

 全国高等教育自学考试指定教材

2014年版

机电一体化工程专业 独立本科段

# 现代设计方法

含：现代设计方法自学考试大纲

课程代码:02200

组编/全国高等教育自学考试指导委员会

主编/李鹏飞 宋 俐

机械工业出版社

全国高等教育自学考试指定教材  
机电一体化工程专业（独立本科段）

# 现代设计方法

（2014 年版）

（含：现代设计方法自学考试大纲）

全国高等教育自学考试指导委员会 组编

主编 李鹏飞 宋 俐  
参编 王 伟 王 劲 魏锋涛  
石 坤 原 园



机械工业出版社

本书主要介绍在工业生产实践过程中获得广泛应用的设计思想与设计方法,如设计方法学、计算机辅助设计、优化设计、有限元法和可靠性设计。

本书由浅入深地介绍了这些现代设计方法的基本概念和原理,通过大量实例帮助读者掌握求解实际问题的步骤,同时针对具体算例,介绍了相关的计算机程序。

本书可作为高等教育自学考试机电一体化工程专业(独立本科段)及相关专业本科高年级学生的教材,也可供从事机械设计的工程技术人员参考。

### 图书在版编目(CIP)数据

现代设计方法/李鹏飞,采俐主编. —北京:机械工业出版社,2014.9  
全国高等教育自学考试指定教材. 机电一体化工程专业(独立本科段)  
ISBN 978-7-111-48203-1

I. ①现… II. ①李…②采… III. ①机械设计-高等教育-自学考试-教材 IV. ①TH122

中国版本图书馆CIP数据核字(2014)第226408号

机械工业出版社(北京市百万庄大街22号 邮政编码100037)

策划编辑:蔡开颖 责任编辑:蔡开颖 章承林 责任校对:刘志文

北京友谊印刷有限公司印刷

2014年10月第1版第1次印刷

184mm×260mm·15.25印张·370千字

标准书号:ISBN 978-7-111-48203-1

定价:28.00元

本书如有质量问题,请与教材供应部门联系。

自学考试教材服务网 网址:<http://zkjc.neea.edu.cn>

## 组 编 前 言

21 世纪是一个变幻难测的世纪，是一个催人奋进的时代，科学技术飞速发展，知识更替日新月异。希望、困惑、机遇、挑战随时随地都有可能出现在每一个社会成员的生活之中。抓住机遇，寻求发展，迎接挑战，适应变化的制胜法宝就是学习——依靠自己学习，终生学习。

作为我国高等教育组成部分的自学考试，其职责就是在高等教育这个水平上倡导自学、鼓励自学、帮助自学、推动自学，为每一个自学者铺就成才之路。组织编写供读者学习的教材就是履行这个职责的重要环节。毫无疑问，这种教材应当适合自学，应当有利于学习者掌握和了解新知识、新信息，有利于学习者增强创新意识、培养实践能力、形成自学能力，也有利于学习者学以致用，解决实际工作中所遇到的问题。具有如此特点的书，我们虽然沿用了“教材”这个概念，但它与那种仅供教师讲、学生听，教师不讲、学生不懂，以“教”为中心的教科书相比，已经在内容安排、编写体例、行文风格等方面都大不相同了。希望读者对此有所了解，以便从一开始就树立起依靠自己学习的坚定信念，不断探索适合自己的学习方法，充分利用已有的知识基础和实际工作经验，最大限度地发挥自己的潜能，以达到学习的目标。

欢迎读者提出意见和建议。

祝每一位读者自学成功！

全国高等教育自学考试指导委员会

2013 年 7 月

此页为自学考试教材




专用防伪页

(销售单位盖章处)

本书如有质量问题由本单位负责调换

### 此防伪页系专门制造

- ☆ 此防伪页内有黑白水印，透光看水印清晰，水印凹凸感明显
- ☆ 此防伪页上有开天窗金属线，金属线上印有“自学考试”字样
- ☆ 此防伪页上徽标  用防伪油墨印刷，该徽标在验钞机紫外光照射下显示鲜艳红色荧光

### 发现盗版 欢迎举报

- ☆ 向全国高等教育自学考试指导委员会办公室举报  
举报电话及传真：010-62705005  
举报网址：[www.neea.edu.cn](http://www.neea.edu.cn)—打击盗版  
短信举报：13911597580
- ☆ 向全国“扫黄打非”工作领导小组办公室举报  
举报热线：010-65212870
- ☆ 向所在地打击盗版执法部门举报  
举报热线：12318

# 目 录

组编前言

## 现代设计方法自学考试大纲

出版前言	IV. 关于大纲的说明与考核实施要求	11
I. 课程性质与课程目标	V. 实践性环节	13
II. 考核目标	VI. 题型举例	14
III. 课程内容与考核要求	后记	15

## 现代设计方法

编者的话	18	第六节 优化设计应用实例	137
绪论	21	小结	139
第一章 设计方法学	27	习题	140
第一节 概述	27	第四章 有限元法	142
第二节 设计过程分析	28	第一节 有限元法概述	142
第三节 技术系统及其设计类型	30	第二节 弹性力学问题的有限元法	145
第四节 原理方案设计及创造性激智技术	32	第三节 一维问题的有限元解法	147
第五节 技术设计和合理构形方法	36	第四节 三角形单元分析	152
小结	38	第五节 四节点矩形单元分析	179
习题	38	小结	183
第二章 计算机辅助设计	39	习题	184
第一节 计算机辅助设计概述	39	第五章 可靠性设计	186
第二节 计算机辅助设计系统	41	第一节 可靠性基本概念和数学基础	186
第三节 工程数据的计算机处理	46	第二节 可靠性设计的原理与方法	199
第四节 图形的几何变换	66	第三节 可靠性设计方法的简单应用	206
第五节 几何建模技术	76	第四节 系统的可靠性设计	214
小结	85	小结	227
习题	85	习题	227
第三章 优化设计	88	计算机辅助设计 (CAD) 综合上机	
第一节 优化设计概述	88	实验	229
第二节 优化设计基础	96	参考文献	236
第三节 一维搜索方法	110	后记	237
第四节 无约束优化方法	115		
第五节 约束优化方法	128		

全国高等教育自学考试  
机电一体化工程专业(独立本科段)

# 现代设计方法自学考试大纲

(含考核目标)

全国高等教育自学考试指导委员会 制定



## 出版前言

为了适应社会主义现代化建设事业的需要，鼓励自学成才，我国在 20 世纪 80 年代初建立了高等教育自学考试制度。高等教育自学考试是个人自学、社会助学和国家考试相结合的一种高等教育形式。应考者通过规定的专业考试课程并经思想品德鉴定达到毕业要求的，可获得毕业证书；国家承认学历并按照规定享有与普通高等学校毕业生同等的有关待遇。经过 30 多年的发展，高等教育自学考试为国家培养造就了大批专门人才。

课程自学考试大纲是国家规范自学者学习范围、要求和考试标准的文件。它是按照专业考试计划的要求，具体指导个人自学、社会助学、国家考试、编写教材、编写自学辅导书的依据。

随着经济社会的快速发展，新的法律法规不断出台，科技成果不断涌现，原大纲中有些内容过时、知识陈旧。为更新教育观念，深化教学内容方式、考试制度、质量评价制度改革，使自学考试更好地提高人才培养的质量，各专业委员会按照专业考试计划的要求，对原课程自学考试大纲组织了修订或重编。

修订后的大纲，在层次上，专科参照一般普通高校专科或高职院校的水平，本科参照一般普通高校本科水平；在内容上，力图反映学科的发展变化，增补了自然科学和社会科学近年来研究的成果，对明显陈旧的内容进行了删减。

全国考委机械及轻纺化工类专业委员会组织制定的《现代设计方法自学考试大纲》，经教育部批准，现颁发施行。各地教育部门、考试机构应认真贯彻执行。

全国高等教育自学考试指导委员会

2014 年 7 月

## I. 课程性质与课程目标

### 一、课程性质和特点

现代设计方法是机电一体化（独立本科段）专业考试计划规定必考的一门专业课。随着科学技术的发展，特别是计算机技术的广泛应用，现代设计方法也在迅速发展，大大加速了企业的升级改造和新产品开发。本课程正是为满足这一要求而设置的。

本课程的特点是实践性非常强，应有必要的习题和上机实验。

### 二、课程目标

通过本课程的学习，使考生初步了解现代设计方法这门学科的发展趋势和几种常用的现代设计方法，掌握其中的设计方法学、计算机辅助设计、优化设计、有限元法及可靠性设计的基本概念和用法，为学习后续课程以及从事机电一体化系统设计和产品开发工作打下基础。

课程目标如下：

- 1) 初步了解现代设计方法产生的背景及几种常用的现代设计方法。
- 2) 掌握计算机辅助设计、优化设计及可靠性设计的基本概念和解题过程，初步理解设计方法学的基本思想与原理，初步掌握有限元法的基本概念。
- 3) 初步具有使用这些方法进行计算机绘图、简单工程设计和计算的能力。

### 三、与相关课程的联系与区别

学习本课程前，考生应具有高等数学、工程力学、机械制图、机械设计基础、工程数学、概率论与数理统计和计算机软件基础方面的知识。

本课程为学习机电一体化系统设计等课程打下基础，并将在毕业设计中得到应用。

### 四、课程的重点和难点

本课程的重点是：设计方法学基础、计算机辅助设计、有限元法、优化设计及可靠性设计的基本概念、基本方法及其简单应用。

本课程的难点是：优化设计、有限元法和可靠性设计的基本原理。

## II. 考核目标

为了使考试内容具体化和考试要求标准化，本大纲在列出考试内容的基础上，对各章规定了考核目标，包括考核知识点和考核要求。明确考核目标，是为了使考生能够进一步明确考试内容和要求，更有目的地系统学习教材，能够更加明确命题范围，更准确地安排试题的知识能力层次和难易度。

在本大纲的考核知识点中，按照识记、领会、应用三个层次来规定其应达到的要求。各个能力层次的含义如下：

识记——能知道有关的名词、概念、知识的含义，并能正确认识和表述。

领会——能全面把握基本概念、基本理论，把握有关知识的重点内容。

应用——在领会的基础上解决实际问题。

### III. 课程内容与考核要求

#### 绪 论

##### 一、学习目的与要求

通过本章的学习，了解现代设计方法产生的背景及发展，了解本课程学习的目的和意义。

##### 二、课程内容

- 1) 现代设计方法产生的背景及发展。
- 2) 设计的重要性及产品开发面临的挑战。
- 3) 现代设计的目标。
- 4) 学习现代设计方法的意义。

##### 三、考核知识点

不考核。

##### 四、考核要求

不考核。

#### 第一章 设计方法学

##### 一、学习目的与要求

通过本章的学习，使考生了解设计方法学的研究内容、设计的一般过程、设计各阶段的目标和主要方法；初步掌握区分产品设计的基本类型、合理安排相应的设计进程、两种创造性激智技术；掌握技术系统的边界划定、技术系统的总功能确定、方案设计阶段的功能分解法、技术设计阶段的构形设计法等，为今后工作中合理安排设计进程和选择设计方法打下一定的基础。

本章的实践性较强，要多结合实例分析才能更好地完成本章的学习。

##### 二、课程内容

###### 第一节 概述

- (一) 设计的含义
- (二) 设计方法学及其研究内容

###### 第二节 设计过程分析

- (一) 设计思维过程分析
- (二) 设计进程分析

###### 第三节 技术系统及其设计类型

- (一) 技术系统
- (二) 产品设计的类型
- (三) 产品设计的原则

###### 第四节 原理方案设计及创造性激智技术

- (一) 明确设计要求

- (二) 确定总功能
- (三) 功能分解
- (四) 寻求作用原理和功能载体
- (五) 形成原理解答方案
- (六) 创造性激智技术

#### 第五节 技术设计和合理构形方法

- (一) 技术设计的主要内容
- (二) 构形设计方法

### 三、考核知识点与考核要求

#### 1. 设计方法学概述

识记：设计的含义，设计方法学的研究对象和研究内容。

#### 2. 设计过程分析

识记：三维设计系统的含义，产品设计的一般进程，设计进程各阶段的工作步骤，设计进程各阶段的设计方法及理论。

领会：设计的思维过程，设计进程各阶段的成果。

#### 3. 技术系统及其设计类型

识记：技术系统、技术过程和作业对象的关系，技术系统的边界，技术系统的构成，产品设计的原则。

领会：产品设计的三种类型及其设计进程的区别。

#### 4. 原理方案设计

识记：设计要求的主要内容，功能结构的基本形式，作用原理和功能载体的含义，两种创造性激智技术。

领会：原理方案设计的步骤，“黑箱法”确定系统的总功能，功能分解法。

应用：组合原理形成原理方案。

#### 5. 技术设计

识记：技术设计的主要内容。

应用：产品构形的结构变化法，零部件构形的形状变化法。

### 四、重点、难点内容

- 1) 重点是掌握产品设计的进程、各阶段的基本任务和相应的设计方法及理论。
- 2) 难点是掌握原理方案设计阶段的功能分解法。

## 第二章 计算机辅助设计

### 一、学习目的与要求

通过本章的学习，使学生了解计算机辅助设计系统的构成与特点；了解二维图形变换和几何建模技术等 CAD 基本理论；掌握工程手册数据的处理方法，能够通过计算机语言编程来解决工程具体问题，为今后工作中应用 CAD 技术进行产品设计打下一定的基础。

本章特点是实践性非常强，需要结合上机才能更好地完成本章的学习。

### 二、课程内容

#### 第一节 计算机辅助设计概述

(一) CAD 系统的功能和作业过程

(二) CAD 技术的发展和应用

## 第二节 计算机辅助设计系统

(一) CAD 系统的类型

(二) CAD 系统的硬件组成

(三) CAD 系统的软件组成

## 第三节 工程数据的计算机处理

(一) 概述

(二) CAD 系统常用的数据结构

(三) 数表的计算机处理技术

(四) 线图的计算机处理技术

(五) 建立经验公式的方法

(六) 数据管理技术

## 第四节 图形的几何变换

(一) 图形变换方法

(二) 二维图形变换

## 第五节 几何建模技术

(一) 交互几何建模

(二) 参数化几何建模

(三) 形状特征拼合法几何建模

## 三、考核知识点与考核要求

### 1. CAD 系统的概念、组成

识记：CAD 的概念。

领会：现代产品设计的特点，CAD 技术的发展趋势。

### 2. CAD 系统的硬件配置及其工作原理

识记：CAD 中常用输入/输出设备的工作原理及其作用，光栅显示器的工作原理。

领会：CAD 系统的组成、工作过程及特点，微机的基本组成原理及各部分的作用，图形显示器的显示方式及各自特点，CAD 中主要输入/输出设备的工作原理及各自特点。

### 3. CAD 系统的软件类型及应用

识记：系统软件、支撑软件、应用软件的概念。

领会：支撑软件的功能，操作系统的作用、主要工作及基本原理。

应用：选用相应软件、硬件配置需要的 CAD 系统。

### 4. 工程数据的计算机处理

识记：设计资料的计算机处理方法，CAD 系统常用的数据结构，数据库的基本概念。

领会：线性表的概念及应用，CAD 中数据的常用处理方法，直线、抛物线插值方法和曲线拟合方法的原理及应用，数据库的应用方法。

应用：对工程中常见数据进行计算机处理，CAD 数据库的建立方法。

### 5. 图形的几何变换

识记：二维图形基本变换的原理及基本变换矩阵，二维图形的复合变换。

领会：二维图形基本变换和复合变换的作用及应用。

应用：对简单二维几何形体进行镜像等变换。

#### 6. 几何建模技术

识记：二维几何模型的建模方法。

领会：编程参数化绘图的基本思想及其实现。

应用：利用编程方法实现简单二维图形的参数化设计。

### 四、重点、难点内容

- 1) 重点为 CAD 系统的软硬件组成、数据处理技术、图形变换、参数化绘图。
- 2) 难点主要是数据的组织及处理和编程实现参数化设计的方法。

## 第三章 优化设计

### 一、学习目的与要求

通过本章的学习，了解优化设计的概念和特点；理解数学模型、设计变量与设计空间、约束条件和可行域、目标函数及目标函数的等值线等常用术语；理解函数的方向导数和梯度的基本概念；掌握无约束与有约束目标函数达到最优解的规律；了解一维搜索的基本概念，掌握 0.618 法和二次插值法的原理及计算步骤；理解坐标轮换法、Powell 法、梯度法及牛顿法的基本原理，掌握其迭代方法，掌握其共轭方向的基本概念、性质和如何在迭代中形成共轭方向；理解复合形法的基本原理及迭代过程，掌握罚函数的概念及运算方法；了解优化方法选择应注意的问题及优化结果分析，以达到掌握优化设计的基本理论和方法，即有初步使用这些方法进行简单工程设计和计算的能力。

### 二、课程内容

#### 第一节 优化设计概述

- (一) 最优化及优化设计
- (二) 优化设计的数学模型
- (三) 优化设计问题的几何描述

#### 第二节 优化设计基础

- (一) 函数的梯度
- (二) 多元函数的泰勒展开与海赛矩阵
- (三) 凸函数与凸规划
- (四) 无约束优化问题的极值条件
- (五) 约束优化问题的极值条件
- (六) 迭代方法和终止准则

#### 第三节 一维搜索方法

- (一) 0.618 法
- (二) 插值法

#### 第四节 无约束优化方法

- (一) 坐标轮换法
- (二) Powell 法

(三) 梯度法

(四) 牛顿法

### 第五节 约束优化方法

(一) 复合形法

(二) 罚函数法

### 第六节 优化设计应用实例

## 三、考核知识点与考核要求

### 1. 优化设计概述

识记：优化设计的主要内容及其特点，优化设计数学模型的基本要素，优化设计基本术语的定义——设计变量及设计空间、目标函数及其等值线（面）、约束条件与可行域。

领会：优化设计的概念，数学模型的建立，设计变量与设计空间、约束条件与可行域、目标函数及其等值面的概念及几何解释。

应用：优化设计的几何解释。

### 2. 优化设计基础

识记：方向导数、梯度及海赛矩阵的定义及求解公式，多元函数极值的必要条件及极值类型的判定，K-T 条件，迭代法的基本思路与常用的终止准则。

领会：方向导数与梯度的概念及几何解释，约束问题极值条件的概念，由多元函数泰勒展开式利用二次型函数引出求多元函数极值的推理过程。

应用：方向导数、梯度及函数极值的计算；K-T 条件的应用。

### 3. 一维搜索方法

识记：0.618 法和二次插值法的基本思路。

领会：0.618 法和二次插值法的基本步骤。

应用：0.618 法和二次插值法的计算。

### 4. 无约束优化方法

识记：共轭方向与共轭梯度方向的定义，坐标轮换法、Powell 法、梯度法和牛顿法的基本思路。

领会：共轭方向的概念及形成，坐标轮换法、Powell 法、梯度法和牛顿法的基本步骤。

应用：坐标轮换的应用计算；Powell 法的应用计算；梯度法的应用计算；牛顿法的应用计算；给定初始点，用坐标轮换法求目标函数的极小值；给定初始点和收敛精度，用梯度法求目标函数的极小值。

### 5. 约束优化方法

识记：复合形法、内点罚函数法、外点罚函数法及混合罚函数法的基本思路。

领会：复合形法、内点罚函数法及外点罚函数法的基本步骤。

## 四、重点、难点内容

1) 本章的重点主要是优化设计的概念及其特点，优化设计数学模型的基本要素及数学模型的建立，优化设计问题的几何描述，优化设计的数学理论基础，无约束优化问题和约束优化问题的极值条件。

2) 本章的难点主要是理解一维搜索方法、无约束优化方法和约束优化方法。

## 第四章 有限元法

### 一、学习目的与要求

通过本章的学习，了解“先分后合”的基本思路，初步掌握结构离散化的基本原则与步骤，初步掌握单元位移模式、载荷向节点移置、单元刚度矩阵与整体刚度矩阵等基本概念，初步掌握整刚度矩阵集成的过程，了解不同的节点单元分析，了解引入支承条件的处理方法。

### 二、课程内容

#### 第一节 有限元法概述

- (一) 有限元法的产生
- (二) 有限元法基本思想
- (三) 有限元法的特点
- (四) 有限元法的应用

#### 第二节 弹性力学问题的有限元法

- (一) 弹性力学中的物理量
- (二) 弹性力学基本方程

#### 第三节 一维问题的有限元解法

#### 第四节 三角形单元分析

- (一) 单个三角形单元分析
- (二) 三角形单元整体分析（单元的组集）
- (三) 三角形单元解题步骤及算例

#### 第五节 四节点矩形单元分析

- (一) 单元的节点位移和节点力向量
- (二) 单元位移模式
- (三) 载荷向节点移置
- (四) 单元刚度矩阵

### 三、考核知识点与考核要求

#### 1. 有限元法的基本思路

识记：连续体的有限单元离散、一维函数的整体插值和分片插值。

#### 2. 有限元分析的基本步骤

识记：连续体的离散、有限元分析的基本步骤。

领会：节点位移、节点载荷、单元刚度矩阵、单元刚度方程、整体节点位移、整体节点载荷、整体刚度矩阵、单元和整体刚度矩阵的特性、三角形单元分析与四节点矩形单元分析。

#### 3. 三角形单元刚度矩阵的介绍

识记：单元的节点位移和节点力向量、单元位移模式、载荷向节点移置、单元节点力和节点位移的关系。

领会：载荷及约束条件的确定。

应用：用三角形单元对薄板结构进行离散、对薄板结构进行离散化并对非节点载荷进行处理。



#### 4. 单元的组集

识记：整体刚度矩阵的形成及特点。

领会：边界条件（约束条件）的处理。

应用：已知整体坐标的各单元刚度矩阵求总刚度矩阵，对悬臂梁结构进行简单的网格划分，并求解位移、整体刚度。

#### 5. 整体分析

领会：总平衡方程的写出，引入支承条件修改平衡方程并求解，应力矩阵单元应力和应变的计算。

应用：求解由两个相同的等腰三角形单元组成的薄板结构，求解矩形平面应变单元的组合物体结构，求解能简化为上述结构的对称结构。

#### 四、本章重点

本章的重点内容是用有限元法求解问题的基本步骤、相关的基本概念和具体的处理方法，即结构的离散化、单元刚度矩阵、整体刚度矩阵的集成、引入支承条件及求解总平衡方程。

### 第五章 可靠性设计

#### 一、学习目的与要求

通过对本章的学习，使学生充分了解可靠性设计的重要性和可靠性工程的主要技术领域；在理解可靠性基本概念的基础上，了解可靠性设计方法与传统设计方法的联系和区别；掌握各种可靠性特征量的定义及算法；理解和掌握可靠性设计的原理与方法，主要指强度-应力干涉理论及其在零部件设计中的简单应用；理解和掌握系统可靠性预测和可靠度分配的原则与方法。

本章的主要特点是理论性较强，学习本章时应该熟悉概率论的相关知识。

#### 二、课程内容

##### 第一节 可靠性基本概念和数学基础

###### （一）概述

###### （二）可靠性的特征量

###### （三）可靠性设计中常用的分布函数及可靠度计算

##### 第二节 可靠性设计的原理与方法

###### （一）概述

###### （二）强度-应力分布干涉理论

##### 第三节 可靠性设计方法的简单应用

###### （一）拉杆的可靠性设计

###### （二）梁的可靠性设计

###### （三）轴的可靠性设计

###### （四）压杆稳定性的可靠性设计

###### （五）磨损寿命的可靠性设计

##### 第四节 系统的可靠性设计

###### （一）可靠性预测