

[19] 中华人民共和国国家知识产权局



[12] 发明专利申请公布说明书

[21] 申请号 200910039374.3

[51] Int. Cl.

G01S 15/66 (2006.01)

G01S 7/52 (2006.01)

G01S 15/58 (2006.01)

[43] 公开日 2009 年 10 月 28 日

[11] 公开号 CN 101566691A

[22] 申请日 2009.5.11

[21] 申请号 200910039374.3

[71] 申请人 华南理工大学

地址 510640 广东省广州市天河区五山路 381
号

[72] 发明人 韦 岗 曾令创 宁更新

[74] 专利代理机构 广州市华学知识产权代理有限公司

代理人 李卫东 黄 磊

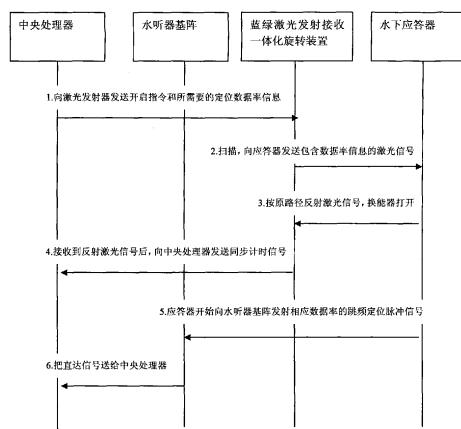
权利要求书 2 页 说明书 8 页 附图 6 页

[54] 发明名称

一种水下目标跟踪定位方法及系统

[57] 摘要

本发明为一种水下目标跟踪定位方法，包括步骤：中央处理器向蓝绿激光发射接收一体化可旋转装置发送开启指令和所需定位数据率信息；扫描水下应答器，并发送含数据率信息的激光信号；水下应答器按原路径反射激光信号，换能器打开；接收到反射激光信号后，向中央处理器发送同步计时信号，中央处理器开始计时；水下应答器根据数据率信息向水听器发射相应数据率的周期跳频脉冲信号；水听器将直达信号发给中央处理器；中央处理器计算距离信息、进行坐标校正、计算水下应答器坐标。本发明还涉及一种水下目标跟踪定位系统。本发明采用蓝绿激光同步对时和水声跳频机制分别解决了现有短基线水声定位系统中所存在的同步误差和多径干扰的问题。



1. 一种水下目标跟踪定位方法，其特征在于包括以下步骤：

步骤 1，由中央处理器向蓝绿激光发射接收一体化可旋转装置发送开启指令和所需要的定位数据率信息；

步骤 2，蓝绿激光发射接收一体化可旋转装置扫描水下应答器，并向应答器发送包含数据率信息的激光信号；

步骤 3，水下应答器按原路径向蓝绿激光发射接收一体化可旋转装置反射激光信号，换能器打开；

步骤 4，绿激光发射接收一体化可旋转装置接收到反射激光信号后，向中央处理器发送同步计时信号，中央处理器启动同步时钟，开始计时；

步骤 5，水下应答器根据激光信号所包含的数据率信息，向水听器发射相应数据率的周期跳频脉冲信号；

步骤 6，水听器将周期跳频脉冲信号中的直达信号发给中央处理器；

步骤 7，中央处理器根据直达信号，计算距离信息；根据角度测量仪的信号，进行坐标校正；再根据深度传感器的数据，计算出水下应答器的坐标。

2. 根据权利要求 1 所述的水下目标跟踪定位方法，其特征在于：步骤 5 所述跳频脉冲信号的脉冲规律为：以周期 T 发送水声跳频脉冲信号，以 n 个周期 T 作为一帧；在一帧内，每个周期信号的频率浮动在以 f_0 为中心的一个区域内，所发送的相邻两个跳频脉冲信号的频率间隔至少相差 $2\Delta f$ 。

3. 一种根据权利要求 1 所述方法的水下目标跟踪定位系统，包括信号连接的水声基阵和水下应答器，其特征在于：所述水声基阵包括多面体基架、中央处理器、显示装置和设置在多面体基架底面上的深度传感器、至少一个角度测量仪、至少一个水听器，以及设置在水听器下方的蓝绿激光发射接收一体化可旋转装置，中央处理器分别与深度传感器、角度测量仪、水听器、蓝绿激光发射接收一体化可旋转装置信号连接；所述水下应答器包括依次信号连接的蓝绿激光接收反射装置、控制中心、跳频器和水声换能器；蓝绿激光接收反射装置所反射的激光信号为蓝绿激光发射接收一体化可旋转装置所发射的激光信号；跳频器所产生的水声跳频脉冲信号由水声换能器向水听器发送，且脉冲周期 T 受激光信号控制。

4. 根据权利要求 3 所述的水下目标跟踪定位系统，其特征在于：所述多面体基架为正四面体基架，基架底面三个角分别放置着一个水听器，三个水听器

组成与中央处理器连接的水听器基阵；跳频器所产生的水声跳频脉冲信号由水声换能器向水听器基阵发送。

5. 根据权利要求 4 所述的水下目标跟踪定位系统，其特征在于：所述水声基阵还包括信号连接的前置放大器、水听器基阵处理单元，其中前置放大器与水听器基阵连接，水听器基阵处理单元与中央处理器连接。

6. 根据权利要求 4 所述的水下目标跟踪定位系统，其特征在于：所述蓝绿激光发射接收一体化可旋转装置包括蓝绿激光发射器和蓝绿激光接收器，其中蓝绿激光接收器包括激光接收天线、连接在激光接收天线与中央处理器之间的光敏器件；所述蓝绿激光接收反射装置包括依次连接的激光接收天线、光敏器件、激光放大器、激光反射器，其中光敏器件与控制中心连接。

7. 根据权利要求 4 所述的水下目标跟踪定位系统，其特征在于：所述水声跳频脉冲信号的脉冲规律为：以周期 T 发送水声跳频脉冲信号，以 n 个周期 T 作为一帧；在一帧内，每个周期信号的频率浮动在以 f_0 为中心的一个区域内，所发送的相邻两个跳频脉冲信号的频率间隔至少相差 $2\Delta f$ 。

8. 根据权利要求 4 所述的水下目标跟踪定位系统，其特征在于：所述角度测量仪为姿态检测装置；所述深度传感器为水压传感器。

一种水下目标跟踪定位方法及系统

技术领域

本发明涉及通信领域，更具体地说，涉及一种水下目标跟踪定位方法及系统。

背景技术

水声定位系统主要指的是用于局部区域物体的跟踪定位或轮船的导航系统。水声定位系统根据基元（接收器或询问器）之间的距离，可分为长基线系统、短基线系统和超短基线系统。

公开号为 CN101246215A、公开日为 2008 年 8 月 20 日的中国发明专利申请，是基于长基线定位系统，由差分 GPS 基准站、水下收发机、GPS 浮标和船基控制中心组成，通过水下收发机的信号到各个 GPS 浮标（至少 4 个）的时间差来算出到各点的距离，从而得出水下目标的具体位置。这种技术缺点是由于基元距离大（一般要求在几百到上千米），位置数据的更新率较低，达到分钟级；基元的布放、校准和回收需要较长的时间，且这些作业过程较为复杂。一般适合于固定的水下区域进行定位导航，如水下施工、海底电缆铺设等。而对非固定区域，如蛙人水下定位，由于基元布置的困难、位置数据更新率低，这种技术一般不适用。

传统的短基线同步定位系统的同步对时，是采用水声询问和应答方式完成的。短基线的基元一般安装在母船上或者是便携式基架上，基元向水下应答器发送询问信号，水下应答器接收到询问信号后，以另一频率发回应答信号。应答器在收到询问信号后开始计时，而水上基元的时钟则由应答信号到达的时刻减去二分之一“询问-应答”时间。母船基元检测水下应答器的应答信号，计算水下应答器到各个基元的距离，从而得出水下应答器相对于母船的坐标。由于基元间的距离较短，一般采用同步信标的方式；而由于发送和接收的同步时钟使用水声信号之间的传输确定，水声信号传输速度慢，在信号传输过程中基元和应答器之间可能发生相对运动，所以同步时刻的选取存在着一定的误差，即同步误差。同步误差是影响定位系统精确度的一个重要因素。

水声定位系统中的应答器周期性的向各个基元发射脉冲，必须解决的一个问题是距离模糊问题。在同步信标式系统中，信标以周期 T 发射声脉冲，其非模糊距离为 cT 。当信标和接收器的距离 $R \leq cT$ 时，可算出目标距离。但当 $R > cT$ 时，第一帧的发射信号经传播后落入第二帧，造成观察者不知道真正的传播时间。结果可能将距离算错，这就是距离模糊。增大信标的发射信号周期可以扩大非模糊距离，例如信标发射信号周期 T 增加 n 倍，那么非模糊距离也会相应增加 n 倍。但是这样会降低数据速率，对于高速运动的目标，这种方法显然不适应。

在深海环境中，多径的效果不明显，在跟踪定位时无需进行过多的考虑。而在浅海时，水声的多途特征最为明显。例如，100m深的均匀浅海，收发置于50m深度，相距10km，在等温正梯度水文条件下，将冲击脉冲响应函数首先达到的声脉冲归一化且时延归零，则其后的第一反射声幅度为-0.98，时延1.379ms，第二反射声幅度为0.92，时延为5.517ms。第三反射声幅度为-0.893，时延为12.44ms...，至少有9个途径是重要的，总时延67.59ms。由此可见，在浅海中，由于反射声脉冲的幅度跟直达声的幅度相差不大，所以想直接从幅度上进行区别的难度较大。而目前常用的方法是时间窗法——估计直达信号到达的时间，在该时间段内接收器开启，接收信号，而在时间段，接收器关闭，避开其他信号。这种方法对运动速度慢，数据率低的定位系统，是行之有效的。而对高速运动的物体，定位数据率较高，直达的信号会和上一个信号的反射信号重叠，在时间窗内接收到的信号可能不止一个。若时间窗过小，就不能保证接收到有效的直达信号。

在以往定位系统中，应答器往往发送单一的水声频率信号。模糊距离问题和多径传输问题都无法克服。特别是在浅海反射比较严重和噪声源比较多的情况下，很容易造成定位的误差。对于高速运动物体，传输的路径变化快，必须采取高的数据率，才能够对运动轨迹进行描绘。高数据率造成非模糊距离缩短，运动物体超出了非模糊距离的范围时，系统的跟踪定位就会出现多解的情况。为此，要想在浅海中对高速运动的物体进行定位跟踪，必须采取有效的抗多径方式。

对于高速运动的物体，为了对其运动轨迹进行较全面的描绘，就必须采用同步信标的方式，同时提高同步信标发送定位数据的更新率。而当数据更新率提高时，当收发装置的距离大于一个周期脉冲所传输的距离时，上一个脉冲信号就会落入到下一个时钟周期进行检测，造成测量距离出现多值。所以，在避免测量距离出现多值和提高定位数据更新率上存在矛盾。

相比于在深海区，水声信号在浅海区传输有严重的多径问题，直达信号和

反射信号之间的功率相差不大，很难从功率上加以区别。可见，传统的定位系统发送单脉冲的方式难以解决浅海区的多径问题。

发明内容

针对现有短基线水声定位系统中所存在的缺陷与不足，本发明的首要目的在于提供一种水下目标跟踪定位方法，采用蓝绿激光同步对时和水声跳频机制分别解决了现有短基线水声定位系统中所存在的同步误差和多径干扰的问题。

本发明的另一目的在于提供一种水下目标跟踪定位系统。

本发明采用如下技术方案实现上述首要目的：一种水下目标跟踪定位方法，包括以下步骤：步骤1，由中央处理器向蓝绿激光发射接收一体化可旋转装置发送开启指令和所需要的定位数据率信息；步骤2，蓝绿激光发射接收一体化可旋转装置扫描水下应答器，并向应答器发送包含数据率信息的激光信号；步骤3，水下应答器按原路径向蓝绿激光发射接收一体化可旋转装置反射激光信号，换能器打开；步骤4，绿激光发射接收一体化可旋转装置接收到反射激光信号后，向中央处理器发送同步计时信号，中央处理器启动同步时钟，开始计时；步骤5，水下应答器根据激光信号所包含的数据率信息，向水听器发射相应数据率的周期跳频脉冲信号；步骤6，水听器将周期跳频脉冲信号中的直达信号发给中央处理器；步骤7，中央处理器根据直达信号，计算距离信息；根据角度测量仪的信号，进行坐标校正；再根据深度传感器的数据，计算出水下应答器的坐标。

本发明采用如下技术方案实现上述另一目的：一种水下目标跟踪定位系统，包括信号连接的水声基阵和水下应答器，其特征在于：所述水声基阵包括多面体基架、中央处理器、显示装置和设置在多面体基架底面上的深度传感器、至少一个角度测量仪、至少一个水听器，以及设置在水听器下方的蓝绿激光发射接收一体化可旋转装置，中央处理器分别与深度传感器、角度测量仪、水听器、蓝绿激光发射接收一体化可旋转装置信号连接；所述水下应答器包括依次信号连接的蓝绿激光接收反射装置、控制中心、跳频器和水声换能器；蓝绿激光接收反射装置所反射的激光信号为蓝绿激光发射接收一体化可旋转装置所发射的激光信号；跳频器所产生的水声跳频脉冲信号由水声换能器向水听器发送，且脉冲周期T受激光信号控制。

所述多面体基架为正四面体基架，基架底面三个角分别放置着一个水听器，三个水听器组成与中央处理器连接的水听器基阵；跳频器所产生的水声跳频脉冲信号由水声换能器向水听器基阵发送。

所述水声基阵还包括信号连接的前置放大器、水听器基阵处理单元，其中

前置放大器与水听器基阵连接，水听器基阵处理单元与中央处理器连接。

所述蓝绿激光发射接收一体化可旋转装置包括蓝绿激光发射器和蓝绿激光接收器，其中蓝绿激光接收器包括激光接收天线、连接在激光接收天线与中央处理器之间的光敏器件；所述蓝绿激光接收反射装置包括依次连接的激光接收天线、光敏器件、激光放大器、激光反射器，其中光敏器件与控制中心连接。

所述水声跳频脉冲信号的脉冲规律为：以周期 T 发送水声跳频脉冲信号，以 n 个周期 T 作为一帧；在一帧内，每个周期信号的频率浮动在以 f_0 为中心的一个区域内，所发送的相邻两个跳频脉冲信号的频率间隔至少相差 $2\Delta f$ 。

本发明的作用原理为：

一、采用蓝绿激光同步对时，精确跟踪定位。水声基阵的蓝绿激光发射器采用全方位扫描方式，而在水下应答器安装蓝绿激光接收反射装置。在激光信号扫描到水下应答器表面时，水下应答器接收激光信号，开启时钟。同时，把一部分的激光信号按原路径返回到水面蓝绿激光接收器。水声基阵的蓝绿激光接收器在接收到反射信号后，也开始计时。

由于光在水下的传输速度约为 22.5 万公里每秒，而水声在空气中的传输速度约为 1.5 公里每秒。两者相差 10^5 数量级。所以在短距离内，光传输的时间相对于声音的传输时间可以忽略不计。如传输 450m 的距离，声音需要 0.3 秒，而光仅需要 2 微秒。两者的同步时钟误差极小，测量的精度也将大大提高。同时，水声基阵的蓝绿激光接收器可以检测出反射光的角度，可及时判断出水下应答器的大概方位。

如果是用于对静止物体位置的确定，可以采取单激光器和单水听器双模方式精确得出具体位置。而对于运动物体，特别是高速运动物体，如鱼雷、水下潜水员和水下机器人等，由于运动区域可能超过蓝绿激光所能到达的范围，采用多基元的方式（如多个水听器）也可以精确跟踪定位。

二、基于蓝绿激光的数据率控制和水声跳频机制，解决多径干扰问题。本发明提出了发射周期跳频脉冲信号的方式。在蓝绿激光确定同步开启信号后，水下应答器按一定规律向水听器基阵发送周期跳频脉冲信号，这样使得同频率的定位信号间隔时间拉大，有利于水听器基阵对直达信号和非直达信号的判别。水听器基阵接收跳频脉冲信号并保存后，选择其中的直达信号，剔除后续到达的反射信号，并将直达信号传输给中央处理器，由中央处理器根据直达信号计算距离信息。同时，水声跳频机制也使得系统在不降低数据率的情况下，扩大非模糊距离。

对水下运动物体，当运动速度快时，为了能对其轨迹进行准确检测，需要较大的定位数据率；而当运动速度较慢时，定位数据率无需过大。为了根据需要调整数据率，发射不同频率的蓝绿激光信号代表不同的数据率要求，应答器在收到该频率的蓝绿激光信号后，按其要求发送相应的数据率定位跳频脉冲信号。这样能有效利用系统资源。

由以上技术方案和作用原理可知，相对于现有技术，本发明具有如下优点：

1、同步对时精准，提高了短基线系统的定位精确度。系统采取了激光对时，克服了传统短基线定位系统采取水声对时不精准的问题，提高了系统定位和跟踪的精确度。

2、蓝绿激光应答系统，实现了对水下应答器数据率的控制。激光“询问-应答”机制可根据物体运动的快慢，向水下应答器发送指令，调整定位数据率。对于低速运动的物体，激光信号命令水下应答器采取低的数据率；对于高速运动的物体，激光信号命令系统采取高的数据率。

3、应答器发送跳频定位信号，解决了位置模糊的问题，解决了现有技术中定位多解的问题，能用于水下高速运动物体的轨迹跟踪。

4、跳频定位系统也克服了浅海区水声多径干扰严重的问题，能够快速的区分直达信号和反射信号，适合于浅海等水声信道较为复杂的场景。

附图说明

图 1 是便携式水声定位设备和水下应答器设备整体结构示意图；

图 2 是水声基阵的内部结构模块图；

图 3 是水下应答器的内部结构模块图；

图 4 是本发明实施例中跟踪定位的时序图；

图 5 是本发明中水声基阵的中央处理器的工作流程图；

图 6 是本发明中水下应答器的控制中心的工作流程图；

图 7a 是水下应答器在时间轴上的跳频规律示意图；

图 7b 是跳频脉冲信号的频率分布示意图。

具体实施方式

下面结合实施例及附图对本发明作进一步详细的描述，但本发明的实施方式不限于此。

如图 1 所示，本发明系统主要由水声基阵和水下应答器组成。图 2 所示为水声基阵的内部结构模块图，由图 2 可知，水声基阵包括基架 11、水听器基阵

12、蓝绿激光发射接收一体化可旋转装置 13、水压传感器 14、姿态检测装置 15、中央处理器 16、显示装置 17。水听器基阵 12 通过前置放大器 19 与水听器基阵处理单元 18 连接，中央处理器 16 分别与水听器基阵处理单元 18、水压传感器 14、姿态检测装置 15、显示装置 17、蓝绿激光发射接收一体化可旋转装置 13 连接。蓝绿激光发射接收一体化可旋转装置 13 设置于水听器基阵下方，如图 2 所示，它主要由蓝绿激光发射器 130、激光接收器和旋转装置组成，其中激光接收器包括激光接收天线 131 和光敏器件 132；可以 360°旋转扫描，捕捉水下应答器。而基架 11 是由不锈钢管组成的正四面体，正四面体的底面三个角分别放置着一个水听器，三个水听器组成水听器基阵 12。以下分别对图 2 的各个模块进行说明：

蓝绿激光发射器 130：海洋中存在一个类似于大气中存在的透光窗口，即海水对波长在 0.47-0.58μm 波段内的蓝绿光比对其他光波段的衰减要小很多，可以用于水下目标的测量和通信。YAG 倍频蓝绿激光器是目前最成熟、最实用的器件，由于其峰值功率高、脉宽窄、寿命长、转换效率较高、体积小、重量轻、稳定性好、不怕冲击和振动等优点，满足在本发明中的需求。激光发射器根据中央处理器发送过来的不同数据率的要求，也向水下应答器发送不同频率的激光信号，水下应答器收到该频率后，会按该数据率要求发送相应的水声跳频脉冲信号。

蓝绿激光接收器：由激光接收天线 131 和光敏器件 132 组成。在激光接收天线 131 的前端置有凸透镜，凸透镜的焦点处设置有光敏器件 132。入射光线经凸透镜聚焦以后，入射到光敏器件 132，这样可以提高激光接收器的灵敏度。

姿态检测装置 15：在大海上，由于波浪等的原因，母船本身可能会有摇摆，造成了水下基阵的摇摆。而基阵自身在水下也有可能受水流的影响而偏离水平面。为使水下应答器相对于以接收基架为中心，必须对位置加以修正。安装在基架 11 底面上的两个姿态检测装置 15，就是作为角度测量仪，用于测量基架在水中的实时倾斜角度的。在本实施例中，姿态检测装置采用姿态传感器。两个姿态检测装置 15 的数据送到中央处理器 16，用于坐标校正。

水压传感器 14：作为深度传感器，安装在基架 11 底面上，用于检测水下基阵的深度，把数据发送到中央处理器 16，这样做的目的是把水下应答器相对于水听器基阵 12 的坐标转化为对船的坐标。

水听器基阵处理单元 18：连接在前置放大器 19 与中央处理器 16 之间；用于检测各个水听器所收到的脉冲信号为直达信号还是非直达信号，并把直达信号时间送给中央处理器 16。水下应答器接收到激光发射器的信号后，时钟开始

计时，并按原路径反射回信号。激光接收器收到反射信号后，也开始计时。由于光速在水中的传输速度极快，在较短的距离内可以忽略不计（如传输 450m 的距离，光仅需要 2 微秒）。两者的同步时钟误差极小。测量的精度也将大大提高。

中央处理器 16：在开启阶段，根据外在控制器的要求，会向蓝绿激光发射接收一体化可旋转装置 13 发送不同频率的信号请求，蓝绿激光发射器 130 根据不同请求发送不同的激光脉冲给水下应答器。在信号处理阶段，根据水听器基阵处理单元 18 所发送过来的直达信号时间，和自身的时间进行比较，就可以得出物体与各个水听器的距离。根据基阵姿态检测装置 15 发送过来的倾角，对基阵坐标进行实时校正，得到应答器的坐标。再根据水压传感器 14 得到的水深数据，就可以得到应答器相对于船底的坐标。对各个时间的坐标进行描绘，就可以得到物体的运动轨迹。

图 3 是水下应答器的内部结构模块图。如图 1 和图 3 所示，水下应答器包括蓝绿激光接收反射装置 21、控制中心 22、跳频器 24 和水声换能器 23。其中蓝绿激光接收反射装置 21 包括激光接收器、激光反射器 213，激光反射器 213 前置有激光放大器 211；激光接收器检测到的微弱信号经过激光放大器 211 的放大后，按原路径反射回图 2 中蓝绿激光发射接收一体化可旋转装置 13 的激光接收器上。图 3 的激光接收器和图 2 所示的激光接收器相同，也是由激光接收天线 210 和光敏器件 212 组成。激光接收器收到激光信号后，把激光信号所包含的数据率信息发给控制中心 22；在控制中心 22 的控制下，水声换能器 23 向水听器基阵 12 发送由跳频器 24 所产生的对应数据率的水声跳频脉冲信号。跳频器 24 所产生的脉冲规律如图 7 所示，其中，周期 T 由激光信号控制。当激光接收器再次接收到蓝绿激光发射器 130 发送过来的信号后，控制中心 22 判断该信号的信息，如果是改变数据率的信息，则做出相应的变化，如果是关闭命令，则命令跳频器 24 和水声换能器 23 进入休眠状态，等候下一个开启信号。

为了满足跟踪高速运动物体的需要，水下应答器发送水声跳频脉冲信号。在收到激光开启信号后，以周期 T 发送水声跳频脉冲信号，以 n 个周期 T 作为一帧。在一帧内，每个周期信号的频率浮动在以 f_0 为中心的一个区域内，区域的大小可以根据抗多径的需要来调节，所发送的相邻两个跳频脉冲信号的频率间隔至少相差 $2\Delta f$ ；跳频规律具体如图 7a 所示，在一帧内，第一个周期的频率为 f_0 ，第二个周期的频率为 $f_0+2\Delta f$ ，第三个周期的频率为 $f_0-\Delta f$ ，第四个周期的频率为 $f_0+\Delta f$ …，一帧内包含的周期数 n 根据克服多径的需要来确定。水听器可以在第一次收到某一频率信号，当其为直达信号，在小于 nT 时间内达到的该频率信号都予以舍弃。在 nT 时间后达到的该频率信号，如果是反射信号，由于是

经过多次反射的，该信号会变得相当的微弱，控制中心 22 能清楚的分辨出。

图 4 表示出了系统在开始跟踪定位的时序图，图 5 和图 6 分别显示了水声基阵的中央处理器的处理流程图和水下应答器的控制中心的处理流程图。本发明实施水下目标定位的主要步骤如下：

开始跟踪：如图 4、5 所示，中央处理器向蓝绿激光发射接收一体化可旋转装置发送开启指令，开启指令中包含所需的数据率信息。蓝绿激光发射接收一体化可旋转装置开始旋转扫描水下应答器，发送包含着数据率信息的激光信号。当扫描到水下应答器后，水下应答器按原路径反射该激光信号，同时水下换能器打开。蓝绿激光发射接收一体化可旋转装置接收到反射激光信号后，向中央处理器发送同步计时信号，中央处理器启动同步时钟，开始计时，并等候水下应答器发射过来的水声跳频脉冲信号。水下应答器根据激光信号所包含的数据率信息，按要求向水听器基阵发射相应数据率的周期跳频脉冲信号，跳频规律如图 7a 所示，跳频脉冲信号的频率分布如图 7b 所示。水听器基阵开始接收周期跳频脉冲信号，并区分别直达信号和反射信号，选取其中的直达信号发给中央处理器。中央处理器根据直达信号，计算距离信息；接收姿态检测装置的信号，得出基架的倾斜情况，计算时对其坐标进行算法上的校正；再根据水压传感器的数据，计算出水下应答器相对于船底的坐标，在显示屏上显示。

改变数据率：根据实际需要，在物体运动速度较快时，为了能够实现精确的位置跟踪，采取较高的定位数据率；当物体运动速度较慢时，为了节省水声应答器的电池消耗，同时也为了减少中央处理器的负载，可以降低定位数据率。在此时，如图 5 所示，水声基阵的蓝绿激光发射器再次扫描，向水下应答器发射激光信号。如图 6 所示，水下应答器的激光接收天线收到激光信号后，再次按原路径反射激光信号，蓝绿激光发射接收一体化可旋转装置接收到反射激光信号后，中央处理器的同步时钟重新计时。水下应答器的水声换能器根据激光信号的要求，向水听器基阵发送相应数据率的周期跳频脉冲信号，跳频规律如图 7a 所示。

关闭阶段：蓝绿激光发射接收一体化可旋转装置向水下应答器发送关闭指令，水下应答器关闭，水声换能器进入休眠状态，等待下一个开启命令。

上述实施例为本发明较佳的实施方式，但本发明的实施方式并不受上述实施例的限制，其他的任何未背离本发明的精神实质与原理下所作的改变、修饰、替代、组合、简化，均应为等效的置换方式，都包含在本发明的保护范围之内。

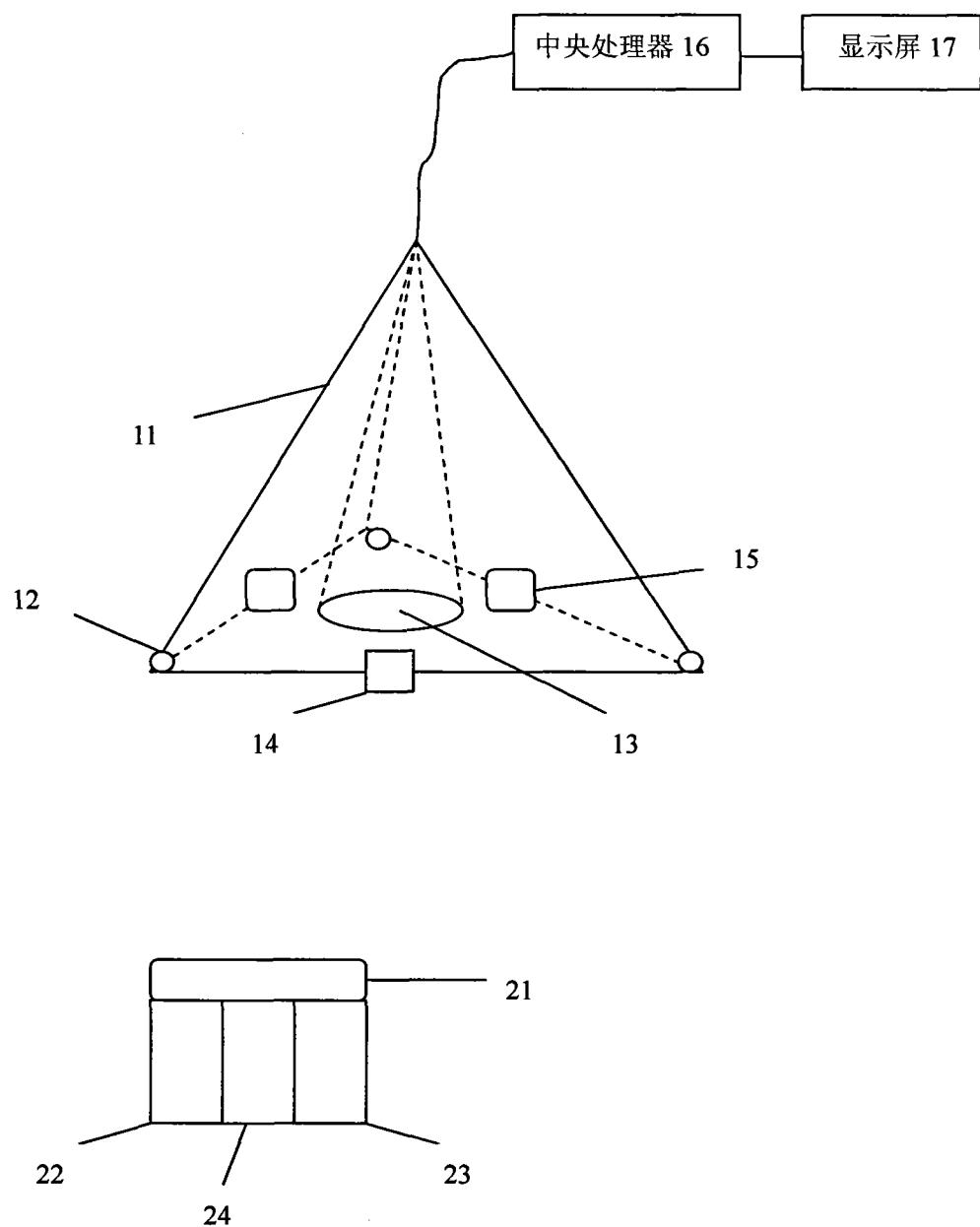


图 1

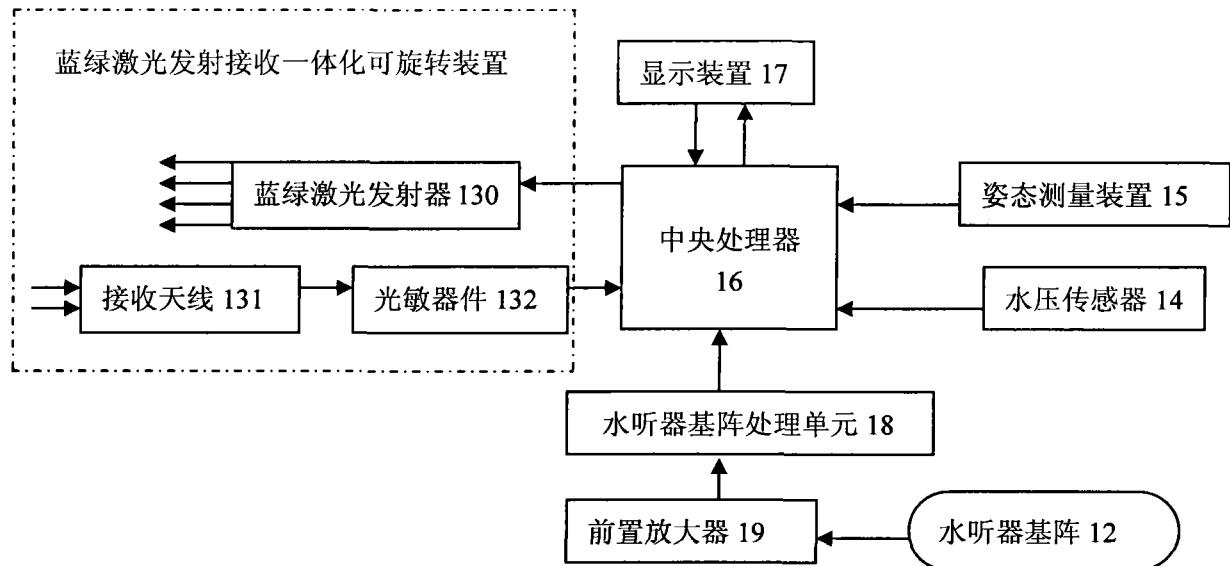


图 2

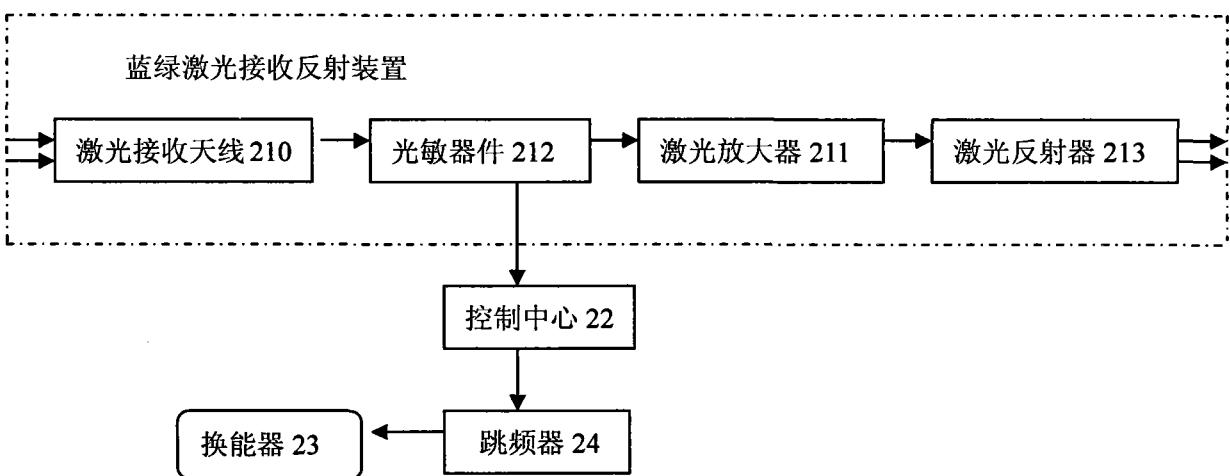


图 3

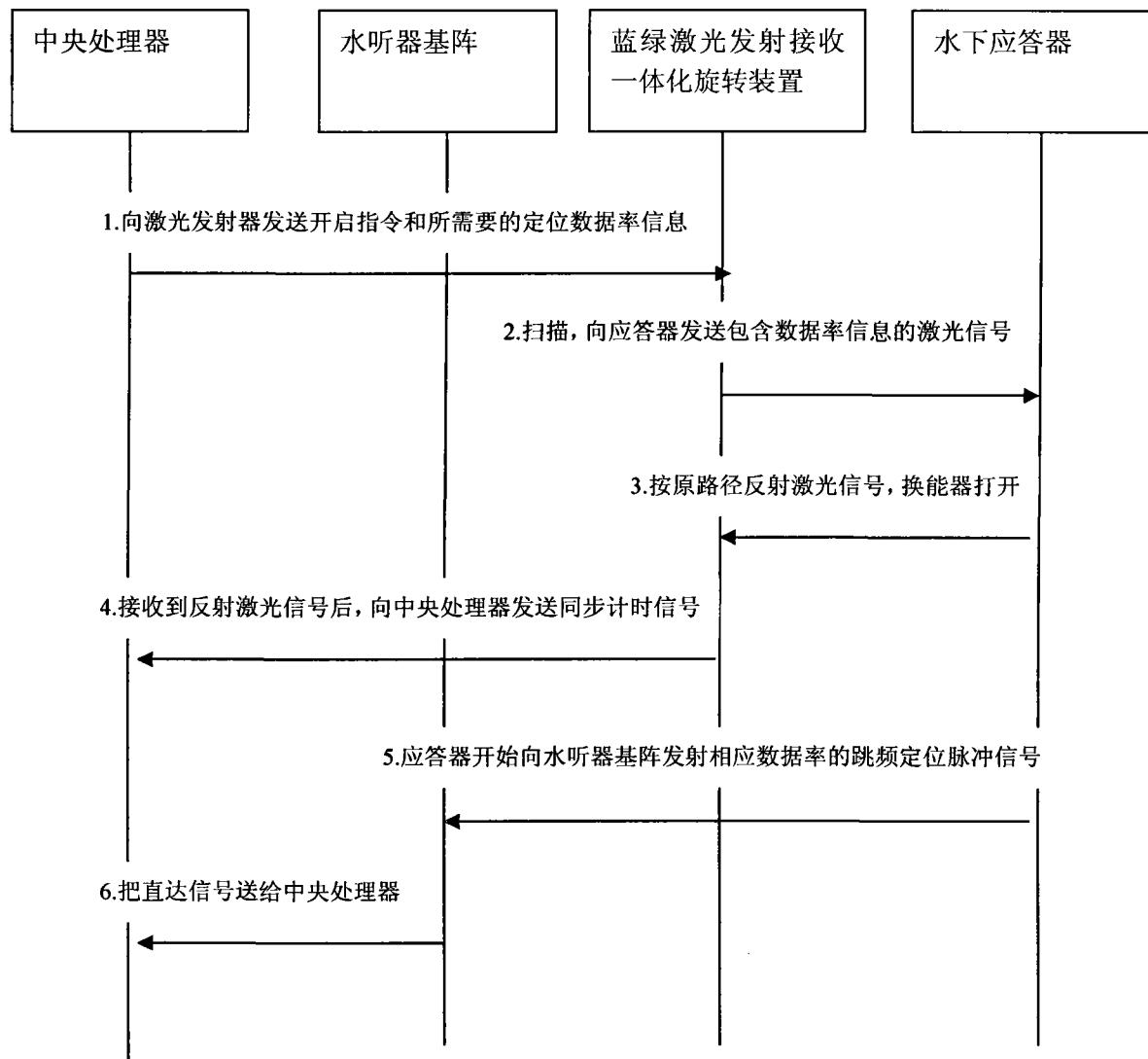


图 4

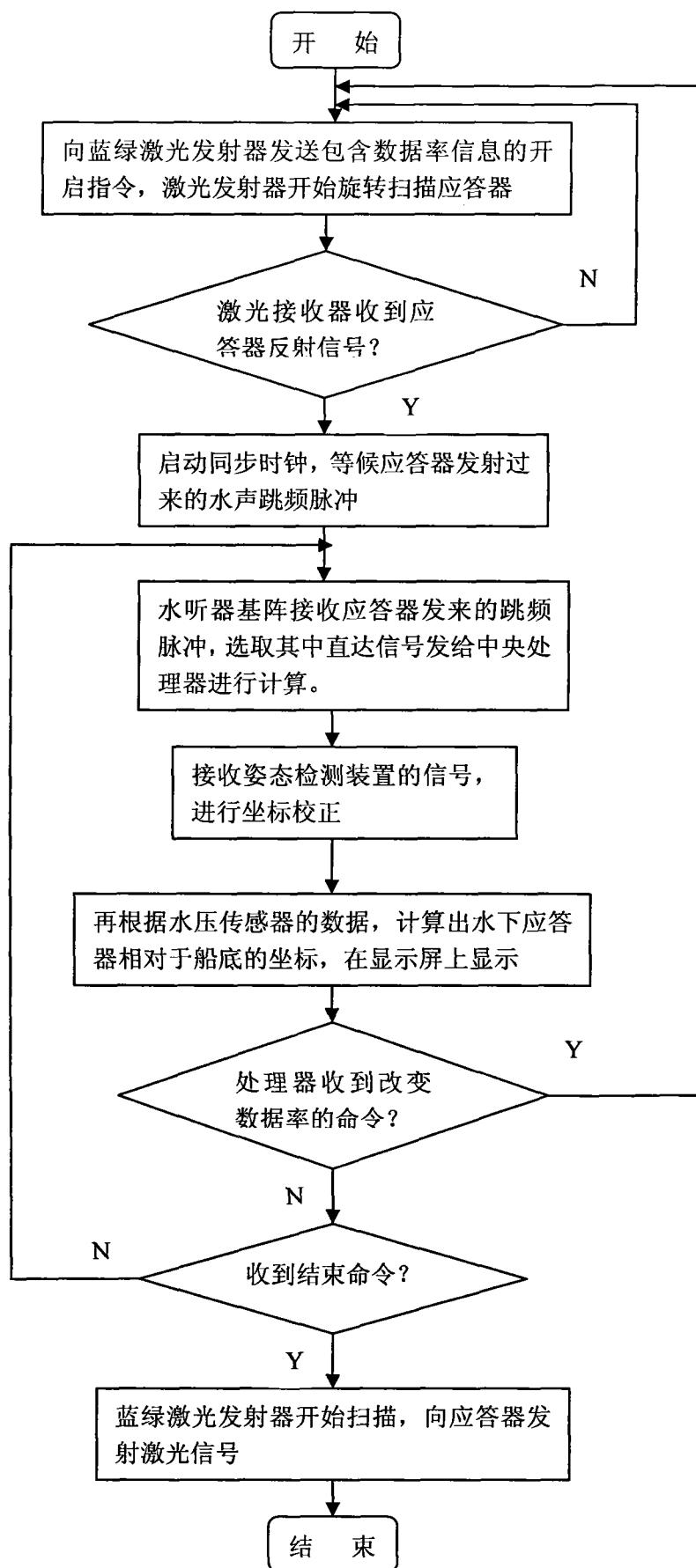


图 5

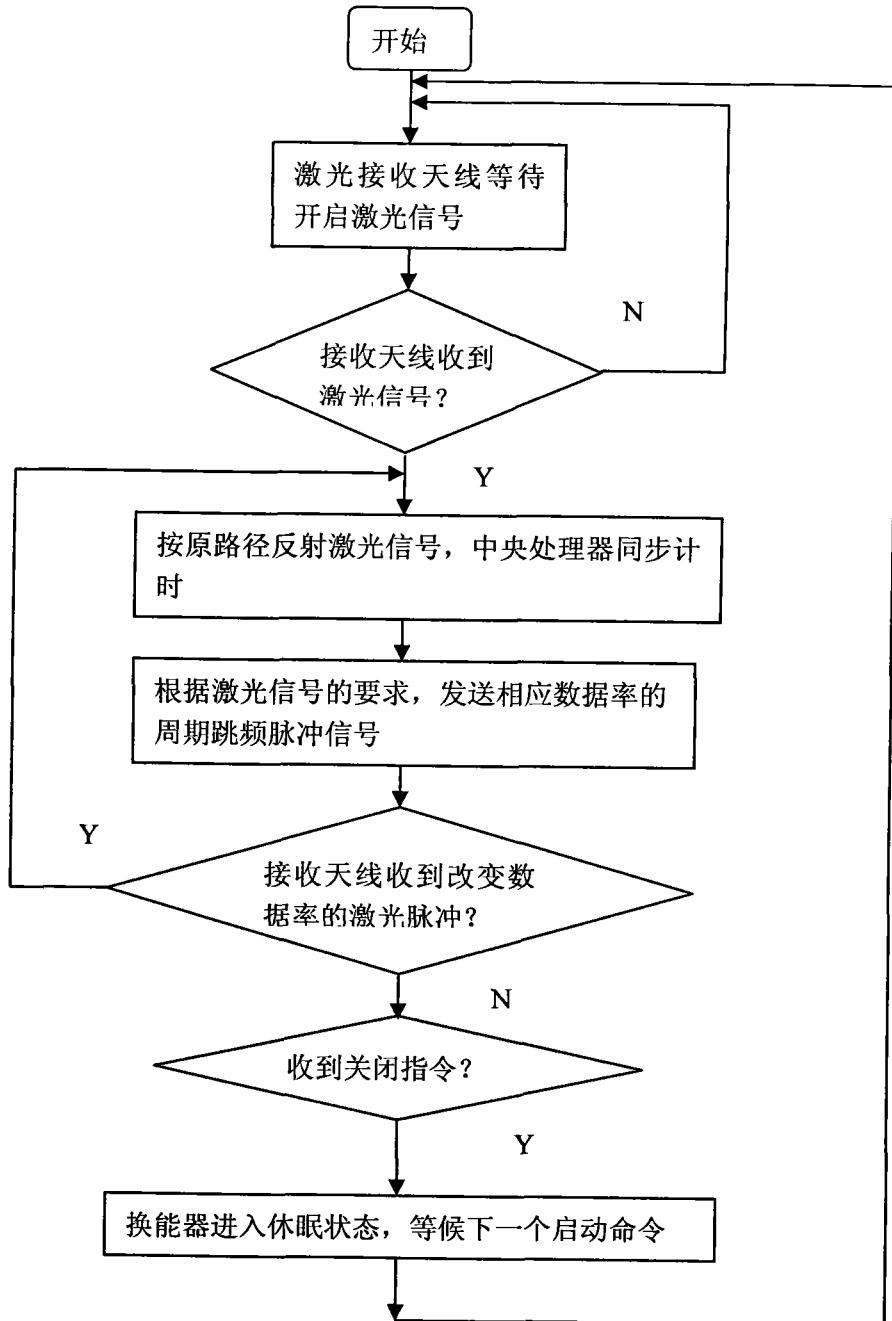


图 6

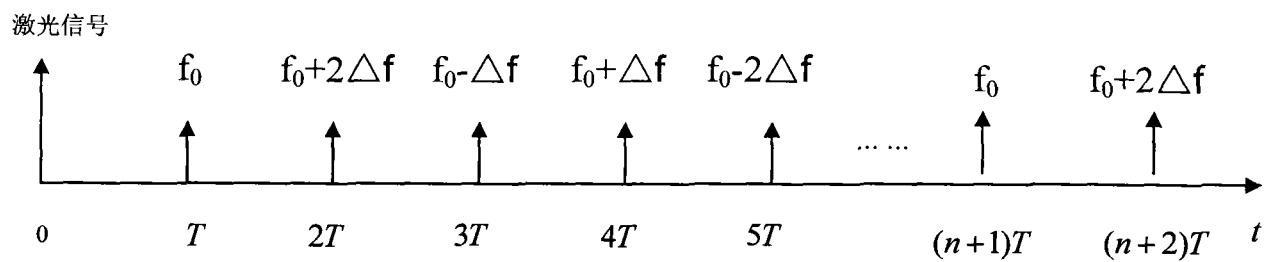


图 7a

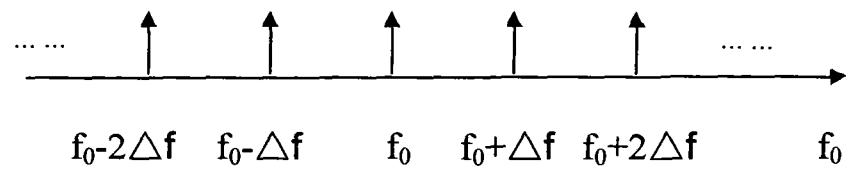


图 7b