

# 奥氏气体分析仪的原理和应用

李 峰

(国家气象局北京物资管理处)

## 一、概述

随着气象事业的发展，我国采用电解水制氢的高空气象台站越来越多。预计今年内，全国将有四十多个高空气象台站采用电解水法制氢。

在电解水制氢过程中，氢气纯度的分析是十分重要的。电解水制氢的氢气纯度应在 99.5% 以上，当氢气中的含氧量达到 5% 或以上时便形成爆鸣气体。这种爆鸣气体极易发生爆炸。因此，严格掌握不形成爆鸣气体，是安全制氢和安全用氢的前提条件。掌握好氢气纯度的化验分析，不仅有利于提高氢气的质量与探测的高度，而且还可以保证操作人员的安全。可见氢气纯度的化验分析工作，是采用电解水制氢法时必不可少的一道工序。应该严格规定，不定期进行氢气纯度的化验分析，就不允许开机制氢和使用氢气。

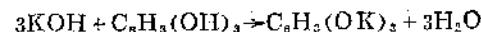
## 二、分析原理

电解水制出的氢气是否纯，主要取决于氢气中含氧量的多少。所以分析氢气的纯度，实质上就是分析氢气中的含氧量。

我们用来分析氢气中含氧量的仪器——奥氏气体分析仪是用焦性没食子酸(化学名称为邻苯三酚)碱溶液作为吸收液，吸收氢气中的微量氧气。当定量容积的氢气气样中的氧气被焦性没食子酸的碱溶液吸收后，气样的体积就减小，通过分析前后气体体积的变化，便可求出被分析气样的氢气纯度。

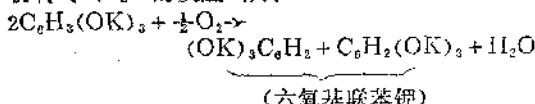
化学反应方程式如下：

氢氧化钾 ( $KOH$ ) 与焦性没食子酸 [ $C_6H_3(OH)_3$ ] 的反应式为：



(焦性没食子酸钾)

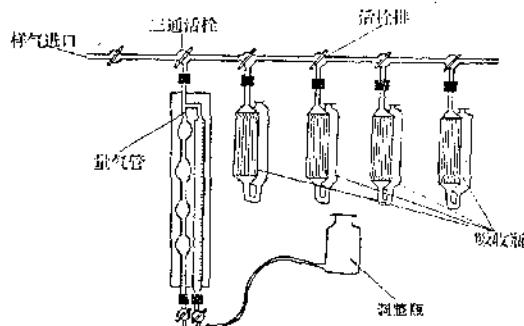
焦性没食子酸钾(即焦性没食子酸碱溶液)吸收氧气 ( $O_2$ ) 的反应式为：



从上式可见，焦性没食子酸碱性溶液可以吸收氧气。一般 1 个单位体积的焦性没食子酸碱性溶液能吸收 5 倍体积的氧气，而对氢气则不吸收。虽然焦性没食子酸不能直接用以分析含量很高的氧气，但对于吸收电解水分离后得到的氢气中残留的微量氧气，则是毫无疑义的。

## 三、分析仪的结构

奥氏气体分析仪的结构如附图所示。其主要组



附图 奥氏气体分析仪结构图

成部件如下：

1. 量气管 用来容纳被分析气样，以刻度标记可测出气样被吸收液吸收前、后的体积差，从而计算出气样的氢气含量百分比（即氢气纯度）。

量气管体积为100ml。玻璃管上刻有刻度，每刻度为0.05ml，可直接读数。上端接三通活栓，下端通过一橡皮管与调整瓶连接。为了使气体不受温度波动的影响，将量气管置于装满蒸馏水的玻璃套管内。一般对于温度波动不大的情况下，可不配备玻璃套管。

2. 活栓排 连接量气管、吸收瓶和内装气样的球胆。活栓排上的活栓起开关作用。

3. 吸收瓶 内装焦性没食子酸碱性溶液，用以吸收氢气气样中的氧气。吸收瓶分主瓶和副瓶，两瓶通过玻璃管连成一体。在主瓶内装有许多细玻璃管（梳形管），以增大吸收面积。

4. 调整瓶 是底部接一根橡皮管的宽口玻璃瓶。内装封闭液，通过橡皮管与量气管接通。主要用来调节量气管内的气样的体积，通过改变位置的高低，可以把气样从量气管内压入吸收瓶中，或把被吸收后的气体送回量气管内。

#### 四、溶液的配制

1. 称取33g的焦性没食子酸，溶于100ml热蒸馏水中，搅拌，稳定后即为焦性没食子酸溶液。将之密封贮存在棕色试剂瓶子中。

2. 称取30g固态氢氧化钾，溶于100ml蒸馏水中，搅拌，稳定后将之存放在密封的瓶子里。

在使用时，将以上两种溶液等体积混和，混和液即为焦性没食子酸碱性溶液。

3. 密封液的配制：在蒸馏水中加入食盐(NaCl)配成饱和溶液或在5%稀硫酸中加入硫酸钠(Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>)配成饱和溶液，再加入几滴甲基橙，使密封液显淡红色，以便于观察。

#### 五、操作方法

##### 1. 检查分析仪装置的密封性

转动活栓，使量气管、活栓排与空气相通。调节调整瓶，在量气管内吸入一定体积的空气，记下量气管内液面刻度。关闭活塞，使量气管、活栓排与外界大气隔离。这时升高或降低调整瓶，稳定约10—15分钟。若量气管内液面刻度不变，可认为不漏气。

##### 2. 清洗管道

提高调整瓶，使量气管内充满密封液，旋转三通活塞，使量气管与取样口接通。再缓缓下降水准瓶，在量气管内预取一次气样。然后旋转三通活塞与空气相通，举起调整瓶，将量气管内气样排出。如此置换3—5次，就可将活栓排内的空气排出。

##### 3. 取气样，校刻度

使量气管内吸收多于100ml的被分析气样(氢气)，旋转三通活塞使量气管与空气相通，同时举起调整瓶以排出多余气样。将液面准确调整到零刻度，然后关闭三通活塞。

#### 4. 吸收气样中的氧气成份

先记下吸收瓶密封液刻度。然后打开吸收瓶上的二通活塞，缓缓上升调整瓶，将量气管内气样压入吸收瓶中。再缓缓下降调整瓶，将气样送回量气管内。如此反复3—5次。然后改变调整瓶的位置，使吸收液刻度恢复到原来的位置。

同样方法将气样送入第二个吸收瓶内吸收数次，直至气体体积不变为止。

##### 5. 计算氢气的含量百分比（即纯度）

将吸氧后的气样送回量气管内。使调整瓶液面与量气管内液面在同一水平面上。然后读取液面刻度，即为吸收后气样体积。

根据公式计算氢气纯度：

$$H_2\% = \frac{V_2}{V_1} \times 100\%$$

式中：V<sub>1</sub>——气样体积(ml)，V<sub>2</sub>——吸收后气样体积(ml)。

#### 六、注意事项

在进行氢气纯度分析过程中，应注意如下事项。

1. 为了确保分析结果的准确性，应经常注意检查吸收液的吸收效率。即以空气为气样，吸收液吸收空气中的氧气（氧气在空气中的含量为20.9%），若分析仪分析出空气含氧量小于10.5%时，应立即更换吸收液。

2. 在吸收瓶的副瓶内加上一层石蜡，使吸收液与空气隔绝，以免降低吸收效率。

3. 分析装置密封性要好，以免影响分析的准确性。当活塞不易旋转或密封性不好时，应将活塞用干净的布或纸擦干净，再涂上少许润滑剂（常用凡士林或高真空油）。然后旋转活塞，使油状物形成透明的薄膜。

4. 吸收瓶中吸收液的液面必须保持在三通活塞下的一定位置，约0.5cm处。

5. 调整瓶不宜升降太快，以免焦性没食子酸碱性溶液或封闭液进入梳形管。

6. 测量量气管中气样体积时，调整瓶和量气管中的液面以及视线要在同一水平上，以免造成测量误差。

7. 由于新换的封闭液及吸收液中也能少量地溶解氢气，从而引起一定的误差。因此在更换新溶液后，进行的前一、二次分析不取结果。待结果稳定后方作正式记录。

8. 由于球胆易扩散氯气，故在使用球胆取样时，最好立即分析。

9. 焦性没食子酸碱性溶液的吸收速度随温度降低而降低。0°C时，几乎不能吸收氧气，所以分析氢气时，操作温度一般不应低于15°C。