

煤化工装置设备检修安全措施浅析

李 宁

五冶集团上海有限公司 上海 201900

摘 要:煤化工装置设备检修是保障生产连续性与安全性的重要环节,但由于其工艺复杂、介质危险性高(如高温高压、有毒有害、易燃易爆等特性),检修过程中存在诸多安全隐患。本文针对煤化工设备检修作业中的安全风险展开分析,从检修前的风险评估与准备、检修中的安全技术措施、检修后的验收与恢复运行等全流程入手,探讨关键环节的安全管理要点。重点围绕设备隔离置换、能量释放、作业许可制度、人员防护及应急响应等核心措施进行论述,提出优化检修方案设计、强化过程监管、提升人员专业素养等建议,为煤化工企业设备检修安全管理提供系统性参考,降低事故发生率,保障检修作业安全高效实施。

关键词: 易燃易爆;化工介质;设备检修;安全措施

引言

近年来,尽管行业安全标准不断完善,但煤化工装置检修期间因隔离不彻底、防护措施缺失、人员操作失误等导致的安全事故仍时有发生,暴露出安全管理链条的薄弱环节。如何系统识别检修风险、科学制定防控策略、精准落实技术与管理措施,已成为企业实现本质安全的关键课题。本文基于煤化工装置设备检修安全措施,结合理论与实践,深入剖析检修作业中典型风险点及防控难点,全流程的安全保障体系,为行业提升检修安全管理水平和技术支撑与管理。

1 易燃易爆化工介质设备、容器简介

从焦炉产生的粗煤气需经过化产设备的冷却、净化和输送,才能到达用户。煤气净化装置主要由煤气排送净化装置、煤气脱硫装置、回收制取装置、废水处理装置。煤气排送装置主要有:煤气初冷器、电捕焦油器、煤气风机等;煤气脱硫装置主要有:脱硫塔、熔硫釜、饱和器等;回收制取装置主要有:终冷塔、洗苯塔、脱苯塔等。另外各区域有大量的槽罐、泵、管道等设备。

2 煤化工装置设备检修的影响及安全风险分析

2.1 化工介质设备的特点及对检修作业的影响:

2.1.1 区域内设备多,管线复杂;化产煤气净化的设备非常多,各个设备间连接的管线也是非常复杂的。随着设备使用和工艺的需要,大量的管道都进行了变更、改动,导致管道错综复杂。

2.1.2 设备内部介质的化学危险性大;通常这些化学介质都是易燃易爆、有毒有害、腐蚀性强的物质。如:一氧化碳气体、氨气、强酸、强碱、苯等。这些物质对人体的危害极大,如果不甚沾染需要立即采取可靠的措施,稍有不慎就会对人员造成伤害。

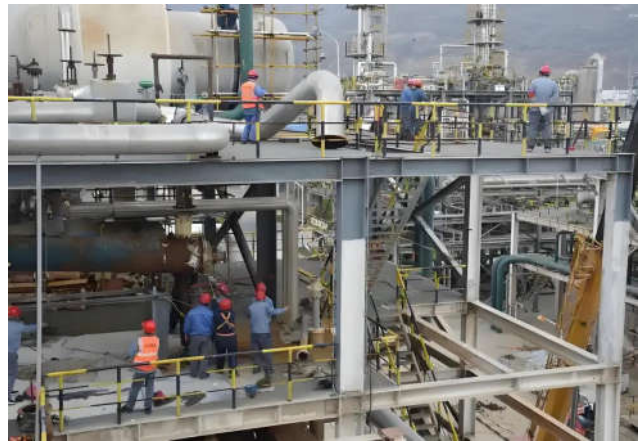


图1 设备检修现场

2.1.3 设备腐蚀、损坏严重;由于化工介质都具有很强的腐蚀性,很多设备管道都腐蚀的很严重,跑、冒、滴、漏现象非常普遍,对设备、对人员都是较大的威胁。

2.1.4 现场环境复杂;由于化工区域设备的密封不严或者排放出口设计不合理等原因,现场经常会使有毒有害、刺激性气体散发出来,对在此区域的作业人员造成毒害。

2.1.5 由于生产工艺的特殊需要,许多设备无法停机,在对运行设备的检修中就存在很多不确定因素,一旦防护措施有疏忽就会对人员造成较大的伤害^[2]。

2.2 化工介质设备检修的主要危险因素

2.2.1 易燃易爆:化工介质设备中存在的一氧化碳、氨气、苯等物质,都属于易燃易爆物质。

2.2.2 中毒:化工区域有毒物质也很多,苯可以通过皮肤与呼吸道,对造血系统造成伤害;一氧化碳可以通过结合血红细胞降低血液含氧能力造成中毒;氨气具有较强的刺激性刺激粘膜。

2.2.3 化学腐蚀、灼伤：化工区域含有硫酸、强碱等化学物质，沾染到皮肤上造成腐蚀、灼伤。

3 燃烧爆炸的定义、条件及重要参数

3.1 燃烧的概念及条件

燃烧是一种放热、发光激烈的氧化还原反应。发生燃烧必须具备下列三个条件：有可燃物质存在，如煤气、焦油、苯等；有助燃物质，如：空气、氧气等；有导致燃烧的着火源，如：明火、焊接火花、撞击、静电、化学反应等。三个条件缺一不可，因此我们在现场管理中，重点控制其中的一个条件就可以避免事故的发生。

3.2 燃烧、爆炸发生的条件

爆炸是指物质由一种状态迅速的转变成另一种状态，并在瞬间以机械能的形式释放出巨大的能力，同时由于周边空气的震动，伴随巨大的响声。爆炸可分为物理爆炸与化学爆炸，如：锅炉爆炸、压缩空气爆炸等都属于物理变化；煤气设备爆炸，产生高温、高压，一般都属于化学爆炸。绝大多数化学爆炸是瞬间爆炸，因此燃烧的三个条件也是化学爆炸的必然条件。

3.3 控制燃烧、爆炸的主要参数

爆炸极限：可燃物质与助燃物质必须预先均匀混合，以一定的比例组成混合物才具有爆炸的性质，这个浓度范围称为爆炸极限。爆炸性混合物能发生爆炸的最低浓度叫爆炸下限，最高浓度叫爆炸上限。爆炸上限与下限的差值越大，爆炸的危险性也越大。

闪点：闪点是物体燃烧、爆炸的最低温度。闪点越低其燃烧爆炸的危险性就越大。

受热膨胀系数：指液体受热后体积变化的比值。液体的膨胀系数越大，其受热后体积膨胀越大，容易造成容器的物理爆炸。

气体密度：气体的密度与燃烧爆炸有密切的关系，气体密度与空气相近，容易与空气混合，形成爆炸性混合物；比空气轻容易扩散，易使火焰蔓延扩展；比空气重，容易积聚不散，形成爆炸性气体。

4 常见几种情况下的化工介质设备安全检修的防护措施

4.1 停役化工设备动火作业

由于化工区域设备内部介质易燃易爆、有毒有害的特点，维修此类设备是必须遵从以下的原则和步骤：

4.1.1 煤化工净化设备由于其生产连续性，周边的设备一般是不停产的，因此在设备区域进行维修作业是很危险的，所以凡是拆卸转移的设备，一般都应拆卸到安全地点再进行维修。但仍要注意拆卸下来的设备仍要进行冲洗置换才能进行作业，否则也是有危险的。



图2

4.1.2 当设备无法拆卸时，我们一般采取的安全作业步骤是：隔离——清洗——置换——测爆。

隔离：将所有容器、管道连接的进出口管道全部用加装金属盲板的方法隔断，使动火维修区域与外界隔离。切忌依靠阀门进行隔断而不加设盲板，因为现场设备被腐蚀性介质长期侵蚀，大多数情况下阀门都会发生泄漏，起不到隔断的作用。使用的盲板必须符合要求，截面大小、密封性能、承受压力都要符合设备的要求。为了便于插入、抽取盲板一般都在盲板上涂抹黄油，同时也可以增加盲板的密封性。

清洗：设备检修前我们先将内部的介质排放干净，然后进行冲洗。目前我们常规的冲洗方法是蒸汽吹扫、水冲洗等，吹扫、清洗必须选择好进出口，防止留有死角。如介质是水溶性的，可以用具有一定压力的水进行冲洗，但必须连接好出水排放口，防止废液污染环境；如介质是非水溶性的（如苯、焦油等）可用高压蒸汽进行吹扫。有些设备运行时间长，内壁上吸附的物质会随着时间的挥发可燃气，因此清洗结束后要检测分析容器内部气体成分。

置换：置换是安全措施中最重要的一步，我们通常使用惰性气体氮气作为置换气体。在可燃性混合气体中充入惰性气体，将减少可燃性气体与氧气的浓度，使爆炸危险性降低。在置换中我们应选取好气体的进出口，由于氮气密度比空气重，因此我们一般从容器、管道的下部充入氮气，从上部放散。另外氮气属于窒息性气体，在操作人员和放散区域作业的人员应注意正确的站位，防止气体伤害。此外，还要明确的是，在置换时不能使用压缩空气、甚至是氧气进行置换，否则会发生非常严重的后果。在对可燃性气体进行置换时，也不推荐使用蒸汽，因为其不能有效的阻止空气中的氧气进入设备管道内。

测爆：通过仪器检查设备内部气体的含量，以确定是否可以进行维修作业。通常使用的仪器有测氧仪、测爆仪，我们现场通常的做法是测量放散口出来气体的氧含量，通过控制氮气的充入量，来降低设备内氧气含量，降低助燃物浓度，从而达到安全检修的条件。

在实际维修作业中，检修作业人员需要对设备进行动火、拆卸等作业，加上设备摩擦、静电等原因，很难完全消除“点火源”。而设备内壁的物质也很难完全清理干净，随着内壁吸附物的挥发，可燃物浓度也是较难控制的。因此，我们通常的做法都是控制助燃物的含量，来达到安全作业的要求^[1]。

4.2 停役煤气设备内部检修作业

化工介质设备中通常都作为煤气净化的容器，因此其内部结构复杂，且易损坏，塔、槽、罐的内部维修作业量也比较大，并且都属于密闭狭小空间，作业时的危险性非常高，容易发生爆炸和人员窒息中毒的事故。

设备内部检修的安全作业流程与上述流程基本相同，但是在完成氮气置换后，必须进行强制通风或者使用压缩空气再次进行置换。压缩空气置换采取上进下出的方式，因为氮气密度大易沉积在底部，从上部充入可以有效的赶走氮气。当置换完成后必须经过含氧量与爆炸性混合气体的双重检测，氧含量达到18%——21%，混合气体含量不在其爆炸极限的范围内，方可进行作业^[3]。

4.3 注意事项

化工介质设备的维修是一项危险性非常大的作业，必须严格按照上述的步骤和程序进行作业准备，不可漏项。

4.3.1 隔断时必须使用表面光滑、无棱角突刺并且有一定抗压力的金属盲板，并且盲板要留有手柄便于插取，在插取过程中应记录好插取的位置和数量，以免遗漏。

4.3.2 设备清洗、置换过程中，应悬挂警示牌，并告之区域人员设备状态。以免意外闯入该区域的人员被介质伤到。

4.3.3 测爆仪器要按时进行保养、检测。禁止使用不

符合规定的仪器。使用前要进行标定调整，保证测量的数据准确。

4.3.4 人员进入设备内检修时，通风设备不能停止，必须保持设备内部空气流通。

4.3.5 化工介质设备的检修作业前必须备好空气呼吸器等急救设备，做好应急救援预案。防止意外事件的发生^[4]。

结束语

煤化工装置设备检修工作是保障煤化工生产安全、稳定、高效运行的重要环节。在检修过程中，存在着火灾爆炸、中毒窒息、高处坠落、机械伤害、触电等多种安全风险。为了有效控制这些风险，确保检修作业的安全进行，必须在检修前做好充分的安全准备工作，制定详细的检修计划和方案，进行全面的安全风险评估，办理相关的作业许可证，对检修人员进行安全培训，做好设备的置换、清洗和隔离工作，准备好必要的安全防护用品和应急救援设备；在检修过程中，严格执行操作规程和安全措施，加强现场安全监督管理，做好设备的吊装和搬运工作，注意电气安全，加强对受限空间作业的安全管理，及时处理检修过程中发现的问题；在检修后，对检修设备进行全面检查和调试，清理检修现场，进行安全验收，做好检修记录和资料归档工作。只有这样，才能有效降低设备检修过程中的安全风险，保障煤化工企业的安全生产。

参考文献

- [1]国家应急管理部.危险化学品企业特殊作业安全规范:GB30871-2022[S].北京:中国标准出版社,2022.
- [2]GB 30871-2022,危险化学品企业特殊作业安全规范[S].
- [3]王某某.煤化工装置检修事故案例分析[J].安全与环境工程,2020,27(3):45-50.
- [4]NB/T 10558-2021,煤化工装置检修安全管理规范[S].北京:化学工业出版社,2021.