



# 流量容量 计量标准技术报告

Technical Report about Flow  
and Capacity Measurement Standard

● 纪建英



中国计量出版社  
CHINA METROLOGY PUBLISHING HOUSE

# 流量容量计量标准技术报告

Technical Report about Flow and Capacity Measurement Standard

纪建英

中国计量出版社

## 图书在版编目 (CIP) 数据

流量容量计量标准技术报告/纪建英. —北京:中国计量出版社, 2009. 1

ISBN 978 - 7 - 5026 - 2932 - 8

I. 流… II. 纪… III. ①流量计量—标准—技术报告—中国②容量—计量—标准—技术报告—中国 IV. TB93

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2008) 第 180435 号

## 内 容 提 要

本书概括了流量专业的水流量、气流量、油流量和容量专业的大容量、中容量、小容量等各计量标准的技术要求, 计量标准的量值溯源和传递框图, 测量不确定度评定以及计量标准的测量不确定度验证等的实现方法及示例。

本书读者对象主要是全国各省、市、县级法定计量部门的流量、容量计量从业人员, 以及与流量、容量计量相关的生产和使用计量器具的全国各地的企事业单位的专业技术人员。

中国计量出版社出版

北京和平里西街甲 2 号

邮政编码 100013

电话 (010) 64275360

[http: //www. zgjl. com. cn](http://www.zgjl.com.cn)

北京市密东印刷有限公司印刷

新华书店北京发行所发行

版权所有 不得翻印

\*

787 mm × 1092 mm 16 开本 印张 10.75 字数 229 千字

2009 年 1 月第 1 版 2009 年 1 月第 1 次印刷

\*

印数 1—2 000 定价: 36.00 元

## 编委会名单

主 编：纪建英

顾 问：李 旭 刘子勇

编 委：谭少华 林振强 张务铎 朱 江 蔡凤仪 姚依国  
高进胜 王东伟 张 琬 崔骊水 陈 杰 宋述古  
毕 英

# 序

流量、容量计量是科学计量的重要组成部分。它们在工农业各个领域得到了广泛的应用，并推动和支持了国民经济的发展，在贸易结算、能源计量、过程控制、环境保护等方面也发挥了重要的作用。随着对节能减排及水资源节约重视程度的加强，全社会对流量、容量计量的要求越来越高，对计量器具检定校准的准确性和可靠性要求也越来越高。

工作计量器具的量值是由相应的计量标准传递而来，可以说计量器具只有在标准装置上被检定或校准后才能使用。因此，计量标准是计量器具保证量值准确可靠的重要环节，并在计量技术机构、计量器具的生产和使用企业中大量建立和使用。

建立一项计量标准需要完成建标报告，并在建标报告中描述：该计量标准的工作原理，所配备的具有相应准确度水平的主标准器和配套设备，清晰的量值传递路径和方法，完整的测量重复性和稳定性考核实验数据；并完成不确定度分析及验证等工作。由于这部分工作的技术含量较高，待建标的机构或企业非常需要得到相关的技术支持。

本书作者长期从事流量、容量计量及标准考核等相关技术工作。他们以自己工作中积累的各种流量、容量标准建立的实践经验为基础，提供了各类建标报告的范本，简单、实用，符合 JJF 1033—2008《计量标准考核规范》的要求，希望对建标机构和企业有所助益。我们也希望通过本书的出版，引起同行的兴趣和关心，共同推进和完善相关技术细节，为我国的流量、容量计量工作做出贡献！

王 池

2008 年 10 月 30 日

# 目 录

|                          |         |
|--------------------------|---------|
| 第一章 如何撰写《计量标准技术报告》 ..... | ( 1 )   |
| 第一节 《计量标准技术报告》的要求 .....  | ( 1 )   |
| 第二节 《计量标准技术报告》的内容 .....  | ( 2 )   |
| 第二章 流量部分 .....           | ( 13 )  |
| 第一节 水表检定装置 .....         | ( 13 )  |
| 第二节 在线液体流量标准装置 .....     | ( 20 )  |
| 第三节 热能表检定装置 .....        | ( 27 )  |
| 第四节 燃气表检定装置 .....        | ( 45 )  |
| 第五节 钟罩式气体流量标准装置 .....    | ( 51 )  |
| 第六节 LPG 加气机检定装置 .....    | ( 59 )  |
| 第七节 CNG 加气机检定装置 .....    | ( 65 )  |
| 第八节 蒸汽流量标准装置 .....       | ( 70 )  |
| 第九节 音速喷嘴式气体流量标准装置 .....  | ( 77 )  |
| 第十节 油流量标准装置 .....        | ( 87 )  |
| 第十一节 流量积算仪标准装置 .....     | ( 94 )  |
| 第三章 容量部分 .....           | ( 101 ) |
| 第一节 立式金属罐标准装置 .....      | ( 101 ) |
| 第二节 卧式金属罐检定装置 .....      | ( 110 ) |
| 第三节 球形金属罐检定装置 .....      | ( 117 ) |
| 第四节 一等金属量器标准装置 .....     | ( 125 ) |
| 第五节 二等金属量器标准装置 .....     | ( 131 ) |
| 第六节 燃油加油机检定装置 .....      | ( 139 ) |
| 第七节 一等玻璃量器标准装置 .....     | ( 145 ) |
| 第八节 常用玻璃量器检定装置 .....     | ( 152 ) |
| 第九节 液态物料定量灌装机检定装置 .....  | ( 159 ) |
| 参考文献 .....               | ( 163 ) |

# 第一章 如何撰写《计量标准技术报告》

## 第一节 《计量标准技术报告》的要求

### 一、《计量标准技术报告》总体要求

1. 《计量标准技术报告》全面反映了计量标准的技术状况。技术报告编写得怎样，一定程度上反映了申请考核单位在该项目上的人员水平。《计量标准技术报告》共涉及 12 个项目，其中计量标准的量值溯源和传递框图、计量标准的测量重复性考核、计量标准的稳定性考核、检定或校准结果的测量不确定度评定、计量标准的测量不确定度验证等是重点项目。

2. 申请新建计量标准或计量标准的复查考核，均应按照 JJF 1033—2008《计量标准考核规范》的要求提供《计量标准技术报告》，报告内容应当完整、正确。建立计量标准后，如果计量标准器及主要配套设备、环境条件及设施等发生重大变化而引起计量标准主要计量特性发生变化时，应当重新修订。

3. 《计量标准技术报告》一般由计量标准负责人填写。

### 二、《计量标准技术报告》具体要求

1. 建立计量标准的目的、计量标准的工作原理及其组成表述清晰。

2. 计量标准器及主要配套设备的名称、型号、测量范围、不确定度或准确度等级或最大允许误差、制造厂及出厂编号、检定或校准机构及检定周期或复校间隔等栏目填写完整、准确。

3. 计量标准的测量范围、不确定度或准确度等级或最大允许误差等主要技术指标及环境条件填写准确。

4. 计量标准溯源到上一级和传递到下一级计量器具的量值溯源和传递框图正确。

5. 检定或校准结果的测量不确定度评定合理。

6. 检定或校准结果的验证方法正确，验证结果符合要求。

7. 其他项目符合要求。

## 第二节 《计量标准技术报告》的内容

### 一、建立计量标准的目的

简要叙述建立计量标准的意义，简要分析建立计量标准的社会经济效益，以及建立计量标准的传递对象及范围。

### 二、计量标准的工作原理及其组成

用文字、框图或图表简要叙述该计量标准的基本组成，以及开展量值传递时采用的检定或校准方法。计量标准的工作原理及其组成应符合所建计量标准的国家计量检定系统表和国家计量检定规程或技术规范的规定。

### 三、计量标准器及主要配套设备

计量标准器是指计量标准在量值传递中对量值有主要贡献的那些计量设备。主要配套设备是指除计量标准器以外，对测量结果的不确定度有明显影响的其他设备。

计量标准器及配套设备的配置应当科学合理，完整齐全，并能满足开展检定或校准工作的需要。

计量标准器及主要配套设备的计量特性符合相应计量检定规程或技术规范的规定。

本栏目中各子栏目的填法如下：

1. “名称”和“型号”两栏分别填写各计量标准器及主要配套设备的名称和型号。
2. “测量范围”栏填写相应计量标准器及主要配套设备的测量范围或量值。

计量标准的测量范围用该计量标准所复现的量值或量值范围来表示；对于可以测量多种参数的计量标准，应当分别给出每种参数的量值或量值范围。

给出的量值或量值范围应当满足所开展检定或校准工作的需要。

填写该计量标准装置的测量范围，根据计量标准装置具体情况的不同，它可以与计量标准器所提供的标准量值的范围相同，也可能与计量标准器所提供的标准量值范围不同。本栏应该根据计量标准装置的具体情况填写。对无法填写测量范围的计量标准装置，可以填写该计量标准所复现的标准量值或量值范围。

对于可以测量多种参数的计量标准，应该分别给出每一个参数的测量范围或量值。

3. “不确定度或准确度等级或最大允许误差”栏填写相应计量标准器及主要配套设备的不确定度或准确度等级或最大允许误差。

#### 3.1 填写方法

应当根据计量标准的具体情况，按本专业规定或约定俗成，用不确定度或准确度等级

或最大允许误差进行表述。对于可以测量多种参数的计量标准，应当分别给出每种参数的不确定度或准确度等级或最大允许误差。

计量标准的不确定度或准确度等级或最大允许误差应当满足开展检定或校准的需要。

对于不同的计量标准，可以填写不确定度，或准确度等级，或最大允许误差。具体采用何种参数表示应根据具体情况确定，或遵从本行业的规定或约定俗成。填写时必须用符号明确注明所给参数的含义。

最大允许误差用符号“MPE”表示，其数值一般应带“ $\pm$ ”号。例如：可以写为“MPE:  $\pm 0.05\text{ mm}$ ”，“MPE:  $\pm 0.01\text{ mg}$ ”。

准确度等级一般以该计量标准所符合的等别或级别表示，可以按各专业的规定填写。例如：可以写为“2等”，“0.5级”。

本栏中的不确定度，是指用该计量标准检定或校准被测对象时，该计量标准在测量结果中所引入的不确定度分量。其中不应包括由被测对象、测量方法以及环境条件等对测量结果的影响，例如：由环境效应导致的被测对象的不稳定，或由于被测对象和计量标准之间的失配而对测量结果的影响。

当填写不确定度时，可以根据该领域的习惯和方便的原则，用标准不确定度或扩展不确定度来表示。标准不确定度用符号“ $u$ ”表示；扩展不确定度有两种表示方式，分别用“ $U$ ”和“ $U_p$ ”表示，与之对应的包含因子分别用“ $k$ ”和“ $k_p$ ”表示。当用扩展不确定度表示时，应同时注明所取包含因子的数值。不确定度数值前不带“ $\pm$ ”号，也不得用小于符号表示。

当包含因子的数值是根据被测量 $y$ 的分布，并由规定的置信水准 $p$ 计算得到时，扩展不确定度用符号 $U_p$ 表示，与之对应的包含因子用 $k_p$ 表示。具体地说，当规定的置信水准 $p$ 为0.95或0.99时，分别用符号 $U_{95}$ 或 $U_{99}$ 以及 $k_{95}$ 或 $k_{99}$ 表示。当包含因子的数值是直接取定（在绝大多数情况下取2），而不是根据被测量 $y$ 的分布计算得到时，扩展不确定度用符号“ $U$ ”表示，与之对应的包含因子用“ $k$ ”表示。

### 3.2 本栏目应根据计量标准的具体情况填写不同的参数

#### 3.2.1 若计量标准简单地由单台仪表或量具组成

3.2.1.1 若在检定或校准中直接采用该仪表或量具的示值或标称值，即不加修正值使用，则填写该仪表或量具的最大允许误差；

3.2.1.2 若在检定或校准中，该仪表或量具需要加修正值使用，即采用其实际值，则填写该修正值的不确定度；

3.2.1.3 若该仪表或量具有准确度等别和（或）级别的规定，则也可以填写该仪表或量具的等别和（或）级别。使用等别，相当于用不确定度表示；使用级别，相当于用最大允许误差表示。

3.2.2 若计量标准是由多台仪表或测量设备组成的一套系统，则在原则上可以将计量标准分成计量标准器和比较器两部分。

3.2.2.1 若可以分辨这两部分各自对测量结果的影响，则按上面的原则分别填写这两部分的有关参数（不确定度，或准确度等级，或最大允许误差）。当比较器是由多种设备构成时，则填写这些设备的合成不确定度。

3.2.2.2 若无法分辨这两部分各自对测量结果的影响，则直接填写上述两部分的合成不确定度。

### 3.3 小结

无论采用何种方法来表示，均应明确用符号表明所提供数据的含义。对于可以测量多种参数的计量标准，应分别给出每种参数的测量不确定度或准确度等级或最大允许误差。

对于不同测量点或不同测量范围，计量标准具有不同的测量不确定度时，则应该分段给出其不确定度，以每一分段中的最大不确定度表示。如有可能，最好能给出测量不确定度随测量点变化的公式。

若对于不同的分度值，计量标准的不确定度不同时，应分别给出对应于每一分度值的不确定度。

4. “制造厂及出厂编号”栏填写各计量标准器及主要配套设备的制造厂及出厂编号。

5. “检定周期或复校间隔”栏填写各计量标准器及主要配套设备的检定周期或复校间隔，例如：1年，半年。

6. “末次检定或校准日期”栏填写各计量标准器及主要配套设备最近一次的检定或校准日期。

7. “检定或校准机构及证书号”栏填写各计量标准器及主要配套设备溯源单位的名称及检定或校准证书编号。

## 四、计量标准的主要技术指标

### 1. 计量标准的主要技术指标

明确给出整套计量标准的量值或量值范围、分辨力或最小分度值、不确定度或准确度等级或最大允许误差，以及其他必要的技术指标。

对于可以测量多种参数的计量标准，必须给出对应于每种参数的主要技术指标。

若对于不同测量点，计量标准的不确定度（或最大允许误差）不同时，建议用公式表示不确定度（或最大允许误差）与测量点的关系。如无法给出其公式，则分段给出其不确定度（或最大允许误差）。对于每一个分段，以该段中最大的不确定度（或最大允许误差）表示。

若对于不同的分度值具有不同的测量不确定度时，也应当分别给出。

### 2. 计量标准的其他计量特性

计量标准的其他计量特性包括灵敏度、鉴别力、分辨力、漂移、滞后、响应特性、动态特性等。

不同的计量标准所要求的计量特性可能不同。

计量标准的其他计量特性应满足相应计量检定规程或技术规范的要求。

## 五、环境条件

### 1. 环境条件及设施

环境条件及设施是保证检定或校准工作正常开展，以及检定或校准结果有效性和准确性的基础。

环境条件包括大气环境条件、机械环境条件、电磁兼容、供电和照明等。对环境条件的要求由所开展检定或校准的技术文件，例如计量检定规程或技术规范等给出。

设施包括空调系统、消声室、暗室、屏蔽室、隔离电源、防振动、防辐射等设施，设施的配置应满足开展检定或校准所依据的技术文件的要求。

监控设备及监测记录。

应当对检定或校准工作场所内互不相容的区域进行有效隔离，防止相互影响。

### 2. 应填写的环境条件项目可以分为三类

2.1 在计量检定规程或技术规范中提出具体要求，并且对检定或校准结果及其测量不确定度有显著影响的环境项目。

“要求”栏填写计量检定规程或技术规范对该环境项目规定必须达到的具体要求。“实际情况”栏填写实际使用该计量标准时环境条件所能达到的实际情况。“结论”栏是指是否符合计量检定规程或技术规范对该项目所提的要求。视情况分别填写“合格”或“不合格”。

2.2 在计量检定规程或技术规范中未提具体要求，但对检定或校准结果及其测量不确定度有显著影响的环境项目。

“要求”栏按《计量标准技术报告》的“检定或校准结果的不确定度评定”栏目中对该项目的要求填写。“实际情况”栏填写实际使用该计量标准时环境条件所能达到的实际情况。“结论”栏是指是否符合《计量标准技术报告》的“检定或校准结果的测量不确定度评定”栏中对该项目所提的要求。视情况分别填写“合格”或“不合格”。

2.3 在计量检定规程或技术规范中提出具体要求，但对检定或校准结果及其测量不确定度的影响不大的环境项目。

“要求”和“结论”栏可以不填，“实际情况”栏填写实际使用该计量标准时环境条件所能达到的实际情况。

## 六、计量标准的量值溯源和传递框图

根据与所建计量标准相应的国家计量检定系统表，画出该计量标准的量值溯源和传递框图。要求画出该计量标准溯源到上一级计量标准和传递到下一级计量器具的量值溯源和传递框图。

根据与所建计量标准相应的国家计量检定系统表，画出该计量标准溯源到上一级计量器具和传递到下一级计量器具的量值溯源和传递框图。

## 七、计量标准的重复性试验

### 1. 计量标准的重复性

计量标准的重复性是指在重复性条件下用该计量标准测量一常规的被检定或被校准对象时, 所得到的测量结果的一致性。重复性条件包括测量程序、人员、仪器、环境等。为保证在尽可能相同的条件下进行测量, 必须在尽可能短的时间内完成重复性测量。计量标准的重复性通常用单次测量结果  $y_i$  的实验标准差  $s(y_i)$  来表示。

本栏应该列出重复性试验的全部数据, 建议用表格的形式反映重复性试验数据处理过程, 并判断其重复性是否符合要求。

新建计量标准应当进行重复性试验, 并提供试验的数据; 已建计量标准, 应当至少每年进行一次重复性试验。测得的重复性应满足检定或校准工作的要求。

### 2. 重复性的试验方法

在重复性条件下, 用计量标准对常规的被检定或被校准对象进行  $n$  次独立重复测量, 若得到的测量结果为  $y_i (i=1, 2, \dots, n)$ , 则其重复性  $s(y_i)$  为:

$$s(y_i) = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}{n-1}}$$

式中:  $n$  为重复测量次数,  $n$  应尽可能大, 一般应不少于 10 次。

如果重复性引入的不确定度分量在检定或校准结果的测量不确定度中不是主要分量, 允许适当减少重复测量的次数, 但至少应满足  $n \geq 6$ 。

### 3. 被测对象对重复性测量的影响

由于被测对象也会对测量结果的分散性有影响, 特别是当被测对象是非实物量具的测量仪器时。因此, 由重复性计算公式得到的分散性通常比计量标准本身所引入的分散性稍大。在测量结果的不确定度评定中, 当测量结果由单次测量得到时, 它直接就是由重复性引入的不确定度分量。当测量结果由  $N$  次重复测量的平均值得到时, 由重复性引入的不确定度分量为:

$$\frac{s(y_i)}{\sqrt{N}}$$

### 4. 分辨力对重复性测量的影响

被测仪器的分辨力也会对重复性测量有影响。在不确定度评定中, 当重复性引入的不确定度分量大于被测仪器的分辨力所引入的不确定度分量时, 可以不考虑分辨力所引入的不确定度分量。当重复性引入的不确定度分量小于被测仪器的分辨力所引入的不确定度分量时, 应该用分辨力引入的不确定度分量代替重复性分量。若被测仪器的分辨力为  $dx$ , 则分辨力引入的不确定度分量为  $0.289dx$ 。

### 5. 合并样本标准差

对于常规的计量检定或校准, 当无法满足  $n \geq 10$  时, 为使得到的实验标准差更可靠, 如果有可能, 建议采用合并样本标准差  $s_p$ , 其计算公式为:

$$s_p = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^m \sum_{k=1}^n (y_{kj} - \bar{y}_j)^2}{m(n-1)}}$$

式中： $m$ ——测量的组数；

$n$ ——每组包含的测量次数；

$y_{kj}$ ——第 $j$ 组中第 $k$ 次的测量结果；

$\bar{y}_j$ ——第 $j$ 组测量结果的平均值。

按本规范所规定的方法测量计量标准的重复性，所得结果应不大于测量不确定度评定中所采用的重复性数据。

## 八、计量标准的稳定性考核

### 1. 计量标准的稳定性

计量标准的稳定性是指用该计量标准在规定的时间内测量稳定的被测对象时所得到的测量结果的一致性。也就是说，计量标准的稳定性除与计量标准中计量标准器的稳定性有关外，与包括主要配套设备在内的测量系统的稳定性也有关。

在计量标准稳定性的测量过程中还不可避免地会引入被测对象对稳定性测量的影响，为使这一影响尽可能地小，必须选择一稳定的测量对象来作为稳定性测量的核查标准。

新建计量标准一般应经过稳定性考核，证明其所复现的量值稳定可靠后方能申请建立计量标准。已建计量标准应有历年的稳定性考核记录，以证明其计量特性的持续稳定。

本栏应该列出计量标准稳定性考核的全部数据，建议用表格的形式反映稳定性考核的数据处理过程，并判断其稳定性是否符合要求。

新建计量标准一般应当经过半年以上的稳定性考核；已建计量标准应当保存历年的稳定性考核记录。若计量标准在使用中采用标称值或示值，则稳定性应当小于计量标准的最大允许误差的绝对值；若计量标准需要加修正值使用，则稳定性应当小于修正值的扩展不确定度（ $U$ ， $k=2$  或  $U_{95}$ ）。

### 2. 稳定性测量的对象——核查标准

计量标准通常由计量标准器和配套设备所组成。因此，一般说来计量标准的稳定性应包括计量标准器的稳定性和配套设备的稳定性。同时，在稳定性的测量过程中还不可避免地会引入被测对象对稳定性测量的影响，为使这一影响尽可能地小，必须选择一稳定的测量对象来作为稳定性测量的核查标准。

### 3. 稳定性的考核方法

对于新建计量标准，每隔一段时间（大于1个月），用该计量标准对核查标准进行一组 $n$ 次的重复测量，取其算术平均值作为该组的测量结果。共观测 $m$ 组（ $m \geq 4$ ）。取 $m$ 个测量结果中的最大值和最小值之差，作为新建计量标准在该时间段内的稳定性。

对于已建计量标准，每年用被考核的计量标准对核查标准进行一组 $n$ 次的重复测量，取其算术平均值作为测量结果。以相邻两年的测量结果之差作为该时间段内计量标准的稳定性。

若计量标准在使用中采用标称值或示值（即不加修正值使用），则测得的稳定性应小于计量标准的最大允许误差的绝对值；如加修正值使用，则测得的稳定性应小于该修正值的扩展不确定度（即  $U$ ， $k=2$  或  $U_{95}$ ）。

## 九、测量过程的统计控制——控制图

### 1. 控制图

控制图（又称休哈特控制图）是对测量过程是否处于统计控制状态的一种图形记录。它能判断并提供测量过程中是否存在异常因素的信息，以便于查明产生异常的原因，并采取措施使测量过程重新处于统计控制状态。

对于准确度较高且重要的计量标准，如有可能，建议尽量采用控制图对其测量过程进行连续和长期的统计控制。

在计量标准考核中控制图属于推荐采用，而不是强制采用的项目。

### 2. 制作控制图的测量对象——核查标准

测量结果除了会受到测量过程的影响外，还会受测量对象的影响。因此，如果能找到一个比较稳定的核查标准并对其作连续的定期观测，则根据由定期观测结果计算得到的统计控制量（例如平均值、标准偏差、极差等）的变化情况可以推断出测量过程是否处于统计控制状态。因此，采用控制图方法来对测量过程进行统计控制的前提是具有一个量值稳定的核查标准。

### 3. 控制图的分类

根据控制对象的数据性质，即所采用的统计控制量来分类，在测量过程控制中常用的控制图有平均值 - 标准偏差控制图（ $\bar{x}-s$  图）和平均值 - 极差控制图（ $\bar{x}-R$  图）。

具体建立控制图时，应首先建立分析用控制图，确认过程处于稳定受控状态后，将分析用控制图的时间界限延长，于是分析用控制图就转化为控制用控制图。

### 4. 建立控制图的步骤

确定所采用的统计控制量，即所采用的控制图类型。通常采用平均值 - 标准偏差控制图（ $\bar{x}-s$  图）或平均值 - 极差控制图（ $\bar{x}-R$  图）。

#### 4.1 预备数据的取得

预备数据是建立分析用控制图的基本取样数据，要求取样过程处于随机控制状态中。

4.1.1 在重复性条件下，对选择好的核查标准作  $n$  次独立重复测量。当采用标准偏差控制图时，要求测量次数  $n \geq 10$ ；当采用极差控制图时，测量次数  $n \geq 5$  次。该  $n$  次测量结果称为一个子组。

4.1.2 在计量检定规程或技术规范规定的测量条件下，重复上面的过程，共测量  $k$  个子组。要求子组数  $k \geq 20$ ，在实际工作中最好取 25 组。即使当个别子组数据出现可查明原因的异常而被剔除时，仍可保持多于 20 组的数据。

#### 4.2 计算统计控制量

平均值 - 标准偏差控制图，应计算的统计量为：

每个子组的平均值  $\bar{x}$ ；每个子组的实验标准差  $s$ ；各子组间的平均值  $\bar{\bar{x}}$ ；各子组实验标准差的平均值  $\bar{s}$ 。

平均值 - 极差控制图，应计算的统计量为：

每个子组的平均值  $\bar{x}$ ；每个子组的极差  $R$ ；各子组间的平均值  $\bar{\bar{x}}$ ；各子组的平均极差  $\bar{R}$ 。

#### 4.3 计算控制界限

计算各控制图的中心线 CL，控制上限 UCL，控制下限 LCL。

对于不同的控制图，控制界限应分别进行计算。

控制界限的计算公式见表 1-1。

表 1-1 控制界限计算公式汇总

|      | 中心线 CL          | 控制上限 UCL                      | 控制下限 LCL                      |
|------|-----------------|-------------------------------|-------------------------------|
| 平均值  | $\bar{\bar{x}}$ | $\bar{\bar{x}} + A_2 \bar{R}$ | $\bar{\bar{x}} - A_2 \bar{R}$ |
| 极差   | $\bar{R}$       | $D_4 \bar{R}$                 | $D_3 \bar{R}$                 |
| 平均值  | $\bar{\bar{x}}$ | $\bar{\bar{x}} + A_3 \bar{s}$ | $\bar{\bar{x}} - A_3 \bar{s}$ |
| 标准偏差 | $\bar{s}$       | $B_4 \bar{s}$                 | $B_3 \bar{s}$                 |

计算控制界限的系数见表 1-2。

表 1-2 计算控制界限的系数

| $n$ | $A_2$ | $A_3$ | $B_3$ | $B_4$ | $D_3$ | $D_4$ |
|-----|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 2   | 1.880 | 2.659 | 0.000 | 3.267 | 0.000 | 3.267 |
| 3   | 1.023 | 1.954 | 0.000 | 2.568 | 0.000 | 2.574 |
| 4   | 0.729 | 1.628 | 0.000 | 2.266 | 0.000 | 2.282 |
| 5   | 0.577 | 1.427 | 0.000 | 2.089 | 0.000 | 2.114 |
| 6   | 0.483 | 1.287 | 0.030 | 1.970 | 0.000 | 2.004 |
| 7   | 0.419 | 1.182 | 0.118 | 1.882 | 0.076 | 1.924 |
| 8   | 0.373 | 1.099 | 0.185 | 1.815 | 0.136 | 1.864 |
| 9   | 0.337 | 1.032 | 0.239 | 1.761 | 0.184 | 1.816 |
| 10  | 0.308 | 0.975 | 0.284 | 1.716 | 0.223 | 1.777 |
| 11  | 0.285 | 0.927 | 0.321 | 1.679 | 0.256 | 1.744 |
| 12  | 0.266 | 0.886 | 0.354 | 1.646 | 0.283 | 1.717 |

#### 4.4 制作控制图并在图上标出测量点

控制图（如图 1-1 所示）的纵坐标为计算得到的各统计控制量，横坐标为时间。图上画出 CL、UCL 和 LCL 3 条控制界限。在图上标出各子组相应统计控制量的位置（称为

测量点)后,将相邻的测量点连成折线(图1-1中的实线),即完成分析用的控制图。

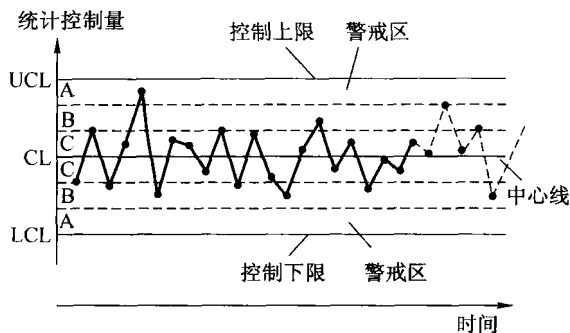


图1-1 控制图

#### 4.5 判断分析用控制图是否达到统计控制状态

按照控制图对异常判断的各项准则,对分析用控制图中各测量点的分布状况进行判断。若测量点的分布状况没有任何违背判断准则的情况,即表明测量过程处于统计控制状态。

控制图异常的判据(略)。

### 十、检定或校准结果的测量不确定度评定

#### 1. 测量不确定度

此处的“测量不确定度”是指在计量检定规程或技术规范规定的条件下,用该计量标准对常规的被检定(或校准)对象,进行检定(或校准)时所得结果的不确定度。因此,在该不确定度中应包含被测对象和环境条件对测量结果的影响。本栏应详细给出测量不确定度的评定过程。

当对于不同量程或不同测量点,其测量结果的不确定度不同时,如果各测量点的不确定度评定方法差别不大,允许仅给出典型测量点的不确定度评定过程。

对于可以测量多种参数的计量标准,应分别给出各主要参数的测量不确定度评定过程。

#### 2. 检定或校准结果的测量不确定度评定

2.1 测量不确定度评定中,各输入量的误差限应符合检定规程或技术规范的规定。

2.2 所提供的测量不确定度应包含被测对象和环境条件对测量结果的影响。

2.3 测量不确定度的评定方法应符合计量技术规范 JJF 1059—1999《测量不确定度评定与表示》的规定,或符合有关领域的测量不确定度评定细则的规定。

2.4 所用计量术语的含义应符合 JJF 1001—1998《通用计量术语及定义》的规定。

2.5 测量不确定度的评定程序应正确。

2.6 用以评定测量不确定度的数学模型完整,应包含所有对测量不确定度有影响的输入量。

2.7 给出测量不确定度分量一览表,并且其中包含足够的信息。

2.8 得到包含因子  $k$  值的方法合理。

2.9 扩展不确定度的表述方法正确。

2.10 得到的测量不确定度应符合有关规程或规范的要求。

2.11 对于可以测量多个参数的计量标准，应对每一个参数进行了测量不确定度的评定。

2.12 所给出的不确定度应覆盖全部测量范围。

## 十一、检定或校准结果的验证

### 1. 检定或校准结果的验证

检定或校准结果的验证是指要求对用该计量标准得到的检定或校准结果的可信程度进行实验验证。也就是说，通过将测量结果与参考值相比较来验证所得到的测量结果是否在合理范围之内。

验证方法可以分为传递比较法和比对法两类。传递比较法是具有溯源性的，而比对法则并不具有溯源性。因此，检定或校准结果的验证原则上应采用传递比较法，只有在不可能采用传递比较法的情况下才允许采用比对法进行检定或校准结果的验证，并且参加比对的实验室应尽可能多。

由于验证的结论与测量不确定度有关，所以验证的结论在某种程度上同时也说明了所给检定或校准结果的不确定度是否合理。

### 2. 验证方法

#### 2.1 传递比较法

用被考核的计量标准测量一稳定的被测对象，然后将该被测对象用另一更高级的计量标准进行测量。若用被考核计量标准和高一级计量标准进行测量时的扩展不确定度（ $U$ ， $k=2$ 或 $U_{95}$ ，下同）分别为 $U_{\text{lab}}$ 和 $U_{\text{ref}}$ ，它们的测量结果分别为 $y_{\text{lab}}$ 和 $y_{\text{ref}}$ ，在两者的包含因子近似相等的前提下应满足：

$$|y_{\text{lab}} - y_{\text{ref}}| \leq \sqrt{U_{\text{lab}}^2 + U_{\text{ref}}^2}$$

当 $U_{\text{ref}} \leq \frac{U_{\text{lab}}}{3}$ 成立时，可以忽略 $U_{\text{ref}}$ 的影响，此时上式成为：

$$|y_{\text{lab}} - y_{\text{ref}}| \leq U_{\text{lab}}$$

#### 2.2 比对法

如果不可能采用传递比较法，可采用多个实验室之间的比对。假定各实验室的计量标准具有相同准确度等级，此时采用各实验室所得到的测量结果的平均值作为被测量的最佳估计值。

若被考核实验室的测量结果为 $y_{\text{lab}}$ ，其测量不确定度为 $U_{\text{lab}}$ ，在被考核实验室测量结果的方差比较接近于各实验室的平均方差，以及各实验室的包含因子均相同的条件下，应满足：