

## 通用计数器（频率计）的检定方案

本文基于通用计数器 JJG349-2014 检定规程,对通用计数器的功能及测试做了简要的说明,并在其测量规范系统中对其测量方法进行分析,对测量数据的记录功能进行了完善,在原测试类目下形成了一套互相关联的数据系统分析,有利于市场优化便捷的对通用计数器进行检定测试。

通用计数器可以测量频率,周期,时间间隔,频率比,累加计数,计时等,配上相应插件还可以测相位,电压等,其基本工作原理是以适当的逻辑电路,在预定的标准时间(闸门时间)内累计待测输入信号的振荡次数,或在待测时间间隔内累计标准时间(时基)信号的个数,进行频率、周期和时间间隔的测量;基本电路由输入通道、时基产生与变换单元、主门、控制单元、计数及显示单元等组成;具有多种测量功能,主要包括频率、周期和时间间隔测量,通常还包括频率比、任意时间间隔内脉冲个数以及累加计数等测量功能。

以下对通用计数器的检定,主要以SYN5636型高精度通用计数器为标准进行举例(以下简称通用计数器)。该通用计数器都标配TCXO时基,可选OCXO或者铷钟,具有频率、周期、频率比、输入电压最大值/最小值/峰峰值、时间间隔、脉宽、上升时间/下降时间、占空比、相位等测量功能和强大的数学运算、统计(平均值、标准偏差、最大值、最小值、峰峰值、计数、阿伦方差)功能。

### 1、通用计数器的检定项目

通用计数器 JJG349-2014 检定规程所规定的通用计数器检定范围适用于频率测量范围在 18GHz 以下的通用计数器的首次检定、后续检定和使用中检查。

在各项检查中,通用计数器主要的检定项目如下:

序号	项目名称	首次检定	后续检定	使用中检查
1	外观及工作正常性检查	+	+	+
2	开机特性	+	+	+
3	日频率波动	+	+	+
4	日老化率	+	—	—
5	1 s 频率稳定度	+	+	+
6	频率复现性	+	+	—
7	频率准确度	+	+	+
8	频率测量范围、输入灵敏度及测量误差	+	+	+

9	周期测量范围、输入灵敏度及测量误差	+	+	+
10	时间间隔测量范围及测量误差	+	+	+
注1：“+”表示应检定；“-”表示可不检定，也可根据用户要求进行检定。				
注2：内置时基为高稳晶振、铷振荡器及GNSS控振荡器时，内置时基检定项目依据相应规程。				

在对通用计数器外观进行监测时，主要通过观察法，不应有影响正常工作的机械损伤，控制旋钮及按键应能正常工作，输入插座应牢固可靠，其前或后面板上应具有仪器名称、制造厂商名称或商标，仪器型号，仪器编号或序列号、电源要求等。



## 2、通用计数器检定用的设备

通用计数器在检定时接通电源后，按说明书操作，被检通用计数器自校及自诊断功能、各种测量功能等应正常。在检定时其按照检规中对首次检定，后续检定，使用中检查规定中的检定要求进行项目测试。

### a. 参考频标

在对参考频标的要求中，规定输出信号频率包含 5MHz、10MHz 等。频率稳定度应优于被检通用计数器频率稳定度 3 倍，其他技术指标如日老化率、频率准确度等应优于被检通用计数器相应技术指标一个数量级。

我们在对通用计数器检定所用到的参考频标设备参考 SYN3204 型 GPS 驯服铷原子频率标准，接收 GPS 信号（可选 GPS 北斗双模），设备自身使铷振荡器输出频率同步于 GPS 卫星（可选 GPS 北斗双模）铷原子钟信号上，提高了频率信号的长期稳定性和准确度，能够提供铷钟量级的高精度时间频率标准，是通用计数器测量检定中参考频标的一款高精度频率标准设备。

其参考频标功能已经过验证，可满足测试设计要求，可送检至计量院进检定校准，参考 JJG292-2009 铷原子频率标准检定规程。

### b. 频标比对系统

在对频标比对系统进行选择时，规定输入信号频率包含 5 MHz、10 MHz 等。取样时间包含 1s、10s 等，测量带宽应大于相应取样时间倒数的 5 倍，比对不确定度应优于被检相应取样时间频率稳定度 3 倍。

通用计数器的频标比对系统主要使用 SYN5609 型频稳测试仪，采用差拍法原理实现阿伦方差的测量，对输入的频率标准信号的频率准确度、短期稳定度等进行测试，是一款频率标准信号时域测量比对仪器。

其频标比对系统功能已经过验证，可满足测试设计要求，可送检至计量院进行检定校准，参考 JJG545-2015 频标比对器规程。

### c. 合成信号发生器

频率范围：满足被检频率测量范围要求；

频率准确度：优于被检频率准确度一个数量级；

电平范围：满足被检输入电平范围要求；

电平最大允许误差： $\pm 0.5\text{dB}$ (0GHz~1GHz)、 $\pm 1\text{dB}$  (1GHz~18GHz)。

合成信号发生器即合成信号源，用于产生被测电路所需特定参数的电测试信号。合成信号源的信号不是由振荡器直接产生，而是以高稳定度石英振荡器作为标准频率源，利用频率合成技术形成所需之任意频率的信号，具有与标准频率源相同的频率准确度和稳定度。输出信号频率通常可按十进制数字选择，最高能达 11 位数字的极高分辨力。

我们在对通用计数器检定所选的合成信号发生器采用 SYN5651 型该信号发生器，采用直接数字合成和锁相技术，输出频率最高可达 500MHz，调制功能丰富。

其合成发生器功能已经过验证，可满足测试设计要求，可送检至计量院进行检定校准，参考 JJG502-2004 合成发生器检定规程。

### d. 标准时间间隔发生器

时间间隔范围：满足被检时间间隔测量范围要求；

频率准确度：优于被检频率准确度一个数量级；

信号形式：单路输出单个正、负脉冲或正、负脉冲列；两路输出单个正、负脉冲或正、负脉冲列；

信号电平-5V~+5V 范围内连续可调，分辨力应优于 10mV。

在对通用计数器检定时我们选择 SYN5612 型时间间隔发生器是一款多功能的时间合成器，以高稳定石英晶体振荡器的震荡周期为标准，利用数字合成技术，产生出可设置的脉冲周期、延迟时间、脉冲宽度等多种时间间隔信号。

其标准时间间隔发生器功能已通过验证，可满足测试设计要求，可送检至计量院进行检定校准，参考 JJG723-2008 时间间隔发生器检定规程。

### e. 功率计

频率范围：满足被检频率测量范围要求；

电平范围：满足被检输入电平范围要求；

电平最大允许误差：± 0.5 dB。

功率是表征电信号特性的一个重要参数，功率计是测量电信号有功功率的仪表。在对通用计数器进行测试时，我们会配置专用的功率计，满足整个测试系统的完整性。

### 3、通用计数器检定方案

通用计数器是一种具有多种测量功能，多种用途的电子计数器，它可以测量频率，周期，时间间隔，频率比，累加计数，计时等，配上相应插件还可以测相位，电压等，要求检定周期一般不超过一年。

前面一小节主要介绍了通用计数器检定时需要用到的测试设备，对检规中需要满足的参数要求进行了陈述，对检定测试设备做了简单的说明。下面主要对通用计数器主要系统的功能测试做简单的说明。

对于通用计数器的检定，基于很多单位应项目要求或发展要求需要建标，我公司做了一套完整的通用计数器检定系统，在硬件设备的基础上配合开发了检定软件结合使用，检定方案示意图如下所示：



如图所示,整个通用计数器检定系统主要分为四个组成部分：参考频标，检定/测试设备，被检设备，检定结果；整个系统的设备组成由铷原子频率标准，频标比对器，合成信号发生器，标准时间间隔发生器，功率计，通用计数器，计算机及软件组成。

软件系统是专门针对于通用计数器检定功能，将整个系统搭建成一个有机的载体，将各个硬件系统与软件连接到一起，所有测试数据通过软件直观显示出来，方便登记数据。

同时，通用计数器检定系统方案完全符合通用计数器 JJG349-2014 检定规程要求，西安同步提供整个检定系统中的所有设备及软件。

#### 4、通用计数器的检定环境条件

环境温度

可在(15---30)℃范围内任选一点，检定过程中环境温度的变化不应超过+2℃，并且不应有温度突变。

环境相对湿度

相对湿度：小于 80%。

供电电源

交流电源电压(220 ± 10) V；

交流电源频率(50 ± 1) Hz。

周围无正常影响检定的电磁干扰和机械振动。

#### 5、通用计数器的检定方法

##### a. 外观及工作正常性检查

目测被检通用计数器外观，触摸各开关及输入插座；正确通电并按说明书操作，应符合规程要求。即被检通用计数器不应有影响正常工作的机械损伤，控制旋钮及按键应能正常动作，输入插座应牢固可靠，其前或后面板上应具有仪器名称、制造厂(商)名称或商标、仪器型号、仪器编号或序列号、电源要求等。

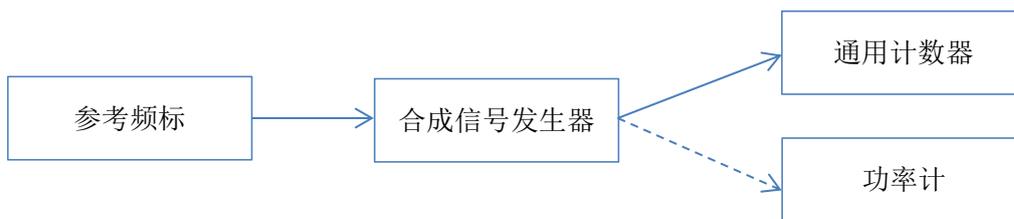
接通电源后，按说明书操作，被检通用计数器自校及自诊断功能、各种测量功能等应正常。

##### b. 内置时基振荡器

通用计数器内置时基振荡器的检定，根据内部振荡器的类型和准确度等级，对通用计数器的开机特性、日频率波动、日老化率、1s 频率稳定度、频率复现性及频率准确度进行检定。具有内置时基振荡器频率输出的通用计数器，通常参考 JJG180《电子测量仪器内石英晶体振荡器》或 JJG181《石英晶体频率标准》或 JJG292《铷原子频率标准》进行检定。

##### c. 频率测量范围、输入灵敏度及测量误差检定

应注意合成信号发生器输出阻抗与被检通用计数器输入阻抗相匹配。若输入端带有衰减器，则将衰减量调到最小位置。输入信号频率超过 1 GHz 时，要求合成信号发生器输出电平误差小于 0.5 dB，连接线插入损耗小于 0.5 dB，否则采用功率计测量输出电平。被检通用计数器选择频率测量功能，闸门时间选取 1 s。



将合成信号发生器的输出信号频率调至各频率点，各点输出电平从10mV逐渐增加，知道被检通用计数器正常工作且读数稳定、准确为止，此时合成信号发生器输出电平即为该检定点的输入灵敏度；当采用功率计测量输出电平时，则以其显示值为该检定点的输入灵敏度。同时记录通用计数器显示频率的有效分辨力。

频率测量时检定频率点：

频率范围	受检频率点
(0~350) MHz	10 Hz , 100 Hz , 1 kHz, 10 kHz , 100kHz, 1MHz, 10MHz, 100MHz, 350 MHz
100 MHz~6 GHz	100MHz, 300MHz, 500MHz, 800MHz, 1GHz, 3GHz, 6GHz
300MHz~18GHz	300MHz, 500MHz, 800MHz, 1GHz, 3GHz, 6GHz, 10GHz, 15GHz, 18GHz

注:实际检定时，可根据产品说明书频段的划分，以覆盖频段上、下限为原则调整检定点。

将合成信号发生器的输出信号频率调至测量通道频率上限值，输出电平调至高于该频点已测得的灵敏度，被检通用计数器闸门时间分别选取1s和10s，每一闸门时间测量3次，取算术平均值作为该闸门时间的频率测量结果，并记录有效分辨力，按公式(1) 计算测量误差：

$$\Delta f = f - f_0$$

式中：

$\Delta f$ ——频率测量误差，Hz；

$f$ ——频率测量结果，Hz；

$f_0$ ——合成信号发生器输出信号频率值，Hz。

也可以相对误差 $\Delta f / f_0$ 表示测量误差。

#### d. 周期测量范围、输入灵敏度及测量误差

应注意合成信号发生器输出阻抗与被检通用计数器输入阻抗相匹配。若输入端带有衰减器，则将衰减量调到最小位置。输入信号频率超过 1 GHz 时，要求合成信号发生器输出电平误差小于 0.5 dB，连接线插入损耗小于 0.5 dB，否则采用功率计测量输出电平。被检通用计数器选择频率测量功能，闸门时间选取 1 s。



将合成信号发生器的输出信号周期调至表4所列各周期点，各点输出电平从10mV逐渐增加，直到被检通用计数器正常工作且读数稳定、准确为止，此时合成信号发生器输出电平即为该检定点的输入灵敏度；当采用功率计测量输出电平时，则以其显示值为该检定点的输入灵敏度。同时记录通用计数器显示频率的有效分辨力。

周期测量时检定周期点

周期范围	受检周期点
1ns~10ns	1ns, 5ns, 10ns
10ns~100ns	10ns, 100ns, 1μs, 10μs, 100μs, 1ms, 10ms, 100ms, 1s, 10s, 100s

注:实际检定时，可根据产品说明书频段的划分，以覆盖频段上、下限为原则调整检定点。

将合成信号发生器的输出信号周期调至1s，输出电平调至高于已测得的灵敏度，被检通用计数器闸门时间分别选取1s和10s，每一闸门时间测量3次，取算术平均值作为该闸门时间的周期测量结果，并记录有效分辨力，按公式(2)计算测量误差：

$$\Delta T = T - T_0$$

式中：

$\Delta T$ ——周期测量误差，s；

$T$ ——周期测量结果，s；

$T_0$ ——合成信号发生器输出信号周期值，s。

也可以相对误差 $\Delta T / T_0$ 表示测量误差。

注:也可采用满足检定要求的铷钟或绝钟的IPPS信号作为标准周期信号。

#### e. 时间间隔测量范围及测量误差

从测量的最小值开始，之后原则上按每10倍程一个测量点，直到测量的最大值。若通用计数器量程是分挡的，则最低档按上法选取，其他档只选取该档的最大值。

每一受检点均测量3次（最大值测量1次），取其算术平均值作为该点的测量结果，并记录有效分辨力，按公式计算测量误差：

$$\Delta t = t - t_0$$

式中：

$\Delta t$ ——时间间隔测量误差，s；

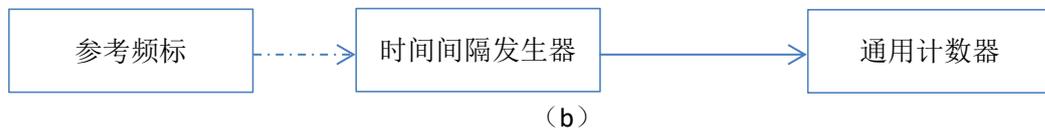
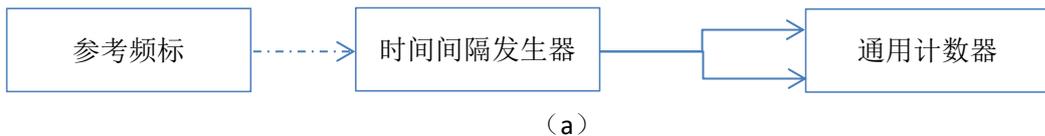
$t$ ——时间间隔测量结果，s；

$t_0$ ——时间间隔发生器输出时间间隔值，s。

也可以相对误差 $\Delta t / t_0$ 表示测量误差。

### 1) 脉冲宽度测量如图连接

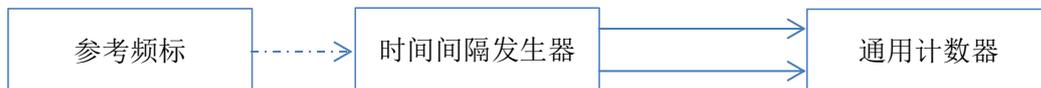
正/负脉冲宽度测量：时间间隔发生器输出单个或连续正/负脉冲信号，同时加到被检通用计数器具有时间间隔测量功能的两个输入端，一个输入端(启动通道)触发斜率置于正/负，另一个输入端(停止通道)触发斜率置为负/正(按图2(a)/图 (b) 连接)；对于有单通道脉宽测量功能的计数器，则正/负脉冲信号加至该通道后，选择正/负脉宽测量功能(按图2 (b) 连接)。通常触发电平设置在最大输入电平的中间值上，并根据实际情况适当调整。



正、负脉冲宽度测量误差检定框图

### 2) 两个正/负脉冲时间间隔测量按图连接。

两个正脉冲时间间隔测量：时间间隔发生器分两路输出单个或连续正/负脉冲信号，分别加到被检通用计数器具有时间间隔测量功能的两个输入端，两输入端的触发斜率均置为正/负。通常触发电平设置在最大输入电平的中间值上，并根据实际情况适当调整。



两个正或负脉冲时间间隔测量误差检定框图

## 6、小结

通用计数器的检定国家质量监督检验检疫总局发布了中华人民共和国计量检定规程 JJG349-2014 通用计数器检定规程，明确表示了通用计数器的检定要求及检定方法等事项。

西安同步致力于时间频率行业的专业研发，生产等工作，致力于各种时间频率相关测试仪器的研发，目前有 SYN5301 型时间检定仪符合 JJG237-2010《秒表检定规程》，SYN5302 型日差检定仪符合 JJG488-2008 校表仪检定规程，SYN5602 型电子停车计时收费装置检定仪符合 JJG1010-2013《电子停车计时收费表》检定规程等多种时间频率测试设备，且已在国家级多家计量院检定合格。

通用计数器检定是我公司在 JJG349-2014 通用计数器检定规程的基础上，进行了更加先进的软件投入，在使用时可直接将显示结果在计算机上直观显示，是一套更加完整便捷性的系统，在长期检定使用中的高效性有了显著的提高，其先进性在未来市场上将会有更大的拓

展空间。

本文章版权归西安同步所有，尊重原创，严禁洗稿，未经授权，不得转载，版权所有，侵权必究！