

橡胶部件轮廓激光在线检测装置

申请号: [98111409.1](#)

申请日: 1998-07-11

申请(专利权)人 [中国科学院安徽光学精密机械研究所](#)
地址 [230031安徽省合肥市1125信箱](#)
发明(设计)人 [张毅](#) [李季](#) [李晓风](#) [赵平建](#) [江庆伍](#) [周广星](#) [谢海明](#)
主分类号 [G01B11/02](#)
分类号 [G01B11/02](#)
公开(公告)号 [1215151](#)
公开(公告)日 [1999-04-28](#)
专利代理机构 [中国科学院合肥专利事务所](#)
代理人 [周国城](#)

[12] 发明专利申请公开说明书

[21] 申请号 98111409.1

[43]公开日 1999年4月28日

[11]公开号 CN 1215151A

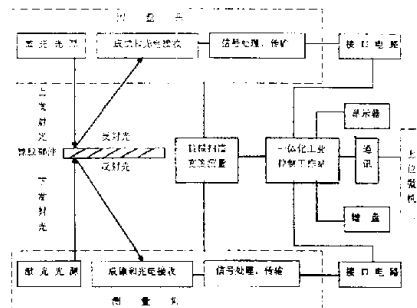
[22]申请日 98.7.11 [21]申请号 98111409.1
 [71]申请人 中国科学院安徽光学精密机械研究所
 地址 230031 安徽省合肥市 1125 信箱
 [72]发明人 张毅 李季 李晓风 赵平建
 江庆伍 周广星 谢海明

[74]专利代理机构 中国科学院合肥专利事务所
 代理人 周国城

权利要求书 4 页 说明书 8 页 附图页数 6 页

[54]发明名称 橡胶部件轮廓激光在线检测装置
 [57]摘要

本发明涉及橡胶部件轮廓激光在线检测装置,以激光束作探头,利用其照射到被测物表面形成的漫反射光斑作传感信号,用光学成像原理将收集的漫反射光汇聚到电耦合器件 CCD 上,实现光电转换,当入射光随被测物表面移动时,成像点作相应的移动,根据像移大小,在标准厚度板上得到标准曲线,算出准确的厚度和宽度值。本发明可广泛用于橡胶行业部件的厚度、宽度、轮廓的实时测量。



ISSN 1008-4274

权 利 要 求 书

1. 一种橡胶部件轮廓激光在线检测装置，主要由激光光源，光电接收，计算机数据采集，处理和高速数据通讯，测量头机械扫描驱动组成；其特征在于，将激光束作为接触测量时的机械探针，利用激光束照射到被测部件表面形成的漫反射光斑作为传感信号，用光学成像原理将收集的漫反射光汇聚到电荷耦合器件CCD上，实现光电转换，当入射光随被测物表面移动时，成像点按一定的规律作相应的移动，根据像移大小，使用经国家计量部门标定的标准厚度板上得到的标准曲线，换算出准确的厚度和宽度值。

2. 如权利要求1所述的装置，其特征在于，所述装置：

(1) 激光光源：采用红光半导体激光器，并使用准直透镜和聚焦透镜，以改善光束质量；在激光器电源设计中采用了自动功率控制，用半导体激光器内部的光电检测二极管输出的与输出功率成比率的电流信号进行负反馈控制，使激光器输出功率在室温下稳定在 $\pm 1\%$ ；

(2) 光信号接收：激光照射物体表面形成的漫反射进入成像镜头，成像镜头相对孔径1:1.2，焦距50mm，测量头采用全封闭结构，在激光出口处和镜头前面安装镀膜玻璃和高压气体气幕保护镜头；

(3) 光电转换：光电检测元件使用CCD电荷耦合器件；信号处理采用了奇偶信号复合，放大；低通滤波；峰值信号积分；浮动阈值比较；光电隔离输出；

(4) 机械扫描：驱动装置采用门字型结构，步进电机(14)通过同步带轮(10、16)及同步带(11)带动上下滚珠丝杠(2、9)转动，滚珠丝杠(2、9)及球头拨杆(3)驱动安装在滚动滑块(6)上的测量头沿导轨双向运动；

(5) 宽度测量：步进电机的速率是可变的，最高驱动频率6K，CCD的转换速率一定，根据系统的分辨率和精度要求，选择不同参数，当一定

宽度的物体的散射光聚集到CCD上时，就有对应的多个电信号，这样一定个数的电信号，就对应一定的宽度；

(6) 信号处理和传输：本发明把CCD产生的信号经过一定处理后，用电流环的形式传给主计算机的接口电路；

(7) 计算机接口电路：并行接口电路，电机控制电路，信号计数器电路通过地址总线、数据总线和主机的系统总线相连接，时钟电路则提供电机控制和信号计数电路所需的时钟信号；并行口所提供的开关量输出和电机控制信号通过光耦隔离输出；测量信号通过隔离输入后经信号处理电路处理后送信号计数器；

(8) 数据通讯：采用上下位微机控制结构，三条生产线由三台下位机控制测量，总控制室计算机除了作标准样品的测量外兼作上位机使用，下位机的测量数据可传送到上位机作相关的显示、处理、存储、打印；

(9) 控制计算机：主控制室计算机和生产线计算机采用上下位机控制方式；

3. 如权利要求2所述的装置，其特征在于，所述CCD驱动电路是：晶振起振电路接二分频电路，再接至四分频电路，再接至电压转换电路，接至CCD时钟信号脉冲；其中二分频电路还接至分级分频电路，接至CCD帧信号电路，接至电压转换电路，接至CCD帧信号脉冲。

4. 如权利要求2所述的装置，其特征在于，所述信号处理及电流环电路：从CCD输出的信号电平接CCD偶信号取样电路及CCD奇信号取样电路，两电路都接至CCD信号复合电路，并接至峰值电路及取样本信号电路，再接至信号比较电路，再接至脉冲输出整形电路，最后接电流环输出电路。

5. 如权利要求2所述的装置，其特征在于，所述计算机软件流程：程序开始执行后，首先进行汉字显示，输入模块的初始化，以便系统显示提示信息 and 用户输入各种运行参数，然后进行系统的自检，自检可以发现软件和一些硬件故障，自检无误后系统开始设置本软件所需的

各中断向量和调入系统默认的初始设置参数，设置完成后，当相应的中断发生后，即可调用相应的中断服务程序进行处理，至此，软件进入键扫描程序，如果有键按下，软件就根据所对应的键值进入命令表查询模块，根据键值执行相应的功能模块。

系统复位：清除所有参数和缓冲区数据，恢复系统的初始设定值；

系统自检：发现系统故障点；

参数设置：设置胎型，测量方式，操作人员等数据；

手动测量：可以手动测量单点、多分点，上胎面，下胎面等原始数据；

自动测量：根据设定的参数，自动进行扫描测量，并自动显示，存储，超差报警等。

数据处理：显示每班次实时胎面数据，打印需要的记录数据。

系统标定：进行测量精度的校准；

缺省命令：如果不是正常指令，则忽略，并将其从命令值序列中清除。

6. 如权利要求2所述的装置，其特征在于，所述数据处理方式：

A. 测量方法：由于橡胶部件在移动过程中会上下起伏抖动，本发明采用上下双光路补偿法测量；

B. 误差校正：

1). 静态误差：用标准板校正，每次先测基准 D_0 ，当基准 D_0 有 ΔD 变化时，测量时亦有 ΔD 变化，但 ΔD_i 不变；

2). 非线性校正：根据需要采用两种方法

折线法：依物像位移曲线分别设不同厚度的标准板测量得 D_{pn} 值。修正系数 $K_n = \text{标准板厚 } L_{pn} / (D_{pn} - D_0)$ 将 D_{pn} 和 K_n 存入计算机，按 D_i 的取值范围取相应的 K_n 校正，即 $D_i = K_{pn上} \times D_{i上} + K_{pnT} \times D_{i下} + D_0$ ；

曲线拟合：依物像位移曲线分别设不同厚度的标准板测量得 D_{pn} 值，利用曲线拟合算法算出标准拟合曲线，测量时分别用上下测量值求出厚

度值后，利用曲线公式算出被测量点的厚度；

3). 动态校正：

采用了差值和多点平滑方法进行测量数据的动态校正。

说 明 书

橡胶部件轮廓激光在线检测装置

本发明涉及长度、厚度及类似线性尺寸的测量，尤其涉及激光检测技术。

已有的在线测量厚度的方法很多，有电涡流法、电容法、X射线绕射法、X射线对射法、 β 射线透射法、 α 射线透射法、超声波法、微波法、激光扫描法、激光探测器位移法。这些在线测量厚度的方法中，除了激光测量厚度的方法外，其它方法都存在精度不高易漂移、线性差、设备复杂，有的射线对人体有害，放射源到半衰期后测量误差大等缺点。详见附表1

原 理	量 程	精 确 度	分 辨 率	优 点	缺 点
电涡流	<10mm	(1~3)%	(0.3~1)%	非接触耐油污	精度不高易漂移
电容	200 μ m	(0.5~1)%	0.01 μ m	非接触高精度	对环境要求高
X射线绕射	0.1~1 μ m	(0.2~1)%	1%	非接触	线性差设备复杂
X射线对射	1~100mm	1%	0.1%	非接触快速	射线对人体有害
β 射线透射	6~100mm	(0.2~0.75)%	0.1%	非接触宽量程	射线对人体有害放射源半衰期后误差大
γ 射线透射	>100mm	1%		非接触宽量程 穿透能力强	射线对人体有害放射源半衰期后误差大
超声波	1~100mm	(0.1~1)%		非接触	介质均匀性影响精度
微波	0.1~6mm	1%	0.08	非接触	对环境要求高
激光扫描	数米	0.6%	0.2%	非接触宽量程	扫描线性差分偏差
激光探测器位移	微米至 数米	0.1%	0.02%	高分辨高精度 动态范围宽	设备复杂光学元件要 采取防护措施

已有名称为“激光微机在线长度测量方法及装置”的91102933号专利，

公开了一种利用激光的高相干性，在测量区形成干涉条纹，累计运动体通过时产生的脉冲数及等间距条纹的间隔，可以得到运动体通过测点的长度。该发明是利用激光干涉条纹在线测量物体的长度，使用的是 He-Ne管气体激光器，波长6328nm，使用光电倍增管作检测元件，输出信号为模拟量，适用于金属、非金属在生产线上计量长度。

本发明的目的，是提供一种测量分辨率好，适应范围广，响应速度快，精度高的橡胶部件轮廓激光在线检测装置。

本发明的工作原理是：将激光束作为接触测量时的机械探针，利用激光束照射到被测部件表面形成的漫反射光斑作为传感信号，用光学成像原理将收集的漫反射光汇聚到电荷耦合器件CCD上，实现光电转换，当入射光随被测物表面移动时，成像点按一定的规律作相应的移动，根据像移大小，使用经国家计量部门标定的标准厚度板上得到的标准曲线，换算出准确的厚度和宽度值。

图1是本发明结构框图；

图2是机械扫描结构图；图中：

1、左立板；2、上滚珠丝杠；3、球头拨杆；4、上滚动导轨；5、上激光测量头；6、标准块；7、下激光测量头；8、下滚动导轨；9、下滚珠丝杠；10、同步带轮；11、同步带；12、右立板；13、电机座；14、步进电机；15、同步带轮；16、同步带轮；1~1，光电开关；1~2，行程开关；1~3，电磁阀；1~4，减压阀过滤器。

图3是信号处理及电流环电路；

图4是CCD驱动电路图；

图5是计算机接口板框图；

图6是系统软件流程图。

本发明的整体结构如附图1所述，主要由激光光源，光电接收，计算机数据采集，处理和高速数据通讯，测量头机械扫描驱动等几大部分

组成。

1. 激光光源：本发明采用波长为670nm红光半导体激光器，并使用了准直透镜和聚焦透镜，以改善光束质量；在激光器电源设计中采用了自动功率控制，即利用半导体激光器内部的光电检测二极管输出的与输出功率成比率的电流信号进行负反馈控制，使激光器输出功率在室温下稳定在±1%，以克服温度和其它因素造成的光强波动，提高测量精度。

2. 光信号接收：激光照射物体表面形成的漫反射进入成像镜头，成像镜头相对孔径1:1.2，焦距50mm，为了防止水气和灰尘的影响，测量头采用全封闭结构，在激光出口处和镜头前面安装镀膜玻璃和高压气体气幕保护镜头。

3. 光电转换(接收):光电检测元件使用的CCD电荷耦合器件:①. 象元数: 2048; 象元尺寸: 13um×13um; 工作频率: 5M; 动态范围:7500:1; 峰值波长:700nm; ②象元数: 5340; 象元尺寸: 7um×7um; 工作频率: 5MHZ;

CCD驱动和信号处理: 主振频率:8MHZ; 扫描频率: (2~4) MHZ可选; 积分时间:(2.2~4)ms可选。信号处理采用了奇偶信号复合、放大; 低通滤波; 峰值信号积分; 浮动阈值比较; 光电隔离输出等措施, 从而大大提高了测量精度, 增强了抗干扰能力。

4. 机械扫描: 由于被测量胎面最大移动速度250mm/s每个胎面(3米)传输时间12秒, 驱动装置见附图2, 采用门字型结构, 步进电机14 通过同步带轮16及同步带11带动上下滚珠丝杠2、8转动, 再通过滚珠丝杠螺母2、8及球头拨杆3驱动安装在滚动滑块 6上的测量头沿导轨双向运动, 通过计算机控制上、下测量头连续往返运动, 由于采用单个电机同时驱动上下两个测量头以保证测量位置的准确性, 工作频率高, 机械转动惯量大, 普通的步进电机驱动器难以满足要求, 本发明使用了新型IGBT 高

频、高压、恒流、斩波驱动器，体积小，重量轻，高频驱动力矩大，效率高，功耗小，为了防止电机失控冲撞测量头和宽度的精确定位，电机驱动信号采用光电开关和机械限位开关两级联动方式，在开关动作时，及时切断驱动信号，如果机械限位开关动作，可用计算机控制限位开关复位继电器动作并反向手动脱离保护位置。

5. 宽度测量：本发明使用的步进电机的速率是可变的，最高驱动频率6K，CCD的转换速率如前述，根据系统的分辨率和精度要求，选择不同参数。当一定宽度的物体的散射光聚集到CCD上时，就有对应的多个电信号，这样一定个数的电信号就对应一定的宽度。

6. 信号处理和传输：

由于光电转换器件所输出的电信号比较弱，抗干扰能力差，因此，必须经一定的电路上的处理，方才能变为有效的信号，而且此信号是作为前台探测装置所产生的，离现场主计算机有一定的距离，在工业现场环境中，本发明把CCD产生的信号经过一定处理后，用电流环的形式传给主计算机的接口电路，这样实际上就把橡胶厚度信号传给了主计算机，完成了信号的转换和接收。

本发明CCD驱动电路见附图4，其电路为晶振起振电路接二分频电路，再接至四分频电路，再接至电压转换电路，接至CCD时钟信号脉冲；其中二分频电路还接至分级分频电路，接至CCD帧信号电路，接至电压转换电路，接至CCD帧信号脉冲。

附图3是信号处理及电流环电路：

从CCD出来的线接CCD偶信号取样电路及CCD奇信号取样电路，两电路都接至CCD信号复合电路，并接至峰值电路及取样本信号电路，再接至信号比较电路，再接至脉冲输出整形电路，最后接电流环形输出电路。

7. 计算机接口电路：见附图5，其结构是：并行接口电路，电机控制电路，信号计数器电路通过地址总线和数据总线和主机的系统总线相

联接，时钟电路则提供电机控制和信号计数电路所需的时钟信号。并行口所提供的开关量输出和电机控制信号通过光耦隔离输出。

测量信号通过隔离输入后经信号处理电路处理后送信号计数器。

此接口电路完成上位机对前台检测装置的控制，如各信号电源的开关，机械扫描驱动装置的控制，对前台用电流环形式传输过来信号进行采集，这采集实际上完成了主计算机对厚度信号的采集。

8. 数据通讯：

采用上下位微机控制结构，三条生产线由三台下位机控制测量，总控制室的计算机除了作标准样品的测量外兼作上位机使用，下位机的测量数据可以传送到上位机作相关的显示、处理、存储、打印等。控制室距离每条生产线的数据传输距离约100米，计算机采用光电隔离RS-485工业标准串行接口传输数据，传输速率为36.8Kb/s，数据通讯量大，传输速度快，干扰能力强。

9. 控制计算机：

主控制室计算机和生产线计算机采用上下位机控制结构方式。

本发明的计算机软件流程图见附图6。

开机后系统自动装载控制程序。

程序开始执行后，首先进行汉字显示，输入模块的初始化，以便系统显示提示信息 and 用户输入各种运行参数，然后进行系统的自检，自检可以发现软件和一些硬件故障，自检无误后系统开始设置本软件所需的各中断向量和调入系统默认的初始设置参数，设置完成后，当相应的中断发生后，即可调用相应的中断服务程序进行处理，至此，软件进入键扫描程序，如果有键按下，软件就根据所对应的键值进入命令表查询模块，根据键值执行相应的功能模块。

系统复位：清除所有参数和缓冲区数据，恢复系统的初始设定值；

系统自检：发现系统故障点；

参数设置：设置胎型，测量方式，操作人员等数据；

手动测量：可以手动测量单点、多分点，上胎面，下胎面等原始数据；

自动测量：根据设定的参数，自动进行扫描测量，并自动显示，存储，超差报警等。

数据处理：显示每班次实时胎面数据，打印需要的记录数据。

系统标定：进行测量精度的校准；

缺省命令：如果不是正常指令，则忽略，并将其从命令值序列中清除。

以上各功能模块执行完成后，均回到键扫描状态，以便执行用户的下一个命令。

如果在键扫描时发现是退出命令，就将当前工作状态保存后，将系统的中断向量恢复到系统软件调入以前的状态，退出程序。

10. 标准校正和除尘气路

传动鼓轮通过精密丝杆、螺母付驱动标准块上下移动40mm，鼓轮刻度每格0.01mm，每圈100格，移动误差不大于±0.05mm，除尘气路采用过滤减压阀调节输出气压(2~3)Kg/cm²，高压气体通过输送管道在测量头的激光和成象窗口前面成60°的锥形气幕以防止灰尘和污物污染。

11. 数据处理方式：

A. 测量方法：由于橡胶部件在移动过程中会上下起伏抖动，本发明采用上下双光路补偿法测量。见附图4， $D=D_0+D_{上}+D_{下}$

B. 误差校正：

1). 静态误差：用标准板校正，每次先测基准 D_0 ，当基准 D_0 有 ΔD 变化时，测量时亦有 ΔD 变化，但 ΔD_i 不变。

2). 非线性校正：根据需要采用两种方法

折线法：依物像位移曲线分别设不同厚度的标准板测量得 D_{pn} 值。
修正系数 $K_n = \text{标准板厚 } L_{pn} / (D_{pn} - D_0)$ ，将 D_{pn} 和 K_n 存入计算机，按 D_i 的取值范围取相应的 K_n 校正，即 $D_i = K_{pn上} \times D_{i上} + K_{pnT} \times D_{i下} + D_0$ 。

曲线拟合：依物像位移曲线分别设不同厚度的标准板测量得 D_{pn} 值，利用曲线拟合算法算出标准拟合曲线，测量时分别用上下测量值求出厚度值后，利用曲线公式算出被测量点的厚度。

3). 动态校正：

由于橡胶部件的漫反射信号非常微弱，表面的不均匀性以及特殊的形状会使检测信号产生变化甚至造成信号的丢失，因此，本发明采用了差值和多点平滑等方法进行测量数据的动态校正。

使用时，将本发明装置安装在橡胶部件生产线，钢丝压研生产线的中间或最后位置，用于部件的中间过程或最终成品的测量，为生产提供直观和可靠的测量数据，测量时，计算机控制高速步进电机驱动器，通过两根滚珠丝杠驱动上下两个信号测量头同步沿部件宽度方向来回扫描，上下测量头内分别装有激光光源，成像镜头，电荷耦合器件的驱动，测量处理电路，利用上下两个测量信号差动测量可有效地克服部件移动过程中上下抖动对厚度的影响，测量电路将厚度信号经放大，可变阈值比较，整形缓冲，光电隔离后经长线传输送至计算机进行数据处理，显示，存储，打印。

本发明装置已经在上海橡胶集团股份有限公司载重轮胎厂实施应用，上海橡胶轮胎股份有限公司载重轮胎厂是国内最大钢丝子午胎生产厂家，拥有国内最先进的生产设备，年产量100万只轮胎，产值10亿，本装置已分别安装在标准口型室，两条进口生产线和一条国产生生产线上，经实际使用。取得非常好的结果。主要技术指标：

1. 对生产线部件宽度、厚度实时检测，显示剖面轮廓和数据。并采用了上下位机结构，对数据进行处理，显示，存储，打印。

2. 被测部件最大宽度 $<700\text{mm}$ ，宽度测量静态误差 $<\pm 0.2\text{mm}$ ，动态误差 $<\pm 1\text{mm}$ 。

3. 被测部件厚度范围 $0\sim 30\text{mm}$ ，测量误差 $<\pm 0.2\text{mm}$ 。

4. 被测部件移动速度 $<15\text{m}/\text{分}$ ，扫描头速度 $>60\text{mm}/\text{s}$ 。

本发明可以广泛应用于橡胶行业部件的厚度、宽度、轮廓的实时测量，具有非接触测量，不损伤表面，无环境污染，抗干扰能力强，精度高，数据采集处理功能等特点，是橡胶轮胎行业生产线产品质量控制的重要设备。

实施例：

1. 激光光源采用波长为 670nm 红光半导体激光器，成像镜头相对孔径 $1:1.2$ ，焦距 50mm ，光电检测元件使用CCD电荷耦合器件：①象元数2048；象元尺寸： $13\mu\text{m}\times 13\mu\text{m}$ ；工作频率： 20MHZ ；动态范围： $7500:1$ ；峰值波长： 700nm ；被测胎面最大移动速度 $250\text{mm}/\text{s}$ ，每个胎面长3米，传输时间12秒；计算机采用光电隔离RS-485工业标准串行接口传输数据，传输速率数 $36.8\text{Kb}/\text{s}$ ；标准块上下移动 40mm ，鼓轮刻度每格 0.01mm ，每圈100格，移动误差不大于 $\pm 0.005\text{mm}$ ，除尘气路采用过滤减压阀调节输出气压 $(2\sim 3)\text{Kg}/\text{cm}^2$ ，高压气体通过输送管道在测量头的激光成象窗口前面形成 60° 的键形气带。

2. 光电检测元件使用东芝TCD1500C。象元尺寸： $7\mu\text{m}\times 7\mu\text{m}$ ；工作频率： 5MHZ ，其余部分同例1，系统的分辨率和测量范围可提高一倍。

说 明 书 附 图

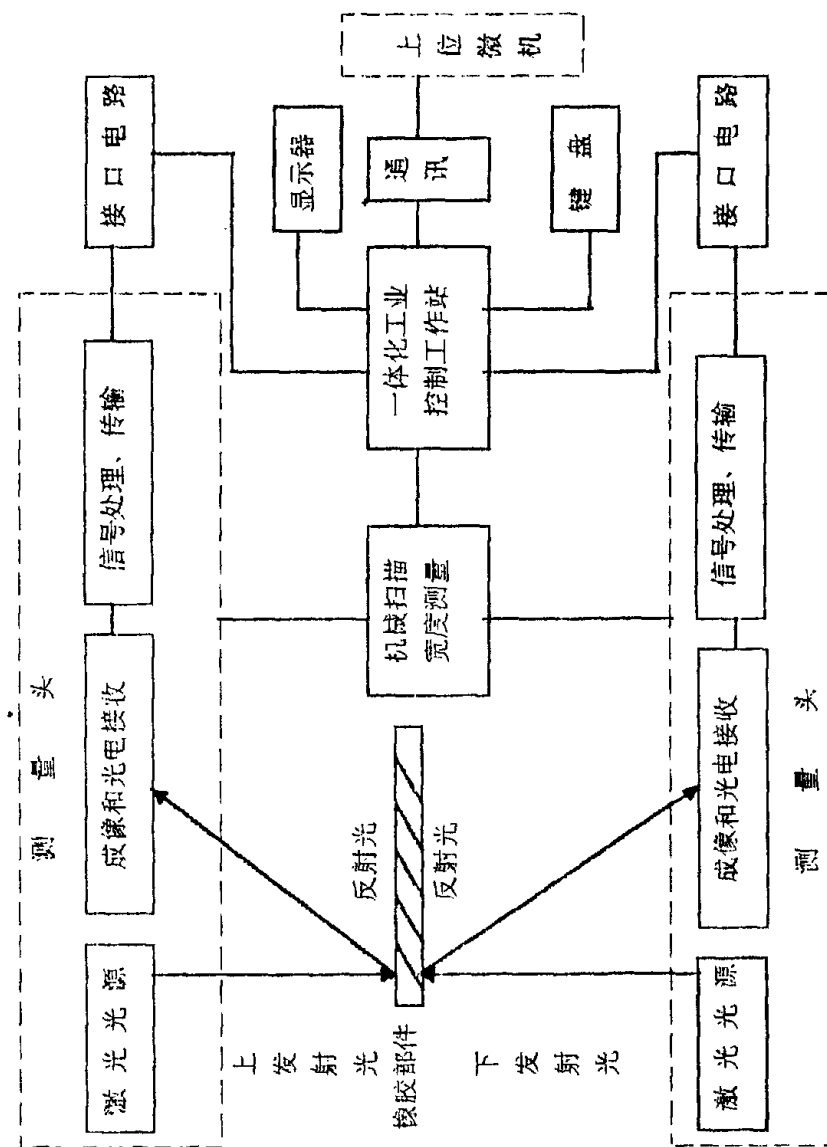
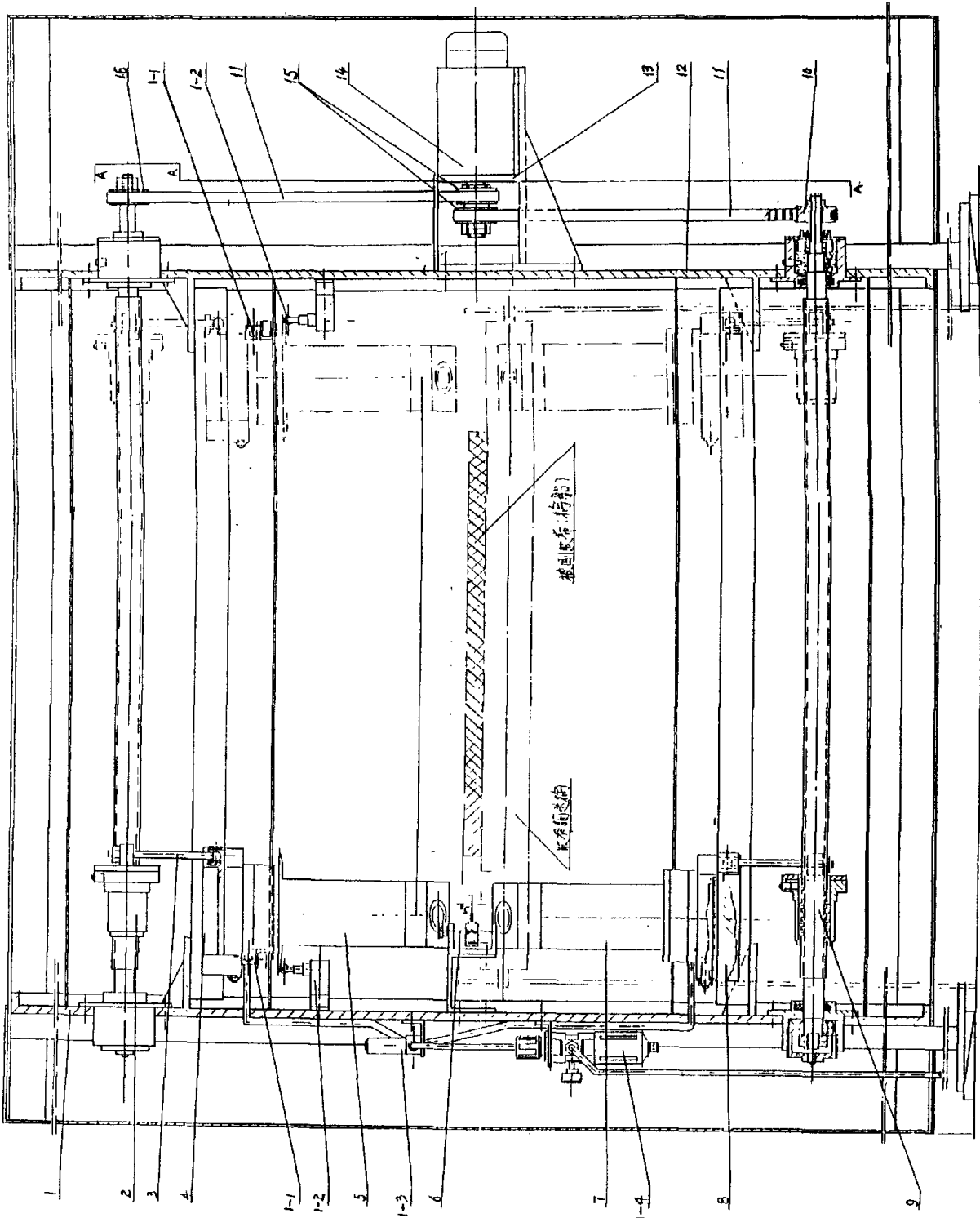


图 1

说明书附图

图 2



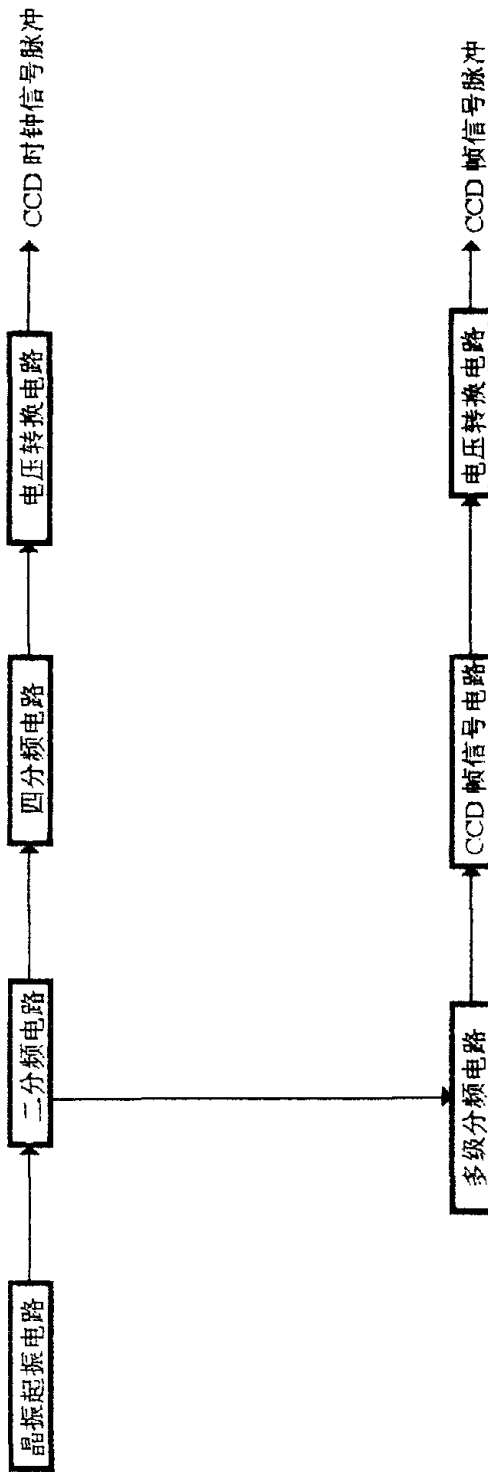


图 3

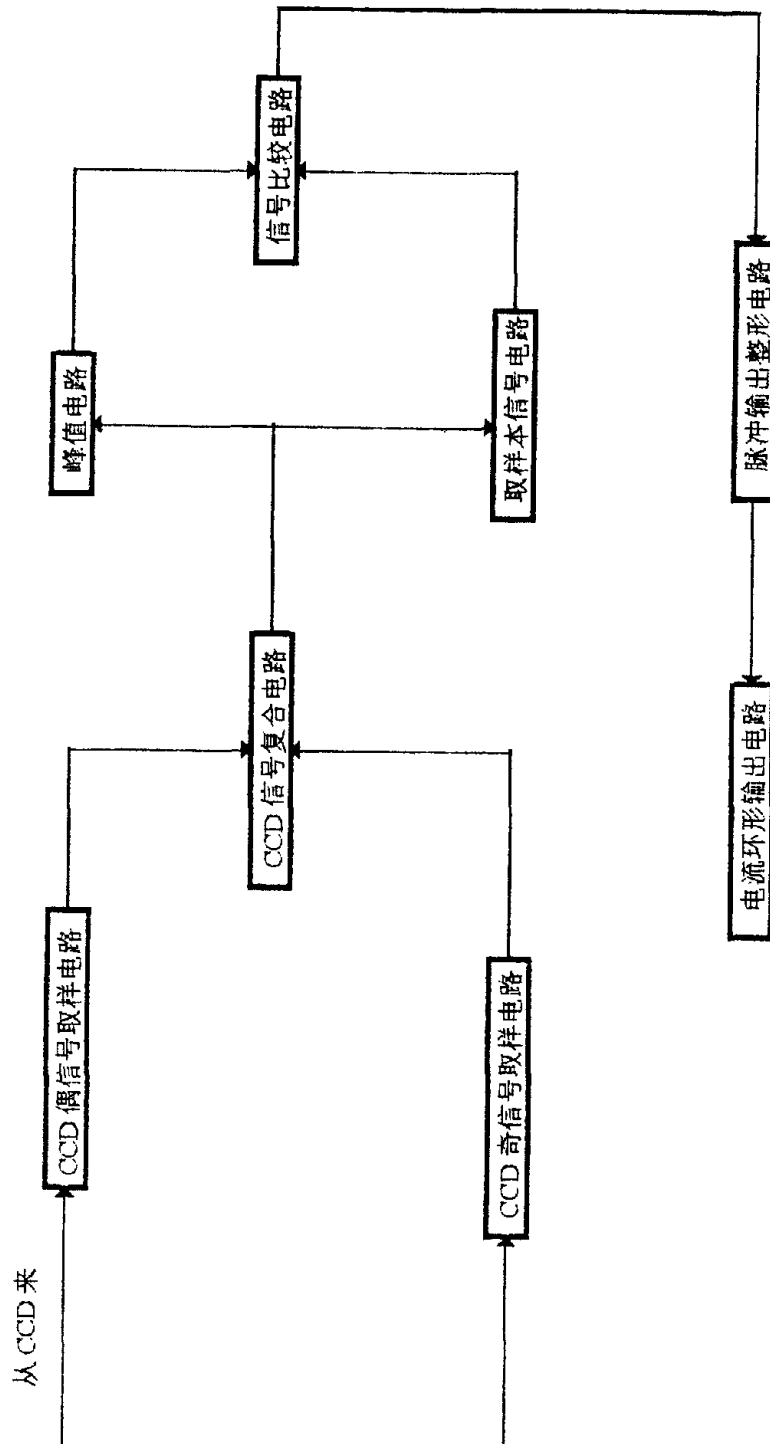


图 4

说明书附图

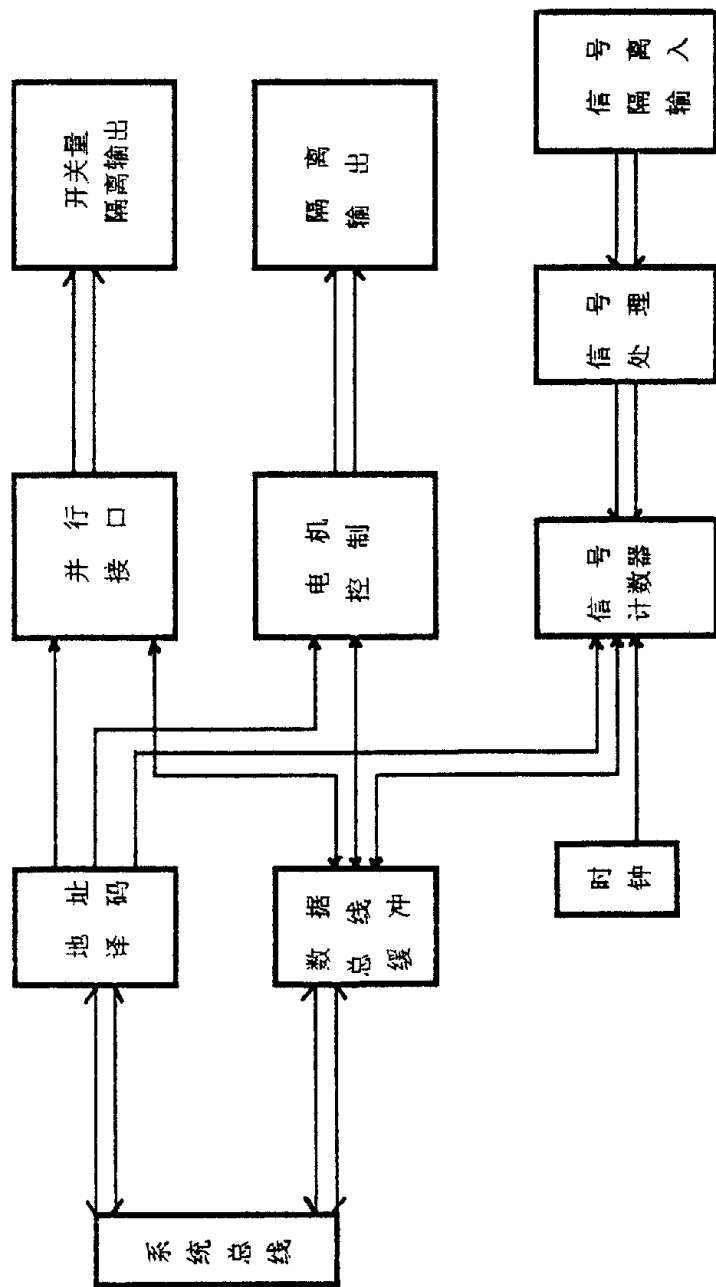


图 5

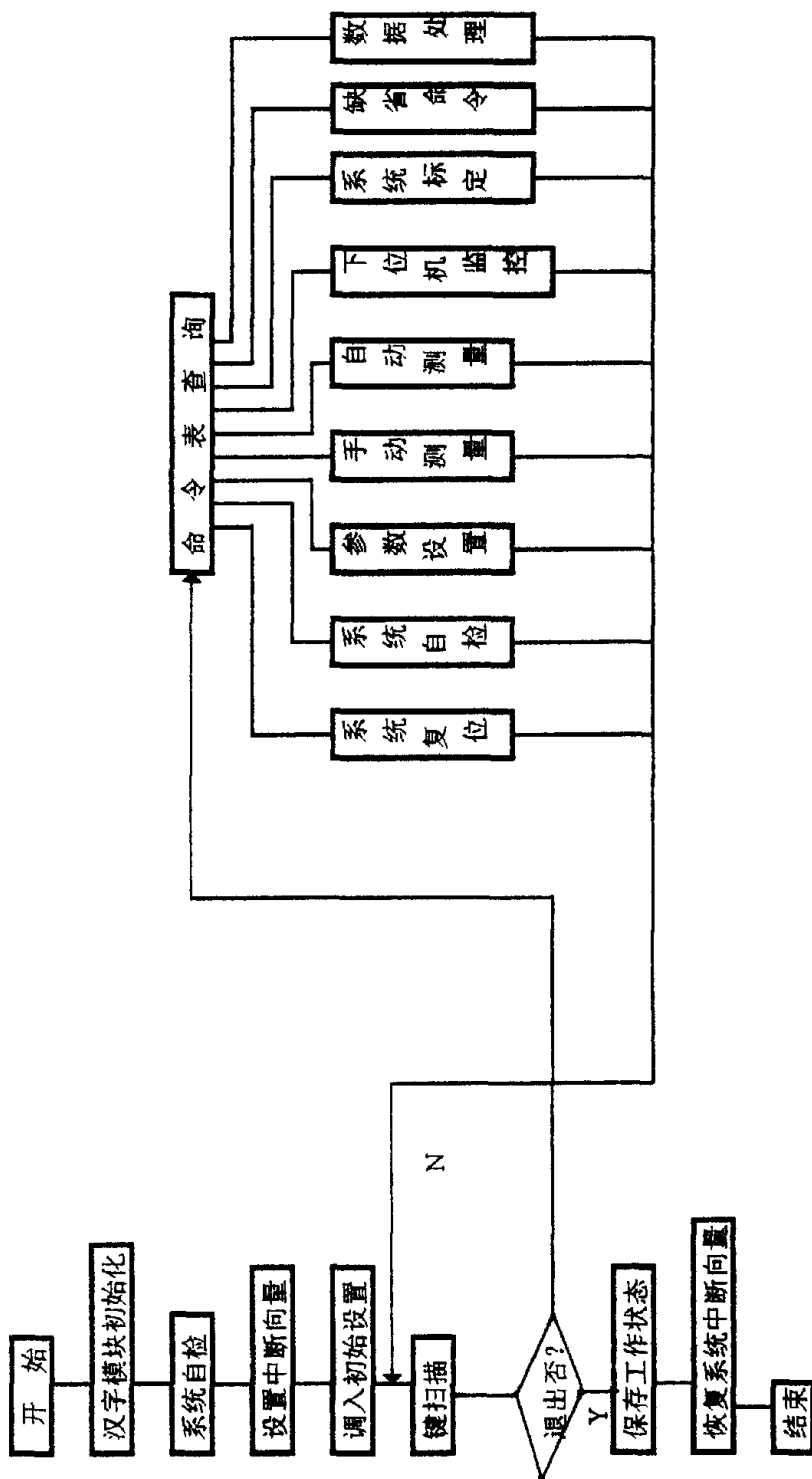


图 6