

# JJF

中华人民共和国国家计量技术规范

JJF 1180-xxxx

---

时间频率计量名词术语及定义

Terms and Definitions of Time and Frequency Metrology

(征求意见稿)

xxxx-xx-xx 发布

xxxx-xx-xx 实施

---

国家市场监督管理总局 发布

时间频率计量名词术语及定义

Terms and Definitions of Time

and Frequency Metrology

JJF 1180-XXXX

归口单位：全国时间频率计量技术委员会

起草单位：中国计量科学研究院

北京大学

中国航天科工集团二院 203 所

上海计量测试技术研究院

河南省计量科学研究院

本规范委托全国时间频率计量技术委员负责解释

本规范起草人：

王玉琢（中国计量科学研究院）

张爱敏（中国计量科学研究院）

陈景标（北京大学）

杨 军（中国航天科工集团二院 203 所）

董 莲（上海计量测试技术研究院）

崔广新（河南省计量科学研究院）

# 目 录

引 言.....	VI
1 时 间.....	1
1.1 时间 time.....	1
1.2 秒 second.....	1
1.3 秒的次级表示 secondary representations of the second.....	1
1.4 时标（时间尺度）time scale.....	1
1.5 时刻 instant time.....	1
1.6 时间间隔 time interval.....	1
1.7 世界时 universal time（UT）.....	1
1.8 地球时 terrestrial time（TT）.....	1
1.9 历书时 ephemeris time.....	2
1.10 原子时标（原子时间尺度） atomic time scale.....	2
1.11 国际原子时 international atomic time（TAI）.....	2
1.12 协调世界时 coordinated universal time（UTC）.....	2
1.13 中国标准时间 China standard time（CST）.....	2
1.14 北京时间 Beijing time.....	2
1.15 原子时标国家计量基准 national primary atomic time scale standard.....	2
1.16 原子时标标准 atomic time scale standard.....	2
1.17 被驯服的振荡器 disciplined oscillator（DO）.....	3
1.18 闰秒 leap second.....	3
1.19 历元 epoch.....	3
1.20 全球卫星导航系统 global navigation satellite system（GNSS）.....	3
1.21 北斗时 BeiDou time（BDT）.....	3
1.22 GPS 时 GPS time（GPST）.....	3
1.23 GLONASS 时 GLONASS time（GLONASST）.....	3
1.24 Galileo 时 Galileo time（GST）.....	3
1.25 儒略日 Julian day（JD）.....	4
1.26 修定儒略日 modified Julian day（MJD）.....	4

1.27 时延	time delay	4
1.28 时间间隔发生器	time interval generator	4
1.29 时间间隔计数器	time interval counter	4
1.30 时基	time base	4
1.31 闸门时间	gate time	4
1.32 秒表	stopwatch	4
1.33 机械秒表	mechanic stopwatch	4
1.34 电子秒表	electronic stopwatch	4
1.35 石英钟	quartz clock	5
1.36 电秒表	electromotive stop watch	5
1.37 毫秒仪	millisecond meter	5
1.38 时间检定仪	time interval verification device	5
1.39 秒表检定仪	stop watch verification device	5
1.40 电秒表检定仪	electromotive stop watch verification device	5
1.41 瞬时日差测量仪	instantaneous daily clock time difference tester	5
1.42 相位	phase	5
1.43 相位差	phase difference	5
1.44 相移	phase shift	5
1.45 时间抖动	time jitter	5
1.46 时间偏差	time offset	6
1.47 日差	daily time offset	6
1.48 时码	time code	6
1.49 时间比对	time comparison	6
1.50 时间同步	time synchronization	6
1.51 时间传递	time transfer	6
1.52 时间间隔误差	time interval error (TIE)	6
1.53 最大时间间隔误差	maximum time interval error (MTIE)	6
1.54 时间标准偏差	time deviation (TDEV)	6
1.55 无线电授时	radio time service	6
1.56 网络时间协议	network time protocol (NTP)	6

1.57 精密授时协议 precise time protocol (PTP) .....	7
1.58 网络授时 internet time service .....	7
1.59 电话授时 telephone time service .....	7
1.60 卫星共视时间频率传递 satellite common-view time and frequency transfer.....	7
1.61 卫星全视时间频率传递 satellite all-view time and frequency transfer .....	7
1.62 卫星双向时间频率传递 satellite two way time and frequency transfer (TWSTFT) ..	7
1.63 精密单点定位 precise point positioning (PPP) .....	7
1.64 载频相位测量 carrier phase measurement .....	7
1.65 光纤时间频率传递 fiber-optic time and frequency transfer.....	7
2 频率 .....	8
2.1 频率 frequency .....	8
2.2 周期 period .....	8
2.3 频率标准 frequency standard.....	8
2.4 原子频标 atomic frequency standard.....	8
2.5 主动型原子频标 active atomic frequency standard .....	8
2.6 被动型原子频标 passive atomic frequency standard.....	8
2.7 喷泉钟 fountain clock .....	8
2.8 秒长国家计量基准 national primary frequency standard.....	8
2.9 铯原子频标 cesium frequency standard.....	8
2.10 氢原子频标 hydrogen frequency standard .....	9
2.11 铷原子频标 rubidium frequency standard.....	9
2.12 光频标 optical frequency standard.....	9
2.13 钟组 clock ensemble .....	9
2.14 芯片原子频标 chip-scale atomic frequency standard.....	9
2.15 恒温晶振 oven controlled crystal oscillator .....	9
2.16 温补晶振 temperature compensated crystal oscillator.....	9
2.17 晶体振荡器 quartz oscillator.....	9
2.18 石英晶体频标 quartz frequency standard.....	9
2.19 白相噪声 white phase noise .....	10
2.20 闪相噪声 flicker phase noise.....	10

2.21 白频噪声	white frequency noise	10
2.22 闪频噪声	flicker frequency noise	10
2.23 随机游动频率噪声	random walk frequency noise	10
2.24 频率标称值	nominal frequency	10
2.25 频率偏差	frequency offset	10
2.26 相对频率偏差	relative frequency offset	10
2.27 频率复现性	frequency repeatability	10
2.28 频率漂移	frequency drift	10
2.29 频率漂移率	frequency drift rate	10
2.30 频率老化	frequency aging	11
2.31 频率老化率	frequency aging rate	11
2.32 频率稳定度	frequency stability	11
2.33 长期频率稳定度	long-term frequency stability	11
2.34 短期频率稳定度	short-term frequency stability	11
2.35 阿伦标准偏差	Allan deviation	11
2.36 重叠阿伦标准偏差	overlapping Allan deviation	11
2.37 修正阿伦标准偏差	modified Allan deviation	11
2.38 哈德玛标准偏差	Hadamard deviation	11
2.39 取样时间	sample time	11
2.40 取样个数	sample number	12
2.41 测量带宽	measurement bandwidth	12
2.42 相位噪声	phase noise	12
2.43 开机特性	warm-up	12
2.44 温度敏感度	temperature sensitivity	12
2.45 分频器	frequency divider	12
2.46 倍频器	frequency multiplier	12
2.47 混频器	frequency mixer	12
2.48 锁相环	phase locked loop	12
2.49 频率合成器	frequency synthesizer	13
2.50 频率计数器	frequency counter	13

2.51 通用计数器	universal counter	13
2.52 频标比对器	frequency standard comparator	13
2.53 频差倍增法	frequency difference multiply method	13
2.54 双混频时差法	dual mixer time difference method	13
2.55 输入灵敏度	input sensitivity	13
2.56 比对不确定度	comparison uncertainty	13
2.57 最大输入频差	maximum input frequency difference	13
2.58 多普勒频移	doppler shift	13
附录 A	秒定义次级表示的频率推荐值	14
附录 B	相关计算公式	15



## 引言

本规范依据 JJF 1071《国家计量校准规范编写规则》、JJF 1001《通用计量术语及定义》编写。

本规范是对 JJF 1180—2007《时间频率计量名词术语及定义》的修订，除编辑性修改外，主要修订内容如下：

- 增加了引言和附录部分；
- 调整了正文章节结构，将全部词条归并为时间和频率两个部分；
- 删除了 26 个词条，增加了 28 个词条，修改了 85 个词条；

本规范历次版本发布情况：

- JJF 1108—2007。

# 时间频率计量名词术语及定义

## 1 时间

### 1.1 时间 time

描述物质运动、变化的持续性、顺序性的参数，包括时刻和时间间隔，是物理学基本物理量之一。国际单位制基本单位中，时间单位秒，符号 s。

### 1.2 秒 second

当铯的频率  $\Delta\nu_{\text{Cs}}$ ，即铯-133 原子不受干扰的基态超精细能级跃迁频率以单位 Hz，即  $\text{s}^{-1}$ ，表示时，将其固定数值取为 9 192 631 770 来定义秒。

### 1.3 秒的次级表示 secondary representations of the second

由国际计量委员会下属的时间频率咨询委员会推荐的一组利用秒定义测量的能级跃迁频率及其不确定度（详见附录 A）。

### 1.4 时标（时间尺度）time scale

时间坐标的简称，又称时间尺度。选择一个时间的基本单位（秒），从一特定的起点累积而成。时标上的点称为时刻，两点之差称为时间间隔。

### 1.5 时刻 instant time

连续流逝时间的某一瞬间，即时标上的点。

### 1.6 时间间隔 time interval

时标上两个时刻之差，即两个事件的时间间隔或某一时间持续的时间间隔。

### 1.7 世界时 universal time (UT)

以地球自转周期为基础，通过观测太阳的周日视运动确定的一种时间尺度。使用的世界时形式包括：UT0 是本初子午线的太平时，直接由天文观测得到；UT1 是 UT0 校正过在恒星参考系中地球相对其旋转轴的微小运动(极向变化) 效应的时间；UT2 是对 UT1 校正过在恒星参考系中地球旋转速度的微小季节性起伏效应的时间。

### 1.8 地球时 terrestrial time (TT)

1967 年国际天文学联合会 (IAU) 将相对于地球质心运动方程采用的时间变量定义为地球力学时，1991 年改为地球时，单位采用国际单位制秒。

目前，国际计量局（BIPM）负责产生的 TT(BIPM)是地球时的一种实现。

### **1.9 历书时 ephemeris time**

以地球公转定义秒长的时标，起始时刻是 1900 年 1 月 0 日 12 时。

### **1.10 原子时标（原子时间尺度） atomic time scale**

以原子秒为单位累积的时标。一般输出标准时间（1PPS）和标准频率信号（5MHz/10MHz）。

### **1.11 国际原子时 international atomic time (TAI)**

以原子秒为单位，从 1958 年世界时 1 月 1 日 0 时开始累积的时标。国际计量局利用分布在世界各地连续工作的几百台原子钟读数加权计算得到自由原子时，再利用秒定义复现装置对自由原子时进行校准，最终获得的高度稳定和高度准确的时间。

### **1.12 协调世界时 coordinated universal time (UTC)**

国际原子时（TAI）与世界时（UT1）协调后产生的时标，所用的时间单位与 TAI 一样为原子秒，在时刻上与 UT1 靠近，两者之差在  $\pm 0.9\text{s}$  之内，与 TAI 相差整数秒。UTC 为国际统一的标准时间。

### **1.13 中国标准时间 China standard time (CST)**

采用国内主要时间频率实验室连续运行的原子钟数据加权计算后，经秒定义复现装置校准，得到的高度稳定、高度准确的时间。正常时期溯源至协调世界时，非常时期保持独立自主运行。

### **1.14 北京时间 Beijing time**

北京所在东八区区时，时刻上超前协调世界时 8 小时。

### **1.15 原子时标国家计量基准 national primary atomic time scale standard**

由国务院计量行政部门组织建立、作为统一全国时间量值最高依据的原子时标。目前，中国计量科学研究院建立和保持着原子时标国家计量基准 UTC(NIM)。

### **1.16 原子时标标准 atomic time scale standard**

由计量技术机构建立和保持、具备一定独立守时能力，并直接溯源至原子时标国家计量基准的标准装置。

### **1.17 被驯服的振荡器 disciplined oscillator (DO)**

通过卫星、光纤或其他时间或频率比对链路，测量本地振荡器与外部参考时间或频率的偏差，然后调整振荡器频率，使本地振荡器输出与外部参考一致的设备。输出信号一般包括时间信号（1PPS）、频率信号（5MHz/10MHz）。

### **1.18 闰秒 leap second**

为保持 UTC 与 UT1 之差在  $\pm 0.9$  s 之内，在 UTC 上引入的修正秒。闰秒时一分钟为 61s（正闰秒）或 59s（负闰秒）。闰秒时间一般是 6 月底或 12 月底的最后一分钟进行。

### **1.19 历元 epoch**

一个世纪的起始点，或者一个计时系统的起始时刻。

### **1.20 全球卫星导航系统 global navigation satellite system (GNSS)**

利用人造地球卫星发射的无线电信号在全球范围内提供定位、导航及授时服务的综合系统，目前主要包括中国的北斗卫星导航系统（BeiDou Navigation Satellite System, BDS）、美国的全球定位系统（Global Positioning System, GPS）、俄罗斯的格洛纳斯卫星导航系统（Global Navigation Satellite System, GLONASS）以及欧洲伽利略卫星导航系统（Galileo Navigation Satellite System, GALILEO）。

### **1.21 北斗时 BeiDou time (BDT)**

BDS 建立和保持的时间，采用国际单位制秒的无闰秒连续时间。BDT 的历元是 UTC 2006 年 1 月 1 日的 00:00:00。

### **1.22 GPS 时 GPS time (GPST)**

GPS 建立和保持的时间，采用国际单位制秒的无闰秒连续时间。GPST 的历元是 UTC 1980 年 1 月 6 日的 00:00:00。

### **1.23 GLONASS 时 GLONASS time (GLONASST)**

GLONASS 建立和保持的时间，不定期引入闰秒。

### **1.24 Galileo 时 Galileo time (GST)**

GALILEO 建立和保持的时间，采用国际单位制秒的无闰秒连续时间。GST 的历元为 UTC 1999 年 8 月 22 日的 00:00:00。

### 1.25 儒略日 Julian day (JD)

从公元前 4713 年世界时 1 月 1 日正午开始按十进制累计的天数。

### 1.26 修定儒略日 modified Julian day (MJD)

从 1858 年世界时 11 月 17 日午夜开始按十进制累计的天数，又称约化儒略日或简化儒略日。

### 1.27 时延 time delay

一个时间信号通过一段空间、一段电缆或一部分电路、一台电子设备等所用的传递时间，即信号到达时刻与发出时刻之差，又称时间延迟。

### 1.28 时间间隔发生器 time interval generator

以振荡器的周期为参考，通过数字电路和模拟电路（延迟线）产生各种时间间隔的设备。间隔值以单列脉冲宽度、脉冲周期或双列脉冲时间差给定。

### 1.29 时间间隔计数器 time interval counter

测量两个时间信号（如秒脉冲）的顺序时刻差或一个时间信号持续的时间间隔的设备。

### 1.30 时基 time base

电子仪器的参考频率源，用作该仪器实现所有时间和频率功能的参考。

### 1.31 闸门时间 gate time

计数器测量时，电子门打开的时间间隔。

### 1.32 秒表 stopwatch

一种分辨力大于 1 ms，手工或电力控制启动和停止计时的时间间隔测量仪。

### 1.33 机械秒表 mechanic stopwatch

一种机械式的时间间隔测量仪，一般以游丝摆动的周期为参考，通过度盘上的指针和刻度显示测量结果。

### 1.34 电子秒表 electronic stopwatch

一种电子式时间间隔测量仪，所用时基为内部晶振，以数字显示器显示测量结果。

### **1.35 石英钟 quartz clock**

以石英晶体振荡器为主振器的时钟。

### **1.36 电秒表 electromotive stop watch**

以市电 50Hz 频率或石英晶振为标准频率源的时间间隔测量器具。根据标准频率源、驱动方式、测量结果表现形式的不同，分为指针式电秒表和数字式电秒表。

### **1.37 毫秒仪 millisecond meter**

一种具有空接点测量功能的数字式、毫秒量级的时间间隔测量仪。

### **1.38 时间检定仪 time interval verification device**

用于检定毫秒仪、秒表等设备的计量标准器具。

### **1.39 秒表检定仪 stop watch verification device**

用于检定电子秒表、电秒表、机械秒表的计量标准器具。

### **1.40 电秒表检定仪 electromotive stop watch verification device**

用于检定电秒表的计量标准器具。

### **1.41 瞬时日差测量仪 instantaneous daily clock time difference tester**

一种以内置晶振为参考源，利用声、电、磁等传感器，接收钟、表等的振荡或节拍信号，经信号采集、处理和计算，快速测定钟、表的日差或月差，或钟、表经历规定时间间隔后的读数变化量的仪器。

### **1.42 相位 phase**

在周期信号的一个完整周期内某一时刻信号的位置偏离周期起点的角度，用度或弧度表示。

### **1.43 相位差 phase difference**

某一时刻两个相同频率标称值信号的相位值之差，用时间单位表示。

### **1.44 相移 phase shift**

使周期信号的相位发生改变的过程，又称移相。

### **1.45 时间抖动 time jitter**

表征时间信号的短期随机快速变化。

#### **1.46 时间偏差 time offset**

一个时标（或时钟）相对一参考时标（或参考钟）的时刻差，简称时差。

#### **1.47 日差 daily time offset**

一个时标（或时钟）相对一参考时标（或参考钟）经过一天后时间偏差的变化量。

#### **1.48 时码 time code**

约定了帧参考标志的时间信息的二进制编码，一般包含年、月、日、时、分、秒。

#### **1.49 时间比对 time comparison**

测定和计算两个时标（时钟）的时间偏差和不确定度的操作过程。

#### **1.50 时间同步 time synchronization**

在某一时刻，使两台或多台时钟时间偏差保持在一定范围以内的过程或状态。

#### **1.51 时间传递 time transfer**

将时间或频率通过有线或无线的方法传送到异地的过程，一般用于时间比对和时间同步。

#### **1.52 时间间隔误差 time interval error (TIE)**

被测信号相对于参考信号的相位差，用时间单位表征。

#### **1.53 最大时间间隔误差 maximum time interval error (MTIE)**

时间间隔误差的最大值。

#### **1.54 时间标准偏差 time deviation (TDEV)**

基于修正阿伦标准偏差定义的一种描述时间偏差抖动特性的统计量，又称时间稳定度（计算公式见附录 B.1）。

#### **1.55 无线电授时 radio time service**

通过全球卫星导航系统、长波、短波或低频时码等方式发射标准时间信息。

#### **1.56 网络时间协议 network time protocol (NTP)**

在互联网上发送时间编码的标准协议。编码为 64 位的二进制定点数，前 32 位是 1900 年 1 月 1 日零点零分零秒开始至今的 UTC 的总秒数，后 32 位表示秒的小数部分。

### **1.57 精密授时协议 precise time protocol (PTP)**

由 IEEE-1588 标准定义的一种以互联网作为传输介质的精确时间协议。最初为局域网使用设备制定，目前也应用于基于广域网和数据包的以太网应用。

### **1.58 网络授时 internet time service**

在互联网上按照网络时间协议 (NTP、PTP 或其他) 发送标准时间信息。主要用于校准终端时钟。

### **1.59 电话授时 telephone time service**

在有线电话网上，通过调制解调器传送和接收标准时间编码信息。

### **1.60 卫星共视时间频率传递 satellite common-view time and frequency transfer**

两地同时观测相同导航卫星，测出本地时钟与所接收到导航卫星给出的时间之差，事后交换数据得出两地时钟的时差或频差。

### **1.61 卫星全视时间频率传递 satellite all-view time and frequency transfer**

两地同时观测一个导航系统，测出本地时钟与所接收到导航系统给出的时间之差，事后交互数据得出两地时钟的时差或频差。

### **1.62 卫星双向时间频率传递 satellite two way time and frequency transfer (TWSTFT)**

利用同步卫星的转发器作为媒介，两地同时发送各自的时钟信号，一般为秒脉冲信号，测量本地钟秒脉冲信号与接收到的对方发来的秒脉冲信号间的时差。两个测量结果相减并去掉传送中的附加延迟后，得到两地时钟的时差或频差。

### **1.63 精密单点定位 precise point positioning (PPP)**

利用单台 GNSS 接收机的载波相位观测值、伪距观测值，结合精密星历和精密卫星钟差等参数实现高精度定位的一种技术。

### **1.64 载频相位测量 carrier phase measurement**

测量卫星发射的载频信号从卫星到接收天线所累积的相位值，乘以载频的周期可以精确地得到信号在空间的传输时间，主要用于相距较远两地时钟的比对。

### **1.65 光纤时间频率传递 fiber-optic time and frequency transfer**

以光纤作为传输介质，对微波频率、光学频率或者时间信号进行传输，通过主动伺



服或者数据修正的方法，达到减小链路噪声影响的目的，从而实现高稳定度的时间频率传输。

## **2 频率**

### **2.1 频率 frequency**

单位时间（1 s）内周期性事件的重复次数。单位是赫兹，符号为 Hz。

### **2.2 周期 period**

重复事件的重复时间，与频率互为倒数。

### **2.3 频率标准 frequency standard**

一台独立工作的，只输出几个频率值的装置，一般 5MHz 和 10MHz，简称频标。

### **2.4 原子频标 atomic frequency standard**

以原子在两个能级间跃迁时发射或吸收振荡信号的频率为参考，通过锁相环路锁定一个晶体振荡器，使晶体振荡器频率与原子跃迁频率具有相近准确度的频率标准，又称原子钟。

### **2.5 主动型原子频标 active atomic frequency standard**

利用受激辐射方法直接得到原子跃迁谱线输出频率信号实现的原子频标。

### **2.6 被动型原子频标 passive atomic frequency standard**

利用本地振荡器输出的激励信号激发原子跃迁，通过误差信号反馈控制本地振荡器输出频率实现的原子频标。

### **2.7 喷泉钟 fountain clock**

利用激光冷却操控原子，并使原子以喷泉的方式两次通过激励微波腔，从而制成的高准确度原子钟。目前主要包括铷喷泉钟和铯喷泉钟。

### **2.8 秒长国家计量基准 national primary frequency standard**

由国务院计量行政部门组织建立的直接复现秒定义的装置。目前，中国计量科学研究院建立和保持着秒长国家计量基准。

### **2.9 铯原子频标 cesium frequency standard**

利用铯-133 原子在其基态的两个超精细能级间的跃迁信号控制一台晶体振荡器，

跃迁频率为 9192631770Hz，输出频率一般为 5MHz 和 10MHz。简称铯频标，又称铯原子钟。

### **2.10 氢原子频标 hydrogen frequency standard**

氢原子跃迁频率为 1420405752Hz，分被动型和主动型两种，被动型的工作过程类似铯原子频标（见 2.9）；主动型的又称为氢脉泽，在满足一定条件时跃迁自动发生，输出频率一般为 5MHz、10MHz 或 100MHz。简称氢频标，又称氢原子钟。

### **2.11 铷原子频标 rubidium frequency standard**

铷原子跃迁频率为 6834682608 Hz，工作过程类似铯原子频标（见 2.9），简称铷频标。

### **2.12 光频标 optical frequency standard**

一种基于离子或原子在光频范围内的跃迁制成的频率标准。

### **2.13 钟组 clock ensemble**

若干台原子钟的集合，一般用于产生时标。

### **2.14 芯片原子频标 chip-scale atomic frequency standard**

基于微机电系统（MEMS）技术，外形尺寸及功耗接近集成电路芯片级别的微型原子频率标准，又称芯片钟。

### **2.15 恒温晶振 oven controlled crystal oscillator**

为减少环境温度变化引起晶体谐振频率的变化，把石英晶体放在恒温槽内，配备良好的振荡、放大、控制电路，具有优异的频率短期稳定性和相位噪声特性。

### **2.16 温补晶振 temperature compensated crystal oscillator**

对温度引起的频率变化进行补偿的晶振。

### **2.17 晶体振荡器 quartz oscillator**

利用石英晶体的压电效应产生振荡信号的频率源，简称晶振。

### **2.18 石英晶体频标 quartz frequency standard**

一台独立使用的高稳恒温石英晶体振荡器，输出频率一般包括 5 MHz 和 10 MHz。

### **2.19 白相噪声 white phase noise**

白噪声对频率信号的相位调制，表现为频率稳定度与取样时间成反比。

### **2.20 闪相噪声 flicker phase noise**

闪变噪声对频率信号的相位调制，表现为频率稳定度与取样时间成反比。

### **2.21 白频噪声 white frequency noise**

白噪声对频率信号的频率调制，表现为频率稳定度与取样时间的平方根成反比。

### **2.22 闪频噪声 flicker frequency noise**

闪变噪声对频率信号的频率调制，表现为频率稳定度与取样时间无关。此时的稳定度有时称为 Flicker 平坦区。

### **2.23 随机游动频率噪声 random walk frequency noise**

引起频率稳定度与取样时间成正比的噪声。

### **2.24 频率标称值 nominal frequency**

频率源经化整或近似的频率值。

### **2.25 频率偏差 frequency offset**

频率测量值与标称值之差（计算公式见附录 B.2）。

### **2.26 相对频率偏差 relative frequency offset**

频率偏差与频率标称值的比值，简称频差（计算公式见附录 B.3）。

### **2.27 频率复现性 frequency repeatability**

频标正常工作一段时间关机，再开机达到稳定后的频率值与关机时频率值的一致程度。用两次相对频率偏差之差表示。

### **2.28 频率漂移 frequency drift**

原子频标连续工作时输出频率随时间单方向的变化。

### **2.29 频率漂移率 frequency drift rate**

单位时间内原子频标的频率漂移量，一般用最小二乘法估算（计算公式见附录 B.4）。取单位时间为日时，称为日漂移率。

### 2.30 频率老化 frequency aging

石英晶体频标连续工作时输出频率随时间单方向变化。

### 2.31 频率老化率 frequency aging rate

单位时间内石英晶体频标的频率老化量，一般用最小二乘法估算（见附录 B.5）。取单位时间为日时，称为日老化率。

### 2.32 频率稳定度 frequency stability

描述平均频率随机起伏程度的量。不同取样时间对应不同的稳定度量值。

描述频率源输出频率随机起伏程度的量，一般在时域用对应单位取样时间的阿伦标准偏差表征，在频域用偏离载波一定带宽的相位噪声表征。

### 2.33 长期频率稳定度 long-term frequency stability

一般是指取样时间大于 100 s 的频率稳定度，更多的是指一天以上。

### 2.34 短期频率稳定度 short-term frequency stability

一般是指取样时间在 1 ms~100 s 范围内的稳定度。

### 2.35 阿伦标准偏差 Allan deviation

频率稳定度在时域的数学表征（计算公式见附录 B.6）。

### 2.36 重叠阿伦标准偏差 overlapping Allan deviation

阿伦标准偏差的另一种表征方法，其特点在于重叠采样测量数据（计算公式见附录 B.7）。

### 2.37 修正阿伦标准偏差 modified Allan deviation

频率稳定度在时域的另一数学表征，能从取样时间变化的关系上区别出频率稳定是由白噪声调相还是闪烁噪声调相引起的（计算公式见附录 B.8）。

### 2.38 哈德玛标准偏差 Hadamard deviation

一种基于哈达玛变换的频率稳定性的时域测量的三样本偏差，相比阿伦标准偏差，具有较高的分辨力（计算公式见附录 B.9）。

### 2.39 取样时间 sample time

测量时采用的平均时间。

#### **2.40 取样个数 sample number**

测量频率稳定度时所用的相对频率偏差个数。

#### **2.41 测量带宽 measurement bandwidth**

频率稳定度测量装置的信号通带宽度。一般规定测量带宽要大于取样时间倒数的 5 倍。

#### **2.42 相位噪声 phase noise**

频率稳定度的频域表征。单边带偏离载频处单位带宽内功率与载频功率之比，单位为 dBc/Hz。偏离载频的偏离值称为傅立叶频率，一般取 1 Hz~100 kHz。

#### **2.43 开机特性 warm-up**

描述晶体振荡器、石英晶体频标以及原子频标在开机初始阶段的频率不稳情况，一般用开机一段时间内频率的最大变化量或者开机一段时间达到的相对频率偏差表征。

#### **2.44 温度敏感度 temperature sensitivity**

描述频率标准输出频率随环境温度变化而变化的情况，一般用单位温度变化内频率的变化量表征。

#### **2.45 分频器 frequency divider**

可以使输出信号频率成倍数低于输入信号频率的仪器或电路模块。通常可利用计数或滤波等方法实现分频。

#### **2.46 倍频器 frequency multiplier**

可以使输出信号频率等于输入信号频率固定倍数的仪器或电路模块。通常可利用非线性电路产生高次谐波或者利用频率控制回路实现倍频。

#### **2.47 混频器 frequency mixer**

一台仪器或一个电路，利用两个不同频率的信号产生一个新的频率信号，通常为两个信号频率之和或频率之差。

#### **2.48 锁相环 phase locked loop**

用于控制和调整振荡器频率的闭合环路。相位锁定后，被控振荡器与参考信号具有同样的频率准确度并始终保持。

#### **2.49 频率合成器 frequency synthesizer**

以内部参考振荡器为参考通过分频、倍频及锁相等电路变换产生用户可选择的大范围输出不同频率的设备。

#### **2.50 频率计数器 frequency counter**

测量电信号频率的仪器。

#### **2.51 通用计数器 universal counter**

除测量频率外还能测量周期、时间间隔、相位差的频率计数器。

#### **2.52 频标比对器 frequency standard comparator**

对两台频标进行比对的装置，以高分辨力测出频标的相对频率偏差、频率稳定度等指标，一般采用频差倍增法或双混频时差法。

#### **2.53 频差倍增法 frequency difference multiply method**

通过逐级倍频、混频，实现将频率偏差倍增，从而提高频率测量分辨力的方法。

#### **2.54 双混频时差法 dual mixer time difference method**

一种利用媒介振荡器分别与两频率标准混频，通过测量混频后的两低频相位差获得频率偏差的方法。

#### **2.55 输入灵敏度 input sensitivity**

使测量仪器正常工作的输入信号幅度最小值，一般可用电压有效值  $V_{RMS}$  或功率值 dBm 表示。

#### **2.56 比对不确定度 comparison uncertainty**

频标比对器对测量结果引入的不确定度，用阿伦标准偏差表征。

#### **2.57 最大输入频差 maximum input frequency difference**

频标比对器等时间频率设备正常工作允许的被测频率信号的最大相对频率偏差。

#### **2.58 多普勒频移 doppler shift**

发射机和接收机存在相对运动时引起电磁信号的频率偏移。

附录 A 秒定义次级表示的频率推荐值

表 A.1 国际单位制中秒定义次级表示的频率推荐值及不确定度

序号	原子	推荐值 (Hz)	相对不确定度
1	$^{199}\text{Hg}$	1 128 575 290 808 154.32	$2.4 \times 10^{-16}$
2	$^{199}\text{Hg}^+$	1 064 721 609 899 146.96	$2.2 \times 10^{-16}$
3	$^{27}\text{Al}^+$	1 121 015 393 207 859.16	$1.9 \times 10^{-16}$
4	$^{171}\text{Yb}^+$ (四极)	688 358 979 309 308.24	$2.0 \times 10^{-16}$
5	$^{171}\text{Yb}^+$ (八极)	642 121 496 772 645.12	$1.9 \times 10^{-16}$
6	$^{171}\text{Yb}$	518 295 836 590 863.63	$1.9 \times 10^{-16}$
7	$^{88}\text{Sr}^+$	444 779 044 095 486.3	$1.3 \times 10^{-15}$
8	$^{88}\text{Sr}$	429 228 066 418 007.01	$2.0 \times 10^{-16}$
9	$^{87}\text{Sr}$	429 228 004 229 872.99	$1.9 \times 10^{-16}$
10	$^{40}\text{Ca}^+$	411 042 129 776 400.4	$1.8 \times 10^{-15}$
11	$^{87}\text{Rb}$	6 834 682 610.904 312 6	$3.4 \times 10^{-16}$

注：数据来自于国际计量局官网：<https://www.bipm.org/en/publications/mises-en-pratique/standard-frequencies-second>，推荐值及不确定度更新时间 2021 年。

## 附录 B 相关计算公式

### B.1 时间稳定度

计算公式为:

$$\sigma_x(\tau) = \frac{\tau}{\sqrt{3}} \cdot \text{Mod}\sigma_y(\tau)$$

式中:

$\sigma_x(\tau)$  — 时间稳定度;

$\tau$  — 取样时间;

$\text{Mod}\sigma_y(\tau)$  — 修正的阿伦标准偏差 (见 B.8)。

### B.2 频率偏差

计算公式为:

$$\Delta f = f_x - f_0$$

式中:

$\Delta f$  — 频率偏差;

$f_x$  — 频率测量值;

$f_0$  — 频率标称值。

### B.3 相对频率偏差

计算公式为:

$$y = \frac{f}{f_0}$$

式中:

$y$  — 相对频率偏差;

$f$  — 频率偏差;

$f_0$  — 频率标称值。

### B.4 频率漂移率

计算公式为:

$$K = \frac{\sum_{i=1}^N [y_i(\tau) - \bar{y}(\tau)] \cdot (t_i - \bar{t})}{\sum_{i=1}^N (t_i - \bar{t})^2}$$

式中:

$K$  — 频率漂移率;



$N$ —取样个数，一般取 15；

$y_i(\tau)$ — $t_i$ 时刻测得的相对频率偏差；

$\tau$ —取样时间，一般取 1 天；

$t_i$ —取样时序（为 1, 2, ……15）；

$$\bar{t} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N t_i;$$

$$\bar{y}(\tau) = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N y_i(\tau)。$$

### B.5 频率老化率

计算公式与频率漂移率（见 B.4）相同，描述晶振频率特性时通常取样时间 $\tau=0.5$  天。

### B.6 阿伦标准偏差

计算公式为：

$$\sigma_y(\tau) = \sqrt{\frac{1}{2(M-1)} \sum_{i=1}^{M-1} (y_{i+1} - y_i)^2}$$

式中：

$\sigma_y(\tau)$ —阿伦标准偏差；

$\tau$ —取样时间；

$y(\tau)$ —平均频率偏差；

$M$ —取样个数。

当通过测量相位差（以时间为单位）得到 $y(\tau)$ ，相应的计算公式为：

$$\sigma_y(\tau) = \sqrt{\frac{1}{2(N-2)\tau^2} \sum_{i=1}^{N-2} (x_{i+2} - 2x_{i+1} + x_i)^2}$$

式中：

$x_i$ —相位差；

$N$ —取样个数。

### B.7 重叠阿伦标准偏差

计算公式为：

$$\sigma_y(\tau) = \sqrt{\frac{1}{2m^2(M-2m+1)} \sum_{j=1}^{M-2m+1} \left\{ \sum_{i=j}^{j+m-1} (y_{i+m} - y_i) \right\}^2}$$

式中:

$\sigma_y(\tau)$ —重叠阿伦标准偏差;

$M$ —取样个数;

$\tau$ —取样时间,  $\tau = m\tau_0$ ;

$m$ —平均因子;

$\tau_0$ —基本取样间隔;

$y_i$ —相对频率偏差。

或者利用  $N=M+1$  个相位数据计算, 计算公式为:

$$\sigma_y(\tau) = \sqrt{\frac{1}{2(N-2m)\tau^2} \sum_{i=1}^{N-2m} (x_{i+2m} - 2x_{i+m} + x_i)^2}$$

式中:

$x_i$ —相位差。

## B.8 修正阿伦标准偏差

计算公式为:

$$Mod\sigma_y(\tau) = \sqrt{\frac{1}{2m^4(M-3m+2)} \sum_{j=1}^{M-3m+2} \left\{ \sum_{i=j}^{j+m-1} \left( \sum_{k=i}^{i+m-1} [y_{k+m} - y_k] \right) \right\}^2}$$

式中:

$Mod\sigma_y(\tau)$ —修正阿伦标准偏差;

$M$ —取样个数;

$\tau$ —取样时间,  $\tau = m\tau_0$ ;

$m$ —平均因子;

$\tau_0$ —基本取样间隔;

$y_k$ —相对频率偏差。

或者利用  $N = M + 1$  个相位数据计算, 计算公式为:

$$Mod\sigma_y(\tau) = \sqrt{\frac{1}{2m^2\tau^2(N-3m+1)} \sum_{j=1}^{N-3m+1} \left\{ \sum_{i=j}^{j+m-1} (x_{i+2m} - 2x_{i+m} + x_i) \right\}^2}$$

式中:

$x_i$ —相位差。

### B.9 哈达玛标准偏差

计算公式为:

$$H\sigma_y(\tau) = \sqrt{\frac{1}{6(M-2)} \sum_{i=1}^{M-2} (y_{i+2} - 2y_{i+1} + y_i)^2}$$

式中:

$H\sigma_y(\tau)$ —哈达玛标准偏差;

$M$ —取样个数;

$\tau$ —取样时间;

$y_i$ —相对频率偏差。

或者利用  $N=M+1$  个相位数据计算, 计算公式为:

$$H\sigma_y(\tau) = \sqrt{\frac{1}{6(N-3m)\tau^2} \sum_{i=1}^{N-3} (x_{i+3} - 3x_{i+2} + 3x_{i+1} - x_i)^2}$$

式中:

$\tau$ —取样时间;

$x_i$ —相位差。