冶金企业安全预警指数系统的建立和应用

许国强,安 然

(内蒙古包钢钢联股份有限公司稀土钢板材厂,内蒙古 包头 014010)

摘 要: 安全预警指数系统是一个高度集成的信息分析系统,文章对安全预警指数系统的功能、架构和应用方式进行了分析和说明。安全预警指数系统在安全管理中的建立和应用实现了线上完成安全生产信息数据的汇总、分析、预警、发布等,提高了企业控制安全事故风险和职业危害的能力。

关键词: 安全管理; 预警指数系统; 预警预测

中图分类号: X913.4 **文献标识码:** B **文章编号:** 1009-5438(2018)06-0094-05

DOI:10.13647/j.cnki.btgkj.2018.06.026

Establishment and Applications of Safe Early Warning Index System in Metallurgy Enterprises

Xu Guo-qiang, An Ran

(*Rare Earth Steel Plate Plant of Inner Mongolia Baotou Steel Union Co., Ltd., Baotou* 014010, *Inner Mongolia Autonomous Region, China*)

Abstract: The safe early warning index system is a highly integrated information analysis system. In the paper, its functions, framework and application modes are analyzed and explained. Such functions as summarizing, analyzing, early warning and issuing the information data of safe production online are realized through establishing and applying the system in safety management so that the ability of controlling accident risks and occupational hazards for enterprises are improved.

Key words: safety management; early warning index system; early warning forecast

冶金企业生产工艺复杂,设备繁多,使用的原燃料、生产及检修过程、产品和副产品均涉及较多危险有害因素,生产经营活动中存在着多种安全风险。危险有害因素能否得到有效控制,对员工的生命和健康、对企业的经营和发展至关重要。因此,在原有传统管理模式的基础上,以科学的技术防控措施强化企业安全保障水平成为重要安全需求。建立和应用安全生产预警指数系统就是要在全面辨识反映安全生产状态指标的基础上,通过科学的方法及工具,提前确定生产安全状态,及时发布预警信息,使企业及时采取预防措施控制事态发展,最大限度地降低事故发生概率及后果严重程度,为企业降低损失,创造效益。

1 安全预警指数系统建立的基础

1.1 确定预警指标的选取原则[1]

预警指标体系中预警指标的选取要针对企业工艺设备、人员结构、作业环境等具体情况做到科学合理。

(1)预警指标应能描述和表征出某阶段企业生

收稿日期: 2018-02-26

作者简介: 许国强(1975-),男,内蒙古包头市人,工程师,现从事安全生产管理工作。

产安全各方面的状况及变化趋势，动态和静态指标相结合；

(2) 预警指标应具有科学性、系统性、动态性、可量化、独立性及可对比性等原则。

(3) 应从人、物、环境、管理、事故等 5 个因素进行预警指标初步选取。

(4) 选取的预警指标应至少包含事故隐患、安全教育培训、应急演练及生产安全事故等 4 项预警指标；同时，可根据实际情况，增加适应生产安全特点的其他预警指标。

1.2　确定预警指标的量化标准

预警指标数据在系统中使用应进行量化。量化结果应与最终预警结果趋势相同，指标量化结果和预警结果数值越大，表示危险程度越高，即安全程度越低；数值越小，表示危险程度越低，即安全程度越高。

每一项预警指标都要确定量化标准，系统中至少要确定事故隐患、安全教育培训、应急演练及生产安全事故等 4 项预警指标及其量化标准。

1.2.1　事故隐患指标

事故隐患指标包含事故隐患评估、隐患等级、隐患整改情况 3 项指标。

(1) 事故隐患评估。事故隐患评估是对事故隐患信息定量化的表示，对事故隐患一旦失控可能造成的后果进行评估。可根据不同后果 A_n 设定对应分值 a_n，如死亡为 1，重伤为 0.5，轻伤为 0.1。

隐患数量影响事故隐患评估指标计算结果。明确企业基本隐患数量，即规定时间内发现的隐患平均数，通过基本隐患数量与实际隐患发现数量的比值来消除隐患数量多少对系统的影响。计算方式：

$$I_1 = \frac{A}{A_1 + A_2 + A_3}(A_1a_1 + A_2a_2 + A_3a_3) \quad (1)$$

式中：I_1——事故隐患评估指标的计算结果；

A_n——后果可能造成死亡、重伤、轻伤的隐患分别对应的数量，$n = 1,2,3$；

a_n——后果可能造成死亡、重伤、轻伤的隐患分别对应的分值，$n = 1,2,3$；

A——预警周期内基本隐患数量(可根据企业历史平均值确定)。

(2) 隐患等级。隐患等级分为一般隐患和重大隐患，设定隐患等级 B_n 的对应分值 b_n 重大隐患为 1，一般隐患为 0.1。计算方式：

$$I_2 = B_1b_1 + B_2b_2 \quad (2)$$

式中：I_2——隐患等级的计算结果；

B_n——重大、一般隐患分别对应数量，$n = 1,2$；

b_n——重大、一般隐患分别对应分值，$n = 1,2$。

并且 $B_1 + B_2 = A_1 + A_2 + A_3$。

(3) 隐患整改情况。隐患整改情况根据隐患整改率不同，可设定为 5 个类别，设定对应分值(c_{n_1}，c_{n_2}) 隐患整改率 100% 为 0，大于或等于 80% 且小于 100% 为 5%，大于或等于 50% 且小于 80% 为 10%，大于或等于 30% 且小于 50% 为 20%，小于 30% 为 30%。计算方式：

$$I_3 = B_1b_1c_{n_1} + B_2b_2c_{n_2} \quad (3)$$

式中：I_3——隐患整改率的计算结果；

c_{n_1}——重大隐患整改率对应的分值，$n_1 = 1,2,3,4,5$；

c_{n_2}——一般隐患整改率对应的分值，$n_2 = 1,2,3,4,5$。

1.2.2　安全教育培训指标

安全教育培训指标至少包含教育培训等级、培训时间比等两个指标项。

(1) 教育培训等级。安全教育培训分为厂级、车间级、班组级三个不同的等级，设定不同教育培训等级 D_n 的对应分值 d_n 厂级为 1，车间级为 0.5，班组级为 0.1。计算方式：

$$I_4 = D_1d_1 + D_2d_2 + D_3d_3 \quad (4)$$

式中：I_4——教育培训等级的计算结果；

D_n——厂级、车间级、班组级教育培训分别对应的次数，$n = 1,2,3$；

d_n——公司级、车间(部门、分厂)级、班组级教育培训分别对应的分值，$n = 1,2,3$。

(2) 教育培训时间比。教育培训时间比即新员工培训，转岗、复岗人员以及相关人员再教育等实际培训时间与法定培训时间或企业计划培训时间的比值。不同的教育培训时间比的对应分值(e_{n_1}，e_{n_2}，e_{n_3}) 设为 5 个类别，大于或等于 100% 为 50%，大于或等于 80% 且小于 100% 为 30%，大于或等于 50% 且小于 80% 为 20%，大于或等于 30% 且小于 50% 为 10%，小于 30% 为 5%。计算方式：

$$I_5 = D_1d_1e_{n_1} + D_2d_2e_{n_2} + D_3d_3e_{n_3} \quad (5)$$

式中：I_5——教育培训时间比的计算结果；

e_{n_1}——厂级教育培训时间比对应的分值，$n_1 = 1,2,3,4,5$；

e_{n_2}—— 车间级教育培训时间比对应的分值，$n_2 = 1,2,3,4,5$；

e_{n_3}—— 班组级教育培训时间比对应的分值，$n_3 = 1,2,3,4,5$。

1.2.3 应急演练指标

应急演练指标应至少包含应急演练级别及应急演练影响等两项指标项。

(1) 应急演练级别。应急演练级别为厂级、车间级、班组级三个不同的级别，不同应急演练级别 F_n 的对应分值 f_n 厂级为 1，车间级为 0.5，班组级为 0.1。计算方式：

$$I_6 = F_1f_1 + F_2f_2 + F_3f_3 \quad (6)$$

式中：I_6—— 应急演练级别的计算结果；

F_n—— 厂级、车间级、班组级应急演练分别对应的次数，$n = 1,2,3$；

f_n—— 厂级、车间级、班组级应急演练分别对应的分值，$n = 1,2,3$。

(2) 应急演练影响。应急演练影响对应应急演练对其一段时间内安全生产状况的影响，考虑应急演练发生后三周产生的影响。设定应急演练后不同时间段 e_n 的对应分值一周为 80%，两周为 50%，三周为 30%。计算方式：

$$I_7 = F_1f_1e_{n_1} + F_2f_2e_{n_2} + F_3f_3e_{n_3} \quad (7)$$

式中：I_7—— 应急演练影响的计算结果；

e_{n_1}—— 厂级应急演练完成后相应时间内所对应的分值，$n_1 = 1,2,3$；

e_{n_2}—— 车间级应急演练完成后相应时间内所对应的分值，$n_2 = 1,2,3$；

e_{n_3}—— 班组级应急演练完成后相应时间内所对应的分值，$n_3 = 1,2,3$。

1.2.4 生产安全事故指标

生产安全事故指标至少包含死亡、重伤、轻伤等人身伤害事故、生产设备事故及险肇(未遂)事故等若干指标项。设定不同生产安全事故类型 G_n 的对应分值 g_n 死亡为 1，重伤为 0.5，轻伤为 0.1，生产设备事故为 0.05，险肇(未遂)事故为 0.01。计算方式：

$$I_8 = G_1g_1 + G_2g_2 + G_3g_3 + G_4g_4 + G_5g_5 \quad (8)$$

式中：I_8—— 生产安全事故的计算结果；

G_n—— 当期死亡、重伤、轻伤事故分别对应的人数，$n = 1,2,3$；

G_4—— 当期生产设备事故起数；

G_5—— 当期险肇(未遂)事故起数；

g_n—— 死亡、重伤、轻伤、生产设备事故及险肇(未遂)事故分别对应的分值，$n = 1,2,3,4,5$。

以上指标量化方式均为推荐数值。各类冶金企业可以结合本单位生产规模、人员结构、工艺状况、设备环境等实际情况，根据各预警指标与事故发生情况的关联影响程度、重复出现概率等因素进行量化。

1.2.5 其它指标

企业可自行增加其他预警指标，如：人的因素可包括职业技能等级、工龄、劳动强度等指标项；物的因素可包括设备功能完好率、设备检维修计划完成率、非计划检维修数量、设备超负荷运行等指标项；管理因素可包括专职安全管理人员占比、外用工流动率、外用工数量等指标项。

2 安全预警指数系统的建立

2.1 成立组织机构明确人员分工

安全预警指数系统是服务于安全生产的分析控制系统，系统的建立、运行和维护过程需要由相应的机构负责和人员参与。因此，企业要根据安全预警指数系统建立和运行的实际需求成立机构并确定人员。

(1) 组织机构应由企业主管安全生产的负责人牵头，由负责安全生产管理、设备采购及维修保养、技术控制及人事的部门组成。

(2) 人员构成应包括系统运行负责人、系统维护人员、信息采集人员(采集的信息包括隐患排查信息、仪器仪表监测信息、基础管理信息、整改跟踪信息等)、数据录入人员、趋势分析人员、信息发布人员等。

(3) 企业成立安全预警指数系统并确定相关人员后，应对所有涉及人员进行培训，使其了解系统组成及运行模式，并按照职责分工进行业务培训，使其掌握目标任务、步骤措施等工作内容，具备基本业务能力。

2.2 确定信息数据采集的来源[2]

安全预警指标对应的是安全预警系统需要收集的信息，信息内容包括事故隐患、安全教育培训、应急演练及生产安全事故等。而这些信息数据需要通过隐患排查、仪器仪表监测、基础管理检查、整改情况跟踪、事故分析汇总来生成和汇集。

2.2.1 隐患排查

隐患排查的信息数据通过安全检查的形式生

成，企业通过日常安全检查、定期安全检查、专业安全检查、季节性安全检查、节假日安全检查和综合安全检查等形式排查记录隐患，对事故隐患一旦失控可能造成的后果进行评估。针对评估和分级结果选取对应分值作为安全预警指数系统基础数据之一。

2.2.2　仪器仪表监测

企业参照国家现行法规和规范标准对有毒有害、易燃易爆介质，特种设备，特殊防护用品，职业危害因素等的监测检验要求对监测检验周期、形式、监测结果进行信息采集，并参考隐患排查分值设定标准选取对应分值作为安全预警指数系统的基础数据之一。

2.2.3　基础管理检查

基础管理检查信息数据通过对各车间基础管理工作的检查结果生成。基础管理检查主要内容包括规章制度和操作规程的建立和完善、安全培训教育工作的计划和实施、生产安全事故应急预案的编制和演练等。检查结果参照教育培训和应急演练对应分值作为安全预警指数系统的基础数据之一。

2.2.4　整改情况跟踪

整改情况跟踪根据隐患排查、仪器仪表监测、基础管理检查等生成的结果及确定的整改时限和整改要求，对整改情况进行核实和记录，针对隐患整改率的不同参照隐患整改情况对应分值作为安全预警指数系统的基础数据之一。

2.2.5　事故分析汇总

事故分析汇总的信息数据根据企业生产安全事故发生情况记录生成。适时记录死亡、重伤、轻伤等人身伤害事故、生产设备事故及险肇(未遂)事故，对照生产安全事故类型分值设定标准选取对应分值作为安全预警指数系统的基础数据之一。

2.3　建立预警模型

预警信息系统至少包含预警指标管理、预警数据采集、预警信息发布、问题整改等必要功能模块，实现预警系统闭环管理，具有使用人性化、数据采集便捷、支持安全决策等特点；提供可配置不同用户使用权限的功能；各功能模块应具备综合查询、录入、修改、删除、数据导出等功能。

2.3.1　企业安全生产预警指数值

通过预警指标量化值建立数学模型，得出安全生产预警指数值，表征当前安全生产状态的数值。安全生产预警指数的生成，根据其指标对安全生产状况的影响，产生正向和负向的系数影响。即有利于事故预防、安全管理的指标项在公式中属于负向系数，不利于事故预防、安全管理的指标项公式中属于正向系数。计算公式：

$$SPI = I_1W_1 + I_2W_2 + I_3W_3 - I_4W_4 - I_5W_5 - I_6W_6 - I_7W_7 + I_8W_8 \quad (9)$$

式中：SPI—— 企业安全生产预警指数值(Safety Precaution Index)；

W_n—— 各指标所对应的权重，$n = 1,2,3,4,5,6,7,8$。

2.3.2　企业安全生产预测值

企业可采用指数预警法、统计预警法等适当的数学方法，通过对历史安全生产预警指数值的运算，建立预测数学模型，计算出未来时间点生产安全数值，对未来生产安全状态进行预测。

预测模型应进行有效性验证，确保预警模型与其所反映的趋势保持一致，确保预警系统的有效性。

2.3.3　企业安全生产预警内容

包含预警指数图、专项数据统计表、统计图形、指标构成、分析描述等，同时对报告分析描述提供人工录入的功能。

3　安全预警指数系统的应用

3.1　安全生产信息数据的分级采集录入

安全生产信息数据采取分级采集和录入的方式，企业需建立贯穿班组、车间、厂部的数据采集和上报系统，系统中明确各指标项需录入的数据内容、频次和质量要求。数据采集内容应根据各预警指标制定。

各级单位指定专人及时录入所需的安全生产预警信息数据，设定专人汇总下级信息，形成新的数据并向上一级主管人员进行上传。

3.2　安全生产预警信息的生成和发布[3]

3.2.1　生成预警指数图

企业安全生产预警状态分为安全、注意、警告、危险等 4 个等级，预警阈值为各等级之间的界定数值。预警阈值的确定可根据企业历史预警指数值与企业事故发生状况或风险可接受程度来确定。预警阈值可用 3 个数值来表示，记为 a，b，c。预警阈值的划分见表 1。

表 1　预警阈值划分表

预警等级	安全	注意	警告	危险
预警值 SPI	$SPI \leqslant a$	$a < SPI \leqslant b$	$b < SPI \leqslant c$	$c < SPI$

预警系统根据录入的信息数据对应分值及确定的预警阈值生成预警指数图，预警指数图以横轴表示时间，设定周、月作为预警周期，纵轴表示安全生产预警指数值。通过预警阈值划分区域，将4个预警等级设定明显的预警色，安全等级为绿色、注意等级为橙色、警告等级为黄色、危险等级为红色。安全生产预警指数图对超过警戒的预警点，在预警指数图进行报警；同时在预警指数图区域内，将企业安全生产预测值曲线在图形上用其他颜色进行绘制，表征未来时间安全生产状态。

3.2.2 生成预警报告

企业至少每个月生成一次安全生产预警报告，预警报告分为厂级和车间级。预警报告内容包括：安全生产预警指数各指标数据组成，各指标数据分析，预警指数与上周期预警指数值比较分析，本期预警指数分析结果，存在的问题及改进的措施。

3.2.3 预警信息发布

系统根据不同的管理层级自动生成安全生产预警指数图和安全生产预警报告，发布给安全管理机构及各相关部门，辅助企业管理层及各部门的安全管理、决策工作。可通过安全生产预警信息系统、办公自动化系统、电子邮件和短信等多种方式将预警信息发送到领导层、安全预警机构及各相关部门人员。

3.3 安全生产预警系统调整

企业定期对预警系统运行状况进行评估，评估其对安全生产状况判断的准确性。当准确性无法满足企业需求时，应及时调整预警指标、指标权重等内容。

4 安全预警指数系统的效果

(1) 满足企业真正实现安全生产全面和关键内容的预警预测，为企业安全生产管理提供辅助决策依据。

(2) 简单、直观、有效的指导企业实际工作，从宏观到微观，全面直观展现安全管理问题，为企业指出安全生产改进方向，提高安全管理效率。

(3) 推动企业进行安全风险评估常态化。

(4) 有效提升企业控制安全事故风险和职业危害的能力，达到安全生产管理的科学性、先进性和合理性，保障安全管理体系的有效运行以及安全生产标准化体系的持续改进。

5 结束语

安全预警指数系统的建立和应用可以有效的提升企业安全生产管理整体水平。通过全面的分析和计算，定量化反映生产安全状态，及时发布安全生产预警信息，使企业及时、有针对性地采取预防控制措施，最大限度地降低事故发生概率及后果严重程度，强化企业控制安全事故风险和职业危害的能力，为安全管理体系的有效运行和安全生产标准化体系的持续改进打牢基础，推动企业实现安全发展。

参 考 文 献

[1] 侯茜. 安全生产预警指数——企业安全生产管理工作的好帮手[J]. 现代职业安全，2011，(2)：58－61.

[2] 耿立双，赵航飞，刘少君. 工业企业安全生产预警系统的研发与应用[J]. 机车车辆工艺，2016，12(4)：31－35.

[3] 汪莉，苏东亮，彭建华. 关于冶金企业重大危险源安全预警系统的探索[J]. 河南冶金，2005，13(4)：29－31.