

检测气体泄漏的电子“鼻”

——JB-75 型气敏检漏仪

汪 国 兴

(吉林大学半导体系)

氢是能够燃烧的气体，无色无臭，单凭人的视觉、嗅觉等感官很难察觉它的存在。它在空气中的浓度达到 4.1% 时，遇火就会爆炸，可以酿成严重事故。不过，事物总是一分为二的，氢虽然是一种易燃易爆的危险气体，但易于制取，某些性能又符合生产上的要求，所以在工业上有广泛的用途。例如半导体工业，在区熔、外延、烧结等许多工序，常常用氢气作为防止氧化的保护气氛。又如电力部门使用的氢冷发电机，则用氢气作为冷却剂。化学工业方面，在生产过程中需要

但是，在生产斗争和科学实验范围内，人类总是不断发展的，自然界也总是不断发展的，永远不会停止在一个水平上。¹⁾ 1973 年末，吉林应用化学研究所试制成功我国第一批氧化锡气敏元件以后，就给解决上述问题提供了一种新的手段。这种新器件迅速引起了各有关方面的重视。吉林大学半导体系在兄弟单位的协助和启发下，也试制成功了 n 型半导体气敏电阻，并在这个基础上进一步自行设计、生产携带方便、操作简单的 JB-75 型气敏检漏仪(见图 1)，供应有关厂矿企业、

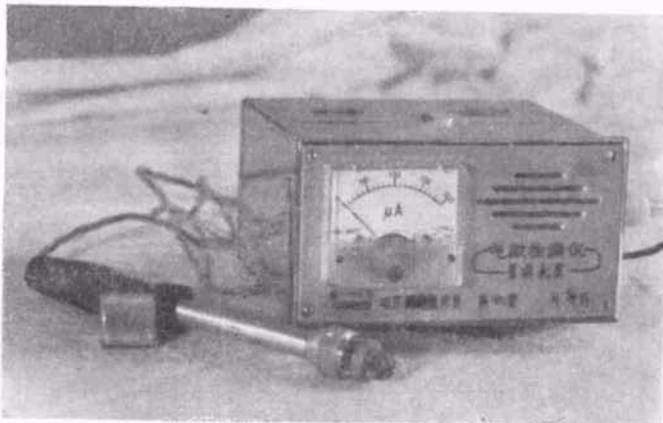


图 1 JB-75 型气敏检漏仪实物照片

科研单位使用。实践证明，用这种新型的气敏检漏仪可以迅速、方便、准确地检测氢、甲烷、天然气等各种可燃性气体容器、管道、阀门等是否漏气，也可察觉室内空气这类气体是否存在，而且还解决了一些过去难以解决的问题。例如某试剂厂有一套管道弯曲细小、结构复杂的小型系统，曾贮过甲烷，以后想改作别用，又怕系统内残存的甲烷会引起不良反应，清洗后又将该系统开放地搁置了半年多。里面究竟还有没有微量的甲烷残留着呢？苦于无法检查确定。后来，用 JB-75 型气敏检漏仪一检查，没用几秒钟的工夫，就查明系统内尚有甲烷残存着。

使用氢气或产生氢气的情况也是很多很多的。在使用或产生氢气的单位中，怎样及时发现或检查贮存氢气的容器、管道之类是否漏气，以及车间里氢气含量是否达到了危险的程度等等，就成为迫切需要解决的问题。

我们知道，还有一些碳氢化合物的气体也是无色无臭而又易燃易爆的，如甲烷以及主要由甲烷、乙烷等烷类组成的天然气。生产或使用这类气体的单位，同样存在着怎样才能迅速、及时、方便地检测它们的问题。

过去，检查这些易燃易爆气体的容器、管道、阀门等有没有漏气的地方，常用抹肥皂水之类的办法。做起来既费事又费时间，而且还不容易发觉微细的漏气孔隙。在某些场合，这种办法甚至根本用不上。

一、气敏检漏仪的构造

1. 气敏电阻是气敏检漏仪的心脏

JB-75 型气敏检漏仪由传感元件——半导体气敏电阻、测量线路、声光报警器、直流变换器等几个部分组成(见图 2)。气敏电阻是气敏检漏仪的心脏，是最重要的部份。整个仪器用四节普通干电池供电，电流消耗约 150 毫安左右，比普通用的电筒还省电。整

1) 转引自《周恩来总理在第三届全国人民代表大会第一次会议上的政府工作报告》，1964 年 12 月 31 日《人民日报》。

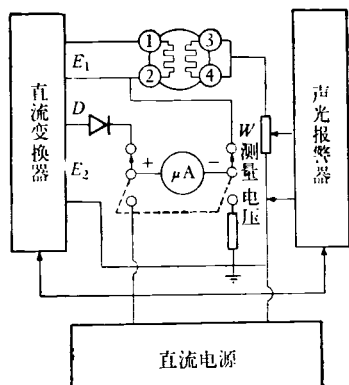


图2 JB-75型气敏检漏仪的组成

机的尺寸为：150×80×90立方毫米，和海鸥牌反射镜式照相机差不多大小。包括附加的皮匣和电池在内，重量大约只有2公斤。

从面板示意图（见图3）可知，面板上只有两个需要调节的东西。一个是电源开关兼报警阈值调整的拨盘（1），一个是“测量”与“电压”换档开关（2）。后者通常置于“测量”档上，不需经常动它，只在检查电池电压是否太低时才动用。由此可知，使用时的操作手续是非常简便的。

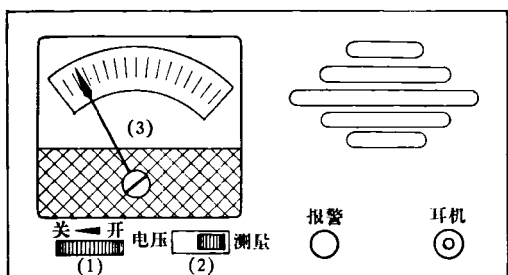


图3 JB-75型气敏检漏仪面板示意图

2. 气敏性

JB-75型气敏检漏仪的传感元件是用非化学配比的金属氧化物制成的N型半导体器件。这种半导体器件的电阻值，接触到可燃性气体时，会对应着气体的浓度而变化，所以叫做气敏电阻。现有的N型气敏电阻不能在室温的条件下正常工作，必须加热到300℃至450℃才呈现气敏性即电阻对应着气体浓度而变化的特性。在加热状态下，N型气敏电阻在纯净空气中的阻值通常为 10^4 — 10^6 欧姆数量级，遇到可燃性气体，阻值降低。气体浓度越大，阻值越低。这是因为N型气敏半导体材料的晶格中存在着氧离子缺位，碰到离解能比较小而易于失掉电子的可燃性气体分子时，载流子浓度增加，电阻从而变小。如果根据气敏电阻的特性，采用适当的测量线路，就可以通过观察气敏电阻阻

值的变化来测量可燃性气体的浓度大小。

(1) 利用气敏定性测量可燃气体浓度

图4是用N型气敏电阻定性测量可燃性气体浓度的一种基本线路。图中 R_0 是气敏电阻。①—②与③—④分别为 $\phi 0.06$ 毫米铂丝绕制的两个螺线圈的引出端，其中一组作为加热用的电极，另一组就成为气敏电阻的引出电极。因为在制作时就是把按一定重量比配合起来的金属氧化物烧结在这两个铂丝绕组上的。使用时，任一组皆可作为加热绕组。不过，气敏电阻是以氧化锡等为主体烧结而成的多晶半导体，加上制作工艺上的细微差别等，所以用①—②端加热或③—④端加热，呈现的气敏性能、阻值等特性会有一些的差别。

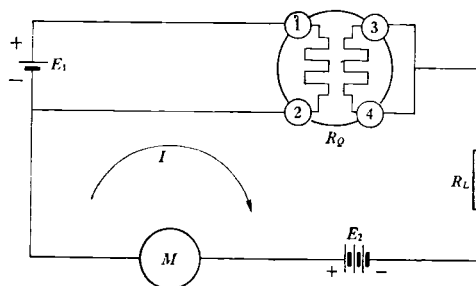


图4 用气敏电阻定性测量可燃性气体浓度的一种基本线路

图中， E_1 是加热电源。由于铂丝绕组本身电阻很小，制成的气敏元件加热绕组电阻，一般约1.5—2欧姆，加热电流小则200—300毫安，大则400—500毫安，视配方、工艺等而异。由此可知，加热电源的电压实际上有1伏左右就够了，不过电源本身的内阻要小，才能输出较大的电流。如果加热电源采用较高的电压，也可以在加热回路中串联可变电阻来调节加热电流，只是在串联电阻上消耗的电力白白浪费了。

E_2 是测量气敏电阻阻值变化所需要的工作电源，输出电流可以远远小于加热电流，其电压由所用气敏电阻特性、电流表最大量程、线路中串联电阻阻值等因素决定，低则几伏，高则上百伏。

R_L 是限流电阻，也可以是实际负载，例如蜂鸣器、继电器等。

M 是电流表，直接显示的量是测量回路中电流值的变化，但间接反映了气敏电阻阻值的变化，也就是可燃性气体浓度的大小。

就气敏电阻本身来说， E_1 与 E_2 并不一定要求是直流电源，可以都是交流电源，也可以一个直流，一个交流。正如同普通电阻器一样，既可以用在直流电路里，也可用在交流电路里，只要注意电流通过时产生的焦耳热不致于使它烧毁就行了。图中的限流电阻 R_L ，不

仅是为了保护电流表，也是为了保护气敏电阻而设置的。

由于 $E_2 \gg E_1$ ，测量线路中流过电流表 M 的电流 I ，主要由 E_2 和串联的 R_Q 、 R_L 及电流表内阻 R_M 所规定，即：

$$I = \frac{E_2}{R_Q + R_L + R_M}$$

显然，在 E_2 、 R_L 、 R_M 都给定的条件下，电流 I 必然是 R_Q 的函数。当气敏电阻遇到可燃性气体时， R_Q 降低， I 增大。这样，我们就可以从电流表指针偏转角度的大小来判断气体的浓度，从而查明漏气的所在。

采用这样的测量线路，操作比较简便。不过，由于 R_Q 、 R_L 、 R_M 的阻值都不是无穷大，当 E_2 接通时，回路电流 I 决不可能是 0，只能接近于 0。加上各个气敏电阻的阻值不同，有的大，有的小，即使其它条件不变，用不同的气敏电阻，电流表指针的起始点也会不一样。这就是说，这种测量线路只适合用在不具体标明气体浓度的气敏检漏仪上，而不宜用于需要准确测出百分之几的浓度的定量测定。

(2) 利用气敏性定量测量可燃气体浓度

若要比较精确地测定空气中可燃性气体的浓度，就要采用电流表零点和满度值可以调整的电桥电路，如图 5 所示。通电后，经过一段预热时间，待气敏电阻阻值由大变小然后稳定在一定值上，在纯净空气中调节可变电阻 W_1 ，使电流表 M 的指示为 0。然后，在待测气体所要求测出的最大浓度中，调整 E_2 与 W_2 ，使指针偏转的满度值刚好符合要求。按照这个方式，事先在电流表刻度上标定待测气体的浓度，就可以定量地测出空气中的含量多少。不过，用气敏电阻对可燃性气体进行定量测定的可靠性，问题不只在采用怎样的测量线路，主要取决于气敏电阻本身的稳定性、重复性等是否符合定量测定的精度要求。JB-75 型气敏检漏仪没有设计成可作定量测量的原因之一，就在于此。

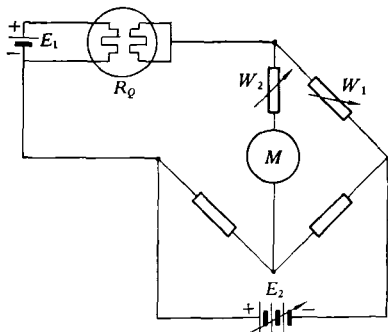


图 5 用于定量测量空气中可燃性气体浓度的电桥电路

二、气敏电阻的电源和声光报警器

1. 气敏电阻的电源

从图 4 可知，用现有的 N 型气敏电阻测量可燃性气体，至少要有两个电源，即 E_1 与 E_2 ，而且， E_1 必须是能够在较长时间连续输出几百毫安电流的大容量电源。对于便携式的检漏仪，显然不宜采用交流电源整流、稳压等方式。直接用干电池供电， E_2 问题不大，但用电池作气敏电阻的加热电源，消耗很快。用蓄电池，则体积大、分量重，还必须定时充电，维护麻烦。有什么办法才能只用一组干电池供电呢？为了解决这个问题，JB-75 型气敏检漏仪采用了直流变换电路（见图 6），用两个 3DK4 型晶体管作成自动开关，将电池提供的直流电流转变为脉动电流，再由变压器升压、降压，选用适当的匝数比和线径，便可从变压器的次级取得所需的低压大电流的 E_1 和高压小电流的 E_2 。这样，虽然气敏电阻的加热电流需要 250 毫安以上，而从电池输出的电流却可以小于 200 毫安，从而延长了干电池的使用寿命。实践证明，JB-75 型气敏检漏仪每换一次新电池，若每日平均连续使用一小时，则可用到一个月以上。

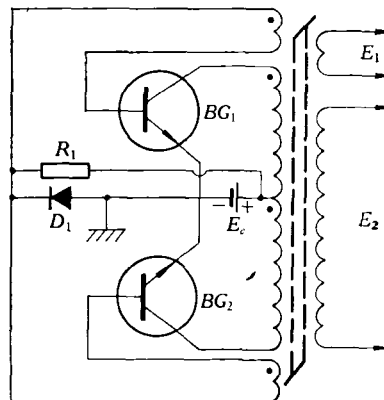


图 6 直流变换器电路图

2. 声光报警器

JB-75 型气敏检漏仪还设置了声光报警电路，报警阈值在一定范围内可任意预先设定。

(1) 声光报警原理

如图 7 所示， BG_3 与 BG_4 组成报警控制电路， BG_3 、 BG_4 与发光二极管 LED、电阻 R_7 、 R_8 、 R_9 及电容器 C_3 、 C_4 组成多谐振荡器，磷砷化镓固体发光二极管 LED 既是 BG_3 集电极的负载电阻，同时又是报警指示灯，当多谐振荡器振荡时，它就发出鲜艳的红光。 BG_4 是简单的 RC 耦合低频放大器。这些晶体管都是 3DG6 型的硅三极管。

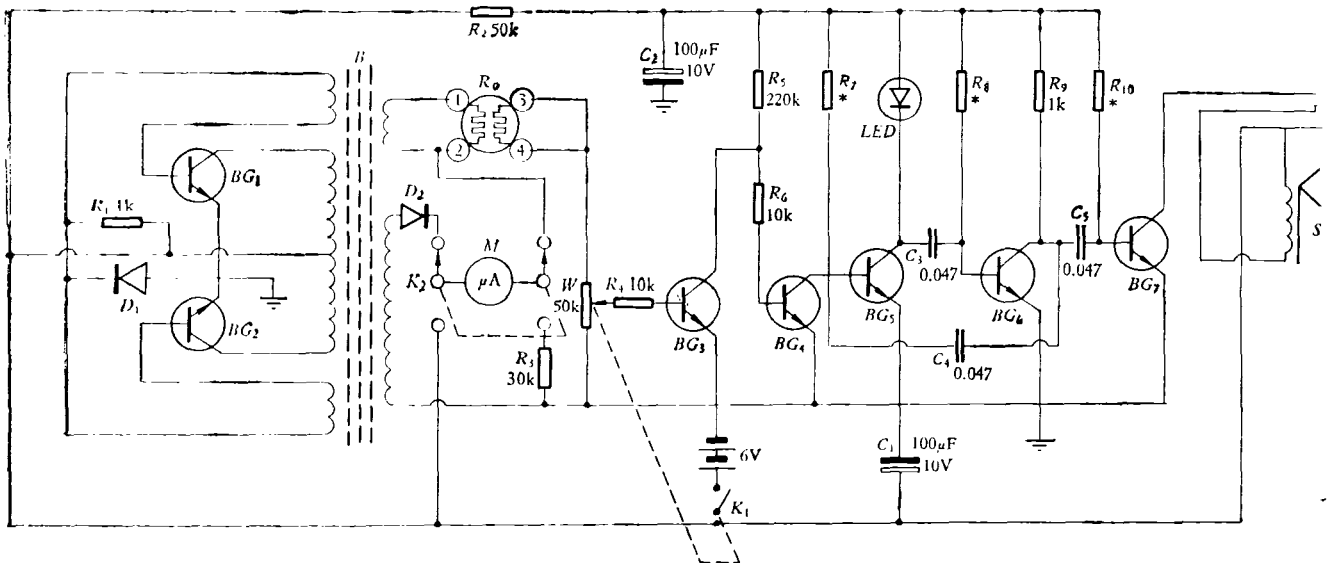


图7 JB-75型气敏检漏仪电路

图7中, W_1 是报警阈值控制电位器。动臂接地时, BG_3 的基极电位为地电位, 集电极电流极小, R_3 上的电压降亦很小。 BG_3 基极通过电阻 R_4 、 R_5 与直流电源的正极相接, 导通。由于 BG_3 的集电极直接和构成多谐振荡器的 BG_4 基极连结, BG_3 导通时, BG_4 的基极电位很低, 多谐振荡器停止振荡。若电位器 W_1 的动臂不接地, 向气敏电阻 R_0 的引出电极靠拢, BG_3 的输入电压从而升高, 集电极电流相应变大, R_3 上的电压降增加, BG_4 的基极电位变低, BG_4 就由导通转向截止, R_3 上的电压降减小, BG_3 的基极电位升高, 多谐振荡器开始振荡, 经 BG_5 放大后, 从扬声器发出响亮的声音。考虑到实际使用时环境噪音可能很大, 或不宜打扰别人, 还备有耳机插孔, 必要时可插入微型耳塞耳机。

(2) 报警阈值可调原理

如图8所示, 改变 BG_3 集电极电流的条件有两个: 第一、电位器 W_1 的动臂向气敏电阻 R_0 移动, 使 I_{R_0} 大到足以使 BG_3 导通, 于是发出声光报警讯号; 第二、电位器 W_1 的动臂不接地, 但 I_{R_0} 不足以使 BG_3 集电极电流大到使 BG_3 趋向截止, 多谐振荡器未起振, 报警电路处于无声无光状态。这时, 若气敏电阻 R_0 接触到可燃性气体, 电阻变小, 回路电流增大, 一旦 R_3 上的电位差大到使 BG_3 导通, 报警电路立即发出声光讯号。由此可知, 只要调节电位器 W_1 , 就可以在一定范围内改变报警阈值。使用时, 调节 W_1 , 使 JB-75 型气敏检漏仪处于声光报警讯号刚好停息的状态, 就可以准确检查出细微的漏气孔隙。

JB-75 型气敏检漏仪面板上还装有微安表, 所以

也可以通过观察电流表指针的偏转角度来估计所测气体的浓度。若预先知道所用检漏仪电表指针所指位置相当某种可燃性气体的具体浓度, 那么, 也可以粗略地测量空气中的含量。应当指出, JB-75 型气敏检漏仪的主要任务是检查漏气孔, 电表指示只给出漏气量的相对大小, 刻度上虽然标了 0—100, 并不表示满度就是可燃性气体的浓度已达到了 100%。定量测量尚有待于更精密更准确的仪器去完成。

此外, N 型气敏电阻对多种可燃性气体都有反应, 除氢、甲烷等以外, 对乙醚、乙醇、乙烯、丙酮、氨、煤气、汽油气、一氧化碳等, 都会出现电阻降低的现象。气敏电阻这种特性, 固然使 JB-75 型气敏检漏仪可用于检查多种可燃性气体容器、管道、阀门等是否有难以察觉的微小孔隙, 但是, 如果事前不知道是哪种可燃性气体, 那就不能依靠检漏仪电表的指示来判定究竟是什么气体。对于几种浓度不同的混合在一起的可燃性气体, 用检漏仪也是难以区别开来的。

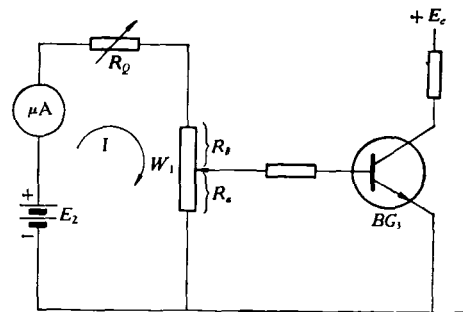


图8 报警阈值可调原理