

油气工程技术企业安全监管数字化及其应用

——以中国石油川庆钻探工程公司为例

李 毅 任 英 周 浩 黎 凡

中国石油川庆钻探工程公司

李毅等.油气工程技术企业安全监管数字化及其应用——以川庆钻探工程公司为例.天然气工业,2012,32(3):109-112.

摘 要 安全风险预警是石油企业安全管理的重要内容。以预警理论为基础,结合石油企业生产特点,建立了基于模糊综合评判技术的事故风险预警模型,在该模型的基础上,开发出了生产安全预警系统。安全监督、安全管理和各级管理者将隐患、违章基础数据分类录入,系统对信息数据同步分析计算,得出公司各层面的风险值,当达到预警临界值时系统自动报警。该系统通过安监数字化分析结果,生成风险趋势图,为企业现场生产端和机关管理端(监管者)提供有效的预警信息,是目前较为完整的生产安全预警系统,为评价企业安全生产状况提供重要判定指数,实现了企业安全生产状况评价由定性向定量的转变,取得了较好的现场应用效果。

关键词 油气工程技术企业 安全预警 层次分析 模糊评价 预警体系 中国石油川庆钻探工程公司

DOI:10.3787/j.issn.1000-0976.2012.03.024

石油天然气工程技术企业(以下简称工程技术企业)承担国家重要资源能源的开发任务,主要是从事石油天然气勘探开发的工程技术服务。这些企业作业区域广,勘探开发建设过程复杂、环境恶劣,受到地质条件、自然环境、设备、人员、机制等多种因素的影响,面临着井喷、物体打击、高处坠落等各种作业风险,如何控制大型工程技术企业跨国、跨地区作业现场的风险,有效防范事故发生,创建企业安全预警机制,搭建安全风险控制平台,成为一个重要的课题。

1 企业安全预警系统的理论基础

1.1 帕累托定律

该定律认为在任何特定群体中,重要的因子经常只占少数,而不重要的因子则占多数,因此只要能控制具有重要性的少数因子即能控制全局。在面对中国石油川庆钻探工程有限公司(以下简称公司)生产安全这个全局性命题时,全面安全管理并不意味着对安全管

理工作平均施力,生产安全预警系统首先分清主次,抓住主要矛盾和关键问题进行分析,突出事故多发的重点领域和重点场所。

1.2 事故致因理论

该理论揭示了安全事故的发生源自人的不安全行为、物的不安全状态、环境的不安全因素、管理缺陷^[1]。按照以上理论,吸取国内外事故预警研究成果及国际先进石油企业 HSE 管理经验,公司研发了生产安全预警信息系统,建立了模糊数学模型,应用网络技术开发了公司级的安全环保风险控制中心,充分利用安全监管日常检查中收集的大量数据,使用模糊综合评判技术进行科学的统计分析预警,实现信息共享,使各级监管人员及时、准确了解作业现场安全现状,为管理者提供实时、客观的决策依据^[2]。

1.3 风险预警

风险预警是分析作业现场风险水平,对风险或风险状态的预先信息警报或警告。采用风险预警技术能

基金项目: 中国石油川庆钻探工程有限公司科研项目(编号:2011-69)。

作者简介: 李毅,1959年生,教授级高级工程师;1984年毕业于原西南石油学院钻井工程专业,现任中国石油川庆钻探工程公司安全副总监、中国石油天然气集团公司 HSE 管理专家,从事生产安全管理及钻井技术研究工作。地址:(610051)四川省成都市府青路一段3号。E-mail:liyisc@cnpc.com.cn

够前移事故预防关口;从事故发生后应急为主的管理模式向事前预防的管理模式转变;从完全的定性分析向定性定量分析相结合转变;从分散、单项的违章隐患处理方式向系统的管理体系转变^[3-5]。

2 建立预警模型

2.1 预警模型结构

企业安全事故风险预警模型分析由以下部分组成:选择预警信号,对预警信号进行风险监控采集信息数据,分析当前风险,发出预警,对危险源进行风险缓解,监控是否风险得到缓解(图 1)。

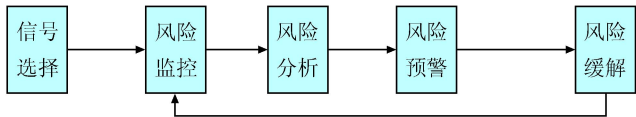


图 1 预警模型结构图

2.2 预警体系

2.2.1 预警指标选取原则

1)整体性。评价指标之间、评价指标与安全评价整体结果之间是一个有机的整体,评价分析不是单个指标的简单集合,评价指标及其功能,评价指标之间的关系必须服从分析评价整体要求和目标^[6]。

2)层次结构性。评价结构有多种,如线状、网状层次等。评价指标体系由一定层次结构的评价指标组成,各评价指标表述了不同层次评价指标层次结构,更好地反映出系统安全评价功能。

3)相关性。对评价指标体系内部的属性分别进行纵向、横向相关性分析。使评价指标的关系更加明确,建立了指标之间的构架,以实现科学评价。

2.2.2 预警指标体系

预警系统中预警要素分为以下 4 类^[7]:

1)员工的误操作或违章操作,如使用不恰当的操作工具,未严格按照操作规程操作。

2)物的不安全状态,如设备的工作状态不符合安全要求或标准,设备完好率较低,安全设施配备不齐全,安全距离不够等。

3)环境的不安全因素,如气候特点如温度、湿度较高或较低,天气状况恶劣(如大风等)。

4)管理缺陷,如生产组织资源配置不合理,人员培训针对性差等。

根据公司的安全管理特点,采用层次分析方法,建立了公司的生产危险源辨识、评价和安全预警体系,体系的主要指标如图 2。

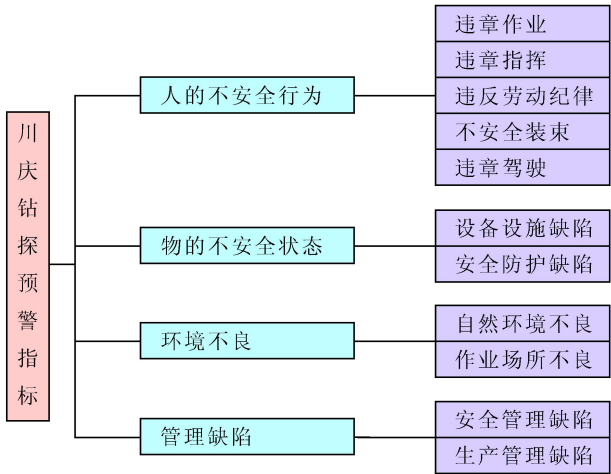


图 2 公司预警体系主要指标图

2.2.3 权值确定

使用定性和定量分析相结合的方法,采取层次分析法确定各级指标的权值^[8]。其优点在于能够有效地处理难以完全用定量或完全用定性来分析方法中存在的问题^[9]。

具体做法为:将人的不安全行为,物的不安全状态,管理缺陷和环境不安全因素作为第 1 层级,分别记为 A_1, A_2, A_3, A_4 。再从 A_1 下细分出违章操作,违章指挥,违反劳动纪律等作为第 2 层,分别记为: $A_{11}, A_{12}, A_{13}, A_{14}, A_{15}; A_{21}, A_{22}; A_{31}, A_{32}; A_{41}, A_{42}$ 。其中,设违章操作 A_{11} ,设备设施缺陷 A_{21} 等有第 3 层指标,分别对应的记为: $A_{111}, A_{112}, A_{113}, \dots, A_{211}, A_{212}, \dots$ 。

设指标集 $A=(a_{ij})$, a_{ij} 是指标 A_i 与指标 A_j 相比的重要性对比度。子集 $A_i=(a_{ijk})$, a_{ijk} 是 A_i 的影响因素 A_{ij} 与指标 A_{ik} 相比的重要性对比度。同样 $A_{ij}=(a_{ijk})$, a_{ijk} 是第 2 层指标 A_{ij} 的影响因素 A_{ijk} 与指标 A_{ijm} 相比的重要性对比度。具体的重要性判断准则见表 1^[5]。

表 1 预警指标重要性判断表

对比值	重要性对比
1	指标 A_i 与指标 A_j 相比相同重要
3	指标 A_i 与指标 A_j 相比略重要
5	指标 A_i 与指标 A_j 相比较重要
7	指标 A_i 与指标 A_j 相比非常重要
9	指标 A_i 与指标 A_j 相比极端重要
2, 4, 6, 8	为以上两判断之间的中间状态对应的标度值
倒数	若 j 指标与 i 指标比较,得到判断值为 $a_{ji}=1/a_{ij}, a_{ii}=1$

采用方根法对各指标相对于上一层指标的重要度进行处理得到各指标的权重。以指标集 $A = (a_{ij})$ 为例。计算得出 $A_1、A_2、A_3、A_4$ 的权重^[10]。即

$$w_1^{(1)} = (w_1, w_2, w_3, w_4)^T$$

然后计算出 $A = (a_{ij})$ 对应判断矩阵的最大特征值 $\lambda_{\max} = \sum_{i=1}^n \frac{(AW)_i}{nW_i}$ ，计算出的值为 A 中对应指标的个数。第一层指标集 A 中对应的指标为 4 个，因此， $n=4$ ， $\lambda_{\max} = \sum_{i=1}^4 \frac{(AW)_i}{nW_i}$ 。

为确保指标权重的科学性，需要对指标集进行检验。首先计算一致性指标 $CI = \frac{\lambda_{\max} - n}{n - 1} = \frac{\lambda_{\max} - 4}{4 - 1}$ ，然后计算相对一致性指标， $CR = \frac{CI}{RI}$ 。RI 为判定平均随机一致性指标，对于 n 取值 1~5 的平均随机一致性指标。当 $CI \leq 0.1$ ，判定 A 具有一致性，所得的指标权重符合要求，反之则重新构造矩阵。

表 2 平均随机一致性指标表

n	1	2	3	4	5
RI	0	0	0.58	0.90	1.12

2.2.4 评价方法

企业生产安全预警系统中相关因素较多，每一个因素中又包含许多子因素，这些子因素还存在较多模糊性与不确定性的因素^[5]。因此选用模糊数学评价法进行分析评价。

首先建立模糊评价集： $V = (V_1, V_2, V_3, V_4)$ 。评语设为“1 级预警”、“2 级预警”、“3 级预警”、“4 级预警”4 个等级，赋予其权重。然后对各评价指标确定评价标准，通过采集的信号数据计算评价综合值，发出相应的预警信号^[10]。

3 生产安全预警系统的实现

3.1 系统架构

基于预警模型建立生产安全预警系统，该系统分为 4 层(图 3)。

- 1) 计算机网络层。
- 2) 数据管理层：主要负责采集预警基础数据。
- 3) 数据应用层：能对采集的基础数据进行安全分析。
- 4) 安全预警层：根据风险模型，计算安全值发出警报。

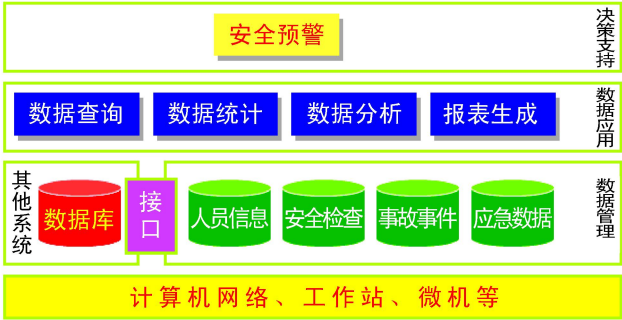


图 3 系统架构图

3.2 系统功能

预警系统共有 7 个主要功能模块(图 4)，包括系统管理、人员管理、预警管理、安全检查、事故事件、应急管理、报表生成等^[10]。在这些模块之下，又包含了 25 个子模块，满足了企业预警系统运行的需要^[10]。

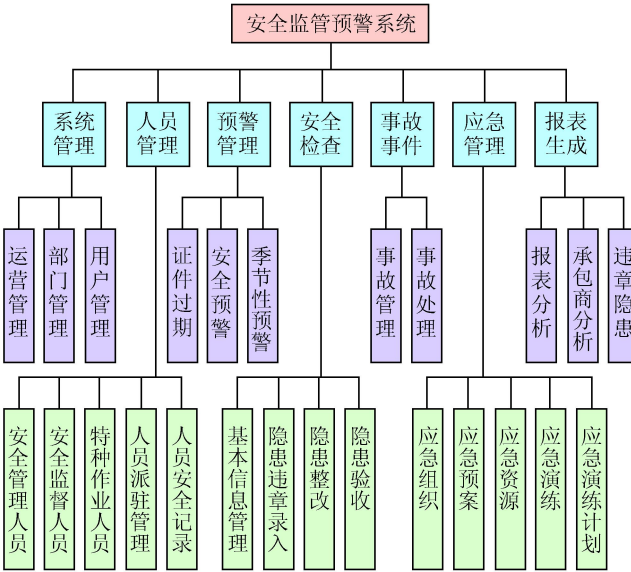


图 4 预警系统功能模块图

3.3 系统特点

3.3.1 分级管理

系统实行公司、二级单位、作业现场的 3 级授权管理模式，各级用户分别可以看到各自级别的数据信息。除监管人员可以录入基本数据外，各级管理者还可以将集团公司、公司、二级单位监督、检查、安全观察与沟通中发现的隐患、违章分级录入系统进行分析。对各种不符合项、违章行为按类别、级别进行自动统计分析，可以生成不同级别、不同内容、不同时段的信息分析报表，实行上、下级信息互动。

3.3.2 风险分类

系统把所有的现场隐患、违章分为 11 大类 201 种典型表现(图 2)。这些数据涵盖了现场所有可能发生的典型行为,用户录入信息时可以直接选择隐患、违章行为类型,一方面使操作更简便,另一方面系统识别风险更准确,计算更准确,评价结果更科学^[11]。

3.3.3 数据分析

系统通过采集现场监督检查的信息可以生成各种报表。包括:周报、月报、季报、年报(公司、二级单位、基层单位)含统计分析、趋势分析等。

3.3.4 风险预警

预警管理能实现事故预警、违章预警和隐患预警。风险控制中心对接到的现场监督过程中发现的不符合项状况,自动根据监督目标分析统计,发出超限预警,可以追溯隐患来源,帮助管理人员确定隐患的主要类别,便于消除主要隐患^[4]。

4 安全预警系统应用情况

2010 年系统试运行后,公司多次组织培训班,对数百名安全监管人员进行培训,系统录入大量检查数据,经过系统风险识别、风险分析、风险判断,形成直观预警曲线图。

目前系统共有用户数千人,预警信息分为 4 级被分别反馈到项目部、二级单位监督部门、生产管理部门、质量安全管理部、公司质量安全环保处、公司管理层。各级管理者根据反馈情况下达风险控制任务,并及时沟通信息,解决现场存在的问题。

如 2011 年公司通过预警系统发现,地面建设专业因任务重,现场违章、隐患多发。公司立即制订整改措施,有效控制了风险的发生。

5 系统应用效果评价

5.1 “数字监管”

风险管理在 HSE 体系建设初期就被确定为体系建设的核心,但多年的风险管理和风险控制工作多是使用宏观的分析方法。生产安全预警系统利用层次分析法建立的预警模型,可以详细分析企业的安全状况,为企业管理层提供科学决策依据,对现场安全监管工作起到指导作用。

5.2 管理方式向现代信息管理方式转变,实现科学决策

系统充分利用川庆钻探公司现有安全环保监督管

理模式,公司数百安全监管人员由点连成线、由块连成片,覆盖全员、全方位、全过程。通过预警系统这个信息化管理平台,将风险管理渗透到安全管理的各个层面,逐步改变安全监管职能的管理流程(图 5),解决了孤立分散数据多、交流共享少,统计数据多、系统分析少,静态数据多、动态数据少的现象,为科学决策提供了依据^[10]。

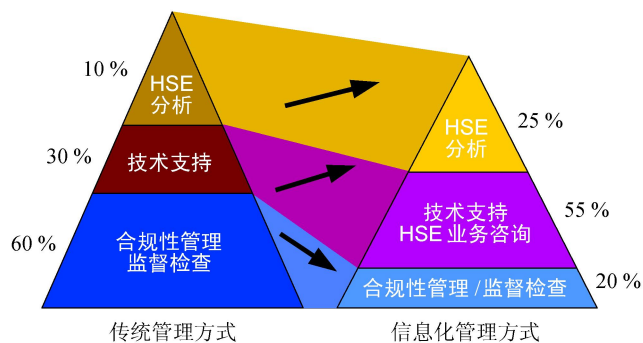


图 5 安全监管职能发展趋势图

5.3 现场数据点的分析向整体面的分析转变,实现预防控制

通过对公司各级相关管理人员的系统应用培训,加强各类检查、审核数据信息的录入,同时不断完善系统风险提示功能,使预警功能更加全面、及时、有效。各级管理部门与作业现场风险控制系统状况交换,对现场风险随机定量评价,及时下达风险控制指令,实行安全监管的科学化、网络化管理(图 6)。

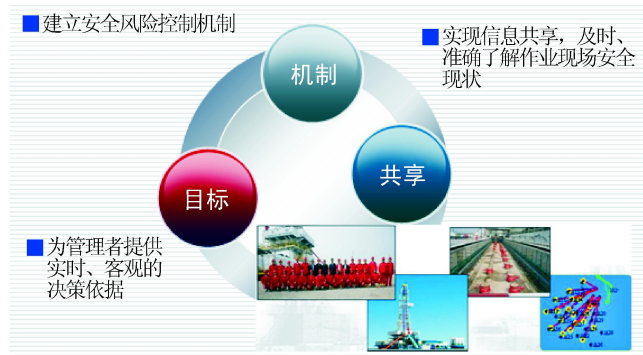


图 6 预警系统信息传递示意图

6 结束语

基于网络的企业安全预警系统将层次分析与模糊综合评价方法应用在风险采集、风险分析、风险预警环节中,适用于施工作业队伍分散、点多面广、危险源点多等特点的工程技术服务企业。通过系统快速传递、

高效处理、传送各类现场风险信息,能准确了解作业现场安全现状,抓住关键、重点环节,实时、科学分析现场各类风险数据,为管理层提供决策依据。

参 考 文 献

[1] 刘菊梅,龙政军,王宏图,等.陆上油气钻井作业安全评价模型探索[J].石油天然气学报,2010,32(2):112-116.

[2] 戴永寿,张欣欣,于云华,等.钻井井场信息共享系统的设计与研究[J].天然气工业,2008,28(8):67-69.

[3] 张绍槐.论智能钻井理论与技术及其发展[J].天然气工业,2008,28(11):3-7.

[4] 刘菊梅.陆上油气钻井作业系统安全分析方法的研究[D].重庆:重庆大学,2005.

[5] 周蓉.企业安全事故风险预警体系研究[D].武汉:武汉理工大学,2008.

[6] 李京,杨旭,刘大锰,等.川东高含硫天然气井采气作业安全评价系统研究[J].钻采工艺,2010,33(2):63-65.

[7] 王瑞勤.风险分析——钻井作业实施 HSE 管理的核心[J].安全、健康和环境,2003,3(6):32-33.

[8] 苗文成.国外安全评估软件在海上油气生产设施中的应用[J].石油工程建设,2009,30(2):53-55.

[9] 耿旗.油气田勘探生产信息管理系统及应用[J].天然气工业,2008,28(9):120-122.

[10] 牛琦彬,陈大恩.油气企业经济预警系统研究[J].天然气工业,2007,27(6):136-138.

[11] 崔文彩.钻井工程 HSE 危害识别与风险评价模式研究[D].北京:中国地质大学,2008.

(收稿日期 2011-11-12 编辑 赵 勤)