

可持续供应链的精益安全管理^①

顾 复^{②*} 李文刚^{**} 常卫东^{***} 张 哲^{****} 宋海松^{*****} 潘 宁^{*****} 郭剑锋^{③*****}

(* 浙江大学流体传动与控制国家重点实验室 杭州 310027)
(** 贵州中烟工业有限责任公司 贵阳 550001)
(*** 河南中烟工业有限责任公司 许昌 461000)
(**** 北京市烟草专卖局 北京 100122)
(***** 福建省烟草专卖局 福州 350003)
(***** 中国科学院科技政策与管理科学研究所 北京 100190)

摘 要 为了提高职业安全健康管理水平,研究了可持续供应链的精益安全管理概念与管理模式,包括精益安全管理的内容、目标与实现,且对精益安全管理进行了重新定义。通过对概念的分析,引入了符合精益安全管理理念的效用指数以衡量安全管理水平,该指数面向供应链全过程与全元素且不受领域局限。结合“持续改善”的精益需求以及供应链中繁多的管理栏目,提出了持续改善框架与管理栏目优选算法,以实现精益安全管理并提升管理效用水平,最后通过基于烟草行业供应链实例数据的模拟计算演示了方法的可用性。

关键词 可持续供应链,精益安全管理,效用指数(EI),聚类分析

0 引 言

根据世卫组织的定义,职业安全与健康管理的定义是“工作中发生的所有方面的健康与安全问题,并主要致力于危害预防”^[1]。Heinrich 等指出工业生产中发生的 98% 致命事故可以被有效避免^[2]。职业安全健康管理正在受到越来越多的关注:(1) 劳动力供给的持续萎缩^[3]以及劳动力成本的快速上升^[4];(2) 一系列的重大安全生产事故的发生^[5];(3) 来自政府最高层的重视^[6]。我国职业安全与健康管理体系的建设与应用正处于一个高速发展阶段^[7,8],取得了一定的成效^[9]。同时面对安全与成本两方面的挑战,“精益安全(lean safety)”这一概念应运而生。精益理念与精益管理是专注于减少

“废品”以提高生产率的管理策略^[10]。

目前精益安全在多个领域进行了探索,包括冶金^[11]、建筑^[12-14]、物流^[15]、烟草^[16]、电力^[17]、制造^[18]与化工^[19,20]等行业。季如磐将承包商纳入精益安全管理体系^[12]。戴丽月从信息化、人员管理与企业文化等方面提出了精益安全管理保障策略^[13]。仲青探讨了先进信息技术在精益安全管理中的应用^[14]。雍瑞生从生产作业、安全管控以及安全文化进行了措施要素体系设计^[18]。尽管精益安全的研究已经渗入企业运营的许多方面,然而依然缺乏针对全供应链系统性的论述。Womack 与 Jones 指出,精益的准则与实践必须覆盖整个供应链才能充分获得精益管理带来的收益^[21]。Shah 与 Ward 进行了同样的强调^[22],而当前的精益安全管理缺乏对供应链的相关表达。这些论述与精益安全的发展历程以

① 国家自然科学基金(71271200, 71671180)资助项目。
② 男,1985 生,博士,讲师;研究方向:可持续供应链、绿色制造;E-mail: gufu@zju.edu.cn
③ 通信作者,E-mail: guojf@casipm.ac.cn
(收稿日期:2017-10-11)

及客观需求^[9]不谋而合。另一方面,精益管理面临的新挑战之一就是如何实现可持续发展^[23]。Martínez-Jurado 与 Moyano-Fuentes 指出,精益管理、可持续发展与供应链管理之间存在着相当大的交集^[24],而其中必然有精益安全的一席之地。目前可持续供应链管理已经成为了热点领域^[24],职业安全与健康管理是其中重要组成部分^[25]。精益安全管理必将成为实现可持续供应链的主要环节之一,然而精益安全在可持续供应链中的概念、管理模型以及其实践意义却缺乏论述。

本文主要研究精益安全在可持续供应链管理中的概念与内容,包括重新定义“精益安全管理”这一概念并根据精益思想提出针对精益安全管理的效率评价方法,称为“效用指数(efficacy index, EI)”。针对企业供应链中涉及管理栏目繁琐众多的情况,本文提出了一种基于聚类分析与主成分分析(principle component analysis, PCA)相结合的精益优选模型,首先利用聚类分析提取出部分具有代表性的栏目,用 PCA 确定其对整体效用指数的贡献,从而实现对繁多管理栏目的有效精简与排序,提升安全管理效率。通过对烟草行业的数据进行模拟计算,说明了所提出的管理栏目优选模型的可操作性。

1 可持续供应链的精益安全管理概念

1.1 精益安全的定义

精益管理的核心理念在于在最大化收益的同时将耗费最小化^[10]。尽管精益安全这一概念已经被提出接近 10 年,已有研究更关注于具体的措施与实践^[11-20,26],其依然缺乏一个明确的定义。现有的关于“精益安全”的定义更偏向于口号,如:“精益安全管理是以先进的精益管理理念为指导,以追求“零缺陷、零隐患、零伤害”为目的,运用精益管理的方法和工具,通过不断学习和持续改善,彻底消除浪费和现场隐患,努力创建“思想无懈怠、制度无漏洞、工艺无缺陷、行为无差错、设备无隐患”的持续安全型企业”^[16]。然而,以“零缺陷、零隐患、零伤害”为目标势必会无限提高安全管理的成本,因此与“精益管理”的理念背道而驰。此外,精益管理的方法

和工具在精益安全领域的应用经常需要进行改变,如 Heinrich 图被 Massimore 图所取代^[18]。同时一些新技术手段也被用于精益安全的实践探索之中^[14]。

探讨精益安全的定义有必要回归到精益管理这一概念。根据 Womack 等的论述^[10],精益管理是一种集成的科学体系与管理模型,而广义的精益思想与哲学、以人为本的企业文化、积极博采众长的学习型组织以及个性化的决策与方案制定则是精益管理实现的基础。其中,各个子系统的精益化是实现组织整体精益管理中必不可少的一环。因此,精益安全本身就是企业精益管理中的重要组成部分。进一步地,精益安全可以被视为全面精益管理(total lean management, TLM)^[27]在职业安全与健康管理方面的具象化。根据孙杰对全面精益管理的定义^[27],实现全面精益管理需要满足以下条件:(1)把持续改善作为目标与推动力;(2)追求企业的社会价值和客户价值最大化;(3)全过程与全元素的精益化;(4)立足于现代工业工程理论。紧扣“精益管理”与“全面精益管理”的理念,将“精益安全管理”定义为:“以实现相关者利益、社会与环境效益的最大化为目标,以学习型组织为基础,以企业现场管理为重点,以先进理念与技术为手段,以针对供应链的持续改善为动力,面向企业供应链全过程与全元素的职业安全与健康管理体系”。

1.2 概念模型的构造

Ahi 与 Searcy 总结了 12 种关于可持续供应链的定义,都涉及到经济、环境与社会方面对组织内外的影响^[28]。Dubey 等人将“可持续供应链管理”定义为:将环境、社会与经济方面的考量主动集成到关键的组织内商业模式,以创建一个协同的供应链,对物料、信息以及采购、生产、配送的相关现金流进行有效的管理以实现短期与长期的盈利,同时满足利益相关者的需求、组织竞争力与必要弹性^[29]。任何职业安全与健康方面的问题都会使得企业收到经济效益与社会效益方面的损失,如员工职业病而发生的劳动赔偿以及造成的企业名誉损失。与此同时,不良的企业环境表现,如环境污染与环境事故,也会导致职业安全与健康方面产生问题,并很可能导致人身事故或急剧提高职业病风险。因此,职业安全

与健康管理是实现企业可持续供应链中不可或缺的一个要素,它与可持续供应链 3 个评价维度之间的逻辑关系如图 1 所示:安全影响着供应链的经济与社会表现,同时受到环境表现的影响。然而关于安全管理的理念、应用以及相关讨论却鲜有提及,尽管供应链的环境表现一直是可持续供应链研究的重点之一^[28]。

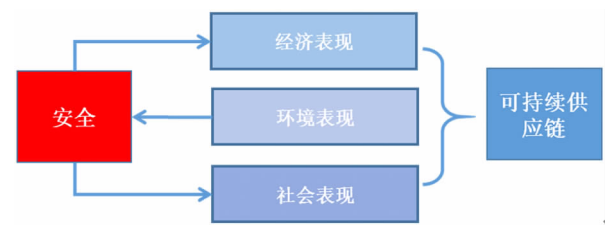


图 1 安全在可持续供应链中的实现

尽管在关于“精益管理”的经典论述中已经有强调考虑相关参与者利益与社会效益等现代供应链管理理念^[10,27],然而精益与供应链管理却鲜有关联^[24]。尽管可持续发展正在成为精益管理的目标^[23]并且精益安全的理念已经被应用于医疗管理领域^[30-32],关于可持续供应链中安全管理的论述至今仍属空白。基于关于安全管理、精益管理与可持续供应链管理概念的讨论^[24,33],本文提出了可持续供应链中精益安全管理的概念定位,如图 2 所示。一方面,随着法律法规的完善与管理科学的发展,职业安全与健康必然需要深入企业供应链,安全管理相关的理念、规则、技术与分析将结合供应链中各个环节并与相关参与者产生互动。另一方面,员工的安全健康代表着重要的社会责任,与环保节能一样都已经成为企业乃至行业可持续发展的重要组成部分^[33],一部分学者已经认识到这一点并重新开始积极探索精益管理在可持续供应链中的应用及其理念内涵的交集^[24]。Dubey 等人总结了可持续供应链管理的 12 个驱动力:绿色库存、供应商战略协同、环境保护、持续改善、应用信息技术、物流优化、内部动力(员工诉求)、制度性压力(立法、政策)、社会伦理、企业战略、经济稳定性以及绿色产品设计^[29]。精益安全管理也受到这些驱动力的作用,持续改进、内部压力、经济稳定性^[27]也是精益管理在可持续供应链管理中的主要交集。在现代企业管理

背景下,精益安全管理可以看作是安全管理、精益管理与可持续供应链管理的重要交集,因此精益安全管理的模式也需要与这三者相紧密契合。

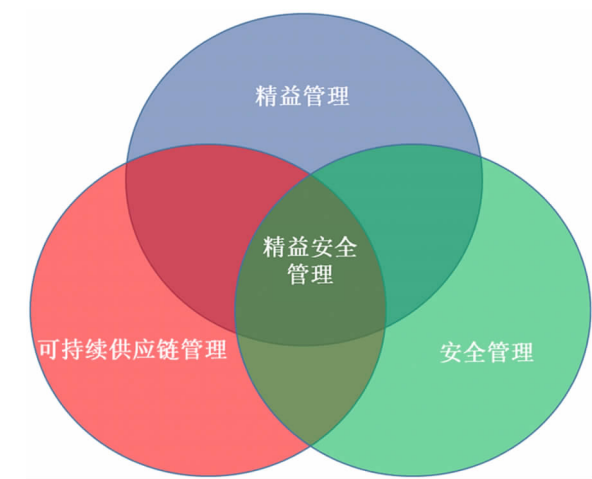


图 2 精益安全管理的概念定位

2 可持续供应链中精益安全管理的实现

2.1 精益安全管理的内容

根据上文中给出的定义,可持续供应链中的精益安全管理强调建立面向“全过程”与“全元素”的管理体系。基于不同的视角与不同的目的,目前存在着多种对供应链管理以及可持续供应链管理内容的界定^[28,29,34]。为实现对“全过程”与“全元素”的有效覆盖,本文基于 Reefke 与 David Sundaram 的可持续供应链管理的内容框架^[34]建立可持续供应链中精益安全管理的内容,这一内容框架分为四个层次:供应链计划、供应链执行、供应链协调(供应链组织内不同环节关系)与供应链系统(供应链不同组织间关系),其内容较为偏向于计划与执行。通过供应链强调协调与协同,本文进一步完善了可持续供应链管理的内容,并在此基础上对精益安全管理相关内容进行标注,如图 3 所示。对可持续供应链管理,可持续供应链中精益安全管理的内容也分为对应的 4 个层次,以下将对其内容进行详细的论述。

安全计划:在供应链设计中需要对安全规则与规范进行设计,同时也有必要鉴定系列危险源,据此建立针对性措施。在物流与生产计划中需要引入精益安全管理的内容,对安全管理相关的人员、设备、

组织与相关培训教学进行系统的规划。

安全执行:生产管理中的现场管理是精益安全管理这一概念的起点^[11],也是过往研究中精益安全管理理念最主要的应用场景^[11,15-20]。在供应链背景下,物料、物流以及库存等环节也需要被纳入职业安全与健康的管理范畴。

安全协调:意外事件的处理在精益安全管理中扮演着重要的角色,处理、分析发生的负面事件包括 Near Miss 能有效阻止类似事件的发生^[18,20,31-32]。从精益管理的角度,表现评价需要包括安全管理的表

现,以实现高效的投入产出与持续的浪费减少。从供应链管理角度,沟通机制与任务协调是实现精益安全管理的重要环节。

安全协同:在供应链中实现精益安全管理需要上下游参与者的共同协作,其中协同过程管理、信息集成是不可或缺的重要环节。废弃物处理管理也被纳入精益安全管理的内容之中。与可持续供应链管理不同的事,精益安全中的废弃物管理更偏向于减少对参与者潜在的健康威胁,而非仅仅针对于减少环境影响或提高废弃物的利用率。

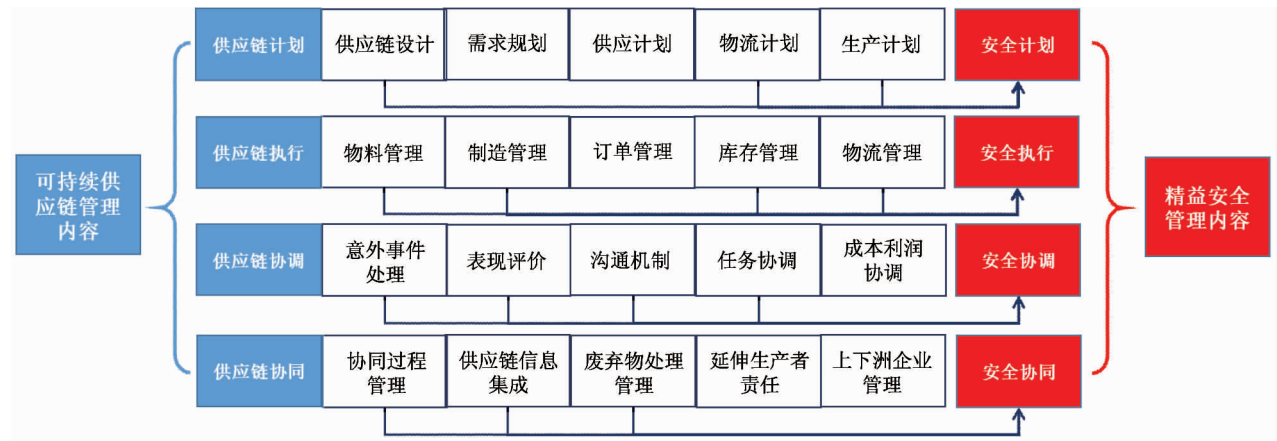


图3 可持续供应链管理中精益安全管理的内容

2.2 精益安全管理的表现

为实现精益安全管理,有必要确定其目标,建立相关评价指数以衡量安全管理水平。在以往关于精益安全管理的讨论中,往往仅仅强调以减少危害与潜在隐患为其首要目的,然而缺乏可操作的衡量目标。追求“零缺陷、零隐患、零伤害”^[12,15-17]仅仅是一句口号,以此衡量企业表现不具备可操作性,而在供应链中实现“零缺陷、零隐患、零伤害”同样不具备可操作性。此外,把“精益”理念等同于精细化管理^[15-19]也是对精益管理理念的一种片面理解,因为制定详尽的安全管理规则仅仅是实现职业安全与健康管理的第二步,而过多管理层级与评价指标会使得相关管理成本指数上升,从而不符合精益管理的“全过程与全元素的精益化”^[27]。

在供应链背景下,安全管理涉及设计、生产、库存与物流等几乎所有环节,同时上下游企业也需要参与其中。实际上,衡量可持续供应链中的精益安

全管理相当于衡量一个系统的安全管理水平,相关评价指标必须是适用于全局的且具有领域独立性以满足“全过程与全元素的精益化”与“把持续改善作为目标与推动力”的精益管理需求。本文采用了一种效用指数(EI)^[35],以衡量精益安全管理水平。Bianchini 等提出这一效用指数的初衷是为了在国家层面衡量欧盟成员国各自的职业安全与健康管理体系的表现^[35],其计算公式如下:

$$EI = \frac{B}{A + B} \tag{1}$$

其中,A 代表所有跟安全事故、意外、职业疾病以及 Near Miss 事件造成的损失,包括相关维修、重建、赔偿等费用;B 代表安全方面的所有投入,包括人力、设备、监管、培训等等一系列相关开支。然而由于背景环境与应用场景的巨大差异,国家级的职业安全与健康管理系统跟可持续供应链中的精益安全管理存在着相当的区别。由于商业职业保险在发达国家

非常普及, 保险费用及其变化也被记入了栏目 A ^[35]。而在后续以我国为背景的实例计算中, 由于保险体制的不同, 保险相关费用将不被记入。值得一提的是, 相关责任人承担的损失也被记入栏目 A , 因为工人责任管理制度已经深入现代企业管理, 对相关责任人的处分可以视作责任制度在相关事故中的落实。对于栏目 B , Bianchini 等仅考虑所有汇报的职业安全与健康相关投入^[35], 而在供应链中还需要考虑大量的间接投入, 如上下游企业的相关调整。栏目 A 与栏目 B 的详细子项如表 1 所示, 以此说明该效用指数在可持续供应链中精益安全管理领域的主要构成。

表 1 效用指数中栏目 A 与栏目 B 的详细子项说明

栏目 A : 负面事件造成的损失	
A_1	安全健康相关事故、事件(包括 Near Miss 事件)造成的直接损失, 如设备维修费用、设施重建费用、员工赔偿费用以及生产延误造成的损失等
A_2	相关事件造成的间接损失, 如期间可能的订单损失、责任人受到的处分与损失等
A_3	相关事件造成的组织内被动调整成本(组织内关联损失), 如临时修改规范、相关设备改造、突击集中培训开支等
A_4	相关事件造成的组织外被动调整成本(供应链关联损失), 如替换供应商等
栏目 B : 安全管理投入的成本	
B_1	职业安全与健康方面的直接投入, 包括安全管理体系所有相关的人力、设备、系统、管理体制以及培训等方面的投入
B_2	职业安全与健康方面的间接投入, 如对产能的调整而引起的成本变化等

随着全球经济的一体化与信息技术的广泛应用, 供应链中各个角色不再是那样的固定, 其相互关系也具有高度的动态性, 如消费者本身也可以成为零售商或供应商。因此, 供应链并不是传统的链式体系, 而是一种复杂的网络体系。因此, 表 1 中的栏目 A 与栏目 B 仅仅针对供应链网络中某个节点中发生的损失与成本, 而无法体现供应链网络的关联性。对此, 本文引入供应链风险传导模型^[36], 将安

全风险流入 (RiskIn) 与安全风险流出 (RiskOut) 的概念应用于可持续供应链中的精益安全管理作为一个必要的补充。对于供应链网络中的任意节点 (如工厂、商店), 其损失 A 与成本 B 可以在网络传递性维度划分为内在损失 A' 与传递性损失 A'' 以及内在成本 B' 与传递性成本 B'' 。其传递性损失与成本将用以下公式进行计算:

$$A' = \sum A_{\text{RiskIn}} + \sum A_{\text{RiskOut}} \tag{2}$$

$$B' = \sum B_{\text{RiskIn}} + \sum B_{\text{RiskOut}} \tag{3}$$

一个完整供应链网络中所有节点的安全风险流入等于安全风险流出, 同时在计算各个节点安全风险输入输出中需要考虑影响阈值 f 。式 (1) 可以改写成:

$$EI = \frac{\sum_{j=1}^2 B_j + B'}{\sum_{i=1}^4 A_i + A' + \sum_{j=1}^2 B_j + B'} \tag{4}$$

改进的效用指数涵盖了所有精益安全管理涉及的相关过程与元素, 符合“全过程与全元素”的要求; 另一方面, 该效用参数仅基于经济成本进行计算, 足够简单明了, 为“持续改善”提供了可能性。在今天的中国, 随着人力成本的上升^[3,4]与法律法规的完善^[6-8], 职业安全与健康相关的赔偿已经成为一笔巨大的开支, 相关责任人制度也进一步明确, 因为以经济表现衡量精益安全管理水平具备必要的合理性与可操作性。

2.3 精益安全管理的展开

根据精益安全管理的定义讨论与已有研究^[17-19], 本文给出了实现精益安全管理的 10 个最主要要素: 标准化、透明化、个人责任、价值导向、面向过程、高度柔性、拉动原则、持续改善、避免错误、减少浪费, 并据此构建学习型组织。其中, 标准化与透明化贯穿始终, 前者为各个过程提供范式, 后者促进相关信息在供应链内的有效共享。个人责任是进行安全管理的基础, 而精益管理的理念时刻以实现价值最大化为导向。精益安全管理始终面向供应链中的各个过程, 且具备高度柔性以进行不断的完善与改进。拉动原则、持续改善、避免错误与减少浪费则是全面精益管理的必要组成^[27]。以管理信息系

统、信息物理系统与数据分析技术为代表的信息技术则为精益安全管理的实现提供了必要的技术支撑。精益安全管理的实现框架如图 4 所示。

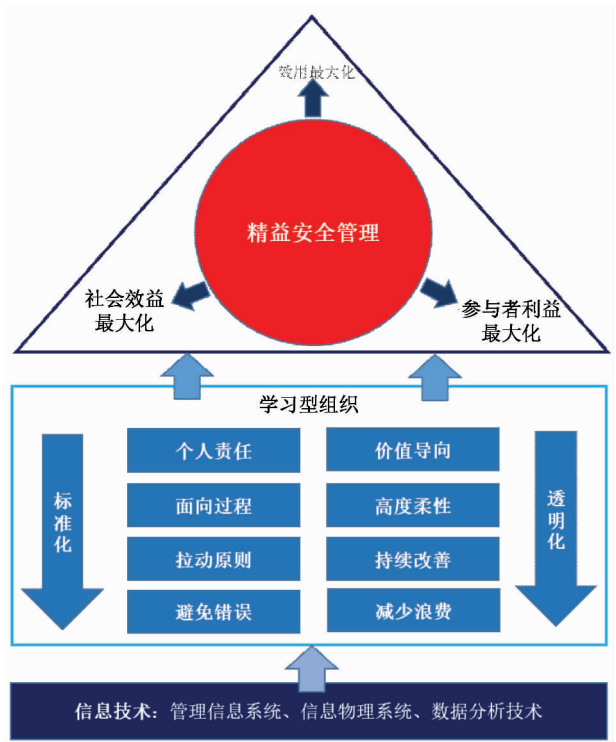


图 4 精益安全管理的实现框架

针对可持续供应链中精益安全管理的“持续改善”与“全过程与全元素”的两个重要特点,本文提出了两个应对方法:持续优化框架与管理栏目优选。

(1)持续优化框架

在安全管理中,对各种负面事件包括事故、意外与 Near Miss 事件的处理与分析一直是其重点之一^[18,20]。为实现精益安全管理的“持续改善”需求,本文在事件分析流程^[18]的基础上提出了持续优化框架,如图 5 所示。其中,对负面事件的处理与分析为精益安全管理体系的持续改善提供了依据,而相关改善的实施则是通过供应链内外部协调与协同而最终在供应链中实现。由于企业供应链参与者与环节众多,因此在事件处理与分析过程中,标准化与透明化是至关重要的两个要素:前者有助于提高相关环节的运行效率与有效性,后者则确保了相关信息数据在供应链中的传播速度。

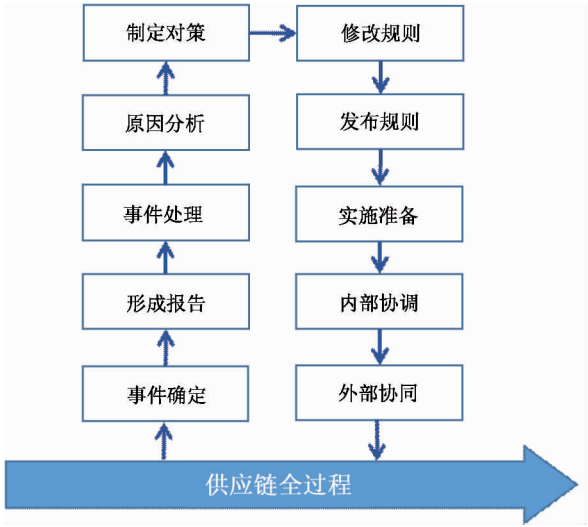


图 5 精益安全管理的持续改善框架

(2)管理栏目量化优选算法

根据定义,精益安全管理必须面向供应链中的全过程与全元素。一个典型的可持续供应链由设计、采购、生产、库存、运输、分销与回收等多个环节组成,并涉及人员、设备、信息等多个领域^[28,29],可持续供应链管理与其精益安全管理的实践内容繁多(如图 3 所示)。因此,可持续供应链中的精益安全管理体系必然由数量众多的管理栏目构成。对此,本文提出了一种基于聚类分析与主成分分析的管理栏目优选模型,以实现对其的有效筛选。该方法分为管辖领域划分、选择管理栏目、栏目参数分配、管理栏目聚类与管理栏目排序这五个主要步骤。以下将分步逐一进行说明。

管辖领域划分:依据已有的责任制度,首先需要将供应链的各个环节进行划分,以确定对应的研究领域。划分边界是实施职业安全与健康项目的第一步^[31,32]。由于供应链涉及的环节远多于医疗管理项目,因此划分领域显得更为重要。由于精益安全管理强调“持续改善”(如图 5),管理栏目优选工作需要选择一定的时间段。基于供应链的网络特征以及风险传导模型^[36],根据该领域(节点)的关联节点数确定其在系统中的权重,如下式所示:

$$w_a = \frac{n_a}{N} \tag{5}$$

其中, N 为供应链网络中的总连接数, n_a 为选定领域的关联节点数。

选择管理栏目:根据划定领域中已有负面事件的记录包括事故报告、检查报告等等系列文档,选择具有一定相关性的管理栏目,例如设备正常率、个人失误率、安全检查频次等常见内容。假设的 n 个所选指标集合为 $\{a_1, a_2, \dots, a_n\}$ 。同时,确定各个管理栏目的安全风险流入与安全风险流出,如损坏设备返厂维修对上游设备供应商以及其技术员工的影响,包括因此而增加的加工设备与安全设备使用次数。

栏目参数分配:根据历史记录分别获取相关指标栏目的投入水平 A_{a_i} 与相关损失 B_{a_i} , 其中对各个栏目 a_i 的投入进行确定通过财务记录与专家报告, 而栏目 a_i 相关损失的确定则根据负面事件报告进行分解与划归。此外,根据上一环节确定的各个管理栏目的安全风险流入 A'_{a_i} 与安全风险流出 B'_{a_i} , 对供应链网络中的传递性安全风险进行计算。汇总数据后,根据式(4)对选取的栏目分别进行效用指数 EI_{a_i} 计算。

管理栏目聚类:首先将各个栏目相关投入、损失以及改善指数组成一个表征数组 $a_i: \{A_{a_i}, A'_{a_i}, B_{a_i}, B'_{a_i}, EI_{a_i}\}$ 。这里,根据经济数据组成的判别数组比基于专家评议的权重赋值法^[16]更具有客观性与可操作性,也更符合上文给出的“精益安全管理”中“利益最大化”的特征需求。本文采用一种分级聚合式聚类分析算法对各个栏目进行聚类,利用欧式距离衡量栏目中各个对应维度(数组 a_i 中元素 x_{im})之间的相似度:

$$\|a_i - a_j\| = \sqrt{\sum (x_{im} - x_{jm})^2} \quad (6)$$

基于“单联聚类”原则,欧式距离最近的数组(栏目)将被聚集到一起。被聚集到一起的栏目具有类似的元素分布模式。由于所选元素都是各种安全相关投入与负面事件的影响在经济层面的影射,独立于领域与环节,因此聚类结果具备足够的普适性与可比较性,为排序计算提供了可操作性。

管理栏目排序:根据图形化的聚类结果,每一个聚类中投入最大的栏目将作为代表进行排序计算。供应链中所有被选择的栏目将组成一个特征矩阵 X^0 。通过下列公式对特征矩阵 X^0 进行标准化,获得标准特征矩阵 X :

$$\tilde{x}_{ij} = \frac{x_{ij} - \min x_j}{\max x_j - \min x_j} \quad (7)$$

通过获得标准矩阵的相关系数矩阵 R :

$$r_{jk} = \frac{\sum_{i=1}^n (x_{ij} - \bar{x}_j)(x_{ik} - \bar{x}_k)}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (x_{ij} - \bar{x}_j)^2 \sum_{i=1}^n (x_{ik} - \bar{x}_k)^2}} \quad (8)$$

根据相关系数矩阵 R 计算特征根与特征向量 V_j :

$$(R - \lambda_j)V_j = 0 \quad (9)$$

根据累计解释度 $a_p = \frac{\sum_{j=1}^p \lambda_j}{\sum_{i=1}^n \lambda_i}$ 选择合适的主成分

个数 k ,并计算每个栏目的评分值:

$$Y_{kj} = \sum_{i=1}^n x_k(i) V_{ij} \quad (10)$$

根据所得评分值对列入排序计算的栏目进行排序。值得注意的是,同一聚类中的各个栏目与排序计算中被选择的栏目具有相同的重要性。结合权重式(5)获得选定领域的安全评分:

$$Y_a = w_a \sum Y_{kj} \quad (11)$$

此评分正比于权重系数与栏目得分,前者体现了该节点在供应链网络安全风险传递中的重要性,后者则是栏目表征数组的降维计算结果。

3 案例研究与讨论

3.1 实例试算

由于受到来自控烟、税收与专营等多方面的压力,我国烟草行业是较早采用系统化、标准化职业安全与健康管理体系的行业之一^[37]。随着控烟立法与管理者责任制的进一步强化,我国烟草行业对成本控制的需求以及对职业安全与健康的关注度也随之不断加强^[16]。在烟草行业的物流领域,郎旭明探讨了主动模式下精益安全管理的应用,并提出了一系列可能应用的工具,如风险识别模型、风险评估模型、组合赋权法与安全评估准则^[16]。基于良好的管理与信息化基础、不断增强的外部压力以及急迫改革的内部动力,本文选择烟草行业中的某卷烟厂为研究对象。由于篇幅的局限,本文无法对系统实施

精益安全管理进行探讨,仅以某卷烟厂的安全管理数据为实例说明管理栏目优选的过程。

尽管卷烟企业并算不上是一个典型的高危企业,然而其企业供应链涉及多个行业,包括农业、化工、机械、物流、包装与零售等等。因此,卷烟厂的职业安全与健康管理系统实际上面临众多挑战,必须将各种相关要素进行综合考虑。在该卷烟厂中,栏目 A 与栏目 B 的主要内容如表 2 所示。其中,除了仅有的明火事故外,大部分负面事件属于 Near Miss 事件范畴。

表 2 某卷烟厂效用指数中栏目 A 与栏目 B 的主要内容

栏目 A:负面事件造成的损失	
A ₁	明火事故、重物跌落、装箱溢出、违规操作、安全误报、粉尘浓度过高、作业区域过热、运输设备故障及维修等
A ₂	订单生产延误、烟叶库存积压、新增库存容量、违规责任人处分等
A ₃	事故分析、临时检查、临时培训、设备改造、针对性装备升级等
A ₄	生产计划变更、物流计划调整、库存更替等
栏目 B:安全管理投入的成本	
B ₁	个人防护装备、厂房监控设备、安全培训(包括全员教育与特种教育)、安全检查、安全补贴与奖励、设备安全改造(如护栏与标识)等
B ₂	供应链安全信息集成、规范发布平台、管理培训材料的制作与分发等

根据供应链风险传导模型^[36],确定该卷烟厂在供应链网络中的连接情况及其安全风险流入与安全风险流出,其简化的示意图如图 6 所示。

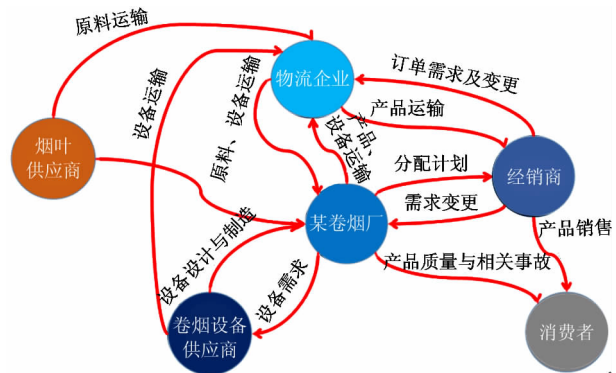


图 6 供应链网络中的某卷烟厂及其安全风险流动

管辖领域划分:这里将卷烟厂作为一个自然的管辖领域,以厂区范围为边界,管理范围包括其中所有人员、设备、物料以及信息。本文选取的时间段为 2014 年全年。

选择管理栏目:选定领域内的安全管理栏目根据已有的职责归属与相关内容进行划分,具体环节包括供应链物流计划管理(1#)、信息集成与安全管理(2#)、整体物料计划(3#)、操作工位准备(4#)、厂区内运输(5#)、烟草卷制(6#)、包装与检验(7#)、厂区内库存(8#)、厂区内环境控制(9#)、防盗系统(10#)、存量管控(11#)、生产进度管理(12#)、火险预警与处理(13#)、进料入库管理(14#)、烟叶加湿处理(15#)、烟叶烘干处理(16#)、成品出库管理(17#)、进出物料装卸环节(18#)等 18 个主要栏目。在已有的安全管理体系中,重点更偏向生产环节,包括厂区内运输(5#)、烟草卷制(6#)、包装与检验(7#)、厂区内库存(8#)、厂区内环境控制(9#)、防盗系统(10#)、火险预警与处理(13#)、进料入库管理(14#)、烟叶加湿处理(15#)、烟叶烘干处理(16#)、成品出库管理(17#)、进出物料装卸环节(18#)等等。然而,在可持续供应链的精益安全管理中,所有相关环节都需要被考虑其中,因为它们之间存在着一定的相互影响,而如前所述,间接影响包括供应链风险传递引起的负面事件也需要考虑在内。

栏目参数分配:基于历史数据(2014 年数据)分别计算并获得上述各个主要栏目的表征数组。其中值得说明的是,在原有的安全管理体系中并未全面覆盖上述所有环节,特别是计划与管理环节。然而尽管如此依然有相关事件记录,这为试算提供了便利。考虑到可持续供应链的背景,尽管计划与管理环节并不直接引起负面事件,其相关损失则根据因为该环节而增加的其他工作引起的负面事件进行计算,即安全风险传递性。进一步,根据图 6 确定这些传递性的负面事件归属,进行传递性成本计算。

管理栏目聚类:根据数组元素间欧式距离(式(2))获得管理栏目的聚类结果图,如图 7 所示,其中横坐标为各个管理栏目、纵坐标为各个管理栏目之间的欧式距离。根据聚类结果可以将 18 项管理栏目根据其经济层面映射分为三个大类:生产现场

管理、物流与物料管理与信息安全管理,其各自元素 (管理栏目)如图 7 所示。

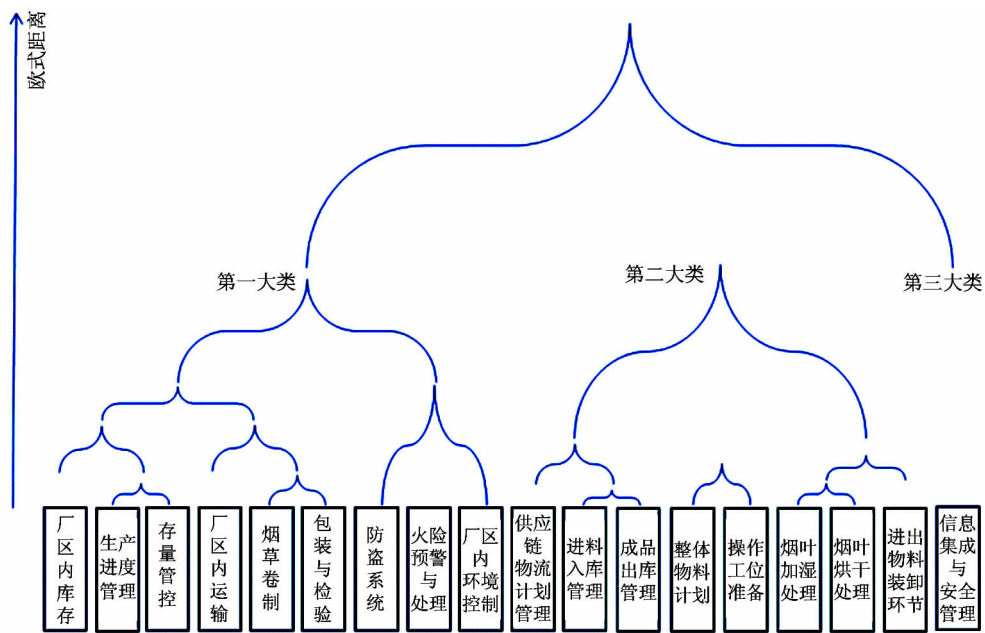


图 7 管理栏目聚类结果图

管理栏目排序:根据投入水平,在三大类中分别选择代表性管理栏目,如区内运输(5#)代表第一大类、工位准备(4#)代表第二大类、信息安全管理(2#)代表第三大类。根据式(3)~式(6)的计算,获得第一大类>第二大类>第三大类。因此,在执行精益安全管理中可以参考这一顺序进行投入分配,包括其中所有元素(安全栏目)。同时,获得该卷烟厂安全评分。

通过这一简单算例,本文证明了管理栏目优选算法的实用性与可操作性,并探讨了可持续供应链背景下精益安全管理在卷烟厂职业安全与健康体系中的可能应用。需要注意的是,根据“持续改善”的理念,需要定期进行优选计算以对职业安全与健康管理系统进行持续优化与改进。此外,在面向整个供应链的精益安全管理中,更多的参数需要被考虑,此时可以考虑分层进行计算或者直接根据效用指数进行计算。

3.2 潜在应用价值

作为实现可持续供应链的重要组成环节,精益安全管理作为“全面精益管理”在职业安全与健康领域的具象化,将成为全面提升企业供应链管理水

平、实现相关者利益最大化与社会效益最大化的一个重要工具。一方面覆盖供应链“全过程与全元素”,另一方面致力于实现安全管理的精益化,精益安全管理不仅仅是管理理念、实践原则的集合,更是一种科学的体系化方法论。精益安全的实现框架与持续优化框架贯彻了“以人为本的学习型组织”与“持续改善”这两个充分体现了精益理念的内涵与精髓。充分考虑精益安全管理的本文所提出的效用指数与管理栏目优化算法基于等价经济表现,独立于环节、领域与学科,具有较强的普适性与可操作性。面向日益激烈的全球化竞争,应用精益安全管理将有效提高企业经济、环境与社会 3 个方面的表现,进而提升综合竞争力。

4 结 论

本文对“精益安全管理”这一概念的定义以及其在可持续供应链中的定位进行了探讨,并研究了可持续供应链的精益安全管理的模式,包括精益安全管理的内容、目标与实现。通过概念的探讨,本文构建了精益安全管理的概念与内容,提出了效用指

数以衡量安全管理水平。基于聚类分析与主成分分析,本文提出了一种安全管理栏目的优选算法以对供应链中众多管理栏目进行精简与排序。通过烟草企业的算例,本文演示了该优选方法的可操作性。

本文仅对“精益安全管理”的概念进行初步探讨并提出了相关概念、内容与实现工具,后续研究可以从以下3个方面开始:

(1)充分考虑供应链各个环节的不同影响范围与影响作用方式,探索精益安全管理在供应链中的分层管理模式,完善效用指数与实现工具。

(2)在可持续供应链中,职业安全与健康安全管理对企业环境与社会表现的影响研究,以及精益安全管理对环境与社会表现的管理模型探索。

(3)探索精益安全管理在不同行业的应用,进一步总结共性问题,完善精益安全管理体系及其应用实现工具。

参考文献

- [1] 世卫组织. WPRO | Occupational health[EB/OL]. http://www.wpro.who.int/topics/occupational_health/en; WHO, 2017
- [2] Heinrich H W, Peterson D, Roos N. Industrial Accident Prevention[M]. New York: McGraw-Hill, 1980
- [3] 童玉芬. 人口老龄化过程中我国劳动力供给变化特点及面临的挑战[J]. 人口研究, 2014, 38(2): 52-60
- [4] 原小能, 唐成伟. 劳动力成本、交易成本与产业结构升级[J]. 浙江大学学报(人文社会科学版), 2015, 45(5): 133-143
- [5] 刘怡君, 陈思佳, 黄远, 等. 重大生产安全事故的网络舆情传播分析及其政策建议——以“8·12 天津港爆炸事故”为例[J]. 管理评论, 2016, 28(3): 221-229
- [6] 人民网. 习近平关于安全生产重要论述的六大要点和十句“硬话”[EB/OL]. <http://politics.people.com.cn/n/2015/0820/c1001-27492284.html>; 人民网, 2015
- [7] 任国友. 中美职业安全健康法对比. 中国安全科学学报, 2009, 19(7): 46-51
- [8] 李静, 郭惊雷, 杨骅, 等. 职业健康安全管理体系在我国的应用. 中国卫生资源, 2015(1): 13-14 + 63
- [9] 人民日报. 重特大事故由高危行业向其他行业蔓延成因更复杂[EB/OL]. <http://www.chinanews.com/sh/2017/04-24/8207263.shtml>; 中国新闻网, 2017
- [10] Womack J P, Jones D T, Roos D. The Machine that Changed the World[M]. New York: Rawson Associates,

1990

- [11] 王川, 陈勇. 轧钢厂生产现场精益安全管理探索与实践[J]. 特钢技术, 2009, 15(2): 63-66
- [12] 季如磐. S公司扩建工程实施安全风险精益化控制研究和应用:[硕士学位论文][D]. 上海:上海交通大学机械与动力工程学院, 2014
- [13] 戴丽月. 精益安全管理在D公司的应用研究:[硕士学位论文][D]. 上海:华东理工大学商学院, 2015
- [14] 仲青. 精益建造视角下基于RFID与BIM的集成建筑工程项目施工安全预控体系研究:[硕士学位论文][D]. 南京:南京工业大学经济与管理学院, 2015
- [15] 王晓晖, 王建中, 李杰. 中集集团精益安全管理:9+8体系[J]. 清华管理评论, 2015(9): 74-79
- [16] 郎旭明. 主动模式下的沧州烟草物流精益安全管理研究:[硕士学位论文][D]. 石家庄:河北科技大学经济管理学院, 2015
- [17] 刘冰. 供电企业安全生产精益化管理研究:[硕士学位论文][D]. 北京:华北电力大学(北京)经济与管理学院, 2016
- [18] Gnani M G, Andriulo S, Maggio G, et al. “Lean occupational” safety: an application for a near-miss management system design[J]. *Safety Science*, 2013, 53: 96-104
- [19] 雍瑞生. 石化工程项目精益安全管理研究与实践:[博士学位论文][D]. 武汉:华中科技大学土木工程与力学学院, 2012
- [20] 孙磊. 基于精益安全理念的精细化工企业 Near Miss 管理研究:[硕士学位论文][D]. 镇江:江苏大学环境学院, 2016
- [21] Womack J P, Jones D T. Lean Thinking[M]. New York: Simon and Schuster, 1996
- [22] Shah R, Ward P T. Defining and developing measures of lean production[J]. *Journal of Operations Management*, 2007, 25(4): 785-805
- [23] Flidner G, Majeske K. Sustainability: the new lean frontier[J]. *Production and Inventory Management Journal*, 2010, 46: 6-13
- [24] Martínez-Jurado P J, Moyano-Fuentes J. Lean Management, Supply Chain Management and Sustainability: A literature review [J]. *Journal of Cleaner Production*, 2014, 85(85): 134-150
- [25] Jilcha K, Kitaw D. Industrial occupational safety and health innovation for sustainable development[J]. *Engineering Science and Technology, an International Journal*, 2017, 20(1): 372-380
- [26] Court P F, Pasquire C L, Gibb A G F. A lean and agile construction system as a set of countermeasures to improve health safety and productivity in mechanical and electrical construction[J]. *Lean Construction Journal*, 2009, 61-

76

[27] 孙杰. 全面精益管理概念的界定[J]. 工业工程与管理, 2009, 14(2): 129-134

[28] Ahi P, Searcy C. A comparative literature analysis of definitions for green and sustainable supply chain management[J]. *Journal of Cleaner Production*, 2013, 52(4): 329-341

[29] Dubey R, Gunasekaran A, Papadopoulos T, et al. Sustainable supply chain management: framework and further research directions[J]. *Journal of Cleaner Production*, 2017, 142: 1119-1130

[30] Simons P A M, Houben R, Vlayen A, et al. Does lean management improve patient safety culture? An extensive evaluation of safety culture in a radiotherapy institute[J]. *European Journal of Oncology Nursing*, 2015, 19(1): 29-37

[31] Crema M, Verbano C. How to combine lean and safety management in health care processes: a case from Spain [J]. *Safety Science*, 2015, 79: 63-71

[32] Crema M, Verbano C. Identification and development of lean and safety projects[J]. *Safety Science*, 2016, 89: 319-337

[33] Taubitz M A. Lean, green & safe: integrating safety into the lean, green and sustainability movement[J]. *Professional Safety*, 2010, 55(5): 39-46

[34] Reefke H, David Sundaram D. Key themes and research opportunities in sustainable supply chain management-identification and evaluation[J]. *Omega*, 2017, 66: 195-211

[35] Bianchini A, Donini F, Pellegrini M, et al. An innovative methodology for measuring the effective implementation of an occupational health and safety management system in the European Union[J]. *Safety Science*, 2017, 92: 26-33

[36] 杨凌杰. 基于计算实验的供应链网络风险传导研究: [硕士学位论文][D]. 南京: 南京大学工程管理学院, 2012

[37] 胡浩. 论职业健康安全管理体系在烟草企业可持续发展中的作用——关于如何加强烟草企业安全管理工作的思考[J]. 科技视界, 2014(26): 345-346.

Lean safety management of sustainable supply chains

Gu Fu^{*}, Li Wengang^{**}, Chang Weidong^{***}, Zhang Zhe^{***}, Song Haisong^{****}, Pan Ning^{*****}, Guo Jianfeng^{*****}
(^{*} State Key Laboratory of Fluid Power Transmission and Control, Zhejiang University, Hangzhou 310027)
(^{**} China Tobacco Guizhou Industrial Co., LTD, Guiyang 550001)
(^{***} China Tobacco Henan Industrial Co., LTD, Xuchang 461000)
(^{****} China Tobacco Monopoly Beijing Administration, Beijing 100122)
(^{*****} China Tobacco Monopoly Xujian Administration, Xuzhou 350003)
(^{*****} Center of Energy and Environmental Policy Research, Institute of Policy and Management, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100190)

Abstract

To improve the level of management of occupational safety and health, this study systematically discusses the concept of lean safety management of sustainable supply chains and the managing mode, including the management's content, goal and realization, and a new definition is given to lean safety management. To measure the level of safety management, the efficacy index (EI) conforming to the concept of lean safety management is introduced, which is oriented to the whole process of supply chain and the whole elements, and unrestricted by the domain. An optimization model is proposed for reducing numerous safety regulating columns and preserving most representative ones, which is based on clustering analysis and principal component analysis. The model is proved to be feasible based on the calculation executed on the actual operation data from the supply chain of a tobacco corporation.

Key words: sustainable supply chain, lean safety management, efficacy index (EI), clustering analysis