

黄海冷水溶解氧垂直分布 最大值的进一步研究*

刁焕祥

(中国科学院海洋研究所)

黄海冷水(又称黄海冷水团)是我国近海水文特征的重要现象,自本世纪二十年代以来,日本和我国海洋物理学家陆续对其进行了较多的研究。近年来又见有该水域的水化学特性报道,其中顾宏堪首先研究了黄海水域夏季溶解氧垂直分布最大值⁽³⁾,继而刁焕祥等指出¹⁾,东海东北部同期亦出现氧的最大值。关于溶解氧最大值形成的原因,不同学者作了各种解释。Ichiye⁽⁴⁾指出,密度跃层中氧最大值得以保存,是由于氧的涡动扩散慢所致。Брыевич等⁽⁵⁾认为,氧的最大值系由于水文学跃层形成时光合作用所产生的氧自上而下渗入造成的。顾宏堪⁽³⁾对黄海夏季氧垂直分布最大值研究指出,它主要是由冬季保留下来的,跃层下界附近水温的相对稳定性是决定性条件;光合作用仅能影响氧含量的大小,而不能决定氧最大值的存在与否。作者^(1),1)在研究了南海及东海东北部氧最大值后指出,水文学跃层的形成,水温起主导作用,氧最大值水域(水深一般大于50m)浮游植物量远远低于邻近沿海岸海区,夏季水文学跃层下界附近的水温及溶解氧基本上保持了冬季前后的量值,初步验证了顾宏堪这个理论的正确性。

应该指出,黄海冷水域溶解氧垂直分布最大值的已有报道^(3),1),但仅限于个别年份资料。为此,本文根据该水域24年的代表年份数据系统地进行了水温与溶解氧垂直分布变化的探讨。结果指出,黄海冷水域代表年份,夏季稳定地出现氧垂直分布最大值,进一步确认了顾宏堪的氧最大值形成理论的正确性。

一、溶解氧及水温垂直分布的时间变化

基于研究报道^(1,3),1)中已阐述了氧最大值水域中生物因素(浮游生物、底栖生物及有机质,它们对氧最大值的形成有一定影响)的分布变化,故在此主要讨论溶解氧及其决定因素的水温垂直分布的多年季节变化。为此,在黄海冷水域夏季氧最大值分布范围内^(3),1)选取4个代表站(见图1),以进行氧(O₂)含量冬、夏季垂直分布特征的对照讨论。

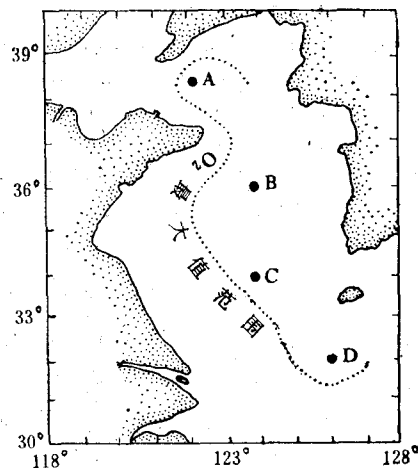


图1 站位图

Fig. 1 The map of sampling stations

* 中国科学院海洋研究所调查研究报告第1320号。

1) 刁焕祥、姜传贤、陆家平, 1983. 黄海冷水与东海东北部溶解氧垂直分布最大值(待刊)。脚注¹⁾全文同。

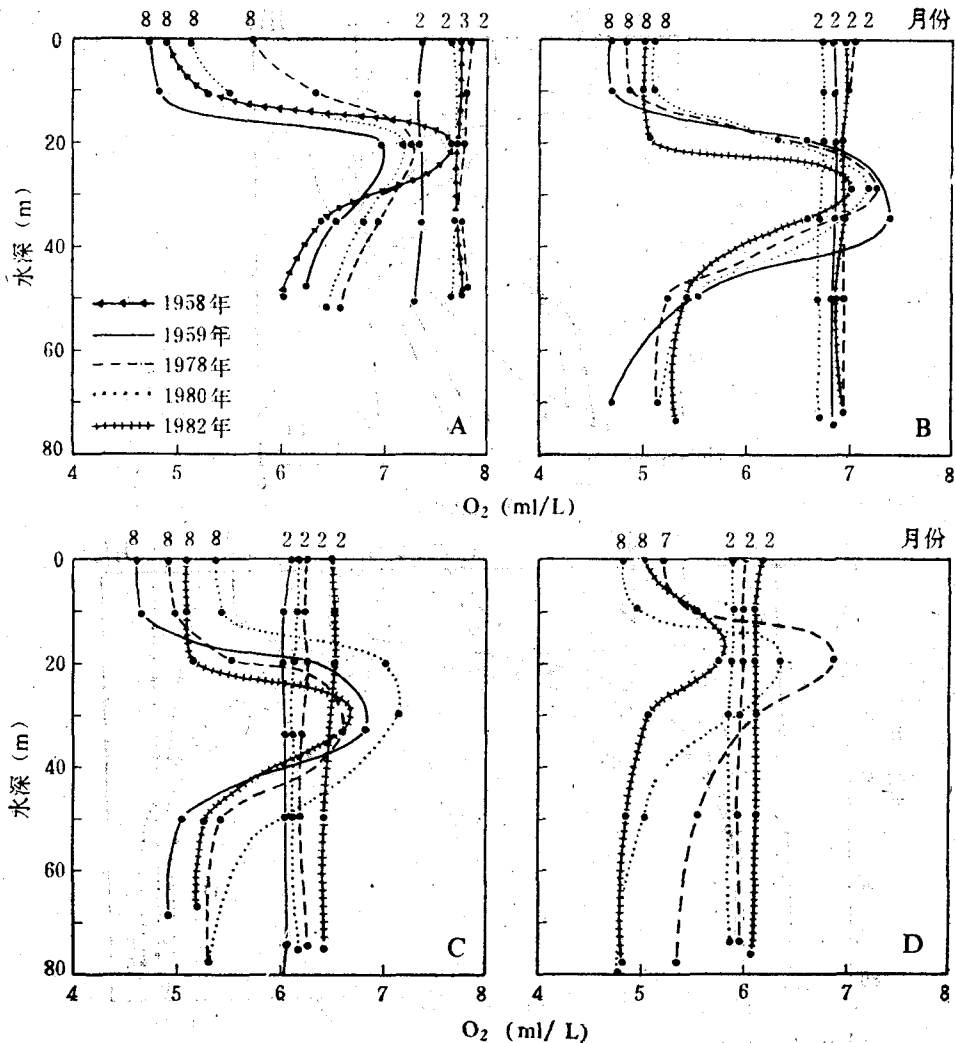
图2 O₂代表年份冬夏季垂直分布Fig. 2. The O₂ vertical distributions in winter and summer on typical years

图2A站表明, 20m附近水层O₂含量在1958年8月与3月基本相同, 而在1959年、1978年、1980年8月的含O₂量稍低于各年的2月(相差0.4—0.6ml/L)。B站30—35m水层, 1982年2月、8月的O₂含量相一致; 1959年、1978年、1980年8月同水层含氧量稍高于2月份(相差0.2—0.5ml/L)。C站20—35m水层的O₂含量, 1959年、1978年、1982年8月较同年2月稍高(相差0.2—0.8ml/L); 1980年8月O₂含量较2月约高出1.2ml/L。D站表明, 20m附近水层的含O₂量1982年8月略低于2月(相差0.3ml/L); 1980年、1978年同水层O₂含

量8月稍高于2月(相差0.4—0.8ml/L)。以往的研究^{[1,3],1)}指出, 海水中溶解氧垂直分布最大值出现于水文学跃层(水温、密度垂直梯度大)下界附近。图3(B站)与图2的水温(t)、密度(σ_t)及氧(O₂)的垂直分布证明了这个论点。以上典型站O₂的垂直分布时间变化表明, 凡出现在O₂最大值水域其氧最大值数与冬季同水层的氧含量基本一致; 有时会出现夏季O₂含量较冬季前后稍大或稍小现象。O₂浓度大者主要是光合作用所致, O₂含量小者与动物呼吸及有机质分解等影响有关。它们都是氧最大值数的影响因素, 而不能决定

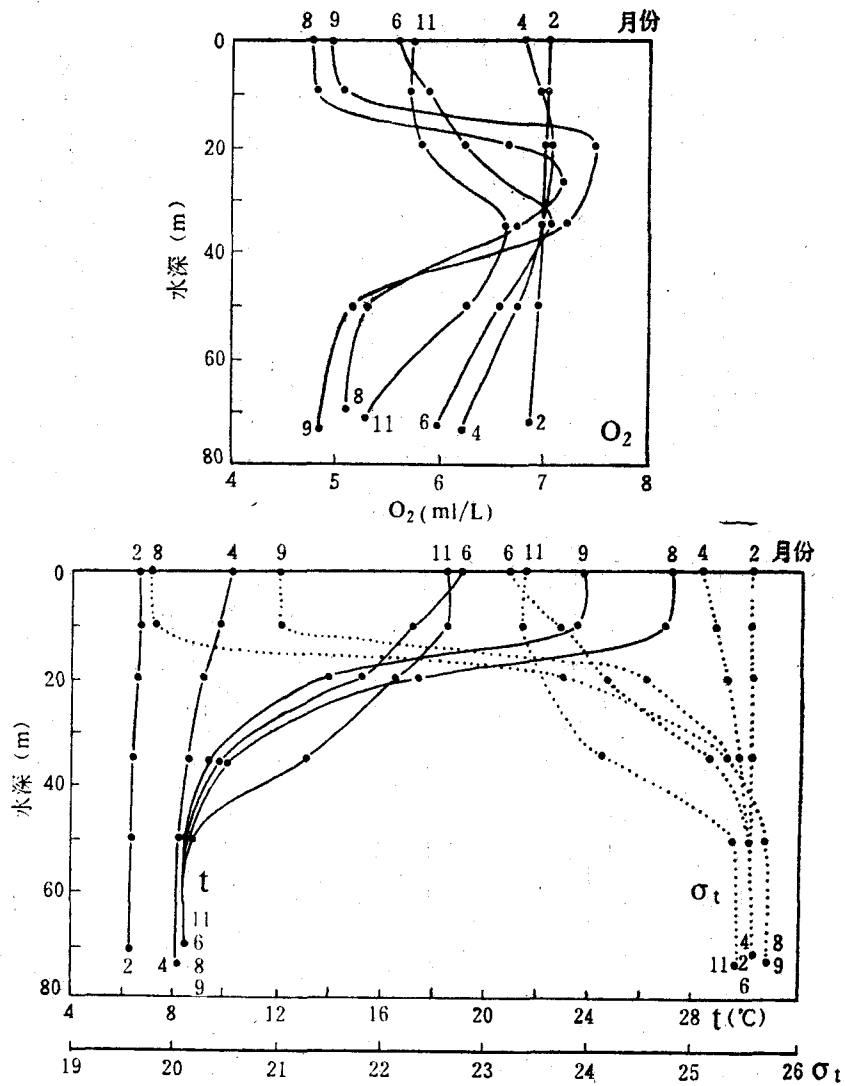


图3 1978年B站 O_2 , t , σ_t 垂直分布季节变化

Fig. 3. The seasonal variations of vertical distributions of O_2 , t and σ_t at station No. B in 1978 year

O_2 最大值的存在与否。

黄海及其邻接的东海东北部水域 O_2 最大值研究^(3), 1)已列举了个别年份多代表站的 O_2 , t 及 σ_t 逐月垂直分布变化, 其中 O_2 的冬、夏季垂直分布特性与上述(图2)完全一致。下面再用1978年(以往研究的是1959年)B站来讨论 O_2 , t , σ_t 垂直分布的逐季演变过程。图3表明, 夏季水温及密度跃层出现于10—35m水层(注: 各海区诸站水文学跃层出现深度、厚度及强度不尽相同), 同期氧最大值集

中呈现于30—35m水层, 正是水文学跃层的下界附近。冬季(2月) t , σ_t 及 O_2 基本上呈垂直分布均匀状态。6月、11月, 35m以上水层由于太阳辐射较强, 因而水温也较高, 越近表层水温上升越明显; 以水温为主导因素的密度亦相应有明显变化, 即35m以上水层的 σ_t 随温度升高而降低; 水文学跃层下界附近(30—35m)的以上及以下水体中 O_2 含量明显降低。8月、9月, 35m以上水层 t 升至全年最高值(与冬季相比, 0m水层约高出20°C), σ_t 降至全

年最低值(0 m水层较冬季约低 $5.8\sigma_t$), 相应的 O_2 含量亦明显降低(与冬季相比, 0 m水层约降低 2.3ml/L)。35m以下水层 t 及 σ_t 终年变化较小, 与冬季相比, 夏季 t 仅增加 1.9°C , σ_t 仅相差 0.2 左右, O_2 则明显降低(底层较冬季约低 1.7ml/L)。跃层下界附近, 水温及密度变化均较小(与冬季相比, t 仅增加 3°C , σ_t 仅降低 0.2), O_2 含量变化亦相应较小(与冬季相比, 8月降低 0.25ml/L 9月, 增加 0.30ml/L)。由图3可见, 冬季 t , σ_t 及 O_2 呈垂直分布均匀状态; 夏季 t , σ_t 分别在35m以上水层增高与降低, O_2 在30—35m水层基本上保留了冬季前后的量值(O_2 最大值), 在此 O_2 最大值层以上及以下水体 O_2 含量明显降低; 春、秋季节 t , σ_t , O_2 量值变化处于过渡状态; 跃层下界附近水温的保守性是夏季氧垂直分布最大值得以保留的根本原因。

二、讨 论

1. 海水中溶解氧含量的影响因素

海洋中的溶解态氧气主要来源于大气, 其次是水体中自养生物的光合作用补充; 其耗氧因素主要是异养生物呼吸及有机质分解作用; 氧在水圈内的空间分布主要受水温及水体流动等因素控制。这些因素的综合影响决定了海水中氧含量分布及变化的特性。中国近海夏季出现 O_2 垂直分布最大值的水域, 其自养生物量通常是较低的, 例如浮游植物量仅为邻近沿岸或海湾的十分之一至百分之一^(1,3),1), 可见光合作用对这种水域的供氧居于次要地位。但是夏季水文学跃层形成后, 上下水体的交换受到了阻碍, 大气的供 O_2 难以下达跃层以下水体, 因而, 下层的动物呼吸及有机质的分解, 对氧的降低起了一定作用, 夏季生原要素磷、硅量的明显增高恰好论证了这个观察⁽²⁾。

2. 水体的稳定性与氧含量的关系

黄海冷水域冬季太阳辐射减弱, 水体的中上层水温降低, 寒风吹搅, 密度明显增加, 造成了水体的上下对流, 因而该季节 t , σ_t 及 O_2

(氧含量主要控制因素是水温) 呈现了上下一致的垂直分布状态。夏季太阳辐射最强, 中上层水温急增, 加之降水及盐度下降, 因而密度亦明显降低, 于是形成了稳定的水文学跃层, 此时溶解氧的上下层交换受到了障碍, 因此, 跃层以下水体主要靠冬季保留下的氧来供应异养生物、有机质及化学的耗氧, 这势必造成 O_2 含量的降低。跃层以上水体, 夏季水温上升(例如B站1978年0m水层较冬季增加 20°C), 虽然大气供氧充分, 但由于 O_2 的溶解度与温度成反比, 所以 O_2 含量很低。另外, 夏季出现 O_2 最大值水层水的流速是很小的, 这有利于 O_2 保持冬季前后的含量¹⁾。春秋季节水体的稳定性介于冬季夏季之间, 所以 t , σ_t 及 O_2 的垂直分布特性也必须处于过渡状态。由此可见, 水体的相对稳定性乃是 O_2 最大值的形成条件之一。

3. 水温与氧含量的关系

氧在海水中的溶解度是随大气中氧的分压而变化的, 而决定因素是水体的温度与盐度。因为 O_2 最大值水域盐度年变化相对较小, 而中上层水温变化却较大, 所以水温是氧含量的根本控制因素。顾宏堪⁽³⁾指出, 黄海所以出现 O_2 垂直分布最大值, 相应水层的水温稳定性(保守性)是决定性条件。以图3 B站为例, 35m以下水层水温终年变化很小; 如果没有耗氧因素, 那么跃层以下水体的氧含量亦应基本上保持冬季前后的量值。但是实际情况恰相反, 缺乏 O_2 补充源且一直被消耗, 这势必造成 O_2 含量降低。跃层以上水体, 由于水温急剧上升, 氧含量必然下降。而跃层下界附近, 由于水温基本上保持了冬季前后的量值, 因而氧亦大致保留了同期的含量。至于 O_2 最大数值与冬季相比, 有时偏高一些, 有时偏低一些, 则是由于光合作用及耗氧因素对其有一定的补充及消耗所致⁽³⁾。由此可见, 水体的较大稳定性基于跃层的形成, 跃层的出现又依赖于水温的变化, 溶解氧最大值的形成基于水温的稳定性。

三、结 语

1. 黄海及邻接的东海东北部水域, 夏季同时稳定地出现 O_2 垂直分布最大值, 恰位于黄海冷水域, 因此作者称为夏季黄海冷水 O_2 最大值。

2. 跃层下界附近水温基本上保持了冬季前后的量值, 致使氧亦不致保留了同期的含量, 水文学跃层以上和以下水体分别由于夏季水温升高及生化耗氧, 导致氧含量明显下降, 这是以水温为主导因素的 O_2 最大值形成的基本过程和原因。

3. 黄海冷水域东侧缺乏观测资料, 期望有关工作者继续进行调查研究, 以进而确定其 O_2 最大值的东界分布范围。

参 考 文 献

- [1] 刁焕祥、姜传贤、陆家平, 1984. 南海溶解氧垂直分布最大值. 海洋学报6(6): 770—780.
- [2] 刁焕祥、沈志良, 1985. 黄海冷水域水化学要素垂直分布特性. 海洋科学集刊25: 41—52.
- [3] 顾宏堪, 1980. 黄海溶解氧垂直分布最大值. 海洋学报2(2): 70—78.
- [4] Ichiye, T., 1954. On the distribution of oxygen and their seasonal variation in the adjacent seas of Japan. Part II, *Oceanogr. Mag.* 6:2.
- [5] Бруевич, С. В., Борсъявленский, А. Н. и В. В. Мокаевская, 1960. Гидрохимическая характеристика Охотского моря. Тр. Ин-та океанол. АН СССР. выл. 42, стр. 125.

THE MAXIMUM VERTICAL DISTRIBUTION OF DISSOLVED OXYGEN IN THE YELLOW SEA COLD WATER

Diao Huanxiang

(Institute of Oceanology, Academia Sinica)

Abstract

The author has studied the seasonal variations of oxygen vertical distribution in Yellow Sea Cold Water for five years. The occurrence of maximum value of dissolved oxygen every summer in this water area was affirmed. It was concluded that the oxygen maximum in summer thermocline was mainly retained from winter, so was the temperature under the thermocline. Above and below the oxygen maximum, the oxygen content is decreased by the increase of temperature, the biological respiration and the decomposition of organic matter. The phytoplankton is not a decisive factor for the occurrence of oxygen maximum, but an effective factor. This paper also confirms that Gu Hongkan's theory on the oxygen maximum is a correct and universal.