

# 常用定量风险评估方法

袁旋<sup>1</sup>,黄厚今<sup>1</sup>,朱志良<sup>2</sup>

1 遵义医学院公共卫生学院 563099 贵州遵义; 2 深圳市宝安区疾病预防控制中心

**摘要:**风险评估是量化测评某一事件或事物带来的影响或损失的可能程度。随着工业时代的发展,风险评估的应用愈发频繁。其中定量评估的应用更加广泛。本文就定量风险评估方法的分类、常用的定量评估方法作一综述,以期在实际工作中选取合适的评价方法提供科学依据。

**关键词:**定量风险评估方法 职业危害风险评估

Comparison on Several Familiar Methods of Quantitative Risk Assessment

YUAN Xuan,Zhu zhiliang,Huang Houjin

xx

**Abstract:**Risk assessment is to quantify the extent or loss of an event.As the development of the industry,the application of risk assessment is increasing frequently.As there are many methods on the risk assessment,this paper analysis and compare several quantitatively evaluate methods .It may provide the basis for a more accurate method choosing in practical work.

**Key Words:**Quantitative Risk Assessment Quantitative Risk Assessment

风险评估是对某个危害事件的发生可能性进行分析与评价,判断其发生可能性大小,包括定性与定量两种。自《职业病防治法》颁布以来,尤其是2011年再次修订后,建设项目职业病危害评价如雨后天春笋般全方位蓬勃发展。相关的导则规定,除采用常规的类比方法外,尚可采用其他风险评估方法。本人对目前常见的定量风险评估方法进行了一个简要的综述,以期对职业卫生评价工作者有所帮助。

## 1 定量风险评估方法分类

定量风险评价(QRA)是基于大量实验结果和的事故资料统计分析获得的指标、模式或规律,对事件系统各方面状况进行定量计算,得出定量的指标<sup>[1]</sup>。按照所使用的基本方法不同,又可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等<sup>[2]</sup>。

### 1.1 概率风险评价法

概率风险评价(PRA)是一种以辨识评估复杂系统的可靠性、安全性风险为目标的结构化、集成化的逻辑分析方法<sup>[3]</sup>。PRA综合应用了概率论、系统工程、可靠性项目及决策理论知识,主要用于分析概论小、后果非常严重且有效数据缺失的事件。PRA用三个指标来描述风险:1)什么事件可以导致事故2)发生概率多大3)后果及其严重程度。PRA通过模拟构建事件链并对其进行量化分析,以综合集成的方式来回答这些问题。常用概率风险评价法有事件树分析、事故树分析、故障类型及影响分析、逻辑树、概率理论分析、马尔可夫模型分析、原因-结果分析、管理失误和风险树分析、模糊矩阵法、统计图表分析法,但近些年有学者把事件树分析(ETA)及事故树分析法(FTA)归为定性风险评价方法<sup>[4]</sup>。

### 1.2. 伤害(或破坏)范围评价法

伤害(或破坏)范围评价法的原理为运用数学方法,针对事故建立数学模型,粗略估算事故对人员危害及破坏范围的一种定量风险评估方法。适用范围主要包括气体、液体、毒物等泄漏及相关扩散模型的评估。

基金:深圳市宝安区职业病防治重点专科课题

通讯作者:朱志良, E-mail:zhuzhiliang@188.com

### 1.3 危险指数评价法

危险指数评价法是评价人员通过对几种工艺现状及运行的流程进行比较计算,估计工艺危险性,进而对工艺的风险进行评价。危险指数评价可以运用在工程项目的各个阶段,或在详细的设计方案完成之前,或在现有装置危险分析计定之前,也可用于在役装置。常用的方法有:美国道化学公司(DOW)法、化学公司(ICI)蒙德法、易燃、易爆、有毒重大危险源评价法、化工厂危险等级指数法、危险度评价法等<sup>[1]</sup>。

### 2 几种常用的定量评估方法

就职业卫生方面来说,目前对企业进行职业病危害现状评价的过程中,关于职业危害风险评估,只有类比法。依据类似项目的危害情况,类推拟建项目的风险可能性。其他评价方

法,均依据事实来判断其危害大小。现存的职业危害成千上万,而检测方法非常有限,现有方法均无法对企业职业病危害风险做出精确的评估。目前国内相关研究大多将美国道化学公司的火灾爆炸指数法,日本的六阶段风险评估法等风险评估模型,英国帝国化学公司的蒙德评估法等风险评估模型应用到职业卫生评价程序中<sup>[5-8]</sup>。2011年,作者开展中德两国合作研究中德灾害风险管理研究,制定灾害风险管理模型,其基本思路分三步:第一步,定义发生风险的可能性。第二步,分析对人-经济-基础设施-生态环境-社会环境5方面的影响程度。第三步,风险评价,制定风险矩阵图。风险事件发生可能性用5级制来描述和度量。1=可能性小,2=不确定,3=可能发生,4=很可能,5=几乎确定。然后进行后果分析,进而来评价风险。最后得出矩阵图。此种方法进行评估的模型,创新的提出了风险值和风险图的概论,使用方便,通俗易懂,便于领导决策<sup>[9]</sup>。2012年,作者应用ILO化学品工具箱方法,推导未检测化学物质的危害风险。该方法主要依据化学物质固有毒性、进入人体可能性与使用量三个方面来判断危害大小与事故发生可能性,并依据可能性大小采取相应预防控制措施<sup>[10]</sup>。

#### 2.1 LEC 法

由美国安全专家格雷厄姆和金尼提出,已应用于半个多世纪以来的风险评估。该方法是利用与系统风险相关的3个因素之积来评价客观风险的大小。评估方法数学模型为 $D=L \times E \times C$ ,式中D为危险性,L为事故发生的可能性,E为暴露在危险环境中的频繁程度,C为事故造成的严重程度。此法虽比较简便,易于人们掌握,但因存在一些问题,如在一些比较复杂的情况下L、E、C赋值较困难、又因对其使用范围无限扩大等,这样原因均会使评估结果与实际情况不相符合。LEC法简单易行,许多部门、行业仍在应用,如航空、铁道、石化、地质、煤炭、冶金等行业。它较为适合那些缺乏完善的评价模型或由于数据记录不充分而不能采用更为专业化的评价模型的场合。值得注意的是,运用LEC法来进行风险评估,一定程度上凭评估员的经验积累,因此在应用时应慎重考虑其适用方面的局限性,根据实际情况予以修正。半个世纪以来,LEC不断改进,有学者认为将管理抵消因子M加入式中变 $D=L \times E \times C$ 为 $D=L \times E \times C \times M$ <sup>[11]</sup>。M值随着管理制度、规程、执行情况的严谨而变小,这样就充分反映了实际情况,此种方法在水电工程等项目中的应用较合适。还有学者认为L的意义已经包含了危险因素本身出现的可能性与危险因素出现后造成事故的可能性这两个事件的交集。在复杂的情况中,交集事件更难于赋值。同时,L、E两概念不相互独立,这就造成在发生事故人受到伤害后,人暴露在危险环境的可能性已经被包含,所以将E表示危险因素出现频率,L表示对人造成伤害的可能性,C、D值不变,将LEC法变

为 ELC 法。这样赋值就包含了风险全部内涵，这样，参数通俗易懂，客观反映危险程度<sup>[12]</sup>。

纪琴等研究表明 LEC 评价法与定量分级法的评价结果基本一致，认为单独运用 LEC 评价法时应尽量避免出现评价出的危险等级与采取的控制措施不匹配的现象<sup>[13]</sup>。

## 2.2 美国道化学公司 DOW 法

DOW 分析法于 20 世纪 60 年代初期诞生，经过多年完善发展，已基本趋于成熟，第七版 DOW 分析法于 1991 年推出，因其在简易程度、应用范围等各个方面上的优势，在各种系统的安全评估过程中应用广泛，因此其成为现代安全管理评估系统中的重要组成部分<sup>[14]</sup>。具体程序如图 1。

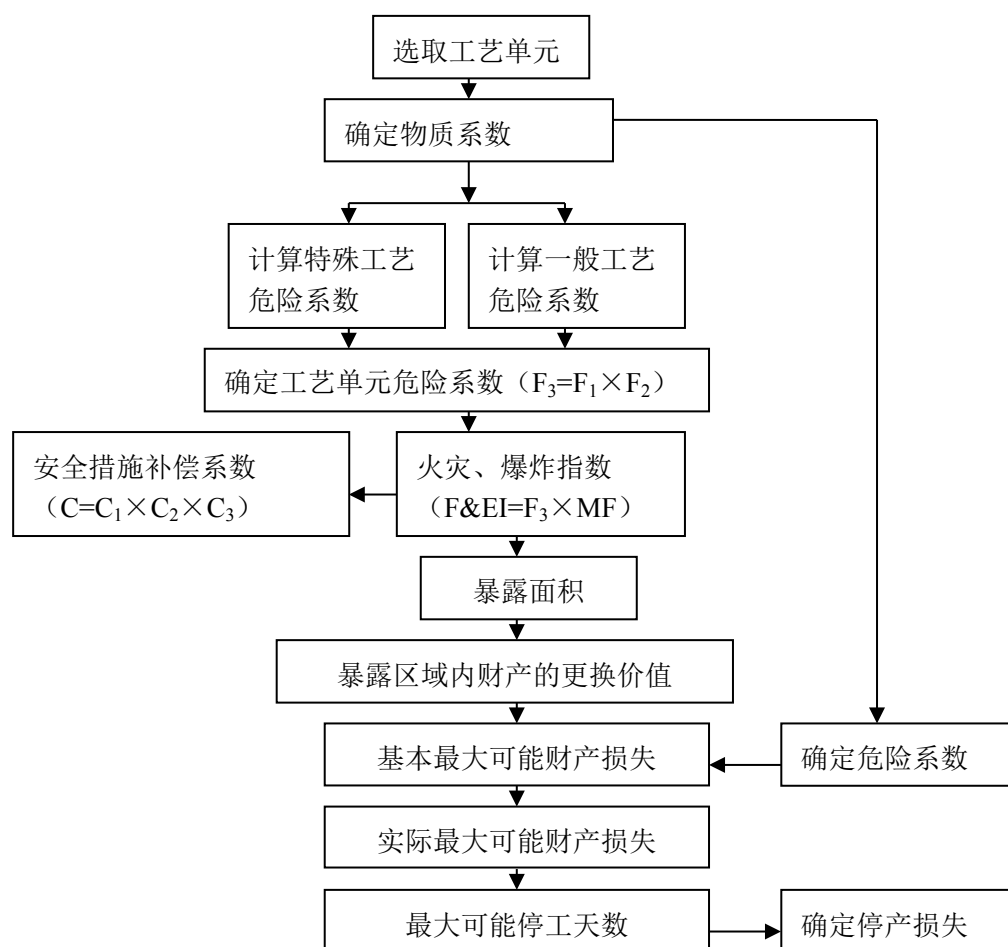


图 1 DOW 分析流程图

DOW 分析法广泛应用于化工行业、煤矿、发电厂、管路及公路工程系统等<sup>[15]</sup>。DOW 法评价的特点包括：评价工艺过程中危险物质的潜在危险性，计算单元火灾、爆炸指数以确定危险等级，并估算物质潜在危险性的暴露面积；若一旦发生事故造成经济损失，强调对事故的后果进行分析。该法定量地对工艺过程和装置所含物料的实际潜在火灾、爆炸危险度进行宏观评价<sup>[16]</sup>。

## 2.3 帝国化学公司（ICI）蒙德法

基金:深圳市宝安区职业病防治重点专科课题

通讯作者: 朱志良, E-mail: zhuzhiliang@188.com

蒙德法是由英国帝国化学公司（ICI）的蒙德（MOND）部批准出的安全评价方法，具有全面性和系统性，使得初期评价更切合实际，被公认为是石油化工装置爆炸、火灾、毒性危险性方面的理想安全评价方法<sup>[17]</sup>。该法在肯定了道化学公司火灾、爆炸危险指数法的基础上，并在其定量评价的过程上作了重要的改进及补充，主要是引进了毒性的概念和计算方式，推广到涵盖物质毒性在内的“爆炸、火灾、毒性指标”的初步计算，并补偿安全对策措施的最终评价，这样就增加了评价的深度，因此其被公认为是一种特别适合于化工产业的爆炸、火灾、毒性危险程度评价方法<sup>[18-19]</sup>。有学者对二者的选取作了比较完善的阐述，1) 评价单元的危险源为有毒物质，并且要求有具体的危害评价指标时，考虑用蒙德法；2) 若评价要求反应危险发生的影响范围、财产损失和停产损失等时，可考虑选用道化学法；3) 若要求更全面的反映评价单元的危险因素指标时，宜采用蒙德法；4) 另外在进行项目预评价时，由于整个项目仍处于初步阶段，许多参数不能确定，此时应采用道化法进行评价<sup>[20]</sup>。

## 2.4 日本劳动省危险度评价法

日本劳动省危险度评价法也称六阶段法。由日本劳动省于 1976 年提出。该法的六个阶段包括：1) 有关资料的整理和讨论；2) 定性评价；3) 定量评价；4) 安全措施；5) 由事故案例进行再评价；6) 用事故树（FTA）、事件树（ETA）进行再评价。该方法主要是通过评价、分析装置或单元的“介质”、“压力”、“容量”、“温度”、“操作”5 个参数而对装置或单元进行危险程度分级的，进而根据装置或单元的危险度而采取相应的安全对策措施<sup>[21]</sup>。该法的特点是应用参数较少，但工作量大。

## 2.5 易燃、易爆、有毒重大危险源评价方法

该法是由劳动劳保所等单位完成的我国“八五”国家科技攻关专题“易燃、易爆、有毒重大危险源辨识、评价技术研究”期间提出的，其评价模型的层次结构如图 2。模型如下：

$$A = \left\{ \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n (B_{111})_i W_{ij} (B_{112})_j \right\} \times B_{12} \times \prod_{k=1}^3 (1 - B_{2k})$$

从式中可以看出，此法虽精确，但工作量和计算量大，极其繁琐，在此不作详细介绍。

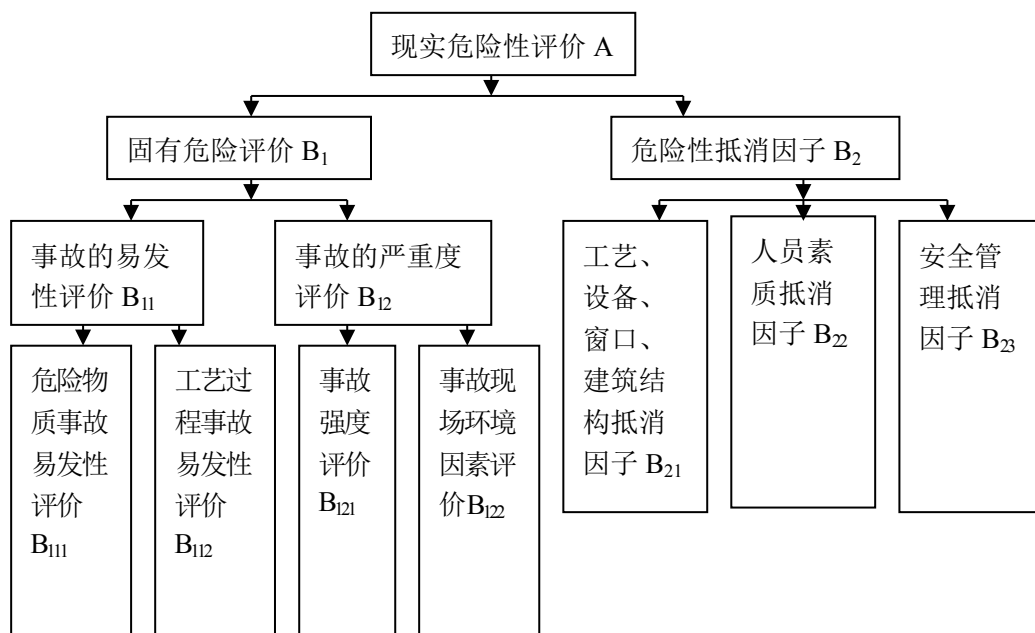


图 2 易燃、易爆、有毒重大危险源评价法程序

### 3 结语

风险评估的准确与否，关键是参数的把握与问题本质的把握。考虑风险评估方法众多，有时可结合多种方法配合使用，计算风险危害，再结合我国现有法律、标准，从而对风险进行更有效的防护。虽评估方法众多，且在欧美等国家广泛使用，但国内使用定量评价甚少。自本世纪《职业病防治法》颁布以来，我国职业危害评价步入正轨，但关于职业危害评价的方法远不如其他评价如安全与环境评价多，研究甚少。本文对这几种定量方法的比较研究，分析其适用范围及优缺点，希望对职业危害风险评估的进一步研究和方法的选取起到一定的推动作用。

### 参考文献:

- [1] 刘铁民,张兴恺,刘功智.安全评价方法应用指南[M].北京:,2005.8-9.
- [2] 罗云,樊运晓,马晓春.风险分析与安全评价[M].北京:化学工业出版社,2004.144-145
- [3] 周海京,遇今,郑恒.概论风险评价技术及应用[J].质量与可靠性,2007,6:6-13.
- [4] 钱建明,过峰.基于 LEC 法在实验室风险评估中的应用研究[J].现代测量与实验室管理,2011,6:43-45.
- [5] Papadakis GA,Chalkidou AA.The exposure-damage approach in the quantification of occupational risk in workplaces involving dangerous substances,Occupational Safety and Risk at ESREL 2006[J].Saf Sci,2008,46:972-991.
- [6] Aneziris ON,Papazoglou IA,Doudakmani O.Assessment of occupational risks in an aluminium processing industry[J].Int J Ind Ergon,2010,40:321-329.
- [7] Peretz C,Goren A,Smid T,et al.Application of mixed-effects models for exposure assessment[J].Ann Occup Hyg,2002,46:69-77.
- [8] Ale BJM,Baksteen H,Bellamy U,et al.Quantifying occupational risk:The development of all occupational risk model[J].Saf Sci,2008,46:176-185.

基金:深圳市宝安区职业病防治重点专科课题

通讯作者: 朱志良, E-mail:zhuzhiliang@188.com

- [9] 朱志良,孙玉卫,吴礼康.灾害风险管理模型在急性职业中毒风险评估中的应用[J].中华劳动卫生职业病杂志,2013,31(2):153-156.
- [10] 朱志良,俞晓明,丁燕.基于国际化学品控制工具箱的职业病危害风险评价方法中得应用[J].中华劳动卫生职业病杂志,2012,30(12):958-961.
- [11] 朱渊岳,付学华,李克荣.改进 LEC 法在水利水电工程建设期危险源评价中的应用[J].中国安全生产科学技术,2009,5(4):51-54.
- [12] 段红林.对 LEC 法应用的探讨[J].安全卫生,2009,36(4):194-196.
- [13] 纪琴,李宁.LEC 评价法在建设项目职业病危害风险评估中的应用[J].职业卫生与应急救援杂志,2011,29(5):260-262.
- [14] 中国化工安全卫生技术协会译.道化学公司火灾、爆炸危险指数评价法(第七版)[M].北京:中国化工出版社,1997.28-36.
- [15] 王大尉,刘宏波,王旭升.DOW 指数法在煤矿安全评价方面的应用[J].煤矿开采,2010,15(6):23-24.
- [16] 吴宗之,高进东.危险评价方法及其应用[M].北京:冶金工业出版社,2001.52-54.
- [17] 顾祥柏.石油化工安全分析方法及应用[M].北京:化学工业出版社.2000.
- [18] 徐辉.蒙德法在液态烃罐区安全评价中的运用[J].工业安全与环保,2005(4):54-57.
- [19] 马昕,张贝克,李欣龙.蒙德安全评价法的改进及其计算机实现[J].中国安全生产科学技术,2009,5(1):108-111.
- [20] 梁庆棠.蒙德法与道化法的选取[J].中国安全科学学报,2000,10(4):55-58.
- [21] 郭海韬,梁伟,樊建春.危险度评价法适用范围初探[J].安全,2008,8:19-22.