

青年学艺丛书



电子钟表修理入门

浙江科学技术出版社

封面设计：詹良善
封面摄影：林国基

电子钟表修理入门

卢锡如 编

浙江科学技术出版社出版

浙江省教育印刷厂印刷

浙江省新华书店发行

开本：787×1092 1/32 印张：7.25 字数：162,000

1988年6月第一版

1988年6月第一次印刷

印数：1—24,260

ISBN 7-5341-0074-7/TH·5

统一书号：15221·155

定 价：1.40 元

内 容 提 要

本书介绍了电子钟表的电子常识，数字式和指针式石英电子钟表的
结构原理、主要元器件的结构性能、检测方法、常见故障现象和排除方
法，以及选购、使用和保养知识。另外，对国内外有关元器件的部分型
号、规格和参数指标等也作了介绍。

这是一本技术入门读物，适合初学者和业余爱好者阅读。

前 言

当前国际上不少国家对钟表的生产已经趋向电子化、石英化和系列化。不仅数量发展惊人,而且品种新颖多样,不断更新,受到广大消费者的喜爱。电子钟表与机械钟表相比,具有很多优越性。例如,走时稳定、计时精确、结构简单、价格便宜、连续运走、使用灵敏、功能多样、款式新颖,等等。目前,我国钟表工业正面临着一场挑战。为了改革我国的钟表工业,就要在继续研制、改进机械钟表的同时,大力开发新产品,建立电子工业基地,增强对电子钟表的生产能力,以适应国内外广大消费者的需求。

当前市场上以及用户所用的电子钟表,多数是五功能数字式石英电子钟表。由于广大消费者对它的结构性能、使用保养、故障检修等缺乏应有的了解,因此,损坏率高,严重影响了使用寿命。国内修理部门,对机械钟表的修理技术较熟练,但对数字式石英电子钟表的修理缺乏应有的知识和技能。因此,无论消费者自行修理和请修理部门修理都存在一定的困难。针对以上情况,作者根据多年实践和经验积累,以及参考国内外有关文献资料,特编写了这本入门书籍,供广大青工、社会青年自学、阅读。

本书在编写过程中尽量做到:

一、文字力求通俗易懂。如书内叙述的有关电子钟表的基础知识、零部件的性能和作用,整机结构、故障原因分析和维修方法等,做到叙述清楚,便于自学,使具有初中文化程度的

青年可以看懂，并能掌握修理技术。

二、内容注重实际应用。重点介绍了目前流行的石英电子钟表的修理、保养和使用常识。同时，也有一定篇幅介绍了有关其他电子钟表的基本原理、故障分析和排除方法。凡与本书编写宗旨无关的、较为深奥的电子结构原理和生产工艺暂从简从略，而只介绍其一般的测试方法，以符合本书的实际应用价值。

三、维修方法简便易行。修理电子钟表需要价格昂贵的电子仪器，不论修理部门和自学者往往由于条件所限较难办到。为此，本书介绍的检修测量用的主要仪器仅为万用表。另外再备一些较为简单的工具就可以修理了，并且能排除故障，将使电子钟表的修理成为一种无师自学的入门技艺。再通过钻研、实践，逐步提高而趋熟练。

本书由马淑如工程师负责审稿，在此表示衷心感谢。由于作者水平有限，书中疏漏之处在所难免，敬请读者批评指正。

编 者

1986年8月

目 录

第一章 概述	(1)
第一节 电子钟表的发展概况.....	(1)
第二节 电子钟表的优点.....	(8)
第二章 电子常识	(14)
第一节 电流、电压和电阻.....	(14)
第二节 基本电量的测定.....	(21)
第三节 扣式电池.....	(28)
第四节 太阳能电池.....	(40)
第三章 数字式石英电子手表	(46)
第一节 基本工作原理.....	(46)
第二节 主要元器件的结构性能.....	(51)
第三节 修理工具与仪器.....	(79)
第四节 拆装与清洗.....	(91)
第五节 检测方法.....	(95)
第六节 常见故障和排除方法.....	(105)
第七节 使用、保养和选购方法.....	(142)
第四章 指针式石英电子手表	(150)
第一节 基本工作原理.....	(150)
第二节 步进电机的结构性能.....	(153)
第三节 拆装与清洗.....	(157)
第四节 检测方法.....	(164)
第五节 常见故障和排除方法.....	(177)

第六节	使用、保养和选购方法.....	(188)
第五章	电子钟.....	(192)
第一节	摆轮游丝电子钟.....	(193)
第二节	电子摆钟.....	(205)
第三节	音叉电子钟.....	(208)
第四节	石英电子钟.....	(213)
附表一	电气测量指示名称及符号.....	(215)
附表二	常见扣式银锌电池规格.....	(216)
附表三	国际电器标准会 (IEC) 规定的电子手表 石英晶体元件各项标准.....	(218)
附表四	日本产石英手表精度等级.....	(218)
附表五	国产指针式石英电子手表技术标准及测试 项目.....	(219)
附表六	普通表油 (classical watch oils) 应用范围	(220)
附表七	常见汉英名称对照表.....	(221)

第一章 概 述

第一节 电子钟表的发展概况

人类对时间的测量，从“日出而作，日入而息”的所谓“太阳钟”到机械钟表的出现，经过了漫长的道路。自从人们开始有了机械测时的初步概念之后，机械钟表已有几百年的历史，到目前为止，无论在设计上和工艺上及修理技术方面都已相当成熟；但从它的测时精度和使用条件等方面已满足不了生产和科学技术日益发展的需要。

由于电子工业的迅速发展，在计时领域内打破了只有使用机械钟表的稳定局面。又由于微电子学的出现，微电子工业渗透到钟表工业中去，使钟表从纯粹的精密机械范畴中解脱出来，为钟表工业的发展开辟了崭新的领域，开始了电子钟表的时代。

所谓电子钟表，就是其机芯的结构中使用了电子电路的钟表。电子电路的驱动是以电为能源的。但是，不能说以电为能源的钟表就一定是电子钟表。比如，有的以交流电为能源的，也有以电池为能源的，但不使用电子电路，所以它们都不是电子钟表，而只能称其为电钟或电表。机芯结构中使用电子电路的钟，有晶体管钟，它以电池为能源，用晶体管作开关，摆轮游丝为振荡系统；有晶体管摆钟，它以电子电路控制摆作为振荡元件的；有音片钟，它以“音片”作为振荡元件的；有音叉钟，以“音叉”作为振荡元件的；有石英钟，以“石英晶体”

作为振荡元件的，通过集成电路去控制马达运转，带动指针走动；有数字显示钟，它也以“石英晶体”作为振荡元件的，直接用“数字管”或“液晶”显示时间。

以此相类似，在机芯的结构中使用电子电路的表，有摆轮式电子表；音叉式电子表；指针式石英电子表，以及数字式石英电子表。这四种表又依次被称为第一代、第二代、第三代以及第四代电子表。

电子钟表，特别是数字式石英电子钟表的问世，是计时技术史上的一场革命，它主要意味着传统的钟表结构概念有了根本性的突破。要了解每一代电子钟表的特点及它们之间的相互关系，还得先从机械钟表的结构原理说起。

机械钟表是利用摆轮游丝系统的振荡来计量时间的； $\text{时间} = \text{周期} \times \text{振荡次数}$ 。实际上摆轮游丝系统在振荡的过程中要受到各种阻力作用，为了克服这些阻力要消耗能量，当能量逐渐消耗，摆轮的摆幅逐渐减小，最后停止振荡。为了解决振动过程中不可避免的能量消耗，使摆轮游丝系统持续不断地振荡，必须随时给它补充能量。在机械钟表中它是通过发条给摆轮游丝系统补充能量，从而得到一个稳定的周期。其中擒纵调速机构又周期性地控制轮系，通过轮系带动一套计数装置在表盘上指示时间。从机械表发展成电子表是经过相当长时间的。

早期的摆轮式电手表与摆轮式机械表基本相同，只是将动力源由发条改为电池，并在摆轮上装了线圈（如图1-1）。

摆轮的振动是靠接触销与接触簧的离合来实现的。当接触簧的一端与电源相接；另一端与接触销相接触时，线圈里便有电流通过，因而产生磁场，并与磁钢相互作用，使摆轮转动。摆轮一转动，接触销即可与接触簧相脱离，使线圈中的电流终断，磁场消失，摆轮便恢复到原来的位置，这时接触销又与接

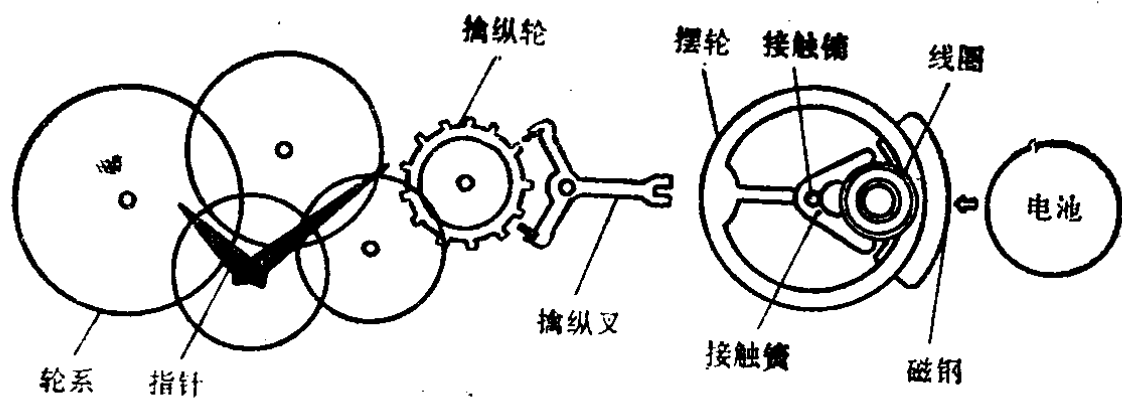


图1-1 摆轮式电手表示意图

触簧相接触，线圈中又有电流通过。如此反复，摆轮便左右摆动，带动擒纵叉和擒纵轮运动，推动轮系和指针转动来指示时刻。

但是，这种表还不是电子表，只能称它为电手表，因为没有使用电子电路。到了1955年瑞士研制成功了第一块摆轮游丝式电子手表，即第一代电子表。其结构原理如图1-2所示。

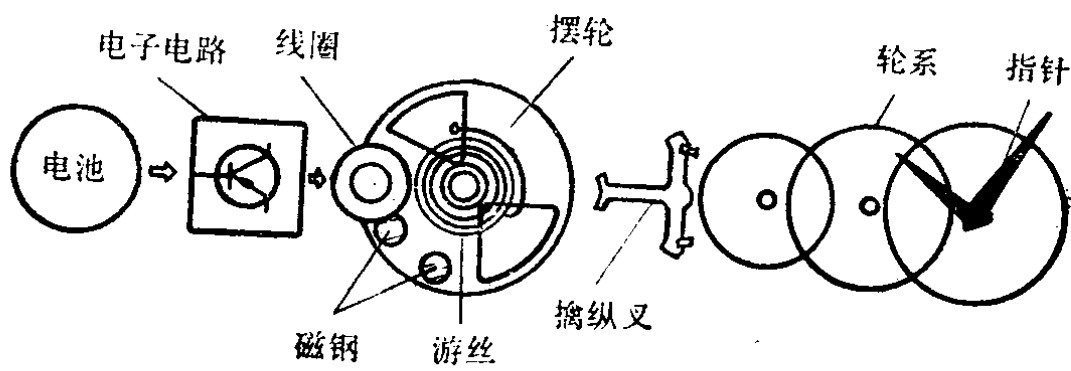


图1-2 摆轮游丝式电子手表示意图

这种电子表是将摆轮式电手表中接触销与接触簧的功能以晶体管电路来代替，其他部分则完全相同。因此，也可以说摆轮式手表是机械触点式的电手表。在这里，是机械触点还是电触点就构成了机械表与电子表的分界线。

由于摆轮游丝式电子手表仍以摆轮游丝为振荡源，所以它

仍克服不了机械手表的缺点——频率无法提高。其走时精度只能达到 ± 3 分/月,而且结构复杂。

1960年美国的布罗瓦公司研制成功了音叉式电子手表,即第二代电子表,其结构原理如图1-3所示。

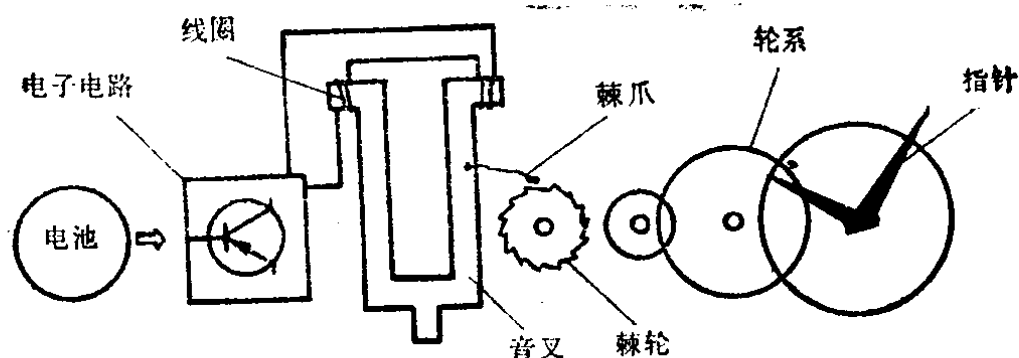


图1-3 音叉式电子手表示意图

其主要特点是用音叉来代替摆轮游丝作为谐振器,振荡频率为360赫〔兹〕,即每秒振动360次。维持振荡的电路与第一代基本相同,其工作原理是:由电池向电子电路提供能量,电子电路输出脉冲电流,脉冲使音叉谐振器振动,通过棘爪、棘轮和轮系等转换机构,把音叉臂的振动变为指针的转动,以表示时刻。

由于音叉振动的频率受制造音叉的材料影响,走时精度仍不太高。再加之这种手表结构复杂,防震性能不好,有一定位差,所以音叉手表问世以后,实际上并没有批量投产即被石英电子手表所取代。

1967年瑞士电子钟表研究中心和日本精工舍分别试制成功了指针式石英电子手表,即第三代电子表,其结构原理如图1-4所示。

指针式石英电子手表是利用石英(水晶)的压电特性制成谐振器,代替一般摆轮游丝或音叉等机械谐振器,振荡频率为

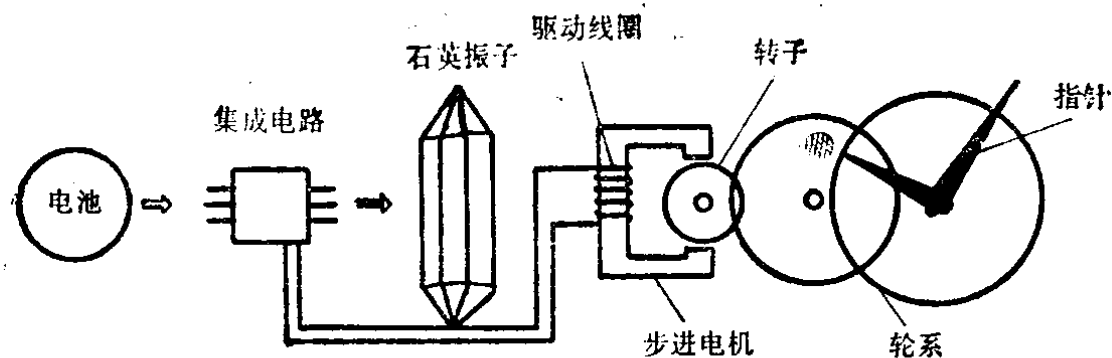


图1-4 指针式石英电子手表示意图

32768赫〔兹〕，即每秒振动32768次。其原理是：由电池向整个电气系统提供能量，通过集成电路的多种功能，驱动步进电机，再通过齿轮系统，转动秒针、分针、时针表示时刻。

这种手表的指示时间形式与机械手表相同，在国际上又称模拟式石英电子手表。它的走时精度高，一年的走时误差为3秒钟；结构简单，机械零件数量只有机械表的一半；使用方便，不需上发条，换一次电池可用2~3年，甚至更多年。它受到广大使用者的欢迎。

1969年美国汉密顿公司首先试制成功了发光二极管显示的数字式石英电子手表，不久瑞士又制成了液晶数字式石英电子手表，从而，第四代电子手表宣告诞生。发光二极管显示，称为主动显示，其特点是本身发光，通过发光二极管的亮点组成阿拉伯数字进行显示的，颜色鲜艳，色彩多种，在黑暗环境中清晰异常，寿命比较长。它的缺点是耗电大，最大达100微安，使用不方便，要揿动按钮或变更电子表方向才能显示时间，并且，在强光下不易看清显示数字。液晶数字显示又叫被动显示，其特点是本身不产生光源，它需要利用周围环境光源才能照亮及看见显示的活动笔划（例如字母、数字、符号），若处于黑暗场合，需要有背景光源才能看见显示情况；若处于强光环境下，显示数字清晰，这样在强光下观看显示部分不会有看

不见或难于辨别的情况发生。由于液晶显示具有使用电压低、功耗小、对比度高等优点，因此液晶显示板已成为电子手表的主要显示元件。

第四代电子表和第三代一样，也是使用了大规模集成电路，振源为石英振子，其走时精度与第三代差不多。主要区别在第四代电子表是“全电子”的，即表的机芯结构中没有机械齿轮的可动部分，实现数字直观显示。它既具有传统机械手表的特点，又兼有数字仪表所特有的优点，它是现代科学技术的综合成果。

数字式石英电子手表(图1-5)其工作原理是：由电池向电气系统提供能量，集成电路将石英振子产生的32768赫〔兹〕的频率分解为每秒1次的振动，再将每秒一次的振动经过计算、分解，最后输出到显示板，使显示板极为准确地显示出时间数字。

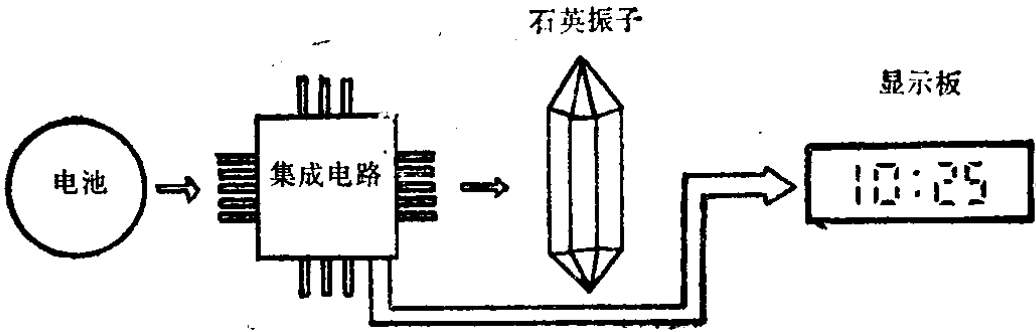


图1-5 数字式石英电子手表示意图

电子表的第一、二代产品由于精度不高，成本不易降低，所以发展缓慢，目前有些国家已把这种电子表逐渐淘汰。第三、四代电子表由于具备款式新、走时准、功能多和价格低等优点，因此很受欢迎。

少数国家目前已研制成功第五代电子表。第五代电子表是什么样的呢？电波表就是其中的一种。所谓电波表就是由卫星

上的无线电发射机或电台发射机发射脉冲电码，由这种电子手表接收后转换为时间显示。若用一般无线电发射时，仅需一条30赫〔兹〕的频率就够了；若用电视发射时，只需要在每帧图象下端的信息间隔中插入一个短脉冲，当电波手表接受时间信号脉冲后，就用数字显示出来了。电波手表可以随时修正由于温度、高度、地理经纬度的差异而带来的时间变化，这意味着第五代电子手表与信号发射机提供的时间是完全一致的。如果发射机的时间基准由一台铯原子钟来控制，而铯原子钟的精度是10万年误差不超过1秒，那么可以想象，第五代电子手表的时间精确度同样也是10万年误差不超过1秒。

当今世界上，石英电子钟表正在与机械钟表展开着激烈的竞争。虽然，石英电子钟表只有十几年的历史，然而，它的发展速度惊人（见表1-1），大有取代机械钟表之势。例如，1974年世界上石英电子手表产量只有270万只，占总产量22888万只的1%强；而7年后的1981年，世界手表总产量为35800万

表1-1 世界石英电子手表产量及其所占比例变化表（单位：万只）

年 份	世界手表 总 产 量	石英手表 产 量	石 英 手 表 所占百分比	其中石英手表产量		
				美国	日本	瑞士
1974	22888	270	1.1	165	79	22
1975	22050	700	3.1	320	257	100
1976	22690	2584	11.3	1380	731	275
1977	26410	5350	21.3	1942	1257	700
1978	26470	6600	24.9	1800	1964	1000
1979	27500	8000	29.1		3398	1200
1980	29600	12500	42.2		5381	1650
1981	35800	18400	51.3		6829	1610
1982					7684	2100

只，而石英电子手表产量为18400万只，则占51.3%，绝对产量增加了68倍。素以“机械手表王国”之称的瑞士，已经宣布：石英电子手表的产量已经超过机械手表。

据不完全的统计数字可见，机械钟表的统治地位全面崩溃了，世界上大幅度削减机械表生产，而增加石英电子手表的产量。目前世界上生产石英电子手表的主要国家，有美国、日本、瑞士、联邦德国、法国。近年来苏联也急起直追，大力发展石英电子钟表。

我国于1978年开始研制石英电子钟表，以指针式石英电子手表为开端，至1982年石英电子手表的产量已达近百万只。北京、上海、天津、苏州等地为生产基地，已各自形成年产数万只，乃至百万只以上的生产能力，到1985年，轻工业部计划安排石英电子手表年产量达250万只。

第二节 电子钟表的优点

钟表的历史是一部不断提高走时精度、降低成本的历史。至今，传统的机械钟表，不论在走时精度、外观造型、加工精度方面，还是在生产自动化和修理技术方面，均已达到成熟的阶段。有悠久历史的机械钟表长期以来获得广大用户的信任和使用，它的结构性能及修理技术被广大群众所掌握，不象石英电子钟表那样感到神秘和陌生。但是，机械钟表本身所具有一系列的固有缺陷是难以克服的，大幅度地提高走时精度和降低成本已成为不可能，已经处于极限状态了。年轻的石英电子钟表所以发展如此迅速，是由于它固有的特点所决定的。实践证明，石英电子钟表与机械钟表相比有如下优点：

一、计时精确

衡量一只钟表的优劣，首先要看它的走时精度及稳定性。走时精度主要决定于钟表的工作频率，频率越高走时精度也越高，走时误差就越小。一般的机械钟表工作频率为2.5~3赫〔兹〕，日差 ± 20 秒，就是最准确的机械钟表，如一级的航海天文钟日差 ± 2 秒；而高频石英电子钟表每年仅差3秒钟。以此而论，机械钟表和其他电子钟表与石英钟表相比，简直无法竞争。机械钟表的走时精度靠能工巧匠精湛的装配调整技术；而石英电子钟表靠设计保证其走时精度。机械钟表本身一系列的固有缺陷，要大幅度提高走时精度已不可能了。因为，机械钟表不可能克服由发条输出力矩的变化，以及擒纵机构制造误差而严重影响走时快慢的缺点。也不可能消除由摆轮、游丝等的重力误差，所以总是存在位置引起的快慢误差。即使是音叉电子钟表，虽然位差很小，但也存在这种误差。上述这种原因，致使它们不能达到高精度。而石英电子钟表可以认为不存在位差，因为这种误差，比起机械钟表来，就可以忽略不计了。

各种电子钟表的工作频率与走时精度的关系见表1-2。

表1-2 工作频率与走时精度的关系

名 称	振子类型	工作频率 (Hz)	走时误差	走时精度	
				日差 (秒/日)	精度比
机械钟表	摆轮游丝	2.5~3	10分/月	± 20	1
摆轮游丝式 电子钟表	摆轮游丝	2.5~5	1分/周	± 10	2
音叉式电子钟表	金属音叉	150~720	1分/月	± 2	10
石英电子钟表	石英谐振器	32768	1分/年	± 0.2	100
高频石英钟表	石英谐振器	4194304	3秒/年	± 0.01	2000

二、价格低廉

石英电子钟表原理复杂，结构却简单，与机械钟表相比较，零件数量大大减少。以装配件而论，若机械钟表假定为100件，指针式石英电子钟表仅为75件；数字式石英电子钟表不到40件。机械钟表生产中加工难，零部件易报废，如摆轮、擒纵机构、条盒组件和传动部件等。电子钟表是由石英振子、集成电路和电池等所取代，且很多金属部件被塑料所替代。在石英电子钟表塑料化后，其塑料件加工工时，只有同等功能金属件的10%。机械钟表的走时精度靠装配调整技术，而石英电子钟表则靠设计保证其走时精度。因而对装配工人的技术要求大为降低，并便于装配自动化，从而大幅度提高产量和降低成本。电子钟表的售价将随着工业技术的进步而不断下降。若干年以后，可能将会出现这样的情况：即当你发现电子手表的电池电量将耗尽的时候，就可以干脆把这块电子手表扔掉，因为换新电池的费用并不比买新表的价格相差多少。即所谓“用后即弃”的趋势。

三、使用方便

在使用方面，电子钟表与机械钟表相比较，具有下列方便之处：

（一）可以不要上发条。机械钟表利用发条提供能源来源。当发条完全松开的时候，钟表即停走，即使是全自动机械手表，当不戴时也会停走，必须及时上足发条；而电子钟表以电池为能源，并且一节电池可连续使用几年，为了节省电耗，一般设有节电装置，可使走时更长。电子钟表更换电池的次数，与机械钟表上发条次数相比，可谓微不足道。

（二）可以精确对秒。机械钟表的秒针是连续走动的，在使用过程中不能精确对秒；而石英电子钟表带有停秒装置，可