

引用格式: 徐程杨, 许丹. 基于标准化技术委员会协同能力的产业链标准衔接建模与仿真研究[J]. 标准化学报, 2026 (9): 107-120.

XU Chengyang, XU Dan. Research on Modeling and Simulation of Industrial Chain Standard Alignment Based on Technical Committee Collaborative Capabilities[J]. Journal of Standardization, 2026 (9): 107-120.

基于标准化技术委员会协同能力的产业链标准衔接 建模与仿真研究

徐程杨¹ 许丹^{1,2*}

(1.中国计量大学 管理科学与工程学院; 2.中国计量大学“一带一路”区域标准化研究中心)

摘要:【目的】探究标准化技术委员会(TC)协同能力对产业链标准衔接水平的作用机制,为提升产业链整体效能提供差异化策略。【方法】以电动汽车电池产业链为例,运用复杂网络仿真方法,动态模拟不同能力水平与约束条件下产业链标准衔接水平的演化路径。【结果】TC协同能力对产业链标准衔接水平具有显著正向影响;针对不同节点度特征的TC,需采用差异化的能力提升策略以最大化产业链标准衔接水平;在TC单次协同标准数量受限时,其协同对象的选择策略对标准衔接水平影响显著。【结论】在产业标准化治理中,建议依据TC属性特征制定差异化能力提升与协同策略,以提升产业链协同效率与整体标准衔接水平。

关键词: 产业链; TC协同能力; 标准衔接; 复杂网络建模

DOI编码: 10.3969/j.issn.2097-857X.2026.09.011

Research on Modeling and Simulation of Industrial Chain Standard Alignment Based on Technical Committee Collaborative Capabilities

XU Chengyang¹ XU Dan^{1,2*}

(1.School of Management Science and Engineering, China Jiliang University;

2. China Jiliang University “Belt and Road” Regional Standardization Research Center)

Abstract: [Objective] The study aims to examine how Technical Committee (TC) collaboration capabilities affect industrial chain standard alignment, and develop differentiated strategies to enhance overall chain efficiency. [Methods] Taking the electric vehicle battery supply chain as an example, this study employs complex network simulation methods to dynamically model the evolution of standardization levels within the supply chain under various capability levels and constraints. [Results] TC collaborative capacity exerts a significant positive influence on the level of standard alignment within the industrial chain; for TC with different degree characteristics, differentiated capacity-building strategies must be adopted to maximize the level of standard alignment; when the number of standards a TC can collaborate on in a single instance is limited, the selection strategy for collaborative partners significantly affects the level of standard alignment. [Conclusion] In industrial standardization governance, it is

基金项目: 本文受国家自然科学基金青年项目“‘稳链’目标下我国产业链上下游标准衔接的机理分析及促进策略研究”(项目编号: 22CGL002)资助。

作者简介: 徐程杨, 硕士研究生, 研究方向为产业标准化。

许丹, 通信作者, 博士, 讲师, 硕士研究生导师, 研究方向为产业标准化、标准化系统优化。

recommended to formulate differentiated capacity-building and collaboration strategies based on the attributes of TC to enhance industrial chain collaboration efficiency and the overall level of standard alignment.

Keywords: industrial chain; TC collaboration capabilities; standard alignment; complex network modeling

0 引言

随着全球产业链格局加速重构,产业竞争已从单一环节的比拼转向全产业链整体效能的角逐。在此背景下,产业标准竞争的核心也演变为构建产业链“标准系统”的整体竞争力^[1-2],这也正是《国家标准化发展纲要》提出“促进产业链上下游标准有效衔接”的深层动因。产业链标准衔接的本质是各环节标准的核心规范性要素通过动态耦合,催生超越单个要素之和的系统效能。该耦合过程是实现产业模块化、促进产业链各环节协同的关键。

然而在实践中,产业链各环节常分属不同专业领域,标准作为特定专业技术领域显性知识的载体,由相应领域的标准化技术委员会(TC)组织制定、分领域治理。这种分治模式使得各TC在组织标准制定时主要着眼于本领域的通用技术要求和市场需求,导致各领域标准体系呈现“碎片化”特征,与产业链系统集成需求相冲突,进而造成产业链标准衔接问题突出。因此,TC之间亟须协同以实现产业链各环节标准衔接,而TC的协同能力则是影响协同成效的关键^[3]。

既有研究虽已关注到产业链标准衔接问题,但尚未从知识协同视角对其内在机制进行系统剖析。本文从知识协同理论出发,将TC协同能力解构为标准获取能力、标准认知能力与标准整合能力3个维度,并设计“标准衔接度”指标以量化标准衔接水平。以电动汽车电池产业链为例,运用复杂网络仿真方法模拟在不同约束条件与能力水平下,产业链标准衔接水平的动态演化路径。从TC协同能力视角,为提升标准衔接水平提出差异化策略,为产业链整体效能的提升提供理论参考与实

践启示。

1 文献综述

1.1 产业链跨领域标准衔接问题研究

标准普遍按照专业技术领域,由相应的标准化技术委员会治理。具有多领域标准制定实践经验的研究者已经意识到,在分领域治理模式下各领域标准自成专业化体系,受限于各领域标准制定者的立场差异及信息沟通不畅等因素,标准间存在不衔接的问题^[4]。Eom等^[5]通过分析电动汽车充电标准(HPGP PLC)与智能电表通信标准(HS-PLC)等案例,揭示了不同委员会或标准制定组织(SDOs)制定的标准之间存在技术不兼容问题;Oshri等^[6]对无线信息设备操作系统(WID-OS)领域的多个经典案例进行分析,指出由于组织之间缺乏跨领域标准的衔接能力,导致标准间存在技术参数不兼容等问题。在产业链情境下,上下游环节相关标准需共同服务于同一产业链的有效运行,因而其衔接问题更加凸显。许丹^[2]首次从理论层面界定了产业链标准衔接问题,指出加强TC间有效协同是提升产业链标准衔接的有效措施。上述研究为本文理解“以TC协同促进产业链标准衔接”奠定了基础。

1.2 产业链知识协同研究

标准是各领域显性知识载体,其衔接本质为知识协同。知识协同是多主体获取、内化、整合并应用内外部知识以提高绩效的过程^[7],也是产业链协同发展的关键。而主体能力决定了知识利用的效能,即能否有效利用知识来助其提高工作成效^[8]。但目前,以标准衔接为目的的TC协同能力尚未被界定。已有学者在知识管理的理论框架下,分别归纳

了知识转化为技术标准所包含的关键阶段：一是知识获取，从内外部渠道识别和搜集与标准相关的知识资源，为技术标准提供原始依据^[9]；二是知识认知，是对相关领域知识的识别、理解、内化和初步运用^[10]，从而将其转化为可用于标准制定的内在知识基础；三是知识整合，通过整合标准制定组织内外的显性知识及隐性知识，转化为统一标准^[11]。这些研究为本文解构TC协同能力提供了关键理论支撑。

1.3 知识协同复杂网络建模仿真研究

知识协同本质上是由多主体参与、受多因素影响的动态过程，相关主体在进行协同时会进行复杂交互。在现有研究中，学者们将主体间知识交互抽象为知识协同网络，并运用复杂网络理论探究知识协同演化规律^[12]。在网络拓扑结构选择上，董睿等^[13]基于小世界网络刻画主体之间合作关系；在演化规则设定上，张理等^[14]根据知识势能对网络中知识扩散演化规则进行设定；在主体策略设定上，许倩^[15]通过定义知识传播策略，分析不同主体策略对知识协同的影响。产业链标准衔接过程涉及多TC之间的协同，是多主体、多因素相互作用的体现，适合采用复杂网络建模方法进行分析。

2 研究框架与方法

2.1 理论模型构建

在标准衔接的情境下，TC在与相关TC的协同过程中，协同对象是一类专属于相关TC的特定领域标准。TC通过获取、认知和整合3个重要环节，使本TC新制定的标准与相关TC的标准在核心规范性要素上协调一致。

基于现有研究在知识管理框架下对标准制定关键阶段的识别，本研究将以标准衔接为目的的TC协同能力界定为3个方面：一是标准获取能力，即TC在确定协同TC后，获得拟协同TC已发布标准及其相关配套资料（如标准制定背景、标准文件解读、标准宣贯材料等）的能力。二是标准认知能力，即TC对在标准获取阶段所获取的标准知识进

行解构、分析与内化的能力；在标准认知过程中，通过解析标准范围、逻辑框架与技术参数等，识别双方在技术路径与参数水平等方面的差异，最终内化为协同需求；三是标准整合能力，即TC在标准认知基础上，将认知到的标准知识融入本TC新发布标准的能力，目的在于使新发布标准与协同TC发布的标准相衔接。

图1为以TC协同促进标准衔接进而实现产业链高水平协同的机制示意图。在图1中，产业链上下游分别对应TC1和TC2，TC1需要与TC2进行标准衔接，TC1通过标准获取、认知、整合3个阶段与TC2进行标准衔接，其衔接水平取决于TC1的协同能力。

2.2 面向标准衔接的TC协同三阶段模型

将产业链上下游各环节与其对应TC间的关联关系映射，构建TC协同网络模型，并用网络图来表示 $G=(N, E, W)$ 。其中， N 表示网络中各TC节点的集合，TC协同网络中存在 n 个TC节点； E 表示网络中边的集合，对应产业链中TC节点间协同关系； W 为网络中各边的权重集合， ω_{ij} 为TC节点 i 与TC节点 j 间的边权值，当TC节点 i 和节点 j 存在协同关系时， $\omega_{ij}=1$ ，反之， $\omega_{ij}=0$ 。网络中任一TC节点均包含2种行为：一是本领域标准制定；二是与需要标准衔接的TC进行协同。

在TC协同网络中，任一时间步 $[t_1, t_2]$ 内，TC节点需要依次经过标准获取、标准认知、标准整合3个阶段来实现与其相关的TC节点 j 间的标准衔接，具体阶段划分如下：

1) 标准获取阶段。本文将TC节点 i 对TC节点 j 的标准获取能力 $C_{ij}(t)$ 定义为 i 节点与 j 标准知识存量的动态函数。该获取能力取决于TC节点本身已获取的标准知识存量，以及其协同对象（TC节点 j ）所能提供标准知识的可及性与有效性^[16]（即TC节点 i 自身的标准知识存量及其协同对象的标准知识存量，均对TC间标准获取水平有正向影响）。定义标准获取能力见式（1）。

$$C_{ij}(t) = \frac{\alpha_i[K_i(t)+K_j(t)]}{1+\alpha_i[K_i(t)+K_j(t)]} \quad (1)$$

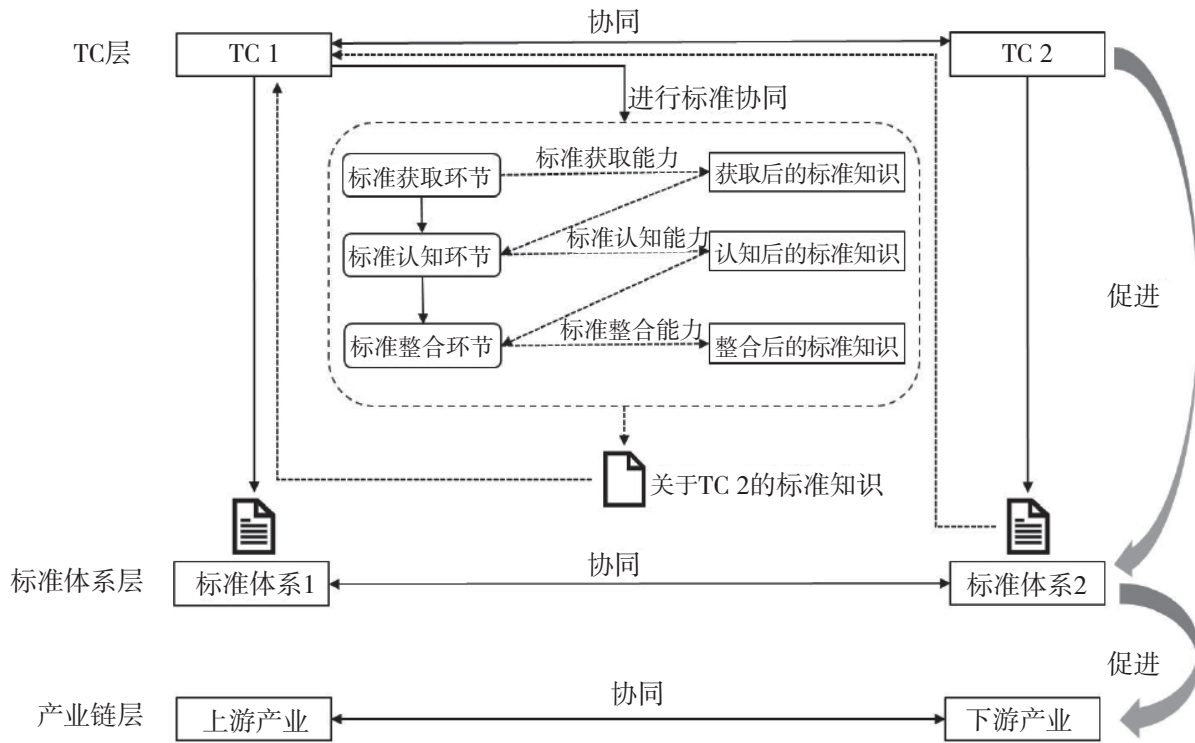


图1 TC协同理论模型

式中： a_i 为TC节点*i*的标准获取能力随知识存量变化的调节参数， a_i 值越大，标准获取能力对标准知识存量的变化越敏感； $K_i(t)$ 与 $K_j(t)$ 分别为截至*t*时刻TC节点*i*与TC节点*j*的标准知识存量，其中， $K_i(t) = \sum_{j \in N(i)} K_{ij}(t)$ ， $N(i)$ 为与TC节点*i*具有标准衔接关系的TC节点集合； $K_{ij}(t)$ 为截至*t*时刻TC节点*i*经过协同得到的关于TC节点*j*的标准知识存量。

在标准获取阶段，TC节点在时间步 $[t_1, t_2]$ 内获取的标准知识增量 $\Delta K^C(t_1 \rightarrow t_2)$ 见式(2)。 $S_j(t_2) - S_j(t_1)$ 表示从 t_1 时刻到 t_2 时刻TC节点*j*新发布的标准数量。

$$\begin{cases} \Delta K^C(t_1 \rightarrow t_2) = \omega_{ij} \cdot C_{ij}(t_1) \cdot [S_j(t_2) - S_j(t_1)], & S_j(t_2) > S_j(t_1) \\ \Delta K^C(t_1 \rightarrow t_2) = 0 & , S_j(t_2) \leq S_j(t_1) \end{cases} \quad (2)$$

2) 标准认知阶段。本文将TC节点*i*对TC节点*j*的标准认知能力 $R_{ij}(t)$ 定义为TC节点*i*识别、解析与内化已获取到的标准知识的能力。该能力取决

于TC节点*i*对TC节点*j*标准知识的相对熟悉程度，越熟悉则认知能力越强^[17]。定义标准认知能力见式(3)。

$$R_{ij}(t) = \left(\frac{K_{ij}(t)}{K_i(t)} \right)^{\beta_j} \quad (3)$$

式中： β_j 为节点*j*的知识黏性参数，用于调节节点*i*对节点*j*的标准认知能力^[18]。即知识黏性 β_j 越大，则TC节点*j*领域的标准知识专属度越高，越不容易被TC节点*i*所认知。

在标准认知阶段，TC节点*i*在时间步 $[t_1, t_2]$ 内通过认知得到的标准知识增量 $\Delta K^R(t_1 \rightarrow t_2)$ 见式(4)。

$$\Delta K^R(t_1 \rightarrow t_2) = R_{ij}(t_1) \Delta K^C(t_1 \rightarrow t_2) \quad (4)$$

3) 标准整合阶段。本文将TC节点的标准整合能力*I*定义为将所认知的标准知识整合到本TC发布标准的能力。借鉴现有研究中对知识整合能力的研究^[19]，定义标准整合能力见式(5)。

$$I_i = \frac{1}{1+e^{-\theta_i}} \quad (5)$$

式中： θ_i 为TC节点*i*的标准整合能力的调节参数，用于调节标准整合能力。

在标准整合阶段，TC节点在时间步 $[t_1, t_2]$ 内整合后的标准知识增量 $\Delta K^I(t_1 \rightarrow t_2)$ 见式(6)。

$$\Delta K^I(t_1 \rightarrow t_2) = (1+I_i) \Delta K^R(t_1 \rightarrow t_2) \quad (6)$$

4) 总标准知识增量模型。TC节点*i*和TC节点*j*在时间步 $[t_1, t_2]$ 内进行协同，TC节点*i*经过标准获取阶段、标准认知阶段、标准整合阶段后，在该时间步可以获取到有关TC节点*j*的总标准知识增量 $\Delta K_{ij}(t_1 \rightarrow t_2)$ 见式(7)。

$$\Delta K_{ij}(t_1 \rightarrow t_2) = (1+I_i) \cdot R_{ij}(t_1) \cdot \omega_{ij} \cdot C_{ij}(t_1) \cdot \max[S_j(t_2) - S_j(t_1), 0] \quad (7)$$

2.3 标准衔接水平测度指标

根据现有研究对产业链标准衔接内涵的界定^[2]，本文提出“标准衔接度”指标，用以量化TC协同网络所实现的标准衔接水平，具体构建指标如下：

TC节点间标准衔接度 $Q_{ij}(t)$ ，表示TC节点*i*对TC节点*j*新发布标准进行协同后转化为自身标准知识增量的比率，见式(8)。

$$Q_{ij}(t) = \frac{\Delta K_{ij}(t)}{\Delta S_j(t)} \quad (8)$$

TC节点标准衔接度 $Q_i(t)$ ，表示TC节点*i*和与其具有标准衔接关系的所有TC节点间的平均标准衔接水平，见式(9)。

$$Q_i(t) = \frac{1}{d_i} \sum_{j \in N(i)} Q_{ij}(t) \quad (9)$$

式中： $N(i)$ 为与TC节点*i*具有标准衔接关系的所有TC节点集合； d_i 为集合内TC节点总数。

TC协同网络平均标准衔接度 $Q(t)$ ，表示*t*时刻

网络中所有TC节点之间的标准衔接水平均值，见式(10)。

$$Q(t) = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n Q_i(t) \quad (10)$$

3 TC协同网络演化仿真

本文以电动汽车电池产业链为例，构建TC协同网络，通过仿真试验探究TC协同网络中标准衔接水平的演化规律及提升策略。在界定电动汽车电池产业链结构时，参考产业研究报告将其划分为上游原材料加工与供应、中游生产加工、下游产品集成与应用3个主要环节。同时，从产业价值链实际运行角度出发，本文还纳入了若干与典型支撑性活动相关的TC。这些TC与产业链各环节相互协同，共同构成一个多领域、多主体参与的“网状系统”。基于全国标准信息公共服务平台，本文系统梳理了与各环节相关的TC信息，形成了基础数据集；以“电池”“充电”等为关键词检索现行国家标准，筛选出与电动汽车电池密切相关的标准，整理其归口TC单位，对基础数据进行校验与补充。产业链各环节对应的标准归口TC见表1。

表1 电动汽车电池产业链相关TC

产业链环节	相关标准化技术委员会 (TC)
上游产业	TC 243有色金属、TC 51绝缘材料、TC 309氢能、TC 279纳米技术、TC 229稀土、TC 244天然气
中游产业	TC 342燃料电池及液流电池、TC 206气体、TC 69铅酸蓄电池、TC 31气瓶
下游产业	TC 114汽车、TC 20能源基础与管理
支撑性产业	TC 548碳排放管理、TC 550电力储能、TC 297电工电子产品与系统的环境标准化、TC 415产品回收利用基础与管理、TC 294废弃化学品处理、TC 159自动化系统与集成、TC 60电力电子系统和设备

根据产业链上下游关联关系，本文运用Gephi软件构建了电动汽车电池产业链TC协同网络（见

图2)。图2中节点表示各TC, 边表示TC之间存在协同需求; 节点的大小与颜色深浅表明其协同需求强度, 节点越大、颜色越深, 代表该TC在网络中与更多TC存在协同需求。

3.1 模型基础参数设置

根据从全国标准信息服务平台获取的TC基础数据, 电动汽车电池产业链相关TC协同网络共包含19个TC节点。各TC节点已发布的现行标准数量作为其初始标准数量, 记为 $(TC_i, S_i(t_0)) = \{(TC243, 1504), (TC51, 137), (TC309, 45), (TC279, 168), (TC229, 271), (TC244, 84), (TC159, 271), (TC342, 52), (TC69, 34), (TC206, 82), (TC31, 80), (TC114, 572), (TC548, 12), (TC550, 45), (TC297, 103), (TC60, 91), (TC415, 59), (TC294, 55), (TC20, 376)\}$ 。每个时间步各TC新发布标准数量设置为介于 $[0, 8]$ 之间的随机整数, 数值8为全国标准信息公共服务平台中各TC实际标准发布速率的中位数。标准作为规范性文件, 在制定过程中遵守GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第1部分: 标准化文件的结构和起草规则》、GB/T 20000.1—2014《标准化工作指南 第1部分: 标准化和相关活动的通用术语》、GB/T 20001.1—2024《标准起草规则 第1部分: 术语》等共性规则, 其基础架构、

语言表述等方面能够被未参与标准制定人员所理解。因此, 设置各TC节点对不同领域TC的标准基础认知比例 $\gamma=10\%$, 即TC节点 i 对TC节点 j 的初始标准知识存量 $K_{ij}(t_0)$ 为 $S_j(t_0)$ 的10%。

3.2 TC协同能力对标准衔接度的影响

参数 α 、 β 、 θ 分别影响TC的标准获取能力、标准认知能力及标准整合能力。为探究上述标准协同能力对标准衔接水平的影响, 本文采用控制变量法设计了3组仿真实验, 以分析标准获取能力的影响为例, 将标准认知能力参数 β 和标准整合能力参数 θ 固定为0.5, 而将标准获取能力参数 α 分别设定为0.3、0.5和0.8, 对3种参数组合进行仿真。同理, 在分析标准认知能力和标准整合能力时, 也可通过控制变量法来实现, 以探究各参数对TC协同网络平均标准衔接度的独立影响。

图3为不同标准协同能力下的网络标准衔接度对比。由图3可知, 在保持其他能力参数不变条件下, 分别提升标准获取能力(提高 α)、标准认知能力(降低 β)和标准整合能力(提高 θ), 均可有效促进TC协同网络标准衔接水平。对比发现, 标准认知能力的增强对标准衔接度提升作用最为显著。该结论与标准化实践相符。标准材料通常较易从公开渠道获取, 标准整合是目标明确后的落实环节。而在此过程中对标准内容的深度认知与理

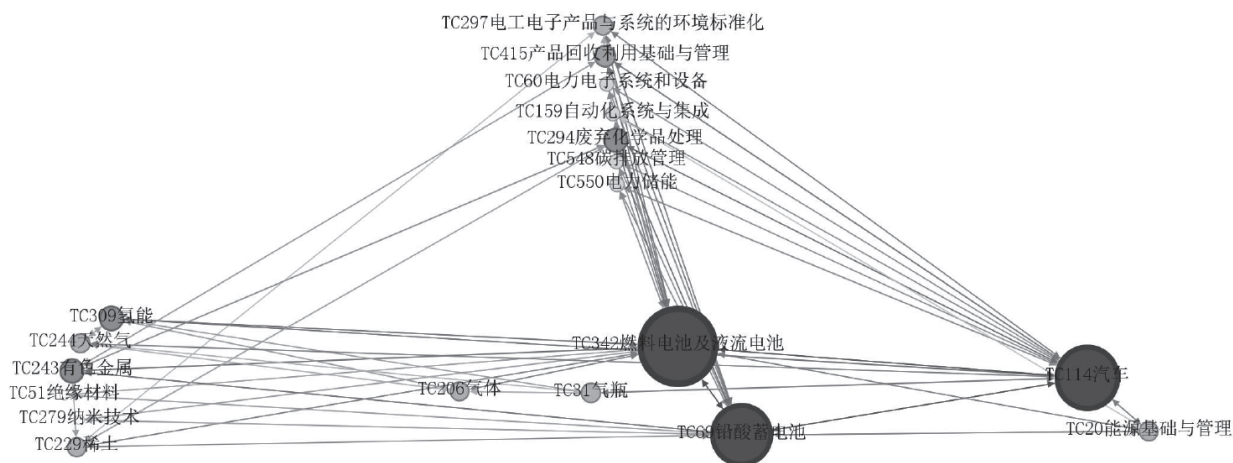
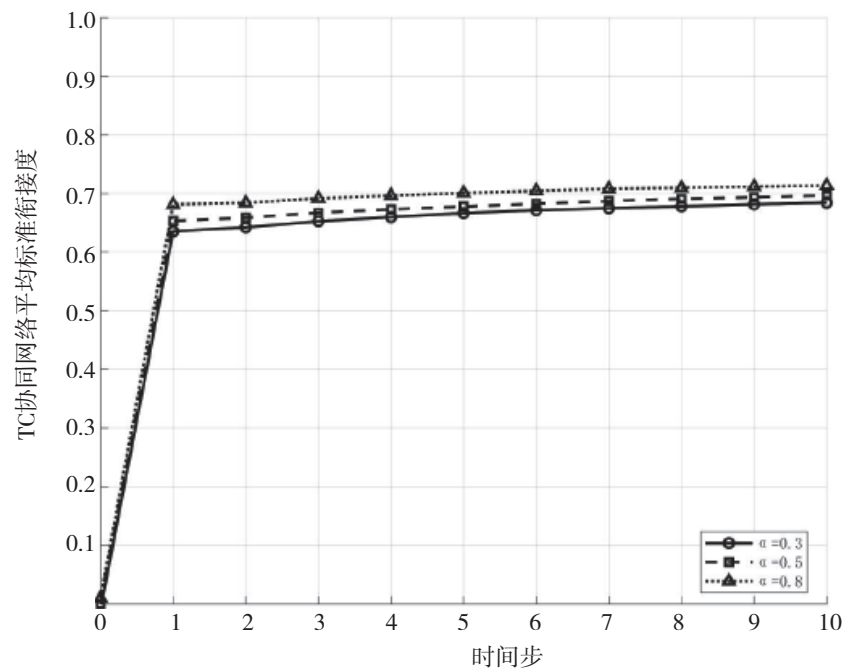
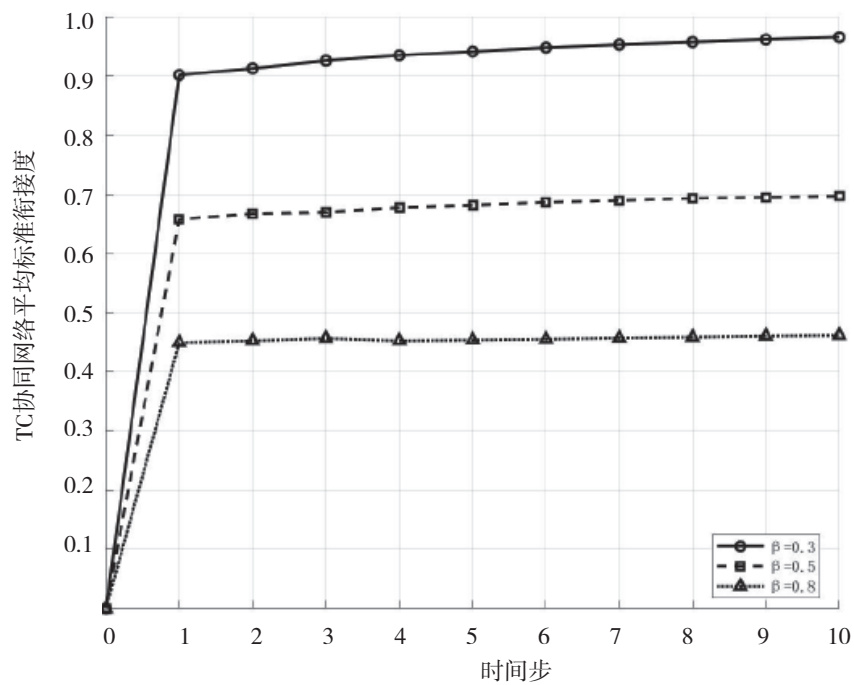


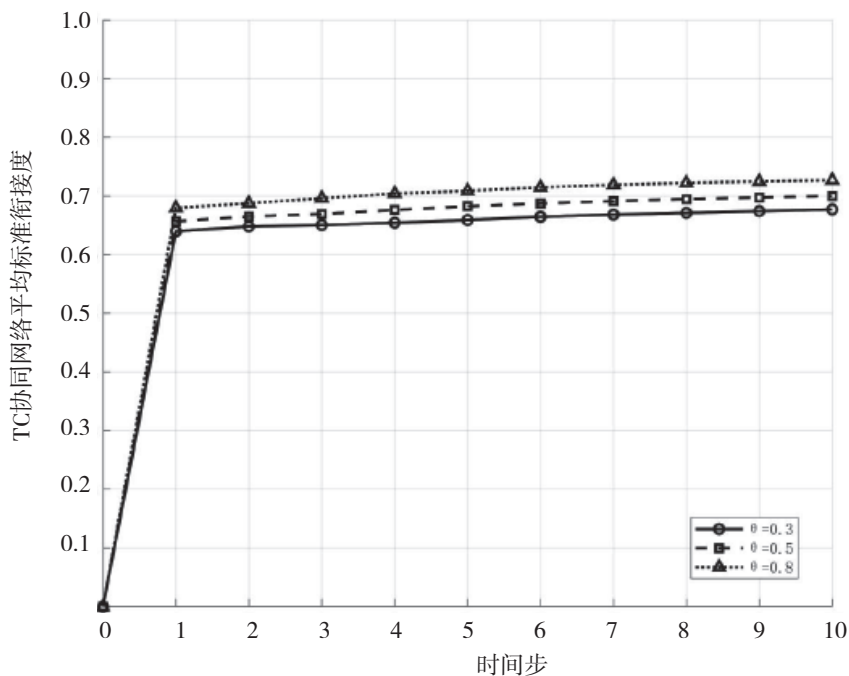
图2 电动汽车电池产业链TC协同网络



(a) 标准获取能力



(b) 标准认知能力



(c) 标准整合能力

图3 不同标准协同能力下的网络标准衔接度对比

解尤为关键,是决定标准衔接质量与有效性的核心所在。

3.3 能力提升策略对标准衔接度的影响

在实践中,受资源与时间等客观条件限制,TC的能力提升不可无约束任意进行,因此,能力提升策略的选择至关重要。本文假设每一时间步TC只能提升1种能力,考虑2种常见策略:策略1为依次提升策略,即对任一TC按“标准获取能力—标准认知能力—标准整合能力—标准获取能力……”的顺序循环依次提升;策略2为集中提升策略,即TC先持续提升标准获取能力直至上限,再依次提升标准认知能力和标准整合能力。本文假设在初始时刻 t_0 时,各TC的3种协同能力均处于较低水平($\alpha=\theta=0.1$ 、 $\beta=0.9$),随着仿真时间步的推进,每个时间步TC可选择提升其中一种能力,每次提升幅度为 $\Delta\alpha=\Delta\theta=0.1$ 、 $\Delta\beta=-0.1$ 。通过仿真,分别模拟2种策略下TC协同网络平均标准衔接度演化路径,并进一步分析网络中高、中、低节点度TC的标准衔接水平,以评估不同能力提升策略对异质节点标准

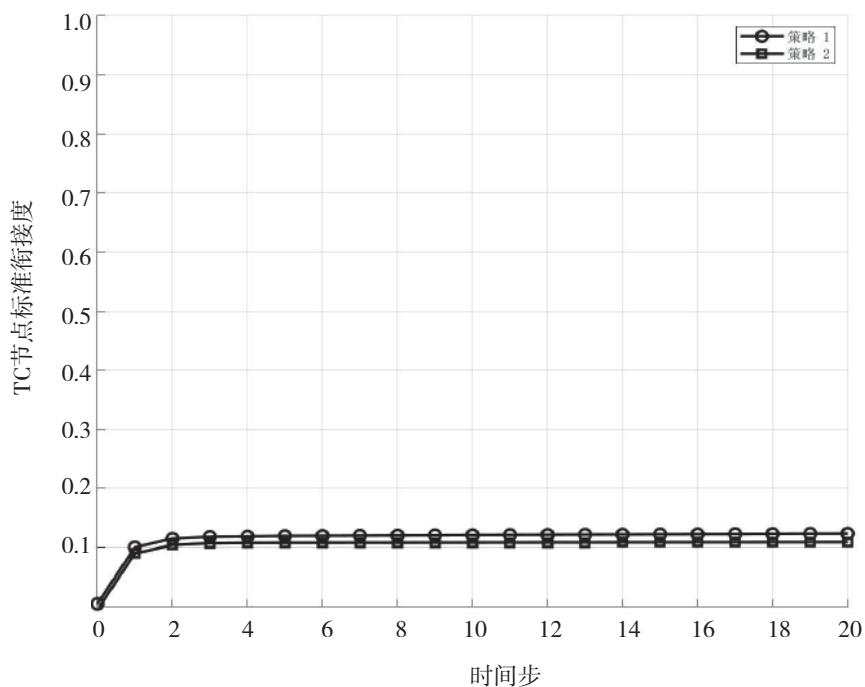
衔接效果的适用性。

图4为不同能力提升策略下的标准衔接度对比。由图4可知,高节点度TC节点在策略1(依次提升)下表现出更高的标准衔接水平,而中、低节点度TC则在策略2(集中提升)下表现更优。这一差异源于不同节点在网络中的异质性:高节点度TC节点作为网络枢纽,需要与周围大量相关TC节点进行协同,因此更需注重各项能力之间的适配性与动态平衡。策略1所强调的循环提升机制有助于避免因单一能力短板而导致的“木桶效应”。相比之下,中、低节点度TC节点需要协同的TC数量有限,因此更适合通过策略2优先集中提升标准获取能力,为基础协同过程提供必要的知识储备。从整体网络表现来看,2种策略均能推动标准衔接水平提升,表明能力建设对标准衔接具有普遍促进作用。但在本案例背景下,网络中的中、低节点度TC节点占比较大,其更适应策略2的集中提升模式。因此,该策略下网络整体衔接水平更高。

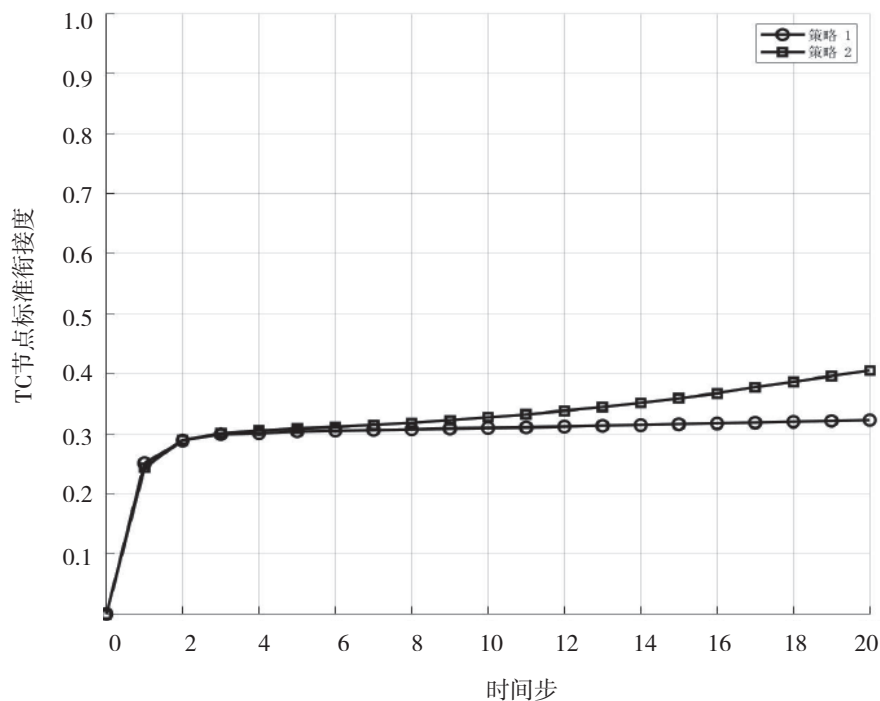
3.4 TC标准协同对象选择策略对标准衔接度的影响

当TC的协同能力存在约束时,即TC在任一时间步内可协同的标准数量存在上限(记为 $M_{\max}$)。

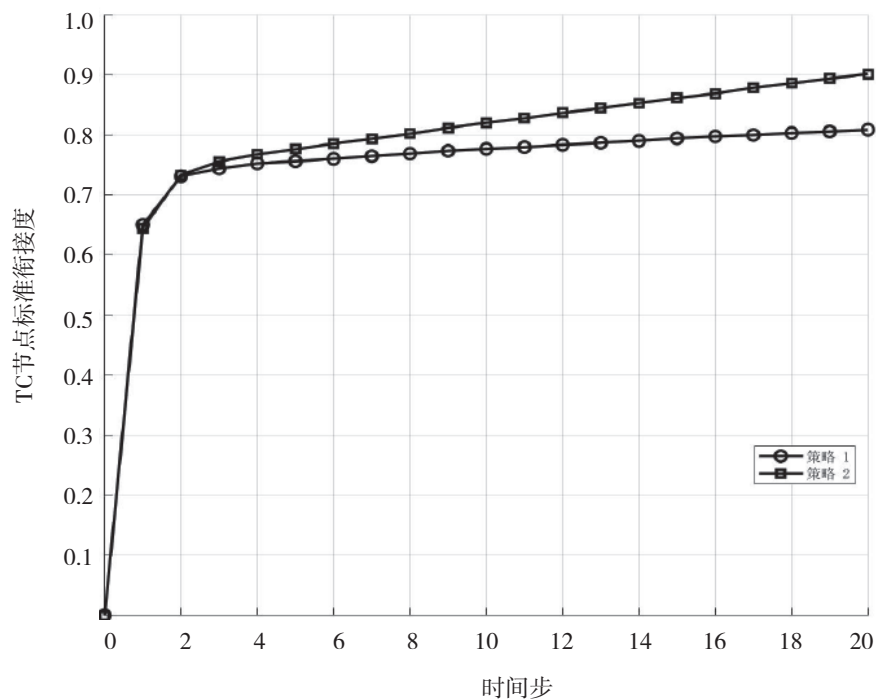
在此限制下,当TC面对多个需要协同的TC时,其协同对象选择策略将直接影响该节点标准衔接水平,进而影响网络整体的标准衔接水平。基于此,



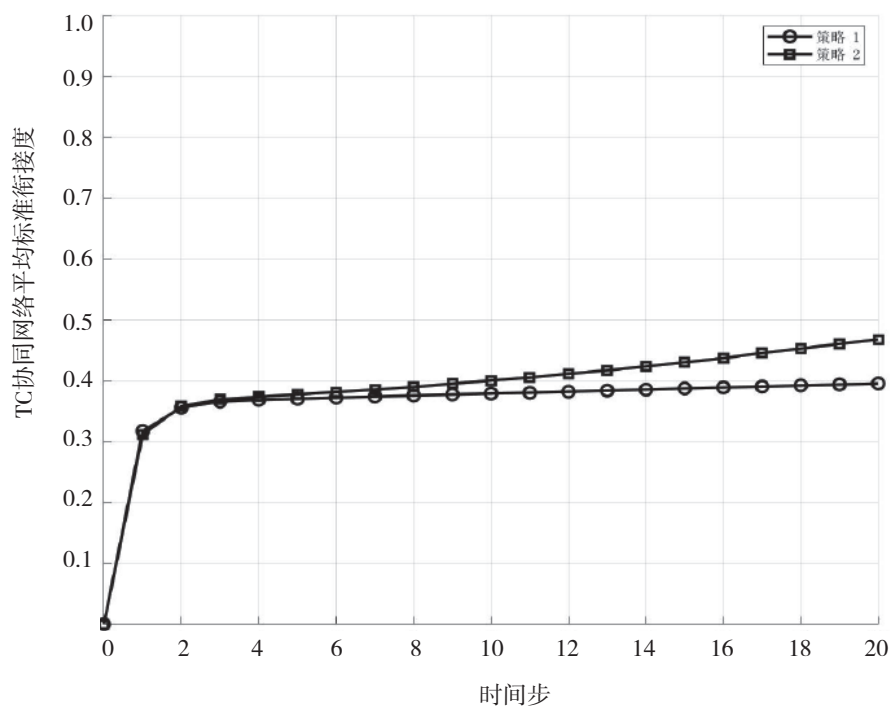
(a) 高节点度TC节点



(b) 中节点度TC节点



(c) 低节点度TC节点



(d) 网络平均标准衔接度

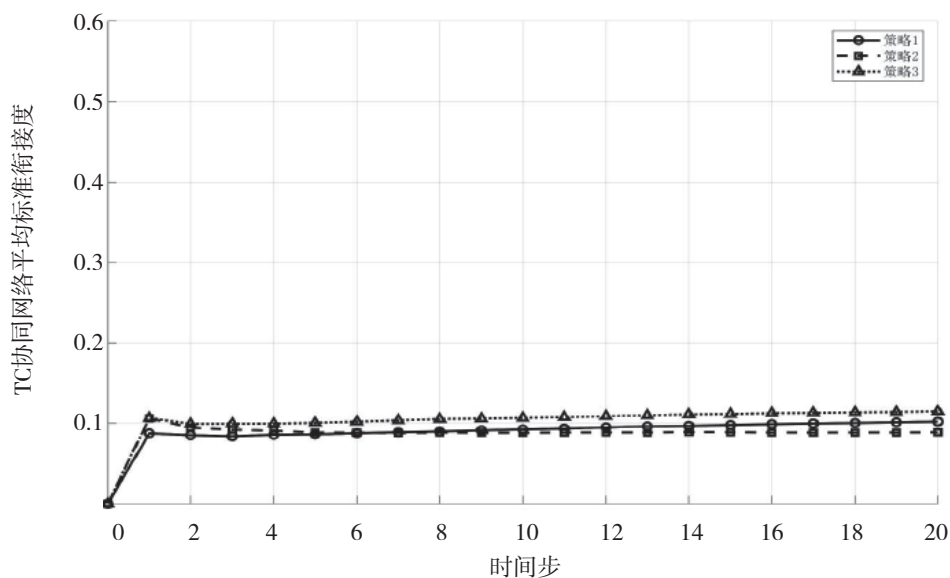
图4 不同能力提升策略下的标准衔接度对比

本文假设各TC在相同的协同能力水平下(均处于中等水平,即 $\alpha=\beta=\theta=0.5$),各TC在每一时间步内所能衔接的标准数量存在固定上限 $M_{\max}$,在此约束条件下,比较3种标准协同对象选择策略对标准衔接水平的影响。

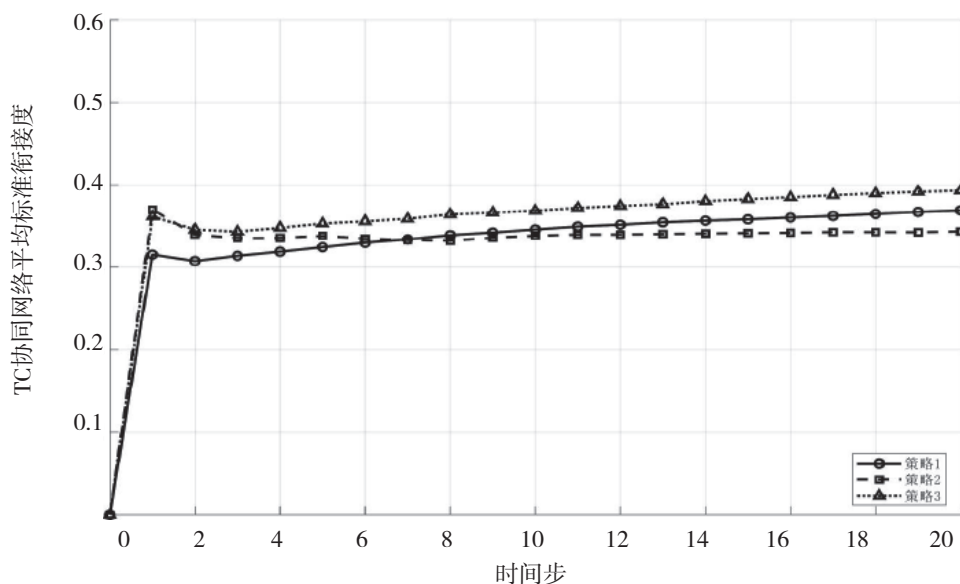
策略1:按节点度降序排列,优先选择节点度较大的TC进行协同;策略2:按时间步内发布的标准数量降序排列,优先选择时间步内发布标准数

量较多的TC进行协同;策略3:按时间步内各TC节点标准衔接度升序排列,优先选择时间步内标准衔接度较低的TC进行协同。分别在 $M_{\max}=2$ (低)、8(中)、14(高)水平下对上述3种策略进行仿真。

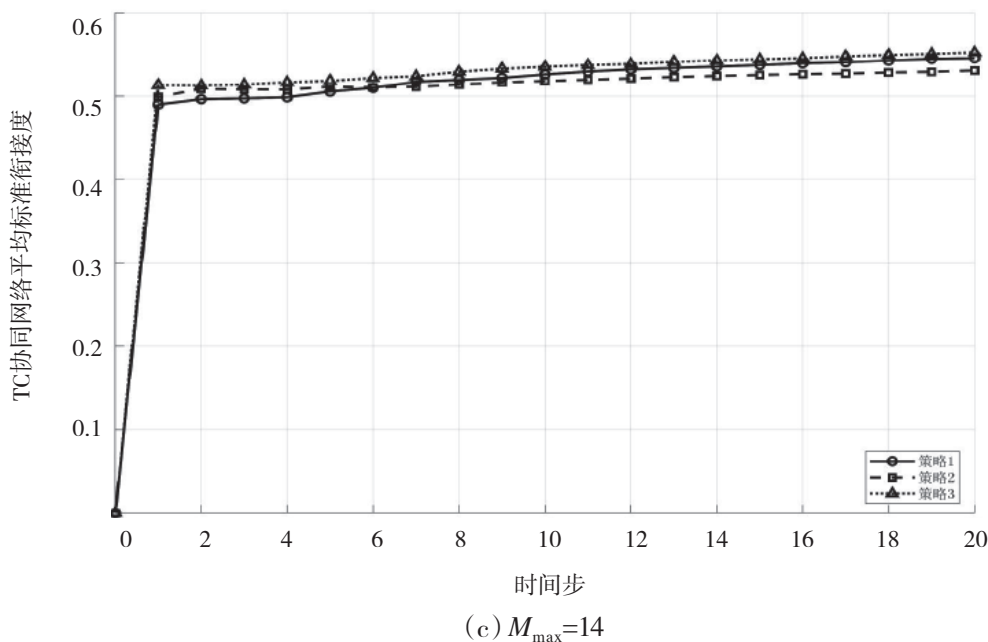
图5为不同 $M_{\max}$ 及标准协同对象选择策略下的网络标准衔接度对比。由图5可知,在3种协同对象选择策略中,策略3(按标准衔接度升序)下的网络平均标准衔接度最高。该策略通过动态识别并优



(a) $M_{\max}=2$



(b) $M_{\max}=8$

图5 不同 $M_{\max}$ 及标准协同对象选择策略下的网络标准衔接度对比

先强化网络中标准衔接水平较低的薄弱节点,有效弥补网络中的衔接短板,从而系统性提升整体标准衔接水平。策略1(按节点度降序)效果次之,该策略侧重于与枢纽TC节点协同,凭借其广泛关联性显著促进了标准知识在网络中的流动与转化效率。策略2(按标准发布数量降序)表现相对较差,因其仅关注短期高产节点,未能充分考虑节点长期标准知识积累与结构位置优势,限制了协同效果的可持续性。同时,随着 $M_{\max}$ 取值的增大,3种策略下的标准衔接水平差异逐渐缩小。这是由于当 $M_{\max}$ 较大时,TC节点能够协同到更多关联TC节点的标准,不同策略对最终协同效果的影响也随之减弱。

为进一步探究上述标准协同对象选择策略对网络中不同节点度特征TC节点作用的一致性,本部分选取网络中低节点度TC节点和高节点度TC节点,在 $M_{\max}=8$ 的条件下进行仿真试验,具体如图6所示。

由图6可知,低节点度TC采用策略1(按节点度降序)时标准衔接水平更高。该策略通过优先协同枢纽TC节点,可以有效利用其广泛关联,提升了标准知识的流动和转化效率。而对于高节点度TC节点,策略3(按标准衔接度升序)表现更优。作为网

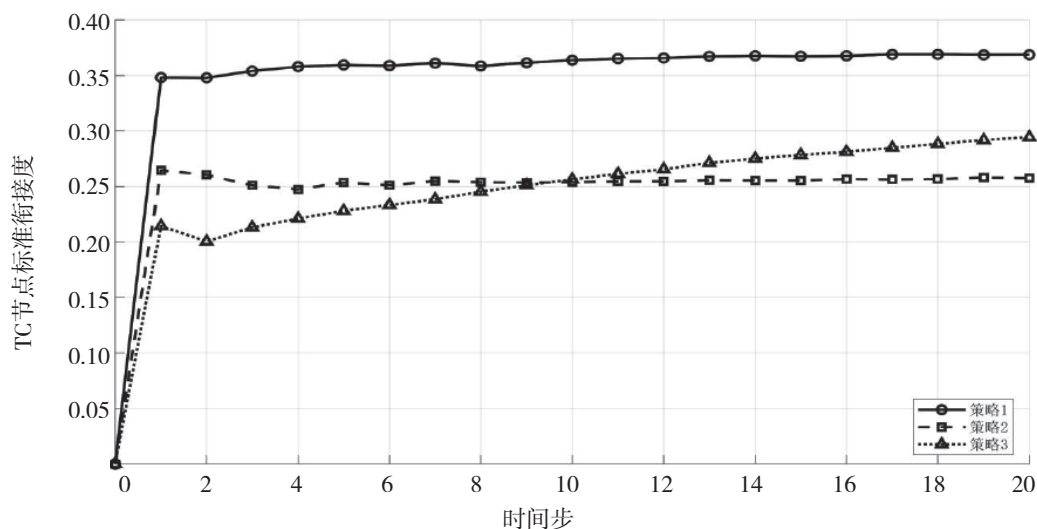
络中心枢纽,高节点度TC通过主动协同当前标准衔接水平较低的TC,可快速弥补网络结构性短板,从而更高效地提升整体衔接水平。

4 结论与启示

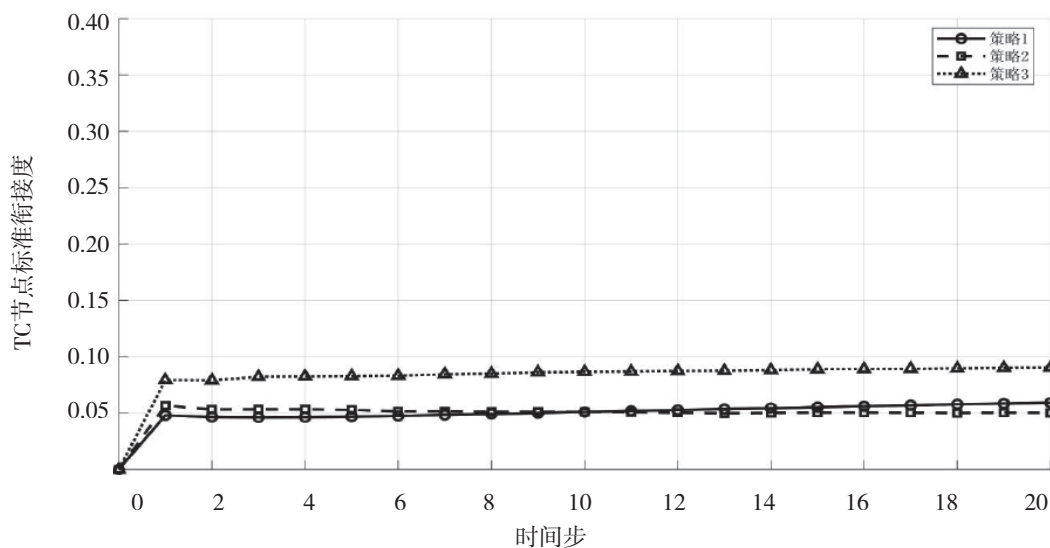
本研究基于知识协同理论,从TC协同能力视角对产业链标准衔接机制进行系统探索。得出以下结论:

1) TC协同能力对产业链标准衔接水平具有显著正向影响。提升标准获取、标准认知及标准整合能力均能有效促进标准衔接。其中,标准认知能力的提升对标准衔接水平的促进效果最显著。

2) 不同节点度特征的TC适用差异化的能力提升策略。高节点度TC宜采用依次提升能力策略,即TC按“标准获取能力—标准认知能力—标准整合能力—标准获取能力……”的循环提升机制,可以避免“木桶效应”,从而实现更高衔接水平;中、低节点度TC则更适合集中提升能力策略,即TC在初期优先提升标准获取能力以奠定协同基础,后续再依次提升其他能力。



(a) 低节点度TC节点



(b) 高节点度TC节点

图6 标准协同对象选择策略下不同节点度TC节点的标准衔接度对比

3) 当单个TC在时间步内可协同标准数量存在约束, 面向多个待协同的TC时, 协同对象选择策略对标准衔接水平影响显著。整体而言, 按策略3 (按标准衔接度升序) 选择协同TC最有助于提升网络标准衔接水平, 策略1 (按节点度降序) 次之, 策略2 (按发布数量降序) 效果相对较弱。而从单个TC角度看, 高节点度节点适用策略3, 低节点度节点则更适合策略1。

基于上述结论, 本研究得到以下实践启示:

1) 系统构建并实施TC协同能力的培育机制。标准化主管部门及相关产业主管部门, 可针对产业链上的相关TC, 围绕标准获取、认知与整合三大核心能力, 设计并组织一系列的专项培训及专家研讨活动, 以提升各TC秘书处及委员的标准衔接意识和实务层面的TC协同能力。同时, 着力搭建常态化的TC间交流与协作平台, 为TC协同能力的整体提

升奠定坚实的组织与资源基础。

2) 建议行业协会或产业链“链主”企业主导绘制与利用产业链TC协同网络图谱,为标准化主管部门对TC实施精准的分类指导提供支撑。通过对网络中各TC节点度的测算与分析,识别出核心TC与连接度相对较低的一般TC。对于前者,应鼓励并支持其制定综合能力提升计划,力争在标准获取、认知与整合上均达到较高水平,以发挥其在网络中的枢纽与辐射作用。对于后者,则建议指导其将有限资源优先投入标准获取能力的建

设上,快速补齐信息短板,为其有效参与协同奠定基础。

3) 推动建设“标准衔接度”的测度与信息共享机制。定期对各TC及其所属产业链的标准衔接水平进行监测、评估与可视化呈现。通过权威发布相关评估信息,为各TC在选择协同对象时提供客观、透明的数据参考,引导协同资源向更高效的方向配置,从而在产业链层面形成“以测度促改进、以信息促协同”的良性循环与长效机制。

参考文献

- [1] 王运平,许丹,郑素丽,等.中国团体标准(2015—2024年)发展特征与趋势研究[J].标准科学,2025(8): 6-15.
- [2] 许丹.标准衔接引领产业链现代化的内在机理与系统策略[J].云南社会科学,2026(1): 87-96.
- [3] 叶琦琳,余晓,卢宏宇.团体标准化组织内知识协同的因素与路径分析:三种不同组织模式的多案例研究[J].标准科学,2020(10): 20-25.
- [4] Noran O. Achieving a sustainable interoperability of standards[J]. Annual Reviews in Control, 2012, 36(2): 327-337.
- [5] Eom D, Lee H, Kim D. Committee standards battles in the era of convergence: Implications for smart systems[J]. International Journal of Information Management, 2021, 60: 102380.
- [6] Oshri I, Weebe C. Cooperation and competition standards-setting activities in the digitization era: the case of wireless information devices[J]. Technology Analysis & Strategic Management, 2006, 18(2): 265-283.
- [7] Anklam P. Knowledge management: the collaboration thread[J]. Bulletin of the American Society for Information Science and Technology, 2002(6): 8-11.
- [8] Cohen W, Levinthal D. Absorptive capacity: a new perspective on learning and innovation[J]. Administrative Science Quarterly, 1990, 35(1): 128-152.
- [9] 吴玉浩,姜红,刘文韬.基于知识流动视角的“标准化+知识”战略协同机制研究[J].情报杂志,2018,37(8): 180-185,194.
- [10] 彭正龙,陶然.基于认知能力的项目团队内部知识特性对知识转移影响机制研究[J].情报杂志,2008(9): 45-49.
- [11] 姜红,刘文韬,孙舒榆.知识整合能力、联盟管理能力与标准联盟绩效[J].科学学研究,2019,37(9): 1617-1625.
- [12] 朱宏森,张生太,靳祯,等.微信群与线下交流耦合网络知识传播模型研究[J].系统工程理论与实践,2019,39(7): 1796-1806.
- [13] 董睿,张海涛.复杂网络视角下创新生态系统知识转移建模及仿真研究[J].软科学,2022,36(6): 122-129.
- [14] 张理,魏奇锋,顾新.基于无标度网络模型的协同创新网络知识扩散研究[J].情报理论与实践,2018,41(10): 79-86.
- [15] 许倩.“纵向交叉”型创新网络中新兴技术企业知识协同演化的仿真研究[J].经济地理,2019,39(2): 152-160.
- [16] 林波,薛惠锋,苗治平.网络组织知识获取模型及其仿真分析[J].情报杂志,2009,28(11): 150-155.
- [17] 丁源,苏佩佩.海外风险情报认知能力建构中的知识活动研究[J].情报杂志,2015,34(3): 29-36.
- [18] 冯帆,廖飞.知识的粘性、知识转移与管理对策[J].科学与科学技术管理,2007(9): 89-93.
- [19] 李纲,巴志超.科研合作超网络下的知识扩散演化模型研究[J].情报学报,2017,36(3): 274-284.