

文章编号: 1001-0920(2005)07-0741-05

## 基于实物期权的企业战略风险动态测度

姜继娇, 杨乃定

(西北工业大学 管理学院, 陕西 西安 710072)

**摘要:** 研究动荡多变环境下企业战略风险的动态测度问题。针对企业战略风险的柔性特征, 引入实物期权建立其单因子动态测度模型, 利用 Copula 联结函数描述了多因子的联合概率分布和关联结构, 提出一种以实物期权为内核的企业战略风险动态测度方法。示例分析表明, 该方法比传统方法更逼近实际决策情景, 具有一定的实用价值。

**关键词:** 战略风险; 实物期权; 动态测度; Copula 联结函数

中图分类号: F830.9

文献标识码: A

## Enterprise Strategic Risk Dynamic Measurement Based on Real Option

J I A N G J i - j i a o , Y A N G N a i - d i n g

(Management School, Northwestern Polytechnical University, Xi'an 710072, China Correspondent: JIANG Ji-jiao, E-mail: jijj\_leon8@hotmail.com)

**Abstract:** Under exquisite changeable environments, the dynamic measurement issue of enterprise strategic risk is studied. Focusing on flexible characteristics, the single factor model is formed by introducing real option. With the Copula coupling functions, the multi-factor coprobability distribution and coupling structure are described. The dynamic measurement method of enterprise strategic risk is proposed with real option as the core. An example shows that the method has more practical effectiveness than traditional ones.

**Key words:** Strategic risk; Real option; Dynamic measurement; Copula coupling function

### 1 引言

从全球范围来看, 企业生存发展的环境越来越动荡多变, 表现为影响企业战略选择的因素更加多样化、更具不确定性<sup>[1]</sup>, 因此迫切需要系统的理论方法来指导企业的战略管理实践。传统的有关战略管理的方式方法开始表现出不适应性, 即: 过分强调静态分析以及缺乏深入的定量分析<sup>[2]</sup>。对此, 学术界积极致力于现代社会及经济条件下战略管理理论的研究, 战略风险管理就是其中较具研究价值且急需创新的研究领域之一。在该领域典型的研究成果包括: Ruefli 等<sup>[3]</sup>, Clarke 等<sup>[4]</sup>以及 Miller 等<sup>[5]</sup>对战略风险度量、竞争优势、企业绩效等领域所做的开创性研究工作。而在国内, 杨华江等<sup>[6]</sup>和刘海潮等<sup>[7]</sup>则从公

司战略发展需要的角度, 对该问题进行了定性分析。

然而迄今为止, 战略风险管理相关的理论成果仅局限于定性思辨的静态研究领域, 尚未考虑到战略决策灵活性相关的风险价值。在实际中, 这又恰恰是企业战略风险的关键所在<sup>[8]</sup>。尽管企业高级管理者已有共识, 认为传统的净现值和经济利润分析法造成了计划性的战略投资不足和滞胀, 但期权方法迄今尚未有效地引入公司战略风险决策过程中<sup>[9]</sup>。在此背景下, 利用实物期权的优势解决企业战略风险动态测度问题便显得尤为重要, 这也正是本文所研究的问题。首先, 针对企业战略风险的柔性特征, 引入实物期权建立了其单因子动态测度模型; 然后, 利用 Copula 联结函数描述了多因子的联合概率分

收稿日期: 2004-08-23; 修回日期: 2004-10-20

基金项目: 国家软科学研究计划项目(2003DGS3B034); 西北工业大学博士论文创新基金项目(CX200425)。

作者简介: 姜继娇(1979—), 男, 山东巨野人, 博士生, 从事风险管理等研究; 杨乃定(1964—), 男, 陕西西县人, 教授, 博士生导师, 从事风险管理和项目管理的研究。

布和关联结构;最后,提出一种以实物期权为内核的企业战略风险动态测度方法

## 2 企业战略风险的实物期权特征

风险管理职能虽已成为企业基本的管理职能之一,但其范围仅限于静态风险和金融风险。从企业战略管理的实践来看,对收益的分析比较重视,而与收益相对的风险分析却十分缺乏<sup>[7]</sup>。即使是对机构投资者而言,对战略风险问题的考虑也基本上处于定性判断的水平,缺乏具有明确标准的定量分析支持<sup>[10]</sup>。战略性的风险问题只由高层管理者考虑,尚未成为企业的一项系统工作内容。可见,目前该领域缺乏对不确定性的定量分析,而实物期权理论恰恰具有处理不确定性环境决策问题的优势,在思想和方法层面均能为企业战略风险管理理论体系的完善做出贡献。

尽管企业战略风险管理问题的提出已有20余年的历史,但据国内外相关文献分析,迄今尚未给出完整、统一的定义。Barton<sup>[11]</sup>认为企业战略风险(ESR)是指:企业面临破产等不确定性经营后果时,进行决策所面临的风险;Lubatkin等<sup>[12]</sup>定义其为:企业将收益与宏观经济和产业经济波动进行隔离的可能性。然而,这些ESR的概念大多借鉴于相关研究领域,难以体现其柔性特征,从而影响了ESR度量方法的科学性和适用性。资源和能力是决定企业战略的主要因素<sup>[2]</sup>,资源的变动肯定将带来战略层面的风险。结合战略风险的资源动态性、相对性和感知性特征,则对战略风险的度量必须重点考虑企业的资源决策特征,其中就蕴涵着实物期权。

企业项目管理(EPM)模式的迅速发展,为分析企业资源变动过程提供了一种简洁清晰的平台。在此分析框架下,ESR相关的活动通过EPM平台逐级集成,形成了一种金字塔式的系统结构。在各层之间具有网状的信息通道,确保按项目进行管理的思想得以有效实施。于是,本文要研究的问题便转化为项目组合风险的实物期权特征分析。金融期权在合约中具有明确详细的说明,但实物期权却往往隐含在项目中,只有通过仔细辨别才能得到确认<sup>[13]</sup>。如果忽略项目中隐含的实物期权,往往会导致企业对外观测的战略风险的真实意义缺乏全面认识。

引入实物期权概念之前,在项目组合管理者风险厌恶的假设下,任何风险的增加都将导致项目组合收益的降低,风险只能给管理者带来痛苦和灾难;但引入实物期权之后,即使在项目组合管理者风险厌恶的假设之下,有时风险的增加也会导致项目组合收益的增加,这时风险便成为项目组合利润的源泉(见表1)<sup>[14]</sup>。表1中,表征值(+,-,0)分别表示

实物期权对项目的影响(有利、有害、无关);风险因子是指企业战略风险的引致因素;相应的实物期权是项目组合决策者可供选择的应对策略(风险预防、风险减轻、风险转移和风险回避)。需要强调的是各实物期权均含扩了对4种风险应对策略的取舍,以最终确定企业的表征值。

表1 ESR的实物期权特征分析

风险因子 实物期权	Risk-1 R.O-1	Risk-2 R.O-2	...	Risk-n R.O-n
项目1	+	0	-	+
项目2	0	0	+	-
⋮	+	-	-	+
项目n	-	0	+	0
企业A	-	-	0	+

虽然ESR决策中的实物期权多种多样,但其影响因素却大致相似。执行期权的收益:收益来自对某种实物期权的选择,较高收益导致较高期权价值;执行期权的成本:成本指放弃其他机会的最大损失,较低的成本产生较高的期权价值;收益与成本的不确定性程度:若收益与成本中某一因素确定,则增加在另一因素上的不确定性会导致价值的增加;期权的有效期:由企业各项目的依赖关系决定,且有效期越长期权价值越大;延迟执行期权的机会成本:ESR中的实物期权虽然具有延迟执行的属性,但也可能导致利润损失或丧失竞争优势,机会成本越大期权价值越低。ESR管理者可通过分析这5种因素,制定相应的实物期权策略。显然,ESR决策过程隐含着典型的实物期权问题。

## 3 基于实物期权的单因子动态测度

Black等<sup>[15]</sup>提出了期权定价模型,即一种不付红利股票的欧式看涨期权定价模型。在该模型中,企业战略投资项目现金流收益的现值 $P$ 满足如下几何布朗运动:

$$dP = \mu P dt + \sigma P dz \quad (1)$$

其中:参数 $\mu$ 为单位时间内投资项目的预期收益率,参数 $\sigma$ 为投资项目价值的不确定性, $dz = \epsilon \sqrt{dt}$ 为一个Wiener过程, $\epsilon$ 服从标准正态分布。则该模型的离散形式为

$$\Delta P = \mu P \Delta t + \sigma \epsilon \sqrt{\Delta t} \quad (2)$$

其中: $\Delta t$ 为时间的变化量, $\Delta P$ 为 $\Delta t$ 期间投资项目现金流收益的现值增量。Black等通过构造一个无风险证券组合,推导出任意投资项目的 $P$ 值必须满足的微分方程形式:

$$\frac{\partial G}{\partial t} + \gamma P \frac{\partial G}{\partial P} + \sigma^2 \frac{\partial^2 G}{\partial P^2} = \gamma G \quad (3)$$

由此,引入 $E$ 表示风险中性条件下的期望值,

$V$  表示项目的投资费用,  $T$  表示项目投资机会持续时间 利用几何布朗运动和对数正态分布的特性, 可得实物期权的定价公式<sup>[16]</sup> 为

$$P_m = PN(K_1) - Ve^{-rT}N(K_2) \quad (4)$$

其中:  $N(\cdot)$  为标准正态分布的累积概率分布函数, 而  $K_1$  和  $K_2$  分别为

$$\begin{cases} K_1 = \frac{\ln(P/V) + (r + \sigma^2/2)T}{\sigma\sqrt{T}}, \\ K_2 = \frac{\ln(P/V) + (r + \sigma^2/2)T}{\sigma\sqrt{T}} - \sigma\sqrt{T}. \end{cases} \quad (5)$$

为有效测度投资相关的弹性价值, 本文利用一种改进的  $\Gamma$ -分布进行近似描述<sup>[17]</sup>, 比传统采用的几何布朗运动具有更好的实用性 其分布密度函数界定为

$$f(\alpha, \beta, y) = \frac{1}{\Gamma(\alpha)} \beta^\alpha (y+1)^{\alpha-1} e^{-\beta(y+1)}, \quad (6)$$

其中:  $\alpha > 0, \beta > 0$  为常数 具体到各阶段的投资期望收益率  $R_i$  为

$$R_i = \int_{-1}^{+\infty} y_i \frac{1}{\Gamma(\alpha)} \beta^\alpha (y_i+1)^{\alpha-1} e^{-\beta(y_i+1)} dy_i = \alpha/\beta - 1 \quad (7)$$

设  $x_1, x_2, \dots, x_n$  是取自某阶段投资收益率的一个大随机子样, 子样容量为  $n$ , 选取  $k-1$  个实数  $-1 < y_1 < y_2 < \dots < y_{k-1} < +\infty$ , 将投资收益率取值  $[-1, +\infty]$  分为  $k$  个区间, 令

$$\begin{cases} p_1 = F(\alpha, \beta, y_1), \\ p_i = F(\alpha, \beta, y_i) - F(\alpha, \beta, y_{i-1}), \\ p_k = 1 - F(\alpha, \beta, y_{k-1}). \end{cases} \quad (8)$$

其中:  $F(\alpha, \beta, y)$  为变形  $\Gamma$ -分布密度的分布函数;  $p_1, p_2, \dots, p_k$  分别表示收益率落在  $[-1, y_1), [y_1, y_2), [y_2, y_3), \dots, [y_{k-1}, +\infty)$  上的概率, 其中  $i = 2, 3, \dots, k-1$  利用  $n_1, n_i, n_k$  分别表示子样中项目投资收益率落在  $[-1, y_1), [y_1, y_2), [y_2, y_3), \dots, [y_{k-1}, +\infty)$  上的频数, 那么取统计量  $\Psi$  为

$$\Psi = \sum_{i=1}^k (n_i - np_i)^2 \quad (9)$$

当  $\Psi \rightarrow 0$  时, 说明各阶段投资收益率分布趋于变形的  $\Gamma$ -分布, 利用最优化方法使  $\Psi$  取极小值, 此时对应的值就是式(7)中所要求解的  $\alpha$  和  $\beta$  由此可确定企业战略投资项目各阶段的期望收益率, 并且, 相应的收益率方差为  $D(R_i) = \alpha/\beta^2$ , 任意阶段  $i, j$  的协方差为

$$\text{cov}(R_i, R_j) = E[(R_i - R_i)(R_j - R_j)] \quad (10)$$

#### 4 多因子动态测度的联合概率分布

由于战略风险因子之间存在耦合关系, 研究企

业战略风险度量时必须要考虑风险因子间的相关性 Nelsen<sup>[18]</sup> 指出, Copula 联结函数可以描述多个对象的联合概率分布和关联结构, 多元随机变量的边缘分布与联合分布的关系可用 Copula 联结函数表示  $n$  维的 Copula 联结函数  $C(\cdot)$  也是一个  $n$  维的概率分布函数, 其边缘分布限制为定义在  $I^n = [0, 1]^n$  上的均匀分布函数; 而边缘分布函数与联合分布函数的关系则由 Sklar 范式表示 下面以此描述多风险因子之间的耦合关系

设函数  $y(\cdot)$  为  $R^m$  连续的二阶可微的函数, 通过  $n$  个风险因子  $(x_1, x_2, \dots, x_n)^T$  复合的多风险因子为  $(y_1, y_2, \dots, y_n)^T$  其中:  $y_i = y_i(x_1, x_2, \dots, x_n), i = 1, 2, \dots, n$  Hoel<sup>[19]</sup> 指出, 若多风险因子对应的连续随机矢量  $(x_1, x_2, \dots, x_n)^T$  具有边缘分布函数  $f_i(x_i), i = 1, 2, \dots, n$ , 并且,  $y_i(\cdot)$  存在唯一反函数和连续一阶可导, 那么,  $(y_1, y_2, \dots, y_n)^T$  所对应的 Copula 联结函数  $C_Y(v_1, v_2, \dots, v_n)$  可利用  $n$  个风险因子的 Copula 联结函数  $C_X(u_1, u_2, \dots, u_n)$  和密度函数  $c_X(u_1, u_2, \dots, u_n)$  表示为

$$C_Y(v_1, v_2, \dots, v_n) = \int_{-1}^{v_1} \int_{-1}^{v_2} \dots \int_{-1}^{v_n} c_X(F_1(x_1), F_2(x_2), \dots, F_n(x_n)) \times \prod_{i=1}^n f_i(x_i) |J| dy_1 dy_2 \dots dy_n \quad (11)$$

其中:  $F$  为  $n$  维的概率分布函数, 其边缘分布为  $\{F_1, F_2, \dots, F_n\}$ ; 存在一个 Copula 联结函数  $C_X(\cdot)$ , 使得对于  $\forall X \in R^n$ , 存在  $F(x_1, x_2, \dots, x_n) = C(F_1(x_1), F_2(x_2), \dots, F_n(x_n))$ . 如果  $\{F_1, F_2, \dots, F_n\}$  都是连续的, 那么 Copula 联结函数  $C_X(\cdot)$  是唯一的; 否则,  $C_X(\cdot)$  取值由  $\{F_1, F_2, \dots, F_n\}$  的值域确定 这就提供了分析多风险因子联合分布函数与其边缘分布关系的 Copula 方法, 也是构成 Copula 联结函数理论与应用的核心 另外,  $J$  为变换  $y_i(\cdot) (i = 1, 2, \dots, n)$  的 Jacob 矩阵, 即

$$J = \begin{bmatrix} \partial_1/\partial_1 & \partial_1/\partial_2 & \dots & \partial_1/\partial_n \\ \partial_2/\partial_1 & \partial_2/\partial_2 & \dots & \partial_2/\partial_n \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \partial_n/\partial_1 & \partial_n/\partial_2 & \dots & \partial_n/\partial_n \end{bmatrix} \quad (12)$$

对于  $n$  个风险因子  $(x_1, x_2, \dots, x_n)^T$ , 通过选定边缘分布为混合高斯分布  $\{F_i(X_i)\}$  和指定具体 Copula 联结函数  $C_X(\cdot)$ , 可得多风险因子的 Copula 联结函数和密度函数 当选定边缘分布为混合高斯分布, Copula 联结函数为高斯分布时, 则  $(x_1, x_2, \dots, x_n)^T$  的分布函数和密度函数分别为

$$F_X(X) =$$

$$C_X \left( \begin{matrix} k_1 \\ k=1 \end{matrix} p_{1k} \Phi(\mu_{1k}; \sigma_{1k}^2), \begin{matrix} k_2 \\ k=1 \end{matrix} p_{2k} \Phi(\mu_{2k}; \sigma_{2k}^2), \dots, \begin{matrix} k_n \\ k=1 \end{matrix} p_{nk} \Phi(\mu_{nk}; \sigma_{nk}^2) \right), \quad (13)$$

$$f_X(x) = c_X(F_1(x_1), F_2(x_2), \dots, F_n(x_n)) \times \prod_{i=1}^n \left( \begin{matrix} k_i \\ k=1 \end{matrix} p_{ik} \mathcal{Q}(\mu_{ik}; \sigma_{ik}^2) \right). \quad (14)$$

基于此, 根据张明恒<sup>[20]</sup> 构建的一种 Copula 计量过程, 可确定多风险因子的联合概率分布和关联结构. 首先, 对于每一个风险因子  $x_i$  的混合高斯分布  $F_i(x_i | \alpha)$ , 以 EM 算法估计参数集  $\alpha$ , 利用 K-S 统计量确定混合成分数目; 其次, 确定多风险因子  $(x_1, x_2, \dots, x_n)^T$  的混合 Copula 联结函数, 其中的 Copula 联结函数  $C_k(\bullet)$  选定为高斯; 然后, 采用实证推断方法估计 Copula 联结函数  $C_X(\bullet)$  中的未知参数; 并且, 给定复合多风险因子  $y_i = y_i(x_1, x_2, \dots, x_n)$ , 计算 Jacob 变换矩阵; 最后, 计算有限理性决策者复合多风险因子  $(y_1, y_2, \dots, y_n)^T$  的 Copula 联结函数  $C_Y(v_1, v_2, \dots, v_n)$ .

### 5 算法示例模拟分析

引用例子<sup>[21]</sup> 来说明基于实物期权的企业项目投资战略风险测度. 设一个总投资为 600 万美元 ( $K$ ) 的项目, 可在每年不超过 100 万美元的增长 ( $k$ ) 幅度下进行生产性开支. 其中: 参数无风险利率  $r = 0.02$ , 回报不足率  $\delta = 0.06$ , 布朗运动变动参数  $\sigma = 0.20$  (均为年率). 求解过程需要变量  $V$  (资产的价值) 和  $K$  (资本存量) 的离散化, 并且假定投资开支是按季度作出的, 即  $K$  以离散单位 25 万美元来测

表 2 项目投资的战略风险测度模拟

资产价值 $V$	资本存量 $K$ / 百万美元				
	0	1	2	3	4
9.49	9.49	7.93	6.43	4.98	3.57
8.17	8.17	6.69	5.26	3.88	2.54
7.03	7.03	5.62	4.26	2.93	1.65*
6.05	6.05	4.70	3.39	2.12	1.00
5.21	5.21	3.91	2.65	1.42*	0.60
4.48	4.48	3.23	2.00	0.86	0.36
3.86	3.86	2.64	1.45	0.52	0.22
3.32	3.32	2.13	0.98*	0.31	0.13
2.86	2.86	1.70	0.59	0.19	0.08
2.46	2.46	1.32	0.36	0.11	0.05
2.12	2.12	1.00	0.21	0.07	0.03
1.82	1.82	0.73*	0.13	0.04	0.02
1.57	1.57	0.44	0.08	0.02	0.01
1.35	1.35	0.27	0.05	0.02	0.00
1.16	1.16	0.16	0.03	0.01	0.00
0.00	0.00*	0.00	0.00	0.00	0.00

度  $\log V$  的增量为 0.15, 具体求解如表 2 所示.

表 2 中的每一项数值, 均对应于  $V$  和  $K$  的特定水平下投资期权的价值  $F(V, K)$ . 标有星号的数值项对应于临界价值  $V^*(K)$ . 例如, 剩余 R&D 项目投资支出为 400 万美元的临界价值为  $V^* = 703$  万美元, 企业投资期权的价值为 165 万美元. 需要强调的是, 表 2 可用于评价任何 R&D 项目的投资分析, 无论总开支为 100 万美元还是 600 万美元的任何项目, 只要参数  $r, \delta, \sigma$  和  $k$  的取值保持不变. 另外, 基于实物期权考察  $\delta$  的变动情形时, 清晰描述了企业战略风险状态 (见表 3).

表 3 项目投资临界值对  $\delta$  的依赖

布朗运动变动参数	回报不足率 $\delta$	
	0.02	0.06
$\sigma$		
0.10	11.02	9.03
0.20	20.09	11.02
0.40	121.51	24.53

### 6 结 语

随着实物期权理论研究的不断深入, 企业战略决策的灵活性价值已得到越来越多学者的认同. 研究企业战略风险管理问题必然不能忽略柔性决策蕴涵的潜在价值, 进一步还需将决策者的多种选择因素纳入企业战略风险的度量体系. 在此背景下, 本文针对企业战略风险的实物期权特征, 基于实物期权建立了企业战略风险的单因子测度方法, 采用改进的  $\Gamma$ -分布测量各阶段的风险以及各阶段风险的相关关系; 由此, 基于 Copula 联结函数、混合分布和 Jacob 矩阵, 建立了多因子间的联合概率分布和关联结构. 算法示例表明, 相对于传统的企业战略风险测度, 考虑企业战略决策柔性的实物期权度量方法更加逼近实际决策情景, 具有一定的实用参考价值. 并且, 基于实物期权的企业战略风险动态测度方法, 也为不确定性环境下度量其他类型风险因子提供了新的思路.

### 参考文献 (References)

[1] 杨乃定, Mirus R. 企业集成风险管理 — 企业风险管理发展新方向[J]. *工业工程与管理*, 2002, 7(5): 1-5  
(Yang N D, Mirus R. Enterprise Integrated Risk Management — A New Trend of Enterprise Risk Management [J]. *Industrial Engineering and Management*, 2002, 7(5): 1-5.)

[2] 刘海潮, 李垣, 孙爱英. 战略风险管理的理论方法及其发展[J]. *西安交通大学学报*, 2002, 22(4): 33-38  
(Liu H C, Li Y, Sun A Y. Theories, Methods and Development of Strategic Risk Management [J]. *J of*

- Xi'an Jiaotong University*, 2002, 22(4): 33-38 )
- [3] Ruefli T, Collins J, Lacugna J. Risk Measures in Strategic Management Research: Auld Lang Syne? [J] *Strategic Management Journal*, 1999, 20(2): 167-194
- [4] Clarke C, Vama S. Strategic Risk Management: The New Competitive Edge [J] *Long Range Planning*, 1999, 32(4): 414-424
- [5] Miller K, Bromiley P. Strategic Risk and Corporate Performance: An Analysis of Alternative Risk Measures [J] *Academy of Management Journal*, 1990, 33(4): 756-779
- [6] 杨华江, 席酉民. 集团公司战略风险管理模型研讨 [J] *中国软科学*, 2002, (8): 61-66  
(Yang H J, Xi Y M. Study on the Risk Management Model in a Group Company [J] *China Soft Science*, 2002, (8): 61-66 )
- [7] 刘海潮, 李垣. 战略风险管理——战略管理研究的新前沿 [J] *管理工程学报*, 2003, 17(3): 4-7.  
(Liu H C, Li Y. Strategic Risk Management——Another Edge of Strategic Management [J] *J of Industrial Engineering/Engineering Management*, 2003, 17(3): 4-7.)
- [8] Morgan I, Rao J. How Restaurant Owners Manage Strategic Risk [J] *The Cornell Hotel and Restaurant Administration Quarterly*, 2000, 41(6): 64-74
- [9] Kim Y, Sanders G. Strategic Actions in Information Technology Investment Based on Real Option Theory [J] *Decision Support Systems*, 2002, 33(1): 1-11
- [10] Hall J. Owning the Future: Integrated Risk Management in Practice [J] *Structural Safety*, 2000, 22(3): 293-294
- [11] Barton S. A Proposed Strategic Decision-making Process for Management of Strategic Risk in Small Entrepreneurial Firms [A] *Risk, Strategy and Management* [C]. Greenwich: JAI Press, 1990: 55-81
- [12] Lubatkin M, Neill H. Merger Strategy, Antitrust Policy and Two Components of Risk [A] *Risk, Strategy and Management* [C]. Greenwich: JAI Press, 1990: 161-181.
- [13] 庄新田, 黄小原. 委托代理框架下实物期权最优投资策略研究 [J] *控制与决策*, 2003, 18(3): 332-335  
(Zhuang X T, Huang X Y. Research on Optimal Investment Tactics of Real Option Under Trust-agent Conditions [J] *Control and Decision*, 2003, 18(3): 332-335 )
- [14] Miller K, Waller H. Scenarios, Real Options and Integrated Risk Management [J] *Long Range Planning*, 2003, 36(1): 93-107.
- [15] Black F, Scholes M. The Pricing of Options and Corporate Liabilities [J] *J of Political Economy*, 1973, 81(3): 637-654
- [16] Botteron P, Chesney M, Gibson-Auner R. Analyzing Firms' Strategic Investment Decisions in a Real Options' Framework [J] *J of Int Financial Markets, Institutions and Money*, 2003, 13(5): 451-479
- [17] 姜继娇, 杨乃定, 贾晓霞. 多心理账户的项目组合风险集成管理研究 [J] *管理评论*, 2003, 15(9): 51-55  
(Jiang J J, Yang N D, Jia X X. Study on Integrated Management of Portfolio Risk With Multiple Mental Accounts [J] *Management Review*, 2003, 15(9): 51-55 )
- [18] Nelsen R B. *An Introduction to Copulas* [M]. London: Chapman and Hall, 1997.
- [19] Hoel P G. *Introduction to Mathematical Statistics* [M]. New York: John Wiley and Sons, 1984
- [20] 张明恒. 多金融资产风险价值的 Copula 计量方法研究 [J] *数量经济技术经济研究*, 2004, (4): 67-69  
(Zhang M H. Study on the Copula Measuring Method of Multiple Financial Capital Value-at-risk [J] *Quantitative and Technical Economics*, 2004, (4): 67-69 )
- [21] Dixit A, Pindyck R. *Investment Under Uncertainty* [M]. Princeton: Princeton University Press, 1994

(上接第 740 页)

- [5] Kamolphiwong S, Karbowiak A E, Mehropour H. Flow Control in ATM Networks: A Survey [J] *Computer Communications*, 1998, 21(8): 951-968
- [6] Roberts J W. A Survey on Statistical Bandwidth Sharing [J] *Computer Networks*, 2004, 45(6): 319-332
- [7] Jing Y W, Chen B, Dinirovski Georgi M. On Leader-follower Model of Traffic Rate Control for Networks [J] *Control Theory and Applications*, 2001, 18(6): 817-822
- [8] Raj Jain. Congestion Control and Traffic Management in ATM Networks: Recent Advances and a Survey [J] *Computer Networks and ISDN systems*, 1996, 28(3): 1723-1738