



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 106291477 B

(45)授权公告日 2018.12.11

(21)申请号 201610725516.1

(56)对比文件

CN 104569967 A, 2015.04.29, 全文.

(22)申请日 2016.08.25

CN 204177963 U, 2015.02.25, 全文.

(65)同一申请的已公布的文献号

CN 104865567 A, 2015.08.26,

申请公布号 CN 106291477 A

舒余平.《高速小目标微波测控系统研究》.

(43)申请公布日 2017.01.04

《中国优秀硕士学位论文全文数据库 信息科技

(73)专利权人 零八一电子集团有限公司

辑》.2016,(第03期),正文第I、8-9、16-24页.

地址 628017 四川省广元市奔月路1号

审查员 王琳琳

(72)发明人 李龙 吴杰 刘华林 胡振平
张静(74)专利代理机构 成飞(集团)公司专利中心
51121

权利要求书2页 说明书4页 附图2页

代理人 郭纯武

(51)Int.Cl.

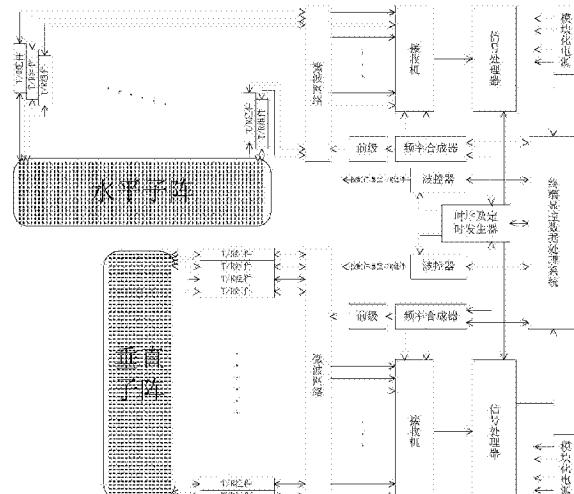
G01S 7/28(2006.01)

(54)发明名称

二维频相扫小目标探测系统

(57)摘要

本发明提出的二维频相扫小目标探测系统，旨在提供一种高发现概率、低空探测性能优及抗干扰能力强的目标探测系统。本发明通过下述技术方案予以实现：水平子阵和垂直子阵的天线分别从各自T/R组件连接各自的微波网络，微波网络通过n路通道连接接收机，一方面通过时序及定时发生器经波控器将控制信息发送至T/R组件，另一方面通过时序及定时发生器控制频率合成器产生激励信号，经前级送入微波网络，通过T组件至天线向指定探测空域辐射波束，控制阵列中的R组件接收发射指定的雷达回波，雷达回波经每列R组件放大后经微波网络送入接收机至信号处理进行目标检测，融合水平子阵和垂直子阵的目标检测数据，实现目标方位、俯仰更高的测角精度。



1. 一种二维频相扫小目标探测系统,包括:雷达阵列天线阵面、T/R组件、微波网络、前级、接收机、频率合成器、波控器、信号处理器、时序及定时发生器、终端显控数据处理系统和模块化电源,其特征在于:雷达天线阵面采用水平子阵和垂直子阵构成T字正交型全相参二维频相扫三坐标体制可变组阵架构,其中,水平子阵的天线和垂直子阵的天线采用二维频相扫体制,分别从各自T/R组件连接各自的微波网络,微波网络通过n路通道连接接收机,接收机通过信号处理器连接终端显控数据处理系统,终端显控数据处理系统一方面通过时序及定时发生器经波控器将控制信息发送至T/R组件,另一方面通过时序及定时发生器控制频率合成器产生激励信号,经前级送入微波网络,通过T组件至天线向指定探测空域辐射波束,控制阵列中的R组件接收发射指定的雷达回波,雷达回波经每列R组件放大后经微波网络送入接收机进行二次混频放大、A/D变换,通过信号处理器脉压、FFT及恒虚警作目标检测,终端显控数据处理系统对水平子阵和垂直子阵数据实时融合、本雷达系统内多天线、多极化、多频点的数据融合,以及本系统与其它传感器间的多传感器数据融合,实现对低空RAM类重点小目标的方位、俯仰测角精度更高的探测。

2. 如权利要求1所述的二维频相扫小目标探测系统,其特征在于:雷达天线阵面采用T字正交型架构,其中,水平子阵和垂直子阵均采用二维频相扫体制,且水平子阵与垂直子阵两者线路与结构完全相同,后者仅是前者翻转90°后的形态。

3. 如权利要求1所述的二维频相扫小目标探测系统,其特征在于:水平子阵方位波束宽度2°,采用相位扫描,扫描范围60°;俯仰波束宽度5°,采用频率扫描,扫描范围0°~60°;垂直子阵放置方式与水平子阵不同,且正好相反,方位波束宽度5°,采用频率扫描,扫描范围60°;俯仰波束宽度2°,采用相位扫描,扫描范围0°~60°。

4. 如权利要求1所述的二维频相扫小目标探测系统,其特征在于:前级连接微波网络和频率合成器,完成对频率合成器送来的激励信号进行脉冲放大,经微波网络为T/R组件发射支路提供激励功率。

5. 如权利要求1所述的二维频相扫小目标探测系统,其特征在于:波控器连接于T/R组件与终端显控数据处理系统之间,并通过时序及定时发生器连接终端显控数据处理系统,主要功能是通过控制T/R组件的移相器和衰减器来控制天线波束指向系统预定的位置。

6. 如权利要求1所述的二维频相扫小目标探测系统,其特征在于:接收机将来自微波网络的射频信号进行灵敏度时间控制、放大、滤波,下变频处理至中频,中频信号放大、数控衰减、滤波后送入模数转换器采样变换为数字信号,再送到现场可编程门阵列进行数字下变频处理,输出的数字I/Q信号通过可插拔光收发一体模块转换后,经光纤送给信号处理器。

7. 如权利要求1所述的二维频相扫小目标探测系统,其特征在于:接收机输出的信号经光纤数字合成单元合成送入波束形成单元进行通道幅相校正系数计算、自适应波束形成权值,计算完成通道的幅相校正、波束形成,数据经打包、分发送到信号处理板,完成数据的脉冲压缩、FIR滤波和恒虚警功能后送至终端显控数据处理系统。

8. 如权利要求1所述的二维频相扫小目标探测系统,其特征在于:信号处理器经脉压、FFT及恒虚警作目标检测,若发现目标,发射确认波束再次判决,若为需检测目标,则启动跟踪波束对目标进行跟踪;若未发现目标,则改变发射波位对既定空域扫描探测。

9. 如权利要求1所述的二维频相扫小目标探测系统,其特征在于:改变天线单元放置方式,可组成水平子阵和垂直子阵极化方式相异的“ \perp 形”、“L形”、“ \sqcap 形”、“ \sqcup 形”、“ \lrcorner 形”。

形”组阵形式或组成水平子阵和垂直子阵极化方式相同的“|”形、“—”形组阵形式。

10. 如权利要求1所述的二维频相扫小目标探测系统,其特征在于:采用一至六个阵列组合,覆盖方位 60° 、 120° 、 180° 、 240° 甚至 360° ,俯仰 0° ~ 60° 的空域,其中,单阵覆盖方位 60° 、俯仰 60° 的空域,两个单阵斜边T字型组合,覆盖方位 120° 、俯仰 60° 的空域,三个单阵构成的二分之一六边形组合,覆盖方位 180° 、俯仰 60° 的空域,依次类推,六个单阵组合构成的六边形阵列组合,实现全方位 360° 、俯仰 60° 空域覆盖。

二维频相扫小目标探测系统

技术领域

[0001] 本发明涉及一种特种T字型二维频相扫小目标探测系统。

背景技术

[0002] 三坐标雷达作为近程防空系统中的骨干雷达,其体制可分为固定多波束(叠层多波束和合成多波束)体制、一维电扫(频扫、相扫)体制和二维相扫(相控阵)体制三类。现代所谓的一维相扫雷达,一般归于三坐标雷达,二维相扫雷达一般称为相控阵。传统二维电扫相控阵雷达在设计A显显示内容时,有的采用一次信息跟踪数据,由于数据量大,使信号处理受限,导致A显显示回波范围很小;有的采用一次信息搜索数据,虽能够显示全距离回波,但方位和俯仰上信息在A显上叠加,导致在A显上难以确定回波的具体位置。相比传统的单脉冲测量跟踪雷达,相控阵雷达在不失高精度测量能力的基础上同时可以具备多目标跟踪能力、大动态范围、自主捕获能力。相控阵雷达包含信号处理和数据处理两大重要组成部分。信号处理作为雷达探测信息的前端处理,在杂波、噪声、有源或无源干扰的复杂环境中获取目标的距离、角度及运动信息;数据处理则可看作探测信息的后续处理,其利用信号处理获取的信息对目标位置、运动参数等数据进行滤波、平滑、预测、跟踪、互联等运算,并形成目标轨迹。相控阵雷达技术先是由常规雷达中的方位、俯仰二维旋转天线升级为一维相控阵雷达。一维相控阵在俯仰向上实现相扫,但在方位上仍然依赖机扫。随着科技的进步,二维相控阵雷达实现了俯仰和方位上的二维相扫,可实现对多目标的电子扫描跟踪,具备单脉冲跟踪测量雷达的全部特性,可以达到高精度的测量和稳定跟踪;其波束扫描具有无惯性捷变能力使得相控阵雷达系统响应极快,同时能够以很高的角加速度跟踪目标的变化;此外在雷达资源有限的情况下,以调整驻留时间、脉冲照射数和数据率等方式来分配资源可实现多目标的测量跟踪优化,快速波束扫描和波束形成能力以及雷达波形捷变使得捕获能力更强。

[0003] “高射炮打蚊子”历来被认为是一件大材小用,力不从心的荒唐事。然而,美军及其盟友在伊拉克和阿富汗战局中却迫切需要用高射炮来打“蚊子”了。当然,此“蚊子”是那些在战场上空高速飞行的各种炮弹。与传统的空中目标飞机相比,称其为“蚊子”毫不为过,因为要发现一枚迎面来袭的60毫米迫击炮弹意味着雷达必须能够在4~5公里的距离上探测到0.001平方米大小的目标,飞行中的小鸟甚至昆虫都可能乱真,要截击这些“蚊子”实则不易。火炮历来是战场上最具威胁的杀伤手段,据统计,在第二次世界大战中有80%的伤亡是炮火导致的。而C-RAM则是近年来涌现的一个新概念。C-RAM是“反火箭炮、火炮和迫击炮”的英文缩写,C-RAM系统要求雷达天线波束具有半球覆盖的特性,可以采用的天线有圆锥台、圆柱加顶锥、多棱锥、多面阵等结构形式。目前美陆军所使用的C-RAM系统主要依靠动能武器拦截来袭炮弹,虽然可解燃眉之急,但仍有其先天不足,不仅拦截概率仅70%左右,而且依然存在附带损伤的问题。

发明内容

[0004] 本发明的目的旨在提供一种能够提高雷达发现概率和改善低空探测性能，并能提高抗干扰能力和可靠性性能，可变组阵的二维频相扫小目标探测系统。

[0005] 本发明的上述目的可通过以下措施来达到：一种二维频相扫小目标探测系统，包括：雷达阵列天线阵面、T/R组件、微波网络、前级、接收机、频率合成器、波控器、信号处理器、时序及定时发生器、终端显控数据处理系统和模块化电源，其特征在于：雷达天线阵面采用水平子阵和垂直子阵构成的T字正交型全相参二维频相扫三坐标体制可变组阵架构，其中，水平子阵的天线和垂直子阵的天线分别从各自T/R组件连接各自的微波网络，微波网络通过n路通道连接接收机，接收机通过信号处理器连接终端显控数据处理系统，终端显控数据处理系统一方面通过时序及定时发生器经波控器将控制信息发送至T/R组件，另一方面通过时序及定时发生器控制频率合成器产生激励信号，经前级送入微波网络，通过T组件至天线向指定探测空域辐射波束，控制阵列中的R组件接收发射指定的雷达回波，雷达回波经每列R组件放大后经微波网络送入接收机进行二次混频放大、A/D变换，通过信号处理器脉压、FFT及恒虚警等作目标检测，终端显控数据处理系统对水平子阵和垂直子阵数据实时融合，实现对重点目标的方位、俯仰更高的测角精度。

[0006] 本发明相比于现有技术具有如下有益效果：

[0007] 1) 具备搜索、截获和跟踪多功能，以及良好的抗干扰能力和高可靠性。本发明采用了特种T字正交型的二维电扫三坐标体制，水平子阵和垂直子阵均采用二维频相扫体制，使得雷达可以使用灵活的电子扫描、先进的功率管理和信号处理数据处理技术，带来了很多卓越的性能。与常规体制雷达相比，采用特种T字正交型可利用多极化方式、多频点、信息融合来提高雷达的抗干扰能力和可靠性性能，同时实现了多功能和多目标搜索、跟踪等能力，以实现对多目标的拦截。T字型二维频相扫小目标探测系统，既具有独立作战能力，同时亦可融入己方防空预警探测网络。系统带有与上级指挥中心及其他炮位侦察雷达、防空雷达及与雷达本体安装在一起的光电系统的空情信息接口，通过对目标信息的融合处理，可以获得更高的对目标状态和属性估计的能力。

[0008] 2) 提高发现概率和改善低空探测性能，具备对低空RAM类小目标强大的探测能力。本发明采用系统内、外两类高精度实时数据融合，包括本雷达系统内多天线、多极化、多频点的数据融合，以及本系统与其他传感器间的多传感器数据融合。通过数据融合处理，改善对低空RAM类小目标探测性能，进一步提高发现概率并获得对目标的稳定跟踪，从而有利于实现对目标的精确跟踪和打击。

[0009] 3) 通过多个T字型单阵组合实现不同空域覆盖，应用灵活。本发明采用方位、俯仰全电扫轻便设计，各组成部分均模块化，通过改变天线单元放置方式可形成单阵、多阵等灵活多变的组合方式。可组成“L形”、“U形”、“T形”、“F形”、“J形”等多种组合形式的单阵。多个单阵组合形式的可变组阵，可以覆盖方位 60° 、 120° 、 180° 、 240° 甚至 360° 空域。

附图说明

[0010] 图1是本发明二维频相扫小目标探测系统的工作原理框图。

[0011] 图2是本发明水平子阵和垂直子阵多种组合形式的实施例示意图。

[0012] 图3是本发明可变组阵实施例示意图。

具体实施方式

[0013] 参阅图1。在以下描述的实施例中,二维频相扫小目标探测系统主要由阵列天线、T/R组件、微波网络、前级、接收机、频率合成器、波控器、信号处理器、时序及定时发生器、终端显控数据处理系统和模块化电源组成。终端显控数据处理系统为雷达系统工作提供人机界面,具有跟踪和处理多批机动目标的功能,完成搜索和跟踪等雷达事件的调度功能,可自适应地改变雷达的有关技术参数,有效的对雷达的工作参数和工作模式进行合理的控制与安排,适应变化的环境,经信号处理器处理的数据完成对目标的建航、编目、预测、识别等多种任务。模块化电源为雷达系统工作提供所需的电源。

[0014] 二维频相扫小目标探测系统是一部完成对空目标搜索、截获和跟踪,提供目标距离、仰角、方位、强度及属性等信息的三坐标、全相参二维电扫雷达系统。雷达天线阵面采用水平子阵和垂直子阵构成的T字正交型全相参二维频相扫三坐标体制可变组阵架构,水平子阵和垂直子阵均采用二维频相扫体制,且水平子阵与垂直子阵两者线路与结构完全相同。水平子阵和垂直子阵分别从各自T/R组件连接各自的微波网络,微波网络通过n路通道连接接收机,接收机通过信号处理器连接终端显控数据处理系统,同时通过前级、频率合成器连接于终端显控数据处理系统。其中,微波网络连接T/R组件、前级和接收机,主要实现由前级至T/R组件发射信号的功分及目标反射信号的合成至接收机。频率合成器连接前级、时序及定时发生器、接收机和终端显控数据处理系统,主要是为二维频相扫小目标探测系统提供高稳定本振、相参发射激励信号和时序及定时发生器基准信号。前级连接微波网络和频率合成器,完成对频率合成器送来的激励信号进行脉冲放大,经微波网络为T/R组件发射支路提供足够的激励功率。波控器连接于T/R组件与终端显控数据处理系统之间,并通过时序及定时发生器连接终端显控数据处理系统,主要功能是通过控制T/R组件的移相器和衰减器来控制天线波束指向系统预定的位置。终端显控数据处理系统一方面通过时序及定时发生器经波控器将控制信息发送至T/R组件,另一方面通过时序及定时发生器控制频率合成器产生激励信号,经前级送入微波网络,通过T组件至天线向指定探测空域辐射波束,控制阵列中的R组件接收发射指定的雷达回波,雷达回波经每列R组件放大后经微波网络送入接收机进行二次混频放大、A/D变换,通过信号处理器脉压、FFT及恒虚警等作目标检测,终端显控数据处理系统对水平子阵和垂直子阵数据实时融合,实现对重点目标的方位、俯仰更高的测角精度。

[0015] 在雷达天线阵面采用T字正交型架构中,水平子阵与垂直子阵均为二维频相扫阵列,两者线路与结构完全相同,后者仅是前者翻转90°后的形态。水平子阵方位波束宽度2°,采用相位扫描,扫描范围60°;俯仰波束宽度5°,采用频率扫描,扫描范围0°~60°。垂直子阵放置方式与水平子阵不同,且正好相反,方位波束宽度5°,采用频率扫描,扫描范围60°;俯仰波束宽度2°,采用相位扫描,扫描范围0°~60°。T字型二维频相扫小目标探测系统的水平子阵和垂直子阵即可以独立工作,也可组合工作。以水平子阵为例,工作过程中,首先由终端显控数据处理系统控制频率合成器产生激励信号,由微波网络经T组件至天线向指定探测空域辐射波束,其次控制阵列中的R组件接收发射指定的雷达回波,回波经每列R组件放大后经微波网络、二次混频放大、A/D变换后送入信号处理器。信号处理器经脉压、FFT及恒虚警等作目标检测,若发现目标,可发射确认波束再次判决,若为需检测目标,则启动跟踪

波束对目标进行跟踪；若未发现目标，则改变发射波位对既定空域扫描探测。垂直子阵的工作原理与水平子阵工作原理相同。搜索时，若可适当降低截获概率，从节省能量、降低辐射的角度出发可只工作水平子阵或垂直子阵，完成对既定空域的目标探测。跟踪时，可同时启动水平子阵和垂直子阵对重点目标进行照射跟踪，由于水平子阵方位波束宽度窄角度精度高、垂直子阵俯仰波束宽度窄角度精度高，经数据终端显控处理系统对水平子阵和垂直子阵数据高精度实时融合，实现对重点目标的方位、俯仰更高的测角精度。

[0016] 参阅图2。在二维频相扫小目标探测系统中，采用特种T字正交型的二维电扫三坐标体制，各组成部分均模块化，其中，水平子阵和垂直子阵可以各自为阵、独立工作。也可以采用分布式组合方式，利用雷达系统内多天线、多极化、多频点的数据信息融合，提高雷达的抗干扰能力和可靠性能，这样就可以通过改变天线单元放置方式，组成图a)所示水平子阵和垂直子阵极化方式相异的“**—**形”、“**L**形”、“**T**形”、“**Г**形”、“**Д**形”等组阵形式；也可组成图b)所示水平子阵和垂直子阵极化方式相同的“**||**形”、“**田**形”同为水平极化或垂直极化等灵活多变的组合形式，以便适应不同安装平台的需求。“—”型阵列为水平子阵或X子阵与垂直子阵或Y子阵正好翻转90°，且水平子阵列与垂直子阵的阵列方位和俯仰电扫范围均为60°。六个“T”字型阵列即可覆盖方位360°，俯仰0°~60°的空域。

[0017] 参阅图3。在二维频相扫小目标探测系统中，可以通过不同方式的组阵，实现不同空域覆盖。在采用可变组阵中，可以采用一至六个阵列组合，即可覆盖方位60°、120°、180°、240°甚至360°，俯仰0°~60°的空域。其中，图a)所示一个单阵可覆盖方位60°、俯仰60°的空域。图b)所示通过两个单阵斜边T字型组合，可覆盖方位120°、俯仰60°的空域，图c)所示三个单阵构成的二分之一六边形组合可覆盖方位180°、俯仰60°的空域，依次类推，可以组成图d)所示六个单阵组合构成的六边形阵列组合，实现全方位360°、俯仰60°空域覆盖。

[0018] 阵列天线主要由辐射单元、耦合器、慢波线及馈电网络组成，连接T/R组件，将T组件输出的射频信号在空间形成发射波束，同时接收目标回波至R组件。T/R组件连接阵列天线、波控器和微波网络，在发射脉冲期间把通过前级经微波网络馈送来的激励信号进行放大，由阵列天线向空间辐射，在接收期间经阵列天线把目标的反射回波信号进行低噪声放大接收。接收机连接微波网络、频率合成器和信号处理器，将来自微波网络的射频信号进行灵敏度时间控制、放大、滤波，下变频处理至中频，中频信号放大、数控衰减、滤波后送入模数转换器采样变换为数字信号，再送到现场可编程门阵列进行数字下变频处理，输出的数字I/Q信号通过小型可插拔光收发一体模块转换后，经光纤送给信号处理器。信号处理器连接接收机、时序和定时发生器和终端显控数据处理系统，由光纤数字合成单元、多波束形成与处理单元组成，接收接收机输出的信号，经光纤数字合成单元合成送入波束形成单元进行通道幅相校正系数计算、自适应波束形成权值计算完成通道的幅相校正、波束形成，数据经打包、分发送到信号处理板，完成数据的脉冲压缩、FIR滤波、恒虚警等功能后送至终端显控数据处理系统。时序和定时发生连接于波控器、频率合成器、信号处理器和终端显控数据处理系统之间，主要负责产生系统工作时序，及水平子阵和垂直子阵两个阵列之间的同步信号。

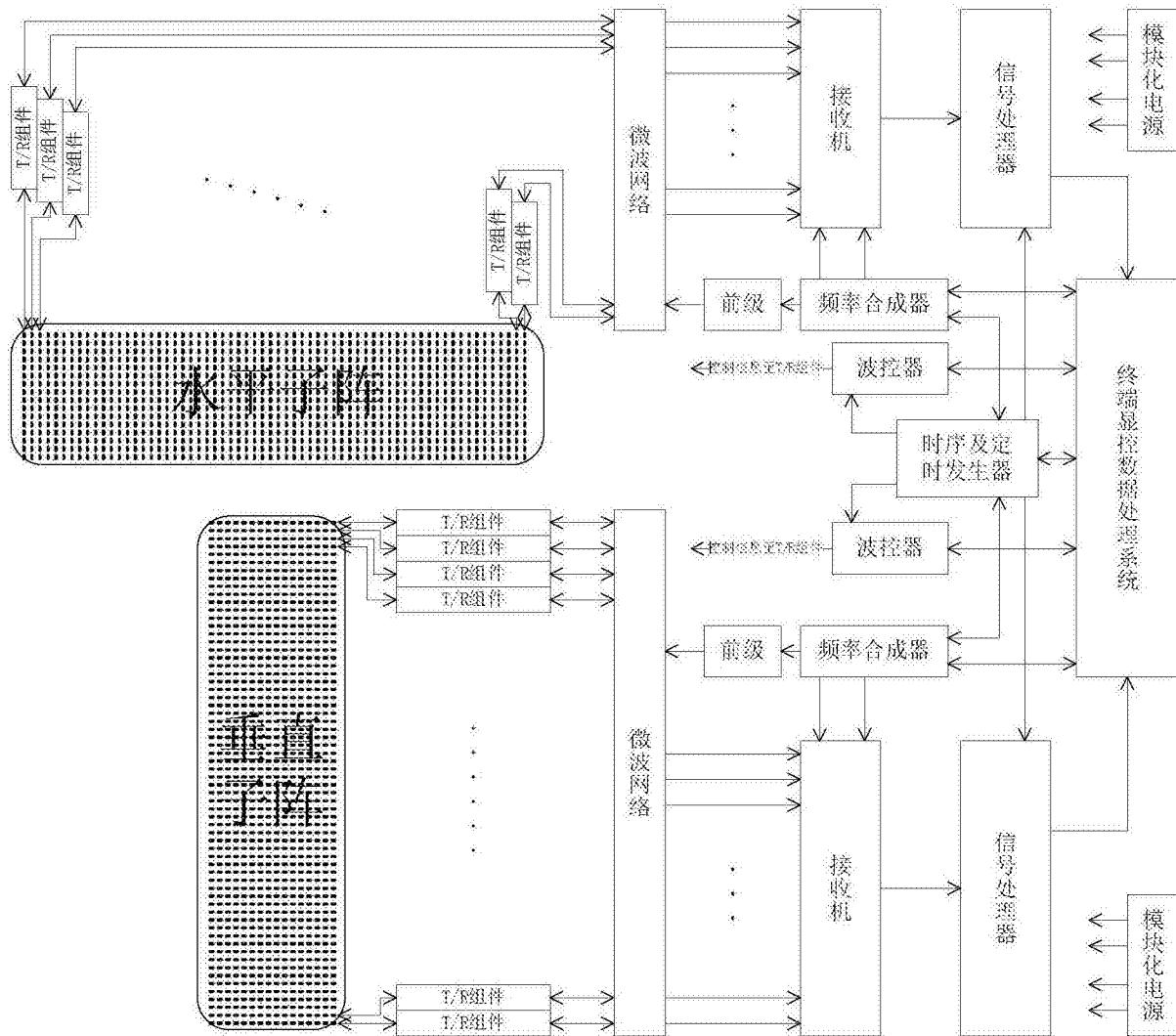


图1

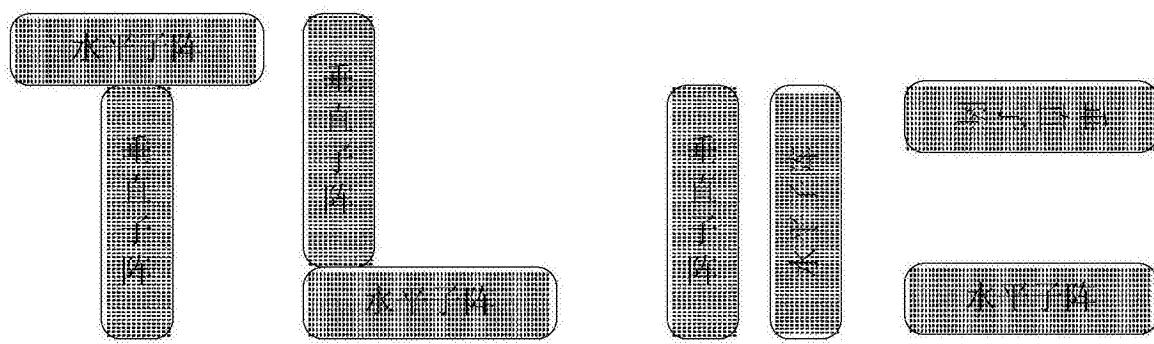


图2

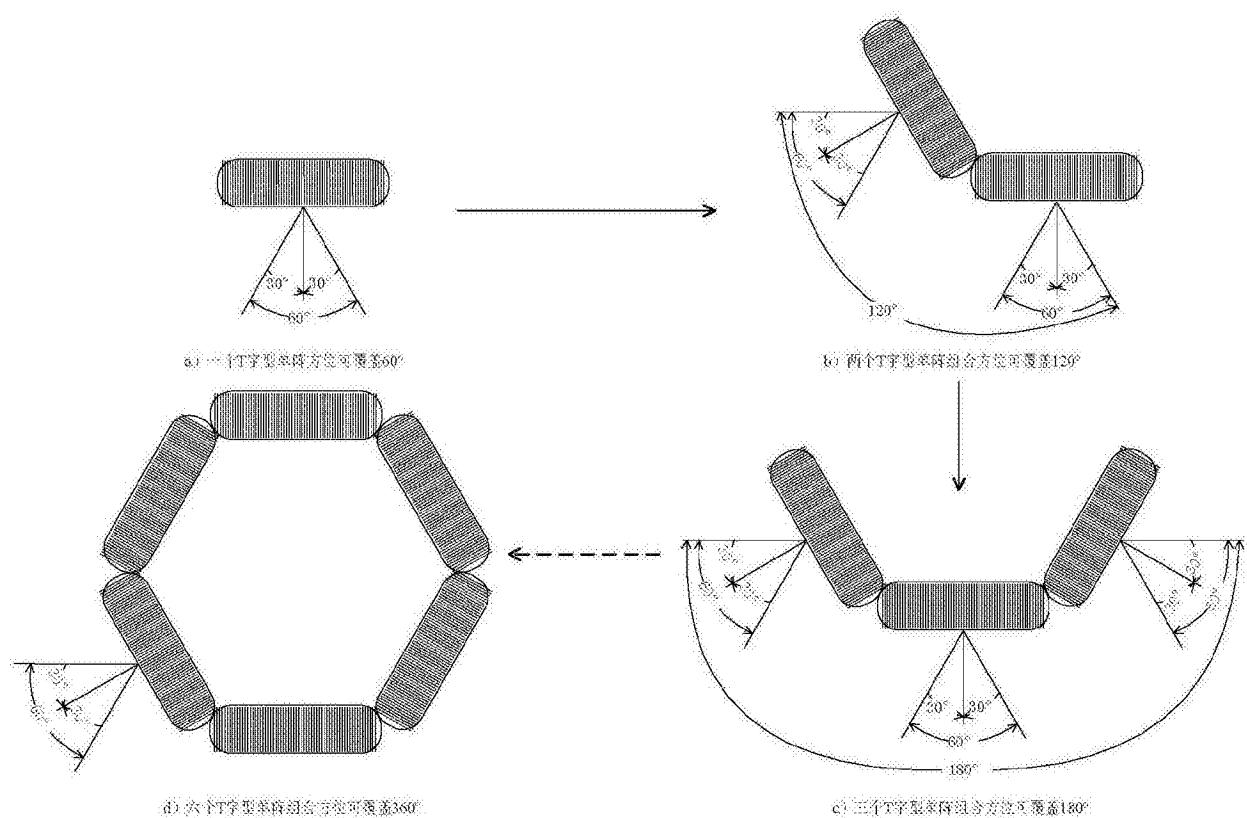


图3