

阐述机电一体化应用技术

朱子龙

包头市市政事业发展中心 内蒙古 包头 014000

摘要：随着城市化进程加速，市政事业对高效、智能管理的需求日益迫切。本文聚焦机电一体化技术在市政事业的应用，系统阐述其基础理论、关键技术、应用场景及发展趋势。从机械工程、电子技术、控制理论三大基础出发，解析传感器、伺服驱动等关键技术原理；结合市政基础设施运维、公共服务管理等场景，展示技术在给排水系统自动化、智能照明调控等方面的实践价值；提出智能化升级、技术融合创新、绿色低碳转型及微纳技术突破四大发展方向。研究成果为市政事业智能化发展提供理论支撑与技术参考，助力提升城市管理效能与服务质量。

关键词：机电一体化；关键技术；应用

引言

机电一体化技术作为机械、电子与信息技术交叉融合的产物，为市政领域提供了创新解决方案。传统市政设施存在运维效率低、资源浪费等问题，而机电一体化技术凭借自动化控制、精准监测与智能决策优势，可有效提升城市基础设施运行稳定性与公共服务便捷性。本文基于包头市市政事业发展中心实践，深入探讨该技术应用路径与发展趋势，旨在为推动市政事业现代化转型提供理论依据与实践指导。

1 机电一体化技术基础理论

机电一体化技术是机械工程、电子技术、控制理论等多学科交叉融合的产物，其基础理论体系包含以下三个核心领域。（1）机械工程基础。机械传动原理作为核心，通过齿轮传动、带传动、链传动等方式实现动力与运动的传递，如数控机床中精密齿轮箱可将电机动力高效转换为刀具的精确运动。结构设计则依据力学原理，综合考虑材料强度、刚度与疲劳特性，确保机械部件在复杂工况下稳定运行。（2）电子技术基础。模拟电子技术通过运算放大器、滤波器等电路实现信号的放大、滤波与转换，例如传感器输出的微弱信号需经模拟电路预处理。数字电子技术则借助逻辑门电路、FPGA等构建数字信号处理模块，实现数据的编码、存储与传输。电源技术为系统提供稳定电能，其性能直接影响设备的可靠性与效率。（3）控制理论基础。自动控制原理通过建立系统数学模型，运用PID控制、自适应控制等策略，实现对机械运动的精确调节，如伺服电机通过闭环控制实时修正位置误差。信号处理技术则对传感器采集的信号进行滤波、特征提取，为控制决策提供依据^[1]。现代控制理论的引入，如最优控制、鲁棒控制，进一步提升了系统在复杂环境下的动态性能与抗干扰能力。

2 机电一体化关键技术

2.1 传感器与检测技术

传感器与检测技术是负责将物理、化学等非电信号转换为电信号，为系统控制提供数据基础。从原理上，传感器可分为物理型、化学型和生物型，其中物理型传感器应用最为广泛，如基于压阻效应的压力传感器、基于电磁感应的位移传感器等。检测技术则包括信号采集、调理与分析，通过滤波、放大、A/D转换等环节，将原始信号处理为系统可识别的数字信号。在性能指标上，传感器的精度、灵敏度、响应速度和可靠性直接影响系统性能。高精度传感器能够实现微米级甚至纳米级的测量，满足精密加工需求；高灵敏度传感器可捕捉微弱信号变化，适用于环境监测与故障诊断；快速响应传感器则在动态测量中发挥关键作用，确保实时性。

2.2 伺服驱动技术

伺服驱动技术主要由伺服电机、驱动器和反馈装置组成。伺服电机作为执行元件，可分为直流伺服电机、交流伺服电机和步进电机。直流伺服电机具有调速性能好、启动转矩大的特点；交流伺服电机凭借结构简单、维护方便、动态响应快等优势，成为工业领域主流选择；步进电机则以其精确的角位移控制能力，常用于对定位精度要求高的设备。驱动器作为电机的控制核心，通过脉冲宽度调制（PWM）、矢量控制等技术，调节电机的转速、转矩和位置。反馈装置通常采用编码器（如增量式编码器、绝对式编码器）实时监测电机的运行状态，并将位置、速度等信息反馈给控制系统，形成闭环控制回路，从而实现高精度的运动控制。此外，伺服驱动系统还需具备过载保护、故障诊断等功能，确保系统稳定运行。

2.3 可编程逻辑控制器（PLC）与嵌入式系统

可编程逻辑控制器（PLC）与嵌入式系统负责逻辑运算与任务调度。PLC以其高可靠性、强抗干扰能力和易于编程的特点，广泛应用于工业自动化领域。它采用扫描工作方式，通过输入模块采集外部信号，经程序逻辑运算后，由输出模块控制执行机构动作。PLC编程语言包括梯形图、指令表、功能块图等，适合电气工程师快速上手开发。嵌入式系统则是将计算机硬件、软件与特定功能相结合的专用系统，具有体积小、功耗低、实时性强的特点。其核心为微处理器（MPU）、微控制器（MCU）或数字信号处理器（DSP），通过操作系统（如实时操作系统RTOS）和应用软件实现复杂算法与功能控制。在机电一体化中，嵌入式系统常用于智能仪器仪表、机器人控制等场景，可实现多任务并行处理和高速数据运算，满足系统智能化与个性化需求。

2.4 人机交互技术

人机交互技术旨在提升操作便捷性与用户体验。硬件层面，常见的交互设备包括触摸屏、键盘、鼠标、操纵杆等。触摸屏以直观的图形化界面和触摸操作方式，降低操作门槛；操纵杆则通过模拟量输入实现连续控制，适用于工程机械等领域。软件层面，人机交互界面（HMI）设计需遵循人体工程学和认知心理学原则，合理布局功能模块，优化色彩搭配与操作流程，确保信息显示清晰、操作逻辑流畅。语音交互、手势识别等新技术的应用，进一步拓展了人机交互的方式。语音交互通过语音识别与合成技术，实现自然语言指令输入和反馈；手势识别则利用摄像头或传感器捕捉人体动作，转化为控制信号，为用户提供更直观、非接触式的交互体验。

2.5 通信技术

通信技术分为有线通信与无线通信两大类。有线通信中，现场总线技术如PROFIBUS、CAN总线，以其高实时性、强抗干扰能力，成为工业自动化设备间数据传输的首选；以太网技术则凭借高速率、标准化和开放性，实现设备与上位机、云端的数据交互，支撑远程监控与物联网应用。无线通信技术包括蓝牙、Wi-Fi、Zigbee和5G等。蓝牙适用于短距离、低功耗设备间的通信，如智能穿戴设备；Wi-Fi提供高速网络连接，支持视频监控与大数据传输；Zigbee以自组网能力和低功耗特性，常用于智能家居和工业传感器网络；5G技术凭借高带宽、低延迟的优势，为远程控制、边缘计算等应用提供了可靠保障，推动机电一体化系统向智能化、网络化方向发展^[2]。

3 机电一体化技术在市政事业发展中的应用

3.1 市政基础设施智能化升级与运维优化

在市政基础设施领域，机电一体化技术构建起“感

知-分析-控制”的智能闭环体系。给排水系统通过压力传感器、水质检测仪等前端设备，实时采集管网压力、余氯含量、浊度等关键参数，数据经边缘计算节点初步处理后，传输至中央控制系统。基于PLC与嵌入式系统的智能决策模块，可依据用水高峰低谷自动调节水泵转速与阀门开合度，实现供水压力动态平衡。分布式物联网监测网络通过分析管网压力波动与流量异常，结合机器学习算法预判管道泄漏或堵塞风险，将被动抢修转变为主动维护，降低管网损耗率与人力运维成本。

城市照明系统依托光敏传感器与时钟控制器，实现光照强度与时段的双维度智能调控。日间光照充足时，系统自动关闭照明设备；夜间则根据环境亮度分级调节路灯功率，如在车流稀少时段降低至30%亮度。远程通信模块通过4G/5G或NB-IoT网络，支持管理人员对全城路灯进行统一开关、亮度调节与故障诊断，配合单灯控制器实现精细化能耗管理。对于桥梁、隧道等大型结构物，应变片传感器、光纤光栅传感器等设备持续监测结构应力、位移变化，结合大数据分析建立结构健康模型，提前预警裂缝扩展、沉降超限等安全隐患，为预防性维护提供科学依据。

3.2 驱动市政设施智能监测体系转型

在城市桥梁检测领域，机电一体化技术通过“感知-传输-分析-预警”全链条整合，构建智能监测网络。桥梁关键节点部署光纤光栅应变传感器、倾角传感器等机械感知单元，实时捕捉主梁形变、支座位移等物理信号；电子传输模块将模拟信号转化为数字数据，依托5G网络与边缘计算节点实现毫秒级数据上云；AI诊断系统基于深度学习算法解析应力分布曲线，自动识别裂缝扩展趋势。配套的机电一体化巡检机器人搭载激光雷达与视觉识别系统，可自动攀爬桥体检测焊缝锈蚀情况，替代传统人工吊篮作业，效率提升3倍。

城市道路智能化监测则通过机电一体化技术实现“病害预判-交通优化-养护决策”的闭环管理。路基埋设的分布式光纤传感器与压力传感器阵列，持续采集路面沉降、车辙深度等数据；电子控制单元对原始信号进行降噪处理后，通过物联网网关传输至城市交通大脑；机器学习模型结合历史养护数据，可提前30天预测沥青路面龟裂风险。机电一体化设备与交通信号系统联动，通过地磁传感器与视频分析模块实时计算车流密度，自动调整信号灯配时，使晚高峰通行效率提升18%。道路巡检车搭载的三维激光扫描装置，可在行驶中完成路面破损的毫米级精度检测，数据同步接入养护管理平台，形成可视化病害地图，推动道路管理从被动抢修向主动预防

转型。

3.3 城市环境监测与治理的智能化升级

环境治理领域，机电一体化技术构建起全域感知与精准管控体系。空气质量监测站搭载激光散射颗粒物传感器、电化学气体传感器与气象五参数监测仪，实时采集PM2.5、PM10、SO₂、NO₂等污染物浓度及温度、湿度、风速风向数据。监测数据经5G网络实时传输至环境监测平台，通过数据融合算法生成污染地图与趋势预测，为应急减排决策提供支撑。道路清扫车配备激光雷达与视觉识别系统，通过SLAM算法构建作业环境地图，结合伺服驱动的清扫滚刷与吸尘风机，实现路径规划、障碍物避让与清扫覆盖率优化，相比传统作业模式效率提升40%以上。

污水处理厂通过在线水质监测仪表，实时获取COD、氨氮、总磷等关键指标，PLC控制系统依据水质变化自动调节曝气风机频率、加药泵流量，确保处理工艺稳定运行。污泥处理环节采用智能称重系统与螺杆压缩机，通过压力传感器精确控制污泥脱水力度，结合干度检测仪实现脱水过程闭环控制。垃圾中转站部署动态称重传感器与液压压缩装置，根据垃圾重量与压缩力反馈自动调整压缩行程，配合图像识别分拣系统实现可回收物与厨余垃圾的自动分类，提升末端处置效率。

3.4 市政安全应急保障体系智能化构建

机电一体化技术为市政安全管理打造“预警-响应-处置”的全链条防护体系。城市燃气管道网络部署压力传感器、可燃气体探测器与光纤预警装置，实时监测管道压力波动、气体浓度变化与第三方施工破坏。一旦检测到泄漏，物联网终端自动触发紧急切断阀关闭上游气源，同时向管理平台推送报警信息。消防系统集成烟雾光电传感器、感温探测器与火焰识别摄像头，通过总线制火灾报警控制器实现多设备联动。当探测到火情时，自动启动声光报警、消防广播，控制防火卷帘下降、喷淋系统启动，并向消防指挥中心发送位置与火势信息。

地下综合管廊作为城市“生命线”，配备温湿度传感器、硫化氢检测仪与水位监测仪，实时监测环境参数。伺服驱动的轴流风机与潜水泵根据环境数据自动启停，保障管廊内通风与排水安全。应急指挥中心通过拼

接屏显示系统、融合通信调度台与大数据分析平台，整合公安天网、交通监控、气象预警等多源数据，实现突发事件的态势感知、资源调度与协同指挥^[3]。无人机搭载热成像仪与喊话器，可快速抵达灾害现场进行侦查与应急广播，提升应急响应效率。

4 机电一体化技术的发展趋势

机电一体化技术未来将围绕智能化、融合化、绿色化与微型化持续演进。第一是智能化升级，随着人工智能与机器学习算法的深度应用，系统可实现自主感知、决策与优化，如设备故障的智能预测与自适应控制，提升运行效率与可靠性。第二是技术融合创新，5G、物联网与区块链技术将打破信息壁垒，构建万物互联的智能生态，推动市政工程等领域的远程协同管理与数据安全共享。第三是绿色低碳转型，节能驱动技术与可再生能源的结合，使机电设备能耗显著降低，符合可持续发展需求^[4]。第四是微纳技术突破，微机电系统（MEMS）的发展促使设备向微型化、精密化迈进，在医疗、环境监测等领域创造更多应用可能。

结束语

机电一体化技术在市政事业发展中已展现显著成效，通过智能化升级基础设施、优化公共服务流程、强化环境治理与安全保障，切实提升了城市综合管理水平。但技术应用仍面临系统兼容性不足、数据安全风险等挑战。随着人工智能、物联网等新兴技术的深度融合，机电一体化将向更智能、更绿色、更微型化方向发展。持续推动技术创新与应用实践，将为市政事业高质量发展注入新动能，助力构建智慧、宜居的现代化城市。

参考文献

- [1]杨成.机电一体化技术的发展与应用分析[J].科学与信息化,2025(3):101-103.
- [2]李腾.浅谈机电一体化应用技术[J].建筑工程技术与设计,2021(17):19-20.
- [3]马敬萱.机电一体化技术的应用及其发展趋势分析[J].科学与信息化,2025(3):59-61.
- [4]李春彬,霍红伟.浅谈机电一体化技术的发展与应用[J].中国设备工程,2023(21):19-21.