

氧化铝行业风险评估预测的系统动力学模型

成琼文, 王皓, 宋娟

(中南大学商学院, 湖南长沙, 410083)

摘要: 作为国民经济的重要基础性产业, 氧化铝行业近年来在国内外复杂的经济形势下面临的行业风险越来越严峻。基于系统论视角, 通过对氧化铝行业及其风险的深入考察, 分析和探讨了氧化铝行业风险的概念与特征; 从氧化铝行业风险的结构出发, 绘制了氧化铝行业风险因素间的因果关系图和系统动力学图, 构建了包括资源风险子系统、成本风险子系统、销售风险子系统以及环境风险子系统的氧化铝行业风险评估预测的系统动力学模型, 模拟出了氧化铝行业风险产生和运行的机理, 在此基础上构建了包括 4 个维度的氧化铝行业风险评估指标体系, 为氧化铝行业风险管理的进一步研究和行业监管政策的制定提供了一种可行的方法。

关键词: 氧化铝行业; 风险评估; 系统动力学模型

中图分类号: F062.3

文献标识码: A

文章编号: 1672-3104(2013)01-0018-06

一、引言

改革开放 30 年来, 我国国民经济实现腾飞, 随着经济的高速发展, 铝产品作为重要的基础消费品被大量使用。作为铝产品的上游产业, 氧化铝行业得以迎来黄金时期而发展迅速, 1990 年我国氧化铝总产值仅有 146 万吨, 而到 2011 年我国氧化铝年产量已达到 3 881 万吨, 跻身为世界范围内的氧化铝生产大国和消费大国, 在全球铝行业中占据着举足轻重的地位。然而, 行业高速的发展并没有解决氧化铝产业长期存在的铝土矿资源分配不均、成本控制不利、产业结构不匹配、控制机制不健全、环境污染日益严重等多重复杂问题, 相反, 在国际政治格局的动荡加剧和国内外经济形势日益复杂的后经济危机环境下, 资源配置不合理、环境事故频发、行业产能过剩等矛盾日益尖锐, 氧化铝产业面临着越来越严重的行业风险, 行业内企业也面临着越来越严峻的生存危机。因此, 对氧化铝行业的风险进行科学分析和有效管理, 使氧化铝行业更好的发挥对国民经济增长的驱动力作用, 就显得尤为必要。实际上, 近来钢铁行业所出现的价格下跌、需求疲软、贷款困难等经济疲软和经济转型所导致的痛苦调整就是前车之鉴^①。

氧化铝行业风险, 是指在氧化铝行业发展过程中, 行业发展衡量指标的实际状况与正常状况出现较大偏离, 行业发展出现阻滞甚至衰退, 从而导致氧化铝企业倒闭、从业人员失业并影响下游行业发展等状况发生的可能性。

关于风险管理的分析技术与方法, 从最早的“觉”风险(Perceived Risk)模型^[1]到 J.P.Morgon 提出的 VaR(Value at Risk)模型^[2], 再到其后学者提出的各种衍生模型, 发展至今已形成了包括情景分析法、层次分析法、贝叶斯理论期、决策树、组合投资理论、净现值法、效用理论、蒙特卡罗法、故障树分析、模糊综合评判法、多目标决策法等在内的 20 多种方法^[3]。由麻省理工学院 JayW. Forrester 教授提出的系统动力学(System Dynamic)站在系统思想的角度, 将复杂问题视为有边界的系统而展开分析, 在研究复杂系统性问题方面具有显著的优势^[4]。系统动力学在研究处理复杂的系统问题时, 通过建立 SD 基本模型, 并深入分析和反复仿真调试, 不断进行长期、动态、战略性的定量研究, 对于研究高度非线性、高阶次、多变量、多重反馈的复杂系统具有突破性意义。这一研究方法为人们模拟社会经济与生态环境等复杂系统的行为和未来的发展规律提供了可能, 同时也为复杂系统的风险管理问题提供研究思路, 如徐娟等运用系统动力学方法研究了物流外包风险的度量问题^[5]; 李志红、和金

收稿日期: 2012-09-24; 修回日期: 2012-12-30

基金项目: 中国博士后科学基金资助金(2011M500994); 湖南省自然科学基金项目(12JJ5040); 湖南省哲学社会科学基金项目(11YBB381)

作者简介: 成琼文(1972-), 男, 湖南湘乡人, 管理学博士, 中南大学副研究员, 硕士生导师, 主要研究方向: 有色金属行业风险管理, 人力资源管理与开发。

生建立了人力资源管理外包风险系统动力学模型, 并对模型进行了系统仿真^[6]; 刘东亮等利用系统动力学模型研究了飞行结冰后的风险评估问题^[7]; 李存斌等借助系统动力学研究了电网建设项目进度风险的评估与管理问题^[8]。

本文拟借鉴系统论思想, 深入分析氧化铝行业风险构成要素之间的因果关系, 构建氧化铝行业风险管理的系统动力学模型, 探索氧化铝行业风险产生、运行以及有效监管调控的机理, 为氧化铝行业有效管理行业风险和政府合理制定监管政策提供依据。

二、氧化铝行业风险系统的概念与特征分析

与任何一个生产型行业相似的是, 氧化铝行业涵盖了从原料采购到生产加工再到产品销售的所有环节。氧化铝行业上游行业是原材料——铝土矿的开采行业, 因而面临着铝土矿资源数量、价格以及品质的风险; 氧化铝行业在生产经营过程中受到压缩成本和扩大销售两方面的压力, 也就是说在成本方面和产品销售方面都承担着一定的风险; 同时, 由于氧化铝行业属于高耗能、高污染企业, 近年来国家以及各级政府环境保护的监管力度越来越大, 氧化铝企业如果不对此加以重视, 则很可能招致大量罚款, 甚至如果发生环境污染事故, 则将付出高昂的经济代价, 如2010年紫金矿业“921溃坝事故”, 最终以紫金矿业副总裁免职、赔付2.45亿理赔金额而告终, 因此同样作为高污染行业的氧化铝行业也面临着一定的环境风险。详细而言, 氧化铝行业风险系统主要由以下子系统组成。

(一) 资源风险系统

氧化铝行业的资源风险, 是指由于铝土矿资源存储有限、矿石品质分布差异等原因, 导致实际进入氧化铝行业的铝土矿资源数量不足、品质不达标, 进而导致氧化铝生产行业内的原料供给不足、行业发展受阻的风险。

资源风险主要考虑的是行业原料铝矿石的供应变化影响下的我国氧化铝行业风险的变化。其主要衡量值为“资源风险系数”, 即在一定时期内行业采购的铝矿石的价、质、量对资源风险的影响程度, 影响因子主要为进入行业的矿石量、矿石品质系数、矿石价格。原料的优劣对行业生产十分重要, 价廉质优的原料可以为行业赢得较大的利润空间, 缓解行业应对其他成本上升的压力, 增强行业的定价议价权。进入行业的矿石量分为国内供应和国外供应, 分别受进口量

和开采量影响; 矿石品位的高低和单位矿石产量、工艺设备要求紧密相关, 高品质矿不仅单位产出多对工艺要求也较低, 可以为行业降低制造成本, 提升盈利空间。矿石的品质主要有铝硅比和矿石类型决定, 延伸出矿石品质系数加以衡量, 其中铝硅比越高矿石品位越高, 目前矿石类型主要有一水硬铝石、一水软铝石和三水铝石, 矿石处理的难以程度成递减趋势; 矿石价格为行业平均采购价格, 受国内采购价格和国外进口价格影响, 其权重按照购买量来衡量。目前, 我国氧化铝行业面临国内供应不足、国外购买受限、海外收购受阻等诸多不利局面, 资源风险较高, 氧化铝行业资源子系统可分析我国氧化铝行业每年的资源风险情况并为未来的预测和提供参考。图1是资源风险子系统图。

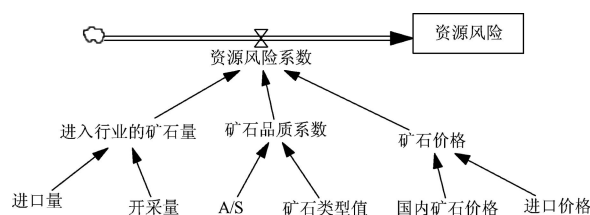


图1 氧化铝行业资源风险子系统

(二) 环境风险系统

氧化铝行业的环境风险, 是指氧化铝生产企业在生产、加工过程中由于对环境保护的缺乏甚至缺失导致环境污染事件发生, 引发人民群众生命健康受到威胁、社会和谐稳定遭到破坏、氧化铝行业发展支持力度减弱、行业发展受阻等状况发生的风险。

环境风险主要考虑的是在行业环境保护情况变化影响下的我国氧化铝行业风险变化。其主要衡量值为“行业原始污染量”和“行业污染治理量”, 前者为环境风险流入量, 后者为环境风险流出量, 二者差值决定环境风险大小。在许多诸如氧化铝行业的高耗能高污染行业, 环境保护是一个永恒问题。在环境侵害事件频发的当下, 环境风险已俨然成为“两高”行业的重要风险因素之一。排污及伴随着治污, 在生产工艺不断优化和治污技术不断成熟的前提下, 环境风险可以得到一定程度的缓解。但是, 违规生产、私排乱排等现象屡见不鲜, 加之氧化铝行业本身污染物的难以全部处理和回收^②, 该行业的环境风险一直居高不下。行业原始污染量主要受生产工艺和行业产能的影响。行业污染治理量除了受三废处理技术的影响之外, 行业产能同样可以施加影响。行业污染治理的效果还会受到环保政策的干预, 政府规制的加强会迫使行业改善治污设备, 提高治污技术水平, 这样不仅会减少三

废的生产排放还有助于提高污染物处理量。图 2 是环境风险子系统图。

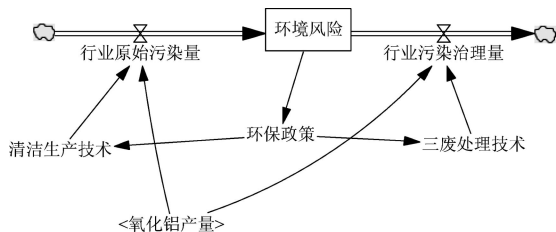


图2 氧化铝行业环境风险子系统

（三）成本风险系统

氧化铝行业的成本风险，是指行业内企业组织生产、管理的成本持续升高，进而导致行业整体利润率下降、行业发展能力下降的风险。

成本风险主要考虑的是在行业各项支出变化影响下的我国氧化铝行业风险变化。其主要衡量值为“成本风险系数”，即在一定时期内的行业总投入对成本风险的影响程度，影响因子主要为原料成本、管理成本、税收成本、财务成本、劳动力成本和设备成本。作为利润的重要影响因素，成本的高低对行业的发展极为重要。具有较低的成本可以为行业整体赢得较大的利润增长空间，可以使得行业在应对成本提升时有缓冲余地，为行业的发展争取机会。而目前，氧化铝行业的成本回旋余地正在被逐步压缩，随着主要原材料价格的逐年增加和人口红利优势的减弱，我国氧化铝行业正在承受着很大的成本压力，尤其在经济不景气，供大于需的低迷市场中我国氧化铝行业将面临极大的成本风险。图 3 是成本风险子系统图。

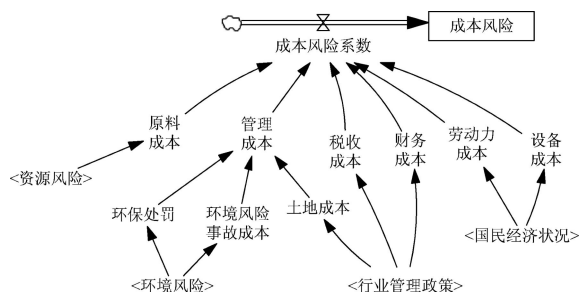


图3 氧化铝行业成本风险子系统

（四）销售风险系统

氧化铝行业的销售风险，是指由于全行业产能过剩导致供过于求、产品销售受阻滞，同时产品价格受产销比影响而不断下降等状况发生的风险。

销售风险主要考虑的是行业销售情况变化影响下的我国氧化铝行业风险的变化。其的主要衡量值为销

售风险系数,由“产销比”和“行业利润率”决定,即行业一定时期内的销量占产量比重和行业整体盈利水平。在其他因素不变的前提下,销售的好坏决定了行业回笼资金的能力。在行业大量投入之后,销售为行业实现盈利提供了可能。即使行业生产效率高、成本低,但是销路不畅、存货挤压,行业仍可能不盈利甚至亏损。所以,行业销售风险影响了行业整体风险。根据经济学原理,产销比由产量和销售决定,行业利润率由销售额和产品成本决定。其中,产量受生产工艺、原料供应和相关政策影响,销量主要有铝产品需求引致,而价格则受成本和宏观经济水平的影响。图4是销售风险子系统图。

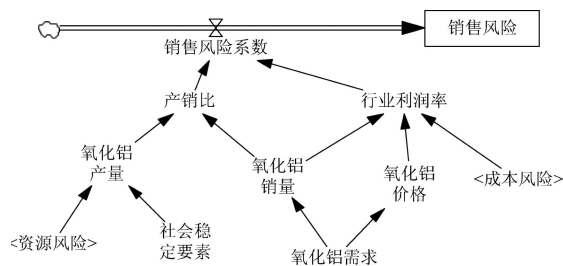


图4 氧化铝行业销售风险子系统

三、氧化铝行业风险的系统动力学模型

（一）模型边界

系统动力学主要是研究社会系统的科学,它基于系统论,吸收了控制论、信息论和决策论的精髓,采用模拟技术,以结构—功能模拟为突出特点,从系统的微观结构入手建模,进而模拟与分析系统的动态行为。它认为系统的行为主要是由内部因素起决定性作用,选择系统边界是关系到系统动力学模型成功与否的关键步骤。正确划定系统边界的基本原则,是力图把那些与建模目的密切相关的量都划入界限内,并保证系统边界是封闭的。由于本文的主要研究对象是氧化铝行业风险管理问题,所研究的系统边界就是氧化铝行业风险所覆盖的边界。根据上文对氧化铝行业风险总体结构的分析,重点确定资源、环境、成本和销售4个子系统为相关研究因素,进而研究系统内部以及系统之间的因果反馈关系。这就是氧化铝行业风险系统的边界。

（二）模型假设

由于氧化铝行业风险系统的复杂性,简化成4个子系统后的创新模型,不能完全代表氧化铝行业的风险状况,而只是它的某些方面,甚至单就某一个风险

子系统而言, 其分析和计算也是较为抽象化和理想化的。这样就存在一些假设条件, 帮助我们讨论主要问题, 暂时忽略次要因素, 氧化铝行业风险评估系统动力学模型的假设包括: ① 氧化铝行业风险的产生、发展与运行是一个连续、渐进的行为过程; ② 虽然氧化铝行业受政府调控较为严格, 但是出于研究抽象化的考虑, 本文不考虑政府政策的重大变革以及非正常情况和不可抗力所导致的氧化铝行业及其风险的突变^③; ③ 铝土矿石的类型和铝硅比(A/S)这两个指标可以代替铝土矿的品质; ④ 论文研究坚持“抓主要矛盾、舍次要矛盾”的原则, 例如, 在原材料成本中, 由于铝土矿作为最核心的原材料, 其占到了氧化铝所有生产原材料的 80%左右, 故本文就仅以铝土矿的成本代替原材料的成本, 其他类似的简化在文中多处有体现。

(三) 因果关系

系统是由相互联系、相互影响的元素组成的。在系统动力学方法中, 元素之间的联系或关系可以概括为因果关系。正是这种因果关系的相互作用, 最终形成系统的功能和行为。因此, 系统的建立主要由影响因素之间的因果关系所确定。同时, 系统也是影响因子之间复杂关系的直观展现。我国氧化铝行业风险系统包含资源、销售、成本和环境 4 个子系统, 每个子系统都有自己独特的结构和特点, 系统之间又彼此联系。因此, 根据我国氧化铝行业风险的总体结构, 本

文建立了因果反馈模型图 (见图 5)。

(四) 系统动力学模型

基于以上我国氧化铝行业的系统动力学因果关系图和对子系统的讨论, 建立了我国氧化铝行业的系统动力学流程图模型 (见图 6)。

(五) 氧化铝行业风险评估的指标体系

从我国氧化铝行业的系统动力学模型可以更为清楚地看出各个子系统之间的构成和互相影响的关系, 有助于进行动态分析。上述氧化铝行业资源风险子系统指标、环境风险子系统指标、成本风险子系统指标和销售风险子系统指标有机地结合成一体, 共同构成包含 4 个二级指标和 20 个三级指标的氧化铝行业风险评价指标体系, 以此综合反映氧化铝行业风险的产生、运行过程状况, 评价指标如表 1 所示。

五、结语与展望

本文根据氧化铝行业风险的概念及特征, 将氧化铝行业风险评估与预测问题置于系统论视角予以研究。将氧化铝行业风险系统划分为资源子系统、环境子系统、成本子系统以及销售子系统 4 个子系统, 构建出了氧化铝行业风险评估的因果关系图和系统动力学模型。研究在氧化铝产业边界内部和一定的假设条

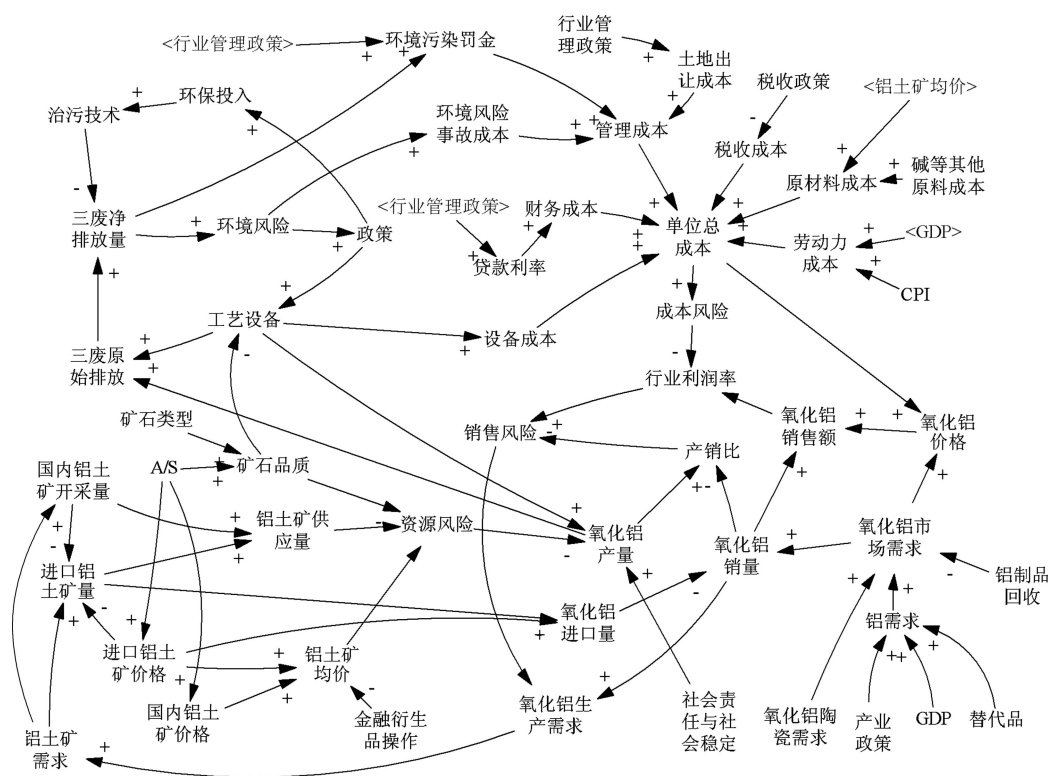


图 5 我国氧化铝行业的系统动力学因果关系图

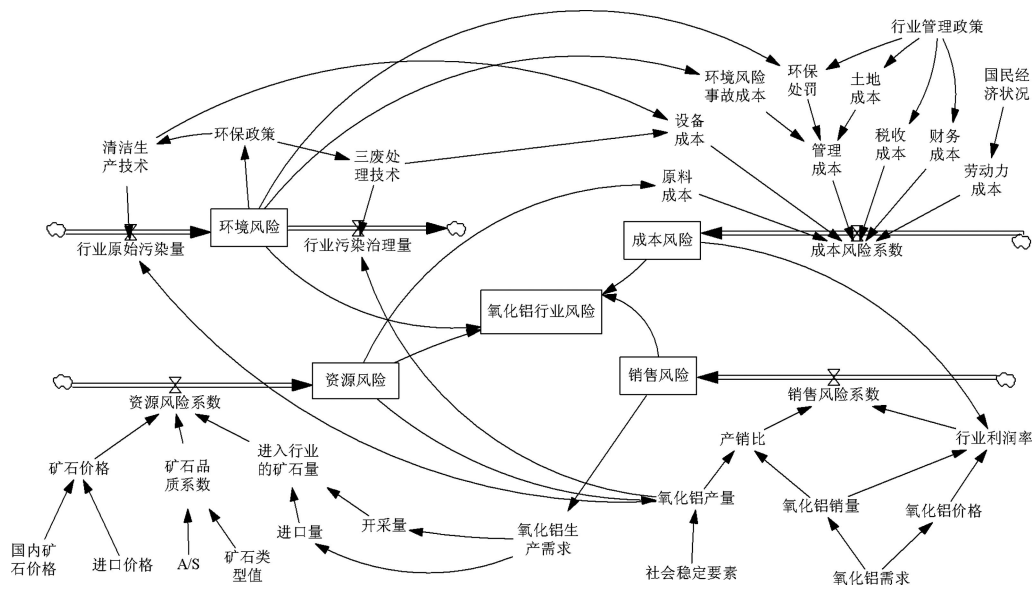


图 6 我国氧化铝行业的系统动力学模型

表 1 氧化铝行业风险评估指标体系

一级指标	二级指标	三级指标
氧化铝行业风险	资源风险	进入行业的矿石量
		国内开采量
		进口量
		矿石品质系数
	环境风险	矿石类型值
		A/S
	成本风险	国内矿石价格
		进口价格
	销售风险	行业氧化铝产品产出量
		行业氧化铝产品销售量
氧化铝行业风险	资源风险	行业氧化铝产品产出量
		行业氧化铝产品销售量
		行业氧化铝产品销售平均价格
		行业氧化铝产品销售量
	环境风险	行业氧化铝产品单位成本
		行业氧化铝产品产出量
	成本风险	原料成本
		管理成本
	销售风险	税收成本
		财务成本
氧化铝行业风险	资源风险	劳动力成本
		设备成本
		行业氧化铝产品产出量
		行业氧化铝产品销售量
	环境风险	行业氧化铝产品销售平均价格
		行业氧化铝产品销售量
	成本风险	行业氧化铝产品单位成本
		行业氧化铝产品产出量
	销售风险	行业氧化铝产品产出量
		行业氧化铝产品销售量

件下，4 个子系统内部及其之间的深层次关系。通过对建立的因果关系模型和流程图进行分析，我们得出氧化铝行业风险自身是一个存在多重反馈与循环交叉的、复杂的运行系统，是资源、环境、成本和销售之间相互联系和相互作用的结果。因此，依据系统动力学模型揭示的各要素之间关系，本文从资源风险、环

境风险、成本风险和销售风险 4 个角度构造出了包含 4 个二级指标和 20 个三级指标的评价指标体系。这些指标突出体现了氧化铝行业风险的特征, 不仅为准确、系统、全面、合理地评价氧化铝行业风险产生、发展以及运行过程提供了参考, 而且为产业风险的研究提供了理论依据。研究表明, 氧化铝企业和政府各部门应当从多个层面加强对该行业的正确引导, 降低行业的风险, 使得氧化铝行业健康、可持续发展, 发挥国民经济基础战略性产业的作用。后续的研究应当着眼于系统内部关系的量化处理, 建立模拟仿真平台, 为氧化铝行业风险管理控制策略的科学制定提供依据。

鸣谢:

中南大学彭志宏教授对此文提出了富有建设性的意见和建议, 专此致谢!

注释:

- ① 引自 2012 年 9 月 5 日《金融时报(中文版)》, 原文《中国钢铁业面临痛苦调整》, 作者何丽。
- ② 我国是氧化铝生产大国, 2009 年生产氧化铝 2378 万吨, 约占世界总产量的 30%, 产生的赤泥近 3000 万吨。目前我国赤泥综合利用率仅为 4%, 累积堆存量达到 2 亿吨。随着我国氧化铝产量的逐年增长, 赤泥的年产生量还将不断增加, 预计到 2015 年, 赤泥累计堆存量将达到 3.5 亿吨(数据来源: 工信部和科技部 2010 年 8 月 10 日发布的《赤泥综合利用指导意见》)。
- ③ 这并不是将政府的调控政策排除在模型之外, 相反政府对行业

的调控以及调控政策对行业风险的影响正是本文研究的重点内容之一。此假设意在说明如“911 事件”的重大政治经济突变并不纳入模型的范围。

参考文献:

- [1] Raymond L. Horton. The structure of perceived risk: Some further progress [J]. Journal of the Academy of Marketing Science, 1976, 4(4): 494-506.
- [2] Jorion P Morgon. Value at Risk [M]. New York: McGraw-Hill, 2001.
- [3] 金建平. 城市燃气企业风险管理研究[D]. 天津: 天津大学博士学位论文, 2010.
- [4] Forrester J W. Industrial Dynamics [M]. New York: MIT Press and Wiley & Sons, Inc, 1961.
- [5] 徐娟, 刘志学, 洪亮. 物流外包风险的系统动力学分析[J]. 统计与决策, 2008(8):17-19.
- [6] 李志红, 和金生. 基于系统动力学的人力资源管理外包风险仿真研究[J]. 软科学, 2010, 24(10): 102-105.
- [7] 刘东亮, 徐浩军, 李嘉林, 等. 飞行结冰后复杂系统动力学仿真与风险评估[J]. 系统仿真学报, 2011, 4(23): 643-647.
- [8] 李存斌, 陆龚曙, 李鹏, 等. 电网建设项目进度风险管理的系统动力学模型[J]. 华东电力, 2012, 2(40): 178-181.
- [9] 顾松青. 我国氧化铝工业可持续发展之路[D]. 中国有色金属学会第六届学术年会论文集, 2005.
- [10] 田红娜, 毕克新, 夏冰, 等. 基于系统动力学的制造业绿色工艺创新运行过程评价分析[J]. 科技进步与对策, 2012(13): 112-118.

System Dynamic Model for Risk Evaluation of Aluminum Industry

CHENG Qiongwen, WANG Hao, SONG Juan

(Business School of Central South University, Changsha 410083, China)

Abstract: As an important basic industry of the national economy, the risk of alumina industry is more and more severe under the complex economic situation in recent years. Based on perspective of system theory, through the alumina industry and investigation of its risk further, this paper analyse and discusses the alumina industry risk concept and characteristic. From the alumina industry based on the structure of the risk, the authors draw the alumina industry risk factors causal relationship between diagram and system dynamics diagram, including the resources construction risk subsystem, cost risk subsystem, sales risk subsystem and environmental risk subsystem of the alumina industry risk assessment prediction system dynamics simulation model, out of the alumina industry risk production and operation of the mechanism. Based on this constructs including the four dimensions, the authors establish the index system for risk evaluation. This paper provides an effective method for formulating regulatory policy and further study on alumina industry's risk.

Key Words: Alumina Industry; Risk Evaluation; System Dynamic Model

[编辑: 汪晓]