

# 制冷空调系统新材料替代发展与展望

北京

2024年4月



## 目录 / Contents »»



1 不锈钢材料替代背景

---

2 不锈钢产品研发

---

3 不锈钢产品应用

---

4 全铝换热器展望

---

盾安芯知冷暖  
DunAn INNOVATION FOR YOUR FEELING

01/

## 不锈钢材料替代背景

Innovation For Customer Value



## 1

### 铜价持续走高

随着铜价的持续走高，全球客户均制定去铜化战略要求，空调铜制零部件、管组件将逐步采用新材料替代。

## 2

### 铜材料供应紧张

随着新能源汽车的发展，每一辆电动汽车需要消耗约83公斤铜，因此对铜需求量不断上涨，将进一步加剧原材料的供应紧张。

## 3

### 不锈钢加工技术进步

早期不锈钢材料主要加工成型难度大、无法直接火焰焊接且加工精度要求高，目前随着不锈钢加工成型技术的不断进步与革新，我司从2016年开始对不锈钢加工技术进行研究，对于不锈钢材料在空调领域应用上具备技术优势。

盾安芯知冷暖  
DunAn INNOVATION FOR YOUR FEELING

02/

## 不锈钢产品研发

Innovation For Customer Value

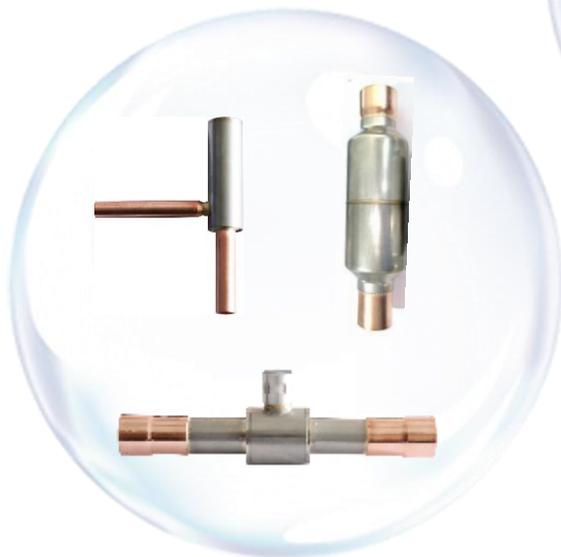
## 不锈钢四通换向阀

- 高效能：能效提升**0.5-2%**
- 高强度：破坏强度提升**25%**
- 绿色环保：绿色生产工艺、无铅化



## 不锈钢电磁阀 不锈钢单向阀 不锈钢球阀

- 高强度：破坏强度提升**25%**
- 绿色环保：绿色生产工艺、无铅化



## 不锈钢管组

- 高可靠：破坏强度提升25%，  
抗振性能提升
- 高效能：低热损、低压降，  
流通面积增加10%以上
- 轻量化：更低重量

## 不锈钢四通换向阀产品特点

## 助力系统能效和可靠性

能效提升**0.5~2%**振动破坏时间提升**280%**破坏强度提升**25%**

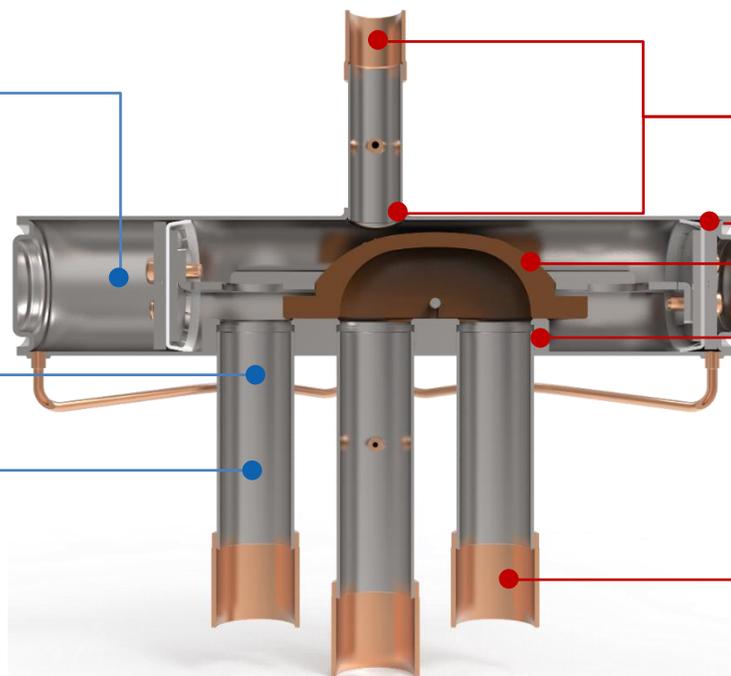
## 能效提升0.5~2%

- ①低热导率减小环境漏热及高低温流体不良换热;
- ②低内漏减小高低压流体短路;
- ③高压D管偏置提升制热COP。

## 振动破坏时间提升280%

## 破坏强度提升25%

破坏强度从20.8MPa提升到25MPa。



## 焊漏风险低

- ①接管、阀座、阀体隧道钎焊一体成型;
- ②端盖采用熔化焊工艺。

## 耐高温滑块

滑块采用PPS材料。



## 寿命高/内泄漏低

阀座采用精磨工艺，表面光洁度高。



## 整机焊接工艺无变更

不锈钢接管上焊接紫铜管接头。

格力、美的、海信日立、海尔等国内客户已批量使用，日系客户已全面使用。

Haier 海尔

美的 Midea

Hisense / HITACHI  
海信日立

GREE 格力

DAIKIN

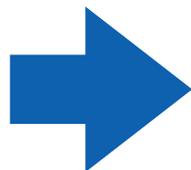
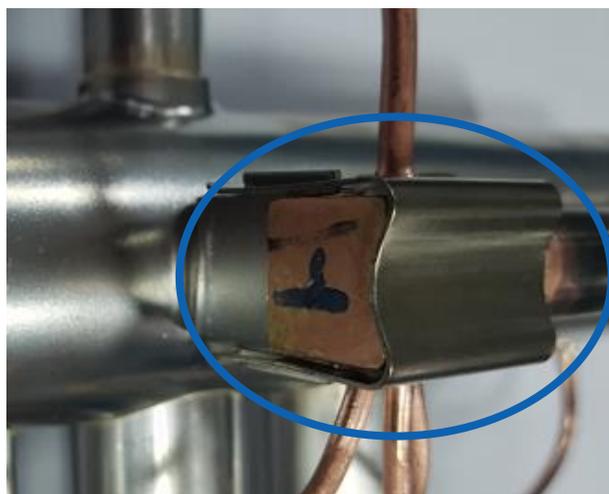
Toshiba

TOSHIBA

Panasonic

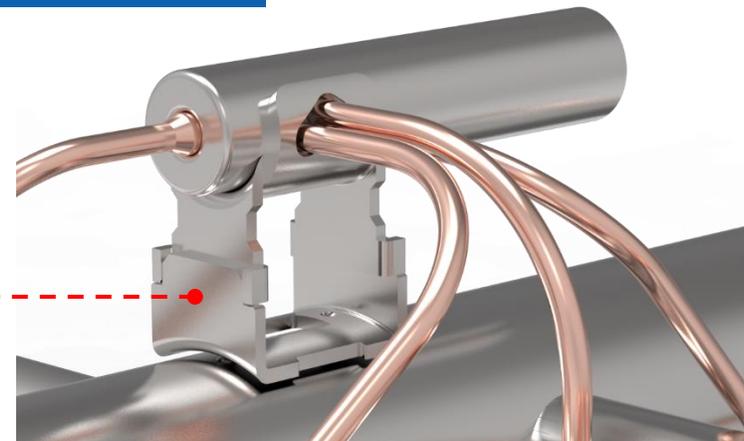
## DSF(S)-20M 不锈钢四通换向阀导阀

助力系统环保和可靠性

环保无铅 **新RoHS**固有频率提升 **180%以上**(230Hz→430Hz)

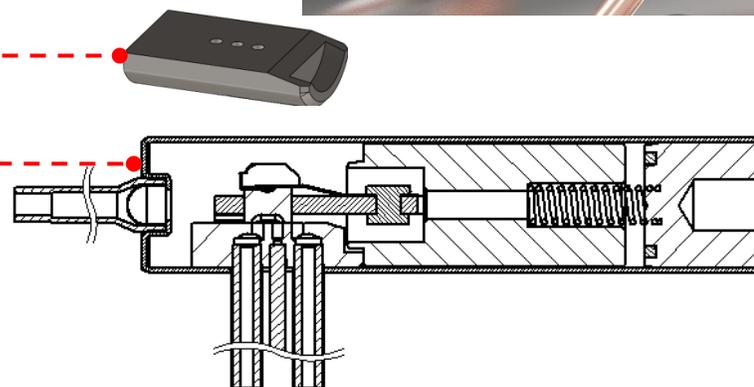
固有频率提升180%

导阀与主阀支架间采用熔化焊工艺。



环保无铅

不锈钢导管和不锈钢先导阀座，不含铅。



## 不锈钢四通换向阀与黄铜四通换向阀制冷、制热工况性能对比

项目	不锈钢四通换向阀	黄铜四通换向阀	提升比例
测试机型	10HP		
制冷量(W)	18515.01	18350.64	0.89%
制热量(W)	21546.225	21272.66	1.29%
制冷能效比EER	2.407	2.3985	0.35%
制热能效比COP	3.359	3.3285	0.94%

### 测试工况

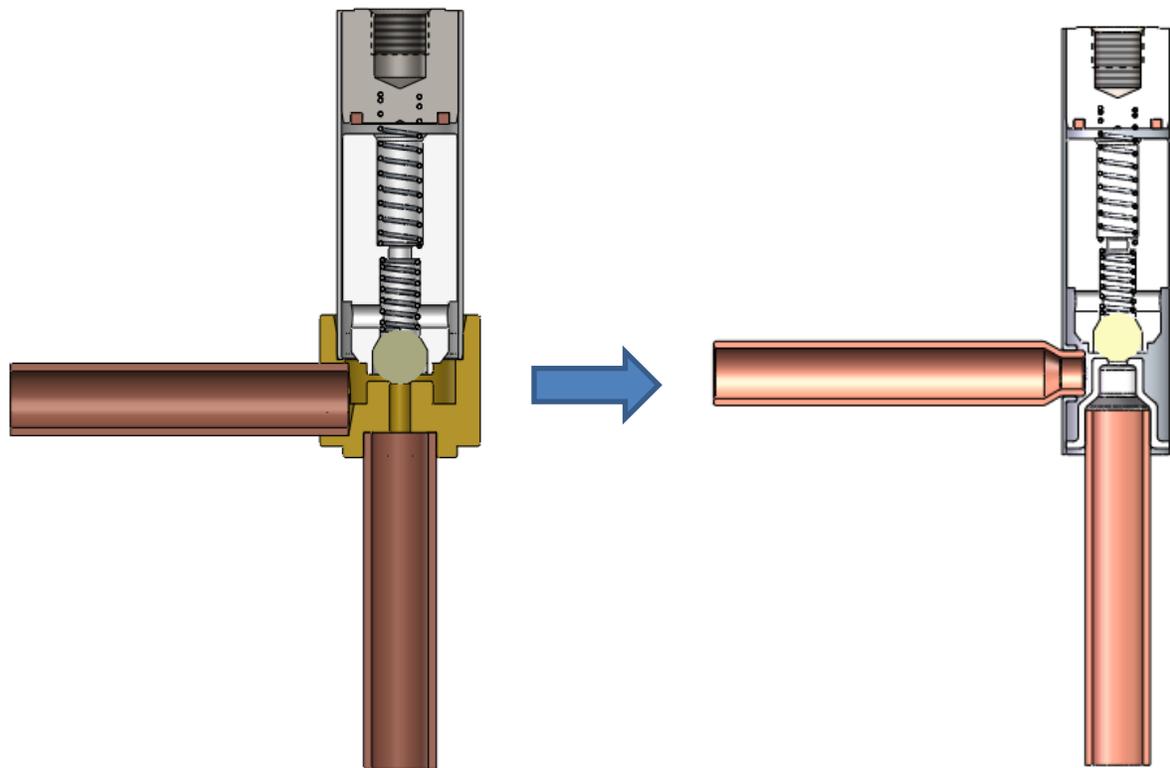
制冷工况：室内干球/湿球温度：27 / 19℃，室外干球温度：35 / 24℃。

制热工况：室内干球温度：20℃，室外干球/湿球温度：7 / 6℃。

注：因测试对比要求，测得在**低频率锁频状态数据**，**频率上升节能效果更明显。**

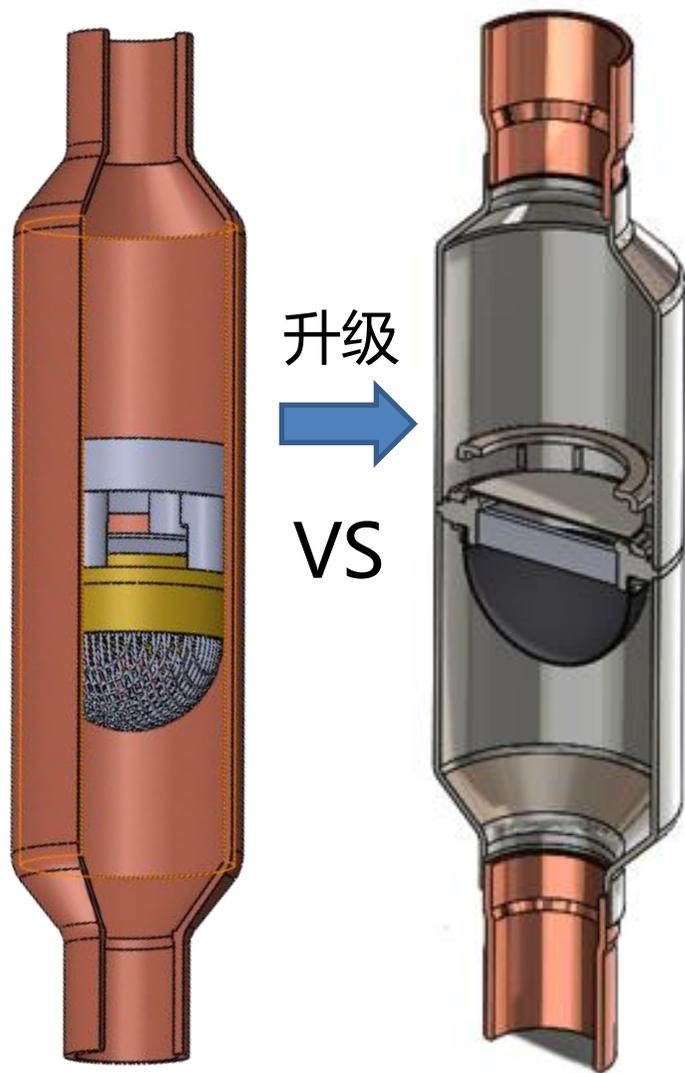


## 不锈钢化



## 不锈钢电磁阀优点:

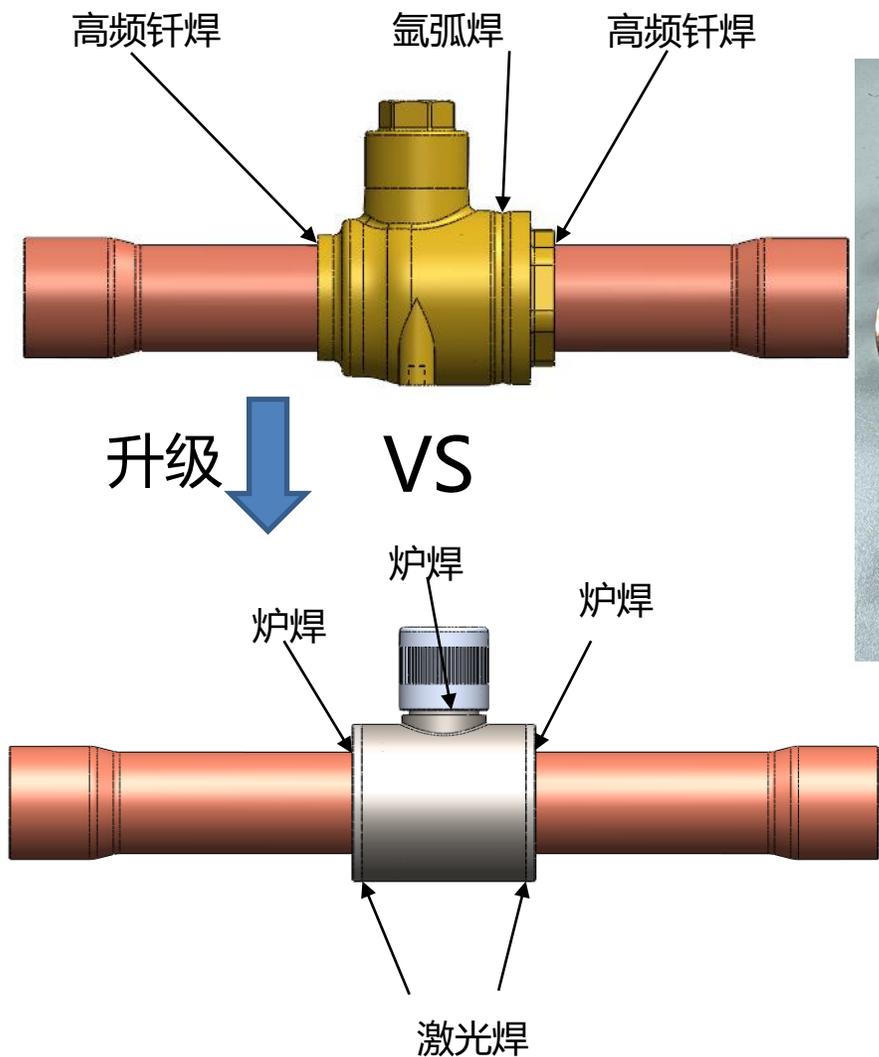
- 高强度**: 破坏强度提升25%;
- 绿色环保**: 绿色生产工艺、无铅化, 符合新RoHS。



不锈钢单向阀优点:

- 高强度**: 破坏强度提升25%;
- 绿色环保**: 绿色生产工艺、无铅化, 符合新RoHS

不锈钢膜片式型号	接口直径 mm	Kv (m <sup>3</sup> /h)	最大工作压力 MPa	最小开阀压差 MPa
FDM2522	22	3.51	4.5	0.01
FDM3229	29	13.11	4.5	0.02
FDM3835	35	19.02	3.5	0.02
FDM4842	42	31.96	3.5	0.03



## 不锈钢球阀优点:

- 高强度**: 破坏强度提升25%;
- 绿色环保**: 绿色生产工艺、无铅化, 符合新RoHS

注明: A)、充注嘴可选;  
B)、安装板可选。

不锈钢球阀规格型号	接口直径 mm	Kv (m <sup>3</sup> /h)	最大工作压力 MPa
FQS-DN15	19	15.7	4.5
FQS-DN20	22	23.6	4.5
FQS-DN25	28.6	43.8	4.5
FQS-DN32	35	76.8	4.5

## 不锈钢管组主要产品



不锈钢集气管组件



不锈钢消音器组件



不锈钢过滤器组件



不锈钢排气管组件



不锈钢油分



不锈钢电子膨胀阀组件



不锈钢四通阀组件



不锈钢喷射管组件

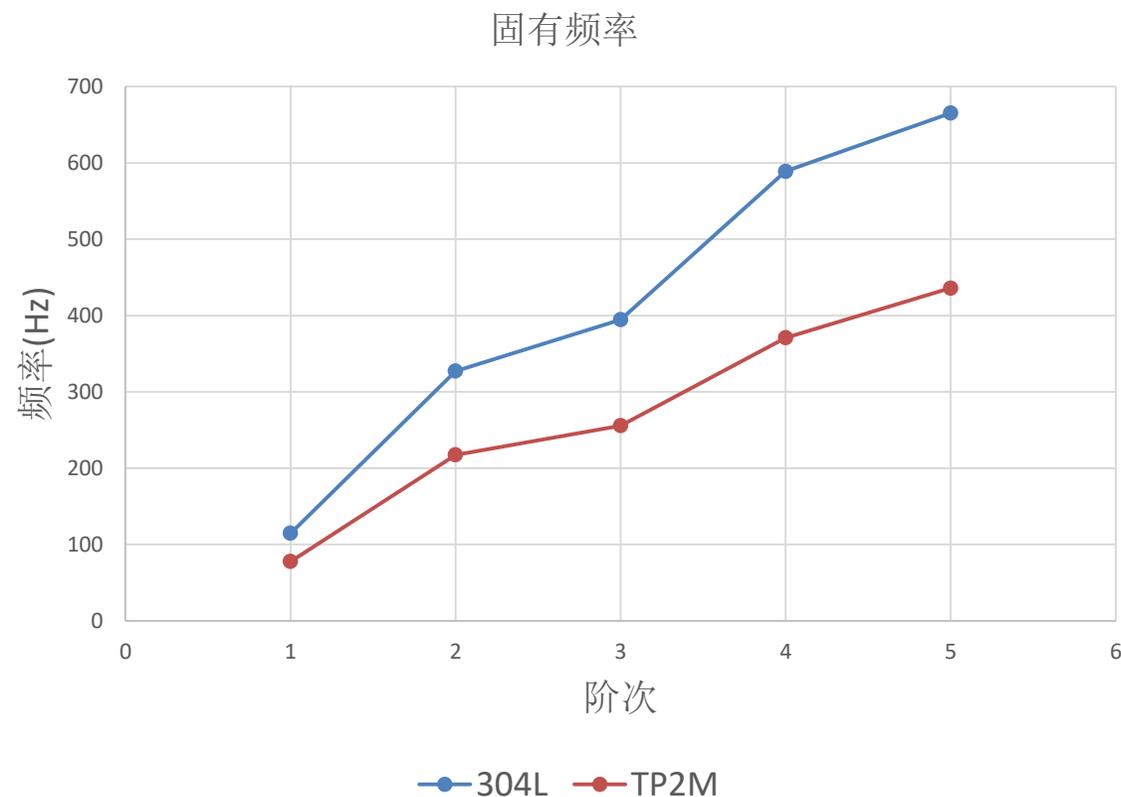


不锈钢单向阀组件

## 130模块机排气管路振动分析

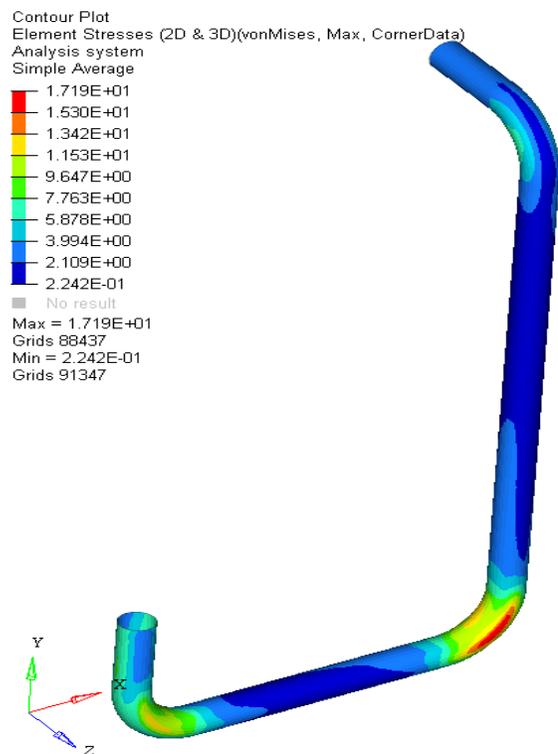
排气管前5阶固有频率对比：304L不锈钢管固有频率更高，规避系统运行频率区间的能力更强，**降低了共振风险。**

模态阶次	304L不锈钢管固有频率 (Hz)	TP2M紫铜管固有频率 (Hz)
1	114.7	77.7
2	327.3	217.5
3	394.6	255.7
4	589.0	370.8
5	665.4	435.9

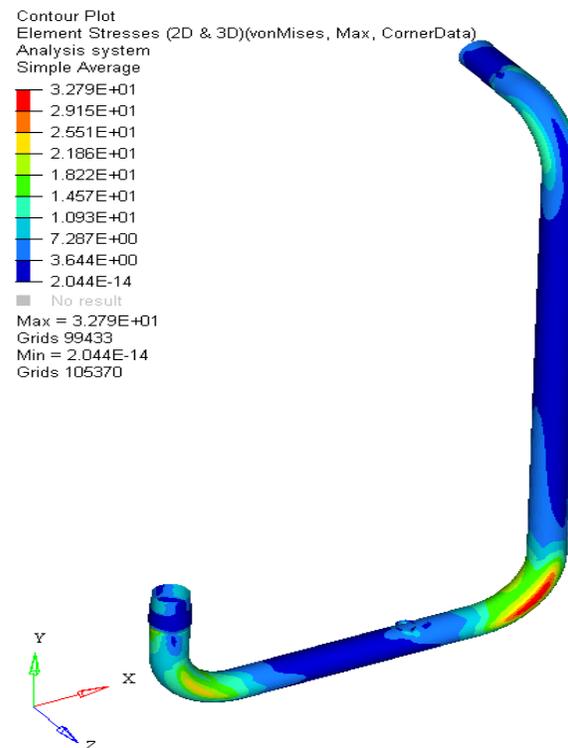


## 130模块机排气管路振动分析

排气管应力对比：单位幅度压缩机振动激励时，不锈钢管安全系数约2.5，紫铜管安全系数约1.9。不锈钢管疲劳寿命性能优于紫铜管。



TP2M紫铜管应力

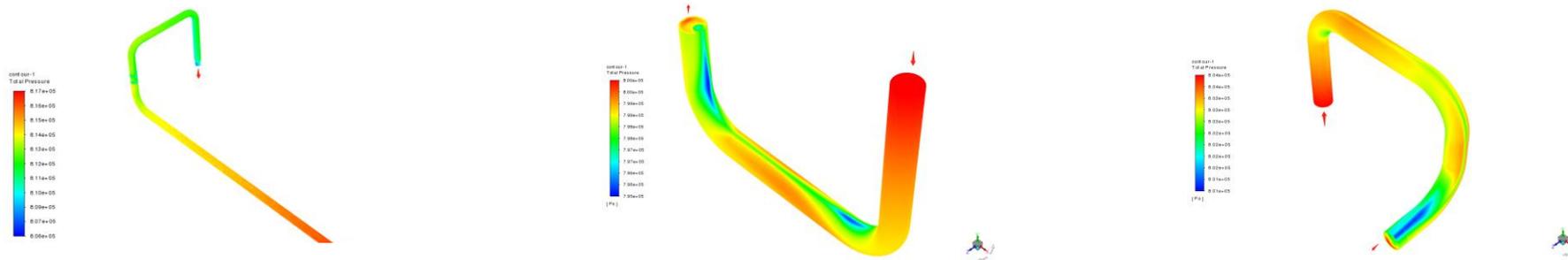


304L不锈钢管应力

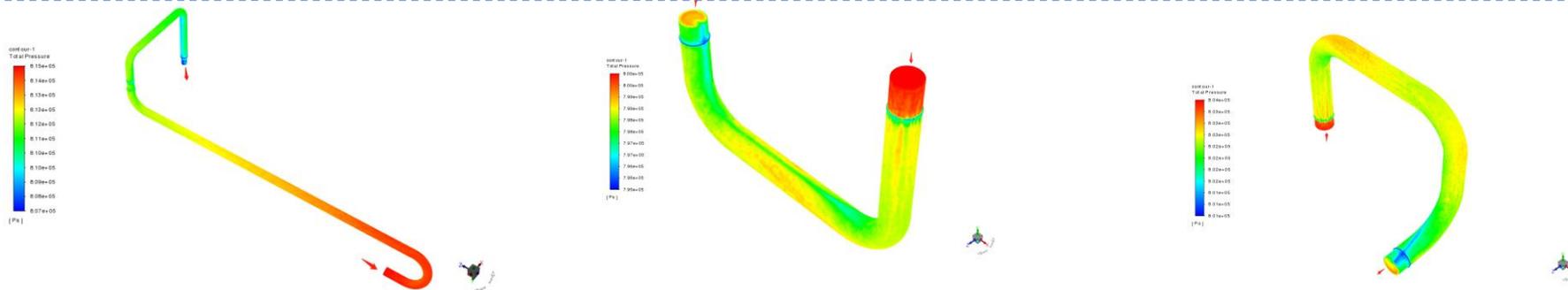
## 130模块机低压管路压降分析

蒸发器到压缩机三段低压侧管路压降对比  
 不锈钢管比紫铜管压降**降低12.5%**

紫铜管



不锈钢管



总压压力云图

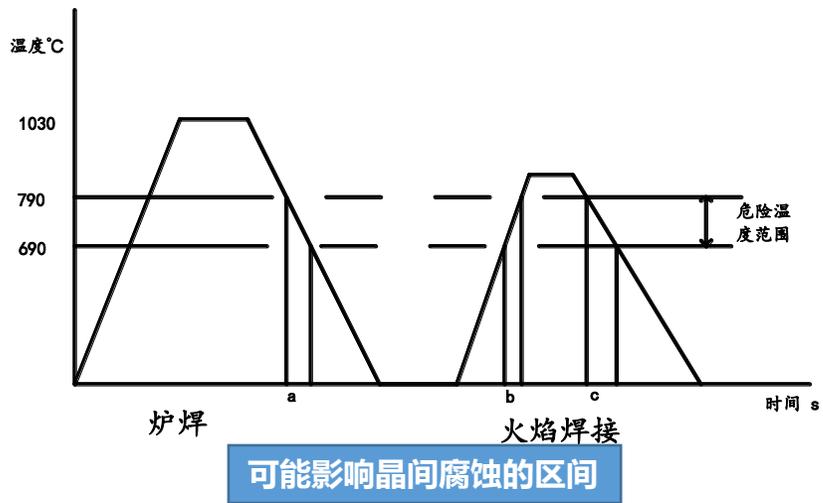
蒸发器-四通换向阀

四通换向阀-气液分离器

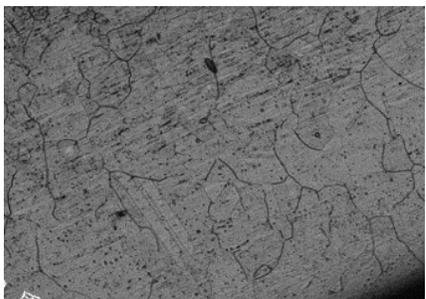
气液分离器-压缩机

## 晶间腐蚀

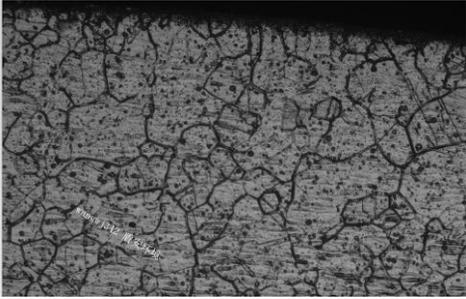
不锈钢的晶间腐蚀：为避免不锈钢在焊接过程(炉焊冷却+火焰焊接)中在敏化区间（敏化温度区间为450~850℃，最敏感区为690~790℃）停留时间过长导致其因贫铬而发生晶间腐蚀失效，不锈钢管组均采用304L超低碳（C%≤0.03%）不锈钢，通过降低C%含量，可以有效避免因焊接造成的晶间腐蚀失效分险。



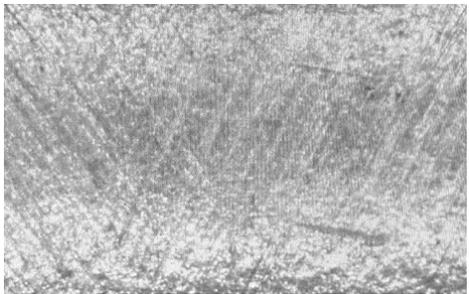
对比焊接后的304(C%0.072) 及304L (C%0.026) 金相及通过硫酸铜腐蚀后晶间腐蚀裂纹情况，从晶相对比看，304不锈钢晶界已明显发生碳化物的析出且产品通过晶间腐蚀试验折弯后发生明显裂纹。



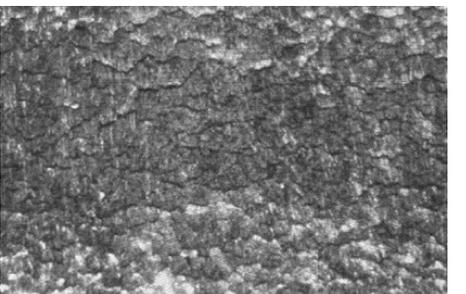
304L:晶界无明显碳化物析出 OK



304:晶界明显有碳化物析出 NG



304L:无裂纹 OK



304:明显发生裂纹 NG

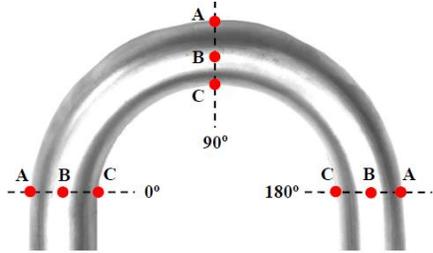
采用304L超低碳不锈钢应用于不锈钢管组可有效避免不锈钢发生晶间腐蚀失效。

## 应力腐蚀

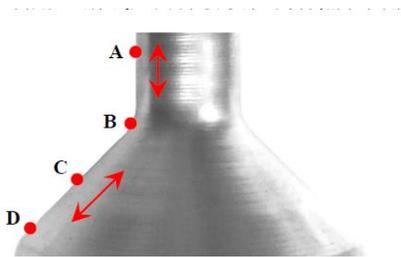
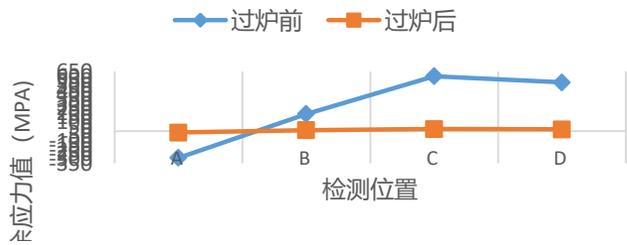
采用x射线对不锈钢弯管及旋压后两种不同状态（钎焊前、钎焊后）的样品进行残余应力测试：不锈钢弯管过炉前的样品最高应力值100MPa以上，旋压类产品过炉前最高应力值超过500MPa，但经过钎焊后残余应力值均小于10MPa接近0值。

采用42%沸腾的MgCl在不同应力条件下进行应力腐蚀测试：

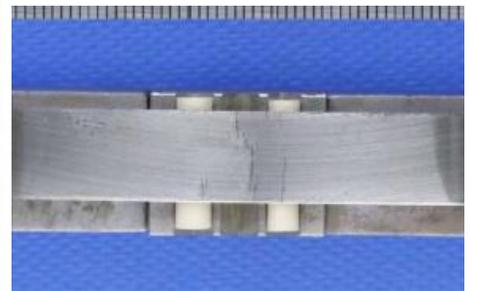
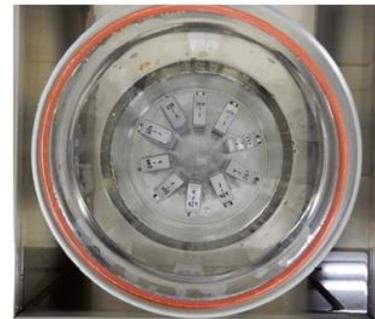
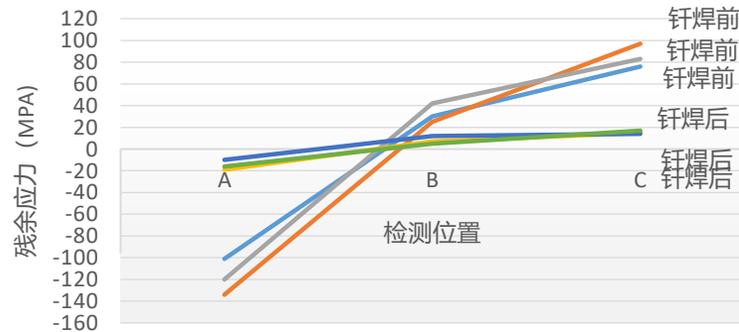
应力值	应力腐蚀开裂情况
100MPa	未开裂
175MPa	开裂
250MPa	开裂
300MPa	开裂
350MPa	开裂



不锈钢消音器旋压面过炉前后残余应力值



不锈钢弯管钎焊前后残余应力



应力腐蚀裂纹

不锈钢管组经过1000℃以上高温炉后，可有效消除不锈钢加工过程中存在的参与应力，降低应力腐蚀失效分险。

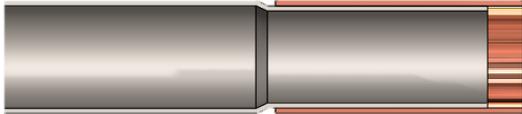
## 冷媒管路不锈钢化优势总结



SUS 化



**动态管：**增强不锈钢与元件连接强度，提升管路抗振性。



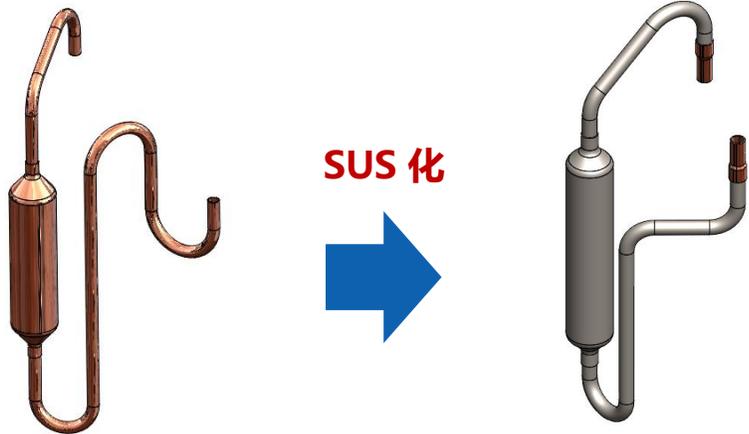
动态管

**静态管：**优化管路连接设计方案，增大流通内径，降低压力损失。

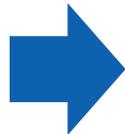
## 开发优势

机组性能提升

1. 采用紫铜接头，便于接管在系统中连接；
2. 降低系统管路不良热损，同规格管路流通面积增加10%以上，提升系统能效。
3. 提高系统耐压能力。
4. 更高固有频率，降低了共振风险。
5. 更高疲劳应力，可有效提高管路应力断裂安全系数，减少管路设计长度，防止疲劳应力断裂。



SUS 化



某排气管SUS化设计，管路长度减少30%。

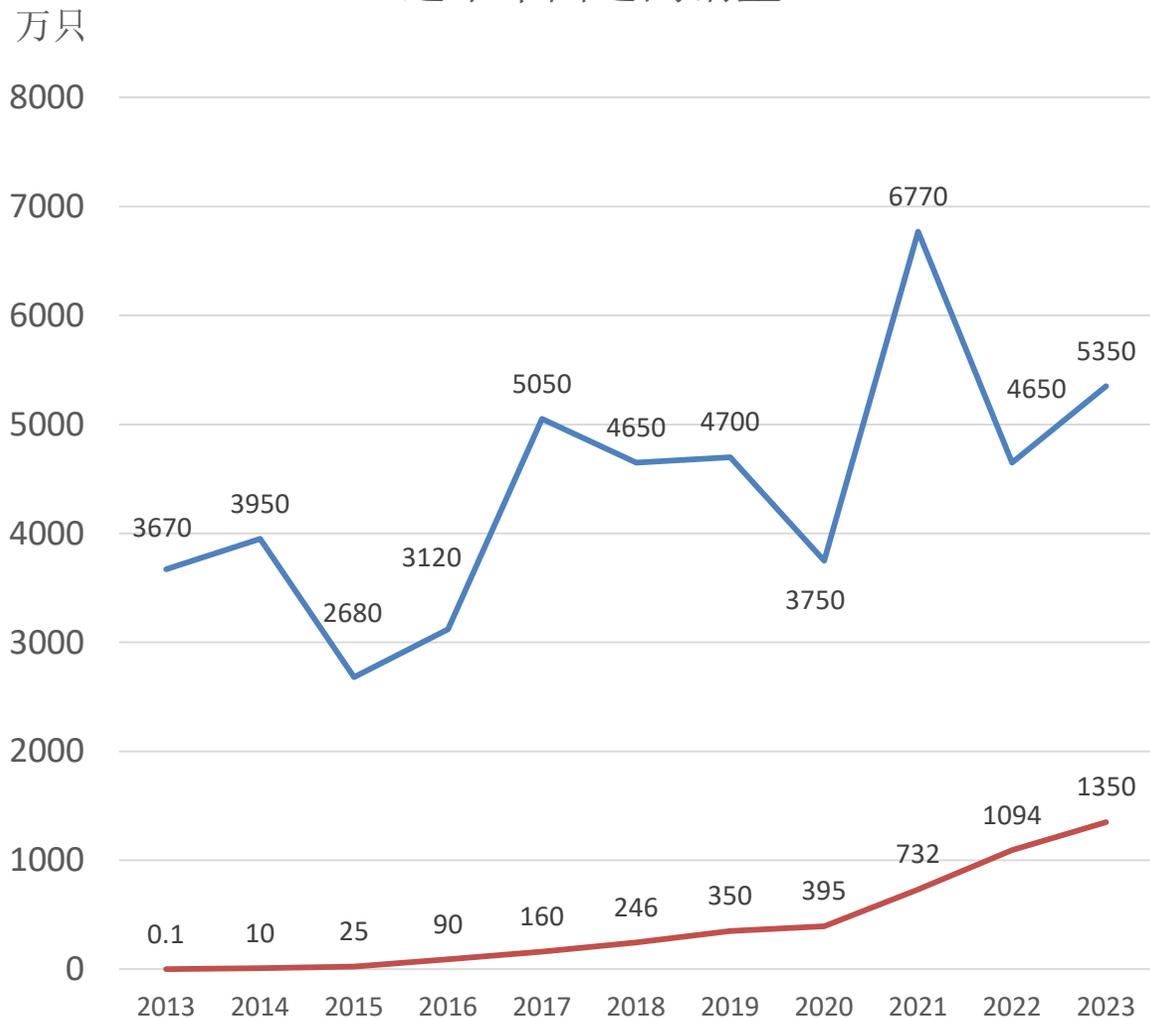
盾安芯知冷暖  
DunAn INNOVATION FOR YOUR FEELING

03/

## 不锈钢产品应用

Innovation For Customer Value

### 近十年四通阀销量



— 黄铜阀销量 — 不锈钢阀销量

### 近十年四通阀不良率



— 黄铜阀市场不良率 — 不锈钢阀市场不良率

## 2. 国内某大客户A多联机不锈钢管组开发应用情况

国内某大客户以V8系列8~42HP多联机主力机型进行管组不锈钢化切换，第一阶段主要为提升管路抗振性能，22年3月份已完成排气管、喷射管、油分、三通不锈钢化切换并以投入市场应用，24年6月份完成第二阶段管组切换，其将全面实现全系统管组不锈钢市场化，此将进一步推动在其他所有机型内不锈钢化替代，管组不锈钢化替代已做为其重要战略开发方向。



第一阶段:



喷射管组件



不锈钢三通



不锈钢油分



排气管

第二阶段:



低压阀组件



气分接管



集气管组件

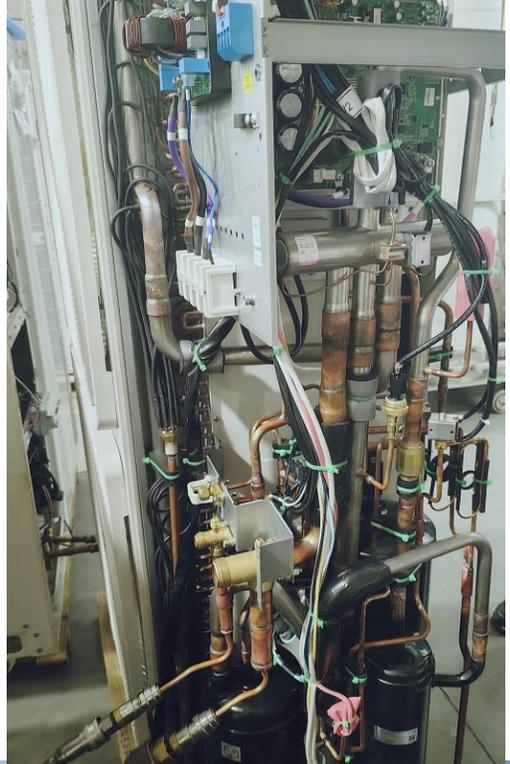


不锈钢四通阀及其他管组



### DA 3. 国内某大客户B多联机不锈钢管组开发应用情况

国内某大客户B目前侧出风多联机40~61.5KW全系统不锈钢冷媒管组件应用已全部测试完成，预计24年8月份开始全部批量切换，同时大客户B、C新一代多联机全系列目前全部采用冷媒管路不锈钢化设计，主要从成本及应力考虑，不锈钢具有更高的疲劳应力值及安全系数。



# 4. 模块机不锈钢管组开发应用情况

国内模块机全系统管组不锈钢化已在130KW模块机批量市场化应用，机组性能方面分别进行了名义制冷、最大负荷制冷，名义制热、最大负荷制热四个工况，以及四个工况下的管路振动测试，并与铜管组进行了对比分析，在不锈钢管组相比铜管组直径整体缩小的情况下，不锈钢管组整机与原铜机组性能相当。多个外资和国内一线品牌客户已完成130KW模块机全系统不锈钢管组测试，性能满足要求。



		不锈钢管组		铜管组	
工况		名义制冷 (A: 35.03 W: 7.10)		名义制冷 (A: 35.00 W: 6.96)	
名义参数	制冷量	130		130	
	功率	39.00		39.00	
	COP	3.33		3.33	
实测参数	制冷量	116.2	89.4%	120.8	93.0%
	功率	43.10	110.5%	44.93	115.2%
	COP	2.696	80.9%	2.690	80.7%
水阻力	kpa	49.798		65.61	
压缩机	吸气压力	7.41	7.43	7.66	7.62
	蒸发温度	1.60	1.68	2.54	2.39
	吸气温度	7.7	7.70	7.74	8.35
	吸气过热度	6.1	6.0	5.2	6.0
2系统	排气压力	31.05	29.58	30.83	30.84
工况		制冷最大负荷 (A: 43.12 W: 15.08)		制冷最大负荷 (A: 43.04 W: 14.85)	
名义参数	制冷量	130		130	
	功率	39.00		39.00	
	COP	3.33		3.33	
实测参数	制冷量	128.3	98.7%	127.9	98.4%
	功率	53.97	138.4%	54.45	139.6%
	COP	2.378	71.3%	2.348	70.5%
水阻力	kpa	48.242		65.217	
压缩机	吸气压力	9.77	9.06	9.52	9.46
	蒸发温度	9.84	7.52	9.03	8.84
	吸气温度	16.58	17.58	17.56	18.13
	吸气过热度	6.7	10.1	8.5	9.3
2系统	排气压力	39.64	37.64	37.93	37.90

盾安芯 知冷暖  
DunAn INNOVATION FOR YOUR FEELING

04/

## 全铝换热器展望

Innovation For Customer Value

研发团队成立

市场调研

研发与测试

产品发布



2019.9



2019.10

2019.12



2020.12

2021.3



产品评审



2021.07

2021.9



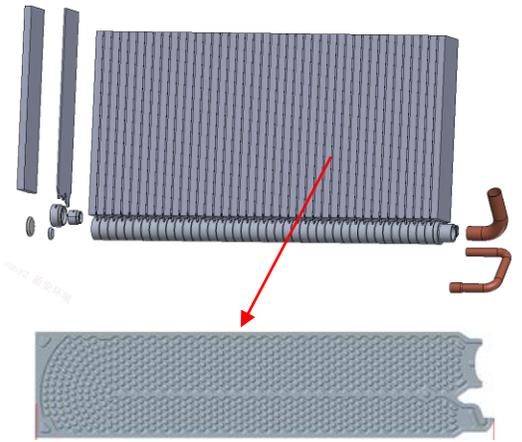
正式投产

研发项目启动

项目计划

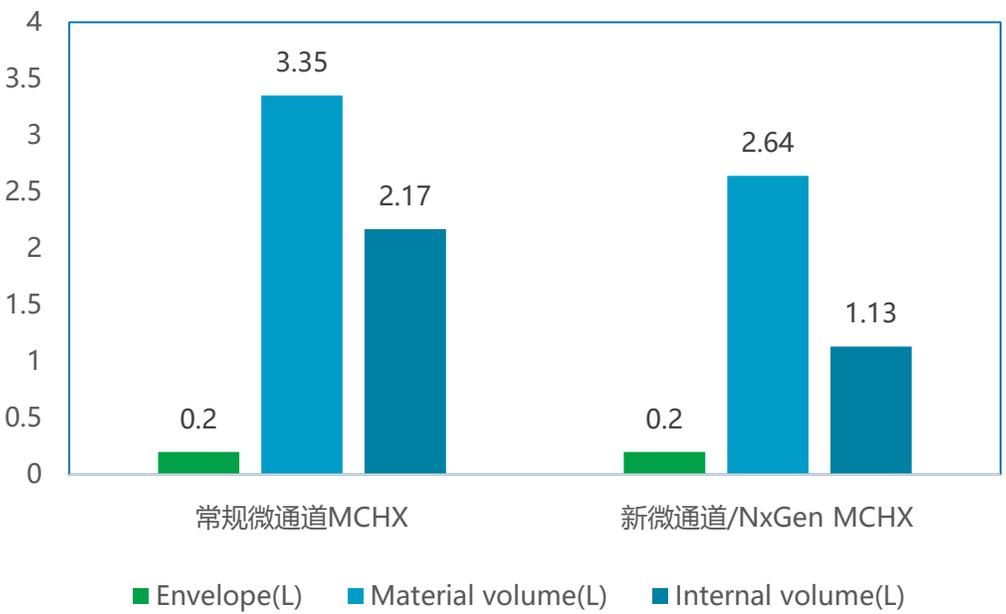


# 2. 新型微通道换热器 — 微板换热器 (MPHX)

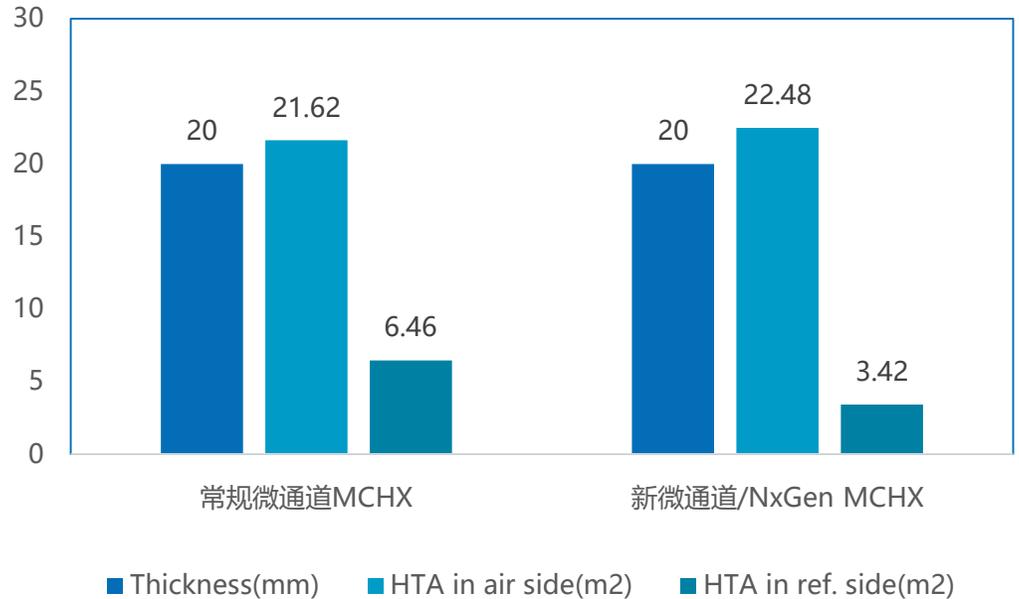


	常规微通道	微板换热器	参数对比
产品厚度 (mm)	20	20	/
整体体积 (m³)x10	0.20	0.20	/
材料体积 (L)	3.35	2.64	- 20% ▼
内容积 (L)	2.17	1.13	- 48% ▼
风侧换热面积 (m²)	21.62	22.48	+ 4% ▲
制冷剂侧换热面积 (m²)	6.46	3.42	- 47% ▼
重量 (kg)	9.92	7.19	- 28% ▼
集流管长度 (mm)	430~1500	≤1000	-66%
芯体高度 (mm)	600~1500	≤800	-53%

紧凑性



热传输面积



注: 所有模型的对比参数按照相同尺寸和迎风面积(1m x 1m) 来合算



DunAn

THANKS

持续创新为盾

客户价值为安

