

79.824
T D J

287863

机械



计时仪器

天津大学精仪系计时教研室 编

天津科学技术出版社

高等学校轻工专业统一试用教材

机械计时仪器

天津大学精仪系编
计时教研室

天津科学技术出版社

高等学校轻工专业统一试用教材

机械计时仪器

天津大学精仪系编
计时教研室

*

天津科学技术出版社出版

天津市赤峰道124号

天津新华印刷一厂印刷

天津市新华书店发行

*

开本 787×1092毫米 1/16 印张 22 1/4 字数 542,000

一九八〇年十一月新一版

一九八〇年十一月第一次印刷

印数：1-4,600

统一书号：15212·17 定价：2.35元

前 言

《机械计时仪器》一书曾于一九七四年九月由天津人民出版社出版。经过五年来的试用，在广泛征求读者意见的基础上，根据天津大学和哈尔滨工业大学计时仪器专业共同制定的编写大纲，对原书进行了较大的修改与补充。最后由轻工业部组织的计时仪器专业教材编审委员会审定通过。本书由苑文炳、容光文同志主编。史美琪同志编写第三章，其余章节由苑文炳、容光文、罗卓书、赵建业同志编写。由哈尔滨工业大学计时仪器教研室牟景林同志组织审阅。

本书主要介绍机械计时仪器的理论、结构、工作原理和设计计算方法，并对常用的机械计时仪器作了一般介绍。在编写过程中，认真总结我国钟表工业生产经验，力求反映国内外先进水平以期理论与生产实际相结合。

本书为计时仪器专业《机械计时仪器》课统编教材，也可供从事机械计时仪器研究、设计和制造的有关人员参考。

由于我们水平所限，本书难免会有一些缺点和错误，恳请读者批评指正。

本书在编写过程中，得到天津、北京、上海、西安等有关厂、所及哈尔滨工业大学有关同志的大力支持和帮助，在此，我们表示感谢。

作 者

一九七九年十二月

目 录

第一章 绪论	(1)
第一节 时间计量的意义	(1)
第二节 时间计量单位和起算点	(1)
第三节 计时仪器的种类	(4)
第四节 振动计时仪器的基本原理	(4)
第五节 擒纵调速器简介	(6)
第二章 摆轮游丝系统	(10)
第一节 摆轮游丝系统的振动周期及影响周期的因素	(10)
第二节 相图、埃利定理及埃利公式	(12)
一、相图	(12)
二、埃利定理	(14)
三、埃利公式	(16)
第三节 摆轮组件不平衡对振动周期的影响及减少影响的方法	(17)
第四节 游丝力矩非线性对振动周期的影响	(23)
一、快慢针夹子与游丝之间间隙对周期的影响	(24)
二、游丝内外端固定点对周期的影响	(29)
三、游丝安装误差对周期的影响	(31)
四、游丝材料对周期的影响	(33)
第五节 游丝质量对周期的影响	(35)
一、游丝重心对周期的影响	(35)
二、游丝转动惯量对周期的影响	(37)
第六节 摩擦阻力对周期及振幅的影响,品质因数Q的概念	(38)
一、常数摩擦阻力对周期及振幅的影响	(38)
二、线性摩擦阻力对周期及振幅的影响	(40)
三、常数摩擦与线性摩擦阻力共同作用下对周期及振幅的影响	(42)
四、品质因数Q的概念	(44)
第七节 环境温度对周期的影响	(46)
第八节 大气压力对周期的影响	(50)
第九节 磁场对周期的影响	(51)
第十节 动力作用对周期的影响	(53)
一、振动对周期的影响	(53)
二、过载对周期的影响	(56)
三、碰撞对周期的影响	(57)
第十一节 提高等时性和减少位置误差的途径	(58)
一、等时性的概念	(58)

二、位置误差的概念	(58)
三、提高等时性的途径	(59)
四、减少位差的途径	(63)
第十二节 摆轮游丝系统的设计计算	(64)
一、摆轮、游丝的结构和材料	(65)
二、摆轮的设计计算	(65)
三、游丝的设计计算	(75)
第三章 叉瓦式擒纵机构	(78)
第一节 叉瓦式擒纵机构的结构及其工作原理	(78)
第二节 擒纵调速器的传动比和力矩比	(83)
一、擒纵调速器的传动比	(83)
二、擒纵调速器的力矩和力矩比	(84)
第三节 擒纵调速器的能量损耗和擒纵机构的效率	(87)
一、摆轮游丝系统的摩擦能量损耗	(88)
二、擒纵机构的摩擦能量损耗	(89)
三、擒纵机构的碰撞能量损耗	(92)
四、擒纵机构的效率	(95)
第四节 擒纵机构对振动周期的影响	(96)
一、叉瓦式擒纵调速器的相图	(96)
二、用相图分析擒纵机构对振动周期的影响	(98)
第五节 叉瓦式擒纵机构主要参数的选择	(100)
一、擒纵轮和擒纵叉的中心距、擒纵叉和摆轮的中心距	(101)
二、落角、锁角和损失角	(101)
三、擒纵轮的齿数	(102)
四、擒纵叉对擒纵轮的包角、偏移角	(102)
五、摆轮升角和叉升角	(103)
六、瓦宽角和齿宽角、瓦冲角和齿冲角	(105)
第六节 叉瓦式擒纵机构的作图	(107)
第四章 齿轮传动	(111)
第一节 齿轮传动在钟表机构中的应用及其特点	(111)
第二节 钟表机构中齿轮传动的齿形	(113)
第三节 钟表齿轮几何参数和尺寸的计算	(115)
第四节 钟表啮合的啮合过程	(117)
第五节 钟表齿轮传动特性的分析	(123)
一、图解分析法	(124)
二、计算分析法	(132)
三、传动性能指标及其计算	(140)
第六节 几何参数误差对传动性能的影响	(141)
第七节 钟表机构中的辅助齿轮传动	(144)
第五章 发条	(147)
第一节 钟表机构对发条的要求	(147)

第二节 发条的结构和工作原理	(148)
第三节 S形发条及其设计计算	(151)
一、S形发条	(151)
二、基本公式	(154)
三、设计计算举例	(160)
第四节 快速回转条盒	(164)
一、带盒发条的有用能量	(164)
二、带盒发条的最大有用能量	(164)
三、快速回转条盒的应用	(167)
第六章 自动上条机构与日历机构	(168)
第一节 自动上条机构	(168)
第二节 日历机构	(178)
一、日历机构的工作原理及结构形式	(178)
二、手动调整机构	(186)
三、禁区	(193)
四、保险机构	(193)
第七章 机械手表的总体设计	(195)
第一节 机械手表的基本传动形式	(195)
一、中心二轮式	(196)
二、偏二轮式	(203)
第二节 设计方案的拟定	(211)
一、机心形状及外廓尺寸	(211)
二、传动形式的选定	(212)
三、基本技术要求	(213)
四、各组成部分结构形式和主要结构参数的选定	(214)
第三节 平面布置设计	(216)
一、直传式的平面布置设计	(217)
二、三轮传出式的平面布置设计	(236)
第四节 轴向布置设计	(244)
一、轴向布置设计的步骤	(244)
二、尺寸链计算	(245)
第五节 日历机构和自动上条机构总体设计的注意事项	(250)
一、日历机构或自动上条机构的基础机心设计	(250)
二、自动上条机构总体设计中的问题	(251)
三、日历机构总体设计的注意事项	(253)
第八章 指示时刻用计时仪器	(260)
第一节 机械闹钟	(260)
一、销钉式擒纵机构	(261)
二、销轮啮合	(267)
三、闹时系统	(268)
第二节 机械摆钟	(270)

一、摆	(270)
二、摆钟中的擒纵机构	(279)
三、报时系统	(283)
第三节 子母钟	(286)
一、母钟	(286)
二、子钟	(291)
三、子母钟系统	(295)
第四节 同步电钟	(296)
第九章 测量时段用计时仪器	(299)
第一节 机械式秒表	(299)
第二节 电机械式秒表	(303)
第十章 控制时段用计时仪器	(306)
第一节 一般叙述	(306)
第二节 钟表信管	(315)
一、克鲁伯信管的结构、工作原理和工作过程	(315)
二、克鲁伯信管中擒纵调速器的振动系统	(320)
三、克鲁伯信管中擒纵调速器的擒纵机构	(324)
四、克鲁伯式擒纵调速器的调整	(327)
五、信管中钟表机构的特点	(330)
六、作用在信管钟表机构零件上的外力及其影响	(330)
第三节 作息钟的程序机构	(336)
一、程序机构的工作原理	(336)
二、程序机构的调整	(338)
附录 1	(340)
附录 2	(343)
附录 3	(344)
参考文献	(346)

第一章 绪 论

第一节 时间计量的意义

时间是物质存在的客观形式之一。任何一种物质的变化、运动或发展的过程，都永远是在时间和空间内发生的。“因为一切存在的基本形式是空间和时间，时间以外的存在 and 空间以外的存在，同样是非常荒诞的事情。”（恩格斯：《反杜林论》）。和空间一样，时间也是和物质分不开的，如果没有物质，时间就什么也不是。“正如物或物体不是简单的现象，不是感觉的复合，而是作用于我们感官的客观实在一样，空间和时间也不是现象的简单形式，而是存在的客观实在形式。”（列宁：《唯物主义和经验批判主义》）。唯物主义的时空观正确地揭示了时间的实质。

由于任何物质的运动变化都是在时间和空间内发生的，因此，人们为了协调日常的工作、学习和生活需要知道时间；国防战备、国民经济各部门更需要准确地计量时间。例如，许多生产过程和自动化的控制都需要计量时间；铁路运输需要使火车按安排好的火车运行时刻表运行，才能保证铁路安全畅通；至于航海、大地测量、划定国界、发射人造地球卫星等等，就需要更精确地计量时间了。在科学研究中，为了了解一些现象的本质和探讨在技术上利用它们的可能性，也有必要确定这些现象所经历的时间。

总之，人类为了认识客观世界，进行阶级斗争、生产斗争和科学实验，都经常需要计量时间。

第二节 时间计量单位和起算点

在时间计量中会遇到两种性质的问题，一种叫做时段计量，另一种叫做时刻计量。时段值是指时间间隔的长短，而时刻值是指某一瞬时是什么时间。例如，我们说早晨八点钟上第一节课，八点五十分下第一节课，第一节课上了五十分钟，这样，八点和八点五十分就是时刻值，而五十分钟则是时段值。

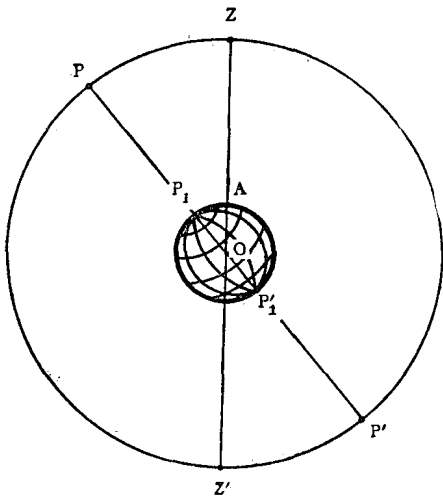
计量时段只需要有计量单位就可以了，而计量时刻，除了需要有计量单位外，还需要有起算点，就是说，从哪一时刻起算？因此，为了计量时间，需要建立一个计时系统，在该系统中规定计量时间的单位，并选定某一时刻作为计量时间的起算点。

由于时间是和物质运动分不开的，又由于作为时间计量的单位应该尽可能地保持不变，因此就需要寻求一种稳定的物质运动作为计量时间的标准原器。人们很早就发现，与人类生活有紧密联系的太阳的运动是比较均匀的。并建立了按太阳运动计量时间的计时系统。我国古代使用的日晷，就是根据太阳运动来计量时间的计时仪器。

大家知道，我们所看到的太阳的运动，实际上是地球自转与公转的结果。因此，在天文学上，把这种看起来象是存在的运动，叫做视运动。为了说明怎样按照太阳的视运动建立计时系统，需要先介绍几个有关天文测时的名词。

我们平常所看见的天空，看去象是一个巨大的空心球，星、月球和太阳等等好象没有远近，都分布在这个球的表面，而地球正好位于球心，这个想象的巨大空心球，叫做天球。显然，天球并不是实际存在的。它只是作为研究天体视位置和视运动的辅助工具。

如果我们把地球自转轴 $P_1P'_1$ (1·1图) 无限延伸，将与天球相交于两点 P 和 P' ，这个无限延伸的轴 PP' 叫做天轴。而和地球北极 P_1 对应的那一点 P 叫做北天极，和地球南极 P'_1 对应的那一点 P' 叫做南天极。



1·1图 天球子午圈

不难想象，由于地球自转所造成的天体视运动，将是绕天轴转动。

如果我们把观测点 A 的铅垂线 OA 无限地向上延伸，则将与天球相交于一点 Z ，这个点叫做天顶。如果把观测点的铅垂线无限地向下延伸，则将与天球相交于另一点 Z' ，这个点叫做天底。

过北天极、南天极、天顶和天底所作的大圆 $PZ'P'Z$ ，叫做观测点的天球子午圈。

显然，天顶、天底和天球子午圈是随观测点的改变而改变的。但同一条地球经线上的观测点有同一个天球子午圈。

天轴把子午圈分成两半：包括天顶的半圆叫做午圈，包括天底的半圆叫做子圈。

为了按照太阳的视运动建立计时系统，人们很早以前是把太阳连续两次通过任一子圈或午圈所经过的时段，叫做一个真太阳日，并以此作为计量时间的基本单位。后来，随着时间计量技术的发展，发现两个真太阳日的时段不是相等的，最长和最短的真太阳日相差达半小时。因此，用真太阳日作为计量时间的基本单位，是很不均匀的。但由于太阳和人们的日常生活密切相关，我们还是希望按太阳的视运动计量时间。为了解决这个问题，于是建立了更加完善的按太阳计量时间的计时系统，这就是平太阳时系统。

前已指出，太阳的视运动实际上是地球自转和公转的反映。在天文学上，把反映地球自转的太阳视运动叫做周日视运动，而把反映地球公转的太阳视运动叫做周年视运动。太阳总的视运动是这两种视运动的合成。地球自转的角速度是比较均匀的，而地球绕太阳公转的角速度则很不均匀，并且地球公转轨道所决定的平面与地球自转轴不垂直，这就使得反映地球公转的太阳周年视运动的角速度也是不均匀的。这就是真太阳日的长度所以明显地不均匀的原因。

为了建立一个按太阳计量时间，但比真太阳时系统更为均匀的计时系统，假想天球上有另一个太阳，叫做平太阳。它在天球上周年视运动一周所经过的时段和真太阳一样，但角速度是均匀的。

平太阳时系统就是利用这个假想的平太阳的视运动作为标准原器而建立的。

在平太阳时系统中，把平太阳通过观测点午圈的时刻叫做平正午，通过子圈的时刻叫做平子夜。平太阳连续两次通过子圈所经历的时段叫做平太阳日。把一个平太阳日等分为86400

个时段，每一个时段的长度就是平太阳时系统基本单位——平太阳秒的长度。

在平太阳时系统中，以平子夜作为每个平太阳日的起算点。

在科学技术以及日常生活中通常就是采用这种计时系统。

地面上每一个观测点都有自己的子午圈。而平太阳日的起算点——平子夜是平太阳通过子圈的时刻。这样，在同一瞬时，不同经度上的观测点将有不同的时刻值。通常把这样计量所得到的时刻，叫做地方时。

如果各地都使用自己的地方时，则将会给人们的生活和工作带来不便。随着交通运输、通讯事业的发展和国际交往的日益频繁，就将更加感到不便。这样就产生了按“区时系统”计算时刻的方法。这种系统以经过英国伦敦的格林威治天文台的零度经线为零时区的中央经线，从西经 $7^{\circ}30'$ 到东经 $7^{\circ}30'$ 的范围划为零时区。在这个时区内以零度经线的地方时为标准时间，这就是格林威治时间，或称世界时。然后从零时区的边界线分别向东、西每隔经度 15° 划一个时区，显然东十二区和西十二区应是重合的。即全球共划分为24个时区，各区都以该区中央经线的地方时为该区的区时。如我国首都北京在东经 116° ，属东八区，这个时区的中央经线是东经 120° ，因此“北京时间”实际上是东经 120° 的地方时。

全地球24个时区的时刻都是相差整小时数，使用比较方便，这是区时系统的优点。

实际上时区的界线并不完全按照经线划分，为了方便起见，往往按照各国行政区域或自然界线来划分。

我国领土辽阔，东西横跨几个时区，为了方便起见，目前只采用一个区时，即以北京时间作为全国统一的标准时间。

按照区时系统，例如当北京时间为星期二，二十时的时刻，如从北京向东推算，第十二时区，此时应为星期二的二十四时，或星期三的零时，而向西推算却应为星期二的零时。那么，这个时区在这个时刻到底算是星期二还是星期三呢？为此，国际上人为地规定了以 180° 经线附近的一条线作为日界线。日界线除南极洲外不经过任何陆地。地球上的每一天从日界线开始。就是说把日界线作为地球上每一天开始最早的地方。这样，当由日界线以西航行到日界线以东时，日期就得少算一天，例如，6月9日过日界线，那么第二天仍算作6月9日。而当由日界线以东到日界线以西时，日期就得多算一天，例如11月2日过日界线，那么第二天应该算作11月4日。

上面介绍的计时系统是以地球自转周期为基础建立的。随着科学技术的发展，已经发现地球自转周期并不是均匀的，而是逐渐增大（即转速逐渐减慢），并有季节性变化和不规则变化等。地球自转周期既然有变化，因此根据地球自转而建立的平太阳时系统（包括单位和起算点）也将是不够稳定的。近代许多科学技术的发展对时间计量准确度提出越来越高的要求，为了适应这种需要，就出现了以地球公转为基础而建立的历史书时系统。在这种计时系统中，采用1900年1月0日12时（世界时）的回归年长度作为计量时间的单位，规定该回归年长度的 $\frac{1}{31556925.9747}$ 为1历史书秒，而86400历史书秒为1历史书日。

因此，历史书时系统是一种完全稳定的计时系统，适用于对时间精度要求高的情况。自1960年起，历史书时已正式使用。这种计时系统的缺点是测定比较复杂。

科学技术的发展为研制高精度的计时仪器创造了条件。大家知道，原子只能处在一定的能级，当它从一个能级跃迁到另一个能级时，将辐射或吸收一定频率的电磁波，这种电磁波

的频率非常稳定。在原子物理、量子力学和电子技术发展的基础上，人们利用这种原子频率制成了原子钟。这种高精度的计时仪器的出现，为时间计量工作带来很大方便。

1967年国际度量衡委员会决定：从1972年1月1日0时（世界时）开始，标准时间用国际原子钟得到。并以铯（ Cs^{133} ）原子在两个规定能级间跃迁时所辐射或吸收的电磁波振荡9192631770次所经历的时段作为原子时的秒长。

利用原子时，可以得到准确度比平太阳时要高得多的时间。随着原子钟制造技术的发展，原子时的准确度将越来越高。

第三节 计时仪器的种类

计时仪器的应用范围很广，品种也很多，为便于概括地了解计时仪器的类型，下面根据其不同特点进行分类。

根据基本工作原理分类：

1. 利用周期性过程计量时间的计时仪器，即振动计时仪器。绝大部分计时仪器属于这一类。其中有的是利用频率较低的机械振动，如摆钟、摆轮钟等。也有的是利用频率较高的电磁振荡，如同步电钟、石英钟等。

2. 利用非周期性过程计量时间的计时仪器，即非振动计时仪器。这种仪器是利用持续时段已知的某些物理或化学过程来计量时间，如用于短时段计量中的某些电子延时线路和液压延时装置等。

根据结构特点分类：

1. 机械计时仪器。这类仪器的振动系统是机械式的，而且各个基本组成部分也都由机械零件构成。如机械手表、机械闹钟等。

2. 机电计时仪器。这类仪器的基本组成中，既有机械零件，又有电学元件。其中绝大部分的振动系统采用机械式，为了提高精度或改善某些使用上的性能，在其他部分采用了电学元件或简单的电子线路。这类仪器的实质是由机械计时仪器改进而成。如电摆钟、电摆轮钟等。

3. 电子计时仪器。这类仪器的基本部分是由电子元件构成。如石英钟等。

根据用途上的特点分类：

1. 指示时刻的计时仪器。其用途主要是指示时刻值。例如闹钟、手表等。

2. 测量时段的计时仪器。其用途是测量时段的长短。例如秒表、记时仪等。

3. 时段控制的计时仪器。其用途是在指定时段后或按照排定的时间顺序发出信号，以控制各种执行机构的工作。如定时器、程序钟等。在自动化设备中广泛采用这类仪器。

第四节 振动计时仪器的基本原理

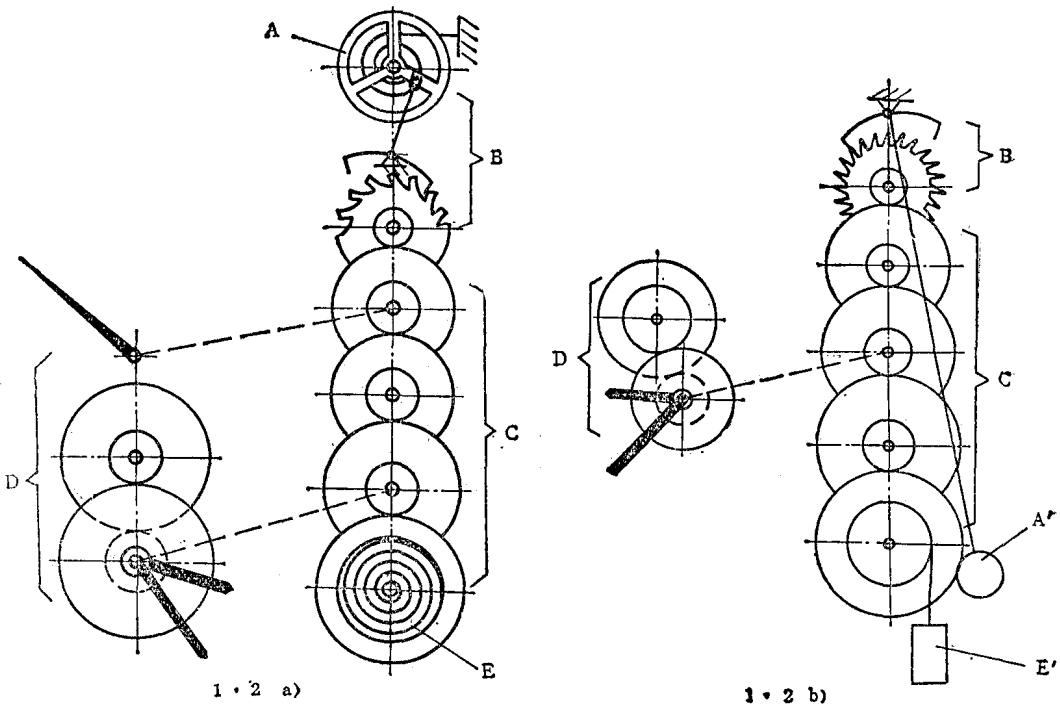
前已指出，现代绝大部分计时仪器属于振动计时仪器。该仪器的原理是利用了一个周期恒定的、持续振动的振动系统，振动系数的振动周期乘以被测过程内的振动次数，就得到该过程经历的时间。即

时间 = 振动周期 × 振动次数。

这就是振动计时仪器的基本工作原理。

振动计时仪器的振动系统在工作时，由于不可避免的运动阻力，振幅将逐渐衰减。为使其不衰减地持续振动，则必须周期性地给振动系统补充能量。因此，振动计时仪器中都有能源装置。通常是用上紧发条或升起重锤所储备的位能作为能源。在电机机械计时仪器中，往往用电磁能作为能源。也有利用其他的方法获得能量的，例如在某些钟表信管和自动手表中利用惯性力作为能源等。

在机械计时仪器和部分电机机械计时仪器中，把能量周期性地补充给振动系统是通过一个特殊的机构——擒纵机构。擒纵机构还同时用来计算振动系统的振动次数。通常把振动系统和擒纵机构合称为擒纵调速器，因为它实质上起着使钟表指针或钟表机构的工作轴以相等的平均角速度转动的作用。

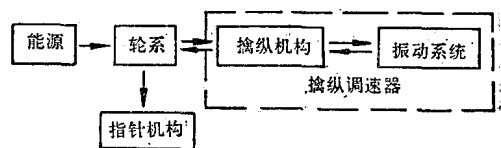


1·2图 机械式振动计时仪器示意图

在上述计时仪器中，能源往往不是直接和擒纵调速器相联系，这是因为结构条件的限制，即发条工作圈数不宜太多，重锤升起的距离也不能太大。因而在能源和擒纵调速器之间加一传动轮系，以延长计时仪器一次上条或一次升起重锤的持续工作时间。

振动计时仪器除了应具备上面提到的基本组成部分外，随着用途的不同，还有各种不同的附加机构。例如对指示时刻和测量时段的计时仪器应有指针机构等。

1·2图是两种典型的机械式振动计时仪器示意图。其中 a 是摆轮钟， b 是摆钟。可以看



1·3图 机械式振动计时仪器工作原理图

出，它们都是由振动系统——摆轮游丝系统A或摆A'、擒纵机构B、轮系C、指针机构D和能源——发条E或重锤E'所组成。因此，我们可以用1·3图来表示机械式振动计时仪器的组成和工作原理。

第五节 擒纵调速器简介

擒纵调速器是机械计时仪器的重要组成部分。它由振动系统及擒纵机构两部分组成。

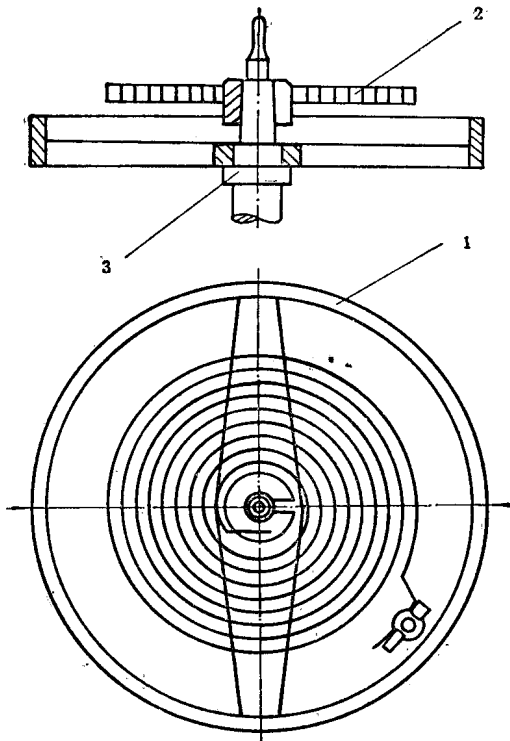
计时仪器中常用的机械振动系统可分为下列三类：

1. 由一平衡零件和一弹性元件组成的振动系统；
2. 摆；
3. 物体弹性振动。

由一平衡零件和一弹性元件组成的振动系统是计时仪器中最常见的振动系统。属于这种类型的有：

1. 摆轮游丝系统；
2. 平衡摆片簧系统；
3. 扭转摆。

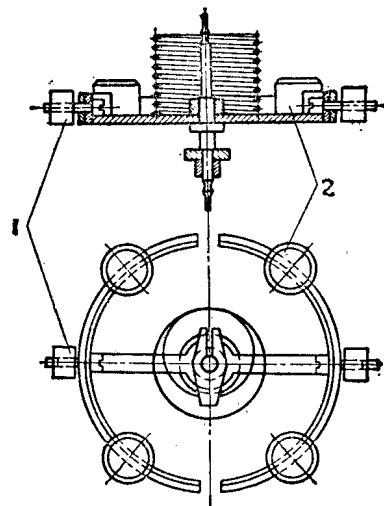
1·4图和1·5图所示是两种摆轮游丝系统的简图。1·4图为平游丝式，1·5图为圆柱游丝式。



1. 摆轮；2. 游丝；3. 摆轴。

1·4图 平游丝式摆轮游丝系统

摆轮游丝系统的主要组成零件是摆轮1和游丝2。摆轮紧固在摆轴3上。游丝内端也固定在摆轴上，而外端固定在不动的零件上。如果外力使摆轮离开平衡位置，则在游丝弹性力矩的作用下，系统产生振动。从能量关系看，



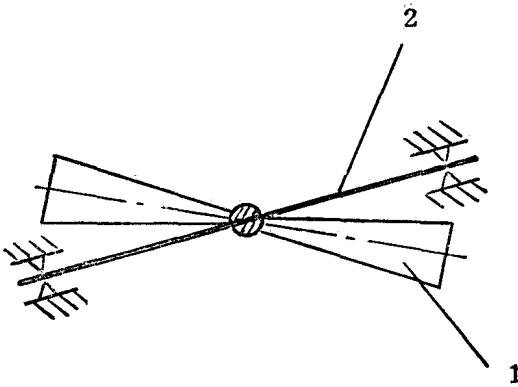
1·5图 圆柱游丝式摆轮游丝系统

摆轮游丝系统的振动过程就是摆轮的动能和游丝弹性位能交替互相转换的过程。

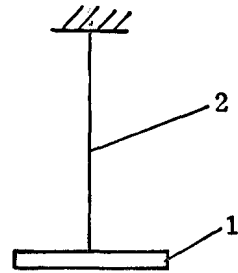
平游丝式摆轮游丝系统结构紧凑，所需空间较小。一般摆轮钟中，特别是外廓尺寸限制较严格的摆轮钟，多采用平游丝式。圆柱游丝式摆轮游丝系统目前应用较少，在某些精密摆轮钟中有时采用。

平衡摆片簧系统主要是由平衡摆 1 和作为弹性元件的片簧 2 组成 (1·6图)。其工作原理和摆轮游丝系统基本相同。这种振动系统一般具有较小的振动周期 (0.005秒~0.01秒)，用于短时段计时仪器中，例如钟表信管等。

扭转摆如1·7图所示，它由摆盘 1 和悬丝 2 组成。悬丝以其下端固定摆盘，而其上端固定在不动的支点。悬丝的截面可为矩形或圆形。这种振动系统一般具有较长振动周期 (从几秒至几十秒) 多用于能量较节省而走时延续时间较长的计时仪器中例如四百天钟等。



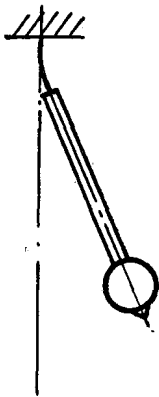
1.平衡摆; 2.片簧。
1·6图 平衡摆片簧系统



1.摆盘; 2.悬丝。
1·7图 扭转摆

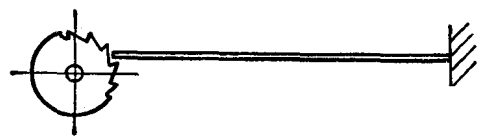
从运动学的观点看来，此系统具有三个自由度，但工作时要求只绕铅垂轴线扭转，因此，这种振动系统对于碰撞、震动等动力作用特别敏感。

摆是一个能绕水平轴线摆动的刚体，刚体的重心与转动中心不重合 (1·8图)。它与上述振动系统的区别在于没有用来产生恢复力的弹性元件，维持系统振动的恢复力是重力。振动过程是摆的动能和位能交替互相变换的过程。



1·8图 物理摆

摆对震动比较敏感，因而只能用于固定式钟表中。常用的振动周期一般是0.5~2秒。



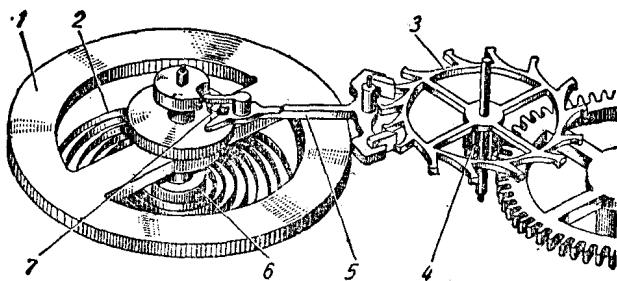
1·9图 弹性片

在测量短时段的机械计时仪器中，有时采用弹性片作为振动系统（1·9图）。它是一个一端固定的金属片，当外力使其离开平衡位置时，将在本身弹力的作用下往复振动。

下面介绍擒纵调速器。根据擒纵调速器所采用的振动系统的特点，可以把所有的擒纵调速器分成两大类：

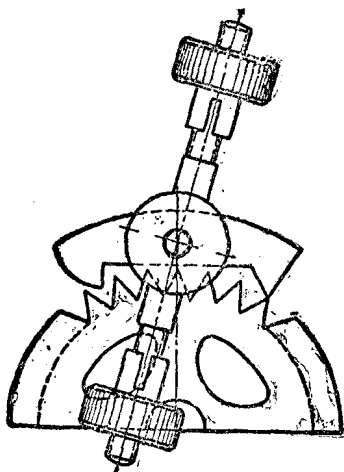
1. 有固有振动擒纵调速器；
2. 无固有振动擒纵调速器。

在有固有振动擒纵调速器中，具有可以独立进行振动的、有稳定的振动周期的振动系统。擒纵机构的主要作用在于给振动系统补充能量，以使振动不衰减。例如手表、闹钟中走时系统的擒纵调速器就属于此类（1·10图）。



1·10图 有固有振动擒纵调速器

无固有振动擒纵调速器没有能够独立进行振动的振动系统，这种擒纵调速器中的所谓振动系统的往复摆动，完全依靠擒纵机构的往复推动，因此，它的振动周期稳定性低。1·11图为此类擒纵调速器的一例。机械闹钟中闹时系统的擒纵调速器即属此类。



1·11图 无固有振动擒纵调速器

无固有振动擒纵调速器虽然周期稳定性低，但结构比较简单，能够在外界动力作用较大的使用条件下较为可靠地工作。因此，在要求调速精度不高、工作时段较短或使用受到较大动力作用的计时仪器中常被采用。例如用于某些定时器、照像机自拍装置和钟表信管的远距离解除保险及延时的钟表机构等。

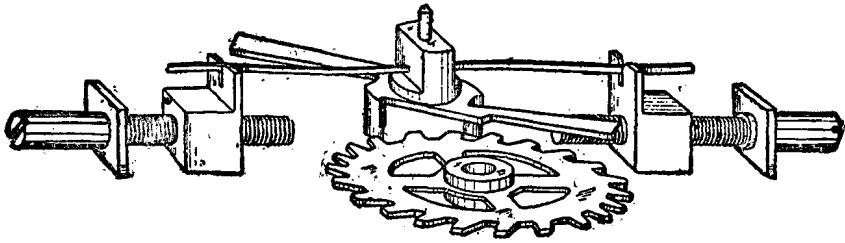
有固有振动擒纵调速器具有较高的周期稳定性，因此为大部分的计时仪器所采用。

根据工作时振动系统与擒纵机构联系的情况，有固有振动擒纵调速器又可分为自由式和非自由式两类。

在自由式擒纵调速器中，振动系统的工作大部分时间是自由振动，只是在补充能量时才和擒纵机构有联系。因此，擒纵机构对其影响较小，其周期稳定性较好。

非自由式擒纵调速器的振动系统在全振动过程中几乎都和擒纵机构保持联系，这将使振动系统周期稳定性降低。就这方面来说，这种调速器的精度低于自由式擒纵调速器。

非自由式擒纵调速器的优点是其擒纵机构的结构较自由式擒纵调速器简单，并且在震动和过载的条件下工作比较可靠。这种擒纵调速器主要用于钟表信管中，如容克式信管的擒纵调速器（1·12图）等。在固定式摆钟中通常采用的格拉哈姆擒纵调速器和后退式擒纵调速器也属于此类，但后两种擒纵调速器对外界动力作用是比较敏感的，因为它采用了摆作为振动系统。



1·12图 容克式擒纵调速器

自由式擒纵调速器又可根据擒纵机构的结构而分成锚式和非锚式两类。在锚式擒纵调速器中，能量是由擒纵轮通过中间零件——擒纵叉传递到振动系统。而在非锚式擒纵调速器中，则是擒纵轮直接对振动系统传递能量。

锚式擒纵调速器是目前应用最广的擒纵调速器，其中又以叉瓦式和销钉式最常见。1·10图所示即为叉瓦式擒纵调速器。