



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 114966711 B

(45) 授权公告日 2023. 01. 24

(21) 申请号 202210554700.X

G01S 15/93 (2020.01)

(22) 申请日 2022.05.20

G01C 13/00 (2006.01)

G01N 33/18 (2006.01)

(65) 同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 114966711 A

(56) 对比文件

RU 2519269 C1, 2014.06.10

CN 104765017 A, 2015.07.08

CN 110057365 A, 2019.07.26

CN 107219529 A, 2017.09.29

CN 112644647 A, 2021.04.13

CN 108267126 A, 2018.07.10

CN 203785669 U, 2014.08.20

(43) 申请公布日 2022.08.30

(73) 专利权人 国家深海基地管理中心

地址 266237 山东省青岛市即墨区鳌山卫
街道卫阳路1号

张同伟等. 蛟龙号载人潜水器在深海精细地
形地貌探测中的. 《中国科学: 地球科学》. 2018,

(72) 发明人 张同伟 杨磊 杨继超 王向鑫
赵晟娅

审查员 吴静

(74) 专利代理机构 北京方圆嘉禾知识产权代理
有限公司 11385

专利代理师 王月松

(51) Int. Cl.

G01S 15/88 (2006.01)

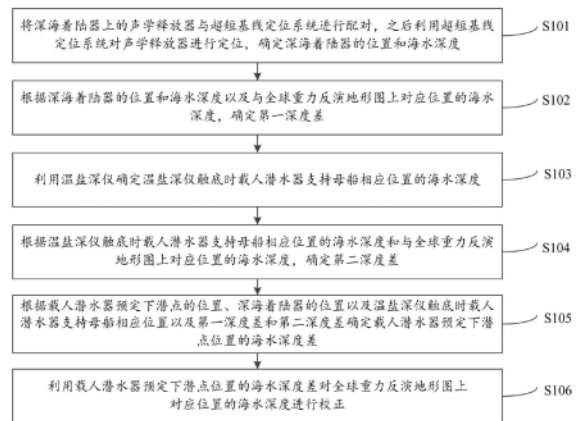
权利要求书2页 说明书6页 附图2页

(54) 发明名称

一种面向载人潜水器的海水深度确定方法
及系统

(57) 摘要

本发明涉及一种面向载人潜水器的海水深度确定方法及系统。该方法包括确定深海着陆器的位置和海水深度;根据深海着陆器的位置和海水深度以及与全球重力反演地形图上对应位置的海水深度,确定第一深度差;利用温盐深仪确定温盐深仪触底时载人潜水器支持母船相应位置的海水深度;根据温盐深仪触底时载人潜水器支持母船相应位置的海水深度和与全球重力反演地形图上对应位置的海水深度,确定第二深度差;根据载人潜水器预定下潜点的位置、深海着陆器的位置以及温盐深仪触底时载人潜水器支持母船相应位置、第一深度差和第二深度差确定载人潜水器预定下潜点位置的海水深度差;利用海水深度差对全球重力反演地形图上对应位置的海水深度进行校正。



1. 一种面向载人潜水器的海水深度确定方法,其特征在于,包括:

将深海着陆器上的声学释放器与超短基线定位系统进行配对,之后利用超短基线定位系统对声学释放器进行定位,确定深海着陆器的位置和海水深度;

根据深海着陆器的位置和海水深度以及与全球重力反演地形图上对应位置的海水深度,确定第一深度差;

利用温盐深仪确定温盐深仪触底时载人潜水器支持母船相应位置的海水深度;

根据温盐深仪触底时载人潜水器支持母船相应位置的海水深度和与全球重力反演地形图上对应位置的海水深度,确定第二深度差;

根据载人潜水器预定下潜点的位置、深海着陆器的位置以及温盐深仪触底时载人潜水器支持母船相应位置以及第一深度差和第二深度差确定载人潜水器预定下潜点位置的海水深度差;

利用载人潜水器预定下潜点位置的海水深度差对全球重力反演地形图上对应位置的海水深度进行校正。

2. 根据权利要求1的一种面向载人潜水器的海水深度确定方法,其特征在于,根据载人潜水器预定下潜点的位置、深海着陆器的位置以及温盐深仪触底时载人潜水器支持母船相应位置以及第一深度差和第二深度差确定载人潜水器预定下潜点位置的海水深度差,具体包括:

根据载人潜水器预定下潜点的位置和深海着陆器的位置确定第一距离差;

根据载人潜水器预定下潜点的位置和温盐深仪触底时载人潜水器支持母船相应位置确定第二距离差;

根据第一距离差和第二距离差确定深海着陆器对应的权重和温盐深仪对应的权重;

利用第一深度差、第二深度差以及深海着陆器对应的权重和温盐深仪对应的权重确定载人潜水器预定下潜点位置的海水深度差。

3. 根据权利要求2的一种面向载人潜水器的海水深度确定方法,其特征在于,利用第一深度差、第二深度差以及深海着陆器对应的权重和温盐深仪对应的权重确定载人潜水器预定下潜点位置的海水深度差,具体包括:

利用 $\Delta Z_{HOV} = \lambda_{Lander} \times \Delta Z_{Lander} + \lambda_{CTD} \times \Delta Z_{CTD}$ 确定载人潜水器预定下潜点位置的海水深度差;

其中, ΔZ_{HOV} 为载人潜水器预定下潜点位置的海水深度差, λ_{Lander} 为深海着陆器对应的权重, λ_{CTD} 为温盐深仪对应的权重, θZ_{Lander} 为第一深度差, ΔZ_{CTD} 为第二深度差。

4. 一种面向载人潜水器的海水深度确定系统,其特征在于,包括:

深海着陆器的位置和海水深度确定模块,用于将深海着陆器上的声学释放器与超短基线定位系统进行配对,之后利用超短基线定位系统对声学释放器进行定位,确定深海着陆器的位置和海水深度;

第一深度差确定模块,用于根据深海着陆器的位置和海水深度以及与全球重力反演地形图上对应位置的海水深度,确定第一深度差;

温盐深仪触底时载人潜水器支持母船相应位置的海水深度确定模块,用于利用温盐深仪确定温盐深仪触底时载人潜水器支持母船相应位置的海水深度;

第二深度差确定模块,用于根据温盐深仪触底时载人潜水器支持母船相应位置的海水

深度和与全球重力反演地形图上对应位置的海水深度,确定第二深度差;

海水深度差确定模块,用于根据载人潜水器预定下潜点的位置、深海着陆器的位置以及温盐深仪触底时载人潜水器支持母船相应位置以及第一深度差和第二深度差确定载人潜水器预定下潜点位置的海水深度差;

全球重力反演地形图模块,用于利用载人潜水器预定下潜点位置的海水深度差对全球重力反演地形图上对应位置的海水深度进行校正。

5. 根据权利要求4的一种面向载人潜水器的海水深度确定系统,其特征在于,海水深度差确定模块具体包括:

第一距离差确定单元,用于根据载人潜水器预定下潜点的位置和深海着陆器的位置确定第一距离差;

第二距离差确定单元,用于根据载人潜水器预定下潜点的位置和温盐深仪触底时载人潜水器支持母船相应位置确定第二距离差;

权重确定单元,用于根据第一距离差和第二距离差确定深海着陆器对应的权重和温盐深仪对应的权重;

海水深度差确定单元,用于利用第一深度差、第二深度差以及深海着陆器对应的权重和温盐深仪对应的权重确定载人潜水器预定下潜点位置的海水深度差。

6. 根据权利要求5的一种面向载人潜水器的海水深度确定系统,其特征在于,海水深度差确定单元具体包括:

海水深度差确定子单元,用于利用 $\theta Z_{HOV} = \lambda_{Lander} \times \Delta Z_{Lander} + \lambda_{CTD} \times \Delta Z_{CTD}$ 确定载人潜水器预定下潜点位置的海水深度差;

其中, ΔZ_{HOV} 为载人潜水器预定下潜点位置的海水深度差, λ_{Lander} 为深海着陆器对应的权重, λ_{CTD} 为温盐深仪对应的权重, ΔZ_{Lander} 为第一深度差, ΔZ_{CTD} 为第二深度差。

一种面向载人潜水器的海水深度确定方法及系统

技术领域

[0001] 本发明涉及深海潜水领域,特别是涉及一种面向载人潜水器的海水深度确定方法及系统。

背景技术

[0002] 大深度载人潜水器作为一类特殊的深海潜水器,最大下潜深度大于4500米,通常可以携带3名人员,到达深海海底,充分发挥人的主观能动性,主要开展观察摄像、地质/生物取样、原位实验等调查作业。

[0003] 与ROV、AUV等无人潜水器相比,载人潜水器中携带3名人员,因此其安全性至关重要。为了确保载人潜水器安全,需要已知下潜区域的海底地形图,即明确下潜点的海水深度。实际下潜过程中,按照作业规程,载人潜水器在下潜至距离海底300米(即当潜水器深度为海水深度减去300米)时,潜航员开启声学多普勒计程仪(最大作用距离300米)和避碰声纳(最大作用距离150米)进行找底,载人潜水器准备抛载坐底。在距离海底30~50米时,正式抛弃两块下潜压载铁,在螺旋桨的辅助下,慢慢坐底或直接开始探测作业。

[0004] 由于下潜区域的海水深度很重要,因此在载人潜水器潜次任务规划与设计阶段,就需要从历史调查数据资料中获取目标下潜区域的海底地形图。海底地形图通常指的是多波束地形图,它由船载深海多波束声纳探测得到,其探测精度较高,水深误差在几米~二三十米之间,可以满足载人潜水器下潜需求。此外,在载人潜水器支持母船搭载载人潜水器到达预定下潜区域后,还需要利用载人潜水器支持母船上的深海多波束声纳或深海单波束声纳进一步复核海水深度。如果载人潜水器支持母船上安装有深海多波束声纳,则利用深海多波束声纳进一步扫测地形,并与历史海底地形图进行比对;如果载人潜水器支持母船未安装深海多波束声纳,则利用其深海单波束声纳进行连续单点测深,形成一条连续侧线,并与历史海底地形图进行比对。由此完成下潜区域的海水深度复核。

[0005] 然而,某些载人潜水器支持母船,例如向阳红09船,并没有安装深海多波束声纳,仅安装了深海单波束声纳,仅能完成单点测深。更重要的是,远洋科考船数量有限,调查区域比较集中,航行路线相对固定,这使得已有多波束地形图的海域比较有限,大部分深远海并没有多波束地形图。如果载人潜水器支持母船没有安装深海多波束声纳,而且预定下潜海域缺乏多波束地形图,那么只能采用全球重力反演地形图。与多波束地形图相比,全球重力反演地形图精度较低,特别是在地形起伏变化剧烈的海域。

[0006] 在载人潜水器某些潜次中,正好面临如下情况:(1) 预定下潜海域没有多波束地形图,只有全球重力反演地形图;(2) 载人潜水器支持母船没有深海多波束声纳,只有深水单波束声纳,而且单波束声纳在航渡过程中损坏不能使用。由此可见,在载人潜水器支持母船无深海多波束和单波束声纳可用,且只有全球重力反演地形图的情况下,如何利用载人潜水器支持母船现有装备,并结合常规调查作业,实现预定下潜海域水深估计,评估全球重力反演地形图精度,保障载人潜水器下潜安全,是载人深潜科考现场迫切需要解决的难题。

发明内容

[0007] 本发明的目的是提供一种面向载人潜水器的海水深度确定方法及系统,能够在缺乏船载多波束声纳、单波束声纳和多波束地形图的情况下,实现载人潜水器预定下潜区域海水深度的估计,并校核全球重力反演地形图。

[0008] 为实现上述目的,本发明提供了如下方案:

[0009] 一种面向载人潜水器的海水深度确定方法,包括:

[0010] 将深海着陆器上的声学释放器与超短基线定位系统进行配对,之后利用超短基线定位系统对声学释放器进行定位,确定深海着陆器的位置和海水深度;

[0011] 根据深海着陆器的位置和海水深度以及与全球重力反演地形图上对应位置的海水深度,确定第一深度差;

[0012] 利用温盐深仪确定温盐深仪触底时载人潜水器支持母船相应位置的海水深度;

[0013] 根据温盐深仪触底时载人潜水器支持母船相应位置的海水深度和与全球重力反演地形图上对应位置的海水深度,确定第二深度差;

[0014] 根据载人潜水器预定下潜点的位置、深海着陆器的位置以及温盐深仪触底时载人潜水器支持母船相应位置以及第一深度差和第二深度差确定载人潜水器预定下潜点位置的海水深度差;

[0015] 利用载人潜水器预定下潜点位置的海水深度差对全球重力反演地形图上对应位置的海水深度进行校正。

[0016] 一种面向载人潜水器的海水深度确定系统,包括:

[0017] 深海着陆器的位置和海水深度确定模块,用于将深海着陆器上的声学释放器与超短基线定位系统进行配对,之后利用超短基线定位系统对声学释放器进行定位,确定深海着陆器的位置和海水深度;

[0018] 第一深度差确定模块,用于根据深海着陆器的位置和海水深度以及与全球重力反演地形图上对应位置的海水深度,确定第一深度差;

[0019] 温盐深仪触底时载人潜水器支持母船相应位置的海水深度确定模块,用于利用温盐深仪确定温盐深仪触底时载人潜水器支持母船相应位置的海水深度;

[0020] 第二深度差确定模块,用于根据温盐深仪触底时载人潜水器支持母船相应位置的海水深度和与全球重力反演地形图上对应位置的海水深度,确定第二深度差;

[0021] 海水深度差确定模块,用于根据载人潜水器预定下潜点的位置、深海着陆器的位置以及温盐深仪触底时载人潜水器支持母船相应位置以及第一深度差和第二深度差确定载人潜水器预定下潜点位置的海水深度差;

[0022] 全球重力反演地形图模块,用于利用载人潜水器预定下潜点位置的海水深度差对全球重力反演地形图上对应位置的海水深度进行校正。

[0023] 根据本发明提供的具体实施例,本发明公开了以下技术效果:

[0024] 本发明所提供的一种面向载人潜水器的海水深度确定方法及系统,通过利用超短基线定位系统跟踪深海着陆器估计海水深度以及利用温盐深仪常规调查估计海水深度,进而利用上述估计的海水深度确定相应的深度差,进而根据载人潜水器预定下潜点的位置、深海着陆器的位置以及温盐深仪触底时载人潜水器支持母船相应位置以及第一深度差和第二深度差确定载人潜水器预定下潜点位置的海水深度差;利用载人潜水器预定下潜点位

置的海水深度差对全球重力反演地形图上对应位置的海水深度进行校正。本发明能够在缺乏船载多波束声纳、单波束声纳和多波束地形图的情况下,实现载人潜水器预定下潜区域海水深度的估计,并校核全球重力反演地形图。

附图说明

[0025] 图1为本发明所提供的一种面向载人潜水器的海水深度确定方法流程示意图;

[0026] 图2为本发明所提供的一种面向载人潜水器的海水深度确定系统结构示意图。

具体实施方式

[0027] 本发明的目的是提供一种面向载人潜水器的海水深度确定方法及系统,能够在缺乏船载多波束声纳、单波束声纳和多波束地形图的情况下,实现载人潜水器预定下潜区域海水深度的估计,并校核全球重力反演地形图。

[0028] 图1为本发明所提供的一种面向载人潜水器的海水深度确定方法流程示意图,如图1所示,本发明所提供的的一种面向载人潜水器的海水深度确定方法,包括:

[0029] S101,将深海着陆器上的声学释放器与超短基线定位系统进行配对,之后利用超短基线定位系统对声学释放器进行定位,确定深海着陆器的位置和海水深度;

[0030] 深海着陆器是一种常规调查装备,常见的深海着陆器主要有浮球/浮力块、绳索、传感器、采样器、声学释放器、重块等组成。这里使用的声学释放器具备与船载超短基线定位系统应答功能,即超短基线定位系统可以周期性(如10秒1次,对应往返距离约15000米,单程距离7500米)测量声学释放器的位置。超短基线定位系统是一种科考船普遍安装的声学定位系统,它可以对安装有声学信标、声学释放器的水下物体进行定位,通过测量声学信标、声学释放器的位置,得到水下物体的位置。

[0031] 上述步骤具体包括:

[0032] 深海着陆器上的声学释放器与超短基线定位系统配对后,从载人潜水器支持母船上布放入水,开始下降。

[0033] 超短基线定位系统对声学释放器进行定位,获取深海着陆器位置和深度, t_n 时刻的深度为 d_n , t_{n+1} 时刻的深度为 d_{n+1} ,则下降速度为 $v_n = \frac{d_{n+1}-d_n}{t_{n+1}-t_n}$ 。通过测量N次,估计深海着陆

器下降速度 $v = \frac{\sum_1^N v_n}{N}$ 。

[0034] 超短基线定位系统持续跟踪深海着陆器深度变化,当超短基线连续测量到深海着陆器深度无明显变化后,确认深海着陆器到达海底。

[0035] 待深海着陆器到达海底后,超短基线定位系统再连续测量M次深海着陆器位置(经度 Lon_m 、纬度 Lat_m)和深度 Z_m ,取平均,得到深海着陆器的经度 $Lon_{Lander-USBL} = \frac{\sum_1^M Lon_m}{M}$ 、

纬度 $Lat_{Lander-USBL} = \frac{\sum_1^M Lat_m}{M}$ 、深度 $Z_{Lander-USBL} = \frac{\sum_1^M Z_m}{M}$ 。如果超短基线定位系统测量结果存在明显异常点(跳点),需要先剔除跳点后,再进行上述平均处理。

[0036] S102,根据深海着陆器的位置和海水深度以及与全球重力反演地形图上对应位置

的海水深度,确定第一深度差;

[0037] 根据上述深海着陆器的平均经度 $Lon_{Lander-USBL}$ 、纬度 $Lat_{Lander-USBL}$ ，读取全球重力反演地形图上标志的海水深度 $Z_{map-USBL}$ ，并与深海着陆器的平均深度 $Z_{Lander-USBL}$ ，进行比较，得到第一深度差 $\Delta Z_{Lander} = Z_{map-USBL} - Z_{Lander-USBL}$ 。

[0038] S103，利用温盐深仪确定温盐深仪触底时载人潜水器支持母船相应位置的海水深度；

[0039] 载人潜水器到一个新的海域开展下潜作业前，按照作业规程，需要首先开展一次CTD常规调查作业，获取预定下潜海域的海水密度—深度剖面。利用实测密度数据，计算载人潜水器的配重。CTD通过铠装电缆吊放入水中，船上甲板显控单元可以实时监控CTD测量的压力(可以转换为深度)、温度、电导率(可以转换为盐度)，因此CTD可以实时得到其深度。

[0040] 作为一个具体的实施例，上述步骤具体包括：

[0041] CTD通过绞车布放入水，按照每分钟30~40米的速度放缆。

[0042] 甲板显控单元实时监控CTD深度，当CTD距离海底200米时，绞车减慢放缆速度，密切关注CTD深度变化。

[0043] 当在绞车放缆过程中，发现CTD深度不再变化或变化很小，则CTD有可能到达海底。

[0044] 此时进一步降低放缆速度，继续放出几十米缆，观察CTD深度是否变化，如果这个过程中没有变化，则确认CTD已经触底。如果CTD深度增大，则继续放缆。

[0045] 待确认CTD已经触底后，记录CTD深度 Z_{CTD} 、载人潜水器支持母船经度 Lon_{CTD} 、纬度 Lat_{CTD} ，然后绞车按照每分钟30~40米的速度收缆，回收CTD。

[0046] S104，根据温盐深仪触底时载人潜水器支持母船相应位置的海水深度和与全球重力反演地形图上对应位置的海水深度，确定第二深度差；

[0047] 根据上述CTD触底时刻记录的载人潜水器支持母船经度 Lon_{CTD} 、纬度 Lat_{CTD} ，读取全球重力反演地形图上标记的海水深度 $Z_{map-CTD}$ ，并与CTD触底深度 Z_{CTD} ，进行比较，得到深度差 $\Delta Z_{CTD} = Z_{map-CTD} - Z_{CTD}$ 。

[0048] S105，根据载人潜水器预定下潜点的位置、深海着陆器的位置以及温盐深仪触底时载人潜水器支持母船相应位置以及第一深度差和第二深度差确定载人潜水器预定下潜点位置的海水深度差；

[0049] S105具体包括：

[0050] 根据载人潜水器预定下潜点的位置和深海着陆器的位置确定第一距离差；

[0051] 根据载人潜水器预定下潜点的位置和温盐深仪触底时载人潜水器支持母船相应位置确定第二距离差；

[0052] 根据第一距离差和第二距离差确定深海着陆器对应的权重和温盐深仪对应的权重；

[0053] 利用第一深度差、第二深度差以及深海着陆器对应的权重和温盐深仪对应的权重确定载人潜水器预定下潜点位置的海水深度差。

[0054] 利用第一深度差、第二深度差以及深海着陆器对应的权重和温盐深仪对应的权重确定载人潜水器预定下潜点位置的海水深度差，具体包括：

[0055] 利用 $\Delta Z_{HOV} = \lambda_{Lander} \times \Delta Z_{Lander} + \lambda_{CTD} \times \Delta Z_{CTD}$ 确定载人潜水器预定下潜点位置的海水深度差；

[0056] 其中， ΔZ_{HOV} 为载人潜水器预定下潜点位置的海水深度差， λ_{Lander} 为深海着陆器对

应的权重, λ_{CTD} 为温盐深仪对应的权重, ΔZ_{Lander} 为第一深度差, ΔZ_{CTD} 为第二深度差。

[0057] 具体流程如下:

[0058] 根据载人潜水器预定下潜点的经度 Lon_{HOV} 、纬度 Lat_{HOV} , 读取全球重力反演地形图上标记的海水深度 $Z_{\text{map-HOV}}$ 。

[0059] 根据深海着陆器到底时的经度 $\text{Lon}_{\text{Lander-USBL}}$ 、纬度 $\text{Lat}_{\text{Lander-USBL}}$, CTD触底时载人潜水器支持母船的经度 Lon_{CTD} 、纬度 Lat_{CTD} , 以及载人潜水器预定下潜点的经度 Lon_{HOV} 、纬度 Lat_{HOV} , 分别计算得到载人潜水器预定下潜点与深海着陆器的距离 $R_{\text{HOV-Lander}}$ 、载人潜水器预定下潜点与CTD触底位置的距离 $R_{\text{HOV-CTD}}$ 。

[0060] 分别计算深海着陆器和CTD对应的权重 λ_{Lander} 和 λ_{CTD} , 其中

$$[0061] \quad \lambda_{\text{Lander}} = \frac{\frac{1}{R_{\text{HOV-Lander}}}}{\frac{1}{R_{\text{HOV-Lander}}} + \frac{1}{R_{\text{HOV-CTD}}}} = \frac{R_{\text{HOV-CTD}}}{R_{\text{HOV-Lander}} + R_{\text{HOV-CTD}}}$$

$$[0062] \quad \lambda_{\text{CTD}} = \frac{\frac{1}{R_{\text{HOV-CTD}}}}{\frac{1}{R_{\text{HOV-Lander}}} + \frac{1}{R_{\text{HOV-CTD}}}} = \frac{R_{\text{HOV-Lander}}}{R_{\text{HOV-Lander}} + R_{\text{HOV-CTD}}}, \text{ 且 } \lambda_{\text{Lander}} + \lambda_{\text{CTD}} = 1。$$

[0063] 读取超短基线定位系统跟踪深海着陆器估计的海水深度差 ΔZ_{Lander} 和CTD常规调查估计的海水深度差 ΔZ_{CTD} , 进行加权平均, 得到载人潜水器预定下潜点位置的海水深度差 $\Delta Z_{\text{HOV}} = \lambda_{\text{Lander}} \times \Delta Z_{\text{Lander}} + \lambda_{\text{CTD}} \times \Delta Z_{\text{CTD}}$ 。

[0064] 对全球重力反演地形图上标记的海水深度 $Z_{\text{map-HOV}}$ 进行校正, 得到载人潜水器预定下潜点海水深度 $Z_{\text{HOV}} = Z_{\text{map-HOV}} - \Delta Z_{\text{HOV}}$ 。

[0065] S106, 利用载人潜水器预定下潜点位置的海水深度差对全球重力反演地形图上对应位置的海水深度进行校正。

[0066] 对本发明所提供的的方法进行说明:

[0067] 载人潜水器某潜次下潜预定区域没有多波束地形图, 只有全球重力反演地形图。载人潜水器支持母船没有安装深海多波束声纳, 唯一的深海单波束声纳损坏无法使用。载人潜水器预定下潜区域为太平洋某海沟一侧, 同时在预定下潜点附近计划开展2次常规调查作业, 其中1次深海着陆器布放和1次CTD调查作业。某天中午, 载人潜水器支持母船搭载载人潜水器到达作业海区后, 首先开展深海着陆器布放作业, 待深海着陆器作业完成之后, 晚上开展CTD调查作业, 第二天早上开展载人潜水器下潜作业。(1) 超短基线定位系统全程跟踪深海着陆器, 等深海着陆器到底后, 通过多次测量得到深海着陆器的平均深度为5030米, 而从全球重力反演地形图读取的深海着陆器位置深度为5706米, 即深海着陆器位置实际深度比全球重力反演地形图读取深度值小676米。(2) 当日晚上至凌晨, CTD常规调查作业时, 当CTD深度显示为5917米时, 在继续放缆100米的过程中, 深度不再增大。初步判断CTD已经触底, 然后开始收缆回收CTD, 等回收到甲板后, 发现末端有数十米缆绳打结, 由此可以看出CTD发生触底故障, 实际海水深度为5917米, 而从全球重力反演地形图读取的CTD触底位置深度为6617米, 即CTD触底位置实际深度比全球重力反演地形图读取深度值小700米。

[0068] 从全球重力反演地形图读取的下潜点深度为5100米。通过上面(1)超短基线定位系统全程跟踪深海着陆器和(2)CTD常规调查作业, 并结合载人潜水器预定下潜点位置, 得到载人潜水器预定下潜点与深海着陆器的距离为6109米, 载人潜水器预定下潜点与CTD触底位置的距离6786米, 因此深海着陆器和CTD对应的权重分别为0.526和0.474。在此基础

上,进行加权平均,得到载人潜水器预定下潜点位置的全球重力反演地形图存在较大偏差,实际海水深度比全球重力反演地形图标称深度约小687米。在此基础上,做出如下初步判断:载人潜水器下潜点实际水深比海底地形图标称水深小687米,即海水深度只有4413米。为了增加一定的余量,将实际海水深度估计为4200~4413米,增加了200米的余量。然后,马上将这一重要发现告知正在随载人潜水器下潜的潜航员,并建议潜航员在下潜至4000米深度(进一步增大安全距离)时开启相关声学多普勒计程仪和避碰声纳找底,并随时准备抛载坐底。最终,载人潜水器实际坐底深度为4407米,比海底地形图标称深度小693米,与预判结果687米基本一致。

[0069] 图2为本发明所提供的一种面向载人潜水器的海水深度确定系统结构示意图,如图2所示,本发明所提供的的一种面向载人潜水器的海水深度确定系统,包括:

[0070] 深海着陆器的位置和海水深度确定模块201,用于将深海着陆器上的声学释放器与超短基线定位系统进行配对,之后利用超短基线定位系统对声学释放器进行定位,确定深海着陆器的位置和海水深度;

[0071] 第一深度差确定模块202,用于根据深海着陆器的位置和海水深度以及与全球重力反演地形图上对应位置的海水深度,确定第一深度差;

[0072] 温盐深仪触底时载人潜水器支持母船相应位置的海水深度确定模块203,用于利用温盐深仪确定温盐深仪触底时载人潜水器支持母船相应位置的海水深度;

[0073] 第二深度差确定模块204,用于根据温盐深仪触底时载人潜水器支持母船相应位置的海水深度和与全球重力反演地形图上对应位置的海水深度,确定第二深度差;

[0074] 海水深度差确定模块205,用于根据载人潜水器预定下潜点的位置、深海着陆器的位置以及温盐深仪触底时载人潜水器支持母船相应位置以及第一深度差和第二深度差确定载人潜水器预定下潜点位置的海水深度差;

[0075] 全球重力反演地形图模块206,用于利用载人潜水器预定下潜点位置的海水深度差对全球重力反演地形图上对应位置的海水深度进行校正。

[0076] 海水深度差确定模块205具体包括:

[0077] 第一距离差确定单元,用于根据载人潜水器预定下潜点的位置和深海着陆器的位置确定第一距离差;

[0078] 第二距离差确定单元,用于根据载人潜水器预定下潜点的位置和温盐深仪触底时载人潜水器支持母船相应位置确定第二距离差;

[0079] 权重确定单元,用于根据第一距离差和第二距离差确定深海着陆器对应的权重和温盐深仪对应的权重;

[0080] 海水深度差确定单元,用于利用第一深度差、第二深度差以及深海着陆器对应的权重和温盐深仪对应的权重确定载人潜水器预定下潜点位置的海水深度差。

[0081] 海水深度差确定单元具体包括:

[0082] 海水深度差确定子单元,用于利用 $\Delta Z_{HOV} = \lambda_{Lander} \times \Delta Z_{Lander} + \lambda_{CTD} \times \Delta Z_{CTD}$ 确定载人潜水器预定下潜点位置的海水深度差;

[0083] 其中, ΔZ_{HOV} 为载人潜水器预定下潜点位置的海水深度差, λ_{Lander} 为深海着陆器对应的权重, λ_{CTD} 为温盐深仪对应的权重, ΔZ_{Lander} 为第一深度差, ΔZ_{CTD} 为第二深度差。

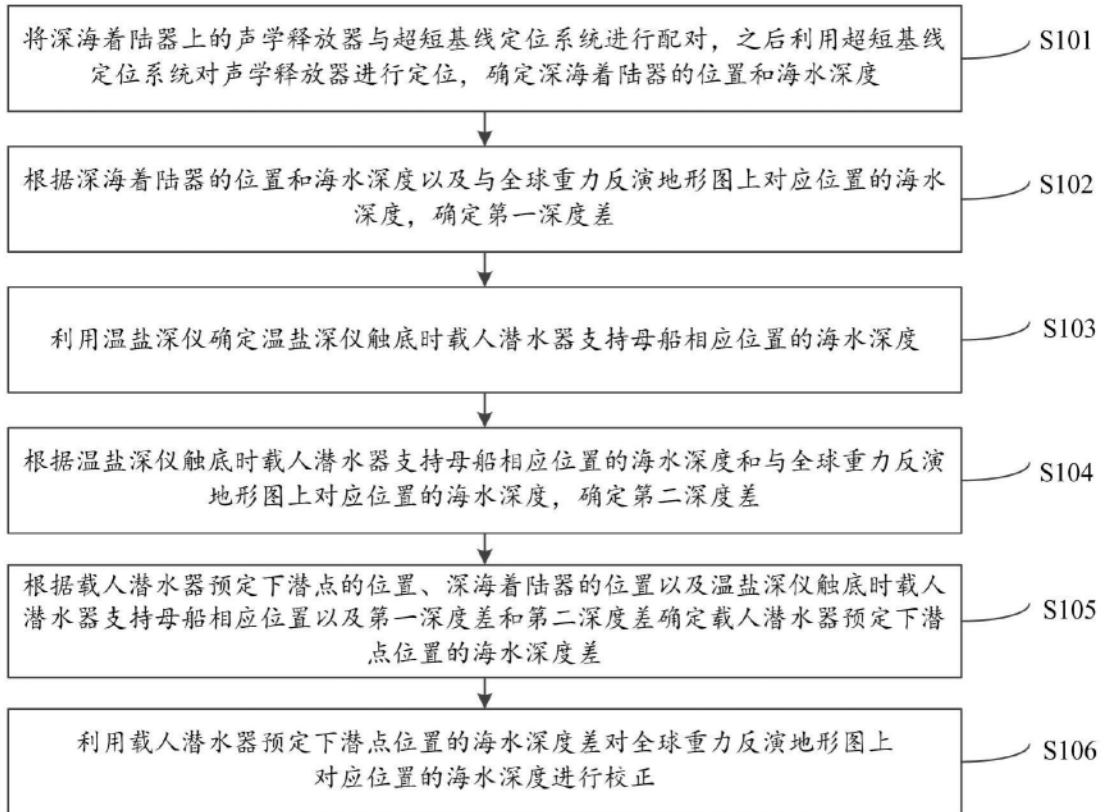


图1

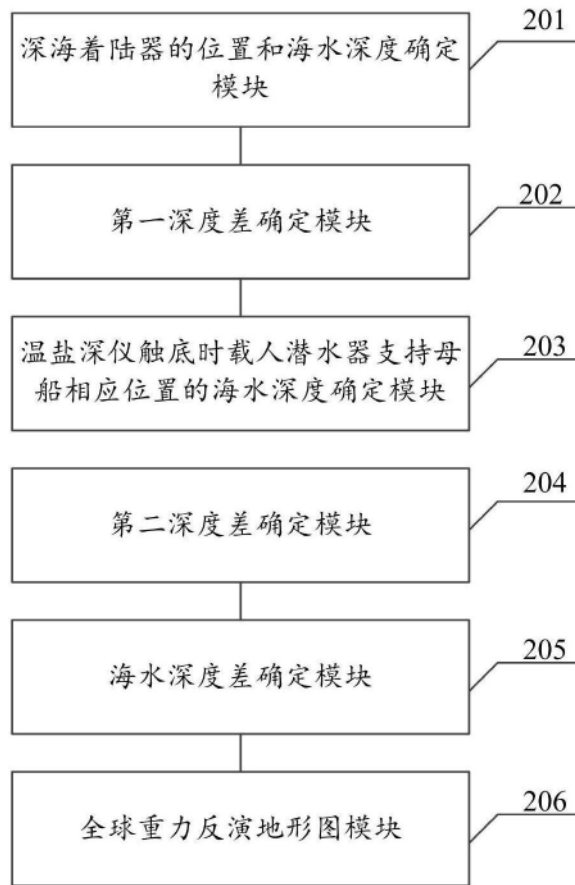


图2