

节流膨胀致冷探测器的气动噪声

吴名权

(洛阳动力研究所)

摘要——本文通过实验分析了节流膨胀致冷探测器制冷腔中的分子筛粉末、硅橡胶碎粒以及毛细管喷嘴指向对“气动噪声”的影响，并提出了消除这种噪声的若干行之有效的措施。

一、前言

在图1所示致冷探测器的实际测试或使用过程中，我们多次观察到有一种与气动相关的附加电输出(为方便起见，下面统称为“气动噪声”)。有这种附加噪声的器件，当其被致冷而处于通气状态时，噪声明显增加；当气流不通时，这种附加的噪声消失；再通气时，又会重复产生，其噪声值往往与气压有关，而与元件已被冷却到达的温度无一定对应关系，例如刚从室温通气致冷时就会出现这种噪声。它与元件处在低温时因温度起伏或温度分布不均匀等原因引起的致冷噪声有所区别。

不同器件的气动噪声值相差甚大，各自与其在未致冷时的室温噪声相比，有的微不足道，有的为同一数量级，有的则大一个数量级，致使器件根本无法使用。即使是同一器件，由于某些因素的变化，气动噪声也会时现时隐，以致器件的可靠性很差。据估计，在早期生产的大量器件中，约有三分之一的产品有这种现象。

关于节流膨胀致冷探测器噪声的起因，国外有种种看法，例如：(1) 高速喷射的气流带有电荷，此电荷在元件回路中会感应出噪声^[1]；(2) 微音效应^[2]；(3) 高速喷射气流中一部分已液化，存在两相流问题^[3]；(4) 温度起伏不均匀，引起探测器阻值的起伏^[3]；(5) 安装探测器的衬底变形，引起探测器阻值变化^[3]。

我们通过实验确认，硅橡胶碎粒、箔膜处于一定的部位，毛细管喷嘴位于一定指向，分子

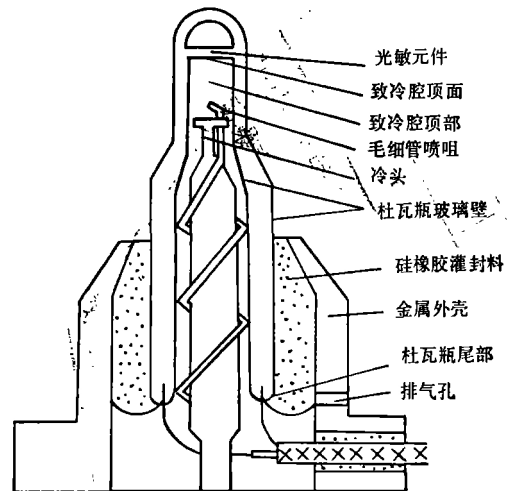


图1 探测器示意图

本文 1981 年 12 月 2 日收到。

筛粉末处于制冷腔内，都会引起明显的气动噪声，由此提出一些防止和消除气动噪声的措施。

二、硅橡胶箔膜、碎粒对气动噪声的影响

在早期测试中，当致冷通气时，某些器件的噪声变得很大，同时伴有轻微的哮叫声。剖析器件后看到，金属外壳排气孔附近有一层松脱的硅橡胶灌封料箔膜，当气流排出时带动箔膜振动。去除这部分箔膜后，通气时的哮叫声即消失，电输出回复到正常值。杜瓦瓶尾端紧靠热交换器处灌封料箔膜松脱时，也会发生同样的结果(见表1)。

表1 硅橡胶箔膜对气动噪声的影响

器件编号	暗阻 R_D (k Ω)	噪声 $N^{1)}$ (μ V)	偏压 E (V)	气压 P (atm)	状 态
70-11-12	1000	25(15)	20	110	杜瓦瓶底部硅橡胶箔膜松脱
	1000	15(15)	20	110	去除上述松脱的硅橡胶箔膜后
71-9-15	700	20(6.0)	20	110	出气孔处硅橡胶箔膜松脱
	700	7.6(7.6)	20	110	去除上述松脱的硅橡胶箔膜后

¹⁾ 括号内的数据是不通气时的噪声值，括号外是通气时的噪声值。下同。

此外发现，有的器件原先气动噪声很显著，后来突然消失了。剖析后见到，在制冷腔中有一粒直径为0.5mm的硅橡胶碎粒卡在毛细管间隙内。我们初步估计，在此例中，气动噪声的出现与消失和硅橡胶碎粒的运动与静止有关。为了证实这种估计，有意识地把硅橡胶碎粒放入制冷腔内作了对比试验(见表2)。

表2 硅橡胶碎粒对气动噪声的影响

热敏电阻 R_t (k Ω)	R_D (k Ω)	N (μ V)	E (V)	P (atm)	状 态
0.3~0.4	700	10.5(10.5)	10	130	充分清除腔内粒屑
0.3~0.4	700	38(9)	10	130	腔内放入0.5mm的胶粒
0.3~0.4	700	8(8)	10	130	去除上述硅橡胶碎粒后

有更多的器件表现出同样的情况，试验的重复性良好。由此，我们认为：

1. 硅橡胶碎粒和松脱箔膜的振动是引起气动噪声的重要因素。
2. 硅橡胶强度不高，易形成碎粒而脱落，在气流扰动下其运动是不规则的，所以由其引起的噪声是极不稳定的。

3. 为了消除硅橡胶引起的气动噪声，可以采取下列措施：(1) 与硅橡胶灌封料相接触的面要仔细清洗去油，涂以表面处理剂以增强粘合力；(2) 选用高强度的硅橡胶；(3) 灌封后要检查排气孔是否畅通，拆装热交换器时要避免损伤灌封料和带入各种颗粒。

三、制冷器毛细管喷嘴指向对气动噪声的影响

通过多次观察发现,气动噪声与毛细管喷嘴指向有很大关系。表3给出各种条件下气动噪声值的变化情况。我们选择这些条件进行试验,以探求噪声产生的机理。

表3 喷嘴指向与气动噪声的关系
(热敏电阻值: 0.3~0.4 kΩ; 总偏压: 10 V; 气压: 150 kg/cm²)

器件编号	R_D (kΩ)	N (μV)	状 态	说 明
9-7	700	10.5(10.5)	喷嘴为径向指向	无气动噪声
	700	40(10.0)	略有切向	显示出气动噪声
	700	200(10)	完全切向	切向分量越大,气动噪声越大
	700	10(10)	切向,腔顶放入棉花	气流不能摩擦到腔顶玻璃,气动噪声消失
	700	10.5(10.5)	切向,腔顶放2mm厚毛毡	同上
	700	10(10)	切向,腔顶放纸片	同上
9-8	2000	100(9)	切向,腔内涂PbS	重复验证切向对气动噪声的影响
	2000	200(9)	切向,除去腔内PbS	PbS能减少,但不能根除气动噪声
	2000	9.5(9.5)	切向,加0.5mm厚光纸板(由于纸板光洁度高,很少影响环流)	在环流不受影响时气动噪声消失,说明气流与腔顶玻璃的直接摩擦关系重大
	2000	9(9)	腔内不放置任何东西,喷嘴直指腔顶,距离近至0.5mm	气流比原先更强烈地冲击顶部,无气动噪声,说明振动不是主要因素

为了对喷嘴切向时的气流特点有所了解,我们设法显示了气体的流动状态,如图2所示。这种涡流状的流动使气体有更多的机会与玻璃壁摩擦而消耗其动能。

综合表3和图2,可以认为:

1. 喷嘴的指向与气动噪声有密切关系(试验重复性良好)。

2. 喷嘴切向时,气流成环流状态,这是引起气动噪声的必要条件,但不是充分条件,只有气体形成环流,并且与制冷腔顶部直接摩擦时,才会出现明显的气动噪声。

3. 当喷嘴接近腔顶时,元件受到的气流冲击力增大,但噪声值不变。这说明用微音效应来解释这种现象是不妥当的。

4. 有人建议^[4],用加屏蔽套等办法来减小噪声,这可能是出自高速气体自身带电的考虑。而我们在实验基础上形成的看法是:第一,不要使气流形成环流;第二,避免气体与腔顶玻璃直接摩擦,这样就可以消除气动噪声。为此,在绕制热交换器时,必须使毛细管喷嘴指向径内。为可靠起见,最好在腔顶放置适当的衬垫,既可阻隔气流与顶部玻璃的摩擦,又可起蓄冷作用。

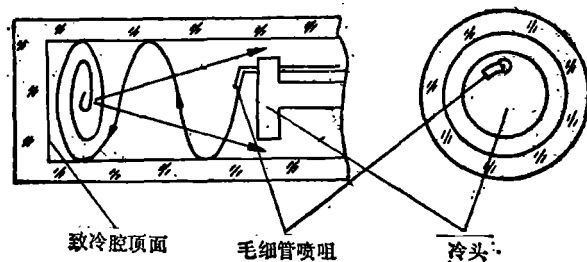


图2 喷嘴切向时的环状气流示意图

四、分子筛粉末对气动噪声的影响

当器件在红外系统中使用时,还会出现另外一种有规律的新情况:刚通气制冷时出现气动噪声,随着时间的推移,噪声逐渐减小,数分钟后气动噪声消失。然而,这些器件原先在专用测试台上测试时,却从来未曾出现过气动噪声。多次观察后发现,系统中所使用的分子筛强度差,易形成粉末。剖析系统中使用过的器件可以看到,制冷器热交换器肩部处附有微量分子筛粉末。这些粉末是由气流从干燥筒带至制冷腔内,在腔内不断运动而感应出噪声,然后又随气流经热交换器排出,排出时其中一部分板结在交换器的肩部,这时气动噪声也就逐渐消失。为了验证这种看法,我们在9-7号器件制冷腔内人为地放入微量分子筛粉末,果然出现气动噪声,而且最后也是逐渐消失,其表现的规律性与系统上所见到的情况类同。

为了减少由此因素产生的噪声,当然首先要设法减少分子筛粉末进入制冷腔的机会。此外,试验表明,在制冷腔顶部放置蓄冷垫,在制冷腔壁上涂以硫化铅层,也可以抑制噪声。

从表4看出,用诸如毛毡之类的材料作蓄冷垫,其蓄冷效果与抑制噪声的效果是不稳定的,由于松动与絮状化,在气流作用下有时反而会增加噪声。用不锈钢滤网卷成柱状,塞入腔顶部,效果较稳定(见表4)。

表4 蓄冷垫材料试验(器件编号: 8-2)

$E_4(K\Omega)$	$N(\mu V)$	状 态	说 明
0.8~1	11.5(11.5)	腔内涂 PbS, 无蓄冷垫	—
0.8~1	1000→11(11)	加入 $\phi 2\text{mm}$ 毛毡	毛毡运动引起气动噪声, 直至卡住, 气动噪声消失
0.02→1	11(11)	腔内换入软木片作蓄冷垫	暂时无气动噪声
0.02	30	经高低温测试	软木松动, 喷嘴略歪
0.02	3(3)	修正喷嘴指向, 换上不锈钢滤网卷成的蓄冷垫	无气动噪声
0.7~0.8	10(10)	同 上	低温通气一直不再出现气动噪声

五、结 论

1. 在文中所述的条件下, 硅橡胶、毛细管喷嘴指向以及分子筛粉末这三种因素对噪声的影响是肯定的。

2. 气动噪声并非是半导体材料内部物理过程产生的, 而仅仅是附加的噪声。硅橡胶和分子筛粉末引起的噪声很不稳定, 在实际使用中必须解决这个问题。

3. 文中提出减小或消除气动噪声的种种措施, 在实践中证明是行之有效的。

参 考 文 献

- [1] Peterson E. M., *AD 435 147*, 1963.
- [2] Wurtz H. P., *Infrared Phys.*, **1** (1961), 3, 197~198.
- [3] Farmer V. M. and Forse D. P., *Infrared Phys.*, **8**(1968), 1, 34~37.

GAS FLOW NOISE IN COOLED DETECTORS BY J-T MINICOOLER

WU MINGQUAN

(LuoYang Dynamics Institute)

ABSTRACT

The experiments show that the molecular sieve powders carried by gas flow, the broken silicon rubber particles remained in detector dewars when mounted, and the direction of the J-T nozzle may obviously affect the magnitude of gas flow noise. A rough analysis of the principal mechanism causing gas flow noise is made, and some suggestions to diminish it effectively are put forward in this paper.