

## 基于管理熵的机构投资者集成 风险预警模式研究

姜继娇,杨乃定

(西北工业大学 管理学院,陕西 西安 710072)

**摘要:**文章从机构投资者的复杂系统角度,引入管理熵于其集成风险预警体系,系统地提出一种涵括风险预警识别、量化与对策的集成风险预警模式,该模式强调了对机构投资者风险预警战略、组织、方法、信息、文化和过程的集成,拓展了传统风险预警理论。

**关键词:**风险预警;集成管理;管理熵;预警模式

**中图分类号:**C931.2 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-9952(2004)03-0085-09

中国证券市场经过 10 多年的发展,已成为亚太地区最大、最有活力的证券市场之一。但市场中的机构投资者比重远低于境外成熟市场,严重制约了我国证券市场功能的发挥和长远健康发展<sup>[1]</sup>。2002 年中国引入 QFII 制度,正是针对这一问题实施的具体举措。在中国证券市场大力培育机构投资者之际,如何发挥机构投资者的优势也成为中国政府相关部门和机构投资者共同关注的焦点。从全球范围来看,机构投资者生存发展的环境越来越动荡多变,如美国“9.11”、SARS(“非典”)等危机事件已成为投资者必须认真考虑和面对的挑战,这就从客观上要求机构投资者建立高效的风险管理体系。其中,风险预警模式又是最基本的组成要素之一,以最大程度地减少由于风险蔓延给组织造成的损失<sup>[2]</sup>。但传统上对机构投资者风险预警系统的研究多从财务风险因素着手,未能系统地从企业发展战略层面研究机构投资者范畴的各种风险因素。机构投资者是一个复杂的动态系统,每一个子系统或要素有其风险,随之需要相应的预警策略,例如对某一个部门或项目的风险预警,但更为重要的是对各子系统风险的集成预警分析,取得企业整体风险管理的优化<sup>[3]</sup>。如何建立一个系统的集成风险预警模式将机构投资者范围内的风险活动形成

收稿日期:2003-12-12

基金项目:国家社会科学基金项目(No. 03CJY004)和航空科学基金项目(No. 03J53074)

作者简介:姜继娇(1979—),男,山东巨野人,西北工业大学管理学院博士生;

杨乃定(1964—),男,陕西户县人,西北工业大学管理学院教授,博士生导师。

一个有机整体,使预警模式成为组织决策支持系统的一个基本职能和持续不断的改进过程,已成为一个亟待解决的课题,也是文章研究的主旨所在。下面将系统地引入管理熵于机构投资者集成风险预警系统,以从企业复杂系统的自组织角度提出风险预警识别、量化、对策的理论体系,以期能对机构投资者的风险预警实践提供指导。

### 一、基于管理熵的预警识别原型

尽管风险管理作为一门独立的学科至今已有许多成熟的分析理论,但在高度不确定环境下的企业集成风险预警研究方面尚刚刚开始,取得的成果以信息集成技术和保险理论作为基础分析工具的居多,尚未有基于管理熵这一现代复杂性度量工具来研究预警问题的成果。以往在分析机构投资者集成风险预警识别问题时,主要采取“架构模式”思路<sup>[4]</sup>,即借助一个架构以便收集、整理企业风险暴露及其不确定性来源的有关信息。但几乎所有的架构均缺乏必要的普适性,无法容纳所有类型风险及其来源,更未组织起一个广泛的网络,以支撑识别系统的全过程。

因此,我们从机构投资者作为一个动态复杂系统的角度,借助复杂性科学的核心概念——熵,在管理科学中的研究范式来解决机构投资者的集成风险预警识别难题。这样,我们就避免了传统研究中容易步入的“风险分类识别陷阱”,从剖析机构投资者集成风险预警系统的核心要素,来实现预警识别系统原型的构建目标。目前对机构投资者集成风险预警系统的研究,可资借鉴的成果主要集中在集成风险管理领域,即第四代风险管理研究范式。典型的研究成果综述如下:

Lucy Nottingham<sup>[5]</sup>提出每个企业必须根据自己的风险管理实践,整合组织核心资源来设计合适的风

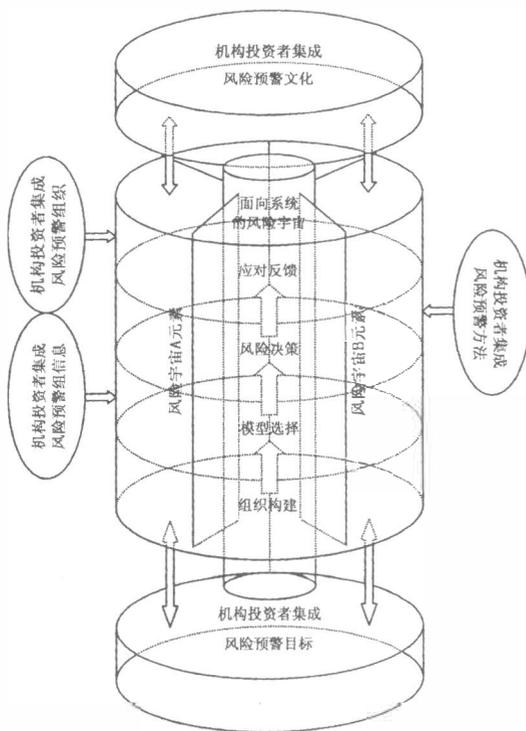


图1 基于管理熵的机构投资者集成风险预警识别原型

险集成模式。Scordis, Nicos A<sup>[6]</sup>, Zolkos, Rodd<sup>[7]</sup>, N. Mottershead, R. Taylor, P. J. Marsh<sup>[8]</sup>等又从增加股东价值角度研究指出集成企业风险管理模式对于联系股东价值和风险管理是必不可少的。Jerry Miccolis, Robert Schneier, Samir Shan<sup>[9][10]</sup>, Hernandez, Luis Ramiro<sup>[11]</sup>认为应集中利用风险管理资源从战略角度来考虑风险识别、分析、评价及控制。Dickinson Gerry<sup>[12]</sup>, Jerry Miccolis, Samir Shah<sup>[13]</sup>研究了企业风险管理(ERM)在保险行业中的应用,指出其作为一种综合风险管理战略的巨大作用,将ERM在保险行业的应用定位于一种识别、衡量和管理风险的新理念、综合观。

基于对企业集成风险管理系统要素的研究,我们发现各国学者已从不同角度开始了对企业层面风险的“集成”研究,提出了多种风险集成管理模式,并在金融保险行业进行了有益探索,逐步发展着企业风险管理理论(enterprise risk management)。虽然并无针对机构投资者集成风险预警识别的探讨,但是,众多学者已经在机构投资者集成风险预警识别系统的核心要素方面取得了共识。由此,我们基于“概念—实践”的研究思路<sup>[14]</sup>提出:机构投资者集成风险预警识别体系要有一个系统的模式将企业范围内的风险管理活动融为一个有机的整体,而该模式又离不开风险预警目标、组织、方法、信息、文化及过程,由此提出了基于管理熵的机构投资者集成风险预警识别原型图(如图1)。该模型图集成了机构投资者风险预警的6要素,并以过程为中轴、战略为基石、组织为实体、方法为中枢、文化为灵魂、信息为纽带,集中反映了管理熵思维下的预警识别的战略、组织、方法、信息、文化和过程集成性特点,是风险预警量化的基础。

## 二、基于管理熵的预警量化模型

由于对风险预警识别体系从管理熵的视角进行了重新设计,这就使得传统的风险预警量化方法也必须相应地做出调整,以适应管理熵范畴下的风险度量。目前,少数学者开始探索管理熵在组织复杂性度量领域的问题<sup>[15]</sup>,为风险预警量化提供了借鉴。因此,突破传统风险预警量化方法的限制,基于管理熵研究机构投资者集成风险预警量化问题,提供其整体风险度量的标准集成尺度,无论从思想上还是从技术上都是对传统风险预警系统的一种拓展和突破,解决了对预警识别要素的非线性建模难题,同时也克服了传统风险预警系统自适应能力差的弱点,为集成风险预警走向普及化奠定基础。

从基于管理熵的机构投资者集成风险预警识别原型图出发,定义 $E_1$ 、 $E_2$ 、……、 $E_6$ 分别为在 $H^6$ 上的战略矢量空间、组织矢量空间、方法矢量空间、信息矢量空间、文化矢量空间和过程矢量空间。为得到机构投资者集成风险预警系统复杂性的综合尺度,需要建立相应的复杂性空间。6个复杂性空间的结合并在这新的空间上定义一个新的复杂性尺度,则定义 $E_1 \times E_2 \times \dots \times E_6$

为六维线性熵空间。 $\Phi$  是一个映象,定义中: $E_1 \times E_2 \times \dots \times E_6 \rightarrow H^6$ ,且存在:

$$\begin{cases} \Phi(E_{i_1} + E_{i_2}) = \Phi(E_{i_1}) + \Phi(E_{i_2}) \\ \Phi(C \cdot E_{i_1}) = C \cdot \Phi(E_{i_1}) \end{cases} \quad (1)$$

$\Phi$  是  $H^6$  上的六维线性形式或六维的协方差张量,定义此张量为  $T_6(H)$ ,是  $H^6$  上的一个矢量空间。定义矩阵  $B_e$  由  $E_1, E_2, \dots, E_6$  上的矢量空间  $B_i$  的六维复杂性矢量构成,则有  $B_i$  的统一熵:

$$\|\Phi_i\| = \|\Phi(E_{1_i}, E_{2_i}, \dots, E_{6_i})\| = |\det(B_{m_i})| \quad (2)$$

由此,推论出  $H^6$  上的风险量化尺度,即  $E_i$  到  $E_{i+1}$  的统一熵值为:

$$|\det(B_{m_{i+1}} - B_{m_i})| = \|\Phi(E_{1_{i+1}} - E_{1_i} + E_{2_{i+1}} - E_{2_i} + \dots + E_{6_{i+1}} + E_{6_i})\| \quad (3)$$

则机构投资者集成风险预警全部张量的熵值为:

$$\|B\|_{T_6(H)} = \sum_{i=1}^m \|\Phi_i\| = \sum_{i=1}^m \|\Phi(E_{1_i}, E_{2_i}, \dots, E_{6_i})\| = \sum_{i=1}^m |\det(B_{m_i})| \quad (4)$$

其中,  $m$  为机构投资者面临的风险宇宙(risk universe)中的元素数。以  $\|B\|_{T_6(H)}$  作为机构投资者集成风险预警决策的系统决策向量,设  $f(d_j), j=1, 2, \dots, 6$ , 为机构投资者集成风险预警决策变量,以原型图中的各要素定义该系统决策向量为:

$$\|B\|_{T_6(H)} = \{f(d_1), f(d_2), \dots, f(d_6)\} \quad (5)$$

设各子系统的决策向量,即预警系统针对风险宇宙各元素的独立决策向量为  $g(m)$ ,考虑各矢量空间约束条件的变化,我们引入了具有机会约束属性的效用值。设机构投资者为  $H^6$  各矢量空间设置的风险熵值临界水平分别为  $A_1, A_2, \dots, A_6$ ,并且熵值不高于此临界水平的概率分别为  $\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_6$ 。由此机构投资者在  $H^6$  各矢量空间上的决策模型可表达为一个具有机会约束属性的目标规划:

$$\begin{cases} \max_{\|B\|_{T_6(H)}, g(m)} \varphi_i(\|B\|_{T_6(H)}, g(m), MP_1, MP_2, \dots, MP_{i-1}, MP_{i+1}, \dots, MP_6) \\ \text{s. t. Prob}\{W_i \leq A_i\} \geq \alpha_i \end{cases} \quad (6)$$

其中,  $MP_1, MP_2, \dots, MP_{i-1}, MP_{i+1}, \dots, MP_6$  为  $H^6$  相应矢量空间  $E_i$  的边际熵值。对于该量化模型的求解,首先要解决公式(6)中目标函数的优化问题,可采用随机模拟的遗传算法<sup>[16]</sup>解决;随机产生初始染色体群,以随机模拟法检验该群中每个染色体,并对染色体进行选择、交叉、变异操作;使用随机模拟法计算所有染色体的目标值,根据目标值使用基于序的评价函数,并计算所有染色体的适应度,以旋转赌轮选择染色体,重复完成循环规定值,将最好的染色体作为最优解输出。对于约束条件的化简求解可通过以下步骤来完

成:先将该约束条件转化为线性约束,找出满足子集中所有矢量空间向量出现概率之和小于或等于 $\alpha$ ,且从子集中任意去掉一个矢量空间向量,目标函数值最大时对应的矢量空间 $E_i$ 就是所求的最优策略。如果出现无解情况,就要调整初始模型中的参数 $\alpha_i$ ,或 $A_i$ 。

### 三、基于管理熵的预警控制策略

有效的机构投资者集成风险预警模式有一个系统的对策系统,将企业范围内的各风险预警活动形成一个有机的整体。基于对机构投资者系统中管理熵的分析,这样的对策系统离不开企业风险预警目标、文化、组织、方法、信息及过程6要素的有机结合,相应地提出如下强化预警功能的策略。

1. 树立机构投资者集成风险预警目标。目的要把所有风险预警活动符合于机构投资者整体战略目标及战略管理活动,在组织战略指引下制定机构投资者的集成风险预警目标。机构投资者项目组合中的不同项目,由于战略不同而有不同的风险预警目标,如有些项目目标在于降低风险中的损失或损失发生的可能性,有些项目则着眼于如何增大获得的可能性,这就需要从整体角度集成各项目的风险预警活动。在组织战略指导下制定出机构投资者集成风险管理的总目标,然后针对其组织机构及各项活动对总目标进行分解,从而得到一个树状的目标体系,正是这样的目标体系将机构投资者所有项目风险管理活动整合于一个总目标。机构投资者集成风险预警目标不仅仅是一个综合性的指标,更是一个子系统,是机构投资者集成风险预警模式的重要组成部分。这一子系统又具有开放系统的共性,同大环境进行物质与信息的交流,并且具有层次性,同项目管理中的WBS(工作分解结构)相辅相成。因此,需引入企业项目管理(EPM)平台于机构投资者集成预警模式,而机构投资者的主要业务对象(各类证券)恰恰具有典型的项目特征,利用项目管理的成熟技术来支撑机构投资者的风险预警目标体系具有重要指导意义。

2. 建立机构投资者集成风险管理组织。有效的风险管理活动必须通过合适的组织进行实施,机构投资者应建立相应的风险管理机构。该要素涉及对“按项目组织(organized by projects)”的研究:传统机构投资者的风险预警组织是建立在对持续或重复性过程的管理基础上,而文章研究的机构投资者集成风险管理组织则从项目基础上发展而来,这种组织以临时性的跨职能团队为特色,是一种具有动态性、创新性和灵活性的组织模式。机构投资者集成风险预警必然要求高层管理者的支持与参与,在组织上表现为高层管理者担任风险预警部门的领导者,这种任职与一般的挂名职务不同,它要求该管理者切实地履行集成风险预警领导者的职责,由于其地位与权利使得机构投资者集成风险预警活动能与组织的发展战略相一致。在组织形式上可以有多种形式可供选择,矩阵组织就是西方发达国家广泛应用的组织形式之一。实践也

证明矩阵组织适用于机构投资者的风险预警管理活动,当然机构投资者要求其风险管理者不仅要掌握先进的风险管理理论与方法,而且要熟悉自身投资业务的风险预警特点。另外,机构投资者在充分利用内部风险管理者的前提下,也要充分利用组织的“外脑”。

3. 利用机构投资者集成风险预警方法。该模型要求利用系统思维的方法去解决风险预警问题,系统思维方法就是将机构投资者风险预警研究的对象看作由许多相互联系、相互作用的要素组成的有机整体,不仅分析研究各要素,还要分析研究各要素之间的相互联系,从系统整体角度出发来优化。具体到机构投资者集成风险模型中,首先要分析机构投资者各个项目的所有风险(如机构投资者的内部交易风险、流动性风险、利益冲突风险、决策管理风险、政策法规风险、市场风险、信用风险、经营操作风险等等),而非仅仅分析有关安全、财务等个别风险。其次,还要基于相应的量化模型(如 VaR 压力测试、敏感性分析、返回检验、专家打分法、AHP 法、加权指数法等)分析机构投资者各种项目风险数据(交易动态信息、风险动态信息、客户偏好等各种静态数据、原始数据风险标准模型及参数等)之间的相互联系,以从整体角度出发对各项目风险进行评价、分类、排序。最终,从组织整体优化角度统筹各个风险因素,由于机构投资者用于风险预警的资源及技术是有限的,因此要从组织整体角度出发制定机构投资者系统优化后的风险预警对策。而且,由于机构投资者在进行风险预警分析时,决策者往往是以委员会的集体形式出现,较个体决策者更易陷入多心理账户状态,所以应基于市场微观结构理论和行为金融学的最新研究成果(如行为资产定价模型及行为证券投资组合理论等)对传统风险预警方法进行改进。

4. 开发机构投资者集成风险预警信息。风险的产生乃来源于信息的不完全,为优化机构投资者集成风险预警系统就要优化其信息流程,也就是在合适的时间把合适的信息传送到需要此信息的人员那里。机构投资者集成风险预警活动伴随着风险及其管理信息产生、收集、处理及发送的全过程,系统集成离不开信息集成,需要从集成角度研究其特征、原则及模式。这样的信息包括:风险预警理论与方法的管理支持信息,组织内部风险与风险预警政策的信息,组织外部支持风险预警决策的信息。因此,该信息系统是一种全方位立体性的信息网络,这也是管理信息系统研究的一个新领域。过去有些企业往往有自己编写的风险管理手册,然而静止的枯燥的手册一方面激不起员工学习的兴趣(往往被放入常年不动的书架中);另一方面又不能给予员工动态交互式的信息,这种信息实际上是被动的信息。而现代先进技术,特别是企业区域网络能以友好的用户界面给员工提供及时、最新的风险管理信息。如微软公司有效地利用企业局域网络将风险管理信息直接传输到员工的桌面上,仅有6名员工的风险管理组织发现网页是协调风险预警活动及信息的最佳方法。

通过将日常重复性的风险预警工作放到网页上进行管理,减轻了风险预警工作者的繁琐损耗量,使他们可以集中精力于需要更有价值的风险上。风险渗透于机构投资者的整个系统,利用网络技术可以增强组织对各种风险的控制力,并能促使集成风险预警活动得以有效运作。

5. 培养机构投资者集成风险预警文化。要求机构投资者的组织文化必须作相应调整以适应集成风险预警要求,使集成风险预警融入组织的整体战略、战术决策及各项活动之中,成为项目成员自觉的行为。机构投资者要通过相关目标、政策、制度使项目成员明确组织对于风险预警的态度、风险预警的目标及组织的应对原则等等,并且使项目成员树立利用系统的方法去管理项目风险的态度。而且,机构投资者要形成统一规范的风险预警语言。不同的项目成员或部门对风险的看法及态度不尽相同,如通常情况下财务计划部门把对原计划的偏离看得很重要,相应地认为具有很大的风险,而市场营销部门则从更广泛的角度看风险,他们可能更能忍受较大的风险。因此,企业应在企业范围制定统一的风险及风险管理词汇集,以统一人们的语言标准。对于机构投资者风险管理文化起基础作用的是相应的教育培训,通过教育培训,员工知道什么是风险、什么是风险预警及组织面临的各种风险类型与预警策略,任何一位员工在工作之时能自觉地提出与回答“为什么我要做这项工作,为什么会做(出)错,怎么影响我和他人,有怎样的可能,为应对它可做些什么?”该要素不仅是机构投资者集成风险预警对策中最难以控制的要素,而且也是决定整个集成风险预警模式是否有效的关键。因此,对该策略的培养应注重集成整合,使其真正成为机构投资者集成风险预警模式的精髓。

6. 优化机构投资者集成风险预警过程。机构投资者的风险预警过程不仅要满足组织战略的需求,而且还要满足项目全生命周期各阶段的风险预警目标,如规划、计划、启动、实施和结束等环节的要求。在投资项目发展的每个阶段,风险预警都应综合考虑这两方面的影响,即风险预警是否满足组织战略的同时,还能满足项目全生命周期后续阶段的需求,从而避免了后续阶段的延误返工,也使风险预警达到面向项目全生命周期的优化。为实现这一目标,机构投资者集成风险预警过程必然要对传统的风险预警理论做出调整,具体包括:组织构建、模型选择、风险决策、应对反馈四个阶段,不仅融合了传统风险识别、量化、评估、控制的全过程,而且成为融合其他 5 种策略的主线。传统上,机构投资者的风险预警过程采用的是基于各项目的独立分析模式,虽然也考虑 Markowitz 提出的证券投资组合优化问题,但并没有体现在具体风险预警过程之中,因此,机构投资者的集成风险预警过程不仅是对传统风险识别、量化、评估等环节的集成,而且是对其面对的各类投资对象集成优化的过程。并且,随着行为金融的迅速发展,标准金融范式下的风险预警过程也面临着诸多问题,不仅有来自具体方法和技术层面的挑战,而且有来自研究方法层面的

根本挑战。机构投资者的风险预警实践也揭示了诸多实证异象(abnormality phenomena),如波动之谜(volatility puzzle),羊群行为(herd behavior),过度自信(over confidence)等等,也对传统机构投资者的风险预警过程提出了挑战,必须进行优化改进。

#### 四、结束语

企业集成风险管理是世界范围企业风险管理实践的新主题,也是风险管理理论研究的主流思想。在企业集成风险管理范畴下研究机构投资者的风险预警模式,无疑面临着许多新的难题。本文从机构投资者作为复杂系统的角度,借助管理熵的概念提出了一种全新的集成风险预警模式,涵括了从风险识别、量化到对策的全过程。机构投资者处于动荡多变激烈竞争的环境之中,为了在市场中处于优势就要寻找适应这种环境的管理方法,集成风险预警模式就是从传统风险预警方法发展而来,使其应对不确定性的新的风险管理研究与实践方向。

机构投资者集成风险预警是服务于组织战略的风险预警方法,它要求组织从高层到基层每位员工的参与,在全方位的风险管理信息系统支持下,机构投资者风险管理部门在高层管理者领导下,利用系统思维方法去解决组织范围的各种风险预警问题,使机构投资者集成风险预警的理念、方法等融入到组织文化之中。本研究提出的集成风险预警模式只是从一般意义上对机构投资者风险预警实践提供指导。实际中,我国机构投资者在风险预警实践方面与世界先进企业尚有一定差距,不同的企业要寻求适合于自己学习借鉴的知名企业的风险预警经验,创造出适合自己的集成风险预警模式。

值得注意的是,文章尚未考虑现代集成风险预警的一种关键因素——风险决策者的行为意识(behavioral consciousness),仍属于标准金融(standard finance)范式下的理论探索。而机构投资者集成风险预警系统中必然或多或少地体现了决策者个人意志,而传统标准金融范式下的风险预警理论假设人是完全理性的,并且要求市场是有效的,这在机构投资者的实际业务中是很难满足的。因此,从风险预警决策者有限理性视角,引入行为金融于机构投资者集成风险预警系统,对文章提出的风险集成预警模式做出新的发展,也是值得进一步研究的方向。

#### 参考文献:

- [1]庄序莹. 证券市场中的机构投资者问题研究[J]. 财经研究,2001,(6).
- [2]薛澜,张强,钟开斌. 危机管理:转型期中国面临的挑战[J]. 中国软科学,2003,(4).
- [3]杨乃定. 企业风险管理发展新趋势[J]. 中国软科学,2002,(6).
- [4]DeLoach, James. Enterprise-Wide risk management[M]. FT Prentice Hall, 1998.
- [5]Nottingham, Lucy. Integrated risk management[J]. The Canadian Business Review V.

- 23, July, 2002: 26~28.
- [6] Scordis, Nicos. Integrated risk management[J]. The Journal of Risk and Insurance V. 67 No. 4, Dec. 2000: 63~74.
- [7] Zolkos, Rodd. Integrated risk financing not for everyone[J]. Business Insurance V. 32 No. 19, May, 1998: 224~230.
- [8] N. Mottershead, R. Taylor, P. J. Marsh. Managing Risk To Protect And Grow Shareholder Value[R]. 2001, RMG: 1~7.
- [9] Jerry Miccolis, Samir Shah. ERM: An Analytic Approach[R]. Tillinghast-Towers Perrin Monograph, January, 2000: 1~12.
- [10] Jerry Miccolis, Robert Schneier. ERM[J]. Strategy & Leadership, March/April, V. 26, No. 2, 1998: 522~527.
- [11] Hernandez, Luis Ramiro. Integrated risk management in the Internet age[J]. Risk Management, V. 47, No. 6, June, 2000: 29~32.
- [12] Dickinson Gerry. ERM: Its origins and conceptual foundation[J]. The Geneva Papers on Risk and Insurance, 2001(26): 13~19.
- [13] Jerry Miccolis, Samir Shah. Creating value through enterprise risk management—a practical approach for the insurance industry[R]. Tillinghast-Towers Perrin Monograph, April, 2000: 1~9.
- [14] Eden C, Huxham C. Action research for the study of organizations[A]. In: Clegg C, editors. Studying Organization Theory and Method[C]. 1st ed. London: Sage Publications, 1999: 175~179.
- [15] 宋华岭, 刘全顺, 刘丽娟等. 管理熵理论——企业组织管理系统复杂性评价的新尺度[J]. 管理科学学报, 2003, (3).
- [16] 谢赤. 金融风险管理工作中的最优化模型[J]. 预测, 1996, (6).

## A Study on Early Warning Model of the Management Entropy-based Institutional Investors Integrated Risk

JIANG Ji-jiao, YAN Nai-ding

(Management School, Northwestern Polytechnical University, Xi'an 710072, China)

**Abstract:** From the perspective of complex system of institutional investors, the paper introduces the management entropy into its integrated risk early warning system. It systematically puts forward an integrated risk early warning model which includes identification, quantification and countermeasures of risk early warning. The model emphasizes the integrity of strategies, organization, methodology, information, cultures and process, and expands the traditional risk early warning theories.

**Key words:** risk early warning; integrated management; management entropy; early warning model