

高等学校轻工专业试用教材

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

高等学校轻工专业试用教材

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

高等学校轻工专业试用教材

钟表检验仪器

天津大学精仪系计时仪器教研室 编著

*

轻工业出版社出版

(北京阜成路3号)

89920部队印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行

各地新华书店经售

*

787×1092毫米1/16 印张: 18 插页: 1 字数: 390千字

1981年2月 第一版第一次印刷

印数: 1—10,000 定价: 1.90元

统一书号: 15042·1587

前 言

本书根据轻工业部组织的计时仪器专业教材编审委员会审定的教学大纲，由天津大学精密计时仪器教研室编写的计时仪器专业通用教材，也可做为有关科技人员和工人的进修读物。

本书是在1975年轻工业出版社出版的《钟表检验仪器》一书的基础上重写的，此次重新编写着重反映了近期新兴的科学技术在钟表检验仪器中的应用，同时也反映了我校在这方面的部分科研成果。

钟表生产用检验仪器在钟表生产中起着重要的作用，本书的目的是使读者了解钟表检验仪器的工作原理并掌握其正确的使用方法，读者通过对各种不同钟表检验仪器的工作原理、结构和电路的分析比较，可以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，本书除介绍在钟表生产中常用的钟表检验仪器外，并有专章介绍石英钟表的检验。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晶体管或集成电路的电子式钟表检验仪器，本书将介绍一些基本电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。

参加本书编写的人员有天津大学计时仪器教研室的王明时、戴品忠、孙家薰同志，由孙家薰同志担任主编。

在本书的编写过程中，得到上海钟表仪器厂、上海手表厂、西安钟表研究所、哈尔滨工业大学、沈阳日用机械研究所、鞍山钢铁大学、南昌手表厂、北京青云仪器厂等单位的大力支持和帮助，上海钟表仪器厂和上海手表厂还审阅了本书的有关章节，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。

编 者

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.....	(2)
第二章 校表仪	(5)
第一节 表征机械手表精度的参数.....	(5)
一、日差	(5)
二、瞬时日差.....	(6)
三、温度系数.....	(7)
四、位差	(7)
五、等时性误差.....	(7)
六、综合指标.....	(7)
第二节 手表的测试位置.....	(7)
第三节 表音的形成.....	(8)
第四节 手表的振动周期和节拍.....	(9)
第五节 校表仪的工作原理.....	(10)
一、校表仪的框图.....	(10)
二、比对记录装置的示意图	(10)
第六节 对校表仪各组成部分的要求.....	(11)
一、转换器	(12)
二、放大器	(12)
三、石英振荡器.....	(13)
四、分频器	(13)
五、同步马达	(13)
六、比对记录装置.....	(14)
七、读数装置	(14)
第七节 压电转换器和校表仪微音器.....	(15)
一、压电晶体的压电效应	(15)
二、晶体的切割和变形型式	(16)
三、压电转换器的灵敏度	(17)
四、校表仪微音器.....	(18)
第八节 FD-2型电子校表仪	(20)
一、表音放大部分.....	(21)
二、标频部分.....	(23)

三、比对记录装置	(27)
四、读数装置	(32)
第九节 B-200 型校表仪	(33)
一、石英振荡器	(34)
二、分频器	(34)
三、放大器	(36)
四、比对记录装置	(37)
五、可测节拍数	(38)
六、读数装置	(38)
第十节 微型自动校表仪	(40)
一、石英振荡器	(41)
二、分频器	(41)
三、放大器	(44)
四、表音自动控制	(46)
五、比对记录装置	(47)
六、读数装置	(48)
第十一节 校表仪记录图形的分析	(49)
一、走时快慢	(49)
二、双线条(偏振)	(50)
三、线条不整齐	(50)
四、表机零件擦蹭	(51)
五、位置误差	(52)
六、周期性变化	(53)
七、摆幅的变化	(55)
八、撞摆	(56)
九、磁化	(56)
十、摆轮“动平衡”	(57)
十一、节拍不合	(58)
第十二节 提高校表仪灵敏度的附件——时间放大器的工作原理	(59)
第十三节 其它形式记录比对装置的概述	(63)
第十四节 等时仪的工作原理	(66)
第十五节 数字式校表仪	(67)
第三章 手表走时性能测试系统	(70)
第一节 测量原理及系统原理框图	(70)
一、测量原理	(70)
二、手表走时性能测试系统的组成	(72)
第二节 数据的处理	(75)
一、数据处理方法之一	(76)
二、数据处理方法之二	(81)

三、数据处理方法之三	(84)
第三节 手表走时性能测试系统的测试单元	(86)
一、表音转换器	(86)
二、放大电路	(87)
三、整形电路	(89)
四、封闭区分电路	(90)
五、转位机构	(93)
第四章 摆幅仪	(95)
第一节 摆幅测量的意义	(95)
第二节 摆幅仪的类型	(96)
一、摆幅直接测量法	(96)
二、基角法测量摆幅	(97)
三、强迫振动式摆幅仪	(98)
第三节 声电转换式基角法摆幅测量仪	(99)
一、测量原理	(99)
二、指针式摆幅仪	(101)
三、示波式摆幅仪	(115)
第四节 用校表仪测量摆幅	(120)
第五节 摆轮游丝系统Q值测量	(123)
第五章 周期调节仪器	(126)
第一节 周期调节仪器在钟表生产中的作用	(126)
第二节 游丝定长仪中的信号转换方法	(126)
一、电容式转换器的基本原理	(127)
二、游丝定长仪电容式转换器	(128)
三、传感选频放大器	(128)
第三节 N64-1 型闹钟游丝定长仪	(131)
一、工作原理	(131)
二、N64-1型游丝定长仪电路简介	(133)
三、游丝定长仪的使用	(135)
第四节 闹钟游丝自动定长仪	(135)
第五节 手表游丝自动定长仪	(137)
一、原理框图	(137)
二、手表游丝自动定长仪的卡头	(137)
三、手表游丝自动定长仪的比较机构	(138)
第六节 手表日差、偏振自动调准仪	(139)
一、日差和偏振的测量方法	(140)
二、日差测量和调节的逻辑电路	(144)
三、偏振的测量和调节	(145)
四、直流电机的工作	(146)

五、双向调节的日差、偏振调准仪	(148)
第六章 摆轮游丝分档仪	(150)
第一节 摆轮游丝分档仪在钟表生产中的意义	(150)
第二节 摆轮游丝分档仪的工作原理	(151)
第三节 测量头的构造和工作原理	(152)
一、电感转换式测量头	(152)
二、电容转换式测量头	(154)
第四节 分档的原理	(155)
第五节 下限及档距预选的工作原理	(156)
第六节 分选的工作原理	(160)
第七节 下限和档距的选择与计算	(163)
第八节 分档仪的工作程序	(167)
一、分档游丝	(167)
二、分档摆轮	(168)
三、衰减试验	(170)
第九节 用分档仪测量小零件的转动惯量	(171)
第七章 摆轮平衡仪	(174)
第一节 摆轮不平衡对振动周期的影响	(174)
一、摆轮不平衡的概念	(174)
二、摆轮不平衡对振动周期的影响	(174)
第二节 摆轮偏重测量仪	(176)
一、测量原理	(176)
二、测量头	(176)
三、电路原理	(177)
四、仪器的测量程序	(179)
第三节 摆轮的平衡	(180)
一、静平衡和动平衡	(180)
二、钟表制造中应用的摆轮平衡方法	(181)
三、摆轮的静平衡方法	(182)
四、摆轮的动平衡方法	(185)
第四节 摆轮自动平衡仪	(190)
一、摆轮自动平衡仪的组成	(190)
二、偏重大小测量电路	(192)
三、偏重角度的测量和控制	(195)
四、摆轮自动平衡仪的工作程序	(199)
第五节 激光摆轮平衡机	(203)
一、几种可行的平衡方案	(203)
二、激光器的选择	(206)
三、转换器信号处理	(207)

四、摆轮激光平衡机的整机逻辑原理	(212)
第八章 游丝、发条力矩测量仪	(214)
第一节 游丝力矩测量仪	(214)
一、游丝力矩测量仪的工作原理	(214)
二、测量头结构	(215)
三、游丝力矩仪的电路图	(215)
四、游丝力矩仪的应用	(216)
第二节 发条力矩测定仪	(217)
一、车间用发条力矩测定仪	(217)
二、实验室用发条力矩测定仪	(219)
第九章 手表防水、防磁和防震性能试验仪	(225)
第一节 手表的防水性能试验	(225)
一、手表的密封防水结构	(225)
二、防水试验方法	(226)
三、防水试验装置	(228)
四、手表防水试验的检验程序	(233)
第二节 手表的防磁性能试验	(234)
一、手表磁化的原因	(234)
二、手表防磁试验的检验程序	(235)
三、手表防磁性能试验设备	(236)
四、退磁和退磁器	(239)
第三节 手表的防震性能试验	(241)
一、手表防震试验的检验程序	(241)
二、手表防震试验装置	(242)
第十章 石英钟表的检验	(246)
第一节 石英手表的零部件检验	(246)
一、石英谐振器	(246)
二、微调电容器	(251)
三、集成电路	(252)
四、液晶屏	(253)
五、微型灯泡	(255)
六、步进马达	(256)
七、电池	(257)
第二节 石英手表的成品检验	(258)
一、检验规程	(258)
二、检验用仪器设备	(260)
第三节 石英钟表信号的拾取	(262)
一、拾取机械振动	(262)
二、拾取漏磁通	(263)

三、拾取电场变化	(263)
四、拾取电磁发射信号	(264)
五、拾取光学信号	(265)
六、拾取电流变化	(265)
第四节 检验石英钟表的校表仪	(266)
一、石英校表仪的基本原理	(267)
二、瞬时日差的测量	(269)
三、电气参数的测量	(276)
四、石英校表仪使用举例	(277)

第一章 绪 论

钟表检验仪器是钟表生产过程中一种不可缺少的设备。为了提高钟表的产量和质量，就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。此外，随着石英钟表和其它新型钟表的迅速发展，钟表工业所涉及的领域正日益扩大，这就需要发展相应的检验仪器。同时由于科学技术的发展，特别是微电子学、电子计算技术和激光技术等等的的发展，一些新兴学科和新兴技术已渗入到钟表工业中来，有些已应用于钟表检验仪器中，因此钟表检验仪器正日趋完善，并将出现更多新型的自动化的钟表检验仪器。

第一节 钟表检验仪器在钟表生产中的作用

钟表检验仪器的主要作用是保证钟表的质量，可以用钟表检验仪器来检验组成钟表的各种零、部、元件以及成品钟表是否符合规定的质量指标。不仅如此，有的钟表检验仪器在测量某一参数时还可发现钟表在加工和装配中存在的问题，从而可以采取改进的措施以提高产品质量；有的检验仪器是根据钟表理论改进工艺从而能够大大提高钟表质量和生产率；有的钟表检验仪器不是进行被动测量而是主动测量，即一边测量一边采取措施来消除误差，使其生产率大大提高。

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，而且在装配线上用得也很多。

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。因为快慢夹销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,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。目前很多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中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。

测量石英电子手表的校表仪其时基(目前应用精密石英振荡器)的频率稳定度要求较高,目前一般为 10^{-8} 数量级,大多具备恒温槽。由于石英电子手表的种类很多,校表仪一般应具备若干个不同的转换器以便拾取手表的信号。有的校表仪还具备电压可调的电源便于对电子钟表进行外供电,并且可测试电子钟的耗电量,有的还具有测量电压和电阻等设备。

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都将导致摆幅变化,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。

为了提高生产率和综合测试检验手表的质量,现在已有同时装卡十块或数十块手表而自动顺序测试这些手表各个位置的瞬时日差、摆幅和偏振等参数的综合检验仪器。这种仪器应用电子计算机原理或者直接使用电子计算机,能够根据测试的各个参数的公差自动判别各个手表的合格与否,也可以将测量结果打印出来。它的生产率很高,特别适用于成品检验站中。

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。目前很多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。也可以进行主动测量,即在摆轮偏重测量的同时,根据测量所得的偏重大小和偏重位置利用激光去掉摆轮的一部分材料,直到所测量的偏重值减小到允许值为止。

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。发条力矩仪还可附带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,所以空气加压法正在逐渐替代这些用水的方法。

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,该仪器系用来测磁场对钟表走时的影响。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。

此外还有手表的携带模拟机（能模拟手表在携带时的运动）以及测定自动手表走时延续性的仪器（一批手表装在该仪器上运转一定时间后使发条自动上紧，然后观察其走时延续性）等。

上面所提到的各种钟表检验仪器不但可用于钟表生产上，有的还可用于维修部门。一般说来，维修部门用的钟表检验仪器常是要求通用性好，例如希望同一仪器既能测试各种节拍的机械手表，也能测试不同类型的石英电子手表。而且常常希望它是多功能的，也即用同一个仪器能测各种不同的参数或具有各种不同的功能。而对于大量生产的情况，则可以采用专用性较强的钟表检验仪器，例如为测试某一种产品的某一参数而设计一专用的检验仪器，这时主要要求生产率高，因此要求它能自动测量，并能自动判别产品是否合格，为此常可利用电子计算机进行测试计算和进行数据处理。

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、自动和日历手表的动力分析以及手表步进电机的运动分析等仪器。

第二章 校 表 仪

校表仪是钟表生产和维修中必不可少的一种检验仪器。它主要用来测定钟表的走时快慢，也即能测定瞬时日差。根据记录式校表仪的记录点线的情况，还可检查出机械手表表机工作中的缺陷，从而判定故障的原因。

第一节 表征机械手表精度的参数

目前生产的手表主要有机械手表和石英电子手表等。机械手表是指用摆轮游丝振动系统作为调速器的手表。机械手表和石英电子手表由于工作原理不同，其表征精度的参数是有区别的。今以机械手表为例介绍一下表征手表精度的参数。

如果将被测手表的指示值 A 和标准钟指示的时刻 T 相比，可能有一指示差 δA ，

$$\delta A = A - T$$

一块走时准确的手表，其指示差总是为零或为某一常数，如为一常数只要将指针拨到指示准确时刻即可。但实际上，手表的指示差往往是变化的，即其走时有快慢变化。设在时刻 $t=t$ 时的指示差为

$$\delta A(t) = A(t) - T(t)$$

则在 $t=t$ 附近的 τ 时段内的平均走时快慢为

$$R(t, \tau) = \frac{\delta A\left(t + \frac{\tau}{2}\right) - \delta A\left(t - \frac{\tau}{2}\right)}{\tau}$$

在 $t=t$ 时的瞬时走时快慢为

$$R(t) = \lim_{\tau \rightarrow 0} R(t, \tau) = \frac{d}{dt} \{\delta A(t)\}$$

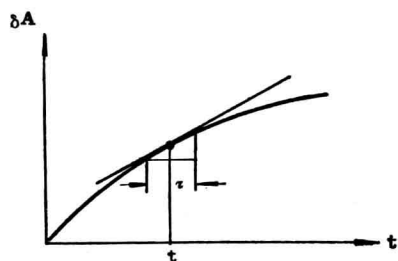


图2-1

图2-1所示为一指示差曲线，由上式可以知道，

在 $t=t$ 时的瞬时走时快慢实际上就是指示差曲线在 $t=t$ 时的切线的斜率。

一、日 差

手表在一定位置（如面上位置）从上满发条走时起，经过24小时的指示差的差称为日差，它的单位以秒/天来表示。如开始时的指示差为 $(\delta A)_0$ ，经过24小时后的指示差为 $(\delta A)_{24}$ ，则日差为

$$M = (\delta A)_{24} - (\delta A)_0$$

因为日差的测量必须经过24小时从表盘的指示值读出来，所以在工厂里又称之为实走日差。

二、瞬 时 日 差

将在任一时刻测得的手表的瞬时走时快慢推算成一天的走时误差称为瞬时日差。它一般是用校表仪对手表进行测量时获得的，其含意是：以当时测得的走时快慢并假设手表将以此快慢走时 24 小时所造成的累积走时误差，瞬时日差也以秒/天来表示。对于一般机械手表实际上是测量其摆轮游丝系统的振动周期的误差再推算成一天的走时误差，其瞬时日差可以下式表示：

$$M = \frac{T - T_0}{T_0} 86400 \text{秒/天}$$

式中 T_0 为振动系统振动周期的名义值； T 为振动系统振动周期的实际值；86400 为一天的秒数。

下面来看一下日差与瞬时日差的关系，如将一手表的指示值和标准钟指示的时刻进行经常的对比，设开始时将手表拨准，即使其指示差为零，就可得到一指示差曲线如图 2-2 所示。

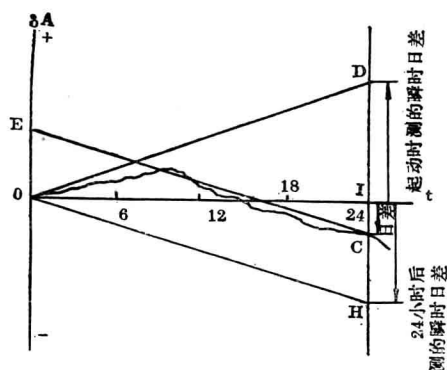


图2-2

在 $t=0$ 时过 0 点作指示差曲线的切线交 HD 线于 D 点，则 DI 这个偏差就是把 $t=0$ 时所测得的走时快慢累积 24 小时所得的走时误差，也就是在 $t=0$ 时测得的瞬时日差。在 $t=24$ 小时时过指示差曲线上的 C 点作曲线的切线 CE，并把 CE 平移成过 0 点的 OH 线，则 IH 表示的为将这时的走时快慢累积 24 小时的走时误差值，这也就是在走时开始后 24 小时测得的瞬时日差值。

而日差（即实走日差值）则为在 24 小时处的指示差，因为 $t=0$ 时指示差为零，所以 $t=24$ 时的指示差即为日差值，也即为图中 IC 所代表的偏差值。

由此可见，瞬时日差和日差是不同的。首先，日差是实走 24 小时从表盘指示值读取的，而瞬时日差则是用校表仪测得的瞬时走时快慢并推算成 24 小时的走时误差值。其次，日差需经过 24 小时才能测得，而瞬时日差则可在任一时间测量，并且在不同时间测的瞬时日差往往又不相同。

但两者也有着密切的关系，如果在任何时间手表的走时快慢 $R(t) = \frac{d}{dt} \{\delta A(t)\} = 0$ ，则日差也将等于零，因为如果指示差曲线的切线斜率均为零，则指示差曲线将是一条过 0 点的和 0t 横座标线重合的直线，日差当然也等于零。如果在任何时间走时快慢 $R(t) = \frac{d}{dt} \{\delta A(t)\} = \text{常数}$ ，则瞬时日差值和日差值也将相等，这时的指示差曲线将是一条过 0 点的斜线。对于质量较高和等时性较好的手表，由于上满发条开始走时的 24 小时过程中手表的走时快慢变化很小，这样在各时刻测得的瞬时日差值将很接近于日差值。因此对于质量较高的手表，特别是石英电子手表可以用瞬时日差来代替日差，这样就可大大缩短测量日差的时间。但对于质量较低和等时性较差的手表，用瞬时日差去代替日差还不能充分反映手表的实际走时精度。

三、温度系数

温度变化会影响手表的走时快慢，常用温度系数C来表征手表的温度误差，在我国的机械手表标准中把温度误差规定为温度从4℃~36℃平均每1℃的日差最大值。即在环境温度4℃和36℃时分别测定手表在面上位置起动后的瞬时日差，则温度系数C为

$$C = \frac{M_{36} - M_4}{36 - 4}$$

式中 M_{36} 、 M_4 分别为36℃和4℃时的瞬时日差。温度系数的单位为秒/天·度，即温度每变化1℃所引起的日差。

四、位 差

由于摆轮偏重及支承摩擦等因素的影响，手表在不同位置时其走时将发生变化。测定手表在起动时的不同位置（面上、柄下、柄左、柄上四个位置）的瞬时日差，在这四个瞬时日差值之间有六个差值，取其中最大的差值为最大位差 $P_{\max}$ 。

五、等 时 性 误 差

手表的走时随其振动系统摆幅变化而产生的变化称为等时性误差，由于手表的摆幅与发条力矩大小有关，而发条力矩将随着时间而逐步降低。测定手表在不同位置（面上、柄下、柄左、柄上四个位置）时上满发条起动后的瞬时日差和走完24小时时的瞬时日差，并找出其差值，在这四个位置中取该差值中的最大值作为最大等时性误差 $I_{\max}$ 。

六、综合指标

这是表示手表质量的综合性指标。把等时性误差 $I_{\max}$ ，位差 $P_{\max}$ 和温度系数C代入下式来计算综合指标N：

$$N = 0.15I_{\max} + 0.1P_{\max} + C$$

式中的几个系数表示各该项在综合指标中所占的比重。综合指标N 越小表示手表的质量越高。

由上所述，很多参数都是用瞬时日差计算出来的，而瞬时日差则是用各种类型的校表仪测量的。

第二节 手表的测试位置

在手表测试时，常需将手表放置在一定的测试位置，如上面所述的面上、柄下、柄左等。一般的手表测试位置有如下六个：两个水平位置——面上和面下，面上指表盘面朝上，面下则指表盘面朝下。四个垂直位置——柄下、柄左、柄上和柄右，这时是向着表盘面观察，上条柄头分别在下边、左边、上边和右边时的位置。

考虑到现代手表其柄头的有无以及柄头位置与传统手表不一定相同，所以新的国际标准对于手表的测试位置不再以柄头来标方向。

在新的国际标准（ISO3158）中对于手表方向的定义如图2-3所示。Z方向为垂直向上，