

引文格式:郝晓刚.“场流信息”:化工学科的“新里程碑”?[J]. 太原理工大学学报, 2026, 57(3): 443-445.

信息与交流

“场流信息”:化工学科的“新里程碑”?

——从“三传一反”到“场流信息”的范式演进思考

郝晓刚

(太原理工大学 化学与化工学院, 山西 太原)

摘 要:以《传递之歌》的创作与解读为线索,探讨化学工程学科从经典“三传一反”范式向“场流信息”框架演进的逻辑必然。文章系统阐述了“传递为纲”的认知价值、“守恒定律”的哲学根基,以及“场流协同”所蕴含的系统思维,进而提出“场流信息”作为化工学科在数字化智能化时代的范式拓展——它将物理场、物质流与信息流纳入统一框架,实现从“描述与设计”到“感知与调控”的跃升。这一演进不是对经典的否定,而是对学科本质的更深层回归。

关键词:场流信息;三传一反;传递现象;范式演进;化工学科

中图分类号:TQ01 **文献标识码:**A

DOI: 10.16355/j.tyut.1007-9432.20260313

文章编号:1007-9432(2026)03-0443-03

闻道有先后,术业有专攻,如是而已!

化学工程,这门源于人类对物质转化古老渴望的学科,其核心命题始终如一:如何实现物质与能量的高效定向转化?百年来,一代代化工人以不同的语言回答这个问题——从“单元操作”到“传递现象”^[1],从“三传一反”到“产品工程”,学科的话语体系不断演进,而那份对“道”的追寻,从未停歇。

2019年,朱世平院士在《化工学报》发表《化工之歌》^[2],以歌谣形式勾勒化工学科的宏大图景,在严谨的学术殿堂中完成了一次“学科咏叹”。受此启发,笔者结合数十年《传递现象》教学体悟,亦作《传递之歌》^[3],试图以更凝练的语言,触及化工学科最为核心的“筋骨”——传递理论。而今,当数字化浪潮席卷工业界,“智慧化工”“数字孪生”成为热词,一个更深层的问题浮现:化工学科的下一个“里程碑”何在?

窃以为,“场流信息”或可成为一扇眺望未来的窗口。

一、“三传一反”:化工学科的“魂”与“纲”

“三传一反,化工之魂;传递为纲,纲举目张。”《传递之歌》精简版开篇十六字,试图回答一个根本问题:化工学科的“统一场”在哪里?

化学工程区别于其他工程的“身份密码”,正在

于“三传一反”。热力学划定过程的平衡极限,动力学决定过程的实现速率,而“三传”——动量传递、热量传递、质量传递则是连接二者的桥梁。在精馏塔中,塔板效率实则由气液两相传质速率与上升蒸汽的流体力学行为共同决定;在聚合反应器中,搅拌带来的动量传递、夹套冷却的热量传递、单体向增长链的质量传递,三者耦合决定了反应器的最终性能。抓住“传递”这一主线,反应工程、过程控制、设备设计等环节便自然贯通。

这便是“传递为纲”的认知价值:它主张以物理过程为最基础的认知单元,将千变万化的工艺抽象为有限种类传递机制的组合与耦合。从特殊到普遍,从经验到科学,这一跃迁正是化工学科成熟的标志。

而更深层的哲学意涵,藏在“现象本质,定律守恒”八个字中。无论现象多么复杂——湍流、多相流、伴有化学反应的传递,其描述都必须严格服从质量、动量、能量三大守恒定律。这些守恒定律以微分方程的形式,构成了所有传递过程的“宪法”。《传递现象》之所以被称为化工的“哲学”,正在于它教会我们:一切纷繁现象背后,皆有简洁统一的规律可循。

二、“场流协同”:从经典到前沿的思想接口

如果说“三传一反”奠定了化工学科的基石,那

么“场流协同”则指向了当代过程工程的核心前沿。

“场”与“流”构成一对辩证统一:温度场、浓度场、速度场描述了物理量的空间分布状态,是“流”产生的驱动势;而“流”的形态与强度,又通过对流效应重塑“场”的分布。二者动态耦合、相互反馈,构成复杂系统的内在机理。以催化固定床反应器的“热点”问题为例:反应放热形成局部高温场,高温加速反应,进一步强化放热;同时,反应物浓度场因消耗而演变,流速场则影响着热量和反应物的输送速率。安全高效的设计,必须协同考虑多个“场”与“流”的相互作用。

“源汇交错”则点明化工系统的非平衡本质。化学反应、相变、电化学过程,在系统中扮演着物质与能量的“源”或“汇”。传递过程的任务,正是在“源”与“汇”之间构建高效、可控的输运网络。锂离子电池中,锂离子在电极材料中的扩散是连接负极(脱锂源)与正极(嵌锂汇)的关键,而此过程又与电势场、温度场紧密耦合,决定了电池的功率与寿命。

“场流协同”的思想,为理解更复杂的系统提供了接口。当化工向材料、电子、生物等领域深度渗透,新的“传递”维度自然浮现——电荷的传递、分子链构象的传递、甚至信息的传递。“三传”范式在这些新领域上的逻辑延伸,恰恰印证了其普适性与开放性。

三、“场流信息”:数字化时代的范式拓展

然而,经典范式仍有其边界。传统“三传一反”的核心目标在于对过程进行准确描述与基于模型的设计,这对应了《传递之歌》中“精算过程速率”的理想。但随着工业系统复杂性剧增——生物制药的个性化生产、能源系统的波动性接入、社会对过程柔性、智能性的极限追求,静态的、离线的设计已显不足。未来的化工系统必须是自适应、可预测、能决策的。

这一跃迁,要求我们在物理的“场”与“流”之外,正式引入并统领“信息”这一维度。

“场流信息”(Field-Flow-Information)并非对“三传一反”的替代,而是其在数字智能时代的范式拓展。它试图构建一个统一框架。

“场”是多物理势的数字化映射。超越传统的温度场、浓度场、速度场,扩展到微观分子力场、介观结构应力场,乃至经济成本场、环境影响场。其核心特征是全域、实时、高保真的数字化——通过传感器网络与物理模型融合,形成过程的“数字孪

生体”。

“流”是物质、能量与信息的共输运载体。它不仅是传统意义上的物料流与能量流,更是信息流的物理承载。在智能催化剂中,反应物的“流”不仅传递物质,其与活性位点相互作用产生的局部电子结构、温度瞬变等微观信息,可通过嵌入的传感单元实时反馈,形成闭环调控。

“信息”是这一新范式的核心纽带与驱动要素。它包含三个层次:状态信息——从“场”与“流”中实时感知的特征数据;机制信息——蕴含在分子结构、反应路径、传递系数中的知识;决策信息——基于状态与机制信息生成的优化调控指令。信息贯穿始终:揭示“场”“流”耦合机理(认知),预测其演化(预测),并主动施加干预以达成目标(控制)。

《传递之歌》扩展版中的“计算时空信息”“实时虚拟现实,数字信息化工”,恰是对这一图景的朴素预想。

四、从“分科而治”到“系统贯通”:教学范式的反思

“场流信息”框架的提出,亦源于教学实践的深层困惑。

传统教学中,《化工传递》与《分离工程》往往分而治之,前者侧重传递机理,后者侧重设备设计。这种分科模式割裂了工程问题的整体性,使学生陷入“学传递不知所用,学分离不明其理”的认知困境。殊不知,无论是炼油厂的精馏塔,还是生物制药的膜分离装置,本质上都是利用动量、热量、质量传递的耦合作用,打破混合物的均相状态,实现目标组分的提纯。将“兵法”与“战术”分而教之,犹如只见树木不见森林。

“传递是手段,分离是目的”——这一学科本质的再认知,呼唤一种更具贯通性的教学范式。“场流信息”框架恰可为此提供思想工具:它教导学生,不能孤立地看待温度、浓度或流速,而必须关注它们之间的耦合与反馈;它提醒教师,在传授公式与定律的同时,更应传递学科的哲学之美与系统思维之力。

《传递之歌》在教学实践中的价值,正在于此。它让学生看到的,不仅是需要征服的知识高峰,更是这片学术山脉的壮丽风景与攀登的内在乐趣。当一届届学生带着“场流协同”的思维走向更广阔的专业领域,他们所带走的,远不止于传递现象的具体知识,更是一种属于化工工程师的、独特的认

知世界的方式。

五、结语：歌未止，学无涯

值此收尾之际，不妨将新近完成的《化工传递赋》全文呈现于此，以彰传递之学在化工学科中的根基地位，亦以古雅之辞与《传递之歌》相映成趣：

化工传递赋

混沌肇始，熵流奔涌；乾坤轮转，守恒为宗。

动量湍旋拓八极，能量辐辏贯长空，质量弥纶通万有，三传鼎立铸化工。

观其象：

纳维-斯托克斯取流形，傅里叶定律摄热踪，菲克方程詮扩散，本构方程锁蛟龙。

张量纵横析万象，场论经纬织九重，偏微分锋剖玄奥，无量纲数贯始终。

昔者管输流态迷离，今以雷诺数破雾；畴昔精馏塔影朦胧，终借舍伍德明瞳。

微元体摄守恒魂，边界层藏造化功，相似论解天人之际，量纲法叩寰宇之穹。

湍流岂畏混沌？统计力学缚苍龙；多相何惧交缠？渗透模型贯白虹。

至若反应器中传质限速，燃料电池内离子驰骋，超临界流态幻化，微反应器星汉峥嵘——凡此种种，皆以传递为剑，守恒为锋，数学为刃，思维为弓。

遂使：千吨级装置可掌于方寸，纳米级传递能控于股肱，此乃化工之道，亦为万物之通！

嗟乎！传者，承天地之律；递者，启智慧之蒙。

纵他日江湖路远，莫忘这三传真谛：

万物流动处，皆是守恒中！

此赋以雄浑古韵，将传递之精义、守恒之根基、三传之鼎立、场流之纵横，尽收于数百言中。其中“以传递思维观照万物运行之道——盖因化工之

妙，终在守恒与演化间见天地之心”一句，尤能道破传递现象课程的终极关怀。“天地为炉兮，造化为工；阴阳为炭兮，万物为铜”^[4]，化工之伟力，固然在于以“天地”为尺度设计工业系统；而其智慧之精髓，却始终在于深刻体察并顺应那至精至微的“造化”之功——守恒律是天地运行的常道，演化则是万物变迁的变局，化工之妙，正在于常与变之间寻求平衡与突破。当我们谈论“场流信息”时，本质上正是试图以信息为媒，在守恒的框架内驾驭演化的复杂性，于动态中见天地之心。

从“三传一反”到“场流信息”，是从以守恒律为根基的经典决定论范式，迈向以“守恒律+信息论+控制论”为支柱的智能系统范式的深刻演进。这一演进，不是对经典的否定，而是对学科本质的更深层回归。

《传递之歌》的价值，正在于它以开放的结构和前瞻的词汇，为这一演进铺设了思想的阶梯。而《化工传递赋》则以古典辞章的雄浑气韵，为这份思想注入了文化的血脉与诗性的光芒。二者一歌一赋，一今一古，共同构成了理解化工学科的复调叙事。

歌，永未止。学，亦无涯。

传递之歌(精简版)	化工传递之歌(扩展版)
三传一反，化工之魂； 传递为纲，纲举目张。 速率通量，时空信息； 现象本质，定律守恒。 场流协同，源汇交错； 只此传递，造化为工。	化工学科基础，数理化生材料；热力平衡极限，动力三传一反；分子微观宏观，现象本质守恒。标量矢量张量，梯度散度旋度；偏导全导随导，向量微分算符；数学物理模型，计算时空信息。三传唯象理论，通量浓度梯度；等温变温混合，出入稳态积累；扩散对流源汇，场流协同交错。实验理论模拟，工程数学结合；实时虚拟现实，数字信息化工；只此传递为纲，化工纲举目张。工艺单元传递，计算化学工程；流体连续介质，多尺多维多相；精算过程速率，天地造化为工。

后记：笔者曾以小词自况，“信手拈来一首词，曲高和寡笑我痴；字字珠玑传递赋，福音大道几人知？”然学术传承，贵在知音；若此小文能引一二同道共鸣，足矣。

参考文献：

- [1] Bird R B, Stewart W E, Lightfoot E N. Transport Phenomena[M]. 2nd ed. USA: John Wiley & Sons, 2002.
- [2] 朱世平. 化工之歌[J]. 化工学报, 2019, 70(9): 3611-3615.
- [3] 郝晓刚. 传递之歌：从“三传一反”到“场流信息”的学科咏叹[J]. 化工学报, 2026, 77(2): 1045-1054.
- [4] 贾谊(汉).《鹏鸟赋》[M]. 阎振兴, 钟夏. 新书校注. 北京: 中华书局, 2000: 46-48.