

# 涉苯企业化工工艺及储存研究

史晋强（太原化工新材料有限公司，山西 太原 030400）

**摘要：**苯系物在化工生产中非常常见，涉苯企业配套设有苯加氢精制装置以及苯罐区，所涉及的粗苯、苯、甲苯、二甲苯等苯系物，均属于甲B类火灾危险物质，因苯系物的危险特性，涉苯企业发生安全事故风险很高。本文对苯系物物理、化学性质进行了分析，对涉苯企业工艺进行研究，同时对苯罐区存储及安全管理措施进行了研究，通过工艺设计、日常管理等措施，提高涉苯企业存储安全性。

**关键词：**苯系物；危险物质；苯加氢；苯罐区

苯是石化行业最基础的原料之一，在橡胶、塑料、染料、炸药等领域都有广泛的应用，其应用范围和重要程度都很高，经常以其产量和生产工艺为衡量一个国家目前石化工业的发展程度。由于苯系物在我国的大量生产和应用，导致了苯系物的安全事故发生率仍然很高。本文对苯类物质的物理、化学性质以及涉苯企业工艺等进行研究，并提出重点工艺设计及日常安全管理要点，以降低储罐事故的发生率，提高企业安全稳定运行。

## 1 涉苯企业危险化学品种类及性质

生产过程中涉及的苯类危险化学品有粗苯、苯、甲苯、二甲苯、重苯、非芳烃、 $C_8$ 等，均属于甲B类火灾危险物质；涉及的辅料环丁砜和单乙醇胺属于丙B类火灾危险物质；焦炉煤气、氢气和制氢解析气属于甲类火灾危险物质。粗苯加氢精制装置、原料和成品罐区、汽车装卸站是生产、储存和装卸这类材料的危险地带，装置为甲类工艺装置，根据储存物料的物理性质和防火风险，选择了内浮顶容器。输送物料及产品时，选择屏蔽泵。物料的主要性质及规格见表1。

## 2 涉苯企业工艺研究

### 2.1 粗苯加氢工艺

目前，粗苯加氢工艺主要有：

#### 2.1.1 美国 Lyondell Basell 气-液双加氢工艺

通过两级加氢工艺，将粗苯粗苯脱除，然后通过高速泵入预加氢装置，避免了二烯烃的聚合。

在380℃高温下，将预反应的产品送入蒸发器，经高温水蒸气化，再送入一级反应器，使一烯烃加氢得到饱和烃。该过程中，芳烃损失在0.5%以内，总产率在98%以上。

#### 2.1.2 德国乌德法

这种方法是德国BASF公司发展起来的KK方法，它是对原苯加氢精制过程的改良。

在预混装置中，以镍钼为催化剂，对二硫化碳、含硫组分及二烯烃进行加氢精制。NiMo型催化剂在180~230℃之间表现出良好的催化性能，从而有效地避免了在主釜中过高的反应温度。经过预处理的废水，在经过特定硫化钴钼催化剂的催化下，加氢转化为对应的饱和化合物。另外，德国的乌德过程仅需一个加热的炉子。

#### 2.1.3 日本 Litol 高温法

这一过程由美国Houdry公司研制，日本川崎重工对其进行了改良。在260℃、压力6.0MPa的高压下，通过高转速的泵入蒸发器，与再循环氢气混合后，将其送入预反应室（260℃，压力6.0MPa），脱除不饱和组分，在610℃、6.0MPa的高压下，进行脱硫、脱硝、脱氧、脱烷烃等反应。传统的苯收率仅为114%，且纯度较低。

#### 2.1.4 国产加氢工艺

近几年，我国各大设计单位研制出一种国产二段式低温加氢工艺，经实际生产表明，该工艺所制得的产品完全符合市场需求。

### 2.2 国产低温加氢工艺

其中国产低温加氢工艺在目前国内应用广泛。某企业国产化低温气相加氢工艺是以苯为原料的生产线，设有粗苯加氢装置，以满足下游环己醇酮装置、己内酰胺装置、己二酸装置使用。根据主装置的加工能力和生产特点，本项目设置原料和成品罐区单元。

为满足装置安全稳定运行，其工艺控制需严格执行。加氢工艺参数为预反应温度190℃、压力为2.9MPa；主反应温度为280℃、压力为2.7MPa。

加氢精制工艺正常运行后，中控室重点监控压力、温度、各塔液位、回流罐液位等，其液位值在30%~70%之间，尽可能地将其维持在一个平稳状态，不令其发生大的波动。加氢系统液位重点是高压分离

器,如果液面显示不准确或者操作失误,就会导致高压气体串入低压装置,从而引发爆炸起火。

在温度监测方面,通过对主预反应室入口和出口的温度进行控制,使催化剂的活性稳定。在DCS系统中设有多种安全联锁和超限报警设备。

### 3 苯罐区工艺设计研究

由于化工企业的生产过程,中小型企业经常在其内部选定一片特定的区域作为储罐区。储罐区是化工企业存放有毒、易燃易爆的原料、半成品或产品,或进出物料和产品的关键场所。储罐区是一个非常重要的组成部分,它由各种类型的储罐、防护设施和管线构成,它可以按照材料的理化特性,选用不同的储罐来储存。罐区工程因其所含物料数量庞大,常成为一种重要的危险源,在设计不规范、管理不善、人为失误或自然灾害中,很容易发生意外。涉苯企业同样需设有苯储罐区。

#### 3.1 苯储罐设计规范

储罐设计规范及要求见表2。

储罐与周边设备之间的安全间距,必须满足GB50160-2018《石油化工企业设计防火规范》中对储罐的防火要求,并对其进行相应的设计。苯罐区宜设置在有明火或有飞火设施的一侧。苯罐区的内建(结构)筑物防火等级为二级,使用的建材必须是不可燃的。储苯宜采用浮顶油罐,拱顶油罐次之。储罐之间应有一定的防火间距,这要根据物料的危险程度、贮罐的结构和容量、消防力量和作业的需要而定。贮存苯类易燃液体的固定式顶罐,其上部通入空气的通气管路上应有阻火器装置,并将其安装在呼吸阀的下方。苯罐区的地下排污管线与外部环境之间应设置防火隔离措施,以避免外来火源进入该区域。

#### 3.2 苯储罐泄漏研究

苯类物质泄漏至外部环境后,会引起火灾(闪火、池火、火球)爆炸、人中毒等,其危害程度通常与泄漏源的状况(如泄漏面积、存储量、泄漏时间等)、气象条件、风速等因素密切相关。相关泄露参数见表3-4。

在苯漏液形成液池后,其蒸发速率与风速存在着直接的联系。在同样的风速下,苯蒸汽的挥发速率随泄漏量的增加而加速。

这是因为在继续泄露的过程中,苯的漏出量会越来越多,而生成苯液槽的面积也会不断地扩大,所以在每一段时间里,苯的挥发量都会继续增加。

在同一时段,空气流速越大,苯的挥发速率越快,在较快的蒸发速率下,有毒区域中苯的浓度在短期内持续上升,这对有毒危险区内的人员造成了极大的威胁,也缩短了撤离的时间,增加了事故的危险性。

#### 3.3 苯储罐泄漏事故对策措施

结合涉苯企业的自身特点、苯储罐泄漏事故原因分析,根据相关标准GB50160和GB18218要求,提出以下预防对策措施:

##### 3.3.1 加大安全教育,提高本质安全

要对整个公司的员工进行安全教育。从根源上预防事故,在设计的时候,由于严格地遵守了有关的设计规范,并且采用了合理的工艺技术,材料的种类和材料,保证了各个结构、连接处和密封性等有关的点都满足了。

##### 3.3.2 加强日常维护,遏制事故隐患

预防罐区内事故发生除设备设施质量过关和正确操作除了使用之外,对设备的日常维护也非常重要,要对罐区内的管线、阀门、罐体等薄弱部位进行仔细的检查、巡视,及时检修,把事故隐患降到最低。

##### 3.3.3 设检测监控,建防护体系

为了充分、实时地掌握罐区内储罐、管线、设备设施的具体运行状况,可以利用我国计划之外的先进技术方法和相关的设备设施,并根据企业的具体情况,在罐区内布设和安装一套符合自己特点的监测、监测设施,实时监测油罐内的液位,温度和压力。

##### 3.3.4 合理分区储油储罐区

储罐与周边设备之间的安全间距,必须满足GB50160-2018《石油化工企业设计防火规范》中对储罐的防火要求,并对其进行相应的设计。

##### 3.3.5 采取电气防爆措施,防止静电和雷击

变配电装置、开关柜、事故发电机等设置在离苯油罐较远、无爆炸危险的区域为宜。在满足生产工艺和安全要求的情况下,尽可能地降低防爆电气的数目。

苯罐区中可能引发燃烧爆炸的静电火灾,是由物料运输、人员走动、穿着衣物和与其他物品的摩擦等引起的。要注意降低这一部分的静电。

为了有效地控制和降低由雷击引起的火灾、爆炸等灾害,苯罐区必须安装避雷设备。苯罐区的防雷设施应根据储罐类型的不同而有所区别。

##### 3.3.6 控制苯蒸气与空气混合物浓度

如何降低储罐的蒸汽释放量,是油库火灾、爆炸和爆炸的重要内容。通过合理布置,减少苯蒸气排放,

通风换气, 惰化处理, 建立苯蒸气浓度监控系统等措施, 可以有效地减小苯蒸气与空气混合物的存在范围, 并对其进行控制。

#### 4 总结

苯的应用非常广泛, 其生产装置是好多有机产品, 例如己内酰胺、己二酸、环己醇酮等的原料装置之一, 很多大型化工企业均设有苯加氢装置。目前国内涉苯企业多数采用国产低温加氢工艺, 虽然涉苯企业苯加氢工艺相对成熟, 但因其涉及多种危险化学品, 其生产装置及罐区仍然是重大危险源, 需要按照规范进行严格的工艺设计、工艺控制, 才能保证装置的安全稳定运行。

#### 参考文献:

- [1] 陈杰, 段晓丽. 焦化苯加氢生产过程中的危险因素分析及预防措施 [J]. 工业安全与环保, 2011, 37(6): 62.  
 [2] GB31570-2015. 石油炼制工业污染物排放标准 [S]. 北

京: 环境保护部, 2015.

- [3] GB16297-1996. 大气污染物综合排放标准 [S]. 北京: 环境保护部, 1996.  
 [4] 刘堃. 苯罐区火灾爆炸事故后果分析与评价 [J]. 广州化工, 2011(7): 179-180.  
 [5] 许录艳. 重大危险源(设施)的分级和管理研究 [D]. 沈阳: 沈阳航空工业学院, 2010.  
 [6] 孙俊伟, 宋杰. 苯储罐泄漏事故危害区域的确定方法研究 [J]. 清洗世界, 2022, 38(11): 47-49.  
 [7] 张玉平, 马开良, 管孝瑞, 等. 由一起苯储罐闪爆事故看我国毒性介质储罐技术和管理现状 [J]. 安全. 健康和环境, 2019(9): 4.

#### 作者简介:

史晋强 (1991-), 男, 山西清徐人, 2021年7月毕业于北京化工大学化工专业, 注册安全工程师, 从事化工安全生产工作。

表1 物料主要性质及规格表

序号	物料名称	分子量	沸点 (°C)	熔点 (°C)	闪点 (°C)	燃点 (°C)	粘度 (Cp)	比重	毒性程度	火灾分类	爆炸上限 (%)	爆炸下限 (%)
1	粗苯				12	560	0.51	0.86	I	甲 B	7.5	1.4
2	苯	78.11	80.1	5.5	-11	560	0.39	0.856	I	甲 B	8	1.2
3	甲苯	92.14	110.6	-94.9	4	535	0.48	0.853	III	甲 B	7	1.2
4	二甲苯	106.12	139	-47.9	25	525	0.54	0.848	III	甲 B	7	1.1
5	重苯				23		0.84	0.927	III	甲 B	6.5	1.1

表2 常见国内外常压储罐设计规范

国内标准 《立式圆筒形钢制焊接油罐设计规范》 GB50128-2014	国外标准 GB50341-2014 《立式圆筒形钢制焊接油罐设计规范》 储罐	美国: API650-2013 《钢制焊接油罐》
欧盟: EN 14015-2004 《地上立式圆柱形焊接钢制常压设计和建造规范》	GB50128-2014 《立式圆筒形钢制焊接储罐施工规范》	
日本: JIS B 8501-2013 《钢制储罐设计规范》	SH3046-1992 《石油化工立式圆筒形钢制焊接储罐设计规范》	
德国: DIN 4119-2006 《地上圆筒形金属材料制平底油罐》		
英国: EEMUA159-2014 《地上立式圆柱形钢制储罐检验、维护和维修规程》		

表3 不同风速下苯蒸气下、侧风向最远扩散距离

风速 m/s	EPRG-1: 50ppm		EPRG-2: 150ppm		EPRG-3: 1000ppm		EPRG-4: 500ppm	
	下风向 (m)	侧风向 (m)	下风向 (m)	侧风向 (m)	下风向 (m)	侧风向 (m)	下风向 (m)	侧风向 (m)
3.4	682	248	372	140	108	51	171	72
5.2	640	125	345	70	80	26	142	36
10.8	471	79	230	38	27	-	81	16
24	257	38	105	16	11	-	11	-

注: EPRG-1-4 表示 1h 内环境中苯的体积分数分别达到 50ppm、150ppm、1000ppm、500ppm。

表4 不同风速下苯泄漏相关参数

风速 m/s	总释放量 (kg)	最大平均释放速率 (kg/min)	液池当量直径 (m)	泄漏持续时间 (h)
3.4	4064	97.6	35	1h
5.2	4711	108	32	1h
10.8	5681	120	27	1h
24	6495	128	22	1h