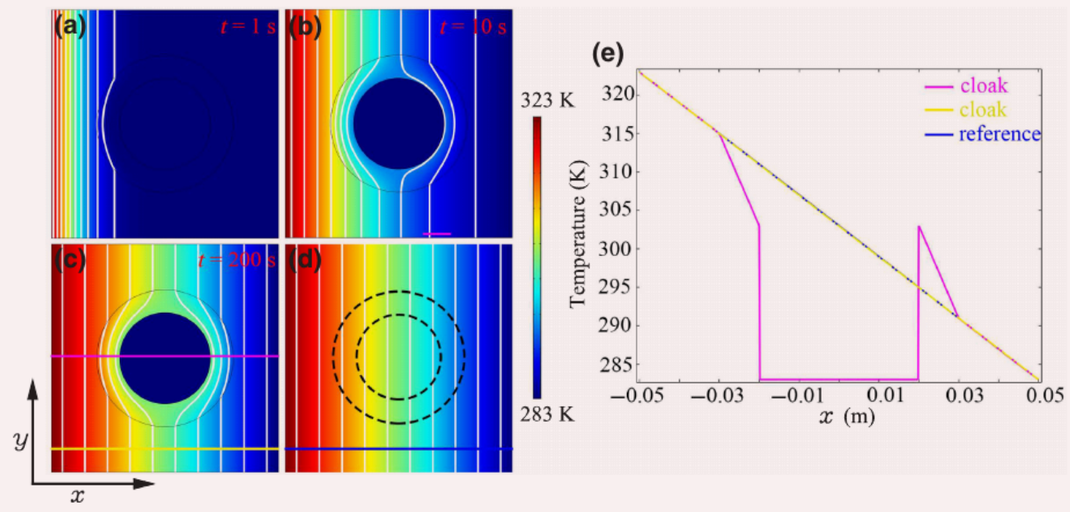
研究方向三

# 扩散功能设计与热能调控

Diffusion Metadevices, Thermal Storage & Energy Conversion

**以时空参数与结构设计拓展热调控**

从动态变换与界面匹配，到冷热源协同与仿生双通道，连接物理机制、器件实现与性能对照。




1、10、200 s 温度场与剖面对照 · Fig. 2 [1]

时空变换器件 · 理论与数值 · 2022

## 把时变参数纳入变换热学

针对传统变换设计难以处理动态材料参数的问题，推导**时变热导率与体积热容的变换规则**，把时空调制引入热隐身、聚集与旋转。以波状调制为例，数值比较不同时间的温度场及剖面：热流绕开核心，外部场接近参考场；动态参数进一步提供非对称调控的自由度。

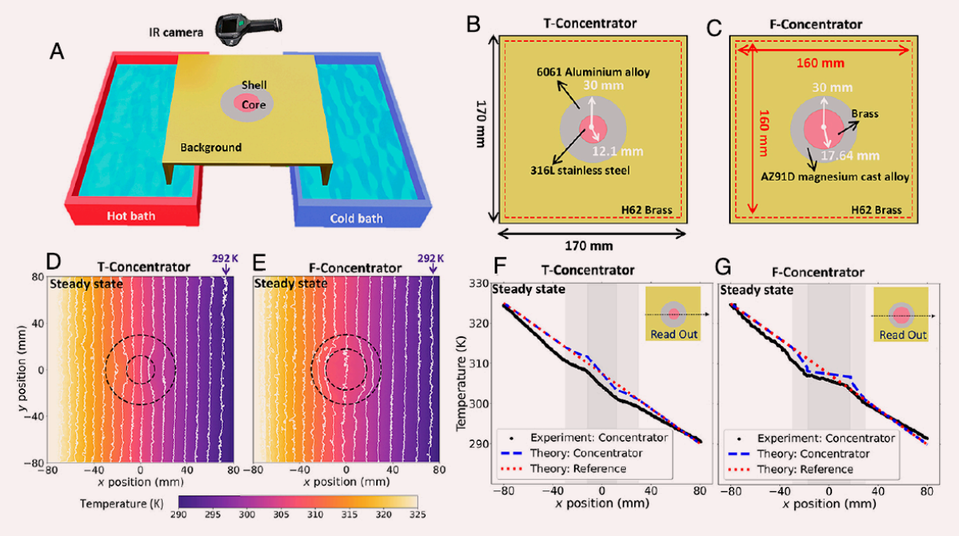
**理论贡献：**将空间变换推广到动态热参数设计；图示为理论与数值验证。

瞬态扩散器件 · 实验验证 · 2025

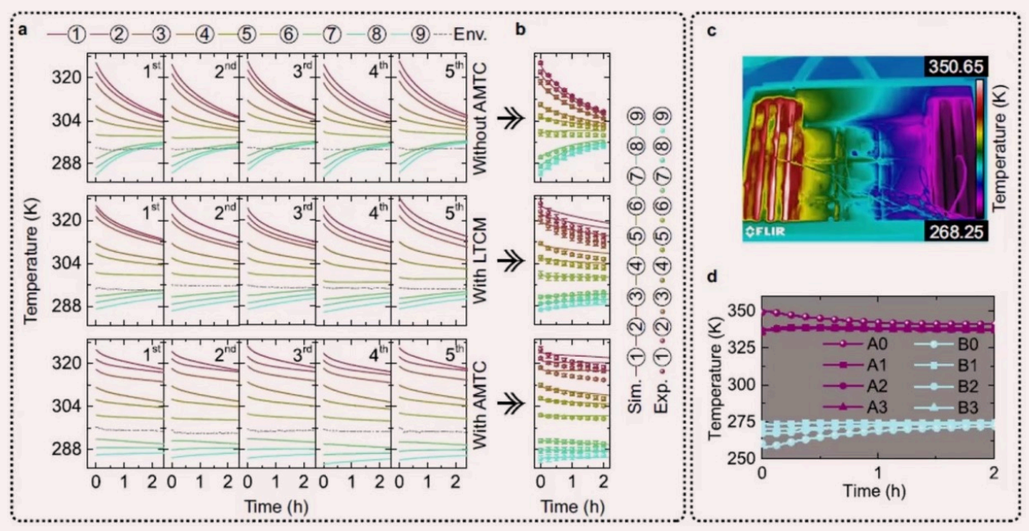
## 各向同性材料，调控瞬态扩散

以**伪共形映射同时保持材料各向同性与多区域界面匹配**，在核心调节温度梯度或热通量，并减少对外部场的扰动。核—壳—背景结构采用常见金属，实验检验稳态和瞬态导热；理论与数值进一步推广至辐射—导热、对流—导热和热电耦合体系。

**设计要点：**梯度增强与热通量增强分别设计；瞬态还需匹配热容，实验采用近似实现。




实验装置、金属组合与温度场 · 原论文 Fig. 6A–G [2]




五轮循环对照及红外温度场 [3]

相变储热 · 多温区实验 · 2023

## 一对冷热源，维持多个温区

以**硬脂酸与水的相变**提供一对稳定的冷热源，再设计导热及结构参数，在两端之间形成多个目标温区。把区间热交换转化为可利用的控温条件，减少对“每个温区配一种匹配相变温度材料”的依赖。容器实验通过五轮循环与红外测温检验多温区维持效果。

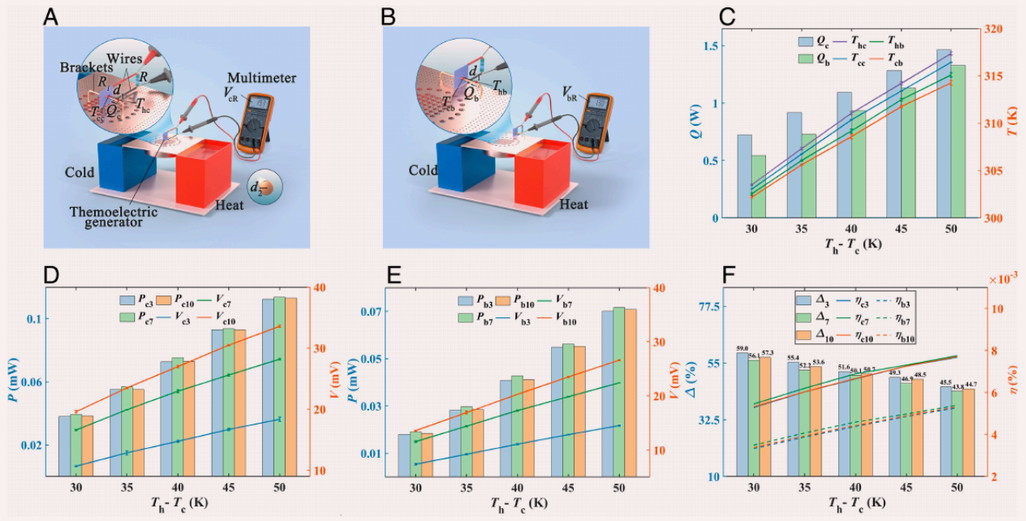
**性能对照：**论文报告两小时内温度变化为 0.14–2.05%；以热流分配实现多温区协同控温。

仿生梯度调节 · 热电实验 · 2025

## 仿生双通道，提升热电转换效率

借鉴剑龙背板，在平面基底上增加立起的环形结构，构成**双通道温度梯度调节器**。协同设计几何与导热率，在保持背景温度场的同时增强核心梯度。将同一热电模块分别接入核心区与背景区，测量输入热流与电功率，以宏观热流重分配提升转换效率。

**实验增益：**按电功率 / 输入热流计算效率，3 Ω 负载下相对提升最高 **59.0%**；为结构调控增益，非绝对效率。




装置与输入热流、输出功率、效率对照 · Fig. 6 [4]

[1] F. B. Yang, **Phys. Rev. Appl.** 18, 034080 (2022).
[2] G. L. Dai, **PNAS** 122, e2511708122 (2025).
[3] X. C. Zhou, **Nat. Commun.** 14, 5449 (2023).
[4] H. H. Tan, **PNAS** 122, e2424421122 (2025).