

GNSS 测量原理与应用

李丽华

中国地质大学（北京）测量与导航工程系

lihuali@cugb.edu.cn

2020 春



第二章 坐标系统与时间系统

2.1 天球坐标系与地球坐标系

2.2 WGS-84坐标系和我国大地坐标系

2.3 坐标系之间的转换

2.4 时间系统



§ 2-4. 时间系统

- 1. **恒星时**: 以春分点为参照点的时间系统。
- 2. **平太阳时**: 以平太阳为参照点的时间系统。
- 3. **世界时**: 平子夜为零时的格林尼治平太阳时。
- 4. **原子时**: 以物质内部原子运动周期为基础。
- 5. **协调世界时**: 以原子时秒长的世界时（跳秒）。
- 6. **GPS时间系统**: 秒长为原子时, 时间起算点为 1980.1.6.UTC 0时, 启动后不跳秒, 时间连续。



- GPS测时测距系统

- 要求时间系统具备连续性，稳定性高，精度高



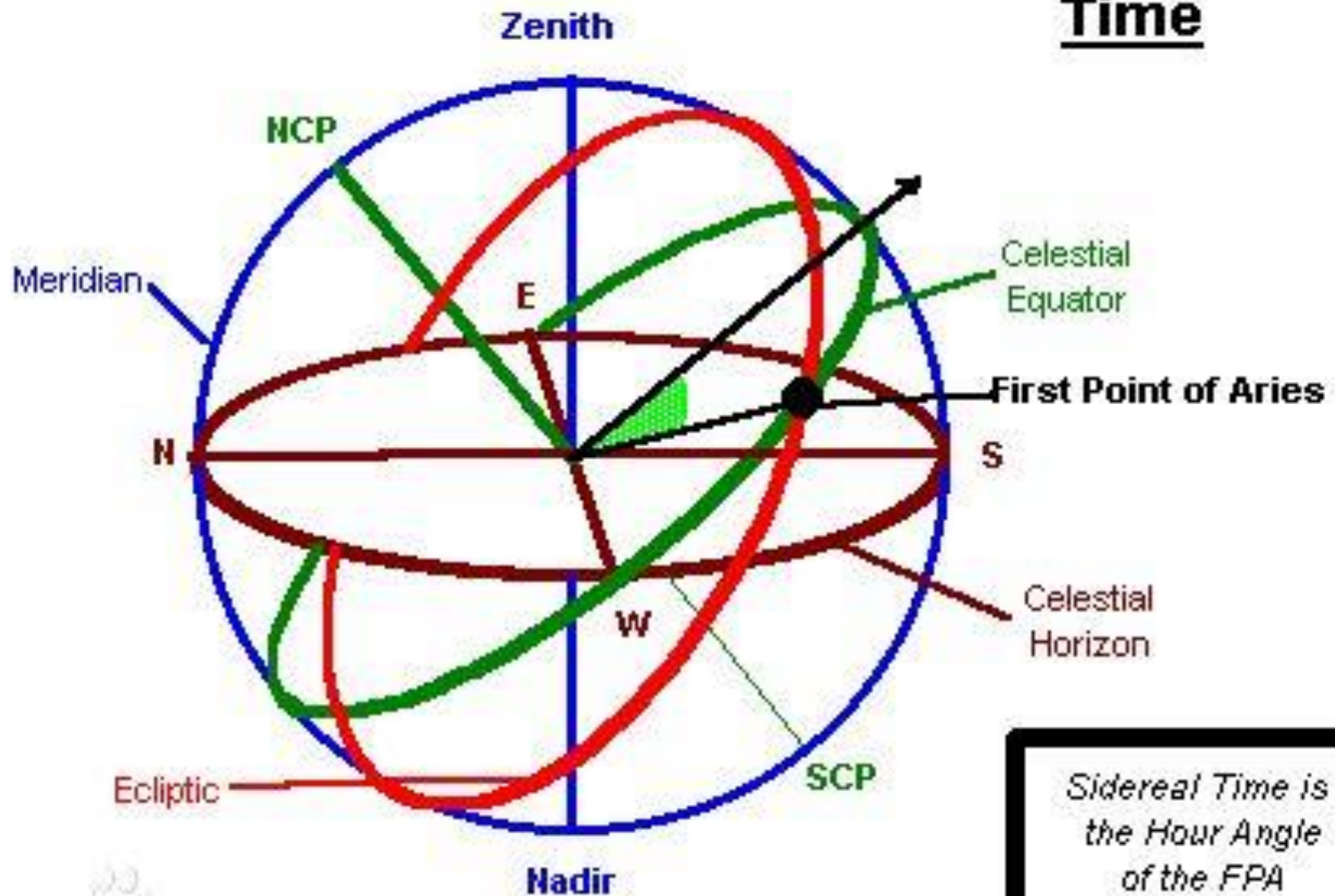
时间系统

- 周期运动现象选择不同



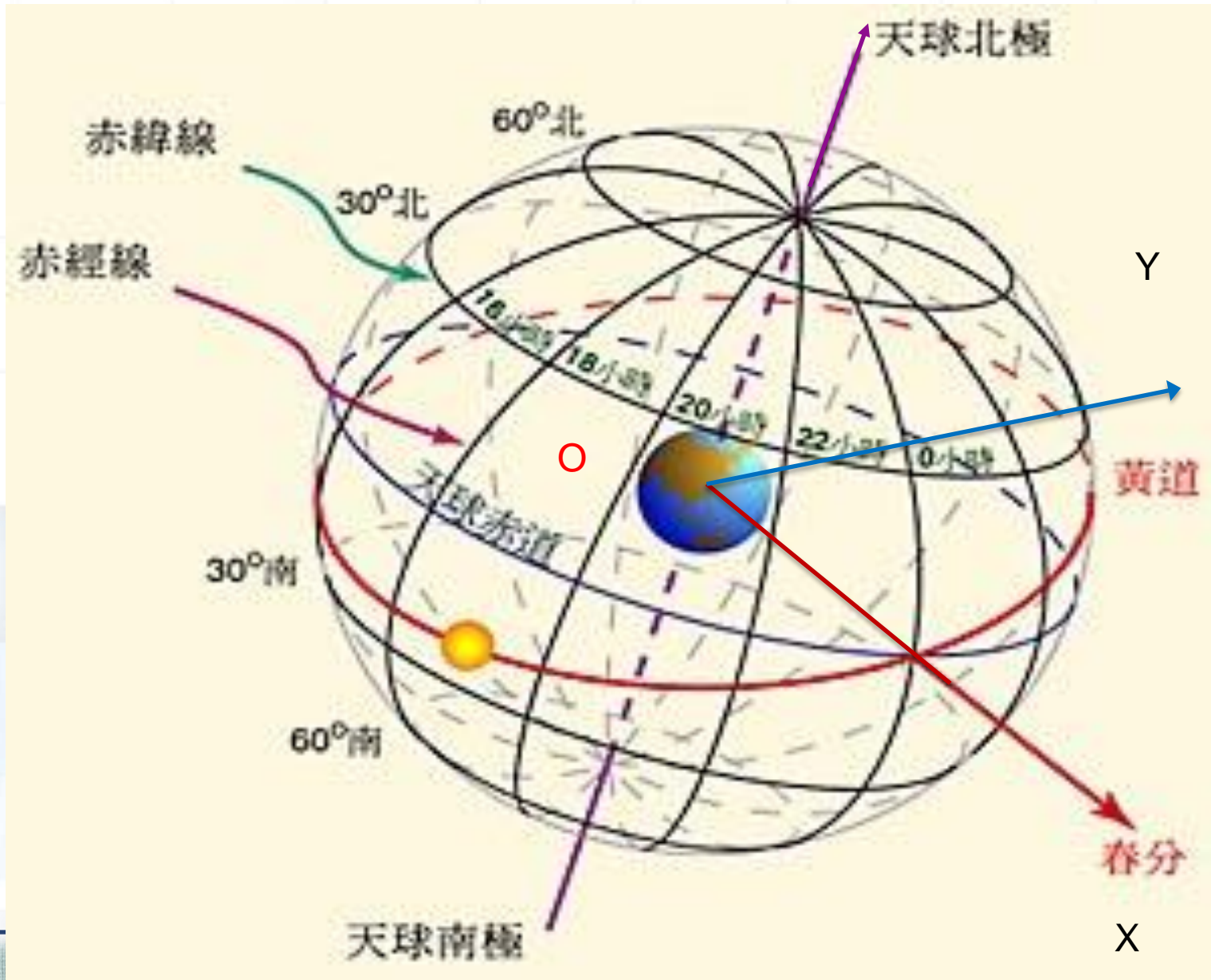
- 时间系统不同：时间尺度和原点


Sidereal Time



*Sidereal Time is
the Hour Angle
of the FPA*

Z






地方时系统

生活在地球上的人直观上感觉不到地球在自转，
地球自转反映为所看到的太阳和星星的东升西落现象。

由于地球自转造成的太阳在天空中的运动称为太阳的周日视运动。

视运动的含意是指这种运动并不是太阳在宇宙空间中的实际运动，只是一种表观上的运动。





世界时系统

1、恒星时 (siderdal time, ST)

以春分点连续两次经过本地子午线的时间间隔为一**恒星日**，含**24恒星小时**。分真春分点地方时、真春分点格林威治时、平春分点地方时、平春分点格林威治时四种。



- 取太阳为参考点
- 太阳时：真太阳的周日视运动不均匀，并不严格等于地球自转周期，冬长夏短，最长和最短可相差51秒

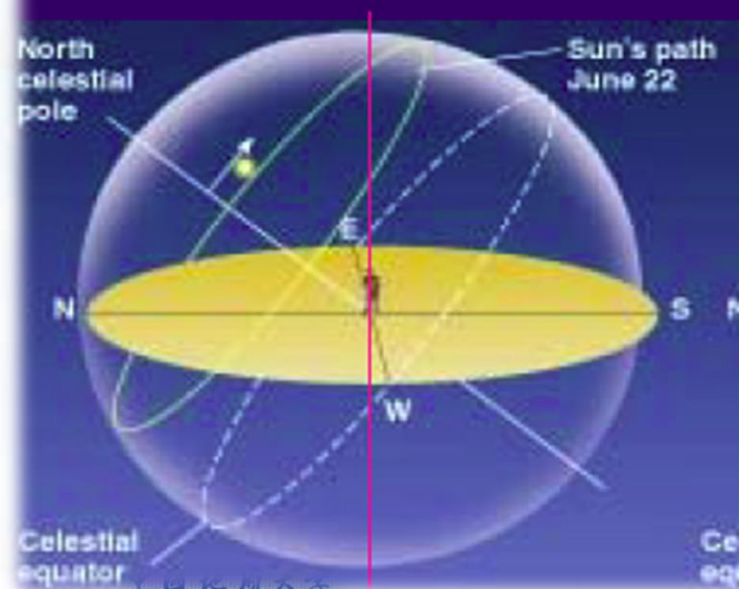
2、平太阳时(mean solar time, MT)

由于太阳视运动速度不均匀，所以假设一个参考点，它在天球上的视运动速度是太阳视运动的平均速度，这个参考点称为平太阳。平太阳连续两次经过本地子午线的时间间隔为一平太阳日，含24平太阳小时。

世界时UT

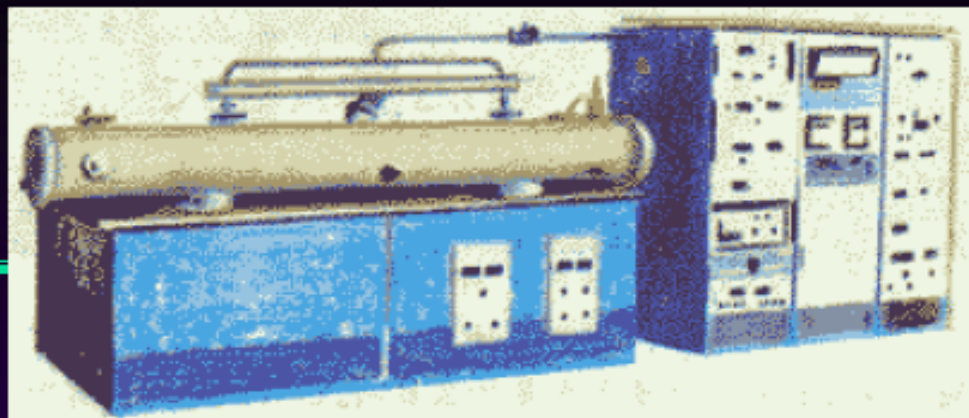
世界时——以平子夜为零时的格林尼治平太阳时

- ❖ 长期变化：潮汐影响使地球自转速度变慢；
- ❖ 季节性变化：大气层中的气团岁季节变化；
- ❖ 不规则变化：地球内部的物质运动；



UT $\xrightarrow{\text{极移改正}}$ UT1 $\xrightarrow{\text{地球自转速度改正}}$ UT2

原子时ATI



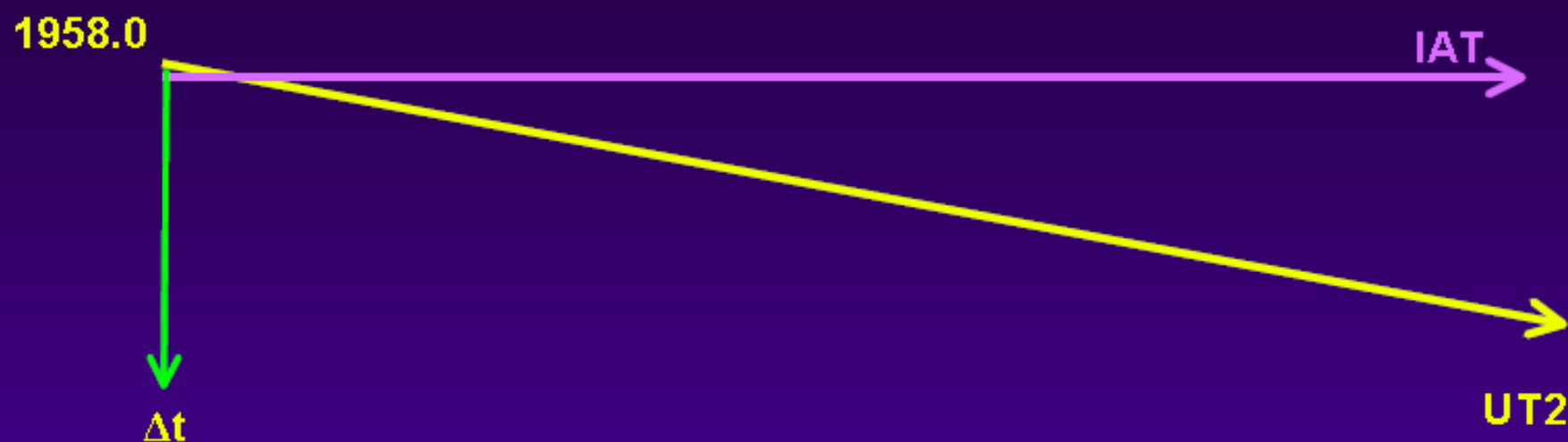
❖ **原子时秒长**——位于海平面的铯133原子基态两个超精细能级，在零磁场中跃迁辐射振荡9192631770周所持续的时间，为一原子时秒。

❖ **国际原子时**——国际上约100座原子钟，通过相互比对，经数据处理推算出统一的原子时系统。

稳定性: 10^{-13}

原子时

❖ 原子时原点—— $UT2_{(1958.1.1.0)} - 0.0039s$



(地球自转速度长期性变慢，世界时每年比原子时慢约一秒)

3、协调世界时UTC

❖**协调世界时**——从1972年开始，国际上开始使用一种以**原子时**秒长为基准，时刻上接近**世界时**的折衷的时间系统。

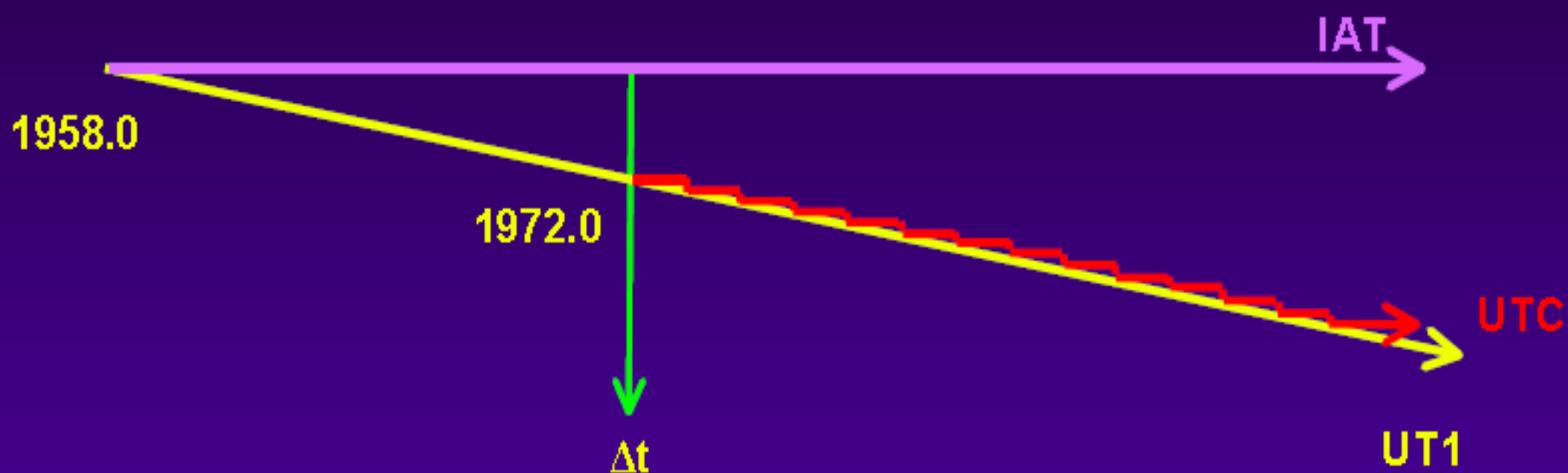
秒长稳定

广泛应用于天体测量，
大地测量，研究地球自
转速度

协调世界时

❖ 闰秒——当协调时和世界时相差超过正负0.9秒时，便在协调时上加入一个闰秒（跳秒）。

（跳秒由国际自转服务组织发布，一般在12.31或6.30进行）



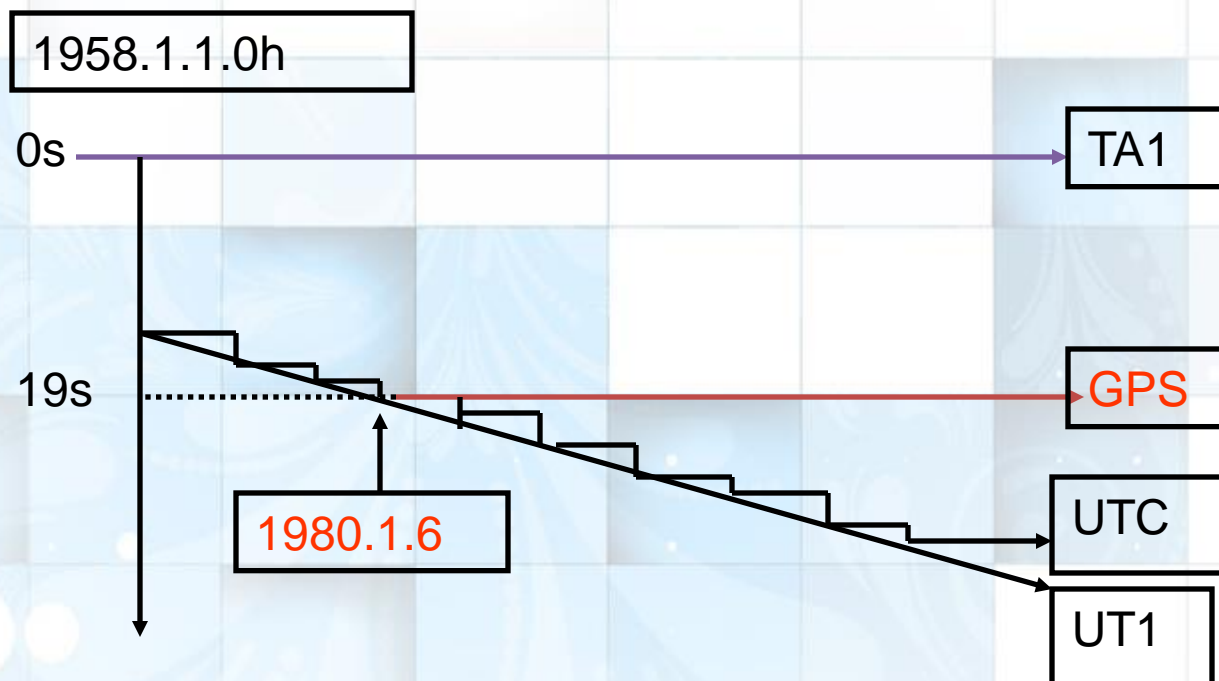
GPS时间系统

- 原点：1980年1月6日UTC零时；
- 秒长：原子时秒长；
- 不跳秒；



GPS时间系统与各种时间系统

- GPS时间系统与各种时间系统之间的关系:



$$TAI = \text{GPS时间} + 19s$$



TAI---UTC

- 1972 Jan. 1 - Jul. 1 10s
- Jul. 1 - 1973 Jan. 1 11s
- 1973 Jan. 1 - 1974 Jan. 1 12s
- 1974 Jan. 1 - 1975 Jan. 1 13s
- 1975 Jan. 1 - 1976 Jan. 1 14s
- 1976 Jan. 1 - 1977 Jan. 1 15s
- 1977 Jan. 1 - 1978 Jan. 1 16s
- 1978 Jan. 1 - 1979 Jan. 1 17s
- 1979 Jan. 1 - 1980 Jan. 1 18s



- <http://leapsecond.com/java/gpsclock.htm>
- <https://hpiers.obspm.fr/eopppc/bul/bulc/UTC-TAI.history>



The following are based on your PC clock:

local	2015-03-16 13:34:30	Monday
UTC	2015-03-16 05:34:30	Monday
GPS	2015-03-16 05:34:46	week 1836
Loran	2015-03-16 05:34:55	GRI 9940
TAI	2015-03-16 05:35:05	Monday

- **Local** time is the date/time reported by your PC (as seen by your web browser). If your PC clock is accurate to a second then the other time scales will be accurate to a second.
- **UTC**, Coordinated Universal Time, popularly known as GMT (Greenwich Mean Time), or *Zulu* time. Local time differs from UTC by the number of leap seconds.
- **GPS**, Global Positioning System time, is the atomic time scale implemented by the atomic clocks in the GPS ground control stations and the GPS satellites.
- **Loran-C**, Long Range Navigation time, is an atomic time scale implemented by the atomic clocks in Loran-C chain transmitter sites. Loran time differs from UTC by the number of leap seconds.
- **TAI**, Temps Atomique International, is the international atomic time scale based on a continuous counting of the SI second. TAI is currently ahead of UTC by 37 seconds.

See also: [Nixie Tube Leap Second Countdown Clock](#).

For more information about *time scales* and *leap seconds* see:

- [Systems of Time](#) Time Service Department, U.S. Naval Observatory, Washington, DC
- [A brief history of time scales](#) Steve Allen, UCO/Lick Observatory
- [Le temps UTC/TAI](#) Bureau International des Poids et Mesures, BIPM UTC/TAI Time Server
- [Leap Seconds](#) Time Service Department, USNO
- [Future of Leap Seconds](#) Steve Allen, UCO/Lick Observatory
- [Modified Julian Date](#) Frequently Asked Questions, Time Service Department, USNO
- [Astronomical Time Keeping](#) Astronomical texts for the layman
- [Astronomical Calendars](#) MAA Scholar Project
- [Some basic information about the different time scales](#) by Paul Schlyter
- [Time Scales, UTC, and Leap Seconds](#) From the *Time and Frequency Users Manual*
- [Astronomical Times](#) Richard Fisher, National Radio Astronomy Observatory
- [Loran-C Timing Operations](#) U.S. Naval Observatory, Washington, DC

• 从1980年算起的目前更新为:		
引入日期	正/负 秒	<u>TAI</u> - <u>UTC</u> (秒)
• 1980年 1 月 1 日	正	19.0
• 1981年 7 月 1 日	正	20.0
• 1982年 7 月 1 日	正	21.0
• 1983年 7 月 1 日	正	22.0
• 1985年 7 月 1 日	正	23.0
• 1988年 1 月 1 日	正	24.0
• 1990年 1 月 1 日	正	25.0



• 1991年 1 月 1 日	正	26.0
• 1992年 7 月 1 日	正	27.0
• 1993年 7 月 1 日	正	28.0
• 1994年 7 月 1 日	正	29.0
• 1996年 1 月 1 日	正	30.0
• 1997年 7 月 1 日	正	31.0
• 1999年 1 月 1 日	正	32.0
• 2006年 1 月 1 日	正	33.0
• 2009年 1 月 1 日	正	34.0
• 2012年 7 月 1 日	正	35.0
• 2015年 7 月 1 日	正	36.0



GPS week

- 1980年1月6日凌晨0点
- 一周： 604800秒(86400×7)
- 1980年1月6日0时0分0秒的GPS周： 第0周，第0秒
- 2004年5月1日10时5分15秒的GPS周： 第1268周， 第554715秒，
- GPS周记数（GPS Week Number）为1268 6， 第554715秒。



- 2000年1月1号
- GPS Week: **1042**
- GPS Week Number: 10426



Tuesday, March 17, 2015 (UTC)

- GPS Week: **1836**
- GPS Week Number: **18362**



- 儒略日：以公元前4713年1月1日的正中天起算的平太阳日；
- 改化的儒略日：-2400000.5d 开始时间从中午改为子夜；



- www.ngs.noaa.gov/gps-toolbox

- 日期计算源代码

- GPS计时：GPS周和周秒

$$\text{WEEK} = \text{INT}[(\text{JD}_{\text{观测}} - 2444244.5) / 7]$$



复习题

- 天球坐标系定义及其点的表达方法
- 地球坐标系定义及其点的表达方法
- 不同坐标系之间的转换
- 不同时间系统的定义
- GNSS采用的坐标系统和时间系统？

28

