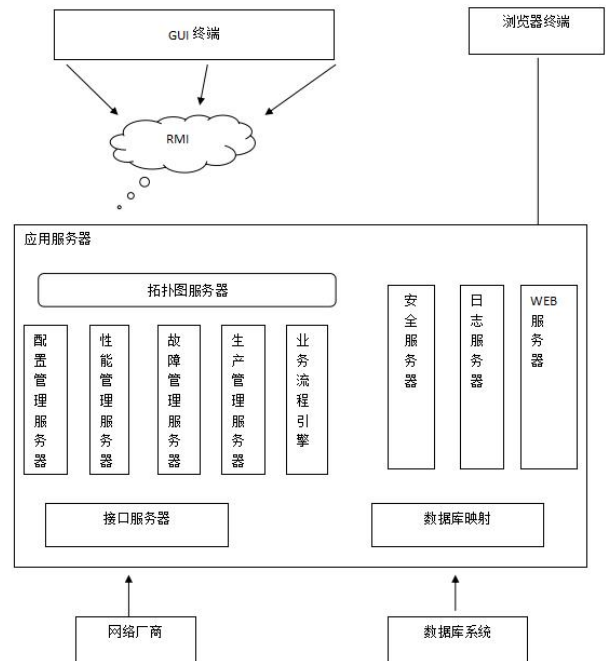


图 1-1 系统网络拓扑结构图

5 结论

现场混装乳化炸药生产过程安全性涉及到信息化安全、设备、工艺的安全性，是一个综合性的系统工程。在数据安全性方面，系统考虑采用三层 C/S 结构，包括客户端、应用服务器和数据库服务器。客户端实现用户界面，提供了一个可视化接口，用来显示信息和收集数据，只与应用服务器打交道。管理系统针对经营业务中配件管理、安全管理、业务成果、过程跟踪、综合查询以及与行业管理实现动态数据支持等流程。

参考文献：

- [1] 韦锦初.乳化炸药生产过程安全性讨论[J].广东化工.2014(10).
- [2] 李国仲.乳化炸药现场混装技术安全性探讨[J].第十六届中国科协年会——分9 含能材料及绿色民爆产业发展论坛论文集 2014(5).
- [3] 韦锦初,胡金明,万翔,开俊俊,吴国群.乳化炸药连续化自动化生产的质量控制[J].广东化工.2012(11).
- [4] 吴卫明,叶春雷,袁春波.乳化炸药现场混装技术及其安全性探讨[J].煤矿爆破 2018(12).