研究方向一

理论源流：扩散超构材料与新物理

From Transformation Thermotics to Programmable Diffusion

从设计热流路径，
到设计扩散的时空演化

几何变换 · 非线性响应 · 时空调控

2008 理论起点

变换热学：让热流绕行 [1]

利用稳态热传导方程的变换不变性，将空间映射写成非均匀、各向异性热导率，提出热隐身设计。

2012–14 领域进展

从稳态理论走向瞬态与实验 [2,6]

热容纳入变换规则，多层复合结构实现目标参数；粒子扩散与漫射光隐身推动设计对象超越热流。

2015–16 非线性响应

让材料随温度改变功能 [3,4]

温度依赖变换带来可切换热隐身与整流；温度捕获在给定环境梯度变化范围内维持目标温度。

2019 领域进展

扩散成为非厄米物理平台 [6,7]

对流与耗散耦合，在热扩散中实现反宇称–时间对称性；研究重心由场分布延伸到谱、例外点与相变。

2022 时空调制

从静态参数到动态有效耦合 [5]

时空调制产生热 Willis 耦合，将热流与温度变化率联系起来，实现可反转的非对称扩散。

2023–24 体系化

热、粒子与等离子体的统一视角 [6,7]

以扩散方程组织变换理论及其扩展，把材料器件、非互易输运、非厄米与拓扑联系到共同研究框架。

2025 几何与拓扑

拓展形状与输运态的设计空间 [8,9]

重标度保角变换兼顾多边形、各向同性与界面匹配；拓扑扩散综述系统连接热、粒子和等离子体输运。

2025–26 时域调控

把相变时刻变成可编程变量 [10]

动态调节材料性质与对流，控制时域反宇称–时间相变，使温度场前进、逆向移动或定点捕获。

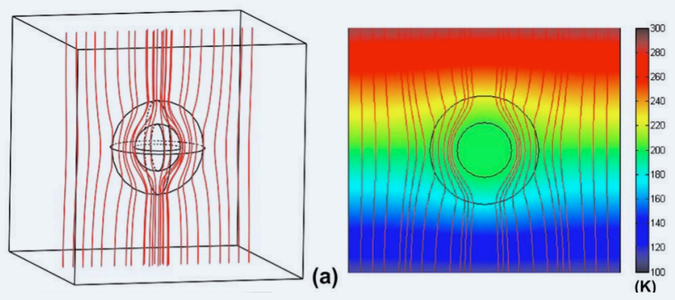
核心理论 · 热导率变换

$$\boldsymbol{\kappa}' = \frac{\mathbf{J}\boldsymbol{\kappa}\mathbf{J}^{\mathrm{T}}}{\det \mathbf{J}} \qquad J_{ij} = \frac{\partial x_i'}{\partial x_j}$$

雅可比矩阵

热传导方程在坐标变换下形式不变：把空间映射写成非均匀、各向异性的热导率，即可让热流按设计绕行。

几何 → 热导率 → 热流绕行 — APL · 2008

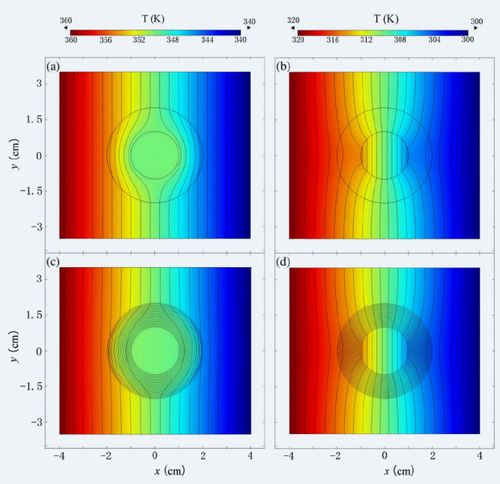


2008 · 变换热学原论文图 [1]

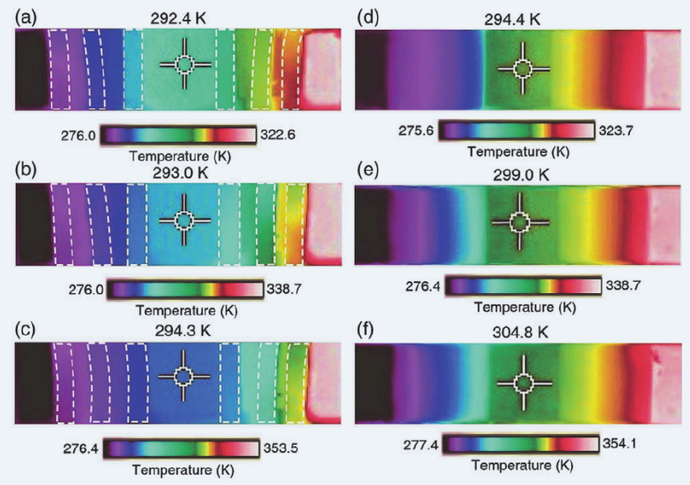


2012 · Science 新闻采访黄吉平（摘录）

温度响应 → 功能切换与捕获 — PRL · 2015 / 2016

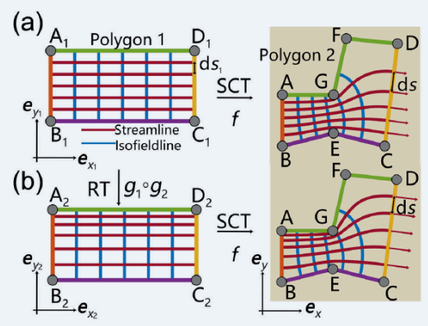


2015 · 温度触发热隐身开关 · Fig. 2 [3]



2016 · 温度捕获实验，与参考系统对照 · Fig. 3 [4]

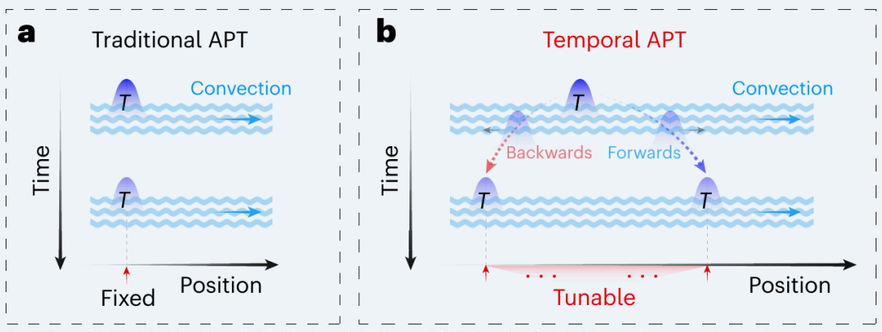
重标度 Schwarz–Christoffel 变换 — PRL · 2025



左：变换示意 Fig. 1a,b；右：温度场数值模拟 Fig. 2e,f [8]

上海理工大学近五年首篇 PRL

固定相态 → 可编程输运历史 — Nat. Phys. · 2026



从固定位置捕获到可调输运：前进、后退与定点捕获 · Fig. 1a,b [10]

上海理工大学
首篇第一单位
Nature Physics

[1] C. Z. Fan, **Appl. Phys. Lett.** 92, 251907 (2008).
[2] S. Yang, **Phys. Rep.** 908, 1–65 (2021).
[3] Y. Li, **Phys. Rev. Lett.** 115, 195503 (2015).
[4] X. Y. Shen, **Phys. Rev. Lett.** 117, 055501 (2016).
[5] L. J. Xu, **Phys. Rev. Lett.** 129, 155901 (2022).
[6] Z. R. Zhang, **Nat. Rev. Phys.** 5, 218–235 (2023).
[7] F. B. Yang, **Rev. Mod. Phys.** 96, 015002 (2024).
[8] P. F. Zhuang, **Phys. Rev. Lett.** 135, 216901 (2025).
[9] Z. F. Liu, **Chem. Rev.** 125, 8655–8730 (2025).
[10] P. Jin, **Nat. Phys.** 22, 195–201 (2026).