

乳化炸药的生产安全研究与过程管理

吴文涛（重庆顺安南桐爆破器材有限公司，重庆 401420）

摘要：我国自2008年伊始，明确规定一级乳化工艺是新建乳化炸药生产线和技术升级改造必须要采用的工艺，且生产所需要设备必须要符合相关规定的要求，绝不能以次充好，偷梁换柱。要确保乳化炸药技术最基本八项要求的切实落地和执行，最大限度地降低乳化炸药制备生产过程中可能发生安全事故的几率。虽然我国乳化炸药技术发展至今，其生产水平有了质的提升，且乳化炸药安全生产情况比较乐观，但是，我们仍然要时刻反思和牢记过去乳化炸药生产线所发生的诸多严重的生产安全事故，防患于未然。所以，本文旨在通过对乳化炸药生产线的生产工艺和生产过程中若存在的安全隐患进行概述和分析，并提出了对于各个环节相应的安全管控措施，希望能够从根本上减少甚至杜绝安全事故的发生。

关键词：乳化炸药；生产工艺；安全管理

0 引言

乳化炸药的生产工艺一般来说，主要包括配方、配比合成，所涉及到的生产工艺，制备生产所需要的设备以及调整和控制诸多关键性的工艺生产参数等等，总体来说非常的复杂。上述因素不仅仅只关系到乳化炸药的质量，更重要的是与乳化炸药的安全生产紧密相连。关于我国对于乳化炸药的研究探索要追溯到上个世纪70年代，发展至今无论是乳化炸药的生产工艺和生产设备，还是其配方配比和质量，都取得了突飞猛进地发展，且对于我国国民经济的发展和腾飞做出了积极的贡献。虽然近些年以来我国的乳化炸药安全生产情况持续升温好转，但过去所发生的诸多乳化炸药生产线严重爆炸事故仍令我们难以忘怀，时刻保持警惕，防患于未然。因此，我们必须要进一步强化对于乳化炸药生产过程中各个环节的重视程度，对其进行研究和探讨，对每个环节中若存在的问题和隐患进行整理和分析，寻求最科学、最合理的解决办法，为乳化炸药生产环节的安全提供最充足的保障。与此同时，随着我国经济的发展和进步，对于乳化炸药的生产工艺和安全生产提出了更严格的要求，乳化炸药的安全管理应是我们长久性的研究探讨课题。本文以认知乳化炸药生产过程中可能导致发生安全事故的因素为出发点，对生产过程中防止安全生产事故发生的管控措施进行了探讨。

1 乳化炸药生产工艺

虽然有各式各样的乳化炸药生产工艺，但总体来说可以分为三大类。

1.1 连续式工艺

作为乳化炸药生产工艺中比较基础的且常用的一种生产工艺，连续式工艺大体可以分为两种形式：①高温敏化生产工艺；②常温敏化生产工艺。对于民用爆炸品指导意见中的二期目标，此工艺的在线操作人员和在线存药量都能达标。而且高温敏化和常温敏化生产工艺都可以实现自动化、远程监视、关键仪器参数安全连锁进行配比，整体生产工艺的自动化程度比较高，大大降低

了人力劳动的强度，生产产能比较大。

1.2 半连续式工艺

此生产工艺的主要特点就是可以实现乳化和敏化的连续性，对于乳化基质的冷却由冷却器分批分量进行，或者采用手动运行冷空气对乳化基质进行冷却。半自动装药机负责包装装药，人工和仪器仪表相互配合完成监控工作。在线制备炸药数量较大，且设有安全防护装置，整体生产工艺的安全条件比较完备。

1.3 间断式工艺

此生产工艺的主要特点是乳化和敏化是间歇式完成的，降温通过人为的方式，装药也是手动或者半自动人为调节的方式。在线产品的数量较多，生产技术和生产设备的安全性较差，不仅是降低生产效率和生产容量，而且安全条件恶劣，人力劳动强度较大。

综上所述，我国目前大多数新建或者扩建的乳化炸药生产线均采用的是连续化自动生产工艺。半连续式生产工艺基本被淘汰，间断式生产工艺早已全部淘汰。虽然乳化炸药的配方形形色色，但生产工艺大体相同。

2 乳化炸药生产工艺过程中的危险因素识别

2.1 乳化炸药基质在生产过程中的安全性

乳化炸药基质生产过程本质上来讲就是利用乳化机搅拌乳化炸药的两种主要组成原料，即油相材料和水相材料。其中，油相材料指的是经过高温处理的乳化剂、机油石蜡等呈熔化状态的可燃剂混合原料；水相材料指的是高温的过饱和硝酸铵、硝酸钠和水混合溶液，在乳化机剪切力的作用下行成混合物，油相材料和水相材料以准分子的形态进行接触，这也是乳化炸药理想爆轰特征的体现。在制备生产和运输乳化炸药的过程当中，一旦发生激烈的摩擦、碰撞等机械外力的作用，将会在乳化炸药的基质内部形成热点，在此热点周围的乳化炸药会进行热分解，会释放大量的热量，所释放的热量会迅速加快乳化炸药分解的速度。若热点的数量足够多，尺寸也足够大，当热点升温至爆点之后，乳化炸药会由此类热点被激发而发生爆炸，最终导致部分甚至整体

乳化炸药发生爆炸。除此之外, 乳化炸药基质黏滞性非常高, 一旦在乳化机内部或者输送装置内部被搅拌的时间过长, 乳化炸药基质就会不断升温, 最终发生爆炸。这也是我国乳化炸药在制备生产和运输过程当中发生爆炸事故的原因。

2.2 引起乳化炸药爆炸的直接原因

乳化炸药的爆炸性比较可靠, 这也是我们需要充分利用的性能, 但在其制备生产的过程当中会产生极大的危险。我们要最大限度地降低此类危险。乳化炸药在生产的过程中引起爆炸的最主要原因是乳化炸药制备生产设备安全性不足, 相关技术人员的违规违章操作, 未及时处理设备存在的隐患和故障等等。比如, 电机轴承出现故障、机械部分密封不严致使出现漏料的情况。一旦搅拌设备出现故障, 就会使机械设备彼此之间产生激烈的碰撞和摩擦, 由此很容易出现爆炸的事故。其中, 乳化机、螺杆泵、敏化机和晾药机是影响乳化炸药生产安全的关键设备。乳化机在乳化炸药制备生产过程中产生的机械作用最激烈, 主要是由于其搅拌设备彼此之间的空间狭小, 左转速比较高, 所以乳化机及其配套运输过滤装置的安全可靠性是整个乳化炸药制备生产过程中的重中之重。乳化机设备中发生爆炸事故中心可能性最大的位置是动静盘和轴封缝隙中的薄药层, 主要是由于其正处于机械作用最激烈的位置, 如果乳化炸药质点在此发生爆炸, 就会迅速地传播爆炸波至周围环境。因此, 动静盘缝隙和相对线速度是乳化机安全保障的重中之重。

2.3 乳化基质爆炸产生的原因分析

乳化基质爆炸产生的原因根据相关研究显示, 乳化基质纯度较高且均匀并没有雷管的敏感度, 主要是由于混入的一些杂质, 大大提高了乳化基质对于外界机械外力的敏感度。乳化炸药在制备生产过程中混在其中的杂质并未在过滤槽中分离出来。所以, 乳化炸药在制备生产过程中敏化的乳化基质增大了炸药爆炸的几率。乳化机对乳化基质进行剧烈搅拌的情况下, 形成的气体杂质以微气泡的形式混入乳化基质当中。根据相关的研究报告显示, 存在于乳化炸药当中的有效微气泡数量为 104~107 个 /mL 左右, 从而提高了乳化炸药的起爆性和传爆性。乳化炸药在制备生产过程中可以利用计数显微镜检测发现乳化基质中的气泡, 主要原因是由于在乳化炸药物料内部发生了化学反应, 生成了气体产物。我国在制备生产乳化炸药的过程中, 通常来说会使用混合氧化剂, 此氧化剂的主要成分是硝酸钠和硝酸铵, 而且其中硝酸钠的最佳含量是 8% 左右。此举主要是为了提高硝酸铵的溶解度, 还可以使硝酸铵溶液的析晶点得以有效地降低。但是需要指出的是, 工业硝酸钠当中会混入一些亚硝酸钠等杂质, 使得硝酸铵与亚硝酸钠反应形成特别不稳定的亚硝酸铵, 而亚硝酸钠分解反应之后会产

生一定量的氮气, 这也是乳化基质当中混入一定量气体杂质的原因。一旦亚硝酸钠杂质的含量达到一定值之后, 导致乳化基质中气体杂质达到爆炸点之后, 就很有可能发生严重的乳化炸药爆炸事故。

2.4 现有的监控系统

对于乳化炸药制备生产过程中, 半成品乳化基质爆炸会发生在非爆炸作用下, 可以结合成品乳化炸药在爆炸作用下拒爆或者半爆情况。经过相关的研究和分析得出, 半成品的乳化基质也是氧化剂和还原剂的混合物了, 理论上已经变成了实体炸药; 理论上认为半成品乳化基质发生爆炸的根本原因是乳化基质被敏化, 半成品乳化基质被敏化之后, 大大提升了其爆炸敏感度和传爆性, 这也是导致爆炸的重要原因; 起爆能量是乳化炸药制备生产的机械设备故障作用, 也是半成品乳化基质爆炸的直接因素。经过机械学和力学的研究分析, 得出机械异常与机械设备的振动变化有直接联系。所以, 在乳化炸药制备生产过程中引入现代化的振动监测技术, 使乳化炸药设备机械特定参数可以由振动检测装置反映出设备的真实运行情况, 最大限度地降低甚至消除机械作用导致的爆炸。

3 加强乳化炸药生产过程的安全管理

对于上述危险因素有了明确地认知之后, 要尽可能地防止乳化炸药制备生产过程中发生危险事故, 要以管理、技术和制度等方面为基础, 提高从业人员和生产设备的安全性、可靠性, 控制和消除相关的危险隐患和事故。除此之外, 为了提高乳化炸药制备生产过程中的安全可靠性, 还要对乳化基质中混入的杂质进行有效地处理, 且排放出乳化炸药制备生产过程中所产生的有害气体, 从而最大限度地减少直至消除由于杂质而引发的爆炸事故。

3.1 提高对乳化基质的安全认识

进一步强化对于乳化基质的安全管理, 虽然乳化基质在正常的环境下并无雷管敏感度, 但一旦出现特殊情况, 比如基质中含有杂质和气体等情况, 仍然是非常危险的, 很有可能出现爆炸的事故, 所以我们要明确地认识到乳化基质的安全问题, 切忌不能凭空想象, 对其中所存在的隐患和危险要有详尽地了解, 才能制定有针对性的岗位安全生产管理制度, 积极落实安全预控措施, 最大限度地降低发生爆炸事故的几率。

3.2 抓好职工教育培训

对相关从业人员进行专业化的教育培训, 不断优化升级人才团队, 从而打造一支高素质、专业性强的人才队伍, 使每一名从业人员都能够对乳化炸药在制备生产过程中可能存在的安全隐患及其严重性有明确的认知。确保职工时刻以“四不伤害”严于律己, 对于违章指挥、违章操作、违章生产等违规行为令行禁止。与此同时, 要建立健全劳动人事组织架构的科学性和合理性, 人事

对于人员要进行不断地优化,使相关操作人员专业技能要过硬。对于管理岗位人员要根据工作的要求不断优化人员的年龄架构和专业结构,要合理安排有资质的人员任职相关的岗位,尤其是杜绝因人设岗的情况。所以,要不断地调整劳动组织架构,使得专业技术人员和管理人员能够各司其职,从而满足乳化炸药的生产安全要求。

3.3 加强设备管理

进一步加强对于设备管理的重视程度,以乳化炸药的热爆炸和热点理论为基础,提升乳化炸药制备和生产关键设备的安全性与可靠性。乳化机是乳化炸药生产线上对于安全生产影响最为关键的设备。所以针对于乳化机的安全问题要格外重视。第一,必须要严谨认真地选择连续乳化机设备。对于乳化机的性能和型号要谨慎选择,从本体上尽可能地保证其安全可靠。第二,必须要利用大量的冷却水对高温高速运转的乳化机进行冷却,而且要合理地分隔开工艺和关键设备的冷却水系统,还要设置乳化机的冷却水断流设备,设置乳化机的安全连锁报警停车系统,对其进行定期的检查和试验。对于乳化机的维修和保养要严格按照相关的规定定期进行。除此之外,还要设置多级过滤装置,以避免杂质通过水油相配料至乳化机的管网进入到乳化机当中。避免当液料罐内部的原料被抽空殆尽时,有空气被输送至乳化机内部,从而导致乳化基质被敏化成为乳化炸药。

3.4 设置硝酸钠溶解罐,降低杂质诱发的爆炸

我国在乳化炸药的制备和生产过程当中比较常用的氧化剂是工业硝酸钠和硝酸铵混合而成,但在工业硝酸钠当中会存在一定量的亚硝酸钠。在对其进行抽样检测的过程中,一般来说都是检测样本总体的平均含量,单独出来某一个硝酸钠样品,其中亚硝酸钠的含量有可能要超过规定标准。所以,即便在乳化炸药的制备生产过程中选用的是优等品的硝酸钠,也有可能存在一定的客观方面的安全隐患。对此,将硝酸钠输送至溶解罐当中,配比使其成为一定浓度的硝酸钠溶液之后,再向其中添加一定量的硝酸铵,加入的硝酸铵可以促进亚硝酸钠杂质发生完全反应。再接着进行加热和搅拌使其充分溶解,确保硝酸钠和亚硝酸钠可以充分反应,完成之后在将一定的负压加至溶解罐上,以排出硝酸钠溶液内部的全部气体,从而最大限度地降低由于杂质而引发爆炸的几率。

3.5 探索乳化炸药生产的新材料

根据我国民爆器材行业的相关标准和要求,为了使乳化炸药的安全性与稳定性得以最充分的保障,在未来可以研发高性能的添加剂。比如,将高性能的材料添加至高浓度硝酸铵溶液当中,解决其稳定性和可靠性的同时,可以研发出猛度更高的乳化炸药。以高浓度硝酸铵溶液稳定为大前提,精确地控制和解决化学发泡问题,对于控制乳化炸药爆速的控制有一定的促进作用。除此

之外,使用不含亚硝酸钠的材料,可以对由于亚硝酸钠导致乳化基质被敏化的问题进行有效地解决。

3.6 研发与使用新型的安全生产监测系统

研发和使用新式安全生产检测技术进行乳化基质的检测,比如可以利用光测技术,检测乳化基质的吸光率,可以通过选择磁参数,或者相应的射线探伤系统,进一步强化乳化基质内部微气泡的非接触检测效果。需要指出的是,研发新型安全生产检测系统时,要注意发生事故的几率和由于事故而造成的经济损失与研发安全生产检测系统的费用,还有安全生产检测系统使用和维护成本的可行性。

3.7 螺杆泵的安全措施

除了乳化机之外,螺杆泵也是乳化炸药线上生产安全比较关键的设备,要加强对于螺杆泵的安全管控力度。①对于螺杆泵的选择要择优而取,从本体上保证设备的安全稳定;②输送转速要偏低,避免出现由于螺杆泵高温高速运转而出现的安全隐患;③螺杆泵引入自动报警和紧急停机系统,一旦发现设备运行出现过压、超温等异常情况,可以立即报警和停机;④定期检查、维护和更换螺杆泵的密封件、橡胶衬套等易损易耗零部件;⑤完成当日的生产任务之后要将螺杆泵用热水进行冲洗,如果停机时间比较长,在启动设备之前还要添加一定量的机油,再由人力转动试验一下情况。

4 总结

相对来说,乳化炸药比较安全,这也使得部分从业人员从思想上放松警惕,行为上随心所欲,最终导致连续爆炸事故的发生。所以,对于乳化炸药我们必须要有可观的认知,对其制备和生产过程要高度重视,认真研究乳化基质和乳化设备等方面的安全问题。相信在人们的不断努力下,乳化炸药生产的安全问题在未来一定会被有效地解决,从而为我国经济的发展做出一定的贡献。

参考文献:

- [1] 惠君明,陈天云.炸药爆炸理论[M].南京:江苏科学技术出版社,1994.
- [2] 李建军,汪旭光,欧育湘,等.乳化炸药热分解动力学研究[J].北京理工大学学报,1996(6):636-642.
- [3] 马方兴,王化彬.对乳化炸药全连续生产线的认识和建议[J].煤矿爆破,2005(4).
- [4] 吴龙祥.谈谈乳化炸药生产工艺标准化建立[J].国防技术基础,2009(7).
- [5] 王云鹏.乳化炸药的生产安全研究与过程管理[J].中国化工贸易,2017,9(04):26.

作者简介:

吴文涛(1989-),男,汉族,安徽枞阳人,注册安全工程师,研究方向:爆破器材与技术。