



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 106772263 A

(43)申请公布日 2017.05.31

(21)申请号 201611256836.3

(22)申请日 2016.12.30

(71)申请人 无锡市雷华科技有限公司

地址 214125 江苏省无锡市山水城科教软件园B区2号楼

(72)发明人 赵翠云

(74)专利代理机构 无锡华源专利商标事务所 (普通合伙) 32228

代理人 聂启新

(51)Int.Cl.

G01S 7/28(2006.01)

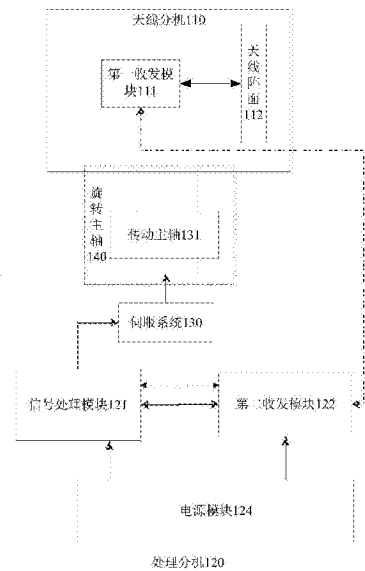
权利要求书2页 说明书7页 附图2页

(54)发明名称

对地监视雷达

(57)摘要

本发明公开了一种对地监视雷达,属于雷达技术领域。该对地监视雷达包括天线分机、处理分机以及旋转主轴;天线分机和处理分机通过旋转主轴分隔;处理分机通过信号处理模块控制第二收发模块产生射频信号,通过第二收发模块将射频信号发送至天线分机中的第一收发模块;天线分机通过第一收发模块接收射频信号并发送至天线阵面;通过天线阵面向外辐射射频信号;通过天线阵面接收回波信号并发送至第一接收模块;处理分机通过第二接收模块接收回波信号,对回波信号进行信号处理,得到被测物的信息;解决了传统成像体制雷达不能够自动检测、识别、跟踪被测物,目标定位准确度不高的问题,达到了提高目标定位的准确定以及目标跟踪效率的效果。



CN 106772263 A

1. 一种对地监视雷达,其特征在于,所述对地监视雷达包括天线分机、处理分机以及旋转主轴;

所述天线分机和所述处理分机通过所述旋转主轴分隔;

所述天线分机至少包括第一收发模块和天线阵面;

所述处理分机至少包括信号处理模块、第二收发模块、伺服系统以及电源模块;

所述处理分机,用于通过所述信号处理模块控制所述第二收发模块产生射频信号;

所述处理分机,用于通过所述第二收发模块将所述射频信号发送至所述天线分机中的所述第一收发模块;

所述天线分机,用于通过所述第一收发模块接收所述射频信号,并发送至所述天线阵面;

所述天线分机,用于通过天线阵面向外辐射所述射频信号;

所述天线分机,用于通过所述天线阵面接收回波信号并发送至所述第一接收模块,所述回波信号是所述射频信号受到物体反射后形成的;

所述天线分机,用于通过所述第一接收模块将所述回波信号发送至所述第二接收模块;

所述处理分机,用于通过所述第二接收模块接收所述回波信号;

所述处理分机,用于通过所述第二接收模块和所述信号处理模块对所述回波信号进行信号处理,得到被测物的信息,所述被测物的信息包括航迹数据和/或点迹;

所述处理分机,还用于通过所述伺服系统驱动所述旋转主轴带动所述天线分机转动。

2. 根据权利要求1所述的对地监视雷达,其特征在于,所述第二收发模块包括频综器;

所述处理分机,用于通过所述信号处理模块控制所述第二收发模块中的所述频综器生成激励信号;

所述处理分机,用于通过所述频综器对所述激励信号进行上变频处理,得到所述射频信号。

3. 根据权利要求1所述的对地监视雷达,其特征在于,所述第二收发模块包括频综器;

所述处理分机,用于通过所述频综器对所述回波信号进行下变频处理和滤波放大处理,得到中频信号;

所述处理分机,用于通过所述第二接收模块将所述中频信号发送至所述信号处理模块;

所述处理分机,用于通过所述信号处理模块对所述中频信号进行信号处理,得到所述被测物的信息。

4. 根据权利要求3所述的对地监视雷达,其特征在于,

所述处理分机,用于通过所述信号处理模块对所述中频信号进行模拟数字AD采样,得到数字信号;

所述处理分机,用于通过所述信号处理模块对所述数字信号进行数字下变频处理,得到基带信号;

所述处理分机,用于通过所述信号处理模块对所述基带信号进行脉冲压缩处理;

所述处理分机,用于通过所述信号处理模块对经过脉冲压缩处理的所述基带信号进行相参处理,得到二维信号;

所述处理分机,用于通过所述信号处理模块对所述二维信号进行恒虚警率CFAR检测,得到所述被测物的点迹;

所述处理分机,用于通过所述信号处理模块对所述被测物的点迹进行边扫描边跟踪TWS处理,得到所述被测物的航迹数据。

5. 根据权利要求1至4任一所述的对地监视雷达,其特征在于,  
所述信号处理模块还包括网络接口;  
所述电源模块还包括电源接口。

## 对地监视雷达

### 技术领域

[0001] 本发明实施例涉及雷达技术领域,特别涉及一种对地监视雷达。

### 背景技术

[0002] 雷达由于具有监测视场宽、探测距离远、目标定位精度高、不受天气、光线限制的特点,被广泛应用于国家边防检测。

[0003] 目前,应用最广泛的监视雷达为传统成像体制雷达,在工作时通过对监测区域进行雷达成像处理,再由雷达观测员根据雷达图像人工判断及视觉跟踪目标,形成目标的航迹历程。

[0004] 然而,传统成像体制雷达采用的是一维距离向回波分析处理对目标进行成像,无法对地面的车辆目标进行检测及识别,也无法对目标的运动趋势进行跟踪及预测,导致目标定位准确性差,目标跟踪效率低。

### 发明内容

[0005] 为了解决现有技术的问题,本发明实施例提供了一种对地监视雷达。该技术方案如下:

[0006] 第一方面,提供了一种对地监视雷达,该对地监视雷达包括天线分机、处理分机以及旋转主轴;

[0007] 所述天线分机和所述处理分机通过所述旋转主轴分隔;

[0008] 所述天线分机至少包括第一收发模块和天线阵面;

[0009] 所述处理分机至少包括信号处理模块、第二收发模块、伺服系统以及电源模块;

[0010] 所述处理分机,用于通过所述信号处理模块控制所述第二收发模块产生射频信号;

[0011] 所述处理分机,用于通过所述第二收发模块将所述射频信号发送至所述天线分机中的所述第一收发模块;

[0012] 所述天线分机,用于通过所述第一收发模块接收所述射频信号,并发送至所述天线阵面;

[0013] 所述天线分机,用于通过天线阵面向外辐射所述射频信号;

[0014] 所述天线分机,用于通过所述天线阵面接收回波信号并发送至所述第一接收模块,所述回波信号是所述射频信号受到物体反射后形成的;

[0015] 所述天线分机,用于通过所述第一接收模块将所述回波信号发送至所述第二接收模块;

[0016] 所述处理分机,用于通过所述第二接收模块接收所述回波信号;

[0017] 所述处理分机,用于通过所述第二接收模块和所述信号处理模块对所述回波信号进行信号处理,得到被测物的信息,所述被测物的信息包括航迹数据和/或点迹;

[0018] 所述处理分机,还用于通过所述伺服系统驱动所述旋转主轴带动所述天线分机转

动。

[0019] 可选的,所述第二收发模块包括频综器;

[0020] 所述处理分机,用于通过所述信号处理模块控制所述第二收发模块中的所述频综器生成激励信号;

[0021] 所述处理分机,用于通过所述频综器对所述激励信号进行上变频处理,得到所述射频信号。

[0022] 可选的,所述第二收发模块包括频综器;

[0023] 所述处理分机,用于通过所述频综器对所述回波信号进行下变频处理和滤波放大处理,得到中频信号;

[0024] 所述处理分机,用于通过所述第二接收模块将所述中频信号发送至所述信号处理模块;

[0025] 所述处理分机,用于通过所述信号处理模块对所述中频信号进行信号处理,得到所述被测物的信息。

[0026] 可选的,所述处理分机,用于通过所述信号处理模块对所述中频信号进行模拟数字AD采样,得到数字信号;

[0027] 所述处理分机,用于通过所述信号处理模块对所述数字信号进行数字下变频处理,得到基带信号;

[0028] 所述处理分机,用于通过所述信号处理模块对所述基带信号进行脉冲压缩处理;

[0029] 所述处理分机,用于通过所述信号处理模块对经过脉冲压缩处理的所述基带信号进行相参处理,得到二维信号;

[0030] 所述处理分机,用于通过所述信号处理模块对所述二维信号进行恒虚警率CFAR检测,得到所述被测物的点迹;

[0031] 所述处理分机,用于通过所述信号处理模块对所述被测物的点迹进行边扫描边跟踪TWS处理,得到所述被测物的航迹数据。

[0032] 可选的,所述信号处理模块还包括网络接口;所述电源模块还包括电源接口。

[0033] 通过对地监视雷达包括天线分机、处理分机以及旋转主轴,处理分机生成射频信号由天线分机发射,处理分机驱动旋转主轴带动天线分机进行方位扫描,天线分机接收回波信号后,由处理分机对回波信号进行信号处理,得到被测物的航迹数据和/或点击,解决了传统成像体制雷达不能够自动检测、识别、跟踪被测物,目标定位准确度不高的问题,达到了提高目标定位的准确确定以及目标跟踪效率的效果。

## 附图说明

[0034] 为了更清楚地说明本发明实施例中的技术方案,下面将对实施例描述中所需要使用的附图作简单地介绍,显而易见地,下面描述中的附图仅仅是本发明的一些实施例,对于本领域普通技术人员来讲,在不付出创造性劳动的前提下,还可以根据这些附图获得其他的附图。

[0035] 图1是根据一示例性实施例示出的一种对地监视雷达的结构示意图;

[0036] 图2是根据另一示例性实施例示出的一种对地监视雷达的结构示意图。

## 具体实施方式

[0037] 为使本发明的目的、技术方案和优点更加清楚,下面将结合附图对本发明实施方式作进一步地详细描述。

[0038] 图1根据一示例性实施例示出了一种对地监视雷达的结构示意图。如图1所示,对地监视雷达包括天线分机110、处理分机120以及旋转主轴140。

[0039] 天线分机110和处理分机120通过旋转主轴140分隔。

[0040] 天线分机110至少包括第一收发模块111和天线阵面112。

[0041] 处理分机120至少包括信号处理模块121、第二收发模块122、伺服系统130以及电源模块124。

[0042] 处理分机120,用于通过信号处理模块121控制第二收发模块122产生射频信号。

[0043] 处理分机120,用于通过第二收发模块122将射频信号发送至天线分机110中的第一收发模块111。

[0044] 天线分机110,用于通过第一收发模块111接收射频信号,并发送至天线阵面112。

[0045] 天线分机110,用于通过天线阵面112向外辐射射频信号。

[0046] 可选的,天线分机110通过天线阵面112上的缝阵将射频信号辐射到外部空间。

[0047] 天线分机110,用于通过天线阵面112接收回波信号并发送至第一接收模块111,回波信号是射频信号受到物体反射后形成的。

[0048] 天线分机110,用于通过第一接收模块111将回波信号发送至第二接收模块22。

[0049] 处理分机120,用于通过第二接收模块122接收回波信号。

[0050] 处理分机120,用于通过第二接收模块122和信号处理模块121对回波信号进行信号处理,得到被测物的信息。被测物的信息包括航迹数据和/或点迹。

[0051] 航迹数据包括被测物的运动轨迹和/或被测物的运动趋势。

[0052] 可选的,处理分机对回波信号进行中频数字化处理、脉冲压缩处理、多普勒域相参处理、杂波抑制等信号处理方法,得到被测物的点迹。

[0053] 可选的,处理分机对回波信号进行TWS(Track-While-Scan,边扫描边跟踪)多目标跟踪处理,实现对被测物的跟踪。

[0054] 处理分机120,还用于通过伺服系统130驱动旋转主轴140带动天线分机110转动。

[0055] 旋转主轴140中包括传动主轴131。

[0056] 综上所述,本发明实施例提供的对地监视雷达,包括天线分机、处理分机以及旋转主轴,处理分机生成射频信号由天线分机发射,处理分机驱动旋转主轴带动天线分机进行方位扫描,天线分机接收回波信号后,由处理分机对回波信号进行信号处理,得到被测物的航迹数据和/或点迹,解决了传统成像体制雷达不能够自动检测、识别、跟踪被测物,目标定位准确度不高的问题,达到了提高目标定位的准确确定以及目标跟踪效率的效果。

[0057] 在基于图1所示实施例的可选实施例中,对地监视雷达还包括频综器123、网络接口126、电源接口125、旋转关节132和波导收发口113,如图2所示。

[0058] 频综器123在第二收发模块122中。频综器124主要为对地监视雷达中的各个模块提供基准时钟和本振信号,并根据信号处理模块121提供的跳频触发脉冲控制本振信号进行脉间频率捷变。可选的,频综器124提供的信号类型有本振信号、AD(analog to digital,

模拟数字) 采样时钟、DDS (Direct Digital Synthesizer, 直接数字式频率合成器) 基准时钟、100MHz基准时钟。

[0059] 伺服系统130还包括伺服控制器、步进电机、传动齿轮、波导关节、过零检测板等部件。伺服控制器受信号处理模块121的控制, 驱动步进电机转动, 通过传动齿轮驱动旋转关节及天线按照扫描要求进行扫描。

[0060] 需要说明的是, 本发明实施例提供的对地监视雷达中的信号通过射频电缆进行传输。

[0061] 电源接口125在电源模块124中, 通过电源接口125连接外部电源300, 并将外部电源300转换为对地监视雷达所需要的电源类型, 并为对地监视雷达系统中的各个模块集中供电。可选的, 外部电源为220V交流电。

[0062] 处理分机120, 用于通过信号处理模块121控制第二收发模块122中的频综器123生成激励信号。

[0063] 可选的, 频综器中包括DDS, 处理分机控制DDS生成激励信号。

[0064] 处理分机120, 用于通过频综器123对激励信号进行上变频处理, 得到射频信号。

[0065] 频综器124中的上变频通道主要将DDS产生的激励信号通过上变频处理, 变换到雷达发射频段, 并根据预先设置的无线频率完成发射脉间频率捷变。

[0066] 处理分机120, 用于通过频综器123对回波信号进行下变频处理和滤波放大处理, 得到中频信号。

[0067] 回波信号由天线阵面112接收后, 通过波导收发口113和旋转关节132传输至第二收发模块122, 由频综器123对回波信号进行低噪声放大。

[0068] 第二收发模块122主要由收发开关、下变频器、中频放大器等组成, 对回波信号进行下变频处理和滤波放大处理后, 得到约80MH的中频信号。

[0069] 处理分机120, 用于通过第二接收模块122将中频信号发送至信号处理模块121。

[0070] 处理分机120, 用于通过信号处理模块121对中频信号进行信号处理, 得到被测物的信息。

[0071] 具体地, 处理分机120对中频信号进行如下处理, 得到被测物的信号。

[0072] 处理分机中安装有DSP (Digital Signal Processing, 数字信号处理) 软件, 通过DSP软件实现对信号的下述处理:

[0073] 信号处理模块121对中频信号进行AD采样, 得到数字信号。

[0074] 数字信号为两个正交的中频数字信号。

[0075] 信号处理模块121对数字信号进行数字下变频处理, 得到基带信号。

[0076] 具体地, 对数字信号进行数字下变频处理, 得到基带信号, 并将采样率降低到8MHz。

[0077] 信号处理模块121对基带信号进行脉冲压缩处理。

[0078] 具体地, 由于每个脉冲周期内采样时长为 $16\text{km}/(150\text{m}/\mu\text{s}) + 6\mu\text{s}$  (一个脉宽) =  $116.67\mu\text{s}$ , 数字下变频后的采样率为8MHz, 因此每个脉冲周期内的回波信号点数为901个点, 在信号处理模块中采取1024点脉冲压缩处理, 由于线性调频脉冲信号的时宽带宽积 (压缩比) 为42 ( $7\text{MHz} \times 6\mu\text{s}$ ), 远大于1, 因此带来约16.2db的压缩处理增益, 使得被测物的回波信号信噪比大幅提高。同时, 由于脉冲压缩处理将回波信号在距离维度上大幅收窄, 收窄倍

数为42倍,因此单个回波信号的脉冲宽度将由6us收缩到00143us,距离分辨率可达21.4m,提高了距离分辨率。

[0079] 通过脉冲压缩处理,是对地监视雷达具有分辨能力和探测能力,降低对发射机峰值功率的要求。

[0080] 信号处理模块121对经过脉冲压缩处理的基带信号进行相参处理,得到二维信号。

[0081] 具体地,当雷达波束扫过目标,对地监视雷达接收到一串幅度受天线方向图调制的回波信号,为了充分利用回波能量,通常要对接收到的256个脉冲进行积累。由于回波的幅度是不均匀的,因此在对回波信号进行积累之前要按一定规则进行加权处理,提高回波信号的信噪比,N个脉冲的相参积累可以提高信噪比N倍。相参积累不仅对回波信号的幅度进行了积累而且保留了目标回波的相位信息。相参积累通过FFT(Fast Fourier Transformation,快速傅里叶变换)频域分析实现,为了提高FFT输出信号的频域旁瓣抑制,在进行FFT变换前还需要在时域进行加权处理,即在时域信号上点乘上一个权函数。权函数根据FFT点数、回波强度进行调整,以使得得到最大的副瓣抑制,同时信号的加权损失最小。

[0082] 频域变换的表达式如下:

[0083]  $s(f) = \text{FFT}[s(n) * h(n)], n=0, 1, 2, \dots, N-1$

[0084] 其中,s(n)是时域复数信号,h(n)是权函数,S(f)是输出频域复数信号。

[0085] 脉冲数按128个计,通过相参处理后能有效的提高回波信号信噪比,抑制地杂波,有效降低地杂波对雷达成像、探测的影响。

[0086] 信号处理模块121对二维信号进行CFAR(Constant false alarm rate,恒虚警率)检测,得到被测物的点迹。

[0087] 本发明实施例提供的对地监视雷达中采用CFAR目标检测后,并按照设定的恒虚警率,检测出目标点迹。可选的,恒虚警率为 $10^{-6}$ 。

[0088] 具体地,根据地杂波空间分布变化,参考单元(滑窗大小)数值n一般区在4-16之间。门限因子是一个标量,大小根据所需的恒虚警概率的大小来确定。

[0089] 瑞利杂波下单目标检测可参考公式: $1/Pfa = (1+ratio)^n$

[0090] 其中,由于恒虚警率为 $10^{-6}$ ,因此对地监视雷达中门限因子ratio取1.0691。

[0091] 通过进行CFAR目标检测,自动对被测物进行检测及识别。

[0092] 信号122处理模块对被测物的点迹进行TWS处理,得到被测物的航迹数据。

[0093] 具体地,本发明实施例提供的对地监视雷达中采用扩展卡尔曼滤波器,在直角坐标系中选取状态变量,建立被测物的动态方程。

[0094] 动态方程在直角坐标系下是线性的,可以用相对简单的状态方程足够精确地描述,并对被测物的状态进行滤波和外推。

[0095] 测量方程在球坐标系下建立,从球面坐标系到直角坐标系的变换是非线性变换,需要先把非线性方程线性化,得到测量矩阵,再利用卡尔曼滤波。其中,卡尔曼滤波中的残差,通过将目标状态的预测值转换到球坐标系内,与当前测量值相减得到。

[0096] 通过对检测出被测物的点迹做TWS跟踪处理,自动对被测物的运动轨迹及趋势进行跟踪及预测。在监测过程中,无需雷达观测员值守观察,无需人工判断、识别及跟踪,有效的节省大量的人力、物力。

[0097] 网络接口126设置在信号处理模块121中,对地监视雷达通过网络接口126与控制



中心200连接,由信号处理模块121雷达探测图像,检测得到的被测物的点迹、航迹数据上报至控制中心200,由控制中心200中的监控设备显示出来,方便边防工作人员监测,并引导光电成像设备。

[0098] 可选的,对地监视雷达通过TCP/IP (Transmission Control Protocol/Internet Protocol,传输控制协议/因特网互联协议) 协议与控制中心200传输控制信息、雷达图像、被测物的信息等。

[0099] 本发明实施例提供的对地监视雷达,天线分机安装在伺服系统上方,天线分机中的天线采用平板缝阵天线形式,满足增益、波束宽度、副瓣电平等技术指标要求;天线分机中的天线的安装面为圆形平面。射频电缆从处理分机中的第二接收模块连接到旋转关节132上,旋转关节132再连接到天线阵面的波导收发口113上,实现天线分机在各个方位上扫描,比如360°环扫。

[0100] 在安装时,由于对地监视雷达通常安装在高处,可以将天线分机和处理分机分别单独安装。

[0101] 为了保证对地监视雷达的密封效果,对地监视雷达上部天线罩采用密闭式天线罩,下部为可调整水平的部件安装箱,天线罩与安装箱外壳之间采用密封圈和锥面密封,可以有效防止水气和沙尘侵入。底盘安装接口通过螺柱与安装面进行连接,调整水平后锁死。

[0102] 本发明实施例提供的对地监视雷达,可以到达如下指标:

[0103] (1)、雷达体制:脉冲多普勒体制。

[0104] (2)、雷达波段:X波段。

[0105] (3)、作用距离 ( $P_d=0.5, P_{fa}=10^{-6}$ ):

[0106] 1、对RCS (Radar Cross-Section,雷达散射截面积)  $\geq 20\text{m}^2$ 的机动车辆目标,作用距离 $\geq 20\text{km}$ 。

[0107] 2、对RCS $\geq 0.5\text{m}^2$ ,径向速度 $\geq 1\text{m/s}$ 的行人目标,径向速度作用距离 $\geq 7\text{km}$ 。

[0108] (4)、最小可检测目标径向速度:1m/s。

[0109] (5)、不模糊测速范围: $\pm 30\text{m/s}$ 。

[0110] (6)、天线方位扫描速率: $\leq 50^\circ/\text{s}$ ;

[0111] (7)、方位扫描范围:扇扫或环扫可选,分别为120°、180°、270°、360°。

[0112] (8)、发射脉宽:3us (距离量程8km)、12us (距离量程24km)。

[0113] (9)、距离量程:8km、24km。

[0114] (10)、距离分辨率: $\leq 12\text{m}$ 。

[0115] (11)、测距精度: $\leq 30\text{m}$ 。

[0116] (12)、测角精度: $\leq 0.5^\circ$ 。

[0117] (13)、显示方式:数字地图叠加目标点迹和航迹,点迹 (GMTI) 和航迹 (GMTT) 显示可选。

[0118] (14)、目标处理容量:点迹不小于500个目标;航迹不小于64个目标。

[0119] (15)、重量: $\leq 55\text{kg}$ 。

[0120] (16)、耗电: $\leq 200\text{W}$ 。

[0121] (17)、工作温度: $-40^\circ\text{C} \sim +60^\circ\text{C}$ 。

[0122] 本发明提供的对地监视雷达采用频率捷变技术,通过发射脉间频率捷变信号,有

效抑制地杂波,并通过脉冲压缩技术,在处理分机中对基带数字回波信号进行压缩处理,使对地监视雷达具有的较高的目标探测和分辨能力;并对相参数据进行FFT处理解算出被测物的径向速度,从而获得被测物的真实速度,经过FFT处理后的数据采用自适应恒虚警检测器(CFAR)处理,根据地杂波的分布特点,设计恒虚警检测器的参数,有效滤除平缓分布的过门限杂波信号,从而保证极低的目标检测虚警概率,配合先进的DSP芯片,实现对最高500个目标点迹的检测处理,采用TWS多目标跟踪技术,采取以卡尔曼滤波为核心的滤波与预测算法,实现对最高64个目标航迹的跟踪处理。

[0123] 上述本发明实施例序号仅仅为了描述,不代表实施例的优劣。

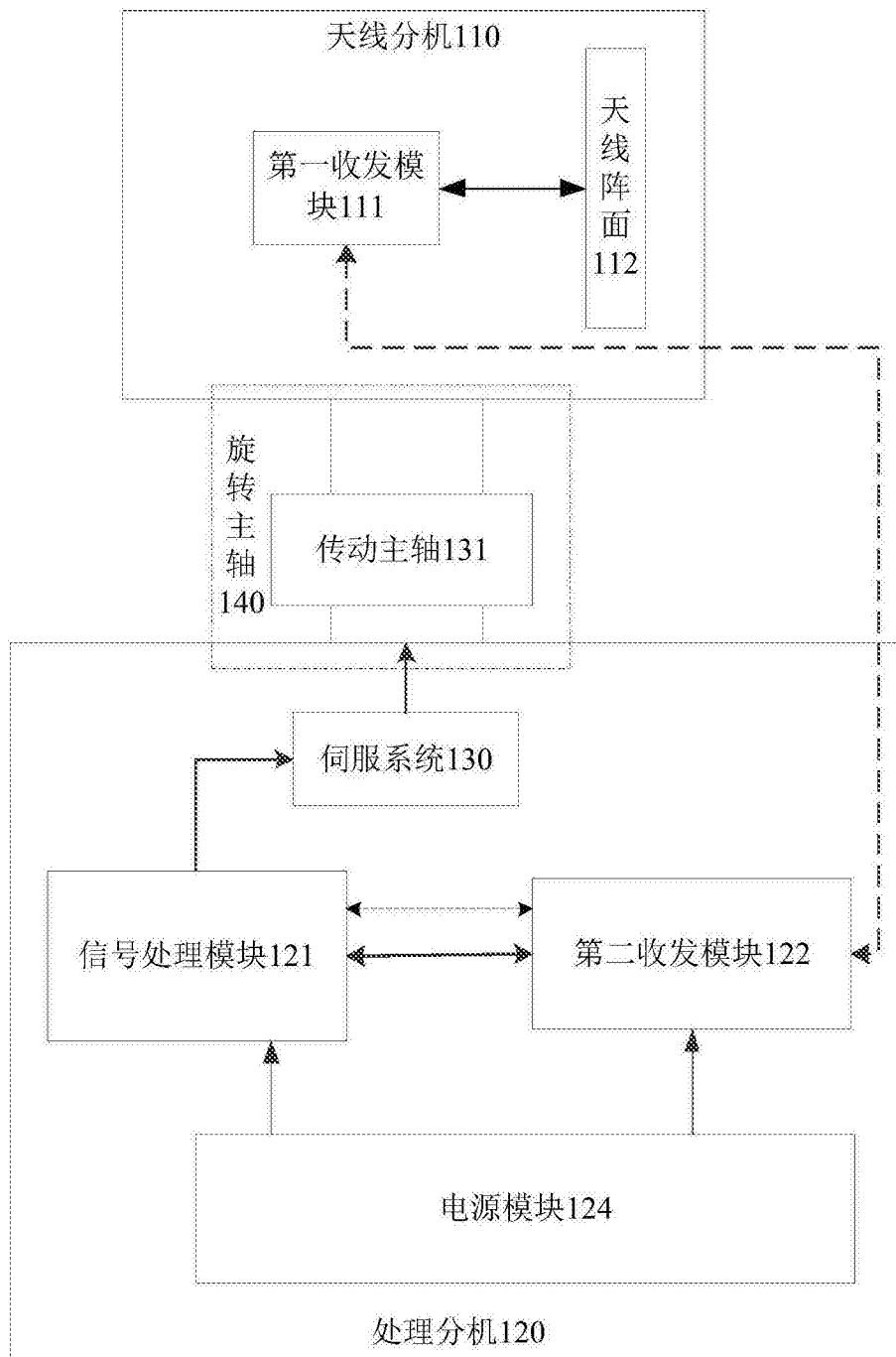


图1

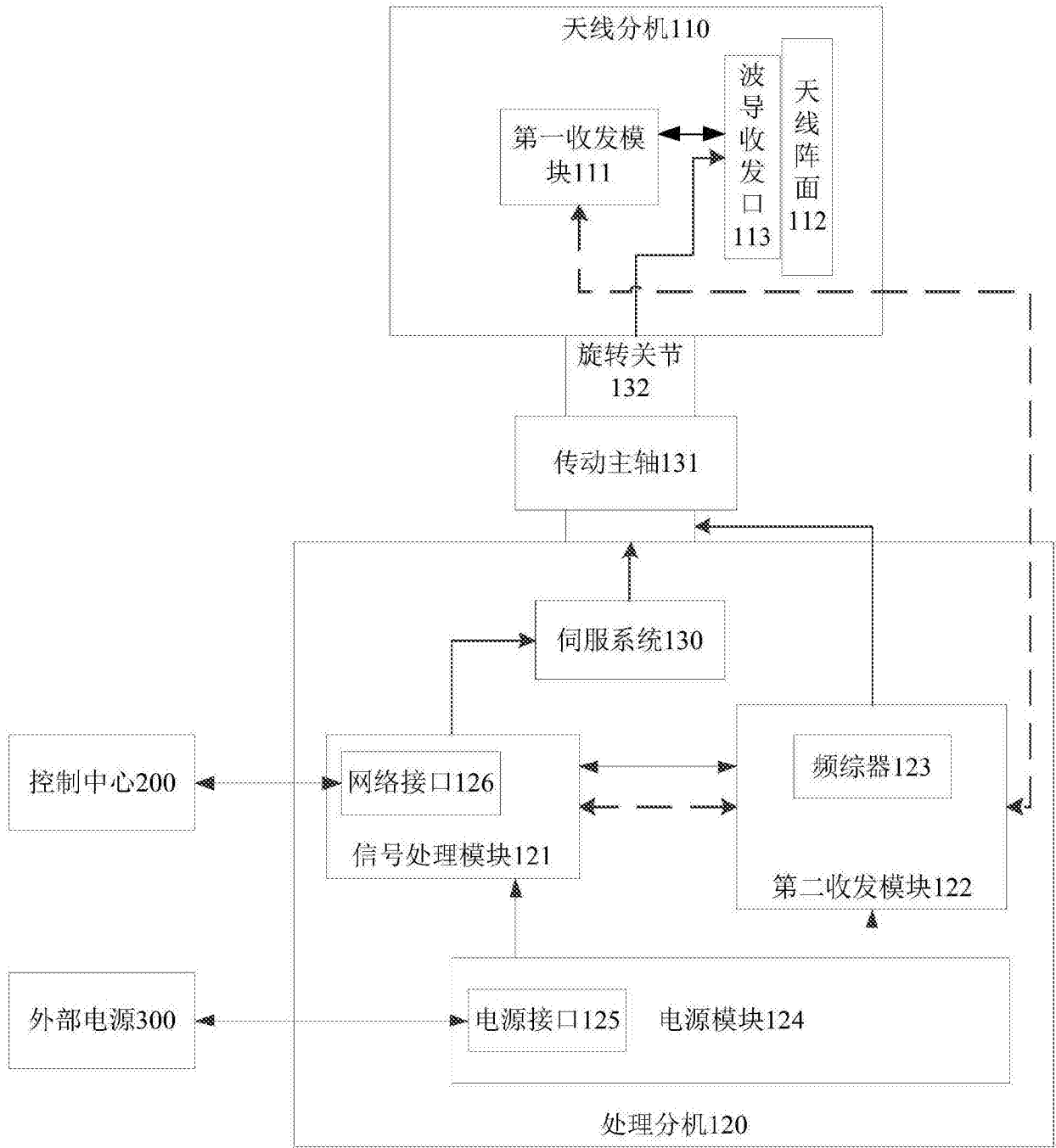


图2