

轻工业技工学校统编试用教材

手表游丝与 发条制造工艺

《手表游丝与发条制造工艺》编写组 编

1.903

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》和有关教学大纲而编写。

全书共分八章。第一章绪论；第二章和第三章分别介绍了游丝和发条在手表中的作用；第四章介绍了游丝和发条用材料应满足的条件、种类、特点等；第五章和第六章介绍了材料从冶炼到各种压力加工工艺及其对材料性能的影响；第七章重点论述了电阻焊的工艺特点，同时介绍了激光焊接的基本知识；第八章介绍了真空定型热处理有关知识及元件的成型、装配工艺。

本书可做技工学校和职工技术培训的教材，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

手表游丝与发条制造工艺

《手表游丝与发条制造工艺》编写组 编

轻工业出版社出版

(北京广安门内滨河路25号)

西安新华印刷厂印刷

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：7¹/₁₆；字数：180千字

1987年5月第一版第一次印刷

印数：1—2,700 定价：1.45元

统一书号：15042·2196

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术学校专业教材。

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，书稿经手表专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。

本书王亚舟同志为主编及主审，编委有王芝果，王鹏等同志，由霍万隆同志编写。

本书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。

本教材在编写过程中得到了上海钟表元件二厂钟顺之同志、北京手表元件厂代德同志、丹东手表元件七厂赵立新同志的大力协助，并提供了宝贵的资料，仅此表示感谢。

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。

轻工业部技工教材编审小组

一九八六年三月

目 录

第一章 绪论	(1)
第一节 游丝、发条在手表里的作用.....	(1)
第二节 游丝、发条生产工艺简介.....	(3)
第二章 游丝	(7)
第一节 游丝的种类.....	(7)
第二节 游丝部件的组成、技术要求及测试方法.....	(10)
第三节 游丝的设计.....	(15)
第三章 发条	(20)
第一节 发条部件组成的基本要求和测试方法.....	(20)
第二节 自动表用发条.....	(23)
第三节 制造S形发条的条件.....	(25)
第四节 S形发条的基本计算公式.....	(27)
第五节 S形发条的设计.....	(29)
第六节 国内外部分发条规格参数.....	(33)
第四章 游丝、发条用材料	(34)
第一节 金属材料主要性能.....	(34)
第二节 合金的基本概念.....	(38)
第三节 热处理的基本概念.....	(42)
第四节 游丝用材料.....	(46)
第五节 发条用材料.....	(56)
第五章 材料的冶炼	(65)
第一节 真空冶炼的一般规律.....	(65)
第二节 浇注和结晶.....	(71)

第三节	真空熔炼设备及操作·····	(80)
第四节	金属与炉衬的作用及坩埚的制备·····	(83)
第五节	钢锭化学成分的分析·····	(85)
第六章	压力加工·····	(88)
第一节	金属塑性变形及压力加工原理·····	(88)
第二节	热锻压·····	(96)
第三节	轧制·····	(121)
第四节	冷拉拔·····	(137)
第七章	焊接·····	(150)
第一节	焊接的种类·····	(151)
第二节	金属材料的可焊性·····	(151)
第三节	电阻焊·····	(153)
第四节	激光焊·····	(167)
第八章	元件的成型与装配·····	(173)
第一节	真空定型热处理·····	(173)
第二节	游丝的成型及装配·····	(195)
第三节	发条的成型·····	(210)
参考资料	·····	(221)

第一章 绪 论

游丝、发条是机械手表里的两个很重要的弹性元件，其质量好坏对手表的走时精度有很重要的影响，而它们本身的质量又直接受所用材料和生产工艺的影响。因此，了解游丝、发条在手表里的作用及其对手表走时精度的影响以及游丝、发条的质量与所用材料及生产工艺的关系是本教材的基本内容。

第一节 游丝、发条在手表里的作用

一、游 丝

（一）游丝在手表里的作用

机械手表计时的基本原理是： $\text{振动周期} \times \text{振动次数} = \text{被测时间}$ 。游丝在手表里的作用是与摆轮配合形成一个振动系统，这个振动系统具有一个定值的和稳定的振动周期，用以保证手表走时的准确性与稳定性。如果没有游丝，就不能形成摆轮—游丝振动系统，就没有一个计时基准，手表也就不能工作了。因此，游丝是手表里不可缺少的弹性元件。

（二）游丝对手表走时精度的影响

游丝与摆轮配合形成一个具有定值的和稳定的振动周期，而这个振动周期又是手表计时的基准，因此，手表走时的准确性与稳定性都与这个振动周期有着直接的关系。从手表计时的基本原理很清楚地看出，振动周期的大小，直接影响时段的长短，也就直接影响着手表走时的快慢。这就是说游丝在振动周期这一系统中起着决定性的作用，游丝具体通过哪些因素影响振动周期的准确性与稳定性？将在下章中介绍。

（三）手表对游丝的基本要求

（1）游丝的几何尺寸（包括内桩孔径、游丝外径等）、装配质量（游丝几何中心与内桩孔中心的同轴度、平度、牢度）及形状等要满足设计要求。

（2）游丝在工作过程中，其工作力矩要与摆幅呈较好的线性关系，也就是说游丝的刚度在工作过程中基本上保持不变，这样手表就能保持较好的稳定性。

（3）游丝要具有较好的温度特性，也就是说游丝与摆轮配合形成的振动系统的振动周期应基本不受环境温度的影响，从而保证手表在不同的环境温度下具有较好的走时精度。

（4）游丝要具有较好的抗磁性。在实际工作和生活中，常会遇到各种性质和强度不同的磁场，要使手表能在一定的磁场中工作，离开磁场后手表的走时快慢变化小，就要求手表具有一定的抗磁能力，而手表的抗磁能力主要取决于游丝的抗磁能力。

（5）在实际生活和工作中，手表也常会遇到各种冲击和过载，如工人带着手表进行锤击工作、飞机的起飞和降落、电梯的上升和下降等，都会出现短时间的冲击、过载，产生“超重”或“失重”。在这些情况下游丝可能会产生变形，破坏了原来的工作状态，影响手表的走时精度。严重的游丝变形（如游丝各圈彼此接触、游丝与摆轮或摆夹板接触）会使摆轮游丝系统的振动周期发生变化，甚至出现不能正常工作。因此，要求游丝具有一定的强度和抗冲击过载的能力。

二、发条

（一）发条在手表里的作用

发条是手表的能源，是一个弹性储能元件。在上紧发条后，外界对发条作的功转化为发条的变形能；在手表工作过程中，发条的变形能逐步地被释放出来，变成手表轮系及摆轮游丝系统的动能。没有发条，手表是不可能工作的。

（二）发条对手表走时精度的影响

发条主要是通过发条输出力矩的平稳性、一致性影响着摆轮游丝系统的摆幅，而摆幅的大小又通过游丝工作力矩的非线性影响着振动周期，从而影响手表的走时稳定性和等时性。

（三）手表对发条的基本要求

（1）发条在工作过程中，要有足够的力矩输出，以维持手表的正常工作。

（2）发条的输出力矩应尽量平稳、均匀、落差小，这样可使摆轮摆幅变化小，提高手表的等时性。

（3）发条要具有一定的工作圈数，这是为了保证上一次发条，手表应具有一定的走时延续时间。

（4）发条的抗疲劳特性要好，这是为了保证发条具有一定的使用寿命。

（5）发条还应具有无磁性和耐腐蚀性能。

第二节 游丝、发条生产工艺简介

一、游丝生产工艺流程

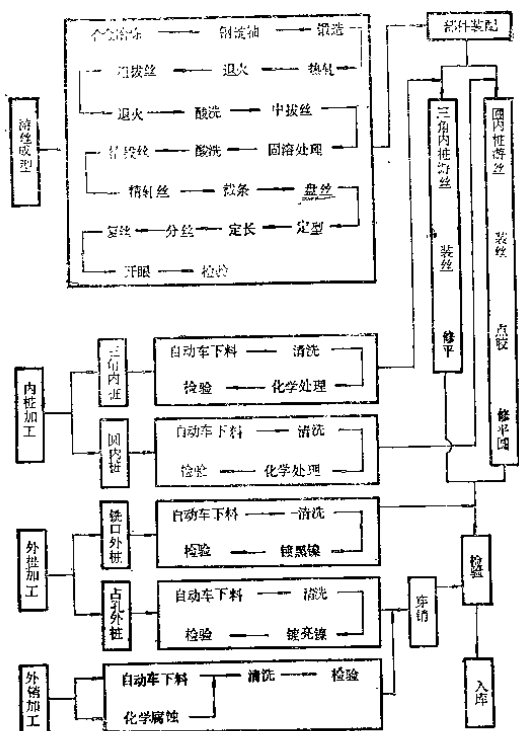
游丝的生产工艺流程包括：游丝材料的冶炼、冷热压力加工、游丝的成型、内桩的生产、游丝部件的装配、外桩的加工、外桩销的加工及检验等工序。其工艺流程如下：

二、发条生产工艺流程

发条的生产工艺包括：发条材料的冶炼、冷热压力加工、条身的加工、外勾的加工、条身与外勾的装配、内勾成型、外勾成型、发条成型及性能检验等工序。其工艺流程如下：

三、游丝、发条生产工艺特点

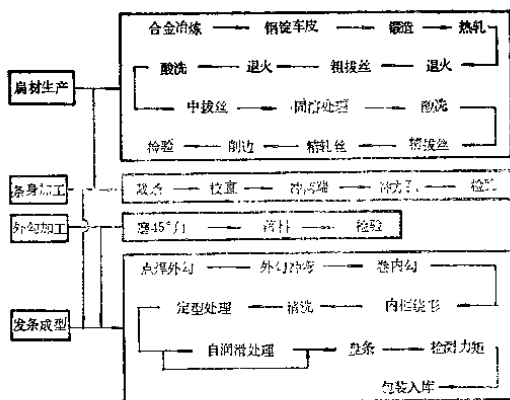
从游丝、发条生产工艺流程可以看出，虽然组成游丝、发条



的零件并不多，但它们的生产工艺流程却很长，一般来讲，都要经过材料的冶炼、锻造、热轧、冷拔、冷轧及多次的工序间热处理和最终热处理等工序才能完成。成品的性能与各工序完成的好坏有着一定的关系。游丝、发条生产工艺概括起来有以下几个特点。

1. 工艺流程长

从材料的冶炼、材料的冷热压力加工到成型及装配，要经过



近百道工序才能完成。

2. 加工精度要求高

成品性能与几何尺寸有着相当敏感的关系，例如，游丝的刚度 M_0 与发条的力矩 M 都和游丝、发条的厚度 h 成三次方关系，因此，厚度 h 的微小波动对 M_0 及 M 的影响都很大。在实际生产中，游丝厚度公差 ≤ 0.0005 毫米，发条厚度公差 ≤ 0.004 毫米。

3. 影响成品性能的因素多

除去上边讲的几何尺寸对成品性能有着很重要影响外，成品性能还与材料的成分波动、热处理制度、冷热压力加工规范及装配质量等有关。因此，在实际生产中，要严格遵守加工工艺。

4. 要求较高的技术水平

元件的成型及装配是一种很精细的劳动。特别是游丝的成型及装配，技术条件要求高，有的工序需要在放大镜下甚至在显微镜下才能完成。要求工人要具有较高的技术水平。

对于游丝和发条的生产工艺有人形象的说成是小型的钢铁联

合企业和精密的钟表工业的结合，这种比喻是确有几分道理的。就是说游丝、发条的生产，不仅具有钟表工业精细的特点，而且还要有冶金和钢铁工业的知识。成品性能与各工序的关系很大，特别是材料的化学成分、热冷压力加工规范、热处理范围等的变化，对成品性能的影响更大。因此，在实际生产中要树立起严格的工艺观念。

第二章 游 丝

第一节 游丝的种类

机械振动式计时仪器里所用各种游丝虽然各不相同，但其作用主要有两个：一是与相应的转动体配合形成一个较稳定的振动周期，来控制计时仪器计时；二是产生恢复力矩。一般常见的游丝有以下几种。

一、平 游 丝

平游丝，就是游丝各圈在同一平面内。根据内桩形式的不同，又分为圆内桩游丝、三角内桩游丝（如图 2-1）和异形内桩游丝，（如图 2-2）。异形内桩与游丝一般用焊接连接。

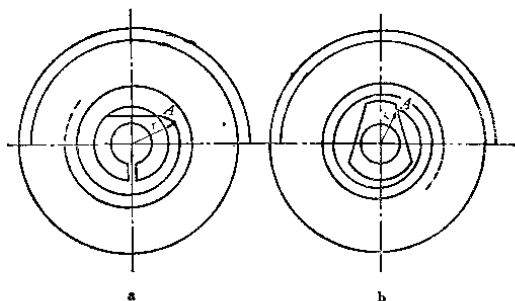


图 2-1 圆内桩和三角内桩游丝

a—圆内桩游丝

b—三角内桩游丝

平游丝结构紧凑，所占空间较小，一般多应用在外廓尺寸限制严格的摆轮钟和手表里。

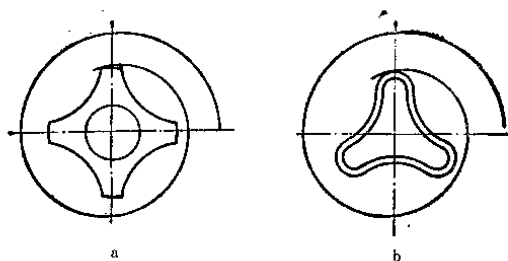


图 2-2 异形内桩游丝
a—菱形内桩 b—三星形内桩

另外在平游丝里，还有一种叫做挑框游丝，也叫做双游丝。这种游丝除去最外一圈，其余各圈都在同一平面内，最外一圈挑出游丝平面并形成外端曲线（如图 2-3）。这种游丝的结构也较紧凑，苏联手表采用这种游丝较多。这种游丝同心展缩较好，但工艺较难。

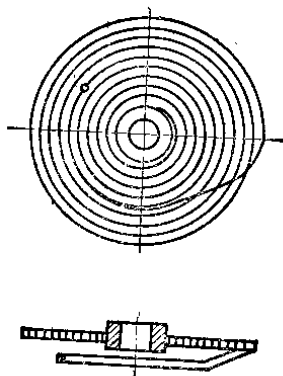


图 2-3 挑框游丝

二、直游丝

图 2-4 所示的平衡摆-片簧系统里的片簧就是一种直游丝。其工作原理和摆轮游丝系统基本相同，这种振动系统的振动周期较小（0.005~0.01秒），多用于测量短时段的计时仪器中，如机械信管的钟表机构等。

图 2-5 为扭转摆简图，它是由摆盘 1 和悬丝（即直游丝）2 组成。这种振动系统的振动周期较长，四百天钟就采取这种振动系统。从运动学的角度看，这种振动系统具有三个自由度，但工作时只要求它绕铅垂线摆动，因此这种振动系统对于碰撞，震动等非常敏感，应在工作中尽量减少这些干扰。

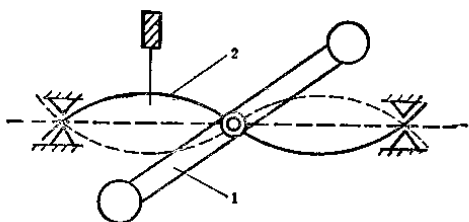


图 2-4 平衡摆-片簧系统
1—平衡摆 2—片簧

三、圆柱形游丝

这种游丝的轴向尺寸较大，（如图 2-6）不适用于结构尺寸要求较紧的钟表机构，但有较好的等时性，多用于精密摆轮钟内。

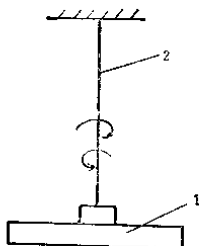


图 2-5 扭转摆系统
1—扭转摆 2—悬丝

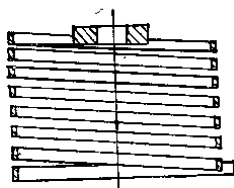


图 2-6 圆柱形游丝

第二节 游丝部件的组成、技术要求及测试方法

一、游丝部件的组成

机械手表用游丝部件，尽管品种、规格、形式各不相同，但均由游丝和内桩两个零件所组成。图 2-1 示出了平游丝两种常见的结构。圆内桩游丝部件中的游丝与内桩我国通常用粘接的方法固定在一起，三角内桩游丝部件用铆接的方法将游丝和内桩固定在一起。

游丝是具有一个稳定刚度 M_0 的弹性元件，它与具有相应转动惯量 J_0 的摆轮配合，形成一个具有稳定振动周期的振动系统，来控制手表的走时精度。游丝的曲线形状是阿基米德螺旋线形。它具有起始半径 r_0 ，曲线上每一点到中心的距离称为矢径 r ，任一点的矢径与其从起始点算起所转过的角度成正比。即：

$$r = r_0 + \frac{p}{2\pi} \theta \quad (2-1)$$

式中 r ——任一点的矢径

r_c ——游丝引出点的半径

θ ——从引出点到任一点所转过的角度

p ——螺距

内桩的作用有两个，其一是固定游丝内端形成游丝部件，其二是用来将游丝部件固定在摆轴上，与摆轮部件形成摆轮游丝振动系统。

二、游丝的技术要求及测试方法

手表因其类别和等级不同，对游丝的要求也不相同。这里仅以轻工业部关于手表游丝标准中的A类一级表用游丝为例来说明游丝的有关技术要求及其测量方法。

（一）技术要求

（1）温度系数 ≤ 1 秒/日 $\cdot^{\circ}\text{C}$ 。其意义是手表的使用环境温度发生变化时，手表走时快慢变化不能超过一定的范围。

（2）防磁性。防磁是指手表抵抗外界磁场干扰影响的能力，而这又主要取决于游丝的防磁性能，防磁性能有两点要求：

第一、手表在60奥斯特磁场中不停走。

第二、手表经60奥斯特磁场作用，撤离磁场后其剩余效应 ≤ 30 秒/日。

（3）内外端夹角误差，一批游丝用标准摆轮定长，其内外端夹角散布范围 $\leq \pm 60^{\circ}$ 。这一要求主要目的是为了把游丝的刚度 M 控制在一定的范围内，以保证和摆轮有较高的配挡率。

（4）游丝外圈直径误差 $\leq \pm 0.1$ 毫米。这一要求是为了满足手表装配时与快慢夹子配合的位置精度。

（5）内框圆度误差 ≤ 0.02 毫米。这一要求是为了保证游丝具有较正确的阿基米德螺线和与内桩的装配同轴度。

（6）装配同轴度误差，因结构不同而要求不同。圆内桩游丝同轴度误差 ≤ 0.03 毫米，三角内桩游丝同轴度误差 ≤ 0.025 毫米。

(7) 装配平度误差, 指游丝所在平面是否垂直于摆轮轴线, 这也是一项很主要的指标。

(8) 装配牢度, 要求圆内桩游丝吊重60克, 三角内桩游丝吊重50克, 游丝与内桩不脱落。这一要求主要为了确保游丝与内桩的配牢度。

除上述对游丝的主要技术要求外, 当然还有一些如外观、颜色、形状等的要求, 这里就不详述了。

(二) 测试方法

1. 温度系数测试

(1) 按手表装配工艺要求将游丝装入手表, 用校表仪调整手表瞬时日差在 ± 20 秒内, 然后上紧发条, 让手表实走一天, 进行老化时效, 使手表走时快慢趋于稳定。

(2) 将时效后的手表再进行校表调整, 使瞬时日差尽量在 ± 10 秒之内。

(3) 上紧发条, 并将手表放在 8°C 环境里, 保持2小时, 然后用校表仪测出手表面上位置的瞬时日差 ω_8 。(校表时间为30秒)。

(4) 将手表在室温下(20°C)放置一小时。

(5) 上紧发条, 并将手表放在 38°C 环境里, 保持2小时, 然后用校表仪测出手表面上位置的瞬时日差 ω_{38} 。(校表时间为30秒)。按下式计算游丝的温度系数。

$$C = \frac{\omega_{38} - \omega_8}{38 - 8}$$

2. 防磁性能测试

(1) 将手表上满发条待一小时后, 分别测出面上、6上、9上各位置的瞬时日差 ω_0 。(每次校表时间不少于2分钟)。

(2) 将手表放入60奥斯特均匀连续磁场中, 使磁力线分别沿表盘刻度3——9、6——12和垂直于表盘的三个方向通过, 各保持一分钟, 并观察手表不能停走。