

辽东湾西部海域水温的变化和极值的推算

李繁华 于学仁 尹逊福 潘惠周

(国家海洋局第一海洋研究所)

摘 要

用1988年1月22日至2月3日调查的实测资料及所收集的历史资料,分析了该区水温的变化状况。并分别用Gumbel分布方法和正态概率分布方法计算出水温多年一遇的极值。

辽东湾西侧海域水温的分布和变化,特别是极值水温的分布和变化,关系到海洋工

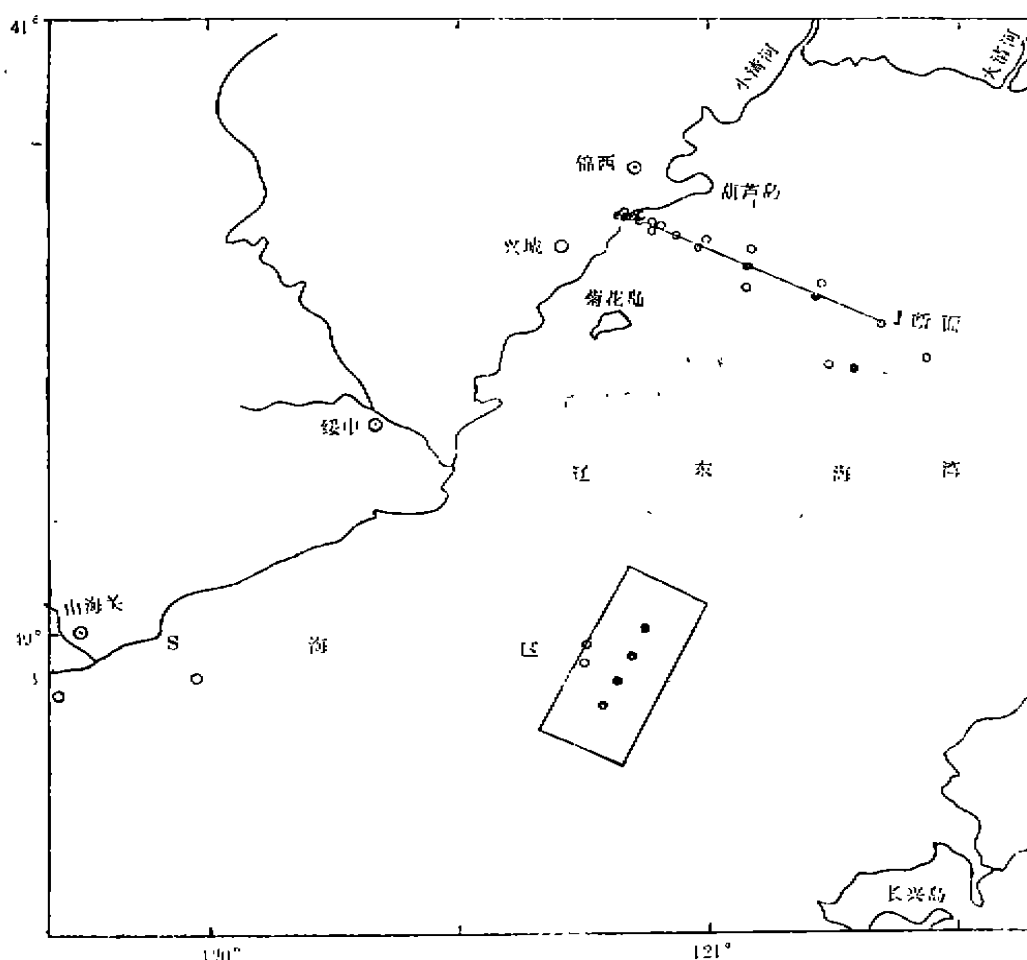


图1 调查的区域和站位

● 预定站位 ○ 实测站位

本文于1988年10月4日收到,修改稿于1989年3月收到。

程的设计和实施,诸如,石油开发作业,输油管道的敷设,水下电缆的铺放等。为此,我们于1988年1月23日至2月3日在该海区进行了调查,获得了一些水温的短期资料,所调查的区域和站位,如图1所示。并根据收集到的历史资料,对该区的水温,特别是极值水温的分布和变化作一分析,进而推算出表、底层水温多年一遇的极值,即极大值和极小值。

一、资 料 状 况

该海区距陆地较近,水较浅,受季风气候的影响较大,因而水温的年际变化比较明显。但由于该区位于渤海的边缘,且冬季因结冰而无法调查,历史调查资料亦较少。全国海洋普查时,曾在该区布设了三个东西向的断面,获得了一年的资料;其后进行的标准断面调查,只设了一个南北向断面,且该断面只及此海区的南端,资料虽多一些,但连续性较差;水产部门所进行的调查,只集中于春、秋渔汛期。因此,这些资料难以真实地全面地反映出该海区的水温,特别是极值水温的变化状况。由1958年到1984年的调查资料可知,J断面上及其南北侧几乎无资料,只是J断面的一个站(命为A站)的资料作为断面东段海域的代表,该站具有12年的资料,S海区的调查资料稍多些,我们选取了有代表性的一个站(命为B站)的资料,序列亦为12年。另外,断面中段和西段无调查资料,只能用芷锚湾和秦皇岛海洋站的表面水温来代替,这是因为,两站距两区较近,其表面水温受同一天气系统的影响;又有沿岸流的作用,在冬季等温线的趋势基本上与等深线一致,所以,两站的表温可以分别代表两区的表温。两站的表层水温各有23年。将上述四个区(站)逐年最高、最低水温中的最大值和最小值及所计算的平均值列于表1中,并根据这些数据对四个区(站)的年最高、最低水温的逐年变化作简要地分析。

现场观测的水温资料。观测时正值冬季,海水垂直混合比较强烈,因而J断面上、下层水温趋于均匀,J断面海域水温随时间的变化范围在 -1.8°C 至 -0.6°C 。同样,S海区,水温亦具有上、下层几乎均匀一致的特点。不过,由于S海区位于J断面之南,水较深(热容量大),而且观测期间气温较高。因而,该区的水温高于J断面,其均值在 15°C 左右。

二、年最高和最低水温的逐年变化

(一) J断面东段海区(水深 $D \geq 10$ 米)

从表1中A站的最大值和最小值可知,J断面东段海域最高水温的逐年变化范围,表层在 24.51°C 与 26.70°C 之间,底层在 23.66°C 与 26.02°C 之间;其平均值,表层为 25.78°C ,底层为 25.13°C 。

由于该区冬季结冰而无法调查,仅有部分资料数据,尽管也能表明逐年变化范围,但难以说这些是实际变化状况。而根据该区盐度状况分析,其结冰点在 -1.7°C 左右。结冰前由于冬季垂直混合强烈,表、底层水温几乎一致,那么年最低水温表、底层一般均应在 -2°C 以上;结冰之后,海冰起保护作用,冰下水温降低较小,垂直混合基本停

表1 J断面和S海区特征值表

地 点	项 目		最大值	最小值	平均值	方 差
J断面东段(A站)约 40°27'N, 121°29'E	年 最 高 值	表 层	26.70	24.51	25.18	0.69
		底 层	26.02	23.66	25.13	0.78
	年 最 低 值	表 层	-1.09	-1.79	-1.35	0.33
		底 层	-1.01	-1.76	-1.34	0.34
S海区(B站)约 40°00'N, 121°02'E	1959—1981年最高值	表 层	25.42	22.52	24.05	0.87
		底 层	23.30	21.04	22.03	0.84
	1959—1984年最低值	表 层	-0.29	-1.31	-0.99	0.82
		底 层	-0.28	-1.28	-0.97	0.88
芷锚湾站 40°00'N, 119°55'E	1960—1984年最高值	表 层	31.60	26.80	28.94	1.22
	1959—1983年最低值	表 层	-1.50	-2.60	-1.89	0.22
秦皇岛站 39°55'N, 119°37'E	1959—1982年最高值	表 层	30.00	27.50	29.03	0.66
	1959—1982年最低值	表 层	-1.50	-2.30	-1.78	0.00

止,因而可推测,结冰后的年最低水温也不会降低到 -2°C 以下,然而,因气温突然的骤降,海水还来不及结冰而随之突变,其最低水温可降至 -2°C 以下,这就是我们所关心的多年一遇的状况。

(二) S海区

该区位于辽东湾中部海域,水较深。由表2中B站最大值和最小值表明,该区年最高水温的逐年变化范围,表层在 22.52°C 与 25.42°C 之间,底层在 21.04°C 与 23.30°C 之间;其多年平均值,表层为 24.05°C ,底层为 22.03°C 。

尽管位置偏南,水较深,但冬季亦常结冰,在26年中,也只有6年的调查资料。年最低水温逐年变化,表层在 -0.29°C 与 -1.31°C 之间,底层在 -0.28°C 与 -1.28°C 之间;其平均值表层为 -0.99°C ,底层为 -0.97°C 。

(三) 芷锚湾站

该站具有23年的资料,由表1可知,其表层逐年最高水温在 26.8°C 与 31.6°C 之间变化,平均值为 28.74°C ;23年最低水温的逐年变化范围在 -1.5°C 与 -2.6°C 之间,其平均值为 -1.89°C 。

(四) 秦皇岛站

该站亦具有23年的资料。表层年最高水温的逐年变化范围在 27.5°C 与 30.0°C 之间,平均值为 29.03°C ;年最低水温的逐年变化范围在 -1.5°C 与 -2.3°C 之间,其平均值为 -1.78°C 。

该站与芷锚湾站为沿岸台站,其结冰点大约为 -1.7°C 。由于冬季的突然冷却,可使海水温度降至 -2.0°C 以下,实测得的最低水温亦为 -2.3°C 。

由于上述四站的位置、水的深浅及受气候条件的影响均有所不同,因而各站的年最高和年最低水温的逐年变化亦有所差异。年最高温度的最高值出现在芷锚湾站(1961)年,为 31.6°C ;低值出现在S海区(1979年),为 21.04°C 。年最低温度的高值出现在S海区(1982年),为 -0.29°C ,极低值出现在芷锚湾站(1979年),为 -2.6°C 。从而看出,年最高温度各站相差较大,几乎有 10°C 之差;年最低温度各站相差较小,只有 2.5°C 。

就芷锚湾、秦皇岛等沿岸台站与J断面和S海区等外海比较,可得出一个普遍的规律,即沿岸因水浅,受陆地影响较大,其年最高水温高于外海,年最低温度低于外海。

比较J断面与S海区可知,尽管S海区位置偏南,但年最高水温低于J年最低水温却高于J断面,究其原因,水的深度不同起着主要的作用。

三、多年一遇的极值水温

根据输油管道铺设的需要,在对水温基本状况分析的基础上,利用上述四个区(站)的水温资料推算出多年一遇的极值水温。

(一) 推算方法

1. 耿贝尔极值方法

将极端值视为随机变量,我们采用耿贝尔分布,它可写成如下形式:

$$F(x) = P(X_{\max} < X) = e^{-e^{-\alpha(x-u)}} \quad (1)$$

$$(\alpha > 0, -\infty < u < \infty)$$

其密度函数为

$$f(x) = \alpha e^{-\alpha(x-u)} - e^{-\alpha(x-u)} \quad (2)$$

$$(-\infty < x < \infty)$$

其超过保证率函数为

$$P(x) = 1 - e^{-e^{-\alpha(x-u)}} \quad (3)$$

估计参数 α , u 可由矩法得到,通过积分可有

$$\alpha = (\pi/\sqrt{6})(1/\sigma_{xM})$$

$$u = E(X_M) - \gamma(\sqrt{6}/\pi)\sigma_{xM} \quad (4)$$

其中 $\gamma = 0.57722\cdots$ 为欧拉常数, X_M 表示极大值, σ_{xM} 及 $E(X_M)$ 分别表示 X_M 的均方差及数学期望。

由式(3)得

$$X_P = -(1/\alpha)\ln[-\ln(1-P)] + u$$

将式(4)代入上式有

$$X_P = E(X_M) - (\sqrt{6}/\pi)\sigma_{xM}\{0.57722\cdots + \ln[-\ln(1-P)]\} \quad (5)$$

若记

$$\phi_P = -(\sqrt{6}/\pi)\{0.57722\cdots + \ln[-\ln(1-P)]\} \quad (6)$$

则有

$$X_P = E(X_M) + \phi_P \sigma_{XM} \quad (7)$$

ϕ_P 为耿贝尔分布离均系数。由式(6)可见它仅与保证率 P 有关。由此可计算出各种保证率下所对应的 ϕ_P 。

由式(7)可求得各种保证率下所对应的 X_P ,也就是各种保证率下耿贝尔分布的极值。如前所述,式(7)中 $E(X_M)$ 和 σ_{XM} 分别为 X_M 极大值的数学期望和均方差。

如需要推算五十年一遇的极大值,其保证率为 $P=1/50=0.02$,由式(6)便算出 $\phi_{0.02}=2.59$ 。再由式(7)便可算出五十年一遇的极大值 $X_{0.02}$ 。

计算极小值时,可将极值样本之前冠以负号,仍按上述极大值的方法做,即可得出五十年一遇的极小值。

2. 正态概率分布方法

正态分布在概率统计理论中具有特别重要的地位,因为在实际中所遇到的许多随机变量都服从或近于服从正态分布,我们将极值视为服从正态分布的随机变量,计算出各种保证率下的理论分布值。

正态分布的理论概率密度函数为

$$f(x) = [1/(\sigma\sqrt{2\pi})]e^{-(X-m)/2\sigma^2} \quad (8)$$

正态分布的分布函数为

$$F(x) = \int_{-\infty}^x (1/\sigma\sqrt{2\pi})e^{-(Z-m)/(2\sigma^2)}dZ \quad (9)$$

m , σ 分别为随机变量 x 的数学期望和方差。

$m=0$, $\sigma=1$ 时的正态分布称为标准化的正态分布,其密度函数为

$$\phi(t) = (1/\sqrt{2\pi})e^{-t^2/2} \quad (10)$$

其分布函数为

$$\Phi(t) = \int_{-\infty}^t (1/\sqrt{2\pi})e^{-Z^2/2}dZ \quad (11)$$

对于 $m \neq 0$, $\sigma \neq 1$ 的正态分布,通过变换

$$T(\xi - m)/\sigma \quad (12)$$

当 ξ 取 Z 时, T 取值

$$Y = (Z - m)/\sigma \quad (12)'$$

代入式(9)有

$$F(x) = \int_{-\infty}^{(x-m)/\sigma} (1/\sqrt{2\pi})e^{-y^2/2}dy = \Phi[(x-m)/\sigma] \quad (13)$$

这样一来,就将任意的正态分布变为标准化正态分布。

标准化的正态分布可查表得到。

如,我们需要的五十年一遇的极值分布,那么五十年一遇的概率为 $1 - \Phi(t) = 1/50$,则 $\Phi(t) = 0.98$

查表得 $t = 2.05$

代入 $2.05 = (x - m) / \sigma$

故可算出 $x = 2.05\sigma + m$

(二) 推算结果及讨论

根据所收集到的 J 断面东段海域、S 海区、芷锚湾站和秦皇岛站的表、底层逐年最高和最低水温值(作为样本),利用上述所介绍的两种方法,分别计算了 4 个区(站)的表、底层多年(10年、25年、50年)及一年一遇的极值(极大和极小)水温,并列于表 2 中。

由表 2 可以看出,用耿贝尔方法推算的各站水温极大值,除一年一遇外,均比用正态概率方法推算的稍高些,而极小值则略低些。

就芷锚湾、秦皇岛两岸站与 J 断面和 S 海区两外海区加以比较,不管是利用哪一种方法进行推算,其水温极大值,前者均高于后者,而极小值则前者均低于后者,这是与实测水温的分布特征相吻合。

表2 J 断面和 S 海区多年一遇极值水温

地 点	项 目	一年一遇极值		十年一遇极值		二十五年一遇极值		五十年一遇极值	
		耿贝尔法	正态分布法	耿贝尔法	正态分布法	耿贝尔法	正态分布法	耿贝尔法	正态分布法
J断面东段 (A站) 约40°27'N 121°29'E	极大值	表层	25.67	33.78	36.68	26.70	27.19	26.99	27.57
		底层	25.01	25.13	26.50	36.03	36.72	36.34	27.13
	极小值	表层	-1.30	-1.35	-1.91	-1.79	-2.03	-1.93	-2.22
		底层	-1.28	-1.34	-1.78	-1.76	-2.03	-1.93	-2.19
S海区 (B站) 约40°00'N 121°02'E	极大值	表层	23.91	24.05	25.81	25.42	25.83	25.57	26.31
		底层	21.90	22.03	23.12	23.30	23.75	23.50	24.12
	极小值	表层	-0.91	-0.99	-1.60	-1.31	-1.95	-1.81	-2.21
		底层	-0.90	-0.97	-1.51	-1.28	-1.82	-1.70	-2.05
芷锚湾站 40°00'N 119°55'E	极大值	28.55	28.74	30.59	30.33	31.23	30.88	31.88	31.23
	极小值	-1.86	-1.89	-2.18	-2.18	-2.34	-2.28	-2.46	-2.34
秦皇岛站 39°55'N 119°37'E	极大值	38.93	39.03	39.89	29.89	30.38	30.01	30.74	30.38
	极小值	-1.75	-1.78	-2.04	-2.04	-2.19	-2.13	-2.30	-2.19

四、J 断面和 S 海区极值水温的确定

由于实测水温资料较少,尤其是 J 断面的西半部无水温资料,我们上面只推算出断面东端和芷锚湾台站的多年一遇的极值水温。但根据前面的分析可知,水温年最高值是从岸边向外海逐渐降低的。而最低值从岸边向外海逐渐增高(同纬度),而且所推算的多年一遇的极值水温也一定符合这样的变化规律。因此,我们将秦皇岛站的多年一遇的极值水温代表 J 断面西段的极值水温(水深 $D < 5$ 米),又根据上述的水温变化规律,确定管线中段的多年一遇的极值水温。

根据表 2 中所给出的 J 断面东段(A 站)底层、秦皇岛站表层和 S 海区的底层多年一遇的极值水温, 确定出 J 断面各段及 S 海区的底层多年一遇的极值水温如表 3 所示。需要指出, 秦皇岛站的水很浅, 无论是夏季的涡动混合, 还是冬季的涡动加对流混合, 均能直达海底, 因而上、下层水温均匀一致, 那么所推算的表层极值可视为底层的水温极值。

表 3 J 断面和 S 海区底层水温多年一遇极值

重现期			一 年	十 年	二十五年	五 十 年
地 段	0 < D ≤ 5 m	极 大	28.92	29.89	30.38	30.74
		极 小	-1.78	-2.04	-2.19	-2.30
	5 < D ≤ 10 m	极 大	26.97	28.20	28.55	28.94
		极 小	-1.56	-1.91	-2.03	-2.10
	10 m < D	极 大	25.01	26.50	26.72	27.13
		极 小	-1.34	-1.78	-1.93	-2.02
	S 海 区	极 大	21.90	23.12	23.75	24.12
		极 小	-0.97	-1.51	-1.70	-1.82

参 考 文 献

[1] 屠基璞等: 气象应用统计学, 气象出版社, 1984。

VARIATIONS IN WATER-TEMPERATURE IN THE WESTERN LIAODONG BAY AND DEDUCTION OF ITS EXTREME

Li Fanhua Yu Xueren Yin Xunfu Pan Huizhou
(First Institute of Oceanography, SOA)

Abstract

Variations in temperature of the waters of the western Liaodong Bay are analyzed using the historical and observed data collected from Jan. 22 to Feb. 3, 1988. The water-temperature extreme and specified return period are also calculated with Gumbel distribution method and normal distribution method, respectively.