

# 渤海中部海底泥温铅直分布 特征以及与水温的关系\*

刘文通

(青岛海洋大学海洋系, 青岛 266003)

宋珊

(渤海石油公司, 塘沽 300450)

**摘要** 于1991年8月—1992年5月对渤海两个测点水温和泥温进行观测, 对泥温的铅直分布特征、季节变化以及与水温间的关系进行初步探讨。结果表明, 泥温(指0—2m)的变化是由海水热含量的变化引起的, 而后者又与太阳辐射有直接关系; 泥温的变化幅度和位相与水温和水深有密切关系。泥温几乎无日变化, 但有明显的季节变化, 其变化幅度远小于水温, 且随深度的增加迅速减小; 与水温比较, 泥温变化相位随深度增加依次滞后, 至2m深处, 秋季泥温最高, 春季最低。

**关键词** 泥温 铅直分布 滞后

由于海水温度的分布和变化规律与军事和渔业生产有密切关系, 因而得到广泛研究(山东省科学技术委员会, 1988)。另外, 在海上油、气资源开发中, 由于海水和海底泥温(以下称泥温)会直接影响到海洋结构物的疲劳计算、结构物腐蚀、生物附着等, 而越来越受到海洋工程技术人员的重视(Brebbia, 1979; Hallam, 1977)。水温和泥温的上述作用显然会间接影响到海洋建筑物的使用寿命。迄今, 国内、外对海水温度已进行了大量调查、研究, 积累了大量资料, 发表了大量文献, 相比之下, 对泥温的调查研究却极少。因此, 开展和加速对泥温特别是对浅层(0—4m)泥温的调查和研究具有重要意义。

泥温的铅直分布和变化规律如何? 它与海水温度的关系怎样? 能否由海水温度直接预报不同深度上的泥温? 如何推算某一深度上泥温的重现期? 为了探讨这些问题, 青岛海洋大学和渤海石油公司于1991年8月—1992年5月分4个季节对渤海两个点的水温和泥温进行了现场观测, 根据这些观测资料, 本文主要探讨前两个问题,

## 1 泥温的现场观测

为了寻求泥温与水温间的关系, 在观测泥温的同时还测量了水温。A(39°42'N, 119°42'E), B(38°26'N, 118°24'E)两点水温和泥温观测分别在渤海石油公司所属的两个采油平台的生活平台上进行(如图1)。两点的水深分别为27m和17m。每个点分别

\* 自选课题。

国家海洋局一所提供了测温仪器, 王仁颐工程师参加了现场观测, 在此一并致谢。

收稿日期: 1992年7月22日, 接受日期: 1992年11月4日。

进行了春、夏、秋、冬(代表月份为4—5,8,10—11,1)4个季节的观测,每季观测7—11天,每天观测3次:08:00,14:00和20:00。据有关文献和我们自己的实测经验:0—5m层的水温几乎均匀一致(称上均匀层),故水温的观测层次定为5,15,25m(B点无25m层);A,B两点泥温的观测层次均为0(水、泥界面),0.5,1.0和2.0m 4层。

测温装置利用国家海洋局第一海洋研究所的“振动式泥温测示仪”。该仪器是用挪威生产的安德拉(AANDERAA)自动气象站的气温、地温感应器及记录系统改装的,主要由两部分构成:泥温感应器与记录系统。感应器包括振动器、装有探头的钻杆及平衡架等;记录部分包括磁带记录仪及打印机。两部分以多芯电缆连接(兼作信号线和振动器的电源线)。该装置的测温范围为 $-44^{\circ}\text{C}$ — $+49^{\circ}\text{C}$ ;测量精度为 $\pm 0.1^{\circ}\text{C}$ 。

## 2 泥温分布特点以及与水温的关系

从理论上讲,浅层泥温上受海水温度影响,下有地热作用,其分布和变化规律应属水、泥边界层问题。由于渤海中部地壳厚度为29km,第四纪沉积物厚度达300—400m(中国大百科全书编辑委员会,1987),实测资料表明,华北平原边缘地区地温梯度较低( $0$ — $1^{\circ}\text{C}/100\text{m}$ )(中国科学院地质研究所地热组,1978),因此,可以近似认为地球内热对恒温带及海底浅层泥温无影响。海水温度的分布和变化主要取决于太阳辐射,另外,还与气象因子、海流状况等因素有关。据有关资料报道,渤海海区的海流流速一般小于 $10\text{cm/s}$ (王宗山,1991),据此,海流的平流作用对水温的影响也可略而不计。至于风速、风向及云量等气象因子可视为偶然因素,为了消除这些偶然因素对水温和泥温的影响,将观测资料作如下处理。

首先,把同一季节(如春季)、同一观测时刻(如每天的08时)、同一层次(如5m)的水温和泥温观测值分别求平均,作为该季节、该时刻、该层次水温和泥温值;然后,将同一季节、不同时刻(08,14,20时)的水温和泥温绘制成温度-深度图解。这样绘制成春、夏、秋、冬的温-深图(图2),不同季节、每天相同时刻的温-深图(图3),不同季节、同一层次的日均温-深图(图4)。泥温与气温和水温的关系,见图5。

**2.1 泥温的日变化** 由于A,B两点水深不同(分别属于远岸型和近岸型),它们的水温和泥温分布、变化规律也不尽相同(以下分析,若不特别说明,均指A点情况)。从图2可以看出,一天中,08—20时水温有明显变化,但泥温变化不显著。水、泥温的日变化随季节不同而异。

**2.1.1 春季(图2a)** 水温:表层( $5.6$ — $5.8^{\circ}\text{C}$ )略高于底层( $5.5$ — $5.6^{\circ}\text{C}$ );铅直分布几乎

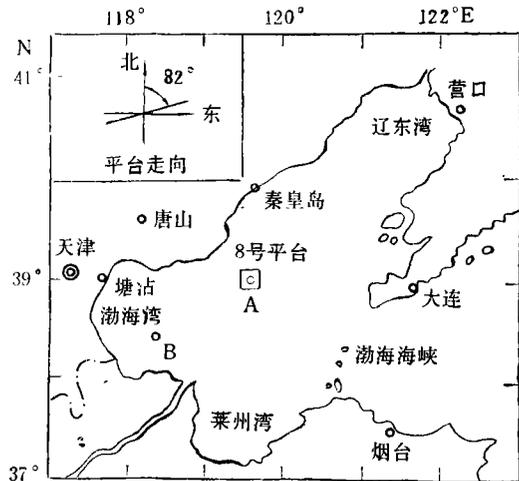


图1 测点位置

Fig. 1 Measurement spots in the central Bohai Sea

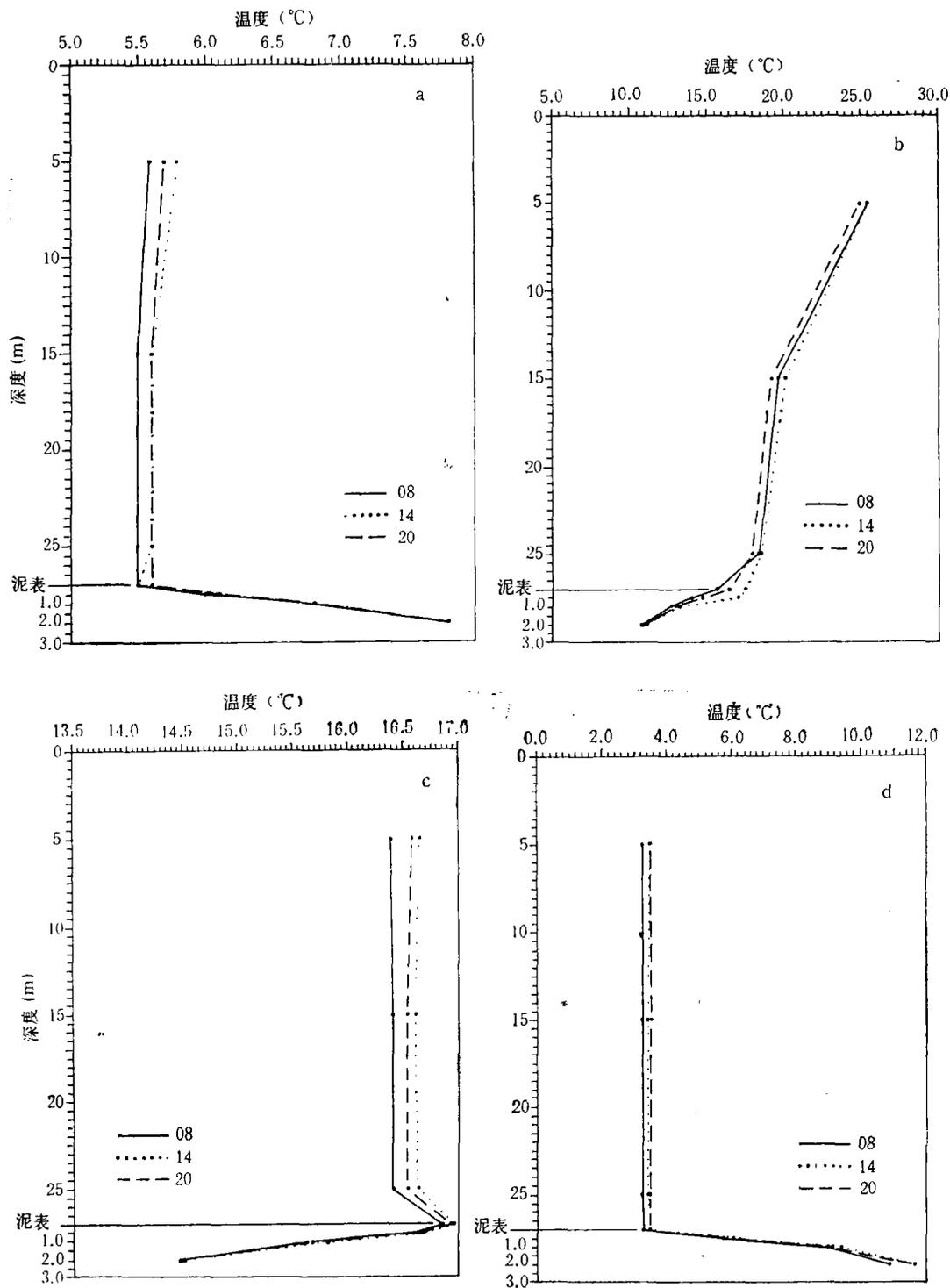


图2 水、泥温的铅直分布

Fig. 2 Vertical temperature distribution of water and soil

a. 春季; b. 夏季; c. 秋季; d. 冬季。

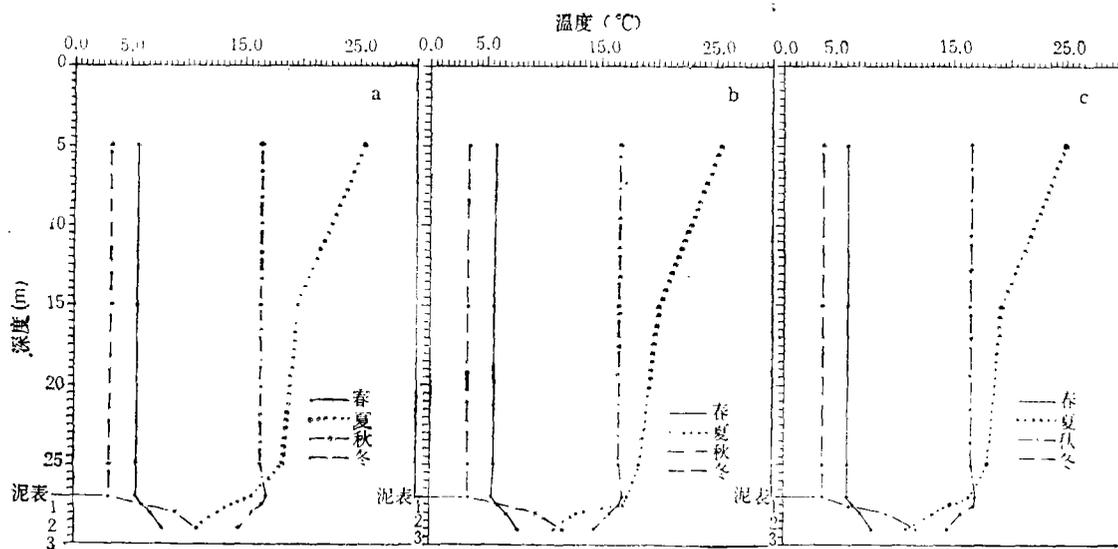


图 3 不同季节水、泥温铅直分布

Fig. 3 Vertical temperature distributions of water and soil in different seasons

a. 08 时; b. 14 时; c. 20 时。

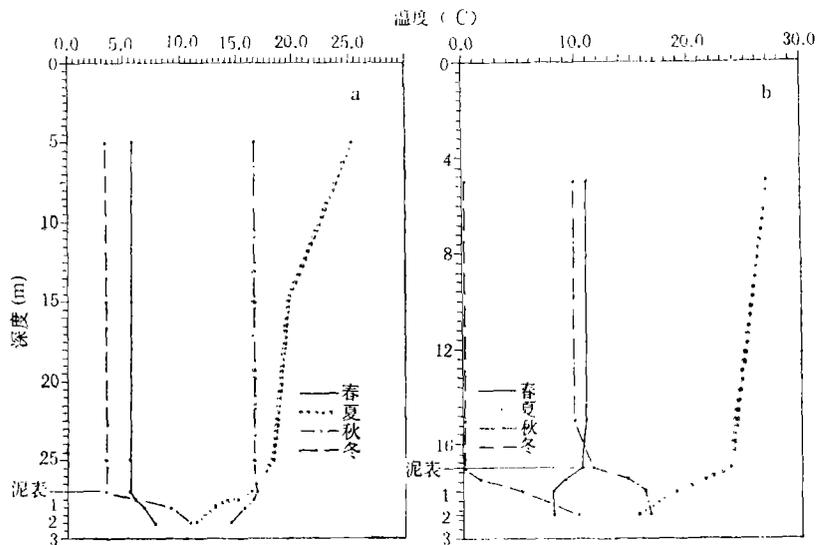


图 4 不同季节日均水、泥温铅直变化

Fig. 4 Vertical changes of average daily temperature of water and soil in different seasons

a. A 点; b. B 点。

均匀一致;一天中,08 时水温最低(就进行的 3 次观测而言。一般,03—05 时最低),14 时最高,整个水层水温日变化  $< 0.3^{\circ}\text{C}$ 。

泥温: 泥表温度最低,为  $5.5^{\circ}\text{C}$ ;泥温随深度增加而增高,至  $2.0\text{m}$  处为  $7.8^{\circ}\text{C}$ ;  $0-2.0\text{m}$  泥温的平均铅直梯度为  $1.2^{\circ}\text{C}/\text{m}$ 。一天中,各层泥温几乎无变化。

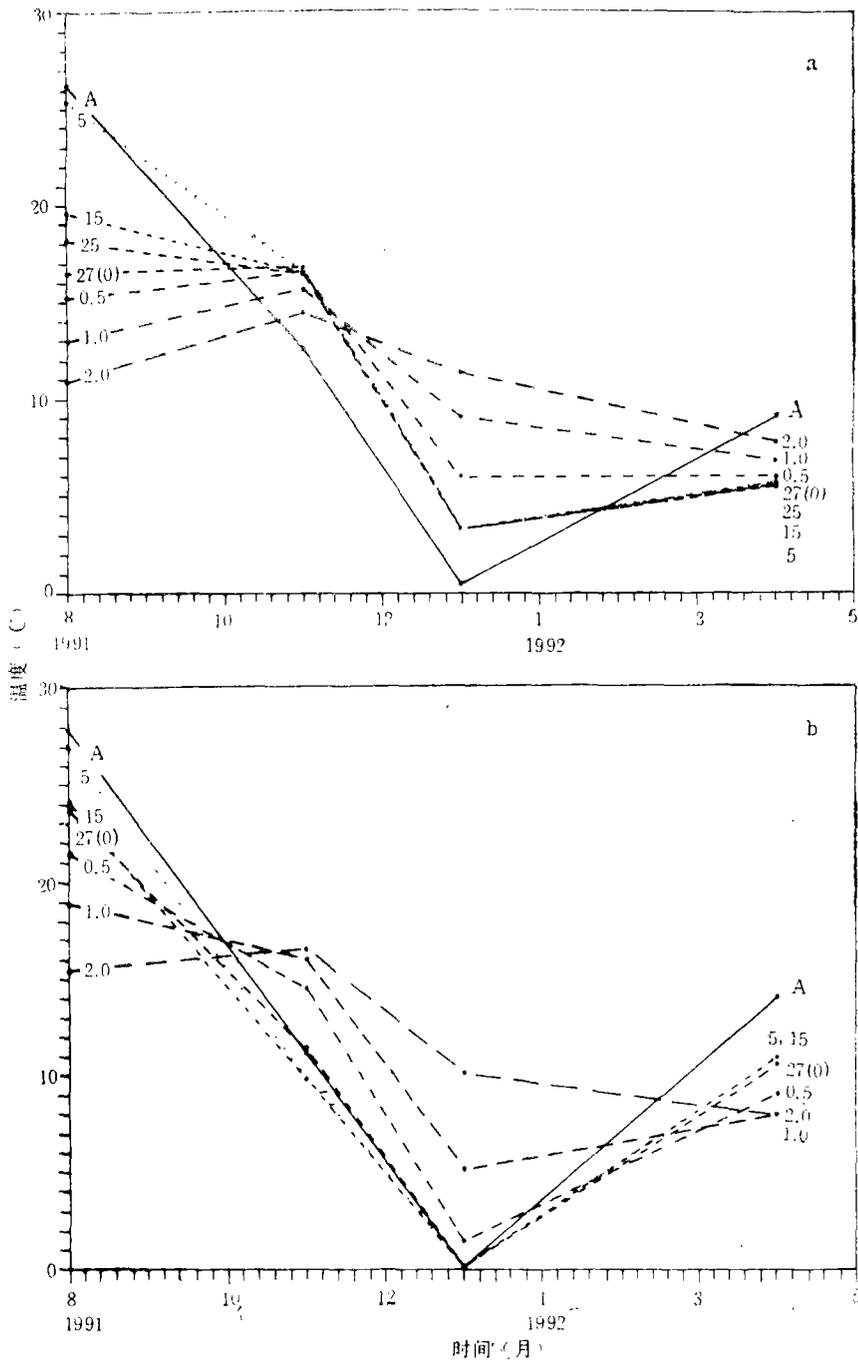


图5 泥温与水、气温的关系

Fig. 5 Relationship between the temperatures of soil and water, air

a. A点; b. B点。图内: A表示气温; 0表示泥表; 其余数字表示深度。

**2.1.2 夏季(图 2b)** 水温: 14 时各层水温均最高, 08 时次之, 20 时最低; 表层水温最高, 为 26.7°C(14 时), 日均为 25.3°C; 水温随深度的增加而明显降低, 至水底达最小值, 为

13.6℃(20 时);铅直温度梯度 08 时最大,14 时最小,平均为 0.4℃/m。

泥温: 14 时最高,20 时次之,08 时最低;泥表温度最高,为 17.4℃(14 时),日均为 16.5℃;随深度增加泥温迅速降低,至 2.0m 处为 10.5℃,日均为 10.9℃;铅直温度梯度 14 时最大,为 3.2℃/m,日均铅直温度梯度为 2.8℃/m。随深度增加温度梯度减小,至 2.0m 处,一天中泥温基本保持不变,这与陆地泥温分布相似(中国科学院地质研究所地热组,1978)。

**2.1.3 秋季(图 2c)** 水温: 14 时最高,20 时次之,08 时最低。一天中,整个水层的最高与最低温度仅差 0.3℃,日均水温为 16.5℃;温度的铅直分布趋于均匀一致,铅直梯度几乎为 0。

泥温: 一天中,各层泥温基本保持不变,泥表温度最高,为 17.0℃,略高于水温,向下温度降低,至 2.0m 处为 14.5℃,平均铅直温度梯度为 1.2℃/m。

**2.1.4 冬季(图 2d)** 水温: 日变化很小,14 时和 20 时水温基本相同,08 时略低,日均为 3.4℃;在铅直方向上,各层水温极一致,温度梯度等于 0。

泥温: 泥表温度最低,日均值为 3.4℃;由泥表向下温度明显增高,至 2.0m 处最高,达 11.7℃,日均值为 11.4℃;平均铅直温度梯度为 4.0℃/m。

**2.2 泥温的季节变化** 水温: 一年中,夏季水温最高,表层平均为 25.5℃,整个水层温度的变化范围为 12.0—26.7℃;冬季水温最低且上、下均匀一致,均为 3℃左右;春、秋水温介于冬、夏之间,但秋季高于春季;水温年较差表层最大,约 22℃,底层最小,约 11℃。水温的铅直梯度,夏季最大,平均为 0.4℃/m,冬季最小,几乎等于 0。

泥温: 泥温随季节的分布与水温不同,秋季最高(泥表平均 16.8℃,2.0m 处平均 14.5℃),泥表温度冬季最低,平均 3.4℃,2.0m 处春季最低,平均 7.8℃;泥温的年变化范围随深度增加而迅速减小,泥表为 3.4℃(冬)—17.4℃(夏),2.0m 处为 7.8℃(春)—14.5℃(秋)。平均铅直温度梯度冬季最大,约 -4.0℃/m (“-”表示温度随深度增加而升高);夏季次之,为 2.8℃/m;春、秋两季最小,均为 1.2℃/m 左右。

从图 3 可以看出,不同季节 08,14,20 时水温和泥温的铅直分布和变化规律相似,只是其绝对值略有差异。

从图 5 可以清楚地看出同一层水温或泥温随季节的分布和变化规律,以及水深对温度变化的影响。

**2.3 泥温与水温的关系** 如上所述,太阳辐射是影响水温的主要因素,也是间接影响海底泥温分布和变化的主要因素。泥温的高低直接取决于水温。由于海水和海底的性质及其热量的传递方式不同,因而出现了泥温变化位相明显滞后于水温的现象,以致 2.0m 深处的年最高泥温不是出现在夏季,而是在秋季;年最低温度不是出现在冬季,而是在春季。据此,可以断定:继续向下至某一深度,泥温的变化位相必然与水温相反:冬季温度最高,夏季温度最低。

**2.4 水深对泥温变化的影响** 从图 1 可以看出,A,B 两点除水深不同外,其它条件基本相同。但从图 4 可以发现,A,B 两点冬、夏两季水温和泥温随深度的变化趋势均相似,但春、秋两季差异较大:春季,A 点水温低于泥温,且泥温随深度的增加而升高,但 B 点的水温却高于泥温,且泥温随深度的增加而降低;两点秋季的情况与春季恰好相反。造

成这种结果的主要原因是由于 B 点水浅,受到太阳辐射后,海水升温 and 降温都较快,并能较迅速地影响到泥表温度的变化。由此可见,在太阳辐射等条件相似的情况下,海水热含量也是影响海底浅层泥温变化的重要因素。

### 3 结语

通过对渤海 A, B 两点水、泥温观测资料的分析,主要得到以下几个结果。

- 3.1 渤海中部海域(远岸型),泥表温度变化的范围为 3.2—17.4℃, 2.0 m 深处为 7.8—14.5℃。
- 3.2 泥温表层变幅大,向下迅速减小,但不同深度的年平均温度变化不大,泥表约为 10.6℃, 1.0m 以下约为 11.2℃。
- 3.3 泥温的铅直梯度,表层大于下层,由此可以断定:至某一深度此梯度等于 0,即出现恒温层。
- 3.4 泥温变幅小于水温且有滞后现象,2.0m 深处滞后时间约为一个季节,即秋季温度最高,春季温度最低。
- 3.5 太阳辐射不仅是影响水温分布和变化的主要因素,而且也是影响海底浅层泥温的间接因素;另外,水深对泥温的变化也有重要作用, A, B 两点出现的差异即为水深不同所致。

### 参 考 文 献

- 山东省科学技术委员会, 1988, 山东近海水文状况, 山东地图出版社(济南), 7。
- 中国大百科全书编辑委员会, 1987, 中国大百科全书, 中国大百科全书出版社(北京), 39。
- 中国科学院地质研究所地热组, 1978, 地热研究论文集, 科学出版社(北京), 123。
- 王宗山, 1991 年, 黄渤海水温垂直结构数值预报方法研究, 海洋学报, 13(3): 316。
- Brebbia, C. A. and Walker, S., 1979, Dynamic analysis of offshore structures, Newnes-Butterworths (London), 111 pp.
- Hallam, M. G., Heaf, N. J. and Woptton, L. R., 1977, Dynamics of Marine Structures, Ciria Underwater Engineering Group, London, pp. 84, 271.

## VERTICAL DISTRIBUTION OF SOIL TEMPERATURE (AT SEA BED) AND RELATIONSHIP BETWEEN SOIL AND WATER TEMPERATURES IN THE CENTRAL BOHAI SEA

Liu Wentong

(*Ocean University of Qingdao* 266003)

Song Shan

(*Bohai Oil Company, Tanggu* 300450)

### Abstract

Water and soil temperatures at two spots in Bohai Sea were measured by Ocean University of Qingdao and Bohai Oil Company from August 1991 to May 1992, and abundant data were obtained. Vertical distribution, seasonal change of soil temperature, and the relationship between the water temperature and soil temperature are preliminarily studied. The results indicate that soil temperature change is caused by heat content change of the sea water, the latter is related to radiation from the sun directly, and the amplitude and phase of change of the soil temperature are related to the temperature and depth of water. The soil temperature almost does not change in the same day, but it does vary in different seasons obviously: the amplitude of its variation is far less than that of water temperature, and it decreases rapidly with increase in depth. Compared with water temperature, the phase of soil temperature change lags with depth increase until the 2 m depth zone where maximum temperature of soil is registered in autumn, and the minimum in spring.

**Key words** Soil temperature Vertical distribution lag