

上海计量技术革新成果选

自动快速计量检测



上海人民出版社

自动快速计量检测

上海计量技术革新成果选

上海人民出版社

内 容 提 要

在毛主席的无产阶级革命路线指引下,在轰轰烈烈的无产阶级文化大革命运动的推动下,上海广大工人、计量人员和技术人员,认真学习马列著作和毛主席著作,以阶级斗争为纲,坚持党的基本路线,狠批刘少奇、林彪的反革命修正主义路线,坚决贯彻“独立自主,自力更生,艰苦奋斗,勤俭建国”的方针,掀起大搞技术革新的群众运动,制成了一大批自动快速计量检测的新仪器和新设备,使计量工作进一步适应社会主义革命和社会主义建设的需要。

为了反映广大工人、计量人员和技术人员坚持“独立自主、自力更生”的革命精神,及时总结交流上海计量技术的革新成果,进一步推动技术革新群众运动的深入开展,本书选入了近年来上海工交战线和有关单位自动快速计量检测方面的部分技术革新项目,共27篇,其中包括激光比长仪、光栅式小模数齿轮单面啮合检查仪、外径千分尺平行性检查仪、通信电缆阻容全自动测试仪等。

本书可供广大计量人员、干部和技术人员以及有关同志参阅。

上海计量技术革新成果选

自动快速计量检测

上海市计量测试管理局 主编

上海 人民出版社 出版

(上海绍兴路5号)

上海新华书店发行 上海中华印刷厂印刷

开本 787×1092 1/16 印张 19.75 插页 1 字数 397,000

1977年5月第1版 1977年5月第1次印刷

书号: 15171·270 定价: 1.60元

毛主席语录

列宁为什么说对资产阶级专政，这个问题要搞清楚。这个问题不搞清楚，就会变修正主义。要使全国知道。

阶级斗争是纲，其余都是目。

我们的方针要放在什么基点上？放在自己力量的基点上，叫做自力更生。

什么工作都要搞群众运动，没有群众运动是不行的。

我们必须打破常规，尽量采用先进技术，在一个不太长的历史时期内，把我国建设成为一个社会主义的现代化的强国。

前 言

“计量”在我国已有几千年的悠久历史。伟大导师恩格斯说：“科学的发生和发展一开始就是由生产决定的。”计量的发生和发展也正是这样，是从人类社会出现产品交换以后出现的。伸掌为尺、手捧为升、滴水计时、迈步定亩等是当时最简易的计量方法。发展到春秋战国期间，人们开始能够制造天平。这些原始的计算大小、多少、长短、早晚、轻重的方法，过去称之为“度量衡”。

在历史上，反动的剥削阶级把计量工具作为剥削劳动人民的一种手段。如春秋战国史料上记载，在诸侯国内，度量衡各成一套，奴隶主随意改变度量衡器，以加深对奴隶的剥削。当时新兴地主阶级则有时利用变更度量衡器的大小同奴隶主争夺奴隶，争取民众的拥护，作为向没落奴隶主阶级进行斗争的一种重要手段。秦始皇为了加强和稳定新兴地主阶级的中央集权制，促进经济的发展，在实现了政治统一的基础上，采取了一系列有利于社会发展的改革措施，统一度量衡就是其中的一项。但是在漫长的封建统治时期里，我国生产力的发展极为缓慢，计量技术也就必然处于十分落后的状态。直至在解放前在国民党反动统治下的旧中国，计量技术基本上还是停留在使用尺、斗、秤的水平上；计量制度多种并存，混乱不堪。

解放后，在毛主席无产阶级革命路线指引下，我国社会主义建设事业蓬勃发展。党和政府十分重视计量工作。1959年国务院发布了关于统一计量制度的命令，从此结束了我国长期以来计量制度不统一的状况。在我国社会主义革命和社会主义建设迅速发展的大好形势下，我国计量工作和计量科学研究也出现了崭新的局面。现在，国家生产建设和科学研究急需的长度、力学、热工、电磁、光学、声学、化学、时间频率、无线电和放射性等方面的计量基准、标准已逐步建立起来，旧的“度量衡”的概念发生了根本的变化。

计量工作是保证国家计量制度统一，保证计量器具的量值准确一致和正确使用，为生产建设和科学研究服务的一项重要的技术基础工作；亦是工农业生产和科学研究中，保证产品质量，提高劳动生产率以及确保安全生产的一项不可缺少的工作。

经过无产阶级文化大革命的战斗洗礼，本市工交战线的广大计量人员，在各级党组织的领导下，认真学习马列著作和毛主席著作，以阶级斗争为纲，坚持党的基本路线，深入批判刘少奇、林彪的反革命修正主义路线，坚持为三大革命运动服务的方向，搞好量值统一，深入生产第一线，在为生产服务方面，取得了

一定的成绩。

由于科学技术的发展,生产的机械化、自动化程度不断提高,计量检测工作如何变手工检测为自动快速检测,是计量工作必须解决的新课题。在毛主席关于“打破洋框框,走自己工业发展道路”等一系列重要指示的指引下,遵照毛主席关于“尽量采用先进技术”的教导,本市工交战线广大工人、计量人员、技术人员自力更生,奋发图强,积极采用激光、光栅、射流、电子、微波、红外线等新技术,创造了一批自动快速测长、测重、测速、测湿、测温、测时和化学分析等检验测试新仪器和新设备,在某些加工过程、工艺流程、成品、半成品或零部件的生产环节中实现了自动快速计量检测,发挥了较好的作用,并为计量工作适应工业生产技术改造和生产自动化的需要摸索出了一些经验。

广大计量人员在开展群众性计量技术革新运动中深深体会到,发展计量工作必须无产阶级政治挂帅。上海电缆厂1974年的生产相当于解放初期的七十九倍,生产迅速发展了,但计量检验测试方法仍然是人工操作,劳动强度很高,工效低,不能适应生产的需要。在党的领导下,通过大搞技术革新运动,该厂几个只干了一年、两年计量工作的青年和工人老师傅一起,遵照毛主席“独立自主、自力更生”的教导,发奋钻研,发扬敢于攀登高峰的顽强革命意志,只用八个月的时间,试制成功了一台通信电缆阻容全自动测试仪。用这台仪器能一次显示阻容数值,整个测试过程只需十几分钟,提高工效十倍。上海缝纫机零件十厂主要生产缝纫机上、下轴,随着生产工艺的改进,1974年“上轴”的生产已达到班产量五千支,可是计量检验却仍然是落后的手工操作,每班一人最多只能检验一千八百支,远远不能适应生产发展的情况。计量人员遵照毛主席“艰苦的工作就象担子,摆在我们的面前,看我们敢不敢承担”的教导,主动挑起改革计量工具的担子,刻苦钻研,日夜奋战,终于把气动量仪经过改制应用于测量上、下轴,既减轻了劳动强度,又提高了检验效率,同时检验人员相应减少,节省了劳动力。目前,一个人每班能检验五千支,并有继续提高的可能。

“什么工作都要搞群众运动,没有群众运动是不行的。”广大工人对生产中的计量问题最了解,最熟悉,要求解决问题的迫切感也最强,因此充分依靠工人,实行革命的“三结合”,才能搞好计量技术的革新。近几年来,上海工交战线采取“三结合”形式搞成的计量革新项目,据不完全统计,就有四、五百项之多。上海第五钢铁厂计量人员和工人、技术人员相结合,试制成功五十吨行车钢水包电子秤,解决了准确计算钢包内钢水重量的问题。上海微型轴承厂组成由工人、技术人员和干部参加的“三结合”小组,试制成功钢球自动分选仪,提高效率四倍,分选精度达到一微米。

目前,上海市群众性的计量技术交流活动正在蓬勃开展,计量技术革新取得了新的成果,呈现出一派热气腾腾的景象,这一切有力地说明了计量工作经过无产阶级文化大革命所发生的深刻变化。

在毛主席革命路线指引下，在“到处莺歌燕舞”的一派大好形势下，计量技术正随着生产的发展向着新的深度和广度进军，必将不断取得新的成就，在社会主义革命和社会主义建设中发挥更大的作用。

上海市计量测试管理局

九七六年九月

目 录

前 言	上海市计量测试管理局 (1)
激光比长仪	上海市计量测试管理局等 (1)
光栅式小模数齿轮单面啮合检查仪	上海量具刃具厂 (20)
外径千分尺平行性检查仪	上海量具刃具厂 (37)
通信电缆阻容全自动测试仪	上海电缆厂 (47)
铈电极的研制及洗涤剂 pH 自动调节	上海合成洗涤剂厂 西安轻工业机械科学研究所 (62)
自动调节 pH 值装置	上海染料化工一厂 上海第二分析仪器厂 (84)
HW-2型红外测温仪	华东电业管理局中心试验所 (91)
HW-4型红外测温仪	华东电业管理局中心试验所 (102)
HWZ-1型红外亮度测温仪	上海长征电讯器材厂 上海激光技术试验站 (117)
RTY-I型红外线热轴探测仪	上海东华半导体器件厂 (127)
集成化电容测厚仪	上海有色金属压延厂 (138)
集成化数字电感测厚仪	上海有色金属压延厂 (155)
SZ-74型非磁性测厚仪	上海合金轴瓦厂 (173)
MZ-208全自动内圆磨床电感主动检测仪	中国轴承厂 (180)
气动测量仪	上海缝纫机零件十厂 (192)
电机转子车床自动测量装置	上海电机专用机械厂 (201)
钢球自动分选仪	上海微型轴承厂 (206)
光电脉冲数字显示装置	上海水平仪厂 (213)
粮食水份微波测试仪	上海粮食科学研究所 (224)
糖果水份微波测试仪	上海红星糖果厂 (238)
微量水份测试仪	上海光明电表厂 上海化工研究院 (243)
电阻式棉纱线筒子回潮率测定仪	上海第六棉纺织厂 (250)
80吨电子汽车秤	上海第三钢铁厂 (259)
数字式专用电子秤	上海第九棉纺织厂 (267)
BL型台式数控粘度计	上海长征造漆厂 (279)
钢水结晶温度快速定碳仪	上海第一钢铁厂 (288)
简易改装原子吸收光谱仪	上海有色金属研究所 (300)

激 光 比 长 仪

上海市计量测试管理局等

激光比长仪是测量玻璃和金属材料的精密线纹尺的长度计量标准仪器。为了适应我国精密机械制造和仪器仪表工业发展的需要,1968年11月,遵照伟大领袖毛主席关于“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”的教导,在上海市各有关单位党组织的领导下,由上海机床厂、上海科学仪器厂、上海第二机床厂、沈阳仪器仪表研究所、上海精密机床研究所、复旦大学和上海市计量测试管理局等单位组成以工人为主体的激光比长仪研制小组,在中国计量科学研究院、中国计量科学研究院分院和有关兄弟单位的帮助下,经过二年多时间的努力,于1971年5月研制成功了测量自动化的激光比长仪。而后,由上海科学仪器厂、中国计量科学研究院分院、沈阳仪器仪表研究所和上海市计量测试管理局等单位又经过一年时间,共同研制成功激光比长仪专用电子计算机,使这台仪器的测量和计算实现了自动化。1971年12月经全国专业技术交流会议评定,这台激光比长仪对测量一米殷钢线纹尺的综合极限误差为 ± 0.2 微米。

激光比长仪的研制成功是贯彻执行毛主席“独立自主、自力更生”方针的伟大胜利,是对林彪、孔老二宣扬“天才史观”、“生而知之”的谬论有力的批驳,是无产阶级文化大革命的又一成果,为我国精密机械加工和仪器仪表工业的发展又增添了一份力量。

一、结 构 和 原 理

激光比长仪的外形见图1。

仪器是以He-Ne(同位素)气体激光的6328Å波长为标准。如图2所示,仪器由底座2以三个支承点6安放在地基上,床身1以对应三点松弛支承安放在底座上。装有光电显微镜7的立柱9和干涉仪台3,空气折射率测量仪台4均与底座相连接,工作台5上装有被测量线纹尺8和干涉系统的可动三面直角棱镜19,通过变速箱由蜗杆蜗轮带动闭合式钢带传动工作台。仪器装有保温罩。整台仪器连同专用电子计算机对线纹尺作自动测量,目前因空气折射率测量仪部分有待试验改进,为此由温度测量台,气压计和湿度计同时工作。仪器对一米线纹尺所需测量

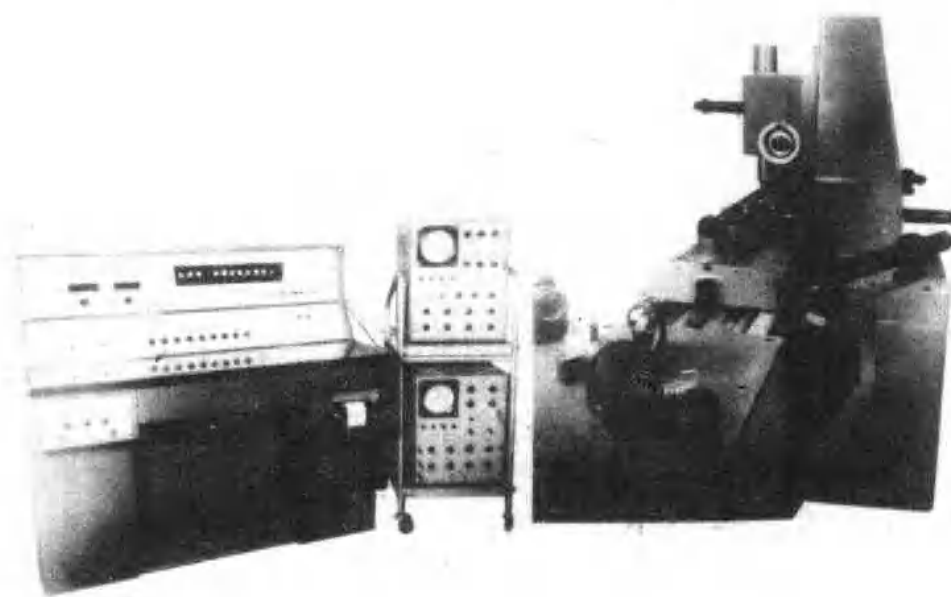


图 1 激光比长仪外形

时间为10分30秒,仪器的总重量为3.5吨。

仪器的工作原理如下:从激光器10射出的光束,由反射镜12反射至聚光镜13通过物镜14成为平行光束,经分光镜15分成两路:一路由分光镜的表面反射至反射镜16到固定三面直角棱镜17;另一路透过分光镜由反射镜18反射至安装在工作台上的可动三面直角棱镜19。两路光束再从棱镜17、19返回至分光镜重合,产生干涉条纹。光程差等于半波长的偶数倍时得到亮条纹,光程差等于半波长的奇数倍时得到暗条纹。当工作台连续移动时,由于两路光程差的不断改变,使干涉条纹明暗交替变化,工作台的移动距离 L 可以用下式表示:

$$L = N \cdot \frac{\lambda}{2} \quad (1)$$

式中: N ——干涉条纹明暗变化次数;

λ ——激光波长。

明暗交替变化的干涉条纹经反射镜20,通过分象棱镜21再经透镜聚焦由光电倍增管22接收转换成电信号输入专用电子计算机。

被测量线纹尺亦装在工作台上,由安装在立柱9上的光电显微镜7来瞄准运动状态下的线纹尺的刻线中心。随着工作台的移动,当第一条刻线(即“0”刻线)经过光电显微镜光轴的瞬间,刻线的影象被安装在显微镜象面上的光电倍增管24接收,经光电转换和电路逻辑处理后输出脉冲信号,打开计算机的输入门,开始记录干涉条纹的明暗交替变化次数,并作一系列的数据运算。当工作台移动到被测线纹尺相邻的一条刻线中心通过光电显微镜光轴的瞬间,又输出一脉冲信号,

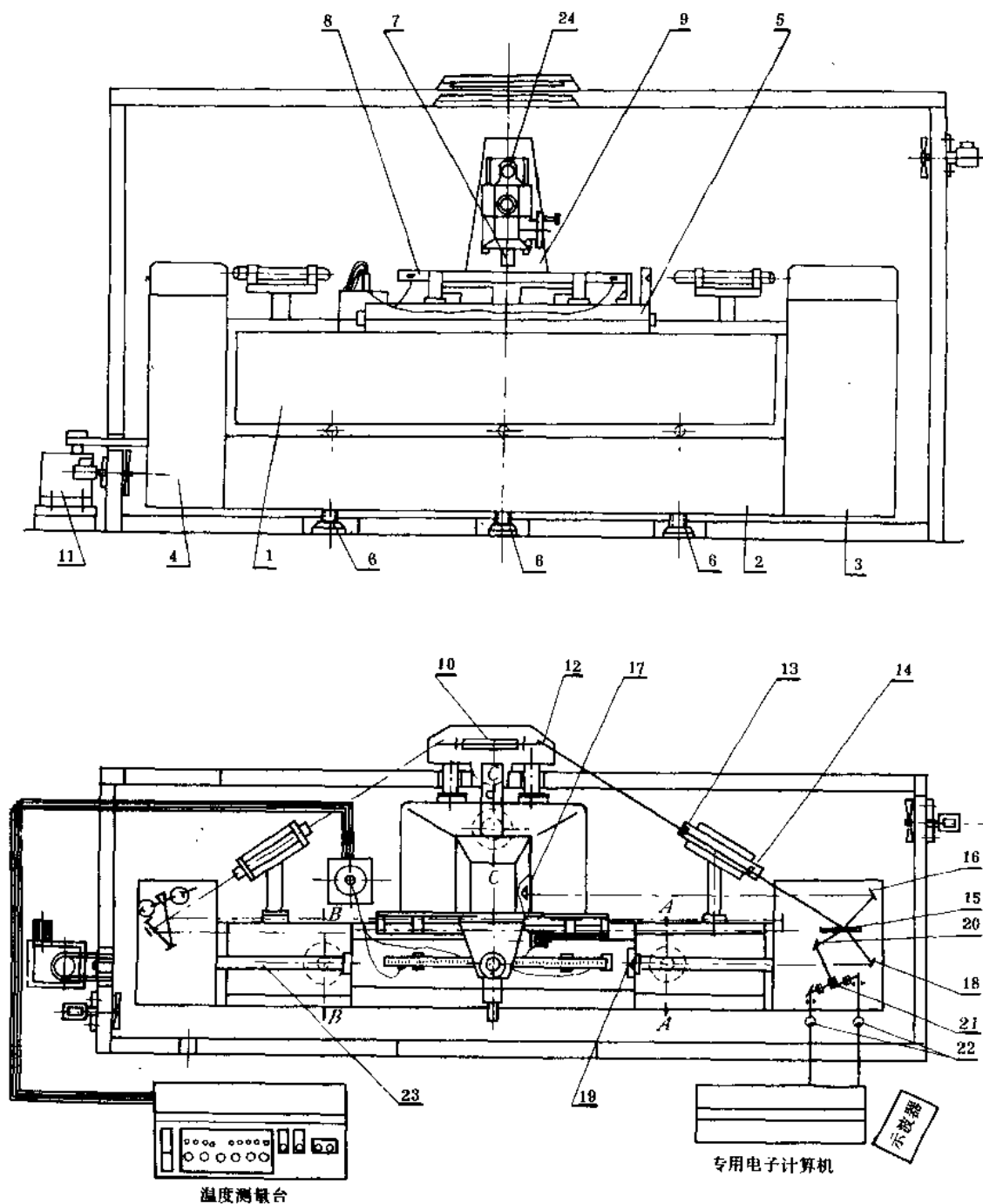


图 2 激光比长仪结构

- 1-床身；2-底座；3-干涉仪台；4-空气折射率测量仪台；5-工作台；6-支承点；7-光电显微镜；8-被测量线纹尺；9-立柱；10-激光器；11-变速箱；12, 16, 18, 20-反射镜；13-聚光镜；14-物镜；15-分光镜；17-固定三面直角棱镜；19-可动三面直角棱镜；21-分象棱镜；22, 24-光电倍增管；23-钢带

使这两条刻线中心之间干涉条纹明暗变化次数（亦即可动三面直角棱镜移动的距离），由计算机运算处理，并根据测量选用的方法，使最后测量结果的打印记录数据表示被测两刻线中心之间的“实际值”或对名义值的“偏差值”，或单位当量为 $\lambda/8$ 的“脉冲数”。

本仪器可对分度值为0.01毫米、0.1毫米、1毫米等间隔的线纹尺作“偏差值”（即测量结果的数值表示与名义值之差值）测量；对各种间隔的线纹尺可作“实际值”（测量结果的数值表示毫米以内的实际值）和“脉冲数”（测量结果的数值经计算后求得被测间隔的实际值）测量。

仪器使用的激光器，事先应在Kr86波长测量装置上测得真空波长。仪器在测量时，首先须测出环境的空气温度、气压、湿度和被测线纹尺的表面温度，并按下式求得空气折射率 n

$$n = 1 + \left(\frac{(n_s - 1)p}{720.775} \cdot \frac{1 + p(0.817 - 0.0133t) \times 10^{-6}}{1 + 0.003661t} \right) - f(5.7224 - 0.0457\sigma^2) \times 10^{-6}, \quad (2)$$

$$n_s = 1 + [8342.13 + 2406030(130 - \sigma^2)^{-1} + 15997(38.9 - \sigma^2)^{-1}] \times 10^{-6}, \quad (3)$$

$$\sigma = \frac{1}{\lambda_0} \left(\frac{1}{\mu} \right);$$

式中： λ_0 ——真空波长(μ)；

t ——空气温度($^{\circ}\text{C}$)；

p ——气压(毫米汞柱)；

f ——湿度(毫米汞柱)；

n_s ——标准状态下空气折射率；

n ——测量环境的空气折射率。

$$\text{由} \quad \lambda_0 n_0 = \lambda n, \quad (4)$$

则 得到测量环境下的波长： $\lambda = \lambda_0/n$ (n_0 在真空状态下为1)，由此得到仪器的计数脉冲当量 $\lambda/8$ 。

对被测线纹尺表面温度偏离 20°C 的修正值按下式计算：

$$\Delta L_a = \alpha(t - 20)L \quad (L \text{ 单位为毫米}), \quad (5)$$

式中： α ——被测线纹尺的线膨胀系数；

t ——被测线纹尺表面温度。

当仪器测量时选用“偏差值”或“实际值”的方法，则 ΔL_a 在仪器的计数脉冲当量中修正，从而得到测量环境修正后的仪器计数脉冲当量：

$$X = \frac{\lambda}{8} \left(1 - \frac{\Delta L_a}{10^3 L} \right), \quad (6)$$

式中： L ——测量距离(毫米)。

至于测量过程中，对于温度、气压和湿度的变化，就列入仪器的测量误差。

在实际测量时，根据仪器所在环境条件，我们事先假定在 $t_s = 20^{\circ}\text{C}$ ， $p = 760$ 毫米

汞柱, $f=10$ 毫米汞柱条件下求得 $\lambda/8$, 然后对测量环境偏离假定条件按下式修正, 从而得到仪器经环境修正后的计数脉冲当量:

$$X = \frac{\lambda}{8} \left\{ 1 + [0.93(t_s - 20) - 0.358(P - 760) + 0.056(f - 10) - \alpha(t_R - 20)] \times 10^{-6} \right\}. \quad (7)$$

由专用电子计算机的送数波段开关将 X 值按位拨到相应的位置, 这样仪器即能对测量数据作出自动计算处理。

二、仪器的主要特点

本仪器为了实现对1米线纹尺(殷钢)的测量精度达到 ± 0.2 微米以内, 在研制过程中考虑的几个问题分述如下:

1. 仪器测量时干涉系统的分光镜15、固定三面直角棱镜17和光电显微镜7三者相对位置, 要求严格不变, 否则会产生误差

仪器在测量时, 随着工作台的移动, 其重心的转载不可避免的会发生床身的变形, 而这种变形还会传递到与床身相连的构件上去, 并且得到放大。为了克服由于床身的变形而影响三者位置发生变化, 本仪器的设计采用了底座、床身、工作台的三层结构形式。这样当工作台移动时, 底座受到的三个垂直力只有大小的变化, 而无方向和位置的变化, 避免了底座的变形。由于仪器的设计将分光镜, 固定三面直角棱镜和光电显微镜均装在与底座相连的构件上, 因而保证了三者相对位置不变。经实际测定, 仪器之工作台在1米范围内移动, 三者相对位置的变化仅为0.02微米。

三点松弛支承的结构如图3所示。在底座和床身的底面上, 各有三个沉孔, 钢球3置在带锥孔的圆柱6之间, 作为定位点。钢球4放在带“V”型槽的两个圆柱7中, “V”型槽的方向与床身导轨一致, 当床身受温度变化可使之沿着导轨方向伸缩。钢球5放在两个平面圆柱8之间, 允许床身自由伸缩。这样, 随着温度的变化, 可使床身按一定的方向伸缩, 避免受温度影响而产生形变。

2. 采用闭合式钢带的传动形式, 提高了工作台运动的平稳性

本仪器设计之前, 系在一台由丝杠传动的刻线机上进行的, 当时发现光波干涉信号输出频率很不稳定, 对仪器的影响较大, 造成原因很多, 开始认为外界振动的影响是主要的, 之后虽采取了一些措施, 但是收效不大。毛主席教导我们: “唯物辩证法是否排除外部的原因呢? 并不排除。唯物辩证法认为外因是变化的条件, 内因是变化的根据, 外因通过内因而起作用。”后来我们就从仪器内部找原因。经过试验分析, 由于丝杠的微量弯曲, 当丝杠转动后通过连接在工作台上的螺母, 使工作台运动速度发生周期性的变化, 以及螺母与丝杠啮合有微小间隙, 使工作台在很

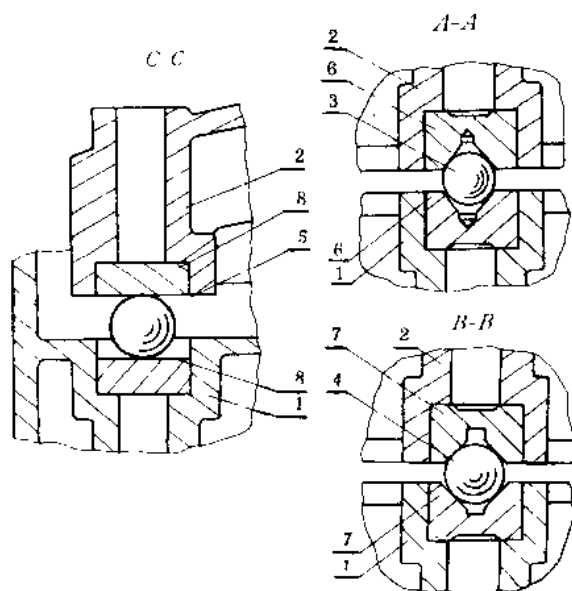


图3 三点松弛支承结构

1, 2 - 钢套; 3, 4, 5 - 钢球; 6, 7 - 圆柱; 8 - 平面圆柱

小距离内前后振动等等, 这些均是丝杠传动的影响。针对上述问题, 我们在作了反复试验的基础上, 采用了闭合式钢带传动系统, 避免了用丝杠传动的上述缺陷, 并且工作台因前后受到钢带的约束, 提高了抗震能力, 使光波干涉信号输出频率的不稳定在较大程度上得到了改善, 满足了仪器的要求。图4是闭合式钢带传动图。

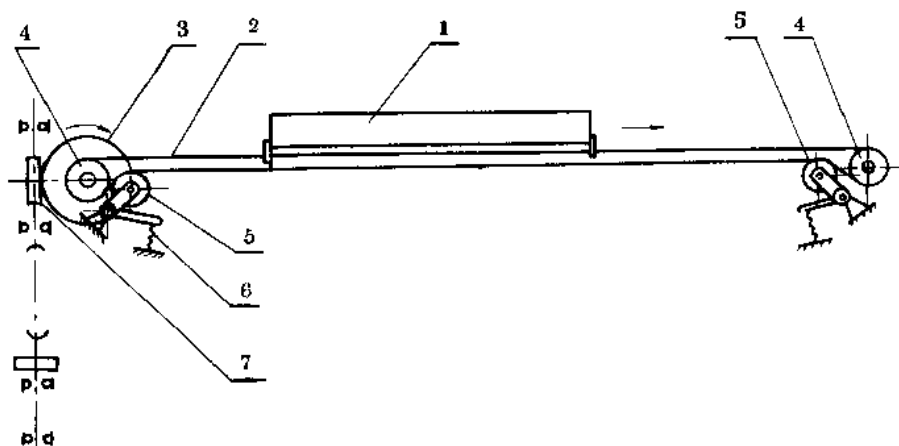


图4 闭合式钢带传动图

1 - 工作台; 2 - 钢带; 3 - 蜗轮; 4 - 钢轮; 5 - 压紧轮; 6 - 弹簧; 7 - 蜗杆

此外, 仪器工作台的两端安装了四个阻尼器, 如图5所示, 目的在于提高抗震能力和起着工作台的卸荷作用。

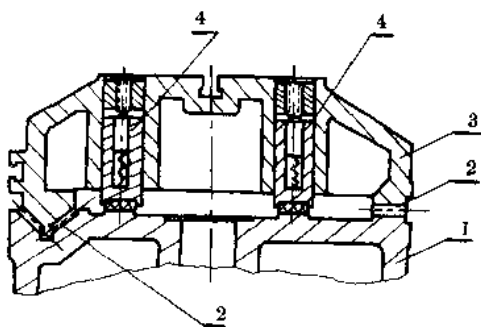


图5 阻尼器结构图

1-床身; 2-滚柱; 3-工作台; 4-阻尼器

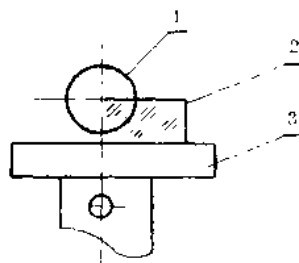


图6

1-平行光束; 2-平面平行玻璃板; 3-微转工作台

3. 光波干涉条纹信号的四倍频细分

由于仪器精度要求达到 ± 0.2 微米以内,以 $1/2$ 波长作为计数脉冲当量显然是不合理的,为此必须对干涉条纹信号细分。本仪器在干涉系统的光路中置有平面平行玻璃板2,它与入射光束1成如图6的位置,并借支承台3作微量的旋转,使由固定三面直角棱镜返回的光束本身变成有 90° 相位差的两束光,分别与另一光路(由可动三面直角棱镜返回)光束产生干涉,从而获得相位差为 90° 的两组干涉条纹,再经图2所示分象棱镜21和聚光镜将干涉条纹分别送入光电倍增管22作光电转换,通过如图7所示的逻辑环节,它由P、Q两路相位差 90° 的方波,经一次倒相为1、3点方波,经二次倒相为2、4点方波,微分后为5、6、7、8点正脉冲,将四路输入正或非门,得到9点的输出脉冲数是原来一路的四倍。这时,每个脉冲代表原来一个干涉条纹周期的四分之一,实现了四倍频细分,使计数脉冲当量成为 $1/8$ 波长。

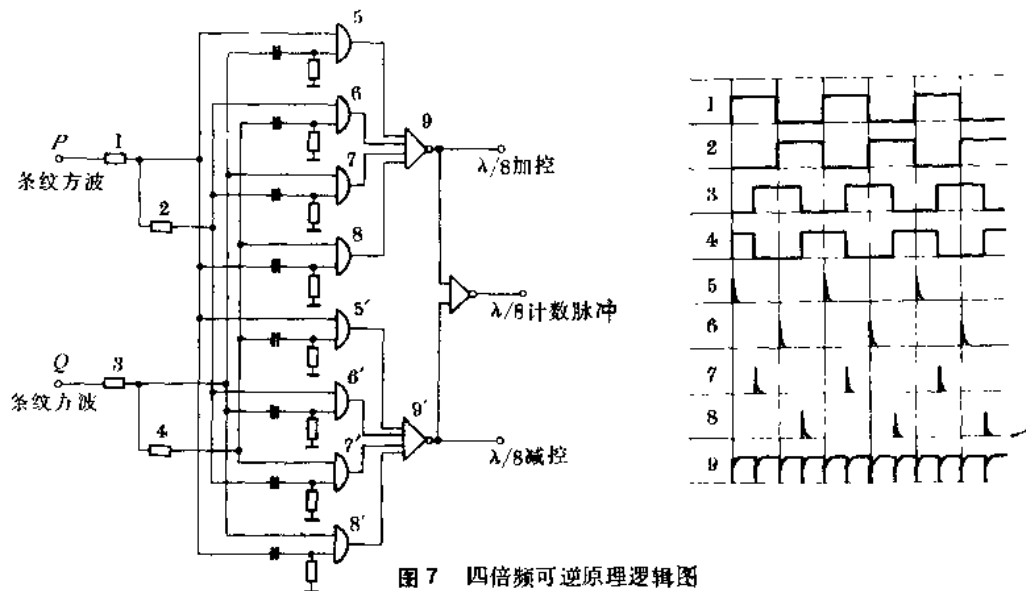


图7 四倍频可逆原理逻辑图

4. 光电显微镜

为了适应仪器对线纹尺作自动连续测量的需要, 光电显微镜必须对运动状态下的刻线作精确的瞄准。本仪器的光电显微镜应用了光度双管差动的原理, 要求光学成象清晰和电路触发稳定。为此设计的显微镜光路和逻辑电路如图 8 和图 9 所示。由光源 1 经聚光镜 2、反射镜 3 将灯丝成象在位于准直物镜 5 焦点处的固定光阑 4 的中心, 以平行光进入准直物镜 6 (或聚光镜 20, 测量玻璃线纹尺时), 再经由反射镜 (7、8), 半反射镜 11 和物镜 10 照明被测线纹尺 9 刻线面。由于被测尺刻线面处在物镜 10 的焦平面上, 刻线经物镜 10 后成象无穷远, 通过辅助物镜 12 和分光镜 13 使刻线在位于辅助物镜 12 的焦平面上的狭缝 (14、16) 处成象。为适应测量不同刻线宽度的线纹尺, 狭缝宽度应是可变的, 两只狭缝的相对位置是平行平移相交。当刻线象经过狭缝面上扫描而为位于狭缝平面上的光电倍增管 (15、17) 接收, 将光通量的变化转换成电信号, 产生如图 10 所示的 φ_1 、 φ_2 电信号, 它们的交点为被测刻线的中心。

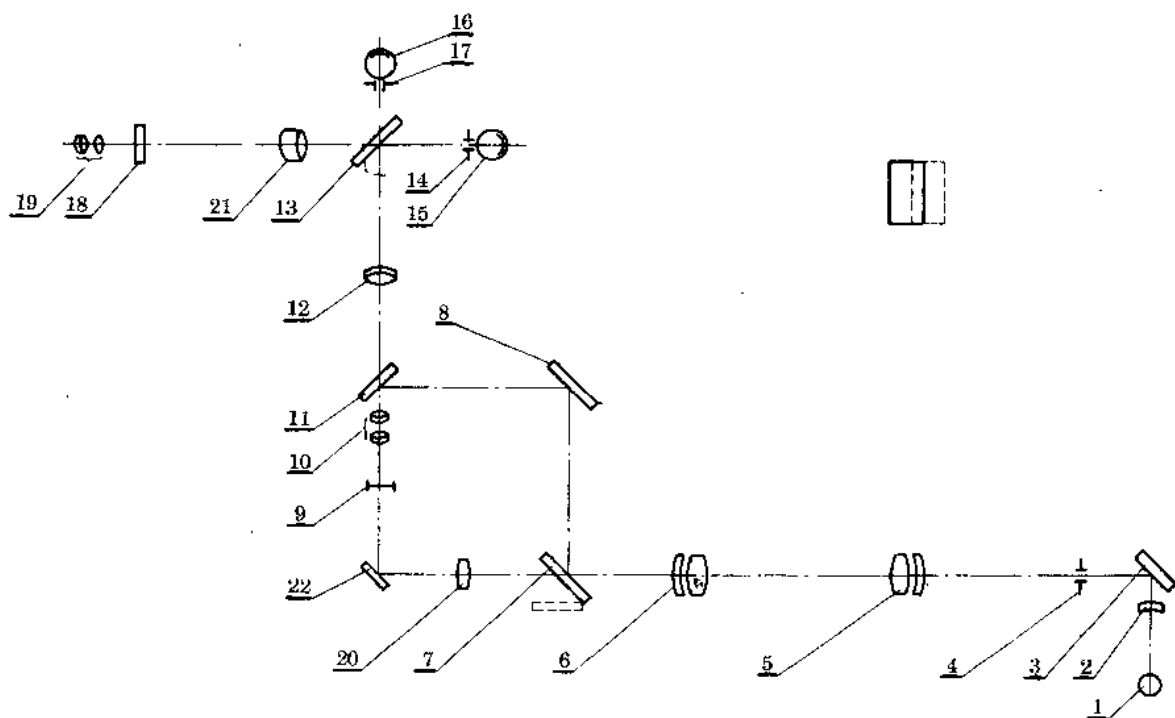


图 8 光电显微镜光路图

1 - 光源; 2, 20 - 聚光镜; 3, 7, 8, 22 - 反射镜; 4 - 固定光阑; 5, 6 - 准直物镜; 9 - 被测
量线纹尺; 10, 21 - 物镜; 11 - 半反射镜; 12 - 辅助物镜; 13 - 分光镜;
14, 16 - 狭缝; 15, 17 - 光电倍增管; 18 - 分划板; 19 - 目镜

控制电路分主路和副路两部分。主路是利用差分信号的负半周工作, 它是决定光电显微镜瞄准精度的主要部分, 因此要求施密特过“0”触发, 使差分信号的

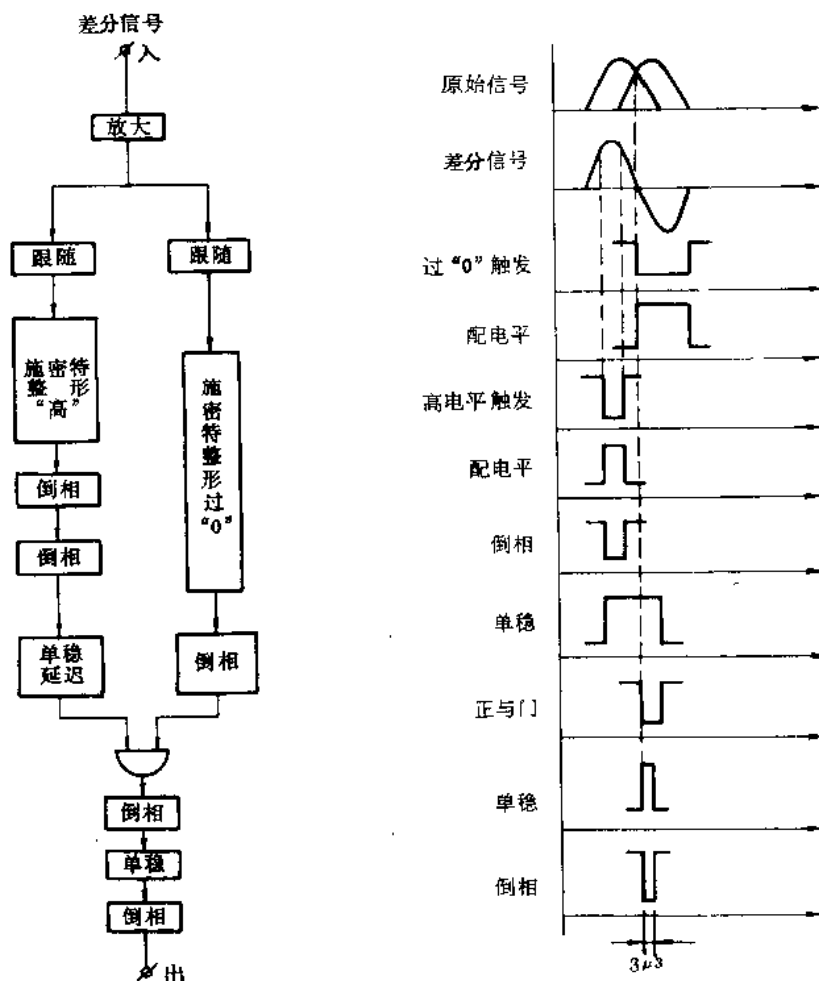


图9 光电显微镜电路逻辑图

负半周整形出负的方波。为了满足固体元件单门的输入要求，须经倒相配电平环节，以保证输入单门可靠工作。副路是利用差分信号正半周工作，用以控制由于被测线纹尺上的划痕或灰尘而带来的干扰信号，使不误发信号，所以副路的施密特触发器点电位比较高，使来自上述的干扰信号不能使施密特触发器翻转，只有当接收到真正刻线信号时才翻转。副路信号经单稳延迟，延迟的时间应超过主路脉冲的前沿，这样主、副路正方波到达与门即输出一负脉冲，而它的前沿即为刻线的中心，经一单稳整形把脉冲宽度控制在3微秒时间上，再倒相输出负脉冲送入主机工作。

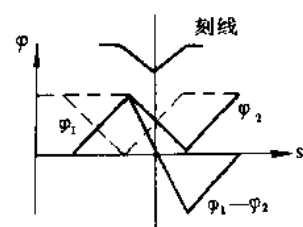


图10