

化工厂基于可靠性维修的管理分析

● 李 阳



[摘要] 由于化工厂设备众多,且工作环境中存在易燃易爆物质,因此,在进行设备维修时,必须特别注重可靠性和安全性。目前多数化工厂的设备维修仍停留在以时间为第二代的维修模式,此种维修模式在一定程度上确保了设备的可靠运行,但经济性差,对确保装置的本质可靠性促进有限。本文分析了基于可靠性为中心的第三代维修模式,并介绍了主要管理构架和管理对策,以期为化工厂设备维修提供有价值的参考意见。

[关键词] 化工厂设备;基于可靠性的维修;可靠性管理;管理分析

化工厂设备众多,介质复杂,工艺流程和控制复杂,各种危害和风险无处不在,化工装置从设计、安装到使用的全过程,虽然有相关过程控制、质量管控,但在初期建设和后期运行中人员和职能部门较多,在装置建设期会遗留各种各样的问题,造成设备运行阶段会出现各种问题,故对化工厂高水平、高可靠性的维护维修,对提升和确保装置安稳运行影响重大。目前化工厂的维修方法可分三种:第一代,即事后维修,它的特征在于,在发生故障之后,再对设备进行检查和处置。这种方法的重点在于随时应对突发事件,对故障的及时处置;第二代,即以运行时间为参考的预防维修,其仅仅关注设备的运行时间,在设备运行一定时间后就进行检查和处置,来确保设备的正常运转,而非等待到故障发生再处理。第三代,即以可靠性为基础的维修,这种维修模式考虑了设备安全与经济性的统一,自80年代以来,第三代维修模式已被普遍采纳,并在不断推广应用,它以提高可靠性为目标,在保证设备安全的同时,也兼顾节约成本,突出表现为设备该修时必修,需要时随时修,能不修就不修。在化工厂,基于可靠性的维修不仅是一种维修模式,更是一种重要的维修理念和策略,它旨在通过分析设备的功能和故障,评估其后果和严重程度,并基于逻辑判断方法,针对不同设备类型制定出具体的维修内容、维修间隔和维修深度,以实现最佳的维修效果。

Q 定义及认识

(一)可靠性、可靠性管理及以可靠性为中心的维修定义

可靠性:其基本概念为在给定的期限和状态下,设备或单元实现其所要求功能的能力;可靠性定量概念为在给定的时间

和条件下,设备或单元实现预定功能而不发生失效的可能性。

可靠性管理作为质量控制的核心部分,强调必须从设备整个生命周期的每个环节进行考虑,以确保从设计、生产、维护、检验、调试等各个阶段都能够达到最佳的可靠性,进而确保最终的产品能够达到预期的功能,实现最大的经济价值。

以可靠性为中心的维修通过全面和系统的设备检查和风险评估,将维修工作重点放在确保可靠性上,并通过分析各种关键部件的典型问题来确定其可能的损坏原因,从而采取有效的预防措施来保证系统的正常运转。通过对区域内设备的预防性维修策略合理分类分组后,编制成预防性维修计划,由维修团队按计划的频率执行具体维修。

(二)现代对设备可靠性认识

无论执行多少维修工作,都无法提高设备本质的可靠性,设备本质可靠性是由设计决定的。不考虑实际操作情况,而只对设备进行基本的或者通用性维修,只会造成成本的浪费。设备制造厂推荐的维修策略对设备的维修只能起到有限的作用。维修只能恢复设备本身的功能,预防早期失效和降低失效后的后果,但是不能防止设备的自身失效。通过深入分析并精准识别出的故障根源,结合实际情况,制定有效的改善方案,比如重新审视初步设计,以及抑制潜在的危险因素,从而持续提升系统的可靠性,正是可靠性管理的核心任务。大多数现行检修计划基于传统的以及法定的规则,而不是将风险与经济完整结合的最优化过程。基于公司资产完整性要求、基于风险的资产管理要求,以可靠性维修为中心,要求相应部门以可靠性作为首要目标,结合具体的设备情况分析工作内容、人员资质、使用工具等情况,使风险检验与维护标准化,使风险的识别分析和管控与

维护计划相统一，使风险管理与可靠性管理有机结合。

Q 以可靠性为基础的维修(RCM)确保工厂资产完整性及风险可控

(一)资产功能

资产主要功能就是置办该项资产的主要目的，包括：加温、加压、输送、运输或存储等设备功能和服务功能；次要功能是在满足上述主要功能基础上，还包括此资产的安全性、可控性、资产经济性、设备防护和运行效率，以及符合环保、法规等要求等功能。

(二)功能失效、故障分析

功能失效、故障可以是完全失效，也可以是部分失效。

故障、失效的原因与根本原因包括设计、操作、运行、摩擦、磨损、老化、腐蚀、疲劳等。足够且详细地确认每一种故障的原因十分重要，这样能确保努力不会被局限于治表层面，而是能在治本上找到解决办法。

(三)功能失效的影响与后果

功能失效包括：潜在后果，这些后果常常会导致灾难性的结果；安全和环境后果；运行后果，如导致化工厂的产量大幅下降，产品质量也会受到影响，客户服务也会变得不理想，其除了增加维修成本外，其他的成本也会大幅增加；非运行后果，常指对公司的安全或周边环境不产生影响，单独增加了维修工厂产生的成本。

(四)以可靠性为基础的维修(简称 RCM)

RCM 的目的在于通过预防性维护和可靠性维修来减轻故障带来的影响和后果，而不仅仅是为了避免故障本身。因此，在维修统筹计划和 RCM 实施时，应该特别注意预防性维护和可靠性维修的评估，评估故障带来的损害程度。

RCM 评估分析准则：(1)在设备当时的使用情况和运行环境下，此设备(或此资产)的主要功能和对应的性能情况是什么(设备的主要功能)? (2)设备的功能在运行时不能满足，主要指哪些功能不能满足(设备的功能失效分类)? (3)对接设备的每项功能失效，产生的原因具体是什么(设备失效、故障的具体原因)? (4)在设备每项功能失效时，具体有哪一些表现情况(设备失效的具体表现现象)? (5)设备每项失效(或者说设备故障)，会产生后果及影响有哪些(设备失效出现的后果)? (6)为防止设备对应的每项失效，我们应该采取对应的行动计划或具体工作(预防性工作计划及工作的间隔期)? (7)对设备的某项失效，如果我们不能找到有效的预防性工作，我们应该采取哪些行动(标注作业方案)?

RCM 分析流程使用设备失效时可能产生的后果进行分类，作为设备维护管理的出发点。通过将设备的每种故障模式可能出现的后果按照对应标准去分析及归类，使化工厂的设备维护，具体设备运行的功能、设备的运行环境和公司的安全目标相统一。经过风险后果评估，我们发现，不一定

要采取预防措施来避免所有可能出现的故障，重要的是，要将重点放在那些可能会对企业造成重大影响、产生较高风险的故障上，并通过可靠性分析，深入思考如何有效地管理这些故障，以此来确保企业的资产可靠性，实现企业的安全可靠和风险可控，而不是仅仅依赖于投入大量资源来预防所有的故障。

Q 以可靠性为中心的维修如何在化工厂生产运行过程中落实

(一)可靠性管理基本工作：

(1)制定可靠性管理工作计划；(2)对外部合作单位或本厂各部门在可靠性管理过程的职责进行合理划分，明确分工；(3)建立故障报告、分析和纠正系统，并落实在维修工作中；(4)建立故障审查组织；(5)对可靠性管理过程进行控制、监督、评估、并持续改进。

可靠性的评估基于故障发生的频率，因此，要想提高设备的可靠性，就必须建立一套完善的故障信息收集、原因分析和改进机制，以便及时发现和解决各种故障，避免重复发生，从而使化工厂的可靠性持续提升。这一机制主要包括：故障报告分享、故障分析评估、故障纠正改进措施等三个步骤。

(二)可靠性管理框架包括以下要素：

(1)组织机构：其根据可靠性管理的职能将公司不同部门整合在组织机构中，使其在可靠性管理中发挥各自不同的作用，确保程序上的完善与可靠，主要有以下机构：公司可靠性指导委员会；生产团队；装置(或部门)可靠性核心团队；专业技术团队。(2)工作方式：工作方式是将可靠性工作根据功能块进行梳理，形成标准的工作内容，分为主动工作方式和被动工作方式，主动工作方式以预防性工作为主的工作，针对相同类型的工作制定一些检查标准和作业流程，通过主动的工作确保设备运行在可靠范围内；被动工作方式，即设备出现故障的标准作业方式，其不但只关注故障的处理，还关注故障处理后的总结和分析，相关情况如下：

主动工作方式内容：ESP：保障安全生产的管理体系；RCM：以可靠性为中心的维修；EI：设备完整性；IPF：仪表保护功能；消除潜在缺陷等。

被动工作方式内容：缺陷的消除；可靠性事件(非计划停车)；重复事故；其它失效

(3)执行系统：基于不同的工作任务，确定不同的执行体系，寻求不同服务资源；主要有以下内容：维修执行；大修；操作巡检；资产总体规划；风险数据库；变更风险管理

(4)分析方法：即针对问题的标准分析方法，以便问题分析标准化，程序化，即有利于问题的梳理，意见达成一致，又使问题分析没有遗漏，相关分析方法如下：事故原因调查及学习；可靠性分析；Weibull 分布；Gumbel 极值等分析；生命周期费用分析

(三)以可靠性为中心维修的实现特点：

(1)以可靠性分析为基础,基于设备的长周期运行的管理要求,从时间维度对各主要维护工作分类,根据设备运行情况 & 具体工单情况设置不同维护时间周期,以确保工艺安全和资产的可靠性。其主要有以下几个方面的策略:

设备资产长周期管理策略(AMMP):为确保工艺安全和设备的可靠性,基于日常维修以外的主要设备资产的使用寿命和可靠性的基础上制定5年的长期维修计划,确保资产处于可接受状态,具有完成良好任务的能力,以实现装置长周期运行的能力;基于大修(TA)或装置机会停车窗口的工作范围识别恰当的工作优先等级,以便统筹分配在装置大修或装置有短时停机窗口时的工作计划,避免大修时维修任务过重或由于过度依赖大修窗口执行维修工作而使设备必要的维修不能及时执行;识别现场设备维修好的方面,更关心那些需要提高的地方;其主要工作内容为日常维修以外的现场工作量较大的维修工作,不包含改扩建和大的施工项目。

预防性维修计划(PM):一个完整的预防性维修计划,必须包括5个要素:维护策略,维护对象,任务清单,维护周期,开始时间,预防性维修计划按设备特点设置设备日常需要的监控、检查维护的作业,常以周和月为单位。

日常工单:基于设备使用情况提出的日常需要解决的设备问题,工单管理系统(SAP)作为沟通设备使用方(化工厂多为工艺)和维修方的桥梁,基于工艺运行发现的设备的问题以工单的形式向维修方提出维修需求。工艺根据设备使用出现的问题对运行装置的影响程度将工单定位为1、2、3级,工单级别判定标准为对维修需求紧急程度,事件对装置运行危机程度。紧急需要处理的工单为1级,需要及时响应定位2级,影响一般的工单定义为3级。

基于不同时间划分的维修执行(ME)确保了维修工作尽可能具有计划性,尽量避免紧急维修工作,管控紧急工单的出现,紧急工作经过充分的必要性和风险性评估,即满足相关利益群体需要,又尽力避免突发无计划性的维修,从而从根本上杜绝风险的出现。使维修基于设备全寿命周期的思考,关注了设备的近期,中期,长期的问题。

(2)技术支持层面。设置隐患和主要故障登记、风险评估、分级、整改、进度追踪数据库;凡是会影响到生产装置可靠运行的因素都会被登记到系统中并由可靠性工程师负责追踪直到问题解决。可靠性小组组织专家分析设备出现的疑难杂症,制定维护维修意见和建议,落实到相应的维护策略中,制定合理的维护周期计划性的开展相关工作,并不断收集后续数据和运行情况,评估策略合理性并不断优化。

(3)维护费用。预防性维修计划(PM)是日常工作的主要内容,根据其确定的工作内容确定了基础的人力需求,相关费用基础涵盖了维修的整年费用情况。设备资产长周期管理策略(AMMP)确定了每年较大的工作,为日常维修预

算预留了一定裕度,对潜在可能出现项目的维修费用的预算提供一个信心指数,根据其可信度指示,评估工厂意外发生的可能性和费用预估。日常工单与预防性维修计划(PM)在日常工作中不断进行对比,根据出现的故障情况不断基于可靠性和根本原因的分析,找出设备可能的预防性维修手段,不断优化PM质量,使工作向计划性、费用预算更准确不断进步。

(4)备件问题。随预防性维修计划(PM)不断的完善,使备件的使用更有针对性,可以不断优化消耗件、识别关键备件和不常用备件,使备件储备更全面,既能使突发情况备件充足可用,又能使备件费用的预估随时间准确度不断提高,整体形成一个正向的循环。

(5)培训方面。培训方面主要体现在安全意识和技能层面。意识方面,基于可靠性管理要求,要求贯彻公司文化、HSE意识,在公司各部门间做好团队合作,不断加强公司凝聚力,同时注意吸收公司内外部经验教训和理念方法;技能层面,要求员工掌握基本技能、熟悉同类设备情况,并持续关注特殊设备情况,不断学习新的维修技能。根据年度实际情况,评估并合理设置相应的培训费用。

Q 结束语

综上所述,化工厂以可靠性为基础的维修的实施,基于工厂资产完整性管理要求、基于风险的资产管理要求。使维修结合设备全寿命周期的思考,关注近期、中期、长期的问题。公司层面将各部门按可靠性管理的要求进行职责划分,以可靠性为导向,以可靠性维修为抓手,建立完善的管理体系,提高公司员工的安全意识和专业素质,以计划性工作为基础,分析故障,查找故障根本原因,采取措施避免突发紧急工作,不断提高设备运行可靠性。可靠性的提高为公司整体费用的预估和使用提供依据,使公司的运营和发展提供良性的循环,确保了化工厂安全有序的生产,并为化工厂的持续发展提供了可靠支持。

参考文献

- [1]杜倩楠.产品质量管理与可靠性工程的应用研究[D].河北:河北工程大学,2013.
- [2]任旭军.基于MES的V公司设备管理优化研究[D].吉林大学,2019.
- [3]邱强强.化工装置长周期运行中的设备可靠性管理分析[J].名城绘,2020(12):1-1.

作者简介:

李阳(1979-),男,汉族,河南南阳人,本科,工程师,中海壳牌石油化工有限公司,研究方向:电气施工及维护维修。