

空分装置运行常见故障与排除

徐世安 石林 乐凯

杭氧集团股份有限公司 浙江 杭州 310000

摘要: 空分装置运行中常见故障包括主冷液位不高、气动薄膜调节阀不动作、低温液体泵功率和压力不达标等。这些故障可能由热交换不完全、膨胀机效率低、设备泄漏、泵内气蚀或阻塞等原因造成。排除方法包括合理分配冷量、检查并处理膨胀机和空冷系统、改善泵入口条件及清理阻塞部分等。确保空分装置安全稳定运行,需及时检查并解决故障,避免影响生产效率及产品纯度。

关键词: 空分装置; 运行常见故障; 排除

引言: 空分装置是现代工业中不可或缺的重要设备,其核心功能在于通过低温精馏等工艺将空气中的氧气、氮气等组分有效分离,以满足不同领域对纯净气体的需求。然而,在实际运行过程中,空分装置往往会遇到多种故障,这些故障若不能及时排除,将直接影响生产线的稳定运行和产品质量。因此,深入研究空分装置的常见故障及其排除方法,对于确保装置长周期、高效率运行具有重要意义。

1 空分装置的基本构成与工作原理

1.1 空分装置的基本构成

空分装置主要由以下系统构成: (1) 压缩系统。该系统主要包括汽轮机、空压机、增压机等设备。空气首先通过初端的空气过滤器去除机械杂质,然后被压缩以提高其压力和密度,为后续处理步骤提供条件。(2) 预冷系统。预冷系统的主要设备有空冷塔、水冷塔、冷却水和冷冻水泵等。这一步骤的目的是将空气初步冷却,以便在纯化过程中去除水分、二氧化碳和粉尘等杂质。(3) 纯化系统。纯化系统利用吸附剂去除空气中的水分、一氧化碳、二氧化碳、氢气和碳氢化合物等杂质,以确保后续步骤中分离出的氮气、氧气和氩气的纯度。(4) 换热系统。换热系统的目的是将空气进一步冷却,为后续的分馏操作奠定基础。这一冷却过程中所需的冷量主要来源于部分空气经过透平膨胀机蒸发所产生的。(5) 精馏系统。精馏系统是空分装置的核心,其目的是将经净化及深度冷却的压缩空气逐级分馏出氧气、氮气、氩气等。主要设备为冷箱,内含主塔、主冷、过冷器、粗氩塔、液氧泵、液体泵等。(6) 产品送出系统与液体存储系统。该系统负责将分离出的纯净气体进行气化、压缩,并储存在相应的容器中,以供后续使用。

1.2 空分装置的工作原理

1.2.1 低温精馏法及其流程

(1) 低温精馏法是利用空气中各组分气体沸点的不同,通过精馏技术实现分离。(2) 流程: 空气经过压缩、预冷、纯化后,进入换热系统进一步冷却,然后进入精馏系统。在精馏塔板上,高温饱和蒸汽与低温饱和液体充分混合,利用蒸汽释放的热量使液体部分蒸发,同时蒸汽也因放热而部分冷凝。通过多次循环,最终实现空气中各组分气体的分离。

1.2.2 其他分离方法

(1) 膜技术: 利用高分子膜对气体分子的选择透过性,实现气体的分离。此方法适用于小规模的气体分离。

(2) 变压吸附: 利用吸附剂在不同压力下对气体的吸附能力不同,通过周期性地改变压力,实现气体的分离和纯化。此方法操作简便,适用于某些特定气体的分离。

2 空分装置运行常见故障分析

2.1 压缩系统常见故障

(1) 压缩机组漏油故障及其原因分析。压缩机组是空分装置中的重要部分,它负责将空气压缩至所需的压力。然而,在运行过程中,机组常常会出现漏油现象。这主要是因为机组的密封件磨损、安装不当或材质不佳导致的。漏油不仅会导致机组润滑不良,还会增加油耗和环境污染,严重时甚至会导致机组停机。(2) 离心压缩机振动不规则故障及其影响因素。离心压缩机在运行过程中,有时会出现振动不规则的现象。这主要是由于压缩机内部部件磨损、松动或转子不平衡导致的。振动不规则不仅会降低压缩机的效率,还会加速部件的磨损,缩短设备的使用寿命。此外,振动还可能引起管道的共振和噪声污染,对生产环境造成不良影响。

2.2 预冷系统常见故障

(1) 冷干机冻管故障及其发生条件。冷干机是小型空分装置中用于冷却空气的设备。然而,在运行过程中,冷干机有时会出现冻管现象。这主要是由于空气温

度过低、含水量过高或冷干机内部结构设计不合理导致的。冻管不仅会降低冷干机的冷却效率，还会引起管道堵塞和结冰，严重时甚至会导致冷干机停机^[1]。（2）其他可能的预冷系统故障。除了冷干机冻管外，预冷系统还可能出现冷凝器堵塞等故障。这主要是由于冷凝器内部结垢、杂质过多或管道布局不合理导致的。冷凝器堵塞会导致冷却水流量减少、冷凝效果下降，进而影响到整个空分装置的运行效率。

2.3 换热系统与精馏系统常见故障

（1）主换热器外漏与内漏故障及其影响。主换热器是空分装置中用于实现空气与返流气体之间热交换的设备。然而，在运行过程中，主换热器常常会出现外漏和内漏现象。外漏会导致热量损失和环境污染，而内漏则会引起冷热流体混合，影响气体纯度。这些故障都会影响到空分装置的稳定运行和产品质量。（2）精馏塔操作压力波动故障及其原因。精馏塔是空分装置中实现气体分离的核心部件。然而，在运行过程中，精馏塔有时会出现操作压力波动的现象。这主要是由于塔内气液平衡被破坏、塔板堵塞或回流比波动导致的。操作压力波动会影响到塔内气体的分离效果和产品质量，严重时甚至会导致塔内液泛和停产^[2]。

2.4 其他系统故障

（1）膨胀机止推轴承损坏故障及其后果。膨胀机是空分装置中用于回收压缩气体能量的设备。然而，在运行过程中，膨胀机的止推轴承有时会出现损坏现象。这主要是由于轴承材料不佳、润滑不良或工作环境恶劣导致的。止推轴承损坏会导致膨胀机运行不稳定、振动加剧和噪音增大，严重时甚至会引起设备停机。（2）吸附器再生故障及其处理难度。吸附器是空分装置中用于去除空气中杂质和水分的重要部件。然而，在运行过程中，吸附器有时会出现再生故障。这主要是由于再生温度控制不当、再生时间不足或吸附剂老化导致的。再生故障会导致吸附器性能下降、杂质去除效果差，进而影响到空分装置的产品质量和运行稳定性。处理这类故障需要专业的技术和设备支持，难度较大。

3 空分装置故障排除方法

3.1 压缩系统故障排除

（1）压缩机组漏油故障的排除方案。压缩机组漏油不仅会造成资源的浪费，还可能影响压缩机的润滑效果和运行安全。针对这一问题，首先要检查油封是否老化或损坏，如有问题应及时更换。其次，需确保油封的安装位置和密封效果良好，防止因安装不当导致的漏油。同时，还应定期检查油箱的油位，确保油量充足，避免

因油量不足导致的润滑不良。另外，检查油管的连接情况，是否存在松动或破损，如有异常应及时紧固或更换。最后，加强日常巡检，及时发现并处理漏油现象，确保压缩机的稳定运行。（2）离心压缩机振动不规则故障的处理措施。离心压缩机振动不规则可能是由多种原因导致的，如轴承损坏、转子不平衡等。针对这一问题，首先要检查轴承的磨损情况，如磨损严重应及时更换。同时，对转子进行动平衡测试，确保其在运行过程中达到平衡状态^[3]。此外，还需检查压缩机的基础和安装情况，确保基础稳固且安装位置正确。在设备运行过程中，应定期监测振动数据，以便及时发现并处理振动不规则问题。对于发现的异常振动，应立即停机检查，避免故障扩大。

3.2 预冷系统故障排除

（1）冷干机冻管故障的应急处理与预防措施。冷干机冻管可能导致冷却效果下降，甚至损坏设备。针对这一问题，在应急处理方面，应立即停止运行冻管部位的冷却水，对冻管部位进行解冻处理，如采用热水冲洗或蒸汽加热等方法。在预防措施上，应确保冷却水的流量和温度适宜，避免因流量过小或温度过低导致的冻管。同时，定期对冷干机进行检查和维护，清理冷却管内的污垢和杂质，保持冷却管的畅通。在寒冷季节，还应加强保温措施，防止冷却管因环境温度过低而结冰。（2）冷凝器堵塞故障的清理与维护。冷凝器堵塞可能导致冷却效果不佳，影响空分装置的分离效率。针对这一问题，应定期对冷凝器进行清理和维护。在清理过程中，可采用高压水枪或化学清洗剂对冷凝器内部进行清洗，去除污垢和杂质。同时，检查冷凝器的进出口管道是否存在堵塞现象，如有异常应及时清理。在维护方面，应定期检查冷凝器的密封性能和冷却效果，确保其处于良好状态。对于老化的密封件和损坏的部件，应及时更换以确保冷凝器的正常运行。

3.3 换热系统与精馏系统故障排除

（1）主换热器泄漏故障的修复与检测。主换热器泄漏可能导致冷量损失和产品质量下降。针对这一问题，应首先对泄漏部位进行定位，可采用压力测试或超声波检测等方法。在确认泄漏部位后，应对泄漏点进行修补或更换。在修复过程中，应确保焊接质量可靠，避免因焊接不当导致的二次泄漏。同时，对主换热器进行全面的检查和测试，确保其性能满足运行要求。在日常运行中，应加强主换热器的监测和维护，及时发现并处理潜在故障。（2）精馏塔操作压力波动的调整与控制。精馏塔操作压力波动会影响产品的质量与分离效率。针对这

一故障,应首先检查塔内压力和温度分布情况,确定是否存在异常。在调整过程中,可通过调节塔顶放空阀的开度和塔底排污阀的开启程度来控制塔内压力。同时,检查塔内填料和塔板的完整性和分布是否均匀,避免因填料堵塞或塔板变形导致的压力波动^[4]。此外,优化塔的操作参数,如加热蒸汽量、回流比等,以提高塔的分效率率和稳定性。

3.4 其他系统故障排除

(1) 膨胀机止推轴承损坏的修复与预防措施。膨胀机止推轴承损坏可能导致设备振动增大、噪音升高,甚至引发设备停机。针对这一问题,在修复方面,应及时更换损坏的轴承,并确保新轴承的安装质量和润滑效果。在预防措施上,应定期检查轴承的磨损情况和润滑状态,及时添加或更换润滑油。同时,优化膨胀机的操作参数,避免过载运行和频繁启停,以减少轴承的磨损。此外,还应加强膨胀机的日常巡检和维护,及时发现并处理潜在故障。(2) 吸附器再生故障的处理与改进。吸附器再生故障可能导致吸附剂性能下降、分离效率降低。针对这一问题,在处理方面,应首先检查再生系统的加热装置和冷却装置是否正常工作,如有异常应及时修复。同时,检查再生气体的流量、温度和压力是否满足要求,确保再生过程的顺利进行。在改进方面,可优化再生系统的设计和操作参数,如调整再生气体的流量和温度、优化再生时间和再生周期等,以提高吸附剂的再生效果和分离效率。此外,加强对吸附器的日常巡检和维护,及时发现并处理潜在故障,确保吸附器的稳定运行。

4 空分装置故障排查与维护的综合策略

4.1 加强日常维护与巡检

(1) 定期检查各系统运行状态与参数。日常维护的首要任务是定期检查空分装置各系统的运行状态与关键参数,如压缩机的压力、温度,冷凝器的冷凝效率,换热器的热交换性能等。通过监测这些参数,可以及时发现设备性能的微小变化,预防重大故障的发生。(2) 及时清理积灰与杂物,防止堵塞。空分装置在长时间运行过程中,容易积累灰尘和杂物,特别是在空气入口、冷却器、换热器等部位。定期清理这些区域,可以有效防止堵塞,确保设备的散热和换热效率,延长设备使用寿命。

4.2 提高故障排查与处理能力

(1) 加强员工培训,提高故障识别与处理能力。员工是故障排查与处理的第一线力量。通过加强培训,提升员工对空分装置工作原理的理解,以及对常见故障的认识和处理能力,可以显著缩短故障排查时间,提高维修效率。(2) 建立完善的故障排查与处理流程。一套完善的故障排查与处理流程,可以确保故障发生时,能够迅速、有序地进行排查和处理。这包括建立故障报告机制、制定故障排查步骤、明确维修责任和时间节点等。

4.3 优化空分装置设计与选型

(1) 根据实际需求选择合适的空分装置型号与配置。空分装置的选择应根据实际生产需求进行,确保装置的产能、效率与稳定性满足生产要求。同时,考虑设备的可扩展性和升级潜力,以适应未来生产需求的变化。(2) 针对常见故障进行设计与改进,提高装置稳定性。针对空分装置在运行过程中出现的常见故障,如压缩机振动、换热器泄漏、冷凝器堵塞等,进行专项设计与改进,可以有效提高装置的稳定性和可靠性,减少故障发生的概率。

结束语

综上所述,空分装置运行中的常见故障及其排除方法是确保装置稳定运行的关键。通过深入分析故障原因,采取针对性的预防措施和排除方法,不仅可以提高设备的可靠性和稳定性,还能有效延长设备的使用寿命。未来,随着技术的不断进步和经验的积累,我们有理由相信,空分装置的故障率将会进一步降低,运行效率将会得到显著提升。同时,我们也应持续关注新技术、新方法的研发与应用,为空分装置的高效运行提供更加坚实的保障。

参考文献

- [1]王利聪,许敏,张神钊.空分装置中冷冻水泵的故障分析及处理方法[J].辽宁化工,2022,(03):34-35.
- [2]张双格.KDON-40000/10000型空分装置常见故障及排除[J].化工设计通讯,2020,(07):73-74.
- [3]赵信义.空分装置主换热器冰堵故障分析及处理[J].清洗世界,2020,(09):101-102.
- [4]王庆振,李金恒.空分压缩机组的故障诊断及处理措施[J].云南化工,2020,(08):84-85.