文章编号：1003-1421(2026)02-0181-12
引用格式：李玉民，谷东红，李梦丽，等. 突发事件中断风险对中欧班列跨境物流服务链联盟稳定性的影响研究[J]. 铁道运输与经济，2026，48(2)：181-192.
LI Yumin，GU Donghong，LI Mengli，et al. Impact of Emergency Interruption Risk on Stability of Cross-Border Logistics Service Chain Alliance of China Railway Express[J]. Railway Transport and Economy，2026，48(2)：181-192.

突发事件中断风险对中欧班列跨境物流服务链联盟稳定性的影响研究

李玉民，谷东红，李梦丽，张晶蓉，王正阳，霍　冉

(郑州大学 管理学院，河南 郑州　450001)

摘　要：为有效整合资源，中欧班列运营商与境内外货运代理企业组成中欧班列跨境物流服务链联盟。但近年来频发的突发事件对该联盟的稳定性产生了一定影响。为探究这一影响机制，构建考虑突发事件中断风险发生概率和损失成本的“境内货运代理-中欧班列运营商-境外货运代理”演化博弈模型并进行分析。结果表明：风险发生概率越大，各成员对风险损失成本的变化越敏感，越倾向于脱离联盟，且境内外货代企业更为敏感；风险发生概率、损失成本均较大时，风险承担比例对各成员去留策略选择的影响减弱；随着联盟额外收益、违约赔付的提高，联盟稳定性有所增强。研究结果可为中欧班列跨境物流服务链成员组建联盟提供经验参考。

关键词：中欧班列；物流联盟；突发事件；中断风险；演化博弈
中图分类号：U2-9　　**文献标识码**：A　　DOI：10.16668/j.cnki.issn.1003-1421.20250507003

Impact of Emergency Interruption Risk on Stability of Cross-Border Logistics Service Chain Alliance of China Railway Express

LI Yumin，GU Donghong，LI Mengli，ZHANG Jingrong，WANG Zhengyang，HUO Ran

(School of Management, Zhengzhou University, Zhengzhou 450001, Henan, China)

Abstract: To effectively integrate resources, China Railway Express (CRE) operators and Chinese and international freight forwarding companies established the CRE cross-border logistics service chain alliance. However, the frequent occurrence of emergencies in recent years has had a certain impact on the stability of the alliance. To explore this influence mechanism, an evolutionary game model was constructed to analyze the probability and loss cost of interruptions caused by emergencies, focusing on the “Chinese freight forwarders, CRE operators, and international freight forwarders” framework. The results show that a higher risk occurrence probability indicates that each member is more sensitive to changes in the loss cost of risk, making them more inclined to leave the alliance, with both Chinese and international freight forwarders being more sensitive. When both the probability and loss cost of risks are large, the influence of the risk-bearing ratio on members’ decisions regarding whether to stay or leave the alliance

收稿日期：2025-05-07
基金项目：国家自然科学基金项目(71961027，72101041)；河南省重点软科学项目(242400411138)；河南省高校哲学社会科学基础研究重大项目(2024-JCZD-20)

weakens. As the alliance's additional benefits and penalty payments increase, the stability of the alliance improves. The research findings provide valuable insights for alliance members in forming the alliance.

Keywords: China Railway Express; Logistics Alliance; Emergency; Interruption Risk; Evolutionary Game

0　引言

中欧班列是在我国和欧洲及“一带一路”沿线国家之间按照一定的车次、线路、班期运营的集装箱国际铁路联运班列，是推进“一带一路”建设的重要力量。截至2024年12月，中欧班列累计开行突破10万列，已成为连接世界经济和贸易的重要纽带。中欧班列货运流程不仅包含境内外铁路运输环节，还包含前端取货、后端配送等环节，且不同环节对应的货运主体也不同，这使中欧班列跨境物流服务链上各主体的决策行为变得复杂。因此，为有效协调服务链上各成员的决策行为、加强各成员的协同运作，中欧班列运营商与境内外货运代理企业不断加深合作并趋向联盟化，如2019年3月由菜鸟公司寻求郑州国际陆港开发建设有限公司联盟合作而开通的跨境电商专线“菜鸟号”，连接郑州和列日(比利时)，每周运行2班，采用海关出口9610(海关监管方式代码9610)监管方式进行“阳光清关”，实行了无纸化电子清关，极大提升了清关效率。但近年来，突发事件频发导致中欧班列跨境物流服务出现了中断的情况，如2021年8月10日，德国火车司机工会2次罢工，分别持续2 d和4 d，导致德国境内约300列货运列车停驶，中欧班列运输的货物被迫延迟派送；2021年8—9月，波兰铁路和汉堡港进行维修，导致部分班列路线严重拥堵。这些突发事件的出现增加联盟内成员的运营成本，严重时甚至可能会导致联盟成员脱离联盟。

目前，关于中欧班列的研究主要集中在中欧班列运作流程[1-2]、中欧班列协作模式等方面。在中欧班列协作模式方面，学者多从中欧班列运营商视角切入，中欧班列运营商可通过契约或股权等方式与境内外货运代理进行纵向合作[3]，与其他中欧班列运营商进行横向合作[4-5]，与其他货运方式主体进行联运合作[6-7]等。关于跨境物流联盟的研究主要集中在跨境物流联盟的运作风险、联盟稳定性等方面，在跨境物流运作风险方面，学者主要关注风险识别[8-9]、风险评估[10]以及面对风险如何优化联盟的运作机制[11]等；在跨境物流联盟稳定性方面，现有研究多关注于探讨信息[12-13]、激励与惩罚[14]、投入与成本[15-16]等因素对联盟稳定性的影响[17-18]。上述研究为探讨跨境物流联盟相关问题提供了坚实的基础，但仍存在不足，一方面，学者主要研究中欧班列跨境物流联盟的横向合作，忽视了联盟之间的纵向合作；另一方面，尽管已有研究关注跨境物流联盟中的信息协同、投机风险等因素对联盟稳定性的影响，但关于突发事件中断风险对跨境物流服务链联盟运作的影响研究较少，尤其是将风险发生概率作为影响联盟运作变量的研究较为匮乏。

基于此，以境内外货运代理企业与中欧班列运营商组建的中欧班列跨境物流服务链联盟为研究对象，引入了突发事件中断风险发生概率、损失成本作为关键变量，探讨风险影响下中欧班列跨境服务链联盟的行为决策机制。由于此类问题涉及有限理性主体在不完全信息环境中的动态交互，而演化博弈理论能够通过模拟群体策略的长期演化过程，揭示个体在互动中的策略选择逻辑及其稳定性特征。因此，运用演化博弈理论构建“境内货运代理-中欧班列运营商-境外货运代理”三方演化博弈模型，综合考虑中断风险发生概率、损失成本、联盟额外收益等关键因素，分析其对成员行为策略选择的影响路径，以期为中欧班列跨境物流服务链的联盟组建及合作优化提供理论参考。

1　中欧班列跨境物流服务链联盟突发事件中断风险分析

聚焦于突发事件对中欧班列跨境物流服务链联盟的冲击效应，从自然灾害、政治环境、技术事故、人为事故4个维度梳理可能影响服务链联盟的各类突发因素，中欧班列跨境物流服务链联盟稳定性的影响因素如表1所示。不同因素对联盟的影响

存在差异，但这些因素均可能引发服务链联盟业务中断，且不同突发因素导致中断的风险概率、造成的损失成本各不相同。而由突发事件引发的不确定性会直接影响联盟的稳定性，其合作关系、资源共享机制及协调模式也可能因此受损，不利于跨境物流的长期稳定与可持续发展。

表1　中欧班列跨境物流服务链联盟稳定性的影响因素

Tab.1　Factors influencing stability of CRE cross-border logistics service chain alliance

影响因素	分类	主要事件举例
自然灾害	自然生物	传染病、虫害等
	气候气象	高温、极寒、干旱、火灾、冰雹、飓风、雷电等
	水文地理	洪水、地震、雪崩、泥石流等
政治环境	政治风险	地区局势变化、社会秩序波动、重大劳工事件等
	政策变动	关税调整、贸易壁垒增加、贸易争端等
技术事故	信息系统	软件硬件故障、病毒、数据损坏或丢失等信息中断
	设备设施	桥梁崩塌、铁路断轨等设施损坏
人为事故	安全风险	造成人员设备损坏的行为，如爆炸、恶意破坏等
	人员失误	人为操作失误导致货物丢失、运输错误、运输脱轨等
	文化差异	文化差异导致经营理念不同造成的信息、业务协作障碍

2　中欧班列跨境物流服务链联盟演化博弈建模

2.1　问题描述及模型假设

在中欧班列货运服务流程中(以货物出口运输的全过程为例)，中欧班列跨境物流服务链示意图如图1所示，通常由境内货运代理企业将货主货物从货源地运送至中欧班列始发站，再由中欧班列运营商统筹协调运输至到达站，最后由境外货运代理企业完成从到达站到收货人的转运。由此可以看出，在中欧班列货运服务体系中，境内外货运代理企业与中欧班列运营商构成业务运转的核心枢纽，三者组建联盟可加速实现中欧班列货运服务链从“单点作业”到“整体协同”的转变。然而，面对复杂多变的国际形势，中欧班列跨境物流服务链不可避免会受到双边关系、经济制裁、自然灾害、公共卫生事件等各类突发事件的冲击，进而影响到境内外货运代理企业与中欧班列运营商的联盟合作行为决策。

为构建三方演化博弈模型，分析各方策略、均衡点的稳定性，假设物流服务链发生中断的概率为α，不发生中断的概率为$1-\alpha$[19]。其中，联盟内三方成员均拥有2种行为策略：继续联盟和脱离联盟，相应境内货运代理企业、中欧班列运营商、境外货运代理企业选择继续联盟的概率分别为x，y，z。若联盟内三方成员在不考虑联盟的情况下，从自身能力、市场需求等方面来看，其正常收益分别为R_1，R_2，R_3，正常运营成本为C_1，C_2，C_3三方；在考虑联盟的情况下，会获得额外收益，分别为A_1，A_2，A_3，若境内货运代理企业、中欧班列运营商、境外货运代理企业因自身运营问题等原因选择脱离联盟，则需要分别缴纳赔付D_1，D_2，D_3以补偿选择继续联盟的成员，由于中欧班列运营商在整个服务链中承担责任较大，其违约给其余两方带来负担较大，故假设中欧班列运营商缴纳赔付需大于其余两方，相应其选择联盟带来的额外收益同样大于其余两方。其中，若境内货运代理企业选择脱离联盟，则其缴纳赔付的分配系数为$\beta_i(\beta_2+\beta_3=1)$；若中欧班列运营商选择脱离联盟，则其缴纳赔付的分

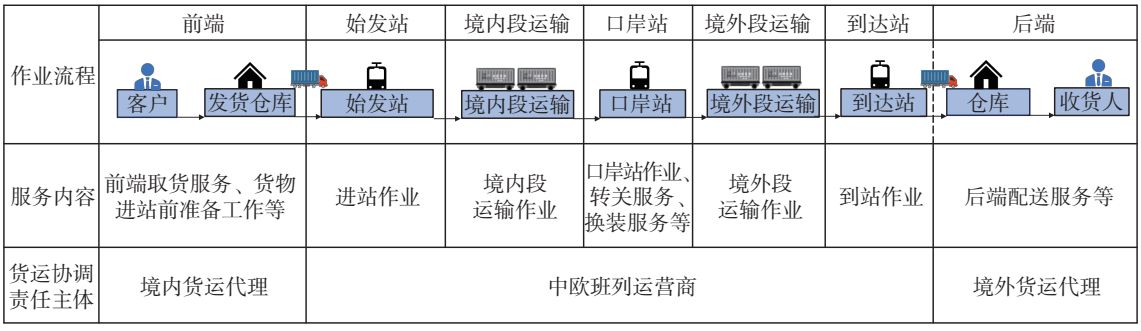


图1　中欧班列跨境物流服务链示意图

Fig.1　CRE cross-border logistics service chain

配系数为$\sigma_i(\sigma_1+\sigma_3=1)$；若境外货运代理企业选择脱离联盟，则其缴纳赔付的分配系数为θ_i $(\theta_1+\theta_2=1)$。且若任意两方选择脱离联盟，则联盟瓦解、无法获取额外收益。另外在三方均选择脱离联盟的情况下，可通过友好协商，不再进行赔付。

当发生中断风险时联盟成员可能会受到一定影响，需额外付出时间成本、货物损坏成本、货物转运成本等，这些额外产生的费用共同构成中断风险损失成本I，中断风险损失成本I将按承担系数ω_i $(\omega_1+\omega_2+\omega_3=1)$由三方共同承担。此时若存在成员因中断风险选择脱离联盟，则需要缴纳赔付μD_1，μD_2，$\mu D_3(0<\mu<1)$，且当任意两方选择脱离联盟时，剩余联盟的一方不会获取额外收益，并要独自承担中断风险损失成本。

2.2　收益矩阵

根据以上问题描述及模型假设，构建出中欧班列跨境物流服务链联盟三方成员的演化博弈支付收益矩阵，收益矩阵如表2所示。其中，π_1，π_2，π_3分别代表在不同决策组合下三方成员获得的收益。

3　中欧班列跨境物流服务链联盟演化博弈分析

3.1　演化稳定策略分析

3.1.1　境内货运代理企业复制动态分析

根据表2可得境内货运代理企业选择继续联盟的期望收益为U_{11}。

$$U_{11}=yz(R_1+A_1-C_1-\alpha\omega_1 I)+y(1-z)[R_1+A_1+\theta_1D_3-C_1-\alpha\theta_1(I-\mu D_3+D_3)]+z(1-y)[R_1+A_1+\sigma_1D_2-C_1-\alpha\sigma_1(I-\mu D_2+D_2)]+(1-y)(1-z)[R_1+D_2+D_3-C_1-\alpha[I-(\mu-1)(D_2+D_3)]] \tag{1}$$

境内货运代理企业选择脱离联盟的期望收益为U_{12}。

$$U_{12}=yz[R_1-D_1-C_1-\alpha(\mu-1)D_1]+y(1-z)[R_1-D_1-C_1-\alpha(\mu-1)D_1]+z(1-y)[R_1-D_1-C_1-\alpha(\mu-1)D_1]+(1-y)(1-z)(R_1-C_1) \tag{2}$$

境内货运代理企业策略选择的平均期望收益为$E(U_1)$。

$$E(U_1)=xU_{11}+(1-x)U_{12} \tag{3}$$

境内货运代理企业策略选择的复制动态方程$F(x)$为

$$F(x)=\mathrm{d}x/\mathrm{d}t=x(U_{11}-E(U_1))=x(1-x)(U_{11}-U_{12})=x(1-x)[zy[\theta_2D_3+\sigma_3D_2-D_1-A_1+\alpha[I(\sigma_1-\omega_1-\theta_2)+(\mu-1)(\theta_2D_3+\sigma_3D_2-D_1)]]+y[D_1-D_2-\theta_2D_3+A_1+\alpha[\theta_2I+(\mu-1)(D_1-D_2-\theta_2D_3)]]+z[D_1-\sigma_3D_2-D_3+A_1+\alpha[\sigma_3I+(\mu-1)(D_1-\sigma_3D_2-D_3)]]+D_2+D_3-\alpha[I-(\mu-1)(D_2+D_3)]] \tag{4}$$

3.1.2　中欧班列运营商复制动态分析

中欧班列运营商选择继续联盟的期望收益为U_{21}。

$$U_{21}=xz(R_2+A_2-C_2-\alpha\omega_2 I)+x(1-z)[R_2+A_2+\theta_2D_3-C_2-\alpha\theta_2(I-\mu D_3+D_3)]+z(1-x)[R_2+A_2+\beta_2D_1-C_2-\alpha\beta_2(I-\mu D_1+D_1)]+(1-x)(1-z)[R_2+D_1+D_3-C_2-\alpha[I-(\mu-1)(D_1+D_3)]] \tag{5}$$

中欧班列运营商选择脱离联盟的期望收益为U_{22}。

表2　收益矩阵

Tab.2　Earnings matrix

决策		境内货运代理企业1			
		继续联盟		脱离联盟	
		境外货运代理企业3		境外货运代理企业3	
		继续联盟	脱离联盟	继续联盟	脱离联盟
中欧班列运营商2	继续联盟	$\pi_1=R_1+A_1-C_1-\alpha\omega_1 I$ $\pi_2=R_2+A_2-C_2-\alpha\omega_2 I$ $\pi_3=R_3+A_3-C_3-\alpha\omega_3 I$	$\pi_1=R_1+A_1+\theta_1D_3-C_1-\alpha\theta_1(I-\mu D_3+D_3)$ $\pi_2=R_2+A_2+\theta_2D_3-C_2-\alpha\theta_2(I-\mu D_3+D_3)$ $\pi_3=R_3-D_3-C_3-\alpha(\mu-1)D_3$	$\pi_1=R_1-D_1-C_1-\alpha(\mu-1)D_1$ $\pi_2=R_2+A_2+\beta_2D_1-C_2-\alpha\beta_2(I-\mu D_1+D_1)$ $\pi_3=R_3+A_3+\beta_3D_1-C_3-\alpha\beta_3(I-\mu D_1+D_1)$	$\pi_1=R_1-D_1-C_1-\alpha(\mu-1)D_1$ $\pi_2=R_2+D_1+D_3-C_2-\alpha[I-(\mu-1)(D_1+D_3)]$ $\pi_3=R_3-D_3-C_3-\alpha(\mu-1)D_3$
	脱离联盟	$\pi_1=R_1+A_1+\sigma_1D_2-C_1-\alpha\sigma_1(I-\mu D_2+D_2)$ $\pi_2=R_2-D_2-C_2-\alpha(\mu-1)D_2$ $\pi_3=R_3+A_3+\sigma_3D_2-C_3-\alpha\sigma_3(I-\mu D_2+D_2)$	$\pi_1=R_1+D_2+D_3-C_1-\alpha[I-(\mu-1)(D_2+D_3)]$ $\pi_2=R_2-D_2-C_2-\alpha(\mu-1)D_2$ $\pi_3=R_3-D_3-C_3-\alpha(\mu-1)D_3$	$\pi_1=R_1-D_1-C_1-\alpha(\mu-1)D_1$ $\pi_2=R_2-D_2-C_2-\alpha(\mu-1)D_2$ $\pi_3=R_3+D_1+D_2-C_3-\alpha[I-(\mu-1)(D_1+D_2)]$	$\pi_1=R_1-C_1$ $\pi_2=R_2-C_2$ $\pi_3=R_3-C_3$

$$U_{22}=xz[R_2-D_2-C_2-\alpha(\mu-1)D_2]+x(1-z)[R_2-D_2-C_2-\alpha(\mu-1)D_2]+z(1-x)[R_2-D_2-C_2-\alpha(\mu-1)D_2]+(1-x)(1-z)(R_2-C_2) \tag{6}$$

中欧班列运营商策略选择的平均期望收益为$E(U_2)$。

$$E(U_2)=yU_{21}+(1-y)U_{22} \tag{7}$$

中欧班列运营商策略选择的复制动态方程$F(y)$为

$$F(y)=\mathrm{d}y/\mathrm{d}t=y(U_{21}-E(U_2))=y(1-y)(U_{21}-U_{22})=y(1-y)[xz[\theta_1D_3+\beta_3D_1-D_2-A_2+\alpha[I(\beta_2-\omega_2-\theta_1)+(\mu-1)(\theta_1D_3+\beta_3D_1-D_2)]]+x[-D_1+D_2-\theta_1D_3+A_2+\alpha[\theta_1I+(\mu-1)(-D_1+D_2-\theta_1D_3)]]+z[-\beta_3D_1+D_2-D_3+A_2+\alpha[\beta_3I+(\mu-1)(-\beta_3D_1+D_2-D_3)]]+D_1+D_3-\alpha[I-(\mu-1)(D_1+D_3)]] \tag{8}$$

3.1.3　境外货运代理企业复制动态分析

境外货运代理企业选择继续联盟的期望收益为U_{31}。

$$U_{31}=xy(R_3+A_3-C_3-\alpha\omega_3I)+x(1-y)[R_3+A_3+\sigma_3D_2-C_3-\alpha\sigma_3(I-\mu D_2+D_2)]+y(1-x)[R_3+A_3+\beta_3D_1-C_3-\alpha\beta_3(I-\mu D_1+D_1)]+(1-x)(1-y)[R_3+D_1+D_2-C_3-\alpha[I-(\mu-1)(D_1+D_2)]] \tag{9}$$

境外货运代理企业选择脱离联盟的期望收益为U_{32}。

$$U_{32}=xy[R_3-D_3-C_3-\alpha(\mu-1)D_3]+x(1-y)[R_3-D_3-C_3-\alpha(\mu-1)D_3]+y(1-x)[R_3-D_3-C_3-\alpha(\mu-1)D_3]+(1-x)(1-y)(R_3-C_3) \tag{10}$$

境外货运代理企业策略选择的平均期望收益为$E(U_3)$。

$$E(U_3)=zU_{31}+(1-z)U_{32} \tag{11}$$

境外货运代理企业策略选择的复制动态方程$F(z)$为

$$F(z)=\mathrm{d}z/\mathrm{d}t=z(U_{31}-E(U_3))=z(1-z)(U_{31}-U_{32})=z(1-z)[xy[\beta_2D_1+\sigma_1D_2-D_3-A_3+\alpha[I(\beta_3-\omega_3-\sigma_1)+(\mu-1)(\beta_2D_1+\sigma_1D_2-D_3)]]+x[-D_1-\sigma_1D_2+D_3+A_3+\alpha[\sigma_1I+(\mu-1)(-D_1-\sigma_1D_2+D_3)]]+y[-\beta_2D_1-D_2+D_3+A_3+\alpha[\beta_2I+(\mu-1)(-\beta_2D_1-D_2+D_3)]]+D_1+D_2-\alpha[I-(\mu-1)(D_1+D_2)]] \tag{12}$$

3.2　演化博弈均衡分析

令境内货运代理企业、中欧班列运营商、境外货运代理企业策略选择的复制动态方程$F(x)=0$，$F(y)=0$，$F(z)=0$，可解得9个演化均衡点，分别为：(0，0，0)，(1，0，0)，(0，1，0)，(0，0，1)，(0，1，1)，(1，0，1)，(1，1，0)，(1，1，1)，(x_0，y_0，z_0)。其中(x_0，y_0，z_0)是一组可能的策略解，可分为纯策略解、混合策略解。若非对称演化博弈的策略组合为演化稳定均衡点，则该均衡为严格纳什均衡，而严格纳什均衡策略为纯策略，因此只需讨论8个纯策略点的稳定性。为判定纯策略的稳定性，运用李雅普诺夫(Lyapunov)第一法来分析，首先构建Jacobian矩阵，再解出各均衡点下的特征值，若Jacobian矩阵的特征值均为负数，则该均衡点为ESS；若Jacobian矩阵的特征值均为正数，则该均衡点为不稳定点；若Jacobian矩阵的特征值既有正数又有负数，则该均衡点为鞍点(不稳定点)。

Jacobian矩阵构建如下。

$$\boldsymbol{J}=\begin{bmatrix}J_1&J_2&J_3\\J_4&J_5&J_6\\J_7&J_8&J_9\end{bmatrix}=\begin{bmatrix}\partial F(x)/\partial x&\partial F(x)/\partial y&\partial F(x)/\partial z\\\partial F(y)/\partial x&\partial F(y)/\partial y&\partial F(y)/\partial z\\\partial F(z)/\partial x&\partial F(z)/\partial y&\partial F(z)/\partial z\end{bmatrix} \tag{13}$$

$$J_1=(1-2x)[zy[\theta_2D_3+\sigma_3D_2-D_1-A_1+\alpha[I(\sigma_1-\omega_1-\theta_2)+(\mu-1)(\theta_2D_3+\sigma_3D_2-D_1)]]+y[D_1-D_2-\theta_2D_3+A_1+\alpha[\theta_2I+(\mu-1)(D_1-D_2-\theta_2D_3)]]+z[D_1-\sigma_3D_2-D_3+A_1+\alpha[\sigma_3I+(\mu-1)(D_1-\sigma_3D_2-D_3)]]+D_2+D_3-\alpha[I-(\mu-1)(D_2+D_3)]] \tag{14}$$

$$J_2=x(1-x)[z[\theta_2D_3+\sigma_3D_2-D_1-A_1+\alpha[I(\sigma_1-\omega_1-\theta_2)+(\mu-1)(\theta_2D_3+\sigma_3D_2-D_1)]]+[D_1-D_2-\theta_2D_3+A_1+\alpha[\theta_2I+(\mu-1)(D_1-D_2-\theta_2D_3)]]] \tag{15}$$

$$J_3=x(1-x)[y[\theta_2D_3+\sigma_3D_2-D_1-A_1+\alpha[I(\sigma_1-\omega_1-\theta_2)+(\mu-1)(\theta_2D_3+\sigma_3D_2-D_1)]]+[D_1-\sigma_3D_2-D_3+A_1+\alpha[\sigma_3I+(\mu-1)(D_1-\sigma_3D_2-D_3)]]] \tag{16}$$

$$J_4=y(1-y)[z[\theta_1D_3+\beta_3D_1-D_2-A_2+\alpha[I(\beta_2-\omega_2-\theta_1)+(\mu-1)(\theta_1D_3+\beta_3D_1-D_2)]]+[-D_1+D_2-\theta_1D_3+A_2+\alpha[\theta_1I+(\mu-1)(-D_1+D_2-\theta_1D_3)]]] \tag{17}$$

$$J_5=(1-2y)[xz[\theta_1D_3+\beta_3D_1-D_2-A_2+\alpha[I(\beta_2-\omega_2-\theta_1)+(\mu-1)(\theta_1D_3+\beta_3D_1-D_2)]]+x[-D_1+D_2-\theta_1D_3+A_2+\alpha[\theta_1I+(\mu-1)(-D_1+D_2-\theta_1D_3)]]+z[-\beta_3D_1+D_2-D_3+A_2+\alpha[\beta_3I+(\mu-1)(-\beta_3D_1+D_2-D_3)]]+D_1+D_3-\alpha[I-(\mu-1)(D_1+D_3)]] \tag{18}$$

$$J_6=y(1-y)[x[\theta_1D_3+\beta_3D_1-D_2-A_2+\alpha[I(\beta_2-\omega_2-\theta_1)+(\mu-1)(\theta_1D_3+\beta_3D_1-D_2)]]+[-\beta_3D_1+D_2-D_3+A_2+\alpha[\beta_3I+(\mu-1)(-\beta_3D_1+D_2-D_3)]]] \tag{19}$$

$$J_7 = z(1-z)[y[\beta_2 D_1 + \sigma_1 D_2 - D_3 - A_3 + \alpha[I(\beta_3 - \omega_3 - \sigma_1) + (\mu-1)(\beta_2 D_1 + \sigma_1 D_2 - D_3)]] + [-D_1 - \sigma_1 D_2 + D_3 + A_3 + \alpha[\sigma_1 I + (\mu-1)(-D_1 - \sigma_1 D_2 + D_3)]]] \quad (20)$$

$$J_8 = z(1-z)[y[\beta_2 D_1 + \sigma_1 D_2 - D_3 - A_3 + \alpha[I(\beta_3 - \omega_3 - \sigma_1) + (\mu-1)(\beta_2 D_1 + \sigma_1 D_2 - D_3)]] + [-\beta_2 D_1 - D_2 + D_3 + A_3 + \alpha[\beta_2 I + (\mu-1)(-\beta_2 D_1 - D_2 + D_3)]]] \quad (21)$$

$$J_9 = (1-2z)[xy[\beta_2 D_1 + \sigma_1 D_2 - D_3 - A_3 + \alpha[I(\beta_3 - \omega_3 - \sigma_1) + (\mu-1)(\beta_2 D_1 + \sigma_1 D_2 - D_3)]] + x[-D_1 - \sigma_1 D_2 + D_3 + A_3 + \alpha[\sigma_1 I + (\mu-1)(-D_1 - \sigma_1 D_2 + D_3)]] + y[-\beta_2 D_1 - D_2 + D_3 + A_3 + \alpha[\beta_2 I + (\mu-1)(-\beta_2 D_1 - D_2 + D_3)]] + D_1 + D_2 - \alpha[I - (\mu-1)(D_1 + D_2)]] \quad (22)$$

通过公式(13)可计算Jacobian矩阵特征值，均衡点对应的特征值如表3所示。

表3　均衡点对应的特征值

Tab.3　Eigenvalue corresponding to equilibrium point

均衡点	特征值	符号
$E_1(0,0,0)$	$D_2 + D_3 - \alpha[I - (\mu-1)(D_2 + D_3)]$	N_1
	$D_1 + D_3 - \alpha[I - (\mu-1)(D_1 + D_3)]$	N_2
	$D_1 + D_2 - \alpha[I - (\mu-1)(D_1 + D_2)]$	N_3
$E_2(1,0,0)$	$-D_2 - D_3 + \alpha[I - (\mu-1)(D_2 + D_3)]$	$-N_1$
	$D_2 + \theta_2 D_3 + A_2 - \alpha[\theta_2 I - (\mu-1)(D_2 + \theta_2 D_3)]$	N_4
	$\sigma_3 D_2 + D_3 + A_3 - \alpha[\sigma_3 I - (\mu-1)(\sigma_3 D_2 + D_3)]$	N_5
$E_3(0,1,0)$	$D_1 + \theta_1 D_3 + A_1 - \alpha[\theta_1 I - (\mu-1)(D_1 + \theta_1 D_3)]$	N_6
	$-D_1 - D_3 + \alpha[I - (\mu-1)(D_1 + D_3)]$	$-N_2$
	$\beta_3 D_1 + D_3 + A_3 - \alpha[\beta_3 I - (\mu-1)(\beta_3 D_1 + D_3)]$	N_7
$E_4(0,0,1)$	$D_1 + \sigma_1 D_2 + A_1 - \alpha[\sigma_1 I - (\mu-1)(D_1 + \sigma_1 D_2)]$	N_8
	$\beta_2 D_1 + D_2 + A_2 - \alpha[\beta_2 I - (\mu-1)(\beta_2 D_1 + D_2)]$	N_9
	$-D_1 - D_2 + \alpha[I - (\mu-1)(D_1 + D_2)]$	$-N_3$
$E_5(0,1,1)$	$D_1 + A_1 - \alpha[\omega_1 I - (\mu-1)D_1]$	N_{10}
	$-\beta_2 D_1 - D_2 - A_2 + \alpha[\beta_2 I - (\mu-1)(\beta_2 D_1 + D_2)]$	$-N_9$
	$-\beta_3 D_1 - D_3 - A_3 + \alpha[\beta_3 I - (\mu-1)(\beta_3 D_1 + D_3)]$	$-N_7$
$E_6(1,0,1)$	$-D_1 - \sigma_1 D_2 - A_1 + \alpha[\sigma_1 I - (\mu-1)(D_1 + \sigma_1 D_2)]$	$-N_8$
	$D_2 + A_2 - \alpha[\omega_2 I - (\mu-1)D_2]$	N_{11}
	$-\sigma_3 D_2 - D_3 - A_3 + \alpha[\sigma_3 I - (\mu-1)(\sigma_3 D_2 + D_3)]$	$-N_5$
$E_7(1,1,0)$	$-D_1 - \theta_1 D_3 - A_1 + \alpha[\theta_1 I - (\mu-1)(D_1 + \theta_1 D_3)]$	$-N_6$
	$-D_2 - \theta_2 D_3 - A_2 + \alpha[\theta_2 I - (\mu-1)(D_2 + \theta_2 D_3)]$	$-N_4$
	$D_3 + A_3 - \alpha[\omega_3 I - (\mu-1)D_3]$	N_{12}
$E_8(1,1,1)$	$-D_1 - A_1 + \alpha[\omega_1 I - (\mu-1)D_1]$	$-N_{10}$
	$-D_2 - A_2 + \alpha[\omega_2 I - (\mu-1)D_2]$	$-N_{11}$
	$-D_3 - A_3 + \alpha[\omega_3 I - (\mu-1)D_3]$	$-N_{12}$

根据表3，可知若$N_1>0$，则N_4，N_5均大于0，故E_2只能是不稳定点，同理可知E_3，E_4也均为不稳定点。而在满足一定的稳定性条件时，$E_1(0,0,0)$，$E_5(0,1,1)$，$E_6(1,0,1)$，$E_7(1,1,0)$，$E_8(1,1,1)$均可能是演化的稳定策略。

4　中欧班列跨境物流服务链联盟演化仿真分析

为了更加直观地呈现中欧班列运营商和境内外货运代理企业策略选择的演化稳定过程和稳定状态，并探究中断风险严重程度、中断风险分摊比例以及联盟额外收益等参数对各主体策略行为的影响，根据3.2节演化稳定性分析，以跨境物流服务链联盟理想的发展状态即均衡点(1，1，1)为例进行数值仿真分析。为确保参数设置的科学性与合理性，在参考专家意见及既有文献[20]参数设置的基础上，结合对中欧班列实际运营中境内货运代理企业、中欧班列运营商、境外货运代理企业的成本结构与收益水平的调查，设定三方成员的基本收益与成本R_1，R_2，R_3，C_1，C_2，C_3分别为20，35，20，10，15，10，其余参数初始赋值为：$A_1=10$，$A_2=20$，$A_3=10$，$D_1=5$，$D_2=10$，$D_3=5$，$I=20$，$\alpha=0.2$，$\mu=0.8$，$\omega_1=0.3$，$\omega_2=0.4$，$\omega_3=0.3$，$\beta_2=0.5$，$\beta_3=0.5$，$\sigma_1=0.5$，$\sigma_3=0.5$，$\theta_1=0.5$，$\theta_2=0.5$。基于此，仿真分析不同初始意愿条件下三方博弈主体的行为策略演化路径，理想发展状态下三方演化博弈行为路径如图2所示。可知演化结果符合前文的稳定性分析，这也证明了数据设置的有效性。且可知博弈主体选择策略的初始比例对最终演化稳定结果影响并不显著。因此，在分析不同参数变化对系统演化结果的影响时，假设三方初始行为策略比例均为0.5。

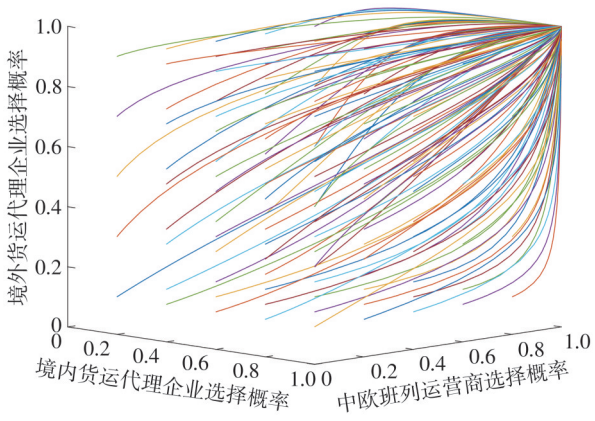


图2　理想发展状态下三方演化博弈行为路径

Fig.2　Behavior path of tripartite evolutionary game under ideal development state

4.1　中断风险严重程度对系统演化结果的影响

中断风险严重程度由中断风险发生概率、中断风险损失成本共同决定，为分析中断风险严重程度变化对系统演化结果的影响，设置5种风险情境进行研究。当中断风险发生概率较小、损失成本较低时，设置$\alpha = 0.2$，$I = 20$；当中断风险发生概率较小、损失成本较高时，设置$\alpha = 0.2$，$I = 80$；当中断风险发生概率较大、损失成本较低时，设置$\alpha = 0.8$，$I = 20$；当中断风险发生概率、损失成本较为适中时，设置$\alpha = 0.5$，$I = 50$；当中断风险发生概率较大、损失成本较高时，设置$\alpha = 0.8$，$I = 80$。不同中断风险严重程度对系统演化结果的影响如图3所示，通过图3可以发现，当中断风险发生概率较小时，三方对中断风险带来的中断风险损失成本的变化不太敏感，即使中断风险损失成本增大，三方仍倾向于选择继续联盟，但系统收敛的速度有所降低；当中断风险发生概率较大时，三方对于中断风险损失成本的变化会较为敏感，随着中断风险损失成本增大，三方成员更倾向于选择脱离联盟，且系统收敛速度也会随着中断风险损失成本的增大而加快。这一结果表明风险感知与合作决策之间的动态关联，在低概率区间联盟成员的合作边界具有弹性，能够包容损失成本的上升；而在高概率区间联盟成员的合作边界急剧收缩，对损失成本的容忍度显著下降。与此相对应，在低损失成本区间联盟成员的合作边界同样具有弹性，能够适应风险概率的上升。另外，还可发现$\alpha = 0.2$，$I = 80$和$\alpha = 0.8$，$I = 20$情况下三方演化路径一致，即2种情况下对联盟成员策略选择的边际影响在动态演化中形成了等效效应，这说明了风险的本质就是预期成本。因此在实际运营中，中欧班列跨境物流服务链中成员在组建并维护联盟时，针对风险应不仅要关注如何降低该风险发生后造成的损失，也要关注如何降低风险的发生概率，如面对沿途地震、洪水

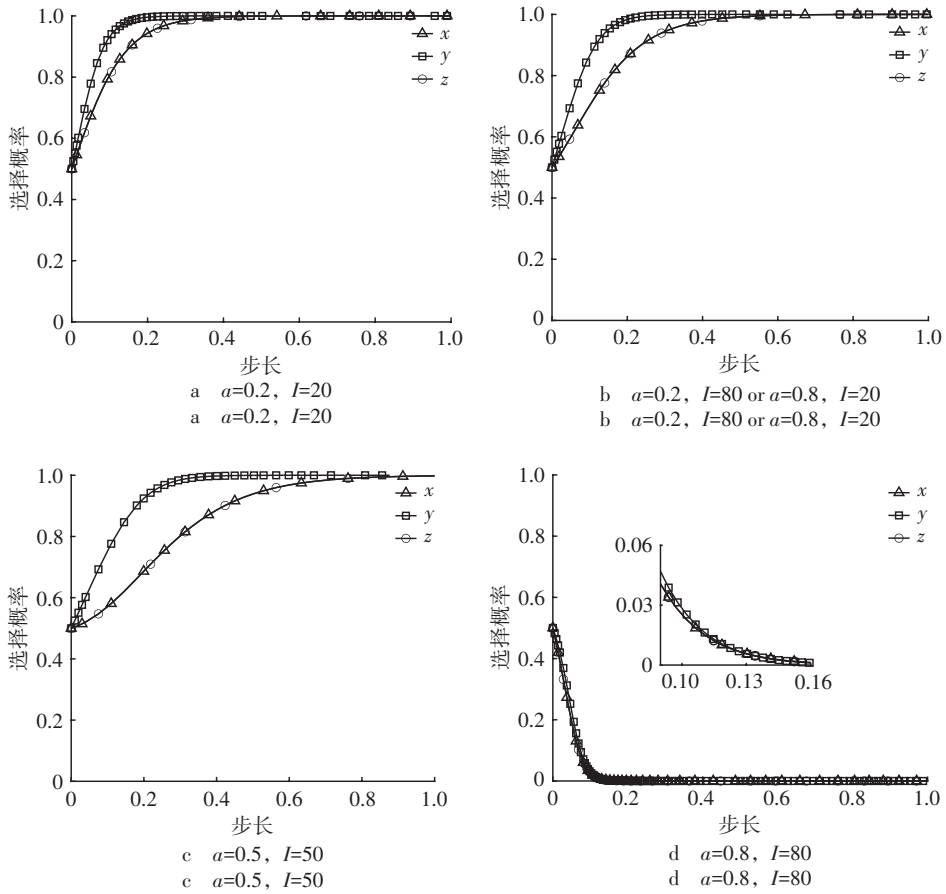


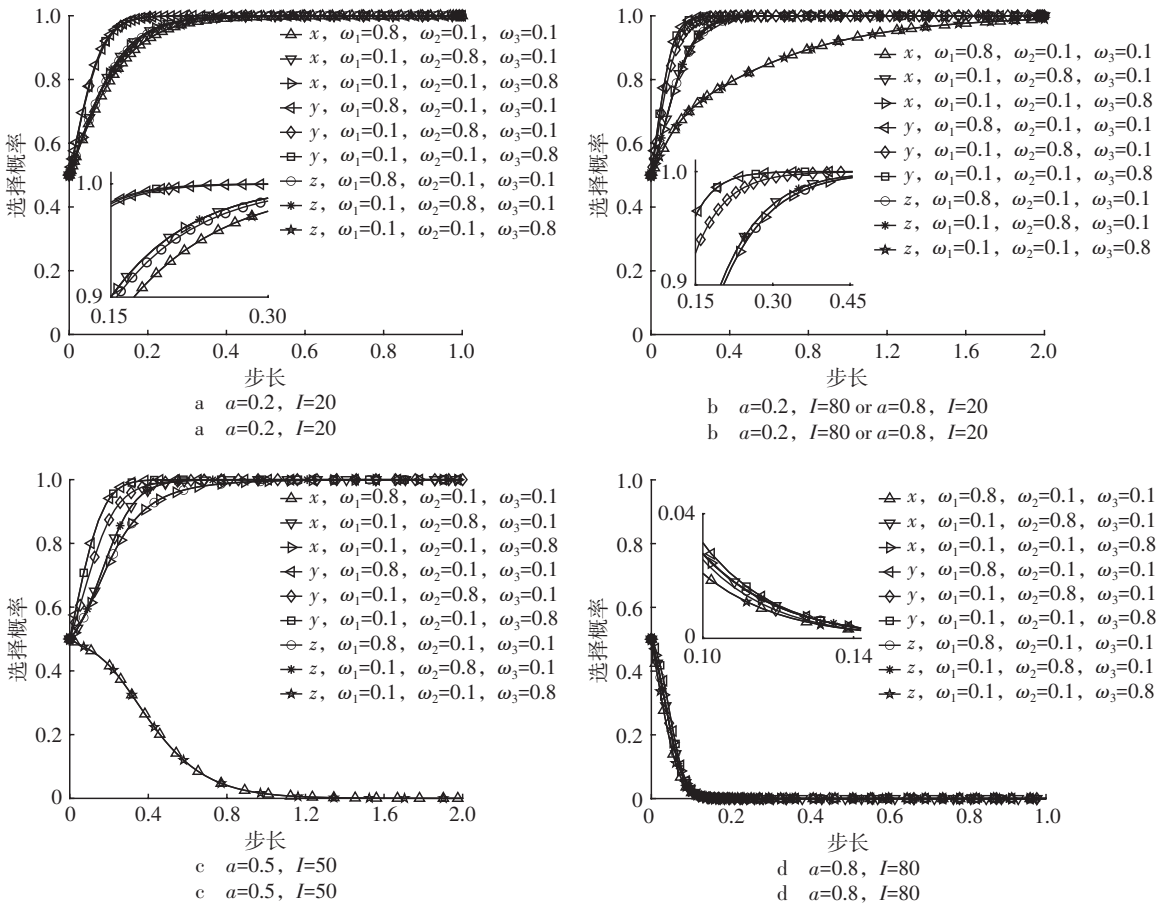
图3　不同中断风险严重程度对系统演化结果的影响

Fig.3　Impact of different interruption risk severity on evolution of system

等自然灾害风险，联盟可以建立跨区域应急物流中心，提前规划替代运输线路，并与地方政府或国际组织合作，在灾害发生后快速启动应急物资运输和线路修复工作；面对列车脱轨、碰撞事故等运输过程中发生的突发事件，可以通过投保专门的运输保险来降低经济损失，并在事故发生后通过联盟内部的资源调配快速进行损害评估、善后处理和运输恢复。

4.2　不同风险程度下ω对系统演化结果的影响

为分析不同风险程度下ω对系统演化结果的影响，设置3种情境进行研究，当境内货运代理企业为风险主要承担者时，设置$\omega_1 = 0.8$，$\omega_2 = 0.1$，$\omega_3 = 0.1$；当中欧班列运营商为风险主要承担者时，设置$\omega_1 = 0.1$，$\omega_2 = 0.8$，$\omega_3 = 0.1$；当境外货运代理企业为风险主要承担者时，设置$\omega_1 = 0.1$，$\omega_2 = 0.1$，$\omega_3 = 0.8$。不同风险程度下ω对系统演化结果的影响如图4所示，通过仿真结果可以发现，当中断风险发生概率较小、损失成本较低时，三方面对不合理的承担系数敏感度较低，即使承担较高比例的风险最终依旧趋于选择继续联盟策略；当中断风险发生概率较小、损失成本较高时以及当中断风险发生概率较大、损失成本较低时，境内外货运代理企业在承担较高比例的风险时，逐渐表现出不愿继续联盟的倾向，而中欧班列运营商承担风险的能力相对较强，面对较高比例的风险依旧倾向于选择继续联盟的策略；当中断风险发生概率、损失成本较为适中时，境内外货运代理企业面对较高比例的风险选择脱离联盟的策略，而中欧班列运营商选择继续联盟的策略；当中断风险发生概率较大、损失成本较高时，无论三方承担怎样的风险，三方均不愿选择继续联盟的策略。这一结果表明风险情境、主体异质性与联盟策略选择存在深度耦合关系，在低风险情境下联盟成员表现出较强的合作容错性，能够包容风险承担失衡；在中等风险情境下主体能力差异愈



a　a=0.2，I=20
a　a=0.2，I=20

b　a=0.2，I=80 or a=0.8，I=20
b　a=0.2，I=80 or a=0.8，I=20

c　a=0.5，I=50
c　a=0.5，I=50

d　a=0.8，I=80
d　a=0.8，I=80

图4　不同风险程度下ω对系统演化结果的影响

Fig.4　Impact of ω on evolution of system under different risk levels

加显现，中欧班列运营商相较货运代理企业展现出更强的风险韧性；而在高风险情境下所有主体的合作底线被突破，呈现出一致的退出倾向，这也进一步验证了风险组合与主体特征共同决定联盟稳定性的理论逻辑。另外在此变化情境中，$\alpha = 0.2$，$I = 80$和$\alpha = 0.8$，$I = 202$种情况下三方演化路径亦呈现趋同特征，这同样印证了风险的本质就是预期成本，基于此，后续不再对类似情形进行额外赘述。因此在实际运营中，中欧班列跨境物流服务链中成员面对低概率–高损失成本、高概率–低损失成本以及适中概率–适中损失成本的突发事件中断风险，应格外注重风险分摊比例的设置，以增强联盟的稳定性，且对于风险承担能力较强的企业可适当提高其对于风险的分摊比例。

4.3　不同风险程度下A对系统演化结果的影响

为分析不同风险程度下A对系统演化结果的影响，设置2种情境进行研究。当联盟带来的额外收益较小时，设置$A_1 = 5$，$A_2 = 15$，$A_3 = 5$；当联盟带来的额外收益较大时，设置$A_1 = 15$，$A_2 = 25$，$A_3 = 15$。不同风险程度下A对系统演化结果的影响如图5所示，通过仿真结果可以发现，当中断风险发生概率较小、损失成本较低时，随着联盟额外收益的增加，三方趋于继续联盟的收敛速度也随之加快；当中断风险发生概率较小、损失成本较高时以及当中断风险发生概率较大、损失成本较低时，境内外货运代理企业面对较小的额外收益虽然依旧倾向于选择继续联盟的策略，但系统收敛速度明显降低；当中断风险发生概率、损失成本较为适中时，面对较小的额外收益，三方均选择脱离联盟的策略；当中断风险发生概率较大、损失成本较高时，即使额外收益提高，三方也不愿选择继续联盟的策略。这一结果表明收益增量能有效对冲潜在风险，能够

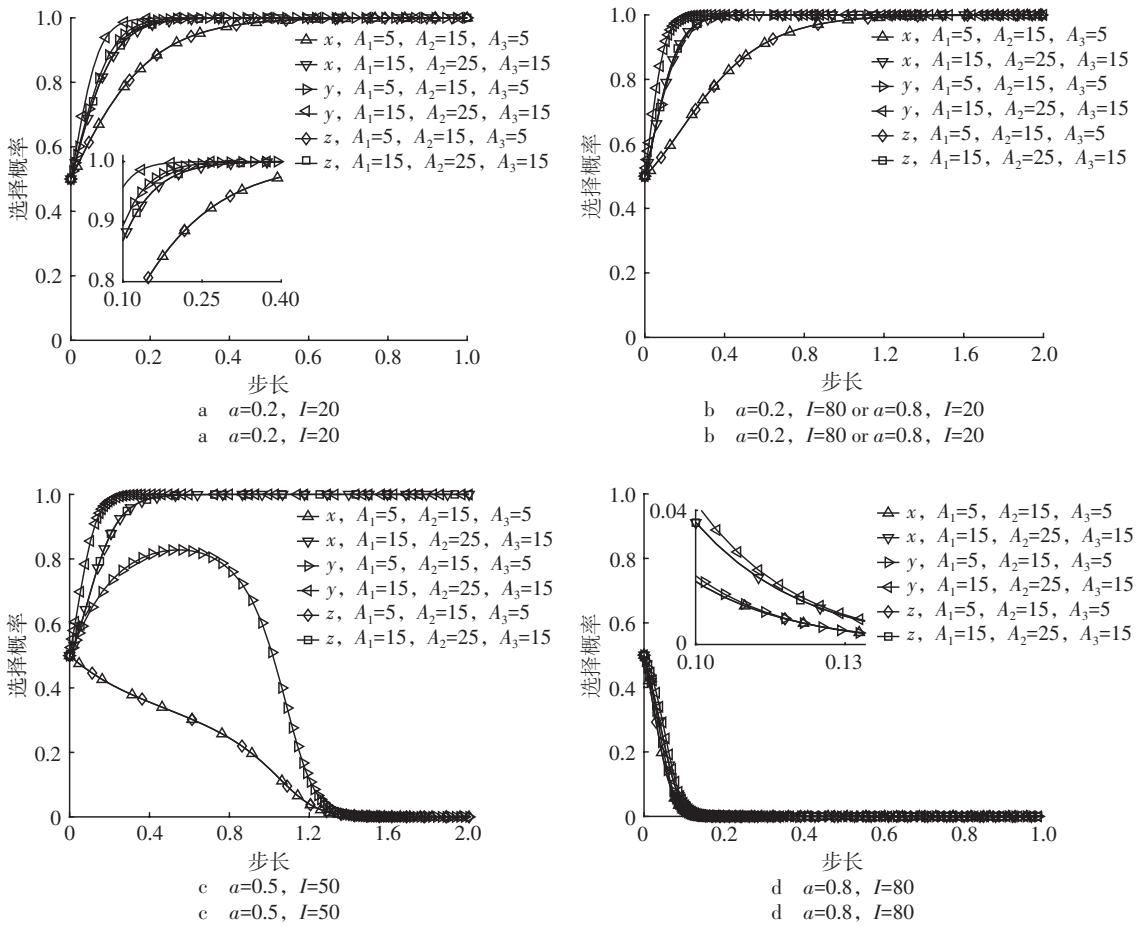


图5　不同风险程度下A对系统演化结果的影响

Fig.5　Impact of A on evolution of system under different risk levels

成为合作的核心驱动力，但收益的激励效果并非恒定的，而是随风险组合的升级、决策主体的不同呈现“有效–弱化–失效”的梯度变化。因此在实际运营中，中欧班列跨境物流服务链[21]中成员面对发生概率较大、损失成本较高的中断风险时，应更关注如何降低联盟风险的发生概率以及损失成本，而后再考虑提高额外收益的方式更有利于联盟的可持续运行。

4.4　不同风险程度下 D 对系统演化结果的影响

为分析不同风险程度下 D 对系统演化结果的影响，设置 2 种情境进行研究。D_1 = 10，D_2 = 15，D_3 = 10；D_1 = 15，D_2 = 20，D_3 = 15。不同风险程度下 D 对系统演化结果的影响如图 6 所示，通过仿真结果可以发现，随着赔付的增加，三方联盟成员向继续联盟策略的演化速度也随之加快，由此可见，违约赔付机制对联盟的稳定性起到了重要作用，能够有效降低成员的退出动机，促进联盟内部合作的稳定发展，而当中断风险发生概率较大、损失成本较高时，即使赔付金额增加，三方依旧不愿选择继续联盟的策略。这一结果表明在风险可控区间，赔付机制通过成本约束可有效维护联盟稳定；而当风险突破临界阈值，其治理效能会被风险的绝对破坏性覆盖，这为风险治理理论注入了“机制效能边界”的新视角。因此在实际运营中，中欧班列跨境物流服务链成员面对发生概率较大、损失成本较高的中断风险时，同样应更关注如何降低联盟内风险的发生概率以及损失成本，而后可在一定范围内适当提高选择脱离联盟需赔付的金额以增强联盟的黏性。

5　结束语

综合考虑中欧班列跨境物流服务链中断风险的发生概率、损失成本，通过构建演化博弈模型探讨不同参数变化对联盟内成员行为策略演化的影响机制。研究表明：联盟额外收益、违约赔付对联盟稳

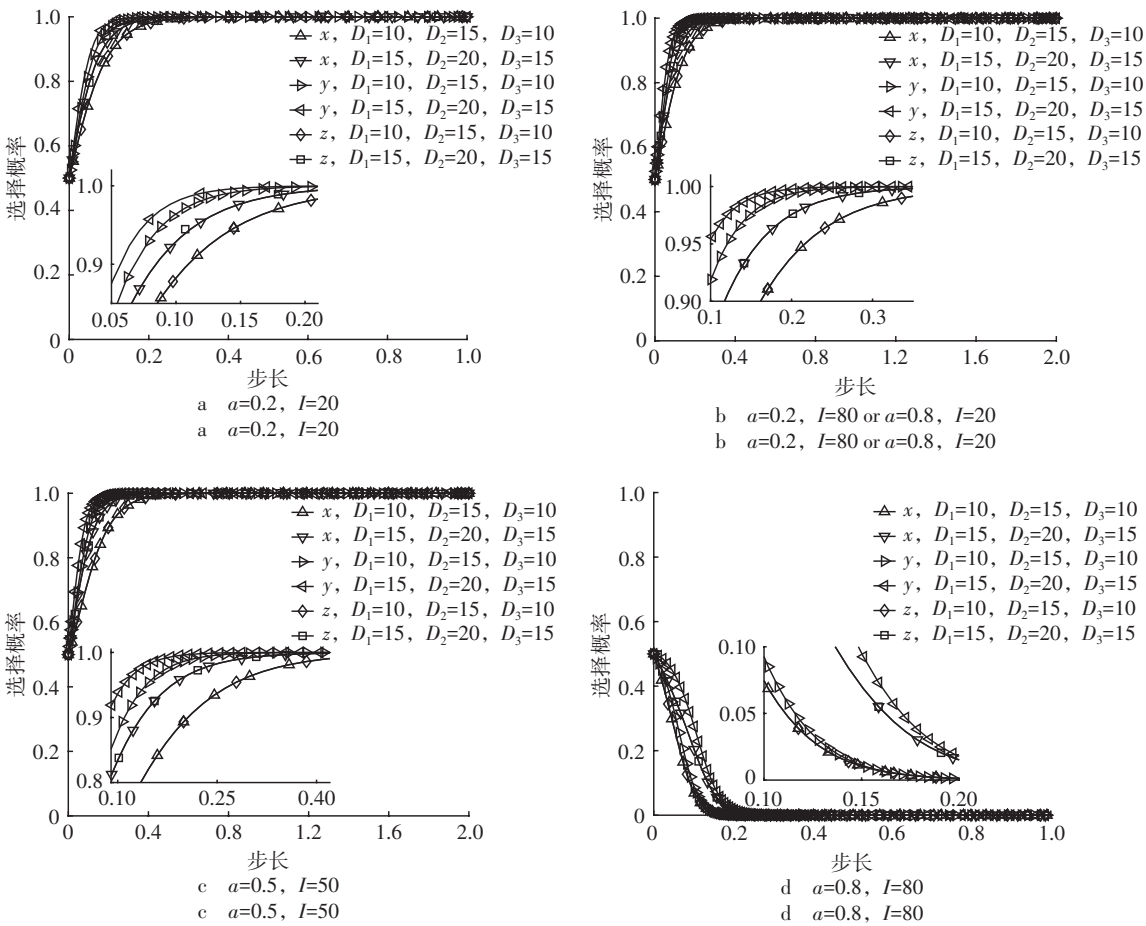


图 6　不同风险程度下 D 对系统演化结果的影响

Fig.6　Impact of D on evolution of system under different risk levels

定性的积极影响较为有限，而中断风险发生概率与损失成本对联盟稳定性存在显著负向作用，且当联盟成员具备一定的中断风险承受能力时，联盟成员可通过提高自身风险承担比例以确保联盟整体的稳定性。基于上述结论，为推动中欧班列跨境物流服务链联盟的长期稳定发展，联盟成员需将风险防控作为运营核心任务，可依托西安、重庆、郑州等核心枢纽已形成的集散网络及“数字班列”信息平台，建立覆盖国内段与跨境段的联合预警机制，同时针对国内外不同区域物流特点储备适配的应急方案，从源头降低中断风险的影响程度。同时，需要结合成员风险承受能力的差异动态调整风险承担比例，如可按企业类型和规模建立分层的风险补偿基金筹集机制重点保障抗风险能力较弱成员的稳定性，避免因单点失效引发联盟瓦解。此外，尽管额外收益与违约赔付的作用有限，但仍需通过动态化机制强化其辅助效果，在收益分配上将成员的风险防控投入、应急响应贡献等纳入分配系数，激励主动参与联盟稳定维护，在违约约束上建立跨区域信用联合惩戒机制，对恶意退出或应急协作中不作为的成员限制其未来参与联盟项目的资格以形成长效约束。通过上述措施，既能针对性缓解中断风险对联盟稳定性的冲击，也能为中欧班列跨境物流服务链的韧性提升提供可操作的实践路径。

参考文献：

[1] 田宇宁，王　莹，陈喜明. 基于货运服务链的中欧班列运输服务模式探析[J]. 铁道运输与经济，2022，44(3)：36-41.
TIAN Yuning，WANG Ying，CHEN Ximing. Analysis of Transportation Service Modes of China-Europe Railway Express Based on Freight Service Chain[J]. Railway Transport and Economy，2022，44(3)：36-41.

[2] 杨凯丽，于雪峤. 基于随机Petri网的中欧班列出口作业流程优化研究[J]. 铁道运输与经济，2023，45(12)：11-18，27.
YANG Kaili，YU Xueqiao. Research on Export Operation Process Optimization of China Railway Express Based on Stochastic Petri Net[J]. Railway Transport and Economy，2023，45(12)：11-18，27.

[3] 张晓明，徐　芳，江文辉，等. 考虑资金约束的中欧班列运价与运量决策分析[J]. 交通运输系统工程与信息，2022，22(1)：30-36.
ZHANG Xiaoming，XU Fang，JIANG Wenhui，et al. Pricing and Ordering Decisions of China Railway Express Considering Capital Constraint[J]. Journal of Transportation Systems Engineering and Information Technology，2022，22(1)：30-36.

[4] 龚燕秋，张　军. 中欧班列耦合共生模式及机制探究[J]. 铁道运输与经济，2020，42(11)：51-56.
GONG Yanqiu，ZHANG Jun. A Study on Coupled Symbiosis Mode and Mechanism of China Railway Express[J]. Railway Transport and Economy，2020，42(11)：51-56.

[5] 张晶蓉，马芳媛，周艳杰，等. 考虑海运竞争影响的中欧班列运营商竞合关系研究[J]. 铁道科学与工程学报，2024，21(2)：487-498.
ZHANG Jingrong，MA Fangyuan，ZHOU Yanjie，et al. Competition and Cooperation between China-Europe Railway Express Operators Considering the Shipping Competition[J]. Journal of Railway Science and Engineering，2024，21(2)：487-498.

[6] 邢　磊，杨珍花，徐　奇，等. 海陆联运下的中欧班列集装箱空箱调运优化[J]. 大连海事大学学报，2019，45(2)：1-8.
XING Lei，YANG Zhenhua，XU Qi，et al. Optimizing Empty Container Dispatching of China Railway Express under Sea-Land Intermodal Transport[J]. Journal of Dalian Maritime University，2019，45(2)：1-8.

[7] 臧术美. “一带一路”背景下中国与中东欧地方合作：一种多层级合作机制探析[J]. 社会科学，2020(1)：50-62.
ZANG Shumei. China-CEEC Regional and Local Cooperation in the Context of the “Belt and Road” Initiative：An Analysis of a Multi-Level Cooperation Mechanism[J]. Journal of Social Sciences，2020(1)：50-62.

[8] 李玉民，郭彩荔，刘梦伟，等. “双循环”视角下中欧班列运行质量评价研究[J]. 铁道运输与经济，2023，45(3)：10-16，23.
LI Yumin，GUO Caili，LIU Mengwei，et al. Operation Quality Evaluation of China Railway Express from the Perspective of “Dual Circulation”[J]. Railway Transport and Economy，2023，45(3)：10-16，23.

[9] 江运芳. 新贸易形势下跨境电商物流联盟风险与防范[J]. 哈尔滨学院学报，2022，43(10)：61-65.
JIANG Yunfang. Risk and Prevention of Cross-Border E-

Commerce Logistics Alliance under the New Trade Situation[J]. Journal of Harbin University，2022，43(10)：61-65.

[10] YU L F，CHEN C Y. Research on the Prewarning Model of Relationship Risk Levels in Industry Collaborative Innovation Alliances across Provinces in China[J]. Mathematical Problems in Engineering，2021，2021(1)：3176504.

[11] FALLAHI N，HAFEZALKOTOB A，RAISSI S，et al. Cooperation and Coopetition among Retailers-Third Party Logistics Providers Alliances under Different Risk Behaviors，Uncertainty Demand and Environmental Considerations[J]. Environment，Development and Sustainability，2023，25(6)：5597-5633.

[12] 杜志平，区钰贤. 基于三方演化博弈的跨境物流联盟信息协同机制研究[J]. 中国管理科学，2023，31(4)：228-238.
DU Zhiping，OU Yuxian. Research on Information Cooperation Mechanism of Cross Border E-Commerce Logistics Alliance Based on Tripartite Evolutionary Game[J]. Chinese Journal of Management Science，2023，31(4)：228-238.

[13] 张海峰，王　爽，张美丽. 信息资源共享对物流联盟稳定性的影响分析[J]. 商业经济研究，2017(19)：100-102.

[14] 付帅帅，陈伟达，王丹丹. 跨境物流联盟稳定性研究[J]. 计算机应用研究，2020，37(10)：2980-2983.
FU Shuaishuai，CHEN Weida，WANG Dandan. Research on Stability of Cross-Border Logistics Alliance[J]. Application Research of Computers，2020，37(10)：2980-2983.

[15] 陈信同，李帮义，王　哲，等. 考虑要素投入与市场地位的物流联盟演化研究[J]. 运筹与管理，2019，28(7)：64-71.
CHEN Xintong，LI Bangyi，WANG Zhe，et al. Evolution Game of Logistics Alliance with Considering Input Elements and Market Power[J]. Operations Research and Management Science，2019，28(7)：64-71.

[16] ZHOU X X，HUANG C F. Evolutionary Game and Its Stability for Joint Distribution Alliance of Rural Logistics[J]. Journal of Transportation Systems Engineering and Information Technology，2022，22(1).

[17] HAN R B，YANG M K. Profit Distribution and Stability Analysis of Joint Distribution Alliance Based on Tripartite Evolutionary Game Theory under the Background of Green and Low Carbon[J]. Environmental Science and Pollution Research，2022，29(39)：59633-59652.

[18] MU C X，WANG X Q. The Stability and Promotion Strategy of Virtual Logistics Alliance in Xi'an International Trade and Logistics Park Based on Computer Application[J]. Journal of Physics：Conference Series，2020，1682：012079.

[19] YANG Z，AYDıN G，BABICH V，et al. Supply Disruptions，Asymmetric Information，and a Backup Production Option[J]. Management Science，2009，55(2)：192-209.

[20] 张　军，朱　璐，苟　焰，等. 中欧班列市场化运营决策的三方演化博弈分析[J]. 管理工程学报，2023，37(2)：197-208.
ZHANG Jun，ZHU Lu，GOU Yan，et al. A Tripartite Evolutionary Game Analysis of the Market-Oriented Operation Decision of China-Europe Railway Express[J]. Journal of Industrial Engineering and Engineering Management，2023，37(2)：197-208.

[21] 权诗琦，刘畅，秦欢欢. 中欧班列南通道沿线国家铁路联盟发展研究[J]. 铁路物流，2025，43(2)：58-64.
QUAN Shiqi，LIU Chang，QIN Huanhuan. Development of Railway Alliances of Countries along Southern Route of China Railway Express[J]. Railway Logistics，2025，43(2)：58-64.

(责任编辑　金　晶)