

极区通量观测系统及其在国际极地年(IPY)全球协同观测中的应用

李诗民¹, 王先桥¹, 周明煜¹, 薛峰², 李丙瑞², 王署东³

(1. 国家海洋环境预报中心, 北京 100081; 2. 中国极地研究中心, 上海 200136; 3. 中国科学院大气物理研究所, 北京 100029)

摘 要: 本文对极区通量观测系统作了介绍, 在国际极地年(IPY)全球协同观测中, 极区通量观测系统在南极中山站进行了连续14个月的观测。结果表明, 中山站年净辐射通量为12.9 W/m²。感热通量夏半年(10~2月)为正值, 冬半年(3~9月)为负值, 年平均1.9 W/m²。潜热通量全年都为正值, 年平均11.2 W/m²。总体而言, 地表通过净辐射获得热能, 又通过感热和潜热方式向大气输送。观测得到的CO₂通量全为负值, 年平均为-0.031 mg/m², 表明南极中山站是CO₂汇。

关键词: 国际极地年, 南极, 大气边界层, 太阳辐射, 热通量, CO₂通量

中图分类号: P728 **文献标识码:** A **文章编号:** 1003-0239(2010)01-0062-10

1 引言

湍流通量是用来定量描述地表与大气之间的能量和物质运输的一个物理量, 是表征下垫面强迫及其与上覆大气相互作用的重要参数, 在海洋和大气模式中分别充当上下边界条件, 在数值预报中占有相当重要的地位。

上世纪80年代以来, 国际上的许多科学试验, 如热带海洋和全球大气试验(TOGA)、全球海洋通量联合研究(JGOFS)、全球海洋生态系统动力学研究(GLOBEC)、海洋带陆海相互作用研究(LOICL), 都把通量的观测作为主要内容^[1-3]。因而, 各种载体的通量观测方法应运而生, 至今测量湍流通量已发展起涡动相关法、空气动力学法(梯度法)以及以能量平衡方程为基础的鲍纹(Bowen)比法、H扣除法和组合法^[4]。

利用涡动相关法直接测量通量, 最早是由Swiabank^[5]于1951年提出来的, 然而, 由于当时的技术方面的原因, 不能快速的感应和记录物理量的脉动值, 所以该方法测量通量的研究工作仅停留在理论上。1980年以后, 随着科学技术的发

展, 快速测温、测湿和测速传感器的出现, 使涡动相关法直接测量通量成为可能。特别是上世纪末和本世纪初, 计算机技术的应用, 使直接通量测量技术得到迅速发展, 越来越成熟。目前, 涡动相关法已经成为直接测定近地面通量的最可靠方法, 也是目前世界上通量测定的标准方法。

2007年10月, 国家海洋环境预报中心完成了极区通量观测系统的研制工作, 11月随中国第24次南极考察队, 赴南极执行国际极地年中国行动计划(PANDA计划), 开展全球协同观测。12月29日成功将极区通量观测系统安装在了南极中山站, 开展为期一年的南极通量观测实验。

2 系统工作原理和主要技术指标

近地面层大气湍流场中任何一种被动标量属性满足下方方程:

$$-\frac{\partial}{\partial z} (\overline{W'\vartheta'}) = 0 \quad (1)$$

其中 W' 是垂直速度脉动值, ϑ' 是被动标量的密度(或浓度), 上划线表示采样间隔内的平均值。

方程(1)是近地面层湍流通量观测的基础, 在通量随高度不发生变化的常通量层内, 对方程

收稿日期: 2009-11-02

基金资助: 科技部863计划(2006AA09Z130), 科技部支撑项目(2006BAB18B05)资助。

作者简介: 李诗民(1953-), 男, 副研究员, 从事海气相互作用方面研究工作。E-mail: lsm@nmefc.gov.cn

(1)积分可以得到动量通量 F_m 、感热通量 F_h 、潜热通量 F_e 和 CO_2 通量 F_c :

$$\begin{aligned} F_m &= -\rho \overline{w'u'} \\ F_h &= \rho C_p \overline{w'T'} \\ F_e &= \rho L_e \overline{w'q'} \\ F_c &= \overline{w'c'} \end{aligned} \quad (2)$$

其中 ρ 为空气密度, C_p 为定压比热, L_e 蒸发潜热, w', u', T', q', c' 分别是垂直风速、水平风速、温度、湿度和 CO_2 的脉动值。

方程 (2) 表明, 只要我们测量出 w', u', T', q', c' , 通过计算各物理量与垂直风速的协方差就可得到各种通量, 这就是测量通量的涡动协方差方法(即涡动相关法), 它是目前测量通量最直接、最精确的方法,也是目前世界上通量测量的标准方法。

涡动相关技术要求仪器固定在通量随高度不

发生变化的常通量层内, 通过快速响应传感器, 测量出 w', u', T', q', c' 。目前测量风速和温度脉动量的传感器有三维超声风速温度仪, 其原理是通过测量超声波在一对超声发生器之间的来回传播时间来测定该路径上的风速分量。测量水汽和 CO_2 浓度的传感器有开路红外水汽和 CO_2 分析仪, 其工作原理是通过测量通道中水汽和 CO_2 吸收红外光谱的吸光度来测定水汽和 CO_2 浓度的。目前超声风速温度仪和开路水汽和 CO_2 分析仪都能获得较高的采样频率(一般为 10~20 Hz), 这恰好能满足涡动相关法所需要的条件。

为了获取同时刻的辐射通量资料, 系统还集成了一套 4 分量辐射传感器, 能同时测量来自太阳的短波辐射 $\text{Rs}\downarrow$ 、地面的短波反射辐射 $\text{Rs}\uparrow$ 、地球长波辐射 $\text{RI}\uparrow$ 和大气长波辐射 $\text{RI}\downarrow$ 。另外还集成了测量地表温度的红外温度传感器、气压传感器和空气温湿度传感器。表 1 列出了系统使用的传感器

表 1 传感器类型及主要技术指标

传感器 (类型)	测量范围	精度或灵敏度
三维超声风温仪 (CSAT3)	u', v' : -65~+65 m/s w' : -65~+65 m/s Tv' : -50~+60℃	u', v' : ± 0.04 m/s w' : ± 0.02 m/s Tv' : ± 0.025 ℃
水汽和 CO_2 分析仪 (LI-7500)	q' : 0~42 g/m ³ CO_2 : 0~5148 mg/m ³	q' : ± 0.02 g/m ³ CO_2 : ± 0.2 mg/m ³
辐射传感器 (CNR1)	$\text{Rs}\uparrow, \text{Rs}\downarrow$: 0.3~3.0 μm $\text{RI}\uparrow, \text{RI}\downarrow$: 5~50 μm	10~35 $\mu\text{W}/(\text{Wm}^2)$ 5~35 $\mu\text{W}/(\text{Wm}^2)$
红外温度传感器 (IRR-P)	T_s : -55~+80℃	± 0.2 ℃ (-15 - +60℃), ± 0.5 ℃ (-55 - +80℃)
气压传感器 (CS100)	P: 600~1100 hPa	<0.5 hPa
空气温湿度传感器 (HMP54C)	T_a : -40~60℃ RH: 0~100 %	<0.5℃ 1~90%, <2% 90~100%, <3%

类型和主要技术指标。

系统工作原理(见图 1), 超声风温仪、水汽和 CO_2 分析仪输出的湍流脉动量数据(u', v', w', Tv', c', q'), 4 分量辐射传感器输出的辐射数据($\text{Rs}\uparrow, \text{Rs}\downarrow, \text{RI}\uparrow, \text{RI}\downarrow$), 以及空气温湿度仪、气压和红外温度仪输出的数据(T_a, RH, P, T_s), 经数据采集器同步采集, 预处理计算, 协方差计算, 湍流统计量计算, 最后通过有线(RS-232)或无线(GPRS/CDMA

或 ARGOS 卫星)方式将数据实时发送到用户终端。此外, 数据采集器还带有 2G 的存储卡, 可将原始数据和计算结果存储下来, 便于做后处理分析。

为满足极区环境的使用要求, 系统采用双路电源供电。一路由 4 块太阳能电池板组成的全向(全方位)太阳能供电装置, 其储能设备采用耐低温的大容量胶体电池, 最大能提供 270AH 的电

能。另一路由干电池组提供电能,主要是满足极夜期间的电能供应。当太阳能电池电压下降到一定幅度时系统会自动切换到干电池组供电,当太阳能电池电压回升到一定幅度时系统又会自动切换回到太阳能电池供电。

为适应极区高严寒环境,所选用的传感器、

采集器、蓄电池以及其他辅助设备都有低温扩展性能,能耐 -40°C 以下的低温环境。

3 系统对比试验

为了测试极区通量观测系统的性能,我们于2007年11月2~3日在中国极地研究中心的开阔草

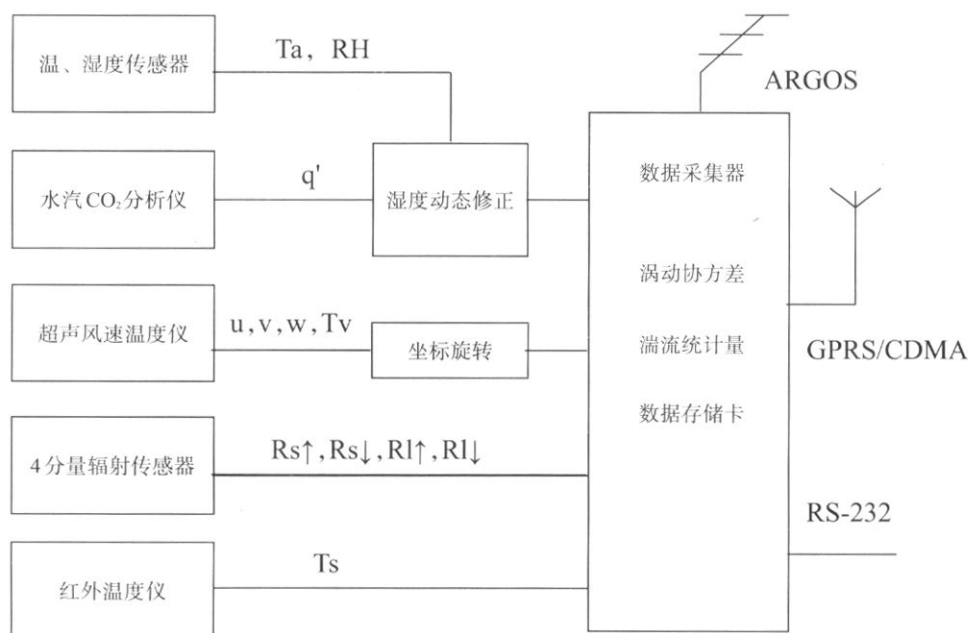


图1 极区通量观测系统原理图

地上进行了对比试验,参与对比试验的仪器是一套国家908专项使用的海气通量观测系统,另外还有2D超声风速仪,HMP54C温湿度仪,CNR1辐射表。极区通量观测系统安装在一个3 m高的铁塔上,908专项使用海气通量观测系统安装在另一个3 m高的铁塔上,两塔相距约5 m,迎风一字排开。2D超声风速仪与极区通量观测系统安装在同一塔上的相同高度,与极区通量观测系统对称安装。HMP54C温湿度仪和CNR1辐射表安装在908海气通量观测系统的塔上,安装高度2 m。

试验从2日上午10时开始,连续采样,直到3日下午14时结束。试验期间天气晴,风力不大 $2\sim 3\text{ m/s}$,晚上有雾。图2~3是极区通量系统与908通量系统的对比结果,可以看出风、温、湿、 CO_2 和辐射均具有较好的一致性。统计结果表明,两系统风速相对误差 $<0.5\%$,温度相对误差 $<$

0.8% ,湿度相对误差 $<0.4\%$, CO_2 相对误差 $<0.6\%$,净辐射误差 $<2.0\%$ 。

4 南极试验概况

南极中山站位于南极东部大陆边缘的拉斯曼(Larsemann)丘陵地带(见图4),具体位置为 $69^{\circ}22'\text{S}$, $76^{\circ}22'\text{E}$,在它的南面是格罗夫山脉,西北面紧邻普利兹湾,东北面是浅海滩。极区通量观测系统架设在中山站内气象山的铁塔上,气象山海拔高度26 m,下垫面为沙石,随着季节的变化,地面会有不同深度的积雪,但夏季大部分时候地表没有积雪,全部为裸露的沙石。另外,中山站每年从11月下旬~1月中旬有55 d的极昼,从5月下旬至7月中旬有58 d的极夜,独特的地理位置和极大的辐射差异形成了中山站地区的局地气候特征。

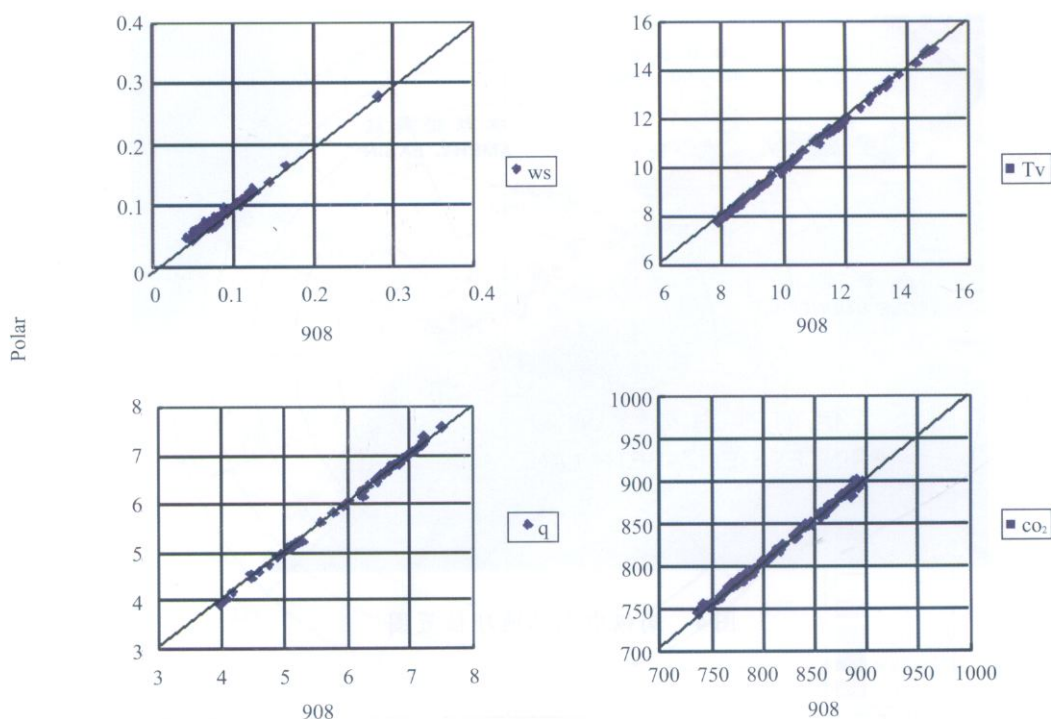
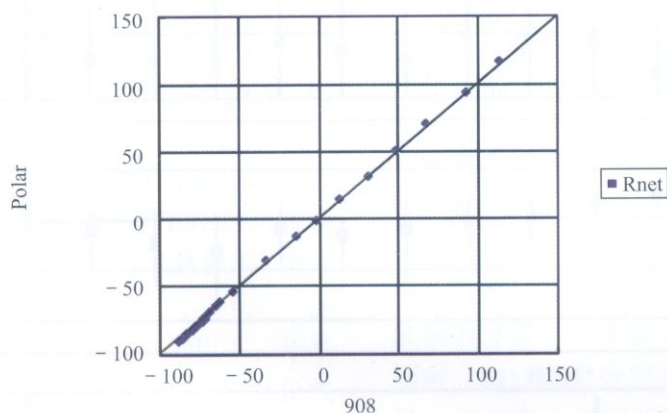
图2 风速(WS)、温度(T_v)、湿度(q)和CO₂对比图

图3 辐射对比图

超声风温传感器(CSAT3)和水气CO₂分析仪安装在铁塔伸臂上,指向东面(盛行风方向),距地面高度4 m。辐射传感器指向北面,距地面高度3 m。铁塔上同时还安装了一套梯度观测系统,包括3层风、温、湿传感器,距地面高度分别为2 m、4 m和6 m。从2007年12月31日~2009年2月16日,极区通量观测系统和梯度观测系统在南极中山站连续观测近14个月无故障。

5 观测结果分析

5.1 平均场特征

用中山站铁塔上10分钟平均风速、气温、比湿和地表皮温资料,统计计算出了上述要素的月均值和极值,结果表示在图5中,图中黑色点是月均值,上下影线分别是月最大和最小值。可以看出,夏季1月份风速最小,月平均风速仅有3.5 m/s,

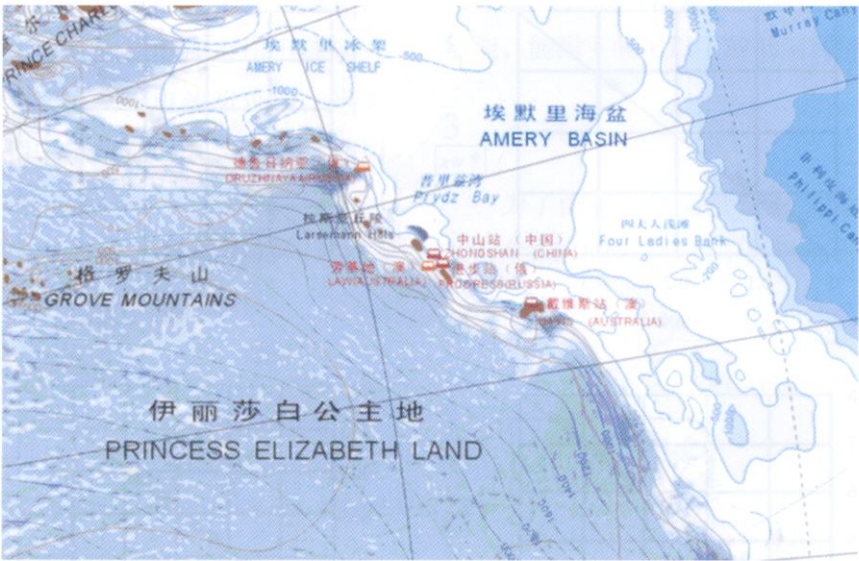


图4 南极中山站地理位置图

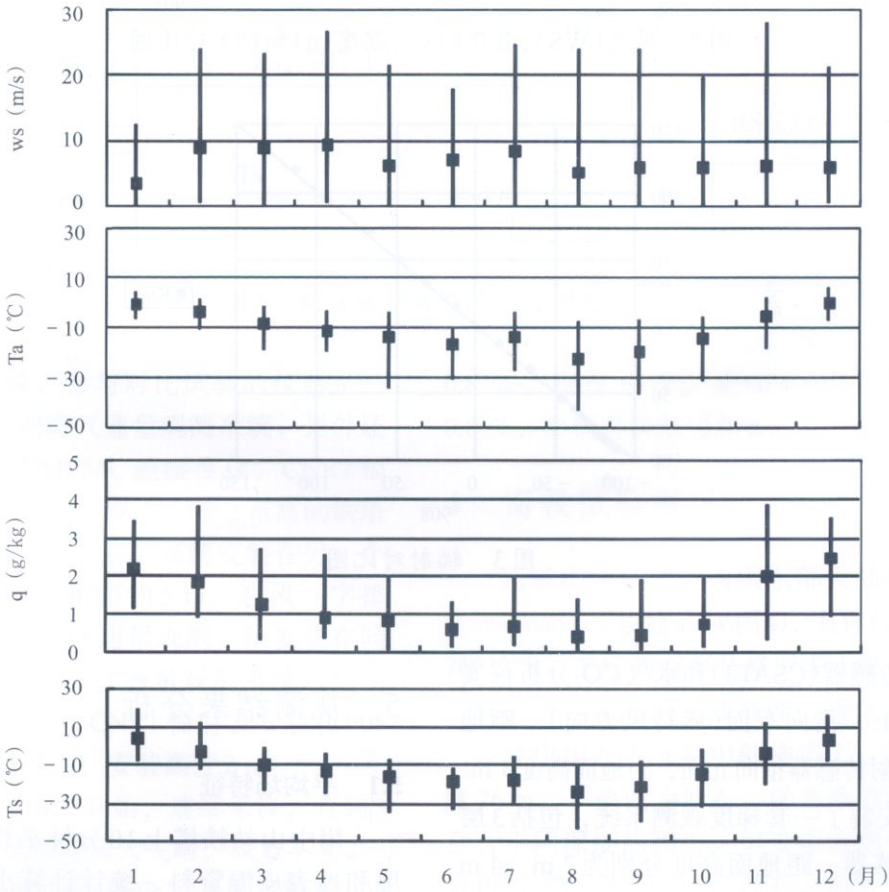


图5 观测期间风速(WS)、气温(Ta)、比湿(q)和地表温度(Ts)的统计特征(中间点是月均值, 上下影线分别是月最大和最小值)

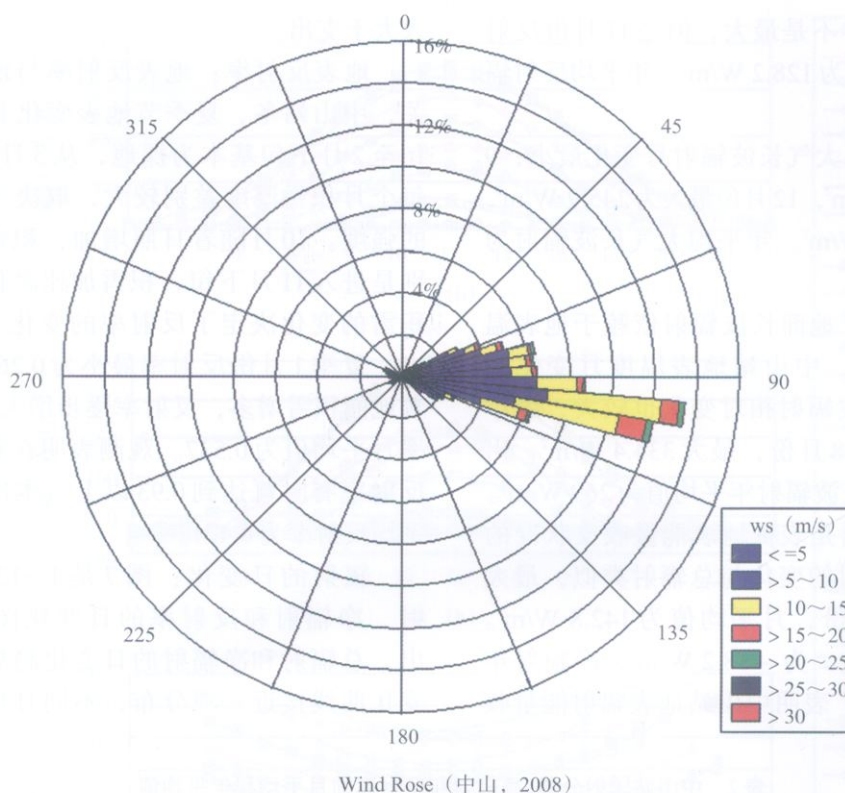


图6 中山站2008年风玫瑰图

2~4月以及7月风速较大,月平均风速均超过8.5 m/s,最大10分钟平均风速出现在4月和7月,分别为26.7 m/s和27.9 m/s。中山站年平均风速为6.8m/s,主导风向是偏东风, 风向ENE到ESE的出现频率占67.4%(见图6),这一结果与卞林根等^[6]的观测结果非常相近。

中山站各个月的平均温度都在0℃以下,年平均气温为-10.8℃,比文献[6]低0.8℃。12月份气温最高,月平均值为-0.28℃,8月份气温最低,月平均值为-22.38℃,一年中极端气温也是出现在12月和8月,最高极端气温(10分钟平均值)6.16℃,最低极端气温(10分钟平均值)-42.08℃。

中山站空气中水汽含量比较小,变化也不大,夏季12月份是地面积雪融化最快的月份,也是中山站最湿的月份,月平均比湿仅2.44 g/kg,最干的月份是6月份,月平均比湿为0.6 g/kg。但是,中山站地表温度变化较大,夏季地面积雪全部融化,裸露的沙石吸收了大量的太阳辐射能,月份平均地表温度在零上4℃,最高地表温度达19.2℃;冬季地表辐射冷却,月平均地表温度低

达-24.94℃,最低地表温度达-42.98℃。

5.2 辐射特征

表2给出了全年不同月份各辐射分量、净辐射和反射率的统计结果(使用实测的10分钟平均资料统计得到),表中 $R_{s\downarrow}$ 和 $R_{s\uparrow}$ 分别是向下和向上的短波辐射分量,即来自太阳的总辐射和地面的反射辐射。 $R_{l\downarrow}$ 和 $R_{l\uparrow}$ 分别是向下和向上的长波辐射分量,即来自大气的长波辐射和地面的长波辐射。 R_{net} 是净辐射,即长、短波辐射分量差额之和,它是表征地表能量收支状况的物理量。 Ref 是反射率,即反射辐射与总辐射之比。

$$\begin{aligned} R_{net} &= R_{s\downarrow} - R_{s\uparrow} + R_{l\downarrow} - R_{l\uparrow} \\ Ref &= R_{s\uparrow} / R_{s\downarrow} \end{aligned} \quad (3)$$

总辐射:从表2可以看出,太阳总辐射夏季极昼期间(12月份)最大,月平均值达到333.6 W/m²,极夜期间(6月份)为0。年平均总辐射通量为120.4 W/m²。

反射辐射:地面反射辐射不仅与入射辐射有关,还受地表的影响,11月份地表有积雪,反射

率高，虽然总辐射并不是最大，但是11月份反射辐射却最大，月平均为 128.2 W/m^2 。年平均反射辐射为 44.5 W/m^2 。

大气长波辐射：大气长波辐射月变化最小，9月份最小为 155.1 W/m^2 ，12月份最大为 245.9 W/m^2 ，年变化振幅为 90.8 W/m^2 。年平均大气长波辐射为 206 W/m^2 。

地面长波辐射：地面长波辐射依赖于地表温度，正如前面所述，中山站地表温度月变化较大，因此，地面长波辐射相对变化也较大，最小 216.4 W/m^2 ，出现在8月份，最大 334.4 W/m^2 ，出现在12月份。地面长波辐射年平均值为 269 W/m^2 。

净辐射：净辐射是表征地表能量收支状况的物理量，夏季净辐射的变化与总辐射类似，最大值也是出现在12月份，月平均值为 142.8 W/m^2 。最小值出现在7月份，为 -58.2 W/m^2 ，净辐射年平均值为 12.9 W/m^2 ，表明中山站地表辐射能量收

入大于支出。

地表反射率：地表反射率与地表性质紧密相关，中山站冬、夏季节地表变化非常大，12月下旬至2月下旬基本为裸地，从3月中旬开始积雪，每个月积雪厚度差别较大，取决于降雪天气过程的强度。10月随着日照增加，积雪开始融化，特别是进入11月下旬，积雪加速融化。因此，地表积雪的变化决定了反射率的变化。从表2可以看出，夏季1月份反射率最小为0.269，进入冬季随着地面积雪增多，反射率逐步增大，到8月份反射率月平均值为0.537。观测表明在新雪过后，实测反射率有时可达到0.93以上。本次观测中山站年平均反射率为0.421。

辐射的日变化：图7是1~12月份平均总辐射、净辐射和反射率的日变化图，从图可以看出，总辐射和净辐射的日变化趋势基本一致，日变化曲线接近二项分布，不同月份的差别仅在于

表2 中山站辐射分量、净辐射和反射率的月平均和年平均值

月	$R_{s\downarrow}$	$R_{s\uparrow}$	$R_{l\downarrow}$	$R_{l\uparrow}$	Rnet	Ref
1	307.7	82.8	226.0	334.8	116.2	0.269
2	146.7	52.0	245.7	301.9	38.5	0.354
3	82.2	33.4	224.2	275.3	-2.2	0.406
4	32.7	14.4	199.6	257.8	-39.9	0.440
5	3.0	1.5	202.6	246.7	-42.5	0.500
6	0.0	0.0	190.3	237.7	-47.3	
7	1.2	0.6	183.8	242.5	-58.2	0.500
8	23.1	12.4	166.4	216.4	-39.3	0.537
9	89.8	36.2	155.1	226.9	-18.2	0.403
10	175.8	69.9	187.0	255.5	37.4	0.398
11	248.7	128.2	245.0	297.9	67.6	0.515
12	333.6	102.2	245.9	334.4	142.8	0.306
年	120.4	44.5	206.0	269.0	12.9	0.421

变化的幅度不同。上午辐射通量随太阳高度的增大而增大，正午达到最大值，午后逐渐降低，而且变化曲线是连续闭合的，没有明显的转折点。从净辐射的日变化图还可以看出，夏半年(10~3月)净辐射为正值，表示地面获得热量，冬半年(4~9月)净辐射为负值，表示地面失去热量。

反射率的日变化：从图7还可以看到，反射率也有明显日变化特征，随太阳高度降低而增大，但在中午时段反射率变化很小，接近常数。

5.3 湍流通量特征

与表2相同，表3也是根据10分钟的观测结果

统计得到的动量、感热、潜热和 CO_2 通量的月平均和年平均值。由表3可以看出，中山站平均动量通量在 $0.10\sim0.33\text{ N/m}^2$ 之间变化，年平均动量通量为 0.219 N/m^2 。感热通量10~2月为正值，表明夏季地表向大气输送热量，3~9月为负值，表明冬季地表又以感热方式从大气获得热量。夏季1月感热通量达到正的最大值为 98.7 W/m^2 ，冬季7月感热通量达到负的最大为 -34.1 W/m^2 。感热通量年平均值为 1.9 W/m^2 ，表明感热输送将使地面损失热量。潜热通量月平均值都为正值，年平均为 11.2 W/m^2 。总体而言，地面通过湍流交换方式向

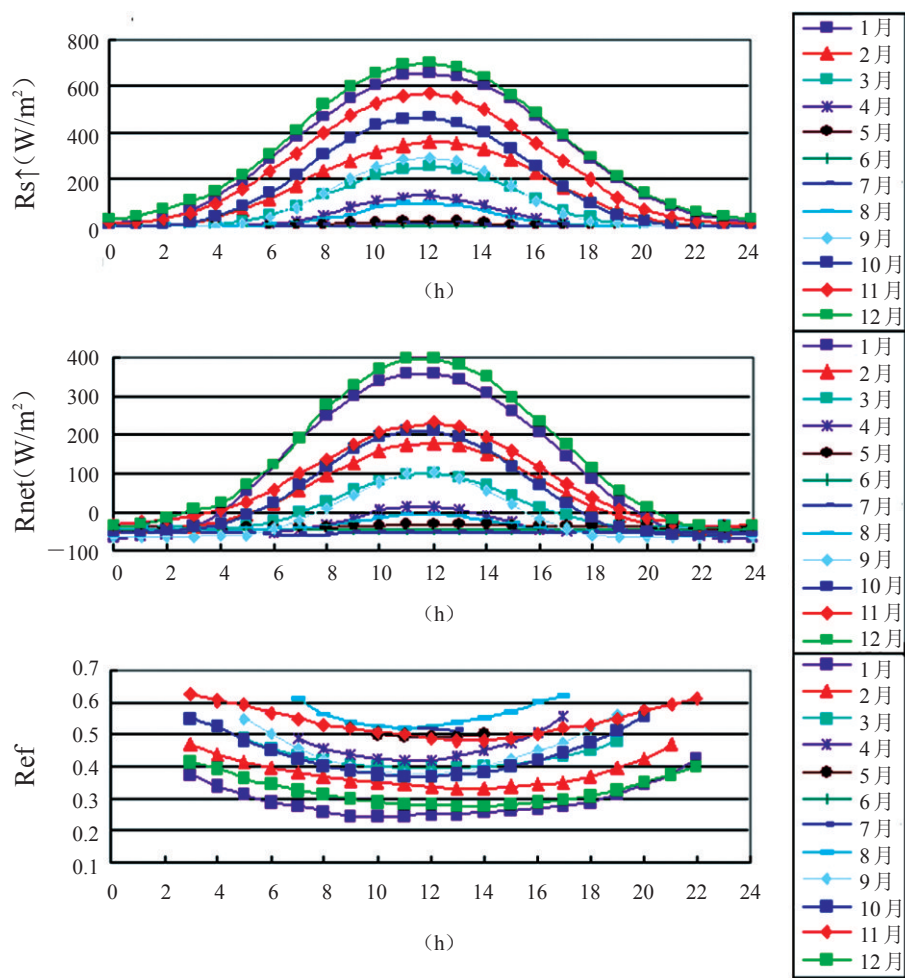


图7 月平均总辐射(R_s)、净辐射(R_{net})和反射率(Ref)的日变化

表3 月平均动量、感热、潜热和CO₂ 通量

月	Fm	Fh	Fe	Fc
1	0.102	98.7	12.8	-0.009
2	0.293	16.6	21.3	-0.043
3	0.269	-1.6	12.3	-0.03
4	0.307	-23.1	6.4	-0.023
5	0.143	-20	5.3	-0.009
6	0.208	-20.8	3.4	-0.026
7	0.328	-34.1	6.6	-0.04
8	0.166	-16.6	1.9	-0.02
9	0.179	-18.4	3.9	-0.025
10	0.188	2	7.7	-0.045
11	0.228	3.2	21.5	-0.064
12	0.22	36.8	31.1	-0.043
年	0.219	1.9	11.2	-0.031

大气输送热量。

从表3 还可以看到各个月的CO₂ 通量都为负值, 表明中山站对大气CO₂而言是汇。1 月份 CO₂ 通量最小为-0.009 mg/m², 11 月 CO₂ 通量最大为0.064 mg/m², 年平均CO₂ 通量为-0.031 mg/m²。

5.4 地面热平衡

地表能量平衡可表示为:

$$R_{net} = F_h + F_e + F_g + \text{thaw} \quad (4)$$

式中 F_{net} 是净辐射, F_h 是感热输送项, F_e 是潜热输送项, $F_g + \text{thaw}$ 是地中热交换项和融雪耗能。本次实验中 F_{net} 、 F_h 、 F_e 为实测值, 由于中山站地面是沙石结构, 地热通量 $F_g + \text{thaw}$ 没有观测。卞林根等^[7]研究表明, 中山站地中热交换 F_g 在能量平衡中是小量, 年平均值为仅 0.3 W/m^2 。

图8是月平均净辐射、感热、潜热、地热交换(融雪耗能)通量的月变化情况, 从图8可以看出, 1月份中山站处于极昼后期, 地面积雪已被融化殆尽, 净辐射和感热通量都很大且为正值, 感热通量达到全年的最高点(98.7 W/m^2), 净辐射达到全年的次高点, 表明地面吸收大量的净辐射能, 大部分以感热方式输送给了大气, 只有一小部分通过地中热交换存储于地下。2~3月净辐射和感热

通量迅速下降且都变成了负值, 表明地表辐射冷却强烈, 但也同时得到来自大气的感热补充。4~6月净辐射和感热通量变化不大, 但到了极夜又加速下降, 7月净辐射和感热通量到了全年的最低点(净辐射 -58.2 W/m^2 , 感热 -34.1 W/m^2), 然后持续回升直到9月中旬净辐射变为正值, 且迅速上升, 此时感热和潜热并不大, 表明大量的净辐射能消耗在了融雪上。11~12月地面积雪逐步融化, 地面温度升高, 感热输送也得到加强, 1月达到全年最高点。

综上所述, 中山站夏半年特别是极昼期间地面吸收大量的辐射能大部分消耗于融雪或以感热和潜热方式加热大气, 另一小部分通过地中热交换存储于地下。冬半年地表持续辐射冷却失去大量热能, 但同时也从大气获得一部分感热来补充。另外, 潜热输送在中山站能量平衡中占的比重并不大, 年变化很小。

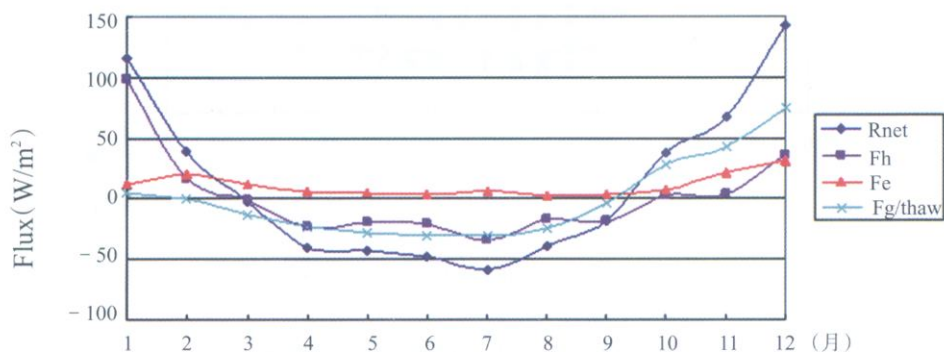


图8 净辐射、感热、潜热和地热(融雪)通量的月变化

6 结语

极区通量观测系统在国际极地年全球协同观测期间, 从2007年12月~2009年2月, 在南极中山站进行了连续14个月的观测无故障, 获得了一个完整年的大气动量、感热、潜热、 CO_2 和辐射通量的直接观测资料。资料分析表明:

(1) 中山站年均总辐射通量为 120.4 W/m^2 , 12月份极昼期间总辐射通量最大, 月平均值达到 333.6 W/m^2 。总辐射通量随太阳高度的增大而增大, 正午达到最大值, 午后逐渐降低, 日变化曲线接近二项分布。

(2) 中山站年均净辐射通量为 12.9 W/m^2 , 夏半年(10~3月)净辐射通量为正值, 表示地面获得热量, 冬半年(4~9月)净辐射为负值, 表示地面失去热量。净辐射和总辐射日变化趋势基本一致, 差别仅在于变化的幅度不同。

(3) 中山站年均地表反射率为0.421, 夏季1月份地表反射率最小, 月平均值为0.269, 8月份反射率最大, 月平均值为0.537。地表反射率也有明显日变化特征, 随太阳高度降低而增大, 但在中午时段反射率变化很小, 接近常数。

(4) 感热通量与净辐射类似, 夏半年(10~2月)为正值, 冬半年(3~9月)为负值, 年平均为 2 W/m^2 。潜热通量全年都为正值, 年平均为 11.1 W/m^2 。总

体而言,感热和潜热输送是地表向大气输送热量。

(5) 观测得到的 CO_2 通量全为负值,年平均为 -0.031 mg/m^2 ,表明南极中山站是 CO_2 汇。

(6) 能量平衡分析表明:中山站夏半年特别是极昼期间地面吸收大量的辐射能大部分消耗于融雪或以感热和潜热方式加热大气,另一小部分通过地中热交换存储于地下。冬半年地表持续辐射冷却失去大量热能,但同时也从大气获得一部分感热来补充。潜热输送在中山站能量平衡中占的比重并不大,年变化很小。

致谢:感谢中国第24、25次南极考察队全体队员对我们现场工作的大力支持。

参考文献:

- [1] Chao Jiping, John A Y. Air-sea interaction in Tropical Western Pacific[M], Proceedings of US-PRC International TOGA Symposium 1988, Beijing, China Ocean Press, 1990, 3-14.
- [2] IGBP towards global sustainability[M], IGBP Science Series, 2001, 4: 27-29.
- [3] 于贵瑞,张雷明,孙晓敏,等. 亚洲区域陆地生态系统碳通量观测研究进展[J], 中国科学(D辑), 2004, 34(增刊II): 15-29.
- [4] 胡隐樵,近地面层湍流通量观测误差的比较[J], 大气科学, 1990, 14(2): 215-224.
- [5] Swinbank W C. The measurement of vertical transfer of heat and water vapor by eddies in the lower atmosphere[J]. Journal of Meteorology, 1951, 8: 135-145.
- [6] 卞林根,薛正夫,逯昌贵等,拉斯曼丘陵的短期气候特征[J]. 极地研究, 1998, 10(1): 37-46.
- [7] 卞林根,贾朋群,陆龙骅等,南极中山站1990年地表能量通量变化的观测研究[J], 中国科学(B辑), 1992, 11: 1224-1232.

A polar regions flux observation system and its application in the IPY global coordinated observation

Li Shi-min¹, Wang Xian-qiao¹, Zhou Ming-yu¹, Xue Feng², Li Bing-rui², Wang Shu-dong³

(1. National Marine Environmental Forecasting Center, Beijing 100081 China; 2. Polar Research Institute of China, Shanghai 200136 China; 3. Institute of Atmospheric physics, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100029)

Abstract: A polar regions flux observation system is introduced in this paper. The system worked continuously for 14 months at ZhongShan Station in Antarctica during International Polar Year (IPY) global coordinated observation. The results show that the annual average net radiation flux is 12.9 w/m^2 at ZhongShan Station. The value of average sensible heat flux in summer halfyear (from October through February) is positive whereas negative in winter halfyear (from March through September) and the annual average sensible heat flux is 1.9 w/m^2 . The values of average latent heat flux in summer and winter are both positive and the annual average latent heat flux is 11.2 w/m^2 . As a whole the ground surface obtains energy by means of net radiation and transfers energy to the atmosphere by means of sensible heat flux and latent heat flux. The observing value of CO_2 flux is negative which means ZhongShan Station in Antarctica is a CO_2 sink region.

Key words: IPY, Antarctica, atmospheric boundary layer, solar radiation, heat flux, CO_2 flux.