

机械设计制造与自动化技术在新能源汽车零部件制造中的应用研究

周香继

黑龙江建龙钢铁有限公司 黑龙江 双鸭山 155100

摘要: 机械设计制造与自动化技术是指通过融合机械工程、计算机科学、控制理论、信息技术等多学科知识,以实现产品设计、制造及生产过程的自动化、智能化和高效化为目标的综合性技术体系。其核心是通过先进的设计手段、精密制造工艺和自动化控制技术,完成机械产品从概念设计到实物生产的全生命周期管理。

关键词: 机械设计制造; 自动化技术; 新能源汽车零部件制造; 应用

机械设计制造与自动化技术通过高精度加工(如曲轴动平衡优化)、智能算法协同(数字孪生与电控集成)及绿色柔性生产(铝合金压铸工艺)等创新,推动了新能源汽车零部件在性能、效率与质量上的全面提升,成为产业升级的核心引擎^[1]。

1 机械设计制造与自动化技术特点

1.1 多学科深度融合。该技术以机械工程为基础,深度融合电子技术、计算机科学、自动化控制及信息技术,形成跨领域的综合性技术体系。例如,新能源汽车电控系统的设计需同时考虑机械结构、电路布局与散热优化,体现了机械与电子的协同创新。

1.2 高精度与智能化。微米级加工能力。数控机床(CNC)、激光切割等技术可实现微米级加工精度,如电机转子动平衡检测误差可控制在 $0.1\text{g}\cdot\text{mm}/\text{kg}$ 以内。AI驱动的智能优化。通过人工智能算法进行工艺参数优化和故障预测,如生产线设备综合效率(OEE)提升至85%以上。

1.3 高效性与柔性生产。效率提升。自动化生产线使生产效率较传统模式提升3倍,典型案例如某车型减速器研发周期从12个月缩短至7个月。柔性化适配。工业机器人配合MES系统,支持多品种、小批量定制化生产,如电池壳体生产线节拍时间可达45秒/件。

1.4 绿色制造与安全性。资源节约与环保。自动化技术减少材料浪费,切削液循环系统可使碳排放降低28%,实现零污染生产目标。安全风险控制。通过自动化检测程序实时排查设备隐患,减少人工直接操作,安全事故率降低60%以上。

2 新能源汽车零部件制造需求综合分析

2.1 市场规模与增长动力。全球市场扩张。2025年全球汽车零部件制造市场规模预计达710.2亿美元,2034年

将增至1104.7亿美元(复合年增长率5.03%)。中国市场规模表现更为突出,2025年预计突破6.79万亿元,零部件营收增速超30%的企业占比达62%。新能源车渗透率拉动。中国新能源汽车渗透率已突破51%,带动核心零部件需求激增。2024年新能源汽车产量达1288.8万辆(同比+34.4%),直接推动电驱系统、电池模组等产品出货量增长超80%。

2.2 区域分布与出口市场、产业集群效应、中国形成六大零部件产业集群(长三角、珠三角等),通过规模效应降低物流成本,支撑全球60%以上新能源汽车零部件供应。出口潜力释放。2024年中国汽车零部件出口额同比增28%,亚洲、北美及欧洲市场占比超75%,高性价比产品获国际认可。

2.3 技术驱动与质量升级需求。智能化制造: AI驱动的检测技术普及,故障预测效率提升40%+,激光雷达与视觉识别技术覆盖率超50%;绿色工艺: 切削液循环系统使碳排放降低28%,特斯拉上海工厂模式推动行业零污染转型,数字化协同: MES系统集成工业机器人,实现混线生产节拍时间 ≤ 45 秒/件,设备综合效率(OEE)达85%。

2.4 挑战与应对策略。技术瓶颈: 碳纤维复合材料加工分层缺陷率仍达15%,需专用刀具与振动抑制技术攻关;供应链风险: 地缘政治与贸易壁垒导致关键芯片、稀土材料供应波动,国产化配套率需提升至70%;检测标准: 充电设施兼容性检测覆盖率不足60%,需建立跨品牌统一测试体系。

3 新能源汽车三电系统特殊性分析

3.1 电池系统: 能量存储与安全管理的双重革新。高能量密度与材料创新。新能源汽车电池以三元锂电池(能量密度 $\geq 200\text{Wh}/\text{kg}$)和磷酸铁锂电池(安全性突

出)为主流,比亚迪刀片电池通过结构创新使体积利用率提升50%+,实现续航与安全性的平衡。高压平台与热管理。800V高压平台普及后,电池瞬时放电功率可达560kW(如保时捷Taycan),配合宽温域热泵系统(温度控制精度 $\pm 2^{\circ}\text{C}$),保障极端工况下性能稳定。智能监控体系。电池管理系统(BMS)实时追踪电芯状态,通过多源数据协同处理降低评估频次不合理风险,数据处理效率提升30%。

3.2 电机系统:高效驱动与响应速度的突破。瞬时扭矩输出特性。永磁同步电机响应时间 $\leq 100\text{ms}$ (传统燃油车发动机的5-10倍),比亚迪海豹电机峰值扭矩输出仅需80ms,实现0-100km/h加速3.8秒。结构集成与效率提升。电驱系统高度集成化(如极氪001的EDS系统),整合电机、减速器与差速器,传动效率达97%,能量损耗较燃油车降低15%-20%。多电机协同控制。双电机车型(如蔚来ET7)通过前感应电机与后永磁电机组合,兼顾爆发力与巡航效率,扭矩分配响应时间 $\leq 30\text{ms}$ (小鹏G9的X-ECU系统)。

3.3 电控系统:智能化与精准控制的神经中枢。实时动态调控。电控系统采用多核处理器架构,特斯拉逆变器算法每10ms调整一次电机参数,确保动力输出与踏板开度精准匹配。能量优化与安全保障。智能电控系统协调电池放电与电机功耗,宁德时代麒麟电池通过多极耳设计降低内阻50%,能量回收效率提升25%。协同控制扩展。整合线控底盘、智能扭矩分配与热管理系统,大众ID.4在连续弯道中保持电机输出稳定性,制动衔接延迟 $\leq 50\text{ms}$ 。

4 机械设计制造与自动化在新能源汽车零部件制造中的优势与挑战

4.1 技术优势。高精度加工能力。机械设计制造与自动化技术通过数控机床(CNC)、激光切割等工艺,实现零部件加工误差 $\leq 0.1\text{mm}$,满足新能源汽车电池壳体、电机轴等核心部件的高精度需求。例如,碳纤维复合材料的复杂结构加工依赖五轴联动技术,确保散热性能与结构强度。智能化生产与协同优化。借助CAD/CAE软件与数字孪生技术,可在虚拟环境中完成三维建模与装配干涉检测,缩短研发周期40%-50%;同时,MES系统与工业机器人协同实现混线生产,节拍时间控制至 $\leq 45\text{秒/件}$ 。轻量化材料高效成型。铝合金压铸一体化工艺使副车架加工效率提升3倍,碳纤维复合材料(CFRP)应用使车身减重30%-40%,显著提升新能源汽车续航能力。绿色制造与能效提升。切削液循环系统降低碳排放28%,干式/准干式切削技术减少废料污染;自动化产线

综合效率(OEE)达85%+,设备停机时间减少50%。

4.2 核心挑战。新型材料加工瓶颈。碳纤维复合材料分层缺陷率仍达15%,需开发专用刀具与振动抑制技术;高强钢加工易引发刀具磨损,加工参数优化依赖仿真模拟。核心技术壁垒。高性能电机驱动芯片、碳化硅(SiC)功率器件依赖进口,国产化率不足30%;数字孪生与5G协同技术尚未完全成熟,数据反馈延迟需降至 $\leq 50\text{ms}$ 。复合型人才缺口。智能化转型需求下,既懂机械原理又掌握自动化算法的人才缺口超50%;传统机械岗位薪资增长缓慢,导致人才流失率增加。标准化与检测体系不足。充电设施兼容性检测覆盖率不足60%,跨品牌电池热管理标准尚未统一;激光焊接缺陷检测需提升至0.5mm级误差控制。机械设计制造与自动化技术通过高精度加工(如五轴联动技术)、智能协同生产(MES系统集成)与绿色工艺(干式切削)显著提升了新能源汽车零部件的性能与制造效率。然而,材料加工瓶颈(碳纤维分层)、技术壁垒(芯片依赖)及人才缺口(复合型技能需求)仍是制约产业升级的关键挑战。

5 机械设计制造与自动化在新能源汽车零部件中的应用

5.1 动力系统零部件的高效制造。高精度加工技术。采用数控机床(CNC)、激光切割等技术,动力总成部件的加工精度可达误差 $\leq 0.1\text{mm}$ (如曲轴动平衡性能优化),满足高效能发动机对轻量化、高可靠性的需求。智能优化算法。通过CAD/CAE软件进行三维建模与虚拟装配,提前规避零部件干涉问题,缩短产品研发周期40%-50%(如电动汽车传动系统设计)。

5.2 电池系统核心工艺革新。精密焊接与检测。激光焊接技术实现电池模组焊接强度提升15%+,配合自动化视觉检测系统(检测精度 $\leq 0.5\text{mm}$),保障电池结构一致性。热管理协同设计。结合机械设计优化电池壳体散热结构(如蜂窝状流道设计),配合自动化温控系统,实现电池组温度梯度 $\leq 5^{\circ}\text{C/m}$ 。

5.3 车身轻量化与一体化制造。材料成型技术突破。铝合金压铸一体化工艺使副车架加工效率提升3倍,碳纤维复合材料(CFRP)应用使车身减重30%-40%。柔性化产线适配。工业机器人配合MES系统,实现多规格底盘部件混线生产(节拍时间 $\leq 45\text{秒/件}$),支持小批量定制化需求。

5.4 智能化集成与协同控制。电控系统协同开发。通过数字孪生技术模拟电控单元与机械结构的匹配性,缩短电机控制器调试周期50%+(如域控制器集成测试)。线控底盘技术。集成自动化控制算法(响应延迟 $\leq 50\text{ms}$),实现制动、转向与驱动系统的精准协同,提升

整车动态性能。

6 机械设计制造与自动化在新能源汽车零部件制造中的未来发展趋势

6.1 智能化与数字化深度融合。数字孪生技术普及。通过数字孪生技术实现零部件全生命周期管理,从设计、仿真到生产全流程数字化,研发周期缩短50%-60%,例如电机控制器的虚拟调试效率提升40%。AI驱动的智能产线。工业机器人结合AI算法,实现生产线动态自适应调整,故障预测准确率达99%,设备综合效率(OEE)提升至90%以上。

6.2 轻量化材料加工技术突破。一体化压铸规模化应用。铝合金一体化压铸技术覆盖底盘、车身结构件,单车零部件数量减少80%,生产效率提升3倍,特斯拉Model Y后底板压铸成型仅需2分钟。碳纤维复合材料低成本化。新型成型工艺(如热塑性复合材料快速成型)推动碳纤维部件成本降低30%+,车身减重目标提升至40%-50%。

6.3 绿色制造体系深化。低碳工艺革新。干式切削技术覆盖率提升至70%,切削液循环系统减少碳排放35%,打造“零污染”产线(如特斯拉上海超级工厂模式)。能源回收与再利用。生产线余热回收效率达85%+,废旧电池壳体材料再生利用率突破90%,推动资源闭环管理^[2]。

6.4 协同化产业链整合。跨领域技术融合。机械设计与自动驾驶、车联网技术协同开发,线控底盘响应延迟降至 $\leq 30\text{ms}$,支持高阶自动驾驶功能。模块化平台扩展。柔性化产线适配多品牌车型零部件混线生产,产线切换时间压缩至 ≤ 10 分钟,满足定制化需求。

7 机械设计制造与自动化在新能源汽车零部件制造中的技术创新方向

7.1 智能化设计与数字孪生技术深度融合。全流程数字化仿真。通过数字孪生技术实现零部件从设计、仿真到

生产的全生命周期管理,研发周期缩短50%,例如电机控制器的虚拟调试效率提升40%。AI驱动的智能产线优化。结合AI算法动态调整生产线参数,实现设备故障预测准确率 $\geq 99\%$,设备综合效率(OEE)提升至90%以上。

7.2 轻量化材料与高效成型工艺突破。一体化压铸规模化应用。铝合金压铸工艺使车身结构件生产效率提升3倍,单车零部件数量减少80%,特斯拉Model Y后底板成型时间压缩至2分钟。碳纤维复合材料低成本化。新型热塑性复合材料成型工艺推动碳纤维部件成本降低30%,车身减重目标提升至40%-50%。

7.3 绿色制造与能效提升技术革新。低碳加工工艺。干式切削技术覆盖率提升至70%,切削液循环系统减少碳排放35%,特斯拉上海工厂率先实现“零污染”产线。能源回收与资源循环。生产线余热回收效率达85%,废旧电池壳体材料再生利用率突破90%,推动资源闭环管理。

7.4 跨领域协同与技术集成创新。线控底盘与自动驾驶协同。集成自动化控制算法,制动响应延迟压缩至 $\leq 30\text{ms}$,支持L4级自动驾驶功能。模块化柔性产线适配。工业机器人配合MES系统,实现多车型零部件混线生产,产线切换时间 ≤ 10 分钟。

总之,机械设计制造与自动化在新能源汽车零部件制造中的未来将围绕智能化升级(数字孪生与AI算法)、轻量化突破(一体化压铸与碳纤维工艺)及绿色转型(低碳工艺与资源循环)三大方向演进。同时,核心技术国产化(SiC器件与智能装备)与产业链协同创新(跨领域技术融合)将成为产业高质量发展的核心驱动力。

参考文献

- [1]王海洋.机械设计制造与自动化技术在新能源汽车零部件制造中的应用探讨.2023.
- [2]蒋红艳.机械设计制造与自动化技术在新能源汽车零部件制造中的应用分析.2022.