

中国邻海海-气热量、水汽通量计算和分析*

阎俊岳

(国家气候中心,北京 100081)

提 要

使用长年代、高质量海洋气象观测资料,选用适合研究海域的计算参数,按 $2^{\circ} \times 2^{\circ}$ 网格计算了中国邻海(黄、渤、东、南海及 140°E 以西西北太平洋)辐射平衡和海-气热量、水汽通量,讨论了它们的年、月分布和时空变化,并以海面热量净收支为主要指标进行了海洋气候区划。

关键词:中国邻海 热量 水汽通量 海面热量净收支 海洋气候区划

引 言

海-气通量交换的研究早在本世纪 30~40 年代就引起了人们的关注. 50 年代以来, Budeko(1963, 1974)、Wyrski(1965)、Bunker(1976)、Hassel(1979)、Reed(1985)等人曾对全球大洋或区域洋面热量平衡进行了计算,一些热量平衡图集相继问世. 我国气象工作者也编制了太平洋和热带太平洋热量平衡图集^[1,2],但以往的工作侧重于大洋,而且资料偏少,分辨力偏低,计算结果差别较大,难以满足诊断分析和气候模式要求的精度(热量净收支 $\pm 10 \text{ W/m}^2$). 近年一些大型海洋气象试验使用比较精密的仪器直接测量海-气通量,但是这种测量仅仅限于局部海区,了解大面积、长时段的海-气通量分布仍然需要根据整体输送公式计算. 本文在全球综合海洋大气资料集(COADS)基础上,增加了我国船舶观测的水文气象资料,形成中国邻海 1931~1979 年船舶资料序列(共约 400 万次观测);利用该长年代、经过质量检查的海洋气象观测资料,选用适合研究海域的计算参数,按 $2^{\circ} \times 2^{\circ}$ 网格计算了中国邻海(黄、渤、东、南海及 140°E 以西西北太平洋)辐射平衡和海-气热量、水汽通量,讨论了各输送分量及热量净收支的时空变化,并以海面热量净收支为主要指标将中国邻海划分为 4 个气候带:赤道季风带、热带季风带、亚热带季风带、温带季风带.

1 洋面海-气热交换过程及计算方法

1.1 热通量计算

海洋和大气之间的热量交换取决于 3 个基本过程:辐射热量交换,即海面吸收的太阳

* 中国气象局气候研究开放实验室资助项目(95-6LCS-09).

1997-04-29 收到,1997-12-17 收到再改稿.

辐射和海面有效辐射之差;感热交换是海面以湍流方式向大气输送(或从大气得到)热量;潜热交换是海水蒸发消耗的热量.因此海面热量净收支可以写成如下形式:

$$Q_n = Q_{sw} - Q_{bw} - Q_{cw} - Q_{ew} \quad (1)$$

各分量的计算公式分别为:

$$Q_{sw} = Q_s(1 - r) = Q_0(1 - K_c N)(1 - r) \quad (2)$$

$$Q_{bw} = S\sigma T_0^4(a - b\sqrt{e_a})(1 - K_c N) + 4S\sigma T_0^4(T_w - T_a) \quad (3)$$

$$Q_{cw} = C_p \rho_a C_H (T_w - T_a) v_{10} = 1.298 \times 10^3 C_H (T_w - T_a) v_{10} \quad (4)$$

$$Q_{ew} = \rho_a L C_E (q_w - q_a) v_{10} = 3.365 \times C_E (597 - T_w) (e_w - e_a) v_{10} \quad (5)$$

式中, Q_n 为海面热量净收支, Q_{sw} 为海面吸收的太阳短波辐射, Q_{bw} 为海面有效辐射, Q_{cw} 为潜热通量, Q_{ew} 为感热输送通量, K_c 为云遮系数, C_E 为蒸发交换系数, C_H 为感热交换系数, N 为总云量, $T_w - T_a$ 为海-气温差, $q_w - q_a$ 为饱和比湿和空气比湿之差, ρ_a 为空气密度, Q_0 为晴空条件下的太阳辐射, v_{10} 为距海面 10 m 高度的风速, S 为海面有效辐射与完全黑体辐射之比, 取 0.96, r 为海面反射率, 随海区和季节而变化, σ 为斯蒂芬-波尔兹曼常数, a, b 为常数, $a=0.39, b=0.05$.

为了提高洋面上热量收支的计算精度, 本文对算式作了如下处理:

(1) 计算海面吸收的太阳短波辐射时, 云遮系数 K_c 取值随海区和季节而变化. 本文根据从赤道到 40°N 29 个沿岸和岛屿站实测资料计算了不同月份每个纬度上的云遮系数;

(2) 使用 Kondo 算式^[3], 根据每次观测资料, 分别求取整体输送公式中的参数 C_E 、 C_H . 计算结果 C_E 随海区和季节而变化, 在中国邻海平均约为 1.2×10^{-3} (表 1).

表 1 中国邻海各海区 C_E 的平均值 ($\times 10^{-3}$)

月份	日本海 及黄、渤海	东海	南海 北部	南海 中部	南海 中南部	南海 南部	赤道 附近	全区
1	1.42	1.41	1.30	1.26	1.23	1.23	1.24	1.30
4	1.12	1.20	1.13	1.14	1.15	1.16	1.14	1.13
7	1.17	1.19	1.19	1.18	1.16	1.12	1.10	1.16
10	1.26	1.31	1.25	1.21	1.17	1.21	1.13	1.22
平均	1.24	1.28	1.22	1.20	1.18	1.18	1.15	1.20

(3) 以往使用整体输送公式求取潜热和感热输送平均值时, 多使用各项平均后的乘积, 即 $\overline{N} = \overline{A} \cdot \overline{B}$; 本文使用各项乘积的平均, 即 $\overline{N} = \overline{A \cdot B}$, 可提高精度 10% 左右.

1.2 蒸发量计算

海洋向大气的水汽输送是通过蒸发过程进行的, 按照整体输送算式, 蒸发量可以写成下面形式:

$$E = \rho_a C_E (q_w - q_a) v_{10} \quad (6)$$

式中, E 为蒸发量. 将 $q_w - q_a$ 换成 $e_w - e_a$, 上式则改写成以下形式:

$$E = \rho_a C_E (e_w - e_a) v_{10} \frac{0.622}{p} \quad (7)$$

由式(7)可以看出,蒸发量的大小与水汽压差、风速等有密切关系,由于水汽压差又受气温、海-气温差制约,故蒸发量也与气温、海-气温差有关。

2 热量交换各分量及净收支的时空变化

2.1 海面吸收短波太阳辐射

海面吸收的短波太阳辐射取决于到达海面的太阳总辐射 Q_s 和海面的反射率 r 。中国邻海海面反射率夏季平均为 0.06,其它季节介于 0.06~0.12 之间,冬季 40°N 附近为 0.11。但总的来看,反射辐射依然只占太阳总辐射 Q_s 的很少部分,所以海面吸收的太阳辐射 Q_{sw} 分布形势和总辐射分布形势差别较小,数值稍偏低。

Q_{sw} 年平均值变化介于 140~210 W/m^2 之间,最高值在赤道地区,其值高于 200 W/m^2 。最低值在东海中部多云区,其值低于 145 W/m^2 。黄、渤海 Q_{sw} 高于东海,由东南向西北随云量减少而递增,黄海为 150~160 W/m^2 ,渤海为 160~165 W/m^2 。东海南部至南海北部升高较快, Q_{sw} 由 150 W/m^2 升高到 180 W/m^2 ,南海中部各区之间差异很小,大致在 190~200 W/m^2 (图 1)。

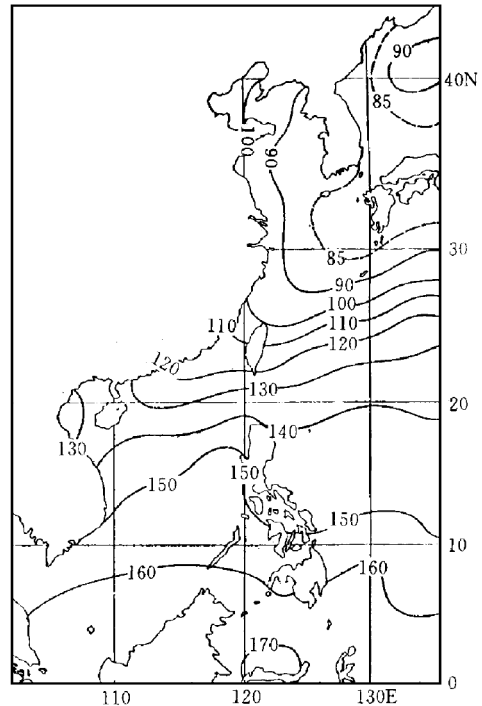
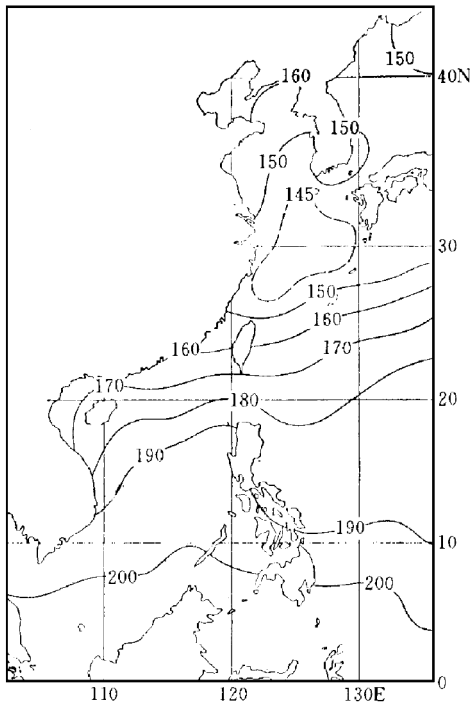


图 1 中国近海海面年平均吸收的太阳辐射(W/m^2)

图 2 中国近海海面年平均净辐射(W/m^2)

2.2 海面净辐射

海面净辐射值大小及时空分布取决于海面吸收短波太阳辐射和放出的长波有效辐

射,凡能影响两个分量的因子都影响净辐射,其中太阳高度角、云量和空气中的水汽量影响较大。

年平均净辐射在中国邻海均为正值,分布形势与太阳总辐射相似,高值带在赤道附近,低值区在东海东北部及日本近海.8°N以南,其值为160~170 W/m²,纬向差异不大;8°~18°N之间净辐射值仍变化很小,南海东部略高于同纬度其它海区.从20°N开始向东北方向减少较快,东海大部为80~100 W/m²,日本九州附近出现最小值80~85 W/m².黄、渤海比东海略高,其值在85~100 W/m²之间,这是因为太阳总辐射增大的缘故.由于黄、渤海西侧太阳总辐射高于东侧,故净辐射呈西侧高于东侧的形势(图2)

海面净辐射季节变化明显.1月,海面净辐射南北差异较大,赤道附近为中国邻海之冠,8°N以南达150~170 W/m²,由此向北降低很快.东海东北部、渤海、黄海东部及日本海1月出现负值,表明这些海区海面通过辐射过程向大气散失热量,但散失热量很小,大都在10 W/m²以下,局部海区达20 W/m².东海西南部、黄海、渤海西部海区净辐射通量在0~25 W/m²之间,台湾海峡升高到25~50 W/m².南海北部净辐射向南递增,等值线几乎与纬线平行;南海中部8°~18°N,净辐射急增到100~150 W/m²,同纬度相比,菲律宾群岛西面稍高.7月,由于全区温度升高及海-气温差减小,海面有效辐射减弱且南北差异不大,因此辐射平衡的分布主要决定于太阳总辐射.22°~30°N之间出现高值带,其值大于200 W/m²,由此向南北两侧减小,黄海北部及渤海为150 W/m²左右,南海吕宋岛西岸,泰国湾,加里曼丹岛沿海出现低于150 W/m²区域。

图3为5个代表海区净辐射年变化曲线.可以看出,黄、渤、东海(以28区及59区为代表)和南海北部(以98区为代表)呈单峰型变化,峰值在黄、渤海出现的时间为5月,向南推迟到7月.南海中部(以142区为代表)和南部(以228区为代表)净辐射年变化呈双峰型,南海中部峰值出现在4~5月和9月,向南时间逐渐提前,赤道附近为2月和8~9月.黄海大部,渤海东部及东海东北部由于冬季海面长波有效辐射很强,净辐射在一些月份出现负值.净辐射年变化自北向南减小。

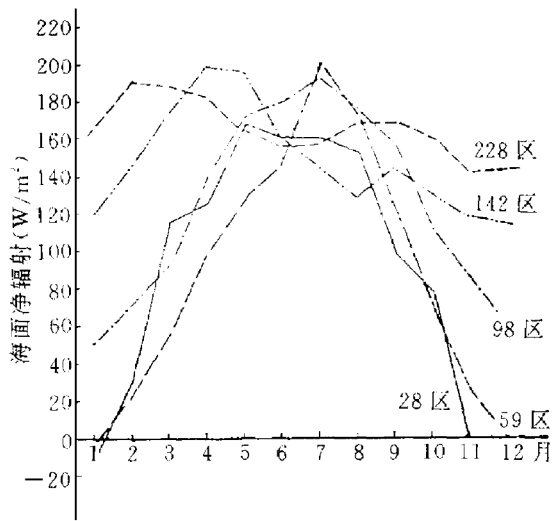


图3 5个代表海区净辐射年变化
(28区:黄海西北部,59区:黑潮区,98区:南海北部,142区:南海中部,228区:南海南部)

2.3 潜热通量

潜热输送是通过蒸发向大气供应潜热能量,它的大小由风速、温度垂直梯度和海面的层结状况决定.在海洋

上,蒸发潜热是海面损失热量的主要部分.中国邻海由于冷、暖洋流和季风等因素影响,年平均变化较大,最大值在黑潮主干区,中心区达200 W/m²以上.15°~20°N之间的西北太平洋出现次大中心,其值为150~160 W/m².由黑潮主干区向西北方减小很快,渤海及

黄海西部降至最低,南海大部水域为 $125 \sim 150 \text{ W/m}^2$,中部及北部湾口较高,两侧近岸略低, 8°N 以南的赤道水域,低于 100 W/m^2 (图 4)。

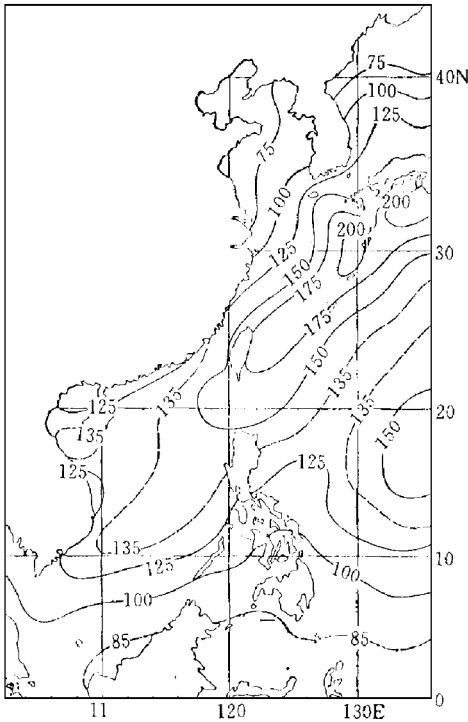


图 4 中国近海年平均蒸发潜热输送(W/m^2)

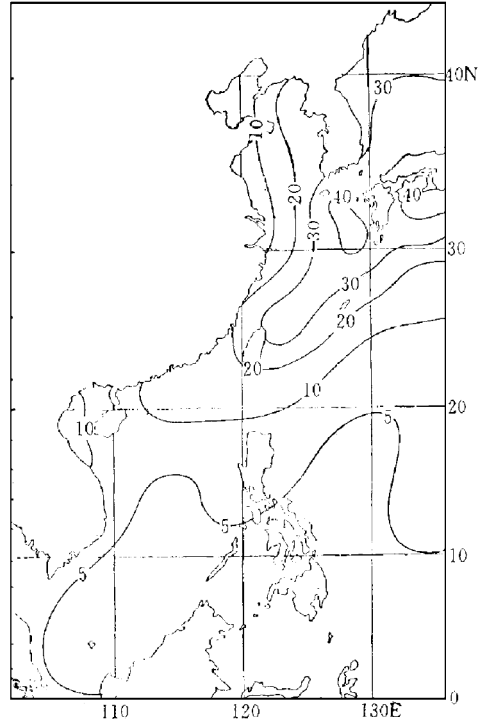


图 5 中国近海年平均感热输送(W/m^2)

1 月潜热通量分布形势和年平均值相似,但区域之间差异更显著.台湾岛至日本九州之间的黑潮水域,潜热通量超过 250 W/m^2 ,日本南面和西南面最高达 $300 \sim 325 \text{ W/m}^2$.东海北部至黄海南部出现强烈的梯度,黄海西部及渤海仅有 75 W/m^2 .南海北部及中部风速较大,其值达到 $175 \sim 190 \text{ W/m}^2$.7 月,由于西南季风风力增大, $10^\circ \sim 20^\circ\text{N}$ 之间为一高值带,由此向南向北,潜热通量逐渐降低.黄海沿岸由于多雾,水面上空湿度较大,其值降至 25 W/m^2 以下,有时甚至为零(图略)。

潜热通量年变化趋势和风速的年变化基本一致.渤、黄、东海及南海北部呈单峰型变化,峰值出现在 11~12 月,谷值多在 6~7 月.北部湾和南海中部呈双峰型变化,南海中部 11~12 月最高,7 月次之,最低值在 4~5 月.北部湾比较特殊,10 月和 7 月较高,3~4 月因雾和小雨影响,潜热通量降至最低。

2.4 感热输送

感热通量是海洋向大气(或者大气向海洋)传输的可感热量,其大小与海-气温差、近地面风速密切相关.感热通量比潜热通量小得多,而且有的月份、有的海区出现负值,即大气向海洋输送可感热.就年平均而言,黑潮主干区及日本周围海域最大,可以超过 30 W/m^2 ,局部达 40 W/m^2 .黄海自东向西降低,等值线几乎与海岸线平行.南海值较小,

20°N 以南均小于 5 W/m²(见图 5).

1 月 感热通量除了南沙群岛附近局部海域为负值外,其它海域均为正值.黑潮主干区及日本周围达 100 W/m²,从而超过了海面吸收太阳短波辐射.黄海减小至 50 W/m²,沿岸为 40 W/m².南海大部在 25 W/m² 以下,赤道水域降至 5 W/m² 以下,局部因气温高于水温而出现负值.7 月,0 线位于 20°~21°N 附近,以北为负值,渤海及黄海中部达 -10 W/m²,以南为正值,但大部海区只有 0~5 W/m²,苏禄海及泰国湾稍高于 5 W/m².

感热输送年变化可分两种类型:大约 20°N 以北,呈单峰型变化,冬季大,5~8 月(部分海区 4~9 月)出现负值.20°N 以南的南海大部海域,全年几乎都为正值,年变化很小.

2.5 海面热量净收支

海面热量净收支是由海面获得太阳短波辐射量减去洋面由于长波有效辐射、感热传输、潜热输送所损耗的热量后剩余的净获得量.热量净收支年平均分布南、北部海区具有不同的特点:大致 18°N 以北(包括南海北部和北部湾)是以黑潮主干区为中心的负值区,最大负值为 -100~-150 W/m²,由此向两侧数值减小,渤海及黄海西部转为正值,0 线位于 122°E 经线上.18°N 以南均为正值,向南逐渐增大,赤道附近最大为 50~75 W/m²(图 6),就年平均而言,以黑潮主干区为中心的东海及南海北部是热量亏损区,赤道及热带区域海面是热量盈余区,亏损区的失热量通过洋流输送得以补充.

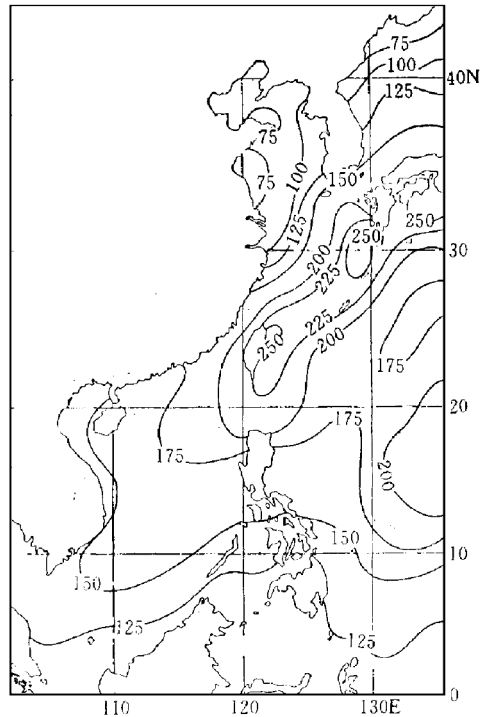
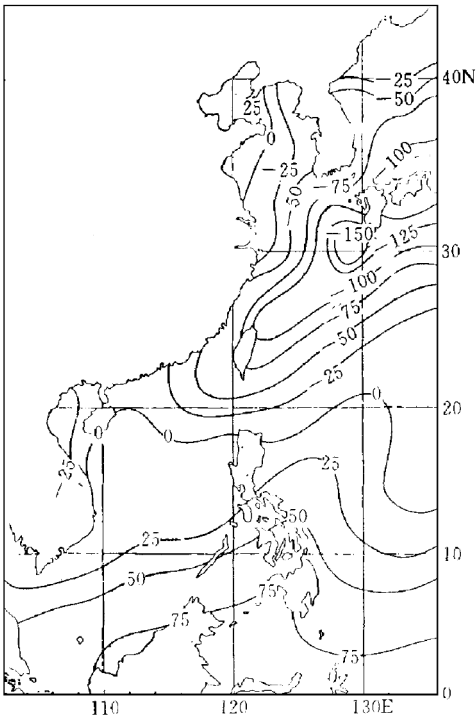


图 6 中国近海海面年平均热量净收支(W/m²)

图 7 中国近海年蒸发量(cm/m²)

热量净收支分布各月之间差异较大. 1月0线大致位于 8°N 附近,在此以南的赤道海域为正值,海洋从大气获得热量. 8°N 以北为负值,南海中部和北部在 $-50\sim-150\text{ W/m}^2$ 之间,至黑潮水域急剧增加到 -300 W/m^2 .东海西侧及黄、渤海失热量大大降低,近岸约 -100 W/m^2 .7月,除了吕宋岛西面由于云雨多出现负值外,其它海区均为正值.南海较小,只有 $30\sim70\text{ W/m}^2$,东海7月份得热较多,净收支为 $100\sim150\text{ W/m}^2$.黄海为全区最大,而且西侧大于东侧,达 $150\sim180\text{ W/m}^2$ (图略).

热量净收支的年变化可分成4种类型:①赤道海域,各月均为正值,并呈微弱的双峰型变化,2~4月最高,9月次高,12月及7月较低.② 18°N 以南至 8°N 附近热带海域,3~9月为正,10月至翌年1月为负,但年平均为正值,各月分布呈双峰型变化,4月(5月)及9月出现高值,7月、12月出现低值.③南海北部及东海、黄海东部都呈单峰型变化,冬季月份为负,夏季月份为正,年平均为负值,海面失去热量.黑潮主干区5~8月为正值,峰值出现在7月;南海北部正值延长至4~9月,峰值在6月或5~7月.④渤海及黄海西侧为单峰型变化,峰值出现在5月,由于正值出现的时间长,数值也较大,因而年平均为正值,海面得热大于失热.

2.6 蒸发量

中国近海的蒸发量最大值在黑潮主干区,年蒸发量每平方米一般为 $230\sim240\text{ cm}$,局部达 $250\sim260\text{ cm}$,比大西洋湾流区少,但高于近海其它海域.黑潮区冬季强烈的海-气温差和大风是造成蒸发量偏大的重要原因.南海大部(赤道区域除外)蒸发量仅次于黑潮区,为 $170\sim200\text{ cm}$.黄海西部和渤海全年蒸发量小于 100 cm .近赤道海区因空气湿度大,风速小,蒸发量也只有 $100\sim125\text{ cm}$ (图7).

蒸发量的季节分布特点如下:冬季(1月)月总量由 5 cm 变化到 34 cm ,黑潮主干区最大,达 $30\sim34\text{ cm}$;南海大部海域为 $15\sim20\text{ cm}$;渤海和黄海西部最小,其值仅有 $5\sim8\text{ cm}$.夏季(7月),东海以北由于风速减弱和气温升高,蒸发量比春季减少;南海由于西南季风气力增强,蒸发量比春季增大,最大值出现在南海中部 $10^{\circ}\sim18^{\circ}\text{N}$ 之间,达 $15\sim17\text{ cm}$.台湾海峡及黑潮主干区均在 10 cm 以下,黄、渤海仍小于 5 cm .

蒸发量的年变化特点是:赤道水域,年变程很小,最大的海区是黑潮主干区.1月黑潮主干区蒸发量达 30 cm 以上,6~7月仅 10 cm ,年变程达 20 cm 左右,年变化呈单峰型.赤道和热带海域蒸发量都呈双峰型变化,冬夏两季高,过渡季节低,年变程约为 5 cm .黄海西部及渤海9~10月空气湿度较小,蒸发量达年最大,次大值出现在1月,3~7月蒸发量为全区最小,这时正值黄海雾季,空气湿度大,影响了海面向上的水汽输送.

3 海面热量收支诸分量所占比例及总加热强度

为了进一步说明不同海区热量收支诸分量在海面得热或失热中的贡献大小,计算了4个海区1、4、7、10月各分量在吸热和放热过程中所占的百分比.分析表明:在海面得热的两个分量中,全年各区均以海面吸收的太阳总辐射为主,只在夏季渤、黄、东海,春季渤、黄海出现向下的感热输送.在海洋失热的3个分量中,潜热输送高于海面有效辐射和海面向上的感热输送,仅在春夏两季黄、渤海海面有效辐射所占的比例可以超过潜热输送.主

要海区热量收支比例见图 8。

(1)渤海、黄海 渤海与黄海海面得热和失热各分量差异很小,只是冬季月份,黄海潜热输送量所占比例明显增加,潜热输送量和海面有效辐射、感热输送量三者之比大致为 2.3 : 2.2 : 1。夏季,海面有效辐射所占的比例升高,潜热输送量和海面有效辐射之比约为 2 : 3。

(2)东海 东海与黄海相比,潜热输送量明显增大,海面有效辐射所占比例减小,东海西北部,黑潮主干区及台湾海峡 3 个海区由于地理上的差异,热收支各分量所占比例有所不同:东海西北部相似于黄海,但潜热输送量开始占主导地位,秋季三者之比升到 9 : 2.6 : 1。台湾海峡各分量比例与黑潮区基本一致,只是冬季因风速较大,感热输送量增加,海面有效辐射所占比例减少,三者之比为 3 : 1 : 1。

(3)南海 南海除北部湾春、夏季感热输送方向为大气向海洋外,其它海区全年感热输送为海洋向大气,只是数值上略有差别:最明显的是冬季,北部湾和南海北部感热输送占海面失热量的 12%~15%,中部和南部海区降至 0~3%。随着海面有效辐射所占比例减小,潜热输送量所占比例急剧增大,1月南海中部三者之比约为 25 : 7 : 1,7月三者之比为 79 : 20 : 1。这显示出,在海洋失热的 3 个分量中南海潜热输送量所占的比例较中国邻海其它海域都高。

(4)Bowen 比率 Bowen 比率被定义为感热输送和潜热输送量之比,其表达式为 $R = Q_{cw}/Q_{sw}$, R 值的大小主要取决于 $T_w - T_a$ 和 $e_w - e_a$ 的比值。一般来说,温度愈低, R 值越大,反之亦然。气温高于水温时出现负值,这主要是因为饱和水汽压在低温下比较小,温度高时显著增大,导致 $T_w - T_a$ 和 $e_w - e_a$ 的比值减小。另外,降水之后或扰动发生时 R 值也增大。

Bowen 比率的分布反映了海面放热量中感热和潜热贡献差别。中国邻海在冬季(以 1 月为代表) R 值自北向南减小,黄海北部达 0.7~0.8,东海黑潮区降至 0.3~0.4,南海北部为 0.2 左右,热带海域则小于 0.1,南沙群岛水域该月因水温低于气温而出现负值。夏季 R 值普遍很小,东海以北为负值,南海大部分为 0.01~0.05。

(5)海面总加热强度 如果把海面向上的感热通量、潜热输送和海面有效辐射三项之和称为海面总加热强度,那么从海面总加热强度(图略)上可以看出,黑潮主干区总加热强度可超过 250 W/m^2 ,日本西南近海超过 300 W/m^2 。东海西部及黄海都在 200 W/m^2 以

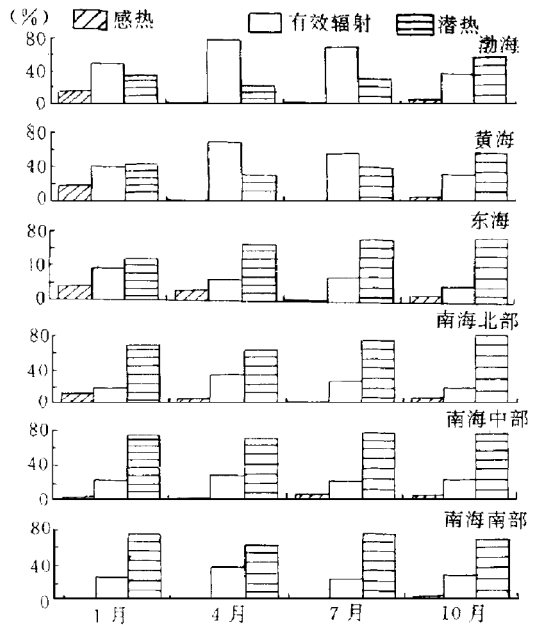


图 8 不同海区在海洋失热中 3 个分量所占的比例

下,南海北部为 $175\sim 200\text{ W/m}^2$,南部为 $130\sim 150\text{ W/m}^2$,数量上仅有黑潮区的 $1/2$.海面总加热强度以冬季数值最大,1月黑潮主干区总加热强度可达 $400\sim 500\text{ W/m}^2$,夏季相对较小,这说明黑潮区冬、春季是强烈的大气加热场.东海气旋在这里生成频数最高,海-气交换愈强烈,气旋发生频率愈高.由于黑潮的水温明显高于邻近海区,所以在近大陆一侧等温线密集,形成强大的海洋锋区,这一锋区和大气极锋的位置基本吻合;感热和潜热输送量大,锋发生的频率就高.

4 根据海-气热交换量进行海洋气候区划

海洋气候区划的目的在于认识海洋气候的相似性和差异性,以便在海洋开发中充分利用有利的气候条件和气候资源,减少灾害性环境因素的影响.海洋气候区划可以根据行星风带进行划分或者根据气团平均活动范围和锋的位置划分^[4].Strokina^[5]曾根据北大西洋净辐射划分气候带.中国邻海属东亚季风区,最突出的气候特点是季风,气候区划指标仅仅依靠净辐射是不够的,还应该考虑风场、温度场、水汽场的变化;热量净收支综合地反映了季风性质和季风场各气象要素的分布特征,因而可以作为气候区划的主要指标.本文根据海面热量净收支及其分量的变化进行气候区划.中国邻近海域共划分4个气候带:赤道季风带、热带季风带、亚热带季风带、温带季风带(图9),各气候带又根据地理位置和气候要素分布划分若干气候区^[6].

(1)赤道季风带 位于1月热量净收支图上0线以南海域,海面净辐射和净热量收支全年为正值,且出现两个峰值,最高值在2~4月,9月次之,最低值在12月(或11月),蒸发量的变化依赖于和ITCZ相联系的天气系统活动以及气团季节性位移.

(2)热带季风带 位于赤道季风带以北至 20°N 附近,海面年平均热量净收支也为正值,但冬季月份可出现负值.影响热量收支的主要因素是季风和云量的变化,4月(5月)及9月净收支出现高值,季风强盛的7月、12月出现低值.海面接收的太阳辐射年变化很小,但潜热输送年变化较大.

(3)亚热带季风带 年平均海面净收支图上0线位置可以作为热带季风区与亚热带季风区的分界

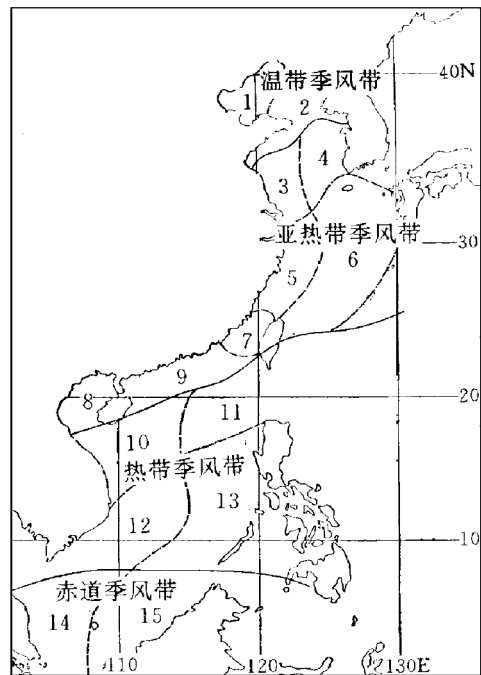


图9 中国近海气候区划

(实线:气候带界线,虚线:气候区界线,数字:气候区号)

线. 此线以北是以黑潮为中心的热量亏损区, 在此线以南是赤道和热带海域热量盈余区. 此线位置也和1月感热输送0线位置大致吻合, 此线以南冬季海洋可以获得感热通量, 此线以北海洋向大气输送感热通量, 特别是黑潮主干区, 冬季12月或1月感热通量最大值可达 100 W/m^2 . 该区热量净收支仅在夏季月份为正值, 冬季月份全为负值.

(4) 温带季风带 温带季风带由于全年云量和降水减少, 太阳总辐射增强, 年平均热量净收支逐渐转为正值.

据海面热量净收支及其分量变化进行的气候区划与以往工作比较, 热带季风带及亚热带季风带南界向南移动了2~3个纬度. 该区划更鲜明地反映了季风性质的差异: ①赤道季风带冬季降水偏多; ②热带季风带降水量集中于夏季风时期, 月降水量呈单峰型变化; ③亚热带季风带降水主要受季风和热带气旋影响, 由于极锋的南北推移, 月降水量呈双峰型变化; ④温带季风带降水主要受夏季季风影响, 降水量年变化呈单峰型.

5 结 论

(1) 中国邻海海面净辐射最高值在赤道地区, 向北逐渐减小, 最低值在东海区. 冬季各海区之间差异较大, 30°N 以北由于海面长波辐射很强, 净辐射出现负值. 夏季高值带移至副高控制的 $20^\circ\sim 30^\circ\text{N}$ 海区, 向南向北逐渐减小.

(2) 潜热输送是海面失热的主要部分, 其量值取决于海面状态和风速. 黑潮主干区潜热通量最大, 年平均可达 175 W/m^2 以上, 相应蒸发量也大. 赤道及沿岸海区潜热输送较小, 年平均小于 100 W/m^2 . 感热通量大小及输送方向取决于风速和海-气温差. 冬季黑潮区感热通量较大, 可超过赤道海区10~20倍, 夏季值很小, 20°N 以南为正值, 以北为负值.

(3) 黑潮区是全球大洋蒸发量最高地区之一, 尤其是冬季, 比中国邻海其它海区高出1倍, 年蒸发量可达200 cm. 赤道地区蒸发量减少且年变化很小. 3~7月黄海沿岸多雾区, 蒸发量为全区最小.

(4) 在海洋向大气供热过程中, 不同海区、不同季节各分量所占的比例很不一致. 春、夏季在黄、渤海有效辐射所占的比例较大; 在东海和南海潜热输送所占的比例较大, 尤其是季风强盛期更为显著. 全年平均, 南海潜热输送所占的比例较其它海区都高.

(5) 就年平均而言, 18°N 以北是以黑潮为中心的热量亏损区, 赤道和热带地区为热量盈余区, 前者年变化呈单峰型, 后者年变化呈双峰型, 其中 8°N 以南全年各月均为正值, $8^\circ\sim 18^\circ\text{N}$ 冬季月份出现负值; 18°N 至黄海海域, 年平均为负值, 冬季海面失热量很大. 渤海海域年平均热量净收支转为正值.

(6) 热量净收支反映了季风条件下各气象要素的综合特征, 因而可以作为气候区划的主要指标. 根据上述海面热量收支特点, 可以将中国邻海划分为4个气候带: 即赤道季风带、热带季风带、副热带季风带、温带季风带. 进一步参考气候要素分布, 各带再分若干气候区.

参 考 文 献

- 1 白德宝,李学坤,姜月秋.太平洋海面热平衡图集.北京:海洋出版社,1990.
- 2 符淙斌,章名立,J.弗莱彻,等.热带太平洋物理气候图集.北京:科学出版社,1990.
- 3 Kondo J. Heat balance of the East China Sea during the air mass transformation experiment. *J. Meteor. Soc. Japan*, 1976, **54**(6): 382~398.
- 4 李克让.海洋气候,中国大百科全书(大气科学 海洋科学 水文科学).北京:中国大百科全书出版社,1987. 368~369.
- 5 Strokina L A. Teplovoi balans Severnoi Atlantiki (Heat balance of the North Atlantic, transl.). *Tr. Gl. Geofiz. Obs.*, 1959, **92**: 27~49.
- 6 阎俊岳,陈乾金,张秀芝,等.中国近海气候.北京:科学出版社,1993. 316~321.

ESTIMATION AND ANALYSIS FOR AIR-SEA FLUXES OF HEAT AND MOISTURE OVER THE NEIGHBOURING SEAS OF CHINA

Yan Junyue

(National Climate Center, Beijing 100081)

Abstract

Based on the long-term(1931—1979) and high qualitative marine observational data set and selecting appropriate parameters to the study areas, the air-sea fluxes of heat, moisture and different components of oceanic heat budget over the neighbouring seas of China were computed on a regular $2^{\circ} \times 2^{\circ}$ latitude/longitude grid and the yearly and monthly distributions and spatial-temporal variations of them were analyzed. According to the heat net budget of the sea surface, the marine climatic compartments were made.

Key words: Neighbouring sea of China Heat and moisture fluxes Estimation and analysis