

基于委托代理理论的果蔬供应链风险分担模型

李滢棠^{1,2} 乔忠^{1*}

(1. 中国农业大学 经济管理学院, 北京 100083; 2. 集美大学 航海学院, 福建 厦门 361021)

摘要 针对果蔬供应链中, 供应链成员缺乏真实传递果蔬质量和新鲜度等相关信息的意愿, 使得供应链出现信息不对称现象, 造成供应链下游成员承担绝大部分风险等问题, 利用委托代理理论, 以农户和超市组成的二级供应链为研究对象, 构建引入风险分担度 r 的果蔬供应链风险分担模型, 形成考虑农户风险分担努力因素的委托代理契约, 与原有契约进行比较, 结果表明: 考虑农户风险分担努力因素的委托代理契约使农户收益增加, 风险降低。建议农户应加强与超市的信息沟通, 主动为分担风险做出努力, 使供应链效益最大化。

关键词 果蔬供应链; 委托代理; 信息不对称; 风险分担

中图分类号 F 252; F 323

文章编号 1007-4333(2014)03-0224-05

文献标志码 A

Risk sharing model of fruit and vegetable supply chain based on principal-agent theory

LI Ying-tang^{1,2}, QIAO Zhong^{1*}

(1. College of Economics and Management, China Agricultural University, Beijing 100083, China;

2. College of Navigation, Jimei University, Xiamen 361021, China)

Abstract The members of fruit and vegetable supply chain usually have little willingness to transfer real information about quality, freshness and other related information of their products. This will lead to information asymmetry. Then the members of downstream supply chain have to bear most of the risk. In view of the above unreasonable fact, this paper chose farming-supermarket docking supply chain as research subject and established the risk-sharing model of fruit and vegetable supply chain based on the principal-agent theory. This model contained variable r which meant the degree of risk-sharing effort. Based on this model, the farmer and the supermarket would form a principal-agent contract which took the factor of the farmer's risk-sharing effort into consideration. Comparing this contract with the original contract, this paper drew the conclusion that the new contract would increase the farmer's income and reduce the farmer's risk. The new contract was more reasonable. So the farmer is suggested to transfer more information to the supermarket and share the risk for maximizing the benefit of the supply chain.

Key words fruit and vegetable supply chain; principal-agent; information asymmetry; risk sharing

近年来, 果蔬类农产品的市场需求量逐年攀升, 在居民消费结构中占据越来越重要的位置。果蔬类农产品已经成为农民增收的一个主要途径。果蔬类农产品需求上升的同时, 果蔬市场的竞争也日趋激烈。果蔬市场面临流通损耗高、果蔬产品质量安全等方面的问题。解决这些问题的办法就是建立高效、稳定的果蔬供应链。要在供应链运营中发挥最

大效率, 供应链各成员必须在“共赢”的基础上友好合作, 推动整个供应链的成本下降和效益提高^[1]。实现“共赢”就意味着利益共享、风险共担。风险的合理分担是整个链条高效运营的必要条件, 能否实现供应链成员间风险的合理分担是决定供应链成败的一个关键。因此, 对果蔬供应链中各成员之间风险的合理分担问题进行研究显得尤为重要。

收稿日期: 2013-11-21

基金项目: 中国农业大学研究生科研创新专项基金项目(2013YJ011)

第一作者: 李滢棠, 讲师, 博士研究生, 主要从事物流与供应链管理研究, E-mail: liyingtang@sohu.com

通讯作者: 乔忠, 教授, 博士生导师, 主要从事物流管理、管理科学与工程研究, E-mail: qiaozhong_dr@163.com

国内外对于供应链风险的研究大多集中在风险识别、减少风险的对策、供应链风险评估与控制等方面。识别供应链风险可以采用风险图技术识别^[2]等方法；目前减少供应链风险的对策是从个体的角度出发进行研究，例如从农户角度提出管理供应链风险的策略^[3]，分别从销售商、供应商的角度设计具有不同的风险偏好的利益和风险分配模型^[4]；供应链风险评估方面主要研究供应链风险评估的方法，如运用模糊综合评价法建立果蔬供应链风险评价体系^[5]；对供应链风险控制的研究主要以定性分析为主，例如基于委托代理理论为供应链企业提供规避供应链风险的方法和建议^[6]。在现有文献中，分析供应链风险分担的研究较少，主要提出的风险分担方法有：运用风险与收益相对称模型对供应链中存在的风险进行分担^[7]；运用签订期权合同进行供应链风险分担^[8]；根据风险分担原则分担供应链风险^[9]。从目前研究现状看，还缺少果蔬供应链风险分担方面的专门研究。

在果蔬供应链中，由于成本较高、难度较大等原因，供应链成员缺乏真实传递果蔬质量和新鲜度等相关信息的意愿，使供应链出现信息不对称现象，造成由下一级供应链成员承担绝大部分风险的结果。这样的风险分担方式并不能使供应链获得较大效益。本研究拟采用委托代理理论，以农户和超市组成的二级供应链为研究对象，在原有委托代理契约的基础上，建立引入风险分担度 r 的果蔬供应链风险分担模型，以期优化委托代理契约，使果蔬供应链风险得到更合理的分担，提高果蔬供应链整体效益。

1 果蔬供应链风险因素分析与风险分担原则

实现供应链风险的合理分担，首先应该明确供应链风险因素，并遵循科学的风险分担原则。

1.1 果蔬供应链风险因素分析

果蔬类农产品具有易腐性、季节性、需求单位小、品种多、替代性强等特点，并且供应链具有较高的“脆弱性”。这就增加了果蔬供应链遭受各类风险的几率。果蔬供应链不但面临着来自外部环境中的自然、经济和质量安全风险，而且存在着内部组织运行过程中所形成的诸多风险^[10]。

1) 自然环境风险。自然环境风险因素包括水灾、旱灾、冰雪霜冻灾害、暴风雨、台风、山体滑坡、地震、火灾等自然环境灾害。果蔬类农产品的生产在很大程度上依赖于自然环境，因此，自然环境风险对

果蔬供应链的影响较大。

2) 经济风险。经济风险包括市场风险、经济周期风险、通货膨胀风险、经济政策风险等。由于市场需求的不确定性，果蔬供应链可能遭受需求剧烈变化带来的供需失衡风险。此外，由于市场经济的运行具有明显的周期性，经济周期的变化，也会使果蔬供应链经营风险加大。

3) 质量安全风险。质量安全风险包括水土资源污染风险、种植投入品风险等。近年来，我国水土资源污染较严重，水土安全风险较高，果蔬供应链面临着严重的资源挑战。同时，农药、激素、添加剂违规使用所引发的质量安全事故，也会引起果蔬市场的动荡，影响整个行业的发展。

4) 果蔬供应链内部运营风险。不少果蔬供应链上各个环节尚处于相对独立、自成一体状态，不能形成链条“整体”，结构上有较大的松散性，使果蔬供应链存在“断裂”风险。

5) 物流风险。由于我国冷链物流发展滞后，果蔬物流仍然采取常温物流和自然物流为主。因此，果蔬的物流损耗较高，果蔬供应链面临的物流风险较大。据统计，我国果蔬类农产品的采后损失率高达25%~30%，每年损失高达8 000万t^[11]。而发达国家的损耗率普遍低于5%，美国仅1%~2%。统计数字显示，如果我国的果蔬损耗降低3%~5%，每年可减少果品损耗200万t^[12]。

6) 合作风险。供应链成员之间虽然保持一定的合作伙伴关系，但是作为独立的经济主体，供应链成员之间也存在着竞争。供应链成员出于自身利益的考虑有时会故意隐瞒或谎报数据，造成信息的不对称，导致道德风险问题的产生，危害供应链的整体利益，影响供应链的效率最大化^[13]。

1.2 果蔬供应链风险分担原则

1) 因果原则。如果供应链的风险是由供应链中某一成员自身的恶意或渎职行为引起的，则此类风险应该由该成员承担。为了保证供应链的最大利益，供应链的所有成员应该相互监督，尽量避免发生此类风险。例如，果蔬产品的农药超标风险，应该由农户承担。但超市或批发商应该对农户提供的果蔬产品进行严格的质量检验。

2) 效率原则。如果某成员企业能够准确地预见和控制风险，方便、及时、低成本地化解某风险，并能将成本融入其费用中，则该风险最好由该成员分担。例如，超市更能预测果蔬产品价格的波动，因此市场

风险更应该由超市承担。

3) 合约协定原则。供应链中的某些风险是在组建供应链之时,依据供应链管理选择的具体策略和双方的情况,通过合约方式在成员之间制定风险分担协议。

4) 风险收益平衡原则。在规范的市场经济环境中,风险和收益一般是对等的。因此,在供应链风险分担中,也应遵循这一原则。

2 果蔬供应链的委托代理关系分析

委托代理是由当事人各方的信息不对称引起的。只要在建立或签订某种合同前后,市场参加者双方所掌握的信息不对称,这种经济关系都可以被认为属于委托代理关系。即市场交易中,由于信息不对称,处于信息劣势的委托方与处于信息优势的代理方,相互博弈达成的合同法律关系。

供应链企业间的供方和需方由于占有的信息不对称,也存在着委托代理问题。供应链所具有的特质使供应链的委托代理关系具有其特有的特征。其中最突出的特征就是供应链各成员之间的关系应该是一种“合作-双赢”的关系。供应链成员之间不再是简单的竞争关系,而更多的是通过合作来增加彼此利益,创造出比竞争关系更大的收益,实现双赢。此时供应链成员之间是相互协调关系,成员之间形成了委托代理关系。值得一提的是,在供应链成员间的委托代理关系中,委托人和代理人一般情况下是不会采用一次性损害对方利益来增加自己利益的^[6]。这是因为供应链各成员之间的合作往往不是一次性的。如果选择一次性损害对方利益,合作就无法长期持续。也就是说,在供应链委托代理关系中,道德风险相对不会那么严重。

在农户和超市组成的两级果蔬供应链中,超市和农户之间就形成了一定的委托代理关系。超市作为委托方,委托农户种植果蔬产品,并向超市提供新鲜的果蔬产品。而农户则作为代理人,需要保证提供足量的、满足一定新鲜度要求的果蔬产品。由于农户和超市掌握的信息不对称,双方的委托代理关系存在一定的风险。例如,农户缺乏真实传递质量和新鲜度等相关信息的意愿。农户为保证果蔬产品的质量和新鲜度做了什么程度的努力,超市并不能完全得到相关信息。农户可能因此“偷懒”,减少保证果蔬产品质量和保证果蔬新鲜度的投入。当超市拿到农药超标、含有质量隐患的果蔬产品,或者拿到

没做任何保鲜措施,表面完好、但很快就会变质的果蔬产品,风险必须自己承担。超市与农户有必要建立合理的委托代理契约,根据风险与收益对等原则,激励农户在保证果蔬产品质量和新鲜度方面做出较大的努力,将风险在超市和农户之间做出合理的分担。建立合理的委托代理契约,确定风险分担比例,需要通过构建一定的模型实现。

3 基于委托代理理论的果蔬供应链风险分担模型研究

本模型是在张维迎的参数化委托代理模型^[14]的基础上构建的。本模型以农户和超市组成的二级果蔬供应链为研究对象,运用委托代理理论分析超市与农户之间的风险合理分担问题,最终目的是达成合理的委托代理契约。

3.1 模型基本假设

假设 1: 农户(代理人)只种植一种果蔬产品,且所有产品均提供给超市。假设农户的成本函数为 $C(\mu)$, 函数表达式为: $C(\mu) = \frac{1}{2}b\mu^2$, 其中 b 为成本系数, $b > 0$; μ 表示农户所选择的行为(例如,果蔬保鲜行为)的努力程度,农户越努力, μ 值越大,成本也越高,取值范围设为 $0 \leq \mu \leq 1$, $\mu = 1$ 表示付出 100% 的努力, $\mu = 0$ 表示不实施该项行为, μ 值大小将影响果蔬产品的质量(例如,新鲜度),进而决定果蔬产品的价格,并最终决定果蔬供应链的产出。

假设 2: 假设产出用 π 表示,则当农户选择的行为努力水平为 μ 时,产出函数为: $\pi(\mu) = k\mu + \varphi$, 其中 $k(k > 0)$ 为产出系数; φ 为不受农户和超市控制的外部环境不确定因素(与气候、经济等带来的风险相关), $\varphi \in N(0, \sigma^2)$ 。因此, $E(\pi) = E(k\mu + \varphi) = k\mu$, $\text{Var}(\pi) = \text{Var}(k\mu + \varphi) = \sigma^2$ 。

假设 3: 超市(委托人)是风险中性的,农户(代理人)为风险规避者。双方签订委托代理合同,超市根据果蔬供应链产出付给农户相应的报酬。设定农户报酬函数为 $S(\pi)$, 则函数表达式表示为: $S(\pi) = \alpha + \beta\pi$ 。其中: α 为固定报酬, $\alpha > 0$; β 为农户分享的产出份额, $0 \leq \beta \leq 1$ 。代理人受激励的程度与其分享的收益直接相关。 β 决定了农户的受激励强度, β 值越大,农户分享的收益就越大,农户受激励的强度也就越大。例如,农户参与食品追溯体系的主要动机来源于可追溯农产品生产收益的提高^[15]。

3.2 信息不对称条件下的最优合同

由于处于信息不对称条件下，超市无法观测到农户的努力程度 μ ，农户可能因此“偷懒”。要想调动农户的积极性，超市需要与农户达成委托代理契约，让农户分享到一定比例的收益（比例为 β ）。分享收益的同时，也就承担相应比例风险。订立最优委托代理合同的目的，就是把原来由农户自主决定的努力程度 μ ，通过约定收益分享比例 β ，变成能由超市可以间接控制的因素。因此，最优合同关键就是要确定使超市效用最大的 β 值。

基于上述假设，可知：

1) 超市（委托人）的收益 (V) 为： $V = \pi - S = -\alpha + (1 - \beta)\pi$ 。由于超市（委托人）是风险中性的，超市的期望效用等于期望收益，即 $E(V) = E(\pi - S) = -\alpha + (1 - \beta)k\mu$ 。

2) 农户（代理人）的实际收益 (W) 为： $W = S - C = \alpha + \beta(k\mu + \varphi) - \frac{1}{2}b\mu^2$ 。由于农户（代理人）是风险规避者，它的确定性等价收入 ($E(CE)$) 为

$$E(CE) = E(W) - \frac{1}{2}\rho\beta^2\sigma^2 = \alpha + k\beta\mu - \frac{1}{2}b\mu^2 - \frac{1}{2}\rho\beta^2\sigma^2$$

式中： $\frac{1}{2}\rho\beta^2\sigma^2$ 为农户（代理人）的风险成本， $\rho(\rho > 0)$ 为农户的风险规避度量系数。因此，在信息不对称条件下，求委托人效用最大的数学模型为

$$\begin{aligned} & \max_{\alpha, \beta, \mu} -\alpha + (1 - \beta)k\mu \\ \text{s. t. } & \begin{cases} \alpha + k\beta\mu - \frac{1}{2}b\mu^2 - \frac{1}{2}\rho\beta^2\sigma^2 \geq \underline{U} \\ \mu \in \operatorname{argmax}\left(\alpha + k\beta\mu - \frac{1}{2}b\mu^2 - \frac{1}{2}\rho\beta^2\sigma^2\right) \end{cases} \end{aligned}$$

式中： $\alpha + k\beta\mu - \frac{1}{2}b\mu^2 - \frac{1}{2}\rho\beta^2\sigma^2 \geq \underline{U}$ 为参与约束 (IR)； $\mu \in \operatorname{argmax}\left(\alpha + k\beta\mu - \frac{1}{2}b\mu^2 - \frac{1}{2}\rho\beta^2\sigma^2\right)$ 为激励约束 (IC)。将 $\alpha + k\beta\mu - \frac{1}{2}b\mu^2 - \frac{1}{2}\rho\beta^2\sigma^2$ 对 μ 求导，可以得到激励约束 (IC)： $\mu = \frac{k\beta}{b}$ 。将参与约束 (IR) 和激励约束 (IC) 代入目标函数中，可得到最优合同参数为

$$\beta = \frac{k^2}{b\rho\sigma^2 + k^2}$$

农户（代理人）所承担的风险为

$$\operatorname{Var}[S(\pi)] = \operatorname{Var}(\alpha + \beta\pi) = \beta^2\sigma^2 = \frac{k^4\sigma^2}{(b\rho\sigma^2 + k^2)^2}$$

超市（委托人）承担的风险为

$$\operatorname{Var}(\pi - S) = \operatorname{Var}(\pi - \alpha - \beta\pi) = (1 - \beta)^2\sigma^2 = \frac{[(b\rho\sigma^2 + k^2)^2 - k^4]\sigma^2}{(b\rho\sigma^2 + k^2)^2}$$

也就是说，在信息不对称条件下，超市应该与农户达成最优委托代理协议，将 β 比例 $\left(\beta = \frac{k^2}{b\rho\sigma^2 + k^2}\right)$ 的收益交给农户。同时，农户需要承担 $\frac{k^4\sigma^2}{(b\rho\sigma^2 + k^2)^2}$ 大小的风险。

3.3 引入风险分担努力因素的最优合同

为应对需求变化引起的不确定性因素，农户与超市之间会通过加强信息交流等各种方式进行风险分担的努力，农户会主动将一部分相关信息传递给超市，主动放弃一定的“偷懒”的机会。例如，农户可以在果蔬产品上贴上二维码，将农药使用情况、采摘时间等信息传递给超市。在这种风险分担努力下，最优委托代理合同会更合理。这种合同是在最优激励合同中加入风险分担努力因素，即引入变量——代理人风险分担度 r ，表示代理人分担风险的努力程度。假定 r 与外部不确定因素 φ 相关，从而与 π 相关。假定 r 服从正态分布，均值为零，方差为 σ_r^2 。同时引入一个新变量 ϵ ，表示代理人收益与代理人风险分担努力度 r 的关系。当 $\epsilon = 0$ 时，则表示代理人收益与 r 无关。

引入变量 r 后，农户（代理人）的报酬函数表达式变为

$$S(\pi, r) = \alpha + \beta(\pi + \epsilon r)$$

农户（代理人）的实际收益变为

$$W = S - C = \alpha + \beta(\pi + \epsilon r) - \frac{1}{2}b\mu^2$$

代理人确定性等价收入则变为

$$E(CE) = \alpha + k\beta\mu - \frac{1}{2}b\mu^2 - \frac{1}{2}\rho\beta^2\operatorname{Var}(\pi + \epsilon r) = \alpha + k\beta\mu - \frac{1}{2}b\mu^2 - \frac{1}{2}\rho\beta^2[\sigma^2 + \epsilon^2\sigma_r^2 + 2\epsilon\operatorname{cov}(\pi, r)]$$

此时，委托人效用最大的数学模型为

$$\begin{aligned} & \max_{\alpha, \beta, \mu} -\alpha + (1 - \beta)k\mu \\ \text{s. t. } & \begin{cases} \alpha + k\beta\mu - \frac{1}{2}b\mu^2 - \frac{1}{2}\rho\beta^2\operatorname{Var}(\pi + \epsilon r) \geq \underline{U} \\ \mu \in \operatorname{argmax}\left(\alpha + k\beta\mu - \frac{1}{2}b\mu^2 - \frac{1}{2}\rho\beta^2\operatorname{Var}(\pi + \epsilon r)\right) \end{cases} \end{aligned}$$

其中: $\alpha + k\beta\mu - \frac{1}{2}b\mu^2 - \frac{1}{2}\rho\beta^2\text{Var}(\pi + \varepsilon r) \geq U$ 为参与约束(IR); $\mu \in \text{argmax}(\alpha + k\beta\mu - \frac{1}{2}b\mu^2 - \frac{1}{2}\rho\beta^2\text{Var}(\pi + \varepsilon r))$ 为激励约束(IC)。

将 $\alpha + k\beta\mu - \frac{1}{2}b\mu^2 - \frac{1}{2}\rho\beta^2\text{Var}(\pi + \varepsilon r)^2$ 对 μ 求导,可以得到激励约束(IC): $\mu = \frac{k\beta}{b}$ 。将参与约束(IR)和激励约束(IC)代入目标函数中,对 ε 求导,得 $\varepsilon = \frac{-\text{cov}(\pi, r)}{\sigma_r^2}$; 对 β 求导,得到最优合同参数为

$$\beta_r = \frac{k^2}{b\rho\left[\sigma^2 - \frac{\text{cov}^2(\pi, r)}{\sigma_r^2}\right] + k^2}$$

农户(代理人)所承担的风险为

$$\begin{aligned} \text{Var}[S(\pi, r)] &= \text{Var}(\alpha + \beta\pi) = \\ &= \beta^2[\sigma^2 + \varepsilon^2\sigma_r^2 + 2\varepsilon\text{cov}(\pi, r)] = \\ &= \frac{k^4\left[\sigma^2 - \frac{\text{cov}^2(\pi, r)}{\sigma_r^2}\right]}{\left(b\rho\left[\sigma^2 - \frac{\text{cov}^2(\pi, r)}{\sigma_r^2}\right] + k^2\right)^2} \end{aligned}$$

也就是说,引入风险分担努力程度因素后,在超市应该与农户达成最优委托代理协议中,超市将 β_r 比例

同时,农户需要承担的风险为

$$\frac{k^4\left[\sigma^2 - \frac{\text{cov}^2(\pi, r)}{\sigma_r^2}\right]}{\left(b\rho\left[\sigma^2 - \frac{\text{cov}^2(\pi, r)}{\sigma_r^2}\right] + k^2\right)^2}$$

4 结论

1) 果蔬供应链成员间存在委托代理关系。在农超对接的二级果蔬供应链中,农户与超市可以通过签订委托代理合同,确定最优合同参数 β , 实现资源的最优分配,风险的合理分担。

2) 从信息不对称最优合同可以看出,在信息不对称条件下,超市和农户将会共同承担一定的风险($\beta > 0$)。当农户风险规避系数 ρ 越大,成本系数 b 越高,外界环境越不确定(σ^2 越大)时,农户越不想采取相关行为,“偷懒”的可能性越大,果蔬供应链总产出减少的可能性也越大,从而报酬合同中农户分享的产出份额(β)会越小。反之,如果 ρ 、 b 、 σ^2 越小,

则农户分享的产出份额(β)会越大。另一方面,产出系数 k 越大,农户获利可能性越大,越有可能采取相关行为。农户分享的产出份额(β)也越大。

3) 将风险分担努力因素引入合同后,委托代理合同将更加优化,风险得到更合理地分担。对于农户而言,农户可以提高分享的产出份额($\beta_r > \beta$)。与此同时,农户所承担的风险减少了($\text{Var}[S(\pi, r)] < \text{Var}[S(\pi)]$)。由此可知,该合同使农户收益增加、风险减低。对于超市,该合同使总代理成本下降,超市的期望收入增加。总之,供应链双方从合同中获得更多的利益,实现了双赢。因此,农户应该加强与超市的信息沟通,提供详细的可追溯信息,使双方资源得到更好地利用,风险得到更好地控制。

参 考 文 献

- [1] 黄通,马林.海产品供应链风险分担模型构建[J].物流技术,2008,27(1):82-84
- [2] Souter G. Risks from supply chain also demand attention[J]. Business Insurance,2000,34(5):26-27
- [3] Ahsan, Ali D. Farmers' motivations, risk perceptions and risk management strategies in a developing economy: Bangladeshi experience[J]. Risk Research,2011,14(3):325-349
- [4] 易海燕.供应链风险的管理与控制研究[D].成都:西南交通大学,2007
- [5] 俞健萍.超市果蔬供应链风险控制研究:以嘉兴超市为例[D].赣州:江西理工大学,2012
- [6] 张鹏.基于委托代理关系的供应链风险分担的研究[D].西安:西北大学,2009
- [7] 梁旦.供应链风险分担的研究[D].西安:西安电子科技大学,2006
- [8] 刘龙英.基于需求不确定性的供应链风险分担机制研究[D].厦门:厦门大学,2008
- [9] 张向阳,杨敏才,刘华明,等.供应链管理中风险分担与利益分配机制研究[J].华中科技大学学报:社会科学版,2004(05):94-97
- [10] 陈倬,赵萌.果蔬供应链的风险分析及其控制措施[J].价格月刊,2011(12):42-46
- [11] 姚雨辰.零售业农产品供应链成本分析[J].物流工程与管理,2012,34(10):61-62,70
- [12] 师晓娜.不同包装材料对南果梨贮藏保鲜效果的影响[D].呼和浩特:内蒙古农业大学,2009
- [13] 刘雪梅,李照男.农产品供应链风险研究[J].农业经济,2011(1):47-48
- [14] 张维迎.博弈论与信息经济学[M].上海:上海人民出版社,2004:256-262
- [15] 赵荣,乔娟.农户参与蔬菜追溯体系行为、认知和利益变化分析:基于对寿光市可追溯蔬菜种植户的实地调研[J].中国农业大学学报,2011,16(3):169-177