



上海交通大学
SHANGHAI JIAO TONG UNIVERSITY



2021中国制冷展专题研讨会



冬冷夏热环境下的热泵优化技术

谷波

上海交通大学

制冷空调研究所

制冷空调数字化设计与模型分析研究室





报告内容

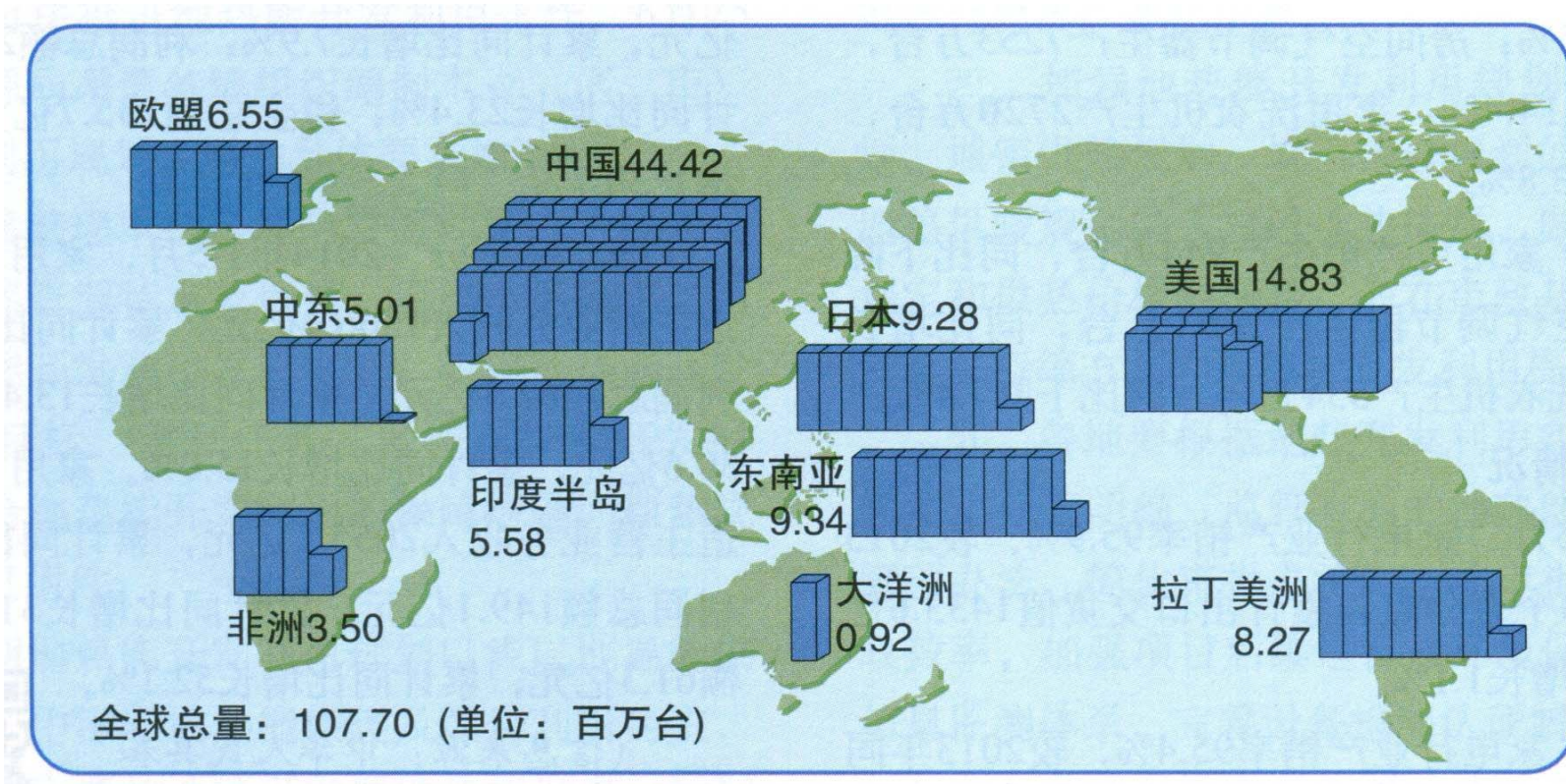
- 一、中国制冷空调热泵发展总体动向
- 二、低温环境下热泵的核心问题和技术
 - 喷液冷却、补气增焓热泵技术
 - 固体吸湿技术在热泵中的研发
 - 低温热泵的高效回油技术创新
 - 地源热泵设计和应用中的技术误区



一、中国制冷空调热泵发展总体动向



2019年全球空调市场规模分布



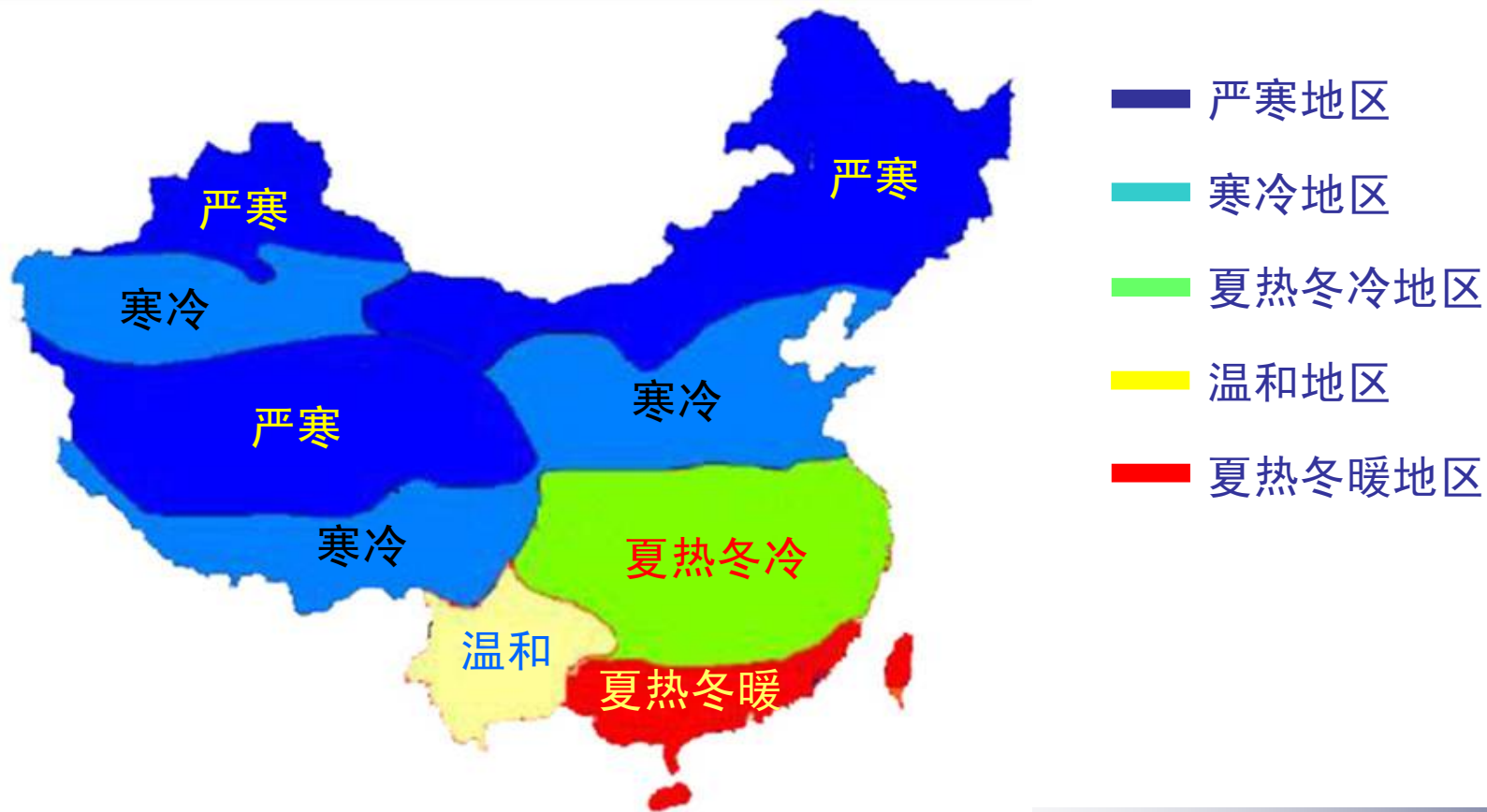


2018、2019年中国制冷空调行业工业总产值

年 份	2018年	2019年	增幅
总产值	6900亿元	7398亿元	7.2%
工商用空调制冷设备	3200亿元	3485 亿元	8.9%
房间空调器	2400亿元	2515 亿元	4.8%
家用冰箱	1300亿元	1398亿元	7.5%
冷 柜			
热泵热水器	89.8 万台	90.1万台	0.8%



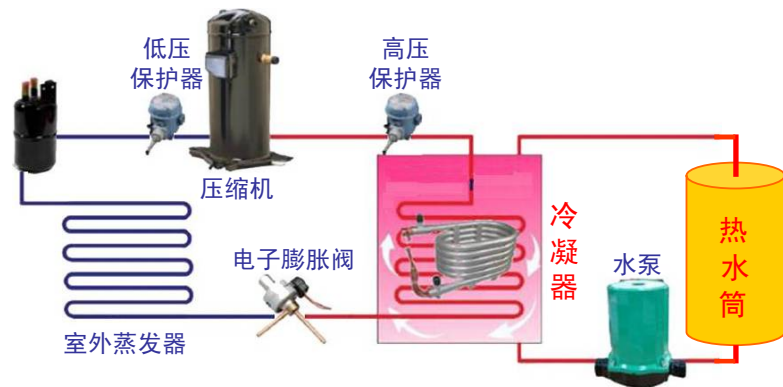
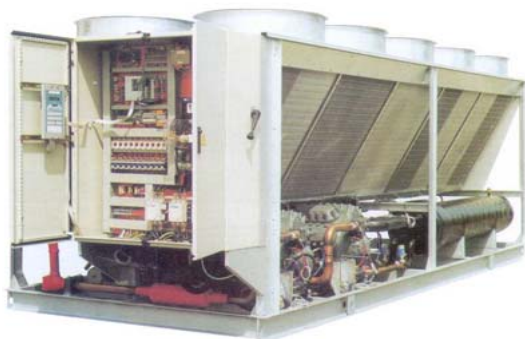
中国建筑热工设计分区图 GB 50176-93





热泵在中国的三大领域应用

- 舒适性采暖：几乎所有家庭，办公场所； ✓
- 热泵烘干：农副林产品，甚至已应用于河道疏浚的淤泥烘干，今后十年将会有**持续可观的增长**； ✓
- 热泵热水器：由于热泵本身的特点应用始终有局限 →

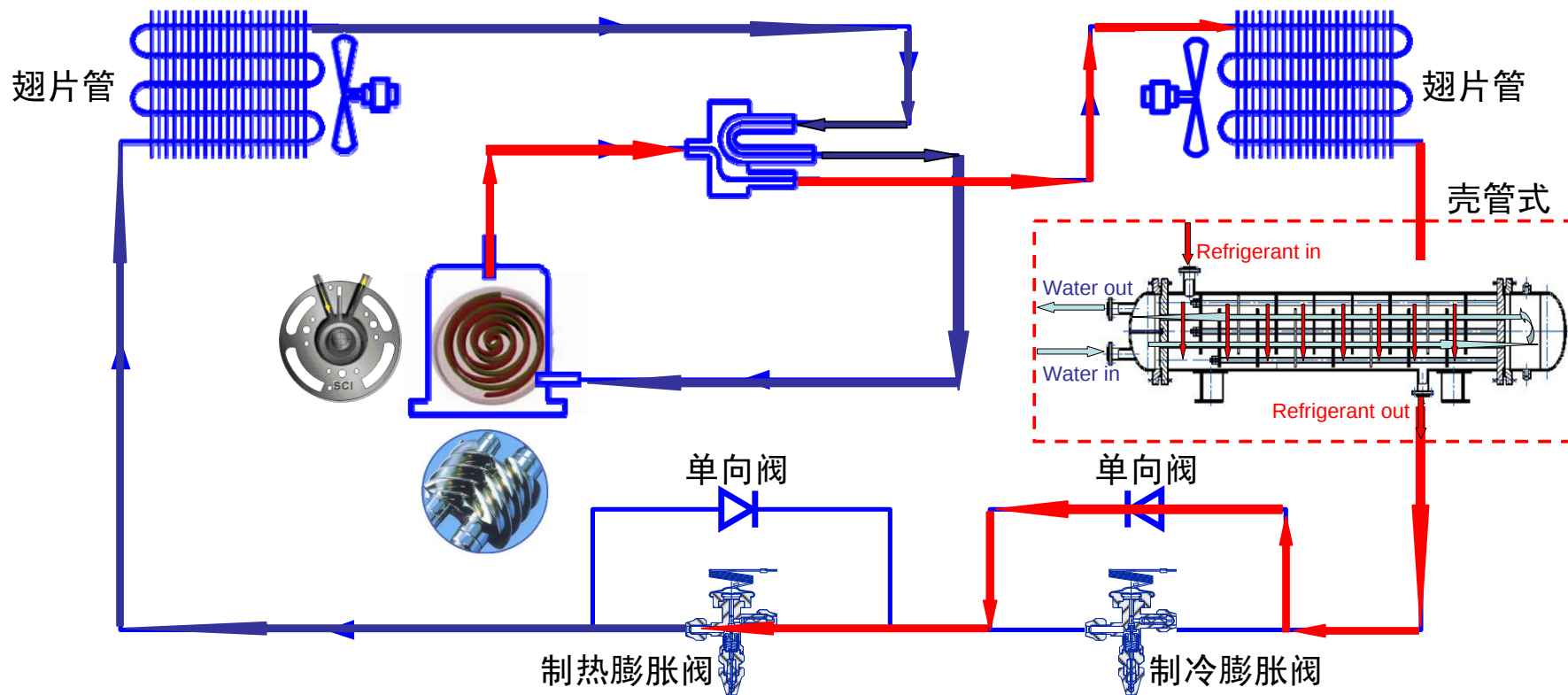




二、低温环境下热泵的核心问题和技术



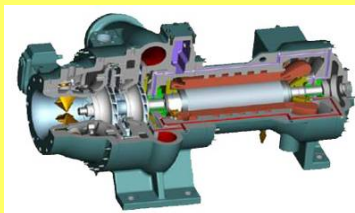
热泵空调系统的关键核心技术问题



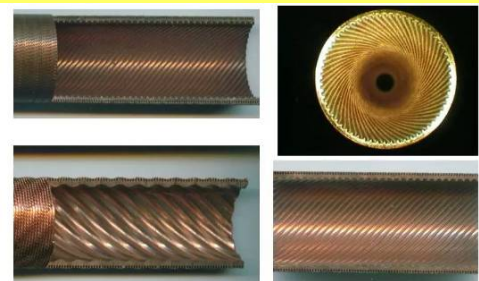


热泵空调性能和效率的关键技术支撑

➤ 高效压缩机技术 80% ✓

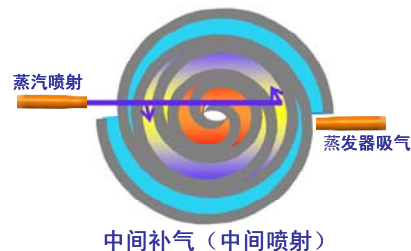
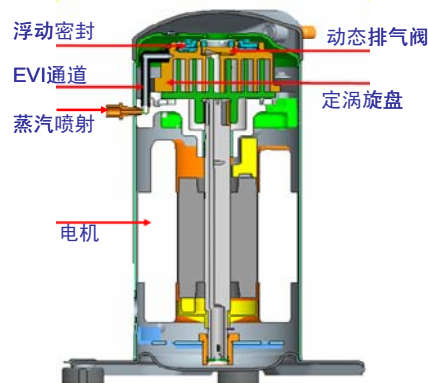
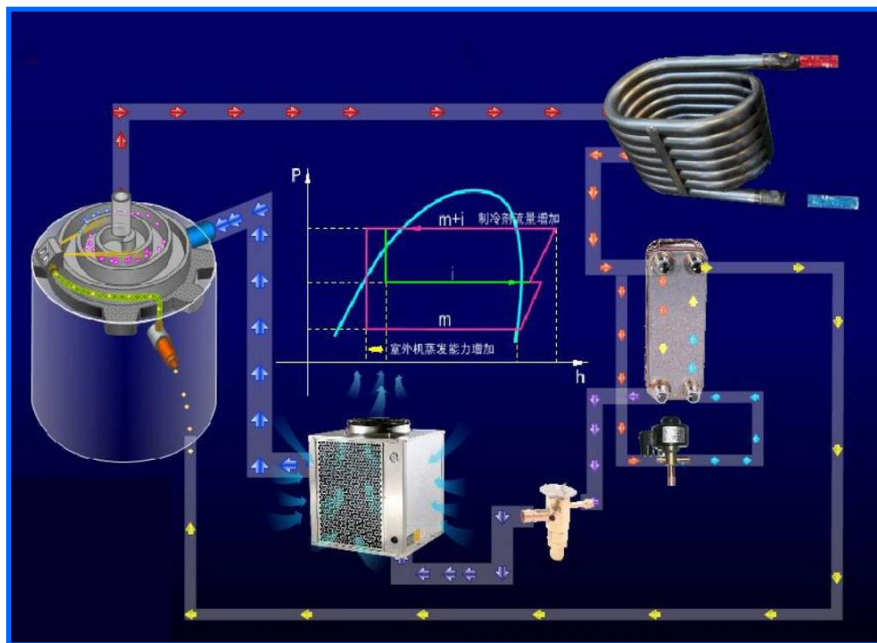


➤ 高效换热器技术 12% ✓



- 流量调节技术
- 控制逻辑优化技术
- 系统优化设计技术
- 基于不同应用场景的热泵系统匹配技术

1、喷液冷却、补气增焓热泵系统

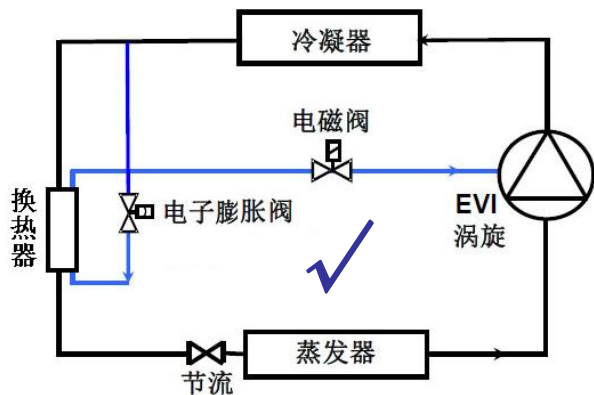


喷气增焓:

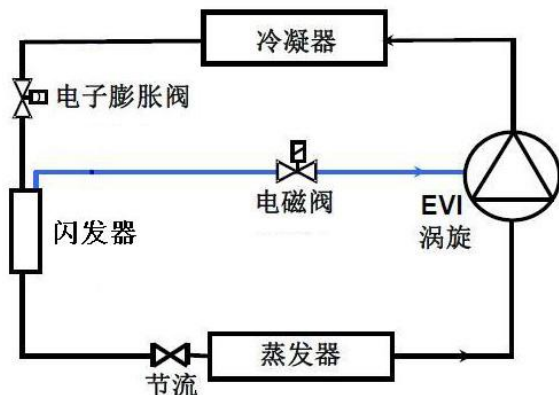
工作范围较宽，但回路较复杂，加额外经济器电磁阀、额外经济器膨胀阀、额外板式换热器、额外温度传感器，制热能力提升。

喷液冷却:

工作范围更宽，回路简单，加额外电磁阀、额外温度传感器、可能的压力传感器，需曲轴箱加热。



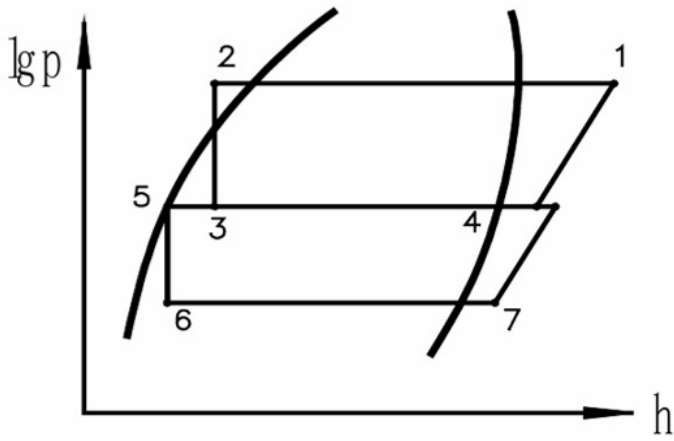
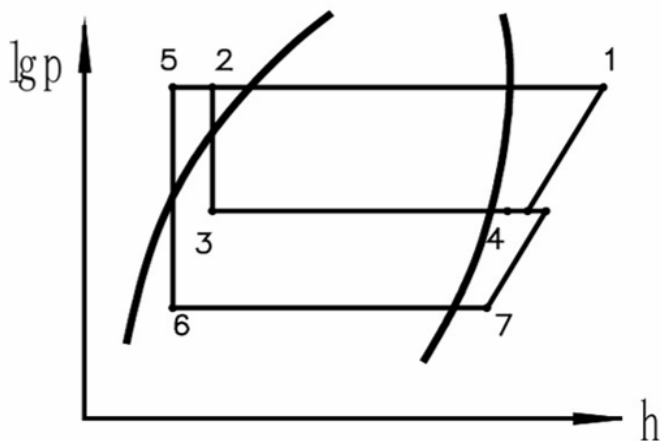
热交换器方式



闪发器方式

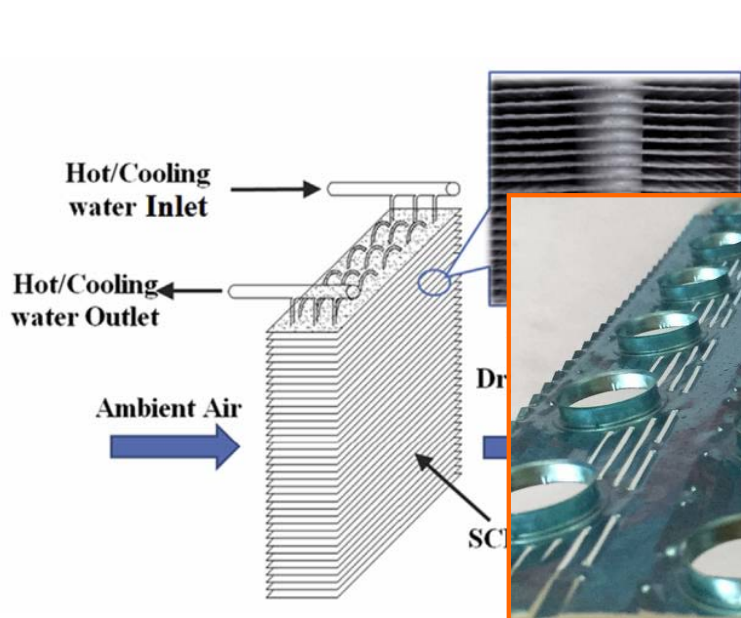
经济器形式对性能提升的影响

	经济器形式	
	闪发器	热交换器
部件通用性	一般	好
输送管路长	不适合	适合
制冷量增加	较少	明显
成本	低	较高

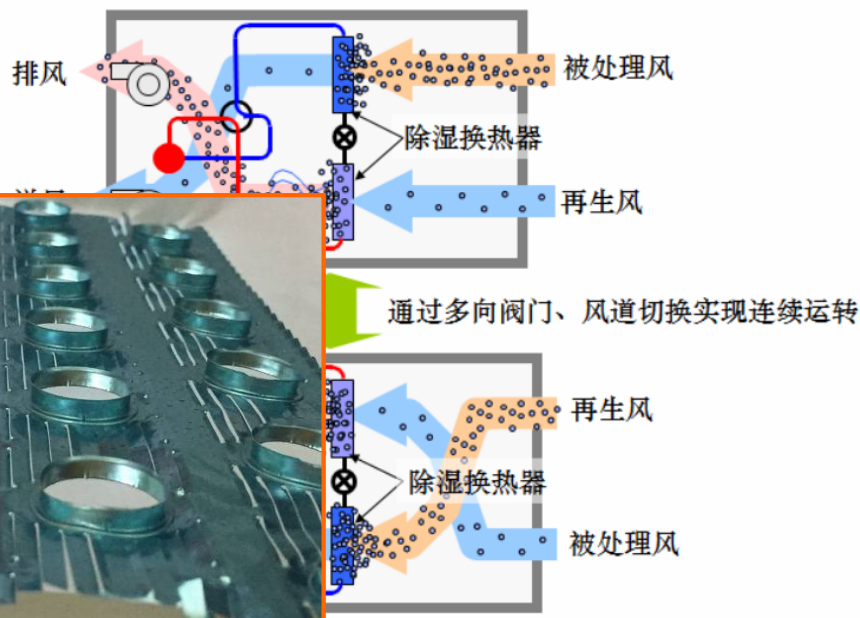
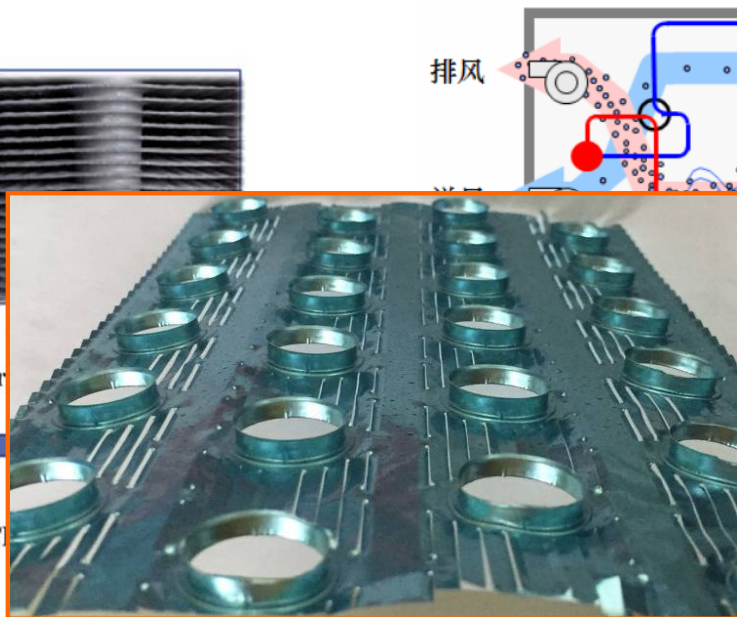




3、固体吸湿技术在热泵中的研发应用



再生式除湿换热器结构示意图

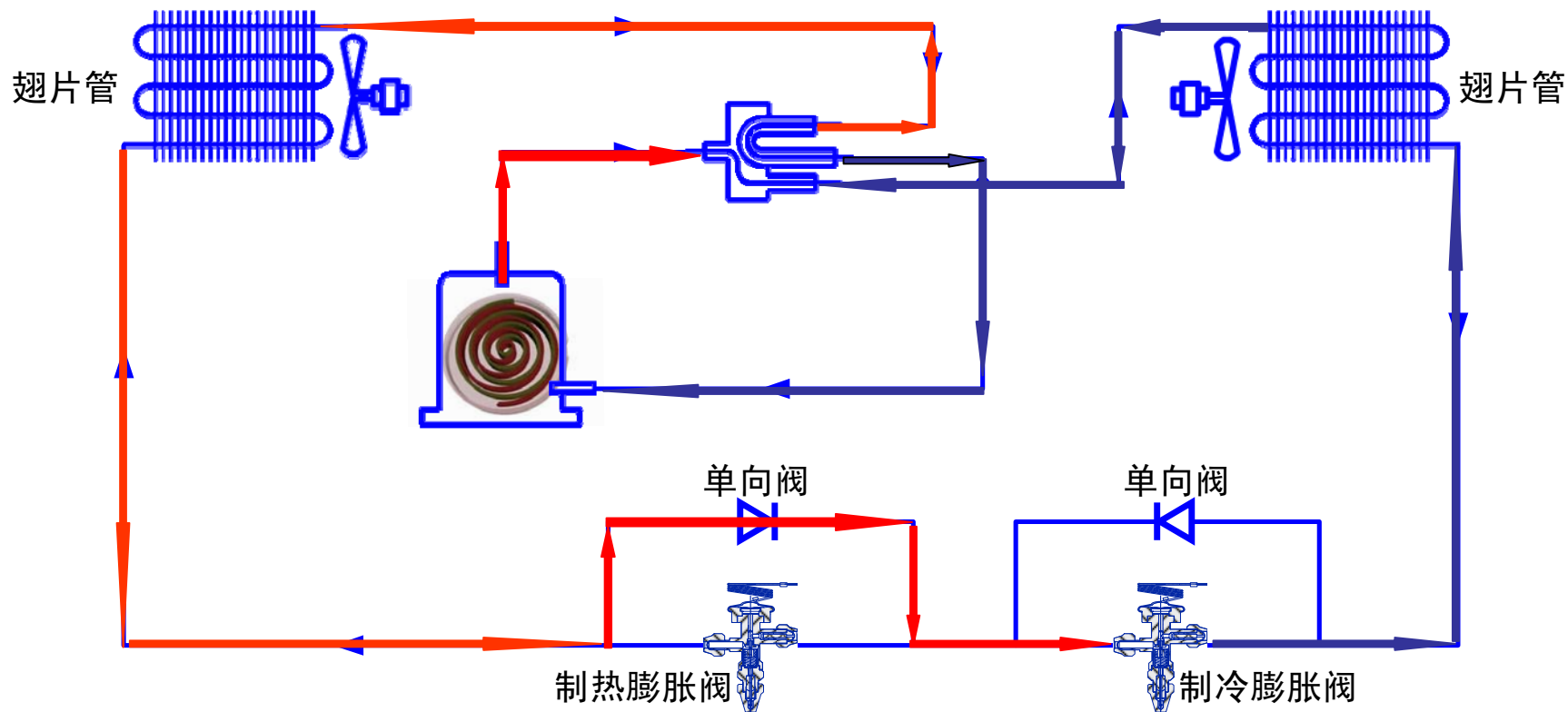


实现连续除湿的系统原理图

- 将固体吸湿材料通过粘结剂涂覆在普通换热器的金属表面构成的再生式除湿换热器作为热泵系统的蒸发器与冷凝器
- 实现热负荷与湿负荷的独立处理，通过制冷剂的蒸发带走吸附热，有效提高除湿能力
- 充分利用制冷剂的冷凝废热实现干燥剂的再生提高系统能量利用率

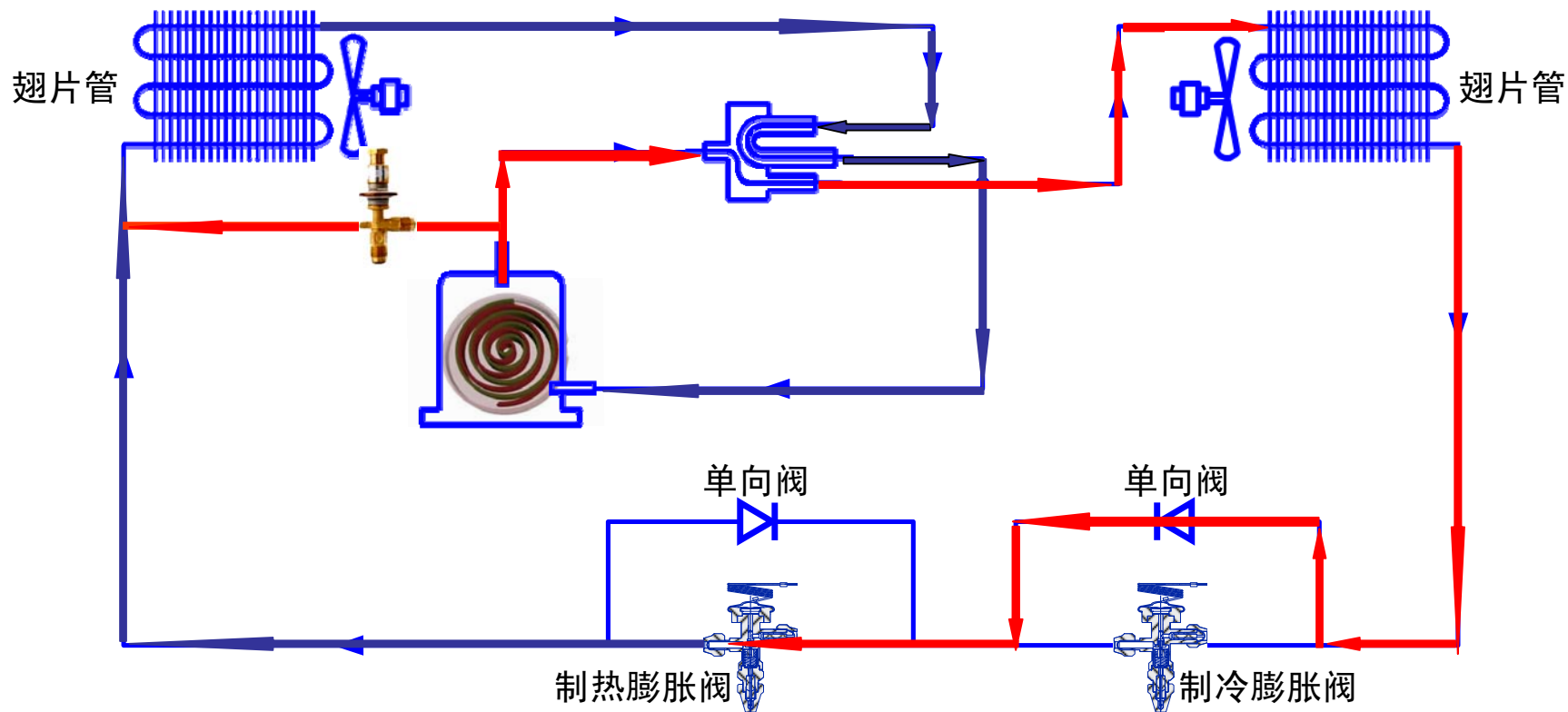


4、热泵系统化霜技术—逆向循环化霜





4、热泵系统化霜技术—热气旁通化霜

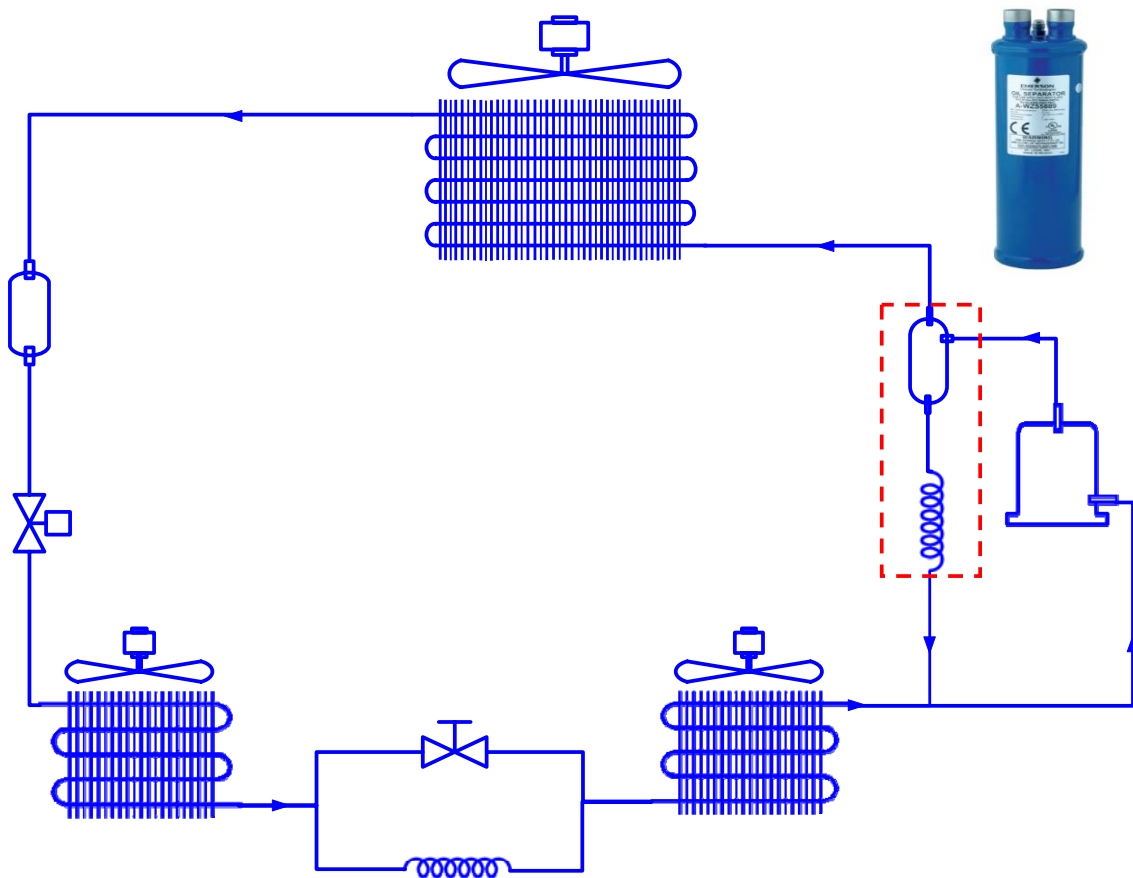
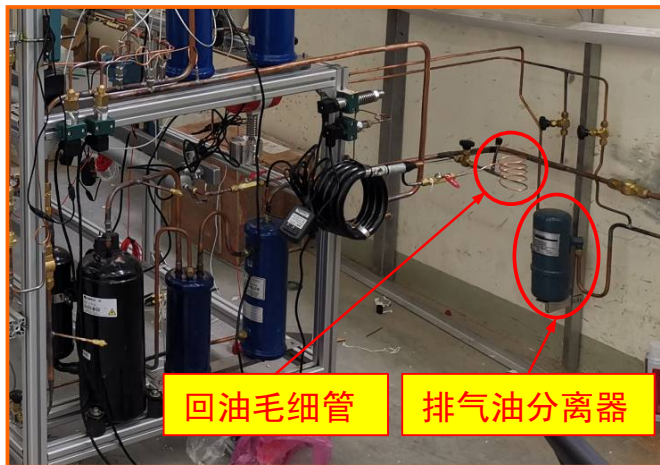




5、低温热泵的回油技术

1) 回油毛细管、节流阀技术

在压缩机排气管安装油分离器
和回油毛细管，把排气带油绝
大部分直接回到压缩机。





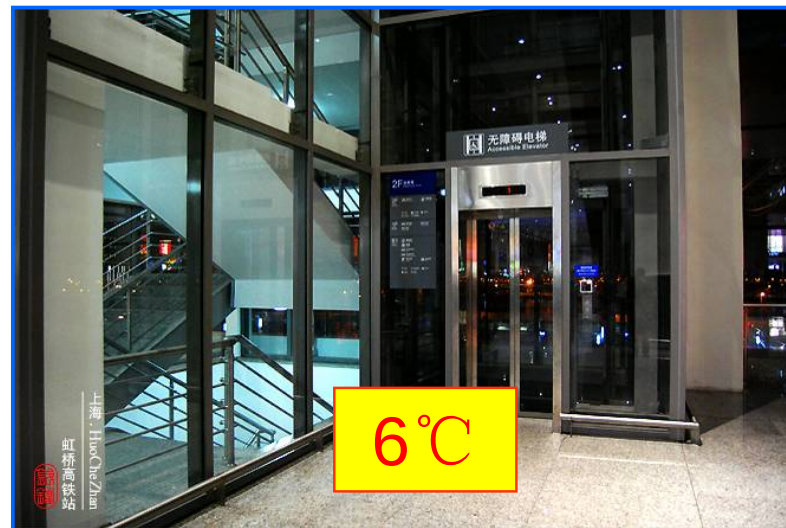
6、地源热泵设计和应用中的技术误区一案例分析

上海虹桥高铁站





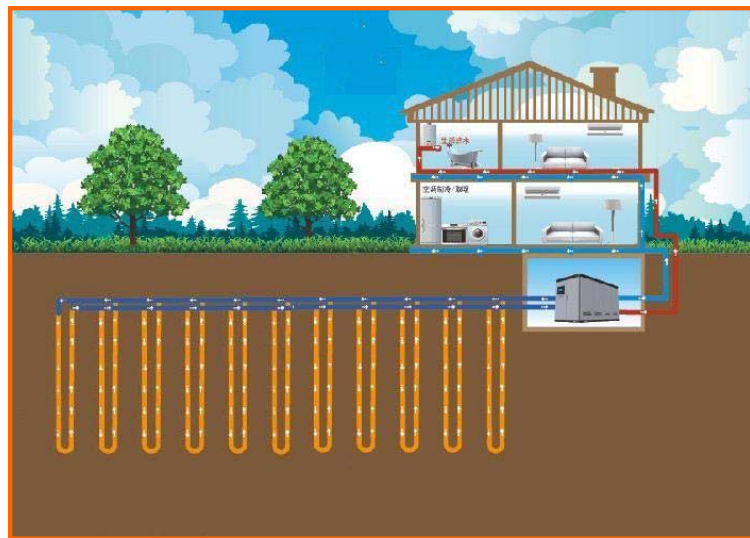
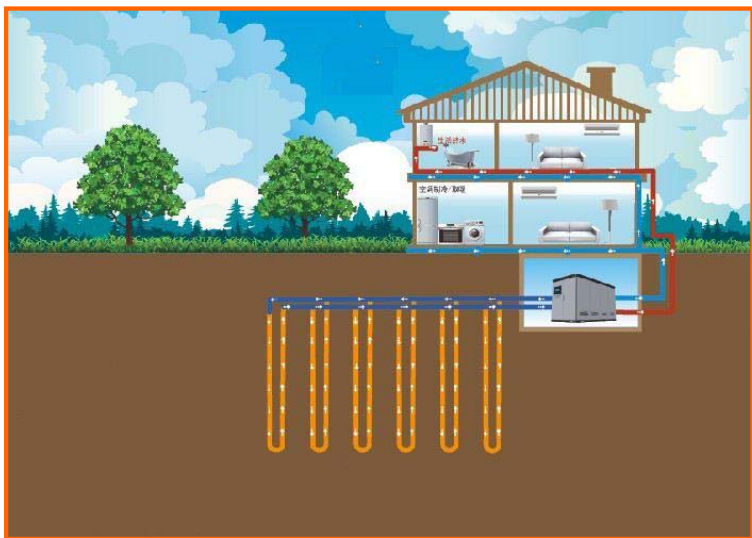
上海虹桥高铁候车大厅地源热泵问题



- 候车大厅实测温度为12 °C，边门过道实测温度为6°C
- 候车旅客状态：站着来回走动，坐着须裹紧羽绒服、拉上帽子，感觉很冷；
- 冷媒水出口温度达到3~4°，热泵机组启动保护控制，机组停机不运行了。



上海虹桥高铁候车大厅地源热泵问题



原因1: 地埋管换热器设计面积偏小, 应该 $\times 1.26\sim 1.3$



总结

- 1、热泵的应用将越来越广发和深入，特别是舒适性采暖和烘干领域；
- 2、低温热泵应用的关键瓶颈问题尚未得到真正革命性解决；
- 3、用户需要理解并接受很多热泵创新技术的应用：
 - 更大的室外机组：容纳两级压缩，容纳大换热器；
 - 更高的热泵价格：高效压缩机，新的控制部件；



The End