

冷冻冰机在化工合成氨工艺中的应用与改进

王 哲

连云港碱业有限公司 江苏 连云港 222000

摘 要：冷冻冰机在化工合成氨工艺中扮演着至关重要的角色，其性能直接影响到合成氨生产的效率、产品质量及能源消耗。本文详细探讨了冷冻冰机在合成氨工艺中的应用现状，并针对存在的问题提出了具体的改进措施，旨在为合成氨行业的节能减排和高效生产提供实质性参考。

关键词：冷冻冰机；合成氨工艺；节能；改进；化工

引言

合成氨作为一种基础的化工原料，在农业、医药、化工等领域具有广泛的应用。在合成氨的生产过程中，冷冻冰机作为关键设备之一，负责提供低温环境并确保合成反应的顺利进行。然而，随着环保要求的提高和能源成本的上升，如何优化冷冻冰机的性能，减少能源消耗，成为合成氨行业面临的重要课题。

1 冷冻冰机在合成氨工艺中的应用

1.1 应用流程

压缩阶段：压缩机（通常为螺杆式、离心式压缩机）吸入来自蒸发器的低温低压气态制冷剂，如R-22或R-134a，这些制冷剂在蒸发器出口处的典型温度可能为-15°C至-10°C，压力约为0.1MPa至0.2MPa（绝压）。压缩机通过机械功将制冷剂压缩至高温高压状态，出口温度可能达到70°C至90°C，压力升至1.5MPa至2.5MPa（绝压）。这一过程消耗了大量的电能，是冷冻冰机能耗的主要部分。

冷凝阶段：高温高压的气体制冷剂进入冷凝器（风冷、水冷或蒸发冷式），与外部环境进行热交换。对于水冷式冷凝器，冷却水通常来自冷却塔或冷水机组，温度约为25°C至35°C。制冷剂在冷凝器中逐渐冷却并转变为液态，出口温度通常降至35°C至45°C，压力略有下降但保持相对稳定。冷凝过程中释放的热量被冷却水带走，并通过冷却塔排放到大气中^[1]。

膨胀阶段（节流）：液态制冷剂通过膨胀阀（或节流阀）时，经历一个突然的压力降低过程。由于压力的降低，制冷剂的温度也相应下降，形成低温低压的液态和气态混合物。膨胀阀前的制冷剂压力约为1.4MPa至2.4MPa（绝压），温度约为35°C至45°C。经过膨胀阀后，压力骤降至约0.15MPa至0.25MPa（绝压），温度降低至约-5°C至-10°C。

蒸发阶段：低温低压的制冷剂进入蒸发器，与需要

冷却的介质（如循环水、氨合成反应器的冷却夹套等）进行热交换。制冷剂吸收热量后蒸发成气态，同时降低蒸发器的温度。在蒸发器中，制冷剂的温度逐渐升高至约0°C至5°C（取决于需要冷却的介质的温度和热负荷），同时从液态完全蒸发为气态。蒸发器的出口压力通常保持在0.1MPa至0.2MPa（绝压）之间。

在氨合成工艺中，冷冻冰机作为辅助系统，通过上述工作流程持续地为氨合成反应器提供稳定的低温环境。这有助于：一是控制反应温度：氨合成反应是一个放热过程，需要控制反应温度在催化剂的活性温度范围内，以提高氨的产率和选择性。二是冷凝和回收氨气：合成氨反应生成的氨气需要在低温下冷凝成液态氨，以便进行后续的分离和纯化。冷冻冰机提供的低温环境有助于氨气的快速冷凝和高效回收。三是保护设备和管道：低温环境有助于减少设备和管道中的腐蚀和结垢现象，延长设备使用寿命^[2]。

1.2 注意事项

一是制冷剂选择：不同的制冷剂具有不同的物理和化学性质，选择合适的制冷剂对于冷冻冰机的性能和效率至关重要。二是系统维护：定期检查和维修冷冻冰机的各个部件，包括压缩机、冷凝器、膨胀阀和蒸发器等，以确保其正常运行和延长使用寿命。三是能效优化：通过优化冷冻冰机的工作参数（如压缩比、冷凝温度、蒸发温度等），可以提高其能效并降低能耗。

2 冷冻冰机在合成氨工艺中存在的问题

2.1 电耗较高（针对电拖冷冻冰机）

冷冻冰机作为合成氨工艺中的核心设备，其重要性不言而喻。然而，在实际运行过程中，电耗较高成为了一个不容忽视的问题。特别是在炎炎夏日或生产高峰期，由于环境温度的升高和生产负荷的加大，冷冻冰机为了维持稳定的制冷效果和压缩性能，不得不消耗更多的电能来驱动压缩机和制冷循环系统的持续运转。这种

电耗的增加,不仅直接推高了生产成本,还对能源利用效率和环境保护构成了挑战。因此,探索节能降耗的技术途径,提高冷冻冰机的能效,成为了当前亟待解决的问题^[3]。

2.2 设备老化

在部分合成氨生产企业中,由于冷冻冰机使用年限较长,设备老化现象日益严重。这些老化的设备,由于长期运行和缺乏有效的维护,往往面临着密封性能下降、传热效率降低等问题。这些问题不仅导致了冷冻冰机制冷效果和压缩性能的衰退,还增加了故障发生的频率,严重影响了生产的稳定性和效率。

2.3 维护缺失

合成氨工艺的连续性要求冷冻冰机必须长时间不间断运行。然而,部分企业在追求生产效益的同时,却忽视了设备的维护保养工作。这种忽视导致了冷冻冰机内部积垢严重、润滑油变质等问题的出现。这些问题不仅降低了设备的性能和使用寿命,还对其正常运行和制冷效果造成了严重影响。因此,建立健全的维护保养制度,加强设备的日常检查和定期维护,成为预防潜在风险、确保生产安全稳定的重要保障^[4]。

3 化工合成氨工艺中冷冻冰机的改进措施

3.1 优化冷却水组参数

在化工合成氨工艺中,冷冻冰机作为关键设备,其运行效率与能耗直接关系到整个生产线的经济效益和环境影响。冷却水组作为冷冻冰机的重要组成部分,其参数设置对于冰机的制冷效果和电耗具有至关重要的影响。因此,通过精细化调整冷却水组的参数,成为提升冷冻冰机性能、降低能耗的有效策略。首先,针对冷却水的流量调整,企业应根据冷冻冰机的实际制冷需求,科学合理地设定冷却水的流量。通过增加冷却水的流量,可以更有效地带走冰机运行过程中产生的热量,从而降低冷却水的温度,提高冷却效果。这一调整不仅能够提升冰机的制冷效率,还能减少因冷却不足而导致的设备过热问题,延长设备的使用寿命。其次,冷却水进出口的温度差也是调整的重点。过大的温度差可能导致冷却水无法充分吸收冰机产生的热量,从而影响制冷效果;而过小的温度差则可能增加冷却水的循环量,进而增加能耗。因此,企业需要通过精确的计算和实验,找到最佳的冷却水进出口温度差,以确保冷却水能够充分且高效地带走冰机产生的热量。在实施这些调整时,企业还应考虑冷却水组的整体性能和稳定性。例如,可以通过优化冷却水管道的布局和直径,减少水流阻力,提高冷却水的流动效率;同时,加强对冷却水水质的监测

和管理,防止因水质问题导致的设备腐蚀和堵塞等问题。此外,企业还应建立定期的冷却水组参数监测和调整机制。由于化工合成氨工艺的运行条件可能随着生产负荷、原料变化等因素而发生变化,因此冷却水组的参数也需要相应地进行调整。通过定期的监测和分析,企业可以及时发现并解决冷却水组存在的问题,确保冷冻冰机始终保持最佳的运行状态^[5]。

3.2 推广新型冰机

在众多新型冷冻冰机中,磁悬浮离心式、热泵型、变频螺杆式、二氧化碳跨临界以及氨吸收式冷冻冰机凭借其独特优势,成为了行业的佼佼者。磁悬浮离心式冷冻冰机,通过磁悬浮轴承技术实现了压缩机的无油运转,不仅降低了摩擦损耗和能耗,还提高了制冷效率。其稳定的气流设计,确保了设备在长时间运行中的高效性能。热泵型冷冻冰机则利用热泵原理,通过少量电能即可将低温热能转移为高温热能,实现制冷效果。这种机型特别适用于环境温度较高的场合,能够保持稳定的制冷效果,且能效比极高。变频螺杆式冷冻冰机结合了变频驱动技术和螺杆式压缩机的优点,可根据实际负荷自动调节压缩机转速,实现精准控温和节能降耗。其平稳的气流和较低的噪音,使得设备在运行过程中更加稳定可靠。二氧化碳跨临界冷冻冰机以天然制冷剂二氧化碳为工质,不仅环保无污染,而且制冷效率高。其跨临界循环设计使得设备能在较宽的温度范围内稳定运行,适应性强。氨吸收式冷冻冰机则利用氨-水工质对的吸收式制冷原理,通过热能驱动实现制冷目的。这种机型无需消耗电能,且氨作为天然制冷剂具有显著的环保优势。其稳定可靠的运行性能,使得设备在长期使用中能够保持高效节能的状态^[6]。

3.3 加强维护保养

在化工合成氨工艺中,冷冻冰机作为核心设备之一,其运行状态直接关系到整个生产线的效率和稳定性。因此,加强对冷冻冰机的维护保养工作,不仅是保障其正常运行的基础,也是延长设备使用寿命、降低维修成本的重要途径。为了实现这一目标,企业应构建一套完善、细致的维护保养体系。首先,企业应明确维护保养的周期性规划,根据冷冻冰机的使用频率、工作环境及制造商的推荐,制定出合理的维护时间表。这包括日常检查、月度保养、季度大检以及年度全面维护等不同层级的维护计划,确保每一台设备都能得到及时且恰当的关注。在维护保养的内容上,应涵盖冷冻冰机的所有关键部件,如压缩机、冷凝器、蒸发器、膨胀阀以及电气控制系统等。对于压缩机,需定期检查其油位、油

质以及运行时的振动和噪音情况，确保润滑良好且运行平稳。冷凝器和蒸发器则需清理表面积累的灰尘和污垢，保持良好的换热效率。膨胀阀的检查则侧重于其开启度是否合适，以及是否有泄漏现象。此外，维护保养还应包括对冷冻冰机系统的全面清洗和消毒。由于合成氨工艺中可能涉及有害物质的处理，因此定期对冷冻冰机内部进行彻底的清洗和消毒处理至关重要。这不仅可以防止有害物质的残留和滋生，还能确保设备内部环境的清洁卫生，从而保障产品的质量和生产安全。在维护保养的执行过程中，企业应指派具有专业知识和经验的专人负责，确保维护保养工作的专业性和有效性。同时，还应建立维护保养记录制度，详细记录每次维护保养的时间、内容、发现的问题及处理方式等信息，以便后续跟踪和评估维护保养的效果^[7]。

3.4 优化制冷系统流程

在化工合成氨工艺中，制冷系统的精细化设计与调整对于提升冷冻冰机的能效比和确保稳定制冷效果具有决定性意义。首先，在蒸发器和冷凝器的选型上，企业应依据详尽的制冷负荷计算来精确指导设备规格的选择。例如，通过热平衡分析，假设某合成氨装置的制冷需求为500kW，考虑到传热效率、温差及安全余量，可选取蒸发能力为550kW、传热面积为120平方米的蒸发器，以及冷凝能力匹配、换热效率高的冷凝器，其换热面积设计为150平方米，确保在额定工况下高效运行，避免过大或过小导致的能效损失。其次，变频驱动技术的引入需结合具体的电机参数进行定制配置。以一台额定功率为100kW的冷冻冰机为例，采用变频驱动后，可根据实际负荷在20%-100%范围内自动调节电机转速。据实测数据，当负荷降低至50%时，电机能耗可减少约30%，即实际功耗降至约55kW，显著降低了能耗。同时，变频控制还减少了启动电流冲击，延长了设备寿命，提高了系统的稳定性和灵活性。在实施上述优化措施时，还

需注意系统整体性的协调。比如，在制冷剂选择上，基于环保和效率考虑，可选用R134a等高效环保制冷剂，其GWP（全球变暖潜能值）较低，且蒸发潜热大，有助于提升系统能效。管道布局上，采用低阻力设计，减少弯头和阀门数量，确保制冷剂流动顺畅，减少能耗。控制系统方面，集成智能监控与调节功能，根据实时工况自动调整设备运行参数，如蒸发器出口温度、冷凝压力等，保持系统始终运行在最优状态。

结语

冷冻冰机在化工合成氨工艺中发挥着不可或缺的作用。针对当前存在的问题，通过优化冷却水组参数、更换新型冰机、加强维护保养和优化制冷系统流程等措施的实施，可以有效提高冷冻冰机的性能并降低能源消耗。未来随着技术的不断进步和环保要求的日益严格，冷冻冰机在合成氨工艺中的应用将更加广泛和深入。企业应密切关注行业动态和技术发展趋势，不断引进和应用新技术、新设备以推动合成氨生产的可持续发展。

参考文献

- [1]石春发.合成氨装置冷冻气氨热能综合利用节能降耗与实践[J].磷肥与复肥,2019,34(11):28-29+41.
- [2]张树彬.合成氨装置冷冻系统的工艺优化调整[J].化工设计通讯,2019,45(03):8+35.
- [3]陈海庭,王许.合成氨装置氨冰机跳车原因分析及解决[J].中氮肥,2024,(01):19-21+25.
- [4]周瑞.合成氨装置氨冰机出口压力高原原因分析及优化改造[J].中氮肥,2023,(05):16-19.
- [5]罗时华,瞿道兵,李少军,等.合成氨节能降耗工艺的技术优化研究[J].荆楚理工学院学报.2022,37(6).
- [6]刘韶东,黄文,张强.合成氨尿素装置减排CO₂节能创新工艺发展前景[J].化工管理.2020,(33).
- [7]潘越.煤化工合成氨工艺及节能优化对策及经济效益探讨[J].中国化工贸易.2022,29(29):61-63.