

现代石英电子手表

周柏铭 张剑同 史广钦



把握时间 走向未来

上海科学技术出版社

现代石英电子手表

——结构原理 选购使用 维护修理

周柏铭 张剑同 史广钦 编著

上海科学技术出版社

现代石英电子手表

——结构原理，选购使用，维护修理

周柏铭 张剑同 史广钦 编著

上海科学技术出版社出版发行

(上海瑞金二路450号)

新华书店上海发行所经销 上海群众印刷

开本 787×1092 1/32 印张 7.375 字数 161,000

1992年12月第1版 1992年12月第1次印刷

印数 1—10,000

ISBN 7-5323-2845-7/TH·64

定价：3.30元

(沪)新登字108号

序

现代社会不断向高科技、高速度、高效率、高效益方向发展,高精度的计时仪器就成为必不可少的工具之一,电子手表就是适应现代社会需要应运而生。自 1976 年第一代石英电子手表问世以来,以惊人的速度迅速发展,到 1987 年,已远远超过机械手表的产量,达到 4.57 亿只,而当年机械手表只生产 1.28 亿只,前者为后者的 3.5 倍。到 1990 年,石英电子手表产量再度上升为 6.47 亿只,而机械手表继续下降为 1.06 亿只,两者产量相差 5 倍。可见石英电子手表已成为手表工业的主要产品,深入到各行各业、千家万户,成为人们生产、生活的必需品。在 1990 年,世界石英电子手表产量的总数中,指针式石英电子手表为 4.05 亿只,数字式石英电子手表为 2.42 亿只,近乎 3 与 2 之比,可见,人们习惯上仍以指针式手表为主。

随着现代科学技术高速度的综合发展,石英电子手表融现代技术之长,将精密机械加工技术、微电子技术、传感器技术、通信技术、精细化工技术合为一体,体积不断小型化,功能不断多样化,出现了高精度、多功能的现代石英电子表。如,可记录 0.001 秒的秒表,它同时能耐 200 米水深;可存储 120 个电话备忘或备忘事项、或日程安排的 8 位计算器石英电子手表;有收录机式石英电子手表,电视机式石英电子手表,脉搏计、血压计等保健类石英电子手表,以及信息类石英电子手表。现代石英电子手表已超出传统手表的概念,成为现代科

技的高度结晶。

上海手表厂副总工程师周柏铭、上海市钟表研究所副所长张剑同、上海爱建钟表厂副厂长史广钦,他们都是多年从事手表行业的科技工作者,为了普及现代石英电子手表的知识和推广应用,在繁忙的科研、生产工作中挤出时间,合作编写了《现代石英电子手表》一书,深入浅出地介绍了石英电子手表的结构原理、电子元器件、装配工艺、检测维修和选购使用等知识和技术,书中还配以 150 余幅插图。为了扩展眼界,在本书最后一章,作者还简要介绍了现代石英电子手表的多种典型新产品,供从事手表行业的同仁、经营者和营业员,广大的使用者和爱好者,以及有关专业院校的师生阅读参考。相信本书的出版发行,必将对我国手表工业的发展和改革起推动和促进作用。

王维城

1991. 10

前 言

现代石英电子手表发展到一个新的阶段，它集高精度与多功能于一体，成为时代的宠儿。1990年，世界石英电子手表产量达6.47亿只，我国当年产量也有1000多万只；而在东南沿海地区，每年为外商组装的石英电子手表却多达2亿多只，可说我国已经跨入石英电子手表生产大国的行列。可是，由于基础电子元器件、可靠性基础技术、微型计算机技术，尤其是综合能力跟不上世界发展水平，使我国石英电子手表在世界竞争中处于劣势。我们要迎头赶上，需要各科研机构、生产企业协同作战，急起直追；同时，要普及石英电子手表的基础知识和生产技术。

笔者都是上海市石英电子手表会战的第一批成员，经过10多年的努力，积累了一些这方面的专业知识和实践经验。几年前，我们就有一个共同的愿望，为普及推广石英电子手表基础知识和生产技术出一把力。可是，由于科研和生产工作繁忙，心有余而力不足，在上海科学技术出版社副编审傅荣根的鼓励和支持下，经过几年的努力，数易其稿，终于写出了这本小册子。我们感到能为发展我国石英电子手表做一些铺路工作而高兴；同时，对在编写过程中大力鼓励支持和提供资料的同仁表示感谢。

本着脚踏实地，勇攀高峰的思想，本书从石英电子手表的基本原理、结构写起，涉及装配、测试、检修等基本技术；为了满足营业员、使用者和爱好者的需要，写了石英电子手表的选

购及使用;最后,介绍了几种典型的现代石英电子手表新产品供读者借鉴参考。

本书由周柏铭主编,并编写了第五、六章,张剑同编写第一、二章,史广钦编写第三、四章。

由于笔者水平有限,本书肯定有许多不足之处,竭诚欢迎广大读者批评指正。

编 者

1991年8月

目 录

序 前 言

第一章 石英电子手表的基本原理	1
第一节 时间的基本单位(秒)及时间测量.....	1
第二节 电子手表的家族.....	3
第三节 指针式石英电子手表.....	12
第四节 数字式石英电子手表.....	18
第二章 石英电子手表的电子元器件	23
第一节 石英振子和石英振荡器.....	23
第二节 表用集成电路.....	35
第三节 表用步进电机.....	65
第四节 液晶显示屏.....	77
第五节 其他元件.....	89
第六节 电池.....	93
第三章 石英电子手表的装配、调试、检测	109
第一节 装配车间的基本要求.....	109
第二节 指针式石英电子手表电路板组件的装配.....	110
第三节 指针式石英电子手表的装配、检测.....	113
第四节 数字式石英电子手表的装配、检测.....	121
第四章 石英电子手表的选购与使用	126
第一节 指针式石英电子手表的选购.....	126

第二节	数字式石英电子手表的选购·····	129
第三节	表带的选购·····	131
第四节	石英电子手表的使用方法·····	132
第五节	石英电子手表的维护知识·····	136
第六节	电池的更换·····	141
第七节	石英电子手表的使用寿命·····	142
第五章	石英电子手表的检修·····	144
第一节	石英电子手表检修工作的基本要求·····	144
第二节	指针式石英电子手表的检修·····	150
第三节	数字式石英电子手表的检修·····	163
第六章	现代石英电子手表简介·····	172
第一节	双显示石英电子手表·····	174
第二节	多功能指针式石英电子手表·····	177
第三节	录音机石英电子手表·····	182
第四节	电视机石英电子手表·····	185
第五节	脉搏计石英电子手表·····	189
第六节	血压计石英电子手表·····	195
第七节	信息石英电子手表·····	198
第八节	温度计石英电子手表·····	211
第九节	气压计石英电子手表·····	213
第十节	地图测距计石英电子手表·····	217
第十一节	体能消耗(卡路里)计石英电子手表·····	221
主要参考资料·····		225

第一章 石英电子手表 的基本原理

第一节 时间的基本单位(秒)及时间测量

改革开放以来,人们对时间的概念有了更深切的认识。“时间就是生命”。在手术台上,往往争取到几分钟、甚至几秒钟,把一个垂危的病人抢救过来,重新获得了生命,这种事例已经屡见不鲜;一个先进工人1年完成了10年的工作量,他就等于多活了10年,为人类作出了更多的贡献。“时间就是效率”。一项新技术的推广应用,使原来需要1小时的任务,10分钟就完成了,效率提高了5倍。“时间就是金钱”。一项新产品当市场上还未有同类产品时,它就成为热门货,销路大增,得利就高;瓜果蔬菜在时令之初就上市,价格就高,当大量采摘上市时,价格就会下降;一项新技术发明,谁第一个推出,他就能获得专利权,就能占领市场,效益当然也就高了。“时间就是胜利”。在战争中,谁的飞机速度快,谁就能处处主动,狠揍敌人而不被敌人攻击;在解放初期,解放军为了击落U2型高空侦察机,原先在制导雷达开机到实施攻击需要10秒钟,U2飞机见“波”而逃,导弹落空了。后来,解放军经过1秒1秒的计算,把时间压缩到4秒,终于接连打下了U2型飞机。

时间是客观存在,它不能创造,也无法消灭,它只能利用;但如果白白让它流逝,那末它也就一去不复返,人们也就什么

也得不到。为了充分利用时间,人们创造了计时仪器,来对时间进行测量,以便更好地利用时间,为人类创造物质的、精神的财富。

要对一项运动、一项工程、一件事情持续的久暂进行描述,就可以借助某段时间作单位,以它不断地重复。其实,任何周期性运动过程都可以用来表达特定的时间间隔的长短。太阳每天从东方升起,到西方落下,再从东方升起,那是地球自转运动,人们把它定为日。月亮由朔到望再到朔,那是月亮绕地球的运动,人们把它定为月。同样,地球绕太阳的运动就是年。机械钟表利用摆轮-游丝的均匀性周期摆动来测量时间的间隔,石英电子手表则是利用石英振荡器的电信号周期性运动来测量时间的间隔。

要测量时间,首先要选取测量的基本单位,在国际单位制中,规定的时间基本单位是“秒”,符号为s。国际上最初的秒定义来源于地球本身的运动,1820年开始使用“平太阳秒”,其准确度只达到 10^{-8} 量级;1960年,由于天体力学的发展,人们根据天体运动理论和观测决定的轨道要素计算得到时刻,用“历史秒”替代“平太阳秒”,其准确度达到 10^{-9} 量级。

随着科学技术的发展,1967年,第十三届国际计量大会通过决议,规定新的秒定义:“秒是铯(Cs^{133})原子基态的两个超精细能级之间跃迁所对应的辐射的9192631770个周期的持续时间。”这样,各国的科学家都可以独立地找到这对能级,他们各自测量出秒是相同的,彼此之差只有 1×10^{-13} 秒。这样,人们即使不进行天文观测也能随时从原子钟的读数得到准确的时刻,并能以“原子秒”为单位,准确地测量时间间隔。

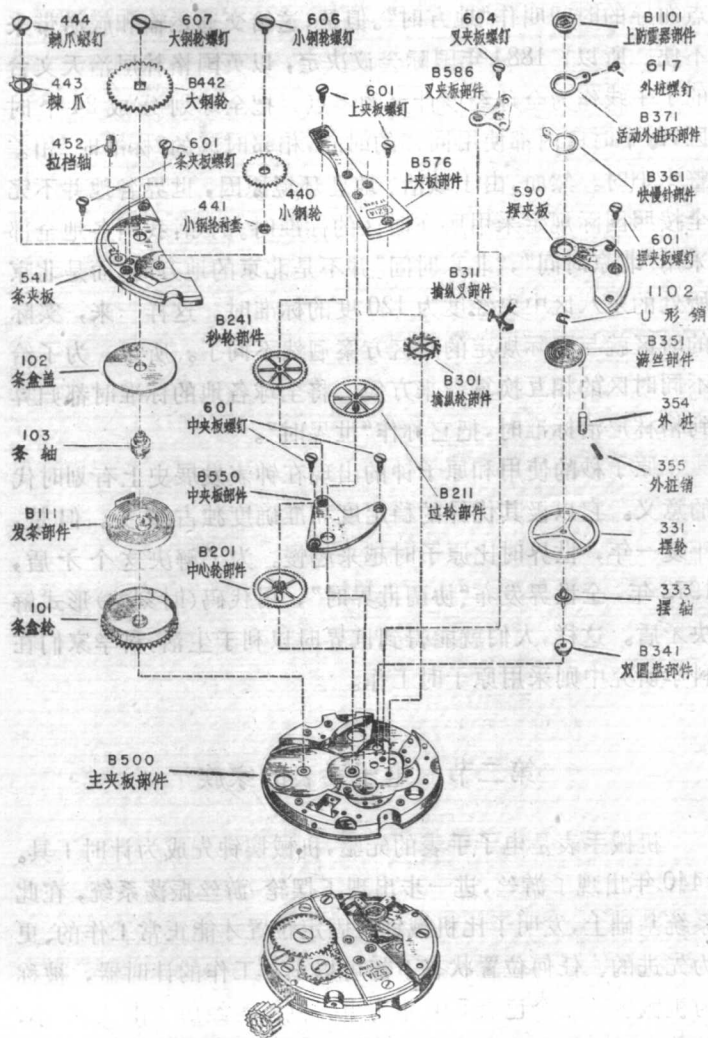
自古以来,人们习惯于日出而作,日落而息,所以人们根据各自天文台观测结果计算得到的时刻也各不相同,如北京

已是旭日东升的早晨，纽约却还是昨天的晚上。随着观测地点而异的时间叫作“地方时”。但是，这给交通运输和旅游带来不便。所以，1884年国际会议决定，以英国格林尼治天文台的子午线作为全球经度计算的零点，把全球划分成24个时区，每个时区内都使用同样的时间，相邻时区的“标准时”相差整1小时。然而，由于政治、地理环境原因，世界各地并不完全按照国际规定采用所在时区的标准时。例如，我国各地全部采用“北京时间”，“北京时间”并不是北京的地方时，而是北京所处的东八区中央经度为120度的标准时。这样一来，实际的时区就与国际规定的时区方案迥然不同了。所以，为了给不同时区的相互换算带来方便。将全球各地的标准时都归算到格林尼治标准时，把它称作“世界时”。

原子秒的使用和原子钟的出现在钟表发展史上有划时代的意义。它以极其优异的稳定性和准确度独占鳌头。但是，年复一年，世界时比原子时越来越慢。为了解决这个矛盾，1972年，全世界发布“协调世界时”，用代码(时刻差)形式解决矛盾。这样，人们就能得到世界时以利于生活，科学家们在科学研究中则采用原子时工作。

第二节 电子手表的家族

机械手表是电子手表的先驱，机械摆钟先成为计时工具。1440年出现了游丝，进一步出现了摆轮-游丝振荡系统，在此系统基础上，发明了比机械钟在固定位置才能正常工作的、更为先进的、任何位置状态下都可以正常工作的计时器，被称为机械表。至今已有530年历史。机械表经历了由大变小，从放在口袋里变为挂表、怀表，到20世纪初，体积缩小到近



(a)

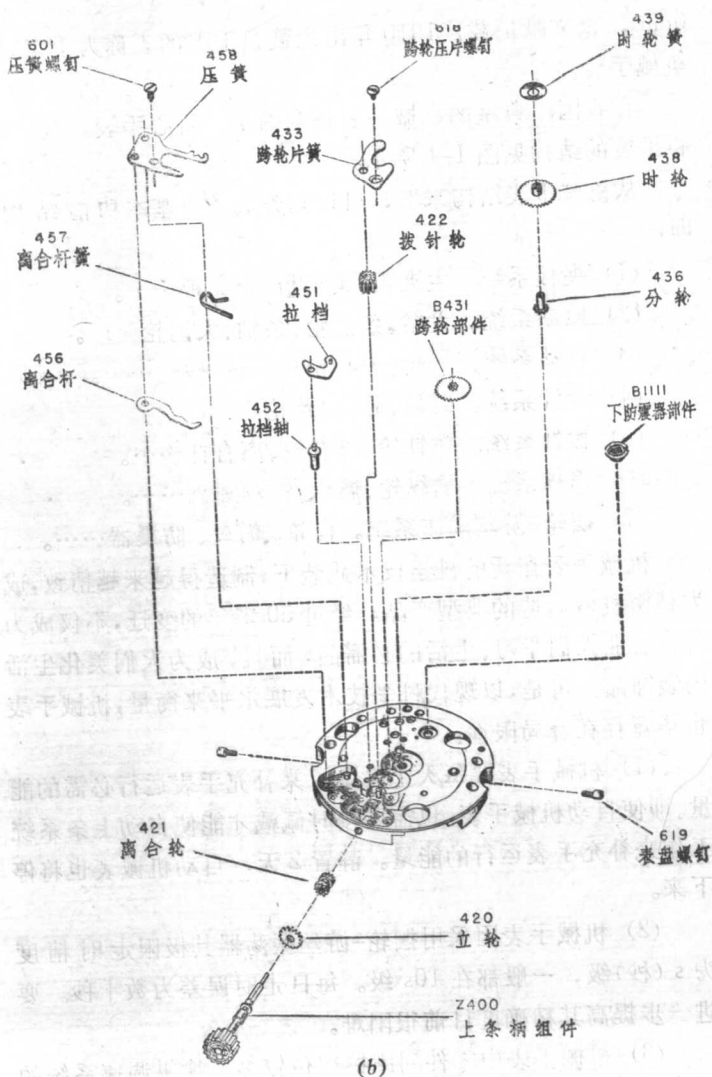


图 1-1 上海牌 ZSH 型表机结构示意图

6cm³。据文献记载, 1910 年出现戴在手上的表称为手表, 即机械手表。

在我国, 典型的机械手表是全国统一机心手表。统一机心手表的结构见图 1-1 所示。

从机械手表结构来看, 可以划分成 7 个基本功能结构, 即,

- (1) 夹板系统。主夹板、条夹板、上夹板……。
- (2) 原动系统。发条、条盒轮、条轴、大钢轮……。
- (3) 传动系统。二轮(中心轮)、三轮、秒轮……。
- (4) 走针系统。时轮、分轮、跨轮。
- (5) 拨针系统。拨针轮、离合轮、离合杆……。
- (6) 擒纵系统。擒纵轮、擒纵叉、双圆盘……。
- (7) 摆轮-游丝调速系统。摆轮、游丝、防震器……。

机械手表在新的科学技术武装下, 制造得越来越精致, 成为精密机械制造的典型产品。经过 50 多年的变迁, 不仅成为各行各业人们学习、生活的必需品, 而且, 成为人们美化生活的装饰品。可是, 以现代科学技术发展水平来衡量, 机械手表也毕竟存在着局限性。

(1) 机械手表要每天上发条, 来补充手表运行必需的能量。即使自动机械手表, 也需要按时佩戴才能使自动上条系统工作来补充手表运行的能量。静置 2 天, 自动机械表也将停下来。

(2) 机械手表因采用摆轮-游丝振荡器其极限走时精度为 s (秒) 级, 一般都在 10s 级。每日走时误差为数十秒。要进一步提高其精确度目前很困难。

(3) 机械手表中零件间摩擦部位较多, 擒纵调速系统的磨损和润滑恶化也较大, 加上表中零件数量较多, 各种手表的

结构又五花八门,因此,机械手表的维修量较大,在历史发展过程中形成了一个修表业。

随着电子工业的发展,手表工业成为典型机电一体化的新兴工业产品。老产业获得新的发展,使手表从纯粹的精密机械逐步发展到电子手表的新领域,形成摆轮-游丝式电子手表、音叉式电子手表、指针式石英电子手表、数字式石英电子手表和现代石英电子手表的发展体系。

一、摆轮-游丝式电子手表

50年代,半导体晶体管和微型电池出现后,产生了摆轮-游丝式电子手表(也称第一代电子手表)。它仍较多地保留着机械手表的特点,它仍有摆轮-游丝系统、计数机构、齿轮传动系统和指示系统。主要区别在于它以电池和开关线路取代机械手表的原动系统(图1-2);另外,计数机构(机械表称擒纵机构)及齿轮传递力矩方向正好相反。摆轮-游丝式电子手表是减速轮系,机械手表却是升速轮系。

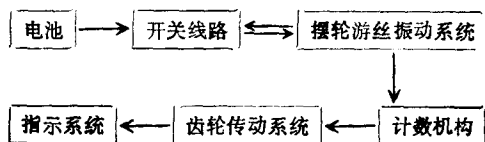
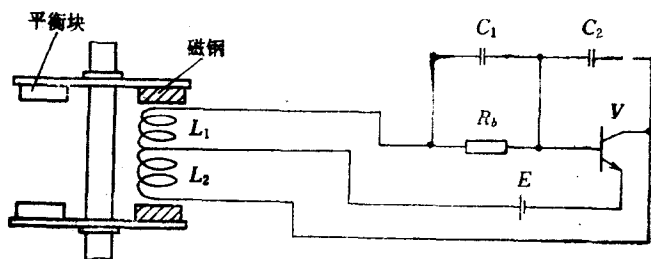


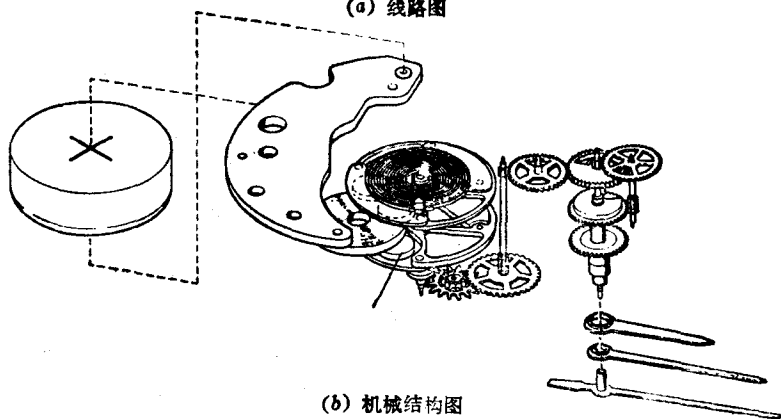
图 1-2 摆轮-游丝式电子手表原理框图

摆轮-游丝式电子手表的摆轮是由两个固定在摆轮上的圆盘组成,每个圆盘上有一对磁钢,对面是平衡块,整个系统处于动平衡状态。摆轮-游丝式电子手表的开关线路是由晶体管 V ,电容 C_1 和 C_2 ,偏流电阻 R_b ,信号线圈 L_1 ,驱动线圈 L_2 ,以及电池所组成。如图1-3所示。

开关线路工作原理:当摆轮的磁钢到达平衡位置时,信号线圈 L_1 被摆轮磁钢产生的磁场切割,在线圈 L_1 上产生电动势,流经电容 C_1 ,作用在晶体管 V 的基极,使 V 管由截止跃到导通状态。此时, V 管有很大的集电极电流流过驱动线圈 L_2 ,驱动线圈 L_2 产生磁场,该磁场与摆轮的磁钢相互作用,产生推动摆轮的磁力,摆轮在本身的惯性和磁力作用下,离开平衡位置继续向前转动。由于游丝的弹力作用,摆轮转到一定位置,又往回转动,当摆轮再次经过平衡位置,便又开始重复这种电磁能量的补充过程,维持摆轮等幅振荡。



(a) 线路图



(b) 机械结构图

图 1-3 摆轮-游丝式电子手表线路、结构示意图