



钟表检验仪器

天津大学精仪系计时仪器教研室 编著

轻工业出版社

内 容 简 介

本书介绍钟表生产中用于检验和调整钟表零部件以及测试成品钟表性能的钟表检验仪器的工作原理和构造，其中包括校表仪、摆幅仪、游丝定长仪、摆轮游丝分档仪、摆轮平衡仪、游丝和发条力矩测量仪以及手表防水、防磁、防震性能测试仪等。

本书可供各钟表厂及有关科研单位的技术人员、工人参考，也可供大学计时仪器专业师生阅读。

钟 表 检 验 仪 器

天津大学精仪系计时仪器教研室编著
(只限国内发行)

轻工业出版社出版
(北京阜成路白堆子75号)

河北省张家口地区印刷厂印刷
新华书店北京发行所发行
各地新华书店经售

850×1168毫米 $\frac{1}{32}$ 印张: $9\frac{10}{32}$ 插页: 2 字数: 220千字

1975年8月第一版第一次印刷

印数: 1—23,000 定价: 0.80元

统一书号: 15042·1354

毛主席语录

中国人民有志气，有能力，一定要在不远的将来，赶上和超过世界先进水平。

我们不能走世界各国技术发展的老路，跟在别人后面一步一步地爬行。我们必须打破常规，尽量采用先进技术，在一个不太长的历史时期内，把我国建设成为一个社会主义的现代化的强国。

教育必须为无产阶级政治服务，必须同生产劳动相结合。劳动人民要知识化，知识分子要劳动化。

前 言

在毛主席革命路线指引下，在无产阶级文化大革命和批林批孔运动推动下，我国的钟表工业和其他工业一样正在蓬勃发展。

为了适应钟表工业迅速发展的形势，根据教育革命的需要，我们在学校党组织的领导下到有关工厂进行了调查研究，收集当前钟表生产中应用的检验仪器的有关资料以及工人、科技人员在这方面的实践经验和创造，经过分析和综合，编写成这本《钟表检验仪器》。

钟表生产用检验仪器在钟表生产中起着重要的作用。在调查过程中，有关单位和同志希望能有一本介绍钟表检验仪器的书，本书是在这方面的一个尝试。它可使读者了解钟表生产用检验仪器的工作原理并掌握其正确的使用方法，从而在钟表检验方面具有一定的分析问题和解决问题的能力。

钟表检验仪器的类型很多，但本书只介绍在钟表生产中常用的钟表检验仪器。在钟表生产中也应用尺寸计量仪器和显微镜、投影仪等光学仪器，由于这些仪器在一般的公差和技术测量书籍中都有介绍，本书不再重述。

因为钟表检验仪器是为钟表生产服务的，本书在一些章节中对有关的钟表理论也作了简要的叙述，至于详细系统的钟表理论尚需参阅其他有关的书籍。目前很多钟表检验仪器是应用电子技术的电子式钟表检验仪器，本书将介绍一些基本电子线路在钟表检验仪器中的具体应用，至于这些基本电路的原理则可参阅常见的有关电子学的书籍。

本书介绍钟表生产（主要是手表生产）中常用的检验仪器，其中包括校表仪、摆幅仪、游丝定长仪、摆轮游丝分档仪、摆轮平衡仪、游丝和发条力矩测量仪以及手表的防水、防磁、防震性

能测试仪等。校表仪由于应用最多，作为本书的重点。游丝定长仪在手表生产中已被摆轮游丝分档仪所代替，但由于闹钟生产中仍在应用，所以也作了简单介绍。摆轮游丝分档仪和摆轮平衡仪由于在生产中有较大作用，因此作了较大篇幅的介绍。

在本书的编写过程中，得到了天津、北京、西安及上海有关工厂的大力支持和帮助，对此我们表示深切的谢意。由于我们的水平不高，书中一定还存在不少问题，欢迎读者批评指正。

天津大学精仪系计时仪器教研室

一九七五年一月

目 录

第一章 绪论.....(1)

第一节 钟表检验仪器在钟表生产中的作用.....(1)

第二节 钟表检验仪器的类型.....(3)

第二章 校表仪.....(7)

第一节 表征手表精度的参数.....(7)

一、日差.....(8)

二、瞬时日差.....(8)

三、温度系数.....(10)

四、位差.....(11)

五、等时性误差.....(11)

六、综合指标.....(11)

第二节 表音的形成.....(12)

第三节 手表的振动周期和节拍.....(13)

第四节 校表仪的工作原理.....(14)

一、FD-2 型校表仪的方块图.....(14)

二、比对记录装置的示意图.....(15)

第五节 压电转换器和校表仪微音器.....(19)

一、压电晶体的压电效应.....(19)

二、晶体的切割和变形型式.....(21)

三、压电转换器的结构.....(23)

四、压电转换器的灵敏度	(24)
五、校表仪微音器	(26)
第六节 表音的放大和表音选择	(31)
一、表音的放大	(31)
二、表音的选择	(33)
三、纸带送进的控制	(34)
第七节 标准频率的产生和分频	(34)
一、石英振荡器	(34)
二、分频器	(36)
三、功率放大器	(43)
第八节 比对记录装置的结构	(43)
一、基座和主架	(43)
二、转动部分	(44)
三、打点装置	(49)
四、纸带和墨带传动系统	(50)
第九节 校表仪的刻度和灵敏度	(52)
第十节 校表仪记录图形的分析	(55)
一、走时快慢	(55)
二、双线条	(57)
三、周期性走时变动	(58)
四、由于擒纵机构造成的误差	(61)
五、摆幅的变化	(64)
六、撞摆	(65)
七、手表位置误差和“动平衡”	(66)
第十一节 提高校表仪灵敏度的附件——时间放大 器的工作原理	(70)
第十二节 其他形式记录比对装置的概述	(74)
第十三节 等时仪的工作原理	(80)

第十四节	数字式校表仪	(81)
------	--------	--------

第十五节	校表仪的发展趋势	(86)
------	----------	--------

第三章	摆幅仪	(89)
-----	-----	--------

第一节	摆幅测量的意义	(89)
-----	---------	--------

第二节	摆幅仪的类型	(90)
-----	--------	--------

一、摆幅直接测量法	(90)
-----------	--------

二、基角法测量摆幅	(91)
-----------	--------

三、强迫振动式摆幅仪	(93)
------------	--------

第三节	声电转换式基角法摆幅测量仪	(94)
-----	---------------	--------

一、测量原理	(94)
--------	--------

二、示波式摆幅仪	(97)
----------	--------

三、指针式摆幅仪	(109)
----------	---------

第四节	用校表仪测量摆幅	(110)
-----	----------	---------

第四章	游丝定长仪	(115)
-----	-------	---------

第一节	游丝定长仪在钟表生产中的作用	(115)
-----	----------------	---------

第二节	N 64-1型闹钟游丝定长仪	(115)
-----	----------------	---------

一、工作原理	(115)
--------	---------

二、电容转换器和讯号变换电路	(119)
----------------	---------

三、定长仪的标频振荡电路和分频电路	(125)
-------------------	---------

四、游丝定长仪的使用	(126)
------------	---------

第三节	闹钟游丝自动定长仪	(128)
-----	-----------	---------

第四节	手表游丝自动定长仪	(130)
-----	-----------	---------

一、原理方块图	(131)
---------	---------

二、手表游丝自动定长仪的卡头	(132)
----------------	---------

三、手表游丝自动定长仪的比较机构	(134)
------------------	---------

第五章 摆轮游丝分档仪.....(136)

第一节 摆轮游丝分档仪在钟表生产中的意义.....(136)

第二节 摆轮游丝分档仪的工作原理.....(139)

第三节 测量头的构造和工作原理.....(140)

一、电感转换式测量头.....(140)

二、电容转换式测量头.....(144)

第四节 分档的原理.....(146)

第五节 下限及档距预选的工作原理.....(148)

第六节 分选的工作原理.....(154)

第七节 下限和档距的选择.....(162)

第八节 分档仪的工作程序.....(166)

一、分档游丝(166)

二、分档摆轮(169)

三、衰减试验(171)

第六章 摆轮平衡仪.....(175)

第一节 摆轮不平衡对振动周期的影响.....(175)

一、摆轮不平衡的概念.....(175)

二、摆轮不平衡对振动周期的影响(176)

第二节 摆轮偏重测量仪.....(179)

一、测量原理(179)

二、测量头(180)

三、电路原理(182)

四、仪器的测量程序(186)

第三节 摆轮的平衡.....(188)

一、静平衡和动平衡(188)

二、钟表制造中应用的摆轮平衡方法(190)

三、摆轮的静平衡方法	(190)
四、摆轮的动平衡方法	(198)
第四节 摆轮自动平衡仪	(207)
一、摆轮自动平衡仪的组成	(207)
二、偏重大小测量电路	(211)
三、偏重角度的测量和控制	(217)
四、摆轮自动平衡仪的工作程序	(227)

第七章 游丝、发条力矩测量仪

第一节 游丝力矩测量仪	(234)
一、游丝力矩测量仪的工作原理	(234)
二、测量头结构	(236)
三、游丝力矩仪的电路图	(238)
四、游丝力矩仪的应用	(240)
第二节 发条力矩测定仪	(240)
一、车间用发条力矩测定仪	(241)
二、实验室用发条力矩测定仪	(246)

第八章 手表防水、防磁和防震性能试验仪

第一节 手表的防水性能试验	(257)
一、手表的密封防水结构	(257)
二、防水试验方法	(259)
三、防水试验装置	(263)
四、手表防水试验的检验程序	(268)
第二节 手表的防磁性能试验	(269)
一、手表磁化的原因	(269)
二、手表防磁试验的检验程序	(272)
三、手表防磁性能试验设备	(273)

四、退磁和退磁器	(274)
第三节 手表的防震性能试验	(278)
一、手表防震试验的检验程序	(279)
二、手表防震试验装置	(280)

第一章 绪 论

毛主席教导我们：“我们不但要提出任务，而且要解决完成任务的方法问题。我们的任务是过河，但是没有桥或没有船就不能过。不解决桥或船的问题，过河就是一句空话。”在钟表工业中，钟表检验仪器也是钟表生产过程中一种不可缺少的条件。为了提高钟表的产量和质量，也必须提高钟表检验仪器的产量和质量，并发展新的钟表检验仪器。

随着钟表生产水平的提高，钟表生产用检验仪器所起的作用也日趋重要。同时由于科学技术的发展特别是电子技术的发展，钟表生产用检验仪器也正日趋完善，并将出现更多新的钟表检验仪器。

第一节 钟表检验仪器在钟表生产中的作用

在钟表生产中用得最多的钟表检验仪器要算是校表仪，由于校表仪能将钟表的走时情况打印在记录纸上，根据记录线条，不仅可测定钟表的走时快慢，同时也可根据记录线条来分析表机存在的缺陷，以便对表机作必要的调整。因此它不仅应用于成品钟表的检验，同时在装配线上用得很多。为了保证产品质量，校表仪是必不可少的一种检验仪器。

我们知道，摆轮游丝振动系统可以说是钟表表机中的心脏，由于对于钟表精度要求的提高（包括长期稳定性）和装配工作的自动化程度的提高（如采用传送带流水装配或自动装配台等），人们希望摆轮、游丝部件能符合下列要求：

1. 将摆轮部件和游丝部件组合成振动系统后，其振动频率应很接近于所要求的标准频率。整批钟表的快慢夹应在一个不大的范围内调节，即能调准到所要求的频率。因为快慢夹肖间间隙对钟表的等时性影响较大，快慢夹一般不宜作大范围的调整。

2. 在成批装配时游丝的几何尺寸应符合图纸要求而无需动手校正。

3. 圆盘钉和游丝端点间的相互位置在摆轮、游丝部件组合后应不再需要变动，即在组合后不需要将游丝内桩再从摆轮部件上拔出来重行调整。

4. 摆轮游丝振动系统的振动频率受其空间位置和摆幅变化的影响应尽量的小。为了使位差小应使摆轮游丝系统的偏重尽量缩小，也就是使其重心尽可能通过摆轴的轴心。我们知道，钟表走时随其摆幅变化所产生的变化就是所谓等时性误差，从钟表理论中可知，当将游丝内外端夹角控制为某一定数值时，钟表的综合等时性误差可尽量缩小。

直到不久以前，为了调准摆轮游丝系统的振动频率，都是采用游丝定长法，用改变游丝长度的方法使摆轮游丝系统得到所要求的振动频率，但游丝定长法不能满足上面所述的要求，而使产品质量受到影响。因此，目前在手表生产中游丝定长法已为摆轮游丝分档法所代替，而分档法能基本上满足上述的各项要求。将游丝和摆轮在摆轮游丝分档仪上分别根据其刚度和转动惯量分档，同一档的游丝和同一档的摆轮组合后的振动系统的振动频率已能很接近于所要求的频率，并且这时的游丝可根据图纸上要求的几何尺寸（内、外径，长度，内外端夹角等）事先切好再去进行分档，其外圈的圆弧也可用专用工具弯好，分档后游丝内桩可直接以其所要求的最终位置安装在摆轮轴上，无需再行拔出重装，因此游丝本身在装配过程中可尽量避免动手校正，这样大大改善了装配工作，提高了产品质量，生产率也可较高。

上面已经提到，为了减少钟表的位差，应尽量使摆轮部件的偏重减小。对于节拍为 18000 的表机，如其摆轮的直径为 9.75 毫米、重量为 84 毫克和摆幅为 180° 时，摆轮部件有 10 微克·厘米的偏重就可使表机的走时位差达到 ± 22 秒/天，上述偏重值实际上是并不大的，因为这时的摆轮部件的重心偏心距只有一个多微米。因此，如何测量摆轮的偏重和消除摆轮的偏重（摆轮平衡）也是钟表生产中的一个重要课题。摆轮的平衡方法过去主要是用手工操作的摆轮静平衡仪，但这种方法生产率低并且精度也较差，有时甚至整个摆轮轮缘上有很多钻孔。目前有的工厂已应用摆轮自动平衡仪，在自动平衡仪上，不但能够测量摆轮部件偏重的大小和位置，并且还能根据偏重的大小和位置自动地在摆轮轮缘上一次铣切而使摆轮部件平衡。应用这种自动平衡仪已可将摆轮偏重控制在 5 微克·厘米以内，同时它的生产率也较高。

从上面所举的一些例子可以说明，由于钟表检验仪器的发展已使钟表生产出现了新的面貌，对钟表产品的质量和产量的提高都起了很大的作用。

第二节 钟表检验仪器的类型

钟表检验仪器的类型很多。例如测量钟表走时快慢的有校表仪，校表仪又可分为打点记录式校表仪、指针式校表仪和数字式校表仪等。各种校表仪的基本原理是使被测量钟表振动系统的振动频率和校表仪中石英晶体振荡器的标准频率相比较，比较的结果或者用一打点记录装置打印成线条，或用一表头指示，或用数码管等以数字形式来表示。其结果都表示为日差（一天快或慢多少秒）。打点式校表仪的走时快慢根据所打印线条的斜率来判定，根据线条情况，不仅能测定走时快慢，还可分析表机的缺陷。因此这种校表仪不仅用于成品钟表的检验，并且可用于钟表的装配

线上。这种校表仪在钟表生产中用得最多。指针式校表仪的指针可直接指出日差值，它可用于成品钟表的检验。如果将指针式校表仪的讯号输给一记录仪，可得到钟表走时随时间变化的曲线，用于钟表质量的分析研究。数字式校表仪的灵敏度最高，有的数字式校表仪的灵敏度可达到 0.001 秒/天（当然这时仪器的石英振荡器精度应相应提高）。这种校表仪可用来测定音叉式或石英式钟表等精度很高的钟表的走时精度，校表仪的数字，或用数码管显示，或用打印机构打印出来。

除了测定走时快慢的仪器外，还有在生产中用作调准的仪器，如调准仪系用来调准钟表的快慢夹位置，可用频闪方式表示，当快慢夹调到一定位置使钟表的振动系统频率和仪器中石英振荡器的标准频率一致时，可看到频闪仪中的指示固定不动。有的自动调准仪，它的执行机构可自动调准钟表的快慢夹位置，直到走时准确为止。

游丝定长仪实际上也是一种调准用仪器，改变游丝的长度使摆轮游丝系统的振动频率和定长仪中石英振荡器的标准频率相一致，它可以是用手调节游丝的长度而以频闪方式来指示，也可以是自动定长。

表机的摆轮振幅也是表征钟表性能的一个重要参数，因为发条力矩的变化、齿轮啮合效率的变化、表机位置不同时支承摩擦力的变化等均将导致摆幅变化，由于表机存在着等时性误差，摆幅变化将使走时发生变化，所以对表机的摆幅大小及其变化范围有一定的要求，测量摆幅大小用摆幅仪。目前在生产中主要是应用根据基角法的摆幅仪，因为这种方法系利用摆轮通过升角的时间来测定摆幅，这样可不打开表盖即能进行测量，使用起来比较方便，经常应用的有示波式和指针式两种，在指针式摆幅仪中如将讯号输给一记录仪也可得到摆幅随时间变化的曲线，如果与上述钟表走时随时间变化的曲线配合起来就可分析研究钟表的等时

性。还有强迫振动式摆幅仪也可将摆幅的变化情况记录下来。

如上所述，摆轮游丝分档仪系测量游丝的刚度或摆轮的转动惯量并加以分档，它在手表生产中已基本上取代了游丝定长仪，因为它不仅使产量提高同时也使产品质量大为提高。根据其测量头的结构，目前应用的有电容转换式和电感转换式两种，但带电容转换式测量头的分档仪的精度较高，自动化程度也较高。

摆轮平衡仪的种类很多，有的应用静平衡方法，有的应用动平衡方法。原来应用的摆轮静平衡仪靠操作者的感觉和经验，生产率低，精度也很低，一般需要在摆轮轮缘上钻若干个孔。目前有的工厂已采用应用动平衡方法的摆轮自动静平衡仪，只需在摆轮轮缘上铣一刀就可将摆轮的偏重基本去掉而使摆轮平衡，同时这种自动平衡仪的自动化程度也较高，使得钟表生产的水平大大提高了一步。

钟表的能源是发条，发条力矩的大小和它的落差将影响钟表的摆幅变化和走时延续性等，因此发条力矩的大小及其变化也应控制在一定大小之内，测量发条力矩用发条力矩仪。发条力矩的测量主要是根据使被测量发条和一标准盘簧或片簧相比较的方法。发条力矩仪还可附有记录仪用来记录发条在上紧和放松时的力矩变化曲线，作为钟表性能分析研究之用。

钟表防水性能的测试方法也很多，目前用得较多的是水中加压法或水中减压法，但由于它们都不是定量的，同时测试时水可能进入表壳内，所以空气加压法可能被逐渐采用。

钟表防磁性能测试仪应能产生均匀磁场，并且磁场方向最好能改变，该仪器系用来测定钟表走时受磁场的影响。产生均匀磁场的装置目前主要有两种：一种是长螺管式；另一种是双线圈式，但后者的结构容易改变磁场方向。此外尚有检测钟表或钟表零件是否磁化和磁化程度的仪器以及退磁用的仪器等。

钟表防震性能测试仪目前主要应用摆锤冲击式的测试仪器。

除了上述钟表生产中应用的检验仪器外，还有些用于分析研究钟表性能和测试钟表零部件性能的实验室用检验仪器，例如测定钟表等时性、摆轮游丝系统Q值、分析表音、测定擒纵机构的力矩和效率、轮系的传动效率、游丝刚度和小零件转动惯量等的仪器。