

## 精密露点仪检定规程

### 1 范围

本规程适用于热电制冷（镜面或声表面波器件）自动检测露层的平衡式精密露点仪的首次检定、后续检定和使用中检验。

### 2 概述

在等压的条件下使气体中水蒸气冷却至凝聚相出现，通过控制露层传感器露层的温度，使气体中的水蒸气与水（或冰）的平展表面呈热力学相平衡状态，准确测量此时露层的温度，即为该气体的露点温度。测量气体中的水蒸气露点温度的仪器叫做露点仪。

露点仪因所使用的冷却方法和检测控制方法不同，可以分为多种类型。本规程适用于热电制冷自动检测露层的平衡式精密露点仪（以下简称露点仪），是利用热电制冷器（Peltier元件）冷却露层传感器（镜面及发光管、接收管或声表面波器件），使样气中的水蒸气在露层传感器上冷凝；经接收器采集的信号通过自动控制电路使露层传感器上的露（或霜）与气体中的水蒸气呈相平衡状态；用铂电阻温度计准确测量露层传感器的温度（即露或霜层的温度），从而获得气体的露点温度。见图1。

如图1所示，气体通过露点测量室时掠过露层传感器。当露层传感器温度高于该气体的露点温度时，露层传感器呈干燥状态，此时，通过露层传感器的发射信号和接收信号，经控制回路比较、放大，驱动热电制冷器（由一级或数级Peltier元件组成），对露层传感器制冷；当露层传感器温度降至样气的露点温度以下时，露层传感器上开始结露（或霜），这时接收器采集的信号产生变化，此变化经控制回路比较、放大后调节热电制冷器激励，使其制冷功率减小，最后，露层传感器温度保持在样气的露点温度上。



图1 露点仪测量原理示意图

此时，通过露层传感器冷凝状态检测或观测装置，可以判断露层传感器上的冷凝物是液态的露（呈圆或椭圆形）还是固态的霜（呈晶形）。由一紧贴在露层传感器下方的铂电阻温度传感器检测露点温度。

属于这类精密的露点仪，主要由三大部分组成：

- 高重复性的露层传感器伺服机构；
- 准确地测量露层传感器温度的温度测量系统；
- 判断 $0^{\circ}\text{C}$ 以下露点时，露层传感器上生成的是霜（冰）还是露（过冷却水）的装置。

### 3 计量性能要求

#### 3.1 准确度等级

精密露点仪按其最大允许误差分为一级和二级。

#### 3.2 示值误差

精密露点仪的示值误差为仪器测量的平均值 $T_d$ 与计量检定值 $T_d'$ 之差，精密露点仪在露点温度 $-70^{\circ}\text{C}\sim+40^{\circ}\text{C}$ 之间的最大允许误差应符合表1中的技术要求。

表1 准确度等级、最大允许误差的技术要求

露点温度范围	$-70^{\circ}\text{C}\sim-50^{\circ}\text{C}$	$-50^{\circ}\text{C}\sim-20^{\circ}\text{C}$	$-20^{\circ}\text{C}\sim40^{\circ}\text{C}$
一级(最大允许误差)	0.3 $^{\circ}\text{C}$	0.2 $^{\circ}\text{C}$	0.15 $^{\circ}\text{C}$
二级(最大允许误差)	0.6 $^{\circ}\text{C}$	0.4 $^{\circ}\text{C}$	0.3 $^{\circ}\text{C}$

### 4 通用技术要求

#### 4.1 外观检查

外壳无明显锈蚀、碰损之痕迹，铭牌清晰，技术文件齐全、附件完整，各电缆和接头的接触良好。国产的应有CMC标志。各功能键操作正常，显示器显示完整、清晰。

#### 4.2 露点室及传感器检查

- 4.2.1 露点室内无微粒、油雾等污染物污染、镜面无划痕，所有传感器件无松动。
- 4.2.2 采样气路清洁、气密性良好。
- 4.2.3 热电制冷器制冷工作正常。

### 5 计量器具控制

计量器具控制包括：首次检定、后续检定和使用中检验。

#### 5.1 检定条件

##### 5.1.1 环境温度

露点测量室和采样系统的温度应高于待测气体的露/霜点温度；当测量的露/霜点温度高于环境温度时，所有测量管路应加热，使其至少高于露/霜点温度 $3^{\circ}\text{C}$ 。用

自来水或循环冷却液来冷却热电制冷器的散热器热端时，冷却液的温度和流量应相对恒定。使用风冷时，环境温度应相对恒定。

主机工作的环境温度应在5℃~35℃之间，有特殊要求者，按其要求确定是否在恒温条件下检定。

#### 5.1.2 测量室压力

当露点测量室出气端向大气放空时，露点测量室内的压力等于大气压。

当露点测量室内样气压力的波动超过200Pa/h时，不能进行检定。

当露点测量室内样气压力与标准大气压（101325Pa）的偏离虽超过±200Pa，但相对稳定（波动小于200Pa/h）时，可用计算的方法对检定结果加以修正（已配备了自动压力修正系统的仪器除外）。

#### 5.1.3 环境湿度

主机应在10%RH~85%RH之间使用。

#### 5.1.4 电源

按仪器的要求供电，当电源电压超过额定值的±10%时，应采取稳压措施。

#### 5.1.5 检定用设备

##### 5.1.5.1 标准器具

使用标准动态湿度发生装置作为检定用标准器具时，作为检定用标准器具其露点测量不确定度和被检露点仪的最大允许误差之比应小于1/3。

5.1.5.2 无5.1.5.1条所述要求的装置时，由动态湿度发生器提供稳定湿气流，使用高准确度的湿度计作为检定用标准器具。

##### 5.1.5.3 气路系统的管材

可以使用不锈钢管、紫铜管或壁厚不小于1mm的聚四氟乙烯管、聚丙烯管作为采样管。检定露点温度在-60℃以下时，应采用不锈钢管，检定露点温度在-20℃~+40℃时，可以使用氟橡胶管。不允许使用乳胶管、普通橡胶管和薄壁塑料管。

##### 5.1.5.4 管路的连接方式

可以使用锥型垫密封或硅（氟）橡胶“O”型圈密封的活接头。如管道有焊接处，应认真清洗。

用软质材料的管子套接时，应内衬一段硬质材料的管子，并在外面用钢丝缠紧。

##### 5.1.5.5 放空管

被检仪器的露点测量室出口放空时，需接一根不短于2m的放空管。

##### 5.1.5.6 流量计

用转子流量计测量样气的流量。调节气路的流量，确保样气的流量符合露点仪的使用要求。

##### 5.1.5.7 压力计

用压力计测量大气压，确定测量室的压力符合露点仪的使用要求。

#### 5.2 检定项目

表2 检定项目表

检定项目	首次检定	后续检定	使用中检验
外观检查	+	+	+
示值误差检定	+	+	+

用“+”表示需检定的项目。

### 5.2.1 外观检查

5.2.1.1 检查仪器是否受过强烈震动、碰撞、腐蚀等损害；检查电缆及接头的接触处是否清洁、有无松动现象，并用万用表检查其接触是否良好；清点仪器附件及技术文件是否齐全。

5.2.1.2 打开露点测量室、检查镜面、发光管，接收管或声表面波器件，如发现明显的镜面损伤，应予以更换。清洗镜面及发光管，接收管或声表面波器件，清洗时使用棉签沾清洗剂（一般由仪器自配，无自配清洗剂时，可使用无水乙醇）轻轻擦洗，并及时用干棉签将残留的清洗剂吸干。注意不要在镜面上和光学器件上留下棉花纤维。

5.2.1.3 用棉签沾无水乙醇清洗接头各部件，接好气路后用憋压的方法检查气路的气密性。

5.2.1.4 接通电源，揿动各按钮，检查其运行是否正常。

### 5.2.2 示值误差检定

按5.3 检定方法对被检露点仪的示值误差进行检定

### 5.3 检定方法

5.3.1 使用标准动态湿度发生器作为检定标准时，其扩展不确定度与被检露点仪的最大允许误差之比值应小于1/3。检定方法为图2：



图2 标准动态湿度发生器作为检定标准的检定方法

5.3.2 使用高准确度湿度计作为检定标准时，其扩展不确定度与被检露点仪的最大允许误差之比值应小于1/3。检定方法为图3：

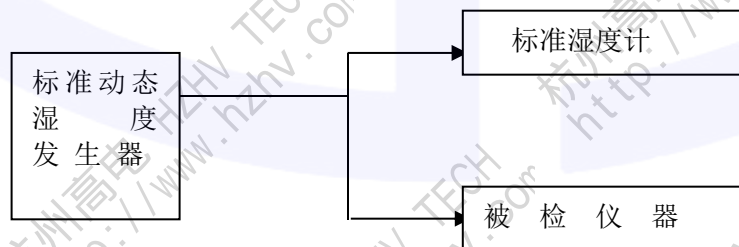


图3 高准确度湿度计作为检定标准的检定方法

### 5.3.3 检定顺序

通常的检定顺序为(露点/霜点温度)：-70℃、-60℃、-50℃、-40℃、-30℃、

-20℃、-10℃、+1℃、+10℃、+20℃、+30℃、+40℃。

露点温度在-70℃~+40℃范围以外的检定可以根据检定条件自定顺序。  
使用重量法湿度计检定时，检定顺序为（露点/霜点温度）：

-20℃、+1℃、+20℃、+1℃

#### 5.3.4 记录方法

5.3.4.1 记录时，湿度发生器和露点仪显示值应相对稳定，其波动值（最高示值与最低示值之差的二分之一）应小于其最大允许误差。

5.3.4.2 采用定时记录的方法，待仪器示值稳定30分钟后，每隔2分钟至3分钟记录一组数据，累计记录6组数据。同时记录大气压的数值。

#### 5.3.5 示值误差计算

5.3.5.1 对每一计量检定值，按要求记录被检仪器的露点显示值（ $T_i$ ），算出示值平均值（ $T_d$ ），和示值平均值的标准偏差（ $u_1$ ）：

$$T_d = \sum T_i / n \quad (1)$$

$$u_1 = [\sum (T_i - T_d)^2 / n(n-1)]^{1/2} \quad (2)$$

由格拉布斯法则剔除异常值后，需重新做上述计算，所剩数据的个数（ $n$ ）为该平均值的权数（ $P$ ）。

5.3.5.2 露点仪的示值平均值 $T_d$ 与计量检定值 $T_d'$ 之差称为该露点仪的示值误差（ $\Delta T_d$ ）。露点仪的示值误差应符合表1中的技术要求。

#### 5.4 检定结果处理

按本规程要求，检定合格的填发检定证书，检定不合格的填发检定结果通知书，并指出不合格项目。

准确度达到一级或二级的露点仪，应在检定证书正面注明“准予该仪器作为一级或二级湿度传递标准”。

#### 5.5 检定周期

露点仪的检定周期一般不超过一年。

## 附录 A

## 露点仪测量的扩展不确定度

用第一种方法(见图2)检定时, 不确定度分量有: 被检仪器示值平均值的标准偏差 $u_1$ ; 被检仪器读数误差的标准不确定度 $u_2$ ; 露点仪测温引入的标准不确定度 $u_3$ ; 标准湿度发生器的标准不确定度 $u_4$ 。

露点仪测量的扩展不确定度为:

$$U = k[u_1^2 + u_2^2 + u_3^2 + u_4^2]^{1/2}, \quad k \text{取} 2$$

如检定用标准的不确定度 $U_a = u_4$ 与该被检露点仪的不确定度 $U_A = [u_1^2 + u_2^2 + u_3^2 + u_4^2]^{1/2}$ 之比小于1/3, 即:

$$U_a/U_A < 1/3$$

此时可以肯定被检露点仪的不确定度为 $U_A$ 。不成立时, 应选用具有更高的准确度的标准源进行检定。

用第二种方法(见图3)检定时, 不确定度分量有: 被检仪器的标准偏差 $u_1$ ; 被检仪器读数误差的标准不确定度 $u_2$ ; 露点仪测温引入的标准不确定度 $u_3$ ; 标准湿度发生器的标准不确定度 $u_4$ ; 标准湿度计的标准不确定度 $u_5$ 。

露点仪测量的扩展不确定度为:

$$U = k[u_1^2 + u_2^2 + u_3^2 + u_4^2]^{1/2}, \quad k \text{取} 2$$

如检定用标准的不确定度 $U_a = u_5$ 与该被检露点仪的不确定度 $U_A = [u_1^2 + u_2^2 + u_3^2 + u_4^2 + u_5^2]^{1/2}$ 之比小于1/3, 即:

$$U_a/U_A < 1/3$$

此时可以肯定被检露点仪的不确定度为 $U_A$ 。不成立时, 应选用具有更高的准确度的标准源和更高准确度的湿度计进行检定。



## 附录 C

## 露点仪检定证书内页格式

- 一 标准湿度发生器及其不确定度
- 二 外观检查
- 三 示值误差检定结果

序号	计量检定值 $Td'$ °C	示值平均值 $Td$ °C	示值误差 $\Delta Td$ °C
最大示值误差	符合技术要求		
结论	准予该仪器作为湿度传递标准使用		



## 附录 D

## 露点仪检定结果通知书内页格式

- 一 标准湿度发生器及其不确定度
- 二 外观检查
- 三 示值误差检定结果

序号	计量检定值 $Td'$ °C	示值平均值 $Td$ °C	示值误差 $\Delta Td$ °C
最大示值误差	超过最大允许误差		
结论	不合格		