人工智能在机电一体化系统中的应用探讨

宋天佑 2021141410279

# 1 具体应用场景分析

具体场景: 在智能手机组装线上，一台机器人需要精确抓取一根细小、易弯折的FPC排线，并将其末端的微型连接器准确地插入主板上对应的插座中。此过程要求亚毫米级甚至微米级的对准精度，并需控制插入的力度，以防损坏昂贵的连接器或主板。

因为该场景是一个对操作精度、柔性和鲁棒性要求极高的任务，能充分体现人工智能在机电一体化系统中的价值, 故选择**智能手机主板上FPC的精密自动化连接**作为应用场景，

# 2 人工智能在此场景中对机电一体化各模块的增强作用

## 2.1 机械结构与执行机构

1) 基础作用: 系统核心是高刚度、低背隙的多轴工业机器人手臂，以及设计用于稳定抓取FPC并能感知微小力的精密末端执行器（夹具）。

2) 人工智能增强: 人工智能可以通过分析装配过程中的受力情况和运动轨迹数据，优化机械臂的动态响应和末端执行器的操作策略，例如调整夹具的预抓取姿态或释放时机，以最小化FPC在运动过程中的形变和晃动。部分人工智能方法甚至可用于结构动力学模型的辨识与补偿。

## 2.2 伺服驱动与传动系统

1) 基础作用: 高性能的伺服电机和驱动器提供关节的精确位置、速度和力矩控制，是实现精密运动的基础。

2) 人工智能增强: 人工智能在此环节的主要贡献在于高级控制算法的应用。例如：

(1) 人工智能辅助的精密运动控制: 传统的PID或其他线性控制方法在处理非线性、耦合强的机器人动力学时存在局限。基于数据驱动或学习的控制算法（如神经网络控制器、模型预测控制与人工智能结合）能更好地适应机器人负载和姿态变化，实现更平滑、快速且高精度的轨迹跟踪。

(2) 智能柔顺控制: 结合力/扭矩传感器，人工智能实现的阻抗控制、导纳控制或基于学习的力控制算法，能够赋予机器人末端“触觉”。在FPC插入过程中，机器人不再 rigid（刚性）地按照预设轨迹运动，而是能根据感知到的接触力/力矩实时调整自身的顺应性，实现智能的导向、对准和施力，有效防止卡塞或损坏。

## 2.3 传感与检测系统

1) 基础作用: 高分辨率工业相机提供视觉信息，腕部六维力/扭矩传感器提供接触信息。

2) 人工智能增强: 这是人工智能应用最直接且效果显著的环节之一：

(1) 高精度视觉感知: 基于深度学习的计算机视觉算法（如物体检测、姿态估计算法）用于精确识别和定位处于任意位置和方向的柔性FPC连接器以及主板上的目标插座，克服光照变化、部分遮挡等干扰。人工智能还能用于检测FPC连接器引脚的微观状态是否正常。

(2) 力觉信号的智能解析: 人工智能算法分析力/扭矩传感器数据，从噪声中提取关键特征，识别精确的接触点、判断当前的对准状态、监测插入过程中的受力曲线，并判断连接是否到位。

(3) 多模态信息融合: 人工智能算法（如基于深度学习的融合网络）可以将视觉、力觉、编码器等不同类型传感器的实时数据进行有效融合，形成对装配状态更全面、更鲁棒的理解，为上层决策提供可靠依据。

## 2.4 计算机控制与信息处理单元

1) 基础作用: 机器人控制器运行操作系统、运动控制器、传感器接口及应用程序逻辑。

2) 人工智能增强: 这是人工智能算法的执行载体，实现了系统的智能化决策和协调：

(1) 自主任务与路径规划: 人工智能系统（如基于强化学习或智能搜索算法）根据感知到的实时信息（FPC和插座的位姿）和预设的任务目标，动态规划最优的抓取、移动、对准和插入的顺序与详细路径，包括避障和运动效率优化。

(2) 实时自适应与错误恢复: 人工智能控制逻辑能够根据传感器反馈（如视觉定位更新、插入阻力过大）实时调整运动指令或控制策略，应对零件位置、FPC形态的微小变化。对于可恢复的异常（如初次插入失败），人工智能能智能判断并尝试执行预设或学习到的恢复动作（如轻微拔出重新尝试）。

(3) 流程优化与知识学习: 通过分析大量装配数据，人工智能能够学习并优化整个装配流程的参数，提升效率和成功率。例如，学习在不同FPC类型和插座批次下的最佳插入策略。

# 结论

总而言之，人工智能技术在智能手机FPC精密连接这样的机电一体化场景中扮演着核心使能者的角色。它通过提升传感器的信息解析能力、增强控制系统的自适应性和柔性、以及赋予系统更高层次的决策智能，使得机器人能够处理传统方法难以胜任的复杂、精细且具有不确定性的任务。人工智能与机电一体化的深度融合是推动智能制造、提升自动化水平的关键发展方向。