



气密性检测 专业知识

宁波海瑞思测控技术有限公司

发布日期	版本号	修改内容
2024-01-04	V1.01	初版
2024-01-27	V1.02	新增第 7、8 章
2025-05-22	V1.03	修改一些错误

目录

1.气密性检测用到的专有名词和含义.....	5
1.1 压强.....	5
1.1.1 常规压强:	5
1.1.2 液体中的压强:	5
1.1.3 气体的压强:	6
1.1.4 大气压强.....	7
1.1.5 正压和负压	8
1.2 压力衰减值	9
1.2.1 含义和应用规范	9
1.2.2 造成气体压强衰减的原因.....	9
1.3 泄漏速率.....	10
1.3.1 泄漏速率的定义	10
1.3.2pa 和 sccm (标况下毫升每分钟) 如何转化?	10
1.3.3 怎么将 pa 转化成 ml/min?	13
1.3.4pa 怎么转化成 pa.m³/s 呢?	13
1.4 生产缺陷.....	14
1.5 精度/线性度/压力迟滞性/温度滞后性/可重复性/分辨率	14
1.5.1 精度.....	14
1.5.2 线性度	15
1.5.3 压力迟滞性	15
1.5.4 温度滞后性	15
1.5.5 可重复性.....	15
1.5.6 分辨率	15
2.气密性检测仪的作用	17
3.气密性检测设备的组成.....	18
4.气密性检测的原理.....	19
4.1 压力型仪器检测原理.....	19
4.1.1 直压型仪器检测原理	19
4.1.2 差压型仪器检测原理	24
4.2 流量型仪器检测原理.....	27
4.3 真水型仪器检测原理.....	29
4.3.1HW 真水检测仪原理.....	29
4.3.2 S4 透气膜漏水测试仪原理	31
4.4 看漏点设备检测原理.....	32
4.4.1 正压看气泡原理	33
4.4.2 模拟产品水下受力原理	34
4.4.3 负压看气泡原理	34
5.气密性检测仪的关键参数	35
5.1 气密性检测仪的关键参数.....	35
6.国内国外气密性检测仪厂家汇总	36
6.1 到底是选国外厂家, 还是选择国内厂家?	37
6.2 国内新兴公司的设备能用吗?	39

6.3 如何买到性价比高的设备?	39
7.标准漏孔在气密性检测仪上的应用	39
7.1 什么是标准漏孔?	39
7.2 标准漏孔的参数是什么?	39
7.3 标准漏孔在气密性检测仪上的应用.....	40
7.4 如何选购标准漏孔?	40
8.其他问题解答	40
8.1 气密性测试, 同一个产品, 多次测试泄漏值/泄漏速率不稳定, 怎么解决?	40
8.2 我是集成商, 做气密性测试的工装时, 要选用多大的气缸才能压住产品, 是不是气缸越大越好?	41
8.4 当发生仪器判定 OK, 产品实际却漏水, 这种情况如何处理?	42

1.气密性检测用到的专有名词和含义

在了解气密性检测设备的作用之前，我们需要了解四个专有名词的含义，分别是压强、压力衰减、泄漏速率、生产缺陷、精度。

1.1 压强

1.1.1 常规压强：

压强是一个物理量，它描绘的是单位面积上，物体所受的压力大小，压强越大，所受的压力就越大。压强常用大写字母 P 表示，压强的计算公式为

$$P=\frac{F}{S}-----①$$

式中

P：表示压强；单位 pa（读作帕）；

F:表示受到的力的大小；单位 N（读作牛）；

S：表示受力面积的大小；单位 m^2 （读作平方米）；

案例 1：1pa 是什么概念

1pa 相当于一张平铺的报纸保持对水平桌面产生的压强；3 粒芝麻对水平桌面产生的压强大约也等于 1pa；

常规压强，一般用于计算气密性检测夹具设计中，气缸出力的大小。

1.1.2 液体中的压强：

在液体内的物体所受的压强大小，由下式决定

$$P=\rho gh-----\textcircled{2}$$

式中

P: 表示物体在水深 h 处，所受的压强大小；单位 pa；

ρ （读作 róu）:表示液体的密度；单位 kg/m³；

g:重力加速度，常量，一般取 9.8m/s²（读作米每平方秒）；

h:表示物体距离液体顶部的深度；单位 m；

案例 2：IP 等级如何跟气压等效？

问：在 IP 防水等级中，IP67 的定义是，水下一米深，半小时不进水。那么在水下一米深处，产品所受的压强是多少呢？

解答：因为水的密度 $\rho=1000\text{kg/m}^3$ ，水深 $h=1\text{m}$ ，重力加速度 g 取 9.8m/s^2 ，那么就可以算出产品在水下 1 米深，所受的水的压强 $p=\rho gh=1\times 9.8\times 1=9800\text{pa}$ ，换算成千帕，等于 9.8kpa；

因此产品在 1 米水深，所受的压强大约是 9.8kpa，四是五入取整 10kpa；

1.1.3 气体的压强：

气体的压强是怎么来的，它的大小由什么决定？

气体压强是由气体分子撞击物体表面产生的,单位时间单位面积上撞击的分子数越多压强越大。

气体压强跟其他物理量有以下的关系

$$PV=nRT-----③$$

式中

P: 表示气体的压强, 单位 pa;

V: 表示气体的体积, 单位 m^3 ;

n: 表示气体物质的量, 单位 mol (读作摩尔)

R: 通用气体常数, 通常为: $8.31441 \pm 0.00026 J/(mol \cdot K)$

T: 气体的热力学温度, 单位 K (读作开), 是温度的一种单位, 它跟摄氏度 ($^{\circ}C$) 的不同, 区别是温度的起点不同。K 的起点是绝对零点, 绝对零点为 $-273.15^{\circ}C$ 。

两个温度单位之间的关系, 就是这样的关系, 比如: $0^{\circ}C = 273.15K$; $10^{\circ}C = 283.15K$ 。

上式是理想气体的状态方程, 它表示的是, 一定质量的气体, 在温度不变的情况下, 它的压强和体积成反比。

气密性检测所用的压强来源, 是由空压机产生的, 空压机压缩空气, 然后将压缩空气储存在储气罐中, 通过管道连接到各用气设备。用于气密性检测的压缩空气, 有特殊要求

1. 干燥、清洁;
2. 过滤精度 $\leq 5\mu m$;
3. 不能含有太多水汽, 最好在压缩空气出来后, 加装冷冻干燥机;

1.1.4 大气压强

大气压是指地球上某个位置的空气产生的压强。地球表面的空气受到重力作用, 由此而

产生了大气压强。地球上面的空气层密度不是相等的，靠近地表层的空气密度较大，高层的空气稀薄，密度较小。大气压强既然是由空气重力产生的，高度大的地方，它上面空气柱的高度小，密度也小，所以距离地面越高，大气压强越小。通常情况下，在 2 千米以下，高度每升高 12 米，大气压强降低 1 毫米水银柱 $\approx 133\text{pa}$ 。

由大气压强的性质，可知，如果气密性检测设备初始的位置在沿海城市，然后移动倒重庆等山区，海拔升高，会出现当前大气压的压力值变为负数的情况。出现这种情况，做工考究的仪器，会自动压力归零。做工不考究的仪器，要手动归零。

1.1.5 正压和负压

在进行气密性检测过程中，会有正压和负压的概念。正压的定义，是高于当前大气压的压力，为正压。

负压的定义是：低于当前大气压的压力，为负压。注意我所说的压力，都指的是压强。

从正压和负压的定义中，我们可以知道。同样的 10kpa 压强，在不同的地区，随着当地的大气压强不同，它的绝对压力，会是不同的大小。

这里就引申出绝对压强的概念，绝对压强的起点是绝对真空。在地球环境很难达到绝对真空的环境。

在标准情况下的绝对压强是 101.325kpa 的绝对压强。在标准情况下的正压 10kpa，绝压就等于 $101.325\text{kpa}+10\text{kpa}=111.325\text{kpa}$ 。

1.2 压力衰减值

1.2.1 含义和应用规范

压力衰减值，其实指的是压强的衰减数值。日常交流中，一般将压力混用为气体压强。

比如测试压力 10kpa，指的是 测试气体的压强是 10kpa。

压力衰减值，有一个时间量未明示，压力衰减值只有和时间合并使用才有意义。比如不能仅仅说允许压力衰减 200pa，这个 200pa，就没有意义。

正确的说法是，在 60 秒内，允许衰减 200pa。

1.2.2 造成气体压强衰减的原因

造成气体压强衰减的原因有很多种，大致有以下几种

1.自然衰减。任何人造的系统，或者产品，都会有泄漏，只是漏率的大或者小而已。气密性检测仪的管路系统的出厂前的允许泄漏速率为 $1 \times 10^{-6} \text{pa.m}^3/\text{s}$ (氦漏率) (气密性检测的泄漏精度，一般极限只能达到 $6 \times 10^{-5} \text{pa.m}^3/\text{s}$ 的漏率，氦质谱检漏仪的泄漏泄漏精度分辨率可以达到 $1 \times 10^{-12} \text{pa.m}^3/\text{s}$ 的泄漏速率。)

2.气路接头的泄漏。比如在组建测试系统的过程中，会用到气管接头连接管与管、管与模具、管与产品。这些连接位置有泄漏。只要是整个测试系统的泄漏，都会造成气体的压强衰减。

3.待测产品本身有泄漏。因为待测产品在进行气密性检测的前工序，就是组装，包含超声波焊接、密封圈安装、点胶、摩擦焊、机械加工、背胶等方式，这些组装和生产的过程中，会造成有缺陷，导致产品泄露。

1.3 泄漏速率

1.3.1 泄漏速率的定义

泄漏速率指的，单位时间内，在单位体积内，压强衰减数值的大小。国际上常用的泄漏速率单位为 $\text{pa.m}^3/\text{s}$ （读作帕立方米每秒）

单位	Kpa	pa	Mpa	Bar	PSI	mBar
1kpa	1	1000	10^{-3}	10^{-2}	0.145	10
1pa	10^{-3}	1	10^{-6}	10^{-5}	1.45×10^{-4}	0.01
1Mpa	10^3	10^6	1	10	145	10^4
1Bar	10^2	10^5	0.1	1	14.5	10^3
1PSI	6.894	6.894×10^3	6.894×10^{-3}	6.894×10^{-2}	1	68.94
1mBar	0.1	100	10^{-4}	10^{-3}	1.45×10^{-2}	1

表 1-1 常用压强单位的转换

单位	MI	L	M ³	mm^3	cm^3	dm^3
1ml	1	10^{-3}	10^{-6}	10^3	1	10^{-3}
1L	1000	1	10^{-3}	10^6	10^3	1
1m ³	10^6	10^3	1	10^9	10^6	10^3
1 mm^3	10^{-3}	10^{-6}	10^{-9}	1	10^{-3}	10^{-6}
1 cm^3	1	10^{-3}	10^{-6}	10^3	1	10^{-3}
1 dm^3	10^3	1	10^{-3}	10^6	10^3	1

表 1-2 常用体积单位的转化

1.3.2pa 和 sccm（标况下毫升每分钟）如何转化？

泄漏速率公式：

$$Q_{\text{sccm}} = 60 (V \times \Delta p) / (P_{\text{atm}} \times t) \text{ -----④}$$

注：

Q 表示泄漏速率， Q_{sccm} 表示标准大气压下，25℃时气体的泄漏速率），单位是 sccm；

V：表示待测产品容积（仪器内部体积+管路体积+产品体积/模腔体积），单位是 ml；

ΔP （读作：德尔塔 P）：表示在 t 时间内的压强衰减值，单位 pa；

P_{atm} ：常数； $P_{\text{atm}} = 101325 \text{ pa}$ ；

T：时间，单位 s；

公式④是由公式③和公式⑤推导而来，

$$Q = V/T \text{ -----⑤}$$

Q：气体的流速，单位根据 V 和 T 的单位变化；

V：气体的体积，体积单位可选 ml、L、 m^3 ；

T：时间，时间单位可选 s, min, h；

具体的推导公式如下

1.理想气体状态方程 $PV = nRT$ ，根据公式可以画出下图：

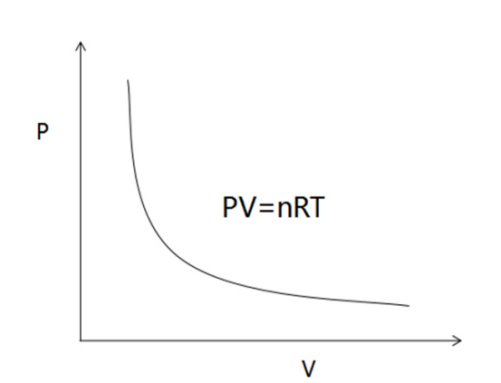


图 1-1

2.在曲线上取两个点作为状态点，根据理想气体状态方程可得这两个点的计算公式为：

$PV=nRT$ ； **$(P-\Delta p) \cdot (V+\Delta v) = nRT$** ，如下图所示：

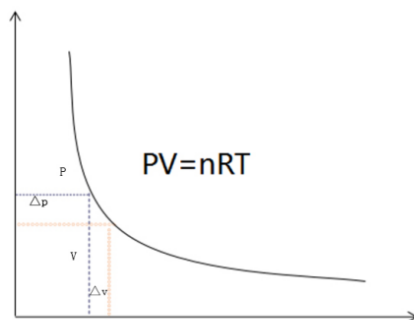


图 1-2

3.这两个点是取自在同一个产品的气密性检测过程的不同时间点，因此 n 、 R 不变，假设温度 T 是不变的，可以得出 $PV = (P-\Delta p) \cdot (V+\Delta v)$ 。

4.通过计算上述公式得： $P \times \Delta v = V \times \Delta p + \Delta p \times \Delta v$ 。

5.假设当时取的这两个状态点非常靠近，即 Δp 和 Δv 跟 P 和 V 相比，非常的小，如下图：

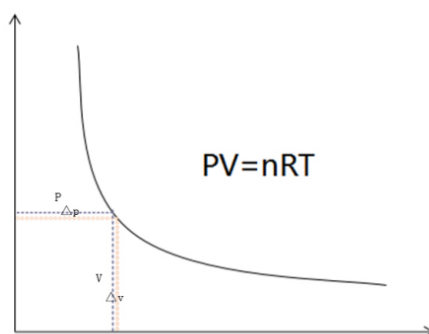


图 1-3

6.当这两个点处于无限接近的状态，即相当于重合时，计算过程中，可以将 Δp 和 Δv 忽略不计，等式即可写作 **$P \times \Delta v = V \times \Delta p$** 。

7.等式变换得到公式： $\Delta v=V\times\Delta p/P$ 。

8.根据流速计算公式 $Q=V/t$ ， 泄漏速率 $Q=\Delta v/t=V\times\Delta p/P\times t$ 。

9.将压力换成标准状态下的大气压力，得到 sccm 结果的泄漏速率公式：

$$Q_{\text{sccm}}=60 (V\times\Delta p) / (P_{\text{atm}}\times t)$$

从以上可以看出，该公式是 Δp 很小的时候才成立，那得多小呢？ Δp 相对于 P 小得多，小到可以忽略不计。

有了公式④，就可以将压强单位转化成泄漏速率单位啦。

1.3.3 怎么将 pa 转化成 ml/min?

将④式中的 P_{atm} 值的替换成当前压力的绝对压力值，即可将 pa 转化成 ml/min 了。

举例说明：比如测试压力为表压 100kpa，绝压为 $100+101.325\text{kpa}=201325\text{pa}$ ，当泄漏单位为 sccm 时， $P_{\text{atm}}=101325$ ；当泄漏单位为 ccm 时， $P_{\text{工况}}=\text{表压}+P_{\text{atm}}$ ；

1.3.4pa 怎么转化成 $\text{pa.m}^3/\text{s}$ 呢?

由 $\text{pa.m}^3/\text{s}$ 可以知道，关键的参数有三个，一个是压强，一个是体积，一个是时间参数。

气密性检测仪的泄漏值，有 pa,就一定有一个时间，唯一缺的是体积，而体积是需要操作者填入程序参数中的。只要将体积比如 50ml，填入程序参数中，仪器可以自动将 pa，转化成 $\text{pa.m}^3/\text{s}$ 。

比如在 10 秒内，泄露了 40pa，体积为 50ml，则 50pa 转化成 $\text{pa.m}^3/\text{s}$ 为

$\frac{40\times 50\times 10^{-6}}{10}=2\times 10^{-4}\text{pa.m}^3/\text{s}$ 。从这里可以看出，要想用气密性检测仪，提高检测精度，必须要

将压缩空气的体积尽可能缩小。因为单位时间内，变化 1pa,体积越大，泄漏速率越大，体积越小，泄漏速率越小。

1.4 生产缺陷

生产缺陷，指的是生产过程产生的缺陷，造成有泄漏。如果生产过程没有缺陷，那就不需要做气密性检测了。造成生产缺陷的情况有很多，大体分为以下几种

1. 原料工艺造成的缺陷，比如压铸产生的气孔。
2. 机械加工造成的缺陷，比如要铣平面、钻孔、攻牙等造成的缺陷。
3. 组装过程造成的缺陷，比如密封圈+锁螺丝固定，螺丝未锁紧；点胶，胶量不均匀等。
4. 材料结合造成的缺陷，比如连接器，需要将塑料和金属端子注塑成型，过程中，可能会出现端子和塑料结合处漏气。

1.5 精度/线性度/压力迟滞性/温度滞后性/可重复性/分辨率

精度对于气密性检测仪来说，主要有以下几个概念

1.5.1 精度

精度主要指的是综合精度，它主要由线性度、压力迟滞性、温度滞后性、可重复性等指标组成，精度一般比单独的指标大。理论上来说精度越高越好，但是实际会有所取舍，目前市面上的大部分国产仪器，总精度都能达到 0.1%-0.2%（调校后的）左右。

1.5.2 线性度

指在传感器有效量程范围内,实际输入—输出特性曲线与理论直线之间的最大偏差与输出满刻度之比。线性度越高,显示数值越准确。

1.5.3 压力迟滞性

指传感器在正反行程中输出与输入不重合的现象。举例:同样是 50kpa 压力,从 100 变到 50kpa 和从 0 变到 50Kpa,这之间的偏差,就是压力迟滞性,也是常说的正反行程偏差。

1.5.4 温度滞后性

指在传感器温度变化时,传感器输出的信号值不能及时跟随温度变化而发生延迟的现象。

1.5.5 可重复性

描述了在相同的测量配置、温度和应用压力下的多次测量(至少三次)的最大偏差。

1.5.6 分辨率

指的是仪器显示压力的最小变化值,如果分辨率是 1pa,那仪器只能显示 1pa、2pa、3pa……;如果仪器分辨率是 0.1pa,那就可以从 1.1、1.2、开始显示。理论上仪器的分辨率越高越好,但实际使用过程中分辨率到 0.1pa,已经完全足够用于气密性检测了。

宁波海瑞思所用传感器参数如下表

特征	最小	典型	最大	单位
线性度	-0.2	-	0.2	%FS
压力迟滞性	-	±0.1	-	%FS

温度滞后性	-	± 0.5	-	%FS
可重复性	-0.05	0.01	0.05	%FS
精度	-0.2	-	0.2	%FS
仪器调教后精度	-0.1	-	0.1	%FS
仪器调校后分辨率	-	1/0.1	-	pa

问题 1:市面上有些厂家说自己的传感器精度能达到 **0.02%FS**，这是真的吗？

回答 1:传感器精度有能达到 0.02%FS 精度的吗？这个问题的答案肯定是有。但是气密性检测仪厂家，说自己的传感器精度能达到 0.02%FS。这个说法，就有待考究了。如果只是某几个特定的压力，在特定的温度下，和特定的方向下测量，市面上大部分的进口传感器经过调教后都基本能达到。



但是如果它说任何时候，任何压力，任何温度，任何方向，仪器的传感器精度都能达到 0.02%FS。那肯定是瞎说。



问题 2:传感器精度到多少对于气密性检测来

说是合适的?

回答 2: 传感器实际精度国外品牌仪器例如:

ATEQ、COSMO、CTS 等厂家, 普遍传感器精度

在 0.4%-2.5%of rdg $\pm 1\text{pa}$ - $\pm 2\text{pa}$ 之间。

对于差压型气密性检测仪来说, 因为泄漏值

泄漏值是通过差压传感器读取的, 因此要想泄漏

值准确, 只需要选用低量程的差压传感器即可。比如选用 500pa、1000pa、2000pa 等量程的传感器即可。 比如选用 500pa 量程的差压传感器, 即使精度只有 1.5%, 仪器的实际精度也只有 $\pm 7.5\text{pa}$ 的偏差。

对于直压性气密性检测仪来说, 传感器精度就显得尤为重要, 直压型仪器, 只有一颗直压传感器, 量程 200Kpa 即使达到了 $\pm 0.1\%\text{FS}$ 的精度, 也有 $\pm 200\text{pa}$ 的偏差。

国内厂家的仪器, 基本都有做调教, 精度都不会太差, 差压仪器差压传感器精度只要在 1%以内, 都可以选择。至于直压仪器, 一般只适合测小压力, 比如 10kpa, 或者测的产品漏率要求不高, 测个大漏就行的, 就可以用直压仪器。

2.气密性检测仪的作用

气密性检测仪, 是检测气密性的一种仪器。它主要是检测压缩空气的压强在一定时间的衰减值, 通过给定衰减值的上下限, 来判断待测工件, 漏率是否在允许范围内。

因为气密性检测设备, 是通过判断压强在一定时间的衰减值大小, 来判断产品是否泄漏。

因此气密性检测仪，只能检测不漏的产品。不能检测漏的产品。用 IP 等级表示，气密性检测仪，适合检测 IP67、IP68 等级的产品。不适合检测 IP66/IP65/IP55 等 IP67 以下的产品。

如果一定要用气密性检测仪测 IP67 以下的产品，会出现气密性检测仪显示 OK,但产品实际漏水的情况出现，一定要慎重！

总的来说，气密性检测仪，就是一款检测产品是否有泄露的仪器，如果产品不符合泄漏要求，它会提示操作者，从而将不良产品挑出，助力品质的提升。

3.气密性检测设备的组成

气密性检测设备，有以下几种情况。

1. 单仪器+连接器组成；
2. 单仪器+工装+模具组成；
3. 单仪器+模具组成；
4. 单仪器+多套工装模具组成；
5. 多仪器+多套工装模具组成；

目前宁波海瑞思，拥有仪器、工装、模具的全链条生产能力。

4.气密性检测的原理

4.1 压力型仪器检测原理

4.1.1 直压型仪器检测原理

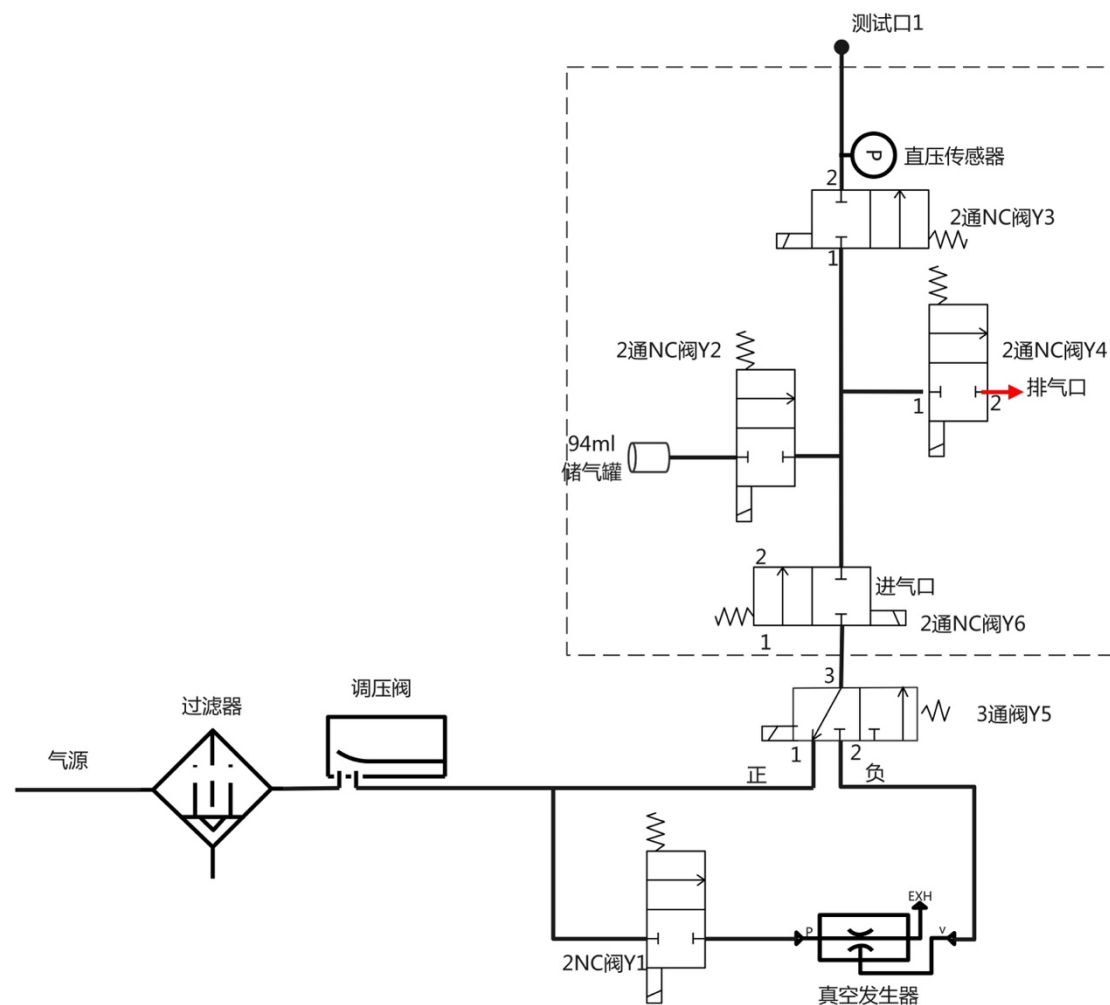


图 4-1 直压仪器元件动作图

如上图所示，直压型检测仪器检测原理分为：正压半成品检测、正压成品检测、负压半成品检测三个；（PS：如何区分待测产品为成品，还是半成品？简单区分方法，有充气孔大部分为半成品，无充气孔大部分为成品检测）

首先我们看一下正压半成品检测的原理。要想理解原理，必须要熟记 3 张图；元件动作

图、测试流程图、判断逻辑图。

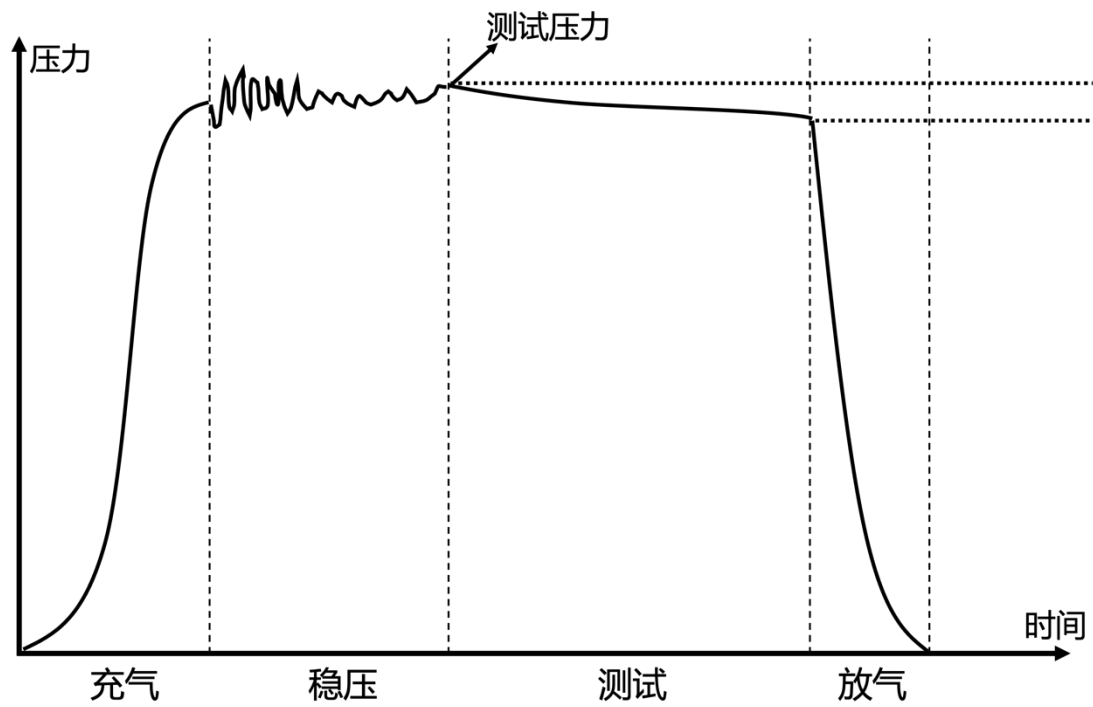


图 4-2 正压/负压半成品测试流程图

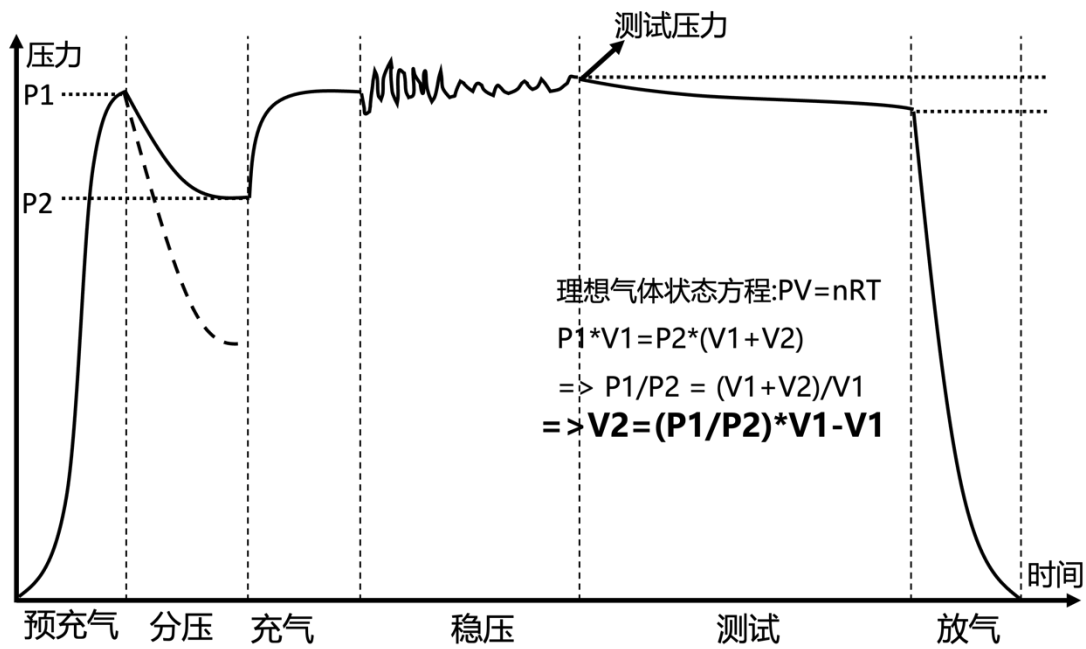


图 4-3 正压成品测试流程图

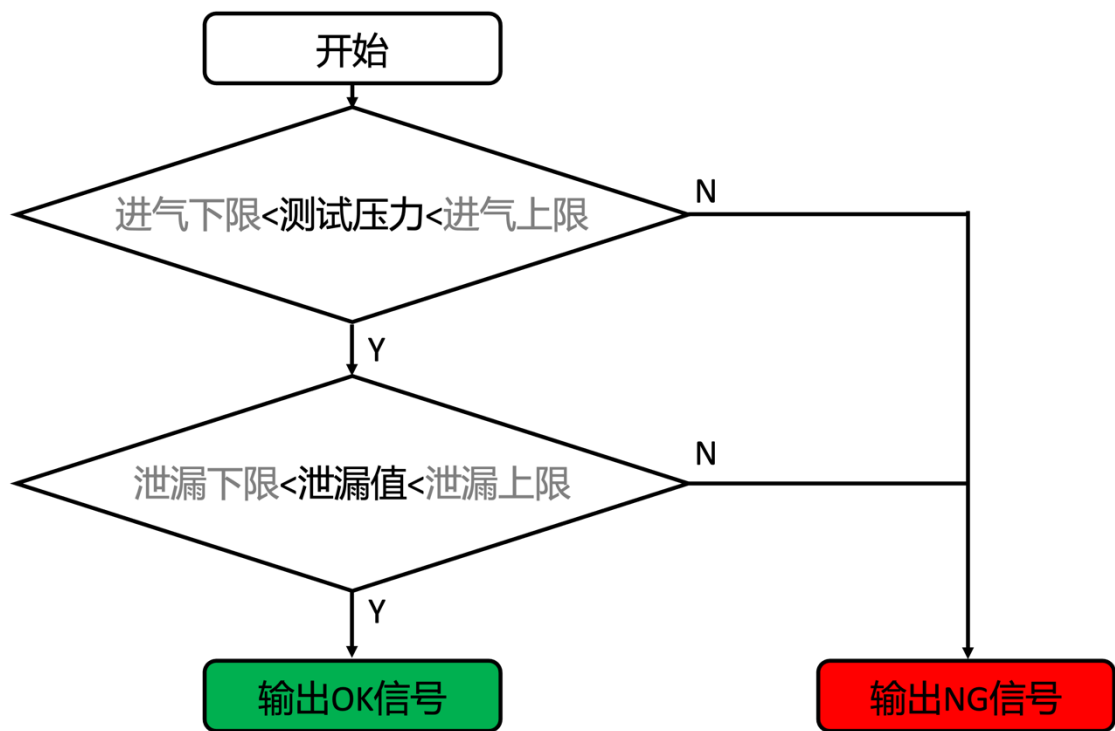


图 4-4 正压/负压半成品测试判断逻辑图

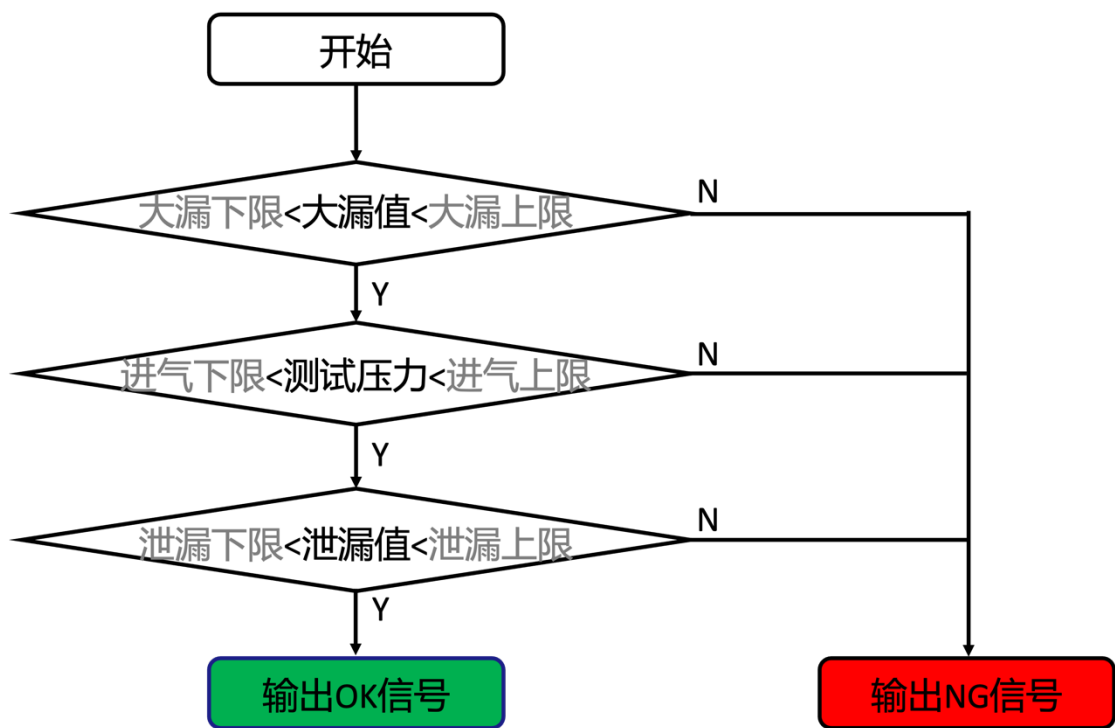


图 4-5 正压成品测试判断逻辑图

4.1.1.1 正压半成品检测原理

正压半成品检测，由四个过程组成，进气、稳压、测试、排气；首先我们看图 4-1，所示状态仪器，由 1 个过滤器、1 个调压阀、5 个阀、1 颗传感器、一个储气罐组成。测试口 1 个，校准口 1 个（选配）。测试口，连接待测产品；校准口，用于仪器的校准。

第一步进气：仪器打开阀 Y6，Y3 开始进气；

第二步稳压：仪器关闭 Y6，Y3 让充入产品的压缩空气稳定下来；稳压结束后，仪器记录当前压力值 P1；

第三步测试：当测试时间结束后，仪器记录压力值 P2，同时计算出在测试时间内的压力差 $P3=P1-P2$ ；如果压力值 P1，在程序设定的进气上下限之间，同时压力差 P3 在程序设定的上下限之间，仪器给出 OK 信号。如果任何一个不在程序规定的上下限之间，则仪器给出 NG 信号。详情请见图 4-2。

第四步放气：仪器打开 Y4，将压缩空气排出测试管路。结束。

4.1.1.2 正压成品检测原理

第一步定量进气：如图 4-1，仪器打开阀 Y6,打开阀 Y2，开始定量进气，将一定压力的气体充入储气罐，并记录压力值 P4；

第二步分压：仪器打开阀 Y3，让压缩空气进入产品和模腔之间，分压结束后记录压力值 P5，仪器依据初始仪器内部体积和 P4/P5 压力值，可以计算出外侧管路和模腔之间的体积（运用了公式③理想气体状态方程），如果计算出的大漏值（体积）在大漏上下限之间，则仪器继续进行下一步测试，如果不再大漏上下限之间，仪器会报“产品大漏”，然后停止测试，并输出 NG 信号，详见图 4-5 正压成品测试判断逻辑图。

第三步进气：仪器打开阀 Y6，Y3 开始进气；

第四步稳压：仪器关闭 Y6，Y3 让充入产品的压缩空气稳定下来；稳压结束后，仪器记录当前压力值 P1；

第五步测试：当测试时间结束后，仪器记录压力值 P2，同时计算出在测试时间内的压力差 $P3=P1-P2$ ；如果压力值 P1，在程序设定的进气上下限之间，同时压力差 P3 在程序设定的上下限之间，仪器给出 OK 信号。如果任何一个不在程序规定的上下限之间，则仪器给出 NG 信号。详情请见图 4-2。

第六步放气：仪器打开 Y4，将压缩空气排出测试管路。结束。

4.1.1.3 负压半成品检测原理

第一步进气：仪器打开阀 Y1,Y5,Y6,Y3 开始进气；

第二步稳压：仪器关闭阀 Y1,Y5,Y6，Y3 让抽走的负压稳定下来；稳压结束后，仪器记录当前压力值 P1；

第三步测试：当测试时间结束后，仪器记录压力值 P2，同时计算出在测试时间内的压力差 $P3=P1-P2$ ；如果压力值 P1，在程序设定的进气上下限之间，同时压力差 P3 在程序设定的上下限之间，仪器给出 OK 信号。如果任何一个不在程序规定的上下限之间，则仪器给出 NG 信号。详情请见图 4-2。

第四步放气：仪器打开 Y4，将压缩空气排出测试管路。结束。

4.1.2 差压型仪器检测原理

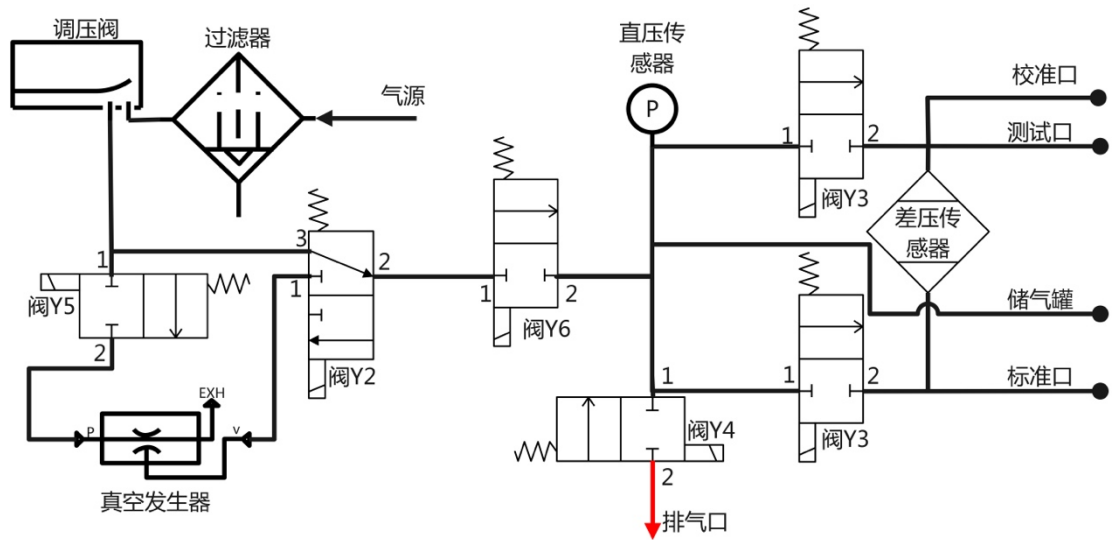


图 4-6 差压仪器原件动作图

4.1.2.1 正压半成品检测原理

差压正压半成品检测，由四个过程组成，进气、稳压、测试、排气；首先我们看图 4-1，所示状态仪器，由 1 个过滤器、1 个调压阀、6 个阀、2 颗传感器、一个储气罐组成。测试口 1 个，校准口 1 个（选配）。测试口，连接待测产品；校准口，用于仪器的校准。

第一步充气：仪器打开阀 Y6，Y3 开始进气；

第二步稳压：仪器关闭 Y6，让充入产品的压缩空气稳定下来；稳压结束后，仪器记录当前压力值 P1；

第三步测试：仪器关闭 Y3，开始计算出在测试时间内的压力传感器的压力差 ΔP ；如果压力值 P1，在程序设定的进气上下限之间，同时压力差 ΔP 在程序设定的上下限之间，仪器给出 OK 信号。如果任何一个不在程序规定的上下限之间，则仪器给出 NG 信号。详情请见图 4-2。

第四步放气：仪器打开 Y3,Y4，将压缩空气排出测试管路。结束。

4.1.2.2 正压成品检测原理

第一步预充气：如图 4-6，仪器打开阀 Y6，开始预充气，将一定压力的气体充入储气罐，并记录压力值 P4；

第二步分压：仪器关闭阀 Y6,打开 Y3，让压缩空气进入产品和模腔之间，分压结束后记录压力值 P5，依据初始仪器内部体积和 P4/P5 压力值，可以计算出外侧管路和模腔之间的体积（运用了公式③理想气体状态方程），如果计算出的大漏值（体积）在大漏上下限之间，则仪器继续进行下一步测试，如果不再大漏上下限之间，仪器会报“产品大漏”，然后停止测试，并输出 NG 信号，详见图 4-5 正压成品测试判断逻辑图。

第三步充气：仪器打开阀 Y6，Y3 开始进气；

第四步稳压：仪器关闭 Y6，让充入产品的压缩空气稳定下来；稳压结束后，仪器记录当前压力值 P1；

第五步测试：仪器关闭 Y3,开始计算出在测试时间内的压力传感器的压力差 ΔP ；如果压力值 P1，在程序设定的进气上下限之间，同时压力差 ΔP 在程序设定的上下限之间，仪器给出 OK 信号。如果任何一个不在程序规定的上下限之间，则仪器给出 NG 信号。详情请见图 4-2。

第六步放气：仪器打开 Y3,Y4，将压缩空气排出测试管路。结束。

4.1.2.3 负压半成品检测原理

第一步充气：仪器打开阀 Y5,Y2,Y6，Y3 开始进气；

第二步稳压：仪器关闭 Y5,Y2,Y6，让充入产品的压缩空气稳定下来；稳压结束后，仪器记录当前压力值 P1；

第三步测试：仪器关闭 Y3,开始计算出在测试时间内的压力传感器的压力差 ΔP ；如果压力值 P1，在程序设定的进气上下限之间，同时压力差 ΔP 在程序设定的上下限之间，仪器给出 OK 信号。如果任何一个不在程序规定的上下限之间，则仪器给出 NG 信号。详情请见图 4-2。

第四步放气：仪器打开 Y3,Y4，将压缩空气排出测试管路。结束。

问题 3:气密性检测仪，直压好，还是差压好？

回答：优选差压。差压相比于直压有以下 2 点优势。

优势 1：泄漏值读数更准确。因为差压气密性检测仪的泄漏值是由差压传感器读取的，常规差压传感器的量程是 5kpa，满量程偏差是 $\pm 50\text{pa}$ 的偏差。

但是如果用直压传感器读取泄漏值，它的偏差为满量程的偏差，假设满量程是 0-200Kpa，



它的示值偏差就有 $\pm 2\text{kpa}$ 的偏差，远远高于 $\pm 50\text{pa}$ 的偏差。要想降低泄漏值的偏差，可以通过选用 500pa，1000pa，2000pa 量程的差压传感器解决这个问题。但是直压的仪器，就没有办法解决这个问题了。

优势 2：泄漏值更稳定，受外部环境影响最小。

因为差压型仪器是通过标准端和测试端对比的方式来测量泄漏值的。因此可以将管路形变，产品形变，

温度变化等变量产生的泄漏非产品本身的泄漏值给规避掉。所以它的抗干扰性更强了，泄漏值就更稳定了。

但是差压型气密性检测仪，它也有缺点，比如：价格普遍比直压的高、标准端不正常使用，直接堵住标准口，也会丧失高稳定性的特点。

总的来说，气密性检测仪，选直压的好，还是差压的好。需要因外部环境、购买能力、待测产品而定。想要结果稳定、准确、不怕麻烦、且预算充足，肯定选差压。如果预算不足、测试压力也很小，漏率要求不高，可以选直压。

但是如果预算不足，测试压力又大，漏率要求又高，那应该怎么选呢？可以选二手的差压仪器。

4.2 流量型仪器检测原理

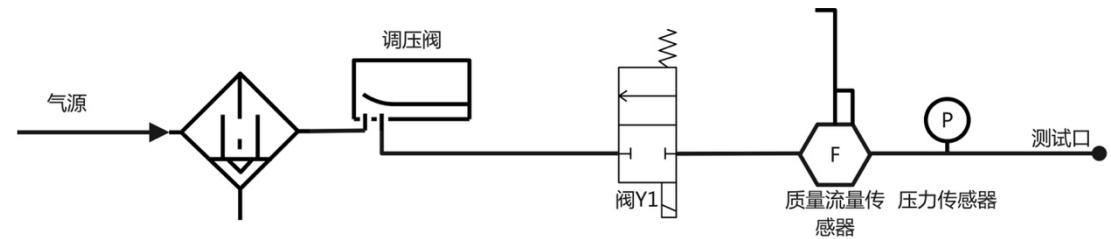


图 4-7 流量仪器元件动作图

如图 4-7，流量型仪器由调压阀、阀 Y1、质量流量传感器、压力传感器、等部件组成。

第一步进气：打开阀 Y1，气体经过调压阀控制，流经质量流量传感器，流经压力传感器，达到测试口。

第二步测试：此阶段仪器一直读取流量传感器和压力传感器的值，直到最后一刻，记录流量值和压力值，作为测试结果。

第三步排气：关闭阀 Y1,测试结束。

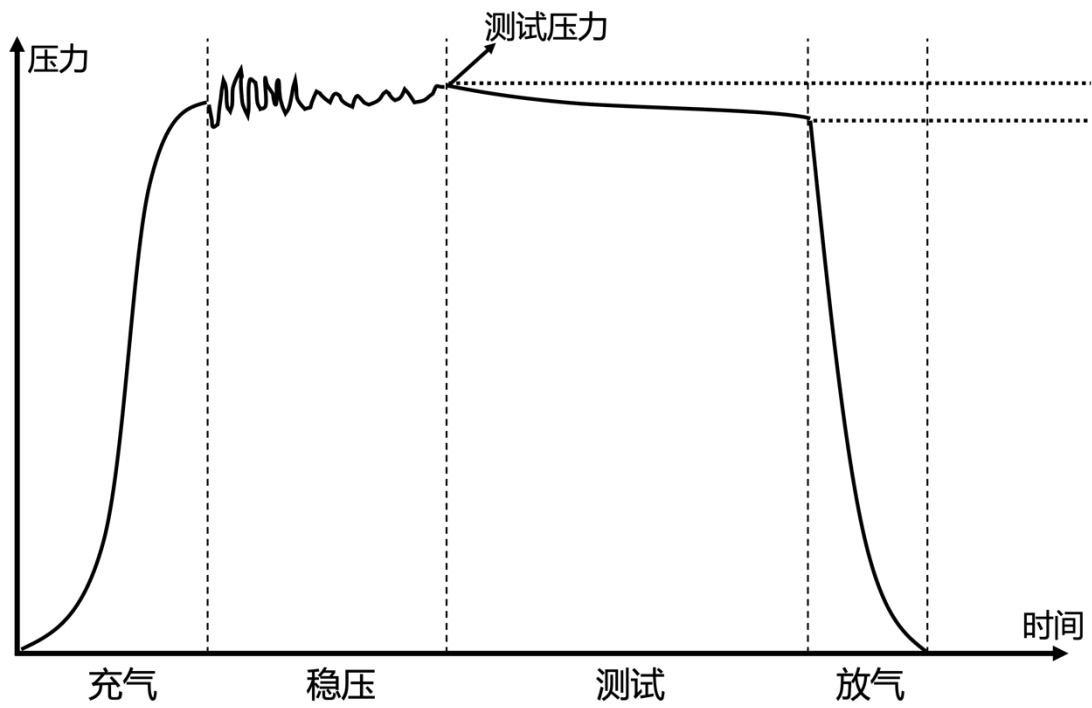


图 4-8 压力时间图

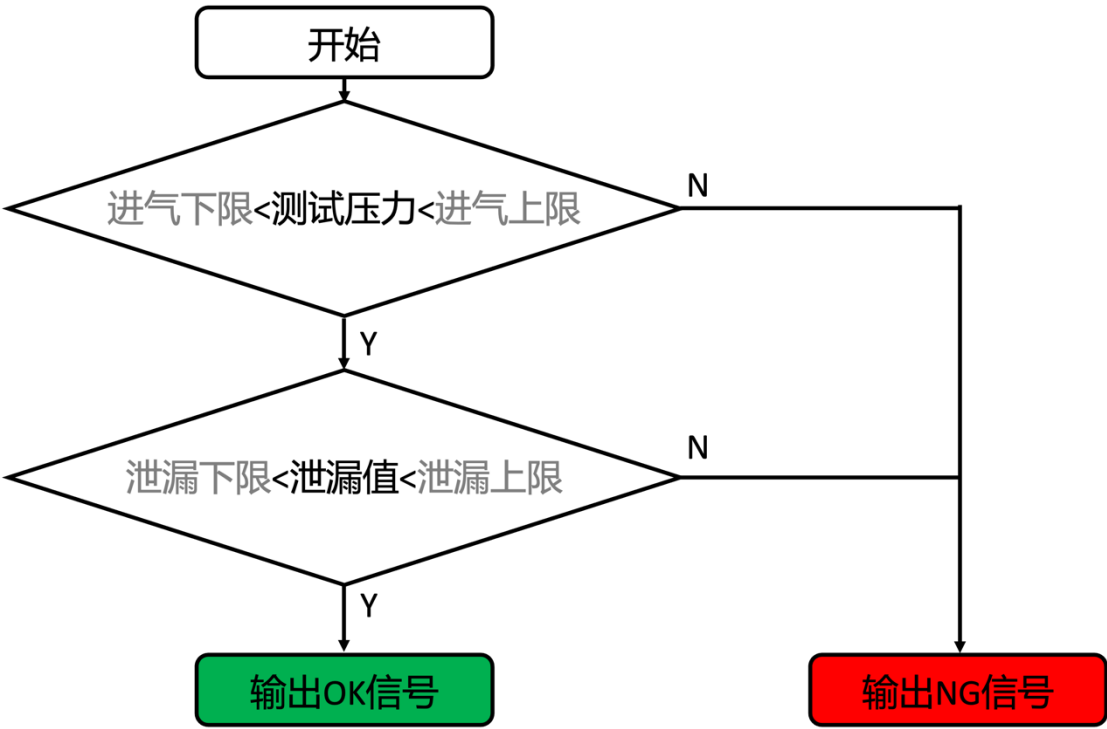


图 4-9 判断逻辑图

流量型仪器,主要是用于检测本身就是漏的产品,大多专用于防水透气阀的透气量检测。

防水透气阀,是由防水透气膜和壳体组成,流量检测仪,用于检测成品的防水透气阀的透气量是否在设计范围内。

流量型仪器,还可用于检测 IPX6 及以下的防水等级的产品,但是非常依赖参数的设置是否合理,无法做到 100%仪器显示 ok,就 100%能过 IPXX 防水等级的要求。它们不像 IP67 IP68 那样有对比性。

4.3 真水型仪器检测原理

4.3.1HW 真水检测仪原理

HW 真水检测仪,主要是用于防水透气膜组装完成后,看组装处是否防水,是否密封,以及在组装过程中,是否有尖锐物品比如镊子,将膜给划破,导致防水透气膜不防水。它的检测原理如下

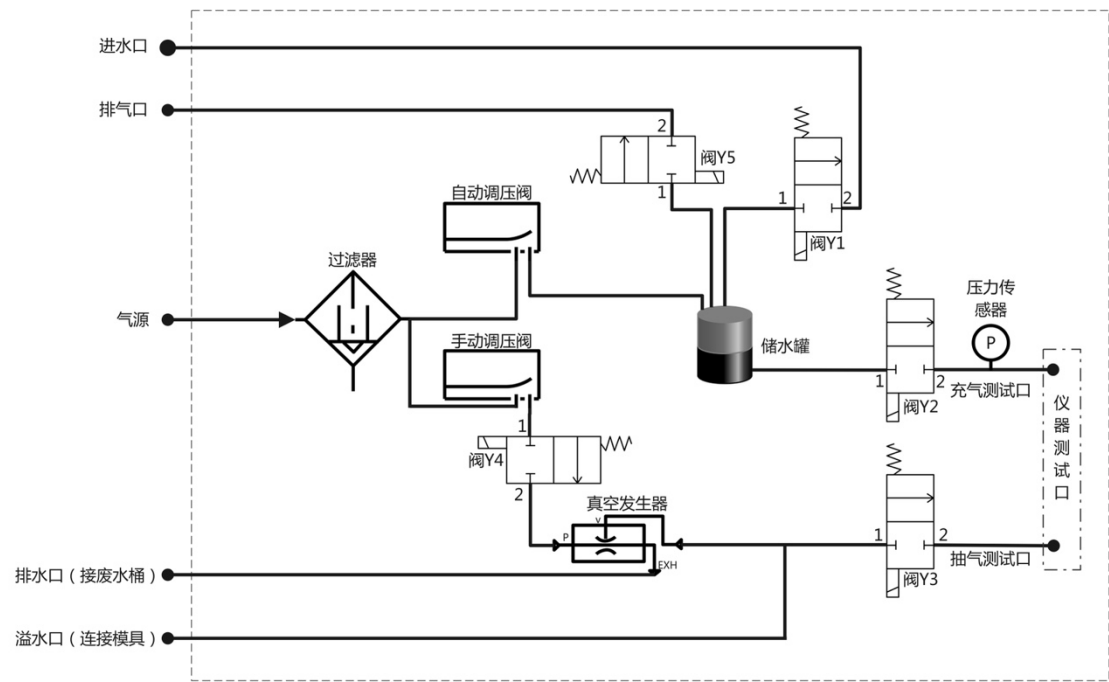


图 4-8HW 真水检测仪元件动作图

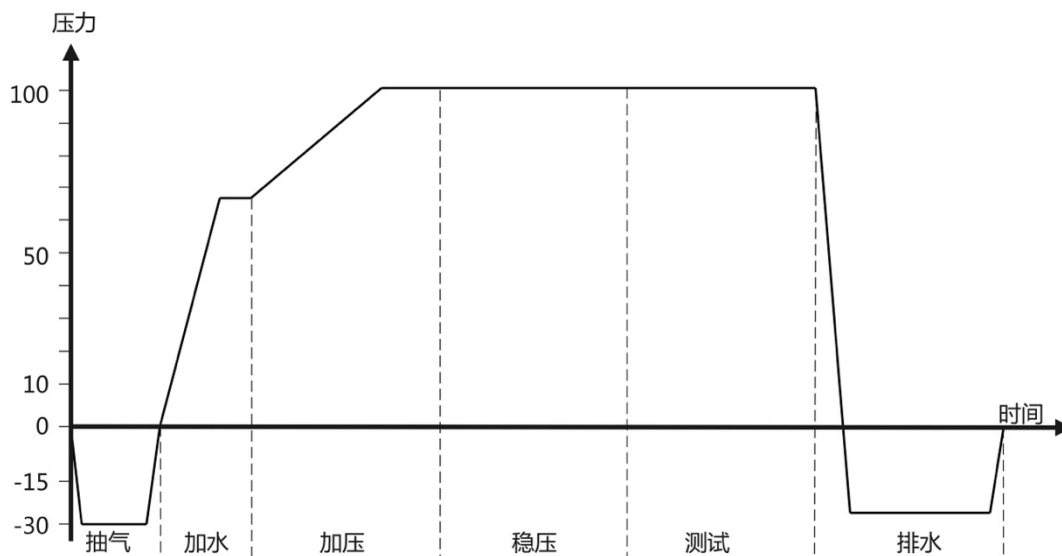


图 4-9HW 真水检测仪流程图

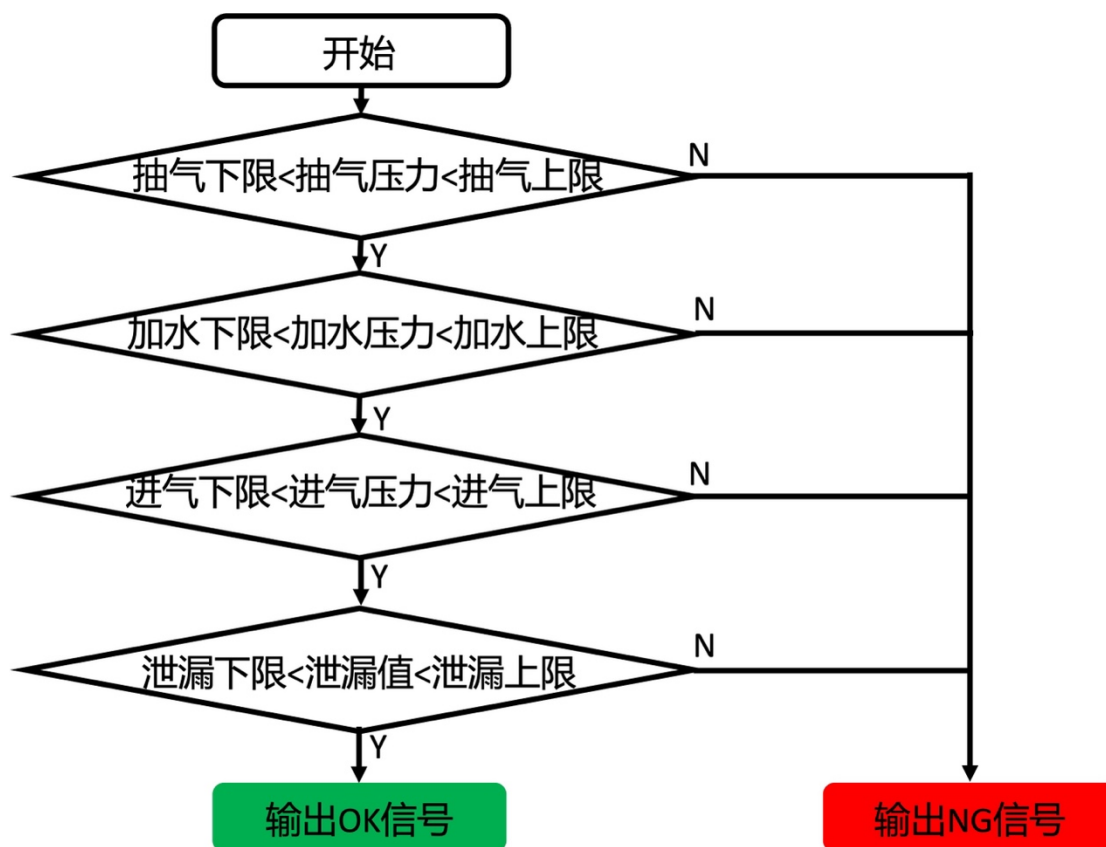


图 4-10HW 真水判断逻辑图

1.抽气：打开阀 Y4，阀 Y3，驱动真空发生器进行抽气，判定透气膜是否有划痕，是否贴好，硅胶是否密封良好；如果抽气压力超过抽气上下限，则仪器自动停止并报 NG；

2.加水：关闭阀 Y4,Y3,打开调压阀和阀 Y2 给储水罐进行预加压，将水推到待测透气膜表面，如果压力超过加水上下限，则仪器自动停止并报 NG；

3.加压：仪器继续给调压阀信号将压力加至设定测试压力，如果此时压力超过进气上下限，则仪器自动停止并报 NG；

4.稳压：关闭调压阀和阀 Y2 进入稳压阶段；

5.测试：仪器从稳压结束这一刻开始，记录水压值 P1,测试时间结束后的水压值 P2；

6.判定：泄漏值 ($\Delta P=P1-P2$) 超过泄漏上下限，则仪器自动停止并报 NG，如果步骤 2 到 6 都在范围内，则仪器输出 OK 信号，并进行最后一步；

7.排水：打开阀 Y4 和阀 Y4,Y3,Y5 将模具中的水和测试口的水全部排走，将储气罐的气排空；测试结束；

HW 真水检测仪的优点：可以识别大漏和小漏，

HW 真水检测仪的缺点：无法准确识别微漏；

4.3.2 S4 透气膜漏水测试仪原理

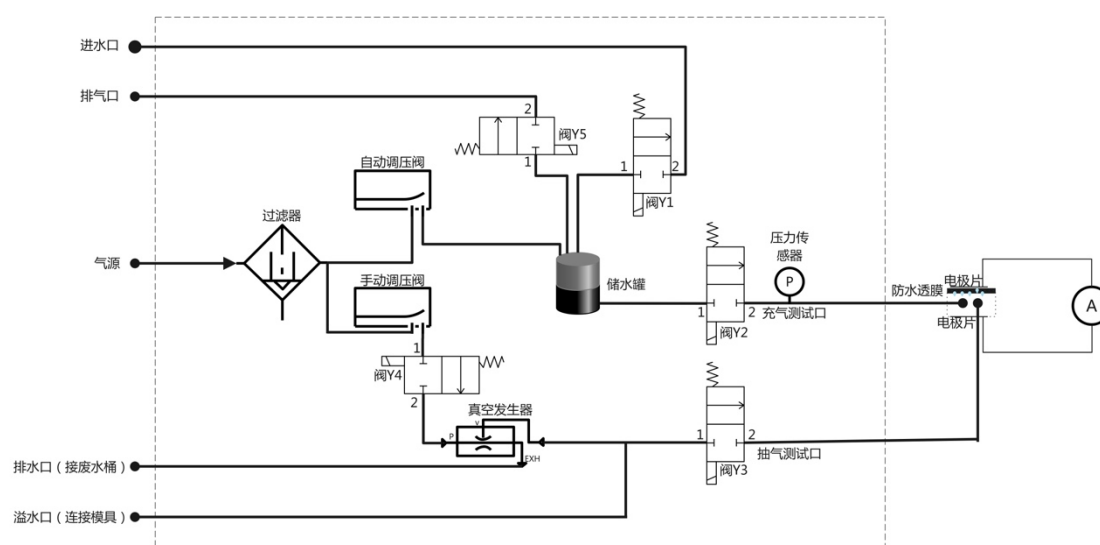


图 4-11 S4 透气膜漏水测试仪元件动作图

如上图所示，S4 透气膜漏水测试仪，跟 HW 真水检测仪的区别，是多了一个纳安级的表，一旦有微小的水珠通过透气膜，进入另一段，就会让电路导通，从而测量出电流的大小，通过判断电流的大小，来判断防水透气膜是否防水。此仪器可以检测到防水透气膜的微微漏。其他动作原理，跟 HW 真水检测仪一致。

4.4 看漏点设备检测原理

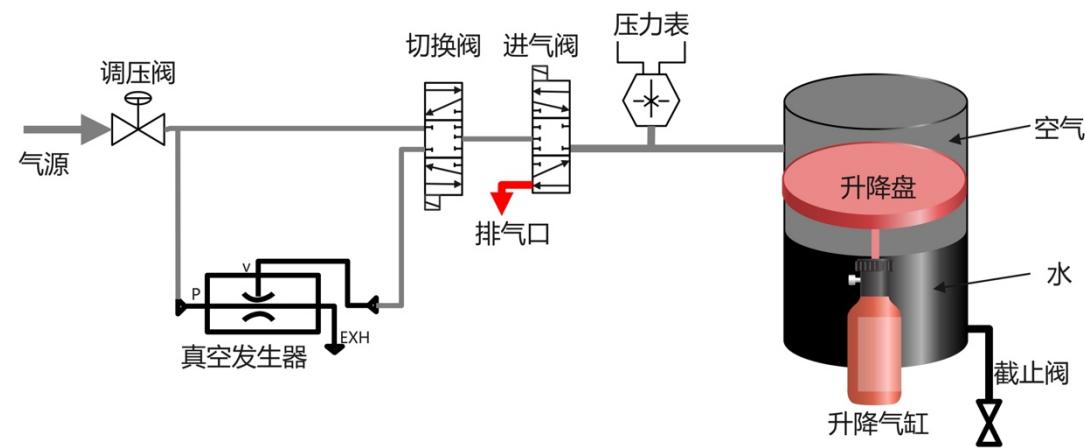


图 4-12 正负压看漏点检测设备 元件动作顺序图



图 4-13 正负压看漏点检测设备实物图

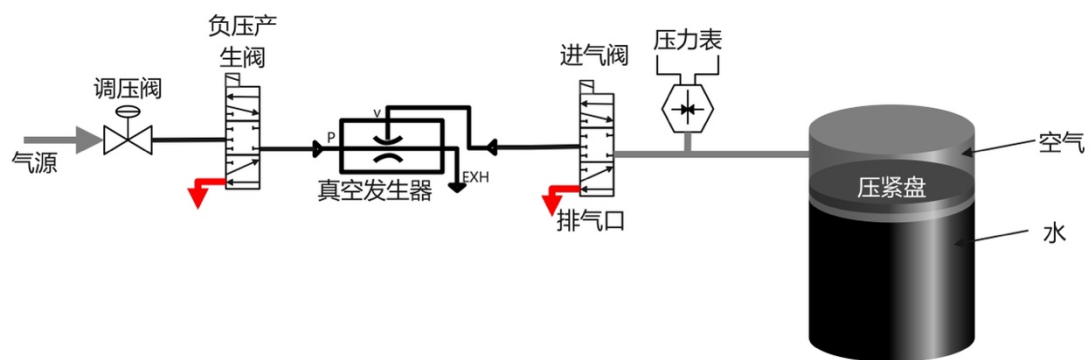


图 4-14 单负压漏点检测设备 元件动作顺序图

4.4.1 正压看气泡原理

- 1.放产品。打开图 4-13 的缸盖，将产品放入托盘上并固定好；
- 2.水上加压。打开图 4-12 中的进气阀，将调节好的压力冲入缸内上半部分空间，图中

灰色部分，如果产品有漏，此时气压会进入产品内部；

3.浸水。加压结束后，打开气缸控制阀，让产品随着托盘沉入水中。

4.泄压。先关闭气缸控制阀，让托盘升起来，然后将进气阀打到排气位置，将上部空间的压力卸掉，使得压力为常压，如果产品漏了，此时产品内部的压力会比常压高，此时可以通过观察产品哪里有气泡看产品哪里有泄漏。

4.4.2 模拟产品水下受力原理

1.放产品。打开图 4-13 缸盖，将产品放入托盘上并固定好；

2.浸水。控制气缸让产品随着托盘沉入水中；

3.加压。在水上加入预定压力，并稳压到设定时间。此时，产品在水下，水上有比如 500KPA 的压力，就可以模拟产品在水下 50 米水深的试水情况；

4.泄压并称重。将进气阀打到排气位置，卸掉水上方压力，将产品取出，用抹布擦干，然后放入高精度天平秤上承重，如果比初始值重了，就表示有泄漏。

4.4.3 负压看气泡原理

1.放产品。打开图 4-14 的负压检测机的缸盖，将产品放入桶的水中，然后将缸盖盖好，确保缸盖盖好后，产品完全浸入水中。

2.抽负压。打开负压产生阀和进气阀，开始将缸桶里面的空气抽走到试验所需负压。在这个过程中，看产品是否有冒气泡，并观察气泡所在位置。完成看气泡的实验。

3.排气。将进气阀打到排气位置，将缸桶内的负压破除掉，取出产品，完成负压看气泡试验。负压看气泡，一般用于包装袋（医疗袋、食品袋）的泄漏点排查，实验室使用。

5.气密性检测仪的关键参数

气密性检测仪的优劣评判指标，主要由产品本身、供应商经验、售后服务三块组成。

5.1 气密性检测仪的关键参数

特征	优秀参数	一般参数	不推荐参数
检测原理	差压	直压	-
直压传感器精度 a1	$a1 \leq 0.2\%F.S$	$0.2\% < a1 \leq 0.5\%$	$a1 > 0.5\%F.S$
差压传感器精度 a2	$a2 \leq 0.5\%F.S$	$0.5\% < a2 \leq 1.5\%$	$a2 > 1.5\%F.S$
仪器分辨率 b	0.1pa	1pa	$b > 10pa$
调压阀灵敏度 c	0.1%F.S	$0.1\% < c \leq 0.7\%F.S$	$c > 1\%F.S$
调压阀重复精度 d	$d \leq 0.2\%F.S$	$0.2\% < d \leq 1\%F.S$	$d > 1\%F.S$
200kpa 充气速度 ¹ e	极快 $e < 10S$	一般 $10S < e \leq 20S$	极慢 $e > 20S$
3.5kpa 充气速度 ¹ e	极快 $e < 15S$	一般 $15S < e \leq 25S$	极慢 $e > 25S$
泄漏值稳定性 ² f	$f \leq \pm 10pa$	$\pm 10pa < f \leq \pm 15pa$	$\pm 15pa < f$
操作方式	触摸操作	按键操作	-
操作系统	工控系统（可靠）	安卓（一般）	无系统
屏幕	7 寸及以上触摸屏	3.5-5.6 寸触摸屏	按键操作
系统语言	中文，多语言可选	中文	非中文
界面操作仰角	$15^{\circ} - 25^{\circ}$	$5-10^{\circ}$	0° 完全垂直

外观舒式性	养眼、配色合理、耐脏、耐磨、体积小	配色合理、体积一般、耐磨	配色不符合审美、体积特别大
重量 g	$g \leq 7.5\text{kg}$	$7.5\text{kg} < g \leq 11\text{kg}$	$g > 11\text{kg}$
程序组数 h	$h \geq 100$ 组	$25 \text{ 组} < h < 100 \text{ 组}$	$X \leq 25 \text{ 组}$
历史记录存储 j	$j \geq 10$ 万条	$10 \text{ 万} > j \geq 5 \text{ 万}$	$j < 5 \text{ 万条}$
外部输出组数 k	$k \geq 8$ 组	$4 \leq k < 8$ 组	$k < 4$ 组
测试压力单位 m	$m \geq 10$ 种	$7 \leq m < 10$	$m < 7$ 种
泄漏值单位 n	$n \geq 7$ 种	$2 \leq n < 7$	$n = 1$ 种
历史数据可导出	可导出成 CSV 格式	-	不可导出
供应商经验	5 年以上	3 年以上	小于 3 年
售后服务	3h 内上门服务	3-8h 小时内	大于 24 小时

备注：

1. 充气速度，指的是在测试压力 200kpa 和 3.5kpa，测试气管 8mm 外径，内径 5mm，长 5 米，所测产品为体积 50L 的刚性罐体时，所花费的时间；
2. 泄漏值稳定性，是指仪器在室温为 26 ± 2 摄氏度下，标准口、测试口接 1.2m 长 4mm 硬质气管，气管另一端完全堵住。测试压力为 500kpa，进气 10 秒，稳压 10 秒，测试 5 秒，的时间参数下，泄漏值波动大小；

6.国内国外气密性检测仪厂家汇总

代表	产地和公司名称
国外仪器厂家	法国：ATEQ（阿黛凯）
代表	德国：INOMATEC（英诺太科）、JW FROELICH（佛罗里西）

	美国：CTS、USON/Inter tech
	意大利：FORTEST
	日本：COSMO（科斯莫）、长野福田
国内较早成立 知名厂家代表	深圳海瑞思
	天津博益
	安徽皖仪（部分业务为气密性检测设备,主营业务为环境监测仪器）
国内其他厂家 代表	凌龙
	沈阳艾尔泰克
	沈阳金科
	万克姆
	五维
	合肥远致
	重庆新现
	伟仪
新兴公司代表	优胜亿（YOUNGSUNNY）
	希立
	连拓
	上海龙施

6.1 到底是选国外厂家，还是选择国内厂家？

气密性检测仪的厂家代表，如上图所示，大致分为4类。一类国外厂家，大多集中在欧美和日本。国外厂家的特点是，产品性能稳定，功能齐全，但是几乎都是使用出厂国的语言，

和按键操作，语言和逻辑不清晰，对于中国的企业来说操作友好性不高。

第二类是国内早期厂家，他们的公司体量，大多在 100-150 人左右；代表性的公司和博益和深圳海瑞思，他们的特点是，集成了国外仪器的大部分优点，同时去除了操作友好性不高的问题，价格普遍在国外仪器的 2/3 左右。我司也代理深圳海瑞思的仪器，欢迎催询。

第三类是国内其他厂家占据多数，他们的特点是：仪器外观和界面大多缺乏美感，操作界面逻辑不清晰，使用的元器件，质量和稳定性未经严格测试。传感器长期稳定性一般，他们的仪器用于 IP67 或者 100kpa 以内的气密性检测，要求不高的场合，都能使用。但是在更高压力和特殊场合下（大体积、快速进气），就无法满足要求了。

第四类是新兴公司，他们一般是在 2018 年以后成立的公司。这类公司的创始人，往往是从前面二类和三类公司出来的人。他们对于现有气密性检测设备存在的问题和难点，有着清晰的认知，同时会将这些认知注入自家的产品中。气密性检测仪的未来，就在他们的身上。

回到问题上来，如果现在有气密性检测设备的需求，那到底应该选择哪一类呢？可以从自身预算、自身公司人员素养、测试要求三方面考虑。

1. 预算充足、技术要求高、且自身公司人员素养高（有高层次人才，质量体系完善，能识别英文操作界面，愿意钻研如何操作），优先选用第一类厂家。
2. 预算一般，公司人员素养一般，测试要求高的，优先选用第二类厂家，第四类厂家备选。
3. 预算较少、测试要求不高、优先选择第三类厂家、第四类厂家备选。
4. 预算较少、测试要求一般，或高、公司人员素养不高、优先选择第四类厂家。

以上就是这个问题的参考答案，更多建议，敬请咨询您的销售顾问。

6.2 国内新兴公司的设备能用吗？

如前面所讲,新兴公司的设备肯定是能用的。当预算较少时,新兴公司的设备都能考虑。

因为他们的设备精度、稳定性、易用性,都是跟第二类厂家不相上下的。

6.3 如何买到性价比高的设备？

注意！以下内容仅供参考可以从以下两方面参考：

$$\text{性价比} = \frac{\text{总性能}}{\text{总成本}}$$

1. 在性能相同或者相近的情况下,比较总使用成本；

2. 在总成本不变、或者相近的情况下,比较总性能；

总性能,可以从 5.1 去考虑,总性能相似的前提下,价格更低的胜出！

7.标准漏孔在气密性检测仪上的应用

7.1 什么是标准漏孔？

标准漏孔可以理解为一个漏的产品,它具有长期稳定的漏率。气密性检测的标准漏孔一般为通道型,规格一般为漏率@压强。[比如 0.1sccm@300kpa](#) (表压)。

7.2 标准漏孔的参数是什么？

标准漏孔的参数,有 2 个。一个是漏率是多少,第二个是这个漏率对应的是多少压强。

气密性检测用到的漏孔漏率,一般为 sccm(标况下 ml/min,一个标准大气压 20℃ 或者 25℃),

压强一般为表压,单位 kpa。

[比如 0.5sccm@30kpa](#)，就指的在 30kpa 的表压下、温度 20 摄氏度、漏孔外界大气压为 101.325kpa（绝压）时，这个漏孔的实际漏率是 0.5sccm。

7.3 标准漏孔在气密性检测仪上的应用

标准漏孔，在气密性检测仪上的作用有 2 个。

1. 用于校准气密性检测仪的工件容积，从而校准仪器的泄漏速率；
2. 用于在使用流量单位(sccm、ccm)的时候，不知道工件容积应该填入多少时，拿来计算工件容积是多少，具体计算方法为 1.3.2 的反向应用；

7.4 如何选购标准漏孔？

标准漏孔除了要确认漏率和压强，还要确认连接方式。常规的气密性检测仪，都是采用的史陶比尔的连接器（进口仪器基本都是，国产仪器的漏孔接头千变万化，大多数都没有）。没错，采购标准漏孔前，一定要确定好所用仪器的漏孔连接头是什么尺寸，才可下单订购。

8.其他问题解答

8.1 气密性测试，同一个产品，多次测试泄漏值/泄漏速率不稳定，怎么解决？

造成这个问题的原因，有以下几点可能

1. 产品本身缺陷造成的泄漏不稳定。比如焊缝、或沙眼，可能多测几次，空气中的杂质就把漏孔给堵住了，当静止一段时间后，杂质跑掉，又漏了；
2. 产品本身易形变。比如待测产品为 PVC 袋子，输液袋等软性产品。本身每次充气后

的形变量都不一样，自然泄漏值肯定不一样；

3. 外界环境影响。比如有空调、风扇对着测试气管和产品，造成气管抖动和温差，从而
而影响压强的大小；
4. 测试系统的问题。如果以上问题排查完毕后，还存在波动特别大的情况，请联系您
的销售顾问。

8.2 我是集成商，做气密性测试的工装时，要选用多大的气缸才能压住产品，是不是气缸越大越好？

在设计密封夹具时，要考虑待测产品给夹具施加的力，是多大。计算出来力后，夹具只需要给产品产生的力的 1.2-3 倍即可。气缸的选型，就需要根据现场的压缩空气气压和实际的出力而选型了。

8.3 气密性测试时，泄漏值出现负值正常吗？出现负值后如何处理？

泄漏值偶尔出现负值，是正常的。但是长期出现负值是不正常的。出现负值的可能原因有以下几点

1. 产品本身形变很大，在稳压、测试时间内，产品回缩，挤压测试管路，造成压强上升，出现负值。
2. 夹具的密封件形变过大，导致出现负值。
3. 当仪器为差压仪器时，标准腔和测试腔的容积不一样，导致出现负值。
4. 外界环境温度短时间上升，造成负值。

解决办法：

首先要知道，负值是不可避免的。要想尽可能消除负值，获得产品尽可能真实的泄漏值，就要想办法缩小产品本身的形变，控制密封垫的尺寸，减少密封件的形变，调整标准腔的体积，将导致外界环境温度短时间上升的因素排除掉即可。

8.4 当发生仪器判定 OK，产品实际却漏水，这种情况如何处理？

此种情况，往往是标准设定不合理（90%的情况），或者超出气密性检测仪检测极限造成的。当出现这种情况时，建议与您的销售顾问，一起讨论时间参数，压力参数，判定标准设定的是否合适。如果标准是合适的，就要排查产品本身的生产工艺，气密性检测的压力，和实际泡水的压力是否一致。

注意：本文档随时更新，想追踪后续更新，请扫描下方二维码访问我们的网站

