

南海东北部海区声速分布特征

黄建冲 黄企洲

(中国科学院南海海洋研究所)

声波在海水中的传播速度(以下简称声速)是海洋学的基本要素之一。迅速发展着的水下通讯、数据传输、目标检测和定位、识别、导航等方面的技术都与声速分布特征密切相关。因此,海水中声速的测量和声速分布特征的分析,无论对海洋学研究、水声设备的研制或军事需要等方面都有着重大的意义。

本文根据1979—1982年我所“实验1”号和“实验3”号轮在南海东北部海区的温-盐-深调查资料(调查范围见图1),采用威尔逊(W. D. Wilson)经验公式¹进行计算,获得该海区的声速值,其精度约为 $\pm 0.3\text{m/s}$ ^[4]。

为了和其它海洋学要素的分析结果相比较,同该海区水团分析^[3]一样,本文仍然取1979年6—7月(夏),1980年9—11月(秋),1981年3—5月(春)和1981年12月—1982年1月(冬)作为四季的代表,以探讨本海区声速的分布和变化规律。

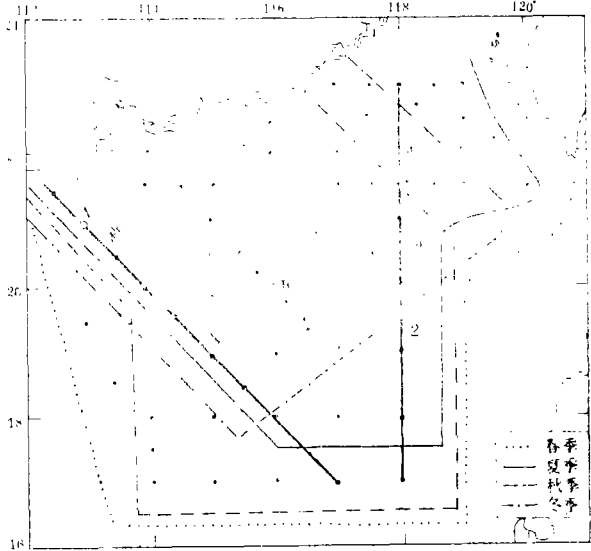


图1 各季调查范围和测站示意分布

一、声速的分布和变化

1. 垂直分布

图2中两测站分别位于陆架浅水区(A)和陆坡深水区(B),各季的实际站位彼此相差不大。由该图可见,各季声速跃变的起始深度有着较大的差别:夏季最浅,约从20m层开始;冬季最深,超过100m。春、秋两季则介于两者之间。这是因为,海水声速

本文于1984年3月28日收到。

1)国家海洋局,1975,海洋调查规范。

是温度、盐度和压力的函数，因而各季声速的上均匀层厚度和同一季节上层海水的温、盐度垂直均匀层的厚度，一般是相一致的。

从各季声速单站垂直分布曲线来看，由上至下其基本特点为：①上均匀层或缓变层（中间有时出现正梯度值，如图2）；②中间负梯度值层（声速值随深度的增加而较快地减小）；③下均匀层。此层以下的声速值较之该层的又略有增大。这是由于压力增大，盐度也稍有增大但温度垂直均匀而形成的。而上述3个声速层的分布，则主要受制于海水的温、盐度分布，这可从图3中得到印证。

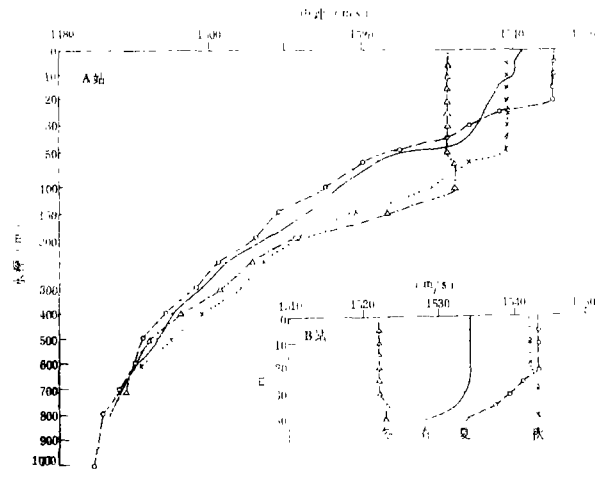


图2 A, B两站四季声速垂直分布

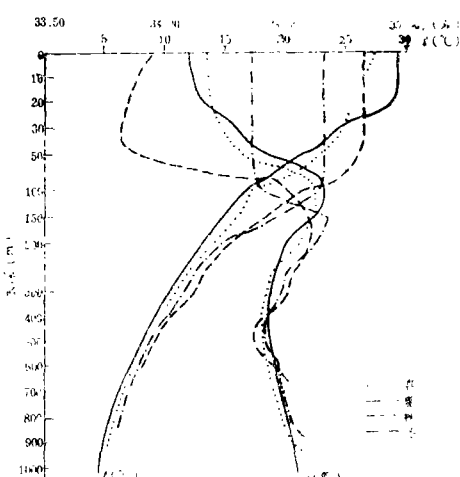


图3 B站四季温度和盐度垂直分布

2. 断面分布

图4为四季两个断面的声速分布。断面1位于珠江口外，呈NW—SE向；断面2沿118°00'E线。由该图可见，各季50m层以浅水域，其外海区的声速值普遍地高于沿岸浅水区。这是因为沿岸浅水区的海水温度一般都比外海水低，并且由于江河径流（特别是夏季）的影响，它的盐度值也普遍低于外海水的缘故。另一个特点是，一般在断面中部，声速的上垂直均匀层的厚度比其两侧为大，如夏季可达35m深；在外海区30m层以浅，断面2上的声速值略高于断面1上的声速值，并且断面2的中部在50—500m范围内声速值比它的两侧为高。此外从图4a的断面1上可以看到，在均匀层之下35—100m层内等声速线呈波状起伏，而在100—200m层等声速线几呈水平状态，到了600—700m层处等声速线又有不大的起伏。这种分布形式，在其它各季中也都存在，只是声速等值线起伏所在的位置和弯曲程度有差异。我们认为，上述这种分布与本海区水团的垂直配置密切相关。在上层等声速线的较大起伏，也许多少反映了跃层中的内波带来的影响。

3. 平面分布

图5给出了4个层次（表层，150m层，500m层和1000m层）的声速平面分布。表层（除秋季是20m层外，其它三季均为10m层），冬、春两季浅海区声速等值线与珠江口以东海岸线几乎平行。随着离岸距离的增大，声速值也随之增大。如前所述，这是由于沿岸水区温、盐度低于外海的缘故。夏季近岸浅水区的声速分布特征或多或少地反映了该

季沿岸水系分布的特点。但在东沙群岛以北存在着一个声速高值区。参照上下层分析，这是由于受到来自巴士海峡黑潮高温高盐水影响的结果。基于同样的原因，在冬、春两季也都存在着自巴士海峡向西伸展的声速舌状分布，表明黑潮水通过巴士海峡对南海东北部（特别在东沙群岛以东）的影响确实相当大。秋季东沙群岛以西是个声速低值中心， $19^{\circ}00'N$ 以北声速等值线呈封闭状。它的南部由于受到南海中部暖水的影响而使声速值相对较高。这一平面分布格局和秋季水团平面配置^[3]完全对应。

次表层（150m）声速分布的特点是，在东沙群岛附近出现一个低声速区（最小值为1507m/s），它的位置，春季在东沙群岛以南，夏季位于东沙群岛西部，而秋季出现在东沙群岛的西南，冬季则呈S—N向带状分布。这一特征分布格局与东沙群岛西南的冷涡位置相当吻合。此外，在东沙群岛东北部各季都出现一个声速相对高值区，反映了黑潮核心层高温高盐水的显著影响。

中层水（500m）的声速平面分布已趋向均匀。和次表层相比照，原先的声速低值区依然保留， $117^{\circ}00'E$ 以东区域终年存在着一个相对的声速高值区。但它们间的差值已缩小至3m/s左右，并且它们的位置也有较大的变动。例如春季的声速高值区位置向东退缩到紧靠巴士海峡一带。

1000m层，除夏季显示出区域的声速值东部略高于西部这一特征外，其它三季的声速平面分布已呈均匀一致。

二、声速跃层特征

由于南海东北部大部分水域的水深超过200m，因此按国家海洋局的规定^[1]，声速跃层强度的指标为 $\Delta c/\Delta Z \geq 0.20\text{m/s/m}$ 。据此可得声速跃层的强度、厚度和上（下）界位置。

1. 声速跃层强度

声速跃层强度是表征声速跃层强弱的指标之一。从图6可知，本海区的声速跃层强度全年以夏季为大，最大值达0.96m/s/m；冬季为小，最大值不足0.40m/s/m。这显然和本海区温、盐度的季节变化密切相关。此外，在东沙群岛西南方，终年存在着一个声速跃层强度极值区，春、夏、秋三季此值均大于或等于0.40m/s/m，冬季为0.38m/s/m。这可能是冷涡的影响在声速跃层强度上的反映。

需要指出，声速跃层强度极值区中，有的测站往往出现声速双跃层现象。它们在图6中以虚线圈出。

2. 声速跃层厚度

声速跃层的厚度是判别声速跃层强弱的另一个指标。从图7可见，在东沙群岛和西沙、中沙群岛之间，终年都存在着一个声速跃层厚度达100m以上的极值区，但它们的位置却有着比较大的变动。与声速跃层强度极值区的位置相比照，两者尚称一致，夏季两者的吻合程度尤为良好。因此似可认为，在东沙群岛西南方，终年存在着一个强声速跃层区域，它的具体位置有较大的季节变化。

此外，从图7可见，全年以秋季声速跃层厚度的极值最大，达175m。以此为中心，

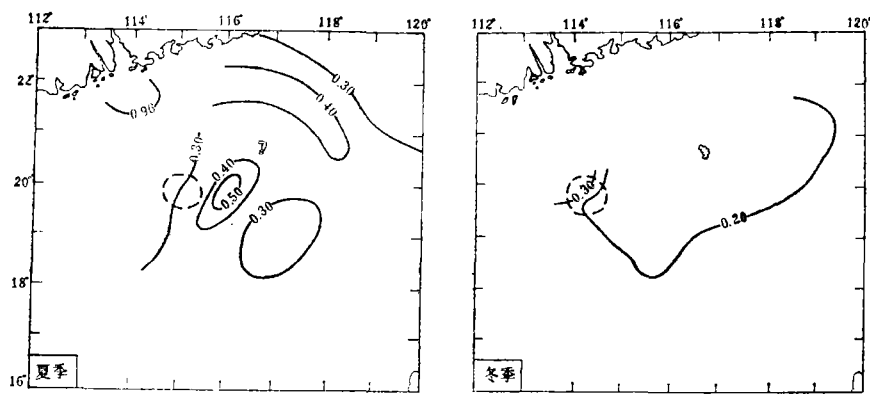


图6 声速跃层强度分布 (m/s/m)

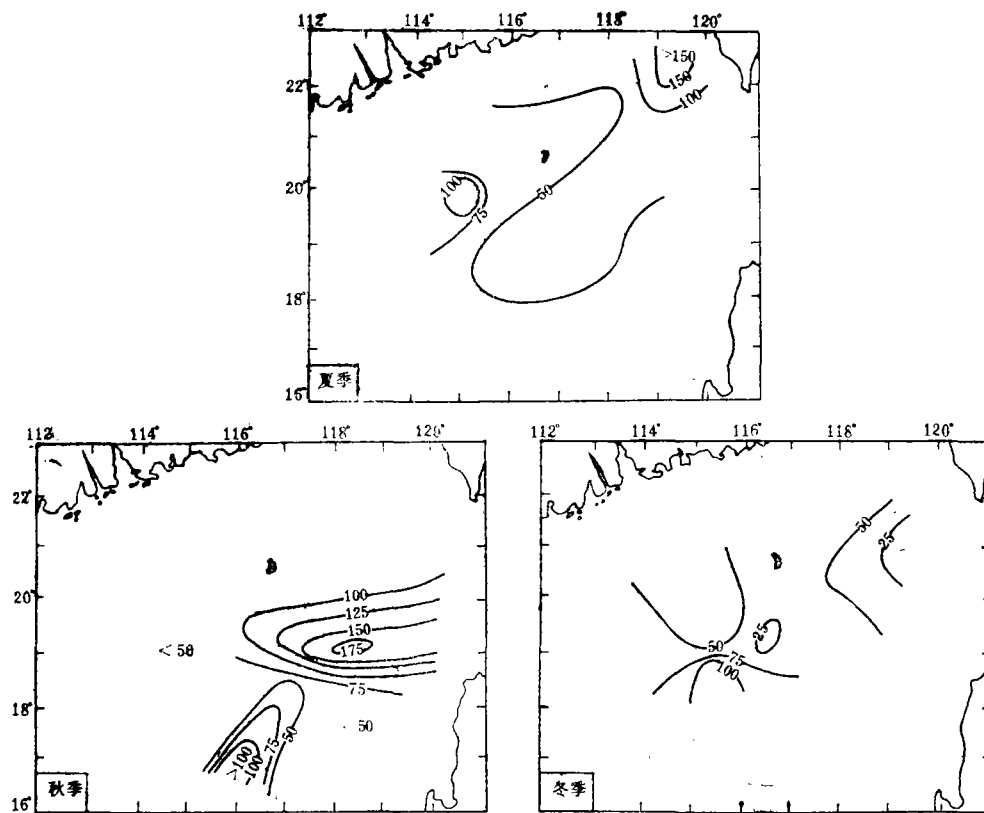


图7 声速跃层厚度分布 (m)

极值区从台湾岛和吕宋岛之间的南半部向西呈舌状分布。夏季次之，最大厚度超过150m，它位于台湾岛西南。冬、春两季最小，最大厚度不超过100m，均位于东沙群岛西南。

3. 声速跃层上界

一般说来，声速跃层的上界与声速上均匀层的下界位置并不重合。但作为一级近

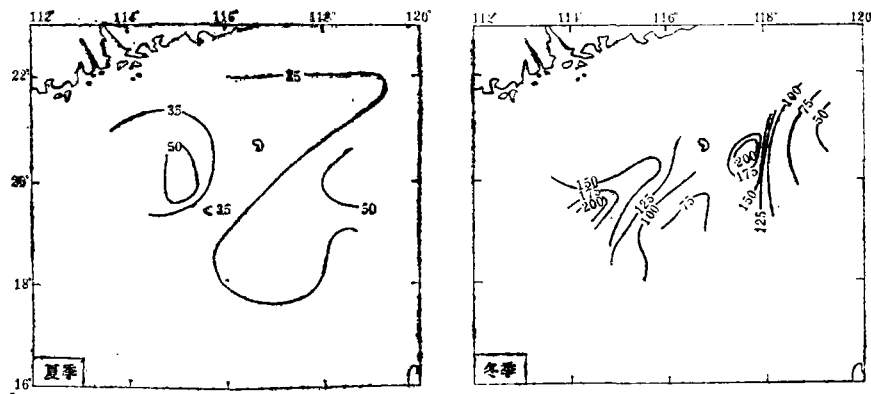


图8 声速跃层上界的深度分布(m)

似，我们把二者视为相同，并对其分布变化作一简单描述。声速上均匀层的位置对水声设备的作用距离影响甚大。

由图8可知，声速跃层上界的深度，夏季最浅，一般不超过35m，最深达50m；而冬季的最深，大部分区域超过了100m，最深的达200m；春、秋两季的则介于冬、夏两季之间，一般为50m左右，最深为100m。

其次，在外海深水区，春、秋两季声速跃层的上界深度有自南往北递增的趋势，在东沙群岛东侧都有一个上界深度极大值区；而在夏季，声速跃层上界深度的分布总趋势与声速跃层厚度分布的趋势十分一致，都呈“Z”形状，它的东、西两侧是声速跃层上界深度的最大值区。

三、几点认识

综上所述，我们对南海东北部海区的海水声速分布特征有如下几点看法：

1. 本海区海水声速的垂直分布中出现的上均匀层的厚度有明显的季节变化：夏季最薄，冬季最厚，春、秋两季居中。
2. 由于温度、盐度的影响，声速值在沿岸浅水区较低，外海深水区较高。声速上均匀层的厚度，一般也是外海深水区大于沿岸浅水区。
3. 声速跃层强度夏季最大，冬季最小。在东沙群岛西南终年存在着一个强声速跃层区域。

本文的不足之处是声速计算只到1000m层。另外，四季调查区域大小不一和测站布设的不相重也给比较分析带来了困难。

参 考 文 献

- [1] 国家海洋局, 1981, 中太平洋西部调查报告, 109—117, 海洋出版社。
[2] 关定华, 1982, 声与海洋, 海洋出版社。
[3] 南海海洋研究所, 1985, 南海海区综合调查研究报告(二), 183—201, 科学出版社。
[4] Caruthers, J.W. (杨禎先、董学明译), 1983, 海洋声学原理, 104—118, 科学出版社。

DISTRIBUTIONS OF ACOUSTIC VELOCITY OF SEA WATER IN NORTHEASTERN SOUTH CHINA SEA

Huang Jianchong Huang Qizhou
(South China Sea Institute of Oceanology, Academia Sinica)

Abstract

Based on the $T^{\circ}C-S\text{‰}-D$ observations in northeastern South China Sea, the acoustic velocity of sea water was calculated using W.D.Wilson's empirical formula. The main results are as follows:

1. The acoustic velocity in coastal regions are lower than that in off-coast regions.
2. The thickness of the iso-velocity layer observed in vertical profiles of acoustic velocity varies considerably in both space and time.
3. A region with layers of strong acoustic-velocity gradient all year round has been found southwest of the Dongsha Islands.