

清洁经营风险强弱传导效应比较研究: 基于 电子产业数据系统动力仿真^①

李 昆

(南京审计学院管理学院, 南京 211815)

摘要: 就多数企业实施清洁经营(cleaner operation)能动性不足这一现实,在对南京地区电子企业调研的基础上,运用系统动力仿真技术,对清洁经营风险的策动源、风险的系统传导途径、各经营环节的风险触发水平进行了针对性分析。论文首先对电子产业各经营模块及环节的风险策动水平进行了静态评估,然后应用系统动力仿真方法依据“风险强势传导”和“风险弱势传导”两种路径对由不同风险策动源(清洁经营启动环节)引发的系统风险效应予以动态分析,进而将静态与动态研究结果加以比较,对现实中多数企业规避清洁经营系统风险的动机予以深入剖析,并据此提出了旨在促进企业实施清洁经营的激励性措施。

关键词: 清洁经营; 风险传导; 风险触发; 系统动力仿真

中图分类号: C935; F224.33 **文献标识码:** A **文章编号:** 1007-9807(2014)10-0024-14

0 引言

尽管有学者及政策制定者认为,清洁生产在带来社会、生态效应的同时,长期必将能为企业获得宝贵的市场竞争力和长期经济收益,但短期效应却是:实施清洁生产却可能导致企业经营成本上升,技术工艺发生改变,供应链系统、甚至企业的运营战略受到冲击。既有的经营系统平衡在短期内将被打破,在重新构建一个基于清洁技术、绿色经营模式支撑的崭新系统平衡之前,企业将深陷于技术、成本、市场等诸多风险之中^[1]。

以固体微电子企业为例,飞思卡尔、ADI、欧姆龙以及霍尼韦尔等国际著名半导体公司主动响应社会环保要求,纷纷研发用于发动机、变速箱、电机所使用的新型传控器件—各类速度、压力、温度传感器以动态改善设备能效和控制排放,但以

上公司均面临着元器件及材料供应商更替、因设备接口原因导致老客户拒绝采用新型传感器件、清洁研发本身存在的技术与成本困惑、竞争对手的策略反应等经营系列风险问题^②。尽管环境管制、政策性补贴外在强化了企业清洁经营的激励水平,但多数企业不认为承担环境责任与市场竞争力增进二者间存在规律性联结效应^[2],积极承担环境责任并非是首选的商业战略^[3],多数企业很少在产品研发、关键工艺中考虑实施清洁经营,仅仅依靠末端治理被动应对环境管制,成功企业的“示范效应”(荷兰飞利浦、英国BP石油、陶氏化学)并非理想^[4]。

然而,在揭示问题的同时,需要认识到清洁经营其实质是一种更为高级的市场行为,即维护经营系统的稳定与平衡、规避风险是任何市场行为

① 收稿日期: 2012-08-23; 修订日期: 2013-05-02。

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(71472090; 71072039; 71273127; 71272097); 教育部人文社会科学研究一般资助项目(09YJC630124); 江苏省公共工程审计重点实验室专项基金资助项目(20201201212); 江苏省优势学科“审计科学与技术”建设基金资助项目。

作者简介: 李 昆(1970—),男,江苏仪征人,博士后,教授。Email: lkandlkx@163.com

② 资料“电子企业竞逐内需市场,环保应用受关注”(中国电子报,2008-11-26)。

主体的首要目标。事实上,企业在清洁经营上的踌躇与保守必然内涵着“理性”的考量,决策者并非对分散、相对独立的经营流程进行成本与收益的计算,更多情况下是基于整个经营系统的稳定来平衡可能的风险与收益,这种系统性思考及决策带有强烈“自我保护”策略特征,因此,清洁经营激励机制的构建必须针对上述“理性”考量进行“实然性”研究——站在企业的立场上剖析清洁经营的风险“图谱”,唯有如此才能真正探索出合理、有效的措施促进企业积极地承担环境责任。

1 相关文献述评及启发

在关于清洁经营促进机制的研究中,多数聚焦于企业承担环境责任的行为与企业获得竞争优势的关联问题上^[5],诸如企业通过减少污染和有效管理自然资源可以获得潜在的经济收益^[6]、企业实施环境战略在减少环境影响的同时节约了资金、提高了效率^[10]等等。Aarne 等^[7]学者通过对杜邦公司处理一款被质疑存在健康威胁的化学纤维 Teflon 的做法进行案例研究后认为:自由市场无法为企业主动承担环境、公众健康责任提供可持续性保证,当积极的行为威胁到企业的利润目标时,清洁技术往往会成为利润的牺牲品。

在研究方法及视角上,华瑶、李学超等学者在识别产业资金链、融资期限、技术创新难度、社会阻力、政策影响等五类系统风险的基础上,借鉴模糊数学理论开发了用于评估企业实施低碳化运营

所导致经营系统风险的模糊综合评价模型^[8]。Carolyn Fischer 等学者通过比较传统技术和清洁技术运用于相同产品生产所导致的技术投入、协调成本、环境影响、生产消耗等变量的变化,推导出基于“清洁生产与传统生产适度混合”的最优生产模式,该研究强调了决策者对清洁经营引发成本变化的关注^[9]。Stefan Schaltegger, Martin Bennett 认为来自新技术或新运营模式信息的风险影响、制约着企业实施清洁生产的有效性、一致性和充分性^[10]。以上研究无论是构建风险评估指标体系、应用均衡模型分析、还是采用案例比较,其研究主要分散在企业经营系统的各个环节上,缺乏对企业实施清洁经营引发经营风险的系统分析,且多数采用定性分析、案例支撑的技术。虽然借鉴金融风险传导的量化模型研究不失一种有益的尝试(例如应用 GAICH 模型、使用 Granger-Causality 检验测试股市与周边股市间的波动风险传导效应^[11]),但金融风险传导模型研究能够依靠公开的数据样本(上证指数、香港恒生指数、海峡时报指数等)进行实证分析,但清洁生产所涉及的风险源、风险触发路径、风险环节均不如金融系统风险传导特征明确,且缺乏行业公认、指标体系明确的数据样本。为此,本文考虑使用能够反映、模拟系统复杂作用的社会系统动力仿真模型(SD)来尝试研究清洁经营的风险触发、传导效应,以此探索企业实施环境战略的内在动机及策略特征、提出合理有效的清洁经营促进对策。

表 1 经营系统各模块及其环节流程

Table 1 Operation modulars and sectors of operation system

经营模块	环节名称	环节代码	经营模块	环节名称	环节代码
物流 L	系统规划	L1	客户 C	使用习惯	C1
	运输	L2		购买成本	C2
	仓储	L3		使用成本	C3
	加工作业	L4		处置成本	C4
	逆向物流	L5	供应 S	原料供应	S1
生产 P	工艺设备	P1		合作关系	S2
	流程规划	P2	供应商技术	S3	
	管理监督	P3	研发 R	产品定位	R1
	学习培训	P4		结构功能	R2
技术实现				R3	

2 研究前提

1) 在本文中,研究对象被选择和限定为工业电子元件、消费电子等电子企业,将这类企业作为研究对象是由于:企业所属产业的一体化水平相对其他产业较高,能够较清晰、较集中地从企业决策主体的角度体会和评估清洁生产对经营系统各环节(如原料供应、研发、生产加工、物流、客户 5 个模块,见表 1)可能导致的风险。例如,在研发阶段采取的环境友好设计(如无铅化焊料、低排放工艺、低能耗、无毒化拆卸等品质)很可能对供应、制造、客户消费等环节导致不可预料的影响。

2) 企业的情境经营所引发的风险效应是指:在某个经营环节运用环境友好措施有可能对其它经营环节、甚至整个经营系统产生事前无法意料的“衍生效应”。尽管“衍生效应”包括正向效应(可能促进其他环节或流程的经营效率、经营柔性)和负向效应(可能抑制或降低其他环节或流程的经营效率、经营柔性),但在现实中,多数企业实施清洁生产动力不足、态度犹疑是因为对经营系统效率损失、供应链系统稳定性遭受破坏的担心。因此,依据以上事实情境,本文的研究设计及后面的仿真分析主要针对清洁经营的负向“衍生效应”(亦即风险)展开。

3) 本文所提及的客户系统在整个经营系统内具能动性,即它不仅仅是被动地接受厂家的产品或服务输出,而且对其他子系统产生积极的影响和作用,例如顾客对产品的购买成本、使用习惯、使用成本和产品报废的处置成本等会影响到顾客对产品或服务的选购,进而对厂家的研发、生产加工、物流,甚至原料供应环节产

生影响。

4) 物流模块在研究中特指现代综合物流(modern synthetic logistics),现代综合物流活动同时涵盖流通物流、生产物流与逆向物流三类领域,是基于信息技术与系统优化的高集成性物流活动^[12],而不仅仅停留在流通物流领域,因此,在物流系统的各环节实施清洁化措施对其他子系统,尤其是对生产系统及其环节流程可能形成风险效应。

3 清洁经营系统风险传导的比对矩阵模型

经营系统是一个内外部要素相互关联、相互作用、动态且具有高度风险的复杂系统,企业在某一环节实施清洁化举措可能会对其他环节带来风险(系统的风险扰动效应)。对打算实施环境战略的企业而言,如何选择清洁经营的切入环节是一个重要和谨慎的问题。本研究通过对南京江宁经济开发区、浦口经济开发区、溧水经济开发区 36 家电子产品企业进行专家访谈、问卷调研,构建了风险传导比对矩阵(图 1)描述 5 类企业经营子系统 19 个清洁生产实施环节间的风险传导情况。研究中运用“0-1”法来表示两类不同风险环节间的作用关联,如果在一个风险环节开展清洁生产会对另一个风险环节产生影响,那么用“1”表示;如果不产生影响则用“0”表示(方法参见脚注③)。但需要注意的是:风险环节之间的影响既有双向作用关系,也有单向作用关系。本研究采用“多数票原则”来为电子产品企业清洁生产的风险传导效应打分(0 或 1)。

③ 国家自然科学基金课题组成员曾经提出用李克特 5 分法来衡量在一个经营环节实施清洁措施对另一个环节的不确定性影响程度(1~5),但经过反复斟酌,5 分法所导致的主观意识较强,而让技术专家回答在某个经营环节实施清洁措施是否会另一个环节造成不确定性效应时“会”为 1,“不会”为 0,则客观性会更好,故本研究选择“0-1”打分法。

	R1	R2	R3	L1	L2	L3	L4	L5	P1	P2	P3	P4	S1	S2	S3	C1	C2	C3	C4	
R1	-	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	17
R2	1	-	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	16
R3	0	1	-	0	0	0	0	1	1	1	0	1	0	0	1	0	1	1	1	9
L1	0	0	0	-	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	0	0	1	0	1	11
L2	0	1	0	1	-	1	1	1	0	1	0	0	1	0	1	0	1	0	1	10
L3	0	0	0	1	1	-	1	1	0	1	0	0	1	0	1	0	1	0	1	9
L4	0	0	0	1	1	1	-	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	6
L5	1	1	1	1	0	1	1	-	1	1	0	0	0	0	0	1	0	0	1	10
P1	0	0	1	1	0	0	0	1	-	1	1	1	1	0	1	0	1	1	0	10
P2	0	0	1	1	1	1	1	1	0	-	0	1	1	0	0	0	1	0	0	9
P3	0	0	0	1	1	1	1	1	0	1	-	1	0	0	1	0	1	0	1	10
P4	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	1	-	0	0	0	0	1	0	0	5
S1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	-	1	0	0	1	1	1	15
S2	0	0	0	1	1	1	0	1	0	0	0	0	1	-	0	0	1	0	0	6
S3	0	0	0	0	1	1	1	0	1	0	0	0	1	1	-	0	1	0	0	7
C1	1	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	1	0	-	1	1	1	8
C2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	-	0	0	16
C3	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	-	0	5
C4	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	-	10

图 1 经营环节风险传导效应比对矩阵

Fig. 1 Comparison matrix of operation sectors' risk conduction effect

【双向作用关系说明】: 以电子产品的物流风险环节为例, 如果对电子产品的物流加工环节 L_4 考虑减少过度包装, 此举节约物流成本、减少包装材料(纸箱或木板)的使用, 有益于提升生态效益, 但却可能对货品运输环节 L_2 产生负面影响, 如长途运输中的电子、电器产品的货损率增加(风险); 同样, 为了提高货品的运输效率, 会尽可能在单位标准集装箱内装填更多的货物, 运输往返次数减少达到了减排的生态效果, 但却增加了货品装卸作业的难度, 导致物流作业成本上升(风险)。此时 L_2 与 L_4 之间的作用关系均用“1”表示。

【单向作用关系说明】: 为保护森林资源, 在产品研发环节 R_1 考虑“以塑代木”加工配件, R_1 的改变衍生出对运输环节 L_2 的影响, “以塑代木”降低了产品的重量, 同吨位的车辆可以运送更多数量的产品, 减少了送货次数、从而降低了运输的排放。但反过来看, 货物运输环节 L_2 的改变(运输手段、吨位功率、运输里程等)一般不会导致产品定位研发 R_1 的改变, 因此在比对矩阵图 2 中, R_1 对 L_2 发生作用, 用“1”表示; 而 L_2 对 R_1 被认为不发生作用, 用“0”表示。用相同方法继续确定电子产品经营系统模块环节之间的作用关系, 在

此不再一一赘述。

4 清洁经营的系统风险传导效应分析

为了研究企业经营系统的 5 个子系统模块之间的清洁经营风险传导效应, 根据比对矩阵图 1, 可以形成一个 5 个子系统之间的风险传导比对矩阵(图 2), 该矩阵中带有括号“()”的数值表示某个模块对于另一个模块的单向强作用, 即前者对后者的风险传导效应要大于后者对前者的传导效应; 没有括号的数值表示某个模块对于另一个模块的单向弱作用; 数值上带有星号“*”的表示两个模块彼此间作用程度相同, 属于并行作用(关联)模块。

	R	L	C	P	S
R	-	(11)	11*	(8)	(7)
L	4	-	10	7	6
C	11*	(10)	-	5	(7)
P	2	(13)	(6)	-	4*
S	3	(12)	5	4*	-

图 2 子系统模块间的风险传导效应比对矩阵

Fig. 2 Risk conduction effect comparison matrix between sub-system modulars

4.1 系统风险强势传导效应静态分析

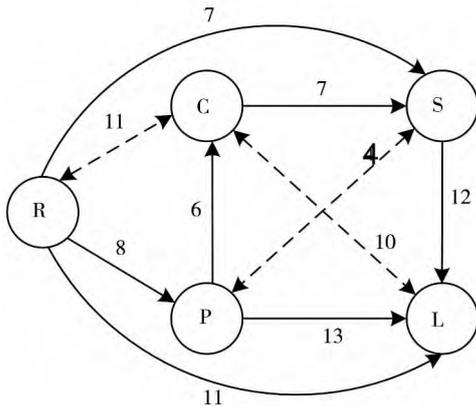


图3 模块间风险强势传导路径示意

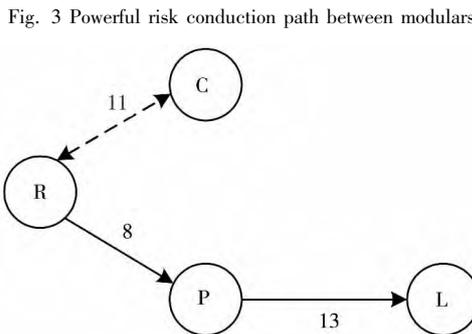


图4 清洁经营风险最可能传导路径

Fig. 4 The most possible risk conduction path of cleaner business system

依据风险传导模块对比矩阵(图2),可以描述经营系统模块之间的风险强势传导作用(图3)图3实箭线表示模块间风险单向强势传导关系,虚箭线表示模块间的并行作用关系。所谓风险强势传导是指:通过对特定经营环节施以清洁变革,继而在其他环节中依次引发经营风险的“风险最可能触发”路径。探索清洁经营风险强势传导路径的作用在于:结合技术、成本、商业关系等风险因素,探索那些启动清洁经营对企业而言最为敏感的环节及其路径效应,对剖析企业消极承担环境责任的动机具有重要的意义。

研究按着“最可能被触发风险”原则探索清洁经营风险的最可能传导路径,具体做法:在图4中,发现L(物流模块)是最易被引发风险的环节(3条箭线分别以较大效应值13、12、10流入L环节,参看图3)依据“最可能被触发风险”原则,选择流入L环节的最大效应值13,故选取“P—L”路

径,“S—L”路径(12)、“C—L”路径(10)被略去。然后观察P(生产模块)将选择“R—P”路径(8),而“S—P”路径(4)被略去。接着再观察R(研发模块),由于R与C(客户模块)之间互为影响(双箭线关系)故只能选择“C—R”路径。最后观察C环节,发现没有箭线流入C环节,因此,C和R两环节及其相互作用关系(如:客户需求与研发理念的相互作用导致经营系统内风险的形成)被认为是风险强势传导效应的策动源,由此得到清洁经营的最可能风险传导路径(图4所示)。清洁经营最可能风险传导路径是清洁经营风险形成和控制的关键线路,可以发现物流模块是最容易受到其他实施清洁经营模块影响的子系统。由于研发创造、挖掘、影响客户需求;客户需求则通过市场机制反作用于研发,且二者的交互作用通过系统传导机制最终将风险传至整个经营系统。

4.2 基于系统交互作用的强势风险传导动态仿真分析

就整个风险强势传导系统(如图3)而言,在特定经营模块实施清洁措施都将对其它经营模块产生作用,任何经营模块所触及的风险程度将取决于整个风险强势传导系统的动态、交互作用。譬如将环保理念揉入研发中不但会在生产领域、物流领域引发某种程度的风险,而且会通过系统的关联与传导效应反作用于自身,使自身的风险程度改变。因此,如若期望全面理解由客户绿色需求、清洁研发等风险源所触发的经营系统整体风险触发状态就不能只停留在静态分析层面,下面将运用系统动力仿真技术(Vensim5.4)对清洁经营的强势风险传导效应进行动态分析。

1) 仿真技术运用说明:信息论创始人 C. E. Shannon 提出了“信息熵”(informational entropy)的概念,用于解决对信息的量化度量问题。信息熵表征了信息的风险,一般而言,指标所反映信息的不确定性越高,信息熵越小;指标所反映信息的不确定性越低,信息熵越大。信息熵用作事态的风险度量被认为是相对客观和准确的,结合风险强势

传导路径(图 3) 和业务环节风险传导效应比矩阵(图 1), 可以对清洁经营风险强势传导系统内各经营模块所触发的风险进行熵值测度, 具体测度公式为

$$U_i = - \sum_{j=1}^n \left(\frac{U_{ij}}{\sum U_{ij}} \right) \text{LN} \left(\frac{U_{ij}}{\sum U_{ij}} \right) \quad (1)$$

其中 $U_{ij} = k_{ij}U_j$

$$\text{风险传导系数: } k_{ij} = \frac{\text{经营模块 } j \text{ 实施清洁生产对经营模块 } i \text{ 引发的风险效应值}}{\text{经营模块 } j \text{ 的环节数}} \quad (2)$$

(注: 计算时参看比矩阵图 3)

U_i 表示经营模块 i 直接被引发风险的程度(例如图 5 中客户、供应商、生产模块对物流模块的直接作用); U_{ij} 表示由经营模块 j 的风险导致经营模块 i 引发风险的程度; $\sum U_{ij}$ 表示其他经营模块通过系统交互作用对模块 i 产生的整体风

险效应(例如图 6 中客户、供应商、生产、物流等模块对研发模块形成的系统综合作用); k_{ij} 表示经营模块 j 对经营模块 i 的风险触发系数, 计算方法参看公式 (2). 另外在表 2 中给出用于清洁经营系统风险测度仿真的变量说明:

表 2 清洁经营系统模块的风险测度变量说明

Table 2 Explanation for uncertainty measure variables of cleaner operation system modular

模块 i 直接被引发的风险程度 U_i	风险程度测度代码	模块 i 的系统风险效应 U_{ij}	风险程度测度代码
研发模块的直接强势风险触发效应	RESE	研发模块的系统风险触发效应	Ra
客户模块的直接强势风险触发效应	CUS	客户模块的系统风险触发效应	Ca
生产模块的直接强势风险触发效应	PRO	生产模块的系统风险触发效应	Pa
物流模块的直接强势风险触发效应	LOGI	物流模块的系统风险触发效应	La
供应模块的直接强势风险触发效应	SUPP	供应模块的系统风险触发效应	Sa

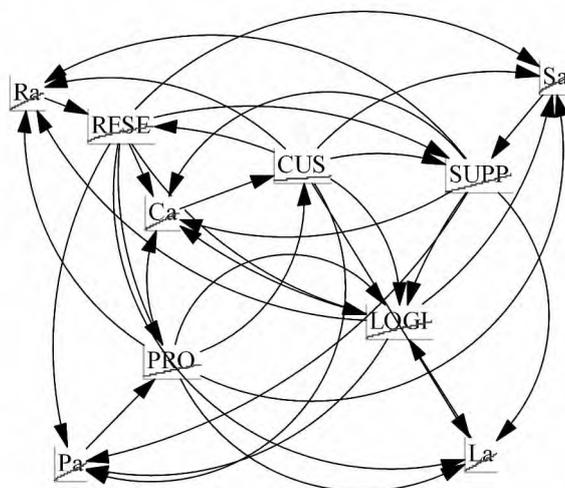


图 5 企业清洁经营风险强势传导效应仿真

Fig. 5 Risk power conduction simulation of cleaner business

2) Vensim5.4 仿真运算过程: 依据模块间强势传导路径(图 3) ,通过 Vensim5.4 系统动力仿真软件生成系统风险传导仿真系统(如图 5 所示) . 系统仿真环境设计为: 各模块的初始直接被引发风险程度设为 5; 各模块受系统作用引发的整体风险程度初始值设为 1、最大输入风险为 30

(考虑表 1) 、单位仿真增量为 0.1; 模块间的交互仿真次数为 20 次 ,单位仿真时长为 0.125 次. 在仿真运算过程中 *RESE*、*PRO*、*CUS*、*LOGI*、*SUPP* 为水平(Level) 变量; *Ra*、*Pa*、*Ca*、*La*、*Sa* 为辅助变量 结合图 4 中的强势风险传导路径示意 根据公式(1) 、(2) 可建立以下仿真函数:

研发模块清洁化系统整体风险触发效应测量辅助函数:

$$Ra = 11/4 * CUS + 4/5 * LOGI + 2/4 * PRO + 3/3 * SUPP$$

Shannon 法研发模块清洁化强势风险触发效应测量函数:

$$RESE = -((11/4) * CUS / Ra) * LN(1/((11/4) * CUS) / Ra)$$

客户模块清洁化系统整体风险触发效应测量辅助函数:

$$Ca = 6/4 * PRO + 10/5 * LOGI + 11/3 * RESE + 5/3 * SUPP$$

Shannon 法客户模块清洁化强势触发效应测量函数:

$$CUS = -((6/4) * PRO / Ca) * LN((6/4) * PRO / Ca)$$

物流模块清洁化系统整体风险触发效应测量辅助函数:

$$La = 10/4 * CUS + 13/4 * PRO + 11/3 * RESE + 12/3 * SUPP$$

Shannon 法物流模块清洁化强势触发效应测量函数:

$$LOGI = -((6/4) * PRO / La) * LN(1/((6/4) * PRO) / La) - ((10/4) * CUS / 65) * LN((10/4) * CUS / 65) - ((11/3) * RESE / La) * LN((11/3) * RESE / La) - ((12/3) * SUPP / La) * LN((12/3) * SUPP / La)$$

生产模块清洁化系统整体风险触发效应测量辅助函数:

$$Pa = 5/4 * CUS + 8/3 * RESE + 7/5 * LOGI + 4/3 * SUPP$$

Shannon 法生产模块清洁化强势触发效应测量函数:

$$PRO = -((8/3) * RESE / Pa) * LN((8/3) * RESE / Pa)$$

供应模块清洁化系统整体风险触发效应测量辅助函数:

$$Sa = (7/4) * CUS + (7/3) * RESE + (4/4) * PRO + (6/5) * LOGI$$

Shannon 法供应模块清洁化强势触发效应测量函数:

$$SUPP = -((7/4) * CUS / Sa) * LN(1/((7/4) * CUS) / Sa) - ((7/3) * RESE / Sa) * LN(1/((7/3) * RESE) / Sa)$$

Selected Variables

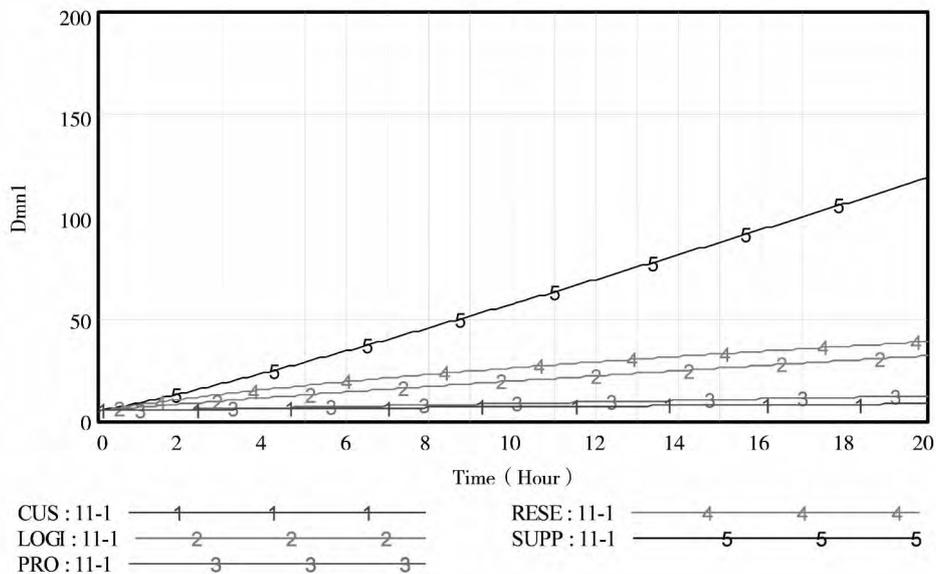


图 6-1 风险强势传导中的模块风险直接触发效应仿真

Fig. 6-1 Dynamic simulation to modulars' uncertainty being directly triggered in powerful risk conduction system

3) 仿真结果说明(图 6-1): 通过 20 次系统动力仿真 图 4 所呈现的清洁经营系统强势风险传导特征得以验证 除了客户、生产两条风险曲线在低水平位置平缓演化外, 供应商、研发、物流等风险曲线均呈现明显扩张态势(20 次仿真的 Shannon 值达到 120 左右), 其中供应商模块的风险曲线上升速度最快, 这说明从长期来看, 客户不断增强的绿色需求、将环保理念植入研发等会直接导致供应系统面临较强的风险, 诸如企业决策者必须考虑从何渠道寻找可替代的环保型原材料、可再生绿色能源能否得到充分保障、传统的原材料以及能源供应伙伴关系更迭后所面临的供应链风险等现实问题. 与此区别的是, 在 4.1 部分的静态分析中, 有关物流模块是最容易受到其他实施清洁经营模块影响的子系统的观点(参看关键路径图 4) 在动态仿真中没有得到佐证(20 次仿真的 Shannon 值为 30), 其风险动态曲线上升平缓. 客户系统受到的风险动态传导效应最小(20 次仿真的 Shannon 值为 10), 这是因为客户模块主要的作用在于引发研发模块响应绿色需求实施清洁措施, 虽然也会受到来自研发模块的影响, 但本身被触发风险的可能性较小.

4) 在风险强势传导系统中, 研发模块直接承受的风险波及程度在仿真分析中紧随供应模块位于第二的位置, 这是由于在图 3、4 中, 虽然在研发模块启动环境战略是整个风险强势传导路径系统

的“导火索”, 但该模块将通过系统的循环交互作用 经由市场的回馈效应(客户模块) 为自身引致较高的风险, 这就是为什么国际上许多著名的企业一旦扣动绿色研发的“扳机”便一发不可收, 当然也有因此陷入研发的“绿色”困境的. 经典的例子就是美国通用汽车公司九十年代初最早启动电动汽车研发, 而随后因为电动汽车开发所连带的技术、成本、市场反馈(消费习惯及消费意识)、产业环境等风险而搁浅了研发计划. 与之形成鲜明对照的则是日本丰田汽车公司受通用开发电动汽车的启发, 凭借日本汽车产业的集聚优势, 坚定地进行混合动力、纯电动汽车的研发(丰田普锐斯), 最终获得了世界环保汽车技术领头羊的市场地位. 但是, 丰田电动汽车的开发之路也并非一片坦途, 市场的各种回馈(如动力不足、供能时间短、充电不方便、刹车系统存在问题等) 也促使丰田不断地更新研发理念和完善设计方案.

上述案例便是典型的“研发风险”触发“研发风险”的“清洁陷阱”效应, 正是这个原因, 多数企业始终规避在研发阶段实施清洁化变革, 因为它不仅导致供应系统、生产系统出现较大程度的风险, 而且也为自己带来严重的滞后影响, 20 次的系统动力仿真清晰的显示(图 6-2): 始于研发的系统风险波及效应对其自身的影响均超过处于风险强势传导链下游的生产和物流所承受的风险程度(对比图 3、4 的静态分析).

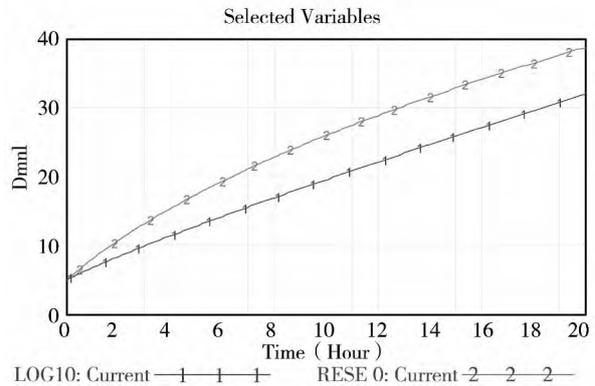
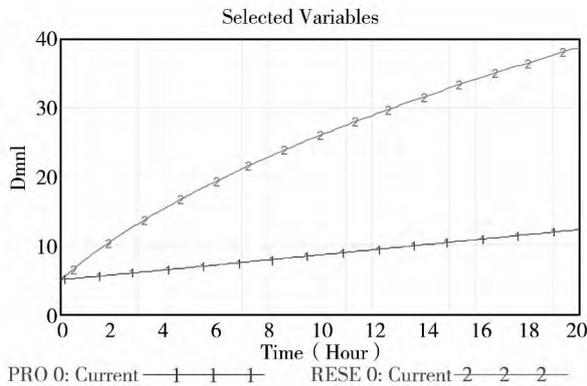


图 6-2 启动绿色研发对生产与物流的风险传导效应

Fig. 6-2 Uncertainty dynamic transmission effect from green research to production and logistic

4.3 系统风险弱势传导效应静态分析

同理, 依据风险传导模块比对矩阵(图 1) 可以剖析清洁经营活动所导致的系统模块间的风险弱势传导特征(如图 7), 风险弱势传导是指:

在特定经营环节实施环境友好措施, 对其他模块环节的影响作用较小或最不容易触发风险的路径. 探索清洁经营风险弱势传导路径的意义为: 对那些被观测到的企业意愿选择某些特定清洁

经营环节的原因进行动机、规律上的分析. 调研中发现: 更多电子企业选择购置专用设备对废线、废弃元件、废弃线路板、电积铜、机壳等进行催化氧化或资源再生处理, 即在制造环节的末端进行清洁经营(末端处置), 而非在研发或物流环节, 这样可以规避较大的系统风险. 图7中的箭线表示模块间风险弱势单向传导关系, 即一种弱影响; 虚箭线表示模块间的并行作用. 按照“最不可能被影响”原则, 依据4.1的分析方法, 通过“路径效应最小值”选择, 获得清洁经营最小风险传导路径(图8). 在该路径中, 物流模

块成为策动、引发整个经营系统清洁化风险的源头, 物流模块触发的风险按着路径L、S、P、R依次进行, 因为是根据“最不可能产生影响、最不可能被影响”原则探索风险传导路径, 所以研发模块R成为最不容易被触发风险的“归宿点”, 但这只是静态分析获得的观点, 具体的风险弱势传导效应仍然有必要放置到整个经营系统的动态、交互作用中去观察. 为此运用系统动力Vensim5.4软件同时对清洁经营风险强、弱势传导效应进行仿真, 以观测厂商对清洁经营实施环节的选择特征.

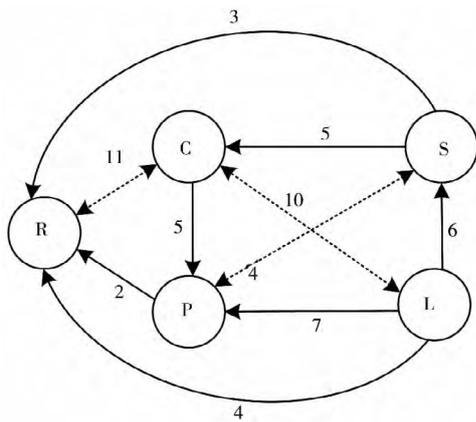


图7 模块间风险弱势传导路径示意
Fig. 7 Feeble risk transmission path between modulars

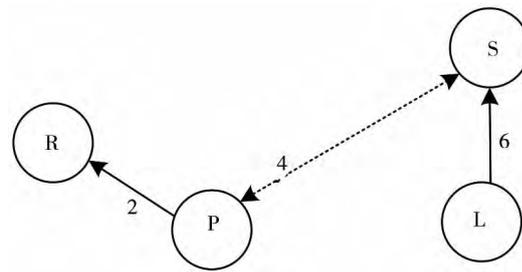


图8 清洁经营风险最不可能传导路径
Fig. 8 The most impossible risk transmission path of cleaner business system between modulars

4.4 弱势风险传导动态仿真研究

1) Vensim5.9 仿真运算过程: 依据模块间强势传导路径(图7), 通过Vensim5.9系统动力仿真软件生成系统风险传导仿真图(如图9左半

部分). 清洁经营风险弱势传导效应仿真环境与风险强势传导效应仿真环境相同(略), 同样根据公式(1)、(2)可建立以下仿真函数:

客户模块清洁化系统整体风险触发效应测量辅助函数:

$$Lb = (10/4) * CUS + (13/4) * PRO + (11/3) * RESE + (12/3) * SUPP$$

Shannon 法物流模块清洁化风险触发效应测量函数:

$$LOGI = -(((10/4) * CUS) / Lb) * LN(((10/4) * CUS) / Lb)$$

客户模块清洁化系统整体风险触发效应测量辅助函数:

$$Cb = (10/5) * LOGI + (6/4) * PRO + (11/3) * RESE + (5/3) * SUPP$$

Shannon 法客户模块清洁化强势触发效应测量函数:

$$CUS = -(((5/3) * SUPP) / Cb) * LN(((5/3) * SUPP) / Cb) - (((11/3) * RESE) / Cb) * LN(((11/3) * RESE) / Cb)$$

生产模块清洁化系统整体风险触发效应测量辅助函数:

$$Pb = (5/4) * CUS + (7/5) * LOGI + (8/3) * RESE + (4/3) * SUPP$$

Shannon 法生产模块清洁化强势触发效应测量函数:

$$PRO = -(((5/4) * CUS) / Pb) * LN(((5/4) * CUS) / Pb) - (((5/5) * LOGI) / Pb) * LN(((5/5) * LOGI) / Pb)$$

研发模块清洁化系统整体风险触发效应测量辅助函数:

$$Rb = (11/4) * CUS + (4/5) * LOGI + (2/4) * PRO + (3/3) * SUPP$$

Shannon 法研发模块清洁化强势触发效应测量函数:

$$RESE = -((4/5) * LOGI / Rb) * LN((4/5) * LOGI / Rb) - ((2/4) * PRO / Rb) * LN((2/4) * PRO / Rb) - ((3/3) * SUPP / Rb) * LN((3/3) * SUPP / Rb)$$

供应商模块清洁化系统整体风险触发效应测量辅助函数:

$$Sb = (7/4) * CUS + (6/5) * LOGI + (4/4) * PRO + (7/3) * RESE$$

Shannon 法供应商模块清洁化强势触发效应测量函数:

$$SUPP = -((6/5) * LOGI / Sb) * LN((6/5) * LOGI / Sb)$$

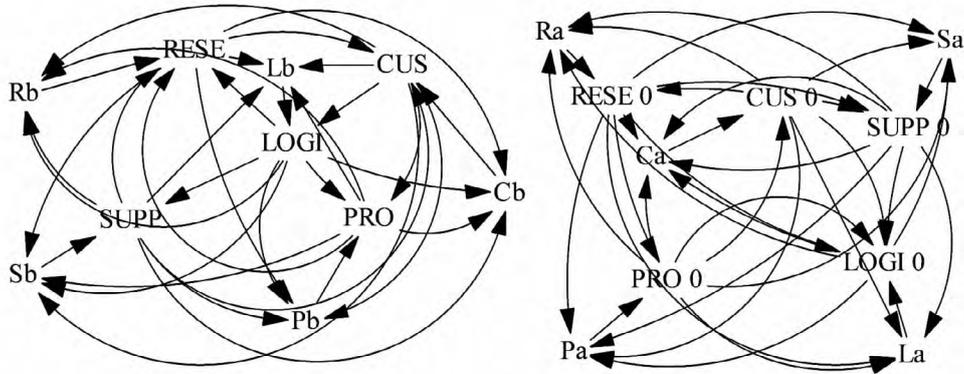


图 9 风险强弱势传导风险直接接触效应比较仿真

Fig. 9 Comparison simulation to uncertainty conduction effect of powerful and feeble

2) 在 Vensim5.9 环境中同时对清洁经营的弱势、强势风险传导效应进行仿真.

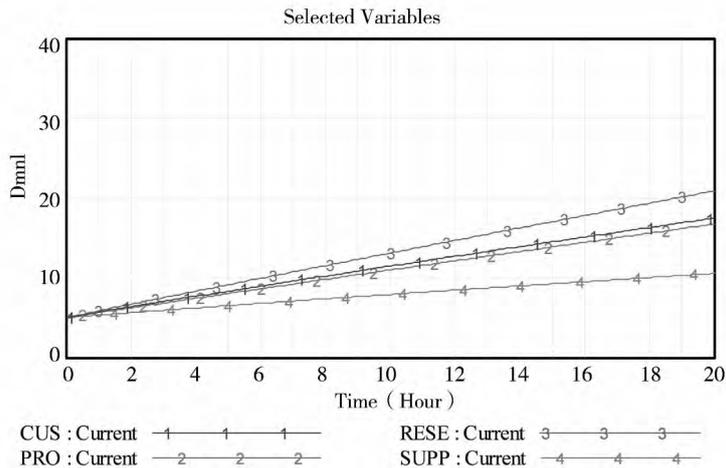


图 10 风险弱势传导中模块不确定性直接接触效应动态比较

Fig. 10 Dynamic comparison to modulars' uncertainty being directly triggered in feeble risk transmission system

3) 仿真结果: 图 10 仿真说明在风险弱势传导系统中, 风险被触发可能性相对较高的模块包括: 研发、客户与生产模块. 除了研发模块具有相对较高的风险特征外, 在风险强势传导系统中具有高风险特征的供应模块 S 在风险弱势传导系统中被触发风险的可能性最低. 如图 9 所示(物流模块作用箭头主要指向其他模块, 除了客户模块对其产生反作用外), 例如企业决策者在物流领

域发起清洁化变革, 那么对企业供应系统的长期作用较小, 这是因为清洁化物流在企业供应系统触发的风险主要集中在供应商的生产技术环节, 而对供应链伙伴关系、原材料的选择不产生明显的作用, 从而对企业经营系统的稳定性不构成重大影响, 对企业而言在物流领域实施清洁经营(减少包装、选择低能耗运输方式等) 是较为“放心”的绿色举措. 虽然研发仍相对是风险弱势传

导系统内最易被触发风险的模块(20次仿真后的 Shannon 值为 21 左右),但相对风险强势传导系统(研发的 20 次仿真 Shannon 值为 39 左右)而言明显缓弱(参看图 11),即由物流、生产或供应环节实施环保措施所导致的研发风险的可能性要小的多,弱势传导系统内的任何经营模块的风险触发趋势都要比在风险强势传导系统内来的平缓(图 11 到图 13)。

值得注意的是:在风险弱势传导分析中生产模块的风险传导性要高于在风险强势传导分析中的水平(图 14),这是因为现代物流系统包括一系列复杂的生产性物流,因此物流领域的绿色变革很容易波及到生产环节,当然还包括来自生产模块自身、供应模块实施清洁措施的影响,但风险触

发水平总体平缓(图 14)。事实上,由于在风险强势传导分析中生产模块的风险触发性相对较弱(图 6-1),而在风险强势传导分析中生产模块的风险触发性相对较强(图 10、图 14),因而生产模块可以作为清洁经营风险传导的“临界状态模块”,即企业可以通过一种“临界”方式选择清洁经营的切入环节,当企业感受到实施绿色研发带给生产环节过多风险时,为避免在供应商关系、物流等环节产生更大风险,企业会选择相对温和的绿色变革,如选择从物流环节实施清洁经营实施或仅仅实施“末端治理”;同样,如果开展绿色物流所导致的生产环节风险在可控范围内时,则有利于企业在更高层次上实施清洁经营,如实施绿色研发或选择可再生与无公害可替代原料等。

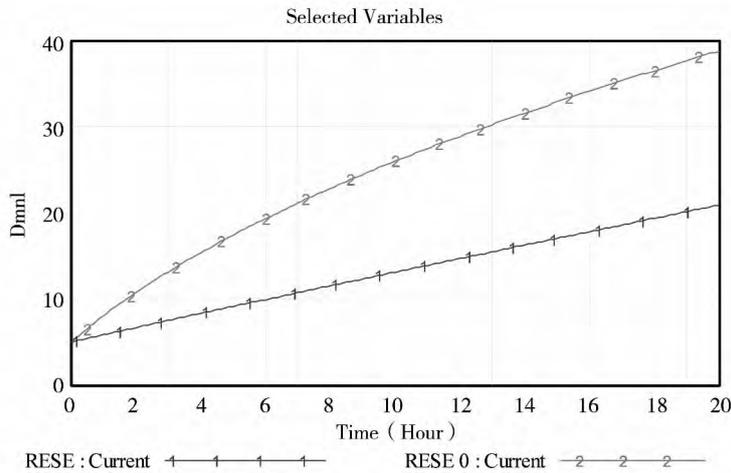


图 11 研发环节风险强弱势传导效应比较

Fig. 11 R&D's risk transmission comparison between powful path and feeble path

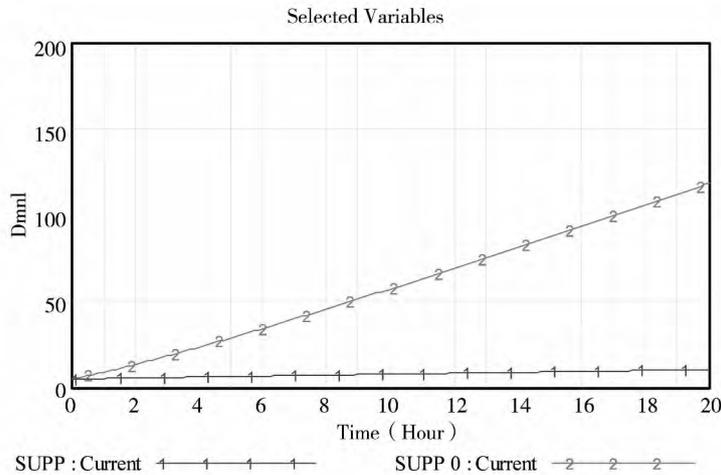


图 12 供应环节风险强弱势传导效应比较

Fig. 12 Supply's risk transmission comparison between powful path and feeble path

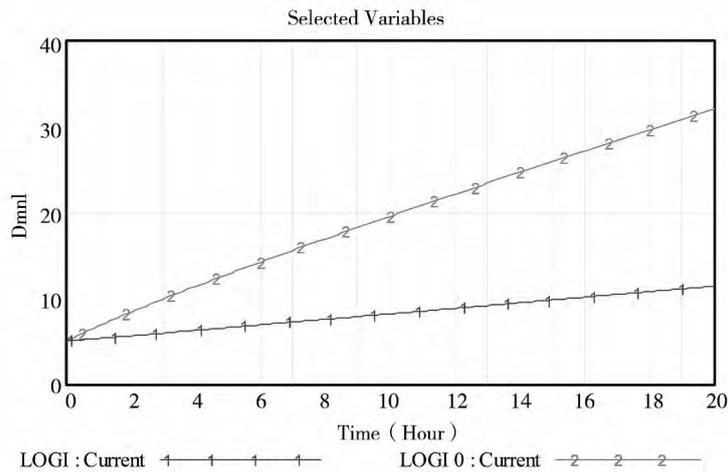


图 13 物流环节风险强弱势传导效应比较

Fig. 13 Logistic's risk transmission comparison between powerful path and feeble path

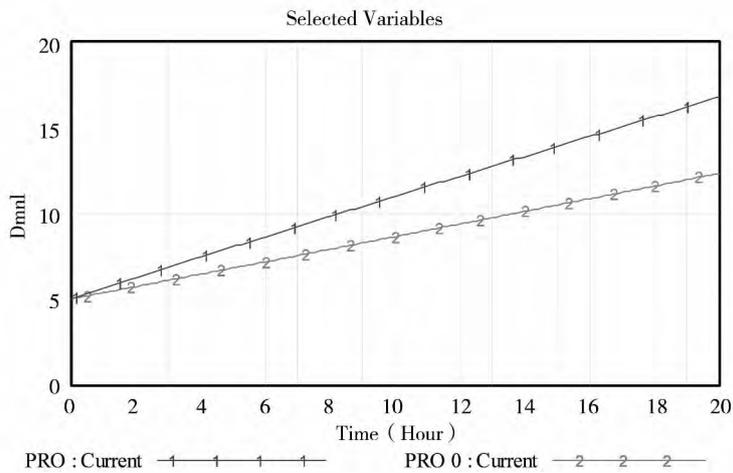


图 14 生产环节风险强弱势传导效应比较

Fig. 14 Production's risk transmission comparison between powerful path and feeble path

通过对电子产品企业的清洁生产风险传导问题研究发现:出于对系统连锁性风险的规避,企业更多选择风险弱势传导路径来承担自身的环境责任,如通过提高物流配送系统的信息化水平、优化中心仓库选址、合理制定库存、改良运输装卸技术手段来达到节能减排的目的,这样做一方面挖掘了“第三利润源”、另一方面获得了生态效率,更重要的是它对整个经营系统的波及效应被最小化,尤其是很难影响到企业的供应链伙伴关系、很难触及产品研发环节(如产品开发理念的重构、环境友好型产品结构功能的设计等),或者是在生产系统增加“末端治理”(terminal ways)流程来对生产“三废”进行事后处理(污水池、填埋、焚烧等),但此时生产对环境的影响已成事实。企业的上

述做法可以有效规避清洁经营导致的技术、市场联动风险,但负面效应是企业无法从根本上转变传统的“资源—产品—污染/垃圾”,在“成功”规避实施根本性环境战略引发的风险同时,也丧失了积极实施“清洁研发”从而获得差异化市场竞争力的机遇。

5 结束语

本文通过对国内电子企业的研究发现:受制于技术、成本、市场等诸多风险因素的影响,企业在清洁经营上的“保守”必定隐藏着“合理”的理性考量,即决策者更多会从风险控制的角度去考虑环境战略启动对整体经营系统的风险波及效

应,为了尽可能地规避风险波及效应,企业会策略性的选择清洁经营的启动环节.这种不失为一种理性的选择行为是企业的“自我保护”,毕竟成熟的供应链关系、稳定的生产工艺流程、合理的成本函数^[15]是企业要重点维系的.本研究试图从企业的视角来剖析启动环境战略、实施清洁生产对企业经营系统的风险波及效应,唯有如此才能制定出卓有成效的政策激励机制促进企业主动、持续地承担环境责任.综上所述,研究的主要观点如下:

1) 通过系统动力仿真研究发现:不同于静态分析所认为的生产或物流是最容易受到绿色研发风险波及的环节,长期来看,响应客户的绿色需求、为环保而研发会直接导致供应系统面临较强的风险,企业决策者必须考虑从何渠道寻找可替代的环保型原材料、可再生绿色能源能否得到充分保障、传统的原材料以及能源供应伙伴关系更迭后所面临的供应链风险等现实问题.因此,企业的供应系统所承受的风险波及程度在以研发为清洁经营启动环节的风险传导系统内最为突出,这必将是企业最为担心的.

2) 在以研发为清洁经营启动环节的风险传导系统内,尽管研发是整个风险强势传导路径系统的“导火索”,但其所导致的风险波及效应将通过系统交互作用,经由市场回馈效应为自身带来较高的风险,即由研发自身触发“研发的风险”(清洁陷阱),正因如此,多数企业始终规避在研发阶段实施清洁化变革,仿真研究更是发现:始于研发的系统风险传导效应对研发的影响明显超过经营系统内生产、物流所承受的风险程度.这是一个重要的研究发现,绿色研发

所导致的“清洁陷阱”是阻挠企业积极实施清洁研发的最大障碍,政府管理部门应学习发达国家的做法,设立一系列尤其针对中小企业的绿色研发风险基金,并对绿色研发的后续运营效应作必要的动态跟踪以酌情实施支持性介入,唯有如此方可有效地打破企业在清洁研发问题上的裹足不前.

3) 在企业经营系统的非关键环节,例如在以物流为清洁经营启动环节的风险传导系统内,由于绿色物流在企业供应系统触发的风险主要集中在供应商的生产技术环节,而对供应链伙伴关系、原材料的选择不产生明显的作用,从而对企业经营系统的稳定性不构成重大影响,因此在物流领域实施清洁经营是令决策者较为“放心”的绿色举措.研发尽管在以物流为清洁经营启动环节的风险传导系统内仍然是最易被触发风险的环节,但相对于它自身所波及的系统风险效应而言则明显缓弱.

总体而言,在非关键经营环节启动环境战略对整个经营系统所造成的风险波及效应要比在关键经营环节启动环境战略“安全”得多.这种“安全性”成为企业更愿意在生产、物流作业环节进行节能减排,或是增设“末端治理”工艺流程的一个“口实”.因此,出于对经营系统大面积连锁性风险的规避,现实中多数中小电子企业并不认为在产品研发阶段就采纳清洁措施是一种可靠的战略选择,就“积极承担环境责任可能是竞争力及利润的源泉”这个话题来说,熊彼特的企业家创新精神还是奈特的企业家风险偏好却难以在此得以彰显,或许这正是多数企业无法发起根本性环境战略变革的重要原因.

参考文献:

- [1] Peter M Kort, Paul J J M, van Loon, et al. Optimal dynamic environmental policies of a profit maximizing firm[J]. *Journal of Economics*, 1991, 54(3): 195 - 225.
- [2] Stefan Schaltegger, Martin Bennett, Roger L, et al. Environmental management accounting (EMA) as a support for cleaner production[J]. *Eco-Efficiency in Industry and Science*, 2009, 24(1): 3 - 26.
- [3] Jorge Rivera, Jennifer Oetzel, Peter deLeon, et al. Operation responses to environmental and social protection policies: Toward a framework for analysis[J]. *Policy Sciences*, Volume 42, Number 1(2009): 3 - 32.
- [4] Cohen, Wesley M, Levinthal, et al. Absorptive capacity: A new perspective on learning and innovation[J]. *ASQ*, 1990, 35: 128 - 152.
- [5] Daniel C, Esty, Andrew S. Green to gold: How smart companies use environmental strategy to innovate, create value, and

- build competitive advantage[M]. New Haven: Yale University Press ,2006.
- [6]Schmidhery , Stephen , Frederico Zorraquin. Financial Change: The Financial Community , Eco-Efficiency , and Sustainable Development[M]. Cambridge: MIT Press ,1996.
- [7]Aarne Vesilind P , Lauren Heine , Jamie Hendry. The moral challenge of green technology [J]. *Trames* ,2006 ,10(60/55) : 1 ,22 – 31.
- [8]华 瑶 ,李学超. 低碳经济风险评价及应对研究[J]. *工业技术经济* ,2011 ,(3) : 83 – 86.
Hua Yao , Li Xuechao. Risk assessment and response of low-carbon economy [J]. *Industrial Technology & Economy* ,2011 , (3) : 83 – 86. (in Chinese)
- [9]Carolyn Fischer , Cees Withagen , Michael Toman. Optimal investment in clean production capacity [J]. *Environmental and Resource Economics* ,2004 ,28(3) : 325 – 345.
- [10]Stefan Schaltegger , Martin Bennett , Roger L , et al. Environmental management accounting (EMA) as a support for cleaner production [J]. *Eco-Efficiency in Industry and Science* ,2009 ,34(1) : 3 – 26.
- [11]陈 王 ,魏 宇. 中国股市与周边股市波动风险传导效应研究 [J]. *中国管理科学* ,2011 ,(6) : 31 – 33.
Chen Wang , Wei Yu. Study on volatility risk contagion effects between China's stock market and circumferential stock markets [J]. *Chinese Journal of Management Science* ,2011 ,(6) : 31 – 33. (in Chinese)
- [12]Bruce R. Does environmental protection lead to slower productivity growth in the chemical industry [J]. *Environmental and Resource Economics* ,2004 ,28(3) : 301 – 324.
- [13]林汉川 ,王 莉 ,等. 环境绩效、企业责任与产品价值再造 [J]. *管理世界* ,2007 ,(5) : 67 – 73.
Lin Hanchuan , Wang Li , et al. Environmental performance , corporate responsibility and product value recreation [J]. *Management World* ,2007 ,(5) : 67 – 73. (in Chinese)
- [14]田昌奇. 一体化物流系统构筑与运行机制研究 [J]. *物流科技* ,2010 ,(1) : 34 – 37.
Tian Changqi. Integrated physical distribution system construction and operational mechanism research [J]. *Logistics Sci-Tech* ,2010 ,(1) : 34 – 37. (in Chinese)
- [15]李 昆 ,彭纪生. 基于市场诱致作用的绿色技术扩散层面与动力渠道研究 [J]. *软科学* ,2010 ,(1) : 1 – 7.
Li Kun , Peng Jisheng. Research on green technology's diffusion plane and drive power channel based on market induction [J]. *Soft Science* ,2010 ,(1) : 1 – 7. (in Chinese)
- [16]李 昆 ,魏晓平. 产品系统生态因子选择策略研究 [J]. *管理科学学报* ,2008 ,11(3) : 35 – 42.
Li Kun , Wei Xiaoping. Research on choice impetus for product system's ecological component [J]. *Journal of Management Sciences in China* ,2008 ,11(3) : 35 – 42. (in Chinese)

Comparison research on mighty and feeble risk transmission effect of clean business: Based on SD simulation of electronic industries date

LI Kun

Management School of Nanjing Audit University , Nanjing 211815 , China

Abstract: Since cleaner business initiative of most enterprises are not enough , this paper analyzed specifically the uncertainties' trigger origins , uncertainties' systematic transmission paths and different operation sectors' risk trigger level of clean operation based on the investigation towards electronic enterprises in Nanjing areas. Firstly , this paper gave a static assessment of the risk trigger levels of different business module and sectors , then did a dynamic analysis the systematic uncertainties resulted from different risk trigger origins according to two paths of "risk feeble transmission" and "risk powerful conduction" by adopting system dynamics simulation (SD) . Sequentially , the static and dynamic research results were compared to explain the most enterprises' motivation of avoiding the uncertainties of clean business , and some useful incentive policies of promoting enterprises to carry out clean operation were put forward according to our research.

Key words: cleaner business; risk transmission; risk trigger; system dynamics simulation