

案例 11 2019 年河南义马液氧爆炸事故



救援现场 应急管理部消防救援局供图

三门峡市政府副市长李杰通报义马气化厂“7·19”爆炸事故情况：截至 20 日 12 时 30 分，现场搜救工作基本结束。到 17 时 30 分，确认死亡 12 人，另有 3 名失联人员遗体已找到，正在确认身份。经专家进一步治疗诊断，重伤人员生命体征平稳，事故原因调查工作已全面启动，善后处置工作正有序进行，空气和水等环境监测数据稳定达标。

就社会及网络上传言义马气化厂事故有害气体泄漏一事，义马气化厂总工程师在新闻发布会上澄清指出，爆炸事故发生后，厂内所有装置均处于停运状态，并有技术人员和救援人员赶到现场处置，网传发生有害气体泄漏一事为谣言。

事故发生后，国务委员王勇作出批示：“请应急部指导帮助地方，全力做好人员搜救，伤员救治等事故处置工作，尽量减少人员伤亡。要查明事故原因，严肃追责，吸取教训，督促各地进一步采取措施，切实加强危化类企业安全监管，严防重特大事故发生”。

应急管理部党组书记黄明立即作出部署，要求加强协调，全力抢救伤员，查明事故原因，依法严肃追责，更加扎实做好风险排查化解工作，坚决防止重大事故。带班部领导许尔锋第一时间赶到部指挥中心连线现场了解情况，指挥处置。应急管理部已派出工作组赶赴现场指导处置工作。

河南省委书记王国生、省长陈润儿连夜赶赴现场，到医院看望伤员和家属，

强调要全力抢救处置，加快搜救人员，严防次生灾害，做好善后工作。

究竟是什么原因导致此次事故发生？据媒体报道，中国石化工程建设公司副总工曹坚分析，空气分离车间主要用于分离氧气和氮气，其特点是使用深冷分离方法，需在-150℃下操作。该装置总体比较安全，即使发生爆炸也不会对环境造成严重污染。

曹坚认为，本次爆炸可能是压力容器安全泄放失控导致超压，“温度高了，液体变成气体，液氧液氮变成气体后膨胀，压力高了就可能发生爆炸。”

事故原因正在调查之中

切勿信谣传谣！

事故回顾：

7月19日17时45分，河南省三门峡市河南能源化工集团义马气化厂空气分离车间发生爆炸。

截至7月20日3时，本次爆炸事故造成10人死亡、5人失联、19人重伤，部分群众受轻微伤。

河南义马气化厂爆炸事故引发的“思考”：除了完善管理体系，还需做什么？

一、事故背景

7月19日17时45分，河南省三门峡市河南能源化工集团义马气化厂空气分离车间发生爆炸事故。当地官方通报称，截至7月21日17时45分，爆炸已导致15人死亡，多人受伤。

二、工厂背景

义马气化厂为河南能源化工集团煤气化公司下属的化工生产企业，总占地面积1300亩，员工总人数1220人，总投资55亿元。目前企业拥有产品产能为年产2.3亿Nm³天然气、24万吨甲醇、20万吨二甲醚、12万吨合成氨、20万醋酸、20万吨硝酸铵以及9万吨副产品(杂环烃1#、杂环烃2#、粗酚、轻粗苯、液氧、液氩、硫磺、硫酸铵等。

三、原因探讨

在发生大的事故之后，我们往往会很直观的首先就从工厂的管理现状上去寻找原因，将事故发生的原因归咎于人员不负责，管理混乱，不遵守法规，风险意识缺失等。于是便让大家产生一种误解，即只有管理混乱，人员不负责的企业才会发生事故，或者只要管理体系好了事故便不会发生了。但事故原因真的只有管理体系的缺陷吗？如果管理体系完备的企业发生事故的原因又是什么呢？

首先我们来看义马气化厂的安全绩效、管理体系和与之所得到的认可：

公司连续安全运行3400天，有70多名注册安全工程师；

拥有自己的安全文化和管理体系，包括利用互联网数据平台、SIS系统、HAZOP分析等，企业可以在过程管理中按照要求进行执行；

首批通过国家安监总局安全一级标准化验收工作；

事发前十天的7月9日，义马气化厂获评河南省2019年首批“安全生产风险隐患双重预防体系建设省级标杆企业(单位)”，成为省内72家企业(单位)之一。

7月2日，当地举行过“模拟义马气化厂液氨罐区泄漏事故应急救援演练”。三门峡市相关部门、企业负责人参与了演练全过程。

6月15日，义马气化厂围绕“防风险、除隐患、遏事故”主题，组织开展了首场“安全生产大讲堂”活动

2018年12月，该厂曾作为三门峡市安全风险隐患双重预防体系建设的先进单

位被观摩学习。

此前，义马气化厂还先后被评为河南省十佳科技型最具竞争力企业、河南省节能减排示范企业，河南煤气集团也曾被评为河南省 2009 年度安全生产先进工作单位。

义马气化厂负责人曾接受媒体采访时表示，“我们将续深入贯彻上级决策部署，把双重预防体系建设相关要求与“安全生产标准化一级企业”、“全国安全文化示范企业”、“全国安全管理标准化示范班组”等创建成果进行深度融合，与“星级分厂”、“安全之星”、“安全标兵”、“身边的榜样”、“隐患排查四最工作法”、“有感领导”等日常安全活动载体有机结合，持续优化安全生产工作责任体系和考核机制，不断提升全员工作的主动性和积极性，推动安全生产工作深入开展。

由此可见，义马气化厂对政府的监管要求是重视的，同时投入了大量的人力物力资源，双体系建设程序较为完整，应急演练也尽到了相应责任，政府相关部门、业内专家此前对义马气化厂的管理也投入了大量的精力，并给予了认可，我们不能简单的就得出管理不完善，安全意识缺失导致事故的发生的结论。要充分认识到化工安全生产的长期性、复杂性，要真正理清安全管理与专业管理的关系，尤其在化工企业，面对复杂多变的工艺过程、设备维护、自动化控制等，更需要专业的管理，仅靠安全监管部门的监管和企业安全管理部门的单打独斗，把安全管理与专业管理、人才管理割裂开来，是很难避免恶性事故的发生的，面对能量巨大的化工生产，更需要万众一心。

笔者认为，鉴于空分装置的特殊性，我们可以从技术方面去探讨，特别是过程安全分析技术。如果风险分析不到位，或对于特定化工过程缺少技术专家，导致对特定危险的知识不足，从而导致制定的措施不合理，最终依旧可能发生事故。

四、初步分析

以下是笔者根据之前同类事故分析，结合自身经验做的初步分析，以供借鉴。

截至 7 月 24 日下午，本文定稿之前，具体爆炸原因尚未公开，较多说法是液氧液氮温度升高发生相变体积增大，压力容器安全泄放失控导致超压发生的爆炸。但从事故后果严重程度来看，事故原因可能不是简单的物理爆炸，大概率是化学爆炸，或者是物理爆炸触发的化学爆炸。

物理爆炸即物质因体积状态或压力发生突变而形成的爆炸，非化学反应导致，

起因是因过度热量输入或者冷量输入过少，物质发生单相体积膨胀或者相变体积膨胀（液态变气态），或者外部输入的压力过大，导致系统内压力超过设备的抗压极限，设备瞬间破裂，损伤主要是设备破裂碎块和高压气体冲击。

化学爆炸即由化学变化瞬间产生高温、高压而引起的爆炸，其爆炸能量主要来自于化学反应热，爆炸的强度主要来自于反应的快速性，化学爆炸损害往往数倍于物理爆炸。

很多人印象中，空分装置没有反应工段，多是物理分离过程，且压力容器上设置有压力控制调节及报警（BPCS），紧急放空联锁（SIS），安全阀泄压（PSV）等多道保护措施，即使保冷设施大面积破损导致液空，液氧，液氮受热汽化膨胀，系统都能应对，除非多道保护措施同时失效，才会导致物理爆炸，一般认为空分装置总体上是比较安全的。

其实不然，空分装置同样存在化学爆炸危害场景。由于化学爆炸速度非常快，针对物理超压爆炸事故场景设计的保护措施在应对化学爆炸事故场景时往往无效。

空分装置的原料是空气，主要成分除了氮气（78%，v/v）和氧气（21%，v/v）之外，还有其它微量（ppm级）杂质组分，如H₂O, CO, CO₂, CH₄, N₂, C₂H₂, C₂H₄, C₂H₆, C₃H₈, C₄H₁₀, C₅H₁₂等（特别是在化工装置密集的工业区，大气的有机物含量可能更高），也许你会有疑问如此低含量的有机物，即使进入系统，也难以达到产生爆炸的范围，况且进入空分冷箱前还有三氧化铝和分子筛的前端纯化系统（FEP, Front end purification），可以除去这些杂质。但是，FEP不能去除所有的有机物。

不同物质气液平衡系数（K）不同，这也是混合物通过精馏分离的基础。不幸的是绝大部分的有机物通过空分塔分离，最终大部分富集在富氧侧，并且可能在液氧中以固态的形式积聚下来，当大量烃类尤其是含有不饱和键的烃类在液氧中富集，由于微小扰动发生反应时，很可能发生爆轰级别的爆炸，导致物理爆炸保护层失效。更为可怕的是，当烃类反应发生，将有可能成为富氧环境下金属燃烧爆炸的引燃物！由于主换热器存在大量铝材料，可能导致的爆炸当量将非常惊人。

类似的爆炸发生过多次，例如：

1997年抚顺乙烯化工有限公司“6000”空分塔爆炸；

1997 年马来西亚壳牌石油公司“80000”空分塔爆炸；

2000 年萍乡钢铁公司制氧厂“1500”空分车间爆炸；

我们可以从 1997 年抚顺的空分爆炸事故报告获得一些参考，具体的直接原因还有待物证的理化分析结果。需要注意的是首先要确认爆炸中心点的位置。

1997 年 5 月 16 日，抚顺某化工厂 6000 m³/h 空分塔发生了爆炸，导致 27 米高、2 米直径的空分上塔被炸毁；主冷被撕裂成碎片并燃烧、爆炸，其形成的碎片散落在半径为 500 m 范围内；上塔顶部的纯氮塔飞离 30 m 外；爆炸形成的冲击波使周围建（构）筑物及设备均以空分塔为中心呈放射状倾斜、倒塌，并造成周围（最远处达 1500 m）建筑物的门窗玻璃被击碎。

该空分装置系 1988 年引进，由法国 TECNIP 承包建设安装的生产氧气、氮气各 6000 m³/h 的制氧设备。流程中具有常温分子筛吸附器，分子筛后设有 CO₂ 在线分析仪，却无碳氢化合物在线分析仪，也未开展该项分析。

事故后，法国 SNPE 国家级爆炸研究所的专家到现场勘察、计算，得出以下结论：

(1) 原料空气中，危险杂质的含量严重超限，是该次爆炸事故的根源。由于周围环氧乙烷装置停车排放含有大量乙烯气 C₂H₄，使空分塔吸入的空气中的危险杂质 C₂H₄，显著超过了极限允许含量，进入了空分塔。此外，由于处于低负荷运行，该空分塔浸润式冷凝再沸器（BAHX）内液氧液位过低，导致了在狭窄通道中的“干蒸发”（进入 BAHX 的 C₂H₄ 在液氧中难挥发，无法随氧气蒸发带走，因而在液氧中积聚、浓缩）。几百克的乙烯足以引燃在液氧中 1 吨的铝制设备（如换热器翅片、塔填料等），爆炸能量放大了一千多倍。

(2) 对液氧中危险杂质未进行在线、离线监测，不能及时发现有害杂质含量超标是这次爆炸的又一重要原因。

(3) 未连续排放液氧，导致 C₂H₂ 和 C_mH_n 在液氧中积聚、浓缩，析出固体，是这次爆炸的直接原因。

在大气条件正常时，连续排放折合 1% 气氧产量的液氧，即可防止 C₂H₂ 及 C_mH_n 在液氧中积聚、浓缩。当大气被有害杂质污染时，排放的液氧量应作相应增加，可防止它们在液氧中的积聚、浓缩。而该化工厂不但未增加液氧排放量，而且连正常的液氧排放也未进行，这就使 C₂H₂ 和 C_mH_n 在液氧中积聚、浓缩，进而析出

固体 C_2H_2 和 C_mH_n ，导致空分塔爆炸。

义马空分爆炸事故，目前还不能对事故原因轻易下结论，还有其他可能的原因，如氧气管道内油污导致的爆炸等技术原因。

化工行业由于技术原因所造成的事故并不少见，诸如：2017年8月17日18时40分许，中石油大连石化公司重油催化裂化车间原料泵密封失效引发火灾的事故，原因为泵的选型不对；2018年12月18日10时35分许，如皋市众昌化工有限公司发生一起氟化氢中毒事故，造成3人死亡。经初步调查，该事故是由于液氮深冷导致化工装置材质冷脆，加之超压造成设备爆裂，设备内的氮气以及氟化氢泄漏，氟化氢造成现场作业人员3人中毒死亡。

在HAZOP的提出人Kleze提出的著名的风险控制三角形中，一条边是“分析和理解风险”，一条边是“运营管理体系”，最后一条是“从经验中学习”。这三条边缺一不可，共同作用才能提升风险管理系统。细化到过程安全管理中：分析和理解风险更多的依靠专业的工具，方法和人员；运营管理体系靠系统化的管理；从经验中学习依靠专业的事故调查，分享；有效的审核和检查。

过程安全事故的发生，总是有其相应的直接原因与根本原因。除了管理完善之外，我们可以从以下几个方向进行探讨，从本质安全上消除事故源头，或者采取措施降低事故发生的后果及频率。

(1) 本质安全。我们在设计之初就应该从安全容量上进行考虑，是否可以选更为安全的原料，设备及材料的选型是否符合规范，工艺路线是否最优化，是否可以尽量减少人员现场参与等方向进行考虑；

(2) 后果模拟技术的应用。随着城镇的不断扩张，原本处于城市边缘的工厂逐渐被社区、学校等靠近，相互之间的距离不断被压缩，因此有必要进行定期的后果模拟，计算严重事故（有毒有害气体泄漏，火灾、爆炸等）发生时产生影响的范围并提出相应措施。欧美已有相应的法律法规强制要求，对此我们可以进行借鉴。

(3) 特定过程危害技术的分析。每种工艺都有自身独特的危害，尤其对于精细化工行业及特种化学品行业，我们可以通过反应危害、爆炸后果计算等分析手段掌握相应数据，借鉴类似工艺最佳实践，邀请第三方专业机构参与等方式进行分析，此次发生事故的空分装置，就是典型的需要特定技术知识和经验的一套工

艺。

(4) 人员可靠性技术的提升。除了我们需要考虑怎么去减少人员操作的参与频率，同样也需要考虑如何提升人员的可靠性。目前国内外对于人脑可靠性有了较多的研究，认为伴随着人类不断的进化，人脑会自动在“快脑模式”、“慢脑模式”、“社交模式”、“自动模式”等进行切换，以减少能量的消耗。因此，我们可以采取相应的技术手段，让人员在进行操作时大脑处于思考状态即“慢脑模式”下，减少人员犯错的概率，提高其可靠性。

(5) 对职业安全管理体系与工艺安全管理体系进行区别管理。二者虽相辅相成，但管理体系与方法均不同。职业安全关注的更多是人员日常的作业安全，强调的是对个人安全的防。通常采用程序对人的行为进行监管，更多需要管理上的资源；而工艺安全关注的是重大灾害性事故，强调对大范围人员安全的防护。通常采用技术手段来降低事故的后果或发生频率，更依赖于技术资源。

除此之外，政府监管也要从风险发生的不同方向不同角度进行管理。当前我们的相关部门在管理体系上已经做了大量的工作并取得相应成效，但对于灾难性的事故的预防，仅有管理体系这是远远不够的。除了完善的安全管理体系，还要在本质安全设计，重大危害源分析，专业技术力量等方面进行攻关。总之，事故的教训是要从技术力量、专业人员、检测手段、规章制度、运行操作、检查督促等诸方面健全安全保证体系，切实加强对空分设备安全运行的管理。

原文链接：https://www.xianjichina.com/news/details_139887.html

来源：贤集网

著作权归作者所有。商业转载请联系作者获得授权，非商业转载请注明出处。

<https://haokan.baidu.com/v?vid=9865671133678035806&pd=bjh&fr=bjhauthor&type=video>