

目录

CONTENTS



上篇 智能感知

第 1 章 感知与传感器基础	3
本章思维导图	3
AI 微课	3
1.1 图像基础知识	4
1.1.1 光学成像基础知识	4
1.1.2 图像基础知识	7
1.2 传感器基本特性	8
1.2.1 概述	8
1.2.2 传感器的组成及分类	9
1.2.3 传感器的静态特性	10
1.2.4 传感器的动态特性	15
1.2.5 传感器的标定	16
智慧启思	17
认知拓展	17
实践创新	18
思考题	18
第 2 章 工程常用传感器	19
本章思维导图	19
AI 微课	19



2.1	自动控制系统概述	20
2.2	图像传感器	22
2.2.1	图像传感器的基本原理	22
2.2.2	图像传感器的分类	23
2.3	激光雷达	25
2.3.1	激光雷达的功能及原理	25
2.3.2	激光雷达分类	28
2.4	编码器	31
2.4.1	概述	31
2.4.2	编码器分类	31
2.4.3	编码器的应用	35
2.5	姿态传感器	36
2.5.1	概述	36
2.5.2	加速度计	37
2.5.3	陀螺仪	37
2.6	工程案例	39
2.6.1	智能挖掘机姿态控制	39
2.6.2	光纤布拉格光栅传感器在桥梁监测中的应用	40
	智慧启思	41
	认知拓展	41
	实践创新	41
	思考题	42
第3章	图像处理技术	43
	本章思维导图	43
	AI 微课	43
3.1	机器视觉	44
3.1.1	机器视觉的定义与内涵	44
3.1.2	机器视觉的发展历程	45
3.1.3	机器视觉的作用与任务	46
3.1.4	机器视觉系统的核心硬件	47
3.1.5	常见视觉分析软件	48
3.2	相机标定	50
3.2.1	相机模型基础	50
3.2.2	相机标定方法	54

3.3 目标检测	55
3.3.1 概述	55
3.3.2 基于手动特征的目标检测	57
3.3.3 基于卷积神经网络的目标检测	59
3.3.4 基于 Transformer 的目标检测	64
3.3.5 无砟轨道板裂缝目标检测	65
3.4 三维重建	68
3.4.1 概述	68
3.4.2 稀疏重建	69
3.4.3 深度图获取	71
3.4.4 稠密点云重建	73
3.5 工程案例	75
3.5.1 远场监控视频中工人安全帽佩戴情况检测	75
3.5.2 非工作人员进入施工场地的检测	76
智慧启思	78
认知拓展	79
实践创新	79
思考题	79
第 4 章 导航定位技术	80
本章思维导图	80
AI 微课	80
4.1 惯性导航系统	81
4.1.1 概述	81
4.1.2 惯性测量单元	81
4.1.3 惯性导航系统核心原理	82
4.1.4 惯性导航系统 Python 程序设计实例	84
4.1.5 惯性导航系统在土木工程智能建造中的应用	85
4.2 卫星定位技术	86
4.2.1 卫星导航系统	86
4.2.2 卫星定位技术工作原理	90
4.2.3 卫星定位技术 Python 程序设计实例	92
4.2.4 卫星定位技术在土木工程智能建造中的应用	94
4.3 UWB 定位技术	96



4.3.1	概述	96
4.3.2	UWB 定位技术核心设备	98
4.3.3	UWB 定位技术核心原理	100
4.3.4	UWB 定位技术 Python 程序设计实例	102
4.3.5	UWB 定位技术在土木工程智能建造中的应用	103
4.4	ZigBee 定位技术	104
4.4.1	概述	104
4.4.2	ZigBee 定位技术的网络结构与核心设备	104
4.4.3	ZigBee 定位技术核心原理	106
4.4.4	ZigBee 定位技术 Python 程序设计实例	108
4.4.5	ZigBee 定位技术在土木工程智能建造中的应用	110
4.5	RFID 定位技术	111
4.5.1	概述	111
4.5.2	RFID 定位技术的核心组件	112
4.5.3	RFID 定位技术核心原理	113
4.5.4	RFID 定位技术 Python 程序设计实例	117
4.5.5	RFID 定位技术在土木工程智能建造中的应用实例	119
4.6	激光测距与定位技术	119
4.6.1	激光测距技术	119
4.6.2	激光定位技术	121
4.6.3	激光测距技术 Python 程序设计实例	123
4.6.4	激光测距与定位技术在土木工程智能建造中的应用	124
4.7	同时定位与建图(SLAM)技术	125
4.7.1	SLAM 概念与背景	125
4.7.2	SLAM 系统中的传感器	126
4.7.3	SLAM 技术分类	127
4.7.4	SLAM 技术核心原理	131
4.7.5	SLAM 技术在土木工程智能建造中的应用	133
4.8	工程案例	135
	智慧启思	138
	认知拓展	139
	实践创新	139
	思考题	139

下篇 数字孪生

第 5 章 数字孪生基础	143
本章思维导图	143
AI 微课	143
5.1 数字孪生概述	144
5.1.1 数字孪生的定义、内涵与关键技术	144
5.1.2 数字孪生技术与相关概念辨析	145
5.1.3 数字孪生技术的核心特征与价值	147
5.2 数字孪生技术的发展历程	149
5.2.1 数字孪生技术起源与早期发展	149
5.2.2 工业 4.0 背景下的数字孪生演进	151
5.2.3 数字孪生技术发展趋势	152
5.3 数字孪生系统架构	154
5.3.1 数字孪生系统组成要素	154
5.3.2 物理实体与虚拟模型的映射关系	157
智慧启思	160
认知拓展	160
实践创新	160
思考题	161
第 6 章 数字孪生建模技术	162
本章思维导图	162
AI 微课	162
6.1 数字孪生建模基础理论	163
6.1.1 数字孪生建模的基本原理与方法	163
6.1.2 数学建模基础	165
6.1.3 多尺度建模概念	168
6.2 几何建模技术	171
6.2.1 三维几何建模基础	171
6.2.2 CAD/BIM 建模技术	174



6.2.3	常用的三维几何建模软件与技术	176
6.3	机理建模技术	178
6.3.1	机理模型的特点与构建方法	178
6.3.2	多物理场耦合建模	181
6.4	数据驱动建模	185
6.4.1	机器学习在建模中的应用	185
6.4.2	支持向量机建模方法	188
6.4.3	随机森林建模方法	192
6.5	模型与数据融合	195
	智慧启思	197
	认知拓展	198
	实践创新	198
	思考题	198
第7章	孪生数据管理与融合	199
	本章思维导图	199
	AI 微课	199
7.1	数据采集与预处理	200
7.1.1	数据采集的方法与技术	200
7.1.2	数据清洗、转换与校准	201
7.1.3	数据质量评估	204
7.2	数据存储与管理	206
7.2.1	数据存储架构	206
7.2.2	时序数据管理	209
7.2.3	多源数据集成	211
7.3	数据融合技术	214
7.3.1	多源数据融合的方法与策略	214
7.3.2	传感器数据融合	217
7.4	数据分析与可视化	220
7.4.1	数据分析方法	220
7.4.2	机器学习	220
7.4.3	数据可视化技术	221
7.4.4	实时数据监控	223
	智慧启思	226

认知拓展	226
实践创新	226
思考题	227
第 8 章 数字孪生技术在土木工程智能建造中的应用	228
本章思维导图	228
AI 微课	228
8.1 概述	229
8.1.1 数字孪生技术在土木工程中应用的特点	229
8.1.2 数字孪生技术在土木工程中的应用价值与挑战	231
8.1.3 数字孪生技术在土木工程中应用的技术架构与实现路径	234
8.2 数字孪生技术在智能建造领域的应用	237
8.2.1 数字孪生技术在建筑设计中的应用	237
8.2.2 数字孪生技术在土木工程施工阶段的应用	239
8.2.3 数字孪生技术在装配式建筑管理环节中的应用	241
8.2.4 数字孪生技术在基础设施运维中的应用	243
8.3 工程案例	250
8.3.1 大型桥梁应用数字孪生技术的案例	250
8.3.2 高层建筑应用数字孪生技术的案例	252
8.3.3 智慧工地应用数字孪生技术的案例	254
智慧启思	256
认知拓展	256
实践创新	256
思考题	256
参考文献	257