

24-30

P733.211

南海深海区的海水声速特性*

陈 汉 权

(中国科学院南海海洋研究所 广州 510301)

摘 要 根据某年12月和某年9月在南海深海区采集的海水温度、盐度和深度实测资料,按国家调查规范的声速换算经验公式推算得出相应调查海区的海水声速,给出了声速平面、垂直和断面分布及声速跃层强度和厚度的平面分布与变化特征。

南海深海区海水声速特性的调查与研究,无论是在军事、经济建设,还是在科学研究和海洋资源开发方面,都具有特殊的现实意义。现根据南海深海区的海水声速资料,分析研究该海区声速分布的特性。

1 资料来源与处理

本文采用的资料是中国科学院南沙综合科学考察队在某年12月(以下简称12月)和某年9月(以下简称9月)两个航次中,对南海深海区调查获得的海水温、盐、深数据。并从中选取有代表性的测站资料(12月选了80多个,9月选了120多个);采用国家调查规范的声速换算经验公式换算成相应站位海水声速数据;自编软件绘制垂直分布图,用绘图软件的三次样条函数绘制平面和断面分布图。

2 海水声速分布

2.1 声速平面分布

2.1.1 表面声速

南海深海区表面声速分布态势,9月的表面声速分布是由西北向南递增,等值线基本上呈NE-SW走向,只有 $1540\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ 声速曲线分布;在纬线570 km,经线400 km处开始折转为NW走向; $1540\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ 曲线分布范围最广,而最小值分布在调查海区的西北,最大值分布在南面,分布范围较小(图1a)。12月的海水表面声速分布是由西北向东偏南递增,等值线分布以SN走向为主; $1540\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ 曲线分布最广, 1538 和 $1542\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ 曲线分布范围次之(图1b)。表层海水的温度和盐度易受风的影响。所以,9月的 $1540\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ 声速曲线形成“V”字形分布,可能与西南季风的作用有关。

1998-11-09收稿。

* “95”国家专项“南沙综合科学考察”科技项目专题,南沙海区声光场特性分布及其应用研究(合同号:97-926-05-05)的成果之一。

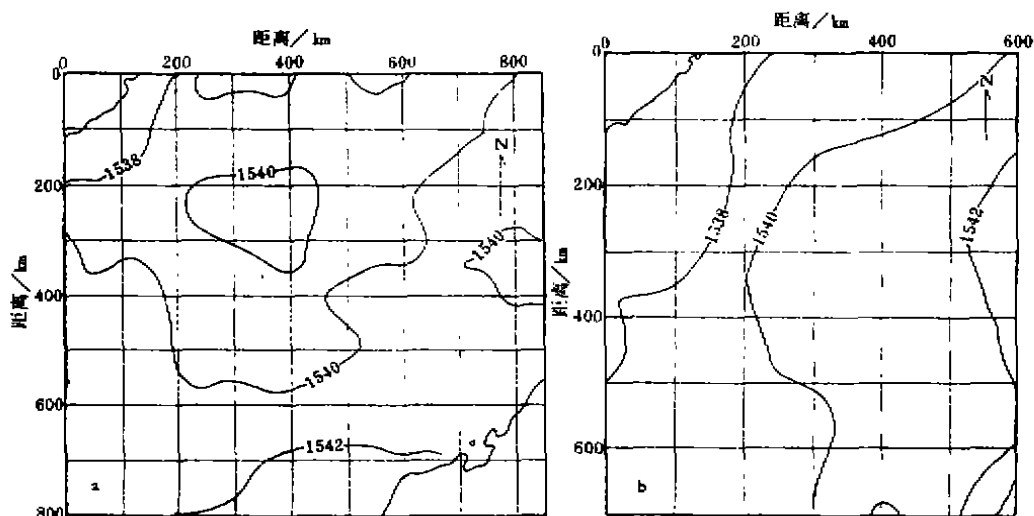


图1 表面声速平面分布

a 表示9月, b 表示12月

由图1还可以看出, 9月和12月的海水表面声速分布存在如下差异:

- (1) 12月的1 538和1 542 $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ 曲线, 分布范围比9月有所扩大, 1 542 $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ 曲线9月在南部, 12月则分布在东部。
- (2) 海水表面声速最大值出现在12月, 平均声速12月比9月大些 (表1)。

表1 声速垂直分布参数表

月份	跃层强度/ s^{-1}			跃层厚度/m			上正梯度层厚度/m			表面声速/ $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$		
	最大值	最小值	平均值	最大值	最小值	平均值	最大值	最小值	平均值	最大值	最小值	平均值
12	0.65	0.16	0.30	162	9	78	55	15	30.5	1543.34	1537.91	1540.25
9	1.01	0.21	0.36	140	20	61	82	15	54	1542.86	1537.92	1539.56

2.1.2 表层平均声速

海水表层平均声速的平面分布与表面声速平面分布的格局相接近, 尤其是12月, 各声速值曲线的走向和分布范围都十分吻合。而9月的1 540 $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ 分布曲线已显著地移向北部, 1 542 $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ 曲线的分布范围要宽广些 (图2)。

海水表层平均声速分布特征与本海区受不同季节的季风和流系的影响有关系。由图2a可见, 9月的1 540 $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ 的曲线分布在200 km 纬线以北, 100 km 经线以东的海域, 并在100 km 纬线, 350 km 经线相交处呈现向东舌状分布的特征; 而1 542 $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ 曲线基本上分布在500 km 纬线以南, 近乎SW-NE走向, 在西半段形成了高度不等的向北波峰, 且幅度由西向东逐渐减小。这可能是因为9月南沙海区属于季风转换交替过程^[1], 东北季风开始影响北部的部分海区, 频率和强度较小, 而南部海区尚未受到东北季风的制约, 仍属于较弱的西南季风影响之故。12月的各个海水声速曲线分布基本上为SN走向 (图2b)。我们认为, 这与东北季风影响有关。在东北季风的作用下, 随着沿越南沿岸南下的流系¹⁾

1) 郭忠信等, 1994, 南沙海区的冬季环流, 南沙环境科学考察十年 (1984—1994), 庆祝南沙综合科学考察十周年文件五, 中国科学院南沙综合科学考察队, 34—35。

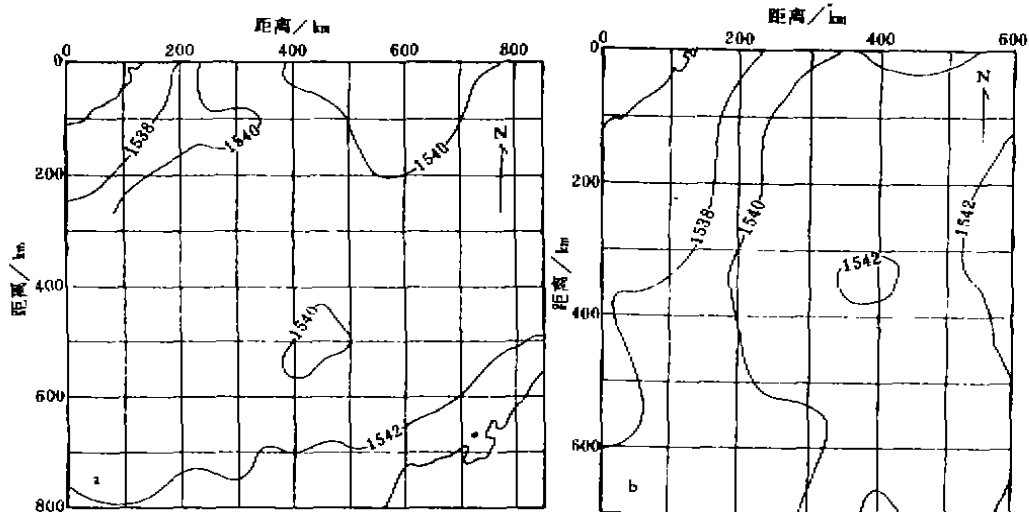


图2 表层平均声速平面分布

a. 9月, b. 12月

表层水不断由东北向西南移动, 形成SN走向的曲线分布特征。

2.2 声速垂直分布

声速是研究声波在海水中传播的最基本的物理量之一。而对海洋中的声传播来讲, 重要的不是声速的绝对值大小, 而是声速随深度的变化规律。

声速垂直分布曲线对不同的站位、不同的季节是不一致的。但是, 通观南海深海区的声速垂直分布曲线, 可以用典型的声速垂直分布曲线来描述。

根据典型海水声速垂直分布曲线的特点, 我们把它分为上正梯度层、负梯度层、均匀层和下正梯度层 (图3)。

南海深海区海水声速的上正梯度层, 有一部分站位属于均匀层, 个别站位出现负梯度层, 厚度在90 m 左右。在海水声速的上正梯度层以下至声道轴深度的水层为负梯度层, 这层声速随深度的增加而按指数规律减小, 厚度在1 000 m 左右; 负梯度层的微细结构较为复杂, 我们把它视为由多个负声速梯度不等的水层所组成; 其中某一水层由于声速梯度的绝对值比较

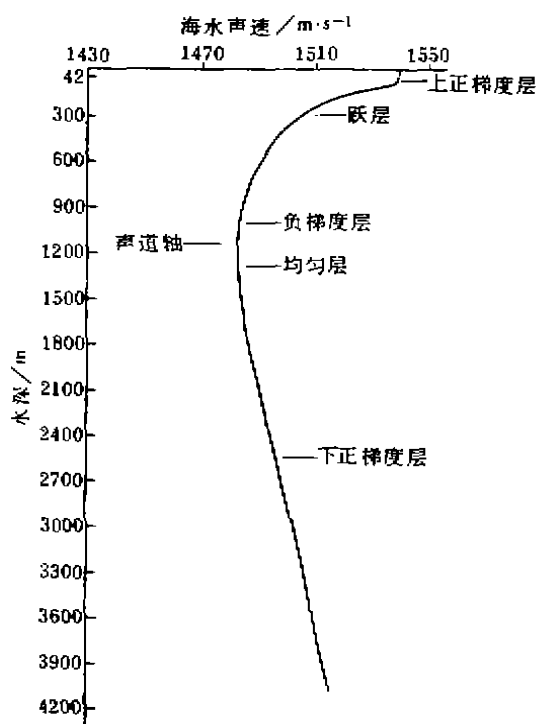


图3 典型海水声速垂直分布结构

大, 我们称为声跃层; 个别站也存在双跃层的趋势, 但它们的跃层强度均未达到调查规范规定的值, 所以都以单跃层处理。海水声速的负梯度层与下正梯度层之间为均匀层, 其厚度一般在900—1 250 m 深度之间, 是声速梯度由负到正的过渡层, 其声速梯度的绝对值很小, 不大于 0.01 s^{-1} ; 均匀层以下至海底为下正梯度层。一般而言, 在这一水层里, 远离声道轴以深的水层声速随深度线性增加的唯一的物理原因是海水静压力的加大。

2.3 声速断面分布

本文所用声速断面分布图是取值1 500 m 以浅水深, 断面为 EW 向。南海深海区的声速断面分布均表现出其等值线分布为上密下疏, 层次清晰, 起伏明显的特点。

从图4可见, 12月海水声速的上正梯度层厚度比9月的大。声速梯度则相反, 而9月的声速等值线 EW 走向较平稳, 12月则差些。150 m 水深以下的声速等值线9月比12月的起伏大得多, 且9月的深水处似有由下而上偏东移动的下强上弱的流系, 致使等值线大大地向上隆起, 形成明显的波峰。12月声速等值线的波峰显著向下回落, 在350 m 深度已达持平, 400 m 以下开始波峰转变成低谷, 亦有向东移动的趋势。这种变化说明对应的海水在作垂直与水平的复合运动。图5是12月4个不同纬度的声速断面分布图。由图可以看到:

(1) 等声线基本是“S”状分布; 峰在50 km, 谷在200 km, 峰谷明显; 从海面至300 km 水深, 等声线的峰、谷随深度的增加而增强; 300 m 以深开始减弱, 400 m 处拉平; 再往下, 峰、谷翻转, 从上到下峰、谷均存在由东向西移动

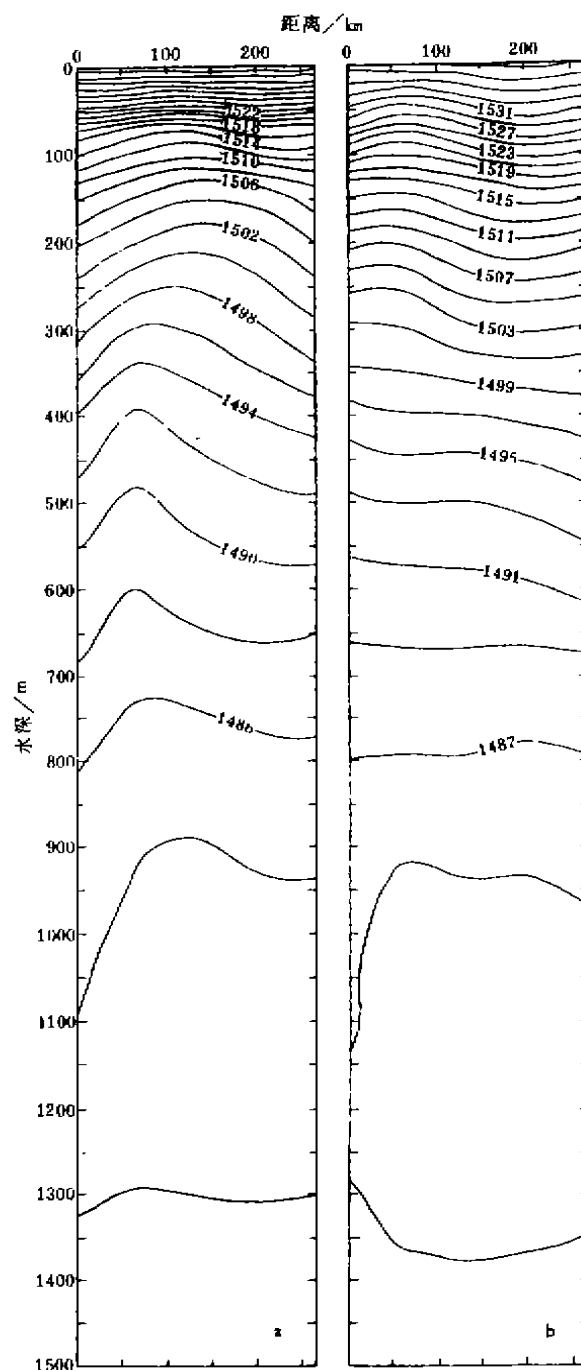


图4 海水声速断面分布

a、9月; b、12月

趋势。

(2) 200 m 以浅的等声线基本呈带状分布；在100 km 处，水深200—400 m 的等声线随水深的增加，缓慢形成凹状，且由东向西移动，并在400 m 深处开始拉平，而后又渐渐形成较大的单波谷，也是自西向东移动。

(3) 海表面的等声线呈凹状分布，凹状中心从200 km 处起随着深度的增加自东向西移动至50 km 处，在水深400 m 附近，凹状消失，并逐步形成波峰状，波峰随深度增加由东向西移动。

(4) 断面分布与 (3) 大体相似。

由上可见，南海深海区的声速断面分布比较复杂。出现上述变化特征的原因主要是受调查海区的风场、流场的影响所致。具体的内在机理有待以后作进一步的探讨。

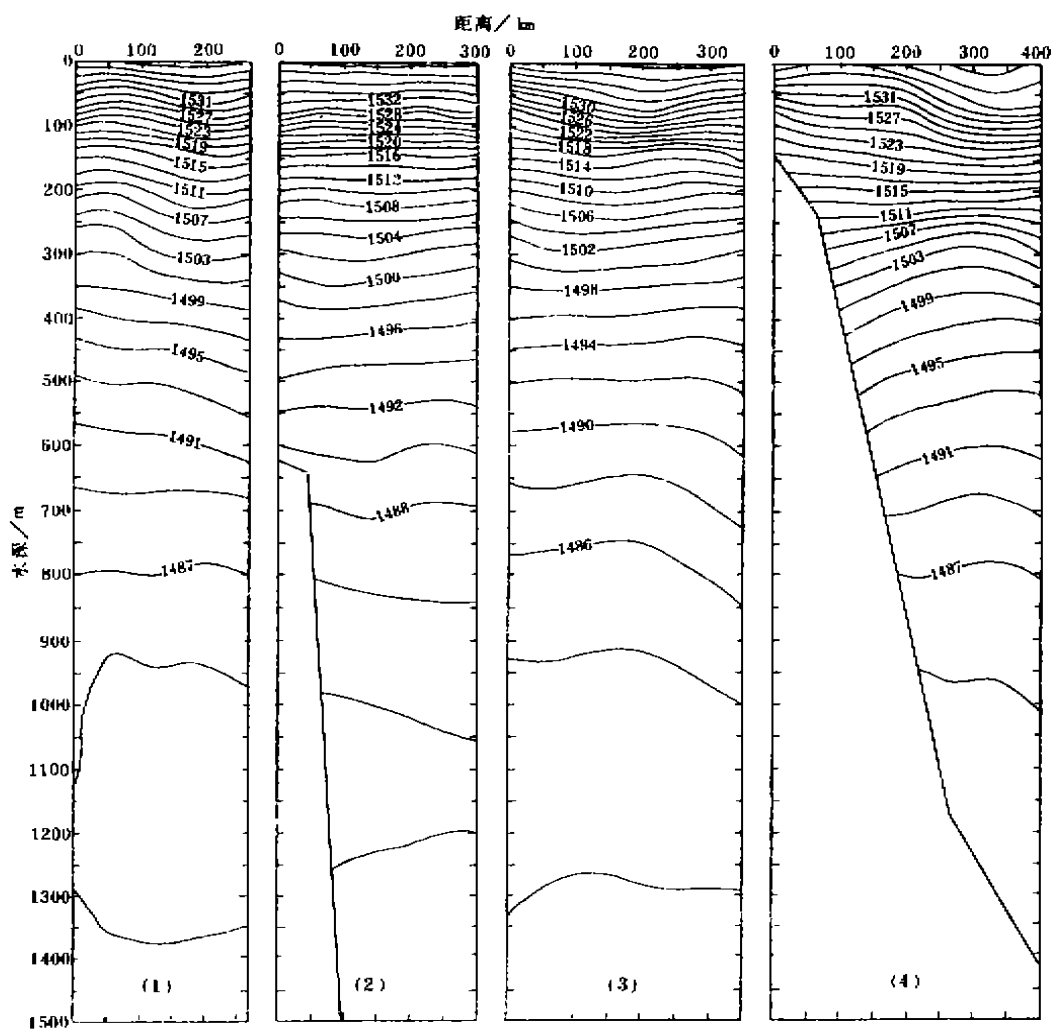


图5 12月不同纬度声速断面分布

3 声速跃层的时空变化

海水声速跃层中, 由于温度、盐度的影响, 声速的垂直梯度远大于表层的垂直梯度而形成声速跃层。按国家调查规范规定^[2], 以水深大于200 m, 平均声速梯度的绝对值不小于 0.2 s^{-1} 则称为声速跃层, 而小于 0.2 s^{-1} 则称为缓冲层。海水声速跃层对声传播影响颇大, 所以对调查海区的声速跃层强度、厚度的变化特征作如下概述。

3.1 声速跃层强度

由表1可以看出, 南海深海区的声速跃层强度最大值出现在9月, 其值是 1.01 s^{-1} ; 12月的最大值只有 0.65 s^{-1} , 两者的差达 0.36 s^{-1} ; 而9月的声速跃层强度的最小值和平均值也比12月的大。

南海深海区9月的声速跃层强度的分布特点是南部和北部的声速跃层强度高(北部最高)、中部低; 12月却不同, 声速跃层强度较大的等值线分布在西南偏南海域, 而最小值分布在东南偏东海域(图6)。不难看出, 调查海区声速跃层强度分布的时空变化是十分明显的。

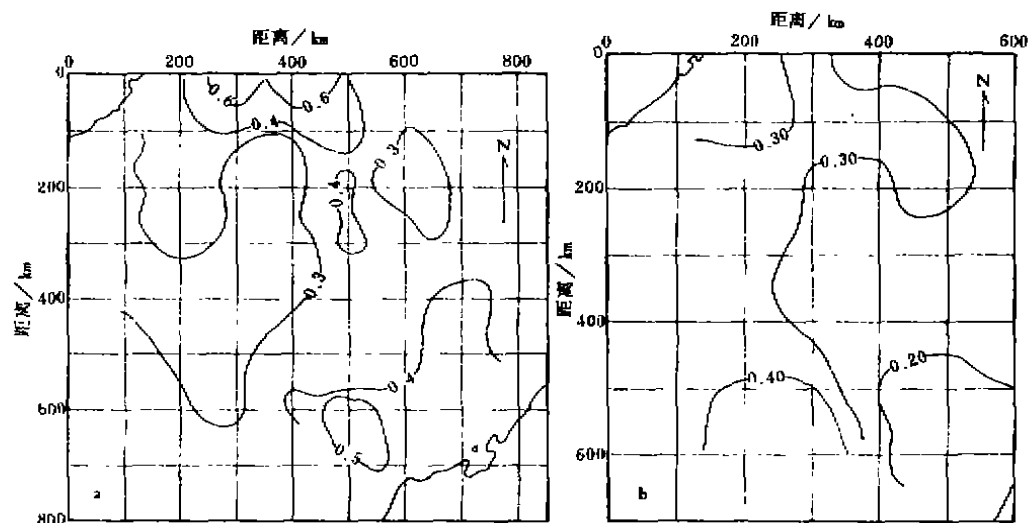


图6 海水声速跃层强度分布

a. 9月, b. 12月

3.2 声速跃层厚度

南海深海区的海水声速跃层厚度分布见图7。由图7可看到, 9月的海水声速跃层厚度是中间大, 四边小; 12月是东南海域最大, 西南最小。这种分布状态与声速跃层强度的分布有较好的对应关系。即声速跃层厚度大对应声速跃层强度小, 反之亦然。声速跃层厚度的最大值(162 m)出现在12月, 与9月的最大值相比大22 m(表1)。笔者认为, 声速跃层厚度的时空变化与声速跃层强度一样是比较大的。

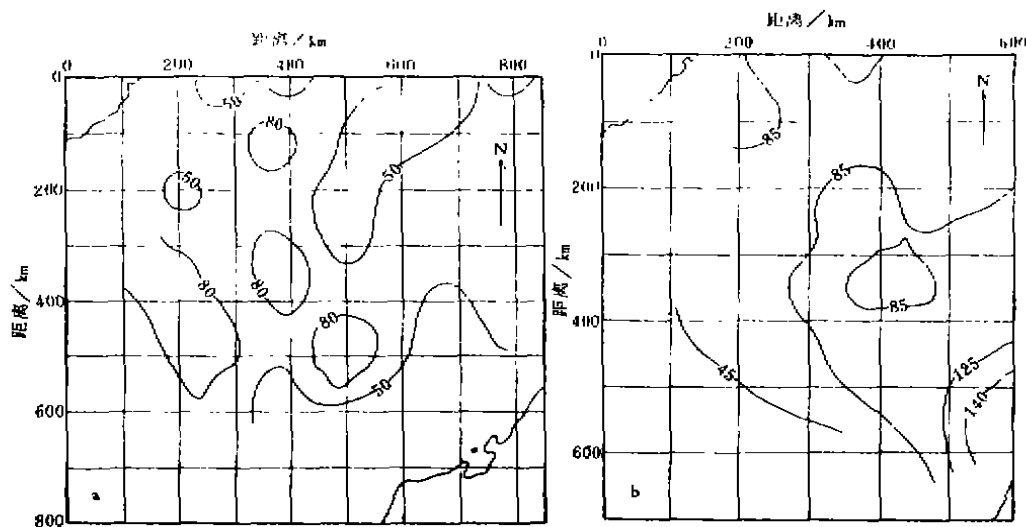


图7 海水声速跃层厚度平面分布

a. 9月; b. 12月

4 结 语

综上所述,提出以下几点看法。

(1) 南海海区是个岛礁众多、地形复杂、深度变化急剧的半封闭边缘海。一年四季受不同季风的影响,因而声速分布特性比较复杂。

(2) 调查海区的声速垂直分布曲线与大洋的典型声速剖面^[3]的基本结构是一致的。但是各声速层的厚度等特性的季节性变化则有点特殊。

(3) 调查海区的声速跃层绝大部分出现在负梯度层的上部,与上正梯度层之间存在一层厚度不大的缓冲层。

参 考 文 献

- 1 柯佩辉. 南沙群岛海区的海水次温跃层、冷涡、暖流和海流特性. 见: 中科院南沙综合科学考察队. 南沙群岛海区物理海洋研究论文集1. 北京: 海洋出版社, 1994. 104—105
- 2 国家技术监督局. 海洋调查规范——海洋声、光要素调查. 中华人民共和国国家标准 GB12763-5-91. 北京: 中国标准出版社, 1991
- 3 汪德昭、尚尔昌著. 水声学. 北京: 科学出版社, 1981. 30—31