

# 钟表技术

原理·装配·维修

XII

萧治平 主编  
许可本 孙学锋 金弛光 编著  
史美琪 审校

IX



III

VI

同济大学出版社

# 钟 表 技 术

原理·装配·维修

萧 治 平 主 编

许可本

小学锋

金驰光

编著

史

姜琪

审校



同济大学出版社

(沪)204号

## 内 容 简 介

本书集钟表原理、装配、维修技术于一体。内容包括机械手表、机械闹钟、机械摆钟、石英电子手表、石英电子钟、世界钟、音片钟、电子摆轮钟以及秒表和定时器等。选材精良，叙述深入浅出，图解与文字并重，原理与实践相结合。

本书适宜作为钟表技术教育和钟表技术培训教材；同时也可作为钟表、精密仪器领域的工程技术人员和装配、维修技术工作者以及钟表技术爱好者的参考书。

责任编辑 解明芳  
封面设计 王肖生

## 钟 表 技 术

原理·装配·维修

萧治平 主编

同济大学出版社出版

(上海四平路1239号)

新华书店上海发行所发行

青浦任屯印刷厂印刷

开本：850×1168 1/32 印张 12.125 字数：346千字

1992年8月第1版 1992年8月第1次印刷

印数：1—1·1000 定价：5.40元

ISBN 7-5608-0998-7/TH·26

# 序

钟表是用于指示时刻和计量时间的计时器。它们是科研、生产和人类生活中的必需品。

钟表技术是随着社会经济生活的提高和当时社会经济的需要逐步发展起来的。现代钟表有以机械能为原动力的机械钟表和以电力能为原动力的电子钟表两大类，结构日臻完善，精度不断提高。因而，钟表技术的发展过程实际上勾划了人类文明史发展的历程，它是社会、经济、技术诸多发展因素大融合的产物。

《钟表技术》对机械钟表和石英钟表的结构原理、装配和维修的技术都作了较系统的叙述和介绍，其特点：一是简明，力免繁瑣的理论分析及公式推导，以应用为主；二是钟与表、机械与电子并重，原理与装配维修并重；其三则是突出重点，兼顾一般，考虑不同层次读者的需要。正因为具备了以上三大特点，所以我认为这是一本可读性和实用性具佳的技术读物。它可作为钟表技术教育及钟表等级工、维修工培训的专业教材，也可作为工程技术人员、商业工作者和社会爱好者的技术参考书。

松竹年年秀，奇花日日新，钟表技术的发展也永无止境，愿广大读者不吝赐教，为充实和完善钟表技术教材共同出力。

上海市仪器仪表学会副理事长  
上海市计时仪器学会理事长 王维城

1992年2月

## 前 言

在钟表技术领域,从古代的日晷到现代的石英钟表,经历了数千年漫长的岁月。然而日新月异的钟表技术成就,应当首推目前在商业橱窗中日夜展销的各种精密机械钟表和轻巧新颖的石英电子钟表。本书系统地阐述了这两大类钟表的基本原理和装配、维修技术。

本书主要用于钟表技术教育和钟表技术培训。为此,在编写时,特别注意基本原理与实践技术并重;机械技术与石英电子技术共容;时钟机构与手表机构齐备以适应各个方面,各个系统的教育和培训的需要。

本书除部分结构设计、齿轮参数计算、尺寸链计算及振动公式推导属大专或高级工培训教育层次外,其他内容均适用于中专、职校和技校的技术教育或中级工技术培训。

本书在编写过程中,尽量搜集了各种具有代表性的钟表技术资料,并得到上海手表厂、上海手表二厂、上海手表三厂、钻石手表厂、上海钟厂、中国钟厂、上海第四钟厂、上海电钟厂、上海钟表元件厂和上海秒表厂等单位大力协助,在此谨致衷心感谢。

本书的编写和出版得到了上海钟表公司培训中心王惠基、张顺生等领导同志的关心和大力支持。上海大学工学院史美琪副教授对本书作了仔细的审校。编者根据史副教授及其他方面提出的宝贵意见,对书稿进行了认真的修改。

由于编者水平有限,定有很多不足之处,还望各界多多批评指正。

编者 1992年1月

# 目 录

第一章 钟表计时基本知识	1
第一节 时间与时间的计量	1
第二节 时间基准的制定	2
第三节 区时系统——全球计时方法的统一	4
第四节 常用计时名词	4
第五节 世界钟	7
第二章 机械钟表概述	8
第一节 古代钟表	8
第二节 现代钟表	10
第三节 振动计时钟表的基本原理	11
第四节 机械手表整机工作原理与传动形式	11
第五节 机械闹钟整机工作原理与传动形式	14
第六节 摆钟整机工作原理与传动形式	16
第三章 振动系统	21
第一节 摆轮游丝系统的结构	21
第二节 摆轮游丝系统振动工作原理	26
第三节 理想摆轮游丝系统振动公式和振动周期	28
第四节 摆轮游丝系统振动周期的调节	30
第五节 影响摆轮游丝系统振动周期的因素	30
第六节 摆的结构	44
第七节 摆的振动工作原理与振动周期	45
第八节 影响摆的振动周期的因素	48
第九节 摆的振动周期的调节	50
第四章 擒纵机构	51

第一节	叉瓦式擒纵机构的结构	51
第二节	叉瓦式擒纵机构的工作原理	53
第三节	叉瓦式擒纵机构的保险机构及其作用	58
第四节	叉瓦式擒纵机构对振动周期的影响	61
第五节	销钉式擒纵机构的结构	62
第六节	销钉式擒纵机构的工作原理	64
第七节	销钉式擒纵机构的保险装置	66
第八节	摆式擒纵机构的结构	67
第九节	格拉哈姆擒纵机构的结构及其工作原理	68
第十节	摆钟的等时点	70
<b>第五章</b>	<b>齿轮传动</b>	<b>71</b>
第一节	钟表齿轮传动的应用及其特点	71
第二节	传动比及其计算	73
第三节	钟表齿形	76
第四节	钟表齿轮各部分名称与计算	80
第五节	辅助齿轮传动	85
第六节	销轮啮合	87
<b>第六章</b>	<b>原动机构与上条拨针机构</b>	<b>89</b>
第一节	原动机构的作用与结构	89
第二节	钟表机构对发条的要求	92
第三节	发条的工作原理	93
第四节	提高发条输出力矩和力矩平稳性的措施	96
第五节	上条拨针机构的作用与结构	99
第六节	上条拨针机构的工作原理	102
<b>第七章</b>	<b>夹板、钻石及尺寸链计算</b>	<b>104</b>
第一节	夹板	104
第二节	钻石	107
第三节	尺寸链计算	112
<b>第八章</b>	<b>日历与自动机构</b>	<b>118</b>
第一节	表用日历机构	118

第二节	钟用日历机构	124
第三节	自动上条机构	126
<b>第九章</b>	<b>机械手表的装配与维修</b>	<b>131</b>
第一节	常用工具	131
第二节	典型机械手表零部件名称和装配位置	132
第三节	原动机构的装配	137
第四节	上条拨针机构的装配	138
第五节	传动轮系的装配	140
第六节	擒纵机构的装配	143
第七节	摆轮游丝系统的装配	146
第八节	机械手表的拆卸、清洗与加油	155
第九节	机械手表常见故障与排除	164
<b>第十章</b>	<b>闹钟、摆钟的装配与维修</b>	<b>167</b>
第一节	闹钟的装配	167
第二节	闹钟的维修	173
第三节	摆钟的装配	184
第四节	摆钟的维修	191
<b>第十一章</b>	<b>电子钟表概述</b>	<b>195</b>
第一节	摆轮游丝式晶体管电子钟表	195
第二节	晶体管音叉式电子钟表	201
第三节	指针式石英钟表	205
第四节	数字式石英钟表	214
<b>第十二章</b>	<b>石英谐振器</b>	<b>221</b>
第一节	石英晶体	221
第二节	石英晶体的压电效应	223
第三节	石英谐振器的制造过程	224
第四节	石英谐振器的特性	229
第五节	石英谐振器的结构与特性参数	233
<b>第十三章</b>	<b>集成电路</b>	<b>235</b>
第一节	基础知识	235



第二节	单元电路	237
第三节	指针式石英电子钟表的集成电路	244
<b>第十四章</b>	<b>步进电机</b>	250
第一节	石英钟表用步进电机	250
第二节	典型步进电机的结构	252
第三节	步进电机的磁性材料	255
第四节	步进电机的工作原理	259
<b>第十五章</b>	<b>电池</b>	265
第一节	手表电池的结构与特性	265
第二节	手表电池的使用与保管	267
第三节	其他类型电池	270
<b>第十六章</b>	<b>指针式石英表的结构与装配</b>	272
第一节	指针式石英表的结构	272
第二节	指针式石英表的装配	278
<b>第十七章</b>	<b>指针式石英表的检测与维修</b>	290
第一节	常用检测仪器和工具	290
第二节	指针式石英表电气参数的检测方法	291
第三节	指针式石英表的拆卸	301
第四节	指针式石英表的清洗加油	303
第五节	指针式石英表故障检查程序	305
第六节	指针式石英表常见故障及维修方法	307
<b>第十八章</b>	<b>指针式石英钟的结构与装配</b>	314
第一节	指针式石英钟的结构	314
第二节	指针式石英钟的装配	237
<b>第十九章</b>	<b>指针式石英钟的检测与维修</b>	336
第一节	指针式石英钟的检测	336
第二节	指针式石英钟的维修	346
<b>第二十章</b>	<b>秒表与定时器</b>	356
第一节	秒表的分类	356
第二节	单柄头秒表的工作原理	360

第三节	秒表的常见故障及修理.....	365
第四节	定时器.....	365
<b>附录</b>		
附录一	摆轮游丝系统运动方程的解法.....	369
附录二	部颁“手表装配工”工人技术等级标准.....	371
附录三	部颁“闹钟装配工”工人技术等级标准.....	375

# 第一章 钟表计时基本知识

## 第一节 时间与时间的计量

### 一、时间

时间与人类生活息息相关,无论是宏伟的宇航事业,还是渺小的身边琐事,它永远静悄悄地、毫不迟缓地与你同在,伴你同行。

时间是物质存在的一种客观形式,由过去、现在和将来构成的连绵不断的系统;是物质运动、变化的持续性的表现。

常言道:“时间如流水,一去不复返”。即时间具有不复返性,它向着一个方向流逝,从没有源头的过去,经过现在,流向无穷无尽的未来。

### 二、时间的计量

时间是可以被计量的,各种各样的钟表就是计量时间的仪器。

计量时间有两种性质:其一是计量某一瞬时是什么时候,称为时刻计量;其二是计量两个瞬间之间的间隔距离,称为时段计量。

时刻计量需要计量单位和计量起算点,例如,火车开车时间:17点30分。“点”、“分”是计量单位。半夜零点则是计量起算点。

时段计量只需要计量单位,不需要计量起算点。例如:火车从上海开到南京需要5小时,即从开车的瞬间到抵达的瞬间,时间间隔是5小时。其中“小时”为计量单位,与起算点无关。

## 第二节 时间基准的制定

正如计量长度要有尺一样,计量时间也要有个基准。

早期计量时间的基准是靠测量天体的运转,图 1-1 是天体运转示意图。太阳中心连续两次经过上中天的时段称为一个真太阳日,它的  $1/24$  为一小时,一小时有 60 分钟,一分钟又有 60 秒,一天共有 86400 秒。

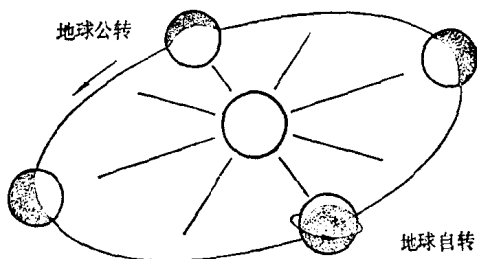


图 1-1 天体运行示意图

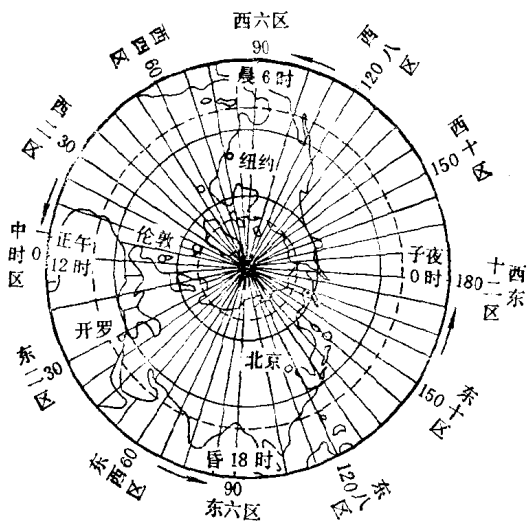


图 1-2 地球自转使地球上不同经度的地方有不同的地方时

可是,由于风速、潮汐、气候、日月蚀以及地球轨道与太阳距离的改变,地球自转的速度便每天不同,也就是每个真太阳日的时间都不一样长。最长和最短的真太阳日相差较大,因此,用真太阳日作一天的基准便不可能准确。

1820年,法国科学家举行会议,决定以全年各真太阳日的平均值或称平太阳日,表示一天的长短。并被科学界公认为时间计量的标准。一个平太阳日的 $1/86400$ 为1秒,或称1平秒。

1939年,英国科学家琼斯经过长期的天文观察,发现地球自转的周期每年均有显著的变化(转速减慢、季节性变化和不规则变化等)。地球自转周期既然有变化,所以,根据地球自转而建立的平太阳日时间基准也将是不稳定的。近代许多科学技术的发展对时间计量的准确度提出越来越高的要求,为了适应这种要求,1956年,科学家提出了以地球公转为基础而建立的新的国际计时基准,这个基准规定,1秒等于地球绕太阳公转一周(一年)所需时间的, $31,556,925.9747$ 分之一,但是地球每年公转周期也不尽相同所以又规定追溯到1900年1月1日中午12时的太阳回归年长度作为计量基准。上述定义的秒又称历书秒,它是经过长年累月考证得到的,准确度比以前高很多,并自1960年起正式使用。

在此以前的时间基准都是通过对天体运转进行复杂的测量计算获得的。随着科学技术的进步与发展,为研制高精度的计时仪器创造了条件。铯原子钟就是人们利用极其稳定的原子频率制成的一种高精度、高稳定度的计时仪器。

1967年,国际度量衡委员会决定,从1972年1月1日零时(世界时)开始,标准时间用国际铯原子钟得到。由此获得的时间基准又称原子时,它的精确度比此前更要高得多,并且改变了依赖繁复的天体测量和计算去确定时间以及缺乏绝对的时间基准的状况,从此,使秒的定义与天体运行脱离了关系。

### 第三节 区时系统——全球计时方法的统一

建立区时系统之前，世界各地的时钟都没有一定的时间准则。例如，1880年，在美国纽约州布法罗火车站就有三个时钟——一个显示布法罗当地时间，一个显示纽约市时间，而另一个则显示俄亥俄哥伦布市的时间，其混乱情况可想而知。

1883年，美国铁路局召开会议，决定将全国划为4个时区，每个时区相差1小时，这便是最早的区时制度。同年晚些时候，在华盛顿举行国际会议，议决把区时制度扩大到在全世界推行。

它的方法是将全世界分成24个时区，每个时区宽为 $15^\circ$ 经线。各区都以该区中央经线的地方时，作为该时区的标准时间，如图1E2所示。零时区(又称中时区)，从通过伦敦格林威治天文台的零度经线开始，向东西各伸展 $7^\circ30'$ ，零度经线为该区中央经线，东一区从东经 $7^\circ30'$ 到东经 $22^\circ30'$ ，东经 $15^\circ$ 为该区中央经线。西一区从西经 $7^\circ30'$ 到西经 $22^\circ30'$ ，西经 $15^\circ$ 为该区中央经线。以此类推，东西12区重合，如图1E3所示。

由于每个时区相差1小时，全球24个时区的时刻正好都是相差整小时数，使用十分方便。

例如，伦敦为零时区，北京为东八区，两地相差为8小时。又由于地球自西向东旋转，所以伦敦比北京晚8小时。因此，若某一瞬时，伦敦为中午12点34分，则北京为晚上8点34分，计算十分简捷。

### 第四节 常用计时名词

#### 一、北京时间

我国首都北京在东经 $116^\circ$ 属东八区。而东八区的中央经线是东经 $120^\circ$ ，所以，“北京时间”实际上是东经 $120^\circ$ 的地方时。

还要说明：实际上的时区界线并不完全按照经线划分，为

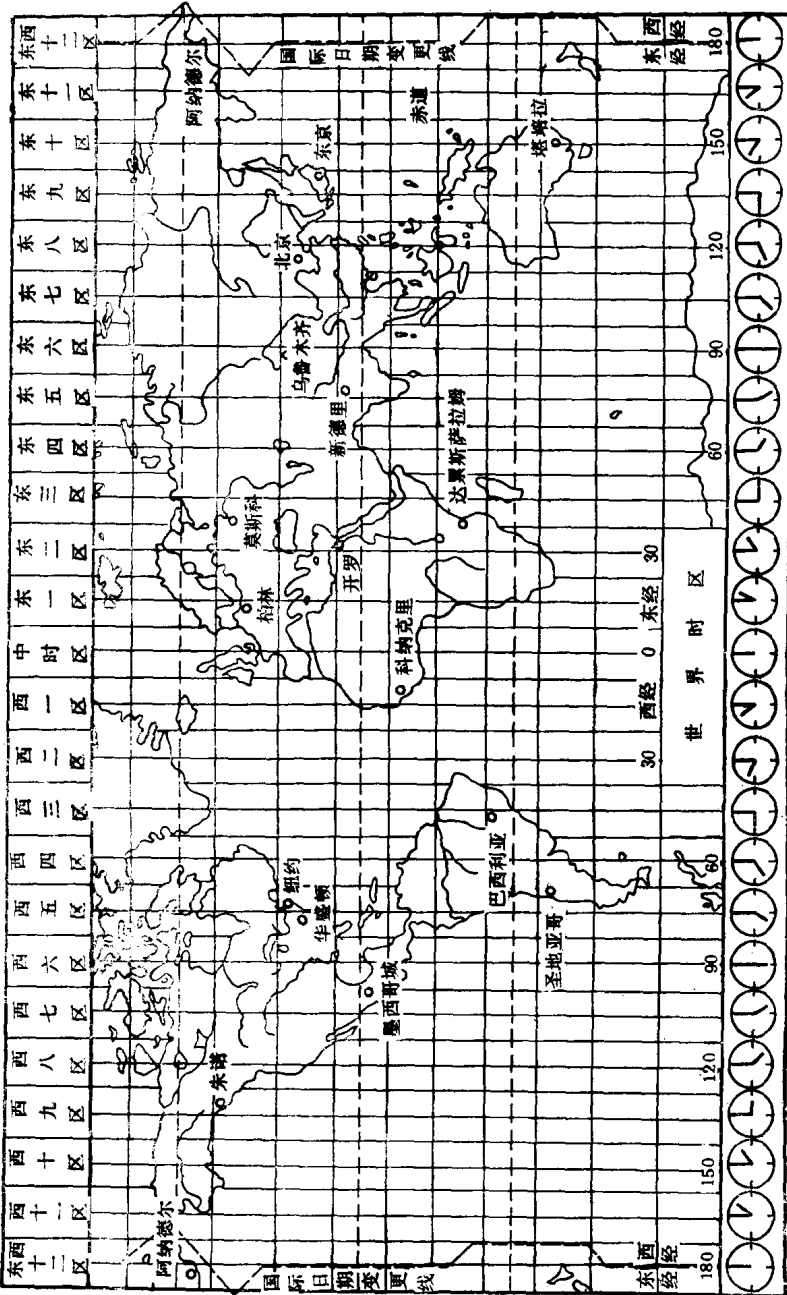


图 1-3 世界时区

为了方便起见，往往按照各国行政区域或自然界线来划分。我国领土辽阔，东西横跨好几个时区，为了方便起见，目前只采用一个时区，即东八区的区时——“北京时间”作为全国统一的标准时间。

## 二、格林威治时间

1884年，国际上将通过英国格林威治天文台的经线定为零度经线(本初子午线)，零时区即以通过这条经线的地方时作为区内标准时间。常称作“格林威治时间”，也常称作“世界时”。

## 三、日界线

在日界线没有定出之前，有这样一个难题：按照区时系统，当北京为星期一 20 点的时刻，向东推算，12 时区的时间应为星期二零点；向西推算，12 时区的时间应为星期一零点。试问，这个时刻，在这个时区的时间是星期二零点还是星期一零点呢？

为此，国际上人为地规定，以  $180^\circ$  经线附近的一条线作为“日界线”，日界线除南极洲外不经过任何陆地。地球上的每一天从日界线开始，即日界线是地球上每一天最早的地方。当飞机或轮船由西向东航行经过日界线时，应将日期减少一天；当飞机或轮船由东向西经过日界线时，应将日期加上一天。

例如，7 月 4 日轮船由西向东越过日界线，那么应将船上所有日期翻回到 7 月 3 日。

又如，9 月 11 日轮船由东向西越过日界线，那么应将船上所有日期向前翻到 9 月 12 日。

有了日界线，前面提出的难题也就迎刃而解了。

## 四、润秒

“润秒”是在 1972 年实行“原子时”时间基准以后诞生的，目的是为了补偿科学上的时间基准与地球运转速度的差异。即每隔若干年，在标准时间上加上一二秒或减去一二秒，以使科学上的标准时间和地球运行相吻合。

上述加或减的时间，定于当年 12 月 31 日的最后一分钟内或当年 6 月 30 日最后一分钟内进行。



## 第五节 世界钟

世界钟是依据区时系统原理设计的，如图 1-4 所示。这是一种结构较为简单的世界钟，其中 24 小时时圈按顺时针方向运动，它与时轮的传动比为 1:2。即时针转 2 圈，24 小时时圈只转一圈。最外圈为地名圈，地名圈也分 24 等分，按时区顺序，在每个等分内标明各时区的重要城市 1~2 个。地名圈是不转的，但可以调节，以改变主要显示位置的城市名称。

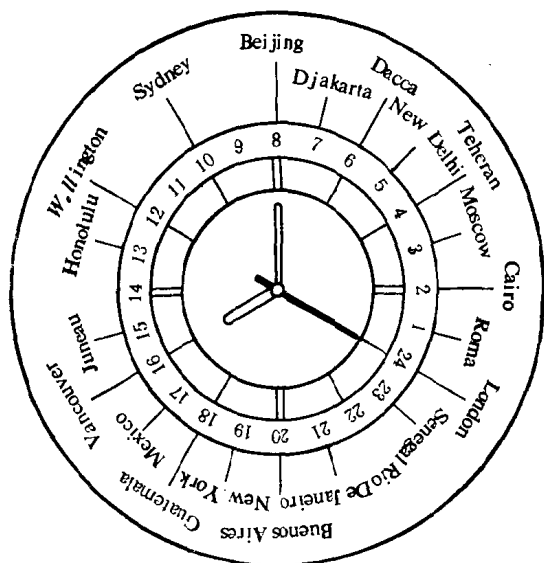


图 1-4 世界钟