

轻工业技工学校统编试用教材

手表结构原理 及工艺概论

《手表结构原理及工艺概论》编写组 编

轻工学校统编试用教材

结构原理 工艺概论

《结构原理及工艺概论》编写组 编

4.903

轻工业出版社

4.903

轻工业出版社

内 容 简 介

本书是轻工业部手表行业统编的十种技工教材之一，根据《工人技术等级标准》和有关教学大纲编写。

本书着重介绍了国内典型机械手表和石英电子手表的结构及基本工作原理，并且叙述了手表零件机械加工的工艺特点以及手表生产工艺规程的编制方法等。

本书可做为技工学校和职工培训的教材，也可供技术人员和工人在工作中参考。

轻工业技工学校统编试用教材

手表结构原理及工艺概论

《手表结构原理及工艺概论》编写组 编

轻工业出版社出版

(北京广安门内大街25号)

陕西省印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行

各地新华书店经售

850×1168毫米 1/32 印张 9 字数：200千字

1987年5月第一版第一次印刷

印数：1—15,000 定价：1.55元

统一书号：15042·2191

前 言

为加速培养轻工业后备技术工人，建设成一支以在职中级技术工人为主体的，技术结构比较合理，具有较高政治、文化、技术素质的工人队伍，以适应轻工业生产建设发展的需要，我们根据轻工业部颁发的有关行业《工人技术等级标准》中级工人应知应会要求，组织编写了轻工业技工学校专业教材。

手表专业教材由我部委托天津市钟表工业公司为主编单位，书稿经手表行业技工教材审稿会审议。编写组同志根据审稿会议意见，对原稿内容作了增删。

本教材由王亚舟同志任总编和主审，编委有王芝荣、王鹏同志。

本教材由陈曼璘、保进森同志任主编，由陈曼璘、李人平、保进森、黄子洪、王益民编写。

本教材适用于技工学校手表专业教学和在职工人中级技术培训使用，也可作为具有初中毕业文化程度和初级技术水平的工人自学教材。

本教材编写过程中得到了上海手表二厂李金兰同志、西安钟表研究所余敬辉同志的大力协助，他们逐章进行审阅并提出了宝贵的意见，谨此表示感谢。

由于我们组织编审工作缺乏经验，疏漏之处，敬请读者批评指正，以便今后修订。

轻工业部技工教材编审小组

一九八六年三月

目 录

第一篇 机械手表结构原理

第一章 机械手表基本原理与结构	(1)
第一节 机械手表基本原理.....	(1)
第二节 国内典型机心结构.....	(6)
第二章 机械手表的上条拨针机构	(12)
第一节 上条拨针机构的作用及其结构.....	(12)
第二节 上条拨针机构的工作原理.....	(15)
第三章 能源装置	(17)
第一节 能源装置的作用及其结构.....	(17)
第二节 能源装置的工作原理.....	(19)
第三节 发条力矩曲线.....	(19)
第四节 手表对发条的基本要求.....	(23)
第四章 齿轮传动	(28)
第一节 手表传动轮系的结构及作用.....	(28)
第二节 传动比及其计算.....	(31)
第三节 手表齿轮传动 (主传动) 工作要求.....	(33)
第四节 钟表齿轮啮合基础.....	(35)
第五章 擒纵机构	(43)
第一节 叉瓦式擒纵机构的结构及作用.....	(43)
第二节 擒纵机构的工作原理.....	(46)
第三节 擒纵机构的保险机构及作用.....	(52)
第四节 手表对擒纵机构的要求.....	(55)
第六章 摆轮游丝系统	(58)
第一节 摆轮游丝系统的结构及作用.....	(58)
第二节 摆轮游丝系统的工作原理.....	(63)

第三节	摆轮游丝系统的振动周期·····	(64)
第四节	影响振动周期的因素·····	(66)
第七章	手表中的夹板、钻石及连接件·····	(86)
第一节	夹板·····	(86)
第二节	钻石·····	(92)
第三节	手表中的连接件·····	(94)
第八章	手表的外观件·····	(98)
第一节	表盘部件·····	(98)
第二节	表针·····	(102)
第三节	表壳部件·····	(103)
第四节	柄头部件·····	(105)
第五节	表带栓部件·····	(106)
第九章	手表的三防性能·····	(107)
第一节	手表防水结构原理、防水标准及测试方法···	(107)
第二节	手表防震结构原理、防震标准及测试方法···	(110)
第三节	手表防磁标准及测试方法·····	(114)
第十章	日历、周历及自动手表的结构原理·····	(116)
第一节	日历、周历手表的典型结构·····	(116)
第二节	日历、周历的快拨机构·····	(123)
第三节	自动手表的典型结构·····	(126)

第二篇 石英电子手表结构原理

第十一章	指针式石英电子手表基本原理与结构·····	(131)
第一节	石英电子手表概述·····	(131)
第二节	指针式石英电子手表的结构及工作原理·····	(136)
第十二章	数字式液晶石英电子手表基本原理与 结构·····	(145)
第一节	数字式液晶石英电子手表的结构·····	(145)
第二节	数字式液晶石英电子手表工作原理·····	(147)

第三节	数字式液晶石英电子手表的其他结构原理···	(150)
第十三章	石英谐振器 ·····	(153)
第一节	石英晶体的结构和压电特性·····	(153)
第二节	石英晶体的切型和振动模式·····	(156)
第三节	石英谐振器的特性·····	(159)
第四节	石英谐振器的结构及主要性能指标·····	(165)
第十四章	集成电路 ·····	(168)
第一节	电工技术基础知识·····	(168)
第二节	CMOS反相器、传输门、与非门和或非门···	(172)
第三节	指针式石英电子手表集成电路·····	(177)
第四节	液晶显示式石英电子手表电路·····	(187)
第十五章	微调电容 ·····	(193)
第一节	微调电容在石英电子手表中的作用·····	(193)
第二节	手表用微调电容的结构·····	(194)
第三节	手表用微调电容的主要技术性能指标·····	(195)
第十六章	步进电机 ·····	(197)
第一节	电磁学基本知识·····	(197)
第二节	单相永磁步进电机的结构及工作原理·····	(199)
第三节	磁性材料·····	(207)
第四节	步进电机的分类·····	(211)
第十七章	手表电池 ·····	(213)
第一节	手表电池的结构及工作原理·····	(213)
第二节	手表电池的性能特点·····	(215)
第三节	手表电池的使用和保管·····	(219)
第四节	其他手表电池·····	(221)
第十八章	液晶显示器 ·····	(223)
第一节	液晶及液晶的种类·····	(223)
第二节	液晶显示器的结构·····	(225)
第三节	液晶显示器的工作原理——扭曲效应·····	(227)

第四节 液晶显示器在手表中的应用..... (228)

第五节 手表用液晶显示器的主要技术性能指标..... (230)

第三篇 工艺概论

第十九章 手表制造工艺的基本概念..... (232)

第一节 手表制造工艺特点..... (232)

第二节 工艺的基本概念和定义..... (233)

第三节 加工精度和表面质量..... (238)

第四节 编制工艺规程的原则和方法..... (241)

第一篇 机械手表结构原理

第一章 机械手表基本原理与结构

第一节 机械手表基本原理

一、概 述

手表是用来指示时间的。为了计量时间，就要选定测量时间的标准。世界上一切物质的运动、变化和发展都是在时间和空间内进行的，因此，所有物质的运动都需要时间。如果已经知道一种物质运动所需要的时间，就可以用它来计量时间。例如，中国古代的日晷是利用太阳视运动来计量时间的计时仪器；水钟、砂钟是利用水和砂子的流动来计量时间的计时仪器。在日常生活中还可以用脉搏的跳动、焚烧的香火来计量时间。由此而见，时间计量的准确度和作为标准的物质运动的稳定程度有很大的关系。所利用的物质运动越稳定，时间计量的准确度就越高。

目前，在时间计量中用得最多的是各种形式的振动计时仪器。机械手表利用摆轮游丝的振动，音叉手表利用音叉的振动，石英电子手表利用石英谐振器的振动，铯原子钟是利用铯原子内部的电磁振动。不同形式的振动系统，其运动具有不同的稳定度，利用它们所制成的计时仪器也就有不同的准确度。下列钟表的精度通常为：

机械手表日误差一般为30秒；

音叉手表月误差为1分；

石英电子手表年误差小于 3 分（月误差为 15 秒），
铯原子钟万年误差小于 0.03 秒。

二、机械手表基本原理及各部分的作用

机械手表采用摆轮游丝作为振动系统，如图 1 - 1 所示。摆轮 1 固定在摆轴 2 上，摆轴 2 的上、下轴颈可围绕轴承旋转。游丝 3 的一端固定在摆轴上，另一端固定在夹板上。由于游丝的弹性变形使摆轮往复摆动。如果知道了摆轮游丝振动系统完成一次全振动所需要的时间（振动周期），并计算出振动次数，那末，振动这么多次所经历的时间就等于振动周期乘以振动次数。即

时间 = 振动周期 × 振动次数

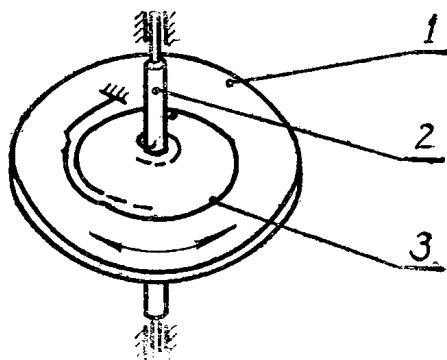


图 1 - 1 摆轮游丝结构示意图

1—摆轮 2—摆轴 3—游丝

如果摆轮游丝系统持续不断地振动下去，并且准确地计算出其振动次数，就可以知道所经历的时间了。但是摆轮游丝系统在摆动时受到轴承的摩擦力、空气阻力及游丝的内摩擦力等运动阻力的影响，摆动的幅度将逐渐衰减，直至最后停止不动。为了使其不衰减地持续振动，就必须定期地给摆轮游丝系统补充能量。也就是说，手表中一定要有一个能源装置。

将能量周期性地补充给振动系统，是通过一个特殊的机构——擒纵机构来实现的。同时，擒纵机构还可用来计算摆轮游丝系统的振动次数。

有了稳定的振动系统和准确的计数机构和能源装置，还不能达到指示时间的目的。一只机械手表必须由以下几部分组成：

1. 能源装置 机械手表通常是将上紧了的发条作为能源装置，将其所具有的位能作为能源贮存起来。在手表正常运行中，发条又将弹性能转变为机械能（条盒轮的转动）释放出来，从而带动轮系转动，并维持振动系统作不衰减地振动，以及带动指针机构或附加机构（日历、周历、月历等机构）运动。

2. 轮系 手表上满发条之后，一般要求能走36个小时。在能源装置和擒纵机构之间加一套传动轮系之后，可以在不增加发条圈数的条件下，延长手表一次上条的持续工作时间。另外，轮系还把代表振动系统振动次数的擒纵轮（擒纵机构的组成部分）转角按一定的关系传给指针系统的时轮、分轮和秒轮。

3. 擒纵机构 擒纵机构的作用是把轮系传来的能量定期地、有规律地补充给振动系统，以维持它作不衰减的振动。另外，擒纵机构对振动系统的振动次数准确地加以计算，由擒纵轮通过秒轮等齿轮控制指针机构，达到计量时间的目的。

例如，海鸥女表摆轮游丝的振动周期为 $\frac{1}{3}$ 秒。振动一次，擒纵轮片便转过一个齿，那末擒纵轮转过一圈（转20个齿）所需要的时间为

$$\frac{1}{3} \times 20 = \frac{20}{3} \text{ (秒)}$$

擒纵齿轴是与擒纵轮片铆合在一起的，擒纵齿轴转一圈也用 $\frac{20}{3}$ 秒。秒轮片是与擒纵齿轴啮合的，二者的传动比为 $\frac{90}{10}$ ，所以秒轮转一圈的时间为

$$\frac{20}{3} \times \frac{90}{10} = 60 \text{ (秒)}$$

4. 振动系统 摆轮游丝系统是具有相当稳定周期的振动系统，手表依靠它保证走时精度。不同型号的手表机心，其振动周期是不相同的，通常机械手表的振动周期有以下几种：

$$\frac{2}{5} \text{ 秒} \quad \frac{4}{11} \text{ 秒} \quad \frac{1}{3} \text{ 秒} \quad \frac{1}{4} \text{ 秒} \quad \frac{1}{5} \text{ 秒}$$

我们把擒纵机构和振动系统合称为擒纵调速器。

5. 指针机构 指针机构是用来指示时间的。分轮通过跨轮片、跨齿轴来带动时轮。分轮与时轮之间的传动比是一定的，即分轮转12圈后，时轮转过一圈。秒针、分针及时针分别安装在秒轴、分轮和时轮上，形成了时针每12小时转一圈，分针每小时转一圈，秒针每分钟转一圈。

6. 上条拨针机构 上条拨针机构的作用有两方面：上紧发条和拨针对点、对日期、对星期。

手表的六个组成部分是按照一定的关系互相连接在一起的。它们之间的关系可以用下面的工作原理方框图（图1-2）来表示。

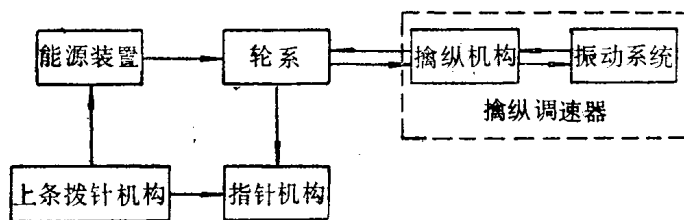


图1-2 机械手表工作原理图

以上六部分的零件全装在主夹板上，然后用各种小夹板、压片、压簧、螺钉等件分别加以支持和固定。最后装上表盘、表针、表壳等，成为一只完整的手表。

三、有关技术术语介绍

为了叙述方便，这里介绍几个专业技术术语。

1. 时段 时间间隔的长短。例如，从上午八点到十点钟开会，所经历的两个小时便是时段值。

2. 时刻 指某一瞬时是什么时间。在上面的例子中，八点是会议开始的时刻，十点是会议结束的时刻。

3. 平衡位置 游丝力矩为零的瞬时，摆轮游丝系统所处的位置。

4. 振幅 摆轮游丝系统振动时，摆轮相对于平衡位置的最大角位移。可以用振幅仪来测定振幅的大小，其大小是指摆轮从左（或右）振幅位置摆动到右（或左）振幅位置，所转过的角度。

5. 振幅位置 摆轮处于最大偏转角时，摆轮游丝所据有的位置。振幅位置分左振幅位置和右振幅位置。

6. 半振动 摆轮游丝系统由平衡位置开始运动到一个振幅位置，再由此振幅位置回到平衡位置的振动。

7. 全振动 摆轮游丝系统由平衡位置开始运动到一个振幅位置，再由此振幅位置回到平衡位置，然后到另一个振幅位置，又由那个振幅位置回到平衡位置的运动。

8. 日差 表示手表每天快多少秒或慢多少秒，是一个重要的走时质量指标。

9. 手表的各个位置 一般将手表分六个方向放置进行走时精度的测试。表盘面朝上称“面上”；表盘面朝下称“面下”。人的眼睛看着表盘面，柄头朝上称“3上”；柄头朝下称“9上”；柄头朝左称“6上”；柄头朝右称“12上”。经常用表1-1的符号来表示这六个位置。

10. 等时性 振幅变化会引起日差变化，振动系统的日差如果与振幅无关，则振动系统具有等时性。

表1-1

手表各个位置的表示方法

符号表示法						
文字表示法	CH	FH	3H	9H	6H	12H

11. 摆轮游丝系统的等时性 用摆轮振幅变化而引起的日差变化来衡量摆轮游丝系统的等时性。它的好坏主要取决于摆轮游丝系统。

12. 手表的等时性 除了振动系统的振幅变化引起日差改变之外, 轮系和能源装置的质量好坏也会造成日差改变。在生产中, 手表等时性误差是用上满发条和24小时后各相应位置瞬时日差差值中的最大值表示。例如, 已知一只手表上满发条及24小时后的各个位置的瞬时日差值如表1-2所示, 那末, 这只手表的等时性误差为-18秒。

表1-2

满、半条瞬时日差对应表

校表位置						
满条瞬时日差	+5	+12	+6	-9	+17	+18
24小时后瞬时日差	-7	+1	-3	+2	-1	+15

注: 用校表仪校表时, “+”号表示表走快, “-”号表示表走慢。单位为秒。

13. 位差 由于表方位改变所引起的日差变化。具体地说, 位差是指手表上满发条后, 各所测位置的瞬时日差差值的最大值。在上面的例子中, 手表的位差为26秒。

第二节 国内典型机芯结构

机械手表虽然有多种结构形式, 但它们的工作原理是相同的, 都包括能源装置、传动轮系、擒纵机构、振动系统、上条拨针机构及指针机构等六部分。

手表各种结构形式的差别，在于各传动部分在机心平面与轴向的排列不同，以及由主传动轮系的不同部件来带动指针机构。

由各个不同的齿轮部件组成了轮系。而齿轮部件是由轮片和齿轴铆合或压合而成。与条盒轮啮合的齿轴称为二齿轴，铆在二齿轴上的轮片称二轮片。其他主传动轮按传动顺序依次称为三齿轴、三轮片、四齿轴、四轮片等。

根据二轮部件的平面配置，机械手表的基本传动形式可以分为中心二轮式（二轮部件在机心中心）和偏二轮式（二轮部件不在机心中心）两大类。中心二轮式根据秒轮部件或秒齿轴的传动特点又可分成四种形式：直接传动式、秒簧式、无中心秒针式及双三轮式。而按照分轮与传动轮系联系的情况，偏二轮式也可以分成头轮输出式、二轮输出式和三轮输出式三种形式。

我国手表厂生产的机心大部分属于中心二轮式的直接传动式和偏二轮式的三轮输出式。下面分别介绍这两种传动形式。

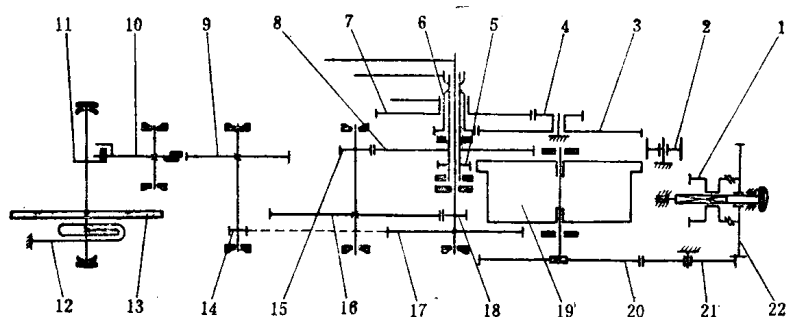


图1-3 SZI、ST 5 型机心传动示意图

- 1—离合轮 2—拨针轮 8—跨轮片 4—跨齿轴 5—中心齿轴
6—分轮 7—时轮 8—中心轮片 9—擒纵轮片 10—擒纵叉部件
11—双圆盘部件 12—游丝 13—摆轮 14—擒纵齿轴 15—过齿轴
16—过轮片 17—秒轮片 18—秒齿轴 19—条盒轮 20—大钢轮
21—小钢轮 22—立轮

一、中心二轮式结构——SZI及ST5型

SZI型为我国统一机心，全国大多数表厂都生产这种机心的手表。ST 5 型是天津手表厂自行设计的机心。SZI和ST 5 型机心都属于直接传动式（图 1 - 3），也都是男表机心。

由于二轮在机心中心，而且秒轮也在机心中心，故二齿轴必须呈管状，且要有一块夹板支持中心轮。分轮套在中心轮管上（通常把直接传动式的二轮称为中心轮），两者之间为摩擦配合。作为主传动链中一环的中心轮转动时，依靠摩擦力带动分轮转动。拨针时在该摩擦联接处打滑，产生相对转动，完成拨针工作而不影响手表正常走时。图 1 - 4 中是分轮与中心轮的联接状况。

秒轮（即四轮）部件的秒齿轴在中心轮管内，中心轮管内孔的一部分作为秒齿轴的径向支承。因此，主夹板上的中心齿轴孔，中夹板上的中心齿轴、秒齿轴孔（两孔为同心圆）和上夹板上的秒齿轴孔的同轴度误差，及中心齿轴内孔的质量都对秒齿轴的运动有影响。

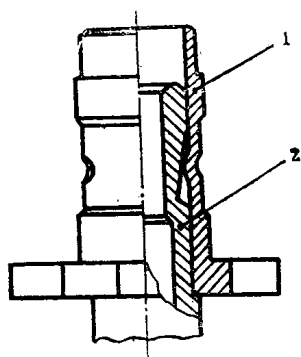


图 1 - 4 中心轮管与分轮配合图

1—分轮 2—中心轮管

注：在直接传动式中，一般将三轮针称为过轮。

与其他转动形式比较，直接传动式机心的零件较少，传动关系比较简单，工作可靠，零件加工工艺性较好，整机的拆卸和安装简单，但机心比较厚。

SZI型和ST5型机心的传动形式虽然相同，但也存在着不同的方面，主要为以下几点：

1. 传动轮系中的轮片和齿轴的齿数不同，其具体数据见表 1 - 3。

2. SZI型机心的上夹板为过桥式，ST 5 型机心的上夹板

表1-3 齿 轮 齿 数 对 照 表

机 心 型 号	齿 轮 称 称 数	条 盒 轮	中 心 轮 片	中 心 齿 轴	过 齿 轴	过 轮 片	秒 轮 片	秒 齿 轴	擒 纵 轮 片	擒 纵 齿 轴	分 轮	时 轮	跨 轮 片	跨 齿 轴	拨 针 轮	离 合 轮	立 轮	小 钢 轮	大 钢 轮
SZ1		72	75	12	10	30	84	10	15	7	10	32	30	8	12	10	16	30	49
ST5		73	64	10	8	60	84	8	15	7	10	32	30	8	12	10	15	40	58

注：在直接传动式中，一般将三轮称为过轮。
为悬臂式。这两种上夹板的形式参见第七章。

3. SZ1型机心的棘爪在大钢轮和小钢轮之间，而ST 5 型机心的棘爪在大钢轮的一侧。

4. SZ1型机心最大尺寸为 $\phi 27$ 毫米，机心厚度为4.2毫米，摆轮外径为 $\phi 11.50$ 毫米，条盒轮外径为 $\phi 11.3$ 毫米，一般有17粒钻石，零件总数为137个；ST 5 型机心最大尺寸为 $\phi 27$ 毫米，机心厚度为3.92毫米，摆轮外径为10.84毫米，条盒轮外径为 $\phi 11.3$ 毫米，共有19粒钻石。零件总数为144个。

5. 两种机心上条拨针机构中的零件形状和尺寸略有不同。

二、偏二轮式结构——ST6、SM2及LSS型

ST6、LSS型均为坤表机心，前者是天津手表厂自行设计的，后者是由上海手表二厂、青岛手表厂和重庆钟表公司联合设计的。SM 2 型是男表机心，由上海手表四厂自行设计。这三种机心全属于偏二轮式中的三轮输出式，其传动示意图见图1-5。

三轮输出式的主要特征是分轮片与三齿轴啮合，也就是三齿轴带动分轮片转动。所以在主夹板上一般有透槽，以便三齿轴与分轮片啮合。

偏二轮式的二轮从机心中心移开，使条盒轮的直径增大，从而增大了能量。另外在主夹板的中心压入一个空心的中心管，作为秒齿轴的径向支承及分轮部件的转轴。对中心管的轴向压合深

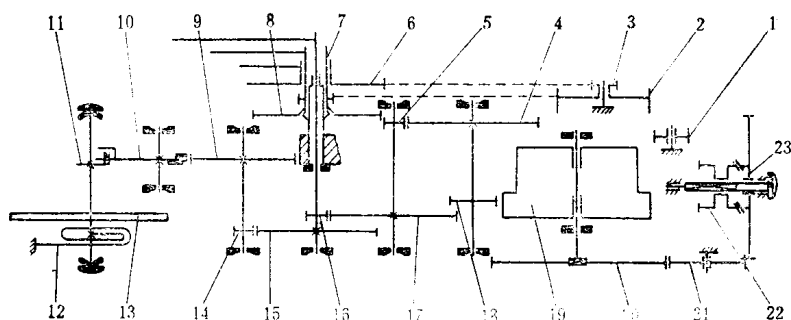


图 1-5 ST6、SM2、LSS型机心传动示意图

- 1—拨针轮 2—跨轮片 3—跨齿轴 4—二轮片 5—三齿轴
6—时轮 7—分轮 8—分轮片 9—擒纵轮片 10—擒纵叉部件
11—双圆盘部件 12—游丝 13—摆轮 14—擒纵齿轴 15—砂轮片
16—砂齿轴 17—三轮片 18—二齿轴 19—条盒轮 20—大钢轮
21—小钢轮 22—离合轮 23—立轮

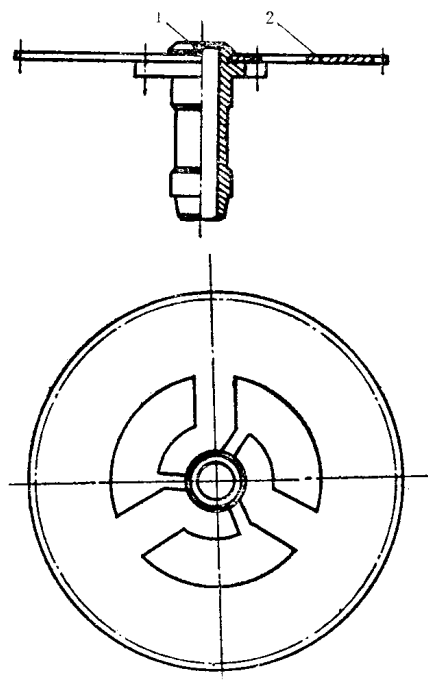


图 1-6 分轮部件结构图

- 1—分轮 2—分轮片

度与垂直度的要求是很严的。与此同时，取消了中夹板。

为了能拨针对点，分轮片与分轮之间为摩擦配合。分轮片依靠摩擦带动分轮转动，使套在分轮上的分针正确指示时刻。而在拨针时，转动柄头使跨轮片带动分轮旋转（克服了分轮与分轮片的摩擦力），使时、分针与标准时刻相吻合，图1-6所示为一种分轮部件的结构。

ST6、SM2、LSS型机心的轮系齿轮及机心主要尺寸如表1-4、表1-5所示。