



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 113687360 B

(45) 授权公告日 2022.02.18

(21) 申请号 202111247714.9

CN 112505669 A, 2021.03.16

(22) 申请日 2021.10.26

CN 111175708 A, 2020.05.19

(65) 同一申请的已公布的文献号

CN 110082732 A, 2019.08.02

申请公布号 CN 113687360 A

WO 0057769 A2, 2000.10.05

(43) 申请公布日 2021.11.23

JP 2008032435 A, 2008.02.14

(73) 专利权人 南京恩瑞特实业有限公司

CN 109946668 A, 2019.06.28

地址 210039 江苏省南京市江宁区将军大道39号

CN 112363123 A, 2021.02.12

AU 4037500 A, 2000.10.16

(72) 发明人 张兴海 刘新安 李忱 陆建兵
耿利宁

US 5115244 A, 1992.05.19

CN 110426709 A, 2019.11.08

CN 103645477 A, 2014.03.19

(74) 专利代理机构 南京知识律师事务所 32207
代理人 高娇阳

曾祥东.“相控阵雷达多波束形成技术研究”.《中国优秀硕士学位论文全文数据库 信息科技辑》.2016,

(51) Int.Cl.

曾祥东.“相控阵雷达多波束形成技术研究”.《中国优秀硕士学位论文全文数据库 信息科技辑》.2016,

G01S 13/95 (2006.01)

K. S. Lyalin 等.“Digital beamforming multibeam antenna array design”.《2009 19th International Crimean Conference Microwave & Telecommunication Technology》.2009,

G01S 7/02 (2006.01)

(56) 对比文件

CN 111398949 A, 2020.07.10

CN 201259549 Y, 2009.06.17

CN 112987001 A, 2021.06.18

CN 104569981 A, 2015.04.29

CN 112952383 A, 2021.06.11

审查员 朱仲艳

权利要求书2页 说明书6页 附图3页

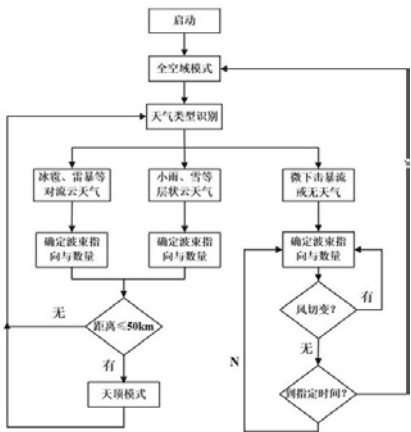
(54) 发明名称

一种适合民航空管气象保障的相控阵天气雷达扫描策略

征参数,提高雷达工作效率。

(57) 摘要

本发明公开了一种适合民航空管气象保障的相控阵天气雷达扫描策略,包括脉内自适应多波束扫描策略,所述脉内自适应多波束扫描策略为将脉内多波束扫描方式和自适应多波束扫描方式结合起来实现脉内自适应多波束的扫描方法,在脉内多波束扫描方式下,多波束的波束指向采用自适应方式确定。本发明减小雷达全空域体积扫描的时间,缩短扫描周期,提高危险天气情况下云雨目标三维结构及其随时间演变变化的精细程度,快速获取全空域气象目标的分布特



1. 一种适合民航空管气象保障的相控阵天气雷达扫描策略,其特征包括脉内自适应多波束扫描策略,所述脉内自适应多波束扫描策略为将脉内多波束扫描方式和自适应多波束扫描方式结合起来实现脉内自适应多波束的扫描方法,在脉内多波束扫描方式下,多波束的波束指向采用自适应方式确定;所述脉内自适应多波束扫描策略结合雷达系统实现,所述雷达系统包括雷达控制模块、天气类型识别模块、扫描策略和扫描策略存储模块,包括如下步骤:由雷达控制模块启动脉内自适应扫描策略,调用存储在扫描策略存储模块中的警戒扫描策略,对全空域进行警戒扫描探测,获取扫描空域的气象态势,然后调用天气类型识别模块对警戒扫描的回波数据进行智能识别,确定天气类型,然后根据识别出的天气类型,由雷达控制模块选择后续的探测扫描策略;若天气类型识别模块识别出强天气过程时,雷达控制模块则选择强降水扫描策略进行观测;若天气类型识别模块识别出较弱天气过程时,雷达控制模块则选择弱降水策略进行观测;若天气类型识别模块识别出易产生低空风切变的天气或无天气过程时,雷达控制模块则选择晴空扫描策略对机场跑道及起降区进行观测;在上述天气类型识别过程中,无论是强降水扫描策略,还是弱降水扫描策略,每次执行完成后,都需要对距离雷达站50km范围内天气过程进行判断,若识别出天气过程,则选择天顶策略进行一次观测;观测完成后,再次根据探测数据由天气类型识别模块进行天气类型识别,如此循环往复,在晴空扫描策略执行完成后,天气类型识别模块将自动识别是否存在风切变或有产生风切变的潜在趋势,若存在,则雷达控制模块继续调用晴空扫描策略进行观测;否则,根据用户配置的时间间隔,决定是否启用警戒策略。

2. 根据权利要求1所述的一种适合民航空管气象保障的相控阵天气雷达扫描策略,其特征包括所述脉内多波束扫描方式指在一个脉冲重复周期内可同时实现多个波束指向的扫描方法:脉内多波束扫描发射的信号形式,在一个脉冲重复周期内采用连续发射n个频率的脉冲信号,在发射每个频率的脉冲信号时,先控制天线移相器,将天线波束指向期望的波束位置,再发射脉冲信号,在n个发射脉冲信号发射后,天线所有单元接收回波信号,根据发射时不同频率指向的不同波束方向合成得到不同的接收波束。

3. 根据权利要求1所述的一种适合民航空管气象保障的相控阵天气雷达扫描策略,其特征包括所述自适应多波束扫描方式是指多波束扫描时各波束指向采用自适应方式确定,就是针对不同的天气类型,基于对雷达回波识别,自动选择当前的波束指向,完成对天气过程的自动观测,采用自适应多波束扫描方式时,雷达首先对全空域进行一次大范围的探测,观测完成后,利用回波数据对天气类型进行智能识别,根据识别结果,选择后续探测时波束指向。

4. 根据权利要求1所述的一种适合民航空管气象保障的相控阵天气雷达扫描策略,其特征包括所述雷达控制模块在脉内自适应多波束扫描策略执行过程中用于与天气类型匹配的扫描策略的调用和控制执行。

5. 根据权利要求1所述的一种适合民航空管气象保障的相控阵天气雷达扫描策略,其特征包括所述天气类型识别模块在脉内自适应多波束扫描策略执行过程中用于对各扫描策略获取的气象数据进行分析,依据天气的特征参数识别出其对应的天气类型,所述天气的特征参数为:晴空天气的强度范围:-20~+15dBz,速度范围:-20~+20m/s,谱宽范围:0~4m/s,尺度范围:0~30 km;强天气过程的强度范围:+30~+65dBz,速度范围:-60~+60 m/s,谱宽范围:0~8 m/s,尺度范围:10~200km;弱天气过程的强度范围:+15~+30dBz,速度范

围： $-30\sim+30$ m/s, 谱宽范围： $0\sim 8$ m/s, 尺度范围： $10\sim 200$ km。

6. 根据权利要求1所述的一种适合民航空管气象保障的相控阵天气雷达扫描策略, 其特征在于所述扫描策略与天气类型对应, 所述扫描策略包括警戒扫描策略、晴空扫描策略、强降水扫描策略、弱降水扫描策略和天顶扫描策略。

7. 根据权利要求1所述的一种适合民航空管气象保障的相控阵天气雷达扫描策略, 其特征在于所述扫描策略存储模块用于预先根据各类型天气制定的扫描策略的存储。

一种适合民航空管气象保障的相控阵天气雷达扫描策略

技术领域

[0001] 本发明涉及雷达探测技术,特别是一种适合民航空管气象保障的相控阵天气雷达扫描策略。

背景技术

[0002] 天气原因是造成航班延误的主要原因之一。影响飞行的主要天气因素有雷雨云、低云、大风、雷暴、冰雹、湍流、云中中度以上结冰、低空风切变及低能见度等。天气雷达是观测这些气象现象的主要设备。

[0003] 传统的天气雷达采用抛物面天线,只有一个波束,通过立体扫描完成对整个空域中气象参量的监测。民航机场也是采用这样的天气雷达。近年来民航提出四维飞行策略,对民航机场的天气雷达提出了更高的要求,相控阵天气雷达成为下一代机场天气雷达的主流。

[0004] 相控阵天气雷达采用相控阵天线,可以同时形成多个波束进行空域扫描,同比能够有效减少雷达在空域中扫描的时间,具有抛物面雷达无法比拟的特性。在民航空管气象保障中使用相控阵天气雷达,具有波束扫描时间快、能量调度自由灵活、监视测量效率高等突出优点。设计适合民航使用的相控阵天气雷达扫描策略,则能更好地发挥相控阵天气雷达的探测能力,更好地保障飞行安全,满足四维飞行对气象保障的要求。

[0005] 现役机场天气雷达存在的问题主要是扫描周期长和采样层数少,因而引起对快速变化的降水单体垂直结构的探测出现严重失真,得不到降水单体的精细结构,同时难以实现对中小尺度天气系统,尤其是对阵风锋、中尺度气旋、雷暴和下击暴流等航空危险天气的探测,因其尺度小、变化速度快,导致无法及时快速获取危险天气的精细化三维结构以及系统随时间演变的精细变化探测,更无法分辨这些系统内部复杂的动力结构,带来预测失败等不足,最终影响对危险天气的识别和监测预警。相控阵天气雷达采用全数字相控阵技术,解决机场终端区精细、快速气象监测服务需求,能有效实现下击暴流、阵风锋等短时小尺度天气进行的精细化探测,为精准的航空预报预警服务提供高时空分辨率的探测数据,提升空管保障能力,保障客机飞行安全,对促进民航气象保障和服务的现代化进程,有着十分重要的意义。

[0006] 中国航空工业集团公司雷华电子技术研究所提出了“一种机载相控阵气象雷达扫描方法、装置及机载相控阵气象雷达”(专利号CN202010950778.4,公开日20201211),给出依据载机飞行高度确定第一次扫描的第一扫描参数,再按照第一扫描参数扫描载机的前视区域,获得前视区域内的气象云团分布,依次从全部气象云团分布中查找需要二次扫描的目标气象云团,确定目标气象团区域对应的第二扫描参数,第一俯仰扫描间隔大于第二俯仰扫描间隔等。这种方法对于民航机场的空管气象保障而言并不合适,无法满足空管要求。

发明内容

[0007] 针对现有技术中存在的问题,本发明提供了一种减小雷达全空域体积扫描的时

间,缩短扫描周期,提高危险天气情况下云雨目标三维结构及其随时间演变变化的精细程度,快速获取全空域气象目标的分布特征参数,提高雷达工作效率的适合民航空管气象保障的相控阵天气雷达扫描策略。

[0008] 本发明的目的通过以下技术方案实现。

[0009] 一种适合民航空管气象保障的相控阵天气雷达扫描策略,包括脉内自适应多波束扫描策略,所述脉内自适应多波束扫描策略为将脉内多波束扫描方式和自适应多波束扫描方式结合起来实现脉内自适应多波束的扫描方法,在脉内多波束扫描方式下,多波束的波束指向采用自适应方式确定。

[0010] 所述脉内多波束扫描方式指在一个脉冲重复周期内可同时实现多个波束指向的扫描方法:脉内多波束扫描发射的信号形式,在一个脉冲重复周期内采用连续发射n个频率的脉冲信号,在发射每个频率的脉冲信号时,先控制天线移相器,将天线波束指向期望的波束位置,再发射脉冲信号,在n个发射脉冲信号发射后,天线所有单元接收回波信号,根据发射时不同频率指向的不同波束方向合成得到不同的接收波束。

[0011] 所述自适应多波束扫描方式是指多波束扫描时各波束指向采用自适应方式确定,就是针对不同的天气类型,基于对雷达回波识别,自动选择当前的波束指向,完成对天气过程的自动观测,采用自适应多波束扫描方式时,雷达首先对全空域进行一次大范围的探测,观测完成后,利用回波数据对天气类型进行智能识别,根据识别结果,选择后续探测时波束指向。

[0012] 所述脉内自适应多波束扫描策略结合雷达系统实现,所述雷达系统包括雷达控制模块、天气类型识别模块、扫描策略和扫描策略存储模块,包括如下步骤:由雷达控制模块启动脉内自适应扫描策略,调用存储在扫描策略存储模块中的警戒扫描策略,对全空域进行警戒扫描探测,获取扫描空域的气象态势,然后调用天气类型识别模块对警戒扫描的回波数据进行智能识别,确定天气类型,然后根据识别出的天气类型,由雷达控制模块选择后续的探测扫描策略。

[0013] 若天气类型识别模块识别出强天气过程时,雷达控制模块则选择强降水扫描策略进行观测;若天气类型识别模块识别出较弱天气过程时,雷达控制模块则选择弱降水策略进行观测;若天气类型识别模块识别出易产生低空风切变的天气或无天气过程时,雷达控制模块则选择晴空扫描策略对机场跑道及起降区进行观测;在上述执行过程中,无论是强降水扫描策略,还是弱降水扫描策略,每次执行完成后,都需要对距离雷达站50km范围内天气过程进行判断,若识别出天气过程,则选择天顶策略进行一次观测;观测完成后,再次根据探测数据由天气类型识别模块进行天气类型识别,如此循环往复,在晴空扫描策略执行完成后,天气类型识别模块将自动识别是否存在风切变或有产生风切变的潜在趋势,若存在,则雷达控制模块继续调用晴空扫描策略进行观测;否则,根据用户配置的时间间隔,决定是否启用警戒策略。

[0014] 所述雷达控制模块在脉内自适应多波束扫描策略执行过程中用于与天气类型匹配的扫描策略的调用和控制执行。

[0015] 所述天气类型识别模块在脉内自适应多波束扫描策略执行过程中用于对各扫描策略获取的气象数据进行分析,依据天气的特征参数识别出其对应的天气类型,所述天气的特征参数如下表:

[0016]

天气类型	强度范围 (dBz)	速度范围 (m/s)	谱宽范围 (m/s)	尺度范围 (km)
晴空天气	-20~+15	-20~+20	0~4	0~30
强天气过程	+30~+65	-60~+60	0~8	10~200
弱天气过程	+15~+30	-30~+30	0~8	10~200

[0017] 所述扫描策略与天气类型对应,所述扫描策略包括警戒扫描策略、晴空扫描策略、强降水扫描策略、弱降水扫描策略和天顶扫描策略。

[0018] 所述扫描策略存储模块用于预先根据各类型天气制定的扫描策略的存储

[0019] 相比于现有技术,本发明的优点在于:

[0020] (1) 缩短相控阵天气雷达的全空域扫描时间,快速获取全空域气象目标的分布特征参数;

[0021] (2) 合理有效利用天线口径的位置实现多波束电扫,提高雷达工作效率。

附图说明

[0022] 图1为本发明某全数字相控阵天气雷达系统框图。

[0023] 图2为脉内自适应多波束时序示意图。

[0024] 图3为脉内自适应多波束扫描流程图。

[0025] 图4为天气类型与扫描策略的对应关系图。

[0026] 图5为脉内自适应五波束时序示意图。

具体实施方式

[0027] 下面结合说明书附图和具体的实施例,对本发明作详细描述。

[0028] 某相控阵天气雷达(见图1)系统硬件从结构上分为室外部分和室内部分,室外部分主要包括天线座、天线阵面(含N根波导缝隙天线、综合网络、阵面监测、N通道数字TR组件、1只监测组件、阵面电源等)、光传、数字波束形成(DBF),室内部分包含信号处理、伺服(天线控制)、健康管理(含数据库)、数据处理(含雷达信息显示、气象信息处理)、二次产品生成服务器以及电缆、机柜和网络等附属设备。

[0029] 为充分发挥相控阵天气雷达的探测能力,更好地适合民航空管气象保障的需求,本发明提出了一种脉内自适应多波束扫描策略,与整个雷达系统相融合,其特点是:采用脉内自适应多波束扫描策略,提高相控阵天气雷达工作效率,缩短全空域扫描时间,快速获取全空域气象目标的分布特征参数。

[0030] 所述脉内自适应多波束扫描策略,其核心是通过将脉内多波束扫描和自适应多波束扫描结合起来实现脉内自适应多波束的扫描方法,从而达到在多波束同时工作时天线波束可自适应扫描。

[0031] 所述脉内多波束扫描主要是指在一个脉冲重复周期内可同时实现多个波束指向的扫描方法。脉内多波束扫描发射的信号形式,如图2所示,在一个脉冲重复周期内采用连续发射多个(n个)频率的脉冲信号,在发射每个频率的脉冲信号时,先控制天线移相器,将天线波束指向期望的波束位置,再发射脉冲信号。在n个发射脉冲信号发射后,天线所有单

元接收回波信号,根据发射时不同频率指向的不同波束方向,合成得到不同的接收波束,这样可以最大限度地提高天线的工作效率,缩短全空域波束扫描时间。

[0032] 所述自适应多波束扫描主要是指多波束扫描时各波束指向采用自适应方式确定,就是针对不同的天气类型,基于对雷达回波识别,自动选择当前的波束指向,完成对天气过程的自动观测。采用自适应波束扫描方式时,雷达首先对全空域进行一次大范围的探测,观测完成后,利用回波数据对天气类型进行智能识别,根据识别结果,选择后续探测时波束指向。

[0033] 在脉内多波束扫描方式下,多波束的波束指向采用自适应方式确定,即为脉内自适应多波束扫描策略,这是本发明区别于传统相控阵天气雷达工作策略的探测方法。

[0034] 本发明提出的脉内自适应多波束扫描策略,与整个雷达系统相融合,主要由雷达控制模块、天气类型识别模块、扫描策略和扫描策略存储模块四部分相互协同实现,脉内自适应多波束扫描策略的工作流程图见图3所示。

[0035] 首先由雷达控制模块启动脉内自适应多波束扫描策略,调用存储在扫描策略存储模块中的警戒扫描策略,对全空域进行警戒扫描探测,获取扫描空域的气象态势,然后调用天气类型识别模块对警戒扫描的回波数据进行智能识别,确定天气类型,然后根据识别出的天气类型,由雷达控制模块选择后续的探测扫描策略,天气类型和扫描策略的对应关系见图4。若天气类型识别模块识别出对流云、雷暴、冰雹等强天气过程时,雷达控制模块则选择强降水扫描策略进行观测;若天气类型识别模块识别出层状云、雪、小雨等较弱天气过程时,雷达控制模块则选择弱降水策略进行观测;若天气类型识别模块识别出微下击暴流、阵风锋等易产生低空风切变的天气或无天气过程时,雷达控制模块则选择晴空扫描策略对机场跑道及起降区进行观测。在上述执行过程中,无论是强降水扫描策略,还是弱降水扫描策略,每次执行完成后,都需要对距离雷达站50km范围内天气过程进行判断,若识别出天气过程,则选择天顶策略进行一次观测;观测完成后,再次根据探测数据由天气类型识别模块进行天气类型识别,如此循环往复。在晴空扫描策略执行完成后,天气类型识别模块将自动识别是否存在风切变或有产生风切变的潜在趋势,若存在,则雷达控制模块继续调用晴空扫描策略进行观测;否则,根据用户配置的时间间隔,决定是否启用警戒策略。

[0036] 所述雷达控制模块在脉内自适应多波束扫描策略执行过程中主要负责与天气类型匹配的扫描策略的调用和控制执行。

[0037] 所述天气类型识别模块在脉内自适应多波束扫描策略执行过程中主要负责对各扫描策略获取的气象数据进行分析,依据天气的特征参数识别出其对应的天气类型,所述天气的特征参数如下表:

[0038]

天气类型	强度范围 (dBz)	速度范围 (m/s)	谱宽范围 (m/s)	尺度范围 (km)
晴空天气	-20~+15	-20~+20	0~4	0~30
强天气过程	+30~+65	-60~+60	0~8	10~200
弱天气过程	+15~+30	-30~+30	0~8	10~200

[0039] 所述扫描策略与天气类型对应,包括警戒扫描策略、晴空扫描策略、强降水扫描策略、弱降水扫描策略和天顶扫描策略五种。

[0040] 所述扫描策略存储模块主要负责预先根据各类型天气制定的扫描策略的存储。

实施例

[0041] 为更好地实现民航空管气象保障的需求,与整个雷达系统相融合,设计了一种自适应多波束扫描策略。在自适应多波束扫描策略中,针对四种不同的天气过程设计了五种探测扫描策略,分别为警戒策略、晴空策略、强降水策略、弱降水策略和天顶策略,各扫描策略对应的雷达参数设计如下表所示:

[0042]

策略类型	警戒扫描策略 ①	晴空扫描策略 ②	强降水扫描策略 ③	弱降水扫描策略 ④	天顶扫描策略⑤
覆盖空域	仰角: 0.5~10.5° 方位: 0~360° 距离: 0.5~400km	仰角: 0.5~50° 方位: 视情设定 距离: 0.5~70km	仰角: 0.5~20° 方位: 与目标相关 距离: 0.5~200km	仰角: 0.5~20° 方位: 与目标相关 距离: 0.5~200km	仰角: 0~50° 方位: 0°~360° 距离: 0.5~50km
扫描波束(°)	脉内五波束 发射波束: 5 接收波束: 0.5	窄发窄收单波束 发射波束: 0.5 接收波束: 0.5	脉内五波束 发射波束: 0.5 接收波束: 0.5	脉内五波束 发射波束: 10 接收波束: 0.5	脉内五波束 发射波束: 10 接收波束: 0.5
扫描层数	10 层	25 层	25 层	25 层	50 层
工作频率(MHz)	F0: 5392 F1: 5396 F2: 5400	F0: 5392 F1: 5400	F0: 5392 F1: 5396 F2: 5400 F3: 5404 F5: 5408	F0: 5392 F1: 5396 F2: 5400	F0: 5392 F2: 5400
重复频率(Hz)	PRF1: 320	PRF1: 2000 PRF2: 1500	PRF1: 940 PRF2: 705	PRF1: 960 PRF2: 720	PRF1: 2000 PRF2: 1500
信号脉宽(us)	窄脉冲: 1 中脉冲: 40 长脉冲: 400	窄脉冲: 1 长脉冲: 60	窄脉冲: 0.5 长脉冲: 40	窄脉冲: 0.5 中脉冲: 20 长脉冲: 200	窄脉冲: 1 长脉冲: 60
信号带宽(MHz)	1	4	2	2	4
脉冲点数(个)	16	64	32	32	32

[0043] 警戒扫描策略①:

[0044] 该扫描策略探测量程400km,采用脉内五波束,实现10层VOL体扫,直接覆盖0.5~10.5°仰角范围,方位0~360°连续扫描,方位转速为2转/分,总耗时30秒。提供回波的强度和位置分布信息,主要用于监测大范围内的天气态势。

[0045] 晴空扫描策略②:

[0046] 该策略探测量程70km,采用窄发窄收单波束的工作方式,弱回波探测能力高,主要用于探测机场附近的低空风切变和微下击暴流。该策略采用25层立体扇形扫描策略,直接覆盖0.5°~50°仰角,在机场进近区和跑道对应区域内实现俯仰上分层的方位快速扫描,从而可以获取指定区域内的三维空间精细结构信息,设计总耗时不超过60秒。

[0047] 强降水扫描策略③:

[0048] 该策略最大探测量程200km,采用脉内五波束的工作方式,可提供气象目标的精细化测量,主要用于监测强降水天气。该策略采用25层VOL体扫,直接覆盖0.5°~20°仰角,各仰角之间的采样空隙小,总耗时不超过90秒。

[0049] 弱降水扫描策略④:

[0050] 最大探测量程200km,采用脉内五波束的工作方式,提供气象目标的精细化测量,主要用于大范围较弱回波的观测。该策略采用25层VOL体扫,覆盖 $0.5^{\circ}\sim 20^{\circ}$ 的观测区域,实现俯仰空域无缝覆盖,总耗时不超过90s。

[0051] 天顶扫描策略⑤:

[0052] 该策略探测量程50km,采用脉内五波束的工作方式,主要用于观测雷达站本场的天气情况。该策略采用50层VOL体扫策略,覆盖 $0^{\circ}\sim 50^{\circ}$ 的观测区域,方位 $0^{\circ}\sim 360^{\circ}$ 连续扫描,总耗时不超过90s。

[0053] 如图2所示:在雷达控制模块控制下,系统启动自适应多波束扫描策略,雷达控制模块首先调用表2中的警戒扫描策略,对全空域进行警戒扫描探测,获取扫描空域的气象态势,然后调用天气类型识别模块根据表1的雷达回波特征对天气过程类型进行智能识别,确定天气类型,再根据识别出的天气类型,由雷达控制模块在表2中选择后续的探测扫描策略,完成对天气过程的自动观测。

[0054] 如图5所示:在本实施案例中,在一个脉冲重复周期内采用连续发射五个频率的脉冲信号,在发射每个频率的脉冲信号时,先控制天线移相器,将天线波束指向期望的波束位置,在发射脉冲信号。在五个发射脉冲信号发射后,天线所有单元接收回波信号,根据发射时不同频率指向的不同波束方向,合成得到不同的接收波束,这样可以最大限度地提高天线的工作效率,缩短全空域波束扫描时间。

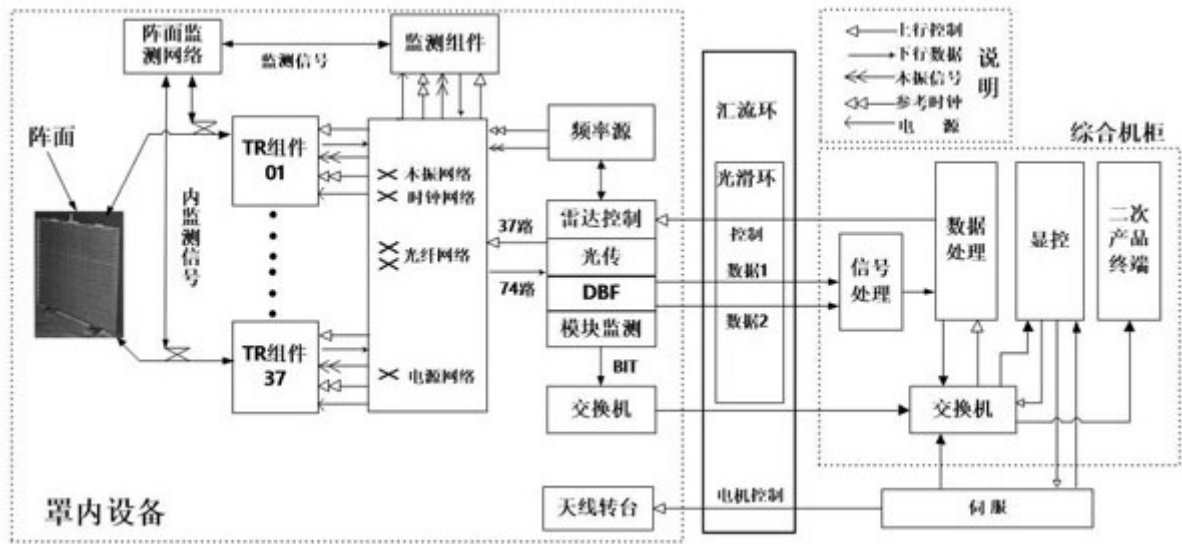


图1

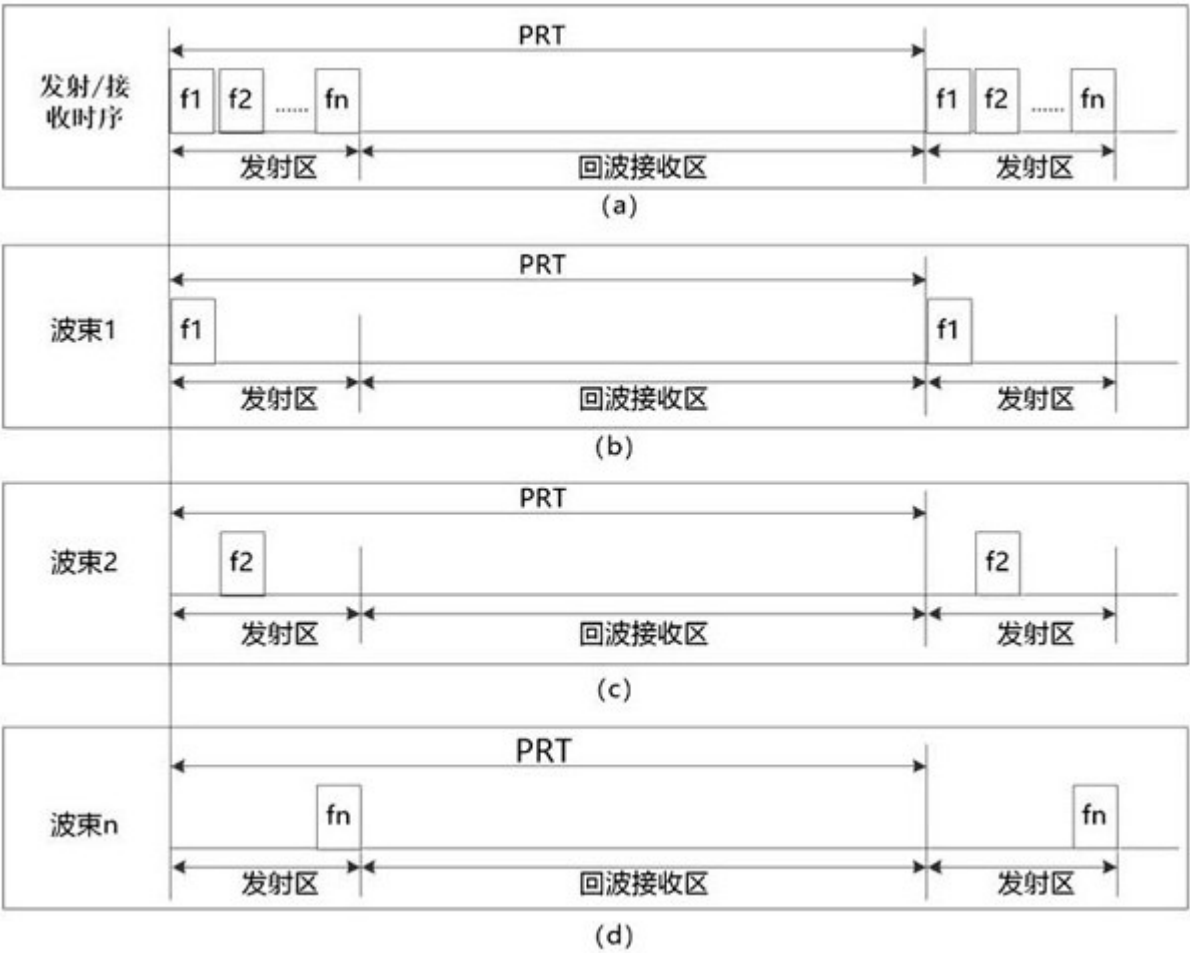


图2

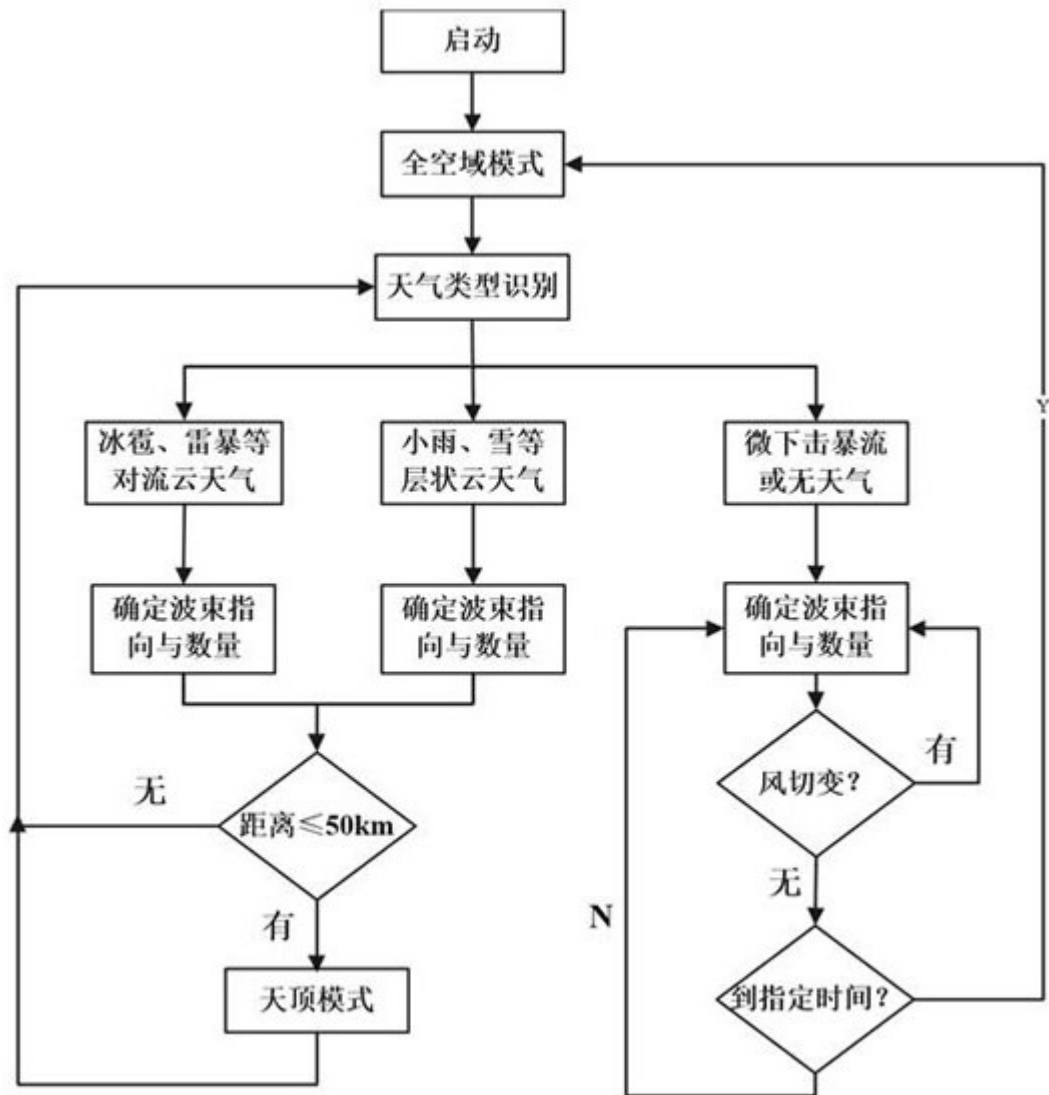


图3

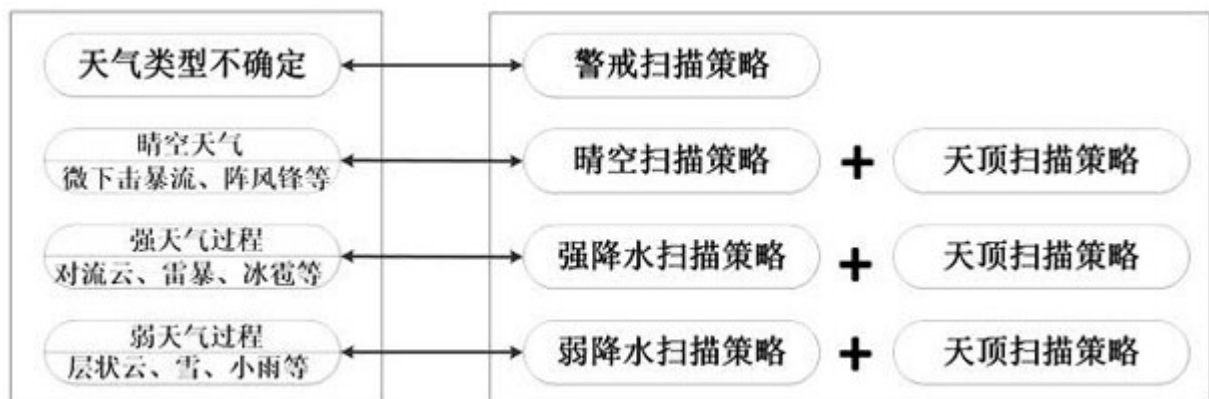


图4

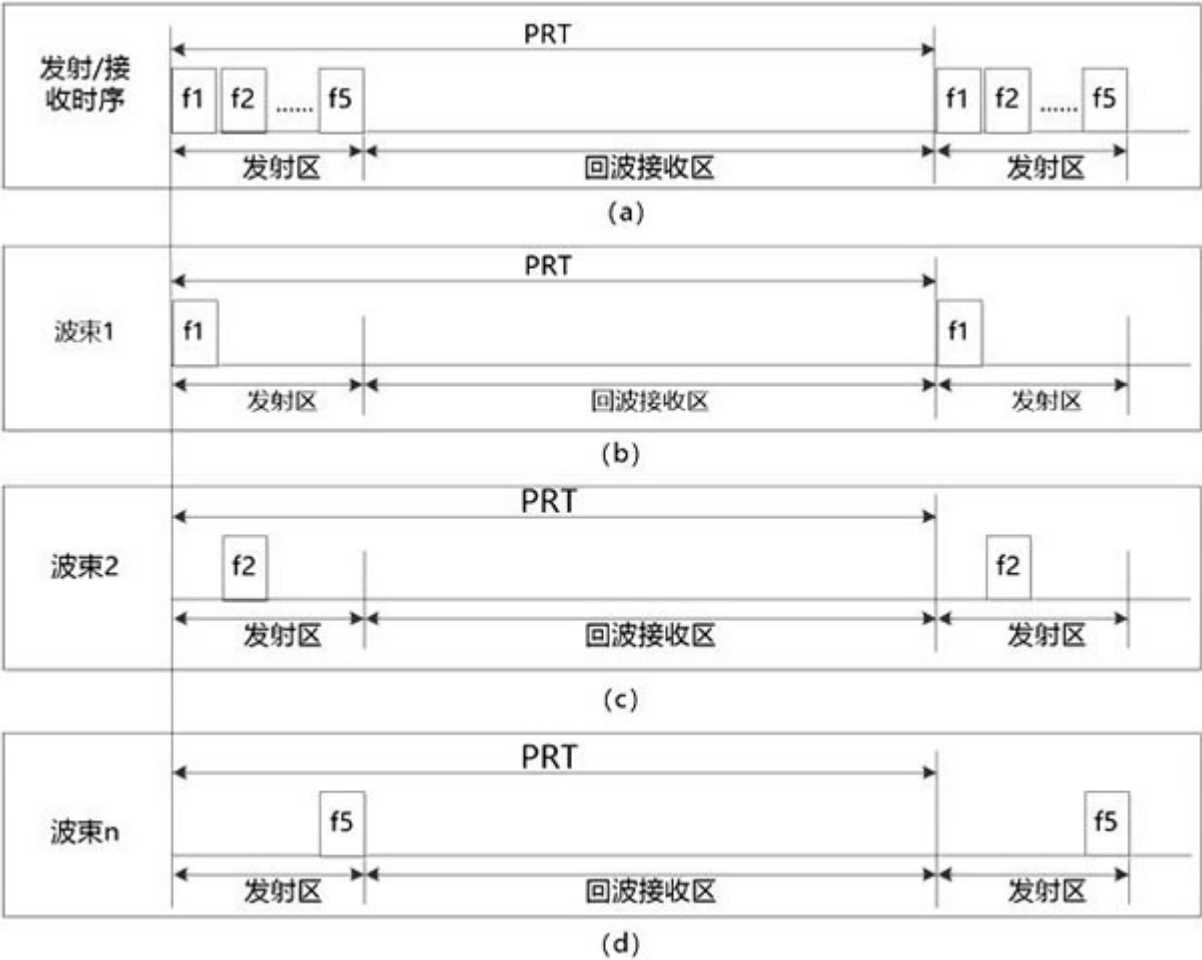


图5