

黄河口区及其附近海域溶解氧的分布变化*

任广法

(中国科学院海洋研究所)

提要 本文讨论了1984年5月、8月、11月调查的黄河口区溶解氧的分布。黄河口区溶解氧的分布主要受水温的影响,在春季还受硅藻的影响,而夏季受微型浮游植物的影响。

夏季,黄河口门底层水的表观耗氧量高达2.04ml/L。反映了黄河悬浮物所携带的有机物氧化的结果。

海水中氧的含量是生命发展的基本条件。其分布特点又是海水在其运动过程中的重要间接标志^[1]。调查海区系黄河口5—18m等深线以内的近岸浅海区,该区是生物繁殖、活动的适宜环境。黄河排入的大量淡水,使得该水域的水文、化学和生物等诸因子的变化更为复杂。因此,调查黄河口区的溶解氧,对于了解和研究该海区的初级生产力、海水与河水混合过程

中溶解氧与生物、水文因子之间的相互关系都有着重要意义。

我们于1984年5月、8月和11月调查了黄河口及其附近海岸带44个站的溶解氧,调查的范围与站位见图1。分析方法为碘量法。

一、调查结果

黄河口及其附近海岸带44个站的溶解氧见表1。

从表1可以看出:季节(水温)不同是影响溶解氧(O_2)绝对含量及其饱和度($O_2\%$)分布变化的重要因素。

表2为1984年黄河口水域水温和溶解氧及其饱和度的季节变化。

从表2可以看出:8月份的月平均温度为 26.85°C ,与5月和11月相比为全年的最高值;而8月份 O_2 的月平均值仅为 4.99ml/L ,为全年的最低值; $O_2\%$ 月平均值为 100.6% 。11月水温较低,月平均温度 9.08°C 为全年最低值。因 O_2 的溶解度增加, O_2 的绝对含量也随之增加,其最大值已达 7.66ml/L ,其 $O_2\%$ 皆呈不饱和状

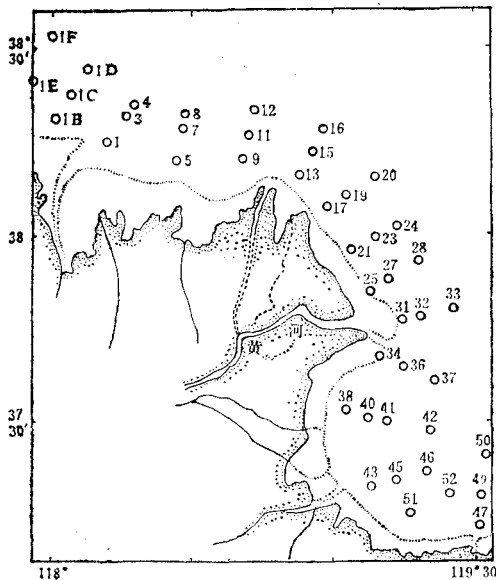


图1 调查站位
Fig.1 Location of sampling stations

*文内浮游植物和叶绿素资料系本所郭玉洁先生提供;温度、盐度资料为李鹏程同志提供;本文承蒙顾宏堪、马锡年同志审阅,陆家平同志分析部分样品,在此一并致谢。

表1 黄河口海区1984年5月、8月、11月溶解氧及其饱和度测定结果
 Tab.1 Data of dissolved oxygen and saturated degree in Huanghe River Estuary in May, August and November, 1984

站号	5月				8月				11月			
	O ₂ (ml/L)		O ₂ (%)		O ₂ (ml/L)		O ₂ (%)		O ₂ (ml/L)		O ₂ (%)	
	表	底	表	底	表	底	表	底	表	底	表	底
1F					5.07	4.64	112	100	6.38	6.27	98	96
1E					4.89		106		6.48	6.32	96	96
1D					4.53	4.48	98	97	6.38	6.30	96	96
1C					4.50	4.49			6.44	6.27	97	95
1B					4.68		99		6.43		97	
4	5.67				4.52	4.47	97	96	6.37	6.31	96	96
1	5.73				4.60		98		6.43	6.32		
3	5.77				4.46	4.46	96	96	6.40		95	
8	5.87	5.86	102		4.57	4.55	97	96	6.09	6.15	94	95
7	5.85	5.85		101	4.64	4.61	98	97	6.15	6.13	95	95
5	5.75	5.0			4.51		94		6.16		95	
12	6.10	6.11	103		4.53	4.50	95	94	5.97	5.94	94	95
11	5.97	5.93	101	100	4.56	4.52	95	94	5.89	5.88	94	94
9	6.00		103		4.61		96		6.26		96	
16	6.35	6.38	104	101	4.67	4.57	97	93	6.09	6.39	96	103
15	6.38	6.35	105	102	4.67	4.51	97	93	5.95	5.80	95	93
13	6.17	6.21	101	101	4.58		97		6.27	6.15	95	94
20	6.33	6.29	104	100	4.85	4.56	101	93	6.13	5.90	96	95
19	6.12	6.12	102	97	4.79	4.47	100	93	6.03	5.91	94	94
17	6.34		107		4.62		97		6.15	6.12	94	94
24	6.38	6.14	106		5.69	3.94	113	79	5.98	5.88	95	93
23	6.41	6.21	105	101	5.37	3.74	109	74	6.02	6.02	94	94
21	6.58		109		5.28		107		6.08	6.07	94	94
28	6.81	6.07	116	99	5.05	3.25	109	84	6.61	6.26	100	97
27	6.20	5.98	104	98	3.97	2.99	77	59	6.16	6.19	93	92
25	6.33		106		4.50		86		6.42	6.41	95	94
33	6.29	6.13	112		5.16	3.58	104		6.29	6.18	93	92
32	6.15	5.85	103		5.12	3.75	94	76	6.52	6.28	94	93
31	6.04				5.43	3.83			6.43	6.39	92	93
37	5.72	5.67	102	98	4.83	4.05	98	84	6.70	6.54	95	94
36	5.99	5.50	104	94	5.22	4.11	105	84	7.66	6.68	98	94
34	5.77		101		4.64		91		6.87		92	
42	5.64	5.41	99	93	4.87	4.43	101	92	6.76	6.72	94	95
41	5.32	5.18			5.49	4.24	110	89	6.91	6.91	96	96
40	5.38		97		5.82	4.54	116	95	6.88		95	
38	5.47		99		6.27		126		7.06		97	

续表 1

站号	5 月				8 月				11 月			
	O ₂ (ml/L)		O ₂ (%)		O ₂ (ml/L)		O ₂ (%)		O ₂ (ml/L)		O ₂ (%)	
	表	底	表	底	表	底	表	底	表	底	表	底
46	6.03	6.03	105	105	5.05	5.05	105	107	7.01	7.03	96	96
45	5.79		102		4.68		97		7.06		96	
43	5.42		97		4.76		99		7.37		97	
50	5.77	5.74	101	100	4.46	4.40	94	93	6.75	6.72	96	96
49	5.75		100		5.06	5.13	106	108	6.86	6.86	97	97
47	5.59		98		5.17		109		7.11		98	
51	5.55		99		4.82		102		7.18		97	
52	5.99				5.03	5.07	106	107	7.14		98	

表 2 黄河口海区 t(°C)、O₂、O₂% 的季节变化 (表层)

Tab.2 Temperature, dissolved oxygen and oxygen saturated degree seasonal variation in Huanghe River Estuary

月	水 温 t(°C)		溶解氧绝对含量(ml/L)		溶解氧饱和度 O ₂ (%)	
	变化范围 t	\bar{t} (月平均)	变化范围 O ₂	\bar{O}_2 (月平均)	变化范围 O ₂ %	\bar{O}_2 % (月平均)
5	12.9—19.0	15.66	5.32—6.81	5.97	97—116	103.1
8	23.0—28.8	26.85	3.97—6.27	4.99	77—126	100.6
11	5.95—12.0	9.08	5.89—7.66	6.51	92—100	95.5

态。5月, 水温与 O₂ 均介于夏(8月)秋(11月)量值之间, $\bar{t} = 15.66^\circ\text{C}$, $\bar{O}_2 = 5.97\text{ml/L}$ 。然而由于春季海水迅速增温时 O₂ 来不及释放到大气中, 加之浮游植物在春花期进行光合作用产生一定量的 O₂, 故使 O₂% 呈过饱和状态, 见表 1, 2。

为了进一步分析研究浮游生物量对 O₂ 分

布强度的影响, 我们计算了调查海区海水的表观耗氧量(下简称 AOU), 它是氧的饱和含量减去实测的氧的绝对含量而得的。同时, 我们还计算了溶解氧(O₂)与叶绿素, 溶解氧(O₂)与浮游植物之间的相关系数, 见表 3。

现就不同季节及浮游植物量对 O₂ 分布变化讨论如下。

表 3 溶解氧(O₂)绝对含量与浮游植物的相关系数(r)

Tab.3 Correlation coefficient between dissolved oxygen and phytoplankton

月	溶解氧(O ₂)-叶绿素相关系数 r	溶解氧(O ₂)-浮游植物相关系数 r	相应的临界值	
			置信水平 1%	置信水平 5%
5	0.178 (n*=40)	0.460 (n=40)	0.418	0.325
8	0.650 (n=43)	0.492 (n=43)	0.393	0.304
11	0.263 (n=44)	-0.010 (n=44)	0.393	0.304

* n为样品数

二、讨论

(一) 春季 (5月) O_2 的分布变化

春季, 水温开始回升 (平均 15.66°C), 此时水体相当稳定。黄河输入的淡水携带着极丰富的营养盐使浮游植物得以迅速繁殖与生长。据调查, 在河口附近的17—37站范围内有一个浮游植物量的高区 (平均 274.3×10^4 个/ m^3), 它比整个调查海区 (平均值 137×10^4 个/ m^3) 要高出一倍; 同时也是 O_2 值的高区 (平均 $6.23 \text{ mlO}_2/\text{L}$, $O_2\% = 105.8\%$), 它较之整个调查海区 O_2 平均值 $5.97 \text{ mlO}_2/\text{L}$ 、 $O_2\%$ 为 103.1% 分别高 $0.26 \text{ mlO}_2/\text{L}$ 和 2.7% 。说明此时浮游植物通过光合作用释放出的 O_2 已足以影响到其水平分布强度。浮游植物与 O_2 呈正相关关系, 但与叶绿素并不相关 (见表3), 这说明此时进行光合作用的浮游植物以个体较大的硅藻为主。

从图2可以看出: 5月份表层水 t 与 O_2 的水平分布趋势极为相似, 例如 t 系自北向南逐渐

增高, O_2 则表现为自北向南呈递减趋势, 呈负相关关系 (r 为 0.444 、置信度为 0.05 时, 临界值为 0.355)。

5月, 调查海区底层 O_2 的水平分布由于受浮游植物影响较小, 表现为与表层水完全相同的分布趋势, 所不同的是 t 与 O_2 的分布规律较之表层更趋于一致。

5月, O_2 垂直分布的特点是, 由于稳定的 δ_t , O_2 跃层还未完全形成, 所以此时 O_2 虽有表层高于底层之趋势, 但其差值较小, 详见表1。

(二) 夏季 O_2 的分布特征

夏季 (8月), 由于水温高 (月平均为 26.85°C), 氧的溶解度小, 故 O_2 含量仅为 4.99 ml/L 。但此时却因黄河径流量大, 给调查海区带来了极丰富的营养盐, 是浮游植物大量繁殖的季节 (见图3、4)。

从图3、4和图1可以看出: 27站出现了 O_2 的最小值 3.97 ml/L (底层仅 2.99 ml/L , $O_2\%$ 为 59%), 此站生物量也最小 (叶绿素为

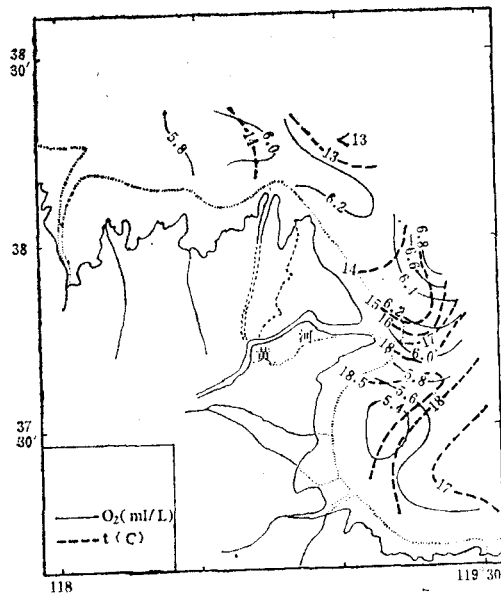


图2 春季 (5月) 溶解氧和
水温表层平面分布

Fig.2 Surface layer dissolved oxygen and temperature distribution in spring (May)

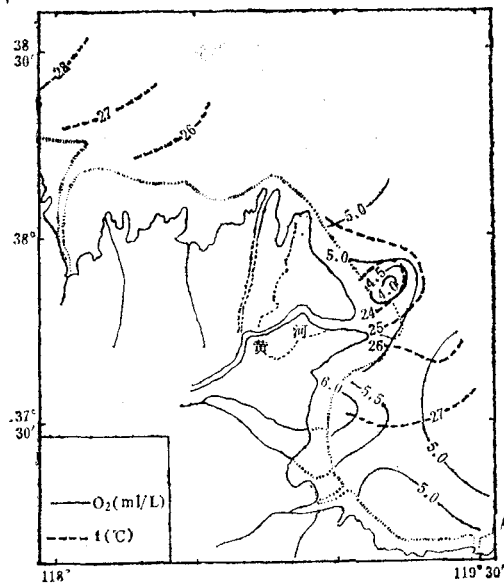


图3 夏季 (8月) 水温与溶解氧
表层平面分布

Fig.3 Surface layer temperature and dissolved oxygen distribution in summer (August)

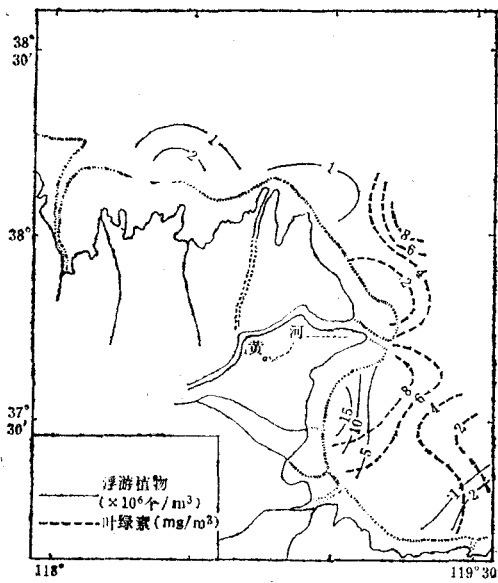


图4 夏季(8月)浮游植物与叶绿素的平面分布

Fig.4 Phytoplankton and chlorophyll distribution in summer (August)

1.57mg/m³, 浮游植物为6×10⁴个/m³); 38站却出现了O₂的最大值6.27ml/L (O₂%为126%)和浮游植物量的全年最大值(1570×10⁴个/m³)。从表3亦可以看出表层O₂与生物量存在着很好的相关关系。由此可以推论,夏季黄河口水域中的浮游生物量是影响表层O₂、O₂%水平分布的重要因素,而水温则影响较小。

根据调查还发现,17站至20站这条断面以南8m等深线以外水域,O₂垂直分布表现为表层高于底层1ml/L左右,其差值最大可达1.8ml/L。这是由于:(1)河水连续排放,河水与海水密度(σ_t)不同(S‰差值在5—10‰)而形成了σ_t跃层,由于跃层的存在阻止了上下水体的对流与交换,底层O₂得不到补充而形成了O₂跃层(见图5)。(2)河水带入的大量泥沙及悬浮物使得底层透明度极小,因而影响浮游植物的光合作用^[1]。(3)无机物的氧化和有机物的分解消耗O₂^[3]等都是造成底层O₂偏低的重要原因。黄河口门底层水 AOU 高达2.04ml/L。

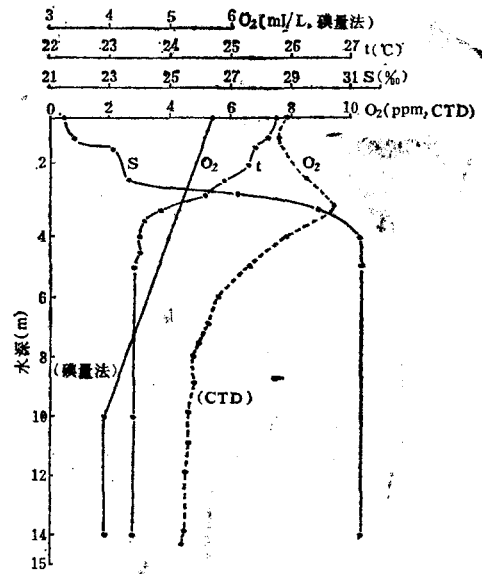
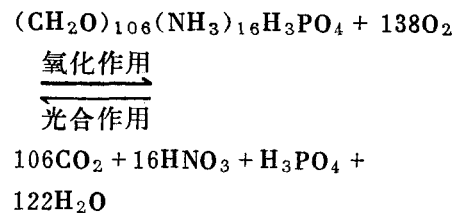


图5 夏季(8月)24站的t、S‰、O₂的垂直分布

Fig.5 Vertical distribution of O₂, t and S‰ at station 24 in Summer August

为了进一步证明底层有机物的分解消耗O₂,根据表观耗氧量与有机物之间存在如下关系^[2]:



即有机物的分解消耗O₂并使pH值降低。为此我们计算了底层AOU与pH之间的相关系数,结果是令人满意的,尤其是黄河口门以南其相关系数竟高达-0.918(见表4)。从表4中相关系数的大小可以反映出该水域有机物的分解状况。

(三) 秋季(11月)O₂的水平分布

秋季,由于气温的下降水温也随之降低(平均9.08℃),淡水的输入量也相应减少,由于冷空气和北向季风的逐渐加强,加快了调查海区水体的混合与交换,致使O₂绝对含量持续增高(月平均6.51ml/L),O₂跃层随同σ_t

表4 1984年8月黄河口底层水中AOU与pH相关系数r
 Tab.4 Correlation coefficient of AOU and pH in the bottom layer of the Huanghe River Estuary, August, 1984

海区	AOU~pH相关系数r	相应的临界值		
		置信水平1%	置信水平5%	样品数n
整个调查海区	-0.767	0.526	0.413	23
黄河口以南	-0.918	0.765	0.632	10
黄河口以北	-0.815	0.684	0.553	13

跃层也一起消失了。由于水温的急剧下降使氧的饱和含量迅速增加,其增加量远远高于氧的绝对含量,故O₂均呈不饱和状态,月平均为95.5%。根据表3可以看出:11月份叶绿素与

浮游植物对O₂已不存在相关关系,说明此时生物对O₂含量的影响已处于次要地位,而水温对O₂含量的影响是主要的。关于秋季t与O₂的水平分布见图6。

从图6可以看出,t、O₂两者的水平分布趋势几乎完全一致,如出现O₂最大值(7.66ml/L)的36站和出现O₂最小值(5.89ml/L)的11站,同样分别是t的接近最小值(6.74°C)和接近最大值(11.5°C)。再从O₂与t求得的很好地相关系数(r=0.915, n=44, 置信度为0.01时其临界值为0.393)可以看出:11月O₂的水平分布主要受水温控制。

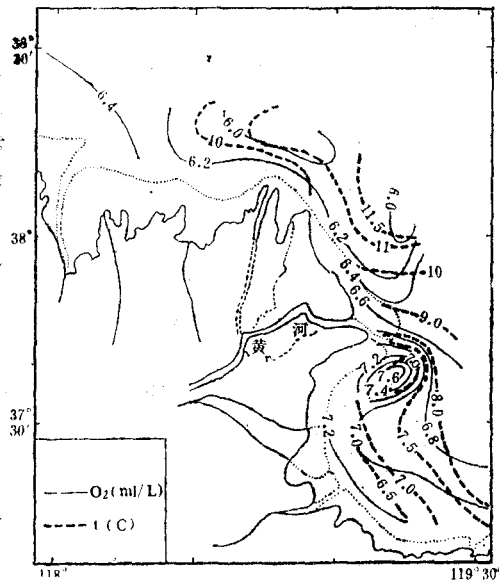


图6 秋季(11月)t与O₂的水平分布
 Fig.6 Dissolved oxygen and temperature distribution in autumn (November)

主要参考文献

- [1] A·M·穆罗姆采夫著,谢金赞等译,1958。太平洋水文的基本特征。科学出版社,167—182页。
- [2] J·P·赖利, G·斯基罗主编,刘光等译,1982。化学海洋学。海洋出版社,564—617页。
- [3] 黄海水产研究所编著,1960。海洋水产资源调查手册。上海科学技术出版社,第294页。

DISTRIBUTION OF DISSOLVED OXYGEN IN HUANGHE RIVER ESTUARY AND ITS COASTAL ZONE

Ren Guangfa

(Institute of Oceanology, Academia Sinica)

Abstract

Distribution of dissolved oxygen in Huanghe (Yellow) River Estuary in May, August and November, 1984, is discussed. The content of dissolved oxygen in Huanghe River Estuary is mainly affected by temperature. In spring, the content of dissolved oxygen is affected by diatoms, while in summer, by microscopic phytoplankton.

At bottom layer of the mouth of the Huanghe River the AOU (Apparent oxygen utilization) is as high as 2.04ml/L in summer, as a result of the oxidation of organic matter adhering on suspended matter.