

渤海与东海云雾屏障及其对遥感海洋信息有效性的研究^①

刘宝银

(国家海洋局第一海洋研究所, 青岛, 266003)

摘要: 本文阐述了渤海与东海云雾屏障作用, 使海区能见度降低, 即使是中小尺度的海洋信息, 历经多年的 NOAA 卫星监测, 均已表明了无论空间分辨率或时间分辨率, 能够较完整的获取这一遥感“天窗”信息则概率很低。笔者, 结合渤海与东海的云雾和区域海洋特征, NOAA 卫星信息的多波段、多时相特点, 建立了信息需求分析模型, 并示出渤海和东海海洋遥感“天窗”信息的概率排队。

关键词: 海洋遥感 渤海 东海 云雾屏障 “天窗”信息

1 前言

中国海区南北纵跨纬度 44°, 东西横越经度 32°, 处于三个不同的气候带中。因此, 渤、黄、东海与南海的区域海洋特征与海洋资源各有特色, 空间尺度也相对较大, 并彼此具有不同的年周期和年际间差异。欲要对其进行深入而详尽的机制和动态研究, 应获取大范围海域全覆盖的信息, 特别是全年或各季节的信息, 但至今难以获取。以往对无信息的区域进行信息外延或延伸方法, 实践表明, 对于动态性很强的海洋现象和资源的应用是不可取的。

因其受云雾屏障作用, 使海区能见度降低。因此, 事关对海区最佳时相的可见光和红外遥感信息获取及其规律研究。历经多年的 NOAA 卫星监测, 即使对中小尺度的海洋信息, 均已表明了无论空间分辨率或时间分辨率, 能够较完整的获取这一遥感“天窗”信息的概率也是很低的。笔者, 结合渤海与东海的云雾和区域海洋特征, NOAA 卫星信息的多波段、多时相特点, 建立了信息需求分析模型, 以利用作选择其最佳时相的依据。

2 海雾

2.1 海雾特征与类型

海雾系一种天气现象, 其形成是水汽的凝结, 亦或是凝结的水滴或冰晶在底空积聚的物理过程。它

由无数悬浮在空气中的微细水滴或冰晶组成。雾滴半径通常超过 1mm, 能够反射各种波长的光。人对它的最大视力水平距离小于 1km。

中国海雾多为平流雾, 其特点是浓度大、范围广、持续时间长, 常伴生平流低云, 活动多变并日变化不明显。常发生在海面水温低于 20℃ 的冷海面上空, 尤其在海岸带地段频繁出现。4~9 月海雾南界从 30°CN 向高纬度推移。另外还有蒸汽雾、锋面雾、混合雾、辐射雾与局地雾等。

南从台湾海峡北到黄渤海区, 在沿海不同的季节均有海雾出现。如其在东海中部宽约 300~400km。东海多雾中心位于舟山群岛至长江口。特点是海雾持续时间长, 年出现 60 天左右的雾区, 在浙闽沿岸到长江口与朝鲜半岛西海岸。年出现 30 天左右的雾区位于台湾海峡西岸与福建沿海。

表 1 渤海与东海海雾面积统计

面 积 \ 海 区	渤海 (km ²)	东海 (km ²)
海区面积	77 000	770 000
海雾面积	10 000	400 000
海雾与海区面积比 (%)	13	52

2.2 渤、东海海雾与能见度特征

(1) 渤海

海雾出现很少, 全年雾日仅 10 天左右。但其中渤海海峡全年有雾 20~40 天, 莱州湾与辽东湾出现

① 国家自然科学基金资助项目 (编号: 49871056)

海雾相对少。

海区内各处出现海雾时间有所不同。渤海西南部多在冬季；渤海北部则春季 4~5 月份较多；渤海海峡主要在 7 月份，4 月份次之。但该海区海雾出现的时日多不利于海洋遥感信息的提取，10 点左右海雾较多，如莱州湾多为 0~8 点的时段；渤海西北部则多为 4~11 点的时段，再向北为 8~11 点时段，直至辽东湾为 10~14 点的时段。

以视程 $< 4\text{km}$ 的能见度来说，1 月份辽东湾出现频率大于 5%，渤海海峡次之，渤海湾则小于 3%。进入 4 月份，渤海海峡至渤海中部低能见度发生频率为 5%~9%。辽东湾与渤海湾同冬季相比差异不大。7 月渤海海峡发生频率为 10%，其它区域大约与春季略同。秋季系最为理想的时相，整个海域能见度发生频率仅约 1%。

(2) 长江口与浙江沿岸

该海区内雾日分布各处不尽相同。长江口及其近海海面多平流雾，相对集中在卫星过境时间，即半夜到 8~10 点时段，浙江沿岸也是如此。年平均雾日数 30 天左右，并向两侧递增。海区的雾 80% 出现在上半年，其中 3~5 月雾日数为全年雾日数 50% 之多。北部与东部雾日达 45 天以上，南部和西部雾日在 30 天以下，其中沿海雾日为 20 天左右，这就形成了年雾日东部大于西部、北部多于南部的分布特点。而岛屿水域年雾日多在 50~160 天的跨度范围内。本海区雾季主要在 3~6 月，其中 4 月尤甚。

(3) 福建与台湾海峡海区

福建沿海与台湾海峡雾季为 2~5 月，北部比南部雾季长，雾日也多。其中海区北部年平均雾日达 40 天甚至 90 天；海区南部年平均雾日为 27 天以上；海区中部相对少，年平均雾日仅为 20 天左右。在这里雾生成的季节性很强，多发生于冬、春季，集中在 3~6 月份。

东海海区能见度季节性较强。3~6 月海区的西北部低能见度发生频率达 10% 以上，5~6 月海区东部能见度较差，低能见度发生频率为 7%~10%，而海区中部各月低能见度发生频率低于 5%。11~4 月，台湾岛东北面低能见度发生频率高于 5%。3~5 月台湾海峡西部多出现低能见度，而海峡东部则与此相反，为 2%。

3 云

云是海洋生产活动的气候要素。其形成与类型

是复杂的，尤其低云可降低水平和垂直能见度，直接影响遥感对海洋信息的获取。但由于各海区的季节性云量不同，可见光与红外遥感最佳时相也相应有所差异。总体上来说，不论何种类型的云对可见光与红外遥感均是一种屏障。

3.1 渤海

该海区中冬季(11 月至次年 2 月)云量较多，云覆盖率达 30%~40%，海岸带上空云的覆盖率仅为 20%~30%，常为晴空。进入 3 月有所逆转，到达夏季海域云少，岸边则多云。7 月渤海海区云覆盖率达 65%~70%，而 1 月云覆盖率仅为 20%~30%。

3.2 东海

东海海区的云量为我国近海最多的区域之一。多形成有层积云、高层云和雨积云，月平均云量从南向北增多，11~12 月份台湾东北部云覆盖率达 60%，局部为 65%。从长江口外至浙闽沿岸相对云量覆盖率少到 30%~40%，3~5 月由于西北部出现雾和层云，云的覆盖率为 50%~60%，进入 6 月梅雨频繁，云量仍然较多，7~8 月云量从南到北分布较一致。9~10 月东海海区云量增多，云覆盖率约 50%。

东海冬春季节层积云出现率达 35%~45%，高层云出现率为 30%~35%，积云则为 10%~20%。3~5 月的层云和积云增多到 30%。7~8 月积云出现频率达 40%~50%，而积雨云出现频率在全年季节中最高。

4 海洋信息的尺度及其季节性差异

海区海洋要素本底特征相应决定了所需遥感“天窗”的尺度，否则，难以满足利用遥感“天窗”信息对某一海洋信息进行有效分析和解译。

水温 渤海与北黄海水温季节变化大。冬季，水温从渤海中央向周围递减，但东部高，西部低，近岸浅水域出现冰冻，如辽东湾表层水温可达 -1°C ，其余在 0°C ~ 2°C ；进入夏季，渤海三湾水温可达 26°C ~ 28°C ，为高温区，渤海中央水温则降为 24°C ~ 26°C 。渤海从 10 月至翌年 3 月，水温自海面到海底为均一状态；而东海水温特征与海流、水团分布密切相关。水温最低的冬季型时相为 11~3 月，水温沿岸低而外海高，表层水温从北向南逐渐增高，高温水舌与水流方向一致。黑潮区水温最高达 19°C ~ 23°C ，水温最高的夏季型时相为 6~8 月，水温沿岸高于外海达 27°C ~ 28°C ，其分布梯度小，南北温差

小。水温分布过度型时相为 4~5 月与 9~10 月，海区水温分布复杂多变且规律性差。

在此特别指出夏季气温高于海温，因此红外遥感的信息主要是大气信息。

盐度 沿岸为径流影响的低盐水系，外海为暖流造成的高盐水系，两水系的消长使中国海区形成特有的盐度空间分布，具有明显的季节变化与年周期。夏半年为降盐期，冬半年为增盐期。表层与河口盐度年较差大，深层与外海小。渤海盐度最低，表层盐度平均为 29.0~30.0，冬季等盐线分布大致与海岸线平行，夏季由于冲淡水的扩散，表层盐度有所降低，如渤海三湾降低为 29.0；东海盐度分布态势取决于黑潮及其分支带来的高温水和长江冲淡水的消长，在河口最低，近岸相对低，外海高，黑潮区最高。

密度 近海表层密度冬季大，夏季小，春、秋季分别为降密期与增密期。其总趋势是沿岸低，海区中部大，河口最小。

水色透明度 我国近海从北向南，近岸到远海，水色由浑浊渐变到清晰，透明度由小渐增至大。其分布趋势除河口外与海岸几乎平行，外海与海流主轴方向一致，而大河口自形成低透明度的黄色浑浊水舌。水色与透明度具有明显的季节变化，冬季海水变浑，水色低，透明度小，夏季水色透明度均较高，而河口随枯、洪水季节水色透明度分别相应的是水色透明度由大变小。其中，渤海为我国近海透明度最小，水色低的海区，尤以黄河口最甚；东海的水色透明度，以台湾—济州岛为一，其西为低透明度区，一般为 3~15m，反之，为高透明度区，可达 20~30m。

潮汐 各海区潮汐类型不尽相同，渤、东海以半日潮与不规则半日潮为主，台湾以东海域为不规则半日潮。渤海中央的潮差约为 1.5m，近岸为 2~3m。东海潮差从东向西增大，而南北各处不尽相同，如浙闽沿岸为 4~7m，但杭州湾则达 8.9m，而台湾海峡西侧约 4m，台湾岛以东仅 2m 左右。

海流 我国海区的海流以渤、黄、东海为一环流系统，其中外海流系由盐度高、水色清晰、透明度高、流速强而稳定等为特征的黑潮及其分支组成，沿岸流系主要由盐度低、水色浑浊、透明度小、流速流向易随季节变化等特点的入海径流和风海流组成。

浪向 由于我国处于东亚季风气候区，9~4

月出现冬季盛行偏北浪，各海区出现时间由北向南推移。6~9 月出现夏季盛行偏南浪，各海区出现时间由南向北推移。春、秋季浪向不定而多变。

5 信息需求分析模型

鉴于诸海洋要素的属性、尺度与季节性差异不尽相同，对其各种信息的需求，以多时相和多波段为佳。事实表明，渤、东海多云雾的特征，影响对海洋信息的提取，关系到渤、东海遥感“天窗”信息中各月乃至各季的出现概率。如图 1 所示需求分析模型和表 2 所示的实例结果；图 2 所示为“天窗”信息，往往在一个月周期里，东海遥感“天窗”（非同一局部海域）实例。

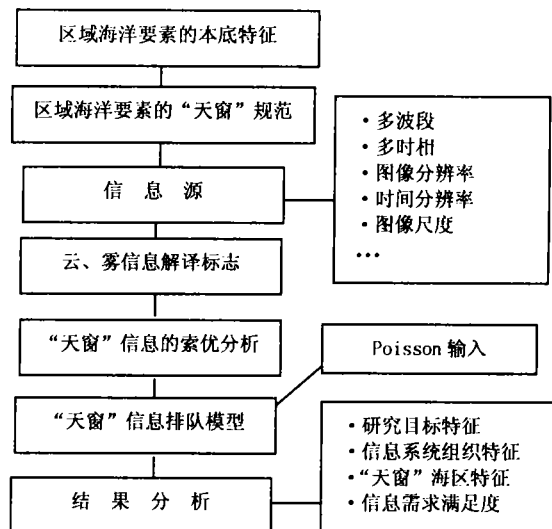


图 1 渤海与东海遥感“天窗”信息需求系统分析模型

依据 NOAA 卫星的多年渤、东海“天窗”信息，各年中每月的“天窗”数概率 $P_K(t)$ 具有明显的周期相似性，以旬作为单位时间 λ ，则得出“天窗”的平均数。对此，如表 2 所示，用泊松分布的数学模型式 (1) 进行计算，并将结果予以排队。

$$P_K(t) = \frac{(\lambda t)^K}{k!} e^{-\lambda t} \quad k = 0, 1, 2, \dots \quad (1)$$

式中， $P_K(t)$ 系长为 t 时间内遥感“天窗”信息一定数目 k 的概率， λ 系 10 天为一单位时间遥感“天窗”数目。

表 2 渤、东海遥感“天窗”信息（非同一个局部海域的总数）概率排队

海区	天 窗 \ 月 份	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
渤海	最大概率（%）/k 值（天窗数）	11/13	11/12	12/11	13/8	16/5	22/2	0>1	0>1	22/2	13/8	12/11	11/12
	概率排队	1	2	3	4	5	6	7	7	6	4	3	2
东海	最大概率（%）/k 值（天窗数）	13/9	14/7	16/6	19/4	22/2	0/>1	0>1	0>1	22/2	19/4	16/6	15/7
	概率排队	1	2	3	4	5	6	6	6	5	4	3	2

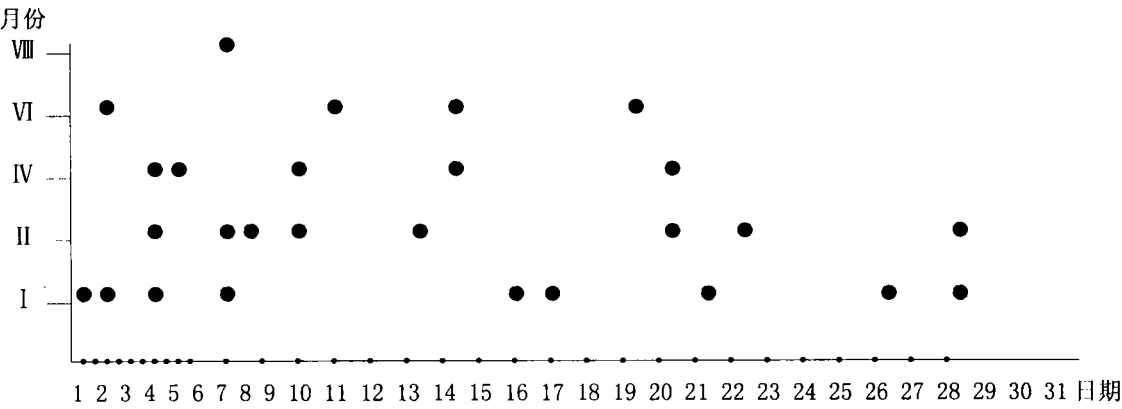


图 2 1999 年度典型月份东海遥感“天窗”（非同一个局部海域）实例

6 讨论

基于以上所述的渤海与东海遥感“天窗”每月出现概率，加之区域海洋特征及其空间尺度的年周期变异，欲要对其进行深入而详尽的机制和动态研究，则受约于云雾屏障作用，事关对海区最佳时相的遥感信息获取及其规律研究。显然对全海区来讲，所需信息时相应是多年的，多波段的。对局地海区所需信息时相，应以连续性多月为主，并有多波段信息的配合。

渤、东海遥感“天窗”信息最佳时相，以头一年 11 月到翌年的 3 月份为好，其中 1 月份相对最好，相应“天窗”数的概率也仅是 11%~13%左右，2 月与 12 月次之。

在上述两海区海洋遥感“天窗”信息研究基础

上，将渤、东海划分若干最佳时相区，如黄河口、辽东湾、渤海湾、莱州湾、渤海海峡、长江口、浙闽沿岸、台湾海峡、对马海峡、黑潮主轴区、温度锋和涡旋的区位等，特别是适于动态性的研究工作。

参考文献

[1] 朱庆华编著. 情报系统. 南京大学出版社, 1995, 62~140.

[2] 全国海岸带办公室. 中国海岸带气候. 北京: 气象出版社, 1991, 117~149.

[3] 阎俊岳、陈乾金、张秀芝、黄爱芬编著. 中国近海气候. 北京: 科学出版社. 1993, 109~229.

[4] 孙安健, 黄朝迎, 张福春. 海雾概论. 北京: 气象出版社. 1985, 1~82.

[5] 孙湘平. 我国的海洋. 北京: 商务出版社. 1985, 45~119.

Cloud and Mist Screen Over Bohai and East China Seas and Its Validity Research for Remotely Sensing Ocean Information

Liu Baoyin

(First Institute of Oceanography, SOA, Qingdao 266003)

Abstract

This paper expounds the screened role of cloud and mist over Bohai and East China seas which has reduced the visibility over the above seas. Even if a middle and small scale oceanic information that has been monitored by the NOAA satellites for many years, a little probability has been indicated regardless of spatial or temporal resolution being able to completely acquire the remotely sensing “skylight” information. The author has established the analytic model for information requirement system combined cloud and mist over Bohai and East China seas and their regional characteristics of ocean with the multiband and multitemporal properties of NOAA satellite data and showed that the “skylight” information of remote sensing of the Bohai and East China seas is arranged in the order of probability. Besides, the scientific basis for selecting the best time and its necessity has been treated.

Key words: Remote sensing of the sea Bohai Sea East China Sea Cloud and mist screen “Skylight” information

《数字地球》简评

由承继成教授、周成虎教授、林珏教授等编著的《数字地球》一书最近由科学出版社正式出版了。本书充分体现了地球科学与信息科学技术的高度综合，并全面系统地介绍了数字地球的基础知识。全书共二十章，前四章主要介绍数字地球的基础理论：信息社会与数字地球；地球系统的信息模型和系统模型；地球系统的非线性与复杂性特征等问题。第5至第17章重点介绍数字地球的技术系统：国家空间信息和空间数据的基础设施；地球观测系统与全球信息网络；地球空间数据的共享标准与规范化；高分辨率数据获取与海量信息的存取；数据融合与仿真虚拟技术；虚拟地球系统模型等。后三章扼要列举数字地球的应用实例：当今数字地球的发展趋势及前沿技术；数字地球的应用前景与在一些领域的应用实例。书后还附有名词解释等附录供参考。

本书可作为地理、地质、气象、海洋等地学科学领域，农林、水利、交通等产业部门，城市规划、区域管理等有关企事业单位的科技工作者和高校师生参考。