

某制造企业供应链风险识别与评估研究

郭晓华¹, 刘胜¹, 王炼琪²

(1. 重庆大学机械工程学院, 重庆 400044;
2. 四川岷江水利电力股份有限公司办公室, 四川都江堰 611830)

摘要: 基于供应链运作参考 (supply chain operations reference, SCOR) 模型, 从供应链运作过程的计划、采购、制造、配送和退货 5 个阶段分析 H 公司供应链失效风险影响因素, 建立基于 SCOR 模型的 H 公司供应链失效风险评估指标体系; 利用熵权法确定评价指标的权重, 建立供应链失效风险模糊评价模型。最后, 以 H 公司多品种低速机燃油喷射系统系列产品零部件及成品的供应链为例, 验证 H 公司失效风险评估模型的有效性及其实用性, 得出该公司的供应链风险状况, 并针对风险状况提出改进建议。

关键词: 企业管理; 供应链风险评估; SCOR 模型; 熵权法; 模糊综合评判

中图分类号: F274 文献标识码: A 文章编号: 1674-2850(2017)14-1651-12

Study on identification and evaluation for supply chain risk of a manufacturing enterprise

GUO Xiaohua¹, LIU Sheng¹, WANG Lianqi²

(1. College of Mechanical Engineering, Chongqing University, Chongqing 400044, China;
2. Corporate Office, Sichuan Minjiang River Irrigation Hydropower Co., Ltd.,
Dujiangyan, Sichuan 611830, China)

Abstract: Based on the supply chain operations reference (SCOR) model, this paper analyzes and identifies supply chain fault risk actors from five processes of H company's supply chain operations, which is composed of plan, source, make, deliver and return. An evaluation index system of supply chain fault risk is built. Then, this paper determines the weight of evaluation index by entropy method and establishes a fuzzy evaluation model of supply chain fault risk. Finally, an application example of H company's multiple low-speed fuel injection systems products is given to verify the effectiveness and practicability of the supply chain fault risk evaluation model. The supply chain risk situation of the company is obtained, and improvement suggestions are put forward according to the risk situation.

Key words: business management; supply chain risk evaluation; supply chain operations reference model; entropy method; fuzzy comprehensive evaluation

0 引言

随着全球经济一体化的发展和企业横向一体化的深化, 大多数企业不可避免地参与到供应链中, 而供应链优势是企业快速发展的关键核心竞争力。H 公司属于多品种、小批量的制造企业, 随着生产规模的扩大, 该企业供应链面临着市场需求、政治经济环境、科研技术、国际竞争力等多方面的不确定性, 使该企业供应链的脆弱性和不稳定性增加, 且按时交货率和顾客满意水平有所下降, 阻碍了企业的进一步发展。因此, 对 H 公司进行供应链风险识别与评估十分必要, 有利于 H 公司提前采取控制措施, 提高供应链自身抗风险能力, 增强供应链的稳定性。

作者简介: 郭晓华 (1992—), 男, 硕士研究生, 主要研究方向: 供应链管理、企业管理、工业工程

通信联系人: 刘胜, 副教授, 主要研究方向: 企业战略管理及管理技术、电子商务与供应链管理、生产运作管理. E-mail: liu@cqu.edu.cn

供应链失效风险主要是指某种不确定的损失在供应链领域中产生的可能性^[1]。供应链风险可能来自外部环境不确定性和突发事件的冲击，例如 2000 年爱立信因 Philips 的芯片厂火灾而退出手机市场，2011 年日本地震导致全球汽车制造业的“断链”等^[2]；也可能来自内部不稳定性因素的影响，这些失效风险影响供应链的稳定性，导致企业经济损失，使供应链无法短时间恢复到原来的水平。目前，关于供应链风险因素识别研究，SODHI 等^[3]从风险特性角度出发，将风险分为 9 大类，即中断风险、延迟风险、系统风险、预测风险、知识产权风险、采购风险、应收账款风险、库存风险和生产能力风险；MANUJ 等^[4]从供应、需求、运作、其他这 4 个方面对供应链风险因素进行分析；张炳轩等^[5]根据风险来源将供应链风险分为市场风险、合作风险、利润分配风险、利润波动风险、道德风险、技术与信息风险；周艳菊等^[6]从需求、供应、经营、环境、制度和信息技术六大方面进行供应链风险因素的分析。

针对风险评估方法，NGAI 等^[7]提出了模糊评价方法，以“可能性”与“严重性”两个语义变量进行计算。肖美丹等^[8]以未确知理论与模糊评判法为工具建立风险评估模型，对供应链进行风险评估。丁伟东等^[9]和晚春东等^[10]提出了基于模糊评价方法的供应链可靠性评估矩阵，对供应链风险进行量化评估。本文从 H 公司供应链运作过程出发，依据 SCOR 模型进行供应链失效风险影响因素识别分析，并建立基于熵权法的供应链失效风险模糊评估模型，为 H 公司供应链风险控制提供基础。

1 基于 SCOR 的 H 公司供应链失效风险评估指标体系构建

1.1 SCOR 模型介绍

SCOR 模型由国际供应链协会开发并授权，能有效地分析确定供应链的效率和性能，作为供应链管理工具被广泛应用。SCOR 模型有 5 个基本的管理流程：计划（Plan）、采购（Source）、制造（Make）、配送（Deliver）和退货（Return），共同构成了 SCOR 模型的第一层^[11]。第一层限定了供应链管理的范围和内容，确立了企业竞争目标；第二层为配置层，由更细化的供应链标准流程单元组成，企业可以具体定位和配置供应链；第三层为流程分解层，将第二层的流程细化、分解、具体化^[11]。在供应链运作的整个过程中均伴随着失效的风险，SCOR 模型结构如图 1 所示。

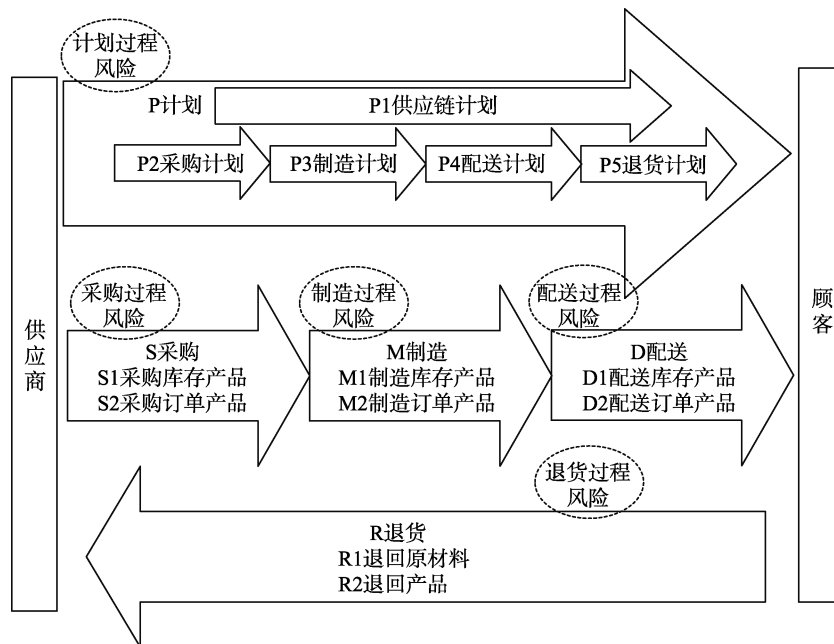


图 1 SCOR 模型

Fig. 1 SCOR model

1.2 H 公司供应链失效风险问题现状

随着 H 公司的生产规模不断扩大，市场需求订单也不断增多，伴随着供应链的问题就越来越多，例如 H 公司的供应商管理不科学、物料质量合格率降低、物料供货不及时、物流仓储成本升高等。同时，H 公司订单按时交货率降低，计划制定不合理，生产不平衡，并且人员利用率和设备利用率低，产品质量不稳定，这些问题都造成了公司供应链的不稳定。H 公司面临来自供应链上游和下游多方面的不确定风险，甚至这些问题可能导致企业供应链失效，造成企业效益受损，阻碍企业进一步发展。因此，必须对 H 公司进行供应链风险识别和评估，为其供应链风险控制和管理提供研究基础。

1.3 H 公司供应链失效风险因素识别

供应链风险因素识别是通过一定标准界定供应链中导致供应链失效的风险因素，是提供风险控制和管理依据的一种手段。供应链风险识别是供应链风险评估的前提，是供应链风险控制和管理的关键。本文通过 SCOR 模型对 H 公司供应链失效风险因素进行分析，结合专家意见与国内外文献，从计划、采购、制造、配送和退货 5 个过程进行风险因素识别分析，并构建 H 公司基于 SCOR 的供应链失效风险评估指标体系。

1.3.1 计划过程风险因素识别

计划阶段是 H 公司为平衡需求和供应，根据市场需求预测对公司与供应商、分销商构成的供应链网络进行统一计划，制定一系列实施方案，为其他流程提供更好的服务。一般来讲，供应链网络中不同企业的战略定位不一致，或随着供应链网络环境改变，各节点企业发展战略目标调整不一致，都会影响 H 公司供应链计划的制定，从而导致需求计划、采购计划、营销计划、制造计划、物流计划等的不同，还会很大程度影响供应链整体的协同运作。同时，由于 H 公司供应链网络中各企业文化的多元性，企业员工跨文化素质与能力会影响供应链内部的沟通，甚至管理者对文化差异性的认识与重视度不足等，都会对供应链计划产生显著影响。而计划又是贯穿供应链运作整个过程的，对市场需求预测不准确，企业计划制定不合理，下达、反馈不及时，会造成计划紧急插单或提前交付，甚至造成生产过剩或库存堆积，这些都会导致供需不平衡，造成供应链运营成本高、效率低。因此，H 公司计划阶段的主要风险影响因素包含：1) 战略目标不一致；2) 供应链多元文化冲突；3) 计划制定、下达、反馈系统不完善；4) 紧急插单或交付期提前；5) 员工制定计划能力不高；6) 需求预测不准确。

1.3.2 采购过程风险因素识别

采购阶段是依据计划或需求进行物料获取和相关支持活动的过程。H 公司采购过程包括供应商选择、供应商管理、供应商绩效评估、采购库存产品和订单产品、货款交付、库存管理等。采购成本一般占企业支出成本的一半以上，可见降低采购成本对降低供应链成本意义重大。除了采购成本，采购产品的质量合格率、按时交货率、库存都是造成供应链风险的重要因素。同时，虽然采购价格过高、价格谈判策略不合理、原材料库存积压可能导致成本问题，但物料供应不及时、关键物料缺货、物料合格率低对供应链的正常运行影响更大，甚至导致生产停滞，带来更大的损失。然而，本质上是公司缺乏对供应商的有效管理，缺乏合理的供应商选择标准，缺乏供应商考核与激励机制，未能对供应商进行分类管理，造成供应商服务水平低，这些问题导致供应链运作效率低，该公司很难提升竞争力。供应链不仅会因此导致成本增加，更可能导致失败。因此，H 公司采购阶段的主要风险因素包含：1) 供应商选择不合理；2) 缺乏科学的供应商考核与激励机制；3) 供应商交货延迟，物料供应不及时；4) 关键物料频繁发生急料现象；5) 供应商产品质量不过关，物料合格率低；6) 原材料库存积压与浪费；7) 价格谈判策略不合

理；8) 采购批量设置不合理；9) 采购人员技能偏低。

1.3.3 制造过程风险因素识别

制造是在 H 公司收到供应商的原材料后，按照库存制造、订单制造、订单设计以及其他支持活动的生产实施过程，是将资源转化成顾客满意产品的过程。首先，制造过程包含生产活动安排、原料和在制品分配、制造、测试、包装、储存等流程，熟练的技术工人、高效运行的设备、适合的装夹具、标准的技术和工艺文件、便捷的信息传递等是制造生产顺畅进行的保障，其中任何一个环节出现中断，都会影响企业的正常生产，影响供应链网络的运行，进而导致供应链成本增加，公司效益损失。同时，原材料、在制品缺货会中断生产进程，影响订单完成和交货期，而产品质量达不到要求，在浪费资源的同时造成了订单时间的损失，直接影响顾客的满意度。因此，该公司制造过程的主要风险影响因素包含：1) 产品质量控制不当；2) 生产技术标准和工艺标准不完善；3) 设备故障频率高；4) 操作工、维修工技能不足，人员利用率低；5) 信息管理水平低；6) 产品、装夹具设计不合理；7) 原料、在制品、备件缺货。

1.3.4 配送过程风险因素识别

配送是指将产品或服务送达顾客的过程。配送过程涉及供应商、制造商、分销商、客户之间的配送，该过程的风险主要发生在运输服务的提供中，包括运输网络、运输路线、运输方式、装载和包装、接收和单据处理等方面。配送过程是联通供应链企业的物流，从以上几个方面考虑，首先，配送要依靠高效的运输网络，可靠的运输方式和运输设备可以有效降低配送过程的成本；其次，配送需要保证产品无损坏，按照约定交期送到，并且收到货需及时进行检验和信息更新，完成这些工作需要完善的配送流程和管理制度作支撑。因此，该公司配送过程的风险包括：1) 物流成本高、物流等待搬运浪费多；2) 物流配送延迟；3) 配送流程和制度不完善、人员管理不科学；4) 配送物流信息更新不及时；5) 单据登记与核查错误；6) 配送产品损坏与丢失。

1.3.5 退货过程风险因素识别

H 公司退货流程包括原材料退回和产品退回，即将原材料或零部件退回供应商和接受并处理顾客退回的产品。该流程从公司与供应商或客户达成退货共识，到退回产品的运输、接收、检验、交付、新产品配送完成^[11]。退回的产品包括有质量问题的产品，需维护、维修的产品和过剩的产品。主要的风险因素包括：1) 退货流程不完善；2) 退回库存及资产信息更新不及时。

1.4 H 公司供应链失效风险评估指标体系构建

根据以上对 H 公司供应链失效风险因素的识别分析，遵循科学性、目的性、可行性、全面性和独立性等指标构建原则，建立 H 公司供应链失效风险评估指标体系，如表 1 所示。其中供应链失效风险评估指标为目标层，用 U 表示；一级指标为计划过程风险、采购过程风险、制造过程风险、配送过程风险和退货过程风险，用 U_i 表示；共细分为 30 个二级指标，用 U_{ij} 表示。

2 基于熵权法的 H 公司供应链失效风险模糊评估模型构建

H 公司采用多品种、小批量的制造模式，供应链失效风险受到多因素、多环节、多方面的影响，具有风险发生不确定性以及风险本身状态的不确定性，且风险的定性评估指标易受评价主体个人经验与认知的影响，使评价具有模糊性，因此采用模糊综合评判对供应链失效风险进行影响因素评估，基于有关专家的研究与评估，利用实际数据能科学、客观、定量地评估供应链失效风险。

表 1 H 公司供应链失效风险评估指标体系

Tab. 1 An evaluation index system of supply chain fault risk for H company

目标层	一级指标	二级指标	
供应链失效风险评估 U	计划过程风险 U_1	U_{11} : 战略目标不一致	
		U_{12} : 供应链多元文化冲突	
		U_{13} : 计划制定、下达、反馈系统不完善	
		U_{14} : 紧急插单或交付期提前	
		U_{15} : 员工制定计划能力不高	
		U_{16} : 需求预测不准确	
	采购过程风险 U_2	U_{21} : 供应商选择不合理	
		U_{22} : 缺乏科学的供应商考核与激励机制	
		U_{23} : 供应商交货延迟, 物料供应不及时	
		U_{24} : 关键物料频繁发生急料现象	
		U_{25} : 供应商产品质量不过关, 物料合格率低	
		U_{26} : 原材料库存积压与浪费	
		U_{27} : 价格谈判策略不合理	
		U_{28} : 采购批量设置不合理	
		U_{29} : 采购人员技能偏低	
		制造过程风险 U_3	U_{31} : 产品质量控制不当
			U_{32} : 生产技术标准和工艺标准不完善
			U_{33} : 设备故障频率高
	U_{34} : 操作工、维修工技能不足, 人员利用率低		
	U_{35} : 信息管理水平低		
	U_{36} : 产品、装夹具设计不合理		
	配送过程风险 U_4	U_{41} : 物流成本高、物流等待搬运浪费多	
		U_{42} : 物流配送延迟	
		U_{43} : 配送流程和制度不完善、人员管理不科学	
		U_{44} : 配送物流信息更新不及时	
		U_{45} : 单据登记与核查错误	
		U_{46} : 配送产品损坏与丢失	
	退货过程风险 U_5	U_{51} : 退货流程不完善	
U_{52} : 退回库存及资产信息更新不及时			

通常, 评估指标权重确定是风险评估的重点, 传统的权重确定方法主要依赖于专家的主观判断和个人经验, 如层次分析法、专家调查法、均方差法等。本文采用熵权法确定权重, 利用专家信息与熵权相结合, 能有效降低评价主体对客观事实的影响, 客观、合理地确定评估指标的权重。

2.1 熵权理论

熵是热力学的一个概念。1948年, 申农首次将熵的概念引入信息论, 目前已经广泛应用于工程技术、社会经济等领域^[12]。熵是系统状态不确定性程度的一种度量, 信息是系统有序的度量。一般来说, 如果某个指标的信息熵值 E_j 越小, 说明其指标值的变异程度越大, 提供的信息量越大, 该指标对综合评估的

作用也越大,其权重越大^[12-13]。就供应链失效风险评估来说,如果某一指标对于不同的供应链变异程度较大,说明该指标对评价供应链失效风险具有较大的作用,对应的信息熵 E_j 较小。因此,熵权法能有效地确定风险评估指标权重,更加客观、合理地进行供应链失效风险评估。

2.2 熵权法计算风险指标权重

n 位评审专家对应于 m 个评估指标的评价值构成的原始评价数据矩阵 $\mathbf{X} = (x_{ij})_{n \times m}$, x_{ij} 为第 j 个指标下第 i 位专家的评价值。应用熵权法计算风险指标权重的步骤如下。

1) 原始数据标准化

$$y_{ij} = \frac{x_{ij} - \min_j(x_{ij})}{\max_j(x_{ij}) - \min_j(x_{ij})}, \quad (1)$$

得到标准矩阵 $\mathbf{Y} = (y_{ij})_{n \times m}$, y_{ij} 为第 i 个对象在第 j 个指标上的值, $y_{ij} \in [0, 1]$ 。

2) 计算第 j 个指标下第 i 个对象的指标值的比重

$$p_{ij} = \frac{y_{ij}}{\sum_{i=1}^n y_{ij}}, \quad 0 \leq p_{ij} \leq 1. \quad (2)$$

3) 计算第 j 个指标的熵值

$$E_j = -k \sum_{i=1}^n p_{ij} \ln p_{ij} \quad (j=1, 2, \dots, m), \quad (3)$$

其中, $k = \ln \frac{1}{n}$, $k < 0$; 当 $p_{ij} = 0$ 时, $E_j = 0$ 。

4) 计算第 j 个指标的权重

$$w_j = \frac{1 - E_j}{m - \sum_{j=1}^m E_j}. \quad (4)$$

2.3 建立 H 公司模糊综合评估模型

模糊综合评价法是综合考虑事物的多种因素,用模糊集理论评定其优劣的方法^[14]。本文应用该方法建立 H 公司供应链失效风险模糊综合评估模型的步骤如下。

2.3.1 建立因素集

根据表 1 可知,因素集 $U = \{U_i\} = \{U_1, U_2, U_3, U_4, U_5\}$, 其中 $U_1 = \{U_{11}, U_{12}, U_{13}, U_{14}, U_{15}, U_{16}\}$; $U_2 = \{U_{21}, U_{22}, U_{23}, U_{24}, U_{25}, U_{26}, U_{27}, U_{28}, U_{29}\}$; $U_3 = \{U_{31}, U_{32}, U_{33}, U_{34}, U_{35}, U_{36}, U_{37}\}$; $U_4 = \{U_{41}, U_{42}, U_{43}, U_{44}, U_{45}, U_{46}\}$; $U_5 = \{U_{51}, U_{52}\}$ 。

2.3.2 建立评语集

利用评语集量化定性评估指标,供应链按照 5 个风险评价等级进行评价,分别为“低风险”、“较低风险”、“中等风险”、“较高风险”、“高风险”。评语集表示为 $V = [v_1, v_2, \dots, v_5]$ 。

2.3.3 建立单因素评价隶属度矩阵

确定各风险评价指标对评价集 V 的隶属度时,为更加客观、合理,按照德尔菲(Delphi)法,请若

干专家组成评价小组，根据风险评价等级对各个风险评价指标进行一一评价，得到风险评价指标的隶属度矩阵。

U_i 的隶属度矩阵为

$$R_i = \begin{bmatrix} r_{i11} & r_{i12} & \cdots & r_{i1s} \\ r_{i21} & r_{i22} & \cdots & r_{i2s} \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ r_{im1} & r_{im2} & \cdots & r_{ims} \end{bmatrix}, \tag{5}$$

其中， r_{ijs} 为 $U_i = \{U_{i1}, U_{i2}, \dots, U_{ij}, \dots, U_{im}\}$ 中风险评价指标 U_{ij} 对于评语 v_s 的隶属度，

$$r_{ijs} = k_{ijs} / n, \tag{6}$$

其中， k_{ijs} 表示 n 位专家中评定风险评价指标 U_{ij} 为评语等级 v_s 的评价人数。由此得到 U_{ij} 的隶属度向量为

$$r_{ij} = [r_{ij1}, r_{ij2}, \dots, r_{ijs}], \text{ 则 } R_i = (r_{i1}, r_{i2}, \dots, r_{ij}, \dots, r_{im})^T.$$

2.3.4 建立模糊综合评价模型

通过熵权法计算二级风险指标的权重为 $W_i = [w_{i1}, w_{i2}, \dots, w_{im}]$ ， U_i 的评价向量为

$$B_i = W_i \cdot R_i = [\omega_{i1}, \omega_{i2}, \dots, \omega_{im}] \cdot \begin{bmatrix} r_{i11} & r_{i12} & \cdots & r_{i1s} \\ r_{i21} & r_{i22} & \cdots & r_{i2s} \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ r_{im1} & r_{im2} & \cdots & r_{ims} \end{bmatrix} = [b_1, b_2, \dots, b_s]. \tag{7}$$

然后，由一级指标模糊评价矩阵 B_i 构成总体目标隶属度矩阵 R ，根据一级风险指标的权重 $W = [w_1, w_2, \dots, w_l]$ 构建模糊综合评价向量为

$$K = W \cdot R = [w_1, w_2, \dots, w_l] \cdot \begin{bmatrix} b_{11} & b_{12} & \cdots & b_{1s} \\ b_{21} & b_{22} & \cdots & b_{2s} \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ b_{l1} & b_{l2} & \cdots & b_{ls} \end{bmatrix} = [k_1, k_2, \dots, k_s]. \tag{8}$$

最后，由 $V = [v_1, v_2, \dots, v_s]$ 计算出综合评定量 S ：

$$S = K \cdot V^T. \tag{9}$$

3 案例分析

以 H 公司低速机燃油喷射系统系列产品及其零部件的供应链运作流程为调查对象，该系列产品包含顶盖、喷油嘴等多种零部件，不同型号产品对应的零部件共上千件，供应采购量大、品种多，市场订单量不断增加。针对该系列产品及其零部件供应链情况进行调查，应用供应链风险综合评估模型进行供应链失效风险评估。

3.1 指标权重的确定

为得出客观、真实、可靠的数据，建立供应链失效风险调查表，选取 10 位供应链专家对低速机系列产品的 5 个过程共 30 个供应链失效风险指标进行重要度打分（五分制），构成原始数据矩阵： $X = (x_{ij})_{10 \times 30}$ ， $i = 1, 2, \dots, 10$ ； $j = 1, 2, \dots, 30$ 。

$$X = \begin{bmatrix} 4 & 2 & 3 & 4 & 2 & 4 & 2 & 3 & 2 & 4 & 4 & 2 & 3 & 2 & 5 & 2 & 3 & 4 & 3 & 2 & 4 & 3 & 2 & 1 & 2 & 3 & 4 & 2 & 4 & 2 \\ 2 & 3 & 3 & 1 & 4 & 1 & 4 & 2 & 3 & 3 & 3 & 2 & 2 & 3 & 4 & 3 & 3 & 5 & 5 & 4 & 3 & 4 & 1 & 3 & 2 & 5 & 1 & 3 & 3 & 1 \\ 4 & 3 & 3 & 4 & 2 & 4 & 2 & 4 & 2 & 2 & 3 & 3 & 1 & 3 & 4 & 4 & 3 & 4 & 2 & 4 & 5 & 2 & 3 & 3 & 1 & 3 & 2 & 1 & 5 & 2 \\ 1 & 2 & 2 & 2 & 1 & 5 & 3 & 2 & 3 & 3 & 2 & 3 & 2 & 3 & 3 & 5 & 5 & 3 & 1 & 4 & 3 & 5 & 2 & 3 & 2 & 1 & 4 & 3 & 1 \\ 2 & 4 & 3 & 1 & 3 & 2 & 1 & 3 & 1 & 5 & 2 & 4 & 1 & 2 & 3 & 3 & 4 & 2 & 3 & 3 & 3 & 4 & 2 & 1 & 2 & 1 & 2 & 3 & 1 & 1 \\ 3 & 1 & 4 & 2 & 3 & 1 & 3 & 2 & 1 & 3 & 1 & 2 & 2 & 4 & 2 & 1 & 4 & 4 & 4 & 3 & 3 & 2 & 3 & 4 & 1 & 3 & 2 & 1 & 3 & 2 \\ 2 & 2 & 3 & 3 & 1 & 5 & 2 & 3 & 2 & 4 & 2 & 3 & 2 & 1 & 4 & 4 & 4 & 4 & 2 & 2 & 4 & 1 & 2 & 3 & 2 & 3 & 1 & 4 & 2 & 1 \\ 3 & 3 & 4 & 2 & 4 & 3 & 3 & 1 & 3 & 2 & 4 & 1 & 4 & 2 & 3 & 3 & 2 & 3 & 3 & 3 & 3 & 3 & 3 & 2 & 5 & 1 & 2 & 3 & 1 & 3 \\ 2 & 3 & 4 & 5 & 1 & 3 & 2 & 4 & 4 & 3 & 2 & 3 & 2 & 4 & 2 & 5 & 5 & 3 & 4 & 4 & 2 & 4 & 2 & 1 & 3 & 2 & 3 & 1 & 2 & 1 \\ 3 & 4 & 5 & 5 & 2 & 4 & 3 & 3 & 2 & 4 & 1 & 4 & 3 & 2 & 3 & 2 & 1 & 5 & 4 & 3 & 2 & 3 & 4 & 3 & 4 & 2 & 1 & 2 & 1 & 3 \end{bmatrix}$$

然后根据式 (1) ~ 式 (4)，利用 EXCEL 进行数据标准化及熵值计算，得出各个指标的权重。H 公司低速机系列产品供应链失效风险评估指标权重如表 2 所示。

表 2 H 公司低速机产品供应链失效风险评估指标体系及权重

Tab. 2 An evaluation index system of supply chain fault risk and its weight of low speed machines of H company

一级评估指标	权重 w_i	二级评估指标	权重 w_{ij}
计划过程风险 U_1	0.216	U_{11} : 战略目标不一致	0.172
		U_{12} : 供应链多元文化冲突	0.173
		U_{13} : 计划制定、下达、反馈系统不完善	0.173
		U_{14} : 紧急插单或交付期提前	0.161
		U_{15} : 员工制定计划能力不高	0.155
		U_{16} : 需求预测不准确	0.166
采购过程风险 U_2	0.199	U_{21} : 供应商选择不合理	0.115
		U_{22} : 缺乏供应商考核与激励机制	0.115
		U_{23} : 供应商交货延迟, 物料供应不及时	0.109
		U_{24} : 关键物料频繁发生急料现象	0.109
		U_{25} : 供应商产品质量不过关, 物料合格率低	0.108
		U_{26} : 原材料库存积压与浪费	0.115
		U_{27} : 价格谈判策略不合理	0.108
		U_{28} : 采购批量设置不合理	0.114
		U_{29} : 采购人员技能偏低	0.109
制造过程风险 U_3	0.223	U_{31} : 产品质量控制不当	0.144
		U_{32} : 生产技术标准和工艺标准不完善	0.145
		U_{33} : 设备故障频率高	0.145
		U_{34} : 操作工、维修工技能不足, 人员利用率低	0.137
		U_{35} : 信息管理水平低	0.148
		U_{36} : 产品、装夹具设计不合理	0.137
		U_{37} : 原料、在制品、备件缺货	0.144
配送过程风险 U_4	0.187	U_{41} : 物流成本高、物流等待搬运浪费多	0.179
		U_{42} : 物流配送延迟	0.166
		U_{43} : 配送流程和制度不完善、人员管理不科学	0.169
		U_{44} : 配送物流信息更新不及时	0.172
		U_{45} : 单据登记与核查错误	0.151
		U_{46} : 配送产品损坏与丢失	0.165
退货过程风险 U_5	0.176	U_{51} : 退货流程不完善	0.534
		U_{52} : 退回库存及资产信息更新不及时	0.466

3.2 模糊综合评价

根据上文风险评估指标体系的原始数据，依据式（5）、式（6）得出 U_i 的隶属度矩阵 R_i ：

$$R_1 = \begin{bmatrix} 0.1 & 0.4 & 0.3 & 0.2 & 0 \\ 0.1 & 0.3 & 0.4 & 0.2 & 0 \\ 0 & 0.1 & 0.5 & 0.3 & 0.1 \\ 0.2 & 0.3 & 0.1 & 0.2 & 0.2 \\ 0.3 & 0.3 & 0.2 & 0.2 & 0 \\ 0.2 & 0.1 & 0.2 & 0.3 & 0.2 \end{bmatrix},$$

$$R_2 = \begin{bmatrix} 0.1 & 0.4 & 0.4 & 0.1 & 0 \\ 0.1 & 0.3 & 0.4 & 0.2 & 0 \\ 0.2 & 0.4 & 0.3 & 0.1 & 0 \\ 0 & 0.2 & 0.4 & 0.3 & 0.1 \\ 0.2 & 0.4 & 0.2 & 0.2 & 0 \\ 0.1 & 0.3 & 0.4 & 0.2 & 0 \\ 0.2 & 0.5 & 0.2 & 0.1 & 0 \\ 0.1 & 0.4 & 0.3 & 0.2 & 0 \\ 0 & 0.2 & 0.4 & 0.3 & 0.1 \end{bmatrix},$$

$$R_3 = \begin{bmatrix} 0.1 & 0.2 & 0.4 & 0.2 & 0.1 \\ 0.1 & 0.1 & 0.3 & 0.3 & 0.2 \\ 0 & 0.1 & 0.2 & 0.4 & 0.3 \\ 0 & 0.2 & 0.4 & 0.3 & 0.1 \\ 0.1 & 0.2 & 0.4 & 0.3 & 0 \\ 0 & 0.2 & 0.4 & 0.3 & 0.1 \\ 0.1 & 0.2 & 0.4 & 0.3 & 0 \end{bmatrix},$$

$$R_4 = \begin{bmatrix} 0.1 & 0.4 & 0.3 & 0.1 & 0.1 \\ 0.3 & 0.2 & 0.4 & 0.1 & 0 \\ 0.2 & 0.4 & 0.2 & 0.1 & 0.1 \\ 0.2 & 0.3 & 0.4 & 0 & 0.1 \\ 0.4 & 0.4 & 0.1 & 0.1 & 0 \end{bmatrix},$$

$$R_5 = \begin{bmatrix} 0.3 & 0.2 & 0.3 & 0.1 & 0.1 \\ 0.5 & 0.3 & 0.2 & 0 & 0 \end{bmatrix}.$$

根据专家意见给定风险等级对应的得分： $V=[v_1, v_2, v_3, v_4, v_5]=[10, 20, 50, 80, 90]$ ，当风险综合评定量 S 处在不同范围时，对应不同的风险等级，风险等级评定标准如表 3 所示。

以“计划过程风险 U_1 ”评估为例，根据计划过程的二级指标权重 $W_1=[w_{11}, w_{12}, w_{13}, w_{14}, w_{15}, w_{16}]=[0.172, 0.173, 0.173, 0.161, 0.155, 0.166]$ 与 U_1 的隶属度矩阵 R_1 可得，“计划过程风险”的评价向量为

表 3 供应链失效风险等级评定标准表
Tab. 3 An evaluation standard of supply chain fault risk levels

综合评定量	风险等级	说明
[0, 20)	低风险	完全可控
[20, 40)	较低风险	部分可控
[40, 60)	中等风险	中度
[60, 80)	较高风险	不可控
[80, 100]	高风险	完全失控

$$B_1 = W_1 \cdot R_1 = [0.172 \ 0.173 \ 0.173 \ 0.161 \ 0.155 \ 0.166] \cdot \begin{bmatrix} 0.1 & 0.4 & 0.3 & 0.2 & 0 \\ 0.1 & 0.3 & 0.4 & 0.2 & 0 \\ 0 & 0.1 & 0.5 & 0.3 & 0.1 \\ 0.2 & 0.3 & 0.1 & 0.2 & 0.2 \\ 0.3 & 0.3 & 0.2 & 0.2 & 0 \\ 0.2 & 0.1 & 0.2 & 0.3 & 0.2 \end{bmatrix} = [0.146 \ 0.249 \ 0.288 \ 0.234 \ 0.083].$$

同理，可以计算出 H 公司低速机系列产品及其零部件供应链的“采购过程风险 U_2 ”、“制造过程风险 U_3 ”、“配送过程风险 U_4 ”和“退货过程风险 U_5 ”的评价向量分别为

$$B_2 = W_2 \cdot R_2 = [0.111 \ 0.344 \ 0.335 \ 0.189 \ 0.022],$$

$$B_3 = W_3 \cdot R_3 = [0.058 \ 0.171 \ 0.357 \ 0.300 \ 0.114],$$

$$B_4 = W_4 \cdot R_4 = [0.245 \ 0.317 \ 0.287 \ 0.099 \ 0.052],$$

$$B_5 = W_5 \cdot R_5 = [0.393 \ 0.247 \ 0.253 \ 0.053 \ 0.053].$$

根据表 2 计算出的失效风险一级评价指标的权重为 $W=[w_1, w_2, w_3, w_4, w_5]=[0.216, 0.199, 0.223, 0.187, 0.176]$ ，总体目标隶属度为

$$R = \begin{bmatrix} B_1 \\ B_2 \\ B_3 \\ B_4 \\ B_5 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0.146 & 0.249 & 0.288 & 0.234 & 0.083 \\ 0.111 & 0.344 & 0.335 & 0.189 & 0.022 \\ 0.058 & 0.171 & 0.357 & 0.300 & 0.114 \\ 0.245 & 0.317 & 0.287 & 0.099 & 0.052 \\ 0.393 & 0.247 & 0.253 & 0.053 & 0.053 \end{bmatrix}.$$

由式 (8) 计算出供应链失效风险模糊综合评价向量为

$$K = W \cdot R = [0.182 \ 0.263 \ 0.306 \ 0.183 \ 0.067].$$

由 $V=[10, 20, 50, 80, 90]$ 及式 (9) 计算得出风险等级综合评价得分为

$$S = K \cdot V^T = [0.182 \ 0.263 \ 0.306 \ 0.183 \ 0.067] \cdot \begin{bmatrix} 10 \\ 20 \\ 50 \\ 80 \\ 90 \end{bmatrix} = 43.002.$$

同理，按照 $S_i = B_i \cdot V^T (i=1,2,3,4,5)$ ，求得该系列产品计划、采购、制造、配送、退货各过程的风险等级得分，各过程风险评价向量、风险等级评分及排序汇总如表 4 所示。

表 4 公司低速机系列产品供应链失效风险等级综合评分及各过程风险等级评分

Tab. 4 Comprehensive score of supply chain fault risk and scores of every process of low-speed machines

一级指标	风险等级					风险等级 评价得分	风险等级 评价排序
	低风险 10	较低风险 20	中等风险 50	较高风险 80	高风险 90		
计划过程风险	0.146	0.249	0.288	0.234	0.083	46.982	3
采购过程风险	0.111	0.344	0.335	0.189	0.022	41.768	2
制造过程风险	0.058	0.171	0.357	0.300	0.114	56.120	1
配送过程风险	0.245	0.317	0.287	0.099	0.052	35.740	4
退货过程风险	0.393	0.247	0.253	0.053	0.053	30.616	5
综合评估结果	0.182	0.263	0.306	0.183	0.067	43.002	

3.2 结果分析与改善建议

根据对表 4 与表 3 中最终结果的风险等级评定标准进行比较,综合评价结果 $S = 43.002 \in [40, 60)$, 属于中等风险等级。根据最大隶属度原则可知, H 公司低速机燃油喷射系统系列产品的供应链失效风险仍为中等偏高, 因为综合评估结果的“中等风险”、“较高风险”、“高风险”的隶属度之和达到 0.556, 相当于发生中等偏高风险的概率达到了 55.6%。其中, 5 个一级指标的风险评分排序为: 制造>采购>计划>配送>退货, 可知低速机系列产品供应链失效风险主要体现在制造、采购、计划 3 个方面。由表 4 可以看出, 这 3 个阶段的风险评分均处于中等风险, 而制造过程的风险评分为 56.120, 超过了综合评分结果, 并且制造过程较高风险和高风险的隶属度之和达到了 0.411, 中等风险的隶属度也很高, 可见该企业在制造方面的问题是供应链高效运行的主要瓶颈, 这也与 H 公司的实际情况一致。

综上所述, H 公司亟需根据供应链的关键风险因素分析, 加大力度提高技术水平和加强管理控制, 主要从制造、采购、计划 3 个过程进行宏观控制与管理。本文给出以下微观改善建议, 便于从主要问题出发改善供应链效益: 1) 制造方面, 生产技术标准和工艺标准缺乏、设备故障频率高是影响生产效率和产品质量的主要瓶颈, 因此给出的改善建议是针对核心工艺建立标准的 SOP 流程, 梳理、统一技术标准, 并引入全面设备维护管理方法改善设备利用率。2) 采购的主要问题体现在缺乏科学有效的供应商管理制度和流程, 包括供应商选择办法和供应商考核与激励机制, 下一步应根据公司情况进行完善。第二个是物料采购策略和库存管理的问题, 导致了关键物料急料、库存积压, 建议建立分散采购的策略, 可以有效改善现状, 同时加强库存管理和更新。3) 计划是最重要的一环, 涉及其他 4 个方面的执行, 因此不仅要加强科学制定计划和计划及时更新反馈, 更应结合企业战略与客户需求制定合理的计划, 指导供应链在各个方面提升效率和产品质量, 才能有效地降低供应链的脆弱性, 改善供应链的运行状况。

4 结论

研究运用 SCOR 模型、熵权法和模糊综合评判法对 H 公司供应链失效风险进行了识别分析与评估, 并对 H 公司低速机燃油喷射系统类系列产品及零部件供应链失效风险进行了系统性的评估, 验证了该模型的实用性与有效性。本文主要结论如下:

1) 通过调查研究 H 公司供应链运作流程, 结合供应链 SCOR 模型各阶段的特点, 进行了供应链失效风险因素的识别分析, 并构建了 H 公司供应链失效风险评估指标体系, 为企业供应链失效风险控制的进一步研究打下了基础;

2) 将熵权与专家信息相结合, 应用定性与定量相结合的方法确定评估指标的权重, 降低了权重受主观经验的影响程度, 更客观、合理地反映了供应链风险影响因素的相对重要性;

3) 运用模糊综合评价方法进行多指标模糊综合评价, 构建了供应链失效风险模糊综合评估模型, 并验证了其有效性和实用性, 对 H 公司的供应链现状进行评估, 分析主要问题并提出改善建议。

实例验证结果表明, 该方法能够有效地对 H 公司供应链失效风险进行识别与评估, 能客观地反映 H 公司产品供应链失效风险的现状, 对确定指导 H 公司发现关键的风险影响因素并采取合理的改善建议具有很大的作用。

[参考文献] (References)

- [1] 李守泽, 余建军, 孙树栋. 供应链失效风险识别与评估[J]. 计算机应用研究, 2010, 27 (12): 4568-4570.
LI S Z, YU J J, SUN S D. Identification and evaluation of supply chain fault risk[J]. Application Research of Computers, 2010,

- 27(12): 4568-4570. (in Chinese)
- [2] 刘家国. 供应链弹性[M]. 北京: 经济科学出版社, 2014.
LIU J G. Supply chain resilience[M]. Beijing: Economic Science Press, 2014. (in Chinese)
- [3] SODHI M M S, CHOPRA S. Managing risk to avoid supply-chain breakdown[J]. MIT Sloan Management Review, 2004, 46(1): 53-61.
- [4] MANUJ I, MENTZER J T. Global supply chain risk management strategies[J]. International Journal of Physical Distribution & Logistics Management, 2008, 38(3): 192-223.
- [5] 张炳轩, 李龙洙, 都忠诚. 供应链的风险及分配模型[J]. 数量经济技术经济研究, 2001, 18 (9): 92-95.
ZHANG B X, LI L Z, DU Z C. Supply chain risk and distribution model[J]. The Journal of Quantitative & Technical Economics, 2001, 18(9): 92-95. (in Chinese)
- [6] 周艳菊, 邱莞华, 王宗润. 供应链风险管理研究进展的综述与分析[J]. 系统工程, 2006, 24 (3): 1-7.
ZHOU Y J, QIU W H, WANG Z R. A review on supply chain risk management[J]. Systems Engineering, 2006, 24(3): 1-7. (in Chinese)
- [7] NGAI E W T, WAT F K T. Fuzzy decision support system for risk analysis in development[J]. Decision Support Systems, 2005, 40(2): 235-255.
- [8] 肖美丹, 李从东, 张瑜耿. 基于未确知模糊理论的供应链风险评估[J]. 软科学, 2007, 21 (5): 27-30.
XIAO M D, LI C D, ZHANG Y G. Assessment of supply chain risk based on uncertainty theory and fuzzy method[J]. Soft Science, 2007, 21(5): 27-30. (in Chinese)
- [9] 丁伟东, 刘凯, 贺国先. 供应链风险研究[J]. 中国安全科学学报, 2003, 13 (4): 64-66.
DING W D, LIU K, HE G X. Study on risk of supply chain[J]. China Safety Science Journal, 2003, 13(4): 64-66. (in Chinese)
- [10] 晚春东, 王雅林, 齐二石. 供应链系统风险识别与评估研究综述[J]. 哈尔滨工业大学学报(社会科学版), 2007 (6): 93-98.
WAN C D, WANG Y L, QI E S. Research on the supply chain risk identification and its assessment[J]. Journal of Harbin Institute of Technology (Social Sciences Edition), 2007(6): 93-98. (in Chinese)
- [11] 王小敏, 田苗. 供应链运作参考模型研究[J]. 物流科技, 2006, 29 (3): 97-99.
WANG X M, TIAN M. Research on supply chain operations reference-model[J]. Logistics Sci-Tech, 2006, 29(3): 97-99. (in Chinese)
- [12] 冯运卿, 李雪梅, 李学伟. 基于熵权法与灰色关联分析的铁路安全综合评价[J]. 安全与环境学报, 2014, 14 (2): 73-79.
FENG Y Q, LI X M, LI X W. Comprehensive evaluation method for the railway safety based on the entropy method and the grey relation analysis[J]. Journal of Safety and Environment, 2014, 14(2): 73-79. (in Chinese)
- [13] 杨洋, 何紫微. 基于 SCOR 模型的新能源汽车供应链风险识别和评估[J]. 物流技术, 2015 (19): 186-191, 200.
YANG Y, HE Z W. Study on risk recognition and evaluation of new energy automobile supply chain based on SCOR model[J]. Logistics Technology, 2015(19): 186-191, 200. (in Chinese)
- [14] 陈姿, 刘胜, 杨涛, 等. 基于熵权法的培训外包风险模糊评价研究与应用[J]. 机械, 2013, 40 (8): 5-10.
CHEN Z, LIU S, YANG T, et al. Research and application of fuzzy evaluation of training outsourcing risk based on entropy method[J]. Machinery, 2013, 40(8): 5-10. (in Chinese)