**《通信原理》课程教学大纲**

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **课程名称** | **中文** | | 通信原理 | | | |
| **英文** | | Principles of Communications | | | |
| **课程代码** | A312063 | | **开课学院/系** | 电气信息工程学院 /信息工程系 | **制定/修订**  **时间** | 2023.09 |
| **课程类别** | 专业基础 | | **学分** | 4 | **学时** | 64 |
| **适用专业** | 通信工程 | | | | | |
| **先修课程** | 概率论与数理统计、信号与线性系统、数字电路、通信电子线路 | | | | | |
| **选用教材** | 樊昌信等.通信原理（第7版）.北京：国防工业出版社，2013.  通信原理课程组.通信原理实验指导书.江苏理工学院，2019. | | | | | |
| **课时分配** | 理论教学56学时，实验学时8学时 | | | | | |
| **撰写人** | 钱志文 | **审定人** | | 贾子彦 | **批准人** | 薛波 |

**一、课程简介**

《通信原理》是通信工程专业的专业基础必修课，要求学生具有概率与数理统计、信号与线性系统、数字电路及通信电子线路知识的基础。本课程主要是介绍模拟通信系统、数字通信系统和模拟信号数字传输系统所涉及的基础理论、通信中常用的信号及噪声分析、通信系统的构成、原理及性能分析，并结合实际通信系统的应用，使学生系统地掌握和理解通信基本理论及通信系统基本工作原理，从而对通信的内涵及其发展方向有一个清晰的认识，为学习现代通信系统打下坚实的基础。

**二、课程目标**

课程目标1：掌握通信系统的主要技术指标、基本概念、基本原理、基本分析方法，能够对信号传输系统工程中的问题进行推理和分析。

课程目标2：能够运用通信系统基础理论与分析方法识别和分析模拟、数字通信系统的主要组成环节和性能参数。

课程目标3：了解现代通信的发展以及我国通信发展史，增强民族自信心和民族自豪感，以及奋发图强、自强自立的社会责任感和新发展理念。了解科学家小故事，学习他们崇尚真理、独立思考、勇于探究、坚持不懈、一丝不苟的科学精神和宝贵的协作、友爱的人文精神。具有工程思维、辩证思维等科学思维能力，以及恪守通信行业职业道德规范，遵守职业行为准则等职业素养。

**三、课程目标与毕业要求的支撑关系**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **毕业要求** | **毕业要求指标点** | **课程目标** |
| 毕业要求1：工程知识 | 1.4 能针对通信工程领域中信息的表示、信号处理、信号传输系统与网络等专业工程问题进行推理和分析。 | 1 |
| 毕业要求2：问题分析 | 2.3 能够应用信号与信息处理、现代通信系统与网络基础原理和分析方法，识别和分析典型通信系统的关键环节和参数。 | 2 |

**四、课程教学内容**

（一）理论教学部分

内容1：通信系统概述

1.基本内容：通信系统的组成、通信系统的分类与通信方式、信息及其度量、通信系统主要性能指标。

2.重点：离散信源信息量的计算方法；信息传输主要性能指标的概念及其计算方法。

3.难点：非等概离散信息量的计算方法。

4.知识目标：了解通信系统一般组成以及模拟通信系统、数字通信系统框图组成；了解信息量的概念及其度量方法；掌握等概和非等概离散信源信息量的计算方法；掌握信息传输主要性能指标的概念、数字通信系统性能指标概念及其计算方法。

5.能力目标：能够运用信息量的度量方法计算等概和非等概离散信源信息量；能够运用数字通信系统性能指标的概念进行码元速率、信息速率、误码率的计算。

6.素质目标：通过了解通信技术发展历程以及我国通信发展，建立文化自信，树立家国情怀；了解我国通信发展的“瓶颈”（芯片问题），激发青年学生以“青春之我”奋发图强，努力学习。

内容2: 随机信号分析

1.基本内容：随机过程基本概念，平稳随机过程，高斯随机过程，窄带随机过程，平稳随机过程通过线性系统。

2.重点：平稳随机过程、各态历经随机过程的概念及其数字特征的物理意义；平稳随机过程自相关函数性质、功率谱密度函数的概念和维纳-辛钦定理分析计算；分析和计算数学期望、自相关函数和功率谱密度；高斯过程、白噪声的统计特性描述；平稳随机过程通过线性系统后，输出随机过程的统计特性和输入随机过程统计特性的关系及自相关函数、功率谱的分析计算方法。

3.难点：随机过程的概念；功率谱密度函数的概念；分析和计算数学期望、自相关函数和功率谱密度。

4.知识目标：理解随机过程的概念及其统计特性描述方法；掌握平稳随机过程、各态历经随机过程的概念及其数字特征的物理意义；掌握平稳随机过程的自相关函数性质、功率谱密度函数的概念及其功率计算方法，掌握维纳-欣钦定理及其分析计算；掌握高斯过程、白噪声的统计特性；掌握平稳随机过程通过线性系统的分析方法；了解窄带系统的概念，理解窄带随机过程的统计特性。

5.能力目标：能够运用平稳随机过程、各态历经随机过程的概念得到其数字特征的物理意义以及会证明平稳性；能够运用平稳随机过程的自相关函数性质、功率谱密度函数的概念进行功率分析计算或者进行实际应用的分析；能够运用维纳-辛钦定理进行自相关函数或者功率谱分析计算；会描述高斯过程、白噪声的统计特性；能够运用平稳随机过程通过线性系统的分析方法计算输出过程均值、证明平稳性、计算输出过程功率谱密度；会在通信系统抗噪声分析时运用窄带随机过程的统计特性。

6.素质目标：学会从事物的现象，用理性的科学思维正确分析和认识事物的本质与规律，具有抽象概括、推理论证和分析求解的科学思维能力；能够用数学知识分析通信实际应用案例，积极思考，具有学以致用，理论联系实际的能力；通过了解维纳-辛钦定理发明人诺伯特·维纳科学家的小故事，学习科学家独立思考、敢于怀疑、勇于创新、百折不挠、求真务实的科学精神和宝贵的协作、友爱的人文精神。

内容3：模拟调制系统

1.基本内容：线性调制的原理，线性调制系统的抗噪声性能，非线性调制(角度调制)的原理及抗噪声性能，门限效应，各种模拟调制系统性能的比较，频分复用（FDM）。

2.重点：各种线性调制方式（AM、DSB-SC、SSB-SC和VSB-SC）的原理及其相干解调抗噪声性能分析过程和信噪比计算；非线性调制原理及其信噪比分析计算；门限效应概念及产生的原因； FDM技术的组成框图及其工作原理，并能运用其原理分析复杂系统和实际应用。

3.难点：抗噪声分析及其信噪比分析计算；运用FDM的原理分析复杂系统和实际应用。

4.知识目标：掌握各种线性调制（AM、DSB-SC、SSB-SC和VSB-SC）的时域、频域和功率特性；掌握调制解调器工作原理；掌握抗噪声性能分析过程和信噪比计算方法；掌握非线性调制原理及其信噪比分析计算；掌握门限效应概念及产生的原因；掌握各种模拟调制系统性能的比较结果；掌握FDM技术组成框图及其工作原理。

5.能力目标：能够表达和识别各种模拟调制信号（AM、DSB-SC、SSB-SC、FM、PM）；能够记住调制与解调器组成并会分析其工作原理；能够运用线性调制原理进行相干解调抗噪声性能分析；能够对各种模拟调制系统进行信噪比分析计算；能够知道门限效应产生的原因及存在的解调方式；能够对各种模拟调制系统性能进行比较得到结果；能够运用FDM的工作原理分析复杂系统和实际应用。

6.素质目标：了解希尔伯特滤波器发明人希尔伯特的小故事，学习科学大师谦虚谨慎、专注研究、不争名利的高尚品格；会根据系统模型以及工程应用对信号进行推理分析，训练逻辑思维和工程思维能力；.通过比较各种线性调制系统的有效性和可靠性，学会科学合理处理二者对立统一关系， 既要达到应用要求，又要节约资源，体现辩证思维的智慧，具有辩证思维、系统思维能力。

内容4：数字基带传输系统

1.基本内容：数字基带信号及其频谱特性，基带传输常用线路码，基带信号传输与码间干扰，无码间干扰的基带传输特性，基带传输系统抗噪声性能，眼图，匹配滤波器。

2.重点：基带信号的频域特性；常用线路码编码方法及其特点；基带传输系统组成及其工作原理；无码间干扰的基带传输特性设计（判断）及其参数（奈奎斯特带宽、最高码元速率、频带利用率）分析计算方法；匹配滤波器的最佳接收原则、工作原理及其性能参数计算。

3.难点：基带信号的功率谱分析；HDB3编码；码间干扰概念；基带传输系统无码间干扰的判别；无码间干扰的基带传输特性参数的分析计算；基带传输系统抗噪声性能分析。

4.知识目标：掌握数字基带信号的频域特性（频谱组成和带宽）；掌握线路码编码方法及其特点；理解基带传输系统组成及码间干扰的概念；掌握基带传输系统无码间干扰的判别方法；掌握无码间干扰的基带传输特性参数（奈奎斯特带宽、最高码元速率、频带利用率）的分析计算；理解基带传输系统抗噪声性能分析方法，并掌握误码率计算；理解眼图的概念及其与基带传输性能关系；掌握匹配滤波器的最佳接收原则、工作原理及其性能参数计算。

5.能力目标：能够运用基带信号的频谱判断是否含有定时信息；能够进行线路码编码；基带传输系统能够运用码间干扰的概念进行基带传输系统无码间干扰的判别，并能进行无码间干扰的基带传输特性参数（奈奎斯特带宽、最高码元速率、频带利用率）的分析计算；能够理解基带传输系统误码率分析方法并能计算误码率；能够理解匹配滤波器的最佳接收原则并能够进行性能参数分析计算。

6.素质目标：通过以“物理现象—本质问题—数学建模—问题求解”为思路对无码间干扰概念、判断、设计的学习，潜移默化地培养学生工程思维、系统思维的能力；通过无码间干扰系统改进技术的学习，使学生养成节省频谱资源以及考虑社会、安全、可持续发展的职业素养。

内容5：数字频带传输系统

1.基本内容：二进制数字调制原理，二进制数字调制系统抗噪声性能分析，二进制数字调制系统的性能比较，多进制数字调制原理，新型的数字调制技术。

2.重点：二进制调制信号（2ASK、2FSK、2PSK和2DPSK）的时域和频域特性；二进制数字调制系统的调制解调方法；各种二进制数字调制系统二进制数字调制系统误码率计算和体制性能特点；QPSK系统组成及工作原理。

3.难点：二进制数字调制系统抗噪声性能分析方法；QPSK系统组成及其工作原理。

4.知识目标：了解二进制数字调制系统的分类，掌握二进制调制信号（2ASK、2FSK、2PSK和2DPSK）的时域和频域特性；掌握二进制数字调制系统的调制解调方法；了解二进制数字调制系统抗噪声性能分析方法，掌握各种二进制数字调制系统二进制数字调制系统误码率计算和体制性能特点；理解多进制调制系统工作特点，掌握QPSK系统组成及工作原理；了解新型数字调制QAM 、MSK技术工作原理。

5.能力目标：能够表达和识别各种二进制数字调制信号；能够记住二进制数字调制系统的调制解调器并会分析其工作原理；能够理解二进制调制系统误码性能分析方法并会计算误码率；能够对各种数字调制系统性能进行比较得到结果；能够运用多进制调制概念分析QPSK系统组成及其工作原理；通过理解新型数字调制技术（如QAM 、MSK），能够具备从技术背景分析问题和解决问题的能力以及探究精神。

6.素质目标：通过了解我国自主研发北斗全球卫星导航系统中采用BPSK的改进型调制方式—BOC，建立文化自信，树立家国情怀，并具备对新技术的跟踪能力。通过各种调制方案的学习，学会在带宽效率、功率效率、误码率以及端接收机的费用和复杂度等指标之间进行折衷，既要达到应用要求，又要节约资源，体现辩证思维的智慧，具有辩证思维能力。要有问题意识，理解先进调制技术的改进方案背景及方法，具有勇于探究的科研精神。

内容6：模拟信号的数字传输

1.基本内容：模拟信号的抽样，模拟脉冲调制，抽样信号的量化，脉冲编码调制（PCM），增量调制（ΔM），时分复用（TDM）。

2.重点：低通信号抽样定理及抽样频率计算；均匀量化的量化间隔、量化信噪比的分析计算； PCM系统组成框图及其工作原理；运用A律13折线进行逐次比较编码的方法；ΔM的过载量化噪声产生原因以及不失真条件分析计算； TDM概念及其工作原理；PCM/ΔM复用系统的传输速率与传输带宽的计算方法；PCM30/32基群的帧结构。

3.难点：均匀量化信噪比的分析；A律13折线的概念及其逐次比较编码方法；ΔM的不失真条件分析计算；改进型ΔM系统的工作原理；PCM/ΔM复用系统的传输速率与传输带宽的计算方法。

4.知识目标：掌握低通信号抽样定理及抽样频率计算，了解带通信号抽样定；了解脉冲振幅调制（PAM）的工作原理；理解模拟信号均匀量化和非均匀量化的原理，掌握均匀量化的量化间隔、量化信噪比的分析计算；掌握PCM系统组成框图及其工作原理；理解A律13折线的形成过程，掌握运用 A律13折线进行逐次比较编码的方法；理解ΔM系统框图及其工作原理，掌握ΔM的过载量化噪声产生原因以及不失真条件分析计算；了解改进型ΔM系统的工作原理；掌握TDM概念及其工作原理；掌握PCM/ΔM复用系统的传输速率与传输带宽的计算方法；掌握PCM30/32基群的帧结构。

5.能力目标：能够运用低通信号抽样定理分析计算抽样频率；能够运用均匀量化概念分析计算其量化间隔、量化信噪比；能够记住PCM系统组成框图并会阐述其工作原理；在理解A律13折线形成基础上能够进行逐次比较编码；在学习ΔM的工作原理基础上会阐述过载量化噪声产生原因，并能够进行不失真条件分析计算；能够运用TDM概念、工作原理分析计算PCM/ΔM复用系统的传输速率与传输带宽；能够知道PCM30/32基群的帧结构。

6.素质目标：通过了解抽样定理从产生到被广泛接受的过程，特别是从傅里叶的函数三角基解析表示法到香农抽样定理的总结整整过了一个半世纪，是许多科学家一代一代的贡献，学生具有独立思考、勇于探究、坚持不懈的科研精神；了解通信行业的标准，使学生养成遵守职业准则的职业素养。

内容7：伪随机序列

1.基本内容：伪随机序列（m序列）基本概念，伪随机序列（m序列）的应用。

2.重点：m序列的概念、周期计算及m序列发生器设计方法；m序列的性质。

3.难点：m序列证明；m序列的性质。

4.知识目标：掌握m序列的概念、周期的计算方法及其产生方法；熟练掌握m序列的性质；了解伪随机序列应用。

5.能力目标：能够运用m序列的概念进行周期计算、m序列证明及其发生器的设计；能够理解m序列的性质并会分析其应用原理。

6.素质目标：了解伪随机序列在信息安全领域的应用和发展，养成具有良好的质量、安全、服务基本知识和可持续发展意识。

内容8：同步原理

1.基本内容：载波同步，位同步，群同步。

2.重点：连贯式插入法的原理、局部自相关函数计算以及识别器工作原理。

3.难点：各种同步原理；局部自相关函数的计算以及识别器工作原理。

4.知识目标：了解载波提取、位同步以及群同步的原理和方法；掌握连贯式插入法的原理、局部自相关函数的计算以及识别器工作原理。

5.能力目标：能够运用内、外同步的概念简单分析各种载波提取、位同步以及群同步的原理；能够运用连贯式插入法的原理进行局部自相关函数的计算以及会阐述识别器工作原理。

6.素质目标：由位同步、群同步概念，使学生认识到集体观念的重要性，理解“一带一路”的历史人文背景和现代战略意义，展现共同朝着人类命运共同体方向迈进的中国智慧。

（二）实验教学部分

实验1：信号源与基带信号测试

1.实验内容：实验平台的模拟信号源和数字信号源测试；各种基带码型和基带传输码波形测试。

2.实验目标：能够分析和测试实验平台提供的模拟信号源和数字信号源的工作原理，并运用码型变换原理对基带传输编码电路进行测试和波形分析，并得出结论；能够完成规范的实验报告。

实验2：FSK与PSK调制解调

1.实验内容：FSK调制解调器与BPSK调制解调器电路测试；差分编码波形与DPSK调制解调器电路测试。

2.实验目标：能够运用调制解调理论分析FSK、BPSK和DPSK的调制与解调电路的工作原理，会分析实验电路中载频信号的产生方法，通过测试各点波形，得到结论。能够应用所学的理论知识对实验方案进行理解，具有理论联系实际能力；完成规范的实验报告。

实验3：模拟信号数字化信号测试

1.实验内容：脉冲幅度调制电路测试；PCM编译码电路测试；CVSD改进型增量调制电路测试。

2.实验目标：能够通过脉冲幅度调制电路的波形测试和分析验证抽样定理；能够运用PCM编译码理论分析PCM编、译码专用集成芯片的工作原理，运用简单增量调制原理分析改进型增量调制CVSD的工作原理，并会测试、分析各点波形，得到结论。能够应用所学的理论知识对实验方案进行理解，具有理论联系实际能力，完成规范的实验报告。

实验4：数字基带传输系统（综合实验）

1.实验内容：搭建AMI/HDB3+PCM/CVSD基带传输系统；测试系统波形。

2.实验目标：能够搭建包含AMI/HDB3线路码+PCM/CVSD的基带传输系统；能够综合运用相关知识理解整个系统信号变换过程，会综合分析处理测试数据，建立基带传输系统的概念；完成规范的实验报告。具有一定的系统思维以及分析问题、解决问题的研究能力。

**五、教学内容、教学方式与课程目标的支撑关系**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **课程目标** | **教学内容** | **教学方式** | | |
| **线下教学** | **混合教学** | **线上教学** |
| 课程目标1 | 内容1：通信系统概述  内容2：随机信号分析  内容3：模拟调制系统  内容4：数字基带传输系统  内容5：数字频带传输系统  实验1：信号源与基带信号测试  实验2：FSK与PSK调制解调 | √ |  |  |
| 课程目标2 | 内容3：模拟调制系统  内容4：数字基带传输系统  内容5：数字频带传输系统  内容6：模拟信号的数字传输系统  内容7：伪随机序列  内容8：同步原理  实验3：模拟信号数字化信号测试  实验4：数字基带传输系统（综合实验） | √ |  |  |

**六、课程教学方法与学时分配**

（一）教学方法

(1) 问题导向，注重运用启发互动式教学方法：以学生为本，设计科学合理的启发互动环节，激发学生思考，让学生积极参与教学活动，成为真正意义上的主体，而教师仅仅是学生学习活动的指导者。

（2）采用案例法与研究法，注重引导学生掌握分析复杂工程问题及解决复杂工程问题的方法：向学生讲解“复杂工程问题”具备的特征，如必须运用“深入的工程原理，经过分析才可能得到解决”或需要通过“建立合适的抽象模型才能解决”，给出复杂工程问题的一般解决思路，培养学生解决复杂工程问题的能力。

(3) 采用板书与多媒体相结合教学方法：对于重、难点的分析推导部分采用板书形式，对于枯燥抽象的课程内容结合线上多媒体形式使其尽量生动化、形象化，便于学生接受和理解。

（4）联系实际，培养兴趣：引导、激励学生的学习积极性和自主性，多举一些生活中常见的通信实例，使课程更生动，让学生有直观的认识，对课程学习产生兴趣。

(5) 进行有效的作业练习：作业是检验学生对所学知识掌握情况的有效手段，布置作业时要有量有质，加强重难点知识和能力训练；要由浅入深，引发学生思考，培养学生的分析问题和解决问题的能力。

（6）检查预习法：强化实验课前预习并进行检查，这是有效开展教学的前提条件。

（7）实验巡视指导法：注重学生实验过程，老师要频繁地在实验室巡视，及时了解每位学生的进度与质量，便于督促和指导。加强师生互动，指导教师适当引导。

1. 学时分配

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **教学内容** | **课堂讲授** | **实验** | **上机** | **合计** |
| 内容1：通信系统概述 | 4 |  |  | 4 |
| 内容2：随机信号分析 | 10 |  |  | 10 |
| 内容3：模拟调制系统 | 10 |  |  | 10 |
| 内容4：数字基带传输系统 | 8 |  |  | 8 |
| 内容5：数字频带传输系统 | 10 |  |  | 10 |
| 内容6：模拟信号的数字传输系统 | 10 |  |  | 10 |
| 内容7：伪随机序列 | 2 |  |  | 2 |
| 内容8：同步原理 | 2 |  |  | 2 |
| 实验1：信号源与基带信号测试 |  | 2 |  |  |
| 实验2：FSK与PSK调制解调 |  | 2 |  |  |
| 实验3：模拟信号数字化信号测试 |  | 2 |  |  |
| 实验4：数字基带传输系统（综合实验） |  | 2 |  |  |
| 合计 | 56 | 8 |  | 64 |

**七、课程考核方式及成绩评定**

本门课程采用“N+1”过程性考核的方式进行考核。

考核方式：采用过程考核（平时作业、单元测试、期中考试）和期末考试相结合的形式对学生课程成绩进行综合评定。

成绩评定：课程考核总成绩中，过程考核占40%（平时作业成绩占20%、单元测试成绩占10%、期中考试成绩占10%）；实验报告10%；期末考试成绩占50%。各考核环节按照附件中的评分标准进行成绩评定。

课程目标与课程考核环节的对应关系：

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **序号** | **课程目标** | **考核环节** | | | | | **合计** |
| 平时作业 | 单元测试 | 期中考试 | 实验报告 | 期末考试 |
| 1 | 课程目标1 | 10% | 5% | 8% | 5% | 20% | 48% |
| 2 | 课程目标2 | 10% | 5% | 2% | 5% | 30% | 52% |
| 合计 | | 20% | 10% | 10% | 10% | 50% | 100% |

**八、课程参考书目及资源**

1.曹志刚.现代通信原理.北京：清华大学出版社.2012.

2.沈振元. 通信系统原理（第二版）.西安：西安电子科大出版社.2011.

3.马东堂.通信原理.北京：高等教育出版社.2018.

4.Simon Haykin.通信系统（影印版）.北京：电子工业出版社.2012.

5.中国大学MOOC国家精品资源共享课，通信原理，南京邮电大学

https://www.icourse163.org/home.htm?userId=1425859566#/home/course

6. 超星学习通，通信原理，江苏理工学院.

http://mooc1.jsut.edu.cn/mycourse/teachercourse?moocId=81709552 &clazzid=

14542766&edit=true&v=0&cpi=0

**九、大纲修订说明**

为进行相关系列课程内容进一步优化，将原有的独立实验改为课内实验，同时将原有的“差错控制编码”一章内容放到“信息论与编码”课程中，故修订大纲，从2023级开始执行，特此说明。

**附件：评分标准**

考核环节中各类测验及期末考核评分标准详见每学期“测验参考答案及评分标准”、“通信原理试卷参考答案及评分标准”。

线下作业、实验报告、线上视频学习、讨论评分标准：

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 类型 | 评分标准  观测点 | **优（90～100）** | **良（80～89）** | **中（70～79）** | **及格（60**  **～69）** | **不及格（<60）** |
| 线下  作业 | 基本概念掌握程度 | 基本概念掌握很好 | 主要概念清晰，但部分有误 | 部分概念清晰 | 基本概念不够清晰 | 基本概念未掌握 |
| 分析问题思路清晰性、解决问题方法正确性，锻炼工程思维、缜密逻辑性等科学思维能力 | 思路清晰，能够解决问题，计算正确。 | 主要思路、过程和计算过程正确。 | 思路、过程部分可行，计算过程个别不正确 | 思路、过程部分尚可，计算过程部分不正确 | 不会做或者作业不完整 |
| 作业完成态度，注重培养自己独立思考、勇于探究、一丝不苟的科学精神 | 认真独立完成作业，书写工整、清晰，符号、单位等按规范执行。 | 比较认真独立完成作业，书写清晰，主要符号、单位等按规范执行。 | 独立完成作业，部分符号、单位等按规范执行。 | 不够认真，符号、单位等不按照规范执行。 | 很不认真或者抄袭或未交 |
| 实验  报告 | 格式规范性；条理性；原理、方法和步骤的正确性；实验数据与结果分析完整与合理。 | 格式规范，条理清晰，图表规范；实验原理分析正确；实验步骤及实验方法描述得当；数据处理正确，并有详细的实验结果与分析。 | 格式规范，条理比较清晰，图表比较规范；实验原理分析正确；实验步骤及实验方法描述得当；数据处理正确，并有比较详细的实验结果与分析。 | 格式比较规范，但条理性一般；图表比较规范；实验原理分析基本正确，实验步骤及实验方法描述比较得当，数据处理基本正确，并有一定的实验结果与分析。 | 格式基本完规范，但没有条理性；图表规范性较差；实验原理基本正确，只有实验步骤及实验方法描述，缺乏对实验结果和数据的分析。 | 格式不规范，条理混乱，错误较多；实验原理存在错误；缺乏对实验结果和数据分析或者存在较多内容雷同现象。 |
| 线上视频和讨论 | 计算观看视频时间和讨论的数目占总数百分比 | 90%及以上 | 80%及以上 | 70%及以上 | 60%及以上 | 60%以下 |