

作业条件分析在矿山危险评价中的应用

戴联双¹, 舒 宜², 程五一¹

(1. 中国地质大学(北京)工程技术学院, 北京 100083;

2. 天津理工大学环境科学与安全工程学院, 天津 300191)

摘要: 本文介绍了一种应用于矿山生产作业前期的对矿山危险进行有效评价的方法, 此方法结合了作业条件分析方法, 具有快速、便捷及可操作性强等优点。矿山危险评价的任务包括辨识系统存在的危险性、确定危险性转化事故的条件、评价危险性对系统安全影响的大小、确定控制或消除风险的措施、以及通过危险的程度分析确定控制的重点、故障类型和影响分析等, 逐步实现向事前预防性安全管理转变。

关键词: 安全工程; 风险评价; 系统安全评价; 安全管理; 作业条件危险性评价

中图分类号: X928

文献标识码: A

文章编号: 1674-2850(2008)06-0372-6

The method of LEC used in colliery risk assessment

DAI Lianshuang¹, SHU Yi², CHENG Wuyi¹

(1. *Engineering and Technology School, China University of Geosciences (Beijing), Beijing 100083;*

2. *School of Environmental Science and Safety Engineering, Tianjin University of Technology, Tianjin 300191)*

Abstract: This paper introduces the method of LEC to the colliery risk assessment which combines the method to optimizing it. The task of the colliery risk assessment is to identify the hazards which exists in the system, to confirm the condition of the dangerous how to convert to accident, to assess the risk to affect the safety of the system, to make sure to eliminate or control the risk and make measurement, and by analyzing the extent of the danger to make out the important place, the type of the fault, and the analysis of the affection, step by step to come true the mode of before hand preventive safety management.

Key words: safety engineering; risk assessment; system safety assessment; safety management; job risk analysis

0 引言

我国是煤炭资源大国, 已探明煤炭储量 8 000 多亿 t, 在能源消费结构中, 煤炭占一次能源消耗量的 75%。预计到 2010 年, 我国的煤炭需求量达 25 亿 t。随着国际安全局势的恶化和石油资源的日益消耗, 煤炭的需求增长将持续到本世纪中叶。煤炭是我国的基础能源和重要原料, 在国民经济中占有重要的战略地位。未来几十年内, 煤炭依然是我国的主要能源, 而煤炭的高产量背后隐藏的是高发事故, 矿山安全生产问题是摆在国家和社会面前的一个大问题。

为了规范危险评价行为, 确保安全评价的科学性、公正性和严肃性, 国家安全生产监督管理局、国家矿山安全监察局编制了《安全评价通则》, 规定了项目(工程)或系统危险评价的目的。

危险评价的主要内容一般分为 4 个方面: 危险的识别、危险的定量、量化的危险与基准值比较、提出控制危险的措施。危险的识别是分析研究对象存在的各种危险; 危险的定量是研究确定这些危险发生的频率以及可能造成的后果; 与基准值比较是将这些风险与预定的风险值相比较, 判断是否可以

作者简介: 戴联双(1983—), 男, 工程师, 主要研究方向: 安全模拟与仿真

通信联系人: 程五一, 教授, 主要研究方向: 安全信息系统、矿井通风、瓦斯突出, E-mail: cwy@cugb.edu.cn

接受；控制危险的措施是根据风险能否接受从而提出的降低、排除、转移风险的决策。安全评价的内容丰富，每个具体的评价有所差异，其总体模式如图 1 所示。

1 作业条件分析法概述

美国的格雷厄姆（GRAHAM）和金尼（KINNEY）研究了人们在具有潜在危险环境中作业的危险性，提出了以所评价的环境与某些作为参考环境的对比基础，将作业条件的危险性作为因变量（ D ），事故或危险事件发生的可能性（ L ）、暴露于危险环境的频率（ E ）及危险严重程度（ C ）作为自变量，确定了它们之间的函数式。根据实际经验他们给出了 3 个自变量在各种不同情况下的分数值，采取对所评价的对象根据情况进行“打分”的办法，然后根据公式计算出其危险性分数值，根据对所评价的对象划分的危险程度等级表，查出其危险程度的一种评价方法。这是一种简单易行的评价作业条件危险性的方法。

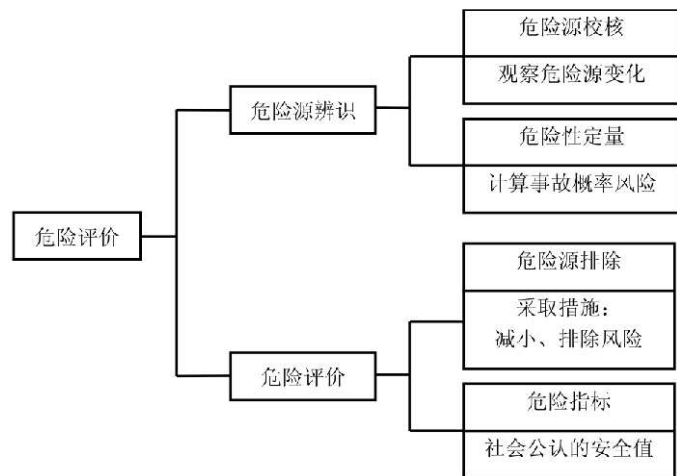


图 1 安全评价总体模式

Fig. 1 Integrity mode of safety assessment

2 危险评价的概念及其分类

危险评价又称系统安全评价、风险评价，是用系统科学的方法对一个系统、一个企业或一个生产过程中的危险源及其控制的评价。风险评价的目的^[1]在于找出危险源控制的薄弱环节，采取措施降低危险性，进一步加强安全管理。

任何系统、企业和生产过程都有可能对危险源失去控制，造成人员伤亡和财产损失。危险性（ D ）的大小可用事故发生频率（ P ）和损失严重度（ C ）的乘积来表示，即： $D=P \times C$ 。

根据子系统寿命的阶段，把危险评价区分为危险性预评价和现有系统危险性评价。危险性预评价是在系统开发、设计阶段，即在系统建造前进行的危险性评价；现有系统的危险性评价是系统建成以后运转阶段进行的系统危险性评价，目的在于深入了解系统的现时危险性，为安全科学管理提供工作依据，确定安全管理工作重点，这种危险评价更接近于实际。

3 危险评价的原理和方法

在预测、评价系统危险性时，认为危险性不超过可接受的危险水平时，系统是安全的。这种可接受的危险水平必须得到全社会的公认，即系统的危险性应达到社会允许的危险水平。“社会允许危险标准”取决于国家政治、经济和技术状况。

理想的安全评价（如图 2 所示），包括危险性确认和危险性评价两个方面，而危险性评价中的允许范围就是这里所说的社会允许危险源标准。

在系统安全研究中已经有许多评价危险性的方法，大体上可以把这些方法划分为两类：相对的和概率的方法，其中相对的评价法又包括三种常见方法：

- 1) 根据同类系统或类似系统以往的事故经验指定分类等级；
- 2) 利用安全系数或安全阀来评价危险性。例如，利用高压容器的安全系数来评价其危险性；
- 3) 评价者根据经验按自己的见解指定一系列的数值尺度来评价危险性。

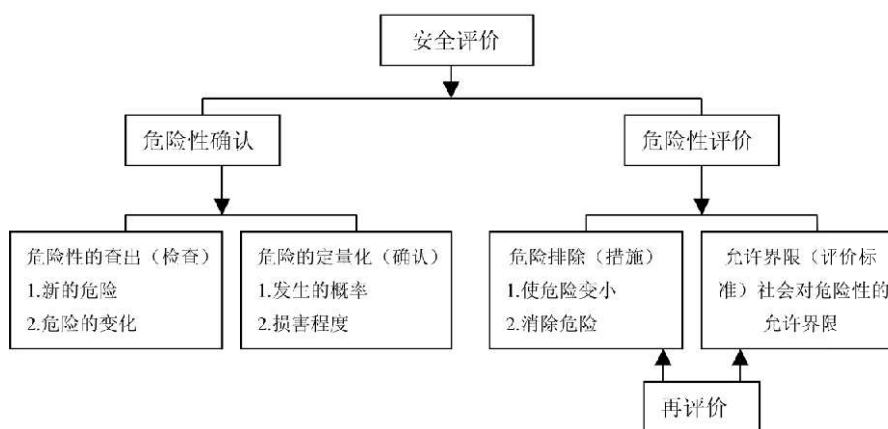


图2 事故经验指定分类等级^[2]

Fig. 2 Accident experience specified grade classification^[2]

4 矿井危险评价内容

4.1 评价单元的划分

在矿井危险评价（安全评价或风险评价）^[3]的具体实施过程中，往往将评价对象按照某种原则进行分解，独立进行评价后再集中，使评价具有可操作性，这种对评价对象地分解叫做评价单元划分。其目的是为了把一个复杂的系统划分为数个相对独立、便于系统危险性评价操作、灾害控制和安全管理

的子系统。如果把一个具体的矿井视为一个系统，那么在这一系统中，有一些在空间上比较独立的子系统，例如采矿工作面、掘进工作面等。这些子系统不但在空间上具有相对独立性，而且在事故致因因素上也具有一定的独立性和完整性。因此在实施矿山重大危险源评价时，可将这些子系统划分成评价单元，从而有益于评价的操作。

因此，矿山重大危险源评价单元划分应遵循如下原则^[4]：

- 1) 评价单元首先在空间、生产工艺上具有相对独立性；
- 2) 评价单元所包含的子系统在事故致因因素上具有一定的独立性和完整性，并能保证单元内大多数评价指标有一个稳定的取值范围；
- 3) 评价单元之间事故影响要尽可能保持最小，以利于危险评价和灾害控制。

4.2 实例分析

参照国外火灾爆炸危险指数评价资料，结合我国煤矿实际，应该从特定物质状况、工艺过程、矿井新老程度和安全装备水平四个方面进行矿井危险程度综合评价。

1) 特定物质状况

特定物质决定矿井安全条件、事故灾害的种类和危险程度。主要包括：沼气相对涌出量、煤尘爆炸指数、有无爆炸性、自燃发火倾向、地质状况（主要是顶板和地质构造）、煤与沼气突出、水害威胁程度及易燃物质等。

2) 工艺过程

工艺过程反映生产方式、工艺方法、机械化水平及现代化程度，主要包括：采煤方法、落煤方式、支护方式、顶板管理方法、机械化程度、运输方式和提升方式。

3) 矿井新老程度

依据可靠性技术，矿井和机器一样，也有一个安全期。矿井衰老、条件变差、残煤复采，其危险

程度显然比青壮年时期要大得多。新投产矿井有些地方需调整，事故率相对会高些。

4) 安全装备水平

以往的危险性评价只考虑潜在的物质危险因素和生产过程中的危险因素。基于科技的进步和技术的发展，还必须考虑安全装备水平。因为在同样的危险因素下，不同的安全装备水平，对危险因素的控制能力不同，实际的危险性也不同。主要包括：抽放瓦斯系统、灌浆防灭火系统、安全监测遥测遥控系统、掘进安全装备系列化、机电运输安全保护装置、防尘设施和排水能力。

5 作业条件危险性评价

作业条件危险性分析法的特点是比较简短，容易在矿山内部实行。它有利于掌握生产中各危险点的危险状况^[5]，有利于整改措施的实施。

5.1 赋分标准

1) 事故或危险事件发生的可能性 (L)

事故或危险事件发生的可能性用概率来表示时，绝对不可能发生的事故概率为 0，而必须发生的事故概率为 1。然而，从系统安全的角度考虑，绝对不发生事故是不可能的，所以人为地将发生事故可能性极小的分值定为 0.1。此外，在实际生产条件中，事故或危险事件发生的可能性范围非常广泛，因而人为地将完全出乎意料之外、极少可能发生的情况规定为 1；能预料将来某个时候会发生事故的分值定为 10；在这两者之间再根据可能性的大小相应地确定几个中间值，如将“不常见，但仍然可能”的分值定为 3，“相当可能”的分值定为 6。同样，在 0.1 和 1 之间也插入了与某种可能性对应的分值，如表 1 所示。

表 1 事故或危险事件发生可能性分值 L
Tab.1 Accident or danger incident likely value L

分数值	事故或危险情况发生的可能性	分数值	事故或危险情况发生的可能性
<u>10</u>	完全会被预料到	0.5	可以设想，但高度不可能
6	相当可能	0.2	极不可能
3	不经常，但可能	<u>0.1</u>	实际上不可能
<u>1</u>	完全意外，极少可能		

注：带下划线的为“打分”参考点

2) 暴露于危险环境的频率 (E)

众所周知，作业人员暴露于危险环境中的次数越多，时间越长，受到伤害的可能性也就越大。为此，按人员连续出现在危险环境的暴露分值为 10，一年仅出现几次非常稀少的暴露频率分值为 1，以 10 和 1 作为参考点，再在其区间根据潜在危险作业条件中暴露情况进行划分，并对应地确定其分数值。例如，每月暴露一次的分值定为 2，每周一次或偶然暴露的分值为 3。当然，根本不暴露的分值应为 0，但这种情况实际上是不存在的，因此没有必要列出。关于暴露于潜在危险环境的分值如表 2 所示。

表 2 暴露于潜在危险环境的分值 E
Tab.2 Exposure in danger environment value E

分数值	暴露于危险环境的情况	分数值	暴露于危险环境的情况
<u>10</u>	连续暴露	2	每月一次
6	每天工作时间内暴露	<u>1</u>	每年几次暴露
3	每周一次，或偶然暴露	0.5	非常罕见的暴露

注：带下划线的为“打分”参考点

3) 发生事故或危险事件的可能结果 (C)

事故或危险事件造成的人员伤害和财产损失可在很大范围内变化, 因此, 把需要救护的轻微伤害的可能结果分值定为 1, 以此为一个基准点, 将造成许多人死亡的可能结果分值定为 100, 作为另一个参考点, 在两个参考点之间, 插入相应的中间值, 如表 3 所示。

表 3 发生事故或危险事件可能结果的分值 C
Tab. 3 Accident or danger incident consequence C

分数值	可能结果	分数值	可能结果
<u>100</u>	大灾难, 许多人死亡	7	严重, 严重伤害
40	灾难, 数人死亡	3	重大, 致残
15	非常严重, 一人死亡	<u>1</u>	引人注目, 需要救护

注: 带下划线的为“打分”参考点

4) 危险性

确定了上述 3 个具有潜在危险性的作业条件的分值, 并按公式进行计算, 即可得危险性分值。据此, 要确定其危险性程度时, 则按下述标准进行评定。

由经验可知, 危险性分值在 20 分以下的环境属低危险性; 20~70 分之间为一般危险, 需要加以注意; 危险性分值在 70~160 分之间, 有明显的危险性, 需要采取措施整改或加强安全保护措施; 危险性分值在 160~320 分的作业条件, 有高危险性, 必须立即采取措施进行整改; 危险性分值大于 320 分, 则表示作业条件极其危险, 应立即停止作业, 直到作业条件得到改善为止。危险性分数值如表 4 所示。

表 4 危险性分值 D
Tab. 4 Danger value D

D 值	危险程度	D 值	危险程度
>320	极其危险, 不能继续作业	20~70	可能危险, 需要注意
160~320	高度危险, 需要立即整改	<20	稍有危险, 或许可以接受
70~160	显著危险, 需要整改		

5.2 生产现场作业条件危险性分析

矿山在生产过程中, 人员、设备、环境和管理都是按照特定的作业场所采取相应的组织结构和生产形式的, 因此对矿山的危险评价可以细化成对各个作业场所的评价, 依据作业场所的评价结论来发现风险, 从而提出具体的整改措施和纠正方案。根据矿山生产特点, 按照行业相关的规定, 将矿山划分为以下这些作业场所, 在进行危险评价时, 每个作业场所作为一个独立的单元进行评价。

1) 主井、副井; 2) 井底车场; 3) 运输大巷、通风大巷; 4) 石门; 5) 运输上山、通风上山; 6) 进风巷; 7) 工作面; 8) 回风巷; 9) 采区回风巷道; 10) 矿井总回风巷道; 11) 风井。

以上 11 类作业场所在矿山基本都会出现, 依据生产的规模和矿山的特点, 不同类型作业场所的数量可能不同, 但在进行危险评价时, 各个作业场所的评价方法和评价流程是一致的。

本文根据井下作业工艺过程, 对划分单元中的一些典型作业条件的危险性进行评价, 评价结果如表 5 所示。

由表 5 可知, 石碛厂地面各作业点的危险程度基本属于可以预防、需要注意的范畴, 露天开采凿岩穿孔、爆破、车辆运输的危险性分值较高, 应通过加强安全生产管理, 采取安全措施加以防范。

表5 生产作业条件危险性分析结果
Tab.5 The method of LEC analysis result

危险部位	作业名称	事故发生可能性分值 (L)	暴露于潜在危险环境的分值 (E)	发生事故可能结果的分值 (C)	危险性分值 (D=L×E×C)
开采作业面	凿岩	3	6	3	54
	爆破	3	6	7	126
	装矿	3	6	1	18
	维护	3	3	1	9
运输	行人	1	6	3	18
	车辆行驶	3	6	3	54
采场	车辆运行	3	6	3	54
	装矿	3	6	1	18
	卸矿	1	6	1	6
	行人	1	3	3	9
配电房	停送电	3	3	3	27
	检修	3	3	3	27
空压机	设备运转	1	3	3	9
	设备维护与检修	1	1	3	3

6 结论

1) 应用作业条件危险评价方法的主要优点在于其简单方便，没有繁琐的计算，容易在矿山生产作业中应用，能够便捷地获得需要的结果，对矿山前期分析评价来说实用性很强。

2) 评价方法考虑了决定危险性的三个主要因素，为采取措施降低危险性，可以从减少这些因素的分值方面来努力，为降低矿山作业条件的危险性采取有效的措施提供了依据。

3) 方便评价人们在某种具有潜在危险的作业环境中进行作业的危险程度，危险程度的级别划分比较清楚。但是，由于它主要是根据经验来确定3个因素的分数值及划定危险程度等级，因此具有一定的局限性，而且它是一种作业的局部评价，故不能普遍使用。此外，在具体应用时，还需根据自己的经验和具体情况适当加以修正。

[参考文献] (References)

- [1] 金磊夫. 矿山事故分析及系统安全管理[M]. 北京: 冶金工业出版社, 2002.
JIN L F. Mine accident analysis and system safety management[M]. Beijing: Metallurgical Industry Press, 2002. (in Chinese)
- [2] 范新民. 对系统危险性评价与控制的认知[J]. 工业安全与防尘, 1999 (2): 18~21.
FAN X M. Recognize for system risk assessment and control[J]. Industry Safety and Protect Dust, 1999(2): 18~21. (in Chinese)
- [3] 国家安全生产管理总局. 安全评价 (第三版) [M]. 北京: 煤炭工业出版社, 2005.
State Administration of Work Safety. Safety assessment (Third Edition) [M]. Beijing: Coal Industry Publishing House, 2005. (in Chinese)
- [4] 陈宝智. 危险源辨识、控制及评价[M]. 四川: 四川科学技术出版社, 1996.
CHEN B Z. Hazard identified, control and assessing[M]. Sichuan: Sichuan Science Technology Press, 1996. (in Chinese)
- [5] 刘铁民, 张兴凯, 刘功智. 安全评价方法应用指南[M]. 北京: 化学工业出版社, 2005.
LIU T M, ZHANG X K, LIU G Z. The guide of safety assessment method[M]. Beijing: Chemical Industry Press, 2005. (in Chinese)