

指针式石英钟原理工艺及维修

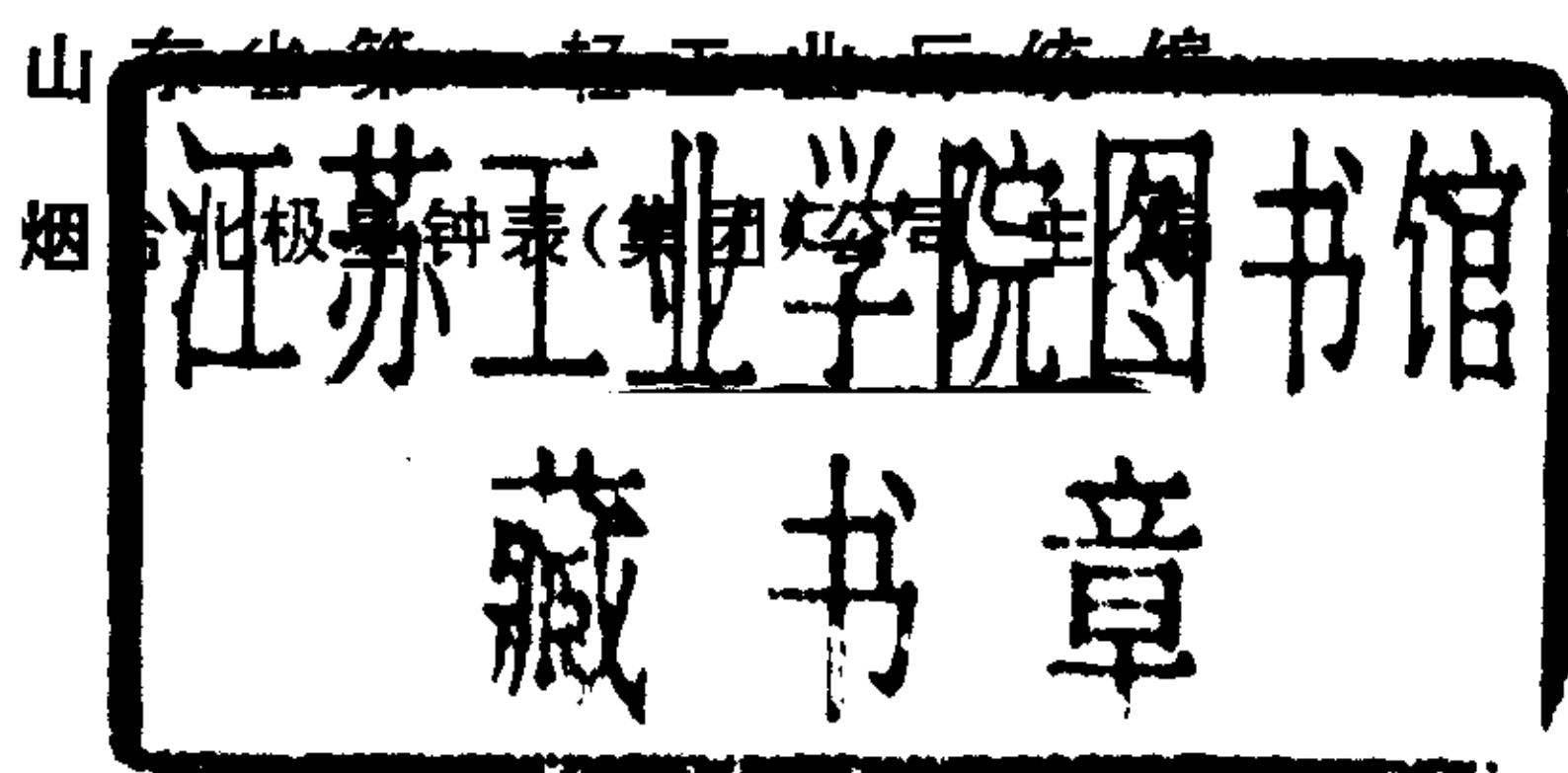
**JIGONG SHIYONG
JIAOCAI**



山东省第一轻工业厅统编
烟台北极星钟表(集团)公司主编

山东科学技术出版社

指针式石英钟
原理工艺及维修



山东科学技术出版社

一九八八年·济南

指针式石英钟原理工艺及维修
烟台北极星钟表（集团）公司主编

•

山东科学技术出版社出版
（济南市玉函路）
山东省新华书店发行
山东龙口市印刷总厂印刷

•

787×1092毫米32开本 8.5 印张 165 千字
1988年9月第1版 1988年9月第1次印刷
印数：1—15000

ISBN7—5331—0404—8/T S • 29

定价 2.60元

前 言

人们为了更好地生产和生活，必须计量时间。随着国际市场的激烈竞争和人们日益增长的文化生活需要，民用计时仪器已进入石英化注塑化阶段。这就给全国钟表行业提出新的挑战。因此，迅速提高职工的业务素质和企业的应变能力是当务之急。

本书就是为适应这一需要而编写的。它以轻工部组织的全国石英钟联合设计组设计的BZ—Ⅰ型机芯为基础，全面地介绍了指针式石英钟原理、工艺及维修的有关知识。

本书是我厅委托烟台北极星钟表（集团）公司编写的。主要编写人员有工程师孙刚、张兴泰、讲师靳凤栖同志，教师刘绍玲、孙建义同志也参加了编写。书稿写成后，山东省钟表行业工人技术培训咨询服务中心召开了审稿会审议，由高级工程师李汉坤、方虎权主审全书，并邀请哈尔滨工业大学教授牟景林同志、高级工程师黄恒林同志复审定稿，经山东省第一轻工业厅批准定为全省统编教材。

本书在编写过程中，得到了山东省日用机械公司经理李益秋、钟表科长梁宝华，烟台木钟厂教育科长张春先等同志的大力协助，并提供宝贵的资料，谨在此表示感谢。

本书适用做技工学校、职工中专、职业高中、合同制工人培训，考工定级、考评技师、职工技术培训以及专业维修人员的教材和工程技术人员在工作中的参考书，也可作为具有初中文化程度和初级技术水平的工人自学教材。

由于我们组织编审工作缺乏经验，再加上时间仓促，疏漏之处在所难免，敬请读者批评指正。

山东省第一轻工业厅

一九八八年五月

目 录

前言

第一章 石英钟概述

第一节	概述	1
第二节	指针式石英钟的基本结构	5
	复习题一	7

第二章 石英谐振器

第一节	石英晶体的结构	9
第二节	石英晶体的压电效应	10
第三节	石英晶体的切型	11
第四节	石英谐振器的等效电路和阻抗频率特性	13
第五节	石英谐振器的生产过程简介	18
第六节	石英谐振器的技术参数	20
	复习题二	23

第三章 CMOS钟用集成电路

第一节	N型半导体和P型半导体	
	P-N结	24
第二节	MOS晶体管	25
第三节	逻辑关系的基本概念	30

第四节	基本逻辑门电路·····	34
第五节	CMO S集成电路·····	40
第六节	CMO S钟用集成电路·····	54
第七节	钟用集成电路简介·····	64
复习题三·····		66

第四章 钟用步进电机

第一节	步进电机的基础知识·····	71
第二节	步进电机的分类及典型结构·····	72
第三节	步进电机的基本工作原理·····	76
第四节	步进电机生产过程·····	82
第五节	步进电机静态特性计算·····	84
复习题四·····		86

第五章 指针式石英钟整机结构原理与设计基础

第一节	指针式石英钟的主要组成部分和 整机工作原理·····	87
第二节	典型结构举例·····	91
第三节	石英钟表齿轮传动原理与 设计计算基础·····	96
第四节	石英钟常用材料·····	128
复习题五·····		139

第六章 指针式石英钟的附加功能

第一节	装饰摆机构·····	140
-----	------------	-----

第二节	报时系统.....	148
第三节	日历机构.....	154
第四节	闹时系统.....	159
	复习题六.....	161

第七章 石英钟装配工艺

第一节	校表仪原理与使用.....	162
第二节	电路焊接与调整工艺.....	168
第三节	石英钟装配工艺.....	169
第四节	石英钟校对工艺.....	174
第五节	石英钟主要零部件 生产工艺简介.....	176
	复习题七.....	183

第八章 石英钟主要电子元器件及整机检验

第一节	石英谐振器检验.....	185
第二节	CMOS集成电路检验.....	193
第三节	步进电机检验.....	201
第四节	石英钟整机检验.....	204
	复习题八.....	207

第九章 石英钟故障检修

第一节	基础机芯故障检修.....	209
-----	---------------	-----

第二节 音乐报时石英钟时分秒针的 安装和调整.....	218
第三节 附加功能故障检修.....	219
实验一 B Z — I 型石英钟电路板的焊接.....	227
实验二 B Z — I 型石英钟机芯装配.....	230
主要参考书目.....	234

第一章 石英钟概述

第一节 概述

石英钟有指针式和数字式两种。指针式石英钟以指针指示时间；数字式石英钟以液晶或发光二极管显性时间。本书只讲述秒跳指针式石英电子钟，简称石英钟。

指针式石英钟是一种精密的计时仪器，它以石英振荡器稳定的振荡频率作为计时标准，经过钟表CMOS集成电路输出脉冲信号驱动步进电机转动，通过机械传动轮系带动秒、分、时针、日历和周历装置，给人们准确地指示时间。

指针式石英钟的种类较多。按大小分，有塔钟、落地钟、台钟、座钟、挂钟、旅行钟等；按功能分，有单走时石英钟、走时兼闹石英钟、走时带音乐报时石英钟、双历石英钟等；按外观造型分，有普通钟和艺术钟；按用途分，有民用钟和工业技术用钟，如子母钟、站台钟、塔钟、航海钟、天文钟、地震钟等。

石英钟和其它事物一样，有它自己的发展史。世界上第一台石英钟，1928年诞生于美国纽约贝尔电话实验室。这台石英钟是由电子管线路组成的，走时精度特别高，日差小于0.002秒，在当时堪称世界之杰作。但由于电子管耗电多、体积大，因此只能用于科研，不能民用。60年代初，由于晶体管技术的出现，石英电子管电路，完全被晶体管电路所代

替，因此减少了石英钟的体积，降低了耗电量，扩大了石英钟的应用领域。但是，晶体管石英钟仍是由分离元件组成的，从体积、耗电、造价方面来说，仍不能普及于民用领域。60年代中期，低电压、微功耗、小体积的CMOS集成电路研制成功，使石英钟的应用扩大到民用领域，出现了指针式和数字式民用石英钟，有的带有周历、日历、装饰摆等附加装置，有的还具有音乐报时、报刻、闹时等功能。

山东省烟台钟表厂是我国研制石英钟最早的厂家。早在1967年就开始研制石英钟，当时所生产的高精度计时仪器SY₁型石英钟，走时精度可达 2×10^{-6} ，相当于日差 ± 0.2 秒。继SY₁型石英钟之后，又先后研制生产了SY₂型、SY₃型、SY₄型、SY₅型、SY₆型石英钟。以上产品主要用于航海、地震、天文、科研等部门。民用石英钟的开发和生产是从1978年开始的，但当时产量很少，到1982年开始批量生产。

近几年来，我国石英钟生产的发展极其迅速。1986年石英钟年产量达几十万只的厂家就有十多个，质量不断提高，花色品种日益增加，功能日趋完善，大有取代机械钟之势。

石英钟之所以发展这么迅速，是因为与机械钟相比，它有许多优点。

1. 走时准确。走时精度是衡量一个计时仪器的主要技术指标，石英钟的日误差小于 ± 0.5 秒，比机械钟日误差 ± 15 秒小30倍。

2. 结构简单，零件少。一只单走时石英钟大约有30多个零件，音乐报时石英钟约有50多个零件，比机械摆钟294个零件少得多。

3. 齿轮系统磨损小。在指针石英钟内，由于没有强大的发条力矩的作用，轮系一般只传递运动，传动力矩小，所以齿轮磨损小。

4. 装配、调整简单，生产效率高。

5. 生产成本低。

6. 使用方便，物美价廉。指针式石英钟一般一年只需更换一节干电池，省去了机械钟15天上一次发条和经常拨针对点的麻烦。

7. 花色品种多。既是高精度的计时仪器，又是高贵的工艺品。

本书主要讲述指针式石英钟的原理、工艺及维修的基本知识。为了学习方便，先介绍以下有关名词。

1. 信号：变化的电流或电压，称为信号。

2. 振荡器：不需外加信号、自己就能产生变化的电流或电压的电路。

3. 脉冲：非正弦规律变化的电压或电流称为脉冲。它的主要特点是具有突然变化的部分。

4. 振荡周期 T ：指振荡系统完成一个全变化过程所用的时间，单位是秒（ S ），或毫秒（ ms ）、微秒（ μs ）等。

5. 振荡频率 f ：振荡系统一秒钟内完成振荡的次数，即一秒钟内完成多少个全振荡。

6. 走时精度：石英钟的走时精度往往用日差大小表示。日差值表示钟表机构每天快多少秒或慢多少秒，是一个重要的走时质量指标。在测日差时，为了方便迅速起见，一般不是测24小时的误差，而是利用仪器测得周期或频率的瞬时误差，经过换算来代替实际日差。电子核表仪，能够直接

将所测误差转变为日差，并以数字显示出来。日差与周期或频率的误差之间的关系可用下式计算：

$$w = 86400 \times \frac{\Delta T}{T} \quad (1-1)$$

$$w = 86400 \times \frac{\Delta f}{f} \quad (1-2)$$

式中： w ——日差，单位为秒/天（ w 为正，钟走慢； w 为负，钟走快）；

T ——标准周期，单位为秒；

ΔT ——实测周期 T_x 与标准周期 T 的差值，即

$$\Delta T = T_x - T;$$

f ——标准频率，单位为赫兹，用 Hz 表示， $f = 1/T$

Δf ——实测频率 f_x 与标准频率 f 的差值，即

$$\Delta f = f - f_x。$$

石英钟的走时精度取决于石英振荡器的精度，振荡器的精度往往用相对误差 $\frac{\Delta f}{f}$ （或 $\frac{\Delta T}{T}$ ）来表示。

例如： $\frac{\Delta f}{f} = 2 \times 10^{-6}$ 和 $\frac{\Delta f}{f} = 3 \times 10^{-8}$ 分别相当于日差

$$w = 86400 \times 2 \times 10^{-6} \doteq 0.17 \text{ (秒)} \doteq 0.2 \text{ (秒)}$$

$$w = 86400 \times 3 \times 10^{-8} \doteq 0.0026 \text{ (秒)} = 0.003 \text{ (秒)}$$

反过来，如果已知一个石英钟的日差，例如： $w = 0.5$ 秒，就可以（1—2）式求得振荡器的相对精度。

$$\frac{\Delta f}{f} = \frac{w}{86400} = \frac{0.5}{86400} \doteq 5.8 \times 10^{-6}$$

这就是说，要想使石英钟的日差小于0.5秒，那么振荡器

的精度就得优于（小于） 5.8×10^{-6} 。

第二节 指针式石英钟的基本结构

单走时指针式石英钟是由石英谐振器、固定电容、微调电容、反相器组成的石英振荡器，CMOS集成电路、步进电动机、电池、传动轮系、指针和拨针机构等七部分构成的。下面是其结构方框图。

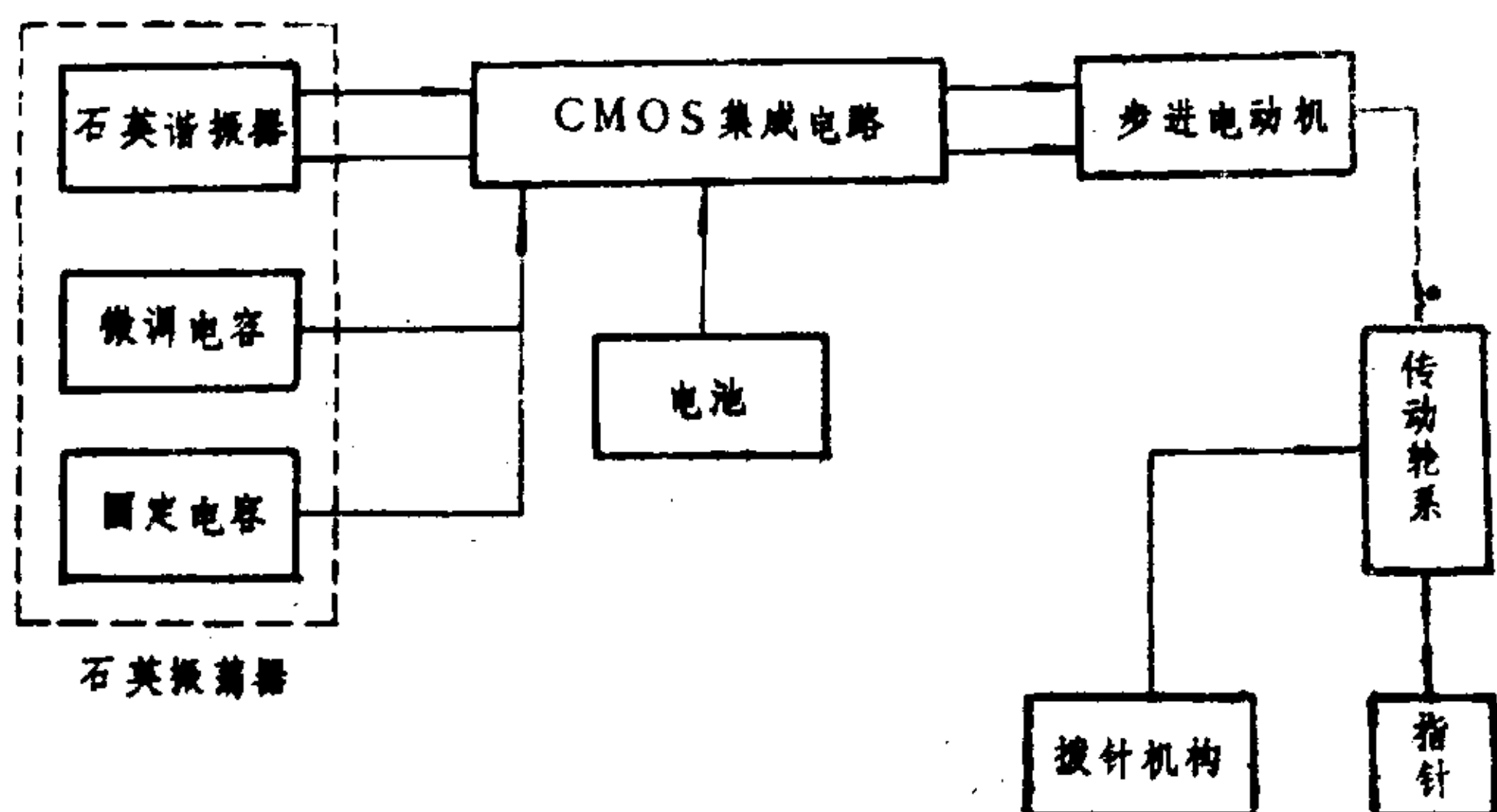


图 1—1 单走时指针式石英钟结构方框图。

下面简述各部分的主要作用。

电池：为 CMOS 集成电路、步进电动机提供电能，是石英钟的能源，其作用相当于机械钟发条。石英钟所用的电池，一般为普通一号到五号电池，虽然它们的容量大小不同，但电压都是1.5伏。

石英振荡器：由石英谐振器、固定电容、微调电容、反相器组成。石英振荡器在接受电池的供电之后，产生稳定的振荡信号（常用的频率为4.194304MHz或32768Hz），这

个信号作为石英钟计量时间的标准，其作用相当于机械钟的擒纵调速系统。

CMOS集成电路：主要是由处在放大状态的一个反相器、分频电路、窄脉冲形成电路、桥式驱动电路组成。CMOS集成电路的主要作用是：

(1) CMOS反相器与石英谐振器、电容器构成的石英振荡器，产生稳定的振荡频率，为石英钟提供计时基准。

(2) 把4.194304MHz或32768Hz的频率降低为步进电动机工作所需频率（一般为0.5Hz），即具有分频作用。

(3) 形成窄脉冲，输出秒脉冲信号，驱动步进电机转动。

步进电动机：由定子、定子线圈、转子构成。它的作用是把秒脉冲信号转换成转子轴的转动。

传动轮系：按照一定的传动比减速传递步进电动机的转动，并带动秒针、分针、时针转动，在钟面上准时指示时间。

拨针止秒机构一般由拨针轮、止秒压簧等构成，用来校准钟针。

由以上分析，指针式石英钟的工作原理，可概述如下：石英振荡器产生稳定的振荡频率，作为计量时间的基准，经分频器分频后变为标准的秒脉冲信号，即2秒输出一正、一负，间隔为1秒的脉冲，它的周期T为2秒，经功率放大后驱动步进电机转动，通过传动轮系带动时、分、秒针指示时间。振荡器不停地工作，电路就会连续输出秒脉冲信号，指针也就不停地走动，从而指示出时间。当振荡次数为n次时，它所计的时间为：

$$\text{时间} = \text{周期} \times \text{振荡次数}$$

用公式表示为： $t = n \cdot T$

其中： t ——计量的时间；

T ——振荡的周期；

n ——振荡的次数。

本节仅简要叙述了指针式石英钟的基本结构、原理，较详细的内容将在以后各章中讲述。

复习题一

1. 什么叫信号？

2. 什么叫振荡器？

3. 什么叫脉冲？

4. 什么叫振荡周期？它的单位是什么？

5. 什么叫振荡频率？它的单位是什么？

6. 若已知石英振荡器的相对精度 $\frac{\Delta f}{f} = 2.9 \times 10^{-6}$ ，用这个振荡器的振荡频率作为计时基准，那么石英钟的日差是多少？

7. 若要求一个石英钟的日差不大于0.5秒，那么石英振荡器的相对精度 $\frac{\Delta f}{f}$ 应优于多少？

8. 单走时石英钟由哪几部分组成？简述各部分的主要作用。

9. 简述单走时石英钟的工作原理。

10. CMOS 钟用集成电路，在2秒内输出一个正脉冲，一个负脉冲，正负脉冲间隔1秒（如图），它的周期为2秒。当它输出1800个脉冲时，它计量的时间为多长？

