文章编号:1000-5862(2018)02-0194-04

相依带干扰的2险种风险模型

牛银菊[1],邓　丽[2],马崇武[3*]

(1.东莞理工学院计算机与网络安全学院,广东 东莞　523808;2.兰州交通大学数理学院,甘肃 兰州　730070;
3.东莞理工学院生态环境与建筑工程学院,广东 东莞　523808)

摘要:根据现实环境中保险公司的经营情况,在考虑利率及通货膨胀率下研究了相依带干扰的2险种风险模型的破产概率,运用鞅方法得出了此模型最终破产概率满足的一般表达式及生存概率满足的积分-微分方程,并给出了在保费额及索赔额均服从指数分布的情况下调节系数满足的方程,最后进行了数值计算.由于在一定时间段内,利率比较稳定,因此考虑的利率为常利率.

关键词:相依;干扰;2险种;破产概率

中图分类号:O 211.67　　文献标志码:A　　DOI:10.16357/j.cnki.issn1000-5862.2018.02.13

0　引言

经典风险模型的研究奠定了风险理论的基础[1].之后,许多研究者对经典风险模型进行推广.如在考虑保险公司的投资情况下,文献[2-6]研究了带投资组合的风险模型的破产概率,其中一部分资金用于投资稳定收益的项目,另一部分资金用于风险投资;文献[7-8]建立了确定停止损失再保险的数学模型;文献[9-12]考虑了利率及通货膨胀率的影响.一些学者又考虑到保险公司会受到一些不确定因素的影响,继而引入了干扰项[13-14],研究了带干扰风险模型的破产概率.随着研究的深入,险种间的相依性也逐渐被引入,文献[5]研究了在保费收取速率为定值的情况下的相依2险种风险模型,文献[6]研究了指数索赔下的相依风险模型的破产概率.本文基于利率及通货膨胀率,研究了在保费随机收取情况下的相依带干扰的2险种风险模型,考虑到现实生活中有可能一个索赔的发生会导致另一个索赔随之发生,因此把2险种间索赔次数的相依性亦加入其中.针对改进的模型,运用鞅方法得到破产概率满足的一般表达式及其上界,并得到生存概率满足的积分-微分方程.

1　模型建立

考虑常相依带干扰的2险种风险模型为

$$U(t)=u(1+m-l)+\sum_{i=1}^{N_1(t)}X_i'+\sum_{i=1}^{N_2(t)}X_i''-\sum_{i=1}^{M_1(t)}Y_i'-\sum_{i=1}^{M_2(t)}Y_i''+\sigma W(t),t\geqslant 0,$$

令 $S(t)=\sum_{i=1}^{N_1(t)}X_i'+\sum_{i=1}^{N_2(t)}X_i''-\sum_{i=1}^{M_1(t)}Y_i'-\sum_{i=1}^{M_2(t)}Y_i''+\sigma W(t)$,则 $U(t)=u(1+m-l)+S(t)$,其中

(ⅰ) $U(t)$ 为保险公司在 t 时刻的盈余,$S(t)$ 为盈利过程,u 为保险公司的初始准备金,m 为利率,l 为通货膨胀率,$W(t)$ 为标准布朗运动;

(ⅱ) $\{N_j(t),t\geqslant 0\}$ 为险种 $j(j=1,2)$ 的保费收取次数,服从参数为 λ'、λ'' 的Poisson过程.X_i'、X_i'' 为险种 $j(j=1,2)$ 第 i 次收取的保费额,具有分布函数 $F'(x)$、$F''(x)$.$\{M_j(t),t\geqslant 0\}$ 为险种 $j(j=1,2)$ 的理赔次数,且有 $M_1(t)=M_{11}(t)+M_{12}(t)$,$M_2(t)=M_{22}(t)+M_{12}'(t)$,其中 $M_{11}(t)$、$M_{12}(t)$、$M_{22}(t)$ 分别服从参数为 λ_{11}、λ_{12}、λ_{22} 的Poisson过程,$M_{12}'(t)$ 为 $M_{12}(t)$ 的一个 p-稀疏,Y_i'、Y_i'' 为险种 j 的第 i 次索赔额,具有分布函数 $G'(y)$、$G''(y)$.X_i'、X''、Y_i'、Y'' 相互独立,与 $\{M_j(t),t\geqslant 0\}$、$\{N_j(t),t\geqslant 0\}$ 也相互独立,且 $E(X_i')=$

收稿日期:2017-12-10
基金项目:广东省科技计划课题(2012B010100044)和东莞市高等院校科研机构科技计划课题(2012108102031)资助项目.
通信作者:马崇武(1965-),男,甘肃甘谷人,教授,博士,主要从事数学与力学方法的应用研究.E-mail:machongwu@126.com

$\mu_x',E(X_i'')=\mu_x'',E(Y_i')=\mu_y',E(Y_i'')=\mu_y''$;

(iii) 为保证保险公司稳定经营,假定 $E[S(t)]=\lambda'\mu_x'+\lambda''\mu_x''-\mu_y'(\lambda_{11}+\lambda_{12})-\mu_y''(\lambda_{22}+p\lambda_{12})>0$.

定义 1　破产时刻 T 定义为 $T=\inf\{t\geqslant 0\mid U(t)<0\}$;最终破产概率 $\psi(u)$ 定义为 $\psi(u)=P\{T<\infty\mid U(0)=u\}$,则最终生存概率 $\varphi(u)$ 为 $\varphi(u)=1-\psi(u)$.

2　主要结果

引理 1　盈利过程 $\{S(t),t\geqslant 0\}$ 具有平稳独立增量性.

引理 2　存在函数 $g(r)$ 使得 $E[\exp(-rS(t))]=\exp(tg(r))$,其中

$$g(r)=\sigma^2r^2/2+\lambda'[M_{X'}(-r)-1]+\lambda''[M_{X''}(-r)-1]+(\lambda_{11}+\lambda_{22})(M_{Y'}(r)-1)+(\lambda_{22}+p\lambda_{12})(M_{Y''}(r)-1)+p\lambda_{12}[M_{Y'}(r)-1][M_{Y''}(r)-1].$$

$M_{X'}(-r)=E[\exp(-rX')]$,$M_{X''}(-r)=E[\exp(-rX'')]$ 为险种 j 的保费额的矩母函数. $M_{Y'}(r)=E[\exp(rY')]$,$M_{Y''}(r)=E[\exp(rY'')]$ 为险种 j 的索赔额的矩母函数.

证　由于

$$E[\exp(-rS(t))]=E\Big\{\exp[-r\sum_{i=1}^{N_1(t)}X_i'-r\sum_{i=1}^{N_2(t)}X_i''+r\sum_{i=1}^{M_1(t)}Y_i'+r\sum_{i=1}^{M_2(t)}Y_i''-r\sigma W(t)]\Big\}=E[\exp(-r\sum_{i=1}^{N_1(t)}X_i')]\cdot E[\exp(-r\sum_{i=1}^{N_2(t)}X_i'')]E[\exp(r\sum_{i=1}^{M_1(t)}Y_i')]\cdot E[\exp(r\sum_{i=1}^{M_2(t)}Y_i'')]E[\exp(-r\sigma W(t))]=$$

$$\exp\Big\{t[\sigma^2r^2/2+\lambda'(M_{X'}(-r)-1)+\lambda''(M_{X''}(-r)-1)+(\lambda_{11}+\lambda_{22})(M_{Y'}(r)-1)+(\lambda_{22}+p\lambda_{12})(M_{Y''}(r)-1)+p\lambda_{12}(M_{Y'}(r)-1)(M_{Y''}(r)-1)]\Big\}=\exp[g(r)],$$

因此,

$$g(r)=\sigma^2r^2/2+\lambda'[M_{X'}(-r)-1]+\lambda''[M_{X''}(-r)-1]+(\lambda_{11}+\lambda_{22})(M_{Y'}(r)-1)+(\lambda_{22}+p\lambda_{12})[M_{Y''}(r)-1]+p\lambda_{12}[M_{Y'}(r)-1][M_{Y''}(r)-1].$$

引理 3　方程 $g(r)=0$ 存在唯一正根 R,称 R 为调节系数.

证　$g'(r)=\sigma^2r-\lambda'E[X'\exp(-rX')]-\lambda''E[X''\exp(-rX'')]+(\lambda_{11}+\lambda_{12})E[Y'\exp(rY')]+(\lambda_{22}+p\lambda_{12})E[Y''\exp(rY'')]+p\lambda_{12}E[Y'\exp(rY')]\cdot(E[\exp(rY'')]-1)+p\lambda_{12}E[Y''\exp(rY'')]\cdot(E[\exp(rY')]-1)$,

$g''(r)=\sigma^2+\lambda'E[X'^2\exp(-rX')]+\lambda''E[X''^2\exp(-rX'')]+(\lambda_{11}+\lambda_{12})E[Y'^2\exp(rY')]+(\lambda_{22}+p\lambda_{12})E[Y''^2\exp(rY'')]+p\lambda_{12}E[Y'\exp(rY')]\cdot E[Y''\exp(rY'')]+p\lambda_{12}E[Y'^2\exp(rY')](E[\exp(rY'')]-1)+p\lambda_{12}E[Y'\exp(rY')]E[Y''\exp(rY'')]+p\lambda_{12}E[\exp(rY')-1]E[Y''^2\exp(rY'')]>0$,

那么 $g(r)$ 为下凸函数,方程 $g(r)=0$ 至多有 2 个解,而 $g(0)=0$,$g'(0)=-\lambda'\mu_x'-\lambda''\mu_x''+(\lambda_{11}+\lambda_{22})\mu_y'+(\lambda_{22}+p\lambda_{12})\mu_y''<0$,当 $r\to\infty$ 时,$g'(r)\to\infty$,因此 $g(r)=0$ 在 $r>0$ 内存在唯一正根 R.

定义 2　在盈利过程 $\{S(t),t\geqslant 0\}$ 中定义事件流 $F_t^s=\sigma\{S(v),v\leqslant t\}$.

引理 4　设 $R(t)=\exp[-r(u(1+m-l)+S(t))]/\exp[g(r)]$,则 $\{R(t),t\geqslant 0\}$ 关于 F_t^s 为鞅.

证　(i) $R(t)$ 是 F_t^s-可测的;

(ii) $\forall v,0\leqslant v<t$,有

$E[R(t)\mid F_v^s]=E[\exp(-r(u(1+m-l)+S(t)))/\exp(tg(r))\mid F_v^s]=E[\exp(-r(u(1+m-l)+S(t)+S(v)-S(v)))/\exp(tg(r)+vg(r)-vg(r))\mid F_v^s]=R(v)E[\exp(-r(S(t)-S(v)))/\exp((t-v)g(r))\mid F_v^s]=R(v)$.

(iii) $E[|R(t)|]=E[|\exp(-r(u(1+m-l)+S(t)))/\exp(tg(r))|]=E[\exp(-ru(1+m-l))]=\exp[-ru(1+m-l)]<\infty$,则 $\{R(t),t\geqslant 0\}$ 为鞅.

定理 1　对于相依带干扰的 2 险种风险模型,其最终破产概率满足 $\psi(u)\leqslant e^{-Ru(1+m-l)}$.

证　由于 $T\wedge t_0$ 为 F_t^s 的停时,则根据停时定理得 $E[R(T\wedge t_0)]=E[R(0)]=e^{-ru(1+m-l)}$. 又根据全期望公式

$e^{-ru(1+m-l)}=E[R(T\wedge t_0)]=E[R(T\wedge t_0)\mid T\leqslant t_0]P(T\leqslant t_0)+E[R(T\wedge t_0)\mid T>t_0]P(T>t_0)\geqslant E[R(T\wedge t_0)\mid T\leqslant t_0]P(T\leqslant t_0)=E[R(T)\mid T\leqslant t_0]P(T\leqslant t_0)$,

则 $P(T\leqslant t_0)\leqslant e^{-ru(1+m-l)}/E[R(T)\mid T\leqslant t_0]$. 当 $T<\infty$ 时,$U(t)=u(1+m-l)+S(t)<0$,则有

$$P(T\leqslant t_0)\leqslant\frac{e^{-ru(1+m-l)}}{E[\exp(-r(u(1+m-l)+S(T)))/\exp(Tg(r))\mid T\leqslant t_0]}\leqslant\frac{e^{-ru(1+m-l)}}{E[\exp(-Tg(r))\mid T\leqslant t_0]}\leqslant e^{-ru(1+m-l)}\sup_{0\leqslant t\leqslant t_0}\exp[g(r)].$$

当 $t_0\to\infty$ 时,$P(T<\infty)\leqslant e^{-ru(1+m-l)}\cdot\sup_{t\geqslant 0}\exp[g(r)]\leqslant e^{-Ru(1+m-l)}$,其中 R 为调节系数,满足 $R=\sup_{r>0}\{r:g(r)\leqslant 0\}$.

定理 2　对于相依带干扰的 2 险种风险模型,

其最终破产概率满足

$$\psi(u)=\frac{\exp[-Ru(1+m-l)]}{E[\exp(-RU(T))\mid T<\infty]}.$$

证 由全期望公式

$E[\exp(-rU(t_0))]=E[\exp(-rU(t_0))\mid T\leqslant t_0]\cdot P(T\leqslant t_0)+E[\exp(-rU(t_0))\mid T>t_0]P(T>t_0)$ (1)

和 $E[\exp(-RS(t_0))]=E[\exp(-R(U(t_0)-u(1+m-l)))]=1$ 得

$$E[\exp(-RU(t_0))]=\exp[-Ru(1+m-l)].$$

在(1)式中令 $r=R$,则有

$\exp[-Ru(1+m-l)]=E[\exp(-RU(t_0))\mid T\leqslant t_0]\cdot P(T\leqslant t_0)+E[\exp(-RU(t_0))\mid T>t_0]P(T>t_0)$.

由于

$E[\exp(-RU(t_0))]=E[\exp(-R(U(T)-S(T)+S(t_0)))]=E[\exp(-RU(T))]\cdot E[\exp(RS(T))]E[\exp(-RS(t_0))]=E[\exp(-RU(T))]$,

则有

$E[\exp(-RU(t_0))\mid T\leqslant t_0]P(T\leqslant t_0)=E[\exp(-RU(T))\mid T\leqslant t_0]P(T\leqslant t_0)$.

而

$0\leqslant E[\exp(-RU(t_0))\mid T>t_0]P(T>t_0)=E[\exp(-RU(t_0))]I(T>t_0)\leqslant E[\exp(-RU(t_0))]\cdot I(U(t_0)>0)\leqslant 1$.

又由于 $\sigma W(t)/t\sim N(0,\sigma^2/t)$,所以 $\forall\varepsilon>0$,由切比雪夫不等式得

$P\{|\sigma W(t)/t|<\varepsilon\}\geqslant 1-(\sigma^2/t)/\varepsilon^2=1-\sigma^2/(t\varepsilon^2)$.

令 $t\to\infty$,则 $P\{|\sigma W(t)/t|<\varepsilon\}=1$,从而

$$\lim_{t\to\infty}\sigma W(t)/t=0,$$

$$\lim_{t\to\infty}U(t)/t=\lim_{t\to\infty}\Big[u(1+m-l)/t+\Big(\sum_{i=1}^{N_1(t)}X_i'+\sum_{i=1}^{N_2(t)}X_i''-\sum_{i=1}^{M_1(t)}Y_i'-\sum_{i=1}^{M_2(t)}Y_i''\Big)/t+\sigma W(t)/t\Big]=\lambda'\mu_x'+\lambda''\mu_x''-\mu_y'(\lambda_{11}+\lambda_{12})-\mu_y''(\lambda_{22}+p\lambda_{12}).$$

由 $E[S(t)]>0$ 知 $\lim\limits_{t\to\infty}U(t)=+\infty$. 由控制收敛定理得

$$\lim_{t_0\to\infty}E[\exp(-RU(t_0))\mid T>t_0]P(T>t_0)=0,$$

则当 $t\to\infty$ 时,$\exp[-RU(1+m-l)]=E[\exp(-RU(T))\mid T<\infty]P(T<\infty)$,即

$$\psi(u)=P(T<\infty)=\frac{\exp[-RU(1+m-l)]}{E[\exp(-RU(T))\mid T<\infty]}.$$

定理 3 对于相依带干扰的 2 险种风险模型,其生存概率满足

$$(\lambda'+\lambda''+\lambda_{11}+\lambda_{12}+\lambda_{22})\varphi(u)=\lambda''\int_0^\infty\varphi(u+x)\,\mathrm{d}F''(x)+\lambda'\int_0^\infty\varphi(u+x)\,\mathrm{d}F'(x)+(\lambda_{11}+(1-p)\lambda_{12})\int_0^u\varphi(u-y)\,\mathrm{d}G'(y)+\lambda_{22}\int_0^u\varphi(u-y)\,\mathrm{d}G''(y)+p\lambda_{12}\int_0^u\varphi(u-y)\,\mathrm{d}G'*G''(y).$$

证 由于 $\varphi(u)=(1-\lambda'h)(1-\lambda''h)[1-(\lambda_{11}+\lambda_{12}+\lambda_{22})h]\varphi(u)+(1-\lambda'h)\lambda''h[1-(\lambda_{11}+\lambda_{12}+\lambda_{22})h]\int_0^\infty\varphi(u+x)\,\mathrm{d}F''(x)+\lambda'h(1-\lambda''h)[1-(\lambda_{11}+\lambda_{12}+\lambda_{22})h]\int_0^\infty\varphi(u+x)\,\mathrm{d}F'(x)+(1-\lambda'h)(1-\lambda''h)\{[\lambda_{11}+(1-p)\lambda_{12}]h\int_0^u\varphi(u-y)\,\mathrm{d}G'(y)+\lambda_{22}h\int_0^u\varphi(u-y)\,\mathrm{d}G''(y)+p\lambda_{12}h\int_0^u\varphi(u-y)\,\mathrm{d}G'*G''(y)\}+o(h)$.

上式两边除以 h,并令 $h\to 0$,则

$$(\lambda'+\lambda''+\lambda_{11}+\lambda_{12}+\lambda_{22})\varphi(u)=\lambda''\int_0^\infty\varphi(u+x)\,\mathrm{d}F''(x)+\lambda'\int_0^\infty\varphi(u+x)\,\mathrm{d}F'(x)+[\lambda_{11}+(1-p)\lambda_{12}]\int_0^u\varphi(u-y)\,\mathrm{d}G'(y)+\lambda_{22}\int_0^u\varphi(u-y)\,\mathrm{d}G''(y)+p\lambda_{12}\int_0^u\varphi(u-y)\,\mathrm{d}G'*G''(y).$$

3 数值计算

对于相依带干扰的 2 险种风险模型,当 X,Y 分别服从参数为 α,β 的指数分布时,则 $F'(x)=\mathrm{e}^{-x/\alpha'}/\alpha'$,$F''(x)=\mathrm{e}^{-x/\alpha''}/\alpha''$,$G'(x)=\mathrm{e}^{-x/\beta'}/\beta'$,$G''(x)=\mathrm{e}^{-x/\beta''}/\beta''$,调节系数 R 为以下方程的解:

$$\sigma^2r^2/2-\lambda'r/(\alpha'+r)-\lambda''r/(\alpha''+r)+(\lambda_{11}+\lambda_{12})r/(\beta'-r)+(\lambda_{22}+p\lambda_{12})r/(\beta''-r)+p\lambda_{12}r^2/[(\beta'-r)(\beta''-r)]=0.$$

当保险公司初始准备金 $u=5\,000$,$\sigma=1$ 时,破产上界随各参数的改变而变化的趋势如下:

1)表 1 为当 α',α'' 不同值时的 R 值,可以看出,随着 α',α'' 增大,R 的值在不断减小,那么破产上界不断增大. 这表明了保费额越大,破产可能性越小. 因此可以通过合理制定保费额来控制保险公司的破产风险;

2)表 2 为当 β',β'' 为不同值时的 R 值,可以看出,随着 β',β'' 增加,R 的值也在不断增大,则破产上界不断减小. 这表明索赔额越小,破产可能性越小. 因此合理的索赔额的制定对保险公司也是非常重要的;

3)表 3 为根据不同 p 值而计算出的 R 值. 由此可看出,随着 p 值增大,R 值在不断减小,因此破产上界随之增大. 也就是说,稀疏性越强,破产可能性越大.

表 1　不同 α 值时的 R 值　$\times 10^{-2}$

$(\alpha',\beta'),(\alpha'',\beta'')$	(1,1e-3),(2,2e-3)	(3,1e-3),(4,2e-3)	(5,1e-3),(6,2e-3)	(7,1e-3),(8,2e-3)
R	0.793 308 10	0.771 912 05	0.766 146 51	0.763 412 33

表 2　不同 β 值时的 R 值　$\times 10^{-2}$

$(\alpha',\beta'),(\alpha'',\beta'')$	(1,1e-3),(2,2e-3)	(1,31e-3),(2,4e-3)	(1,51e-3),(2,6e-3)	(1,71e-3),(2,8e-3)
R	0.954 392 56	2.953 857 0	4.953 308 8	6.952 747 5

表 3　不同 p 值时的 R 值　$\times 10^{-2}$

p	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6
R	0.870 935	0.828 365	0.787 506	0.748 170	0.710 196	0.673 455

4　结论

本文对相依带干扰的 2 险种风险模型进行了研究，得出其破产概率所满足的表达式及生存概率满足的积分-微分方程，最后进行了数值计算，得出各参数对破产上界的影响变化趋势，并得出结论：可以通过合理制定保费收取额和索赔额及控制险种间的稀疏性来控制破产风险．此模型的研究更接近现实生活中保险公司的运营情况，通过破产概率的分析，对保险公司的风险管理具有很大的应用价值．

5　参考文献

[1] Dufresne F，Gerber H U. Risk theory for the compound Poisson process that is perturbed by diffusion [J]. Insurance：Mathematics and Economics，1991，10(1)：51-59.

[2] 夏亚峰，罗永丽．带投资组合的风险模型 [J]．甘肃科学学报，2011，23(1)：53-56.

[3] 蒋兰青，施齐焉．带投资和干扰的相依多险种风险模型的破产概率 [J]．福州大学学报：自然科学版，2012，40(1)：26-30.

[4] 牛银菊，罗永丽，夏亚峰．带投资组合和超额赔款的再保险双 Cox 风险模型 [J]．江西师范大学学报：自然科学版，2014，38(5)：539-542.

[5] 张相虎，边平勇．带干扰的多险种风险模型的破产概率 [J]．经济数学，2007，24(2)：130-133.

[6] 于文广．干扰条件下一个破产模型的改进 [J]．江南大学学报：自然科学版，2008，7(1)：118-121.

[7] 刘琳．停止损失再保险最优自留额的确定及存在性讨论 [J]．江西师范大学学报：自然科学版，2011，35(6)：614-616.

[8] 王丙参，魏艳华，戴宁．停止损失再保险与风险模型的有限时间破产概率 [J]．江西师范大学学报：自然科学版，2013，37(2)：206-209.

[9] 薛利杰．资金利率和通货膨胀率下双复合 Poisson 风险模型 [J]．数学理论与应用，2009，29(3)：44-47.

[10] 刘超，王永茂，颜玲，等．带干扰的多险种二项风险模型的破产概率 [J]．郑州大学学报：理学版，2012，44(1)：46-49.

[11] 刘倩影．带通货膨胀率及支出的双 Poisson 风险模型破产概率的确定 [D]．哈尔滨：哈尔滨理工大学，2012.

[12] 董英华，张汉君．带干扰的双 Poisson 风险模型的破产概率 [J]．数学理论与应用，2003，23(1)：98-101.

[13] 陈贵磊，张相虎，边平勇．带干扰的保费随机收取的双险种风险模型 [J]．经济数学，2011，28(1)：68-70.

[14] 贠小青．带干扰的泊松风险模型的破产概率及推广 [J]．统计与决策，2013(1)：18-21.

[15] 吴传菊，王晓光，何晓霞，等．稀疏过程下相依两险种 Poisson 风险模型 [J]．统计与决策，2014(2)：22-25.

[16] 吴传菊，张成林，王晓光，等．指数索赔情形下一类相依两险种风险模型的破产概率 [J]．数学的实践与认识，2014，44(8)：16-24.

The Double-Insurance Risk Model with Perturbed Dependence

NIU Yinju[1]，DENG Li[2]，MA Chongwu[3*]

(1. School of Computer Science and Network Security，Dongguan University of Technology，Dongguan Guangdong 523808，China；
2. School of Mathematics and Physics，Lanzhou Jiaotong University，Lanzhou Gansu 730070，China；
3. School of Environment and Civil Engineering，Dongguan University of Technology，Dongguan Guangdong 523808，China)

Abstract：On the basis of the operating conditions of insurance companies in real situations，the ruin probability of the dependent double-insurance risk model perturbed by diffusion is studied in the light of interest rate and inflation rate. By using the martingale method，the general expression of the final ruin probability and the integral-differential equation of the survival probability in this model are obtained，arriving at the adjustment coefficient equation under the condition of the premium and claim amount obeying the exponential distribution and the final numerical calculation. The interest rate in a certain period being relatively stable，the interest rate considered in this paper is constant interest.

Key words：dependence；perturbance；double-insurance；ruin probability

(责任编辑：曾剑锋)