第 46 卷 第 4 期　　天 文 学 报　　Vol.46 No.4
2005 年 10 月　　ACTA ASTRONOMICA SINICA　　Oct., 2005

大气对地球自转变化的影响 — 方法和数据的深入分析*

闫昊明　钟 敏　朱耀仲

(中国科学院测量与地球物理研究所动力大地测量学重点实验室 武汉 430077)

摘要　大气相对固体地球的运动产生大气相对角动量，它的变化可以激发地球自转多时间尺度的变化. 计算大气相对角动量现在采用两种不同的垂直积分高度，一种为从地形表面积分到顶层大气，称之为 SP 方法；另一种为从 1000 hPa 积分到顶层大气，称之为 BP 方法，对采用这两种方法所得到的大气相对角动量进行了详细的比较. 应用欧洲中距气象预报中心 (ECMWF) 和美国国家环境预报中心 (NCEP) 大气再分析数据，重新研究了大气相对角动量变化的时空特征. 通过对大气相对角动量季节平均，季节振幅和时空特征的分析，得出 ECMWF 和 NCEP 的大气相对角动量变化对地球自转周年极移的影响，在亚洲季风区域和南极洲区域差别最为明显.

关键词 **地球自转**，**大气相对角动量**， BP **方法**， SP **方法**

中图分类号： P 127;　　**文献标识码**： A

1 引言

大气运动激发地球自转的变化. 目前全球定位系统 (GPS) 、甚长基线干涉 (VLBI) 和人卫激光测距 (SLR) 等空间技术观测极移的精度达到了 0.1 mas (或 4.8×10^{-10} rad), 观测日长变化的精度达到了 20 μs (或 2.3×10^{-10} rad). 由于数值气象预报的发展，对大气角动量 (AAM) 的研究已经比较成熟，可以利用四维 (空间和时间) 全球大气同化数据来计算全球大气角动量的变化 [1−4]. 然而，利用全球 4 个主要的气象数据中心 (美国国家环境预报中心 NCEP 、欧洲中距气象预报中心 ECMWF 、英国气象局 UKMO 、日本气象局 JMA) 的大气四维数据，所计算得到的大气相对角动量变化却存在明显的差别 [5].

AAM 具有 3 个分量：其中一个是激发地球自转速率变化 (或日长变化) 的轴向分量，另外两个是激发极移的赤道分量. 而每个分量都包括大气质量再分布 (气压项) 和大气相对运动 (风项) 的影响，分别称为大气行星角动量和大气相对角动量 [6,7]. Eubanks 等 [8] 发现， NCEP 和 JMA 的大气行星角动量的赤道分量高度相关 (相关系数为 0.9), 但大气相对角动量的赤道分量相关系数只有 0.4. UKMO 的结果与 NCEP 和 JMA 的结果也存在类似的差异 [9]. Eubanks 等 [8] 认为，这些差异主要来自两个方面：一方面是南

2004-10-22 收到原稿， 2005-01-10 收到修改稿

* 国家自然科学基金 (40474029 、 40474010)、地球空间环境与大地测量教育部重点实验室开放基金、中科院动力大地测量学重点实验室基金资助项目

太平洋区域的观测数据不足；另一方面源于各个气象中心采用不同的数值同化方法. 此外，采用 NCEP 和 JMA 数据计算大气相对角动量时，所采用的垂直积分区域也存在差别. 利用 NCEP 数据计算大气相对角动量时，从底层的气压面 (1000 hPa) 积分到顶层的气压面 (称为 BP 方法); 而利用 JMA 数据时，则从地形表面积分到顶层的气压面 (称为 SP 方法). Aoyama 等 [10] 的研究结果表明，利用 BP 和 SP 方法计算所得到的大气相对角动量的差别，主要体现在赤道分量上，对轴向分量几乎没有影响 (对日长变化的主要贡献是 500 hPa 以上风). Aoyama 等 [10] 还指出，即使使用相同的积分方法，利用 NCEP 和 JMA 数据计算所得到的大气相对角动量赤道分量，依旧存在明显的差别，从而说明 NCEP 和 JMA 大气数据本身也存在差别.

为了更好地理解 BP 和 SP 两种方法的区别，以及不同气象数据中心数据的差别，我们应用 ECMWF 最新的 40 年再分析数据和 NCEP 的再分析数据，对大气相对角动量进行时空变化的分析.

2　基本理论和数据

2.1　基本理论

为了研究大气对地球自转变化的影响，一般将大气角动量无量纲化，称为大气角动量函数 (为了方便，以下我们仍称它为大气角动量), 如下面公式所示 [6,7]:

$$\chi^p = \chi_1^p + i\chi_2^p = \frac{-1.098a^4}{(C-A)g}\int_{\phi_1}^{\phi_2}\int_{\lambda_1}^{\lambda_2} p_s \sin\phi\cos^2\phi e^{i\lambda}\mathrm{d}\lambda\mathrm{d}\phi\,,$$

$$\chi^w = \chi_1^w + i\chi_2^w = \frac{1.5913a^3}{\Omega(C-A)g}\int_{\phi_1}^{\phi_2}\int_{\lambda_1}^{\lambda_2}\int_{p_1}^{p_2}(u\sin\phi\cos\phi e^{i\lambda} + iv\cos\phi e^{i\lambda})\mathrm{d}\lambda\mathrm{d}\phi\mathrm{d}p\,,$$

$$\chi_3 = \chi_3^p + \chi_3^w = \frac{0.753a^4}{gC_m}\int_{\phi_1}^{\phi_2}\int_{\lambda_1}^{\lambda_2} p_s\cos^3\phi\mathrm{d}\lambda\mathrm{d}\phi + \frac{0.998a^3}{g\Omega C_m}\int_{\phi_1}^{\phi_2}\int_{\lambda_1}^{\lambda_2}\int_{p_1}^{p_2} u\cos^2\phi\mathrm{d}\lambda\mathrm{d}\phi\mathrm{d}p\,.$$

这里， χ_1^p 、 χ_2^p 、 χ_3^p 分别是大气行星角动量的两个赤道分量和一个轴向分量； χ_1^w 、 χ_2^w 、 χ_3^w 分别是大气相对角动量的两个赤道分量和一个轴向分量； Ω 、 g 和 a 分别为地球自转角速度、地球重力加速度和地球的平均半径； C 和 A 为地球轴向和赤道的主惯量； C_m 为地球地幔主惯量； ϕ 和 λ 为纬度和经度； p 是标准气压层； u 和 v 分别为东向和北向风速； p_s 为表面气压. 详细内容见文 [6,7,10].

2.2　数据

NCEP 再分析数据来自 NOAA-CIRES 气象诊断中心, 可以从 http://www.cdc.noaa.gov 获得. 其中, 海平面气压数据是全球 2.5° ×2.5° 经纬网格, 风和地势高数据是 2.5° ×2.5° ×17 层, 垂直的 17 层是从 1000 hPa 到 10 hPa 的标准气压层. ECMWF 数据来自 ERA-40, 可以从 http://data.ecmwf.int 获得. 其中，海平面气压数据是全球 2.5° ×2.5° 经纬网格，风和地势高数据是 2.5° ×2.5° ×23 层，垂直的 23 层是从 1000 hPa 到 1 hPa 的标准气压层. 这两套数据都以月均值给出，时间长度从 1980 年 1 月到 2001 年 12 月.

为了与大气角动量函数比较，我们将极移和日长变化转化为无量纲的测地激发函数 (包括赤道和轴向分量). 地球自转的数据源于 SPACE2002[11]. 其中，将极移转换成测地

激发函数时，采用了文 [12] 中的离散公式 (4a). 在本文的分析中，我们把每天 2 次的地球自转数据 (SPACE2002) 进行了简单平均，得到从 1980 年 1 月到 2001 年 12 月的月均值.

大气行星角动量气压项的计算，需要考虑大气与海洋的相互作用. 这里采用了两种假设，一为反变气压计 (IB) 假设，海洋对大气压变化进行均衡响应，即大气压增加 (减少)1 hPa, 海面降低 (升高)1 cm. 另一为非反变气压计 (NIB) 假设，即把海洋当成一个固体的表面. 在应用 ECMWF 和 NCEP 再分析数据重新计算 AAM 时，我们采用了全球 $5' \times 5'$ 网格地形数据 ETOPO5 作为基本数据，采用区域平均的方法从 ETOPO5 中得到了全球 2.5° ×2.5° 的地形网格数据，并以此作为海陆边界的划分依据和 SP 方法中网格点的实际地形高度. 在用 SP 方法计算 AAM 时，实际计算中所需要的表面气压依据流体静力平衡方程，从 2.5° ×2.5° 网格的地形，海平面气压和地势高数据，通过非周期的 3 次样条插值方法获得. 此后，在本文中计算的 ECMWF 和 NCEP 的大气相对角动量，采用 SP 方法的标注为 $\chi^{\mathrm{E,SP}}_{1,2,3}$ 和 $\chi^{\mathrm{N,SP}}_{1,2,3}$, 用 BP 方法的标注为 $\chi^{\mathrm{E,BP}}_{1,2,3}$ 和 $\chi^{\mathrm{N,BP}}_{1,2,3}$.

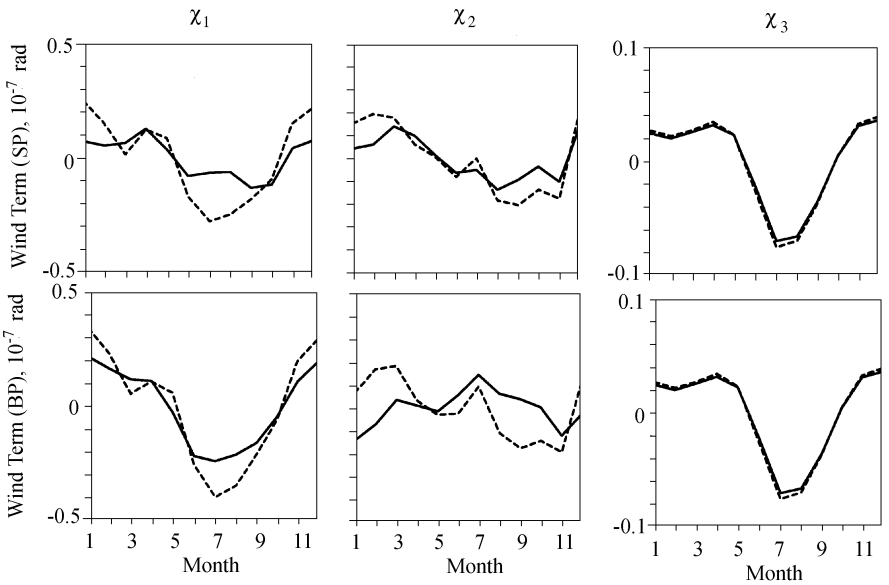

图 1 采用 SP 和 BP 方法分别计算的大气相对角动量 3 个分量的季节平均 (1980—2001 年). 实线和虚线分别为 NCEP 和 ECMWF 的结果.

Fig. 1 Three seasonal patterns of relative atmospheric angular momentum (AAM) calculated by using SP and BP method respectively during 1980-2001. The solid line and dashed line denote NCEP and ECMWF results respectively.

3 结果和讨论

3.1 季节模式

图 1 给出了 ECMWF 和 NCEP 大气相对角动量的季节平均结果. 从图中可见，对于赤道分量 χ_1 和 χ_2, 无论采用何种方法， ECMWF 和 NCEP 大气相对角动量之间存在

明显地不同，说明二者原始数据存在差别. 对同一大气数据 (ECMWF 或 NCEP), 采用不同方法 (SP 或 BP) 计算的大气赤道相对角动量也有不同，但 ECMWF 结果的差异较小.

在轴向分量 χ_3 上， ECMWF 和 NCEP 的结果几乎是一样的，说明二者在轴向分量上符合得非常好. 不过从表 1 的数值结果可以看到， ECMWF 和 NCEP 大气相对角动量 $\chi_3^{\mathrm{E,BP}}$ 和 $\chi_3^{\mathrm{N,BP}}$ 在周年振幅上还存在 6% 的差别. $\chi_3^{\mathrm{E,SP}}$ 和 $\chi_3^{\mathrm{N,SP}}$ 也存在类似的差异.

对于大气行星角动量， ECMWF 和 NCEP 的结果非常接近，且大气行星角动量与大气相对角动量具有反相的特征 (图略).

表 1　周年振幅和位相 (1980—2001), 位相的参考时刻为 1980 年 1 月. 误差项为最小二乘拟合误差

Table 1　Annual amplitudes and phases (1980-2001), the phases are defined to January 1, 1980. The errors are the least squares fitting errors.

Term	χ_1		χ_2		χ_3	
	Amp.$\times10^{-8}$	Phase(°)	Amp.$\times10^{-8}$	Phase(°)	Amp.$\times10^{-9}$	Phase(°)
NIB-Pressure						
ECMWF	10.20±1.02	212±1	21.51±0.58	170±2	0.62±0.05	238±1
NCEP	10.24±0.99	212±1	20.72±0.57	170±2	0.65±0.05	236±1
IB-Pressure						
ECMWF	3.45±0.23	182±3	14.85±0.30	178±1	0.43±0.03	207±1
NCEP	3.38±0.21	179±4	14.14±0.29	177±1	0.52±0.03	208±1
Wind (1000-10 hPa)						
ECMWF(BP)	3.19±0.29	21±2	1.40±0.28	73±6	4.82±0.25	32±1
ECMWF(SP)	2.25±0.33	26±3	1.87±0.35	57±2	4.80±0.25	32±1
NCEP(BP)	2.28±0.21	25±2	0.88±0.17	185±9	4.50±0.25	33±1
NCEP(SP)	1.00±0.27	53±2	1.12±0.27	56±3	4.46±0.25	33±1
ECMWF(10-1 hPa)	0.24±0.04	34±2	0.61±0.04	221±0	0.26±0.02	203±2
NIB-Pressure + Wind (1000-10 hPa)						
ECMWF(BP)	6.79±1.04	217±1	21.74±0.59	168±2	4.02±0.25	29±1
ECMWF(SP)	7.66±1.06	214±2	21.18±0.59	167±3	4.01±0.25	29±1
NCEP(BP)	7.96±1.01	214±1	21.58±0.61	170±2	3.91±0.26	30±1
NCEP(SP)	9.28±1.01	209±2	20.31±0.57	167±3	3.87±0.26	30±1
IB-Pressure + Wind (1000-10 hPa)						
ECMWF(BP)	1.18±0.22	103±18	14.95±0.39	175±2	4.15±0.25	34±1
ECMWF(SP)	1.58±0.05	141±16	14.37±0.40	174±2	4.13±0.25	34±1
NCEP(BP)	1.70±0.04	141±13	15.02±0.36	178±2	3.99±0.26	34±1
NCEP(SP)	2.92±0.18	162±7	13.61±0.35	173±2	3.94±0.26	34±1
Geodetic						
Observation	3.57±0.42	68±3	10.50±0.19	150±4	4.01±0.38	30±1

3.2 谐波、相关分析

表 1 给出了由最小二乘方法得到的 AAM 周年的振幅和位相. 应用最小二乘求解周年振幅和位相时，采用了传统的余弦函数为基函数，以 1980 年 1 月作为相位角的参考

点，并用贝叶斯扩展的最小信息准则 (简称 BIC 准则 [13]) 进行多项式拟合，以便去掉长期项的影响. ECMWF 和 NCEP 大气行星角动量的周年振幅和相位比较一致，除了轴向分量 (IB) 的周年振幅有 20% 的差别外，其他的差别很小.

对于大气赤道相对角动量 (1000—10 hPa), 无论选择相同的积分方法以及不同的大气数据，还是采用相同的大气数据以及不同的积分方法，振幅和位相的差异都比较明显. 一方面说明 ECMWF 和 NCEP 的大气数据存在差别，另一方面也说明积分方法对计算大气赤道相对角动量具有明显的影响. 对大气相对角动量的轴向分量来讲，积分方法之间的差异几乎是可以忽略的，这也说明了日长变化主要是受高空 (500 hpa 以上) 纬向风的影响，积分方法不影响其最后结果. 如不考虑 10—1 hPa 风的作用，NCEP 轴向 AAM 已经完全与激发结果吻合；但如果考虑到 10—1 hPa 风的作用，可以看到，还是 ECMWF 的轴向 AAM 更接近激发结果.

对于总的 AAM (气压 IB 项和风项的和), 其赤道分量与测地激发的结果存在明显差异, 此差异的部分原因是没有考虑海洋和陆地水等激发源的影响. Ponte 等 [14] 给出了海洋赤道角动量周年分量为 $(1.44\times10^{-8}, 15.2^\circ)$ 和 $(5.77\times10^{-8}, 17.3^\circ)$, 而 Gross[15] 应用最新的海洋模式 ECCO 计算的海洋赤道角动量周年分量为 $(1.7\times10^{-8}, 4.7^\circ)$ 和 $(4.8\times10^{-8}, 18.7^\circ)$. 钟敏等 [16] 得到的海洋赤道角动量的周年分量为 $(2.20\times10^{-8}, 23^\circ)$ 和 $(1.50\times10^{-8}, 81^\circ)$. 从这几个海洋角动量的结果不难看出，海洋的贡献不可忽略. 对于全球陆地水的影响，闫昊明等 [17] 也进行了比较详细地讨论，其不确定性非常显著. 值得注意的是，我们应用最小二乘方法得到的周年振幅和位相是 1980—2001 年之间的平均结果. 如果采用小波振幅谱方法 [18], 可以得到周年振幅随时间的变化 (图略). 此时，会发现周年振幅的变化也是非常明显的，所以对于不同的时间段来讲，可以得到不同的平均振幅. 因此，用最小二乘方法得到的周年振幅来比较结果的好坏，只能反映出平均状态的结果.

此外，我们对 NCEP 和 ECMWF 的大气赤道相对角动量的时间序列做了相关分析 (表 2). 从表 2 中可以看出，对 ECMWF 而言， SP 与 BP 方法的结果具有很好的相关性，说明对 ECMWF 数据， SP 和 BP 方法得到结果的差别小于 NCEP 数据. 这一点也可以从方差的角度来证明. $\chi_1^{\mathrm{E,SP}}$ 可解释 $\chi_1^{\mathrm{E,BP}}$ 方差的 87.8%, $\chi_1^{\mathrm{N,SP}}$ 可解释 $\chi_1^{\mathrm{N,BP}}$ 方差的 60.9%; $\chi_2^{\mathrm{E,SP}}$ 可解释 $\chi_2^{\mathrm{E,BP}}$ 方差的 92.9%, $\chi_2^{\mathrm{N,SP}}$ 可解释 $\chi_2^{\mathrm{N,BP}}$ 方差的 67.6%.

表 2 NCEP 和 ECMWF 大气相对角动量赤道分量的相关系数 (E 代表 ECMWF, N 代表 NCEP)

Table 2 Correlation coefficients of equatorial relative angular momentum calculated from NCEP and ECMWF data (E and N denote ECMWF and NCEP, respectively)

Term	$\chi_1^{\mathrm{E,BP}}$	$\chi_1^{\mathrm{N,BP}}$	$\chi_1^{\mathrm{E,BP}}$	$\chi_1^{\mathrm{E,SP}}$	$\chi_2^{\mathrm{E,BP}}$	$\chi_2^{\mathrm{N,BP}}$	$\chi_2^{\mathrm{E,BP}}$	$\chi_2^{\mathrm{E,SP}}$
	$\chi_1^{\mathrm{E,SP}}$	$\chi_1^{\mathrm{N,SP}}$	$\chi_1^{\mathrm{N,BP}}$	$\chi_1^{\mathrm{N,SP}}$	$\chi_2^{\mathrm{E,SP}}$	$\chi_2^{\mathrm{N,SP}}$	$\chi_2^{\mathrm{N,BP}}$	$\chi_2^{\mathrm{N,SP}}$
Correlation Coefficients	0.954	0.861	0.821	0.812	0.968	0.843	0.750	0.853

3.3 空间特征

对于同一大气数据，采用 SP 和 BP 方法计算的大气相对角动量在空间分布上会存在差异，这种差异主要存在于山区. 对于采用 ECMWF 大气数据计算的大气相对角动量，积分方法造成的空间分布差异在青藏区域和南极区域有相互抵消的趋势；而采用 NCEP

大气数据计算的大气相对角动量，这种差异空间分布的抵消趋势比较小，因此造成了采用 SP 和 BP 方法计算的 ECMWF 大气相对角动量比较接近，而 NCEP 的结果相差较大的现象.

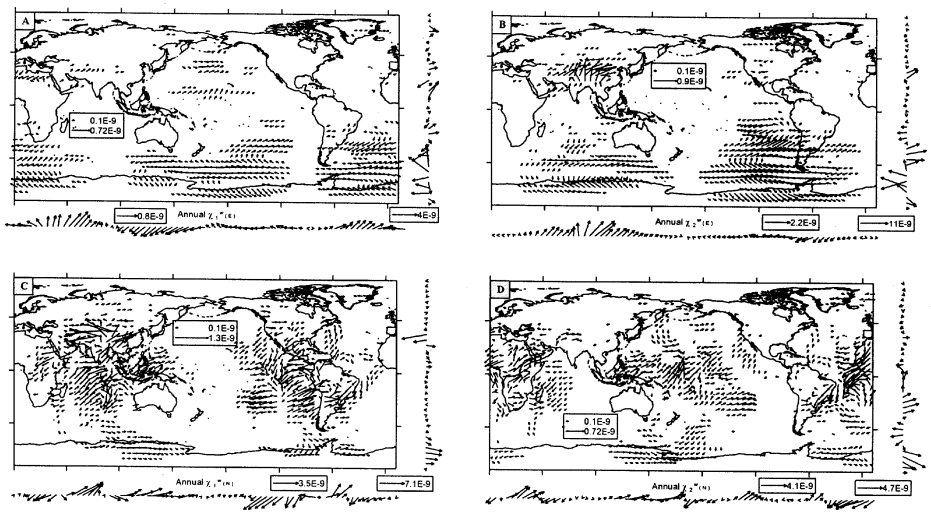

图 2　ECMWF 和 NCEP 相对角动量赤道分量在全球 5° × 5° 网格上的周年变化的差别 (ECMWF(BP)-NCEP(BP)). 箭头长度代表周年振幅，周年位相以东方向为 0° , 逆时针旋转. 每个小图右侧和下面的箭头分别是纬度带和经度带的贡献. 注意：不同意义箭头的比例不同. A) 东向风对 χ_1^w 的贡献； B) 东向风对 χ_2^w 的贡献； C) 北向风对 χ_1^w 的贡献； D) 北向风对 χ_2^w 的贡献.

Fig. 2　The annual differences of equatorial relative AAM (BP method) between ECMWF and NCEP on global 5° × 5° grid. The length and direction of arrow in the figure denote the annual amplitude and phase (east direction is 0° and counterclockwise), respectively. The arrows in the right and below of each subfigure denote the average annual vectors of latitude bands and longitude bands, respectively. Note that different arrows have different scales. A) The contributions of eastward winds to χ_1^w; B) The contributions of eastward winds to χ_2^w; C) The contributions of northward winds to χ_1^w; D) The contributions of northward winds to χ_2^w

图 2 给出了采用 ECMWF 和 NCEP 数据计算的大气赤道相对角动量季节变化 (BP 方法) 在全球 5° ×5° 网格上的差别. 图 2A 和图 2B 给出的是东向风的贡献，图 2C 和图 2D 是北向风的贡献. 图 2 中还给出了东向和北向风在纬度和经度带的贡献. 从图 2A 和图 2B 中可以明显地看出，ECMWF 和 NCEP 东向风贡献的周年差别主要分布在南大洋和南极洲，部分分布在青藏高原区域，且对 χ_2^w 的影响较大. 图 2C 和图 2D 说明北向风贡献的差别几乎是全球性的. 区域差别的空间结构说明 ECMWF 和 NCEP 在原始大气数据上的差别比较明显. 此结果与文 [10] 的结果也具有类似性，从而说明大气再分析数据对气象台站分布的依靠性很强. 图 2A 至图 2D 的全球周年总差别分别为 (8.7×10^{-9}, 148°),(15.1×10^{-9}, 97°), (14.9×10^{-9}, 342°) 和 (14.5×10^{-9}, 359°). 由于总的差异是全球差异的总和，而全球很多区域具有相互抵消的趋势，所以与总差异同位相的区域是对全球结果有影响的区域. 从图 2 中可以看出，此区域主要集中在亚洲季风区域和南极洲区域. 为了更好地表现大气相对角动量的时空特征，我们还应用 EOF 分析方法，对大气相

对角动量时空分布进行了经验正交分解 (图 3). 从图 3 中可以清楚地看出，这两套数据在大尺度的空间分布上非常一致，但区域细节的差别与从图 2 中得出的结论一致，即主要差别在亚洲季风区域和南极洲.

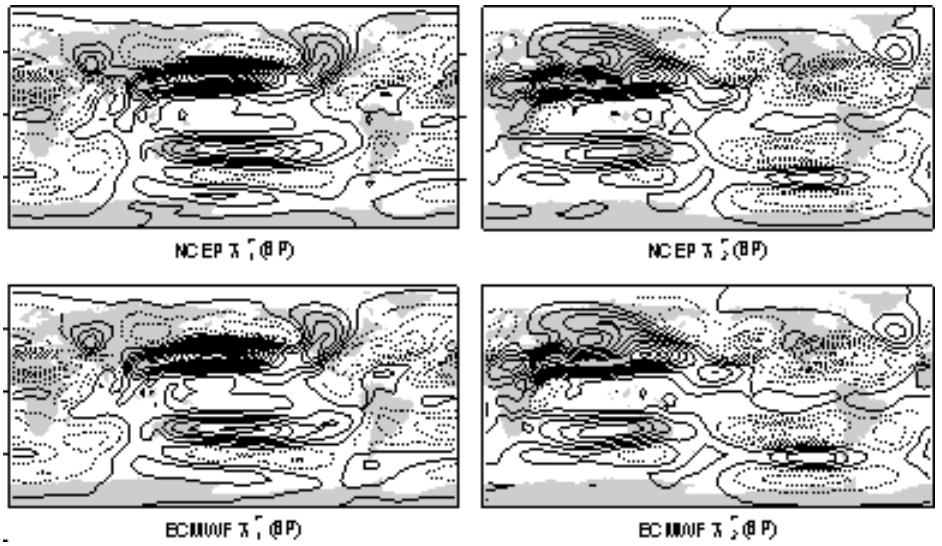

图 3 ECMWF 和 NCEP 大气相对角动量赤道分量的 EOF 分析结果，图中为第一特征值向量 (周年变化). 粗实线为 0, 实线和虚线分为正负区域，等高线间隔 0.01.

Fig. 3 The first eigenvalues (denote annual variations) of EOF analysis for equatorial relative AAM of ECMWF and NCEP. The thick solid line value is 0, while solid line and dashed line denote positive and negative values respectively, and the interval of contour is 0.01.

4 结论

对大气赤道相对角动量的时空变化 (ECMWF 和 NCEP) 进行分析，可以发现， BP 和 SP 方法所得到的大气赤道相对角动量存在差别. 这两种方法对大气行星角动量的影响可以忽略，对轴向相对角动量的影响也可以忽略，但对相对角动量赤道分量的影响比较明显. 通过区域时空特征分析，还可以发现，基于 ECMWF 和 NCEP 再分析数据得到的大气相对角动量的周年变化，在大的空间尺度上特征几乎相同，但空间分布存在细微差别. 这些细小差别主要位于亚洲季风区域和南极洲区域. 正是这些空间细微的差别造成了全球大气相对角动量赤道分量的差异，从而说明 ECMWF 和 NCEP 再分析数据之间存在差别. 通过与文 [10] 的结果比较显示， ECMWF 、 NCEP 与 JMA 的气象数据也存在明显的差别. 到底哪个数据更好，可以在不久的将来利用 GRACE 重力卫星的观测结果为约束，作进一步的研究证明.

参 考 文 献

1 Zhong Min, Yan Hao-ming, Zhu Yao-zhong, et al. ChA&A, 2002, 26: 363

2 Zhong Min, Yan Hao-ming, Zhu Yao-zhong, et al. AcASn, 2002, 43(1): 90 (钟敏，闫昊明，朱耀仲等. 天文学报， 2002, 43(1): 90)

3 Zhou Yong-hong, Zheng Da-wei, Naito I. AcASn, 2000, 41(1): 68 (周永宏，郑大伟，内藤 夫．天文学报， 41(1): 68)
4 Yu N H, Zheng D W. AcASn, 2000, 41(2): 148 (虞南华，郑大伟．天文学报， 41(2): 148)
5 Hide R, Dickey J O, Marcus S L, et al. J Geophys Res, 1997, 102: 16423
6 Barnes R T H, Hide R, White A A, et al. Proc R Soc London Ser A, 1983, 387: 31
7 Eubanks T M. Variations in the orientation of the Earth, in Contributions of Space Geodesy to Geodynamics-Earth Dynamics. In: Smith D E, Turcotte D L ed. Geodyn. Ser., Washington D C: AGU, 1993, 24: 1
8 Eubanks T M, Steppe J A, Dickey J O, et al. Nature, 1988, 334: 115
9 Gross R, Lindqwister. J Geophys Res Lett, 1992, 19: 849
10 Aoyama Y, Naito I. J Geophys Res, 2000, 105: 12417
11 Gross R S. JPL Publication, 2003, 03-011
12 Wilson C R. Geophys J Astron Soc, 1985, 80: 551
13 杨位钦，顾岚．时间序列分析与动态数据建模．北京：北京理工大学出版社， 1988
14 Ponte R M, Stammer D. J Geophys Res, 1999, 104: 23393
15 Gross R S, Fukumori I, Menemenlis D. J Geophys Res, 2003, 108(B8): 2370, doi: 10.1029/2002JB002143
16 钟敏，闫昊明，朱耀仲，等．武汉大学学报 — 信息科学版， 2003, 28(6): 697
17 闫昊明，钟敏，朱耀仲．自然科学进展， 2002, 12(9): 959
18 闫昊明，钟敏，朱耀仲．测绘学报增刊， 2000, 29: 103

Earth's Rotation Variation Excited by Atmosphere — Further Analysis for Method and Data

YAN Hao-ming ZHONG Min ZHU Yao-zhong
(*Key Laboratory of Dynamic Geodesy, Institute of Geodesy and Geophysics, Chinese Academy of Sciences, Wuhan* 430077)

Abstract The atmospheric motion with respect to the solid Earth causes relative atmospheric angular momentum (RAAM), which variation excite the Earth's rotation change at the multi-temporal scales. There are two methods to be applied to compute RAAM. One is the SP method, by which wind contribution on RAAM is integrated from Earth's surface to top pressure level. Another is the BP method, by which the integration is from 1000 hPa to top pressure level. We compare the RAAM difference caused by the two methods in detail, and calculate the RAAM temporal variation and spatial characteristics based on the meteorological reanalysis data coming from the European Center for Medium range Weather Forecast (ECMWF), and the National Centers for Environmental Prediction (NCEP). The results show that the obvious differences between the ECMWF and NCEP RAAM excitations on annual polar wobble are mainly located in the Asian monsoon area and the Antarctic region.

Key words earth rotation, relative atmospheric angular momentum (RAAM), BP method, SP method