

文章编号: 1674 - 5566(2012)02 - 0288 - 09

Argo 数据库的构建与渔业分析应用

张胜茂, 周皓明, 周甦芳, 杨胜龙, 郑仰桥, 樊伟

(中国水产科学研究院东海水产研究所 渔业资源遥感信息技术重点开放实验室, 上海 200090)

摘要: 遥感数据在渔业分析中应用广泛,但它只能提供海洋表层参考信息,远洋捕捞常常需要次表层环境信息辅助渔场预测。Argo 剖面数据提供了从表层到 2 000 m 以浅的数据,利用 Argo 数据建立的次表层海况数据库可以为渔业分析提供更多的参考信息。从 GDacs 服务器自动定时下载数据并更新数据库,利用 Akima 插值方法处理垂直剖面数据,通过分析温度和盐度的变化情况计算出温跃层和盐跃层,以及其深度、厚度、强度等信息,利用反距离权重插值法绘制海洋次表层环境信息图,结合渔业信息数据可以很好地应用于渔业分析。

研究亮点: 多数金枪鱼类生活在海洋表层至 100 m,温跃层限制了鱼类的上下移动。文章研究了 Argo 数据自动化处理,使用 AKIMA、IDW 插值生成温跃层上(下)界温度、盐度、深度、强度;根据温跃层深度选择用于辅助分析的水层;分析渔获量分布、变化等与海洋次表层环境特点的关系。

关键词: Argo;数据库;Akima 插值;反距离权重插值;远洋渔业

中图分类号: S 977; S 911

文献标志码: A

迄今为止,Argo (Array for Real-time Geostrophic Oceanography) 数据资料已经积累了十多年的长期数据,覆盖三大洋(太平洋、印度洋、大西洋),目前已经在海洋温盐场^[1-4]、大洋环流模式^[5-6]、海洋资料同化^[7]等研究领域广泛地应用,取得了不少研究和应用成果,但把 Argo 数据应用于渔业的研究很少。何亚文等^[8]用 Argo 海温和海流数据,实现了海洋信息网格服务平台原型系统,可为用户提供 Web 方式的海洋环境信息服务,但不能为渔业分析提供较全面的数据,没有结合渔业数据分析。杨胜龙等^[9-10]采用 Kriging 算法将 Argo 剖面数据重构月平均海温场,揭示太平洋暖流区、西边界流系的季节性变化和西边界流系强温度锋面,并对中西太平洋鳀鱼渔获量与水温、表层盐度关系进行了初步研究,但没有研究温跃层与渔获分布的关系。Argo 剖面数据在空间和时间上的分布和变化规律^[11-12]可以很好的应用于渔业辅助分析,本研究利用 Argo 数据建立数据

信息处理与服务平台,可以动态生成海洋次表层温盐影像,计算温盐跃层等,以及结合渔业数据进行辅助分析。

1 材料与方法

本研究所用渔业数据来自 2010 年上海水产集团西太平洋金枪鱼围网数据,作业范围为 10°S ~ 10°N 和 140°E ~ 180°E。Argo 数据来自法国海洋开发研究院的 FTP 服务器(ftp://ftp.ifremer.fr/ifremer/argo/dac),它是两个 Argo 全球数据中心(GDacs, global data centers)中的一个,同时存储着两种模式的数据,一种是实时模式(real-time data),另一种是延迟模式(delayed-mode data),如果数据中心收到延迟模式数据,实时模式数据将被延时模式数据取代。GDacs 之间通过索引文件实现数据同步更新,Argo 剖面索引文件有两个,一个存储全部的 Argo 数据索引文件 ar_index_global_prof.txt,文件在 70 MB 以上,到 2011 年 4

收稿日期: 2011-08-22 修回日期: 2011-12-24

基金项目: 中央级公益性科研院所基本科研业务费专项(2011T10);地理信息科学教育部重点实验室开放研究基金(KLGIS2011A07);国家高技术研究发展计划(2007AA092202)

作者简介: 张胜茂(1976—),男,助理研究员,博士,研究方向为渔业遥感。E-mail: ryshengmao@126.com

通讯作者: 樊伟, E-mail: dhypzh@public4.sta.net.cn

月 9 日为止 Argo 数据已经有 782 686 条记录。另一个存储一周的数据索引文件 ar_index_this_week_prof.txt。首次把数据导入数据库时,先下载全部的 Argo 数据索引文件,根据文件把 Argo 数据下载到临时目录,读出数据并导入数据库,数据导入完成后,每天读取一周的文件索引文件,根据文件更新数据。

图 1 是 Argo 数据的处理流程图,首次创建 Argo 数据库时,从 GDacs 下载 Argo 剖面的全球索引文件,把数据导入到文件索引数据库,通过遍历文件索引数据库中的文件,找到文件对应的路径,并把 Argo 数据文件下载到本地,读取数据后导入到 Argo 剖面数据表(Profile),剖面数据库的数据经过 Akima 插值保存到 Akima 数据表(Akima),Akima 插值过程中计算每个剖面的温度与盐度强度变化,把符合一定标准的值分别保

存到温跃层(Temperature)和盐跃层(Salt)数据表。首次建库结束后,每次更新只需下载文件较小的一周数据索引文件,对比这个文件和文件数据库的记录,如果已经有延时模式数据更新了实时模式数据,则下载延时模式数据,更新数据库中的 Profile、Akima、Temperature、Salt 数据表;如果是新的数据,在 Profile、Akima、Temperature、Salt 数据表中增加新数据,更新与增加数据的方法与初次建库时的计算方法相同。在进行海洋次表层渔业分析时,在数据库中查询到需要的范围和需要的数据类型,结合渔业数据制作分析图。其他数据表还有轨迹数据表(Trajectory)、元数据数据表(Meta)、技术数据表(Technical),他们的更新方法与剖面数据更新方法相似,只是不需要插值处理。

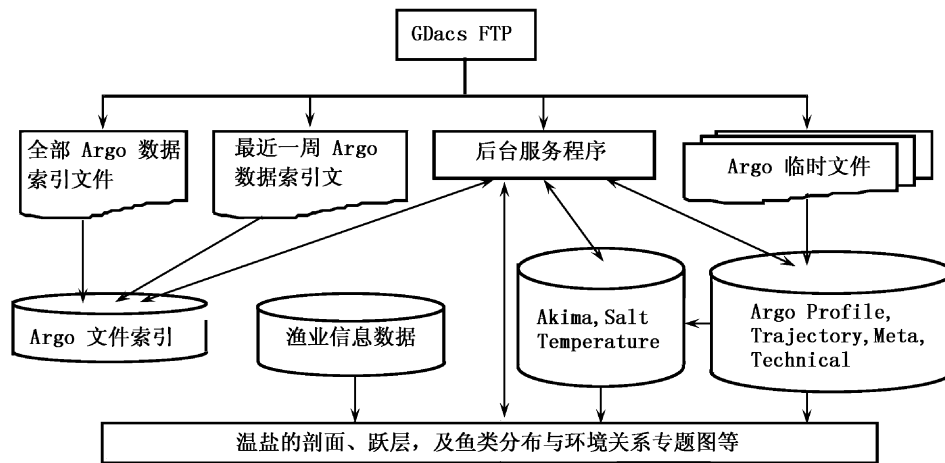


图 1 Argo 数据处理流程

Fig.1 Argo data processing

1.1 数据建库与数据导入

1.1.1 数据建库

Argo 整体数据库创建的数据库表主要有 9 个(图 2),图中 PK (Primary key) 表示主键,FK (Foreign key) 表示外键。FileIndex 是文件索引表,与 GDacs 上的索引文件同步更新;ArgoMeta 是 Argo 浮标的元数据表,存储每个浮标的基本信息;Profile 是剖面数据表,存储每个 Argo 浮标每个剖面的基本信息,如:经纬度、时间、采样点个数等;ProfilePoint 表存储剖面数据所有采样点;Akima 表存储 Argo 剖面的经过 Akima 插值后的数据;Temperature 和 Salt 是温跃层表和盐跃层

表,存储跃层深度、厚度、强度等信息;Trajectory 表存储浮标轨迹,Technical 表存储浮标技术性数据。PFKey 是 Profile 的主键,是表 Profile、ProfilePoint、Akima、Temperature 和 Salt 的外键。AMKey 是 ArgoMeta 的主键,是表 Profile、Technical、Trajectory 的外键。FIKey 是 FileIndex 表的主键,是 ArgoMeta 表的外键。每个表都根据主键和外键以及其它它们的关键字段创建了索引。建立关系表的目的是减少数据存储占用的空间,加快数据查询速度。

1.1.2 Argo 数据导入数据库

从 Argo 全球数据中心 FTP 上下载数据,每天

定时更新下载的数据^[3]。Argo 数据采用 NetCDF (network Common Data Format) 格式存储, NetCDF 把数据存储为自描述、独立于机器的数据集, 它的阵列数据访问接口函数支持 C、Fortran、C++、Perl, 以及支持 NetCDF 库的其他语言, 可以方便的创建、访问和共享科学数据。

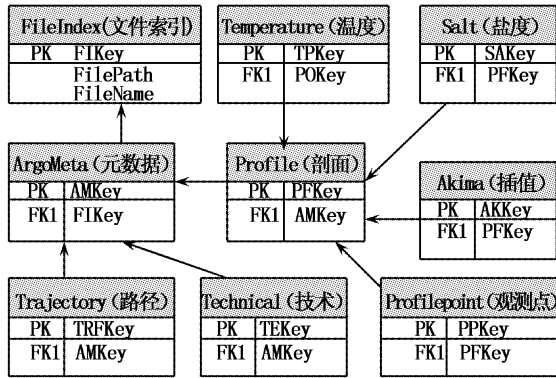


图2 Argo 数据表关系图
Fig.2 Diagram of Argo data table

NetCDF 的 C++ 种类与方法操作简单结构清晰, 非常易于掌握与应用。NetCDF 文件主由 Dimensions、Variables、Attributes、Data 4 个部分组成, NetCDF 的 NcFile 类包含了 NcDim、NcVar、NcAtt 几个类的对象作为成员, 分别对应 NetCDF 文件结构的 Dimensions、Variables、Attributes。在 NcFile 类创建实例时 FileMode 参数可以是 ReadOnly、Write、Replace 分别代表文件只读、文件读写、文件创建或替换原有同名文件。NcFile 的 get_dim、get_var、get_att 方法分别用于读取 Dimensions、Variables、Attributes; get_var 方法读取某个变量, 返回 NcVar 实例类型, 用该实例的 get 方法读取数据。把 Argo 数据下载到临时文件夹, 使用 NetCDF 类库读取数据并保存到数据库中。

Argo 全部数据索引文件和一周数据索引文件每天都更新, 在首次数据导入时, 由于全部的数据量大, 短时间不能完成数据的导入工作, 如果一周内不能完成首次数据导入, 则在数据导入结束后, 再次下载全部数据索引文件, 对比其与前次下载文件的差别, 根据变化的信息先更新变化文件的数据, 然后用新下载的全部索引文件继续导入数据, 如此重复直到使用新下载的全部数据索引文件在一周之内可以处理完索引文件中的所有数据。首次导入数据库结束后, 再根据一周数据索引文件每天跟新数据。

1.2 数据插值处理

1.2.1 Akima 插值

Argo 剖面数据在垂直方向上是一系列的离散点, 同一个浮标不同周期, 以及不同浮标剖面的采样深度并不固定, 因此分析某一深度不同区域温度或盐度时, 需要通过插值来获取一些剖面在该深度缺失的值。设已知 Argo 采样点为 (x_i, y_i) ($i = 1, 2, 3, \dots, n$), x 是 Argo 采样点深度值, y 是采样点的盐度或温度值, 在 $y_i = f(x_i)$ 条件下, 用一条光滑曲线 $y = f(x)$ 拟合 Argo 剖面线。Akima 分段 3 次多项式插值进行光滑曲线拟合方法, 可以将 Argo 离散的数据点连成光滑曲线, 具有曲线拟合的精度较高、光滑性较好等特点^[13]。

Akima 插值规定在两个采样点之间进行内插, 除用到这两个采样点外, 还要用这两个点相邻两侧的两个采样点。任取 6 个采样点 ($i = 1, 2, 3, 4, 5, 6$), 现需在 3 号和 4 号点之间内插一待求点, 其计算公式为:

$$y(x) = p_0 + p_1(x - x_3) + p_2(x - x_3)^2 + p_3(x - x_3)^3 \quad (1)$$

其中:

$$\begin{cases} p_0 = y_3 \\ p_1 = t_3 \\ p_2 = [3(y_4 - y_3)/(x_4 - x_3) - 2t_3 - t_4]/(x_4 - x_3) \\ p_3 = [t_3 + t_4 - 2(y_4 - y_3)/(x_4 - x_3)]/(x_4 - x_3)^2 \end{cases} \quad (2)$$

式中: t_3, t_4 为 3 号和 4 号点的斜率。 t_3 用 1、2、3、4、5 已知采样点计算, t_4 用 2、3、4、5、6 已知点计算, 一般计算公式为:

$$t_i = (|m_{i+1} - m_i| \cdot m_{i-1} + |m_{i-1} - m_{i-2}| \cdot m_i) / (|m_{i+1} - m_i| + |m_{i-1} - m_{i-2}|) \quad (3)$$

式中: $i = 3, 4, m$ 为斜率计算公式: $m_i = (y_{i+1} - y_i)/(x_{i+1} - x_i)$ 当式中分母为零时, $t_i = 1/2(m_{i-1} + m_i)$ 或 $t_i = m_i$ 。

根据 Argo 剖面数据垂直分布特点, 把 0 ~ 200 m 段间隔 5 m, 200 ~ 400 m 段间隔 10 m, 400 ~ 2 000 m 段间隔 50 m 的深度作为分析的水层, 通过 Akima 插值获取各水层的温盐值。并且把温度或盐度纵向梯度值大于或等于最低标准所在深度范围定义跃层。跃层上、下边界点所在深度分别定义为跃层上界、下界深度, 跃层上界深度与下界深度之差作为跃层的厚度, 跃层上、下界深度对应的采样点值之差除以跃层厚度的结果定义为跃层强度。温跃层与盐跃层处理方

法一致,本研究以温跃层为例,取温跃层强度最低标准为 $0.05\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{m}^{[14-15]}$,利用 Argo 采样点的 Akima 插值结果计算温度梯度判断温跃层情况。

1.2.2 反距离权重插值

反距离权重 (IDW, inverse distance weighted) 插值是以插值点与样本点间的距离为权重进行加权平均,离插值点越近的样本点赋予的权重越大。因为反距离权重是加权平均距离,所以该平均值不会大于最大输入或小于最小输入。如果采样对于正在尝试模拟的本地变量来说足够密集,则基于反距离权重会获得最佳结果^[16-17]。Argo 离散点分布较均匀,在水平差制图分辨率较低时其密度程度可以满足在分析中反映局部表面的变化。表达式如下:

$$Z_o = \frac{\sum_{i=1}^n \frac{Z_i}{d_i^r}}{\sum_{i=1}^n \frac{1}{d_i^r}} \quad (4)$$

式中: Z_o 为 O 点的估计值; Z_i 为控制点 i 的 Z 值; d_i 为控制点 i 与点 O 间的距离; n 为在估算中用到的控制点数目; r 为指定的幂数。样点在预测点值的计算过程中所占权重的大小受参数 r 的影

响,随着采样点与预测值之间距离的增加,采样点对预测点影响的权重按指数规律减少。在预测过程中,各采样点值对预测点值得作用的权重大小是成比例的,这些权重的总和为 1。

2010 年 9 月 14 日到 2010 年 11 月 21 日,本实验室科研人员郑仰桥博士用 Sea-bird 公司的 SBE19 Plus 型 CTD (Conductivity, Temperature, Depth),在 $10^{\circ}\text{S} \sim 10^{\circ}\text{N}$ 和 $140^{\circ}\text{E} \sim 180^{\circ}\text{E}$ 范围内共获取 68 个从 0 ~ 200 m 的实测剖面数据。Argo 剖面数据经过 Akima 插值获取到指定深度的温盐值,然后用 IDW 方法在 50 m 和 100 m,对 Argo 月平均温盐数据做水平插值,插值后获得 9、10、11 月的插值图,再用 CTD 观测数据对插值结果进行误差分析。表 1 和表 2 是对 CTD 值与 Argo 插值的绝对误差分析,可以看出 9 月和 10 月的温度绝对误差小于 $0.2\text{ }^{\circ}\text{C}$,最大绝对误差小于 $0.4\text{ }^{\circ}\text{C}$,11 月份的绝对误差较大,绝对误差小于 $0.5\text{ }^{\circ}\text{C}$,最大绝对误差小于 $0.7\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。盐度绝对误差小于 0.16,最大绝对误差小于 0.32。一般鱼类生活的水温变化范围在 $8\text{ }^{\circ}\text{C}$ 以上,盐度范围在 1.5 以上^[18],因此从绝对误差分析来看,插值后的结果可以满足渔业分析需要。

表 1 温度误差分析

Tab.1 Temperature error analysis

| 月份 | CTD 点数 | 50 m 绝对误差/ $^{\circ}\text{C}$ | | | 100 m 绝对误差/ $^{\circ}\text{C}$ | | |
|------|--------|-------------------------------|-------|-------|--------------------------------|-------|-------|
| | | 最小 | 最大 | 平均 | 最小 | 最大 | 平均 |
| 9 月 | 14 | 0.002 | 0.229 | 0.104 | 0.013 | 0.282 | 0.152 |
| 10 月 | 22 | 0.008 | 0.334 | 0.144 | 0.016 | 0.372 | 0.157 |
| 11 月 | 32 | 0.040 | 0.625 | 0.370 | 0.057 | 0.677 | 0.451 |

表 2 盐度误差分析

Tab.2 Salinity error analysis

| 月份 | CTD 点数 | 50 m 绝对误差 | | | 100 m 绝对误差 | | |
|------|--------|-----------|-------|-------|------------|-------|-------|
| | | 最小 | 最大 | 平均 | 最小 | 最大 | 平均 |
| 9 月 | 14 | 0.035 | 0.221 | 0.109 | 0.013 | 0.282 | 0.152 |
| 10 月 | 22 | 0.023 | 0.219 | 0.106 | 0.001 | 0.048 | 0.017 |
| 11 月 | 32 | 0.001 | 0.318 | 0.127 | 0.004 | 0.215 | 0.090 |

2 结果与分析

用 Argo 辅助渔业分析,首先要计算温跃层上界、下界深度,获取温跃层上、下界面的温度和盐度,以及温跃层厚度和强度;其次根据温跃层上界、下界深度选择用于辅助分析的水层;再次使用反距离权重法插值,生成温跃层上(下)界温

度、盐度、深度和强度,以及用于辅助分析水层的温度和盐度插值图,最后把各种插值图分别叠加渔获数,分析渔获量分布、变化等与海洋次表层环境特点的关系。

图 3 ~ 4 是 2010 年上海水产集团在西太平洋金枪鱼围网作业范围和统计数据,图 3 反映出作业区域范围是 $10^{\circ}\text{S} \sim 10^{\circ}\text{N}$ 和 $140^{\circ}\text{E} \sim 180^{\circ}\text{E}$;

图 4 反映出金枪鱼围网全年都有作业,但 7 月到 12 月渔获量较大,且在 11 月平均每网的渔获量最大。可以用 Argo 数据构建次表层月平均海洋

环境插值图,用于辅助渔业分析,本研究将以 11 月为例进行说明。

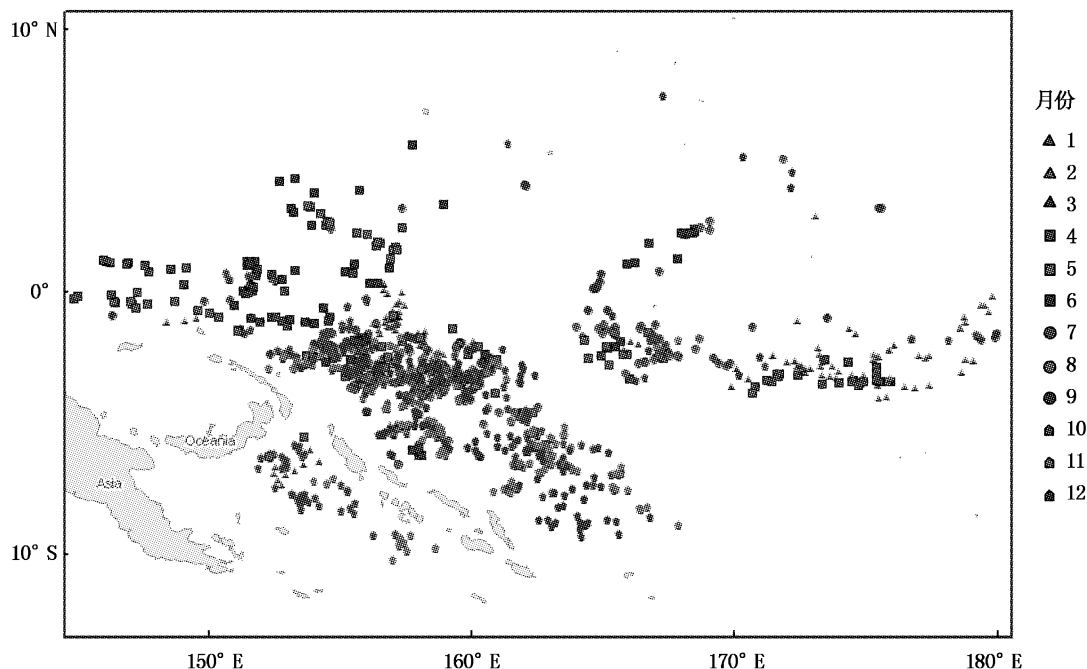


图 3 各月围网位置分布

Fig. 3 Distribution of purse-seine position in each month

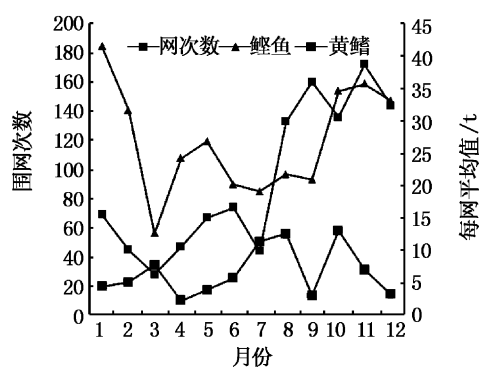


图 4 网次与平均捕捞量

Fig. 4 Number of nets and average catch

对 Argo 采样点进行 Akima 插值后,通过计算插值点的变化判断温跃层,温跃层可能有多个,研究中选取第一个温跃层。

图 5 是 2010 年 11 月份金枪鱼围网所在海域的第一个温跃层状况,图中的黑点是金枪鱼围网的位置。两幅图的实现过程如下:

(1) 在 GDacs 下载 Argo 数据过程中对剖面

数据进行 Akima 插值,利用插值计算温度梯度,根据计算的梯度与最低标准比较,判断出各温跃层,计算出各温跃层的上下界深度、厚度、温度、强度,根据温跃层由上到下的顺序编号为温跃层 1, 2, …, n, 把数据存储到 Temperature 表。

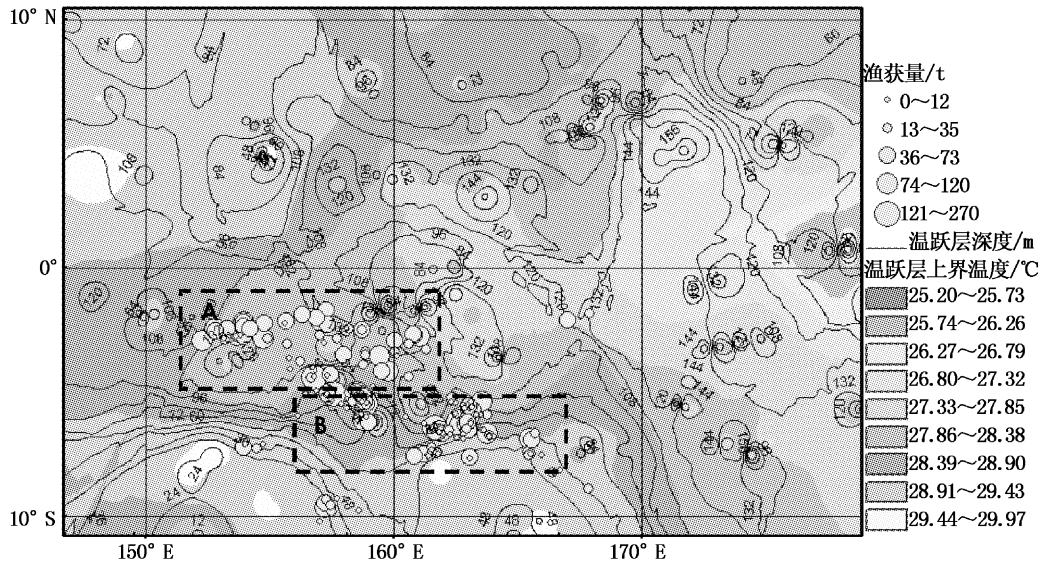
(2) 制作 2010 年 11 月金枪鱼围网所在海域的温跃层状况图时,在 Temperature 表查询出 2010 年 11 月,范围是 10°S ~ 10°N 和 140°E ~ 180°E,温跃层编号为 1 的数据。

(3) 查询的数据结果分散到 1° × 1° 格网中,如果有多个 Argo 值在同一个格网,计算它们的平均值作为该格网的值,然后对格网的值进行反距离权重插值制作平面图。

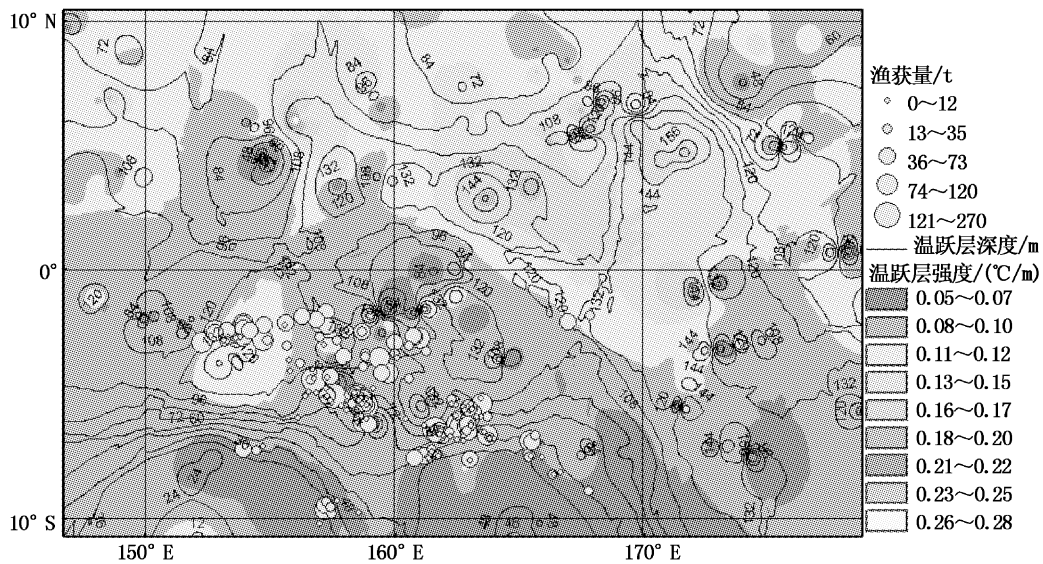
图 5 中的等值线是第一个温跃层上界深度,2010 年 11 月金枪鱼围网分布区域的深度范围在 50 ~ 150 m,温跃层深度的坡度变化较大,图 5(a) 中的等级设色图是第一个温跃层上界温度,金枪鱼围网分布区域的温跃层上界温度在 27.86 ~ 28.90 °C,温度区域变化较小,温度较高。单网的渔获量在 0 ~ 270 t 之间,从图 5(a) 可以看出,渔

获区域可以分成两个比较明显的区域,区域 A 捕捞网次较少,但每网的渔获量都较大,区域 B 捕捞网次较多,但很多网次的捕捞量较低,不过捕捞量在 270 t 左右的网次大部分都分布在区域 B。区域 A 处温跃层深度变化较小,而区域 B 处温跃层深度变化较大。

图 5(b)中的等级设色图是第一个温跃层强度,金枪鱼围网分布区域的温跃层强度在 0.08 ~ 0.10 °C/m,温跃层强度变化较小,强度较低。区域 A 和区域 B 分布区域的温跃层强度变化都不大。



(a) 温跃层上界温度



(b) 温跃层上界深度等值线与强度

图 5 温跃层插值图

Fig. 5 Thermocline interpolation map

由于 2010 年 11 月份金枪鱼围网所在海域第一个温跃层上界深度范围在 50 ~ 150 m,因此在图 6 中分析了 2010 年 11 月该海域在 50 m 和 150 m 温盐状况,两幅图的实现过程如下:

(1)在 GDacs 下载 Argo 数据过程中对剖面数据进行 Akima 插值,根据插值结果获取 0 ~ 300 m 范围间隔 5 m 的温盐值,把数据存储到 Akima 表。

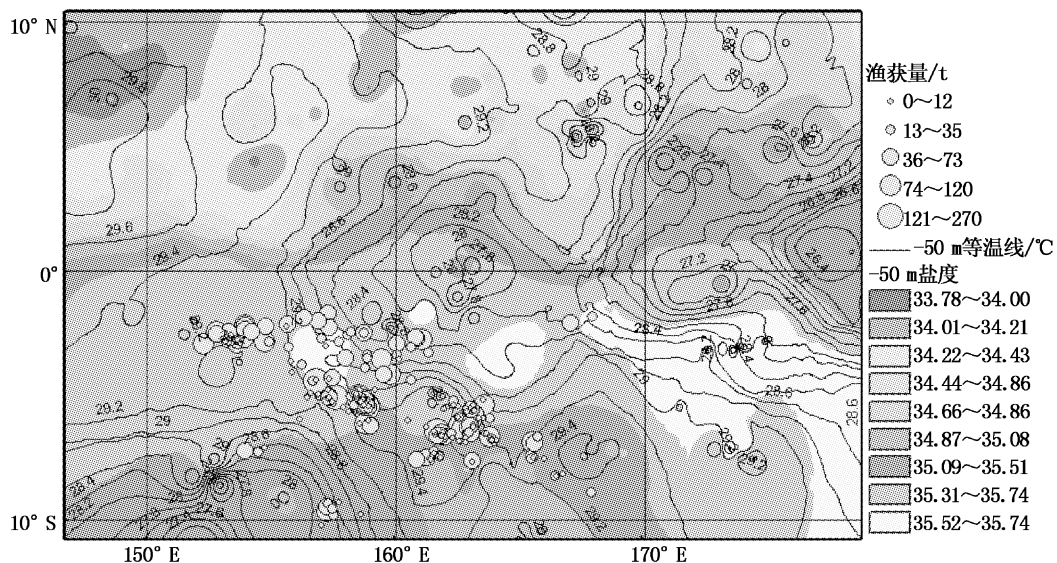
(2) 制作2010年11月金枪鱼围网所在海域的温盐状况图时,在Akima表查询出2010年11月,范围是10°S~10°N和140°E~180°E,深度为50 m和100 m的数据。

(3) 查询的结果数据分散到1°×1°格网中,如果有多个Argo值在同一个格网,计算它们的平均值作为该格网的值,然后对格网的值进行反距离权重插值制作平面图。

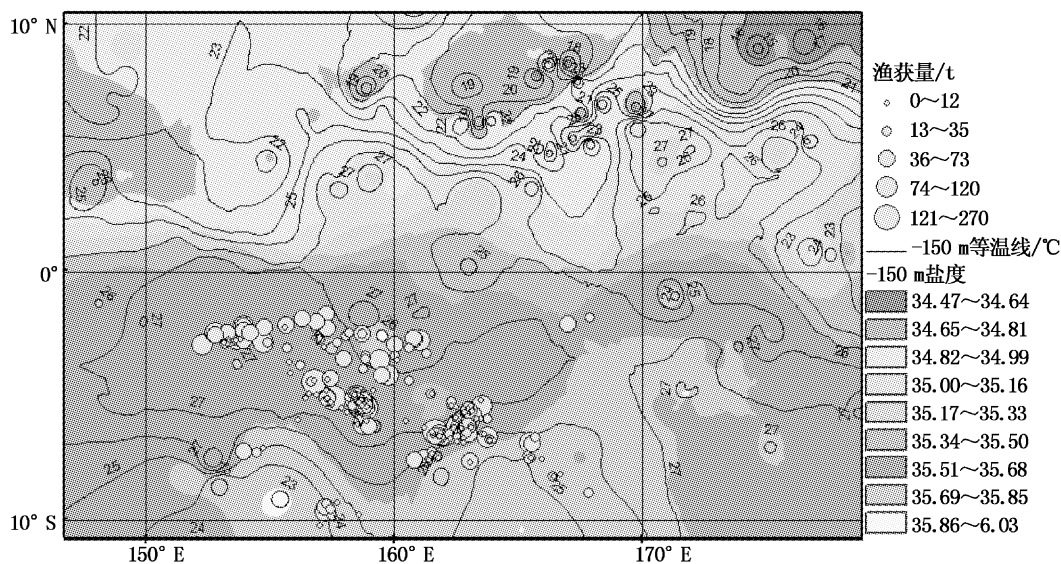
图6(a)是金枪鱼围网分布区域深度50 m的

温盐状况,等值线是温度,等级设色图是盐度。温度范围是28.7~29.6℃,温度很高,盐度范围是35.09~35.51,盐度同样很高的区域,但区域内变化很小。

图6(b)是金枪鱼围网分布区域深度150 m的温盐状况,温度范围是28.7~29.7℃,温度很高,盐度范围是35.51~35.85,盐度很高,区域内变化很小。50 m和150 m处的温盐状况与渔获区域A和B的关系不明显。



(a) -50 m等温线与盐度插值



(b) -150 m等温线与盐度插值

图6 温盐插值图

Fig. 6 Temperature and salinity interpolation map

3 讨论

Argo 观测剖面数据可以提供 2 000 m 以浅的次表层盐度、温度等信息,在空间和时间上都具有一定的分布和变化规律,每天都及时更新。本研究用 Argo 数据构建 Argo 数据库,从 GDacs 定时下载更新,把它结合渔业信息数据辅助远洋渔业分析。

水温变化很大程度上影响了鱼类的集群、洄游及渔场的形成。水温的垂直分布结构在渔场形成中极为重要,特别是在金枪鱼围网渔业中。多数金枪鱼类、枪鱼和旗鱼类,生活在海洋表层至 100 m,属于中上层鱼类。温跃层水温垂直变化显著,像是一道天然的环境屏障,限制了鱼类的上下移动,对中上层鱼类影响特别大^[18-19]。本研究通过对 Argo 数据的计算判断温跃层上界、下界深度,获取温跃层上、下界面的温度和盐度,以及温跃层厚度和强度;根据温跃层上界、下界深度选择用于辅助分析的水层;使用反距离权重法插值,生成温跃层上(下)界温度、盐度、深度和强度,以及用于辅助分析水层的温度和盐度插值图,把各种插值图分别叠加渔获数,分析渔获量分布、变化等与海洋次表层环境特点的关系。

通过 2010 年 11 月上海水产集团在西太平洋金枪鱼围网作业数据,与 Argo 数据构建的次表层 11 月平均海洋环境状况结合分析显示:金枪鱼围网分布区域的第一个温跃层上界深度范围是 50 ~ 150 m,温跃层深度的坡度变化较大,温跃层表面温度范围是 27.86 ~ 28.90 °C,温度区域变化较小,温度较高。温跃层强度范围是 0.08 ~ 0.10 °C/m,温跃层强度变化较小,强度较低。

由于 2010 年 11 月份金枪鱼围网所在海域第一个温跃层上界深度范围是 50 ~ 150 m,因此分析了 50 m 和 150 m 处的温盐状况,分析显示:深度 50 m 的温度范围是 28.7 ~ 29.6 °C,温度很高,盐度范围是 35.09 ~ 35.51,盐度同样很高,但区域内变化很小。150 m 温度范围是 28.7 ~ 29.7 °C,温度很高,盐度范围是 35.51 ~ 35.85,盐度很高,区域内变化很小。

参考文献:

- [1] 刘巍,张韧,王辉赞,等. 分形插值参数的遗传优化及其 ARGO 海温场应用试验[J]. 大气科学学报,2010,33(2): 186 - 192.
- [2] 孙莎莎,胡瑞金. 基于 Argo 的热带印度洋上层海温研究[J]. 中国海洋大学学报:自然科学版,2010,40(9): 15 - 23.
- [3] AGARWAL N, SHARMA R, BASU S, et al. Assimilation of sub-surface temperature profiles from Argo floats in the Indian Ocean in an Ocean General Circulation Model[J]. Current Science, 2008, 95(4): 495 - 501.
- [4] HOSODA S, SUGA T, SHIKAMA N, et al. Global surface layer salinity change detected by Argo and its implication for hydrological cycle intensification [J]. Journal of Oceanography, 2009, 65(4): 579 - 586.
- [5] 周慧,袁东亮,郭佩芳,等. Argo 剖面浮标显示的棉兰老岛以东中层环流的中尺度信号特征[J]. 中国科学:地球科学,2010,40(1): 105 - 114.
- [6] GARFIELD N, MALTRUD M E, COLLINS C A, et al. Lagrangian flow in the California undercurrent, an observation and model comparison[J]. Journal of Marine Systems, 2001, 29(1/4): 201 - 220.
- [7] 朱江,周广庆,闫长香,等. 一个三维变分海洋资料同化系统的设计和初步应用[J]. 中国科学:地球科学,2007,37(2): 314 - 318.
- [8] 何亚文,杜云艳,苏奋振. 基于 Web Services 的 Argo 数据应用服务框架与实现[J]. 海洋通报,2009,28(4): 126 - 131.
- [9] 杨胜龙,马军杰,伍玉梅,等. 基于 Kriging 方法 Argo 数据重构太平洋温度场研究[J]. 海洋渔业,2008,30(1): 13 - 18.
- [10] 杨胜龙,周甦芳,周为峰,等. 基于 Argo 数据的中西太平洋鳀渔获量与水温、表层盐度关系的初步研究[J]. 大连水产学院学报,2010,25(1): 34 - 40.
- [11] 张胜茂,伍玉梅,杨胜龙. Argo 观测剖面数据量的时间变化与周期分析[J]. 海洋技术,2011,30(1): 5 - 9.
- [12] 张胜茂,伍玉梅,杨胜龙. Argo 观测点数量的空间分布与变化分析[J]. 海洋技术,2010,29(3): 108 - 114.
- [13] AKIMA H. A method of univariate interpolation that has the accuracy of a third-degree polynomial[J]. ACM Transactions on Mathematical Software, 1991, 17(3): 341 - 366.
- [14] 王彦磊,黄兵,张韧,等. 基于 Argo 资料的世界大洋温度跃层的分布特征[J]. 海洋科学进展,2008,26(4): 428 - 435.
- [15] 国家海洋局. GB/T 12763.7—2007. 海洋调查规范—海洋调查资料处理[S]. 北京:中国标准出版社,2007.
- [16] WATSON D F, PHILIP G M. A Refinement of inverse distance weighted interpolation [J]. Geoprocessing, 1985(2): 315 - 327.
- [17] PHILIP G M, WATSON D F. A precise method for determining contoured surfaces [J]. Australian Petroleum Exploration Association Journal,1982,22(1): 205 - 212.
- [18] 代丹娜,刘洪生,戴小杰,等. ENSO 现象与东太平洋黄鳍金枪鱼围网 CPUE 时空分布的关系[J]. 上海海洋大学学报,2011,20(4): 571 - 578.
- [19] 陈新军. 渔业资源与渔场学[M]. 北京:海洋出版社,2004.

Construction of Argo database and its application to fisheries

ZHANG Sheng-mao, ZHOU Hao-ming, ZHOU Su-fang, YANG Sheng-long, ZHENG Yang-qiao, FAN Wei
(*Key Laboratory of Fisheries Resources Remote Sensing and Information, East China Sea Fisheries Research Institute, Chinese Academy of Fishery Sciences, Shanghai 200090, China*)

Abstract: Remote sensing data can not provide sub-surface reference information for the offshore marine fisheries analysis. Sub-surface environmental conditions are often needed to assist fisheries forecast. Argo profiles can provide the data from the surface to 2 000 m. An Argo database of sub-surface sea conditions is established in supporting fisheries analysis. Argo data automatically download and update the database regularly from the GDacs server. Akima interpolation method is used to process Argo vertical profile data. Thermocline and halocline are worked out by analyzing the changes in temperature and salinity. Their depth, thickness, strength and other information are also calculated out. Inverse distance weighted interpolation method is used to plot the marine environmental information map. With fisheries information, maps can be well used in fisheries analysis.

Key words: Argo; database; Akima interpolation; inverse distance weighted interpolation; offshore fishing