

煤矿系统工程学术会议 论文集

山东省出版总社泰安分社

78
9

家
学
堂
PDG

积极采用安全系统工程 努力提高安全管理水平 开创煤矿安全生产新局面

(代序)

我国煤矿的安全工作自1986年原煤炭工业部提出“安全创水平、效率上一吨、建设一批现代化矿井”三件大事以来，这几年安全工作进步很快，安全工作在“七五”期间已明显好转。全国统配煤矿1991年安全工作又有很大进展，百万吨死亡率接近1人，比上一年下降23.08%。但是，搞好煤矿安全工作是一项长期的战略任务，不能有丝毫放松。

能源部去年9月在抚顺召开的防治瓦斯工作会议上，要求统配煤矿的安全生产奋斗目标是将百万吨死亡率降到1以下，提前实现“七五”的规划，这是一项艰巨而光荣的任务。要实现这一奋斗目标，难度是很大的。随着矿井开采深度的增加，各种自然灾害的威胁也日益严重，不少的煤矿在管理上、技术装备上、职工素质上都还很不适应煤炭生产发展的需要，“三违”（违章指挥、违章操作和违反劳动纪律）现象仍普遍存在，事故隐患随时可见，少数省（区）的煤矿事故多发的局面没有扭转，还有外部小煤窑的干扰等问题，都是影响煤矿安全生产的不利因素。为此，总公司决定，在“安全第一、预防为主、综合治理、总体推进”的方针指导下，坚持安全与深化改革、生产建设、技术改造、同步规划实施的原则；坚持“管理、装备并重”的原则，做好基础工作；切实搞好五个结合：即与整顿提效相结合，与技术进步合理、集中生产相结合，与提高机械化水平相结合，与开展质量、品种效益活动相结合，与提高职工素质和管理水平相结合；强化以安全为中心的生产管理，增加安全技术装备投入，深入开展安全培训教育，不断改变安全技术面貌，积极朝着煤矿质量标准化、装备现代化、管理科学化、培训正规化的方向，不断提高企业的整体素质，巩固和发展已取得的安全成果，为实现“八五”期间煤矿安全生产稳定好转而奋斗。

煤矿安全生产方针反应了党和政府为人民服务的根本宗旨，是代表国家和人民的长远利益的一项基本国策。搞好煤矿的安全工作，体现了党和国家对煤矿工人的关怀。所以，煤矿工业企业的各级领导都应以对人民和事业极端负责的精神并以高度责任感和紧迫感把安全工作当做头等大事，采取强有力的措施，切实改善煤矿生产条件和作业环境，加强管理和防范，及时发现和消除生产中的不安全因素、隐患和“三违”现象，保障广大职工的人身安全和人民财产免受损失。煤矿安全工作从政治上讲关系到社会稳定、矿区稳定和煤炭企业深化改革的健康发展；从经济上讲关系到提高效益、关系到促进生产力的发展，所以也是关系到实现“八五”和“九五”规划和现代化建设，赶上世界先进产煤国家安全水平的大问题。

煤矿生产是一个非常复杂的“人—自然条件—机械设备”系统，它包含着若干子系统而形成一个庞大的系统工程，要求在生产过程事先预测发生事故的可能性，摸清和掌握事故发生的规律，进而作出定性和定量的分析，以期向生产人员预报事故可能发生的危险性并采取相应的预防措施。这种运用系统工程的理论和方法来研究煤矿安全中各种既互相有机结合、又互相影响或制约的因素，达到提高安全水平，保障安全的目的，就是煤矿安全

系统工程。它是近二十年来在国外兴起的一门新学科，是由传统安全技术和可靠的新技术相结合、运用系统论思想而产生的，它具有创新的意义，许多国家在航空、航天、原子能、电力、石油、化工、冶金、煤炭、机械制造、纺织、交通运输等部门都竞相研究和推广应用，有效地大幅度降低伤亡事故和其它恶性事故的发生。我国煤矿企业近年来应用安全系统工程的实践也表明：这一方法易于掌握、易于实施，对安全生产可靠性的分析评价、鉴别、控制以及消除隐患等方面，都显示出应用价值和广阔的发展前景。

本论文集是由中国煤炭学会系统工程专业委员会将1992年的年会论文编辑而成。它理论结合实际、叙述明确、方法简单、便于掌握运用，有很大实用价值。因此，这本论文集的出版与发行对煤矿安全系统工程的研究、推广和应用必将起到积极的推进作用，对促进煤矿安全技术进步和提高管理水平都具有现实意义。希望全国煤炭企业各部门认真研究、努力实践、总结经验、完善提高。希望各大专院校、科研、设计单位走向生产第一线，与厂、矿企业相结合，积极开展煤矿安全系统分析与决策支持方面的研究工作，为完成总公司提出的安全奋斗目标、为我国煤矿安全状况的根本好转做出更大的贡献。

殷继昌

目 录

煤矿安全系统工程中的安全经济分析·····	丁荣贵 周文安	(1)
煤矿安全工程系统分析·····	蒋国安 李兴东	(5)
矿业专家系统建造中的几个问题·····	郭文章	(9)
煤矿生产经营决策支持系统·····	辛镜敏 张 麟	(14)
矿井安全评价方法的分析和探讨·····	蒋国安 曹庆贵	(19)
露天矿开采程序模拟与优化的计算机方法·····	王智静 牛成俊	(23)
采空区自然发火危险程度评估初探·····	索永录	(26)
露天矿短期生产计划优化的综合方法·····	张幼蓓等	(33)
可用于矿山安全系统工程大型故障树分析的CFTA和SFTA·····	俞书伟	(39)
仓储系统的现代化管理和计算机控制·····	马晓光等	(43)
矿井通风系统方案优化的模糊综合评判·····	谭允楨	(46)
矿井通风质量标准的综合评判·····	沈斐敏	(51)
谈煤矿安全管理信息系统的总体设计·····	钱旭凤 吴长义	(55)
安全系统工程在分析煤矿事故上的应用·····	景国勋 等	(59)
建立“三不伤害”秩序,实现人的安全化·····	孙九皋 丁钟宇	(66)
煤矿生产成本的综合预测方法·····	张 麟 李永平	(69)
浅论计算机辅助组织矿井初步设计·····	潘辑义	(72)
矿井生产管理系统横向评价方法研究·····	路世昌	(75)
网络分析方法在煤矿掘进机械化配套系统优化中的应用·····	云 鸿	(79)
利用计算机绘制采矿工程图的方法探讨·····	薛宏伟	(86)
科技项目立项评价指标体系及决策系统·····	江 澜等	(89)
关于建立煤炭建设工程投资动态管理系统之浅见·····	刘彦生 徐凤芝	(94)
东北经济区煤炭资源DDS的研究·····	张 光 姜林奇	(97)
应用CAD技术提高模拟的分析与决策质量·····	张恒江	(101)
地下采煤生产计划管理决策支持系统·····	李仲学	(104)
论心理因素在煤矿事故致因中的地位·····	倪孟辉	(109)
质量信息反馈系统在建井中的应用·····	孙国权	(113)
控制爆堆粒度实现“以爆代破”的系统优化的初步研究·····	黄国君 等	(117)
综采放顶煤开采工艺系统的可靠性·····	魏方图 万世明	(121)
安全系统工程在煤矿中的几种应用方式·····	董文同	(128)
关于推广应用安全系统工程的思考·····	尤海明	(136)
建井投标决策的数学模型·····	刘承水 周文安	(140)
矿建施工企业经营决策支持系统开发与研究·····	王连国 周文安	(144)
用事故树分析法分析平一矿主要事故·····	牛国庆等	(147)
矿区总材料库建设模式初探·····	方鸿强 孔德润	(155)
风量调节技术的进展·····	刘承思	(159)

煤矿安全系统工程中的 安全经济分析

山东矿业学院
丁荣贵 周文安

安全系统工程采用了系统的安全分析和安全评价方法。它在煤矿应用以来，已取得了显著的成效。在煤矿安全工作中采用系统工程的方法可以充分地、不遗漏地揭示出存在于煤矿系统各要素中所有的危险性。为了保障安全，必须对所有危险加以控制和预防，实行“安全第一，预防为主”的方针，同时进行“综合治理，总体推进”，不断提高安全度。我国是社会主义国家，人民享有充分的人权，劳动保护得到十分重视，对安全工作采取国家监察、行政管理、群众监督相结合的办法，在这样的前提下，政府规定每年必须从企业更新改造资金中提取10~20%用于劳动安全卫生工作，根据当前的技术经济条件，为了控制与预防事故所投入的人力、物力与财力，应如何合理使用以获取最佳的安全度与生产效益，这是从宏观上进行安全管理所必须考虑的问题。

一、安全经济分析的意义

煤矿安全系统工程的目的是采用系统工程的原理和方法，识别、分析、评价煤矿系统中的危险性，根据其结果调整系统中的工艺、设备、操作、管理、生产周期和投资等因素，使系统可能发生的事故得到控制，并使系统的安全性达到最佳状态。

由于安全工作的产出，既是社会、政治的必须，又有间接的经济效益，绝不是一般生产的投入与产出，因而研究的难度就大得多。此外，安全问题的规律难定，加上社会上不正之风的侵扰，统计数字存在“水份”等等，所以目前还没有对危险损失率的分析。事实上，发生事故就会造成人员伤亡、社会财富损失，对社会产生不同程度的破坏与影响。安全既是社会问题，也是经济问题。

目前，煤矿安全系统工程中系统安全分析的方法已有数十种之多，它们为充分了解、查明系统存在的危险性，估计事故发生概率提供了科学的分析手段。然而，这些分析方法在分析事故发生概率的同时并没有反映系统损失价值的形成过程。在系统的安全评价上，目前评价的内容一般只包含两个部分，即危险性确认和危险性评价，而缺乏危险性损失评价。

从系统工程的角度来看，系统分析为系统评价提供依据，系统评价又为系统工程下一步的工作即系统设计提供依据。要在系统安全分析和安全评价的基础上设计出更安全的系统，必须采取一定的安全措施和采用先进的安全技术，从而必须分析这些措施和技术的经济效果，并须进行技术经济比较。安全措施特别是先进的安全技术，它们的意义不仅在于对事故的减少和防范，而且对充分发挥系统的功能，促进技术改造和技术进步，进一步搞好煤矿生产具有重要的意义。因此，我们在进行系统安全分析和评价时，特别是在进行安全系统设计时，应该充分考虑到经济性指标，把安全与效率在经济效益的基础上统一起来，使安全系统工程在煤矿的应用上取得更好的效果。

二、在煤矿安全系统工程中应用安全经济分析的一般步骤

安全经济分析主要是为安全系统的设计提供决策依据。我们知道，系统工程的研究步骤一般是由图1所示的几步组成。可以看出，要完成系统的安全设计，达到系统安全、效益均佳的目的，从确定系统到进行系统的安全分析和安全评价都应该包含安全经济分析的内容。由于系统的安全分析方法已经成熟，我们可在它的基础上进行安全经济分析，其步骤如图2所示：

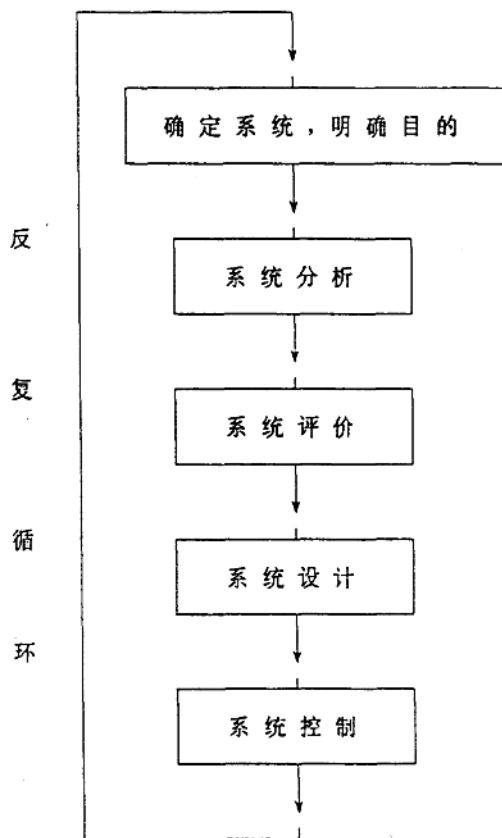


图1 系统工程的一般步骤

1、由系统安全分析法已经得出系统可能发生的故障或事故以及它们发生的概率，在此基础上，考虑故障或事故的潜在损失，也即计算可能发生故障或事故的损失费用。

2、列出提高系统安全性的可行措施。这些措施包括，在减少严重度方面有：分散危险、换去危险性大的材料等；在减少事故频率方面有：降低元器件故障率、采取高可靠性结构、建立冗余系统、加强质量控制、减少“三违”现象，加强教育与培训等。还包括在事故发生后防止蔓延或扩大的保护性损失控制措施。

3、计算各可行措施的费用，根据安全经济分析指标进行分析和评价。

4、针对各种可行方案，将安全经济分析结果与其它因素综合在一起，完成系统的安

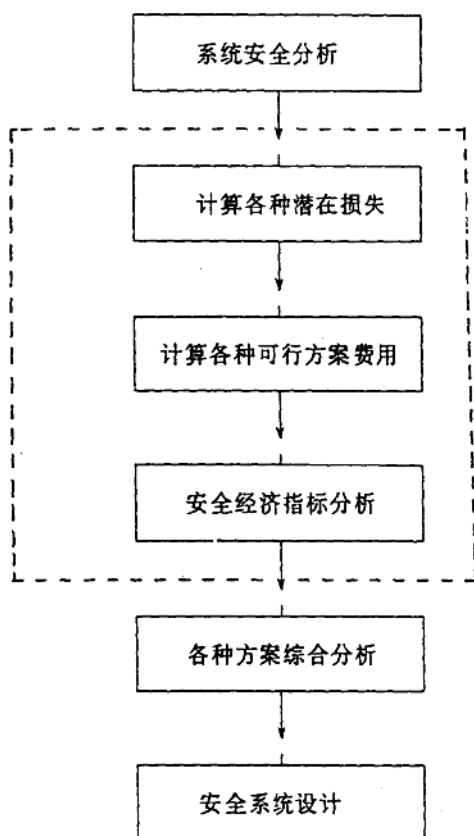


图2 安全经济分析的步骤

全设计。

三、安全经济分析的指标及方法

为了进行煤矿系统安全的经济分析和进行安全设计，我们有必要确定一些安全经济分析评价的指标。

安全随着生产的开始而产生，随着生产的发展而发展。对于一定的生产发展水平，安全也有着相应的水平，因为安全受着生产水平、技术水平的制约。超过了现实的生产水平，为保证安全所付出的代价就不可能为社会所接受。所以，确定安全经济指标必须和生产相结合。

一般我们可以根据如下几个安全经济指标来进行煤矿系统的安全经济分析：

1、损失费用。损失费用是系统由于出现故障或事故所造成的直接和间接经济损失，在进行安全系统的经济分析时，往往把这个指标当作系统的“产出”来考虑。

2、预防费用。预防费用是在系统安全分析和安全评价的基础上拟采用的措施在实施时所需要的费用。在进行安全系统的经济分析时，一般将这个指标当作系统的“投入”来考虑。

3、资金安全效率。资金安全效率是指单位预防费用所获得的系统安全性的增加值。

即：

$$\text{资金安全效率} = \frac{\text{系统安全性增加值}}{\text{预防费用}}$$

在系统安全经济分析中也将它作为系统的“产出”来看待，特别是在损失费用不易确定时往往考虑这个指标。

安全经济的分析方法一般有如下几种：

1、以最小安全费用作为目标值来分析系统的经济安全水平。所谓安全费用是指预防费用与损失费用之和。它与系统的故障（或事故）率的关系如图3所示。安全费用曲线的鞍点 r_0 ，可作为系统安全性设定的参考依据。

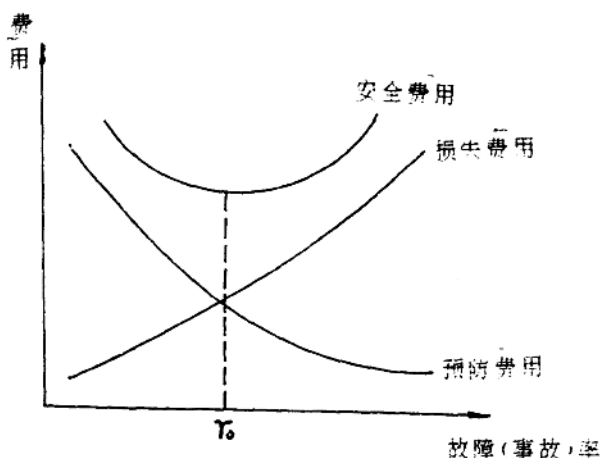


图3 费用——故障(事故)率示意图

2、预防费用效益法。它是通过预防费用对降低的损失费用的比值来分析预防费用的效益。在多方案比较中，其比值越大越好。在对某个具体方案进行决策时，应使比值大于或等于1，否则应排除这种方案。也可以通过比较多方案的资金安全率来判断方案的优劣。

3、安全效益分析法。它是通过计算安全措施所获得的效益与安全费用的差值来确定安全措施的优劣，差值越大，方案越好。

方法1侧重于分析总的费用与支出，方法2侧重于安全投资（预防费用）的效益，方法3侧重于分析安全的总体效益。

上述方法各有侧重，在具体应用上，应将它们与一般的技术经济指标结合起来，再与政策因素等系统的外部环境一起来进行优化综合，才能够得出安全系统的最优设计。

四、结束语

安全工作是体现社会主义优越性的重要工作之一，是体现人权的重要工作之一。我国建立了29类1682项有关劳动保护的法规与规章，建立了劳动安全卫生监察体系，实行国家监

煤矿安全工程系统分析

山东矿业学院
蒋国安 李兴东

一、前言

自1989年始,我们在山东省微山县岱庄生建煤矿进行了《煤矿安全工程系统分析》的项目研究,对该矿自建矿以来所有的工伤事故和近几年的“三违”记录进行了详细的分析研究,摸清了工伤事故发生的规律及其与“三违”的关系,提出了通过降低和中止“三违”现象来减少工伤事故的途径,并建立了“三违”档案计算机管理系统;通过对顶板、火灾及瓦斯煤尘爆炸等重大事故的详细分析,绘制了各重大事故发生的故事树及成功树,找到了控制各类重大事故发生的最优途径,并建立了预防各重大事故发生的预测预报系统。本文就其主要内容进行介绍。

二、“三违”管理

所谓“三违”,是指煤矿生产过程中,生产人员违章指挥、违章作业和违反劳动纪律的现象。岱庄矿近五年工伤事故分析结果和长期实践均表明:“三违”是导致事故发生的重要因素。

我们对岱庄矿88~89年全矿查出的“三违”现象及86~90年的工伤事故进行了统计分析,并作出了88、89年的“三违”和工伤事故控制图。

通过对“三违”控制图与工伤事故控制图的对比分析,我们发现工伤事故次数与“三违”查出次数成反比,原因在于当查出的“三违”次数多时,说明“三违”现象被中止的多,则事故就减少;反之,当查出的“三违”次数少时,说明“三违”现象被中止的少,则事故就多。

由此我们可以得出以下结论:在煤矿生产中,实际隐含的“三违”次数增多会导致工伤事故次数增加;查出的即被中止的“三违”数增多,工伤事故次数就减少。为此,降低工伤事故发生次数的对策就是切实减少实际隐含的“三违”次数,尽量多地揭露和中止“三违”现象。为管理方便,我们在微机建立了“岱庄矿‘三违’管理系统”软件。本软件具有以下用途:

1. 对犯人

建立犯人“三违”档案。可随时查询任一犯人任何时期的“三违”次数及类别。使队

察制度。“安全第一,预防为主,综合治理,总体推进”就是安全的系统工程指导思想。本文提出在宏观上应注意的安全经济问题的研究,希望能进一步推动安全系统工程的发展。

参考文献

- 1、沈斐敏等,《安全系统工程基础与实践》,煤炭工业出版社,1991年
- 2、张秉义、刘素兰,《煤矿安全系统工程学》,山西煤管局,1987年
- 3、许庆斌、邓级,《安全经济学初探》,技术经济,1985年第五期

长能了解每个犯人的“三违”状况，“有违必究”，对屡次违反者要从严从重处罚，长期无“三违”现象者可受奖减刑，以便使犯人能自觉地减少“三违”次数。

2、对各区队

(1)、随时统计并绘出每月(季、年)“三违”分类排列图，使之明确本区队“三违”的重点项目、重点人，从而能有的放矢地去抓“三违”。

(2)、统计并绘出每月(季、年)全矿各区队的“三违”次数排列图，使各区队有比较，有竞争。

3、对安检人员

统计出每个安检人员查出的“三违”次数及类别，并加以奖惩。

4、对全矿

(1)、统计打印全矿在各时期的“三违”数据，绘制“三违”控制图、排列图，使矿领导能及时掌握全矿及各区队的“三违”总体状况，做到心中有“数”，抓安全针对性强。

(2)、统计并打印全矿“三违”月报表及年报表。

(3)、为进一步分析“三违”与工伤事故的关系积累资料。

通过本软件的开发利用，使本矿安全状况大大改观，全矿工伤数由88年的34人次降低到89年的16人次和90年的14人次。

三、采掘系统重大事故的预防对策

采掘系统是煤矿生产的主要系统，也是重大事故发生的主要场所。例如：冒顶事故，火灾事故，瓦斯爆炸事故等多在采掘系统中发生。这些重大事故一旦发生，将会造成大量的人员伤亡和重大的经济损失。因此，我们在岱庄矿对这些事故的发生条件等进行了全面的调查研究，绘制了事故树，找出了这些事故发生和控制其发生的所有途径，根据这些途径分别编制了预防各类事故发生的安全检查表，每班进行检查。这样，一则可以及时消除事故隐患，二则可以利用检查结果对采掘系统的各类重大事故发生危险程度进行预测，从而消除各类重大事故的发生。下面就介绍我们的具体做法。

1、通过详细科学的分析研究，绘制出冒顶伤人事故，火灾事故和瓦斯爆炸等事故的事故树和成功树。

2、由事故树求出最小割集(事故所有的发生途径)，由成功树求出最小径集(控制事故发生的所有途径)。由此可得到若干最优控制途径。

3、根据各类事故的控制途径，分别编制出采掘系统预防各类事故的安全检查表。我们共编制了《回采工作面支护管理安全检查表》；《回采工作面回柱管理安全检查表》；《掘进工作面冒顶事故预防安全检查表》；《预防火灾事故安全检查表》；《采煤面预防瓦斯爆炸事故安全检查表》；《掘进工作面预防瓦斯爆炸事故安全检查表》等。

4、用指数法预测事故发生的指数，划分危险等级。

(1)、确定安全检查表内各小项的危险度值 F_i 。

每个安全检查表内有十几项到几十项检查项目，每一小项对于整个事故的发生的重要性程度不同，这个重要性程度用危险度 F_i (分值)来表示，并选用层次分析法来确定危险度值。

(2)、现场检查，确定各小项的评定值 E_i

6.

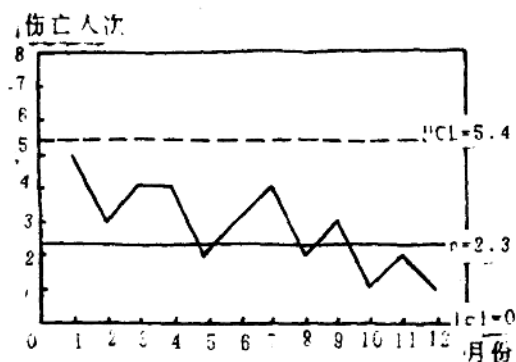


图1 岱庄矿88年工伤事故控制图

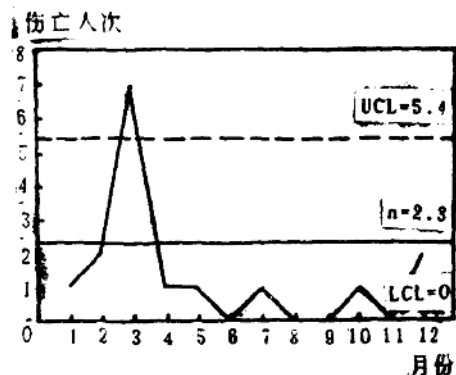


图2 岱庄矿89年工伤事故控制图

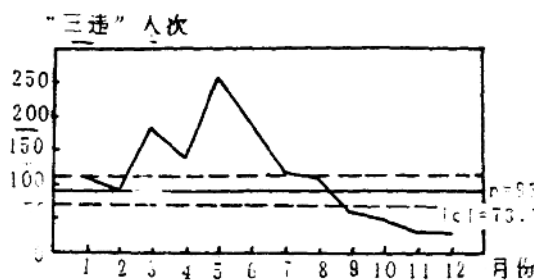


图3 岱庄矿88年“三违”图

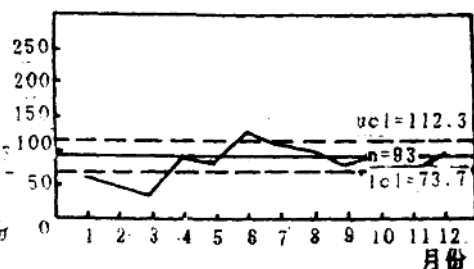


图4 岱庄矿89年“三违”控制图

根据检查表进行检查, 每个小项按四级打分: 优 (A), 良 (B), 可 (C), 劣 (D), 无该项目时打“×”号。其危险性评定值为: $E=0$ (A), $E=2$ (B), $E=3$ (C), $E=4$ (D)。每班检查两次, 第一次在接班后1小时内检查, 第二次在每班中间检查, 对两次检查结果均进行事故危险性预测, 并对不合格项目及时处理。

(3)、事故发生指数的计算

根据检查表内各小项目的危险度值和评定值, 计算事故发生的指数 W , 其计算公式为:

$$W = \frac{\sum_{i=1}^n E_i F_i}{\sum_{i=1}^n 10 F_i} \times 100 + SF$$

其中: SF 为特殊危险性系数, 在检查冒顶时, 当工作面内冒顶面积超过 1米^2 时, SF 取10; 在检查瓦斯事故中, 当瓦斯涌出或沼气浓度超限或出现明火时, SF 取20。

(4) 危险等级的划分及安全对策

根据事故发生指数将各类事故发生的危险性划分为四级，并采取相应的安全对策。见表3。

表3 危险等级划分表

危险等级	I	II	III	IV
事故发生指数	$W > 30$	$20 < W < 30$	$10 < W < 20$	$W < 10$
预测结果	很危险	危险	较安全	安全
采取对策	停产处理	立即处理	及时整改	注意防止

其中事故发生指数分为：冒顶伤人指数，瓦斯爆炸指数，火灾指数。

对于某一种事故，可取二至三条途径同时控制。检查、最终预测结果取各个途径中的最小指数值。

四、几点体会

通过对《岱庄矿安全工程系统分析》的研究，我们认为：

- 1、在微机上建立“三违”档案管理系统，通过管理手段来降低实际隐含的“三违”次数及尽量多地发现和中止“三违”现象，对于减少工伤事故的次数是有效的。
- 2、根据冒顶、火灾、瓦斯爆炸等事故树建立安全检查表，每班对采掘系统进行检查，对预防采掘系统这些重大事故的发生是可行的。
- 3、用指数来预测冒顶、火灾及瓦斯爆炸等重大事故发生的危险是可取的，但这只是一个初步尝试，还有待于进一步深入研究。

参考文献

- 1、冯肇瑞，崔国璋，《安全系统工程》，冶金工业出版社
- 2、黄庆冈，安全评价的灰聚类方法，《劳动保护科学技术》，1991.4
- 3、宋大成，《事故信息管理》，中国科学技术出版社

矿业专家系统建造中的几个问题

中国矿业大学北京研究生部

郭文章

一、前言

专家系统技术作为人工智能的一个重要分支,正在社会的各个领域广泛地应用。专家系统在矿业中的应用始于八十年代中期,其发展十分迅速。从有关刊物看,几乎各国都或多或少地开展了这方面的研究和应用工作。1992年将在美国召开的第23届APCOM会议收到了16篇关于专家系统的论文,内容涉及到矿井地质、选矿、管理、矿井设计,矿山运输规划、安全、顶板支护等。在我国,专家系统在高等院校和科研单位得到了很大重视。根据《矿业系统工程年会文集》和有关刊物,已完成和正在进行的专家系统有十来个,如“三下”采煤,顶板支护,软岩平巷支护,露天边坡和露天矿运输规划等。但是这些专家系统的应用条件目前还不理想,于是相当一部分人认为目前的矿业专家系统是失败的。作者认为,经过这么短短的几年时间就达到如此水平应该说是成功的。从国际上成功的例子看,如Prospector,前后共花了九年时间才达到今天的水平。而我国报道的一些专家系统,前后不过两、三年,而且缺乏现场工程师及专家的足够配合,因此专家系统在矿业中的应用成就应该肯定,问题是如何进一步扩充和深化。

专家系统的显著特点是对符号处理,对不精确、不完整信息处理和对经验性知识处理。它最开始应用在狭窄而且很深的领域,但从近年来国内外报道的应用实例看,专家系统应用已突破了这个框框。因此专家系统是可以应用到矿业工程中的,而且是有广阔前景的。那么如何确定某一领域是否适合于建造专家系统呢?怎样获取知识呢?这就是本文要回答的问题。而且对于矿业工程中典型的知识模型表示法,也将举例说明。

二、专家系统与知识获取过程

专家系统技术作为延伸人类大脑的一种工具,并非适合于任何问题。对于一个采矿工作者来说,也许会问“采矿领域中的哪些问题适合于建造专家系统?”对于这个问题,恐怕没有多少人能很有把握地回答出来。这就是专家系统的选题问题。对这个问题的一般思路可概括为“可能”和“时宜”四个字。

所谓“可能”就是指在什么情况下,专家系统的研制是可能的。具体地要求在领域存在有真正的专家,专家对于问题的解有一致性,专家能阐明他们的方法,问题的解决主要用知识和经验。

所谓“时宜”,即指在什么情况下,专家系统的研究是时宜的。例如拥有这种知识的专家稀少,或者说这类专家知识将被遗失或很多地方需要这种知识。另外,问题的解决会产生可观的经济效益。

说得具体一点,专家系统的适用性见表1。

当问题确定后,就应考虑知识搜集与获取了。英国学者D. A. Waterman在专家系统引论(Introductory to Expert Systems)一书中,提出了知识获取的五个相互依赖的阶段,具有普遍指导意义。这五个阶段是:识别(identification),概念化(conceptualization),形式

表1 专家系统的适用性

适 合	不 适 合
诊断 (如设备故障)	计 算
没有已建立的理论	已有现成公式理论
人类专家缺乏	人类专家多
数据不精确、不完整	事实已知，是精确的

化(formalization), 实现(implementation)和验证(testing); 其关系如图1所示。识别阶段包括确定特征, 所达到的目的, 知识来源及

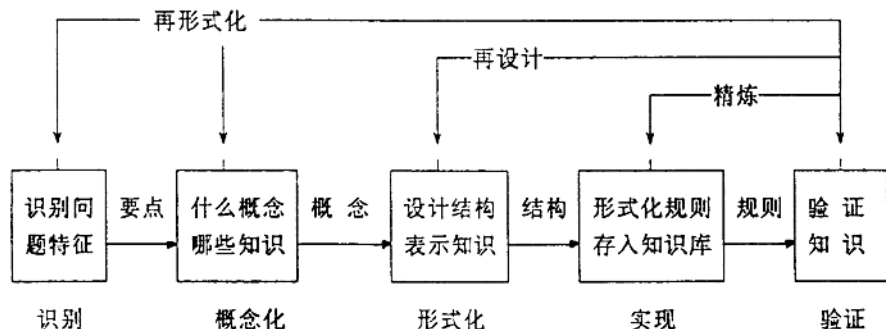


图1 知识获取过程

其有关专家等。确定问题特征和制定目标可借助于下列问题来进行：

- 哪些问题期望专家系统求解？
- 这些问题应如何描述或定义？
- 有哪些重要的子问题？其任务是什么？
- 解是什么样的？其中涉及到哪些概念？
- 初始数据是什么？
- 重要术语及其相互关系是什么？
- 哪方面的专家知识是解答这些问题的核心？
- 哪些问题可能有碍于求解？

概念化阶段应决定什么概念、关系和控制机制来解决领域问题。同时，要考虑子任务、策略以及关系到问题求解的限制等。在此阶段，应回答下列问题：

- 哪些类型的数据是可用的？
- 给定什么？推断什么？
- 领域中的客体是如何相关的？

d) 能否画出层次结构并标出因果关系?

e) 能否从已证实的问题求解中确认并提取出所需的东西?

形式化阶段就是用某种形式将概念化阶段获得的东西重新整理和加工变成更为正式表示。在此阶段将遇到下列问题:

a) 数据是稀疏的, 不足的? 还是大量的、冗余的?

b) 数据是否带有不确定性?

c) 数据的逻辑解释与发生的时间顺序有关吗?

d) 数据是怎样取得的? 取得这些数据要询问哪些问题?

e) 数据是否精确可靠? 是否完备一致?

实现阶段就是利用选定的专家系统工具将已形式化的知识编成可执行的计算机程序。验证阶段就是当模型系统能从头到尾运行两三个实例, 再通过各种类型的实例来测试知识库和推理机的特性、功能, 看是否完善和满足要求。

三、矿业工程中典型知识模型的实现

Turbo-Prolog是目前世界上流行的专为PC机设计的人工智能语言, 具有编程容易、可读性强的特点。下面介绍的两个知识结构要用Turbo-Prolog来实现。

在矿山设备选型, 生产计划及安全事故管理中常遇到框架式的知识结构。例如工作面, 它可由名字, 位置, 几何尺寸, 煤质指标, 劳动组织, 支护参数、采煤机及运输系统描述。其中几何尺寸, 煤质指标等又可进一步由长, 采高, 倾角, 灰份, 硫份, 发热量和煤种等描述。由于每一个工作面都可同样的参数描述, 因此是一种框架结构。假定只考虑名字, 几何尺寸和煤质指标。可先画一框架图, 即图2。

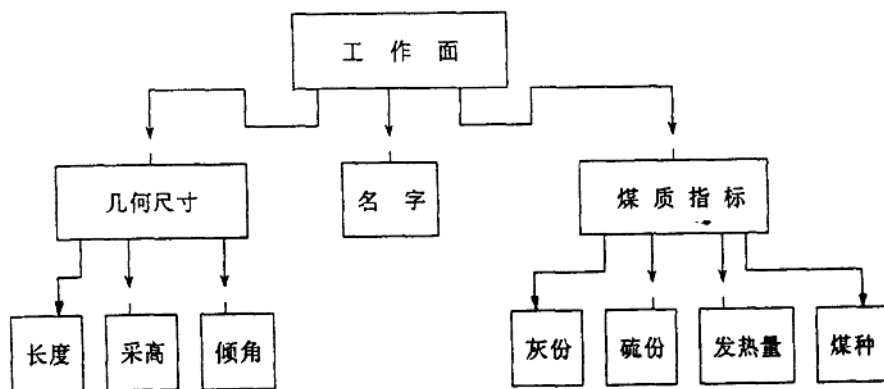


图2 工作面简化框架图

图2所示之结构可用复合目标表示, 即:

domains

num_v=length(red); height(red); dip(red);

ash(red); sulphur(red); colorie(red)

sym_v=rank(symbol)

compound_v=hame(symbol); geometric_sizes(num_v, num_v, num_v);

```

coal_quality( numb_v, mimb_v, numb_v, sym_v)

predicates
    face( compound_v, compound_v, compound_v)

clauses
    face( name('S1806'), geometric_sizes( length(180), height(2.3),
        dip(8)), coal_quality( ash(0.1), sulphur(0.00002), colorie(6200) ,
rank(anthracite))) .

```

其中clauses里的数据是某一具体工作面的值,当然还可以把face的参数增加.有了上述结构,数查询和更改就十分方便了.

在边坡稳定性,顶板稳定性,煤自燃倾向性以及瓦斯突出危险性等评判中遇到的知识表示更加复杂.它们基本上可以用同一种推理网络表示,每一影响因素都有几个不同的取值.自然不同的值对问题的最终评判有不同的结果.以煤矿顶板稳定性为例来看这个问题.图3是一个大大简化了的顶板稳定性影响因素图,这里只考虑含水性,裂隙性和顶板岩性.

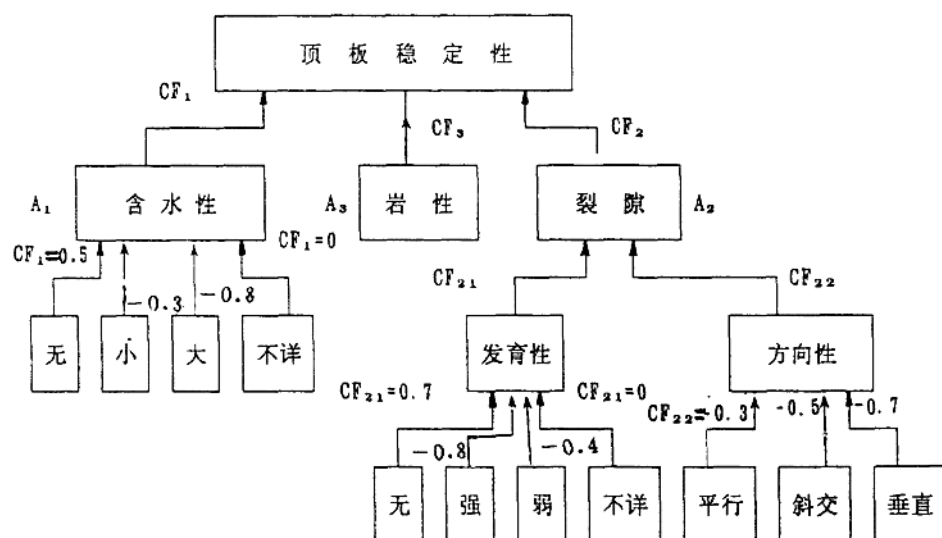


图3 简化了的顶板稳定性

为了说明方便,我们假定了图3中的 CF_1 值。“岩性”未进一步分解,但其处理方法与裂隙性含水性是一样的.先看“裂隙性”,对于 CF_{21} 和 CF_{22} 可定义谓词:body(factor, factor, A_{1j} , CF_{1j}).于是就有:body(“裂隙性”, “发育性”, A_{21} , CF_{21}): - A_{21} =“无”, $CF_{21}=0.7$.

同理可表示出其它 A_{1j} 取值情况和 CF_{22} .当 CF_{21} 和 CF_{22} 均算出后,可以设计 CF_2 的算法了.定义:

skeleton(factor, CF_{11} , CF_{12} , CF_1)

对于裂隙性有:

skeleton(“裂隙性”, CF_{21} , CF_{22} , CF_2): - $CF_2=f(CF_{21}, CF_{22})$.