文章编号:1000-6788(2007)01-0001-09

基于协同效应的团队合作激励因素研究

魏光兴[1] ,余乐安[2,3] ,汪寿阳[2] ,黎建强[3]

(1. 重庆交通大学 管理学院,重庆 400074;2. 中国科学院 数学与系统科学研究院,北京 100080;
3. 香港城市大学 管理科学系,香港)

摘要: 以博弈论为工具,在一个统一框架之下分析了企业薪酬制度、员工风险厌恶程度以及协同效应等激励因素对团队合作的影响.研究表明:较高的团队分成、较高的风险厌恶程度以及较强的协同效应有利于团队合作,而较高的晋升奖金和较低的风险厌恶程度不利于团队合作.而且,理论分析的结果也进一步证实:风险厌恶程度较高的员工之间更容易实现合作,规模适中的工作团队合作程度更高,而规模太小或规模太大的工作团队合作程度都较低.

关键词: 团队合作;协同效应;风险厌恶;薪酬制度;博弈论

中图分类号: C962　　**文献标志码**: A

A Study on Incentive Factors of Team Cooperation based on Synergy Effect

WEI Guang-xing[1] , YU Le-an[2,3] , WANG Shou-yang[2] , LAI Kin Keung[3]

(1. School of Management, Chongqing Jiaotong University, Chongqing 400074, China;2. Academy of Mathematics and Systems Science, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100080, China;3. Department of Management Sciences, City University of Hong Kong, Tat Chee Avenue, Kowloon, Hong Kong)

Abstract: This paper analyzes the influences of salary system, risk aversion and synergy effect on team cooperation using game theory respectively within a unified framework. Research results indicate that the higher share of team output, the stronger risk aversion and the stronger synergy effect, the deeper the cooperation, while the more promotion bonus and the weaker risk aversion, the lesser the cooperation. Further analytical results show that the more risk averse the team members are, the easier to cooperate for them. Moreover, it is relatively difficult to realize cooperation in a team with too large scale or too small scale, while it is relatively easy in a team with medium scale.

Key words: team cooperation; synergy effect; risk aversion; salary system; game theory

1 引言

企业通过分工协作形成的协同效应能成倍增加产出,其实质是团队生产.而企业薪酬制度是决定企业员工之间能否合作的一个重要因素.一方面,基于相对业绩的晋升制度不利于合作,员工会采取拆台努力(Sabotage)降低他人产出,以提高自己赢得晋升的概率.另一方面,基于团队业绩的分成制度会促进合作,员工会付出帮助努力(help)增加他人产出,因为这样可以通过协同效应成倍增加团队业绩从而能够得到更多团队分成.现实中,企业一般采取同时包含固定工资、绩效工资、晋升奖金和团队分成的综合薪酬制度.那么,各种激励因素在综合薪酬制度之下会如何影响团队合作?企业又应该如何降低或避免拆台努力而促进帮助努力?本文将以博弈论为分析工具研究这一问题.

现有文献单独研究了某种或某几种薪酬制度对团队合作的影响,并且没有分析风险厌恶程度和协同

收稿日期:2006-08-21

资助项目:国家自然科学基金(70221001);香港城市大学战略研究基金(7001806)

作者简介:魏光兴(1977-),男,重庆交通大学管理学院副教授、博士,主要从事博弈论与信息经济学、人力资源管理研究;余乐安(1976-),男,中国科学院数学与系统科学研究院博士,香港城市大学管理科学系 Research Fellow,主要从事经济预测、商务智能与决策支持系统研究;汪寿阳(1958-),男,中国科学院数学与系统科学研究院副院长、研究员、中科院百人计划特聘教授,主要从事金融工程、知识管理与决策分析研究;黎建强(1950-),男,香港城市大学商学院副院长、管理科学系讲座教授,主要从事运作管理、商务智能与决策分析研究.

效应这两个重要因素. 拉舍尔(Lazear, 1989) 建立了一个 2 人锦标模型,研究指出工资压缩(Wage Compression)可以减少拆台努力[1]. 张朝孝和蒲勇健(2004)在风险厌恶条件下建立一个 2 人团队模型,分析指出固定工资和绩效工资不会导致拆台努力,而晋升奖金会导致拆台努力[2]. 德若戈和盖维(Drago, Garvey, 1998)在风险中性条件下建立了一个包含更多因素的 2 人团队模型,并用澳大利亚的实际数据进行了实证分析,研究表明在动态关系中绩效工资也会促进帮助努力,团队分成有利于帮助努力,而晋升奖金不利于帮助努力[3]. 田盈和蒲勇健(2005)做了一个类似的理论模型分析[4]. 若卜和哲斯科(Rob, Zemsky, 2002)创造性地把员工之间的合作水平定义为社会资本(Social Capital),指出薪酬制度会引起社会资本动态演变,可能提高也可能降低合作水平,取决于过去社会资本的积累程度[5]. 车和由(Che, Yoo, 2001)研究认为基于相互监督的隐性边合约(Implicit Side Contract)能够在动态关系下实现团队合作[6]. 伊藤(Itoh, 1991)研究了工作设计与安排对合作的影响,指出工作互补的员工之间更容易相互帮助实现合作[7]. 这些文献研究在各自的假设条件下分析了影响帮助(拆台)努力的一些激励因素,提出了促进帮助努力减少拆台努力实现团队合作的一些建议. 但是,由于只是单独分析某种或几种薪酬制度并且没有研究风险厌恶程度和协同效应的影响,因而都不能很好解释德若戈和盖维基于澳大利亚数据的实证研究结果,他们发现规模太小或规模太大的工作团队合作程度较低而规模适中的工作团队合作程度较高.

本文在一个统一框架之下分析薪酬制度、风险厌恶程度以及协同效应等因素对团队合作的影响. 与现有文献研究相比,在以下几个方面有较大改进:第一,在统一框架之下分析各种激励因素对团队合作的影响,而不是孤立的分析某种或几种因素;第二,假设员工是风险厌恶的,并分析了风险厌恶程度对团队合作的影响;第三,假设工作团队包括多个员工,并在此基础上分析了协同效应对团队合作的影响. 基于以上改进,本文研究结论能够解释德若戈和盖维的实证观察结果.

2 基本模型

为了数学简化,不失一般性,假设企业是风险中性的,工作团队中的 $n \geq 2$ 位员工具有相同的产出函数、努力成本函数和风险厌恶程度. 设任意员工 i 的产出为 $x_i = e_i + \sum_{k \neq i} \theta_{ki} + \varepsilon_i$. 其中,$e_i$ 为 i 的个人努力;θ_{ki} 为 k 对 i 的帮助(拆台)努力(大于 0 为帮助努力,小于 0 为拆台努力);ε_i 为 i 面临的随机因素,各个 ε_i 都满足 $N(0, \sigma^2)$ 且相互独立,设 f 和 F 分别为其密度函数和分布函数. 记 $\sum_{k \neq i} \theta_{ki} = \theta_i$,表示 i 得到的帮助(拆台)努力,则 $x_i = e_i + \theta_i + \varepsilon_i$. 团队产出为 $x = z(n) \sum_t x_t$,其中 $z(n)$ 为协同效应,满足 $z(2) > 1$. 当 $m < n_p$ 时,有 $z'(m) > 0$ 和 $z''(m) \leq 0$;当 $m > n_p$ 时,有 $z'(m) < 0$ 和 $z''(m) \geq 0$. 这里的 n_p 为最佳的团队生产规模. 极端的,当 $m \gg n_p$ 时有 $z(m) < 1$,表示规模太大时团队联合生产反而不如个人独立生产. 除非特别指明,下文假设 $z'(n) > 0$ 和 $z''(n) \leq 0$,前者表示团队生产规模越大协同效应越强,后者表示随着团队规模增大协同效应增强的速度逐渐减小. 在激励理论中一般假设努力成本函数为凹函数,为了数学简化,不失一般性,设员工努力成本函数为 $c(e) = \frac{1}{2} be^2$. i 既在本人工作上付出个人努力 e_i,又对其他 $n - 1$ 位员工实施帮助(拆台)努力 θ_{ik}(表示 i 对 k 的帮助或拆台努力),实质完成了一个 n 维的多任务努力(Holmstrom, Milgrom, 1991)[8]. 进一步假设各种努力之间完全独立,则 i 的总努力成本为 $C_i = \frac{1}{2} be_i^2 + \frac{1}{2} \lambda b \sum_{k \neq i} \theta_{ik}^2$. 其中,$\lambda b$ 为帮助(拆台)努力边际成本系数,满足:如果 $\theta_{ik} > 0$(帮助他人工作),则 $\lambda > 1$(由于存在专业分工,做他人的工作要付出更高的努力成本);如果 $\theta_{ik} < 0$(拆台他人工作),则 $0 < \lambda < 1$(虽然存在专业分工,但是拆台破坏他人工作只需付出较低的努力成本).

企业提供包括固定工资 w、绩效工资 gx_i(g 为绩效工资率)、团队分成 $sz(n) \sum_t x_t$(s 为团队分成率)、晋升奖金 B(只有个人产出排名第一的员工才能得到)的综合薪酬. 员工是风险厌恶的,不变绝对风险厌恶度为 r,效用函数为 $u(x) = -\exp(-rx)$. 那么,根据以上条件,i 的效用为 $U_i = -\exp[-r(w + gx_i +$

$sz(n)\sum_t x_t + B' - C_i)]$. 其中: w 为固定工资, 是常数; C_i 为总努力成本, 均衡时(即每个员工都选定各自的 e_i 和 θ_{ik} 后)也是常数; $gx_i = g(e_i + \theta_i + \varepsilon_i)$ 为绩效工资, 均衡时是随机变量, 因为其中的 ε_i 是随机变量; $sz(n)\sum_t x_t = sz(n)\sum_t(e_t + \theta_t + \varepsilon_t)$ 为团队分成, 均衡时也是随机变量, 因为其中每一个 ε_t 都是随机变量; B 为 i 得到的晋升奖金, 均衡时为服从二项分布的随机变量①, 以概率 P_i 取值为 B 而以概率 $1 - P_i$ 取值为 0(以下分析表明, 均衡时 P_i 是一个常数); P_i 为 i 得到晋升奖金 B(即个人产出排名第一)的概率, 等于

$$
\begin{aligned}
P_i &= \mathrm{prob}(x_i > x_1, \cdots, x_i > x_{i-1}, x_i > x_{i+1}, \cdots, x_i > x_n) \\
&= \mathrm{prob}(e_i + \theta_i + \varepsilon_i > e_1 + \theta_1 + \varepsilon_1, \cdots, e_i + \theta_i + \varepsilon_i > e_n + \theta_n + \varepsilon_n) \\
&= \mathrm{prob}(e_i + \theta_i - e_1 - \theta_1 + \varepsilon_i > \varepsilon_1, \cdots, e_i + \theta_i - e_n - \theta_n + \varepsilon_i > \varepsilon_n) \\
&= \int_{-\infty}^{+\infty} f(\varepsilon_i)\left[\int_{-\infty}^{e_i+\theta_i-e_1-\theta_1+\varepsilon_i} f(\varepsilon_1)\,\mathrm{d}\varepsilon_1 \cdots \int_{-\infty}^{e_i+\theta_i-e_n-\theta_n+\varepsilon_i} f(\varepsilon_n)\,\mathrm{d}\varepsilon_n\right]\mathrm{d}\varepsilon_i \\
&= \int_{-\infty}^{+\infty} f(\varepsilon_i)\prod_{t \neq i} F(e_i + \theta_i - e_t - \theta_t + \varepsilon_i)\,\mathrm{d}\varepsilon_i ,
\end{aligned} \tag{1}
$$

于是, i 的期望效用为

$$
\begin{aligned}
E(U_i) = {} & P_i E_\varepsilon\left\{-\exp\left[-r\left(w + gx_i + sz(n)\sum_t x_t + B - C_i\right)\right]\right\} + \\
& (1 - P_i) E_\varepsilon\left\{-\exp\left[-r\left(w + gx_i + sz(n)\sum_t x_t - C_i\right)\right]\right\} ,
\end{aligned} \tag{2}
$$

其中: 第一项为 i 得到晋升奖金时的期望效用, 第二项为没有 i 得到晋升奖金时的期望效用, E_ε 表示关于随机变量 ε 取期望值. 计算可得(详细过程见附录 A), 确定性等价②为

$$
\begin{aligned}
CE_i = {} & w + \left[g(e_i + \theta_i) - \frac{1}{2} rg^2\sigma^2\right] + \left\{sz(n)\sum_t(e_t + \theta_t) - \frac{1}{2} nrs^2[z(n)]^2\sigma^2\right\} + \\
& q(B, P_i) - \frac{1}{2} b\left(e_i^2 + \lambda\sum_{k \neq i}\theta_{ik}^2\right) ,
\end{aligned} \tag{3}
$$

其中: 第一项为固定工资的确定性等价, 就是本身; 第二项为绩效工资的确定性等价, 等于期望值减去风险补偿; 第三项为团队分成的确定性等价, 等于期望值减去风险补偿; 第四项为以概率 P_i 得到晋升奖金 B 的确定性等价(以下简称为确定性晋升奖金); 第五项为总努力成本的确定性等价, 就是本身. 计算可得, 其中的确定性晋升奖金为

$$
q(B, P_i) = -\frac{1}{r}\ln(1 - P_i + P_i e^{-rB}) . \tag{4}
$$

每位员工都选择自己的个人努力 e_i 和对他人的帮助(拆台)努力 θ_{ij}(表示 i 对任意 $j \neq i$ 的帮助或拆台努力)以追求最大效用, 即最大的确定性等价 CE_i. 那么, 均衡时在(3)式中 CE_i 关于个人努力 e_i 和对他人的帮助(拆台)努力 θ_{ij}(根据对称性, 均衡时 i 对任意 $j \neq i$ 的帮助或拆台努力是相等的)的偏导数都等于 0, 即有

$$
\begin{cases}
\dfrac{\partial CE_i}{\partial e_i} = g + sz(n) + \dfrac{\partial q(B, P_i)}{\partial e_i} - be_i = 0 \\[2ex]
\dfrac{\partial CE_i}{\partial \theta_{ij}} = sz(n) + \dfrac{\partial q(B, P_i)}{\partial \theta_{ij}} - \lambda b\theta_{ij} = 0
\end{cases} , \tag{5}
$$

其中,

$$
\begin{cases}
\dfrac{\partial q(B, P_i)}{\partial e_i} = \dfrac{\partial q(B, P_i)}{\partial P_i} \times \dfrac{\partial P_i}{\partial e_i} \\[2ex]
\dfrac{\partial q(B, P_i)}{\partial \theta_{ij}} = \dfrac{\partial q(B, P_i)}{\partial P_i} \times \dfrac{\partial P_i}{\partial \theta_{ij}}
\end{cases} . \tag{6}
$$

---

① 文献[2]认为得到的晋升奖金就是 BP_i. 这是不对的, 因为 i 是以概率 P_i 得到 B 而不是确定性的得到 BP_i.

② 在决策分析中, 一般用"确定当量"一词.

根据对称性,均衡时对任意 $j \neq i$ 有 $\theta_i = \theta_j$ 和 $e_i = e_j$. 在(1)中求 P_i 关于 e_i 的偏导数得

$$\left.\frac{\partial P_i}{\partial e_i}\right|_{e_i = e_j,\theta_i = \theta_j} = (n - 1)\int_{-\infty}^{+\infty}[f(\varepsilon_i)]^2[F(\varepsilon_i)]^{n-2}\mathrm{d}\varepsilon_i, \tag{7}$$

记为 $y(n)$,显然有 $y(n) > 0$.

同样,在(1)中求 P_i 关于 θ_{ij} 的偏导数得

$$\left.\frac{\partial P_i}{\partial \theta_{ij}}\right|_{e_i = e_j,\theta_i = \theta_j} = -\int_{-\infty}^{+\infty}[f(\varepsilon_i)]^2[F(\varepsilon_i)]^{n-2}\mathrm{d}\varepsilon_i = -\frac{y(n)}{n-1}. \tag{8}$$

而当对任意的 $j \neq i$ 有 $\theta_i = \theta_j$ 和 $e_i = e_j$ 时,由(1)可得 $P_i = \int_{-\infty}^{+\infty} f(\varepsilon_i)[F(\varepsilon_i)]^{n-1}\mathrm{d}\varepsilon_i = \frac{1}{n}$. 那么,在(4)中求 $q(B, P_i)$ 关于 P_i 的偏导数得

$$\left.\frac{\partial q(B, P_i)}{\partial P_i}\right|_{P_i = \frac{1}{n}} = \frac{1 - e^{-rB}}{r\left(1 - \frac{1}{n} + \frac{1}{n}e^{-rB}\right)}, \tag{9}$$

记为 q_2,计算可得 $q_2 > 0$.

把(7)、(8)和(9)代入(6),再把(6)代入(5)得,最优 e_i^* 和 θ_{ij}^* 分别为

$$e_i^* = \frac{1}{b}[g + sz(n) + y(n)q_2], \tag{10}$$

$$\theta_{ij}^* = \frac{1}{\lambda b}\left[sz(n) - \frac{y(n)q_2}{n-1}\right], \quad \forall j \neq i. \tag{11}$$

根据对称性,均衡时每一位员工 i 实施的个人努力 e_i^* 是相同的,对其他任意一位员工 j 实施的帮助(拆台)努力 θ_{ij}^* 也是相同的,得到的来自其他任意一位员工 j 的帮助(拆台)努力 θ_{ji}^* 也是相同的.

θ_{ij}^* 是员工之间的帮助(拆台)努力,反映了员工之间的相互作用关系. 如果 $\theta_{ij}^* > 0$,说明员工之间相互帮助;如果 $\theta_{ij}^* < 0$,说明员工之间相互拆台. 只有前者才实现了团队合作. 分析哪些因素会影响以及如何影响 θ_{ij}^*,也就找到了哪些因素会影响以及如何影响团队合作. 因此,(11)式是分析各种激励因素如何影响团队合作的基础. 由于下文主要分析影响团队合作即帮助努力而不是拆台努力的激励因素,因此根据前文定义有 $\theta_{ij} > 0$ 和 $\lambda > 1$.

3　各种激励因素对团队合作的影响

3.1　实现团队合作的基本条件

在(11)式中,右边分子括号内的第一项 $sz(n)$ 为帮助(拆台)努力由于增加(减少)了团队产出而增加(减少)的团队分成所得,为帮助(拆台)努力的正(负)效应;第二项 $\frac{y(n)q_2}{n-1}$ 为由于帮助(拆台)努力提高(降低)了他人产出,因而减小(增大)了自己得到晋升奖金的概率,从而减少(增加)的确定性晋升奖金所得,为帮助(拆台)努力的负(正)效应. 当帮助努力的正效应大于负效应(或拆台努力的正效应小于负效应)时,员工之间才会相互帮助. 因此,实现团队合作的基本条件是 $sz(n) > \frac{y(n)q_2}{n-1}$.

可见,要激励帮助努力,避免拆台努力,实现团队合作,团队分成率必须足够大,以补偿由于帮助他人所损失的确定性晋升奖金;协同效应也要足够大,以使帮助努力通过协同效应能够获取足够大的团队分成,从而保证帮助努力的正效应大于负效应.

3.2　薪酬制度的影响

薪酬制度包括固定工资、绩效工资、晋升奖金和团队分成四项. 首先,在(11)式中求帮助努力 θ_{ij}^* 关于团队分成率 s 的偏导数得 $\frac{\partial \theta_{ij}^*}{\partial s} = \frac{z(n)}{\lambda b} > 0$,说明团队分成率越高帮助努力越大,即团队合作程度越高. 这是因为团队分成率越高员工利益越趋于一致,结果员工越愿意帮助别人,团队合作程度就越高. 同时,由 $\frac{\partial \theta_{ij}^*}{\partial s}$

$=\frac{z(n)}{\lambda b}$可以看出,团队分成率 s 对帮助努力 θ_{ij}^* 的激励作用同时取决于协同效应 $z(n)$ 和帮助努力的边际成本率 λb. 团队生产的协同效应越大,帮助努力的边际成本率越低,团队分成对团队合作的激励作用越强. 其次,在(11)式中求帮助努力 θ_{ij}^* 关于晋升奖金 B 的偏导数为$\frac{\partial\theta_{ij}^*}{\partial B}=-\frac{y(n)}{\lambda b(n-1)}\frac{\partial q_2}{\partial B}$,其中 $y(n)>0$,又可以证明有$\frac{\partial q_2}{\partial B}>0$(详细过程见附录 B),所以$\frac{\partial\theta_{ij}^*}{\partial B}<0$. 说明晋升奖金越大,员工越不愿意帮助别人,团队合作程度越低. 这是因为晋升奖金越大,帮助别人所损失的确定性晋升奖金越多,结果帮助努力负效应的相对地位就越强. 最后,在(11)式中并没有包含绩效工资率 g,说明绩效工资对团队合作没有激励作用,而由(10)式分析可知绩效工资会激励个人努力. 此外,在(11)式和(10)式中都没有固定工资 w,说明固定工资对团队合作没有激励作用,也不会激励个人努力,但是为员工提供了基本保险使其参与约束得到满足. 总之,较高的团队分成会促进团队合作,较大的晋升奖金不利于团队合作甚至会导致非生产性的拆台努力,绩效工资则只会激励个人努力,而固定工资为员工提供基本保险.

3.3　风险厌恶程度的影响

风险厌恶程度指员工厌恶风险的程度,由不变绝对风险厌恶度 r 反映其大小. 在(11)式中求帮助努力 θ_{ij}^* 关于不变绝对风险厌恶度 r 的偏导数得$\frac{\partial\theta_{ij}^*}{\partial r}=-\frac{y(n)}{\lambda b(n-1)}\frac{\partial q_2}{\partial r}$,可以证明(详细过程见附录 C)有$\frac{\partial q_2}{\partial r}<0$,又有 $y(n)>0$,那么$\frac{\partial\theta_{ij}^*}{\partial r}>0$. 说明员工越厌恶风险就越愿意帮助别人,团队合作程度就越高. 这是因为,帮助努力的正效应并不随员工风险厌恶程度的增大而变化,总是按照固定的团队分成率获得相应回报;帮助努力的负效应却是风险厌恶程度的减函数,因为员工越厌恶风险由于帮助他人所损失的确定性晋升奖金越少. 结果,员工风险厌恶程度越高,帮助努力正效应的相对地位越强,因此员工付出的帮助努力就越多,团队合作程度就越高. 事实上,与他人合作本身是规避风险的一种积极方式,而不合作(相互拆台)会增大员工面临的风险. 风险厌恶程度大小是员工的一个显著个性特征,受员工的财富多少、能力高低、性格特征等众多因素影响. 既然风险厌恶程度高的员工之间更可能实现合作,企业在招聘员工、组建工作团队时,就应该采取相关措施积极识别和区分员工的风险厌恶程度. 如果员工之间的合作特别重要,就应该由风险厌恶程度较高的员工组成相应的工作团队. 这一研究结论能够解释“可以共患难却不可以共富贵”,是因为共患难时(财富较少)风险厌恶程度较高,而共富贵时(财富较多)风险厌恶程度较小,而风险厌恶程度较高时更愿意合作. 这也能够解释为什么企业创业之初合伙人之间合作程度很高而创业成功之后合作程度往往会降低甚至出现相互拆台. 企业创业之初,合伙人投入了较多的个人财富和精力,抗风险能力较低因而风险厌恶程度较大,所以合作程度较高;而企业创业成功之后,个人财富扩大而且由于创业成功会认为自己的个人能力较强,抗风险能力较高因而风险厌恶程度变小,结果合作程度也就降低了.

3.4　协同效应的影响

由(11)式得 $\theta_{ij}^*(n)=\frac{1}{\lambda b}\left(sz(n)-\frac{y(n)q_2(n)}{n-1}\right)$ 和 $\theta_{ij}^*(n+1)=\frac{1}{\lambda b}\left(sz(n+1)-\frac{y(n+1)q_2(n+1)}{n}\right)$,又由(9)式计算得 $q_2(n+1)<q_2(n)$,又可以证明(具体过程见附录 D)有 $y(n+1)<y(n)$成立,于是有$\frac{y(n+1)q_2(n+1)}{n}<\frac{y(n)q_2(n)}{n-1}$,再根据协同效应性质有 $z(n+1)>z(n)$,所以 $\theta_{ij}^*(n+1)>\theta_{ij}^*(n)$. 这说明企业团队生产规模越大(但是,不超过最佳规模,即 $n<n_p$),员工越愿意帮助他人,团队合作程度越高. 原因在于:一方面,更大的团队生产规模通过更精细的分工协作能够实现更强的协同效应(即 $z(n+1)>z(n)$),而团队分成率并不随团队生产规模的增大而变化(始终是 s),结果同样的帮助努力在更大规模的工作团队中通过更强的协同效应可以获得更多的团队分成所得(即 $sz(n+1)>sz(n)$),这说明更大规模的团队生产通过更强的协同效应强化了团队分成的正面激励作用,即提高了帮助努力的正效应;另一方面,随着团队生产规模扩大帮助别人所损失的确定性晋升奖金所得会逐渐减小(即$\frac{y(n+1)q_2(n+1)}{n}<$

$\frac{y(n)\,q_2(n)}{n-1}$) ,这说明更大规模的团队生产弱化了晋升奖金的负面激励作用,即降低了帮助努力的负效应.综合以上两方面可得,团队生产规模越大,帮助努力的正效应越大负效应却越小,结果帮助努力正效应的相对地位越强,所以员工付出的帮助努力就越多,团队合作程度就越高.而当团队生产超过了最佳规模(即 $m > n_p$)后,协同效应将逐渐减小(即 $z'(m) < 0$)甚至不再存在(即 $z(m) < 1$),这会导致团队联合生产效率低于个人独立生产.结果,更大规模的团队生产不但不能获得更强的协同效应也就不能提高帮助努力的正效应,甚至反而会降低帮助努力的正效应.当团队规模大到使这种帮助努力正效应的降低程度(表示为 $sz(m) - sz(m+1) > 0$)大于团队生产规模扩大所降低的帮助努力负效应(表示为 $\frac{y(m)\,q_2(m)}{m-1} - \frac{y(m+1)\,q_2(m+1)}{m} > 0$)时,扩大团队生产规模只会增强帮助努力负效应的相对地位,结果会降低帮助努力水平,即降低团队合作水平,甚至会由合作的相互帮助转变为不合作的相互拆台.综上所述,当团队规模较小时,协同效应随团队规模的扩大而增大,这会提高团队合作水平;当团队规模较大时,协同效应随团队规模的扩大而减小,这会降低团队合作水平.这与德若戈和盖维基于澳大利亚数据实证研究得到的现实中规模太小或规模太大的工作团队合作程度较低而规模适中的工作团队合作程度较高这一观察结果是完全一致的.此外,激励理论的文献研究如谢欧等(Shaw et al. ,2001)、霍姆斯特姆(Holmstrom ,1982)认为[9,10],团队生产的协同效应是由团队内部的分工协作技术决定的,而团队生产能否实现合作则是一个激励问题,是由外部的激励制度决定的,二者相互独立.但是,以上研究表明,内部的分工协作通过协同效应会影响外部激励制度的激励效果,从而也会影响团队合作水平,二者并不是相互独立的,不同内部技术分工协作形成的强度不同的协同效应会改变同样薪酬制度的激励效果,内部分工协作状况是影响企业薪酬制度激励效率的一个重要因素.

4 结论

本文在风险厌恶条件下引入团队生产的协同效应,在一个统一框架之下分析了薪酬制度、风险厌恶程度以及协同效应等激励因素对团队合作的影响.基本结论是:固定工资提供基本保险,绩效工资激励个人努力,团队分成激励相互合作,晋升奖金激励相互拆台,员工风险厌恶程度越大团队合作程度越高,协同效应越强团队合作程度越高.而团队规模与团队合作之间的关系并不是单调的:当团队规模较小时,规模越大合作程度越高;当团队规模较大时,规模越大合作程度越低.结果规模太小或规模太大的工作团队合作程度较低,而规模适中的工作团队合作程度较高,这与德若戈和盖维的实证观察结果是完全一致的.

这些研究结论对企业制定团队激励制度有四点重要启示:其一,积极采取性格测试等手段识别员工风险厌恶程度,在风险厌恶程度较高的员工之间组建工作团队更容易实现合作;其二,确定恰当的工作团队规模,规模太小或太大都不利于合作,实现有效的技术分工协作,恰当技术分工协作形成的较强的协同效应会促进团队合作;其三,各种不同的薪酬制度对团队合作的激励作用大不相同而且会交互影响,应该恰当搭配综合使用薪酬制度;其四,团队分工协作决定的协同效应会影响企业薪酬制度的激励效果,因此必须结合团队规模和协同效应的具体情况制定恰当的薪酬制度.

参考文献:

[1] Lazear E P. Pay equality and industrial politics [J]. Journal of Political Economy, 1989, 97(2): 561 - 580.

[2] 张朝孝,蒲勇健.团队合作与激励结构的关系及博弈模型研究[J].管理工程学报,2004, 18(4): 12 - 16.
Zhang C X, Pu YJ. Study on the relation between team cooperation and incentive structure and the game mode [J]. Journal of Industrial Engineering and Engineering Management, 2004, 18(4): 12 - 16.

[3] Drago R, Garvey G T. Incentives for helping on the job: Theory and evidence [J]. Journal of Labor Economics, 1998, 16(3): 1 - 15.

[4] 田盈,蒲勇健.团队协作激励机制博弈分析[J].管理工程学报,2005, 19(2): 133 - 135.
Tian Y, Pu YJ. A game analysis of the incentive mechanism for cooperation [J]. Journal of Industrial Engineering and Engineering

Management , 2005 , 19(2) : 133 - 135.

[5] Rob R , Zemsky P. Social capital , corporate culture and incentive intensity [J]. Rand Journal of Economics , 2002 , 33(4) : 243 - 257.

[6] Che Y K, Yoo S W. Optimal incentives for teams[J]. The American Economic Review , 2001 , 91(2) : 525 - 541.

[7] Itoh H. Incentives to help in the multi-agent situations [J]. Econometrica , 1991 , 59(5) : 611 - 636.

[8] Holmstrom B , Milgrom P. Multi-task principal-agent analyses: Incentive contracts , asset ownership , and job design [J]. The Journal of Law , Economics & Organization , 1991 , (7) : 24 - 52.

[9] Shaw J D , Duffy M K, Stark E M. Team reward attitude : Construct development and initial validation [J]. Journal of Organization Behavior , 2001 , 22(3) : 902 - 917.

[10] Holmstrom B. Moral hazard in teams [J]. The Bell Journal of Economics , 1982 , 12(6) : 324 - 340.

附录:

附录 A　CE_i 的求解.

$$E_\varepsilon\left\{\exp\left[-r\left(w+gx_i+sz(n)\sum_t x_t-B-C_i\right)\right]\right\}$$

$$=e^{-r\left[w+g(e_i+\theta_i)+sz(n)\sum_t(e_t+\theta_t)+B-C_i\right]}\int_{-\infty}^{+\infty}e^{-rg\varepsilon_i}f(\varepsilon_i)\,d\varepsilon_i\int_{-\infty}^{+\infty}e^{-rsz(n)\varepsilon_1}f(\varepsilon_1)\,d\varepsilon_1\cdots\int_{-\infty}^{+\infty}e^{rsz(n)\varepsilon_n}f(\varepsilon_n)\,d\varepsilon_n$$

$$=e^{-r\left[w+g(e_i+\theta_i)+sz(n)\sum_t(e_t+\theta_t)+B-C_i\right]}e^{\frac{1}{2}r^2g^2\sigma^2}e^{\frac{1}{2}nr^2s^2[z(n)]^2\sigma^2}$$

$$=e^{-r\left[w+g(e_i+\theta_i)+sz(n)\sum_t(e_t+\theta_t)-\frac{1}{2}rg^2\sigma^2-\frac{1}{2}nrs^2[z(n)]^2\sigma^2-C_i\right]}e^{-rB}$$

其中,

$$\int_{-\infty}^{+\infty}e^{-rg\varepsilon_i}f(\varepsilon_i)\,d\varepsilon_i=\int_{-\infty}^{+\infty}e^{-rg\varepsilon_i}\frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma}e^{-\frac{\varepsilon_i^2}{2\sigma^2}}\,d\varepsilon_i=e^{\frac{r^2g^2\sigma^2}{2}}$$

$$\int_{-\infty}^{+\infty}e^{-rsz(n)\varepsilon_1}f(\varepsilon_1)\,d\varepsilon_1\cdots\int_{-\infty}^{+\infty}e^{-rsz(n)\varepsilon_n}f(\varepsilon_n)\,d\varepsilon_n=e^{\frac{1}{2}r^2s^2[z(n)]^2\sigma^2}\cdots e^{\frac{1}{2}r^2s^2[z(n)]^2\sigma^2}=e^{\frac{1}{2}nr^2s^2[z(n)]^2\sigma^2}$$

类似的,可得

$$E_\varepsilon\left\{\exp\left[-r\left(w+gx_i+sz(n)\sum_t x_t-C_i\right)\right]\right\}=e^{-r\left[w+g(e_i+\theta_i)+sz(n)\sum_t(e_t+\theta_t)-\frac{1}{2}rg^2\sigma^2-\frac{1}{2}nrs^2[z(n)]^2\sigma^2-C_i\right]}$$

那么,根据(2)式得

$$E(U_i)=-e^{-r\left[w+g(e_i+\theta_i)+sz(n)\sum_t(e_t+\theta_t)-\frac{1}{2}rg^2\sigma^2-\frac{1}{2}nrs^2[z(n)]^2\sigma^2-C_i\right]}\left[P_ie^{-rB}+(1-P_i)\right]$$

$$=-e^{-r\left[w+g(e_i+\theta_i)+sz(n)\sum_t(e_t+\theta_t)-\frac{1}{2}rg^2\sigma^2-\frac{1}{2}nrs^2[z(n)]^2\sigma^2-C_i\right]}e^{\ln[P_ie^{-rB}+(1-P_i)]}$$

$$=-e^{-r\left[w+g(e_i+\theta_i)+sz(n)\sum_t(e_t+\theta_t)-\frac{1}{2}rg^2\sigma^2-\frac{1}{2}nrs^2[z(n)]^2\sigma^2-C_i\right]}e^{-r\left\{-\frac{1}{r}\ln[P_ie^{-rB}+(1-P_i)]\right\}}$$

$$=-e^{-r\left[w+g(e_i+\theta_i)+sz(n)\sum_t(e_t+\theta_t)-\frac{1}{2}rg^2\sigma^2-\frac{1}{2}nrs^2[z(n)]^2\sigma^2-C_i\right]}e^{-rq(B,P_i)}$$

$$=-e^{-r\left[w+g(e_i+\theta_i)+sz(n)\sum_t(e_t+\theta_t)-\frac{1}{2}rg^2\sigma^2-\frac{1}{2}nrs^2[z(n)]^2\sigma^2-C_i+q(B,P_i)\right]}$$

根据确定性等价的定义即得(3)式.

附录 B　$\frac{\partial q_2}{\partial B}>0$ 的证明.

在(9)中求偏导数得

$$\frac{\partial q_2}{\partial B}=\frac{r^2e^{-rB}\left(1-\frac{1}{n}+\frac{1}{n}e^{-rB}\right)+\frac{r^2}{n}e^{-rB}(1-e^{-rB})}{r^2\left(1-\frac{1}{n}+\frac{1}{n}e^{-rB}\right)^2}$$

$$=\frac{e^{-rB}\left(1-\frac{1}{n}+\frac{1}{n}e^{-rB}+\frac{1}{n}-\frac{1}{n}e^{-rB}\right)}{\left(1-\frac{1}{n}+\frac{1}{n}e^{-rB}\right)^2}=\frac{e^{-rB}}{\left(1-\frac{1}{n}+\frac{1}{n}e^{-rB}\right)^2}>0,$$

证毕!

附录 C $\frac{\partial q_2}{\partial r}<0$ **的证明.**

在(9)**中求偏导数得**

$$\frac{\partial q_2}{\partial r}=\frac{rB\mathrm{e}^{-rB}\left(1-\frac{1}{n}+\frac{1}{n}\mathrm{e}^{-rB}\right)-(1-\mathrm{e}^{-rB})\left(1-\frac{1}{n}+\frac{1}{n}\mathrm{e}^{-rB}-\frac{rB}{n}\mathrm{e}^{-rB}\right)}{r^2\left(1-\frac{1}{n}+\frac{1}{n}\mathrm{e}^{-rB}\right)^2}$$

$$=\frac{rB\mathrm{e}^{-rB}-1+\frac{1}{n}-\frac{2\mathrm{e}^{-rB}}{n}+\mathrm{e}^{-rB}+\frac{\mathrm{e}^{-2rB}}{n}}{r^2\left(1-\frac{1}{n}+\frac{1}{n}\mathrm{e}^{-rB}\right)^2}$$

其中,计算可得

$$\begin{cases}\lim\limits_{r\to 0}\left(rB\mathrm{e}^{-rB}-1+\frac{1}{n}-\frac{2\mathrm{e}^{-rB}}{n}+\mathrm{e}^{-rB}+\frac{\mathrm{e}^{-2rB}}{n}\right)=0\\ \lim\limits_{r\to+\infty}\left(rB\mathrm{e}^{-rB}-1+\frac{1}{n}-\frac{2\mathrm{e}^{-rB}}{n}+\mathrm{e}^{-rB}+\frac{\mathrm{e}^{-2rB}}{n}\right)=\frac{1}{n}-1<0\end{cases}$$

那么,如果 $rB\mathrm{e}^{-rB}-1+\frac{1}{n}-\frac{2\mathrm{e}^{-rB}}{n}+\mathrm{e}^{-rB}+\frac{\mathrm{e}^{-2rB}}{n}$**是单调的,则必有**$\frac{\partial q_2}{\partial r}<0$.

$$\left(rB\mathrm{e}^{-rB}-1+\frac{1}{n}-\frac{2\mathrm{e}^{-rB}}{n}+\mathrm{e}^{-rB}+\frac{\mathrm{e}^{-2rB}}{n}\right)'$$

$$=B\left(\mathrm{e}^{-rB}-rB\mathrm{e}^{-rB}+\frac{2\mathrm{e}^{-rB}}{n}-\mathrm{e}^{-rB}-\frac{2\mathrm{e}^{-2rB}}{n}\right)$$

$$=B\left(-rB\mathrm{e}^{-rB}+\frac{2\mathrm{e}^{-rB}}{n}-\frac{2\mathrm{e}^{-2rB}}{n}\right)$$

$$=\frac{2B\mathrm{e}^{-rB}}{n}\left(-\frac{nrB}{2}+1-\mathrm{e}^{-rB}\right)$$

其中,有$\lim\limits_{r\to 0}\left(-\frac{nrB}{2}+1-\mathrm{e}^{-rB}\right)=0$,**而** $n\geq 2$ **和** $r>0$,**则**$\left(-\frac{nrB}{2}+1-\mathrm{e}^{-rB}\right)'=B\left(-\frac{n}{2}+\mathrm{e}^{-rB}\right)<0$. **那么**, $-\frac{nrB}{2}+1-\mathrm{e}^{-rB}<0$. **代入上式,即得** $rB\mathrm{e}^{-rB}-1+\frac{1}{n}-\frac{2\mathrm{e}^{-rB}}{n}+\mathrm{e}^{-rB}+\frac{\mathrm{e}^{-2rB}}{n}$**是单调的.**

所以, $\frac{\partial q_2}{\partial r}<0$. **证毕!**

附录 D $y(n+1)<y(n)$**的证明.**

根据 $y(n)$**的定义,有**

$$y(n+1)-y(n)$$

$$=n\int_{-\infty}^{+\infty}[f(x)]^2[F(x)]^{n-1}\mathrm{d}x-(n-1)\int_{-\infty}^{+\infty}[f(x)]^2[F(x)]^{n-2}\mathrm{d}x$$

$$=\int_{-\infty}^{+\infty}f(x)\,\mathrm{d}[F(x)]^n-\int_{-\infty}^{+\infty}f(x)\,\mathrm{d}[F(x)]^{n-1}$$

$$=f(x)[F(x)]^n\Big|_{-\infty}^{+\infty}-\int_{-\infty}^{+\infty}[F(x)]^nf'(x)\,\mathrm{d}x-f(x)[F(x)]^{n-1}\Big|_{-\infty}^{+\infty}+\int_{-\infty}^{+\infty}[F(x)]^{n-1}f'(x)\,\mathrm{d}x$$

$$=\int_{-\infty}^{+\infty}[F(x)]^{n-1}f'(x)\,\mathrm{d}x-\int_{-\infty}^{+\infty}[F(x)]^nf'(x)\,\mathrm{d}x$$

$$=\int_{-\infty}^{+\infty}([F(x)]^{n-1}-[F(x)]^n)f'(x)\,\mathrm{d}x$$

其中, $f'(x)=-\frac{x}{\sigma^2}\frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma}\mathrm{e}^{-\frac{x^2}{2\sigma^2}}=-\frac{x}{\sigma^2}f(x)$,**代入上式得**

$$y(n)-y(n+1)=\frac{1}{\sigma^2}\int_{-\infty}^{+\infty}xf(x)([F(x)]^{n-1}-[F(x)]^n)\,\mathrm{d}x$$

要证明 $y(n+1) < y(n)$,**只需证明** $l(n) = \int_{-\infty}^{+\infty} xf(x)([F(x)]^{n-1} - [F(x)]^{n})\mathrm{d}x > 0$

$$
\begin{aligned}
l(2) &= \int_{-\infty}^{+\infty} xf(x)(F(x) - [F(x)]^{2})\mathrm{d}x \\
&= \int_{-\infty}^{+\infty} xf(x)F(x)(1 - F(x))\mathrm{d}x \\
&= \int_{-\infty}^{0} xf(x)F(x)(1 - F(x))\mathrm{d}x + \int_{0}^{+\infty} xf(x)F(x)(1 - F(x))\mathrm{d}x \\
&= -\int_{0}^{+\infty} tf(-t)F(-t)(1 - F(-t))\mathrm{d}t + \int_{0}^{+\infty} xf(x)F(x)(1 - F(x))\mathrm{d}x \\
&= -\int_{0}^{+\infty} tf(t)F(t)(1 - F(t))\mathrm{d}t + \int_{0}^{+\infty} xf(x)F(x)(1 - F(x))\mathrm{d}x \\
&= -\int_{0}^{+\infty} xf(x)F(x)(1 - F(x))\mathrm{d}x + \int_{0}^{+\infty} xf(x)F(x)(1 - F(x))\mathrm{d}x \\
&= 0
\end{aligned}
$$

所以, $l(2) = 0$.

$$
\begin{aligned}
l(3) &= \int_{-\infty}^{+\infty} xf(x)([F(x)]^{2} - [F(x)]^{3})\mathrm{d}x \\
&= \int_{-\infty}^{+\infty} xf(x)F(x)(F(x) - [F(x)]^{2})\mathrm{d}x \\
&= \int_{-\infty}^{0} xf(x)F(x)(F(x) - [F(x)]^{2})\mathrm{d}x + \int_{0}^{+\infty} xf(x)F(x)(F(x) - [F(x)]^{2})\mathrm{d}x \\
&> \int_{-\infty}^{0} xf(x)F(0)(F(x) - [F(x)]^{2})\mathrm{d}x + \int_{0}^{+\infty} xf(x)F(0)(F(x) - [F(x)]^{2})\mathrm{d}x \\
&= F(0)\int_{-\infty}^{0} xf(x)(F(x) - [F(x)]^{2})\mathrm{d}x + F(0)\int_{0}^{+\infty} xf(x)(F(x) - [F(x)]^{2})\mathrm{d}x \\
&= F(0)\int_{-\infty}^{+\infty} xf(x)(F(x) - [F(x)]^{2})\mathrm{d}x \\
&= F(0)\,l(2) = 0
\end{aligned}
$$

所以, $l(3) > 0$.

以下用数学归纳法证明 $l(n) > 0$.

设 $n = k > 3$ **时有** $l(k) = \int_{-\infty}^{+\infty} xf(x)([F(x)]^{k-1} - [F(x)]^{k})\mathrm{d}x > 0$ **成立**,**下面证明有** $l(k+1) > 0$ **成立**.

$$
\begin{aligned}
l(k+1) &= \int_{-\infty}^{+\infty} xf(x)([F(x)]^{k} - [F(x)]^{k+1})\mathrm{d}x \\
&= \int_{-\infty}^{+\infty} xf(x)F(x)([F(x)]^{k-1} - [F(x)]^{k})\mathrm{d}x \\
&= \int_{-\infty}^{0} xf(x)F(x)([F(x)]^{k-1} - [F(x)]^{k})\mathrm{d}x + \int_{0}^{+\infty} xf(x)F(x)([F(x)]^{k-1} - [F(x)]^{k})\mathrm{d}x \\
&> \int_{-\infty}^{0} xf(x)F(0)([F(x)]^{k-1} - [F(x)]^{k})\mathrm{d}x + \int_{0}^{+\infty} xf(x)F(0)([F(x)]^{k-1} - [F(x)]^{k})\mathrm{d}x \\
&= F(0)\int_{-\infty}^{0} xf(x)([F(x)]^{k-1} - [F(x)]^{k})\mathrm{d}x + F(0)\int_{0}^{+\infty} xf(x)([F(x)]^{k-1} - [F(x)]^{k})\mathrm{d}x \\
&= F(0)\int_{-\infty}^{+\infty} xf(x)([F(x)]^{k-1} - [F(x)]^{k})\mathrm{d}x \\
&= F(0)\,l(k) > 0
\end{aligned}
$$

所以, $l(k+1) > 0$.

根据数学归纳法, $l(n) > 0$ **得证**.　　**证毕**!