编 号：0177

内 部

科学技术成果报告

激光两座标测量仪

科学技术文献出版社

China 需要全本请访问 www.ertongbook.com

科学技术成果报告

激光两座标测量仪

（内部发行）

编 辑 者： 中国科学技术情报研究所

出 版 者： 科学技术文献出版社

印 刷 者： 中国科学技术情报研究所印刷厂

新华书店北京发行所发行　　各地新华书店经售

*

开本：787 × 1092 1/16　印张：2.75　字数：70.4千字

1980年12月北京第一版第一次印刷

印数：1—2,230册

科技新书目：179--31

统一书号：17176.275　　定价：0.45 元

目　　录

概述……（1）

一、仪器主体结构……（1）

二、测量系统……（2）

（一）纵向干涉系统……（3）

（二）横向干涉系统……（3）

（三）空气折射率干涉仪……（5）

（四）小角度干涉仪和校正系统……（7）

三、数值显示与打印……（13）

（一）激光干涉条纹的32细分……（13）

（二）计数脉冲当量的变换……（19）

（三）计数单元……（23）

四、测量结果的修正……（26）

五、瞄准定位装置……（26）

六、仪器的精度……（29）

（一）单轴精度……（29）

（二）座标精度……（32）

（三）座标样板测试……（33）

（四）一等量块比对结果及精度分析……（36）

附表：本仪器各部分误差组成表……（37）

附录一、“激光两座标测量仪”鉴定会纪要……（39）

附录二、“激光两座标测量仪”预审会纪要……（40）

China

激光两座标测量仪

中国计量科学研究院“激光两座标测量仪”研制组

概　　述

激光两座标测量仪是以激光干涉测长技术为基础设计的精密尺寸测试设备。仪器可作平面内的座标测量，进一步设计和安装第三座标部件后也可实现三座标测量。仪器可供检定精密刻线标准尺和其它标准尺，亦可测量内外径和端面尺寸以及平面内几何形状和相互位置（如不直度、曲线形状、轴线间距离、不垂直度以及集成电路图形和座标样板等）。

仪器最大可测范围为1200×400毫米，最高分辨率可达0.01μ，仪器的单轴位置精度不低于±0.3μ，座标总精度为±2μ，检定1米铟钢线纹米尺的精度可达±0.2μ。

为保证仪器达到上述精度，除了采用高分辨率的激光干涉测长技术外，还对仪器导轨几何精度造成的误差进行了随机检测和伺服校正或自动修正。对环境条件所造成的影响亦进行了修正。

本文简要介绍了仪器的主体结构，所采用的基本干涉测长系统及由此演变而来的可补偿阿贝原则误差的干涉系统，小角度干涉仪、空气折射率干涉仪等共四种干涉系统。还介绍了为提高仪器导轨几何精度而采用的对工作台运动的小角度和不直度误差的随机检测和伺服校正系统及测头沿横向运动的不直度检测和修正系统。对于应用激光干涉测长中使用的细分和单位变换方法及双向测头亦作了简单介绍。

一、仪器主体结构

仪器主体结构采用单臂立柱移动式（图1）。与一般万能工具显微镜相似。这种结构使测量系统的布局容易符合阿贝原则或接近符合阿贝原则。由于采用激光波长为长度标准时不存在有形的标准尺，可以使仪器设计得既符合阿贝原则又并不过大的增加体积。

仪器的载物工作台面积为1400×450mm，可以沿纵向导轨（X方向）移动1250mm。瞄准定位装置安放在立柱的悬臂上。立柱可在横向（Y方向）导轨上移动410mm。

仪器底座系SG7430螺丝磨床身。底座面上有有纵向导轨。而在底座的横向镶装1080mm长的横导轨。导轨由一个V形面和一个平面组成，经精鲍后铲刮，不直度误差为3～4μ/米。为避免爬行导轨与移动部件之间加滚柱，滚柱的不圆度、锥度和不直度误差均在1μ以内，相互差亦在1μ以内。工作台和立柱均采用丝杠传动。主丝杠可作快速进给，另有微动丝杠可推着主丝杠作轴向的微动进给。拖动系统采用可控硅无级调速。为补偿工作台移动过程中床身变形，纵向导轨中间部分在加工时约略凸起5～6μ。

China

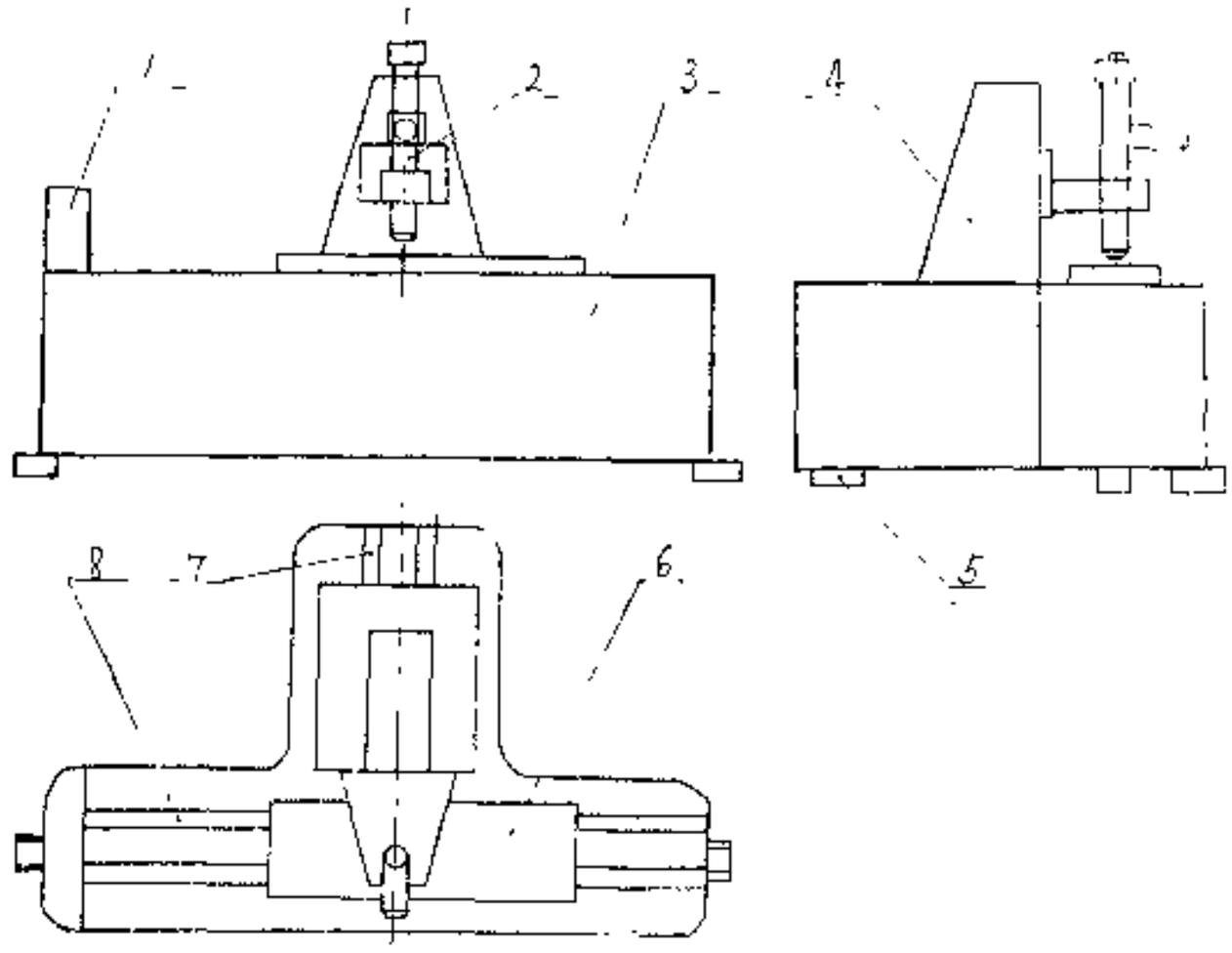


图 1　激光两座标测量仪主体结构示意图

1．干涉光路座　　5．支承楔块
2．光电显微镜　　6．纵向工作台
3．床身　　7．横向导轨
4．立柱(可作横向移动)　　8．纵向导轨

二、测　量　系　统

仪器的测量系统分成主测量系统和辅助测量系统两部分。主测量系统包括纵向和横向两套干涉测长系统。辅助测量系统包括折射率干涉仪、小角度干涉仪、工作台移动不直度测量仪、测头移动不直度测量仪和热电偶测温系统等。主测量系统提供被测座标的主要数据。辅助测量系统随机监测各种误差和干扰因素的数值及其变化情况。

所有激光干涉测量系统均以迈克尔逊干涉体系为基础（图 2）。

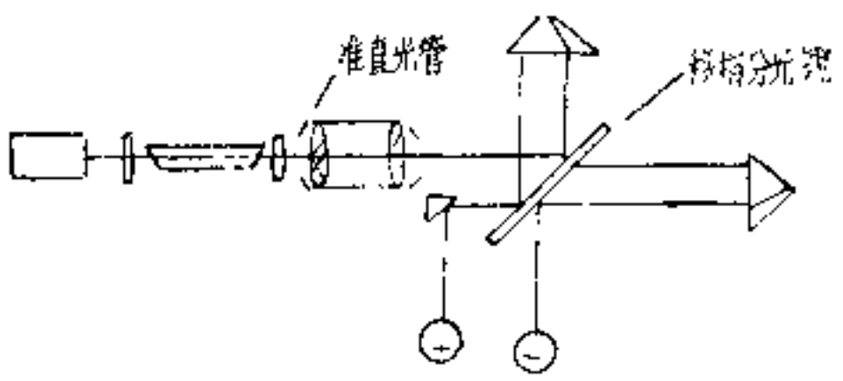


图 2　基本干涉系统

由单模稳频的氦氖激光器发出的6328Å 的光束经准直光管后扩展为直径为4mm 左右的准直光束射向移相分光镜，在玻璃基底上蒸镀了半反射铝和氟化镁的分光镜，使透射和反射光之间产生相位差，适当控制镀层厚度以及镀膜工艺过程，可以使得分光过程既能产生接近于所要求的相位移动，又获得较好的透反比。经分光以后的两束光分别射向一对角锥棱镜，由于光束不是正对着角锥棱镜的顶点射入的，所以出射光束将从对称于棱镜顶点的位置上出来。这样就避免了激光束返回到激光器内部而扰乱激光振荡。经返回的两束光在分光镜上再次分成重合的两对，此两对光束各自产生干涉。由于此两对光束所经过的反射和透射次数不同，所产生的干涉图形在相位上有 90° 的移动。这两组干涉图形在光电接收器上被转变为电信号。具有 90° 相位差的两个信号在电子计数器中容易实现细分和判定移动方向。如果一个角锥棱镜固定，则从电子计数器所显示的数字就可得出另一个棱镜移动的距离。

China　需要全本请访问 www.ertongbook.com

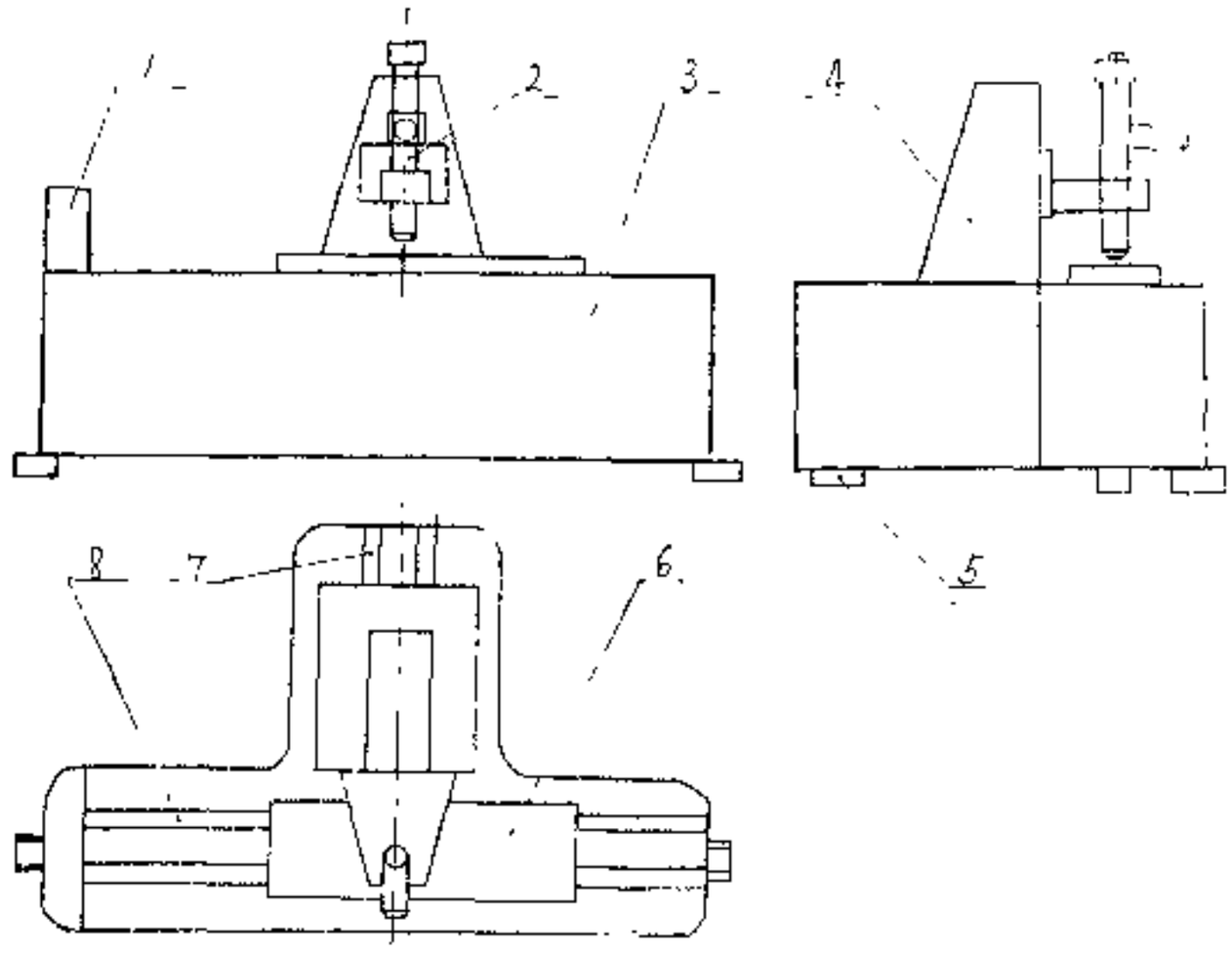


图 1　激光两座标测量仪主体结构示意图

1．干涉光路座　　5．支承楔块
2．光电显微镜　　6．纵向工作台
3．床身　　7．横向导轨
4．立柱(可作横向移动)　　8．纵向导轨

二、测　量　系　统

仪器的测量系统分成主测量系统和辅助测量系统两部分。主测量系统包括纵向和横向两套干涉测长系统。辅助测量系统包括折射率干涉仪、小角度干涉仪、工作台移动不直度测量仪、测头移动不直度测量仪和热电偶测温系统等。主测量系统提供被测座标的主要数据。辅助测量系统随机监测各种误差和干扰因素的数值及其变化情况。

所有激光干涉测量系统均以迈克尔逊干涉体系为基础（图 2）。

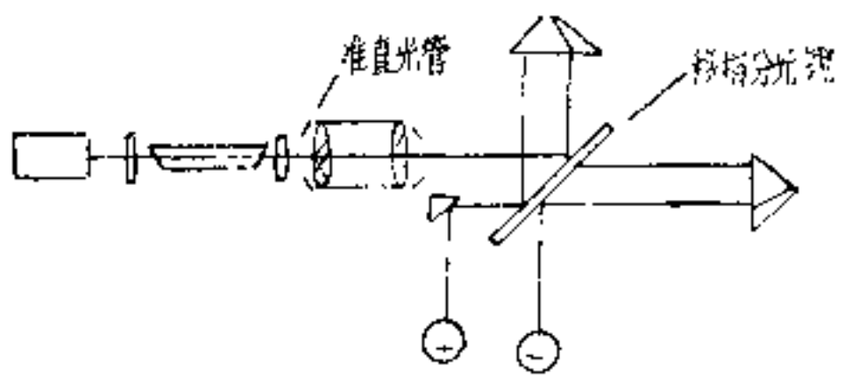


图 2　基本干涉系统

由单模稳频的氦氖激光器发出的6328Å 的光束经准直光管后扩展为直径为4mm 左右的准直光束射向移相分光镜，在玻璃基底上蒸镀了半反射铝和氟化镁的分光镜，使透射和反射光之间产生相位差，适当控制镀层厚度以及镀膜工艺过程，可以使得分光过程既能产生接近于所要求的相位移动，又获得较好的透反比。经分光以后的两束光分别射向一对角锥棱镜，由于光束不是正对着角锥棱镜的顶点射入的，所以出射光束将从对称于棱镜顶点的位置上出来。这样就避免了激光束返回到激光器内部而扰乱激光振荡。经返回的两束光在分光镜上再次分成重合的两对，此两对光束各自产生干涉。由于此两对光束所经过的反射和透射次数不同，所产生的干涉图形在相位上有 90° 的移动。这两组干涉图形在光电接收器上被转变为电信号。具有 90° 相位差的两个信号在电子计数器中容易实现细分和判定移动方向。如果一个角锥棱镜固定，则从电子计数器所显示的数字就可得出另一个棱镜移动的距离。

China

以上180mm的设计平面内，而装在低于工作台平面之下（图4）。但测量工作要求在工作台

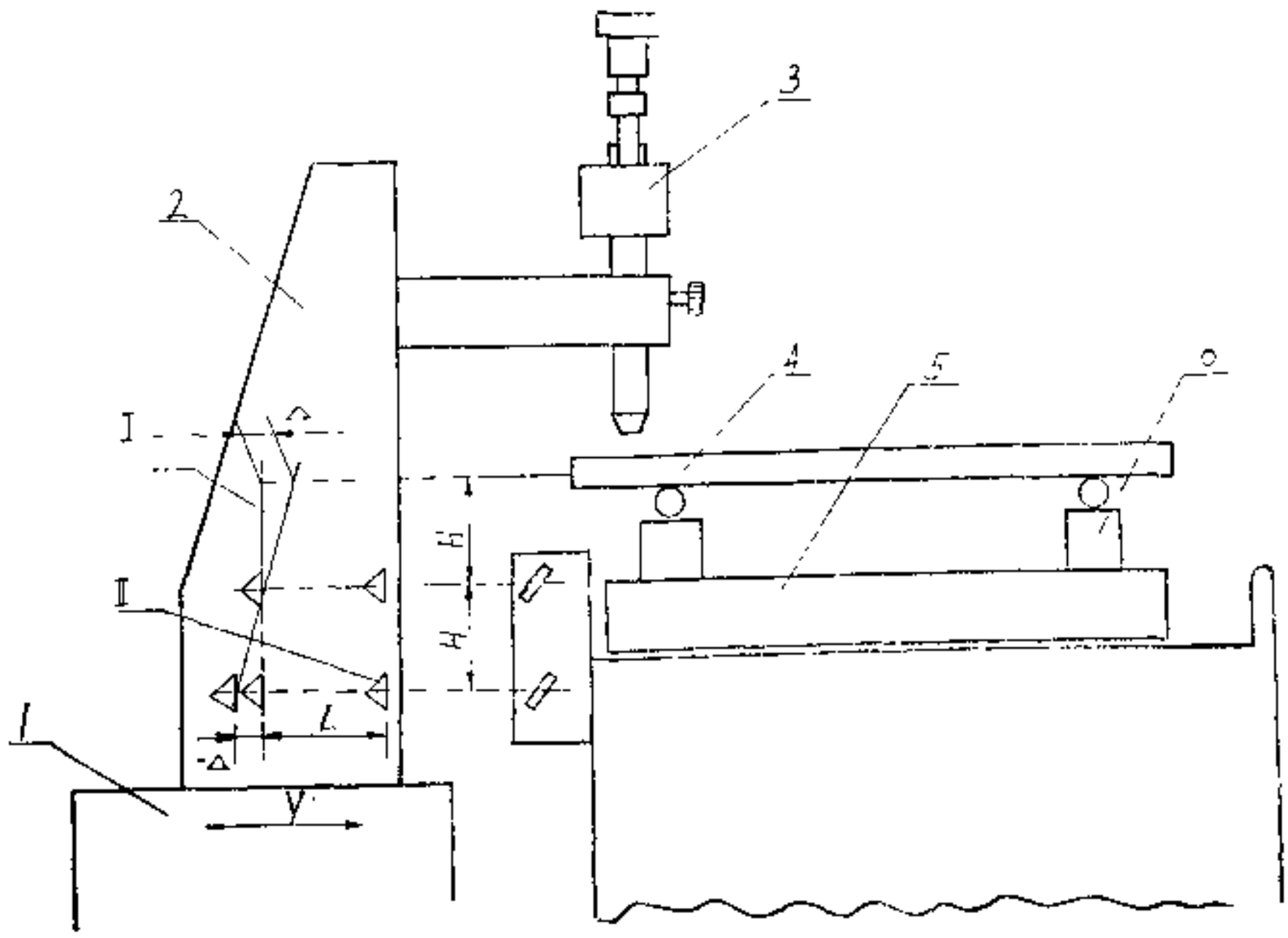


图4　横向测量系统

1．横向拖板　　2．立柱　　3．光电显微镜

4．刻线尺　　5．工作台　　6．支承

面以上进行，为消除由于这种高度差而引起的不符合阿贝原则的误差，光路设计得与一般迈克尔逊干涉系统不同，如图5所示，这个干涉系统的两个角锥棱镜均装在沿横向移动的立柱上。如果以悬臂上的瞄准定位装置的中心为Z轴，则此两反射镜均在Y—Z平面内，但两个棱镜一高一低，在高度上有一差值H。H的数值正好等于棱镜I到设计平面的高度。这一干涉系统补偿阿贝误差的原理是这样的：如果带有瞄准装置的立柱沿横向移动时并不伴随着立柱的前后倾斜，即使不符合阿贝原则也不产生测量误差。只有当立柱在Y—Z平面内发生倾斜（小角度变化）时，立柱不同高度处的位移量才会有微小差别，此时棱镜I对于测量轴线上的位移量之差就是阿贝误差。如果用一般的干涉系统而将两个反射镜都固定在立柱上，并使它们跟着立柱移动，就只能反映两个反射镜位移量之差，亦就是只能反映立柱的倾斜，当棱镜I到棱镜II之间的高度差H正好等于工作台上被测尺寸到棱镜I之间的高度差时，干涉仪所测得的数值正好等于阿贝误差的负值。这样的干涉测量系统不能反映立柱的基本位移量，因而必须改变光路的结构，使之既能反映立柱的位移量，又能反映出阿贝误差，并使这二个量在光路中相加，而所得到的综合结果正好是测头在被测尺寸轴线上的位移量。由于上述一般光路系统已能够反映出阿贝误差的负值，所以我们只要设法在棱镜I的光路中加入基本位移的光程就可以使所得到的结果中既包含了基本位移所造成的光程差，又扣除了阿贝误差。办法是增加一个屋脊棱镜（图5中的3）使棱镜I的光线多来回反射一次。从图5可以看出，立柱从前向后移动L，由于导轨不直引起立柱倾斜，使得测量轴线上的位移量与棱镜I的位移量之间差Δ，而棱镜I与棱镜II之间正好差一Δ。从图5可以看出，如果棱镜I移动了L，光程变化为$4L$。而棱镜II的位移量为（$L-\Delta$），光程变化$2(L-\Delta)$。而两支光路的光

China

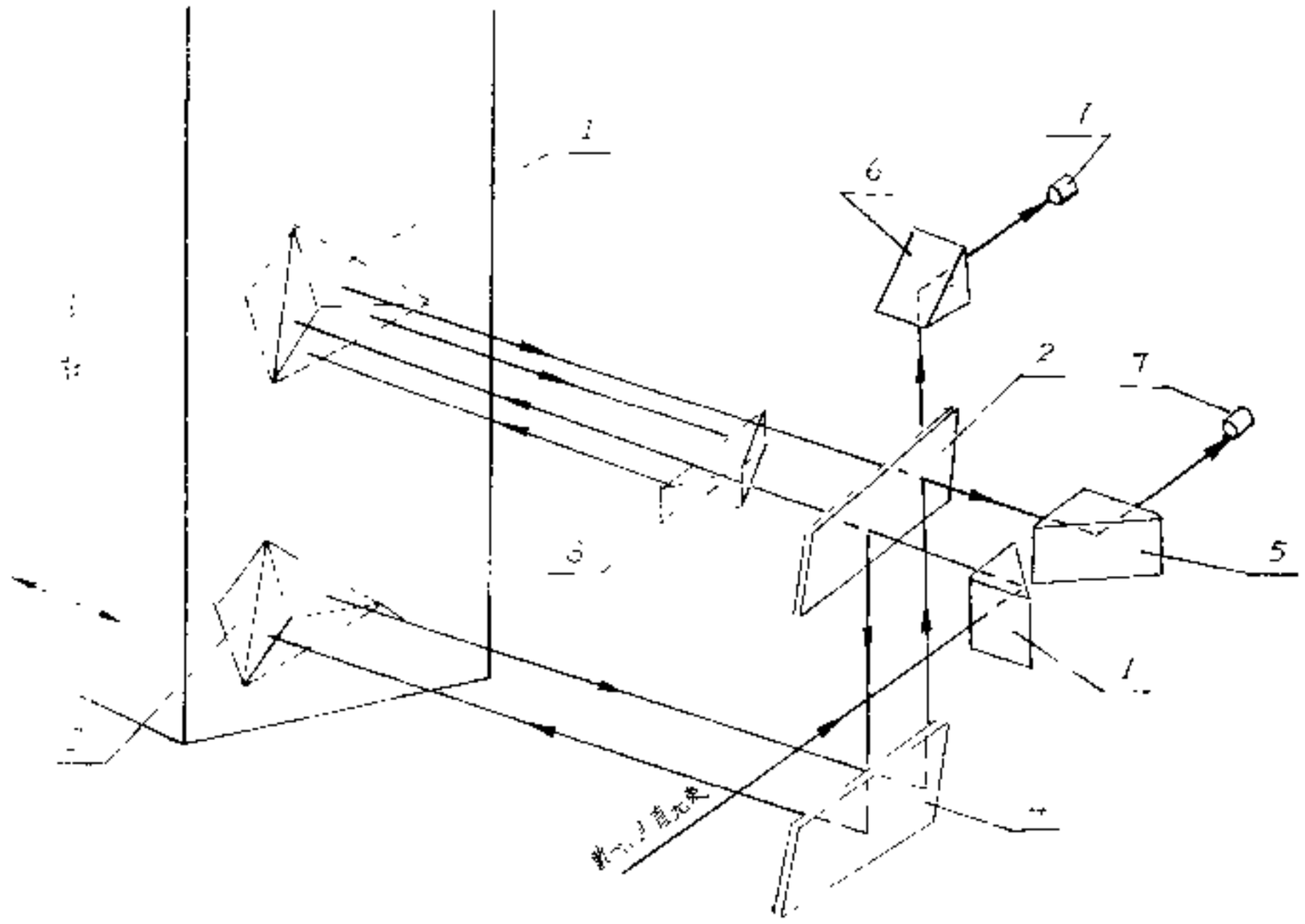


图 5　横向干涉仪光路

1．反射棱镜　　2．分光镜　　3．屋脊棱镜　　4．反射镜
5．反射棱镜　　6．反射棱镜　　7．光电接收器

程差变化为$4L-2(L-\Delta)=2L+2\Delta=2(L+\Delta)$，正好等于测量轴线处的位移量所造成的光程差变化。亦就是说整个干涉系统正好反映了测头的位移量，这就消除了不符合阿贝原则造成的误差。

这种干涉系统较之基本干涉系统仅只多用了一个屋脊棱镜（图 5 中的3），这个棱镜固定在分光镜支架上。由于这种干涉系统可以补偿阿贝误差，如果用在激光测长机上可以使光路降低到导轨面以下，这就使光路容易得到屏蔽，对避免气流干扰以及扩大测量操作空间是十分有利的。

（三）空气折射率干涉仪

采用兰姆下陷稳频的氦氖激光器的真空波长可以稳定在 6×10^{-8}m 内，但激光在空气中传播时会受到空气折射率的影响，此时的实际波长$\lambda_a=\frac{\lambda_v}{n}$，式中$\lambda_a$——为空气波长，$\lambda_v$——真空中波长，$n$——空气折射率。空气折射率是与空气密度有关的一个量，它随着空气的温度压力和湿度以及空气成分的变化而变。在一般情况下是个随机变量，可以采用空调和加保温罩的办法来减少它的变化，但很难保持长时间的稳定。因而，测出空气折射率的数值并对波长进行修正，这对激光测长来说是十分必要的。而采用激光干涉仪直接测量空气折射率比用分别测量气压、温度和湿度的间接测量方法精度高而简便，我们采用的是一种抽气式的折射率干涉仪(图 6)。干涉系统仍为基本的形式，但在相干的两支光路之一插入一支玻璃管，玻璃管的两端粘接磨平的平行平板玻璃，玻璃管有一个抽气口通向一个三通的阀门，然后分别通向抽气泵和进气阀门，使玻璃管可以处在抽气和进气两种状态。在抽气之前，将进

China

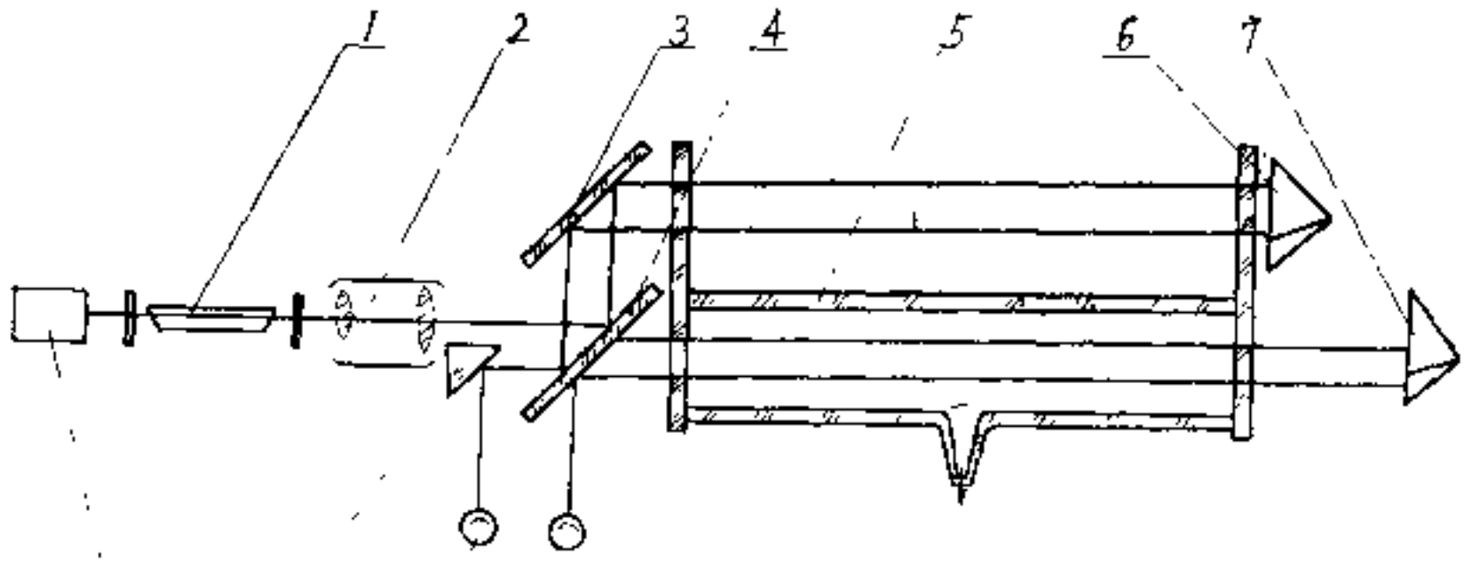


图6　空气折射率干涉仪

1．He-Ne激光器　2．准直系统　3．反射镜　4．折光镜　5．玻璃管（接机械泵）6、7．三面直角立体棱镜　8、9．光电接收器　10．转向棱镜　11．激光稳频器

气阀门打开，使玻璃管内的空气密度与管外一致，此时使空气折射率干涉仪的计数器置零，然后将阀门转到抽气状态，缓慢地抽出管中空气，随着管内空气密度的变化，光路中的光程发生变化，直到玻璃管被抽成真空，电子计数器上累计的数字就是折射率的一个数值。倘若此时管外的折射率又有变化，由于干涉仪另一支光路暴露于空气之中，仍能引起整个干涉仪的光程发生变化，因而可以随机地测出折射率的绝对值来。只要适当选取玻璃管的长度，就可以使得可逆计数器上显示的数字与空气折射率的数值成一简单的关系，使换算工作可大为简化。

设玻璃管的长度为L，则

$$L(n-1) = M \cdot \frac{\lambda_v}{64}$$

式中：M——可逆计数器显示值，

λ_v——激光真空波长，

n ——空气折射率，

式中$\frac{\lambda_v}{64}$是因为计数器对干涉条纹进行了32细分。若要求分辨率为1×10^{-8}，则可使

$$L = \frac{\lambda_v}{64} \times 10^8$$

此时　　$n-1 = M \times 10^{-8}$

或　　$n = M \times 10^{-8} + 1$

因而不需要再做另外的换算就可求得n的值。对于真空波长为0.63299142 μ 的氦氖激光，L取为989.04mm。

用这样的干涉仪所测得的空气折射率n的准确度优于5×10^{-8}。

要获得准确测量结果的关键在于使得抽气前玻璃管中的状态与管外空气状态达到严格一致。否则，零位不准而直接引入误差。这就要求在工作开始之前有较长时间的平衡。

为了使得测量环境更加稳定和安静，也可对上述系统进行一些改造，即将和大气相通的

China

一段换成一支玻璃管真空室，长度和抽气的一支相同。使用时先把通抽气泵的一支玻璃管中的空气抽出，然后在向这玻璃管内充气时记录下被测空气的折射系数 n，这样在工作环境下，机械泵可以停止工作，使测量环境更加稳定和安静，除去了一个振源和声源。

（四）小角度干涉仪和校正系统

由于导轨加工的不直度，使工作台移动过程中伴随着在X—Y平面内有微小的转动，即使只有1角秒的转动，亦会产生±1μ的误差。只有当被测尺寸在工作台的中间位置，即符合阿贝原则的情况下，才能消除这项误差。但大多数情况下做不到这一点。采用小角度干涉仪随机地测出这一误差并加以校正就可以消除这一误差。

小角度干涉仪及其校正系统如图7所示。两个角锥反射镜固定在工作台左端的两边，中心相距400mm，工作台移动时若有转动，两棱镜的位移量不相等，光程差发生变化，在计数器上就会反映出来。为了进行校正，工作台分两层（见图8）。下层落在导轨上，而上层用三个双列滚珠轴承支承在下层上，在侧面用两组弹簧和压电陶瓷压紧，在其中一组压电陶瓷上加电压时，上层可相对下层作微小的转动，调节范围可达4～5秒。在小角度干涉仪的电子计数器后接上电子制向开关，积分器和逆变升压器，通过压电陶瓷将信号反馈到工作台上就可以实现小角度误差的自动校正。这时只要计数器偏离零位，制向开关立即作出判断，使积分器进行调节，调节电压经逆变放大器升压后推动压电陶瓷，使工作台向相反方向转动，直到工作台恢复初始状态，即计数器显示零时为止。这时由于积分器的作用使加在压电陶瓷上的

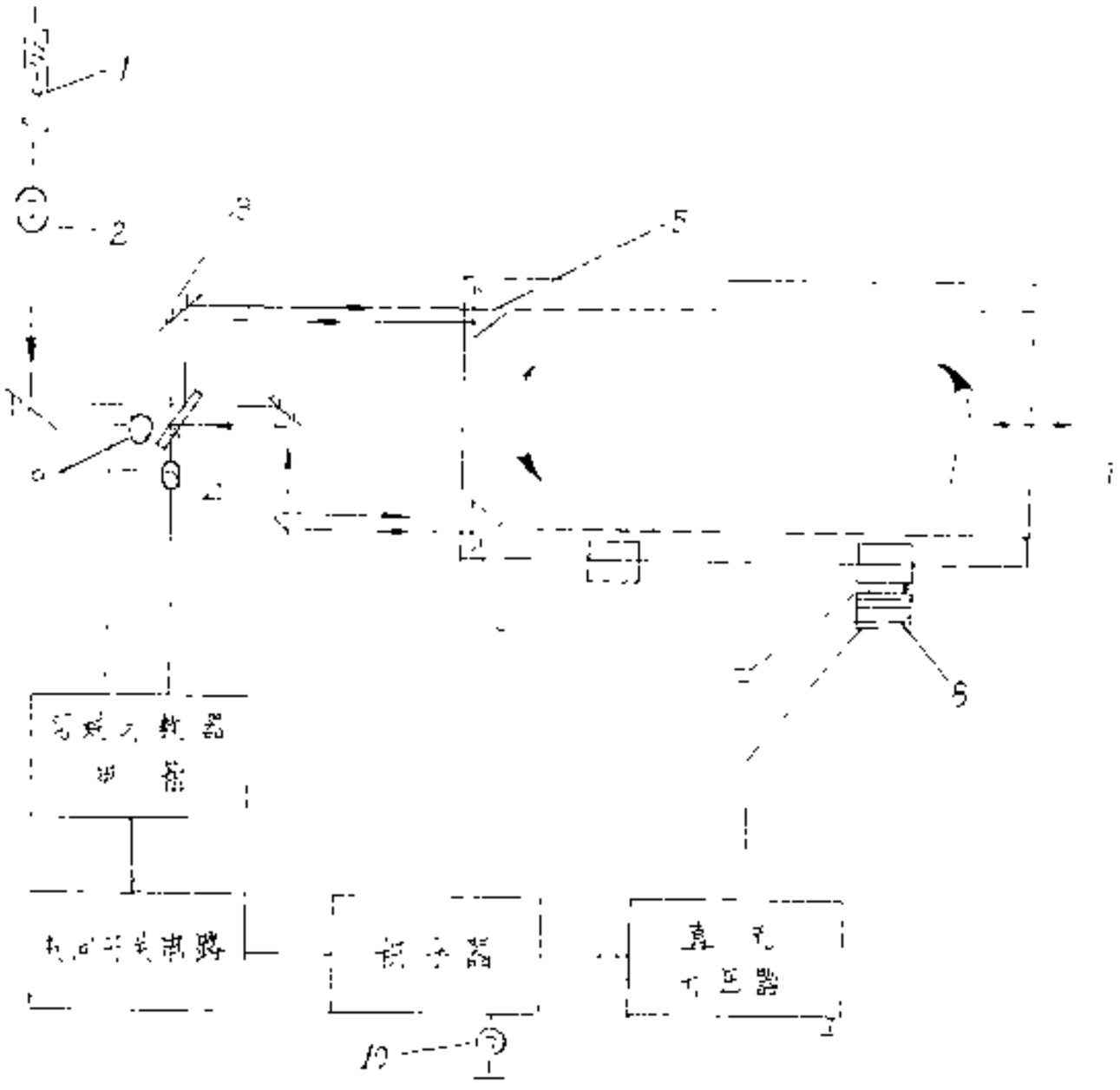


图7　小角度干涉仪及校正系统

1．氦氖激光管　2．准直透镜组　3．全反射镜　4．分光移相镜　5．立体菱镜　6．立体菱镜　7．浮动上工作台　8．压电陶瓷　9．光电接收器　10．积分开关

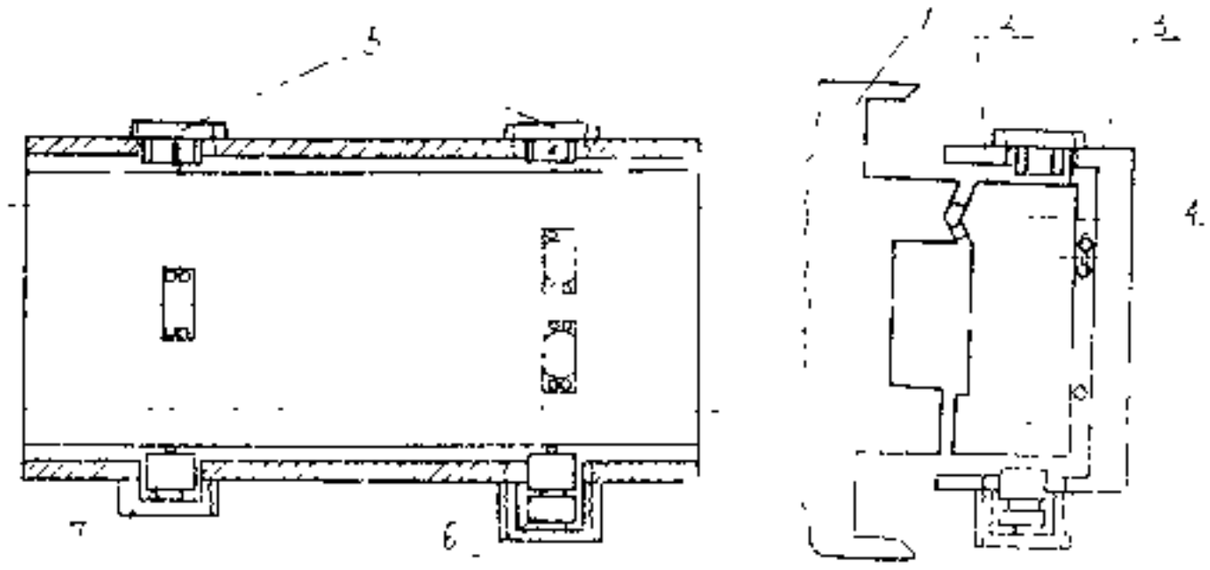


图8　双层工作台结构示意图

1．底座　2．下工作台　3．上工作台　4．三点支承轴承　5．弹性顶块　6、7．装有压电陶瓷的顶块

China

调节电压保持不变。这一系统的分辨率即为计数器的分辨率，在这里相当于0.04″。工作台移动一段距离后如果静止下来，则这一系统可以保证工作台校正到±0.04″以内。在工作台移动过程中，由于整个系统的动态特性，只能校正到±0.1″以内。为改善系统的动态特性，实际上积分调节器做成ID调节器。

表1为转角校正闭环反馈系统逻辑关系表，图9为开关判向电路（A点以前）及积分器电路图，图10为逆变升压器电路图。下面分别对这三个电路和换能执行元件——压电陶瓷作一简单介绍：

表1　转角校正闭环反馈系统逻辑关系表

工作台位置	工作台静止	工作台运动	
		产生顺时针转动	产生逆时针转动
测量信号计数器	0	正计数 001—100	负计数 999—900
开关判向电路输出（A点）	0	-1.3伏	+1.3伏
积分器输出	0	+11伏 （有负载时：+9伏）	-11伏 （-8伏）
直流升压器输出	~650伏	~100伏	1000~1100伏
压电陶瓷效应	工作状态的起始位置	缩短	伸长
反馈至工作台	0	使工作台逆时转 （校正回原位）	使工作台顺时转 （校正回原位）

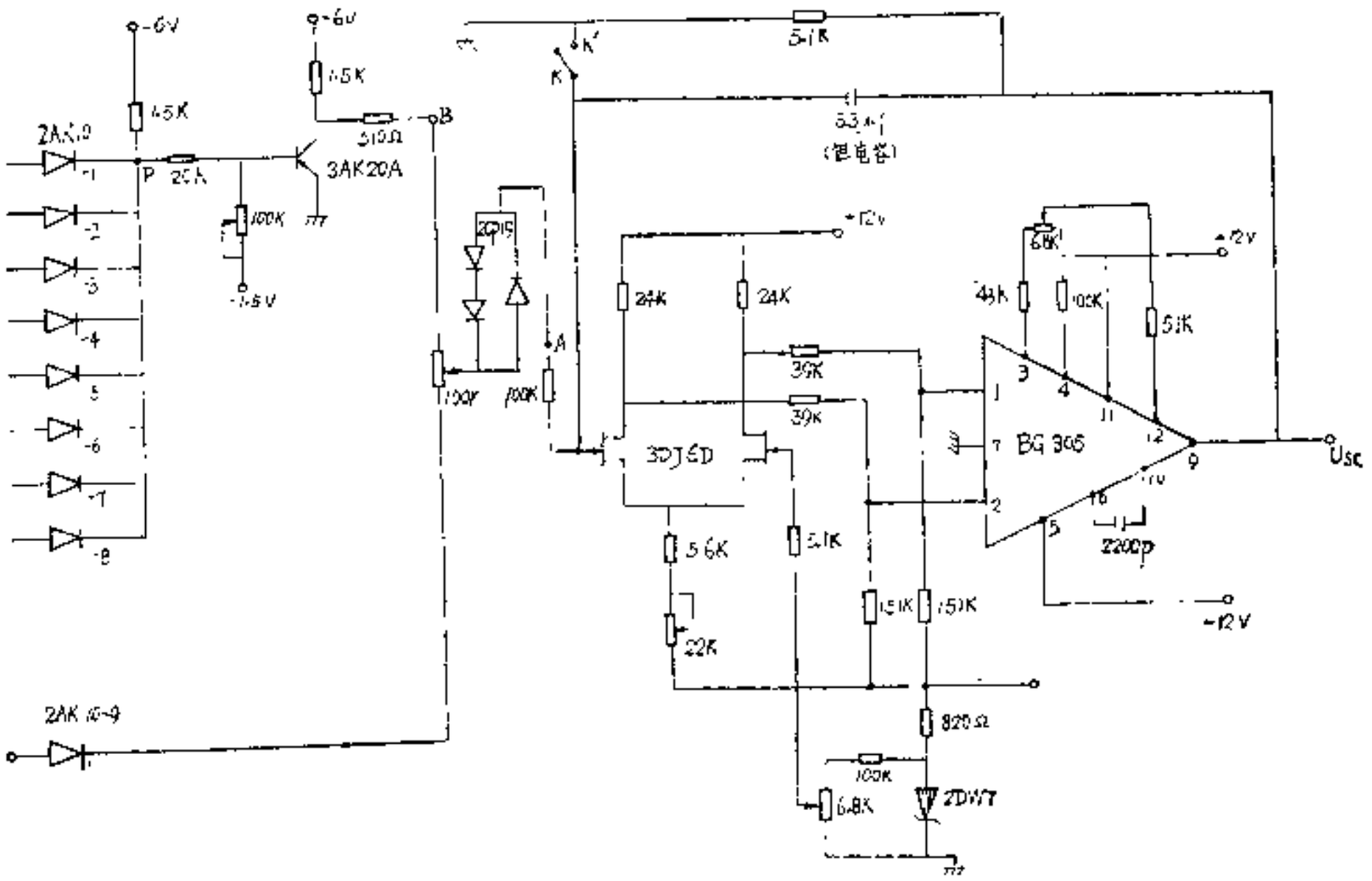


图9　开关判向及积分器电路图

China 需要全本请访问 www.ertongbook.com

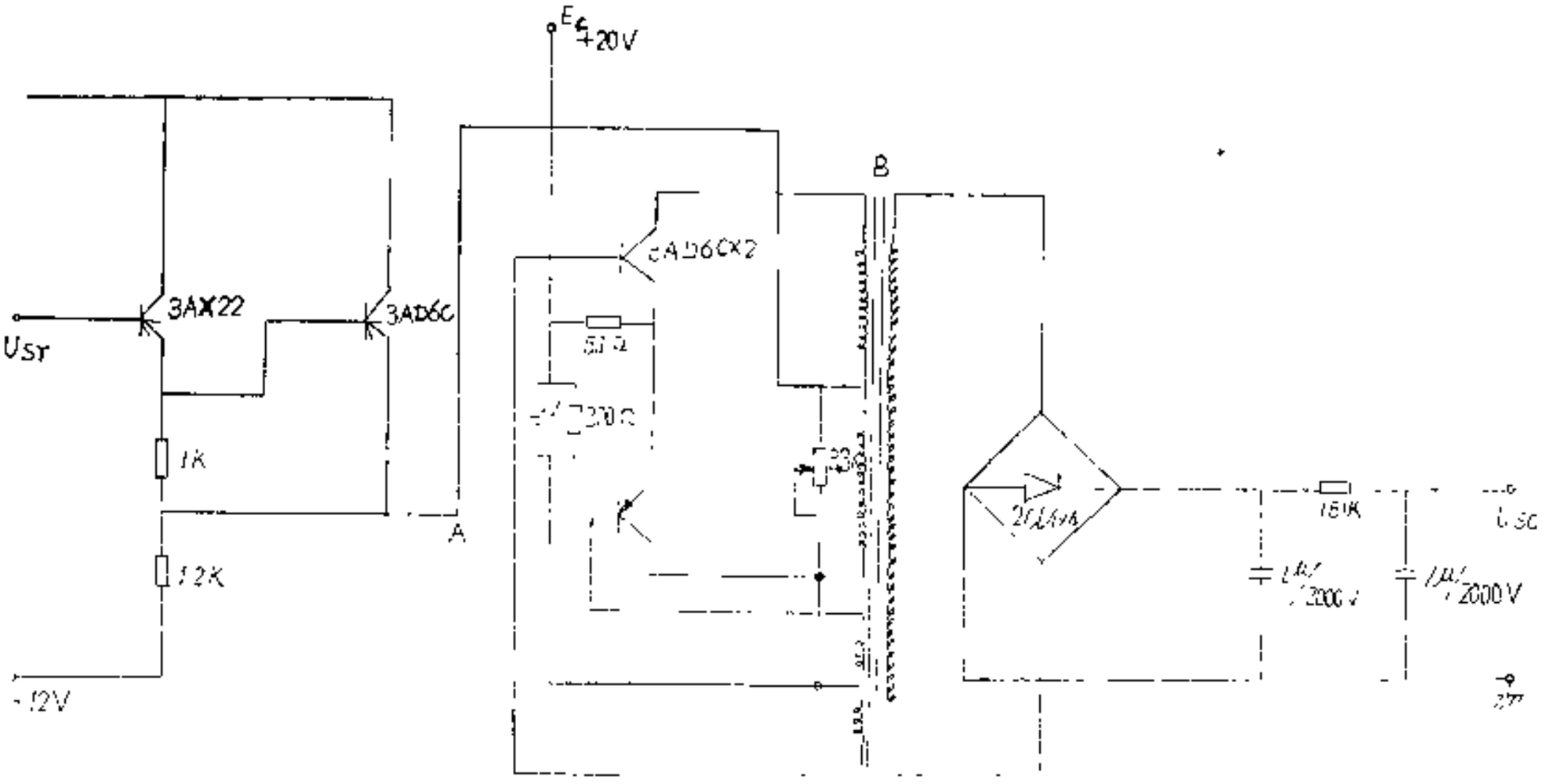


图10　逆变升压器电路图

1．开关判向电路：

由可逆计数器8 4 2 1 码输出的信号可看成是一种数码信号，把它转换成带有极性的直流电压量，提供给积分器。这是开关判向电路的任务。如图 9 的前半部（A 点以前）所示。

当计数器清零时，全部九条输入线都为低电位。这时开关三极管（3AK20A）饱和，B 点电位约为－0.2V，故二极管2AK10-9不导通，经限幅二极管 2CP-19，在积分器输入点A 点电位为零。

计数器处于正计数状态时，前二位8 4 2 1 码八条输入线中必有高电位，这时第三位的“8”仍处于低电位（因为扭摆量不可能达到计数器显示800以上）。或门电路 P 点被箝于正电位，开关三极管截止，B 点电位约为－2.8V，2AK10-9仍不导通，此时积分器输入A点电位为－1.3V。

若计数器变化到负计数状态，只要在999↔800的范围内，第三位“8”线号现高电位（+3.6V），它比 B 点－0.2V或－2.8V高，所以2AK10-9导通。适当调整 100K 电位器的中心抽头，可使A点得到+1.3V的电平。

2．积分器：

在自动控制系统的通路中，加入积分运算环节，可实现无静差系统，所谓无静差系统，就是说当有常值干扰时，由于积分调节起作用，静态误差可以减少到零。只要测量环节具有足够的精度，使用积分校正，总可以使系统达到要求的静态指标。

本系统为一阶无静差系统。采用BG305线性固体组件做积分器，并在输入端增加一级结场型场效应管，以提高输入阻抗和改善稳定性。各个积分器在不带负载时，输出幅度可到±11V，带有负载后约有±8～9V。开关K 可用来置“零”，当 A 点有输入信号的情况下：K 断开，便进行积分运算；K 接通，电容放电，输出为零。

积分器在加信号前，即 A 点接地或 A 点为零输入时，先调平衡：零入零出，这时组件的反相输入端 1 和同相输入端 2 有同一极性大小相等的电平。当 A 点有负电位（例如－1.3V）时，反相输入端 1 为负电位，正相输入端 2 为较高的正电平，所以积分输出是+11V。反

China

之，A点变为正电位（+1.3V）时，1、2两端输入情况正好相反，故积分输出为-11V。

3．直流变换器（升压器）：

为使压电陶瓷获得足够大的电压变换范围，也就是在很小的偏差（测量信号）时，能产生足够大的信号，推动执行元件完成控制作用，达到自动控制的目的。因此需要将积分器的输出信号进行变换、升压。

图10所示系一个自激式共发射极振荡电路。A点前面所加两级跟随器，亦起变换输入电位的作用。B是升压变压器，次级线圈与初级线圈的匝数比取100:1，反馈线圈与初级线圈为1:3。初次级的匝数比也就是升压比，初级电位的变化由A点反映出来，A点的电位，则服从积分器的输出电平。

当积分器零输出，即工作台静止，计数器为零时，在压电陶瓷上应预加一个适当电压，这个电压值，最好处于压电陶瓷受控电压范围的中部，我们选定为600～700V。这时A点的电位为+2V。

积分器输出为正信号（+11V）时，A点为～+12V，经过升压器变换后的驱动输出电压约为100V。电压的下降，使压电陶瓷电场减弱，应变减小，长度收缩。

如积分器为负信号（-11V）输出，A点电位下降至-6V左右，经变换器升压后，输出电压可达1100V，压电陶瓷则伸长。

4．换能执行元件：

现用PZT-5型片状压电陶瓷组合体作为换能元件，一共有三组，每组30片，片与片之间相同极性相合，中间夹一薄铜箔引出电极，组合体用胶粘合。

作平移校正用的两组分装在工作台前左右两个孔内，另一组作转角校正用的只装在工作台的右孔内，将其与平移的那一组绝缘隔离后，串接在一起，单独引出接线（见图11）。

组装承压后的压电效应灵敏度为1μ/100V左右。实验说明要比单片自由状态下灵敏度小得多，单片的灵敏度约为0.1～0.15μ/100V。

因为施加于压电陶瓷组合体上的电压变化范围近1000V，所以已足够控制工作台校正位移量。

5．工作台移动不直度检测及校正系统：

工作台移动虽经上述小角度校正后已经克服了转动，但移动的轨迹仍可能不是一条直线，而在横向有小的平移。这种偏移造成横向座标的测量误差。此项误差的检测和校正的原理如图11所示。带有细丝分划板和长焦距透镜组的光源投射系统固定在底座的左端床头箱旁。投射出来的光束与导轨平行并经过固定在工作台上的棱镜组后射向光电显微镜的狭缝上，光电显微镜固定在底座上，在它的狭缝上有细丝的象。如果工作台移动时有横向偏移，工作台上的棱镜组亦随着偏移，使细丝的象产生双倍的移动（图11）。如果工作台既有平移又有转动，则从工作台的左端到右端各点的偏移量都不一样，我们要检测并加以消除的是对横座标测量精度的影响，因而要把工作台上处在Y—Z平面内的那一点的横向偏移检测出来。不难用作图方法看出，只要光电显微镜狭缝正好落在Y—Z平面内，不管工作台是否有转动，所检测到的就是工作台在Y—Z平面内的偏移。实际上，由于已经校正了工作台的小角度误差，工作台基本上只有平移而没有转动了，即使狭缝并不在Y—Z平面内也不会产生大的误差。我们为设计和使用方便，实际上使狭缝安装在Y—Z平面右侧300mm处，引起的误差不超过0.1μ。表2为平移校正闭环反馈系统逻辑关系表。图12为平移测量信号的前级放大器电路图。

China

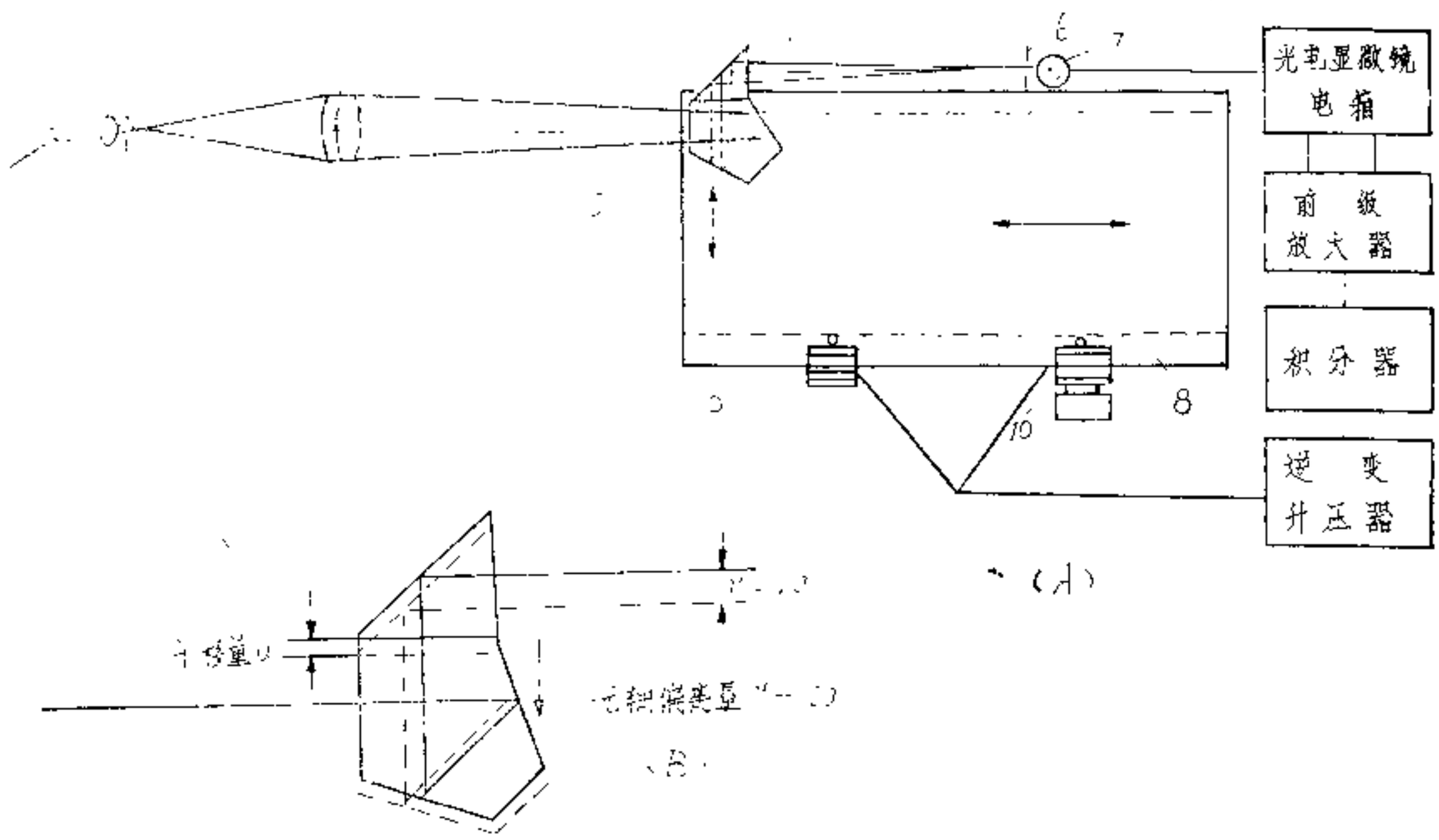


图11　工作台移动不直度测量及校正系统

1．6V、3W灯泡　2．有细丝的分划板　3．长焦距透镜组　4．直角反射镜
5．五角玻镜　6．光电显微镜狭缝　7．光电接收器　8．浮动工作台
9．压电陶瓷　10．压电陶瓷

表 2　平移校正闭环反馈系统逻辑关系表

工作台位置	工作台静止	工作台运动	
		产生向前（操作者）平移	产生向后（立柱方向）平移
测量信号光电镜表头指针	指　零	偏　左	偏　右
前级放大器输入 1 端	0	正 电 位	负 电 位
2 端	0	负 电 位	正 电 位
前级放大器输出（A点）	0	负 电 位 ～－1伏	正 电 位 ～－1伏
积分器输出	0	－11伏 （有负载时：＋9伏）	－11伏 （－8伏）
直流升压器输出	～650伏	～100伏	1000伏～1100伏
压电陶瓷效应	工作状态的起始位置	缩　短	伸　长
反馈至工作台	0	将工作台向后推回原位	将工作台向前拉回原位

从测量系统光电显微镜表头两端引出的两根信号线，分别接在前级放大器BC305固体组件的两个输入端 1 和 2 上。

前级放大器是一个有高输入阻抗的比例运算器，比例放大系数为 100 倍。两根信号输入线的接法：当表头指针偏左，在 1 端有正信号（电位）输入，2 端为负电位，这就使 A 点有放大了一百倍的负电位，供给积分器。如果工作台往相反方向偏移了，指针偏右，1、2 端

China

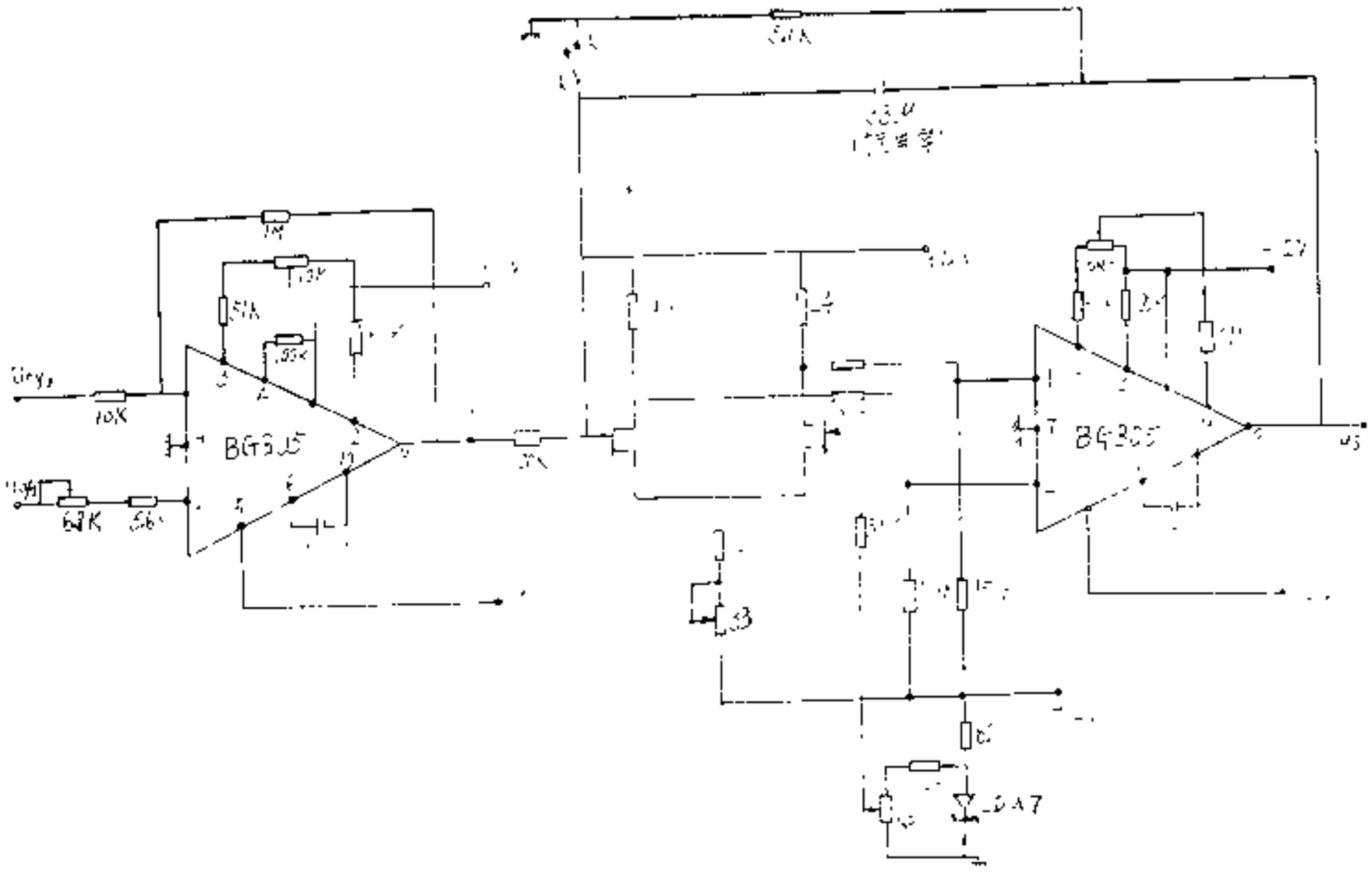


图12　平移测量信号及前级放大电路

输入极性改变，A点则产生正电位。

以后各个环节同小角度干涉仪校正系统一样，只是控制压电陶瓷的驱动输出电压同时加在左右两组压电陶瓷上。

采用这一校正系统，可以使工作台移动的不直度在静态时由4μ左右减少到±0.5μ，动态时±0.5～1μ。

6．横向移动不直度的检测系统：

横向导轨的不直度使立柱在导轨上移动时测头所走的轨迹不是一条直线，而且与工作台移动的方向可能不垂直，一般情况下，可在工作台上放一根平尺或四方直角尺来检测。由于夹滚柱的导轨常常因为滚柱与导轨不垂直而使移动部件的运动轨迹存在正反差，亦即正反行程所走轨迹不同，因而测头移动的不直度不是一个完全固定的数值，如果要作修正就需要进行随机检测。但仪器在使用时工作台上要放的是工件，测头亦只能检测工件用，必须用另一套检测系统来检测出测头中心在移动时是否偏离了理想的直线。这一系统的原理如图13所示：在沿横向移动的立柱后部固定两个电感测头，测头A到测头B的距离H等于测头B到悬臂上的定位测头C的距离，从几何关系容易推算出

$$2\left(B-\frac{1}{2}A\right)=C,\quad 2\left(B-\frac{1}{2}A\right)$$

的值通过电感表的和差运算求得，只是测头B的灵敏度要调高一倍。A、B两个测头与固定在底座上的两根平尺接触，平尺调整得与工作台移动方向垂直。这样用A、B两个测头和两根平尺经电感表差值运算后所测得的数值就是测头C所检测到的

图13　横向移动不直度测量系统

数值。因而亦就是测头C移动的不直度。可以从电感表上直接读取偏差值。由于这一误差影响纵向座标测量结果，因而亦可将电感表的信号加以放大后利用压电陶瓷去推动纵向干涉仪的固定参考镜，使这个棱镜跟着作相应的移动，就可以将需要修正的量直接加到纵向的测量光路中去而不必另行修正了。

影响这一套测量系统的因素，除了电感表的精度和平尺的不直度之外，还要求三个测头之间和二根平尺之间各自的相互位置要严格地固定。由于在立柱移动过程中底座和滑板受力位置的变化，底座和滑板都会变形，引起两根平尺与底座之间的位置发生变化，使得用A、B两个测头测出来的数值与C测头测得的数值有某种程度的不符。

这一测量系统的检测精度为±0.8μ。

7．热电偶测温系统：

本仪器采用分度值为0.014℃的热电偶测温系统，共有四个测温点，其原理与一般测温热电偶没有什么不同，这里不再详述。

三、数值显示与打印

本仪器的各个干涉系统均有数字显示并可与打印机联接，瞄准定位装置和不直度检测系统均带有电表指示。

在纵向干涉仪和空气折射率的干涉仪中采用了32细分的有计数当量变换的可逆计数器，它由干涉条纹的细分、当量变换、可逆计数三个部分组成。

（一）激光干涉条纹的32细分

我们采用并联电阻移相桥进行32倍频细分。即将激光干涉产生的一个周期电信号分为32份，再经过整形变为电脉冲信号。这样，一个脉冲当量相当于0.009887809μ。

$$\text{脉冲当量 } q=\frac{\lambda}{2\times 32}=\frac{0.632819781}{64}=0.009887809\mu$$

为了达到32细分的目的，我们设计的逻辑线路由以下几部分组成：

①前置放大级；

②并联电阻移相桥；

③整形触发器和连锁与门电路；

④脉冲形成单稳电路；

⑤32分频逻辑控制电路。

图14为32倍频电路方框图。

1．前置放大级：

前置放大级是将光电转换的两路同频率相差 $\frac{\pi}{2}$（90°）的信号，进行同相和倒相放大，得到具有一定幅值和功率输出的四路信号 $\sin\omega t$，$\cos\omega t$，$-\sin\omega t$，$-\cos\omega t$。

前置放大级采用了固体线性组件8F751C，接成比例放大器。固体线性组件具有以下优点：体积小，零点漂移小，低功耗，3db的频率响应为0—100kc，可以满足测量速度10mm/秒

China

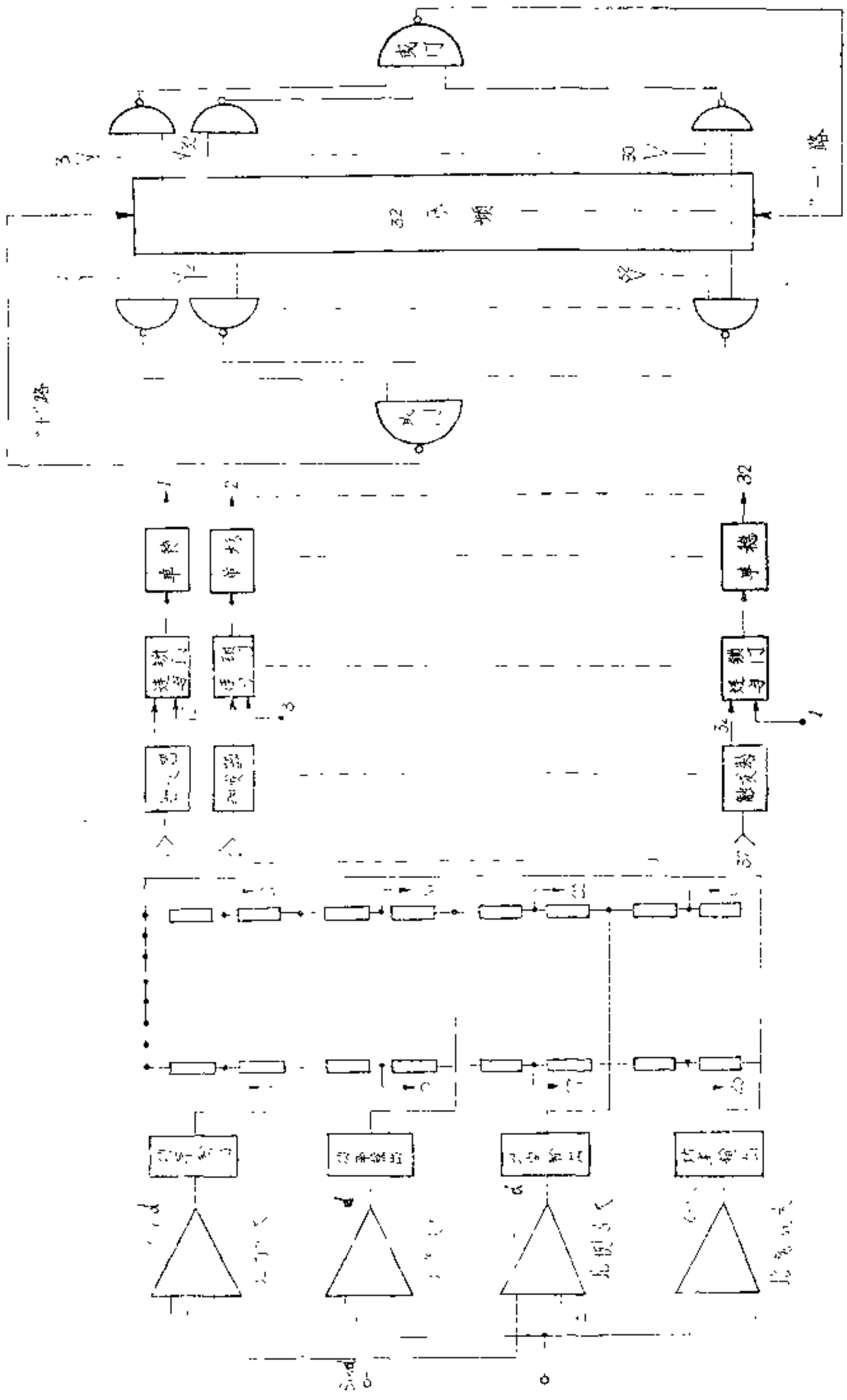


图14 32倍频电路方框图

China 需要全本请访问 www.ertongbook.com