

通过先进润滑 实现空调器（两器）的绿色制造



王瑞祥 二级教授/博士

北京市BERC/REB工程中心 主任
北京建筑大学 热能与动力工程系 主任

北京建筑大学
wangruixiang@bucea.edu.cn



提纲

1、学校与团队

2、空调器的绿色制造问题

3、解决方案和实施效果



1、学校与团队

北京建筑大学

- 北京市和住房城乡建设部共建高校
- 源于1907年清政府成立的京师工业学堂
- 设有西城校区和大兴校区

王瑞祥**团队情况**：

- 2010年入选北京市学术创新团队
- 1个国家级实验教学中心
- 2个省部级研究基地
- 3个校企联合实验室

团队研究**方向领域**：

- 先进润滑与绿色制造
- 建筑太阳能一体化
- 建筑节能与社区升级
- 热力及燃气智慧管网





1、学校与团队

团队研究方向领域：

- **先进润滑与绿色制造**
 - 微油（无油）制冷压缩机
 - 微油（无油）机械加工工艺
 - 高效压缩机
 - 特效界面设计与调控（润滑与防腐）
- **建筑太阳能一体化**
 - 热管式高效率集热过程及器件
 - 量子点太阳能电池材料及器件
 - 光伏设施的柔性化与色泽调控
 - 建筑太阳能一体化工程设计
- **建筑节能与社区升级**
 - 建筑与社区的绿色升级改造
 - 建筑与社区的健康升级改造
 - 智慧社区设计
- **热力及燃气智慧管网**（安全诊断智能化）





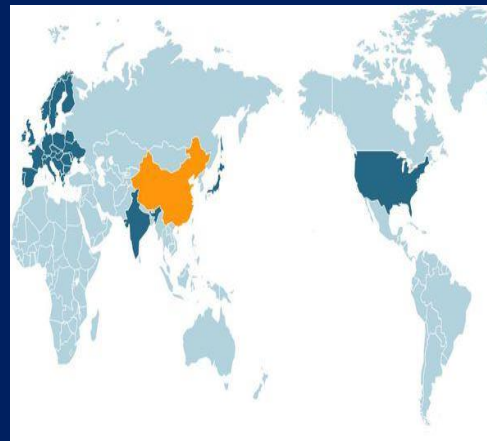
2、空调器的绿色制造问题

绿色制造关乎企业的可持续发展

家用空调器行业的痛点：
制造过程的环保难题：

如何控制制造过程中的有机物的排放

中国已经成为家电大国和家电强国，
空调器产能四分天下得其三，但行业
内部却竞争激烈-----





家用空调器行业的痛点：
制造过程的环保难题：

如何控制制造过程中的有机物的排放

产品供不应求，当你兴致勃勃地要进行产
能扩张时却遇到了环保的天花板-----
面临很大的竞争压力，当你试图以让利换
取销量时却面临制造成本的地板-----





2、空调器的绿色制造问题

绿色制造关乎企业的可持续发展

国家战略

- 不忘初心，生态建设属千年大计
- 推进制造强国
- 绿色生产和消费
- 打赢蓝天保卫战

政策支持

- 中国制造2025
15年5月8日，国务院
- 绿色制造工程
实施指南
16年9月14，四部委

法律约束

- 系列环保法
- 排放许可

经济调节

- 环境保护税
- 工艺优化与成本控制



2、空调器的绿色制造问题

绿色制造关乎企业的可持续发展

2015年5月8日，国务院颁发《中国制造2025》（Made in China 2025），2015年5月19日印发。

2016年9月14日 工业和信息化部、发展改革委、财政部、科技部于联合印发《绿色制造工程实施指南（2016-2020年）》

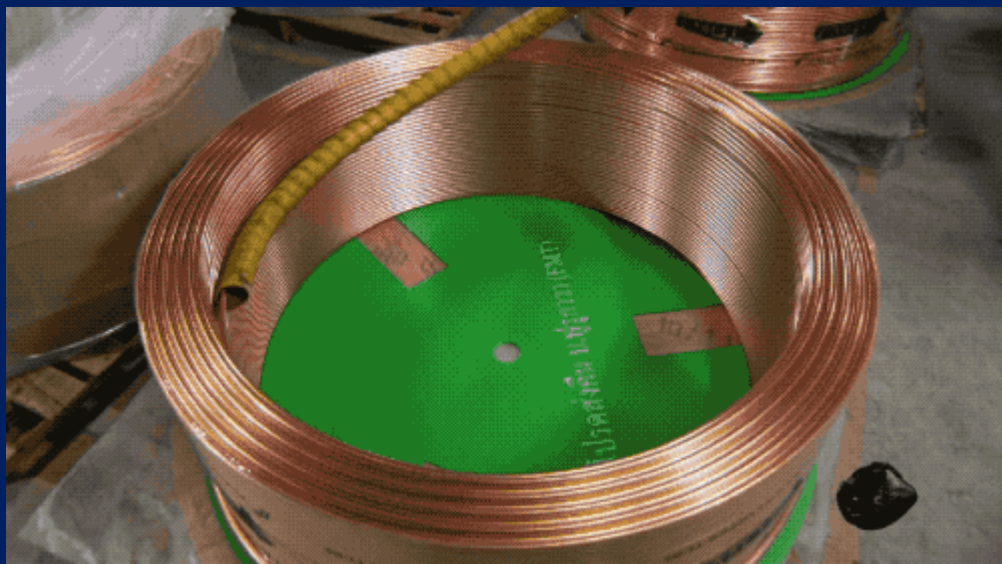
专栏4 实施基础制造工艺绿色化改造。加快应用清洁铸造、锻压、焊接、**表面处理、切削等加工工艺**，推动传统基础**制造工艺绿色化**、智能化发展，建设一批基础制造工艺绿色化示范工程。到2020年，传统机械制造节能15%以上，节约原辅材料20%以上，减少废弃物排放20%以上。



2、空调器的绿色制造问题

绿色制造关乎企业的可持续发展

1) 换热器铜管加工



机器开料



将弯曲的盘型铜管径校直

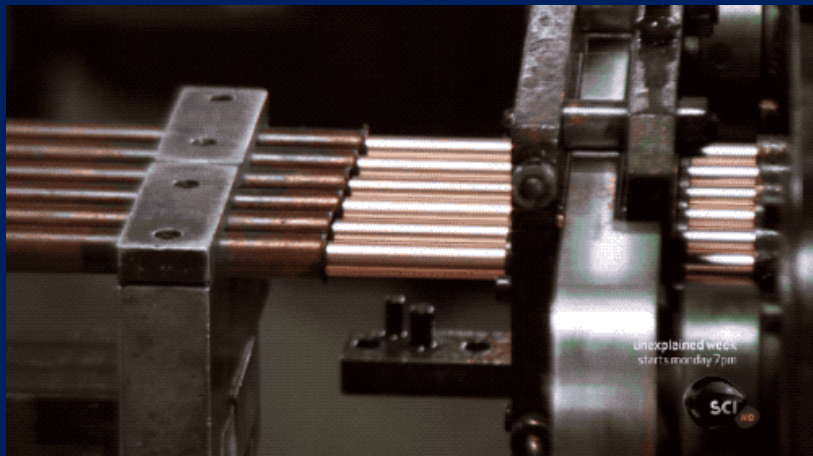
我们熟悉的空调器（两器）制造过程

空调器（两器）制造过程



1) 换热器铜管加工

弯管，将铜管弯成长U管





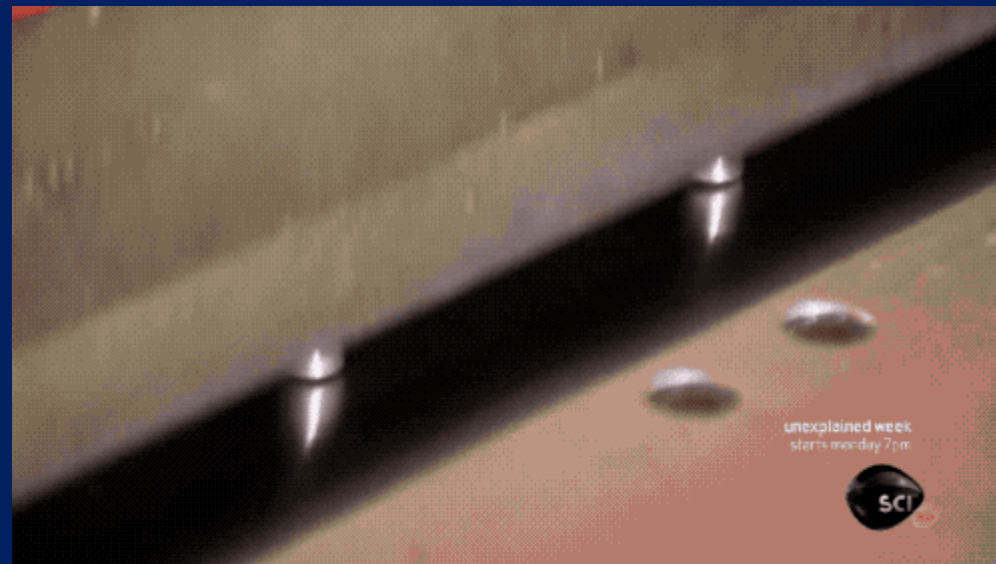
2、空调器的绿色制造问题

绿色制造关乎企业的可持续发展

2) 换热器翅片加工

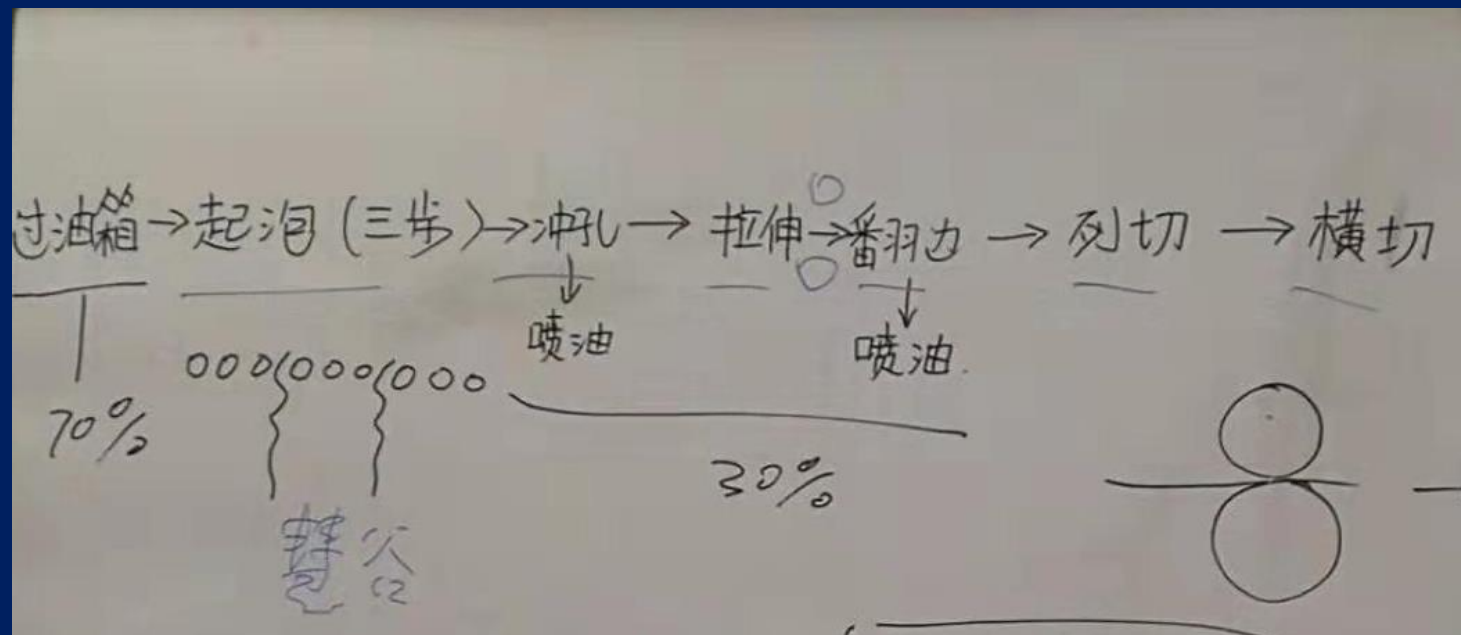


铝箔翅片进料



冲片，冲压机将铝箔加工成翅片设计片型

2) 换热器翅片加工



空调器制造过程隐藏着

可能让你吃惊的 **小** 账

- 铜管切断
- 铜管弯曲
- 翅片冲孔剪切
- 翅片打孔及翻边
- 铜管穿翅及吹胀

0.3-0.5 ml/根

0.7-0.9 ml /根

0.05 ml /片

0.15 ml /片、孔

0.1 ml /片、孔



空调器两器 **部分制造工序** 润滑油用量 [3-6]

涉及润滑剂的 空调器两器部分的制造工序

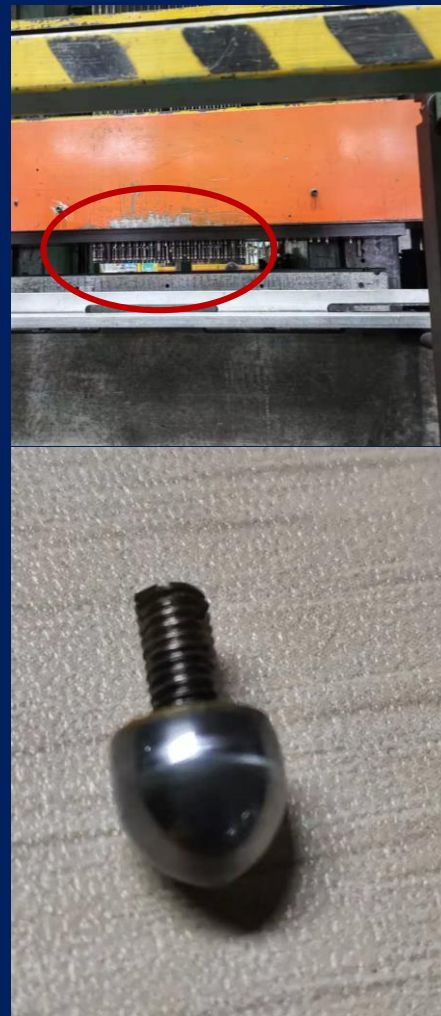
铜管切断、弯曲

翅片剪切

翅片冲孔及翻边

铜管穿翅及吹胀

加工过程的润滑问题，本质上是
润滑因子的跟随性和延展性问题



传统的
空调器制造过程隐藏着
可能让你吃惊的**小**账

一套空调两器约需要 126ml 润滑油

1千万套空调两器约需要 **1260M³**

冲压润滑油

10320吨 细颗粒物

4400吨 温室气体



通过高温烘干，驱除加工过程
两器的润滑油残留



空调器绿色制造可减少如下支出

- 1) 弯管油、冲压油等润滑剂
- 2) 两器的烘烤费用（节能）
- 3) 润滑剂VOC的回收费用

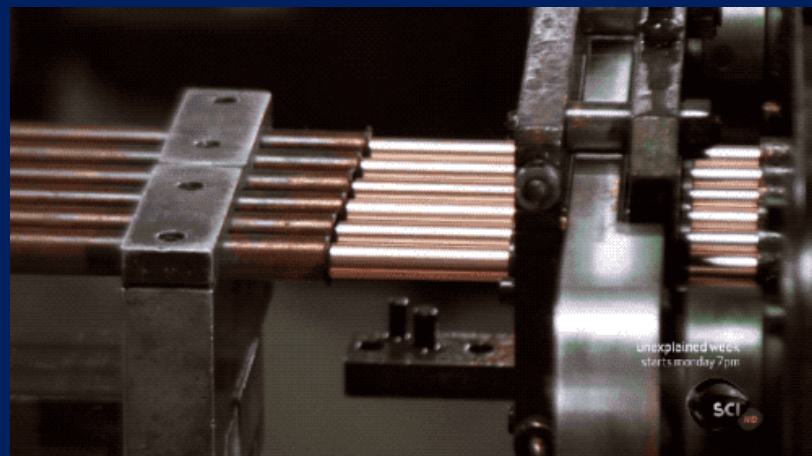
**空调器的绿色制造需要
先进润滑技术与工艺支撑**



3、解决方案及实施效果

解决方案

1) 弯管，将铜管弯成长U管



1) 定点定量

- ✓ 界面调控
- ✓ 平衡输配

2) 自润滑

- ✓ 材料兼容
- ✓ 界面工艺

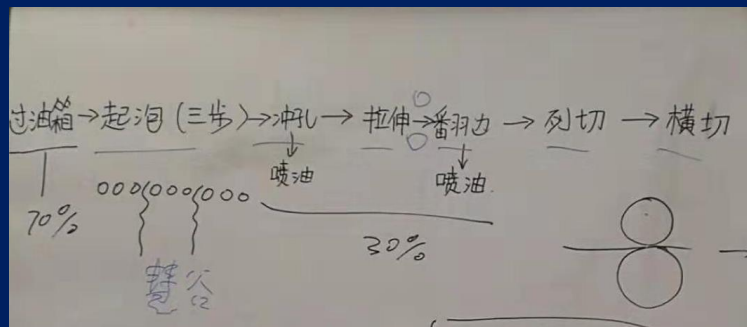
3) 温度调控

- ✓ 冷却系统

3、解决方案及实施效果

解决方案

2) 换热器翅片加工



1) 定点+温控+界面调控改性

2) 自润滑模具界面工艺

3) 低摩擦系数模具界面

4) 低摩擦系数切、胀具



3、解决方案及实施效果

基础工作

- 专们实验室与研发团队
- 基本的核心实验装备
- 金属表面相结构与性质实验台

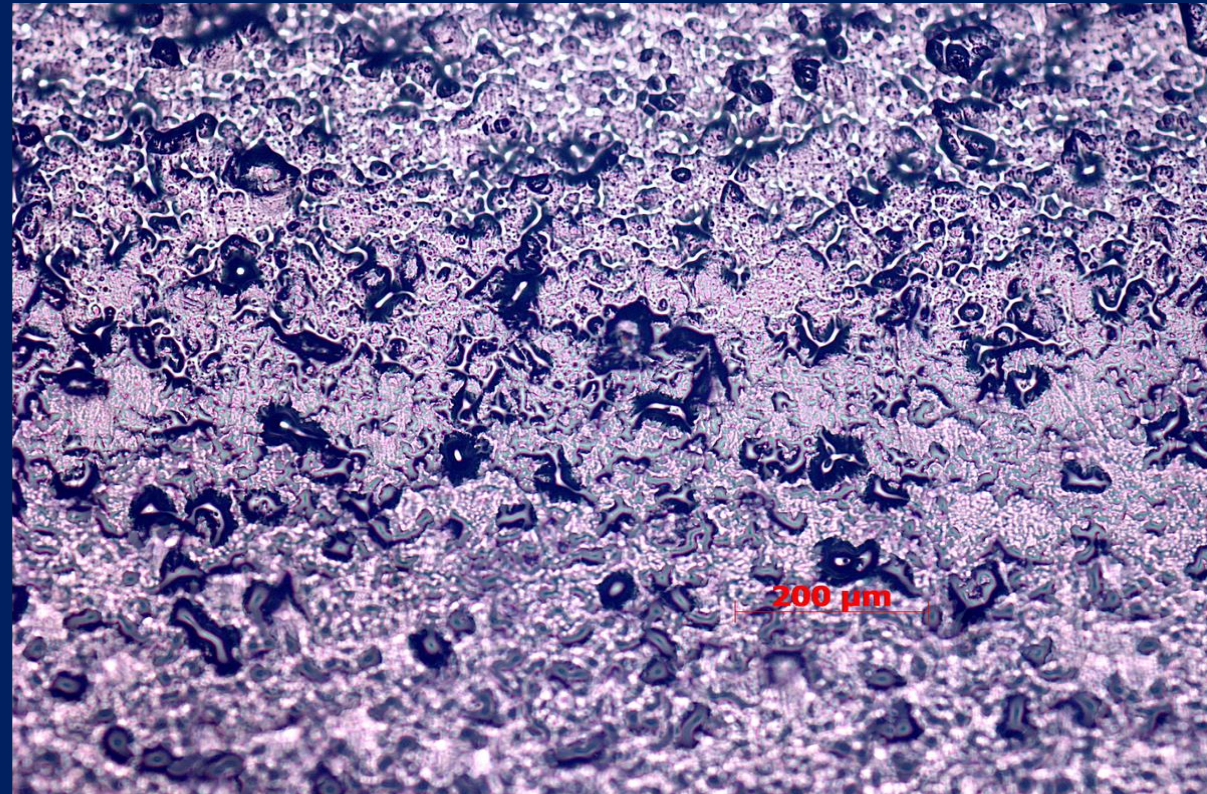
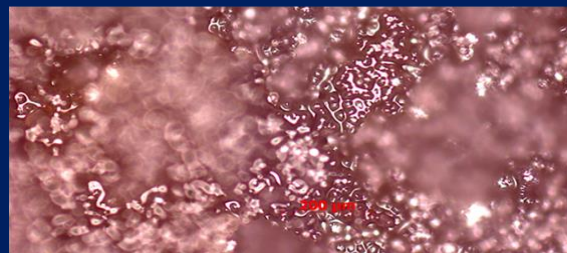
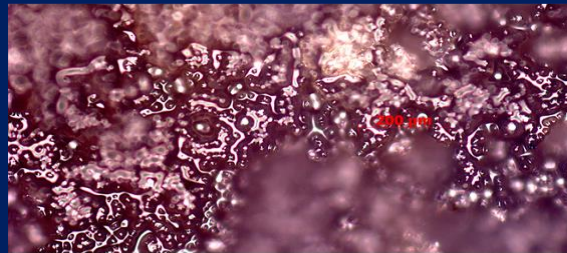


- ✓ 摩擦副表面性质设计
- ✓ 无机涂抹材料及工艺
- ✓ 微油润滑工艺与技术

北京市REB工程中心 先进润滑研究团队 2013-今

3、解决方案及实施效果

基础工作



跟随性和延展性良好

几种贫油润滑的3D共聚焦照片

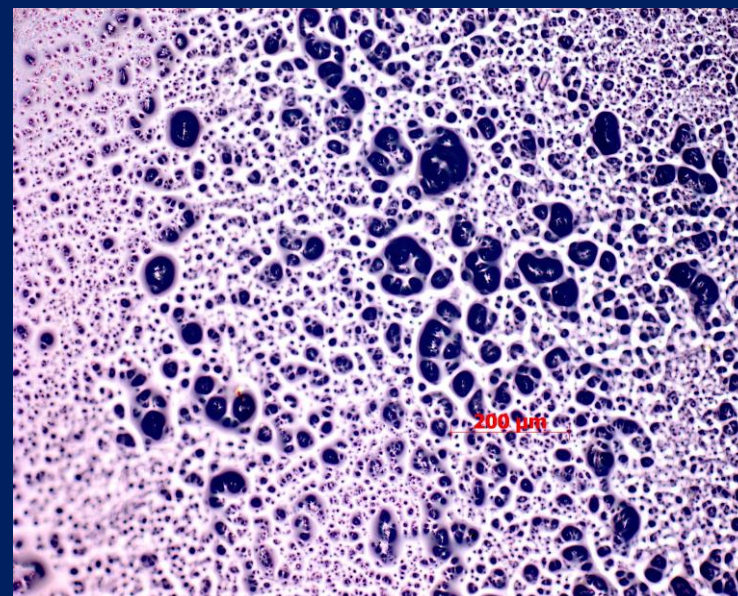
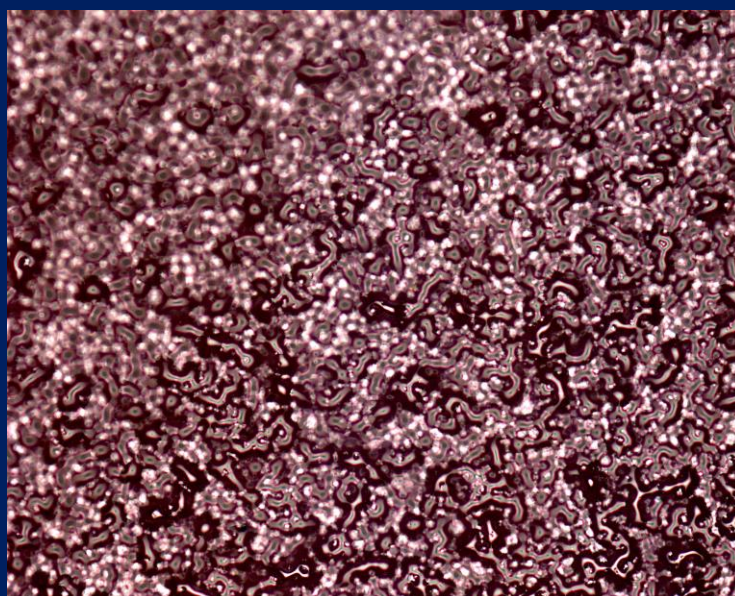
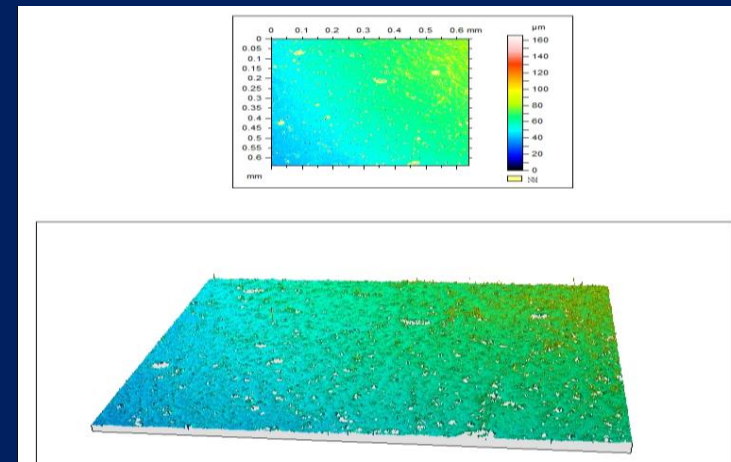
3、解决方案及实施效果

基础工作



润滑表面性质结构与实验验证

- ❑ 超低摩擦系数的自润滑摩擦副表面



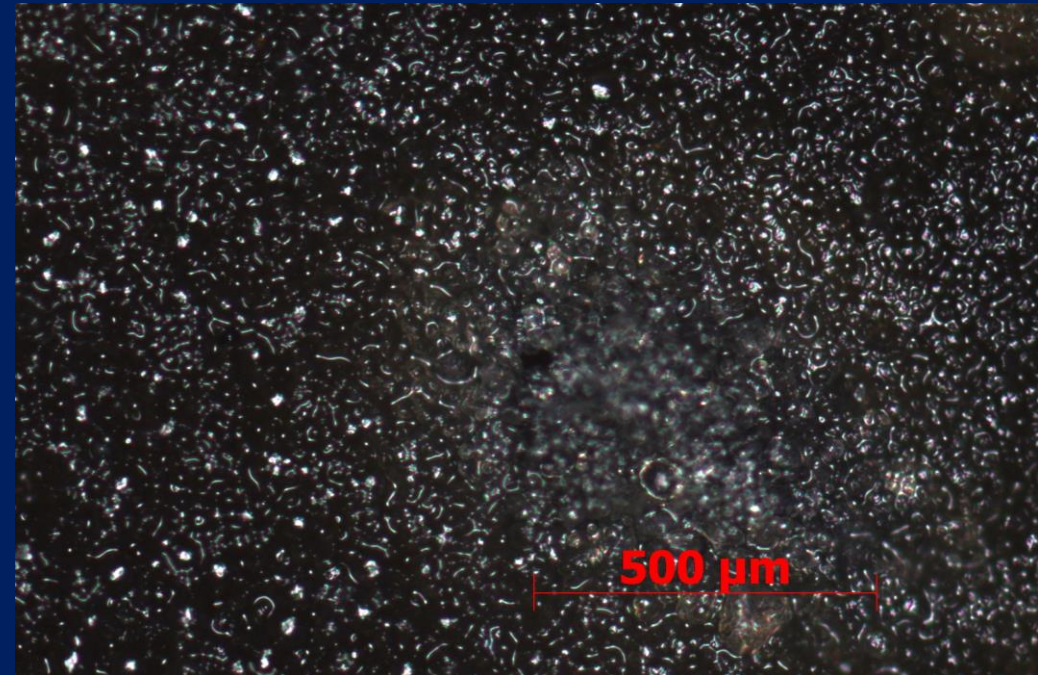
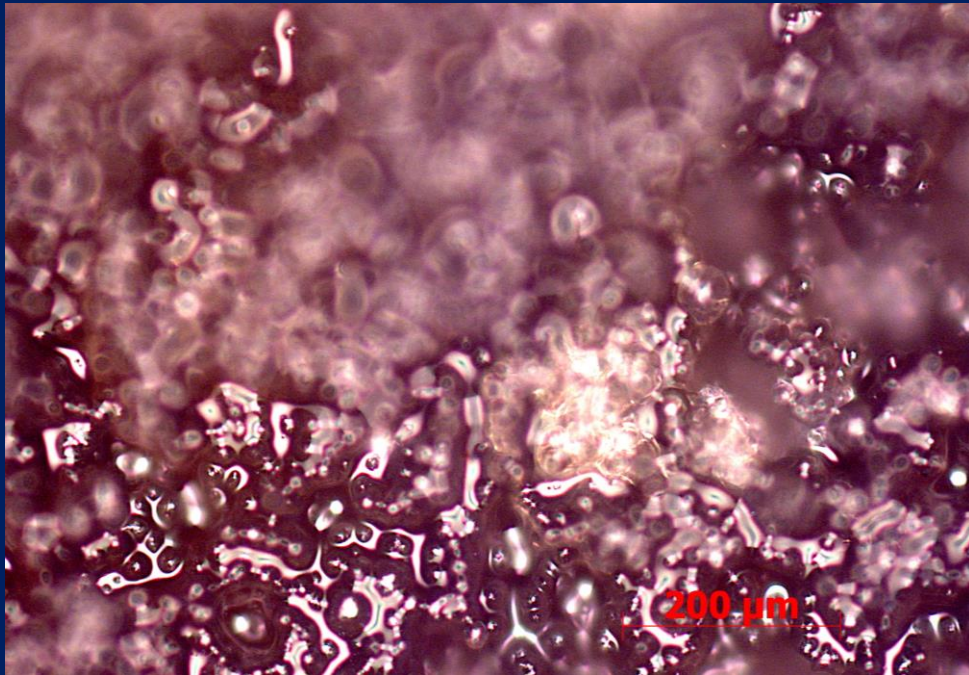
3、解决方案及实施效果

解决方案



润滑表面性质结构与实验验证

- 20um摩擦副密封自润滑表面



3、解决方案及实施效果

基础工作

微纳米润滑摩擦学

微纳润滑界面设计

四球摩擦学实验

SRV摩擦学实验

摩擦副表面浅层金相与元素分布



四球摩擦学实验台

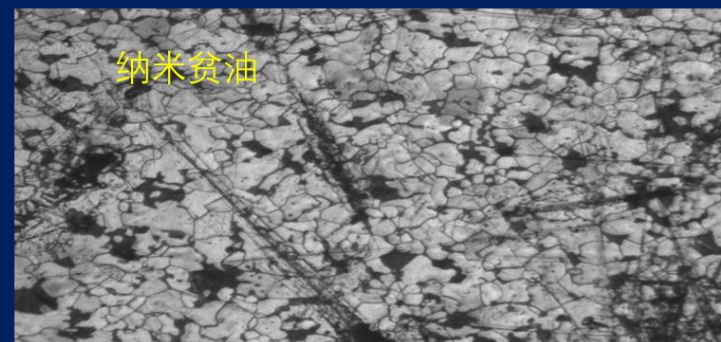
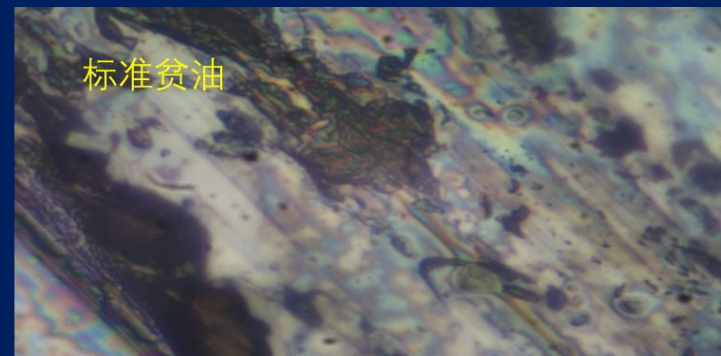


Optimal SRV
摩擦学实验台



3、解决方案及实施效果

基础工作



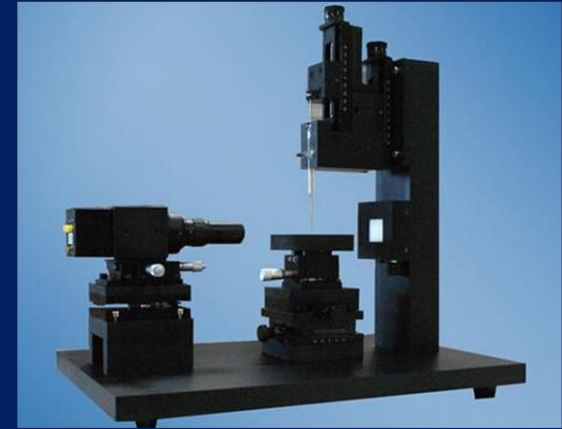
表面浅层金相与元素分布

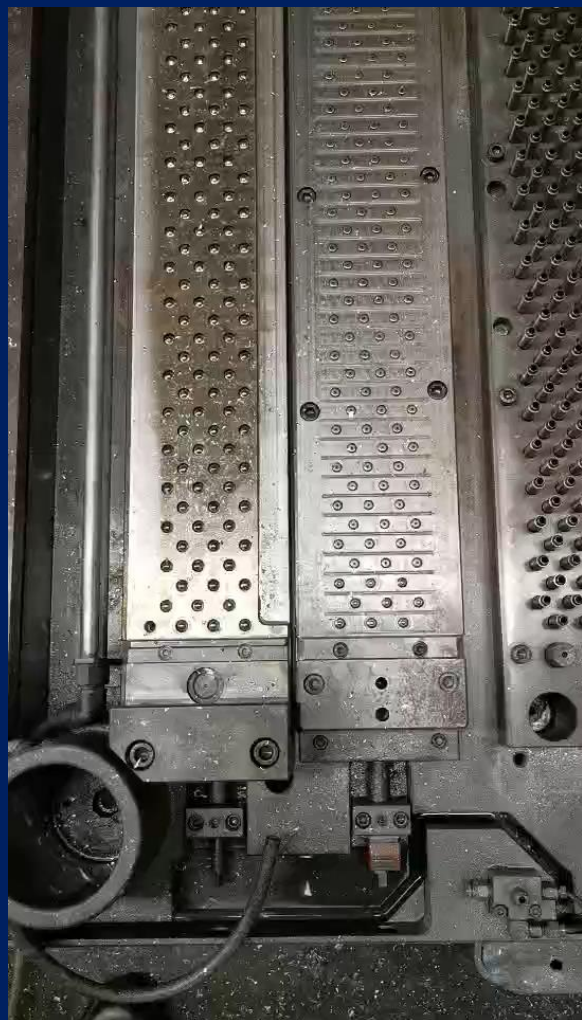
3、解决方案及实施效果

基础工作



微油铜管弯曲工艺

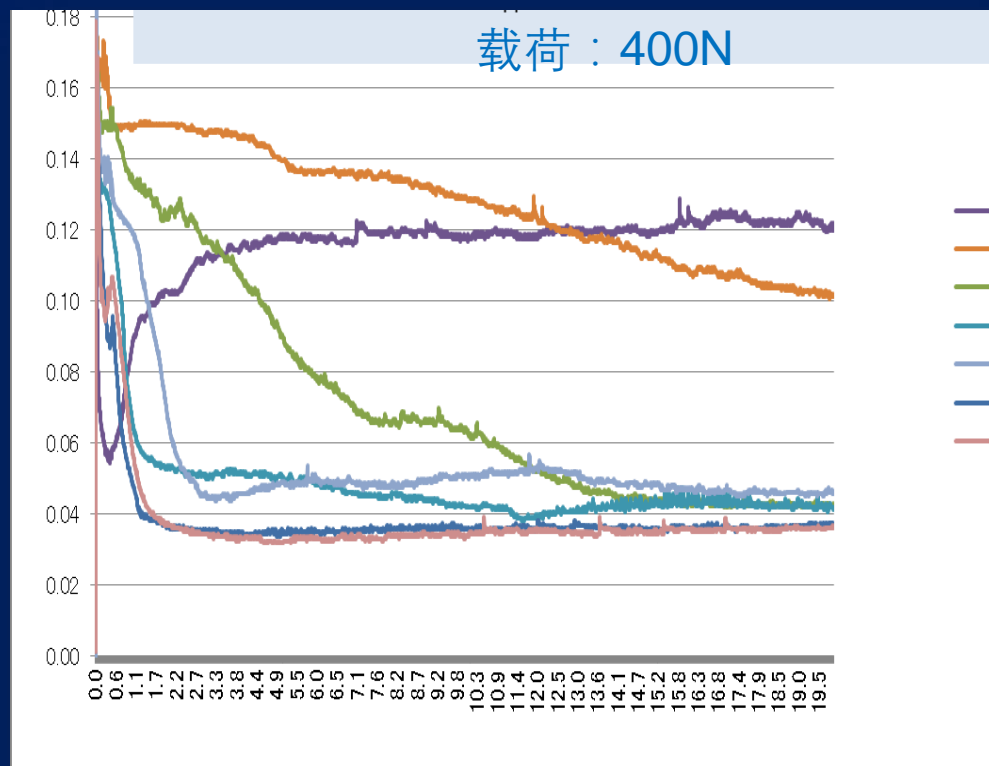




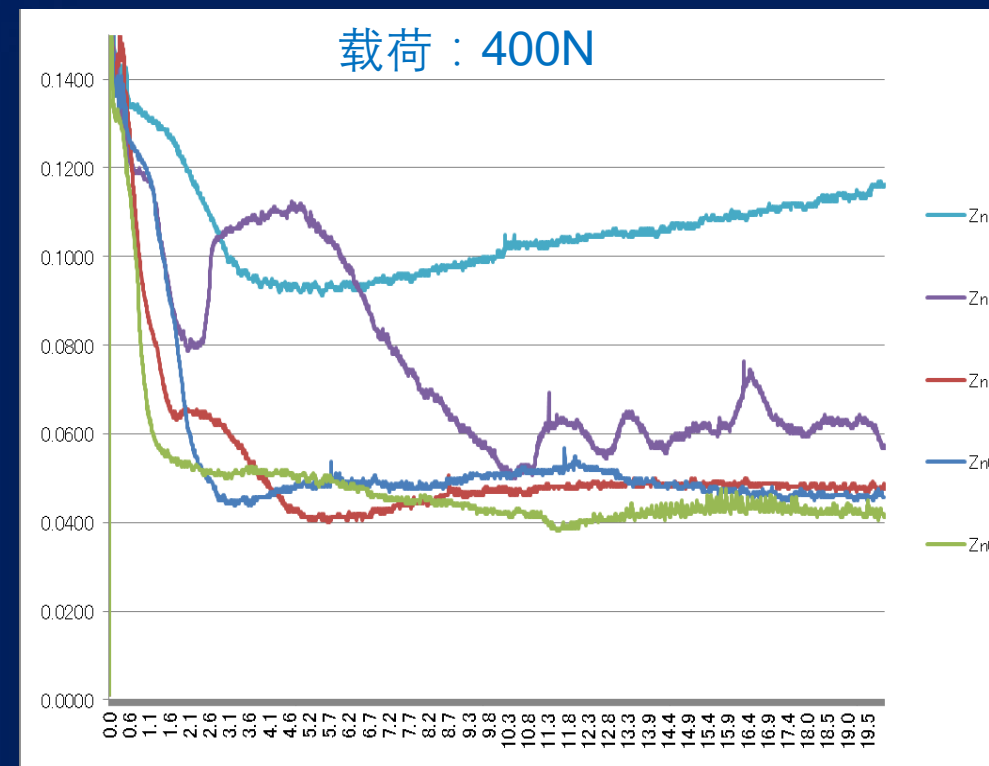
自润滑模具工艺研究



SRV摩擦学实验



模拟往复运动的SRV摩擦学实验



模拟转子运动的SRV摩擦学实验

3、解决方案及实施效果

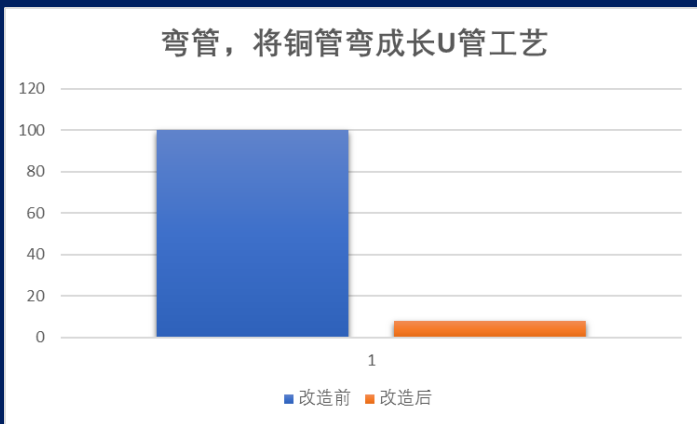
解决方案

1) 换热器铜管加工

弯管，将铜管弯成长U管

G公司，已完成在线实验验证

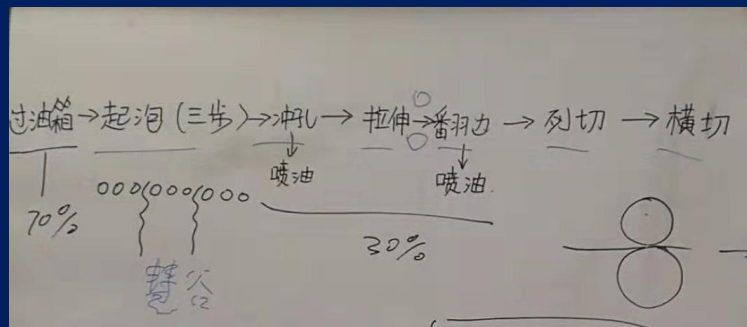
此工序减油90%



3、解决方案及实施效果

实施效果

2) 换热器翅片加工



M公司，合同接洽中

第一期减油30-50%

第二期减油60-70%

改造目标是减油85%

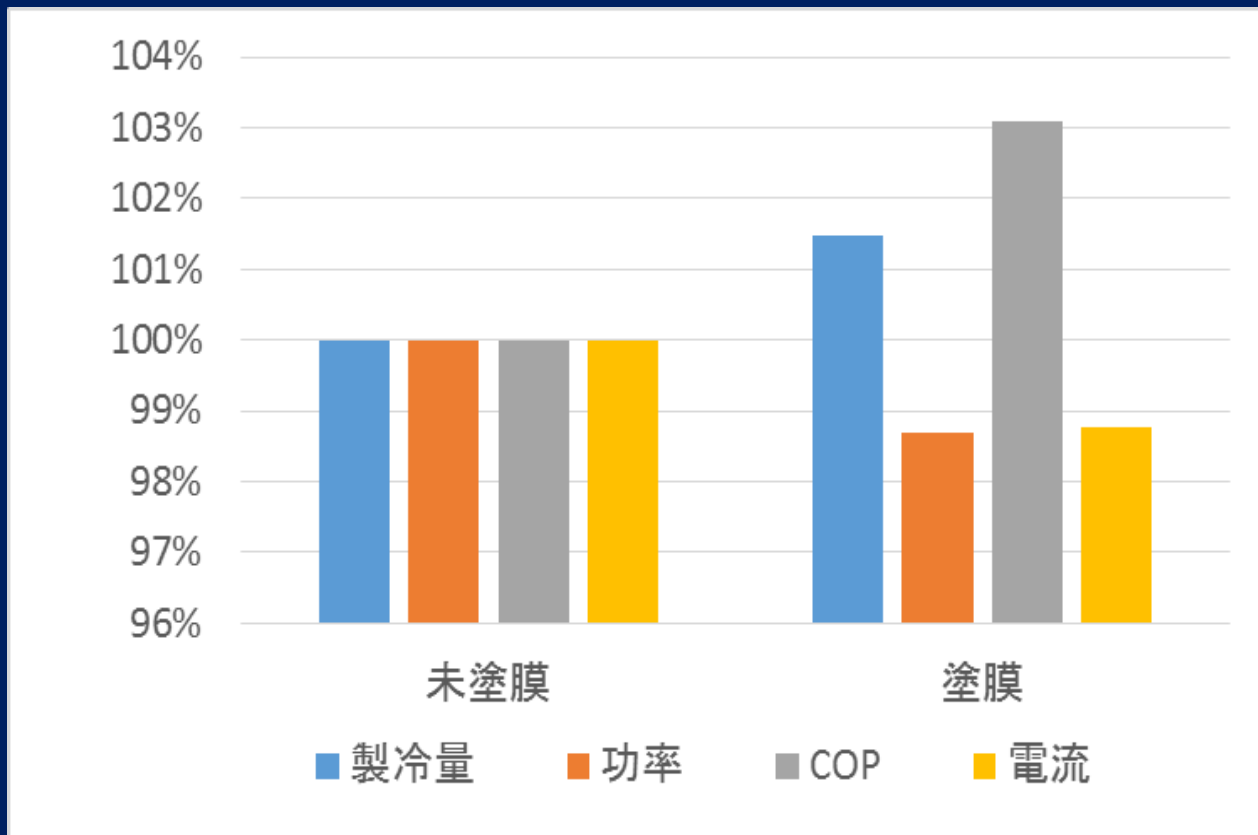
其它效果



家用空调压缩机曲轴

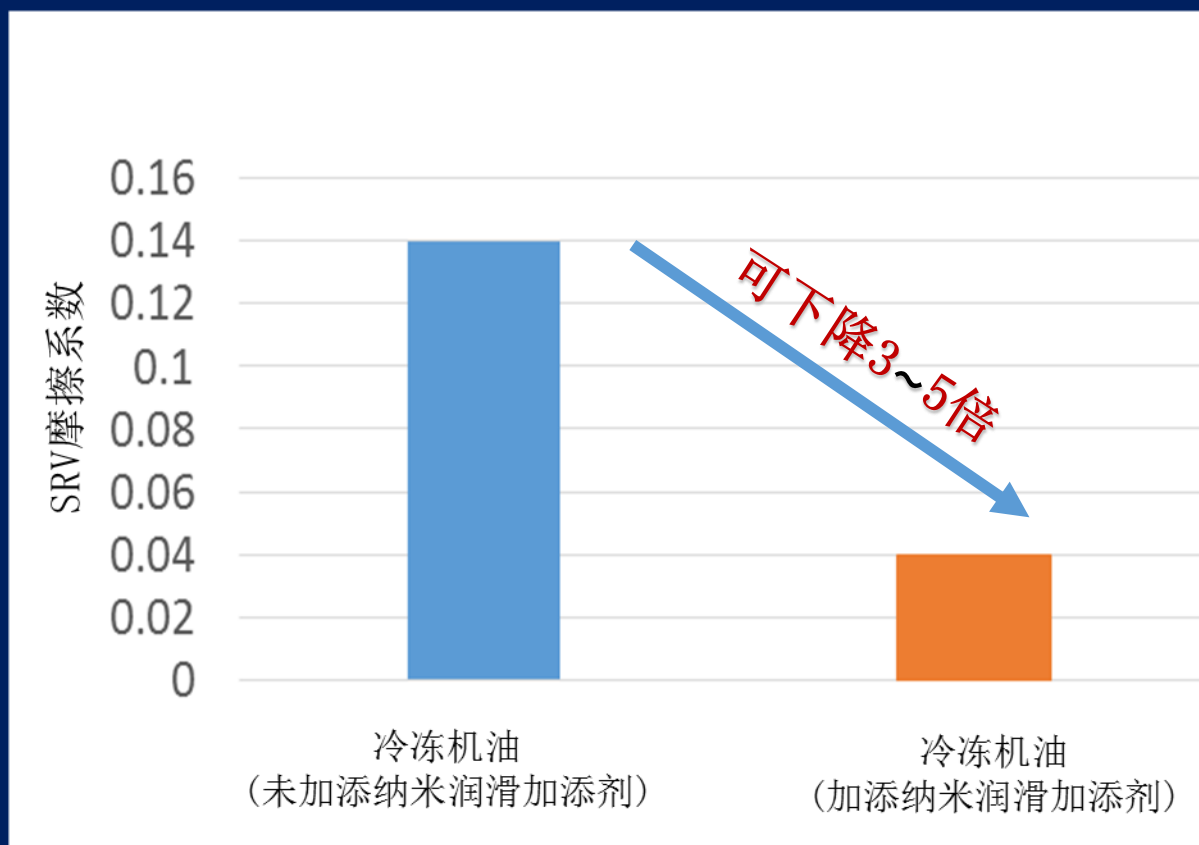
改善比率

先进润滑：
绿色涂膜表面处理技术





先进润滑： 纳米润滑表面处理技术





人民日报 号外

PEOPLE'S DAILY 客户端 2017年10月25日

习近平率新一届政治局常委集体亮相 新时代 再出发



人民日报客户端10月25日电 刚刚在党的第十九届中央委员会第一次全体会议上当选的中共中央总书记习近平和中共中央政治局常委李克强、栗战书、汪洋、王沪宁、赵乐际、韩正，10月25日上午在人民大会堂同采访十九大的中外记者亲切见面。



让先进润滑
推进空调产业的
绿色制造



谢谢大家

北京市西城区展览馆路1号
wangruixiang@bucea.edu.cn