

轨交空调系统用零部件性能及可靠性提升解决方案

北京

2024年4月



目录 / Contents »»



1 轨交空调系统要求

2 性能及可靠性提升、轻量化解决方案

3 新冷媒替代解决方案

4 应用案例



盾安芯知冷暖
DunAn INNOVATION FOR YOUR FEELING

01/

轨交空调系统要求

Innovation For Customer Value

- 高可靠、长寿命

轨交空调，对机组的稳定可靠运行要求较高，平均无故障时间（MTBF）一般要求大于8000h。

轨交空调要求其零部件寿命要大于15年。

- 轻量化

轨道车辆的自重，也是影响车辆能耗的一个重要指标，车载空调是车体的组成部分，轻量化的设计，是有效降低整体能耗的一种措施。

- 节能减排、新冷媒替代

轨交空调节能减排需求。

轨交空调冷媒逐步从R407C、R410A向CO₂等天然冷媒替代。





盾安芯知冷暖
DunAn INNOVATION FOR YOUR FEELING

02/

性能及可靠性提升、轻量化解决方案

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
- 设计寿命：15年
- 轻量化：重量减轻35%

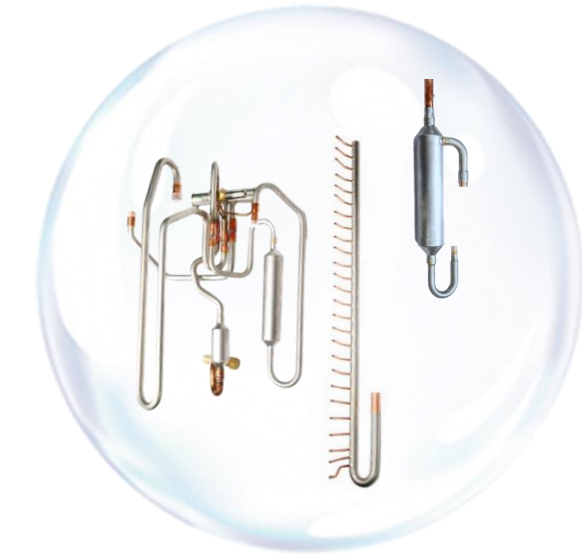


P系列高MOPD电子膨胀阀

- 高MOPD：正、反向MOPD > 3.5 MPa，实现制热工况小开度稳定控制
- 高精度：专有折线型流量曲线
- 设计寿命：15年
- 省空间：体积减少60%
- 轻量化：重量减轻73%

不锈钢单向阀

- 高强度：破坏强度提升25%
- 绿色环保：绿色生产工艺、无铅化
- 设计寿命：15年
- 轻量化：重量减轻35%



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：重量减轻35%

产品特点

高MOPD、小型化

高MOPD, 小开度稳定控制

2020年国际制冷展“创新产品”
“国际领先产品”

助力系统能效和稳定性

3.5

行标: 0.7

5

行标:
10.8

60%

逆向开阀压差MPa 最低开阀电压V 节约尺寸空间



58项专利

应用领域:

热泵空调, 多联机外机, 机房空调, 单元机等



热泵空调



多联机外机



机房空调



单元机

助力低温热泵

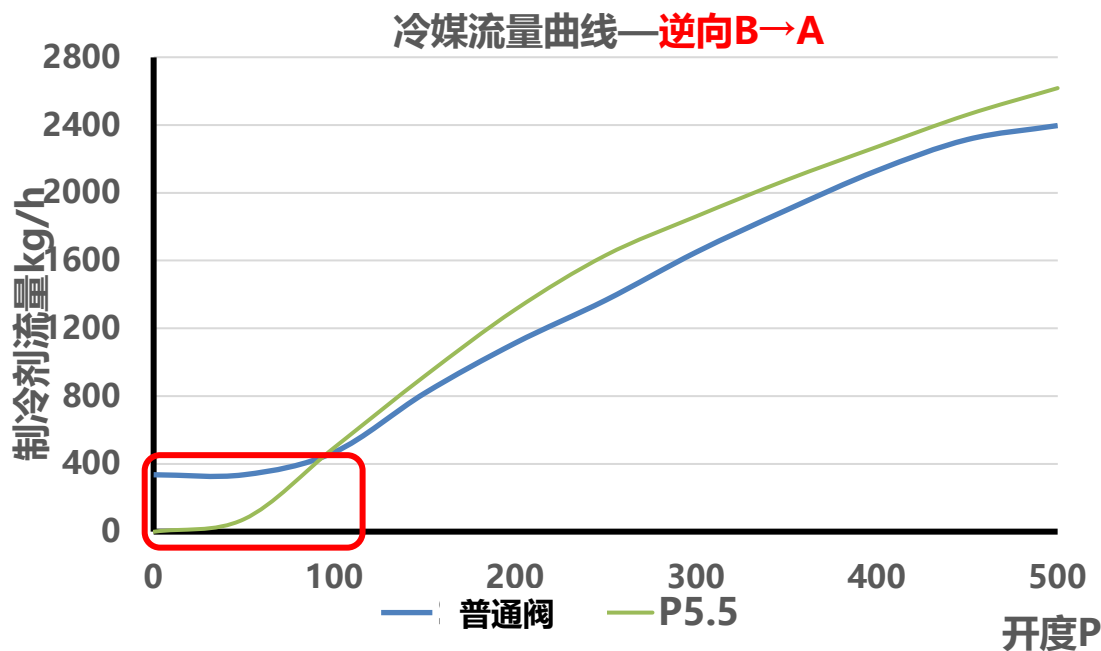
专有折线型流量曲线设计, 满足小开度高精度调节, 全开流通能力大;



装机测试对比

★逆向动作可靠性高

◆ 高MOPD，逆向动作压差 > 3.5MPa，热泵型空调小开度稳定控制。



◆ 普通电子膨胀阀针在系统压差下被冲开，小开度调节失效；

◆ 通过盾安特有的**内平衡技术**，P阀产品实现了**小开度下的精密调节**。

★低环温模块机EEV逆向运行测试数据对比

测试工况	环温-20℃，出水41℃			环温-20℃，出水41℃		
	1号系统	1号系统	1号系统	2号系统	2号系统	2号系统
机组系统	1号系统	1号系统	1号系统	2号系统	2号系统	2号系统
调节方式	自动调节	锁阀120	锁阀80	自动调节	锁阀120	锁阀80
排气温度 °C	102	108	113	94	100	107
吸气温度 °C	-26	-23	-18	-26	-23	-18
冷凝蒸发压差 MPa	2.4	2.4	2.5	2.9	2.9	2.9
吸气过热度 °C	2.5	6.2	11.5	2.0	5.3	10.4
主阀开度 pls	173	124	80	167	121	81

高MOPD电子膨胀阀：

自动调节机组压力温度运行正常，手动关小到120PLS，吸气过热度上升，阀正常调节，此时压差2.9MPa，**系统稳定运行**。

测试工况	环温-20℃，出水41℃			环温-20℃，出水41℃		
	1号系统	1号系统	1号系统	2号系统	2号系统	2号系统
机组系统	1号系统	1号系统	1号系统	2号系统	2号系统	2号系统
调节方式	锁阀150	锁阀120	锁阀80	锁阀150	锁阀120	锁阀80
排气温度 °C	74	73	74	71	76	79
吸气温度 °C	-25	-25	-25	-25	-24	-25
冷凝蒸发压差 MPa	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.3
吸气过热度 °C	1.4	1.5	1.5	0.4	0.3	0.2
主阀开度 pls	150	120	80	150	122	82

普通电子膨胀阀：

手动150/120/80PLS，吸气过热度无变化，阀被冲开，此时压差2.2MPa，**调节失效**。

小型化对比



普通阀A

盾安P系列

盾安M系列

普通阀B

公司	套管外径/mm	阀体高度/mm	线圈高度/mm	线圈外径/mm	含线圈重/g
普通阀A	35.3	148	40.6	67.5	729
普通阀B	35.2	149	36.3	66.2	851.5
盾安P阀	17.3	91	24.5	38.5	190
盾安M阀	35.3	148	40.6	67.5	729
较M阀	↓51%	↓38%	↓40%	↓43%	↓74%

盾安P阀较M阀小型化对比：空间尺寸减小60%以上，重量降低73%以上。



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。

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%**

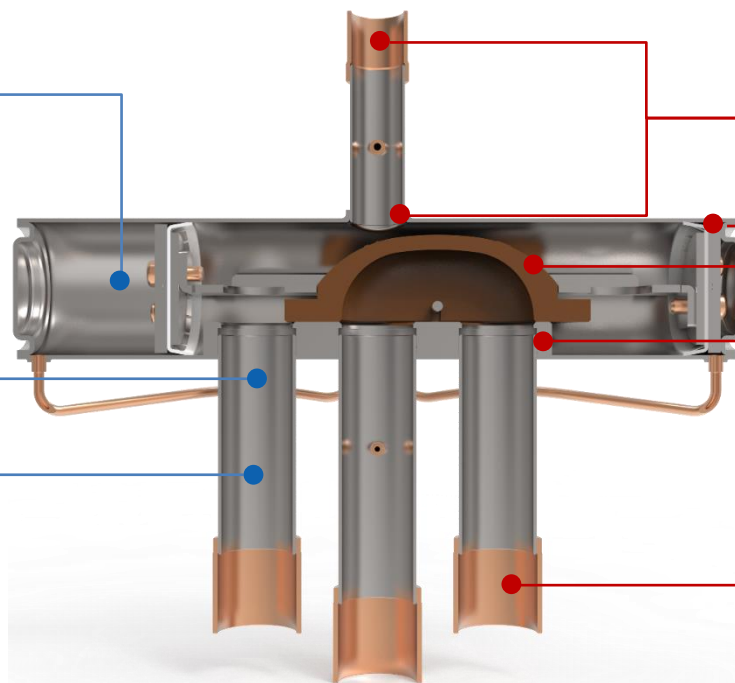
能效提升0.5~2%

- 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。



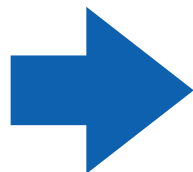
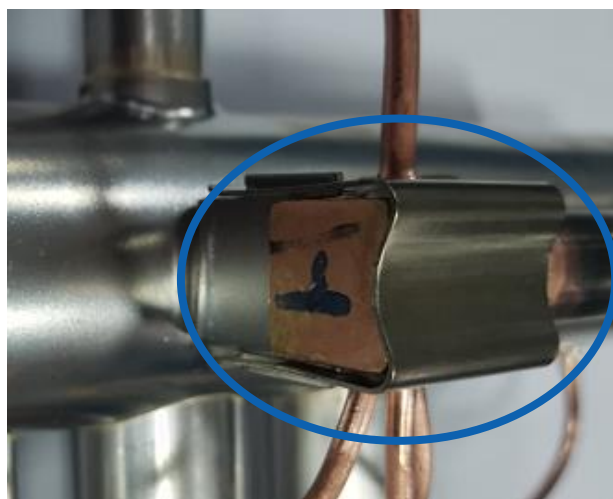
整机焊接工艺无变更

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。

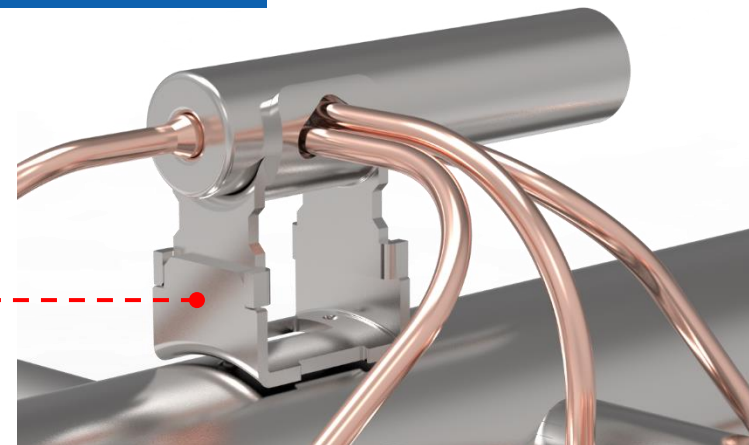
DSF(S)-20M 不锈钢四通换向阀导阀

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)

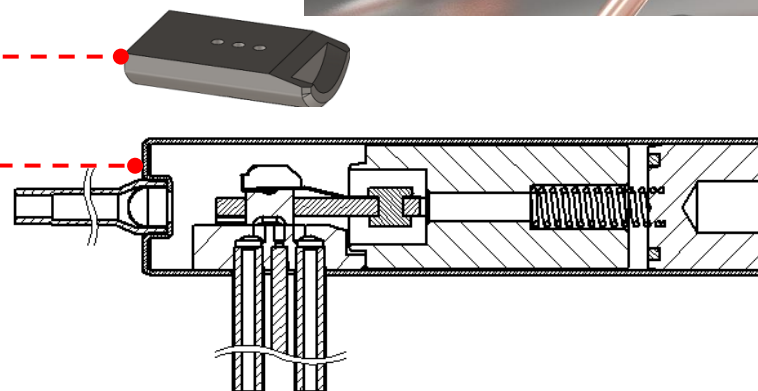
固有频率提升180%

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℃。

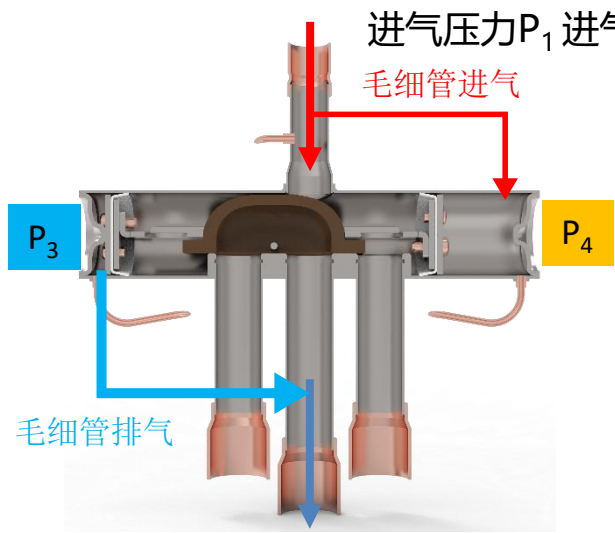
制热工况：室内干球温度：20℃，室外干球/湿球温度：7 / 6℃。

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。**

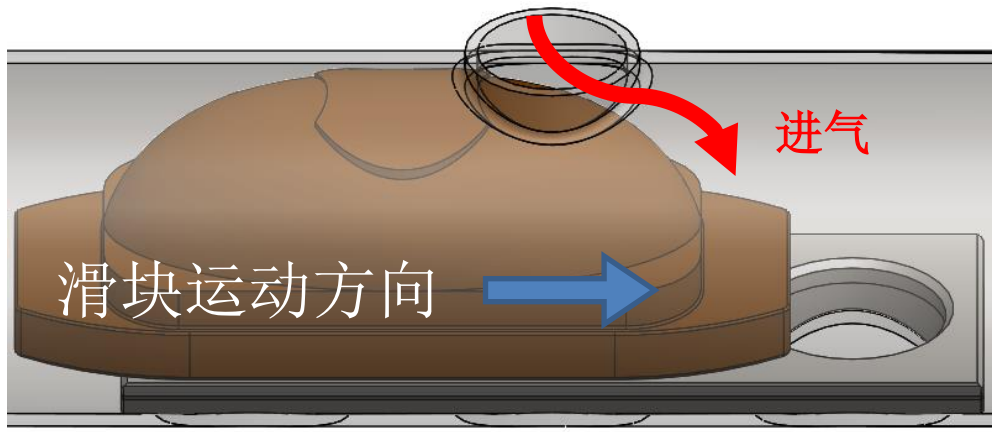


DSF(S)-20M不锈钢四通阀换向可靠性提升

不同制冷剂如R410A、R32、R290质量流量差异能通用



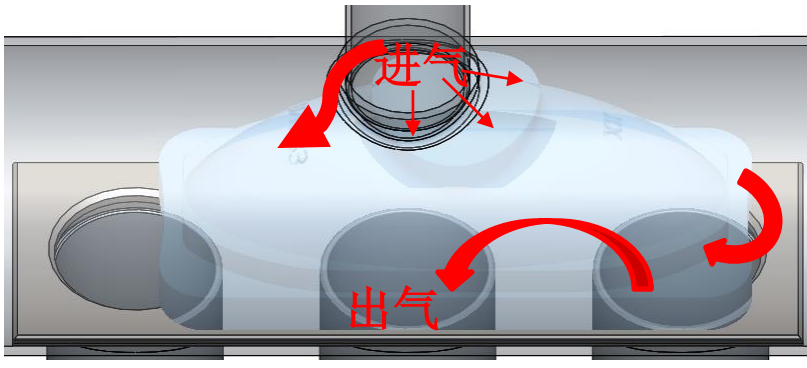
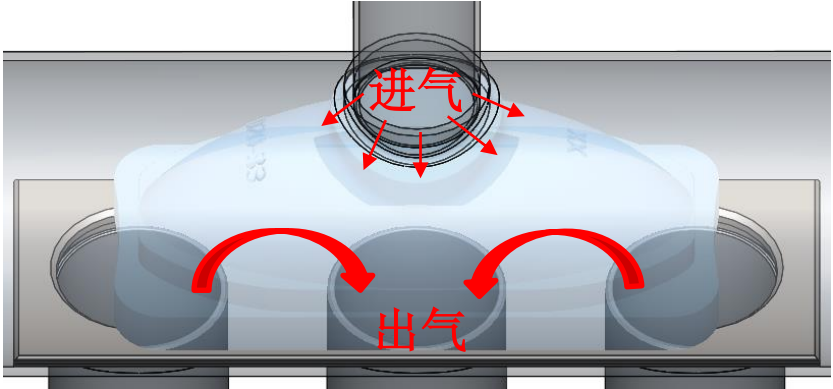
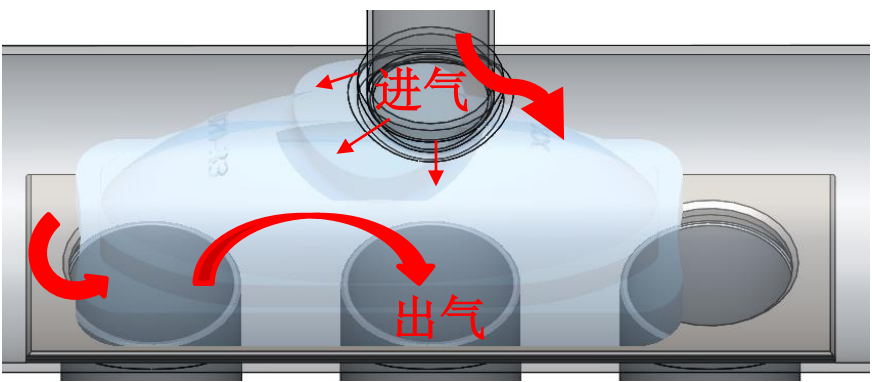
四通阀换向机理
 $P_4 - P_3 \geq 0.2 \text{MPa}$



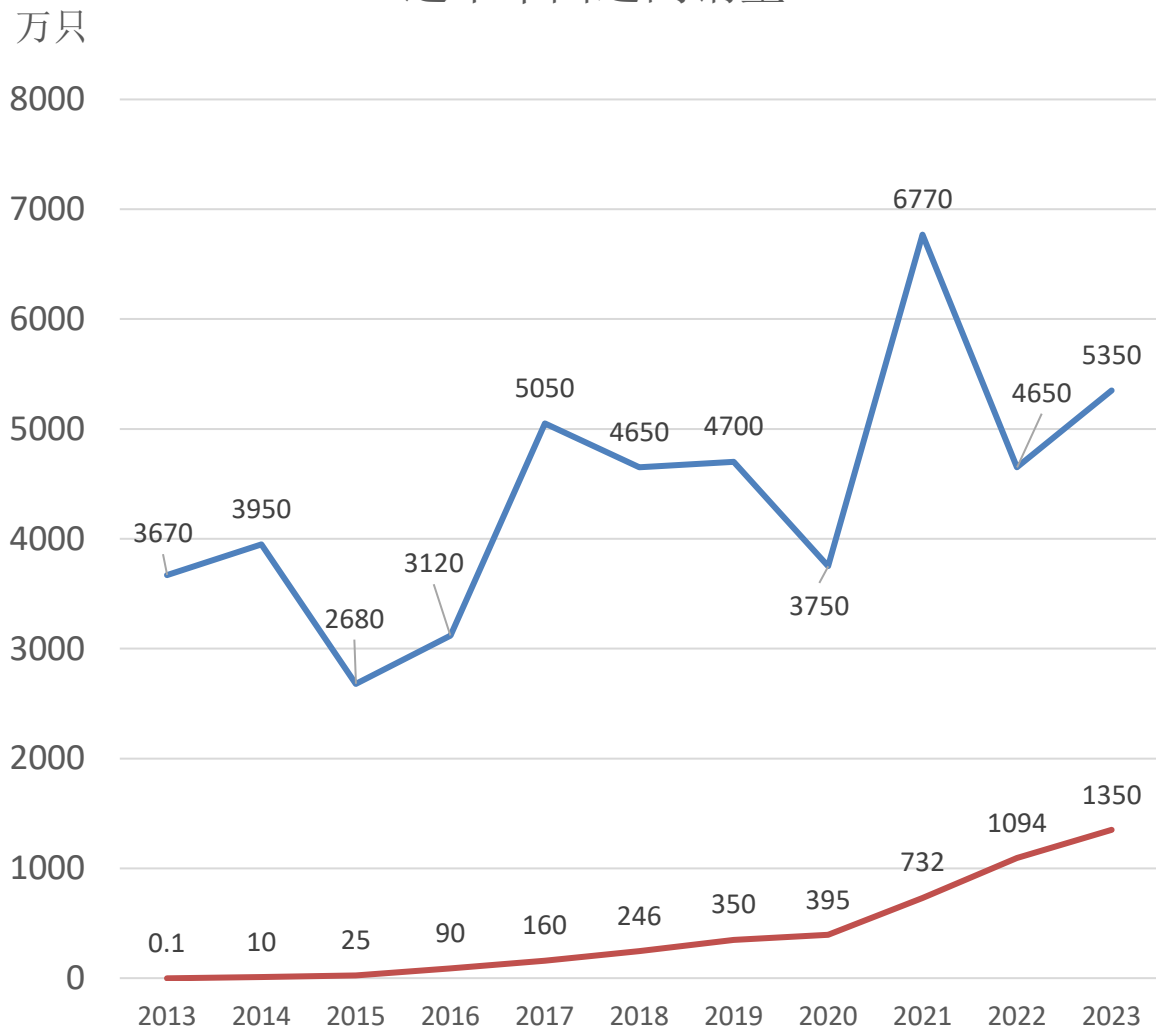
不锈钢20M “上堵下泄” 运行机理

滑块运动过程 中间流量比常规变频阀大

美的、海尔、万居隆等客户已经在测试中。

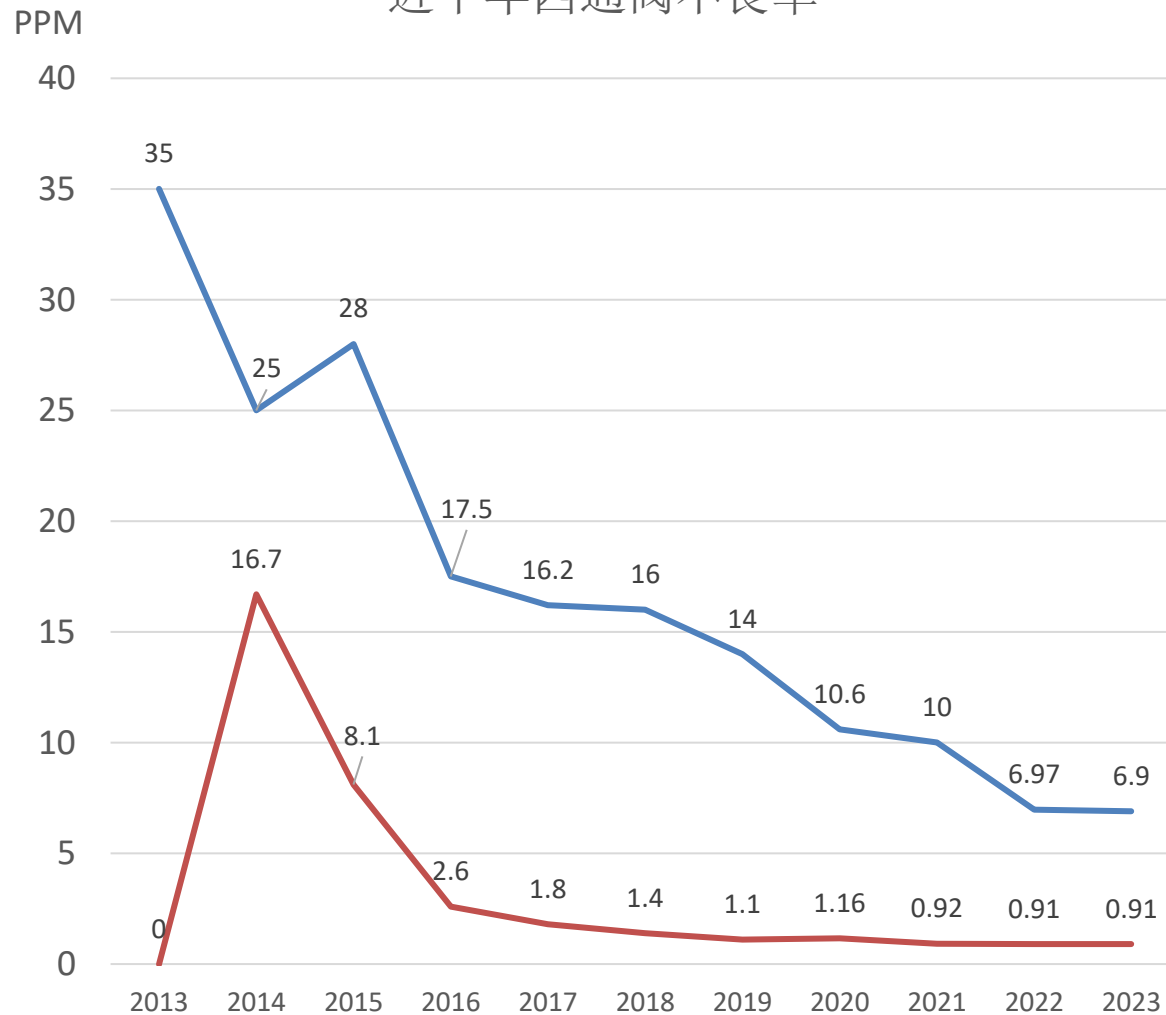


近十年四通阀销量

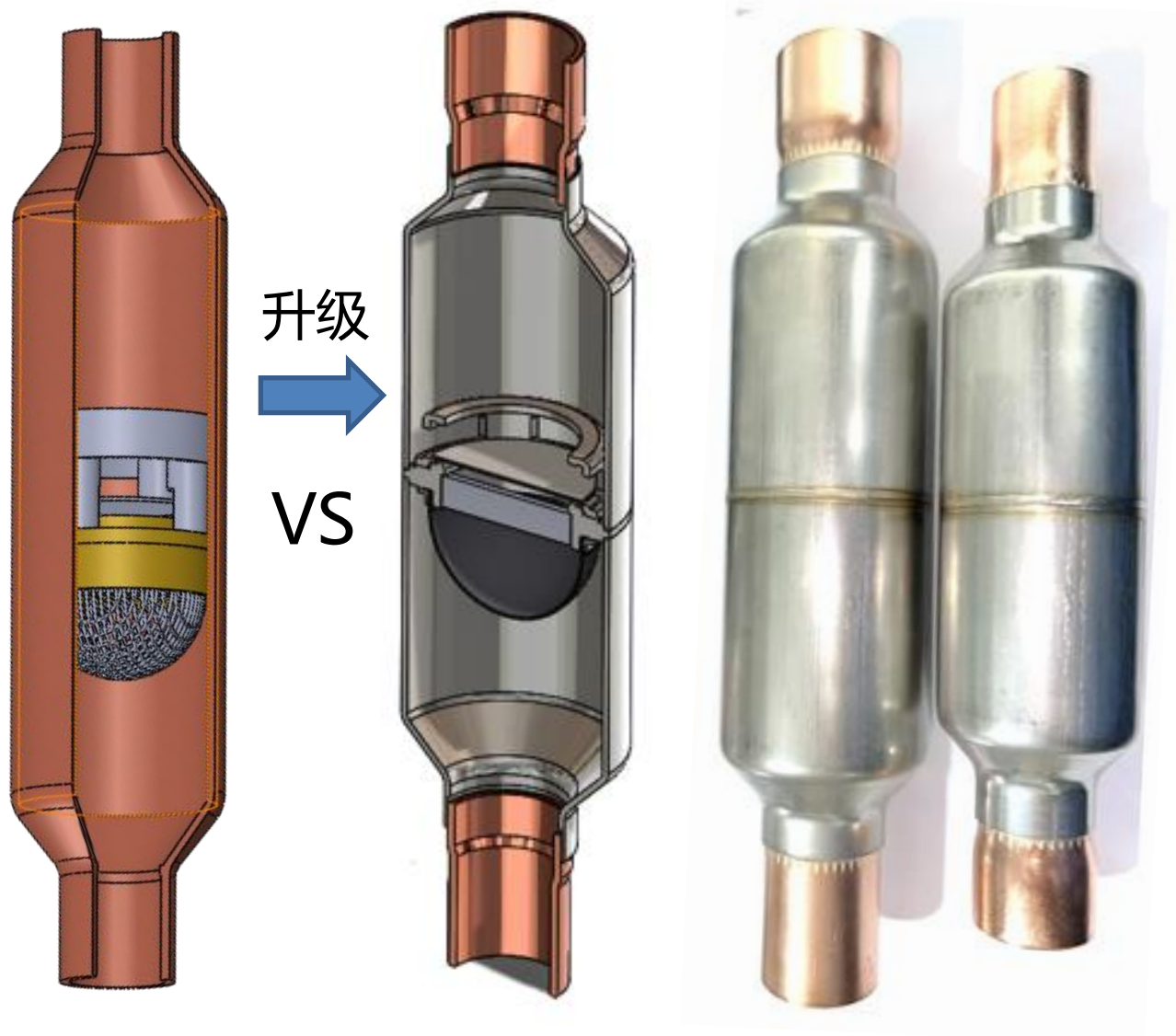


— 黄铜阀销量 — 不锈钢阀销量

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



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 ³ /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



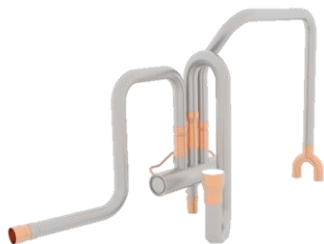
不锈钢排气管组件



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

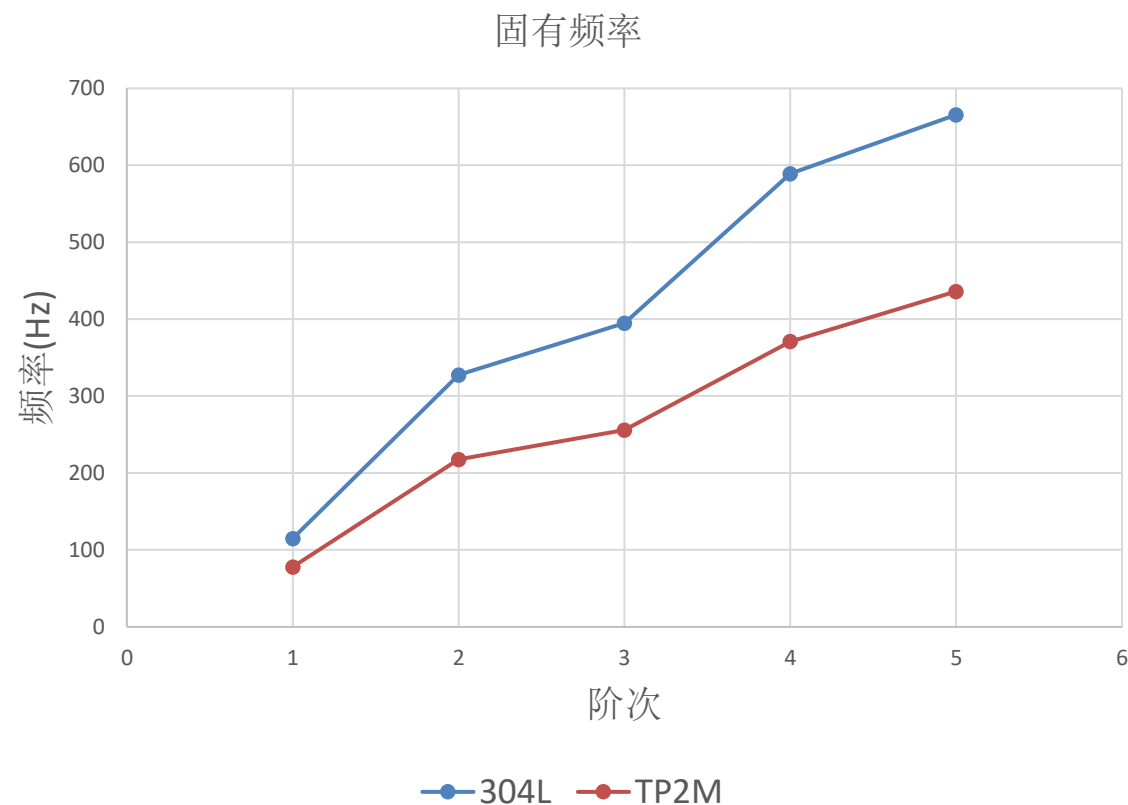


不锈钢单向阀组件

130模块机排气管路振动分析

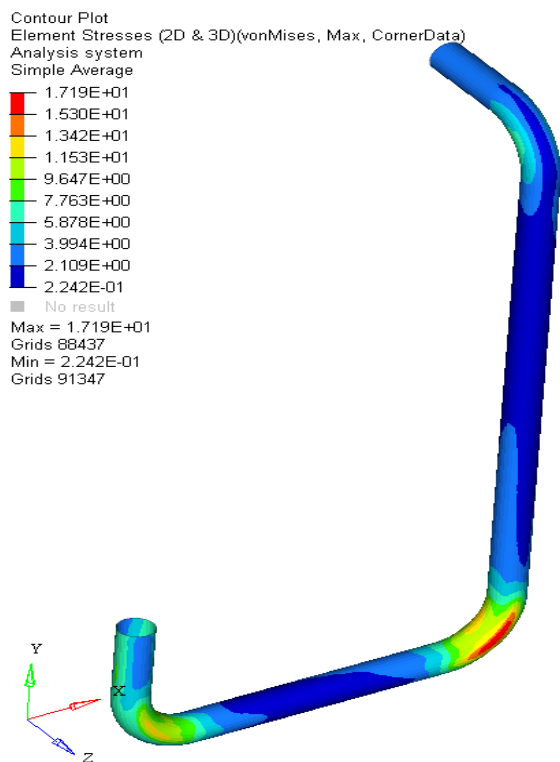
排气管前5阶固有频率对比：304L不锈钢管固有频率更高，规避系统运行频率区间的能力更强，**降低了共振风险。**

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

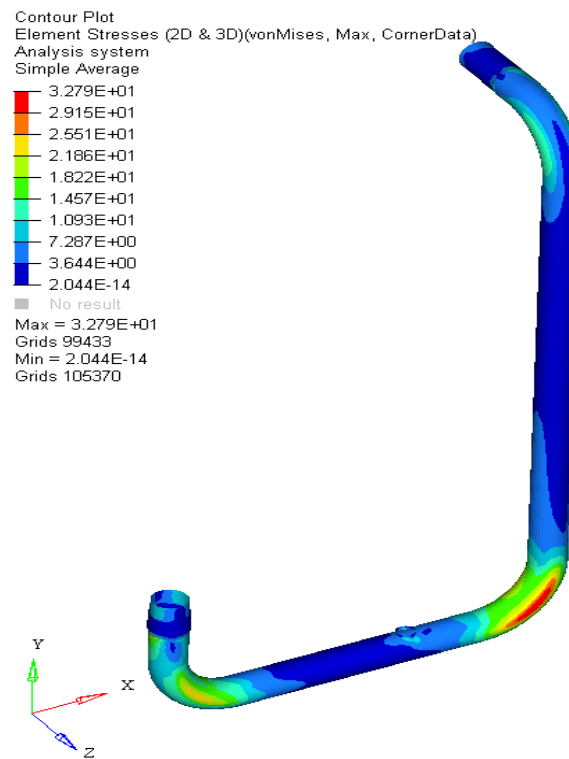


130模块机排气管路振动分析

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

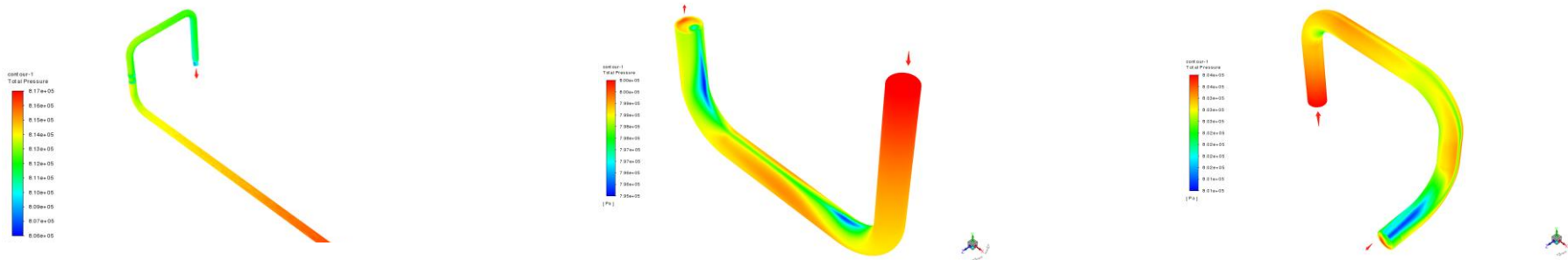


304L不锈钢管应力

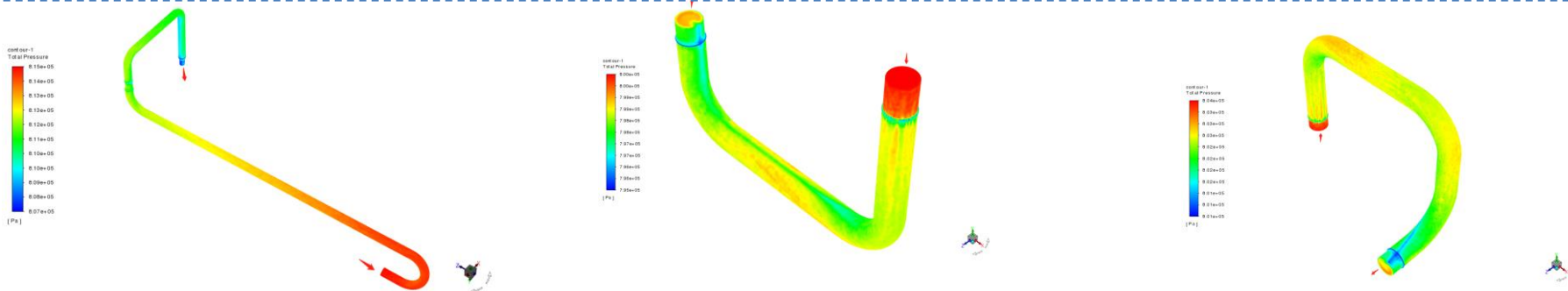
130模块机低压管路压降分析

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

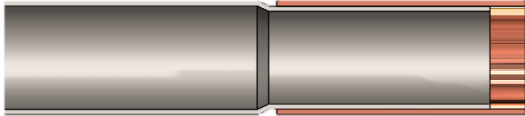
冷媒管路不锈钢化优势总结



SUS 化



动态管：增强不锈钢与元件连接强度，提升管路抗振性。



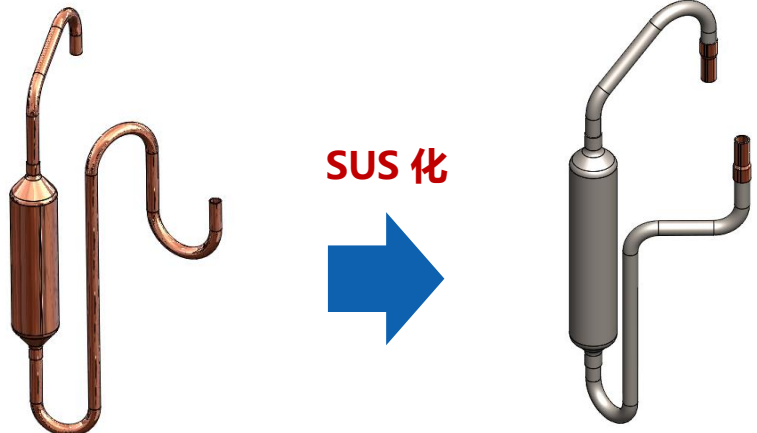
动态管

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。



某排气管SUS化设计，管路长度减少30%。

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

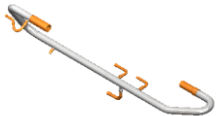


排气管

第二阶段:



低压阀组件



气分接管



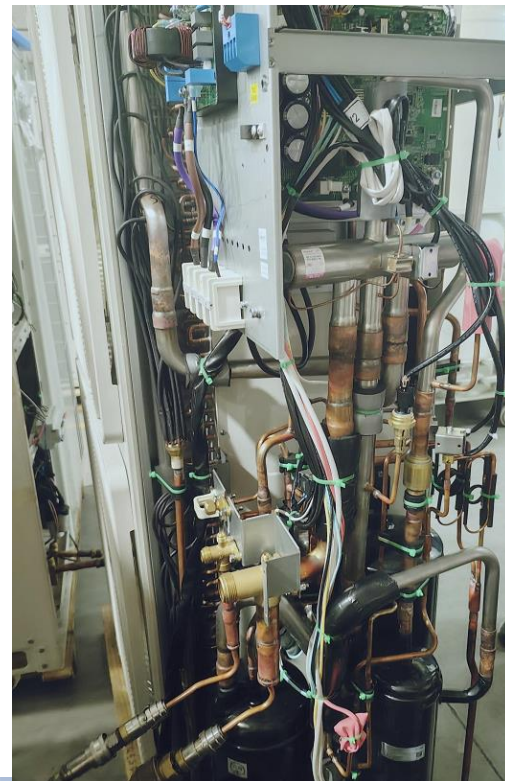
集气管组件



不锈钢四通阀及其他管组



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。





盾安芯知冷暖
DunAn INNOVATION FOR YOUR FEELING

03/

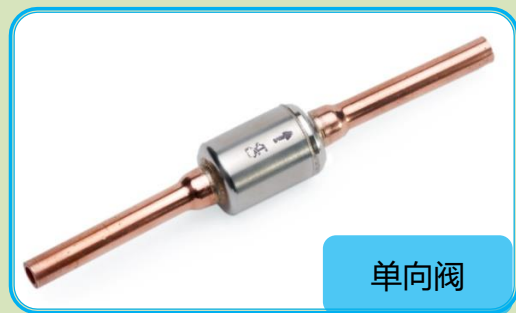
新冷媒替代解决方案

Innovation For Customer Value

产品应用成熟领域



CO₂ 配件



15MPa

最高工作压力

45MPa

爆破压力

热泵热水器



自动贩卖机



盾安--CO₂系统高压配件：

- 可满足不同领域的使用需求
- 可适用亚临界、跨临界系统
- 针对CO₂系统全新开发



DA 3.1 CO₂新冷媒阀件



电子膨胀阀

电子膨胀阀 型号	口径 (mm)	名义容量 (kW)	最高工作压力 (MPa)	最大动作压差 (MPa)	接管直径 (mm)
DPF1.0E	Φ1.0	6.1	15	10	Φ6.35
DPF1.2E	Φ1.2	8.8			
DPF1.4E	Φ1.4	13.6			
DPF1.8E	Φ1.8	22.5			
DPF2.0E	Φ2.0	29			
DPF2.4E	Φ2.4	40.7			Φ7.94
DPF4.0E	Φ4.0	146.3			Φ12.7

注：气体冷却器入口温度70℃，气体冷却器出口温度22℃，蒸发温度6℃，过热度0℃；



电磁阀

电磁阀 型号	口径 (mm)	Kv值	最高工作压力 (MPa)	最大开阀压差 (Mpa)	最小开阀压差 (Mpa)	接管直径 (mm)
FDFA1.0E	Φ1.0	0.024	15	10	0	Φ6.35
FDFA1.2E	Φ1.2	0.033			0	
FDFA4E	Φ4	0.27			0.01	
FDFA6E	Φ6	0.46			0.01	Φ7.94
FDFA8E	Φ8	0.8			0.01	Φ9.52

单向阀 规格型号	型式	接管直径 (mm)	口径 (mm)	流通能力 (Kv值)	最高工作压力 (Mpa)	最低正向开阀压差 (Mpa)
FDE6	直通型	Φ6.35	Φ4.0	0.4	15	0.04
FDE8	直通型	Φ7.94	Φ5.5	0.66		
FDE10	直通型	Φ9.52	Φ7.0	1.04		



单向阀

基本性能测试（出厂检）

流量特性、最大动作压差、开阀脉冲、内漏

设备能力：支持**最高15MPa**压力

外漏测试台

设备能力：支持**15MPa**高压氦检

专项验证

寿命验证

设备能力：最高15MPa，压缩机最高25MPa



疲劳冲击

设备能力：0~15MPa压力交变冲击



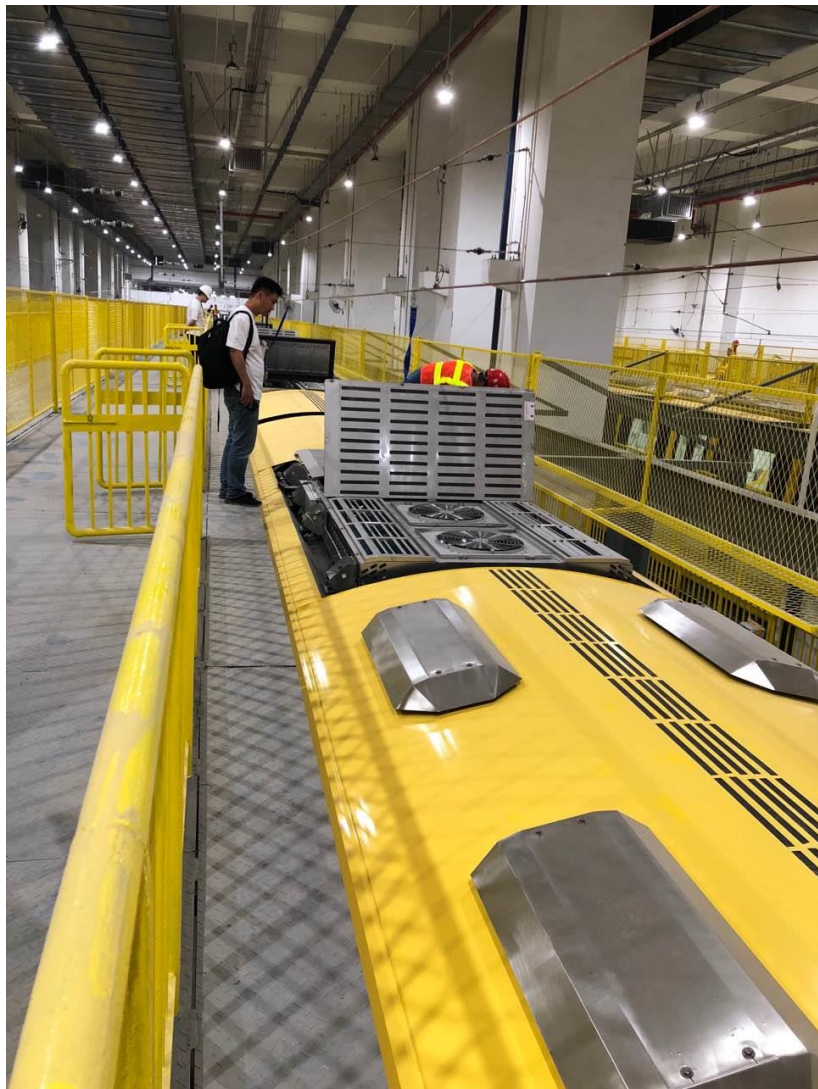


盾安芯知冷暖
DunAn INNOVATION FOR YOUR FEELING

04/ 应用案例

Innovation For Customer Value

轨交行业应用案例



序号	项目名称	合同时间	数量	盾安零部件产品
1	杭快线	2020.12	540台	电子膨胀阀、四通阀、单向阀、充注阀、气液分离器、换热器
2	南通2号线	2022.5	252台	电子膨胀阀、单向阀、充注阀、换热器
3	绍兴2号线一期	2022.6	88台	电子膨胀阀、四通阀、单向阀、充注阀、气液分离器、换热器
4	杭州3号线	2020.11	936台	电子膨胀阀、四通阀、单向阀、充注阀、气液分离器、换热器
5	金华-义乌-东阳市域轨道交通	2020.12	324台	电子膨胀阀、四通阀、单向阀、充注阀、气液分离器、换热器
6	绍兴市城市轨道交通1号线	2020.7	324台	电子膨胀阀、四通阀、单向阀、充注阀、气液分离器、换热器
7	杭州地铁10号	2020.8	192台	电子膨胀阀、四通阀、单向阀、充注阀、气液分离器、换热器
8	贵阳2号线	2020.6	588台	电子膨胀阀、四通阀、单向阀、充注阀、气液分离器、换热器
9	杭州地铁8号线	2019.6	132台	电子膨胀阀、四通阀、单向阀、充注阀、气液分离器、换热器
10	杭州地铁7号线	2020.4	408台	电子膨胀阀、四通阀、单向阀、充注阀、气液分离器、换热器

2018年至今，盾安零部件产品已经在杭州、贵阳、绍兴、金华等地数十条轨交线路、近万台轨交空调应用。

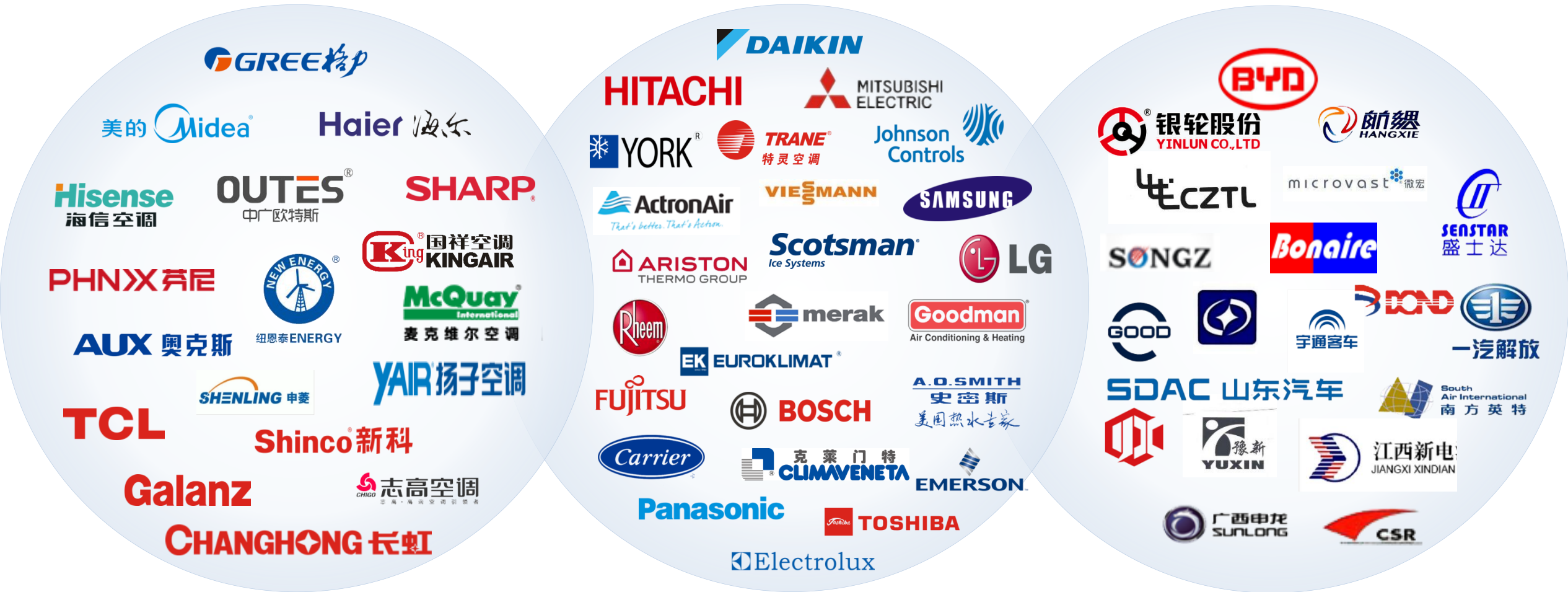
轨交行业应用案例



序号	项目名称	合同时间	数量	盾安零部件产品
11	杭州地铁9号线	2018.12	372台	电子膨胀阀、四通阀、单向阀、充注阀、气液分离器、换热器
12	杭6二期	2018.12	144台	电子膨胀阀、四通阀、单向阀、充注阀、气液分离器、换热器
13	杭1三期	2018.11	96台	四通阀、单向阀、充注阀、气液分离器、换热器
14	杭绍车辆项目	2018.11	216台	电子膨胀阀、四通阀、单向阀、充注阀、气液分离器、换热器
15	杭临车辆项目	2018.11	168台	电子膨胀阀、四通阀、单向阀、充注阀、气液分离器、换热器
16	杭州地铁5号线一期	2018.5	732台	电子膨胀阀、四通阀、单向阀、充注阀、气液分离器、换热器
17	杭6及杭富车辆项目	2018.07	504台	电子膨胀阀、四通阀、单向阀、充注阀、气液分离器、换热器
18	杭州地铁1号线增购项目	2017.12	288台	四通阀、单向阀、充注阀、气液分离器、换热器

2018年至今，盾安零部件产品已经在杭州、贵阳、绍兴、金华等地数十条轨交线路、近万台轨交空调应用。

全球知名客户



DunAn

THANKS

持续创新为盾 客户价值为安

