



西安交通大学
XI'AN JIAOTONG UNIVERSITY

顶天立地，快乐科研

钱苏昕
2021年6月22日

中国制冷学会青年职业拓展论坛

个人简介



西安交通大学
XI'AN JIAOTONG UNIVERSITY

2018~至今
西安交通大学
能源与动力工程学院

副教授
中国科协青年人才托举工程



2016~2018
西安交通大学
能源与动力工程学院

讲师
博士后国际交流引进人才



2011~2015
马里兰大学
机械工程系

R. Radermacher 教授
Ann Wylie Dissertation Fellowship



2007~2011
清华大学
建筑技术科学系

刘晓华 教授, 石文星 教授



2019~至今
国际制冷学会IIR
B1专委会

青年委员



2019~至今
中科院宁波材料所

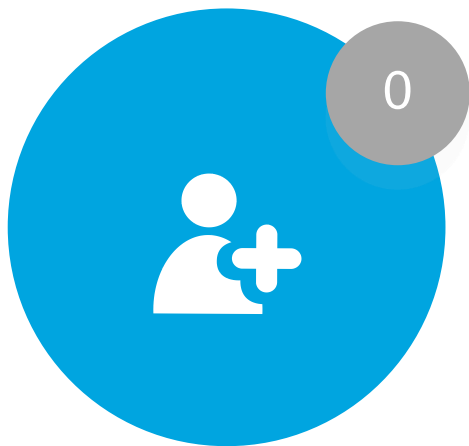
客座研究员



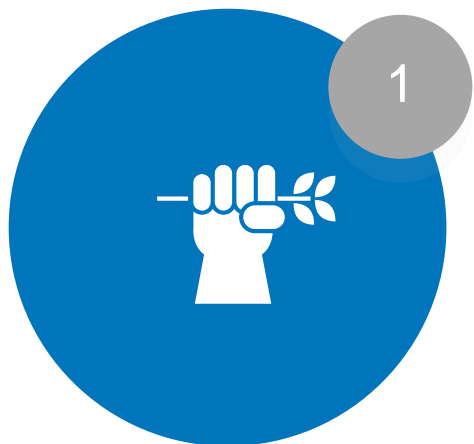
报告内容概要



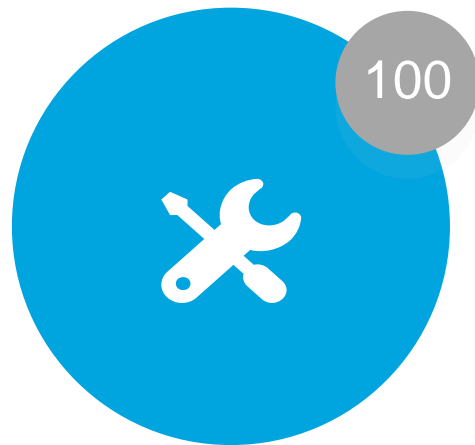
西安交通大学
XI'AN JIAOTONG UNIVERSITY



快乐科研：兴趣



顶天：学术前沿



立地：实际需求

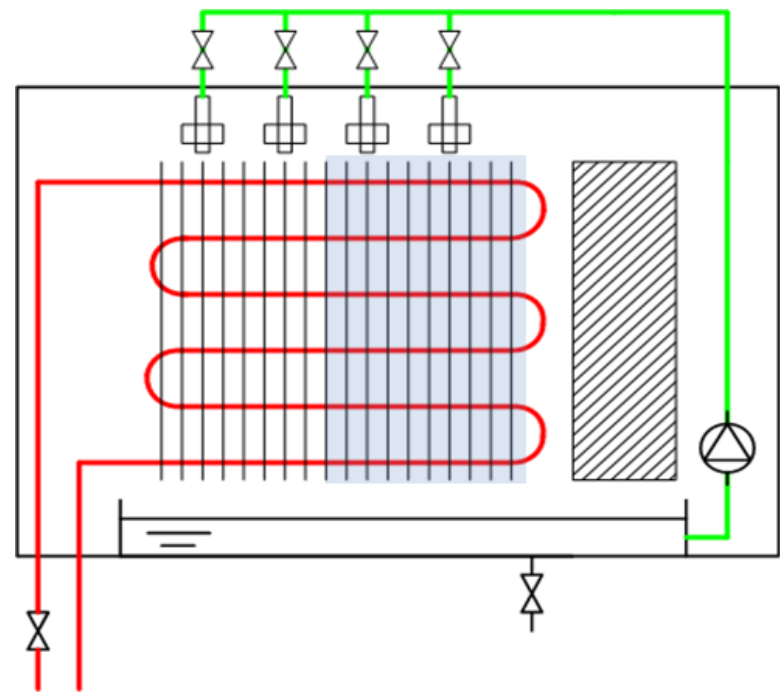
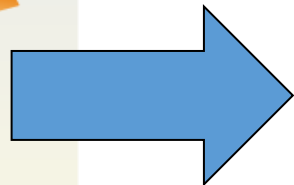
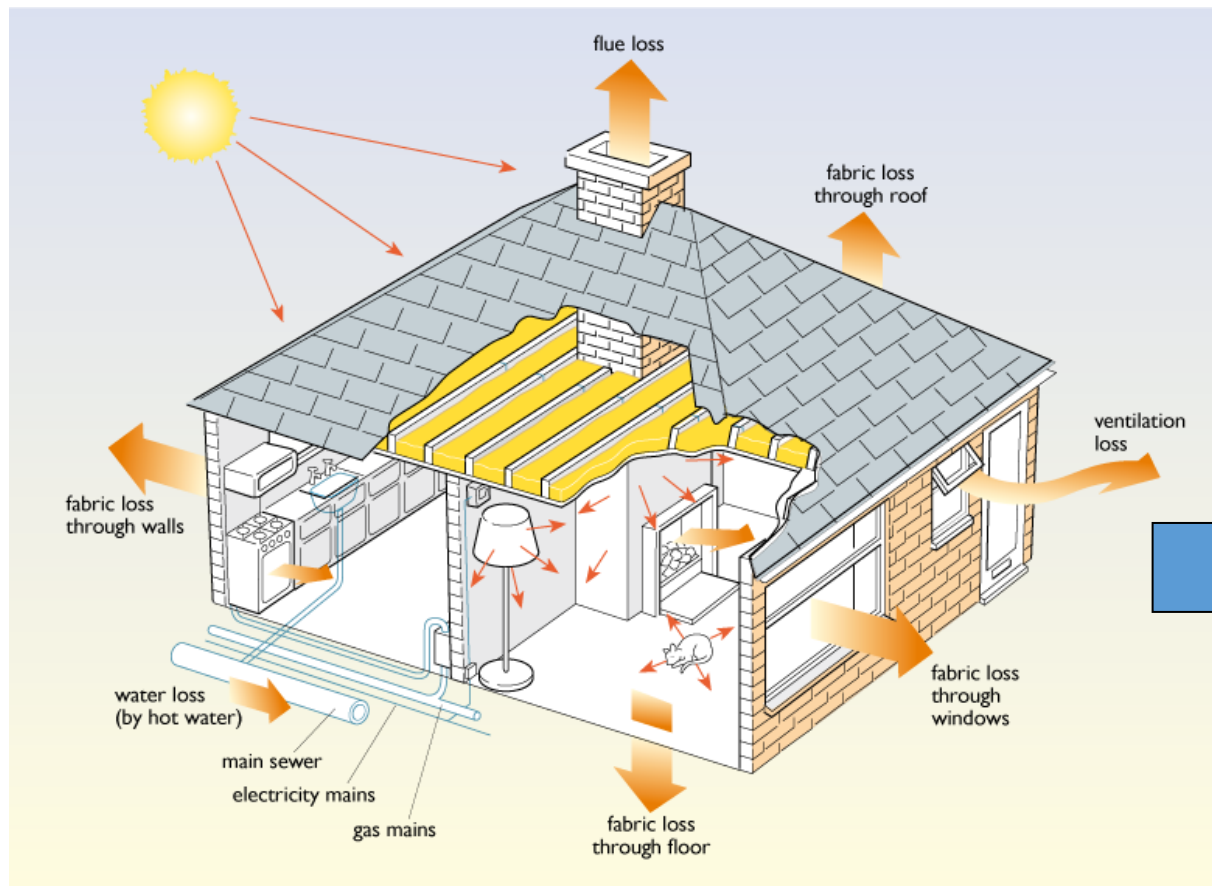
1. 从建环（系统）到制冷（设备）



西安交通大学
XI'AN JIAOTONG UNIVERSITY

建筑物理：室内光、热、湿、声、洁净度

制冷设备：如何高效环保的控温（湿）

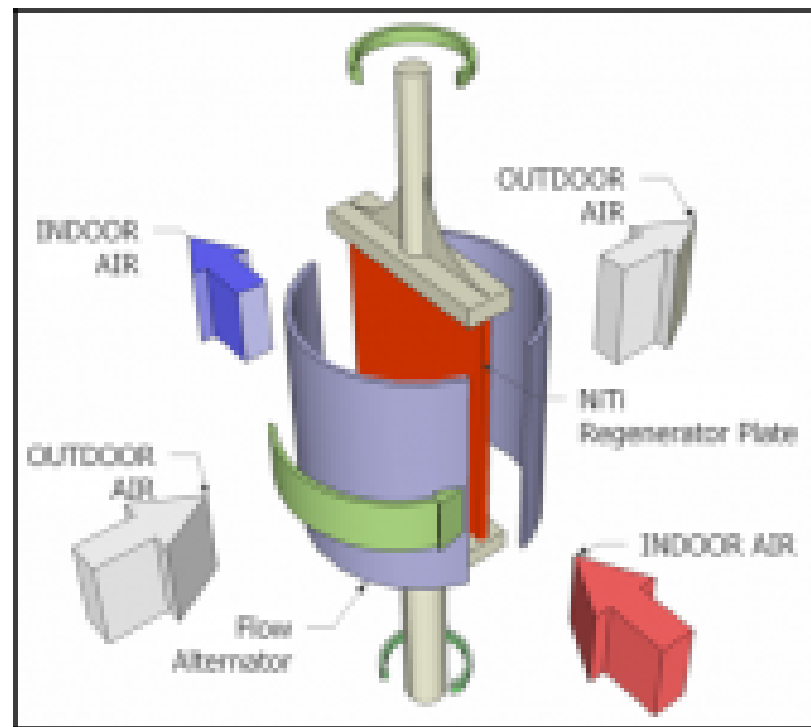
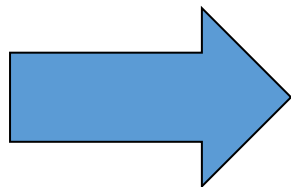


热泵喷淋加湿系统的热湿处理特性

1. 选择学术前沿：弹热制冷



西安交通大学
XI'AN JIAOTONG UNIVERSITY



2013.2: 变更为弹热制冷

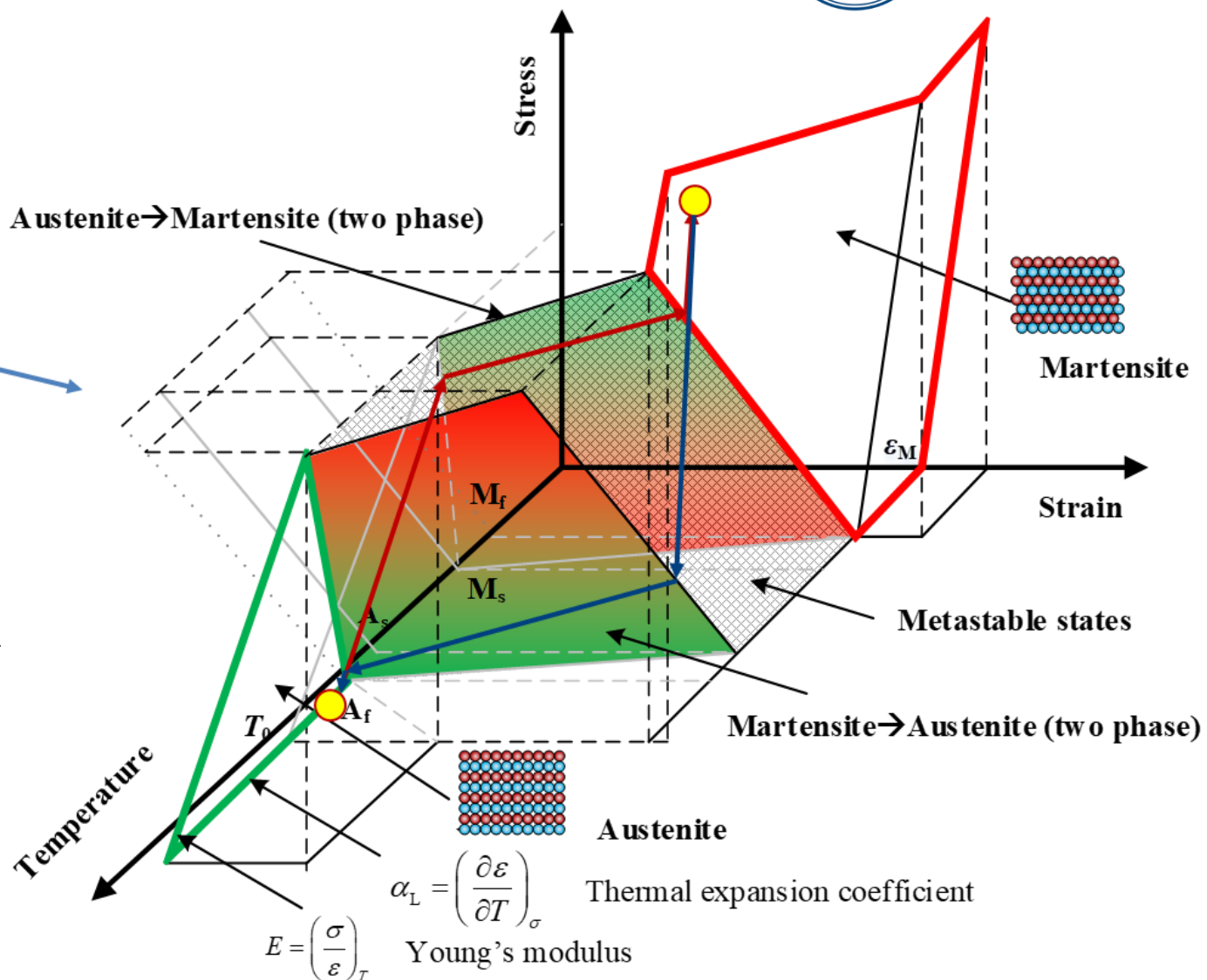
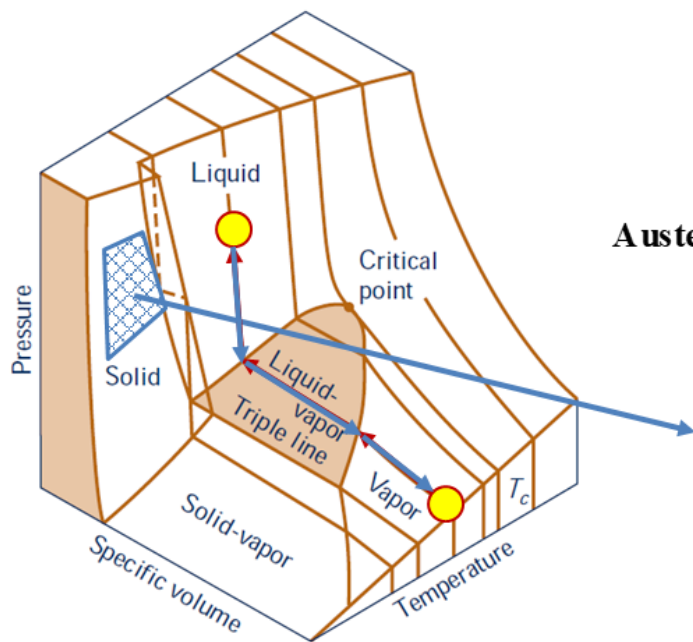
2011~2012: 基于吸附式制冷机的微型三联供系统

原定博士课题: 吸附式蓄热

多篇论文发表于Energy (一篇入选ESI高被引)

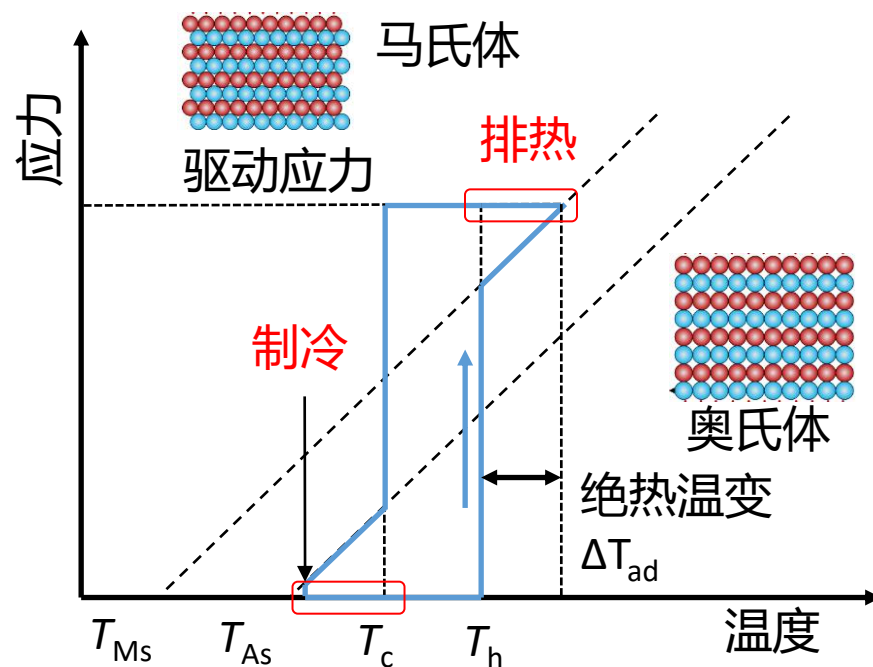
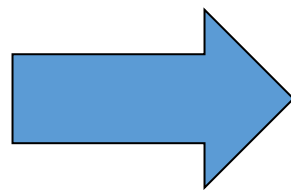
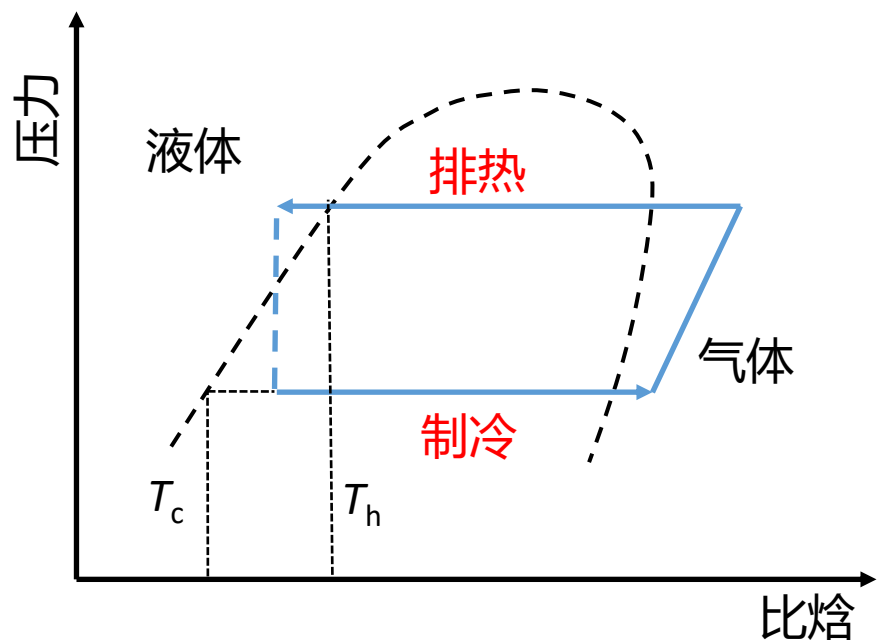


1. 学术前沿：贡献自己的力量



- 接手时现状：研究成果全部材料背景
- 贡献自己的特色：描述固-固相变的热力学相图

1. 学术前沿：贡献自己的力量



- 接手时现状：研究成果全部材料背景
- 贡献自己的特色：描述弹热制冷的“应力-温度”状态参数图

1. 学术前沿： 贡献自己的力量

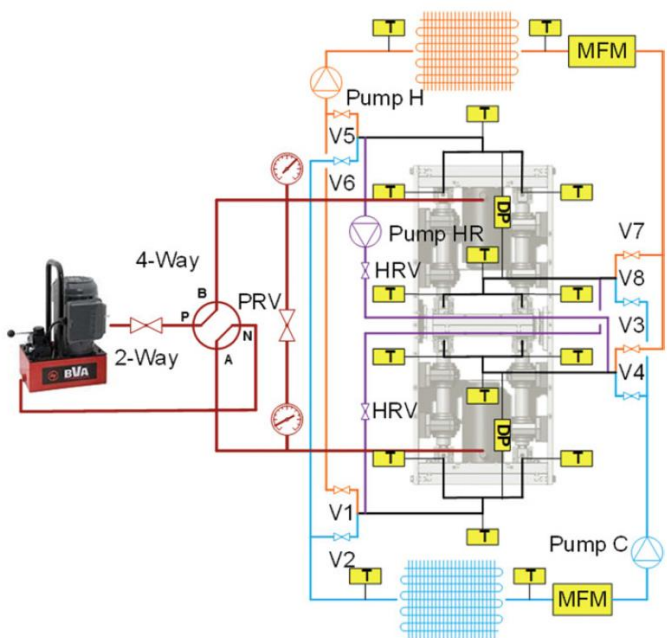


西安交通大学
XI'AN JIAOTONG UNIVERSITY

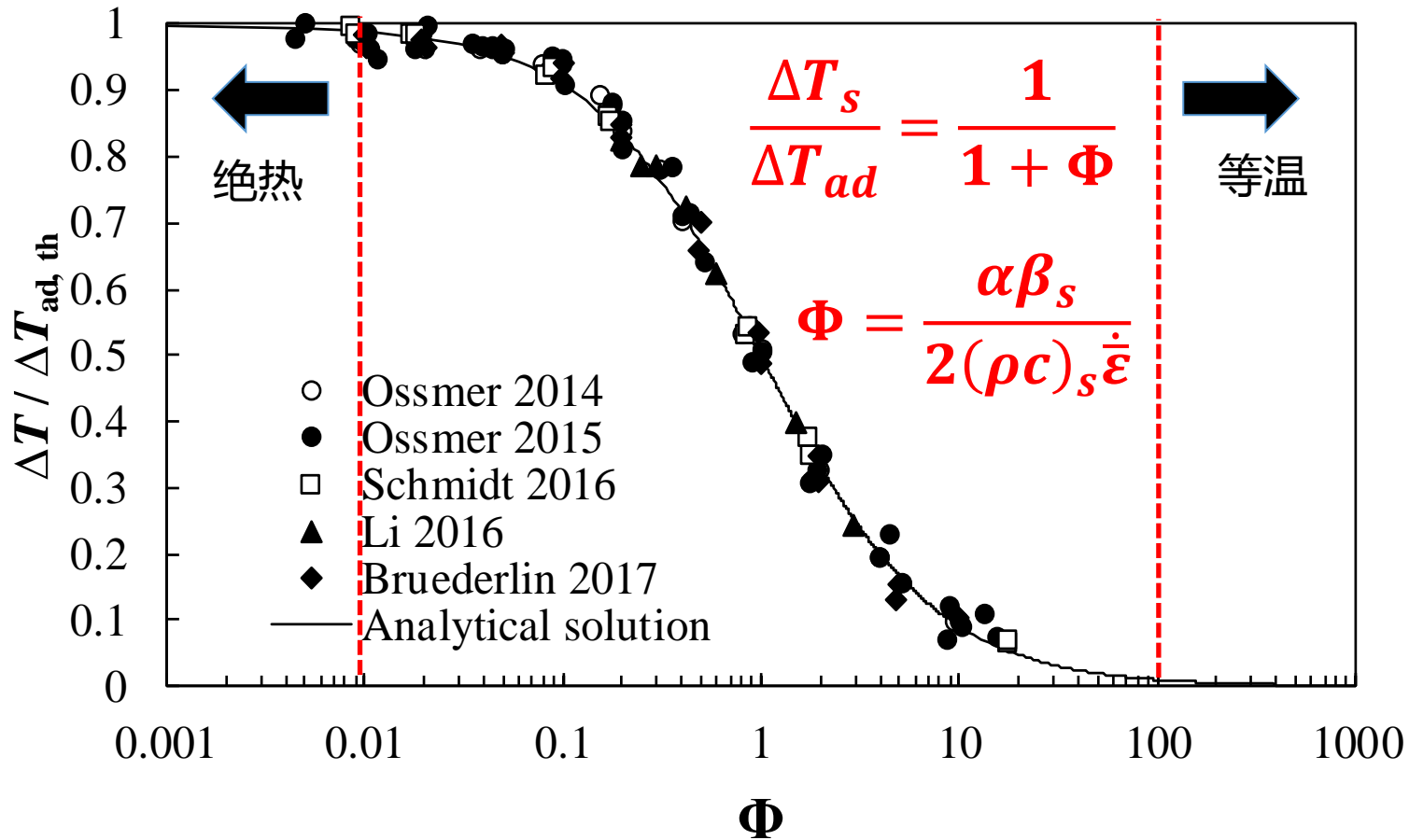


- 世界上首台（可工作的）弹热制冷原型机
- 首篇弹热制冷博士论文（获优秀博士学位论文奖）
- 导师Radermacher教授评语

“..., and would rank him amongst the **top five percent** in talent and productivity of the more than 100 graduate students that I have advised. Furthermore, he conducted the **best dissertation defense** that I have attended over my long career.”



学术前沿：学科交叉（物理）

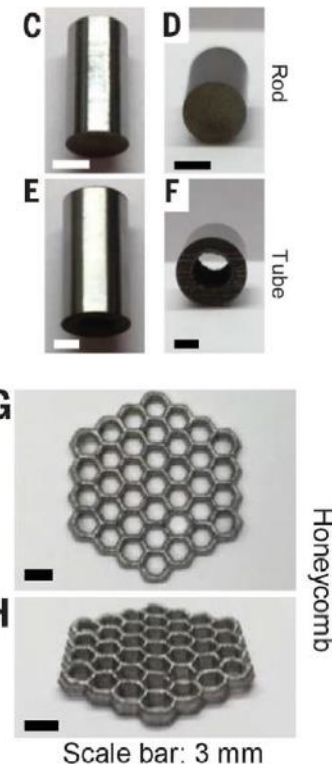
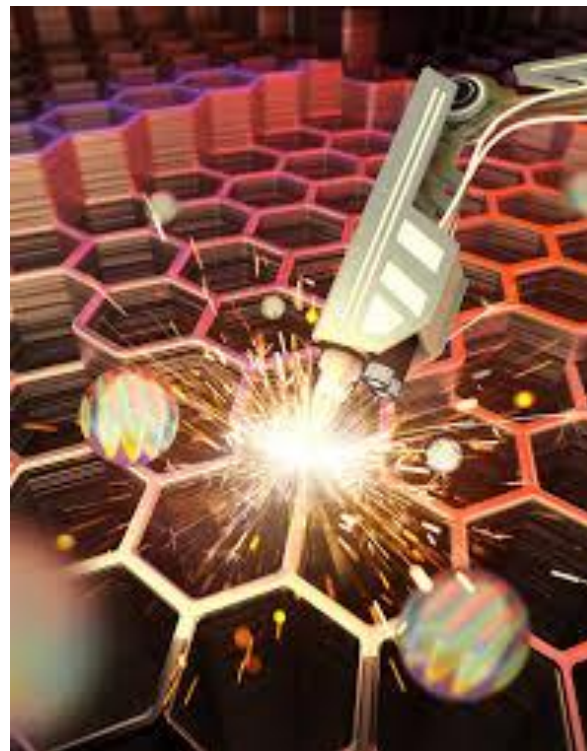
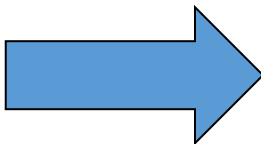


- 无量纲准则数 Φ 物理意义：传热速率与相变速率的比值
- 应用： ΔT_{ad} 的间接测量

1. 学术前沿：学科交叉（材料）



$$COP_{mat} = COP_{carnot} \Phi_{mat}$$



$$COP_{system} = COP_{carnot} \Phi_{mat} \Phi_{sys}$$

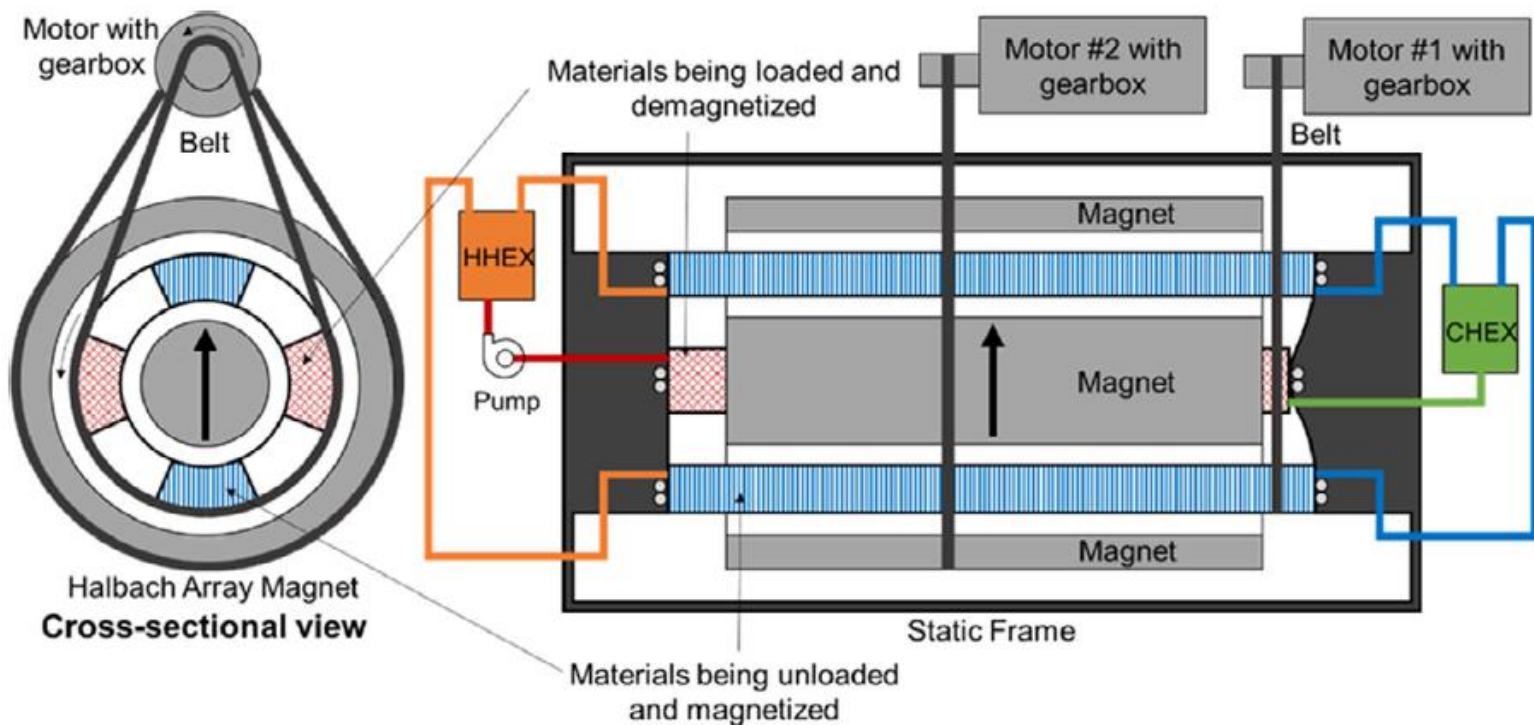
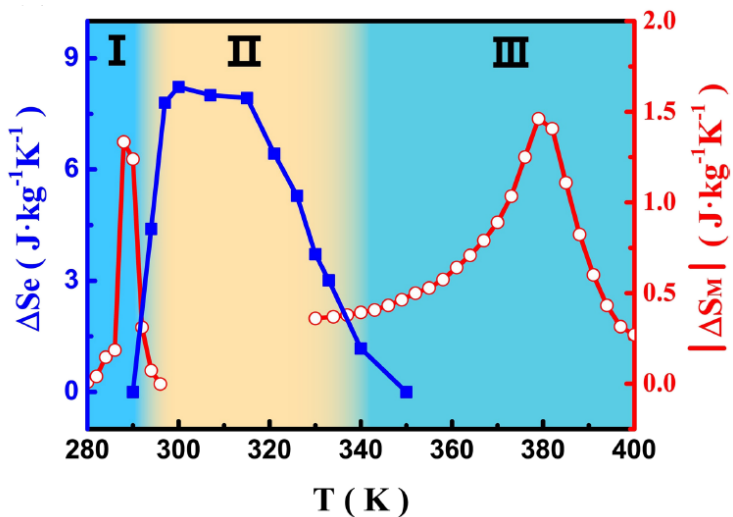
$$COP_{carnot} = \frac{T_c}{\Delta T_{lift}} \equiv \frac{T_c}{T_h - T_c}$$

- 描述材料层级制冷效率的物理量： COP_{mat}
- 应用于3D打印合金制冷性能表征： COP_{mat} 提升4倍

Qian et al. 2016. Int. J. Refrigeration. 62: 177-192. (ESI高被引)

Hou et al. 2019. Science. 366:1116-21.

1. 学术前沿：取长补短，发挥优势



- 多种Caloric Effect协同制冷：原理→制冷机

1. 学术前沿：坐好冷板凳

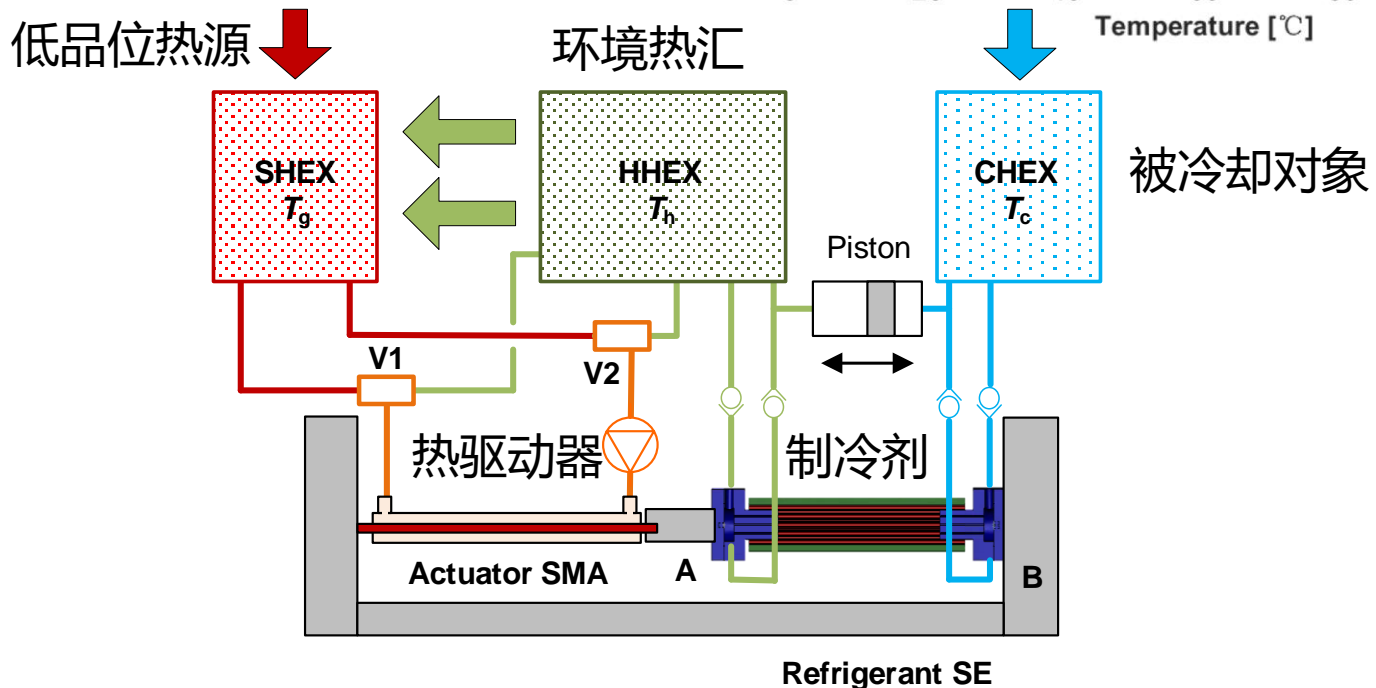
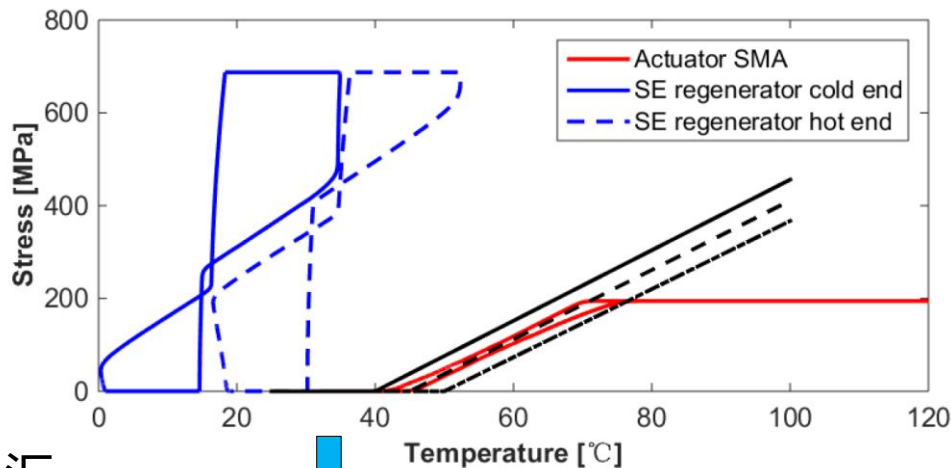


电驱动弹热制冷



热驱动弹热制冷

°C



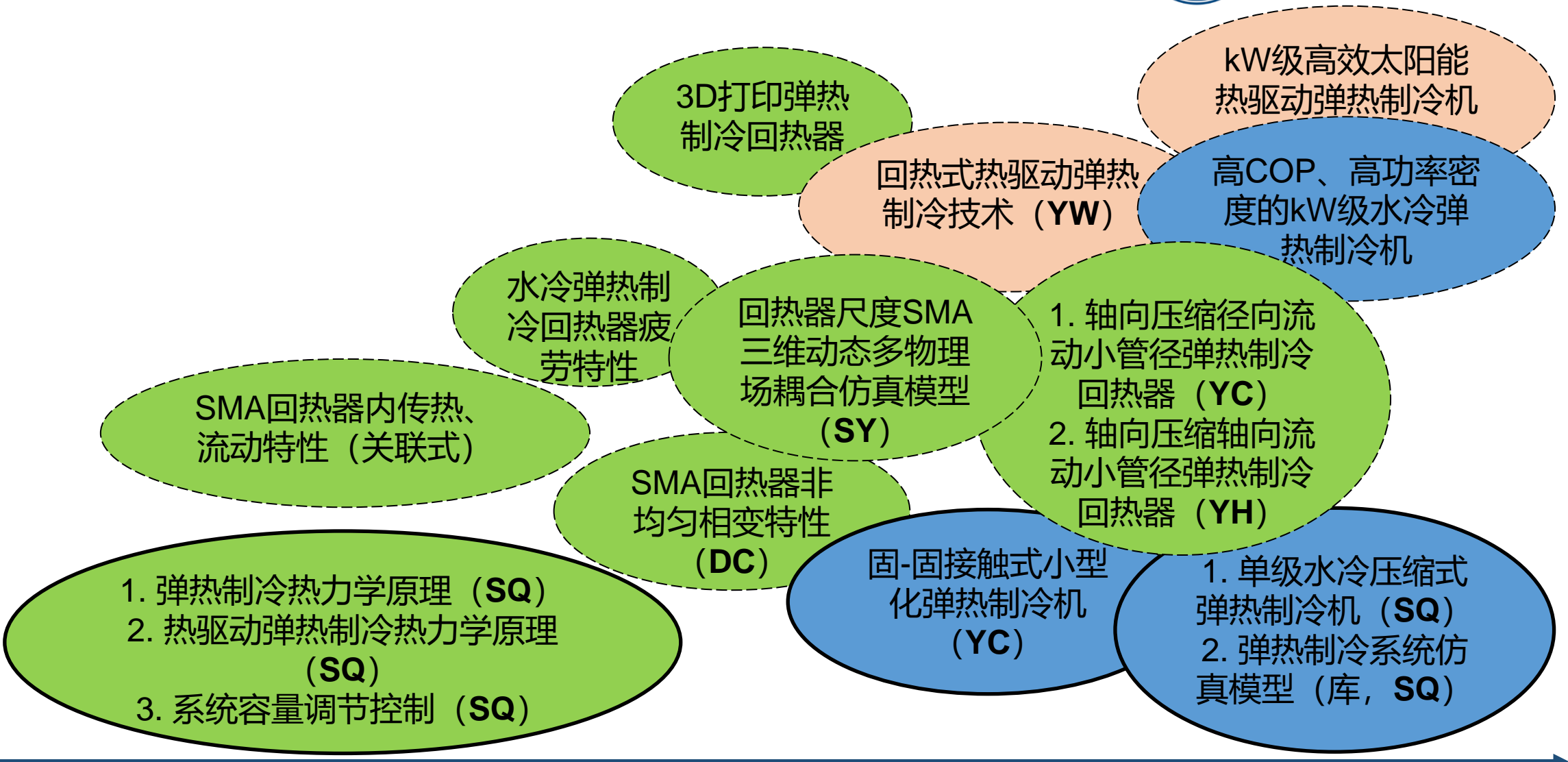
- 60°C热驱动, COP~0.4
- 100°C热驱动, COP~1

该方向多篇论文发表于Appl. Energy、Energy等期刊

1. 学术前沿：长期发展规划



难度



重要性

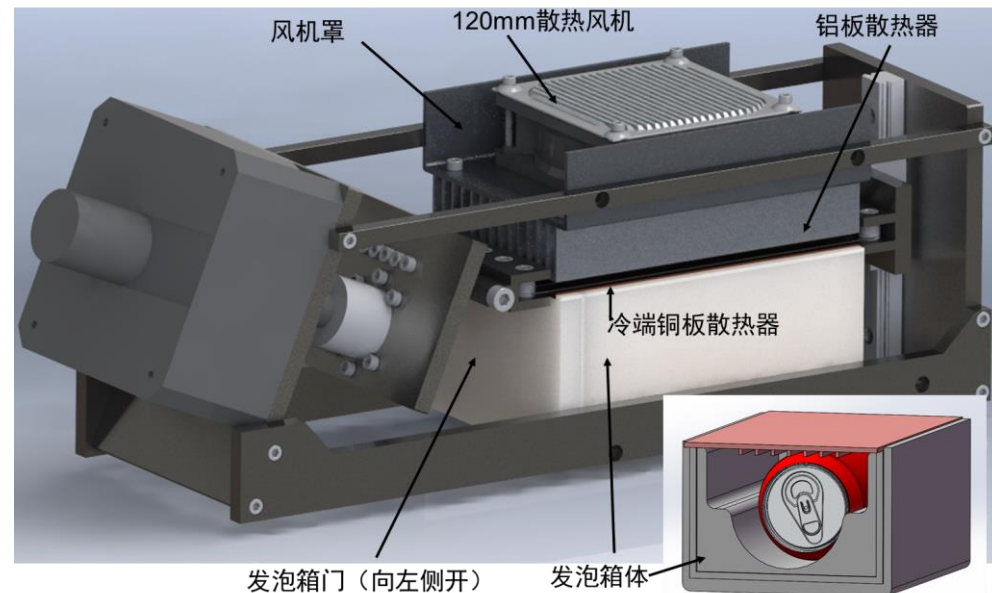
1. 学术前沿：科研兴趣的传承



西安交通大学
XI'AN JIAOTONG UNIVERSITY



王尧 (博2020级)



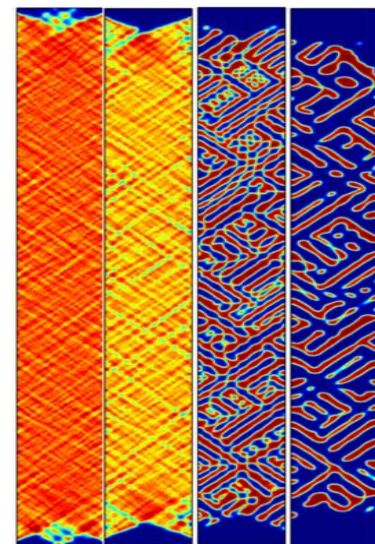
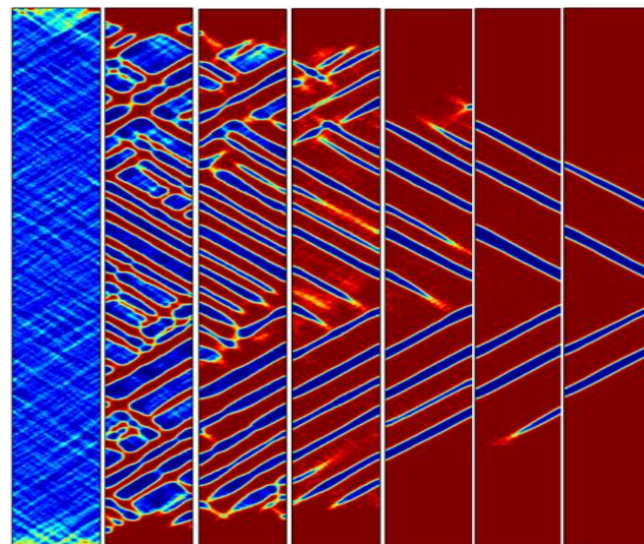
陈炎亮 (硕2020级)



姚思佳 (硕2021级)



吴雨娇 (硕2021级)



本科毕设6人

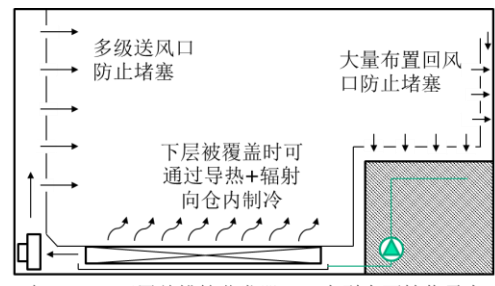
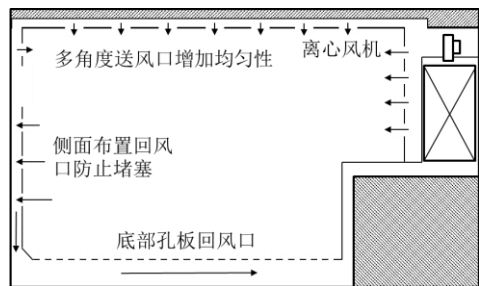
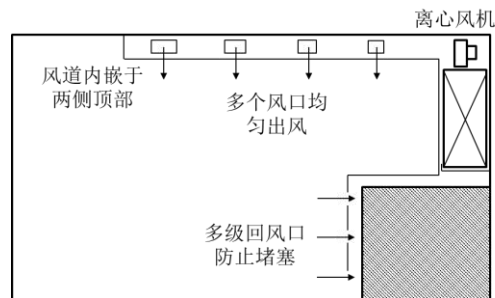
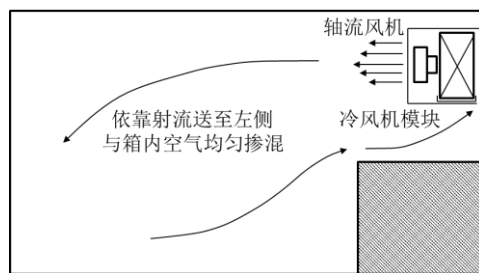
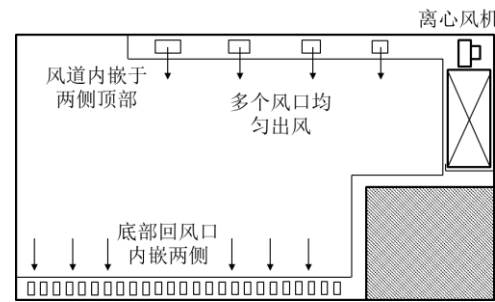
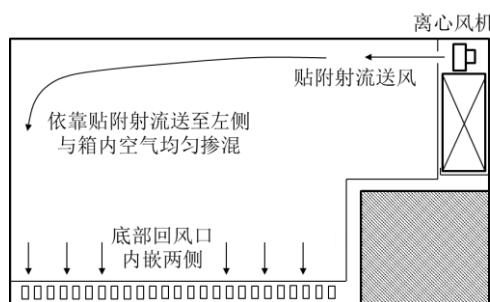
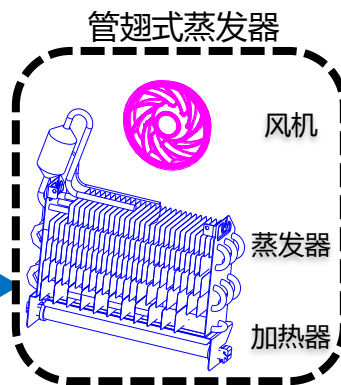
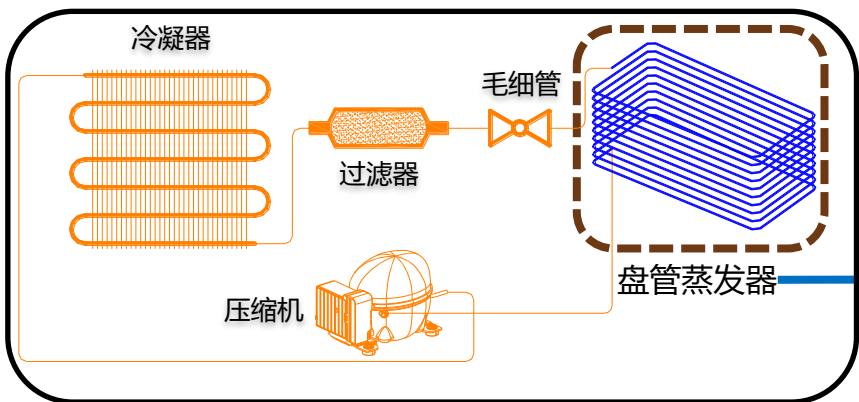
2. 前沿到工程：初次尝试



需求

卧式直冷冷冻柜 → 卧式风冷冷冻柜

贴附射流 + 立体小风量均匀送风



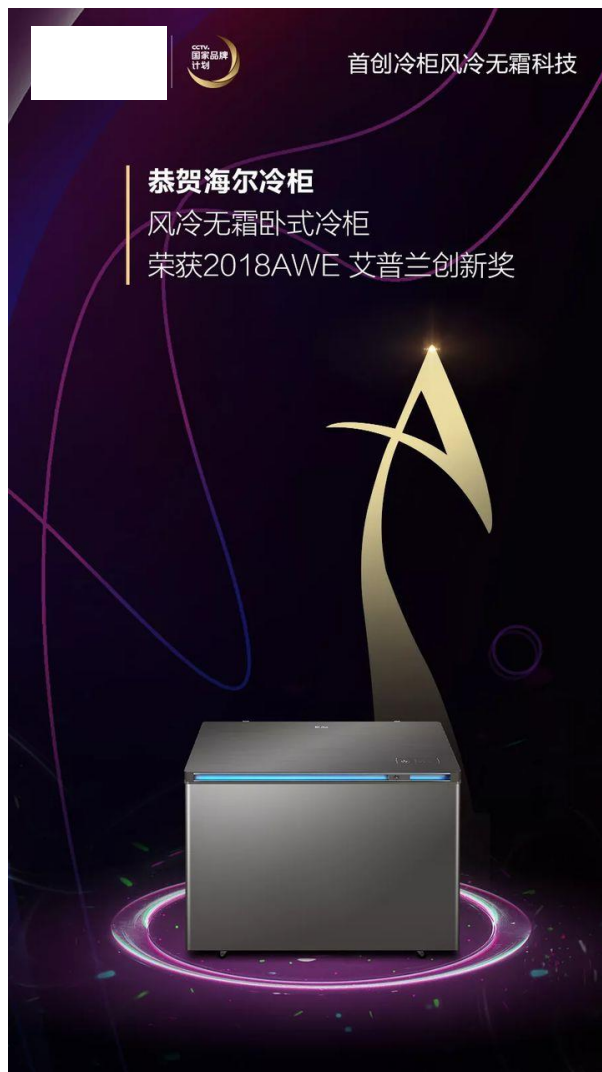
2. 前沿到工程：初次尝试



西安交通大学
XI'AN JIAOTONG UNIVERSITY



- 280L容积内 $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ 温度均匀性
- 联合申请6项发明专利
- 国内市场首款卧式风冷冷藏冷冻柜，两个型号的系列产品



科学技术成果鉴定证书

中轻联科鉴字[2017]第 085 号

成果名称：立体射流风冷无霜技术在卧式冷冻箱（柜）上的应用

完成单位：[Redacted]

鉴定形式：会议
组织鉴定单位：中国轻工业联合会（盖章）
鉴定日期：2017年9月28日
鉴定批准日期：2017年9月29日

国家科学技术委员会
一九九四年制

“国际领先”

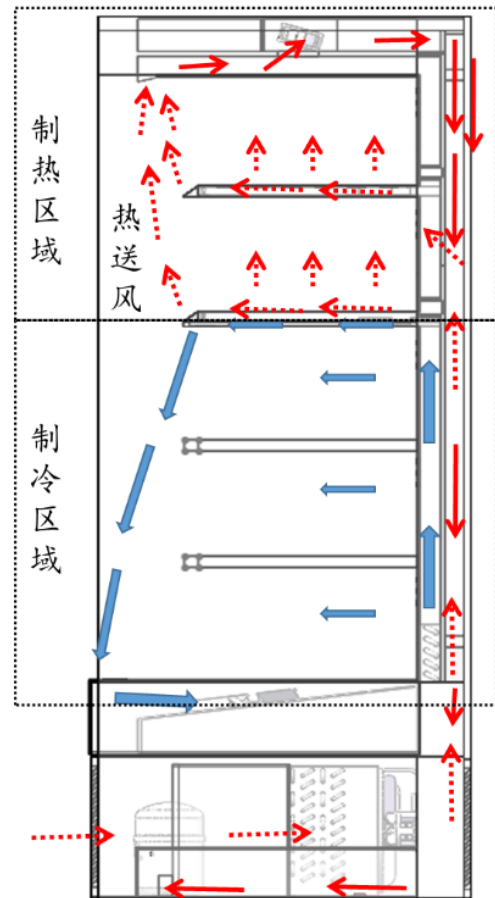
2. 工程需求：节能与环保



- 三股气流的立体风道
- 回收冷凝热的风冷冷凝器结构
- HFC→HC的高冷凝压力制冷系统设计
- 单制冷系统冷、热变负荷调节方法



同时提供双温，能耗降低50%?



R407C(1.7 kg), **22+** kW·h/24h
40~50°C热饮, 5~10°C冷饮

国内市场首款回收冷凝热的陈列柜
申请4项发明专利

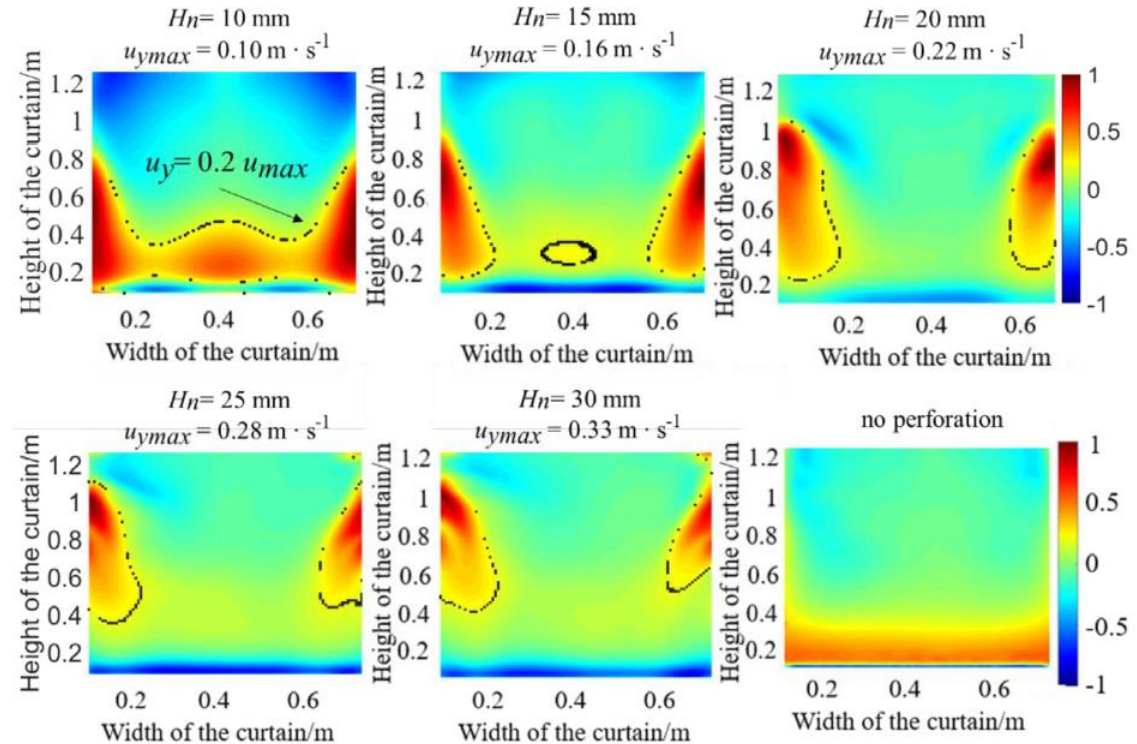
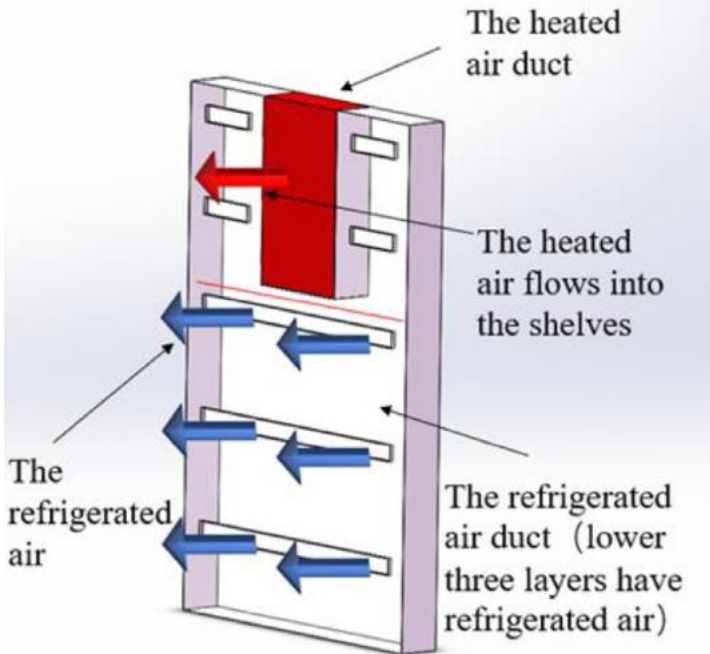
R290(0.25 kg), **11.3** kW·h/24h
40~50°C热饮, 0~10°C冷饮

2. 实现工程需求同时提炼核心问题



- 立体风道非均匀风幕与背板送风耦合作用下的密封特性

Dual temperature mode

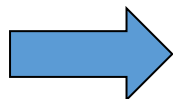


2. 工程需求的转变：多元化的思考

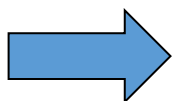
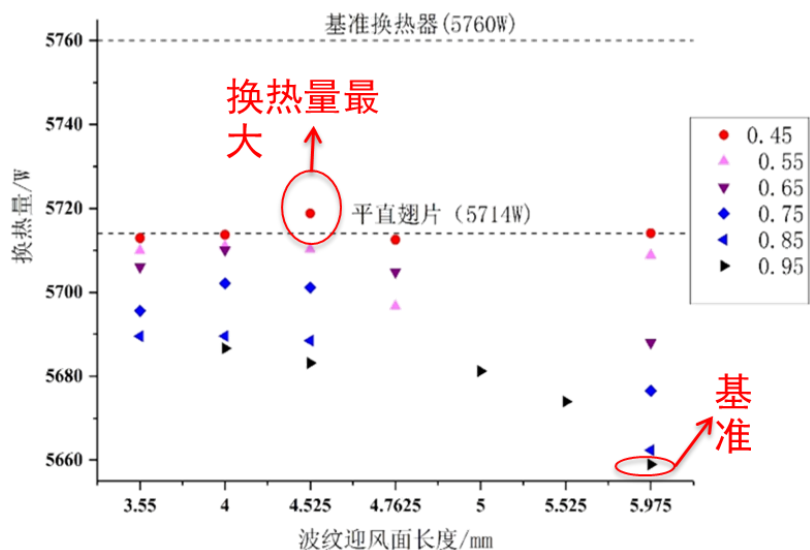
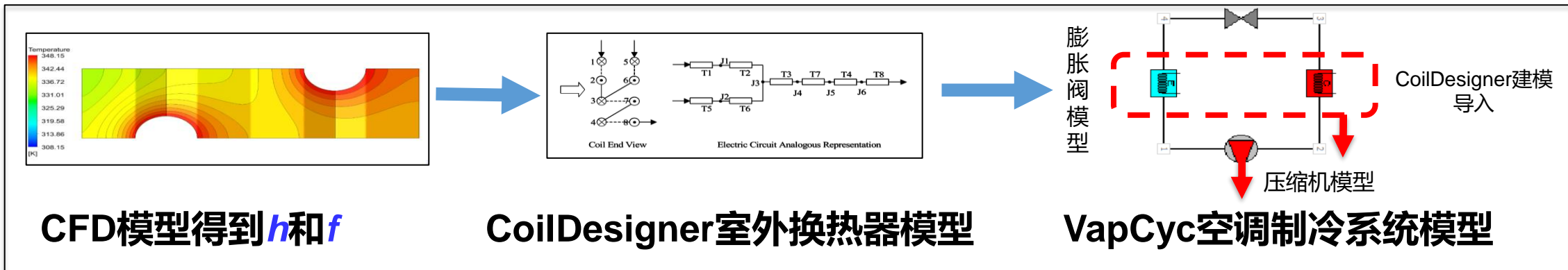


需求

空调室外换热器换热量提升3%



换热量不变，成本降低9 ¥ /个



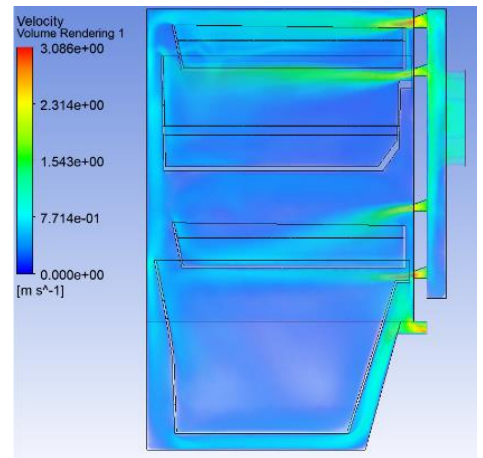
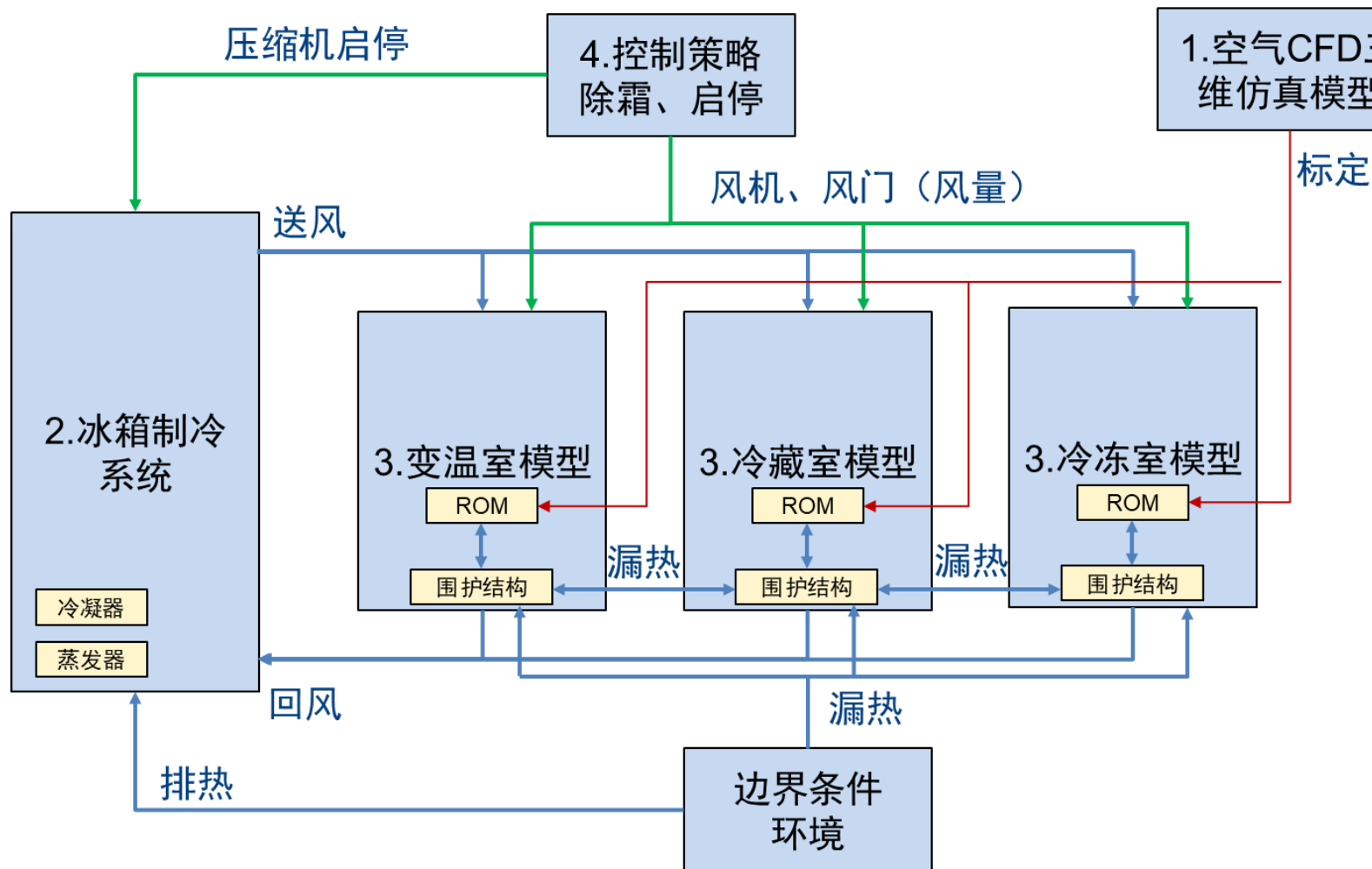
- 7mm双排室外换热器
 - 换热量提升1%
 - 单台换热器降低成本 **¥9**
- 5mm单排室外换热器
 - 额定制热换热量略下降
 - 单台换热器降低成本 **¥11**

2. 应用研究：形成自己的特色



需求

制冷系统+空气CFD耦合动态仿真（快速、高精度）

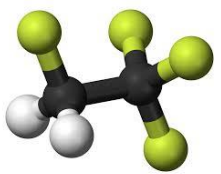


换热器参数	
换热器管长/m	换热器管外径/m 0.0095
换热器管壁厚/m 0.001	翅片间距/m 0.003
翅片厚度/m 0.0002	垂直方向管排距/m 0.02
空气流动方向管列距/m 0.02	管列数 3
管排数 10	管列排布方式 顺排
管壁材料 铜	翅片材料 铝
换热关联式选择	
管内两相区换热关联式 Cavallina-Zecchin 凝结换热关联式	管外空气侧换热关联式 翅片管对流换热关联式
空气侧参数	
空气导热系数W/(m.K) 2.63e-2	空气动力粘度/Pa.s 18.35e-6
空气密度kg/m3 1.2	空气比热J/kgK 1005
仿真初始值	
过热区初始长度/m 2	两相区初始长度/m 0
初始壁温/°C 25	

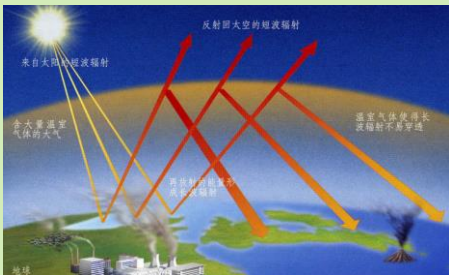
顶天立地：为行业双碳发展做贡献



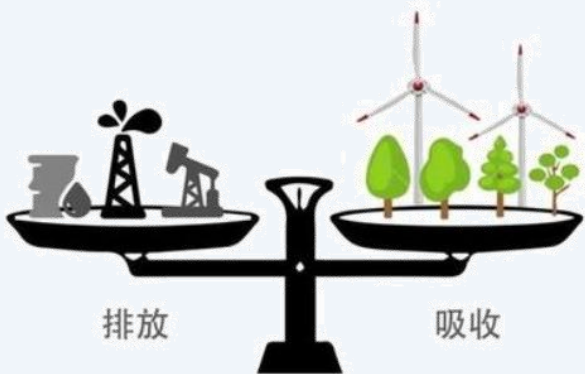
西安交通大学
XI'AN JIAOTONG UNIVERSITY



R134a, 一种目前最常用的用于蒸汽压缩制冷技术的制冷剂之一

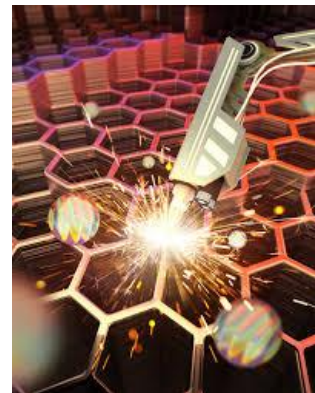
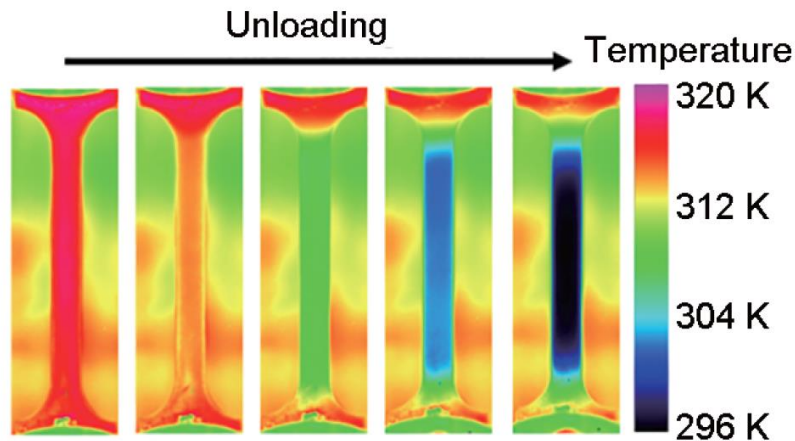
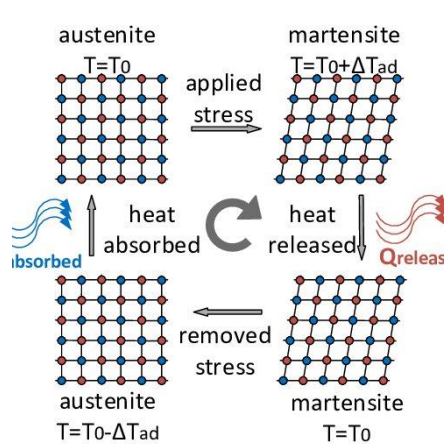


极强的温室气体效应(GWP)已被2016.10基加利修正案禁止



2030碳达峰、2060碳中和的愿景

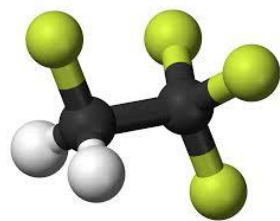
1. GWP=0固态制冷剂 (SMA) : 弹热制冷



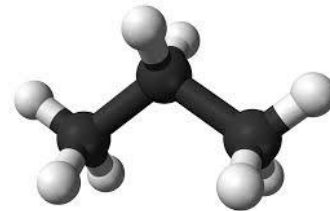
解决

2. 近零GWP制冷剂的高效制冷系统

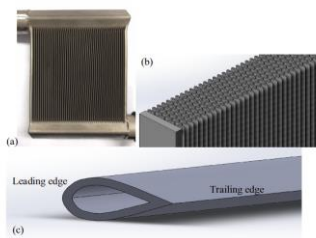
途径



HFCs, $GWP_{100} > 1000$



HCs, $GWP_{100} < 10$



感谢所有指导、支持我的老师同学!



西安交通大学
XI'AN JIAOTONG UNIVERSITY



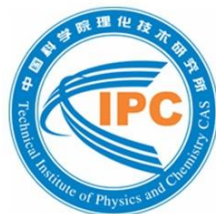
UNIVERSITY OF MARYLAND

R. Radermacher团队
I. Takeuchi

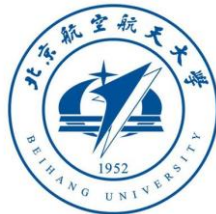


CNITECH

刘剑、孙文



沈俊、戴巍



侯慧龙

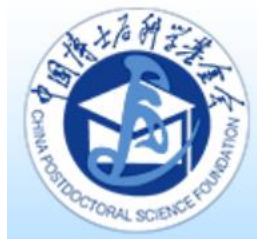


南京大学

王敦辉



国家自然科学基金委员会
National Natural Science
Foundation of China



HIRON
海容

AUX
奥克斯空调

Hisense

GREE

SNBC

Haier



Calendar of WRD-2021 Campaign Free Webinars

“Cooling Champions: Cool Careers for a Better World”

June 26th every year

	Title	Partner Organizer/Language	
21 June	Cool Careers in Sustainable Cooling	EPEE (English)	REGISTER
22 June	IEQ for a Better World Career Development for Youth	FAIAR (Spanish & Portuguese) IIR (Chinese)	REGISTER REGISTER
23 June	Heroines of the RAC Sector in Africa Roles of Women in Refrigerating Industry Inspiring Women to Pursue Careers in RAC	U-3ARC (French & English) ISHRAE (English) UNEP OzonAction (English)	REGISTER REGISTER REGISTER
24 June	Futuristic Career: Not-In-Kind Cooling Technologies	ASHRAE/IIR (English)	REGISTER
25 June	High Temp Heat Pumps: Decarbonizing Industry Cooling Champions: Cool Careers for a Better Future CoVID 19 Vaccine Distribution: Life-Saving Careers Importance of the Cold Chain	IIR (English) IIR (Italian) ASHRAE (English) FAIAR (Spanish & Portuguese)	REGISTER REGISTER REGISTER REGISTER
26 June	Cold Chain Challenges in Africa Cold Chain Overview - Current & Future	U-3ARC (English & French) ISHRAE (English)	REGISTER REGISTER
28 June	Future of Refrigerants Discovering Careers in Refrigerants Management	ISHRAE (English) UNEP OzonAction (English)	REGISTER REGISTER
29 June	Present & Future: Data Center Cooling in China District Cooling - Concepts & Overview	IIR (Chinese) ISHRAE (English)	REGISTER REGISTER



A global campaign to explore career opportunities:

Cooling Champions: Cool Careers for a Better World

URL: <https://worldrefrigerationday.org/>



@worldrefda



@worldrefrigerationday



/company/world-rachp-day