

武汉大学

二〇〇九年招收硕士研究生入学考试试题

《安全系统工程》试卷参考答案

.....
一、填空题（20分，每空1分）

- 1、安全系统工程的内容有危险性分析、危险性评价、危险性控制。
- 2、PHA的危险性分1级—安全的、2级—临界的、3级—危险的、4级—破坏性的四级。
- 3、故障率浴盆曲线分早期故障期、偶然故障期、损耗故障期三个故障期。
- 4、故障含时间、条件、功能三个因素。
- 5、所有安全系统分析方法的第一步是确定系统。
- 6、因果分析(CCA)法中包括ETA、FTA 2种系统安全分析法。
- 7、火灾燃烧方式主要分池火、喷射火、火球、突发火四种。

二、多项选择题（20分，每题4分）

- 1、SOR模型是 B, C
- 2、故障树分析中概率重要度是 A, D
- 3、PHA是 A
- 4、部件二次失效可能是 B, C, D
- 5、可燃物质爆炸的破坏半径 C, D

三、简答题（30分，每题10分）

1. 防止能量破坏导致事故的基本措施。

答：防止能量破坏作用；降低损失严重度；防止人失误。

2. FTA分析法的基本步骤。

答：熟悉系统、调查系统、确定顶上事件、调查原因事件、建造故障树

3. 最小径集在故障树分析中的作用。

答：最小径集表示系统的安全性，最小径集数越多，系统越安全；最小径集可以用

于选择控制事故发生的最佳方案，消除少事件通常比消除多事件容易；作定量计算。

四、计算题（共 60 分，第 1 题 10 分，第 2 题 30 分，第 3 题 20 分）

1、已知系统如图 1 所示，其各单元故障发生概率分别为： p_1, p_2, p_3, p_4 。

(1) 试绘出事件树（5 分）；(2) 写出系统故障概率表达式（5 分）。

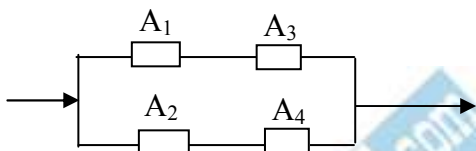


图 1

解：(1) 事件树（5 分）：



(2) 系统故障概率表达式（5 分）

$$P_T = (1 - p_1)p_3p_2 + (1 - p_1)p_3(1 - p_2)p_4 + p_1p_2 + p_1(1 - p_2)p_4$$

2、有一系统如图 2。各单元的故障概率为： $p_1=p_2=p_3=p_4=0.1$ 。

- (1) 绘出最小割集和最小径集等效树（5 分）；
- (2) 用最小割集法求顶上事件的概率（5 分）；
- (3) 用最小径集法求顶上事件的概率（5 分）；
- (4) 用不交化理论验证（5 分）；
- (5) 用平均计算法求顶上事件的概率（5 分）；
- (6) 结构重要度（5 分）。

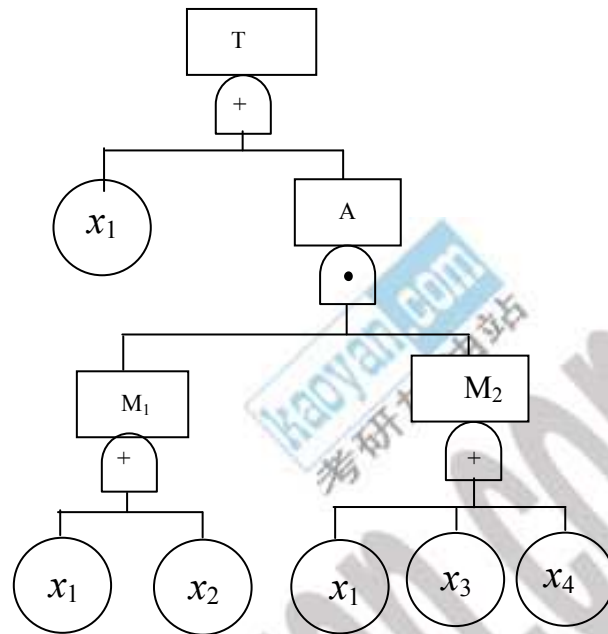
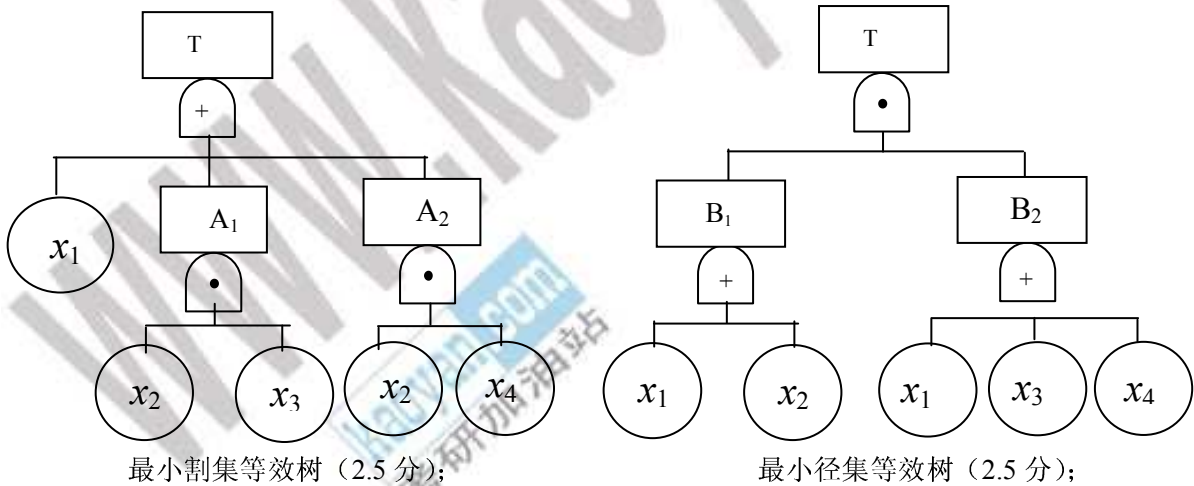


图 2

解：(1) 绘出最小割集和最小径集等效树（5分）；



最小割集等效树（2.5分）；

最小径集等效树（2.5分）；

(2) 最小割集法求顶上事件的概率（5分）

$$T = x_1 + A = x_1 + (x_1 + x_2)(x_1 + x_3 + x_4) = x_1 + x_2x_3 + x_2x_4$$

$$\begin{aligned} P_T &= p_1 + p_{23} + p_{24} - p_{123} - p_{124} - p_{234} + p_{1234} \\ &= 0.1 + 0.02 - 0.003 + 0.0001 = 0.1171 \end{aligned}$$

(3) 由原故障树求最小径集 (5分)

$$T' = \bar{x}_1(\bar{x}_2 + \bar{x}_3)(\bar{x}_2 + \bar{x}_4) = \bar{x}_1(\bar{x}_2 + \bar{x}_3\bar{x}_4) = \bar{x}_1\bar{x}_2 + \bar{x}_1\bar{x}_3\bar{x}_4$$

$$T'' = T = (x_1 + x_2)(x_1 + x_3 + x_4)$$

$$P_T = (1 - q_1q_2)(1 - q_1q_3q_4) = 1 - q_1q_3q_4 - q_1q_2 + q_1q_2q_3q_4 \\ = 1 - 0.9^3 - 0.9^2 + 0.9^4 = 0.1171$$

(4) 对式 (1) 不变化, 有 (5分)

$$T = x_1 + x'_1x_2x_3 + x'_1(x'_2 + x'_3)x_2x_4$$

$$T = x_1 + x'_1x_2x_3 + x'_1x'_3x_2x_4$$

$$P_T = p_1 + q_1p_2p_3 + q_1q_3p_2p_4 = 0.1 + 0.9 \times 0.01 + 0.81 \times 0.01 = 0.1171$$

(5) 用平均计算法求顶上事件的概率 (5分)

$$P_T = p_1 + p_{23} + p_{24} - \frac{1}{2}(p_{123} - p_{124} - p_{234}) = 0.1 + 0.02 - 0.0015 = 0.1185$$

(6) 所有事件的结构重要度 (5分)

$$\Phi_1 = 1$$

$$\Phi_2 = 1$$

$$\Phi_3 = \Phi_4 = \frac{1}{2^{2-1}} = \frac{1}{2}$$

3、有一供电系统如图 3, 开关故障频率 $q_1 = 10^{-3}$ 次/年, 过载保护装置 $q_2 = 10^{-2}$ 次/年, 供电设备 $q_3 = 10^{-3}$ 次/年, 工厂停电损失严重度为 80000 小时/次. 工厂 1000 工人. 安全指标为 7×10^{-4} 损失日/接触小时.

(1) 试评价系统的危险性 (10分)

(2) 为达到安全指标, 应采取什么措施, 其风险率又是多少 (10分)。

注: 每天接触时间按 8 小时计算, 一年按 300 天计。

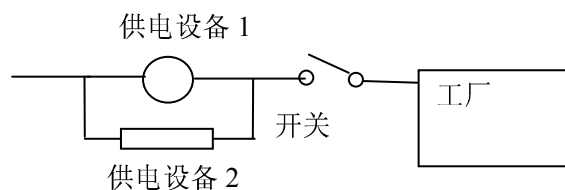


图 3

解: (1) 求系统故障频率:

您所下载的资料来源于 kaoyan.com 考研资料下载中心
 获取更多考研资料, 请访问 <http://download.kaoyan.com>

写出布尔代数： $P = x_3 + x_2 x_1$ 。

系统故障频率： $q = q_3 + q_1 q_2 - (q_1 \times q_2 \times q_3) \approx 10^{-3} + 10^{-5} \approx 1.01 \times 10^{-3}$ (次/年)

(2) 系统风险率 $R = q \times S = 1.01 \times 10^{-3}$ 次/年 \times 80000 小时/次 = 80.8 小时/年

每天接触时间按 8 小时计算，一年按 300 天计，一年接触小时数为： $300 \times 8 = 2400$ 小时。

风险率 $R = 80.8$ 小时/2400 小时 = 3.3×10^{-2} ，

系统风险率大于安全指标 7×10^{-4} ，

(3) 措施：再并联一切换开关。

系统故障频率为： $q \approx 10^{-6} + 10^{-5} \approx 1.1 \times 10^{-5}$ (次/年)。

系统风险率为： $R = q \times S = 1.1 \times 10^{-5}$ 次/年 \times 80000 小时/次 = 0.88 小时/年

风险率 $R = 0.88$ 小时/2400 小时 = 3.67×10^{-4} ，

系统风险率小于安全指标 7×10^{-4} ，故系统是安全的。

五、分析题 (20 分)

编制手持灭火器安全检查表 (要求不少于 5 个检查内容)

编制手持灭火器安全检查表 制表人： 检查人：

序号	检查内容	检查结果		措施	落实人
		是	否		
1	手持灭火器数量足够吗				
2	通往灭火器的通道通畅吗				
3	人们会使用灭火器吗				
4	灭火器有效吗				
5	人能看见灭火器吗				
6					