

# 机械设计制造及其自动化的特点与优势研究

胡建文

内蒙古包钢庆华煤化工有限公司 内蒙古 巴彦淖尔 015000

**摘要：**机械设计制造及其自动化融合多学科知识，在现代工程领域发挥关键作用。其具备技术集成性、生产高效性与设计灵活性等特点，通过CAD/CAM、自动化设备等应用，实现产品设计制造全流程优化。在提高产品质量、降低生产成本及推动产业升级方面优势显著，有效提升企业竞争力。该领域面临核心技术依赖进口、专业人才短缺和环境污染等挑战，需通过自主创新、优化人才培养和推进绿色制造等策略应对，以实现可持续发展。

**关键词：**机械设计制造；自动化；特点；优势

## 引言

在智能制造快速发展的时代背景下，机械设计制造及其自动化已成为现代装备制造业转型升级的核心驱动力。它通过机械工程与电子、计算机等多学科的深度融合，重塑传统生产范式。本文以煤化工甲醇合成氨场景为切入点，深入剖析该技术的特点与优势，包括技术集成性、生产高效性、设计灵活性，及其在提升产品质量、降低成本和推动产业升级方面的作用，并探讨其面临的挑战与应对策略，为行业发展提供理论与实践参考。

## 1 机械设计制造及其自动化的概述

机械设计制造及其自动化作为现代工程技术领域的核心学科，融合机械工程、电子技术、计算机科学与自动控制等多学科知识，旨在通过系统性设计、精密制造及智能化控制，实现机械产品从概念构思到产业化应用的全流程优化。其核心是运用机械原理与设计方法，结合材料科学与工程力学构建机械结构模型，并引入先进制造技术，如数控加工、增材制造等，将设计方案转化为高精度实物产品。在煤化工甲醇合成氨场景中，该技术应用典型。合成塔内搅拌桨叶三维设计时，要综合考虑物料混合效率与耐腐蚀性，用CAD软件模拟不同转速流场分布，优化桨叶角度与材质；借助CAM系统生成五轴加工中心切削路径，保证桨叶曲面精度达 $\pm 0.05\text{mm}$ ，满足高压合成环境需求。自动化控制系统通过PLC与传感器网络，实时监测合成塔内温度、压力等参数，氨浓度超阈值时自动调整压缩机频率，实现精准调控。随着智能制造技术快速发展，该领域朝着数字化、网络化、智能化演进。基于数字孪生技术，甲醇合成氨生产线关键设备可在虚拟环境全生命周期仿真，提前预测设备磨损趋势，动态调整维护周期；工业机器人在尿素造粒环节，通过视觉识别系统自动分拣结块颗粒，产品合格率提升至99.8%；人工智能算法分析历史生产数据，优化氢

氮比控制策略，吨氨能耗降低12%以上。这种技术融合与创新驱动的发展模式，不仅重塑了传统煤化工的生产范式，更为现代装备制造业的转型升级提供了坚实的技术支撑。

## 2 机械设计制造及其自动化的特点

### 2.1 技术集成性

机械设计制造及其自动化融合多学科知识与前沿技术形成复杂体系，通过计算机技术、传感技术、控制技术和机械工程的深度融合，实现产品设计制造全流程的智能化与精准化。在煤化工甲醇合成氨设备中，这种集成性体现为：CAD/CAM技术与材料科学的结合，使氨合成塔内衬采用双相不锈钢复合板设计，既满足耐腐蚀性又保证强度；压力传感器与PID控制算法的协同，实时调节合成气循环量，将系统压力波动控制在 $\pm 0.1\text{MPa}$ 范围内；数控加工中心与激光熔覆技术的集成，在压缩机叶轮表面制备碳化钨涂层，使耐磨寿命延长3倍以上。数控机床加工领域中，伺服驱动系统、数控系统与精密机械部件的集成应用，在煤化工高压管件加工中展现显著优势，通过多技术协同作业，使管件螺纹加工精度达到API标准6g级，泄漏率低于0.01%。

### 2.2 生产高效性

机械设计制造及其自动化以提升生产效率为目标，通过自动化设备与先进制造工艺的应用，大幅缩短产品生产周期，降低人力成本。在甲醇合成氨生产线上，自动化程度直接影响产能：智能仓储系统根据生产计划自动调度原料煤，使备料时间从8小时缩短至2小时；氨合成塔自动升温系统通过电加热与合成气余热耦合，将开车升温时间从16小时压缩至6小时；机器人焊接工作站对高压管道的全位置焊接，实现单条焊缝焊接时间从45分钟降至12分钟，且一次合格率达99.5%。柔性制造系统（FMS）在催化剂装填设备中的应用，可根据不

同型号催化剂的粒径、堆密度等参数，自动调整振动给料器频率与装填高度，在多品种催化剂切换时，生产线调整时间从4小时减少至30分钟，有效避免传统生产模式下频繁更换工装带来的时间浪费<sup>[1]</sup>。

### 2.3 设计灵活性

机械设计制造及其自动化赋予产品设计高度的灵活性，借助数字化设计工具与仿真分析技术，设计师可快速调整产品结构、性能参数与外观造型，满足多样化的市场需求。在煤化工领域，针对不同煤种气化特性差异，机械设计需具备快速迭代能力：参数化设计方法使气化炉烧嘴模型可通过修改煤浆雾化角、氧气喷射速度等参数，自动生成不同工况下的烧嘴结构；有限元分析（FEA）技术对甲醇合成塔塔壁的应力模拟，可优化塔体厚度分布，在满足GB150强度要求的同时，使材料用量减少18%；流体力学仿真（CFD）对氨分离器内部流场的分析，指导折流板角度优化，将气体夹带液氨量从3%降至0.5%以下。在大型煤化工装备如煤气化炉的设计中，通过快速设计迭代与性能优化，使单炉日处理煤量从1500吨提升至2000吨，同时降低热损失5%，体现出该技术在产品设计灵活性方面的显著优势。

## 3 机械设计制造及其自动化的优势

### 3.1 提高产品质量

（1）机械设计制造及其自动化借助CAD与CAM技术，构建精确三维模型，模拟分析优化产品结构和性能，规避传统设计误差缺陷。如甲醇合成塔内件设计，经CAD模拟优化塔板开孔率与气液分布关系后，塔板效率提升12%，甲醇单程转化率从22%提高至25%。（2）自动化加工设备定位与重复定位精度达微米级甚至纳米级，保证零部件加工尺寸一致与表面质量。氨压缩机转子五轴联动加工，叶轮型线误差控制在±0.02mm，动平衡精度达G1.0级，运行振动烈度低于2.8mm/s。（3）自动化检测技术贯穿生产全程，在线测量设备实时采集零部件数据。煤化工高压管件超声波探伤可识别Φ0.5mm以上内部缺陷，视觉检测系统对焊接接头表面裂纹检测精度达0.1mm，极大降低不合格品率，保障最终产品质量稳定性。

### 3.2 降低生产成本

（1）机械设计制造及其自动化系统集成化生产流程，紧密衔接产品设计、工艺规划等环节，减少物料周转与人为干预。甲醇合成装置建设中，BIM技术与CAM系统集成，使设备安装工序冲突减少40%，施工周期缩短25天，降低时间成本约300万元。（2）自动化生产线以高效生产节拍与连续作业能力，提升设备利用率。年

产30万吨合成氨生产线的压缩机系统，借助机器人自动巡检与故障预警，设备综合效率（OEE）从65%提升至89%，年增产合成氨约4.5万吨，摊薄固定成本约800元/吨。（3）先进物料管理系统结合自动化仓储配送，精准供应原材料与零部件。煤化工气化炉耐火砖智能仓储系统，用RFID标签追踪，库存周转率从4次/年升至9次/年，激光切割技术使加工余料利用率从60%提高至85%，年节约材料成本约150万元。

### 3.3 推动产业升级

（1）机械设计制造及其自动化融合人工智能等前沿技术，促使传统煤化工向智能化转型。智能工厂通过设备联网与数据分析，实现生产智能决策与自适应控制。如甲醇合成塔的智能控制系统，基于机器学习分析3000+实时数据点，自动优化氢碳比控制策略，吨甲醇能耗从2800kWh降至2500kWh。（2）自动化生产装备与系统催生新产业形态与商业模式。定制化智能制造服务在煤化工领域应用，如针对不同客户煤质特性，提供气化炉烧嘴个性化设计与快速制造，交货周期从90天缩短至45天，拓展产业价值链。（3）在核心技术与关键装备研发领域，机械设计制造及其自动化不断突破技术瓶颈，提升高端装备制造能力。国产大型氨合成塔自主设计与制造打破国外垄断，设备成本降低35%，推动我国煤化工装备向中高端迈进，增强产业整体竞争力与抗风险能力<sup>[2]</sup>。

## 4 机械设计制造及其自动化面临的挑战与应对策略

### 4.1 面临的挑战

#### 4.1.1 核心技术依赖进口

在机械设计制造及其自动化领域，高精度数控系统、高端液压元件、先进传感器等核心技术长期依赖进口。以煤化工为例，大型合成氨装置的离心式压缩机控制系统（如TRICONEX安全仪表系统）、高压甲醇合成塔的催化剂筐设计技术，长期被国外企业垄断。国外企业凭借技术壁垒，对国内企业实施严格限制，当国际形势变化时，核心技术供应极易受阻。某煤化工企业曾因进口压缩机控制系统升级受阻，导致生产线停产15天，直接经济损失超2000万元，严重制约国内企业的产品研发与市场拓展，使我国在全球产业链中难以实现向高端制造的跨越。

#### 4.1.2 专业人才短缺

随着机械设计制造及其自动化向智能化、数字化方向发展，行业对具备跨学科知识和创新能力的复合型人才需求激增。在煤化工行业，既懂机械设计又熟悉煤化工工艺的人才尤为稀缺：第一，传统机械工程师对煤化工特殊工况（如高温、高压、腐蚀性）下的设备设计经

验不足，难以适应新型气化炉、合成塔的研发需求；第二，高校机械专业课程中煤化工相关实践环节薄弱，企业新入职员工需6-12个月的工艺培训才能胜任岗位；第三，行业内高端人才流向新能源、半导体等行业，某大型煤化工企业近三年机械研发岗位离职率达22%，致使关键设备如煤浆泵的国产化研发进程迟缓<sup>[3]</sup>。

#### 4.1.3 环境污染与资源消耗

传统机械设计制造过程中，高能耗设备的大量使用、粗放的生产工艺以及废弃物处理不当等问题，在煤化工领域表现尤为突出：铸造气化炉炉篦时，冲天炉每吨铁水能耗达800kWh，是电弧炉的1.8倍；机械加工煤化工阀门时，切削液的重复利用率不足30%，每年产生含油废液约500吨；锻造高压管件时，材料利用率仅为45%-55%，远低于精密锻造75%的水平。不合理的资源利用方式导致煤化工行业单位产值能耗是制造业平均水平的2.3倍，在“双碳”目标下，面临的环境压力与资源约束日益严峻。

### 4.2 应对策略

#### 4.2.1 加强自主创新

企业应加大研发投入，聚焦煤化工关键机械装备的核心技术攻关。某煤化工装备企业联合高校成立“甲醇合成装备研发中心”，近三年投入研发经费1.2亿元，成功突破氨合成塔内件高效传质技术，使氨合成效率提升8%。通过产学研深度融合，与科研机构共建“煤化工机械数字孪生实验室”，利用数字化仿真技术对气化炉烧嘴进行100+工况模拟，研发周期从18个月缩短至9个月。注重知识产权保护，该企业已申请发明专利37项，其中高压管件自紧密封技术获中国专利优秀奖，逐步摆脱对进口技术的依赖。

#### 4.2.2 优化人才培养体系

企业需构建多元化的人才培养模式，针对煤化工机械特点制定专项培养方案。某煤化工集团与高校合作开设“煤化工机械卓越班”，设置《煤化工工艺学》《高压设备设计》等特色课程，学生在企业实习期间参与气化炉检修实战，毕业后直接上岗率达90%。企业内部开展

“师带徒”活动，由资深工程师带领新人参与合成氨装置技术改造项目，通过项目实战提升解决复杂工程问题的能力。完善薪酬体系，对参与核心设备研发的团队给予项目分红，近三年该企业机械岗位人才留存率从68%提升至89%。

#### 4.2.3 推进绿色制造

在机械设计阶段，采用轻量化设计、模块化设计理念，某煤化工企业将合成塔塔体由整体锻造改为分段组合式结构，材料用量减少20%，同时便于后期维护更换。研发推广节能高效的制造工艺，用伺服压力机替代传统机械压力机进行管件成型，能耗降低35%；采用低温电解加工技术替代传统切削加工煤化工阀门密封面，切削液用量减少90%。建立完善的废弃物回收处理体系，对切削液进行蒸馏再生，年回收利用280吨；对铸造废砂进行热法再生处理，再生砂回用率达75%，通过推进绿色制造，使单位产品能耗降低15%，固体废弃物排放量减少40%<sup>[4]</sup>。

### 结语

综上所述，机械设计制造及其自动化凭借技术集成、高效生产和灵活设计等特点，在提升产品质量、降低成本及推动产业升级方面展现出显著优势。然而，核心技术依赖、人才短缺和环境问题等挑战仍制约其进一步发展。通过加强自主创新、优化人才培养体系和推进绿色制造，有望突破瓶颈，实现行业高质量发展。未来，随着人工智能、数字孪生等技术的深度融合，该领域将为现代装备制造业带来更广阔的发展前景。

### 参考文献

- [1] 姜北晨,郝志勇.机械设计制造及其自动化的特点与优势研究[J].内燃机与配件,2021(24):182-184.
- [2] 韩亮亮.机械设计制造及其自动化的特点与优势[J].中国民商,2022(11):103-105.
- [3] 石磊.机械设计制造及其自动化的特点与优势分析[J].内燃机与配件,2021(5):166-167.
- [4] 王敬海.机械设计制造及其自动化的特点与优势探讨[J].中国金属通报,2021(21):61-62.