

定时器及其元件

魏亚果 顾亚堤 译

魏亚果 校

国防工业出版社

定 时 器 及 其 元 件

魏亚果 顾亚堤 译

魏亚果 校

國防工業出版社

内 容 简 介

本书是根据美军编印的《Timing Systems and Components》翻译的。书中介绍了时间和时间测量的基本概念,详述了各种军用定时器的设计方法。所涉及的定时器有精密基准定时器(时间基准)、电子定时器、机械定时器、火药定时器、射流定时器、电化学定时器、核衰变定时器等。本书着重实际,引用材料丰富,但各章繁简程度颇不一致。

本书供从事定时器科研、生产的工程技术人员阅读,也可供大专院校有关专业师生参考。

Timing Systems and Components
U. S. Army Materiel Command

定时器及其元件

魏亚果 顾亚堤 译

• 魏亚果 校

国防工业出版社 出版

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售
国防工业出版社印刷厂印装

787×1092 $\frac{1}{16}$ 印张24 553千字

1985年9月第一版 1985年9月第一次印刷 印数: 00,001—2,630册

统一书号: 15034·2895 定价: 4.90元

译 者 序

本书据美国陆军器材部所编《工程设计手册》之一《Timing Systems and Components》(AMCP 706-205)一书译出。书中除介绍了有关时间和时间测量的一些基本概念外,着重从理论和实践方面叙述了各种军用定时器的设计方法和程序。所介绍的定时器有精密基准定时器(时间基准)、电子定时器、机械定时器、火药定时器、射流定时器以及电化学定时器等。原书内容偏重实际,文字通俗易懂,而且引用材料丰富,几乎涉及到有关计时的各个方面。不足之处是各章节的繁简程度很不一致,且各编自成体系,前后内容多有重复。尽管如此,此书对我们了解美国目前在军用定时器方面的进展仍不失为一本有价值的参考书。

翻译中发现原书有不少错误。对于所发现的错误,译本中均予订正,但只在可疑处加以注明,比较明显之处不再一一注出。原书中个别段落不适合我国情况,译本中作了删节;有些地方(例如第20章),是就美国的国情说的,且其内容技术性不强,本拟删去,但为保持全书的系统性,仍予保留。原书中插图有些非常模糊,无法辨认,译本中只好付缺。图中的直线尺寸,凡未注明者均以英寸计。

本书的大部分译稿曾经王秀源同志阅改。另外,王宝兴、谭惠民、马宝华等同志曾参加过本书第12~15章及第16章前半部分的翻译工作。

译校者水平有限,译本中错误之处一定不少,恳请读者批评指正。

目 录

绪 论	
第一章 定时器的性质	1
1-1 用途和影响使用的因素	1
1-2 定时器的类型	1
1-3 准确度、输出功率和成本的关系	2
1-4 军事应用	2
参考文献	3
第一篇 精密基准定时器	
第二章 绪论	4
2-1 时间标准	4
2-1.1 视太阳时	4
2-1.2 平太阳时	4
2-1.3 恒星时	5
2-1.4 世界时	5
2-1.5 历书时	5
2-1.6 原子时	5
2-1.7 美国标准时	6
2-2 频率标准	6
2-3 所需参数的讨论	7
2-4 军事应用	7
2-4.1 导航、测位	7
2-4.2 空中交通管制	9
2-4.3 通信	9
2-4.4 敌我识别雷达	10
参考文献	11
第三章 信号发生系统	13
3-1 引言	13
3-1.1 定义	14
3-1.2 原始标准	14
3-1.3 次级标准	14
3-1.4 基本的工作原理	14
3-2 石英晶体振荡器	15
3-2.1 一般用途的振荡器	15
3-2.2 温度补偿晶体振荡器(TCXO)	15
3-2.3 温度控制振荡器	17
3-2.4 严酷环境用的振荡器	18
3-2.5 精确振荡器	18
3-3 音叉振荡器	19
3-3.1 应用	19
3-3.2 无温度控制振荡器	19
3-3.3 温度控制振荡器	20
3-3.4 其他环境因素对稳定性的影响	20
3-4 原子谐振装置	20
3-4.1 原子的作用	20
3-4.2 无源谐振器	21
3-4.3 有源谐振器	22
参考文献	23
温度补偿晶体振荡器的文献目录	24
第四章 信号产生的基本设计准则	27
4-1 引言	27
4-1.1 一般原理	27
4-1.2 元件和线路	27
4-2 石英晶体振荡器	29
4-2.1 石英晶体振子	29
4-2.2 振荡器电路	33
4-2.3 恒温器	33
4-3 音叉振荡器	34
4-3.1 音叉	34
4-3.2 振荡器电路	35
4-4 原子频率标准	36
4-4.1 无源谐振器件	36
4-4.2 微波激励器	38
参考文献	39
第五章 计时装置和测量	42

5-1 引言	42	7-3.4 线路技术	75
5-2 时间测量	42	7-3.5 测量和模拟	75
5-2.1 选通计数器	42	7-4 特殊应用	76
5-2.2 游标系统计数器	43	7-4.1 长延期固定定时器	76
5-2.3 数字式内插计数器	44	7-4.2 人造卫星和遥控装定时器	76
5-2.4 计算式计数器	44	7-5 定时器试验	77
5-3 同步系统	44	7-5.1 概述	77
5-3.1 无线电传播	44	7-5.2 性能试验	77
5-3.2 传递标准	54	7-5.3 安全性试验	77
参考文献	55	7-5.4 遥测	77
		7-5.5 数据分析	79
		7-6 设计中的附加因素	79
		7-6.1 可靠性和可维护性	79
		7-6.2 人类工效学	79
		7-6.3 降低成本	80
		参考文献	80
		第八章 生产工艺	83
		8-1 微型电子组件的生产	83
		8-1.1 概述	83
		8-1.2 光致抗蚀掩模	83
		8-1.3 薄膜微电子学	85
		8-1.4 全半导体电路	86
		8-2 集成电路及其他成批 制造技术	86
		8-2.1 半导体单片电路	87
		8-2.2 薄膜电路	88
		8-2.3 混合和其他集成电路的结构	89
		8-2.4 设计考虑	91
		8-2.5 密封	93
		8-2.6 灌封	93
		8-2.7 印刷电路	94
		参考文献	98
		第九章 包装、贮存和运输	99
		9-1 装有炸药的装置	99
		9-2 特殊环境影响	99
		9-2.1 抗射频性能的提高	99
		9-2.2 闪电放电	99
		9-2.3 静电	99
		参考文献	99
		第十章 电子模拟定时器	100
		10-1 引言	100
第二篇 电子定时器			
第六章 绪论	56		
6-1 半导体器件	56		
6-1.1 晶体管	56		
6-1.2 集成电路	57		
6-2 一般计时系统	58		
6-2.1 模拟定时器	58		
6-2.2 数字定时器	59		
6-3 军事应用	59		
6-4 要求	60		
6-4.1 电气要求	60		
6-4.2 机械及环境要求	60		
6-5 辅助设备	60		
第七章 定时器的设计考虑	61		
7-1 静止定时器	61		
7-1.1 概述	61		
7-1.2 对要求的分析	61		
7-1.3 定时器的研制步骤	61		
7-1.4 完成的准则	64		
7-2 加速度定时器	65		
7-2.1 概述	65		
7-2.2 元件的选择和鉴定	65		
7-2.3 电路设计和模拟板试验	68		
7-2.4 布局和装配技术	69		
7-2.5 性能标准	70		
7-2.6 外部连接	71		
7-3 辐射硬化	71		
7-3.1 核爆炸产生的辐射	71		
7-3.2 电磁脉冲	72		
7-3.3 元件	74		

10-2 定时线路	100
10-2.1 RC网络	100
10-2.2 RL网络	105
10-2.3 密勒积分器	105
10-2.4 充射氮恒流超小型管 定时器	106
10-3 电平检测器	107
10-3.1 冷阴极充气二极管	108
10-3.2 热阴极二极管和三极管	108
10-3.3 双极晶体管	108
10-3.4 单结晶体管检测器	109
10-3.5 场效应晶体管	109
10-4 装定方法	109
10-4.1 装定机构	109
10-4.2 电阻器组件	110
10-5 电源	111
参考文献	111
第十一章 电子数字定时器	112
11-1 引言	112
11-2 时间基准	113
11-2.1 谐波振荡器	113
11-2.2 张弛和脉冲型振荡器	119
11-2.3 振荡器目前的性能	121
11-3 计数器	122
11-3.1 概述	122
11-3.2 晶体管型计数器	123
11-3.3 磁心型式	125
11-3.4 其他型式	126
11-4 输出电路	126
11-4.1 概述	126
11-4.2 输出脉冲的产生	126
11-4.3 逻辑联锁功能	127
11-5 装定方法	127
11-5.1 概述	127
11-5.2 串行法	127
11-5.3 并行法	128
11-5.4 混合法	128
11-6 电源	128
11-6.1 概述	128
11-6.2 炮弹引信用电源	129
参考文献	131

第三篇 机械定时器

第十二章 绪论	132
12-1 一般系统	132
12-1.1 机械定时器的基本构成	132
12-1.2 机械定时器的作用	132
12-1.3 精度	134
12-1.4 机械定时器举例	135
12-2 军事应用	136
12-2.1 导弹引信	137
12-2.2 炮弹引信	138
12-2.3 解除保险延期	139
12-3 要求	139
12-4 辅助装置	140
12-4.1 补偿发条转矩衰减的 调节器	140
12-4.2 补偿输出负载变化的转矩 调节器	141
12-4.3 自动动态调节机	141
参考文献	142
第十三章 机械定时器	143
13-1 设计的考虑	143
13-1.1 设计任务书	143
13-1.2 初步的考虑	143
13-1.3 解除保险和延期作用	144
13-1.4 样机的研制	145
13-1.5 试验	145
13-1.6 最后验收	145
13-2 设计中的一般因素	145
13-2.1 可靠性	145
13-2.2 可维护性	146
13-2.3 人类工效学	146
13-2.4 降低成本	147
13-3 高加速度用的系统	148
13-3.1 后坐力	148
13-3.2 前冲加速度和侧向加速度	149
13-3.3 离心力	149
13-3.4 哥氏力	149
13-3.5 转矩	149
13-3.6 进动力	149
13-3.7 旋转对定时器的影响	150

13-4 低加速度系统	150	15-1.4 方法	165
13-4.1 弹药分类	150	15-1.5 保护等级	166
13-4.2 导弹引信定时器	150	15-1.6 包装步骤	166
13-4.3 航空炸弹引信定时器	151	15-2 贮存	167
13-4.4 枪榴弹和手榴弹 引信定时器	152	15-2.1 贮存型式	167
13-5 静止和长延期定时器	152	15-2.2 炸药的贮存	167
13-5.1 XM70爆破用发火装置	153	15-3 运输	167
13-5.2 XM4间隔定时器	154	15-3.1 运输环境	167
13-5.3 180小时航天定时器	155	15-3.2 卡车运输	168
13-6 定时器的试验	156	15-3.3 铁路运输	169
13-6.1 概述	156	15-3.4 空中运输	172
13-6.2 性能试验	156	15-3.5 海上运输	172
13-6.3 试验程序的编制	156	参考文献	172
13-6.4 安全性试验	157	第十六章 零部件设计	173
13-6.5 数据分析	158	16-1 引言	173
参考文献	158	16-1.1 设计考虑	174
第十四章 生产技术	159	16-1.2 定时器的精度	174
14-1 生产的设计	159	16-2 动力源	175
14-1.1 生产过程	159	16-2.1 弹簧原动机	175
14-1.2 生产中的重要因素	159	16-2.2 恒力弹簧原动机 (B型恒力 原动机)	178
14-1.3 生产前的步骤	159	16-2.3 发条原动机的比较	179
14-2 大量生产的设计	160	16-2.4 离心驱动装置	181
14-2.1 大量生产过程	160	16-2.5 交流电动机	181
14-2.2 与生产工程师的协作	160	16-2.6 直流电动机	182
14-2.3 对机械定时器的要求	160	16-2.7 电池	184
14-2.4 机械定时器用的金属材料	161	16-3 齿轮系	185
14-2.5 润滑	161	16-3.1 计数系统	185
14-3 定时器零部件的制造方法	162	16-3.2 齿轮系的型式	185
14-3.1 擒纵机构	162	16-3.3 与小机构齿轮相关的 特殊问题	187
14-3.2 齿轮	162	16-3.4 摩擦对齿轮传动 效率的影响	189
14-3.3 游丝	163	16-3.5 齿轮理论和齿形设计	191
14-3.4 其他零件	163	16-3.6 传动比	193
14-3.5 公差	163	16-3.7 齿轮系设计	196
14-4 对技术文件的要求	163	16-4 擒纵机构	197
参考文献	164	16-4.1 非调谐的二中心的 擒纵机构	197
第十五章 包装、贮存和运输程序	165	16-4.2 调谐的二中心擒纵机构	200
15-1 包装	165	16-4.3 调谐的三中心擒纵机构	209
15-1.1 目的	165	16-4.4 调谐的擒纵机构的旋转	
15-1.2 要求	165		
15-1.3 包装工程师	165		

22-1 优点	277	24-3.3 补充的改进	317
22-2 缺点	278	24-4 计数器	318
参考文献	280	24-4.1 二进制计数	318
第二十三章 射流系统的设计	281	24-4.2 慢速响应系统中的二进制 计数器	321
23-1 考虑的因素	281	24-4.3 快速响应系统中的二进制 计数器	321
23-2 定型组件	282	24-4.4 十进制计数器	321
23-3 集成线路	282	24-4.5 非时序计数器	322
23-4 匹配技术	285	24-5 逻辑线路	324
23-5 直流和交流系统	287	24-5.1 “或/非或”元件	324
23-6 混合系统	289	24-5.2 “与/非与”元件	325
23-6.1 编码带阀	289	24-5.3 组合逻辑元件	325
23-6.2 软带启动器	290	24-6 流阻器	326
23-6.3 振簧频率传感器	291	24-6.1 小管流阻器	327
23-6.4 活动零件探测器	292	24-6.2 小孔流阻器	328
23-6.5 测量控制装置	293	24-6.3 多孔质金属流阻器	328
23-6.6 气动开关	294	24-6.4 可变流阻器	329
23-7 试验和鉴定	294	24-7 流容器	330
23-7.1 流量表	294	24-8 紊流放大器	331
23-7.2 速度表	297	24-8.1 概述	331
23-7.3 压力表	298	24-8.2 主射流的扰动	332
23-7.4 流动的可视化	299	24-8.3 固有的声响应	333
23-7.5 频率计	300	24-8.4 级联	333
23-7.6 信号发生器	300	24-8.5 过激励	333
参考文献	301	24-8.6 紊流放大器的主要用途 和典型尺寸	334
第二十四章 元件设计	302	24-9 输出	334
24-1 能源	302	24-9.1 平衡活塞式输出装置	334
24-1.1 冲压空气源	303	24-9.2 波纹管驱动的输出传感器	335
24-1.2 封装的能源	303	24-9.3 膜片	337
24-1.3 定态气源	305	24-10 装定方法	338
24-1.4 非定态气源(高压气瓶)	307	参考文献	342
24-1.5 贮存容器的设计	307	第二十五章 生产技术	344
24-2 振荡器	310	25-1 材料	344
24-2.1 反馈或张弛振荡器	310	25-1.1 一般要求	344
24-2.2 扭力杆振荡器	310	25-1.2 合适的材料	344
24-2.3 声振荡器	311	25-2 制造	345
24-2.4 半加法振荡器	312	25-2.1 塑料	345
24-2.5 高压低流振荡器	313	25-2.2 金属	349
24-2.6 振荡器的理论设计	313	25-2.3 陶瓷	353
24-3 触发器	314		
24-3.1 概述	314		
24-3.2 双稳触发器的典型性能	316		

25-3 结论	356
参考文献	357

第六篇 其他定时装置

第二十六章 电化学定时器

26-1 基本考虑	358
26-1.1 电镀作用	358
26-1.2 电镀系统	359
26-2 电输出的电镀定时器	360
26-2.1 作用原理	360
26-2.2 定时器结构	360
26-2.3 定时器设计	361
26-2.4 优缺点	362
26-3 机械输出的电镀定时器	362
26-3.1 作用原理	362
26-3.2 定时器结构	363
26-3.3 定时器设计	364
26-3.4 优缺点	364

26-4 电化学控制管

26-4.1 作用原理	365
26-4.2 优缺点	366

26-5 水银定时器

26-5.1 作用原理	366
26-5.2 优缺点	367

参考文献

第二十七章 核衰变定时器

27-1 辐射源

27-1.1 期望的性能	369
27-1.2 辐射的型式	370
27-1.3 放射性同位素	370

27-2 核粒子探测器

27-2.1 充气管计数器	371
27-2.2 闪光计数管	371
27-2.3 半导体辐射探测器	372

27-3 相关的电子装置

参考文献

0000101

绪 论

第一章 定时器的性质

定时器是一种程序装置,其作用是控制一个输入信号和一个输出结果或几个结果之间的时间间隔。所有定时器均有四个主要部分:(1)使程序作用开始的启动系统;(2)维持计时动作的动力源;(3)时间基准或调节器;(4)在预期时间间隔结束时完成所需动作的输出系统。

1-1 用途和影响使用的因素

选择定时系统的元件时,设计者必须首先确定所用系统的用途及影响元件选择的因素。在选择基本机构时,应当考虑的因素有:

- (1) 时间范围 要求提供怎样的时间间隔、时间延期、顺序和程序?
- (2) 时间变化 要求提供的时间间隔是固定的,还是可变的?是就地调节,还是远距离调节?是手工调节,还是自动调节?所要求的调节范围如何?
- (3) 可靠性 要求的可靠程度如何?
- (4) 准确度 要求的定时准确度或可重复性如何?
- (5) 安全性 定时器是否必须是故障安全的?在中断以后是否必须重调?
- (6) 动力源 定时器是靠发条、重锤、电池、交流电源、气压变化驱动,还是靠其他方式驱动?
- (7) 输入信号 输入信号是什么?
- (8) 输出信号 输出信号是什么?是机械运动,还是数字或模拟式电子信号?
- (9) 环境 定时器可能经受的极端环境条件怎样?要求在怎样的环境下能够工作?
- (10) 成本 定时器的成本是否与总系统的成本相适应?
- (11) 维护 是否需要维护或修理?如果需要,怎样才能使其方便?

1-2 定时器的类型

本书所讨论的定时器的类型,如表 1-1 所示。在讨论各种设计时,根据产生时间基准所用的方法,可将定时器分成表中所列的类型。

书中第一篇到第五篇每篇的开头有一章绪论,介绍有关该类定时器的定义,列出其优缺点,并讨论在军事上的具体应用、要求以及使用的辅助装置。第六篇的两章也含有同样的内容。因此,本章不包括这种一般介绍性的材料。每篇中随后的各章,讨论系统

的设计考虑、生产技术、包装、贮存和运输、以及与该类定时器有关的元件的设计细节。

表1-1 定时器的类型及其在本书中的篇章

定 时 器 类 型	篇	章	绪 论 章 次
精密基准定时器	第一篇	2~5	2
电子定时器	第二篇	6~11	6
机械定时器	第三篇	12~16	12
火药定时器	第四篇	17~21	17
射流定时器	第五篇	22~25	22
其他定时装置 (电机械定时器、核时间基准发生器)	第六篇	26、27	

1-3 准确度、输出功率和成本的关系

定时器的一般特性如表 1-2 所示。一般说, 计时装置的准确度与其输出功率和成本之间有着直接的关系。最准确的计时装置, 例如石英晶体振子和铯束标准, 可能具有最小的输出功率和最高的成本。准确度较低的定时器, 例如火药延期装置和非调谐擒纵机构定时器, 则可能具有较大的输出功率和较低的成本。

表1-2 定时器的一般特性

特 性	精密基准定时器	电子定时器	机械定时器	火药定时器	射流定时器	电化学定时器
输入的启动信号	电压脉冲	电压	电压或机械动作	电压、火焰或击针动作	流体压力	电压、化学激发
时间基准	晶体或原子	振荡器	擒纵机构, 电动机, 音叉	火药燃烧速率	振荡器	化学反应速率
时间范围	10^{-9} 秒到几年	$10^{-8} \sim 10^3$ 秒	几秒到几天	$10^{-8} \sim 10^3$ 秒	$1 \sim 10^3$ 秒	几分钟到几天
准确度	$10^{-8} \sim 10^{-12}$	$\pm 0.1\%$	$\pm 5\% \sim 10^{-8}$	$\pm 10\%$	$\pm 1\%$	$\pm 4 \sim 10\%$
输出	电压脉冲或时间间隔	电压	机械动作	火焰	流体压力, 电压	化学反应, 电压机械动作

1-4 军事应用

本书中讨论的所有定时系统和元件, 都是与军事有关的。许多定时器就是弹药、引信或控制装置的组成部分。特别是在引信中, 当延期作用对于安全和可靠作用来说具有决定性的意义时, 几乎总有定时器。各种引信的定时器和延期装置, 按照使用的定时器的类型在不同的章节中介绍。大多数保险和解除保险装置用的定时器都是机械的, 这在第十三章讨论。

本书对于引信及引信中火工元件的讨论, 只限于与定时系统及元件的设计有关的方面。关于引信及其元件的设计细则, 可参看以下的文献。

参 考 文 献

- 〔1〕 AMCP 706-179, Engineering Design Handbook, Explosive Trains. (弹药爆炸系列的原理与设计, 陈福梅译, 国防工业出版社, 1975。)
- 〔2〕 AMCP 706-210, Engineering Design Handbok, Fuzes. (引信设计原理, 董方晴 编译, 国防工业出版社, 1974。)
- 〔3〕 MIL-HDBK-137, Fuze Catalog, Department of Defense, 20 February 1970.
VOL. 1, Current Fuzes (U) (Confidential report).
VOL. 2, Obsolet and Terminated Fuzes.
VOL. 3, Fuze Explosive Components (U) (Confidential report).

第一篇 精密基准定时器

第二章 绪 论

2-1 时 间 标 准

计时有两个不同的方面：一是确定时刻，一是确定时间间隔。时刻是指一个事件发生的瞬时，而时间间隔则是时间单位的固定倍数或分数，与起始点无关^[1]。为了测量的目的，必须建立精确的时标，以便从一个选定的原点开始，量取固定的时间单位，直到最后所得的时标充满所要测量的时间间隔时为止。

时间测量系统要求用定期发生的、始终如一的现象作为参考基准。由于人们对时间的最早观念是与昼夜的流逝联系在一起，因此，有关这方面的时间测量系统多以地球的自转为基准。地球自转的速率是靠测量地球表面某一点相对某一天体或天空位置的运动来确定的。已经证实，所有基于地球自转的时间测量，都有不一致的现象，因为地球自转的速度有定期的不规则的变化。这些变化尽管可以发觉而补偿，但是不得已的修正必须在事件发生之后进行。此种时系现在称为自转时间或不均时间，而与地球日无关的时系称为均匀时间。已经出现有许多时系或时间标准，下面分别予以叙述。

2-1.1 视太阳时

视太阳日是指太阳中心的两个连续的下中天越过同一子午圈的时间间隔。子午圈是指经过一个给定点和两极的一个大圆。因此，子午线是经过两极和一个给定点的平面与地球表面的交线^[2]。已经以格林威治为起点绕地球表面划定了 24 个标准子午线，间隔 15 度。此系统用于导航和时间标准化。下中天产生在视子夜。但是，地球的轨道是椭圆的，而不是圆的，并且轨道面不与赤道面重合，多少是由于这样的事实，视太阳日的长短是变化的。

2-1.2 平太阳时

建立平太阳时系是为了克服日长变化的问题。但是，这种时系实际上是建立在恒星时基础上的。每一天都是同样长的，等于一个太阳年中所有天数的平均长度。这种时系的结果，与假定地球的轨道是圆的，而且与赤道在同一平面上时一样。目前，没有方法能够直接观察平太阳时，也不能以足够的精确度直接测定视太阳时。实践中，恒星时是靠观察而得的，而平太阳时和视太阳时是计算得出的。在一年的过程中，视太阳时与平太阳时之差约在 ± 16 分之间变化。此差别称为时差。应当指出，虽然平太阳日的长度是一致的，但是要比地球相对一个恒星自转的周期大约长 4 分钟^[3]。

2-1.3 恒星时

恒星时系可以避免由于地球绕太阳公转（季节和其他的变化）而产生的一些问题，而且可以提供一个确定天体位置的方便方法。一个恒星日定义为春分点的两个连续的上中天越过同一子午圈的时间间隔^[4]。春分点由黄道面与地球赤道面相交而相成，它是确定天体位置的基准点^[1]。但是，由于地球两极的运动很复杂，春分点并非保持不变，因此恒星日不仅要比地球自转的周期短一些，而且其长短也是变化的。这种影响不大，可以进行适当的修正。

2-1.4 世界时

世界时（UT）非常接近平太阳时，但实际上是由恒星时导出的，而恒星时则是根据选择的星体的中天确定的。因此，世界时是一种形式的自转时间，要受到不规则性的影响。近年来，对地球自转变化的探测和预告已经有了许多改进，因而世界时也作了相应的修改。世界时系目前有以下分支^[8]：

（1） UT_0 ——由观测的恒星期直接计算出的世界时。由于地极移动及自转变化，这样得到的世界时具有不规则性。

（2） UT_1 ——根据观测到的地极移动对 UT_0 修正而得出的世界时，但是，由于自转变化而产生的不规则性依然存在。

（3） UT_2 ——根据观测到的地极移动和用外推法求得的地球自转速率的季节性变化，对 UT_0 修正而得出的世界时。这种世界时实际上不受由于自转的周期变化而带来的不一致性的影响，但是由自转的不规则变化而引起的不规则性尚不能完全修正。

（4）UTC——国际协调世界时，接近于 UT_2 ，用作所有民用守时的基准。1972 年 1 月 1 日规定，协调世界时按照与原子时相同的速率进行（参看 2-1.6 节），二者之差正好是一个原子秒的倍数。在 UTC 中，精确的一秒（闰秒）的阶跃变化，在元月一日和（或）七月一日视需要引入，以便使 UTC 与 UT_2 之间的差别保持在 ± 0.7 秒以内。高频的标准时间和频率发射机发射的时间信号，例如 WWV（美国国家标准局无线电台呼号），经过编码，从而使这些信号的用户能够在 0.1 秒的精确范围内确定 UTC 与 UT 之间的时差。

2-1.5 历书时

历书时基于地球绕太阳的公转。实际上它是根据观测月球绕地球的运动而得到的。1956 年 10 月，国际计量委员会将历书时的秒规定为 1900 年 1 月 0 日（即 1899 年 12 月 31 日）历书时 12 时瞬刻回归年的 $1/31556925.9747^{[1]}$ 。由于历书时的单位长度按定义来说是不变的，因而历书时是均匀的时标。

2-1.6 原子时

当原子中的一个电子从一个能级跃迁到另一个能级时，就要吸收或辐射能量。吸收或辐射的能量，等于两个级之间的能量差。如果吸收或辐射是以电磁能（光子）的形式，则其频率与电子能的变化成比例。这就是说，在一个给定的原子中，产生给定跃迁的一

一个电子按照特定的频率辐射或吸收一定的能量。原子钟正是利用原子的这个特性作基础的^[4]。目前广泛研制的用作时间标准的原子振荡器是铯束谐振器。此装置利用铯原子的特定跃迁。1956年确定,振荡频率为9192631770周/历书秒。原子时就是基于这种跃迁。国际协调原子时标简称IAT。1967年规定这种国际单位制的1秒为铯原子在两个能级间跃迁时电磁波振荡9192631770次所经历的时段。因此,在历书秒的测量误差范围内,IAT秒等于历书秒。经过多年来的观察,尚未发现原子时标与历书时标之间的速率差。因此,除了两种时标来源上的差别以外,原子时和历书时是一个意思。从实践的观点来看,原子时几乎已经代替了历书时,因为原子时使用起来非常方便。

2-1.7 美国标准时

美国标准时与国际协调世界时相差整数个小时。美国海军天文台(华盛顿)的母钟测定美国的标准时间。母钟由一个原子谐振器、一个石英晶体振荡器和一个钟表机构组成。海军天文台根据天文观察测定世界时和历书时,并出版不同种类时间的资料,供人们在大地测量、导航和科学研究中使用。用来产生精确定时器信号的各种钟表和频率标准,将在3-1节讨论。

2-2 频率标准

时间标准和频率标准基于同一现象的两个方面^[5]。时间间隔的倒数是频率。实际上,频率标准可以用作时间测量的基准。当使用一个频率标准来计时(时间间隔或时刻)时,为了避免差错,必须注意使频率以所选用的时标为基准。如果频率使用的单位是赫兹,则相应的时间间隔以秒(国际度量衡制的时间单位)计。目前这个国际标准是基于铯(Cs)原子的跃迁,这在2-1.6节已有过叙述。铯原子的跃迁也是频率测量的基准。铯频率标准主要包括有:石英晶体振荡器、将晶体频率转换成铯频率的合成器、铯束管和伺服反馈回路。伺服反馈回路用来调节晶体频率,使合成器的输出始终处于铯原子的谐振频率。如果标准是按原子时标工作的,则1兆赫信号的一百万周构成1秒。

要得到精确频率测量的基准,不需要用物理方法来产生原子频率标准。可以用适当的标准频率和时间信号的发射来控制 and 监测本地的晶体振荡器,只要这些发射是由发射台的原子钟控制着的话。

本地频率标准的精确度可以保持在 10^{-10} ,或者更高的范围内,方法是将其相对相差或时差与接收到的甚低频或高频载波的相对相差或时差进行比较^[4]。可供选择的监视很多,具体选择应按照相对相位测量所要求的精确度而定。为了得到最高的精确度,本地标准的漂移必须很小,即在几天之内预计的漂移不超过 10^{10} 分之几。为了得到极高的准确度,可能要求对几天到几个月的时间进行平均。

从罗兰C系统来的传输,如果是从离发射台大约1500英里的范围内接收的话,则是一个例外(参看2-4.1(2))。母钟的稳定性可以传递,母钟能在连续的基础上把向本地振荡器的传输控制在 1×10^{-11} 的范围内,平均时间约为100秒。这些信号由美国海军天文台的频率和时间标准控制,接收到这些信号的任何人,都可能得到一种最精确的频率标准(以前的频率补偿——与100千赫的额定值相差 3×10^{-8} ——于1972年在所有标准传输中废除)。