

武汉科技大学

二00八年招收硕士研究生入学考试试题

《安全系统工程》试卷标答

一、判断题(20分, 每题2分)

1) ×, 2) ×, 3) √, 4) ×, 5) √, 6) √, 7) √, 8) ×, 9) √, 10) ×

二、填空题(20分, 每空1分)

- 1) 系统的大小由边界条件所决定。
- 2) 火灾产生取决于有足够的空气(氧气)、物质可燃、有足够的点火能三个条件。
- 3) 事故的发生可归结为人、机、环境三个主要因素。
- 4) SOR模型是由接收信息的(外界刺激)的可靠性、主观判断可靠性、采取行动的可靠性构成的人的可靠性模型。
- 5) 故障树分析中主要有结构重要度、概率重要度、临界重要度三个重要度分析。
- 6) 常见重大事故有燃烧、爆炸、毒气泄漏。
- 7) 故障模式分1级—可忽略的、2级—临界的、3级—严重的、4级—致命的四级。

三、多项选择题(20分, 每题4分)

1、PHA危险等级的划分是

- A. 1级—可忽略的; 2级—临界的; 3级—严重的; 4级—致命的。
- B. 1级—安全的; 2级—临界的; 3级—危险的; 4级—破坏性的。
- C. 1级—可忽略的; 2级—较危险的; 3级—危险的; 4级—灾难性的。
- D. 1级—安全的; 2级—较重的; 3级—严重的; 4级—破坏性的。

答: B

2、故障树分析中结构重要度是指

- A. 基本事件在故障树结构中位置的重要性。
- B. 基本事件发生概率对顶事件发生概率的贡献率。
- C. 顶上事件的变化率与基本事件变化率之比。
- D. 顶上事件发生概率与基本事件发生概率之比。

答: A

3、下面布尔表达式正确的是

- A. $a + (b + c) = (a + b)(a + c)$

B. $a + (b \cdot c) = (a + b)(a + c)$

C. $a + \bar{a}b = a + b$

D. $a + b = b + \bar{b}a$

答: B、C、D

4、某故障树的最小径集为 $P_1 = \{x_1, x_2\}$; $P_2 = \{x_3, x_4\}$; $P_3 = \{x_4, x_1\}$, 如果 x_1, x_3 不发生, 其它事件发生, 则 _____ 保证顶上事件不发生; 如果 x_4, x_1 不发生, 其它事件发生, 则 _____ 保证顶上事件不发生

A. 能, 不能。 B. 不能, 能。 C. 不一定能, 不能。 D. 能, 能

答: B

5、在故障树分析中, 某些基本事件都不发生, 则导致顶事件不发生, 这些基本事件的集合称为

A. 径集。 B. 割集。 C. 最小径集。 D. 最小割集。

答: A

四、 简答题 (20 分, 每题 5 分)

1. 安全检查表的制作步骤

答: 确定系统 (1 分); 收集资料、调查危险因素 (1 分); 对每个危险因素以提问的方式列表, 并以是或否回答 (1 分); 注明日期、制表人、检查人和落实人。(2 分)

2. 全面安全目标管理。

答: 全面安全目标管理是指生产全过程安全管理, 从规划、设计、施工到投产 (2 分); 全体人员参加安全管理, 领导、职工、党政工团齐抓共管 (2 分); 全部工作的安全管理 (1 分)。

3. “三同时”原则。

答: 安全措施 (2 分) 与工程技术设施 (2 分) “同时设计、施工、投产” (1 分)。

4. 最小割集在故障树分析中的作用。

答: 最小割集表示系统的危险性, 最小割集数越多, 系统越危险 (2 分); 由最小割集可以概略看出哪种事件对系统最危险, 哪种稍次, 哪种可以忽略, 以及采取何种措施使事故发生的可能性下降 (2 分); 可用作定量分析计算 (1 分)。

五、 计算题 (共 50 分, 第 1 题 10 分, 第 2 题 30 分, 第 3 题 10 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)。

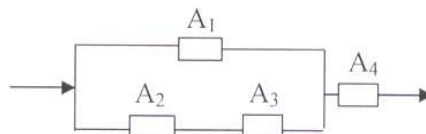
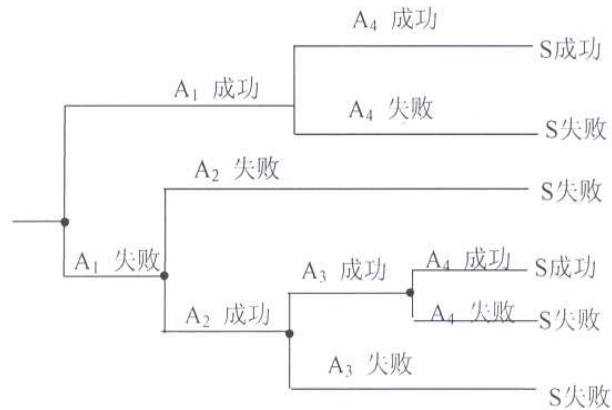


图 1

解：(1) 画出 ETA 图(5 分)



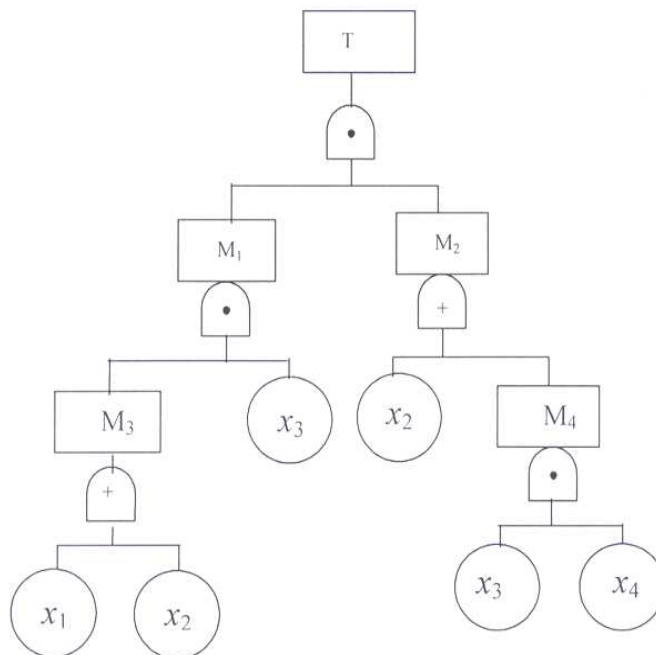
(2) 系统故障概率表达式为：(5 分)

$$P_T = 1 - [(1 - p_1)(1 - p_4) + p_1(1 - p_2)(1 - p_3)(1 - p_4)]$$

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

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

- (1) 用最小割集法求顶上事件的概率(6 分)；
- (2) 用最小径集法求顶上事件的概率(6 分)；
- (3) 用不变化理论验证(6 分)；
- (4) 所有事件的结构重要度(6 分)；
- (5) 事件 x_3 的概率重要度(6 分)



解：(1) 用布尔代数化简法求最小割集并求顶上事件的概率：

$$T = M_1 M_2 = x_1 x_5 + x_2 x_5 + x_3 x_5 + x_3 x_4 \quad (2)$$

分)

$$P_T = 0.0361 \quad (2)$$

分)

(2) 由原故障树求最小径集

$$T'' = T = (x_1 + x_2 + x_3)(x_3 + x_5)(x_4 + x_5) \quad (2)$$

分)

$$P_T = 0.0361 \quad (2)$$

分)

(3) 对式 (1) 不变化, 有

$$T = x_2 x_5 + x_1' x_2 x_5 + x_2' x_1' x_3 x_5 + x_3 x_4 x_5' \quad (2 \text{ 分})$$

$$P_T = 0.0361 \quad (2 \text{ 分})$$

(4) 所有事件的结构重要度

$$\Phi_1 = \Phi_2 = \Phi_4 = \frac{1}{2^{2-1}} = \frac{1}{2} \quad (2 \text{ 分})$$

$$\Phi_3 = \frac{1}{2^{2-1}} + \frac{1}{2^{2-1}} = 1 \quad (1 \text{ 分})$$

$$\Phi_5 = \frac{1}{2^{2-1}} + \frac{1}{2} + \frac{1}{2} = \frac{3}{2} \quad (1 \text{ 分})$$

(5) 事件 x_3 的概率重要度

$$I_3 = \frac{\partial P_T}{\partial p_3} = p_5 - p_1 p_5 - p_2 p_5 + p_1 p_2 p_5 + p_4 - p_4 p_5 = 0.171 \quad (4 \text{ 分})$$

3、某系统一般物质危险系数 $B=10$, 特殊物质危险系数 $M=100$, 一般工艺危险系数 $P=50$, 特殊工艺危险系数 $S=150$, 数量危险值 $Q=200$, 配置危险系数 $L=150$, 系统无毒气产生。试根据火灾爆炸指数分级表评价系统的危险性程度。

火灾爆炸指数分级表

指标 D 的范围	危险程度
0~20	缓和的
20~40	轻度的
40~60	中等的
60~90	重的
90~115	极端的
115~150	非常极端的
150~200	潜在灾难性的
>200	高度灾难性

解：由公式

$$D = B(1 + \frac{M}{100})(1 + \frac{P}{100})(1 + \frac{S+Q+L}{100} + \frac{T}{400}) \quad (5 \text{分})$$

$$= 10(1 + \frac{100}{100})(1 + \frac{50}{100})(1 + \frac{150+200+150}{100} + 0) = 95$$

根据火灾爆炸指数分级表，系统的危险性程度是极端的，应采取安全措施（5分）。

六、综合分析题（20分）

某油库有3个1000m³储罐，分别储存汽油、煤油和柴油。各油品均从水路运进，通过管路输送到储罐。该油库远离人口密集区，周围无铁路、高压输电线等。试分析

- (1) 该油库存在哪些危险因素？是否构成重大危险源（10）
- (2) 该油库可用哪些安全评价方法（5）
- (3) 在运营过程中，你认为应该采取哪些安全措施？（5）

答：(1) 管路破裂（2分）；储罐破裂（2分）；静电摩擦、碰撞火花（2分）；管内压力过高（2分）。构成重大危险源（2分）。

(2) 火灾爆炸指数评价法（回答道化法和蒙德法算对）（2分）；事件树分析法（1分）、故障树分析法（1分）、因果分析法、风险评价法（1分）。

(3) 罐间火灾、爆炸安全距离（2分）；罐和油路探伤检查（1分）；定期维护（1分）；增设防火设施，全部密闭输送（1分）。