

上海市高等教育自学考试
机械制造及其自动化专业
(独立本科段) (B080302)
机电一体化原理 (1847)
自学考试大纲

上海大学自学考试办公室编
上海市高等教育自学考试委员会组编
2008年2月版

I、课程性质及其设置的目的和要求

(一) 本课程的性质与设置的目的

《机电一体化原理课程》讨论机电一体化的基本原理,分析实现机电一体化的理论基础和技术基础,以信息技术为核心,以现代先进的机电技术为基础,从集成观点出发,研究现代机械产品或系统的构成原理和方法,重点讨论信息系统的组成,信息处理的规律和分析方法、信息系统与机械结构的协调等问题。通过本课程的学习,培养学生综合运用机械、电子、信息等基础理论的能力,形成机电一体化的创造性思维方法。

(二) 本课程的基本要求

1. 以现代机械产品(系统)设计为主线,从功能、结构、控制、信息四个视角学习研究现代机械产品(系统)的基本原理及系统的构成,掌握机电一体化概念设计的基本方法;
2. 掌握机电一体化的关键技术,包括工控机的组成原理及应用,伺服系统的构成及控制方法,机电集成和匹配等;
3. 以制造装备、或者技术典型、行业应用面广的机械产品为典型案例,详细了解一种或一类机电一体化产品的组成,结构,控制方法,应用的先进技术,做到举一反三。

(三) 与相关课程的联系

本课程的先修课有机械原理、电子电工学、微型计算机原理、自动控制原理(工程控制基础)等;后续课程有机电一体化系统设计等。

II、课程内容与考核目标

第一章 机电一体化的基本原理

一、学习目的和要求

通过对机电一体化的解读,了解机电一体化内涵和设计思想、现代机械的构成以及如何在机械技术中融合电子信息技术;学习机电一体化的理论基础和技术基础、机电一体化的创新方法,掌握组成现代机械的基本单元及其解耦与集成;会对机电一体化系统进行功能设计,应用四视图描述机电一体化系统,并掌握评价决策的一般方法。

二、课程内容

第一节 机电一体化的理论基础和技术基础

(一) 现代机械

(二) 机电一体化的理论基础

(三) 机电一体化的技术基础

第二节 现代机械的机电一体化方法

(一) 机电一体化产品的分类

(二) 现代机械的机电一体化方向

第三节 现代机械产品中机电一体化技术应用实例

第四节 机电一体化系统的集成原理和方法

(一) 机电一体化系统的功能集成

(二) 硬件集成、信息流集成和机电集成

(三) 现代设计方法

(四) 系统设计的评价决策

三、考核知识点

(一) 机电一体化定义、功能构成及其理论基础和技术基础，机电一体化的关键技术；

(二) 机电一体化的基本单元：解耦与集成的概念与要求；

(三) 概念设计的内涵及其与技术创新的关系，机电一体化概念设计的主要方法与过程，机电一体化系统的四视图描述的方法和内容，

(四) 评价决策的“评分法”和“技术-经济法”的基本内容和方法，

四、考核要求

(一) 识记

1、机电一体化的几种定义

2、机电一体化的理论基础和技术基础

3、关键技术

4、现代机械的机电一体化目标

5、机械产品的机电一体化方法

6、机电一体化的基本单元

7、解耦与集成的概念与要求

8、机电一体化系统的四视图描述的内容

9、机电一体化概念设计的主要方法与理论

10、评分法和技术-经济法对机械产品进行评价的内容、步骤和方法

(二) 领会

1、通过比较机电一体化的几种定义及其内涵，领会现代机械是构筑在现代科技发展基础上的，而现代科技的发展不断给机械科技提出新的课题。现代机械就是由计算机控制的机电一体化系统，可以解决许多传统机械无法或难以解决的问题。能结合实例简单说明

2、比较概念设计和一般设计中的“初步设计”的不同点，领会概念设计与技术创新的关系

3、由于技术过程是在人——技术系统——环境这一大系统中完成的，机电一体化技术系统的确定受到约束

4、功能设计方法与功能树的描述；

（三）简单应用

1、能画出现代机械的功能构成框图，并能用以描述其他典型的机电一体化产品，例如洗衣机，数控机床等

2、会从互联网上查阅机电一体化产品和部件的信息，例如机械传动部件、伺服部件、检测部件、工控机的产品信息等，了解技术的新发展

3、用评分法和技术-经济法对一个简单的机械产品进行评价

4、能画出一个简单系统的功能树；

（四）综合应用

1、从互联网上查阅《电子凸轮》的信息，和机械凸轮的功能、原理进行比较，从而加深理解机电一体化的含义

2、以一个机电一体化系统概念设计的典型案例分析其功能构成，并描述功能原理

3、参考机电一体化系统概念设计的典型案例作四视图分析报告。

第二章 机电一体化控制系统硬件集成原理

一. 学习目的和要求

了解工控机的特点及其基本构成模式：单板模式和组合模式的特点及其应用，总线的原理、常用总线和控制系统的的功能。掌握伺服系统（机械运动控制系统）的组成、建模方法、控制算法。

二、课程内容

第一节 硬件系统组成

（一）硬件基本组成及模式

（二）控制系统基本组成

（三）常用系统介绍

第二节 总线技术

（一）开放式体系结构和总线系统

（二）PC 总线工控机

（三）STD 总线

第三节 可编程逻辑器件（一般了解，不作为考核内容）

第四节 开关量输出驱动电路及智能化功率集成电路（一般了解，不作考核内容）

三、考核知识点

(一) 工控机的特点及其基本构成模式: 单板模式和组合模式的特点;

(二) 总线的原理、常用总线和控制系统的优点;

四、考核要求

(一) 识记

- 1、工控机的特点及其基本组成
- 2、单板模式和组合模式的特点、应用场合
- 3、开放体系结构数控系统的构成特点、PCNC 系统的构成方法
- 4、总线的定义及组成
- 5、PC 总线工控机和普通 PC 机的异同
- 6、常用总线工控机的特点
- 7、STD 总线工控机 I/O 接口板的组成框图。

(二) 领会

- 1、工控机开放体系结构的优点
- 2、开放体系数控系统的特点及意义
- 3、PC 式 CNC 系统的构成和特点

(三) 简单应用

- 1、对照第一章实例, 分别确定控制器的组成模式
- 2、在互联网上查阅 PC 总线工控机的产品, 了解主机板及接口板的功能表述方法

(四) 综合应用

- 1、以 I/O 接口板为例, 说明 STD 总线模板的寻址原理
- 2、在第一章实例中, 选择一项适用 PC 总线工控机的产品, 说明理由, 并画出控制器的组成框图

第三章 机电一体化系统信息流分析

一. 学习目的和要求

了解工控机从人机界面的控制信息输入到机器界面的控制信息输出的变换过程: 掌握变换过程的描述和分析的方法、信息流到结构化软件顶层模块的转换方法和转换原则。为进一步的软件设计打下基础。

二、课程内容

第一节 机电一体化系统的基本信息流

- (一) 信息流和数据流
- (二) 机电一体化系统的基本信息流
- (三) 数据流程图
- (四) 信息流处理的过程

第二节 面向数据流的软件结构分析方法

- (一) 面向数据流程图的结构设计
- (二) 事务中心分析
- (三) 信息流图的绘制及软件结构的评价

第三节 人机界面的输入/输出信息

- (一) 人机界面的信息输入
- (二) 控制语言的输入
- (三) 图形输入方法
- (四) 显示信息输出 (一般了解, 不作为考核内容)

第四节 测控信息的输入/输出 (一般了解, 不作为考核内容)

第五节 嵌入式软件和组态软件 (一般了解, 不作为考核内容)

三、考核知识点

- (一) 自动化机械的基本信息模型;
- (二) 数据流程图的描述和分析方法;
- (三) 面向数据流的软件结构分析方法;
- (四) 人机界面信息的输入方法及控制语言输入处理。

四、考核要求

(一) 识记

- 1、信息流的基本环节
- 2、通过软件的信息流的基本环节
- 3、简单的数据流程图
- 4、面向数据流程图的软件结构设计过程 (图)
- 5、控制语言的基本要求

(二) 领会

- 1、数据流程图的完善与细化
- 2、软件的结构与过程的不同点
- 3、分离转换中心在数据流分析中的地位和作用
- 4、软件结构图的结构特点
- 5、数控系统的图形输入方法的信息变换过程
- 6、事务中心型的数据流的任务及其描述方法,

(三) 简单应用

- 1、由数据流程图到软件顶层模块结构图的变换
- 2、用事务中心型的数据流分析数控系统的插补、刀补

(四) 综合应用

- 1、PCNC 的数据流程图到软件结构图的变换

2、用事务中心型的数据流分析数控系统的图形输入方法的信息变换过程

第四章 伺服驱动机构

一、学习目的和要求

掌握伺服系统的组成、建模方法、控制算法。

二、课程内容

第一节 伺服控制系统分析

(一) 机电一体化系统的基本单元

(二) 反馈控制系统

(三) 运动控制分析

第二节 直流伺服驱动

(一) 直流电动机的驱动原理及特性

(二) 直流电动机的闭环伺服驱动

(三) 微机控制直流伺服电机驱动系统

(四) 小功率伺服驱动芯片(一般了解,不作为考核内容)

(五) 伺服驱动专用芯片(一般了解,不作为考核内容)

第三节 交流伺服驱动

(一) 交流伺服电机的工作原理

(二) 典型交流伺服驱动系统介绍

第四节 直接伺服驱动结构

(一) 直接伺服驱动系统

(二) 直接驱动电动机

(三) 直接驱动中的角度传感器(一般了解,不作为考核内容)

第五节 数字PID控制器*

(一) 常规数字PID算法

(二) 数字PID变形算法

(三) 数字PID控制器参数选择

(* 本节内容见教材 6.5)

三、考核知识点

(一) 工控机的特点及其基本构成模式: 单板模式和组合模式的特点;

(二) 总线的原理、常用总线和控制系统的特性;

(三) 伺服系统(机械运动控制系统)的组成、建模方法、

(四) 机械运动控制系统的基本控制算法: PID的基本控制算法及其特点;

四、考核要求

(一) 识记

- 1、工控机的特点及其基本组成
- 2、单板模式和组合模式的特点、应用场合
- 3、总线的定义及组成
- 4、PC 总线工控机和普通 PC 机的异同
- 5、常用总线工控机的特点
- 6、STD 总线工控机 I/O 接口板的组成框图
- 7、直流伺服系统的基本组成

(二) 领会

- 1、工控机开放体系结构的优点
- 2、开放体系数控系统的特点及意义
- 3、PC 式 CNC 系统的构成和特点
- 4、以 I/O 接口板为例, 说明 STD 总线模板的寻址原理

(三) 简单应用

- 1、电枢控制直流伺服电机的微分方程建模
- 2、描述直流伺服系统的传递函数框图
- 3、伺服系统基本的递推控制算法
- 4、PID 的基本控制算法;

(四) 综合应用

- 1、针对积分项的 PID 控制算法
- 2、针对微分项的 PID 控制算法
- 3、Bang-Bang 控制算法;

第五章 机电集成原理

一. 学习目的和要求

了解影响机电一体化系统性能的机械因素和其他各种因素, 掌握机电匹配的原则和分析的方法。

二、课程内容

第一节 概述

(一) 机电集成的任务与焦点

(二) 机电一体化产品中的先进机械技术和先进机械部件

第二节 机械结构因素对伺服系统性能的影响

- (一) 摩擦
- (二) 间隙
- (三) 结构弹性变形
- (四) 惯量

第三节 机电部件的静态匹配

- (一) 电机及负载的转矩特性
- (二) 传动比的选择
- (三) 传动比的分配 (一般了解, 不作为考核内容)

第四节 动力学分析与匹配

- (一) 闭环系统
- (二) 半闭环系统
- (三) 闭环系统与弹性系统匹配 (一般了解, 不作为考核内容)

第五节 机电伺服系统的精度

- (一) 机械传动系统的误差
- (二) 闭环控制系统的误差

三、考核知识点

- (一) 机械结构因素对伺服系统性能的影响
- (二) 电机及负载的转矩-转速特性分析以及传动比的优化确定
- (三) 机电一体化闭环、半闭环系统的建模与分析
- (四) 机电一体化系统的误差分析

四、考核要求

(一) 识记

- 1、机械系统摩擦的种类及其对系统性能的影响
- 2、机电一体化系统中, 不同位置传动装置间隙对系统性能的影响
- 3、电机驱动的转动(移动)机械系统负载的简化与折算(惯量、粘性摩擦、弹性、负载力-力矩)

(二) 领会

- 1、低速爬行的机理
- 2、解决结构谐振问题的主要措施
- 3、什么因素使我们倾向于选择大的传动比, 什么因素使我们倾向于选择小的传动比
- 4、为什么要选择使折算峰值扭矩最小的总传动比
- 5、为什么要选择使折算均方根转矩最小的总传动比
- 6、为什么要选择使负载加速度最大的总传动比
- 7、在伺服系统中增加速度环的好处

(三) 简单应用

- 1、机电一体化闭环、半闭环系统的建模
- 2、双环系统传递函数的简化与对数频率特性图的绘制、分析
- 3、机电一体化系统的误差分析与计算

(四) 综合应用

- 1、实际机电一体化系统的误差分析
- 2、带减速器转台的伺服电机选择和最优减速比的确定

第六章 机电系统数字控制算法

(除“第五节 数字PID控制器”外一般了解, 不作为考核内容)

第七章 智能控制与智能结构

(一般了解, 不作为考核内容)

III、有关说明与实施要求

一、关于考核目标的说明

考核应包括知识、基础和应用能力。本课程的考核目标共分为四个能力层次: 识记、领会、简单应用、综合应用。它们之间是递进等级的关系, 后者必须建立在前者基础上。其具体含义为:

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, 是低层次的要求。

领会: 在识记的基础上, 能全面把握基本概念、基本原理、基本方法, 能掌握有关概念、原理、方法的区别与联系, 是较高层次的要求。

简单应用: 在理解的基础上, 能运用基本概念、基本原理、基本方法联系学过的多个知识点分析和解决有关的理论问题和实际问题。

综合应用: 要求考生能够运用本大纲规定的多个知识点, 分析与解决较复杂的应用问题, 是最高层次的要求。

二、关于自学教材的说明

《机电一体化原理》: 裴仁清主编, 上海大学出版社, 1998年12月第一版。

三、自学方法指导

(一) 阅读教材和其他参考书结合

机电一体化是一个新兴的技术。有许多新概念需要理解, 并逐步形成新的观念和思想方法, 从而指导自己的行为。在其他参考书中可以看到许多案例以及对各种问题的不同描述。通过相互比较, 补充, 容易发现问题, 加深理解, 提高分析的水平。

(二) 深入掌握一个典型案例, 举一反三

机电一体化是一个实用的技术。自学者有条件时, 可以对照《机电一体化原理》教材列举的案例深入剖析一个典型的机电一体化产品, 从产品的发展历史、功能定位、技术原理、

结构组成、扩展方法和信息变换处理过程进行全面分析。把教材的内容和实例结合起来，可以做到对概念的理解形象、深入，并能举一反三。

(三) 广泛了解机电一体化技术的最新发展，可以充分利用网络资源

机电一体化是一个与时俱进的技术。要求自学者具有扎实的基础理论和广泛的专业知识。在杂志、网络上容易了解其产品、配件、元器件的最新发展，也可以提高对机电一体化的兴趣。参观展览会、浏览市场也可以得到良好的效果。

(四) 理解原理和推导过程

机电一体化是一个综合性很强的高新技术。在创新过程中，往往不能简单照搬，因此要求自学者掌握基本原理，学会分析和建模的方法。对本科程中的有关建模、算法等问题，自学者不要把注意力只集中在结论上，应该努力掌握其推导过程。

(五) 本课程是一门专业基础课，共6学分。自学本课程大约需要60学时，各章学时分配建议如下：

章次	课程内容	学时
一	机电一体化的基本原理	8
二	机电一体化控制系统硬件集成原理	12
三	机电一体化系统信息流分析	16
四	伺服驱动机构	12
五	机电集成原理	12

四、对社会助学的要求

1、社会助学者应明确本课程的性质与设置要求，根据本大纲规定的课程内容和考核目标，把握指定教材的基本内容，对自学应考者进行切实有效的辅导，引导他们掌握正确的学习方法，防止自学中的各种偏向，体现社会助学的正确导向。

2、要正确处理基本原理、基本概念和基本知识同应用能力的关系，努力引导自学应考者将基础理论知识转化为认识、分析和解决实际问题的能力。

3、要正确处理重点和一般的关系。本课程的理论性强，内容广泛；自学考试命题的题型多样、覆盖面广。社会助学者应根据这门课程和考试命题的特点，指导自学应考者全面系统地学习教材，掌握全部课程内容和考核目标。在全面辅导的基础上，突出重点章节和重点问题，把重点辅导和兼顾一般有机地结合起来。

4、根据课程情况，着重讲解典型机电一体化系统的四视图分析案例、系统建模方法及控制算法、机电系统静态匹配及传动比的优化方法、机械传动系统的误差分析

五、关于命题考试的要求

1、覆盖面与重点章节

本自学考试大纲各章所提到的学习要求和列出的考核知识点、考核要求都是考试内容。考试命题覆盖到章，并适当突出重点章节，加大重点内容的覆盖密度。概念的重点在第一至

第三章,分析和计算的重点在第四至第五章。其中,第二章第三节、第四节;第三章第三节的第四目和第四节、第五节;第四章第二节的第四、五目和第四节的第三目;第五章第三节的第三目、第四节的第三目;第六章第一节、第二节、第三节、第四节、第六节以及第七章不作为考核内容。第六章的第五节自学者可以结合大纲的第三章学习。

2、试卷能力层次比例

试卷对能力层次的要求应结构合理,对不同能力层次要求的分数比例一般为:识记占20%、领会占25%,简单应用占30%、综合应用占为25%。

3、试卷难易比例

要合理安排试题的难易程度,试题的难易程度可分为易、较易、较难、难四个等级。每份试卷中不同等级试题所占分数大致为2:3:3:2。应当注意:试题的难易度同能力层次不是同一概念。在各个能力层次的试题中都存在着不同的难度,切勿将二者混淆。

4、题型

试题的主要题型一般为:填空题、简答题、分析题、综合题。

5、考试形式、考试时间

考试方式为闭卷、笔试,考试时间为150分钟。考试时只允许带钢笔、圆珠笔、铅笔、橡皮、尺、不具备储存功能的计算器。不允许用红色钢笔和圆珠笔、铅笔等。

附录:题型举例

一、填空题

1、影响机电一体化产品性能的机械因素有-----、-----、-----、-----。

二、简答题

1、试述现代机械的基本定义。

三、分析题

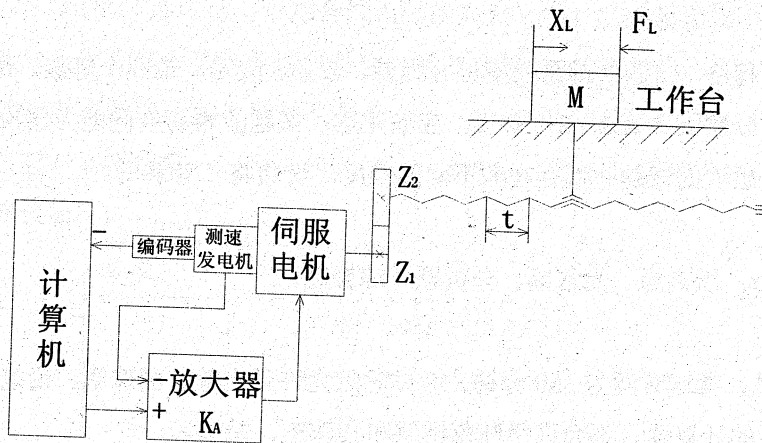
1、试推导采用增量型编码器作为检测反馈的位置伺服控制的基本控制算法

四、综合题

1、画出PCNC数控系统的基本信息流图与此对应的系统的软件顶层模块结构图。

2、数控系统某一机电一体化基本单元结构如图所示。图中, M 为工作台质量, J_t 为滚珠丝杆的转动惯量, B_L 为工作台和导轨面之间的粘性摩擦系数。假设伺服电机反电动势常数为 K_b ,转矩系数为 K_T ,电枢电阻为 R_a ,转动惯量为 J_m ,测速电机比电势为 K_F ,编码器增益为 K_P ,忽略电枢电感及齿轮的转动惯量,试回答下列问题:

- A、求伺服电机轴上的等效转动惯量 J_e 、等效粘性摩擦系数 B_e 和等效负载转矩 T_e ；
- B、画出该系统的传递函数方框图；
- C、如果编码器安装在滚珠丝杆轴端，画出该系统的传递函数方框图；
- D、如果齿轮之间有间隙 Δ_1 ，滚珠丝杆螺母之间有间隙 Δ_2 ，丝杆有加工误差为 Δ_3 ，试分别讨论在上述两种伺服系统中， Δ_1 、 Δ_2 、 Δ_3 对系统性能的影响。



3、某转台要求作正弦摆动，其振幅 $\theta_0 = \pm 30^\circ$ ，周期 $T = 9s$ 。转台的负载惯量 $J_L = 1000kg \cdot m^2$ ，摩擦力矩 $T_f = 500N \cdot m$ ，受周期性阵风影响产生的转矩 $T_L = 150N \cdot m$ 。现选择直流伺服电动机，其额定功率 $P_e = 600W$ ，额定转速 $n_e = 3000rpm$ ，额定转矩 $T_e = 1.9N \cdot m$ ，最大转矩 $T_m = 2 \cdot T_e$ ，电枢惯量 $J_m = 0.004kg \cdot m^2$ ，空载最大转速 $n_0 = 3500rpm$ 。若传动装置折算惯量 $J_{Gm} \approx \frac{1}{3}J_m$ ，效率 $\eta = 0.8$ ，试分别按负载折算均方根转矩最小及使负载加速度最大确定其传动比，并校核是否在许用的传动比范围内。

注：可供选择使用的公式如下：

$$T_{LP}^m = \frac{T_{LP}}{i_t \cdot \eta} + \frac{T_{fp}}{i_t \cdot \eta} + \left(J_m + J_{Gm} + \frac{J_L}{i_t^2 \cdot \eta} \right) \cdot i_t \cdot \varepsilon_{LP}$$

$$T_{Lr}^m = \sqrt{\left(\frac{T_{Lr}}{i_t \cdot \eta} \right)^2 + \left(\frac{T_{fr}}{i_t \cdot \eta} \right)^2 + \left[\left(J_m + J_{Gm} + \frac{J_L}{i_t^2 \cdot \eta} \right) \cdot i_t \cdot \varepsilon_{Lr} \right]^2}$$

$$i_t = \sqrt{\frac{T_{LP} + T_{fP} + J_L \cdot \varepsilon_{LP}}{(J_m + J_{Gm}) \cdot \varepsilon_{LP} \cdot \eta}}$$

$$i_t = \sqrt[4]{\frac{T_{Lr}^2 + T_{fr}^2 + (J_L \cdot \varepsilon_{Lr})^2}{[(J_m + J_{Gm}) \cdot \varepsilon_{Lr} \cdot \eta]}}$$

$$i_t = \frac{T_{LP} + T_{fP}}{T_m \cdot \eta} + \sqrt{\left(\frac{T_{LP} + T_{fP}}{T_m \cdot \eta}\right)^2 + \frac{J_L}{(J_m + J_{Gm}) \cdot \eta}}$$