



# (12)发明专利

(10)授权公告号 CN 106936498 B

(45)授权公告日 2019.05.31

(21)申请号 201710130677.0

H04B 10/50(2013.01)

(22)申请日 2017.03.07

H04B 10/548(2013.01)

(65)同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 106936498 A

G01R 29/26(2006.01)

(43)申请公布日 2017.07.07

(73)专利权人 赵杰

地址 518000 广东省深圳市罗湖区宝安北路3039号

### (56)对比文件

CN 106341182 A, 2017.01.18,

CN 104459360 A, 2015.03.25,

CN 105141365 A, 2015.12.09,

CN 104764941 A, 2015.07.08,

CN 106338658 A, 2017.01.18,

CN 105207043 A, 2015.12.30,

(72)发明人 不公告发明人

于庆伟. 光生微波毫米波技术及其相位噪声研究.《中国优秀硕士学位论文全文数据库 信息科技辑》.2014,(第11(2014)期),

(74)专利代理机构 北京华识知识产权代理有限公司 11530

代理人 乔浩刚

审查员 李梦琦

(51)Int.Cl.

H04B 10/079(2013.01)

H04B 10/275(2013.01)

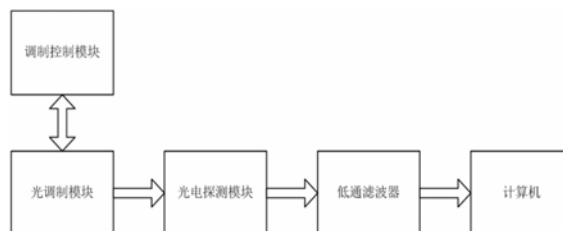
权利要求书1页 说明书5页 附图2页

### (54)发明名称

一种基于超宽带相位噪声测试系统的信号分析方法

### (57)摘要

本发明涉及一种基于超宽带相位噪声测试系统的信号分析方法,主要解决了当前相位噪声测试系统精度低、误差大,系统结构复杂、成本高,不易实现超宽带测试和自适应测试的问题。其特征在于:所述系统包括调制控制模块,与调制控制模块相连接的光调制模块,与光调制模块相连接的光电探测模块,与光电探测模块相连接的低通滤波器,与低通滤波器相连接的计算机。本发明采用基于平衡光电探测器的设计方案较好的解决了该问题,能够用于超宽带射频微波信号相位噪声的测试。



1. 一种基于超宽带相位噪声测试系统的信号分析方法,其特征在于:信号处理流程如下:

(1) 通过光调制模块将待测微波信号调制到光波上进而输出光载射频信号,输入的待测微波信号表示为: $V=V_0\cos(2\pi f_0 t+2\pi\Delta f\tau)$ ;

其中, $V_0$ 为微波信号幅度, $\Delta f$ 为微波信号频率抖动, $2\pi\Delta f\tau$ 为微波信号频率抖动经过一段时延 $\tau$ 后的相位噪声, $f_0$ 为初始微波信号频率;

(2) 光调制模块输出的光载射频信号经第2单模光纤耦合器109分为两路,经第1光纤延迟线201到达高速平衡光电探测器203后为:

$$V=V_0\cos(2\pi f_0 t+2\pi\Delta f\tau_d);$$

其中, $\tau_d$ 为第1光纤延迟线201的延迟量;

(3) 所述光调制模块输出的光载射频信号经第2单模光纤耦合器109分为两路,经第2光纤延迟线202到达高速平衡光电探测器203后为:

$$V=V_0\cos(2\pi f_0 t+2\pi\Delta f\tau_0);$$

其中, $\tau_0$ 为第2光纤延迟线202的延迟量;

(4) 所述两路信号经高速平衡光电探测器203后为:

$$V=-2V_0^2\sin(2\pi f_0 t+\pi\Delta f\tau_0-\pi\Delta f\tau_d)\sin(\pi\Delta f\tau_0-\pi\Delta f\tau_d);$$

(5) 调节第2光纤延迟线202使 $2\pi f_0 t+\pi\Delta f\tau_0-\pi\Delta f\tau_d=(2m+1)\pi/2$ ,此时高速平衡光电探测器203输出为: $V=-2V_0^2\sin(\pi\Delta f\tau_0-\pi\Delta f\tau_d)$ ,

其中, $m$ 为整数;

(6) 所述第2光纤延迟线202的延迟量 $\tau_0$ 和微波信号频率抖动 $\Delta f$ 极小,高速平衡光电探测器203输出进一步表示为: $\Delta V=2V_0^2\pi\Delta f\tau_d$ ;

(7) 通过所述式 $\Delta V=2V_0^2\pi\Delta f\tau_d$ 进行傅里叶变换即可得到待测微波信号相位噪声。

## 一种基于超宽带相位噪声测试系统的信号分析方法

### 技术领域

[0001] 本发明涉及测试系统领域,特别涉及到一种用于通信、遥控遥测、仪器仪表、航空航天装备、雷达成像,医疗仪器等领域的超宽带相位噪声测试系统的信号分析方法。

### 背景技术

[0002] 目前,对微波信号源相位噪声的测量主要有用微波器件来实现的直接频谱仪法,差拍法,鉴频法和鉴相法。直接频谱仪法方法简单,但受频谱仪动态范围和最小分辨带宽的限制,该方法只适宜测量漂移较小、相位噪声相对较高的信号源。差拍法和鉴相法利用锁相方法把信号相互间的相位起伏转换为相应锁定电压的变化,再用一定的倍增因子提高测量的分辨率,但所述方法必须使用低噪声的合成频率作为标准频率,使得采用所述方法的系统设备复杂、造价高昂。鉴频法解决了大延迟的问题,但由于鉴频法采用普通电混频器,混频器的平坦度和频率响应对测量结果影响很大,且难以将普通电混频器的混频带宽扩大至40GHz以上,因此需要对高频微波信号源进行多次变频的方法来实现对其相位噪声的测量。

[0003] 因此,提供一种能够实现超宽带、高精度、构造简单合理的高频微波信号源相位噪声测试系统就很有必要。

### 发明内容

[0004] 本发明针对现有微波信号源相位噪声测试系统测量精度低、系统构成复杂、成本过高、难以实现超宽带测量等问题,提出一种基于平衡光电探测器的超宽带相位噪声测量系统。

[0005] 为解决上述问题,本发明技术方案包括:提供一种超宽带相位噪声测试系统,所述系统包括调制控制模块,与调制控制模块相连接的光调制模块,与光调制模块相连接的光电探测模块,与光电探测模块相连接的低通滤波器204,与低通滤波器相连接的计算机205;

[0006] 所述调制控制模块控制光调制模块工作点始终处于线性调制范围内;

[0007] 所述光调制模块将待测微波信号调制到光波上进而输出光载射频信号;

[0008] 所述光电探测模块将光调制模块输出的光载射频信号转化为带有待测微波信号相位噪声信息的直流信号。

[0009] 进一步地,所述调制控制模块包括调制驱动器105,与调制驱动器相连接的第1光电探测器103和第2光电探测器107。

[0010] 进一步地,所述光调制模块包括窄线宽分布式反馈激光器101,与窄线宽分布式反馈激光器相连接的保偏光纤耦合器102,与保偏光纤耦合器102相连接的强度型光调制器104,与强度型光调制器104相连接的第1单模光纤耦合器108;

[0011] 所述强度型光调制器104的调制频率大于被测微波信号频率。

[0012] 进一步地,所述保偏光纤耦合器102的耦合比为1:99。

[0013] 进一步地,所述第1单模光纤耦合器108的耦合比为1:99。

[0014] 进一步地,所述光电探测模块包括第2单模光纤耦合器109,与第2单模光纤耦合器

109相连接的第1光纤延迟线201和第2光纤延迟线202,与第1光纤延迟线和第2光纤延迟线相连接的高速平衡光电探测器203;

[0015] 所述第2单模光纤耦合器109的耦合比为50:50;

[0016] 所述高速平衡光电探测器203的3dB带宽频率大于被测微波信号频率。

[0017] 进一步地,所述第1光纤延迟线201包括光开关1,与光开关1连接的光纤环1和光纤环2,与光纤环1和光纤环2相连接的光开关2。

[0018] 更进一步地,所述光纤环1的长度为5千米,光纤环2的长度为300~500米。

[0019] 进一步地,所述第2光纤延迟线202为电控光纤延迟线,其长度不大于10毫米。

[0020] 本发明还提供一种基于超宽带相位噪声测试系统的信号分析方法,其特征在于:信号处理流程如下:

[0021] (1) 所述输入待测微波信号表示为: $V = V_0 \cos(2\pi f_0 t + 2\pi \Delta f \tau)$ ;

[0022] 其中, $V_0$ 为微波信号幅度, $\Delta f$ 为微波信号频率抖动, $2\pi \Delta f \tau$ 为微波信号频率抖动经过一段时延 $\tau$ 后的相位噪声。

[0023] (2) 所述光调制模块输出的光载射频信号经第2单模光纤耦合器109分为两路,经第1光纤延迟线201到达高速平衡光电探测器203后为:

[0024]  $V = V_0 \cos(2\pi f_0 t + 2\pi \Delta f \tau_d)$ ;

[0025] 其中, $\tau_d$ 为第1光纤延迟线201的延迟量。

[0026] (3) 所述光调制模块输出的光载射频信号经第2单模光纤耦合器109分为两路,经第2光纤延迟线202到达高速平衡光电探测器203后为:

[0027]  $V = V_0 \cos(2\pi f_0 t + 2\pi \Delta f \tau_o)$ ;

[0028] 其中, $\tau_o$ 为第2光纤延迟线202的延迟量。

[0029] (4) 所述两路信号经高速平衡光电探测器203后为:

[0030]  $V = -2V_o^2 \sin(2\pi f_0 t + \pi \Delta f \tau_o - \pi \Delta f \tau_d) \sin(\pi \Delta f \tau_o - \pi \Delta f \tau_d)$ ;

[0031] (5) 调节第2光纤延迟线202使 $2\pi f_0 t + \pi \Delta f \tau_o - \pi \Delta f \tau_d = (2m+1)\pi/2$ ,此时高速平衡光电探测器203输出为: $V = -2V_o^2 \sin(\pi \Delta f \tau_o - \pi \Delta f \tau_d)$ ;

[0032] (6) 所述第2光纤延迟线202的延迟量 $\tau_o$ 和微波信号频率抖动 $\Delta f$ 极小,高速平衡光电探测器203输出进一步表示为: $\Delta V = 2V_o^2 \pi \Delta f \tau_d$ ;

[0033] (7) 通过所述式 $\Delta V = 2V_o^2 \pi \Delta f \tau_d$ 进行傅里叶变换即可得到待测微波信号相位噪声。

[0034] 本发明还提供一种用于超宽带相位噪声测试系统的使用方法,其特征在于:所述方法包括:

[0035] (1) 开启系统,设置待测微波信号频率参数,幅度参数,相位噪声参数。

[0036] (2) 窄线宽分布式反馈激光器101产生偏振光经保偏光纤耦合器102进入强度型光调制器104;

[0037] (3) 调制器驱动器105通过程序自动控制强度型光调制器工作在线性工作点,接入待测微波信号;

[0038] (4) 调节第2光纤延迟线,使高速平衡光电探测器203输出为带有待测微波信号相位噪声信息的直流信号;

[0039] (5) 进行数据采集,对所采集数据进行算法处理而得到待测微波信号的相位噪声结果;

[0040] (6) 执行关机操作。

[0041] 本发明基于平衡光电探测器,无需多次变频或者分段变频即可实现超宽带相位噪声测试,大延迟量的第1光纤延迟线用来提供对不同频偏处的相位噪声测量提供不同的延迟量,第2光纤延迟线用来调节进入平衡探测器两路信号处于正交工作点。有益效果如下:

[0042] 效果一:无需多次变频或者分段变频实现超宽带相位噪声测试,系统构成简单、成本更低、测量频带更宽;

[0043] 效果二:降低多个部件引入的误差,提高了测试平坦度和准确性;

[0044] 效果三:校准并标定测试系统的最佳测试状态,提高测试系统的自适应测量能力。

## 附图说明

[0045] 下面结合附图和实施例对本发明进一步说明。

[0046] 附图1是本发明的总体框图。

[0047] 附图2是本发明的详细框图。

[0048] 附图3是本发明的软件流程图。

[0049] 附图2中,窄线宽分布式反馈激光器-101,保偏光纤耦合器-102,光电探测器1-103,强度型光调制器-104,调制驱动器-105,待测微波信号-106,光电探测器2-107,单模光纤耦合器1-108,单模光纤耦合器2-109,光纤延迟线1-201,光纤延迟线2-202,高速平衡光电探测器-203,低通滤波-204,计算机-205。

## 具体实施方式

[0050] 为了使本发明的目的、技术方案及优点更加清楚明白,以下结合实施例,对本发明进行进一步详细说明。应当理解,此处所描述的具体实施例仅仅用以解释本发明,并不用于限定本发明。

[0051] 实施例1

[0052] 如图1所示,本实施例提供一种超宽带相位噪声测试系统及使用方法,所述测试系统包括调制控制模块,与调制控制模块相连接的光调制模块,与光调制模块相连接的光电探测模块,与光电探测模块相连接的低通滤波器,与低通滤波器相连接的计算机。

[0053] 如图2所示,所述调制控制模块包括调制驱动器105,与调制驱动器105相连接的第1光电探测器103和第2光电探测器107;

[0054] 所述调制控制模块将第1光电探测器103和第2光电探测器107从保偏光纤耦合器102及第1单模光纤耦合器108耦合所得的光信号转变成电信号通过调制器驱动器105控制光调制模块工作点始终处于线性调制范围内。

[0055] 所述光调制模块包括窄线宽分布式反馈激光器101,与窄线宽分布式反馈激光器101相连接的保偏光纤耦合器102,与保偏光纤耦合器102相连接的强度型光调制器104,与强度型光调制器104相连接的第1单模光纤耦合器108;

[0056] 所述光调制模块利用窄线宽分布式反馈激光器101产生的偏振光通过强度型光调制器104将待测微波信号调制到光波上进而输出光载射频信号;

[0057] 所述强度型光调制器104的调制频率大于被测微波信号频率。

[0058] 所述保偏光纤耦合器102的耦合比为1:99,使窄线宽分布式反馈激光器101产生的偏振光百分之一的信号耦合进入第1光电探测器103,百分之九十九的信号进入强度型光调制器104。

[0059] 所述第1单模光纤耦合器108的耦合比为1:99,使强度型光调制器104输出信号的百分之一耦合进入第2光电探测器107,百分之九十九的信号进入光电探测模块。

[0060] 所述光电探测模块包括第2单模光纤耦合器109,与第2单模光纤耦合器109相连接的第1光纤延迟线201和第2光纤延迟线202,与第1光纤延迟线和第2光纤延迟线相连接的高速平衡光电探测器203;

[0061] 所述光电探测模块将光调制模块输出的光载射频信号经第2单模光纤耦合器109分为两路,一路通过第1光纤延迟线201进入高速平衡光电探测器203,另一路通过第2光纤延迟线202进入高速平衡光电探测器203,高速平衡光电探测器203将光载射频信号转换为带有待测微波信号相位噪声信息的直流信号;

[0062] 所述第2单模光纤耦合器109的耦合比为50:50,使进入第2单模光纤耦合器109的光载射频信号等分进入第1光纤延迟线201和第2光纤延迟线202;

[0063] 所述高速平衡光电探测器203的3dB带宽频率大于被测微波信号频率,以此来保证系统测量带宽。

[0064] 所述第1光纤延迟线201包括光开关1,与光开关1连接的光纤环1和光纤环2,与光纤环1和光纤环2相连接的光开关2。

[0065] 所述光纤环1的长度为5千米,光纤环2的长度为300~500米。

[0066] 所述第2光纤延迟线202为电控光纤延迟线,其长度不大于10毫米。

[0067] 所述第1光纤延迟线201和第2光纤延迟线202用来调节进入平衡光电探测器两路信号之间的相位差。

[0068] 高速平衡光电探测器203输出的带有待测微波信号相位噪声信息的直流信号通过低通滤波器后由计算机采集处理得到最终的相位噪声测试结果,信号处理流程如下:

[0069] (1) 所述输入待测微波信号表示为: $V=V_0\cos(2\pi f_0 t+2\pi \Delta f \tau)$ ;

[0070] 其中, $V_0$ 为微波信号幅度, $\Delta f$ 为微波信号频率抖动, $2\pi \Delta f \tau$ 为微波信号频率抖动经过一段时延 $\tau$ 后的相位噪声。

[0071] (2) 所述光调制模块输出的光载射频信号经第2单模光纤耦合器109分为两路,经第1光纤延迟线201到达高速平衡光电探测器203后为:

[0072]  $V=V_0\cos(2\pi f_0 t+2\pi \Delta f \tau_d)$ ;

[0073] 其中, $\tau_d$ 为第1光纤延迟线201的延迟量。

[0074] (3) 所述光调制模块输出的光载射频信号经第2单模光纤耦合器109分为两路,经第2光纤延迟线202到达高速平衡光电探测器203后为:

[0075]  $V=V_0\cos(2\pi f_0 t+2\pi \Delta f \tau_o)$ ;

[0076] 其中, $\tau_o$ 为第2光纤延迟线202的延迟量。

[0077] (4) 所述两路信号经高速平衡光电探测器203后为:

[0078]  $V=-2V_0^2 \sin(2\pi f_0 t + \pi \Delta f \tau_o - \pi \Delta f \tau_d) \sin(\pi \Delta f \tau_o - \pi \Delta f \tau_d)$ ;

[0079] (5) 调节第2光纤延迟线202使 $2\pi f_0 t + \pi \Delta f \tau_o - \pi \Delta f \tau_d = (2m+1)\pi/2$ ,此时高速平衡光

电探测器203输出为： $V = -2V_o^2 \sin(\pi\Delta f\tau_o - \pi\Delta f\tau_d)$ ；

[0080] (6) 所述第2光纤延迟线202的延迟量 $\tau_o$ 和微波信号频率抖动 $\Delta f$ 极小，高速平衡光电探测器203输出进一步表示为： $\Delta V = 2V_o^2 \pi\Delta f\tau_d$ ；

[0081] (7) 通过所述式 $\Delta V = 2V_o^2 \pi\Delta f\tau_d$ 进行傅里叶变换即可得到待测微波信号相位噪声。

[0082] 本实施例还提供一种用于超宽带相位噪声测试系统的使用方法，所述方法包括：

[0083] (1) 开启系统，设置待测微波信号频率参数，幅度参数，相位噪声参数；

[0084] (2) 窄线宽分布式反馈激光器101产生偏振光经保偏光纤耦合器102进入强度型光调制器104；

[0085] (3) 调制驱动器105通过程序自动控制强度型光调制器工作在线性工作点，接入待测微波信号；

[0086] (4) 调节第2光纤延迟线，使高速平衡光电探测器203输出为直流信号；

[0087] (5) 进行数据采集，对所采集数据进行算法处理而得到待测微波信号的相位噪声结果；

[0088] (6) 执行关机操作。

[0089] 尽管上面对本发明说明性的具体实施方式进行了描述，以便于本技术领域的技术人员能够理解本发明，但是本发明不仅限于具体实施方式的范围，对本技术领域的普通技术人员而言，只要各种变化只要在所附的权利要求限定和确定的本发明精神和范围内，一切利用本发明构思的发明创造均在保护之列。

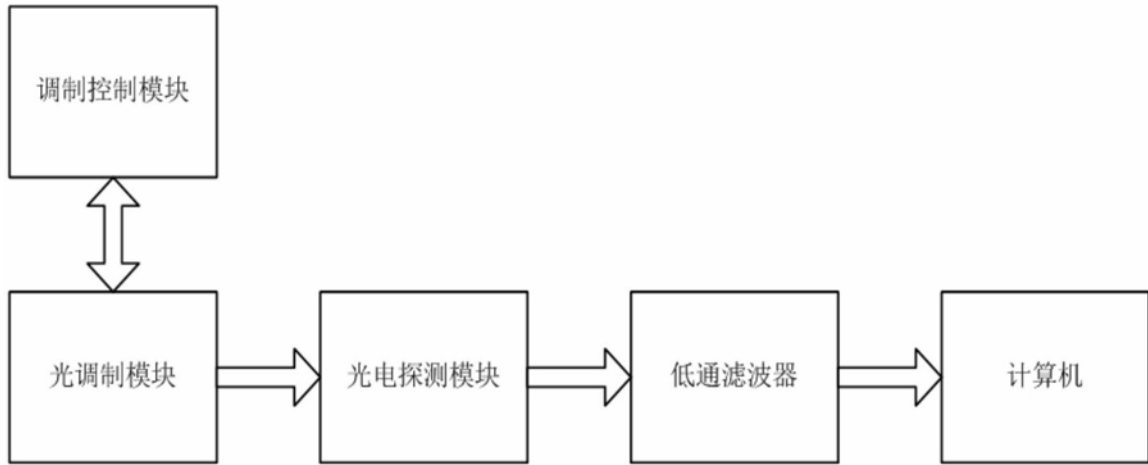


图1

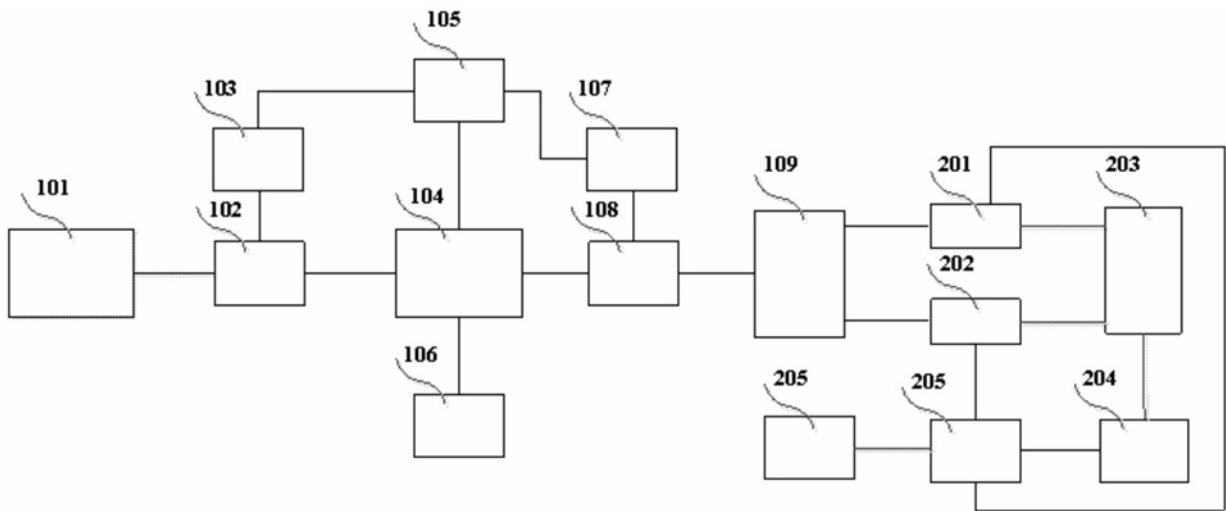


图2

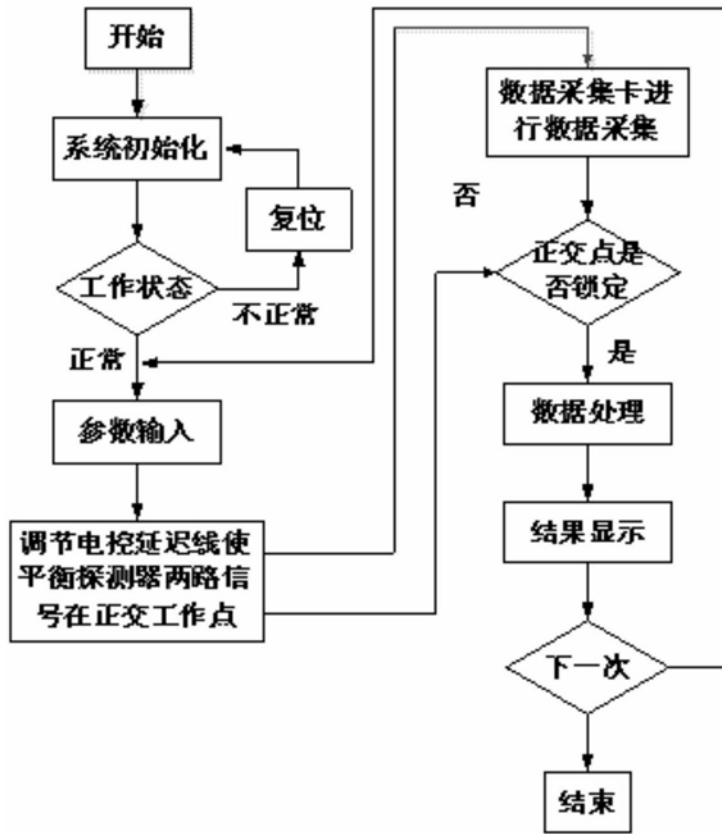


图3