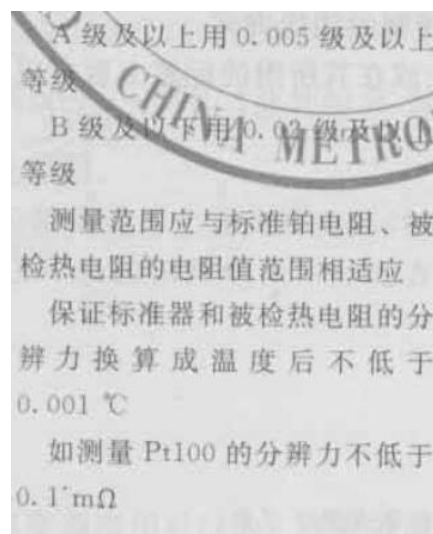


第三，这个新的要求只涉及 AA 级和 A 级(使用 0.02 级测温仪表)铂电阻的检定，而 B 和 C 不适用。所以对于只检定 B 和 C 级铂电阻的用户，新的规程没有什么影响。

第四，测温仪表的指标。

由于需要在用户计量实验室直接测量二等铂电阻的水三相点值，同时 AA 级铂电阻的准确度要求也比较高。因此要求测温仪的准确度更高。

按照规程的要求，A 级和 AA 级要使用 0.005 级及以上测温仪，也就是 50ppm！由于实际测量的是电阻值，因此应该理解为电阻的测量准确度。目前很多用户使用的是通用六位半和七位半台式数字表。这些数字表给出的最佳准确度实际上是直流电压的测量准确度，而其电阻准确度往往会大于这个值。例如市面上常见的六位半数字表，虽然其直流电压准确度可高达 24ppm，但是其一年期的电阻准确度却只有 100ppm。显然不满足规程的要求。对于市面上常见的七位半数字表，其一年期的电阻准确度指标为 56ppm 读数+7ppm 量程，也同样不能满足规程 0.005 级（也就是 50ppm）的要求。因此必须要选择准确度等级更高的电测仪器。



JJG229-2010 规程第 4 页

第五，结果的计算和评价。

1998 年版工业铂电阻规程中，对于 R0 和 R100 的计算，大量使用了电阻相对于温度的微分值，如 dR/dt ，算法显得繁琐。2010 版中，使用电阻比 W 值来描述，公式更加准确和简单。用户可以直接从二等铂电阻的检定证书中插到 W0 和 W100 的值，计算更加方便。这里值得一提的是，公式的修改给部分用户造成迷惑，以为计算方法变了，计算结果也不同了。实际上，虽然计算公式的形式上有所改变，但前后两版的公式实际上是可以互相推导出来的，计算得到的结果是相同的。

在对计算结果的评价上，新规程有了明显的变化。以前主要是看 α 值是否合格，新版规程不仅要评价 α 值，同时也要评价 R0 和 R100，三个值都合格才算合格。这实际上提高了对于工业铂电阻的要求，有利于在保证工业生产中测量温度的准确度。

接下来，我们再来看一下，水银温度计规程的一些修改

第一，等级合并，统一标准。

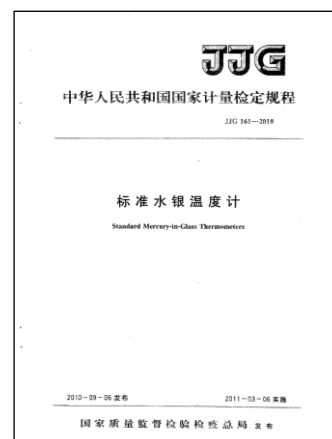
JJG161-2010 标准水银温度计检定规程替代了原有的一等和二等标准水银温度计规程，将二者合为一体，并进行了修订。在旧的规程中，标准水银温度计分为一等标准和二等标准，而在新的规程中，取消了一等和二等的划分，合并称为标准水银温度计。检定标准器统一为二等标准铂电阻温度计。

原一等标准水银温度计及二等标准水银温度计分级取消，合并为标准水银温度计。

JJG161-2010 规程第 1 页

设备名称	技术指标	用途
标准器	二等标准铂电阻温度计	检定用标准器

JJG161-2010 规程第 4 页



第二，电测设备准确度的要求有所提高。

对于电测仪器测量相对误差的要求从原版规程的 1×10^{-4} 提高到 3×10^{-5} ，也就是 30ppm，因为电测设备是用来检测二等标准铂电阻的水三相点值，因此同样要理解成电阻测量的准确度。

设备名称	技术指标	用途
标准器	二等标准铂电阻温度计	检定用标准器
电测设备	相对误差 $\leq 3 \times 10^{-5}$	标准铂电阻温度计配套测温显示器

JJG161-2010 规程第 4 页

第三，测量标准铂电阻的水三相点值

新版水银温度计规程要求必须配备水三相点测量装置观察标准铂电阻的 R_{tp} 值，并且要求用新测得的 R_{tp} 计算实际温度。

7.3.4 检定注意事项

7.3.4.1 标准铂电阻温度计插入恒温槽内的深度应不小于 250 mm，通过标准铂电阻温度计的电流应为 1 mA。必须经常测量标准铂电阻温度计在水三相点的电阻值 R_{tp} ，用新测得的 R_{tp} 计算实际温度。

JJG161-2010 规程第 5 页

二、新规程对用户，对设备和仪表产生的影响

关于下面的内容，是我们基于对规程的理解进行的说明和建议。

第一，遇到的首要问题就是如果希望检定 AA 级以及 A 级工业铂电阻，首要的条件就是需要有水三相点，需要现场检测二等铂电阻的水三相点值。该数值要参与接下来的误差计算。因此现在没有水三相点设备的计量单位，今后就不能检定 AA 级和 A 级工业铂电阻了。

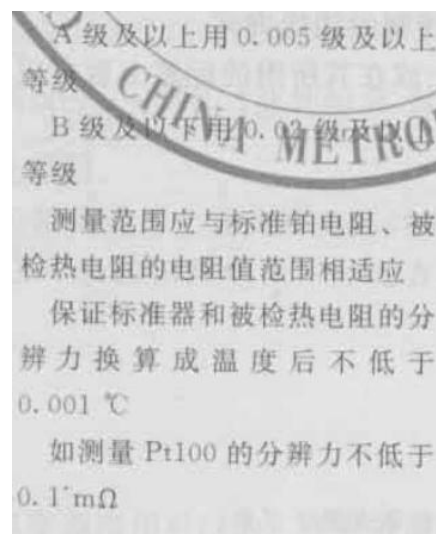
第二，由于要测试二等铂电阻标准器的水三相点值，这两个规程对电测仪器的准确度要求要比以前要高很多。除了准确度要求之外，工业铂电阻规程中还对测温仪表的量程分辨率做出了要求。首先，在量程上要求测量范围应与标准铂电阻、被检热电阻的电阻值范围相适应。通常测温用的电阻量程为 0~400 Ω ，而一般数字表的量程，在 200 Ω 以上，就是 2k Ω 或 1k Ω ，与测温量程匹配的差距较大，将直接引入较大的引用误差。其次，对仪表的测量分辨率提出了要求。要求测量电阻的分辨率换算成温度后不低于 0.001 $^{\circ}\text{C}$ 。这里分别以 Pt100 的温度计和 25 Ω 的标准铂电阻温度计为例分析一下其电阻分辨率的要求：

对于 Pt100 型铂电阻，其电阻随温度的变化率约为 0.4 $\Omega/^{\circ}\text{C}$ ，则 0.001 $^{\circ}\text{C}$ 对应的电阻值约为：

$$0.001^{\circ}\text{C} \times 0.4 \Omega/^{\circ}\text{C} = 0.4\text{m}\Omega$$

对于 25 Ω 的标准铂电阻温度计，其电阻随温度的变化率约为 0.1 $\Omega/^{\circ}\text{C}$ ，则 0.001 $^{\circ}\text{C}$ 对应的电阻值约为：

$$0.001^{\circ}\text{C} \times 0.1 \Omega/^{\circ}\text{C} = 0.1\text{m}\Omega$$



JJG229-2010 规程第 4 页

所以，应该理解为检定 Pt100 型铂电阻时，电测仪表的电阻分辨率能达到为 $0.1\text{m}\Omega$ ，而不是 Pt100 型铂电阻 0.001°C 对应 $0.1\text{m}\Omega$ 。

在这里，我们必须特别小心的是，如果使用数字表，要分辨到 $0.1\text{m}\Omega$ 的电阻值，则必须要使用七位半以上的表。但是，分辨率达到七位半，不代表其电阻测量准确度能达到 0.005 级（即 50ppm）的水平。所以，评价测温仪表是否满足要求的核心，必须要看其对应电阻量程的一年期电阻准确度指标。

第三，对于水银温度计，由于取消了一等和二等的划分，就必须全部使用二等标准铂电阻作为标准器来对水银温度计进行检定，而二等铂电阻的水三相点值同样需要实测并参与最后的误差计算，因此，检定标准水银温度计同样需要水三相点。新规程对电测仪表准确度的要求是 30ppm，这显然也是指电阻测量的准确度，这个指标相比检定 AA 级工业铂电阻的要求还要高。

设备名称		技术指标		用途
标准器		二等标准铂电阻温度计		检定用标准器
电测设备		相对误差 $\leq 3 \times 10^{-5}$		标准铂电阻温度计配套测温显示仪器
恒温槽	测量范围	温度均匀性 0.030 $^\circ\text{C}$	温度波动性 (10 分钟)	检定用配套设备
	$-60^\circ\text{C} \sim 5^\circ\text{C}$		0.025 $^\circ\text{C}$	
	$5^\circ\text{C} \sim 95^\circ\text{C}$		0.020 $^\circ\text{C}$	
	$90^\circ\text{C} \sim 300^\circ\text{C}$		0.025 $^\circ\text{C}$	
水三相点瓶		扩展不确定度优于 0.001 $^\circ\text{C}$ ($k=2$)		检定标准水银温度计零位及测量标准铂电阻温度计水三相点电阻值

JJG161-2010 规程第 4 页

基于规程中的这些要求，目前市场上的六位半、七位半台式数字表都无法满足要求。因此用户需要更新测温仪器。测温的仪器无非就是两个选择，一个是八位半的数字表，例如福禄克的 8508A。另外就是专业的测温仪，例如福禄克的 1595/94,1560,1529 等。

综上所述，如果用户希望建标，建立可以检定 AA 级，A 级工业铂电阻和标准水银温度计的标准，不可避免的就是购置水三相点和升级测温仪。除非自己的计量实验室已经有了满足新规程要求的设备和仪表。

三、设备仪表选型的注意事项

下面谈一下水三相点和测温仪的选择，以便让不了解这些设备和仪表的新用户了解有关的注意事项。

先说水三相点。水三相点通常是由两部分组成，水三相点瓶，以及保存装置瓶子是用来冻制水三相点，冻制好了以后放入保存装置保存。

从体积来说，水三相点分为大型和小型之分。大型水三相点插入深度深，保存的时间相对长，主要用于一等铂电阻和二



等铂电阻的检定。通常体积大，只能在实验室使用，价格相对比较贵。小型的水三相点体积小，瓶子也相对小，保存时间短，使用方便，可以带到现场使用，价格相对便宜。

关于水三相点的制作过程可以有手动和自动。手动就是将液氮或干冰慢慢一点一点的倒入瓶子中心孔，逐步的由下至上的冻制。冻制过程中，需要在瓶子中产生冰，但是冰又不能膨胀至瓶子的壁，否则可能会由于冰体的膨胀导致瓶子爆裂。因此手工冻制的过程还是相对麻烦的。自动的冻制是将水三相点瓶放到零下 5 度左右的温度冷冻，然后通过扰动使瓶子中产生冰水混合物。一般小型的水三相点使用自动的冻制过程，例如福禄克的小型水三相点。而大型水三相点由于瓶子体积太大，从冻制器中取出扰动时容易造成瓶子的破损。

下面说一下保存装置。水三相点瓶冻制好以后，需要放到一个略低于零度的环境进行保存。一些用户使用冰水混合物放置在保温瓶中作为水三相点瓶的保存装置。这种做法简单，但是保存的时间很短，而且很难随时确认水三相点瓶中的状态是否已经融化了。由于温度的测量需要一段时间，因此保存装置需要确保三相点瓶在一段时间内是在三相点的状态。对于大型水三相点，在冻制以后需要等到 24 小时以后，三相点瓶的温度平衡以后才能够测量。因此，大型三相点瓶都是需要恒温槽进行保存的。例如福禄克的大型水三相点可以保存的时间长达一个月。即使是小型水三相点，由于测量的工作比较慢，也需要相对长的保存时间。福禄克小型水三相点的典型保存时间是 6 至 8 小时。足够满足一天工作的需要。

接下来说一下测温仪的选择。根据新的规程，目前市场上的六位半数字表，甚至七位半的数字表，其电阻的测量准确度都不能满足新规程的要求。而只能重新考虑测温仪表。同时不少用户也借此机会更新一下他们的测温仪表。

关于测温仪表总体有三种选择：

一是继续选择通用型的数字表。由于新规程的要求比较高，因此可以选择的数字表最好是在八位半的台式表，例如福禄克的 8508A。这个表除了精度高，足以满足新规程的要求，同时该数字表还内置了很多专门用于铂电阻温度测试的功能。但是该数字表的价格相对比较贵。



二是选择专用的测温仪，例如福禄克的 1595/94，1529，1560 等。这些仪表是专门为温度测量所设计，准确度，显示，测量的数据要求等都完全满足规程的要求。这些仪表之间的主要区别就是通道数量的多少，是否有数据存储，曲线绘制等。



三是选择更加高级的测温仪表，包括电桥和最新的超级测温仪。这类的仪表通常都超出了新规程的需要。对于电桥而言，价格昂贵的高精度测温电桥可以支持二等以及一等铂电阻测温的要求。但电桥价格相对昂贵，操作复杂，测量的速度很慢。对于这次新规程的要求，并非性能价格比最好的选择。福禄克的超级测温仪采用了最新一代的测温技术，其测温的准确度几乎和电桥相当。但是其操作简单，测量速度快，其性能价格比更高。



四、推荐的几种方案

针对最新的规程，我们特别定制了几个方案，可以供不同的用户根据自己的工作性质，工作量以及经费进行选择。

水三相点瓶	保存装置	测温仪
5901B-G	9210	1529
5901B-G	9210	1502
5901B-G	9210	1560 配合 2560 模块



以上三种方案均采用小型水三相点瓶，其特点是自动冻制，随用随冻，且插入深度足够；测温仪表携带方便，可以在现场检定。

如果需要更高的准确度，可以选择大型水三相点瓶和相应的保存装置，测温仪可以选择1594/1595 超级电阻测温仪。

