

热力膨胀阀

结构与原理

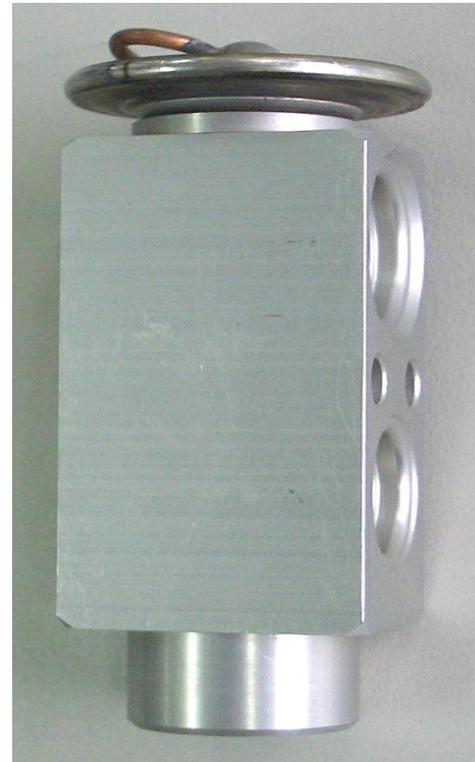
获取更多资料 微信搜索 制冷星球

目 录

- 什么是热力膨胀阀
- 制冷系统不一定用热力膨胀阀作节流元件
- 与膨胀阀有关的几个概念
- 膨胀阀的分类
- 膨胀阀在制冷系统中的作用
- 典型汽车空调膨胀阀的结构
- 膨胀阀的控制原理
- 膨胀阀的零件及作用
- 膨胀阀气箱头的充注
- 膨胀阀的测试
- 几点说明

什么是热力膨胀阀

- 热力膨胀阀是制冷系统的重要自控元件，利用气箱头（感温包）的温度变化作为信号，调节阀开度，改变制冷剂流量。

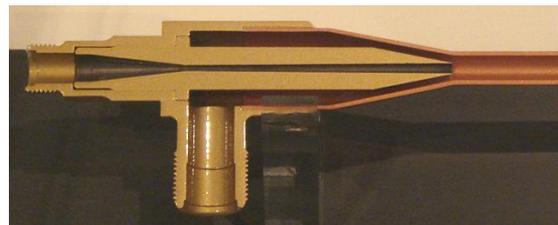


制冷系统不一定用热力膨胀阀 作节流元件

- 可以采用毛细管、节流短管（CCOT）作为节流元件，成本低，可靠性好；
- 可以采用电子膨胀阀，使控制更精确，但由于要采用传感器、控制线路板、带步进电机的执行机构，使制造复杂，成本提高；
- 新的CO₂系统也有采用喷射管作节流元件。



电子膨胀阀的一种型式



节流喷射管

与膨胀阀有关的几个概念

- 过热度：在系统中是指蒸发温度和蒸发器出口温度的温度差，对膨胀阀是指感温包温度和膜片下方压力对应的温度差，总过热度也称过热度范围，静装配过热度也称静止过热度，是指刚刚使阀开启的过热度，梯度过热度也称过热度变化，是指阀从开启到达到额定容量的开度所需的过热度， $\text{总过热度} = \text{静装配过热度} + \text{梯度过热度}$ ；
- 静装配过热度调节范围：静装配过热度在一定范围内是可调节的，对一般膨胀阀为 $2-8^{\circ}\text{C}$ ，对汽车空调膨胀阀约为 $1-10^{\circ}\text{C}$ ；
- 蒸发器的面积不是100%被利用的，总是有一部分处于过热状态；
- 正常情况下，离开蒸发器的气体是过热气体；
- 蒸发器的入口端和出口端存在阻力损失，有一定的压差；
- 进入膨胀阀的制冷剂液体温度与冷凝温度不一样，有一定的温度降，称之为过冷度。

膨胀阀的分类

空调系统用 房间空调系统 汽车空调系统

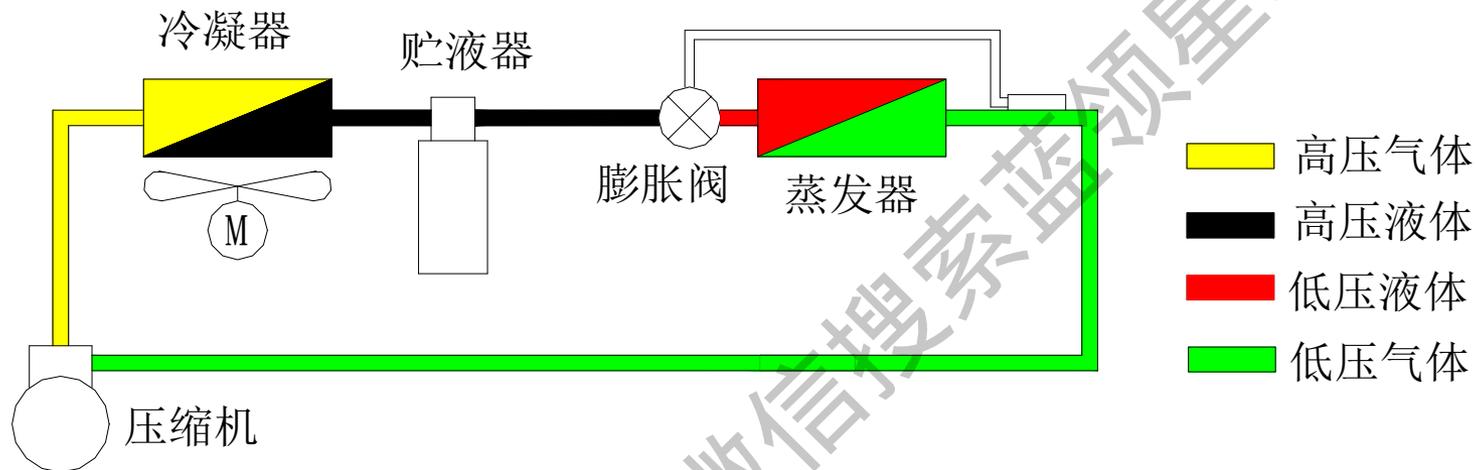
冷藏及低温用 冷库 冷藏箱 陈列柜 低温装置

世界著名的膨胀阀制造商

商用：DANFOSS SPOLAN ALCO PARKE
SAGINOMIYA

汽车空调：FUJIKOKI TGK EGLHOF EADON

膨胀阀在制冷系统中的作用



① 节流降压

将冷凝器冷凝后的高温高压液态制冷剂节流降压，成为容易蒸发的低温低压的汽液混合物，进入蒸发器蒸发，吸收外界热量；

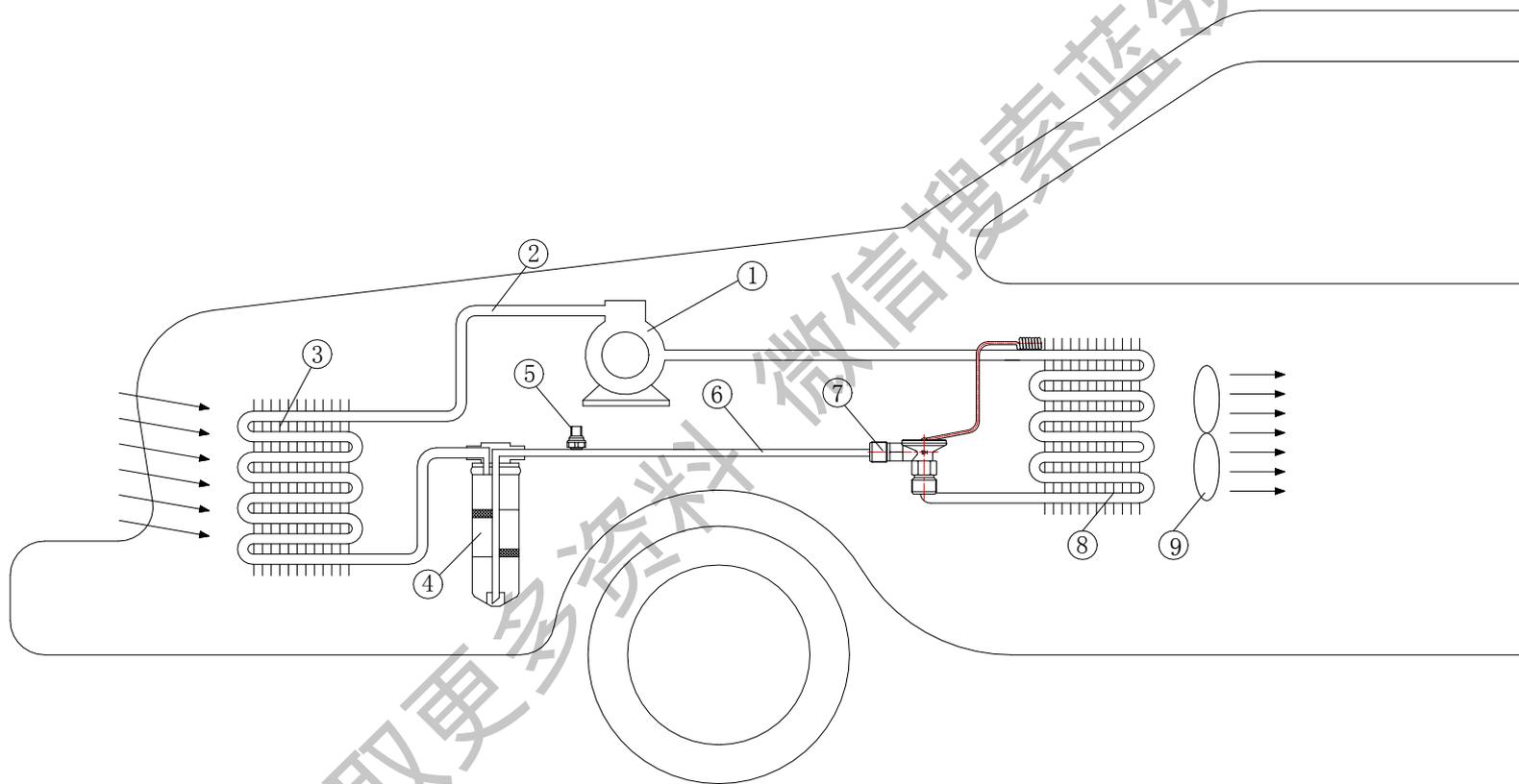
② 调节流量

根据感温包或气箱头得到的温度信号，膨胀阀能自动调节进入蒸发器的制冷剂流量，以适应制冷负荷不断变化的需要。

③ 保持一定过热度、防止液击和异常过热

膨胀阀通过流量的调节使蒸发器具有一定的过热度，保证蒸发器总容积的有效利用，避免液态制冷剂进入压缩机引起液击；同时又能控制过热度在一定范围，防止异常过热现象的发生。

汽车空调系统示意图



- 1 压缩机 2 高压气管 3 冷凝器 4 储液器 5 视液镜
6 高压液管 7 膨胀阀 8 蒸发器 9 蒸发器风扇

典型汽车空调膨胀阀的结构（1）

三花汽车空调膨胀阀的型号表示方法

E B H — 15 M 040 — RS

第1位：表示汽车空调热力膨胀阀；

第2位：对铜阀，表示平衡方式。N 内平衡； W 外平衡；
对铝阀，表示阀体外形代号，如 A、B、C、D等；

第3位：H 表示铝阀；

A 表示制冷剂顺向流动的铜阀；

B 表示制冷剂逆向流动的铜阀；

第4、5位：阀的名义容量，以冷吨的10倍数字表示；

第6位：适用制冷剂代号，M 表示HFC—134a；

第7、8、9位：用数字表示的产品序列号；

第10、11位：客户代号。

典型汽车空调膨胀阀的结构（2）

三花目前生产的型号

铝阀 EAH EBH ECH EDH EEH

铜阀 ENA ENB EWA EWB

铜阀 ENC

三花产品的典型结构

膨胀阀的控制原理

三力平衡原理

$$P1 = P2 + F$$

P1: 气箱头内充注介质对应于温度产生的压力，作用在膜片上方；

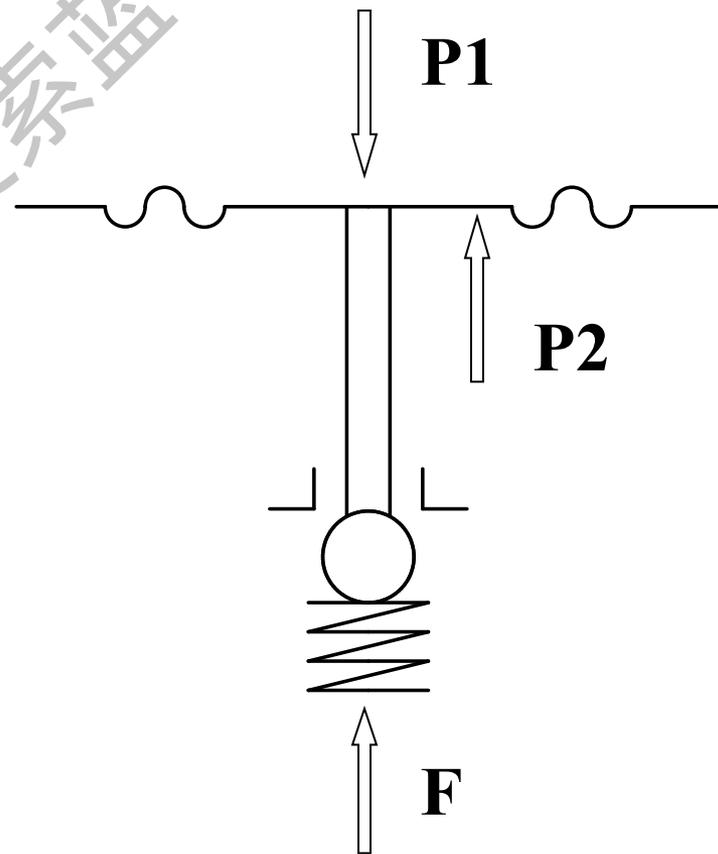
P2: 蒸发压力（对内平衡为阀出口压力，对外平衡为蒸发器出口压力），作用在膜片下方；

F: 弹簧力，作用在膜片下方。

气箱头温度降低时 $P1 < P2 + F$ ，阀口开度减小；

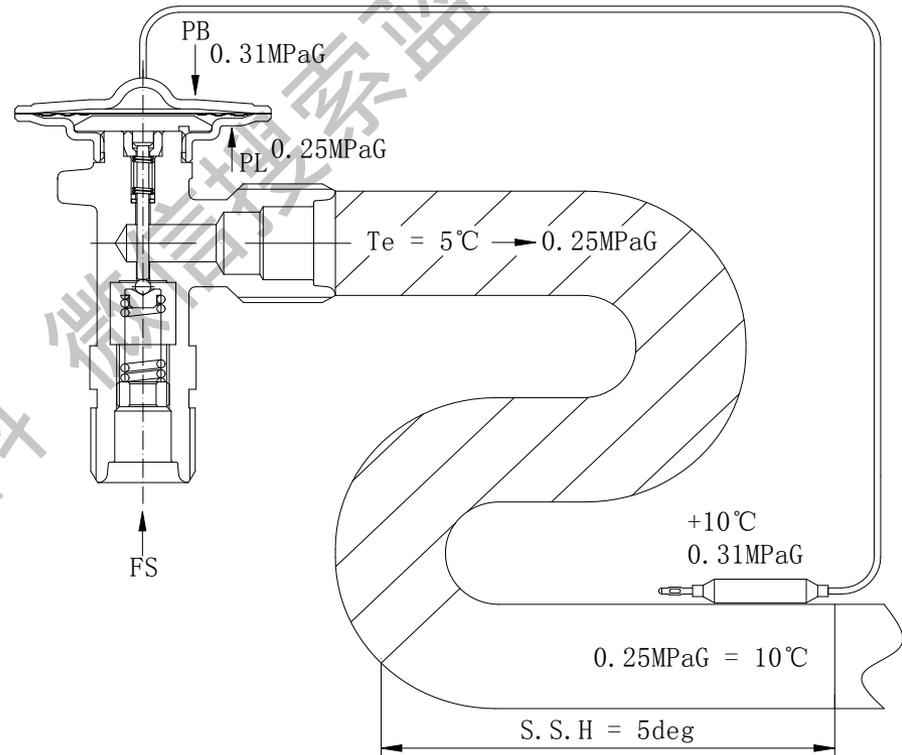
气箱头温度升高时 $P1 > P2 + F$ ，阀口开度增大；

其它力：如膜片刚度、传动部件摩擦阻力、流体对阀芯的作用力等，在分析时暂不考虑。



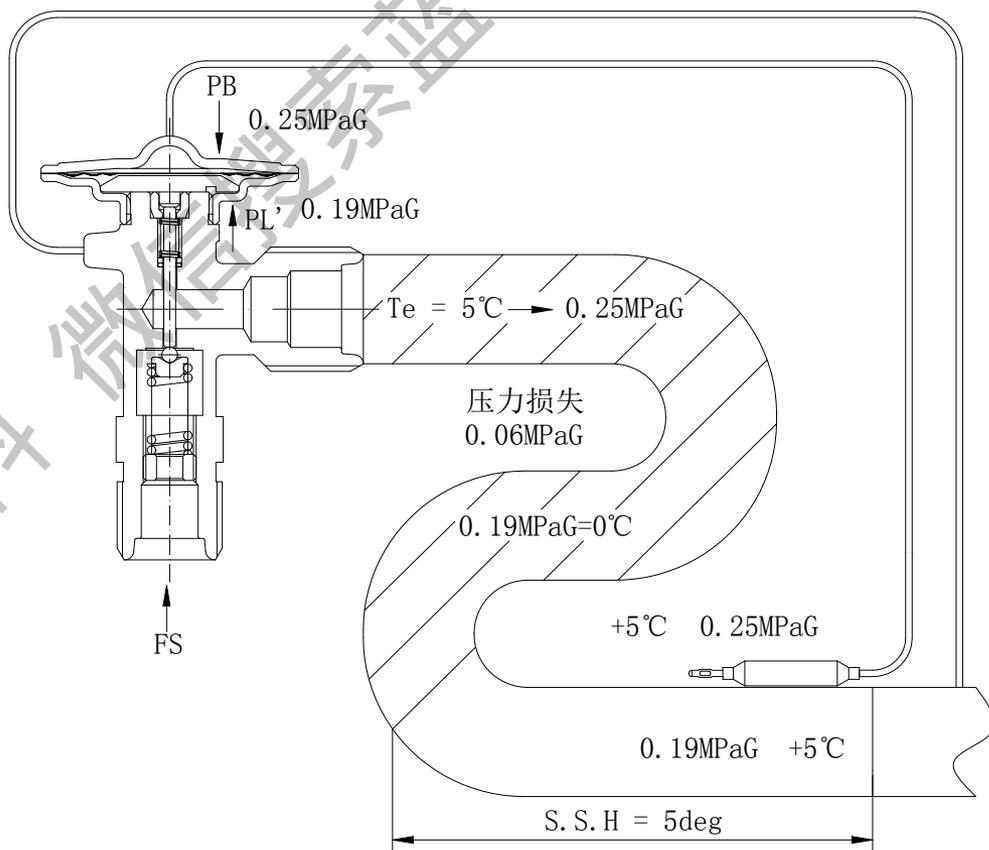
内平衡膨胀阀

- 膜片下方的压力取自阀出口；
- 当蒸发器压力降过大时，会使气箱头感受的过热度减小，使阀开度不足。



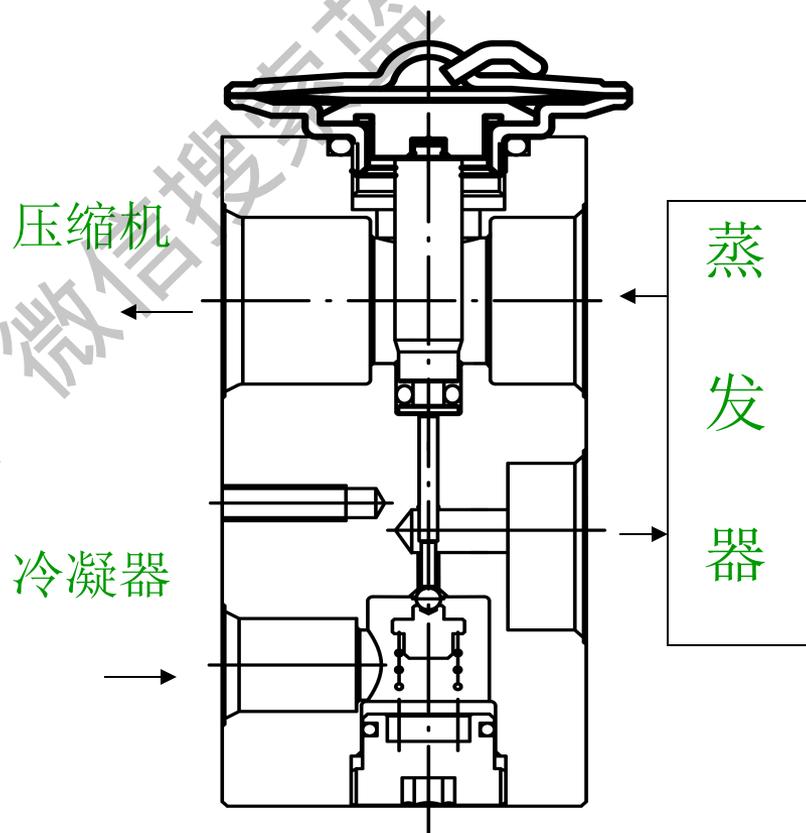
外平衡膨胀阀（铜）

- 膜片下方的压力取自蒸发器出口；
- 避免了蒸发器压力降对阀开度的影响，克服了内平衡阀的缺点；
- 由于阀出口与膜片下方的平衡腔间需密封处理，增加了制造难度。



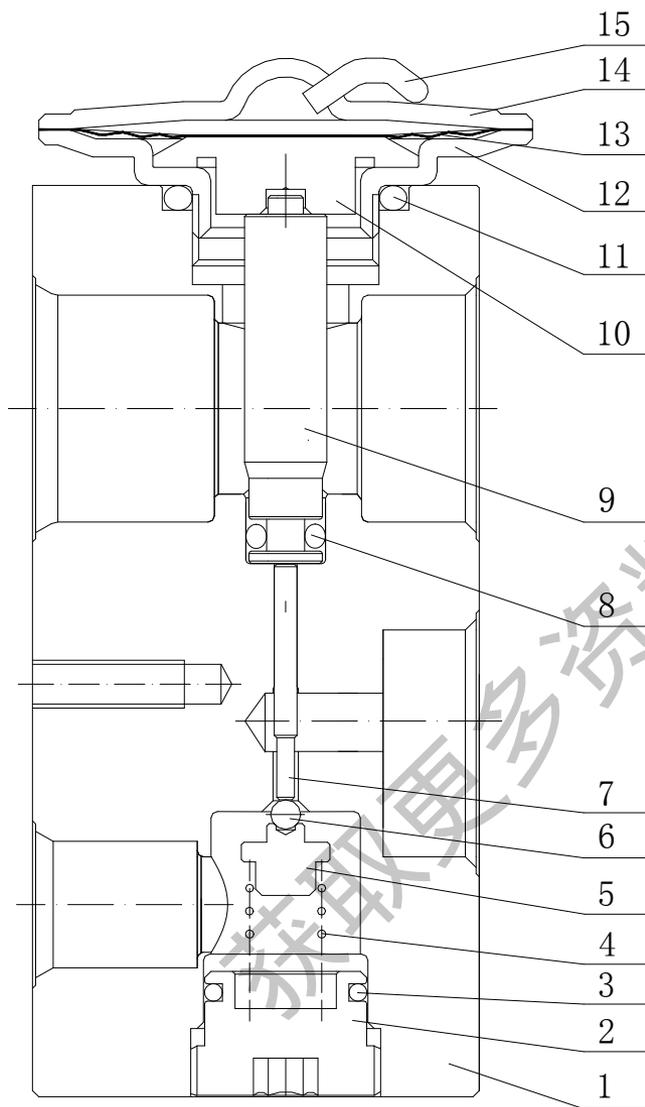
外平衡膨胀阀（铝）

- 外平衡阀的另一种形式，蒸发器至压缩机的回气直接通入阀内，气箱头的温度和压力信号都从阀内部的回气通道取得；
- 方块式的结构使安装更方便、可靠；
- 无毛细管的结构使阀的抗振性更好；
- 铝材料的采用使重量减轻。



膨胀阀的零件及作用 (1)

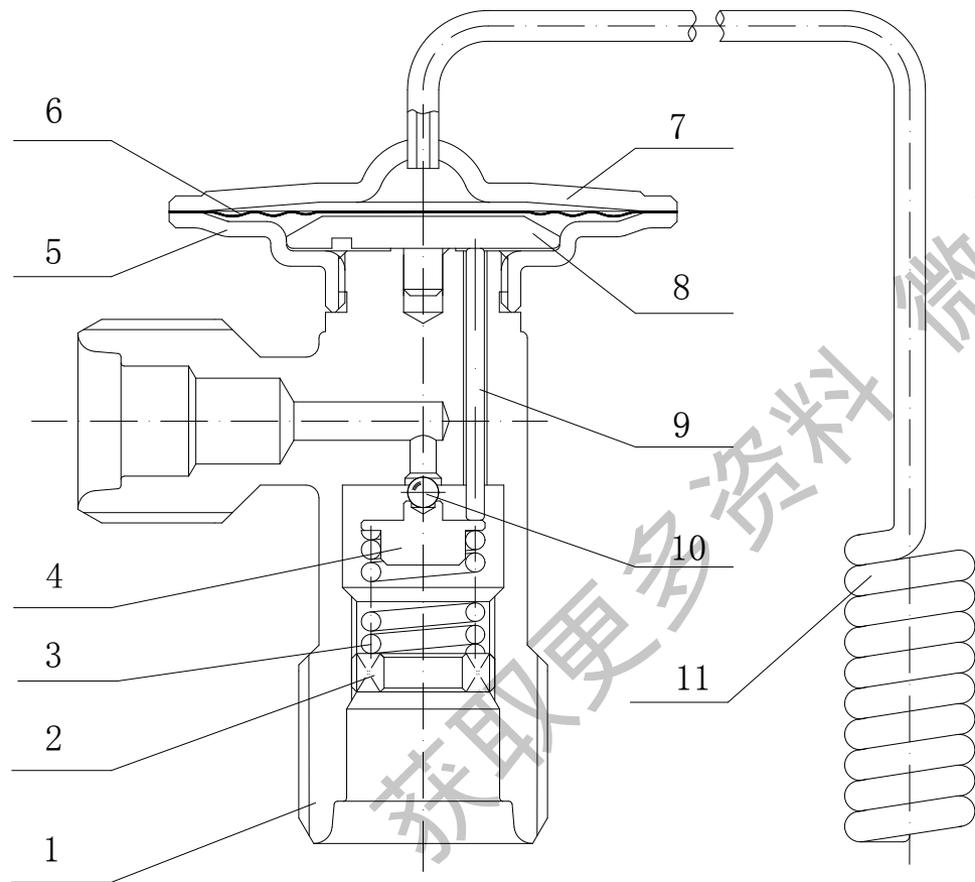
铝 阀



序号	名称	材料
1	阀体	Al
2	调节座	Al
3	“O”型圈	HNBR
4	调节弹簧	SUS
5	阀芯架	SUS
6	钢球	SUS
7	下传动杆	SUS
8	“O”型圈	HNBR
9	上传动杆	Al
10	传动片	HPb
11	“O”型圈	HNBR
12	气箱座	SUS
13	膜片	K100
14	气箱盖	SUS
15	充注管	TP2

膨胀阀的零件及作用 (2)

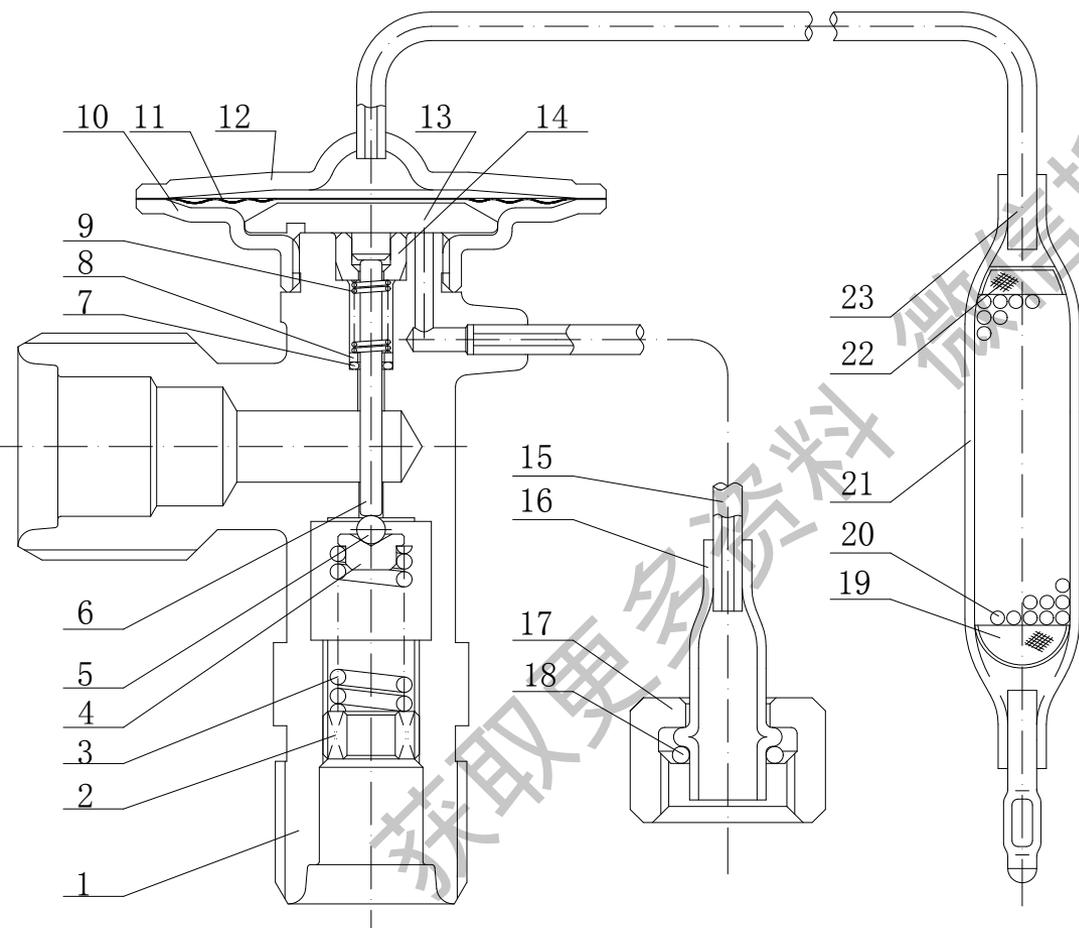
铜 阀 (内平衡)



序号	名称	材料
1	阀体	C3771
2	调节螺丝	HPb
3	调节弹簧	SUS
4	阀芯架	SUS
5	气箱座	SUS
6	膜片	K100
7	气箱盖	SUS
8	传动片	HPb
9	传动杆	SUS
10	钢球	SUS
11	毛细管	TP2

膨胀阀的零件及作用 (3)

铜 阀 (外平衡)



序号	名称	材料
1	阀体	C3771
2	调节螺丝	HPb
3	调节弹簧	SUS
4	阀芯架	SUS
5	钢球	SUS
6	传动杆	SUS
7	“O”型圈	HNBR
8	压片	TP2
9	压紧弹簧	SUS
10	气箱座	SUS
11	膜片	K100
12	气箱盖	SUS
13	传动片	HPb
14	固定圈	HPb
15	外平衡管	TP2
16	接管	TP2
17	接管螺母	HPb
18	“O”型圈	HNBR
19	塞网	SUS
20	吸附材料	/
21	感温包	TP2
22	塞网	SUS
23	毛细管	TP2

膨胀阀的零件及作用（4）

- 阀体：**提供制冷剂流通通道、与系统的连接接口、阀内零件的安装位置，材质为铝或黄铜；
- 膜片：**隔膜的作用。以最小的阻力，将气箱头的力传递给传动片，其特性由材质、状态、厚度、波纹形状等决定，一般由不锈钢或铜合金制作；
- 气箱盖：**与气箱座、膜片、感温包、毛细管共同组成气箱头（有的产品没有感温包和毛细管），材质为不锈钢或黄铜；
- 感温包：**感受外界温度，把温度转换的压力传递给气箱头，材料为紫铜；
- 毛细管：**传递感温包的压力，或提供充注的通道，材料为紫铜；
- 传动片：**把膜片的力传递给传动杆，并起到轴向和径向的限位作用，材料为铝或黄铜；
- 气箱座：**连接阀体，容纳传动片，与气箱盖、膜片、感温包、毛细管共同组成气箱头，材质为不锈钢；

膨胀阀的零件及作用 (5)

O形圈： 使气箱头与阀体间密封；

传动杆： 把膜片的力传递给阀芯。分上传动杆和下传动杆，有的产品在下传动杆上点焊有钢球；

O型圈： 使传动杆和阀体间密封，但又不产生过大的摩擦阻力；

阀芯： 在气箱头和弹簧力的作用下，控制阀口流通面积的大小，材料为不锈钢或黄铜；

调节弹簧： 根据静装配过热度要求提供一定的预紧力，并提供与气箱头平衡的力，注意弹簧的刚度、节距、两端面平行度都对产品有很大影响，材料为不锈钢或弹簧钢；

调节螺丝： 调节弹簧的预紧力；

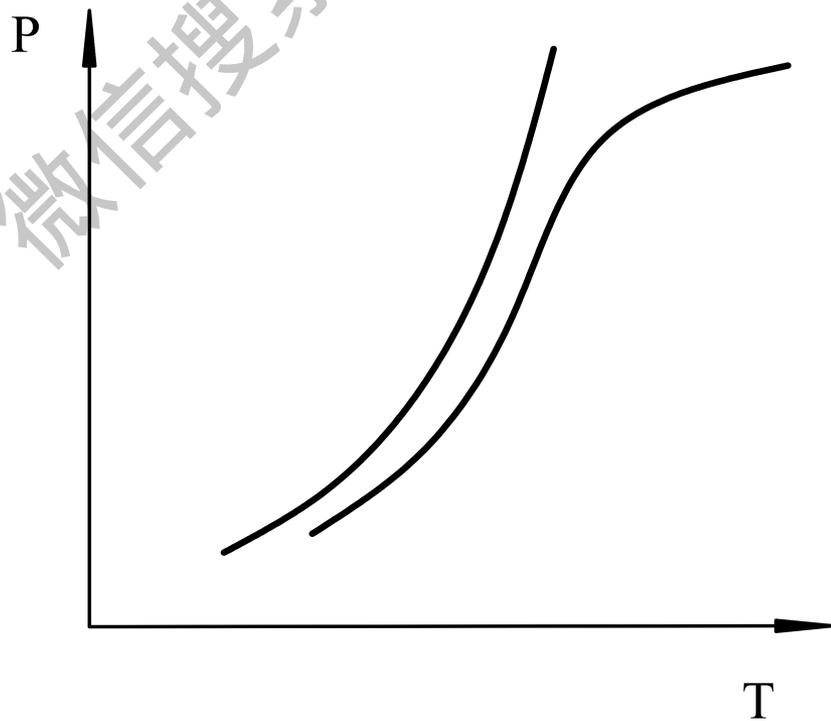
O形圈： 使调节螺丝与阀体间密封，但又不影响调节性能。

膨胀阀气箱头的充注

- 充注——向气箱头密封腔内充入随温度变化而产生一定压力变化的介质；
- 由于向气箱头中充入的介质的量非常少，通常为几十毫克（mg），而产品的正常使用期限须在十年以上，保证不使充注介质泄漏的问题变得非常重要；
- 充注方式的多样化：液体充注、气体充注、交叉充注、吸附充注、惰性充注等；
- 不同的充注可以得到不同的控制特性。

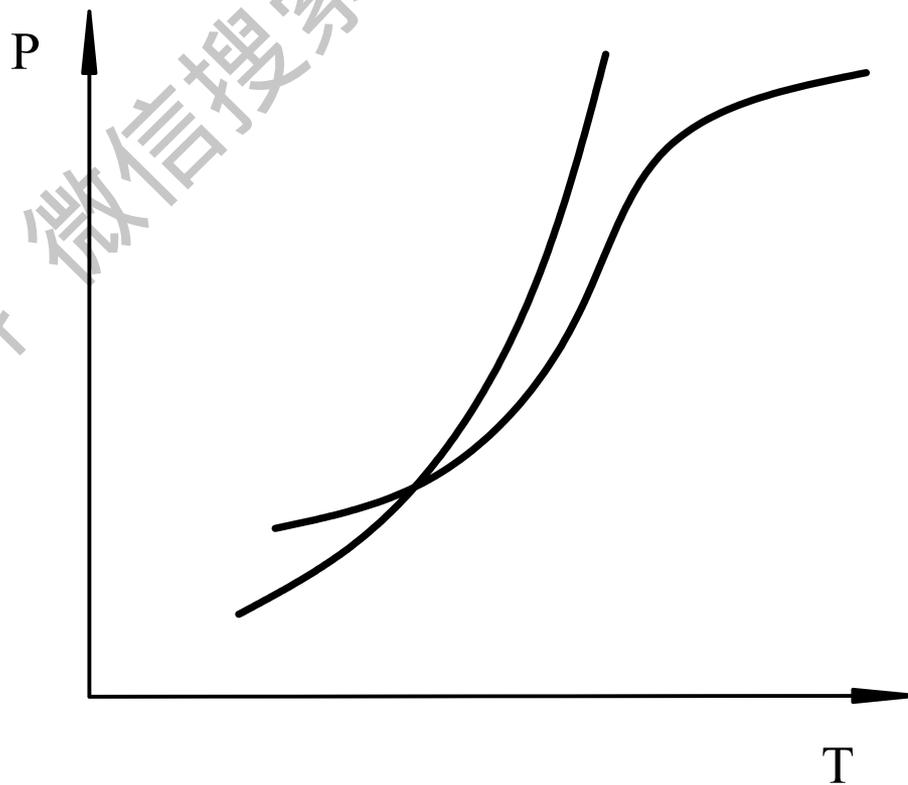
气体充注

- 向气箱头中充入与系统使用相同的制冷剂;
- 充入的制冷剂的量是被限定的 (MOP);
- 安装场所的限制——值得注意的逆转现象。



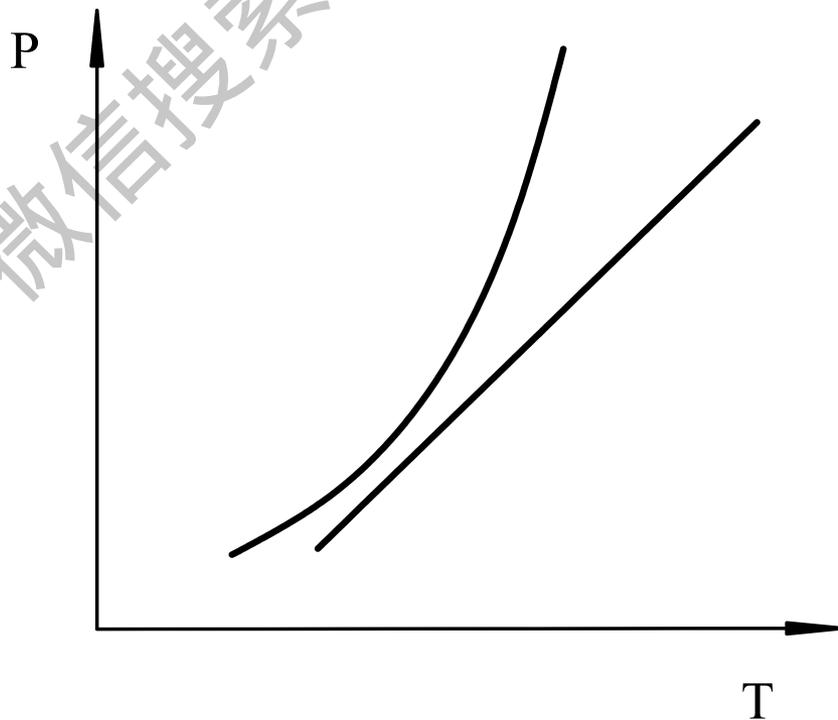
交叉充注

- 气箱头中充入与系统使用不同的制冷剂和惰性气体；
- 充入的制冷剂和惰性气体的量是被限定的（MOP）；
- 调整制冷剂的种类和充入量，可以得到不同的控制特性。



吸附充注

- 吸附原理：吸附剂的多孔结构和很大的表面积，在温度变化时使气体的吸附量发生变化；
- 在感温包或气箱头中充填有吸附剂（一般是活性炭）
- 向气箱头中充入的是易被吸附剂吸附的气体；
- 控制吸附剂的量和充入气体的量，可以得到不同的控制特性。



气箱头的检漏

- 氦检漏：在气箱头内充入一定压力的氦气，在氦质谱检漏仪中配合一密封容器，用吸氦法检漏；
- 卤素检漏：充注后的气箱头，密封在塑料袋中，存放一段时间后，用卤素检漏仪检漏（吸枪法）；
- 目前泄漏的一般标准为 $8 \text{ mg} / 8.5 \text{ y}$ 。



氦检仪



卤检仪

膨胀阀的测试(1)

- **0°C作动**：是一个可调整的调定值，保证产品出厂的状态一致；
- **10 °C作动**：测试充注特性的参数；
- **MOP (32 °C 或50 °C)**：测试最大工作压力，监控充注量，同时可发现充注介质是否泄漏；
- **内泄漏**：检测阀口关闭的紧密程度；
- **外平衡泄漏**：检测阀出口端和外平衡管端的泄漏量；
- **耐久**：检测运动部件的耐磨损、抗疲劳能力，易出现的问题是膜片开裂失效、阀口磨损使泄漏超差、传动片和传动杆磨损；
- **阻滞**：检测相同过热度增加或减少时阀出口的压力差（即阀开度差）；

膨胀阀的测试(2)

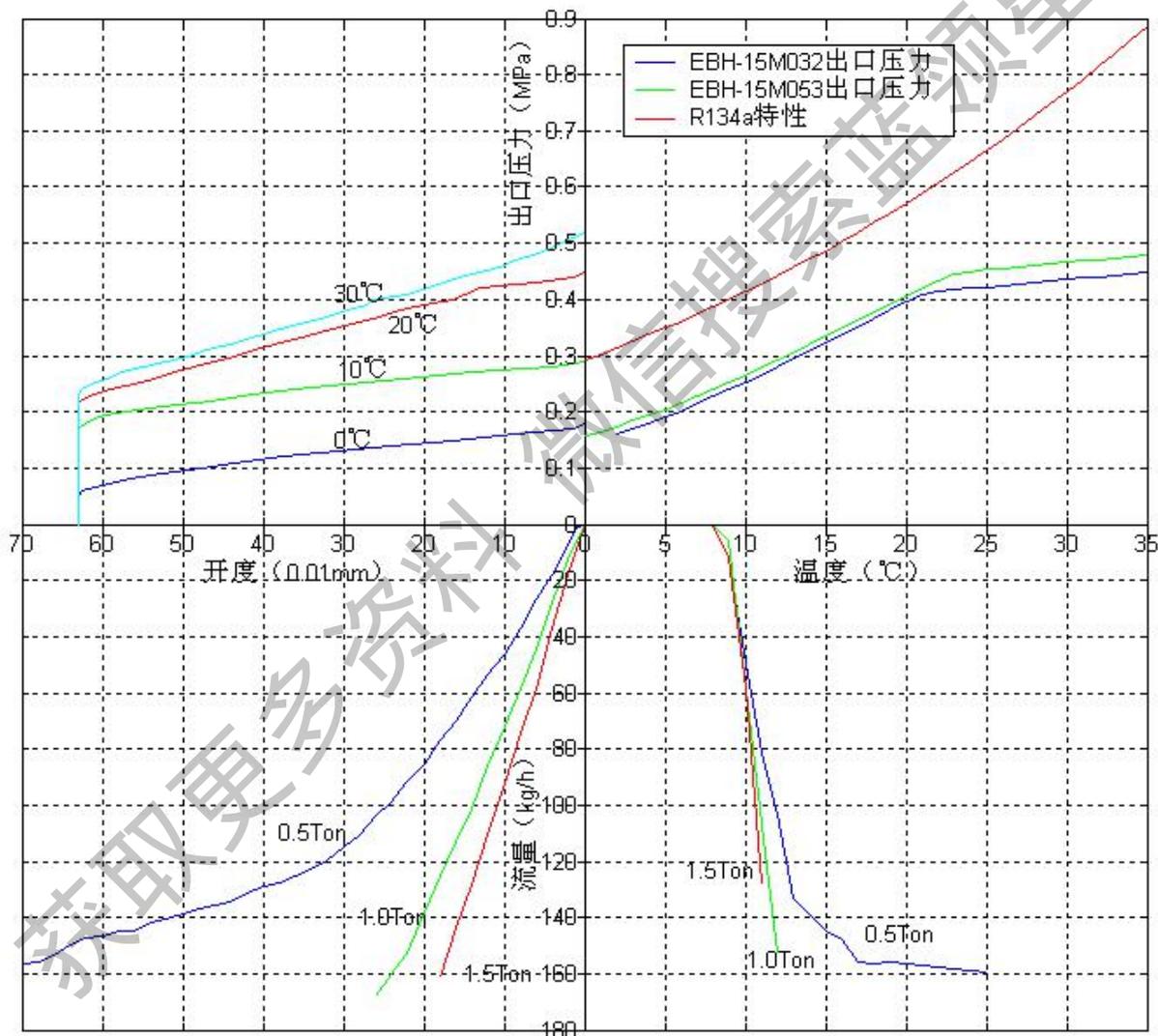
- **气密性**：检测阀内向外部泄漏的量；
- **最大耐压**：阀能承受的可正常工作的最大压力；
- **压力一位移**：气箱头温度不变，改变膜片下方压力得到的2条变化曲线（阀开启和关闭）；
- **温度一位移**：膜片下方的压力不变，改变气箱头温度得到的2条变化的曲线（阀开启和关闭）；
- **开度一流量**：改变阀开度，测得的制冷剂流量变化的曲线；
- **温度一容量**：将温度一位移和开度一流量曲线合并后得到的表明过热度 and 制冷量关系的曲线，描述阀的制冷能力；
- **时间常数**：测定气箱头接到动作信号后，阀到达最终变化量的63.2%所需的时间。测试方法有多种，目前我们采用空气测试法；

膨胀阀的测试(3)

- 耐高温
- 耐低温
- 冷热冲击
- 振动
- 噪音
- 爆破压力
- 清洁度
- 湿热
- 耐介质
- 盐雾
- 压力循环
- 耐真空度
- 跌落
- 与系统匹配有关的其它试验

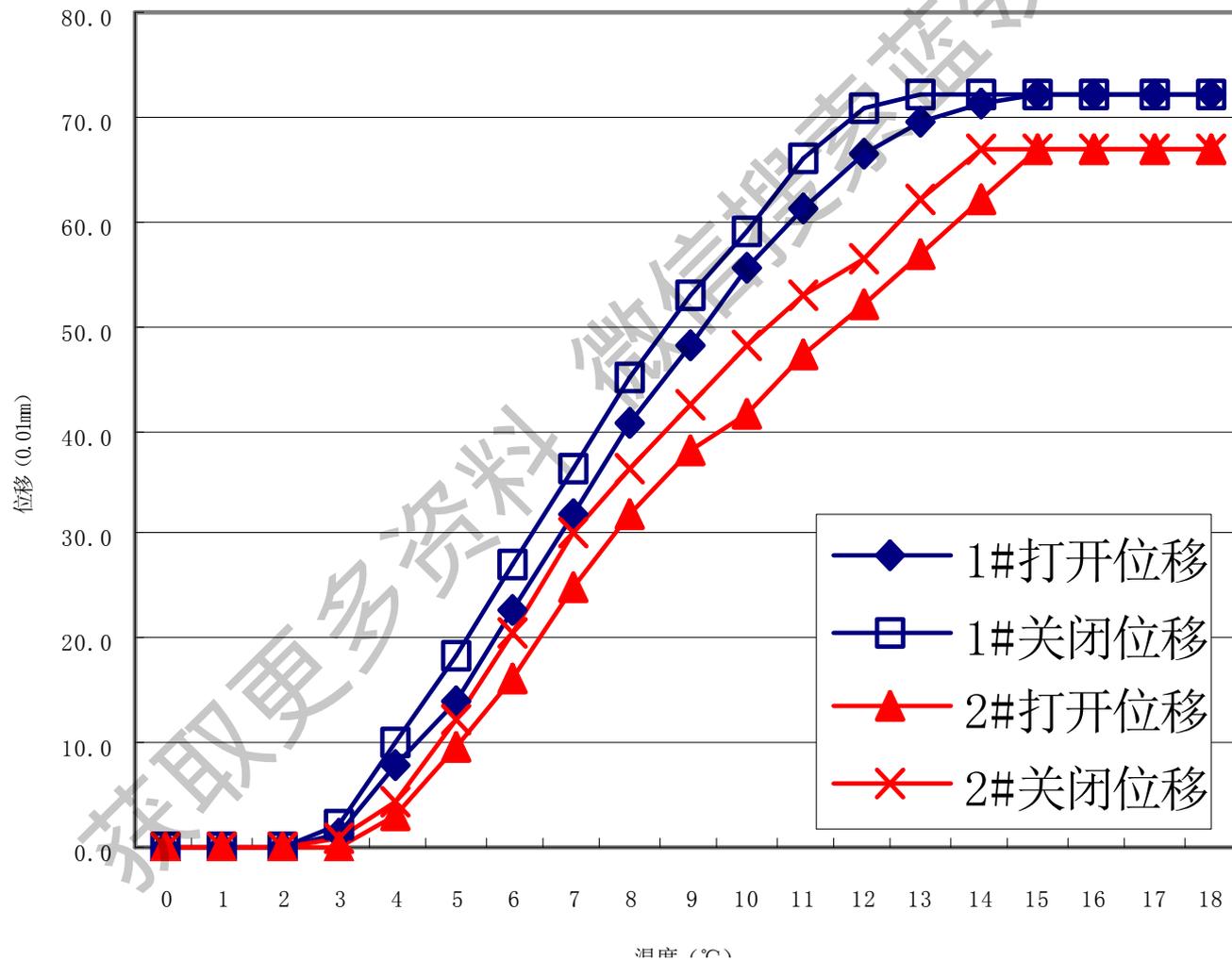
水流量试验 台架试验 焓差试验 实车试验 等

膨胀阀性能测试的4象限图



膨胀阀性能测试曲线

EBH-15M040 温度-位移曲线



几点说明

- 膨胀阀的在线检测中，阀门基本没有开度上的变化，是处在一种似开非开的状态（阀芯离开阀口的轴向距离约为0.02mm）。
- 轴向尺寸对于膨胀阀相当重要，它决定了膨胀阀的最大开度和阀关闭时膜片的初始位置，理论上是控制得越严越好，但轴向尺寸加工较难，膨胀阀的轴向尺寸又是由若干零件组成的，累积误差较大，控制亦较难，所以在实际生产中给了一定范围的公差；
- 气箱头泄漏始终是我们必须高度关注的问题，目前与泄漏相关的产品合格率还远没有达到预定的目标；
- 产品的一致性还不够好，如调节螺丝状态的一致性、温度—位移性能的一致性，从目前的测试结果看，产品的离散度还比较大；
- 我们承认与世界先进水平的差距（设计技术、加工工艺、原材料），说明我们必须加倍努力，因为我们的目标是世界第一。