

基于 ARGO 数据的声速剖面质量控制

彭朝晖 张仁和

(中国科学院声学研究所声场声信息国家重点实验室)

Quality Control of Sound Velocity Profile Based on ARGO Measurements

Zhaohui Peng, Renhe Zhang

(National Laboratory of Acoustics, Institute of Acoustics, Chinese Academy of Sciences)

1. 引言

人们进行海洋声学研究时必须测量所处海区的声速剖面,对声速进行测量时,往往会因为种种原因而出现一些错误点。剔除剖面中的错误点并标定异常点的过程一般称为质量控制。目前人们对温度、盐度等水文数据的质量控制问题研究的比较多^[1-3],而对声速剖面质量控制的研究鲜有报道。随着海洋声学的应用和发展,人们希望将实时测量的声速剖面直接传输给计算机进行现场声传播特性预报,这种情况下,使计算机具备可以进行声速剖面实时质量控制的能力就显得尤为重要。本文通过对ARGO实测数据进行分析,并借鉴温度、盐度等水文数据的质量控制方法^[1-4]提出了声速剖面实时质量控制的计算机实现办法。

2. 数据资料和分析

ARGO^[4]采用自律式的拉格朗日环流观测浮标,布放后自动潜入 2000 米深处的等密度层上漂浮,到达预定时间后,自动上浮,并在上升过程中进行连续剖面测量。到达海面后,通过定位与数据传输卫星系统自动将测量数据传送到卫星地面接收站,经信号处理后发送给浮标拥有者。数据传输完毕后,浮标会再次自动下沉到预定深度,开始下一个循环过程。自从 1998 年以来,ARGO 积累了大量的海水温度、盐度和压力数据。

我们分析了 1998 年~2005 年期间 ARGO 浮标在太平洋、大西洋和印度洋测量的全部数据,其中太平洋 69206 个;大西洋 36587 个;印度洋 25344 个。根据 ARGO 浮标测量的温度、盐度和压力数据,采用联合国教科文组织推荐的公式^[5]可以计算出该测点处的声速剖面。在深度上将声速剖面划分为若干个深度层,针对不同的深度层进行分别分析,统计出每个声速层中的声速及其梯度的变化范围,如表 1 所示。

表 1 声速及声速梯度剖面范围表

层数	深度范围	最小声速	最大声速	最小梯度	最大梯度	层数	深度范围	最小声速	最大声速	最小梯度	最大梯度
1	0.0 - 2.5	1400	1600	-30	25	14	425.0 - 525.0	1440	1570	-3	2
2	2.5 - 12.5	1400	1600	-30	25	15	525.0 - 625.0	1440	1570	-3	2
3	12.5 - 22.5	1405	1600	-30	25	16	625.0 - 725.0	1440	1550	-3	2
4	22.5 - 35.0	1405	1600	-30	25	17	725.0 - 825.0	1440	1550	-3	2
5	35.0 - 56.25	1405	1600	-30	5	18	825.0 - 925.0	1440	1550	-3	2
6	56.25 - 81.25	1410	1600	-30	5	19	925.0 - 1025.0	1450	1540	-2	2
7	81.25 - 106.25	1410	1590	-30	5	20	1025.0 - 1125.0	1450	1540	-2	2
8	106.25 - 131.25	1410	1590	-30	5	21	1125.0 - 1225.0	1450	1540	-2	2
9	131.25 - 162.25	1420	1590	-6	5	22	1225.0 - 1325.0	1450	1540	-2	2
10	162.25 - 212.5	1420	1580	-6	5	23	1325.0 - 1425.0	1450	1540	-2	2
11	212.5 - 262.5	1430	1580	-6	5	24	1425.0 - 1562.5	1460	1540	-1	1
12	262.5 - 325.0	1430	1570	-6	5	25	1562.5 - 1812.5	1460	1550	-1	1
13	325.0 - 425.0	1430	1570	-6	5	26	1812.5 - 2000.0	1460	1550	-1	1

3. 声速剖面质量控制

基于以上的数据分析, 我们给出了声速剖面实时质量控制方法。

- 1) 对声速剖面按深度排序。剔除深度重复点, 声速取重复点的平均值。按照表 1 给出的声速范围值逐点进行比较。剔除超过范围的异常点。
- 2) 检查相邻深度是否大于一定的间隔, 比如说 1 米。如果出现过密的间隔, 剔除部分过密的点。
- 3) 按式 $\delta v = (v_2 - v_1)/(z_2 - z_1)$ 计算声速梯度, 按照表 1 给出的声速梯度范围值逐点比较。剔除异常点。式中 v_1 和 v_2 分别为层中上下两点的声速值, z_1 和 z_2 分别为上下两点所在的深度值。
- 4) 检查相邻深度是否小于一定的间隔。如果相邻深度出现过稀的间隔, 插值增加部分点。
- 5) 剔除声速毛刺点。毛刺的判据为 $|v_2 - (v_3 + v_1)/2| - |(v_3 - v_1)/2| \leq t_1$ 。式中 v_2 为该深度处的声速值, δv_1 和 δv_2 分别是上下两层的声速梯度值。 v_1 和 v_3 分别为上下层深度处的声速值。当深度小于 500 米时, $t_1 = 8$; 当深度大于 500 米时, $t_1 = 4$ 。

应用上述步骤和方法, 我们对由 ARGO 数据生成的声速剖面进行质量控制, 图 1 给出了几个出现异常点的声速剖面。图中直线为由 ARGO 数据计算得到的声速剖面, 点线为经过质量控制并剔出可疑点后生成的声速剖面。

4. 结论

声速剖面是水声物理研究的基础, 对声速剖面实时进行质量控制十分重要。通过质量控制, 剔除错误点后的声速剖面在提供给声场计算之前还要做一系列的处理, 例如中值滤波、声速剖面完整性检查以及声速剖面不完整部分的补充等。

本文提出的质量控制方法, 能有效地剔出大量的错误点, 并在实际运用中取得了不错的效果。但是应该指出的是, 本文给出的限制条件相对比较宽松, 可能会漏掉一些声速异常点, 对处理后的声速剖面进行人工检查也是必要的。

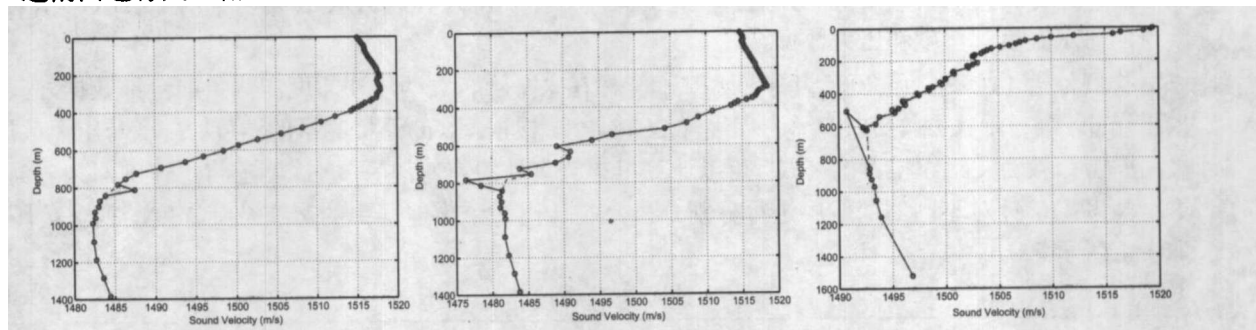


图 1 ARGO 数据声速剖面异常点示例

参考文献

- [1] 董明荣, 刘增宏, 孙朝辉等. ARGO 剖面浮标数据质量控制过程剖析, 海洋技术, 2003, 22(4):79-84.
- [2] 许建平, 苏纪兰. CTD 资料质量控制浅析, 海洋学报, 1999, 21(1):126-132.
- [3] T. Boyer and S. Levitus, Quality control and processing of historical oceanographic temperature, salinity, and oxygen data, NOAA Technical Report NESDIS 81, 1994.
- [4] 许建平. 阿尔戈全球海洋观测大探秘, 海洋出版社, 2002.
- [5] P. Fofonoff and R. C. Millard, Algorithms for computation of fundamental properties of seawater, UNESCO TECH. PAP. IN MAR. SCI., NO.44, PP.53, 1983.

作者简介: 彭朝晖 男, 1971 年出生于湖北; 1998 年哈尔滨工程大学获博士学位。现为中科院声学所声场声信息国家重点实验室副研究员。