

全国 2014 年 4 月高等教育自学考试

现代设计方法模拟试题

(课程代码: 02200)

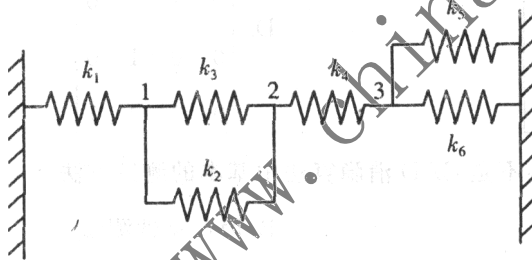
第 1 部分 选择题

一、单项选择题(本大题共 20 小题, 每小题 1 分, 共 20 分)

在每小题列出的四个备选项中只有一个是符合题目要求的, 请将其代码填写在题后的括号内。错选、多选或未选均无分。

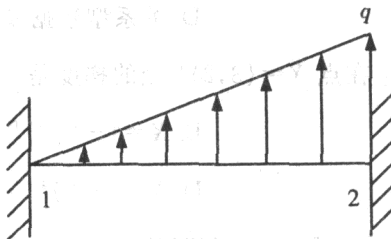
1. 假设一个光栅扫描式图形显示器的分辨率为 $1024 \times 768 \times 8$, 则其中的 8 表示()
- A. 水平扫描线上的点数
B. 水平扫描线的线数
C. 水平扫描频率
D. 像素亮度的位数
2. CAD 系统中, 能解决几何图形设计问题、解决工程分析与计算问题、解决文档写作与生成问题的为()
- A. 系统软件
B. 支撑软件
C. 专用操作软件
D. 专用应用软件
3. 在三维图形变换中, 绕 z 轴旋转 θ 角的变换矩阵为()
- A.
$$\begin{bmatrix} \cos \theta & \sin \theta & 0 & 0 \\ -\sin \theta & \cos \theta & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$
- B.
$$\begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & \cos \theta & \sin \theta & 0 \\ 0 & -\sin \theta & \cos \theta & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$
- C.
$$\begin{bmatrix} \cos \theta & 0 & -\sin \theta & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ \sin \theta & 0 & \cos \theta & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$
- D.
$$\begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$
4. 下面的测试方法中, 哪些不是 CAD 消隐算法中基本的测试方法()
- A. 最小最大测试
B. 面可见性测试
C. 深度测试
D. 高度测试
5. 在 CAD 作业过程中, 能够存储完整的三维几何信息, 自动进行物体的消隐处理, 自动计算生成剖视图的是()
- A. 线框几何模型
B. 表面几何模型
C. 实体几何模型
D. 关系型数据模型
6. 函数 $F(x) = x_1^2 - x_2^2 / 2 + 4 + x_1$ 在点 $X = \{3, 2\}^T$ 处的梯度是()
- A. $X = \{-2, 7\}^T$
B. $X = \{-2, 3\}^T$
C. $X = \{7, -2\}^T$
D. $X = \{3, 2\}^T$
7. 已知函数 $F(x) = -2x_1^2 + 2x_1x_2 - x_2^2 + 2x_1$, 判断其驻点 $(1, 1)$ 是()
- A. 极大值点
B. 极小值点

- C. 非极值点
D. 无法判断
8. 0.618 法在迭代运算的过程中, 每次缩短后的新区间长度与原区间长度的比值是()
A. 随时变化的
B. 不变的
C. 逐渐变大
D. 逐渐变小
9. 对于函数 $F(x) = 2x_1^2 + x_2^2$, 从初始点 $X^{(0)} = \begin{Bmatrix} 1 \\ 1 \end{Bmatrix}$ 出发, 沿方向 $S^{(0)} = \begin{Bmatrix} -1 \\ 1 \end{Bmatrix}$ 进行一维搜索, 最优步长因子为()
A. 10/16
B. 5/9
C. 1/3
D. 1/2
10. 对于一个无约束问题, 若函数 $F(X)$ 的梯度矢量容易计算, 且维数较高 ($n > 100$), 宜选用的优化方法是()
A. 梯度法
B. 变尺度法
C. 0.618 法
D. Powell 法
11. 如下图所示的弹簧结构, 总体刚度矩阵中的元素 K_{11} 的值应为()



题 11 图

- A. K_1
B. $K_1 + K_2$
C. $K_2 + K_3$
D. $K_1 + K_2 + K_3$
12. 如下图所示杆单元, 设杆长为 l , 其非节点载荷的节点等效载荷为()



题 12 图

- A. $F_1 = 3ql/20, F_2 = 7ql/20$
B. $F_1 = 7ql/20, F_2 = 3ql/20$
C. $F_1 = -3ql/20, F_2 = -7ql/20$
D. $F_1 = -7ql/20, F_2 = -3ql/20$
13. 平面应力问题中 (z 轴与该平面垂直), 所有非零应力分量均位于()
A. xy 平面内
B. xz 平面内

- E. 板的面积
22. 设计一个圆形等截面的销轴，在满足使用要求的条件下，按质量最轻的原则设计其长度 L 和截面直径 D ，则设计变量为()
- A. 长度
B. 截面直径
C. 重量
D. 表面积
E. 体积
23. 多目标函数的优化方法主要包括()
- A. Powell 法
B. 复合形法
C. 罚函数法
D. 统一目标法
E. 协调曲线法
24. 平面刚架与平面桁架的不同之处表现在()
- A. 单元刚度矩阵的阶数不同
B. 每个节点的位移分量数不同
C. 单元形状不同
D. 每个单元的节点数不同
E. 坐标转换矩阵的阶数不同
25. 提高串联模型可靠度的途径包括()
- A. 提高元件的可靠度
B. 减少系统组成元件的数目
C. 增加系统组成元件的数目
D. 降低元件的失效率
E. 提高元件的平均使用寿命

三、填空题(本大题共 10 小题，每小题 1 分，共 10 分)

26. 在三维图形的几何变换中，若图形绕 x 轴旋转 θ 角，则其变换矩阵为_____。
27. 若在 CAD 系统中，固定视区参数，同时改动窗口左下角的坐标，则视区显示比例不变，但显示的范围产生_____。
28. 对于由 n 个变量组成的函数，它的 Hessian 矩阵是 $n \times n$ 阶的_____矩阵。
29. 在平面刚架的结构中，有些结构的杆件是通过铰链相连，因而杆件间可以相对转动，这类杆系称为_____。
30. 在弹性力学的平面三角形结构中，局部坐标系与整体坐标系的坐标转换矩阵为_____。
31. 某工厂抽取 100 只电容进行试验，电容工作到 100 小时，有 40 只损坏，工作到 150 小时又有 15 只损坏。从 100 小时到 150 小时这段时间内灯泡的平均失效密度为_____。
32. 为了节省计算机的内存量，需要对结构的节点合理地编号，所采用的原则是：_____。
33. 平均寿命的几何意义是_____。
34. 某串联机电系统由 N 个子系统组成，各子系统的可靠度服从指数分布，且第 i 个系统的失效率为 λ_i ，则该系统的平均寿命为_____。
35. 在进行可靠度分配时，把系统可靠度尽可能大作为目标函数，而将成本等因素视为约束条件进行可靠度分配，这种方法称为_____。

四、简答题(本大题共 5 小题，每小题 6 分，共 30 分)

36. 什么是 CAD 技术? CAD 技术有何主要特点?
37. 什么是优化设计的罚函数法? 简述其分类及各自的特点。
38. 有限元的前处理技术主要包括哪些工作?
39. 在进行有限元分析时，什么情况下适合选择一维、二维和三维单元?
40. 简述强度—应力干涉理论中“强度”和“应力”的含义，试举例说明。

五、计算题（本大题共 4 小题，41、42 题各 5 分，43、44 题各 10 分，共 30 分）

41. 正轴测投影的形成方法是：先使立体绕 z 轴旋转 θ 角，再绕 x 轴旋转 ϕ 角，最后向 xOz 坐标平面投影。现假

设 $\theta = 30^\circ, \phi = 60^\circ$ ，一个立体的坐标为 $[DJ] = \begin{bmatrix} 8 & 0 & 0 & 1 \\ 8 & 5 & 0 & 1 \\ 0 & 5 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \\ 8 & 0 & 5 & 1 \\ 8 & 5 & 5 & 1 \\ 0 & 5 & 6 & 1 \\ 0 & 0 & 6 & 1 \end{bmatrix} \begin{matrix} 1 \\ 2 \\ 3 \\ 4 \\ 5 \\ 6 \\ 7 \\ 8 \end{matrix}$ ，

- 试求：(1) 正轴测变换矩阵；
(2) 该立体的正轴测投影变换。

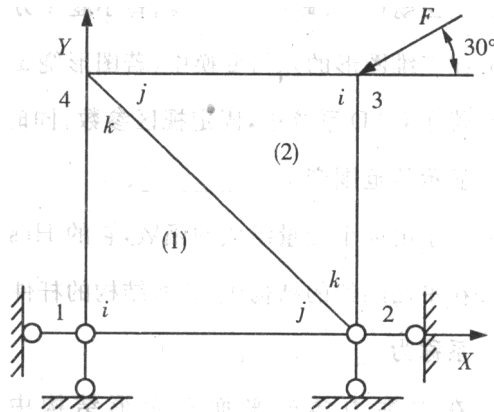
42. 某零件的寿命 T 服从对数正态分布，且知 $y = \ln T$ 的均值为 $\mu_y = 5.2$ ，标准差 $\sigma_y = 10$ ，求 $t = 200h$ 的可靠度。

43. 用共轭梯度法求目标函数 $F(x) = x_1^2 - 2x_1x_2 + 2x_2^2 - 4x_1 + 3$ 的极小值，取初始点为 $X^{(0)} = \begin{Bmatrix} 1 \\ 1 \end{Bmatrix}$ ，收敛精度为 $\varepsilon = 0.1$ 。

44. 一薄板受力及支承情况如图所示，作用力的大小为 F ，采用平面应力问题分析其应力分布情况。将结构划分成 4 个节点、2 个平面三角形单元如图所示，两单元在整体坐标系下具有相同的单元刚度矩阵

$$[k]^{(1)} = [k]^{(2)} = a \begin{bmatrix} 3 & & & & & \\ 1 & 3 & & & & \\ -2 & 0 & 2 & & & \\ -1 & -1 & 0 & 1 & & \\ -1 & -1 & 0 & 1 & 1 & \\ 0 & -2 & 0 & 0 & -2 & \end{bmatrix} \text{ 对称}$$

试写出总体刚度矩阵，并引入支承条件写出平衡方程。



题 44 图

全国 2013 年 4 月高等教育自学考试

现代设计方法练习题答案

(课程代码: 02200)

一、单项选择题 (本大题共 20 小题, 每小题 1 分, 共 20 分)

1. D 2. D 3. A 4. D 5. C 6. A 7. A 8. B 9. C 10. B
11. D 12. A 13. A 14. D 15. D 16. D 17. B 18. C 19. B 20. A

二、多项选择题 (本大题共 5 小题, 每小题 2 分, 共 10 分)

21. ABDE 22. AB 23. DE 24. ABE 25. ABDE

三、填空题 (本大题共 10 小题, 每小题 1 分, 共 10 分)

26.
$$\begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & \cos \theta & \sin \theta & 0 \\ 0 & -\sin \theta & \cos \theta & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

27. 左右、上下移动

28. 二阶偏导数对称

29. 桁架

30.
$$\begin{bmatrix} \cos a & \sin a & 0 & 0 & 0 & 0 \\ -\sin a & \cos a & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & \cos a & \sin a & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -\sin a & \cos a & \sin a & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & \cos a & \sin a \\ 0 & 0 & 0 & 0 & -\sin a & \cos a \end{bmatrix}$$

31. 0.003

32. 节点总码应尽量顺着网格的短边进行编号

33. 可靠度曲线与时间轴所夹的面积

34.
$$MTTF_s = \frac{1}{\lambda_s} = \frac{1}{\sum_{i=1}^n \lambda_i}$$

35. 动态规划最优分配法 (或最优分配法)

四、简答题 (本大题共 5 小题, 每小题 6 分, 共 30 分)

36. CAD 是计算机辅助设计 (Computer Aided Design) 的英文缩写, 已经成为一个世界性的通用的专业词汇。它是指人们在计算机软、硬件的辅助下对产品或工程进行设计、绘图、分析计算、修改和编写技术文件以及显示、输出的一种设计方法。它的主要特点有:

- (1) 制图速度快, 减少手工绘图的时间, 提高了工作效率。
- (2) 图样格式统一, 质量高, 促进设计工作规范化、系列化和标准化。
- (3) 提高分析计算速度, 能够解决复杂的设计计算问题。

(4)易于技术资料的保存及查找,修改设计快,缩短了产品的设计周期。

(5)设计时可预估产品的性能。

37. 罚函数法是解约束优化问题的间接法,适用于求解具有不等式约束和等式约束条件的优化设计问题。它的基本思想是把一个有约束的问题转化为一系列无约束问题求解,逐渐逼近于目标函数的最优值。

根据罚函数法的函数形式不同,可分为内点法、外点法和混合法三种。内点法是把新目标函数定义于可行域内,因此其初始点和后面产生的迭代点序列也必然在可行域内。这种方法是求解不等式约束最优化问题的一种十分有效的方法,但不能处理等式约束。

外点法的基本思想是将罚函数定义于约束可行域之外,且求解无约束问题搜索点是从可行域外部,逐步逼近原目标函数的约束最优解。混合法把内点法、外点法结合起来,解决既有不等式约束又有等式约束的优化设计问题很有效。

38. 前处理程序的功能主要包括:设计人员利用CAD软件对简化的零件或结构进行设计后,在确定结构中各零件的联结方式的基础上,前处理程序进行单元的自动分割生成网格、单元和节点的自动优化编码实现带宽最小和各节点坐标值的确定等。同时,还可以使用图形系统显示单元分割的情况,检查单元分割的合理性。这项工作可采用人机对话的方式进行。有些系统还可以实现在应集中区内局部自适应网格加密和有限元模型的尺寸优化。

39. (1)当几何形状、材料性质及其他参数能用一个坐标描述时,选用一维单元。

(2)当几何形状、材料性质及其他参数需要用两个相互独立的坐标描述,选用二维单元。最常用的二维单元是三角形单元。

(3)当几何形状、材料性质及其他参数需要用三个相互独立的坐标描述,选用三维单元。最基本的三维单元是四面体或六面体。

40. 强度—应力干涉理论中“强度”和“应力”具有广泛的含义:“应力”表示导致失效的任何因素;而“强度”表示阻止失效发生的任何因素。“强度”和“应力”是一对矛盾的两个方面,它们具有相同的量纲;例如,在解决杆、梁或轴的尺寸的可靠性设计中,“强度”就是指材料的强度,“应力”就是指零件危险断面上的应力,但在解决压杆稳定性的可靠性设计中,“强度”则指的是判断压杆是否失稳的“临界压力”,而“应力”则指压杆所受的工作压力。

五、计算题(本大题共4小题,41、42题各5分,43、44题各10分,共30分)

41. 解:(1)由正轴测投影的形成方法,得正轴测变换矩阵为

$$T_z = \begin{bmatrix} \cos\theta & \sin\theta & 0 & 0 \\ -\sin\theta & \cos\theta & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & \cos\varphi & -\sin\varphi & 0 \\ 0 & \sin\varphi & \cos\varphi & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$
$$= \begin{bmatrix} \cos\theta & 0 & -\sin\theta \sin\varphi & 0 \\ -\sin\theta & 0 & -\sin\varphi & 0 \\ 0 & 0 & \cos\varphi & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

将 $\theta = 30^\circ$, $\varphi = 60^\circ$ 代入,得其正轴测变换矩阵为:

$$T_z = \begin{bmatrix} \cos 30^\circ & 0 & -\sin 30^\circ \sin 60^\circ & 0 \\ -\sin 30^\circ & 0 & -\cos 30^\circ \sin 60^\circ & 0 \\ 0 & 0 & \cos 60^\circ & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

$$= \begin{bmatrix} 0.866 & 0 & -0.433 & 0 \\ -0.5 & 0 & -0.745 & 0 \\ 0 & 0 & 0.5 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

(2) 对立体进行变换, 得

$$[DJ]T_z = \begin{bmatrix} 8 & 0 & 0 & 1 \\ 8 & 5 & 0 & 1 \\ 0 & 5 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \\ 8 & 0 & 5 & 1 \\ 8 & 5 & 5 & 1 \\ 0 & 5 & 6 & 1 \\ 0 & 0 & 6 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 0.866 & 0 & -0.433 & 0 \\ -0.5 & 0 & -0.745 & 0 \\ 0 & 0 & 0.5 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

$$= \begin{bmatrix} 9.28 & 0 & -3.464 & 1 & 1' \\ 4.428 & 5 & -7.189 & 1 & 2' \\ -2.5 & 5 & -3.725 & 1 & 3' \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 4' \\ 6.928 & 0 & -5.964 & 1 & 5' \\ 4.428 & 0 & -3.241 & 1 & 6' \\ -2.5 & 0 & -0.725 & 1 & 7' \\ 0 & 0 & 3 & 1 & 8' \end{bmatrix}$$

42. 解: 正态分布的标准正态变量为 $z = \frac{x - \mu}{\sigma}$, 故对数正态分布的标准正态变量为 $z = \frac{\ln x - \mu_y}{\sigma_y}$, 所以, 求

$t = 200h$ 的可靠度, 则有

$$z = \frac{\ln x - \mu_y}{\sigma_y} = \frac{\ln 200 - 5.2}{10} = 0.01$$

查正态分布表, 得

$$\phi(z) = \phi(0.01) = 0.504$$

所以, $t = 200h$ 的可靠度为

$$R(200) = 1 - 0.504 = 0.496$$

43. 解：计算初始点 $X^{(0)}$ 的梯度，原函数的梯度

$$\nabla F(X) = \begin{Bmatrix} \frac{\partial F(X)}{\partial x_1} \\ \frac{\partial F(X)}{\partial x_2} \end{Bmatrix} = \begin{Bmatrix} 2x_1 - 2x_2 - 4 \\ 4x_2 - 2x_1 \end{Bmatrix}$$

$$X^{(0)} \text{ 点的梯度 } \nabla F(X^{(0)}) = \begin{Bmatrix} -4 \\ 2 \end{Bmatrix}$$

取第一次搜索方向 $S^{(0)}$ 为函数在初始点处的负梯度方向

$$S^{(0)} = -g^{(0)} = \begin{Bmatrix} 4 \\ -2 \end{Bmatrix}$$

用一维搜索法求 α 的最优值 $\alpha^{(0)}$ ，由

$$\nabla^2 F(X) = H(X) = \begin{Bmatrix} \frac{\partial^2 F(X)}{\partial x_1} & \frac{\partial^2 F(X)}{\partial x_1 \partial x_2} \\ \frac{\partial^2 F(X)}{\partial x_2 \partial x_1} & \frac{\partial^2 F(X)}{\partial x_2} \end{Bmatrix} = \begin{Bmatrix} 2 & -2 \\ -2 & 4 \end{Bmatrix}$$

$$\text{则 } \alpha^{(0)} = \frac{-\{\nabla F(X^{(0)})\}^T S^{(0)}}{\{S^{(0)}\}^T [H(X^{(0)})] S^{(0)}}$$

$$= -\frac{\{4, -2\} \begin{Bmatrix} 4 \\ -2 \end{Bmatrix}}{\{4, -2\} \begin{bmatrix} 2 & -2 \\ -2 & 4 \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} 4 \\ -2 \end{Bmatrix}} = \frac{20}{80} = 0.25$$

由此求得新点

$$\begin{aligned} X^{(1)} &= X^{(0)} + \alpha^{(0)} S^{(0)} \\ &= \begin{Bmatrix} 1 \\ 1 \end{Bmatrix} + 0.25 \begin{Bmatrix} 4 \\ -2 \end{Bmatrix} \\ &= \begin{Bmatrix} 2 \\ 0.5 \end{Bmatrix} \end{aligned}$$

$X^{(1)}$ 点的函数梯度为

$$g^{(1)} = \nabla F(X^{(1)}) = \begin{Bmatrix} -1 \\ -2 \end{Bmatrix}$$

共轭系数 $\beta^{(0)}$ 为 $\beta^{(0)} = \frac{|\mathbf{g}^{(1)}|^2}{|\mathbf{g}^{(0)}|^2} = \frac{5}{20} = 0.25$

第二次搜索方向

$$\mathbf{s}^{(1)} = -\mathbf{g}^{(1)} + \beta^{(0)}\mathbf{S}^{(0)} = \begin{Bmatrix} 2 \\ 1.5 \end{Bmatrix}$$

$$\begin{aligned} \alpha^{(1)} &= \frac{-\{\nabla F(X^{(1)})\}^T \mathbf{s}^{(1)}}{\{\mathbf{S}^{(1)}\}^T [H(X^{(1)})] \mathbf{s}^{(1)}} \\ &= -\frac{\{-1, -2\} \begin{Bmatrix} 2 \\ 1.5 \end{Bmatrix}}{\{2, 1.5\} \begin{bmatrix} 2 & -2 \\ -2 & 4 \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} 2 \\ 1.5 \end{Bmatrix}} \\ &= \frac{5}{5} = 1 \end{aligned}$$

由此得 $X^{(2)} = \mathbf{x}^{(1)} + \alpha^{(1)}\mathbf{S}^{(1)} = \begin{Bmatrix} 4 \\ 2 \end{Bmatrix}$

$$\nabla F(X^{(2)}) = \begin{Bmatrix} 0 \\ 0 \end{Bmatrix}$$

因为 $|\nabla F(X^{(2)})| = 0 < \epsilon$ ，故该点为最优点，函数最小值为 $\nabla F(X^{(2)}) = -5$

44. 解：局部码和总码的对应关系为：

局部码	$i^{(1)}$	$j^{(1)}$	$k^{(1)}$	$i^{(2)}$	$j^{(2)}$	$k^{(2)}$
总码	1	2	4	3	4	2

整体坐标系下的单元刚度矩阵

$$[K]^{(1)} = \begin{bmatrix} K_{11} & K_{12} & K_{13} \\ K_{21} & K_{22} & K_{24} \\ K_{41} & K_{42} & K_{44} \end{bmatrix}^{(1)}$$

$$[K]^{(2)} = \begin{bmatrix} K_{33} & K_{31} & K_{32} \\ K_{43} & K_{44} & K_{12} \\ K_{23} & K_{24} & K_{22} \end{bmatrix}^{(2)}$$

则集成的总体刚度矩阵为

$$[K] = \begin{bmatrix} K_{11}^{(1)} & K_{12}^{(1)} & 0 & K_{14}^{(1)} \\ K_{21}^{(1)} & K_{22}^{(1)} & K_{23}^{(2)} & K_{24}^{(1)} + K_{24}^{(2)} \\ 0 & K_{32}^{(2)} & K_{33}^{(2)} & K_{34}^{(2)} \\ K_{41}^{(1)} & K_{42}^{(1)} + K_{42}^{(2)} & K_{43}^{(2)} & K_{44}^{(1)} + K_{44}^{(2)} \end{bmatrix}$$

则总体刚度矩阵为

$$[K] = \begin{bmatrix} 3 & 1 & -2 & -1 & 0 & 0 & -1 & 0 \\ 1 & 3 & 0 & -1 & 0 & 0 & -1 & -2 \\ -2 & 0 & 3 & 0 & -1 & -1 & 0 & 1 \\ -1 & -1 & 0 & 3 & 0 & -2 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & -1 & 0 & 3 & 1 & -2 & -1 \\ 0 & 0 & -1 & -2 & 1 & 3 & 0 & -1 \\ -1 & -1 & 0 & 1 & -2 & 0 & 3 & 0 \\ 0 & -2 & 1 & 0 & -1 & -1 & 0 & 3 \end{bmatrix}$$

节点 3 处的载荷为:

$$F_{3X} = -F \cos 30^\circ = -\frac{\sqrt{3}}{2} F$$

$$F_{3Y} = -F \sin 30^\circ = -\frac{1}{2} F$$

其余节点受载情况为:

$$F_{1X} = F_{1Y} = F_{2X} = F_{2Y} = F_{4X} = F_{4Y} = 0$$

支承条件为: $u_1 = v_1 = u_2 = v_2 = 0$

所以引入支承条件的平衡方程为

$$\begin{bmatrix} 3 & 1 & -2 & -1 \\ 1 & 3 & 0 & -1 \\ -2 & 0 & 3 & 0 \\ -1 & -1 & 0 & 3 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} u_3 \\ v_3 \\ u_4 \\ v_4 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -\frac{\sqrt{3}}{2} F \\ -\frac{1}{2} F \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}$$