

手表原理与装配

(题解)

姚建民 编著



轻工业出版社

内 容 简 介

本书以题解形式较为系统地阐述了机械手表结构原理、走时精度影响因素、装配调整、维修经验、清洗、润滑、校验考核以及有关简单运算等方面的知识。掌握这些知识，将有助于手表生产和维修工作中找出提高手表质量的方法。

本书可供生产和维修手表的职工、技术员参考，亦可作为工厂、维修行业、专业学校考核用题。

手表原理与装配

(题解)

姚建民 编著

轻工业出版社出版

(北京阜成路8号)

轻工业出版社印刷厂印刷

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，11⁵/₃₂字数：287千字

1986年7月 第一版第一次印刷

印数 1-20,000 定价：2.65元

统一书号：15042·2031

前 言

随着科学的发展,我国钟表工业正处在产品推陈出新,纵向延伸,横向开发的现代化道路上,迫切需提高现有职工的技术理论水平。目前各生产厂和商业维修单位已采用各种方式对职工进行专业技术理论的教育,并建立相应的考核制度,作为晋级的依据,极大地鼓舞了广大职工为“四化”学习的积极性。

为了有助于培养青年技工学好专业技术理论,笔者根据轻工业部颁发的“手表装配工”2~8级应知应会技术内容,结合实践中的体会,并参考了一些国内外的先进技术,从开发思路方面综合了手表原理与装配中具有普遍意义的观点及疑难问题,以题解形式编写了这本《手表原理与装配》。本书选用素材简明易懂,立论鲜明,提出了可供解惑释疑的指导原则与解题技巧。内容根据表机结构系统命题,以问答题为主,另有是非题、填空题、选择题共计约600道,先题后解,分前后两部分,以便读者独立思考和自我衡量已达到部颁标准的哪个技术等级,为了本书的系统性、实用性,编入了超过“标准”范畴的维修经验等内容,对读者更有裨益。

限于本人专业理论水平和实际经验,加之时间紧迫,错误和不妥之处在所难免,敬请读者批评指正。

本书在编写过程中,曾得到轻工业部一轻局领导的重视和关切,《钟表》月刊编辑部余敏辉同志的热忱指导;哈尔滨工业大学精密仪器系张新义同志的校对,部分综合专业分章校对的同志署名章后;并对有关同志的支持和林欣李描图,在此一并致谢。

编者

目 录

第一章	时间的概念及度量	(1)
第二章	装配工的基本知识	(10)
第三章	振动周期	(23)
第四章	机心结构及布局	(29)
第五章	防震器原理与性能测试	(41)
第六章	防水要求与性能测试	(55)
第七章	防磁要求与性能测试	(68)
第八章	夹板及坐标测量	(77)
第九章	上条拨针系	(93)
第十章	原动系及其理论特性	(102)
第十一章	传动系——齿形的形成和基本要素、齿 轮传动啮合原理及其特性、计算与测 量	(115)
第十二章	传动比计算	(136)
第十三章	尺寸链计算	(144)
第十四章	擒纵机构——零件(轮、叉)、工 作原理、理论特性、调整、维修经验、 检验	(149)
第十五章	快慢针	(179)
第十六章	振动系——摆轮游丝零件与组合、复摆 调整、检验、工作原理与理论特性对走 时影响	(185)
第十七章	走针机构	(231)
第十八章	表壳与钻石	(240)

第十九章	清洗·····	(249)
第二十章	防锈·····	(254)
第二十一章	润滑油的性能与应用·····	(263)
第二十二章	加油位置与方法·····	(269)
第二十三章	防油扩散处理和自润滑处理·····	(276)
第二十四章	手表走时性能和精度的名词、术语···	(286)
第二十五章	手表的校验与质量考核·····	(294)
第二十六章	常用装配校验仪器的应用·····	(306)

附录

一、统机手表——装配面、表盘面结构装配图 ·····	(316)
二、手表拆、洗、装的基本步骤和方法·····	(318)
三、国产手表易损件修配尺寸·····	(325)
四、部颁“手表装配工”工人技术等级标准·····	(349)
五、本书专业名词及术语的选用·····	(353)

第一章 时间的概念及度量

试 题

1. 什么叫时间？具体计量时间的概念有哪两个？
2. 手表计量时间的基本原理是什么？其时间是怎样得出的？
3. 目前有哪几种主要频率标准？各应用怎样？
4. 计时基本单位是什么？写出日以下时间单位的符号及秒以下单位的换算。计时最大单位和最小单位是什么？光年又是什么单位？
5. 一秒钟是怎样定出来的？它的演变又怎样？
6. 闰秒是怎样产生的？
7. 分秒怎么定为60进位的？
8. 什么叫阳历？它的年月日是怎样定出来的？它有否缺点？
9. 什么叫阴历，它的年月是怎样定出来的？
10. 北京的标准时间的来由怎样？
11. 无线电播发有哪几种时号，其用途怎样？

解 答

1. 时间是物质运动过程的持续性和顺序性，也是物质运动过程的传递更替和前后贯串的表现。时间是一维的，单向的，它总是朝着一个方向流逝，即过去、现在到将来的顺序流逝着，是一去不复返的。

宇宙中的一切物质，都在时间和空间中不断运动变化和发展着，如果超越这两个范畴，任何物质存在及其运动变化都是不可能的。

时间是无限的，是运动着的物质客观存在的形式，是一种无

形的价值观念。在自然科学中，时间是物理学上三个基本物理量之一。钟表是计量时间的仪器。

具体计量时间的概念有两个：一是“时间间隔”；二是“时刻”。

时间间隔是指两个瞬时之间的间隔，含有持续的久暂之意。

时刻是指无限时间中任一瞬时，含有早晚起止之意。

如：工厂上午八点上班，中午十二时下班。上午四个小时为时间间隔值。八点和十二点为时刻值。

注①：在我们钟表行业，经常地用“时段”之词取代“时间间隔”。由于运动着瞬息流逝的物质，用“段”的量来表示，其含义不是最严密的。

2. 任何一种计量，实质上都是被测量与标准量进行比较的过程。手表计量时间的基本原理也是如此。对于机械表而言，就是利用摆轮游丝系统振动产生较为恒定的周期作为标准量，再乘以被测时间间隔中的振动次数，便得到所要计量的时间。用公式来表示：

$$t = Tn$$

式中 t 为时间； T 为振动周期； n 为振动次数。

3. 目前主要频率标准有以下四种：

(1) 铯原子频率标准：铯原子钟具有最高的准确度，目前已高达 6×10^{-15} 的量级（相当于五百万年误差 1 秒），它具有优良的长期稳定度和频率再现性，是目前公认的时频绝对基准，世界上尤其以联邦德国技术物理所（PTB），美国国家标准局（NBS）和加拿大国家研究室（NRC）连续运转的铯原子钟准确度最高，是国际原子时尺度（ATI）的主要参考基准。空间技术发展，小铯钟已被用于空间飞行器的卫星上。我国研制的铯钟已投入到建立我国地方原子时尺度的应用中。

(2) 氢原子频率标准：氢原子钟由于受原子在石英储存泡中壁碰撞频移的限制，准确度次于铯钟。但由于它具有优良的稳定度，在无线电导航、深空跟踪、电波传布特性、验证相对论效

应、洲际甚长基线射电干涉测量实验，卫星全球定位等方面取得了极其广泛的应用。我国上海天文台研制的氢原子钟，在1981年作为基本振源已成功地和联邦德国进行了洲际甚长基线干涉实验，同时该台和陕西省天文台也用氢原子钟建立了原子时系统和开展多方面的研究。

(3) 铷原子频率标准：在原子频标中相对来说准确度低，频率漂移大。但结构简单、重量轻、功耗小、价廉和较好的矩稳等优点作为工作标准被广泛使用。也可当作空间钟应用。

(4) 石英晶体振荡器：准确度低、老化率大，但寿命长，短期稳定性良好，体积小、工作可靠、低功耗、使用方便、价便宜。目前在高精度的钟表和精密的钟表检验仪器领域是最为广泛应用的一种频标，它的精度为 $1 \times 10^{-8} \sim 2 \times 10^{-9}$ 或更高。石英钟表和各种检验仪器的精度主要取决于石英晶体振荡器的精度。

4. 计时基本单位为“秒”。国际时间单位符号见表1-1

表1-1		时间单位符号						
时间单位	日	时	分	秒	毫秒	微秒	纳秒	皮秒
单位符号	d	h	min	s	ms	μs	ns	ps

注：1. “分”的单位符号，常用“m”表示；
2. 词头名称“纳”也可写成“纳诺”，旧称毫微，“皮”也可写成“皮可”，旧称微微。

秒以下时间单位的换算：

$1 \text{ 秒} = 10^3 \text{ 毫秒} = 10^6 \text{ 微秒} = 10^9 \text{ 纳秒} = 10^{12} \text{ 皮秒}$

常用的时间最大单位为“年”。有时也用更大的单位，如“世纪”、“百世”或“万年”、“亿年”。

光年是长度单位，不是计时单位，用于天体的距离测量，一光年 $=9.46053 \times 10^{15} \text{ m}$ 。根据国际天文学联合会决定，自1984年起采用天文单位距离 $A = 1.49597870 \times 10^{11} \text{ m}$ 。秒差距 $\text{Pc} = 20626$

$$5A=3.0857 \times 10^{16} \text{m}.$$

时间最小单位为①皮秒为万亿分之一秒。

5. 目前世界上有三种时间制的秒长定义:

(1) 以地球自转周期确定秒长: 地球自转一周, 以某一恒星(或太阳)为测量基准, 连续两次经过地球同一子午线所经历的时间间隔 $1/86400$ 为真太阳日秒长, 地球自转周期为23小时56分4秒, 真太阳日最大日差51秒, 故不能用来作为计量时间的基本单位。于是, 采用真太阳的平均长度——“平太阳日”, 日分24小时, 每小时为60分, 每分又分为60秒, 取日长的 $1/86400$ 为“一平太阳秒”, 称为世界时秒长, 记为VT系统。但是地球自转的速度不是均匀的, 有快有慢, 呈不规则的变化, 因与人们生活密切相关, 故仍广泛地使用。

(2) 以地球绕太阳公转周期确定秒长: 1952年八届国际天文协会采纳了国际度量衡委员会的建议, 时间秒长是以地球绕太阳公转周期为单位基准, 是一种均匀时, 称为“历书时”, 记为ET系统, 以回归年长度的 $31556,925.9747$ 分之一作为一个历书时秒长, 称为1历书秒, 以86400历书秒为1历书日。历书时开始时刻为1900年1月0日12时, 历书时意义为天文学上编制历表所用的时间系统, 对大地, 天文测量和研究仍有重要价值。

(3) 以原子跃迁周期确定秒长: 当原子钟问世以来, 微观世界中的原子运动的稳定性远比宏观世界地球运转的稳定性高得多, 是一种恒定的时间基准, 1967年十三届国际度量衡会议确定采用原子时, 记号为AT, 秒长定义为铯(Cs^{133})原子基态两个超精细能级之间跃迁所辐射电磁波的9192631770个周期所持续的时间。选取1958年1月0日VT₂的0时0分0秒, 为原子时的时刻起算点。

上述世界时和历书时的秒长, 是由长周期等分得到; 原子时是由短周期倍乘而得到。

6. 原子时与世界时的秒长不一, 原子时比世界时大约每天快2.5毫秒, 1958年~1971年差值为10秒, 为了使它们协调一致,

所以在1972年建立了“协调世界时”VTC。

我国从1981年1月1日北京标准时间8时整起，中央人民广播电台的民用报时信号，改用协调世界时VTC发播。

协调世界时是目前国际上通用的一种授时方法，而不是独立的计时系统，内容为：时刻用世界时，以利使用；秒长用原子时，精度高。规定原子时与世界时 VT_1 的时差值超过0.9秒时，由巴黎国际计时局作出通知，使协调世界时跳过一秒（可正可负），这就是所谓的“闰秒”，也叫“置闰”，引入跳秒的目的是使协调世界时调整得与地球自转的时间较为接近，即使原子时与世界时一致。

由于地球千百年来趋于转慢，所以一般要在协调世界时中引入一个正跳秒，也就是这一天的时间将比平日多1秒钟。这种跳秒规定每年在1月1日和7月1日进行（巴黎时间为12月31日和6月30日，恰好是格林威治时间午夜前调整时间），一般加在1月1日，1981年加在7月1日北京时间7时59分59秒至8时零分1秒之间引入一个正跳秒。世界上从72年起实行协调世界时以来已经增加10个“闰秒”了。但这种跳秒会影响计时系统工作的连续性，故仍不完善。

注①：地球自转有变慢的趋势，近2000年来，每过100年使日长增加1.6毫秒，从1900年算起至1982年中地球转慢了大约50秒钟。

7. 地球自转一周有昼夜之分，也就是地球自转一周的角度是相应一天一夜的时间间隔，所以角度与时间在量值上是吻合的，当代的钟表实际上是利用表盘的圆周分度来等分时间，时针转过两周与地球自转一周的角度量值来比较的，一昼夜划分为24个小时或者12个时辰，是以地球自转并绕太阳公转来确定的。用“小时”或“度”来作为计时单位，但嫌太粗，在历法、生产、生活上不能满足需要，因而产生了分、秒的单位、但为什么采用60进位呢？因为60这个数能被2、3、4、5、6这五个数整除（等分），这就能在计量中方便计算，在100之内的任何数中唯

有60才具有满足 2 ~ 6 等分为整数的特性，这就是分。秒采用60进位制的理论根据，即所谓的“60体系制”。

“小时”或“度”的 $\frac{1}{60}$ 记为“′”表示“分”的单位，以

“′”的 $\frac{1}{60}$ 记为“″”表示秒的单位，这在数学上为众所公认的简便记法。由于记录方便，故在我们钟表行业内广泛地应用。但应指出“分”的单位符号为“min”，“秒”的单位符号为“S”，这是国际统一规定的。

8. 阳历是生活中应用的日历，又为世界共同所采用，因此也称作“公历”或称“格里历”，阳历是以地球绕太阳公转运动来确定时间的。地球绕太阳公转一周称为一年，在天文上叫作“回归年”，这回归年的周期，从现代科学计算准确的时间为365.24219878天（即365天 5 时48分45.6秒）不是整数天，而把一年定为 365.25^5 天，平年为365天，一年分为12个月，每月的天数不等，月大为31天，月小为30天，二月平为28天，余数每四年就积聚一天，就加在四年的末一年，变为366天，则称“闰年”，规定这一天加在二月份，所以逢闰为29天。这样与精确的回归年还有差异，在一年中差值为： $365.25 - 365.24219897 = 0.00780122$ 天，这在400年内又多出三天。即 $0.00780122 \times 400 = 3.12048$ 天。设法还得减掉，因而又规定每逢百年时，年份后面去掉两个零，然后用4去除，不能被4整除的，在年内扣除一天，能被4整除的为公元1600 ~ 2000年中的1700年、1800年、1900年为平年，各在年内扣除一天，这就是使公历的年长与回归年长在400年中仅差0.12048天，满3300年才多出一天，这使人类生活与科学无疑不受影响，这就是阳历的“每四年一闰，逢百年不闰，逢四百年为闰”的理论来由。

阳历也有缺点，每季每月的天数不等，每月的日子和星期也不相关，无规律可循，不便人们记忆，国际上早已酝酿着对阳历进行改革，但由于两千年来的长期习惯沿用，又是国际性统一的

事，不易改革。

9. 阴历是我国特有的日历，是以月亮圆缺变化的周期来计算时间的，月亮在我国古代叫做“太阴”，所以称为“阴历”，又叫“夏历”。阴历以24个节气为基础，与农业生产关系密切，所以也称“农历”。

从现代科学的测量知道月亮圆缺的周期为29.530589天（即29天12小时44分3秒），叫做朔望月。阴历是以月相计算日期，用闰月的方法与地球绕太阳公转一周为基础计量的回归年协调一致，所以实际上并不是纯粹的阴历，而是阴阳历结合的产物，所以又叫阴阳合历。

阴历每月的天数，月小为29天，月大为30天，一年只有354天，比阳历少11天，三年相差约一个月。为了适应四季气候变化和农业节气，并与阳历相符合，早在春秋末期历法上便有规定2~3年增加一个闰月，每19年规定7闰，这称一个“闰章”，81章为“一统”，三统为“一元”，每元为 $19 \times 81 \times 3 = 4617$ 年，以元为周期地循环，这种历法一直沿袭至今。

10. 地球周而复始地自西向东自转，地球上任何位置都每日以24小时的时间循环，在地球东西的不同位置，看到太阳先后也不同，形成所谓的经度“时差”，所以世界各地的地方时都不同。如伦敦中午12时，我国北京的时间约为下午7时45分，上海约为下午8时零6分，这使人们生活 and 交往都不便。因此规定以地球表面相隔15度的经线为一个时区，共分为24个时区（ $24 \times 15 = 360^\circ$ ），以英国格林威治天文台所在的零度经线，又叫“本初子午线”为世界上标准时间的起点，向东西经线各 $7^\circ 30'$ 的范围内为零时区。从零时区边界线向东每隔 15° 的区域内提早一小时，依次划12个时区，称东1区~东12区，向西同样划分（东西12区两者重合），如图1-1。

我国土地辽阔，从东经 73° 至 135° ，东西横跨 62° ，占有5个标准时区，或者说从我国的东北到新疆两地的边缘，在同一瞬时

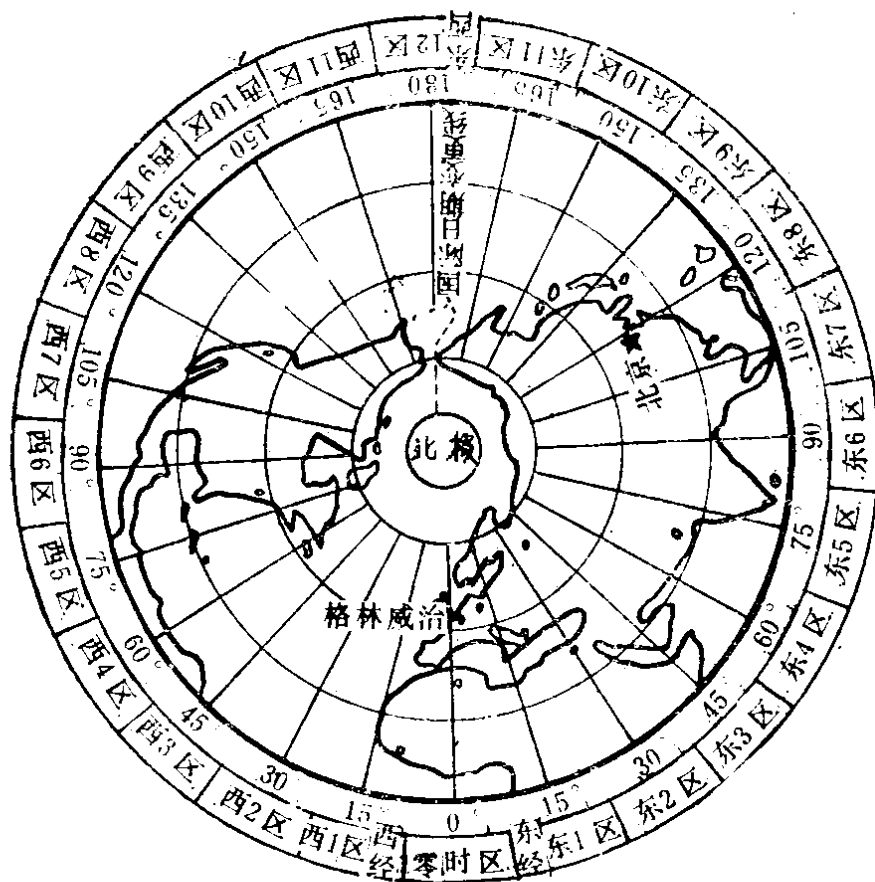


图1-1 时区的划分

相差 4 个小时，北京处于约东经 116° ，属东 8 时区。为方便起见，把北京所在地区的时区（即 120°E 的地方时）作为全国统一标准时间，称为“北京时间”。

注：时区的界线，实际上并不是完全按经度来划分，也可由各国行政区或自然界来划分。

11. 人民广播电台报时信号嘟……嘟的最后一响更为清脆，是指“北京标准时间”的整点 0 分 0 秒，这是传递民用校时的一种方式。陕西天文台从 1981 年 7 月 1 日正式投入使用短波授时系统（呼号为 BPM），发播的频率有标准频率 5MHz、10MHz、15MHz，在标准频率上发表 VT、VTC 和科学式时号；另有非标准频率 9351KHz 和 5430KHz。

上海天文台发播的 XSG 时号，主要提供航海校时用，发播频率为 16938KHz、12945KHz、6454KHz、8487KHz、522、

5KHz, 发播时间为世界时 3 点和 9 点即北京时间11点和17点56分55秒到00分00秒发播国际时号, 在0.1分00秒到06分00秒发播科学式时号。国际式时号主要提供航海校时用, 而科学式时号则是每分钟发播61个时号, 时号间隔为 $60/61\text{秒}=0.9836\text{秒}$, 被测钟每秒钟发出的秒信号与接收到发射台时号相比较, 每分钟必有一次切拍, 如果听到整分后第10个时号与比对钟的第10秒切拍, 则被测钟快 $10\times(1-0.9836)=0.164\text{秒}$ 。使用切拍法比对精度可达0.01秒(这是时刻精度, 没有积累误差), 这种切拍方法, 也适用各钟表厂校对标准钟以及高精度计时仪器的校对。

中国科学院上海天文台 邹惠成同志 校

第二章 装配工的基本知识

试 题

1. 写出公制长度单位与符号以及各单位之间的换算关系。
机械工业基本长度单位是什么？
2. 用千分表测量同一厚度而公差不一的三个零件，其厚度尺寸为：

$$\begin{array}{l} (1) \ 0.85 \quad \begin{array}{l} +0.005 \\ -0.012 \end{array} \end{array}$$

$$\begin{array}{l} (2) \ 0.85 \quad \begin{array}{l} -0.009 \\ -0.014 \end{array} \end{array}$$

$$\begin{array}{l} (3) \ 0.85 \quad \begin{array}{l} +0.025 \\ +0.010 \end{array} \end{array}$$

若千分表误差修正量当0.85时为 $-3\mu\text{m}$ ，问该表在实际测量上述三个零件时，其尺寸的指示值范围该是多少？

3. 手表的零件、组件、部件哪个大？它们是怎样组合的？
4. 写出20种以上装配常用工具。
5. 写出10种以上装配常用仪器。
6. 怎样使用镊子，才能不易使零件崩掉？
7. 怎样使用表杆子（表起子）？
8. 手表装配工怎样做好装配车间的清洁卫生工作？
9. 手表在装配中，有哪些主要调整工序？
10. 什么叫装配流水线？
11. 手表装配车间对室外环境与室内设施以及机心传递有何要求？
12. 手表装配车间为什么要有恒温设施？
13. 由手工装配采用半自动或自动化工作台，必须考虑哪些条件？
14. 什么叫统一机心手表？写出统机表与非统机表以及附

加装置的代号，这些代号来源的依据是什么？并举例说明？

15. 什么叫男表、女（坤）表，其规格是怎样区分的？

16. 为何不可能把手表走时调整得没有误差？手表走时突然变化，主要原因是什么？

17. 环境温度对手表周期的影响如何？

18. 手表走动“嘀”、“嗒”声大小，能否衡量表机的质量？

19. 用鱼刺图写出停摆因素20种。

20. 手表在高原地区使用，对走时精度有何影响？

解 答

1.

表2-1 公制长度单位换算表

单位名称	符号	换算关系（单位：毫米）	与主单位的比
米	m	1米=10分米=1000毫米	主 单 位
分 米	dm	1分米=10厘米=100毫米	$10^{-1}\text{m}(0.1\text{m})$
厘 米	cm	1厘米=10毫米	$10^{-2}\text{m}(0.01\text{m})$
毫 米	mm	1毫米=10丝米	$10^{-3}\text{m}(0.001\text{m})$
*丝 米	dmm	1丝米=10忽米=0.1毫米	$10^{-4}\text{m}(0.0001\text{m})$
*忽 米	cmm	1忽米=10微米=0.01毫米	$10^{-5}\text{m}(0.00001\text{m})$
微 米	μm	1微米=1000纳米=0.001毫米	$10^{-6}\text{m}(0.000001\text{m})$
纳 米	nm	1纳米=0.1埃米=0.000001毫米	$10^{-9}\text{m}(0.000000001\text{m})$

续表

单位名称	符号	换算关系 (单位: 毫米)	与主单位的比
埃(埃米)	Å	1埃米=0.001皮米=0.0000001毫米	10^{-10}m (0.0000000001m)
皮 米	pm	1皮米=0.000000001毫米	10^{-12}m (0.000000000001m)

注: 1. • 非我国十进倍数和分数法定计量单位;
2. 工厂习惯把忽米读作“丝”或“道”。

机械(包括钟表)工业基本长度单位为毫米。

2. 在测量时, 千分表测得值必须加上修正量(校正值), 才等于被测量的真值(实际值)。用公式表示:

$$\begin{aligned} \text{真值} &= \text{测得值} + \text{修正量} \\ &= \text{测得值} - \text{示值误差} \end{aligned}$$

所以用千分表测 0.85 时, 最大和最小极限尺寸各加 (-0.003), 因此测该三尺寸时, 其测得指示值范围应为:

$$\begin{aligned} (1) \quad 0.85 \quad & \begin{array}{l} +0.005 + (-0.003) \\ -0.012 + (-0.003) \end{array} \quad \text{即: } 0.835 \sim 0.852 \\ (2) \quad 0.85 \quad & \begin{array}{l} -0.009 + (-0.003) \\ -0.014 + (-0.003) \end{array} \quad \text{即: } 0.833 \sim 0.838 \\ (3) \quad 0.85 \quad & \begin{array}{l} +0.025 + (-0.003) \\ +0.010 + (-0.003) \end{array} \quad \text{即: } 0.857 \sim 0.872 \end{aligned}$$

注: 部分表厂的量修部门, 在千分表检定表上标写的是示值误差, 而误用名词为修正量。两者绝对值相同, 而符号相反(修正量等于负示值误差), 其概念不得相混。

3. 按机械钟表统一编号规定: 组件为最大, 代号为Z, 是部件与零件、部件与部件、组件与部件的组合件。部件次之, 代号为B, 是由两个零件以上的组合件。零件为最小, 是单件。组件与部件另一个概念: 组件是可拆的; 而部件是不可拆的。

4. (1) 镊子 (2) 表杆子 (表起子、改锥) (3) 放大镜