

目录

CONTENTS



第 1 章 控制理论与机器人概述	1
本章思维导图	1
AI 微课	1
1.1 控制理论的发展历程	2
1.1.1 机械控制到数学建模：经典控制时期(20 世纪初—50 年代)	2
1.1.2 状态空间革命：现代控制理论崛起(20 世纪 60—70 年代)	2
1.1.3 智能融合时代：数据驱动的控制范式(20 世纪 80 年代至今)	2
1.2 控制系统的组成与分类	3
1.2.1 自动控制技术	3
1.2.2 自动控制理论	3
1.2.3 反馈控制原理	4
1.2.4 反馈控制系统的基本组成	5
1.3 机器人系统构成	6
1.3.1 机械系统构型与结构设计	6
1.3.2 驱动与传动系统	6
1.3.3 感知与传感系统	7
1.3.4 控制与决策系统	8
1.4 控制单元与机械结构设计	9
1.4.1 控制单元	9
1.4.2 机械结构设计在智能建造领域的应用	10
智慧启思	11
认知拓展	11



实践创新	11
思考题	11
第2章 控制系统建模	12
本章思维导图	12
AI 微课	12
2.1 物理系统的微分方程	12
2.2 微分方程的拉普拉斯变换	16
2.3 线性系统的传递函数	21
2.4 状态空间模型	22
2.4.1 状态	22
2.4.2 状态变量	23
2.4.3 状态向量	23
2.4.4 状态空间	23
2.4.5 状态空间方程	23
智慧启思	25
认知拓展	25
实践创新	25
思考题	26
第3章 控制系统分析方法及稳定性	27
本章思维导图	27
AI 微课	27
3.1 一阶系统的单位阶跃响应	27
3.1.1 一阶系统的单位阶跃响应	28
3.1.2 一阶系统的单位斜坡响应	29
3.1.3 一阶系统的单位脉冲响应	29
3.2 二阶系统的瞬态响应	30
3.2.1 二阶系统的单位阶跃响应	30
3.2.2 二阶系统的单位脉冲响应	32
3.2.3 二阶系统的单位斜坡响应	34
3.3 频率特性	36

3.3.1	频率特性定义	36
3.3.2	频率特性的求取	37
3.3.3	频域性能指标	38
3.4	稳定性判据	39
3.4.1	稳定性的概念	39
3.4.2	线性定常系统稳定的充分必要条件	39
3.4.3	劳斯判据(Routh 判据)	41
3.5	误差分析与稳态误差	42
3.5.1	误差及稳态误差的定义	42
3.5.2	稳态误差分析	43
3.5.3	稳态误差的计算	44
3.6	控制系统的校正	45
3.6.1	系统的性能指标在智能建造领域的应用	45
3.6.2	系统的校正	46
	智慧启思	48
	认知拓展	48
	实践创新	48
	思考题	48
第 4 章	现代控制理论及方法	49
	本章思维导图	49
	AI 微课	49
4.1	最优控制算法(LQR 算法)	50
4.1.1	最优控制的一般概念	50
4.1.2	最优控制问题及应用	50
4.1.3	最优控制策略的研究途径	53
4.2	模型预测控制(MPC 算法)	54
4.2.1	模型预测控制的一般概念	54
4.2.2	模型预测问题及应用	54
4.2.3	模型预测控制优化问题	55
4.2.4	模型预测控制与最优控制的区别	55
4.3	鲁棒控制与振动抑制(H_{∞} 控制)	55



4.3.1	鲁棒控制的一般概念	55
4.3.2	鲁棒控制问题及应用	56
4.4	系统辨识与自适应控制	58
4.4.1	系统辨识概述	58
4.4.2	自适应控制	58
4.4.3	系统辨识与自适应控制的深度融合	59
4.5	数据驱动智能控制系统	59
4.5.1	数据驱动智能控制系统的核心原理	59
4.5.2	数据驱动智能控制系统的广泛应用	60
4.5.3	数据驱动智能控制系统面临的挑战与发展趋势	62
	智慧启思	62
	认知拓展	62
	实践创新	63
	思考题	63
第5章	机器人建模	64
	本章思维导图	64
	AI 微课	64
5.1	坐标系与位姿描述	65
5.1.1	坐标系的基本概念	65
5.1.2	位姿描述方法	66
5.2	运动学	67
5.2.1	运动学原理	67
5.2.2	运动学求解方法	68
5.2.3	运动学求解步骤	69
5.3	静力平衡分析	72
5.3.1	静力平衡基本概念与理论体系	72
5.3.2	静力平衡方程的数学建模	73
5.3.3	静力平衡方程求解	75
5.4	拉格朗日动力学建模	76
5.5	移动式机器人	79
5.5.1	约束分析	80

5.5.2 运动学建模	81
5.5.3 动力学建模	82
智慧启思	83
认知拓展	83
实践创新	83
思考题	84
第6章 轨迹规划与控制	85
本章思维导图	85
AI 微课	85
6.1 关节空间轨迹规划原理	86
6.2 路径点之间的轨迹规划方法	86
6.2.1 三次多项式插值	87
6.2.2 五次多项式插值	88
6.2.3 带有抛物线过渡的线性函数	90
6.3 多路径点的轨迹规划方法	93
6.3.1 在路径点施加任意 $\dot{q}(t)$ 的值	93
6.3.2 在路径点施加计算速度 $\dot{q}(t)$ 的值	94
6.4 机器人控制应用	95
6.4.1 PID 控制	96
6.4.2 计算力矩控制	98
6.4.3 自适应控制	98
智慧启思	101
认知拓展	101
实践创新	101
思考题	101
第7章 机器人操作系统与平台	102
本章思维导图	102
AI 微课	102
7.1 认识 ROS	102
7.1.1 ROS 简介	102



7.1.2	ROS 安装	103
7.1.3	ROS 的应用	105
7.2	ROS 的总体框架	106
7.2.1	文件组织	106
7.2.2	通信交互	107
7.2.3	命名规范	109
7.2.4	功能包详解	110
7.2.5	社区扩展	111
	智慧启思	112
	认知拓展	113
	实践创新	113
	思考题	113
第 8 章	应用与实践	114
	本章思维导图	114
	AI 微课	114
8.1	液压振动台控制系统建模及响应分析	114
8.2	液压振动台系统响应校正	115
8.3	履带式机器人建模及路径规划	116
8.3.1	SLAM 基础知识	116
8.3.2	平台简介	118
8.3.3	基于激光雷达的机器人自主导航实践	119
8.4	机械臂建模及运动规划算例	123
8.4.1	机械臂动力学建模	123
8.4.2	关节空间轨迹规划	124
8.4.3	从 A 点到 B 点的运动实现	125
	智慧启思	126
	认知拓展	126
	实践创新	127
	思考题	127
	参考文献	128