

# 苯酐生产装置火灾爆炸危险性分析

屈宁 屈婷

辽宁省石油化工规划设计院有限公司

**[摘要]** 苯酐一般俗称为邻苯二甲酸酐，其主要功能就是用于生产苯二甲酸二丁酯、树脂材料以及与染料有关的化工产品。目前中国国内所使用的苯酐制造工艺技术，通常都是以邻二甲苯为主要原材料，采用固定床气反应器相催化的氧化法等工艺技术完成生产制备等工作。为此，本文在剖析了苯酐制造过程根据其实际的运行状况，对苯酐生产装置火灾爆炸风险，以及安全补偿策略和保护措施等方面进行了分析，为苯酐的安全生产与管理工作提出了切实可行的依据。

**[关键词]** 苯酐；生产装置；火灾爆炸

**[DOI]** 10.12252/j.issn.2096-627X.2021.12.1177

引言：苯酐广泛应用于增塑剂、树脂工艺制造、医药、农业等领域。在苯酐制造中，通常使用于固定床气反应器相催化的氧化工序。到了20世纪60年代，美国又发展了40g的工艺。70年代，德国的企业又相继先后开发出了60g的工艺，并达到了在大爆炸区域下的稳定产量。但此后，随着对苯酐工业进料压力的不断提高，由联邦德国Lurgi公司所提供的100g技术，主要应用于韩国蔚山Aekyung企业五万t/a制造中。另外，中国目前的多套大型苯酐装置，均采用了90~100g的操作环境。但由于强氧化反应器组都在高温爆炸区域内运行，因此具有很大的起火、爆炸风险，而且如果在运行、监测和指挥等操作中稍有疏漏，都有可能发生爆炸事故。

## 一、苯酐的生产工艺

经过长时间加热后的邻二甲苯水溶液，在气化器内完全气化并和空气融合后，溶剂也会随即进入管形的强氧化反应器内，并在0.05MPa的高压、400至四百四十五度温度以及催化剂的影响下，与空气进行剧烈氧化反应而获得苯酐。另外，反应的热量被从熔盐系统中移除，并通过进行化学反应的出口气流经气体冷却器、预冷凝器和切换的冷凝器，最后产生了粗苯酐；在对粗苯酐进行热处理之后，再加以蒸馏法便可得到苯酐产物。

## 二、苯酐生产装置火灾爆炸危险性分析

### （一）原料、产品危险性分析

邻二甲苯原料，首先经由罐区直接输送到工业现场中约五十立方米的储罐之中，然后再经由高速泵运送至反应器。但邻二甲苯也属于甲类火灾的高热危害性物质，一旦情况掌握不好甚至造成气体泄漏，就可能引起爆炸。邻二甲苯如果经过加压后流入气化设备内，与气体混合后就会产生爆炸性的有机化合物，如果产生有明火、高温或静电的火花，将产生极高的爆炸、燃烧危险性。经过雾化的邻二甲苯的爆发速率很大，所产生的喷气冲击波超压虽与同等能量的TNT爆发后所产生的超高压性能一样，但因为其爆炸热值大，且爆发速率极快，在一瞬间内就会完成化学性转变，因此破坏力非常强大。

### （二）氧化反应过程的危险性分析

第一，氧化反应器长时间在高温高压条件中持续工作，在设备法兰、管路、设备之间的连接点上，往往因为物料振动或者装置自身强度而产生管路、设备裂缝的现象；同时物料调节阀也可能因为频繁调节而断裂，造成物质异常泄露，或者出现起火情况造成大火爆发等<sup>[1]</sup>。

第二，在反应器中将邻二甲苯和空气融合之后，其所产生

的有机物质含量在爆炸值范围内。因此，气体中产生的静电一旦不按时放出，因为静电聚集而形成的火花，就极可能造成反应器内有机气体的爆炸现象。

第三，在氧化反应过程中可能会产生大量通过熔盐吸收并传递的热能。但是，如果在操作过程中不能满足氧化反应，此时反应器内部的热能就无法散去，出现熔盐循环不足或者调节系统失灵的情况，那么氧化反应器的温度就会迅速升高。因此，容器温度过高也会导致容器发生爆炸。

第四，在氧化反应过程中所采用的熔盐，主要是由硝酸钾和亚磷酸钠这两种成分组成。这两种物质与一般的物质不同，他们都属于强氧化剂一类，如果在氧化过程中反应容器破裂，熔盐进入反应容器之内，苯酐与熔盐物质进行接触，二者形成强烈的化学反应，出现剧烈燃烧的情形，甚至可能造成引爆事故。

第五，拟设置的流量调节系统主要控制氧化过程中所采用的邻二甲苯原料进入反应器时的流速。在操作过程中，若是调节系统不能发挥自身的作用，或是系统失效，就会使得进入反应器内的邻二甲苯材料过多，不能使其发挥出应有的作用；另外，如果反应装置出现问题，导致气体泄漏，那么工作人员在操作下一步骤时，可能会发生爆炸。

第六，如果反应器内部温度、压力等参数的制造系统出现故障，反应就会失控，压力、温度就会超过制造极限，反应器就容易发生爆炸。

第七，反应器中所包含的气体预热器、混合器或者是反应器上的密封件等元件，可能会因为长时间地使用摩擦，产生静电现象；与此同时，由于设备各零件之间的摩擦会造成连接处的松动，这也会产生静电。当因摩擦而产生的静电积累到一定的程度之后，稍不注意就会产生火花，引起爆炸。

第八，原料气体不纯，带铁屑等异物进入反应器，或者也会引起混合气体发生火灾。

第九，在运输过程中，因为邻二甲苯自身易燃液体的特殊材质，工作人员往往会采取一系列的防护措施。但是，运输时若出现运输液体管道破损、设备密封圈遭到破坏或者是选择了密封性能较差的密封材料，这都会造成液体泄露的现象，若是泄露的液体再遇到明火，那么就极易引发爆炸。

### （三）苯酐气体冷却过程的危险性分析

第一，在冷却时，工作人员将苯酐气体注入气体冷却器之中，并对水释热能。此时产生的高温蒸汽若是因为管理不善，则极易引发超压超温事故，如没有安装使用安全阀、安全泄压

的装置或泄压装置损坏等,则会引起容器爆裂事故。

第二,热装置中的高温装置和管线,如:强氧化反应器、空气冷却器、高温蒸汽包等蒸汽管线,最高的工作温度可超过了400℃,形成了高温热源。

第三,加热器列管中若发生气体泄漏,则由于苯酐和水反应而产生的酞酸,由于酞酸有强腐蚀性,会与金属设备产生酞铁盐等自燃物质,而苯酐气体冷却器的操作温度超过了酞酸式盐自燃的工作温度,因此极有可能发生酞酸式盐的自燃现象,进而造成系统起火爆炸事故<sup>[2]</sup>。

第四,系统供热量中若由于水处理指标未能达到规定,而导致水体呈酸性并对列管形成严重腐蚀时,会导致列管渗漏,有可能产生的高压蒸气窜进系统,导致容器爆裂。

#### (四) 苯酐冷凝回收过程的危险性分析

第一,若是在上一道工序时加入过量的邻二甲苯,那么在未经反应的气体变回随之进入冷凝回收系统,从而造成在冷凝器内产生的易燃成分的混合气体。这时,就有可能因为静电而释放出电火花,从而导致起火爆炸的事故。

第二,在冷凝回收系统中采用导热油可能使得苯酐气体出现凝华的现象。然而,因为导热油自身的可燃性,若是冷凝系统在正常运转过程中出现泄漏的情况,那么在遇到高温或者明火时,就有可能引发火灾,造成爆炸。

第三,导热油在使用过程中受到热系统的影响局部过热,很容易引起高温下断裂反应,形成易挥发性或较低闪点的低聚物体,与低聚物体之间产生聚合反应形成不熔的高聚物,从而妨碍了油品的正常流通,也会导致管道局部过热变形爆裂的可能。

#### (五) 苯酐粗品精制过程的危险性分析

第一,在粗苯酐的精馏过程中通常采取过程中发生了违章作业或设备出现泄漏现象,就会导致大量的压缩空气吸入,从而造成塔内气压上升,进而产生的物料沸点升高的现象。此时,就有可能因塔中的高温而升压,从而引起了蒸馏塔起火爆炸的事件。

第二,由于苯酐是强酸腐蚀性品,在蒸馏过程中,很容易出现蒸馏塔等装置以及装置的管线出现锈蚀穿孔、壁厚减薄、结焦加剧的情形,从而导致装置失去承载力,出现渗漏事故,甚至导致爆炸。

其三,苯酐粗品精制过程所采用蒸馏器的底部存在高沸点、高粘度、易溶解的成分,易在高温下产生热结焦以及自动爆炸的现象,从而造成塔内容易发生火灾事故。

### 三、苯酐生产危险性评价及安全对策措施

#### (一) 危险性评价结果

应用于美国道化学有限公司火灾爆炸风险指数评估技术的研究,认为苯酐生成过程中用过氧化反应器的风险很高,通过及时实施安全补偿措施可以使风险减小,而一旦出现火灾爆炸发生后,在周围发现的3890平方米区域内74%的房屋可能遭到破坏。道氏火灾爆炸危害系数评估法(简称道氏法)是目前美国国内应用于国家安全评估项目中的一个评估技术,该法使用了技术中材料、仪器、物理量等的大量信息,评估方法中所采用的信息来自常规的实验数据、物质的潜在能量,以及当前防

灾的经验信息<sup>[3]</sup>。

该技术的目的在于明确危害部位的火灾、爆炸危险性,查明能引起发生和传播危害的设备,从而把火灾、爆炸危险性引入安全控制。本文采用该技术对苯酐生成过程的安全作出了评估,综合分析了设备的主要危害原因,并指出了在生产过程中装置方面和技术面出现的隐患,以及事件的严重性,找出了主要的危害原因,并在生产技术、工艺流程、设施管理等方面制定了措施,以重点减轻事件的影响程度。

#### (二) 安全对策措施

第一,在设计时应增加压力等级,以避免连续反应器中的管件、阀门、法兰以及垫块等由于质量问题或其他因素而导致的邻二甲苯气体泄漏,在产生氧化反应的容器底部和充满邻二甲苯的中间罐附近都设置了气体浓度自动报警器,并定期检查,在气体达到规定浓度泄漏量时会报警,尽可能减少重大事故产生的概率;

第二,点火源的存在才是产生起火爆炸事故的前提条件。所以,一定要确保各项安全生产管理制度生产执行的落实,并完善技术规定、生产作业规章制度和现场巡视检查,以找到能够引起着火爆炸事故的各种不安全因素,并及时有效提出处理措施<sup>[4]</sup>。特别是对产生明亮火焰和其他火源的部位,必须建立严格的规定,遏制火灾发生的可能性;

第三、生产工艺的设计必须要科学合理,并选择了品质较好的装置,以防止因进口反应器的气体含量不平衡,或者局部浓度过高而产生高温的现象。同时,漏盐检测器还可以设置于反应器水底气体出口管道中,当发现泄露时能及时发布警告,并开启紧急停车处理程序,从而降低危害的范围逐步扩展;

第四,要完善各项规章制度,形成完善的事故紧急应变措施体系,并进行系统培训,最大限度地降低故障和事件的损失;当在爆炸的极限内进行氧化反应时,应该严格控制混合物的配比或采取分别进料的方法,以防止产生爆炸性混合物。

#### 结论

采用美国道化学公司火灾爆炸风险指标评价方法,对苯酐制造装置的火灾爆炸危害因素和安全补偿方法进行了安全分析评估。通过理论分析,对装置的一些补偿方面进行安全改造,是降低设备风险水平,并提供了避免火灾爆炸产生的措施。另外,还根据苯酐的产品特性,提出了设备、制造、检验、维护、使用等诸面防止火灾爆发产生的措施,对苯酐的安全生产提出了有效的技术指导依据。

#### 参考文献:

- [1] 孟赫,蔡凤英,谈宗山.苯酐生产氧化反应器组火灾爆炸危险性分析与对策[J].中国安全科学学报,2002,12(6):41-43.
- [2] 杭国忠.苯酐生产火灾爆炸危险性分析与评价[J].河北化工,2009,32(8):75-78.
- [3] 石军.苯酐生产装置火灾爆炸危险性分析[J].化工管理,2015(15):66.
- [4] 辛晶.顺酐生产火灾爆炸危险性分析与评价[J].工业安全与环保,2007,33(4):22-24.