

# 在役化工装置安全评价指标体系及评价标准的建立

吕保和<sup>1</sup>, 雷鑫<sup>1</sup>, 朱建军<sup>2</sup>, 王晓宁<sup>1</sup>

(1. 江苏大学安全工程系, 江苏镇江 212013; 2. 镇江高等专科学校, 江苏镇江 212003)

**摘要:**分析了建立在役化工装置安全评价指标体系的必要性,指出了当前在役化工装置安全评价指标体系建立中存在的问题,提出了基于风险分析建立安全现状,评价指标体系的新思路,探讨了建立安全评价指标体系及计算指标权重的具体方法,并通过具体的化工单元安全评价指标建立的过程,介绍了该方法的具体应用。该指标体系既能找出装置中存在的具体安全隐患,也能给出装置总体安全性评价结论。该方法的思想不仅适用于在役化工装置的安全评价,也适用于其他系统的安全现状评价。

**关键词:**在役装置;安全评价;指标体系;权重;层次分析法

中图分类号:X937

文献标识码:A

文章编号:0253-4320(2006)08-0060-04

## Establishment of safety evaluation indices and standard for in-service chemical equipment

LU Bao-he<sup>1</sup>, LEI Xin<sup>1</sup>, ZHU Jian-jun<sup>2</sup>, WANG Xiao-ning<sup>1</sup>

(1. Department of Safety Engineering, Jangsu University, Zhenjiang 212013, China;

2. Zhenjiang Junior College, Zhenjiang 212003, China)

**Abstract:** The necessity of the establishment of safety evaluation indices and standard for in-service chemical equipment was analyzed. The problems existing in the establishment of safety evaluation indices were pointed out. A new way of the establishment of safety evaluation indices based on risk analyzing was brought forward. The various methods of establishing safety evaluation indices and calculating the indices weight were discussed. The application of the method was introduced with an example. The evaluation indices not only can find out the hidden troubles existing in equipment, but also get a conclusion about the equipment safety. The thought of the method can be applied to the safety evaluation for in-service chemical equipment and other systems.

**Key words:** in-service equipment; safety evaluation; indices; weight; analytic hierarchy process(AHP)

对在役化工装置的安全现状进行评价是搞好化工安全生产、预防重大特重大事故发生的重要措施。其目的主要有两点:一是要求通过安全评价,找出装置运行管理过程中存在的危险和隐患,并提出整改计划和整改措施;二是要求对在役化工装置的安全现状给出一个总的评价结论,这种评价需要为装置建立一套衡量其安全性的评价指标以及相应的评价标准。

### 1 在役化工装置安全评价指标体系建立中存在的问题

目前评价指标的建立主要有以下几种方式:

一是在安全检查表的基础上进行定量或半定量分析,一般是由专家直接对安全检查事项赋值(如机

械工厂安全性评价标准<sup>[1]</sup>),或仅将检查事项分为否决项和非否决项(如危险化学品经营单位的评价)。这种方法对指标分解较细,能够发现具体的隐患,但指标的确定主要依据标准规范和经验,指标设置难以达到完备(既全面也不重复)的要求;在权重确定上,前者受专家的主观影响太大;后者则相当于对指标只给出2种权重值,显然不够精确。

二是将影响系统安全的各因素分别按其对系统安全的影响程度,分为若干等级并由专家分别赋值;再通过一定的计算方法,计算出反映系统安全等级的总分值,即可确定系统的安全等级。如化工厂危险程度分级评价法<sup>[2]</sup>,这种方法比较简单,但由于指标划分较粗,评价的精度很难保证,而且在权重确定上受主观影响仍然较大。

三是将装置分解为几大部分,如人、机、环境、管理或设备、物料、工艺过程、周围环境、操作、安全管理等,再用层次分析等方法确定权重<sup>[3]</sup>。这种方法对权重的确定更为科学合理,但指标划分更粗,评价的精度更难保证。

总之,目前在确定评价指标及其权重时,存在着指标划分不够具体、指标设置不够完备、指标权重的确定主要依赖经验等主要问题。如何使指标的确定既足够细致和完备,又能使指标及其权重的确定更加科学是当前安全现状评价有待研究和解决的重要问题。

## 2 建立在役化工装置安全评价指标体系的新思路

### 2.1 评价指标的确定

根据现状评价的一般思路提出了图1所示的建立安全评价指标体系的思路。

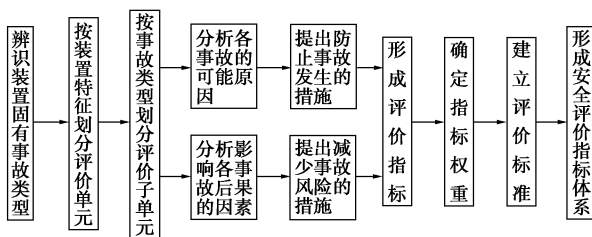


图1 建立在役化工装置安全评价指标体系的思路

首先识别装置固有的危险,即可能会发生的事故风险类型;其次,根据装置特征将其划分为相互独立的评价单元,再根据事故类型将每一单元划分为若干评价子单元。为便于分析风险因素、确定安全措施,还可通过事故树分析将事故类型进一步分解为基本类型,最小割集中的基本事件即为各类型所对应的基本原因。第三是针对导致各事故风险的基本原因,提出预防事故发生的安全措施,同时,针对导致风险损失各因素,提出相应的减少事故损失的安全措施。措施可根据国家和地方的相关安全法

规和标准,以及企业的规章制度、操作规程要求制定,总结同类装置所发生的事故案例,并结合本单位的实际情况,从技术、经济等方面综合分析所应采取的对策措施。还可通过一些评价方法,如DOW化学指数法、ICI蒙德法评价中对装置的评价提出安全补偿措施。最后,将上述的安全措施进行汇总、归纳,即构成装置的安全评价指标体系。

### 2.2 评价指标权重的确定

评价指标的权重可利用层次分析法来确定,具体可分为以下几个步骤:

(1)建立系统的递阶层次结构;

(2)对同一层次各元素关于上一层次中某一准则的重要性进行两两比较,构造比较判断矩阵。比较的依据是各风险的大小或各事故原因的发生概率;

(3)由判断矩阵计算被比较元素对于该准则的相对权重;

(4)由相对权重乘以上一层准则的分值即得各元素的分值。

层次分析的关键是建立安全评价层次结构模型,具体应注意以下几点:

(1)层次数的多少取决于装置的复杂程度及需分析的详尽程度。每个元素所支配的元素一般不超过9个,过多时可将一部分元素合并后再在下一层次中做进一步分析。

(2)层次之间元素的联系要比同一层次各元素间的联系强得多,否则,层次位置必须重新确定。

(3)同一层次上的元素相对于上一层次同一元素的权重相差不能太悬殊,否则应将权重小的元素做适当合并。

层次分析法具有很强的灵活性和抗干扰性,当某一层次包含的元素发生变化时,对整个层次结构的影响是有限的。即使某一层次中出现某些失误,对最终目标的影响也要比采用非层次分析方法小得多。同时由于在分析时要进行整体一致性检验,也使得人为失误得到一定程度的控制<sup>[4]</sup>。

(上接第59页)

未变。此项应用有效地避免了NHD脱碳液直接用石英砂过滤器过滤的不利因素,提高了过滤效果。

### 参考文献

[1] 张新民,孙斌,宋志胜.刚性高分子微孔过滤在脱碳液过滤改造

中的应用[J].化工设计通讯,2005(31):25-28.

[2] 林民鸿,樊玲.NHD净化工艺应用领域[J].化肥设计,2002(40):40-42.

[3] 高璟,刘有智,王苏,等.陶瓷膜澄清食醋前的预处理工艺[J].化工进展,2005,24(9):1046-1049.

[4] 李惠清.直接过滤气水反冲洗参数的确定[J].内蒙古科技与经济,2001(5):117-118. ■

### 3 应用举例

以某企业聚磷酸铵 (APP) 高聚反应装置为例, 介绍上述方法的使用。

#### 3.1 划分评价单元

聚合反应在 APP 高聚反应炉中进行, 反应中用磷酸、磷酸二氢铵、尿素及氨气等作原料, 以导热油作为导热媒介。聚合物冷却后进入流化床气流磨工艺进行研磨、包装。根据该企业的实际情况, 可将该装置分为 2 个相对独立的评价单元: 聚合单元 (包括氮气系统、氨气系统、聚合、冷却、氨气抽风管路及相关部件、净化塔、集水池等) 和研磨单元 (包括粉碎、分离、收集及包装等)。由于篇幅所限, 在此仅介绍研磨单元评价指标的建立。

#### 3.2 辨识单元风险类型

对照《企业职工伤亡事故分类》(GB 6441—86), 可以辨识出该单元存在以下的主要事故危险。

##### 3.2.1 化学性爆炸

由于空压机油的质量不好、不定期清扫、给油量过度、空气过滤效果不好和高温等原因易形成积炭。积炭因机械冲击、硬颗粒在运动时发生的冲击以及静电放电等产生的火花, 或者因环境温度及排气温度过高, 或者因其达到自燃温度, 就会着火燃烧, 使积炭中的油迅速气化。当产生以可燃性碳化氢为主体的气体在空气中达到爆炸浓度时, 就会使燃烧转为爆炸。高温运行也会加速润滑油雾化成为爆炸性混合物。

##### 3.2.2 物理性爆炸

当空压机储罐、气流磨及压力管道强度下降或超压而安全装置又不泄压时, 会导致承压部件的破裂爆炸。

##### 3.2.3 其他事故

(1) 触电。如果电气设备、线路存在缺陷, 使用或检修中绝缘破损漏电, 未安装漏电保护设施或漏电保护装置损坏, 检修作业安全距离不够, 停送电失误等均有可能发生触电。

(2) 机械伤害。在设备的运行、维护以及检修作业过程中, 如果转动部分外露、安全防护装置不完善、操作人员违章作业或因检修取下而未复位等原因, 人体触及运动部件均有可能发生机械伤害。

#### 3.3 评价指标的建立

按照前述思路, 建立了评价指标, 结果见图 2。其主要建立过程如下:

(1) 对评价子单元按事故的类型进行适当划分,

构成“风险控制层”。为避免同一层次上的元素权重相差太大, 将权重小的“机械伤害风险控制”与“触电风险控制”合并为“其他风险控制”。“风险控制层”中的第 3 层是与事故树分析得到的最小割集对应的事故风险。

(2) 以下构成风险的 2 类基本因素组成“风险因素控制层”中的元素: ① 决定事故发生可能性的因素 (原因事件), 这是最小割集中的基本事件, 最小割集中基本事件的确定应便于安全措施提出; ② 决定事故后果大小的因素, 即事故损失 (包含人和财产)。

(3) 风险的预防和控制措施构成了“措施层”, 它与“风险因素控制层”中的元素相对应, 根据需也要可进一步细分。

#### 3.4 指标权重的确定

图 2 中每项元素后括号中的数字即为该项的分值, 元素分值 = 权重 × 上一层元素分值。“子目标层”和“风险层”的权重是根据每层中各元素所包含的各种风险总和的大小进行相互比较来确定的, 这里的风险是指事故发生的可能性与后果的乘积。可能性主要依据以往事故的发生频率; 而后果则是平均大小的损失。“风险因素控制层”中的“原因事件”的权重是按照该因素出现的频率大小对比确定; “事故损失”的权重按相应的减少损失的措施一般能达到的控制事故损失的程度取值。

#### 3.5 安全评价标准

安全评价标准, 即安全评价等级标准, 其评价集可表示为:  $V = \{V_1, V_2, \dots, V_n\}$ 。表 1 是一种等级划分, 其  $n = 5$ 。安全等级反映了一个被评价对象的安全现状。

表 1 装置安全等级划分

安全等级	很不安全级	不安全级	较安全级	安全级	很安全级
安全现状指数	0.0~0.5	0.5~0.7	0.7~0.8	0.8~0.9	0.9~1.0

表 1 中的安全现状指数为各指标实际得分的总和与应得分的总和 (即总分) 之比。

### 4 结论

通过对建立安全评价指标体系中存在问题的分析, 提出了建立在役化工装置评价指标体系的新思路, 探讨了建立安全评价指标、确定指标权重及评价标准的方法。利用该指标体系既能查找出装置中存在的特定安全隐患, 也能给出装置总体安全性评价结论。该方法具有简单易行、方便实用、思路清晰、比一般方法更为科学合理的特点。该方法的思想不

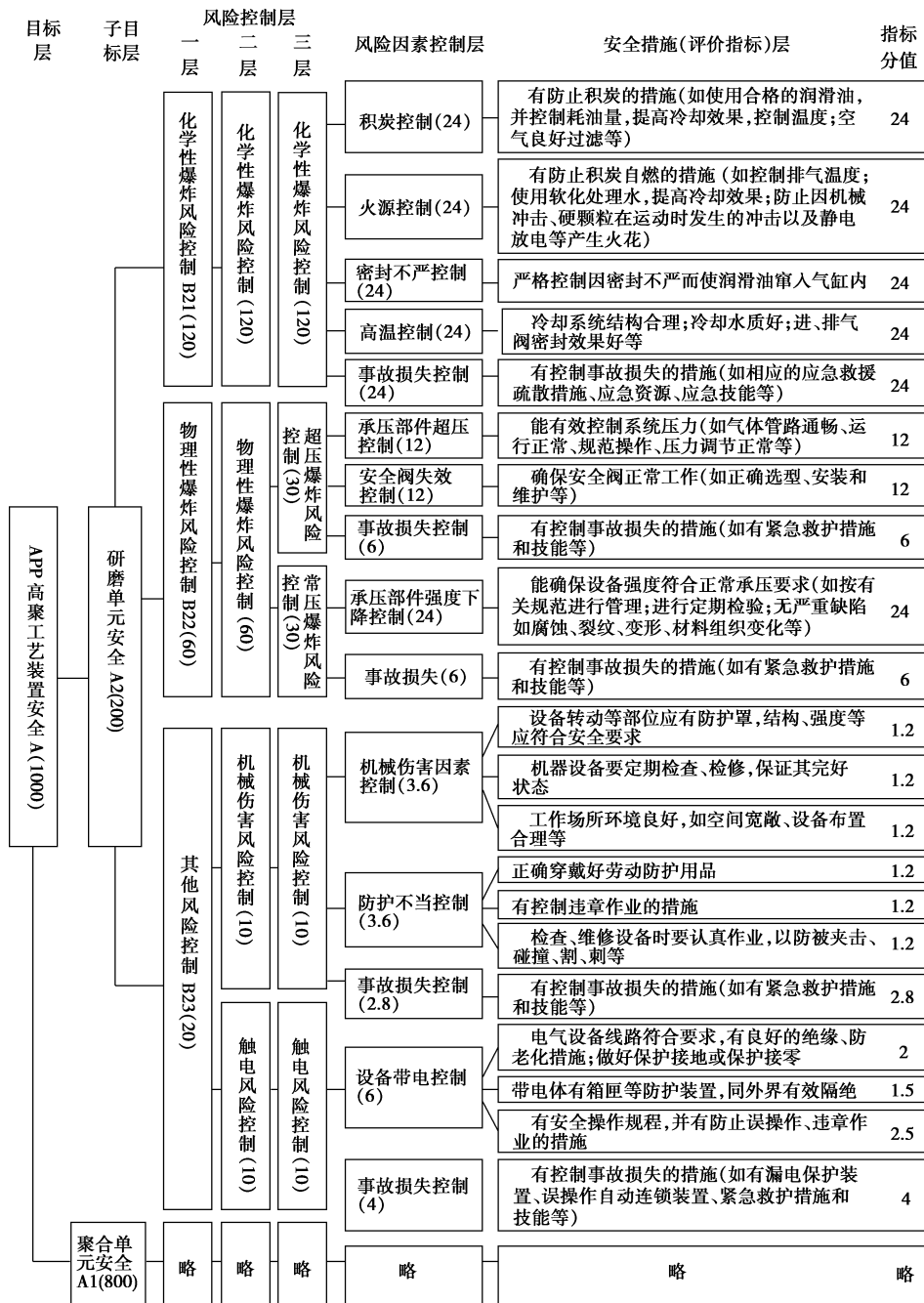


图2 APP高聚工艺评价指标体系层次结构模型

仅适用于在役化工装置的安全评价,也适用于其他系统的安全现状评价,对进一步完善当前安全现状评价工作具有较高的参考价值。

参考文献

[1] 江苏省机械工业安全卫生协会.工厂安全性评价标准应用与实

践[M].南京:江苏省科学技术出版社,1992:1-26.

[2] 国家安全生产监督管理局.安全评价[M].修订版.北京:煤炭工业出版社,2004:187-194.

[3] 杨凯,王云,王勇.层次分析法在石化企业安全风险评价中的应用[J].上海环境科学,1994,13(6):33-39.

[4] 王莲芬,许树柏.层次分析法引论[M].北京:中国人民大学出版社,1990:5-18. ■