



## 第四节 安全评价方法

### 一、安全评价方法分类

#### （一）按安全评价结果的量化程度分类法

按安全评价结果的量化程度，安全评价方法可分为**定性安全评价方法**和**定量安全评价方法**。



## 第四节 安全评价方法

### 1. 定性安全评价方法

定性安全评价方法主要是根据经验和直观判断能力对生产系统的工艺、设备设施、环境、人员和管理等方面的状况进行定性分析，安全评价的结果是定性的指标，如是否达到了某项安全指标、事故类别和导致事故发生的因素等。

属于定性安全评价方法的有安全检查表、专家现场询问观察法、因素图分析法、事故引发和发展分析、作业条件危险性评价法（格雷厄姆-金尼法或LEC法）、故障类型和影响分析、危险可操作性研究等。



## 第四节 安全评价方法

### 2. 定量安全评价方法

定量安全评价方法是运用基于大量的实验结果和广泛的事故统计资料基础上获得的指标或规律（数学模型），对生产系统的工艺、设备设施、环境、人员和管理等方面的状况进行定量的计算，评价结果是一些定量的指标，如事故发生的概率、事故的伤害（或破坏）范围、定量的危险性、事故致因因素的事故关联度或重要度等。

按照安全评价给出的定量结果的类别不同，定量安全评价方法还可以分为**概率风险评价法**、**伤害（或破坏）范围评价法**和**危险指数评价法**。



## 第四节 安全评价方法

例：某纺织厂为进行技术革新，从国外引进纺织机5台，并配套相应的生产设备若干，该厂再次投产前需要进行安全评价。评价机构可采用的评价方法有：①概率风险评价法；②作业条件危险性评价法；③伤害（或破坏）范围评价法；④专家现场询问观察法；⑤危险指数评价法；⑥预先危险性分析法。为评估该纺织厂棉粉尘火灾，爆炸风险，可以使用的定量评价方法是（ ）。

- A. ②④⑤    B. ①②⑥    C. ①③⑤    D. ③④⑥

答案：C



## 第四节 安全评价方法

例：定性安全评价方法主要是根据经验和直观判断，对生产系统的工艺、设备、设施、环境、人员和管理方面的状况进行分析或评价。下列属于定性安全评价方法的有（ ）。

- A. 安全检查表
- B. 危险可操作性研究
- C. 危险指数评价表
- D. 概率风险评价法
- E. 因素图分析法

答案：ABE



## 第四节 安全评价方法

### （二）按安全评价的推理过程分类法

按安全评价的推理过程，安全评价方法可分为**归纳推理评价法**和**演绎推理评价法**。

归纳推理评价法是**从事故原因推论结果**的评价方法，即从最基本的危险、有害因素开始，逐渐分析导致事故发生的直接因素，最终分析到可能的事故。

演绎推理评价法是**从结果推论原因**的评价方法，即从事故开始，推论导致事故发生的直接因素，再分析与直接因素相关的间接因素，最终分析和查找出致使事故发生的最基本危险、有害因素。



## 第四节 安全评价方法

### （三）按安全评价要达到的目的分类法

按安全评价要达到的目的，安全评价方法可分为事故致因因素安全评价方法、危险性分级安全评价方法和事故后果安全评价方法。

事故致因因素安全评价方法是采用逻辑推理的方法，由事故推论最基本的危险、有害因素或由最基本的危险、有害因素推论事故的评价法。该类方法适用于识别系统的危险、有害因素和分析事故，属于定性安全评价法。



## 第四节 安全评价方法

危险性分级安全评价方法是**通过定性或定量分析给出系统危险性的安全评价方法**。该类方法适应于系统的危险性分级，可以是定性安全评价法，也可以是定量安全评价法。



事故后果安全评价方法可以直接给出定量的事故后果，给出的事故后果可以是系统事故发生的概率、事故的伤害（或破坏）范围、事故的损失或定量的系统危险性等，属于定量安全评价法。

此外，按照评价对象的不同，安全评价方法可分为设备（设施或工艺）故障率评价法、人员失误率评价法、物质系数评价法、系统危险性评价法等。



## 第四节 安全评价方法

例：某安全评价机构对石油化工企业新建危险化学品储罐区进行安全预评价，该机构针对不同的评价方法开展了讨论，关于安全评价方法的说法正确的（ ）。

- A. 采用逻辑推理的事故致因因素安全评价方法，属于定性安全评价法
- B. 从事故结果出发，推论导致事故发生原因的评价方法属于归纳推理评价法
- C. 从导致事故的原因出发，推论事故结果的评价方法属于演绎推理评价法
- D. 按照评价要达到的目的，安全评价方法分为归纳和演绎推理评价法

答案：A



## 第四节 安全评价方法

### 二、常用的安全评价方法

#### （一）安全检查表方法（SCA）

#### 4. 优缺点

（1）安全检查表主要有以下优点：

①检查项目系统、完整，可以做到**不遗漏**任何能导致危险的关键因素，避免传统的安全检查中的易发生的疏忽、遗漏等弊端，因而能保证安全检查的质量。

②可以**根据已有的规章制度**、标准、规程等，检查执行情况，得出准确的评价。



## 第四节 安全评价方法

③安全检查表可采用提问的方式，有问有答，给人的印象深刻，能使人知道如何做才是正确的，因而可起到安全教育的作用。

④编制安全检查表的过程本身就是一个系统安全分析的过程，可使检查人员对系统的认识更深刻，更便于发现危险因素。

⑤对不同的检查对象、检查目的有不同的检查表，应用范围广。



## 第四节 安全评价方法

### (2) 安全检查表缺点：

针对不同的需要，须事先编制大量的检查表，工作量大且安全检查表的质量受编制人员的知识水平和经验影响。



## 第四节 安全评价方法

例：下列关于安全检查表评价方法说法错误的是（ ）。

- A. 编制安全检查表的过程本身就是一个系统安全分析的过程
- B. 安全检查表的质量不受编制人员的知识水平和经验影响
- C. 对不同的检查对象、检查目的有不同的检查表，应用范围广，但须事先编制大量的检查表，故工作量大
- D. 检查项目系统、完整，可以做到不遗漏任何能导致危险的关键因素

答案：B



## 第四节 安全评价方法

### (二) 危险指数方法 (RR)

危险指数评价可以运用在工程项目的各个阶段（可行性研究、设计、运行等），可以在详细的设计方案完成之前运用，也可以在现有装置危险分析计划制定之前运用；也可用于在役装置，作为确定工艺及操作危险性的依据。



## 第四节 安全评价方法

### 1. 道化学公司的火灾、爆炸危险指数法

道化学公司的火灾、爆炸危险指数法是根据以往的事故统计资料，物质的潜在能量和现行的安全措施情况，利用系统工艺过程中的物质、设备、设备操作条件等数据，通过逐步推算的公式，对系统工艺装置及所含物料的实际潜在火灾、爆炸危险、反应性危险进行评价的方法。

道化学公司的火灾、爆炸危险指数法在各种评价类型中都可以使用，尤其在安全预评价中使用得最多。



## 第四节 安全评价方法

### 2. 帝国化学工业公司（ICI）的蒙德法

在道化学危险指数评价法的基础上引进了**毒性**概念，并发展了一些新的**补偿系数**，提出了蒙德火灾、爆炸、毒性指标评价法。它不仅详细规定了各种附加因素增加比例的范畴，而且针对所有的安全措施引进了补偿系数，同时扩展了毒性指标，使评价结果更加切合实际。



## 第四节 安全评价方法

### （三）预先危险分析方法（PHA）

预先危险分析方法是一项实现系统安全危害分析的初步或初始工作，在设计、施工和生产前，首先对系统中存在的危险性类别、出现条件、导致事故的后果进行分析，目的是识别系统中的潜在危险，确定危险等级，防止危险发展成事故。



## 第四节 安全评价方法

### 1. 分析步骤

(1) 通过经验判断、技术诊断或其他方法调查**确定危险源**（即危险因素存在于哪个子系统中），对所需分析系统的生产目的、物料、装置及设备、工艺过程、操作条件以及周围环境等，进行充分详细的了解。

(2) 根据过去的经验教训及同类行业生产中发生的事故情况，对系统的影响、损坏程度，类比判断所要分析的系统中可能出现的情况，查找能够造成系统故障、物质损失和人员伤害的危险性，**分析事故的可能类型**。



## 第四节 安全评价方法

(3) 对确定的危险源分类，制成预先危险性分析表。

(4) 转化条件，即研究危险因素转变为危险状态的触发条件和危险状态转变为事故的必要条件，并进一步寻求对策措施，检验对策措施的有效性。

(5) 进行危险性分级，排列出重点和轻重缓急次序，以便处理。

(6) 制定事故的预防性对策措施。



## 第四节 安全评价方法

### 2. 划分等级

为了评判危险、有害因素的危害等级以及它们对系统破坏性的影响大小，预先危险分析方法给出了各类危险性的划分标准。该法将危险性划分为4个等级：

等级	性质	特点
I	安全的	不会造成人员伤亡及系统损坏。
II	临界的	处于事故的边缘状态，暂时还不至于造成人员伤亡、系统破坏或降低系统性能，但应予以排除或采取控制措施。
III	危险的	会造成人员伤亡和系统损坏，要立即采取防范措施。
IV	灾难性的	造成人员重大伤亡及系统严重破坏的灾难性事故，必须予以果断排除并进行重点防范。



## 第四节 安全评价方法

### 5. 特点和适用范围

预先危险分析适用于**固有系统中采取新的方法，接触新的物料、设备和设施**的危险性评价。该法一般在**项目的发展初期**使用。当只希望进行粗略的危险和潜在事故情况分析时，也可以用预先危险分析方法对已建成的装置进行分析。



## 第四节 安全评价方法

例：预先危险分析方法的程序包括以下几个步骤：①对确定的危险源分类，制成预先危险性分析表②进行危险性分级③制定事故的预防性对策措施④分析事故的可能类型⑤对所需分析系统的生产目的、物料、装置及设备、工艺过程、操作条件以及周围环境等，进行充分详细的了解⑥研究危险因素转变为危险状态的触发条件和危险状态转变为事故的必要条件，并进一步寻求对策措施，检验对策措施的有效性。下列排序正确的是（ ）。

- A. ①②③④⑤⑥    B. ②④⑤①③⑥  
C. ⑤⑥①④②③    D. ⑤④①⑥②③

答案：D



## 第四节 安全评价方法

### （四）故障假设分析方法（WI）

#### 2. 步骤

故障假设分析比较简单，它首先提出一系列问题，然后再回答这些问题。评价结果一般以表格的形式显示，主要内容包括提出的问题，回答可能的后果，降低或消除危险性的安全措施。

故障假设分析方法由三个步骤组成，即分析准备、完成分析、编制结果文件。



## 第四节 安全评价方法

### 3. 适用范围

适用范围很广，可用于工程、系统的任何阶段。

故障假设分析方法鼓励思考潜在的事故和后果，它弥补了基于经验的安全检查表编制时经验的不足，相反，检查表可以把故障假设分析方法更系统化。因此，出现了安全检查表分析与故障假设分析在一起使用的分析方法，以便发挥各自的优点，互相取长补短。



## 第四节 安全评价方法

例：对厂矿企业进行安全评价时，评价结果一般以表格形式表示，评价内容包括提出的问题、回答可能的后果、降低或消除危险性的安全措施，这种评价方法是（ ）。

- A. 故障树分析方法
- B. 故障假设分析方法
- C. 故障类型和影响分析
- D. 事件树分析方法

答案：B



## 第四节 安全评价方法

### （五）危险和可操作性研究方法（HAZOP）

#### 1. 方法概述

危险和可操作性研究方法是一种定性的安全评价方法。它的基本过程是以关键词为引导，找出过程中工艺状态的变化（即偏差），然后分析出偏差的原因、后果及可采取的对策。其侧重点是**工艺部分或操作步骤各种具体值**。

危险和可操作性研究分析是对危险和可操作性问题进行详细识别的过程，由**一个小组**完成。

运用危险和可操作性研究方法，可以查出系统中存在的危险、有害因素，并能以危险、有害因素可能导致的事故后果确定设备、装置中的主要危险、有害因素。



## 第四节 安全评价方法

### 2. 主要特征

危险和可操作性研究方法的主要特征包括：

(1) 是一个创造性过程，通过应用一系列引导词来系统地**辨识各种潜在的偏差**，对确认的偏差，激励危险和可操作性研究小组成员思考该偏差发生的原因以及可能产生的后果。



## 第四节 安全评价方法

(2) 是在一位训练有素、富有经验的分析组长引导下进行的，组长需通过逻辑分析思维确保对系统进行全面分析。分析组长宜配有一名记录员，记录识别出来的各种危险和（或）操作扰动，以备进一步评估和决策。

(3) **小组由多专业的专家组成**，具备合适的技能和经验，有较好的直觉和判断能力。

(4) 在积极思考和坦率讨论的氛围中进行，当识别出一个问题时，应做好记录以便后续的评估和决策。



## 第四节 安全评价方法

危险和可操作性研究分析包括4个基本步骤，

**界定**（确定分析范围和目标；确定职责；选择分析小组）

**准备**（制定分析计划；收集数据；商定记录样式；估算时间；安排时间进度）



## 第四节 安全评价方法

**分析**（将系统分解为若干部分；选择某一部分并明确设计目的；对每个要素使用引导词确定偏差；识别原因和后果；确定是否存在重大问题；识别保护、检测和显示装置；确定可能的补救/减缓措施（可选）；对建议措施达成一致意见；依次对每个要素重复以上步骤，然后对系统每个部分重复以上步骤）

**文档和跟踪**（记录分析情况；签署分析资料；完成分析报告；跟踪措施的执行情况；需要时重新分析系统某些部分；完成最终输出报告）



## 第四节 安全评价方法

### 4. 特点及适用范围

危险和可操作性研究方法的优点是简便易行，且背景各异的专家在一起工作，在创造性、系统性和风格上互相影响和启发，能够发现和鉴别更多的问题，汇集了集体的智慧，这要比他们单独工作时更为有效。

其缺点是分析结果受分析评价人员主观因素的影响。危险和可操作性研究方法适用于设计阶段和现有的生产装置的评价。



## 第四节 安全评价方法

补充：HAZOP的基础是“引导词分析”，即仔细地查找与设计意图的偏离。为便于分析，可将系统分成若干节点，各个节点的设计意图应能充分定义。

引导词	含义
无，空白（NO或者NOT）	设计目的的完全否定
多，过量（MORE）	量的增加
少，减量（LESS）	量的减少
伴随（AS WELL AS）	定性修改/增加
部分（PART OF）	定性修改/减少
相反（REVERSE）	设计目的的逻辑取反
异常（OTHER THAN）	完全替代



## 第四节 安全评价方法

例：危险与可操作性研究（HAZOP）是一种定性的安全评价方法。它的基本过程是以关键词为引导，找出过程中工艺状态的偏差，然后分析找出偏差的原因、后果及可采取的对策。下列关于HAZOP评价方法的组织实施的说法中，正确的是（ ）。

- A. 评价涉及众多部门和人员，必须由企业主要负责人担任组长
- B. 评价工作可分为熟悉系统、确定顶上事件、定性分析3个步骤
- C. 可由一位专家独立承担整个HAZOP分析任务，小组评审
- D. 必须由一个多方面且专业熟练的人员组成的工作小组完成

答案：D



## 第四节 安全评价方法

例：某公司新建一个使用氯化钠（食盐）水溶液电解生产氯气、氢氧化钠、氢气的工厂，该公司在新建项目设计合同中明确要求设计单位在基础设计阶段，通过系列会议对工艺流程图进行分析，必须由多方面、专业的、熟练的人员组成的小组，按照规定的办法，对偏离设计的工艺条件进行危险辨识及安全评价。这种安全评价方法是（ ）。

- A. 预先危险分析（PHA）
- B. 危险和可操作性分析（HAZOP）
- C. 故障类型和影响分析（FMEA）
- D. 事件树分析（ETA）

答案：B



## 第四节 安全评价方法

例（2021）：某精细化工企业对光化反应生产工艺过程进行危险可操作性分析（HAZOP），分析小组成员张某认为，以空白为引导词，偏差是釜内无物料，造成的后果是反应缺原料；王某认为，以高压力为引导词，偏差是釜内压力过高，造成的后果是光气外泄；李某认为，以反向为引导词，偏差是原料输送方向变反，造成的后果是无法进料；赵某认为，以伴随为引导词，偏差是光化釜内有水，造成的后果是产品质量受影响。根据HAZOP定义，该分析小组成员对于引导词的描述中，错误的是（ ）。

- A. 张某    B. 王某    C. 赵某    D. 李某

答案：B



## 第四节 安全评价方法

### （六）故障类型和影响分析方法（FMEA）

故障类型和影响分析方法是系统安全工程的一种方法。根据系统可以划分为子系统、设备和元件的特点，按实际需要将系统进行分割，然后分析各自可能发生的故障类型及其产生的影响，以便采取相应的对策，提高系统的安全可靠性。



## 第四节 安全评价方法

故障类型和影响分析的**目的是**辨识单一设备和系统的故障模式及每种故障模式对系统或装置的影响。

故障类型和影响分析的**步骤为**：

明确系统本身的情况，确定分析程度和水平，绘制系统图和可靠性框图，列出所有的故障类型并选出对系统有影响的故障类型，理出造成故障的原因。在故障类型和影响分析中不直接确定人的影响因素，但像人失误、误操作等影响通常作为一个设备故障模式表示出来。



## 第四节 安全评价方法

例：确定分析对象系统，讨论系统中各元素可能产生的失效类型和原因，研究元素失效对相邻系统和整个系统之间的影响的分析方法是（ ）。

- A. 可靠性分析
- B. 事故引发和发展分析
- C. LEC法
- D. 故障类型和影响分析

答案：D



## 第四节 安全评价方法

例：目的是辨识单一设备和系统的故障模式及每种故障模式对系统或装置造成影响的安全评价方法是（ ）。

- A. 故障树分析
- B. 事件树分析
- C. 故障假设分析
- D. 故障类型和影响分析

答案：D



## 第四节 安全评价方法

### （七）故障树（事故树）分析方法（FTA）

采用逻辑方法，将**事故因果**关系形象地描述为一株有方向的“树”。（**结果→原因**）

系统可能发生或已发生的事故（称为**顶上事件**）作为分析起点，将导致事故原因的事件按因果逻辑关系逐层列出，用树形图表示出来，构成一种逻辑模型，然后定性或定量地分析事件发生的各种可能途径及发生的概率，找出避免事故发生的各种方案并优选出最佳安全对策。



## 第四节 安全评价方法

例：把系统已发生或可能发生的事故作为分析起点，将导致事故原因的事故按因果逻辑关系逐层列出，用图形表示出来，构成一种逻辑模型，然后定性或定量的分析事件发生的各种可能途径及发生概率，找出避免事故发生的各种方案并进行优选出最佳安全对策。这种方法称为（ ）。

A. SCA    B. PHA    C. JRA    D. FTA

答案：D



## 第四节 安全评价方法

例：某氨制冷系统主要由氨压缩机、油气分离器、冷凝器，储氨器、中间冷却器、低压循环桶、集油器、氨泵、制冷设备（单冻机库房、速冻间等）组成，由于系统组成比较复杂，评价人员进行风险因素辨识和评价方法的选择中，出现了较大的分歧，关于氨制冷系统危险、有害因素辨识和评价方法选用的说法，错误的是（ ）。



## 第四节 安全评价方法

A. 采用危险和可操作性研究（HAZOP）方法进行危险辨识时，根据氨制冷系统的管道、容器的使用压力、使用温度和工艺状况，应将氨制冷系统分为5个节点：中冷节点、高压气相管节点、高压液相管节点、低压液相管节点、制冷设施

B. 采用预先危险性分析（PHA）方法辨识和评价时，考虑氨制冷系统的运行中一般存在的主要事故有液氨泄漏造成的冻伤，人体吸入氨气会对人的呼吸系统造成严重伤害和窒息，氨泄漏与空气混合遇明火易发生爆炸这三类事故特点，进行危险性分级和评价



## 第四节 安全评价方法

C. 采用安全检查表法（SCA）进行定量评价时，应引入液氨系统现状运行固有属性进行比较计算，同时考虑液氨毒性和相关补偿系数，进行液氨装置和系统的危险性分级和评价

D. 采用故障树（FTA）对氨制冷系统进行定性和定量分析时，选取液氨储罐爆炸事故为顶上事件，其基本事件包括氨气爆炸极限、点火源、库区通风不良等。

答案：C

解析：C应为危险指数方法-蒙德法



## 第四节 安全评价方法

分析步骤：

- (1) 熟悉分析系统
- (2) 确定分析对象系统和分析对象事件（顶上事件）
- (3) 确定分析边界
- (4) 确定系统事故发生概率、事故损失的安全目标值
- (5) 调查原因事件

顶上事件确定后，要分析与之有关的原因事件，即找出系统的所有潜在危险因素的薄弱环节。



## 第四节 安全评价方法

(6) 确定不予考虑的事件

(7) 确定分析的深度

(8) 编制故障树

从顶上事件起，一级一级往下找出所有原因事件直到最基本的事件为止，按逻辑关系画出故障树。

(9) 定量分析

(10) 得出结论

当事故发生概率超过预定目标值时，从**最小割集**（引起顶上事件发生的基本事件的最低限度的集合）着手研究降低事故发生概率的所有可能方案。



## 第四节 安全评价方法

例（2021）：某企业使用故障树分析方法对某系统的危险性进行识别评价，其分析步骤包括：a. 熟悉分析系统，b. 确定分析边界，c. 确定分析的深度，d. 确定系统事故发生概率、事故损失的安全目标值，e. 编制故障树，f. 调查原因事件，g. 确定不予考虑的事件，h. 确定分析对象系统和分析对象事件，i. 定量分析，j. 得出结论，以下顺序正确的是（ ）。

- A. a-b-c-d-e-f-g-h-i-j      B. a-h-b-d-f-g-c-e-i-j  
C. b-a-c-h-d-e-i-f-j      D. b-a-h-d-e-c-f-i-j

答案：B