

智能制造中机电一体化模块化机器人的开发与应用

徐朋杰

安徽李营子班台子矿业有限公司 安徽六安

【摘要】在智能制造蓬勃发展之际，机电一体化模块化机器人崭露头角。它融合多元技术，以高度柔性应对复杂任务，依生产需求灵活组配模块，于汽车、电子制造大显身手，切实提升生产效能、保障产品精度质量，为产业智能化升级赋能。

【关键词】智能制造；机电一体化；模块化机器人；柔性生产；产业升级

【收稿日期】2025 年 1 月 18 日 **【出刊日期】**2025 年 2 月 16 日 **【DOI】**10.12208/j.jeea.20250039

Development and application of mechatronics modular robot in intelligent manufacturing

Pengjie Xu

Anhui Liyingzi Bantaizi Mining Co., Ltd, Lu'an, Anhui

【Abstract】 Amid the thriving development of intelligent manufacturing, mechatronic modular robots have emerged. They integrate diverse technologies to handle complex tasks with high flexibility, flexibly assembling modules according to production needs. These robots excel in automotive and electronics manufacturing, significantly enhancing production efficiency and ensuring product accuracy and quality, thus empowering the intelligent upgrade of industries.

【Keywords】 Intelligent manufacturing; Mechatronics integration; Modular robot; Flexible production; Industrial upgrading

引言

当下，制造业正以迅猛之势向智能化大步迈进，传统生产模式弊端频现，难以契合瞬息万变的市场需求。在这一背景下，集高精度与高灵活度于一身的机电一体化模块化机器人应运而生，它整合了人工智能、传感器等前沿科技，一举打破制造瓶颈，开启探索其开发应用新征程。

1 模块设计核心挑战

在智能制造的宏大版图中，机电一体化模块化机器人正成为推动产业变革的关键力量。这一前沿领域的发展并非一帆风顺，模块设计面临着诸多严峻挑战。智能制造环境复杂多变，犹如一片充满未知的丛林，机器人模块必须具备强大的适应能力，以应对各式各样的工况^[1]。从精密电子制造车间的超精细操作，到汽车生产线上的重型搬运任务，不同工序对机器人模块的机械构造与动力配置提出了截然不同的要求。

在机械构造方面，一方面，模块需要设计得紧凑精巧，以便于灵活组合，像搭建积木一样构建出满足不同需求的机器人系统。这意味着要在有限的空间内合理布局各种零部件，在保障功能实现的前提下，尽可能减小模块体积。另一方面，无论如何精巧设计，稳固精度始终是不可逾越的底线。在精密加工工序中，哪怕极其微小的偏差都可能导致产品报废，因此机械结构必须具备卓越的稳定性和高精度，能够承受长时间、高强度的工作压力而不发生变形或位移。动力配置同样面临两难困境，不同工序所需的动力大小和特性差异巨大，如何精准匹配动力源，既保证足够动力输出，又避免能源浪费，成为设计过程中的一大难题。

除了机械层面的挑战，电子系统集成也犹如一座难以攀登的高峰。机器人模块之间的通信协同是实现整体功能的关键，但实际操作中，兼容故障频发。不同模块可能由不同厂商生产，其内部的

作者简介：徐朋杰（1990-）男，汉，河北邯郸，大专，研究方向为机电一体化。

电子元件、通信协议和控制算法存在差异，这就如同不同语言的人交流，极易出现误解甚至无法沟通的情况^[2]。为了攻克这一难关，硬件优化和通用软件接口开发成为解锁模块实用潜能的要害。在硬件方面，需要研发高性能、低功耗且兼容性强的电子芯片和电路，提高模块的运算速度和数据处理能力。开发通用软件接口，制定统一的通信协议和数据交互标准，让不同模块能够顺畅“对话”，实现高效协同工作，是当下亟待解决的核心问题。

2 多元场景适配攻略

在智能制造这一广阔且充满无限可能的版图之中，机电一体化模块化机器人宛如一颗耀眼新星，凭借其先进的技术架构与独特的设计理念，展现出令人瞩目的多元场景适配能力^[3]。无论是在精密电子制造车间，对微小零部件进行高精度组装；还是在汽车生产流水线上，高效完成车身焊接、零部件搬运等复杂任务；亦或是在物流仓储领域，灵活穿梭于货架之间实现精准分拣与配送，它都能游刃有余，为各行业的生产效率提升与创新发展注入源源不断的强大动力。

以汽车制造领域为例，这一行业的生产环节错综复杂，焊接与装配任务极为密集。面对形态各异的车体，模块化机器人优势尽显。工程师们依据车体特性，巧妙地对机器人模块进行灵活搭配。在焊接工序，选用适配的焊接模块，精准调控焊接能量，确保焊缝均匀、牢固，满足汽车高强度的安全标准。在装配环节，通过精细调节装配模块的精度，使得每一个零部件都能严丝合缝地安装到位，极大提升了整车的装配质量与稳定性。这种定制化的模块组合，如同为每一款汽车量身打造专属的制造“伙伴”，高效应对汽车制造过程中的多样挑战。

而在电子产业，生产需求高度聚焦于微观精细操作。这一领域的产品通常尺寸极为微小，像芯片级别的微小部件，其对操作精度的要求堪称严苛。模块化机器人在接到指令后，能够迅速换装高敏传感器与精微器具，借助自身敏锐的感知系统与精准的操控能力，在极为有限的空间内灵活作业、游刃有余。在实际生产过程中，它们能够以极高的稳定性稳稳地拿起微小的芯片，随后精准无误地将其放置在预定位置，开展精细的焊接与组装工作^[4]。如此一来，极大程度地降低了人工操作可能出现的失误

率，使生产效率实现大幅提升，良品率也得到显著提高。这些灵活多变的模块，宛如电子产业生产线上的“微雕大师”，凭借自身卓越的性能，助力电子产品朝着更精密、更高效的方向稳步迈进，推动电子产业不断突破技术瓶颈，迈向新的发展高度。

由此可见，各行业流程特性千差万别，模块化机器人的魅力就在于能够依据这些特性定制模块编组。无论是流程复杂、任务多样的汽车制造，还是追求极致精细的电子产业，抑或是其他各行各业，都能通过快速切换部署不同的模块组合，轻松贴合柔性制造诉求。企业不再受限于传统固定模式的生产设备，而是拥有了一套可随时“变形”的智能制造解决方案，能够迅速响应市场变化，高效调整生产策略，在激烈的市场竞争中抢占先机，实现可持续发展。

3 性能精进创新举措

为了全方位强化机器人的综合性能，在结构与材料选用方面迈出了关键且创新的步伐。研发团队精心筛选并启用了一系列轻质高强的新型材质。这些材质具备密度低但强度高的显著特性，能够在保证机器人具备强大负载能力的大幅度降低其自身重量^[5]。在机器人的关节部件与主要承重结构中，采用了碳纤维复合材料。相较于传统金属材料，碳纤维复合材料不仅重量减轻了约 30%-40%，却依然能承受同等甚至更高的负载压力。这一改变使得机器人在执行任务时，能够以更低的能耗实现更快速、更精准的动作，极大地提升了其工作效率与灵活性，为机器人在复杂生产环境中的高效运作奠定了坚实基础。

在算法优化领域，人工智能技术的深度植入成为提升机器人智能化水平的核心驱动力。通过引入机器学习算法，机器人得以不断打磨自身的运动轨迹规划能力。在实际生产过程中，机器人能够实时收集自身运动数据以及周围环境信息，借助机器学习模型对这些海量数据进行深度分析与学习。随着学习的深入，机器人能够精准预测不同任务场景下的最佳运动路径，自动规避潜在的碰撞风险，并在保证任务完成质量的前提下，最大程度地优化能源消耗^[6]。举例来说，在自动化装配生产线上，机器人通过机器学习，能够根据零部件的形状、位置以及装配顺序等因素，自主规划出最节能、最高效的抓取与装配路径，实现节能降耗的目标，同时装配准确率也得到了显著提升，从传统算法下的 95% 提

升至 98% 以上。

依托物联网技术构建的强大数据交互网络，机器人实现了生产数据的实时回传与深度应用。在生产过程中，机器人能够持续不断地将自身的运行状态、任务完成进度、各部件的磨损情况等关键生产数据，通过无线网络实时传输至云端服务器。云端借助大数据分析技术，对这些海量且复杂的数据进行精细化分析。通过建立精准的数据模型，不仅能够清晰洞察生产过程中的每一个细节，还能根据数据分析结果输出极具前瞻性的维护预警。当大数据分析发现机器人某一关键部件的运行参数出现异常波动，系统会立即发出维护预警，提醒工作人员提前进行检查与维护。这一举措有效避免了因设备突发故障而导致的生产中断，全方位提升了机器人的智能化层级与生产系统的稳定性，为智能制造的高效、可靠运行提供了有力保障。

4 人才培养跟进策略

在当今科技迅猛发展的时代，机器人技术的迭代宛如汹涌浪潮，持续推动着各行业的革新。这一蓬勃发展的背后，专业人才稀缺的问题却日益凸显，如同高悬在机器人产业头顶的达摩克利斯之剑，严重制约着其进一步腾飞^[7]。当下，机电一体化模块化机器人正处于技术创新的关键节点，从底层的机械结构优化，到上层智能算法的升级，都需要大量既懂机械原理，又精通电子控制与编程技术的复合型人才。但现实是，市场上此类专业人才的供给远远无法满足需求，这一人才缺口成为了产业发展的瓶颈。

面对这一严峻挑战，高校作为人才培养的摇篮，肩负着不可推卸的重任。高校应积极主动地对课程体系进行全面优化，在原有课程基础上，大胆融入机电融合的前沿理论知识，让学生深入理解机械与电子系统如何有机结合，实现高效运作。加大编程实操课程的比重，引入当下主流的机器人编程软件与语言，通过实际项目训练，让学生熟练掌握编程技能，能独立编写控制机器人动作、完成复杂任务的程序。还可邀请行业内资深专家走进课堂，分享最新的行业动态与实践经验，拓宽学生视野，使他们所学理论知识更贴合产业实际需求，全方位夯实学生的理论根基。

企业与科研机构同样在人才培养中扮演着至关重要的角色。企业需充分发挥自身优势，搭建专业

的实操培训平台，为学员提供真实的工作场景与设备，让他们在实践中积累经验^[8]。与科研机构联合开展项目实践则是更为有效的培养方式，学员参与到科研项目中，能够接触到最前沿的技术研发工作。在项目推进过程中，学员在导师的指导下，从方案设计、部件选型，到系统调试与优化，一步步深入学习，在“干中学”，将理论知识转化为实际操作能力。这种产学研深度融合的模式，不仅能为学员提供成长的沃土，也能为机器人产业源源不断地输送高素质专业人才，筑牢产业持续发展的人才根基。

5 结语

机电一体化模块化机器人已然撬动智能制造变革。展望来日，伴随新兴技术汹涌而至，其将冲破更多禁锢，深度嵌入诸如医疗康复、智慧物流等领域，辅助高难手术精准施行、驱动仓储智能分拣高效运转，全方位增进人类生产生活福祉，擘画智能化的绮丽新景。

参考文献

- [1] 吴天琦,郭旭,孟庆龙.工学结合背景下机电一体化专业的教学改革研究[J].科技风,2025,(09):114-116.
- [2] 宋娜.以虚拟原型技术为基础的机电一体化建模探析[J].机电产品开发与创新,2025,38(02):178-180.
- [3] 汤莉.机电一体化技术在数控镗铣床改造中的应用研究[J].机电产品开发与创新,2025,38(02):144-146.
- [4] 侯洁,杜鹃,闫明蔚.基于机电一体化的配电柜智能巡检系统设计[J].电气技术与经济,2025,(03):84-86.
- [5] 董登友.新质生产力导向下机械基础课程模块化设计的实施与优化策略——以工业机器人专业为例[J].造纸装备及材料,2025,54(03):154-156.
- [6] 周育华,甘文峰,廖昭洋,等.模块化机器人构型多目标优化设计[J].机电工程技术,2025,54(04):142-145+160.
- [7] 尹宏飞,吕跃东,宋晓娟.模块化气动软体爬行机器人的设计与分析[J].机械传动,2025,49(01):64-73.
- [8] 郑浩轲,于栓宝,王泽远,等.国产模块化手术机器人系统辅助肾部分切除术的可行性和安全性分析[J].临床泌尿外科杂志,2025,40(01):39-42.

版权声明：©2025 作者与开放获取期刊研究中心(OAJRC)所有。本文章按照知识共享署名许可条款发表。

<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



OPEN ACCESS