

**(石化)**

2021–XX–XX 实施

中华人民共和国工业和信息化部

石油和化工计量技术规范

JJF（石化）XXXX—2021



化学转化法低露点湿度发生器校准规范

Calibration Specification for Low Dew Point

Humidity Generator of Chemical Conversion Method

（报批稿）

2021–XX–XX 发布

**中华人民共和国工业和信息化部 发 布**



Calibration Specification for Low Dew Point Humidity Generator of Chemical Conversion Method

化学转化法低露点

湿度发生器校准规范

**JJF(石化)** XXXX—2021

归口单位：中国石油和化学工业联合会

主要起草单位：中昊光明化工研究设计院有限公司

参加起草单位：化学工业气体质量监督检验中心

大连光明化学工业气体质量监测中心有限公司

大连计量检验检测研究院有限公司

大连大特气体有限公司

本规范委托全国石油和化工行业计量技术委员会负责解释

**本规范主要起草人：**

**赵 敏 （中昊光明化工研究设计院公司）**

**宋庆明 （中昊光明化工研究设计院公司）**

**边鲁宁 （大连光明化学工业气体质量监测中心有限公司）**

**参加起草人：**

**常 侠 （化学工业气体质量监督检验中心）**

**单晓萍 （大连光明化学工业气体质量监测中心有限公司）**

**李 颖 （**大连计量检验检测研究院有限公司）

曲 庆 （大连大特气体有限公司）

目 录

[引言 （II](#_Toc55063621)）

[1 范围 （1](#_Toc55063622)）

[2 引用文件 （1](#_Toc55063623)）

[3 术语和定义 （1](#_Toc55063624)）

[4 概述 （2](#_Toc55063625)）

[4.1 方法原理 （2](#_Toc55063626)）

[4.2 设备构造及要求 （2](#_Toc55063627)）

[4.3 分类 （2](#_Toc55063628)）

[4.4 用途 （3](#_Toc55063629)）

[5 计量特性 （3](#_Toc55063630)）

[6 校准条件 （3](#_Toc55063633)）

[6.1 环境条件 （3](#_Toc55063634)）

[6.2 校准用设备 （3](#_Toc55063635)）

[7 校准项目和校准方法 （4](#_Toc55063639)）

[7.1校准项目 （4](#_Toc55063640)）

[7.2校准方法 （4](#_Toc55063640)）

[7.3记录 （4](#_Toc55063642)）

[7.4计算 （4](#_Toc55063643)）

[8 校准结果表达 （4](#_Toc55063645)）

[8.1校准记录 （4](#_Toc55063646)）

[8.2校准证书 （4](#_Toc55063647)）

[8.3不确定度 （4](#_Toc55063648)）

[9 复校时间间隔 （4](#_Toc55063650)）

[附录A 校准记录格式 （5](#_Toc55063651)）

[附录B 校准证书（内页）格式](#_Toc55063652) (6)

[附录C 标准水发生器不确定度评定](#_Toc55063654) (7)

[附录D 露点-体积分数换算](#_Toc55063662) (11)

引 言

本规范依据JJF 1001—2011《通用计量术语及定义》、JJF 1012-2007 《湿度与水分计量名词术语及定义》、JJF 1059.1—2012《测量不确定度评定与表示》和JJF 1071—2010《国家计量校准规范编写规则》等国家基础性系列规范进行编制。

本规范主要参考GB/T 11605-2005《湿度测量方法》、JJF 1076- 2001 《湿度传感器校准规范》、JJF 1272-2011《阻容法露点湿度计校准规范》、JJF（军工）38-2014《低霜点湿度发生器校准规范》、JJG 499-2004《精密露点仪》、GJB 8621-2015 《二级双温双压法标准湿度发生器校准规范》等国家和行业相关规范进行编制。

本规范为首次发布。

化学转化法低露点湿度发生器校准规范

1 范围

本校准规范规定了化学转化法低露点湿度发生器(标准水转化器)的计量特性、校准条件、校准项目、校准方法、校准结果的处理和复校时间间隔。

本校准规范适用于新制造、使用中和修理后的露点范围为-90℃～-40℃标准水转化器的校准。

2 引用文件

本规范引用了下列文件：

JJF 1012-2007 《湿度与水分计量名词术语及定义》

JJF 1071 《国家计量校准规范编写规则》

凡是注日期的引用文件，仅所注日期的版本适用于本规范。凡是不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本规范。

3 定义

3.1 水元素标准气体（Standard gas of water element）

一种与水有定量转化关系的标准混合气体，其中用于水含量计算的组分称为水元素。

释义示例1：氧中甲烷为水元素标准气体，甲烷（CH4）为水元素；

释义示例2：氢中氧为水元素标准气体，氧气（O2）为水元素；

3.2 化学转化法低露点湿度发生器 ( Low dew point humidity generator of chemical conversion)。

一种通过化学计量反应输出标准水的湿度发生器（JJF 1022-2007,2.46）。

3.3 标准水转化器的示值（In value of standard water converter）

对水元素标准气体按化学转化反应方程式计算出的水含量，以露点温度（JJF 1022-2007,2.17）表示。

3.4 标准水转化器的波动度(Flucuation of standard water converter）

在稳定工作状态下，30min内实测标准水转化器输出的最高与最低露点的差值。

4 概述

4.1 方法原理

在特定条件下，含有氢和氧元素成分的标准气可按化学反应式定量转化为水，并通过混合气中某一水元素的含量计算得到输出气体中的露点。常用的水元素标准气体有氧中甲烷、氧中氢或氢中氧等，对应的化学计量反应式为：

 （1）

 （2）

4.2 设备构造及要求

4.2.1 设备构造

标准水转化器主要由水元素成分标准气体、干燥管和水转化管组成。

标准水转化器的构造原理图如下：

水元素标准气体

水转化管

干燥管

水 标准水

4.2.2 要求

4.2.2.1 水元素标准气体

气体标准物质或具有相同准确度等级的气体标准混合气，不确定度不大于5%（ *k*=2）。

水元素标准气体中水元素干扰物质不得超过水元素制备值的1%。

4.2.2.2 干燥管

干燥管由腔体和干燥剂（JJF 1022-2007,3.7）组成。干燥剂对计量用水元素成分的影响应不大于0.5%。

经干燥后的气体露点应满足不同露点范围的标准水对零点气体的要求，具体见表1：

表1 不同露点范围的水标准对零点气体的要求

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 标准水露点,Td ℃ | ＞ -60 | -60～-80 | ＜-80 |
| 零点气体露点，℃ | ≤Td-30 | ≤Td-25 | ≤Td-20 |

注**：**Td为计算出的标准水转化器示值。

*推荐使用分子筛类干燥剂，以水含量低于-80℃以下的高纯气体再生，再生温度350℃～380℃。*

4.2.2.3 水转化管

水转化管由催化剂和加热腔体组成。水元素标准气体通过转化管后，计量用水元素的转化率应不低于99.5%；输出的水标准至稳态90%的时间不大于3min。典型的水转化管催化剂及加热腔工作条件见表2：

表2 典型的水转化管催化剂及加热腔工作温度条件

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 水元素标准气体 | 反应类型 | 催化剂 | 加热腔工作温度 |
| 氧中氢标准气体 | 2H2+O2 = 2H2O | 钯触媒 | 200℃～350℃ |
| 氧中甲烷标准气体 | CH4+2O2= CO2+2H2O | 钯鉑触媒 | 350℃～450℃ |
| 氢中氧标准气体 | O2+2H2 = 2H2O | 钯触媒 | 100℃～350℃ |

4.2.2.4 气路系统

标准水转化器的内外部气路系统所采用的管材应为不锈钢管、紫铜管或壁厚不小于1mm的聚四氟乙烯管、聚丙烯管。校准露点温度在-60℃以下时，应采用不锈钢管，校准露点温度在-20℃～+40℃时，可以使用氟橡胶管。禁止使用乳胶管、普通橡胶管和薄壁塑料管。

4.3 分类

标准水转化器分为氢型和氧型，分别适用于还原性气氛或氧化性气氛；两种类型均适用于惰性气氛。

4.4 用途

标准水转化器主要用于对低露点湿度计、湿度传感器、露点变送器等赋值及校准。

5 计量特性

标准水转化器的计量特性项目及技术要求见表3。

表3 标准水转化器的计量特性及技术要求

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 序号 | 项目 | 技术要求 |
| 1 | 示值误差 | ±0.6℃ |
| 2 | 波动度 | ≤0.1℃/30min |
| 注：以上指标不适用于合格性判别，仅供参考。 | | |

6 校准条件

6.1环境条件

环境温度：（0～40）℃，校准期间的环境温度波动不超过5℃。

湿度条件：相对湿度不大于85%。

其它：通风良好，无影响仪器正常工作的电磁场等干扰因素。

6.2 校准用设备

校准用设备为热电制冷自动检测露层的平衡式精密露点仪或光腔衰荡水分分析仪等标准精密水分仪。校准用设备的计量性能应符合JJG 499《精密露点仪》一级准确度及以下要求，具体见表4：

表4.校准水分仪的技术要求

|  |  |
| --- | --- |
| 校准露点温度范围，℃ | 校准水分仪最大允许误差，℃ |
| >-50 | 0.2 |
| -70～-50 | 0.3 |
| <-70注 | 0.5 |

注：该值为最大允许误差，具体数值由校准设备确定。

7 校准项目和校准方法

7.1 校准项目

标准水转化器的校准项目为示值误差和波动度。

7.2 校准方法

7.2.1连接及气密性

连接标准水转化器与标准精密水分仪的气路系统，可使用锥形垫密封或硅（氟）橡胶“O”型圈密封的活接头，如管道有焊接处，应清洗干净。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。连接方式如下：

标准精密水分仪

被校准的标准水转化器

7.2.2 校准操作

选择适宜的水元素标准气体，计算出标准水转化器示值。

将标准水转化器置于零点气输出状态，用水分仪确定该值符合表1要求。

开启标准水转化器及校准用水分仪，待设备稳定后自校准水分仪上读出测定值tdi。

7.3 记录

待标准精密水分仪显示稳定后（其波动值应小于其最大允许误差），每隔4-5min记录校准水分仪的测定值一次，累计记录7次。

7.4 计算

7.4.1 示值误差的计算

对校准水分仪记录的7次测量值算出平均值：

 （3）

标准水转化器的示值误差（）为标准水转化器示值与测量平均值之差， 即： （4）

该值应符合表3的要求。

7.4.2 波动度的计算

取30min内7次测定值tdi的最大和最小值，计算二者之差。该值应符合表3的要求。

8 校准结果表达

8.1 校准记录

校准记录应详尽记录测量数据和计算结果。

推荐的标准水转化器校准记录格式见附录A。

8.2 校准证书

经校准的标准水转化器应出具校准证书。校准证书包括的信息应符合JJF 1071的要求，推荐的校准结果格式见附录B。

8.3 不确定度

校准证书应给出校准项目的扩展不确定度，评定示例见附录C。

9 复校时间间隔

由于复校时间间隔主要取决于水转化催化剂的寿命，送校单位可根据实际使用情况自主决定复校时间间隔，但应不超过1年。对仪器的检测数据有怀疑或仪器更换了主要部件及修理后，应对仪器重新校准。

附录A

校准记录格式

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 设备名称 | |  | | | 型号规格 | |  | | | 出厂编号 | |  |
| 制 造 厂 | |  | | | 校准地点 | |  | | | | | |
| 委托单位 | |  | | | 校准依据 | |  | | | | | |
| 校准日期 | |  | | | 报告编号 | |  | | | | | |
| 校准员 | |  | | | 核验员 | |  | | | | | |
| 一、实验条件 | | | | | | | | | | | | |
| 温 度/℃ |  | | | | 大气压/kPa | |  | | | 相对湿度/% | |  |
| 水元素  标准气体名称 | 标准气体编号 | | 钢瓶号 | | 浓度 | | 生产日期 | | | 有效期限 | | 不确定度 |
|  |  | |  | |  | |  | | |  | |  |
|  | |  | |  | |  | | |  | |  |
|  | |  | |  | |  | | |  | |  |
|  | |  | |  | |  | | |  | |  |
| 校准设备名称 | | | 出厂编号 | | 最大允许误差 | | | | | 证书编号 | | 有效期限 |
|  | | |  | |  | | | | |  | |  |
|  | | |  | |  | | | | |  | |  |
| 二、示值误差 | | | | | | | | | | | | |
| 水元素  标准气  编号 | 示值露点/℃ | | 校准设备测量露点/℃ | | | | | | | | 平均值/℃ | 平均值的  标准偏差 |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | |  |  |
|  |  | |  |  |  |  |  |  |  | |  |  |
|  |  | |  |  |  |  |  |  |  | |  |  |
|  |  | |  |  |  |  |  |  |  | |  |  |
|  |  | |  |  |  |  |  |  |  | |  |  |

附录B  
校准证书（内页）格式

校准结果

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 序号 | 标准值**td**，℃ | 仪器示值  （水元素标准气对应露点），℃ | 示值误差，℃ | 波动度，℃ |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
| 结论 | 最大示值误差 符合 不符合  波动度 符合 不符合 | | | |

附 录 C

标准水发生器示值误差不确定度评定

C.1概述

C.1.1 校准方法：按照本校准规范对仪器进行校准。

C.1.2 环境条件：符合本校准规范规定的环境条件。

C.1.3 化学转化法低露点湿度发生器(标准水转化器)，其中所使用的水元素标准气应满足计量区间及准确度等级。

C.1.4.校准露点仪：露点测量范围范围为-100℃～-20℃。

C.2 标准水发生器不确定度测量模型

 （C.1）

式中：

：标准水转化器的示值误差，℃；

： 标准水转化器示值，℃。

： 测量平均值，℃；

C.3 不确定度的评定

C.3.1不确定度来源

影响不确定度主要因素由被校准标准水转化器（含水元素标准气）和校准露点仪引入。

a）被校准标准水转化器引入的不确定度，分量主要有：

1）水转化器的波动度

2）干燥管的干燥深度（零点气体本底水含量）

3）转化管的转化率

4）水元素标准气引入的不确定度

b）校准露点仪引入的不确定度分量主要有：

1）示值分辨力

2）测量重复性引入的不确定

3）修正值

C.3.2标准不确定度评估示例

C.3.2.1 标准水转化器引入的不确定度Ua

C.3.2.1.1 波动度产生的不确定度ua1

在校准过程中，因气流、温度等波动会导致标准水转化器水分输出的波动，本规范

要求：≤0.1℃，其标准不确定度估计为：

0.1℃

C.3.2.1.2 经干燥管后的零点气引入的不确定度ua2

干燥管对零点气体的脱水深度会导致标准水转化器的正误差，符合本规范要求的干燥管，其标准不确定度应为：

ua2≤0.1℃

表C1给出了符合要求的零点气与误差的换算示例。

表 C1 零点气引入的最大误差

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 露点温Td，℃ | 零点气体要求及露点，℃ | | 极限影响值（PPm） | 换算露点℃ | 最大误差℃ |
| -40 | Td-30 | -70 | 127.34+2.598 | -39.9 | +0.1 |
| -61 | Td-25 | -86 | 9.37+0.197 | -60.9 | +0.1 |
| -81 | Td-20 | -101 | 0.461+0.0114 | -80.9 | +0.1 |
| -90 | Td-20 | -110 | 0.096+0.0016 | -89.9 | +0.1 |

C.3.2.1.3 转化率的不确定度ua3

本规范要求，转化管对计量水元素的转化率不低于99.5%，其标准不确定度应为：

ua3≤0.05℃

表C2给出了符合转化率要求的转化管对误差影响的计算示例。

表 C2 转化率对误差影响的计算示例

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 100%转化率对应露点 | | 99.5%转化率对应露点 | | 最大误差，以露点计（℃） |
| 水分含量（ppm） | 露点Td，℃ | 水分含量(ppm) | 露点℃ |
| 127.34 | -40 | 126.70 | -40.05 | +0.05 |
| 39.05 | -50 | 38.85 | -50.05 | +0.05 |
| 10.73 | -60 | 10.70 | -60 | 0 |
| 0.544 | -80 | 0.541 | -80 | 0 |

C.3.2.1.4 水元素标准气体引入的不确定度ua4

依据本规范要求， 5%不确定度的水元素标准气体的转化为露点为：

ua4≤0.5℃

表C3给出不同准确度等级的水元素标准气体的不确定度与露点不确定的转换示例。

表 C3 水元素标准气体不确定度引入的露点误差

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 露点（℃） | 对应标准气体水元素含量 | 引入不确定度  误差后(ppm) | 对应露点温度（℃） | 误差  （℃） |
| -40 | 127.34 | 133.71 | -39.55 | +0.45 |
| 120.97 | -40.5 | -0.5 |
| -50 | 39.05 | 41.043 | -49.6 | +0.4 |
| 37.137 | -50.4 | -0.4 |
| -60 | 10.73 | 11.266 | -59.65 | +0.35 |
| 10.193 | -60.4 | -0.4 |
| -70 | 2.598 | 2.728 | -69.65 | +0.35 |
| 2.468 | -70.35 | -0.35 |
| -80 | 0.544 | 0.571 | -79.7 | +0.3 |
| 0.517 | -80.3 | -0.3 |
| -90 | 0.0963 | 0.101 | -89.75 | +0.25 |
| 0.0915 | -90.3 | -0.3 |



C.3.2.2 精密露点仪引入的不确定度Ub

C.3.2.2.1 标准精密露点仪示值分辨力

校准露点仪示值分辨力0.01℃，其不确定度区间半宽为0.05℃，均匀分布，*k*取，则：



C.3.2.2.2 标准精密露点仪代入的修正值时引入的不确定度分量

有检定证书提供，上一级湿度标准的扩展不确定度为0.5℃，正态分布，*k*取2，则：



C.3.2.2.3 标准精密露点仪代入修正值时，因不在整检定点

标准露点仪校准间隔点为10℃，校准时取相近的湿度值进行修正，精密标准露点仪的绝对误差小于0.15℃，均匀分布，*k*取，则：



C.3.2.2.4 测量重复性引入的不确定度分量ub4

通入氧中甲烷标准气63.67×10-6mol/mol，不确定度为2%，*k* =2。对标准水转化器进行7次测量，测量结果见表C4。

表C4 重复7次测量结果

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 第i次测量 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| 露点温度，℃ | -40.00 | -39.99 | -40.02 | -40.02 | -40.02 | -40.00 | -39.99 |

采用贝塞尔公式计算单次测量的实际标准偏差

 （C.2）

式中：

——第i次测量结果，℃；

——7次测量结果的平均值，℃；

n ——测量次数。

以7次量的平均值作为测量结果的不确定度

精密露点仪引入的不确定度：

C.3.3 标准水发生器合成标准不确定度

标准水转化器在露点温度-40℃时合成标准不确定度：



C.3.4 标准水发生器扩展不确定度U

取*k*=2，则扩展不确定度为：

（*k*=2）

附 录 D

露点-体积分数的换算

D.1 露点体积分数（V/V）的对应关系按式（D.1）计算：

 （D.1）

式中：

-体积比，单位为微升每升（μL/L）。

-在露点温度下的饱和蒸气压，单位为帕(Pa)；

p-大气压，单位为帕 (Pa)；

f-增强因子。

计算结果见表D.1

表D.1 露点（-30℃～-120℃）-体积分数换算表 单位：μL/L

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 露点 t/℃ | 0.0 | 0.1 | 0.2 | 0.3 | 0.4 | 0.5 | 0.6 | 0.7 | 0.8 | 0.9 |
| -30 | 376.88 | 373.36 | 369.49 | 365.66 | 361.87 | 358.11 | 354.38 | 350.69 | 347.04 | 343.42 |
| -31 | 339.49 | 336.29 | 332.78 | 329.30 | 325.85 | 322.44 | 319.06 | 315.71 | 312.40 | 309.11 |
| -32 | 305.54 | 302.64 | 299.45 | 296.30 | 293.17 | 290.07 | 287.01 | 283.97 | 280.96 | 277.99 |
| -33 | 274.75 | 272.12 | 269.23 | 266.37 | 263.53 | 260.73 | 257.95 | 255.20 | 252.47 | 249.78 |
| -34 | 246.84 | 244.46 | 241.84 | 239.25 | 236.68 | 234.14 | 231.63 | 229.13 | 226.67 | 224.23 |
| -35 | 221.57 | 219.41 | 217.04 | 214.70 | 212.38 | 210.08 | 207.80 | 205.55 | 203.32 | 201.11 |
| -36 | 198.70 | 196.76 | 194.61 | 192.49 | 190.39 | 188.31 | 186.26 | 184.22 | 182.20 | 180.21 |
| -37 | 178.04 | 176.28 | 174.34 | 172.42 | 170.53 | 168.65 | 166.79 | 164.95 | 163.13 | 161.33 |
| -38 | 159.37 | 157.78 | 156.03 | 154.30 | 152.59 | 150.90 | 149.22 | 147. 56 | 145.92 | 144.29 |
| -39 | 142.52 | 141.09 | 139.52 | 137.96 | 136.41 | 134.88 | 133.37 | 131.88 | 130.40 | 128.93 |
| -40 | 127.34 | 126.05 | 124.63 | 123.22 | 121.83 | 120.46 | 119.09 | 117.75 | 116.41 | 115.10 |
| -41 | 113.66 | 112.50 | 111.22 | 109.96 | 108.70 | 107.47 | 106.24 | 105.03 | 103.83 | 102.64 |
| -42 | 101.35 | 100.31 | 99.16 | 98.02 | 96.90 | 95.78 | 94.68 | 93.59 | 92.51 | 91.45 |
| -43 | 90.29 | 89.35 | 88.32 | 87.30 | 86.28 | 85.29 | 84.30 | 83.32 | 82.35 | 81.39 |
| -44 | 80.35 | 79.51 | 78.58 | 77.66 | 76.76 | 75.86 | 74.97 | 74.10 | 73.23 | 72.37 |
| -45 | 71.44 | 70.68 | 69.85 | 69.03 | 68.21 | 67.41 | 66.61 | 65.83 | 65.05 | 64.28 |
| -46 | 63. 44 | 62.77 | 62.02 | 61.28 | 60.56 | 59.84 | 59.12 | 58.42 | 57.72 | 57.03 |
| -47 | 56.29 | 55.68 | 55.01 | 54.35 | 53.70 | 53.06 | 52.42 | 51.79 | 51.17 | 50.55 |
| -48 | 49.88 | 49.34 | 48.75 | 48.16 | 47.57 | 47.00 | 46.43 | 45.87 | 45.31 | 44.76 |
| -49 | 44.16 | 43. 68 | 43.15 | 42.62 | 42.10 | 41.59 | 41.08 | 40.58 | 40.08 | 39.59 |
| -50 | 39.05 | 38.62 | 38.15 | 37.68 | 37.22 | 36.76 | 36.30 | 35.86 | 35.41 | 34.97 |
| -51 | 34.50 | 34.11 | 33. 69 | 33.27 | 32.86 | 32.45 | 32.05 | 31.65 | 31.26 | 30.87 |
| -52 | 30.44 | 30.10 | 29.72 | 29.35 | 28.98 | 28.62 | 28.26 | 27.91 | 27.55 | 27.21 |
| -53 | 26.83 | 26.53 | 26.19 | 25.86 | 25.53 | 25.21 | 24.89 | 24.58 | 24.26 | 23.96 |
| -54 | 23.62 | 23.35 | 23.05 | 22.76 | 22.47 | 22.18 | 21.90 | 21.62 | 21.34 | 21.07 |
| -55 | 20.77 | 20.53 | 20.27 | 20.01 | 19.75 | 19.50 | 19.24 | 19.00 | 18.75 | 18.51 |
| -56 | 18.24 | 18.03 | 17.80 | 17.57 | 17.34 | 17.11 | 16.89 | 16.67 | 16.45 | 16.24 |
| -57 | 16.01 | 15.82 | 15.61 | 15.41 | 15.20 | 15.00 | 14.81 | 14.61 | 14.42 | 14.23 |
| -58 | 14.02 | 13.86 | 13.67 | 13.49 | 13.32 | 13.14 | 12.96 | 12.79 | 12.62 | 12.46 |
| -59 | 12.27 | 12.13 | 11.96 | 11.80 | 11.65 | 11.49 | 11.34 | 11.19 | 11.04 | 10.89 |
| -60 | 10.73 | 10.60 | 10.46 | 10.31 | 10.18 | 10.04 | 9.903 | 9.769 | 9.637 | 9.506 |
| -61 | 9.365 | 9.250 | 9.125 | 9.001 | 8.878 | 8.758 | 8.638 | 8.520 | 8.404 | 8.289 |
| -62 | 8.165 | 8.064 | 7.954 | 7.844 | 7.737 | 7.630 | 7.526 | 7.422 | 7.320 | 7.219 |
| -63 | 7.109 | 7.021 | 6. 924 | 6.828 | 6.733 | 6.640 | 6.548 | 6.457 | 6.367 | 6.278 |
| -64 | 6.182 | 6.104 | 6.019 | 5.935 | 5.852 | 5.770 | 5.689 | 5.609 | 5.531 | 5.453 |
| -65 | 5.369 | 5.301 | 5.226 | 5.152 | 5.079 | 5.008 | 4.937 | 4.867 | 4.798 | 4.730 |
| -66 | 4.656 | 4.596 | 4.531 | 4.466 | 4.403 | 4.340 | 4.278 | 4.217 | 4.156 | 4.097 |
| -67 | 4.032 | 3.980 | 3.923 | 3.867 | 3.811 | 3.756 | 3.702 | 3.649 | 3.596 | 3.544 |
| -68 | 3.487 | 3.442 | 3.392 | 3.343 | 3.294 | 3.246 | 3.199 | 3.152 | 3.106 | 3.061 |
| -69 | 3.012 | 2.972 | 2.929 | 2.886 | 2.843 | 2.802 | 2.761 | 2.720 | 2.680 | 2.640 |
| -70 | 2.598 | 2.563 | 2.525 | 2.488 | 2.451 | 2.415 | 2.379 | 2.343 | 2.309 | 2.274 |
| -71 | 2.237 | 2.207 | 2.174 | 2.141 | 2.109 | 2.078 | 2.047 | 2.016 | 1.986 | 1.956 |
| -72 | 1.924 | 1.897 | 1.869 | 1.841 | 1.813 | 1.785 | 1.758 | 1.732 | 1.706 | 1. 680 |
| -73 | 1.652 | 1.629 | 1.604 | 1.580 | 1.556 | 1.532 | 1.508 | 1.485 | 1.463 | 1.440 |
| -74 | 1.416 | 1.396 | 1.375 | 1.354 | 1.333 | 1.312 | 1.292 | 1.272 | 1.252 | 1.233 |
| -75 | 1.212 | 1.195 | 1.177 | 1.158 | 1.140 | 1.123 | 1.105 | 1. 088 | 1.071 | 1.054 |
| -76 | 1.036 | 1.021 | 1.005 | 0.990 | 0.974 | 0.959 | 0.944 | 0.929 | 0.914 | 0.900 |
| -77 | 0.884 | 0.871 | 0.858 | 0.844 | 0.831 | 0.817 | 0.804 | 0.792 | 0.779 | 0.767 |
| -78 | 0.753 | 0.742 | 0.730 | 0.719 | 0.707 | 0.696 | 0.685 | 0.674 | 0.663 | 0.652 |
| -79 | 0.641 | 0.631 | 0.621 | 0, 611 | 0.601 | 0.591 | 0.582 | 0.572 | 0.563 | 0.554 |
| 单位：10-3μL/L | | | | | | | | | | |
| -80 | 543.8 | 535. 97 | 527.22 | 518.60 | 510.12 | 501.77 | 493.55 | 485.45 | 477.48 | 469 63 |
| -81 | 461.14 | 454. 29 | 446.80 | 439.43 | 432.17 | 425.02 | 417.98 | 411.05 | 404.23 | 397.52 |
| -82 | 390.26 | 384.41 | 378.00 | 371.70 | 365.50 | 359.39 | 353.38 | 347. 46 | 341.64 | 335.90 |
| -83 | 329.71 | 324.71 | 319.25 | 313.87 | 308.57 | 303.36 | 298.24 | 293. 19 | 288.23 | 283.34 |
| -84 | 278.06 | 273.80 | 269.15 | 264.57 | 260.06 | 255.62 | 251.26 | 246.96 | 242.74 | 238.58 |
| -85 | 234.09 | 230.46 | 226.50 | 22.61 | 218.78 | 215.01 | 211.30 | 207.65 | 204.06 | 200.52 |
| -86 | 196.71 | 193.63 | 190.27 | 186.96 | 183.71 | 180.51 | 177.37 | 174.27 | 171.23 | 168.23 |
| -87 | 165.00 | 162.39 | 159.54 | 156.74 | 153.98 | 151.27 | 148.61 | 145. 99 | 143.41 | 140.88 |
| -88 | 138.14 | 135.93 | 133.52 | 131.15 | 128.82 | 126.53 | 124.28 | 122.06 | 119.89 | 117.74 |
| -89 | 115.43 | 113.57 | 111.54 | 109.53 | 107.57 | 105.63 | 103.73 | 101.87 | 100.03 | 98.22 |
| -90 | 96.27 | 94.70 | 92.99 | 91.30 | 89.65 | 88.02 | 86.42 | 84.84 | 83.30 | 81.78 |
| -91 | 80.14 | 78.82 | 77.37 | 75.96 | 74.56 | 73.19 | 71.85 | 70.53 | 69.23 | 67.95 |
| -92 | 65.57 | 65.46 | 64.25 | 63.06 | 61.89 | 60.74 | 59.62 | 58.51 | 57.42 | 56.35 |
| -93 | 55.19 | 54.26 | 53.25 | 52.25 | 51.27 | 50. 31 | 49.37 | 48.44 | 47.53 | 46.63 |
| -94 | 45.66 | 44.89 | 44.04 | 43.21 | 42.39 | 41. 58 | 40.79 | 40.02 | 39.26 | 38.51 |
| -95 | 37.70 | 37.05 | 36.35 | 35.65 | 34.97 | 34.30 | 33.64 | 32.99 | 32.36 | 31.73 |
| -96 | 31.06 | 30. 52 | 29.93 | 29.35 | 28.78 | 28.23 | 27.68 | 27.14 | 26.61 | 26.10 |
| -97 | 25. 54 | 25.09 | 24.60 | 24.12 | 23.64 | 23.18 | 22.73 | 22.28 | 21.84 | 21.41 |
| -98 | 20.95 | 20.58 | 20.17 | 19.77 | 19.38 | 18.99 | 18.62 | 18.25 | 17.89 | 17.53 |
| -99 | 17.15 | 16.84 | 16.50 | 16.17 | 15.85 | 15.53 | 15.22 | 14.91 | 14.61 | 14.32 |
| -100 | 14.00 | 13.75 | 13.47 | 13.20 | 12.93 | 12.67 | 12.41 | 12.16 | 11.91 | 11.67 |
| -101 | 11.41 | 11.20 | 10.97 | 10.75 | 10.53 | 10.31 | 10.10 | 9.89 | 9.69 | 9.49 |
| -102 | 9.274 | 9.101 | 8.913 | 8.729 | 8, 548 | 8.371 | 8.197 | 8.027 | 7.860 | 7.696 |
| -103 | 7.520 | 7.379 | 7.225 | 7.073 | 6.925 | 6.780 | 6.638 | 6.498 | 6.362 | 6.228 |
| -104 | 6.084 | 5.968 | 5.842 | 5.718 | 5.597 | 5.478 | 5.362 | 5.248 | 5.137 | 5.027 |
| -105 | 4.910 | 4.815 | 4.712 | 4.611 | 4.512 | 4.416 | 4.321 | 4.228 | 4.137 | 4.048 |
| -106 | 3.952 | 3.875 | 3.791 | 3.709 | 3.629 | 3.550 | 3.473 | 3.398 | 3.324 | 3.251 |
| -107 | 3.173 | 3.111 | 3.043 | 2.976 | 2.911 | 2.847 | 2.784 | 2.723 | 2.663 | 2.605 |
| -108 | 2.541 | 2.491 | 2.436 | 2.382 | 2.329 | 2.277 | 2.227 | 2.177 | 2.128 | 2.081 |
| -109 | 2.030 | 1.989 | 1.945 | 1.901 | 1.858 | 1.817 | 1.776 | 1.736 | 1.697 | 1.658 |
| -110 | 1.617 | 1.584 | 1.548 | 1.513 | 1.479 | 1.445 | 1.412 | 1.380 | 1.349 | 1.318 |
| -111 | 1.285 | 1.258 | 1.229 | 1.201 | 1.174 | 1.147 | 1.120 | 1.094 | 1.069 | 1.044 |
| -112 | 1.018 | 0.997 | 0.974 | 0.951 | 0.929 | 0.907 | 0.886 | 0.865 | 0.845 | 0.825 |
| -113 | 0.804 | 0.787 | 0.769 | 0.751 | 0.733 | 0.716 | 0.699 | 0.682 | 0.666 | 0.651 |
| -114 | 0.634 | 0.620 | 0.605 | 0.591 | 0.577 | 0.563 | 0.550 | 0. 537 | 0.524 | 0.511 |
| -115 | 0.498 | 0.487 | 0.475 | 0.464 | 0.453 | 0.442 | 0. 431 | 0.421 | 0.410 | 0.401 |
| -116 | 0.390 | 0.381 | 0.372 | 0.363 | 0.354 | 0.345 | 0.337 | 0.329 | 0.321 | 0.313 |
| -117 | 0.304 | 0, 298 | 0.290 | 0.283 | 0.276 | 0.269 | 0.263 | 0.256 | 0.250 | 0.244 |
| -118 | 0.237 | 0.232 | 0.226 | 0.220 | 0.215 | 0.209 | 0.204 | 0.199 | 0.194 | 0.189 |
| -119 | 0.184 | 0.180 | 0.175 | 0.171 | 0.166 | 0.162 | 0.158 | 0.154 | 0. 150 | 0.146 |
| -120 | 0.142 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |