

武汉科技大学  
2007 年硕士研究生入学试题  
参考标答

考试科目及代码:《安全系统工程》, 442

说明: 1. 适用专业: 安全工程、环境工程。

2. 可使用的常用工具: 计算器、绘图尺。

3. 答题内容写在答题纸上, 写在试卷或草稿纸上一律无效。

一、判断题: (请判断下列概念或说法是否正确, 在答题纸上表明题号, 对的打“√”, 错的打“×”, 每小题 2 分, 共 20 分)

- |                             |   |
|-----------------------------|---|
| 1、陨石落下伤人是事故。                | × |
| 2、没有出现事故就是安全的。              | × |
| 3、爆炸产生的充分必要条件是可燃物、有氧气和火源。   | √ |
| 4、几乎所有的系统安全分析方法都可以用于危险性评价。  | √ |
| 5、人处理的信息量越少, 越不容易出差错。       | × |
| 6、危险性辨识的方法主要是能量识别。          | √ |
| 7、安全检查表的作用是发现生产过程中的危险因素。    | × |
| 8、FMEA 的故障等级分四级。            | √ |
| 9、降低小概率事件发生的可能性要比降低大概率事件容易。 | × |
| 10、重大危险源辨识的依据是导致伤害或损失的严重程度。 | √ |

二、简答题 (每小题 4 分, 共 40 分)

1. 安全管理

答: 对系统的活动, 进行安全决策、计划、组织、指挥、协调和危险性控制。

2. 安全系统工程的内容

答: 危险性分析、危险性评价、危险性控制

3. FTA

答: 是根据导致系统故障的各因素之间的结果—原因关系 (输出和输入关系) 建立逻辑树图, 由此树图建立布尔代数表达式, 从而用于系统及各因素危险性的定性和定量分析。

4. 故障

答: 元件、子系统或系统没有按规定的时间、条件完成给定的任务或任务完成的不好。

5. 损失严重度

答：每次事故发生所造成的人的伤亡多少和物的损失大小。

6. 可靠度

答：元件、子系统或系统不出现故障的概率。

7. CCA

答：将 ETA 和 FTA 相结合的分析方法，又称因果分析法。

8. 化学爆炸特征

答：放热、快速、产生气体。

9. 安全评价原则

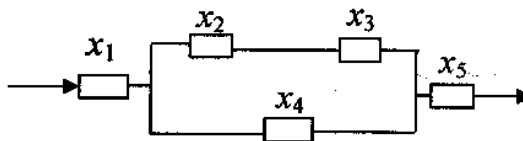
答：要遵从政策性、科学性、公正性、针对性原则。

10. 控制人失误的措施

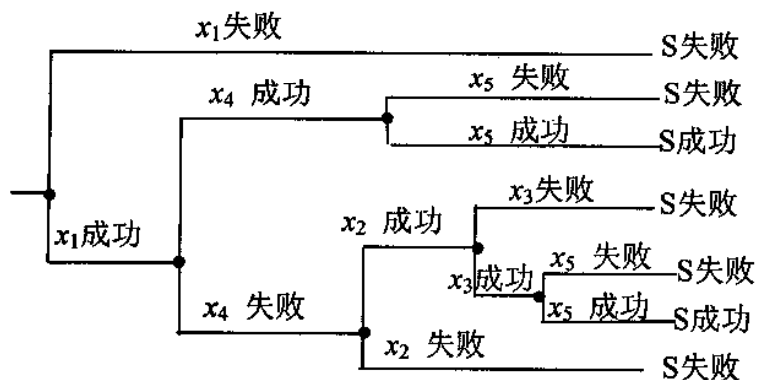
答：进行安全教育、组织技术培训、加强制度管理、做好安全防护。

### 三、计算题（每题 20 分，共 60 分）

1. 有一系统如图。用 ETA 计算系统故障概率。已知各单元的故障概率为： $p_1=p_5=p_2=p_3=p_4=0.1$ （保留 4 位小数）。



解：（1）画出 ETA 图



(2) 系统可靠性概率为:

$$P_s = q_3 q_4 q_1 + q_3 q_3 q_2 p_4 q_1 = 0.9^3 + 0.9^3 \times 0.1^2 = 0.7363$$

(3) 系统故障概率为:

$$P_T = 1 - P_s = 1 - 0.7363 = 0.2637$$

2. 故障树的布尔代数表达式为

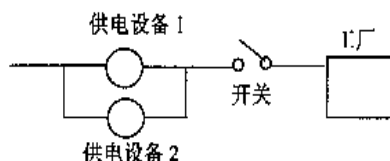
$T = x_1 + (x_2 + x_4)x_3 + x_3x_4$ , 各基本事件概率为  $q_1=q_2=q_3=q_4=0.1$ . 求:

- (1) 最小径集, 并画其等效树
- (2) 结构重要度
- (3) 用最小割集法求顶上事件的概率并用不变化方法验证
- (4) 概率重要度

解答:

- (1) 最小径集:  $\{x_1, x_3\}, \{x_1, x_2, x_4\}$
- (2) 结构重要度:  $I_1 > I_3 > I_2 = I_4$ .
- (3) 用最小割集法求顶上事件的概率并用不变化理论验证:  $P=0.1171$
- (4) 概率重要度:  $I_1=0.981, I_2=0.081, I_3=0.171, I_4=0.081$ ,  
临界重要度:  $I_1=0.838, I_2=0.069, I_3=0.146, I_4=0.069$ .

3. 有一供电系统如图示, 供电设备 1 故障频率  $q_1=10^{-3}$  次/年, 供电设备 2 故障频率  $q_2=10^{-2}$  次/年, 开关故障频率  $q_3=10^{-3}$  次/年, 工厂停电损失严重度为 80000 小时/次, 安全指标为  $7 \times 10^{-4}$ , (损失日/接触小时) 试评价系统的危险性, 为达到安全指标, 应采取什么措施, 其风险率又是多少。(每天接触时间按 8 小时计算, 一年按 300 天计)



解: (1) 求系统故障频率:

写出布尔代数:  $P = x_3 + x_2 x_1$

系统故障频率:

$$q = q_3 + q_1 q_2 = (q_1 \times q_2 \times q_3) \approx 10^{-3} + 10^{-5} \approx 1.01 \times 10^{-3} \text{ (次/年)}$$

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

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:  $300 \times 8 = 2400 \text{ 小时}$ .

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

系统风险率大于安全指标  $7 \times 10^{-4}$ ,

(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:  $R = q \times S = 1.1 \times 10^{-5} \text{ 次/年} \times 80000 \text{ 小时/次} = 0.88 \text{ 小时/年}$

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

系统风险率小于安全指标  $7 \times 10^{-4}$ , 故系统是安全的。

#### 四、论述题 (任选 1 题, 30 分)

##### 1. 案例分析 (分析事故原因)

白天, 下小雨, 一客车核定载客 45 人, 在限速 50km/h 的公路上以 70km/h 行驶, 该车挡风玻璃破裂, 雨刷器不能正常使用。会车时翻入公路东侧 3.5m 深的梯形混凝土水槽内, 客车起火, 43 人当场死亡, 39 人受伤。酿成特大翻车事故。

答: (1) 本次事故发生时该车行驶速度超过该路段规定的速度, 加之, 雨刷器不能正常使用视线不清, 待发现对面来车时驾驶员慌乱且采取措施不当, 造成车辆翻入公路东侧 3.5m 深的梯形混凝土水槽, 因此驾驶员违章超速行驶和车辆存在故障是造成本次事故的直接原因 (15 分)。

(2) 发生事故的大客车核定载客 45 人, 实际载客超过 80 人, 由于超载, 使得车辆制动距离变长, 虽然驾驶员会车时采取了制动措施, 但超载的车辆根本不能在预计的制动距离内停止, 造成车辆冲出道路, 因此严重超载也是本次事故的重要原因 (15 分)。

##### 2. 简述控制事故损失的措施

(1) 减小事故严重度: 控制能量、取代危险材料、隔离、分散 (10 分)

(2) 减少事故频率: 减少原因事件概率、防止火灾、爆炸 (10 分)。

(3) 采用储备、冗余技术 (10 分)