

一种海洋湍流热通量仪

申请号：[201420871391.X](#)

申请日：2014-12-31

申请(专利权)人 [中国科学院南海海洋研究所](#)
地址 [510301 广东省广州市新港西路164号中国科学院南海海洋研究所](#)
发明(设计)人 [尚晓东](#) [陈桂英](#)
主分类号 [G01K17/20\(2006.01\)I](#)
分类号 [G01K17/20\(2006.01\)I](#)
公开(公告)号 [204405232U](#)
公开(公告)日 [2015-06-17](#)
专利代理机构 [北京天奇智新知识产权代理有限公司](#) 11340
代理人 [王泽云](#)



(12) 实用新型专利

(10) 授权公告号 CN 204405232 U

(45) 授权公告日 2015. 06. 17

(21) 申请号 201420871391. X

(22) 申请日 2014. 12. 31

(73) 专利权人 中国科学院南海海洋研究所
地址 510301 广东省广州市新港西路 164 号
中国科学院南海海洋研究所

(72) 发明人 尚晓东 陈桂英

(74) 专利代理机构 北京天奇智新知识产权代理
有限公司 11340
代理人 王泽云

(51) Int. Cl.
G01K 17/20(2006. 01)

(ESM) 同样的发明创造已同日申请发明专利

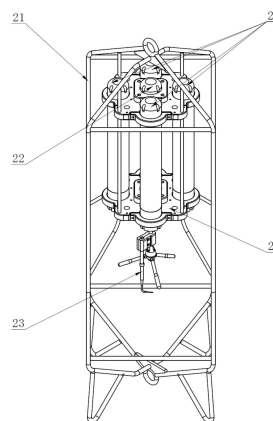
权利要求书1页 说明书5页 附图3页

(54) 实用新型名称

一种海洋湍流热通量仪

(57) 摘要

本实用新型提供了一种海洋湍流热通量仪，其包括快速温度传感器和声学多普勒三维流速计，快速温度传感器由探头 (37)、钛合金弯形管 (36)、锥形管 (35)、第一圆筒管 (34)、内丝扣连接件、外螺丝 (33)、第二圆筒管 (32)、第三圆筒管 (31) 等 8 部分组成，快速温度传感器的耐压外壳采用 TC4 钛合金棒加工而成，内丝扣连接件设置于锥形管 (35) 与第一圆筒管 (34) 之间。该技术可以同时、同点测量同一运动质点的三维速度和温度信号，可直接测量湍流热通量。



1. 一种海洋湍流热通量仪,其包括快速温度传感器和声学多普勒三维点式流速计,其特征在于,快速温度传感器由探头(37)、钛合金弯形管(36)、锥形管(35)、第一圆筒管(34)、内丝扣连接件、外螺丝(33)、第二圆筒管(32)、第三圆筒管(31)等8部分组成,快速温度传感器的耐压外壳采用TC4钛合金棒加工而成,内丝扣连接件设置于锥形管(35)与第一圆筒管(34)之间。

2. 依据权利要求1的海洋湍流热通量仪,其特征在于,快速温度传感器的探头(37)设置在在测量体附近,其直径为1.8mm。

3. 依据权利要求1的海洋湍流热通量仪,其特征在于,快速温度传感器中各部件之间连接关系如下:探头(37)插入钛合金管(36)中,钛合金管(36)置入锥形管(35)中,锥形管(35)与第一圆筒管(34)由内丝扣连接件连接,第一圆筒管(34)中有外丝扣的一端置入第二圆筒管(32)的内丝扣中并连接,同时再通过外螺丝(33)固定第一圆筒管(34)和第二圆筒管(32),第二圆筒管(32)的另一端的外丝扣与含有内丝扣的第三圆筒管(31)连接。

4. 依据权利要求3的海洋湍流热通量仪,其特征在于,第一圆筒管(34)的壁厚为1.2mm;第三圆筒管(31)中设置有电路,并与水密线连接。

5. 依据权利要求3的海洋湍流热通量仪,其特征在于,海洋湍流热通量仪进一步包括三维流速测量仪,所述三维流速测量仪内置姿态传感器。

6. 依据权利要求3的海洋湍流热通量仪,其特征在于,海洋湍流热通量仪进一步包括4个6000米水深耐压钛合金电池仓,管壁厚0.8cm,仓体内径61.5mm,有效容积长度460mm。

7. 依据权利要求6的海洋湍流热通量仪,其特征在于,所述快速温度传感器通过耐压水密线连接三维流速测量仪后盖特制8芯接口。

8. 依据权利要求6的海洋湍流热通量仪,其特征在于,快速温度传感器和三维流速测量仪外壳由TC4钛合金加工而成。

9. 依据权利要求6的海洋湍流热通量仪,其特征在于,由316不锈钢支架将ADV和快速温度传感器固定在支架上。

10. 依据权利要求6的海洋湍流热通量仪,其特征在于,电池仓与三维流速测量仪主机之间用Y型水密线连接,每根水密线有2芯。

一种海洋湍流热通量仪

技术领域

[0001] 本实用新型属于海洋探测技术领域,具体涉及一种海洋湍流热通量仪,其能够同时、同点测量同一运动质点的速度和温度,可以测量海洋中的湍流热通量。

背景技术

[0002] 国内外成熟的典型海洋观测技术为海洋潜标技术,例如声学多谱勒测速仪(ADCP)、温盐链等,这些观测技术手段能基本满足对海洋大中尺度动力过程的研究需求,如:海洋环流、中尺度涡、温盐的粗结构分析等。而海洋湍流微结构的观测,对于研究海洋垂向(按照位密方程,维持海洋子午翻转环流所需的湍流涡扩散系数率至少要大于 $10^{-4} \text{m}^2/\text{s}$)、物质、能量、动量等的垂向输运起着关键作用。这些垂向输运的定量研究主要体现在湍流动量通量、热通量与湍流混合率等关键物理量上,而引起垂向输运的通量驱动机制则是湍流垂向混合技术。

[0003] 对于海洋湍流动量通量、热通量的研究是基于对湍流混合进行直接观测,这对于完善海洋模式参数化方案具有十分重要的意义。除此之外,在二氧化碳通量、营养盐通量、沉积物输送以及微量元素等地球化学物质循环过程中也起着决定性作用。随着海洋科学的发展,特别是观测技术的进步,使得大气底边界层的动量通量、热通量[Eric et. al., 2004; Fairall et. al. 1990]、二氧化碳通量、溶解氧通量等的观测成为可能,且目前已比较成熟。但是,海洋动量通量、热通量的直接观测,由于受传感器精度、灵敏度及传感器在高压下的正常工作状态等多种因素的限制,还未见相关技术报道。

[0004] 在深海热液区,对于热通量的观测具有非常重要的科学意义,所以,对于海洋热通量的研究和开发是十分必要的。但目前还没有成熟技术方案来实现深海热液区的热通量测量。

实用新型内容

[0005] 为了解决上述技术问题,本实用新型提供一种海洋湍流热通量仪,其能够同时、同点测量同一运动质点的速度和温度,利用涡动相关法可直接测量湍流热通量。湍流热通量是一能表征热传输的物理量。

[0006] 依据本实用新型的技术方案,所提供的海洋湍流热通量仪包括海洋探测快速温度传感器和声学多普勒三维点式流速仪(ADV),其中快速温度传感器由探头 37、钛合金弯形管 36、锥形管 35、第一圆筒管 34、内丝扣连接件、外螺丝 33、第二圆筒管 32、第三圆筒管 31) 等由 8 部分组成,快速温度传感器的耐压外壳采用 TC4 钛合金棒加工而成,内丝扣连接件设置于锥形管 35 与第一圆筒管 34 之间。

[0007] 进一步地,快速温度传感器的探头 37 设置在在测量体积体附近,其直径为 1.8mm(毫米)。

[0008] 快速温度传感器中各部件之间连接关系如下:探头 37 插入钛合金管 36 中,钛合金管 36 置入锥形管 35 中,锥形管 35 与第一圆筒管 34 由内丝扣连接件连接,第一圆筒管 34

中有外丝扣的一端置入第二圆筒管 32 的内丝扣中并连接,同时再通过外螺丝 33 固定第一圆筒管 34 和第二圆筒管 32,第二圆筒管 32 的另一端的外丝扣与含有内丝扣的第三圆筒管 31 连接。

[0009] 优选地,第一圆筒管 34 的壁厚为 1.2mm;第三圆筒管 31 中设置有电路,并与水密线连接。

[0010] 更进一步地,海洋湍流热通量仪包括三维流速测量仪,所述三维流速测量仪内置姿态传感器(IMU),以 100 ~ 250Hz 频率测量单点三维流速,经过数字滤波后输出 1 ~ 64Hz 的三维流速数据,可以校正海洋湍流热通量仪姿态。

[0011] 此外,海洋湍流热通量仪进一步包括 4 个 6000 米水深耐压钛合金电池仓,管壁厚 0.8cm,仓体内径 61.5mm,有效容积长度 460mm,可以放 2 组 450Wh 锂电池组;电池仓与三维流速测量仪主机用 Y 型水密线连接,每根线有 2 芯,可同时连接 4 个电池仓。所述快速温度传感器通过耐压水密线连接三维流速测量仪后盖特制 8 芯接口,用于数据传输和供电需求;快速温度传感器和三维流速测量仪(含姿态校正传感器)的测量点是同一点,快速温度传感器采样信号与三维流速测量仪的采样信号同步,采样频率 1-64Hz 可调。

[0012] 优选地,快速温度传感器和三维流速测量仪外壳由 TC4 钛合金加工而成,由 316 不锈钢支架将 ADV 和快速温度传感器固定在支架上,并保证快速温度传感器探头位于三维流速测量仪测量点上;外支架形成的园柱绕流对流场的影响在测量点要忽略不计。

[0013] 更优选地,上述海洋湍流热通量仪可以同点观测热通量、动量通量、湍动能耗散率和热耗散率,且可以工作在 1-5000 米水下。

[0014] 本实用新型的海洋湍流热通量仪利用声学多普勒三维点式流速测量仪和快速温度传感器实现了海表以下湍流热通量的直接测量。利用 ADV 自身的电池和存储器进行自容式测量,本发明设计的湍流热通量仪可以集成在潜标上工作,不需要船舶在测量区域停靠,消除了船舶对测量的影响,并且能够长期、全天候测量。本实用新型的优点是:

[0015] 1. 通过同时、同点采集高频、高精度速度和温度信号,首次实现测量水下湍流热通量的时间序列。

[0016] 2. 可以在 1 - 5000 米海深进行观测。

附图说明

[0017] 附图 1 为依据本实用新型的海洋湍流热通量仪传感器和测量点示意图;

[0018] 附图 2 为湍流热通量观测仪示意图;

[0019] 附图 3 为快速温度传感器外结构示意图。

具体实施方式

[0020] 下面将结合本实用新型实施例中的附图,对本实用新型实施例中的技术方案进行清楚、完整地描述,显然,所描述的实施例仅仅是本实用新型的一部分实施例,而不是全部的实施例。基于本实用新型中的实施例,本领域普通技术人员在没有做出创造性劳动前提下所获得的所有其他实施例,都属于本实用新型保护的范围。另外地,不应当将本实用新型的保护范围仅仅限制至下述具体结构或部件或具体参数。

[0021] 本实用新型所提出海洋湍流热通量仪,利用快速温度传感器和三维流速测量仪

(优选声学多普勒三维点式流速仪, ADV), 并通过 ADV 姿态数据校正流速数据, 由垂向速度脉动和温度脉动的协方差测量海洋垂向湍流热通量的方法, 实现了海表以下湍流热通量的测量。其工作原理如下:

[0022] 原始流速数据 (u, v, w) 是相对于 ADV 坐标系的, 需要进行坐标变换即使 ADV 坐标系 (x^*, y^*, z^*) 转换为自然坐标系 (x, y, z) ; 在自然坐标系中, z 轴与竖直方向重合, x 轴指向地理北极, 坐标原点和 ADV 重心重合; 利用 ADV 自带的罗经测量 x^*-z^* 平面相对于 $x-z$ 平面与 z 轴为交线的夹角 α , 利用水平仪测量 x^*-y^* 平面相对于 $x-y$ 平面与 x 轴为交线的夹角 β 和 x^*-y^* 平面相对于 $x-y$ 平面与 y 轴为交线的夹角 γ , 则自然坐标系下的流速数据 (u_1, v_1, w_1) 可以表示为:

$$[0023] \begin{pmatrix} u_1 \\ v_1 \\ w_1 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \cos \alpha & \sin \alpha & 0 \\ -\sin \alpha & \cos \alpha & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & \cos \beta & \sin \beta \\ 0 & -\sin \beta & \cos \beta \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \cos \gamma & 0 & \sin \gamma \\ 0 & 1 & 0 \\ -\sin \gamma & 0 & \cos \gamma \end{pmatrix} \begin{pmatrix} u \\ v \\ w \end{pmatrix}$$

[0024] 因海洋中的低频波动可以影响 ADV, 导致 ADV 附加了三维平动速度 (u_0, v_0, w_0) , 实际的测点的流速为 $(u_1-u_0, v_1-v_0, w_1-w_0)$; 然后求得各真实速度的脉动值 u' , v' , w' , 单位 (m/s)。

[0025] 根据涡动相关法, 海洋湍流热通量 F_T 可以表示为: $F_T = C_p \rho \overline{w'T'}$;

[0026] 式中 F_T 是测量点的湍流热通量 (W/m^2), C_p 为海水的定压比热容 ($J/kg/K$), ρ 是海水密度 (kg/m^3), w' 是海水垂向速度的脉动值 (m/s), T' 是测量点的温度脉动值 (K), 上划线表示时间序列的平均。其它方向的热通量类似可以得到。

[0027] 当同一运动质点的温度和速度同时被观测到时, 流场测的速度信号与温度场的温度信号具有很好的互相关性, 说明观测到的速度与温度信号, 基本上同时、同点对同一运动质点观测的测量。由于实际观测的粒子较大, 不是理想中的质点, 这样三维速度信号与温度信号的互相关最大值不是在零点, 而是有一点延迟。

[0028] 海洋湍流热通量仪包括快速温度传感器, 快速温度传感器在测量体积块的附近只有 1.8mm 直径, 且为细长结构不会干扰流场。其中, 由 8 部分 (探头 37、钛合金弯形管 36、锥形管 35、第一圆筒管 34、设置于锥形管 35 与第一圆筒管 34 之间的内丝扣连接件、外螺丝 33、第二圆筒管 32、第三圆筒管 31) 组成快速温度传感器。快速温度传感器具体连接关系如下: 探头 37 插入钛合金管 36 中, 钛合金管 36 置入锥形管 35 中, 第一圆筒管 34, 壁厚 1.2mm, 锥形管 35 与第一圆筒管 34 由内丝扣连接件连接, 第一圆筒管 34 有外丝扣的一端置入第二圆筒管 32 的内丝扣中并连接, 同时再通过外螺丝 33 固定第一圆筒管 34 和第二圆筒管 32, 第二圆筒管 32 外丝扣的另一端与含有内丝扣的第三圆筒管 31 连接。其中第三圆筒管 31 中设置有电路, 并与水密线连接。

[0029] 其中, 快速温度传感器的耐压外壳采用 TC4 钛合金棒加工而成, 最前面的弯形外壳使用钛合金管外加聚酯材料保护, 快速温度传感器在测量体积体的附近只有 1.8mm 直径, 且为细长结构不会干扰流场。

[0030] 本实用新型使用的三维点式流速测量仪 ADV 包含姿态校正传感器, 三维点式流速测量仪 (ADV, 含姿态校正传感器) 优选选用 Notek 公司产品, 以 100 ~ 250Hz 频率测量单点三维流速, 经过数字滤波后输出 1 ~ 64Hz 的三维流速数据, 内置姿态传感器 (IMU), 可以校

正仪器姿态。可用于相对坐标和自然坐标下测量三维流速。

[0031] 海洋湍流热通量仪进一步包括 4 个 6000 米水深耐压钛合金电池仓,管壁厚 0.8cm,仓体内径 61.5mm,有效容积长度 460mm,可以放 2 组 450Wh 锂电池组;电池仓与三维流速测量仪主机用 Y 型水密线连接,每根线有 2 芯,可同时连接 4 个电池仓。

[0032] 快速温度传感器通过耐压水密线连接三维点式流速测量仪后盖特制 8 芯接口,用于数据传输和供电需求;快速温度传感器和三维点式流速测量仪(含姿态校正传感器)的测量点是同一点,快速温度传感器采样信号与三维流速测量仪的采样信号同步,采样频率 1-64Hz 可调。快速温度传感器和三维流速测量仪外壳由 TC4 钛合金加工而成,由 316 不锈钢支架将 ADV 和快速温度传感器固定在支架上,并保证快速温度传感器探头位于三维流速测量仪测量点上;外支架形成的圆柱绕流对流场的影响在测量点要忽略不计。

[0033] 下面依据附图,对本实用新型进行更详细的说明:

[0034] 附图 1 为依据本实用新型的海洋湍流热通量仪示意图,其可以同时、同点测量运动质点三维速度和温度。附图中,14 为三维点式流速仪传感器测量点,流速测量点位于仪器壳体前方 15cm 处。三维点式流速仪传感器 11 测量(测量点)的 x 方向速度;传感器 13、12 分别测量 y、z 方向速度;快速温度传感器探头部分 15 用于测量测量点的温度信号。

[0035] 附图 2 为湍流热通量观测仪示意图;附图标记如下:316 不锈钢支架 21;三维点式流速仪(ADV)电路仓 22;快速温度传感器探头部分 23;电池仓 24;尼龙支架 25。

[0036] 附图 3 为快速温度传感器外结构示意图,探头 37,钛合金弯形管 36、锥形管 35、第一圆筒管 34、内丝扣连接件(锥形管 35 与第一圆筒管 34 之间连接件)(图 3 中未标出)、外螺丝 33、第二圆筒管 32、第三圆筒管 31。具体连接关系如下:探头 37 插入钛合金管 36 中,钛合金管 36 置入锥形管 35 中,第一圆筒管 34,壁厚 1.2mm,锥形管 35 与第一圆筒管 34 由内丝扣连接件连接,第一圆筒管 34 有外丝的一端扣置入第二圆筒管 32 的内丝扣中并连接,同时再通过外螺丝 33 固定第一圆筒管 34 和第二圆筒管 32,第二圆筒管 32 的另一端的外丝扣与含有内丝扣的第三圆筒管 31 连接。其中第三圆筒管 31 中含电路,并与水密线连接。

[0037] 本发明通过以下方法实现:快速温度传感器(参见图 3)安装在支架上,快速温度传感器输出的信号连接到 ADV 的 AD 转换通道。选用的 ADV 设备应集成姿态仪(IMU)和压力传感器,具有扩展的 AD 通道,具有内部存储器保存测量数据,具有通信接口传输控制命令和读取测量结果,携带有电池可以进行自容式测量。本系统的三维声学测速仪 ADV、姿态仪与快速温度传感器、采用同步触发,同步采样,同时获取测量运动粒子的三维速度信号、温度信号、三维声学测速仪 ADV 的姿态信号、及压力信号(参见图 1 及图 2)。

[0038] 当快速温度传感器以一定频率测量某观测点的温度,同时使用 ADV 设备测量海洋中与温度同点水体的三维速度,ADV、温度传感器以较高的频率同步采集待测点的流速、温度、压力、姿态数据,并进行存储。用压力数据反演为 ADV 的深度测量数据;利用姿态仪数据将 ADV 相对坐标系下的三维流速数据变换为自然坐标系;通过求温度脉动值和自然坐标系下(垂)向速度脉动值的协方差得到测量区域的(垂)向湍流热通量。

[0039] 本实用新型设计的湍流热通量仪,要求采样频率在 1-512Hz,具体最佳采样频率,要根据不同的观测海域和观测海深来定。本实用新型所使用的声学传感器、温度传感器,可耐高压,在水下 1-5000 米可正常工作。本实用新型设计的外支架的直径与观测点的距离,

要求对流场在观测点的扰动要忽略不计。

[0040] 本实用新型三维流速测量仪 (ADV) 和快速温度传感器实现了海表以下湍流热通量的直接测量。利用 ADV 自身的电池和存储器进行自容式测量, 本发明设计的湍流热通量仪可以集成在潜标上工作, 不需要船舶在测量区域停靠, 消除了船舶对测量的影响, 并且能够长期、全天候测量。

[0041] 以上所述, 仅为本实用新型较佳的具体实施方式, 但本实用新型的保护范围并不局限于此, 任何熟悉本技术领域的技术人员在本实用新型揭露的技术范围内, 可轻易想到的变化或替换, 都应涵盖在本实用新型的保护范围之内。本领域普通的技术人员可以理解, 在不背离所附权利要求定义的本实用新型的精神和范围的情况下, 可以在形式和细节中做出各种各样的修改。

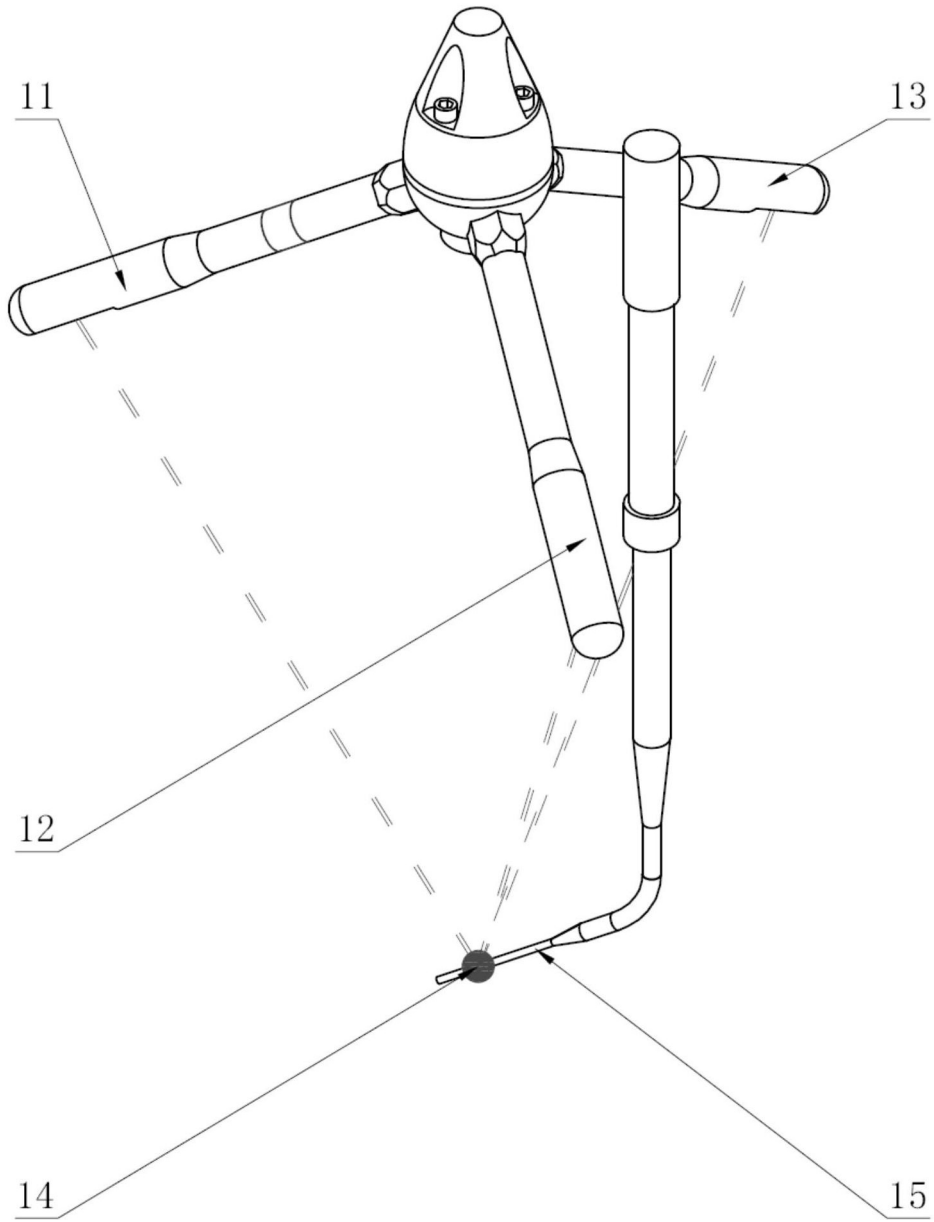


图 1

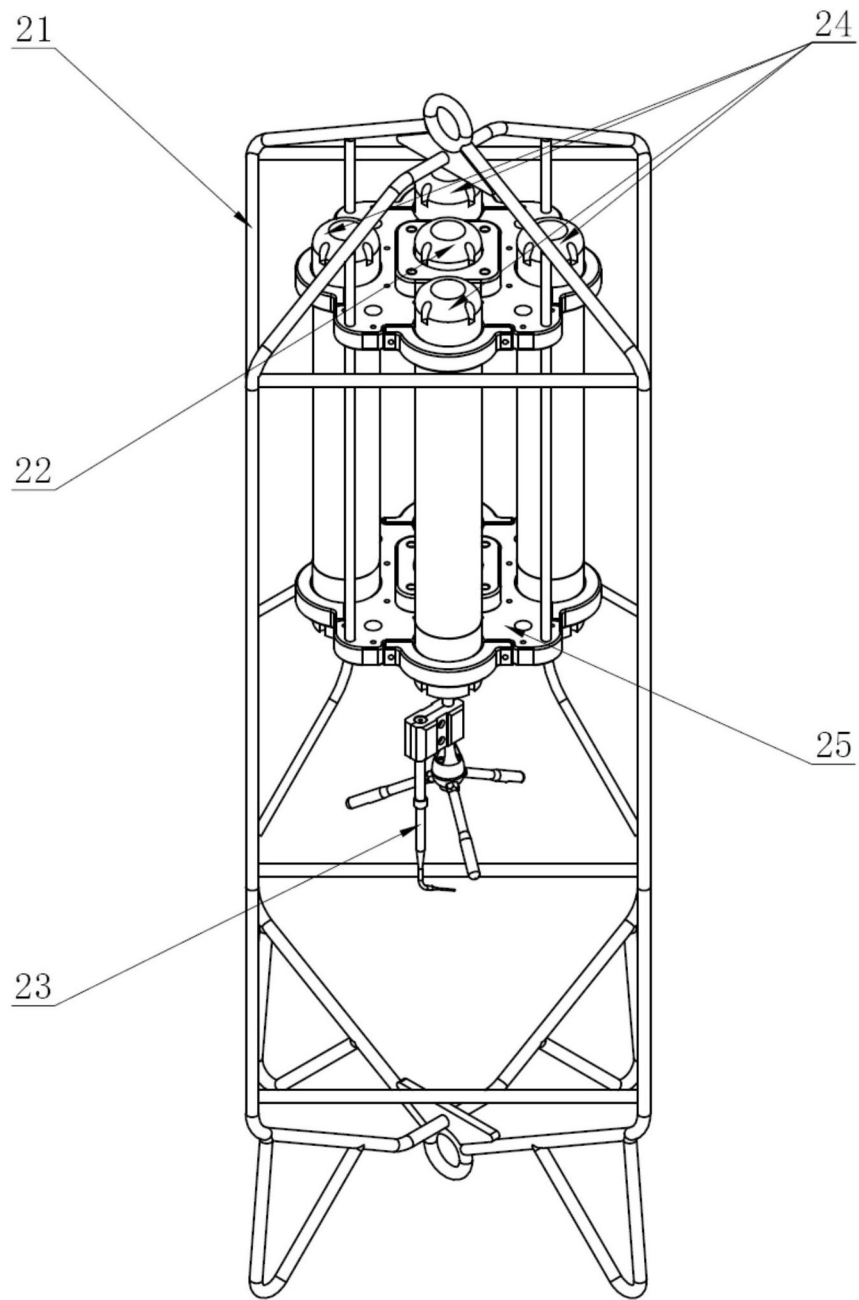


图 2

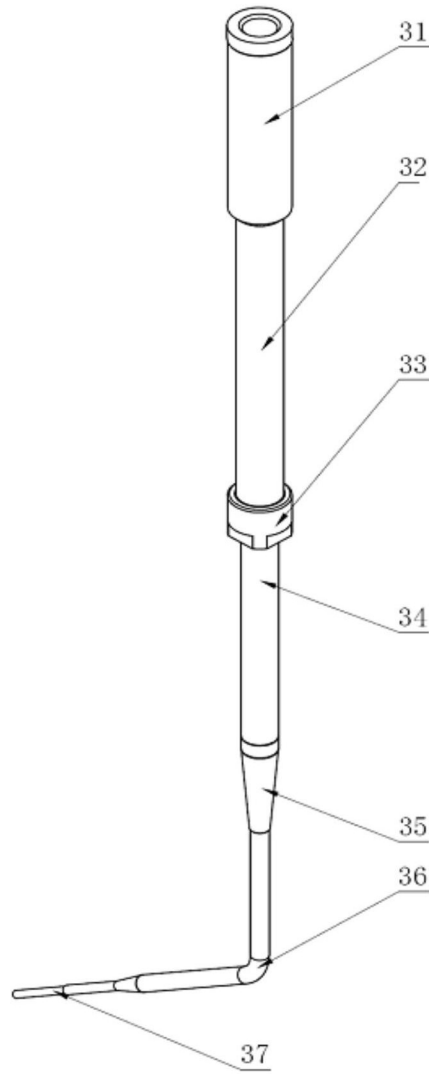


图 3