

# 蓬莱海市蜃楼形成的气象因素 季节分布及征兆

朱 龙

(山东省蓬莱阁管理处, 蓬莱 265600)

**提 要:** 利用1980年以来蓬莱北部海域发生的37次海市蜃楼的数据,探讨了蓬莱海市形成的气象因素、季节分布及征兆。结果表明:蓬莱一年四季都能出现海市,绝大多数出现在5月上旬至8月上旬,因其气象条件最易满足海市形成。气层与海水温差达到 $8.5^{\circ}\text{C}$ ,风力2~4级,湿度较大,是蓬莱海市出现的必要条件;雨后或雪后天晴,伴有大的潮汐,骤冷骤热的异常气温变化,是海市出现的征兆。

**关键词:** 海市蜃楼 季节分布 气象要素

## Climatic Factors, Seasonal Distribution and Indications of Sea Mirage in Penglai

Zhu Long

(Penglai Pavilion Management Office, Penglai 265600)

**Abstract:** Climatic factors, seasonal distribution and the indications of sea mirage were discussed, based on the 37 sea mirages that took place over 27 years on the North Sea in Penglai. Results indicated that sea mirage may take place in Penglai all the year round, with a high frequency from early May to early August, for this time period had the most suitable climatic conditions. Temperature differences in the air and sea surface reaching  $8.5^{\circ}\text{C}$ , wind-force reaching 2 to 4 on the Beaufort scale, and high humidity were essential to the occurrences of sea mirage in Penglai. Fine days after rain or snow, great tide range, and a sharp change in air temperature were the indications of sea mirage in Penglai.

**Key Words:** sea mirage scene mirage atmospheric phenomenon Penglai Dengzho

### 引 言

蓬莱地处  $37^{\circ}25' \sim 37^{\circ}49'56''\text{N}$ ,  $120^{\circ}34'44''$

$\sim 121^{\circ}09'\text{E}$ , 山东半岛北端,是古代登州的所在地,素以海市蜃楼著称于世。登州海市久负盛名,与雷州换鼓、钱塘江潮、广德埋藏被誉为天下四绝。

蓬莱因其特殊的地理位置,其以北海面上常出现海市蜃楼和平流雾。海市蜃楼又称海市,古称蜃气、蜃景、蜃楼。全国自然科学名词审定委员会 1988 年公布的大气科学名词和 1989 年公布的海洋科学名词中都定为蜃景, mirage。各历史文献中有关于其文字的记载,海滋、海市奇观均以“海市”出现的,随着人们对其科学认识的深入,才将其细分出海滋,海滋只是海市蜃楼的一种,目前“海滋”一词仅通行于山东半岛沿渤海一带<sup>[1-4]</sup>。本文均以海市记之。

## 1 蓬莱(登州)海市的历史记载

我国有关海市蜃楼的记载,目前可查到的资料,最早有西汉司马迁(公元前 145 年—约公元前 87?)的《史记·天官记》:“海旁蜃气象楼台,广野气成宫阙然,云气各像其山川人民所积聚。”《辞源》认为:最早的“海市”定义当属晋人·伏琛《三齐略记》:“海上蜃气,时结楼台,名海市。”<sup>[5]</sup>

有关登州海市的记载,当推北宋·沈括(1031—1095)在《梦溪笔谈·异事》中记载,“登州海中,时有云气,如宫室、台观、城堞、人物、车马、冠盖,历历可见,谓之海市。或曰蛟蜃之气所为,疑不然也。”最有名气的当推在蓬莱做过五日知登州的苏轼(1037—1101)的《海市诗》。元·于钦(1284—1333)《齐乘》卷 1 曾详细记录了一次海市的盛况。明·陆容(1436—1494)对海市做了较为科学的解释,《菽园杂记》卷 9<sup>[6]</sup>中指出:“古名登莱海市,谓之神物幻化,岂亦山川灵淑之气致然邪?观此,则所谓楼台,所谓海市,大抵皆山川之气,掩映日光而成,固非蜃气,亦非神物。”

明·王士性(1547—1598)《广志绎》卷 3 载<sup>[7]</sup>:“登州三面负海,……春夏间,蛟蜃吐气幻为海市,常在五岛之上现,现皆楼台城郭,亦有人马往来,近看则无,止是霞光,远看乃

有,真成市肆,此宇宙最幻境界,秋霜东雪肃杀时不现,而苏子瞻乃祷于海神,岁晚见之。”

明·徐应秋(1573—1620)《玉芝堂谈荟·闲览》载:“登州海中,遇晴霁,忽见台观城市人物往还者,谓之海市。”

明·徐应元《甲子仲夏登署中楼观海市》<sup>[8]</sup>:“有美蓬莱阁,屹立丹山头。……云气时出没,忽然结为楼。冉冉双城市,鸟隼杂彩旗。”

明·方以智(1611—1671)《物理小识》卷 2 载:“海市或以为蜃气,非也。张瑶星曰:登州镇城署后太平楼,其下即海也。楼前对数岛,海市之起,必由于此。每春秋之际,天气微阴则见,顷刻变幻。”

清·王培荀(1783—?)《乡园忆旧录》卷 5 载有彭仲尹的《海市记》。

上述记载当是较有代表性的记述,在一些地方志如嘉靖《山东通志》、同治《黄县志》、民国《福山县志稿》对海市均有记载,在此不再一一罗列。

## 2 海市成景的原理及条件

海市是一种自然现象,实际是一种大气光学现象,光线经过不同密度的空气层时发生显著的折射或全反射时,把远处景物显示在空中或地面而形成的各种奇异景象<sup>[9-10]</sup>。由于空气层动荡不定,致使显现的景物随着时间、大气、温度的颤动而在时刻变化着<sup>[10]</sup>,时大时小,忽隐忽现,变幻莫测,给人一种神秘感。

海市多发生于大海和沙漠中,当地面强烈增热或强烈辐射冷却,使得空气在不同的温度廓线下呈不同密度分布,近地空气层的密度上下差异很大,当地面景物的光象在这种密度不同的大气层中传播时,由于光线的反射率、折射率的强烈变化而沿曲线投影到很远的地方成像<sup>[11]</sup>。也就是说,由于空气的

密度分布出现了异常,折射率的分布出现异常,从而形成海市蜃楼现象<sup>[12]</sup>。

夏天,在气压恒定的海平面上,空气密度随高度增加而减少,或随温度的升高而减少<sup>[13]</sup>,对光的折射率也随之减少,从而形成一具有折射率梯度的空气层,当光线通过此空气层时发生偏转<sup>[14]</sup>。从而形成海市景象。要想猜到海市所由发生的原来物体是极其困难的,因为光线的折射有时会把物体改形,或增大使人无法认识<sup>[15]</sup>。

海面上的蜃景为什么总是正立的呢?海面上的空气,在夏天太阳光照射下,下层空气温度最低,随高度升高,温度也越来越高,但各层间温度变化的程度比较均匀,没有特别突出的突变层,这样,从海面上发出的光,在射向高空过程中,几乎是同等程度地被折射,虽然最后都发生全反射但发生全反射的位置是不同的,下面的点全反射依旧在下面,这样,就出现了正立的像,在大海上观测到的海市蜃楼也就是正立的了<sup>[16]</sup>。

基于海市成因,蓬莱海市不仅出现的频率高,而且景象清晰,内容丰富,时有海市、平流雾同现。这是由蓬莱沿海独特的地理、气候和水文条件决定的。蓬莱海市赖以生成的关键,是在海面形成相对稳定、规则、呈水平状态分布的空气密度层面,而且在单位垂直距离内温差较大。只有地理、气候和水文条件中某种特定的状态同时具备,才能促使海市现象的生成。

### 3 蓬莱海市频现的自然地理因素

蓬莱地处渤海海峡南岬,其北、东、西三面分别与辽东半岛、朝鲜半岛、冀津沿海隔海相望,长山列岛横卧海峡之间,从而为海市的出现提供了远、中、近各种距离、不同方位的、类型多样的、可借以反射的客观景物<sup>[9,17]</sup>。这些岛屿与陆岸、大海结合成一个光射变异

区域,使得海市时隐时现<sup>[18]</sup>。

### 4 蓬莱海市形成的气象因素

蓬莱地处黄海和渤海之间,海面低温空气和海峡两岸的相对高温空气,为海市的出现提供了重要条件<sup>[4]</sup>。

蓬莱属北温带东亚季风区大陆性气候,四季分明,雨量集中,因受海洋调节,与同纬度的内陆相比,具有某些海洋性气候特点。年均气温 11.9℃,年均气压 1012.7hPa,沿海多风,风速较大,7、8、9 月份风速较小,8 级以上大风日数年均 41.8 天,相对湿度平均 65%,冬春季较干燥,夏季较潮湿,相对湿度保持在 80% 以上<sup>[19]</sup>。春夏之交正是受西伯利亚寒冷气流影响已弱,而太平洋暖湿气流影响未至的间隙时期,风雨日少,光照充足,海面空气层相对稳定,加之海面日光的反射作用,气温迅速回升,这样的气候状况有利于在海面形成比较稳定、规整的气温水平分布层<sup>[17,19]</sup>。

蓬莱沿海属正规半日潮,春夏之交,每值大潮汐,海峡中涌动的海流将底层海水连同低温带出水面,使海水表面温度大大低于海面空气温度,这就形成了海面空气由下而上温度陡升、密度陡降的逆温现象<sup>[9,17]</sup>。

从海面水温变化来看,由于海水比热容是空气的 4 倍,同时,水的导热系数是空气的 25 倍,而大气层能量变换的速度是海洋能量变换的数倍。也就是说,在强烈的阳光照射下,水温也不易升高,使得海面上方的空气层易出现上暖下冷或上冷下暖的现象<sup>[20]</sup>。尤其是秋冬季节,在海陆交界区,清晨易出现冷空气滑向海面的陆风锋,产生逆温<sup>[21]</sup>。

以 2006 年 12 月后半月为例,蓬莱沿海海水的温度稳定在 3.6~4.5℃,尽管海水表层温度与底层温度有差别,但蓬莱与长岛海域海水较浅,再加上风力影响,海水上下交换

较快,海水温度相对基本稳定。因此,一旦气温突然变化,气层与海面温差达  $7^{\circ}\text{C}$  以上,这种骤然升降,产生明显的温差气层带,为海市的出现,提供了基本条件。再加上降雪使海域上空大气得到完全净化,蓬莱 2006 年 12 月出现三次海市时,海面的能见度相当高,海市清晰度较高,持续时间较长,而海市变化的快慢与当时的风力有关,风力大,变幻快;风力小,变幻慢,景象相对稳定,保持持久。当时的风力都相对较小,保持在 2~3 级。

作者根据 2005 年和 2006 年蓬莱出现的 9 次海市现象时的观测数据,当时气温与海水温差取其平均值为  $8.5^{\circ}\text{C}$ ;风速平均为  $4.6\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ ,对应的等级为 3 级微风,所有数据范围为  $2.7\sim 6.7\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ ,对应的等级为 2~4 级;大气压平均为  $1014.5\text{hPa}$ ;相对湿度为 56.2%。

## 5 蓬莱海市出现季节分布

关于蓬莱海市的出现季节,史有记载,明·郎瑛(1487—1566)《七修类稿》记有:“春夏之时,地气发生,则于水下积久之物而不散者,熏蒸以呈其像也,故秋冬寂然,无沿无雾之时,又不然矣!观今所图海市之形,不过城郭山林而已,岂有怪异。”他不但指出海市出现时间在春夏之交,而且认为海市是“地气”与“云气”交织“熏蒸”在一起而形成的,这在当时已经是比较科学的解释了<sup>[22]</sup>。康熙《登州府志》中明确指出,(登州)海市发生于春夏之交。清·王士禛(1634—1711)《香祖笔记》卷八<sup>[23]</sup>指出“广州之虎门合兰海,每岁正月初三四五日观海市,……但登州见以四五月,广见以正月初旬三日,是小异耳,鄞之见不言定其月。”慎蒙的《观海市记》中“海市春夏见,秋冬少见。”便是对蓬莱海市规律的准确把握。光绪七年(1881)增修《登州府志》卷之三《山川·附风景》,记有“每春夏交,海市辄

见”。

多年来,海市出现的季节,都认为蓬莱海市多发生于春夏之交<sup>[9]</sup>。现将 1980 年以来,在蓬莱北部海域发生的有记录的 37 次海市情况进行季节性分析,如图 1。

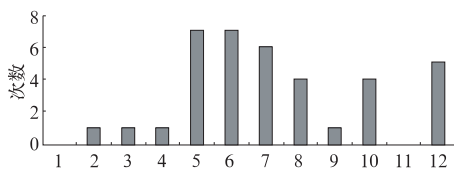


图 1 蓬莱海市出现季节分布

从海市在一天内出现的时间看,从早上日出到晚上日落都可出现,早晨出现 7 次,占 18.92%,分别发生在 1987 年 5 月 21 日,1988 年 6 月 14 日和 16 日,1989 年 8 月 14 日,2000 年 6 月 26 日,2003 年 8 月 29 日,2006 年 10 月 12 日;晚上出现 2 次,占 5.40%,分别是 1990 年 7 月 7 日和 2001 年 7 月 5 日晚 7 点多钟;下午出现 28 次,占 78.38%,可能与一天当中午后 14 时气温最高有关,高气温易与海水产生大温差;但秋季的早晨只有一次,是 2006 年 10 月 12 日,占 2.70%。

从海市出现的月份看,5—8 月份 24 次,占 64.86%,绝大多数出现在 5 月上旬至 8 月上旬的 100 天内,与海市发生在春夏之交相吻合;10—12 月份 9 次,占 24.32%,绝大多数出现在 10 月中旬至 12 月中旬;1 月份和 11 月份没有出现过,但并不说明这两个月就不会出现海市;2、3、4、9 月各一次。

## 6 蓬莱海市出现前的征兆

蓬莱海市的频现,使当地的居民对其有了一定的认识,并逐渐总结出其出现的征兆规律,并作为经验记录下来。在我国古籍资料中,对其出现的征兆都有记载,元·于钦《齐乘》卷 1:“盖海市常以春夏晴和之时,杲

日初升,东风微作,云脚齐敷于海岛之上,海市必现。”明·慎蒙的《观海市记》中也记有:“山抬头张口,海将市矣!”说明当地居民已经通过气象等因素,掌握了海市即将出现的征兆。明·泰昌(1620)《登州府志》中《人事志·艺文》中,郡人陈人第《海市说》:“海市惟蓬莱有之,生长于斯,所习见也。乃闻者辄奇问之,于是绘为图,以传广远,便指览焉。夫蓬莱缘城负海,岛屿棋布,历历可数。每将市也,必天清海澄,东风徐来,遥见气若青螺,自大竹山嘴而起。”清·彭仲尹《海市记》上记有:“天薄云,东北微风,雾气浮于岛脚,正其时也。”

笔者通过观察分析认为雨后或雪后天晴,伴有大的潮汐,微风,骤冷骤热的异常气温变化,都是海市出现的征兆。

## 7 蓬莱海市冬季出现的实证

有经验的蓬莱当地人能就海市出现的征兆判断出现时机,根据传统观念,人们普遍认为,海市一般出现在春夏之交,有人<sup>[24]</sup>断言在冬季不可能有海市出现,但 2002 年 12 月 16 日(阴历十一月十三,雪后)、2005 年 12 月 10 日(阴历十一月十日)、2006 年 12 月 2 日(阴历十月十二,雪后)、17 日(阴历十月二十七,雪后)和 28 日(阴历十一月初九,雪后),2007 年 2 月 1 日(阴历十二月十四,雪后)蓬莱以北海面出现了海市现象,并且持续时间较长,令数万人大饱眼福。青岛晚报曾报道,2006 年 12 月 25 日青岛市第二海水浴场出现海市。这先后出现的海市否定了上述论断。

关于登州秋冬出海市,并非仅东坡先生《海市诗》<sup>[8]</sup>有记载,明·徐应秋《玉芝堂谈荟》卷 23 附有慎蒙的《观海市记》<sup>[25]</sup>,“海市春夏见,秋冬少见;大雾之后天晴见,天阴不见;微风与无风见,大风不见;风微急,其见也

速而巧;风微缓,其见也迟而拙。”;清·何凌汉<sup>[7]</sup>《登蓬莱阁》中“召祈雨雪称神工”,说明是祈求下雪,此时应是天寒时节,文的后部分描写见到的海市情形。

可见,古时人们已经总结了登州海市的出没经验,并认为秋冬可见,只是少见而已,并非不见。

## 8 讨 论

(1) 蓬莱海面是海市奇观出现频率最高的地方,也是经常出现海市蜃楼具有代表性的地方。这是因为蓬莱陆岸与海面形成较为理想的光射角度,当地的空气随季节变化而出现湿度和温度的差异,使阳光照射得以发生不同程度的折变,因而在蓬莱陆岸上可以观看到海面上映射的蜃景风光<sup>[18]</sup>。这也是光的全反射本身需要在某一个区域才看到,蓬莱阁往东 3000m,往西 1000m 的海岸带正好是观测海市的理想区域,蓬莱阁是我国海市蜃楼的最佳观察点<sup>[5]</sup>。泰昌版《登州府志》卷五《地理志·宫室》记有:“海市亭(现避风亭址):在蓬莱阁西,正德八年(1513 年)知府严泰建,以便观海市,故名。”说明早在 500 年前,当地百姓已知道那里是观察海市最好的位置。由于海市的变幻莫测,同一个海市,在同一时间的不同位置,有的地方能看到,有的地方看不到,有的位置是这个景象,有的位置是另一个景象,即使同一位置,不同时间观看的景象也不同。

(2) 海市现象不仅在蓬莱冬季会出现,在寒冷的北极也经常会出现蜃景,根据大气折射的原理,蓬莱一年四季都有可能出现,只不过蓬莱这个特殊的地理位置,春夏之交的气候以及水文等特定的状态最易具备满足海市形成条件,尤其是气层与海面温差易达 8.5℃ 以上,海市出现的几率较大而已。

(3) 纵观 1980 年以来蓬莱海市记录,从

表象上看,其形成条件有以下基本特征:气温适中,大潮汐,晴或少云,北风一二级,海面能见度高<sup>[9]</sup>。从理论上,要有上冷下热或上热下冷的较大温差梯度;较稳定、规整的气温分层;天气晴朗,视野开阔<sup>[11]</sup>。本文作者根据当地出现海市时实测数据,推算出蓬莱当地海市形成的气象水文条件:气温与海水的温差为  $8.5^{\circ}\text{C}$ ,与日本鱼津市的  $10^{\circ}\text{C}$  较接近<sup>[4-5]</sup>;湿度很大,相对湿度为 56.2%,形成平流雾带时相对湿度达 90% 以上;风速平均为  $4.6\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ ,风力 2~4 级。

### 参考文献

- [1] 王鹏飞. 海滋名称的由来及形成原理(一)[J]. 气象知识, 1990, (3): 23-24.
- [2] 王鹏飞. 海滋名称的由来及形成原理(二)[J]. 气象知识, 1990, (4): 29-30.
- [3] 王鹏飞. 海滋名称的由来及形成原理(三)[J]. 气象知识, 1990, (5): 24-25.
- [4] 金传达. 海市蜃楼[M]. 北京: 气象出版社, 2002: 1-76.
- [5] 吴述席. 天象奇观——海市蜃楼[J]. 地理知识, 1997, (6): 23-25.
- [6] (明)陆容撰, 佚之点校. 菽园杂记[M]. 北京: 中华书局, 1985: 112.
- [7] (明)王士性撰, 吕景琳点校. 广志绎[M]. 北京: 中华书局, 1981: 57.
- [8] 高英. 蓬莱阁诗文选粹[M]. 烟台: 山东省出版总社烟台分社, 1985: 21-107.
- [9] 山东省蓬莱市政府办公室史志编纂科. 蓬莱阁志[M]. 济南: 山东友谊出版社, 1998: 1-13.
- [10] 王长波, 王章野, 周麒, 等. 海市蜃楼现象的真实感绘制[J]. 计算机学报, 2006, 29(12): 2080-2085.
- [11] 王长波. 基于物理模型的自然景物真实感绘制[D]. 杭州: 浙江大学, 2006.
- [12] 芮策, 谭智斌. 试析“海市蜃楼”现象[J]. 大学物理, 1991, (10): 44-46.
- [13] 吕洪君. “海市蜃楼”的理论研究[J]. 安徽教育学院学报(自然科学版), 1998, (1): 26-28.
- [14] 陈晓莉. “海市蜃楼”现象成因分析及模拟实验[J]. 教学仪器与实验, 2005, 21(2): 20-21.
- [15] E. M. 石夫林娜, H. 安得列夫著. 方恩译. 海市蜃楼[M]. 上海: 作家书屋, 1951: 24.
- [16] 张振棣. 都是全反射, 蜃景为什么有倒有正? [J]. 物理教学探讨, 2003, 21(10): 34-36.
- [17] 邹学鹏. 蓬莱历史文化丛书——仙迹神踪[M]. 天津: 天津大学出版社, 2004: 1-9.
- [18] 王赛时. 山东海疆文化研究[M]. 济南: 齐鲁书社, 2006: 223-243.
- [19] 山东省蓬莱史志编纂委员会. 蓬莱县志[M]. 济南: 齐鲁书社, 1995: 78-84.
- [20] 王忠纯. 用线性变折射率模型解释海市蜃楼[J]. 大学物理, 2001, 20(9): 24-27.
- [21] 王鹏飞. 天寒地冻不会出现海市吗? (II)[J]. 山东气象, 2001, 21(2): 1-3.
- [22] 宋正海, 郭永芳, 陈瑞平. 中国古代海洋学史[M]. 北京: 海洋出版社, 1989: 203-213.
- [23] 刘安国. 中国古人在认识海洋上的贡献[A]. 见: 曲金良. 中国海洋文化研究(第一卷)[M]. 北京: 文化艺术出版社, 1999: 54-62.
- [24] 周孝伦. 登州海市与苏轼海市诗[A]. 见: 臧伟腾, 周恩惠. 蓬莱历史文化丛书——苏轼与登州[M]. 天津: 天津大学出版社, 2004: 73-79.
- [25] 王赛时. 中国古代对海市蜃楼的记载与探索[J]. 中国科技史料, 1988, 9(4): 64-68.