

ICS 35.240.50
CCS L 70

T/CMEEEA

团 体 标 准

T/CMEEEA XXXX—2026

电镀设备与工艺智能化应用指南

Guideline for intelligent application of electroplating equipment and processes

(征求意见稿)

2026 - XX - XX 发布

2026 - XX - XX 实施

中国机电设备工程协会 发布

目 次

前言	II
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	1
4 智能化总体架构	1
5 智能化设备要求	2
5.1 通用要求	2
5.2 关键设备智能化功能	2
6 智能化工艺控制	2
6.1 工艺参数在线监测	2
6.2 智能过程控制	2
6.3 工艺配方与流程管理	2
6.4 质量在线监控与预测	2
7 数据管理与分析	3
7.1 数据采集与存储	3
7.2 数据分析与应用	3
8 系统集成与互联互通	3
9 安全与可靠性	3
9.1 功能安全	3
9.2 网络安全	3
9.3 可靠性	3
10 实施与评估	3
10.1 实施路径	3
10.2 评估与改进	3

前 言

本文件按照GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由××××提出。

本文件由中国机电设备工程协会归口。

本文件起草单位：

本文件主要起草人：

电镀设备与工艺智能化应用指南

1 范围

本文件提供了电镀设备与工艺在智能化应用方面的总体架构、设备要求、工艺控制、数据管理、系统集成、安全可靠以及实施评估的指南。

本文件适用于新建、改建、扩建的电镀生产项目及现有电镀生产线、工厂的智能化规划、设计、升级、运维与评估。

2 规范性引用文件

本文件没有规范性引用文件。

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

电镀工艺智能化 intelligent electroplating process

利用传感技术、数据分析、模型算法和自动化控制，实现对电镀工艺过程的自感知、自分析、自决策、自执行与自优化的技术及应用模式。

3.2

智能化电镀设备 intelligent electroplating equipment

集成了传感器、控制器、人机交互界面（HMI）和数据接口，具备状态监测、参数自适应、故障预警与远程运维等功能的电镀专用设备（如智能电镀电源、智能过滤机、智能温控仪、智能行车等）。

3.3

数字孪生 digital twin

在虚拟空间构建与物理电镀生产线映射对应的数字化模型，通过实时数据交互，实现生产过程仿真、状态监控、工艺优化和预测性维护的技术。

3.4

工艺参数智能闭环控制 intelligent closed-loop control of process parameters

基于实时采集的工艺参数（如温度、pH值、浓度、电流密度等），通过预设算法或模型动态调整执行机构（如加热器、加药泵、整流器），使工艺参数稳定维持在最优设定范围内的控制方式。

3.5

制造执行系统 manufacturing execution system

面向车间层生产管理的信息系统，负责接收上层计划，调度和跟踪电镀生产订单，管理物料、设备、人员、工艺规程和质量信息。

4 智能化总体架构

电镀设备与工艺智能化系统宜采用分层架构，自下而上包括：

- 设备层：包括智能化的电镀槽、电源、前处理设备、后处理设备、环保设备、物料输送设备及各类传感器、执行器、RFID等。负责采集物理数据并执行控制指令；
- 控制与边缘层：包括可编程逻辑控制器（PLC）、分布式控制系统（DCS）、工业计算机（IPC）及边缘计算网关。负责实时控制、数据预处理、协议转换及本地化智能分析；
- 运营层：部署制造执行系统（MES）、高级计划与排程（APS）、实验室信息管理系统（LIMS）、设备管理系统（EMS）等。负责生产调度、工艺管理、质量追溯、设备运维和能物耗管理；

- d) 平台层：构建工业互联网平台或数据中台，实现数据汇聚、存储、建模、分析与可视化。可部署工艺优化模型、质量预测模型、数字孪生体等；
- e) 应用层：面向不同用户（操作工、工艺员、管理者）提供生产看板、质量分析、能源监控、远程运维、决策支持等智能化应用服务；
- f) 安全体系：贯穿各层的网络与信息安全防护体系；
- g) 互联互通：基于 OPC UA、MQTT 等标准协议，实现各层级间数据的纵向集成以及与 ERP、PLM 等系统的横向集成。

5 智能化设备要求

5.1 通用要求

智能化电镀设备应具备：

- a) 开放的数据通信接口，支持主流工业通信协议；
- b) 设备状态自监测与故障代码指示功能；
- c) 必要的人机交互界面或远程配置/监控能力。

5.2 关键设备智能化功能

关键设备智能化功能应符合下列规定：

- a) 智能电镀电源：具备恒压、恒流、恒电流密度等多种模式，输出波形可编程；实时监测并记录电压、电流、安时数等数据；支持与 MES 交互接收工艺配方；
- b) 智能行车/AGV：具备精确定位、自动避障、多机调度功能；与生产订单自动关联，实现全自动上下料及槽间转移；
- c) 智能分析与管理单元：集成在线传感器（如 pH 计、浓度计、温度传感器），实现关键工艺参数的自动监测、记录与超标报警；支持与自动加药系统联动；
- d) 智能过滤与温控系统：具备流量、压力、温度监控与自动调节功能，支持预测性维护提醒。

6 智能化工艺控制

6.1 工艺参数在线监测

应对镀液温度、pH值、主盐浓度、添加剂浓度（如采用 CVS、Hull 槽测试仪等）、电流效率等关键参数实现在线或高频次自动监测。

6.2 智能过程控制

智能过程控制应符合下列规定：

- a) 应实现关键工艺参数的自动闭环控制，如温度自动控制、pH 自动调节、浓度自动补加；
- b) 鼓励采用先进控制算法（如 PID 自适应、模糊控制、模型预测控制）提升控制精度和稳定性；
- c) 对于特定工艺，可探索基于机器学习的工艺窗口自适应优化。

6.3 工艺配方与流程管理

工艺配方与流程管理应符合下列规定：

- a) 工艺配方（包含电流、时间、温度、摆动方式等）应在 MES 或专用系统中进行数字化管理，并可一键下发至设备；
- b) 生产流程应根据产品代码自动识别并调用对应的工艺流程，防止人为操作错误。

6.4 质量在线监控与预测

质量在线监控与预测应符合下列规定：

- a) 结合机器视觉技术，对镀件外观（如粗糙度、色泽、针孔）进行在线自动检测；
- b) 探索基于过程数据（电流曲线、温度曲线、添加剂消耗等）与最终镀层质量（厚度、结合力、耐蚀性）的关联分析模型，实现质量趋势预测与早期预警。

7 数据管理与分析

7.1 数据采集与存储

数据采集与存储应符合下列规定：

- a) 应系统性地规划数据采集点，确保数据（设备状态、工艺参数、质量数据、能源消耗）的完整性、准确性和时效性；
- b) 建立统一的数据存储与管理平台，确保数据安全、可追溯、长期保存。

7.2 数据分析与应用

数据采集与存储应符合下列规定：

- a) 利用统计过程控制（SPC）对关键工艺参数和质量特性进行监控与分析；
- b) 开展能物耗分析，识别节能降耗的关键环节；
- c) 利用大数据分析技术，挖掘工艺参数、设备状态与产品质量、生产成本之间的深层关系，支撑持续优化；
- d) 鼓励构建重点工艺或设备的数字孪生模型，用于工艺仿真、虚拟调试和操作培训。

8 系统集成与互联互通

系统集成与互联互通应符合下列规定：

- a) 应建立统一的通信网络架构，支持设备层、控制层、信息层的安全可靠通信；
- b) 智能电镀设备、控制系统、制造执行系统（MES）与资源计划（ERP）系统之间应实现有效的数据集成与业务协同；
- c) 推荐采用工业互联网平台技术，实现数据、应用和服务的松耦合集成。

9 安全与可靠性

9.1 功能安全

智能化系统的引入不应降低原有生产系统的功能安全等级。涉及安全连锁的控制逻辑应独立可靠。

9.2 网络安全

网络安全应符合下列规定：

- a) 应按照网络安全等级保护要求进行系统安全设计与管理；
- b) 采取网络分区、访问控制、病毒防护、入侵检测等措施保障系统网络安全；
- c) 加强对远程访问和维护的安全管控。

9.3 可靠性

关键智能设备与系统应具备高可用性设计，如冗余配置。系统应具备良好的容错和异常处理能力。

10 实施与评估

10.1 实施路径

应根据自身基础和发展战略，制定分阶段、渐进式的智能化实施规划，可从单点设备智能化、产线自动化起步，逐步推进到全流程数字化、网络化，最终探索智能化应用。

10.2 评估与改进

可参考附录B的关键性能指标（KPI），定期对智能化应用的效果进行评估，评估维度包括：

- a) 生产效率（如 OEE 设备综合效率提升）；
- b) 产品质量（如一次合格率提升、质量稳定性）；
- c) 运营成本（如人工、能耗、物料消耗降低）；

- d) 环保安全（如污染物减排、安全事故率降低）；
 - e) 系统效能（如数据自动采集率、系统集成度）；
 - f) 基于评估结果，持续优化智能化系统和应用。
-