

# 重庆大学化学化工学院 AI 化学与智能创造微专业

## 《自动化实验系统工程基础》

### 课程教学大纲

一、课程名称：自动化实验系统工程基础

二、学时和学分：32 学时，2 学分

三、授课对象：

面向全校理工医类专业本科三年级及以上学生开放，重点支持化学与材料、化工与制药、生物与环境、计算机与自动化等方向学生开展“模型—流程—设备—数据”一体化的自动化实验与系统工程交叉学习；对具体仪器与控制经验不作硬性要求，但建议具备基本编程与数据处理素养。

四、先修课程：

建议先修《Python 编程与化学数据科学》《化学信息学与数据基础》，具备基础编程能力、数据处理与分子/谱学数据理解能力；同时建议完成《计算化学与模拟导论》《化学人工智能方法与应用》，以理解模型来源、适用边界与误差特性，从而更好地将“模型输出”转化为可执行的实验流程与系统级决策。

五、开课单位：化学化工学院

六、授课教师：

序号	教师姓名	工号	职称	所在单位
1	马铁东		副教授	自动化学院
2	深势科技 工程师			北京深势科技有限公司

七、课程描述：（200-300 字左右）

面向“实验自动化+数据闭环”的真实场景，系统讲授自驱动实验室的体系结构与实现路径。课程以“硬件模块—流程协议—控制回路—数据流—安全联锁”为主线，覆盖液体处理与反应模块、在线表征设备接入、模块化流程描述与参数化执行、传感器与反馈控制、实时数据采集与日志追溯，以及异常诊断与容错处置等关键环节，帮助学生

形成从“能做自动化”到“能做可运行、可审计的实验系统”的整体能力。

在课程定位上，本课程是微专业中连接“方法/模型能力”与“实验与系统落地能力”的核心工程课程：把上游的数据治理与AI建模结果，落到可执行的实验流程与可复现的系统运行上；同时为后续综合实践提供系统工程底座（接口规范、 workflow编排、数据留痕、安全与风险控制）。课程强调共同语言与接口标准，让化学/材料/生物/环境及计算机与自动化背景学生能够在同一套“系统级交付标准”下协同设计、集成与验证自动化实验系统。

在课程特色上，本课程以“系统工程交付”为核心导向，将自动化实验从“设备拼装与脚本控制”提升到“可运行、可审计、可扩展”的工程体系，贯通硬件模块集成、流程协议抽象与参数化执行、传感器反馈控制、实时数据流与日志追溯，并把安全联锁、误差传播与异常容错作为系统的内建能力；通过面向真实场景的任务驱动训练，促使学生形成跨学科共同语言与接口规范意识，最终能够产出可复现的工作流、可追踪的数据证据链与具备稳定性的自动化实验系统原型。

表 教学环节对应的教学内容

教学环节	课程核心内容
自动化实验的范式	自驱动实验室概念、发展历程与体系结构
实验硬件模块	液体处理、反应模块、在线表征设备
实验流程描述	模块化设计、协议抽象与参数化
控制系统基础	自动化控制、传感器、反馈回路
实验数据流管理	实时采集、同步、日志与追溯
安全与异常处理	误差传播、容错机制与风险管理

教学环节	课程核心内容
科学智能体基础与范式	智能体定义；感知—建模—规划—工具调用—反馈；任务分解与目标管理
工具调用与 workflow编排	工具接口与函数调用；检索增强（RAG）； workflow编排与可追溯日志

化学知识获取 与推理应用	文献/专利信息抽取；知识图谱/规则约束； 实验方案辅助与可解释输出
代码生成 与科研自动化	自动生成/改写脚本；数据处理与建模自动化； 单元测试与复现打包
前沿应用综合实践	端到端智能体小项目：选题→工具链→产出物； 形成可复现“证据包”

## 八、教学目标

教学环节	知识贡献	能力贡献	素质贡献
自动化实验 的范式	理解自驱动实验室基本概念、发展历程与系统体系结构；掌握自动化实验系统的分层架构与关键组成要素	能从工程系统视角解构自动化实验平台，明确“设备—控制—数据—安全”协同关系，形成系统方案认知框架	树立系统思维与工程意识，形成面向真实场景的规范化与问题导向学习态度
实验硬件模块	掌握液体处理、反应模块、在线表征设备的功能特性、工作原理及典型接口形态	能依据实验目标与约束条件进行模块选型、组合与集成，构建可运行的硬件链路 with 实验单元	强化工程约束与安全意识，形成严谨求实的实验态度与资源优化意识
实验流程描述	理解流程模块化设计理念；掌握协议抽象、参数化与可复现流程描述规范	能将实验操作抽象为可编排流程，完成流程定义、参数配置与版本化管理，实现“可执行、可复现”交付	形成标准化、可复现与可共享的科研规范，提升团队协作与工程化表达素养
控制系统基础	理解自动化控制基本原理、传感器与信号采集机制、反馈回路与控制逻辑	能建立基础闭环控制与状态监测方案，完成信号采集、控制策略选择与调参验证	培养质量意识与可靠性意识，增强面向复杂系统的稳定运行与持续改进观念
实验数据流管理	掌握实时采集、时间同步、数据组织、日志结构与追溯审计等数据流管理要点	能设计端到端数据链路，实现数据采集—同步—存储—追溯—复盘，支撑证据驱动的实验闭环	树立数据资产化与学术诚信意识，形成“以证据为中心”的科研与工程素养
安全与异常处理	理解误差传播、异常类型与风险源；掌握容错机制、联锁策略与风险管理基本方法	能在系统与流程中嵌入安全约束与异常响应，开展风险识别、预案设计与故障处置演练	强化安全底线思维与责任意识，形成工程伦理与风险防控素养，提升应急处置与团队协作能力

## 九、教学方法：

本课程采用“理论讲授 + 系统化实践 + 场景化案例”的混合式教学模式。理论部分聚焦自动化实验系统的核心概念、体系结构与工程范式，强调为何要进行模块化设计、流程抽象与数据闭环管理，以及如何判断一个系统是否具备可运行性、可追溯性与安全性；实践部分以分阶段工程任务为主线，引导学生完成硬件模块认知、流程编排、控制回路构建、数据采集与日志管理等关键操作训练；同时通过真实或仿真案例驱动的小型系统集成项目，促使学生将知识迁移到完整系统设计中，最终形成可复现的工作流、规范化的系统文档与可审计的“证据包”式产出。

## 十、考核及成绩评定方式：

本课程采用过程性评价与终结性评价相结合的方式，突出“系统是否可运行、流程是否可复现、数据是否可追溯、安全是否可解释”的工程化评价导向，重点考查学生将知识转化为可执行系统与规范化交付的能力。具体构成为：

- **平时作业与阶段性上机实践（40%）**：包括硬件模块理解、流程描述练习、控制回路构建、数据流设计与日志规范等，侧重基本概念掌握与操作规范性；
- **阶段性系统任务（30%）**：以小型系统集成或流程工程为载体，提交流程脚本、接口说明、数据记录与运行说明文档，考查模块化设计与系统思维能力；
- **期末综合项目或开卷报告（30%）**：完成一个具备完整流程、数据留痕与安全机制的自动化实验系统原型，并进行答辩，重点评价其可运行性、可复现性与风险控制能力。

## 十一、教材/参考书目：

### 1. 教材

《过程控制工程》，高等教育出版社

### 2. 中文参考教材

1. 《自动化与仪表工程基础》，机械工业出版社
2. 《工业自动化系统与集成》，机械工业出版社
3. 《数据采集与虚拟仪器技术》，电子工业出版社
4. 《系统工程导论》，清华大学出版社

### 3. 英文参考教材与资源

1. Karl J. Åström, Richard M. Murray, *Feedback Systems: An Introduction for Scientists and Engineers*  
<https://fbsbook.org>
2. Seborg et al., *Process Dynamics and Control*, Wiley  
<https://www.wiley.com>
3. Edward A. Lee, *Introduction to Embedded Systems: A Cyber-Physical Systems Approach*  
<https://ptolemy.berkeley.edu/books/leeseshia/releases/>
4. Brian R. Gaines, Mildred L. G. Shaw, *Knowledge Acquisition and Intelligent Systems* (用于智能体与系统交互参考)  
<https://www.sciencedirect.com>
5. Autoprotocol / Antha / Opentrons 官方文档 (实验流程抽象与自动化协议参考)  
<https://autoprotocol.org>  
<https://www.antha-lang.org>  
<https://docs.opentrons.com>