



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 118011333 B

(45) 授权公告日 2024.06.28

(21) 申请号 202410410853.6

(56) 对比文件

(22) 申请日 2024.04.08

CN 116359852 A, 2023.06.30

(65) 同一申请的已公布的文献号

审查员 唐珩

申请公布号 CN 118011333 A

(43) 申请公布日 2024.05.10

(73) 专利权人 成都金武科技有限公司

地址 610000 四川省成都市武侯区武青西
四路3号B101

(72) 发明人 余波 张傲华 王海滔 席洁

吉清 史孝志 程德洁

(74) 专利代理机构 成都云纵知识产权代理事务

所(普通合伙) 51316

专利代理师 熊曦

(51) Int. Cl.

G01S 7/36 (2006.01)

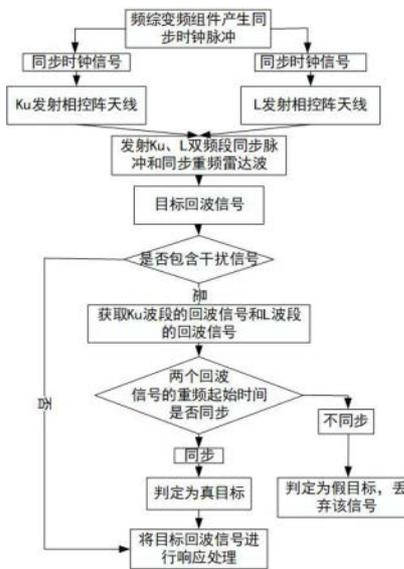
权利要求书2页 说明书10页 附图14页

(54) 发明名称

一种双频段相控阵雷达智能抗干扰方法

(57) 摘要

本发明公开了一种双频段相控阵雷达智能抗干扰方法,涉及雷达抗干扰领域,所述方法包括:基于Ku发射相控阵和L发射相控阵采用抗干扰方式对干扰信号进行抗干扰;抗干扰方式为:基于同步时钟脉冲,所述Ku发射相控阵和所述L发射相控阵分别同步发射Ku波段和L波段,获取所述Ku波段和所述L波段的同步脉冲和同步重频雷达波;基于所述同步脉冲和所述同步重频雷达波获得目标的目标回波信号;获取所述目标回波信号中所述Ku波段的第一回波信号和所述L波段的第二回波信号,判断所述第一回波信号和所述第二回波信号的重频起始时间是否同步,若是则判定所述目标为真目标,若否则判定所述目标为假目标,可以解决常规抗干扰方式已难以对抗其干扰信号的问题。



1. 一种双频段相控阵雷达智能抗干扰方法,其特征在于,所述方法包括:
基于Ku发射相控阵和L发射相控阵采用多种抗干扰方式中的一种对干扰信号进行抗干扰;
多种抗干扰方式中的第二种方式为:
B1、接收第二干扰信号,辅助天线基于所述第二干扰信号和干涉仪测向组件获得第一干扰方位;
B2、基于所述第一干扰方位和主天线的副瓣零深方位指标,所述Ku发射相控阵和所述L发射相控阵分别同步发射第二Ku波段和第二L波段,基于所述第二Ku波段和所述第二L波段对匿隐天线的幅度与相位进行加权处理,获取所述第二干扰信号的相对功率;
B3、判断所述相对功率是否小于预设功率;
B4、若是则判定抗干扰成功;若否则对所述幅度与所述相位重新进行加权处理,获取所述第二干扰信号的第一相对功率,将所述相对功率更新为所述第一相对功率,返回B3。
2. 根据权利要求1所述的一种双频段相控阵雷达智能抗干扰方法,其特征在于,多种抗干扰方式中的第三种方式为:
C1、频综变频组件产生第二同步时钟脉冲;
C2、基于所述第二同步时钟脉冲获得第二同步时钟信号;
C3、基于所述第二同步时钟信号,所述Ku发射相控阵和所述L发射相控阵分别同步发射第三Ku波段和第三L波段,获取所述第三Ku波段和所述第三L波段的第二同步脉冲和第二同步重频雷达波;
C4、基于所述第二同步脉冲和所述第二同步重频雷达波获得目标的第二目标回波信号;
C5、判断所述第二目标回波信号是否包含第三干扰信号,若是则获取所述第二目标回波信号中所述第三Ku波段的第三回波信号和所述第三L波段的第四回波信号,若否则将所述第二目标回波信号进行响应处理;
C6、基于同步时钟获得所述第三Ku波段的第一上升沿耗时和所述第三L波段的第二上升沿耗时;
C7、分别获取所述第三回波信号和所述第四回波信号的第三上升沿耗时和第四上升沿耗时;
C8、判断所述第一上升沿耗时是否等于所述第三上升沿耗时,和所述第二上升沿耗时是否等于所述第四上升沿耗时,若均相等则判定所述目标为真目标,若非均相等则判定所述目标为假目标。
3. 根据权利要求2所述的一种双频段相控阵雷达智能抗干扰方法,其特征在于,在所述C6中,基于同步时钟获得所述第三Ku波段的第一上升沿耗时和所述第三L波段的第二上升沿耗时的具体步骤包括:
基于所述同步时钟,同步控制所述第三Ku波段的第一射频开关和所述第三L波段的第二射频开关;同时切换所述第一射频开关和所述第二射频开关分别获得所述第一上升沿耗时和所述第二上升沿耗时。
4. 根据权利要求1所述的一种双频段相控阵雷达智能抗干扰方法,其特征在于,多种抗干扰方式中的第五种方式为:

- E1、频综变频组件产生第四同步时钟脉冲；
- E2、基于所述第四同步时钟脉冲获得第四同步时钟信号；
- E3、基于所述第四同步时钟信号,所述Ku发射相控阵和所述L发射相控阵分别同步发射第五Ku波段和第五L波段,获取所述第五Ku波段和所述第五L波段的第四同步脉冲和第四同步重频雷达波；
- E4、基于所述第四同步脉冲和所述第四同步重频雷达波获得目标的第五目标回波信号；
- E5、获取雷达的晶振的第一频率稳定度；
- E6、基于功率掠夺抗干扰电路将所述第五目标回波信号进行滤除获得第六目标回波信号,获取所述第六目标回波信号的第二频率稳定度；
- E7、判断所述第一频率稳定度与所述第二频率稳定度是否相等,若相等则判定抗干扰成功,若否则基于变频组件将所述第六目标回波信号进行变频获得第七目标回波信号,将所述第七目标回波信号返回至E6,将所述第五目标回波信号更新为所述第七目标回波信号。
5. 根据权利要求4所述的一种双频段相控阵雷达智能抗干扰方法,其特征在于,所述功率掠夺抗干扰电路包括第一放大器、第二放大器和第三放大器,所述第一放大器的输入端与雷达的输出端连接,所述第一放大器的输出端与所述第二放大器的输入端连接,所述第二放大器的输出端与所述第三放大器的输入端连接,所述第三放大器的输出端与所述变频组件的输入端连接。
6. 根据权利要求1所述的一种双频段相控阵雷达智能抗干扰方法,其特征在于,所述L发射相控阵和所述Ku发射相控阵在所述第一干扰方位的副瓣零深方位指标相同,所述L发射相控阵和所述Ku发射相控阵的法向指向与幅频特性均相同。

一种双频段相控阵雷达智能抗干扰方法

技术领域

[0001] 本发明涉及雷达抗干扰领域,具体地,涉及一种双频段相控阵雷达智能抗干扰方法。

背景技术

[0002] 干扰设备通常使用数字储频干扰机制,其干扰机制是先将接收到的雷达频谱下变到中频400MHz左右,再进行频谱的AD采样,将频谱完整的信息存储起来,然后在数字域修改或添加干扰雷达信号,然后进行上变频把这些大量的虚假信号发射出去,整套流程复杂伴随着极大的延迟,但单个雷达波是无法发现这个延迟的。

[0003] 且常规抗干扰方式已经非常成熟,如旁瓣相消技术、跳频法、抗欺骗性干扰法等,与其对应的干扰技术也已经非常成熟,利用常规抗干扰方式的特点或实现技术发射针对性的干扰信号,常规抗干扰方式难以分辨,已难以对抗其干扰信号。

发明内容

[0004] 为了解决单个雷达波无法发现延迟导致抗干扰准确率低和常规抗干扰方式已难以对抗干扰信号的问题,本发明提供了一种双频段相控阵雷达智能抗干扰方法,所述方法包括:

[0005] 基于Ku发射相控阵和L发射相控阵采用多种抗干扰方式中的一种对干扰信号进行抗干扰;

[0006] 多种抗干扰方式中的第一种方式为:

[0007] A1、频综变频组件产生第一同步时钟脉冲;

[0008] A2、基于所述第一同步时钟脉冲获得第一同步时钟信号;

[0009] A3、基于所述第一同步时钟信号,所述Ku发射相控阵和所述L发射相控阵分别同步发射第一Ku波段和第一L波段,获取所述第一Ku波段和所述第一L波段的第一同步脉冲和第一同步重频雷达波;

[0010] A4、基于所述第一同步脉冲和所述第一同步重频雷达波获得目标的第一目标回波信号;

[0011] A5、判断所述第一目标回波信号是否包含第一干扰信号,若是则获取所述第一目标回波信号中所述第一Ku波段的第一回波信号和所述第一L波段的第二回波信号,若否则将所述第一目标回波信号进行响应处理;

[0012] A6、判断所述第一回波信号和所述第二回波信号的重频起始时间是否同步,若同步则判定所述目标为真目标,若不同步则判定所述目标为假目标。

[0013] 由于干扰设备的数字储频,无法同时产生2个跨度10多倍频程的频率,故干扰设备的Ku和L波段脉冲的起始时间是无法同步的,即使干扰设备同时使用Ku/L波段两个不同的干扰设备,因各自的数字储频的参考信号不同步,也无法产生初始时间一致的脉冲信号,且Ku和L两个频段跨度大,数字储频的下变频通道无法同时处理。而Ku/L波段发射脉冲的重频

起始时间可以用晶振的同步信号来同步实现,且真实目标反射回来的接收信号中Ku和L波段接收信号也是同步的情况;若本雷达接收机接收到的,Ku和L波段信号不是同步的,则可以判定为虚假目标,通过判别真假目标分辨出真信号和干扰信号,若为真目标,则接收真目标的信号,若为假目标,则丢弃其对应的干扰信号,从而实现对抗干扰信号的对抗。采用双波段,若两个信号不是同步接收到的,则可以明显的发现干扰设备的延迟,从而判定为干扰信号。

[0014] 且采用L波段的的天线设备体积过于庞大,无法安装在小型飞机和导弹上,形成了天然的反辐射干扰条件。

[0015] 故第一种方式利用Ku/L双频段同步发射脉冲的回波信号的重频起始时间,判断重频起始时间是否一致,从而判别真假目标,实现对干扰信号的抗干扰。

[0016] 考虑人工智能自适应方式,采用自适应波束赋形方式,其通过控制发射信号的相位和幅度来形成一定方向上的波束,从而实现目标信号的增强和干扰信号的抑制。

[0017] 辅助天线,主要用于抑制旁瓣,在天线阵列中,除了主瓣(主要的辐射或接收方向)以外,还会产生一些非期望的辐射或接收方向,这些就是旁瓣。旁瓣可能会导致错误的目标检测或者干扰进入,所以需要进行抑制。

[0018] 主天线主要用于发送或接收无线信号。

[0019] 匿隐天线的作用是抗干扰。匿隐天线是一种提升雷达抗干扰能力的典型应用方式,其工作原理是在一定空域肆知物内(通常是仰角指定范围的方位全向空域)获得一套比主天线副瓣区幅度高3~5db的匿影波束,通过两个波束间的幅度比较,将主天线副瓣区的假目标干扰进行剔除处理,从而提升雷达的抗干扰。

[0020] 故第二种方式采用自适应波束赋形对匿隐天线的幅度与相位进行加权处理,增强真信号,从而抑制假信号。

[0021] 进一步地,多种抗干扰方式中的第二种方式为:

[0022] B1、接收第二干扰信号,辅助天线基于所述第二干扰信号和干涉仪测向组件获得第一干扰方位;

[0023] B2、基于所述第一干扰方位和主天线的副瓣零深方位指标,所述Ku发射相控阵和所述L发射相控阵分别同步发射第二Ku波段和第二L波段,基于所述第二Ku波段和所述第二L波段对匿隐天线的幅度与相位进行加权处理,获取所述第二干扰信号的相对功率;

[0024] B3、判断所述相对功率是否小于预设功率;

[0025] B4、若是则判定抗干扰成功;若否则对所述幅度与所述相位重新进行加权处理,获取所述第二干扰信号的第一相对功率,将所述相对功率更新为所述第一相对功率,返回B3。

[0026] 考虑干扰机在鉴别双频雷达频率时,难以同时鉴别2个不同雷达波的上升沿,而Ku/L频段发射脉冲上升沿由其射频开关切换时间决定,根据需求灵活的同步调整射频开关切换时间,从而改变其上升沿时间,且采用Ku/L双频段,频段跨度大,数字储频的下变频通道无法同时处理,其干扰机的干扰信号的上升沿时间也无法同步灵活调整。故第三种方式利用Ku/L双波段的脉冲上升沿时间判断真假目标,实现对干扰信号的抗干扰。

[0027] 进一步地,多种抗干扰方式中的第三种方式为:

[0028] C1、所述频综变频组件产生第二同步时钟脉冲;

[0029] C2、基于所述第二同步时钟脉冲获得第二同步时钟信号;

[0030] C3、基于所述第二同步时钟信号,所述Ku发射相控阵和所述L发射相控阵分别同步发射第三Ku波段和第三L波段,获取所述第三Ku波段和所述第三L波段的第二同步脉冲和第二同步重频雷达波;

[0031] C4、基于所述第二同步脉冲和所述第二同步重频雷达波获得所述目标的第二目标回波信号;

[0032] C5、判断所述第二目标回波信号是否包含第三干扰信号,若是则获取所述第二目标回波信号中所述第三Ku波段的第三回波信号和所述第三L波段的第四回波信号,若否则将所述第二目标回波信号进行响应处理;

[0033] C6、基于同步时钟获得所述第三Ku波段的第一上升沿耗时和所述第三L波段的第二上升沿耗时;

[0034] C7、分别获取所述第三回波信号和所述第四回波信号的第三上升沿耗时和第四上升沿耗时;

[0035] C8、判断所述第一上升沿耗时是否等于所述第三上升沿耗时,和所述第二上升沿耗时是否等于所述第四上升沿耗时,若均相等则判定所述目标为真目标,若非均相等则判定所述目标为假目标。

[0036] 进一步地,在所述C6中,基于同步时钟获得所述第三Ku波段的第一上升沿耗时和所述第三L波段的第二上升沿耗时的具体步骤包括:基于所述同步时钟,同步控制所述第三Ku波段的第一射频开关和所述第三L波段的第二射频开关;同时切换所述第一射频开关和所述第二射频开关分别获得所述第一上升沿耗时和所述第二上升沿耗时。

[0037] 考虑干扰设备的数字储频无法在同一时刻发出Ku波段和L波段,也无法分辨Ku波段雷达和L波段雷达是否在同坐标位置,也无法根据Ku波段雷达和L波段雷达相距多少米然后精准的算出2部雷达对应的干扰脉冲延迟时间,从而满足Ku干扰波和L干扰波同时到达的时间。即干扰设备无法实现假目标在Ku波段雷达和L波段雷达同一时刻的重合,所以虚假目标一定不会重合,从而Ku波段导致坐标分布图和L波段的坐标分布图中同一时刻只有真目标坐标位置是重合的,故以此判别筛选假目标。

[0038] 进一步地,多种抗干扰方式中的第四种方式为:

[0039] D1、所述频综变频组件产生第三同步时钟脉冲;

[0040] D2、基于所述第三同步时钟脉冲获得第三同步时钟信号;

[0041] D3、基于所述第三同步时钟信号,所述Ku发射相控阵和所述L发射相控阵分别同步发射第四Ku波段和第四L波段,获取所述第四Ku波段和所述第四L波段的第三同步脉冲和第三同步重频雷达波;

[0042] D4、基于所述第三同步脉冲和所述第三同步重频雷达波获得所述目标的第三目标回波信号;

[0043] D5、获取所述第三目标回波信号的第一波形,将所述第一波形与干扰波形数据库中的第二波形进行比较,获得干扰信号的干扰类型;

[0044] D6、绘制同一时刻下所述第四Ku波段对应的第一目标坐标分布图和所述第四L波段对应的第二目标坐标分布图,将所述第一目标坐标分布图和所述第二目标坐标分布图进行重叠,获得重叠结果;

[0045] D7、判断所述重叠结果是否只有一个目标重合,若是则判定所述目标为真目标;若

否则将所述第三同步重频雷达波进行变频,获得优化同步重频雷达波;

[0046] D8、基于所述第三同步脉冲和所述优化同步重频雷达波获得第四目标回波信号,将所述第四目标回波信号返回至D5,将所述第三目标回波信号更新为所述第四目标回波信号。

[0047] 频率稳定度,载波频率在一定时间间隔内,频率准确度的变化程度,实际上是频率的波动程度及频率抖动现象。如方波的5个等间隔周期时间切片中的频率周期时间分别为10.015ns、10.045ns、9.980ns、9.970ns和10.010ns,这5个方波10分钟内的平均频率周期为10ns,则此方波频率周期为10ns,即频率稳定度为10ns。

[0048] 频率抖动现象存在于现实中的任何时钟源上,这种现象其本质为一种量子效应,具有随机性和不可预测性,而任何一个独立的雷达和干扰设备无法拥有一样的相位抖动,所以任何一部雷达发射频率的相位抖动都是不同的,任何干扰设备发射的虚假信号的相位抖动也是不同的,这种特性是干扰设备无法模仿的存在。

[0049] 故第五种方式利用频率稳定度判别筛选假目标。

[0050] 进一步地,多种抗干扰方式中的第五种方式为:

[0051] E1、所述频综变频组件产生第四同步时钟脉冲;

[0052] E2、基于所述第四同步时钟脉冲获得第四同步时钟信号;

[0053] E3、基于所述第四同步时钟信号,所述Ku发射相控阵和所述L发射相控阵分别同步发射第五Ku波段和第五L波段,获取所述第五Ku波段和所述第五L波段的第四同步脉冲和第四同步重频雷达波;

[0054] E4、基于所述第四同步脉冲和所述第四同步重频雷达波获得所述目标的第五目标回波信号;

[0055] E5、获取雷达的晶振的第一频率稳定度;

[0056] E6、基于功率掠夺抗干扰电路将所述第五目标回波信号进行滤除获得第六目标回波信号,获取所述第六目标回波信号的第二频率稳定度;

[0057] E7、判断所述第一频率稳定度与所述第二频率稳定度是否相等,若相等则判定抗干扰成功,若否则基于变频组件将所述第六目标回波信号进行变频获得第七目标回波信号,将所述第七目标回波信号返回至E6,将所述第五目标回波信号更新为所述第七目标回波信号。

[0058] 考虑干扰设备的数字储频无法在同一时刻发出Ku波段和L波段,双波段的脉冲宽度、脉冲重复频率、幅度、频率和相位等属性与干扰信号不同,故第六种方式利用该特性判别真假目标。

[0059] 进一步地,多种抗干扰方式中的第六种方式为:

[0060] F1、所述频综变频组件产生第五同步时钟脉冲;

[0061] F2、基于所述第五同步时钟脉冲获得第五同步时钟信号;

[0062] F3、基于所述第五同步时钟信号,所述Ku发射相控阵和所述L发射相控阵分别同步发射第六Ku波段和第六L波段,获取所述第六Ku波段和所述第六L波段的第五同步脉冲和第五同步重频雷达波;

[0063] F4、基于所述第五同步脉冲和所述第五同步重频雷达波获得所述目标的第八目标回波信号;

[0064] F5、基于信号选择参数获得第一参数,所述信号选择参数包括所述第六Ku波段与
所述第六L波段的脉冲宽度、脉冲重复频率、幅度、频率和相位;

[0065] F6、获取所述第八目标回波信号的第二参数;

[0066] F7、判断所述第一参数与所述第二参数是否一致,若是则判定所述目标为真目标,
若否判定所述目标为假目标。

[0067] 两非相参信号,在经过放大器或功放后,若放大器工作在过饱和状态下,那么功率
大的信号会掠夺功率小的信号。列如:放大器同时输入70MHz/10dBm和75MHz/0dBm信号,放
大器P-1(放大器1dB压缩点的功率)为15dBm,增益为20dB;若这个时候同时增加70MHz/
10dBm和75MHz/0dBm信号,那么输出的70MHz信号功率会趋于饱和15dBm,输出的75MHz信号
功率会越来越小,甚至被淹没在噪声之下。

[0068] 两相参信号,在经过放大器或功放后,若放大器工作在过饱和状态下,会产生交调
信号,而且这个交调信号会随着输入功率的加大越来越大。

[0069] 利用两非相参信号和两相参信号的特性实现功率掠夺抗干扰电路,将回波信号进
行放大,从而实现功率大的信号掠夺功率小的信号,将干扰信号抑制。

[0070] 进一步地,所述功率掠夺抗干扰电路包括第一放大器、第二放大器和第三放大器,
所述第一放大器的输入端与雷达的输出端连接,所述第一放大器的输出端与所述第二放大
器的输入端连接,所述第二放大器的输出端与所述第三放大器的输入端连接,所述第三放
大器的输出端与所述变频组件的输入端连接。

[0071] 因Ku/L双波段自适应波束赋形抗干扰,则Ku发射相控阵和L发射相控阵扫描角首
先需满足空域扫描一致要求,其次需副瓣零深指标一样,即Ku发射相控阵和L发射相控阵在
干扰方向必须形成同样的零深抑制且均大于预设功率的抗干扰信号抑制;也需要共法向,
即Ku发射相控阵和L发射相控阵的法向指向必须调试配置的一样;最后,Ku发射相控阵和L
发射相控阵的幅频特性需一致。

[0072] 进一步地,所述L发射相控阵内设置所述Ku发射相控阵。

[0073] 进一步地,所述L发射相控阵和所述Ku发射相控阵在所述第一干扰方位的副瓣零
深方位指标相同,所述L发射相控阵和所述Ku发射相控阵的法向指向与幅频特性均相同。

[0074] 本发明提供的一个或多个技术方案,至少具有如下技术效果或优点:

[0075] 1.第一种方式获取Ku/L双频段同步发射脉冲的回波信号的重频起始时间,判断重
频起始时间是否一致,从而判别真假目标,实现对干扰信号的抗干扰,且采用双波段,若两
个信号不是同步接收到的,可以明显的发现干扰设备的延迟,从而判定为干扰信号。

[0076] 2.第二种方式采用自适应波束赋形通过Ku/L双频段对匿隐天线的幅度与相位进
行加权处理,增强真信号,从而抑制假信号。

[0077] 3.第三种方式利用Ku/L双波段的脉冲上升沿时间判断真假目标,实现对干扰信号
的抗干扰,且上升沿时间由其射频开关切换时间决定,根据需求可灵活的调整射频开关切
换时间,从而改变上升沿时间。

[0078] 4.第四种方式利用Ku波段导致坐标分布图和L波段的坐标分布图中同一时刻只有
真目标坐标位置是重合的,以此判断真假目标。

[0079] 5.第五种方式利用任何一个独立的雷达和干扰设备无法拥有一样的频率稳定度,
以此判断真假目标。

[0080] 6. 第六种方式利用双波段的脉冲宽度、脉冲重复频率、幅度、频率和相位等属性与干扰信号不同,以此判断真假目标。

[0081] 7. 利用两非相参信号和两相参信号的特性实现功率掠夺抗干扰电路,将回波信号进行放大,从而实现功率大的信号掠夺功率小的信号,将干扰信号抑制。

附图说明

[0082] 此处所说明的附图用来提供对本发明实施例的进一步理解,构成本发明的一部分,并不构成对本发明实施例的限定;

[0083] 图1是本发明中多种抗干扰方式中的第一种方式的流程示意图;

[0084] 图2是第一种方式中发射Ku波段和L波段的起始时间图;

[0085] 图3是第一种方式中真实接收Ku波段和L波段的回波信号的起始时间图;

[0086] 图4是第一种方式中虚假接收Ku波段和L波段的回波信号的起始时间图;

[0087] 图5是本发明中多种抗干扰方式中的第二种方式的流程示意图;

[0088] 图6是本发明中多种抗干扰方式中的第三种方式的流程示意图;

[0089] 图7是第三种方式中Ku波段和L波段的上升沿时间示意图;

[0090] 图8是本发明中多种抗干扰方式中的第四种方式的流程示意图;

[0091] 图9是第四种方式中同一时刻下Ku波段的目标坐标分布图;

[0092] 图10是第四种方式中同一时刻下L波段的目标坐标分布图;

[0093] 图11是第四种方式中同一时刻下Ku波段和L波段的目标坐标分布图的重叠图;

[0094] 图12是本发明中多种抗干扰方式中的第五种方式的流程示意图;

[0095] 图13第五种方式中功率掠夺抗干扰电路的示意图;

[0096] 图14第五种方式中功率掠夺抗干扰的示意图;

[0097] 图15是本发明中多种抗干扰方式中的第六种方式的流程示意图;

[0098] 图16是本发明中Ku发射相控阵和L发射相控阵的布局示意图。

具体实施方式

[0099] 为了能够更清楚地理解本发明的上述目的、特征和优点,下面结合附图和具体实施方式对本发明进行进一步的详细描述。需要说明的是,在相互不冲突的情况下,本发明的实施例及实施例中的特征可以相互组合。

[0100] 在下面的描述中阐述了很多具体细节以便于充分理解本发明,但是,本发明还可以采用其他不同于在此描述范围内的其他方式来实施,因此,本发明的保护范围并不受下面公开的具体实施例的限制。

[0101] 实施例1

[0102] 参考图1-图4,其中,图2-图4的横坐标 t 表示时间,纵坐标 v 表示脉冲幅度,本实施例提供了一种双频段相控阵雷达智能抗干扰方法,所述方法包括:基于Ku发射相控阵和L发射相控阵采用多种抗干扰方式中的一种对干扰信号进行抗干扰;

[0103] 相控阵天线指的是通过控制阵列天线中辐射单元的馈电相位来改变方向图形状的天线。

[0104] Ku发射相控阵和L发射相控阵分别是指采用了Ku波段和L波段的相控阵天线,采用

了相控阵天线的雷达称为相控阵雷达,则采用了Ku发射相控阵和L发射相控阵的雷达可以分别称为Ku相控阵雷达和L相控阵雷达,以下描述中,Ku相控阵雷达和L相控阵雷达一起简称为双相控阵雷达。

[0105] 多种抗干扰方式中的第一种方式为:

[0106] A1、双相控阵雷达的频综变频组件产生第一同步时钟脉冲,所述频综变频组件可以为频率综合器;

[0107] A2、基于所述第一同步时钟脉冲获得第一同步时钟信号;

[0108] A3、基于所述第一同步时钟信号,所述Ku发射相控阵和所述L发射相控阵分别同步发射第一Ku波段和第一L波段,获取所述第一Ku波段和所述第一L波段的第一同步脉冲和第一同步重频雷达波;

[0109] A4、基于所述第一同步脉冲和所述第一同步重频雷达波获得目标的第一目标回波信号;

[0110] A5、判断所述第一目标回波信号是否包含第一干扰信号,若是则获取所述第一目标回波信号中所述第一Ku波段的第一回波信号和所述第一L波段的第二回波信号,若否则将所述第一目标回波信号进行响应处理;

[0111] A6、判断所述第一回波信号和所述第二回波信号的重频起始时间是否同步,若同步则判定所述目标为真目标,若不同步则判定所述目标为假目标。

[0112] 实施例2

[0113] 参考图5和图16,在实施例一的基础上,本实施例中,多种抗干扰方式中的第二种方式为:

[0114] B1、接收第二干扰信号,双相控阵雷达的辅助天线基于所述第二干扰信号和双相控阵雷达的干涉仪测向组件,获得第一干扰方位,所述干涉仪测向组件可以为雷达干涉仪,单路径干涉仪或多路径干涉仪;

[0115] B2、基于所述第一干扰方位和双相控阵雷达的主天线的副瓣零深方位指标,所述Ku发射相控阵和所述L发射相控阵分别同步发射第二Ku波段和第二L波段,基于所述第二Ku波段和所述第二L波段对双相控阵雷达的匿隐天线的幅度与相位进行加权处理,获取所述第二干扰信号的相对功率;

[0116] B3、判断所述相对功率是否小于预设功率;

[0117] B4、若是则判定抗干扰成功;若否则对所述幅度与所述相位重新进行加权处理,获取所述第二干扰信号的第一相对功率,将所述相对功率更新为所述第一相对功率,返回B3。

[0118] 其中,所述L发射相控阵内设置所述Ku发射相控阵,因Ku/L双波段自适应波束赋形抗干扰,则Ku发射相控阵和L发射相控阵扫描角需满足空域扫描一致要求,本实施例中,优选方案为所述L发射相控阵内居中设置所述Ku发射相控阵。

[0119] 其中,所述L发射相控阵和所述Ku发射相控阵在所述第一干扰方位的副瓣零深方位指标相同,所述L发射相控阵和所述Ku发射相控阵的法向指向与幅频特性均相同。

[0120] 实施例3

[0121] 参考图6和图7,其中,图7的横坐标t表示时间,纵坐标v表示脉冲幅度,在上述实施例的基础上,本实施例中,多种抗干扰方式中的第三种方式为:

[0122] C1、所述频综变频组件产生第二同步时钟脉冲;

[0123] C2、基于所述第二同步时钟脉冲获得第二同步时钟信号；

[0124] C3、基于所述第二同步时钟信号，所述Ku发射相控阵和所述L发射相控阵分别同步发射第三Ku波段和第三L波段，获取所述第三Ku波段和所述第三L波段的第二同步脉冲和第二同步重频雷达波；

[0125] C4、基于所述第二同步脉冲和所述第二同步重频雷达波获得所述目标的第二目标回波信号；

[0126] C5、判断所述第二目标回波信号是否包含第三干扰信号，若是则获取所述第二目标回波信号中所述第三Ku波段的第三回波信号和所述第三L波段的第四回波信号，若否则将所述第二目标回波信号进行响应处理；

[0127] C6、基于双相控阵雷达的同步时钟获得所述第三Ku波段的第一上升沿耗时和所述第三L波段的第二上升沿耗时；

[0128] C7、分别获取所述第三回波信号和所述第四回波信号的第三上升沿耗时和第四上升沿耗时；

[0129] C8、判断所述第一上升沿耗时是否等于所述第三上升沿耗时，和所述第二上升沿耗时是否等于所述第四上升沿耗时，若均相等则判定所述目标为真目标，若非均相等则判定所述目标为假目标。

[0130] 其中，在所述C6中，基于同步时钟获得所述第三Ku波段的第一上升沿耗时和所述第三L波段的第二上升沿耗时的具体步骤包括：基于所述同步时钟，同步控制所述第三Ku波段的第一射频开关和所述第三L波段的第二射频开关；同时切换所述第一射频开关和所述第二射频开关分别获得所述第一上升沿耗时和所述第二上升沿耗时。

[0131] 改变上升沿时间的具体步骤可以为：先将所述第三Ku波段的第一射频开关和所述第三L波段的第二射频开关使用同步时钟控制同步；第一射频开关和第二射频开关的控制线均使用同轴稳相电缆，且开关控制输入端口也均使用SMA接头，第一射频开关的SMA接头与同轴稳相电缆直接连接，第二射频开关的SMA接头与SMA电容的输出端连接，SMA电容的输入端与同轴稳相电缆连接，使用不同参数的SMA电容，从而改变其上升沿时间。

[0132] 实施例4

[0133] 参考图8-图11，在上述实施例的基础上，本实施例中，多种抗干扰方式中的第四种方式为：

[0134] D1、所述频综变频组件产生第三同步时钟脉冲；

[0135] D2、基于所述第三同步时钟脉冲获得第三同步时钟信号；

[0136] D3、基于所述第三同步时钟信号，所述Ku发射相控阵和所述L发射相控阵分别同步发射第四Ku波段和第四L波段，获取所述第四Ku波段和所述第四L波段的第三同步脉冲和第三同步重频雷达波；

[0137] D4、基于所述第三同步脉冲和所述第三同步重频雷达波获得所述目标的第三目标回波信号；

[0138] D5、获取所述第三目标回波信号的第一波形，将所述第一波形与干扰波形数据库中的第二波形进行比较，获得干扰信号的干扰类型；

[0139] D6、绘制同一时刻下所述第四Ku波段对应的第一目标坐标分布图和所述第四L波段对应的第二目标坐标分布图，将所述第一目标坐标分布图和所述第二目标坐标分布图进

行重叠,获得重叠结果;

[0140] D7、判断所述重叠结果是否只有一个目标重合,若是则判定所述目标为真目标;若否则将所述第三同步重频雷达波进行变频,获得优化同步重频雷达波,本实施例中,变频操作可以采用频率捷变技术,还可以采用多子脉冲和脉组编码等技术优化所述第三同步重频雷达波的波形,使其重叠结果更清晰;

[0141] D8、基于所述第三同步脉冲和所述优化同步重频雷达波获得第四目标回波信号,将所述第四目标回波信号返回至D5,将所述第三目标回波信号更新为所述第四目标回波信号。

[0142] 实施例5

[0143] 参考图12-图14,在上述实施例的基础上,本实施例中,多种抗干扰方式中的第五种方式为:

[0144] E1、所述频综变频组件产生第四同步时钟脉冲;

[0145] E2、基于所述第四同步时钟脉冲获得第四同步时钟信号;

[0146] E3、基于所述第四同步时钟信号,所述Ku发射相控阵和所述L发射相控阵分别同步发射第五Ku波段和第五L波段,获取所述第五Ku波段和所述第五L波段的第四同步脉冲和第四同步重频雷达波;

[0147] E4、基于所述第四同步脉冲和所述第四同步重频雷达波获得所述目标的第五目标回波信号;

[0148] E5、获取雷达的晶振的第一频率稳定度;

[0149] E6、基于功率掠夺抗干扰电路将所述第五目标回波信号进行滤除获得第六目标回波信号,获取所述第六目标回波信号的第二频率稳定度;

[0150] E7、判断所述第一频率稳定度与所述第二频率稳定度是否相等,若相等则判定抗干扰成功,若否则基于变频组件将所述第六目标回波信号进行变频获得第七目标回波信号,将所述第七目标回波信号返回至E6,将所述第五目标回波信号更新为所述第七目标回波信号。

[0151] 其中,所述功率掠夺抗干扰电路包括第一放大器、第二放大器和第三放大器,所述第一放大器的输入端与雷达的输出端连接,所述第一放大器的输出端与所述第二放大器的输入端连接,所述第二放大器的输出端与所述第三放大器的输入端连接,所述第三放大器的输出端与所述变频组件的输入端连接。

[0152] 实施例6

[0153] 参考图15,在上述实施例的基础上,本实施例中,多种抗干扰方式中的第六种方式为:

[0154] F1、所述频综变频组件产生第五同步时钟脉冲;

[0155] F2、基于所述第五同步时钟脉冲获得第五同步时钟信号;

[0156] F3、基于所述第五同步时钟信号,所述Ku发射相控阵和所述L发射相控阵分别同步发射第六Ku波段和第六L波段,获取所述第六Ku波段和所述第六L波段的第五同步脉冲和第五同步重频雷达波;

[0157] F4、基于所述第五同步脉冲和所述第五同步重频雷达波获得所述目标的第八目标回波信号;

[0158] F5、基于信号选择参数获得第一参数,所述信号选择参数包括所述第六Ku波段与所述第六L波段的脉冲宽度、脉冲重复频率、幅度、频率和相位;

[0159] F6、获取所述第八目标回波信号的第二参数;

[0160] F7、判断所述第一参数与所述第二参数是否一致,若是则判定所述目标为真目标,若否判定所述目标为假目标。

[0161] 实施例7

[0162] 在上述实施例的基础上,本实施例中,Ku发射相控阵和L发射相控阵均与频综变频组件、变频组件、匿隐天线、主天线和辅助天线连接;Ku发射相控阵与第一射频开关连接,L发射相控阵与第二射频开关连接;辅助天线与干涉仪测向组件连接,变频组件与功率掠夺抗干扰电路连接。

[0163] 其中,所述功率掠夺抗干扰电路包括第一放大器、第二放大器和第三放大器,所述第一放大器的输入端与雷达的输出端连接,所述第一放大器的输出端与所述第二放大器的输入端连接,所述第二放大器的输出端与所述第三放大器的输入端连接,所述第三放大器的输出端与所述变频组件的输入端连接。

[0164] 尽管已描述了本发明的优选实施例,但本领域内的技术人员一旦得知了基本创造性概念,则可对这些实施例作出另外的变更和修改。所以,所附权利要求意欲解释为包括优选实施例以及落入本发明范围的所有变更和修改。

[0165] 显然,本领域的技术人员可以对本发明进行各种改动和变型而不脱离本发明的精神和范围。这样,倘若本发明的这些修改和变型属于本发明权利要求及其等同技术的范围之内,则本发明也意图包含这些改动和变型在内。

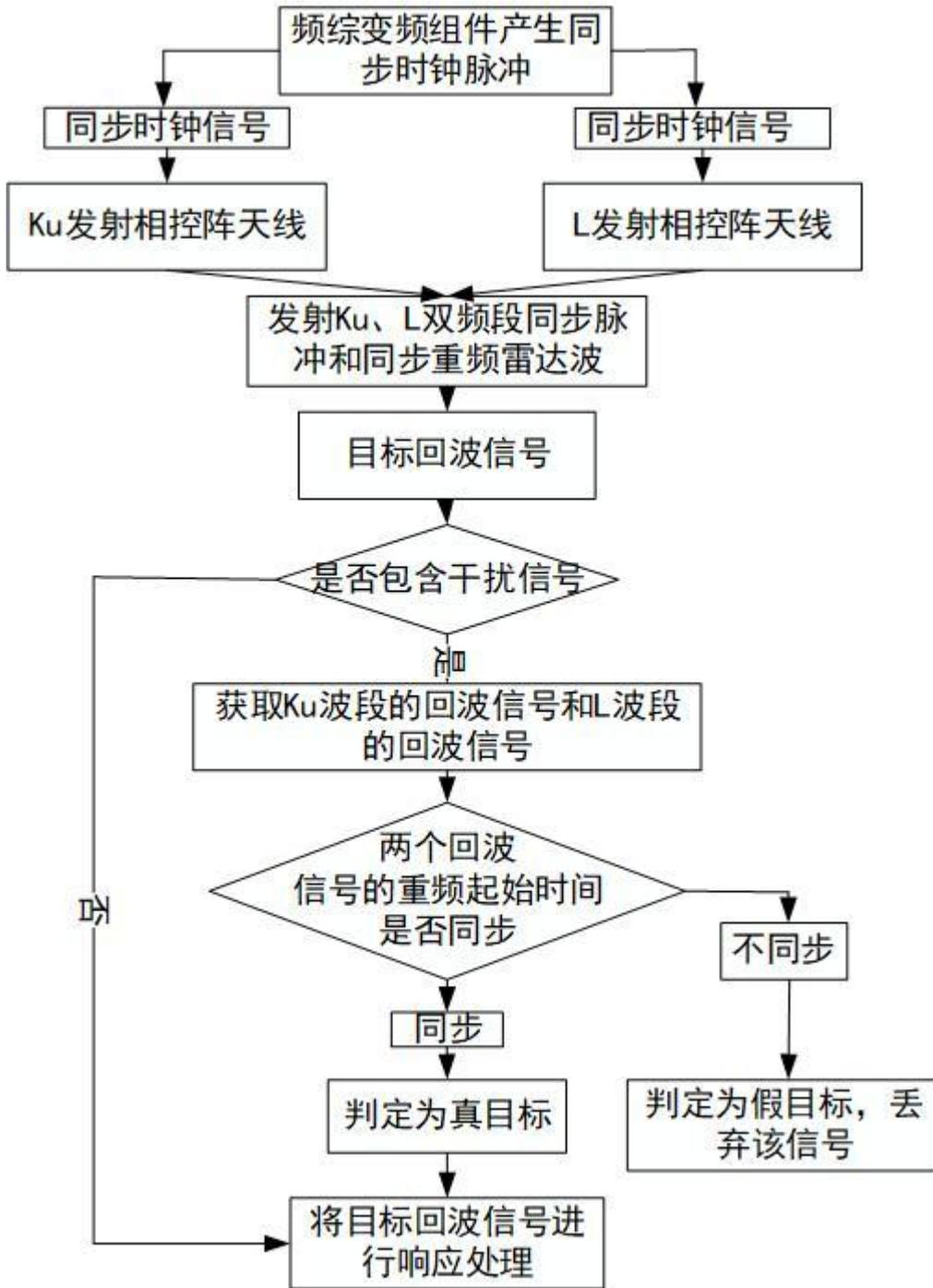


图 1

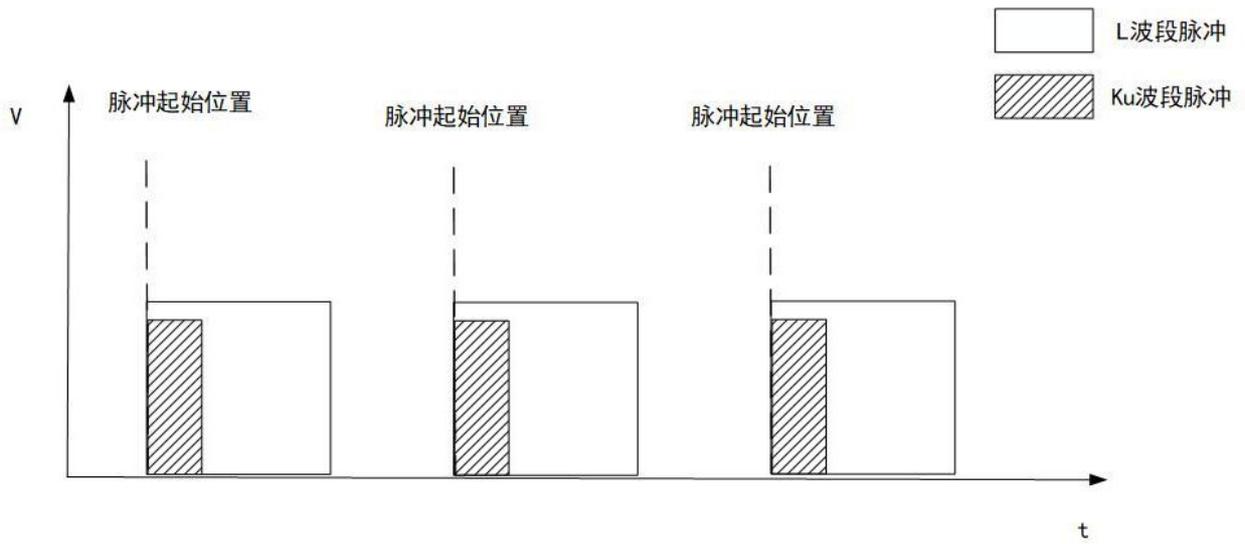


图 2

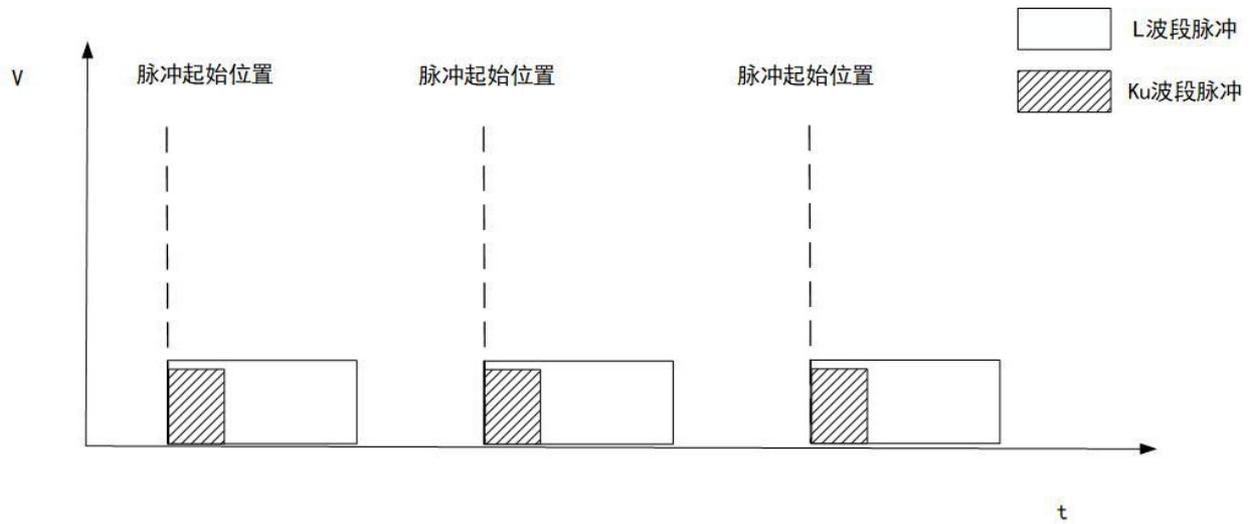


图 3

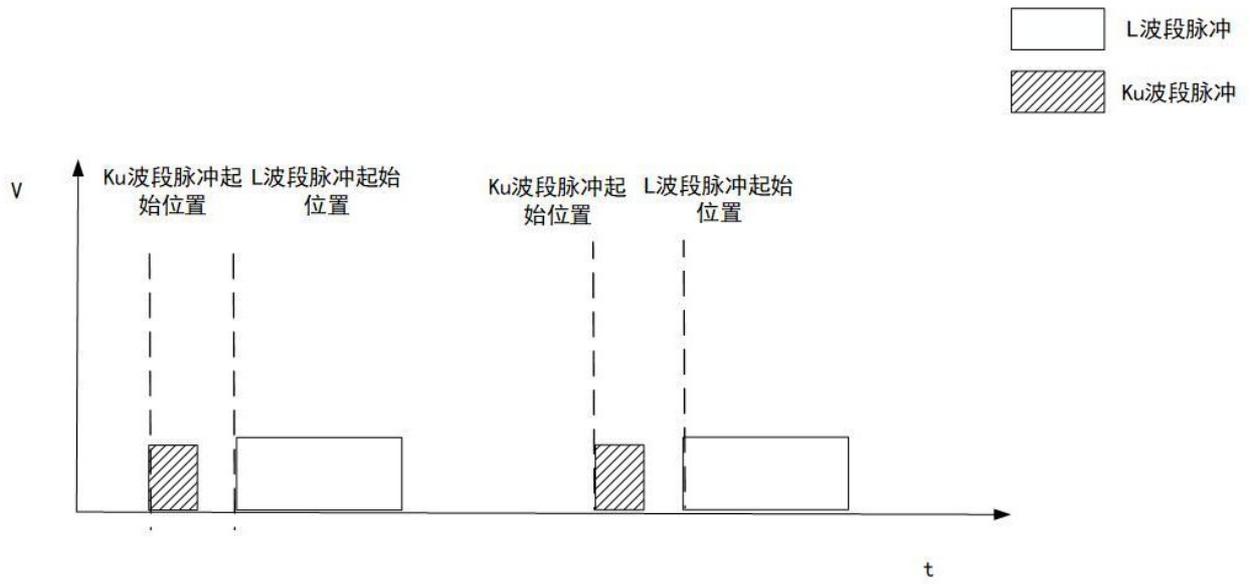


图 4

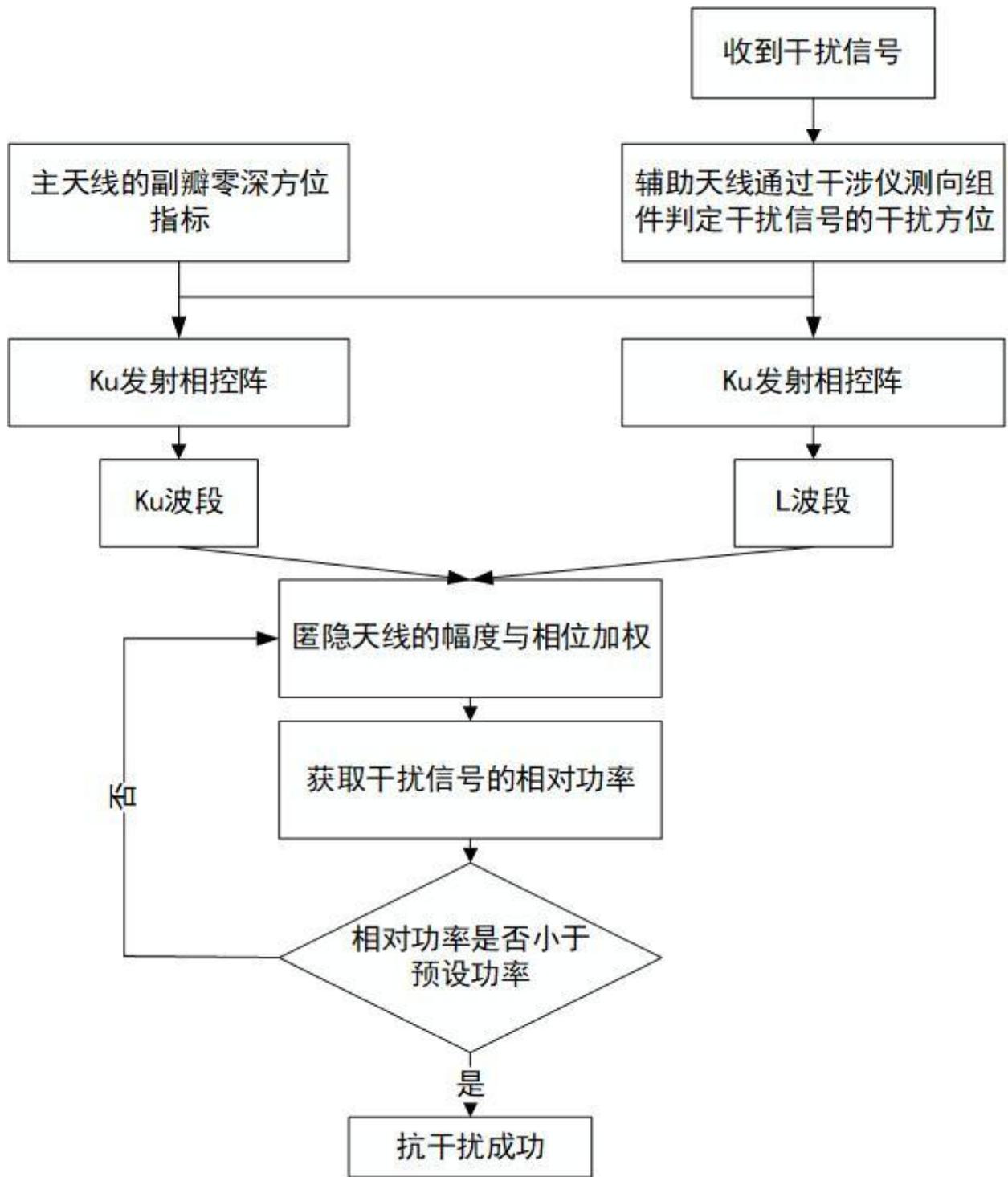


图 5

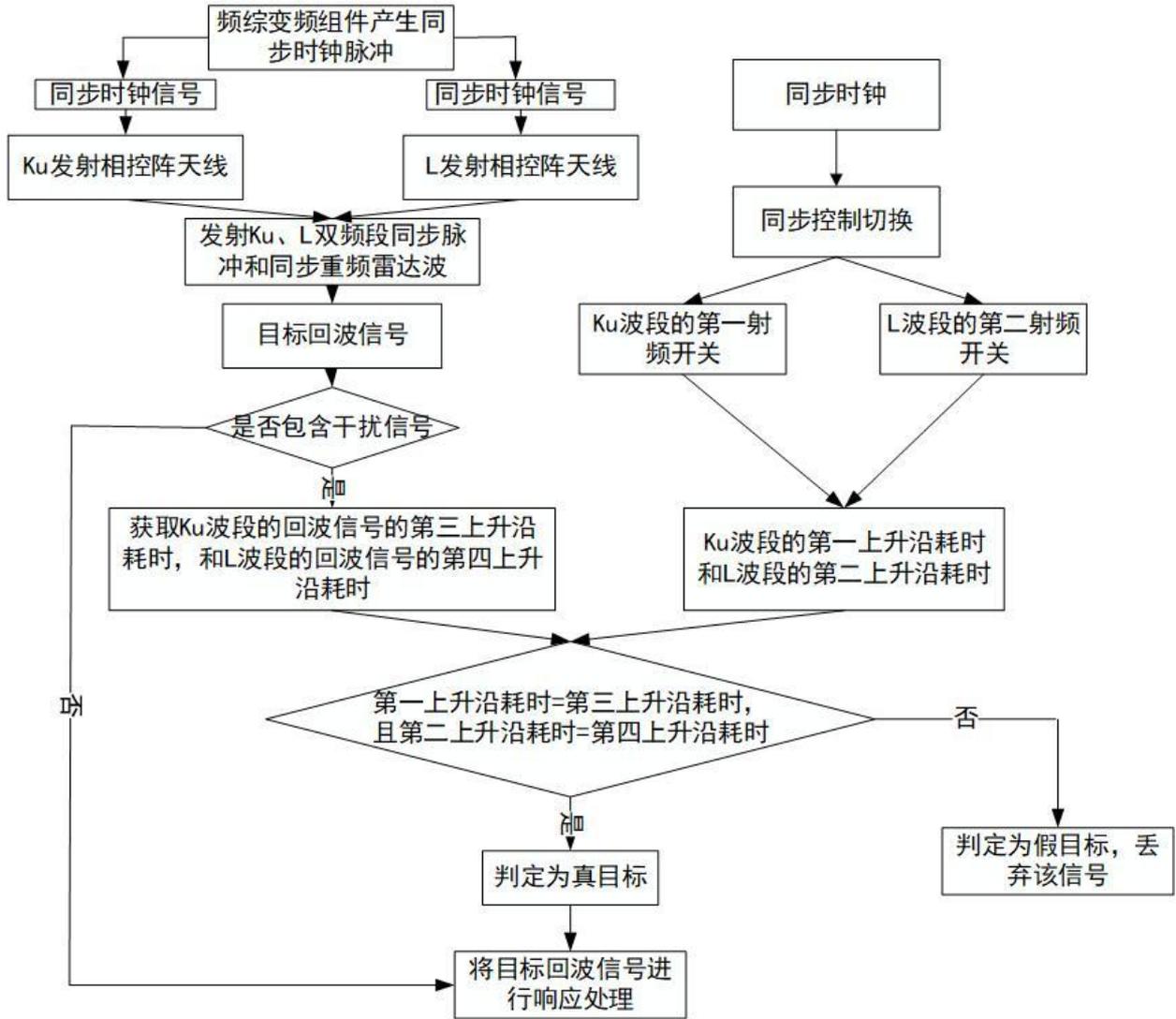


图 6

Ku波段的第一上升沿耗时

L波段的第二上升沿耗时

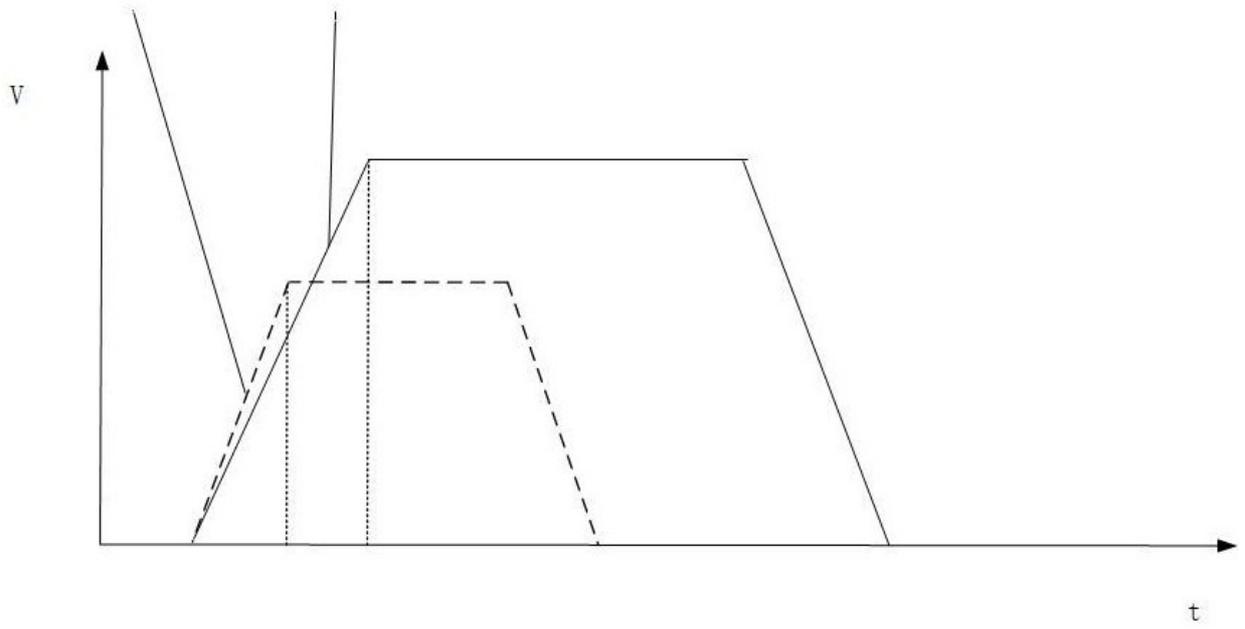


图 7

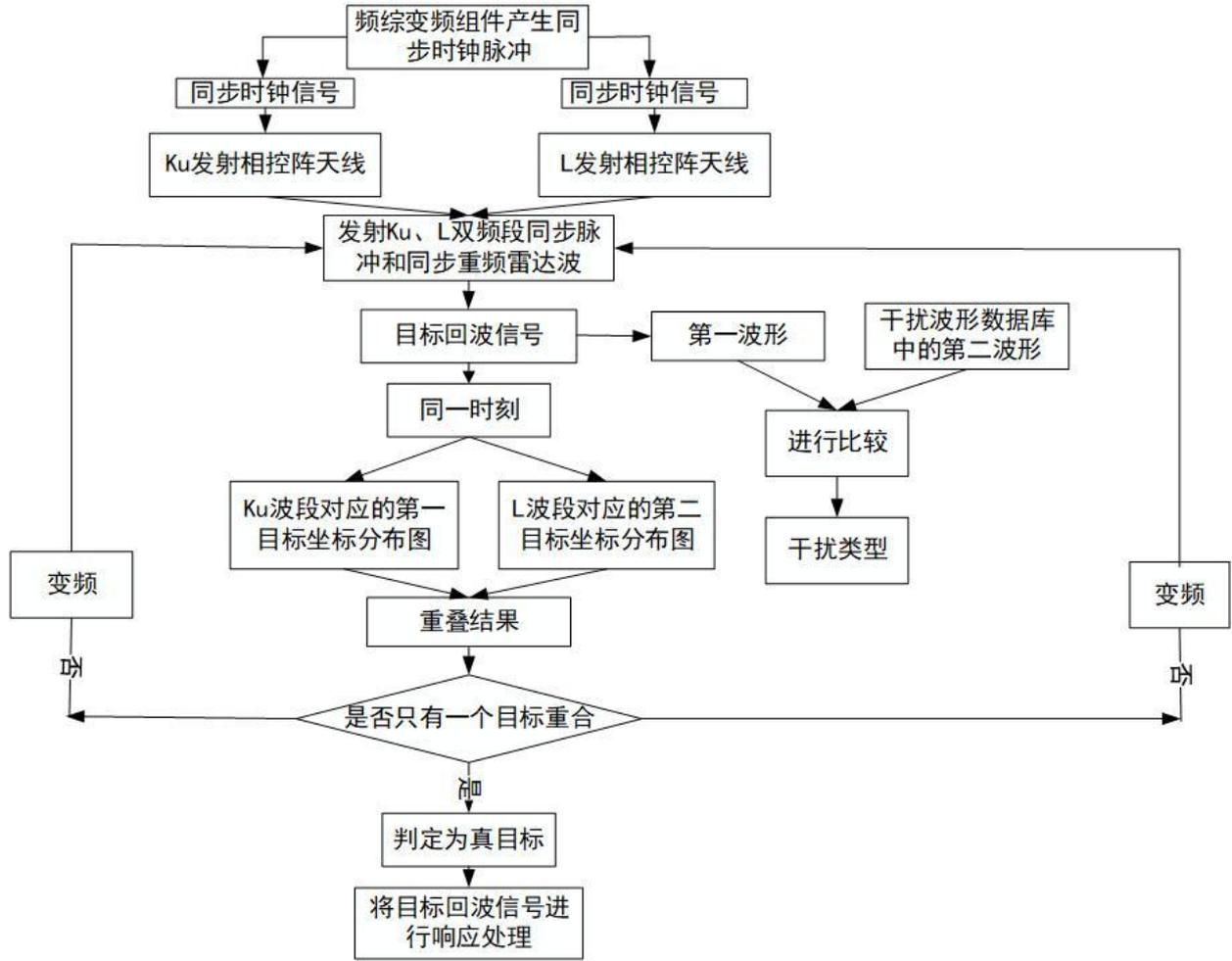


图 8

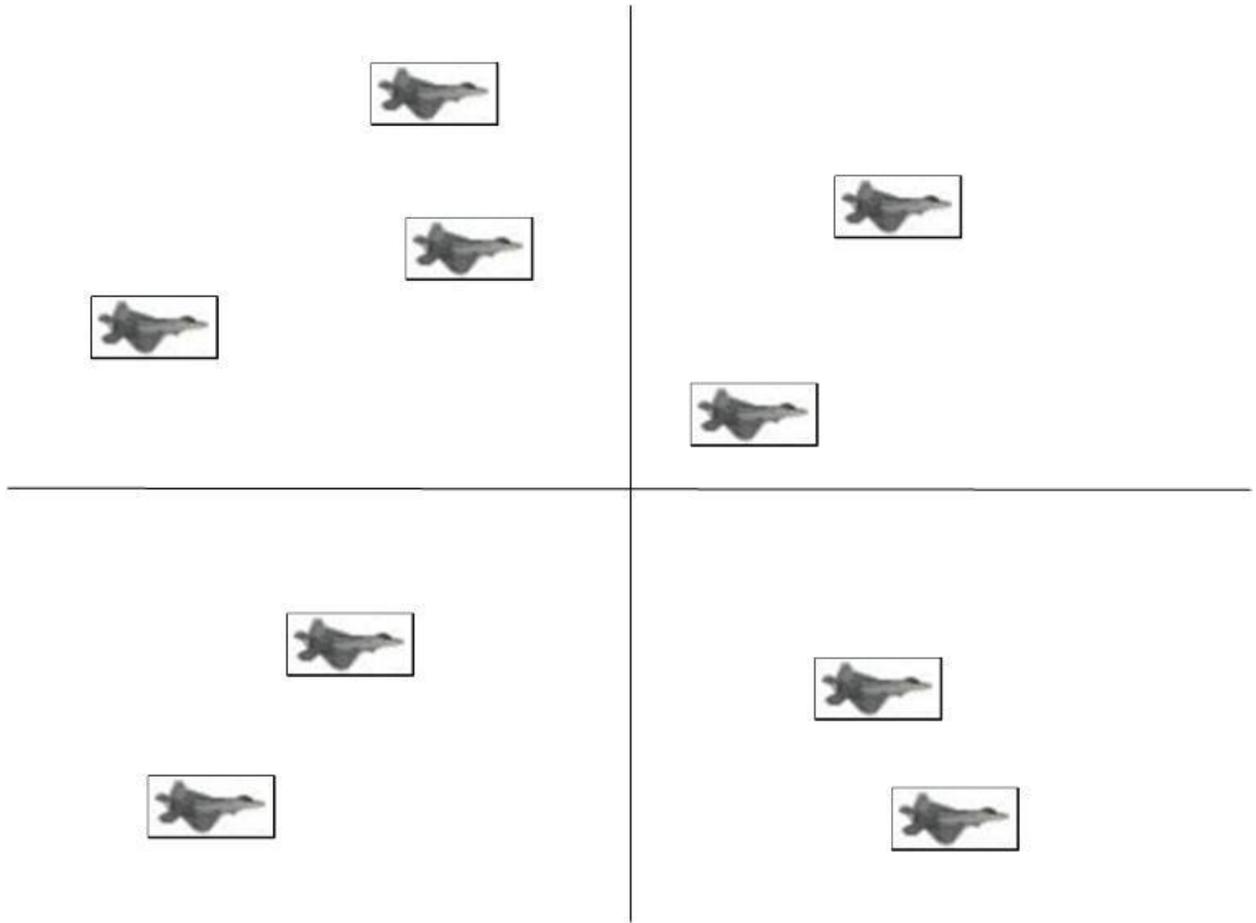


图 9

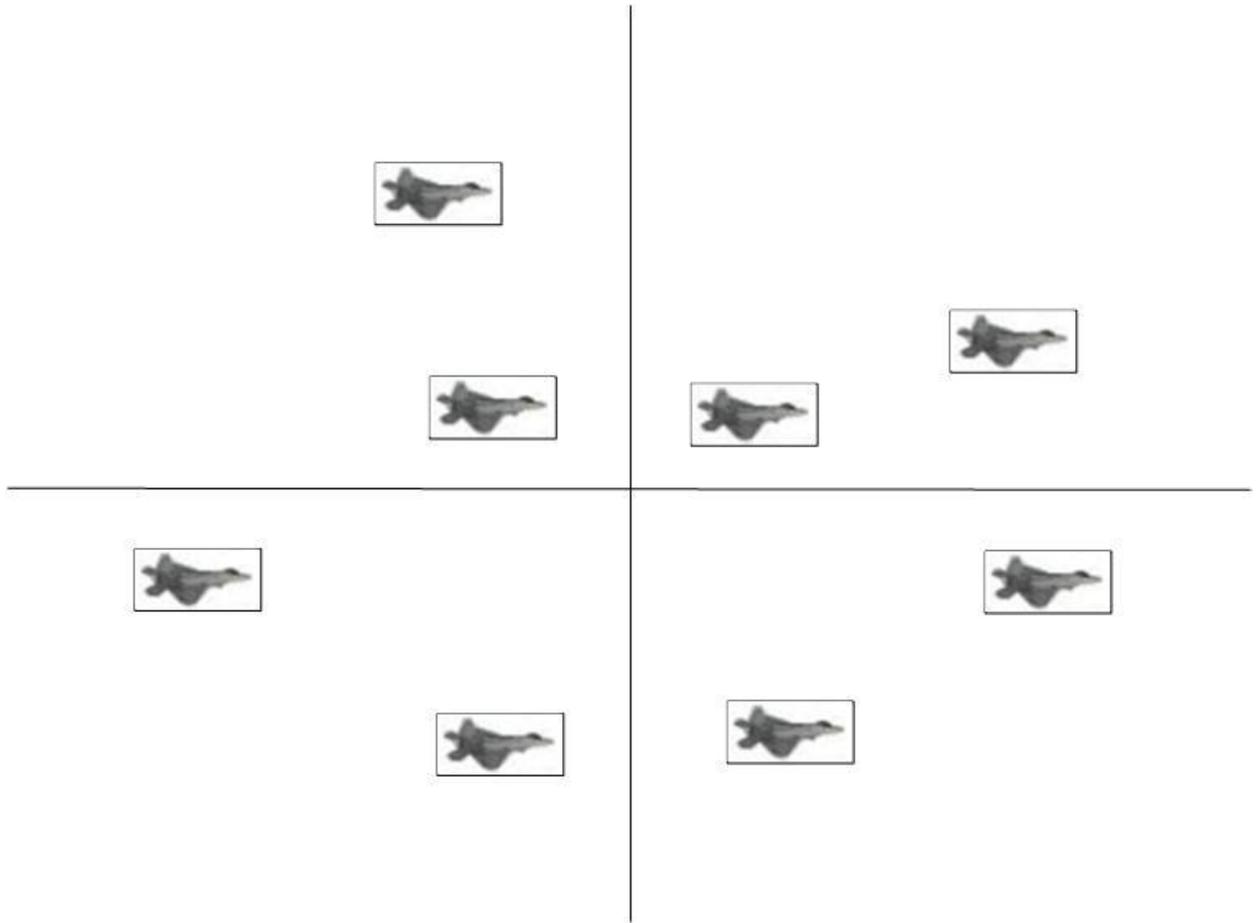


图 10

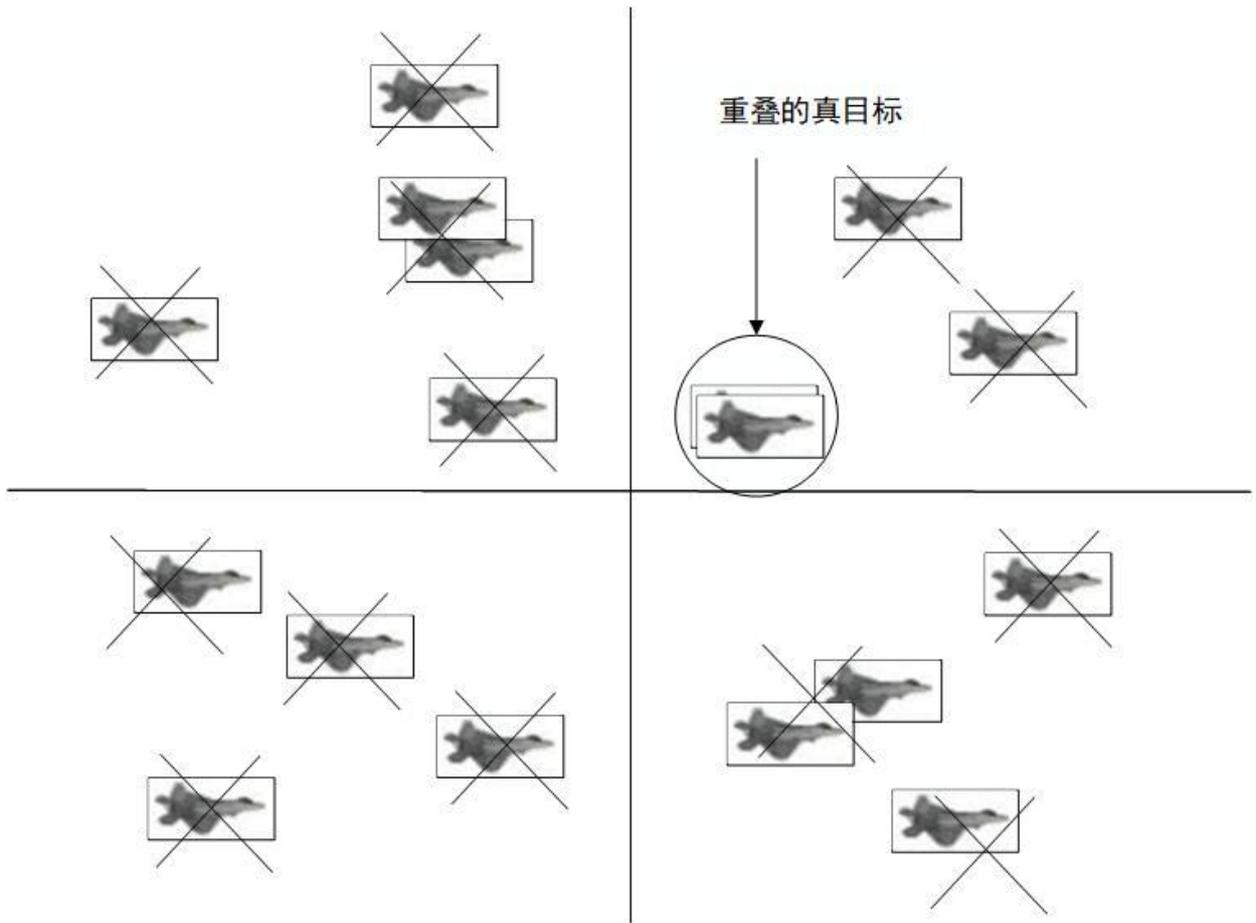


图 11

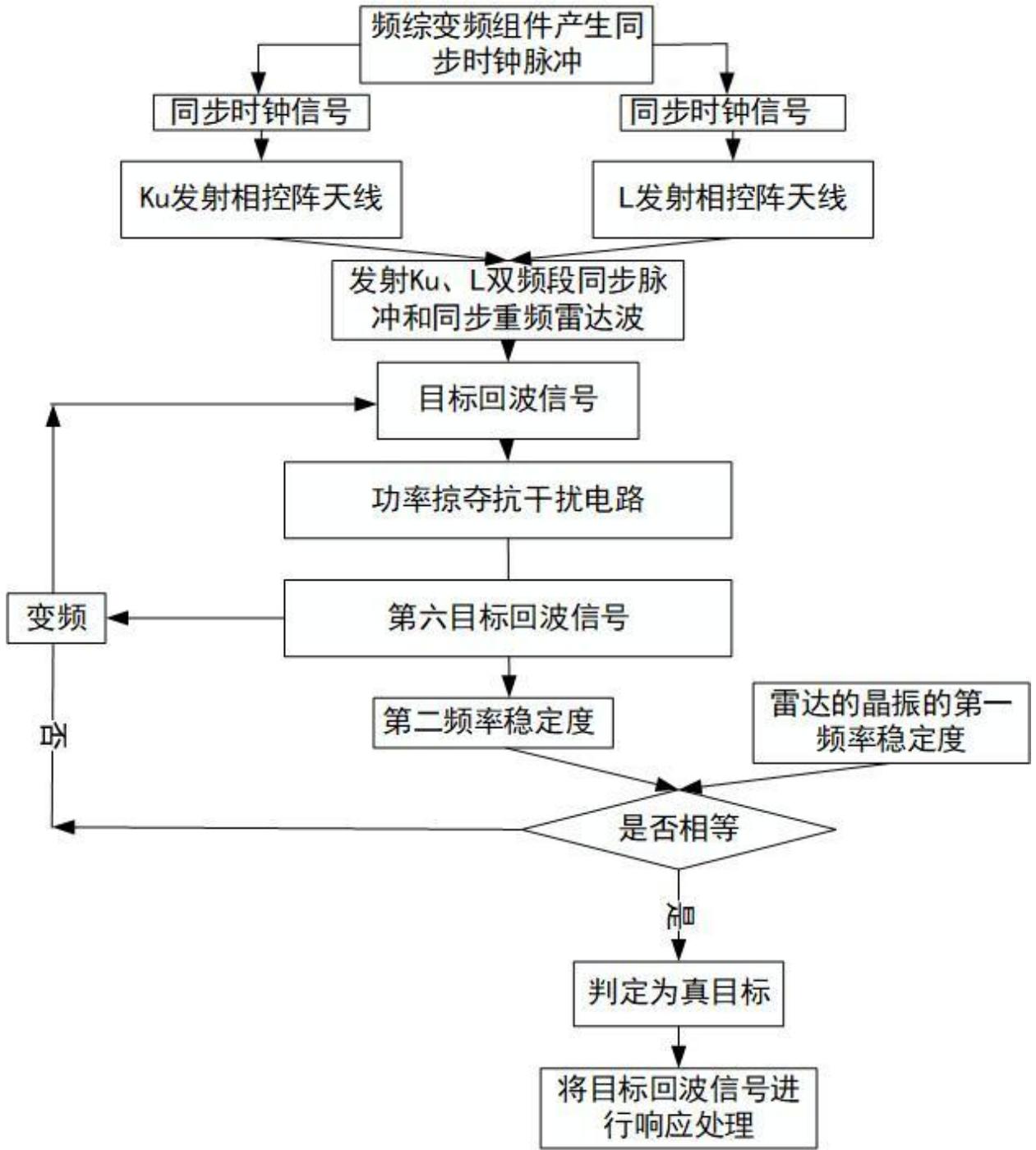


图 12

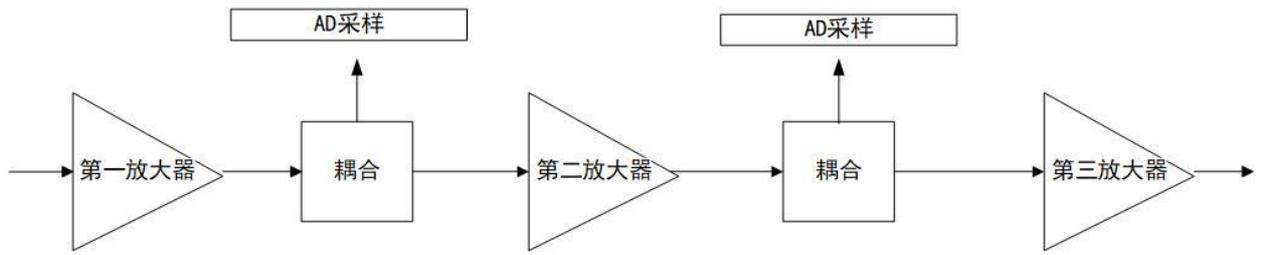


图 13

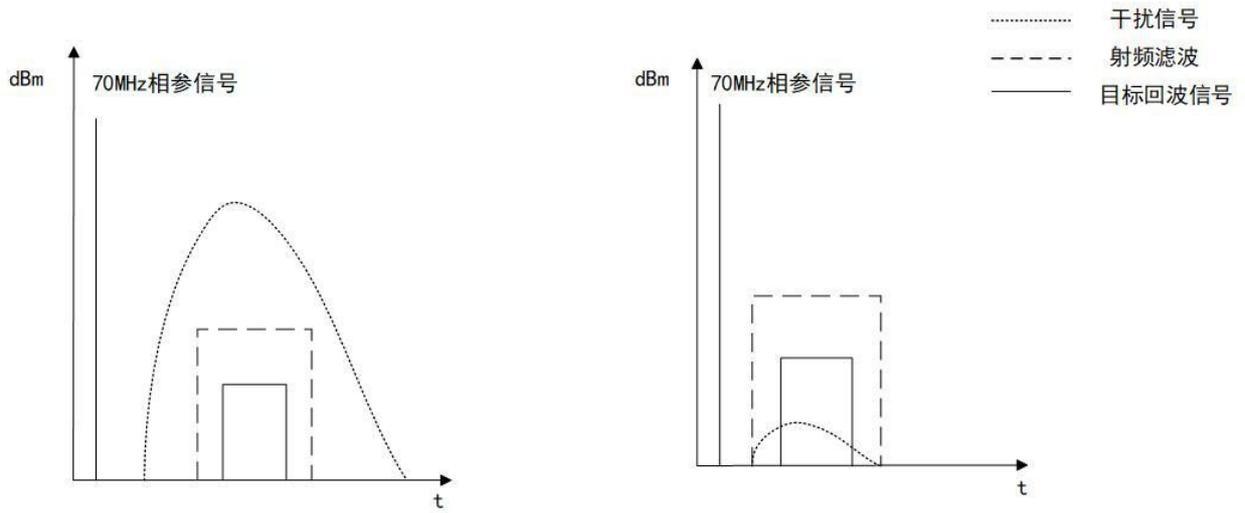


图 14

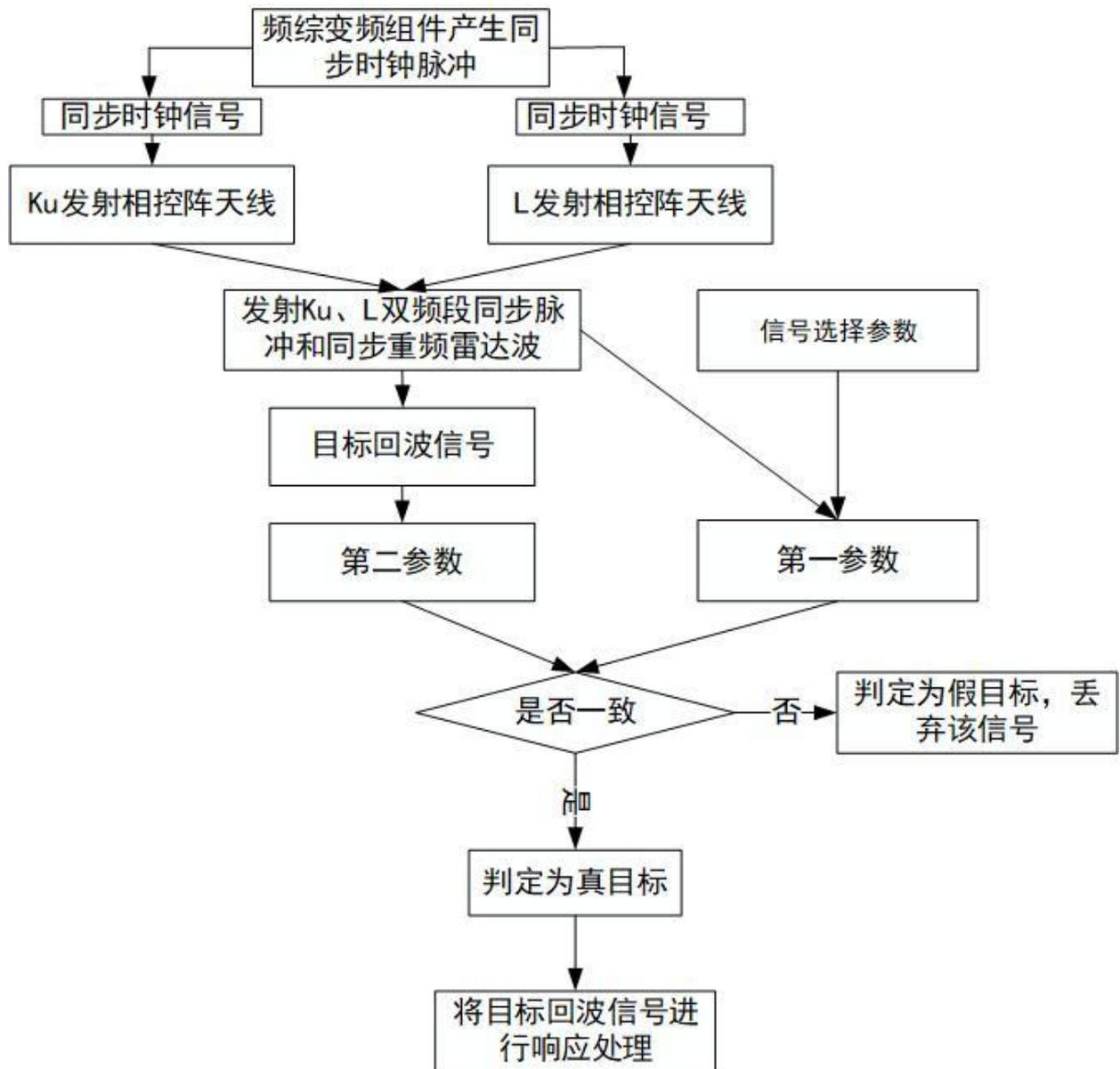


图 15

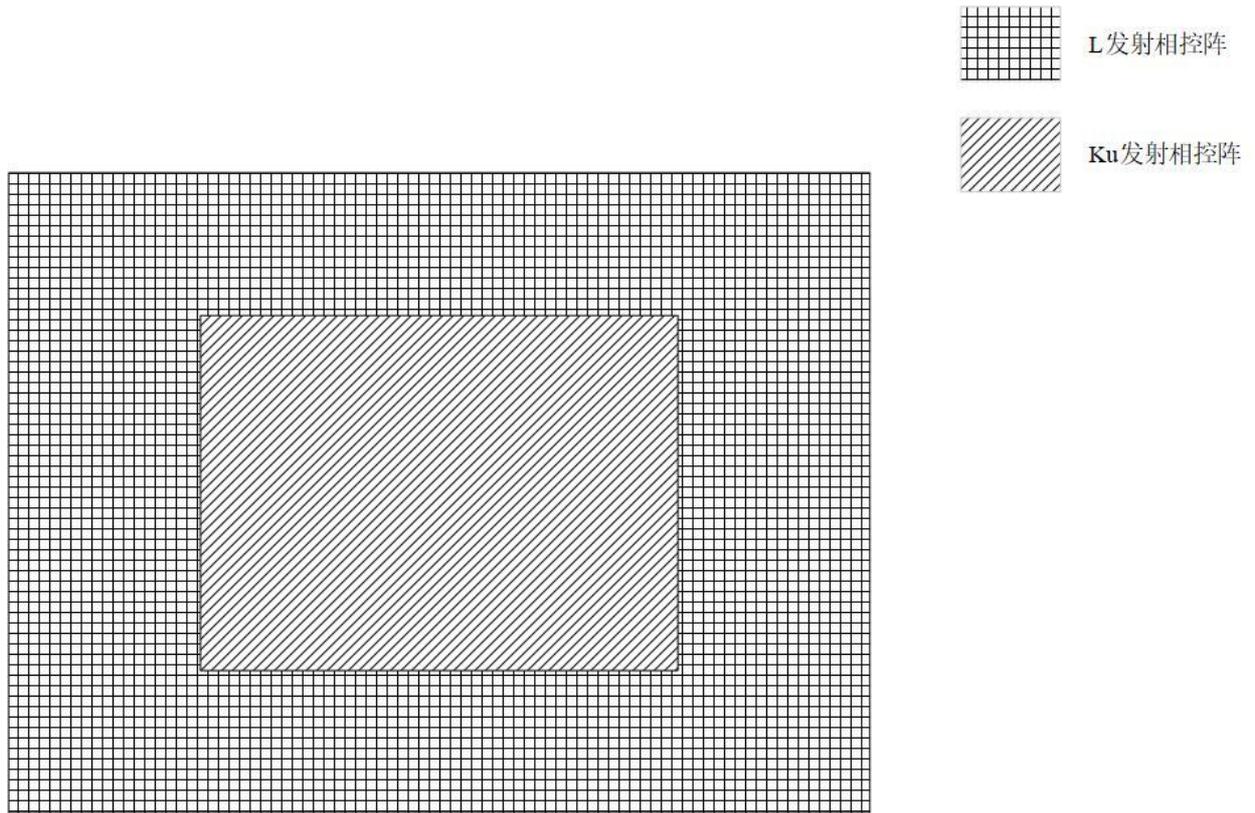


图 16