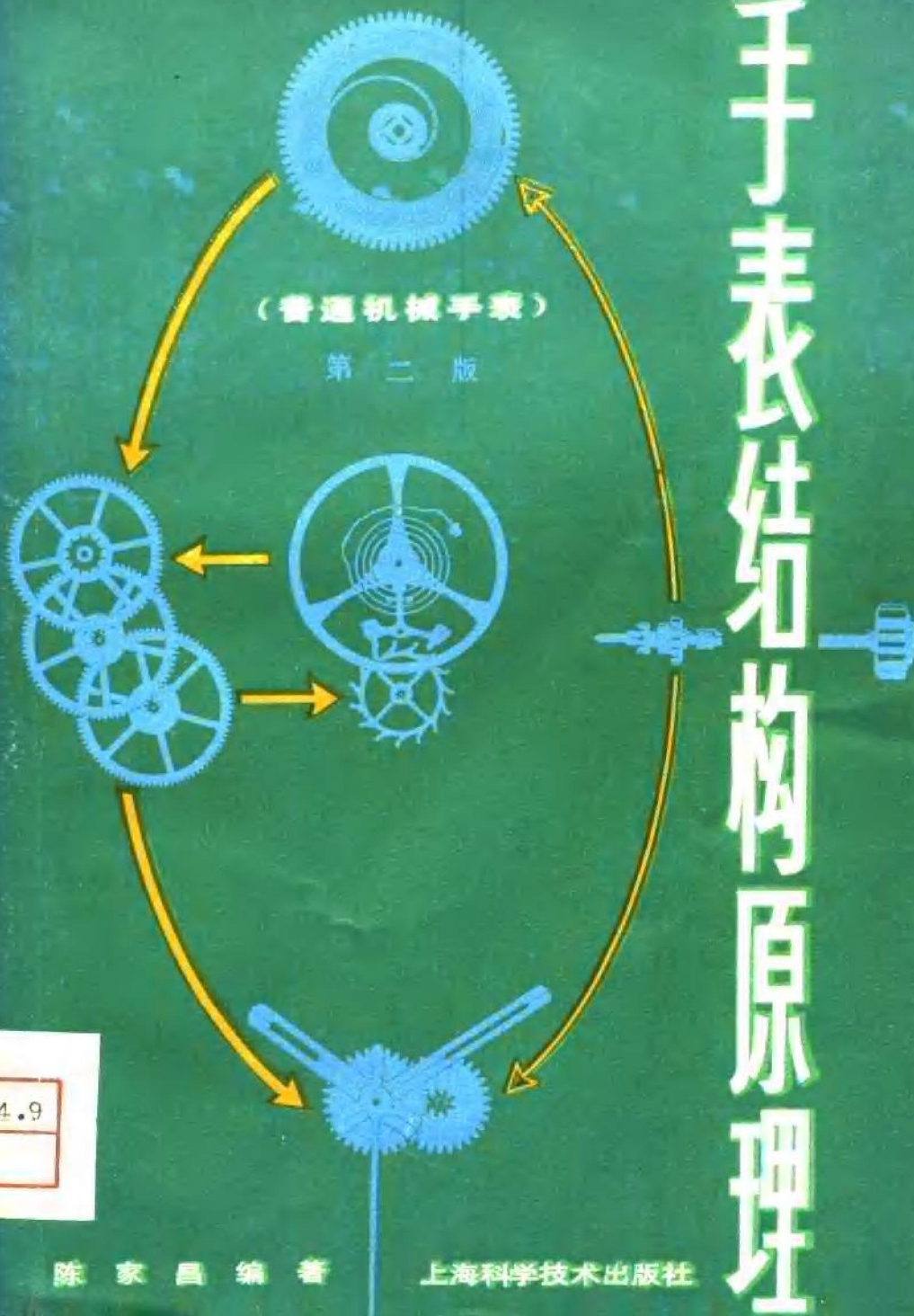


手表结构原理

(普通机械手表)

第二版



陈家昌 编著

上海科学技术出版社

714.9

内 容 简 介

本书共分三大部分:第一部分论述机械手表机心结构的基本原理;第二部分分析机械手表机心结构的理论特性和影响走时性能的各项因素;第三部分为附录,提供有关国产手表结构、零部件及常用符号等图表。

本书可供设计、制造和修理手表的工人、技术人员以及大专院校、科研单位有关计时专业的师生和研究人员在生产和科学实验中参考。

手 表 结 构 原 理

(普通机械手表)

第 二 版

陈 家 昌 编 著

上海科学技术出版社出版

(上海瑞金二路450号)

新华书店上海发行所发行 江苏扬中印刷厂印刷

开本850×1156 1/32 印张8.625 字数226,000

1980年7月第1版 1980年7月第1次印刷

印数1—375,000

书号: 15119·2060 定价(科四): 0.98元

序

本书是在 1974 年本人(原用笔名为陈昌山)所编《手表结构原理》的基础上,根据读者的意见和近年来手表工业的发展情况,经过整理、充实,修订而成。

本书在第一版编写过程中,曾得到:轻工业部第一生产组、科技组和上海手表二厂领导的关切和重视;天津大学精密仪器工程系、上海科技大学数学系和其他兄弟单位的热情支持;以及徐锦华同志和李金兰同志的协助;在此一并表示感谢。

限于本人的理论水平和实践经验,本书虽经过修订,缺点仍在所难免,恳切希望广大读者提出批评和建议。

陈家昌 1979 年于上海

目 录

序

第一部分 机械手表基本原理

绪言	2
第一章 原动系	5
§ 1-1 概述	5
§ 1-2 发条力矩和效率	6
§ 1-3 力矩落差	9
第二章 传动系	13
§ 2-1 概述	13
§ 2-2 齿轮传动原理和基本要素	15
§ 2-3 传动系的齿形特点	21
第三章 擒纵调速系	27
§ 3-1 调速机构的频率和周期	27
§ 3-2 快慢针与活动外桩环的作用	32
§ 3-3 擒纵机构各部名称和定义	36
§ 3-4 擒纵机构的动作名称	40
§ 3-5 擒纵机构的工作过程	43
§ 3-6 擒纵机构的运动角度	47
§ 3-7 双圆盘的保险作用	50
§ 3-8 擒纵机构的结构参数	53
第四章 上条拨针系	58
§ 4-1 工作概况	58
§ 4-2 指针轮系的类型和特性	64
§ 4-3 特殊形式的齿轮传动	68
§ 4-4 上条轮系和棘爪机构	69

第五章 夹板类	78
§ 5-1 概述	78
§ 5-2 手表机心的外形分类尺寸	80
§ 5-3 夹板的结构形式	82
§ 5-4 夹板的精度要求	87
第六章 螺钉类和钻石类	92
§ 6-1 手表螺钉的品种类型	92
§ 6-2 螺纹规格	94
§ 6-3 表钻的主要品种类型	97
§ 6-4 表钻的尺寸公差	99
§ 6-5 手表支承结构的形式和润滑要求	102

第二部分 理论特性和影响走时的各项因素

引言	116
第七章 手表走时性能的名词、术语和定义	117
表差——日差——位差——等时差——温度系数——综合指 标——动力摆幅差——方位摆幅差——走时储存——日变差 ——平均日差——平均日变差——最大日变差——日偏差 ——平均日偏差——最大日偏差——复原差——二次温度误 差——平立平均位差	
第八章 原动系的理论特性	128
§ 8-1 发条特性和润滑条件的影响	128
§ 8-2 原动系结构条件的影响	131
§ 8-3 选配发条的理论要求	133
第九章 传动系对走时的影响	137
§ 9-1 传动系齿形理论特性的分析	137
§ 9-2 各级传动对走时的影响	152
§ 9-3 齿轮啮合深度的影响	154
第十章 擒纵调速系的理论特性和对走时的影响	163
§ 10-1 冲量传递与振荡周期的关系	163
§ 10-2 擒纵机构的自动起摆	164
§ 10-3 摆轮不平衡的影响	167

§ 10-4	摆轮静平衡和动平衡调整	171
§ 10-5	游丝的工作特性	173
§ 10-6	游丝重力作用与偏心运动的影响	176
§ 10-7	摆夹板方位的影响	183
§ 10-8	游丝内桩和外桩的影响	187
第十一章	外界条件对走时的影响	191
§ 11-1	温度的影响	191
§ 11-2	气压和高度的影响	195
§ 11-3	湿度的影响	199
§ 11-4	磁场的影响	201
§ 11-5	外界动力作用下的影响	205

第三部分 附 录

一、	国产普通机械手表结构图录和主要参数	210
二、	国产手表螺钉尺寸和配套数量	247
三、	国产手表表钻尺寸和配套数量	250
四、	国产手表机心主要修配件规格	254
五、	机械手表原理常用符号和名称	263
六、	普通机械手表常用的润滑油品种	266
七、	普通机械手表零、部、组件示例(宝石花牌)	267

第一部分

机械手表基本原理

绪 言

“时间”是任何物质存在和运动的一个基本形式，它和人类起源、历史演变、社会发展，都有非常密切的关系。人们生活中的任何活动，无论是生产斗争、科学实验、军事行动、体育锻炼或娱乐、休息等，从什么时候开始，到什么时候结束，都要受到时间的制约。

用什么来计量时间呢？古代，人们早就意识到这个问题的重要性，先后创造和发明了“日晷”和“铜壶滴漏”等各种计时工具来计量时间。现在则已普遍地使用钟、表，其中尤其是手表，由于携带方便，更为人们所喜爱。随着科学技术的不断发展，人们在现代化生活中所受时间制约的影响日益扩大，不但经常要用到手表，而且对手表的准确性和精度等提出了新的要求。因此，开展手表基础理论和结构性能的研究，提高产品质量，改进工艺措施和革新修理技术等，已成为当前手表行业的迫切任务。要实现上述任务，首先必须对手表的基本结构有所理解，要懂得它的具体构造，了解它所包含的各种零部件的特点、性能、工作过程、以及影响手表走时的一些主要因素。

手表是一种比较精密和复杂的计时仪器，它的结构性能和工作原理具有一定的特殊性，零件又非常精细，有些关键性的部位，单凭肉眼且无法辨析，必须借助于放大镜和显微镜来观察和测量。因此我们必须理论联系实际，对手表结构进行细致的观察和分析，从而理解它的工作特点，掌握它的性能规律，逐步增强理性认识，为开展手表专业的科研工作，进行产品的设计和维修，奠定应有的理论基础。

下图是机械手表的一个最简单的结构方框图，也是它的基本结构原理示意图(图 I)。

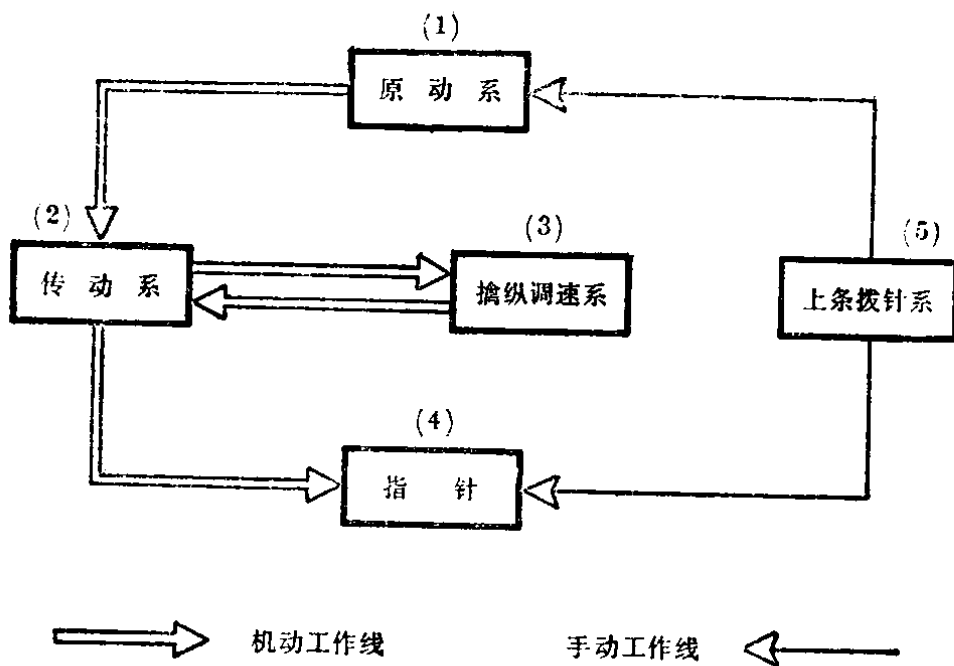


图 I 机械手表结构方框图

具体一些,还可以画成具有零部件形态的结构示意图(图 II)。

通过图 I 和图 II,就能对机械手表的结构取得一个比较形象的概念。从中可以看出,机械手表是采用以发条作为动力的原动系(1),经过一组齿轮即传动系(2)来推动擒纵调速系(3)工作,再由擒纵调速系反过来控制传动系的转速。传动系在推动擒纵调速系的同时还带动着指针(4),由于传动系的转速是受擒纵调速系控制的,所以指针也就能按照一定的规律,在表盘上指出时间。上条拨针系(5)是上发条或拨动指针的机件,对它的作用情况,大家都比较熟悉。

在上述机械手表的这几个结构系统之间,由(1)至(4)都是依靠发条的动力,通过机械传动来进行工作的,所以图中用“机动工作线”表示他们相互间的联系。

而(5)和(1)或(4)之间,平时都是不工作的,只有在需要上条或拨针时,由于使用者手指的动力,才使它们发生传动作用,所以图中用“手动工作线”来表示它们相互间的联系。

下面就按照这些机构的次序,以及手表机心中其他主要组成部分,来阐明这些机构的作用,它们的性质,以及它们相互间的联系和规律。

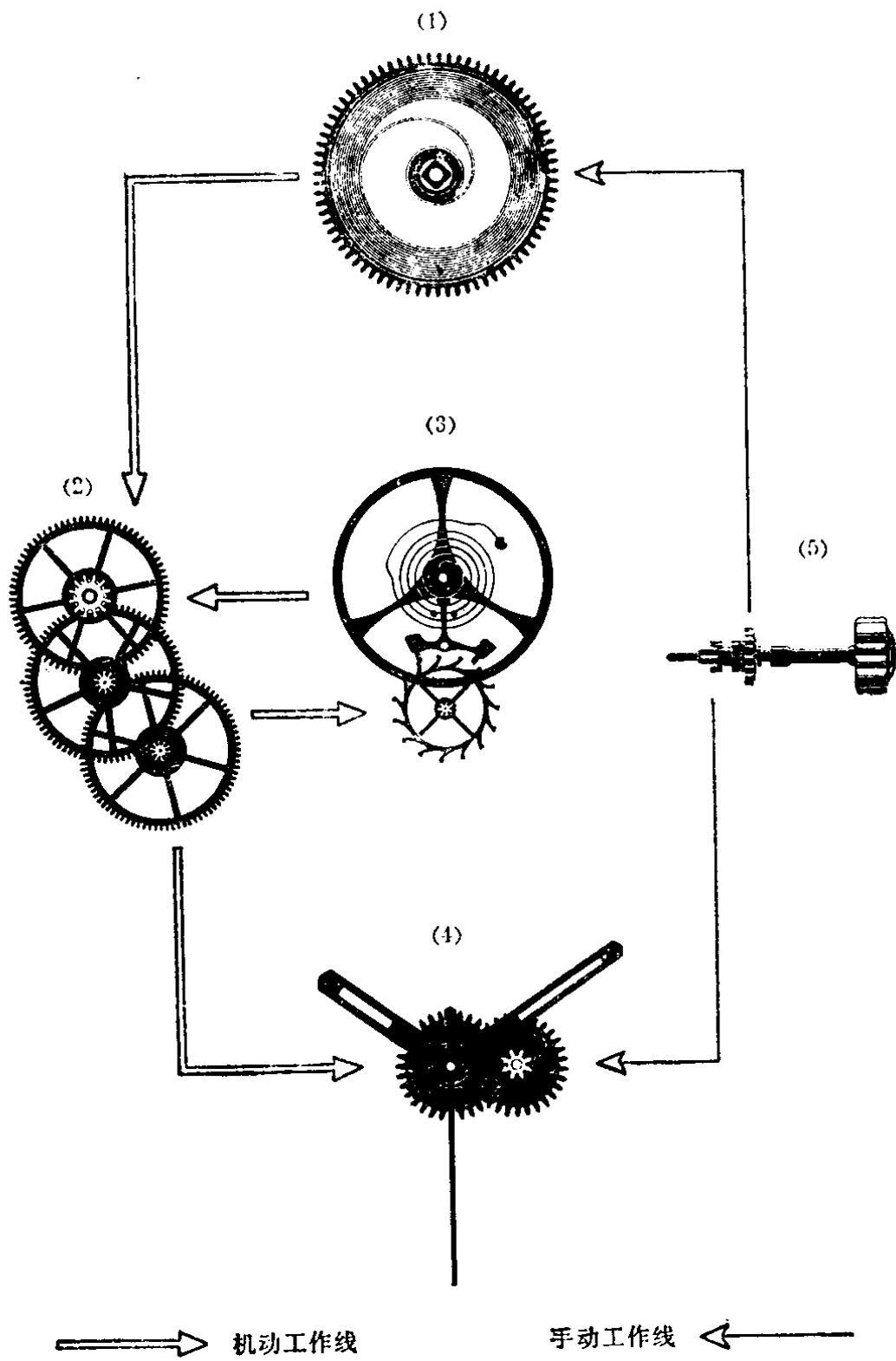


图 II 机械手表结构示意图

第一章 原 动 系

§ 1-1 概 述

原动系是区分钟表类别的主要依据之一。在钟表发展史中,过去曾经有过用水为原动力的钟,也有用重锤作为原动力的钟,后来发明了发条,出现了挂表,再逐步演变而成为普通手表、自动手表、日历手表、闹手表和秒手表等多种形式的机械手表。这些机械手表的原动系中都是采用发条作为动力的。随着科学事业的不断发展,近年来又出现了多种不用发条作为动力的电子手表,例如摆轮游丝式电子手表、音叉式电子手表、指针式石英电子手表、液晶显示式石英电子手表等。

本书论述的范围,仅以目前广泛使用的普通机械手表为限。

机械手表的原动系中通常包括有5个零件,其具体名称为:条盒轮、条盒盖、条轴、发条和发条外钩。图1-1中,上图表示这几个零件装配在一起的情况,其中条盒盖已被剖除一部分,从而可以看到条盒内的其他零件;下图照片是条盒盖卸除后各个零件的实际形状。

原动系中的发条,在自由状态时是一个螺旋形或S形的弹簧,富有弹性。它的内端有一个孔,套在条轴的钩上;它的外端有一个外钩,钩在条盒轮的内壁上。当我们转动手表的上条柄头上发条时,通过上条拨针系的作用,使条轴旋转而将发条卷紧在条轴上。发条卷紧后,由于弹性作用,自然要弹开。这时因条轴不能作相反方向的旋转,所以发条就通过它的外钩迫使条盒轮旋转。条盒轮实际上就是手表中一个最大的齿轮,当发条迫使条盒轮转动时,条盒轮的轮齿就驱使和它相啮合的齿轴转动,从而带动传动系和擒纵调速系,使整个手表机构工作。

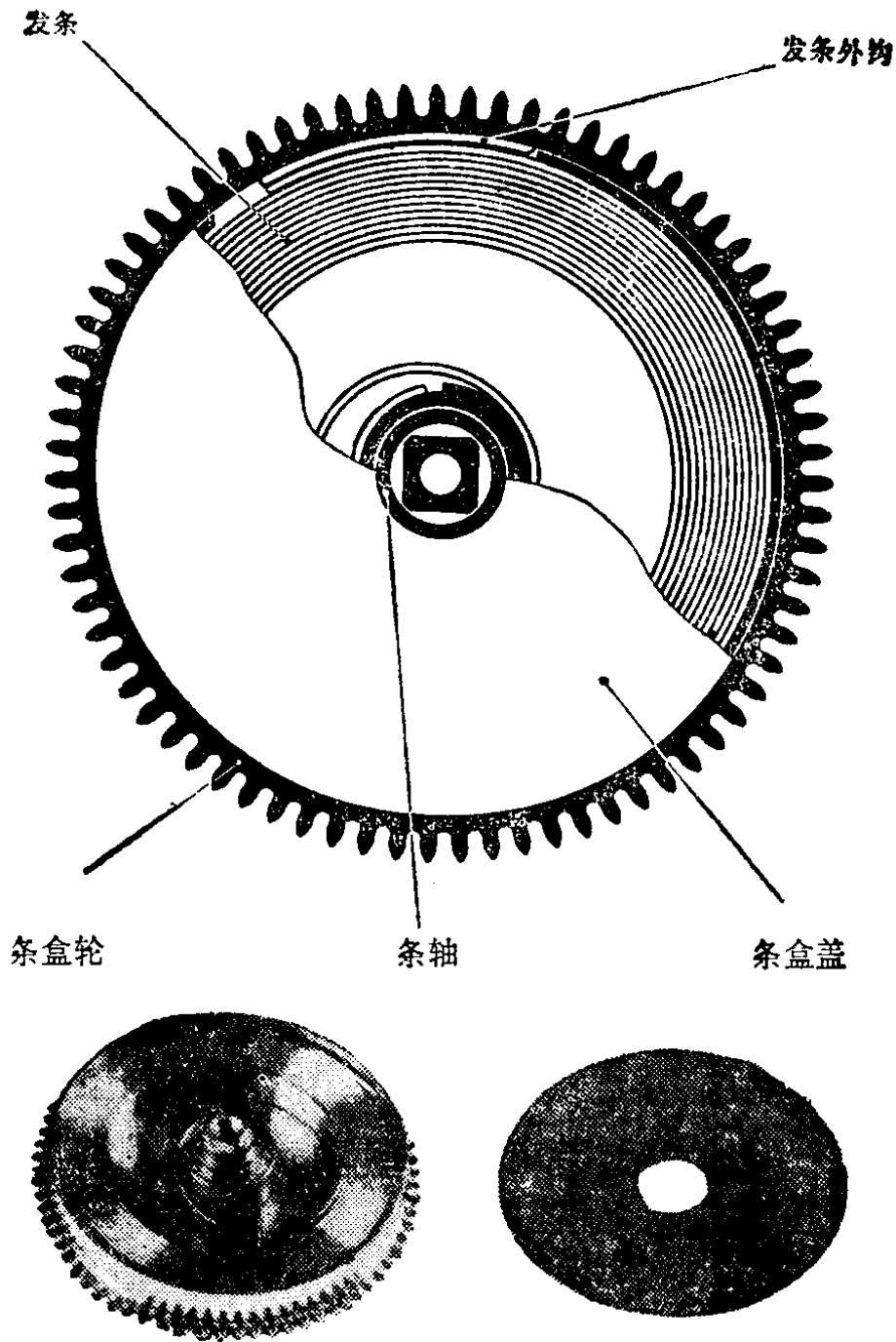


图1-1 原动系

§ 1-2 发条力矩和效率

手表原动系动力的大小是以发条力矩的数值来表示的，它的单位是克·毫米，相当于1克的力作用在与支点距离为1毫米的力点上的力矩。

手表发条力矩的大小随着它在条盒中上紧圈数的增加而增加。当发条全部上紧时，圈数最多，力矩最大；当发条完全放松时，

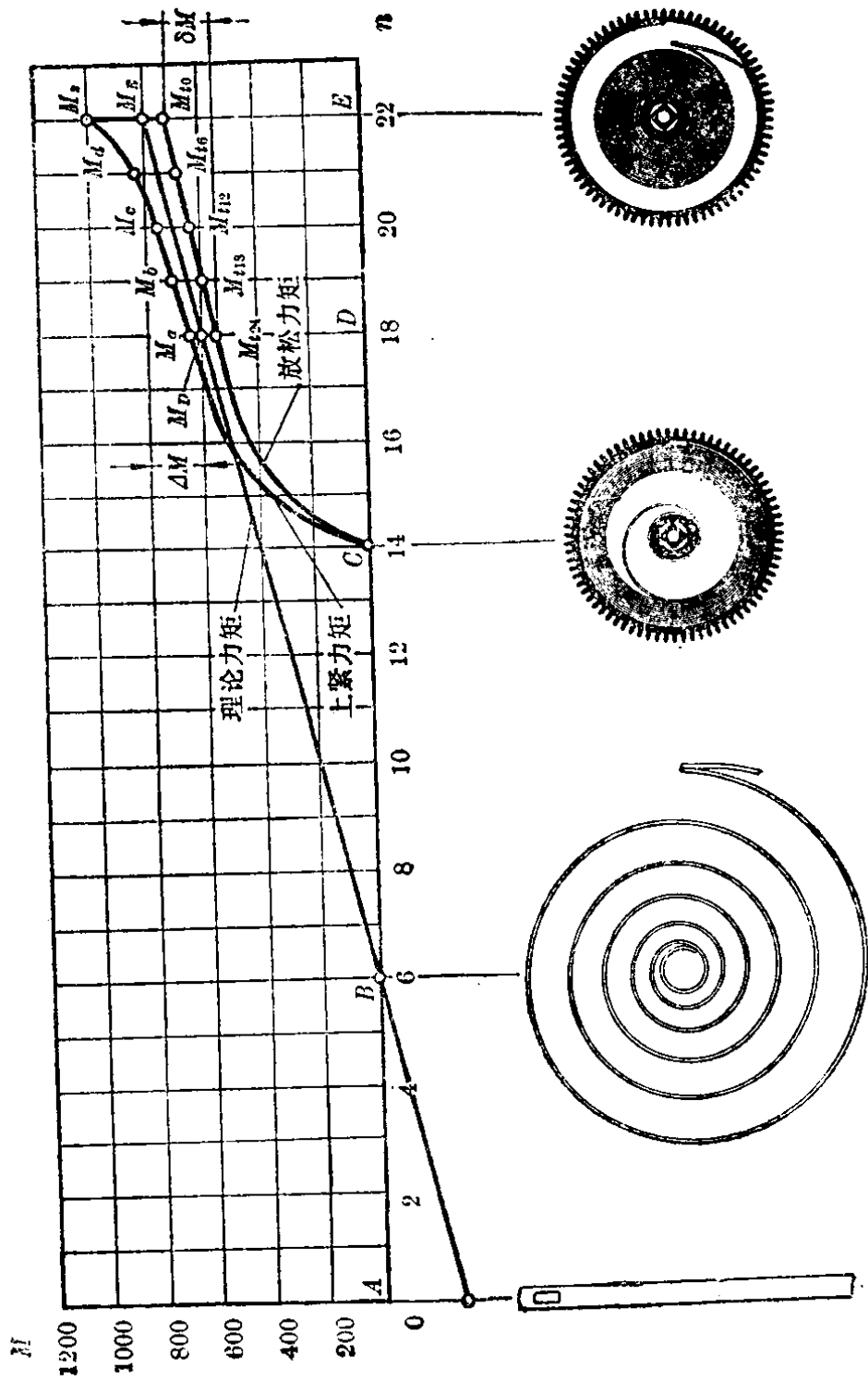


图 1-2 发条形态和特性曲线

M_F —最大理论力矩; M_D —24 小时后理论力矩; M_{t0} —最大工作力矩; M_{t6} —6 小时后工作力矩;
 M_{t12} —12 小时后工作力矩; M_{t18} —18 小时后工作力矩; M_{t24} —24 小时后工作力矩; M_c —最大上紧力
 矩; $M_c \sim M_d$ —相应于 $M_{t24} \sim M_{t18}$ 位置中的上紧力矩; ΔM —理论力矩落差; δM —实际工作力矩落差

圈数最少,力矩也最小。它理论上的特性曲线是一条直线。

图 1-2 是发条形态和特性曲线。图中:纵坐标 M 表示发条力矩,横坐标 n 表示发条圈数。 A 点相当于未成形前的发条; B 点相当于发条成形后自由状态的圈数,其力矩为零; C 点是发条装入条盒轮后放松的状态,这时虽然发条已有应力,但由于受到条盒轮的限制,其实际力矩仍然为零; E 点为发条完全上紧时的情况; D 点为发条放松 24 小时以后的位置(此图是按照条盒每转一圈工作为 6 小时的机心结构情况计算的)。

从图 1-2 中可以看出,发条上紧时的力矩大于理论力矩,而放松时的力矩则小于理论力矩。其原因主要是发条有弹性变形误差和圈间摩擦、边缘摩擦等各种损耗,所以它的实际力矩曲线和理论力矩曲线必然存在着偏移。

发条的放松力矩实际上也就是它的工作力矩,如果将图中 $M_{t0} \sim M_{t24}$ 之间各点的力矩值按下式计算,即可得出 24 小时的平均工作力矩

$$M_m = \frac{M_{t0} + M_{t6} + M_{t12} + M_{t18} + M_{t24}}{5}$$

式中: M_m ——发条平均工作力矩。

根据下列公式还可以求出发条的效率

$$\eta = \frac{\frac{1}{2}(M_{t0} - M_{t24}) + M_{t6} + M_{t12} + M_{t18} + M_{t24}}{\frac{1}{2}(M_s - M_a) + M_d + M_c + M_b + M_e}$$

式中: η ——发条效率。

如图 1-3 所示,以发条力矩仪上实际测得的发条力矩曲线为例,读出各有关数据,并代入上列两个公式,即能分别求出这一发条的平均工作力矩和效率。

平均工作力矩:

$$M_m = \frac{700 + 690 + 670 + 650 + 620}{5} = 666 \text{ 克} \cdot \text{毫米}$$

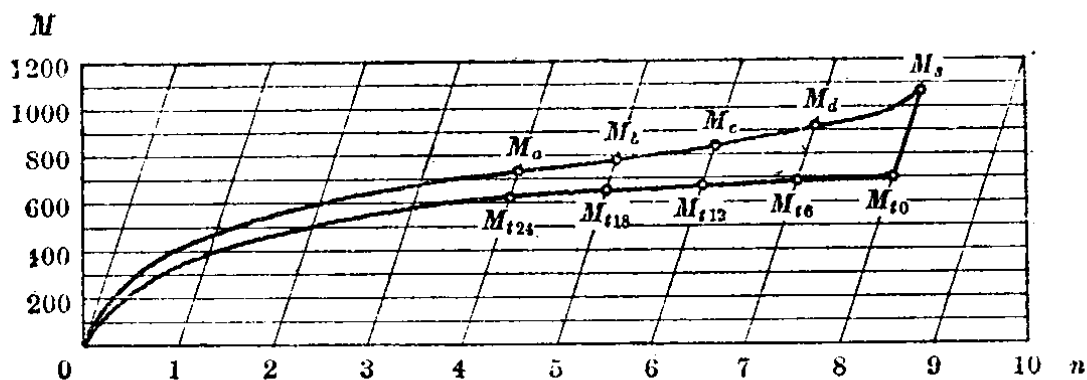


图 1-3 发条力矩曲线实例(其条盒每转为 6 小时)

效率:

$$\eta = \frac{\frac{1}{2}(700 - 620) + 690 + 670 + 650 + 620}{\frac{1}{2}(1070 - 730) + 920 + 840 + 780 + 730} = 77.62\%$$

§ 1-3 力矩落差

发条上紧力矩和工作力矩之间的变化，主要决定于发条的材料、形状、摩擦以及发条外端与条盒的固定方式。目前，绝大多数的手表发条都已普遍采用片状外钩（参阅图 1-1），这种外钩在发条上紧时可以使发条外端作径向移动，是一种工艺简单而效率较好的固定形式。

发条力矩变化的另一个重要现象，是它工作力矩各圈之间的“力矩降”。亦即在发条由上紧转变为放松的开始点上，工作力矩最大；以后逐渐降低，至完全放松时就等于零。由于手表在实际使用中都要求每天上条一次，所以在发条工作力矩曲线上，占重要地位的主要是 $M_{t_0} \sim M_{t_{24}}$ 之间的一段工作力矩。这一段力矩降的变化值，实际上也就是手表原动系在 24 小时内工作力矩的变化，我们在生产和实际应用中，均已习惯的称之为发条力矩的“落差”。

发条力矩的大小对手表机构工作时摆轮摆幅的大小有一定影响，而且非常敏感，当力矩增加时摆幅也必然会增大。这一现象在手表中还是比较容易发现的，只要打开发条已经放松的手表后盖，逐渐上紧发条，并注意摆轮的摆幅，就能看到它变化的情况。

当我们要求手表在工作时，摆轮能够经常保持比较稳定的摆幅，就必须要求 M_{t_0} 与 $M_{t_{24}}$ 之间的落差要小。

发条力矩落差的大小，除了和效率有内在联系以外，还决定于发条自由状态时的圈数，并且和它的最大工作力矩有一定的比例关系。

对于力矩落差和最大工作力矩、以及自由状态圈数的关系，我们可以通过下列对发条力矩的计算公式作一些分析：

$$M = \frac{Ebh^3\pi}{6L} n$$

式中： M ——发条力矩；

E ——发条材料的弹性系数；

b ——发条宽度；

h ——发条厚度；

n ——发条圈数；

L ——发条长度。

当计算最大理论力矩 M_E 时，应取发条圈数 $n = n_E - n_B$ ；当计算 24 小时后理论力矩 M_D 时，应取 $n = n_D - n_B$ （参阅图 1-2）。即

$$M_E = \frac{Ebh^3\pi}{6L} (n_E - n_B)$$

$$M_D = \frac{Ebh^3\pi}{6L} (n_D - n_B)$$

因此，我们对 M_E 和 M_D 的理论比值可以得出下列关系：

$$\frac{M_D}{M_E} = \frac{\frac{Ebh^3\pi}{6L} (n_D - n_B)}{\frac{Ebh^3\pi}{6L} (n_E - n_B)} = \frac{n_D - n_B}{n_E - n_B}$$

∴ 发条的理论力矩落差

$$\Delta M = M_E - M_D = \left(1 - \frac{n_D - n_B}{n_E - n_B}\right) M_E$$

式中： ΔM ——理论力矩落差。

例如：当 $n_E = 22$ 圈（上紧圈数）， $n_D = 18$ 圈（24 小时后圈数）， $n_B = 6$ 圈（自由状态圈数）时，其理论力矩落差

$$\Delta M = \left(1 - \frac{18-6}{22-6}\right) M_E = 0.25M_E$$

这一理论计算,可以在图 1-2 的理论力矩线上得到证实。

如果我们把自由状态的发条圈数由 6 圈改为 2 圈,其他条件不变,这时理论力矩落差就改变为

$$\Delta M = \left(1 - \frac{18-2}{22-2}\right) M_E = 0.2M_E$$

由此,可以看出当处于自由状态的发条圈数减少以后,发条力矩落差也会减小。所以目前生产的手表,都已普遍地将老式的螺旋形发条改变为 S 形发条(图 1-4)。因为这种发条有正负两个方向相反的螺旋圈,亦即正圈和负圈,所以在自由状态时它的圈数可以大为减少,从而也就为减小发条的力矩落差创造了有利条件。

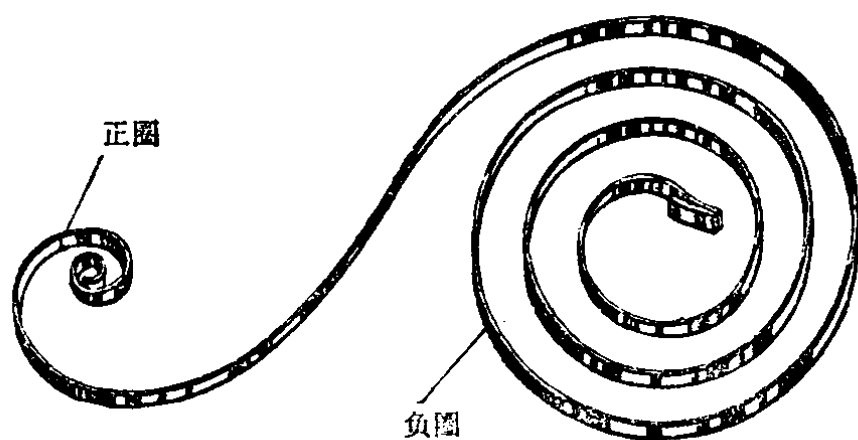


图 1-4 S 形发条

应当指出,在上述各项计算中的公式、数据,都是发条力矩落差的理论值。而我们在日常生产和测试标准中所应用的,都是指的发条实际工作力矩落差,它的具体数值必须按照发条力矩仪实际测定所得出的 M_{t_0} 和 $M_{t_{24}}$ 的力矩值来加以计算,即:

$$\delta M = M_{t_0} - M_{t_{24}}$$

式中: δM ——实际工作力矩落差。

由于手表发条的实际工作力矩落差 δM 事实上都小于理论力矩落差 ΔM 。因此在具体生产中,通常都要求 δM 能够不超过最大工作力矩的 20%,亦即要求

$$\delta M < 0.2M_{t_0}$$