

FMEA 在热熔胶储罐中的分析应用

对热熔胶生产阶段储罐泄漏进行FMEA分析并通过有效措施改进——FMEA是一种较为成熟的基于风险的归因分析方法，广泛应用在设计、制造过程、使用以及供应商选择和服务等流程分析和优化中。FMEA可作为设备维护策略制定和优化的有效工具，不仅可以用于整个系统分析，而且可以用于单个设备的失效预防维护管理。

文 / 高永宜 王明

在设备投入使用后，应确保设备通过适当的维护管理方法可以在一定的时间范围内完成既定的功能且稳定运行。然而现实生产中，设备在运转时特别是服役早期，仍然会出现一定的故障。故障的发生多由一些小问题引起，一开始并没有引起人们的注意，随着时间的流逝，小毛病慢慢积累成大问题，会造成较大的故障。当出现大故障时，需要设备停机检修，造成产品生产的中断，给企业带来经济损失。因此，企业需要做好生产设备的精心操作、专业维护和保养工作，公司高管应积极参与到设备的管理及维修工作中来，形成齐抓共管的氛围，这样才能保证设备的正常运转。

热熔胶储罐引入 FMEA 分析
FMEA(失效模式与影响分析)
广泛应用于质量管理的多个领域，

本文作者供职于诺力昂化学品(宁波)有限公司上海分公司。

是一种比较推荐的质量风险管理工具。将该方法应用于热熔胶运行阶段失效分析和评估，对热熔胶生产阶段储罐泄漏的失效进行定性分析，找出导致热熔胶储罐泄漏的薄弱环节，并采取有效措施予以改进。

FMEA的计算方式分为两种，一种为计算风险 R 值，另一种为计算风险优先数 RPN (Risk Priority Number)。相比于计算风险 R 值， RPN 值计算能综合潜在

风险后果的严重度、发生的频率以及现行的监测措施有效性对于现有风险的可控性，并提出合理化的建议。储罐包含的化学物质主要是丙烯酸、丙烯酸正丁酯、丁酮，具体工艺流程如图1所示。风险优先数 RPN 的计算主要通过 S 、 O 、 D 值计算得到，计算方法如下：

$$RPN=SOD$$

式中： S ——后果严重度；

O ——失效频度，一种故障

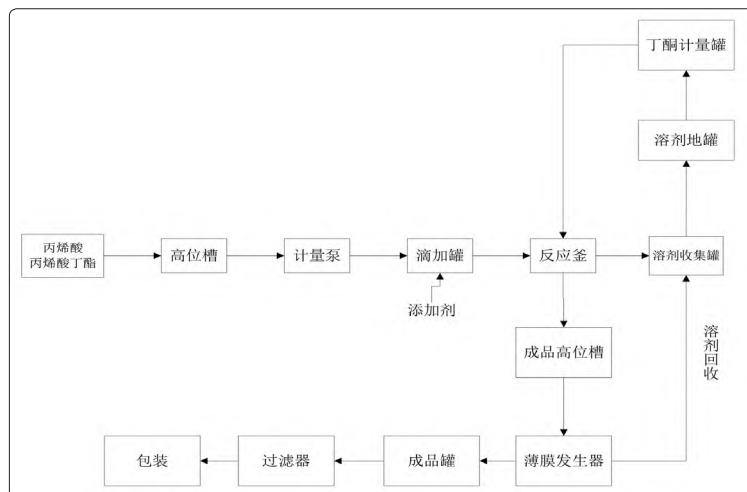


图1 储罐化学物质生产工艺流程

失效模式在预先确定时间段内发生的频度；

D——可探测度，衡量故障探测的难易程度。

FMEA 的分析过程

划分分析单元

在分析过程中，以有机溶剂自储罐与管道连接的第一道阀门作为分界，将储罐本体与管道连接部分以及阀门这部分整个作为分析单元，并识别该单元中风险优先数高的元器件。

成立失效分析小组

失效分析的确定主要通过行业内的专家、一线操作人员、检修人员和工艺人员组成分析小组，采用头脑风暴的方法结合企业工艺装置和设备管理的实际情况，识别潜在失效模式和可能造成的后果，对现有的失效监测方法和预防维修管理措施的有效性进行评估，结合同行业内相关数据开展确定失效风险优先数分析。

设定严重度评价准则

严重度主要指潜在的失效模式发生时对产品的性能或者后面的生产工序影响后果的严重程度的评价指标。严重度仅适用于失效的后果，严重度评估从 1 级到 10 级，具体见表 1。

设定失效频度（O）分级准则

失效频度是具体的失效起因发生的频率。通常采用 1 级到 10 级来估计频度的大小，频度的分级数重要在于其含义而不是简单的分级数，具体见表 2。

设定可探测度分级准则

可探测度是指零件在某工序之前，采用现有的工艺过程控制方法找出该工序失效模式的可能性的评价方式。这种评价方式的指标从 1 级到 10 级，通常采

用抽样检查的方法结合统计学原理进行有效的可探测度监测，具体分级见表 3。

失效后果风险优先数（RPN）分析

正常 RPN 取值范围为 1 ~ 100，

表 1 严重度（S）评价准则

后果	判定准则：后果的严重度	严重度级别
无	无影响	1
很轻微	对生产、财产或者人员生命无影响	2
轻微	对生产、财产或人员的影响可以忽略	3
很低	对生产、财产或人员生命几乎无影响	4
低	设备能运行，一些性能指标下降，产品需返工	5
中等	设备能运行，一些性能指标下降，部分产品报废	6
高	设备能运行，性能下降	7
很高	设备不能运行，丧失基本功能，可能发生 100% 报废	8
有警告的严重危害	一种非常严重的失效模式	9
无警告的严重危害	一种非常严重的失效模式，在没有任何预兆的情况下影响到设备的安全或违反国有关法规	10

表 2 频度（O）分级准则

失效发生的可能性	可能发生的失效率	CPK	频度数
极低：基本未发生过	$\leq 1/1500000$	≥ 1.67	1
很低：同类设备发生过	$1/150000$	≥ 1.50	2
低：本设备曾经发生过	$1/15000$	≥ 1.33	3
中等：几年中有一次或一年中有一次或者一个季度有一次以上	$\geq 1/2000$	≥ 1.77	4
	$\geq 1/400$	≥ 1.00	5
	$\geq 1/80$	≥ 0.83	6
高：一个月中有一次以上或者一个星期中有一次以上	$\geq 1/20$	≥ 0.67	7
	$\geq 1/8$	≥ 0.51	8
很高：一天中有一次以上或一天中有多次	$\geq 1/3$	≥ 0.33	9
	$\geq 1/2$	<0.33	10

表 3 可探测度（D）分级的定义

探测性	说明	可探测度数
几乎肯定	现行控制方法几乎肯定能找出失效模式	1
很高	现行控制方法找出失效模式的可能性很高	2
高	现行控制方法找出失效模式的可能性高	3
中上	现行控制方法找出失效模式的可能性中等偏上	4
中等	现行控制方法找出失效模式的可能性中等	5
小	现行控制方法找出失效模式的可能性小	6
很小	现行控制方法找出失效模式的可能性很小	7
微小	现行控制方法找出失效模式的可能性微小	8
很微小	现行控制方法找出失效模式的可能性很微小	9
几乎不可能	无现行控制，现行控制方法不能探测出失效原因或模式	10

表 4 储料罐失效结果

编号	潜在失效模式	潜在失效后果	严重度 S	潜在失效起因 / 机理	频度 O	现行探测过程控制	探测度 D	风险系数 RPN	建议措施
1	连接焊缝失效	泄漏	8	腐蚀, 本体缺陷, 外力冲击	2	日常巡检、无损探伤, 真空度监测	2	32	无
2	压力测量失效	不能监测超压	4	压力表本体失效, 引压管冰堵, 维护不当	4	压力表定期校验, 巡检巡查	2	32	加强巡查, 加强防雷模块监测
3	液位计失效	不能监测超装	4	液位计本体失效, 维护不当	4	定期维护、检查、排液	2	32	无
4	罐体应力变化	变形、停用	6	失真空、地基下沉、预冷不充分	2	真空度检测、垂直度监测、操作规程	6	72	严格执行操作规程
5	罐体支撑, 结构力变化	罐体倾斜、拉断管、泄漏	8	地震、地基下沉、支撑腐蚀	2	垂直度监测, 一年一次	4	64	加大垂直度监测频次
6	罐体材质失效	裂纹、泄漏、超压及减少使用寿命	7	金属脆化, 疲劳	2	定期进行压力容器监测	8	112	避免超限使用
7	根部阀失效	泄漏	8	腐蚀、填料松动、本体质量及操作维护不当	2	巡查、目视	2	32	无
8	夹套真空失效	超压	8	外层失效	2	压力监测、真空度检测	2	32	巡查到位
9	罐区日常管理	灭火受限制、事故状态下发生连锁反应	8	维护调试不当、未定期检查	4	定期维保、测试	2	64	无
10		程序不完善, 有风险	8	/	3	/	3	72	危害分析

表 5 RPN 值排序

序号	RPN 值	潜在失效模式
1	112	罐体材质失效
2	72	罐体应力变化
3	72	操作程序不完善
4	64	罐体支撑结构力变化
5	64	消防设施失效
6	32	连接焊缝失效
7	32	压力测量失效
8	32	液位计失效
9	32	根部阀失效
10	32	夹套真空失效

若 RPN 的值很高, 需要采取纠正措施, 降低 RPN 值。此外, 若 S 值很高, 即使 RPN 值低, 也需要重视该问题, 热熔胶原料储罐失效分析结果, 见表 4。

通过以上分析, 风险优先数 (RPN) 排序, 见表 5, 风险相对高的为罐体材质失效、罐体应力变化、罐体支撑结构力变化以及

罐区日常管理的变化。根据以上 RPN 排序, 可以看出风险优先等级, 需要采取相应的措施, 降低罐体风险。

建议的对策措施

根据 RPN 分析结果, 找出风险优先度相对较高的失效模式, 采取相应的对策措施以降低风险优先度, 具体措施如下。

罐体材质失效问题

罐体在生命周期期限内, 应严格按照罐体检查程序定期对罐体进行检测, 包括焊缝、壁厚无损检测、真空度检测、垂直度检测及防雷检测等程序, 防止罐体腐蚀失效, 必要时需要增加检测次数, 发现问题及时改正。

设备附件问题

在采购设备附件时, 应严格执行一定的程序, 确保附件符合生产需要, 严格把控附件质量问

题, 同时应对附件进行维护、保养, 确保附件运行的可靠性。

企业管理问题

FMEA 是一种较为成熟、简单而且应用广泛的技术, 不仅可以用于整个系统分析, 而且可以用于个别附件的缺陷管理, 可以通过低成本手段解决未发生风险高的设备备件, 提高企业运营能力, 获得较高的经济效益, 应加强巡查、巡检, 对现有工艺设备进行分析, 保证工艺的合理性。

结语

在设备的运行结合潜在失效模式与后果分析 (FMEA) 的基础上, 并保证设备机械完整性的前提下, 给企业的设备管理提出了相应的改进措施, 使操作人员能科学合理地使用设备, 从而增加设备的使用年限, 减少故障发生的概率。