



中华人民共和国国家标准

GB/T 13277.9—

压缩空气 第9部分： 液态水含量测量方法

Compressed air—
Part 9: Test methods for liquid water content

(ISO 8573-9:2004, MOD)

(征求意见稿)

20 - - 发布

20 - - 实施

国家市场监督管理总局
中国国家标准化管理委员会

发布

目 次

前言	II
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	1
4 单位和符号	1
5 选用方法	2
6 取样技术	2
7 测量方法	2
8 试验结果的评定	7
9 不确定度	7
10 试验报告	8
附录 A(资料性附录) 试验报告样本	9

前 言

GB/T 13277《压缩空气》已经或计划发布以下部分：

- 第 1 部分：污染物净化等级；
- 第 2 部分：悬浮油含量测量方法；
- 第 3 部分：湿度测量方法；
- 第 4 部分：固体颗粒测量方法；
- 第 5 部分：油蒸气及有机溶剂测量方法；
- 第 6 部分：气态污染物含量测量方法；
- 第 7 部分：活性微生物含量测量方法；
- 第 8 部分：固体颗粒质量浓度测量方法；
- 第 9 部分：液态水含量测量方法。

本文件为 GB/T 13277 的第 9 部分。

本文件按照 GB/T 1.1-2009 给出的规则起草。

本文件使用重新起草法修改采用 ISO 8573-9:2004《压缩空气 第 9 部分：液态水含量测量方法》。

本文件与 ISO 8573-9:2004 的技术性差异及其原因如下：

- 按 GB/T 1.1-2020 的规定，调整了第 1 章范围中的叙述方式；
- 关于规范性引用文件，本文件做了具有技术性差异的调整，以适用我国的技术条件，调整的情况集中反映在第 2 章“规范性引用文件”中，具体调整如下：
 - 用等同采用国际标准的 GB/T 786.1 代替了 ISO 1219-1（见第 4 章和第 7 章）；
 - 用等效采用国际标准的 GB/T 4975 代替了 ISO 3857-1（见第 3 章）；
 - 用修改采用国际标准的 GB/T 13277.1 代替了 ISO 8573-1（见第 3 章）；
 - 用修改采用国际标准的 GB/T 13277.2 代替了 ISO 8573-2（见第 3 章、第 6 章和第 7 章）；
 - 用修改采用国际标准的 GB/T 13277.3 代替了 ISO 8573-3（见第 7 章）；
 - 用等同采用国际标准的 GB/T 17446 代替了 ISO 5598（见第 3 章）。
- 将 8.1 的“参考条件”改为“标准状态”，以便和 GB/T 13277 其他部分规定一致。

本文件还做了下列编辑性修改：

- 压力单位用“MPa”代替“bar”，并进行数值换算。

本文件由中国机械工业联合会提出。

本文件由全国压缩机标准化技术委员会（SAC/TC145）归口。

本文件起草单位：。

本文件主要起草人：。

压缩空气

第9部分：液态水含量测量方法

1 范围

本文件规定了在压缩空气中检测液态水质量浓度含量的试验方法及其适用范围,并规定了该方法的取样技术、测量方法、试验结果评定、不确定度和试验报告要求。

本文件适合按照 GB/T 13277.1 评定净化等级。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中,注日期的引用文件,仅该日期对应的版本适用于本文件;不注日期的引用文件,其最新版本(包括所有的修改单)适用于本文件。

GB/T 786.1 流体传动系统及元件图形符号和回路图 第1部分:用于常规用途和数据处理的图形符号(GB/T 786.1-2009, ISO 1219-1:2006, IDT)

GB/T 4975 容积式压缩机术语 总则(GB/T 4975-1995, eqv ISO 3857-1:1977, ISO 3857-2:1977)

GB/T 13277.1 压缩空气 第1部分:污染物净化等级(GB/T 13277.1-2008, ISO 8573-1:2001, MOD)

GB/T 13277.2 压缩空气 第2部分:悬浮油含量测量方法(GB/T 13277.2-2015, ISO 8573-2:2007, MOD)

GB/T 13277.3 压缩空气 第3部分:湿度测量方法(GB/T 13277.3-2015, ISO 8573-3:1999, MOD)

GB/T 17446 流体传动系统及元件 词汇(GB/T 17446-2012, ISO 5598:2008, IDT)

3 术语和定义

GB/T 4975、GB/T 17446、GB/T 13277.1 和 GB/T 13277.2 界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1 水气溶胶 water aerosol

压缩空气中下降速度和沉降速度可忽略的液态水颗粒。

3.2 液态水 liquid water

压缩空气中的水悬浮颗粒和管壁流。

4 单位和符号

下列单位包括非 SI 推荐的首选单位均适用于本文件。

——1 MPa = 1000000 Pa;

——1 L=0.001m³。

——MPa(a)，表示绝对压力。

——MPa(e)，表示有效压力。

图 1 中所用图示符号见 GB/T 786.1。

5 选用方法

试验方法的选择取决于的压缩空气中液态水质量浓度的范围。根据样品中液态水含量的范围可以从表 1 中选择最适合的方法。

表 1 液态水质量浓度测量方法

方法类型	液态水浓度 (c _w) g/m ³
重量法	c _w ≥0.1
汽化法	c _w ≤5

6 取样技术

应在或接近实际压力和恒定压缩空气流量下进行取样。

取样方法的选择需取决于压缩空气系统中实际的污染水平和压缩空气流量。取样方法参见 GB/T 13277.2。

压缩空气样品气在测量后可以引回至主管路或直接排放到大气中。空气样品的参数值(压力、温度、空气速度等)应在试验设备生产厂商规定的范围内。

7 测量方法

7.1 概述

试验设备和测试仪器应保持良好的工作状态。应按所用测量设备的使用说明对设备进行校准。

因为压力和温度会影响液态水含量的测试结果，所以测点处的温度和压力应当维持在稳定状态。

应当参考测量设备制造商的要求考虑设备的适用性。

7.2 重量法测量液态水含量

7.2.1 概述

该方法定义了从取样点收集冷凝物，从冷凝物中分离水并确定压缩空气样品中存在的液态水重量。应测量分离出液态水的压缩空气的体积。

7.2.2 试验设备

7.2.2.1 概述

重量法测试设备的总体布置应按照图 1。在部分流量取样的情况下，排水管线中的水分离器（3）及带有的附件（12 和 13）应被排除在外。

注：圆括号中给出的数字参考图 1 中元件的序号。

图示符号参见 GB/T 786.1。

7.2.2.2 水分离器（3）

分离器的主要功能是去除空气流中的部分液态水并在溢流时保护高效过滤器（4）。压缩空气流中水分分离器的除水效率应不小于 80%。

7.2.2.3 高效过滤器（4）

高效凝聚过滤器去除液态水的效率应不小于 99.9%，额定除油精度应不大于 $3\ \mu\text{m}$ 。

7.2.2.4 收集罐（13）

应使用体积不小于 0.5L 且在试验过程中能够观察到收集液态水状态的收集罐。

7.2.2.5 油水分离器（14）

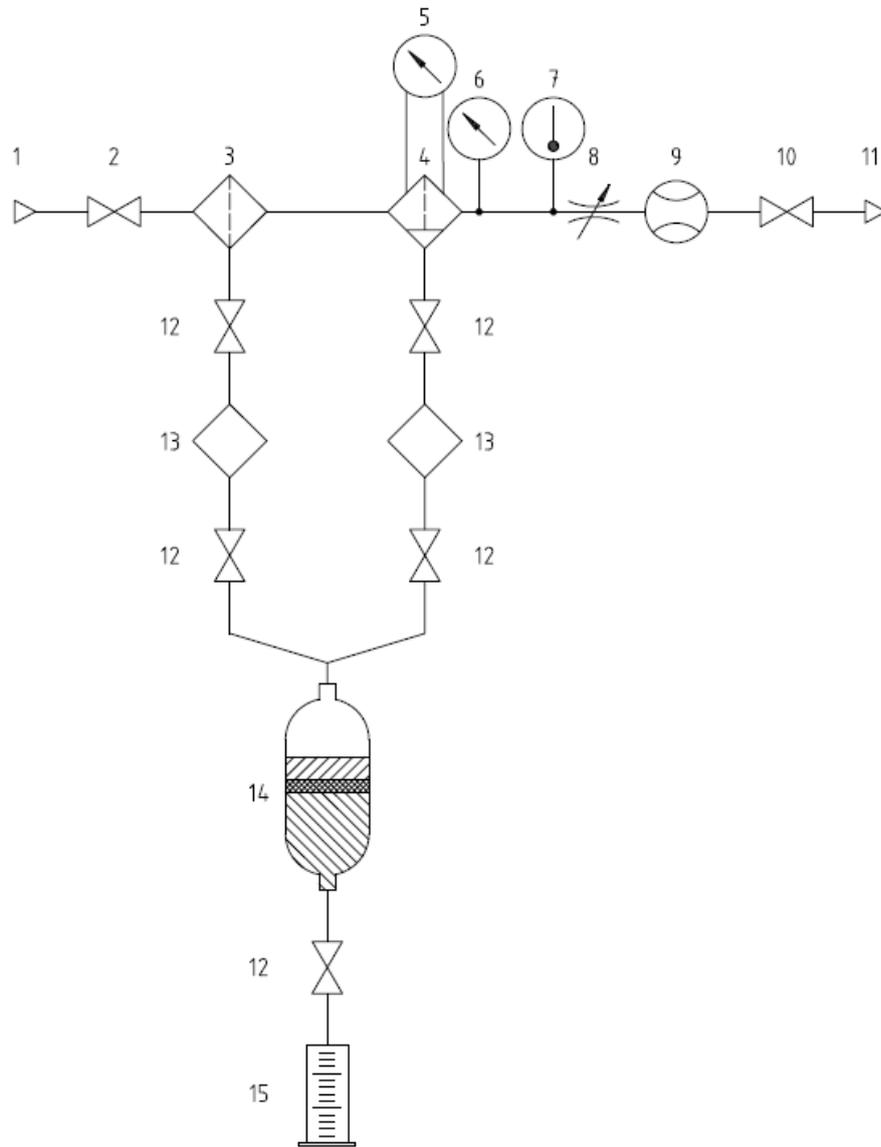
在收集罐（13）中收集到的液体应被转移到油/水分离器进行处理（14）。水分离的程序细节见 GB/T 13277.2。

7.2.2.6 排水阀（12）

排水阀被用来排出收集在水分离器（3）、高效过滤器（4）和收集罐（13）中的液态水。在过滤器（4）和收集罐之间的排水阀一般是处在打开状态；在收集罐和油/水分离器（14）之间的排水阀一般是处在关闭状态。

7.2.2.7 量筒（15）

被分离液体水的量应当用以毫升计或克计的量筒测量。质量测试的精度应优于读数的 $\pm 2\%$ 。



说明:

- | | | |
|------------|------------|--------------|
| 1—— 取样点; | 6—— 压力表; | 11—— 排气口; |
| 2—— 截止阀; | 7—— 温度计; | 12—— 排水阀; |
| 3—— 水分离器; | 8—— 流量控制阀; | 13—— 收集罐; |
| 4—— 高效过滤器; | 9—— 空气流量计; | 14—— 油/水分离器; |
| 5—— 压差表; | 10—— 截止阀; | 15—— 量筒。 |

图 1 重量法测试设备流程图

7.2.2.8 压差表 (5)

该压差表测量通过高效过滤器 (4) 的压降。压降的测试精度应优于 $\pm 2\%$ 。

7.2.2.9 压力表 (6)

为了确定空气取样体积,应在整个试验周期里记录压力值。压力表的测试精度应优于满刻度的 $\pm 2\%$ 。

7.2.2.10 温度计 (7)

为了确定空气取样体积，应在整个试验周期里记录温度值。温度计的精度应优于±1℃。

7.2.2.11 空气流量计 (9)

为了确定空气取样体积，应在整个试验周期里记录流量值。流量计的精度应优于±5%。

7.2.2.12 流量控制阀 (8)

为了精确地调节流量，应使用一个精密调节阀。

7.2.2.13 管道、连接件、截止阀 (2、10 和 12)

应按照 GB/T 13277.2 选择管道、连接件和截止阀。

7.2.3 试验程序

应按照 GB/T 13277.2 做好测试高效过滤器的稳定和液态水测量的准备程序。

为了获得良好的测试不确定性，空气采样过程应使得两个储存罐内总液态水的量不少于 100ml。

7.2.4 试验结果的计算

必须确保结果是稳定的、可重复的，并以一种能表明它们是如此的形式呈现出来。

在测量液态水的体积时，压缩空气流中液态水含量 (c_w，以 g/m³ 为单位) 用下式计算：

$$c_w = \frac{V_p}{qt} \times \frac{1}{60} = 0.01667 \frac{V_p}{qt} \dots\dots\dots (1)$$

式中：

V —— 收集液态水的体积，单位为毫升；

ρ —— 水的比密度，单位为千克每立方米；

q —— 空气取样流量，单位为升每秒 (ANR)；

t —— 试验持续时间，单位为分钟。

当测试液态水的质量时，方程变为

$$c_w = \frac{m}{qt} \times \frac{1000}{60} = 16667 \frac{m}{qt} \dots\dots\dots (2)$$

式中：

m —— 水的质量，单位为克。

7.3 汽化法测量液态水含量

7.3.1 概述

汽化法包括以下几步操作：

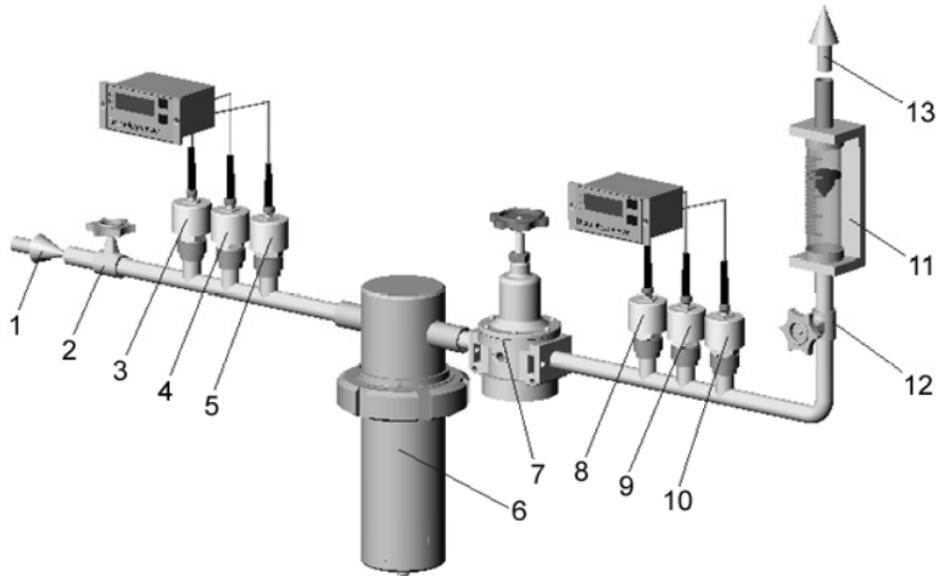
- a) 在实际条件下，计算压缩空气样品中的水蒸气含量 (在充分饱和状态)；
 - b) 改变压缩空气样品参数，使液态水转换到水蒸气；
 - c) 改变参数后，计算压缩空气样品中水蒸气量；
 - d) 计算实际条件下与液态水转换为水蒸气之后压缩空气样品中水蒸气含量的变化值。
- 汽化法也可以用在全流量取样方法或部分流量取样方法中。

7.3.2 试验设备

7.3.2.1 概述

汽化法试验设备的总体布置应按照图 2。

注：条款中圆括号内的数字参考图 2 中元件的序号。



说明：

- | | |
|-------------|------------------|
| 1 —— 取样点； | 8 —— 压力传感器； |
| 2 —— 截止阀； | 9 —— 温度传感器； |
| 3 —— 压力传感器； | 10 —— 湿度传感器； |
| 4 —— 温度传感器； | 11 —— 流量计或流量显示仪； |
| 5 —— 湿度传感器； | 12 —— 流量控制阀； |
| 6 —— 加热器； | 13 —— 排气口。 |
| 7 —— 压力调节阀； | |

图 2 汽化法的结构

7.3.2.2 压力传感器（3 和 8）

应在整个试验周期里使用这些仪器测量在实际条件下及液态水汽化后的压缩空气压力。压力的测试精度应优于读数的±2%。

7.3.2.3 温度传感器（4 和 9）

应在整个试验周期里使用这些仪器测量在实际条件下及液态水汽化后的压缩空气压力。温度的测试精度应在±1℃之内。

7.3.2.4 湿度传感器（5 和 10）

应在整个试验周期里使用这些仪器测量在实际条件下及液态水汽化后的压缩空气压力。湿度的测试精度应在±5%RH 之内。

7.3.2.5 加热器（6）

加热器应具有足够的功率，并能够把所有液态水转换成水蒸气。

7.3.2.6 压力调节阀（7）

压力调节阀应能减小压缩空气的压力来加大液态水的蒸发。

为了获得良好的测试不确定性，加热器（6）和流量控制阀（12）应确保压缩空气的下游相对湿度不高于80%。

7.3.2.7 流量计或流量显示仪（11）

为了确保空气取样流量的可靠性，应使用一个流量计或流量显示仪。

7.3.2.8 管路、连接件、截止阀（2）和流量控制阀（12）

应按照 GB/T 13277.2 选择管路、连接器、截止阀和流量控制阀。

7.3.3 试验结果的计算

液态水含量的值（ c_w ，以 g/m^3 为单位）使用下式来确定：

$$c_w = d_2 - d_1 \dots\dots\dots (3)$$

式中：

d_1 ——在实际条件下，空气样品中的水蒸汽含量，单位为克每立方米；

d_2 ——液态水转换为蒸汽后的空气样品中的水蒸汽含量，单位为克每立方米。

水蒸汽含量 d_1 和 d_2 的测量应根据 GB/T 13277.3。

考虑到压缩空气样品在实际条件下是完全饱和的事实（即相对湿度为100%），水蒸汽含量 d_1 也可以使用空气中水蒸汽含量表或湿空气“i-d”状态表来确定。

8 试验结果的评定

8.1 标准状态

液态水含量应按照在取样点处根据空气分压力得到的干空气体积被重新计算。

液态水含量体积状态的标准状态如下：

——空气温度：20℃；

——空气压力：0.1 MPa(a)；

——相对湿度：0。

8.2 平均值

基于方法的可重复性，由于测试设备和涉及测试设备的经验的影响，应在采样点处连续测量并取平均值。

9 不确定度

该方法的不确定度取决于使用的设备和结果计算精度。试验授权结果的总不确定度应在±10%以内。

注：汽化法测试液态水含量的不确定度取决于使用的湿度计和计算的精度。

10 试验报告

10.1 说明

应声明压缩空气中的液态水含量值是根据 GB/T 13277 的本文件给出的步骤测试的结果。应记录任何会影响液态水含量测试结果的因素（例如油含量或者采样管）。

10.2 试验报告格式

根据 GB/T 13277 本文件，声明液态水含量的报告，应包含以下内容：

- a) 压缩空气系统及其工作条件的描述，要确定足够的细节来确保浓度值的有效性：
 - 1) 体积流量；
 - 2) 取样时间；
 - 3) 压力；
 - 4) 温度；
 - 5) 其他污染物；
- b) 样品来源的取样点的描述；
- c) 所使用的测试和取样系统的描述，尤其是材料、设备使用状况及校准记录的细节；
- d) 短语“按照 GB/T 13277.9 声明液态水含量”，要包含以下内容：
 - 1) 在参考工况下的实际图和按照第 8 章评定的测试平均值；
 - 2) 在实际工况下的实际图和按照第 8 章评定的测试平均值；
 - 3) 液态水含量，以克每立方米表达，在实际和参考条件下；
 - 4) 测试的压力和温度（湿度）；
 - 5) 带有不确定度的声明的图；
 - 6) 校准记录的日期；
- e) 取样和测试的日期。

取样试验报告格式见附录 A。

附录 A
(资料性附录)
试验报告样本

压缩空气中液态水含量

压缩空气系统、试验工况、取样点的总体描述： _____

采用的试验方法： _____

采用的取样方法： _____

使用的测试设备及其检定日期清单： _____

按照 GB/T 13277.9 液态水含量的试验结果

试验 序号	试验日期 和时间	压缩空气参数			收集到的 液态水体 积 ml	液态水含量 g/m ³	
		温度 ℃	压力 MPa	取样 总体积 m ³		实际 工况	标准状 态
1							
2							
3							
...							
...							
...							
	平均值：						
报告人：				日期：			
批准：				日期：			
如果试验结果不在规定范围之内，标定为“未测量”。							