



国家电网公司
电力科技著作出版项目

电力系统 时间同步技术

DIANLI XITONG SHIJIAN TONGBU JISHU

张道农 主编 于跃海 副主编



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS



国家电网公司
电力科技著作出版项目

电力系统 时间同步技术

DIANLI XITONG SHIJIAN TONGBU JISHU

张道农 主编 于跃海 副主编



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

内 容 提 要

随着电力系统对时间精度的要求越来越高,电力系统时间同步技术也受到了越来越多的关注。

本书共分六章,围绕电力系统时间同步技术,分别对时间的基本概念及相关技术、电力系统时间同步系统、时间同步技术在电力系统中的应用、电力系统时间同步检测技术、典型工程应用进行了详细的讲述,最后进行了分析与展望。

本书兼具理论参考价值与工程实践价值,可作为电力系统自动化专业高校师生的参考书,也可电力系统自动化专业的科研人员、技术管理人员、规划设计人员、运维人员、检测人员等相关技术人员提供参考。

图书在版编目(CIP)数据

电力系统时间同步技术/张道农主编. —北京:中国电力出版社, 2017. 7

ISBN 978-7-5198-0316-2

I. ①电… II. ①张… III. ①电力系统-时间同步-研究 IV. ①TM76

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2017)第 013005 号

出版发行:中国电力出版社

地 址:北京市东城区北京站西街 19 号(邮政编码 100005)

网 址: <http://www.cepp.sgcc.com.cn>

责任编辑:韩雪姣

责任校对:常燕昆

装帧设计:张俊霞 左 铭

责任印制:邹树群

印 刷:三河市万龙印装有限公司

版 次:2017 年 7 月第一版

印 次:2017 年 7 月北京第一次印刷

开 本:710 毫米×1000 毫米 16 开本

印 张:15.75

印 数:0001—2000 册

字 数:294 千字

定 价:78.00 元

版 权 专 有 侵 权 必 究

本书如有印装质量问题,我社发行部负责退换

《电力系统时间同步技术》编写人员名单

主 编 张道农

副 主 编 于跃海

参 编 胡永辉 杨孟娟 熊 汉 刘 洋

南贵林 李录照 王延辉 刘晓川

杨玉清 胡 啸 黄 鑫 赵旭阳

袁文广 吴 杰 谢月新 何迎利

杨 松 杜奇伟 邱祖雄 陈 卫

王 宾 陈泽青 汪 鹤 张立培

袁宇波 安桂生 高 杰 王 超

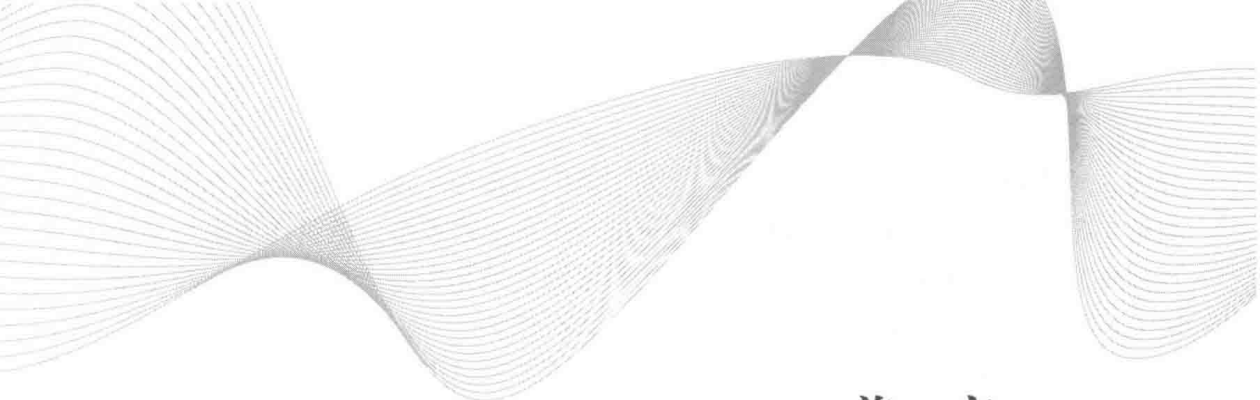
邓星星 陈光华 陈志刚 王志华

毕天姝 李学鹭 严永生 黎 强

温富光 余高旺 陈 宏 黄殿勋

李 波 张向波 方国盛 李东升

卜强生 温聊梅 熊春晖



前 言

随着特高压电网、智能电网和互联电网的发展，我国电网迫切需要在统一的时间基准下运行，以满足电网同步采样、系统稳定性判别、线路故障定位、故障录波和分析、事故反演等应用对时间一致性的要求。同时，随着电力系统对时间精度的要求越来越高，电力系统时间同步技术也受到了越来越多的关注。

目前，在我国已经投运的智能变电站中出现了不少由时间同步技术引起的问题，经分析，这主要是因为对时间同步技术及相关标准的理解与应用存在欠缺。因此，需要一部系统、全面地介绍电力系统时间同步技术的书籍来为时间同步技术在电力系统中的应用提供参考。

本书围绕电力系统时间同步技术，对时间的基本概念及相关技术、电力系统时间同步系统、时间同步技术在电力系统中的应用、电力系统时间同步检测技术、典型工程应用进行了详细的讲述，最后进行了分析与展望。其中第1章为时间的基本概念及相关技术，描述了时间作为一个物理量存在的概念，以及授时、高精度时间频率传递、定时、守时等相关技术；第2章为电力系统时间同步系统，主要介绍了电力系统常用的授时接口、授时信号、通信协议、时间同步装置、时间同步网，并论述了时间同步在线监测技术及时间同步系统的安全性；第3章为时间同步技术在电力系统中的应用，主要描述了电力系统应用时间同步技术的场合和应用方法；第4章为电力系统时间同步检测技术，主要介绍了与时间同步相关的装置的检测方法、检测内容等；第5章为典型工程应用，主要描述了电力系统应用时间同步技术的典型工程，给出了典型工程的方案及其特点；第6章为分析与展望，分析了电力系统时间同步系统的性能和安全性，展望了时间同步技术的发展方向及其在其他行业的应用。最后在附录中对相关的国家标准及行业标准进行了简要介绍。

本书的编写人员为我国时间同步技术领域的专家，具有坚实的理论功底和丰富的实践经验，与国内外同行保持着广泛的技术交流与合作，同时也是该技术领域的国家标准和行业标准的主要起草人员。本书不仅介绍了时间同步相关技术和电力系统时间同步系统的基础知识；而且将电力系统对时间同步技术的需求进行

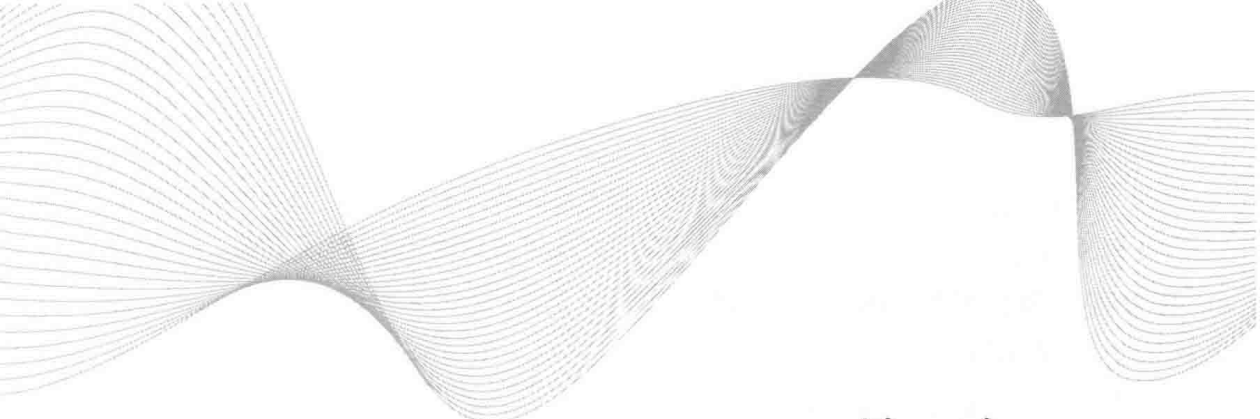
分类，并分别提出了指标要求；同时介绍了时间同步检测技术；最后详细描述了典型工程应用。因此本书兼具理论参考价值与工程实践价值，既可作为电力系统自动化专业高校师生的参考书，也可为电力系统自动化专业的科研人员、技术管理人员、规划设计人员、运维人员、检测人员提供参考。

编者对关注本书出版的国网电力科学研究院原副总工程师、全国电力系统管理及其信息交换标准化技术委员会（SAC/TC82）原主任委员刘国定先生和中国电力科学研究院厂站自动化及远动室原主任、SAC/TC82 委员、中国电机工程学会电力系统自动化专业委员会远动及厂站自动化专业副主任陆天健先生表示感谢！

最后，欢迎读者对本书的疏漏之处给予批评指正！

编 者

2016 年 1 月



目 录

前言

第 1 章 时间的基本概念及相关技术	1
1.1 时间的基本概念	1
1.1.1 天文时	2
1.1.2 原子时	4
1.1.3 协调世界时	5
1.2 现代授时技术	7
1.2.1 短波授时	7
1.2.2 长波授时	8
1.2.3 低频时码授时	9
1.2.4 卫星授时	12
1.2.5 其他授时技术	23
1.2.6 各种授时方法比较	26
1.3 高精度时间频率传递技术	27
1.3.1 卫星双向法	27
1.3.2 卫星共视法	29
1.3.3 卫星全视法	30
1.3.4 载波相位法	31
1.3.5 搬运钟法	31
1.4 定时技术	32
1.4.1 定时原理	32
1.4.2 定时终端	32
1.4.3 定时误差分析及处理方法	41
1.5 守时技术	45
1.5.1 频标	45
1.5.2 频标的技术指标	51

1.5.3 提高守时能力的方法	53
参考文献	54
第2章 电力系统时间同步系统	56
2.1 时间同步简介	56
2.2 电力系统时间同步简介及发展历程	57
2.2.1 电力系统时间同步简介	57
2.2.2 电力系统时间同步发展历程	62
2.3 电力系统时间同步系统常用授时接口	64
2.3.1 TTL 直流电平输出接口	64
2.3.2 RS-232 串行输出接口	64
2.3.3 RS-422/485 差分电平输出接口	65
2.3.4 交流输出接口	66
2.3.5 静态空接点输出接口	66
2.3.6 光纤接口	67
2.3.7 RJ45 以太网接口	67
2.3.8 时间同步信号与接口类型的关系	68
2.4 电力系统时间同步系统相关授时信号	69
2.4.1 脉冲信号	69
2.4.2 串行口时间报文	70
2.4.3 IRIG-B 码	72
2.4.4 网络时间协议 (NTP)	73
2.4.5 精确时间同步协议 (PTP)	79
2.4.6 DCLS 时码	89
2.5 电力系统时间同步系统常用通信协议	90
2.5.1 NMEA-0183	90
2.5.2 IEC 61850/MMS 通信	95
2.5.3 IEC 60870-5-104 规约	96
2.6 电力系统时间同步装置	97
2.6.1 时间同步装置的输入	97
2.6.2 多时间源输入的选择	99
2.6.3 时间同步装置的内部时钟	100
2.6.4 时间同步装置的输出	101
2.7 电力系统时间同步网	101
2.8 时间同步在线监测	106

2.8.1	时间同步在线监测系统	106
2.8.2	时间同步在线监测实施原则	108
2.8.3	智能变电站时间同步在线监测方案	109
2.8.4	常规变电站时间同步在线监测方案	110
2.9	时间同步系统安全性	110
2.9.1	时钟源安全性	111
2.9.2	数据流安全性	111
	参考文献	113

第3章 时间同步技术在电力系统中的应用

3.1	电力调度控制中心时间同步技术	115
3.1.1	时间同步系统构成及功能	116
3.1.2	应用分析	117
3.2	厂站端时间同步技术	120
3.2.1	常规变电站时间同步系统	120
3.2.2	智能变电站时间同步系统	124
3.2.3	电厂时间同步系统	129
3.3	配电网时间同步技术	131
3.3.1	配电网概述	132
3.3.2	配电网中的时间同步应用	133
3.4	时间同步技术在电力系统故障分析中的应用	137
3.4.1	利用故障录波器进行故障分析	138
3.4.2	利用微机型继电保护装置进行故障分析	139
3.4.3	利用广域保护系统进行故障分析	142
3.4.4	利用行波测距进行故障分析	144

	参考文献	147
--	------------	-----

第4章 电力系统时间同步检测技术

4.1	时间同步检测方法	148
4.1.1	主要测试设备	150
4.1.2	输出信号检测	151
4.1.3	守时性能测试	157
4.1.4	接收灵敏度测试	157
4.1.5	状态指示测试	158
4.1.6	告警输出功能测试	158
4.1.7	延时补偿检测	159

4.1.8 电网频率测量测试	159
4.2 时间同步检测类型	159
4.2.1 实验室检测	160
4.2.2 出厂检验	162
4.2.3 现场检测	162
4.2.4 安全性检测	165
4.3 时间同步测试仪	168
4.3.1 基本组成及工作原理	169
4.3.2 主要测试功能	171
4.3.3 主要性能指标	175
4.3.4 典型产品	176
参考文献	177
第5章 典型工程应用	178
5.1 脉冲/编码同步方式工程应用	178
5.1.1 上海徐行 500kV 变电站时间同步系统	178
5.1.2 延安洛川 750kV 智能变电站时间同步系统	180
5.1.3 哈密南—郑州±800kV 特高压直流输电工程时间同步系统	182
5.1.4 晋东南—南阳—荆门 1000kV 特高压交流试验示范工程 时间同步系统	185
5.2 PTP 网络同步方式工程应用	188
5.2.1 无锡西泾 220kV 智能变电站时间同步系统	188
5.2.2 辽宁何家 220kV 智能变电站时间同步系统	194
5.2.3 河北苏正 220kV 智能变电站时间同步系统	198
5.2.4 陕西户县 330kV 智能变电站时间同步系统	200
5.2.5 长春南（金城）500kV 智能变电站时间同步系统	203
5.3 广域时间同步方式工程应用	206
5.3.1 海南电网时间同步系统	206
5.3.2 浙江电力时间同步网	210
5.3.3 苏州玉山 500kV 智能变电站时间同步系统	216
参考文献	221
第6章 分析与展望	223
6.1 时间同步系统性能分析	223
6.1.1 时间信号及信息接口的规范	223
6.1.2 电力系统对时间精度的要求	224

6.1.3 时间获取与传递的安全性分析	224
6.2 时间同步技术展望	224
6.2.1 频标系统的发展	225
6.2.2 天地互备的时间同步网	226
6.2.3 统一在线时间监测	227
6.2.4 智能电网对时间同步的需求	228
参考文献	230
附录 A 电力系统时间同步技术相关标准简介	231
A.1 技术标准简介	231
A.1.1 DL/T 1100.1—2009《电力系统时间同步系统 第1部分：技术规范》	231
A.1.2 DL/T 1100.2—2013《电力系统的时间同步系统 第2部分：基于局域网的精确时间同步》	232
A.1.3 《电力系统北斗卫星授时应用接口 第1部分：技术规范》	233
A.1.4 Q/GDW 1919—2013《基于数字同步网频率信号的 时间同步技术规范》	233
A.1.5 《电力系统时间同步系统 第3部分：基于数字同步网的 时间传输技术规范》	233
A.1.6 《电力系统时间同步系统 第4部分：测试仪技术规范》	233
A.2 检测标准简介	234
A.2.1 GB/T 26866—2011《电力系统的时间同步 系统检测规范》	234
A.2.2 《电力系统北斗卫星授时应用接口 第2部分：检测规范》	234
索引	235

第1章

时间的基本概念及相关技术

时间是物理学的基本参量之一，也是物质存在的基本形式之一，构成时空坐标的第四维。时间的概念表示物质运动的连续性，事件发生的次序和长短，与长度、质量、温度等其他物理量相比，时间最大的特点是不可能保持恒定不变，而是川流不息，永不停止。本章描述时间的基本概念及相关技术。

1.1 时间的基本概念

“时间”包含了两个概念：时间间隔和时刻。前者描述物质运动或事件延续的长短，也就是描述物质运动的某一瞬间到时间坐标原点之间的距离；后者描述物质运动或事件发生的某一瞬间所对应于时间坐标的读数。时间间隔与时刻，二者既有差别，又相互联系，被统称为“时间”。

通常，我们在靶场执行任务时所说的“半小时准备”就是前者；而“发射时刻”、“ T_0 ”均为后者；当然，“发射窗口”和调度口令“现在进入‘一小时准备’”，既包含了前者，又包含了后者。

时间测量、时间信息的传递和应用，对于人民生活、社会发展，特别是国防建设都是必不可少的。为了对时间进行测量，我们首先引入时间测量的基本方程。

任意一个连续运动的物理过程或不断变化的物理量 F 都可以表征为以时间 t 为自变量的函数即：

$$F=f(t) \quad (1-1)$$

这个连续运动的物理过程如地球绕轴自转、斗转星移或谐振运动，其过程都是可以测量的，我们用某种时间测量“仪器”的“指针”（如太阳在天空的大圆盘上类似一个钟表的指针一样）进行时间测量。 $f(t)$ 最简单的形式是线性函数，即：

$$F=f(t)=a+bt \quad (1-2)$$

在进行时间测量的过程中，按式（1-2）选择物理运动过程时，总是选取某种周期性的运动。事实上，人类用以进行时间测量的周期运动过程大致可以分为三类：

（1）旋转体的自由旋转。例如地球自转导出了世界时（UT）。

（2）开普勒运动。即伴星体在引力作用下绕中心主星体的轨道运动。例如地球绕太阳的运动，月球绕地球的运动等，导出了历书时。

（3）谐波振荡。绝大多数机械钟或电子钟的振荡运动都属于此类，包括原子在“量子—机械系统”中辐射或吸收电磁波的振荡运动导出的原子时“秒”。

本节主要介绍三种时间的计量系统：天文时、原子时、协调世界时。

1.1.1 天文时

远古时代，人们“日出而作，日落而归”，古代劳动人民根据太阳的东升西落，昼夜交替周期所形成时间的计量单位之一——日，通常，我们把人们通过观测天文现象——日月星辰的周期性运动得到的时间统称为天文时。天文时包括：恒星时、太阳时、地方时、世界时、历书时和脉冲星时。

（1）恒星时。

恒星时是从地球自转得到的时间系统。

在天文学上我们把平春分点相对于某一固定子午圈连续两次通过子午线的时间间隔叫做一个平恒星日。一个平恒星日等分为 24 个平恒星时，一个平恒星时等分为 60 个平恒星分，一个平恒星分等分为 60 个平恒星秒，即一个平恒星日的 $1/86400$ 叫做一个平恒星时的秒。同样，我们把真春分点相对于某一固定子午圈连续两次上中天的时间间隔叫做一个真恒星日。一个真恒星日的 $1/86400$ 叫做一个真恒星时的秒。

（2）太阳时。

太阳是离我们最近的恒星，由于离我们近，在地球上观察到的太阳具有一定的视面，无法进行精确测量，所以我们观察到的太阳时包括真太阳时和平太阳时。

1) 真太阳时。

简单地说过通过直接观测太阳（例如：日晷）所得到的时间叫做真太阳时。在天文学中，我们把从太阳的周日视运动直接得到的时间叫做真太阳时，也称为真时或视时，也就是说真太阳视圆面中心在天球上连续两次通过某地子午线（上中天）的时间间隔，称作一个真太阳日。一个真太阳日的 $1/86400$ 叫做一个真太阳时的“秒”。

2) 平太阳时。

测量真太阳时虽然方便、直观，但是由于地球自转存在不均匀性，因此，真

太阳日的长短不一，这就导致真太阳时是不均匀的。这种真太阳时的不均匀性导致真太阳时不能作为时间计量的单位，有必要建立一种更完善并按照太阳运行计量时间的系统，这就是平太阳时系统，也称平时。平时是以真太阳周日视运动的平均速度为基础而选用的，平太阳是一个假想的参考点。

(3) 地方时。

真太阳时和平太阳时都是以观测者所在地的子午线进行测量的，这样的时间计量系统所得的时间都是地方时，分别称为地方真太阳时和地方平太阳时。中央人民广播电台在整点发布的北京时间是中国科学院国家授时中心产生并保持的东经 120° 的地方平太阳时。北京的经度是东经 $116^\circ 19'$ ，真正的北京地方时比法定的东 8 时区（东经 120° ）的北京时间要迟约 15min。

(4) 世界时。

法国科学家 1820 年似乎解决了秒长的定义问题，但实际操作中，这种秒长是不能实时得到的，必须经过一年的观测，最后经过平均才能得到秒长。为了解决这个问题，美国天文学家纽康 (S. Newcomb) 在 19 世纪末提出了用一个假想的太阳代替真太阳的设想，作为测定日长的参考点，这个假想太阳在赤道上作匀速运动，其速度等于真太阳在一年中视运动的平均值，并尽量靠近真太阳。这样，天文学家就可以根据恒星周日视运动与假太阳之间的关系，实时测定平太阳时的日长和秒长。1886 年，在法国巴黎召开的国际讨论会同意用纽康的方法严格定义平太阳日，从而产生了真正科学意义上的平太阳时秒长。后来，天文学界又规定了在英国格林尼治天文台观测得到的由平子夜起算的平太阳时叫做世界时，记为 UT，并一直沿用到今天。无论是国家授时中心出版的《时间频率公报》，还是国际上的文献，凡是涉及的时刻，大多以世界时标明。我们有时在资料上看到的格林尼治平太阳时 (greenwich mean time, GMT)，也是指世界时 UT。

世界时是以地球自转为基础的时间测量系统。但是，实际上的地球自转是不均匀的。地球自转速率的变化，包含有长期变化、季节性变化和不规则性变化。为了消除这些变化对世界时计量系统的影响，在天文学中自 1956 年起规定，把不加任何修正（将恒星时化为平太阳时的修正除外）通过观测恒星直接求得的世界时，记为 UT₀。

如果我们对 UT₀ 进行极移修正，并将经过极移修正得到的世界时记为 UT₁，则：

$$UT_1 = UT_0 + \Delta\lambda \quad (1-3)$$

式中： $\Delta\lambda$ 是平均极移的修正值。

如果再对 UT₁ 进行地球自转速率周期变化的修正，就得到 UT₂，即：

$$UT_2 = UT_1 + \Delta T_s = UT_0 + \Delta\lambda + \Delta T_s \quad (1-4)$$

式中： ΔT_s 是地球自转速率周期变化的修正值。

但 UT2 系统也存在约 $\pm 1 \times 10^{-8}$ 量级的不均匀性, 如果一直沿用世界时, 据推算, 两千年后世界时与一个均匀的时间系统相比较将产生近 2h 的累积误差。

(5) 历书时。

由于世界时 UT 系统以地球自转引起的太阳周日视运动为参考, 即使经过各种修正, 仍然存在未被修正的长期变化和不规则变化, 还不能成为理想的时间计量系统, 也不能满足现代自然科学对均匀时间的需求, 因此, 1958 年国际天文学联合会决定, 从 1960 年开始用一种新的时间制 (ET) ——历书时来替代世界时。

从原则上讲, 对于太阳系中任何一个天体, 只要精确地掌握了它的运动规律, 都可以用来定义历书时。19 世纪末, 纽康根据地球绕太阳的公转运动, 编制了太阳历表, 至今仍是最基本的太阳历表。因此人们把纽康太阳历表作为历书时定义的基础。

有了太阳的历表, 根据规定的历书时时刻, 可以查到太阳的相应位置。相反, 由某一时刻观测到的太阳的位置与其历表比较, 可以得到这一时刻的历书时。

历书时的秒定义为在 1900 年 1 月 0 日 12 时整回归年长度的 $1/31556925.9747$ 。

由于观测太阳比较困难, 实际上是通过观测月亮测定历书时与世界时的差值 $\Delta T = ET - UT$, 再通过换算得到历书时的。但是, 由于月面形状和边缘的不规则性, 加上地球——月球潮汐作用引起的月球减速, 都影响 ΔT 的准确测定, 再加上天文观测仪器本身的精度所限, 实际能得到的历书时的精度也只有 10^{-9} 量级, 仍然满足不了现代科学技术发展的需求。

原子钟的出现, 为我们提供了一种均匀而又使用方便的时间计量系统——原子时。除此之外, 近年来天文学家发现脉冲星周期也具有非常高的稳定度, 也许有可能成为新的时间计量系统。

(6) 脉冲星时。

现代天文学研究和观测发现, 脉冲星自转周期具有较高的准确度和稳定度, 它有可能成为新的时间计量系统, 也有可能成为新的导航定位系统。

1.1.2 原子时

原子物理学和量子物理学研究告诉人们, 原子核外围电子会产生能级跃迁。低能级的电子吸收一定的能量时会向高能级跃迁, 高能级的电子由高能级向低能级跃迁时会释放出一定的能量, 辐射出频率稳定的电磁波, 跃迁所辐射出的电磁波频率取决于原子本身的物理特性和外界所提供的能量, 我们把这种以电子由高能级向低能级跃迁时辐射出的频率作为频率标准, 即原子频率标准 (简称

原子频标), 也称为原子钟。以原子频标为基准的时间计量系统, 叫做原子时 (atomic time, TA)。根据产生方式, 原子时分为地方原子时和国际原子时。

(1) 原子时的秒。

20 世纪 60 年代, 铯束原子频标研制成功后, 人们用历书时秒的秒长去测量它, 并得到一个历书时秒期间铯束谐振器的振荡次数 (铯束谐振器的振荡频率):

$$f_{\text{CS}} = 9192631770 \pm 20\text{Hz} \quad (1-5)$$

1967 年第十三届国际计量大会给原子时秒长的定义是: 铯原子 ^{133}Cs 基态的两个超精细能级间在海平面上零磁场中跃迁辐射振荡 9192631770 周所持续的时间。同时规定, 原子时的秒、分、时、日、月、年的换算关系仍与世界时相同。原子时的起点是 1958 年 1 月 1 日 0 时, 这一瞬间的原子时与世界时极为接近, 仅差 0.0039s。

(2) 地方原子时。

由一个实验室的若干台原子钟或一个地区若干实验室的若干台原子钟组成的原子钟组得到的原子时称为地方原子时 [TA (k)]。

根据定义, 任何原子钟在确定时间起始值后连续运转, 都可以提供原子时。各个实验室可以用连续运转的大铯钟, 也可以用大铯钟定期校准连续运转的铷钟、商品小铯钟或氢钟, 也可以用多个商品小铯钟组合, 来导出各自的地方原子时。

(3) 国际原子时。

由分布于全球各地的原子钟共同参与产生的原子时, 则称为国际原子时。1971 年, 国际计量大会正式指定由国际时间局建立的原子时为国际原子时 (international atomic time, TAI)。

截止到 2016 年, 全世界有 34 个国家和地区的约 73 个实验室参与此项工作。它们的数据通过约 45 个保持地方协调时的时频基准实验室, 以共同约定的卫星双向、GPS 共视和 PPP 比对方法和共同约定的数据格式, 定期地向国际计量局 (Bureau International des Poids et Mesures, BIPM) 提供每台钟的资料, 经国际计量局计算处理得到国际原子时, 并以月报和年报的形式提供给参加合作的时频基准实验室。各时频基准实验室也可通过国际计量局在国际互联网上的网址向国际权度局提供数据或者从国际权度局获取数据。

1.1.3 协调世界时 (UTC)

从 1972 年 1 月开始, 协调世界时 (universal time coordinated, UTC) 正式成为国际标准时间, 它代表了两种时间尺度: 国际原子时 TAI 和世界时 UT1 的结合。UTC 的定义如式 (1-6) 所示。

$$| \text{UTC}(t) - \text{UT1}(t) | < 0.9\text{s} \quad (1-6)$$

在 1974 年以前阈值为 0.7s ，以后改为 0.9s 。UTC 的具体实施办法是：取消频偏调整，使 UTC 秒长严格等于 TAI 秒长，在时刻上又使 UTC 接近于 UT1。

(1) 闰秒。

地球自转速率的不均匀性导致 UT1 与 TAI 存在秒差，这可以采用在 UTC 时刻中加 1s 或减 1s 的措施来补偿，由此引出闰秒（即跳秒）的概念。

规定的闰秒时间是 6 月 30 日或 12 月 31 日，12 月 31 日被称为法定闰秒时间，而 6 月 30 日称为候补闰秒时间。具体作法是在 UTC 时间系统中将 6 月 30 日或 12 月 31 日这两个日期的最后 1 分钟时间长度改为 61s 或 59s 。例如 UTC 在 2015 年 6 月 30 日做了闰秒调整，在我国即出现北京时间 2015 年 7 月 1 日 7 时 59 分 61 秒。

由于地球自转速率的不均匀性，近 20 年来，世界时每年比原子时大约慢 1s ，在确定原子时的起点后，二者之差逐年累积，到 2016 年已达 36s 。引入闰秒后，国际原子时、协调世界时和世界时之间的关系如图 1-1 所示。

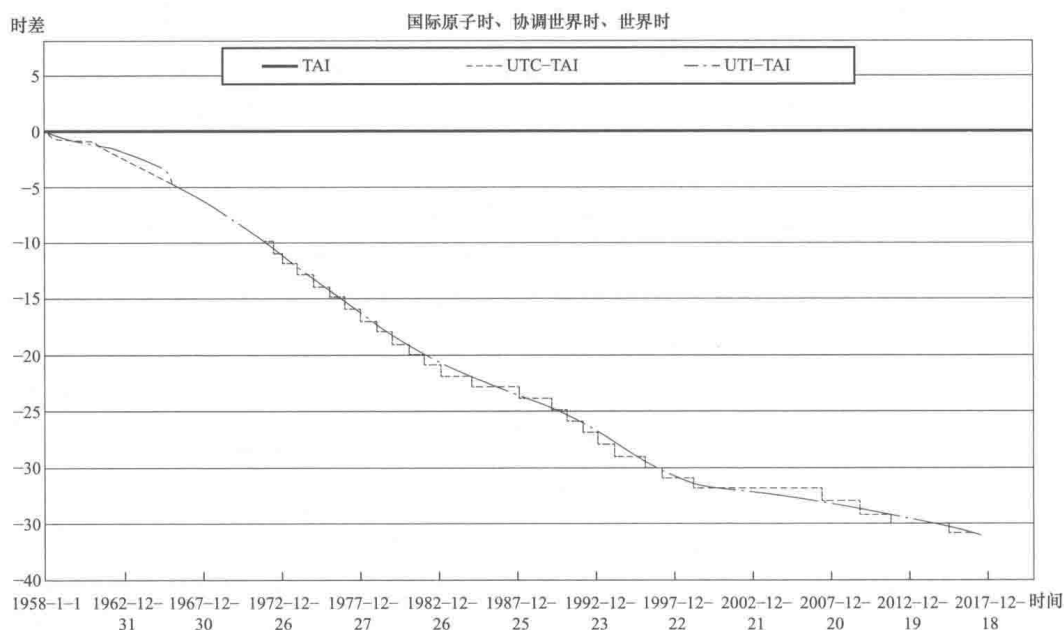


图 1-1 国际原子时、协调世界时和世界时之间的关系

(2) 我国的时间基准保持。

我国时间基准由中国科学院国家授时中心保持，标记为 UTC (NTSC)，自 2015 年开始 UTC (NTSC) 与 UTC 的偏差控制在 20ns 以内。目前国际上 70 多个实验室只有少数几个实验室能达到这一水平，可见 UTC (NTSC) 的控制精度名列前茅。2012 年国际上几个主要时频实验室 UTC (k) 控制精度如表 1-1 所示。