

江苏大学
硕士研究生入学考试样题

科目代码: 838

A卷

科目名称 安全系统工程

满分: 150分

注意: ①认真阅读答题纸上的注意事项; ②所有答案必须写在答题纸上, 写在本试题纸或草稿纸上均无效; ③本试题纸须随答题纸一起装入试题袋中交回!

一、判断题 (正确的打√, 错误的打×, 每小题 2 分, 共 40 分)

1. HAZOP 分析方法仅适用于已投入运行的装置。()
2. 强迫体位不属于环境因素。()
3. 系统有序性仅表现在系统发展的时间顺序性。()
4. 道化法中资金密度是选择工艺单元的一个重要因素。()
5. 系统工程是解决系统整体及其全过程优化问题的工程技术。()
6. 安全标准与一个国家、行业或部门的政治、经济、技术和安全科学发展的水平无关。()
7. 触电不包括雷击伤亡事故。()
8. 引起顶上事件发生的基本事件的集合称为最小割集。()
9. 物质系数是表述物质化学反应类型的内在特性。()
10. 在高处作业中发生触电坠落造成的伤亡事故属于高处坠落事故。()
11. 安全检查表有利于推行和落实安全生产责任制。()
12. 系统的子系统或元件在运行过程中会发生故障, 且故障类型可能是不同的。()
13. 系统发生故障一定会发生安全生产事故。()
14. 带控制点的工艺流程图是进行 HAZOP 分析的关键资料。()
15. 蒙德法的数量系数和物质数量的关系在 200 吨以内与道化学公司方法是相同的。()
16. 事件树分析是一种演绎的分析方法。()
17. 事故树分析确定顶上事件应优先考虑后果严重的事故事件。()
18. 任意事故树都可以用全部基本事件作成“或”结合的事故树表示系统的最劣状态。()
19. “或门”既增加径集内基本事件数量, 也改变径集的数量。()
20. 道化法中单元危险系数 $F_3 = F_1 + F_2$ 。()

二、填空题 (每空 1 分, 共 40 分)

- 1、系统是由_____的若干组成部分结合而成的具有特定功能的_____。

- 2、安全系统工程是以安全科学和_____为理论基础，以安全工程、_____、可靠性工程等的手段，对系统风险进行分析、评价、控制，研究、解决生产过程中的安全问题，预防伤亡事故和经济损失的发生，以期实现系统及其全过程安全目标的科学技术。
- 3、系统工程是以_____为研究对象，以现代科学技术为研究手段，以系统最佳化为研究目标的科学技术。
- 4、安全评价就是对系统存在的_____进行定性和定量分析，通过与评价标准的比较得出系统的_____，提出改进措施。
- 5、预先危险性分析是在每项工程活动之前，对系统存在的危险性类型、出现条件、导致事故的后果以及有关_____等，作一概略分析。
- 6、故障类型和影响分析就是对系统或产品各个组成部分、元件进行分析，找出系统中各子系统及元件可能发生的_____，并分析_____，提出可能采取的消除或控制这些影响的措施，以提高系统或产品的可靠性和安全性。
- 7、危险性与可操作性研究是应用系统的审查方法来审查_____的_____，以评价因装置、设备的个别部分的误操作或机械故障引起的潜在危险，并评价其对整个工厂的影响。
- 8、所谓系统本质安全化是指从物和环境出发，设计出_____的安全系统。
- 9、重大危险源是指长期地或者临时地生产、搬运、使用或者储存危险物品，且危险物品的数量_____的单元(包括场所和设施)。
- 10、系统具有整体性、_____、目的性、_____、环境适应性等特性。
- 11、安全系统工程的研究内容主要有系统安全分析、_____和安全决策与事故控制。
- 12、安全评价的主要原理有相关性原理、_____、惯性原理。
- 13、目前相关法规明确要求涉及危化品企业必须进行的安全评价有安全预评价、_____、安全现状评价和专项评价。
- 14、危险因素与有害因素的产生均可归结为_____的意外释放或有害物质的泄漏、散发。
- 15、安全检查表的类型有审查设计安全检查表、厂级安全检查表、车间安全检查表、_____、_____。
- 16、事故树中最小径集越多系统就越_____。
- 17、L(_____)、E(人员暴露于危险环境中的频繁程度)和 C(一旦发生事故可能造成的后果)。操作人员伤亡风险的大小用_____表示。
- 18、道化学评价法的安全措施分成三类：_____、物质隔离、_____。
- 19、道氏综合指数计算公式 $D = B \left(1 + \frac{M}{100} \right) \left(1 + \frac{P}{100} \right) \left(1 + \frac{S+Q+L}{100} + \frac{T}{400} \right)$ 中，S 是_____；T 是_____。
- 20、综合危险性指数 R 计算公式 $R = D + \left(1 + \frac{\sqrt{FUEA}}{10^3} \right)$ 中，U 是_____；A 是_____。

- 21、蒙德评价法采取的措施主要有改进容器设计、加强工艺过程的控制、_____、防火措施、_____、消防等。
- 22、日本化工企业六阶段评价法的六个阶段包括_____；定性评价，主要用安全检查表评审；定量评价；_____；根据事故资料进行再评价；对危险程度为Ⅰ级装置，用事故树、事件树分析进行再评价。
- 23、危险度评价法中单元的危险度由物质、容量、_____、压力和_____5个项目确定。
- 24、引起系统故障的内在因素包括系统硬件设计不合理或存在潜在的缺陷；系统中零、部件有缺陷；_____；_____。
- 25、引起系统故障的主要外在因素是环境条件和_____。

三、事故树定量分析（15分）

1. 已知一事故树的最小割集为 $K_1=\{x_1, x_3, x_5\}$; $K_2=\{x_1, x_4\}$; $K_3=\{x_2, x_5\}$, 各基本事件的发生概率分别为 $q_1=0.01$, $q_2=0.02$, $q_3=0.03$, $q_4=0.04$, $q_5=0.05$ 。求顶上事件的发生概率 $P(T)$ 以及各基本事件的概率重要度 $Ig(i)$ 并排序。

2. 已知一事故树的最小径集为 $P_1=\{x_1, x_3, x_5\}$; $P_2=\{x_1, x_2\}$; $P_3=\{x_2, x_4\}$, 各基本事件的发生概率为 $q_1=0.1$, $q_2=0.2$, $q_3=0.3$, $q_4=0.4$, $q_5=0.5$ 。求顶上事件的发生概率 $P(T)$ 。

四、综合分析题（55分）

图1所示为甲基异氰酸酯(methyl isocyanate, 简称MIC)储存系统。MIC是一种挥发性、有毒、易燃物质，室温时为无色液体；沸点 39.1°C ， 20°C 时对水的相对密度为0.96，蒸气压为 6.4kPa ；能与水发生放热反应。美国职业安全健康局(OSHA)规定的8h允许暴露极限浓度是 $0.047\text{mg}/\text{m}^3$ 。

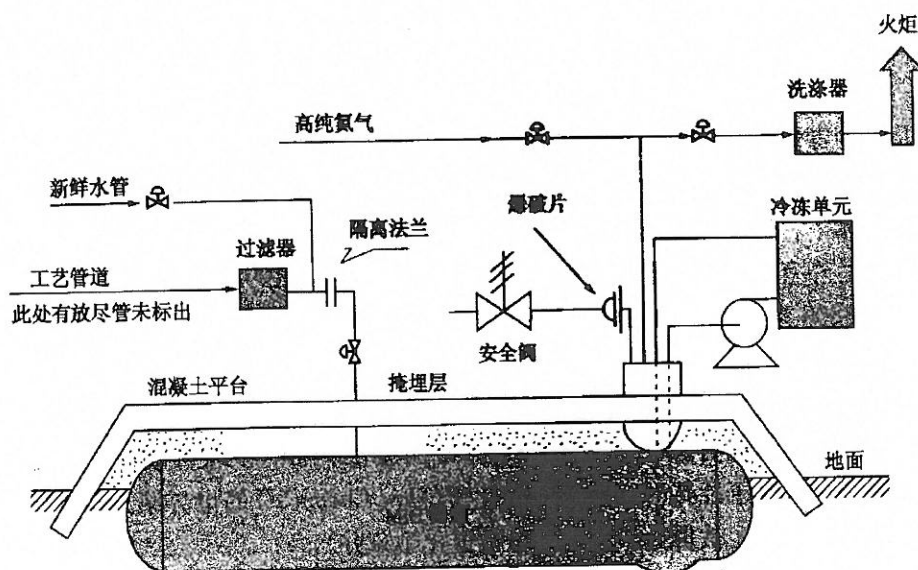


图1 甲基异氰酸酯(MIC)储存系统

正常情况下甲基异氰酸酯经过滤器输送到半地埋储罐，过滤器需定期反冲洗。

1984 年 12 月 2 日下午印度博帕尔市郊农药厂维修人员清洗工艺管道上的过滤器。在用水反向冲洗过滤器之前，维修人员未申请作业许可证，未按正常的作业程序要求关闭工艺管道上的阀门，并在“隔离法兰”处安装盲板，仅关闭了工艺管道上的阀门。由于腐蚀，储罐进料管上的阀门发生内部泄漏，在维修人员反冲洗过滤器的过程中，冲洗水经过该阀门进入了 MIC 储罐。水进入储罐后，与 MIC 发生放热反应，储罐内的温度和压力升高。由于缺乏维护与维修，相关的温度和压力仪表未正常工作，控制室内的操作人员没有及时觉察到储罐工况的异常变化。由于停用冷冻系统，储罐内 MIC 的实际温度约为 15~20℃(即当地的环境温度)，远远高于设计时所期望的 0℃，在较高温度下，MIC 与水的反应更加剧烈。在设计工艺系统时，考虑了少量 MIC 放空的情形。按照设计意图，它会先通过洗涤器洗涤，然后经火炬燃烧后进入大气，从而最大限度地减少对周围环境的影响。但事故发生时，火炬系统正处于维修当中，没有发挥应有的作用。

上述冷冻系统、洗涤器和火炬都是关键的安全设施，但当事故发生时，它们都处于非正常工作状态：工厂停掉了冷却系统和洗涤器，火炬系统则正好处于维修状态。12 月 3 日凌晨 0 时 15 分，储罐内压力迅速升高，有人在工艺区内发现了泄漏出的 MIC。于是，一名操作人员前往现场查看，他听到储罐内发出隆隆声，并感受到来自储罐的辐射热，他立即尝试启动洗涤器，但没有成功。凌晨 00 时 45 分，储罐超压、安全阀起跳，随即大量 MIC 泄漏到周围环境中。在 2h 内，约 25t MIC 进入大气中，工厂下风向 8km 内的区域都暴露在泄漏的化学品中，短时间内造成周围居民大量伤亡。事故发生后，应急响应系统没有有效运转，当地医院不知道泄漏的是什么气体，对泄漏气体可能造成的后果及急救措施也毫不了解。

该起事故导致 2500 多人中毒死亡，20 余万人中毒受伤且其中大多数人双目失明，67 万人受到残留毒气的影响。

- 1、请用你认为合适的事故致因理论分析该事故。(15)
- 2、以 MIC 泄漏事故开展预先危险性分析。(15)
- 3、以反冲洗过滤器为初始事件，进行事件树分析。(10)
- 4、对 MIC 储罐进行 HAZOP 分析。(15)