



JIXIEJISHIYIQI

机械计时仪器

天津人民出版社

内 容 提 要

全书除绪论外，主要分为两部分。第一部分，从第二章到第六章，是以机械手表为典型，介绍机械计时仪器的结构，工作原理和设计计算方法；第二部分从第七章到第九章，对常用的机械计时仪器（包括部分电机械计时仪器）作了一般的介绍。

本书除供钟表工业战线的技术人员和工人参考外，还可作为大学计时仪器专业教材。

机 械 计 时 仪 器

天津大学精仪系“机械计时仪器”编写组编

*

天津人民出版社出版

(天津市赤峰道124号)

天津市第一印刷厂印刷 天津市新华书店发行

*

开本787×1092毫米 1/16 印张16 插图2 字数351,000

一九七四年九月第一版

一九七四年九月第一次印刷

印数1—20,000

统一书号：15072.22

每册：1.77元

毛主席语录

教育必须为无产阶级政治服务，必须同生产劳动相结合。

独立自主、自力更生、艰苦奋斗、勤俭建国。

在生产斗争和科学实验范围内，人类总是不断发展的，自然界也总是不断发展的，永远不会停止在一个水平上。

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。

前 言

遵照伟大领袖毛主席“独立自主、自力更生”的教导，我国钟表工业，从无到有，由小到大，迅速发展起来。无产阶级文化大革命运动，进一步促进了钟表工业的发展。新建的手表厂、钟表元件厂和材料厂，象雨后春笋，遍布祖国各地。一批具有中国特色的钟和手表畅销国内外。钟表工业形势一派大好。目前，钟表工业战线广大职工，在党的“十大”精神鼓舞下，鼓足干劲，奋发图强，努力提高产量和产品质量，为赶超世界先进水平作出积极贡献。

为适应钟表工业迅速发展和我校教学需要，一九七一年秋，我们组织了编写组，结合教育革命和产品设计等实践活动，深入各地钟表厂，参观学习，调查研究，总结经验，与工人、技术人员和领导干部一起讨论书稿提纲，力求紧密结合我国钟表工业生产的实际，编写了这本《机械计时仪器》。

本书以机械手表为典型，主要介绍机械计时仪器的结构，工作原理和设计计算方法，并对常用的机械计时仪器（包括部分电机械计时仪器）做了一般的介绍。编写中力求贯彻少而精、理论联系实际的原则，破除烦琐哲学，文字深入浅出，便于工农兵读者参考。

应该说明，本书原拟广泛征求意见补充修订后再行出版的，但是，国内有关机械计时仪器原理方面的书籍很少，许多厂的工人、技术人员和业余钟表爱好者不断来函索取，为适应读者和教学的急需，于是先将本书初稿付印，并以这次出版作为广泛征求意见的极好机会。

由于我们政治思想和业务水平不高，实践经验又少，书中一定存在不少缺点和错误，欢迎读者提出批评意见。

本书在编写过程中，得到了天津、北京、上海、西安等有关厂、所的工人和技术人员的大力帮助和指教，在此衷心致谢。

编 者

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.....	5
第五节 擒纵调速器简介.....	6
第二章 摆轮游丝系统	11
第一节 摆轮游丝系统的振动周期及影响周期的因素.....	11
第二节 摆轮游丝系统不平衡对振动周期的影响及减少影响的方法.....	13
第三节 游丝力矩非线性对振动周期的影响.....	19
一、快慢针夹子与游丝之间间隙对周期的影响.....	19
二、游丝内外端固定点对周期的影响.....	22
三、游丝安装误差对周期的影响.....	25
四、游丝材料对周期的影响.....	27
第四节 游丝质量对周期的影响.....	28
一、游丝重心对周期的影响.....	28
二、游丝转动惯量对周期的影响.....	30
第五节 环境温度对周期的影响.....	31
第六节 磁场对周期的影响.....	35
第七节 动力作用对周期的影响.....	37
一、振动对周期的影响.....	37
二、过载对周期的影响.....	40
三、碰撞对周期的影响.....	41
第八节 提高等时性和减少位置误差的途径.....	42
一、等时性的概念.....	42
二、位置误差的概念.....	42
三、提高等时性的途径.....	43
四、减少位差的途径.....	46
第九节 摆轮游丝系统的设计计算.....	47
一、摆轮、游丝的结构和材料.....	47
二、摆轮的设计计算.....	48
三、游丝的设计计算.....	57
第三章 叉瓦式擒纵机构	60
第一节 叉瓦式擒纵机构的结构及其工作原理.....	60

第二节 叉瓦式擒纵机构的效率	66
一、摩擦功的计算	67
二、碰撞功的计算	69
三、释放功的计算	70
四、冲击功的计算	72
五、擒纵机构效率的计算	76
第三节 擒纵机构对振动周期的影响	77
一、瞬时传冲对振动周期的影响	77
二、叉瓦式擒纵调速器的相图	80
三、用相图分析擒纵机构对振动周期的影响	81
第四节 叉瓦式擒纵机构主要参数的选择	84
一、擒纵轮和擒纵叉的中心距、擒纵叉和摆轮的中心距	85
二、落角、锁角和损失角	85
三、擒纵轮的齿数	86
四、擒纵叉对擒纵轮的包角、偏移角	86
五、摆轮升角和叉升角	87
六、瓦宽角和齿宽角、瓦冲角和齿冲角	89
第五节 叉瓦式擒纵机构的作图	91
第四章 齿轮传动	97
第一节 齿轮传动在钟表机构中的应用及其特点	97
第二节 钟表机构中齿轮传动的齿形	99
第三节 钟表啮合的分析方法	103
一、啮合线	104
二、确定进啮角和出啮角	108
三、轮齿啮合过程的传动比	109
四、轮齿啮合过程的力矩比	110
五、轮齿啮合过程的效率	113
六、轮齿的滑动系数	113
第四节 制造误差对钟表齿轮传动性能的影响	117
第五节 钟表机构中的辅助齿轮传动	121
第五章 发条	125
第一节 钟表机构对发条的要求	125
第二节 发条的结构和工作原理	126
第三节 S形发条及其设计计算	129
一、S形发条	129
二、基本公式	132
三、设计计算举例	139
第六章 钟表机构的设计计算	143

第一节	设计方案的拟定	144
一、	外廓尺寸	145
二、	传动图的选定和计算	145
三、	各组成部分结构和主要参数的选定	152
第二节	平面布置设计	153
第三节	轴向布置设计	162
第七章	指示时刻用计时仪器	168
第一节	闹钟	168
一、	销钉式擒纵调速器	169
二、	销轮啮合	175
三、	闹时系统	175
第二节	机械摆钟	178
一、	摆	178
二、	摆钟中的擒纵机构	184
三、	报时系统	188
第三节	半导体摆轮钟	190
一、	开关元件	191
二、	计数机构	192
三、	电子机械式钟表机构中的齿轮传动	195
第四节	子母钟	195
一、	母钟	195
二、	子钟	200
三、	电钟系统	202
第五节	同步电钟	204
第六节	自动表与日历表	206
一、	自动表	206
二、	日历表	211
第八章	测量时段用计时仪器	214
第一节	机械式秒表	214
第二节	电机械式秒	218
第九章	钟表信管	221
第一节	克鲁伯信管的结构和工作原理	221
一、	一般叙述	221
二、	克鲁伯信管的结构和工作原理	222
三、	克鲁伯信管的工作过程	225
第二节	克鲁伯信管的擒纵调速器	226
一、	平衡摆片簧系统的结构和工作	226
二、	平衡摆片簧系统的振动周期	227

三、克鲁伯式擒纵机构的结构和工作.....	228
四、克鲁伯式擒纵机构的作图.....	231
五、导块间隙对振动系统周期的影响.....	232
六、克鲁伯式擒纵调速器的调整.....	234
第三节 作用在信管钟表机构零件上的外力及其影响.....	236
一、信管钟表机构的特点.....	236
二、作用在信管钟表机构零件上的外力.....	237
三、外力对信管钟表机构工作的影响.....	238

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的形式。”（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，都常常需要计量时间。

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。

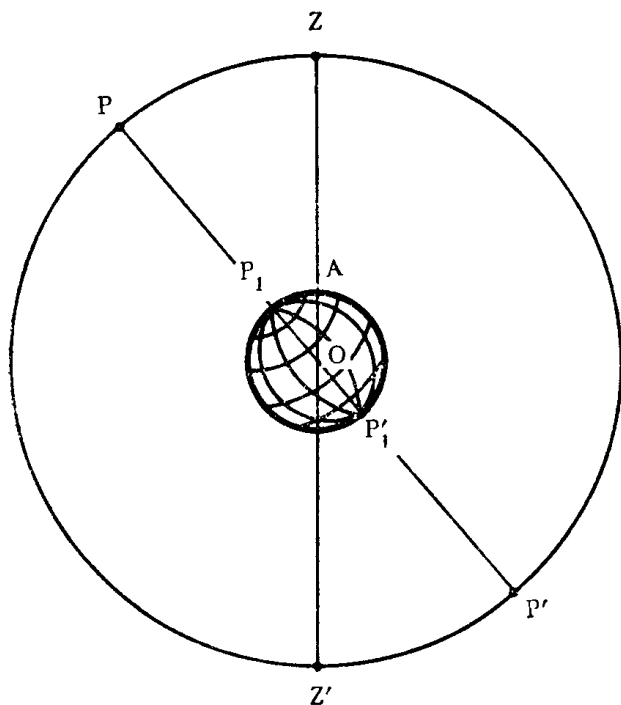
大家知道，我们所看到的太阳的运动，实际上是地球自转与公转的结果。因此，在

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，看去像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' （见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51秒。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。

所谓平太阳，是一个假想的太阳，它在天球上运行一周的时段和真太阳运行一周的时段相等，但视运动速度是均匀的。

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的时段，叫做平太阳日。并以平子夜作为平太阳日的起算点。

在平太阳时系统中，一平太阳日分为24平太阳小时，一平太阳小时分为60平太阳分，一平太阳分又分为60平太阳秒。这样，一平太阳日应为86400平太阳秒。

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°30′到东经7°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，东西横跨约62°，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，日界线除南极州外不经过任何陆地，地球上的每一天从日界线开始。即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，适用于需要高精确时间的情况。自

1960年起，历书时已正式使用。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。并且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，例如：用于短时段计量中的某些电子延时线路和液压延时装置；用于考古研究中的根据放射性同位素的半衰期测量几千年以至亿年以上长时段的装置等。

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。例如：机械手表、机械闹钟等。

2. 电机械计时仪器。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。例如：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。例如：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。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。例如：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，振动系统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

$$\text{时间} = \text{振动周期} \times \text{振动次数}。$$

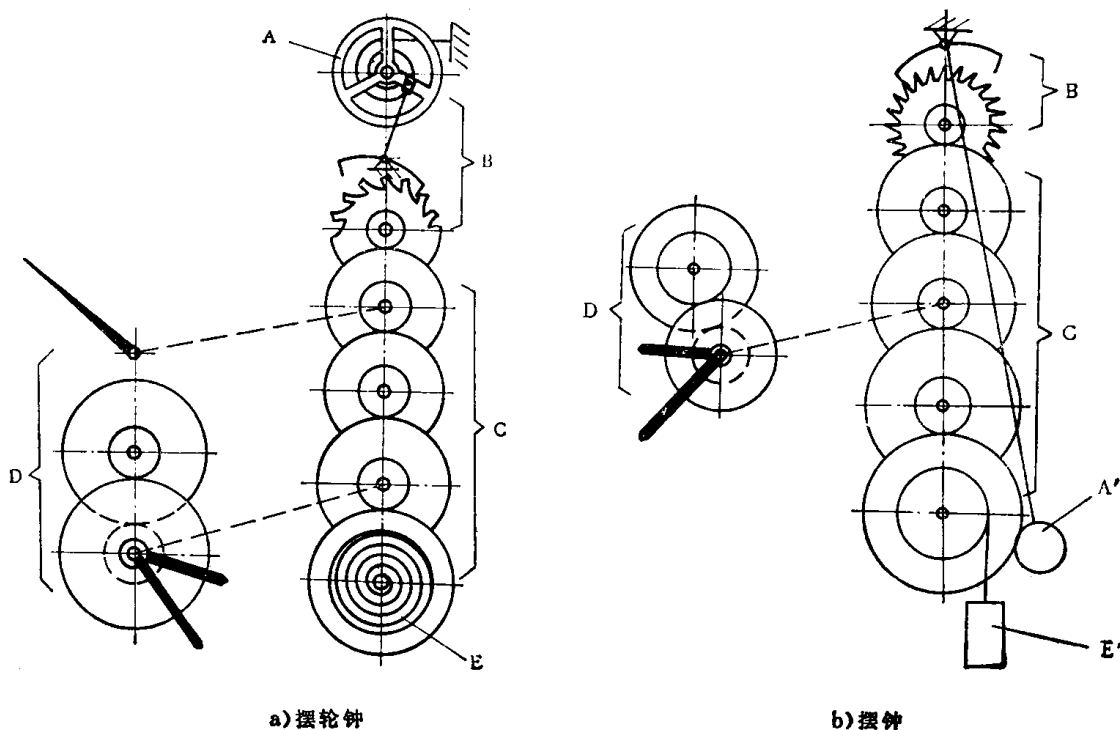
这就是振动计时仪器的基本工作原理。

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，例如在某些机械信管钟表机构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。

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 机械式振动计时仪器示意图

1·2图是机械式振动计时仪器的两种典型品种的示意图。1·2a图是摆轮钟，1·2b图是摆钟。

图中A.摆轮游丝式振动系统；

A'.物理摆振动系统；

B.擒纵机构；

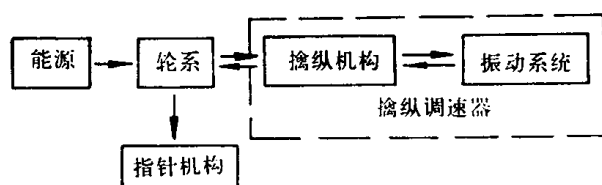
C.轮系；

D.指针机构；

E.能源（发条）；

E'.能源（重锤）。

作为振动计时仪器的例子，可以用下列方框图来表示指示时刻用的机械式振动计时仪器的工作原理。



1·3图 机械式振动计时仪器工作原理图

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. 物理摆；
3. 物体弹性振动。

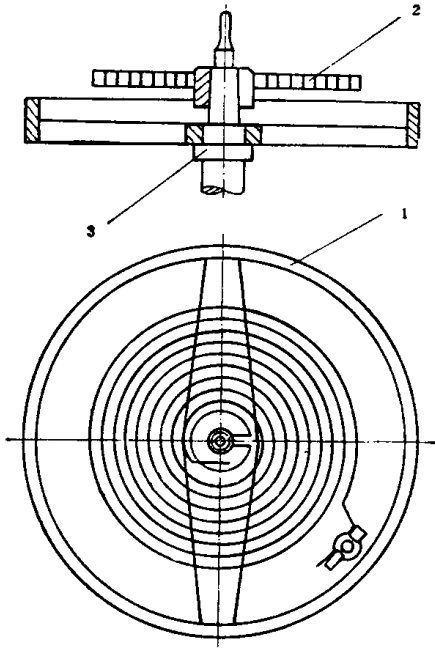
由一平衡零件和一弹性元件组成的振动系统是计时仪器中最常见的振动系统。属于这种类型的有：

1. 摆轮游丝系统；
2. 平衡摆片簧系统；
3. 扭转摆。

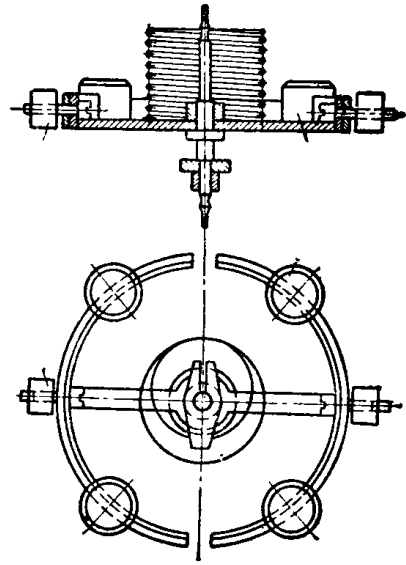
1·4图和1·5图所示是两种摆轮游丝系统的简图。1·4图为平游丝式，1·5图为圆柱游丝式。

摆轮游丝系统的主要组成零件是摆轮1和游丝2。摆轮紧固在摆轮轴3上。游丝内端也固定在摆轮轴上，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，则在游丝弹性力的作用下，系统产生振动。从能量关系看，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



1. 摆轮; 2. 游丝; 3. 摆轮轴。
1·4图 平游丝式摆轮游丝系统

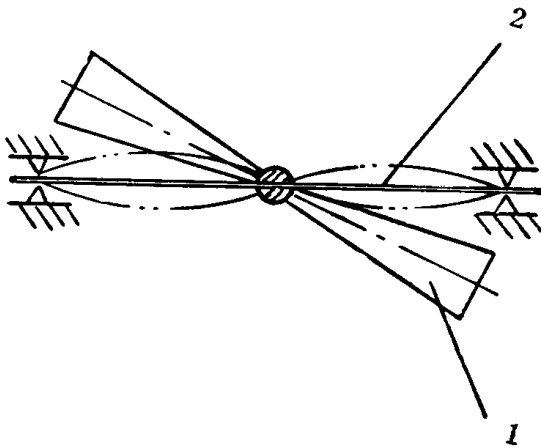


1·5图 圆柱游丝式摆轮游丝系统

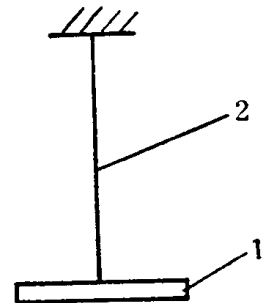
限制较严格的摆轮钟, 多采用平游丝式。圆柱游丝式摆轮游丝系统目前应用较少, 在某些精密摆轮钟中有时采用。

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, 例如机械信管的钟表机构等。

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。这种振动系统一般用于需要较长振动周期的计时仪器中, 例如四百天钟等。



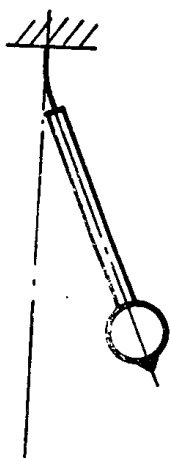
1. 平衡摆; 2. 片簧。
1·6图 平衡摆片簧系统



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摆动。因此，这种振动系统对于碰撞、震动等动力作用特别敏感。

物理摆是一个能绕固定水平轴摆动的刚体，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

物理摆对震动比较敏感，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。

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。



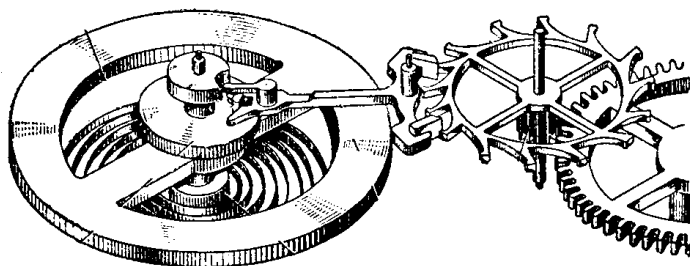
1·9图 弹性片

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）。

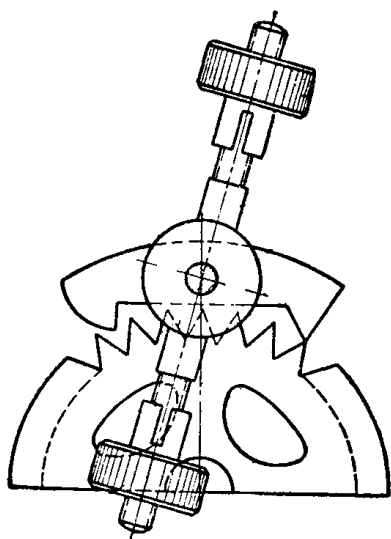


1·10图 有固有振动擒纵调速器

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。

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，并且，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

使用时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、照像机自拍装置和机械信管的远距离解除保险自炸及延时的钟表机构等。



1·11图 无固有振动擒纵调速器

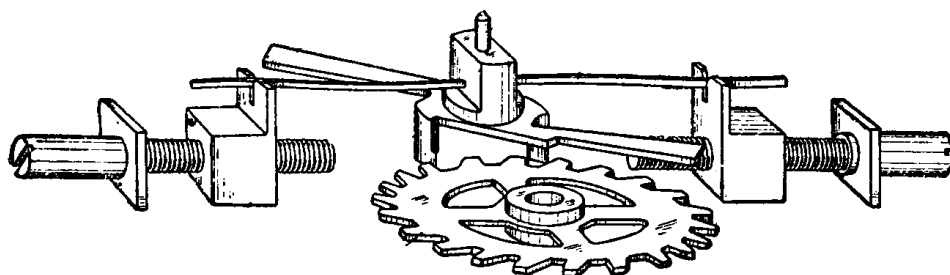
有固有振动擒纵调速器具有较高的周期稳定性，因此为大部分的计时仪器所采用。

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部分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机械信管的钟表机构中，如容克式、克鲁伯式和加涅式擒纵调速器等（见1·12图）。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 非自由式擒纵调速器

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。

综上所述，擒纵调速器的类型可归纳于下：