



陈嘉明 编
周明德
黄月秋 校

电子手表维修知识

广东科技出版社

电子手表维修知识

广东科技出版社

电子手表维修知识

陈嘉明 周明德 编

黄 月 秋 校

*

广东科技出版社出版

广东省新华书店发行

广东新华印刷厂印刷

787×1092毫米32开本 3.375印张60,000字

1981年3月第1版 1981年3月第1次印刷

印数 1—23,000册

书号 15182·25 定价 0.31元

目 录

概 述	(1)
电子手表的发展	(1)
电子手表的走时精度	(3)
第一章 电子手表的基本原理	(4)
1—1 摆轮游丝式电子手表的 结构及其工作原理	(4)
1—2 音叉式电子手表的结构 及其工作原理	(6)
1—3 石英指针式手表的结构 及其工作原理	(9)
1—4 石英数字显示式手表 的结构及其工作原理	(23)
第二章 维修工具和仪表的使用方法	(35)
2—1 表起子	(35)
2—2 镊子(表夹镊)	(37)
2—3 放大镜、开表匙、木表座	(38)
2—4 万用表的使用	(40)
2—5 石英数字式校表仪校验石英手表 的方法	(45)
第三章 石英电子表的使用与保养	(50)
3—1 石英指针式电子手表的主要技术性能	(50)

3—2	石英液晶数字显示式手表的主要技术性能	(50)
3—3	使用与保养石英电子表应注意的问题	(50)
3—4	石英指针式手表的校对方法	(51)
3—5	LCD数字显示式石英手表的校对方法	(52)
第四章 石英指针式手表的维修方法		(58)
4—1	机心的组件	(58)
4—2	整机的工作过程	(59)
4—3	各组成部件及机构的概况介绍	(60)
4—4	装拆顺序与加油要求	(65)
4—5	故障分析与维修方法	(74)
第五章 石英数字式手表的维修方法		(83)
5—1	装拆顺序与技术要求	(83)
5—2	故障分析与维修方法	(85)
第六章 电子手表电池的正确使用与选择		(96)
6—1	电池的种类及其特性	(96)
6—2	电池使用寿命及电池的容量	(98)
6—3	石英手表在什么样的情况下更换电池	(98)
6—4	更换电池的方法	(99)
6—5	电池的正确选用	(100)
6—6	电池必须具备的几个条件	(103)

概 述

电子工业的发展已迅速地扩展到手表行业。尤其是石英电子手表问世后，以它的高精度、多功能、设计制造简便的特点，正在大幅度地发展和普及使用。普及使用又使人们带来了一个新问题——维修与保养。

维修电子手表和维修机械手表，从手表的工作原理来说是一致的，但从手表的组成部件来看是截然不同的，所以说会维修机械手表就可以维修电子手表，或者说是那一种手表容易维修。两种手表的维修方法是不同的，维修电子手表一定要依赖于必要的仪器仪表，并以仪器仪表的测量为主，故障的排除是通过测量后对结果加以具体分析，进行操作。

目前，石英电子手表已被认为是最有发展前途的电子手表，摆轮式电子手表、音叉式电子手表已逐步被石英电子手表所取代，本书重点介绍石英指针式和数字式电子手表的结构原理和维修方法。

电子手表的发展

我们知道，机械表是利用发条的张力作为能源，通过摆轮游丝振动系统进行计时的。摆轮游丝这一系统在三百多年的漫长历史发展中，人们对它进行了一切力所能及的改进工作。由温度、大气压力、磁性、震动以及其他原因所造成的误差，通过选择适当的材料和造型，大部分得到了克服。

但是，每个手表准确程度或多或少地为讨厌的位差而受影响。事实证明，提高谐振器的频率，是减少位差的有效方法。如果将摆轮的频率从原来的 2.5 赫提高到 5 或 6 赫，这种快速振荡器可使走时精度得到稍微的提高。可是就摆轮本身的能力来说已达到了它的极限，很难再提高。鉴于摆轮游丝系统的局限性，人们就研究利用较高频率的音叉作为手表的谐振器使用，其振荡频率可高达 100 赫至 300 赫（即 300 次/秒）。这是第一次突破了手表的传统技术，从而开始了手表技术的革命。

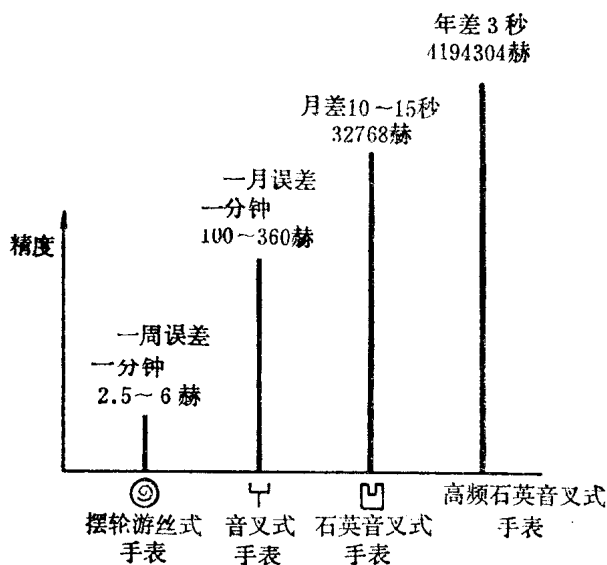
随着音叉手表的出现，以及电子工业的飞速发展，逐渐打开了从最初的 2.5 赫（摆轮游丝式）到几百万赫的高频石英手表的发展大门。近期出现的石英指针式手表和数字显示式手表，是目前发展较快而且是最有发展前途的。频率的提高不仅避免了位差，而且还使其他一些造成误差的因素（如温度、冲击、零件的精度、装配、调整等）成为无关紧要的事了。

电子手表是继电手表后发展起来的。所谓电手表，一般指的是有触点开关的，以电池为能源的游丝-摆轮式手表。这种表的能源是反向传递的，就是说，摆轮通过电磁力量驱动传动轮系。国外称这种手表为零代电子手表；把用晶体三极管和电容电阻线圈组成的无触点开关的游丝-摆轮式手表称为第一代电子手表；把音叉作为时间标准的振荡元件的电子手表称为第二代电子手表；以石英谐振器作为时间标准，而以指针指出时间的电子手表则称为第三代电子手表。第四代电子手表就是用数字显示（液晶或发光二极管）的石英手表了，它没有机械传动零件。

电子手表的走时精度

电子手表以各种类型的电子振荡器作为手表的时间基准，由于它的振荡频率比较稳定，因此手表走时比较准确。尤其是音叉电子手表和石英电子手表，由于音叉和石英晶体的固有的振荡频率最为稳定，并且振荡频率高，因此得到更高的走时精度。各类电子手表的走时精度大致如表 1 所示。

表 1 机械表与石英高频表的精度对照



第一章 电子手表的基本原理

1—1 摆轮游丝式电子手表的结构及其工作原理

摆轮游丝式电子手表，即第一代电子手表，它是以摆轮游丝作为振荡器，以电池为能源，通过一个晶体管电路来维持摆轮的正常工作的，摆轮驱动齿轮装置，齿轮带动指针来表示时间。这种手表的振荡频率一般为2.5~6赫。

一、摆轮游丝振荡器

如图1—1所示，它是由两个固定在摆轴上的圆盘组成。每个圆盘上有一对钕铁氧体磁钢，其磁路通过两个纯轭铁闭合，圆盘上装有平衡用的平行块。摆轮部件的总重量是350毫克，惯性力矩约为67毫克/厘米²，因此，惯性力矩和重量之比是很有利

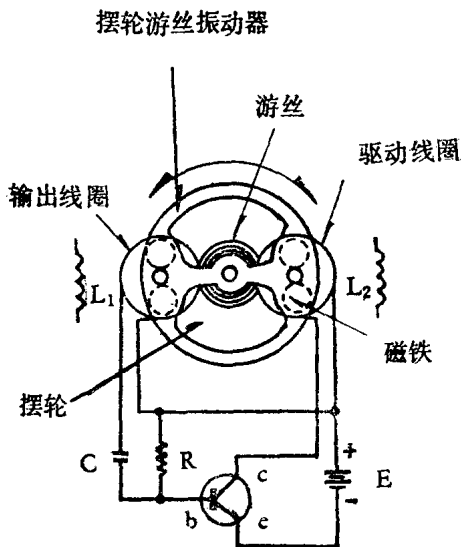


图1—1
摆轮式电子手表的电子部件

的。一般机心的频率是3赫，即每小时21,600次节拍，也有
的机心频率是5赫，即每小时36,000次节拍。

二、电子部件及电路的基本工作原理

摆轮游丝式电子手表的工作原理，是根据电生磁、磁生电，以及同性相斥异性相吸的物理现象设计的。它由电能变为磁能，再由磁能变为机械能，带动时分秒针作等时运动，达到计时的目的，电器线路是一个晶体管共发射极无触点的开关电路（见图1—1）。当电池接入电路后，电流向电容 C_1 充电（充电回路是 $E_- \rightarrow e \rightarrow b \rightarrow c \rightarrow L_1 \rightarrow E_+$ ），构成一个基极回路，把晶体管导通，与此同时，电流也迅速地从 $E_- \rightarrow e \rightarrow c \rightarrow L_2 \rightarrow E_+$ 流动，构成另一个集电极回路，在开始瞬间，由于电容 C_1 的瞬态作用，基极电流很大，根据晶体三极管的放大原理，集电极电流 I_c 远大于基极电流 I_b ，因此在 L_2 上产生一个较强磁场（即电生磁现象），与摆轮上磁铁相作用，推动摆轮旋转一个角度，由于游丝的扭力作用，使摆轮往回转动。此时线圈切割了摆轮上下二块磁铁间的磁力线，在线圈 L_1 中就产生正负交替感应信号，上端为正下端为负时，晶体管闭锁，反之晶体管导通，这时 L_1L_2 同时有电流流过，因为 L_2 电流量远大于 L_1 的电流量，在 L_2 上又产生一个较强磁场，给摆轮一个作用力，补充摆轮在旋转中所消耗的能量。在摆轮离开线圈时，线圈中没有感应电势产生，所以晶体管就没有电流流过。当摆轮由于游丝的扭力，又向反方向转动时，磁铁再次掠过线圈，在线圈 L_1 中又产生感应电势，使晶体管重行导通，重复前面的电-磁-电转换过程，这样间歇地对摆轮补充能量，使摆轮不断往返摆动，使摆幅逐步增大，直至正常工作，并保持固定的摆幅。

整个电路由六个元件组成，包括两个线圈、两个电容

器、一个电阻和一个晶体三极管。两个线圈是叠装在一起的。这个电路简单而普遍，由于线圈 L_1 感应电压的大小是直接影响线圈 L_2 电流量的大小，所以电路设置电阻 R 来调节 L_1 感应电压的大小，使 L_2 的电流调节在合适的位置上。所以在更换晶体三极管时一定要选好电阻 R 。

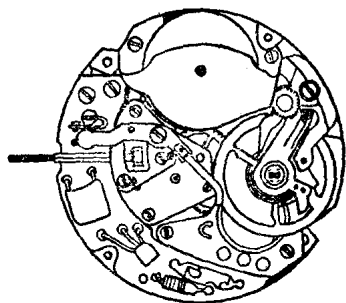


图 1—2

摆轮游丝式电子手表机心

机心的机心图见图 1—2，其他的传动、指针、拨针系统和机械手表一样。

1—2 音叉式电子手表的结构及其工作原理

一、什么叫音叉

音叉是用一种弹性很好材料加工成“U”字形的叉，对它撞击一下，两只叉臂就会不断相对地振动。医生测试听觉时，就是撞击音叉使其振动，放在耳边，就能听到轻微的嗡嗡声音，这种嗡嗡声就是音叉振动时发出的，而且延续时间较长。音叉振动频率的特点，就是有良好的稳定性。正因为如此，音叉手表有较高的走时精度。

这里，对几个名词解释一下：

振动——当音叉两臂作左右往复摆动时，这种现象叫作“振动”。

振幅——指音叉振动的幅度。

频率——每秒钟振动的次数，叫频率，它的单位名称是赫，也写作Hz。摆轮游丝式手表的振动频率在2.5~6赫，音叉手表一般在300赫。

由于音叉式手表具有振动频率高、稳定性好的特点，所以走时精度大大超过摆轮游丝式手表。

二、电器部件及电路的基本工作原理

1. 音叉表是由晶体三极管、电阻、电容、线圈等元件组成的无触点开关电路。运用音叉每秒振动300次，带动机心各轮子转动，经过减速达到计时要求。

2. 音叉表的工作原理：它的电路的组成及原理与摆轮式是差不多的（如图1-3a），当电池接入电路后，电流就由

$E_+ \rightarrow R \rightarrow c \rightarrow L_1 \rightarrow b \rightarrow e \rightarrow$

E_- 组成一个基极回路，与此同时，也有电流从

$E_+ \rightarrow L_2 \rightarrow c \rightarrow e \rightarrow E_-$ 组成另一个集电极回路，根据晶体三极管的

放大原理，当基极回路有电流流通时，在集电极必然有一个放大的电流 I_C ，所以在 L_2 上产生一个较强的磁场，吸动音叉，因音叉是个

整体，当右面的音叉臂被吸动时，左面的音叉臂也趋近于信号线圈 L_1 ，使信号线圈中的磁力线数目发生变化，

产生了感应信号，这感应信号的负半周加在硅晶体管的基

极上，使晶体管截止， L_2 中电流就中断，磁场消失，释放音

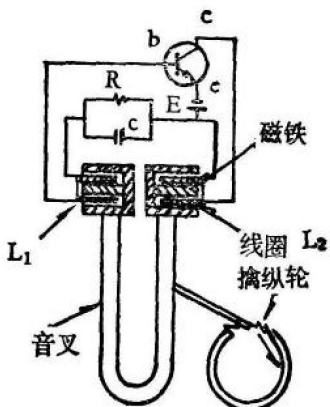


图 1-3 a

音叉式电子手表的电子部件

极上，使晶体管截止， L_2 中电流就中断，磁场消失，释放音

叉。音叉靠它的弹性弹回，并超过原来位置，这时在 L_1 中的磁性又发生变化，产生与原来方向相反的正半周感应信号，加到基极上，这时晶体管导通， L_2 中又产生磁场，再次吸动音叉，这样反复动作，音叉也就不停地振动。

三、音叉的机械结构及其传动

图 1—3 a 所示的机械结构是：永久磁铁放在音叉的端面上，与使用管型磁心的线圈相对应，使之成为电磁耦合，在音叉中间连接上传动杆，在其端面上进行擒纵轮卡爪驱动。

音叉表机心中真正值得注意的是棘轮。轮齿的尺寸微小，实际上，它是一个有 800 个齿，直径仅为 2.4 毫米的棘轮，齿的长度只有 25 微米。这种小型棘轮的切削加工困难，存在不少技术问题。可以设想，当棘轮由驱动棘爪来推动时，棘爪随着音叉的振动以每秒 300 次的动作使棘轮转动一整圈、棘轮齿完全有可能迅速地被磨损。然而棘轮齿在实际工作中并没有磨损，那是因为驱动棘爪和制动棘爪的工作方式已设计得能使齿的磨损很少，可以忽略不计。

整机的机心图见图 1—3 b。

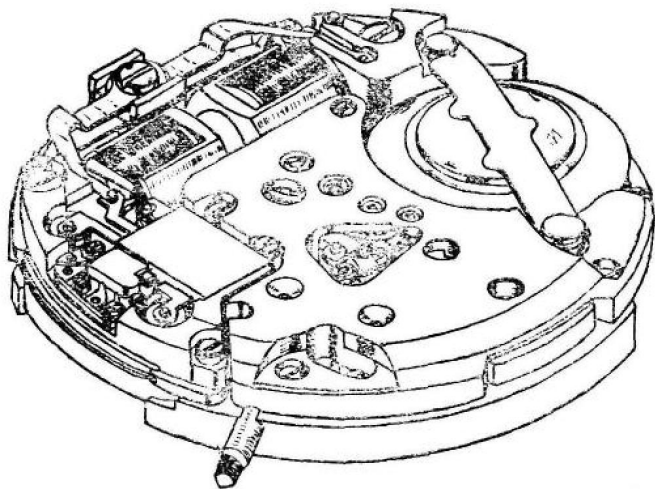


图 1—3b 音叉式电子手表机心

1—3 石英指针式手表的结构及其工作原理

一、组成的结构

如图 1—4 所示，它包括：

1. 谐振器；
2. 集成电路（IC）；
3. 变换器；
4. 电池；
5. 机械部分。

二、各组成部件的介绍

1. 谐振器。

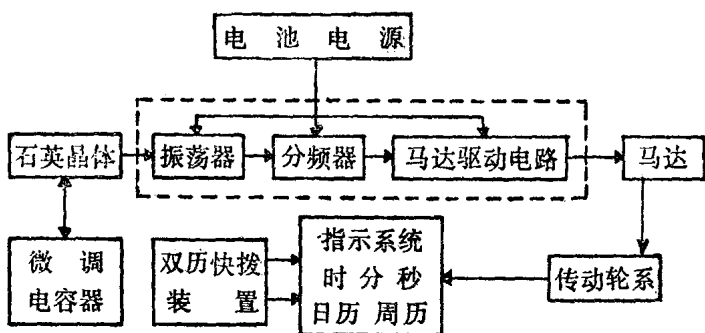


图 1—4 石英指针式手表原理图

它采用石英材料制造，分天然石英、人造石英两种。

由于人造石英的性能提高，它的水晶质地均匀，而且比较容易进行加工，目前已普遍采用。其化学成分是二氧化硅（ SiO_2 ）。

石英晶体是成六角棱柱形的（如图 1—5），其晶轴如图 1—6，晶轴中 Z 轴称光轴；X 轴称电轴；Y 轴称机械轴。石英晶体的切割，都是以 X、Y、Z 三个轴向来确定切割线的。切割角度不同，频率不同，性能也就不同。石英手表用的谐振器，目前最多为 X、Y 方向切割，以 X 轴为宽度，Y 轴为长度，Z 轴为厚度。在这个方向上进行切割，对于温度性能有所改进。

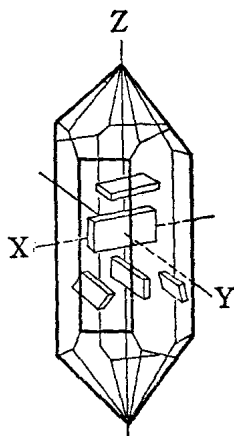


图 1—5 石英晶体的六角棱柱形

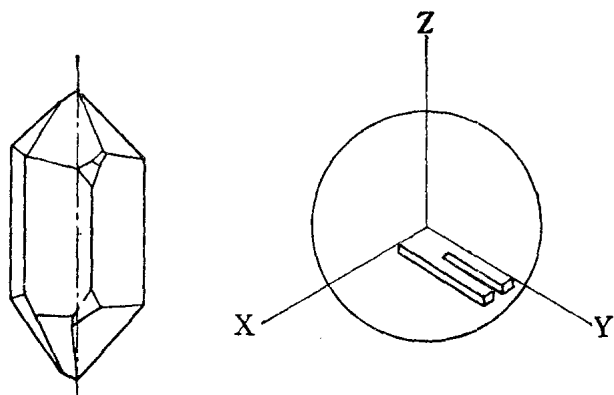


图 1—6 晶轴

初期的石英谐振器是棒状型（如图 1—7）。它的缺点是：①体积太大；②易受外界影响，特别受振动影响；③固定的工艺困难，因棒状型整个都属振荡面。

现在已普遍采用音叉型，音叉型谐振器的振荡面在叉上（如图 1—8），它具有以下优点：

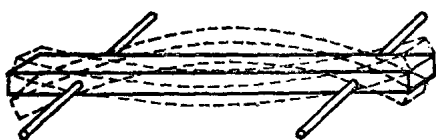


图 1—7 棒状型石英谐振器

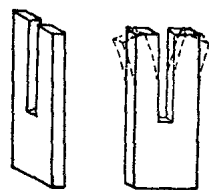


图 1—8
音叉型石英谐振器

①固定的工艺容易；②不易受外界和振动的的影响；③具有振荡效率高，体积小特点。

石英手表谐振器的内部结构如图 1—9a 所示，我们可以看出：谐振器是安装在保护膜盒内、并使它固定在有弹

性的金属线或杆头上的，用这样的方法来悬挂石英晶体振子，使得石英免受振动，安装之后，将膜盒抽成真空，以防止由于石英振子上的空气摩擦引起的任何能量损耗，同时也防止了石英振子由于气压变化引起对谐振器频率的影响。

石英具有优良的压电性能，如在石英上作机械振动，则石英的表面就会产生电场；相反，若在石英上加上电场，会使石英产生机械振动。它的物理特点就是具有这样的良好的可逆性，它的性能极其稳定，它的机械损耗和电能损耗都是极轻微的，石英同时又是已知的最好的绝缘体之一。

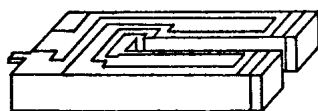


图 1—9 a
石英谐振器的内部结构

谐振器的性能也受温度的一定影响，从温度的观点来看，日差的变化用一个抛物线来表示。制造的方法选择：使得这条抛物线上的几个点接近于手表带在手上时的平均温度。一般选在 $24\sim 28^{\circ}\text{C}$ ，具体的这个点，称作拐点（如图 1—9b 所示），

温度高于或低于拐点系数，都会使石英手表走时偏慢。所以，石英谐振器的温度特性是一条负抛物线。有些比较高级的石英手表，为了进一步提高其精确度，采用连接具有正抛物线温度系数曲线的电容器，以相互抵消，可以改进温度特性。

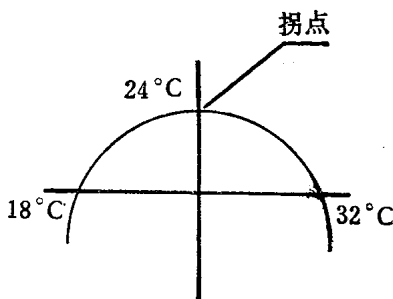


图 1—9 b 温度特性曲线