

海洋与湖沼论文集

OCEANOLOGIA ET LIMNOLOGIA SINICA

(Supplement)

中国海洋湖沼学会编辑

Edited by the Chinese Society of Oceanology
and Limnology

科学出版社



内 容 简 介

本文集共刊载学术论文和调查研究报告十八篇,内容主要包括海洋水文、物理、气象、化学,海洋与河口地质地貌,海洋与湖沼鱼类、贝类及藻类等方面,为近几年来我国各有关科研机构、大专院校的部分研究成果。

可供有关的科技人员、大专院校的师生以及沿海气象、水文观测台站和水产养殖单位的干部和专业人员阅读、参考。

海洋与湖沼论文集

OCEANOLOGIA ET LIMNOLOGIA SINICA
(Supplement)

中国海洋湖沼学会编辑

*

科学出版社出版

北京朝阳门内大街 137 号

中国科学院印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

*

1981 年 10 月 第 一 版 开本: 787 × 1092 1/16
1981 年 10 月 第一次印刷 印张: 14 1/2 插页: 3
印数: 0001—1,850 字数: 338,000

统一书号: 13031 · 1716

本社书号: 2343 · 13—17

定 价: 2.40 元

目 录

中国近海海雾的初步分析·····	王彬华 (1)
热带太平洋海-气系统的低频耦合振荡·····	符淙斌、苏炳凯 (19)
北太平洋主要海流区海面温度的长期振荡·····	符淙斌、苏炳凯 (29)
海水中化学过程的 $\Phi\left(\frac{z}{l}, \chi\right)$ 规律及其应用—— $\Phi\left(\frac{z}{l}, \chi\right)$ 规律在海水中元素的物理-化学性质研究上的应用·····	张正斌、刘莲生 (41)
河口海区污染物稀释规律的研究——污染物稀释过程的一种数学模式(2)·····	陈国华、陈忠林、林文业 (68)
东海沉积物的氧化还原平衡分布·····	李 延、王庆璋 (79)
山东石臼所近岸带沉积物来源和扩散的矿物学证据·····	林振宏、吕亚男 (92)
山东成山头附近“柳芥红层”的成因及其意义·····	郭永盛、王连第、李道高 (105)
珠江三角洲沉积特征及其形成过程的几个问题·····	李春初、杨干然 (115)
应用 Q 因子进行样品分类的 A-B 相关法的信任椭圆·····	范守志 (123)
南海诸岛鱼类区系研究·····	王存信 (137)
云南滇池两种白鱼的分化·····	褚新洛、陈银瑞 (166)
黑鲷年龄鉴定问题·····	李城华 (172)
中国近海带鱼耳石生长的地理变异与地理种群的初步探讨·····	罗秉征、卢继武、黄颂芳 (181)
大珠母贝幼虫的分期·····	谢玉坎、许志坚 (195)
威海皂埠湾潮间带生态的初步研究·····	范振刚、车平川、曲年受 (204)
青海、甘肃、宁夏双星藻科植物研究·····	郑英敏 (214)
海带叶卷病传染性的试验·····	李家俊、彭作圣、薛真福、黄祖云 (222)

OCEANOLOGIA ET LIMNOLOGIA SINICA

(Supplement)

CONTENT

- A Preliminary Investigation of Sea Fog along the Chinese Coast and Its VicinityWang Binghua (18)
- On the Low-frequency Coupling Oscillation within the Tropical Pacific Air-sea System Fu Congbin and Su Binkei (28)
- The Long-term Fluctuation of Sea Surface Temperature in Main Current Regions of North Pacific Ocean Fu Congbin and Su Binkei (40)
- A $\Phi\left(\frac{z}{l}, \chi\right)$ Rule of Chemical Processes in Sea Water and Its Application —
Application of $\Phi\left(\frac{z}{l}, \chi\right)$ Rule to Study of Various Physical-Chemical Properties
of Elements in Sea Water Zhang Zhengbin and Liu Liansheng (67)
- Studies on the Dilution of Contaminants in Estuary—The Mathematical Modeling of Dilution Process of Contaminants (2)
..... Chen Guohua, Chen Zhonglin and Lin Wenye (78)
- Redox Equilibrium Distribution in the East China Sea Sediments
..... Li Yan and Wang Qingzhang (91)
- Mineralogical Evidence of the Source and Dispersion of the Surface Sediments in Shijiusuo Nearshore Zone, Shandong Province
..... Lin Zhenhong and Lü Yanan (104)
- The Origin of "The Liukuang Red Bed" in Chengshantou Area of Shandong, and Its Significance Guo Yongsheng, Wang Liandi and Li Daogao (114)
- The Depositional Characteristics and Some Problems of the Process of Development of the Zhujiang River Delta Li Chunchu and Yang Ganran (122)
- The Ellipses of Confidence in $A-B$ Correlation Method by Using Q -Factor for Sample Classification Fan Shouzhi (136)
- Studies on the Fish Fauna of the South China Sea Islands, Guangdong Province, China Wang Cunxin (143)
- Studies on the Differentiation of Two Sympatric Species of the Genus *Anabarilius* from Kunming Lake, Yunnan Province..... Chu Xinluo and Chen Yienrui (171)
- On the Age Determination of *Sebastes fuscescens* Li Chenghua (180)
- The Geographical Variation of the Otolith Growth and Classification of Populations of the Hairtails, *Trichiurus haumela* (Pisces, Trichiuridae) in the Coastal Waters of China Luo Bingzheng, Lu Jiwu and Huang Songfang (194)
- Normal Stages in the Development of *Pinctada maxima*
..... Xie Yukun and Xu Zhijian (202)
- A Preliminary Ecological Study of the Intertidal Organisms of Zaobu Bay, Weihai Harbour Fan Zhengang, Che Pingchuan and Chu Nienshou (213)
- Studies on the Zygnemaceae of Qinghai, Gansu and Ningxia Zheng Yingmin (214)
- Contagious Experiments of the Twisted Frond Disease in *Laminaria japonica* Aresch. Li Jiajun, Peng Zuosheng, Xue Zhenfu and Huang Zuyun (229)

中国近海海雾的初步分析

王彬华

(山东海洋学院)

本文所论述的海雾,指的是纯粹由于海洋条件影响而生成的雾¹⁾。此外,出现在或移行到海上的雾,只能称为“海上的雾”,不应该叫做海雾。至于海岸地区的雾,类型就更多了,即使纯粹大陆性质的雾,也可以在海岸地区出现,因此,海岸地区的雾,并不都是海雾。

一、中国近海海雾的分布和变化

中国近海海雾季节出现在海上的雾,主要是平流冷却雾和锋面雾,前者称为海雾,后者只能叫做“海上的雾”。辐射雾在海上很难见到,即使海岸地区可以出现,但在海雾季节出现的机会亦很少。另外,南海冬季虽然有可能生成蒸气雾,但据实际观测却很少记载有大片雾区的资料。因此,海雾季节出现在中国近海的雾,就是海雾和锋面雾。至于二者所占比率多少,各个海区不尽相同。以黄海西部为例,据青岛1961—1965年资料,在199次雾中,锋面雾57次,占29.1%;海雾142次,占70.9%(表1),表明海雾是黄海的主要雾型,东海就不一定是这样了;海雾时期正是东海的梅雨季节,锋面和气旋比较频繁,因此锋

表1 青岛海雾季节海雾与锋面雾的频率(1961—1965年4—7月)

月 份	4		5		6		7		4—7月	
雾 型	海雾	锋面雾	海雾	锋面雾	海雾	锋面雾	海雾	锋面雾	海雾	锋面雾
雾 次 数	31	17	26	10	41	10	44	20	142	57
频率(%)	64.6	35.4	72.2	27.8	80.4	19.6	68.8	31.2	70.9	29.1

面雾的比率可能多些,至少平流雾和锋面雾交错混见的机会不会少。日本西部及其近海在东海范围内,本属雾频比较少数的海区,可是根据长崎县属资料,雾季4—7月,起因于锋面和气旋所成的雾却占2/3^[4],说明真正的海雾,在这儿比率显著减少。以下在讨论海雾生成条件时,虽然都是针对平流冷却雾说的,但在统计这些海区雾的次数和频率中,并未分类加以区别,事实上,凡是在海上出现的雾,都作为海雾计算了。

(一) 中国近海海雾分布

我们根据中国近海雾的纪录^[1]以及日本西岸、琉球群岛、亚洲东部沿岸^[7]、南海及其沿

1) 王彬华, 1966。海雾专题报告。山东海洋学院海洋气象专业讲稿。

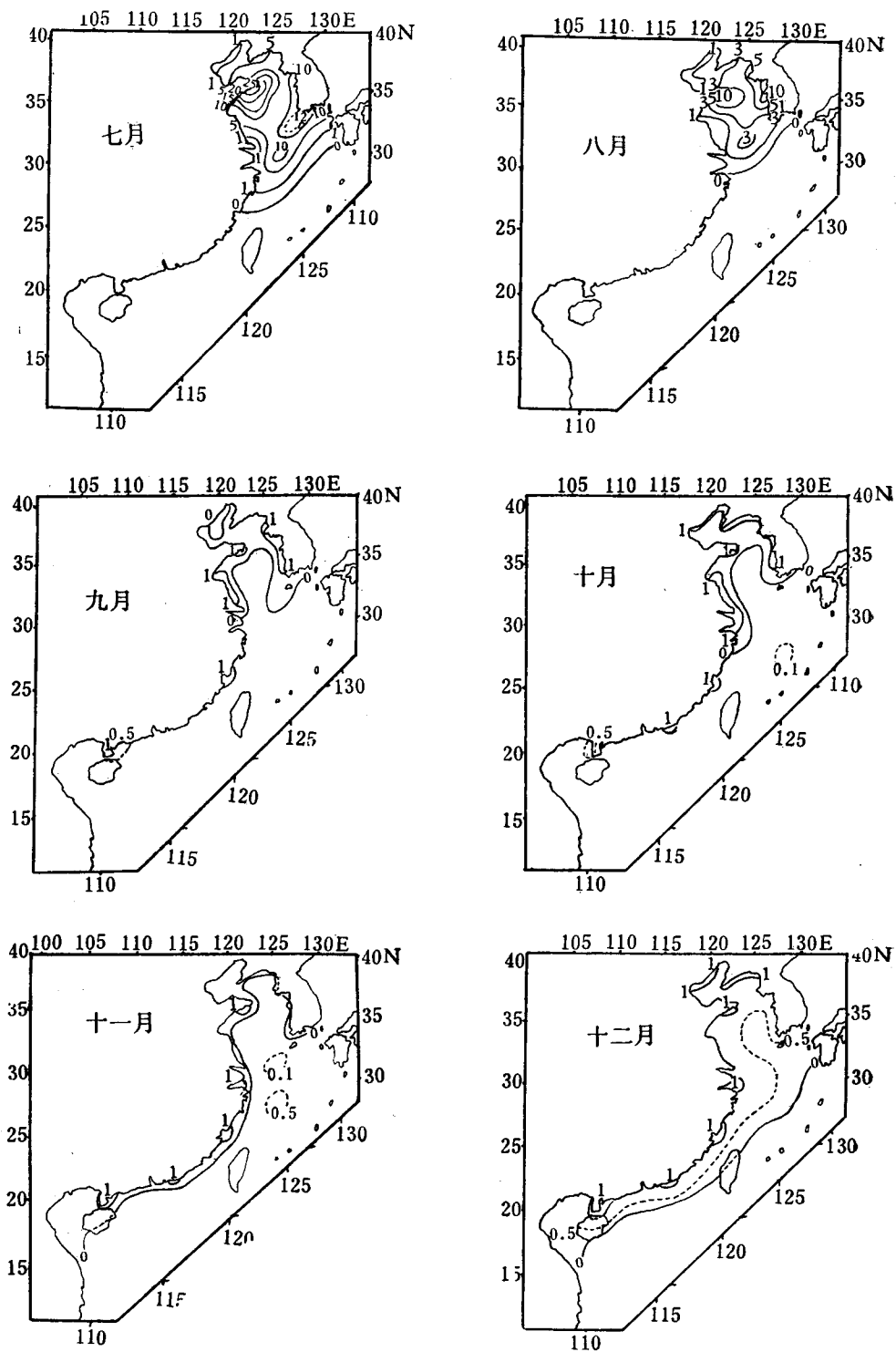


图1 中国海海雾分布
注：图中等值线为月平均雾日数

岸¹⁾雾的记录;此外还参考了山东半岛^[3]、东海^[5]、福建海区、北太平洋西部海雾分布和太平洋气候图集²⁾等资料,作出了中国近海海雾分布图(图1)。这些图的资料来源不同,记录时间长短也不一样,但其所反映出来的中国近海的海雾频率和季节变化基本上是一致的,因此从这些资料里综合归纳得到的中国近海海雾分布,具有一定的代表性。图1中的琉球群岛和其他沿海岛屿上的雾,可以认为基本上属于海雾³⁾性质。但我国沿海若干地区的雾,就不一定都是海雾了。特别是冬半年黄海和东海沿岸的雾,绝大部分都不是海雾。而冬春季的南海和春夏季节的东海以及黄海沿岸的雾,绝大部分又都属于海雾。在整个中国近海范围内,雾的出现比较集中于我国沿海;就整个雾季来说,黄海的雾多于东海,东海的雾多于南海,而在三个海区内,又以我国沿岸的雾日最多,并且分成几个区域,从南向北计有琼州海峡、闽浙沿海和山东半岛几个海区;此外,朝鲜西岸也是一个多雾区域。其分布形式,每个海区还有差异,现分别叙述如下:

南海 南海的海雾只限于中国沿海,雾较集中于琼州海峡,海峡以南的海南岛沿岸及其近海很少海雾,榆林港不曾出现海雾,再南就更不会有海雾⁴⁾了。海峡以北的雾区多出现在雷州半岛沿岸,以2—3月雾的频率最大,平均约计2—5日,最多可达10日,不过其中常有辐射雾夹杂在内。雷州半岛以东,雾日虽然不见增多,雾期却明显地向后推迟,香港的雾3—4月份最盛,汕头就比较地集中于4月份了。越南沿海雾日频率虽然也很高,但不单是海雾而杂有很多辐射雾。因此,南海的海雾限于中国近海,雾区宽度只有100—200公里,在此以南的广大海区,由于水温较高,很难出现海雾。

东海 东海海雾,始于3月,终于7月,而以4—6月为最盛,雾的出现似与南海沿岸的雾连接起来。表现在时间上,有随纬度增高而逐渐落后的现象。本区的雾集中于闽浙沿海、北纬26—30度的海区,在这个雾区内,似有两个多雾中心,一个中心在北纬26度偏北福州与温州之间;另一中心在舟山群岛,中心区域雾日最多可达15天;前一中心的雾季集中于4—5月,后一中心的舟山雾区后延到6月,因为温州沿海一带雾日较少,所以显现出两个中心来。至于东海东部沿岸,从琉球群岛直到日本西部沿岸的海雾显著减少,因此东海海雾范围不像南海那样限于中国沿岸的狭长地带,但也不是全海区都有雾,大致从中国沿岸向东延伸到东经126度海区,宽约300—400公里,总的趋势是西岸多雾,东岸少雾。由于海雾出现并不是均匀地分布在大片海区,而是些不规则的常常变动着的零碎雾块和雾堤,所以东海东西两岸雾日虽有显著差别,却不是均匀地向东递减,大致以进入东海的黑潮暖流支流为界,支流以西多雾,以东的雾显著减少。

黄海 黄海雾区比东海雾区又扩大了,整个海域都有雾,在中国沿岸部分,雾多集中于山东半岛东北端的成山头一带,形成一个多雾中心,7月的平均雾日达25天以上。在时序上,雾季集中于4—7月,但黄海北部和朝鲜西部沿岸,8月仍有雾,具有从南海到东海雾季接续推迟的明显趋势,直到山东半岛尖端多雾中心以后才减弱下来。在黄海(成山头雾区)与东海(舟山雾区)两个多雾中心之间,江苏沿岸的连云港及其外海为一少雾区域,这与南海两个多雾中心之间,厦门港及其外海的少雾区一样,正由于有这两个少雾区

1) U. S. N. W. S. C. (1972—1973) Summary of Synoptic Met. Obs. Vol. 1—5, AD-747638, AD-762425.

2) 中央气象局,1974。太平洋气候图集。

3) 这里所说的海雾,事实上包括一定比率的锋面雾在内。

4) 东南亚海域及其沿岸的雾,有其地区性特征,另文论述。

域,更突出了三个海区的多雾中心。黄海东部的朝鲜西岸也是多雾的,使得春夏季节的整个黄海都成了雾区。因此,从南海、东海和黄海的情况看来,雾区有明显的自南向北逐渐增大的纬度变化。

渤海 从黄海北部越过海峡进入渤海,海雾便显著地减少了,渤海湾内只有辽东半岛和山东半岛沿岸有雾,但远远不像半岛的黄海沿岸雾日之多、雾性之浓。渤海西岸从莱州湾以北直到秦皇岛的广大海区都不大出现海雾。

总起来说,中国近海的海雾,基本上出现在东海和黄海两个海区。

(二) 中国沿海海雾变化

从中国近海海雾分布图中可以看出:海雾有着明显的月际变化,这主要是由于海面水温的月际变化引起的。佃什吉^[2]分析北太平洋西部的雾和尾形哲^[22]关于千岛南部海雾的分析以及宫园实康^[24]对于日本九州西部和东海东部的海雾研究,都说明海雾是有季节性的,而且从实际资料中,也可看出海雾的月际变化。我们没有关于中国近海海雾大面和系统的专题调查报告,只能从中国近海沿岸及其邻近岛屿上的记录进行分析。中国沿海的雾虽然不全是纯粹的海雾,但也不同于内陆的雾,特别是春夏季节的雾,在变化形势上与内陆的雾有所不同,它受到海洋影响,而且有海雾的某些性质。试取南海、东海和黄海三个海区的湛江、花鸟山和青岛三地,分别与其内陆毗邻的梧州、南京和济南三地雾日比较(图2),可以看出:全年总的雾日数沿海多于内陆,但冬季几个月里,内陆的雾又比沿海的雾多了。而且在不同海区,二者相互增减的变化趋势还不一样。南海从1月到4月都是沿海雾多于内陆雾,东海稍微后延一些,从2月到8月为沿海雾多于内陆雾时期,黄海虽然也是从2月开始海雾渐渐在增多。但到8月海雾便急剧减少,陆雾开始多起来了。在中国近海,我们没有定点船舶记录来认识纯粹的海雾变化,但把沿海与其毗邻的内陆的雾日加以比较,也可以粗略地认识出沿海各地各个时期出现的雾,基本上属于哪种性质的雾;弄清各海区雾的性质以后,可以明显地看出海雾是有月际变化的。南海沿岸个别海区冬季12月初见海雾,但不明显。1月以后,琼州海峡和雷州半岛东西两岸的雾日显著增多,而以2—3月达到高潮;此后雾日锐减,即使是广东沿岸的东部海区,到了4月以后,也不再出现海雾,甚至沿岸连辐射雾也并不多,这就明显地具有月际变化,这一海区的全部雾程,前后持续约有3个月。台湾海峡和台湾东部沿岸很少海雾,这里的海雾出现在西部沿岸。从台湾海峡向北进入东海区,从3月到7月,雾的日数和浓度逐月不同,而以4—6月雾日最多,浓度最大。雾季持续时间约4个半月;东海有两个多雾中心,其中偏南的一个多雾中心,似与福州以北沿岸地形作用有一定关系,荒川秀俊^[27]曾以日本的根室、筑波山和京都三地出现的雾,分别作为海雾、山地雾和陆雾(辐射雾)的典型例子加以分析,发

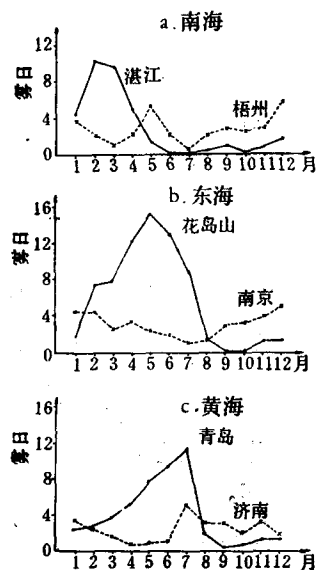


图2 中国沿海与其相应的毗邻地区逐月雾日变化
——为沿海雾日变化
---为其相应的毗邻内陆地区雾日变化

现山地雾的性质介于海雾与陆雾之间，特别是海岸附近的山地雾，常常与海雾联系在一起，很难严格区别开来。因此福州以北的雾，不能排除有山地雾在内，至少不能排除山地的作用。其北舟山群岛雾区的持续时间，虽然不见明显地增长，时序上却略有后延现象。进入黄海区，不但雾的起止时间继续推迟，而且雾程也在加长，从4月到8月，前后约计有5个月的雾季，其中以7月的雾最盛，再北到辽东半岛以东的黄海最北部，最盛雾期再度后延到海水温度最高的8月，此后中国沿海不再出现海雾。至于渤海湾的雾区既小、时限也短，与其他海区相比，这里的海雾是很次要的了。

因此，中国沿海的海雾，1月从南海的琼州海峡开始，然后向东海、黄海逐渐北移，最后于黄海最北部的辽东半岛沿岸而告终，从南到北蔓延一万多公里，逾时7个多月。从几个海区的雾中心看来（图3），雾的始末时间、过程长短，都有从南向北逐渐落后逐渐增长

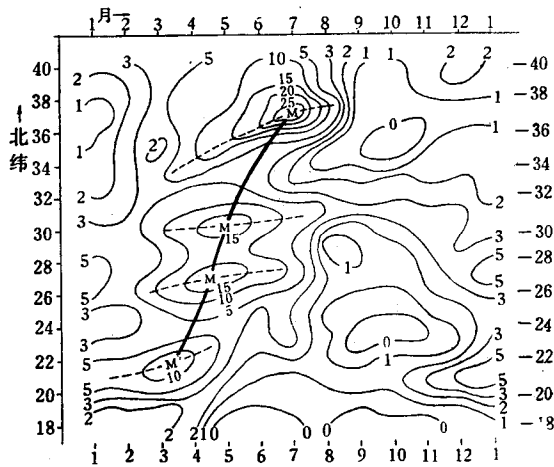


图3 中国沿海雾日随纬度的月变化

注：图中等值线为雾日数，M为最多雾日频率中心，其联线（粗实线）表示雾频中心随纬度增高逐渐落后趋势，断线表示各雾区雾季过程

的月际变化现象。就是说，中国近海的海雾，不仅在范围上雾区随纬度的增高而扩大，而且在时间上也随纬度的增高而推迟和增长，虽然这种现象表现在各个海区不尽相同，但却都具有明显的月际变化。

海雾不仅有月变化，而且也有日变化，在远离海岸的海区里，海雾的日变化并不显著，但沿岸及其毗邻的岛屿的海雾，因陆地影响具有明显的日变化。荒川秀俊^[57]指出日本根室的雾，春季多在早晚出现，夏季则以傍晚最多。三轮健治^[61]分析十胜地方的海雾，以0—7时生成的机会为最多，足见这些地区的雾都是有日变化的。关于中国沿海海雾的日变化，我们选用海口、余山和青岛三地分别代表南海、东海和黄海三个海区，从这三个海区海雾季节的雾的日变化（图4）可以看出：雾的逐时变化最大在早晨，最小在午后。但是三个海区的三个地点也不完全一样。海口的雾集中于2—3月，从0时到10时出现的机会最多，大致以日出线为雾频的最高时刻线，午后到傍晚的海雾频率最小，也就是相当于日没线为其最少时刻，随着太阳出没线的改变，自冬至夏，分别提前和落后¹⁾。余山的雾集中

1) 广东省气象局，1956。海口气象资料。

于4—5月,从0时到7时频率最大,午后14—16时频率最小,其最大中心比日出线稍早,最小中心远比日没线提前3—4小时。青岛的雾集中于6—7月,而以上午6—8时频率最大,约比其日出线落后1—2小时,最小频率出现于午后14—16时,同余山的情况相似,于日没以前3—4小时出现海雾的机会最少¹⁾。因此从雾的日变化上不仅反映出早晨多雾,而且傍晚前后,也常常有海雾形成,或从海面向岸边移来。相反,我们选用北京冬半年雾的日变化加以比较,北京大陆性气候特征比较强,冬半年北京的雾基本上属于辐射雾,其出现大多在子夜到日出以前的一段时间。正午到傍晚的整个下午,从不曾出现过雾,上午和前半夜可以有雾,但次数不多(图略)。从上述例子里,可以看出海雾和辐射雾的日变化是不一样的。从总的趋势看来,辐射雾出现时间很短,而且限于清晨,日变化明显突出。可是在雾季最盛雾性最浓的时候,往往海雾能持续几十小时,甚至更长的时间而不消散,在这种情况下,海雾的日变化就不明显了。根据1961—1965年资料,青岛海雾持续时间(表2)一般地都在2小时以内,大于24小时的不到10%;然而在这五年内最长的一次(1964年4月13—21日)为187小时,最短的一次(1963年6月18日05时07分—05时15分)只有8分钟。可是1942年6月29日02时到8月4日22时的一次海雾,竟持续了884小时²⁾,应算是青岛有记录以来最长的一次海雾了。像海雾最多区域的山东半岛东部

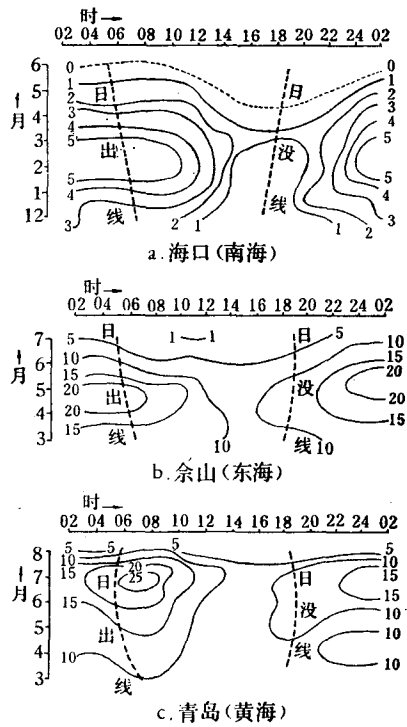


图4 中国沿海海雾季节雾日的逐时的变化
注: 图中等值线为雾日数

表2 青岛海雾持续时间(1961—1965年,4—7月)

持续时数	出现次数	所占百分率(%)
小于2小时	40	22.8
2—4	37	21.1
4—8	35	20.0
8—12	20	11.5
12—14	26	14.8
大于24小时	17	9.8
合 计	175	100.0

成山头至石岛一带,盛夏7月终日几为海雾所笼罩,成山头一次长的海雾,连续27天而不消散³⁾,虽然其持续时间还不及上述青岛一例(1942年6—8月的一次海雾)之长,但这一海区雾的频繁而浓重,又远非青岛所能比;像这样频繁而浓重的海雾,当然不会再有明显

1) 海洋学院海雾研究组,1974。长江口到山东南部沿海海雾的统计分析及其预报。
2) 在连续884小时的雾程中,断续地夹杂有小雨及毛毛雨天气。
3) 国家海洋局第一研究所,1977。中国沿海海洋水文气象概况。

的日变化特征。尾形哲^[12]分析千岛南部海雾,在其所统计的 48 次海雾中,有 25 次持续在 24 小时以上,其中一次最长曾连续 5 天。Åsmund Rabbe^[19] 等分析 1949—1967 年间挪威、奥斯陆机场过冷却雾的持续时间,长的达 25—37 小时,个别一次达到 112 小时。这些数据说明海雾不同于内陆的辐射雾,它的浓度既大,持续的时间也比较长。沿岸海雾日变化不像辐射雾那样突出,它与沿岸陆上气温的日变化有关。在青岛常常可以看到:海雾多在傍晚或早晨出现,而且也以从傍晚到第二天早晨(连续夜间)的雾最浓,到了下午,雾就转淡,甚至变成低云(碎层云);但这时海上仍有雾,傍晚以后,常常又转成大雾天气。1970 年 4 月 16—17 日的雾程就是这样。4 月 16 日 04 时起,青岛及其近海岛屿(朝连岛等近海岛屿在此以前已有雾)都有雾,但在同日 12—16 时,伏龙山(青岛市区距海岸约 2 公里,海拔高度约 70—80 米)因受地面增温影响,雾便转成低云,16 时以后,气温下降,雾再出现,直到 17 日 08 时雾程结束。而在岸边的团岛和近海岛屿的朝连岛等地,从 16 日 04 时到 17 日 08 时的整个雾程,从未间断。就是因为这些地点分别在岸边和近海,接近海面,气温日变化小,所以海雾可以持续下去。试以青岛 7 月逐时雾的日变化¹⁾与其气温日变化²⁾相比(表 3),可以看出:气温最低的黎明前后,正是雾的频率最大时刻,而气温最

表 3 青岛 7 月逐时雾的次数与其气温日变化关系

时 间	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
雾的次数	41	47	49	53	62	63	51	38	21	21	18	18	12
气温(°C)	22.9	22.9	22.7	22.6	22.5	22.7	23.2	23.8	24.4	24.8	25.7	25.6	25.9
时 间	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	纪录年代	
雾的次数	15	17	20	30	33	31	24	22	24	30	32	1961—1970	
气温(°C)	26.0	25.9	25.6	25.1	24.6	24.1	23.2	23.6	23.8	23.8	23.6	1898—1948	

高的午后,雾的频率也相应地减少。气温日变化比较小的 7 月尚且如此,其余月份就更为明显了。

二、中国近海海雾生成条件的探讨

海雾的生成、持续和消散,有水文条件,也有气象条件。在水文条件方面,以冷暖海流和表层水温的作用比较显著,气象条件方面近水层大气温度、湿度和空气稳定度的作用要大些。至于天气型和在某些天气型下带来的风和降水。对于雾的持续和消散,也有一定作用。

(一) 海面水温与气温较差的影响和作用

从中国近海海雾的分布看来,春夏为海雾盛行季节,这期间,一般地说,水温比气温低些,因此所生成的雾属于平流冷却雾。但是,海洋上水气温度观测记录,并不是在同一高度上取得的。海面水温在 0—1 米的水层内进行观测,气温却在海面以上 6—15 米的高度

1) 据青岛气象台, 1961—1970 年气象年报。

2) 据青岛观象台 50 周年(1898—1948)纪念特刊资料。

层内观测。如果把水温作为恰在海面上(0米)的记录,气温作为在海面10米高度(取作平均高度)上的记录。这样,水温与气温之间实际上有了随高度变化的温度梯度作用在内,何况海雾是有一定厚度的,也必须考虑温度梯度的作用。黑岩大助测定日本根室雾的高度^[18],发现高度在200米以下的雾,次数不多,400—600米高度上雾的频率最大,800米高度以上很少有雾,这与Extra号北太平洋北方定点(39°N, 153°E)的观测资料(表4)

表4 北方定点 Extra 上的海雾厚度观测资料

海雾厚度(米)	200 米以下	200—400 米	400—600 米	600 米以上
海雾出现次数	21	22	6	1

基本一致。在中国近海,我们没有这方面的专题调查资料,但根据对青岛海雾的探空资料分析(表5)。取950毫巴层上的相对湿度为例,并设在该高度层上有雾时的相对湿度应

表5 青岛海雾时期 950 毫巴层上的相对湿度(1956)

相对湿度(%)	80 以下	80—85	86—90	91—95	96—100	合计
海雾出现次数	10	3	3	2	4	22
海雾出现频率(%)	45	14	14	9	18	100

大于90%,则见在地面(设为1000毫巴)有雾时,950毫巴高度层上相对湿度在90%和90%以下的竟占73%,也就是说,地面有雾,950毫巴层上却有73%的机会没有雾。表示青岛海雾高度只有1/4可及950毫巴,另有3/4达不到950毫巴高度层上,说明绝大部分的海雾均在500米高度¹⁾以下。另外,青岛海雾期间,我们曾到山上进行过实地观察,发现雾的厚度也只在200—300米之间(这是在海雾从海面正向海岸涌进行程中的观察结果,此时雾的高度应是低些),从这些数字看来,不同海区不同季节,海雾厚度是不一样的,其变化范围大致在100—600米之间。因为海雾有一定厚度,所以低层大气温度的铅垂分布,对于海雾的生成、持续和消散有着一定作用。

平流冷却雾生成过程中的空气冷却作用,不能单纯地依赖于空气与水面的接触冷却,因为这种冷却作用所影响的气层很薄,不能形成几百米厚度的雾。平流冷却雾的空气冷却过程是复杂的,在这方面曾有不少文献^[3,20,21]论述过。这里只从水文和气象范围内,考虑它所需要的生成条件。由于雾的形成,不外是降温 and 增湿两种途径,其中可能由于一种作用,也可能两种作用并进。但是海雾既为平流冷却雾,降温作用应是主要的。就是说,暖湿空气在冷的下垫面(包括海面和海岸地区的陆面)上冷却而成雾。假定恰在海面上的水温(t_w)和气温相等,那么在10米高度上的气温(t_a)即使比其下海面上的气温低些,只要二者差数符合

$$t_a - t_w \geq -0.1^{\circ}\text{C}$$

条件,当气温直减率 $r\left(=-\frac{\partial T}{\partial z}\right) \leq 1^{\circ}\text{C}/100\text{米}$ 时,该高度上的空气仍有降温冷却以致成雾的可能性。因此,平流冷却雾在形成过程中,水气温较差的下限可以从 $t_a - t_w = 0^{\circ}\text{C}$,扩展到 $t_a - t_w = -0.1^{\circ}\text{C}$ 。至于二者较差的上限,似乎没有限制。事实不然,因为在水温

1) 设地面气压为1000毫巴,粗略地认为气压随高度递减率为1毫巴/100米,则气压减低50毫巴,约相当于高度增加500米。

高的季节或水域,由于气温的高值有限度,二者较差不可能太大。而在水温低季节或水域,如果气温高于水温太多,低层空气太稳定了,雾只局限在贴海面层内,雾层很薄,不能向上发展,甚至不能形成具有一定厚度的雾。二者较差在什么范围内最利于平流冷却雾的生成,我们曾经讨论过¹⁾。以下再从实际观测资料中加以总结。过去 Taylor 在“斯科舍”号^[22]和日本函馆海洋气象台在夕汐丸上的观测资料^[8]都曾得到证明,大致是在 0.3—1.1℃ 之间(表 6),二者较差的上下限,究竟可能延展到多大范围,梅田三郎^[16]综合佃什吉和尾形哲利用北太平洋的船舶观测资料(1919—1920 年 6—8 月)和 Extra 号定点观测资料,整理了水温和气温差的关系(表 7)。观测证实:海雾出现日数最多的水气温较差范围为

$0^{\circ}\text{C} < t_a - t_w < 3^{\circ}\text{C}$

但是在表中还可以看到在

$-6^{\circ}\text{C} \leq t_a - t_w \leq 12^{\circ}\text{C}$

范围内仍然有雾。不过在这样水气温较差范围内的雾,未必都是平流冷却雾了。

综合 Taylor、梅田三郎、佃什吉^[10](表 8) 王华文^[2]和李涛²⁾(表 9) 等统计结果,我们可

表 6 两次船舶的海雾观测资料

风力 (B. S.)	“斯科舍”号 观测海域: 北大西洋		“夕汐丸” 观测海域: 北太平洋	
	雾 次 数	$t_a - t_w$ (°C)	雾 次 数	$t_a - t_w$ (°C)
0	3	-0.5	2	0.5
1	20	0.3	3(1)	0.5
2	30	1.0	15(5)	0.3
3	46	1.0	13(3)	0.5
4	24	1.1	6(1)	0.5
5	12	1.8	1	0.4
6	3	2.6		
7	1	4.1		

表 7 西北太平洋水温与气温差和雾日关系 (1919—1920 年 6—8 月)

$t_a - t_w$ (°C)	-10	-9	-8	-7	-6	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
$(t_a - t_w)$ 日数 (A)	1	—	2	1	5	14	45	141	339	661	625	407	176	92	42	42	44	23	11	6	1	3	3
雾日数 (B)					1	2	1	10	12	51	123	154	107	59	26	15	17	15	3	2	—	2	1
B/A (%)								21.2	14.9	15.5	13.6	24.6	26.3	33.5	28.2	35.7	38.6	65.2					

表 8 水气温差与雾日关系(黄海)

$t_a - t_w$ (°C)		-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
雾 次 数	6 时	6	2	4	4	8	10	11	9	7	5	3	3	—	—
	18 时	—	4	3	3	13	3	9	5	8	1	—	3	—	2
	合计	6	6	7	7	21	13	20	14	15	6	3	6	—	2

1) 王彬华,1964。海雾的生成及其分类。山东海洋学院海洋气象专业海洋天气学讲义。
2) 李涛,1959。青岛海雾的分析。

表9 水-气温差与雾日关系(青岛,1949—1951)

$t_a - t_w(^{\circ}\text{C})$	>5	5.0—4.1	4.0—3.1	3.0—2.1	2.0—1.1	1.0—0.1	0.0—-1.0	-1.1—-2.0	-2.1—-3.0	<-3.1
雾次数	1	2	2	8	20	27	24	8	2	4
雾频率(%)	1.0	2.0	2.0	8.2	20.4	27.5	24.5	8.2	2.0	4.1

以这样认为

$$0.5^{\circ}\text{C} \leq t_a - t_w \leq 3^{\circ}\text{C}$$

为平流冷却雾成雾的温差范围。而

$$-0.1^{\circ}\text{C} \leq t_a - t_w \leq 5^{\circ}\text{C}$$

为平流冷却雾可能成雾的温差范围。在这个范围以外,特别是可能成雾的温差范围以外,平流冷却雾的生成机会就不多了。

从上面结果看出:平流冷却雾的生成过程,基本上是暖空气平流在冷海面上的降温凝结过程,因此中国近海的雾,必然关系到春夏季节这一海区气流^[4]和海流^[5]的活动。在这个季节里,中国沿海3月基本上为从北向南气流,从渤海及黄海北部沿岸南下直抵琼州海峡,可是这支气流从海南岛的外海折回进入北部湾时,便转成从南向北气流。4—5月海面气流似以日本西部海区为原点,成辐散状流向中国沿岸,6—8月进入中国沿海的气流,尽属北太平洋上的南向气流。在这同一季节里,中国沿海经常有一支冷的沿岸流(海流)从北向南流去,这支沿岸流在3—4月从山东半岛流到台湾海峡。5月以后黑潮暖流开始北上,直抵琉球群岛,其中一个分支与通过台湾海峡的黑潮另一分支汇合,越过琉球群岛从东海东部北上到达朝鲜西岸^[6],这支从琉球群岛和台湾海峡进入东海的黑潮分支,使得6月以后的中国沿岸流,只能南下到达长江口和舟山海区,不容易流入台湾海峡。在这期间,朝鲜西岸也有一支冷的沿岸流从鸭绿江口流向济州海峡。这些冷海流所经过的海面,常为平流冷却雾的生成源地。特别是表层水温梯度比较大的冷暖海流交界区域,成雾的机会更多些。但是冷暖海流不仅在不同季节里互有进退,即使在同一季节的不同海区里,也常有所消长,并不是固定不移的。何况冷暖海流必须与冷暖气流适当地配合起来,才可以为平流冷却雾提供必要的成雾条件;因此冷暖海流的存在,甚至是海流与气流适当配合下,所给予成雾的水气温较差条件的出现,也只能被看成是成雾的一种作用,并不能被认为是唯一的作用,中国近海的海雾生成,需要考虑水文气象各个方面的共同作用。

(二) 海面水温与水汽量极值的作用

具备了成雾的水气温较差条件,不能就认为可以成雾,还必须再看海面水温和低空水汽量的极值及其变化。

海水表面温度也和气温一样,从春到夏逐渐升高,而且随着纬度的变化,使得一定数值的等温线也随季节变化而逐渐北移。从成雾条件的水气温较差关系看来,使海雾形成并持续下去的表面水温,一般总比其上的气温低些,以维持

$$t_a - t_w > 0^{\circ}\text{C}$$

的条件。但是从春到夏,气温在升高,水温也在升高;可是在不同海区里,最高气温是有一定极限的,如果水温继续升高(当然,最高水温也有一定极限),就有可能破坏了上述($t_a -$

$t_w > 0^\circ\text{C}$) 条件, 以致不能成雾, 或者使已生成的雾趋于消散; 即使在水温继续升高过程中, 仍能维持上述 ($t_a - t_w > 0^\circ\text{C}$) 条件, 但是水温太高, 其上气温也必随之升高; 气温升高, 就必须有一定的水汽量才可以使空气达到饱和状态, 因此就牵涉到海面以上低空空气可能含蓄的最多水汽量的问题。根据北太平洋西部暖海流的活动情况, 北赤道流北上进入南海和东海时, 随着季节的从冬到夏变化, 这支暖海流的北边界线也逐渐北移。从表面水温分布看出: 1 月 24°C 等温线约从越南中部的岬港向 ENE 方向通过巴士海峡, 2 月这条等温线位置基本未动, 3 月向北大约移动了两个纬度, 4 月又向北移动了两个纬度, 西端穿过海南岛, 东端穿过台湾约平行于琉球群岛走向日本西部, 5 月以后随着黑潮中心轴线的北移, 不仅 24°C 等温线越过琉球群岛, 就连 25°C 等温线也越过琉球群岛以北 1—2 个纬度了。以水温为 24°C 说, 要是其上气温与之相等, 也是 24°C , 则其相当的饱和比湿(假定海面气压为 1000 毫巴)应为 19.0 克/千克, 如果是 25°C , 应为 20.0 克/千克(或饱和水汽压分别为 29.9 毫巴和 31.7 毫巴), 要是气温比水温再高些(一般来说, 成雾条件的气温都比水温稍高些), 则其相应的饱和比湿也就随着大些, 这样大的饱和比湿能够连续维持 24 小时, 甚至更长一些时间, 并不是容易的。中国近海各月平均水汽压曲线(图略), 固然不能反映出有雾时的饱和水汽压分布, 但从这里可以看出空气的饱和差。亦即通过水汽压的分布, 反映出露点温度的分布, 空气露点温度低于其下海面水温, 就不可能出现海雾。因而温度太高, 要使空气达到饱和而成雾是很困难的。所以水温在 24°C 甚至 25°C 以上还能成雾的机会是不多的, 至少在中国近海的情况是这样。因此我们把

$$t_w \leq 24^\circ\text{C}$$

作为中国近海成雾的最高水温界限, 而把

$$t_w \leq 25^\circ\text{C}$$

作为中国近海可能成雾的最高水温界限。当然, 成雾的最高水温界限, 随各海区上空空气水汽压而定, 也就是随其露点温度而定。水汽压小, 露点温度低, 成雾的最高水温界限也要低些。西北太平洋 5—8 月的海雾区域, 表面水温最高界限为 20°C ^[1], 在 20°C 等温线以北的海区有雾, 此线以南便没有海雾。

以上取水汽量达饱和状态为成雾的必备条件, 是就恰在海面上的空气说的。对一定高度的低空来说, 如前面讨论海雾厚度时所采用的标准, 在 950 毫巴高度上, 相对湿度只要大于 90%, 就可以作为成雾标准, 并可看出: 一次海雾的形成, 仅仅水气温较差和表面水温极限两个条件满足了还是不够, 必须空气具有一定的相对湿度。张荣贞¹⁾选取 1960 年 5 月 1—10 日舟山海区骤雨的一次海雾为例, 并用同期上海探空记录进行分析(图 5)。5 月 1 日从地面到 300 毫巴整层空气都比较干燥, 800 毫巴上的温度露点差还有 15°C , 不具备成雾条件。但低层空气比较稳定, S 及 SE 风又不断从海上送来暖湿空气, 有可能增大空气湿度, 特别是低层空气湿度, 因而 5 月 1 日以后, 虽然整层空气远没有达到饱和, 但是温度露点差却大大减小, 5 月 2 日舟山海区比较普遍地出现了海雾。到 5 月 5—6 日, 850 毫巴高度层上的空气也接近饱和状态, 为海雾最浓时期。此后相对湿度逐渐减小, 5 月 10 日 900 毫巴以上的温度露点差, 又恢复到 5 月 1 日的干燥情况, 海雾也就随着消失。这个实例说明: 5 月 10 日的水气温较差和水温最高极限都满足了所给定的成雾条件, 但

1) 张荣贞, 1965。中国东部沿海的海雾分析。

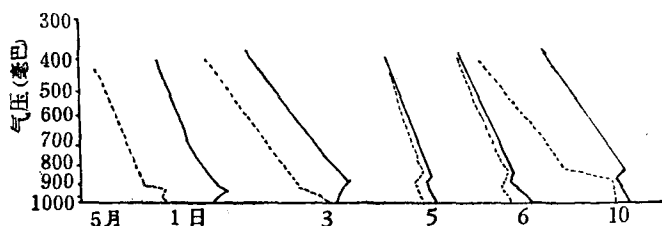


图5 1960年5月1—10日上海探空记录

注：——为温度铅直分布， ----为露点铅直分布

是5月1日和10日的空气湿度不够,1日没有成雾,10日使已生成的雾消散了,这就表示出促使海雾生成条件的: 不仅有水气温较差和水温最高极限,而且还有低空空气的水汽量或在一定厚度层内的空气湿度,这些条件同时具备了,再配合一定的天气型,使这些条件稳定并持续下去,才有可能形成海雾。

(三) 平流冷却雾的综合生成条件

平流冷却雾是暖空气平流在冷海面上形成的,气温高于水温的水气温较差应是成雾的必要条件。冬季(12—2月)正是中国大陆冷气流活跃并侵入海上的极盛时期,除南海局部海区外,整个中国近海的水温都比其上的气温高些,没有具备成雾的必要条件。3月除南海仍可能出现局部 $t_a - t_w \geq 0^\circ\text{C}$ 区域以外,黄海南部的小高压环流(图略),分别给渤海和黄海西部带来了S及SE向气流,给黄海东部带来了SW向气流,从而在渤海海面及中国东部沿岸流和朝鲜西部沿岸流上形成了 $t_a - t_w \geq 0^\circ\text{C}$ 区域。4月,中国近海冷的沿岸流仍然存在,暖湿空气又分别从海上流向岸滨,使得整个中国沿岸海区都满足了 $t_a - t_w \geq 0^\circ\text{C}$ 条件,而且黄海和渤海全海区和东海北部海区也都满足了这个条件,为这些海区的海雾形成提供了有利条件。5月, $t_a - t_w \geq 0^\circ\text{C}$ 的海区比4月更扩大了,但是北赤道流和黑潮增强了,并向北移动,使得表面水温 25°C 等温线越过琉球群岛进入东海,因而南海不再可能出现海雾。6月由于 25°C 等温线继续北移,可能成雾区只限于从闽江口到日本西部一线的以北海区了。7月虽然整个中国近海都满足了

$$t_a - t_w \geq 0^\circ\text{C}$$

的条件,但是 25°C 等温线更北移到从长江口到对马海峡一线,可能成雾区又被缩小很多。8月正是海上水温最高月份,只有朝鲜西岸、黄海北部和渤海局部海区还具有

$$t_w \leq 25^\circ\text{C}$$

条件,因而可能成雾区就更狭小了。夏季6—8月的水气温较差值,虽然都是满足成雾条件的,但由于表面水温 25°C 等温线的限制,可能雾区便有了很大变化。9月虽然 25°C 等温线开始南退,但北方冷气流也开始活跃,致使黄海和渤海北部出现了 $t_a - t_w < 0^\circ\text{C}$ 区域,合乎 $t_a - t_w \geq 0^\circ\text{C}$ 条件的海区,只有朝鲜西岸、山东半岛南岸和渤海南部的局部海区。10—11月北方冷气流继续加强,在 25°C 等温线以北海区,由于,

$$t_a - t_w < 0^\circ\text{C}$$

不能成雾。具备

$$t_a - t_w \geq 0^\circ\text{C}$$