



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 105022032 A

(43) 申请公布日 2015. 11. 04

(21) 申请号 201510401924. 7

(22) 申请日 2015. 07. 08

(71) 申请人 中国人民解放军 91388 部队  
地址 524000 广东省湛江市人民大道中 17 号

(72) 发明人 杜召平 刘百峰 罗坤 段建红  
赵珩 李斌 尚超

(74) 专利代理机构 广州市南锋专利事务所有限  
公司 44228

代理人 李慧

(51) Int. Cl.  
G01S 5/18(2006. 01)

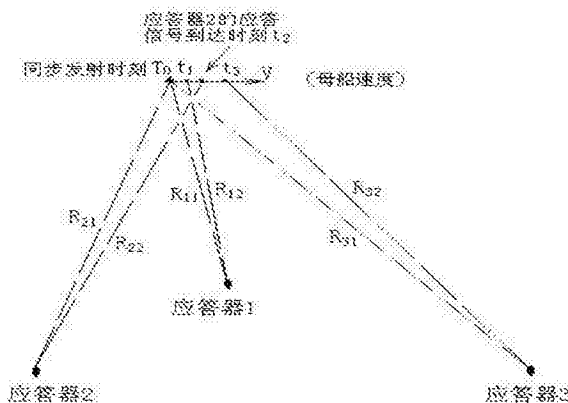
权利要求书1页 说明书5页 附图2页

(54) 发明名称

长基线导航定位系统绝对测阵测距修正方法

(57) 摘要

本发明公开了长基线导航定位系统绝对测阵测距修正方法,包括步骤:S1、测阵时,试验母船在 DGPS 的引导下,按航路航行到预定的数据录取点时发射测阵询问测距声脉冲,并获取所要应答器的测距值及测量船位置 DGPS 坐标数据;S2、记录声询问信号发射及接受点, a1、a2 分别为第一帧询问声信号发射点与接收点, b1、b2 分别为第二帧询问声信号发射点与接收点;S3、分别计算得到第一帧和第二帧水声收发机所测的声传播双程时延 t1、t2, 及第一帧和第二帧声信号往返所传播的实际距离 R<sub>11</sub>、R<sub>12</sub>、R<sub>21</sub>、R<sub>22</sub>。S4、代入导航软件根据空间交汇原理对应答器进行定位;S5、重复步骤S1至S4解算下一个应答器的位置,直到绝对测阵解算完毕。本发明通过对测距修正优化提出新的算法,提高测距精度。



1. 一种长基线导航定位系统绝对测阵测距修正方法,其特征在于,包括如下步骤:

S1、测阵时,试验母船在 DGPS 的引导下,按预定的航路航行到预定的数据录取点时发射测阵询问测距声脉冲,并获取所要应答器的测距值及测量船相应位置 DGPS 坐标数据;

S2、记录声询问信号发射及接受点,  $a_1$ 、 $a_2$  分别为第一帧询问声信号发射点与接收点,  $b_1$ 、 $b_2$  分别为第二帧询问声信号发射点与接收点;

S3、分别计算得到第一帧和第二帧水声收发机所测的声传播双程时延  $t_1$ 、 $t_2$ ,及第一帧声信号往、返所传播的实际距离  $R_{11}$ 、 $R_{12}$ ,以及第二帧声信号往、返所传播的实际距离  $R_{21}$ 、 $R_{22}$ 。

S4、代入导航软件根据空间交汇原理对应答器进行定位;

S5、重复步骤 S1 至 S4 解算下一个应答器的位置,直到绝对测阵解算完毕。

2. 根据权利要求 1 所述的长基线导航定位系统绝对测阵测距修正方法,其特征不在于:所述测量船上加装长基线系统的测距仪及询问声头,声头安装于测量船的海底门上,同时 GPS 天线安装在离升降机构水平距离最近的地方。

3. 根据权利要求 1 或 2 所述的长基线导航定位系统绝对测阵测距修正方法,其特征不在于:应答器的深度值预知按照如下步骤进行解算:①通过水池计量首先确定声头和水声收发机的接收时延及发射时延的预置、应答器的时延;②测阵时确定应答器的深度值及声速值;在水声收发机接收应答器信号有效的前提下,测得第一帧和第二帧水声收发机所测的声传播双程时延  $t_1$ 、 $t_2$ ,及第一帧声信号往、返所传播的实际距离  $R_{11}$ 、 $R_{12}$ ,以及第二帧声信号往、返所传播的实际距离  $R_{21}$ 、 $R_{22}$ ;③根据空间交汇原理对应答器进行定位。

4. 根据权利要求 3 所述的长基线导航定位系统绝对测阵测距修正方法,其特征不在于:应答器的深度值由深度传感器测得。

## 长基线导航定位系统绝对测阵测距修正方法

### 技术领域

[0001] 本发明属于水下目标定位的技术领域,具体涉及一种长基线导航定位系统绝对测阵测距修正方法。

### 背景技术

[0002] 目前,水下目标定位的长基线水声定位系统有两种,分别是浮标式和潜标式。浮标式水声定位系统的测量浮标均锚系于海底,会对水下目标的安全机动及拖曳式声纳的安全使用造成影响;潜标式系统由布放于海底的潜标阵和布放于测量区边缘的监测浮标共同完成水下目标的定位任务,对水下目标的安全机动影响最小。绝对测阵是潜标式长基线水下定位导航测量中不可或缺的环节,其精度直接影响导航定位精度。系统测阵时采用的是“询问—应答—接收”方式测距,根据空间交汇原理对应答器进行定位,由于测量母船有速度,导致发射和接收点分离,所测得的测距数据与实际距离存在偏差,从而影响定位的精度。

[0003] 上述论述内容目的在于向读者介绍可能与下面将被描述和/或主张的本发明的各个方面相关的技术的各个方面,相信该论述内容有助于为读者提供背景信息,以有利于更好地理解本发明的各个方面,因此,应了解是以这个角度来阅读这些论述,而不是承认现有技术。

### 发明内容

[0004] 本发明的目的在于避免现有技术中的不足而提供一种长基线导航定位系统绝对测阵测距修正方法,其在传统的长基线定位基础上,通过对测距修正算法进行近似优化提出新的算法公式,提高长基线系统进行绝对测阵、导航定位解算精度。

[0005] 本发明的目的通过以下技术方案实现:

[0006] 提供一种长基线导航定位系统绝对测阵测距修正方法,包括如下步骤:

[0007] S1、测阵时,试验母船在 DGPS 的引导下,按预定的航路航行到预定的数据录取点时发射测阵询问测距声脉冲,并获取所要应答器的测距值及测量船相应位置 DGPS 坐标数据;

[0008] S2、记录声询问信号发射及接受点, $a_1$ 、 $a_2$  分别为第一帧询问声信号发射点与接收点, $b_1$ 、 $b_2$  分别为第二帧询问声信号发射点与接收点;

[0009] S3、分别计算得到第一帧和第二帧水声收发机所测的声传播双程时延  $t_1$ 、 $t_2$ ,及第一帧声信号往、返所传播的实际距离  $R_{11}$ 、 $R_{12}$ ,以及第二帧声信号往、返所传播的实际距离  $R_{21}$ 、 $R_{22}$ 。

[0010] S4、代入导航软件根据空间交汇原理对应答器进行定位;

[0011] S5、重复步骤 S1 至 S4 解算下一个应答器的位置,直到绝对测阵解算完毕。

[0012] 其中,所述测量船上加装长基线系统的测距仪及询问声头,声头安装于测量船的海底门上,同时 GPS 天线安装在离升降机构水平距离最近的地方。

[0013] 其中,应答器的深度值预知按照如下步骤进行解算:①通过水池计量首先确定声

头和水声收发机的接收时延及发射时延的预置、应答器的时延；②测阵时确定应答器的深度值及声速值；在水声收发机接收应答器信号有效的前提下，测得第一帧和第二帧水声收发机所测的声传播双程时延  $t_1$ 、 $t_2$ ，及第一帧声信号往、返所传播的实际距离  $R_{11}$ 、 $R_{12}$ ，以及第二帧声信号往、返所传播的实际距离  $R_{21}$ 、 $R_{22}$ ；③根据空间交汇原理对应答器进行定位。

[0014] 其中，应答器的深度值由深度传感器测得。

[0015] 本发明的有益效果：本发明对长基线导航定位系统声学测距修正研究，对于长基线系统进行绝对测阵时，对测距进行优化，使得精度进行改进，可以提高长基线导航定位系统的精度，满足对水下目标进行高精度导航试验测控保障的需要。

## 附图说明

[0016] 利用附图对本发明作进一步说明，但附图中的实施例不构成对本发明的任何限制，对于本领域的普通技术人员，在不付出创造性劳动的前提下，还可以根据以下附图获得其它的附图。

[0017] 图 1 是测量斜距修正示意图。

[0018] 图 2 是  $T > t_1$  情况测距分析图。

[0019] 图 3 是  $T < t_1$  情况测距分析图。

## 具体实施方式

[0020] 为了使本领域的技术人员更好地理解本发明的技术方案，下面结合附图和具体实施例对本发明作进一步详细的描述，需要说明的是，在不冲突的情况下，本申请的实施例及实施例中的特征可以相互组合。

[0021] 本发明的核心在于提供一种长基线导航定位系统绝对测阵测距修正方法，其在传统的长基线定位基础上，通过对测距修正算法进行近似优化提出新的算法公式，提高长基线系统进行绝对测阵、导航定位解算精度。

[0022] 本发明所述的长基线导航定位系统绝对测阵测距修正方法，包括以下步骤：

[0023] S1、测阵时，试验母船在 DGPS 的引导下，按预定的航路航行到预定的数据录取点时发射测阵询问测距声脉冲，并获取所要应答器的测距值及测量船相应位置 DGPS 坐标数据；

[0024] S2、记录声询问信号发射及接受点， $a_1$ 、 $a_2$  分别为第一帧询问声信号发射点与接收点， $b_1$ 、 $b_2$  分别为第二帧询问声信号发射点与接收点；

[0025] S3、分别计算得到第一帧和第二帧水声收发机所测的声传播双程时延  $t_1$ 、 $t_2$ ，及第一帧声信号往、返所传播的实际距离  $R_{11}$ 、 $R_{12}$ ，以及第二帧声信号往、返所传播的实际距离  $R_{21}$ 、 $R_{22}$ 。

[0026] S4、代入导航软件根据空间交汇原理对应答器进行定位；

[0027] S5、重复步骤 S1 至 S4 解算下一个应答器的位置，直到绝对测阵解算完毕。

[0028] 所述测量船上加装长基线系统的测距仪及询问声头，声头安装于测量船的海底门上，同时 GPS 天线安装在离升降机构水平距离最近的地方，这样可减小由于航向测量精度带来的基准位置的偏差。

[0029] 应答器的深度值预知按照如下步骤进行解算：①通过水池计量首先确定声头和水

声收发机的接收时延及发射时延的预置、应答器的时延；②测阵时确定应答器的深度值及声速值，应答器的深度值由深度传感器测得。在水声收发机接收应答器信号有效的前提下，测得第一帧和第二帧水声收发机所测的声传播双程时延  $t_1$ 、 $t_2$ ，及第一帧声信号往、返所传播的实际距离  $R_{11}$ 、 $R_{12}$ ，以及第二帧声信号往、返所传播的实际距离  $R_{21}$ 、 $R_{22}$ ；③根据空间交汇原理对应答器进行定位。

[0030] 长基线水下定位导航系统绝对测阵利用“水声应答测距、空间球面交汇定位”原理进行工作，系统在静止情况下定位。由于在绝对测阵过程中，测阵母船是运动着的，而系统又是采用询问—应答方式测距，假定母船作匀速直线运动，由于系统采用“询问—应答”方式测距，故发射和接收不在同一点上，这样水声收发机所得到的测距数据实际上是两个不在同一直线的距离之和，如图 1 所示，即母船到应答器 1 的实测距离为  $(R_{11}+R_{12})/2$ ，而不是  $R_{11}$ ；同样母船到应答器 2 的实测距离为  $(R_{21}+R_{22})/2$ ，而不是  $R_{21}$ ，所以有误差。产生这种误差的原因是母船速度，速度越大则误差也越大，同时，各应答器检测并确认询问信号到发射应答声脉冲还有一定的时延，一般为 10～20 毫秒左右；水声收发机检测并确认应答信号的电路时延一般也有 4～8 毫秒。这些时延都将使得各测距值比母船到各应答器的实际距离要大，因此，必须对其进行修正，使各测距值统一归算到发射时刻母船到各应答器的距离。

[0031] 测阵公式如下：

$$[0032] \quad R_{ik} = C \cdot \left( \frac{R_{ik}^{\#}}{C^{\#}} + \frac{\tau^{\#}}{2} - \frac{\tau_0 + \tau_0' + \tau_i}{2} \right) - \vec{R}_{ik} \cdot \left( \frac{R_{ik}^{\#}}{C^{\#}} + \frac{\tau^{\#}}{2} - \frac{\tau_0 + \tau_0' + \tau_i}{2} \right)$$

$$[0033] \quad \vec{R}_{ik} = \frac{R_{ik} - R_{ik-1}}{T} \quad (1)$$

[0034] 式中：

[0035]  $R_{ik}$ ——第  $K$  帧发射时刻母船到应答器  $i$  的距离；

[0036]  $\vec{R}_{ik}$ ——第  $K$  帧发射时刻母船对应答器的径向速度；

[0037]  $C$ ——平均声速；

[0038]  $R_{ik}^{\#}$ ——第  $K$  帧水声收发机通道  $i$  的测距读数；

[0039]  $R_{ik-1}$ ——第  $K-1$  帧发射时刻母船到应答器  $i$  的距离；

[0040]  $C^{\#}$ ——水声收发机的预置声速（通常为折算后的平均声速）；

[0041]  $\tau^{\#}$ ——水声收发机的预置时延（通常设为 0）；

[0042]  $\tau^0$ ——声头和水声收发机的接收时延（可通过试验前计量得知）；

[0043]  $\tau_0'$ ——声头和水声收发机的发射时延（可通过试验前计量得知）；

[0044]  $\tau_i$ ——应答器  $i$  的时延（可通过试验前计量得知）。

[0045] 以一个目标应答器为例，对测距过程进行分析，测距分析图如图 2 和图 3 所示。其中  $o$  为目标应答器， $a_1$ 、 $a_2$  分别为第一帧询问声信号发射点与接收点， $b_1$ 、 $b_2$  分别为第二帧询问声信号发射点与接收点， $T$  为声信号发射周期， $t_1$ 、 $t_2$  分别为第一帧和第二帧水声收发机所测的声传播双程时延， $R_{11}$ 、 $R_{12}$ 、 $R_{21}$ 、 $R_{22}$  分别为第一帧和第二帧声信号往返所传播的实际距离。

[0046] 根据测距修正原理及测距分析图，可以得到：

[0047]  $R_1^{\#} = (R_{11} + R_{12}) / 2 = C \cdot t1 / 2$

[0048]  $R_2^{\#} = (R_{21} + R_{22}) / 2 = C \cdot t2 / 2$  (3)

[0049]  $R_1^{\#}$  ——第一帧声信号水声收发机的测距读数；

[0050]  $R_2^{\#}$  ——第二帧声信号水声收发机的测距读数。

[0051]  $R_1^{\#}$ 、 $R_2^{\#}$  均为图 2 中虚线所示,如果直接用于计算径向速度势必造成较大误差。

[0052] 将 (1) 式中

[0053]  $\vec{R}_{iK} = \frac{R_{iK} - R_{iK-1}}{T}$

[0054] 应用在图 2 中,可以等效于

[0055]  $\vec{R}_{12} = \frac{R_{21} - R_{11}}{T}$  (4)

[0056] 而通过水声收发机测距所反映出来的数据只是  $R_1^{\#}$  和  $R_2^{\#}$ , 并不能得到真实的  $R_{21}$  和  $R_{11}$ 。根据图 2 中的时间关系,可以得到以下结论:

[0057] a1、a2 间的时间为 t1, b1、b2 间的时间为 t2, a1、b1 间的时间为 T, 则有 a2、b2 间的时间为 T-t1+t2, 这样用 (3) 式可以得出如下等式:

[0058]  $R_2^{\#} - R_1^{\#} = (C \cdot t2 - C \cdot t1) / 2$  (5)

[0059] 整理后得到:

[0060]  $R_{21} - R_{11} + R_{22} - R_{12} = C \cdot t2 - C \cdot t1$  (6)

[0061] 如果将给上式两边同除以一个 T, 并将 (4) 式代入即:

[0062]  $\vec{R}_{12} + \frac{R_{22} - R_{12}}{T} = \frac{C \cdot t2 - C \cdot t1}{T}$  (7)

[0063] 由于 a2、b2 两个接收点间隔时间为 T-t1+t2, 同时两测量点临近, 母船以匀速直线方式运动, 可以把这个过程中母船对应答器的径向速度看做常量, 记作  $\vec{R}$ , 则有:

[0064]  $\vec{R} = \frac{C \cdot (t2 - t1)}{2T - t1 + t2}$

[0065] 由于水声收发机直观反映出的是  $R_1^{\#}$  和  $R_2^{\#}$ , 将 (3) 式代入  $\vec{R}$ , 得到

[0066]  $\vec{R} = \frac{R_2^{\#} - R_1^{\#}}{C \cdot T + R_2^{\#} - R_1^{\#}}$  (8)

[0067] (8) 式通用的描述可以表示为

[0068]  $\vec{R}_{iK} = C \cdot \left( \frac{R_{iK+1}^{\#} - R_{iK}^{\#}}{C \cdot T + R_{iK+1}^{\#} - R_{iK}^{\#}} \right)$  (9)

[0069] 同理, 图 3 推导出来的公式与 (9) 式形式相同。

[0070] 可见, 采用本发明长基线导航定位系统绝对测阵测距修正方法, 对长基线导航系

统进行绝对测阵时,在相同的因素影响下,改进的测距修正公式在理论上能够有效地减小误差,对长基线系统的测阵和导航的定位解算精度有一定程度的改进,具有良好的工程推广应用价值,对其他水声定位系统的测距修正也具有借鉴意义。

[0071] 上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的方式来实施,因此,不能理解为对本发明保护范围的限制。

[0072] 总之,本发明虽然例举了上述优选实施方式,但是应该说明,虽然本领域的技术人员可以进行各种变化和改型,除非这样的变化和改型偏离了本发明的范围,否则都应该包括在本发明的保护范围内。

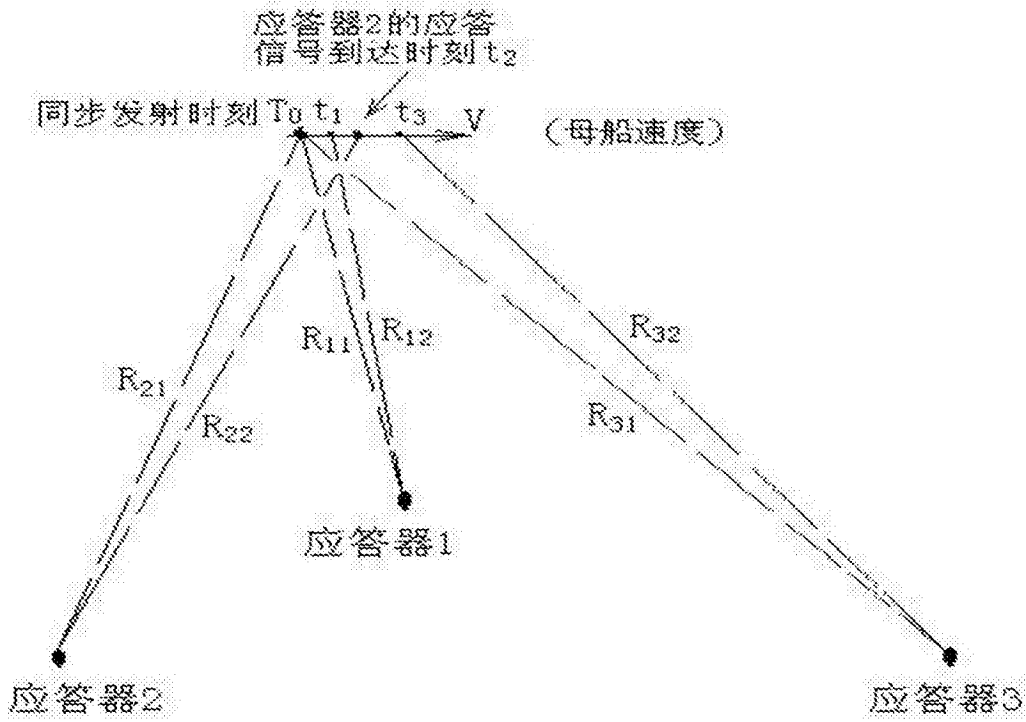


图 1

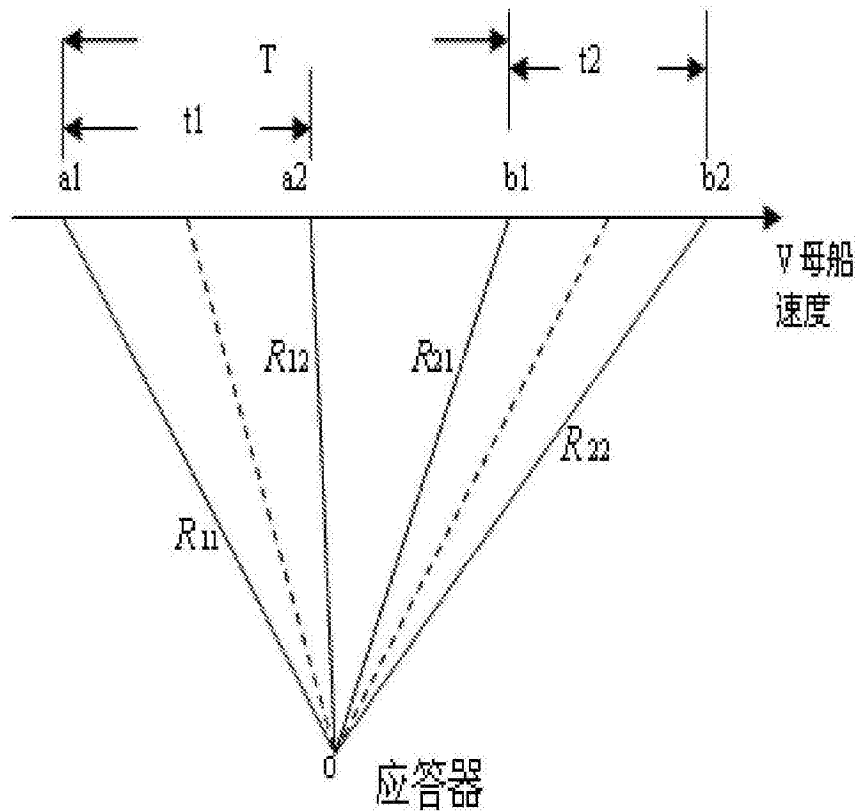


图 2



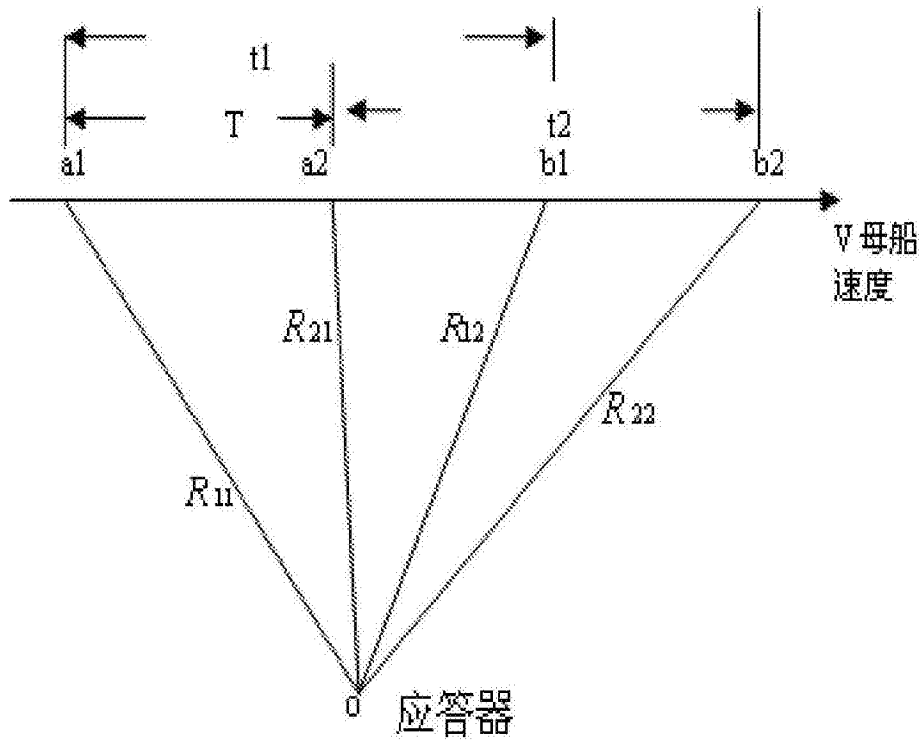


图 3