



北京交通大学

线上金课(MOOC)建设路径与机制的探索

—以北京交通大学电子信息工程学院为例

陈后金

hjchen@bjtu.edu.cn

电子信息工程学院

2019.11(北京)



主要内容

- ※ 高等教育形势
- ※ 金课建设路径
- ※ 金课建设机制
- ※ 金课示范辐射



高等教育形势

实施一流专业建设“双万”计划

建设1万个**国家级一流专业点**和1万个**省级一流专业点**，唱响“三个一流”主旋律，引导高校回归育人本质、追求质量卓越。

实施**一流课程建设“双万”计划**，到2020年，认定**3000门国家精品在线开放课程**、**7000门线下精品课程**，推出1万门**国家级一流精品课程**。



高等教育形势

中国慕课：领跑世界



中国高校慕课总量、参与开课学校数量、学习人数均处于**世界领先地位**，我国已经成为**世界慕课大国**：提高质量、推进公平

- 我国上线慕课数量达到**8100门**，**500余门**慕课登录国际著名课程平台
- 高校学生和社会学习者选学人数突破**1.4亿人次**
- 超过**4300万余人次**大学生获得慕课学分
- 2017年西部高校选用慕课达到**8600门次**
- 首批发布105个虚拟仿真实验教学项目，计划到2020年认定1000个
- 发布了全球首个虚拟仿真实验教学项目集中展示平台





高等教育形势

围绕一流课程建设，要淘汰“水课”，打造国家水准、国际领先的“金课”，强化高阶性、创新性、挑战度。这里我想特别强调一下：不能搞“玩命”的中学，也不能办“快乐”的大学！

一部分学生天天打游戏、天天睡大觉、天天谈恋爱，“醉生梦死”
(一个礼拜大醉 1-2 次，一个礼拜五天睡到自然醒，把午饭当早饭，这样醉、这样睡的“醉生梦死”) **的日子一去不复返了！**

一部分教师 (不是极少数) **“认认真真培养自己、稀里马虎培养学生”** 的日子一去不复返了！

一部分学校“领导精力投入不足、教师精力投入不足、学生精力投入不足、资源配置不足” 的日子一去不复返了！



高等教育形势

教育部部长第一次提出“金课”



大学生要有效“增负”，提升大学生的学业挑战度，合理增加课程难度、拓展课程深度、扩大课程的可选择性，真正把“水课”变成有深度、有难度、有挑战度的“金课”。



高等教育形势

金课的“两性一度”标准



- ◆ **“高阶性”** 知识能力素质有机融合，培养学生解决复杂问题的综合能力和高级思维
- ◆ **“创新性”** 课程内容反映前沿性和时代性，教学形式体现先进性和互动性，学习结果具有探究性和个性化
- ◆ **“挑战度”** 课程有一定难度，需要跳一跳才能够得着，老师备课和学生课下有较高要求



主要内容

- ※ 高等教育形势
- ※ 金课建设路径
- ※ 金课建设机制
- ※ 金课示范辐射



金课建设路径

“高阶性、创新性、挑战度”

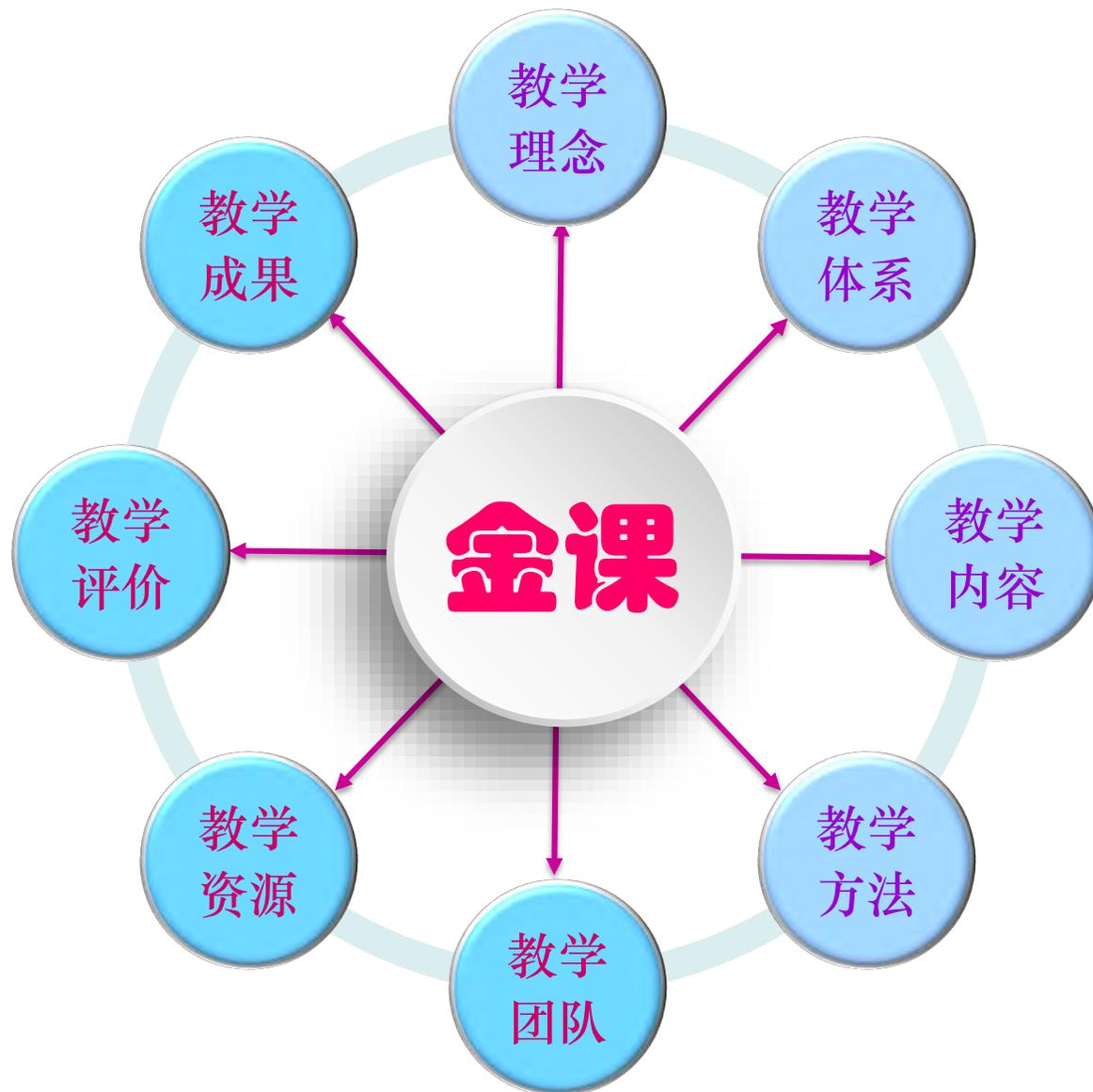
高阶性：课程教学可促进学生知识能力素质的有机融合，培养学生分析解决复杂问题的综合能力和高级思维；

创新性：课程内容反映前沿性和时代性，教学形式体现先进性和互动性，学习结果具有探究性和个性化；

挑战度：学生需要通过努力才能达到课程教学目标，课程有一定难度，教师备课和学生课下有较高要求。

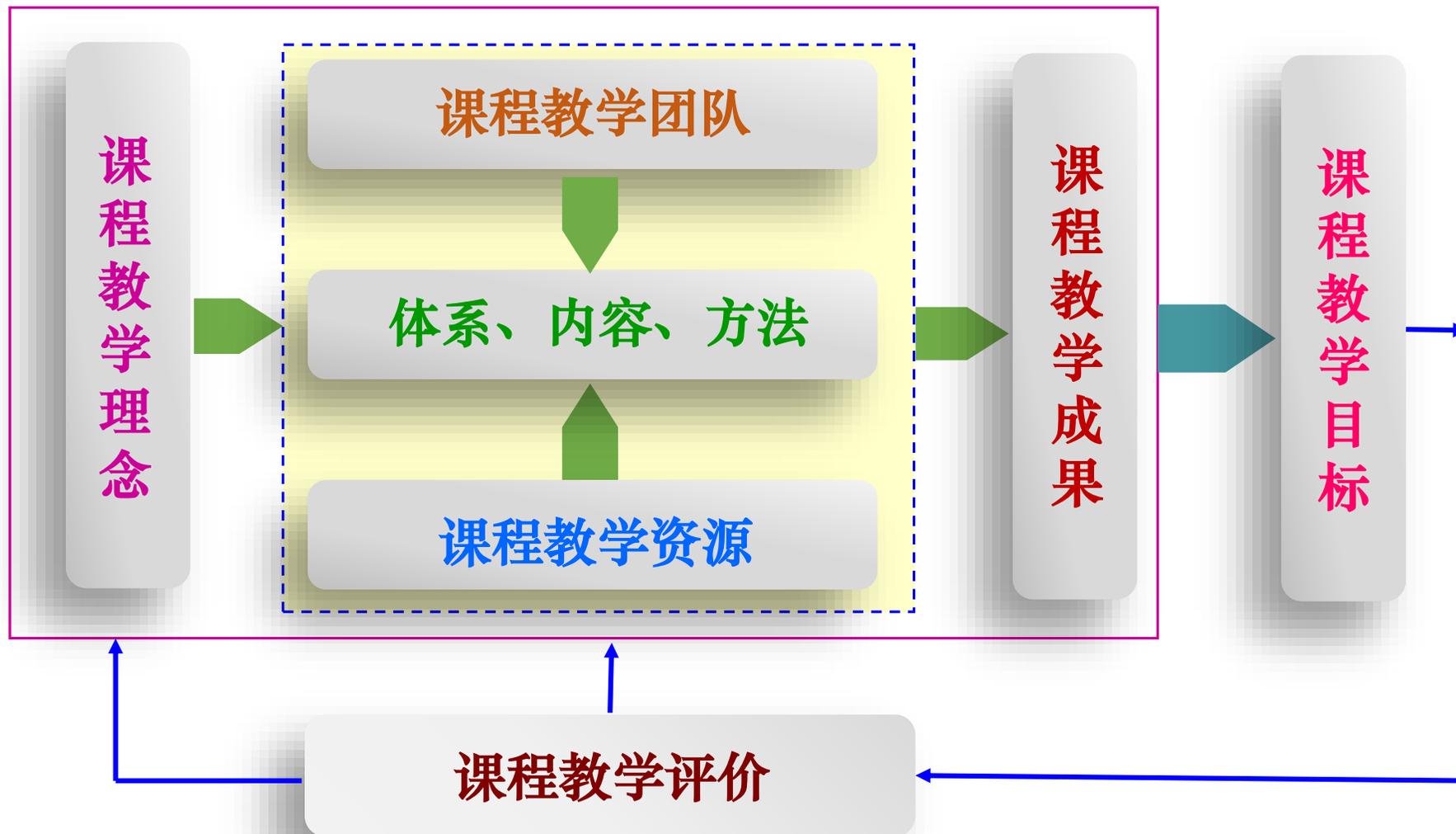


金课建设路径





金课建设路径





金课建设路径

新

先进的课程教学理念

清晰的课程教学体系

发展的课程教学内容

有效的课程教学方法

优秀的课程教学团队

丰富的课程教学资源

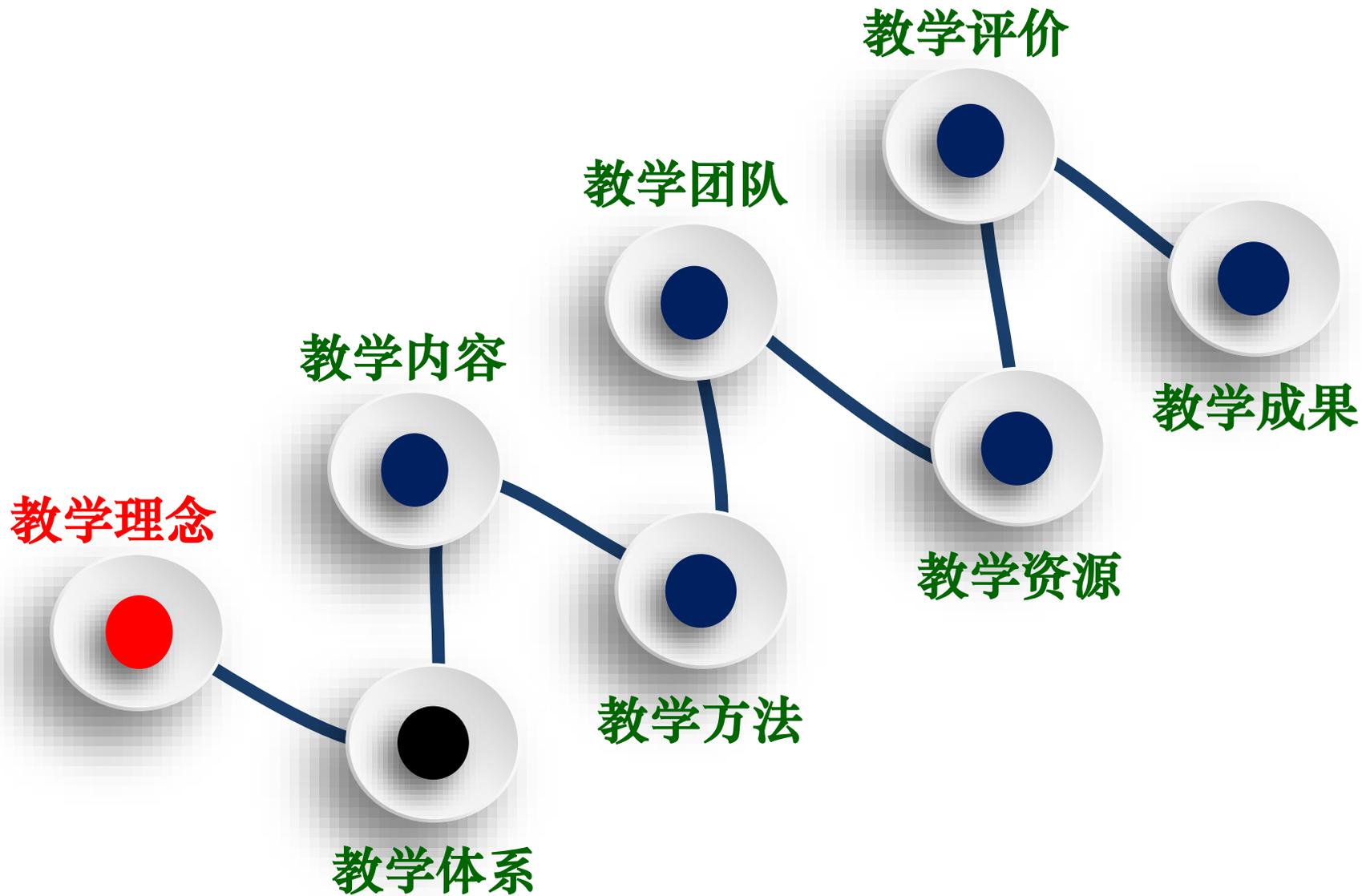
多维的课程教学评价

物化的课程教学成果

优



金课建设路径



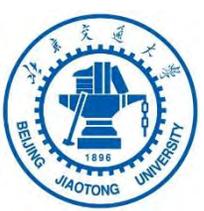


课程教学理念

知而有识、学而善用

大学教育若满足于让学生知道一些书本上的定义、性质和题型，则势必会培养大批“**知而无识，学而无用**”之人。

大学教育应引导学生由“**知**”内化为“**识**”，进而付诸于“**行**”，学生应在学习现有知识基础上深思熟虑，学以致用，形成自己的学识和能力，成为“**知而有识、学而善用**”的优秀人才。



课程教学理念

大学教育应启发引导学生

在学习中汲取知识的精华；

在探究中领悟知识的真谛；

在实践中彰显知识的价值。

汲取精华
(知)

领悟真谛
(识)

彰显价值
(行)



课程教学理念

中国大学教学 2013年第10期

转变教育观念 造就知而有识学而善用的 优秀人才

陈后会

摘要:目前高等工程教育侧重于前人知识的简单传授,造成学生常局限于知道一些已有的结论和公式,缺乏探求真知的精神和应用知识的能力。本文提出了“知而有识、学而善用”的教育观念,围绕“传授什么、如何传授、传授主体”进行阐述,期待提高我国高等工程教育的质量,培养具有创新意识和实践能力的优秀人才。

关键词:教育观念;高等工程教育;创新意识;实践能力

知识更新日益加快,创新已成为一个国家和民族赖以生存和发展的基础。我国每年数以百万计的大学生走向就业市场,大部分工科毕业生已从原先的理论指导者逐步转变为工程技术人员,我们需要重新审视我们的大学教育,大学该传授什么,又该如何传授?

一、传授什么

大学该传授什么是属于教学理念的范畴,教学理念看似比较抽象,实则对教学过程和教学结果具有深刻的影响,也直接决定教育者的高度和视角。传统的大学教育大多只停留于让学生“知”,而没有引导学生由“知”而内化为“识”,进而付诸于“行”,造成学生只知道一些书本上的定义、性质和习题演算,若学生仅满足于记忆这些书本内容,则难以获得真知灼见,创新更无从谈起,这样的教育势必会培养大批“知道”分子,成为知而无识、学而无用之人,这样的教育对教育的受体和主体都是极大的资源浪费,长期积累将影响国家的未来。教学的难点和重点在于讲清楚“为什么要讲授这些内容、如何应用这些内容”,其次才是“该内容是什么”,现在的教学常将讲授“是什么”当作全部,因为这是最容易讲授的环节,教育者要站在学生的角度准备教学素材,激发学生的学习积极性和求知欲,有意识地培养学生自主学习的能力。

二、如何传授

明晰了大学教育的教学内涵,如何传授将影响着教

陈后会,北京交通大学电子信息工程学院院长、教授,教育部高等学校电工电子教学指导委员会副主任委员,第三届高等学校教学名师奖获奖者。

育教学的效力,大学的教学方式应从注重书本内容的传授,逐步转变为以教学内容为载体,启发引导学生在学习中汲取知识的精华《知》,在探究中领悟知识的真谛《识》,在实践中感受知识的魅力《行》,从而造就“知而有识、学而善用”的优秀人才,学生应在吸收前人知识的基础上深思熟虑,透过字里行间领悟神会,从而形成自己的学识和能力。例如,在学习微积分时,应透过微积分计算期悉其蕴含的“极限”思想,该思想可以将有限与无限、微观与宏观、恒定与变化、直线与曲线等统一起来,从而改变了我们描述世界的方式和认知世界的视角。利用微积分的极限思想,我们可以透彻地分析解决大学物理中的变力、变电场和变磁场的问题,从某种意义上说,大学物理展现了微积分的物理意义和工程概念,其更多的是锻炼学生利用微积分思想分析解决物理现象的思维能力。

人们获取知识的主要目的是创造知识和应用知识,创造知识需要“有识”,应用知识需要“善用”,科学是发现和描述自然已有的内在规律,而工程是依据自然规律去创造世界,科学的本质是发现已有,而工程的本质是创造未有,科学原理一般是理想状态下的规律描述,原理得以应用需要通过有效的方法和先进的技术,例如,Fourier变换虽然从理论上给出了信号频谱分析的定义式,但由于实际工程信号一般没有解析表达式,因而无法实现;DFT从方法上解决了信号频谱分析计算的问题,但由于其计算效率太低而无法应用;最后,FFT从技术上实现了信号频谱的快速计算,因此,教师在课堂教学中应能够溯本求源,从数学概念抽象原理,从物理概念

全国中文核心期刊
中文社会科学索引(CSSCI)来源期刊

中国大学教学

CHINA UNIVERSITY TEACHING

10
2013



课程教学理念

例如，在学习微积分时，应透过微积分计算揭示其蕴涵的“**极限**”思想，该思想可以将**有限与无限、微观与宏观、恒定与变化**等统一起来，从而改变了我们描述世界的方式和认知世界的视角。

利用微积分的**极限**思想，我们可以通透地分析解决大学物理中的变力、变电场和变磁场的问题。

$$\int_{-\infty}^{+\infty} x(t)dt = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \sum_{n=-\infty}^{+\infty} x(n\Delta t)\Delta t$$

$$\frac{dx(t)}{dt} = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{x(t + \Delta t) - x(t)}{\Delta t}$$



课程教学理念

例如，在学习英语**时态**时，不讲清楚什么是时态，为什么要有时态，只是简单地归纳和罗列各种时态，学生们死记硬背，经常发生混淆。

| 时间/方式 | 过去 | 现在 | 将来 |
|-------|-----------|----------|----------------|
| 一般 | did | does | will do |
| 进行 | was doing | is doing | will be doing |
| 完成 | had done | has done | will have done |



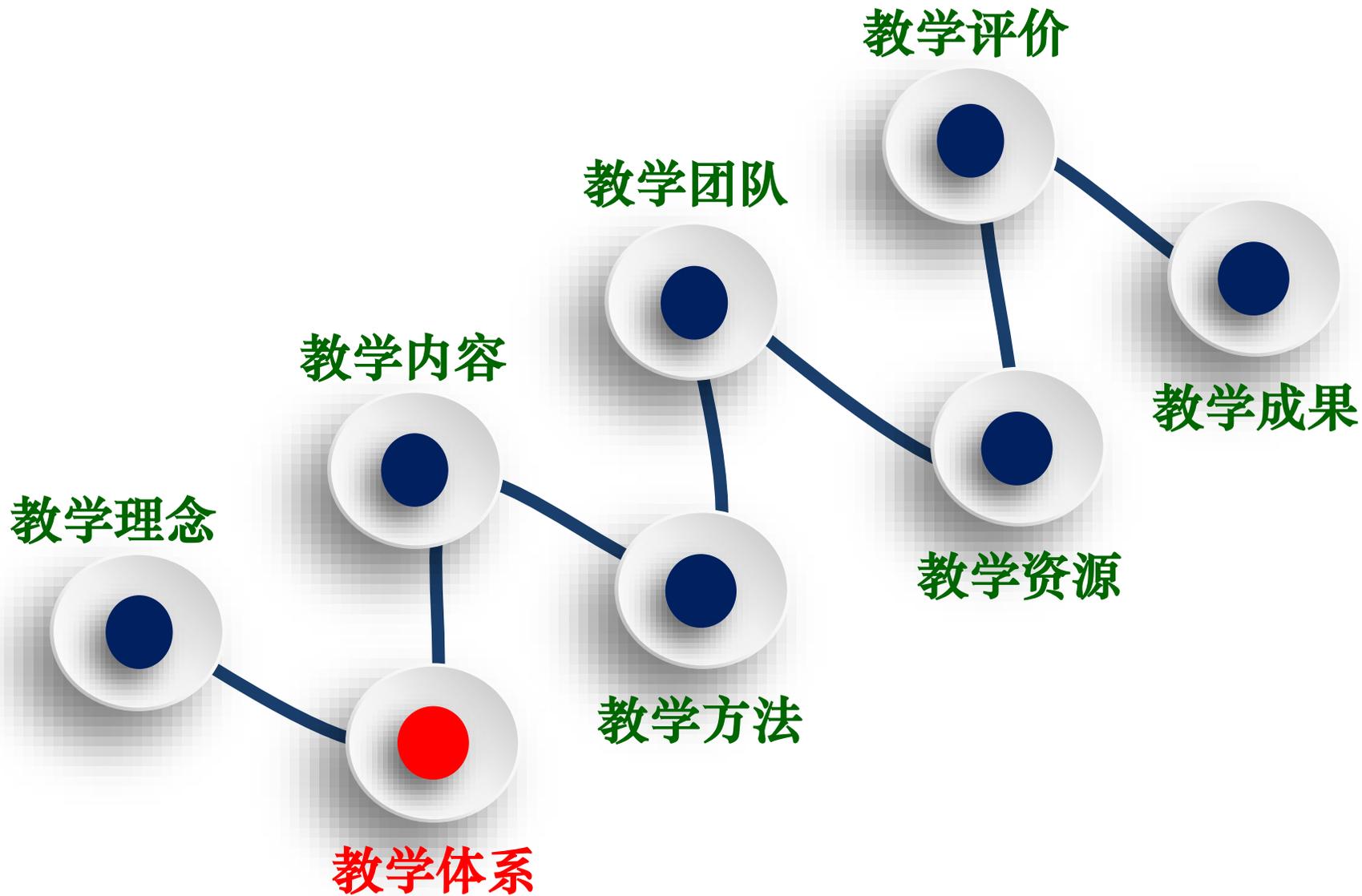
课程教学理念

教师在教学中应能够**文理交融（课程思政）**，运用人文思想去诠释某些工科理论和现象，展现事理之间的相通性，体现人类**探索知识的轨迹、凝练知识的智慧、应用知识的历程**，**丰富学生的人文情怀**。

大学给予学生的不仅是知识本身，更多的应是**文化**的熏陶、**素质**的养成、**能力**的历练。从而推进人类知识不断丰富和发展，人类文明不断延续和进步。



金课建设路径

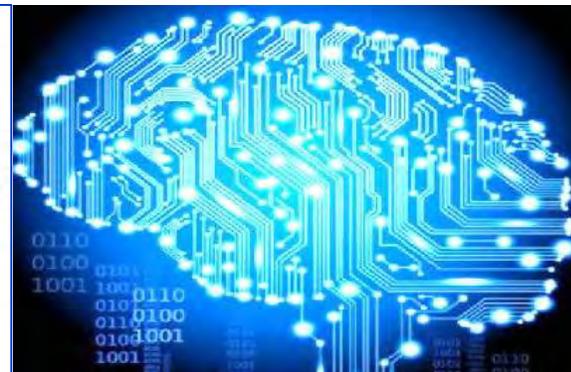
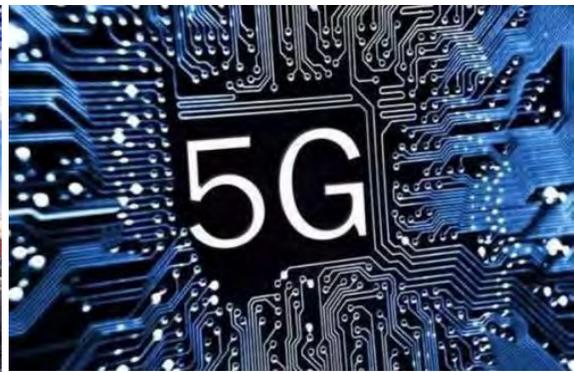




课程教学体系

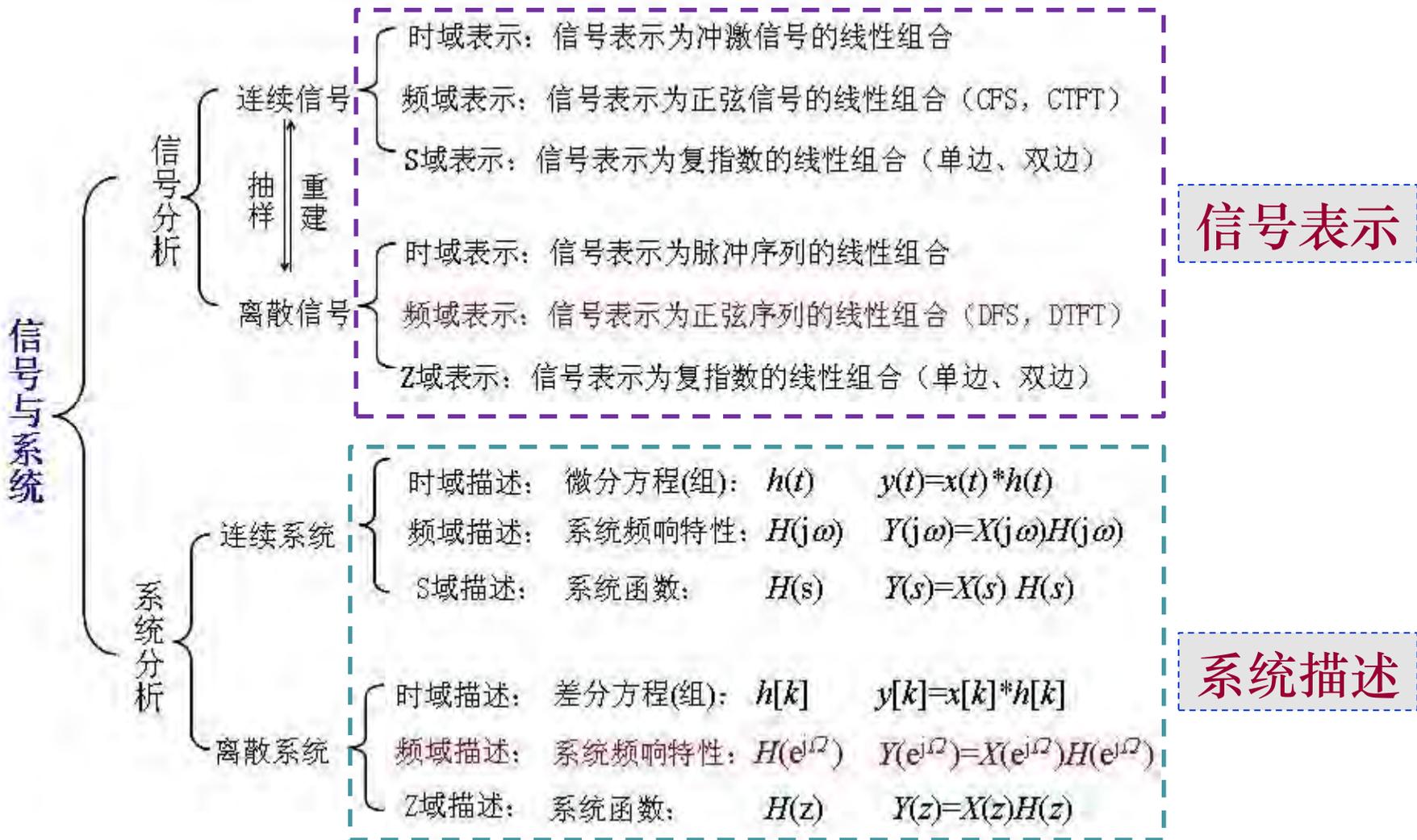
人工智能、机器学习、物联网大数据……

5G、高铁、智能装备、集成电路设计……



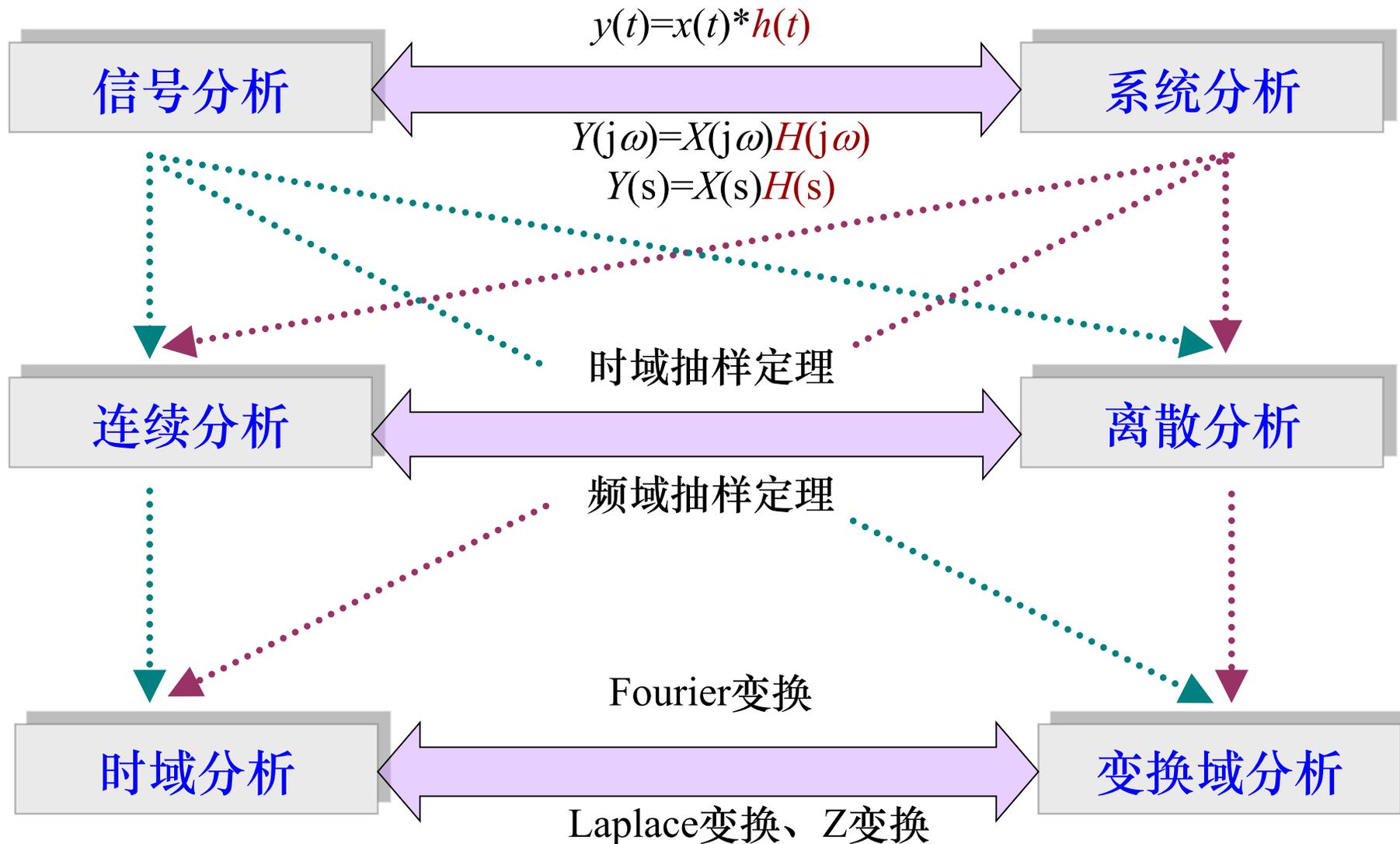


课程教学体系



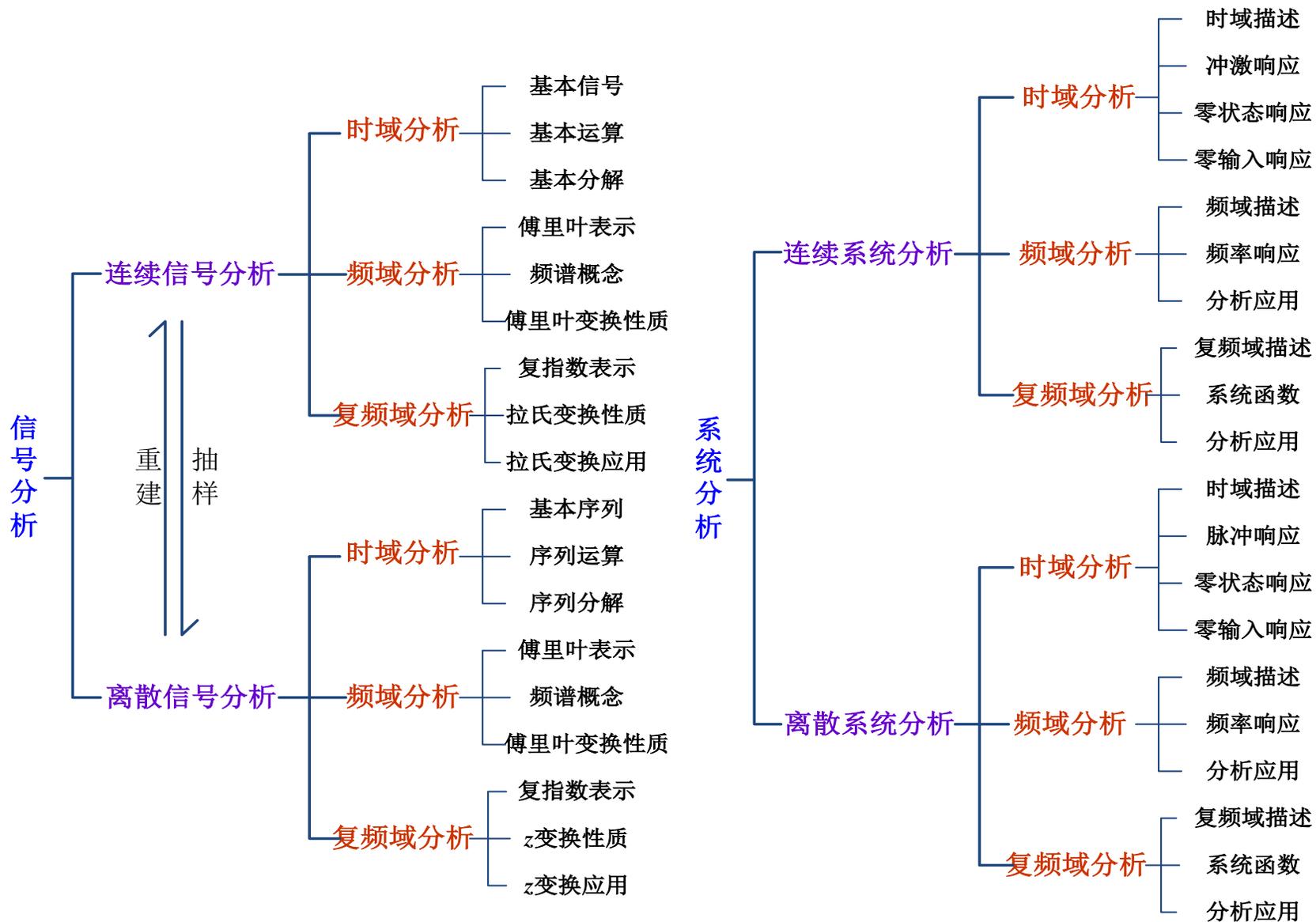


课程教学体系



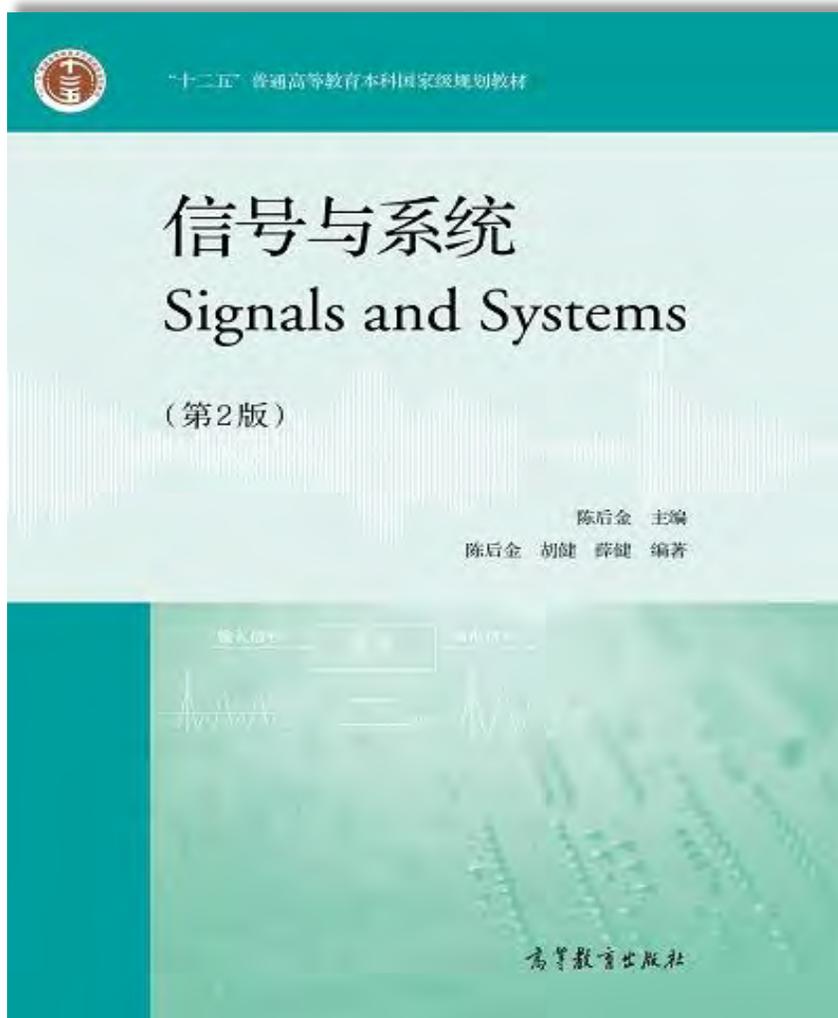


信号与系统—知识点图谱





课程教学体系



[第1章 信号与系统分析导论](#)

[第2章 信号的时域分析](#)

[第3章 系统的时域分析](#)

[第4章 信号的频域分析](#)

[第5章 系统的频域分析](#)

[第6章 连续信号与系统的复频域分析](#)

[第7章 离散信号与系统的复频域分析](#)

[第8章 系统的状态变量分析](#)

[第9章 信号处理在生物神经网络中的应用](#)



课程教学体系

数字信号处理

数字信号分析

- 离散信号与系统的分析（时域、频域、 z 域）
- 离散傅里叶变换及其快速算法（DFT、FFT）
- 信号多速率转换（抽取、内插、抽样率转换）
- 信号时频分析与小波变换（STFT、DWT）

数字化分析与处理

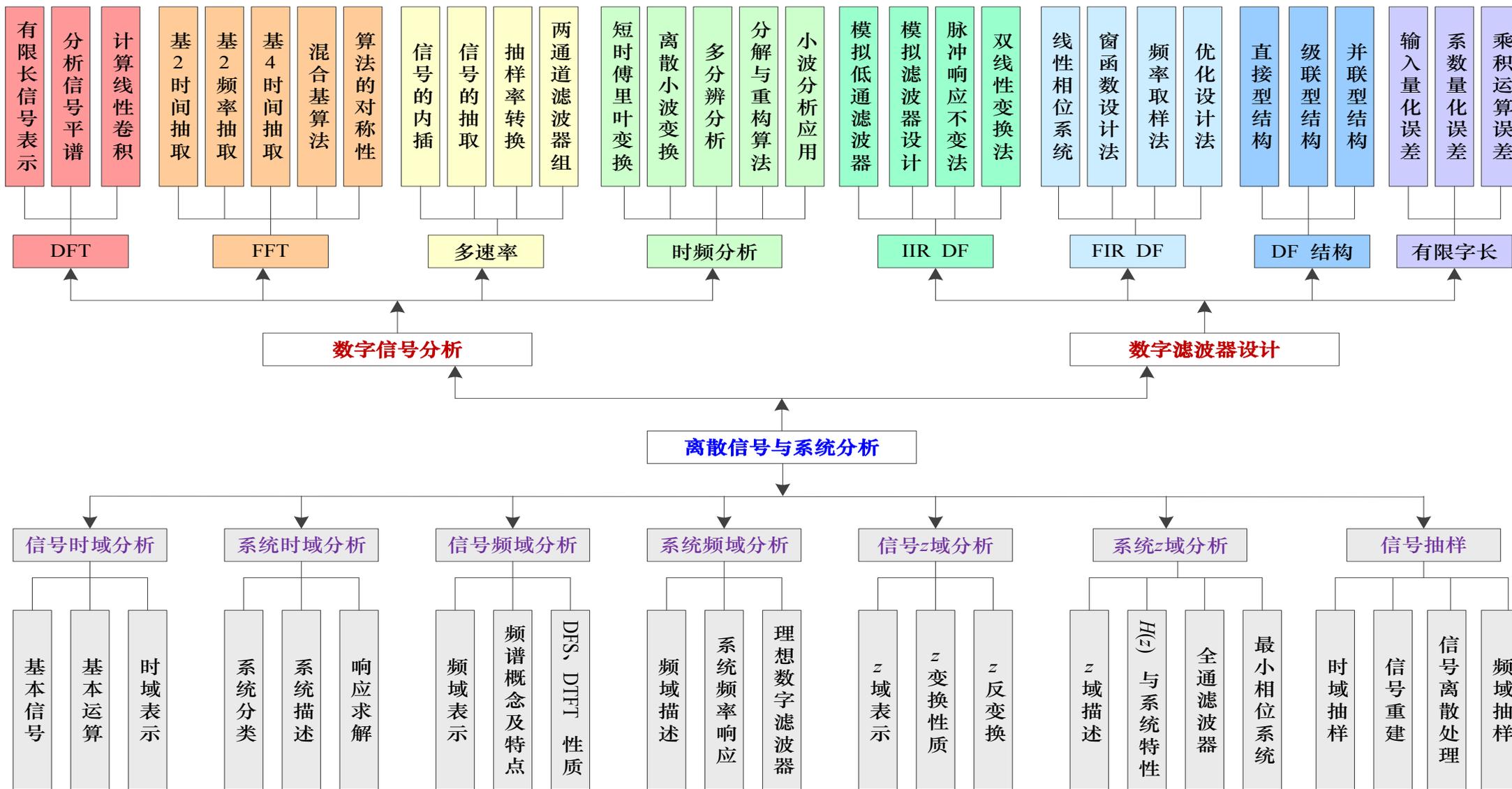
数字滤波器设计

- IIR数字滤波器设计（脉冲不变法、双线性变换法）
- FIR数字滤波器设计（窗口设计法、优化设计法）
- 数字滤波器结构（直接型、级联型、并联型）
- 有限字长效应（量化误差、运算误差、系数误差）

滤波器设计与实现



数字信号处理-知识点图谱





课程教学体系



第1章 离散信号与系统分析基础

第2章 离散傅里叶变换DFT

第3章 DFT快速算法FFT

第4章 IIR数字滤波器的设计

第5章 FIR数字滤波器的设计

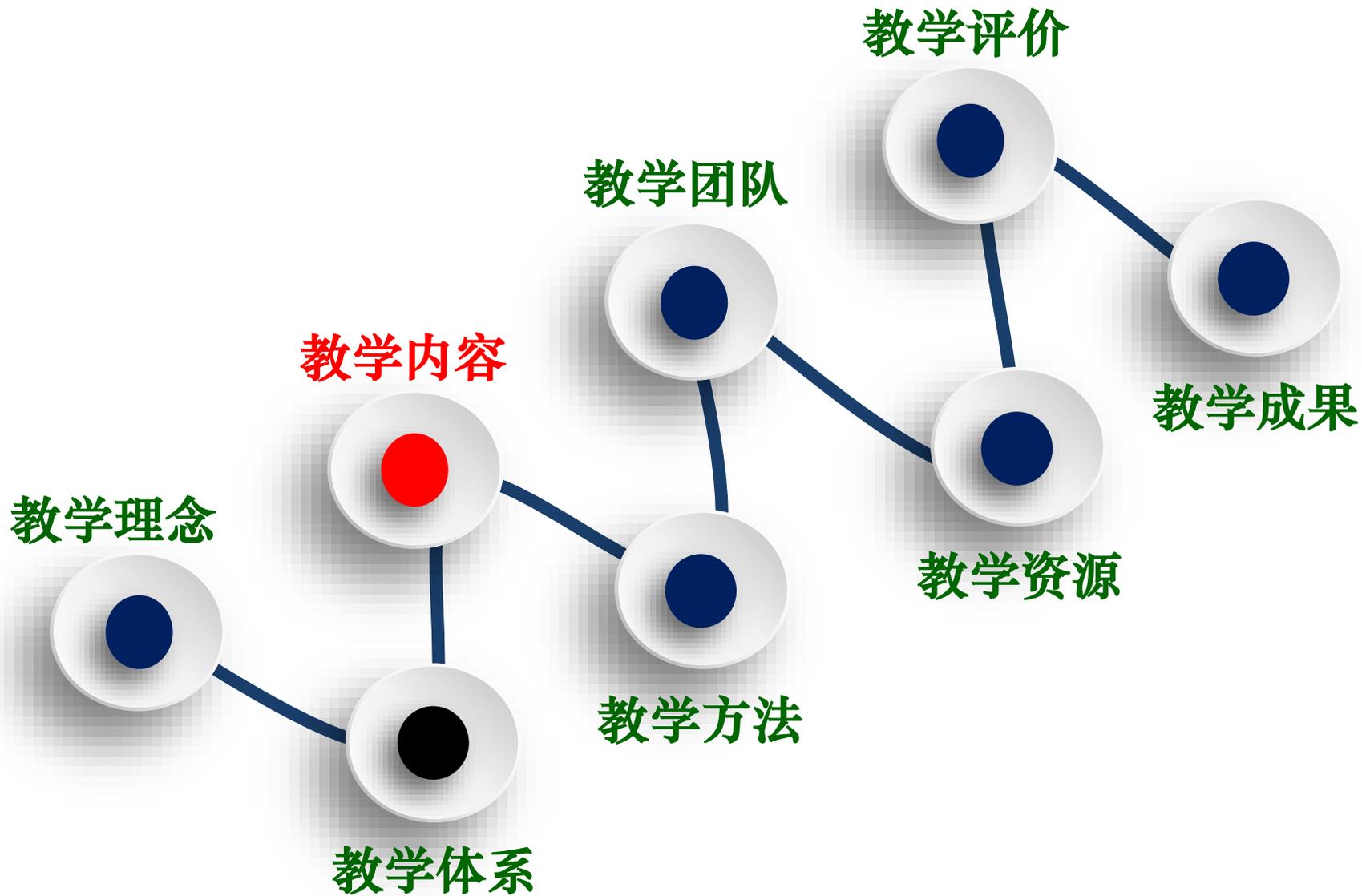
第6章 数字滤波器结构及实现

第7章 多速率信号处理基础

第8章 信号时频分析与小波分析



金课建设路径





课程教学内容

大学教育应强调“内容为王”，教学内容应具有前沿性和创新性，同时具有基础性和传承性。

“有用”与“无用”是相对的，无旧无以为守，无新无以为进。



课程教学内容

信号的时域抽样及其应用

信号的频域分析及其应用

生物神经网络分析及应用

离散Fourier变换及其应用

揭示FFT算法的对称之美

IIR 数字滤波器设计方法

FIR 数字滤波器设计方法

.....



课程教学内容

第30卷 第5期
2008年10月

电气电子教学学报
JOURNAL OF EEE

Vol. 30 No. 5
Oct. 2008

连续时间 LTI 系统零输入响应的探讨

胡 健, 陈后金, 薛 健, 郝晓莉, 钱满义, 高海林

(北京交通大学 国家电工电子实验教学示范中心, 北京 100044)

摘 要:连续 LTI 系统的零输入响应求解是系统分析中的基本问题, 本文根据作者多年的教学实践, 分析了多数信号与系统教材中系统零输入响应分析的某些不足。提出若描述系统的微分方程含有输入激励 $x(t)$ 的导数或高阶导数, 则其零输入响应不仅与系统的初始状态 $y^{(k)}(0^-)$ 有关, 还与 $x^{(k)}(0^-)$ 有关。因此, 在建立分析系统的数学模型时, 应给出 $t < 0$ 时的激励信号或 $x^{(k)}(0^-)$ 。在计算零输入响应时, 应综合考虑 $y^{(k)}(0^-)$ 和 $x^{(k)}(0^-)$ 。

关键词:连续时间 LTI 系统; 零输入响应; 初始状态

中图分类号: TN911.6

文献标识码: A

文章编号: 1008-0686(2008)05-0020-04

Discussion on Zero-Input Response of Continuous-Time LTI Systems

HU Jian, CHEN Hou-jin, XUE Jian, HAO Xiao-li, QIAN Man-yi, GAO Hai-lin

(The State Model Experiment Teaching Center of Electrotechnics and Electronics, Beijing Jiaotong University, Beijing 100044, China)

Abstract: It is a fundamental problem in system analysis to calculate zero-input response in continuous-time LTI systems. In this paper, disadvantages of zero-input response analysis in many signals and systems textbooks are reviewed on the basis of teaching experience. It is proposed that zero-input response relates to system's initial status $y^{(k)}(0^-)$ and $x^{(k)}(0^-)$ when differential equation contains input's derivative of first or higher orders. Therefore the input when $t < 0$ should be given while system's mathematic model is established. The $y^{(k)}(0^-)$ and $x^{(k)}(0^-)$ should be considered together when zero-input response is calculated.

Keywords: continuous-time LTI systems; zero-input response; initial status

1 问题的提出

在连续时间 LTI 系统响应的求解中, 系统响应可以通过初始状态单独作用于系统所产生的零输入响应与输入激励单独作用于系统所产生的零状态响应的叠加得到。系统的零输入响应一般只取决于系统在 0 时刻的初始状态 $y^{(k)}(0^-)$, 而与系统的外部输入 $x(t)$ 无关。但在某些情况下, 系统的输入 $x(t)$ 在 0 时刻的值可能造成系统初始状态 $y^{(k)}(0^-)$ 发生改变, 即系统的零输入响应可能与输入有关。

关于连续时间 LTI 系统的零输入响应的求解, 在大多数《信号与系统》教材中有如下阐述。零输入响应是输入激励 $x(t)$ 为零, 仅由初始状态 $y^{(k)}(0^-)$ 作用于系统所产生的响应, 其满足齐次微分方程 $y^{(n)}(t) + a_{n-1}y^{(n-1)}(t) + \dots + a_1y'(t) + a_0y(t) = 0$, $t > 0$

(1) 具有齐次微分方程齐次解的形式。因为描述系统微分方程是 $t > 0$ 后的数学模型, 所以应利用 $y^{(k)}(0^+)$ 计算系统响应 $y(t)$ 。但对于零输入响应, 由于激励为零, 故系统的状态不会发生变化, 即 $y^{(k)}(0^+) =$

第31卷 第6期
2009年12月

电气电子教学学报
JOURNAL OF EEE

Vol. 31 No. 6
Dec. 2009

信号时域抽样的教学探索与研究

薛 健, 陈后金, 胡 健, 郝晓莉, 钱满义

(北京交通大学 电子信息工程学院, 北京)

摘 要:本文针对信号时域抽样的阐述进行了研究与探索, 提出从信号的时域与频域分析的角度引入信号的时域抽样, 具有数学概念和物理概念更加清晰的特点, 且与工程实际更加符合, 克服了传统方法的不足, 易于教师的教学和学生的理解, 也有利于学生深刻理解信号的时域分析与频域分析之间的内在联系。

关键词:信号处理; 教学研究; 信号抽样

中图分类号: TN911

文献标识码: A

文章编号: 1008-0686(2009)06-0099-03

Teaching Exploration and Research on Signal Sampling in Time-domain

XUE Jian, CHEN Hou-jin, HU Jian, HOU Xiao-li, QIAN Man-yi

(School of Electronic and Information Engineering, Beijing Jiao Tong University, Beijing, China)

Abstract: The description methods of signal sampling are studied in this paper. We propose to introduce sampling from time-domain and frequency-domain analysis. This method not only has clearer mathematical and physical concept, but is more close to the practical applications. It overcomes some of the disadvantage of traditional method and is helpful for students to understand the inter-relationship between time-domain and frequency-domain analysis.

Keywords: signal processing; teaching research; signal sampling

离散系统信号分析和处理方法获得广泛的应用, 如数字音频、数字相机和计算机系统等。信号的抽样是连接连续信号与离散序列的桥梁。经抽样得到的离散序列能否包含原来连续信号的全部信息就成为信号抽样的关键。

1 冲激串抽样

许多信号与系统教材中^[1-6], 都是利用冲激串抽样模型来描述信号的时域抽样, 如图 1 所示。图中 $\delta_T(t)$ 表示周期为 T 的冲激串信号, $x(t)$ 表示抽样前的连续信号, 可得到抽样后的信号为

$$x_s(t) = x(t)\delta_T(t) = x(t) \sum_{k=-\infty}^{\infty} \delta(t - kT) =$$

$$\sum_{k=-\infty}^{\infty} x(kT)\delta(t - kT) \quad (1)$$

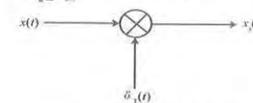


图 1 冲激串抽样模型

由于利用了冲激串信号来描述连续信号抽样过程, 故称为冲激串抽样。图 2 描述了冲激串抽样的过程。



课程教学内容

第40卷 第3期
2018年6月

电气电子教学学报
JOURNAL OF EEE

Vol. 40 No. 3
Jun. 2018

IIR 数字滤波器设计中频率转换探究

李艳凤, 陈后金

(北京交通大学 电子信息工程学院, 北京 100044)

摘要: 在 IIR 数字滤波器的设计中, 模拟域频率转换是高通、带通、带阻等其他滤波器设计的核心, 但现有关于模拟域频率转换的教学方法大多只给出结论, 并没有对整个转换过程进行分析, 这使得学生难以理解转换的原理, 对如何选择滤波器参数的原因并不清楚。本文对整个模拟域频率转换过程进行分析, 通过图形对转换过程中参数如何选取进行解释, 便于教师教学和学生理解。

关键词: IIR 数字滤波器; 频率转换; 教学研究

中图分类号: TN911.72

文献标识码: A

文章编号: 1008-0686(2018)03-0103-04

Discussion on Frequency Transformation in IIR Digital Filter Design

LI Yan-feng, CHEN Hou-jin

(School of Electronic and Information Engineering, Beijing Jiaotong University, Beijing 100044, China)

Abstract: In IIR digital filter design, frequency transformation of analog domain is the key point in the design of high-pass, band-pass and band-stop filter. However, the current teaching method of frequency transformation in analog domain has some limitation. Just the conclusion is given and the analysis of the whole transformation procedure lacks. Thus, it is difficult to understand the concept of the frequency transformation for students. Also, they do not know the reason of how to choose the parameter of the filter. In this paper, the whole procedure of the frequency transformation in analog domain is analyzed. The reason of how to choose the parameter is explained through figures, which is easy for teaching and learning.

Keywords: IIR digital filter; frequency transformation; teaching research

0 引言

IIR 数字滤波器设计是“数字信号处理”课程教学中的重要部分, 也是教学的难点之一。IIR 数字滤波器设计的一般过程如图 1 所示。

设计高通、带通和带阻滤波器可通过频率转换的方法实现, 首先通过频率转换将模拟非低通滤波器技术指标转换为模拟低通滤波器的技术指标, 该模拟低通滤波器称之为原型低通滤波器, 然后通过复频率转换将原型低通滤波器的系统函数转换为对应的模拟滤波器系统函数。

在转换为原型低通滤波器的技术指标时, 需要

对参数进行选择。但现有模拟域频率转换的教学大多只给出参数选择结论, 并没有对整个转换过程进行分析, 这使得学生难以理解转换的原理以及参数选取的准则。为了解决这一问题, 本文对整个模拟域频率转换过程进行分析, 通过图形对转换过程中参数如何选取进行阐明, 便于教师教学和学生理解。

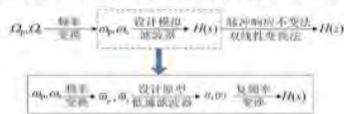


图 1 IIR 数字滤波器设计的一般过程

收稿日期: 2017-04-27; 修回日期: 2017-07-11

第一作者: 李艳凤(1988-), 女, 博士, 副教授, 主要从事信号与信息处理以及模式识别教学与研究工作, E-mail: yf_li@bjtu.edu.cn

第39卷 第5期
2017年10月

电气电子教学学报
JOURNAL OF EEE

Vol. 39 No. 5
Oct. 2017

浅析 FFT 算法中对称关系

李艳凤, 陈后金, 胡健

(北京交通大学 电子信息工程学院, 北京 100044)

摘要: 本文通过分析比较时间抽取 FFT 算法以及频率抽取 FFT 算法的基本原理, 揭示了 FFT 算法中存在的对称关系, 同时也给出了任意基 FFT 算法系数矩阵的产生机理。上述的分析比较有助于学生更好地理解 and 实现 FFT 算法, 同时也可借鉴该算法的思想设计其他算法。

关键词: 时间抽取 FFT; 频率抽取 FFT; 对称关系

中图分类号: TN911.72

文献标识码: A

文章编号: 1008-0686(2017)05-0078-04

Discussion on Symmetry in FFT Algorithm

LI Yan-feng, CHEN Hou-jin, HU Jian

(School of Electronic and Information Engineering, Beijing Jiaotong University, Beijing 100044, China)

Abstract: This paper analyzes and compares the basic theory between the decimation-in-time FFT and decimation-in-frequency FFT. The symmetry in FFT algorithm is revealed. Moreover, the generation mechanism of the coefficient matrix in FFT under arbitrary base is given. The symmetry analysis can help student better understand and implement the FFT algorithm. Also, the idea of FFT can be applied when designing other algorithms.

Keywords: decimation-in-time FFT; decimation-in-frequency FFT; symmetry

0 引言

离散傅里叶变换 DFT (Discrete Fourier Transform) 在数字信号处理中的重要性早已被人们所认识, 但其得到广泛应用却经历了较长时间, 其原因在于计算量太大难以实用^[1]。快速傅里叶变换 FFT (Fast Fourier Transform) 是各种 DFT 快速算法的统称, 目前较为普遍使用的算法是基于 Cooley 和 Tukey 提出的 FFT 算法^[2]。本文通过比较分析时间抽取 FFT 算法以及频率抽取 FFT 算法的基本原理, 揭示了 FFT 算法中存在的对称关系, 同时也给出了任意基 FFT 算法系数矩阵的产生机理。上述的比较分

析充分展现了 FFT 算法中蕴含的对称之美, 有助于学生更好地理解 and 实现 FFT 算法, 也有助于任意基 FFT 算法的学习和掌握。

1 时间抽取 FFT

(1) 基 2 时间抽取 FFT: 时域上将数据按照奇偶进行逐级拆分, 最终得到多组两点时域数据, 通过计算两点序列的 DFT 将时域变换到频域, 然后利用两个短序列的 DFT 逐级合成成长序列的 DFT, 该合成过程称为频域合成^[3]。

两点序列时域 ($x[0]$ 和 $x[1]$) 到频域 ($X[0]$ 和 $X[1]$) 的矩阵表示式为

收稿日期: 2017-10-11; 修回日期: 2017-01-03

基金项目: 国家级电子信息与计算机实验中心建设项目 (No. 274020529)

作者简介: 李艳凤(1988-), 女, 博士, 副教授, 主要从事信号与信息处理以及模式识别教学与研究工作, E-mail: yf_li@bjtu.edu.cn

陈后金(1965-), 男, 博士, 教授, 主要从事信号与信息处理教学与研究工作, E-mail: hjchen@bjtu.edu.cn

胡健(1965-), 女, 硕士, 副教授, 主要从事信号与系统以及数字信号处理教学工作, E-mail: jhu@bjtu.edu.cn

万方数据



课程教学内容

第35卷 第5期
2013年10月

电气电子教学学报
JOURNAL OF EEE

Vol.35 No.5
Oct. 2013

数字信号处理中的最小相位系统初探

陶丹, 陈后金

(北京交通大学 电子信息工程学院 国家电工电子实验教学中心, 北京 100044)

摘要:最小相位系统在数字信号处理理论和应用中具有重要意义。本文详细地阐述了最小相位系统的含义和基本性质,给出利用 Matlab 中 FDATool 工具设计最小相位系统的实现方法。通过对比信号经过 IIR 滤波器和最小相位系统后的时域波形变化,对最小相位系统的重要性质进行验证。

关键词:最小相位系统;IIR 滤波器;零极点
中图分类号:TN911.72

文献标识码:A

文章编号:1008-0686(2013)05-0019-04

Discussion on Minimum Phase System in Digital Signal Processing

TAO Dan, CHEN Hou-jin

(School of Electronic and Information Engineering, Beijing Jiaotong University, Beijing 100044, China)

Abstract: Minimum phase system has important significance in theory and practice for digital signal processing. This paper discusses the concept and basic properties of minimum phase system. We also give the method of designing minimum phase system using FDATool in Matlab. Especially, by comparing a typical signal time-domain output waveforms via IIR filter and minimum phase system, we testify the important properties of the minimum phase system.

Keywords: minimum phase system; IIR filter; zero/pole point

最小相位系统在信号处理等相关领域应用广泛,如同态系统、因果稳定数字滤波器的设计、倒谱和倒滤波的计算和处理等。在现有“数字信号处理”课程教学环节中,主要集中于对最小相位系统本身定义及特性的抽象阐述,相关的教学案例和素材也极少。

为更深刻地了解最小相位系统特性及工作原理,本文利用 Matlab 中 FDATool 工具设计 IIR 滤波器和与之对应的最小相位系统,通过对比信号经过两个系统的时域波形变化,对最小相位系统的重要性质进行验证,以帮助学生对最小相位系统的理解。

1 最小相位系统定义与性质

1.1 定义

零极点都在 z 平面单位圆内的系统,称为最小相位系统,记作 H_{\min} ;类似地,零点有在 z 平面单位圆内也有在单位圆外的因果稳定系统,称为混合相位系统,记作 H ;零点全在 z 平面单位圆外的因果稳定系统,称为最大相位系统,记作 H_{\max} 。

从定义来看,最小相位系统一定是因果稳定系统。最小相位系统的冲激响应 $h(t)$ 称为最小相位序列。

收稿日期:2013-03-28;修回日期:2013-07-02 基金项目:国家级教改项目“通信工程专业综合改革试点建设项目”(No. 274021529),“自动化类专业综合改革试点建设项目”(No. 274001529),国家级电子信息与计算机实验中心建设项目(No. 274020529)。

作者简介:陶丹(1978-),女,博士,副教授,主要从事信号与信息处理与无线传感器网络教学与研究工作, E-mail: dtiao@bjtu.edu.cn
陈后金(1965-),男,博士,教授,主要从事数字信号与图像处理教学与研究工作, E-mail: hjchen@bjtu.edu.cn

第34卷 第1期
2012年2月

电气电子教学学报
JOURNAL OF EEE

Vol.34 No.1
Feb. 2012

线性相位 FIR 滤波器频域特性的教学探索

薛健, 陈后金, 胡健

(北京交通大学 电子信息工程学院, 北京 100044)

摘要:线性相位 FIR 滤波器的频域特性分析是“数字信号处理”课程中的一个重要内容。本文给出了一种与传统教材不同的线性相位 FIR 滤波器频率响应的分析方法。笔者以 I 型线性相位系统的频率响应为基础,证明了 II 型、III 型和 IV 型线性相位 FIR 滤波器的频率响应可表示为 I 型线性相位系统的频率响应与简单函数的乘积。该方法特点是分析过程简洁,突出了不同类型线性相位 FIR 滤波器频域特性,便于学生掌握线性相位 FIR 滤波器频域特性。

关键词:信号处理;教学研究;FIR 滤波器
中图分类号:TN911

文献标识码:A

文章编号:1008-0686(2012)01-0099-03

Teaching Exploration on Frequency Response of Linear Phase FIR Filters

XUE Jian, CHEN Hou-jin, HU Jian

(Beijing Jiao Tong University, School of Electronic and Information Engineering, Beijing 100044, China)

Abstract: A new derivation method of the frequency response of linear phase FIR filters is given. It is shown that the frequency response of type II, type III and type IV linear phase FIR filters can be written as the product of the frequency response of a type I linear phase FIR filter and a simple function. The derivation is simple and elegant, the results give emphasis to the frequency-domain properties of linear phase FIR filters. It is a help for students to learn the frequency-domain properties of linear phase FIR filters.

Keyword: signal processing; teaching research; FIR filter

0 引言

FIR 数字滤波器是指系统单位脉冲响应 $h[k]$ 仅在有限范围内有非零值的滤波器。 M 阶 FIR 数字滤波器的系统函数 $H(z)$ 可表示为

$$H(z) = \sum_{k=0}^M h[k]z^{-k} \quad (1)$$

由于 FIR 数字滤波器很容易设计成线性相位的滤波器,在实际中 FIR 滤波器有着广泛的应用。

线性相位 FIR 滤波器的频域特性,是“数字信号处理”课程中的一个重要内容。现有的教材在分析这个问题时采用了几乎相同的方法,即利用四种

线性相位 FIR 滤波器的时域对称特性,分别求出对应的频率响应,分析其频域特性。

本文给出了一种与传统教材不同的分析方法。该方法以 I 型线性相位系统的频率响应为基础,将其他三种类型线性相位系统的频率响应表示为 I 型线性相位系统的频率响应与一简单函数的乘积。该方法的特点是当 I 型线性相位 FIR 滤波器的频率响应给出后,可以很容易地推得其他类型线性相位 FIR 滤波器的频率响应。由于将 II 型、III 型和 IV 型线性相位 FIR 滤波器的幅度函数表示为 I 型线性相位系统的幅度函数与三角函数的积,可由幅度函数

收稿日期:2011-07-27;修回日期:2011-06-13

作者简介:薛健(1961-),男,博士,副教授,主要从事信号处理方向的教学与研究, E-mail: jxue@bjtu.edu.cn



课程教学内容

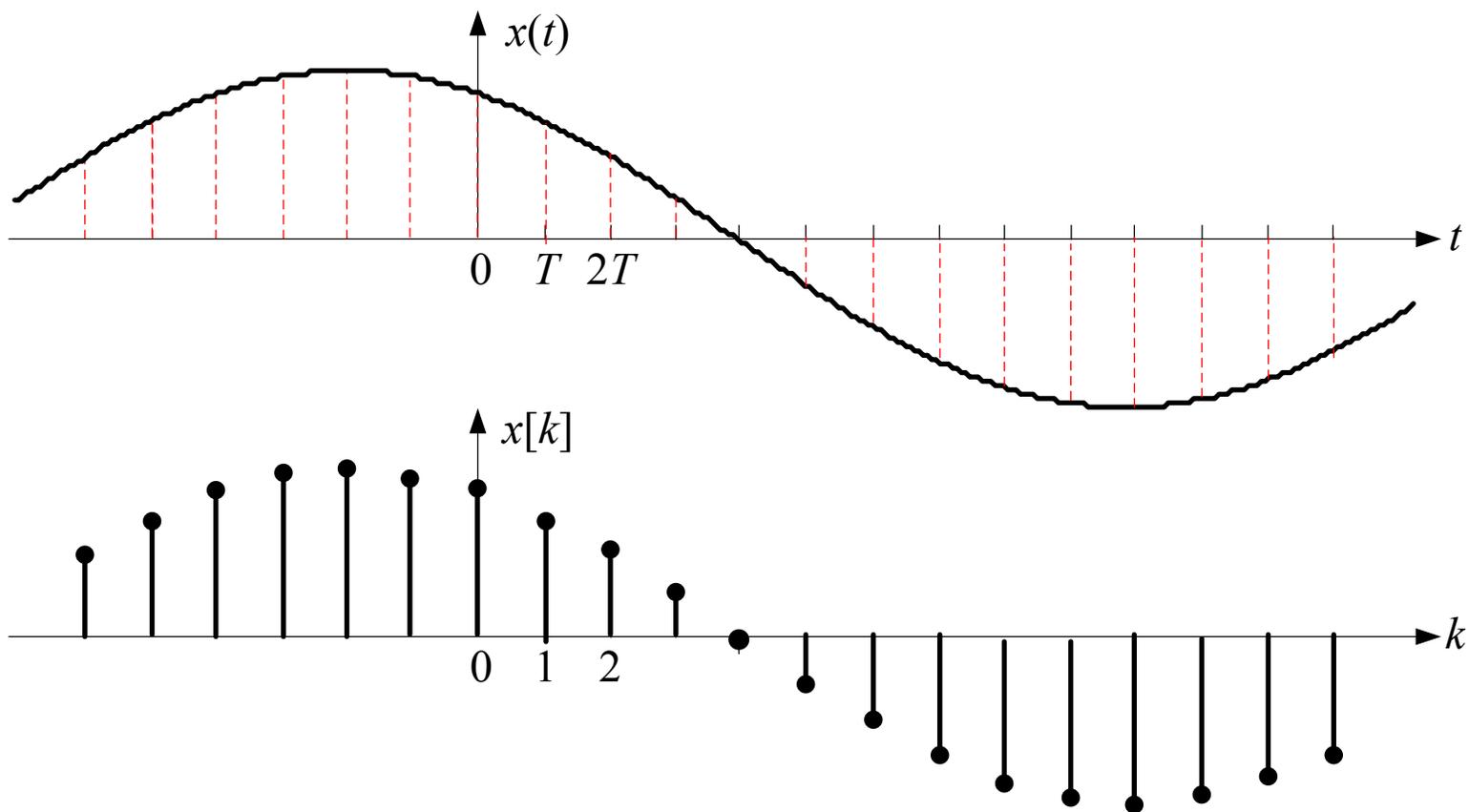
信号与系统

Signal and Systems

信号的时域抽样



信号的时域抽样

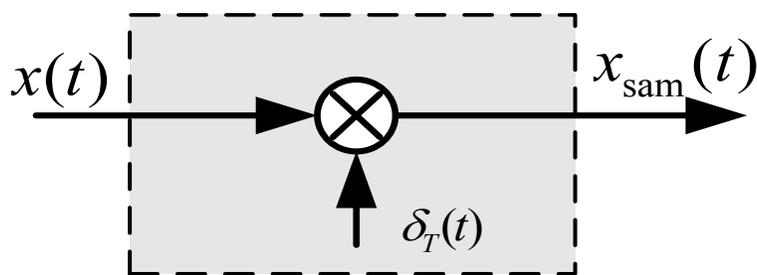


$$x[k] = x(t) \Big|_{t=kT}$$

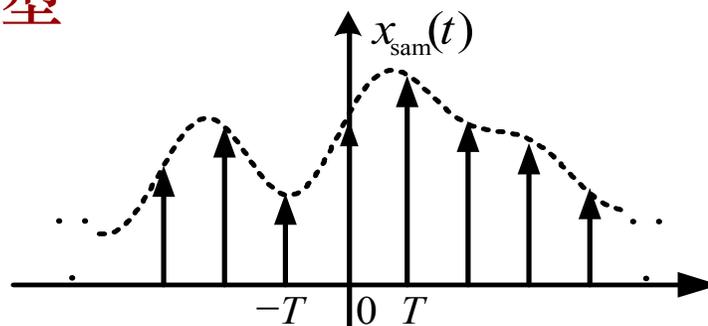


信号抽样的理论分析

传统模型

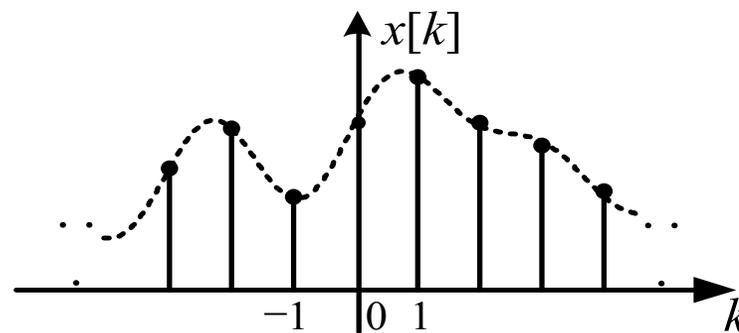
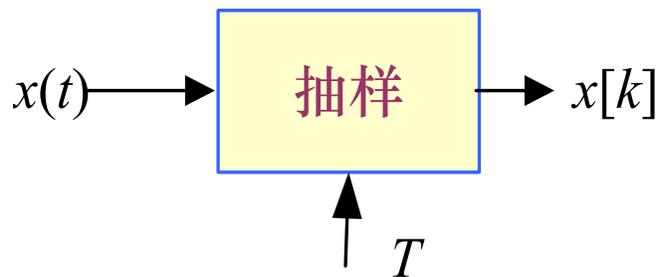


信号理想抽样模型



输入和输出都是连续时间信号

新模型



输入是连续时间信号，输出是离散时间信号



信号抽样的理论分析

时域抽样定理

如果：

$$x[k] = x(t) \Big|_{t=kT}$$

则有：

$$X(e^{j\Omega}) = \frac{1}{T} \sum_{n=-\infty}^{+\infty} X(j(\omega - n\omega_{\text{sam}})) \quad (\Omega = \omega T)$$

本质内容： 信号时域的离散化导致其频域的周期化



信号抽样的理论分析

带限信号（基带信号）

若带限信号 $x(t)$ 的最高角频率为 ω_m ，则在满足一定条件下，信号 $x(t)$ 可以用等间隔 T 的抽样值唯一表示。

抽样间隔 T 需满足：

$$f_{\text{sam}} \geq 2f_m \quad (\text{或 } \omega_{\text{sam}} \geq 2\omega_m)$$

$f_{\text{sam}} = 2f_m$ 为最小抽样频率，称为Nyquist Rate.



课程教学内容

数字信号处理

Digital Signal Processing

FFT算法中的对称之美



FFT算法中的对称之美

基2-时间抽取与频率抽取之间的对称

基2时间抽取FFT
频域合成

$$\begin{bmatrix} X[m] \\ X[m + N/2] \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 1 \\ 1 & -1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} W_N^0 & 0 \\ 0 & W_N^m \end{bmatrix} \begin{bmatrix} X_1[m] \\ X_2[m] \end{bmatrix}$$

基2频率抽取FFT
时域分解

$$\begin{bmatrix} x_1[k] \\ x_2[k] \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} W_N^0 & 0 \\ 0 & W_N^k \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 & 1 \\ 1 & -1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x[k] \\ x[k + N/2] \end{bmatrix}$$



FFT算法中的对称之美

基4-时间抽取与频率抽取之间的对称

基4时间抽取
FFT频域合成

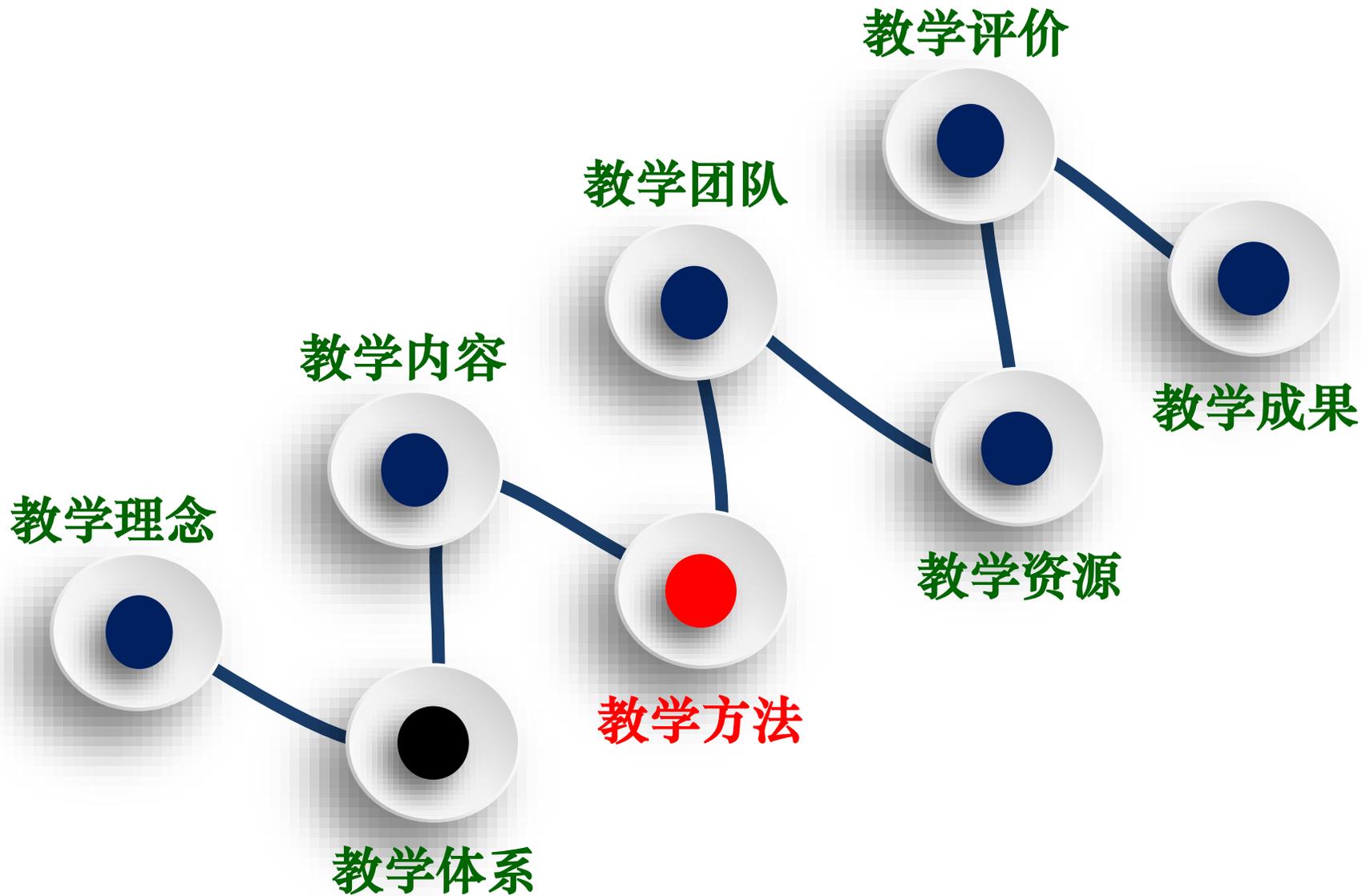
$$\begin{bmatrix} X[m] \\ X[m + N/4] \\ X[m + 2N/4] \\ X[m + 3N/4] \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & -j & -1 & j \\ 1 & -1 & 1 & -1 \\ 1 & j & -1 & -j \end{bmatrix} \begin{bmatrix} W_N^0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & W_N^m & 0 & 0 \\ 0 & 0 & W_N^{2m} & 0 \\ 0 & 0 & 0 & W_N^{3m} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} X_1[m] \\ X_2[m] \\ X_3[m] \\ X_4[m] \end{bmatrix}$$

基4频率抽取
FFT时域分解

$$\begin{bmatrix} x_1[k] \\ x_2[k] \\ x_3[k] \\ x_4[k] \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} W_N^0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & W_N^k & 0 & 0 \\ 0 & 0 & W_N^{2k} & 0 \\ 0 & 0 & 0 & W_N^{3k} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & -j & -1 & j \\ 1 & -1 & 1 & -1 \\ 1 & j & -1 & -j \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x[k] \\ x[k + N/4] \\ x[k + 2N/4] \\ x[k + 3N/4] \end{bmatrix}$$



金课建设路径





课程教学方法

教学有法而无定法，贵在得法。没有任何教学方法是全能，各种教学方法都具有不可替代性。

教学的重点应是 “为什么” 以及 “做什么”，其次才是 “是什么”。教师要以自己的学识讲解相关知识的来龙去脉，讲解为什么要引入此知识，其本质内容是什么，在应用中存在哪些工程局限等。



课程教学方法

- ※ 为什么介绍基本信号与基本运算
- ※ 为什么时域信号表示为冲激信号
- ※ 为什么引入四种信号的频域分析
- ※ 为什么进行连续时间信号的抽样
- ※ 为什么引入信号的s域与z域分析
- ※ 为什么介绍最小相位与全通系统
- ※ 为什么引入离散傅立叶变换DFT
- ※ 为什么分析FFT算法原理与结构
- ※ 为什么由低通AF设计任意IIR-DF
- ※ 为什么介绍信号抽样速率的转换
- ※ 为什么连续信号表示为小波信号



课程教学案例

| 序号 | 教学案例名称 |
|----|---------------------|
| 1 | 回声的产生与消除的应用案例 |
| 2 | 药物代谢动力学分析的应用案例 |
| 3 | 听音识曲系统设计的应用案例 |
| 4 | 音乐电子记谱与音效的应用案例 |
| 5 | 信号时域抽样与重建的应用案例 |
| 6 | 雷达测距系统建模分析的应用案例 |
| 7 | 全通与最小相位系统的应用案例 |
| 8 | FFT 在通信OFDM中的应用案例 |
| 9 | DFT在轨道信号识别中的应用案例 |
| 10 | IIR DF在脉搏信号分析中的应用案例 |
| 11 | 信号抽样速率分数倍转换的应用案例 |
| 12 | 基于小波变换的信号去噪的应用案例 |





课程教学方法

- ◆ 明晰课堂的教学目标
- ◆ 站在学生的角度备课
- ◆ 深刻领会教学的内容
- ◆ 利用多媒体教学资源

教学形式服务于教学内容



课程教学方法

※ 开篇承上启下

※ 重点反复强调

※ 难点举重若轻

※ 方式恰到好处

※ 语调富有节奏

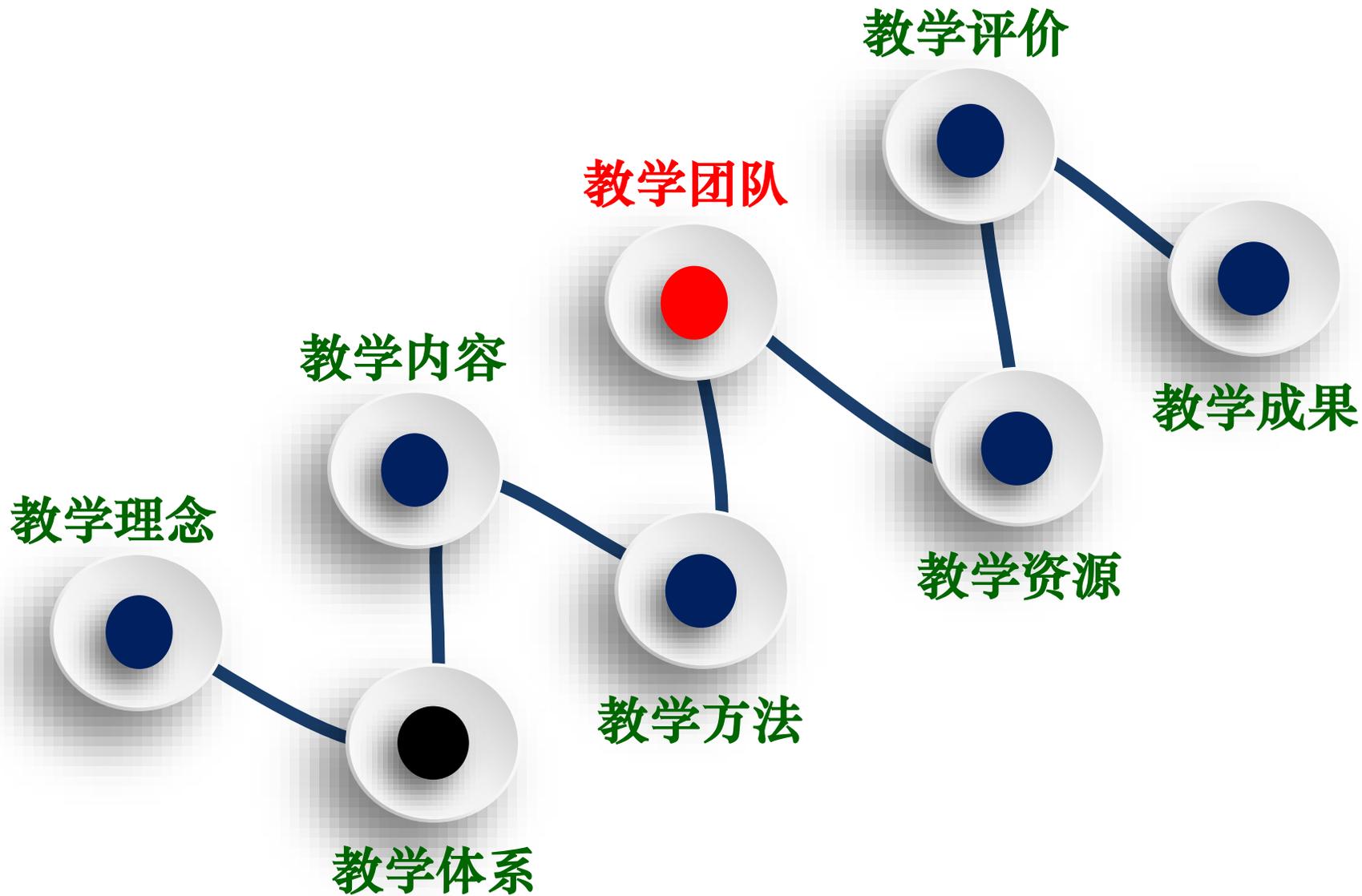
※ 互动心领神会

安静的课堂

热闹的课堂



金课建设路径





课程教学团队

金课建设的核心要素是**人**，学术水平高、教学能力强的教师是前提，教学团队是课程建设可持续发展的基础。

提出“**人事相宜**”的队伍建设理念，通过**学术研究和课程建设**的协同，不断提升教师的**学术水平和教学能力**，体现事业发展与教师成长的协同推进。



课程教学团队

青年教师队伍“六要素”的建设理念

以贡献促进步

- ※ 明确一个方向
- ※ 融入一个团队
- ※ 讲好一门课程
- ※ 做好一个课题
- ※ 写好一篇论文
- ※ 展现一个特长

以作为求发展



课程教学团队

教师队伍“三结合”的建设机制

- 理论教学与实验教学相结合
- 教学研究与科学研究相结合
- 课程建设与专业建设相结合



课程教学团队

- 主干课程群（理论课程、实验课程、实践课程）都设置相对稳定的**课程组**，保证课程建设的**持续性**。
- 课程教学面向**全院开放**，吸收学科领域的优秀教师参与课程教学与改革，以保证课程建设的**先进性**。
- 鼓励不同**学科背景**的教师参与课程教学与建设，通过科教融合和学科交叉，促进课程教学的**多元性**。



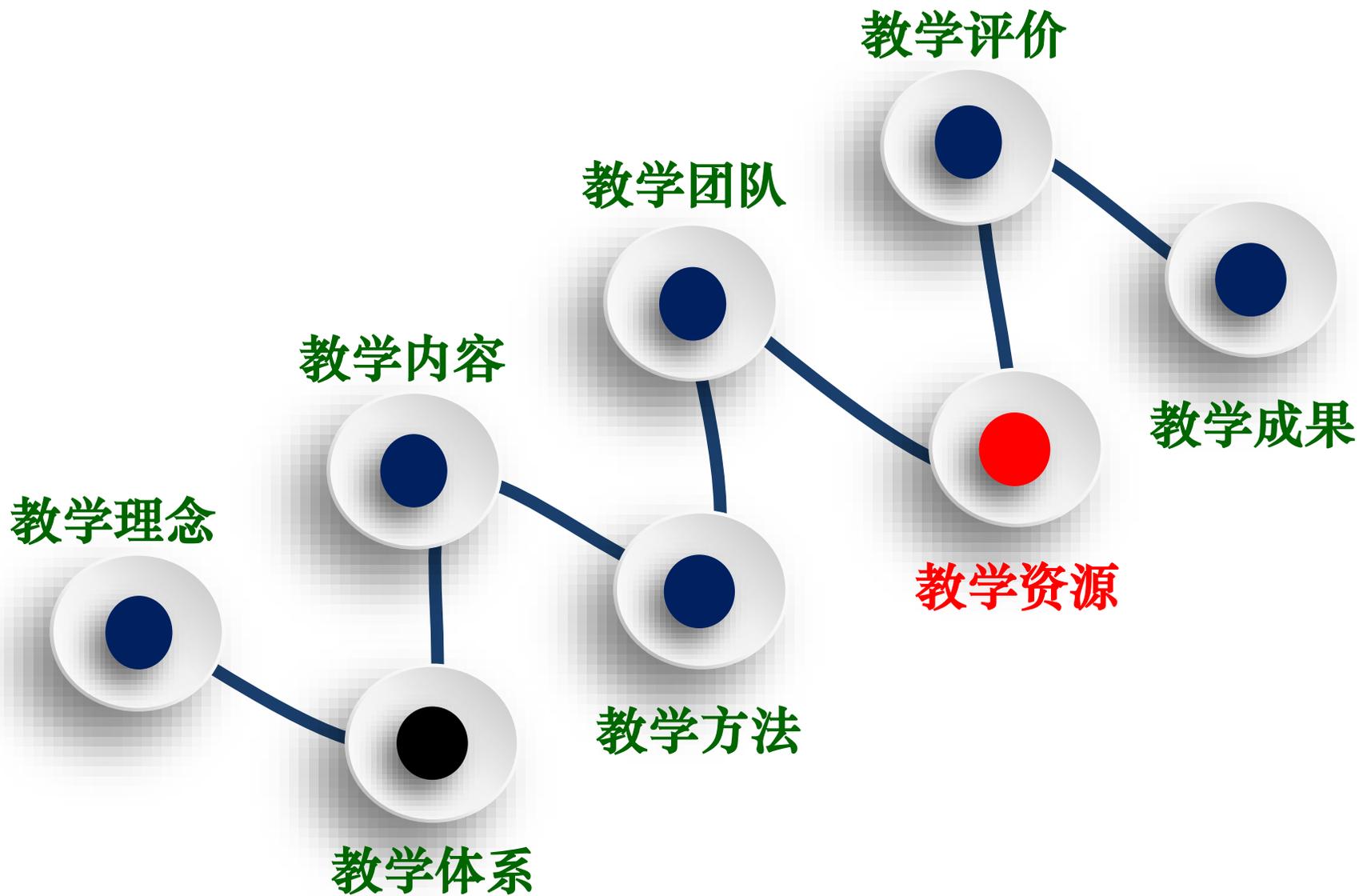
课程教学团队

- ※ 国家“万人计划”**教学名师**
- ※ 国家级教学名师
- ※ 全国优秀教师
- ※ 北京市教学名师5名
- ※ 宝钢优秀教师特等奖
- ※ 宝钢优秀教师奖3人
- ※ 国家级电工电子**教学团队**





金课建设路径





课程教学资源



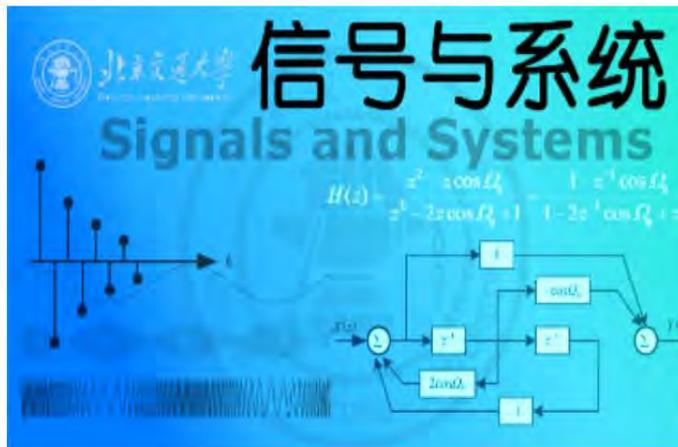
北京交通大学
BEIJING JIAOTONG UNIVERSITY

中国大学MOOC

<http://www.icourse163.org/>

信号与系统

你想知道现代通信背后的原理是什么吗？你想知道现代控制背后的原理是什么吗？你想知道信息处理背后的原理是什么吗？请跟随北京交通大学国家级教学名师陈后金教授走进“信号与系统”，他将以独特的视角讲述信号与系统课程的教学内涵，与大家一起领略信号与系统那精彩纷呈环环相扣的篇章。



课程概述

信号与系统课程是电子信息类专业本科生必选的学科基础课程。本课程主要讨论确定性信号的时域分析和变换域分析，线性时不变系统的描述与特性，以及信号通过线性时不变系统的时域分析与变换域分析，重点建立信号表示与系统描述的基本概念。简要介绍信号与系统的基本理论在轨道交通、通信系统和生物系统中的应用。

北京交通大学信号与系统MOOC由国家级电工电子教学团队信号处理课程组全体教师精心打造，国家级教学名师陈后金教授主讲。课程包括信号与系统分
析导论、信号的时域分析、系统的时域分析、信号的频域分析、系统的频域分析、连续信号与系统的复频域分析、离散信号与系统的复频域分析、系统的状态
变量分析八章内容及课程总结，共计93个视频，每个视频约10分钟左右，视频累计约20小时。

北京交通大学信号与系统课程2003被评为首批国家精品课程，2007被评为首批国家双语教学示范课程，2010被评为国家精品网络课程，2012年被评为国家精品资源共享课程。在课程建设中，面向电气信息大类学科规划学科基础课群，体现了“厚理博术、知行相成”的教学理念。新的电气信息类学科基础课程
体系由“电子电路、电磁场、信号处理”三大课群构成，如图1所示。

第2次开课

课程已进行至

5/17周

开课：3月1日 10:00

结束：6月27日 00:00

立即参加

同意中国大学MOOC平台协议 [查看协议](#)

课程信息



课程教学资源

中国大学MOOC

课程

名校

学·问

客户端

搜索感兴趣的课程



我的课程

我的学校云



中国大学MOOC

<http://www.icourse163.org/>

数字信号处理

我是老师

没有信息化就没有现代化，而数字化是信息化的基础，数字信号处理正是阐述了信号分析与处理的数字化技术。数字化技术正改变着我们的世界，并将进一步影响着我们的未来。在当今数字化与信息化的时代，让我们通过数字信号处理课程，一起去探究数字化技术的内涵，领略数字化技术的精彩。



课程概述

数字信号处理课程是电子信息类专业本科生必选的学科基础课程。本课程以离散信号和系统分析为理论基础，主要讨论离散Fourier变换(DFT)及其应用，快速Fourier变换算法，IIR数字滤波器设计，FIR数字滤波器设计，数字滤波器实现，多速率信号简介，小波分析简介，以及数字信号处理的应用。

北京交通大学数字信号处理课程是校级优质课程，2013入选国家级英语授课品牌课程。陈后金教授主编的数字信号处理（第2版）、高等教育出版社出版2009被评为国家精品教材。在课程建设中，面向电气信息大类学科规划学科基础课群，体现了“厚理博术、知行相成”的教学理念。新的电气信息类学科基础课程体系由“电子电路、电磁场、信号处理”三大课群构成，如图1所示。

根据信号处理课群的特点进行整体优化，重新规划其理论与实验课程的教学体系，如图2所示，其体现了原理、技术和应用的有机结合。

第1次开课

课程已进行至

1/18周

开课：2月28日 10:00

结束：6月30日 20:00

已参加，进入学习



课程教学资源



主机位



板书机位



全景机位

基2时间抽取FFT算法原理

短序列DFT合成长序列DFT

$$\begin{bmatrix} X[m] \\ X[m + N/2] \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 1 \\ 1 & -1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} W_N^0 & 0 \\ 0 & W_N^m \end{bmatrix} \begin{bmatrix} X_1[m] \\ X_2[m] \end{bmatrix}$$

时域到频域

$$\begin{bmatrix} X[0] \\ X[1] \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 1 \\ 1 & -1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x[0] \\ x[1] \end{bmatrix}$$

为后面实现DFT的流图能够统一表示奠定了基础

PPT录屏



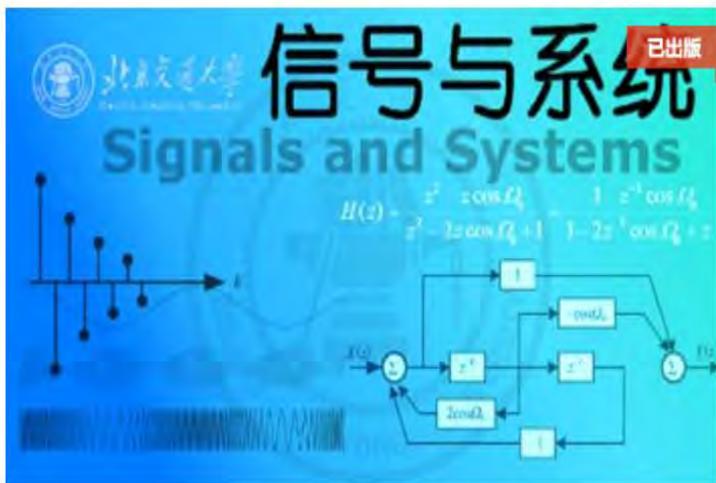
课程教学资源



数字课程



<http://icc.hep.com.cn/loadShowHome.action?courseInfoId=5000000664>



信号与系统

登录

ISBN : 978-7-89510-097-8

主编：陈后金

编者：陈后金 胡健 黄琳琳 薛健 陶丹 周航 李居朋 彭亚辉 李艳凤 钱满义

编者单位：北京交通大学

出版时间：2018-06

出版单位：高等教育出版社 高等教育电子音像出版社

ISBN 978-7-89510-097-8



9 787895 1100978 >



信号与系统课程是电子信息类专业本科生必选的学科基础课程。本课程主要讨论确定性信号的时域分析和变换域分析，线性时不变系统的描述与特性，以及信号通过线性时不变系统的时域分析与变换域分析，重点建立信号表示与系统描述的基本概念。简要介绍信号与系统的基本理论在轨道交通、通信系统和生物系统中的应用。

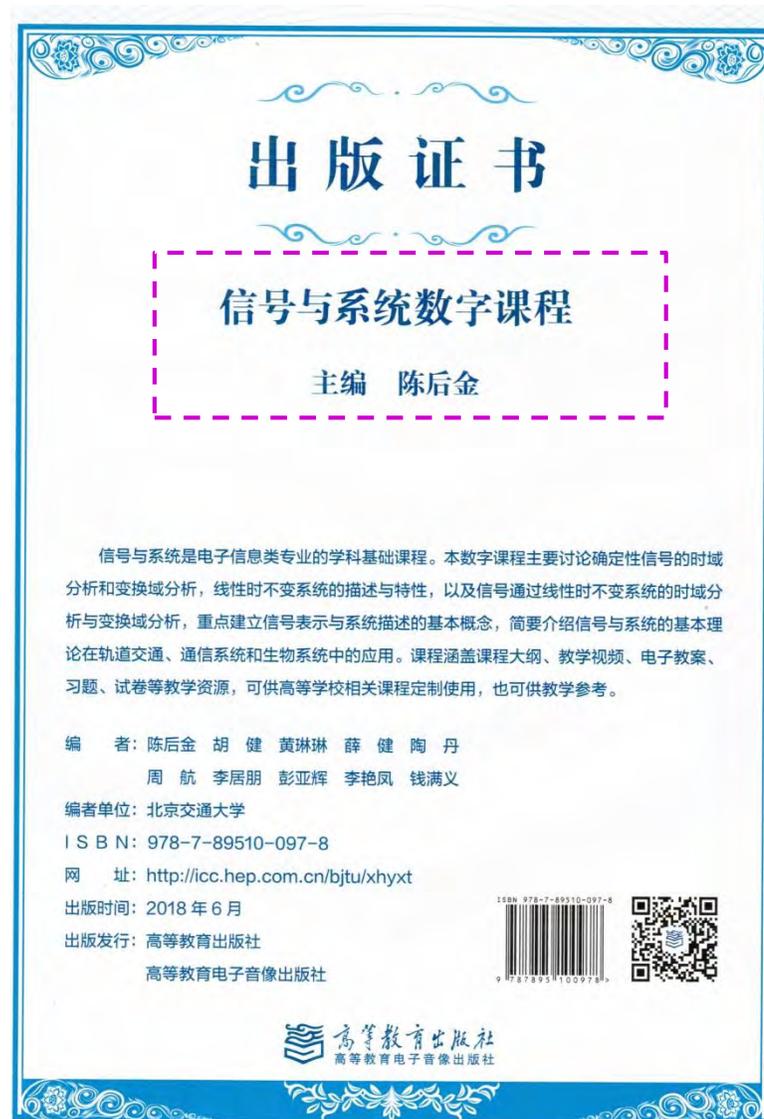
北京交通大学信号与系统课程由国家级电工电子教学团队信号处理课程组全体教师精心打造，国家级教学名师陈后金教授主讲。课程包括信号与系统分析导论、信号的时域分析、系统的时域分析、信号的频域分析、系统的频域分析、连续信号与系统的复频域分析、离散信号与系统的复频域分析、系统的状态变量分析8章内容及课程总结，共计93个视频，每个视频约10分钟左右，视频累计约120小时。



课程教学资源

数字课程--课程内容

- ◆课程主页
- ◆课程信息
- ◆课程公告
- ◆教学日历
- ◆答疑讨论
- ◆学习档案
- ◆教学视频
- ◆电子教案
- ◆各章导学
- ◆课前思考
- ◆各章作业
- ◆各章自测





课程教学资源

数字课程--各章导学



信号与系统

我的位置：第1章 信号与系统分析导论

| | |
|-------------------|---|
| 关于课程 | > |
| 课程公告 | |
| 教学日历 | |
| 第1章 信号与系统分析导论 | > |
| 第2章 信号的时域分析 | > |
| 第3章 系统的时域分析 | > |
| 第4章 信号的频域分析 | > |
| 第5章 系统的频域分析 | > |
| 第6章 连续信号与系统的复频域分析 | > |
| 第7章 离散信号与系统的复频域分析 | > |
| 第8章 系统的状态变量分析 | > |
| 总结 | |
| 答疑讨论 | |
| 学习档案 | |

本章导学 (第1章)

课前思考 (第1章)

本章导学

第1章 信号与系统分析导论

内容提要:

本章介绍信号的基本概念以及信号的分类与特性,介绍系统的基本概念以及系统的分类与特性,在此基础上介绍信号与系统分析的基本内容和方法。

本章重点:

- (1) 确定信号,包括连续时间信号和离散时间信号、周期信号和非周期信号、能量信号和功率信号的特性。
- (2) 线性非时变系统的特性。

本章难点:

线性非时变系统的判断。

教学目标:

- (1) 掌握信号的定义及分类。
- (2) 掌握系统的描述、分类及特性。
- (3) 重点掌握确定信号及线性时不变系统的特性。
- (4) 了解信号与系统的基本内容 and 应用领域。



课程教学资源

数字课程--各章课前思考



信号与系统



我的位置：第4章 信号的频域分析

| | |
|-------------------|---|
| 关于课程 | > |
| 课程公告 | |
| 教学日历 | |
| 第1章 信号与系统分析导论 | > |
| 第2章 信号的时域分析 | > |
| 第3章 系统的时域分析 | > |
| 第4章 信号的频域分析 | > |
| 第5章 系统的频域分析 | > |
| 第6章 连续信号与系统的复频域分析 | > |
| 第7章 离散信号与系统的复频域分析 | > |
| 第8章 系统的状态变量分析 | > |
| 总结 | |
| 答疑讨论 | |
| 学习档案 | |

本章导学 (第4章)

课前思考 (第4章)

课前思考

第4章 信号的频域分析

- (1) 为什么引入信号的频域分析？信号和系统的时域分析有什么局限性？
- (2) 示波器上看到的矩形波是什么样的波形？
- (3) 什么是连续周期信号、连续非周期信号、离散周期信号、离散非周期信号的频谱？各有什么特点？
- (4) 男生和女生的声音有什么区别？
- (5) 连续周期信号、连续非周期信号、离散周期信号、离散非周期信号这四类信号的时域和频域都有哪些对应关系？
- (6) 如何计算连续非周期信号的频谱？
- (7) 信号时域抽样定理的本质内容是什么？
- (8) 非带限信号如何抽样？
- (9) 如何分析窄带高频信号的抽样？



课程教学资源

数字课程--各知识点视频

ICC 信号与系统

我的位置：第2章 信号的时域分析>2-0信号的时域分析

- 关于课程 >
- 课程公告
- 教学日历
- 第1章 信号与系统分析导论 >
- 第2章 信号的时域分析 v
 - 2-0信号的时域分析
 - 2-1连续时间的基本信号(1)
 - 2-2连续时间的基本信号(2)
 - 2-3连续时间信号的基本运算(1)
 - 2-4连续时间信号的基本运算(2)
 - 2-5离散时间基本信号
 - 2-6离散时间信号的基本运算
 - 2-7信号的基本分解
 - 2-8信号的时域分析举例
 - 2-9信号时域分析的MATLAB实现
 - 本章作业
 - 本章自测
- 第3章 系统的时域分析 >
- 第4章 信号的频域分析 >
- 第5章 系统的频域分析 >
- 第6章 连续信号与系统的复频域分析 >

Video

浏览资源： 2-0信号的时域分析 ；

学习要求： 无

学习记录： 您已浏览1/1资源。



课程教学资源

数字课程--知识点电子教案

ICC 信号与系统

我的位置：第5章 系统的频域分析 > 5-1 连续时间LTI系统的频域描述

- 关于课程
- 课程公告
- 教学日历
- 第1章 信号与系统分析导论
- 第2章 信号的时域分析
- 第3章 系统的时域分析
- 第4章 信号的频域分析
- 第5章 系统的频域分析
 - 5-1 连续时间LTI系统的频域描述
 - 5-2 连续LTI系统频率响应的计算方法
 - 5-3 连续时间LTI系统响应的频域分析
 - 5-4 无失真传输系统
 - 5-5 理想模拟滤波器
 - 5-6 离散时间LTI系统的频域描述
 - 5-7 离散时间LTI系统响应的频域分析
 - 5-8 理想数字滤波器
 - 5-9 连续时间信号的幅度调制与解调
 - 5-10 系统频域分析举例
 - 5-11 利用MATLAB计算系统的频率...
- 本章作业
- 本章自测

浏览资源： ssch5_1连续时间LTI系统的频域描述 ;

学习要求： 无

学习记录： 您已浏览1/1资源。

126% 3 / 15

为什么进行系统的频域分析？

受噪声干扰的信号 

信号去噪

系统1处理(滤波)后的结果 

系统2处理(滤波)后的结果 

系统3处理(滤波)后的结果 



课程教学资源



信号与系统

数字课程--各章作业题

我的位置：第2章 信号的时域分析>本章作业

| | |
|----------------------|---|
| 关于课程 | > |
| 课程公告 | |
| 教学日历 | |
| 第1章 信号与系统分析导论 | > |
| 第2章 信号的时域分析 | ▼ |
| 2-0信号的时域分析 | |
| 2-1连续时间的基本信号（1） | |
| 2-2连续时间的基本信号（2） | |
| 2-3连续时间信号的基本运算（1） | |
| 2-4连续时间信号的基本运算（2） | |
| 2-5离散时间基本信号 | |
| 2-6离散时间信号的基本运算 | |
| 2-7信号的基本分解 | |
| 2-8信号的时域分析举例 | |
| 2-9信号时域分析的MATLAB实现 | |
| 本章作业 | |
| 本章自测 | |
| 第3章 系统的时域分析 | > |
| 第4章 信号的频域分析 | > |
| 第5章 系统的频域分析 | > |
| 第6章 连续信号与系统的复频域分析 | > |

作业标题： 第2章 作业题

作业描述： 无

开始时间： 2018年01月26日 16:04:03

结束时间： 2070年02月26日 16:04:03

作业总分： 100分

作业情况： 离提交截止时间还有18908天，请尽快提交作业！

1. (问答题) 利用冲激信号的性质计算下列各式。

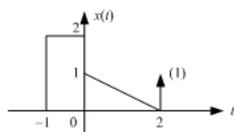
(1) $\sin t \cdot \delta(t - \frac{\pi}{2})$ (2) $\int_{-\infty}^{\infty} \delta(t-2)e^{-2t}u(t)dt$

(3) $\int_{-4}^3 e^{-t} \cdot \delta(t-6)dt$ (4) $(t+2)\delta(2-2t)$

H1
↶ ↷ ↺ ↻ ↵ ↶ ↷ ↺ ↻ ↵ ↶ ↷ ↺ ↻ ↵
A B I U
ABC
☺ ☹

2. (问答题) 已知信号 $x(t)$ 的波形如图题 2 图所示，绘出下列信号的波形。

- (1) $x(-2t-5)$;
- (2) $x(t)+u(t)$;
- (3) $x(t)u(1-t)$;
- (4) $x'(t)$ 。



题 2 图



课程教学资源



信号与系统 数字课程--各章自测题

我的位置：学生自测>做自测

| | |
|---------------------|---|
| 关于课程 | > |
| 课程公告 | |
| 教学日历 | |
| 第1章 信号与系统分析导论 | > |
| 第2章 信号的时域分析 | > |
| 第3章 系统的时域分析 | > |
| 第4章 信号的频域分析 | ∨ |
| 4-1 为何引入信号的频域分析 | |
| 4-2 连续周期信号的频域表示 | |
| 4-3 连续周期信号的频谱 | |
| 4-4 连续傅里叶级数的性质 | |
| 4-5 连续非周期信号的频域表示 | |
| 4-6 典型连续非周期信号的频谱 | |
| 4-7 连续时间傅里叶变换的性质(1) | |
| 4-8 连续时间傅里叶变换的性质(2) | |
| 4-9 连续时间傅里叶变换的性质(3) | |
| 4-10 连续信号频域分析的应用举例 | |
| 4-11 离散周期信号的频域表示 | |
| 4-12 离散傅里叶级数的性质 | |
| 4-13 离散非周期信号的频域表示 | |
| 4-14 离散时间傅里叶变换的性质 | |

自测标题： 第4章 信号的频域分析自测题

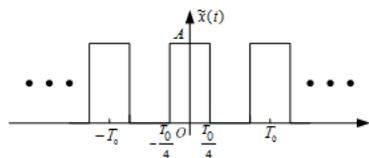
自测描述： 无

自测起止时间： 2018-01-26 16:48:41 —

答题次数： 无限制

答题时间： 不限

1. 某连续周期信号如题 1 图所示，该信号的频谱成分有 ()



题 1 图

(单选题)

- A. 直流、各次谐波的余弦分量
- B. 直流、各次谐波的正弦分量
- C. 直流、奇次谐波的正弦分量
- D. 直流、奇次谐波的余弦分量

您的答案： _____

2. (单选题)

关于连续周期信号频谱的特性，正确的说法是

- A. 具有离散特性，但不具有幅度衰减特性。



课程教学资源



数字课程



<http://icc.hep.com.cn/loadShowHome.action?courseInfoId=5000001356>



数字信号处理

ISBN : 978-7-89510-176-0

陈后金 胡健 黄琳琳 薛健 陶丹 李艳凤 周航 李居朋 彭亚辉 钱满义

编者单位：北京交通大学

出版时间：2018-09

出版单位：高等教育出版社 高等教育电子音像出版社

ISBN 978-7-89510-176-0



登录

数字信号处理课程是电子信息类专业本科生必选的学科基础课程。本课程以离散信号和系统分析为理论基础，主要讨论离散Fourier变换(DFT)及其应用、快速Fourier变换算法、IIR数字滤波器设计、FIR数字滤波器设计、数字滤波器实现、多速率信号简介、小波分析简介，以及数字信号处理的应用。

北京交通大学数字信号处理课程是校级优质课程，2013入选国家级英语授课品牌课程。陈后金教授主编的数字信号处理（第3版）由高等教育出版社出版，2009被评为国家精品教材。

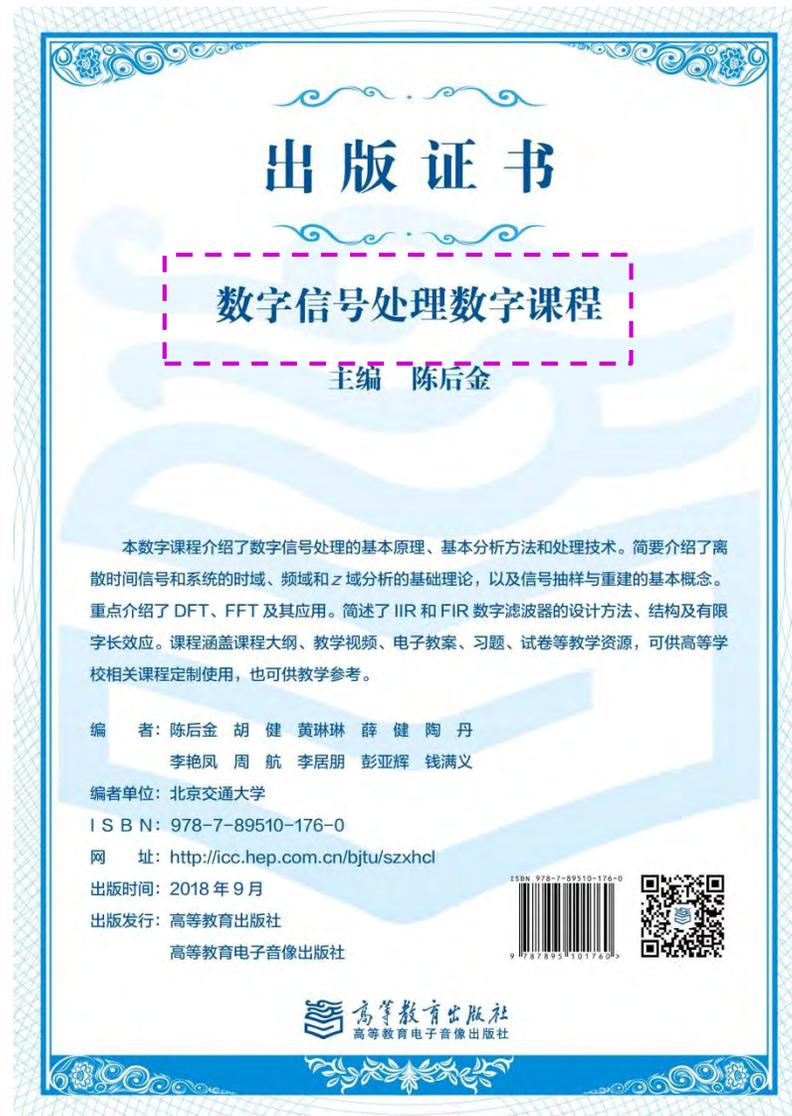
“数字信号处理”涉及数字信号分析和数字滤波器设计。DFT是实现信号数字化分析的核心技术，FFT是提高DFT运算效率的重要算法。信号分析是信号处理的基础，而数字滤波器设



课程教学资源

数字课程--课程内容

- ◆课程主页
- ◆课程信息
- ◆课程公告
- ◆教学日历
- ◆答疑讨论
- ◆学习档案
- ◆教学视频
- ◆电子教案
- ◆各章导学
- ◆课前思考
- ◆各章作业
- ◆各章自测





课程教学资源

科教融合、校企联合、虚实结合

- 国家级电工电子实验中心（专业基础）
- 国家级电子信息与计算机实验中心（专业综合）
- 国家级轨道交通虚拟仿真实验中心（虚实结合）
- 国家级工程实践教育中心（校企共建）
- 北京市高校示范性校内创新实践基地



课程教学资源





课程教学资源

国家级电工电子实验教学中心





课程教学资源

国家级电子信息实验教学中心





课程教学资源

国家级轨道交通虚拟仿真实验中心





课程教学资源

国家级工程实践教育中心





现代信息技术+实验教学系统

轨道交通列车运行控制**虚拟现实(VR)**虚拟仿真实验

※ 应答器传输系统虚拟现实VR实验教学系统

※ 计轴器虚拟现实VR实验教学系统

※ 电动转辙机虚拟现实VR实验教学系统

※ 铁路信号安全案例教育虚拟现实VR实验教学系统



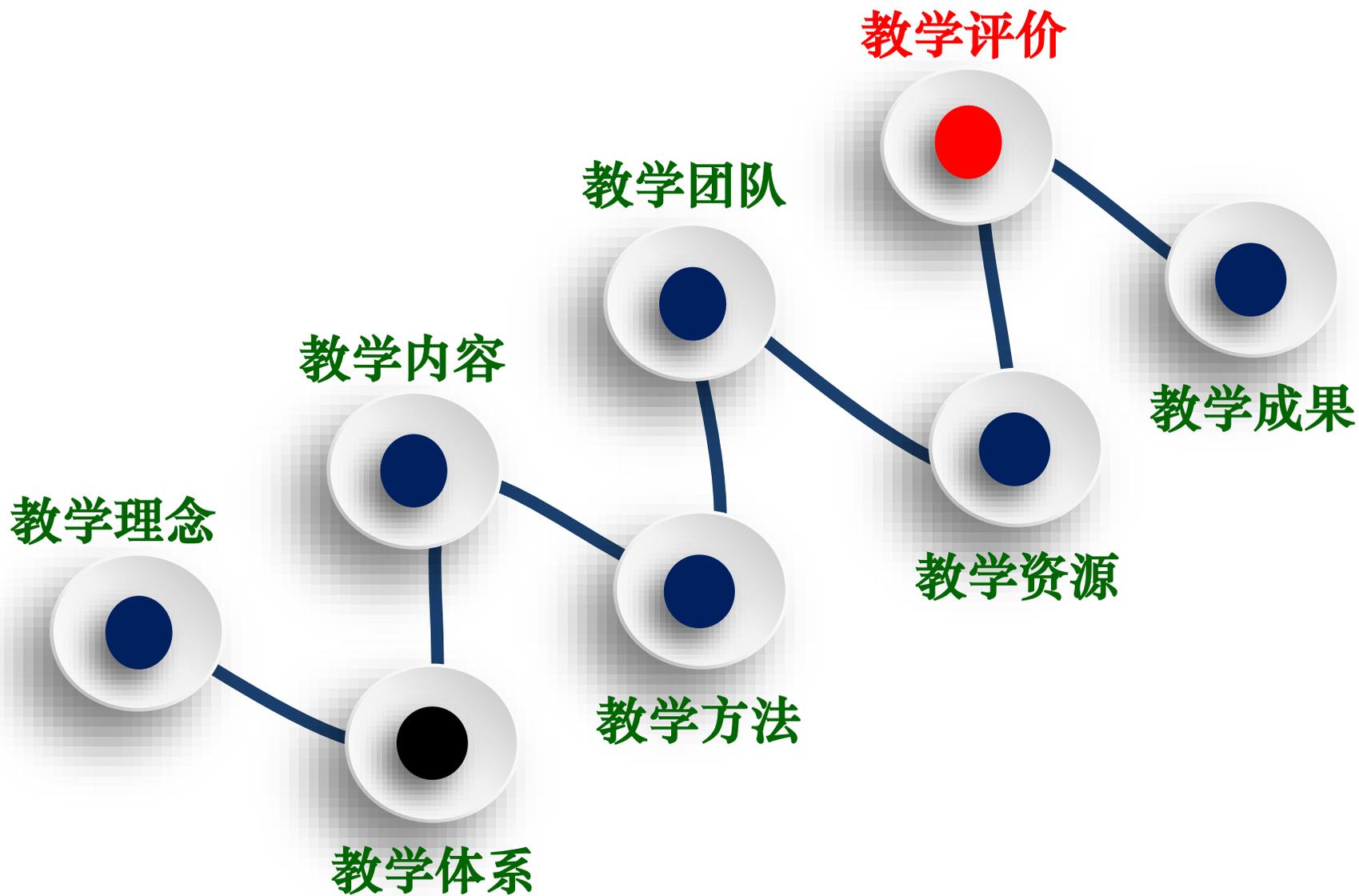
现代信息技术+实验教学系统

应答器传输系统虚拟现实(VR)实验

| | 实验名称 | 课时 |
|-----|-------------------------|-----|
| 实验一 | 应答器传输模块 (BTM) 设备认知与组装实验 | 2课时 |
| 实验二 | 地面电子单元 (LEU) 设备认知与组装实验 | 2课时 |
| 实验三 | 地面应答器认知与安装实验 | 2课时 |
| 实验四 | 车载天线认知与安装实验 | 2课时 |
| 实验五 | 地面应答器布置实验 | 2课时 |
| 实验六 | 应答器A接口信号传输实验 | 2课时 |
| 实验七 | 应答器C接口信号传输实验 | 2课时 |
| 实验八 | 动态场景下应答器接口传输实验 | 2课时 |
| 实验九 | 应答器故障分析与处理实验 | 2课时 |



金课建设路径





课程教学评价

学生中心，成果导向，持续改进

评价主体

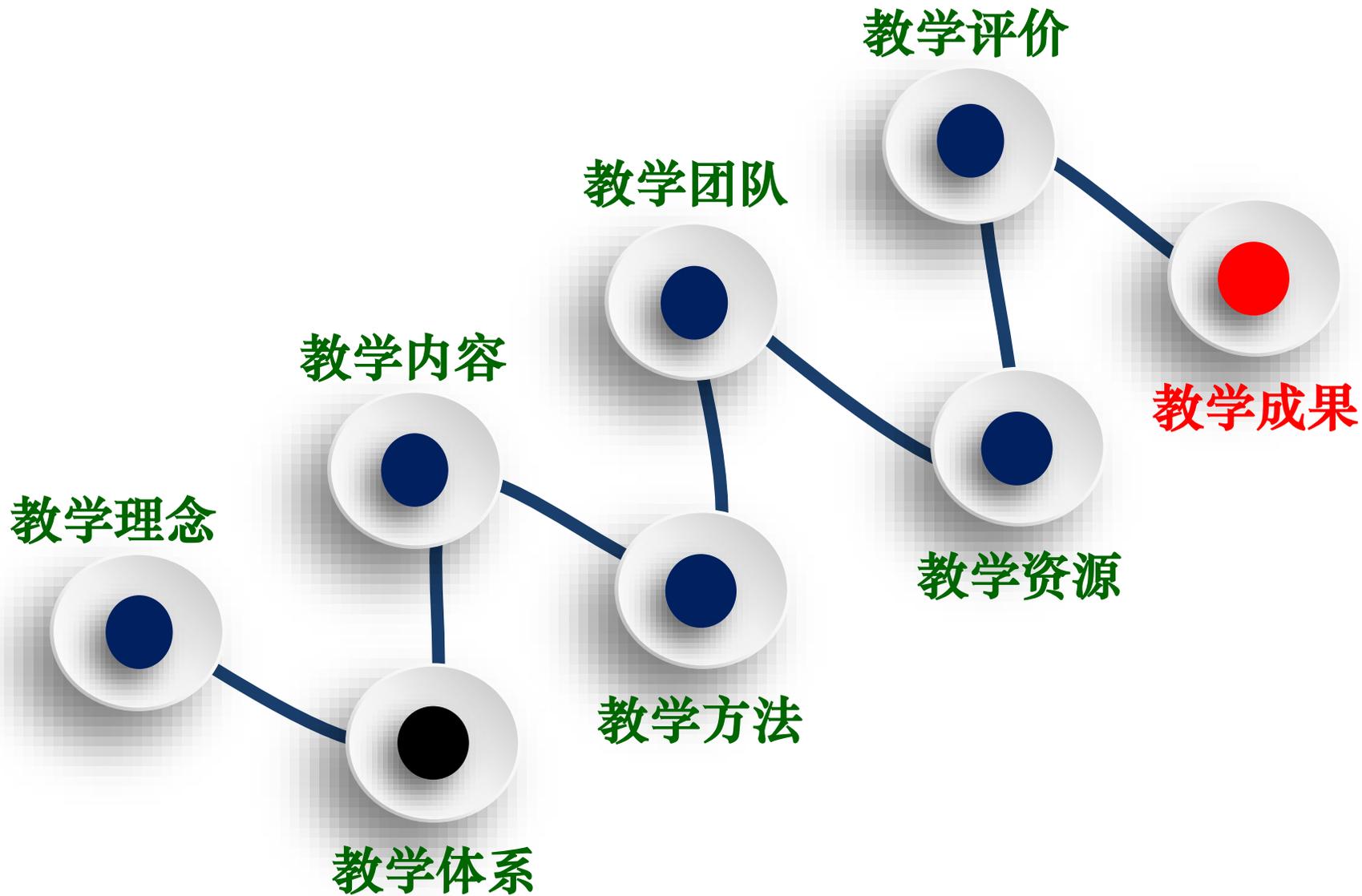
- ※ 学生评价
- ※ 教师评价
- ※ 督导评价
- ※ 同行评价

评价方式

- ※ 主观评价
- ※ 客观评价
- ※ 评价规则
- ※ 评价体系



金课建设路径





课程建设成果





课程教学成果

- ※ 国家精品在线课
- ※ 国家级精品课程
- ※ 国家精品资源课
- ※ 国家视频公开课
- ※ 国家双语示范课
- ※ 国家英文品牌课
- ※ 国家级规划教材
- ※ 国家级精品教材
- ※ 国家级教学团队
- ※ 国家级教学平台
- ※ 国家级教学成果

金课

线下金课

线上金课

混合金课



课程教学成果



中华人民共和国教育部
教育部公布2013年度国家精品课程名单的通知

附件：2013年度国家精品课程名单

| 序号 | 名称 | 负责人 | 所属学校 |
|----|---------|-----|------|
| 1 | 《中国文学史》 | 袁行霈 | 北京大学 |
| 2 | 《中国思想史》 | 袁行霈 | 北京大学 |
| 3 | 《中国哲学史》 | 袁行霈 | 北京大学 |
| 4 | 《中国历史》 | 袁行霈 | 北京大学 |
| 5 | 《中国地理》 | 袁行霈 | 北京大学 |
| 6 | 《中国政治》 | 袁行霈 | 北京大学 |
| 7 | 《中国法律》 | 袁行霈 | 北京大学 |
| 8 | 《中国宗教》 | 袁行霈 | 北京大学 |
| 9 | 《中国艺术》 | 袁行霈 | 北京大学 |
| 10 | 《中国音乐》 | 袁行霈 | 北京大学 |
| 11 | 《中国舞蹈》 | 袁行霈 | 北京大学 |
| 12 | 《中国戏曲》 | 袁行霈 | 北京大学 |
| 13 | 《中国书画》 | 袁行霈 | 北京大学 |
| 14 | 《中国篆刻》 | 袁行霈 | 北京大学 |
| 15 | 《中国陶瓷》 | 袁行霈 | 北京大学 |
| 16 | 《中国玉器》 | 袁行霈 | 北京大学 |
| 17 | 《中国青铜器》 | 袁行霈 | 北京大学 |
| 18 | 《中国瓷器》 | 袁行霈 | 北京大学 |
| 19 | 《中国书画》 | 袁行霈 | 北京大学 |
| 20 | 《中国篆刻》 | 袁行霈 | 北京大学 |
| 21 | 《中国陶瓷》 | 袁行霈 | 北京大学 |
| 22 | 《中国玉器》 | 袁行霈 | 北京大学 |
| 23 | 《中国青铜器》 | 袁行霈 | 北京大学 |
| 24 | 《中国瓷器》 | 袁行霈 | 北京大学 |
| 25 | 《中国书画》 | 袁行霈 | 北京大学 |
| 26 | 《中国篆刻》 | 袁行霈 | 北京大学 |
| 27 | 《中国陶瓷》 | 袁行霈 | 北京大学 |
| 28 | 《中国玉器》 | 袁行霈 | 北京大学 |
| 29 | 《中国青铜器》 | 袁行霈 | 北京大学 |
| 30 | 《中国瓷器》 | 袁行霈 | 北京大学 |

2014年度国家精品在线开放课程名单

| 序号 | 名称 | 负责人 | 所属学校 |
|----|---------|-----|------|
| 1 | 《中国文学史》 | 袁行霈 | 北京大学 |
| 2 | 《中国思想史》 | 袁行霈 | 北京大学 |
| 3 | 《中国哲学史》 | 袁行霈 | 北京大学 |
| 4 | 《中国历史》 | 袁行霈 | 北京大学 |
| 5 | 《中国地理》 | 袁行霈 | 北京大学 |
| 6 | 《中国政治》 | 袁行霈 | 北京大学 |
| 7 | 《中国法律》 | 袁行霈 | 北京大学 |
| 8 | 《中国宗教》 | 袁行霈 | 北京大学 |
| 9 | 《中国艺术》 | 袁行霈 | 北京大学 |
| 10 | 《中国音乐》 | 袁行霈 | 北京大学 |
| 11 | 《中国舞蹈》 | 袁行霈 | 北京大学 |
| 12 | 《中国戏曲》 | 袁行霈 | 北京大学 |
| 13 | 《中国书画》 | 袁行霈 | 北京大学 |
| 14 | 《中国篆刻》 | 袁行霈 | 北京大学 |
| 15 | 《中国陶瓷》 | 袁行霈 | 北京大学 |
| 16 | 《中国玉器》 | 袁行霈 | 北京大学 |
| 17 | 《中国青铜器》 | 袁行霈 | 北京大学 |
| 18 | 《中国瓷器》 | 袁行霈 | 北京大学 |
| 19 | 《中国书画》 | 袁行霈 | 北京大学 |
| 20 | 《中国篆刻》 | 袁行霈 | 北京大学 |
| 21 | 《中国陶瓷》 | 袁行霈 | 北京大学 |
| 22 | 《中国玉器》 | 袁行霈 | 北京大学 |
| 23 | 《中国青铜器》 | 袁行霈 | 北京大学 |
| 24 | 《中国瓷器》 | 袁行霈 | 北京大学 |
| 25 | 《中国书画》 | 袁行霈 | 北京大学 |
| 26 | 《中国篆刻》 | 袁行霈 | 北京大学 |
| 27 | 《中国陶瓷》 | 袁行霈 | 北京大学 |
| 28 | 《中国玉器》 | 袁行霈 | 北京大学 |
| 29 | 《中国青铜器》 | 袁行霈 | 北京大学 |
| 30 | 《中国瓷器》 | 袁行霈 | 北京大学 |

2015年度国家精品在线开放课程名单

| 序号 | 名称 | 负责人 | 所属学校 |
|----|---------|-----|------|
| 1 | 《中国文学史》 | 袁行霈 | 北京大学 |
| 2 | 《中国思想史》 | 袁行霈 | 北京大学 |
| 3 | 《中国哲学史》 | 袁行霈 | 北京大学 |
| 4 | 《中国历史》 | 袁行霈 | 北京大学 |
| 5 | 《中国地理》 | 袁行霈 | 北京大学 |
| 6 | 《中国政治》 | 袁行霈 | 北京大学 |
| 7 | 《中国法律》 | 袁行霈 | 北京大学 |
| 8 | 《中国宗教》 | 袁行霈 | 北京大学 |
| 9 | 《中国艺术》 | 袁行霈 | 北京大学 |
| 10 | 《中国音乐》 | 袁行霈 | 北京大学 |
| 11 | 《中国舞蹈》 | 袁行霈 | 北京大学 |
| 12 | 《中国戏曲》 | 袁行霈 | 北京大学 |
| 13 | 《中国书画》 | 袁行霈 | 北京大学 |
| 14 | 《中国篆刻》 | 袁行霈 | 北京大学 |
| 15 | 《中国陶瓷》 | 袁行霈 | 北京大学 |
| 16 | 《中国玉器》 | 袁行霈 | 北京大学 |
| 17 | 《中国青铜器》 | 袁行霈 | 北京大学 |
| 18 | 《中国瓷器》 | 袁行霈 | 北京大学 |
| 19 | 《中国书画》 | 袁行霈 | 北京大学 |
| 20 | 《中国篆刻》 | 袁行霈 | 北京大学 |
| 21 | 《中国陶瓷》 | 袁行霈 | 北京大学 |
| 22 | 《中国玉器》 | 袁行霈 | 北京大学 |
| 23 | 《中国青铜器》 | 袁行霈 | 北京大学 |
| 24 | 《中国瓷器》 | 袁行霈 | 北京大学 |
| 25 | 《中国书画》 | 袁行霈 | 北京大学 |
| 26 | 《中国篆刻》 | 袁行霈 | 北京大学 |
| 27 | 《中国陶瓷》 | 袁行霈 | 北京大学 |
| 28 | 《中国玉器》 | 袁行霈 | 北京大学 |
| 29 | 《中国青铜器》 | 袁行霈 | 北京大学 |
| 30 | 《中国瓷器》 | 袁行霈 | 北京大学 |

2016年度国家精品在线开放课程名单

| 序号 | 名称 | 负责人 | 所属学校 |
|----|---------|-----|------|
| 1 | 《中国文学史》 | 袁行霈 | 北京大学 |
| 2 | 《中国思想史》 | 袁行霈 | 北京大学 |
| 3 | 《中国哲学史》 | 袁行霈 | 北京大学 |
| 4 | 《中国历史》 | 袁行霈 | 北京大学 |
| 5 | 《中国地理》 | 袁行霈 | 北京大学 |
| 6 | 《中国政治》 | 袁行霈 | 北京大学 |
| 7 | 《中国法律》 | 袁行霈 | 北京大学 |
| 8 | 《中国宗教》 | 袁行霈 | 北京大学 |
| 9 | 《中国艺术》 | 袁行霈 | 北京大学 |
| 10 | 《中国音乐》 | 袁行霈 | 北京大学 |
| 11 | 《中国舞蹈》 | 袁行霈 | 北京大学 |
| 12 | 《中国戏曲》 | 袁行霈 | 北京大学 |
| 13 | 《中国书画》 | 袁行霈 | 北京大学 |
| 14 | 《中国篆刻》 | 袁行霈 | 北京大学 |
| 15 | 《中国陶瓷》 | 袁行霈 | 北京大学 |
| 16 | 《中国玉器》 | 袁行霈 | 北京大学 |
| 17 | 《中国青铜器》 | 袁行霈 | 北京大学 |
| 18 | 《中国瓷器》 | 袁行霈 | 北京大学 |
| 19 | 《中国书画》 | 袁行霈 | 北京大学 |
| 20 | 《中国篆刻》 | 袁行霈 | 北京大学 |
| 21 | 《中国陶瓷》 | 袁行霈 | 北京大学 |
| 22 | 《中国玉器》 | 袁行霈 | 北京大学 |
| 23 | 《中国青铜器》 | 袁行霈 | 北京大学 |
| 24 | 《中国瓷器》 | 袁行霈 | 北京大学 |
| 25 | 《中国书画》 | 袁行霈 | 北京大学 |
| 26 | 《中国篆刻》 | 袁行霈 | 北京大学 |
| 27 | 《中国陶瓷》 | 袁行霈 | 北京大学 |
| 28 | 《中国玉器》 | 袁行霈 | 北京大学 |
| 29 | 《中国青铜器》 | 袁行霈 | 北京大学 |
| 30 | 《中国瓷器》 | 袁行霈 | 北京大学 |

2014年视频公开课第一阶段评审遴选结果

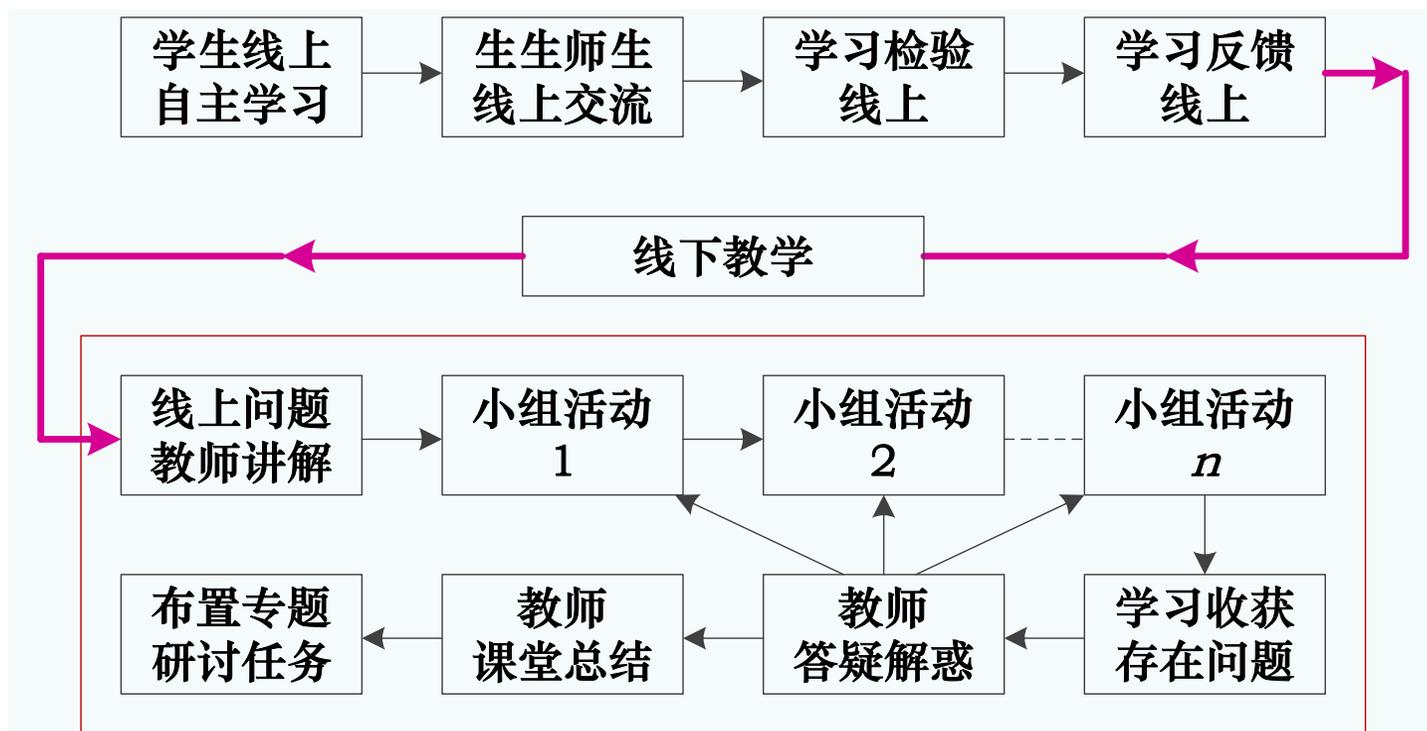
一、科学文化素质教育类课程：

| 序号 | 课程名称 | 申报学校 | 课程主持人 | 课时 |
|----|-------------|--------|-------|----|
| 1 | 《从物理学看中国历史》 | 北京交通大学 | 薛文波 | 8 |
| 2 | 《健康与营养学》 | 北京交通大学 | 田文波 | 7 |
| 3 | 《中国史》 | 北京交通大学 | 薛文波 | 13 |
| 4 | 《中国思想史》 | 北京交通大学 | 薛文波 | 6 |
| 5 | 《中国哲学史》 | 北京交通大学 | 薛文波 | 6 |
| 6 | 《中国艺术史》 | 北京交通大学 | 薛文波 | 6 |
| 7 | 《中国音乐史》 | 北京交通大学 | 薛文波 | 6 |
| 8 | 《中国舞蹈史》 | 北京交通大学 | 薛文波 | 6 |
| 9 | 《中国戏曲史》 | 北京交通大学 | 薛文波 | 6 |
| 10 | 《中国书画史》 | 北京交通大学 | 薛文波 | 6 |
| 11 | 《中国篆刻史》 | 北京交通大学 | 薛文波 | 6 |
| 12 | 《中国陶瓷史》 | 北京交通大学 | 薛文波 | 6 |
| 13 | 《中国玉器史》 | 北京交通大学 | 薛文波 | 6 |
| 14 | 《中国青铜器史》 | 北京交通大学 | 薛文波 | 6 |
| 15 | 《中国瓷器史》 | 北京交通大学 | 薛文波 | 6 |



线上线下混合式教学

深度融合现代信息技术于课程教学，建设充分反映课程体系与内容的在线课程。采用线上线下相结合的混合式教学，促进学生探究性和个性化学习。





线上线下混合式教学

生生交流、师生交流





课程教学成果



全国慕课教育创新大会暨 高校在线开放课程联盟联席会年会

会议时间:11月16-17日 会议地点:北京丽都皇冠假日酒店

主办单位:(全国)高校在线开放课程联盟联席会 承办单位:我国20个MOOC联盟类组织

为推动高校开展基于 MOOC 的教学改革，创新教学模式，改革教学方法，提高教学质量，遴选优秀案例，带动慕课推广与应用，高校在线开放课程联盟联席会(简称“联席会”)开展了 2019 年“基于 MOOC 的混合式教学优秀案例”评选。

此次评选由首批加盟联席会的各成员单位申报，联席会邀请专家对所有申报案例进行独立评审。根据专家评审结果评出特等奖3个，一等奖7个，二等奖15个。现将评奖结果公布如下：

| 序号 | 课程名称 | 主讲教师 | 推荐联盟 | 奖项 |
|----|---------|------|--------------------|-----|
| 1 | C语言程序设计 | 苏小红 | 高校计算机教育MOOC联盟 | 特等奖 |
| 2 | 模拟电子技术 | 费跃农 | 地方高校UOOC (优课)联盟 | 特等奖 |
| 3 | 信号与系统 | 胡健 | 高校电工电子在线开放课程联盟 | 特等奖 |
| 4 | 理论力学 | 谭宁 | 东西部高校课程共享联盟 | 一等奖 |
| 5 | 大学计算机 | 王杨 | 高校计算机教育MOOC联盟 | 一等奖 |
| 6 | 综合英语 | 刁阳碧 | 高校外语慕课联盟 | 一等奖 |
| 7 | 微积分(一) | 徐厚宝 | 北京高校优质课程研究会 | 一等奖 |
| 8 | 内科护理学 | 胡荣 | 福建省高校在线教育联盟 | 一等奖 |



主要内容

- ※ 高等教育形势
- ※ 金课建设路径
- ※ 金课建设机制
- ※ 金课示范辐射



课程建设机制

仰望星空

经费保障

- 以身作则
- 顶层设计
- 务实推进
- 立项支持
- 绩效认定

垂先示范

脚踏实地

优质优酬



课程建设机制

※ 精心组织，全员参与

※ 潜心探究，力求新优

※ 用心实施，持续改进



主要内容

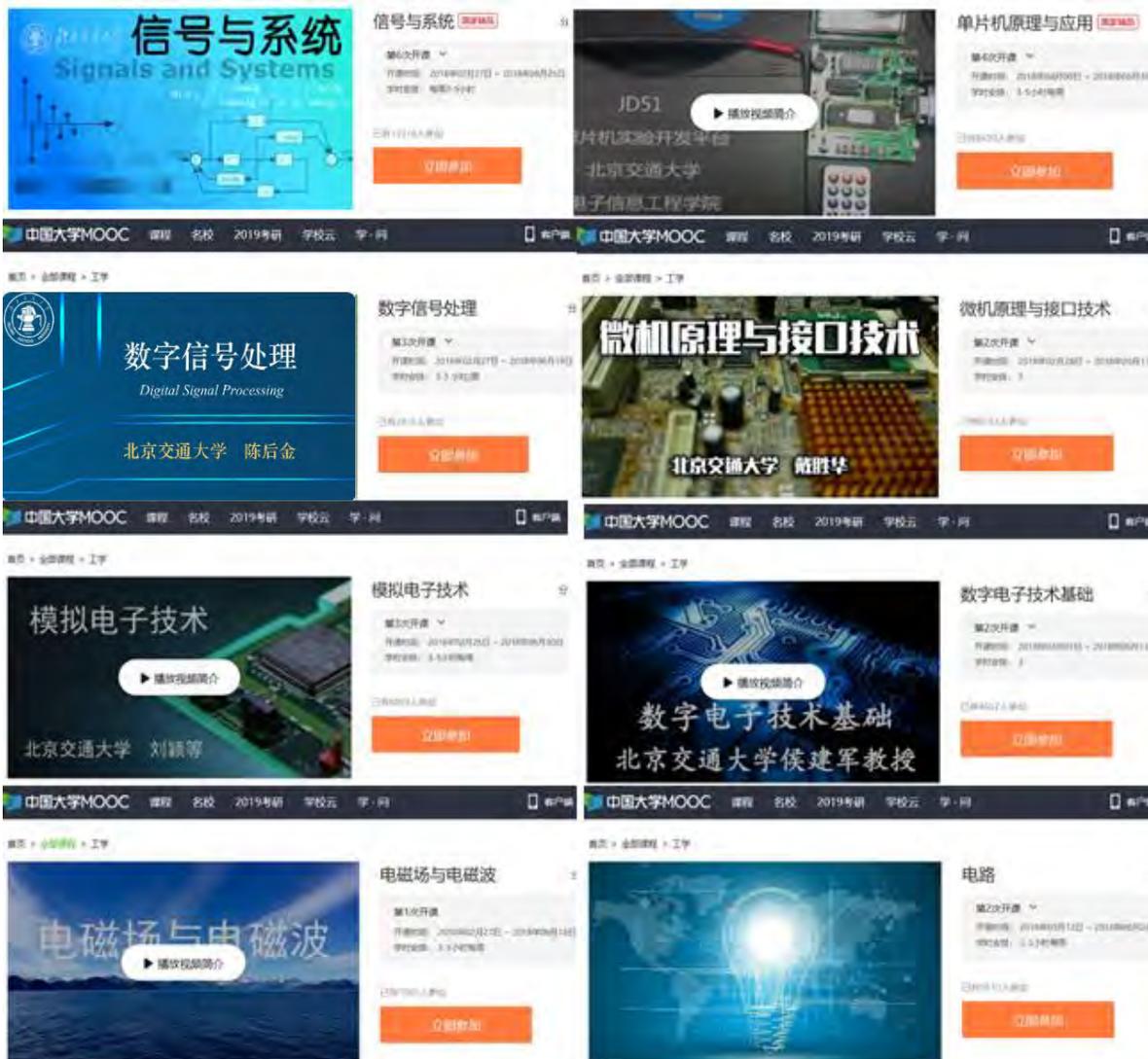
- ※ 高等教育形势
- ※ 金课建设路径
- ※ 金课建设机制
- ※ 金课示范辐射



金课示范辐射

开播了8门MOOC课程，
6门获评国家精品在线课程。

每年选学人数**30多**万人，实现了
了优质教学资源的开放共享。





金课示范辐射

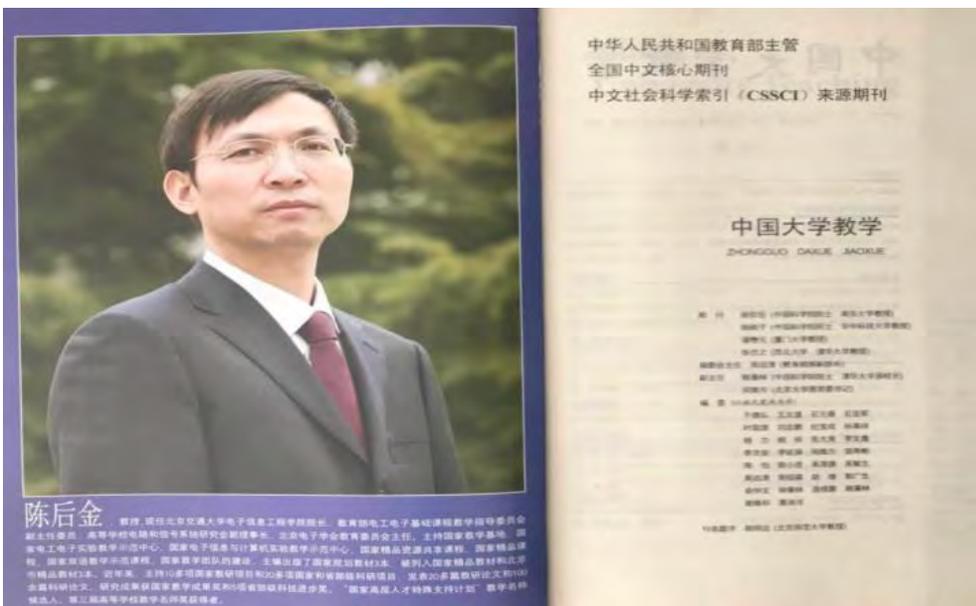
优质教材： 出版了国家级“十二五”规划教材4部、国家级“十一五”规划教材15部、北京市高等教育精品教材7部，以及10多部专业特色教材，教材已发行100多万册，被100多所高校使用。





金课示范辐射

教研论文：总结提炼教学体系和教学方法，在《中国大学教学》、《电气电子教学学报》等教学期刊发表了教研论文**50多篇**，交流教学改革成果。





金课示范辐射

首页 > 全部课程 > 国家精品 / 工学



信号与系统 国家精品

第8次开课 ▾

开课时间：2019年02月19日 ~ 2019

学时安排：3-5小时/周

已有43227人参加

[已参加，查看内容](#)

怕错过精彩内容？[报名下一次开课](#)

中国大学MOOC平台“信号与系统”慕课开课情况统计

| 序号 | 开课学校 | 2019年春季学期 选课人数 | 2019年秋季学期 选课人数(截止10.30) |
|----|-----------|-------------------|----------------------------|
| 1 | 北京交通大学 | 43201 | 53034 |
| 2 | 北京邮电大学 | 14278 | 6762 |
| 3 | 西安电子科技大学 | 13905 | 8826 |
| 4 | 东南大学 | 8297 | 7431 |
| 5 | 西北工业大学 | 8851 | 4305 |
| 6 | 华中科技大学 | 7862 | 3127 |
| 7 | 湖南大学 | 3342 | 1908 |
| 8 | 解放军陆军工程大学 | 1516 | 585 |
| 9 | 江南大学 | 701 | 334 |
| 10 | 华侨大学 | 630 | 750 |
| 11 | 安阳工学院 | 568 | 321 |
| 12 | 西安邮电大学 | ↓ | 1432 |
| 13 | 南京邮电大学 | ↓ | 1284 |
| 14 | 西安交通大学 | ↓ | 940 |
| 15 | 哈尔滨工业大学 | ↓ | 916 |
| 16 | 北京联合大学 | ↓ | 238 |
| 17 | 东南大学 | ↓ | 158 |
| 18 | 南京信息工程大学 | ↓ | 73 |

[课程详情](#)

[课程评价\(84\)](#)



金课示范辐射





金课示范辐射





结束语

一流课程

—建设了17门国家级精品课程 (7)

一流教材

—出版了19部国家级规划教材 (4)

一流团队

—造就了国家教学团队和名师 (2)

一流平台

—建设了4个国家级实验平台 (3)

一流成果

—获得了4项国家教学成果奖 (4)

课程建设支撑了一流专业和一流学科建设，
提高了人才培养质量，促进了可持续发展。



结束语

一些困扰

教师考核 & 学生评价

课题研究 & 教学研究

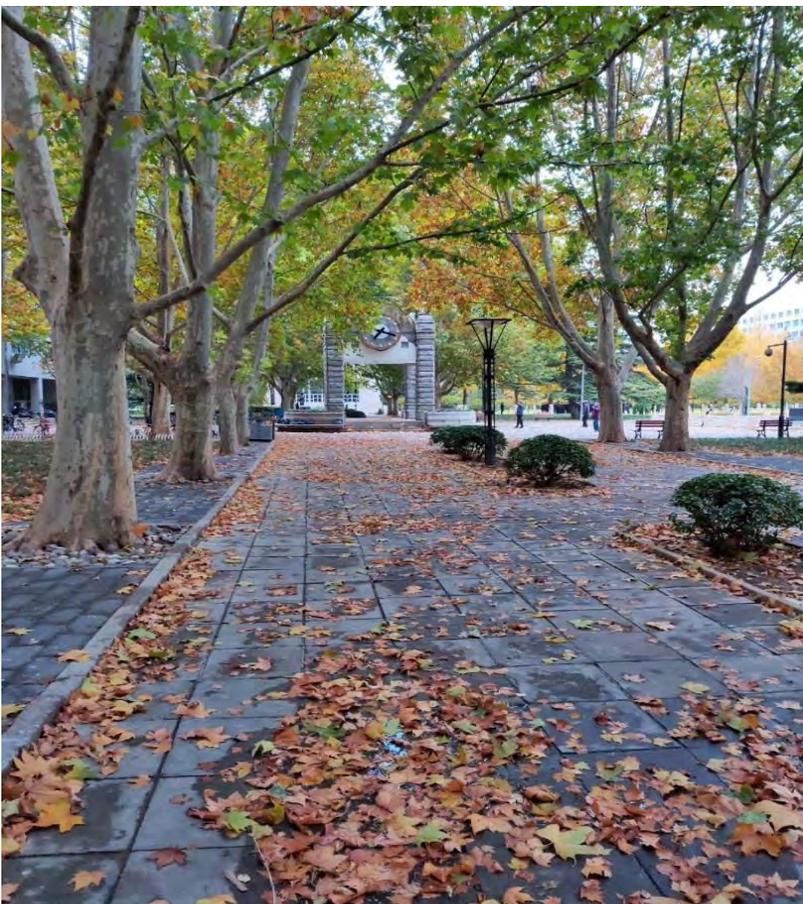
学术水平 & 教学水平

.....



结束语

不忘初心，牢记使命



我们可能已经走得很远，忘记来时该去的地方。期望我们的大学校园是宁静的，让大学成为教师传播学识、学生聆听教诲的殿堂。

在教学相长中，让我们的**学识**得到增长，**思想**得到升华，**文化**得到滋养，造就**知而有识、学而善用**的优秀人才。



北京交通大学

大道至简
悟者天成



北京交通大学

回归常识、回归本分、回归初心、回归梦想

请大家批评指正