

合成氨工艺与设备节能降耗的智能化发展路径

吕 品 李其福

连云港碱业有限公司 江苏 连云港 222000

摘 要：本文探讨合成氨工艺与设备节能降耗的智能化发展路径。首先指出合成氨产业的重要性及节能降耗的紧迫性，分析当前能耗问题，如传统工艺局限、设备老化及效率低等。接着详细论述智能化技术（如智能控制系统、大数据分析、人工智能算法）在节能降耗中的应用及其优势，如优化工艺参数、提升设备效率。在此基础上，提出智能化发展的具体路径，涵盖技术创新、人才培养、政策支持等方面。最后展望未来，强调智能化发展对合成氨产业可持续发展的关键意义。

关键词：合成氨工艺；设备节能降耗；智能化发展路径

1 引言

合成氨是重要基础化工原料，在农业中是氮肥生产主料，对保障全球粮食安全意义重大；在化工领域是多种产品生产基础，是产业链关键环节。但合成氨生产高能耗，传统工艺与设备能源利用效率低，能源消耗大，既增加企业成本，又加重环境负担。在全球能源问题凸显、环保要求提高的背景下，合成氨产业节能降耗压力巨大。智能化技术快速发展，为其节能降耗提供新途径。借助智能化技术可精准控制与优化生产过程，提升能源利用率、降低成本、减少污染。故探讨其智能化节能降耗路径具现实意义。

2 合成氨产业现状及节能降耗的紧迫性

2.1 合成氨产业现状

合成氨工业已有百余年的发展历史，经过不断的技术创新和产业升级，其生产规模不断扩大，工艺技术也日益成熟。目前，全球合成氨产量持续增长，主要生产国家包括中国、俄罗斯、美国等。我国是世界上最大的合成氨生产国，产量占全球总产量的较大比例。合成氨产业在我国化工行业中占据着重要地位，对国民经济的发展做出了重要贡献。然而，我国合成氨产业也面临着一些问题。一方面，产业集中度较低，企业规模普遍较小，技术水平参差不齐。部分企业仍采用传统的生产工艺和设备，能源利用效率低下，生产成本较高。另一方面，随着环保要求的不断提高，合成氨企业面临着越来越大的环保压力，需要投入大量资金进行环保设施建设和改造。

2.2 节能降耗的紧迫性

能源短缺问题：全球能源资源日益紧张，石油、天然气等传统能源价格波动较大，且供应存在不确定性。合成氨生产主要依赖煤炭、天然气等化石能源，能源消耗巨

大。因此，降低合成氨生产过程中的能源消耗，提高能源利用效率，对于缓解能源短缺问题具有重要意义。

环境保护要求：合成氨生产过程中会产生大量的二氧化碳、二氧化硫等温室气体和污染物，对环境造成严重污染。随着全球气候变化问题的日益严峻，各国政府纷纷出台了严格的环保政策和法规，对合成氨企业的污染物排放提出了更高的要求。企业必须采取有效的节能降耗措施，减少污染物排放，以适应环保要求^[1]。

企业经济效益：能源成本是合成氨生产的主要成本之一，降低能源消耗可以直接降低企业的生产成本，提高企业的经济效益。在市场竞争日益激烈的情况下，节能降耗成为企业提高竞争力的重要手段。

3 当前合成氨工艺与设备在能耗方面存在的问题

3.1 传统工艺的局限性

合成反应条件苛刻：传统的合成氨工艺通常采用高温、高压的反应条件，以促进氮气和氢气的反应。然而，高温高压条件不仅增加了能源消耗，还对设备的材质和制造工艺提出了更高的要求，增加了设备投资和运行成本。

催化剂性能有待提高：催化剂是合成氨反应的核心，其性能直接影响反应速率和转化率。目前，传统合成氨工艺中使用的催化剂在活性、选择性和稳定性等方面仍存在一定的局限性，需要进一步提高催化剂的性能，以降低反应温度和压力，减少能源消耗。

工艺流程复杂：传统合成氨工艺流程较为复杂，包括原料气的制备、净化、压缩、合成等多个环节，每个环节都存在一定的能量损失。复杂的工艺流程也增加了设备的数量和维护成本，降低了生产效率。

3.2 设备老化与效率低下

设备老化严重：部分合成氨企业由于建设时间较早，

设备运行时间较长,存在设备老化、磨损等问题。老化设备不仅运行效率低下,能耗较高,还容易出现故障,影响生产的稳定性和安全性。

设备匹配不合理:在合成氨生产过程中,各设备之间的匹配是否合理直接影响能源利用效率。部分企业存在设备选型不当、设备之间流量、压力等参数不匹配等问题,导致能量在设备之间传递过程中损失较大。

余热回收利用不足:合成氨生产过程中会产生大量的余热,如合成反应放出的热量、压缩机排气余热等。然而,目前部分企业对余热的回收利用不够重视,余热回收设备和技术相对落后,导致大量余热被浪费,能源利用效率低下。

4 智能化技术在合成氨工艺与设备节能降耗中的应用

4.1 智能控制系统

过程控制优化:智能控制系统可以实时监测合成氨生产过程中的各种参数,如温度、压力、流量、液位等,并根据预设的控制策略自动调整设备的运行状态,实现对生产过程的精准控制。通过优化过程控制,可以减少生产过程中的波动和偏差,提高反应的转化率和选择性,降低能源消耗。

设备运行管理:智能控制系统可以对合成氨生产设备进行实时监测和故障诊断,提前发现设备潜在的故障隐患,并及时发出预警信号。同时,系统可以根据设备的运行状态和维护需求,合理安排设备的检修和维护计划,提高设备的可靠性和运行效率,减少因设备故障导致的停机时间和能源浪费。

能源管理优化:智能控制系统可以对合成氨生产过程中的能源消耗进行实时监测和分析,建立能源消耗模型,找出能源消耗的关键环节和影响因素。通过优化能源管理策略,如合理调整设备的运行负荷、优化能源分配等,实现能源的高效利用,降低能源成本。

4.2 大数据分析

生产数据分析:通过对合成氨生产过程中产生的大量数据进行分析,如原料消耗数据、产品产量数据、设备运行数据等,可以深入了解生产过程的运行规律和特点,发现生产过程中存在的问题和潜在的优化空间^[2]。例如,通过分析原料气的成分和流量数据,可以优化原料气的制备和净化工艺,提高原料气的质量和利用率。

能耗数据分析:大数据分析可以对合成氨生产过程中的能源消耗数据进行深入挖掘,分析能源消耗的分布情况和变化趋势,找出能源消耗的主要环节和影响因素。基于能耗数据分析结果,企业可以制定针对性的节能措施,如优化设备运行参数、改进工艺流程等,实现

能源的精准节能。

市场数据分析:结合市场数据,如原料价格、产品价格、市场需求等,大数据分析可以帮助企业合理安排生产计划,优化产品结构,提高企业的经济效益。例如,当原料价格较低时,企业可以适当增加生产负荷,提高产品产量;当产品市场需求旺盛时,企业可以调整产品结构,增加高附加值产品的生产。

4.3 人工智能算法

工艺参数优化:人工智能算法,如遗传算法、粒子群算法等,可以用于优化合成氨工艺参数。通过建立工艺参数与生产目标(如产量、质量、能耗等)之间的数学模型,利用人工智能算法对工艺参数进行优化求解,找到最优的工艺参数组合,从而提高生产效率,降低能源消耗。

故障预测与诊断:基于人工智能算法的故障预测与诊断模型可以对合成氨生产设备的运行状态进行实时监测和分析,通过学习设备正常运行时的数据特征和故障发生时的数据变化规律,提前预测设备可能出现的故障,并准确诊断故障类型和位置^[3]。这有助于企业及时采取维修措施,避免故障的扩大和恶化,减少因设备故障导致的停机时间和能源浪费。

智能决策支持:人工智能算法可以为合成氨企业的生产管理决策提供智能支持。通过对大量历史数据和实时数据的分析,结合企业的生产目标和约束条件,人工智能算法可以为企业生产计划优化、能源管理策略制定、设备选型等方面的决策建议,帮助企业提高决策的科学性和准确性。

5 合成氨工艺与设备节能降耗智能化发展的具体路径

5.1 技术创新

企业应加大在智能化技术方面的研发投入,与科研机构、高校等合作,开展合成氨工艺与设备节能降耗智能化技术的研发工作。重点研发适用于合成氨生产过程的智能控制系统、大数据分析平台、人工智能算法等关键技术,提高智能化技术的自主创新能力和应用水平。对现有的合成氨工艺和设备进行智能化改造是实现节能降耗的重要途径。企业应根据自身的实际情况,制定合理的智能化改造方案,逐步引入智能传感器、智能执行机构、智能仪表等设备,实现对生产过程的实时监测和精准控制。同时,对老旧设备进行更新换代,选用高效节能的新型设备,提高设备的智能化水平和运行效率。除了智能化技术本身,还应积极探索新型节能技术与智能化的融合应用。例如,将先进的催化技术与智能化控制相结合,开发具有更高活性和选择性的催化剂,并通

过智能化系统实现对催化剂性能的实时监测和优化调整；将余热回收利用技术与智能化管理相结合，提高余热回收效率和利用水平。

5.2 人才培养

企业应制定优惠政策，吸引具有智能化技术、化工工艺、设备工程等多学科背景的专业人才加入。这些专业人才能够为企业的智能化发展提供技术支持和创新思路，推动合成氨工艺与设备节能降耗智能化工作的开展。加强对现有员工的智能化技术培训，提高员工的智能化素养和操作技能。培训内容可以包括智能控制系统的操作与维护、大数据分析方法、人工智能算法应用等方面。通过培训，使员工能够熟练掌握智能化设备和系统的使用方法，积极参与企业的智能化改造和管理^[4]。企业与科研机构、高校建立产学研合作人才培养机制，共同开展人才培养工作。通过联合培养研究生、实习生等方式，为企业输送高素质的专业人才。同时，企业可以为科研机构 and 高校提供实践基地，促进科研成果的转化和应用。

5.3 政策支持

政府应制定相关的产业政策，鼓励和引导合成氨企业开展节能降耗智能化发展。例如，出台税收优惠政策，对采用智能化技术进行节能降耗改造的企业给予税收减免；设立专项扶持资金，支持企业开展智能化技术研发和项目示范。建立健全合成氨工艺与设备节能降耗智能化相关的标准规范体系，明确智能化技术的应用要求、设备性能指标、节能效果评估方法等。通过标准规范的制定和实施，规范企业的智能化发展行为，提高行业整体水平。政府可以组织举办合成氨工艺与设备节能降耗智能化发展相关的研讨会、论坛等活动，促进企业之间的交流与合作。同时，加强与国际先进企业的合作与交流，引进国外先进的技术和管理经验，推动我国合成氨产业智能化发展水平的提升。

6 未来展望

随着智能化技术的不断发展和应用，合成氨工艺与设备节能降耗的智能化发展前景广阔。未来，智能化技术将在合成氨产业中得到更广泛、更深入的应用，实现生产过程的全面智能化控制和管理。一方面，智能化技

术将与合成氨工艺的创新深度融合，推动新型合成氨工艺的研发和应用。例如，利用人工智能算法对反应机理进行深入研究，开发出更加高效、节能的合成氨催化剂和反应工艺；通过智能控制系统实现对新型工艺的精准调控，提高工艺的稳定性 and 可靠性。另一方面，智能化技术将促进合成氨产业的数字化转型。通过建立数字化工厂，实现生产数据的实时采集、传输和分析，为企业的生产管理决策提供更加科学、准确的依据。同时，利用物联网、云计算等技术，实现企业内外部资源的共享和协同，提高企业的运营效率 and 市场竞争力。此外，智能化发展还将有助于合成氨产业实现绿色可持续发展。通过精准控制生产过程，减少能源消耗 and 污染物排放，降低对环境的影响。同时，智能化技术可以实现对废弃物的回收利用 and 资源化处理，提高资源利用效率，推动合成氨产业向绿色、低碳、循环方向发展。

结语

合成氨工艺与设备节能降耗的智能化发展，是产业可持续发展的必然。当前产业能耗问题突出，智能化技术提供有效解决途径。借助智能控制系统、大数据分析、人工智能算法等，可优化工艺参数、提升设备效率、降低能耗、提高产品质量。推动其智能化发展，需从技术创新、人才培养、政策支持发力。企业应加大研发投入，推进智能化改造；加强人才引进；政府应制定产业政策，完善标准规范，促进行业交流。展望未来，智能化技术进步将助力其节能降耗成效更显著，推动产业绿色、高效、可持续发展。

参考文献

- [1]戴雪燕,闫小斌,雷跃强,等.大型合成氨装置实现先进控制提升工厂智能建设步伐[C]//宁夏回族自治区科学技术协会.第十六届宁夏青年科学家论坛石化专题论坛论文集.中国石油宁夏石化公司,2020:496-497+499.
- [2]杨文华,周岩,胡廷怀,等.合成氨装置智能控制应用[J].氮肥与合成气,2020,48(05):27-32.
- [3]王爱国,吴发洪,朱太明.新合成氨装置过程控制“零手动”改造[J].氮肥与合成气,2024,52(09):1-5+8.
- [4]张豪超.合成氨制造过程中主要问题分析及解决方案研究[J].山西化工,2024,44(12):92-94.