

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.

G01S 17/08 (2006.01)

G01S 17/06 (2006.01)



[12] 发明专利说明书

专利号 ZL 200610019109.5

[45] 授权公告日 2008 年 9 月 3 日

[11] 授权公告号 CN 100416298C

[22] 申请日 2006.5.19

[21] 申请号 200610019109.5

[73] 专利权人 武汉大学

地址 430072 湖北省武汉市武昌珞珈山

[72] 发明人 易帆 黄春明 李松 周军

余长明 张云鹏 张绍东 岳显昌

何裕金

[56] 参考文献

CN1580815A 2005.2.26

US5627636A 1997.5.6

CN1094515A 1994.11.2

CN1403834A 2003.3.19

CN1595197A 2005.3.16

EP1051640A1 2000.11.15

CN1448728A 2003.10.15

CN1721875A 2006.1.18

高速大容量固态存储系统的设计. 韩茜, 罗丰, 吴顺君. 雷达科学与技术, 第3卷第2期. 2005

高速大容量数据采集系统设计与实现. 张卫杰, 侯孝民. 电子测量与仪器学报, 第19卷第4期. 2005

激光测距-成像组合扫描仪多源数据采集技术的研究. 舒嵘, 赵淑华, 薛永祺. 遥感学报, 第6卷第2期. 2002

审查员 侯新宇

[74] 专利代理机构 武汉宇晨专利事务所

代理人 黄瑞棠

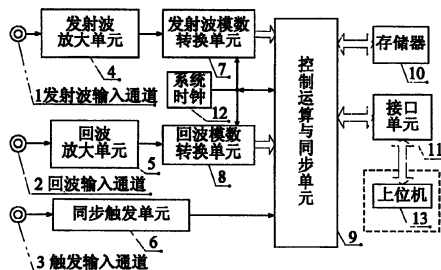
权利要求书1页 说明书10页 附图2页

[54] 发明名称

用于激光测距的数据采集方法

[57] 摘要

本发明公开了一种用于激光测距的数据采集装置及其采集方法, 涉及激光测距技术。本发明将激光脉冲测距方法与数据采集技术融合; 本装置包括发射波输入通道1、回波输入通道2、触发输入通道3、发射波放大单元4、回波放大单元5、触发单元6、发射波模数转换单元7、回波模数转换单元8、控制运算与同步单元9、存储器10、接口单元11、系统时钟12、上位机13; 本方法主要包括: 开始A, 初始化B, 自检C, 待机D, 什么命令E, 采集指令F, 触发信号G, 采集发射波信号H, 回波过阈值I, 计算渡越时间L, 压缩并存储数据M, 采集结束N。适用于移动式连续激光测距、激光雷达以及通用数据采集应用系统。



1、一种用于激光测距的采集方法，其特征在于：

依次为开始 (A)，初始化 (B)，自检 (C)，待机 (D)，什么命令 (E)，根据上位机发出的指令选择执行步骤①、②、③：

①接到采集指令时，执行步骤依次为：采集指令 (F)，触发信号 (G)，采集发射波信号 (H)，回波过阈值 (I)，根据回波信号的大小又选择执行步骤 1.1、1.2；

1.1 回波大于设定阈值时，执行步骤依次为计算渡越时间 (L)，压缩并存储数据 (M)；

1.2 回波小于设定阈值时，执行步骤依次为：增益合适吗 (J)，根据增益大小再选择执行步骤 1.2.1、1.2.2；

1.2.1 增益大小合适时执行步骤依次为无效采集(Q)，压缩并存储数据(M)；

1.2.2 增益大小不合适时执行步骤依次为调整阈值 (K)，无效采集 (Q)，压缩并存储数据 (M)；

以上步骤之后依次为：采集结束 (N)，返回待机 (D)；

②接到上传数据指令时，执行步骤依次为：上传数据指令 (O)，上传数据 (P)，返回待机 (D)；

③接到参数设定指令时，执行步骤依次为：参数设定指令 (R)，设定参数 (S)，返回待机 (D)。

用于激光测距的数据采集方法

技术领域

本发明涉及激光测距技术,尤其涉及一种用于激光测距的数据采集装置及其采集方法。

背景技术

度量衡是人类生活中重要的计量标准,远距离的精确测量一直是科技人员孜孜以求的目标。随着科学技术的进步,人们不断发明新的距离测量方法;激光的问世为远距离的精确测量提供了新的思路。由于激光具有高亮度及良好的方向性、单色性和相干性等优点,在远距离测量技术中发挥了重要的作用。

目前常用的激光测距方法有两种:激光相位测距与脉冲激光测距。

激光相位测距是通过对光的强度进行调制来实现的。假设用于测距的激光强度调制频率为 f , 调制波形为正弦波, 则波长 $\lambda = c/f$, c 为光速。光波从 A 点到 B 点的相移 φ 可以表示为:

$$\varphi = 2m\pi + \Delta\varphi = 2\pi(m + \Delta m), \text{ 式中 } \Delta m = \Delta\varphi / 2\pi$$

若光从 A 点传到 B 点所用的时间为 t , 则 A、B 两点之间的距离 L 可以表示为:

$$L = ct = c\varphi / 2\pi f = \lambda(m + \Delta m)$$

只要测出光波相移 φ 中周期 2π 的整数 m 和余数 Δm , 便可求出被测距离 L 。

实际上,直接测量 A 点到 B 点光波传播的相移 φ 是困难的,因此在工程实践中在 B 点设置一个反射器(测量靶标),通过测量光波在 A、B 两点间往返一次的相位变化得到 A、B 两点之间的距离。

脉冲激光测距是利用连续时间极短、能量在时间上相对集中、瞬时功率很大

的激光脉冲来进行测距的。在有测量靶标的情况下，脉冲激光测距可以实现极远的量程；即使不用标靶，只利用被测目标对脉冲激光的漫反射，也可以进行测距，因此得到了更广泛的应用。

采用脉冲激光测距时，由脉冲激光器发出持续时间极短的脉冲激光，称之为发射波，经过待测距离 L 后射向被测目标，被反射回来的脉冲激光称之为回波，被光电探测器所接收。根据发射波信号和回波信号之间的时间间隔 t 就可算出待测目标的距离 $L = ct/2$ ，式中 c 为光速。时间间隔 t 通常采用一定频率的时钟脉冲进行计数，这样根据计数时钟脉冲的频率 f 和计数个数 N ，即可计算出待测目标的距离 $L = cN/2f$ 。

不论哪一种激光测距方法，从电子技术的角度来看其测量原理的现有实现手段，都采用的是模拟电子技术的方法，并且一般只能完成对测距目标的单次测量。

其缺点和不足是：

- ①只能得到距离信息，对地物特征无法辨别；
- ②在没有合作目标时测距误差较大，测距量程较小，而要实现精确与远距离测量一般需要棱镜等合作目标才能进行；
- ③回波信噪比小，检测失败率高；
- ④一般不能实现连续的移动式测量。

发明内容

本发明的目的就在于克服现有技术存在的缺点和不足，提供一种用于激光测距的数据采集装置及其采集方法。

本发明的目的是这样实现的：

使用数据采集技术替代传统的模拟电子技术的方案，将现代检测技术中的数据采集方法应用到激光测距中，采用这种方法构成的激光测距技术，不再局限于距离的测量，同时兼具激光雷达的功能，通过对采集到的激光发射波与回波的比较分析，可以得到激光光斑照射范围内被测物体表面的多种信息，具有独特性和创新性，而且可以实现目标信息的连续的移动式测量。

为了得到连续的远距离被测目标距离的精确测量以及远距离被测目标物体表面的多种信息，基本设计思路是将激光脉冲测距方法与数据采集技术融合，以

完成上述目的。

基本技术路线如下：

采用光电转换器件将激光发射光波信号和回波信号转换为电信号，经过前置放大单元后（放大增益受上位机控制，固定或自动增益）输入数据采集单元，利用高速的模数转换器（ADC）将每一个发射波形与回波波形采集下来，并将采集到的波形数据存入缓存；采用编程后的高速现场可编程门阵列（FPGA）芯片作为控制运算器，通过精确同步时钟计算发射光波和回波之间的渡越时间，得到距离的测量值并存入缓存；发射波形与回波波形采集数据与单次距离测量结果在该次测量结束后由缓存输出到大容量非易失性固态存储器；预定的连续测量时间结束后可以通过接口按上位机控制指令将固态存储器中的多次测量结果以文件方式传输到上位机。由于发射波和回波数据已经利用高速的模数转换器（ADC）获得，通过比较二者之间的差异，可以得到被测物体表面的多种信息，从而实现激光雷达的功能。同时，由于发射波与回波都是窄脉冲（发射波半宽低于 10nS，回波半宽低于 1000nS），而发射波与回波之间的间隔大于 25mS（对应于 40Hz 的重复频率），这意味着需要采集波形的时间与测距的总工作时间相比要小得多（ $<1000\text{nS}/25\text{mS}$ ），因此需要智能化的采集和存储，即如何在 25mS 的时间间隔内，分别判断出发射波与回波所在的 10nS 和 1000nS，然后将有用的数据保留，无用的数据剔除。在本发明中，智能化的采集和存储是通过时间窗设置和过阈值判断来实现的。即使在已经实现了智能化数据采集和存储的情况下，如果采用 8bits@200M 的模数转换器（ADC）采样，连续工作 24 小时的数据仍然是海量的，为了保证窄脉冲信号的完整性，不丢失信号的高频成分，本发明采用了 LZW 无损压缩算法（基于字典的 LMZ 无损压缩算法）。

总之，本发明其特征在于：使用高速 ADC 采集脉冲激光发射波形与回波波形；使用高速 FPGA 实现系统控制运算与精确时钟同步，对发射波与回波进行实时、同步、智能化的采集和存储，实现实时的数据压缩以降低系统数据存储和传输的压力；使用大容量非易失性固态存储器存储海量测距信息；使用 USB2.0 接口与上位机通信，传输控制指令与采集结果。

具体地说：

一、数据采集装置

如图 1，本装置包括发射波输入通道 1、回波输入通道 2、触发输入通道 3、发射波放大单元 4、回波放大单元 5、触发单元 6、发射波模数转换单元 7、回波模数转换单元 8、控制运算与同步单元 9、存储器 10、接口单元 11、系统时钟 12、上位机 13；

其连接关系是：

发射波输入通道 1、发射波放大单元 4、发射波模数转换单元 7、控制运算与同步单元 9 依次连接；

回波输入通道 2、回波放大单元 5、回波模数转换单元 8、控制运算与同步单元 9 依次连接；

触发输入通道 3、触发单元 6、控制运算与同步单元 9 依次连接；

系统时钟 12 分别与发射波模数转换单元 7、回波模数转换单元 8、控制运算与同步单元 9 连接；

控制运算与同步单元 9 与存储器 10 连接；

控制运算与同步单元 9、接口单元 11、上位机 13 依次连接。

本装置的工作原理是：

1、激光发射波由发射波输入通道 1 引入，并被传输到发射波放大单元 4，在该单元中被滤波和阻抗匹配，使激光发射波信号与 ADC 隔离，同时降低输出阻抗，为发射波模数转换单元 7 提供低阻抗的输入信号源，滤波和阻抗匹配后的激光发射波在发射波模数转换单元 7 中被转换为数字信号并被传送到控制运算与同步单元 9 中；

2、激光回波由回波输入通道 2 引入，并被传输到回波放大单元 5，在该单元中被自动增益、信号滤波和阻抗匹配，使激光回波与 ADC 隔离，同时降低输出阻抗，为回波模数转换单元 8 提供低阻抗的输入信号源，自动增益、滤波和阻抗匹配后的激光回波在回波模数转换单元 8 中被转换为数字信号并被传送到控制运算与同步单元 9 中；

3、脉冲激光器提供的发射光波同步触发信号由触发输入通道 3 引入，并被传输到触发单元 6，在该单元中被滤波与隔离，并被传送到控制运算与同步单元 9 中，为测距过程提供测距计数流程的起始时间点。

4、在控制运算与同步单元 9 中，使用 Verilog 硬件描述语言 (VerilogHDL)

完成数据采集装置控制运算流程、精确时钟同步、存储数据、与上位机通信等控制过程的软件到硬件的实现；该单元在物理上与发射波模数转换单元 7、回波模数转换单元 8、触发单元 6、存储器 10 以及 USB2.0 接口单元 11、系统时钟 12 相连，接收激光发射波、激光回波与同步触发信号，将采集到的数据及其初步运算结果实时压缩、存储到存储器 10，并通过 USB2.0 接口单元 11 与上位机进行通信，接受指令和上传采集结果，通过内部精确时钟同步模块完成数据采集过程的时钟同步与实时智能化采集。

二、数据采集方法

如图 2，本方法主要包括：

依次为开始 (A)，初始化 (B)，自检 (C)，待机 (D)，什么命令 (E)，根据上位机发出的指令选择执行步骤①、②、③：

①接到采集指令时，执行步骤依次为：采集指令 (F)，触发信号 (G)，采集发射波信号 (H)，回波过阈值 (I)，根据回波信号的大小又选择执行步骤 1.1、1.2；

1.1 回波大于设定阈值时，执行步骤依次为计算渡越时间 (L)，压缩并存储数据 (M)；

1.2 回波小于设定阈值时，执行步骤依次为：增益合适吗 (J)，根据增益大小再选择执行步骤 1.2.1、1.2.2；

1.2.1 增益大小合适时执行步骤依次为无效采集(Q)，压缩并存储数据(M)；

1.2.2 增益大小不合适时执行步骤依次为调整阈值 (K)，无效采集 (Q)，压缩并存储数据 (M)；

以上步骤之后依次为：采集结束 (N)，返回待机 (D)；

②接到上传数据指令时，执行步骤依次为：上传数据指令(O)，上传数据(P)，返回待机 (D)；

③接到参数设定指令时，执行步骤依次为：参数设定指令(R)，设定参数(S)，返回待机 (D)。

其中：

开始 A，以数据采集装置上电或装置复位为标志；

初始化 B，将数据采集装置正常工作必需的各个参数设为默认值；

自检 C, 对数据采集装置内部各模块能否正常工作进行检查, 并提供出错报警;

待机 D, 等待上位机或本地键盘指令;

什么命令 E, 根据收到的上位机或本地键盘指令转而执行不同的步骤;

采集指令 F, 如果收到开始测距指令则转而执行步骤 G, 否则返回步骤 E;

触信号 G, 如果检测到激光器同步触发信号转而执行步骤 H, 否则返回步骤 F;

采集发射波信号 H, 采集发射波信号;

I 回波过阈值 I, 如果回波信号过事先设定的阈值转而执行步骤 L, 否则执行步骤 J;

增益合适吗 J, 如果信号增益合适转而执行步骤 Q, 否则执行步骤 K;

调整阈值 K, 增益不合适时进行增益调整;

计算渡越时间 L, 发射波与回波信号采集完毕后计算渡越时间;

压缩并存储数据 M, 压缩并存储发射波、回波数据和测距数据以及增益参数等数据到大容量非易失性固态存储器;

采集结束 N, 如果完成预定的连续采集次数转而执行步骤 D, 否则返回步骤 G;

上传数据指令 O, 如果收到上传数据指令转而执行步骤 P, 否则返回步骤 E;

上传数据 P, 将采集参数打包以文件方式上传到上位机;

无效采集 Q, 在增益合适而未采集到合理的回波数据时确认该次采集过程为无效采集, 给出无效数据标记;

参数设定指令 R, 如果收到参数设定指令转而执行步骤 S, 否则返回步骤 E;

设定参数 S, 根据收到的参数进行装置相关参数设定。

本装置开机后等待上位机控制指令, 接收到采集开始命令后开始按预设采集时间长度进行连续的远距离脉冲激光测距, 在采集过程中能自动调整放大增益以适应不同距离的被测目标, 采集结束后保存发射波、回波数据和测距数据到大容量非易失性固态存储器, 接收到上位机数据上传指令后将数据传输到上位机进行后续的数字信号处理。

由此可见, 本发明的工作原理是:

- 1) 对激光测距系统从发射到接收的整个工作过程进行控制;
- 2) 对发射波与回波进行实时、同步、智能化的采集和存储;
- 3) 实现实时的数据压缩以降低系统数据存储和传输的压力。

由于发射波与回波都是窄脉冲(发射波半宽低于 10nS, 回波半宽低于 1000nS), 而发射波与回波之间的间隔大于 25mS(对应于 40Hz 的重复频率), 这意味着需要采集波形的时间与测距系统的总工作时间相比要小得多($<1000\text{nS}/25\text{mS}$)。所谓智能化的采集和存储是指如何在 25mS 的时间间隔内, 分别判断出发射波与回波所在的 10nS 和 1000nS, 然后将有用的数据保留, 无用的数据剔除。在本发明中, 智能化的采集和存储是通过时间窗设置和过阈值判断来实现的。时间窗设置的依据是测量距离和起伏大小, 而阈值的大小则根据噪声水平和信噪比来确定。即使在已经实现了智能化数据采集和存储的情况下, 如果采用 8bits@200M 的 A/D 采样, 持续工作 24 小时的数据仍然是海量的。为了保证窄脉冲信号的完整性, 不丢失信号的高频成分, 本发明采用了 LZW 无损压缩算法。

本发明具有下列优点和积极效果:

1、解决了弱信号检测中的噪声干扰问题, 回波能量利用率高, 能够长期不间断地稳定工作, 具有较高的精度和稳健性。

2、根据本发明所研制出数据采集装置不仅能完成连续的远距离移动式测距, 而且能够实现雷达探测功能, 获取光斑范围内的物体表面高度分布, 提取光斑范围内的物体表面特征, 判断光斑范围内的物体表面类型。

3、在本发明中, 通过设置时间窗和过阈值判断实现了智能化的数据采集和存储, 在 25mS 的激光脉冲发射时间间隔内, 分别判断出发射波与回波所在的 10nS 和 1000nS, 然后将有用的数据保留, 无用的数据剔除; 采用了 LZW 无损压缩算法实现了海量数据的实时压缩存储, 能够实现采用 8bits@200M 的 A/D (模数转换) 采样, 持续工作 24 小时。

4、由于本装置采用了以 FPGA 为核心的设计方案, 现场可编程门阵列 FPGA 的使用, 大大简化了数字逻辑设计, 提高了集成度、可靠性、简化 PCB 板的制作, 减少了 PCB 板的面积。由于 FPGA 可以通过软件编程更改其硬件逻辑设计, 所以采用该方案为系统的升级优化提供了极大的便利。

5、同时由于系统设计方案的特点, 使该装置易于通过修改 FPGA 逻辑设计的

方法为特定的数据采集要求服务或实现通用的数据采集卡的功能。

适用于移动式连续激光测距、激光雷达以及通用数据采集应用系统。

附图说明

图 1 是本装置组成框图；

图 2 是本数据采集方法步骤图。

其中：

1—激光发射波信号输入通道，简称发射波输入通道；

2—激光回波信号输入通道，简称回波输入通道；

3—光波发射同步触发信号输入通道，简称触发输入通道；

4—发射波信号前置放大单元，简称发射波放大单元；

5—回波信号自动增益前置放大单元，简称回波放大单元；

6—同步触发信号前置隔离单元，简称同步触发单元；

7—激光发射波高速模数转换单元，简称发射波模数转换单元；

8—激光回波高速模数转换单元，简称回波模数转换单元；

9—以高速 FPGA 为载体的控制运算与精确时钟同步单元，简称控制运算与同步单元；

10—大容量非易失性固态存储器，简称存储器；

11—接口单元；

12—系统时钟；

13—上位机。

A—开始，即流程起始点；

B—初始化，即装置参数初始化，设为默认值；

C—自检，即装置内部自检；

D—待机，即装置待机，等待上位机指令；

E—什么命令？即根据是否收到的上位机的指令转而执行不同的步骤；

F—采集指令，即根据是否收到开始测距指令转而执行不同的步骤；

G—触发信号？即根据装置是否检测到激光器同步触发信号转而执行不同的步骤；

- H—采集发射波信号；
- I—回波过阈值？即根据回波信号是否过事先设定的阈值转而执行不同的步骤；
- J—增益合适？即根据信号增益是否合适转而执行不同的步骤；
- K—调整阈值，即增益不合适时进行增益调整；
- L—计算渡越时间，即发射波与回波信号采集完毕后计算渡越时间；
- M—压缩并存储数据，即压缩并存储发射波、回波数据和测距数据以及增益参数等数据到大容量非易失性固态存储器 10；
- N—采集结束，即根据是否完成预定的连续采集次数转而执行不同的步骤；
- O—上传数据指令？即根据是否收到上传数据指令转而执行不同的步骤；
- P—上传数据，即将采集参数打包以文件方式上传到上位机 13；
- Q—无效采集，即在增益合适而未采集到合理的回波数据时确认该次采集过程为无效采集，给出无效数据标记；
- R—参数设定指令？即根据是否收到参数设定指令转而执行不同的步骤；
- S—设定参数，即根据收到的参数进行装置相关参数设定。

具体实施方式

下面结合附图与实施例对本发明作进一步说明。

数据采集装置各功能块的选用

* 发射波放大单元 4，发射波信号在该单元中被滤波和阻抗匹配，使输入信号与 ADC 隔离，同时降低输出阻抗，为高速 ADC 提供低阻抗的输入信号源；有上市产品，选用 AD9631 为该单元核心器件。

* 简称回波放大单元 5，回波信号在该单元中被自动增益、信号滤波和阻抗匹配，使输入信号与 ADC 隔离，同时降低输出阻抗，为高速 ADC 提供低阻抗的输入信号源；有上市产品，选用 AD9631 为该单元核心器件。

* 简称触发单元 6，同步触发信号在该单元中被滤波并与 FPGA 隔离，提供计数控制流程的起始点；有上市产品，选用 74F74 为该单元核心器件。

* 发射波模数转换单元 7，激光发射波经过 200MSPS 高速模数转换器被转换为数据信号；有上市产品，选用 AD9054 为该单元核心器件。

* 简称回波模数转换单元 8, 激光回波经过 200MSPS 高速模数转换器被转换为数据信号; 有上市产品, 选用 AD9054 为该单元核心器件。

* 控制运算与同步单元 9, 完成所有的逻辑控制功能并实现对发射波与回波进行实时、同步、智能化的采集和数据的无损压缩; 有上市产品, 选用 Xilinx 公司的 SpartanII 系列 FPGA 芯片为该单元核心器件。

* 存储器 10, 用于存储海量测距信息; 有上市产品, 或者选用 NAND 型 FLASH 芯片颗粒, 或者选用 CF 卡作为大容量非易失性固态存储器。

* 接口单元 11, 用于与上位机通信; 有上市产品, 选用 USB2.0 接口芯片 CY7C68013 为该单元核心器件。

* 系统时钟 12, 用于提供 200MHz 系统基本时钟; 有上市产品, 选用 SY89429 为该单元核心器件。

* 上位机 13, 用于工作过程控制与后续的数字信号处理; 有上市产品, 选用支持 USB2.0 接口的笔记本电脑或兼容机。

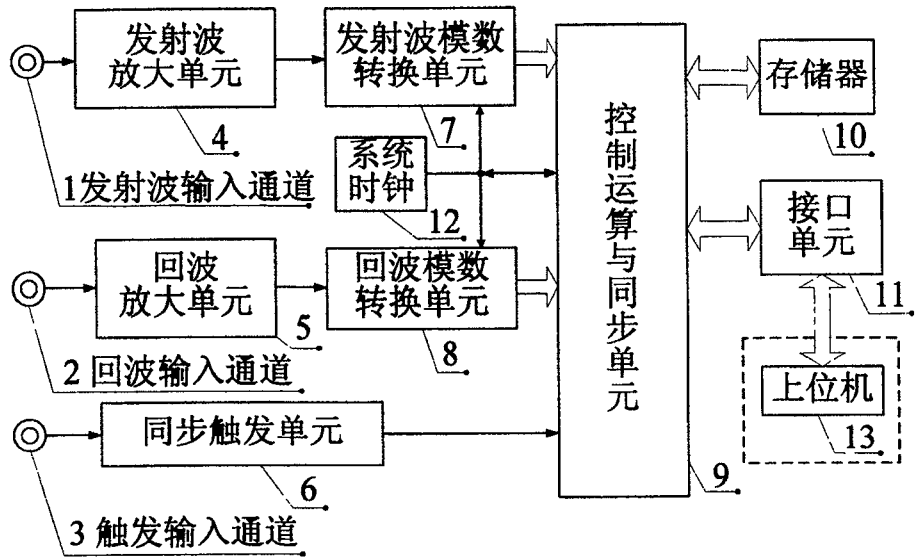


图 1

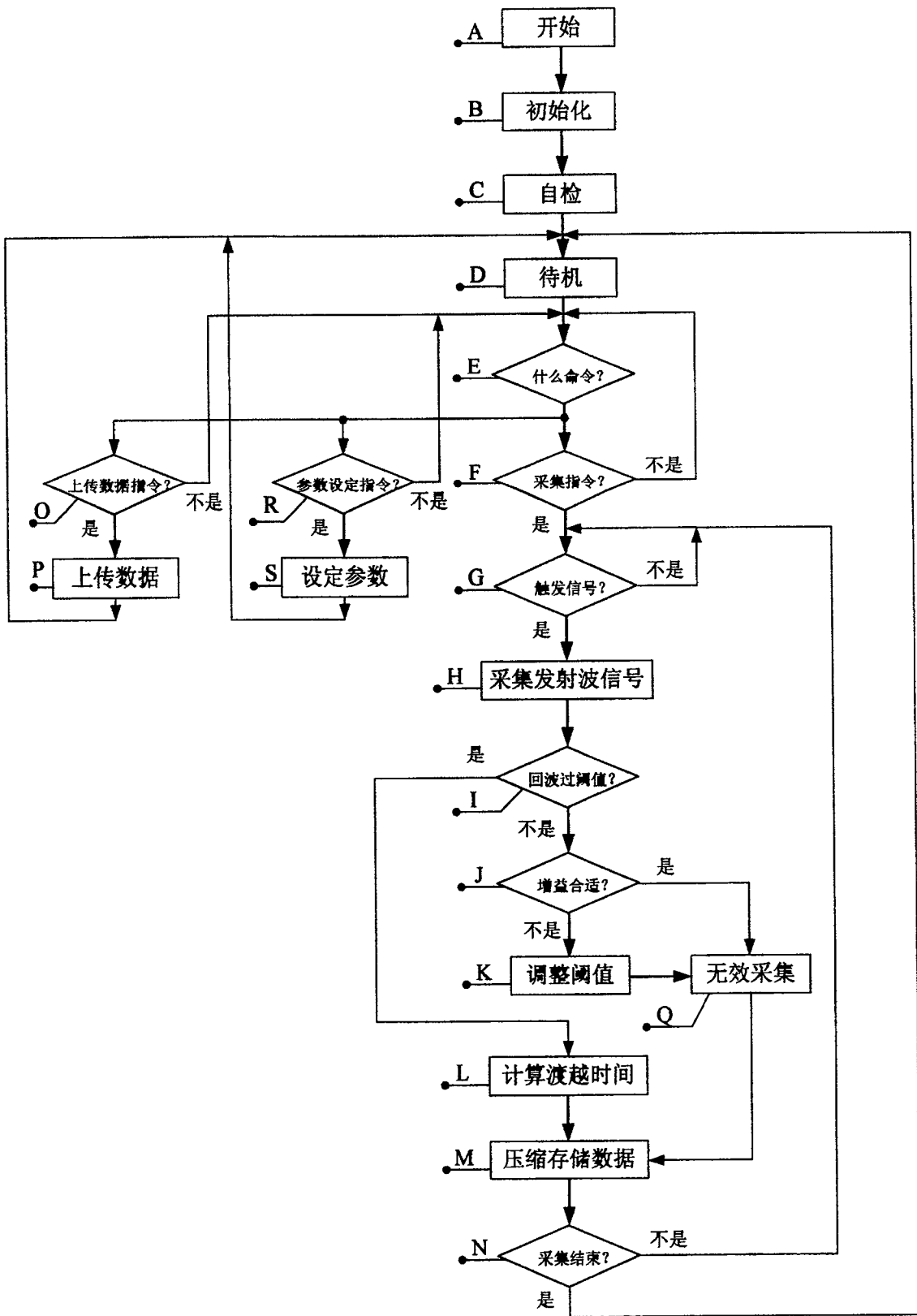


图 2