

绝密★启用前



2009 年同等学力人员申请硕士学位
学科综合水平全国统一考试

机械工程试卷

第一部分 必考题（共两组）

第二部分 选考题（共五组，任选一组）

考生须知

1. 本试卷满分为 100 分，其中第一部分必考题 60 分，每位考生必答；第二部分选考题 40 分，共五组试题，任选一组作答。多选者只按首选计分。
2. 请考生务必将本人考号最后两位数字填写在本页右上角方框内。
3. 考生一律用蓝色或黑色墨水笔在答题纸指定位置上按规定要求作答，未做在指定位置上的答案一律无效。
4. 监考员收卷时，考生须配合监考员验收，并请监考员在准考证上签字（作为考生交卷的凭据）。否则，若发生答卷遗失，责任由考生自负。

第一部分 必考题（两组，共 60 分）

A 组（共 30 分）

一、填空题（本大题共 8 空，每空 1 分，共 8 分）

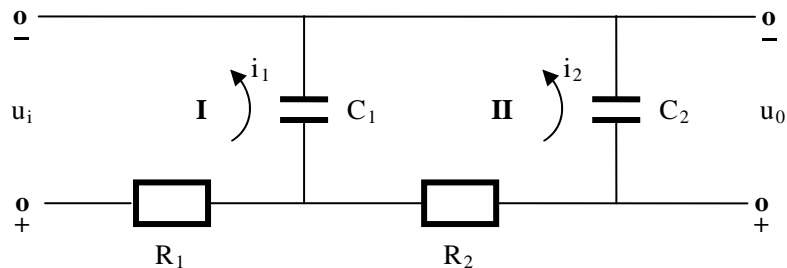
1. 方块图包含了与系统_____有关的信息，与系统的_____无关。
2. 传递函数反映系统本身的_____特性，它只与系统本身的_____有关，与_____无关。
3. 顺馈校正的特点是在干扰引起_____之前就对它进行_____补偿。
4. 在控制系统中，当输入信号与_____不相等时，比较装置就会出现误差信号。

二、简答题（本大题共 4 小题，每小题 3 分，共 12 分）

1. 简述求传递函数的一般步骤。
2. 何谓线性系统？其最重要特性是什么？
3. 对控制系统的基本性能要求有哪些？
4. 简述伯德图的优点。

三、论述题与计算题（本大题共 2 小题，每小题 5 分，共 10 分）

1. 论述劳斯-赫尔维茨稳定性判据的根据。
2. 求图示电路 u_i 与 u_0 之间关系的微分方程。



B 组（共 30 分）

一、填空题（本大题共 8 空，每空 1 分，共 8 分）

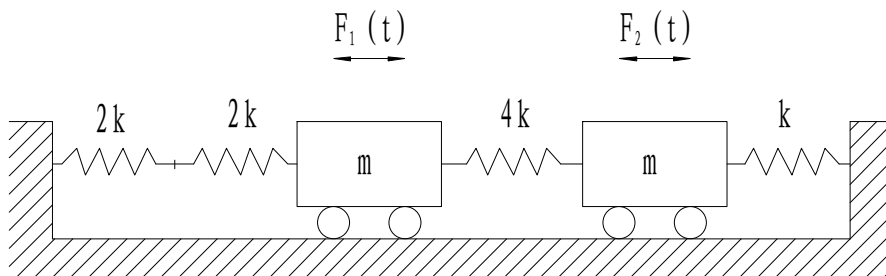
1. 按系统的自由度数进行分类，机械振动可分为：_____振动、_____振动和_____振动。
2. 任意激励或脉冲激励下单自由度系统的响应通常只有_____响应，没有_____响应，可以借助于脉冲响应来分析，也可以采用_____法进行求解。
3. 机构平衡的措施可分为两类：_____的方法和机构合理布局或_____的方法。

二、简答题（本大题共 4 小题，每小题 3 分，共 12 分）

1. 简述什么是随机振动。
2. 为什么说惯性、弹性和阻尼是机械振动系统的三要素？
3. 写出三种建立多自由度系统振动微分方程的常见方法。
4. 简述什么是机构平衡中的“质量代换”。

三、计算题（10 分）

如图所示的振动系统，设统一量纲后， $m=1$ ， $k=100$ 。试求该系统的固有频率和主振型。



第二部分 选考题（下面五组中任选一组，每组 40 分）

A 组

一、填空题（本大题共 8 空，每空 1 分，共 8 分）

1. 优化设计中牛顿法的搜索方向是根据目标函数的_____和_____构造的。
2. 优化设计的数学模型由_____、_____和_____三部分组成。
3. 产品设计需要遵循的设计原则包括：_____、_____、_____和审核原则。

二、简答题（本大题共 4 小题，每小题 3 分，共 12 分）

1. 何谓设计方案的评价和决策？
2. 整体刚度矩阵和单元刚度矩阵有哪些相同的性质？
3. 有限单元法中单元位移模式的收敛条件是什么？
4. 给出无约束问题函数 $f(X)$ 取得极小值的条件。

三、论述题与计算题（本大题共 2 小题，每小题 10 分，共 20 分）

1. 简述可行性研究报告包括的主要内容。
2. 试用坐标轮换法对目标函数 $f(X) = 60 - 10x_1 - 4x_2 + x_1^2 + x_2^2 - x_1x_2$ 进行一轮极小化搜索计算，初始点 $X^{(0)} = [0, 0]^T$ 。

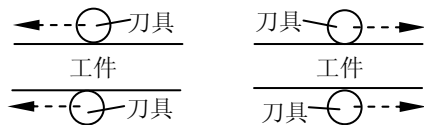
B 组

一、填空题（本大题共 8 空，每空 1 分，共 8 分）

1. 零件的柔性分类编码由_____和_____两部分组成。
2. 写出 APT 语言中表示下述功能的代码：刀具功能_____、进给功能_____、速度功能_____。
3. 并行工程产品建模有下列特点：产品数据定义模型是一个动态结构，具有管理机制、_____机制、_____机制和_____机制。

二、简答题（本大题共 4 小题，每小题 3 分，共 12 分）

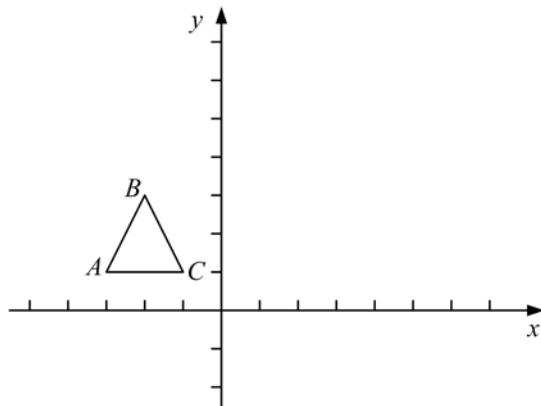
1. 广义的 CAM 技术应包含哪些内容？
2. 综合型 CAPP 系统和智能型 CAPP 系统在生成工艺规程方面各有什么不同的特征？
3. 简述虚拟制造系统（VMS）的功能。
4. 写出图中表示刀具与导动面之间几种相互关系的修饰词。（图中箭头表示铣刀走刀方向）



三、论述题与计算题（本大题共 2 小题，每小题 10 分，共 20 分）

1. 绿色包装必须符合的 3R1D 原则是什么？
2. 图中的三角形 ABC 可用齐次坐标矩阵表示为 $\begin{pmatrix} -3 & 1 & 1 \\ -2 & 3 & 1 \\ -1 & 1 & 1 \end{pmatrix}$ ，把它作图形变换，变换矩

阵为 $T = \begin{pmatrix} -1 & 0 & 0 \\ 0 & 2 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$ ，试计算并作图表示其变换结果。



C 组

一、填空题（本大题共 8 空，每空 1 分，共 8 分）

1. 数控机床功能部件主要有_____、_____和_____等。
2. 常用控制电机的主要类型有_____、_____和_____等。
3. 电液伺服阀的动态性能一般用_____响应和_____响应来反映。

二、简答题（本大题共 4 小题，每小题 3 分，共 12 分）

1. 为什么说直线电机驱动是一种“零传动直线驱动”？
2. 机床数控系统是由哪些部分构成的？
3. 试述交流伺服电机的“自转”现象。
4. 简述节流阀和调速阀的异同。

三、论述题（本大题共 3 小题，第 1、2 小题各 5 分、第 3 小题 10 分，共 20 分）

1. 滚动丝杠为什么要调整轴向间隙和加预紧力？
2. 试述电液控制机构的特点。
3. 试述计算机数控装置的主要工作过程。

D 组

一、填空题（本大题共 8 空，每空 1 分，共 8 分）

1. 轮轨系统由于自激力源的存在，使系统由保守变为非保守，它是机车车辆存在内部_____倾向的根由。
2. 决定车辆运行品质的指标是车辆振动的_____和_____。
3. 轨道水平不平顺是指左右钢轨对应点_____所形成的沿轨长方向的不平顺。
4. 车辆曲线运行时，能够使_____处于或接近曲线径向位置的转向架称为径向转向架。
5. 车辆系统的非线性主要来源于轮轨_____、轮轨_____以及车辆_____系统三个方面。

二、简答题（本大题共 4 小题，每小题 3 分，共 12 分）

1. 构造轮轨接触模型主要解决哪三个问题？
2. 车轮踏面等效斜度与车辆蛇行运动稳定性存在何种关联？
3. 设摩擦式缓冲器加载和减载时的刚度分别为 K_l 及 K_u ，写出缓冲器相对摩擦系数的数学表达式。
4. 在时域内进行动态曲线通过仿真时，程序通常需要读入哪些描述线路宏观几何特征参数？

三、论述题与计算题（本大题共 3 题，第 1、2 题各 5 分，第 3 题 10 分，共 20 分）

1. 蠕滑有哪三个方向？试列出三个方向蠕滑率的量纲。
2. 设轨道谱密度为 $S(F) = \frac{G}{F^2}$ ，当车辆运行速度为 v 时，试将其转换为时间频率 ω 的函数 $S(\omega)$ 。
3. 在自由轮对稳态曲线通过分析中，数学表达式 $F_y = 2f_{22}\psi$ 和 $M_z = -2f_{11}\frac{\lambda b}{r_0}y^*$ 中的各参数代表何意义？

E 组

一、填空题（本大题共 8 空，每空 1 分，共 8 分）

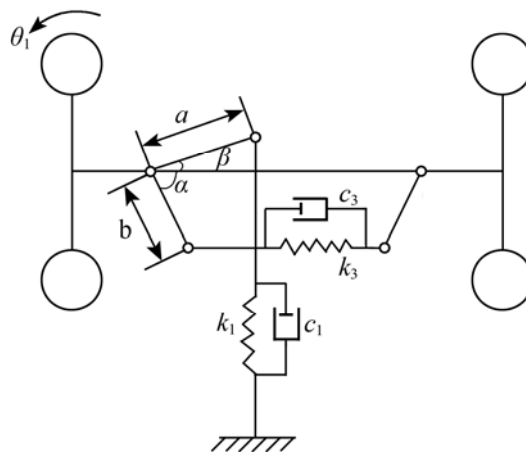
1. 汽车行驶时，可把高速行驶的车轮看成是一个转子，而绕主销转动的转向节视为该转子的_____，从而构成一个_____自由度的陀螺。
2. 汽车行驶时，车轮上受到各种随机激励，使汽车产生随机振动，影响了汽车行驶_____性和乘客_____性及货物的完好性，并使各部件受到随机_____，产生随机疲劳，影响这些部件的_____。
3. 理想的制动力分配特性是在制动时，前、后轮_____、_____时的分配特性。

二、简答题（本大题共 4 小题，每小题 3 分，共 12 分）

1. 简要说明在建立二自由度汽车转向模型时，所依据的假设条件。
2. 简要分析轮胎侧偏现象产生的原因。
3. 简要叙述电子制动防抱死系统（ABS）的构成。
4. 简要说明影响瞬态转向特性中阻尼比 ζ 的因素。

三、论述题与计算题（本大题共 2 小题，每小题 10 分，共 20 分）

1. 试分析汽车制动跑偏的原因。
2. 前轮绕主销摆振系统如图所示，描述该系统左侧车轮单自由度（右轮不动）自由振动的微分方程为： $I_1\ddot{\theta}_1 + C\dot{\theta}_1 + K\theta_1 = 0$ ，试确定参数 K 的计算公式（ θ_1 较小）。



2009 年同等学力人员申请硕士学位
学科综合水平全国统一考试
机械工程试卷答案及评分参考

第一部分 必考题 （两组，共 60 分）

A 组（共 30 分）

一、填空题（本大题共 8 空，每空 1 分，共 8 分）

1. 动态性能 物理结构
2. 动 参数 外界输入
3. 误差 近似
4. 反馈信号

二、简答题（本大题共 4 小题，每小题 3 分，共 12 分）

1. ①确定系统的输入和输出；
②列出微分方程；
③初始条件为零，对各微分方程取拉氏变换；
④求系统的传递函数。
2. 若系统的数学模型表达式是线性的，则这种系统就是线性系统。线性系统最重要的特性是可以运用叠加原理。
3. 对控制系统所需的基本性能一般可归纳为：稳定性、快速性和准确性。
4. 伯德图的优点是：
①可以将幅值相乘转化为幅值相加，便于绘制由多个环节串联组成的系统的对数频率特性图。
②可采用渐近线近似作图方法绘制对数幅频图，简单方便。
③有效的扩展了频率范围，尤其是低频段，这对工程系统设计很重要。

三、论述题与计算题（本大题共 2 小题，每小题 5 分，共 10 分）

1. 劳斯-赫尔维茨稳定性判据的根据是：利用特征方程式的根与系数的代数关系，由特征方程中的已知系数来间接判别出方程的根是否具有负实部，从而判定系统是否稳定。

2. 解：对回路 **I**,
$$u_i = R_1 i_1 + \frac{1}{C_1} \int (i_1 - i_2) dt \quad (1)$$

对回路 **II**,
$$\frac{1}{C_1} \int (i_1 - i_2) dt = R_2 i_2 + \frac{1}{C_2} \int i_2 dt \quad (2)$$

$$u_0 = \frac{1}{C_2} \int i_2 dt \quad (3)$$

由式 (1) (2) (3) 消去中间变量 i_1 、 i_2 ，可求得 u_i 和 u_0 关系的微分方程为：

$$R_1 C_1 R_2 C_2 \frac{d^2 u_0}{dt^2} + (R_1 C_1 + R_2 C_2 + R_1 C_2) \frac{du_0}{dt} + u_0 = u_i$$

B 组（共 30 分）

一、填空题（本大题共 8 空，每空 1 分，共 8 分）

1. 单自由度系统；多自由度系统；连续体
2. 瞬态；稳态；拉普拉斯变换
3. 加配重；设置附加机构

二、简答题（本大题共 4 小题，每小题 3 分，共 12 分）

1. 随机振动是指振动量为时间的非确定性函数的一大类振动（2 分），只能用概率统计的方法进行研究（1 分）。
2. 当外界对系统做功时，系统的惯性吸收动能，使质量获得速度，弹簧利用其弹性获得变形能，具备使质量回到原来状态的能力，形成往复振动。如果没有外界不断输入能量，由于阻尼的存在，振动现象将消失。因此，惯性、弹性和阻尼是机械振动系统的三要素。
3. 牛顿第二定律（或达朗贝尔原理）、拉格朗日方程、影响系数法。
4. “质量代换”是指将构件的质量用若干集中质量来代换，并使这些代换质量与原有质量在动力学上等效。

三、计算题（10 分）

解：

- (1) 分别以两个质量的平衡位置为坐标原点；
- (2) 两串联弹簧的合成刚度 $K = \frac{2k \times 2k}{2k + 2k} = k$ ；2 分
- (3) 建立系统自由振动的运动微分方程：

$$\begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} \ddot{x}_1 \\ \ddot{x}_2 \end{Bmatrix} + \begin{bmatrix} 500 & -400 \\ -400 & 500 \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} x_1 \\ x_2 \end{Bmatrix} = \{0\} \quad (2 \text{ 分})$$

(4) 令主振动为 $\begin{Bmatrix} x_1 \\ x_2 \end{Bmatrix} = \begin{Bmatrix} \phi_{e1} \\ \phi_{e2} \end{Bmatrix} \sin \omega t$ ，并代入上式得主振型方程

$$\begin{bmatrix} -\omega^2 + 500 & -400 \\ -400 & -\omega^2 + 500 \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} x_1 \\ x_2 \end{Bmatrix} = \{0\} \quad (2 \text{分})$$

(5) 令该代数方程组的系数行列式等于零，得到特征方程，

$$(\omega^2 - 500)^2 - (400)^2 = 0$$

(6) 解特征方程可得两个固有频率 $\omega_{n1} = 10 \text{rad/s}$ ， $\omega_{n2} = 30 \text{rad/s}$ ； (2分)

(7) 将两个固有频率分别代入特征矩阵的伴随矩阵，得两个主振型 $\phi_1 = \begin{Bmatrix} 1 \\ 1 \end{Bmatrix}$ ，

$$\phi_2 = \begin{Bmatrix} 1 \\ -1 \end{Bmatrix} \quad (2 \text{分})$$

第二部分 选考题（下面五组中任选一组，每组 40 分）

A 组

一、填空题（本大题共 8 空，每空 1 分，共 8 分）

1. 负梯度；二阶导数矩阵
2. 设计变量；目标函数；约束条件
3. 创新原则；可靠性原则；效益原则

二、简答题（本大题共 4 小题，每小题 3 分，共 12 分）

1. 评价是对各方案的价值进行评定，（1.5 分）
决策是根据价值的高低，选择并确定最佳方案。（1.5 分）
2. （1）对称性，（1.5 分）（2）奇异性。（1.5 分）
3. （1）包含单元的刚体位移；（1 分）
（2）反映单元的常应变；（1 分）
（3）保证结构位移的连续协调。（1 分）
4. 对无约束最优化问题，点 X^* 为函数 $f(X)$ 一个局部极小点的充分必要条件是：
（1）在点 X^* 处函数的梯度为零向量，即 $\nabla f(X^*)=0$ ；（1.5 分）
（2）Hessian 矩阵—— $\nabla^2 f(X^*)$ 为正定。（1.5 分）

三、论述题与计算题（本大题共 2 小题，每小题 10 分，共 20 分）

1. ①从市场需求预测出发，论述设计项目的必要性。（2 分）
②论述该产品目前国内外现状及水平。（2 分）
③确定产品的技术规格、性能参数和约束条件。（2 分）
④提出产品的技术关键和解决途径。（2 分）
⑤预期达到的技术、经济、社会效益。（1 分）
⑥预算投资费用及项目进度、期限。（1 分）

2. 解：搜索方向取 $S_1^{(1)} = e_1 = [1 \ 0]^T$ ，（1分）

$$S_2^{(1)} = e_2 = [0 \ 1]^T。 （1分）$$

先从 $X_0^{(1)} = [0 \ 0]^T$ 出发，沿 $S_1^{(1)}$ 方向进行一维搜索，得极小点 $X_1^{(1)} = [5 \ 0]^T$ ，

（2分）

极小值 $f(X_1^{(1)}) = 35$ 。（2分）

再从 $X_1^{(1)}$ 出发，沿 $S_2^{(1)}$ 方向进行一维搜索，得极小点 $X_2^{(1)} = [5 \ 4.5]^T$ ，（2分）

极小值 $f(X_2^{(1)}) = 14.75$ 。（2分）

B 组

一、填空题（本大题共 8 空，每空 1 分，共 8 分）

1. 固定码；柔性码
2. T；F；S （大小写均可）
3. 调度；控制；决策

二、简答题（本大题共 4 小题，每小题 3 分，共 12 分）

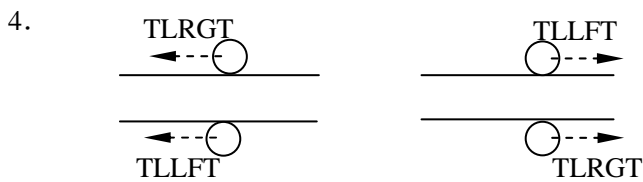
1. 广义的 CAM 包含下列的内容：

工艺设计、工装规划与设计、生产规划与调度、制造过程和装配过程的控制及计算机仿真、质量检测控制及管理、MRP II。

2. 智能型 CAPP 以推理加知识为特征，自动生成工艺规程；综合性 CAPP 是将变异型与创成型结合起来，采取变异与自动决策相结合的方式工作。

3. VMS 的功能有

- (1) 通过 VMS 实现制造企业产品开发过程的集成；
- (2) 实现虚拟产品设计 / 虚拟制造仿真闭环产品开发模式；
- (3) 提高产品开发过程中的决策和控制能力；
- (4) 提高企业自我调节、自我完善、自我改造和自我发展的能力。



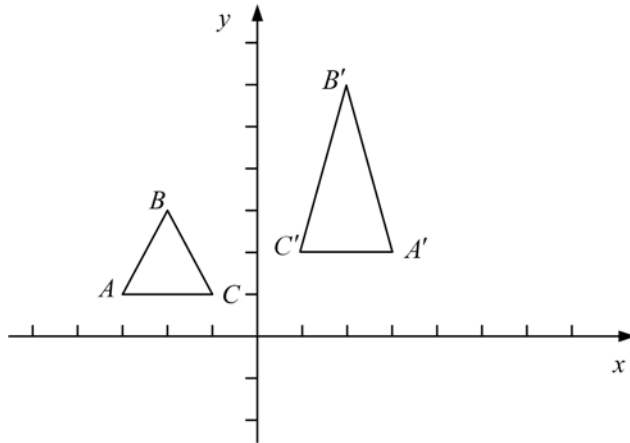
三、论述题与计算题（本大题共 2 小题，每小题 10 分，共 20 分）

1. 绿色包装必须符合的“3R1D”原则为

- | | |
|-----------------|------------|
| Reduce | 减少包装材料消耗 |
| Reuse（或 Refill） | 包装容器的再填充使用 |
| Recycle | 包装材料的循环再利用 |
| Degradable | 包装材料具有可降解性 |

（只要答出意思，英文可以不写出）

$$2. \begin{pmatrix} -3 & 1 & 1 \\ -2 & 3 & 1 \\ -1 & 1 & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} -1 & 0 & 0 \\ 0 & 2 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 3 & 2 & 1 \\ 2 & 6 & 1 \\ 1 & 2 & 1 \end{pmatrix} \quad (3 \text{分})$$



(4分)

图形 ABC 变换成 A'B'C'，实现的变换为：y 值加大 1 倍 (y 向拉伸)，x 值改号 (x 向对称变换)。(3分)

C 组

一、填空题（本大题共 8 空，每空 1 分，共 8 分）

1. 主轴部件 进给系统 冷却润滑系统
2. 直流伺服电机 交流伺服电机 步进电机
3. 瞬态 频率

二、简答题（本大题共 4 小题，每小题 3 分，共 12 分）

1. 直线电机驱动装置通常与工作台直接相连，无中间环节，没有传动间隙。
2. 机床数控系统是由程序、输入输出设备、数控装置、进给伺服驱动系统和位置检测装置等组成。（任答 3 项得 3 分）
3. 两相交流伺服电机运行时，如果控制信号消失，控制电压为零时，因励磁绕组仍接在励磁电源上，电机处于单相运行状态，出现“自转”现象。
4. 节流阀和调速阀均属于流量阀。从流体力学的观点来看，节流阀只是一个流动阻力，当阀两端压力差变化时，通过阀的流量将要产生变化。调速阀是通过调节其通流面积使流量变化，且使被控流量不受两端压差的影响。

三、论述题与计算题（本大题共 3 小题，第 1、2 小题 5 分，第 3 小题 10 分，共 20 分）

1. 调整轴向间隙主要是为了减小传动间隙，特别是反向间隙，以便进行补偿。（3 分）
预紧力主要是为了提高传动刚度。（2 分）
2. 电液控制机构将电控和液压传动结合在一起。
其优点有：液压元件体积小、重量轻、单位功率的重量远小于一般电机，因而惯量小，
能实现无级调速和完成转动、往复运动、摆动等各种运动方式。（3 分）
其缺点是：传动效率不高，必须有油源，易于发生漏油而污染环境。（2 分）
3. (1) 输入 零件程序、控制参数和补偿数据等。（2 分）
(2) 译码 将程序解释、翻译为计算机能够识别的数据形式。（1 分）
(3) 数据运算和处理 包括节点运算、刀具补偿、拟合、速度计算和辅助功能等。（2 分）
(4) 插补运算 插补包括直线、圆弧插补和椭圆等二次曲线插补计算。（2 分）
(5) 位置控制 包括各坐标方向进给伺服电机的控制、反向间隙补偿和位置回路的增益调整等。（2 分）
(6) 显示 包括零件程序、参数、刀位轨迹、机床工作状态等的显示，以便操作者实时掌握工作情况。（1 分）

D 组

一、填空题（本大题共 8 空，每空 1 分，共 8 分）

1. 不稳定（或：失稳）
2. 加速度；频率
3. 高差（或：高度差，如为“高低” 0.5 分）
4. 轮对
5. 接触几何（或：接触几何关系，如为“接触”或“几何” 0.5 分）；蠕滑（或：蠕滑力，或：蠕滑系数）；悬挂

二、简答题（本大题共 4 小题，每小题 3 分，共 12 分）

1. 计算轮轨接触几何参数；（1 分）
求解轮轨的法向作用力；（1 分）
求解轮轨之间的蠕滑力。（1 分）
2. （一般情况下）车轮踏面等效斜度越大，车辆蛇行运动稳定性越低（或 车辆蛇行运动临界速度越低）。
3. 缓冲器相对摩擦系数： $\varphi = \frac{K_l - K_u}{K_l + K_u}$
4. 程序通常需要读入描述线路宏观几何特征参数有：线路的直线段、坡道、缓和曲线、圆曲线等的长度和位置。

三、论述题与计算题（本大题共 3 小题，第 1、2 小题 5 分，第 3 题 10 分，共 20 分）

1. 蠕滑有纵向蠕滑、横向蠕滑和自旋蠕滑三个方向。（1.5 分）
纵向蠕滑率的量纲为一（或 无量纲）；（1 分）
横向蠕滑率的量纲为一（或 无量纲）；（1 分）
自旋蠕滑率的量纲为长度⁻¹（L⁻¹）；（1.5 分）
2. 解：考虑到两种谱密度在对应的谱带宽度内应有相同的均方值，即： $S(F)dF = S(\omega)d\omega$ 。
当车辆以运行速度 v 通过空间频率为 F 的一个波时，将产生频率为 f 的一次激励，依次有 $\omega = 2\pi f = 2\pi Fv$ ，从而得：

$$S(F)dF = S(\omega)dF \cdot 2\pi v$$

当 $S(F) = \frac{G}{F^2}$ 时，于是有

$$S(\omega) = \frac{S(F)}{2\pi v} = \frac{G}{\left(\frac{\omega}{2\omega v}\right)^2 2\pi v} = \frac{2\pi v G}{\omega^2}$$

3. 式中参数的意义如下：

F_y 作用在轮对的（合成）横向蠕滑力；（1分）

M_z 作用在轮对的（合成）蠕滑力矩；（1分）

f_{11} 纵向蠕滑系数；（1分）

f_{22} 横向蠕滑系数；（1分）

λ 车轮踏面斜度；（1分）

b 轮对左右车轮滚动圆间距之半；（1分）

r_o 车轮标称滚动圆半径；（1分）

ψ 轮对相对于曲线径向线的摇头角（或转角）。（1.5分）

y^* 轮对相对于曲线纯滚线的横向位移。（1.5分）

E 组

一、填空题（本大题共 8 空，每空 1 分，共 8 分）

1. 框架；二
2. 平顺；舒适；载荷；使用寿命
3. 同时抱死；同时达到附着极限（与顺序无关）

二、简答题（本大题共 4 小题，每小题 3 分，共 12 分）

1. ①汽车只作平行于地面的平面运动，无垂直方向运动，也无绕 y 轴和 x 轴的俯仰和侧倾运动；
②汽车作等速运动，不考虑地面切向力和空气动力的作用；
③忽略转向系统的影响，直接以前轮转角作为输入；
④不考虑左右车轮由于载荷的变化引起轮胎特性变化和回正力矩变化。

（答对三个给满分）

2. 由于轮胎具有侧向弹性，当车轮中心受到侧向力作用时，地面上产生侧向反作用力，车轮滚动时轮胎接地中心迹线与车轮平面形成一个夹角，这种现象就是轮胎的侧偏现象。
3. 电子控制防抱死装置由车轮转速采集装置、电子控制装置、执行装置和报警装置构成。
4. 阻尼比 ζ 与汽车的质量、转动惯量、轴距、轮胎侧偏刚度、车速等因素有关。

（回答与结构参数、轮胎特性参数、车速等因素有关也可以。）

三、论述题与计算题（本大题共 2 小题，每小题 10 分，共 20 分）

1. 答题要点：

（1）原因：左右车轮制动器制动力不相等；制动时悬架与转向系拉杆运动学上的不协调；（6 分）

（2）分析：左右车轮制动器制动力不相等，造成地面制动力左右侧不相等，地面制动力对左右侧主销的回转力矩也不相等，由于转向系连接处的间隙及部件的弹性变形，转向轮产生一个转角，产生制动跑偏；（2 分）

制动时，前轴负荷增加，悬架变形，由于悬架导向杆系与转向系拉杆在运动学上不协调，引起转向节绕主销转动一个角度，造成制动跑偏。（2 分）

2. 解: k_1 弹簧的变形为 $a[\sin(\beta + \theta_1) - \sin \beta]$ (1 分)

k_3 弹簧的变形为 $b[\cos(\alpha - \theta_1) - \cos \alpha]$ (1 分)

由于 θ_1 较小, k_1 弹簧的变形简化为 $\theta_1 a \cos \beta$, (2 分)

k_3 弹簧的变形简化为 $\theta_1 b \sin \alpha$ (2 分)

弹簧 k_1 、 k_3 对左侧车轮的弹性回复力矩为 $k_1 \theta_1 (a \cos \beta)^2 + k_3 \theta_1 (b \sin \alpha)^2$ (2 分)

故 θ_1 的系数 K 的计算公式为 $K = k_1 (a \cos \beta)^2 + k_3 (b \sin \alpha)^2$ (2 分)