科学数据开放共享中数据质量治理的演化博弈分析*

邢文明　胡灵
（湘潭大学公共管理学院，湘潭 411105）

摘要：本研究针对科学数据开放共享中的数据质量问题，探究科学数据质量治理中多元主体行为策略选择及其演化规律，进而提出促进多方参与科学数据质量治理的优化策略。基于演化博弈理论，构建数据生产者、数据使用者、数据处理者和数据监管者四方博弈模型，分析各主体在不同情境中的策略选择及关键因素对系统演化的影响。研究结果表明：数据生产者的感知收益对数据生产者和数据处理者具有差异化影响；数据使用者的反馈成本存在最优区间；数据处理者对数据生产者与数据使用者的奖励效果存在阈值，超过一定限度反而抑制主体积极策略行为；数据监管者严格监管的初始意愿能加速系统收敛，但随着其他主体积极性提高，监管边际收益递减，系统最终向宽松监管方向演化。据此，本研究提出完善科研成果评价、健全科学数据管理机制、优化数据基础治理环境、打造多主体治理联盟等策略来提升科学数据质量。

关键词：科学数据；开放共享；数据质量治理；利益相关者；演化博弈
中图分类号：G203　DOI：10.3772/j.issn.1673–2286.2026.04.002
引文格式：邢文明，胡灵. 科学数据开放共享中数据质量治理的演化博弈分析[J]. 数字图书馆论坛，2026，22（4）：11–24.

数智时代，科学数据是推动科技进步、促进经济社会发展的基础性战略资源，加快推进科学数据开放共享已成为政府、学术界、数据出版行业的广泛共识。然而，在科学数据开放共享实践中存在着“重数量轻质量、重开放轻增值”现象[1]，以及脏数据与假数据[2]、数据赘余或缺漏、数据烟囱、数据风险[3]等问题凸显，数据共享与重用面临越来越严峻的挑战[4]，不仅影响着科学数据的价值实现，也阻碍了科学数据开放共享实践的持续推进。在此背景下，如何实现科学数据质量有效治理成为各界广泛关注的课题。

科学数据的开放共享涉及数据生产者、加工处理者、管理服务等多元主体，且处于动态连续过程。不同主体基于各自的利益考量做出不同的选择，其选择结果又直接影响数据的质量。科学数据质量治理本质上是一个多方主体共同参与和动态演化的过程，需要充分考虑不同主体的差异化诉求，并实现不同主体的利益协同与平衡，最终实现总体利益最大化。因此，运用博弈论方法分析不同主体在科学数据开放共享中的策略选择与影响机制，成为科学数据质量治理研究的可行思路。笔者通过文献梳理发现，已有学者关注到科学数据共享质量的多主体博弈问题，但在构建分析模型时仅关注数据提供者、数据使用者和数据监管者的两方或三方博弈[3,5]。此类模型有助于简化研究思路，降低分析难度，但由于未能涵盖科学数据开放共享过程的所有主体，因而无法刻画科学数据质量问题在开放共享生命周期各环节的累积与传递。科学数据质量治理

收稿日期：2026–02–25
*本研究得到国家社会科学基金一般项目“我国科学数据中心国际影响力评价及提升研究”（编号：23BTQ061）资助。

贯穿数据生成、处理、存储、开放、利用全过程，涉及政府、科研人员/科研机构、数据中心等利益相关者之间的协作互动。因此，有必要从更系统全面的视角出发，构建科学数据开放共享中的质量治理博弈模型，开展更完整细致的分析。基于此，本研究从演化博弈角度出发，结合数据生命周期和利益相关者理论，构建科学数据质量治理的四方博弈模型，探究博弈主体在科学数据开放共享中的稳定策略，进而探讨科学数据开放共享数据质量治理与提升策略，以期提升科学数据开放共享效果并充分释放科学数据价值。

1 文献综述

1.1 科学数据质量治理

对于科学数据质量治理，已有研究主要从管理视角和主体间的利益博弈视角进行探讨。前者主要围绕科学数据开放共享的不同环节或方面探讨质量改进措施。例如：Marchionini等[6]认为提高科学数据质量应从数据采集、清洗与验证、元数据加工等全流程加以控制；吴金红等[7]借鉴质量管理理念，将科学数据质量控制过程划分为规划、实施、审查、改进四个持续循环的阶段，针对每个阶段探讨质量优化措施；夏义堃等[8]基于生命周期理论，梳理出管理计划、采集、组织、保存、共享利用等不同阶段的科学数据质量控制核心要求；涂志芳[9]从科学数据相关标准/规范、科学数据管理的工具/平台、科学数据质量评审三个维度构建数据质量控制框架；盛小平等[10]针对科学数据开放共享中的数据质量问题以及引发问题的原因进行分析，从政策法规、组织管理、技术与平台、利益相关者四个方面提出治理对策。后者多基于博弈理论，研究不同治理规则对科学数据共享主体的影响，寻找提升科学数据质量的有效方案。例如：邢文明等[11]构建科学数据主管机构与数据生产者之间的博弈模型，提出基于声誉理论约束和激励数据生产者提供高质量科学数据，从而提升开放共享科学据质量的策略机制；丰佰恒等[12]结合博弈论模型与改进的病毒传播SIR（Susceptible-Infected-Recovered）模型，构建涵盖数据生产者、数据监管者、数据修复者等多主体的管控模型，探究激励机制与惩罚机制对主体策略选择的影响；佟泽华等[3]从收益成本角度出发，构建科研大数据质量控制三方演化博弈模型，提出“基–翼”相济式优化策略、“响应式–联盟化”管控策略、全过程技术融合策略、“人才–平台”双驱联动策略四位一体的科研大数据质量控制实施策略体系。

1.2 科学数据开放共享的利益主体

科学数据开放共享过程中涉及多方主体，如政府、科学数据共享平台、数据生产者/提供者、数据使用者等。准确识别界定关键利益主体是保障分析模型科学性和治理机制有效性的前提。根据不同的研究问题和分析视角，研究者们识别出不同的利益相关者。如崔雁[13]界定了科学数据开放的4类关键参与者，即科研决策者与资助者、数据管理者、科研机构、出版商；盛小平等[14]认为科学数据开放共享活动中利益相关者主要包括政府、科研机构、科研资助机构、图书情报机构、数据中心、行业协会、出版社、科研人员、其他企业、用户等；陈媛媛等[15]根据主体在科学数据开放共享活动中的重要性和科学数据开放共享对其利益影响度，将相关者分为首要关键利益相关者（科研人员、科研机构）、次要关键利益相关者（数据出版商、图书馆、科研资助机构）、首要非关键利益相关者（数据中心）、次要非关键利益相关者（政府及公共部门、行业协会）。针对数据质量治理这一问题，一些学者将利益相关者分析与博弈论结合，通过识别数据质量相关的利益主体并构建分析模型以寻找有效的治理策略。如王娟等[5]构建了政府开放数据提供者和使用者的演化博弈模型，揭示了监管激励与质量评估标准对数据质量控制效率的影响机制；邢文明等[11]聚焦科学数据主管机构与科学数据生产者两类核心主体，构建声誉博弈模型，提出科学数据质量提升激励机制；高晓宁等[16]聚焦科研人员、数据共享平台与地方政府监管部门三方，构建演化博弈模型，揭示不同主体策略选择如何影响数据共享平台行为的合规性，进而作用于科研数据质量；杨瑞仙等[17]以数据交易平台、数据供给方与数据需求方为三方主体构建演化博弈模型，探究平台监管机制与激励处罚机制对各主体策略选择及数据要素供给质量的影响。

综上所述，现有研究为科学数据质量治理提供了理论框架与实践参考，但仍存在一定局限：首先，多数研究侧重于质量治理技术或制度维度，缺少对多元主体的行为逻辑与互动机制的探讨；其次，关于科学数据质量治理的博弈模型集中在两方或三方主体的讨论，对科学数据开放共享各节点涉及的利益相关主体探讨

不全面，未将科学数据生产、组织、传播、消费全流程涉及的主体纳入博弈模型，如科学数据平台作为数据加工处理者，在《科学数据管理办法》（以下简称《办法》）中得到明确定位，但相关研究尚未将其纳入博弈主体。邢文明等[18]从数据生命周期和责任相关者的二维视角对《办法》进行解读，指出《办法》形成了以数据生命周期为“经”、以责任相关者为“纬”的科学数据管理体系。这一框架表明，科学数据质量治理主体划分应与数据生命周期的核心环节对应。据此，本研究将科学数据质量治理的核心主体归纳为数据生产者、数据处理者、数据使用者与数据监管者四类，分别对应采集生产、加工处理、开放共享与监督引导四个关键环节。基于此，本研究从博弈论视角出发，分析科学数据开放共享过程中涉及的相关利益主体及其行为，构建包含数据生产者、数据使用者、数据处理者和数据监管者在内的四方演化博弈模型，探究多元主体参与的科学数据质量治理均衡策略。

2　演化博弈模型构建

2.1　演化博弈适用性分析

科学数据开放共享中数据质量治理涉及数据生产者、数据使用者、数据处理者和数据监管者等多方利益相关者，各方在数据质量管控、合规共享、使用反馈等环节存在目标差异与策略互动。演化博弈模型基于有限理性假设，能够刻画不同主体在长期互动中的策略调整与动态演化过程，有效揭示治理场景下多方行为的均衡机制。相较于单一主体的优化模型或纯定性分析，该方法更适合分析科学数据质量治理中多方利益博弈、协同与冲突并存的复杂互动关系，因此本研究采用演化博弈模型开展分析。

2.2　博弈主体与策略选择

科学数据开放共享的数据质量治理是一个长期、动态的过程，各利益相关者在科学数据质量治理过程中扮演着不同角色。

（1）数据生产者。科研人员/科研机构是科学数据的生产方和提供者，通过科研活动产生高质量科学数据，遵循可查找、可访问、可互操作、可重用的FAIR（Findable，Accessible，Interoperable，Reusable）原则完成数据标注与校验，并将数据进行共享，支持科研创新和社会发展。数据生产者位于科学数据质量治理的源头，其行为直接决定数据质量的基础水平。科研人员/科研机构通过数据生产和共享行为获得学术界的认可和社会影响力；但在数据共享过程中也会产生共享成本和面临潜在风险，在缺乏监管约束的情况下，科研人员/科研机构可能会选择共享未经处理的低质数据，以此降低成本和规避风险。可见，数据生产者的策略集合为{优质共享，低质共享}。

（2）数据使用者。科学数据使用者包括科研人员/科研机构与企业，通过数据挖掘与数据整合等技术，将科学数据转化为科研成果和数据产品，实现科学数据价值增值，是开放科学数据价值实现与增值的关键角色。科学数据质量是决定转化效果的关键因素，而数据使用者对数据质量具有直接、客观的评判权。对此，数据使用者的策略集合为{反馈，不反馈}。数据使用者通过合理评价和问题标注等方式积极反馈数据质量问题，需付出一定的时间精力成本，但有助于降低其他使用者的判断与试错成本，同时促进科学数据质量的提升。当数据使用者不对数据质量进行反馈时，可节省反馈成本，但需承担低质量数据引发的成果偏差风险。

（3）数据处理者。科学数据共享平台充当数据处理者的角色，是科学数据开放共享与利用的桥梁，为科学数据生产者和科学数据使用者提供基础支持。科学数据共享平台是科学数据质量治理的中间保障主体，肩负着数据审核与数据处理的职责，其策略集合为{积极治理，消极治理}。当平台选择积极策略，建立完善的数据汇交审核机制从源头把控科学数据质量，并对数据进行专业化组织与处理提升其完整性和规范性，就能有效提升科学数据质量。该策略的收益是能吸引更多优质科学数据资源和用户，形成良好的口碑和社会效益，但也会增加数据审核处理成本。当积极治理的成本超过收益时，科学数据共享平台便倾向于选择消极治理策略，即简化审核流程或缩减数据处理投入成本。

（4）数据监管者。政府是科学数据质量治理政策与制度的制定者，在科学数据开放共享过程中，通过组织管理与考核评估等工作，规范科学数据开放共享各个环节，确保共享的可持续进行，承担着数据监管者的角色，其策略集合为{严格监管，宽松监管}。严格监管意味着政府会出台数据质量治理标准、采取奖励或惩罚等措施引导和规制科研人员/科研机构、科学数据共享平台等主体行为，以提升科学数据质量治理水平，从而提高

区域的社会效益。反之，则为宽松监管。当严格监管的收益大于成本时，政府会倾向于严格监管策略；当监管成本过高时，则倾向于宽松监管策略。

由于数据质量维度较多且相对主观[19]，各方对“高质量”的判定存在天然分歧。在信息不完全的约束下，各主体只能以有限理性在反复互动中试错来调整策略[20]。基于以上分析，科学数据质量治理可视作多方利益相关者的持续策略互动：各方在自身利益驱动下持续观察他人策略并动态修正自身行为，最终形成群体策略的稳定状态。四方主体博弈的逻辑关系如图1所示。

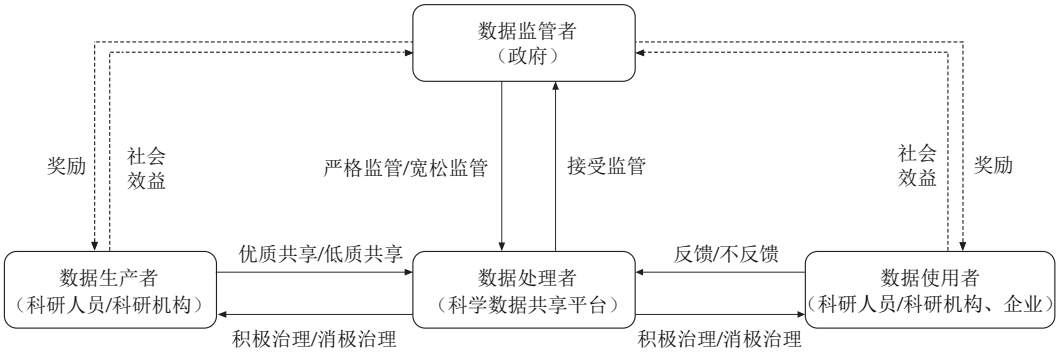


图1　四方主体博弈模型逻辑关系

2.3　基本假设与参数设定

假定四方博弈主体理性有限且追求效用最大化，结合四方主体职能定位与行为选择逻辑，提出如下基本假设。

（1）数据生产者共享优质数据的概率为x，共享低质数据的概率为$1-x$；数据使用者选择反馈策略的概率为y，选择不反馈策略的概率为$1-y$；数据处理者积极治理的概率为z，消极治理的概率为$1-z$；数据监管者以p的概率实施严格监管，以$1-p$的概率实施宽松监管；$x, y, z, p\in[0, 1]$。

（2）数据生产者共享优质数据的成本为c_1，共享低质数据的成本为c_2（$c_1>c_2$）。当数据生产者选择优质共享策略时，可获得因高质量数据带来的学术声誉或影响力提高等感知收益W。若此时数据处理者采取积极治理策略，数据生产者可额外获得数据处理者授予的信用积分等奖励K_1；若数据监管者同时实施严格监管，数据生产者亦可获得来自数据监管者的奖励S_1。当数据生产者提供低质数据且数据处理者积极治理，则数据生产者需承担来自数据处理者的罚金P。

（3）数据使用者参与反馈的成本为d。当数据处理者和数据监管者同时采取积极策略时，数据使用者参与反馈可分别获得来自数据处理者的奖励K_2和来自数据监管者的奖励S_2。当数据生产者共享低质数据时，数据使用者需承担因低质数据流通带来的损失M。

（4）数据处理者积极参与数据质量治理，有利于营造良好的科学数据共享环境，进而获得用户流量等潜在收益T_1；若数据监管者同步实施严格监管策略，数据处理者可额外获得数据监管者给予的奖励S_3。数据处理者积极治理的成本为h_1；若数据处理者转向消极治理策略，其消极治理成本为h_2（$h_1>h_2$），此时其获得用户流量收益会减少，数据处理者消极治理时的潜在收益为T_2（$T_1>T_2$），且一旦数据监管者实施严格监管，数据处理者还将承担来自数据监管者的罚金F。

（5）数据监管者实施严格监管和宽松监管的成本分别为g_1和g_2（$g_1>g_2$）。无论数据监管者采取积极策略或是消极策略，优质数据流通均会产生正向的社会效益R，而低质数据流通则会产生负向社会效益r。

模型相关参数及其含义如表1所示。

2.4　收益支付矩阵构建

基于以上分析，构建四方博弈主体收益支付矩阵（见表2），矩阵中各主体的净收益由基础收益、治理成本、奖励与罚金等构成。不同策略组合下，自上而下依次为数据生产者、数据使用者、数据处理者、数据监管者的净收益。

3　稳定性分析

根据博弈主体的策略组合与收益支付矩阵，可计

表1　模型相关参数及其含义

参数	含义
W	数据生产者共享优质数据获得的感知收益
K_1	数据生产者共享优质数据获得来自数据处理者的奖励
K_2	数据使用者采取反馈策略时数据处理者给予的奖励
S_1	严格监管时数据生产者共享优质数据获得的奖励
S_2	严格监管时数据使用者反馈获得的奖励
S_3	严格监管时数据处理者积极治理获得的奖励
T_1	数据处理者积极治理时的潜在收益
T_2	数据处理者消极治理时的潜在收益
R	优质数据流通产生的正向社会效益
F	严格监管策略下数据处理者消极治理的罚金
P	积极治理策略下数据生产者流通低质数据的罚金
M	数据使用者因低质数据流通造成的损失
r	低质数据流通产生的负向社会效益
c_1	数据生产者优质数据共享成本
c_2	数据生产者低质数据共享成本
d	数据使用者反馈成本
h_1	数据处理者积极治理成本
h_2	数据处理者消极治理成本
g_1	数据监管者严格监管成本
g_2	数据监管者宽松监管成本
x	数据生产者共享优质数据的概率
y	数据使用者采取反馈策略的概率
z	数据治理者积极治理的概率
p	数据监管者严格监管的概率

算各主体在不同策略选择下的期望收益及群体平均收益，并依据Malthusian动态方程原理，分别构建四方主体的复制动态微分方程，如公式（1）所示。

$$\begin{cases} F(x)=-x(x-1)(W-c_1+c_2+S_1p+K_1z+Pz) \\ F(y)=-y(y-1)(S_2p-d+K_2z) \\ F(z)=-z(z-1)(P+T_1-T_2-h_1+h_2+Fp-K_1x+ \\ \qquad S_3p-K_2y-Px) \\ F(p)=p(p-1)(g_1-F-g_2+Fz+S_1x+S_2y+S_3z) \end{cases} \tag{1}$$

为达到四方主体利益最大化，令$F(x)=F(y)=F(z)=F(p)=0$，可得到数据生产者、数据使用者、数据处理者及数据监管者四方主体博弈的均衡点。由于四方博弈属于非对称博弈，仅考虑演化稳定策略的16个纯策略点。将潜在均衡点带入雅可比矩阵（公式2）计算，并依据Lyapunov第一法则，通过特征值正负性对16个纯策略均衡点进行稳定性分析，结果如表3所示。

$$Jacobian=\begin{bmatrix} \frac{\partial F(x)}{\partial x} & \frac{\partial F(x)}{\partial y} & \frac{\partial F(x)}{\partial z} & \frac{\partial F(x)}{\partial p} \\ \frac{\partial F(y)}{\partial x} & \frac{\partial F(y)}{\partial y} & \frac{\partial F(y)}{\partial z} & \frac{\partial F(y)}{\partial p} \\ \frac{\partial F(z)}{\partial x} & \frac{\partial F(z)}{\partial y} & \frac{\partial F(z)}{\partial z} & \frac{\partial F(z)}{\partial p} \\ \frac{\partial F(p)}{\partial x} & \frac{\partial F(p)}{\partial y} & \frac{\partial F(p)}{\partial z} & \frac{\partial F(p)}{\partial p} \end{bmatrix} \tag{2}$$

利用Lyapunov第一方法进行稳定性判定：当雅可比矩阵所有特征值的实部均小于0时，均衡点为演化稳定点；当存在实部为正的特征值时，均衡点不稳定；特征值兼具正负实部时，均衡点为鞍点；出现零实部特征值时，需借助其他方法进一步分析。根据表3可知，16组纯策略解中共有9组具备成为渐近稳定策略组合的条件。为方便计算，本研究将9组决策组合分为数据监管者“宽松监管”和“严格监管”两类进行稳定性分析。

3.1　数据监管者“宽松监管”下策略组合稳定性分析

（1）若$W<c_1-c_2$，$P+T_1-h_1<T_2-h_2$且$F<g_1-g_2$，即数据生产者共享优质数据的感知收益小于其所需额外成本，数据处理者积极治理时的收益成本差值小于消极治理的差值，数据监管者对数据处理者消极治理行为征收的罚金不足以覆盖其严格监管的额外成本，此时四方博弈的演化稳定点为（0，0，0，0），对应稳定策略集合为{低质共享，不反馈，消极治理，宽松监管}。这表明，各方选择消极策略的成本损失低于积极策略，因而在数据质量治理中缺乏积极行动的动力，彼此间难以形成有效配合，不利于科学数据质量治理。

（2）若$W+K_1<c_1-c_2-P$，$K_2<d$且$P+T_1-T_2>h_1-h_2$，即数据生产者提供优质数据的感知收益与奖励之和小于其因此承担的额外成本与低质共享罚金之差，数据使用者反馈成本高于其从数据处理者处获得的奖励，数据处理者积极治理时对数据生产者收取流通低质数据的罚金与其积极治理的收益增量之和大于其积极治理需承担的额外成本，此时系统的稳定均衡点为（0，0，1，0），对应稳定策略集合为{低质共享，不反馈，积极治理，宽松监管}。该情形下，在其他三方主体采取消极策略时，数据处理者选择积极治理获得的潜在收益能够覆盖额外成本，这一收益补偿使其呈现“被动积极”的状态。

表2　收益支付矩阵

策略选择		数据使用者	数据监管者			
			严格监管p		宽松监管$1-p$	
			数据处理者		数据处理者	
			积极治理z	消极治理$1-z$	积极治理z	消极治理$1-z$
数据生产者	优质共享x	反馈y	$W+K_1+S_1-c_1$	$W+S_1-c_1$	$W+K_1-c_1$	$W-c_1$
			K_2+S_2-d	S_2-d	K_2-d	$-d$
			$T_1+S_3-h_1-K_1-K_2$	T_2-F-h_2	$T_1-h_1-K_1-K_2$	T_2-h_2
			$R-g_1-S_1-S_2-S_3$	$R+F-g_1-S_1-S_2$	$R-g_2$	$R-g_2$
		不反馈$1-y$	$W+K_1+S_1-c_1$	$W+S_1-c_1$	$W+K_1-c_1$	$W-c_1$
			0	0	0	0
			$T_1+S_3-h_1-K_1$	T_2-h_2-F	$T_1-h_1-K_1$	T_2-h_2
			$R-g_1-S_1-S_3$	$R+F-g_1-S_1$	$R-g_2$	$R-g_2$
	低质共享$1-x$	反馈y	$-c_2-P$	$-c_2$	$-c_2-P$	$-c_2$
			K_2+S_2-d-M	S_2-d-M	K_2-d-M	$-d-M$
			$T_1+S_3+P-h_1-K_2$	T_2-h_2-F	$T_1+P-h_1-K_2$	T_2-h_2
			$-r-g_1-S_2-S_3$	$-r+F-g_1-S_2$	$-r-g_2$	$-r-g_2$
		不反馈$1-y$	$-c_2-P$	$-c_2$	$-c_2-P$	$-c_2$
			$-M$	$-M$	$-M$	$-M$
			$T_1+S_3+P-h_1$	T_2-h_2-F	T_1+P-h_1	T_2-h_2
			$-r-g_1-S_3$	$-r+F-g_1$	$-r-g_2$	$-r-g_2$

表3　均衡点的特征值

均衡点	特征值1	特征值2	特征值3	特征值4	实部符号	稳定性
(0, 0, 0, 0)	$W-c_1+c_2$	$-d$	$P+T_1-T_2-h_1+h_2$	$F-g_1+g_2$	×−××	ESS或不稳定
(0, 0, 0, 1)	$S_1+W-c_1+c_2$	S_2-d	$F+P+S_3+T_1-T_2-h_1+h_2$	g_1-F-g_2	××××	ESS或不稳定
(0, 0, 1, 0)	$K_1+P+W-c_1+c_2$	K_2-d	$T_2-T_1-P+h_1-h_2$	$g_2-g_1-S_3$	×××−	ESS或不稳定
(0, 1, 0, 0)	$W-c_1+c_2$	d	$P-K_2+T_1-T_2-h_1+h_2$	$F-S_2-g_1+g_2$	×+××	不稳定
(1, 0, 0, 0)	c_1-W-c_2	$-d$	$T_1-K_1-T_2-h_1+h_2$	$F-S_1-g_1+g_2$	×−××	ESS或不稳定
(0, 0, 1, 1)	$K_1+P+S_1+W-c_1+c_2$	K_2+S_2-d	$T_2-P-S_3-T_1-F+h_1-h_2$	$S_3+g_1-g_2$	×××+	不稳定
(0, 1, 0, 1)	$S_1+W-c_1+c_2$	d	$F-K_2+P+S_3+T_1-T_2-h_1+h_2$	$S_2-F+g_1-g_2$	×+××	不稳定
(1, 0, 0, 1)	$c_1-W-S_1-c_2$	$-d$	$T_1-K_1-T_2-h_1+h_2$	$F-S_1-g_1+g_2$	×−××	ESS或不稳定
(0, 1, 1, 0)	$K_1+P+W-c_1+c_2$	$d-K_2$	$K_2-P-T_1+T_2+h_1-h_2$	$g_2-S_3-g_1-S_2$	×××−	ESS或不稳定
(1, 0, 1, 0)	$c_1-P-W-K_1-c_2$	K_2-d	$K_1-T_1+T_2+h_1-h_2$	$g_2-S_3-g_1-S_1$	×××−	ESS或不稳定
(1, 1, 0, 0)	c_1-W-c_2	d	$T_1-K_2-K_1-T_2-h_1+h_2$	$F-S_1-S_2-g_1+g_2$	×+××	不稳定
(0, 1, 1, 1)	$K_1+P+S_1+W-c_1+c_2$	$d-S_2-K_2$	$K_2-F-P-S_3-T_1+T_2+h_1-h_2$	$S_2+S_3+g_1-g_2$	×××+	不稳定
(1, 0, 1, 1)	$c_1-P-S_1-W-K_1-c_2$	K_2+S_2-d	$K_1-F-S_3-T_1+T_2+h_1-h_2$	$S_1+S_3+g_1-g_2$	×××+	不稳定
(1, 1, 0, 1)	$c_1-W-S_1-c_2$	$d-S_2$	$F-K_1-K_2+S_3+T_1-T_2-h_1+h_2$	$S_1-F+S_2+g_1-g_2$	××××	ESS或不稳定
(1, 1, 1, 0)	$c_1-P-W-K_1-c_2$	$d-K_2$	$K_1+K_2-T_1+T_2+h_1-h_2$	$g_2-S_2-S_3-g_1-S_1$	×××−	ESS或不稳定
(1, 1, 1, 1)	$c_1-P-S_1-W-K_1-c_2$	$d-S_2-K_2$	$K_1-F+K_2-S_3-T_1+T_2+h_1-h_2$	$S_1+S_2+S_3+g_1-g_2$	×××+	不稳定

注：“×”代表特征值实部无法确定，“+”代表特征值实部为正，“−”代表特征值实部为负。

（3）若$W>c_1-c_2$，$T_1-T_2-K_1<h_1-h_2$和$F-S_1<g_1-g_2$，即数据生产者提供优质数据的感知收益能够覆盖因此产生的额外成本，数据处理者积极治理的潜在收益与其给予数据生产者的奖励之差小于积极治理的额外成本，数据监管者严格监管时向消极治理的数据处理者收取的罚金与其给予数据生产者的奖励之差小于其严格监管时的所需额外成本，系统的稳定均衡点为（1，0，0，0），对应稳定策略集合为{优质共享，不反馈，消极治理，宽松监管}。该情形中，数据生产者优质共享策略的收益促使其在科学数据质量治理中形成“单向积极”的状态。

（4）若$K_1+W<c_1-c_2-P$，$d<K_2$，$T_1-T_2+P-K_2>h_1-h_2$，即数据生产者提供优质数据的感知收益与奖励之和低于其优质共享的额外成本与低质共享罚金之差，数据使用者的反馈成本低于数据处理者给予的反馈奖励，数据处理者积极治理的潜在收益与收取的罚金之和扣除给数据使用者的奖励后的值大于其积极治理的额外成本，该系统的演化稳定点为（0，1，1，0），对应的稳定策略集合为{低质共享，反馈，积极治理，宽松监管}。这一情形表明，当数据处理者给予的反馈奖励超过数据使用者的反馈成本时，会驱使数据使用者主动参与数据质量反馈；而数据处理者自身也可通过获得的潜在收益与收取的罚金，弥补反馈奖励的支出，从而维持“奖励–反馈”的互动，推动二者形成局部协同治理。

（5）若$K_1+W>c_1-c_2-P$，$d>K_2$，$T_1-T_2-K_1>h_1-h_2$，即数据生产者采取积极策略的感知收益与奖励之和大于其优质共享的额外成本与低质共享罚金之差，数据使用者的反馈成本高于数据处理者给予的反馈奖励，数据处理者积极治理的潜在收益与给数据生产者的奖励之差大于其采取积极策略时的额外成本，此时，系统的稳定点是（1，0，1，0），对应稳定策略集合为{优质共享，不反馈，积极治理，宽松监管}。该情形中，数据生产者共享优质数据的综合收益能够覆盖成本，数据处理者的潜在收益弥补积极治理的成本支出，这表明二者适配的收益成本结构是推动双方积极参与科学数据质量治理的关键。

（6）若$K_1+W>c_1-c_2-P$，$d<K_2$，$T_1-T_2-K_1-K_2>h_1-h_2$，即数据生产者共享优质数据的感知收益与来自数据处理者的奖励之和大于其因此承担的额外成本与低质共享罚金之差，数据使用者反馈获得来自数据处理者的奖励能覆盖反馈成本，数据处理者积极治理的收益增量与对优质共享数据生产者和反馈数据使用者的双重奖励支出的差值大于其额外治理成本时，系统的稳定点是（1，1，1，0），对应的稳定策略集合为{优质共享，反馈，积极治理，宽松监管}。这一情形下，即使数据监管者选择宽松监管策略，数据生产者、数据使用者、数据处理者三方依托收益成本结构的正向适配也可形成数据质量治理的局部最优稳定互动。

3.2　数据监管者“严格监管”下策略组合稳定性分析

（1）若$S_1+W<c_1-c_2$，$S_2<d$，$F+P+S_3+T_1-T_2<h_1-h_2$，即数据生产者共享优质数据获取的感知收益与来自数据监管者的奖励之和无法覆盖额外成本，数据使用者反馈获得来自数据监管者的奖励小于反馈成本，数据处理者积极治理的潜在收益、向数据生产者收取的罚金与奖励之和小于其积极治理的额外成本与消极治理需支付的罚金之差时，四方博弈演化稳定点为（0，0，0，1），对应的稳定策略集合为{低质共享，不反馈，消极治理，严格监管}。这一均衡状态反映出，在数据生产者、数据使用者和数据处理者三方均采取消极策略时，数据监管者需要加大监管力度，通过外部强制力扭转科学数据质量治理颓势。

（2）若$W+S_1>c_1-c_2$，$T_1-T_2-K_1<h_1-h_2$，$F-S_1<g_1-g_2$，即数据生产者采取积极策略获取的感知收益与来自数据监管者的奖励之和大于其因此付出的额外成本，数据处理者采取积极策略的潜在收益与对数据生产者的奖励之差小于额外治理成本，严格监管的数据监管者向消极治理的数据处理者收取的罚金与给数据生产者的奖励之差小于严格监管需付出的额外成本时，系统的演化稳定点为（1，0，0，1），对应的稳定策略集合为{优质共享，不反馈，消极治理，严格监管}。该情形中，数据监管者严格监管策略下给予的奖励，与数据生产者共享优质数据的收益形成叠加效应，促使数据生产者选择优质共享策略。

（3）若$W+S_1>c_1-c_2$，$d<S_2$，$F+S_3-K_1-K_2+T_1-T_2<h_1-h_2$，即数据生产者共享优质数据的感知收益与来自数据监管者的奖励之和大于额外成本，数据使用者的反馈成本低于数据监管者给予的反馈奖励，数据处理者积极治理的潜在收益与奖励之和扣除对数据生产者与数据使用者的奖励支出后无法覆盖额外治理成本时，系统的演化稳定点为（1，1，0，1），对应的稳定策略集合为{优质共享，反馈，消极治理，严格监管}。这一情形中，虽然数据处理者因积极治理净收益不足而选择消极治理，但数据监管者的奖励机制仍对数据生产者和数据使用者形成针对性激励，推动二者分别选择优质共享、反馈策略。

4　仿真实验分析

4.1　仿真参数赋值

本研究通过Matlab2024b开展仿真分析。稳定性分析中有9个可能的演化稳定点，稳定点（1，1，1，0）代表

的稳定策略是较理想的状态，因此，在符合$K_1+W>c_1-c_2-P$，$d<K_2$，$T_1-T_2-K_1-K_2>h_1-h_2$条件的基础上，参考高晓宁[16]和张萌[21]的方法为参数赋值。

（1）张萌等学者针对医疗数据共享场景，设定医疗数据中心的积极参与收益为2、消极参与收益为1、积极参与成本为5、消极参与成本为3、罚金为6、政府强监管成本为6、政府弱监管成本为2、政府奖励为4。医疗数据共享与科学数据共享在主体结构与利益冲突方面具有高度相似性，因此其参数间的相对关系具有可迁移性。本研究参照这一逻辑，设定科学数据场景下数据处理者的积极治理收益T_1为10.0、消极治理收益T_2为3.5、积极治理成本h_1为4.0、消极治理成本h_2为2.5，罚金F为6.0、数据监管者严格监管成本g_1为6.0、宽松监管成本g_2为3.0，保持相同的逻辑约束方向。同时，参照其奖励与补贴的设定逻辑，设定严格监管下奖励S_1、S_2、S_3分别为3.0、1.0、4.0。

（2）高晓宁等学者针对科研数据共享场景，设定科研人员积极提供数据成本为3万元、消极提供成本为1万元，以及正面综合效益为3万元。该研究与本研究最为接近，因此其成本参数的比例关系可直接参照。本研究设定数据生产者共享优质数据成本c_1为3.0、共享低质数据的成本c_2为1.0，并考虑四方博弈涉及主体更多、社会效益范围更广，正面社会效益R为20.0。

（3）其他参数赋值以满足稳定性条件和现实逻辑约束为原则。具体赋值情况如表4所示。

表4　相关参数赋值

参数	赋值	参数	赋值	参数	赋值	参数	赋值
W	3.0	S_3	4.0	P	3.0	d	1.0
K_1	2.5	T_1	10.0	M	2.0	h_1	4.0
K_2	2.0	T_2	3.5	r	15.0	h_2	2.5
S_1	3.0	R	20.0	c_1	3.0	g_1	6.0
S_2	1.0	F	6.0	c_2	1.0	g_2	3.0

4.2　初始意愿对主体自身策略演化的影响

4.2.1　数据生产者初始治理意愿的影响

由图2（a）可知，无论数据生产者的初始意愿如何，最终都会达到共享优质数据的稳定状态，且数据生产者的初始意愿越强，向稳定状态的演化速度越快。观察图2（b）发现，将数据生产者的初始意愿固定为0.5，调整数据使用者、数据处理者和数据监管者的策略概率，发现增强数据处理者和数据监管者的初始意愿能帮助数据生产者在更短时间内实现稳态，且数据监管者初始意愿对数据生产者实现稳态的影响更为显著；而数据使用者的初始意愿变化对数据生产者的影响并不明显。这表明，数据生产者的策略选择受自身初始意愿和不同博弈主体初始意愿的差异化影响。

4.2.2　数据使用者初始反馈意愿的影响

由图3（a）可知，无论数据使用者的初始意愿增强或减弱，最终都会达到反馈的稳定状态，但没有达到1，说明无法自发演化至全体数据使用者都参与反馈。观察图3（b）发现，固定数据使用者的初始意愿，并调整其他博弈主体的意愿水平，数据使用者向稳定状态演化的速率发生变化，其中数据监管者和数据处理者的初始意愿越高，数据使用者向稳定状态演化的速率越快，这说明数据使用者的策略选择受数据处理者和数据监管者行为的影响更为显著。

4.2.3　数据处理者初始参与意愿的影响

由图4（a）可知，随着数据处理者初始意愿增加，其演化趋势加快并趋向于1.0，这表明数据处理者的初始倾向在其策略演化中发挥加速作用。观察图4（b）发现，当数据监管者采取严格监管的概率从0.2增加到0.8时，数据处理者的曲线演化速率变化幅度最为显著，这表明数据监管者的严格监管策略对数据处理者的策略选择产生直接影响；而数据生产者与数据使用者初始意愿的提升，反而抑制了数据处理者向积极治理策略演化的速率。

4.2.4　数据监管者初始监管意愿的影响

由图5（a）可知，无论数据监管者严格监管初始意愿如何，最终都会往宽松监管方向演进，但严格监管的

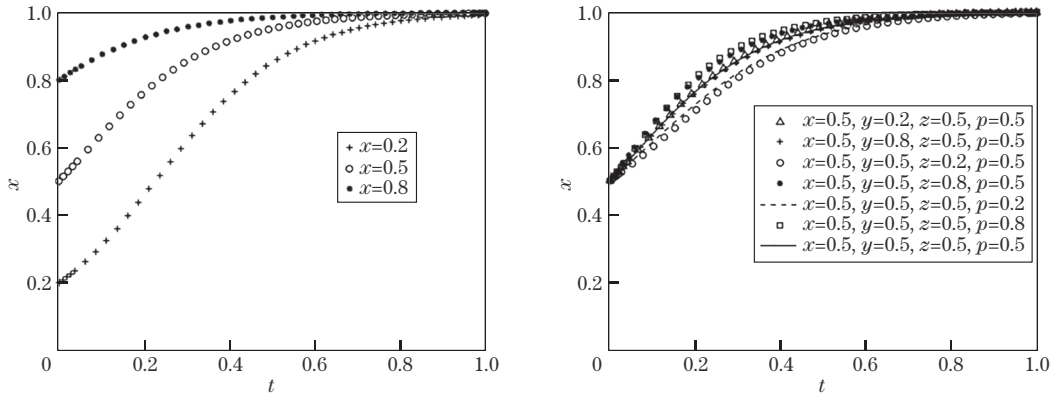


图2　数据生产者的策略演化轨迹

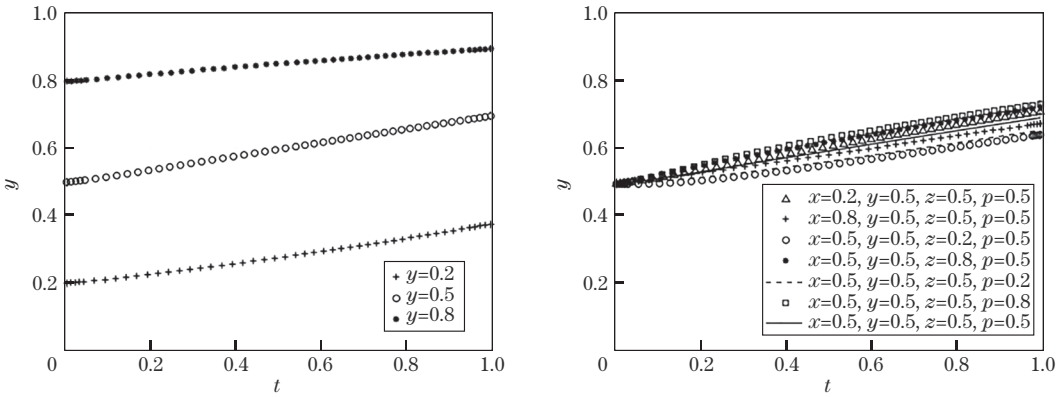


图3　数据使用者的策略演化轨迹

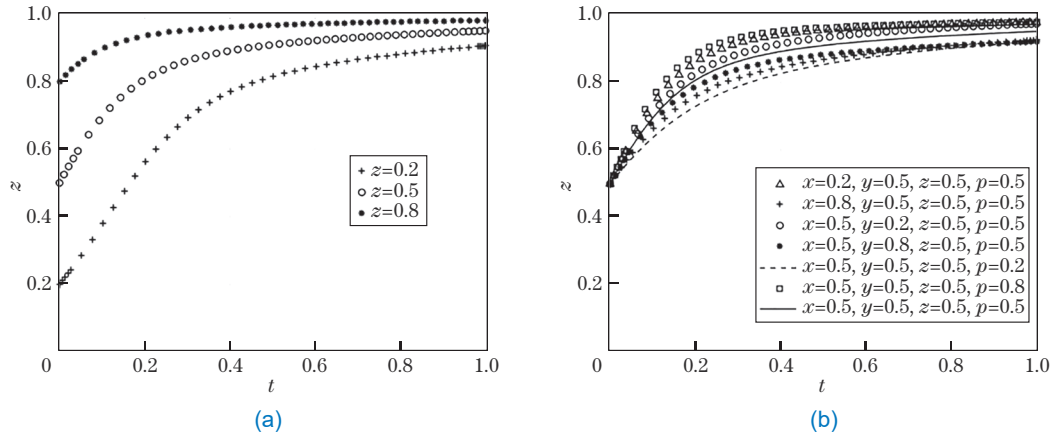


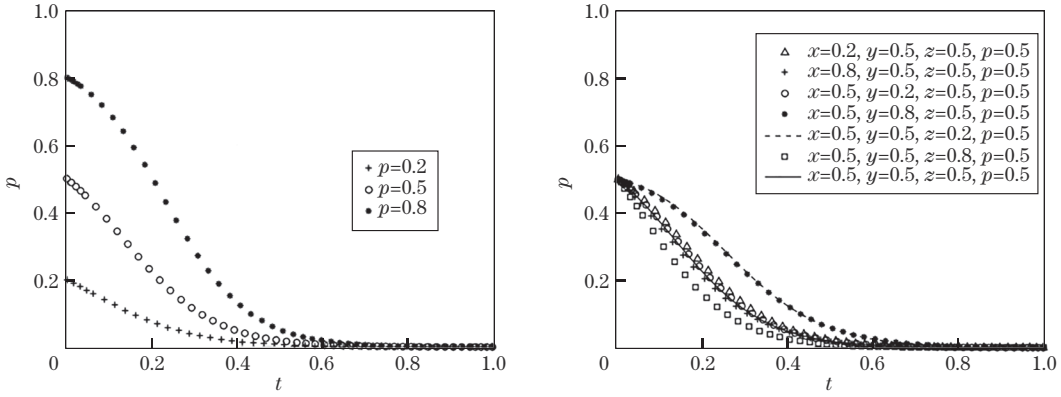
图4　数据处理者的策略演化轨迹

初始意愿越高，达到宽松监管的稳定状态的时间越长。观察图5（b）可知，随着数据生产者和数据处理者采取理想策略的初始意愿加强，数据监管者往宽松监管的速率逐渐升高，且数据处理者初始意愿变化对数据监管者演化速率的影响尤其显著。

4.3　关键参数变动对系统均衡策略的影响

4.3.1　数据生产者治理感知收益的影响

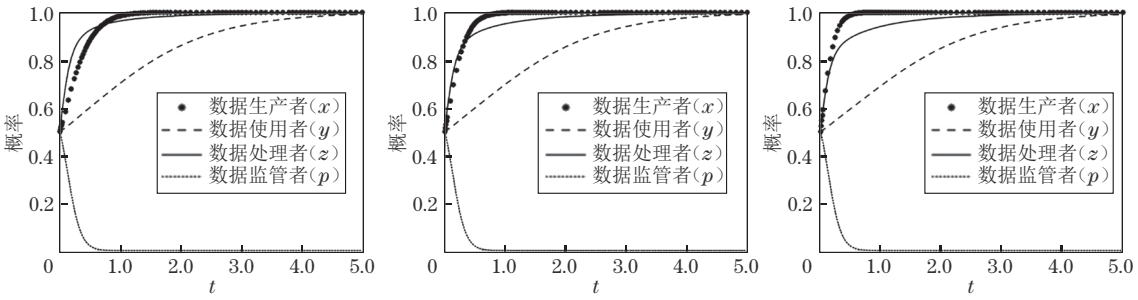
控制其他参数不变，调整数据生产者提供高品



(a) (b)

图5 数据监管者的策略演化轨迹

质数据获得的感知收益取值，感知收益对博弈主体策略演化的影响如图6所示。结果表明，数据生产者共享高品质数据获得的感知收益对其自身的策略选择影响较为显著。具体而言，增加优质数据生产者提供数据的收益能有效促进数据生产者提供优质数据的意愿。此外，随着数据生产者提供优质数据的感知收益的提升，数据处理者采取积极治理策略的意愿降低。

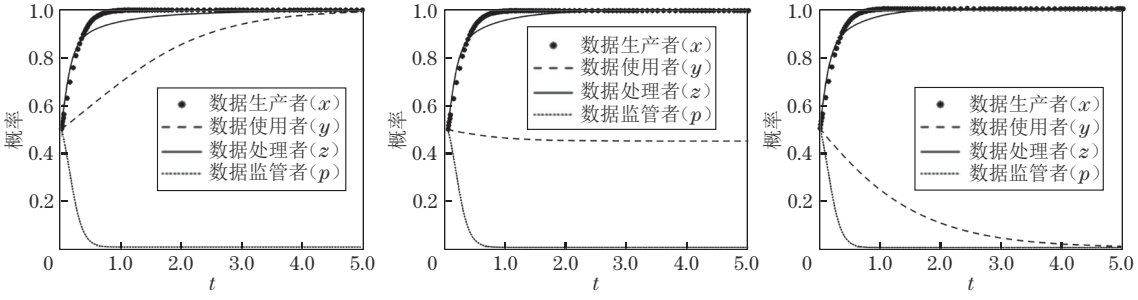


(a)*W*=1.0 (b)*W*=3.0 (c)*W*=6.0

图6 感知收益对博弈主体策略演化的影响

4.3.2 数据使用者质量反馈成本的影响

设定其他参数保持初始赋值，调节数据使用者采取反馈策略所需承担的成本取值，反馈成本对博弈主体策略演化的影响如图7所示。随着数据使用者反馈成本逐渐增加，数据使用者的策略选择逐渐由“反馈”转变为“不反馈”。这表明反馈成本是影响数据使用者策略选择的关键因素，反馈成本过高会导致数据使用者倾向于不反馈策略。值得注意的是，反馈成本的逐步提高对数据处理者采取积极治理具有正向促进作用。

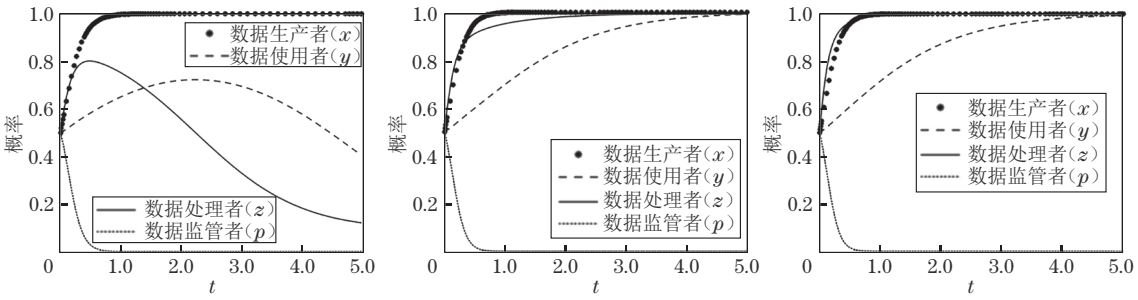


(a)*d*=1.0 (b)*d*=2.0 (c)*d*=3.0

图7 反馈成本对博弈主体策略演化的影响

4.3.3　数据处理者积极治理收益的影响

控制其他参数维持原始赋值，设定数据处理者积极治理的收益取值，积极治理收益对博弈主体策略演化的影响如图8所示。结果表明，数据处理者积极治理的收益能够显著影响数据处理者和数据使用者的策略选择。随着数据处理者积极治理收益的减少，其仿真演化速率逐渐减小；当收益小于临界值时，数据处理者会逐渐往消极参与治理方向演进。同时，数据使用者的策略亦会从反馈策略转变为不反馈策略。

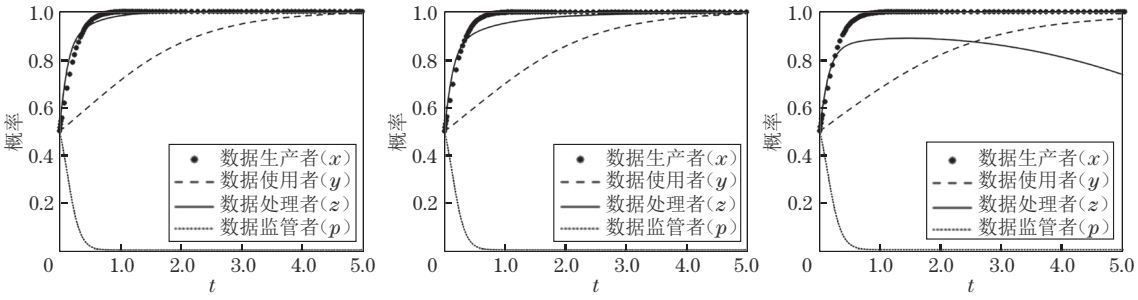


(a)T_1=8.0　(b)T_1=10.0　(c)T_1=12.0

图8　积极治理收益对博弈主体策略演化的影响

4.3.4　数据处理者积极治理成本的影响

设定其他参数保持原始赋值，调节数据处理者积极治理的成本取值，积极治理成本对博弈主体策略演化的影响如图9所示。随着成本的不断增大，数据处理者逐渐由积极策略向消极策略演化，数据使用者向积极反馈稳定状态演化的速率变缓。对于数据处理者而言，当数据治理成本逐渐增加且高于收益，会降低其参与数据质量治理的积极性，从积极策略转变为消极策略。



(a)h_1=3.0　(b)h_1=4.0　(c)h_1=5.0

图9　积极治理成本对博弈主体策略演化的影响

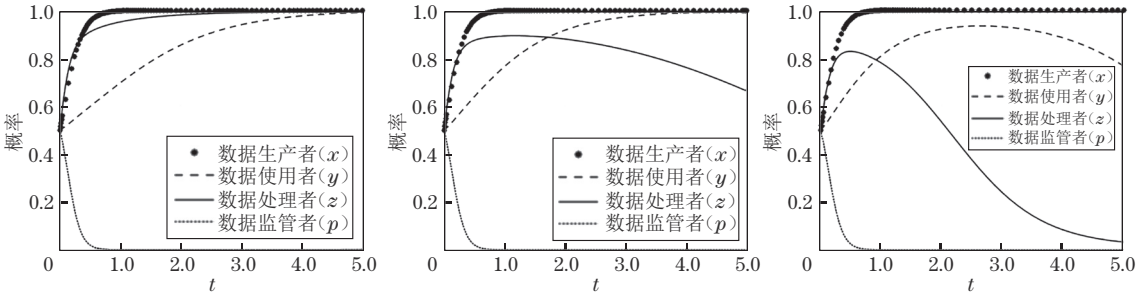
4.3.5　数据处理者奖励机制的影响

保持其他参数的原始赋值，调整数据处理者给予数据生产者和数据使用者的奖励取值，奖励对博弈主体策略演化的影响如图10所示。随着奖励的不断增加，数据处理者逐渐由积极策略向消极策略演化，数据使用者前期采取反馈策略，后期也逐渐往不反馈演变。数据处理者给予的奖励越多，最终获取的净收益会逐渐变少，因而会影响其策略选择的转变。随着数据处理者由积极治理策略转变为消极治理策略，数据处理者的奖励也会取消，进而影响到数据使用者的采取反馈策略的净收益，促使数据使用者的行为发生改变。

4.4　仿真结果分析

4.4.1　主体初始意愿的差异化影响分析

根据初始意愿的仿真分析结果，各博弈主体的初始意愿不仅影响其自身演化的收敛速度，还会对其他博弈主体产生差异化影响。首先，数据监管者作为贯穿于科学数据全生命周期的制度供给者与外部监督者，



(a)K_1=2.5、K_2=2.0　(b)K_1=3.0、K_2=2.5　(c)K_1=3.5、K_2=3.0

图10　奖励对博弈主体策略演化的影响

其积极初始意愿通过设定质量标准、实施奖惩机制，为其他主体提供明确的行为预期和外部约束，因而能够普遍提升各方采取积极策略的概率，从而改善科学数据质量；其次，对于数据监管者来说，严格监管能改善科学数据开放共享生态，而当其他三方都采取积极策略时，监管的边际效益递减，考虑到监管成本，数据监管者会逐渐降低监管力度，并往宽松监管的方向发展；最后，数据处理者积极治理能够正向提升数据生产者和数据使用者采取积极策略的概率，但当数据生产者和数据使用者采取积极策略时，数据处理者会面临来自数据生产者对加工规范、数据使用者对数据质量的双重审查压力，且数据生产者提供优质数据在一定程度上替代部分处理功能，导致数据处理者积极治理的边际收益下降，因此一定程度上抑制其积极治理科学数据质量的意愿。

4.4.2　关键参数对科学数据质量治理的影响分析

（1）数据生产者感知收益。提高数据生产者提供优质数据的感知收益能够促使其共享优质数据，但也抑制数据处理者参与科学数据质量治理的积极性。一方面，数据生产者共享优质数据能从源头上提升数据质量；另一方面，数据生产者主动提供高质量数据，在一定程度上会降低数据处理者对原始数据进行质量审核、清洗和校准的动力，产生“搭便车”的行为，从而削弱中间环节的质量保障。但数据处理者的职能并不局限于对原始数据的清洗、校正，还有数据长期保存、格式标准化、元数据创建等不可替代的增值职能。因而，有必要明确数据处理者在上述方面的数据质量治理责任，避免因源头数据质量高而忽略中间数据处理环节的增值职能。

（2）数据使用者质量反馈成本。反馈成本的增加会显著降低数据使用者反馈意愿，不利于科学数据质量问题的及时发现与持续改进。但与此同时，提高反馈成本也能够正向促进数据处理者积极治理科学数据质量。当反馈成本较高时，数据使用者倾向于减少反馈，数据处理者面临的外部审查压力降低。反馈减少并不意味着质量问题的改善，隐性问题的持续累积反而增加未来集中爆发的风险。因此，为避免质量问题突发而遭受重大损失，数据处理者在外部监督减弱的情形下，更需要主动承担质量治理责任。可知，反馈成本存在一个最优区间，既能保证数据使用者进行必要的监督，又能激发数据处理者积极治理的内在动力。

（3）数据处理者积极治理的收益与成本。数据处理者积极治理的收益和成本会直接影响其参与数据质量治理的积极性，并进一步影响数据使用者的策略选择。数据处理者的策略取向由不同策略下净收益的相对大小决定。无论是积极治理收益还是积极治理成本的变动，都会影响数据处理者最终的净收益，进而影响数据处理者最终的策略选择。此外，数据处理者处于科学数据质量治理的中间环节，其净收益不仅决定自身策略，还会引发数据使用者的连锁反应。因此，保障数据处理者的合理收益与可控成本是维持科学数据质量生态的关键所在。

（4）数据处理者的奖励机制。随着数据处理者对数据生产者和数据使用者的奖励增大，其自身反而会从积极策略滑向消极策略。一旦数据处理者不再采取积极治理策略，数据使用者的反馈激励也将消失。这说明奖励存在阈值效应：奖励对于数据处理者而言是一项成本支出，其激励效果存在有限性。因此，设置合理的奖励机制，既能激励数据使用者积极性，又不损害数据处理者自身的治理动力。

5　结论与启示

5.1　研究结论

本研究聚焦于科学数据开放共享全过程中的数据质量问题，构建数据生产者、数据使用者、数据处理者、数据监管者四方演化博弈模型，分析科学数据开放共享的相关利益主体在开放共享过程中的策略演化及其影响因素。①感知收益不仅能正向驱动数据生产者共享优质数据，在一定程度上也会抑制数据处理者积极治理的动力，进而对数据质量产生双向影响。数据生产者共享优质数据是为获得更高的收益，可通过提升声誉收益增加数据生产者共享优质数据的感知收益，但同时要明确数据处理者在数据质量治理过程中的增值职能。②反馈成本是影响数据使用者选择“反馈”策略的主要因素，且存在最优区间。对于数据使用者而言，科学数据质量与其使用科学数据获得的收益密切相关，当反馈成本过高，甚至超过奖励收益，数据使用者则倾向采取不反馈策略；反馈成本过低，可能会抑制数据处理者积极治理数据质量的动力。③数据处理者是科学数据质量治理的关键主体，其自身积极参与数据质量治理的收益、成本与奖励支出影响着整个演化系统。其中奖励支出在科学数据质量治理中的影响是有限的。当奖励支出超过一定的阈值，反而会抑制博弈主体采取积极策略。④数据监管者严格监管的初始意愿对其他三方主体策略选择的影响显著，即严格监管的初始意愿越强，其他三方主体朝着理想策略演进的速率越快。但当其他主体参与科学数据质量治理的积极性提高，数据监管者的监管边际收益递减，会使其最终往宽松监管的方向演进。

相较于已有研究，本研究基于数据生命周期理论，将科学数据开放共享各阶段的利益相关者纳入研究，围绕数据生产、处理、存储、开放和利用环节，关注科学数据质量治理全过程中各主体博弈行为及演化规律，不仅拓展演化博弈的研究视角和理论体系，还为科学数据质量治理与提升提供理论支撑。

5.2　实践启示

根据上述研究结论，本研究针对科学数据质量治理与提升提出以下建议。

（1）完善科研成果评价体系，增强优质科学数据共享动力。感知收益是影响数据生产者共享优质数据的关键因素。一方面，可将优质数据共享纳入科研绩效考核和项目结题评估中，依据数据下载量、引用率、用户反馈等指标构建数据开放贡献指数，将其纳入职称评审或项目申报中，提升数据生产者感知收益；另一方面，可推广数据集数字对象标识符（Digital Object Identifier，DOI）注册以促进科学数据可获取性、可发现性，从而增加科学数据生产者共享数据集的学术影响力及回报。

（2）健全科学数据管理机制，提升科学数据平台服务能力。科学数据平台是集数据汇集、存储、管理与利用服务于一体的科学数据处理者，应当健全数据质量审核、数据质量反馈、数据质量优化等方面的管理机制。一方面，可通过设置数据提交清单和数据审核机制来初步管控源头数据质量，并利用自动化工具结合人工审查的方式，对科学数据进一步清洗转化，不仅能够提升数据质量，还可降低治理成本[22]；另一方面，可通过开发标准化、智能化反馈工具，适度降低数据使用者反馈成本，同时建立合理的奖励机制以增强反馈激励，如针对数据使用者设计反馈积分制度，用于兑换数据下载权限。

（3）优化数据基础治理环境，激发科学数据监管者效能。研究发现，数据监管者的初始意愿有助于推动科学数据质量治理与提升。科学数据监管者的职责在于发布完善数据管理政策法规、提供资金技术支持[23]，因而，可通过健全科学数据管理与数据质量治理的政策法规，为科学数据提供良好的基础治理环境。此外，为提升数据监管者严格监管意愿，可引入人工智能、区块链等新兴技术来优化监管流程、提高监管效率和降低监管难度，充分激发科学数据监管者的监管效能。

（4）打造多主体治理联盟，构建科学数据协同治理生态。首先，将数据生产者、数据使用者、数据处理者与数据监管者纳入联盟固定成员，建立共同目标愿景，明确各方的权责，如数据生产者保障源头数据质量、数据使用者参与数据纠错、数据处理者提供技术优化、数据监管者负责政策落地；其次，定期组织联盟成员会议，协同制定数据质量治理方针策略，建立问题发现、方案制定、经验共享的治理流程；最后，开展治理成效考核工作，明确考核奖惩机制，推动科学数据质量协同治理走向长效化。

参考文献

[1] 刘莉，司莉. 科学数据治理实践：内容体系与发展趋势[J]. 情报理论与实践，2023，46（12）：175–182.

[2] 王正超. 科学数据开放共享中的大模型应用：前景、风险与治理[J]. 现代情报，2025，45（7）：167–177.

[3] 佟泽华，陈兆娟，许海云，等. 科研大数据质量控制研究：角色定位、演化博弈与实施策略[J]. 情报资料工作，2024，45（3）：18–30.

[4] 孙俐丽，王伟杰，盛杰霏. 科学数据价值增值影响因素系统动力学仿真研究[J]. 农业图书情报学报，2023，35（9）：28–42.

[5] 王娟，李玉海. 基于演化博弈论的政府开放数据质量控制机制研究[J]. 现代情报，2019，39（1）：93–102.

[6] MARCHIONINI G，杨冠灿，芦昆. 科研数据管理：保障数据质量，促进iSchools新科学研究[J]. 图书情报知识，2013（4）：4–9.

[7] 吴金红，陈勇跃，胡慕海. e-Science环境下科学数据监管中的质量控制模型研究[J]. 情报学报，2016，35（3）：237–245.

[8] 夏义堃，管茜. 基于生命周期的生命科学数据质量控制体系研究[J]. 图书与情报，2021（3）：23–34.

[9] 涂志芳. 科学数据出版生态系统与质量控制体系构建[J]. 图书与情报，2019（1）：125–134.

[10] 盛小平，田婧，向桂林. 科学数据开放共享中的数据质量治理研究[J]. 图书情报工作，2020，64（22）：11–24.

[11] 邢文明，杨泽芳. 基于声誉理论的开放科学数据质量提升激励机制研究[J]. 图书情报工作，2022，66（21）：22–28.

[12] 丰佰恒，佟泽华，韩春花，等. 科研大数据质量管控模型仿真研究[J]. 情报理论与实践，2021，44（9）：33–42.

[13] 崔雁. 科学数据开放中数据中心政策分析与建议[J]. 图书情报工作，2016，60（8）：73–78.

[14] 盛小平，吴红. 科学数据开放共享活动中不同利益相关者动力分析[J]. 图书情报工作，2019，63（17）：40–50.

[15] 陈媛媛，王苑颖. 科研数据开放共享的利益相关者互动关系[J]. 图书馆论坛，2020，40（5）：55–63.

[16] 高晓宁，杨金永，陈小艺，等. 相关利益主体决策博弈行为对科研数据共享的影响研究[J]. 现代情报，2025，45（4）：122–135.

[17] 杨瑞仙，陈丽洁，孙倬，等. 多元协同治理视角下数据要素质量提升演化博弈分析[J]. 情报资料工作，2026，47（2）：8–18.

[18] 邢文明，洪芳林，李晓妍. 科学数据管理体系的二维视角：《科学数据管理办法》解读[J]. 图书情报工作，2019，63（23）：30–37.

[19] O'HARA K. Enhancing the Quality of Open Data[M]. Springer International Publishing，2014：201–215.

[20] 谢识予. 有限理性条件下的进化博弈理论[J]. 上海财经大学学报，2001（5）：3–9.

[21] 张萌，牟冬梅，邓君，等. 医疗数据共享利益相关者协同机制研究：基于四方演化博弈分析[J]. 情报学报，2025，44（1）：61–74.

[22] 孙清玉，梁美宏，张友华. FAIR原则背景下基于机构知识库的高校科学数据管理平台研究[J]. 高校图书馆工作，2022，42（1）：37–40.

[23] 孙俐丽，盛杰霏. 开放科学数据价值共创主体的共生模式研究[J]. 现代情报，2024，44（3）：120–130.

作者简介

邢文明，男，博士，教授，博士生导师，研究方向：科学数据管理与共享。
胡灵，女，硕士研究生，通信作者，研究方向：科学数据管理与共享，E-mail：15025583284@163.com。

Evolutionary Game Analysis of Data Quality Governance in the Open Sharing of Scientific Data

XING WenMing HU Ling
(School of Public Administration, Xiangtan University, Xiangtan 411105, P. R. China)

Abstract: This study focus on the data quality problem in the open sharing of scientific data, investigating the strategic behavior choices and evolutionary dynamics of multiple stakeholders involved in scientific data quality governance, and subsequently proposes optimization strategies to enhance multi-party engagement. Based on the evolutionary game theory, this paper constructed a four-player game model of data producers, data users, data processors and data regulators, and analyzed the influence of strategy choices and key factors on system evolution in different scenarios. The findings indicate that: the perceived benefits of data producers have differentiated effects on data producers and data processors; there is an optimal range for the feedback costs of data users; the incentive effect of data processors on data producers and users has a threshold, and exceeding a certain limit instead suppresses proactive strategies; the initial willingness of data regulators to enforce strict supervision can accelerate system convergence, but as the activity of other stakeholders increases, the marginal benefit of supervision decreases, and the system ultimately evolves toward relaxed regulation. Accordingly, this paper proposes strategies such as refining the evaluation mechanism of scientific research outcomes, strengthening the scientific data management frameworks, optimizing the data foundational governance environment, and building a multi-stakeholder governance alliance to improve the quality of scientific data.

Keywords: Scientific Data; Open and Shared; Data Quality Governance; Stakeholders; Evolutionary Game