石河子大学机械电气工程学院
2026版本科课程教学大纲

无人驾驶航空器系统工程专业

二〇二六年八月

目 录

一、通识教育课 1
《大学计算机与人工智能基础-B》课程教学大纲 3
《C语言程序设计》课程教学大纲 7
二、专业教育课程 11
《工程导论》课程教学大纲 12
《三维建模与成图基础》课程教学大纲 18
《电路分析基础》课程教学大纲 26
《电子技术》课程教学大纲 31
《电子技术实验》课程教学大纲 36
《工程力学》课程教学大纲 40
《人工智能及应用》课程教学大纲 47
《无人机结构与系统》课程教学大纲 51
《信号与系统》课程教学大纲 55
《自动控制原理》课程教学大纲 61
《智能无人系统建模与控制基础综合实验》课程教学大纲 65
《空气动力学基础》课程教学大纲 69
《飞行控制原理》课程教学大纲 73
《飞行器控制原理实验》课程教学大纲 78
《无人系统通信原理与通信网络》课程教学大纲 84
《数字信号处理与应用》课程教学大纲 89
《无人机通信与导航技术》课程教学大纲 94
《机械设计基础》课程教学大纲 99
《嵌入式系统技术与应用》课程教学大纲 104
《机器视觉技术与SLAM技术》课程教学大纲 110
《数字图像处理及应用》课程教学大纲 113
《无人机系统安全与适航工程》课程教学大纲 118
《现代控制理论》课程教学大纲 122
《无人机协同决策与控制》课程教学大纲 125
《信息论与编码》课程教学大纲 131
《无人机集群技术》课程教学大纲 135
《群体智能及其无人机应用》课程教学大纲 143
《基于4G和5G的航空通信》课程教学大纲 149
三、专业综合实践环节 154
《无人机组装与调试》课程教学大纲 155
《机械制造实习（近机类）》课程教学大纲 160
《低空智能系统设计与应用实践》课程教学大纲 164
《无人系统人工智能开发应用实践》课程教学大纲 169

《无人机协同决策与控制综合实践》课程教学大纲.....174
《多智能飞行器协同综合创新实践》课程教学大纲.....180
《无人机+X应用场景实习》课程教学大纲.....187
《毕业实习》课程教学大纲.....194
《机电综合项目实践》课程教学大纲.....198
《毕业设计》课程教学大纲.....203

一、通识教育课

《大学计算机与人工智能基础-B》课程教学大纲

课程名称	大学计算机与人工智能基础-B		
	Fundamentals of Computer and Artificial Intelligence		
课程代码	10911400	**课程性质**	必修
课程类别	工程基础课	**先修课程**	无
学分/学时	1.5学分/24学时	**学　时**	4学时线上自学/14学时课堂讲授/6学时上机练习
适用专业	机械设计制造及其自动化、农业机械化及其自动化、工业工程、无人驾驶航空器系统工程	**开课单位**	机械电气工程学院
课程负责人	张锐敏	**审定日期**	2026年08月

一、课程简介

本课程是学生数字化素养培育的核心载体，可筑牢信息化基础，主要讲授计算机系统基础、计算思维核心方法、问题求解与算法基础、操作系统与办公软件应用、人工智能基础等内容，立足工科专业应用场景，重点培养学生分解工程问题、抽象建模、模式识别与迭代优化的核心能力，后续专业课程夯实计算思维基础，提升工科学生数字化创新与工程实践能力。

二、课程目标

本课程有3个课程目标，具体如下：

目标1：能够运用计算思维核心内涵与算法的基础理论，对复杂工程问题进行分解、抽象、模式识别和优化。

目标2：能够正确使用计算机操作系统、办公软件进行信息处理、数据分析、图表展示与演示表达。

目标3：能够运用人工智能核心要素与基础理论，对复杂工程问题进行解析或赋能应用。

各课程目标对毕业要求指标点的支撑关系见下表：

课程目标	**毕业要求**
课程目标1 课程目标3	1.工程知识：能将数学、自然科学、计算、工程基础和专业知识用于解决复杂工程问题。
课程目标2	5.使用现代工具：能够针对复杂工程问题，开发、选择与使用恰当的技术、资源、现代工程工具和信息技术工具，包括对负责工程问题的预测与模拟，并能够理解其局限性。

三、教学内容

知识单元	对应课程目标	学习成果	教学内容	课程目标达成方式	学时分配
0. 教学大纲解读	—	1.知晓本课程目标及对毕业要求的支撑关系； 2.知晓本课程教学内容和课程目标评价方式及占分比例。	1. 课程目标及对毕业要求的支撑关系； 2. 支撑课程目标达成的教学内容； 3. 支撑课程目标达成的评价方法和评价标准。	教学活动：课堂讲授。	课堂讲授1学时
1. 计算机系统基础	课程目标1	能够运用信息编码基础理论，完成不同进制数据转换与数据表示逻辑分析。	1. 计算机的发展、类型与基本工作原理 2. 计算机系统组成； 3. 数据表示与编码。	1. 教学活动：课堂讲授、多媒体教学、课堂讨论。 2. 学习任务：课堂练习。	课堂讲授1学时
2. 操作系统与办公软件应用	课程目标2	能够正确使用计算机操作系统、办公软件进行信息处理、数据分析、图表展示与演示表达。	1. 操作系统概述及应用； 2. 常用办公软件的使用。 思政点：效率思维与工匠精神。	1. 教学活动：课堂讲授、多媒体教学、实验实操。 2. 学习任务：阶段测试，完成线上学习。	线上自学4学时 上机练习2学时
3. 计算思维	课程目标1	能够运用计算思维基础理论对复杂工程问题进行分解、抽象、模式识别和迭代优化。	1. 计算思维概念、本质及要素； 2. 复杂工程问题的求解流程； 3. 算法概念、特征及描述方法； 4. 程序设计基础及实现。 思政点：规则意识与系统思维。	1. 教学活动：课堂讲授、案例教学、课堂讨论。 2. 学习任务：课堂练习、课程作业。	课堂讲授6学时 上机练习4学时
4. 人工智能基础	课程目标3	能够运用人工智能核心要素与基础理论，对复杂工程问题进行解析或赋能应用。	1. 人工智能核心要素与基础理论； 2. 人工智能的典型应用。 思政点：人工智能伦理和社会价值。	1. 教学活动：课堂讲授、案例教学、实验实操。 2. 学习任务：课堂练习、课程作业。	课堂讲授6学时

四、课程目标达成的评价方式及评价标准

（一）评价方式及成绩比例

课程对各课程目标的终结性评价由笔试、上机考试两部分组成，具体见下表：

课程目标	评价方式及比例（%）		成绩比例（%）
	笔试	上机考试	
课程目标1	36	—	36
课程目标2	—	40	40
课程目标3	24		24
合计	60	40	100

形成性评价应包括考勤、课后作业、阶段测试，可允许采取其它多样的形成性评价。形成性评价成绩不计入课程总评成绩，但以下情况可取消终结性评价资格：

（1）缺勤或课后作业缺交次数多于总量的1/3时；

（2）阶段性测试平均成绩低于50分（百分制）。

（二）评价标准

1. 笔试评价标准

课程目标	考核依据	评价标准				权重（%）
		优（90-100分）	良（75-89分）	中/及格（60-74分）	不及格（0-59分）	
课程目标1	笔试试卷及评分细则	计算思维方法运用正确，问题分解、工程抽象、建模匹配到位，算法逻辑完备，迭代优化可行。	计算思维方法运用较正确，问题分解、工程抽象、建模匹配较到位，算法逻辑较完备，迭代优化较可行。	计算思维方法运用基本正确，问题分解、工程抽象、建模匹配基本到位，算法逻辑基本完备，迭代优化基本可行。	计算思维方法运用不正确，问题分解、工程抽象、建模匹配不到位，算法逻辑不完备，迭代优化不可行。	36
课程目标3	笔试试卷及评分细则	人工智能原理掌握准确，工程场景分析恰当，技术作用明晰。	人工智能原理掌握较准确，工程场景分析较恰当，技术作用较明晰。	人工智能原理掌握基本准确，工程场景分析基本恰当，技术作用基本明晰。	人工智能原理掌握不准确，工程场景分析不恰当，技术作用不明晰。	24

2．上机考试评价标准

课程目标	考核依据	评价标准				权重（%）
		优（90-100分）	良（75-89分）	中/及格（60-74分）	不及格（0-59分）	
课程目标2	机考试题	作答准备；结果正确。	作答较准确；结果较正确。	作答基本准确；结果基本正确。	作答不准确；结果不正确。	40

五、推荐教材和教学参考资源

（一）建议教材

1. 徐维祥．计算思维与人工智能基础．北京邮电大学出版社．2025年9月；

2. 刘卫国．计算思维与人工智能．北京邮电大学出版社．2025年4月。

（二）主要参考书及学习资源

1.《大学计算机（第7版）》．“十二五”普通高等教育本科规划教材，龚沛曾 杨志强．高等教育出版社；

2.《计算思维与人工智能导论》．范春年．上海交通大学出版社。

六、附表

序号	实验项目名称	实验性质	开出要求	学时
1	操作系统与办公软件应用	验证性	必做	2
2	问题求解与程序设计基础及实现一	验证性	必做	2
3	问题求解与程序设计基础及实现二	验证性	必做	2

大纲修订人签字：　　修订日期：2026年06月

大纲审定人签字：　　审定日期：2026年08月

《C 语言程序设计》课程教学大纲

课程名称	C语言程序设计		
	C Language Program Designing		
课程代码	20911400	**课程性质**	通识必修课程
课程类别	计算机类课程	**先修课程**	无
学分/学时	2.5学分/40学时	**理论学时/实验学时**	24学时/16学时
适用专业	机械设计制造及其自动化、农业机械化及其自动化、工业工程、无人驾驶航空器系统工程、电子信息工程	**开课单位**	机械电气工程学院
课程负责人	李栓明	**审定日期**	2026年8月

一、课程简介

《C语言程序设计》是无人驾驶航空器系统工程专业的一门重要专业基础课，主要内容包括C语言程序设计概述、数据类型、运算符、表达式、结构化程序设计的三种基本结构及相关语句、数组、函数、指针、结构和共用体、位运算和文件操作等。通过对本课程的学习，培养学生将数学或工程问题转化为计算机能处理的表达式和程序逻辑，同时培养学生程序设计、实现及调试能力，为学生将来从事软件设计和解决工程问题、科学技术问题奠定基础。

二、课程目标

本课程有2个课程目标，具体如下：

目标1：能够使用主流的C语言程序开发工具，完成代码的编辑、编译、调试和测试。

目标2：能够运用C语言基本知识，将数学或工程问题转化为计算机能处理的表达式和程序逻辑，且具备将简单工程问题抽象为数学模型并设计算法、编程实现的能力。

各课程目标对毕业要求的支撑关系见下表：

课程目标	**毕业要求**
课程目标1	5. 使用现代工具：能够针对复杂工程问题，开发、选择与使用恰当的技术、资源、现代工程工具和信息技术工具，包括对复杂工程问题的预测与模拟，并能够理解其局限性。
课程目标2	1. 工程知识：能够将数学、自然科学、计算、工程基础和专业知识用于解决复杂工程问题。

三、教学内容

知识单元	对应课程目标	学习成效	教学内容（含思政点）	课程目标达成方式	学时分配
0. 课程教学大纲解读	—	1. 知晓本课程预期达成的能力目标； 2. 知晓本课程的教学内容、课程目标评价方式及占分比例、评价标准。	1. 课程目标及对毕业要求的支撑关系； 2. 支撑课程目标达成的各单元教学内容、学习任务、课程目标评价方式及占分比例、评价标准等。	教学活动：课堂讲授。	理论1学时
1．程序设计基本知识、算法及IDE使用方法	课程目标1	1．能够使用主流的C语言程序开发工具，完成代码的编辑、编译、调试和测试。 2．能够用流程图、N-S流程图、伪代码对数学和工程问题进行正确表示	1．主流的C语言程序开发工具的使用方法 2．运行C程序的步骤与方法及程序设计的任务 3．计算机系统组成及工作原理简介 4．进位计数制及其转换 5．机器数的表示形式及其表示范围 6．结构化程序设计方法 7．数据的表现形式及其运算 8．运算符和表达式 9． C语句及数据的输入输出 思政点：职业素养，行为合规。	1. 教学活动：课堂讲授、多媒体教学。 2. 学习任务：作业。	理论1学时 + 实验2学时
2．结构化程序设计	课程目标1、2	能够将数学或工程问题转化为计算机能处理的表达式和程序逻辑，并能设计合理C语言程序实现其功能	1．结构化程序设计方法及举例 2．关系运算符、逻辑运算符、条件运算符 能力（课内实验）： 1. 选择结构程序设计 2．循环结构程序设计 思政点：化繁为简。	1. 教学活动：课堂讲授、多媒体教学、软件实操演示、典型案例讲解等。 2. 学习任务：作业、实验。	理论8学时 + 实验6学时
7．数组	课程目标2	能够在算法表达式和程序逻辑设计过程中合理使用数组，并能设计合理C语言程序实现其功能	1．数组编程：一维数组、二维数组 2．字符数组与字符串 能力（课内实验）： 1．一维数组程序设计 2．二维数组与字符串程序设计	1. 教学活动：课堂讲授、多媒体教学、软件实操演示、典型案例讲解等。 2. 学习任务：作业、实验。	理论4学时 + 实验4学时
8．函数	课程目标2	能够在算法表达式和程序逻辑设计过程中合理使用数组，并能设计合理C语言程序实现其功能	1．函数的定义与调用 2．函数的调用：嵌套调用、递归调用 3．数组作为函数参数 能力（课内实验）： 1．函数程序设计 2．递归函数设计 思政点：精益求精、工匠精神。	1. 教学活动：课堂讲授、多媒体教学、软件实操演示、典型案例讲解等。 2. 学习任务：作业、实验。	理论6学时 + 实验4学时

四、课程目标达成的评价方式及评价标准

（一）评价方式及成绩比例

对各课程目标的终结性评价统一采用以上机方式的期末考试，具体见下表：

课程目标	评价方式及比例（%）	成绩比例（%）
	期末考试	
课程目标1	30	30
课程目标2	70	70
合计	100	100

注：课程形成性评价应包括考勤、课后单元测试及实验、实验阶段测试，鼓励拓展支持持续改进的多元形成性评价举措，促进学生学习进阶和学业帮扶。形成性评价的记录仅用于学情诊断，不直接参与课程总评成绩的评定，在教学过程的形成性评价中，学生出现以下任一情况时，可以取消终结性评价资格：

1. 累计缺勤达总授课次数1/3及以上。
2. 课后单元测试及实验完成不足布置总量1/3，或作业抄袭累计3次。
3. 实验阶段测试成绩低于50分（百分制）。

（二）评价标准

1．上机考试评价标准

课程目标	考核依据	评价标准				权重（%）
		优（90-100分）	良（75-89分）	中/及格（60-74分）	不及格（0-59分）	
课程目标1	程序源文件考查程序结构、数据类型和基本概念的掌握程度	程序正确程序结构规范、	程序有少量错误程序结构较规范程序结构、数据类型和基本的知识理解基本正确。	程序有较多错误程序结构较规范程序结构、数据类型和基本的知识理解错误较多。	程序错误很多程序结构不规范程序结构、数据类型和基本的知识理解错误很多。	30
课程目标2	考查结构化程序设计算法的表达及实现	数据表达精准，算法实现合理，程序结构规范。功能正确。	数据表达精准，算法实现合理，程序结构较规范。功能有少量错误。	数据表达基本精准，算法实现较合理，程序结构较规范。功能有较多错误。	不能正确表达数据，算法实现不合理，程序结构不规范。无法实现功能。	70

五、推荐教材和教学参考资源

（1） 建议教材

1．王敬华 林萍.C语言程序设计教程（第3版）.北京：清华大学出版社，2021年9月

2．谭浩强，《C程序设计》，第六版，清华大学出版社 2026年5月

（二）主要参考书及学习资源

1．教育部考试中心.《全国计算机等级考试二级教程—C语言程序设计》.高等教育出版社

2．《C语言解析教程》.AlKelley 等.机械工业出版社

3．高攀、郑瑶、郭理，《C程序设计》，第一版，北京邮电大学出版社，2020年
4．高攀、康娟、王慧，《C语言程序设计实验与习题》，北京邮电大学出版社，2020年
5．谭浩强.《C程序设计（第五版）学习辅导》.清华大学出版社
6．肖炜等.《C语言程序设计思想与实践》.冶金工业出版社

网络学习资源：

1．C语言中文网

http://c.biancheng.net/cpp/

2．C 在线工具 | 菜鸟工具 (runoob.com)

https://c.runoob.com/compile/11/

六、附表

序号	实验（上机实训）项目名称	实验性质	开出要求	学时
1	C语言程序IDE及顺序程序设计	验证	必做	2
2	分支结构程序设计	验证	必做	2
3	循环程序设计	验证	必做	2
4	数组程序设计	设计	必做	2
5	控制结构综合程序设计	综合	必做	2
6	函数程序设计	设计	必做	4
7	程序结构与递归函数	综合	必做	2
8			必做	2

大纲修订人签字：　　修订日期：2026 年 06 月

大纲审定人签字：　　审定日期：2026 年 08 月

二、专业教育课程

《工程导论》课程教学大纲

课程名称	工程导论		
	Introduction to Engineering		
课程代码	10913301	**课程性质**	专业教育课程
课程类别	专业基础课	**先修课程**	
学分/学时	2 学分/32 学时	**理论学时/实验学时**	32 学时/0 学时
适用专业	机械设计制造及其自动化、农业机械化及其自动化、电子信息工程、工业工程	**开课单位**	机械电气工程学院
课程负责人	赵永满	**审定日期**	2026 年08月

一、课程简介

课程是面向工科专业大一新生开设的专业基础课与素养核心课。课程以“大工程观”为引领，围绕“工程与社会可持续发展”、“工程伦理与职业规范”、“团队协作与有效沟通”、“工程项目管理与经济决策”及“终身学习与工程素养”五大模块展开。系统阐述工程的本质、工程与可持续发展的关系、工程师的伦理责任、项目管理的核心知识以及面向未来的职业发展路径。课程融合思政与OBE 理念，培养学生工程认知、伦理判断、经济分析、项目协作与职业素养，为后续专业学习和工程实践奠定基础。

二、课程目标

本课程有6 个课程目标，具体如下：

目标1：了解工程与社会经济发展、民生福祉及科技进步的互动关系，应用绿色工程内涵及可持续发展准则，并能初步评价典型工程实践对生态环境和社会可持续发展的综合影响。

目标2：了解工程伦理基本原则与职业规范核心要求，识别工程实践中的典型伦理风险，并能运用伦理准则对具体工程案例进行初步分析与价值判断。

目标3：能高效团队的特征与角色分工逻辑，运用团队协作方法与冲突管理策略。

目标4：能选择合适的工程表达方式的适用场景，并运用恰当方式进行工程沟通与表达。

目标5：理解项目管理核心要素，认识项目管理工具与工程经济分析方法，进行项目规划与经济评价。

目标6：认识新技术变革对工程实践及工程师职业发展的影响，理解并明白终身学习的必要性与实现路径。

各课程目标对毕业要求指标点的支撑关系见下表：

课程目标	毕业要求	毕业要求指标点
课程目标1	（6）工程与可持续发展	在解决复杂工程问题时，能够基于工程相关背景知识，分析和初步评价工程实践对健康、安全、环境、法律以及经济和社会可持续发展的影响，并理解应承担的责任。
课程目标2	（7）工程伦理和职业规范	有工程报国、为民造福的意识，具有人文社会科学素养和社会责任感，能够理解和践行工程伦理，在工程实践中遵守工程职业道德、规范和相关法律，履行责任。
课程目标3	（8）个人与团队	能够在多样化、多学科背景下的团队中承担个体、团队成员以及负责人的角色。
课程目标4	（9）沟通	能够就复杂工程问题与业界同行及社会公众进行有效沟通和交流，包括撰写报告和设计文稿、陈述发言、清晰表达或回应指令；能够在跨文化背景下进行沟通和交流，理解、尊重语言和文化差异。
课程目标5	（10）项目管理	理解并认识与工程项目相关的管理原理与经济决策方法，并能够在多学科环境中应用。
课程目标6	（11）终身学习	具有自主学习、终身学习和批判性思维的意识和能力，能够理解广泛的技术变革对工程和社会的影响，适应新技术变革。

三、教学内容

知识单元	对应课程目标	学习成果	教学内容	课程目标达成方式	学时分配
工程与可持续发展	课程目标1	1. 能够了解工程对经济发展、民生福祉及科技进步的社会价值。 2. 能够分析工程活动对资源消耗和生态环境的影响，并理解绿色工程的内涵。 3. 能够阐述可持续发展的基本准则及工程师在其中的责任。 4. 能够结合实例，初步评价一个工程项目的社会与环境影响。 5. 能够列举与工程密切相关的SDGs 目标，阐明工程师在实现双碳目标中的关键作用。	1. 工程的社会功能：推动经济发展、改善民生福祉、促进科技进步。 2. 工程与自然环境：资源利用、生态影响、绿色工程理念。 3. 工程与可持续发展：内涵、原则、工程师的责任与行动路径。 4. 联合国可持续发展目标（SDGs）概述：聚焦 SDG 6, 7, 9, 11, 12, 13 解读。 5. 思政点：以我国“高铁出海”、“白鹤滩水电站”为例，剖析工程如何服务国家战略与生态文明建设。	1. 教学活动：课堂讲授、案例分析、专题视频、课堂讨论。 2. 学习任务：课后作业（要求学生利用网络资源和 AI 辅助工具，搜集一个工程项目的可持续发展案例并进行分析）。	6
工程伦理与职业规范	课程目标2	1. 能够了解工程伦理的基本原则与工程师职业规范的核心要求。 2. 能够识别工程实践中的典型伦理风险（如安全、利益冲突、诚实守信）。 3. 能够运用伦理原则，初步分析和判断简单工程案例中的伦理问题。 4. 认同并表达恪守职业底线、服务国家人民的价值观。	1. 工程伦理的内涵、核心价值与基本原则。 2. 工程师的职业责任、职业规范与行为准则。 3. 典型工程伦理问题与案例解析：安全伦理、环境伦理、数据伦理等。 4. 思政点：融入“大国工匠”先进事迹，深入剖析其坚守的职业伦理；引用我国工程科技攻关（如航天、深海探测）中严守规范、无私奉献的案例。	1. 教学活动：课堂讲授、案例研讨、小组讨论。 2. 学习任务：课后作业（要求学生自主查阅相关工程伦理案例资料，进行案例分析）。	8
个人、团队与有效沟通	课程目标3 课程目标4	1. 能够阐述高效团队的特征及不同团队角色的职责。 2. 能够运用基本的团队协作方法和冲突管理策略。 3. 能够识别工程沟通中信息传递的关键要素，并判断不同表达方式的适用场景。 4. 能够区分书面报告、PPT 与口头陈述的适用场景与侧重点。	1. 团队基础：团队发展阶段、角色分工、协作方法。 2. 沟通基础：工程沟通的类型（书面、口头、非语言）、沟通障碍与应对策略。 3. 工程场景表达：PPT 汇报、技术报告、项目陈述的特点与训练。 4. 思政点：通过团队项目，培养协作精神、集体荣誉感和尊重他人意见的品格。	1. 教学活动：课堂讲授、课堂讨论。 2. 学习任务：课后作业。	6

工程项目管理与经济决策	课程目标5	1. 能够理解工程项目生命周期及其核心管理要素。 2. 能够初步运用进度、成本、质量等管理工具进行项目规划。 3. 能够理解工程经济分析的基本概念（如成本、收益、盈亏平衡点）。 4. 能够对一个小型工程项目的规划方案进行简单经济分析。	1. 工程项目管理概述：内涵、特点、生命周期（立项、规划、实施、收尾）。 2. 项目核心要素管理：进度管理（WBS、甘特图）、成本管理、质量管理、安全管理基础。 3. 工程经济基础：资金的时间价值、成本估算、盈亏平衡分析、决策准则。 4. 思政点：结合我国重大工程建设成就（如港珠澳大桥），讲解系统化项目管理经验；强调工程实践中的廉洁、节约资源、绿色低碳的经济伦理。	1. 教学活动：课堂讲授、案例分析、小组研讨；指导学生使用项目管理软件（如Microsoft Project）或AI 辅助工具进行项目规划练习。 2. 学习任务：课后作业。	8
终身学习与工程素养	课程目标6	1. 能够认识工程师职业素养的核心内涵。 2. 能够分析工程技术的发展趋势及其对社会和工程师职业的影响。 3. 能够结合自身，初步规划职业发展路径，并论证终身学习的必要性。 4. 确立主动学习新知识、新技术的意识。	1. 工程师的素养：创新思维、自主学习能力、批判性思维。 2. 技术变革与工程未来：人工智能、智能制造、大数据等新技术对工程实践的影响。 3. 工程师职业发展：典型成长路径、能力要求、职业规划方法。 4. 思政点：以“科技报国、实干兴邦”为主题，介绍一代代工程师的奋斗历程，激励学生树立终身奋进、追求卓越的理想。	1. 教学活动：课堂讲授、课堂讨论。 2. 学习任务：课后作业（鼓励学生使用AI 职业规划辅助工具进行自我认知和路径分析）。	4

四、课程目标达成的评价方式及评价标准

（一）评价方式及成绩比例

课程成绩主要为期末考试。具体见下表：

课程目标	评价方式及比例（%）	成绩比例（%）
	期末考试	
课程目标1	20	20
课程目标2	20	20
课程目标3	10	10
课程目标4	10	10
课程目标5	20	20
课程目标6	20	20
合计	100	100

2.平时学习情况作为形成性评价，包括考勤、课后作业、课堂讨论等，其评价成绩不计入课程总评成绩，但缺勤或课后作业缺交次数达到3 次，取消期末考试资格。

（二）评价标准

期末考试评价标准如下：

课程目标	考核依据	评价标准				权重（%）
		优（90-100 分）	良（75-89 分）	中/及格（60-74 分）	不及格（0-59 分）	
课程目标1	考查工程社会与环境影响的分析能力、可持续发展准则与绿色工程内涵的掌握程度	概念阐述精准完整；能辩证分析工程多维度影响，论据充分且紧密结合 SDGs 与双碳背景。	概念阐述较准确；能分析主要影响，论据较充分，能联系相关背景。	基本概念基本正确；能进行简单分析，但深度不足或视角单一。	概念严重错误或混淆；分析空泛，无法联系实际。	20
课程目标2	考查工程伦理基本原则的掌握程度、工程案例伦理分析能力	伦理原则阐述无误；能敏锐识别潜在风险，运用伦理框架剖析深刻，解决方案合理且有前瞻性。	原则阐述较完整；能识别主要风险，分析逻辑合理，解决方案较可行。	原则阐述基本正确，但不够完整；风险识别不全，分析较浅但方向正确。	原则表述错误；无法进行伦理归因，或分析逻辑混乱。	20
课程目标3	考查团队协作知识的理解能力、冲突管理策略的应用能力	特征与角色论述清晰具体；冲突情景分析切中要害，提出策略具有很强操作性与共赢思维。	特征与角色论述较清晰；冲突分析较合理，策略有效。	基本能阐述特征；冲突策略较笼统，但具备一定可行性。	概念理解错误；无法提出有效策略或 策略脱离实际。	10
课程目标4	考查表达方式比较与适用场景判断能力、工程技术表达与交流能力	精准比较不同表达方式的适用场景；书面表达逻辑严谨、格式规范、术语准确，信息传递高效。	比较较准确；书面表达逻辑较清晰，格式较规范，术语使用基本正确。	比较有偏差；表达逻辑基本通顺，但存在格式或术语小错误。	比较错误；表达混乱，逻辑不清，术语误用严重。	10

课程目标5	考查项目管理工具的应用能力、工程经济分析方法的应用能力	能很正确地使用项目管理工具，规划方案完整合理。能很正确运用经济分析方法，计算准确，结论可靠。	能较正确使用工具，规划方案较合理。能较正确运用，计算较准确，结论较可靠。	基本能使用工具，方案基本合理但存在不足。基本能运用，计算基本准确，结论基本可信。	工具使用错误，方案不可行。方法错误，计算不准确，结论不可靠。	20
课程目标6	考查技术变革与职业影响的分析能力与终身学习的论证能力	深刻洞察技术趋势对工程知识的重塑；论据新颖有力，逻辑环环相扣，对终身学习路径论证充分且具个人思辨性。	分析较清晰，内容较完整；能较好论证终身学习的必要性。	基本能分析，但深度不够或内容不完整。对终身学习的论证较泛化。	分析不清，理解错误。未论证终身学习，或观点消极偏颇。	20

五、推荐教材和教学参考资源

（一）建议教材

李志义主编. 现代工程导论. 大连：大连理工大学出版社，2021.

（二）主要参考书及学习资源

1. 彭熙伟，胡浩平，郑成华，李怡然编. 工程导论（第2 版）. 北京：机械工业出版社，2024.

2. 丛杭青主编. 工程伦理. 杭州：浙江大学出版社，2023.

3. 杜葵主编. 工程经济学（第4 版）. 重庆：重庆大学出版社，2025.

大纲修订人签字：　　修订日期：2026 年06 月

大纲审定人签字：　　审定日期：2026 年 08月

《三维建模与成图基础》课程教学大纲

课程名称	三维建模与成图基础		
	Fundamentals of 3D Modeling and Model-Driven Drawing		
课程代码	10913100	**课程性质**	专业教育课程
课程类别	专业基础课程	**先修课程**	无
学分/学时	2.5学分/40学时	**理论学时/实验学时**	40学时/0学时
适用专业	机械设计制造及其自动化、农业机械化及其自动化、工业工程、无人驾驶航空器系统工程、电子信息工程	**开课单位**	机械电气工程学院
课程负责人	吴杰	**审定日期**	2026年8月

一、课程简介

本课程是工科专业的核心工程基础课，主要讲授三维实体建模、基于模型驱动二维工程图生成的基本知识、投影理论和机件图样表达方法，旨在培养学生面向机械产品的三维参数化实体建模能力、二维工程图识图能力和数字化成图能力，为后续复杂机械零部件成图能力培养以及有关数字化产品的仿真、3D打印、虚拟样机创建、结构优化、逆向工程等奠定理论和实践基础。

二、课程目标

本课程有3个课程目标，具体如下：

目标1：能够使用三维建模软件，采取合理的建模策略完成复杂形体参数化特征实体建模。

目标2：能够运用投影理论，根据复杂形体的已知视图以三维实体建模方式生成投影。

目标3：能够选用合理的表达方案并遵守制图规范，基于模型驱动完成机械零件二维工程图。

各课程目标对毕业要求的支撑关系见下表：

课程目标	**毕业要求**
课程目标1	5. 使用现代工具：能够针对复杂工程问题，开发、选择与使用恰当的技术、资源、现代工程工具和信息技术工具，包括对复杂工程问题的预测与模拟，并能够理解其局限性。
课程目标2	1. 工程知识：能够将数学、自然科学、计算、工程基础和专业知识用于解决复杂工程问题。
课程目标3	

三、教学内容

知识单元	对应课程目标	学习成果	教学内容（含思政点）	课程目标达成方式	学时分配
0. 课程教学大纲解读	—	1. 知晓本课程预期达成的能力目标； 2. 知晓本课程的教学内容、课程目标评价方式及占分比例、评价标准。	1. 课程目标及对毕业要求的支撑关系； 2. 支撑课程目标达成的各单元教学内容、学习任务、课程目标评价方式及占分比例、评价标准等。	1. 教学活动：课堂讲授。	理论1学时
1. 三维实体建模	课程目标1	1. 能够配置三维建模软件基础环境； 2. 能够绘制具有几何约束和尺寸约束的草图； 3. 能够使用各类特征工具创建三维实体； 4. 能够根据机械产品结构特点制定合理的建模策略。	1. 三维建模软件环境设置基础知识； 2. 草图创建方法：几何图元绘制[a]、几何特征编辑、尺寸约束和几何约束；草图绘制规范； 3. 基本特征创建方法：拉伸、旋转、扫描、放样的凸台（基体）特征与切除特征； 4. 自定义基准的特征创建方法[d]； 5. 高级特征创建方法：细节修饰特征、批量复制特征、布尔运算特征[b]； 6. 三维特征建模的规范。 思政点：化繁为简，工作和生活的智慧。	1. 教学活动：软件实操演示、典型形体建模案例讲解、建模方案分组讨论、数字化资源自主导学等。 2. 学习任务：基本形体、复杂形体三维建模练习。	理论11学时
2. 组合体三视图生成与读图	课程目标2	1. 能够在三视图生成时严格遵守国家标准规定； 2. 能够依据正投影规则，由三维实体建模生成三视图； 3. 能够根据投影规律识别点、线、面在立体表面与三视图中的投影对应关系； 4. 能够根据组合体的已知视图读出其结构形状并完成三维实体建模； 5. 能够对组合体三视图规范、完整、合理标注尺寸。	1. 国家标准有关工程图的规定； 2. 三视图形成及其投影规律、三维实体模型生成三视图的方法； 3. 基本立体的投影分析； 4. 截切体、相贯体的投影分析； 5. 组合体三视图的读图[c]； 6. 组合体三视图的尺寸标注。 思政点：没有规矩不能成方圆。	1. 教学活动：软件实操演示、典型案例讲解等。 2. 学习任务：国家标准工程图环境配置，三视图读图和成图练习。	理论14学时
3. 轴测图	课程目标2	1. 能够根据轴测投影规则，由三维实体模型生成轴测图。	1. 轴测图的基础知识； 2. 三维实体模型生成轴测图的方法。 思政点：艺术与技术结合，视角之美	1. 教学活动：软件实操演示、典型案例讲解等。 2.学习任务：轴测图成图练习。	理论2学时
4. 机件表达	课程目标3	1. 能够通过三维实体模型创建不同的视图。 2. 能够针对机件结构特点采用合理的图样表达方法。	1. 视图的常用表达方法：基本视图、向视图、局部视图、斜视图； 2. 剖视图和断面图的表达方法。 3. 三维实体模型创建各种视图的方法。 思政点：技术语言的沟通技巧，追求完美。	1. 教学活动：典型机件表达案例讲解、机件表达方案分组讨论等。 2.训练任务：机件表达练习。	理论12学时

注：a 草图几何图元绘制对应传统制图中正多边形、斜度、锥度、圆弧连接的画法；
b 布尔运算特征对应传统制图的形体分析法，组合体构形的实体几何构造法（CSG法），即体素交并差集合的布尔运算。
c 组合体三视图读图区别于传统制图，是根据已知视图三维实体建模，然后生成所需的基本视图。
d 自定义基准特征涉及到点、线、面的基础知识，本质上是通过数字化换面用于具有倾斜结构的形体建模。

四、课程目标达成的评价方式及评价标准

（一）评价方式及成绩比例

对各课程目标的终结性评价统一采用以上机开卷方式的期末考试，具体见下表：

课程目标	评价方式及比例（%）	成绩比例（%）
	期末考试	
课程目标1	40	40
课程目标2	30	30
课程目标3	30	30
合计	100	100

课程形成性评价应包括考勤、课后作业、三维建模阶段测试，鼓励拓展支持持续改进的多元形成性评价举措，促进学生学习进阶和学业帮扶。形成性评价的记录仅用于学情诊断，不直接参与课程总评成绩的评定，在教学过程的形成性评价中，学生出现以下任一情况时，有权取消终结性评价资格：

1. 累计缺勤达总授课次数1/3及以上或无故缺勤3次。

2. 课后作业完成不足布置总量1/3，或作业抄袭累计3次。

3. 三维建模阶段测试成绩低于50分（百分制）。

（二）评价标准

1. 期末考试评价标准

课程目标	考核依据	评价标准				权重（%）
		优（90-100分）	良（7 5-89分）	及格（60-74分）	不及格（0-59分）	
课程目标1	①三维实体模型源文件； ②完整特征树截图； ③核心草图约束截图； ④配套评分细则。	①模型结构形状正确； ②建模策略正确；③草图尺寸约束和几何约束正确； ④几何拓扑完整。	①模型结构形状有少量错误； ②建模策略基本正确； ③草图尺寸约束和几何约束基本正确； ④几何拓扑整体完好，但有少量瑕疵。	①模型结构形状有较多错误； ②建模策略错误较多； ③草图尺寸约束和几何约束错误较多； ④主体实体有效但几何拓扑破损较多。	①模型结构形状错误很多； ②建模策略错误很多； ③草图尺寸约束和几何约束错误很多； ④几何拓扑有很多破损或实体失效。	40
课程目标2	①三视图； ②配套评分细则。	①视图投影正确； ②视图无漏线或多线，线型规范； ③尺寸标注合理、规范、完整。	①视图投影大体正确； ②视图存在少量漏线或多线，线型较规范； ③尺寸标注较合理规范，存在少量漏注或重复注。	①视图投影错误较多； ②视图存在较多漏线或多线，线型规范性较差； ③尺寸标注欠合理，规范性较差，存在较多漏注或重复注。	①视图投影错误很多； ②视图存在很多漏线或多线，线型规范性较差； ③尺寸标注不合理，规范性很差，存在较多漏注或重复注。	30

课程目标3	①机件表达方案视图； ②配套评分细则。	①视图表达方案合理； ②视图投影正确； ③视图无漏线或多线，线型规范； ④视图标记规范完整。	①视图表达方案尚可； ②视图投影大体正确； ③视图存在少量漏线或多线，线型较规范； ④视图标记较规范、有少量漏标。	①视图表达方案欠妥； ②视图投影错误较少； ③视图存在较多漏线或多线，线型规范性较差； ④视图标记规范性较差、有较多漏标。	①视图表达方案失当； ②视图投影错误较多； ③视图存在很多漏线或多线，线型规范性很差； ④视图标记规范性很差、有很多漏标。	30

注：1. 三维实体建模源文件保存为兼容版本，格式为stp/step；上机测试的三视图和机件表达方案图的文件保存为pdf格式；所有文件均应规范命名。

2. 特征树截图应对左侧特征管理树和绘图区模型视图全屏截取，清晰显示第一个基准（基准面 / 基准轴 / 原点）；完整展示草图以及全部特征从上到下创建顺序；若较复杂形体，按照基准创建、主体草图主体特征、局部细节特征分阶段截图。

3. 要求截取 1~2 张核心草图界面，清晰显示尺寸约束、几何约束，辅助判断草图约束规范性。

五、推荐教材和教学参考资源

（一）建议教材

1 高俊亭，毕万全，马全明. 工程制图. 北京：高等教育出版社，2015.

2. 大连理工大学工程图教研室编. 机械制图. 北京：高等教育出版社，2013.

3. 续单, 许睦旬主编. 三维建模与工程制图. 北京：机械工业出版社，2023.

4 高俊亭，毕万全，马全明. 工程制图习题册. 北京：高等教育出版社，2015.

（二）主要参考书及学习资源

1. 大连理工大学工程图教研室编. 画法几何习题册. 北京：高等教育出版社，2011.

2. 大连理工大学工程图教研室编. 机械制图习题册. 北京：高等教育出版社，2013.

3. 中华人民共和国国家标准：技术制图与机械制图（以最新版为准）

4. 彭晓兰主编.《机械制图与CAD基础》（第3版）. 北京：高等教育出版社，2014.

5. 三维 CAD 官方帮助文档、模型驱动数字化制图线上实训平台.

大纲修订人签字：　　修订日期:2026年6月

大纲审定人签字：　　审定日期:2026 年8月

《实验室安全教育（机电类）》课程教学大纲

课程名称	实验室安全教育（机电类）		
	Laboratory Safety Education（Mechatronics）		
课程代码	10913501	**课程性质**	专业必修课程
课程类别	专业基础课程	**先修课程**	无
学分/学时	1学分/16学时	**理论学时/实验学时**	16学时/0学时
适用专业	机械设计制造及其自动化、农业机械化及其自动化、工业工程、无人驾驶航空器系统工程、电子信息工程	**开课单位**	机械电气工程学院
课程负责人	莫小明、李明睿、李宏伟	**审定日期**	2026年8月

一、课程简介

《实验室安全教育》是机电类相关工科专业本科生开设的一门专业必修课，是该专业学生进入相关实验室进行实验的先修课。其内容主要包括实验室的消防安全、电气安全、机械设备与实验仪器安全、实验室网络信息安全等内容，涵盖了实验室安全教育与管理、实验室安全基本知识、仪器设备安全知识以及实验室安全事故预防等方面内容。通过本课程的学习，使学生了解实验室安全相关法规、安全基本知识以及安全预防措施，树立良好的安全意识，养成良好的职业习惯，为后续实验、实习、实训等实践类课程的学习打下良好的安全基础。

二、课程目标

本课程有3个课程目标，具体如下：

目标1：了解实验室水、电、火及电气设备等安全使用知识及相关实验室安全管理法规，自觉遵守实验室安全法规，具有发现、预防和规避实验室安全风险和事故的能力。

目标2：了解常见机械设备、实验仪器等安全使用知识及相关实验室安全管理法规，自觉遵守实验室安全法规，具有发现、预防和规避实验室安全风险和事故的能力。

目标3：了解机房网络信息等安全使用知识及相关实验室安全管理法规，自觉遵守实验室安全法规，具有发现、预防和规避实验室安全风险和事故的能力。

各课程目标对毕业要求的支撑关系见下表：

课程目标	**毕业要求**
课程目标1	8. 职业规范：能够针对工程实践活动，恪守职业道德规范，理解工程师对公众安全、健康、福祉及环境保护的社会责任，并自觉履行相应责任，建立工程技术社会价值认知。
课程目标2	
课程目标3	

三、教学内容

知识单元	对应课程目标	学习成果	教学内容（含思政点）	课程目标达成方式	学时分配
0. 绪论及实验室安全法规	—	1.了解实验室安全的基本内涵、基本内容以及常见安全事故的类型。 2.熟悉实验室安全的相关法规。	1.教学大纲解读 2.实验室安全的基本内涵、基本内容及意义。 3.实验室常见安全事故的类型及原因。 4.实验室安全相关法规、制度等。 思政点：以人为本的实验室安全理念	1. 教学活动：课堂讲授。 2. 学习任务：课堂测试。	理论2学时
1. 实验室消防安全	课程目标1	1.了解实验室常见火灾起因、灭火方法。 2.了解实验室常用灭火器材及适用场景。 3.掌握初期火灾救护及报警，火场逃生与自救方法。	1.实验室火灾原因及相关案例。 2.灭火常识及技术。 3.火灾逃生与自救。 4.实验室用水及其他安全。	1. 教学活动：课堂讲授或多媒体教学、案例分析。 2. 学习任务：课堂测试。	理论2学时
2. 实验室电气安全	课程目标2	1.了解安全用电基本知识。 2.了解实验室常见电气事故特点、类型及防护。 3.掌握避电气危害的一般途径，养成良好用电习惯。	1.实验室安全用电常识。 2.实验室电气事故特点、类型及防护。 3.典型电气事故案例分析。 思政点:节约用电，人人有责	1. 教学活动：课堂讲授或多媒体教学、案例分析。 2. 学习任务：课堂测试。	理论4学时
3. 机械与实验仪器设备安全	课程目标2	1.了解常械设备和实验仪器设备的危害类型和安全使用规定。 2.了解避免机械危害的一般途径，树立良好安全意识，养成良好使用习惯。	1.常见机械设备使用安全。 2.特种设备使用安全。 3.常见实验仪器设备使用安全。	1. 教学活动：课堂讲授或多媒体教学、案例分析。 2. 学习任务：课堂测试。	理论4学时
4. 网络信息安全	课程目标3	1.了解基本的网络的拓扑结构，终端设备，常见的攻击手段和技术防御措施。 2.了解网络中的不良因素，产生的危害及自我防范措施。	1.网络信息安全中技术层面的防御。 2.面对网络中不安全信息的主动认知与防范。 **思政点：当代大学生如何增强网络安全防范意识，树立正确的网络观。**	1. 教学活动：课堂讲授、课堂讨论。 2. 学习任务：课堂测试。	理论2学时
5. 机电类实验室安全案例教学	课程目标1、2、3	1.了解机电类实验室的基本情况。 2.能够发现或预测实验室和实验项目的安全风险源、风险点，并严格遵守相关制度， 采取有效措施，避免安全事故发生。	1.机电学院实验室基本情况。 2.实验室危险源与实验风险点及防范措施。 3.实验室注意事项。	1. 教学活动：参观现场或多媒体教学。 2. 学习任务：课堂互动、课堂测试。	理论2学时

四、课程目标达成的评价方式及评价标准

（一）评价方式及成绩比例

课程成绩由3次阶段测试成绩构成， 3次阶段测试成绩分别占总成绩的40%、40%和20%。每缺勤1次，在总成绩上进行扣减5分，累计缺勤3次学生，取消该课程成绩评定。课堂表现在课程总评成绩进行适度加分，最多加5分。考勤和课堂表现不参与课程目标达成的评价。具体见下表：

课程目标	评价方式及比例（%）			成绩比例（%）
	阶段测试1	阶段测试2	阶段测试3	
课程目标1	40			40
课程目标2		40		40
课程目标3			20	20
合计	40	40	20	100

（二）评价标准

课程目标	考核依据	评价标准				权重（%）
		优（90-100分）	良（7 5-89分）	及格（60-74分）	不及格（0-59分）	
课程目标1	考查学生对实验室水、电、火及电气设备的安全使用知识及相关实验室安全管理法规等知识的掌握情况，以及发现、预防和规避实验室安全风险和事故的能力。	相关安全使用知识及安全管理法规等作答正确。发现安全隐患或危险源的数量和种类很多，问题描述准确，能够提出科学合理、操作可行的防范措施和建议。	相关安全使用知识及安全管理法规等作答存在较少错误。发现安全隐患或危险源的数量和种类较多，问题描述比较准确，能够提出比较合理、可行的防范措施和整改意见。	相关安全使用知识及安全管理法规等作答存在较多错误。发现安全隐患或危险源的数量和种类较少，问题描述基本准确，能够提出基本合理的防范措施和整改意见。	相关安全使用知识及安全管理法规等作答存在很多错误。发现安全隐患或危险源的数量和种类很少，对问题的描述不准确或无法描述，不能提出合理的防范措施和整改意见。	40
课程目标2	考查学生对常见机械设备、实验仪器等安全使用知识及相关实验室安全管理法规等知识的掌握情况，以及发现、预防和规避实验室安全风险和事故的能力。					40
课程目标3	考查学生对机房网络信息等安全使用知识及相关实验室安全管理法规等知识的掌握情况，以及发现、预防和规避实验室安全风险和事故的能力。					20

五、推荐教材和教学参考资源

（一）建议教材

1. 胡洪超，黄雪，舒绪刚．实验室安全教程（第 2 版）．北京：化学工业出版社，2024.

（二）主要参考书及学习资源

1. 姜忠良，齐龙浩，马丽云，何兰英，殷宏斌，王殿宝．实验室安全基础（第 2 版）．北京：清华大学出版社，2025.

2. 公衍生，龚成，王赟，韩涛．高校实验室安全通识教育．武汉：中国地质大学出版社，2024.

3. 李文杰．高校实验室安全基础教程．北京：化学工业出版社，2024.

大纲修订人签字：　　修订日期： 2026年06月

大纲审定人签字：　　审定日期： 2026年08月

《电路分析基础》课程教学大纲

课程名称	电路分析基础		
	Fundamentals of Circuit Analysis		
课程代码	10913400	**课程性质**	必修
课程类别	专业基础课程	**先修课程**	高等数学
学分/学时	**3.5学分/56学时**	**理论学时/实验学时**	**48学时/8学时**
适用专业	电子信息工程 无人驾驶航空器系统工程	**开课单位**	机械电气工程学院
课程负责人	岑红蕾	**审定日期**	2026年08月

一、课程简介

本课程是高等学校电气信息类专业一门重要的专业基础课，以分析电路中的电磁现象、研究电路的基本规律及电路的分析方法为主要内容，课程内容具有体系严密、逻辑性强、与工程实践紧密相关的特点。通过本课程的学习，使学生掌握电路的基本概念、基本理论、分析计算电路的基本方法和初步的实验技能，建立工程问题电路模型的一般方法，为后续模拟电子技术、数字电子技术、高频电子线路等课程的学习准备必要的电路知识。本课程的教学，对培养学生树立理论联系实际的工程观点和严肃认真的科学作风，提高学生分析问题解决问题与知识的综合运用能力，以及基础理论与工程问题结合的抽象逻辑思维能力和加强基本技能训练等方面起着重要的作用。

二、课程目标

本课程有3个课程目标，具体如下：

目标1：理解线性电路的基础理论知识，具备表述一般线性电阻电路、动态电路、正弦稳态电路的能力。

目标2：利用电路的基本分析方法，进行线性电路的识别、分析和计算。

各课程目标对毕业要求的支撑关系见下表：

课程目标	**毕业要求**
课程目标1	1.工程知识：能够将数学、自然科学、计算、工程基础和专业知识用于解决复杂工程问题。
课程目标2	2. 问题分析：能够应用数学、自然科学和工程科学的基本原理/第一性原理，识别、表达并通过文献研究分析复杂工程问题，综合考虑可持续发展的要求，以获得有效结论。

三、教学内容

知识单元	对应课程目标	学习成果	教学内容	课程目标达成方式	学时分配
1．电路基本概念与基本定律	课程目标1	1.了解电路模型及理想电路元件的意义； 2.理解电压、电流参考方向的意义以及独立电源、受控源的概念； 3.理解并掌握KCL、KVL； 4.引导学生关注兵团发展，珍惜老一辈艰苦奋斗的成果。	1.教学大纲解读 2.实际电路与电路模型；线性元件与非线性元件的概念；电路的基本变量；电压、电流的参考方向； 3.电路元件伏安关系及功率的计算； 4.基尔霍夫电流定律、基尔霍夫电压定律；	1.教学活动：课堂讲授、多媒体教学、网络辅助教学、课堂讨论、 2.学习任务：课程作业、阶段测试	理论6 +实验2学时
2．电路分析方法	课程目标1、2	1．掌握电阻的串联和并联，输入电阻和等效电阻概念及计算； 2．掌握实际电流源与实际电压源的等效变换； 3．掌握回路（网孔）电流法、结点电压法分析电路的方法； 4.辩证考虑对内和对外的逻辑关系。	1．电阻、电压源、电流源的串、并联和混联电路的计算； 2．实际电压源、电流源的电路模型及其等效变换； 3．运用等效变换分析含受控源电路；输入电阻计算； 4．支路电流法；网孔电流法；回路电流法；结点电压法。	1.教学活动：课堂讲授、多媒体教学、网络辅助教学、课堂讨论、 2.学习任务：课程作业	理论 12学时
3．电路定理	课程目标1、2	1.掌握叠加定理及应用； 2.掌握戴维南定理、诺顿定理及其应用。	1． 叠加定理；替代定理； 2． 戴维南定理和诺顿定理及最大传输功率。	1.教学活动：课堂讲授、课堂讨论、 2.学习任务：课程作业、阶段测试	理论4+实验4学时
4．一阶电路和二阶电路的时域分析	课程目标1、2	1．掌握动态元件定义及VCR特性；理解动态元件的连接方式； 2．理解零输入响应、零状态响应、暂态响应和稳态响应的含义；掌握一阶电路全响应分析的三要素法。	1.电容元件、电感元件的伏安特性 2.一阶电路的初始条件，换路定则，引导学生认识变化规律、能量积累的过程，厚积才能薄发； 3．零输入响应，时间常数；零状态响应；全响应，一阶电路的三要素分析法。	1.教学活动：课堂讲授、多媒体教学、网络辅助教学、课堂讨论、 2.学习任务：课程作业	理论 8学时

5．正弦稳态电路的分析	课程目标1、2	1．掌握正弦量的各种表示方法及相互间的转换关系；掌握元件伏安关系的相量表示及基尔霍夫定律的相量表示；运用相量法分析正弦稳态电路； 2．掌握正弦电路的平均功率、无功功率、视在功率和复功率的计算；理解提高功率因数的意义和基本方法；掌握最大功率传输定理。	1．复数表示及运算；正弦量的三要素，有效值和相位差的概念；正弦量的相量； 2．电路元件方程的相量表示；电路定律的相量形式； 3．阻抗和导纳的概念，阻抗串并联电路的计算；相量图；正弦稳态电路的相量分析法； 4．正弦稳态电路的功率，有功、无功、视在功率；复功率的概念和计算，功率因数及其提高；最大功率传输条件。	1.教学活动：课堂讲授、多媒体教学、网络辅助教学、课堂讨论、 2.学习任务：课程作业、阶段测试	理论12+实验2学时
6.含有耦合电感的电路	课程目标1、2	1.掌握耦合电感元件的伏安关系和作用；掌握含有耦合电感电路的计算；了解耦合电感的功率； 2.掌握空心变压器及反映阻抗的概念；掌握理想变压器伏安关系及变换阻抗作用。	1.互感的物理含义； 2.有耦合电感电路的计算； 3.耦合电感的功率； 4.变压器原理；理想变压器。	1.教学活动：课堂讲授、多媒体教学、网络辅助教学、课堂讨论、 2.学习任务：课程作业	理论6学时

四、课程目标达成的评价方式及评价标准

（一）评价方式及成绩比例

课程成绩包括2个部分，分别为阶段测试、期末考试。具体见下表：

课程目标	评价方式及比例（%）		成绩比例（%）
	阶段测试	期末考试	
课程目标1	28	18	46
课程目标2	12	42	54
合计	40	60	100

注：随机点名三次不到者，不允许参加期末考试；三次不交作业者，不允许参加期末考试。

（二）评价标准

1.阶段测试评价标准

课程目标	考核依据	评价标准				权重（%）
		优（90-100分）	良（75-89分）	中/及格（60-74分）	不及格（0-59分）	
课程目标1	线性电路相关概念；线性电路基础知识。	直流电路，交流电路，稳态电路，动态电路相关内容回答准确。	直流电路，交流电路，稳态电路，动态电路相关内容回答基本准确。	直流电路，交流电路，稳态电路，动态电路相关内容回答存在部分错误。	直流电路，交流电路，稳态电路，动态电路相关内容回答错误较多，没有达到要求。	28
课程目标2	电路分析和计算的能力	计算方法简便且数学方法应用熟练，选用的电路定理恰当，计算结果正确。	计算方法较简便且数学方法应用较熟练，选用的电路定理和计算结果基本正确。	计算方法不够简便且数学方法应用不够熟练，选用的电路定理和计算结果存在部分错误。	计算方法复杂且数学方法应用不熟练，选用的电路定理和计算结果错误。	13

2．期末考试评价标准

课程目标	考核依据	评价标准				权重（%）
		优（90-100分）	良（75-89分）	中/及格（60-74分）	不及格（0-59分）	
课程目标1	线性电路相关概念；线性电路基础知识。	直流电路，交流电路，稳态电路，动态电路相关内容回答准确。	直流电路，交流电路，稳态电路，动态电路相关内容回答基本准确。	直流电路，交流电路，稳态电路，动态电路相关内容回答存在部分错误。	直流电路，交流电路，稳态电路，动态电路相关内容回答错误较多，没有达到要求。	18
课程目标2	电路分析和计算的能力	计算方法简便且数学方法应用熟练，选用的电路定理恰当，计算结果正确。	计算方法较简便且数学方法应用较熟练，选用的电路定理和计算结果基本正确。	计算方法不够简便且数学方法应用不够熟练，选用的电路定理和计算结果存在部分错误。	计算方法复杂且数学方法应用不熟练，选用的电路定理和计算结果错误。	42

五、推荐教材和教学参考资源

（一）建议教材

1.建议教材：邱关源 罗先觉.《电路》（第五版），北京：高等教育出版社

2. 刘玉成，《电路原理实验教程》，清华大学出版社，2018

（二）主要参考书及学习资源

1. 主要参考书：李瀚荪《电路分析基础》，北京：高等教育出版社

2. 李玉东，《电路实验教程》，煤炭工业出版社，2017

3. 张志立，《电路实验与实践教程》，电子工业出版社，2016

4. https://www.icourse163.org/course/XJTU-47024，中国大学MOOC

5. https://www.mosoteach.cn/web/index.php?c=clazzcourse&m=index，蓝墨云班课实验预习网站

六、附表

序号	实验（上机实训）项目名称	实验性质	开出要求	学时
1	元件伏安特性测量	验证性	必修，2-3人/组	2
2	基尔霍夫定律与叠加定理	验证性	必修，2-3人/组	3
3	戴维南与诺顿定理	综合性	必修，2-3人/组	3
4	单相交流电路分析	综合性	必修，2-3人/组	3

大纲修订人签字：　　修订日期：2026年06月

大纲审定人签字：　　审定日期：2026年08月

《电子技术》课程教学大纲

课程名称	电子技术		
	Electronic Technology		
课程代码	20913506	**课程性质**	专业教育课程
课程类别	专业核心课程	**先修课程**	大学物理、电路分析基础
学分/学时	3.5学分/56学时	**理论学时/实验学时**	56学时
适用专业	无人机专业	**开课单位**	机械电气工程学院
课程负责人	任玲	**审定日期**	2026年8月

一、课程简介

“电子技术”是电气信息类及相关工科专业必修的专业基础课程，在专业课程体系中占据核心地位。本课程的先修课程为“高等数学”、“大学物理”及“电路分析”，系统讲授模拟电路与数字电路的基本理论、分析方法和工程应用，旨在培养学生对电子电路的分析、设计与调试能力。通过课程学习，学生将建立起扎实的电子技术知识体系，并形成运用电子技术解决实际工程问题的思维方式。本课程不仅为学生后续学习“通信原理”、“自动控制原理”、“嵌入式系统设计”等专业核心课程提供必备的理论基础，更为学生未来从事电子系统设计、信号处理、智能控制等领域的工程技术工作及科学研究奠定坚实的专业根基。

二、课程目标

本课程有3个课程目标，具体如下：

目标1：学生能够认识、区分、厘清电子电路基础知识与核心概念，解释放大电路、集成运放、组合电路、时序电路等原理规律。

目标2：学生能够理解放大电路、集成运放的分析过程，运用数学方法推导相关工作参数，并对参数进行分析和计算；推演组合电路和时序电路的工作波形，并判断电路工作的状况。

目标3：学生能够根据工程种的电路设计要求，明确设计任务、设计电路模块，完成相应设计功能。

各课程目标对毕业要求的支撑关系见下表：

课程目标	**毕业要求**
课程目标1	1.工程知识：能够将数学、自然科学、计算、工程基础和专业知识用于解决复杂工程问题。
课程目标2	2. 问题分析：能够应用数学、自然科学和工程科学的基本原理，识别、表达并通过文献研究分析复杂工程问题，综合考虑可持续发展的要求，以获得有效结论。
课程目标3	3. 设计/开发解决方案： 能够针对复杂工程问题设计和开发解决方案，设计满足特定需求的系统、单元（部件）或工艺流程，体现创新性，并从健康、安全与环境、全生命周期成本与净零碳要求、法律与伦理、社会与文化等角度考虑可行性。

三、教学内容

知识单元	对应课程目标	学习成果	教学内容	课程目标达成方式	学时分配
半导体基础知识	课程目标1	1、掌握半导体材料的特性，能够表述PN节形成过程 2、能够判断二极管的工作状态 3、能够表述三极管的工作过程，区分三极管的三个工作区	1、大纲解读 2、半导体基础知识 3、半导体二极管 4、半导体三级管	1.教学活动：课堂讲授、多媒体教学、网络辅助教学、课堂讨论、 2.学习任务：课程作业、阶段测试	6
放大电路基础	课程目标1、2	1、能够表述放大电路组成的要素 2、推导放大电路静态分析的数学表述 3、推导并解释动态参数 4、区分不同组态放大电路的参数及工作特点	1、基本放大电路组成 2、放大电路静态分析 3、放大电路动态分析 4、不同组态放大电路	1.教学活动：课堂讲授、多媒体教学、网络辅助教学、课堂讨论、 2.学习任务：课程作业、阶段测试	10
集成运算放大器和电源	课程目标1、2	1、表述集成运算放大器的组成要素 2、区分运算放大器的工作区域 3、推导各种运算电路和比较电路的数学表达 4、阐述信号产生电路的原理 5、分析直流稳压电路的参数	1、集成运算放大器 2、信号运算电路 3、信号比较和产生电路 4、负反馈放大电路 5、直流稳压电源	1.教学活动：课堂讲授、多媒体教学、网络辅助教学、课堂讨论、 2.学习任务：课程作业、阶段测试	10
数字逻辑基础	课程目标1、2	1.描述基本逻辑运算、逻辑函数的概念及逻辑问题； 2.转换逻辑函数的常用描述方法； 3.化简逻辑函数； 4.建立逻辑思维，培养严谨的工程态度。	1.数制与码制 2.逻辑代数的基本运算、公式和基本定理 3.逻辑函数及其描述方法 4.逻辑函数的化简	1.教学活动：课堂讲授、多媒体教学、网络辅助教学、课堂讨论、 2.学习任务：课程作业、阶段测试	8

门电路与组合逻辑电路	课程目标2、3	1.表述各种常用逻辑门电路的电路结构和逻辑功能； 2.区分各种逻辑门电路的电气特性（特别是输入特性和输出特性），明确其使用方法； 3设计组合逻辑电路 4.表述常用组合逻辑电路的工作原理； 5.树立理论联系实际和全面发展的观点。	1.逻辑门电路 2.组合逻辑电路的分析 3.组合逻辑电路的设计 4.若干常用的组合逻辑电路模块	1.教学活动：课堂讲授、多媒体教学、网络辅助教学、课堂讨论 2.学习任务：课程作业、阶段测试	10
触发器与时序逻辑电路	课程目标2、3	1.表述触发器的逻辑功能及其工作原理； 2.明确时序逻辑电路的特点、典型电路的工作原理、区分使用方法； 3. 设计时序逻辑电路； 4. 树立工程思维，培育工匠精神。	1.双稳态触发器 2.时序逻辑电路的分析方法 3.同步时序逻辑电路的设计方法 4.寄存器和移位寄存器 5.计数器	1.教学活动：课堂讲授、多媒体教学、网络辅助教学、课堂讨论 2.学习任务：课程作业、阶段测试	12

四、课程目标达成的评价方式及评价标准

（一）评价方式及成绩比例

课程成绩包括2个部分，分别为阶段测试、期末闭卷考试。具体见下表：

课程目标	评价方式及比例（%）		成绩比例（%）
	阶段测试	期末考试	
课程目标1	20		20
课程目标2	20	30	50
课程目标3		30	30
合计	40	60	100

注：1.平时作业作为形成性评价，不计入课程成绩，累计缺三次作业的学生，不得参加该课程的结课考试；

2.累计缺勤三次的学生，不得参加该课程的结课考试。

（二）评价标准

1. 阶段测试评价标准

课程目标	考核依据	评价标准				权重（%）
		优（90-100分）	良（75-89分）	中/及格（60-74分）	不及格（0-59分）	
课程目标1	考查半导体基础知识、二极管、三极管及门电路合触发器的分析方法的掌握	电路逻辑图形符号使用及标注准确，逻辑运算准确；电路分析步骤合理，分析结果正确。	电路逻辑图形符号使用及标注基本准确，逻辑运算基本正确；电路分析步骤较合理，分析结果基本正确。	电路逻辑图形符号使用及标注错误较多，逻辑运算错误较多；电路分析步骤不够合理，分析结果错误较多。	电路逻辑图形符号使用及标注错误很多，逻辑运算错误很多；缺少电路分析步骤，分析结果错误很多。	20
课程目标2	考查放大电路、运算放大器及组合逻辑电路和时序逻辑电路的分析方法	电路单元模块设计步骤和方法正确，电气原理图绘制规范。	电路单元模块设计步骤和方法基本正确，电气原理图绘制较规范。	电路单元模块设计步骤和方法错误较多，电气原理图绘制不规范之处较多。	电路单元模块设计步骤和方法错误很多，电气原理图绘制完全不规范。	20

2．期末考试评价标准

课程目标	考核依据	评价标准				权重（%）
		优（90-100分）	良（75-89分）	中/及格（60-74分）	不及格（0-59分）	
课程目标2	考查放大电路、集成运放组合逻辑电路和时序逻辑电路的分析方法	电路符号使用及标注准确，运算准确；电路分析步骤合理，分析结果正确。	电路符号使用及标注较为准确，运算较为准确；电路分析步骤较为合理，分析结果较为正确。	电路符号使用及标注基本准确，运算基本准确；电路分析步骤基本合理，分析结果基本正确。	电路符号使用及标注不够准确，运算不够准确；电路分析步骤不够合理，分析结果不够正确。	30
课程目标3	考查放大电路、组合逻辑电路和时序逻辑电路的设计方法的掌握	电路单元模块设计步骤和方法正确，电气原理图绘制规范。	电路单元模块设计步骤和方法基本正确，电气原理图绘制较规范。	电路单元模块设计步骤和方法错误较多，电气原理图绘制不规范之处较多。	电路单元模块设计步骤和方法错误很多，电气原理图绘制完全不规范。	30

五、推荐教材和教学参考资源

（一）建议教材

1. 阎石.《数字电子技术基础》（第六版）.北京：高等教育出版社，2016年出版

2.秦增煌《电工学》下册，（第七版）北京：高等教育出版社，2020年出版

（二）主要参考书及学习资源

1. 康华光.《电子技术基础》 数字部分 （第四版）.北京：高等教育出版社， 2016年出版

2. 阎石 王红.《数字电子技术基础（第六版）学习辅导与习题解答》.北京：高等教育出版社，2016年出版

大纲修订人签字：　　修订日期：　2026年6月

大纲审定人签字：　　审定日期：　2026年8月

《电子技术实验》课程教学大纲

课程名称	电子技术实验		
	Experiment of Electronic Technology		
课程代码	20913507	**课程性质**	专业教育课程
课程类别	专业基础课程	**先修课程**	模拟电子技术、数字电子技术、电路分析基础
学分/学时	2学分/32学时		
适用专业	电子信息工程、无人驾驶航空器系统工程	**开课单位**	机械电气工程学院
课程负责人	任玲	**审定日期**	2026年08月

一、课程简介

“电子技术实验”是电气信息类及相关工科专业的一门独立开设的专业基础实践课程，本课程旨在将“模拟电子技术”、“数字电子技术”等理论课程知识付诸实践，通过系统的实验训练，帮助学生巩固和加深对电子技术基本理论的理解，熟练掌握常用电子仪器使用、电路搭建、调试与故障排查等基本技能。课程注重培养学生严谨的科学作风、工程实践能力和创新意识，引导学生逐步形成运用理论知识分析并解决实际工程问题的思维方式，为学生后续学习“通信电子电路”、“微机原理与接口技术”等专业课程，乃至未来从事工程技术工作与科学研究筑牢坚实的实践基础。

课程内容涵盖模拟与数字电子技术两大模块，从基础仪器使用、单元电路验证，到综合性、设计性实验，并引入EDA仿真，使学生掌握从电路设计、仿真到硬件实现的完整流程。本课程的先修课程为“电路分析基础”、“模拟电子技术”、“数字电子技术”。

二、课程目标

本课程有2个课程目标，具体如下：

目标1：学生能够根据实验要求，设计实验电路，连接实验电路，安全开展实验。能够运用实验仪器对实验数据进行测量和数据采集。

目标2：学生能够运用仿真软件选择元器件、绘制电路图，并进行电路设计、仿真和调试。能够对实验数据进行分析和修正。

各课程目标对毕业要求的支撑关系见下表：

课程目标	毕业要求
课程目标1	4. 研究：能够基于科学原理并采用科学方法对复杂工程问题进行研究，包括设计实验、分析与解释数据、并通过信息综合得到合理有效的结论。
课程目标2	5.使用现代工具：能够针对复杂工程问题，开发、选择与使用恰当的技术、资源、现代工程工具和信息技术工具，包括对复杂工程问题的预测与模拟，并能够理解其局限性。

三、实验教学内容

实验项目	实验类型	对应课程目标	学习成果	实验内容	课程目标达成方式	学时分配	实验性质
实验一：分立元件放大电路（单管、两级、差动）	验证性	课程目标1	1、能够正确连接实验电路 2、能够正确使用仪表对电路进行实验数据的测量 3、对实验数据进行分析、解释，通过信息综合分析放大电路的静态、动态性能；	1. 单管电压放大电路搭建、测试和分析。 2、两级放大电路搭建、测试和分析。 3、差动放大电路搭建测试和分析	1. 教学活动：小组合作、实验轮转 2. 学习任务：实验报告、	6学时	必做
实验二：集成运算放大器和电源（运算、信号处理、直流稳压电压）	综合性	课程目标1、2	1、能够正确连接实验电路， 2、能够正确使用仪表对电路进行实验数据的测量， 3、对实验数据进行分析、解释，分析总结电路的功能； 4、运用仿真工具对电路进行仿真和分析	1、信号运算电路搭建、测试和功能分析 2、直流稳压电压电路搭建和参数分析	1. 教学活动：小组合作、实验轮转 2. 学习任务：实验报告、仿真实验	4学时	必做
实验三：组合逻辑电路（门电路、加法器、编码器/译码器/数据选择器）	综合性	课程目标1、2	1、能够正确连接实验电路， 2、能够正确使用仪表对电路进行实验数据的测量， 3、对实验电路逻辑结构和功能进行分析、解释； 4、设计具有相关功能的逻辑电路，并进行功能测试 5、运用仿真工具对电路进行仿真和分析	1、门电路搭建和功能分析 2、加法器电路搭建和功能分析 3、译码器电路功能测试和电路设计 4、数据选择器功能测试和电路设计	1. 教学活动：小组合作、实验轮转 2. 学习任务：实验报告、、仿真实验	8学时	必做
实验四：时序逻辑电路（触发器及应用设计、移位寄存器、计数器	设计性	课程目标1、2	1、能够搭建实验系统，掌握触发器电路逻辑功能。 2、对电路功能进行测试，并对实验结果进行分析、解释； 3.运用仿真工具对电路进行仿真和分析	1、触发器功能测试和分析 2、运用触发器搭建计数电路 3、移位寄存器功能测试和电路设计 4、计数器功能测试和电路设计 5、数字钟电路仿真	1. 教学活动：小组合作、实验轮转 2. 学习任务：实验报告、仿真实验	12学时	必做
实验五：555定时器	综合性	课程目标1、2	1、能够设计定时器电路，搭建实验系统， 2、观察实验现象；掌握555定时器工作原理，对实验结果解释和分析 3、运用仿真工具对电路进行仿真和分析	1、555定时器功能测试和电路设计	1. 教学活动：小组合作、实验轮转 2. 学习任务：实验报告、仿真实验	2学时	必做

四、课程目标达成的评价方式及评价标准

（一）评价方式及成绩比例

课程成绩包括三个部分，分别为实验报告、仿真实验、实验测试。具体见下表：

课程目标	评价方式及比例（%）		成绩比例（%）
	仿真实验	实验测试	
课程目标1		50	50
课程目标2	50		50
合计	50	50	100

注：1. 各评价方式占分比例应按照权重设置规则（5%递进）；2. 不建议完全采用终结性的单一评价方式作为总评成绩，鼓励多元化过程考核；2. 采取的评价方式必须遵循“学生全覆盖”的公平原则；3. 采取的评价方式应确保真实有效，无法杜绝抄袭和工作强度过高的评价方式都视作不合理，不应作为评价方式；4. 考勤以及不能全覆盖的实验过程表现，都不再作为平时成绩的计算依据，对缺勤学生可直接扣减平时考核成绩；累计缺勤三次的学生，取消实验成绩评定资格。

（二）评价标准

1.实验测试评价标准

课程目标	考核依据	评价标准				权重（%）
		优（90-100分）	良（75-89分）	中/及格（60-74分）	不及格（0-59分）	
课程目标1	实验测试--考查电子技术实验装置的使用，搭建实验系统，安全开展实验的能力，实验数据采集是否准确	能够搭建实验系统，实验数据采集准确，主动排除故障，有安全保护措施。	能够搭建实验系统，有安全保护措施，但不能实验数据采集较为准确，主动排除故障。	能够搭建实验系统，实验数据采集误差较大，不能主动排除故障，无安全保护措施。	不能够搭建实验系统，实验数据采集不准确，不能主动排除故障，无安全保护措施。	50

2、仿真实验评价标准

课程目标	考核依据	评价标准				权重（%）
		优（90-100分）	良（75-89分）	中/及格（60-74分）	不及格（0-59分）	
课程目标2	仿真实验考查运用仿真工具进行电路设计和电路调试以及功能分析是否准确	能够运用仿真工具进行电路设计、元器件选择合理、电路调试准确、功能分析到位	能够较好运用仿真工具进行电路设计、元器件选择较为合理、电路调试较为准确、功能分析较为到位	基本能够运用仿真工具进行电路设计、元器件选择基本合理、电路调试基本准确、功能分析基本到位	不能够运用仿真工具进行电路设计、元器件选择不够合理、电路调试不够准确、功能分析不够到位	50

五、推荐实验教材和资源

（一）建议实验教材

1.《电子技术实验》，高等教育出版社，2011

2. 电子技术实验指导书，自编教材，2022

（二）主要参考书及学习资源

1. 韦思健《电脑辅助电路设计-MultiSIM2001电路实验与分析测量》，中国铁道出版社，2002。

2.应用电子技术教研室《电子学实验》，上海交大出版社，2002。

大纲修订人签字：任玲　　修订日期：2026年6月

大纲审定人签字：　　审定日期：2026年8月

《工程力学》课程教学大纲

课程名称	工程力学		
	Engineering Mechanics		
课程代码	21013432	**课程性质**	专业教育课程
课程类别	专业基础课程	**先修课程**	高等数学
学分/学时	3.5学分/56学时	**理论学时/实验学时**	56学时/0学时
适用专业	无人驾驶航空器系统工程	**开课单位**	水利建筑工程学院
课程负责人	吴晓	**审定日期**	2026年8月

一、课程简介

工程力学课程是无人驾驶航空器系统工程专业本科生的学科基础必修课程。本课程主要包含“理论力学”和“材料力学”两部分，前者研究物体的受力平衡和运动规律，后者研究物体在外力作用下的强度、刚度和稳定性问题。通过本课程的学习，学生应掌握基本的力学概念、能够对物体系统进行受力分析及相关计算；应掌握有关构件的强度、刚度及稳定性问题的基本理论、基本计算方法，并运用这些理论和方法进行工程设计，对工程实际问题进行力学建模、分析与计算等，为从事航空器系统工程研究奠定必要的理论基础。

二、课程目标

本课程有2个课程目标，具体如下：

目标1：掌握物体受力状态下的基础知识和基本理论，熟悉分析平衡问题、运动合成、力与运动关系的基本方法；熟练掌握在荷载作用下构件的内力、应力、变形、位移的分析和计算的基本理论，以及构件的强度、刚度、稳定性计算的基本理论。

目标2：培养学生将工程实际问题抽象简化为力学模型并进行分析计算的能力；培养学生综合应用理论力学、材料力学的基本理论，解决工程实际问题的基本能力；培养学生辩证唯物主义世界观、严谨的科学精神和精益求精的大国工匠精神。

各课程目标对毕业要求指标点的支撑关系见下表：

课程目标	毕业要求	毕业要求指标点
课程目标1	1 工程知识	指标点1.1：能将数学、自然科学、计算、工程科学理论基础知识用于表达本专业领域工程问题。
课程目标2	2 问题分析	指标点2.2：能够基于相关科学原理和数学模型方法，正确表达复杂工程问题。

三、教学内容

知识单元	对应课程目标	学习成果	教学内容	课程目标达成方式	学时分配
1、静力学的基本概念 受力图	课程目标1	1、了解工程力学研究内容； 2、理解静力学的基本概念和基本公理； 3、重点掌握对物体进行正确受力分析的方法及受力图的画法。 4、让学生树立远大理想和爱国主义情怀，树立正确的世界观、人生观、价值观，勇敢地肩负起时代赋予的光荣使命。	1、力和刚体的概念及静力学公理 2、约束和约束反力 3、物体的受力分析和受力图 古今中外一些重大工程中力学原理运用。	1、课堂教学； 2、多媒体教学并利用教学网络发布课程相关信息； 3、课程案例搜集； 4、布置作业	理论4学时
2、力系	课程目标1、2	1、掌握力在坐标轴上的投影的计算； 2、熟悉力对点之矩的概念与计算； 3、掌握力偶系的合成与平衡条件； 4、掌握任意力系的简化及简化结果； 5、掌握应用一般力系的平衡条件和平衡方程求解物体系统的平衡问题。 6、让学生树立正确的价值观，强调对待工程问题的严谨态度，培养学生敬业、精益、专注、创新等方面的“工匠精神”及职业道德、职业能力、职业品质。	1、工程中的汇交力系问题 2、力对点之矩 3、力偶与力偶系的合成与平衡 4、力的平移定理 5、一般力系向一点简化及简化结果分析 6、一般力系的平衡条件和平衡方程 7、物体系统的平衡 由力系合成与简化法则延伸至如何看待集体与个人；纪录片“大国工程”中展现的我国四项中国超级工程的实现过程	1、课堂教学； 2、多媒体教学并利用教学网络发布课程相关信息； 3、布置作业	理论10学时
3、轴向拉伸与压缩	课程目标1、2	1、理解轴向拉伸与压缩的概念； 2、重点掌握截面法、轴力与轴力图的画法； 3、掌握横截面和斜截面上的应力计算； 4、了解胡克定律及变形计算； 5、熟悉材料在拉伸与压缩时的应力应变曲线及其特征点； 6、掌握强度、刚度、稳定性概念，强度条件及其应用； 7、培养学生热爱祖国、尊重知识；培养学生不怕失败、不畏艰辛，勇于实践，敢于探索去发现真理的科学精神。	1、内力、截面法、应力及位移和应变的概念 2、轴向拉伸和压缩时的实例 3、轴向拉压时的内力、应力和变形 4、轴向拉压时时材料的力学性能 5、轴向拉伸和压缩时的强度计算 我国古代学者熟练应用“胡克定律”及“圣维南原理”发现过程。	1、课堂教学； 2、多媒体教学并利用教学网络发布课程相关信息； 3、布置作业	理论6学时

4、剪切	课程目标1	1、了解剪切、挤压概念； 2、掌握剪切和挤压的实用计算公式、能够正确判断剪切面和挤压面面积； 3、让学生感受结构之美、工程设计的自豪感，培养学生的对职业的认同和热爱。	1、工程实际中的剪切问题 2、剪切的实用计算 观察连接件实例。	1、课堂教学； 2、多媒体教学并利用教学网络发布课程相关信息； 3、课后经典习题练习，共性问题集中讲解； 4、布置作业	理论2学时
5、扭转	课程目标2	1、了解纯剪切变形、切应变、切应力互等定理及剪切胡克定律； 2、掌握圆轴扭转时横截面上的内力分析，扭矩图画法； 3、掌握圆轴扭转时的应力和强度、刚度计算，并会应用。 4、培养逻辑思维与辩证思维能力，以利于形成科学的世界观和方法论。	1、工程实际中的扭转问题及扭转时的内力 2、 薄壁圆杆的扭转 3、圆轴扭转时的应力和变形及强度和刚度计算 切应力及变形公式的推导过程	1、课堂教学； 2、多媒体教学并利用教学网络发布课程相关信息； 3、布置作业	理论2学时
6、弯曲	课程目标1、2	1、熟悉静矩、惯性矩、惯性积概念及惯性半径计算公式； 2、掌握常见平面图形的惯性矩计算、重点掌握平行移轴公式的应用； 3、掌握剪力和弯矩的计算及剪力图和弯矩图的画法； 4、掌握构件弯曲变形时横截面上正应力与切应力的计算方法、强度计算； 5、了解弯曲变形，横截面的挠度、转角及挠曲线等基本概念； 6、掌握积分法、叠加法计算梁的变形； 7、培养学生敬业、精益、专注、创新等方面的“工匠”精神，以及认真负责、踏实敬业的工作态度和严谨求实、一丝不苟的职业素养。	1、轴和主惯性矩概念及组合截面惯性矩的计算 2、弯曲变形的内力图 3、梁弯曲时的正应力、切应力和梁弯曲时的强度计算 4、梁的挠曲线近似微分方程 5、求梁的变形的积分法和叠加法 绘制内力图技能的训练，分析工程中提高材料弯曲性能的措施的意义	1、课堂教学； 2、多媒体教学并利用教学网络发布课程相关信息； 3、布置作业；	理论6学时

7、应力状态强度理论	课程目标2	1、理解应力状态、主应力和主平面的概念； 2、重点掌握用解析法分析平面应力状态下一点处的应力，主应力和最大切应力表达式； 3、了解广义胡克定律； 4、掌握常用的四种强度理论及其应用。 5、培养学生关注细节，养成细致，严谨的科学态度。	1、 应力状态的概念 2、平面应力状态 3、材料的破坏形式 4、强度理论 危险点的构件强度计算的依据（引用“千里长提，溃于蚁穴”之警句）	1、课堂教学； 2、多媒体教学并利用教学网络发布课	理论6学时
8、组合变形和压杆的稳定性	课程目标1、2	1、了解组合变形的概念和研究思路； 2、掌握组合变形计算； 3、重点掌握拉压与弯曲组合变形计算及强度分析； 4、理解压杆弹性平衡稳定性、临界压力、临界应力的概念； 5、重点掌握细长压杆的临界载荷欧拉公式； 6、掌握压杆稳定性计算、提高压杆稳定性的措施。 7、培养学生树立全面的思想，综合分析问题方法；培养学生严谨学习态度，一丝不苟工作方法。	1、弯曲与拉伸（或压缩）的组合 3、弯曲与扭转的组合 4、压杆稳定的概念及细长压杆的临界力 5、欧拉公式的适用范围中、小柔度杆的临界应力 6、压杆的稳定计算及提高压杆稳定性的措施 全面分析查找危险点，了解欧拉公式的发现历史及与压杆稳定性的关系	1、课堂教学； 2、多媒体教学并利用教学网络发布课程相关信息； 3、布置作业；	理论4学时
9、质点系的基本运动	课程目标1	1、熟练掌握矢量法，直角坐标法描述点的运动； 2、掌握用自然法描述点的运动； 3、掌握刚体平动的概念及特点； 4、熟练掌握绕转动刚体运动，速度、加速度的计算。 5、本章有很多重要公式推导，在推导过程中通过严密的数学推理，训练学生科学思维能力，传播科学，大国工匠精益求精的精神。	1、矢量法、直角坐标法、自然法 2、刚体的平行移动 3、刚体绕定轴的转动 4、转动刚体内各点的速度和加速度 通过生活中常见的案例，使学生意识到复杂的东西来源于简单，来源于积累，引导学生意识到学习本质上就是积累的过程	1、课堂教学； 2、多媒体教学并利用教学网络发布课程相关信息； 3、布置作业	理论2学时
10、点的合成运动	课程目标 1	1、理解点的合成运动，掌握三种运动的分析； 2、理解并掌握点的速度合成定理； 3、理解并掌握点的加速度合成定理。 4、通过引入体操运动员的实例，在增加知识理解的基础上，引起学生的共鸣，培养及增强学生的爱国情操。	1、点的绝对运动、相对运动和牵连运动，可以引入运动员“刘翔”的比赛案例进行相关知识点的讲解，理解“分”与“合”的概念。 2、点的速度合成定理 3、牵连平动时点的加速度合成定理	1、教学活动：课堂教学；利用网络平台发布课程信息； 2、学习任务； 3、课后作业。	理论 4 学时

11、刚体的平面运动	课程目标 1	1、理解刚体的平面运动的概念和特点； 2、掌握基点法求平面运动刚体内各点的速度； 3、理解速度瞬心的概念； 4、理解并熟练掌握用速度瞬心法求平面图形内任一点的速度； 5、理解并熟练掌握基点法求平面运动刚体上任一点的加速度； 6、引入本章节知识点在古代发明中的具体应用，使学生意识到书本教材的拓展，培养学生勇于实践，其次增强学生的民族自豪感和文化认同感。	1、刚体平面运动的概述和运动分解，刚体平面运动的概述和运动分解、平面图形上各点的速度分析、面图形上各点的加速度分析讲解凸轮机构时，引入“司南车”等古代发明 2、平面图形上各点的速度分析； 3、平面图形上各点的加速度分析	1、教学活动：课堂教学；利用网络平台发布课程信息； 2、学习任务： 3、课后作业。	理论 2 学时
12、质点动力学的基本方程	课程目标 1	1、理解并掌握动力学基本定律； 2、掌握质点运动微分方程并运用其解动力学的两类基本问题，3、在本章节公式推导过程中培养学生严密的数学推理能力及严谨的科学研究态度。	1、动力学的基本定律 2、质点运动微分方程	1、教学活动：课堂教学；利用网络平台发布课程信息； 2、学习任务： 3、课后作业。	理论 2 学时
13、动力学普遍定理	课程目标 2	1、掌握质点系动量定理； 2、质心运动定理和质心运动守恒，运用其求解质点系动力学问题； 3、掌握质点系动量矩定理及动量矩守恒定律； 4. 掌握刚体绕定轴的转动微分方程，平面运动微分方程，解动力学的两类问题； 5、掌握质点系的动能定理，掌握普遍定理的综合应用。 6、培养学生树立全面的思想，综合分析问题方法；培养学生严谨学习态度，一丝不苟工作方法。	1、动量与冲量、动量定理 2、质心运动定理 3、质点系动量矩、动量矩定理 4、刚体绕定轴的转动微分方程 5、刚体的平面运动微分方程 6、质点系的动能、动能定理 结合具体案例，如齿轮系统，卷扬机等的能量守恒，帮助学生充分理解功、动能等抽象概念	1、教学活动：课堂教学；利用网络平台发布课程信息； 2、学习任务： 3、课后作业。	理论 4 学时
14、动静法	课程目标 2	1、 掌握惯性力与刚体惯性力系的简化 2、 动静法 3、 轴承动反力·静平衡与动平衡	1、 惯性力，惯性力系简化 2、 达朗伯原理 3、 动静法	1、教学活动：课堂教学；利用网络平台发布课程信息； 2、学习任务： 3、课后作业。	理论 2 学时

四、课程目标达成的评价方式及评价标准

（一）评价方式及成绩比例

课程成绩包括两个部分，分别为平时成绩和期末考试。具体见下表：

课程目标	评价方式及比例（%）		成绩比例（%）
	平时作业	期末考试	
课程目标1	12	18	30
课程目标2	28	42	70
合计	40	60	100

备注：1.课程期末卷面低于50分（不含50分）者，过程性考核成绩不计入总评成绩，直接以期末考试卷面成绩计入总评成绩。

2. 考勤以及不能全覆盖的课堂表现，不能作为课程目标达成度的计算数据，对缺勤学生可直接扣减平时考核成绩；累计缺勤三次的学生，不得参加该课程的结课考试。

（二）评价标准

1.平时作业评价标准

未提交作业或作业有抄袭（雷同），该次作业成绩按零分计；作业累计缺交量超过该课程总量的三分之一者，任课教师可取消其参加本课程成绩评定资格。

课程目标	考核依据	评价标准				权重（%）
		优（90-100分）	良（75-89分）	中/及格（60-74分）	不及格（0-59分）	
课程目标1：掌握物体受力状态下的基础知识和基本理论，熟悉分析平衡问题、运动合成、力与运动关系的基本方法；熟练掌握在荷载作用下构件的内力、应力、变形、位移的分析和计算的基本理论，以及构件的强度、刚度、稳定性计算的基本理论。	考查物体的受力和平衡的基本概念、基本原理及对物体及物体系统的受力分析、画出受力图并进行相关计算	按时交作业，力学模型正确，基本概念正确、选用的力学原理正确，分析结果正确率高，作业步骤完整。	按时交作业，力学模型正确，基本概念正确、选用的力学原理和分析结果正确率较高。	按时交作业，力学模型正确，基本概念正确、选用的力学原理和分析结果正确率较低。	未按时交作业或力学模型正确，基本概念正确、选用的力学原理和分析结果正确率很低。	12
课程目标2：培养学生将工程实际问题抽象简化为力学模型并进行分析计算的能力；培养学生综合应用理论力学、材料力学的基本理论，解决工程实际问题的基本能力；培养学生辩证唯物主义世界观、严谨的科学精神和精益求精的大国工匠精神。	考查内力、应力、变形、位移分析计算的基本理论以及构件的强度、刚度、稳定性计算的基本理论，应力状态、组合变形和压杆稳定的基本概念、基本原理、基本方法及综合运用的掌握	按时交作业，力学模型正确，能综合运用基本理论，选用正确的计算方法解决复杂受力构件的强刚度问题，分析结果正确率高，作业步骤完整。	按时交作业，力学模型正确，能综合运用基本理论，选用正确计算方法解决复杂受力构件的强刚度问题，分析结果正确率较高。	按时交作业，力学模型正确，能综合运用基本变形理论、选用比较正确的计算方法解决复杂受力构件的强刚度问题，分析结果正确率较低。	未按时交作业或力学模型不正确，不能综合运用基本变形理论，选用错误的计算方法解决复杂受力构件的强刚度问题，分析结果正确率很低。	28

2．期末考试评价标准

课程目标	考核依据	评价标准				权重（%）
		优（90-100分）	良（75-89分）	中/及格（60-74分）	不及格（0-59分）	
课程目标1：掌握物体受力状态下的基础知识和基本理论，熟悉分析平衡问题、运动合成、力与运动关系的基本方法；熟练掌握在荷载作用下构件的内力、应力、变形、位移的分析和计算的基本理论，以及构件的强度、刚度、稳定性计算的基本理论。	考查材料力学的基本概念、基本原理及基本方法的掌握程度	材料力学的基本概念正确率高，基本理论及基本原理的应用正确率高。	材料力学的基本概念正确率高，基本理论及基本原理的应用正确率较高。	材料力学的基本概念正确率较高，基本理论及基本原理的应用正确率较低。	材料力学的基本概念正确率较低，基本理论及基本原理的应用正确率很低。	18
课程目标2：培养学生将工程实际问题抽象简化为力学模型并进行分析计算的能力；培养学生综合应用理论力学、材料力学的基本理论，解决工程实际问题的基本能力；培养学生辩证唯物主义世界观、严谨的科学精神和精益求精的大国工匠精神。	考查综合应用材料力学原理、方法解决复杂工程问题的掌握程度	能综合应用材料力学的基本原理和计算方法解决复杂受力构件的强度、刚度及稳定性问题，分析求解结果正确率高。	能综合应用材料力学的基本原理和计算方法解决复杂受力构件的强度、刚度及稳定性问题，分析求解结果正确率较高。	能综合应用材料力学的基本原理和计算方法解决复杂受力构件的强度、刚度及稳定性问题，分析求解结果正确率较低。	能综合应用材料力学的基本原理和计算方法解决复杂受力构件的强度、刚度及稳定性问题，分析求解结果正确率很低。	42

五、推荐教材和教学参考资源

1.建议教材

奚绍中，邱秉权，沈火明. 工程力学教程（第四版），北京：高等教育出版社，2019.

2.主要参考书

[1].全锦，杨旭. 工程力学，北京：机械工业出版社. 2019.

[2].黄丽华.工程力学，北京：高等教育出版社. 2019.

[3].孙训方.材料力学（第6版），北京：高等教育出版社. 2019.

[4].刘鸿文.材料力学（I）（第6版），北京：高等教育出版社. 2017.

[5] 哈尔滨工业大学理论力学教研室.理论力学（Ⅰ）第9版.北京：高等教育出版社，2023.

大纲修订人签字：吴晓　　修订日期：2026.8

大纲审定人签字：王连　　审定日期：2026.8

《人工智能及应用》课程教学大纲

课程名称	人工智能及应用		
	Artificial Intelligence and Applications		
课程代码	10913100	**课程性质**	专业教育课程
课程类别	专业基础课程	**先修课程**	无
学分/学时	2 /32学时	**理论学时/实验学时**	24学时/8学时
适用专业	无人驾驶航空器系统工程、电子信息工程	**开课单位**	机械电气工程学院
课程负责人	李亚丽	**审定日期**	2026年8月

一、课程简介

本课程是工科专业的核心工程基础课，主要讲授人工智能基本概念、知识表示、搜索推理、机器学习、神经网络、专家系统与智能机器人等基本知识和方法，旨在培养学生理解人工智能算法、应用模型和简单开发智能系统的能力，为后续计算机视觉、自然语言处理、智能控制、智能决策及各类人工智能算法的应用奠定理论和实践基础。

二、课程目标

本课程有3个课程目标，具体如下：

目标1：能够使用IDLE等Python编程环境，采用规范的编码形式完成简单人工智能系统的建模与实现；

目标2：能够运用知识表示方法对问题进行形式化描述，并结合搜索求解策略编写程序完成问题求解，最终实现程序运行、结果验证与过程解释。

各课程目标对毕业要求的支撑关系见下表：

课程目标	毕业要求
课程目标1	5. 使用现代工具：能够针对复杂工程问题，开发、选择与使用恰当的技术、资源、现代工程工具和信息技术工具，包括对复杂工程问题的预测与模拟，并能够理解其局限性。
课程目标2	1. 工程知识：能够将数学、自然科学、计算、工程基础和专业知识用于解决复杂工程问题。

三、教学内容

知识单元	对应课程目标	学习成果	教学内容（含思政点）	课程目标达成方式	学时分配
0. 课程教学大纲解读及绪论	—	1. 知晓本课程预期达成的能力目标； 2. 知晓本课程的教学内容、课程目标评价方式及占分比例、评价标准； 3. 知晓人工智能的核心要素、学科体系和系统分类； 4. 知晓人工智能的研究与应用领域。	1. 课程目标及对毕业要求的支撑关系； 2. 支撑课程目标达成的各单元教学内容、学习任务、课程目标评价方式及占分比例、评价标准等。 3. 绪论	2. 教学活动：课堂讲授。	理论2学时
1. 知识表示方法	课程目标2	1. 能够掌握状态空间、问题规约、谓词逻辑、语义网络表示问题； 2. 能够绘制空间状态图、与或图、二元语义网络图以及谓词公式。	1. 问题状态描述以及状态图示法； 2. 15数码难题、传教士与野人渡河问题、猴子和香蕉问题状态图示法； 3. 问题规约表示、与或图的构成以及3圆盘梵塔难题的与或图表示； 4. 谓词演算、谓词公式的构成、合式公式以及置换与合一 5. 语义网络的定义、二元及多元语义网络表示、谓词逻辑与语义网络等效及语义网络的推理过程。 思政点：严谨求真的科学精神、化繁为简的哲学思维。	1. 教学活动：课堂讲授。 2. 学习任务： 状态图、与或图、谓词公式以及语义网络练习。	理论12学时
2. 知识搜索与推理	课程目标2	1. 能够掌握什么是图搜索策略； 2. 能够区分盲目搜索与启发式搜索的区别及其代表性算法的原理； 3. 能够理解子句集转化规则、消解推理原则以及反证法求解逻辑； 4. 能够区分正向与逆向推理、F规则与B规则并模拟简单推理过程； 5. 能够解释为什么人工智能系统需要处理不确定性，掌握可信度方法的基本计算，并区分模糊与概率。	1. 图搜索策略的定义、组成； 2. 宽度优先搜索、深度优先搜索以及等价搜索等盲目搜索； 3. 子句集的求取、消解推理规则、含有变量的消解式以及消解反演求解过程； 4. 正向、逆向以及双向规则演绎系统； 5. 不确定性的表示与度量、不确定性推理的算法； 6. 概率的基本性质和计算公式，概率推理的方法。 思政点：批判性辩证思维。	1. 教学活动：课堂讲授。 2. 学习任务：A*算法练习。	理论10学时
3. Python程序语言设计及其编码	课程目标1	1. 能够理解Python语言基础语法，并掌握A*算法撰写以及Turtle、NumPy、Pandas等第三方库的使用。	1. Python语言运行环境的安装、基础语法及Turtle库的使用； 2. NumPy以及Pandas库； 3. A*算法的Python实现 思政点：艺术与技术结合，视角之美	1. 教学活动：软件实操演示与讲解等。 2.学习任务：撰写实验报告。	实验8学时

四、课程目标达成的评价方式及评价标准

（一）评价方式及成绩比例

对各课程目标的终结性评价统一采用以上机开卷方式的期末考试，具体见下表：

课程目标	评价方式及比例（%）		成绩比例（%）
	现场操作与实验报告	期末考试	
课程目标1	40		40
课程目标2		60	60
合计	40	60	100

课程形成性评价应包括考勤、课后作业、三维建模阶段测试，鼓励拓展支持持续改进的多元形成性评价举措，促进学生学习进阶和学业帮扶。形成性评价的记录仅用于学情诊断，不直接参与课程总评成绩的评定，在教学过程的形成性评价中，学生出现以下任一情况时，可以取消终结性评价资格：

1. 累计缺勤达总授课次数1/3及以上。

2. 课后作业完成不足布置总量1/3，或作业抄袭累计3次。

（二）评价标准

1. 期末考试评价标准

课程目标	考核依据	评价标准				权重（%）
		优（90-100分）	良（7 5-89分）	及格（60-74分）	不及格（0-59分）	
课程目标1	①实验报告。	①熟练使用IDLE等Python编程环境；代码结构清晰，命名规范，注释详尽；具备良好的编程习惯和调试能力，无语法和逻辑错误。 ②深刻理解并熟练掌握A*算法；能够熟练运用Turtle、NumPy、Pandas等第三方库，自主编码实现练习题。 ③报告结构严谨，实验数据记录详实，结果分析深入透彻，图表规范美观；逻辑严密，结论具有说服力。	①能够使用IDLE等Python编程环境；代码结构清晰，命名规范，注释详尽；具备良好的编程习惯和调试能力，语法和逻辑有少量错误。 ②理解并掌握A*算法；能够运用Turtle、NumPy、Pandas等第三方库，基本能够编码实现练习题。 ③报告结构严谨，实验数据记录详实，有结果分析基础，图表规范；逻辑严密，包含结论。	①能够使用IDLE等Python编程环境；代码结构清晰，命名规范，注释详尽；具备良好的编程习惯和调试能力，语法和逻辑较多。 ②了解并掌握A*算法；基本了解Turtle、NumPy、Pandas等第三方库的引用和基本用法。 ③报告结构规范，实验数据记录详实，有结果分析基础，包含图标；不包括分析和结论。	①无法正常使用IDLE环境，Python基础语法掌握极差；代码无法运行，存在严重抄袭行为；缺乏基本的编程规范。 ②无法理解A*算法逻辑，无法独立完成代码；未能掌握Turtle、NumPy、Pandas等库的基本用法，或完全没有使用。 ③未提交实验报告，或报告内容严重缺失、数据造假；实验结果无分析或分析完全错误；排版混乱。	40

课程目标2	①期末考试； ②配套评分细则。	①问题表示描述准确且深入。 ②搜索策略选择最优且代码规范。 ③结果验证充分且有深度解释。	①问题表示正确。 ②搜索策略合理且代码可运行。 ③结果验证完整且有解释。	①问题表示基本完整。 ②搜索策略基本可行但有小错。 ③结果验证简单。	①问题表示错误或缺失。 ②搜索策略错误或无法运行。 ③无结果或结果错误。	60

注：1. 实验报告保存为pdf格式；Python源码及所有文件均应规范命名。

五、推荐教材和教学参考资源

（一）建议教材

1. 蔡自兴主编. 人工智能及其应用. 北京：清华大学出版社，2024.

（二）主要参考书及学习资源

1. 罗剑，董一方主编.《人工智能及其应用》. 北京：北京理工大学出版社，2024.
2. 苏松志，王万森编著.《人工智能原理及其应用》. 北京：电子工业出版社，2026.

大纲修订人签字：　　修订日期：2026年6月

大纲审定人签字：　　审定日期：2026年8月

《无人机结构与系统》课程教学大纲

课程名称	无人机结构与系统		
	Unmanned Aerial Vehicle Structure and System		
课程代码	20914505	**课程性质**	专业教育课程
课程类别	专业核心课程	**先修课程**	工程力学、电工电子技术
学分/学时	2.5学分/40学时	**理论学时/实验学时**	40学时/0学时
适用专业	无人驾驶航空器系统工程	**开课单位**	机械电气工程学院
课程负责人	方亮	**审定日期**	2026年08月

一、课程简介

《无人机结构与系统》是面向无人驾驶航空器相关专业开设的专业课程，承担由工程基础知识向无人机系统认知、结构分析与工程应用能力过渡的作用。课程围绕无人机典型任务需求，系统讲授无人机分类与系统组成、空气动力学基础及典型构型飞行原理、燃油与电池动力系统、导航与飞控系统、舵机与传感器、电气系统、遥控与通信链路、发射与回收系统、地面站与任务规划以及任务载荷等内容。课程注重工程力学、电工电子等基础知识的综合运用，通过典型案例分析、参数计算、部件选型与方案比较，培养学生分析无人机结构与系统工程问题、开展典型单元参数匹配和初步设计的能力，为后续《飞行控制原理》《无人机总体设计》及相关实践课程学习奠定基础。

二、课程目标

本课程有2个课程目标，具体如下：

目标1：能够运用工程力学、空气动力学基础、电工电子与计算等相关知识，描述无人机分类与系统组成，说明典型无人机结构与飞行原理、动力系统、导航飞控系统以及电气、通信、地面站与任务载荷等系统的组成、工作原理和主要功能关系，并用基本参数关系表述典型结构与系统工程问题。

目标2：能够针对给定任务需求和技术指标，对无人机平台构型及动力能源、通信链路、任务载荷等典型单元进行需求分解、参数匹配与选型，完成至少一个典型单元的初步设计与方案比较，并能说明安全、能耗、环境、成本和法规等基本工程约束对方案的影响。

各课程目标对毕业要求的支撑关系见下表：

课程目标	毕业要求
课程目标1	1. 工程知识： 能够将数学、自然科学、计算、工程基础和专业知识用于解决复杂工程问题。
课程目标2	3. 设计/开发解决方案：能够针对复杂工程问题设计和开发解决方案，设计满足特定需求的系统、单元（部件）或工艺流程，体现创新性，并从健康、安全与环境、全生命周期成本与净零碳要求、法律与伦理、社会与文化等角度考虑可行性。

三、教学内容

知识单元	对应课程目标	学习成果	教学内容	课程目标达成方式	学时分配
0. 课程教学大纲解读	—	1. 知晓本课程预期达成的能力目标； 2. 知晓本课程的教学内容、课程目标评价方式及占分比例、评价标准。	1. 课程目标及对毕业要求的支撑关系； 2. 支撑课程目标达成的各单元教学内容、学习任务、课程目标评价方式及占分比例、评价标准等。	教学活动：课堂讲授。	1
1. 无人机系统概述	课程目标1	1. 能够说明无人机的主要分类，并辨析无人机与航空器、航模在基本属性和应用管理上的区别。 2. 能够识别无人机系统的主要组成、功能关系及常用性能指标，并说明典型用途和发展趋势。	1.1 无人机分类及其与航空器、航模的区别。 1.2 无人机系统组成及性能指标。 1.3 无人机的用途及发展趋势。 思政点：专业使命与法规意识。认识技术发展与规范运行的统一。	1. 教学活动：课堂讲授、系统框图与典型应用案例分析。 2. 学习任务：绘制典型无人机系统组成图，完成本章思考题并辨识主要性能指标。	4
2. 无人机结构与飞行原理	课程目标1、2	1. 能够运用空气动力学基本概念解释无人机升力、阻力、推力和力矩等基本受力关系。 2. 能够说明无人直升机、多旋翼、固定翼和复合构型无人机的主要结构、飞行原理及操纵特点，并比较不同构型的适用任务。	2.1 无人机空气动力学基础。 2.2 无人直升机结构与飞行原理。 2.3 多旋翼无人机结构与飞行原理。 2.4 固定翼无人机结构与飞行原理。 2.5 复合构型无人机结构与飞行原理。 思政点：科学求真与工程严谨。尊重客观规律，坚持以模型和数据为依据。	1. 教学活动：课堂讲授、结构示意图/飞行原理案例分析、典型构型对比。 2. 学习任务：完成典型构型受力与操纵关系分析，形成构型特性及任务适用性比较表并完成本章思考题。	11
3. 无人机动力系统	课程目标1、2	1. 能够说明燃油动力、电池动力和油电混合动力系统的组成、能量传递过程及主要工作特性。 2. 能够根据任务需求和推力、功率、能量、航时等参数进行动力能源系统的基本匹配与方案比较。	3.1 无人机燃油动力系统。 3.2 无人机电池动力系统。 3.3 无人机油电混合动力系统。 思政点：绿色发展与能效意识。关注能源效率与全寿命能耗。	1. 教学活动：课堂讲授、动力系统组成分析与参数匹配案例推演。 2. 学习任务：针对给定任务完成动力类型比较及基本参数匹配计算，并完成本章思考题。	6
4. 无人机导航飞控系统	课程目标1	1. 能够说明飞控系统、导航系统、舵机、机载传感器和遥控器的组成、功能及基本工作原理。 2. 能够用控制链和信息流描述传感器、飞控计算机、执行机构与遥控/导航信息之间的关系。	4.1 无人机飞控系统。 4.2 无人机导航系统。 4.3 无人机舵机。 4.4 无人机传感器。 4.5 无人机遥控器。 思政点：系统协同与可靠性。认识信息链、控制链协同及关键环节可靠性。	1. 教学活动：课堂讲授、导航飞控功能框图与信息流案例分析。 2. 学习任务：绘制典型导航飞控信息链/控制链，完成关键部件功能辨识和阶段性作业1（系统组成、原理与参数关系分析）。	10
5. 无人机其他系统	课程目标1、2	1. 能够说明无人机电气、通信链路、发射与回收、地面站与任务规划以及任务载荷系统的组成和主要功能。 2. 能够结合给定任务场景分析各系统之间的接口关系，并对通信链路、任务载荷或起降回收方案进行基本选型与比较。	5.1 无人机电气系统。 5.2 无人机通信链路系统。 5.3 无人机发射与回收系统。 5.4 无人机地面站与任务规划系统。 5.5 无人机任务载荷。 思政点：信息安全与工程伦理。强化数据合规、信息安全和规范运行意识。	1. 教学活动：课堂讲授、地面站/任务规划与典型任务系统案例分析。 2. 学习任务：面向给定任务完成平台构型与典型单元参数匹配、选型、方案比较，并完成阶段性作业2（需求分解、设计/选型与约束分析）。	8

四、课程目标达成的评价方式及评价标准

（一）评价方式及成绩比例

课程成绩包括2个部分，分别为课后作业和期末考试，具体见下表：

课程目标	评价方式及比例（%）		成绩比例（%）
	课后作业	期末考试	
课程目标1	20	30	50
课程目标2	20	30	50
合计	40	60	100

说明：阶段性作业分2次组织，阶段性作业1侧重课程目标1，阶段性作业2侧重课程目标2；采用差异化题目或参数、限时独立完成和过程核验等方式，确保学生全覆盖和结果真实可核验。

（二）评价标准

1. 阶段性作业评价标准

课程目标	考核依据	评价标准				权重（%）
		优（90-100分）	良（75-89分）	及格（60-74分）	不及格（0-59分）	
课程目标1	①阶段性作业1答题材料（系统组成、结构/飞行原理、导航飞控信息链等）；②参数关系或基础计算过程；③差异化题目/参数及过程核验记录；④配套评分细则。	①系统组成及功能关系表述正确；②结构/飞行原理及基本参数关系运用正确；③分析计算过程完整、结果正确；④工程表达规范完整；无关键性错误，一般性错误或遗漏≤1项。	①主要系统组成及功能关系正确；②主要原理和参数关系运用正确；③能完成主要分析计算；④工程表达较规范；无关键性错误，一般性错误或遗漏2～3项。	①能识别主要系统组成及功能关系；②能说明基本原理并使用主要参数关系；③能完成主要分析计算；④能形成基本工程表述；关键性错误≤1项，一般性错误或遗漏4～5项。	①主要系统组成或功能关系混淆；②基本原理或关键参数关系使用错误；③不能完成主要分析计算；④不能形成有效工程表述；关键性错误≥2项或一般性错误/遗漏≥6项。	20
课程目标2	①阶段性作业2任务需求分解结果；②参数匹配/部件选型计算；③方案比较与工程约束分析；④差异化任务参数、过程核验记录及配套评分细则。	①任务需求提取完整准确；②参数匹配与部件选型正确；③形成可比方案且比较依据充分；④安全、能耗、环境、成本、法规等主要约束分析完整；无关键性错误，一般性错误或遗漏≤1项。	①主要任务需求识别正确；②主要参数匹配与选型正确；③能形成可比方案并给出比较依据；④能识别主要工程约束；无关键性错误，一般性错误或遗漏2～3项。	①能提取基本任务需求；②能完成主要参数匹配与选型；③能形成基本可行方案并作基本比较；④能说明主要工程约束；关键性错误≤1项，一般性错误或遗漏4～5项。	①不能正确识别关键任务需求；②关键参数匹配或选型错误导致方案不可行；③缺少有效方案比较；④不能识别主要工程约束；关键性错误≥2项或一般性错误/遗漏≥6项。	20

2. 期末考试评价标准

课程目标	考核依据	评价标准				权重（%）
		优（90-100分）	良（75-89分）	及格（60-74分）	不及格（0-59分）	
课程目标1	①课程目标1对应试题作答结果（系统组成与原理、结构与飞行原理、参数/功能关系）； ②分析与计算过程； ③工程问题表述结果； ④配套评分细则。	①系统组成及功能关系掌握正确； ②基本原理和参数/功能关系运用正确； ③分析计算过程完整、结果正确； ④工程问题表述规范完整；无关键性错误，一般性错误或遗漏≤1项。	①主要系统组成及功能关系正确； ②主要原理和参数/功能关系运用正确； ③能完成主要分析计算； ④工程问题表述较规范；无关键性错误，一般性错误或遗漏2～3项。	①能识别主要系统组成及功能关系； ②能说明基本原理并使用主要参数/功能关系； ③能完成主要分析计算； ④能形成基本工程问题表述；关键性错误≤1项，一般性错误或遗漏4～5项。	①主要系统组成或功能关系混淆； ②基本原理或关键参数/功能关系使用错误； ③不能完成主要分析计算； ④不能形成有效工程问题表述；关键性错误≥2项或一般性错误/遗漏≥6项。	30
课程目标2	①课程目标2对应综合设计/选型题作答结果； ②需求分解、参数匹配/部件选型过程； ③方案比较与论证； ④工程约束分析及配套评分细则。	①任务需求分解完整准确； ②参数匹配与部件选型正确； ③方案比较与论证充分、结论可行； ④安全、能耗、环境、成本、法规等主要约束处理合理；无关键性错误，一般性错误或遗漏≤1项。	①主要任务需求分解正确； ②主要参数匹配与选型正确； ③能完成方案比较并形成合理结论； ④能考虑主要工程约束；无关键性错误，一般性错误或遗漏2～3项。	①能完成基本需求分解； ②能完成主要参数匹配与选型； ③能提出基本可行方案并作基本比较； ④能说明主要工程约束；关键性错误≤1项，一般性错误或遗漏4～5项。	①关键任务需求识别错误或遗漏； ②关键参数匹配/选型错误导致方案不可行； ③缺少有效方案比较或主要结论错误； ④不能识别主要工程约束；关键性错误≥2项或一般性错误/遗漏≥6项。	30

注：1. 四个等级均按相同评价指标判定。关键性错误是指导致无人机构型/系统功能关系、基本飞行原理、关键参数关系或设计/选型主要结论发生实质性错误的错误；一般性错误或遗漏指不改变主要工程结论的局部错误或次要遗漏。同一根源造成的连续错误按1项计。

2. 考勤不作为课程目标达成度计算数据；缺勤按课程管理规定扣减平时考核成绩，累计缺勤三次不得参加期末考试。

五、推荐教材和教学参考资源

（一）建议教材

1. 于坤林，唐毅. 无人机结构与系统（第2版）. 西安：西北工业大学出版社，2021.

2. 冯秀，高水娟. 无人机结构与系统（第2版）. 北京：机械工业出版社，2026.

（二）主要参考书及学习资源

1. 沈如松，矫永康主编. 无人机构造与动力系统. 北京：北京航空航天大学出版社，2026.

2. 中国民用航空局. 无人驾驶航空器相关法规、规章与安全运行信息.

https://www.caac.gov.cn/

大纲修订人签字：　　修订日期：2026年6月

大纲审定人签字：　　审定日期：2026年 8月

《信号与系统》课程教学大纲

课程名称	信号与系统		
	Signals and Systems		
课程代码	20914403	**课程性质**	专业教育课程
课程类别	专业核心课	**先修课程**	高等数学、电路分析
学分/学时	3.5学分/56学时	**理论学时/实验学时**	48学时/8学时
适用专业	电子信息工程、无人驾驶航空器系统工程	**开课单位**	机械电气工程学院
课程负责人	查志华	**审定日期**	2026年08月

一、课程简介

《信号与系统》课程是电子信息工程、无人驾驶航空器系统工程等专业本科生继《高等数学》、《电路分析》课程之后的专业核心课，同时是学习数字信号处理等后续课程所必备的先修课。课程以确定性信号与线性时不变（LTI）系统为研究对象，系统讲授时域分析、频域分析及变换域（复频域）分析的基本理论与方法，着重引导学生运用数学工具分析物理问题，建立并求解系统数学模型，进而对所得结果赋予物理解释与工程意义。通过本课程的学习，使学生具有运用信号与系统的基本原理和数学模型，对信号处理领域的复杂工程问题进行表征与分析的能力，为其从事相关领域的研究、设计与开发工作奠定理论与方法基础。

二、课程目标

本课程有 2 个课程目标，具体如下：

目标 1：能运用数学工具构建信号与系统数学模型。

目标 2：能运用系统分析方法分析判断系统性能。

各课程目标对毕业要求的支撑关系见下表：

课程目标	毕业要求
课程目标 1	1. 工程知识：能够将数学、自然科学、计算、工程基础和专业知识用于解决复杂工程问题。
课程目标 2	2. 问题分析：能够应用数学、自然科学和工程科学的基本原理/第一性原理，识别、表达并通过文献研究分析复杂工程问题，综合考虑可持续发展的要求，以获得有效结论。

三、教学内容

知识单元	对应课程目标	学习成果	教学内容	课程目标达成方式	学时分配
1．信号与系统基础	课程目标1	1. 了解和掌握信号与系统的概念及分类； 2. 掌握典型信号的定义，并能绘制典型信号的波形； 3. 全面认识我国通信领域的发展现状，深入理解技术标准与技术自主对国家安全的重要意义；	1. 教学大纲解读 2. 信号的描述、分类和典型示例； 3. 信号的运算、合成与分解； 4. 基础系统分析理论； 5. 案例介绍我国通信领域的发展现状	1. 教学活动：课堂讲授、上机； 2. 学习任务：课后作业、阶段测试、上机实践、实验报告。	理论：6学时 实验：1学时
2．连续时间系统的时域分析	课程目标 2	1. 深刻理解0-和0+的含义，掌握冲激函数匹配法； 2. 掌握系统全响应求解方式；理解冲激响应、阶跃响应的意义，掌握其求解方法； 3. 掌握卷积积分的定义、主要性质，会用卷积求解线性时不变系统系统的响应；	1. 微分方程式的建立与求解； 2. 起始点的跳变----从0-到0+状态的转换； 3. 零输入响应和零状态响应； 4. 冲激响应与阶跃响应； 5. 卷积及卷积的性质；	1. 教学活动：课堂讲授、上机； 2. 学习任务：课后作业、阶段测试、上机实践、实验报告。	理论：6学时 实验：1学时
3．傅里叶变换	课程目标1	1. 掌握周期信号的频谱分析方法； 2. 理解非周期信号的频谱分析方法； 3. 掌握抽样信号频谱的特点及抽样定理； 4. 体悟科研的严谨性，树立精益求精、不畏艰难、勇攀高峰的信念；	1. 周期信号的傅里叶级数分析 2. 傅里叶变换及典型非周期信号的傅里叶变换；傅里叶变换的基本性质； 3. 周期信号的傅里叶变换及抽样信号的傅里叶变换；抽样定理； 4. 介绍傅里叶、奈奎斯特、欧拉生平经历；	1. 教学活动：课堂讲授、上机； 2. 学习任务：课后作业、阶段测试、上机实践、实验报告。	理论：8学时 实验：2学时
4．连续时间信号与系统的S域分析	课程目标1 课程目标 2	1. 理解拉普拉斯变换的定义、收敛域的概念； 2. 掌握拉普拉斯变换的性质、卷积定理 3. 掌握时域电路模型的S域等效电路模型及其响应分析； 4. 理解拉普拉斯变换与傅里叶变换的关系； 5. 提升数学工具的运用素养，能够对分析结果赋予物理诠释与工程意义。	1. 拉普拉斯变换的定义及其基本性质； 2. 拉普拉斯逆变换； 3. 用拉氏变换法分析电路、S域元件模型； 4. 系统函数与线性系统的稳定性； 5. 系统函数零、极点分布与系统特性分析； 6. 拉氏变换与傅里叶变换之间的联系；	1. 教学活动：课堂讲授、上机； 2. 学习任务：课后作业、阶段测试、上机实践。	理论：10学时
5．傅里叶变换的应用	课程目标 2	1. 掌握无失真传输系统的特点；掌握理想低通滤波器的数学模型； 2. 了解调制与解调的概念； 3. 了解脉冲编码调制（PCM）、频分复用与时分复用；	1. 利用系统函数H(jw)求响应； 2. 无失真传输与理想低通滤波器； 3. 调制与解调； 4. 从抽样信号恢复连续时间信号 5. 脉冲编码调制；频分复用与时分复用；	1. 教学活动：课堂讲授、上机； 2. 学习任务：课后作业、阶段测试、上机实践、实验报告。	理论：6学时 实验：2学时

6．离散时间与系统的时域分析	课程目标1 课程目标 2	1. 掌握离散时间信号的基本运算；掌握离散时间系统数学模型构建方法； 2. 掌握差分方程的迭代解法和时域经典解法。 3. 掌握离散系统的方框图描述。	1. 离散时间信号的描述及运算 2. 离散时间系统的数学模型响应分析。 3. 离散时间系统的单位样值响应 4. 卷积（卷积和）与解卷积（反卷积）	1. 教学活动：课堂讲授、上机； 2. 学习任务：课后作业、阶段测试、上机实践、实验报告。	理论：6学时 实验：2学时
7．离散时间信号与系统的Z域分析	课程目标1 课程目标 2	1. 掌握Z变换的性质，Z变换及逆Z变换的计算方法， 2. 掌握离散系统的Z域分析方法； 3. 理解系统函数H(Z)及其与系统因果性、稳定性的关系；	1. Z变换定义、典型序列的Z变换 2. Z变换的收敛域及逆Z变换 3. Z变换的基本性质 4. Z变换与拉普拉斯变换的关系 5. 离散系统响应分析	1. 教学活动：课堂讲授； 2. 学习任务：课后作业、阶段测试。	理论：6学时
1．信号与系统基础	课程目标1	1. 了解和掌握信号与系统的概念及分类； 2. 掌握典型信号的定义，并能绘制典型信号的波形； 3. 全面认识我国通信领域的发展现状，深入理解技术标准与技术自主对国家安全的重要意义；	1. 教学大纲解读 2. 信号的描述、分类和典型示例； 3. 信号的运算、合成与分解； 4. 基础系统分析理论； 5. 案例介绍我国通信领域的发展现状	1. 教学活动：课堂讲授、上机； 2. 学习任务：课后作业、阶段测试、上机实践、实验报告。	理论：6学时 实验：1学时
2．连续时间系统的时域分析	课程目标 2	1. 深刻理解0-和0+的含义，掌握冲激函数匹配法； 2. 掌握系统全响应求解方式；理解冲激响应、阶跃响应的意义，掌握其求解方法； 3. 掌握卷积积分的定义、主要性质，会用卷积求解线性时不变系统系统的响应；	1. 微分方程式的建立与求解； 2. 起始点的跳变----从0-到0+状态的转换； 3. 零输入响应和零状态响应； 4. 冲激响应与阶跃响应； 5. 卷积及卷积的性质；	1. 教学活动：课堂讲授、上机； 2. 学习任务：课后作业、阶段测试、上机实践、实验报告。	理论：6学时 实验：1学时
3．傅里叶变换	课程目标1	1. 掌握周期信号的频谱分析方法； 2. 理解非周期信号的频谱分析方法； 3. 掌握抽样信号频谱的特点及抽样定理； 4. 体悟科研的严谨性，树立精益求精、不畏艰难、勇攀高峰的信念；	1. 周期信号的傅里叶级数分析 2. 傅里叶变换及典型非周期信号的傅里叶变换；傅里叶变换的基本性质； 3. 周期信号的傅里叶变换及抽样信号的傅里叶变换；抽样定理； 4. 介绍傅里叶、奈奎斯特、欧拉生平经历；	1. 教学活动：课堂讲授、上机； 2. 学习任务：课后作业、阶段测试、上机实践、实验报告。	理论：8学时 实验：2学时
4．连续时间信号与系统的S域分析	课程目标1 课程目标 2	1. 理解拉普拉斯变换的定义、收敛域的概念； 2. 掌握拉普拉斯变换的性质、卷积定理 3. 掌握时域电路模型的S域等效电路模型及其响应分析； 4. 理解拉普拉斯变换与傅里叶变换的关系； 5. 提升数学工具的运用素养，能够对分析结果赋予物理诠释与工程意义。	1. 拉普拉斯变换的定义及其基本性质； 2. 拉普拉斯逆变换； 3. 用拉氏变换法分析电路、S域元件模型； 4. 系统函数与线性系统的稳定性； 5. 系统函数零、极点分布与系统特性分析； 6. 拉氏变换与傅里叶变换之间的联系；	1. 教学活动：课堂讲授、上机； 2. 学习任务：课后作业、阶段测试、上机实践。	理论：10学时

5．傅里叶变换的应用	课程目标 2	1. 掌握无失真传输系统的特点；掌握理想低通滤波器的数学模型； 2. 了解调制与解调的概念； 3. 了解脉冲编码调制（PCM）、频分复用与时分复用；	1. 利用系统函数H(jw)求响应； 2. 无失真传输与理想低通滤波器； 3. 调制与解调； 4. 从抽样信号恢复连续时间信号 5. 脉冲编码调制；频分复用与时分复用；	1. 教学活动：课堂讲授、上机； 2. 学习任务：课后作业、阶段测试、上机实践、实验报告。	理论：6学时 实验：2学时
6．离散时间与系统的时域分析	课程目标1 课程目标 2	1. 掌握离散时间信号的基本运算；掌握离散时间系统数学模型构建方法； 2. 掌握差分方程的迭代解法和时域经典解法。 3. 掌握离散系统的方框图描述。	1. 离散时间信号的描述及运算 2. 离散时间系统的数学模型响应分析。 3. 离散时间系统的单位样值响应 4. 卷积（卷积和）与解卷积（反卷积）	1. 教学活动：课堂讲授、上机； 2. 学习任务：课后作业、阶段测试、上机实践、实验报告。	理论：6学时 实验：2学时
7．离散时间信号与系统的Z域分析	课程目标1 课程目标 2	1. 掌握Z变换的性质，Z变换及逆Z变换的计算方法， 2. 掌握离散系统的Z域分析方法； 3. 理解系统函数H(Z)及其与系统因果性、稳定性的关系；	1. Z变换定义、典型序列的Z变换 2. Z变换的收敛域及逆Z变换 3. Z变换的基本性质 4. Z变换与拉普拉斯变换的关系 5. 离散系统响应分析	1. 教学活动：课堂讲授； 2. 学习任务：课后作业、阶段测试。	理论：6学时

四、课程目标达成的评价方式及评价标准

（一）评价方式及成绩比例

课程目标终结性评价采用期末考试方式，具体见下表：

课程目标	评价方式及比例（%）	成绩比例（%）
	期末测试	
课程目标 1	40	40
课程目标 2	60	60
合计	100	100

注：（1）课程教学过程中，开展阶段测试，测试内容包含理论内容与实验内容。阶段测试为完成单元教学内容后进行的限时测试，由学生独立完成，测试中若发现抄袭他人或协助他人抄袭行为，该次测试成绩以0分计。阶段测试平均成绩低于50分者不得参加期末测试。

（2）课程实验教学过程中，需按要求独立完成上机实践并撰写实验报告，缺少任一次实验报告者不得参加参加期末测试。

（3）期末测试为闭卷考试，百分制。

（二）评价标准

1. 期末测试评价标准

课程目标	考核依据	评价标准				权重（%）
		优（90-100	良（75-89分）	中/及格（60-74分）	不及格（0-59分）	
课程目标 1	考查利用数学方法进行信号的多域描述及进行信号运算的掌握程度；	分析方法正确，计算正确；	分析方法基本正确，计算正确率较高；	分析方法基本正确，计算正确率较低；	分析方法错误，计算错误多；	40
课程目标 2	考查系统建模方法的掌握程度、应用系统分析的理论和方法分析系统特性的能力；	分析方法正确，计算正确；	分析方法基本正确，计算正确率较高；	分析方法基本正确，计算正确率较低；	分析方法错误，计算错误多；	60

五、推荐教材和教学参考资源

（一）建议教材

1. 郑君里．信号与系统上、下（第四版）．北京：高等教育出版社，2024

（二）主要参考书及学习资源

1. [美]A.V.Oppenheim．Signals & Systems（Second edition）.刘树棠译．西安：西安交通大学出版社，2007

六、附表

序号	实验（上机实训）项目名称	实验性质	开出要求	学时
1	连续时间信号与系统的时域分析	验证性	必做	2
2	周期信号的分解与合成	综合性	必做	2
3	抽样定理	综合性	必做	2
4	离散时间信号与系统的时域分析	验证性	必做	2

大纲修订人签字：　　修订日期：2026 年 6 月

大纲审定人签字：　　审定日期：2026 年 8 月

《自动控制原理》课程教学大纲

课程名称	自动控制原理		
	Principles of Automatic Control		
课程代码	20914502	**课程性质**	专业必修课
课程类别	专业基础课程	**先修课程**	高等数学、工程数学、电路原理
学分/学时	2.5学分/40学时	**理论学时/实验学时**	40学时/0学时
适用专业	电子信息工程	**开课单位**	机械电气工程学院
课程负责人	杨宏飞	**审定日期**	2026年8月

一、课程简介

《自动控制原理》是电子信息工程专业的一门专业基础必修课程。课程以经典控制理论为主线，系统讲授控制系统数学模型、时域分析、根轨迹分析、频域分析和系统校正等内容。通过课程学习，学生能够建立典型控制系统的数学模型，分析系统的稳定性、快速性和稳态精度，并依据给定性能指标完成初步校正设计，为后续专业课程学习及工程实践奠定基础。

二、课程目标

本课程有3个课程目标，具体如下：

课程目标1：掌握自动控制系统的基本概念和数学建模方法，能够建立典型线性系统的传递函数或结构图模型，并理解反馈控制的基本机理。

课程目标2：掌握控制系统时域、根轨迹和频域分析方法，能够对系统稳定性、快速性和稳态精度进行分析与判断。

课程目标3：掌握控制系统基本校正思想与方法，能够依据给定性能指标完成简单控制系统的参数整定与校正设计。

各课程目标对毕业要求的支撑关系见下表：

课程目标	**毕业要求**
课程目标1	1 工程知识：能够将数学、自然科学、计算、工程基础和专业知识用于解决复杂工程问题。
课程目标2	2 问题分析：能够应用数学、自然科学和工程科学的基本原理，识别、表达并通过文献研究分析复杂工程问题，综合考虑可持续发展的要求，以获得有效结论。
课程目标3	3 设计/开发解决方案：能够针对复杂工程问题设计和开发解决方案，设计满足特定需求的系统、单元（部件）或工艺流程，体现创新性，并从健康、安全与环境、全生命周期成本与净零碳要求、法律与伦理、社会与文化等角度考虑可行性。

三、教学内容

知识单元	对应课程目标	学习成果	教学内容（含思政点）	课程目标达成方式	学时分配
0. 课程教学大纲解读	—	1. 知晓本课程预期达成的能力目标； 2. 知晓教学内容、评价方式、占分比例和评价标准。	1. 课程目标及其对毕业要求的支撑关系； 2. 教学内容、学习任务、评价方式及评价标准。	3. 教学活动：课堂讲授。	理论1学时
1. 控制系统基本概念与数学模型	课程目标1	1. 理解反馈控制基本概念； 2. 能够建立典型系统微分方程和传递函数； 3. 能够完成结构图变换。	1. 自动控制基本概念、组成和分类； 2. 线性系统微分方程与传递函数； 3. 典型环节、结构图与信号流图； 4. 闭环传递函数。 思政点：结合重大工程应用，强化工程报国和自主创新意识。	1. 教学活动：课堂讲授、案例分析。 2. 学习任务：建模与结构图练习。	理论7学时
2. 时域分析	课程目标1、2	1. 能够分析一、二阶系统动态响应； 2. 能够判断系统稳定性； 3. 能够计算稳态误差。	1. 典型输入和时域响应； 2. 一阶、二阶及高阶系统动态性能； 3. 劳斯稳定判据； 4. 稳态误差与误差系数； 5. 扰动作用下的误差分析。	1. 教学活动：课堂讲授、推导训练。 2. 学习任务：动态性能、稳定性和误差计算。	理论8学时
3. 根轨迹与频域分析	课程目标2	1. 能够绘制并运用根轨迹； 2. 能够绘制Bode图； 3. 能够运用Nyquist判据和稳定裕度分析系统性能。	1. 根轨迹方程及绘制规则； 2. 参数变化对稳定性和动态性能的影响； 3. 频率特性、Bode图和极坐标图； 4. Nyquist稳定判据； 5. 增益裕度与相位裕度。 思政点：强化定量分析、证据意识和系统思维。	1. 教学活动：课堂讲授、图解分析。 2. 学习任务：根轨迹、频域图与稳定性分析。	理论14学时
4. 控制系统校正与综合应用	课程目标2、3	1. 理解系统校正基本思想； 2. 能够完成简单超前、滞后或PID参数整定； 3. 能够综合解决典型控制问题。	1. 系统校正的基本概念和性能指标； 2. 超前、滞后及滞后—超前校正； 3. PID控制规律和参数整定； 4. 典型系统建模、分析与校正综合案例。 思政点：强化工程责任和持续改进意识。	1. 教学活动：案例驱动、方案比较。 2. 学习任务：校正设计和综合练习。	理论10学时

四、课程目标达成的评价方式及评价标准

（一）评价方式及成绩比例

对各课程目标的终结性评价统一采用闭卷方式的期末考试，具体见下表：

课程目标	评价方式及比例（%）	成绩比例（%）
	期末考试	
课程目标1	30	30
课程目标2	40	40
课程目标3	30	30
合计	100	100

课程形成性评价应包括考勤、课后作业、阶段测试，鼓励拓展支持持续改进的多元形成性评价举措，促进学生学习进阶和学业帮扶。形成性评价的记录仅用于学情诊断，不直接参与课程总评成绩的评定，在教学过程的形成性评价中，学生出现以下任一情况时，可以取消终结性评价资格：

1. 累计缺勤达总授课次数1/3及以上。

2. 课后作业完成不足布置总量1/3，或作业抄袭累计3次。

3. 阶段测试成绩低于30分（百分制）。

（二）评价标准

1. 期末考试评价标准

课程目标	考核依据	评价标准				权重（%）
		优（90-100分）	良（75-89分）	及格（60-74分）	不及格（0-59分）	
课程目标1	①期末考试题目作答结果；②配套评分细则。	熟练掌握控制系统基本概念和数学建模方法，建模结果准确。	掌握主要概念和建模方法，能够正确解决常规问题。	基本掌握主要概念和建模步骤，但计算或表达存在明显不足。	未掌握基本概念和建模方法，存在根本性错误。	30
课程目标2	①期末考试题目作答结果；②配套评分细则。	熟练掌握时域、根轨迹和频域分析方法，能够准确综合判断系统性能。	掌握主要分析方法，能够解决常规稳定性和性能分析问题。	基本掌握分析步骤，但综合运用和结果判断能力不足。	未掌握主要分析方法，稳定性或性能判断存在根本性错误。	40
课程目标3	①期末考试题目作答结果；②配套评分细则。	熟练掌握校正思想和设计方法，能够依据指标完成合理设计。	掌握主要校正方法，能够完成常规参数整定与设计。	基本掌握校正步骤，但参数依据或性能验证不充分。	未掌握校正方法，不能形成满足基本要求的设计方案。	30

五、推荐教材和教学参考资源

（一）建议教材

1. 胡寿松主编，《自动控制原理》（第七版），科学出版社。

（二）主要参考书及学习资源

1. 王万良、孔强主编，《自动控制原理》，高等教育出版社。
2. Katsuhiko Ogata, Modern Control Engineering, Prentice Hall.

大纲修订人签字：　　修订日期：2026 年 6 月

大纲审定人签字：　　审定日期：2026 年 8 月

《智能无人系统建模与控制基础综合实验》课程教学大纲

课程名称	智能无人系统建模与控制基础综合实验		
	Comprehensive Experiments in Modeling and Control Fundamentals of Intelligent Unmanned Systems		
课程代码	20914503	**课程性质**	专业必修课
课程类别	专业实践课程	**先修课程**	高等数学、自动控制原理、智能无人系统建模与控制基
学分/学时	1学分/32学时	**理论学时/实验学时**	0学时/32学时
适用专业	无人驾驶航空器系统工程	**开课单位**	机械电气工程学院
课程负责人	杨宏飞、查志华、薛菁菁	**审定日期**	2026年9月

一、课程简介

《智能无人系统建模与控制基础综合实验》是无人驾驶航空器系统工程专业的一门专业实践课程。课程以典型飞行器、旋翼无人机或等效仿真对象为载体，围绕运动学与动力学建模、参数辨识、控制器设计、闭环性能分析和系统联调组织实验。学生通过MATLAB/Simulink、上位机软件及飞行控制实验平台，完成模型构建、算法实现、数据采集与分析，培养无人系统建模、控制与综合实验能力。课程总学时为32学时，全部为实验学时。

二、课程目标

本课程有3个课程目标，具体如下：

课程目标1：掌握智能无人系统建模与控制实验的基本原理与方法，能够完成典型无人系统的运动学与动力学建模、参数辨识、控制器设计和闭环性能分析。

课程目标2：能够面向实验任务完成方案设计、系统联调、数据采集和结果分析，形成规范的实验记录、实验报告与技术表达能力。

课程目标3：能够选择恰当的飞行控制实验平台、仿真软件和数据分析工具，对飞行器控制问题进行计算、调试与验证。

各课程目标对毕业要求的支撑关系见下表：

课程目标	**毕业要求**
课程目标1	4 研究：能够基于科学原理并采用科学方法对复杂工程问题进行研究，包括设计实验、分析与解释数据、并通过信息综合得到合理有效的结论。
课程目标2	3 设计/开发解决方案：能够针对复杂工程问题设计和开发解决方案，设计满足特定需求的系统、单元（部件）或工艺流程，体现创新性，并从健康、安全与环境、全生命周期成本与净零碳要求、法律与伦理、社会与文化等角度考虑可行性。
课程目标3	5 使用现代工具：能够针对复杂工程问题，开发、选择与使用恰当的技术、资源、现代工程工具和信息技术工具，包括对复杂工程问题的预测与模拟，并能够理解其局限性。

三、教学内容

知识单元	对应课程目标	学习成果	教学内容（含思政点）	课程目标达成方式	学时分配
0. 课程教学大纲解读与实验安全	课程目标2、3	1. 知晓课程目标、实验内容和评价标准； 2. 掌握实验平台操作规范与安全要求。	1. 课程目标及其对毕业要求的支撑关系； 2. 实验项目、考核方式与评价标准； 3. 平台操作、数据管理和实验安全规范。 思政点：强化安全责任、规范操作和工程伦理意识。	4. 教学活动：讲解与示范。 学习任务：完成平台检查和基准运行。	实验2学时
1. 飞行器运动学、动力学建模与参数辨识	课程目标1、3	1. 能够建立坐标变换和运动学关系； 2. 能够建立动力学模型并完成关键参数辨识； 3. 能够验证模型有效性。	1. 坐标系、姿态表示与坐标变换； 2. 飞行器受力与力矩分析； 3. 动力学模型建立、数据预处理和参数辨识； 4. 模型误差与有效性验证。 思政点：培养严谨求实、尊重数据的科学态度。	教学活动：实验讲解与操作。 学习任务：完成建模、辨识和模型验证。	实验6学时
2. 姿态及高度位置闭环控制	课程目标1、3	1. 能够设计并整定姿态PID控制器； 2. 能够建立高度或位置闭环； 3. 能够评价系统跟踪、稳态和抗扰性能。	1. 姿态PID控制器设计与参数整定； 2. 高度或位置内外环控制； 3. 执行器饱和、采样周期和扰动工况； 4. 闭环性能比较与参数改进。	教学活动：实验操作与指导。 学习任务：完成控制器设计、仿真和性能分析。	实验8学时
3. 轨迹控制与平台工具选型	课程目标1、2、3	1. 能够设计轨迹跟踪或航向控制方案； 2. 能够比较并选择实验平台和仿真工具； 3. 能够分析噪声、时延和扰动影响。	1. 轨迹跟踪、定点保持或航向控制； 2. 多工况仿真与参数改进； 3. 飞控平台、仿真软件和数据工具选型； 4. 接口配置和最小可行验证。	教学活动：任务驱动实验。 学习任务：完成控制方案、工具选型和验证。	实验8学时
4. 联合仿真、系统联调与综合任务验证	课程目标1、2、3	1. 能够完成模型、控制器和数据接口联调； 2. 能够完成典型飞行任务验证； 3. 能够依据实验数据持续改进方案。	1. 软件在环或半实物联合仿真； 2. 闭环联调、数据采集和故障定位； 3. 姿态稳定、定高或轨迹跟踪综合验证； 4. 结果评价、方案改进和成果汇报。 思政点：强化协作意识、质量意识与责任担当。	教学活动：综合实验与答辩。 学习任务：提交模型、数据、报告和汇报材料。	实验8学时

四、课程目标达成的评价方式及评价标准

（一）评价方式及成绩比例

课程目标的评价统一采用基础实验、设计实验和综合实验考核，具体见下表：

课程目标	评价方式及比例（%）	成绩比例（%）
	实验考核	
课程目标1	45	45
课程目标2	25	25
课程目标3	30	30
合计	100	100

课程形成性评价应包括考勤、实验记录和阶段检查，形成性评价的记录仅用于学情诊断，不直接参与课程总评成绩的评定。学生出现以下任一情况时，可以取消终结性评价资格：

1. 累计缺勤达总实验次数1/3及以上。

2. 实验记录或实验报告完成不足规定总量1/3，或存在抄袭、代做行为。

3. 严重违反实验安全规范，或阶段检查成绩低于30分（百分制）。

（二）评价标准

1. 实验考核评价标准

课程目标	考核依据	评价标准				权重（%）
		优（90-100分）	良（75-89分）	及格（60-74分）	不及格（0-59分）	
课程目标1	实验操作、模型与程序、原始数据、结果分析及实验报告。	熟练完成建模、辨识、控制器设计和闭环验证，结果准确，分析深入。	能够完成主要实验任务，模型和结果基本正确，分析较完整。	在指导下完成基本任务，但建模、数据处理或结果分析存在明显不足。	不能完成关键实验任务，模型或结果存在根本性错误，实验记录缺失。	45
课程目标2	实验方案、系统联调记录、数据分析、实验报告和技术表达。	方案完整，联调规范，数据分析深入，报告与表达清晰。	方案较合理，能够完成联调和主要分析，报告较规范。	能够完成基本联调，但方案、分析或报告存在较明显不足。	未形成可实施方案，不能完成联调或无法说明实验结论。	25
课程目标3	平台与工具选型、参数配置、调试过程及验证结果。	工具选型合理，配置与调试规范，能够充分说明适用条件和局限。	工具选择较合理，能够完成配置、调试和主要验证。	能够使用基本工具完成实验，但选型依据和验证不充分。	不能正确选择或使用实验工具，无法获得有效验证结果。	30

五、推荐教材和教学参考资源

（一）建议教材

1. 胡寿松主编，《自动控制原理》，科学出版社。

（二）主要参考书及学习资源

1. MathWorks官方文档：MATLAB/Simulink、Control System Toolbox、System Identification Toolbox

2. 飞行控制实验平台操作手册及课程实验指导书。

大纲修订人签字：　　修订日期：2026 年 6 月

大纲审定人签字：　　审定日期：2026 年 8 月

《空气动力学基础》课程教学大纲

课程名称	空气动力学基础		
	Fundamentals of Aerodynamics		
课程代码	20914504	**课程性质**	专业必修课程
课程类别	专业核心课	**先修课程**	高等数学、大学物理
学分/学时	2.5学分/40学时	**理论学时/实验学时**	32学时/8学时
适用专业	无人驾驶航空器系统工程	**开课单位**	机械电气工程学院
课程负责人	刘巧	**审定日期**	2026年08月

一、课程简介

《空气动力学基础》是无人驾驶航空器系统工程专业本科生的专业核心课。本课程系统阐述飞行器如何产生升力并实现稳定与控制等基本原理，内容紧密联系低空飞行器的典型场景，主要包括：空气动力学的基本概念、低速流动的基本原理、绕翼型和机翼的不可压缩流动的薄翼理论和有限翼理论、黏性流动和边界层等，旨在帮助学生构建飞行器的系统性认知，培养其分析与飞行相关物理现象及工程问题的初步能力，为未来在低空经济领域的学习与发展奠定理论基础。

二、课程目标

本课程有 2 个课程目标，具体如下：

目标 1：能够空气动力学与飞行原理的基础知识，定性分析升力、阻力等空气动力的产生机理与变化规律及其对飞行器设计的影响。

目标 2：能够初步运用空气动力学和飞行原理专业知识解决低空飞行器中存在的技术问题，并针对低空飞行器中存在的技术难题提出自己的解决思路。

各课程目标对毕业要求指标点的支撑关系见下表：

课程目标	**毕业要求**
课程目标 1	2.问题分析: 能够应用数学、自然科学和工程科学的基本原理，识别、表达并通过文献研究分析复杂工程问题，综合考虑可持续发展的要求，以获得有效结论。
课程目标 2	5.使用现代工具: 能够针对复杂工程问题，开发、选择与使用恰当的技术、资源、现代工程工具和信息技术工具，包括对复杂工程问题的预测与模拟，并能够理解其局限性。

三、教学内容

知识单元	对应课程目标	学习成果	教学内容	课程目标达成方式	学时分配
1．课程导论	课程目标1	1. 掌握飞行器的结构和飞行原理； 2. 对比认识不同平台的差异性。	1. 教学大纲解读； 2.飞行器的主要结构； 3.飞行原理的基础概念； 4.飞行环境与空气物理特性。	1. 教学活动：课堂讲授； 2. 学习任务：课后作业	理论：2学时
2．空气动力学基本准则和公式	课程目标1	1. 掌握伯努利定律和空速测量原理； 2. 了解伯努利定律在空速测量系统中的应用。	1. 伯努利定律； 2. 伯努利定律的应用； 3. 空速的测量与总-静压系统。 思政点：学习伯努利的批判性思维和创新精神。	1. 教学活动：课堂讲授； 2. 学习任务：课后作业	理论：4学时
3．飞行器气动特征	课程目标1	1. 掌握二维翼型零升迎角、升力线斜率概念，了解边界层类型对摩擦阻力/压差阻力的影响，理解三维机翼周边诱导流场的现场和产生原理； 2. 掌握诱导阻力的产生原理，掌握展弦比、平面形状（削尖比）、后掠角的概念以及干扰阻力和全机阻力组成；理解飞机构型、风场条件对尾流发展的影响。	1. 二维翼形气动特性； 2. 边界层与三维机翼效应； 3. 飞机气动特性与飞机尾流。	1. 教学活动：课堂讲授； 2. 学习任务：课后作业	理论：12学时
4．螺旋桨空气动力学基础	课程目标1	1. 理解螺旋桨拉力的产生原理，桨叶角与桨叶迎角，延展向的桨叶角分布； 2. 掌握螺旋桨推进效率定义，提升功率吸收的方法，推进效率随空速变化关系； 3. 了解反扭矩/陀螺效应/滑流效应/斜吹效应。	1. 螺旋桨工作原理与几何参数； 2. 飞机定距桨的推力和空速-效率曲线； 3. 恒速螺旋桨的原理和结构以及螺旋桨的附加效应。	1. 教学活动：课堂讲授； 2. 学习任务：课后作业	理论：4学时
5．失速特性和增升装置	课程目标1	1. 掌握二维和三维/全机失速现象； 2. 理解改善是速特性的气动手段以及典型的后缘和前缘增升装置。	1. 失速成因与现象； 2. 改善失速特性的气动手段； 3. 典型后缘和前缘增升装置。	1. 教学活动：课堂讲授； 2. 学习任务：课后作业	理论：4学时
6．飞行器飞行性能	课程目标1	1. 掌握定常平飞中的升力和阻力特性； 2. 掌握定常盘旋状态的受力分析以及飞机盘旋的三个要素； 3.掌握静/动稳定性定义以及稳定性与操纵性的关系。	1. 飞机平飞性能和速度稳定性； 2. 飞机的升降和空速控制； 3. 飞机的定常水平盘旋性能； 4. 飞机的稳定性。	1. 教学活动：课堂讲授； 2. 学习任务：课后作业	理论：6学时
7．低空飞行器制造与应用	课程目标2	1. 结合螺旋桨理论知识和无人机实验，加深对多旋翼气动特性和控制的理解； 2. 结合机翼理论知识和飞行器实验，加深对固定翼气动特性和控制的理解； 3. 结合低空飞行器的应用场景，思考适用不同场景的空气动力学优化方向。	1. 多旋翼无人机结构件及装配实验； 2. 多旋翼中型无人机火灾场景演示和分组实验； 3.固定翼和复合翼飞行器结构件及舵面控制实验。	1. 教学活动：课堂讲授； 2. 学习任务：课后作业	实验：8学时

四、课程目标达成的评价方式及评价标准

（一）评价方式及成绩比例

课程目标终结性评价采用期末考试的方式，具体见下表：

课程目标	评价方式及比例（%）	成绩比例（%）
	期末考试	
课程目标 1	80	80
课程目标 2	20	20
合计	100	100

注：过程性评价应包括课堂测验和课程实验报告。出现下列情况取消末考资格：（1）课堂测验未交次数超过三分之一或均分低于五十分；（2）课程实验报告出现漏交或抄袭。

（二）评价标准

1.期末考试评价标准

课程目标	考核依据	评价标准				权重（%）
		优（90-100分）	良（75-89分）	中/及格（60-74分）	不及格（0-59分）	
课程目标1	主要空气动力学与飞行原理核心基础知识的掌握程度以及分析低空飞行器起落和平飞过程问题的能力。	能够正确运用基础知识和理论分析过程问题。	基本能够正确运用基础知识和理论分析过程问题。	在运用基础知识和理论分析过程问题时，存在部分错误。	在运用基础知识和理论分析过程问题时，错误较多。	80
课程目标2	初步解决低空飞行器起落和平飞过程问题的能力。	解决问题思路合理可行。	解决问题思路较合理。	解决问题思路存在错漏。	解决问题思路不可行。	20

五、推荐教材和教学参考资源

（一）建议教材

1. 刘沛清. 空气动力学. 北京：科学出版社，2023

（二）主要参考书及学习资源

1. 叶露. 飞行原理. 北京：清华大学出版社，2022

六、附表

序号	实验项目名称	实验性质	开出要求	学时
1	多旋翼无人机结构件及装配实验	验证性	必做	2
2	多旋翼中型无人机火灾场景演示和分组实验	验证性	必做	4
3	固定翼和复合翼飞行器结构件及舵面控制实验	验证性	必做	2

大纲修订人签字：　　修订日期：2026 年 6 月

大纲审定人签字：　　审定日期：2026 年 8 月

《飞行控制原理》课程教学大纲

课程名称	飞行控制原理		
	Principles of Unmanned Aerial Vehicle Flight and Control		
课程代码	30914505	**课程性质**	专业教育课程
课程类别	专业核心课程	**先修课程**	自动控制原理、空气动力学基础
学分/学时	2学分/32学时	**理论学时/实验学时**	32学时/0学时
适用专业	无人驾驶航空器系统工程	**开课单位**	机械电气工程学院
课程负责人	方亮	**审定日期**	2026年08月

一、课程简介

《飞行控制原理》是无人驾驶航空器系统工程专业的重要专业核心课程，主要研究飞行器飞行控制系统的基本任务、组成、工作原理与分析设计方法。课程以飞行力学和反馈控制为基础，讲授飞行力学基础与运动方程、纵横向动态特性、飞行状态测量与传感器、舵机与舵回路、阻尼/增稳/姿态/轨迹等典型飞行控制系统，以及飞行品质、控制系统基本设计方法和电传操纵、主动控制等现代飞行控制技术。通过课程学习，使学生能够运用数学、力学和控制理论表述典型飞控工程问题，建立基本模型，识别关键环节并分析系统稳定性和动态性能。课程为《飞行器控制原理实验》及后续导航制导、飞控系统设计与无人机系统综合实践等课程奠定理论基础。

二、课程目标

本课程有2个课程目标，具体如下：

目标1：能够运用数学、力学、控制理论和计算基础知识，描述飞行控制系统的基本任务、组成和功能，建立飞行器纵向/横侧向运动、传感器与舵回路等基本数学模型，并用方程、框图、传递函数或状态变量等形式规范表述典型飞行控制工程问题。

目标2：能够基于飞行动力学和反馈控制基本原理/第一性原理，识别典型飞行控制系统中的关键变量与反馈环节，利用数学模型分析飞行器运动模态、稳定性、动态性能和飞行品质，并对阻尼、增稳、姿态、轨迹等控制系统及基本设计方案的性能作出合理解释与判断。

各课程目标对毕业要求指标点的支撑关系见下表：

课程目标	**毕业要求**
课程目标1	1. 工程知识：能够将数学、自然科学、计算、工程基础和专业知识用于解决复杂工程问题。
课程目标2	2. 问题分析：能够应用数学、自然科学和工程科学的基本原理，识别、表达并通过文献研究分析复杂工程问题，综合考虑可持续发展的要求，以获得有效结论。

三、教学内容

知识单元	对应课程目标	学习成果	教学内容	课程目标达成方式	学时分配
0. 课程教学大纲解读	—	1. 知晓本课程预期达成的能力目标； 1. 2. 知晓本课程的教学内容、课程目标评价方式及占分比例、评价标准。	1. 课程目标及对毕业要求的支撑关系； 2. 支撑课程目标达成的各单元教学内容、学习任务、课程目标评价方式及占分比例、评价标准等。	教学活动：课堂讲授。	1
1. 绪论与飞行力学基础	课程目标1	2. 能够解释飞行控制系统的发展、基本任务、组成与功能。 2. 能够选用常用坐标系并说明其转换关系。 3. 能够分析作用于飞行器的主要力、力矩及操纵输入与运动响应的基本关系。	1. 飞行控制系统的发展回顾、基本任务、组成与功能。 2. 常用坐标系及坐标转换。 3. 飞行器操纵机构；空气动力、气动力矩、推力与重力。 4. 纵向及横侧向气动力和力矩的基本作用。 5. 结合我国飞控技术发展案例，强化工程责任与航空报国意识。 思政点：航空报国、工程责任与严谨求实的科学精神。	1. 教学活动：课堂讲授、结构示意、典型飞行器案例分析。 2. 学习任务：概念辨析、坐标与受力关系练习。	4
2. 飞行器运动方程与动态特性	课程目标1、2	1. 能够建立飞行器动力学与运动学基本方程，并说明线性化、解耦分组的基本思想。 2. 能够利用传递函数表述纵向和横侧向典型运动。 3. 能够识别短周期、长周期、荷兰滚、滚转衰减和螺旋等模态，并分析主要参数与飞行条件对动态特性的影响。	1. 飞行器动力学方程、运动学方程及运动方程组。 2. 方程线性化、解耦分组与小扰动模型。 3. 纵向运动传递函数；短周期、长周期模态及油门纵向响应。 4. 横侧向运动传递函数；荷兰滚、滚转衰减和螺旋模态。 5. 飞行条件对典型运动模态的影响。 思政点：尊重客观规律，培养严谨建模、科学分析和模型边界意识。	1. 教学活动：模型推导、问题驱动讲授、典型飞机/无人机算例。 2. 学习任务：运动模型建立、模态分析练习、阶段性作业。	6
3. 测量与传感器	课程目标1	1. 能够解释高度、空速、马赫数、迎角/侧滑角等空气动力学参量的测量原理。 2. 能够说明加速度计、陀螺仪等惯性传感器及航向、位置测量的基本原理。 3. 能够说明空气数据、惯性与导航信息同飞控状态量之间的关系。	1. 高度、空速、马赫数、迎角和侧滑角测量及大气数据计算机。 2. 线加速度传感器、陀螺仪及其应用。 3. 航向测量与位置确定；无线电测高、测距和卫星定位。 4. 惯性导航系统与仪表着陆系统基本组成及功能。 思政点：数据真实、测量可靠，强化职业责任。	1. 教学活动：原理讲授、信号链分析、传感器应用案例对比。 2. 学习任务：测量链路与状态量对应关系分析。	4
4. 舵机与舵回路	课程目标1、2	1. 能够解释电动、液压、电液复合及余度舵机的基本工作原理。 2. 能够建立舵回路基本框图并分析舵机负载、动态特性及闭环性能。 3. 能够识别舵机带宽、饱和、速率限制、时延和余度等工程约束对飞控系统的影响。	1. 电动、液压、电液复合及余度舵机的工作原理。 2. 舵面负载特性与舵机动态特性。 3. 舵回路构成、基本类型与特性分析。 4. 舵回路设计基本要求、余度设计及舵机与操纵系统连接方式。 思政点：可靠性设计、质量控制与安全冗余意识。	1. 教学活动：课堂讲授、舵回路框图推导、执行机构工程案例。 2. 学习任务：舵回路特性计算与约束因素分析。	4

5. 典型飞行控制系统分析	课程目标2	1. 能够识别阻尼器、增稳、控制增稳、姿态和轨迹控制系统的主要反馈环节。 2. 能够基于反馈控制原理分析典型飞控系统的稳定性、动态性能及操纵品质变化。 3. 能够解释高度、空速/马赫数及典型轨迹控制系统的工作机理和性能差异。	1. 典型飞行控制系统的构成与分类。 2. 俯仰、滚转、偏航阻尼器及纵向/横侧向增稳系统。 3. 控制增稳系统、俯仰控制律、指令模型及其对稳定性和操纵品质的影响。 4. 纵向与横侧向姿态稳定和控制。 5. 高度、侧向偏离、自动拉平、空速/马赫数及典型轨迹控制。 思政点：系统思维、风险意识和飞行安全责任。	1. 教学活动：问题驱动讲授、闭环框图推导、典型飞控案例研讨。 2. 学习任务：典型控制回路分析、阶段性作业。	6
6. 飞行控制系统设计基础	课程目标2	1. 能够解释飞行控制系统的任务、设计目标和飞行品质评价的基本作用。 2. 能够依据典型飞行品质指标评价控制系统性能。 3. 能够比较经典与现代设计方法，并分析数字式飞控中的采样频率、频谱和多速率等基本约束。	1. 飞行控制系统设计任务、目标与基本要求。 2. 飞行品质评价准则、纵向/横侧向品质要求及评价方法。 3. 飞行控制系统经典设计方法与现代设计技术概述。 4. 数字式飞行控制系统设计特点：采样频率、信号频谱与多速率采样。 5. 典型设计案例的建模、指标与结果分析。 思政点：标准规范、科学决策与工程设计理念。	1. 教学活动：规范/指标解读、设计案例分析、方法比较。 2. 学习任务：依据性能指标评价典型控制方案，并完成阶段性作业。	4
7. 现代飞行控制技术	课程目标2	1. 能够解释电传操纵与余度技术的基本结构、功能及安全性要求。 2. 能够比较放宽静稳定性、直接力控制、机动载荷控制、阵风减缓等主动控制技术的基本思想。 3. 能够分析综合控制与飞行管理系统的功能及现代飞控技术的应用边界。	1. 电传操纵系统、余度技术及典型电传系统构成与工作原理。 2. 主动控制技术：放宽静稳定性、直接力控制、机动载荷控制、阵风减缓和主动颤振抑制。 3. 综合控制系统与飞行管理系统。 4. 结合飞行安全案例，强化系统安全、质量意识和工程责任。 思政点：科技创新与工程伦理意识。	1. 教学活动：前沿案例讲授、系统架构比较、课堂研讨。 2. 学习任务：现代飞控技术案例对比与总结。	3

四、课程目标达成的评价方式及评价标准

（一）评价方式及成绩比例

课程成绩包括2个部分，分别为课后作业和期末考试。具体见下表：

课程目标	评价方式及比例（%）		成绩比例（%）
	课后作业	期末考试	
课程目标1	20	30	50
课程目标2	20	30	50
合计	40	60	100

阶段性作业为过程性考核，采用课堂限时独立完成、个性化参数或其他过程可核验的方式实施，确保覆盖全体学生并计入课程总评成绩。考勤以及不能覆盖全体学生的课堂表现不作为课程目标达成度计算数据；对缺勤学生可按课程管理规定扣减过程性考核成绩，累计缺勤三次的学生不得参加该课程结课考试。

（二）评价标准

1. 阶段性作业评价标准

课程目标	考核依据	评价标准				权重（%）
		优（90-100分）	良（75-89分）	及格（60-74分）	不及格（0-59分）	
课程目标1	①基本概念及变量关系作答； ②飞行器运动方程、框图或传递函数建模结果； ③推导及计算过程； ④配套评分细则。	①基本概念、变量及物理关系正确； ②模型、方程或框图建立正确； ③推导与计算过程正确； ④符号、单位及工程表达规范。	①基本概念、变量及物理关系基本正确，有少量非关键错误； ②模型、方程或框图主体正确，有少量非关键遗漏； ③推导与计算基本正确，有少量计算错误； ④工程表达较规范。	①基本概念和主要变量关系基本明确，但存在较多错误； ②能够建立基本模型、方程或框图，但存在较多遗漏或局部错误； ③能够完成主要推导或计算，过程存在较多错误； ④工程表达规范性较差。	①基本概念或主要变量关系错误很多； ②模型、方程或框图存在关键性错误或不能建立； ③不能完成主要推导与计算； ④不能正确表述飞行控制工程问题。	20
课程目标2	①典型运动模态或控制回路分析结果； ②稳定性、动态性能分析过程； ③参数变化或飞行品质分析结论； ④配套评分细则。	①运动模态、关键变量及反馈环节识别正确； ②分析模型和方法选择合理，分析过程正确； ③稳定性、动态性能及飞行品质判断正确； ④能够结合参数变化解释工程原因。	①主要运动模态和反馈环节识别基本正确，有少量非关键遗漏； ②分析方法基本合理，过程有少量错误； ③主要性能判断正确； ④能够对主要参数变化作出较合理解释。	①能够识别主要运动模态或反馈关系，但存在较多遗漏； ②能够采用基本方法开展分析，但过程存在较多错误； ③能够得到基本性能结论，但部分判断不准确； ④工程解释不够完整。	①不能正确识别主要运动模态或关键反馈环节； ②分析模型或方法选择错误； ③稳定性、动态性能或飞行品质结论明显错误； ④不能依据模型和参数作出有效工程解释。	20

2．期末考试评价标准

课程目标	考核依据	评价标准				权重（%）
		优（90-100分）	良（75-89分）	及格（60-74分）	不及格（0-59分）	
课程目标1	①基本概念、变量及物理关系答题结果； ②运动方程、传递函数或框图建模结果； ③推导、计算及工程表述； ④配套评分细则。	①基本概念、变量及物理关系正确； ②运动方程、传递函数或框图建立正确、完整； ③推导和计算正确； ④符号、单位及工程表述规范。	①基本概念、变量及物理关系基本正确，有少量错误； ②模型主体正确，有少量非关键遗漏； ③推导和计算基本正确，有少量错误； ④表达较规范。	①基本概念及主要变量关系基本明确，但存在较多错误； ②能够建立基本模型，但模型完整性较差或存在局部错误； ③能够完成主要推导和计算，但错误较多； ④表达规范性较差。	①基本概念、变量或物理关系错误很多； ②不能建立有效模型，或模型存在关键性错误； ③主要推导或计算方法错误； ④不能正确表述飞行控制工程问题。	30
课程目标2	①运动模态及控制环节识别结果； ②稳定性和动态性能分析过程； ③飞行品质及控制系统性能判断； ④配套评分细则。	①运动模态、关键变量和反馈环节识别正确； ②分析模型和方法选择正确，分析过程完整； ③稳定性、动态性能及飞行品质判断正确； ④能够依据模型、参数和性能指标合理解释分析结果。	①主要运动模态和反馈环节识别基本正确，有少量遗漏； ②分析模型和方法基本正确，存在少量非关键错误； ③主要性能判断正确； ④能够结合主要参数和指标解释分析结果。	①能够识别主要运动模态或反馈环节，但存在较多遗漏； ②能够采用基本模型和方法分析，但过程存在较多错误； ③能够得到基本性能结论，但部分判断不准确； ④能够作出基本解释但依据不充分。	①不能正确识别主要运动模态或关键反馈环节； ②分析模型或方法选择错误； ③稳定性、动态性能或飞行品质判断错误很多； ④不能依据模型、参数和性能指标形成有效结论。	30

五、推荐教材和教学参考资源

（一）建议教材

1. 胡寿松主编. 自动控制原理（第7版）. 北京：科学出版社，2019.

2. 吴森堂，费玉华. 飞行控制系统. 北京：北京航空航天大学出版社，2005。

（二）主要参考书及学习资源

1. 唐大全，鹿珂珂. 无人机导航与控制. 北京：北京航空航天大学出版社，2026.

2. MathWorks. Aerospace Blockset Documentation. https://www.mathworks.com/help/aeroblks/

大纲修订人签字：　　修订日期：2026 年 6 月

大纲审定人签字：　　审定日期：2026 年 8 月

《飞行器控制原理实验》课程教学大纲

课程名称	飞行器控制原理实验		
	Experiment on Aircraft Flight Control Principles		
课程代码	30914506	**课程性质**	专业教育课程
课程类别	专业核心课程	**先修课程**	飞行控制原理
学分/学时	1学分/32学时		
适用专业	无人驾驶航空器系统工程	**开课单位**	机械电气工程学院
课程负责人	方亮	**审定日期**	2026年08月

一、课程简介

《飞行器控制原理实验》是与飞行控制理论相衔接的独立实验课程，以飞行控制系统建模、仿真、参数整定和性能测试为主线。学生利用MATLAB/Simulink等专业工具和课程实验平台，完成模型构建、控制器参数设置、响应测试、数据采集与结果分析，形成从实验方案理解、系统搭建、安全操作到数据解释和结论形成的完整实验链条。课程通过综合性与设计性实验，训练学生依据对象特征选择实验方法、正确获取数据并使用现代工程工具分析飞行控制问题，认识模型、仿真与实验平台的适用条件和局限性，为后续无人机系统综合设计、毕业设计和工程实践奠定基础。

二、课程目标

本课程有2个课程目标，具体如下：

目标1：能够依据实验方案构建飞行控制仿真/实验系统，按实验规程安全完成参数设置、测试与操作，正确采集、记录和整理响应数据，并基于科学原理分析实验现象、误差与结果，形成合理结论。

目标2：能够针对飞行控制实验任务，选择并使用MATLAB/Simulink等专业模拟软件、数据处理工具和课程实验平台完成建模、仿真、计算与可视化，比较模型与实验结果，并说明所用工具、模型和仿真结果的适用范围与局限性。

各课程目标对毕业要求的支撑关系见下表：

课程目标	毕业要求
课程目标1	4. 研究：能够基于科学原理并采用科学方法对复杂工程问题进行研究，包括设计实验、分析与解释数据、并通过信息综合得到合理有效的结论。
课程目标2	5. 使用现代工具：能够针对复杂工程问题，开发、选择与使用恰当的技术、资源、现代工程工具和信息技术工具，包括对复杂工程问题的预测与模拟，并能够理解其局限性。

三、实验教学内容

实验项目	实验类型	对应课程目标	学习成果	实验内容	课程目标达成方式	学时分配	实验性质
0. 课程教学大纲解读	—	—	1. 知晓本课程预期达成的能力目标； 2. 知晓本课程的教学内容、课程目标评价方式及占分比例、评价标准。	1. 课程目标及对毕业要求的支撑关系； 2. 支撑课程目标达成的各单元教学内容、学习任务、课程目标评价方式及占分比例、评价标准等。	教学活动：课堂讲授。	0	—
1. 飞行器运动模型建立与仿真	验证性	课程目标1、2	1. 能够根据给定飞行器参数建立纵向/横侧向小扰动数学模型。 2. 能够设置输入、输出及仿真参数并获得有效响应数据。	1. 飞行器纵向/横侧向状态空间模型或传递函数建立。 2. MATLAB/Simulink模型搭建及参数设置。 3. 升降舵、副翼或方向舵阶跃输入与响应仿真。 4. 响应数据记录、导出与可视化。 思政点：数据真实与软件规范。	1. 教学活动：教师示范、模型搭建讲解、运行检查与个别指导。 2. 学习任务：个人完成模型建立、仿真运行和关键结果记录。	4	必做
2. 飞行器纵向动态特性分析	综合性	课程目标1、2	1. 能够计算纵向模型特征根、自然频率和阻尼比。 2. 能够识别短周期、长周期模态并分析参数变化对动态特性的影响。	1. 纵向线性模型加载与特征根计算。 2. 短周期、长周期模态识别。 3. 典型操纵输入下的时域响应测试。 4. 飞行状态或模型参数变化对模态及响应的影响。 思政点：尊重客观规律与严谨验证。	1. 教学活动：实验任务发布、模态判读示范、过程巡查与问题引导。 2. 学习任务：个人完成特征根计算、模态识别、响应测试与结果分析。	4	必做

实验项目	实验类型	对应课程目标	学习成果	实验内容	课程目标达成方式	学时分配	实验性质
3. 飞行器横侧向动态特性分析	综合性	课程目标1、2	1. 能够计算横侧向模型特征根并识别典型运动模态。 2. 能够分析副翼/方向舵输入及参数变化对横侧向响应的影响。	1. 横侧向线性模型与特征根计算。 2. 荷兰滚、滚转衰减和螺旋模态识别。 3. 副翼/方向舵输入下的侧滑角、滚转角速度、偏航角速度和滚转角响应。 4. 参数变化对横侧向动态特性的影响。 思政点：系统关联与协同分析。	1. 教学活动：模态分析讲解、典型响应对比、操作巡查与答疑。 2. 学习任务：个人完成模态识别、响应测试、参数对比与结论形成。	4	必做
4. 舵机与舵回路特性分析	综合性	课程目标1、2	1. 能够建立舵机与舵回路模型并完成响应测试。 2. 能够分析饱和、速率限制、时延和带宽等工程约束对控制性能的影响。	1. 一阶/二阶舵机模型及舵回路搭建。 2. 阶跃响应与动态特性测试。 3. 舵偏饱和、速率限制、时延和带宽约束设置。 4. 理想与受限执行机构响应对比。 思政点：可靠性与安全冗余意识。	1. 教学活动：舵机模型讲解、工程约束演示、课程实验平台操作指导。 2. 学习任务：个人完成舵回路搭建、约束设置、响应测试与对比分析。	4	必做
5. 阻尼/增稳与姿态控制系统设计	设计性	课程目标1、2	1. 能够设计角速度反馈阻尼/增稳回路并整定反馈参数。 2. 能够构建姿态内外环控制系统并依据性能指标评价控制效果。	1. 俯仰/滚转/偏航阻尼反馈回路搭建。 2. 反馈增益设计与特征根、阻尼比变化分析。 3. 俯仰或滚转姿态内外环控制系统构建。 4. 指令跟踪、扰动抑制及超调量、调节时间、稳态误差等性能测试。 思政点：风险意识与工程责任。	1. 教学活动：设计指标说明、控制结构讲解、方案审查、现场核验与个别指导。 2. 学习任务：个人完成控制回路设计、参数整定、性能测试和分析记录。	8	必做

实验项目	实验类型	对应课程目标	学习成果	实验内容	课程目标达成方式	学时分配	实验性质
6. 高度/轨迹控制及飞行品质综合评价	设计性	课程目标1、2	1. 能够在姿态内环基础上构建高度/航向/轨迹外环并完成综合测试。 2. 能够依据性能指标比较控制方案并说明模型、工具及结果的适用范围和局限性。	1. 姿态—高度/航向/轨迹串级控制回路构建。 2. 高度或航迹指令跟踪及扰动条件下性能测试。 3. 稳定性、阻尼比、超调量、调节时间、稳态误差和最大舵偏等指标提取。 4. 不同参数/控制方案比较及飞行品质综合评价。 5. 模型简化、数值求解和实验平台局限性讨论。 思政点：工程规范与技术应用边界。	1. 教学活动：综合任务发布、方案审查、现场核验、结果讲评。 2. 学习任务：个人完成实验方案、系统搭建、数据分析、方案比较和综合结论。	8	必做

四、课程目标达成的评价方式及评价标准

（一）评价方式及成绩比例

课程成绩包括2个部分，分别为实验过程考核和综合实验考核。实验过程考核依据6个实验的个人现场操作、模型文件、关键运行结果和分析记录综合评定；综合实验考核采用现场独立上机方式。具体见下表：

课程目标	评价方式及比例（%）		成绩比例（%）
	实验过程考核	综合实验考核	
课程目标1	35	15	50
课程目标2	25	25	50
合计	60	40	100

（二）评价标准

1. 实验过程考核评价标准

课程目标	考核依据	评价标准				权重（%）
		优（90-100分）	良（75-89分）	中/及格（60-74分）	不及格（0-59分）	
课程目标1	①实验系统/模型构建与参数设置； ②实验规程与操作； ③数据采集、记录与可追溯性； ④实验结果分析记录。	①系统/模型及参数设置正确；②按规程独立操作，无违规；③数据完整、有效、可追溯；④分析记录完整。无关键性错误，一般性错误或遗漏≤1项。	①系统/模型主体及参数设置正确；②操作规范；③主要数据完整有效；④分析记录基本完整。无关键性错误，一般性错误或遗漏2～3项。	①能完成基本系统/模型和参数设置；②经提示可完成规范操作；③能获取有效数据但有缺项；④能形成基本分析记录。关键性错误≤1项且纠正后可完成，一般性错误或遗漏4～5项。	①系统/模型主体错误或不能完成；②存在明显违规操作；③关键数据无效、缺失或不可追溯；④不能形成有效分析记录。出现关键性错误≥2项或一般性错误/遗漏≥6项。	35
课程目标2	①软件/工具选择与仿真设置； ②仿真、计算与数据处理； ③结果可视化与复现； ④模型和工具适用范围/局限性说明。	①工具选择及模型/求解设置正确；②仿真、计算和数据处理正确；③结果表达规范且可复现；④能说明主要适用范围和局限性。无关键性错误，一般性错误或遗漏≤1项。	①工具选择和主要设置正确；②主要仿真与数据处理正确；③结果可复核；④能说明主要适用条件或局限。无关键性错误，一般性错误或遗漏2～3项。	①能使用指定工具完成基本设置；②能完成主要仿真/计算；③能够输出基本结果；④能说明至少1项适用条件或局限。关键性错误≤1项且纠正后结果有效，一般性错误或遗漏4～5项。	①工具选择或关键设置错误；②仿真/计算结果无效；③结果不可复现或与数据不对应；④不能说明基本适用条件或局限。出现关键性错误≥2项或一般性错误/遗漏≥6项。	25

2. 综合实验考核评价标准

课程目标	考核依据	评价标准				权重（%）
		优（90-100分）	良（75-89分）	中/及格（60-74分）	不及格（0-59分）	
课程目标1	①综合实验方案与测试工况； ②系统/模型构建与参数设置； ③数据采集与关键结果； ④分析解释与结论。	①方案可执行、测试工况完整；②系统/模型及参数设置正确；③关键数据完整有效；④分析与结论均有数据/模型依据。无关键性错误，一般性错误或遗漏≤1项。	①方案和主要工况合理；②系统/模型主体正确；③主要数据有效；④分析与结论基本一致。无关键性错误，一般性错误或遗漏2～3项。	①能形成基本方案并完成主要工况；②能建立基本系统/模型；③取得主要有效数据；④能形成基本结论。关键性错误≤1项且纠正后可完成，一般性错误或遗漏4～5项。	①方案不可执行或系统/模型主体错误；②关键工况未完成；③关键数据缺失/无效；④不能形成有效分析和结论。出现关键性错误≥2项或一般性错误/遗漏≥6项。	15
课程目标2	①工具与模型选择； ②控制回路设计与参数整定； ③仿真/计算及性能指标获取； ④方案比较与局限性判断。	①工具与模型选择正确；②控制回路与参数设置正确；③仿真/计算及性能指标正确；④比较依据充分，并能说明模型、数值或平台局限。无关键性错误，一般性错误或遗漏≤1项。	①工具与模型选择合理；②控制回路主体正确；③主要仿真结果和指标正确；④能依据主要指标比较方案并说明主要局限。无关键性错误，一般性错误或遗漏2～3项。	①能使用指定工具/模型；②能完成基本控制回路和参数设置；③获得主要性能结果；④能作出基本方案比较并指出至少1项局限。关键性错误≤1项且纠正后结果有效，一般性错误或遗漏4～5项。	①工具/模型选择或控制回路主体错误；②关键参数设置错误导致结果无效；③不能获得有效性能指标；④无法进行有效比较或识别明显局限。出现关键性错误≥2项或一般性错误/遗漏≥6项。	25

五、推荐实验教材和资源

（一）建议实验教材

1. 全权，戴训华，王帅. 多旋翼飞行器设计与控制实践. 北京：电子工业出版社，2020.

2. 吴森堂主编. 飞行控制系统（第2版）. 北京：北京航空航天大学出版社，2013.

3. MATLAB/Simulink、Control System Toolbox及课程实验平台配套实验指导资料。

（二）主要参考书及学习资源

1. MathWorks. Simulink Documentation. https://www.mathworks.com/help/simulink/

2. MathWorks. Aerospace Blockset Documentation. https://www.mathworks.com/help/aeroblks/

3. MathWorks. Control System Toolbox Documentation；课程实验平台/舵机实验台使用说明。

大纲修订人签字：　　修订日期：2026 年 6 月

大纲审定人签字：　　审定日期：2026 年 8 月

《无人系统通信原理与通信网络》课程教学大纲

课程名称	无人系统通信原理与通信网络		
	Communication Principles and Communication Networks for Unmanned Systerm		
课程代码	30914507	**课程性质**	专业教育课程
课程类别	专业核心课程	**先修课程**	信号与系统
学分/学时	3学分/48学时	**理论学时/实验学时**	40学时/8学时
适用专业	无人驾驶航空器系统工程	**开课单位**	机械电气工程学院
课程负责人	田敏	**审定日期**	2026年08月

一、课程简介

本课程是无人驾驶航空器系统工程专业的专业核心课程，包括信道、模拟线性调制和角调制系统、数字基带传输系统、正弦载波数字调制系统和模拟信号的数字传输等内容。通过本课程的教学，使学生奠定模拟通信、数字通信系统方面扎实的理论基础，学习与了解现代通信原理和通信网。

二、课程目标

目标1：掌握通信基本概念、模型及主要性能指标；掌握各种模拟和数字传输方式的基本原理和方法，掌握各种抗噪声性能的分析方法以及最佳传输方式的基本概念；理解数字通信的同步原理和编码技术；理解通信网的基本原理，能够将基本通信原理与通信网工程专业知识和数学分析方法用于推演专业工程问题。

目标2：能够基于通信及通信网的科学原理和数学模型方法正确表达复杂工程问题。

各课程目标对毕业要求指标点的支撑关系见下表：

课程目标	**毕业要求**
课程目标1	1. 工程知识：能够将数学、自然科学、计算、工程基础和专业知识用于解决复杂工程问题。
课程目标2	2. 问题分析： 能够应用数学、自然科学和工程科学的基本原理，识别、表达并通过文献研究分析复杂工程问题，综合考虑可持续发展的要求，以获得有效结论。

三、教学内容

知识单元	对应课程目标	学习成果	教学内容	课程目标达成方式	学时分配
1．绪论	课程目标1	1．能够掌握信息及其度量； 2．了解通信原理在通信系统中的具体作用。	1．教学大纲解读2．通信的基本概念3．通信系统的组成4．通信系统分类5．信息及其度量6．通信系统主要性能指标7．培养爱国精神。	1.教学活动：课堂讲授、多媒体教学、课堂讨论 2.学习任务：课程作业、测试	理论 4学时
3．随机过程	课程目标1	1．理解随机过程的基本概念； 2．掌握平稳随机过程数字特征 3．理解通信系统中各部分的信号和噪声特性的分析、高斯噪声的表示法和特征。	1．随机过程的基本概念2．平稳随机过程；3．高斯随机过程4．平稳随机过程通过线性系统5．窄带随机过程6．正弦波加窄带高斯噪声7．高斯白噪声和带限白噪声8．了解5G，增强民族自信	1.教学活动：课堂讲授、多媒体教学、课堂讨论、 2.学习任务：课程作业、测试	理论 4学时
4．信道	课程目标1	1．了解各种无线和有线信道；理解通信信道的分类和对信号传输的影响； 2．掌握信道容量定义和决定信道容量的要素。	1．无线信道2．有线信道3．信道的数学模型4．信道特性对信号传输的影响5．信道容量	1.教学活动：课堂讲授、多媒体教学、课堂讨论、 2.学习任务：课程作业、测试	理论 4学时
5．模拟调制系统	课程目标1、2、3	1．重点掌握AM、DSB、SSB、VSB、FM、PM调制和解调系统的基本工作原理； 2．理解模拟调制系统的抗噪声性能分析方法；理解信道频带利用率和抗噪声性能结论；	1．幅度调制（线性调制）的原理2．线性调制系统的抗噪声性能3．非线性调制（角度调制）原理4．调频系统的抗噪声性能5．名种模拟调制系统的比较6．频分复用和调频立体声	1.教学活动：课堂讲授、多媒体教学、课堂讨论 2.学习任务：课程作业、实验报告、测试	理论 4学时
6．数字基带传输系统	课程目标1、2、3	1．理解数字基带信号的特性、基本工作原理和常用的数字基带信号码型； 2．掌握码间串扰的原理和解决方法，理解传输系统抗噪声性能，了解部分响应和时域均衡。	1．数字基带信号及其频谱特性2．基带传输的常用码型3．数字基础信号传输与码间串扰4．无码间串拢的基带传输特性5．基带传输系统的抗噪声性能6．眼图7．部分响应和时域均衡	1.教学活动：课堂讲授、多媒体教学、课堂讨论 2.学习任务：课程作业、实验报告、测试	理论 6学时 +实验2学时
7．数字带通传输系统	课程目标1、2、3	1．重点掌握二进制调制和解调系统的基本工作原理及其抗噪声性能分析方法； 2．理解多进制数字调制原理；了解多进制数字调制系统的抗噪声性能。	1．二进制数字调制原理2．二进制数字调制系统的抗噪声性能3．二进制数字调制系统的性能比较4．多进制数字调制原理5．多进制数字调制系统的抗噪声性能6. 培养职业道德观	1.教学活动：课堂讲授、多媒体教学、课堂讨论 2.学习任务：课程作业、实验报告、测试	理论 6学时 +实验4学时

8．新型数字带通调制技术	课程目标2	1．理解正交振幅调制；理解最小频移键控和高斯最小频移键控； 2．了解正交频分复用。	1．正交振幅调制2．最小频移键控和高斯最小频移键控 3．正交频分复用5. 通过南仁东事迹，学习科学家精神	1.教学活动：课堂讲授 2.学习任务：课程作业、实验报告、测试	理论 2学时
9．模拟信号的数字传输	课程目标1、2、3	1．理解模拟信号的抽样；掌握抽样信号的量化；掌握脉冲编码调制原理； 2. 理解差分脉冲编码调制原理；掌握增量调制原理	1．模拟信号的抽样2．模拟脉冲调制3．抽样信号的量化4．脉冲编码调制5．差分脉冲编码调制6．增量调制7．时分复用和复接	1.教学活动：课堂讲授、多媒体教学、课堂讨论 2.学习任务：课程作业、实验报告、测试	理论 6学时 +实验2学时
10．差错控制编码	课程目标1、2、3	1．理解纠错编码的基本原理、性能；理解简单的实用编码； 2．掌握线性分组码和循环码；理解卷积码。	1．纠错编码的基本原理2．纠错编码的性能3．简单的实用编码4．线性分组码5. 了解信息安全	1.教学活动：课堂讲授、多媒体教学、课堂讨论 2.学习任务：课程作业、实验报告、测试	理论 2学时
11．同步原理	课程目标1、2、3	1．理解载波同步系统的性能、位同步系统的性能及其相位误差对性能的影响； 2．掌握群同步的原理，了解网同步。	1．载波同步2．码元同步3．群同步4．网同步5. 培养学生的工匠精神	1.教学活动：课堂讲授、多媒体教学、课堂讨论 2.学习任务：课程作业、实验报告、测试	理论 2学时

四、课程目标达成的评价方式及评价标准

（一）评价方式及成绩比例

课程成绩包括2个部分，分别为课程报告、期末考试。具体见下表：

课程目标	评价方式及比例（%）		成绩比例（%）
	课程报告	期末考试	
课程目标1	20	24（40%）	44
课程目标2	20	36（60%）	56
合计	40	60	100

注：1.累计缺勤三次的学生，不得参加该课程的结课考试。2.阶段测试（1次）作为必要评价参考材料,不计入总评成绩。2. 课程作业（至少6次）、实验报告（至少4次）作为必要评价参考材料，不计入总评成绩，如果连续缺少超过2次，总评成绩记为不及格。3. 若期末考试卷面成绩低于50分，则平时成绩不计入总评成绩，总评成绩记为不及格。

（二）评价标准

1. 课程报告评价标准

课程目标	考核依据	评价标准				权重（%）
		优（90-100分）	良（75-89分）	中/及格（60-74分）	不及格（0-59分）	
课程目标1	考察学生对通信基础理论知识的掌握情况。	通信基础理论知识概念理解正确，应用正确合理。	通信基础理论基本概念理解正确，能正确应用。	通信基础理论基本知识概念理解基本正确，但考虑不全面	通信基础理论基本知识概念理解较差，不会正确应用。	20
课程目标2	考察学生能够基于通信原理和数学模型方法正确表达通信原理与通信网问题。	能够正确应用通信原理分析问题，思路正确，能够合理分析与计算。	能够应用通信原理分析问题，思路较清楚，能够分析与计算。	基本能够应用通信原理分析问题，思路基本正确。	不能应用通信原理分析问题，不会分析。	20

2．期末考试评价标准

课程目标	考核依据	评价标准				权重（%）
		优（90-100分）	良（75-89分）	中/及格（60-74分）	不及格（0-59分）	
课程目标1	考察学生对通信基础理论知识的掌握情况。	通信基础理论知识概念理解正确，应用正确合理。	通信基础理论基本概念理解正确，能正确应用。	通信基础理论基本知识概念理解基本正确，但考虑不全面	通信基础理论基本知识概念理解较差，不会正确应用。	24
课程目标2	考察学生能够基于通信原理和数学模型方法正确表达通信原理与通信网问题。	能够正确应用通信原理分析问题，思路正确，能够合理分析与计算。	能够应用通信原理分析问题，思路较清楚，能够分析与计算。	基本能够应用通信原理分析问题，思路基本正确。	不能应用通信原理分析问题，不会分析。	36

五、推荐教材和教学参考资源

（一）建议教材

1. 樊昌信. 通信原理（第七版），北京：国防工业出版社，2017年04月。

（二）主要参考书及学习资源

1. 赵恒凯. 现代通信原理，北京：清华大学出版社，2021年07月。

2. J.G.Prokis. 数字通信（第五版），北京：电子工业出版社，2018年12月。

六、附表

序号	实验（上机实训）项目名称	实验性质	开出要求	学时
1	基带传输编译码实验	验证性	必做	2
2	二进制数字调制与解调实验	验证性	必做	2
3	PCM编译码实验	验证性	必做	2
4	时分复用实验	综合	必做	2

大纲修订人签字：　　修订日期：2026 年 6 月

大纲审定人签字：　　审定日期：2026 年 8 月

《数字信号处理与应用》课程教学大纲

课程名称	数字信号处理与应用		
	Digital Signal Processing and Applications		
课程代码	30914508	**课程性质**	专业教育课程
课程类别	专业核心课	**先修课程**	信号与系统
学分/学时	3.5学分/56学时	**理论学时/实验学时**	40学时/16学时
适用专业	无人驾驶航空器系统工程	**开课单位**	机械电气工程学院
课程负责人	查志华	**审定日期**	2026年08月

一、课程简介

《数字信号处理与应用》是无人驾驶航空器系统工程专业本科生继《信号与系统》之后的专业核心课，同时是学习《无人机通信与导航技术》等后续课程所必备的先修基础课。课程以离散信号与系统为研究对象，系统讲授数字信号的频谱分析、数字滤波器的基本原理与设计方法，重点培养学生运用数字信号处理技术解决复杂工程问题的分析能力。通过本课程的学习，学生将具备解决复杂工程问题的基础素养与持续学习能力，为后续从事相关领域的研究、设计与开发工作奠定基础。

二、课程目标

本课程有 2 个课程目标，具体如下：

目标 1：能够运用信号分析理论描述数字信号频谱。

目标 2：能够运用数字信号处理的基本原理识别并设计数字滤波器。

各课程目标对毕业要求指标点的支撑关系见下表：

课程目标	**毕业要求**
课程目标 1	1.工程知识：能够将数学、自然科学、计算、工程基础和专业知识用于解决复杂工程问题。
课程目标 2	2. 问题分析：能够应用数学、自然科学和工程科学的基本原理/第一性原理，识别、表达并通过文献研究分析复杂工程问题，综合考虑可持续发展的要求，以获得有效结论。

三、教学内容

知识单元	对应课程目标	学习成果	教学内容	课程目标达成方式	学时分配
1．离散时间信号与系统	课程目标1	1. 掌握离散信号与系统的描述； 2. 正确理解卷积； 3. 掌握离散系统响应的求解方法；	1. 教学大纲解读 2. 时域离散信号与系统的描述； 3. 卷积； 4. 离散时间系统响应分析；	1. 教学活动：课堂讲授； 2. 学习任务：课后作业、阶段测试；	理论：2学时 实验：2学时
2．Z变换与离线系统的频域分析	课程目标2	1. 掌握傅氏变换、拉氏变换与Z变换、DTFT之间的关系； 2. 掌握Z变换求解系统响应的方法；	1. Z 变换及逆Z变换； 2. Z变换与拉普拉斯变换、傅里叶变换的关系； 3. 序列的傅里叶变换； 4. 离散系统的系统函数及系统特性；	1. 教学活动：课堂讲授、上机指导。 2. 学习任务：课后作业、阶段测试、上机实践、实验报告；	理论：4学时 实验：4学时
3．离散傅立叶变换	课程目标1	1. 掌握DFS、DFT的性质； 2. 熟练掌握时域采样及频域采样定理； 3. 掌握线性卷积、周期卷积及圆周卷积之间的关系及计算方法； 4. 掌握利用DFT进行频谱分析的方法；	1. 周期序列的傅里叶级数； 2. 离散傅里叶变换及其性质； 3. 频域的采样与恢复； 4. 用DFT计算线性卷积； 5. 用DFT做频谱分析；	1. 教学活动：课堂讲授、上机指导； 2. 学习任务：课后作业、阶段测试、上机实践、实验报告。	理论：8学时 实验：4学时
4．快速傅立叶变换	课程目标1	1. 理解FFT的含义； 2. 掌握DIT、DIF-基2-FFT算法； 3. 了解CZT、DCT等变换；	1. DFT的运算特点； 2. FFT算法； 3. CZT变换及DCT变换；	1. 教学活动：课堂讲授、上机指导； 2. 学习任务：课后作业、阶段测试、上机实践、实验报告；	理论：6学时 实验：2学时
5．数字滤波器基本结构	课程目标2	1. 掌握IIR数字滤波器的网络结构； 2. 掌握FIR数字滤波器的网络结构；	1. 离散系统的流图表示与系统分类； 2. IIR、FIR系统的基本结构； 3. 格型滤波器结构；	1. 教学活动：课堂讲授； 2. 学习任务：课后作业、阶段测试；	理论：4学时
6．无限长单位脉冲响应数字滤波器的设计	课程目标2	1. 掌握数字滤波器的设计方法； 2. 掌握巴特沃斯、切比雪夫模拟低通滤波器的设计方法； 3. 熟练掌握脉冲响应不变法及双线性变换法设计数字滤波器；	1. 掌握模拟滤波器的设计方法； 2. 掌握脉冲响应不变化法、双线性变换法、原型变换法设计数字滤波器； 3. IIR DF的最优设计；	1. 教学活动：课堂讲授； 2. 学习任务：课后作业、阶段测试、；	理论：8学时 实验：2学时

7．有限长单位脉冲响应数字滤波器的设计	课程目标2	1. 掌握线性相位FIR数字滤波器特点； 2. 掌握FIR数字滤波器设计的窗函数法、频率采样法； 3. 理解数字频率的转化；	1. 线性相位FIR数字滤波器的条件和特点； 2. FIR数字滤波器的窗函数设计、 3. FIR滤波器的频率取样设计； 4. 多采样率转化；	1. 教学活动：课堂讲授、上机指导； 2. 学习任务：课后作业、阶段测试、上机实践、实验报告；	理论：6学时 实验：2学时
8．有限字长效应	课程目标1	1. 了解量化误差及量化效应； 2. 了解数字系统运算中的有限字长效应；	1. 二进制表示法对量化的影响； 2. 模拟信号量化的误差分析； 3. 滤波器系数量化效应； 4. 数字系统运算中的有限字长效应；	1. 教学活动：课堂讲授。 2. 学习任务：课后作业	理论：2学时

四、课程目标达成的评价方式及评价标准

（一）评价方式及成绩比例

课程目标终结性评价采用期末考试方式，具体见下表：

课程目标	评价方式及比例（%）	成绩比例（%）
	期末测试	
课程目标 1	40	40
课程目标 2	60	60
合计	100	100

注：（1）课程教学过程中，开展阶段测试，测试内容包含理论内容与实验内容。阶段测试为完成单元教学内容后进行的限时测试，由学生独立完成，测试中若发现抄袭他人或协助他人抄袭行为，该次测试成绩以0分计。阶段测试平均成绩低于50分者不得参加期末测试。

（2）课程实验教学过程中，需按要求独立完成上机实践并撰写实验报告，缺少任一次实验报告者不得参加参加期末测试。

（3）期末测试为闭卷考试，百分制。

（二）评价标准

1. 期末测试评价标准

课程目标	考核依据	评价标准				权重（%）
		优（90-100分	良（75-89分）	中/及格（60-74分）	不及格（0-59分）	
课程目标1	考查运用专业知识进行数字信号谱分析的掌握程度。	分析方法正确，计算正确，	分析方法基本正确，计算正确率较高，	分析方法基本正确，计算正确率较低；	分析方法错误，计算错误多；	40
课程目标2	考查运用数字信号处理的基本原理对数字滤波器进行性能分析、设计的能力。	原理运用正确，分析方法合理，设计思路清晰准确，计算正确；	原理运用基本正确，分析方法基本合理，设计思路基本合理，计算正确；	原理运用基本正确，分析方法有错误，设计思路有错误；计算正确率较低；	原理运用错误，分析方法错误较多，设计思路混乱，计算错误多；	60

五、推荐教材和教学参考资源

（一）建议教材

1. 卢光跃．数字信号处理及应用．北京：人民邮电出版社，2022

（二）主要参考书及学习资源

1. 程佩青．数字信号处理教程（第 5 版）．北京：人民邮电出版社，2017
2. 张小虹．数字信号处理（第 2 版）．北京：机械工业出版社，2013

六、附表

序号	实验（上机实训）项目名称	实验性质	开出要求	学时
1	离散时间信号的仿真	验证性	必做	2
2	时域采样与信号重构	综合性	必做	2
3	离散时间系统的时域分析	综合性	必做	2
4	离散时间信号与系统的频域分析	综合性	必做	2
5	用FFT对信号作频谱分析	综合性	必做	2
6	IIR数字滤波器的设计	设计性	必做	2
7	FIR数字滤波器的设计	设计性	必做	2
8	数字信号处理在双音多频拨号系统中的应用	设计性	必做	2

大纲修订人签字：　　修订日期：2026 年 6 月

大纲审定人签字：　　审定日期：2026 年 8 月

《无人机通信与导航技术》课程教学大纲

课程名称	无人机通信与导航技术		
	Unmanned Aerial Vehicle Communication and Navigation Technology		
课程代码	30914509	**课程性质**	专业教育课程
课程类别	专业核心课程	**先修课程**	信号与系统、数字信号处理与应用、无人系统通信原理与通信网络、电路分析基础、电子技术、电子技术实验、自动控制原理、无人机结构与系统、飞行控制原理
学分/学时	3学分/48学时	**理论学时/实验学时**	32学时/16学时
适用专业	无人驾驶航空器系统工程	**开课单位**	机械电气工程学院
课程负责人	高宗余	**审定日期**	2026年08月

一、课程简介

本课程是无人驾驶航空器系统工程专业的专业教育核心课程，是后续《多智能飞行器协同综合创新实践》、《毕业实习》的先导课程。本课程涵盖无人机通信原理、导航技术及实践应用等内容，主要讲授无人机无线通信与机载数据链、抗干扰保密通信、卫星与多源组合导航、安全导航、组网通信与多机协同，以及低空空域管理、系统工程架构与性能评价等知识要点，旨在培养学生对无人机通信与导航领域复杂工程问题进行分析、研究与工程设计的能力，为从事无人机通信与导航系统设计、集成、测试、应用及拓展相关业务奠定基础。

二、课程目标

本课程有2个课程目标，具体如下：

目标1：能够将无人机导航定位系统的分类组成、工作原理与误差削弱措施等专业知识用于解决无人机导航定位系统设计选型与工程应用中的工程问题。

目标2：能够基于GPS静态和动态数据采集方法、GPS数据处理方法及GPS导航技术和方法，通过通信与导航技术建立系统定位模型并求解。

各课程目标对毕业要求指标点的支撑关系见下表：

课程目标	毕业要求
课程目标1	1. 工程知识：能够将数学、自然科学、计算、工程基础和专业知识用于解决复杂工程问题。
课程目标2	2. 问题分析：能够应用数学、自然科学和工程科学的基本原理，识别、表达并通过文献研究分析复杂工程问题，综合考虑可持续发展的要求，以获得有效结论。

三、教学内容

知识单元	对应课程目标	学习成果	教学内容	课程目标达成方式	学时分配
0. 课程教学大纲解读	—	1. 知晓本课程预期达成的能力目标； 2. 知晓本课程的教学内容、课程目标评价方式及占分比例、评价标准。	1. 课程目标及对毕业要求的支撑关系； 2. 支撑课程目标达成的各单元教学内容、学习任务、课程目标评价方式及占分比例、评价标准等。	1. 教学活动：课堂讲授、多媒体教学等。	理论2学时
1. 无人机及通信导航基础	课程目标1、2	1. 能够准确阐述无人机的通信需求与通信特点； 2. 能够清晰说明无人机的导航需求与导航特点。	1. 无人机的通信需求、通信特点； 2. 无人机的导航需求、导航特点。 思政点：激励学生将专业知识作为成长利器，厚植家国情怀，为中华民族伟大复兴而奋斗。	1. 教学活动：课堂讲授、多媒体教学等。	
2. 无线电技术基础	课程目标1、2	1. 能够准确阐述发射机的基本组成、调制的作用与分类； 2. 能够熟知发射机、超外差式接收机的主要性能指标。	1. 发射机的基本组成、调制的作用和分类； 2. 发射机、超外差式接收机的主要性能指标。	1. 教学活动：课堂讲授、多媒体教学等。	理论2学时
3. 通信的基本原理	课程目标1、2	1. 能够系统掌握通信的基本知识，准确说明通信的来源及定义； 2. 能够梳理通信的基本手段、方式及分类，了解现代通信发展现状。	1. 通信的来源、定义基本手段、方式及分类； 2. 现代通信的发展现状。	1. 教学活动：课堂讲授、多媒体教学等。	理论2学时
4. 无人机通信分类	课程目标1、2	1. 能够区分无人机不同通信类型的技术差异； 2. 能够掌握五类通信方式的技术特点与适用场景。	1. 电台移动通信、蜂窝移动通信； 2. WiFi 通信、卫星中继通信、电缆通信。	1. 教学活动：课堂讲授、多媒体教学等。	理论2学时
5. 无人机通信设备及工作模式	课程目标1、2	1. 能够掌握无人机三类主流通信设备的组成结构； 2. 能够明确不同通信设备的工作模式与应用场景。	1. 无人机移动电台通信设备； 2. 蜂窝移动通信设备、WiFi 通信设备。	1. 教学活动：课堂讲授、多媒体教学等。	理论2学时
6. 无人机通信的典型应用	课程目标1、2	1. 能够掌握无人机自组网的组网方案与通信方式； 2. 能够结合典型实例分析无人机自组网通信的应用逻辑。	1. 无人机组网方案、通信方式； 2. 无人机自组网通信典型实例。	1. 教学活动：课堂讲授、多媒体教学等。	理论2学时
7. 无人机通信的未来展望	课程目标1、2	1. 能够把握无人机通信技术前沿发展方向； 2. 能够掌握各类新兴通信技术的技术特性与应用价值。	1. 远距离通信传输技术、移动自组网络技术； 2. 抗干扰技术、激光通信技术； 3. 一站多机技术、信道综合技术。	1. 教学活动：课堂讲授、多媒体教学等。2. 学习任务：课程作业。	理论1学时
8. 导航的基本知识	课程目标1、2	1. 能够准确阐述无人机导航的基本手段与分类体系； 2. 能够掌握导航时空基准的内涵与作用。	1. 无人机导航的基本手段和分类； 2. 导航的时空基准。 思政点：引导学生将个人理想融入国家发展大局，树立爱国守法、敬业奉献的价值追求，为国家强盛、民族复兴凝聚磅礴力量。	1. 教学活动：课堂讲授、多媒体教学等。	理论2学时

9. 卫星导航	课程目标1、2	1. 能够系统掌握无人机卫星导航的工作原理与测量参数； 2. 能够区分全球卫星导航系统及各类增强系统的技术特点。	1. 卫星导航测量参数与定位原理； 2. 全球卫星导航系统（GPS、GLONASS）； 3. 地基增强系统、星基增强系统、空基增强系统。	1. 教学活动：课堂讲授、多媒体教学等。2. 学习任务：实验练习。	理论4学时
		1. 能够掌握多旋翼无人机RTK差分定位原理与系统构成，完成设备参数配置并开展高精度定位飞行验证。	1. 实验项目名称：多旋翼无人机RTK应用。		实验4学时
10. 惯性导航	课程目标1、2	1. 能够梳理无人机惯性导航技术的发展历程； 2. 能够准确把握中国惯性导航技术的发展现状与趋势。	1. 无人机惯性导航的发展历程； 2. 中国惯性导航的发展现状。	1. 教学活动：课堂讲授、多媒体教学等。	理论2学时
11. 其他导航	课程目标1、2	1. 能够掌握无人机无线电导航基本原理与多普勒导航机制； 2. 能够熟悉多类辅助导航技术的特性与适用场景。	1. 无人机无线电导航基本原理、多普勒导航； 2. 图形匹配导航、地形匹配导航、景象匹配导航； 3. 惯性地形辅助导航及各类导航的技术特性。	1. 教学活动：课堂讲授、多媒体教学等。	理论2学时
12. 导航系统的组成和应用	课程目标1、2	1. 能够掌握无人机组合导航的系统组成与工作原理； 2. 能够熟悉信息融合技术与卡尔曼滤波算法的应用逻辑。	1. 无人机组合导航原理； 2. 信息融合技术； 3. 卡尔曼滤波算法。	1. 教学活动：课堂讲授、多媒体教学等。2. 学习任务：实验练习。	理论4学时
		1. 能够准确识别无人机导航定位系统的核心硬件模块与整体架构，厘清各子系统的功能边界与协同工作逻辑。	1. 实验项目名称：无人机导航定位系统结构组成识别。		实验4学时
13. 导航设备及应用模式	课程目标1、2	1. 能够独立开展无人机导航系统需求分析； 2. 能够从多维度明确导航系统设计与应用的核心指标。	1. 位置需求、高度需求、速度需求； 2. 加速度需求、姿态需求、时间需求。	1. 教学活动：课堂讲授、多媒体教学等。2. 学习任务：实验练习。	理论2学时
		1. 能够独立完成无人机导航定位核心设备的硬件组装、线路连接与参数配置，完成基础调试与常见故障排查。	1. 实验项目名称：无人机导航定位系统组装调试。		实验4学时
14. 无人机导航的典型应用	课程目标1、2	1. 能够区分不同应用场景下无人机导航的技术特点； 2. 能够掌握多类典型无人机导航的技术要点与适用场景。	1. 无人机单机导航、微小型无人机导航； 2. 作战无人机导航、高空长航时无人机导航。	1. 教学活动：课堂讲授、多媒体教学等。2. 学习任务：实验练习。	理论2学时
		1. 能够操作无人机完成典型场景导航飞行任务，可采集分析飞行导航数据并评估系统定位精度与应用性能。	1. 实验项目名称：无人机导航定位系统飞行应用。		实验4学时
15. 无人机导航的未来展望	课程目标1、2	1. 能够把握无人机导航技术的发展趋势与需求方向； 2. 能够明确单一导航、组合导航新技术的发展路径。	1. 无人机导航新需求展望、新技术展望； 2. 单一导航新技术、组合导航新技术。	1. 教学活动：课堂讲授、多媒体教学等。2. 学习任务：课程作业。	理论1学时

四、课程目标达成的评价方式及评价标准

（一）评价方式及成绩比例

对各课程目标的终结性评价统一采用期末考试，具体见下表：

课程目标	评价方式及比例（%）	成绩比例（%）
	期末考试	
课程目标1	60	60
课程目标2	40	40
合计	100	100

注：课程形成性评价应包括考勤、课程作业、实验练习，鼓励拓展支持持续改进的多元评价举措，促进学生学习进阶和学业帮扶。形成性评价的记录仅用于学情诊断，不直接参与课程总评成绩的评定，在教学过程的形成性评价中，学生出现以下任一情况时，有权取消终结性评价资格：

1. 累计缺勤达总授课次数1/3及以上，或无故旷课3次。

2. 课后作业完成不足布置总量1/3，或作业抄袭累计3次。

（二）评价标准

课程目标	考核依据	评价标准				权重（%）
		优（90-100分）	良（75-89分）	中/及格（60-74分）	不及格（0-59分）	
课程目标1	考查学生对无人机导航定位系统的分类组成、工作原理与误差削弱措施等专业知识掌握的情况，以及将其用于解决无人机导航定位系统设计选型与工程应用中工程问题的能力；配套评分细则。	对无人机导航定位系统的分类组成、工作原理与误差削弱措施等专业知识理解准确，合理地将其用于解决无人机导航定位系统设计选型与工程应用中的工程问题。	对无人机导航定位系统的分类组成、工作原理与误差削弱措施等专业知识理解较准确，较为合理地将其用于解决无人机导航定位系统设计选型与工程应用中的工程问题。	对无人机导航定位系统的分类组成、工作原理与误差削弱措施等专业知识理解存在较多错误，不够合理地将其用于解决无人机导航定位系统设计选型与工程应用中的工程问题。	对无人机导航定位系统的分类组成、工作原理与误差削弱措施等专业知识理解存在很多错误，不能合理地将其用于解决无人机导航定位系统设计选型与工程应用中的工程问题。	60
课程目标2	考查学生基于GPS静态和动态数据采集方法、GPS数据处理方法及GPS导航技术和方法，通过通信与导航技术建立系统定位模型并求解的能力；配套评分细则。	基于GPS静态和动态数据采集方法、GPS数据处理方法及GPS导航技术和方法，准确通过通信与导航技术建立系统定位模型并求解。	基于GPS静态和动态数据采集方法、GPS数据处理方法及GPS导航技术和方法，较准确通过通信与导航技术建立系统定位模型并求解。	基于GPS静态和动态数据采集方法、GPS数据处理方法及GPS导航技术和方法，能够基本通过通信与导航技术建立系统定位模型并求解，但存在较多错误。	基于GPS静态和动态数据采集方法、GPS数据处理方法及GPS导航技术和方法，能够基本通过通信与导航技术建立系统定位模型并求解，但存在很多错误。	40

五、推荐教材和教学参考资源

（一）建议教材

1. 黄智刚、郑帅勇．无人机通信与导航（第2版）．北京：北京航空航天大学出版社，2023．

（二）主要参考书及学习资源

1. 刘振华．无人机导航定位技术．西安：西北工业大学出版社，2018．

2. 李征航、黄劲松．GPS测量与数据处理（第4版）．武汉：武汉大学出版社，2024．

六、附表

序号	实验（上机实训）项目名称	实验性质	开出要求	学时
1	无人机导航定位系统结构组成识别	验证性	必做/选做 （据分组等实况定）	4
2	无人机导航定位系统组装调试	验证性	必做/选做 （据分组等实况定）	4
3	无人机导航定位系统飞行应用	综合性	必做/选做 （据分组等实况定）	4
4	多旋翼无人机RTK应用	综合性	必做/选做 （据分组等实况定）	4

大纲修订人签字：　　修订日期：2026年06月

大纲审定人签字：　　审定日期：2026年08月

《机械设计基础》课程教学大纲

课程名称	机械设计基础		
	Fundamentals of mechanical design		
课程代码	20915100	**课程性质**	专业选修课程
课程类别	专业方向课	**先修课程**	三维建模与成图基础、工程力学
学分/学时	2.0 / 32	**理论学时/实验学时**	32/0
适用专业	无人驾驶航空器系统工程	**开课单位**	机械电气工程学院
课程负责人	葛建兵	**审定日期**	2026年8月

课程简介

本课程是无人驾驶航空器系统工程专业的一门重要的专业基础课。其任务是培养学生掌握机构的结构原理、运动特性和机械动力学的基本知识，初步具有分析基本机构的能力；掌握通用机械零件的工作原理、特点、选用和设计计算的基本知识，并初步具有设计简单的机械及普通机械传动装置的能力，为日后学生作为工学本科生毕业后从事工程相关的工作开展创造性的活动打下坚实的基础。

一、课程目标

通过本课程的学习，学生应具备以下几方面的目标：

1.掌握常用机构和通用机械零件的基本原理、运动特性及选用和机械动力学的基本知识和基本理论，正确分析表达复杂机械工程问题。

2.基本掌握各种常用机构和各种通用机械零件的设计计算方法，具有简单机械常用机构、通用零件设计的能力，了解影响设计目标和技术方案的各种因素。

课程目标对毕业要求的支撑关系见下表：

课程目标	毕业要求
1	**2.问题分析：**能够应用数学、自然科学和工程科学的基本原理，识别、表达并通过文献研究分析复杂工程问题，综合考虑可持续发展的要求，以获得有效结论。
2	**3.设计/开发解决方案：**能够针对复杂工程问题设计和开发解决方案，设计满足特定需求的系统、单元（部件）或工艺流程，体现创新性，并从健康、安全与环境、全生命周期成本与净零碳要求、法律与伦理、社会与文化等角度考虑可行性。

二、教学内容

知识单元	对应课程目标	预期学习成效	知识点或能力	教学活动	学时
第1章 绪论	课程目标1	1.掌握零部件设计的一般步骤、零件的主要失效形式、零件加工标准化等。 2.树立正确的设计理念； 3.培养创新意识综合设计能力应用。	1.机器的基本组成； 2.机械设计的基本要求和一般步骤； 3.机械零件的材料及选择、主要失效形式、制造工艺性及标准化、设计准则与方法。	1.课堂讲授 2.课后作业	理论： 2学时
第2章 机构的结构分析	课程目标1	1.正确理解构件、运动副、约束、自由度、及运动链等重要概念； 2.了解机构运动简图的绘制方法； 3.熟练掌握机构自由度的计算方法。	1.构件、运动副、约束和自由度等概念； 2.常用运动副的名称、代号、模型、运动副级别及封闭方式、运动副平面/空间表示符号； 3.一般构件的表示符号，常用机构的运动简图符号及绘制方法。 4.平面机构自由度的计算。	1.课堂讲授 2.课后作业	理论： 4学时
第3章 平面连杆机构	课程目标1	1.了解平面四杆机构的基本型式、演化和应用； 2.掌握曲柄存在条件和四杆机构工作特性分析方法。	1.平面四杆机构的基本知识； 2.连杆机构及其传动特点； 3.平面四杆机构的类型及应用。 *课程思政：“天宫”空间站太阳能帆板打开折叠过程展示，展现航天科技魅力。*	1.课堂讲授 2.课后作业 3.分组讨论 4.案例分析	理论： 4学时
	课程目标2	1.能用图解法按已知连杆三位置、连架杆三对应位置和行程速比系数设计平面四杆机构的尺寸。	1.平面四杆机构的设计：图解法。		
第4章 凸轮机构	课程目标1	1.了解凸轮机构应用及分类； 2.能根据工作要求选择从动件运动规律； 3.能进行凸轮机构基本尺寸合理确定。	1.凸轮机构的应用和类型； 2.从动件运动规律； 3.凸轮机构基本尺寸的确定。	1.课堂讲授 2.课后作业	理论： 2学时
第5章 间歇运动机构	课程目标1	1.了解棘轮机构、槽轮机构、凸轮式间歇运动机构、不完全齿轮机构等一些其他常用机构的工作原理、运动特点及其应用。	1.棘轮机构、槽轮机构、凸轮式间歇运动机构等的工作原理，运动特点及应用。 *课程思政：老式电影播放设备与现代数字电影的区别，思考科技带给人们生活的转变。*	1.课堂讲授 2.课后作业	理论： 1学时
第6章 联接	课程目标1	1.能够掌握螺纹连接的标准规范和基本设计理论方法。 2.能够解决螺栓应用中的工程应用问题，提出改进措施。	1.螺纹的结构、类型和标准件； 2.螺纹联接的预紧、防松。 3.提高螺纹联接件强度的措施。 *课程思政：一颗螺栓引发的悲剧——NASA阿波罗号航天飞船发射升空爆炸案例，引导学生思考机械工程师的职责。*	1.课堂讲授 2.课后作业 3.分组讨论	理论： 4学时
	课程目标2	1.掌握螺栓设计及安全应用方法。	1.螺栓联接的设计、许用应力及强度计算；		

第7章 挠性传动	课程目标1	1.能够进行带传动的受力及带应力分析； 2.能够进行链传动的工作情况分析；	1.带传动工作情况分析；V传动张紧装置； 2.链传动的特点、应用、运动特性分析； 3.传动链的结构特点；链轮结构和材料； *课程思政：东方红履带式拖拉机的生产制造案例，引导学生思考机械行业前辈的艰苦奋斗历程，激发学习斗志。*	1.课堂讲授 2.课后作业 3.案例分析	理论： 2学时
	课程目标2	1.了解V带传动设计方法； 2.了解链传动设计方法。	1.V带传动、V带轮的设计计算； 2.滚子链传动的设计计算。		
第8章 啮合传动	课程目标1	1.了解齿轮机构类型及功用； 2.理解齿廓啮合基本定律； 3.了解渐开线的形成过程； 4.理解渐开线直齿圆柱齿轮啮合传动条件 5.能识别和判断齿轮机构类型及参数； 6.了解斜齿圆柱齿轮机构、锥齿轮机构和蜗轮蜗杆机构基本概念和传动特点。	1.齿轮机构的应用和分类； 2.齿轮的共轭齿廓曲线； 3.渐开线及其齿廓啮合特性及渐开线直齿圆柱齿轮的啮合传动； 4.斜齿圆柱齿轮机构、锥齿轮机构和蜗轮蜗杆机构基本概念和传动特点。 课程思政：*以中国造世界最大集装箱船“中海环球”号为例，讲述其传动系统中的啮合传动，引导学生思考全球经济与航运“新常态”下国际班轮的新发展，以及优化船队结构和装备对我国海运业发展的影响。*	1.课堂讲授 2.课后作业 3.案例分析	理论： 6学时
	课程目标2	1.掌握齿轮传动的基本设计方法； 2.能够进行齿轮强度及应力分析 3.了解齿轮的机构设计。	1.齿轮传动的失效形式及设计准则； 2.齿轮的尺寸设计； 3.齿轮传动的载荷和强度计算；		
第9章 轮系	课程目标1	1.了解轮系组成、运动特点； 2.了解各类轮系的功能。	1.轮系及其分类； 2.轮系的功用。	1.课堂讲授 2.课后作业	理论： 2学时
	课程目标2	1.熟练掌握定轴轮系传动比的计算方法，能确定主、从动轮转向及传动比；	1.定轴轮系的分析及传动比计算；		
第10章 轴	课程目标1	1.能够掌握进行轴的结构设计的基本的原理方法理论。	1.轴的结构设计与计算； *课程思政：以进口2010-2013年款宝马X5、X6系列汽车为例，引发学生思考汽车主轴产品设计的重要性，强化职业责任意识和安全意识，增强职业规范教育。*	1.课堂讲授 2.课后作业 3.案例分析	理论： 2学时
	课程目标2	1.掌握轴的工艺结构设计方法。	1.轴工艺结构设计		
第11章 轴承	课程目标1	1.掌握滑动轴承的特点及应用； 2.理解滚动轴承的类型、代号和选择； 3.进行滚动轴承标准件的设计选择。	1.滑动轴承的主要结构形式、主要失效形式及常用材料； 2.滚动轴承的主要类型、代号、选择。 *课程思政：以大型水轮机主轴轴承磨损修复为例，思考未来大型水电站轴承表面再制造技术的发展和应用，激发学生探索科学的兴趣。*	1.课堂讲授 2.课后作业	理论： 2学时
第12章 联轴器、离合器和制动器	课程目标1	1.能够掌握联轴器、离合器及制动器的类型及结构特点。	1.联轴器、离合器、制动器的种类、特征和选择；	1.课堂讲授 2.分组讨论	理论： 1学时

三、课程目标达成评价方式及评价标准

1．评价方式及成绩比例

采用作业和期末考试完成课程目标的达成评价，期末考试为闭卷形式，具体评价方式如下：

课程目标	评价方式及比例（%）		比例（%）
	平时作业	期末考试	
课程目标1	21	49	70
课程目标2	9	21	30
合计	30	70	100

2．评价标准

（1）平时作业：缺交作业量超过该课程总量的三分之一者，任课教师可取消其参加本课程的考核资格。具体评价标准如下：

考核内容	评价标准				权重（%）
	90-100分	75-89分	60-74分	0-59分	
A1：考查学生对机械设计中常用机构和零件分析与设计所需的专业基础知识的掌握程度，分析表达其中机械工程问题（对应课程目标1、毕业要求2）	对机械设计基础理论知识的表述正确。	对机械设计基础理论知识的表述基本正确。	对机械设计基础理论知识的表述存在较多错误。	对机械设计基础理论知识的表述存在很多错误。	21
A2：考查学生应用各种常用机构和各种通用机械零件的设计计算方法，具有简单机械常用机构、通用零件设计的能力。（对应课程目标2、毕业要求3）	各种常用机构和各种通用机械零件的设计计算方法正确。	各种常用机构和各种通用机械零件的设计计算方法基本正确。	各种常用机构和各种通用机械零件的设计计算方法存在较多错误。	各种常用机构和各种通用机械零件的设计计算方法存在很多错误。	9

（2） 期末考试评价标准

考核内容	评价标准				权重（%）
	90-100分	75-89分	60-74分	0-59分	
B1：考查学生对机械设计中常用机构和零件分析与设计所需的专业基础知识的掌握程度，分析表达其中机械工程问题。（对应课程目标1、毕业要求2）	对机械设计基础理论知识的表述正确。	对机械设计基础理论知识的表述基本正确。	对机械设计基础理论知识的表述存在较多错误。	对机械设计基础理论知识的表述存在很多错误。	49
B2：考查学生应用各种常用机构和各种通用机械零件的设计计算方法，具有简单机械常用机构、通用零件设计的能力。（对应课程目标2、毕业要求3）	各种常用机构和各种通用机械零件的设计计算方法正确。	各种常用机构和各种通用机械零件的设计计算方法基本正确。	各种常用机构和各种通用机械零件的设计计算方法存在较多错误。	各种常用机构和各种通用机械零件的设计计算方法存在很多错误。	21

四、课程教材及主要参考书

（一）建议教材

机械设计基础（第五版），王大康 李德才 主编，北京：机械工业出版社，2024。

（二）主要参考书

[1].机械设计基础（第五版），陈立德 罗卫平主编，北京：高等教育出版社 2019；

[2].机械设计基础（第四版），朱东华 姜雪 李乃根 王秀叶 主编，北京: 机械工业出版社，2024；

[3].机械原理（第九版），孙桓 葛文杰 主编，北京：高等教育出版社，2021；

[4].机械设计（第十版），濮良贵 陈国定 吴立言 主编，北京：机械工业出版社，2019；

大纲修订人签字：　　修订日期：2026年06月

大纲审定人签字：　　审定日期：2026年08月

《嵌入式系统技术与应用》课程教学大纲

课程名称	嵌入式系统技术与应用		
	Embedded Systems Technology and Applications		
课程代码	20915503	**课程性质**	专业教育课程
课程类别	专业核心课程	**先修课程**	电路分析基础、电子技术
学分/学时	1.5学分/48学时	**理论学时/实验学时**	0学时/48学时
适用专业	无人驾驶航空器系统工程	**开课单位**	机械电气工程学院
课程负责人	方亮	**审定日期**	2026年08月

一、课程简介

《嵌入式系统技术与应用》是面向相关工科专业开设的实践性专业课程，是连接电子技术、程序设计与智能装备应用的重要技术环节。课程以嵌入式开发平台为载体，围绕开发环境与调试、GPIO与中断、定时器与PWM、数据采集与传感器接口、串行通信与总线、实时操作系统及综合系统设计等内容开展实践教学。通过连续的实验、程序开发、软硬件联调与综合任务，使学生掌握常用嵌入式处理器、开发工具、接口资源和调试方法，理解其适用范围与局限性；能够对实验数据、运行波形、通信信息和测试结果进行分析解释，定位典型问题并形成合理结论，培养嵌入式系统开发、测试和工程分析能力，为智能控制、无人系统、物联网及相关综合实践课程奠定基础。

二、课程目标

本课程有2个课程目标，具体如下：

课程目标1：能够针对嵌入式系统实验与调试过程获取的运行数据、波形、通信信息和测试结果进行分析与解释，综合软硬件资源、接口关系和实验现象判断系统性能或问题原因，并形成合理有效的结论。

课程目标2：能够描述嵌入式处理器、开发板、传感与执行接口、编译下载与调试工具、仿真软件等常用现代工程工具的基本原理和使用方法，说明其资源、精度、实时性及适用范围等方面的局限性。

各课程目标对毕业要求的支撑关系见下表：

课程目标	毕业要求
课程目标1	4. 研究：能够基于科学原理并采用科学方法对复杂工程问题进行研究，包括设计实验、分析与解释数据、并通过信息综合得到合理有效的结论。
课程目标2	5. 使用现代工具：能够针对复杂工程问题，开发、选择与使用恰当的技术、资源、现代工程工具和信息技术工具，包括对复杂工程问题的预测与模拟，并能够理解其局限性。

三、教学内容

知识单元	实验类型	对应课程目标	学习成果	教学内容	课程目标达成方式	学时分配	实验性质
0. 课程教学大纲解读	—	—	1. 知晓本课程预期达成的能力目标； 2. 知晓本课程的教学内容、课程目标评价方式及占分比例、评价标准。	1. 课程目标及对毕业要求的支撑关系； 2. 支撑课程目标达成的各单元教学内容、学习任务、课程目标评价方式及占分比例、评价标准等。	教学活动：课堂讲授。	0	—
1. 开发环境与基础I/O实践	验证性	课程目标2	1. 能够完成嵌入式开发环境配置、工程创建、程序下载与调试。 2. 能够说明开发板、编译调试工具及GPIO资源的基本使用方法和局限性。	1. 开发平台与工具链配置。 2. 工程创建、编译、下载与在线调试。 3. GPIO输入/输出与基本外设控制。 思政点：工程规范与工具合规，强化软件许可、规范操作和质量意识。	1. 教学活动：开发平台演示、实验指导、问题讲评。 2. 学习任务：个人完成环境配置、GPIO控制和在线调试，保存工程源文件及调试记录。	6	必做
2. 中断、定时器与PWM实践	综合性	课程目标1、2	1. 能够完成外部中断、定时器和PWM功能开发。 2. 能够根据运行现象和波形分析参数设置与系统响应之间的关系。	1. 外部中断配置与事件响应。 2. 定时器计数、定时与捕获。 3. PWM输出、参数调节与波形测试。 思政点：严谨求真与实时意识，坚持以实测波形和时序验证程序行为。	1. 教学活动：实验演示、波形分析、调试指导。 2. 学习任务：个人完成中断、定时器与PWM实验，提交源程序、关键波形和结果分析记录。	8	必做
3. 数据采集与传感器接口实践	综合性	课程目标1、2	1. 能够完成ADC及典型传感器数据采集程序。 2. 能够分析采集数据、误差和运行状态并形成合理结论。	1. ADC配置、采样与数据处理。 2. 典型传感器接口及数据读取。 3. 采样参数、误差现象与实验结果分析。 思政点：数据真实与科学诚信，强调原始数据真实、误差客观、结果可追溯。	1. 教学活动：实验指导、数据分析示范、问题讨论。 2. 学习任务：个人完成数据采集与传感器接口实验，提交源程序、原始数据和结果分析记录。	8	必做
4. 串行通信与总线接口实践	综合性	课程目标1、2	1. 能够完成UART、I²C、SPI等接口的程序开发与外设通信。 2. 能够依据通信数据、时序和调试结果分析典型通信问题。	1. UART串行通信与数据交互。 2. I²C、SPI总线及典型外设驱动。 3. 通信数据、时序及故障现象分析。 思政点：标准意识与协同互联，强化遵循协议、规范接口和协同开发意识。	1. 教学活动：协议演示、实验指导、调试案例分析。 2. 学习任务：个人完成串口、总线接口与外设驱动实验，保存工程文件、通信记录和调试结果。	8	必做

5. 实时操作系统应用实践	综合性	课程目标1、2	1. 能够完成任务创建、调度、同步与通信等基本应用。 2. 能够根据任务运行结果分析实时性、资源占用及工具适用性。	1. 实时操作系统开发环境。 2. 任务创建、调度、延时、同步与通信。 3. 多任务运行状态、实时性与资源约束分析。 思政点：系统思维与资源统筹，培养面向整体性能进行资源配置与权衡的意识。	1. 教学活动：程序演示、任务调度实验指导、结果讲评。 2. 学习任务：个人完成多任务应用实验，提交工程文件、运行记录及实时性和资源约束分析。	8	必做
6. 嵌入式系统综合设计与测试	设计性	课程目标1、2	1. 能够综合运用嵌入式开发工具完成典型系统的软硬件集成与调试。 2. 能够分析综合测试数据和运行现象，评价系统性能并形成有效结论。	1. 任务需求分析与功能方案设计。 2. 传感采集、通信、控制等功能集成。 3. 系统联调、功能与性能测试。 4. 数据分析、故障定位、结果解释及工具局限性分析。 思政点：可靠性与工程责任，通过联调和边界工况测试强化质量控制意识。	1. 教学活动：任务驱动、综合实践指导、成果讲评。 2. 学习任务：个人完成综合系统设计、联调和测试，提交工程源文件、测试记录和结果分析，并进行现场核验。	10	必做

四、课程目标达成的评价方式及评价标准

（一）评价方式及成绩比例

课程成绩包括2个部分，分别为实验过程考核和综合实践考核。具体见下表：

课程目标	评价方式及比例（%）		成绩比例（%）
	实验过程考核	综合实践考核	
课程目标1	35	20	55
课程目标2	25	20	45
合计	60	40	100

实验过程考核覆盖各单元实验，采用现场独立操作、工程源文件、原始数据/波形/通信记录及结果分析等可核验材料进行评价；综合实践考核采用差异化任务或参数，学生现场独立完成系统设计、联调、测试与分析。考勤不作为课程目标达成度计算数据；缺勤按课程管理规定扣减实验过程成绩，累计缺勤三次者不得参加综合实践考核。

（二）评价标准

1. 实验过程考核评价标准

课程目标	考核依据	评价标准				权重（%）
		优（90-100分）	良（75-89分）	及格（60-74分）	不及格（0-59分）	
课程目标1	①原始数据、波形或通信记录； ②运行与调试记录； ③实验结果分析与结论； ④配套评分细则。	①数据/波形/通信记录完整且与实际运行一致； ②软硬件接口关系和实验现象解释正确； ③异常或故障原因判断正确； ④结论与数据一致。无关键性错误，一般性错误或遗漏≤1项。	①主要数据/波形/通信记录完整； ②主要接口关系和实验现象解释正确； ③能够判断主要异常或故障原因； ④结论与主要数据一致。无关键性错误，一般性错误或遗漏2～3项。	①能够获得有效数据/波形/通信记录； ②能够解释主要实验现象； ③能够完成基本问题分析； ④结论基本不与数据矛盾。关键性错误≤1项且经修正后结果有效，或一般性错误/遗漏4～5项。	①未获得有效实验数据，或记录与实际运行不一致； ②不能解释主要实验现象； ③不能定位基本问题； ④结论与数据明显矛盾。关键性错误≥2项，或一般性错误/遗漏≥6项。	35
课程目标2	①工程源文件/源代码； ②开发板与接口配置记录； ③编译、下载、调试与测试记录； ④工具原理、适用范围与局限性说明及配套评分细则。	①工具、接口资源及关键参数选择正确； ②编译、下载、调试和测试操作规范； ③工程可重复运行并得到有效结果； ④能正确说明资源、精度、实时性或适用范围等局限。无关键性错误，一般性错误或遗漏≤1项。	①主要工具和接口配置正确； ②能够独立完成主要开发调试操作； ③工程可运行并获得主要结果； ④能够说明主要适用条件和局限。无关键性错误，一般性错误或遗漏2～3项。	①能够使用指定工具完成基本配置； ②能够完成主要编译、下载和调试步骤； ③工程经修正后可运行； ④能够说明至少一种主要局限。关键性错误≤1项且经修正，或一般性错误/遗漏4～5项。	①工具或接口选择/配置错误导致任务不能完成； ②不能独立完成基本开发调试操作； ③工程无法形成有效运行结果； ④不能说明主要工具的基本原理或局限。关键性错误≥2项，或一般性错误/遗漏≥6项。	25

2. 综合实践考核评价标准

课程目标	考核依据	评价标准				权重（%）
		优（90-100分）	良（75-89分）	及格（60-74分）	不及格（0-59分）	
课程目标1	①综合任务测试数据、波形或通信记录； ②故障定位与性能测试记录； ③结果分析与综合结论； ④配套评分细则。	①规定的主要测试内容全部完成，数据完整可追溯； ②能够正确解释系统运行及软硬件接口关系； ③能够正确定位主要故障并评价系统性能； ④综合结论与测试证据一致。无关键性错误，一般性错误或遗漏≤1项。	①主要测试内容完成，数据基本完整； ②能够解释主要运行现象和接口关系； ③能够定位主要问题并作出基本性能判断； ④结论与主要测试证据一致。无关键性错误，一般性错误或遗漏2～3项。	①完成主要测试并取得有效结果； ②能够解释基本运行现象； ③能够开展基本故障分析和性能判断； ④结论基本可用。关键性错误≤1项且经修正后结果有效，或一般性错误/遗漏4～5项。	①主要测试未完成或关键数据无效； ②不能解释主要运行现象； ③不能完成基本故障定位或性能判断； ④不能形成有效结论。关键性错误≥2项，或一般性错误/遗漏≥6项。	20
课程目标2	①综合任务工程源文件/源代码； ②工具与接口资源配置； ③现场开发、调试和测试过程； ④工具/模型适用范围与局限性说明及配套评分细则。	①能够自主选择并正确配置开发、调试和测试工具； ②软硬件资源与接口配置合理； ③现场操作完整规范，工程结果可复现； ④能结合任务说明工具在资源、精度、实时性或适用范围方面的局限。无关键性错误，一般性错误或遗漏≤1项。	①工具选择和主要配置正确； ②软硬件资源与接口关系基本合理； ③能够独立完成主要操作并复现实验结果； ④能够说明主要适用条件和局限。无关键性错误，一般性错误或遗漏2～3项。	①能够使用指定工具完成综合任务的基本配置； ②能够完成主要开发调试步骤； ③工程经局部修正后可运行； ④能够说明至少一种主要局限。关键性错误≤1项且经修正，或一般性错误/遗漏4～5项。	①工具或接口配置错误导致综合任务无法完成； ②不能完成基本开发、调试或测试操作； ③工程结果不可复现； ④不能说明主要工具的基本原理、适用条件或局限。关键性错误≥2项，或一般性错误/遗漏≥6项。	20

注：1. “关键性错误”指造成程序/系统无法正常运行、接口或时序关系根本错误、关键测试数据无效或主要结论错误的错误；“一般性错误/遗漏”指不改变系统基本功能、主要测试结果和主要结论的局部错误或遗漏。2. 同一根源导致的连续错误原则上按1项计。3. 所有考核均覆盖全体学生，提交材料须与现场运行结果一致；发现抄袭、代做或结果不可复核的，相应考核结果无效。

五、推荐教材和教学参考资源

（一）建议教材

1. 朱有鹏. 嵌入式Linux应用开发完全手册（第2版）. 北京：人民邮电出版社，2018.

2. 正点原子. STM32嵌入式系统开发相关配套教材与开发资料（可结合实际教学平台选用）.

（二）主要参考书及学习资源

1. Arm Ltd. Arm Cortex-M 系列处理器技术文档与开发资源.
2. STMicroelectronics. STM32 微控制器参考手册、数据手册及 STM32CubeIDE 开发文档.

大纲修订人签字：　　修订日期：2026年06月

大纲审定人签字：　　审定日期：2026年08月

《机器视觉技术与 SLAM 技术》课程教学大纲

课程名称	机器视觉技术与SLAM技术		
	Machine Vision Technology and SLAM Technology		
课程代码	30915504	**课程性质**	专业教育课程
课程类别	专业方向课程	**先修课程**	/
学分/学时	2学分/32学时	**理论学时/实验学时**	32学时/0学时
适用专业	无人驾驶航空器系统工程	**开课单位**	机械电气工程学院
课程负责人	常金强	**审定日期**	2026年08月

一、课程简介

本课程是无人驾驶航空器系统工程专业的专业方向课程，主要讲授机器视觉与视觉 SLAM 的基本原理、常用方法及典型应用。通过课堂讲授、案例分析和软件演示，培养学生运用相关知识分析无人驾驶航空器视觉感知、定位与建图问题，以及选择相关软件工具、分析处理流程与结果的能力，为后续专业学习和相关工程应用奠定基础。

二、课程目标

本课程有2个课程目标，具体如下：

课程目标1：能够运用机器视觉与 SLAM 的基本原理，分析无人驾驶航空器视觉感知、定位与建图中的相关问题。

课程目标2：能够根据机器视觉与 SLAM 的基本任务选择相关软件工具，分析其应用流程与处理结果，并说明工具的适用性与局限性。

各课程目标对毕业要求的支撑关系见下表：

课程目标	**毕业要求**
课程目标1	2.问题分析：能够应用数学、自然科学和工程科学的基本原理，识别、表达并通过文献研究分析复杂工程问题，综合考虑可持续发展的要求，以获得有效结论。
课程目标2	5.使用现代工具：能够针对复杂工程问题，开发、选择与使用恰当的技术、资源、现代工程工具和信息技术工具，包括对复杂工程问题的预测与模拟，并能够理解其局限性。

三、教学内容

知识单元	对应课程目标	学习成果	教学内容	课程目标达成方式	学时分配
1.机器视觉与SLAM概述	目标1、2	能够说明机器视觉与SLAM的基本任务及其在无人机中的应用。	大纲解读；课程目标、教学安排与评价要求；机器视觉系统组成；SLAM基本框架；无人机视觉感知与自主定位应用。	课堂讲授、案例分析	2
2.相机成像模型与标定	目标1、2	能够说明相机成像与标定的基本过程，分析相关参数对视觉定位的影响。	相机成像模型；坐标系与坐标变换；相机内参与外参；镜头畸变；相机标定方法及结果分析。	课堂讲授、案例分析、软件演示	4
3.视觉特征提取与匹配	目标1、2	能够分析常用特征提取与匹配方法，解释典型图像处理结果。	图像处理基础；角点与局部特征；特征描述与图像匹配；误匹配剔除；相关工具及典型结果分析。	课堂讲授、方法比较、结果分析	6
4.多视图几何与位姿估计	目标1、2	能够分析相机运动估计与视觉定位的基本过程及处理结果。	相机几何基础；对极几何；基础矩阵与本质矩阵；单应矩阵；三角测量；PnP与相机位姿估计。	课堂讲授、例题分析、案例讨论	6
5.视觉里程计	目标1、2	能够说明视觉里程计的基本流程，分析位姿累计误差及主要影响因素。	视觉里程计基本流程；特征点法与直接法；帧间运动估计；关键帧；尺度与累计误差。	课堂讲授、流程分析、案例讨论	4
6.视觉SLAM基本原理	目标1、2	能够说明SLAM各模块的作用及相互关系，分析定位建图结果。	视觉SLAM基本原理与系统组成；视觉前端；后端优化；回环检测；地图构建；轨迹误差评价。	课堂讲授、系统演示、结果分析	6
7.典型视觉SLAM系统与无人机应用	目标1、2	能够根据无人机应用需求选择相关工具，分析系统结果及其适用性与局限性。	单目、双目与RGB-D视觉SLAM；典型开源系统；视觉惯性融合基本思想；无人机定位建图应用；低纹理、光照变化、快速运动等条件的影响。	课堂讲授、案例分析、系统演示	4
合计	—	—	—	—	**32**

四、课程目标达成的评价方式及评价标准

（一）评价方式及成绩比例

具体见下表：

课程目标	期末考试（%）	成绩比例（%）
课程目标1	60	60
课程目标2	40	40
合计	100	100

注:平时学习情况作为形成性评价，包括考勤、课后作业、课堂讨论等，其评价成绩不计入课程总评成绩，但缺勤或课后作业缺交次数达到 3 次，取消期末考试资格。

（二）评价标准

期末考试成绩低于 50 分，则总评成绩不及格。

课程目标	考核依据	评价标准				权重（%）
		优（90-100分）	良（75-89分）	中/及格（60-74分）	不及格（0-59分）	
课程目标1	①机器视觉与SLAM原理及问题分析试题； ②参考答案及评分细则。	①原理运用正确； ②分析思路合理； ③结果解释准确。	①原理运用基本正确； ②分析思路较合理； ③结果解释有少量错误。	①能够运用基本原理； ②分析思路基本清楚； ③结果解释存在较多不足。	①原理运用错误较多； ②分析思路不清； ③不能合理解释结果。	60
课程目标2	①工具选择、应用流程与结果分析试题； ②参考答案及评分细则。	①工具选择恰当； ②流程与结果分析正确； ③适用性与局限性说明合理。	①工具选择基本恰当； ②流程与结果分析有少量错误； ③能够说明主要适用条件与局限性。	①能够进行基本工具选择； ②能够说明主要流程与结果； ③适用性与局限性分析存在不足。	①工具选择不当； ②流程与结果分析错误较多； ③不能合理说明适用性与局限性。	40

五、推荐教材和教学参考资源

（一）建议教材

高翔，张涛，刘毅，颜沁睿.《视觉 SLAM 十四讲：从理论到实践（第 2 版）》. 电子工业出版社。

（二）主要参考书及学习资源

1.Richard Szeliski. Computer Vision: Algorithms and Applications. Springer.

2.OpenCV 官方文档、典型视觉 SLAM 开源项目公开资料及配套数据集。

3.阮秋琦，阮宇智.《数字图像处理（第四版）》. 电子工业出版社。

大纲修订人签字：　　修订日期：2026年06月

大纲审定人签字：　　审定日期：2026年08月

《数字图像处理及应用》课程教学大纲

课程名称	数字图像处理及应用		
	Digital Image Processing and Applications		
课程代码	30915505	**课程性质**	专业教育课程
课程类别	专业方向课程	**先修课程**	信号与系统
学分/学时	1.5学分/48学时		
适用专业	无人驾驶航空器系统工程	**开课单位**	机械电气工程学院
课程负责人	邓红涛	**审定日期**	2026年8月

一、课程简介

数字图像处理是无人驾驶航空器系统工程专业的专业方向课，通过本课程的学习，掌握数字图像处理的基本原理与核心技术，理解图像获取、增强、变换、编码、分割、特征描述等方法的应用，学会使用深度学习的方法对图像进行分析和处理。通过学习数字图像处理的基本理论、方法和实用技术，学生能开发数字图像处理系统，提高实际动手能力和创新能力。

先修课程《信号与系统》为学生奠定数学方法论和基础；数字图像处理课程为后续《多智能飞行器协同综合创新实践》等课程提供底层算法逻辑、智能分析与工程实现方法。

二、课程目标

本课程有 2 个课程目标，具体如下：

目标 1：系统掌握数字图像处理的基本概念、核心原理与典型方法，涵盖图像变换、直方图处理、点运算、图像增强、图像复原、形态学处理、图像分割、编码与压缩、彩色图像处理、特征表述与提取等知识体系。辨析各类算法在特定应用场景下的适用条件与性能差异，综合评估不同处理策略的优劣，设计图像处理解决方案，开展特定任务需求分析。

目标 2：能够熟练选择并运用 Python 及 OpenCV 等现代编程环境与专业图像处理工具箱，引入深度学习等前沿技术框架，开展图像处理算法的工程实现。具备从算法原型验证到系统开发与集成的完整实践能力，能够针对无人驾驶航空器系统工程中航拍识别、目标检测、环境感知等典型复杂问题，搭建数字图像处理系统，有效支撑无人驾驶航空器在智能感知与自主作业中的视觉任务需求。

各课程目标对毕业要求的支撑关系见下表：

课程目标	**毕业要求**
课程目标 1	3. 设计/开发解决方案：能够针对复杂工程问题设计和开发解决方案，设计满足特定需求的系统、单元（部件）或工艺流程，体现创新性，并从健康、安全与环境、全生命周期成本与净零碳要求、法律与伦理、社会与文化等角度考虑可行性。
课程目标 2	5. 使用现代工具：能够针对复杂工程问题，开发、选择与使用恰当的技术、资源、现代工程工具和信息技术工具，包括对复杂工程问题的预测与模拟，并能够理解其局限性。

三、实验教学内容

实验项目	实验类型	对应课程目标	学习成果	实验内容	课程目标达成方式	学时分配	实验性质
图像的显示、图像的灰度变换及直方图	验证性	课程目标1	1．了解视觉感知要素；了解几种常用的图像获取方法； 2．掌握图像的数字化过程及其图像分辨率之间的关系；掌握像素间的联系的概念； 3．了解数字图像处理中的常用数学工具；	1．数字图像的表示； 2．数字图像的读取、显示、保存； 3．数据类与图像类型间的转换； 4.函数编程简介；	1．教学活动：实验； 2.学习任务：实验报告；	2	必做
均衡化、图像的平衡和锐化处理	验证性	课程目标1	1. 掌握图像增强的基本原理与操作方法。 2. 能根据图像退化特征选择合适的增强处理策略。	1. 实现直方图均衡化及对比度调整，改善图像亮度分布。2. 运用锐化算子增强图像边缘细节。	1．教学活动：实验； 2.学习任务：实验报告；	2	必做
频率域图像处理	验证性	课程目标1	1. 理解频率域与空间域处理的对应关系。 2. 能针对不同噪声特性设计相应频域滤波器。	1. 对图像进行傅里叶变换，分析频谱特性。 2. 设计低通/高通滤波器，实现频域增强与去噪。	1．教学活动：实验； 2.学习任务：实验报告；	2	必做
图像的压缩编码	验证性	课程目标1	1. 掌握有损压缩的基本原理与实现流程。 2. 能评估压缩算法对图像质量与存储效率的影响。	1. 实现DCT变换与量化处理，进行图像压缩。 2. 对比不同压缩比下的图像质量与编码效率。	1．教学活动：实验； 2.学习任务：实验报告；	2	必做
图像复原与重建	验证性	课程目标1	1. 掌握图像退化建模与逆问题的求解方法。 2. 能分析点扩散函数对复原效果的影响机理。	1. 设计逆滤波或维纳滤波，对退化图像进行复原。 2. 利用投影数据进行图像重建。	1．教学活动：实验； 2.学习任务：实验报告；	2	必做
图像膨胀、腐蚀和细化	验证性	课程目标1	1. 掌握形态学处理的基本运算与几何意义。 2. 能运用形态学方法实现目标区域分割与特征提取。	1. 设计结构元素，实现膨胀与腐蚀操作。 2. 运用开闭运算及细化算法提取图像骨架。	1．教学活动：实验；案例分析； 2.学习任务：实验报告；	2	必做
24位彩色图像处理	验证性	课程目标1	1. 理解彩色空间模型及通道处理机制。 2. 能针对彩色信息设计特定的分析与处理方案。	1. 分离并处理RGB三个颜色通道。 2. 实现彩色图像增强、分割及伪彩色映射。	1．教学活动：实验； 2.学习任务：实验报告；	2	必做

图像分割与边缘检测	综合性	课程目标1、2	1.掌握图像分割与边缘检测的基本原理和操作。 2.能针对不同场景合理选择分割与检测策略。	1.实现经典边缘检测算子（如Sobel、Canny）提取图像轮廓。 2.运用阈值分割、区域生长等方法分离图像目标与背景。	1．教学活动：实验；案例分析； 2.学习任务：实验报告；	4	必做
图像表示、描述应用-形状识别	综合性	课程目标1、2	1．了解边界描绘子和区域描绘子； 2．理解图像的几何特征、形状特征、纹理特征与骨架提取以及其他特征；	1．表示； 2．边界、区域描述；	1．教学活动：实验；案例分析； 2.学习任务：实验报告；	4	必做
图像表示、描述应用-基于纹理特征分类	综合性	课程目标1、2	1．了解模式和模式类的概念； 2．了解常用的几种模式识别方法；	1．基于决策理论方法的识别； 2．结构识别；	1．教学活动：实验；案例分析； 2.学习任务：实验报告；	4	必做
交互式界面设计、视频处理	综合性	课程目标1、2	1.掌握人机交互界面在图像系统中的应用设计。 2.具备视频流实时采集与动态图像处理能力。	1.设计GUI实现图像处理功能的交互操作。 2.编写程序读取视频流，实时处理每一帧画面。	1．教学活动：实验；案例分析； 2.学习任务：实验报告；	4	必做
基于神经网络的图像分类	综合性	课程目标1、2	1．了解深度学习的概念； 2．理解神经网络的基本原理； 3．了解常用的几种图像分类网络模型和识别方法；	1．深度学习； 2．卷积层、池化、全连接； 3． LeNet网络结构	1．教学活动：实验；案例分析； 2.学习任务：实验报告；	6	必做
基于神经网络的目标识别	综合性	课程目标1、2	1．了解常用的几种图像目标识别网络模型和识别方法；	1.目标识别的评价指标 2.yolov系列神经网络模型应用	1．教学活动：实验；案例分析； 2.学习任务：实验报告；	4	必做
基于视觉的路径规划	综合性	课程目标1、2	1.能综合运用图像处理技术解决导航规划实际问题。 2.能编程实现典型视觉路径规划算法并调试优化。 3.能分析影响路径规划鲁棒性的关键视觉因素。	1.实现基于图像分割或边缘检测的可行区域提取。 2.设计路径搜索算法（如A*、Dijkstra）生成规划轨迹。 3.在模拟环境中验证视觉路径规划算法性能。	1．教学活动：实验；案例分析； 2.学习任务：实验报告；	8	必做

四、课程目标达成的评价方式及评价标准

（一）评价方式及成绩比例

课程成绩包括 2 个部分，分别为上机测验、期末考核。具体见下表：

课程目标	评价方式及比例（%）		成绩比例（%）
	上机测验	期末考核	
课程目标 1	—	60	60
课程目标 2	40	—	40
合计	40	60	100

（二）评价标准

1. 期末考核评价标准

课程目标	考核依据	评价标准				权重（%）
		优（90-100分）	良（75-89分）	中/及格（60-74分）	不及格（0-59分）	
课程目标1	考查学生设计图像处理系统方案能力，对图像处理技术特点、应用范围和现状理解的情况。	系统方案设计合理，图像处理技术概念、特点、应用范围和现状理解正确，表述清楚。	系统方案设计比较合理，图像处理技术概念、特点、应用范围和现状理解正确，表述比较清楚。	系统方案设计合理度一般，图像处理技术概念、特点、应用范围和现状理解基本正确，但考虑不全面。	系统方案设计不合理，图像处理技术概念、特点、应用范围和现状理解较差，不会正确应用。	60

2.上机测验评价标准

课程目标	考核依据	评价标准				权重（%）
		优（90-100分）	良（75-89分）	中/及格（60-74分）	不及格（0-59分）	
课程目标2	考查学生图像处理软件的掌握能力，及学生应用图像处理知识设计系统能力。	按时完成测试；能够正确应用相关知识设计图像处理系统；论述逻辑清楚，层次分明，语言规范。	按时完成测试；能够应用相关知识分析问题，分析基本正确；论述清楚，语言较规范。	按时完成测试；能够应用相关知识分析问题，分析基本正确，有个别地方不够准确；论述基本清楚，语言较规范。	不能按时完成测试；有抄袭现象；不能应用相关知识分析问题；概念不清楚、论述不清楚。	40

五、推荐实验教材和资源

（一）建议实验教材

1. 胡学龙.数字图像处理（第三版）. 北京：电子工业出版社，2014 年

2. 数字图像处理和深度学习.北京：清华大学出版社，2023 年

3. 马本学.数字图像处理与机器视觉. 北京：电子工业出版社，2022 年

（二）主要参考书及学习资源

1. 冈萨雷斯著、阮秋琦译.《数字图像处理 MATLAB 版》（第二版）.北京：电子工业出版社，2014

2. 章毓晋.图象处理和分析.北京：清华大学出版社

3. 赵彦玲.数字图像处理与Python实现.北京：中国工信出版社，2023

4. 图像处理与深度学习.北京：工业工信出版社

大纲修订人签字：　　修订日期：2026年06月

大纲审定人签字：　　审定日期：2026年08月

《无人机系统安全与适航工程》课程教学大纲

课程名称	无人机系统安全与适航工程		
	UAS System Safety and Airworthiness Engineering		
课程代码	40915507	**课程性质**	专业教育课程
课程类别	专业方向课程	**先修课程**	无人机结构与系统、无人机通信与导航技术、自动控制原理、无人系统通信原理与通信网络
学分/学时	1.5学分/24学时	**理论学时/实验学时**	24学时/0学时
适用专业	无人驾驶航空器系统工程	**开课单位**	机械电气工程学院
课程负责人	高宗余	**审定日期**	2026年08月

一、课程简介

本课程以无人机系统安全工程与航空器适航技术为核心主线，系统讲授无人机安全风险机理、系统安全性分析方法、适航管理体系、适航审定流程与合规设计规范。通过本课程学习，学生能够掌握无人机系统安全分析与适航审定的基本理论、工程方法与行业规范，具备无人机安全设计、风险评估、适航合规分析与工程验证的专业能力，树立航空安全底线思维与工程工匠精神，为从事无人机研发设计、检测认证、适航取证、安全运维等岗位奠定核心理论与工程基础。

二、课程目标

本课程有2个课程目标，具体如下：

目标1：能够理解无人机系统安全与适航工程领域的可持续发展理念与实践方向，具备简单适航设计方案撰写与基础可靠性设计能力，可分析评价适航工程实践对飞行安全、环境及社会可持续发展的影响并明晰相应工程责任。

各课程目标对毕业要求指标点的支撑关系见下表：

课程目标	**毕业要求**
课程目标1	**6. 工程与可持续发展：**在解决复杂工程问题时，能够基于工程相关背景知识，分析和评价工程实践对健康、安全、环境、法律以及经济和社会可持续发展的影响，并理解应承担的责任。

三、教学内容

知识单元	对应课程目标	学习成果	教学内容	课程目标达成方式	学时分配
0. 课程教学大纲解读	—	1. 知晓本课程预期达成的能力目标； 2. 知晓本课程的教学内容、课程目标评价方式及占分比例、评价标准。	1. 课程目标及对毕业要求的支撑关系； 2. 支撑课程目标达成的各单元教学内容、学习任务、课程目标评价方式及占分比例、评价标准等。	1. 教学活动：课堂讲授、多媒体教学等。	理论4学时
1. 绪论	课程目标1	1. 能够准确阐述航空技术、低空经济前沿技术的核心概念、关键技术及其应用领域； 2. 能够结合低空经济发展与无人机安全适航的时代背景，辨析无人机系统安全、可靠性、适航三者的定义与相互关系，剖析国内外无人机安全事故典型案例。	1. 低空经济讲座（开学第1课）：系统介绍低空经济发展态势、前沿技术的核心概念、关键技术及其应用领域； 2. 低空经济发展与无人机安全适航的时代背景，无人机系统安全、可靠性、适航三者定义与相互关系，国内外无人机安全事故典型案例剖析。 思政点：激励学生将专业知识作为成长利器，为中华民族伟大复兴而奋斗。	1. 教学活动：课堂讲授、多媒体教学等。	
2. 无人机系统失效风险机理	课程目标1	1. 能够系统辨识飞行控制系统故障模式与动力系统安全风险的形成机制； 2. 能够分析通信与导航系统安全风险及环境诱发风险的作用规律与影响效应。	1. 飞行控制系统故障模式分析； 2. 动力系统安全风险分析，通信与导航系统安全风险分析； 3. 环境诱发风险分析。	1. 教学活动：课堂讲授、多媒体教学等。	理论2学时
3. 航空系统安全工程核心分析方法	课程目标1	1. 能够掌握功能危害性分析、故障模式与影响分析、故障树分析、事件树分析等安全工程核心方法； 2. 能够运用上述方法开展系统安全性评估，辨析软件安全性与机载嵌入式系统的失效特性。	1. 功能危害性分析； 2. 故障模式与影响分析，故障树分析、事件树分析； 3. 系统安全性评估，软件安全性与机载嵌入式系统失效分析。	1. 教学活动：课堂讲授、多媒体教学等。	理论2学时
4. 无人机可靠性与安全性设计技术	课程目标1	1. 能够掌握可靠性基本指标与无人机安全设计的基本原则； 2. 能够掌握飞控多传感器冗余、动力系统双冗余、通信链路双通道的冗余设计方法与实现逻辑。	1. 可靠性基本指标，无人机安全设计基本原则； 2. 飞控多传感器冗余、动力系统双冗余、通信链路双通道冗余设计。	1. 教学活动：课堂讲授、多媒体教学等。	理论4学时
5. 民用无人机适航法规与管理体系	课程目标1	1. 能够掌握航空器适航基本内涵、适航审定基本逻辑与中国民航无人机适航规章体系； 2. 能够掌握无人机适航审定分级、生产许可、型号合格审定、适航证、维修放行体系的管理要求。	1. 航空器适航基本内涵、适航审定基本逻辑，中国民航无人机适航规章体系； 2. 无人机适航审定分级，无人机生产许可、型号合格审定、适航证、维修放行体系。	1. 教学活动：课堂讲授、多媒体教学等。	理论4学时
6. 无人机各分系统适航符合性要求	课程目标1	1. 能够明确无人机机体结构、飞行控制系统、动力系统的适航标准与技术要求； 2. 能够掌握通信导航与电子系统适航要求，以及地面站、遥控链路、应急返航系统的适航约束条件。	1. 无人机机体结构适航条款，飞行控制系统适航要求，动力系统适航标准； 2. 通信导航与电子系统适航，地面站、遥控链路、应急返航系统适航约束条件。	1. 教学活动：课堂讲授、多媒体教学等。	理论2学时

7. 无人机运行安全、风险管控与应急处置	课程目标1	1. 能够掌握低空空域分类管理、飞行报备程序、禁飞区与限飞区的管控要求； 2. 能够掌握无人机典型故障应急处置流程，熟悉无人机网络安全、数据安全、反劫持、反入侵防护体系。	1. 低空空域分类管理、飞行报备程序、禁飞区与限飞区管控要求； 2. 典型故障应急处置，无人机网络安全、数据安全、反劫持、反入侵防护体系。	1. 教学活动：课堂讲授、多媒体教学等。	理论2学时
8. eVTOL载人飞行器与混动无人机安全适航新技术	课程目标1	1. 能够掌握载人电动垂直起降飞行器eVTOL适航难点与行业进展，熟悉燃料电池混合动力无人机系统安全与适航的特殊要求； 2. 能够开展集群无人机系统协同安全、组网通信安全性评估，掌握低空智联网下无人机全域监控与主动安全预警技术。	1. 载人电动垂直起降飞行器eVTOL适航难点与行业进展； 2. 燃料电池混合动力无人机系统安全与适航特殊要求； 3. 集群无人机系统协同安全、组网通信安全性评估； 4. 低空智联网下无人机全域监控与主动安全预警技术。	1. 教学活动：课堂讲授、多媒体教学等。	理论4学时

四、课程目标达成的评价方式及评价标准

（一）评价方式及成绩比例

对各课程目标的终结性评价统一采用课程报告，具体见下表：

课程目标	评价方式及比例（%）	成绩比例（%）
	课程报告	
课程目标1	100	100
合计	100	100

注：课程形成性评价应包括考勤，鼓励拓展支持持续改进的多元评价举措，促进学生学习进阶和学业帮扶。形成性评价的记录仅用于学情诊断，不直接参与课程总评成绩的评定，在教学过程的形成性评价中，学生出现累计缺勤达总授课次数1/3及以上，或无故旷课3次情况时，有权取消终结性评价资格。

（二）评价标准

课程目标	考核依据	评价标准				权重（%）
		优（90-100分）	良（75-89分）	中/及格（60-74分）	不及格（0-59分）	
课程目标1	考查学生对无人机系统安全与适航工程领域可持续发展理念与实践方向的理解程度，以及简单适航设计方案撰写、基础可靠性设计的能力，还有分析评价适航工程实践对飞行安全、环境及社会可持续发展影响、明晰相应工程责任的能力；配套评分细则。	对无人机系统安全与适航工程领域的可持续发展理念与实践方向理解准确，熟练完成简单适航设计方案撰写与基础可靠性设计，能够准确分析评价适航工程实践对飞行安全、环境及社会可持续发展的影响并明晰相应工程责任。	对无人机系统安全与适航工程领域的可持续发展理念与实践方向理解较准确，能够完成简单适航设计方案撰写与基础可靠性设计，较为准确地分析评价适航工程实践对飞行安全、环境及社会可持续发展的影响并明晰相应工程责任。	对无人机系统安全与适航工程领域的可持续发展理念与实践方向理解存在较多偏差，基本能够完成简单适航设计方案撰写与基础可靠性设计，不够准确地分析评价适航工程实践对飞行安全、环境及社会可持续发展的影响，对相应工程责任的认识不够清晰。	对无人机系统安全与适航工程领域的可持续发展理念与实践方向理解存在很大偏差，不能完成简单适航设计方案撰写与基础可靠性设计，不能合理分析评价适航工程实践对飞行安全、环境及社会可持续发展的影响，不明晰相应工程责任。	100

五、推荐教材和教学参考资源

（一）建议教材

1. 杨军．无人机飞行安全及法律法规（第3版）．西安：西北工业大学出版社，2024．

（二）主要参考书及学习资源

1. 史彦斌、朱熙、管祥民、何桢．民用无人机安全飞行基础．北京：清华大学出版社，2021．

2. 刘晓锋．低空经济概论．北京：机械工业出版社，2026．

大纲修订人签字：　　修订日期：2026年06月

大纲审定人签字：　　审定日期：2026年08月

《现代控制理论》课程教学大纲

课程名称	现代控制理论		
	Modern Control Theory		
课程代码	40915508	**课程性质**	专业选修课
课程类别	专业方向课程	**先修课程**	模电、数电、电路原理
学分/学时	1.5学分/24学时	**理论学时/实验学时**	24学时/0学时
适用专业	农业机械化及其自动化、工业工程、无人驾驶航空器系统工程、电子信息工程	**开课单位**	机械电气工程学院
课程负责人	白东旭	**审定日期**	2026年8月

一、课程简介

《现代控制理论》是电子信息工程专业一门重要的专业核心课程。课程立足于状态空间理论体系，系统阐述现代控制科学领域的基础概念、核心原理与分析方法，介绍现代控制理论在系统建模、状态分析、控制器设计方面的思想与实现手段。课程旨在使学生系统掌握状态空间模型建立与分析、状态反馈与观测器设计等核心知识，具备从事相关工程技术工作的理论基础。

二、课程目标

本课程有2个课程目标，具体如下：

目标1：能够准确描述状态空间，采取合理的分析方法完成简单控制系统特征分析。

目标2：能够运用控制理论，根据系统特征采用恰当的方案实现系统控制。

各课程目标对毕业要求的支撑关系见下表：

课程目标	**毕业要求**
课程目标1	**2问题分析：**能够应用数学、自然科学和工程科学的基本原理，识别、表达、并通过文献研究分析复杂工程问题，以获得有效结论。
课程目标2	**3 设计/开发解决方案：**能够针对复杂工程问题设计和开发解决方案，设计满足特定需求的系统、单元（部件）或工艺流程，体现创新性，并从健康、安全与环境、全生命周期成本与净零碳要求、法律与伦理、社会与文化等角度考虑可行性。

三、教学内容

知识单元	对应课程目标	学习成果	教学内容（含思政点）	课程目标达成方式	学时分配
0. 课程教学大纲解读	—	1. 知晓本课程预期达成的能力目标； 2. 知晓本课程的教学内容、课程目标评价方式及占分比例、评价标准。	1. 课程目标及对毕业要求的支撑关系； 2. 支撑课程目标达成的各单元教学内容、学习任务、课程目标评价方式及占分比例、评价标准等。	5. 教学活动：课堂讲授。	理论1学时
1. 控制系统的状态空间描述与状态方程求解	课程目标1	1. 能够准确表达控制系统的状态空间； 2. 能够变换控制系统的状态方程； 3. 能够求解控制系统的状态方程。	1. 状态变量、状态空间表达式的基本概念； 2. 由高阶微分方程、传递函数建立状态空间表达式； 3. 状态空间表达式的线性变换与对角线标准型、约当标准型； 4. 状态方程的时域求解：矩阵指数及其计算方法、齐次解与非齐次解； 5. 离散系统状态空间描述与求解简介。 思政点：化整为零、系统观与工程全局思维，培养学生严谨求实的科学态度。	1. 教学活动：课堂讲授。 2. 学习任务：系统状态的表达、变换、求解练习。	理论8学时
2. 能控性、能观性、稳定性分析	课程目标1	1. 能够判断与运用控制系统的能控性； 2. 能够判断与运用控制系统的能观性； 3. 能够应用李雅普诺夫方法分析控制系统的稳定性；	1. 能控性定义、物理意义及代数判据； 2. 能观性定义、物理意义及代数判据； 3. 李雅普诺夫稳定性理论，平衡状态稳定性判别； 4. 李亚普诺夫函数构造方法，线性系统稳定性分析； 思政点：能控才能治，能观才能知，引导学生树立底线思维与责任意识	1. 教学活动：课堂讲授。 2. 学习任务：系统特征分析练习。	理论6学时
3. 状态反馈和状态观测器	课程目标2	1. 能够配置极点。 2. 应用状态反馈实现解耦控制	1. 状态反馈基本原理与极点配置问题； 2. 单输入系统极点配置算法，状态反馈对系统性能的影响； 3. 全维状态观测器结构与设计方法； 思政点：实时纠偏，动态调节，引导学生树立辩证思维与持续改进意识。	1. 教学活动：课堂讲授。 2.学习任务：极点配置与解耦控制练习。	理论3学时
4. 最优控制与状态估计	课程目标2	1. 能够求解最优控制问题。 2. 能够根据系统特征采用状态估计方法。	1. 最优控制问题的提法、性能指标类型与约束条件； 2. 线性二次型最优控制问题； 3. 卡尔曼滤波基本原理与状态估计方法； 4. 最优控制在工程中的典型应用案例。 思政点：引导学生树立追求卓越、服务国家的理想信念。	1. 教学活动：课堂讲授。 2.学习任务：模拟控制问题解决方法练习。	理论6学时

四、课程目标达成的评价方式及评价标准

（一）评价方式及成绩比例

对各课程目标的终结性评价统一采用开卷方式的期末考试，具体见下表：

课程目标	评价方式及比例（%）	成绩比例（%）
	期末考试	
课程目标1	50	50
课程目标2	50	50
合计	100	100

课程形成性评价应包括考勤、课后作业、阶段测试，鼓励拓展支持持续改进的多元形成性评价举措，促进学生学习进阶和学业帮扶。形成性评价的记录仅用于学情诊断，不直接参与课程总评成绩的评定，在教学过程的形成性评价中，学生出现以下任一情况时，可以取消终结性评价资格：

1. 累计缺勤达总授课次数1/3及以上。

2. 课后作业完成不足布置总量1/3，或作业抄袭累计3次。

3. 阶段测试成绩低于30分（百分制）。

（二）评价标准

1. 期末考试评价标准

课程目标	考核依据	评价标准				权重（%）
		优（90-100分）	良（7 5-89分）	及格（60-74分）	不及格（0-59分）	
课程目标1	①期末考试题目作答结果； ② 配套评分细则。	①熟练掌握控制系统的状态空间描述与状态方程求解； ②熟练掌握能控性、能观性、稳定性分析。	①掌握控制系统的状态空间描述与状态方程求解； ②掌握能控性、能观性、稳定性分析。	①基本掌握控制系统的状态空间描述与状态方程求解； ②基本掌握能控性、能观性、稳定性分析。	①未掌握控制系统的状态空间描述与状态方程求解； ②未掌握能控性、能观性、稳定性分析。	50
课程目标2	①期末考试题目作答结果； ②配套评分细则。	①熟练掌握状态反馈方法和状态观测器设计； ②熟练掌握最优控制与状态估计方法。	①掌握状态反馈方法和状态观测器设计； ②掌握最优控制与状态估计方法。	①基本掌握状态反馈方法和状态观测器设计； ②基本掌握最优控制与状态估计方法。	①未掌握状态反馈方法和状态观测器设计； ②未掌握最优控制与状态估计方法。	50

五、推荐教材和教学参考资源

（一）建议教材

1 张嗣瀛、高立群编,《现代控制理论》　　清华大学出版社

（二）主要参考书及学习资源

1. 刘豹、唐万生编, 《现代控制理论》　　机械工业出版社

2. Modern Control Engineering，Katsuhiko Ogata

大纲修订人签字：　　修订日期：2026年06月

大纲审定人签字：　　审定日期：2026年08月

《无人机协同决策与控制》课程教学大纲

课程名称	无人机协同决策与控制		
	UAV Cooperative Decision and Control		
课程代码	30916505	课程性质	选修
课程类别	专业高阶课程	先修课程	自动控制原理、线性代数、概率论与数理统计
学分/学时	2学分/32学时	理论学时 /实验学时	32学时/0学时
适用专业	电子信息工程	开课单位	机械电气工程学院
课程负责人	姜立志	审定日期	2026年8月

一、课程简介

本课程是电子信息工程专业面向低空智能系统与无人系统方向开设的专业高阶课程，围绕任务建模、协同决策与规划、编队与制导、避障及闭环验证，讲授任务分配、分布式优化、博弈决策、一致性与编队控制、协同制导和通信约束下的协同控制方法。通过理论讲授、案例分析、算法推演和仿真演示，培养学生将实际任务抽象为可计算模型、分析算法适用条件与工程约束、设计协同方案并开展闭环验证的能力。

二、课程目标

本课程设置2个目标，具体如下：

目标1：能够针对区域覆盖、目标搜索和任务分配等协同任务建立可计算的数学模型，运用分布式优化、博弈与智能规划原理，分析不同协同决策方法的适用条件与性能。

目标2：能够设计编队控制、协同制导与避障方案，考虑通信时延、动态障碍和局部信息等约束，完成协同飞行、编队保持与重构及动态避障仿真，形成算法设计至飞控闭环验证的工程思路。

各课程目标对毕业要求的支撑关系见下表：

课程目标	毕业要求
课程目标1	2. 问题分析 指标点2.1：能够应用数学、自然科学和工程科学基本原理，对复杂工程问题进行识别、表达、建模与分析。
课程目标2	3. 设计/开发解决方案；5. 使用现代工具 指标点3.1：能够针对复杂工程问题设计满足特定需求的系统、单元或过程，并体现创新意识。 指标点5.1：能够针对复杂工程问题选择和使用恰当的现代工程工具与信息技术工具开展分析、仿真与验证，并理解其局限性。

三、教学内容

知识单元	对应课程目标	学习成果	教学内容（含思政点）	课程目标达成方式	学时分配
0. 课程教学大纲解读	—	1. 知晓本课程预期达成的能力目标； 2. 知晓本课程的教学内容、课程目标评价方式及占分比例、评价标准。	1. 课程目标及对毕业要求的支撑关系； 2. 支撑课程目标达成的各单元教学内容、学习任务、课程目标评价方式及占分比例、评价标准等。	1. 教学活动：课堂讲授。	理论0.5学时
1. 多无人机协同系统概述与任务建模	课程目标1	1. 能够说明多无人机协同架构与典型应用； 2. 能够构建通信图、邻接矩阵与拉普拉斯矩阵； 3. 能够将任务目标、约束及代价表达为可计算模型。	1）多无人机协同的基本概念、体系结构及典型应用； 2）图论基础：节点、边、邻接矩阵、拉普拉斯矩阵与通信拓扑； 3）无人机简化运动学模型与状态变量； 4）区域覆盖、目标搜索等任务的目标函数、约束条件与可计算模型； 5）集中式与分布式协同方法比较。 思政点：结合低空无人系统安全运行案例，强化工程责任、系统思维和安全意识。	1. 教学活动：讲授、案例分析、课堂讨论。 2. 学习任务：协同任务建模、通信拓扑及集中式与分布式方法比较。	理论3.5学时
2. 区域覆盖、目标搜索与协同任务规划	课程目标1	1. 能够建立区域覆盖与目标搜索模型； 2. 能够说明栅格分区、Voronoi分解和覆盖路径生成方法； 3. 能够利用概率地图、信息增益及效能指标分析协同规划。	1）区域覆盖任务定义、性能指标与约束； 2）栅格/分区、Voronoi分解等基本思想； 3）覆盖路径生成与多机区域分配； 4）目标搜索的概率地图、信息增益与搜索效能； 5）覆盖、搜索与资源约束下的协同规划。 思政点：结合农业巡检、灾害监测等场景，认识智能装备服务国家与社会需求的价值。	1. 教学活动：讲授、算法推演、案例分析。 2. 学习任务：区域分区与覆盖路径分析、搜索效能及信息增益计算。	理论4学时
3. 多无人机任务分配与组合优化	课程目标1	1. 能够建立含任务和资源约束的指派或整数规划模型； 2. 能够说明拍卖、合同网及分布式协商机制； 3. 能够分析动态重分配、计算复杂度和算法性能。	1）指派问题、整数规划与约束建模； 2）多机多目标任务分配； 3）拍卖/合同网、市场机制与分布式协商； 4）动态任务到达与任务重分配； 5）任务分配算法的计算复杂度与性能评价。 思政点：强调团队协作、资源高效利用和整体最优意识，理解局部决策对系统整体效能的影响。	1. 教学活动：讲授、课堂讨论、案例分析。 2. 学习任务：任务分配建模、拍卖流程推演与动态重分配分析。	理论4学时

知识单元	对应课程目标	学习成果	教学内容（含思政点）	课程目标达成方式	学时分配
4. 分布式优化、博弈与智能决策	课程目标1	1. 能够解释局部信息交换与分布式优化框架； 2. 能够说明梯度型方法和ADMM的基本思想； 3. 能够运用策略、收益和均衡等概念分析任务协调并选择智能规划方法。	1）分布式优化的基本框架与局部信息交换； 2）梯度型分布式优化与ADMM思想简介； 3）策略、收益、纳什均衡与协同/非协同博弈； 4）势博弈在任务协调中的应用思路； 5）智能搜索与规划算法的基本框架及方法选型。 思政点：结合自主创新和关键算法案例，培养严谨求证、尊重数据与规范引用的科研诚信意识。	1. 教学活动：讲授、算法推演、课堂讨论。 2. 学习任务：分布式优化迭代推演、博弈建模及决策方法比较。	理论4学时
5. 一致性理论与编队控制	课程目标2	1. 能够建立一阶、二阶一致性模型并分析收敛条件； 2. 能够构造编队误差与控制律； 3. 能够比较领航—跟随、虚拟结构等方法并说明稳定性分析思路。	1）一阶、二阶多智能体一致性模型； 2）拉普拉斯矩阵特征值与一致性条件； 3）Leader-Follower、虚拟结构等编队方法； 4）位置/速度一致性与编队误差动力学； 5）Lyapunov稳定性分析基本思路。 思政点：通过“局部规则形成整体秩序”的协同案例，强化系统观、协同意识和责任分工。	1. 教学活动：讲授、公式推导、仿真演示。 2. 学习任务：一致性条件分析、编队误差与控制律推导。	理论4学时
6. 协同制导、航迹跟踪与编队重构	课程目标2	1. 能够区分导航、制导与控制的层次； 2. 能够构建相对运动关系并设计基本协同制导方案； 3. 能够分析航迹跟踪、速度协调、队形重构及鲁棒性。	1）导航、制导与控制的层次关系； 2）协同制导结构与相对运动变量； 3）编队保持、航迹跟踪与速度协调； 4）队形切换、重构及任务驱动构型调整； 5）协同制导性能指标与鲁棒性分析。 思政点：结合复杂环境飞行任务，强化风险意识、规范意识和“安全优先”的工程价值观。	1. 教学活动：讲授、案例分析、仿真演示。 2. 学习任务：协同制导方案分析、航迹跟踪与队形重构案例讨论。	理论4学时
7. 多机避障与冲突消解	课程目标2	1. 能够建立静态和动态障碍物与安全距离模型； 2. 能够分析人工势场、速度障碍及冲突消解方法； 3. 能够识别局部极小、振荡和狭窄通道问题并提出改进思路。	1）静态/动态障碍物建模与安全距离； 2）人工势场法的引力场、斥力场及改进思路； 3）速度障碍与冲突预测基本思想； 4）多机相互避碰、优先级与冲突消解； 5）局部极小、振荡与狭窄通道等典型问题及改进。 思政点：通过避障失败案例分析，强调算法验证边界、工程伦理和对公共安全负责。	1. 教学活动：讲授、案例分析、算法推演。 2. 学习任务：人工势场构建、冲突预测及典型避障问题分析。	理论4学时

知识单元	对应课程目标	学习成果	教学内容（含思政点）	课程目标达成方式	学时分配
8. 通信约束下的协同控制与闭环验证	课程目标2	1. 能够分析时延、丢包和拓扑切换的影响； 2. 能够说明受限通信下的鲁棒协同策略； 3. 能够选择仿真平台，梳理任务至飞控的闭环接口并评价系统性能。	1）通信时延、丢包与拓扑切换对协同系统的影响； 2）受限通信下的鲁棒协同策略； 3）MATLAB/Simulink、ROS/Gazebo、PX4等平台功能； 4）任务—决策—规划—控制—飞控闭环接口； 5）综合案例与性能评价。 思政点：强调仿真结果可复现、数据真实与工程测试规范，培养严谨负责的工程实践态度。	1. 教学活动：讲授、综合案例、仿真演示。 2. 学习任务：完成课程综合仿真报告，分析通信约束、闭环接口与系统性能。	理论4学时

四、课程目标达成的评价方式及评价标准

（一）评价方式及成绩比例

课程成绩由平时作业、课程综合仿真报告和期末考试三部分组成。平时作业重点考查任务建模、算法理解与推导能力；课程综合仿真报告重点考查编队控制、协同制导、动态避障及闭环验证能力；期末考试综合考查基本理论、方法选择、算法分析和工程问题建模能力。

课程目标	评价方式及比例（%）			成绩比例（%）
	平时作业	课程综合仿真报告	期末考试	
课程目标1	10	—	35	45
课程目标2	10	30	15	55
合计	20	30	50	100

注：课程综合仿真报告作为课外课程作业，不计入实验学时；期末考试题型建议包括概念辨析、建模分析、算法推导与综合应用。 开课学期为第6学期。各评价项目按上表所列比例计入课程总评成绩。

（二）评价标准

课程目标	考核依据	评价标准				权重（%）
		优（90-100分）	良（75-89分）	及格（60-74分）	不及格（0-59分）	
课程目标1	平时作业、期末考试	能够准确建立典型多无人机协同任务数学模型，正确解释任务分配、分布式优化、博弈与规划方法原理，能比较方法适用性并完成较复杂问题分析。	能够较完整建立任务模型，基本正确说明主要协同决策算法原理，分析过程较清晰，少量细节存在偏差。	能够完成基本模型和主要算法概念说明，但对约束、收敛条件或方法比较掌握不够完整，分析较为简单。	不能正确建立基本任务模型，对协同决策算法核心概念理解明显不足，无法完成基本分析。	45
课程目标2	平时作业、课程综合仿真报告、期末考试	能够独立设计合理的编队/协同制导与避障方案，正确处理通信时延或动态障碍等约束；仿真方案完整，结果可信，能进行稳定性与性能分析。	能够设计较合理的控制与避障方案并完成仿真验证，对工程约束有较好考虑，结果分析基本充分。	能够完成基本控制律或避障算法设计和简单仿真，但闭环分析、参数选择或工程约束考虑不够充分。	控制/制导/避障方案存在明显原理错误，无法完成有效仿真或不能根据结果解释系统性能。	55

五、推荐教材和教学参考资源

（一）建议教材

1. 周伟，李五洲，王旭东，吴超.《多无人机协同控制技术》. 北京：北京大学出版社，2019。

（二）主要参考书及学习资源

1. 王祥科，沈林成，李杰等.《无人机集群控制理论与方法》. 上海：上海交通大学出版社，2021。

2. 王晓芳，林海.《多飞行器协同制导与控制》. 北京：北京理工大学出版社，2021。

3. Tal Shima, Steven Rasmussen (eds.). UAV Cooperative Decision and Control: Challenges and Practical Approaches. SIAM, 2009.

4. MATLAB/Simulink、ROS/Gazebo、PX4 等平台官方文档（用于课程仿真演示与课后综合仿真报告参考）。

课程建设参考：西北工业大学公开培养方案中设置《无人机协同决策与控制》（UAV Cooperative Decision and Control）课程，课程代码U01M11186，2学分、32学时、春季开课，由航空学院开设。本大纲在课程学时与课程定位方面进行了对标，但教学目标、教学内容和考核方式依据本专业培养要求自主设计。

大纲修订人签字：　　修订日期：2026年6月

大纲审定人签字：　　审定日期：2026年 8月

《信息论与编码》课程教学大纲

课程名称	信息论与编码		
	Information Theory and Coding		
课程代码	30916502	**课程性质**	专业选修课程
课程类别	专业高阶课程	**先修课程**	线性代数、概率论与数理统计
学分/学时	2学分/32学时	**理论学时/实验学时**	24学时/8学时
适用专业	无人驾驶航空器系统工程	**开课单位**	机械电气工程学院
课程负责人	于浩	**审定日期**	2026年08月

一、课程简介

本课程是无人驾驶航空器系统工程专业的专业高阶课程，以香农信息论体系为核心，讲授信息度量、信源、信道、信源编码、信道编码等核心内容，解读香农三大定理物理内涵，介绍无失真、限失真信源编码与信道纠错编码的基础理论与典型实现方法。

课程兼顾理论推导工程实际应用，强化数学推演、逻辑分析能力，结合无人机空地数据链、遥测遥控、机载图像视频压缩、多机协同信息交互等工程实例，阐释编码与解码技术的工程价值。通过本课程学习，学生能够建立无人机信息传输与处理的理论思维，理解信息压缩、差错控制的底层机理，掌握运用信息论理论分析无人机通信复杂工程问题的能力，为本专业集群通信、机载信息处理等后续课程以及无人机通信相关工程实践奠定理论基础。

二、课程目标

本课程有2个课程目标，具体如下：

目标1：能够利用数学、物理、工程基础以及信息论与编码专业知识，用于无人机领域复杂工程问题的恰当表述；能够将相关工程专业知识和数学分析方法，推演信源建模、信道容量分析、信息编码设计等专业工程问题。

目标2：能够厘清信息论核心概念、原理、系统模型及性能评价指标；能够解构信源编码、信道编码、保密编码的内在机理与典型实现方法，开展核心分析流程推演；能够基于科学原理和数学模型方法正确表达无人机数据链、机载感知信息传输中的复杂工程问题，辨析关键影响因素。

各课程目标对毕业要求指标点的支撑关系见下表：

课程目标	**毕业要求**
课程目标1	1. 工程知识：能够将数学、自然科学、计算、工程基础和专业知识用于解决复杂工程问题。
课程目标2	2. 问题分析。能够应用数学、 自然科学和工程科学的基本原理，识别、表达并通过文献研究分析复杂工程问题，综合考虑可持续发展的要求，以获得有效结论。

三、教学内容

知识单元	对应课程目标	学习成果	教学内容	课程目标达成方式	学时分配
单元 1 信息、信息测度以及信息论理论的认识	课程目标1	1. 能够界定信息的基本属性与主要特征 2. 能够概述信息论的研究范畴、研究诉求与研究内容 3. 能够总结信息论演进脉络与当前信息论编码方向主要研究产出 4. 能够列举香农对信息论发展的两大核心贡献 思政点：结合香农科研事迹树立严谨科研态度	1.1 教学大纲解读 1.2 信息的定义 1.3 信息测度基本概念 1.4 信息论的起源、发展和研究内容 1.5 通信系统的模型 1.6 信息论的应用 引入信息测度仿真案例、通信行业工程实例	课堂教学 课后自学与讨论	理论4学时
单元 2 离散信源、离散信息熵以及熵的性质	课程目标1、2	1. 能够开展平均信息量- 熵的数学推演 2. 能够执行自信息量、离散信源熵、互信息的模型求解运算 3. 能够区分数据处理流程中信息的演变规律 4. 能够阐明熵的各项基础性质 思政点：剖析汉语高信息密度特征，增强民族文化自信	2.1 离散信源的信息熵 2.2 熵的基本性质 2.3 信源的相关性与剩余度 2.4 离散平稳信源和马尔可夫信源基本理论 融入多媒体信源冗余度工程案例，训练计算思维 实验：绘制二进熵函数曲线；无人机机载图像熵计算	课堂教学 课后自学与讨论	理论6学时 实践2学时
单元 3 信道和信道容量	课程目标1	1. 能够分类不同离散信道的模型结构 2. 能够实施平均互信息推演与信道容量求解 3. 能够利用香农信道容量公式完成工程计算 思政点：运用辩证思维看待信息传输中矛盾约束	3.1 信道模型　3.2 平均互信息 3.3 信道容量　3.4 信源与信道的匹配 3.5 连续性信源的熵 3.6 Shannon公式 实验：二元离散对称信道互信息的性质和信道容量求法	课堂教学 课后自学与讨论	理论2学时 实践2学时
单元 4 信源压缩编码理论及典型的无失真信源编码	课程目标1、2	1. 能够解释信源编码的价值，厘清提升信息传输有效性的实现路径 2. 能够执行平均码长演算，确定最佳信源编码的判定条件 3. 能够推论无失真信源编码定理的约束边界 思政点：训练抓核心矛盾的工程思辨能力	4.1信源编码的基本概念 4.2 无失真可变长信源编码定理----香农第一定理 4.3限失真信源编码定理 4.4常用信源编码方法 实验：香农编码、哈夫曼编码	课堂教学 课后自学与讨论	理论6学时 实践2学时
单元 5 有噪信道编码理论及典型的信道编码	课程目标1、2	1. 能够预测有扰信道编码定理适用边界 2. 能够归纳差错控制系统类别、码空间特征，厘清随机编码逻辑、信道编码定理 3. 能够解构纠错编码实现逻辑与分析流程 思政点：思辨冗余在通信系统中的双重作用	6.1 噪声信道中的编码 6.2 信道编码分类 6.3 信道译码及译码规则 6.4 有噪信道编码定理 6.5 线性分组码　6.6 Hamming码 6.7 循环码　6.8 卷积码 实验：算术编码、线性分组码	课堂教学 课后自学与讨论	理论6学时 实践2学时

四、课程目标达成的评价方式及评价标准

（一）评价方式及成绩比例

课程成绩包括1个部分，为期末测试。具体见下表：

课程目标	评价方式及比例（%）	成绩比例（%）
	期末测试	
课程目标1	50	50
课程目标2	50	50
合计	100	100

注：（1）课程实验教学过程中，按要求独立完成实验并撰写实验报告，未完成全部课内实验和未按规定时间提交实验报告者不得参加期末考试。

（2）期末测试为闭卷考试，百分制。

（3）累计缺勤三次者，不得参加该课程的结课考试。

（二）评价标准

1．期末测试评价标准

课程目标	考核依据	评价标准				权重（%）
		优（90-100）分	良（75-89分）	中/及格（60-74分）	不及格（0-59分）	
课程目标1	考查对信息量、信息熵等常用信息测度函数以及信道容量等基本概念和基础理论知识的掌握情况。	分析方法正确，计算正确；	分析方法基本正确，计算正确率较高；	分析方法基本正确，计算正确率较低；	分析方法错误，计算错误多；	50
课程目标2	考查对各信源和信道编码原理及典型的信源编码和信道编码方法的掌握及应用。	分析方法正确，计算正确，编译码过程正确；	分析方法基本正确，计算正确率较高，编译码过程基本正确；	分析方法基本正确，计算正确率较低，编译码过程有错误；	分析方法错误，计算错误多；编译码过程错误多；	50

五、推荐教材和教学参考资源

（一）建议教材

1. 曹雪虹，张宗橙，《信息论与编码》（第3版），清华大学出版社，2016。

（二）主要参考教材及资源

1. 周荫清，《信息理论基础》，北京航空航天大学出版社，2002
2. 姜丹，《信息论与编码》，中国科学技术出版社，2001
3. 王新梅，《纠错码 —— 原理与方法（修订版）》西安电子科技大学出版社，2001

六、附表

序号	实验（上机实训）项目名称	实验性质	开出要求	学时
1	离散信源及其信息测度	验证性	必做	2
2	离散信道及其容量	验证性	必做	2
3	无失真信源编码	验证性	必做	2
4	有噪信道编码	验证性	必做	2

大纲修订人签字：　　修订日期：2026年6月

大纲审定人签字：　　审定日期：2026年 8月

《无人机集群技术》课程教学大纲

课程名称	无人机集群技术		
	UAV Swarm Technology		
课程代码	40916501	课程性质	选修
课程类别	专业高阶课程	先修课程	计算机网络与通信、通信原理、自动控制原理
学分/学时	2学分/32学时	理论学时 /实验学时	24学时/8学时
适用专业	电子信息工程	开课单位	机械电气工程学院
课程负责人	姜立志	审定日期	2026年 8月

一、课程简介

本课程是电子信息工程专业面向低空智能系统与群体智能方向开设的专业高阶课程，以无人机集群网络化和智能化为主线，讲授网络体系与协同控制架构、通信物理层、信道接入、路由与拓扑重构、航迹规划与协同避障、协同搜索和任务分配。通过理论讲授、算法推演、案例分析及MATLAB/Python上机仿真，培养学生面向高动态拓扑、受限通信资源和安全约束，开展任务建模、算法分析、仿真实现与综合方案论证的能力。

二、课程目标

本课程设置3个目标，具体如下：

目标1：能够说明无人机集群网络体系与协同控制架构，分析通信物理层、MAC接入、路由与拓扑重构机制及其对集群协同的影响。

目标2：能够针对航迹规划、编队、避障、搜索与任务分配建立数学或图模型，分析图论、虚拟势场、Dubins路径、群智能及学习类方法的适用条件与局限。

目标3：能够综合通信、机动、任务与安全约束选择和论证方案，利用MATLAB/Python等工具完成集群网络及协同任务的建模、仿真与验证。

各课程目标对毕业要求的支撑关系见下表：

课程目标	**毕业要求**
课程目标1	1. 工程知识；2. 问题分析 指标点1.3：能够将数学、工程基础和专业知识用于电子信息与无人系统相关复杂工程问题的分析。 指标点2.1：能够应用工程基本原理识别、表达并分析复杂工程问题。
课程目标2	2. 问题分析；3. 设计/开发解决方案 指标点2.2：能够通过模型和算法分析复杂工程问题的关键环节与影响因素。 指标点3.1：能够针对复杂工程问题设计系统、单元或算法方案，并体现创新意识。
课程目标3	3. 设计/开发解决方案；5. 使用现代工具 指标点3.2：能够综合技术、安全及工程约束对方案进行比较、优化与论证。 指标点5.1：能够选择并使用现代工程与信息技术工具开展建模、计算、仿真与验证。

三、教学内容

知识单元	对应课程目标	学习成果	教学内容（含思政点）	课程目标达成方式	学时分配
0. 课程教学大纲解读	—	1. 知晓本课程预期达成的能力目标； 2. 知晓本课程的教学内容、课程目标评价方式及占分比例、评价标准。	1. 课程目标及对毕业要求的支撑关系； 2. 支撑课程目标达成的各单元教学内容、学习任务、课程目标评价方式及占分比例、评价标准等。	2. 教学活动：课堂讲授。	理论0.5学时
1. 绪论：无人机与无人机集群	课程目标1	1. 能够解释无人机集群概念、能力要素与应用需求； 2. 能够比较集中式、分布式与集散式控制思想，说明组网与协同关键技术。	1）无人机概念、分类及集群发展背景； 2）军事与民用应用场景，重点理解应急救援、农业巡检、物流与环境监测需求； 3）集群基本能力：感知、通信、决策、规划与协同执行； 4）集中式、分布式与集散式控制思想； 5）组网与协同控制关键技术及课程知识框架。 思政点：结合低空经济、应急救援和农业智能装备案例，理解技术服务国家战略与民生需求的价值；强调安全、守法与负责任使用无人机。	1. 教学活动：讲授、案例分析、课堂讨论。 2. 学习任务：集群应用需求与控制架构比较。	理论1.5学时
2. 网络体系结构与协同控制架构	课程目标1、2	1. 能够说明网络分层、协议与服务及IP/MAC地址的作用； 2. 能够分析FANET高动态拓扑特征； 3. 能够利用图模型分析连通性并比较协同控制架构。	1）网络分层设计及实体、协议、服务和数据单元； 2）物理层—链路层—网络层—应用层关系及IP/MAC地址； 3）FANET高移动、自组织与拓扑动态特征； 4）集中式、分布式与集散式协同控制架构； 5）图论基本概念、连通性及控制关系树。 思政点：通过“局部节点—全局系统”的关系培养系统观和协同意识；强调标准接口、互联互通和工程规范。	1. 教学活动：讲授、图模型推演、案例分析。 2. 学习任务：FANET图模型构建与连通性分析。	理论3学时

知识单元	对应课程目标	学习成果	教学内容（含思政点）	课程目标达成方式	学时分配
3. 无人机集群通信物理层技术	课程目标1	1. 能够描述数字通信链路与复用方式； 2. 能够运用香农定理分析信道容量； 3. 能够比较典型调制编码方法并完成基本链路预算。	1）通信系统一般模型与数字通信系统组成； 2）单工/半双工/全双工及FDM、TDM、CDM、SDM； 3）信息量、信道容量和香农定理； 4）ASK、FSK、PSK/QPSK、QAM、OFDM等典型调制方法； 5）信道编码基本思想及卷积码、Turbo码简介； 6）无线链路预算与参数配置。 思政点：结合频谱资源公共属性，强化频谱合规、抗干扰与可靠通信意识；训练严谨计算、数据真实和工程边界意识。	1. 教学活动：讲授、公式推导、计算案例。 2. 学习任务：通信容量计算、调制方法比较及链路预算。	理论4学时
4. 无人机集群信道接入技术	课程目标1	1. 能够说明MAC协议功能与性能指标； 2. 能够分析竞争、分配与混合类接入机制； 3. 能够比较节点规模、业务优先级对吞吐量、时延与公平性的影响。	1）MAC协议功能、关键问题和性能指标； 2）CSMA/CA、DCF/EDCF等竞争类接入； 3）TDMA及自组织时分多址等分配类接入； 4）混合类MAC与动态自适应接入； 5）节点规模、移动速度、业务优先级、吞吐量、时延与接入公平性的权衡。 思政点：从共享信道冲突和资源分配引出规则、公平与效率意识；强调关键通信任务的实时性与可靠性责任。	1. 教学活动：讲授、协议流程分析、课堂讨论。 2. 学习任务：MAC协议流程推演与性能权衡分析。	理论3学时
5. 无人机集群路由与拓扑重构	课程目标1、3	1. 能够比较基于拓扑、地理信息及运动预测的路由方法； 2. 能够说明时延容忍网络与机会路由机制； 3. 能够分析节点失效后的拓扑重构与连通性恢复策略。	1）路由协议设计要求、分类及性能指标； 2）最短路径、分簇及基于拓扑信息的路由； 3）地理信息、运动预测和链路生存时间预测路由； 4）时延容忍网络与机会路由； 5）网络拓扑控制及单/多节点拓扑重构与连通性恢复； 6）动态环境下路由策略比较。 思政点：结合灾害通信与偏远地区通信保障案例，理解网络韧性的价值；强调可靠性、隐私与安全责任。	1. 教学活动：讲授、算法推演、案例分析。 2. 学习任务：动态路由比较与节点失效后的拓扑恢复分析。	理论3学时

知识单元	对应课程目标	学习成果	教学内容（含思政点）	课程目标达成方式	学时分配
6. 无人机集群航迹规划与协同避障	课程目标2、3	1. 能够建立含机动、安全与编队约束的航迹规划模型； 2. 能够分析势场避障、Dubins路径及威胁区域躲避方法； 3. 能够说明强化学习规划的状态、动作和奖励设计。	1）集群航迹规划约束、指标与算法分类； 2）坐标系、编队保持/变换和常见编队控制； 3）虚拟势场法、协同避障及局部极小问题； 4）Dubins路径、扩展点选择和代价评价； 5）单/多集群威胁区域躲避； 6）深度强化学习规划中的MDP、状态/动作空间和奖励函数。 思政点：突出“安全优先”，讨论路径最优与安全冗余的平衡；强调算法验证边界、极端工况测试和公共安全责任。	1. 教学活动：讲授、算法推演、仿真案例分析。 2. 学习任务：势场与Dubins路径推演、编队与避障约束分析。	理论3学时
7. 无人机集群协同搜索	课程目标2、3	1. 能够建立环境、传感器及搜索效能模型； 2. 能够比较不同搜索架构及群智能、学习类搜索方法； 3. 能够分析动态目标与通信受限条件对搜索策略的影响。	1）协同搜索任务分类、指标与效能评价； 2）环境搜索图、传感器探测和状态空间模型； 3）集中式、分布式与集散式搜索架构； 4）粒子群、并行蚁群等群智能搜索方法； 5）学习类协同目标搜索基本框架； 6）动态目标、信息不完全和通信受限条件下策略比较。 思政点：以灾害搜救、农田巡查和生态监测强化科技向善理念；讨论目标探测中的隐私保护、数据合规与算法责任。	1. 教学活动：讲授、案例分析、算法比较。 2. 学习任务：搜索效能建模与典型协同搜索算法比较。	理论3学时

知识单元	对应课程目标	学习成果	教学内容（含思政点）	课程目标达成方式	学时分配
8. 无人机集群任务分配与综合应用	课程目标2、3	1. 能够建立含资源、时间、航程与能力约束的任务分配模型； 2. 能够比较集中式、分布式及学习类分配方法； 3. 能够分析动态重分配并提出网络—任务协同方案。	1）任务类型、任务分配问题与过程； 2）任务模型、资源/时间/航程/能力约束及性能指标； 3）协同粒子群、遗传算法等集中式动态任务分配； 4）合同网、拍卖算法等分布式实时任务分配； 5）深度强化学习协同任务分配； 6）任务动态到达、节点失效与再分配； 7）综合案例：链路、路由、航迹、搜索与任务分配协同设计。 思政点：通过资源受限下的动态协同培养团队协作和整体最优意识；讨论自主决策可解释性、责任边界与工程伦理，强化科研诚信。	1. 教学活动：讲授、综合案例、课堂讨论。 2. 学习任务：任务分配建模、动态重分配及综合案例分析。	理论3学时
实践项目1：FANET拓扑构建与连通性分析仿真	课程目标1	1. 能够构建FANET拓扑模型并判断网络连通性； 2. 能够分析节点位置与通信范围变化对连通性的影响。	实践性质：验证性；开出要求：必做。 1. 构建无人机节点及通信邻接关系； 2. 计算并展示网络连通性； 3. 比较不同参数下的网络拓扑。 思政点：强化系统观念、协作意识与数据真实意识。	1. 教学活动：MATLAB/Python上机仿真、教师指导。 2. 学习任务：提交模型、程序、仿真结果及分析报告。	实践2学时
实践项目2：无人机集群通信链路与MAC接入性能仿真	课程目标1	1. 能够构建基本通信链路与MAC接入仿真模型； 2. 能够比较参数变化对链路性能、吞吐量与时延的影响。	实践性质：验证性；开出要求：必做。 1. 设置链路参数并分析通信性能； 2. 仿真典型MAC接入机制； 3. 比较节点规模或负载变化下的接入性能。 思政点：培养资源共享、公平接入和可靠通信意识。	1. 教学活动：MATLAB/Python上机仿真、结果讨论。 2. 学习任务：提交程序、性能指标、对比结果及报告。	实践2学时
实践项目3：无人机集群航迹规划与协同避障仿真	课程目标2、3	1. 能够建立含障碍物和机动约束的规划模型； 2. 能够实现典型规划与避障算法并评价路径及安全性。	实践性质：设计性；开出要求：必做。 1. 设置任务场景、障碍与约束； 2. 选择并实现航迹规划和协同避障方法； 3. 分析路径、避障效果与算法局限。 思政点：坚持安全优先，重视验证边界和工程责任。	1. 教学活动：MATLAB/Python上机设计、教师指导。 2. 学习任务：提交设计方案、代码、轨迹及分析报告。	实践2学时

知识单元	对应课程目标	学习成果	教学内容（含思政点）	课程目标达成方式	学时分配
实践项目4：协同搜索与动态任务分配综合仿真	课程目标2、3	1. 能够建立协同搜索与任务分配模型； 2. 能够实现动态重分配并分析搜索、任务与网络约束的关系。	实践性质：综合性；开出要求：必做。 1. 设置多无人机搜索与任务场景； 2. 选择并实现搜索与任务分配方法； 3. 分析任务动态到达或节点失效后的重分配效果。 思政点：培养团队协作、科研诚信与负责任决策意识。	1. 教学活动：MATLAB/Python综合仿真、方案讨论。 2. 学习任务：提交模型、代码、指标对比及综合报告。	实践2学时

四、课程目标达成的评价方式及评价标准

（一）评价方式及成绩比例

课程成绩由平时作业、实践考核和期末考试三部分组成。平时作业重点考查集群网络体系结构、通信技术和典型协同算法的理解与分析；实践考核重点考查学生利用MATLAB/Python完成网络连通性、通信接入、航迹规划、协同搜索与任务分配等仿真任务的能力；期末考试综合考查基本概念、协议机制、模型建立、算法原理和综合应用。

课程目标	评价方式及比例（%）			成绩比例（%）
	平时作业	实践考核	期末考试	
课程目标1	10	5	25	40
课程目标2	5	10	20	35
课程目标3	5	5	15	25
合计	20	20	60	100

实践考核包括4个必做项目，按实验准备、模型与算法实现、结果正确性、分析讨论及报告规范性综合评价。实践项目共8学时，计入课程总学时。 开课学期为第7学期。各评价项目按上表所列比例计入课程总评成绩。

（二）评价标准

课程目标	考核依据	评价标准				权重（%）
		优（90-100分）	良（75-89分）	及格（60-74分）	不及格（0-59分）	
课程目标1	平时作业、实践考核、期末考试	能够准确说明集群网络与协同控制架构，正确分析物理层、MAC、路由与拓扑重构机制，并结合场景比较协议性能及网络约束影响。	能够较完整说明主要体系结构与通信机制，能完成典型网络性能分析，少量细节或边界条件存在偏差。	掌握基本概念和主要协议流程，能够完成简单分析，但对性能权衡、高动态拓扑及协议适用性理解不够深入。	对集群网络体系、通信层次和主要协议机制理解不足，不能完成基本分析或存在原则性错误。	40
课程目标2	平时作业、实践考核、期末考试	能够针对航迹规划、避障、搜索与任务分配建立合理模型，正确解释并比较图论、势场、Dubins、群智能和学习类方法。	能够建立较合理的任务模型并说明典型算法原理，对适用条件和性能有较好分析，存在少量不影响结论的偏差。	能够建立基本模型并描述算法流程，但约束表达、参数选择或方法比较不够完整，综合分析能力一般。	不能建立基本任务模型，对协同规划、搜索或任务分配算法核心原理理解不足，无法完成有效分析。	35
课程目标3	平时作业、实践考核、期末考试	能够综合通信、机动、任务和安全约束形成完整方案，熟练使用MATLAB/Python完成建模与仿真；程序结构清晰、结果可复现、指标合理，能够识别局限并提出改进。	能够完成较完整方案与仿真分析，工具使用合理、结果可信，对主要工程约束有较充分考虑，实践报告规范。	能够完成基本方案和规定仿真任务，但参数说明、结果解释或网络—控制—任务综合分析不够充分，实践报告基本完整。	不能独立完成规定实践任务，模型或程序存在明显错误，结果不能支撑结论，或实践报告缺乏基本规范性与可复现性。	25

五、推荐教材和教学参考资源

（一）建议教材

1. 雷磊，宋晓勤 主编；王成华，蔡圣所，朱晓浪 副主编. 《无人机集群技术——智能组网与协同》. 北京：高等教育出版社，2023. ISBN 978-7-04-060599-0。

（二）主要参考书及学习资源

1. 周伟，李五洲，王旭东，吴超. 《多无人机协同控制技术》. 北京：北京大学出版社，2019. ISBN 978-7-301-30898-1。

2. Tal Shima, Steven Rasmussen (eds.). UAV Cooperative Decision and Control: Challenges and Practical Approaches. Philadelphia: SIAM, 2009. ISBN 978-0-89871-664-1。

3. 王晓芳，林海. 《多飞行器协同制导与控制》. 北京：北京理工大学出版社，2021. ISBN 978-7-5682-9212-2。

4. 高等教育出版社《无人机集群技术——智能组网与协同》配套数字课程资源：电子课件、章节视频与习题等。

大纲修订人签字：　　修订日期：2026年6月

大纲审定人签字：　　审定日期：2026年 8月

《群体智能及其无人机应用》课程教学大纲

课程名称	群体智能及其无人机应用		
	Swarm Intelligence and Its Applications in UAVs		
课程代码	40916503	课程性质	选修
课程类别	专业高阶课程	先修课程	高等数学、线性代数、概率论与数理统计、自动控制原理
学分/学时	1学分/16学时	理论学时 /实验学时	16学时/0学时
适用专业	低空技术与工程及相关专业	开课单位	机械电气工程学院
课程负责人	待定	审定日期	2026年 8月

一、课程简介

本课程是面向低空智能系统与无人系统方向开设的专业高阶课程，以自然生物群体的自组织、局部交互与涌现行为为切入点，主要讲授群体智能基本原理、Reynolds模型、Vicsek模型及无人机集群自主控制方法，介绍其在编队、任务分配、目标跟踪和资源分配中的应用。通过理论讲授、模型分析、案例讨论和算法推演，培养学生分析群体协同行为、选择适宜方法并评价其工程适用性与局限性的能力。

二、课程目标

本课程设置3个目标，具体如下：

目标1：能够解释群体智能、自组织、涌现和局部交互的基本机制，运用Reynolds模型、Vicsek模型分析个体规则与群体有序行为的关系。

目标2：能够将生物群体行为抽象为无人机集群模型与控制规则，运用邻域交互、一致性和分布式控制原理分析聚集、编队与避碰行为。

目标3：能够针对无人机集群编队、任务分配、目标跟踪和资源分配任务，分析与选择群体智能方法，评价其适用条件、优势、局限及工程约束。

各课程目标对毕业要求的支撑关系见下表：

课程目标	**毕业要求**
课程目标1	1. 工程知识；2. 问题分析 指标点1.3：能够将数学、自然科学、工程基础和专业知识用于智能无人系统相关工程问题的分析。 指标点2.1：能够应用工程基本原理识别、表达并分析复杂工程问题。
课程目标2	2. 问题分析；4. 研究 指标点2.2：能够通过模型与算法分析复杂工程问题的关键环节与主要影响因素。 指标点4.1：能够基于科学原理和数学模型对复杂工程问题开展分析与研究。
课程目标3	3. 设计/开发解决方案；12. 终身学习 指标点3.1：能够针对典型无人系统任务分析和选择适宜的技术方案，并体现创新意识。 指标点12.1：能够关注群体智能与无人系统前沿发展，具备自主学习和持续更新知识的意识。

三、教学内容

知识单元	对应课程目标	学习成果	教学内容（含思政点）	课程目标达成方式	学时分配
0. 课程教学大纲解读	—	1. 知晓本课程预期达成的能力目标； 2. 知晓本课程的教学内容、课程目标评价方式及占分比例、评价标准。	1. 课程目标及对毕业要求的支撑关系； 2. 支撑课程目标达成的各单元教学内容、学习任务、课程目标评价方式及占分比例、评价标准等。	3. 教学活动：课堂讲授。	理论0.5学时
1. 群体智能与无人机集群概述	课程目标1	1. 能够解释群体智能、自组织、局部交互与涌现的基本概念； 2. 能够说明生物群体与无人机集群的联系及典型应用。	1）群体智能的概念、发展与主要特征； 2）自组织、局部交互、分布式智能和群体涌现； 3）生物群体与无人机集群的联系； 4）无人机自主性、集群系统特征及典型应用； 5）群体智能无人机技术体系与课程知识框架。 思政点：结合低空经济、应急救援和智能农业等场景，认识群体智能技术服务国家战略和民生需求的价值；强化安全、守法和负责任使用无人机意识。	1. 教学活动：讲授、案例分析、课堂讨论。 2. 学习任务：群体智能概念辨析与应用案例分析。	理论1.5学时
2. 生物群体行为与典型运动模型	课程目标1	1. 能够描述Reynolds模型的分离、对齐与聚集规则； 2. 能够解释Vicsek模型的方向同步机制； 3. 能够分析邻域结构和关键参数对群体有序行为的影响。	1）鸟群、鱼群、昆虫等自然生物群体行为； 2）Reynolds模型中的分离、对齐和聚集规则； 3）Vicsek模型的局部邻域交互与方向同步机制； 4）群体有序度、邻域结构及参数对群体行为的影响； 5）微观个体规则与宏观群体有序行为的关系。 思政点：通过自然生物群体协同案例，引导学生理解简单个体通过协作形成复杂系统能力，培养协同意识、系统观念和科学探索精神。	1. 教学活动：讲授、模型分析、算法推演。 2. 学习任务：Reynolds规则推演、Vicsek模型参数影响分析。	理论2学时

知识单元	对应课程目标	学习成果	教学内容（含思政点）	课程目标达成方式	学时分配
3. 群体自组织与信息交互机制	课程目标1、2	1. 能够区分不同邻域关系并描述局部信息交互； 2. 能够解释图拓扑、连通性与一致性的关系； 3. 能够分析扰动及通信受限对群体协同的影响。	1）群体自组织的形成机制； 2）固定邻域、距离邻域和动态邻域； 3）位置、速度和方向等局部信息交互； 4）图拓扑、连通性与群体一致性的基本概念； 5）环境扰动、通信受限对群体协同的影响。 思政点：从“局部个体—整体系统”的关系出发培养系统思维，强调信息共享、规则约束和团队协作对复杂系统可靠运行的重要性。	1. 教学活动：讲授、图模型分析、课堂讨论。 2. 学习任务：邻域图绘制与通信受限案例分析。	理论2学时
4. 群体智能驱动的无人机集群自主控制	课程目标2	1. 能够将生物群体行为映射为无人机集群控制规则； 2. 能够比较集中式与分布式控制思想； 3. 能够分析聚集、分离、协调与避碰行为及模型适用边界。	1）生物群体行为向无人机控制规则的映射； 2）集中式与分布式集群控制思想； 3）聚集、分离、速度协调和避碰等基本行为； 4）局部感知条件下的自主协同控制； 5）模型假设、动力学约束及工程实现边界。 思政点：结合无人机自主控制工程案例，强化严谨建模、边界意识和工程责任，认识算法安全性和可验证性的重要意义。	1. 教学活动：讲授、模型分析、案例讨论。 2. 学习任务：生物行为与控制规则映射、控制模型假设分析。	理论2学时
5. 群体智能与无人机集群编队	课程目标2、3	1. 能够说明编队形成、保持与重构的基本机制； 2. 能够比较领航—跟随、行为法及分布式编队方法； 3. 能够分析通信、感知及障碍约束对编队的影响。	1）无人机集群编队的基本问题； 2）生物群体启发的编队形成机制； 3）领航—跟随、行为法及分布式编队思想； 4）编队保持、队形变化与动态重构； 5）通信、感知和障碍约束下的编队问题。 思政点：通过集群协同飞行案例培养团队协作和整体优化意识；强调算法设计必须兼顾安全、可靠与工程可实施性。	1. 教学活动：讲授、案例分析、方法比较。 2. 学习任务：典型编队方法比较与约束分析。	理论2学时

知识单元	对应课程目标	学习成果	教学内容（含思政点）	课程目标达成方式	学时分配
6. 群体智能与协同任务分配	课程目标3	1. 能够识别多无人机任务分配的目标与约束； 2. 能够说明蚁群优化和粒子群优化的基本原理； 3. 能够比较静态与动态任务分配方法的适用条件与局限。	1）多无人机任务分配问题及基本约束； 2）群体搜索与分布式任务协同思想； 3）蚁群优化和粒子群优化的基本原理； 4）静态与动态任务分配； 5）不同群体智能优化方法的适用条件和局限。 思政点：通过资源有限条件下的协同决策案例，引导学生树立效率、公平与整体最优意识，培养面向复杂问题的创新思维。	1. 教学活动：讲授、算法分析、案例讨论。 2. 学习任务：任务分配建模与群体优化算法推演。	理论2学时
7. 协同目标跟踪与资源分配	课程目标2、3	1. 能够描述协同搜索、目标跟踪与资源分配问题； 2. 能够分析多无人机协同关系与分布式优化思想； 3. 能够说明信息不完备和实时性对协同决策的影响。	1）无人机集群协同搜索与目标跟踪基本问题； 2）基于群体自组织的目标跟踪机制； 3）多目标、多无人机情况下的协同关系； 4）集群资源分配与分布式优化基本思想； 5）动态环境中的信息不完备与实时决策问题。 思政点：结合灾害搜救、农业巡检等案例，强化技术服务社会和生命安全的价值导向；培养数据真实、结果可解释的科学规范意识。	1. 教学活动：讲授、案例分析、综合讨论。 2. 学习任务：协同跟踪案例分析与资源分配方案比较。	理论2学时
8. 综合应用、挑战与发展趋势	课程目标3	1. 能够针对典型任务比较和选择群体智能方法； 2. 能够分析规模扩展、鲁棒性、容错性与安全性问题； 3. 能够讨论智能融合趋势及相关伦理和工程责任。	1）群体智能无人机系统典型综合应用； 2）群体规模扩展、通信受限和环境不确定性； 3）群体鲁棒性、容错性和安全性问题； 4）人工智能、强化学习与群体智能融合趋势； 5）低空智能系统的安全、伦理、隐私及工程责任。 思政点：结合我国低空科技和智能无人系统发展，增强自主创新意识；讨论隐私保护、公共安全和人工智能伦理，树立负责任的工程技术观。	1. 教学活动：讲授、前沿案例、课堂研讨。 2. 学习任务：完成典型无人机集群应用专题分析报告。	理论2学时

四、课程目标达成的评价方式及评价标准

（一）评价方式及成绩比例

课程成绩由平时作业、专题分析报告和期末考试三部分组成。平时作业重点考查群体智能基本概念、典型模型及课堂案例分析；专题分析报告围绕群体智能在无人机集群编队、任务分配、协同搜索、目标跟踪或资源分配中的应用开展，重点考查方法选择、适用性分析与综合表达能力；期末考试综合考查基本理论、模型机理、方法分析和无人机应用能力。

课程目标	评价方式及比例（%）			成绩比例（%）
	平时作业/课堂讨论	专题分析报告	期末考试	
课程目标1	10	—	25	35
课程目标2	5	10	20	35
课程目标3	5	10	15	30
合计	20	20	60	100

注：本课程无独立实验学时。专题分析报告作为课外课程作业完成；期末考试题型建议包括概念辨析、模型分析、算法原理和综合应用。 开课学期为第7学期。各评价项目按上表所列比例计入课程总评成绩。

（二）评价标准

课程目标	考核依据	评价标准				权重（%）
		优（90-100分）	良（75-89分）	及格（60-74分）	不及格（0-59分）	
课程目标1	平时作业、期末考试	准确掌握群体智能基本概念及典型生物群体模型，能够深入解释个体规则与群体涌现关系，并正确分析关键参数影响。	较完整掌握群体智能理论和典型模型，能够正确分析主要群体行为，仅少量细节存在偏差。	掌握基本概念和主要模型，能够完成简单分析，但对模型机理和参数影响理解不够深入。	基本概念掌握不清，不能正确解释典型群体模型及群体行为形成机制。	35
课程目标2	平时作业、专题报告、期末考试	能够准确建立和分析无人机集群局部交互与自主控制模型，系统说明邻域、信息交互、一致性、编队与避碰之间的关系。	能够对典型无人机集群自主控制问题进行较完整分析，模型与方法选择基本合理。	能够理解基本控制思想并描述主要方法，但模型表达或综合分析不够完整。	不能正确分析群体智能控制方法及其无人机应用，模型和基本原理存在明显错误。	35
课程目标3	平时作业、专题报告、期末考试	能够结合任务需求合理选择群体智能方法，系统分析其优势、局限和工程约束，并形成清晰、规范、有依据的综合结论。	能够针对典型无人机集群应用选择并分析适宜方法，对主要约束和适用条件有较好认识。	对应用场景与群体智能方法的关系有基本认识，但方案比较、局限性分析和综合表达较弱。	不能根据任务特点分析和选择群体智能方法，或综合结论缺乏基本依据。	30

五、推荐教材和教学参考资源

（一）建议教材

1. 段海滨，邱华鑫.《基于群体智能的无人机集群自主控制》. 北京：科学出版社，2018。

（二）主要参考书及学习资源

1. Bonabeau E., Dorigo M., Theraulaz G. Swarm Intelligence: From Natural to Artificial Systems. Oxford University Press, 1999.

2. Reynolds C. W. Flocks, Herds, and Schools: A Distributed Behavioral Model. Computer Graphics, 1987, 21(4): 25–34.

3. Vicsek T., Czirók A., Ben-Jacob E., Cohen I., Shochet O. Novel Type of Phase Transition in a System of Self-Driven Particles. Physical Review Letters, 1995, 75(6): 1226–1229.

4. Olfati-Saber R., Fax J. A., Murray R. M. Consensus and Cooperation in Networked Multi-Agent Systems. Proceedings of the IEEE, 2007, 95(1): 215–233.

5. 王祥科，沈林成，李杰等.《无人机集群控制理论与方法》. 上海：上海交通大学出版社，2021。

大纲修订人签字：　　修订日期：2026年6月

大纲审定人签字：　　审定日期：2026年 8月

《基于 4G 和 5G 的航空通信》课程教学大纲

课程名称	基于4G和5G的航空通信		
	Aeron autical Communication Based on 4G and 5G		
课程代码	40916504	**课程性质**	专业选修课程
课程类别	专业高阶课程	**先修课程**	信号与系统、通信原理
学分/学时	1学分/16学时	**理论学时/实验学时**	16学时/0学时
适用专业	无人驾驶航空器系统工程	**开课单位**	机械电气工程学院
课程负责人	于浩	**审定日期**	2026年08月

一、课程简介

本课程是无人驾驶航空器系统工程专业的专业高阶课程，面向低空经济网联无人机应用需求，以移动通信和地-空通信基础理论为依托，介绍4G/5G 蜂窝移动通信应用于航空与无人机领域的技术体系。

课程对比传统航空地空通信体制，重点讲解移动通信系统、空-地无线传播特性、链路预算、机载终端、3GPP 航空通信相关标准、5G-ATG 地空通信、网联无人机架构、干扰与移动性管理等内容。结合无人机超视距作业、应急通信、多机协同等工程案例，剖析蜂窝航空通信的优势、约束与工程痛点，使学生能够理解蜂窝网络支撑无人机飞行管控、任务载荷数据回传的工作机理，为从事网联无人机系统分析、选型与工程应用奠定理论基础。

二、课程目标

本课程有2个课程目标，具体如下：

目标1：能够利用数学、无线通信基础以及 4G/5G 航空通信专业知识，对网联无人机复杂工程问题进行恰当表述；能够将相关工程专业知识和数学分析方法，推演空地无线信道、链路预算、机载通信系统选型等专业工程问题。

目标2：能够厘清 4G/5G 航空通信核心概念、系统架构、协议标准及性能评价指标；能够解构机载蜂窝终端、空-地链路、移动性管理、干扰抑制的内在机理；能够基于科学原理和数学模型方法正确表达网联无人机通信复杂工程问题，辨析关键影响因素。

各课程目标对毕业要求指标点的支撑关系见下表：

课程目标	**毕业要求**
课程目标1	1. 工程知识：能够将数学、自然科学、计算、工程基础和专业知识用于解决复杂工程问题。
课程目标2	3. 问题分析。能够应用数学、 自然科学和工程科学的基本原理，识别、表达并通过文献研究分析复杂工程问题，综合考虑可持续发展的要求，以获得有效结论。

三、教学内容

知识单元	对应课程目标	学习成果	教学内容	课程目标达成方式	学时分配
单元 1 4G/5G 航空通信概述	课程目标 1	1. 能够梳理航空地空通信技术演进脉络，了解传统 VHF、HF、卫星航空通信体制特点 2. 能够界定4G/5G用于无人机与航空通信的典型业务场景 3. 能够对比传统专用数传链路与蜂窝航空通信的优缺点 思政点：结合我国低空经济与 5G 产业发展，认识网联无人机国产技术发展机遇，树立工程报国意识	1.1 课程大纲解读 1.2 传统航空地空通信体制（VHF/HF、数据链、卫星通信）简要回顾（依托《航空移动通信系统》教材基础 1.3 4G/5G 蜂窝航空通信典型应用场景：超视距作业、应急通信、无人机交通管理 UTM 1.4 国内外技术发展现状与 3GPP UAS 标准化进展（TR 36.777、TR 38.811）案例：5G 网联无人机行业工程实例	课堂教学、课后自学与讨论	理论 2 学时
单元 2 空-地无线信道与链路预算	课程目标 1	1. 能够辨析航空空地信道传播特征：自由空间损耗、地球曲率影响、视距 / 非视距、多普勒效应、大气衰减、多径效应 2. 能够依据航空通信链路预算方法完成空地通信链路推演计算 3. 能够分析飞行高度、飞行速度对信道质量带来的影响 思政点：运用辩证思维看待高速移动场景下通信的矛盾约束	2.1 航空地空无线传播基础，自由空间损耗、地球曲率、雨衰与大气衰减（参考《航空移动通信系统》地空通信基础章节） 2.2 多普勒频移、大尺度衰落与小尺度衰落，无人机高空 LoS 视距传播特性 2.3 航空通信链路预算计算方法，机载场景下发射、接收、损耗等参数约束 2.4 无人机高度、飞行速度对信道性能的影响分析，3GPP 无人机信道场景模型介绍	课堂教学、课后自学与讨论	理论 4 学时
单元 3 4G/5G 系统基础与机载终端	课程目标 1、2	1. 能够概述 4G LTE、5G-NR 系统核心框架 2. 能够说明机载蜂窝终端硬件、软件架构特点，理解体积-重量-功耗 SWAP 机载平台约束 3. 能够区分普通地面 UE 与航空机载终端的差异，了解航空机载天线特点 思政点：理解机载设备小型化、低功耗设计的工程取舍思维	3.1 4G LTE、5G-NR 系统关键技术简述 3.2 网联无人机机载 CPE 终端组成、射频基带、机载天线基础（结合航空通信天线相关知识） 3.3 机载终端多模多频、接口、供电与环境适应性要求 3.4 机载终端受无人机体积、重量、功耗约束带来的技术限制	课堂教学、课后自学与讨论	理论 4 学时

知识单元	对应课程目标	学习成果	教学内容	课程目标达成方式	学时分配
单元 4 4G/5G 航空通信关键技术	课程目标 2	1. 能够识别高空无人机接入带来的各类上下行干扰问题 2. 能够理解高速飞行下的切换、移动性管理机制 3. 能够理解 5G-ATG 地空通信基本原理，对比传统航空地空通信系统差异 思政点：训练抓核心矛盾的工程思辨能力，分析复杂场景下技术取舍	4.1 高空无人机对地面小区的上行干扰机理，3GPP 针对无人机的干扰抑制技术 4.2 无人机高速运动场景下切换、移动性管理问题，基于高度的条件切换机制 4.3 波束管理、多连接冗余等可靠性增强手段 4.4 5G-ATG 地空通信系统架构，与 VHF、卫星航空通信体制对比 4.5 网联无人机 C2 控制链路与业务数据链路 QoS 保障要求	课堂教学、课后自学与讨论	理论 4 学时
单元 5 典型系统架构、安全与发展趋势	课程目标 2	1. 能够描述 3GPP UAS 网联无人机系统参考架构 2. 能够梳理 4G/5G 航空通信面临的网络安全、适航约束风险 3. 能够分析技术现存局限与未来演进方向，认识与传统航空通信的互补关系 思政点：认识低空通信安全与空域管理的社会责任	5.1 3GPP UAS 网联无人机整体系统架构 5.2 网联无人机通信安全、身份认证、数据防护、适航基本要求 5.3 4G/5G 用于航空通信现存技术短板5.4 5G-A、NTN 非地面网络在无人机领域发展展望，与传统航空通信体制互补发展	课堂教学、课后自学与讨论	理论 2 学时

四、课程目标达成的评价方式及评价标准

（一）评价方式及成绩比例

课程成绩包括2个部分，分别为课程论文和期末测试。具体见下表：

课程目标	评价方式及比例（%）		成绩比例（%）
	课程论文	期末测试	
课程目标1	20	20	40
课程目标2	30	30	60
合计	50	50	100

注：（1）课程论文由学生通过复习，查阅资料等自学形式独立完成，通过PPT展示答辩的方式进行评价，若发现论文和PPT等内容抄袭他人或协助他人抄袭行为，该成绩以0分计。

（2）期末测试为闭卷考试，百分制，期末测试成绩低于50分时，其余成绩不予采信。

（3）累计缺勤三次者，不得参加该课程的结课考试。

（二）评价标准

1. 课程论文评价标准

课程目标	考核依据	评价标准				权重（%）
		优（90-100分）	良（75-89分）	中/及格（60-74分）	不及格（0-59分）	
课程目标1	考察利用数学方法和先修知识对4G/5G航空通信系统中的各个环节和关键技术进行描述、理解和分析的能力。	分析方法正确，计算正确高；	分析方法基本正确，计算正确率较高；	分析方法基本正确，计算正确率较低；	分析方法错误，计算正确率差；	20
课程目标2	考查对4G/5G航空通信系统中的基本概念、基本组成、基本原理、基本技术以及典型系统的理解和掌握情况。	分析方法正确，计算正确高；	分析方法基本正确，计算正确率较高；	分析方法基本正确，计算正确率较低；	分析方法错误，计算正确率差；	30

2．期末测试评价标准

课程目标	考核依据	评价标准				权重（%）
		优（90-100）分	良（75-89分	中/及格（60-74分	不及格（0-59分）	
课程目标1	考查空地信道、航空链路预算、机载终端约束等基础理论，考核学生运用专业知识推演4G/5G航空通信工程问题的能力。	分析方法正确，链路推演与计算正确；	分析方法基本正确，计算正确率较高；	分析方法基本正确，计算正确率较低；	分析方法错误，计算错误多；	20

课程目标2	考查4G/5G航空通信系统架构、关键技术、干扰与移动性管理等内容，考核学生运用模型表达网联无人机通信复杂工程问题的能力。	原理理解透彻，能够完整表达航空通信复杂工程问题，逻辑严谨；	原理掌握较好，工程问题表达基本准确；	理解基本原理，工程表达存在部分疏漏；	原理理解错误，无法完成工程问题表达；	30

五、推荐教材和教学参考资源

（一）建议教材

1. 刘海涛.《航空移动通信系统》，清华大学出版社，2015，ISBN：978-7-302-41556-5

2. 张召悦.《无人机通信链路及规划》，西北工业大学出版社，2022，ISBN：978-7-5612-8423-0

（二）主要参考教材及资源

1. 郭梯云.《移动通信》，西安电子科技大学出版社

2. 中国信息通信研究院（IMT-2020推进组）.《5G无人机应用白皮书》，2018

3. 工业和信息化部低空产业联盟.《低空智能网联体系参考架构（2024版）》

4. 华为技术有限公司.《基于5G通信技术的无人机立体覆盖网络白皮书》

5. 3GPP TR 36.777：Enhanced LTE support for aerial vehicles；3GPP TR 38.777：Study on NR enhanced support for aerial vehicles；3GPP TR 38.811：Study on NR to support non-terrestrial networks

大纲修订人签字：　　修订日期：2026年6月

大纲审定人签字：　　审定日期：2026年8月

三、专业综合实践环节

《无人机组装与调试》课程教学大纲

课程名称	无人机组装与调试		
	Unmanned Aerial Vehicle Assembly and Debugging		
课程代码	20918208	**课程性质**	实践教学环节
课程类别	专业综合实践	**先修课程**	无人机结构与系统
学分/周数	2学分/2周		
适用专业	无人驾驶航空器系统工程	**开课单位**	机械电气工程学院
课程负责人	寇金梅	**审定日期**	2026年8月

一、课程简介

无人机组装与调试实践是无人驾驶航空器系统工程专业学生集中实践课程，主要在装配调试实践过程中认识无人机系统并完成对于无人机系统的组装与调试，通过飞行测试评估无人机性能，提出优化建议。其目的是通过对于无人机的装配与调试完善学生对于无人驾驶航空器系统组成与各系统间关系的认识与理解，在实践中完善无人驾驶航空器系统的装配与调试；为学生日后参与无人机总装调试、飞行测试等工作奠定良好基础。

无人机组装与调试实践是无人驾驶航空器系统工程专业的核心集中实践课程，本课程以整机组装调试的规范化作业为核心导向，重点围绕无人机机体装配工艺、电子电气设备调试与整机测试等要求开展系统化实训教学。通过完整的装配、调试、测试与优化闭环实践，进一步深化学生对无人驾驶航空器系统架构与系统耦合关系的理解，熟练掌握无人机组装、调试、检测的标准作业流程，培养学生规范的工程操作能力、故障排查能力与综合分析优化能力，树立严谨的工程质量意识，为学生后续从事无人机总装工艺、整机调试、飞行测试与设备运维等相关工程技术工作奠定扎实的实践基础。

二、课程目标

通过本课程的学习，使学生在无人机组装调试过程中巩固无人机结构与系统的相关知识，在实践中掌握无人机的机体结构装配与各系统间接线与排布；巩固无人机电子电气系统工作原理与使用方法，实践中掌握检测与调试步骤；并能进行飞行前测试，具备无人机飞行前整机检测、故障排查、参数优化的基础能力。本课程可为后续学生为后续无人驾驶航空器地面站及任务规划等课程提供基础，培养学生从事无人机装配、无人机测试、无人机系统故障与维修等能力。

本课程有 2 个课程目标，具体如下：

目标 1：熟悉无人机通用装配流程、工艺规范及安全操作要求，掌握机身安装、线路排布、零部件固定等装配技能。能够选用合适工艺，规范完成无人机的标准化整机组装作业。可独立开展整机功能调试、简单故障排查，规范完成起飞前全项检查，进行无人机测试飞行与状态校

验。

目标 2：掌握无人机机体校准、电气电路检测的标准方法与操作步骤，熟练运用无人机地面站软件完成飞控参数配置、校准与调试工作，能够结合整机调试与飞行测试结果，分析无人机系统性能短板，针对性提出系统参数优化改进等合理化方案，具备无人机系统调试优化与基础问题处置能力。各课程目标对毕业要求指标点的支撑关系见下表：

课程目标	毕业要求
课程目标1	7.工程伦理和职业规范：在无人机设计、安装、调试等工程实践中能自觉践行工程师对公众安全、健康和福祉的社会责任，理解包容性、多元化的社会需求。
课程目标2	5. 使用现代工具：能够针对复杂无人机工程问题，开发、选择与使用恰当的技术、资源、现代工程工具和信息技术工具，包括对复杂工程问题的预测与模拟，并能够理解其局限性。

三、实习/实训内容

实习/实训环节	对应课程目标	学习成果	实习/实训内容	课程目标达成方式	时间安排
项目1：多旋翼无人机装配与调试	课程目标1	(1)掌握多旋翼无人机系统选型方法； (2)掌握多旋翼无人机基本组成及各部件功用	1.1多旋翼无人机的设备选型 1.2认识多旋翼无人机各部件	1. 教学活动：理论讲授，现场演示。 2. 学习任务：课堂讨论。	1天
项目1：多旋翼无人机装配与调试	课程目标1	(1)掌握多旋翼无人机结构装配要求； (2)掌握多旋翼无人机动力调试方法	1.3多旋翼无人机机体装配 1.4多旋翼无人机动力调试	1. 教学活动：理论讲授，现场演示，及现场指导。 2. 学习任务：动手装调练习。	2天
项目1：多旋翼无人机装配与调试	课程目标2	(1)掌握多旋翼无人机飞控传感器矫正的方法； (2)掌握多旋翼无人机飞控通信接口传输的方法	1.5多旋翼无人机飞控调试	1. 教学活动：理论讲授，现场演示，及现场指导。 2. 学习任务：动手装调练习。	1天
项目1：多旋翼无人机装配与调试	课程目标2	(1)了解多旋翼无人机飞行测试的过程； (2)掌握多旋翼无人机测试方法	1.6多旋翼无人机飞行测试	1. 教学活动：理论讲授，现场演示，及现场指导。 2. 学习任务：动手装调练习。	1天
项目2：固定翼无人机装配与调试	课程目标1	(1)掌握固定翼无人机系统选型方法； (2)掌握固定翼无人机基本组成及各部件功用	2.1 固定翼无人机的设备选型 2.2 认识固定翼无人机各部件	1. 教学活动：理论讲授，现场演示。 2. 学习任务：课堂讨论。	1天
项目2：固定翼无人机装配与调试	课程目标1	(1)掌握固定翼无人机结构装配要求； (2)掌握固定翼无人机动力调试方法	2.3固定翼无人机机体装配 2.4固定翼无人机动力调试	1. 教学活动：理论讲授，现场演示，及现场指导。 2. 学习任务：动手装调练习。	2天
项目2：固定翼无人机装配与调试	课程目标2	(1)掌握固定翼无人机飞控传感器矫正的方法； (2)掌握固定翼无人机飞控通信接口传输的方法	2.5 固定翼无人机飞控调试	1. 教学活动：理论讲授，现场演示，及现场指导。 2. 学习任务：动手装调练习。	1天
项目2：固定翼无人机装配与调试	课程目标2	(1)了解固定翼无人机飞行测试的过程； (2)掌握固定翼无人机测试方法	2.6.固定翼无人机飞行测试	1. 教学活动：理论讲授，现场演示，及现场指导。 2. 学习任务：动手装调练习。	1天

四、课程目标达成的评价方式及评价标准

（一）评价方式及成绩比例

课程成绩包括 2 个部分，分别为实操、软件测试调参报告。具体见下表：

课程目标	评价方式及比例（%）		成绩比例（%）
	实操	实验报告	
课程目标1	50		50
课程目标2		50	50
合计	50	50	100

（二）评价标准

1. 实操评价标准

课程目标	考核依据	评价标准				权重（%）
		优（90-100分）	良（75-89分）	中/及格（60-74分）	不及格（0-59分）	
课程目标1	考查学生对无人机通用装配流程、工艺标准及安全操作规范的理解与实操掌握，评估学生按照工艺要求完成装配、恪守安全操作准则的实践应用能力。	①能够独立识别多旋翼、固定翼无人机各部件名称及功能。②工艺规范完成机体、动力系统、APM 飞控及外围电路装配接线。③严格落实装配及飞行作业各项安全操作要求。	①能够较完整识别多旋翼、固定翼主要部件名称及功能。②工艺较规范，可较好完成机体、动力、APM 飞控及外围电路装配接线。③较好遵守装配与飞行作业安全操作要求。	①可基本识别无人机主要部件名称及功能。②基本了解装配方法、流程与工艺规范，在提示指导下完成机体、动力、飞控及电路装配接线。③能够落实基本的装配及飞行安全操作要求。	①不能全部识别无人机主要部件。②不熟悉整机装配流程与工艺规范，无法独立完成机体、动力、飞控及外围电路装配接线。③安全操作要求落实不到位。	50

2.实验报告评价标准

课程目标	考核依据	评价标准				权重（%）
		优（90-100分）	良（75-89分）	中/及格（60-74分）	不及格（0-59分）	
课程目标2	考查学生对无人机地面站软件的实操运用能力，检验学生熟练使用地面站开展参数配置、航点规划、飞行状态监测的实践掌握情况。	①能熟练运用地面站完成参数配置、航点规划、飞行状态监测；②参数设置准确合理，截图完整规范。③操作流程记录完整无误。	①能较熟练完成地面站参数配置、航点规划与状态监测；②参数基本正确，截图较为完整，报告截图齐全。③存在少量非关键性疏漏。	①在提示下完成地面站主要实操内容。②部分参数需修正；报告有参数截图，但不够完整。③操作记录存在少量错误。	①无法完成地面站核心实操任务。②参数设置错误较多；缺少关键参数截图。③报告不能反映实验实操过程。	50

五、推荐实习/实训教材和资源

（一）建议实习/实训教材

1. 于坤林.无人机装配与调试技术.北京：化学工业出版社，2023

（二）主要参考书及学习资源

1. 鲁储生.无人机组装与调试[M].北京：清华大学出版社，2019
2. 于坤林，唐毅.无人机结构与系统[M].西安.西北工业大学出版社，2021

大纲修订人签字：　　修订日期：2026 年 6 月

大纲审定人签字：　　审定日期：2026 年 8 月

《机械制造实习（近机类）》课程教学大纲

课程名称	机械制造实习（近机类）		
	Mechanical Manufacturing Practice (Near Enginery)		
课程代码	20918203	**课程性质**	实践教学环节
课程类别	专业综合实践	**先修课程**	画法几何及机械制图
学分/周数	2.0学分/2周		
适用专业	无人驾驶航空器系统工程、工业工程、电子信息工程、食品科学与工程	**开课单位**	机械电气工程学院
课程负责人	郭孟宇	**审定日期**	2026年8月

一、课程简介

《机械制造实习（近机类）》是面向无人驾驶航空器系统工程、工业工程、电子信息工程等近机类专业本科生开设的重要工程实践课程。课程围绕车削、铣削、刨削、钳工、手工电弧焊及砂型铸造等加工内容，开展安全规范学习、加工设备与工量具认知、基础操作实训、工件测量与质量判定等训练。通过实训，使学生初步接触机械制造生产实际，形成基本实践能力和安全质量意识，能够将图样、加工要求与实际操作相联系，为后续课程设计、毕业设计及相关工程技术工作奠定基础。

二、课程目标

本课程有 3 个课程目标，具体如下：

目标 1：能够正确应用车床、铣床、刨床、钳工等机加工设备及工具，完成规定的机械加工实训任务，养成遵守操作规程，具有安全意识，追求产品质量的职业素养。

目标 2：能够正确应用手工电弧焊机、砂型铸造模具等热加工设备及工具，完成规定的热加工实训任务，养成遵守操作规程，具有安全意识，追求产品质量的职业素养。

目标 3：能够依据加工要求对实训作品进行尺寸测量或成形质量判断，并能够对出现的尺寸误差或质量缺陷开展原因分析。

各课程目标对毕业要求指标点的支撑关系见下表：

课程目标	毕业要求
课程目标1	7. 工程伦理和职业规范：有工程报国、为民造福的意识，具有人文社会科学素养和社会责任感，能够理解和践行工程伦理，在工程实践中遵守工程职业道德、规范和相关法律，履行责任。
课程目标2	
课程目标3	

三、实习/实训内容

实习/实训环节	对应课程目标	学习成果	实习/实训内容	课程目标达成方式	时间安排
教学大纲解读与安全教育	课程目标1、2	能说明课程主要任务与考核要求；能辨识主要安全风险并按要求做好个人防护。	1. 教学大纲解读：课程目标、主要任务、考核要求。 2. 实训安排、安全注意事项及设备使用基本要求。 思政点：工程责任、安全意识。	教学活动：课堂讲授、安全示范。 学习任务：课堂讨论、安全规范确认。	1课时（计入2周实训安排）
机械加工实训	课程目标1、3	能按规程完成车、铣、刨、钳工基本操作；能正确使用常用量具进行检测，并对加工结果作基本判断。	1. 车、铣、刨、钳工基础知识和安全操作规程。 2. 轴、平面、榔头等原有实训任务。 3. 常用量具使用及加工结果检查。 思政点：精益求精、严谨细致的工匠精神。	教学活动：讲解示范、指导练习。 学习任务：线上预习、实操练习、撰写实习报告、实操考核。	7.5天
热加工实训	课程目标2、3	能按规程完成手工电弧焊和砂型铸造基本操作；能对焊接、铸造成形结果作基本检查和简单判断。	1. 手工电弧焊、砂型铸造基础知识和安全操作规程。 2. 手工电弧焊平敷焊训练。 3. 砂型铸造整模、挖砂、分模等原有训练。 4. 成形结果检查与常见问题说明。 思政点：安全责任、质量意识和工匠精神。	教学活动：讲解示范、指导练习。 学习任务：线上预习、实操练习、撰写实习报告、实操考核。	2.5天

四、课程目标达成的评价方式及评价标准

（一）评价方式及成绩比例

课程总评成绩由车床实操考核、钳工实操考核、刨床实操考核、铣床实操考核、焊接实操考核和铸造实操考核6个部分构成。考勤和课堂表现不计入课程目标达成评价；缺勤按照实习/实训管理规定处理，累计缺勤3次的学生取消本课程实习/实训资格。实习报告作为原有学习任务和教学过程材料，不新增单独评分环节。具体见下表：

课程目标	车床实操考核	钳工实操考核	刨床实操考核	铣床实操考核	焊接实操考核	铸造实操考核	成绩比例（%）
课程目标1	15	15	10	10	—	—	50
课程目标2	—	—	—	—	10	10	20
课程目标3	5	5	5	5	5	5	30
合计	20	20	15	15	15	15	100

（二）评价标准

1. 机械加工实操评价标准

课程目标	考核依据	评价观测点	优（90—100分）	良（75—89分）	及格（60—74分）	不及格（0—59分）
课程目标1	车床、钳工、刨床、铣床实操考核	安全防护与操作规范；设备、工具和量具使用；规定任务完成情况。	安全防护到位，操作规范，设备及工量具使用正确，能够独立完成规定任务，加工结果符合要求。	安全防护和操作基本规范，设备及工量具使用基本正确，能够完成规定任务，加工结果较好。	在指导下能够完成主要操作和规定任务，存在一定操作或质量偏差，但达到基本安全和质量要求。	安全操作存在明显问题，关键操作或工量具使用错误，不能完成规定任务，或加工结果不合格。

2. 热加工实操评价标准

课程目标	考核依据	评价观测点	优（90—100分）	良（75—89分）	及格（60—74分）	不及格（0—59分）
课程目标2	焊接、铸造实操考核	安全防护与操作规范；焊接、铸造基本步骤；实训任务完成情况。	安全防护到位，操作规范，基本步骤正确，能够独立完成规定热加工任务，成形结果符合要求。	安全防护和操作基本规范，基本步骤较正确，能够完成规定任务，成形结果较好。	在指导下能够完成基本操作，存在一定工艺偏差，但达到最低安全和成形要求。	安全防护不到位或存在明显违规，不能完成基本操作，或成形结果明显不合格。

3. 加工结果检查与分析评价标准

课程目标	考核依据	评价观测点	优 （90—100分）	良 （75—89分）	及格 （60—74分）	不及格 （0—59分）
课程目标3	车床、钳工、铣床、刨床、焊接铸造等现有实操考核中的质量观察	尺寸或成形结果检查；加工质量判断；常见问题的简单分析。	能够正确完成结果检查，准确判断主要质量问题，并能结合操作过程说明常见问题的主要原因。	能够完成基本检查，正确判断明显质量问题，并能对常见问题作基本说明。	在提示下能够完成基本检查和质量判断，对常见问题能够作简单说明。	不能完成基本检查或不能判断明显质量问题，对常见问题缺乏基本认识。

五、推荐实习/实训教材和资源

（一）建议实习/实训教材

1. 廖凯，邱显焱. 机械工程实训. 北京：科学出版社，2019.

（二）主要参考书及学习资源

1. 李海越，郭睿智，杜林娟等. 机械工程训练. 北京：机械工业出版社，2019.
2. 张玉华，杨树财等. 工程训练实训报告. 北京：机械工业出版社，2019.
3. 魏敏. 机械制造基础实验指导书（自编教材），2003.

大纲修订人签字：　　修订日期：2026年6月

大纲审定人签字：　　审定日期：2026年8月

《低空智能系统设计与应用实践》课程教学大纲

课程名称	低空智能系统设计与应用实践		
	Design and Application Practice of Low-Altitude Intelligent Systems		
课程代码	20918502	**课程性质**	实践教学环节
课程类别	专业综合实践	**先修课程**	电子技术、无人机结构与系统、信号与系统、空气动力学基础
学分/周数	2学分/2周		
适用专业	无人驾驶航空器系统工程	**开课单位**	机械电气工程学院
课程负责人	李阳	**审定日期**	2026年08月

一、课程简介

《低空智能系统设计与应用实践》是无人驾驶航空器系统工程专业面向低空智能系统综合设计与工程应用的专业综合实践课程，是学生完成电子技术、无人机结构与系统、信号与系统、空气动力学基础等系列专业必修课程学习后，衔接专业知识与工程实践的重要环节。课程以项目化实践为主，培养学生综合运用无人机平台、感知定位、通信组网、导航控制、智能决策与任务载荷等知识，开展需求分析、方案设计、系统集成、调试验证的能力，为从事无人机系统研发、集成测试、运行保障及低空智能应用等工作奠定基础。课程主要包括系统需求分析与总体设计、软硬件选型与集成、系统联调等内容，为后续综合实践、毕业设计提供方法与实践基础。

二、课程目标

本课程有3个课程目标，具体如下：

目标1：能够针对给定的低空智能应用任务，区分任务需求、作业环境、安全规范及技术约束，整合无人机平台、感知定位、通信、导航控制和任务载荷等功能需求，归纳系统设计所需的主要功能与性能要求。

目标2：能够依据任务需求和技术约束，设计低空智能系统总体方案，集成无人机平台、感知定位、通信、导航控制及任务载荷等软硬件模块，规划系统实现、联调与验证流程，形成满足任务需求的低空智能系统解决方案。

目标3：能够采用技术汇报和口头答辩等形式，组织低空智能系统的设计依据、实施过程与验证结果，准确表达工程设计观点，并针对设计方案和工程结果的质疑作出有依据的回应。

各课程目标对毕业要求指标点的支撑关系见下表：

课程目标	毕业要求
课程目标1	3. 设计/开发解决方案：能够针对复杂工程问题设计和开发解决方案，设计满足特定需求的系统、单元（部件）或工艺流程，体现创新性，并从健康、安全与环境、全生命周期成本与净零碳要求、法律与伦理、社会与文化等角度考虑可行性。
课程目标2	3. 设计/开发解决方案：能够针对复杂工程问题设计和开发解决方案，设计满足特定需求的系统、单元（部件）或工艺流程，体现创新性，并从健康、安全与环境、全生命周期成本与净零碳要求、法律与伦理、社会与文化等角度考虑可行性。
课程目标3	9. 沟通：能够就复杂工程问题与业界同行及社会公众进行有效沟通和交流，包括撰写报告和设计文稿、陈述发言、清晰表达或回应指令；能够在跨文化背景下进行沟通和交流，理解、尊重语言和文化差异。

三、实习/实训内容

实习/实训环节	对应课程目标	学习成果	实习/实训内容	课程目标达成方式	时间安排
1. 任务分析与需求定义	课程目标1	1. 能够区分低空智能应用任务中的功能需求、性能需求及约束条件。 2. 能够整合作业环境、安全规范和技术条件，形成系统需求与主要性能指标。	1. 典型低空智能应用任务分析。 2. 作业环境、任务流程与功能需求分析。 3. 安全规范、低空运行要求及技术约束分析。 4. 系统功能与性能指标定义。	1. 教学活动：任务讲解、案例分析、分组讨论、现场指导。 2. 学习任务：任务需求分析表、功能与性能指标清单、实训日志。	2天
2. 低空智能系统总体方案设计	课程目标2	1. 能够设计满足任务需求的低空智能系统总体架构。 2. 能够集成无人机平台、感知定位、通信、导航控制和任务载荷等功能模块，形成系统设计方案。	1. 系统总体架构设计。 2. 无人机平台及核心软硬件选型。 3. 感知、定位、通信、导航控制与任务载荷方案设计。 4. 模块接口及信息流程设计。	1. 教学活动：案例教学、方案指导、分组研讨、方案论证。 2. 学习任务：系统总体框图、设备选型表、接口关系图及设计方案。	2天
3. 系统集成与任务功能实现	课程目标2	1. 能够依据设计方案完成低空智能系统软硬件模块集成。 2. 能够实施系统配置、程序部署和功能调试，实现预定任务功能。	1. 飞行平台、传感器及任务载荷集成。 2. 感知定位、通信与导航控制模块配置。 3. 软件部署、数据接口配置及功能调试。 4. 典型低空智能任务实现。	1. 教学活动：操作示范、实践指导、故障案例分析、分组协作。 2. 学习任务：软硬件集成、程序配置、功能演示、调试记录。	2.5天
4. 系统联调、测试与优化	课程目标2	1. 能够规划并实施系统功能与性能测试。 2. 能够依据测试结果查明系统存在的问题，改进设计与参数配置，形成满足任务要求的解决方案。	1. 系统联调与功能测试。 2. 定位、通信、控制及任务执行性能测试。 3. 测试数据分析与问题定位。 4. 系统参数调整、方案改进与综合验证。	1. 教学活动：测试方法指导、现场指导、问题研讨、结果点评。 2. 学习任务：测试方案、测试数据记录、问题分析与优化记录、系统综合演示。	2天
5. 成果整理、技术报告与答辩	课程目标3	1. 能够组织系统需求、设计方案、实施过程和验证结果，形成规范的技术报告。 2. 能够利用图表、系统框图、试验数据等准确表达设计观点，并对质疑作出有依据的回应。	1. 实训过程资料与测试结果整理。 2. 技术报告及成果展示材料编制。 3. 系统成果演示与口头陈述。 4. 项目答辩、质疑回应与总结。	1. 教学活动：报告规范指导、成果点评、项目答辩。 2. 学习任务：实训报告、成果展示材料、系统演示及口头答辩。	1.5天

四、课程目标达成的评价方式及评价标准

（一）评价方式及成绩比例

实训完成后，根据每名学生提交的实训报告进行评价，课程成绩包括3个部分，分别为需求分析及总体方案设计、系统集成与测试、技术总结。具体见下表：

课程目标	评价方式及比例（%）			成绩比例（%）
	需求分析及总体方案设计	系统集成与测试	技术总结	
课程目标1	20	-	-	20
课程目标2	20	40	5	65
课程目标3	-	-	15	15
合计	40	40	20	100

注：1. 累计缺勤 3 次及以上者，取消课程成绩评定资格；2. 出现抄袭、代做、数据造假等学术不端行为，成绩按零分计。

（二）评价标准

1. 需求分析及总体方案设计 评价标准

课程目标	考核依据	评价标准				权重（%）
		优（90-100分）	良（75-89分）	中/及格（60-74分）	不及格（0-59分）	
课程目标1	考查分析低空智能应用任务需求、作业环境、安全规范及技术约束，并归纳系统功能与性能要求的能力。	能够准确、完整地区分任务需求及各类约束，分析逻辑清晰；能够系统归纳系统功能与性能要求，分析结论合理。	能够较准确地区分主要任务需求及约束，分析较完整；能够较系统地归纳系统功能与性能要求，存在少量不足。	能够基本区分主要任务需求及约束，但分析不够深入；能够归纳基本的系统功能与性能要求，但内容不够完整。	不能有效区分任务需求及主要约束，分析存在较多错误或明显遗漏；不能形成合理的系统功能与性能要求。	50
课程目标2	考查依据任务需求与技术约束，设计低空智能系统总体架构并完成软硬件模块配置与接口规划的能力。	能够设计完整、合理的系统总体方案，系统架构清晰，模块配置与接口关系合理，技术方案具有良好的可实施性。	能够设计较完整的系统总体方案，架构较清晰，模块配置与接口关系基本合理，技术方案具有较好的可实施性。	能够形成基本的系统总体方案，但架构不够清晰，部分模块配置或接口设计不够合理，方案可实施性一般。	不能形成满足任务需求的系统总体方案，架构、模块配置或接口设计存在较多错误，方案缺乏可实施性。	50

2. 系统集成与测试 评价标准

课程目标	考核依据	评价标准				权重（%）
		优（90-100分）	良（75-89分）	中/及格（60-74分）	不及格（0-59分）	
课程目标2	考查依据设计方案完成软硬件系统集成、联调测试、问题查明及系统优化的能力。	能够正确完成各模块集成与系统联调，系统功能完整、运行稳定；测试过程规范、数据完整，能够准确查明问题并实施有效优化，系统达到任务要求。	能够较好完成系统集成与联调，主要功能实现且运行较稳定；测试过程较规范、数据较完整，能够查明主要问题并完成合理改进。	能够基本完成系统集成与主要功能测试，但部分功能运行不够稳定；测试内容或数据不够完整，对问题的分析及改进不够充分。	系统集成很不完整，关键模块不能正常协同或主要功能无法实现；测试结果无效，不能有效查明和解决主要技术问题。	100

3. 技术总结 评价标准

课程目标	考核依据	评价标准				权重（%）
		优（90-100分）	良（75-89分）	中/及格（60-74分）	不及格（0-59分）	
课程目标2	考查依据系统实施过程与测试数据，对设计结果、存在问题及优化效果进行归纳和评价的能力。	能够系统、准确地归纳系统实施过程与测试结果，数据分析充分，问题及优化过程清晰，能够依据测试证据合理评价系统设计效果。	能够较完整地归纳系统实施过程与测试结果，数据分析较充分，能够较合理地说明存在问题及优化效果。	能够基本归纳系统实施过程与主要测试结果，但数据分析不够充分，对存在问题及优化效果的评价不够深入。	不能有效归纳系统实施与测试结果，数据分析存在较多错误或缺失，不能依据测试结果评价系统设计与优化效果。	25
课程目标3	考查采用实训报告、图表、试验数据和口头答辩等方式准确表达工程设计成果，并回应质疑的能力。	实训报告结构严谨、表达准确，图表和数据使用规范；口头陈述逻辑清晰，能够准确解释设计依据与结果，并对质疑作出充分、有依据的回应。	实训报告结构较完整、表达较准确，图表和数据使用较规范；口头陈述较清晰，能够解释主要设计依据与结果，并较合理地回应质疑。	实训报告基本完整，但内容组织或表达不够清晰，部分图表和数据使用不够规范；能够回答基本问题，但对部分质疑回应依据不够充分。	实训报告很不完整或表达混乱，图表和数据使用存在明显问题；口头陈述不清晰，不能准确解释设计结果或有效回应主要质疑。	75

五、推荐实习/实训教材和资源

（一）建议实习/实训教材

1. 符长青，曹兵等. 无人机系统设计. 北京：清华大学出版社，2019.

2. 陈永杰，李刘求. 无人机组装与调试. 北京：高等教育出版社，2021.

（二）主要参考书及学习资源

1. 吴森堂. 飞行控制系统（第3版）. 北京：北京航空航天大学出版社，2024.

2. 于西昌，张向前，张天娇主编. 低空经济应用技术. 北京：高等教育出版社，2026.

大纲修订人签字：　　修订日期：2026年6月

大纲审定人签字：　　审定日期：2026年8月

《无人系统人工智能开发应用实践》课程教学大纲

课程名称	无人系统人工智能开发应用实践		
	Practice of Artificial Intelligence Development and Application for Unmanned Systems		
课程代码	30918505	**课程性质**	实践教学环节
课程类别	专业综合实践	**先修课程**	无人机结构与系统、飞行控制原理
学分/周数	3学分/3周		
适用专业	无人驾驶航空器系统工程	**开课单位**	机械电气工程学院
课程负责人	方亮	**审定日期**	2026年08月

一、课程简介

《无人系统人工智能开发应用实践》是面向无人系统智能化应用的综合实践课程，承担将人工智能、程序设计、无人机结构与飞行控制等知识转化为工程开发能力的作用。课程以典型无人机任务为牵引，围绕任务分析、开发环境配置、数据处理、智能感知与决策算法开发、飞行控制接口调用、系统集成、仿真与测试优化等环节开展项目式实践。学生通过完成可运行的无人系统人工智能应用原型，掌握从需求分析、算法实现到系统验证的基本流程，形成运用现代开发工具解决无人系统智能感知、规划与控制问题的能力，并具备规范记录、结果分析和技术表达能力，为后续毕业设计及无人系统智能装备研发与应用奠定基础。

二、课程目标

本课程有3个课程目标，具体如下：

目标1：能够面向典型无人系统任务需求，完成智能感知、决策规划及控制等功能模块的方案设计与程序开发，实现相关模块与飞控或仿真平台的接口集成、联调和优化，形成满足任务要求并体现一定创新性的无人系统人工智能应用原型。

目标2：能够针对给定无人系统智能应用任务，合理选择、组合和使用人工智能开发、数据处理、仿真及无人系统开发工具，完成数据处理、模型训练或调用、程序调试与性能测试，并分析相关工具和算法的适用性及局限性。

目标3：能够规范整理无人系统人工智能项目的开发、测试和优化过程，采用技术报告、程序流程图、数据图表及项目演示等形式准确表达技术方案、测试结果和结论，并能够针对项目实施过程中存在的问题进行说明和回应。

各课程目标对毕业要求指标点的支撑关系见下表：

课程目标	毕业要求
课程目标1	3. 设计/开发解决方案：能够针对复杂工程问题设计和开发解决方案，设计满足特定需求的系统、单元（部件）或工艺流程，体现创新性，并从健康、安全与环境、全生命周期成本与净零碳要求、法律与伦理、社会与文化等角度考虑可行性。
课程目标2	5. 使用现代工具：能够针对复杂工程问题，开发、选择与使用恰当的技术、资源、现代工程工具和信息技术工具，包括对复杂工程问题的预测与模拟，并能够理解其局限性。
课程目标3	9. 沟通：能够就复杂工程问题与业界同行及社会公众进行有效沟通和交流，包括撰写报告和设计文稿、陈述发言、清晰表达或回应指令；能够在跨文化背景下进行沟通和交流，理解、尊重语言和文化差异。

三、实习/实训内容

实习/实训环节	对应课程目标	学习成果	实习/实训内容	课程目标达成方式	时间安排
0. 课程教学大纲解读	—	1. 知晓本课程预期达成的能力目标； 2. 知晓本课程的教学内容、课程目标评价方式及占分比例、评价标准。	1. 课程目标及对毕业要求的支撑关系； 2. 支撑课程目标达成的各单元教学内容、学习任务、课程目标评价方式及占分比例、评价标准等。	教学活动：课堂讲授。	0
1. 任务分析、开发环境与智能感知	课程目标1、2	1. 能够分解无人系统任务需求，形成总体技术方案与功能模块。 2. 能够完成开发/仿真环境配置、数据预处理及典型智能感知算法实现。 3. 能够依据精度、速度和资源占用等指标评价阶段结果。 思政点：数据规范、自主创新与严谨求实。	1. 任务与技术指标分析，明确感知、决策/规划与控制需求。 2. Python、人工智能框架及无人系统仿真/开发环境配置。 3. 图像/传感器数据处理与数据集构建。 4. 目标识别、目标检测或状态感知算法开发、训练与测试。 5. 工具与算法性能、适用条件分析。 思政点：强化数据安全、自主创新和严谨求实意识，培养规范使用数据和人工智能开发工具的职业素养。	1. 教学活动：任务讲解、环境演示、算法案例分析、方案讨论与程序调试指导。 2. 学习任务：个人提交技术方案、环境与数据处理记录、感知程序及阶段成果。	1周
2. 智能决策、规划、控制接口与系统集成	课程目标1、2	1. 能够根据任务要求实现智能决策、路径规划或避障功能。 2. 能够完成算法与飞控/仿真平台之间的数据与控制接口。 3. 能够完成模块集成、联调、问题诊断与参数优化。 思政点：安全边界、工程责任与规范开发。	1. 航点任务、路径搜索、任务规划、避障或状态决策方法。 2. 飞控状态量、传感信息和控制指令的接口调用与数据交互。 3. 感知—决策/规划—控制信息链路与程序链路。 4. 模块集成、系统联调、异常诊断与参数优化。 5. 不同算法、工具或接口方案的适用性与局限性比较。 思政点：强化系统安全边界和工程责任意识，培养规范开发、协同集成和风险防控意识。	1. 教学活动：规划与控制案例讲解、接口调用示范、代码走查、系统联调指导和阶段评审。 2. 学习任务：个人完成决策/规划程序、控制接口、模块联调及阶段测试记录。	1周
3. 综合应用测试、优化与成果展示	课程目标1、2、3	1. 能够形成可运行的无人系统人工智能应用原型并设计测试工况。 2. 能够分析测试数据、诊断问题并完成参数或功能优化。 3. 能够用技术报告、流程图、数据图表和项目演示准确表达并回应问题。 思政点：人工智能伦理、结果可信与规范表达。	1. 感知、决策/规划与控制功能综合集成，形成应用原型。 2. 功能、精度、实时性、稳定性及资源占用等指标测试。 3. 测试数据分析、问题诊断、参数优化与功能改进。 4. 代码、模型、数据和运行说明规范整理，形成可复核成果包。 5. 项目演示、成果答辩与实训报告。 思政点：强化质量意识、人工智能伦理和责任意识，培养客观评价技术效果、正视技术局限和持续改进的工程素养。	1. 教学活动：综合项目指导、测试方案评审、成果验收、项目答辩与集中讲评。 2. 学习任务：个人提交成果包、测试记录、数据图表和实训报告，并完成现场演示与答辩。	1周

四、课程目标达成的评价方式及评价标准

（一）评价方式及成绩比例

课程成绩包括2个部分，分别为实训过程与阶段成果、综合项目考核。具体见下表：

课程目标	评价方式及比例（%）		成绩比例（%）
	实训过程与阶段成果	综合项目考核	
课程目标1	25	25	50
课程目标2	25	10	35
课程目标3	10	5	15
合计	60	40	100

（二）评价标准

1. 实训过程与阶段成果评价标准

课程目标	考核依据	评价标准				权重（%）
		优（90-100分）	良（75-89分）	中/及格（60-74分）	不及格（0-59分）	
课程目标1	①任务分析与总体方案；②核心功能模块、算法与接口阶段成果；③联调、测试与优化记录；④配套评价记录。	①任务分解与方案覆盖全部规定功能需求；②规定核心模块、算法和接口全部实现并可运行；③阶段测试与优化记录完整，能够形成问题闭环；④无关键性错误，一般性错误或遗漏≤1项。	①任务分解与方案覆盖主要功能需求；②核心模块、算法和接口均实现，存在非关键功能或记录缺陷；③能够完成主要联调与优化；④无关键性错误，一般性错误或遗漏2～3项。	①能够形成基本方案；②主要核心模块可运行，但存在1项关键功能未完全实现或接口稳定性不足；③能够完成基本测试，问题定位或优化不完整；④关键性错误≤1项，一般性错误或遗漏4～5项。	①方案不能支撑主要任务；或②核心模块/接口无法运行；或③不能形成有效测试与调试过程；或④关键性错误≥2项，或一般性错误/遗漏≥6项。	25
课程目标2	①开发环境与工具配置记录；②数据处理、模型训练/调用及仿真程序；③参数、测试结果与复现材料；④工具和算法适用性、局限性分析。	①工具选择与配置满足任务要求；②数据、模型与仿真流程全部可运行；③关键参数、测试结果和复现材料完整；④能够比较工具/算法的适用性与局限性；无关键性错误，一般性错误或遗漏≤1项。	①主要工具选择与配置正确；②主要流程可运行并基本可复现；③关键参数和结果较完整；④能够说明主要适用条件与局限性；无关键性错误，一般性错误或遗漏2～3项。	①能够使用指定工具完成主要流程；②流程基本可运行，但复现材料或参数记录不完整；③能够说明基本适用条件，局限性分析不充分；④关键性错误≤1项，一般性错误或遗漏4～5项。	①工具选择/配置错误导致结果无效；或②关键数据、模型或仿真流程无法复现；或③不能说明基本适用条件与局限性；或④关键性错误≥2项，或一般性错误/遗漏≥6项。	25
课程目标3	①个人阶段记录与技术说明；②流程图、数据图表及阶段展示材料；③个人阶段说明与答辩记录。	①技术方案、开发过程与阶段结果对应一致；②流程图和数据图表规范、信息完整；③能够准确说明关键方法、结果与问题并回应全部关键问题；无关键性错误，一般性错误或遗漏≤1项。	①方案、过程与结果主要对应一致；②材料较规范，存在少量非关键缺项；③能够说明主要方法与结果并正确回应主要问题；无关键性错误，一般性错误或遗漏2～3项。	①能够说明基本开发过程与阶段结果；②材料能够支撑主要结论但完整性或规范性不足；③能够回应基本问题，但技术解释不完整；④关键性错误≤1项，一般性错误或遗漏4～5项。	①阶段记录与实际成果明显不一致；或②关键图表/说明缺失，不能支撑结果；或③不能说明关键过程或回应关键问题；或④关键性错误≥2项，或一般性错误/遗漏≥6项。	10

2. 综合项目考核评价标准

课程目标	考核依据	评价标准				权重（%）
		优（90-100分）	良（75-89分）	中/及格（60-74分）	不及格（0-59分）	
课程目标1	①可运行应用原型及源代码/模型；②功能与接口验收结果；③综合测试、问题诊断与优化记录；④配套评价记录。	①系统方案与任务需求完全对应；②规定核心功能和接口全部实现并稳定运行；③测试工况覆盖规定指标，结果满足任务要求；④能够依据测试结果完成有效优化并体现合理创新；无关键性错误，一般性错误或遗漏≤1项。	①系统方案与主要任务需求对应；②核心功能和接口均实现，运行较稳定；③主要测试指标达到要求；④能够完成主要问题分析与优化；无关键性错误，一般性错误或遗漏2～3项。	①能够形成基本可运行原型；②主要核心功能实现，但存在1项关键功能、接口或稳定性缺陷；③能够完成基本测试并形成主要结论；④关键性错误≤1项，一般性错误或遗漏4～5项。	①未形成可运行原型；或②核心功能/关键接口缺失；或③测试结果不能证明完成规定任务；或④关键性错误≥2项，或一般性错误/遗漏≥6项。	25
课程目标2	①综合项目所用开发、数据处理与仿真工具；②性能测试数据与复现材料；③工具、模型和算法适用性与局限性分析。	①工具组合与使用方法适合任务；②关键测试数据、参数和复现材料完整；③能够结合性能指标比较工具、模型和算法的适用性与局限性；无关键性错误，一般性错误或遗漏≤1项。	①主要工具选择与使用正确；②主要测试数据和复现材料较完整；③能够说明主要适用条件和局限性；无关键性错误，一般性错误或遗漏2～3项。	①能够使用指定工具完成综合任务；②测试数据基本有效但复现材料不完整；③能够说明基本适用条件，局限性分析不充分；④关键性错误≤1项，一般性错误或遗漏4～5项。	①工具或模型使用错误导致关键结果无效；或②项目关键过程无法复现；或③不能说明工具/算法基本适用性与局限性；或④关键性错误≥2项，或一般性错误/遗漏≥6项。	10
课程目标3	①项目演示；②技术报告、流程图和数据图表；③个人现场答辩记录。	①演示完整呈现任务、方法、结果与改进；②报告、流程图和图表规范且与实际成果一致；③能够准确解释关键技术、测试结论与局限并回应全部关键问题；无关键性错误，一般性错误或遗漏≤1项。	①演示能够呈现主要任务和结果；②报告与图表较规范，主要内容与成果一致；③能够解释主要技术与结果并正确回应主要问题；无关键性错误，一般性错误或遗漏2～3项。	①能够完成基本项目展示；②报告包含主要内容但逻辑、图表或结果解释不完整；③能够回应基本问题；④关键性错误≤1项，一般性错误或遗漏4～5项。	①无法清晰展示主要成果；或②报告/图表与实际成果不一致或关键内容缺失；或③不能解释关键技术、结果或回应关键问题；或④关键性错误≥2项，或一般性错误/遗漏≥6项。	5

注：1. 四个等级均依据同一组观测点判定，仅达成程度不同；2. 关键性错误是指导致核心功能不可运行、关键接口/数据错误、测试结果无效或主要技术结论错误的问题；3. 一般性错误或遗漏是指不影响核心任务完成的参数、记录、图表、说明等问题；4. 实训过程与综合项目均采用个人成果核验，确保学生全覆盖。

五、推荐实习/实训教材和资源

（一）建议实习/实训教材

1. 贾恒旦，杨刚. 无人机装调检修技术与人工智能应用. 北京：机械工业出版社，2022.

2. 王吴凡，陈吕劼，艾莉莎. 低空无人机智能感知技术. 北京：北京邮电大学出版社，2025.

（二）主要参考书及学习资源

1. 周志华. 机器学习. 北京：清华大学出版社，2016.

2. 李航. 统计学习方法（第2版）. 北京：清华大学出版社，2019.

大纲修订人签字：　　修订日期：2026年6月

大纲审定人签字：　　审定日期：2026年8月

《无人机协同决策与控制综合实践》课程教学大纲

课程名称	无人机协同决策与控制综合实践		
	Comprehensive Design of UAV Cooperative Decision-Making and Control		
课程代码	待培养方案核定	课程性质	必修
课程类别	专业综合实践	先修课程	无人机协同决策与控制、自动控制原理、程序设计基础
学分/周数	学分待核定/2周	实践方式	综合设计、仿真验证、答辩
适用专业	电子信息工程	开课单位	机械电气工程学院
课程负责人	姜立志	审定日期	待补充

一、课程简介

本课程是与《无人机协同决策与控制》理论课程衔接的专业综合实践环节，面向区域覆盖、目标搜索、任务分配、编队飞行、协同制导与动态避障等场景，组织学生完成任务分析、数学建模、协同决策、控制律设计、仿真实现、性能评价与报告答辩。通过2周集中实践，培养学生在通信时延、动态障碍和局部信息等约束下进行方案设计、闭环验证、数据分析及规范表达的能力，并强化团队协作、工程安全和科研诚信意识。

二、课程目标

本课程设置4个目标，具体如下：

目标1：能够对典型多无人机协同任务开展需求分析、任务分解与数学建模，合理定义系统状态、约束条件、性能指标和评价方法。

目标2：能够运用分布式优化、博弈、智能规划、一致性理论和人工势场等方法，设计协同决策、任务规划、编队控制或协同制导方案，形成清晰的算法流程与合理参数。

目标3：能够利用MATLAB/Simulink、Python等工具完成系统仿真，考虑通信时延、动态障碍或拓扑变化等因素，开展参数整定、对比试验、性能评价与闭环验证，并分析方法局限。

目标4：能够规范提交方案、代码、数据与综合设计报告，清晰表达设计过程与结果，具备团队分工、进度管理、工程安全和科研诚信意识。

各课程目标对毕业要求的支撑关系见下表：

课程目标	**毕业要求**
课程目标1	2. 问题分析 指标点2.1：能够应用数学、自然科学和工程科学基本原理，对复杂工程问题进行识别、表达、建模与分析。
课程目标2	3. 设计/开发解决方案 指标点3.1：能够针对复杂工程问题设计满足特定需求的系统、单元或过程，比较不同方案并体现创新意识。
课程目标3	5. 使用现代工具 指标点5.1：能够选择和使用恰当的现代工程工具与信息技术工具开展建模、仿真、分析与验证，并理解工具和模型的局限性。
课程目标4	9. 个人和团队；10. 沟通 指标点9.1：能够在多学科背景下的团队中承担个体、团队成员或负责人的角色；指标点10.1：能够就复杂工程问题进行有效书面和口头沟通。

三、教学内容

（一）组织方式与选题

综合实践采用“统一能力要求 + 多题目选做”的组织方式。学生可2～4人组成小组，在教师指导下选择一个典型协同任务，完成完整的多无人机协同决策与控制系统设计。所有题目均应体现任务层、决策/规划层和控制层之间的联系，原则上不少于3架无人机，并至少包含一种协同决策或任务规划方法、一种编队/制导/避障控制方法以及一种工程约束或扰动情形。 开课学期为第6学期。

推荐综合实践题目如下（各组选做其中一个方向）：

说明：2周按10个工作日组织。各组应保存阶段性模型、源代码、参数文件、仿真结果和过程记录；组内成员需明确个人分工，并在报告中说明个人贡献。

序号	题目方向	主要设计内容	建议考查指标
1	多无人机区域覆盖与协同搜索	建立区域覆盖/目标搜索任务模型，完成区域分配、搜索路径规划和多机协同控制，形成覆盖—搜索—飞行闭环。	覆盖率、重复覆盖率、搜索时间、航程、最小机间距
2	多无人机编队保持、重构与动态避障	设计一致性或Leader-Follower编队控制律，完成队形保持/切换，并利用人工势场、速度障碍等方法处理静态或动态障碍。	编队误差、收敛时间、避障成功率、最小安全距离、控制输入
3	多无人机任务分配与协同航迹规划	建立多机多目标任务分配模型，采用拍卖、分布式优化、博弈或智能规划算法完成任务分派和航迹规划，并实现协同飞行。	任务完成率、总任务代价、航程、计算时间、负载均衡度
4	通信约束下多无人机协同决策与控制综合验证	在协同任务中引入通信延迟、丢包或拓扑切换，分析其对协同决策与编队控制的影响，设计改进策略并完成对比验证。	一致性误差、稳态误差、鲁棒性、任务完成时间、通信负载

（二）实践环节与时间安排

知识单元	对应课程目标	学习成果	教学内容（含思政点）	课程目标达成方式	时间分配
1. 大纲解读、任务布置与需求分析	课程目标1	知晓课程目标、考核比例及评价标准；形成需求说明、任务分解、技术路线与评价指标	解读课程目标、教学安排、考核比例与评价标准；理解题目背景与任务约束；明确无人机数量、任务对象、空间/时间约束和性能指标；完成总体方案与任务分工。 思政点：明确个人分工，强化工程责任、系统思维与安全意识。	教师讲解；小组讨论；方案检查；过程记录。	1天
2. 系统建模与总体方案设计	课程目标1、2	形成数学模型、系统框图和算法总体架构	建立无人机运动学/简化动力学模型、通信拓扑与任务模型；定义目标函数、约束和评价指标；确定决策—规划—控制总体架构。 思政点：重视模型假设与工程边界，培养严谨求证和规范表达意识。	模型推导；方案论证；教师指导；阶段检查。	2天
3. 协同决策与任务规划算法设计	课程目标2	完成协同决策/任务分配/路径规划算法流程和关键参数设计	根据题目采用分布式优化、拍卖/协商、博弈、搜索规划或其他方法，完成任务分配、区域分解、路径/航迹规划等模块设计。 思政点：强调协作、资源高效利用及算法和开源代码的规范引用。	算法推导；流程图；代码实现；阶段测试。	2天
4. 协同控制、制导与避障设计	课程目标2	完成编队控制/协同制导/避障控制律及接口设计	采用一致性理论、Leader-Follower、人工势场等方法完成编队保持、速度协调、轨迹跟踪、协同制导或避障；实现与上层决策模块的信息接口。 思政点：坚持安全优先，明确控制算法验证边界与公共安全责任。	控制律设计；稳定性/合理性分析；代码实现。	2天
5. 系统集成、仿真与性能验证	课程目标3	形成可运行仿真系统、结果图表和量化评价	在MATLAB/Simulink或Python等平台完成模块集成；设置基准工况和通信延迟、动态障碍、拓扑变化等测试工况；进行参数整定、对比试验与性能评价。 思政点：坚持数据真实、结果可复现，规范记录工况与试验过程。	仿真运行；数据记录；对比试验；教师抽查。	2天
6. 报告撰写与答辩验收	课程目标3、4	提交代码、仿真数据、综合设计报告并完成答辩	整理技术路线、模型、算法、程序、结果与结论；说明创新点、局限性和改进方向；完成小组展示和个人答辩。 思政点：如实说明个人贡献，规范图表与引用，培养团队沟通和科研诚信意识。	报告评阅；现场演示；答辩；代码与材料归档。	1天

（三）综合实践基本要求

1. 建模要求：必须明确任务场景、无人机数量、状态变量、任务目标、约束条件和评价指标，模型与实际物理任务之间的对应关系清晰。

2. 算法要求：至少实现一种协同决策/任务规划算法和一种协同控制/制导/避障算法；算法流程完整，关键参数来源合理。

3. 工程约束要求：至少考虑通信延迟、动态障碍、局部感知、拓扑变化、外界扰动等一种工程因素，并设置有针对性的验证工况。

4. 仿真要求：仿真程序能够稳定运行，结果可复现；至少设置基准工况和改进/扰动工况，使用定量指标比较算法性能。

5. 报告要求：报告应包括任务说明、总体方案、数学模型、算法原理、程序/平台说明、仿真结果、性能分析、结论与改进方向，图表规范、引用准确。

6. 学术与安全要求：严禁抄袭代码、数据和报告；引用开源程序须注明来源并说明修改内容。进行实物或半实物测试时，应遵守实验室与无人机安全操作规范。

（四）实践成果提交清单

1. 综合实践报告1份（小组提交，需注明个人贡献）；

2. 仿真程序/源代码、参数文件和运行说明；

3. 关键仿真结果、性能指标统计表与必要的演示材料；

4. 过程记录（任务分工、阶段检查、问题及修改记录）；

5. 答辩PPT或展示材料。

四、课程目标达成的评价方式及评价标准

（一）评价方式及成绩比例

综合实践成绩由过程考核、综合设计报告和答辩验收三部分组成。过程考核重点评价需求分析、建模、算法设计、代码实现、调试记录和阶段成果；综合设计报告重点评价技术路线、模型算法、仿真验证、结果分析和规范表达；答辩验收重点评价现场演示、问题分析、个人贡献和口头表达。

课程目标	评价方式及比例（%）			成绩比例（%）
	过程考核	综合设计报告	答辩验收	
课程目标1	10	10	—	20
课程目标2	20	20	—	40
课程目标3	10	10	5	25
课程目标4	—	—	15	15
合计	40	40	20	100

各评价项目按上表所列比例计入课程总评成绩。答辩验收结合现场演示、问题回答和个人贡献进行评价。

（二）评价标准

课程目标	考核依据	评价标准				权重（%）
		优（90-100分）	良（75-89分）	及格（60-74分）	不及格（0-59分）	
课程目标1	需求分析、模型与总体方案	任务理解准确，模型完整，目标、约束和评价指标定义清晰，能合理解释模型与物理任务的对应关系。	任务分析较完整，模型基本正确，主要目标和约束明确，存在少量不影响总体设计的问题。	能完成基本任务建模，但模型简化较多，指标或约束定义不够完整，需要较多指导。	任务理解或建模存在明显错误，不能形成可用于后续设计的数学模型。	20
课程目标2	算法设计、控制律与程序实现	协同决策与控制方案完整，算法原理正确，接口清晰，参数设计合理，程序实现规范，并能说明方案选择依据。	算法设计正确且可运行，能够完成主要协同功能，参数和接口基本合理。	能够实现基本算法，但设计较简单，参数选择、接口或稳定性分析不充分。	算法原理错误或实现不完整，无法实现主要协同决策/控制功能。	40
课程目标3	仿真系统、数据与性能分析	仿真系统稳定、结果可复现；测试工况充分，定量指标完整，能够深入分析通信/障碍等因素影响及方法局限。	仿真运行正常，测试和指标较完整，能够对结果进行合理解释和比较。	完成基本仿真和结果展示，但测试工况、定量分析或结果讨论不足。	仿真无法稳定运行，结果缺乏可信度，或不能对设计方案进行有效验证。	25
课程目标4	材料规范、答辩、团队协作	报告结构规范、逻辑清晰、图表和引用准确；答辩表达准确，能独立回答问题；团队分工明确、过程记录完整。	报告和答辩较规范，能够说明主要设计过程和个人工作，团队协作良好。	报告基本完整但表达或规范性一般；答辩对部分问题理解不深入，个人贡献说明不充分。	报告严重缺失或存在抄袭，答辩不能说明主要设计内容，团队协作和个人贡献无法确认。	15

五、推荐教材和教学参考资源

（一）建议教材

1. 周伟，李五洲，王旭东，吴超.《多无人机协同控制技术》. 北京：北京大学出版社，2019。

（二）主要参考书及学习资源

1. 王祥科，沈林成，李杰等.《无人机集群控制理论与方法》. 上海：上海交通大学出版社，2021。

2. 王晓芳，林海.《多飞行器协同制导与控制》. 北京：北京理工大学出版社，2021。

3. Tal Shima, Steven Rasmussen (eds.). UAV Cooperative Decision and Control: Challenges and Practical Approaches. SIAM, 2009.

4. MATLAB/Simulink、Python、ROS/Gazebo、PX4 SITL 等平台官方文档（根据实践条件选用）。

大纲修订人签字：　　修订日期：2026年6月

大纲审定人签字：　　审定日期：2026年8月

《多智能飞行器协同综合创新实践》课程教学大纲

课程名称	多智能飞行器协同综合创新实践		
	Comprehensive Innovative Practice of Multi-Agent Aerial Vehicle Coordination		
课程代码	40918505	**课程性质**	实践教学环节
课程类别	专业综合实践	**先修课程**	高等数学、自动控制原理、飞行器导航与控制、群体智能及其无人机应用
学分/周数	1学分/2周		
适用专业	低空技术与工程及相关专业	**开课单位**	机械电气工程学院
课程负责人	莫小明、常金强、方亮、姜立志	**审定日期**	2026年8月

一、课程简介

《多智能飞行器协同综合创新实践》是面向低空技术与工程专业开设的专业综合实践课程，是连接群体智能理论与无人机集群工程应用的关键实践环节。本课程在学生已具备飞行器建模、控制和群体智能算法等基础知识的基础上，以多无人机协同系统为对象，围绕“协同感知—协同决策—协同控制”主线，开展从算法设计、仿真验证到实物飞行验证的全流程综合创新实践训练。课程内容涵盖多飞行器协同体系架构、协同感知与信息融合、任务规划与分布式决策、编队控制与协同避碰、协同目标跟踪与区域覆盖等核心模块，通过项目驱动、团队协作和综合实训，使学生系统掌握多智能飞行器协同系统的设计方法、关键技术及工程实现路径。本课程为学生后续从事低空智能无人系统研发、集成与应用奠定坚实的工程实践基础，是培养学生系统思维、创新能力和团队协作精神的关键环节。

二、课程目标

本课程设置 3 个课程目标，具体如下：

目标 1：掌握多智能飞行器协同系统的基本概念、体系架构与关键科学问题，理解协同感知、信息融合、分布式决策与协同控制的基本原理，能够分析多机协同系统的功能模块划分与信息交互关系。

目标 2：能够针对典型协同任务（编队飞行、协同搜索、目标跟踪、区域覆盖等）设计协同算法，搭建仿真验证环境，进行算法性能分析与参数调优，具备多机协同系统的建模、仿真与实验分析能力。

目标 3：能够组建团队并合理分工，完成多飞行器协同系统的集成调试与实物飞行验证，能够分析实际飞行中感知误差、通信延迟、环境扰动等因素对协同性能的影响并提出改进方案，具备综合创新实践能力、工程报告撰写与项目汇报表达能力。

各课程目标对毕业要求指标点的支撑关系见下表：

课程目标	毕业要求	毕业要求指标点
课程目标 1	1. 工程知识；2. 问题分析	指标点 1.3：能够将数学、自然科学、工程基础和专业知识用于智能无人系统相关工程问题的分析。指标点 2.1：能够应用工程基本原理识别、表达并分析复杂工程问题。
课程目标 2	2. 问题分析；4. 研究	指标点 2.2：能够通过模型与算法分析复杂工程问题的关键环节与主要影响因素。指标点 4.2：能够设计实验方案、搭建实验系统，对智能无人系统相关工程问题开展研究并获取有效数据。
课程目标 3	3. 设计/开发解决方案；9. 个人与团队；12. 终身学习	指标点 3.2：能够在设计/开发方案中综合考虑社会、安全、法律、环境等制约因素。指标点 9.1：能够在多学科团队中承担个体角色并有效协作。指标点 12.1：具备自主学习和持续更新知识的意识与能力。

三、实习/实训内容

实习/实训环节	对应课程目标	学习成果	实习/实训内容	课程目标达成方式	时间安排
1. 多飞行器协同系统认知与方案设计	课程目标1	1. 能够阐述多机协同系统的基本架构与关键技术； 2. 能够分析典型协同任务的系统需求并撰写设计方案。 思政点：结合国家低空经济发展战略，树立科技报国使命感和系统思维意识。	1. 多机协同系统发展历程与典型应用场景； 2. 协同系统功能模块划分与信息交互关系； 3. 典型协同任务分类、需求分析与技术选型； 4. 分组确定综合项目任务目标与技术方案框架。	1. 教学活动：课堂讲授、案例展示、分组讨论； 2. 学习任务：协同任务需求分析报告、项目技术方案初稿。	1天
2. 协同感知与环境建图	课程目标1、2	1. 能够搭建多机协同仿真环境并实现分布式建图； 2. 能够分析不同感知方案对协同任务的影响。 思政点：强调感知数据的真实性和可靠性对飞行安全与决策的重要性。	1. 多无人机协同感知基本概念与框架； 2. 机载传感器选型、感知模型与分布式建图方法； 3. 仿真环境搭建（ROS+Gazebo+PX4）； 4. 多机协同感知与建图仿真实验。	1. 教学活动：讲授、仿真平台操作演示； 2. 学习任务：协同建图仿真实验报告。	1.5天
3. 协同任务规划与分布式决策	课程目标2、3	1. 能够设计并实现多机协同任务分配算法； 2. 能够分析动态环境下任务重规划策略的有效性。 思政点：培养效率意识、公平意识和创新优化思维，强化算法容错意识。	1. 集中式与分布式任务分配方法； 2. 基于群体智能优化（PSO、蚁群等）的任务规划算法； 3. 动态环境下的在线重规划策略； 4. 任务规划仿真验证与算法性能对比分析。	1. 教学活动：算法讲授、代码示例分析； 2. 学习任务：任务分配算法设计与仿真实验报告。	2天
4. 编队控制与协同避碰	课程目标2、3	1. 能够设计编队控制算法并实现多机编队飞行仿真； 2. 能够设计协同避碰策略并验证其有效性。 思政点：强化协同安全意识和工程伦理，强调算法鲁棒性与实际飞行安全的统一。	1. 编队控制基本模型（领航-跟随、虚拟结构、行为法）； 2. 协同避碰规则与局部避障策略设计； 3. 通信延迟与丢包下的协同稳定性分析； 4. 半实物仿真平台编队避碰实验与参数调优。	1. 教学活动：模型分析、半实物仿真演示； 2. 学习任务：编队避碰仿真实验报告与参数分析。	2天

5. 协同目标跟踪与区域覆盖综合实验	课程目标2、3	1. 能够设计协同搜索-跟踪-覆盖综合算法； 2. 能够完成全流程仿真验证与性能评估。 思政点：结合灾害监测、农业巡检等实际场景，强化技术服务社会安全与民生的价值导向。	1. 协同搜索与目标跟踪基本策略（信息融合、任务切换）； 2. 区域覆盖优化方法（栅格覆盖、路径规划）； 3. 动态目标跟踪与重访问策略设计； 4. 综合实验：协同搜索—跟踪—覆盖全流程仿真。	1. 教学活动：算法讲解、综合实验指导； 2. 学习任务：综合实验报告与算法性能分析。	1.5天
6. 系统集成与实物飞行验证	课程目标3	1. 能够完成多机协同系统的集成调试与安全飞行验证； 2. 能够分析实际飞行数据并提出改进方案； 3. 能够规范完成项目答辩与报告撰写。 思政点：强化安全意识、规范操作和团队责任，培养精益求精的工程态度。	1. 多机协同系统软硬件集成与联调流程； 2. 地面站系统与机载系统协同调试； 3. 飞行安全预案、应急处理流程与飞行操作规程； 4. 协同任务实物飞行验证（编队/搜索/跟踪等）； 5. 飞行数据采集、分析与协同性能综合评估； 6. 项目报告撰写与答辩汇报。	1. 教学活动：集成调试指导、飞行现场教学； 2. 学习任务：飞行验证数据报告、综合项目报告、答辩PPT。	2天

四、课程目标达成的评价方式及评价标准

（一）评价方式及成绩比例

课程成绩包括四个部分，分别为平时实践表现、阶段实验报告、综合项目报告和项目答辩。具体见下表：

课程目标	评价方式及比例（%）				成绩比例（%）
	平时实践表现（%）	阶段实验报告（%）	综合项目报告（%）	项目答辩（%）	
课程目标1	5	5	-	-	10
课程目标2	5	15	10	5	35
课程目标3	-	-	15	40	55
合计	10	20	25	45	100

注：1. 平时实践表现依据各实训环节的参与度、操作规范性和团队协作情况进行评定，缺勤一次扣减平时实践表现成绩的 20%，累计缺勤三次取消实习成绩；2. 阶段实验报告包括协同建图仿真报告、任务分配算法报告、编队避碰实验报告和综合实验报告；3. 实践环节以小组形式开展，每组 3—5 人，组内分工明确，阶段报告须注明个人分工及贡献；4. 综合项目答辩包括项目汇报 PPT（30%）、飞行演示视频或现场飞行（40%）及问答环节（30%）。

（二）评价标准

1. 平时实践表现评价标准

课程目标	考核依据	评价标准				权重（%）
		优（90-100分）	良（75-89分）	中/及格（60-74分）	不及格（0-59分）	
课程目标1	考查对多机协同系统架构与基本原理的理解与表达	能准确阐述系统架构与关键技术，方案设计合理完整，参与讨论积极主动	能较完整阐述系统架构与关键技术，方案设计基本合理	对系统架构有基本认识，方案设计较粗略	不能正确阐述系统架构，方案设计存在明显缺陷	5
课程目标2	考查仿真实验操作的规范性与算法实现能力	仿真操作规范熟练，算法实现正确，参数调优充分	仿真操作较规范，算法实现基本正确，有一定调优	能完成基本仿真操作与算法实现，调优不够充分	仿真操作不规范或算法实现存在明显错误	5

2.阶段实验报告评价标准

课程目标	考核依据	评价标准				权重（%）
		优（90-100分）	良（75-89分）	中/及格（60-74分	不及格（0-59分）	
课程目标1	考查协同任务需求分析与系统方案设计的质量	需求分析深入，方案设计系统完整，技术选型有充分依据	需求分析较完整，方案设计较合理	有基本的需求分析和方案描述	需求分析缺失或方案设计不合理	5
课程目标2	考查算法设计、仿真实验与数据分析能力	算法设计新颖合理，仿真实验充分，数据分析深入系统	算法设计合理，实验较充分，数据分析较完整	算法设计基本合理，有基本实验与数据分析	算法设计不合理或实验数据严重不足	15

3.综合项目报告评价标准

课程目标	考核依据	评价标准				权重（%）
		优（90-100分）	良（75-89分）	中/及格（60-74分）	不及格（0-59分）	
课程目标2	考查综合实验方案设计与性能评估的完整性	实验方案设计完整，性能评估维度全面，改进思路清晰系统完整	实验方案较完整，性能评估较全面	有基本实验方案与性能评估	实验方案不完整或缺乏有效性能评估	10
课程目标3	考查系统集成、飞行验证与工程报告撰写能力	飞行验证顺利完成，数据分析深入，报告规范严谨，体现良好工程素养	完成主要飞行验证，报告较规范	完成基本飞行验证，报告基本规范	未完成飞行验证或报告严重不规范	15

4. 项目答辩评价标准

课程目标	考核依据	评价标准				权重（%）
		优（90-100分）	良（75-89分）	中/及格（60-74分）	不及格（0-59分）	
课程目标2	考查仿真实验设计的合理性、算法思路讲解清晰度与结果分析深度	算法思路阐述清晰，仿真实验设计合理，结果分析深入系统	算法思路较清晰，实验设计较合理，有基本分析	能基本说明算法思路和实验结果	无法清晰说明算法设计思路或仿真结果存在明显问题	5
课程目标3	考查团队协作、飞行演示效果与综合表达能力	团队分工合理高效，飞行演示成功，PPT汇报逻辑清晰，问答环节表现突出	团队协作较好，完成飞行演示，汇报较清晰	团队分工基本合理，完成基本飞行演示	团队协作差，飞行演示失败或答辩表现严重不足	40

五、推荐实习/实训教材和资源

（一）建议实习/实训教材

1. 段海滨，邱华鑫.《基于群体智能的无人机集群自主控制》. 北京：科学出版社，2018.

2. 王祥科，沈林成，李杰等.《无人机集群控制理论与方法》. 上海：上海交通大学出版社，2021.

（二）主要参考书及学习资源

1. Beard R. W., McLain T. W. Small Unmanned Aircraft: Theory and Practice. Princeton: Princeton University Press, 2012.

2. Arrichiello F., Chiaverini S., Indiveri G. Multi-UAV Coordination and Control. Berlin: Springer, 2018.

3. ROS 官方文档与开源社区：https://www.ros.org/

4. PX4 飞控开发指南：https://docs.px4.io/main/en/

5. Gazebo 仿真平台教程：https://gazebosim.org/tutorials/

大纲修订人签字： 莫小明、常金强、方亮、姜立志　　修订日期： 2026 年 6 月

大纲审定人签字：　　审定日期： 2026 年 8 月

《无人机+X 应用场景实习》课程教学大纲

课程名称	无人机+X应用场景实习		
	Internship on the Application Scenarios of "Drone +X"		
课程代码	40918506	**课程性质**	实践教学环节
课程类别	专业综合实践	**先修课程**	无人机结构与系统、无人机通信与导航技术、机器视觉技术与SLAM技术
学分/周数	3学分/**3**周		
适用专业	无人驾驶航空器系统工程	**开课单位**	机械电气工程学院
课程负责人	郑一江	**审定日期**	2026年08月

一、课程简介

《无人机+X 应用场景实习》是无人驾驶航空器系统工程专业第 7 学期开设的专业综合实践课程，3 学分、3 周。课程承接无人机结构与系统、飞行控制、通信导航、机器视觉与 SLAM、数字图像处理等课程，突出“真实需求—系统方案—任务实施—数据评价—迭代优化”的项目化实践。

学生围绕智慧农业、航测遥感、能源与基础设施巡检、应急救援与低空物流等典型场景，完成无人机平台与任务载荷选型、航线与作业参数规划、现场飞行、数据处理、性能评价和安全合规分析。课程强调真任务、真数据、真操作与团队协同，培养学生综合使用现代工程工具解决复杂工程问题的能力，并为毕业实习和毕业设计奠定工程实践基础。

二、课程目标

本课程有 5 个课程目标，具体如下：

目标 1：能够根据典型“无人机+X”场景需求，选择并规范使用无人机平台、任务载荷、地面站、定位导航及数据处理等现代工程工具，完成任务配置、作业实施和基本故障排查，并说明工具的适用边界。

目标 2：能够针对智慧农业、航测遥感、巡检、应急救援或低空物流等场景，综合任务目标、载荷、续航、通信、环境、成本和安全等约束，设计可实施的无人机应用系统方案与作业流程。

目标 3：能够围绕应用方案的关键性能指标设计验证过程，规范采集飞行和任务数据，采用恰当方法进行处理、分析和解释，并据此评价方案效果、识别误差来源和提出优化措施。

目标 4：能够在无人机工程实践中遵守飞行安全、空域管理、数据与隐私保护等法律法规和职业规范，识别并评判应用方案对人员、环境和社会可能产生的风险。

目标 5：能够围绕无人机应用项目形成结构完整、数据充分的技术文档，并通过个人答辩准确陈述工程问题、方案、实施过程、结果与局限，使用图表和证据回应质疑。

各课程目标对毕业要求的支撑关系见下表：

课程目标	毕业要求	
课程目标1	5. 使用现代工具	能够针对复杂工程问题，开发、选择与使用恰当的技术、资源、现代工程工具和信息技术工具，包括对复杂工程问题的预测与模拟，并能够理解其局限性。
课程目标2	3. 设计/开发解决方案	能够针对复杂工程问题设计和开发解决方案，设计满足特定需求的系统、单元（部件）或工艺流程，体现创新性，并从健康、安全与环境、全生命周期成本与净零碳要求、法律与伦理、社会与文化等角度考虑可行性。
课程目标3	4. 研究	能够基于科学原理并采用科学方法对复杂工程问题进行研究，包括设计实验、分析与解释数据、并通过信息综合得到合理有效的结论。
课程目标4	7. 工程伦理和职业规范	有工程报国、为民造福的意识，具有人文社会科学素养和社会责任感，能够理解和践行工程伦理，在工程实践中遵守工程职业道德、规范和相关法律，履行责任。
课程目标5	9. 沟通	能够就复杂工程问题与业界同行及社会公众进行有效沟通和交流，包括撰写报告和设计文稿、陈述发言、清晰表达或回应指令。

三、实习/实训内容

实习/实训环节	对应课程目标	学习成果	实习/实训内容	课程目标达成方式	时间安排
1. 场景导入、安全合规与工具准备	课程目标1、 课程目标4	1. 能完成无人机、任务载荷、地面站及数据处理软件的检查与基本配置。 2. 能识别空域、环境、设备、人员和数据安全风险。	1. “无人机+X”行业应用与典型案例。 2. 飞行前检查、任务载荷检查、地面站与数据链检查。 3. 空域管理、飞行安全、隐私与数据安全、应急处置。 4. 课程思政：兵团精神、安全责任。	1.教学活动：案例教学、教师示范、风险情景讨论。 2.学习任务：个人安全合规测试、检查清单与风险辨识表。	1.5天
2. 应用场景调研与复杂工程问题定义	课程目标2、 课程目标4	1. 能将实际需求转化为任务目标、性能指标与约束条件。 2. 能识别技术、法规、安全、环境、经济等因素的相互制约。	1. 选择1类X场景并开展需求调研。 2. 明确作业对象、任务边界、验收指标与限制条件。 3. 复杂工程问题应具有知识深度特征，并结合任务体现复杂工程问题其他相关特征。 4. 形成项目任务书。	1.教学活动：现场/案例调研、分组研讨、教师质询。 2.学习任务：提交需求分析表、问题定义与验收指标。	2.5天
3. 无人机应用系统方案与任务规划	课程目标1、 课程目标2	1. 能完成平台、载荷、导航通信和数据处理工具选配。 2. 能形成满足约束的航线、参数和作业流程。	1. 系统架构与平台/载荷选型。 2. 航高、速度、航线、重叠度/覆盖范围、续航与数据链规划。 3. 备降、返航、失链等异常处置设计。 4. 成本、效率、环境与安全约束综合权衡。 5. 方案评审后修订定稿。	1.教学活动：软件演示、方案评审、教师指导。 2.学习任务：小组技术方案+个人质询，提交航线及参数配置。	3天
4. “无人机+X”场景专项实施	课程目标1、 课程目标3、 课程目标4	1. 能按方案安全完成飞行与载荷作业。 2. 能规范记录过程参数并获得有效任务数据。 3. 能处理现场常见异常并保证任务连续性。	至少选择1类场景开展项目： A. 无人机+智慧农业：面向农田、林果等农业生产场景，开展田块巡查、作物冠层与长势信息采集、可见光/多光谱影像获取及基础数据分析； B. 无人机+吊运：面向物资转运与定点投送场景，开展吊挂装置检查、载荷匹配、航线与作业参数规划、定点吊运/投送及安全风险控制； C. 无人机+巡检：面向电力、光伏、建筑及农业设施等巡检场景，开展航线规划、可见光/热成像信息采集、目标识别与异常信息记录； D. 无人机+喊话/爆闪：面向应急处置、安全警示、秩序维护等场景，开展喊话器/爆闪灯等任务载荷配置、定点或巡航作业、覆盖效果评价及安全规范训练。 具体场景可依据校企合作和设备条件动态调整。	1.教学活动：现场示范、企业/教师联合指导、巡回纠偏。 2.学习任务：个人关键操作考核，提交飞行日志、原始数据与异常记录。	5天

5. 数据处理、结果评价与方案优化	课程目标3	1. 能处理典型任务数据并提取关键指标。 2. 能解释结果、判断质量和识别误差来源。 3. 能基于证据提出优化措施。	1. 数据预处理、质量检查和成果生成。 2. 精度、覆盖率、效率、可靠性等指标评价。 3. 误差与不确定性分析，工具局限性讨论。 4. 依据结果优化航线、参数、载荷或作业流程。	1.教学活动：数据处理指导、结果研讨、案例对比。 2.学习任务：个人数据分析与优化考核。	1.5天
6. 成果集成、复盘与项目答辩	课程目标2、 课程目标3、 课程目标5	1. 能形成完整技术文档和项目成果包。 2. 能用数据和图表支撑工程结论。 3. 能在答辩中回应质疑并说明方案局限。	1. 项目成果整理与技术报告编写。 2. 方案实施效果、局限性与改进方向总结。 3. 个人答辩与同行质询。 4. 复盘“无人机+X”对低空经济、区域产业和社会责任的价值。	1.教学活动：成果审阅、模拟答辩、集中答辩。 2.学习任务：提交个人技术报告/个人负责部分说明并参加个人答辩。	1.5天

四、课程目标达成的评价方式及评价标准

（一）评价方式及成绩比例

课程成绩包括综合实操考核、场景应用方案设计、项目数据分析与优化、安全合规考核、项目答辩与技术表达 5 个部分。具体见下表：

课程目标	评价方式及比例（%）					成绩比例（%）
	综合实操考核	场景应用方案设计	项目数据分析与优化	安全合规考核	项目答辩与技术表达	
课程目标1	20	—	—	—	—	20
课程目标2	—	20	—	—	—	20
课程目标3	—	—	30	—	—	30
课程目标4	—	—	—	10	—	10
课程目标5	—	—	—	—	20	20
合计	20	20	30	10	20	100
合计						100

成绩评定说明：评价方式均为面向学习产出的真实性评价，不以考勤、一般课堂表现或不可核验的常规作业作为课程目标达成依据。场景应用方案可由小组共同完成，但每名学生须接受个人质询；项目数据分析与答辩须提交个人成果。累计缺勤三次者取消实习资格；严重违反安全操作、空域管理或造成明显安全风险者，相关实操项目判定为不合格。

（二）评价标准

1. 综合实操考核评价标准

课程目标	考核依据	评价标准				权重（%）
		优（90—100分）	良（75—89分）	中/及格（60—74分）	不及格（0-59分）	
课程目标1	考查学生规范选择、配置和使用无人机平台、任务载荷、地面站、导航和数据采集工具的能力。	设备与工具选择合理，配置正确，检查完整，关键操作独立、规范、稳定，能准确说明工具边界与常见故障处置方法。	设备与工具选择较合理，主要配置正确，检查较完整，操作基本独立规范，能较好说明工具适用范围。	在指导下能完成主要配置与操作，但存在较多参数或检查疏漏，对工具局限理解不够。	不能完成关键配置或操作，存在明显错误或安全隐患，不能说明工具适用范围。	20

2.场景应用方案设计评价标准

课程目标	考核依据	评价标准				权重（%）
		优（90—100分）	良（75—89分）	中/及格（60—74分）	不及格（0-59分）	
课程目标2	考查学生对场景需求、系统选型、航线与作业参数、约束条件和风险控制进行综合设计的能力。	问题定义清晰，指标与约束完整，系统架构合理，平台/载荷/参数选型依据充分，方案可执行并体现合理创新，能综合权衡安全、成本、环境等因素。	问题定义较清晰，主要约束完整，系统方案与参数选择较合理，方案可执行，能较好处理主要制约因素。	能够形成基本方案，但需求分解、参数论证或约束处理不够充分，需经较多修改后方可实施。	问题定义不清，系统选型和参数缺乏依据，未考虑关键约束或存在明显不可实施环节。	20

3.项目数据分析与优化评价标准

课程目标	考核依据	评价标准				权重（%）
		优（90—100分）	良（75—89分）	中/及格（60—74分）	不及格（0-59分）	
课程目标3	考查学生设计验证过程、采集有效数据、开展处理分析并据此评价和优化方案的能力。	验证思路合理，数据完整可信，处理方法正确，评价指标恰当，结果解释深入，能识别主要误差和局限并提出有数据依据的优化方案。	验证思路较合理，数据较完整，处理方法基本正确，结果解释较充分，能提出合理优化措施。	能够完成基本数据处理和结果说明，但质量控制、误差分析或优化依据不够充分。	验证过程或数据无效，分析方法错误较多，不能形成可信结论或有效优化建议。	30

4.安全合规考核评价标准

课程目标	考核依据	评价标准				权重（%）
		优（90—100分）	良（75—89分）	中/及格（60—74分）	不及格（0-59分）	
课程目标4	考查学生识别飞行安全、空域、数据与隐私、环境和职业规范问题并采取控制措施的能力。	能准确识别主要法规、规范和风险，形成完整安全措施与应急预案，并能评判项目对人员、环境、数据和社会的潜在影响。	能识别主要法规和风险，安全措施较完整，能较好考虑人员、环境和数据影响。	了解基本安全与法规要求，但风险辨识、应急措施或伦理影响分析存在明显疏漏。	安全合规意识薄弱，不能识别关键风险或提出必要措施，存在明显违规或不安全操作。	10

5.项目答辩与技术表达评价标准

课程目标	考核依据	评价标准				权重（%）
		优（90—100分）	良（75—89分）	中/及格（60—74分）	不及格（0-59分）	
课程目标5	考查学生通过技术文档、图表与口头陈述准确表达项目并回应质疑的能力。	技术文档完整规范、逻辑严密、数据图表有效；陈述准确清晰，能用证据回应质疑并主动说明局限和改进方向。	技术文档较完整、逻辑较清楚；陈述较准确，能回答主要问题并说明基本局限。	能够表达项目主要内容，但文档逻辑、数据支撑或答辩准确性不足。	技术文档关键信息缺失或逻辑混乱，陈述不清，不能有效回答主要问题。	20

五、推荐实习/实训教材和资源

（一）建议实习/实训教材

1. 课程组.《无人机+X 应用场景实习指导书》. 校内自编讲义，2026。

（二）主要参考书及学习资源

1. 王耀坤.《无人机系统概论》. 北京：北京航空航天大学出版社，2024。
2. 全权.《多旋翼飞行器设计与控制》. 北京：电子工业出版社，2018。
3. 国务院、中央军事委员会.《无人驾驶航空器飞行管理暂行条例》. 2023。

大纲修订人签字：　　修订日期：2026 年 6 月

大纲审定人签字：　　审定日期：2026 年 8 月

《毕业实习》课程教学大纲

课程名称	毕业实习		
	Graduation Practice		
课程代码	40918507	**课程性质**	必修
课程类别	专业综合实践	**先修课程**	专业核心课程
学分/周数	2学分/2周		
适用专业	无人驾驶航空器系统工程	**开课单位**	机械电气工程学院
课程负责人	李阳	**审定日期**	2026年08月

一、课程简介

《毕业实习》是无人驾驶航空器系统工程专业重要的实践教学环节，使学生在实践过程中理论联系实际，分析无人机总体设计、飞控系统开发、导航定位、装配调试、通信链路、地面站系统中的技术问题，全面了解无人机相关企业的产品研发、生产制造、集成测试、试飞运维和组织管理过程，建立工程意识，遵守职业道德规范，了解工程实践对社会、环境可持续发展的影响。

二、课程目标

本课程有4个课程目标，具体如下：

目标1：能够分析和评价实习企业产品的设计方案、系统集成、软硬件调试过程及其最终产品对社会、健康、安全、法律以及文化的影响；

目标2：能够结合实习内容，立足环境保护与可持续发展视角，评价产品设计、生产、使用、维护、报废回收过程对环境、社会可持续发展的影响；

目标3：能够在毕业实习中理解并遵守工程师职业道德和规范；

目标4：能够理解实习过程中典型产品及系统模块的设计、开发、装配、调试中涉及的工程管理与经济决策问题。

各课程目标对毕业要求的支撑关系见下表：

课程目标	毕业要求
课程目标1	6.工程与可持续发展：在解决复杂工程问题时，能够基于工程相关背景知识，分析和评价工程实践对健康、安全、环境、法律以及经济和社会可持续发展的影响，并理解应承担的责任。
课程目标2	6.工程与可持续发展：在解决复杂工程问题时，能够基于工程相关背景知识，分析和评价工程实践对健康、安全、环境、法律以及经济和社会可持续发展的影响，并理解应承担的责任。
课程目标3	7.工程伦理和职业规范：有工程报国、为民造福的意识，具有人文社会科学素养和社会责任感，能够理解和践行工程伦理，在工程实践中遵守工程职业道德、规范和相关法律，履行责任。
课程目标4	10.项目管理：理解并掌握与工程项目相关的管理原理与经济决策方法，并能够在多学科环境中应用。

三、实习内容

实习环节	对应课程目标	学习成果	实习/实训内容	课程目标达成方式	时间安排
安全教育与企业文化	课程目标 1、课程目标 2、课程目标 3	1. 了解无人机行业安全生产防护措施，生产组织、质量管理，无人机行业工艺现状及新技术，熟悉空域管理、飞行安全相关法规要求	1. 课程教学大纲解读 2. 开展企业安全教育、保密教育及治安教育 3. 参观无人机企业，企业技术人员讲解职业规范、项目管理和企业管理体系等相关企业实践	1. 现场讲解、视频展示 2. 撰写实习报告	1 天
专业项目实习	课程目标 1、课程目标 2、课程目标 3、课程目标 4	1.了解无人机零部件加工、飞控硬件制作、机载设备集成过程，熟悉无人机整机开发、系统调试的主要流程和特点	1.分组实习无人机零部件加工装备、机载测试仪器、工装夹具辅助工具；熟悉飞控集成、载荷装配、整机调试规程的原则、步骤和方法，开展系统联调、性能检测	1. 分组实习、现场指导、观察、互动 2. 撰写实习报告	5 天
企业参观实习	课程目标 1、课程目标 2、课程目标 3、课程目标 4	1. 了解企业产品研发、设计、测试及质量管理等过程与方法	1. 无人机企业装配生产线参观实习，了解地面站调试、试飞流程	1. 分组实习、现场指导、观察、互动 2.撰写实习报告	2 天
项目管理讲座	课程目标 4	1. 理解无人机产品全生命周期的成本构成要素和经济决策方法	1. 项目管理 2. 采购与供应链管理 3. 工程实例讲解	1. 专题讲座 2. 撰写实习报告	1 天
工程实践讲座	课程目标 1、课程目标 2、课程目标 3、课程目标 4	1. 了解无人驾驶航空器系统工程实践相关问题	1.就无人驾驶航空器系统工程实践相关问题开展讲座，组织学生集体学习指导	1. 专题讲座 2. 撰写实习报告	1 天

四、课程目标达成的评价方式及评价标准

（一）评价方式及成绩比例

课程目标	评价方式及比例（%）	成绩比例（%）
	实习报告	
课程目标1	25	25
课程目标2	25	25
课程目标3	25	25
课程目标4	25	25
合计	100	100

注：实习过程中，学生须记录实习日志，缺少、不合格实习日志篇数达总篇数20%的，实习成绩以0分记。

（二）评价标准

实习报告包括“工程与可持续发展”、“工程伦理和职业规范”、“项目管理”三个方面，未按时提交实习报告或报告有抄袭(雷同)，实习成绩以0分计。

课程目标	考核依据	评价标准				权重（%）
		优（90-100分）	良（75-89分）	中/及格（60-74分）	不及格（0-59分）	
课程目标1	考查学生是否能够分析和评价实习企业产品的设计方案、系统集成、软硬件调试过程及其最终产品对社会、健康、安全、法律以及文化的影响，并理解应承担的责任。	实习企业产品及其设计开发方案对社会、健康、安全、法律以及文化的影响有全面深入评价，评价正确，对所应承担的责任有正确理解。	实习企业产品及其设计开发方案对社会、健康、安全、法律以及文化的影响有一定评价，评价基本正确，对所应承担的责任有一定理解。	实习企业产品及其设计开发方案对社会、健康、安全、法律以及文化的影响分析缺乏足够评价或有较多错误，对所应承担的责任理解不够。	实习企业产品及其设计开发方案对社会、健康、安全、法律以及文化的影响分析评价严重不足或有很多错误，对所应承担的责任不理解。	25
课程目标2	考查学生是否能够结合实习内容，站在环境保护和可持续发展的角度，评价实习企业产品设计、生产、使用、维护、报废回收过程对环境、社会可持续发展的影响。	实习企业产品设计、生产、使用、维护、报废回收过程对环境、社会可持续发展的影响有全面深入评价，评价正确。	实习企业产品设计、生产、使用、维护、报废回收过程对环境、社会可持续发展的影响有一定评价，评价基本正确。	实习企业产品设计、生产、使用、维护、报废回收过程对环境、社会可持续发展的影响缺乏足够评价或有较多错误。	实习企业产品设计、生产、使用、维护、报废回收过程对环境、社会可持续发展的影响评价严重不足或有很多错误。	25
课程目标3	考查学生是否能够结合安全教育、参观等实习，理解并遵守工程师职业道德和规范。	遵守工程师职业道德和规范的意义有全面深入的理解。	遵守工程师职业道德和规范的意义有一定理解。	遵守工程师职业道德和规范的意义理解不够。	遵守工程师职业道德和规范的意义不理解或不遵守。	25

课程目标4	考查学生是否能够理解实习企业典型产品、系统模块的设计、开发、装配、调试中涉及的工程管理与经济决策问题。	实习企业所涉及的工程管理与经济决策问题有全面深入的理解。	实习企业所涉及的工程管理与经济决策问题有一定理解。	实习企业所涉及的工程管理与经济决策问题理解不够。	实习企业所涉及的工程管理与经济决策问题不理解。	25

五、参考书与资料

1. 建议教材

[1] 石河子大学机械电气工程学院. 毕业实习日志

[2] 石河子大学机械电气工程学院. 毕业实习报告

大纲修订人签字：　　修订日期：2026 年 6 月

大纲审定人签字：　　审定日期：2026 年 8 月

《机电综合项目实践》课程教学大纲

课程名称	机电综合项目实践		
	Practice of Mechatronics Comprehensive Projec		
课程代码	30918109	**课程性质**	实践教学环节
课程类别	专业综合实践	**先修课程**	机械设计、机电一体化技术、自动化技术、机 械 工 程测试技术、工程经济与项目管理等
学分/周数	4学分/4周		
适用专业	机械设计制造及其自动化，农业机械化及其自动化	**开课单位**	机械电气工程学院
课程负责人	李江全	**审定日期**	2026年8月

一、课程简介

《机电综合项目实践》是机械设计制造及其自动化、农业机械化及其自动化、电子信息工程和工业工程等 4 个专业的必修实践课程。

课程以机电技术的基本应用为基础，以机电项目为载体开展实践教学；学生围绕机电装置研制目标组成团队，在教师团队指导下，团队成员协作配合，通过自主实践完成机电装置的设计与制作。

课程的主要内容包括机电装置的功能需求分析、总体方案设计；机械系统及零部件设计、加工与制造；测控及通信系统的软硬件设计；机电装置的安装与测试；机电装置设计制作的成本预算与核算、任务的分配和过程管理等。

课程主要培养学生机电装置的基本设计能力和工程实践能力，初步掌握工程项目的分析、设计和实践的基本方法；通过机电装置的设计、制造、调试和产品文档撰写的全过程，学生完成工程师的基础训练，体验真实工程项目实践全流程；培养学生树立理论联系实际的科学观点和严肃认真的科学作风，为学生工程素质的提高、工程实践能力的培养、团队合作精神的养成打下坚实的基础，从而达到提高学生自主分析问题、解决问题的综合运用能力。

二、课程目标

本课程有 1 个课程目标，具体如下：

目标1：在作品设计制作过程中，不同专业组成的团队成员通过组织、协调，能够共同探讨机电系统工作过程中的影响因素和存在的问题；共同提出机电装置的总体结构与控制设计方案，并进行分析论证；根据总体设计方案，共同确定机电装置的设计任务和控制需求（系统功能），

制定合理的技术路线和装置的研制规划；根据系统功能，能够分工按进度计划完成各自的设计、制造和撰写任务；机械与控制系统集成过程中能够协作配合，共同完成机电装置的安装和功能测试。

在作品设计制作过程中，团队成员之间能够很好的沟通与交流，清晰准确地表达各自的想法和建议；实践报告及附件材料中的图表和工程图纸能够准确表达系统的设计思路、组成原理和工作过程等；成果汇报过程中，制作的幻灯片能清晰准确的表达系统的设计思想，团队成员能理解和回应观众、评委的质疑，能进行有效沟通和交流。

课程目标对毕业要求指标点的支撑关系见下表：

课程目标	**毕业要求**
课程目标1	8 个人与团队：能够在多样化、多学科背景下的团队中承担个体、团队成员以及负责人的角色。

三、实践教学内容

实践教学环节	对应课程目标	学习成果	实践教学内容	课程目标达成方式	时间安排
1. 课程准备阶段	课程目标1	1、组建团队 2、项目选题	0. 课程教学大纲的解读，课程实施安排； 1. 教师团队的组建，项目征集； 2. 学生团队组建，组长推选，项目选题。	1. 教学活动：课程宣讲、组织动员。 2. 学习任务：团队组建。	**1天**
2.机电装置的设计阶段	课程目标1	1. 机电装置设计方案； 2. 研制计划报告； 3. 成本预算表。	1. 设计机电装置研制的技术路线；确定装置的设计任务和功能需求，制定研制计划； 2. 提出多种机电控制解决方案并进行分析，分析论证方案，确定总体设计方案； 3. 进行机电装置的总体结构设计、零部件设计，制定零件的加工工艺； 4. 进行控制与通信系统的软硬件结构设计，设计单元电路和系统线路； 5. 根据机电装置结构设计给出装置制作成本预算表。	1. 教学活动：案例讨论、辅导答疑。 2. 学习任务：实践报告、汇报。	**4天**
3.机电装置的制造阶段	课程目标1	1. 机械零部件产品； 2. 控制硬件和软件产品；	1. 主要工具的操作使用培训； 2. 使用机床等机加工设备、3D打印机等现代制造设备对机械零部件进行加工、制造； 3. 控制系统硬件功能模块的选型，进行控制通信线路连接； 4. 使用程序开发软件，编写控制系统功能模块程序； 5. 进行材料选购、领取。	1. 教学活动：辅导答疑、讲解培训，。 2. 学习任务：实践报告、加工制作、汇报。	7天
4.机电装置的集成与测试阶段	课程目标1	项目作品（能够完成一定功能的机电装置）。	1. 机械系统零部件的安装与调试； 2. 在机械系统上安装控制与通信系统，将软件与硬件集成； 3. 使用测试工具调试控制与通信系统； 4. 对装置进行功能测试，完成机电装置的制作。	1. 教学活动：辅导答疑、分组讨论。 2. 学习任务：实践报告、汇报。	6天
5. 机电装置的展示与汇报阶段	课程目标1	1、幻灯片（展板、海报）； 2、作品实践报告；	1. 作品展览、演示和讲解； 2. 汇报作品的设计方案、工作过程和功能； 3. 汇报项目的开展情况和完成的任务；指出存在的问题和不足，提出改进方案； 4. 回答专家评委的问题。	1. 教学活动：辅导答疑。 2. 学习任务：演示、汇报、答辩	2天

四、课程目标达成的评价方式及评价标准

（一）评价方式

总评成绩包括两部分：团队成绩和个人成绩。其中团队成绩由专家组评出，个人成绩由项目组长评出。即：总评成绩=团队成绩+个人成绩。

（二）评价标准

1. 专家组评分

团队成绩由专家组根据项目作品、演示汇报和实践报告综合评价，分为A、B、C、D、E五个档次，对应团队成绩80、70、60、50、40。

课程目标	考核内容	评价标准				
		A(80)	B(70)	C(60)	D(50)	E(40)
课程目标1（个人与团队）	项目作品	装置总体结构是团队设计的；能按规定的时间完成各阶段的装置设计和制作任务；装置结构完整、美观，操作方便；有4种及以上机械零件是团队设计、加工制作的，且采用了4种及以上加工方法；控制系统软硬件是团队设计的；装置由团队集成、安装、调试完成；装置能够完成3种及以上设计功能。	装置总体结构是团队设计的；能按规定的时间完成各阶段的装置设计和制作任务；装置结构较完整、较美观，操作较方便，有3种机械零件是团队设计、加工制作的，且采用了3种加工方法；控制系统软硬件是团队设计的；装置由团队集成、安装、调试完成；装置能够完成2种设计功能。	装置总体结构是团队设计的；不能按规定的时间完成各阶段的装置设计和制作任务；装置结构基本完整，不够美观，操作不方便；有2种机械零件是团队设计、加工制作的，且采用了2种加工方法；控制系统软硬件是团队设计的；装置由团队集成、安装、调试完成；装置能够完成1种设计功能。	装置总体结构是团队设计的；没有按时完成装置制作，机械系统和控制系统虽完成设计制作但没有集成、安装，结构不完整；有1种机械零件是团队设计、加工制作的，且采用了1种加工方法；装置无法完成设计的功能。	没有完成装置的机械系统和控制系统设计与制作，装置无法完成设计的功能；装置是已有的或委托制作的或购买的。
	演示汇报	所有团队成员能够参加汇报答辩；能够按时提交装置介绍视频；团队成员能够清晰准确地回答问题；组长能够顺利演示装置所有功能。	大部分团队成员（缺席1人）能够参加汇报答辩；能够按时提交装置介绍视频；团队成员能够较清晰准确地回答问题；组长能够较顺利的演示装置所有功能。	大部分团队成员（缺席2人）能够参加汇报答辩；能够按时提交装置介绍视频；团队成员基本能准确回答问题；组长能够演示装置功能但不顺利。	半数团队成员（缺席3人）不能参加汇报答辩；没有提交装置介绍视频；团队成员回答问题错误较多；组长无法演示装置功能。	不能参加验收答辩；组长无法演示装置功能。
	实践报告	按时提交实践报告；实践报告结构完整、格式规范、内容准确。	按时提交实践报告；实践报告结构较完整、格式较规范、内容较准确。	没有按时提交实践报告；实践报告结构基本完整、格式基本规范、内容基本准确。	没有按时提交实践报告；实践报告结构不完整、格式不规范、内容错误较多。	没有提交实践报告。

2. 项目组长评分

个人成绩由项目组长与团队骨干成员商议，根据团队成员在装置制作过程中的实际贡献和综合表现进行排序，在基准分基础上，排第1加16分，排第2加14分，排第3加12分，排第4加8分，排第5加4分，排第6加0分。

例如：学生张三所在团队的作品经专家组评为A，团队成绩为80分，他在项目组的排序为第2，个人成绩为14分，则张三的总评成绩为94分。

五、推荐课程设计教材和资源

1.潘柏松. 机械工程项目实践教程，科学出版社.2023

2.王玉林. 机电一体化系统设计课程设计指导书（第2版），机械工业出版社.2024

3.郭婷. 工业自动化应用技术项目实训，机械工业出版社.2022

4.肖维荣. 装备自动化工程设计与实践（第2版），机械工业出版社，2021

5.胡立坤. 自动化导学与实践，科学出版社，2022

6.张建民. 机电一体化系统设计，高等教育出版社，2019

大纲修订人签字：　　修订日期：2026 年 6 月

大纲审定人签字：　　审定日期：2026 年 8 月

《毕业设计》课程教学大纲

课程名称	毕业设计		
	Graduation Design		
课程代码	40918508	**课程性质**	专业必修
课程类别	专业综合实践	**先修课程**	通识基础课程、数学与自然科学课程、工程基础课程、专业基础课程、专业核心课程、专业方向课程、集中实践课程
学分/周数	8学分/16周		
适用专业	无人驾驶航空器系统工程	**开课单位**	机械电气工程学院
课程负责人	张岭	**审定日期**	2026年08月

一、课程简介

《毕业设计》是无人驾驶航空器系统工程专业学生在完成专业教学计划规定的所有理论基础课和专业课及课程设计等课程学习之后进行的重要的专业综合实践教学环节。主要教学任务是培养学生的专业综合素质，培养学生综合运用所学知识和专业技能进行本专业工程设计的能力。

二、课程目标

通过毕业设计，每个学生在指导教师的指导下，完成一定的任务，受到一次综合运用所学知识、独立完成工程领域相关技术工作的训练，全面提高学生调查研究、查阅文献、收集资料、问题分析、方案设计、论文撰写、口头表达与交流、英文综合应用等能力，提高学生独立思考能力、创新能力、沟通能力和学习能力，从而使学生受到工程师所必需的综合训练。本课程的具体教学目标如下：

本课程有6个课程目标，具体如下：

目标1：通过调研，利用所掌握专业知识对课题进行系统分析，选择并制定解决方案；

目标2：能利用所掌握专业知识，实施系统单元模块设计，并在设计中体现出创新意识；

目标3：能够站在环境保护和可持续发展的角度，针对毕业设计所完成的软硬件系统，评价其在产品全周期对环境、社会可持续发展的影响；

目标4：具有能够运用专业术语进行表达沟通的能力，能在规定时间内表述主要内容，做到简明扼要、重点突出、表达准确；

目标5：能在多学科环境下（包括模拟环境），将工程管理与决策方法用于设计开发解决方案过程中；

目标6：能够在毕业设计过程中，主动制定设计目标及进度计划并有效执行，有意识地利用信息技术工具或以求教方式自主学习新技术方法、现代工程工具等，独立开拓知识面和设计思路进行钻研，以解决设计中的复杂工程问题。

各课程目标对毕业要求的支撑关系见下表：

课程目标	毕业要求
课程目标1	2.问题分析：能够应用数学、自然科学和工程科学的基本原理，识别、表达并通过文献研究分析复杂工程问题，综合考虑可持续发展的要求，以获得有效结论。
课程目标2	3.设计/开发解决方案： 能够针对复杂工程问题设计和开发解决方案，设计满足特定需求的系统、单元（部件）或工艺流程，体现创新性，并从健康、安全与环境、全生命周期成本与净零碳要求、法律与伦理、社会与文化等角度考虑可行性。
课程目标3	6．工程与可持续发展：在解决复杂工程问题时，能够基于工程相关背景知识，分析和评价工程实践对健康、安全、环境、法律以及经济和社会可持续发展的影响，并理解应承担的责任。
课程目标4	9.沟通：能够就复杂工程问题与业界同行及社会公众进行有效沟通和交流，包括撰写报告和设计文稿、陈述发言、清晰表达或回应指令；能够在跨文化背景下进行沟通和交流，理解、尊重语言和文化差异。
课程目标5	10.项目管理：理解并掌握与工程项目相关的管理原理与经济决策方法，并能够在多学科环境中应用。
课程目标6	11.终身学习：具有自主学习、终身学习和批判性思维的意识和能力，能够理解广泛的技术变革对工程和社会的影响，适应新技术变革。

三、毕业论文（设计）内容

毕业（论文）设计环节	对应课程目标	学习成果	毕业论文（设计）内容	课程目标达成方式	时间安排
毕业设计动员	———	———	解读教学大纲内容、毕业设计的任务、计划和要求。	教学活动：讲授与答疑	2小时
开题	课程目标1 课程目标4	（1）外文翻译 （2）文献综述和开题报告（毕业论文的“绪论”章节）	教师指导和审阅，分组进行开题答辩。	1.教学活动：教师指导。 2.学习任务：完成外文翻译、文献综述和开题报告。	3周
毕业论文和作品评阅	课程目标2 课程目标3	（1）总体方案及功能模块； （2）毕业设计论文的“总体方案/系统设计”章节	（1）教师指导，指导教师严格执行每周指导记录制度和考勤制度； （2）分组进行毕业设计中期检查。	1.教学活动：教师指导。 2.学习任务：完成功能模块设计	5周
	课程目标2 课程目标3 课程目标5 课程目标6	（1）毕业设计作品 （2）毕业论文的“详细设计”的章节	（1）教师指导，指导教师严格执行每周指导记录制度和考勤制度； （2）毕业论文查重； （3）分组进行毕业设计预答辩；	1.教学活动：教师指导。 2.学习任务：完成与详细设计	5周
		（1）成套作品； （2）毕业论文	指导教师、评阅教师及答辩小组分组分别进行毕业设计作品和毕业论文评阅。	1.教学活动：教师指导。 2.学习任务：完成毕业论文和毕业设计作品	2.5周
正式毕业答辩	课程目标4	（1）毕业答辩演示文稿 （2）汇报	分组进行毕业设计正式答辩。	学习任务：答辩	2天

四、课程目标达成的评价方式及评价标准

（一）评价方式及成绩比例

课程成绩包括5个部分，分别为外文翻译、文献综述和开题报告、毕业论文、毕业设计成品、毕业答辩。具体见下表：

课程目标	评价方式及比例（%）					成绩比例（%）
	外文翻译	文献综述和开题报告	毕业论文	毕业设计成品	毕业答辩	
课程目标1		10				10
课程目标2				40		40
课程目标3			20			20
课程目标4	5				15	20
课程目标5			5			5
课程目标6			5			5
合计	5	10	30	40	15	100

注：出现以下情况，取消毕业设计成绩的综合评定：

（1）毕业论文存在严重不规范问题；

（2）设计作品未完成；

（3）毕业论文查重率超过学校规定；

（4）未参加毕业设计开题、中期检查、预答辩、毕业论文和设计作品评阅、正式答辩这5个环节任何一环节者。

（二）评价标准

1．外文翻译评价标准

课程目标	考核依据	评价标准				权重（%）
		优（90-100分）	良（75-89分）	中/及格（60-74分）	不及格（0-59分）	
课程目标4	考查学生对外文文献的译文专业表达的能力	专业术语表述准确，译文通顺，符合汉语表达习惯。	专业术语表述基本准确，译文较通顺，基本符合汉语表达习惯。	专业术语表述不够准确，译文不够通顺，与汉语表达习惯不太符合。	专业术语表述不准确，译文不通顺，不符合汉语表达习惯。	5

2．文献综述和开题报告的评价标准

课程目标	考核依据	评价标准				权重（%）
		优（90-100分）	良（75-89分）	中/及格（60-74分）	不及格（0-59分）	
课程目标1	考查学生通过对国内外文献中有关设计的多种解决方案进行比较和分析确定可行的设计内容、目标和技术路线的能力	对国内外文献中有关设计的多种解决方案了解全面，分析深入，确定的设计目标、内容和技术路线可行。	对国内外文献中有关设计的多种解决方案有较全面，有较深入分析，确定的设计目标、内容和技术路线基本可行。	对国内外文献中有关设计的多种解决方案了解不够全面，分析不足，确定的设计目标、内容和技术路线有较多缺陷。	对国内外文献中有关设计的解决方案只是简单罗列，缺乏分析，确定的设计目标、内容和技术路线不可行。	10

3．毕业论文评价标准

课程目标	考核依据	评价标准				权重（%）
		优（90-100分）	良（75-89分）	中/及格（60-74分）	不及格（0-59分）	
课程目标3	考查学生站在环境保护和可持续发展的角度评价所设计的模块、系统在其工程应用实践中对环境、社会可持续发展影响的能力	针对设计的系统、模块在其产品周期对环境、可持续发展的影响，评价正确。	针对设计的系统、模块在其产品周期对环境、可持续发展的影响，评价基本正确。	针对设计的系统、模块在其产品周期对环境、可持续发展的影响，评价不足或有一定错误。	针对设计的系统、模块在其产品周期对环境、可持续发展的影响，无评价或有很多错误。	20
课程目标5	考查学生在工程系统/工艺流程/总体方案及关键功能部件设计中进行技术经济性分析的能力	在工程系统/工艺流程/总体方案及关键功能部件的设计中，有关技术经济性的分析充分合理。	在工程系统/工艺流程/总体方案及关键功能部件的设计中，有关技术经济性的分析较充分、基本合理。	在工程系统/工艺流程/总体方案及关键功能部件的设计中，有关技术经济性的分析不足或分析欠合理。	在工程系统/工艺流程/总体方案及关键功能部件的设计中，有关技术经济性分析不合理或严重不足。	5
课程目标6	考查学生毕业设计过程中的学习能力	主动制定设计目标及进度计划且行之有效，善于搜索和利用文献资料或积极求教老师同学，学习新技术方法、现代工程工具等积极主动，能独立思路和努力钻研，很好地解决了设计中遇到的复杂问题。	制定了设计目标及进度计划，也能大体执行，搜索和利用文献资料能力较强或求教老师同学较积极，学习新技术方法、现代工程工具等较为主动，基本能够独立思考，能够解决设计中遇到的部分复杂问题。	制定了设计目标及进度规划，但未能有效执行，搜索和利用文献资料能力较弱，很少求教老师同学，学习新技术方法、现代工程工具等较为被动，缺乏独立思考力，勉强能解决设计中遇到的少量复杂问题。	盲目地进行毕业设计，懒于学习和思考，不愿求教，知难而退，不肯钻研，设计中遇到的复杂问题少有解决。	5

4．毕业设计作品评价标准

课程目标	考核依据	评价标准				权重（%）
		优（90-100分）	良（75-89分）	中/及格（60-74分）	不及格（0-59分）	
课程目标2	考查学生根据设计目标和特定需求，进行工程系统或功能部件设计的能力以及创新能力	创新性强，系统功能符合或超出任务要求的指标，工作正常、稳定可靠。	创新性较强，系统功能基本符合任务要求的指标，工作正常、稳定。	有一定创新，功能尚符合要求的大部分指标，工作基本正常、但稳定性不够。	无创新，系统功能不符合任务要求的指标，工作不正常、不稳。	40

5．答辩评价标准

课程目标	考核依据	评价标准				权重（%）
		优（90-100分）	良（75-89分）	中/及格（60-74分）	不及格（0-59分）	
课程目标4	考查学生毕业设计内容汇报及答辩的情况	毕业设计内容汇报层次清晰，表述正确，演示效果良好，行为举止得体，回答专家提问或质疑准确且深入。	毕业设计内容汇报层次较清晰，表述基本正确、演示效果较好，行为举止基本得体，回答专家提问或质疑基本正确。	毕业设计内容汇报层次不够清晰，表述错误较多，演示效果不佳，行为举止欠佳，回答专家提问或质疑不够准确。	毕业设计内容汇报层次很乱，表述错误很多，演示效果很差，行为举止不够得体，回答专家提问错误很多或对专家质疑态度差。	15

大纲修订人签字：　　修订日期：2026 年 6 月

大纲审定人签字：　　审定日期：2026 年 8 月