

石油化工空分装置的安全风险评估与防范措施

崔富全 王军飞

盛虹炼化（连云港）有限公司 江苏 连云港 222000

摘 要：本文旨在探讨石油化工空分装置的安全风险评估方法，并提出相应的防范措施。空分装置作为石油化工行业的重要生产设备，其安全运行对于保障整个生产流程的稳定性和安全性至关重要。通过对空分装置的安全风险评估，可以识别潜在的危险因素，从而制定有效的防范措施，提高生产安全水平。

关键词：石油化工；空分装置；安全风险评估；防范措施

引言

空分装置是工业上用于生产氧气、氮气、液氧、液氮和液氩等气体的关键设备。由于其特殊的结构和介质的理化性质，空分装置在运行过程中存在多种安全风险。因此，对空分装置进行安全风险评估，并制定相应的防范措施，对于保障生产安全具有重要意义。

1 石油化工空分装置的安全风险评估

1.1 物质危险性评估

1.1.1 氧气和液氧

氧气和液氧作为空分装置的主要产品，其助燃性使得它们成为乙类火灾危险性物质。氧气能与多种可燃物（如乙炔、甲烷等）混合后形成具有爆炸性的混合物，在特定的条件下（如火花、高温等）极易发生爆炸。这种爆炸的威力巨大，不仅可能摧毁设备，还可能造成人员伤亡。此外，当空气中的氧浓度异常增高时，即使是平时不易燃烧的物质也可能变得易燃，从而引发燃烧反应。这种燃烧反应可能迅速蔓延，导致火灾的发生。因此，在氧气车间以及制氧装置周边区域，必须严格执行禁烟禁火的规定，任何可能的火源都必须被严格控制，以防止火灾或爆炸事故的发生。除了助燃性，液氧在储存和运输过程中还需特别注意其低温特性。液氧的沸点极低，一旦泄漏，其迅速蒸发会吸收大量热量，可能造成周边设备或人员的冷冻伤害。同时，液氧蒸发后形成的氧气浓度增高，也增加了火灾和爆炸的风险。此外，若液氧在密闭空间内蒸发，压力的增加可能导致容器破裂或爆炸，对人员和设备造成严重威胁。

1.1.2 碳氢化合物

原料空气中含有的碳氢化合物，如甲烷、乙烷等，它们具有低闪点和较宽的爆炸极限。这意味着在相对较低的温度和浓度下，它们就可能发生爆炸。在空分装置的生产过程中，这些碳氢化合物可能会随着空气进入装置，并在装置内积聚^[1]。一旦遇到高热源，如明火或高

温设备，就可能引发爆炸。特别是乙炔，它在液氧中的溶解度极低，因此很容易在液氧中形成爆炸性混合物。这种混合物一旦遇到火源或高温，就可能发生剧烈的爆炸，对人员和设备造成极大的伤害。

1.1.3 油料

空分装置中使用的透平油和润滑油属于丙类火灾危险性可燃液体。这些油料在储存、输送和使用过程中，如果输油管道出现泄漏，油料遇到高热或明火，就会迅速燃烧甚至引发爆炸。油料的燃烧速度很快，且燃烧过程中会释放出大量的热能和有毒气体，对人员和设备构成严重威胁。因此，对于油料的储存和输送系统，必须定期进行检查和维护，确保管道和容器的密封性良好，防火防爆措施得到有效执行。

1.2 工艺过程危险性评估

1.2.1 压力容器的危险性

空分装置中包含众多压力容器，如空气压缩机组、空气预冷系统、空气纯化系统、分馏塔冷箱系统、增压透平膨胀机组、氧气透平压缩机组、氮气透平机组等。这些压力容器在工作过程中承受着较高的压力，如果压力超过设计允许值，或者压力表、安全阀等安全附件失灵，就可能导致容器出现裂纹、破碎甚至爆炸。压力容器的爆炸威力巨大，不仅可能摧毁设备本身，还可能对周边的人员和设备造成严重伤害。因此，对于压力容器的设计、制造、安装、使用和维护，都必须严格遵守相关标准和规范，确保其安全可靠。同时，还需要定期对压力容器进行检查和测试，及时发现并处理潜在的安全隐患。

1.2.2 静电积聚及雷击的危险性

液氧的单位电阻较大，在流动或搅拌过程中容易产生静电。如果静电没有及时导走，就会积聚在设备或管道上，形成数千伏的静电电压。一旦静电放电，就可能引发火花，成为爆炸的引爆源。静电放电引发的火花虽

然微小,但其能量足以点燃可燃性气体或蒸气,从而引发爆炸。此外,雷击也是空分设备面临的一大威胁。雷电直接击中设备或通过设备附近的导体传入,都可能产生高电压和大电流,引发设备损坏或爆炸。因此,对于空分装置,必须采取有效的静电接地和防雷措施。设备必须可靠接地,以确保静电能够及时导走;同时,还需要安装防雷设施,如避雷针、避雷器等,以抵御雷电的袭击。

1.3 电气伤害评估

空分装置中电气设备众多,包括电动机、变压器、开关柜等。这些电气设备在运行过程中,如果防火防爆、防水防潮、安全保护设施不完善,或者电缆敷设不合理,就可能造成人体触电伤害事故。触电伤害包括直接接触触电和间接接触触电两种类型。直接接触触电是指人体直接接触到带电体而发生的触电事故,这种事故往往导致严重的伤害甚至死亡。间接接触触电则是指人体接触到因故障而带电的设备外壳或金属构架而发生的触电事故,这种事故虽然相对较轻,但也可能造成人员伤亡^[2]。为了防止电气伤害事故的发生,必须加强对电气设备的维护和管理,确保电气设备的安全可靠运行。同时,还需要对操作人员进行电气安全知识的培训和教育,提高他们的安全意识和自我保护能力。此外,还需要在电气设备周围设置明显的安全警示标志,以提醒人员注意安全。

2 石油化工空分装置的防范措施

石油化工空分装置作为化工生产中的关键设备,其安全性至关重要。为了确保空分装置的安全运行,防止各类事故的发生,必须采取一系列全面而有效的防范措施。石油化工空分装置的安全防范工作涉及多个方面和环节,必须采取全面而有效的防范措施。通过严格控制氧气浓度、防止碳氢化合物积聚、加强设备维护和管理、设置安全装置等措施,可以防止火灾和爆炸事故的发生;通过加强电气安全管理、设置电气安全设施等措施,可以防止电气伤害事故的发生;通过防止高处坠落、防止冻伤、加强培训和教育等其他防范措施,可以进一步提高空分装置的安全性和可靠性。只有全面做好这些防范措施,才能确保空分装置的安全运行,为化工生产提供有力保障。

2.1 防火防爆措施

防火防爆是空分装置安全防范的重点。由于空分装置中处理的是氧气、液氧等助燃性物质,以及可能存在的碳氢化合物等易燃易爆物质,因此必须采取严格的防火防爆措施。

在氧气生产、充罐、贮运、使用场所,必须严格控制氧气浓度。氧气是助燃性气体,当其在空气中的浓度超过一定界限时,即使平时不易燃烧的物质也可能变得易燃,从而引发燃烧或爆炸。因此,在这些场所要求氧含量小于23%,以确保安全。为了实现这一目标,可以在氧容易聚集的地方设置通风设备,如排风扇、换气系统等,以加强空气流通,降低氧气浓度。同时,还应定期对氧气浓度进行定期监测,确保其在安全范围内。

防止碳氢化合物积聚也是防火防爆的重要措施之一。原料空气中可能含有一定量的碳氢化合物,如甲烷、乙烷等,它们在空分装置内过量积聚时,遇高热可能引起爆炸。因此,必须加强原料空气的质量控制,确保其中碳氢化合物的含量在安全范围内。此外,对于液氧中的碳氢化合物,也应定期进行排放和处理,以确保各项指标在所要求的控制范围内^[3]。为了实现这一目标,可以安装碳氢化合物在线监测仪,实时监测液氧中的碳氢化合物含量,一旦超过安全限值,立即采取措施进行排放或处理。

加强设备维护和管理也是防火防爆的重要一环。空分装置中的设备长期运行后,可能会因为油污、灰尘等积聚而引发故障或安全隐患。因此,必须定期对空分装置进行清洗脱脂和维护保养,确保设备内部清洁无油污。同时,还应加强设备点巡检工作,及时发现并处理设备故障和安全隐患。对于关键设备,如压缩机、膨胀机等,应建立详细的维护记录和档案,以便追踪其运行状态和维修历史。

设置安全装置是防火防爆的最后一道防线。在受压状态下工作的所有容器和管道,以及内部压力可能会升高的容器和管道,必须配备有防止超压的安全装置。常见的安全装置包括安全阀、爆破片等。这些安全装置在设备压力超过设定值时会自动开启或破裂,从而释放压力,防止设备爆炸。为了确保这些安全装置的良好工作状态,应定期对其进行检查和测试,确保其灵敏可靠。

除了上述措施外,还应加强火源管理。在空分装置区域内,应严禁烟火,禁止携带易燃易爆物品进入。对于必须使用的明火作业,如焊接、切割等,应严格办理动火审批手续,并采取有效的防火措施。同时,还应加强消防设施建设和维护,确保消防器材的完好有效。一旦发生火灾或爆炸事故,能够迅速进行扑救和控制。

2.2 防电气伤害措施

电气伤害是空分装置中另一种常见的安全隐患。由于空分装置中电气设备众多,如电动机、变压器、开关柜等,如果电气安全管理不善或电气设备存在缺陷,就

可能造成人体触电伤害事故。

为了加强电气安全管理,必须严格遵守电气安全操作规程。对于电气设备的操作、维护、检修等工作,都应按照规程要求进行,确保操作过程的安全可靠^[4]。同时,还应加强设备点巡检工作,对电气设备进行定期检查和维护保养,确保其处于良好的工作状态。对于发现的电气设备故障或安全隐患,应及时进行处理和修复,防止事态扩大。

在电气设备周围设置明显的安全警示标志和隔离设施也是防电气伤害的重要措施之一。安全警示标志可以提醒人员注意电气安全,避免误触或接近电气设备。隔离设施则可以将可能产生触电危险的区域进行隔离和封锁,防止人员误入或接触。对于必须接近或操作电气设备的场合,应穿戴好绝缘防护用品,如绝缘鞋、绝缘手套等,以确保人员的安全。

此外,还应加强电气设备的接地和防雷措施。电气设备必须可靠接地,以确保其外壳在发生漏电或故障时能够及时将电流导入大地,避免人员触电。同时,还应安装防雷设施,如避雷针、避雷器等,以抵御雷电的袭击。对于重要的电气设备,还应安装过电压保护装置,以防止过电压对设备造成损害。

2.3 其他防范措施

除了防火防爆和防电气伤害措施外,空分装置还应采取其他一系列防范措施,以确保其安全运行。

防止高处坠落是空分装置安全防范的重要内容之一。由于空分装置中的部分设备位于高处,如塔器、管道支架等,因此必须采取有效的防护措施,防止人员从高处坠落。可以在危险部位设置护栏、立网、满铺架板、盖好洞口等防护措施,确保人员在作业过程中的安全。同时,还应加强作业人员的安全教育和培训,提高其安全意识和自我保护能力,确保其能够正确使用防护用具,如安全帽、安全带等。

防止冻伤也是空分装置安全防范的重要方面。由于空分装置中处理的低温液体,如液氧、液氮等,一旦接触到人体上,均会造成冻伤。因此,在处理这些低温液化气体时,必须穿着必要的防护服并戴上手套。同时,

还应加强作业现场的通风换气,降低低温液体的蒸发速度,减少其对人体的危害。对于必须接触低温液体的场合,还应采取特殊的防护措施,如使用隔热手套、护目镜等。

加强培训和教育也是空分装置安全防范的重要环节。定期对空分装置的操作人员进行安全培训和教育,可以提高其安全意识和操作技能,确保其能够熟练掌握设备操作规程和应急处置方法。培训内容可以包括空分装置的工作原理、安全操作规程、应急处置措施等方面。通过培训和教育,可以使操作人员更加熟悉设备性能和操作要求,提高其应对突发事件的能力和水平。

此外,还应加强空分装置的安全管理和监督。建立健全的安全管理制度和规程,明确各级人员的安全职责和操作规范。加强对设备运行状态的监测和分析,及时发现并处理设备故障和安全隐患。加强对作业人员的安全监督和检查,确保其严格遵守安全操作规程和制度要求。同时,还应加强与相关部门的沟通协调,共同做好空分装置的安全防范工作。

结语

石油化工空分装置的安全风险评估与防范措施是保障生产安全的重要环节。通过对空分装置的安全风险评估,可以识别潜在的危险因素,从而制定有效的防范措施。同时,加强设备维护和管理、提高操作人员的安全意识和操作技能也是确保空分装置安全运行的关键。在未来的工作中,我们将继续深入研究空分装置的安全风险评估与防范措施,为石油化工行业的安全生产提供有力保障。

参考文献

- [1]徐竞博.关于空分装置在石油化工中的应用分析[J].化工管理,2019,(11):196-197.
- [2]刘晶.化工专用空分装置的安全运行管理探讨[J].化工设计通讯,2019,45(05):135-136.
- [3]薛娇.空分装置安全稳定运行经验探讨[J].氮肥技术,2024,45(05):23-24+50.
- [4]焦松涛.空分装置安全风险管控与事故预防措施[J].中氮肥,2024,(04):64-67.