

## · 综 述 ·

## 复杂性科学在护理领域中的运用：范式革新与实践启示

刘润麟,张薇

(海军军医大学 护理系,上海 200433)

随着全球人口老龄化和疾病谱系的变化,护理实践正面临着多病共存、健康需求多维化等复杂挑战。传统基于线性因果和还原论的护理模式,在阐释个体差异、情境变化及系统间相互作用时有明显局限性<sup>[1]</sup>。复杂性科学(complexity science)聚焦于研究系统内多要素的非线性交互以及整体涌现规律,为应对上述挑战提供了创新的理论框架<sup>[2]</sup>。Plsek等<sup>[3]</sup>提出,医疗与护理系统本质上属于复杂适应系统,其核心在于系统内个体(如组织、医护人员、患者)能基于内部规则与环境反馈持续互动,实现自组织与学习。近年来,已有学者尝试从这一视角探讨护理领域的团队协作、组织互动与临床决策等问题<sup>[4-5]</sup>。然而,目前关于复杂性科学在护理领域的应用现状、模式与局限,仍缺乏系统的梳理。基于此,本文旨在系统回顾复杂性科学的相关理论与文献,综述其在护理领域的应用范畴与典型范式,剖析关键挑战并展望发展路径,以期为推动护理研究范式的转型提供参考。

## 1 复杂性科学的理论基础

1.1 复杂性科学的起源与核心理念 复杂性科学源于20世纪中后期系统科学、非线性动力学等学科的交叉发展,它是一系列紧密相关的复杂性和系统理论的统称,更是研究系统内部多要素相互作用及整体涌现规律的重要科学范式<sup>[6]</sup>。该范式以复杂适应系统(complex adaptive system,CAS)理论为典型代表<sup>[7]</sup>。CAS旨在通过研究由多个相互作用的主体构成的系统,来理解动态、非线性、不可预测的系统行为,并揭示系统演化与秩序维持背后的原理。其核心理念包括:(1)非线性。输入与输出并非简单的比例关系,微小变化可能通过反馈回路引发重大后果;(2)涌现性。系统整体呈现出其个体组成部分所不具备的新属性或行为模式;(3)自组织。系统在没有中央控制的情况下,通过主体间的局部互动自发形成宏观有序结构;(4)适应性。主体能够根据环

境变化和体验学习调整自身行为规则<sup>[8-9]</sup>。近年来,复杂性科学的理论框架已广泛拓展至多学科领域,从物理学、生物学与经济系统研究,延伸至公共政策、社会照护与社区健康等方向<sup>[10-12]</sup>。这些跨学科研究进展表明,它已从解释自然系统运行规律的工具,逐渐发展成为理解多层次社会与行为系统的重要分析框架。

1.2 复杂性科学与护理学的契合性 复杂性科学为剖析护理学中的关键问题提供了重要的理论视角。Chaffee等<sup>[13]</sup>提出,护理学所关注的人、健康与环境相互作用构成的照护系统,本质上是一个CAS。护理对象并非静态生物体,而是嵌入生理、心理、社会文化层面的复杂生命系统,其健康体验持续演变且充满不确定性<sup>[14]</sup>。Fogarty<sup>[15]</sup>认为,复杂性科学所强调的整体性、动态性与关系性视角,与护理学一贯注重整体护理以及人与环境互动的哲学理念高度契合。Olsson等<sup>[16]</sup>的综述也表明,在此视角下,护理研究常将个体、团队与组织视为持续相互作用的复杂适应系统,从而更深入地理解护理知识的形成、照护行为的调整以及情境意义的重构等动态过程。

## 2 复杂性科学驱动的护理学范式重构与实际应用

复杂性科学的引入,不仅为具体护理实践开辟了新路径,更从深层次推动了护理学科在哲学基础、研究方法 with 知识结构方面的系统性重构,进而重塑了教育、临床、管理等多个领域的实践模式。

2.1 护理学的范式重构:从还原论到复杂系统思维 在哲学层面,复杂性科学强调系统要素间持续的、依赖于情境的互动,这为理解护理实践中多因素交织的动态变化提供了全新视角。与传统的线性因果推断不同,Notarnicola等<sup>[17]</sup>指出,该视角推动护理研究从描述相对稳定的关系,转向关注实践中的关系网络如何通过互动不断调整,并生成新的照护模式。复杂性科学本身的核心在于捕捉系统要素的持续互动与演化。例如,Cilliers<sup>[8]</sup>阐释了在复杂适应系统中,系统会依据环境反馈与他者行为来调整自身行动规则,这种局部变化通过反馈机制逐渐重塑系统整体的运行方式。Olsson等<sup>[16]</sup>进一步强调,

【收稿日期】 2025-10-29 【修回日期】 2025-12-23

【基金项目】 国家自然科学基金面上资助项目(72374205)

【作者简介】 刘润麟,博士在读,电话:021-81871526

【通信作者】 张薇,电话:021-81871510

在此视角下,护理知识更多地被视为在临床互动、团队协作以及具体情境中动态形成与调整的过程,而非预设的固定规则或经验的简单累加。

在方法论层面,复杂性科学助力护理研究突破传统实验与问卷调查的限制,积极引入系统动力学、社会网络分析、基于主体的建模(agent-based model, ABM)等研究方法<sup>[18-20]</sup>。这些方法有效揭示多因素、多主体间的非线性交互规律及涌现特性,进而为理解慢病管理、患者行为、团队协作等复杂现象提供了更贴合实际的的分析工具<sup>[21]</sup>。

在学科结构方面,复杂性视角促使护理知识体系更加开放与跨界。护理学不再局限于生理或心理层面的单一变量,而是更注重信息、技术、社会、文化等系统的多层次耦合效应。例如,ABM能够通过模拟患者、医疗服务提供者以及社区资源等多主体之间的复杂交互,重现慢病管理中个体行为与系统性健康结果的动态演变,进而为评估不同干预策略的长期效果提供依据<sup>[22]</sup>;Kowatsch等<sup>[23]</sup>通过开发多主体对话系统来模拟患者、护士与家庭成员的互动,不仅强化了患者自我管理与医护协作,还揭示了社会网络结构对慢病管理效果的非线性影响。此类研究趋势推动了护理学与系统科学、社会学等领域的深度融合,为护理学迈向临床、科研、教育协同的开放型知识网络提供了理论基础<sup>[3,24]</sup>。

## 2.2 范式重构下的实际应用与典型案例

### 2.2.1 护理管理与领导力

在复杂性视角下,护理组织被视为由多主体互动构建而成的复杂适应系统,其管理效能取决于信息流动、信任建立与自组织学习<sup>[25]</sup>。传统层级式管理中的“命令-控制”模式已被“系统催化”角色所替代<sup>[26]</sup>。例如,Ross等<sup>[27]</sup>基于CAS的7个关键特征(如自组织、共享决策权、涌现等),研发出领导力环境量表(leadership environment scale, LENS),将领导力环境具体化为“影响关系”与“系统支持”的二元结构,为量化管理环境的复杂性提供了有效工具。Anderson等<sup>[28]</sup>研究进一步将参与决策重新界定为系统的涌现属性,而非个体行为。在突发公共卫生事件中,护理管理者可通过整合制度、团队与个体3个层面的支持策略,达成组织在环境、结构和行为上的动态适应<sup>[29]</sup>。护士长的角色也从传统的“命令控制者”转变为“系统催化者”,其核心职责是营造开放、信任的氛围,以推动团队的分布式决策和自主适应能力<sup>[30]</sup>。

### 2.2.2 临床实践与患者安全

在临床环境中,由于存在不确定性以及非线性交互,微小的偏差有可能通过反馈回路而引发不良事件。鉴于此,安全管理的重点也从“杜绝所有中断”转向“提升系统韧性”。

例如,Hopkinson等<sup>[31]</sup>把医疗单元建模为一个以“不断变化的患者”和“个体护士”为核心的CAS,并指出中断是系统内各主体(如其他科室、资源短缺)相互依赖与复杂互动后所产生的自然结果,而非孤立事件。Göras等<sup>[32]</sup>对手术室的研究发现,护士几乎有一半时间处于多任务处理状态,团队依靠非正式的自组织协调(如即时沟通、动态交接)来应对突发状况,以此维持患者的安全。这些现象表明,临床安全更多取决于系统内部的互动质量,而非对流程的完全控制。Glenn等<sup>[33]</sup>对产科护理的研究也表明,遵循自然分娩过程、开展良好的团队合作以及推行安全倡议有助于降低系统的复杂性,而干扰性互动和繁琐的电子病历记录则会造成本额外负担,掩盖系统内部真实的协作关系,进而影响护理质量和母婴结局。此处的“降低系统复杂性”并非否定复杂性科学的核心,而是通过优化系统内部的互动模式,减少无意义的非线性干扰,提升系统的韧性与适应能力,这与复杂性科学“理解并优化系统互动”的主旨高度相符。

### 2.2.3 团队与跨专业协作

跨专业团队是医疗服务的核心,其效能取决于成员间的非线性互动<sup>[3]</sup>。Peter等<sup>[34]</sup>将姑息治疗团队视为CAS,发现团队成员的行为深受内化规则(例如专业边界)、共同目标(例如患者舒适)、团队历史和系统开放性的影响,这些因素共同塑造了工作场所的学习和协作模式,其复杂性远超过任何单个成员的个体特征。Strachan等<sup>[35]</sup>对心衰患者照护的研究也揭示了护理决策的复杂性,护士的决策能力受到信息流、资源获取和道德困境等多个CAS驱动因素的交互作用影响。因此,建立开放的沟通渠道和共享的决策机制,是促进团队协同进化、优化患者结局的关键<sup>[36]</sup>。

### 2.2.4 护理教育与人才培养

为应对复杂的临床情境,护理教育的目标正从“掌握固定知识”转变为“培养适应性学习与系统整合能力”。然而,传统上强调标准化传授的教学模式难以满足这一需求<sup>[37]</sup>。在教学方法上,高仿真模拟、情境教学法被广泛采用,让学生在近似真实的多变量环境中锻炼临床判断与团队协作能力<sup>[38]</sup>。在课程设计上,积极融入系统科学、信息学等内容,旨在培养学生对复杂健康系统的全面理解,推动教育模式从单纯的知识灌输向知识共建与持续学习的生态系统转型<sup>[39-41]</sup>。例如,加拿大安大略省的几所大学合作开发了基于复杂患者案例的虚拟游戏化学习(virtual gaming simulation, VGS)项目,让学生在交互式模拟情境中探索多因素健康决策,这体现了系统科学在护理教育中的创新应用<sup>[42]</sup>。

### 3 复杂性科学在护理领域应用的挑战及发展方向

尽管应用前景广阔,但现有研究多以小样本、质性研究或探索性设计为主,缺乏大规模、长期的系统性证据支撑循证决策。一项关于复杂性理论在健康服务研究中应用的综述<sup>[5]</sup>指出,该领域普遍存在“概念使用先于实证应用”的情况,缺乏大规模、长期性的系统证据来支撑循证决策。究其原因,以下局限和挑战是问题的关键所在。首先,理论抽象与操作化困境是根本性障碍。CAS的概念和原则(如涌现、自组织)极为抽象,缺少可直接观测和量化的指标,致使理论与实证研究之间存在鸿沟<sup>[43-44]</sup>。其次,研究方法适配性欠佳限制了探索的深度。传统基于线性假设的定量方法在揭示非线性、动态反馈的复杂系统互动时存在着固有的局限<sup>[45]</sup>。尽管系统动力学、社会网络分析等方法已被引入,但它们在护理领域的应用仍处于初步阶段,缺乏成熟的研究范式与报告标准<sup>[16,18]</sup>。最后,跨学科融合的深度与效度有待提升。复杂性科学根植于自然科学,强调数学建模和计算机模拟;而护理学兼具科学与人文特质,关注个体体验、意义建构与关怀关系。倘若缺乏深入的、批判性的方法论对话,理论的引入容易流于表面隐喻,难以触及护理实践中情境特异性、伦理判断和人文关怀的核心层面<sup>[46]</sup>。因此,未来需着力弥合“形式化建模传统”与“情境化实践传统”之间的方法论差距。

为充分挖掘其潜力,未来可从以下方面着力:(1)持续推进理论本土化与操作化。结合本土实践应用场景,研发具有文化敏感性的概念框架和测量工具。例如,可进一步验证并优化基于CAS开发的LENS,使其更契合中国医疗机构的领导环境评估<sup>[5]</sup>。(2)推动方法学的创新与混合研究设计。积极鼓励并规范ABM、系统动力学仿真等计算建模方法在护理系统模拟中的应用;同时,大力倡导开展混合方法研究,例如将民族志的深度洞察与社会网络分析的结构量化相结合,或将访谈数据转化为ABM中的主体规则,以此更全面、动态地揭示复杂现象背后的机制<sup>[20]</sup>。(3)深化跨学科的协同合作。构建护理学与系统科学、数据科学、信息工程等领域的深度协作机制,携手攻克关键技术难题。

### 4 小结

复杂性科学为护理学提供了一种理解人类健康现象的新范式,推动其从静态、还原论模式向动态、自适应的系统思维转型。通过在管理、临床、团队和教育等多层面的应用,它帮助我们更深入地理解护理系统的非线性、适应性和涌现性。面对理论操作

化、方法论适配和跨学科融合等挑战,未来的核心使命在于通过本土化研究、方法创新和系统变革,将复杂性科学从一种“解释性透镜”转化为“干预性工具”,最终增强护理系统应对复杂健康挑战的韧性和能力。

**【关键词】** 复杂适应系统;护理管理;涌现性;自组织;非线性动力学

**DOI:** 10.3969/j.issn.2097-1826.2026.03.022

**【中图分类号】** R47 **【文献标识码】** A

**【文章编号】** 2097-1826(2026)03-0092-04

#### 【参考文献】

- [1] NAIRN S. Nursing and the new biology: towards a realist, anti-reductionist approach to nursing knowledge [J]. *Nurs Philos*, 2014, 15(4): 261-273.
- [2] COPPA D F. Chaos theory suggests a new paradigm for nursing science [J]. *J Adv Nurs*, 1993, 18(6): 985-991.
- [3] PLSEK P E, GREENHALGH T. Complexity science: the challenge of complexity in health care [J]. *BMJ*, 2001, 323 (7313): 625-628.
- [4] WILSON T, HOLT T, GREENHALGH T. Complexity science: complexity and clinical care [J]. *BMJ*, 2001, 323(7314): 685-688.
- [5] THOMPSON D S, FAZIO X, KUSTRA E, et al. Scoping review of complexity theory in health services research [J/OL]. [2025-08-07]. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/26968157/>. DOI: 10.1186/s12913-016-1343-4.
- [6] TOROCZKAI Z. Complexity: a guided tour [J]. *Physics Today*, 2010, 63(2): 47-48.
- [7] FUKUYAMA F. Hidden order: how adaptation builds complexity by John H. Holland [J]. *Foreign Aff*, 1996, 75(4): 137-138.
- [8] CILLIERS F P. Complexity and postmodernism: understanding complex systems [M]. 2nd ed. New York: Routledge, 2002: viii-x.
- [9] HOLLAND J H. Complex adaptive systems and spontaneous emergence [J]. *Daedalus*, 1992, 121(1): 17-30.
- [10] BLAKE S, NOBLES J. Complexity science in domestic abuse literature: a systematic scoping review [J/OL]. [2025-08-07]. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/39995073/>. DOI: 10.1177/15248380251316225.
- [11] NEL D, TAEIHAUGH A. The soft underbelly of complexity science adoption in policymaking: towards addressing frequently overlooked non-technical challenges [J]. *Policy Sci*, 2024, 57(2): 403-436.
- [12] GANS E A, DE RUIJTER U W, VAN DER HEIDE A, et al. A grounded theory of interdisciplinary communication and collaboration in the outpatient setting of the hospital for patients with multiple Long-Term conditions [J/OL]. [2025-08-07]. <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC11122402/>. DOI: 10.3390/jpm14050533.
- [13] CHAFFEE M W, MCNEILL M M. A model of nursing as a complex adaptive system [J]. *Nurs Outlook*, 2007, 55(5): 232-241.
- [14] 唐四元. 基于交叉融合的护理学学科发展思路 [J]. *军事护理*, 2022, 39(8): 1-2.
- [15] FOGARTY S. Nursing, caring, and complexity science: for human-environment well-being [J]. *Nurs Philos*, 2012, 13(4):

- 302-305.
- [16] OLSSON A, THUNBORG C, BJÖRKMANN A, et al. A scoping review of complexity science in nursing[J]. *J Adv Nurs*, 2020, 76(8):1961-1976.
- [17] NOTARNICOLA I, LOMMI M, IVZIKU D, et al. The nursing theory of complex adaptive systems: a new paradigm for nursing [J/OL]. [2025-08-07]. <https://www.mdpi.com/2075-4426/14/5/533>. DOI:10.3390/jpm14050533.
- [18] LANHAM H J, LEYKUM L K, TAYLOR B S, et al. How complexity science can inform scale-up and spread in health care; understanding the role of self-organization in variation across local contexts[J]. *Soc Sci Med*, 2013, (93):194-202.
- [19] TROCHIM W M, CABRERA D A, MILSTEIN B, et al. Practical challenges of systems thinking and modeling in public health[J]. *Am J Public Health*, 2006, 96(3):538-546.
- [20] ANDERSON C A, WHALL A L. A philosophical analysis of agent-based modelling; a new tool for theory development in nursing[J]. *J Adv Nurs*, 2011, 67(4):904-914.
- [21] STURMBERG J P, MARTIN C M. *Handbook of systems and complexity in health*[M]. New York, USA: Springer Science & Business Media, 2013:1-15.
- [22] LI Y, LAWLEY M A, SISCOVICK D S, et al. Agent-Based modeling of chronic diseases: a narrative review and future research directions[J/OL]. [2025-08-07]. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/27236380/>. DOI:10.5888/pcd13.150561.
- [23] KOWATSCH T, SCHACHNER T, HARPERINK S, et al. Conversational agents as mediating social actors in chronic disease management involving health care professionals, patients, and family members; multisite single-arm feasibility study[J/OL]. [2025-08-07]. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/33484114/>. DOI:10.2196/25060.
- [24] TSASIS P, EVANS J M, OWEN S. Reframing the challenges to integrated care: a complex-adaptive systems perspective[J/OL]. [2025-08-07]. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/23593051/>. DOI:10.5334/ijic.843.
- [25] KIVILIENE J, BLAZEVICIENE A. Review of complex adaptive systems in nursing practice[J/OL]. [2025-08-07]. <https://www.extrica.com/article/21169>. DOI:10.21595/chs.2019.21169.
- [26] HAMEL N. Edgeware; Insights from complexity science for health care leaders[J]. *J Public Health Manag*, 2004, 10(4):373.
- [27] ROSS A M, ILIC K, KIYOSHI-TEO H, et al. Psychometric analysis of the leadership environment scale (LENS): outcome from the oregon research initiative on the organisation of nursing (ORION)[J]. *J Nurs Manag*, 2018, 26(4):467-476.
- [28] ANDERSON R A, CRABTREE B F, STEELE D J, et al. Case study research; the view from complexity science [J]. *Qual Health Res*, 2005, 15(5):669-685.
- [29] WANG X, LIAN J, JI M, et al. Nurse managers' experiences in organisational adaptation during public health emergencies: a qualitative study[J]. *J Adv Nurs*, 2025, 81(7):4172-4186.
- [30] WERHANE P, PAINTER-MORLAND M. *Leadership, gender, and organization*[M]. Dordrecht: Springer Science + Business Media, 2011:109-133.
- [31] HOPKINSON S G, JENNINGS B M. Interruptions during nurses' work: a state-of-the-science review[J]. *Res Nurs Health*, 2013, 36(1):38-53.
- [32] GÖRAS C, OLIN K, UNBECK M, et al. Tasks, multitasking and interruptions among the surgical team in an operating room: a prospective observational study[J/OL]. [2025-08-07]. <https://bmjopen.bmj.com/content/9/5/e026410>. long. DOI: 10.1136/bmjopen-2018-026410.
- [33] GLENN L A, STOCKER-SCHNIEDER J, MCCUNE R, et al. Caring nurse practice in the intrapartum setting: nurses' perspectives on complexity, relationships and safety [J]. *J Adv Nurs*, 2014, 70(9):2019-2030.
- [34] PETER P, FIEN M, FLEUR H, et al. Healthcare teams as complex adaptive systems: understanding team behaviour through team members' perception of interpersonal interaction[J/OL]. [2025-08-07]. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/30029638/>. DOI:10.1186/s12913-018-3392-3.
- [35] STRACHAN P H, ROSS H, ROCKER G M, et al. Mind the gap: opportunities for improving end-of-life care for patients with advanced heart failure[J]. *Can J Cardiol*, 2009, 25(11):635-640.
- [36] MANSER T. Teamwork and patient safety in dynamic domains of healthcare: a review of the literature[J]. *Acta Anaesthesiol Scand*, 2009, 53(2):143-151.
- [37] BENNER P. Educating nurses: a call for radical transformation-how far have we come? [J]. *J Nurs Educ*, 2012, 51(4):183-184.
- [38] CANT R P, COOPER S J. Simulation in the Internet age: the place of web-based simulation in nursing education. An integrative review[J]. *Nurse Educ Today*, 2014, 34(12):1435-1442.
- [39] GONZALO J D, DEKHTYAR M, STARR S R, et al. Health systems science curricula in undergraduate medical education: identifying and defining a potential curricular framework [J]. *Acad Med*, 2017, 92(1):123-131.
- [40] NOWAK E, WHITE S, BRETTNER J M, et al. Unifying a school of nursing: developing a framework to guide nursing education[J]. *J Prof Nurs*, 2024, 54:113-117.
- [41] NAGUSZEWSKI T, DUNAGAN P, HOWELL Q, et al. Reimagining nursing education curriculum using a backward course design in an undergraduate fundamentals nursing course [J]. *J Prof Nurs*, 2025(59):68-72.
- [42] KATERYNA METERSKY R, STUDENT M H M R, CAITLIN COSGROVE CN R, et al. Developing virtual gaming simulations for complex clients with substance use through international collaborations[J/OL]. [2025-08-07]. [https://www.nursingsimulation.org/article/S1876-1399\(24\)00158-0/fulltext](https://www.nursingsimulation.org/article/S1876-1399(24)00158-0/fulltext). DOI:10.1016/j.ecns.2024.101666.
- [43] MCDANIEL R R, DRIEBE D J. Complexity science and health care management[J]. *Adv Health Care Manag*, 2001, 2(1):11-36.
- [44] HAWE P, SHIELL A, RILEY T. Theorising interventions as events in systems[J]. *Am J Community Psychol*, 2009, 43(3-4):267-276.
- [45] CRAIG P, DIEPPE P, MACINTYRE S, et al. Developing and evaluating complex interventions: the new Medical Research Council guidance[J]. *Int J Nurs Stud*, 2013, 50(5):587-592.
- [46] PALEY J. Complex adaptive systems and nursing[J]. *Nurs Inq*, 2007, 14(3):233-242.