第21卷 第3期 空 间 科 学 学 报 Vol.21, No.3
2001 年 7月 CHINESE JOURNAL OF SPACE SCIENCE July, 2001

我国地区 20—80 km 高空大气温度特征*

马瑞平 徐寄遥 廖怀哲
(中国科学院空间科学与应用研究中心 北京 100080)

摘 要

利用 Nimbus-7 卫星 1979—1981 年的平流层和中间层大气温度探测 (SAMS) 数据，首次较全面地分析了我国上空 20—80 km 高度大气温度的分布特征，并与 COSPAR 国际参考大气 CIRA-1986 进行了比较. 结果指出，我国上空大气温度分布与 COSPAR 国际参考大气 CIRA-1986 的纬向平均温度分布存在一定差别，可供航空航天工作者参考.

关键词 中层大气—温度—参考大气

1 引 言

20—80 km 高空的大气温度分布，对运载火箭的飞行安全和准确入轨、导弹的命中精度、卫星和飞船的顺利返回都有非常重要的影响. 我国研制了多种型号的气象火箭，对几个靶场 20 km 以上大气进行了探测，取得了一些宝贵的大气温度、密度、气压和风场资料，但远不能满足航空航天事业和国防建设快速发展的需要. 美国发射的 Nimbus-7 卫星，对中层大气进行遥感，取得了接近全球覆盖的 1978 年底到 1982 年初连续 3 年多的温度探测资料. 我们曾利用这些卫星资料，计算了我国地区 20—80 km 高空风场分布，指出我国上空的风场与国际参考大气 CIRA-1986 的风场分布有显著差别 [1].

本文的目的是充分利用这些卫星资料，分析我国 20—80 km 高空温度分布的一些特征，给出我国上空大气温度与常用的国际参考大气 CIRA-1986 的差别，为航空航天和国防工作者提供参考.

2 数据情况

本文的资料是 WDC-A 提供的 Nimbus-7 卫星的平流层和中间层探测器 (SAMS) 温度网格化数据，纬度为 50°S—67.5°N(间隔 2.5°)，经度为 180°W—170°E(间隔为 10°)，高度从 $z = 1.4$ 到 $z = 13.6$(间隔 0.2)，大约 10—96 km. $z = \ln(P_0/P)$，P 是气压，$P_0 = 1013$ hPa. 时间从 1979 年初到 1981 年底，大约连续探测 3 天停测 1 天. SAMS 是用临边扫描方式探测大气的热辐射和共振辐射，反演出大气温度的垂直分布. Drummod 等 [2] 和 Rodger 等 [3] 分别评述了仪器情况和反演方法. Barntet 和 Corney[4] 讨论了温度的反演精度并

* 国家自然科学基金项目资助 (49874039,49990450)
中国科学院空间天气学开放研究实验室
2000-10-18 收到原稿，2001-05-03 收到修定稿

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

与 Tiros-N 卫星的平流层探测数据及火箭探测数据进行了比较，指出在平流层里，温度之间的差别在 2 K 以内.

图 1 是 1979 年 12 月在昆明基地的 3 发火箭和 1981 年 7 月在酒泉基地的 3 发火箭的测温结果与火箭探测期间利用 Nimbus-7 卫星数据计算的最接近火箭发射地经纬格点的温度垂直分布的比较. 可以看到，除了由于卫星数据垂直分辨率较低，不能反映重力波等引起的小尺度时空变化外，在 45 km 以下，卫星温度与火箭温度基本一致，45 km 以上区域存在一些系统偏差，其原因需要进一步研究. 不过，从总体上看，利用连续 3 年的卫星温度数据得到我国上空 20—80 km 大气温度月平均分布是很有价值的.

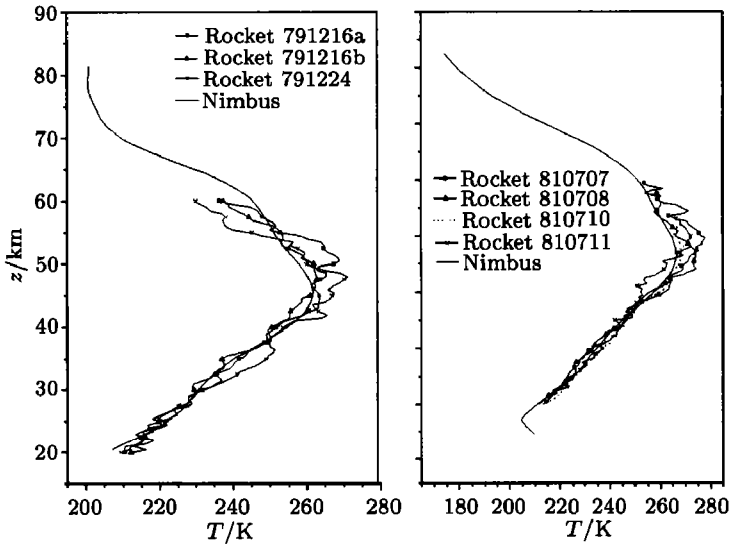


图 1　Nimbus-7 卫星与我国火箭探测温度的比较

Fig.1　Temperature comparisons between the Nimbus-7 and the Chinese rocket measurements

3　结　　果

3.1　月平均温度垂直分布与 CIRA-1986 的比较

利用 1979—1981 年的 Nimbus-7 温度资料，计算了我国上空各月 20—80 km 平均温度随位势高度的分布，位势高度用压高公式计算. 积分下界面的月平均位势高度取自我国气球探空资料. CIRA-1986 是空间研究委员会 (COSPAR) 国际参考大气的最新版本，是在 CIRA-1972 的基础上利用大量新的探测数据，特别是利用了 Nimbus-5 和 Nimbus-6 卫星的多年近全球覆盖的温度遥感数据进行修订产生的. 它以表格的形式，详细地给出了各月从地面到 120 km，从 80°S 到 80°N 各等压面上的温度、风场和位势高度的纬向平均分布；还给出了代表经度变化的波数 1 和波数 2 的温度及位势高度的幅度和相位. 这被国际上广泛采用 [5].

图 2 是我国中部经度 (110°E) 温度垂直分布与 CIRA-1986 的比较. 纵坐标是位势高度，横坐标是温度，实线是 CIRA-1986 的纬向平均，点线是从 CIRA-1986 考虑了波数 1

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

和波数 2 影响后计算的相应经度 (110°E) 上的温度垂直分布，所用公式为

$$T = T_0 + T_1 \cos(\lambda - \phi_1) + T_2 \cos(2\lambda - \phi_2).$$

式中，T_0 是纬向平均温度，T_1 、T_2 和 ϕ_1 、ϕ_2 分别是波数 1 和波数 2 的幅度和相位角，λ 是经度. 1 、4 、7 月分别代表冬季，春秋季和夏季，20°N 代表我国南部，50°N 代表我国北部. 位势高度的修正公式为

$$H = H_0 + H_1 \cos(\lambda - \varphi_1) + H_2 \cos(2\lambda - \varphi_2).$$

式中，H_0 是纬向平均位势高度，H_1 、H_2 和 φ_1 、φ_2 分别是波数 1 和波数 2 的位势高度幅度和相位角.

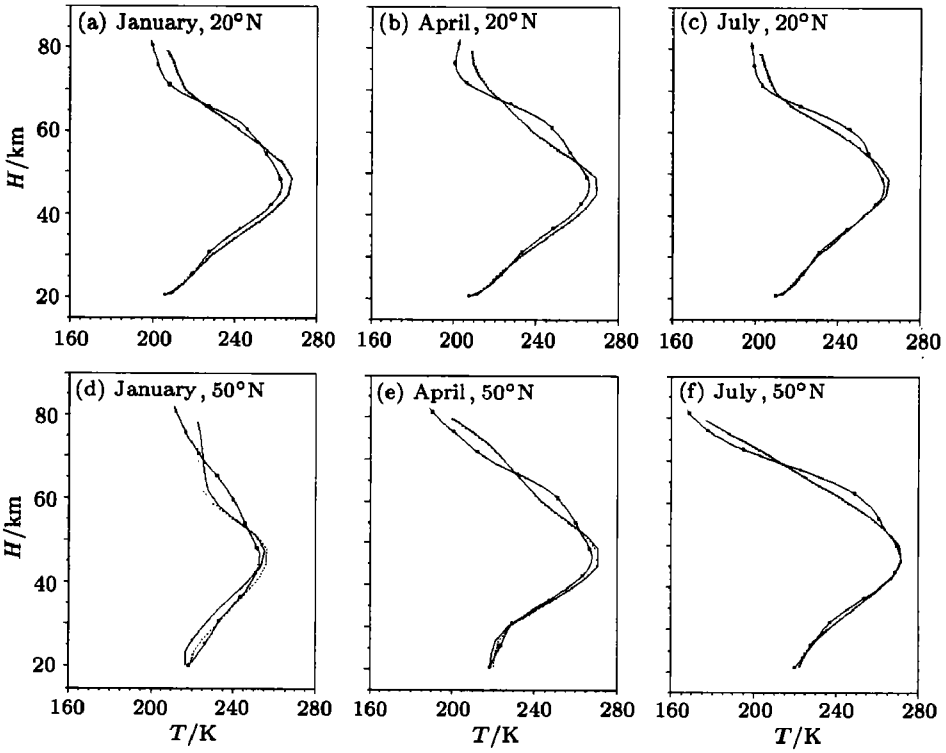


图 2 我国中部经度 110°E 的月平均温度与 CIRA-1986 的比较
—●— CHINA (110°E) - - - - CIRA-1986 (110°E) —— CIRA-1986 (Zonal mean)
Fig.2 Temperature comparisons between Chinese area (110°E) and CIRA-1986

从图 2 可以看到，在 50 km 以下的平流层里，我国地区 (110°E) 与 CIRA-1986 的纬向平均温度差别在 8 K 以下，1 月最大，4 月次之，7 月很小；波数 1 和波数 2 对纬向平均温度的修正在 1 月份的 50°N 有明显作用，在 40 km 以下，能显著减小我国地区 (110°E) 与 CIRA-1986 的差别；对其他月份和纬度的修正不明显. 在 50 km 以上的中间层里，我国地区 (110°E) 与 CIRA-1986 中的纬向平均温度差别较大，最大可达 13 K 左右，不同月份和纬度都有明显的差别；60 km 附近我国地区温度偏高，70 km 以上温度偏低. 波数 1 和波数 2 对纬向平均温度的修正不明显.

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

图 3 是利用 3 年的 Nimbus-7 数据计算的 1 月份 50°N 温度距平的位势高度-经度剖面图. 可以看到非常明显的定常行星波特征，波数 1 为主，幅度达 10 K 以上. 我国地区，50 km 以下的温度高于纬向平均， 50 km 以上低于纬向平均，与图 2 的结果基本一致.

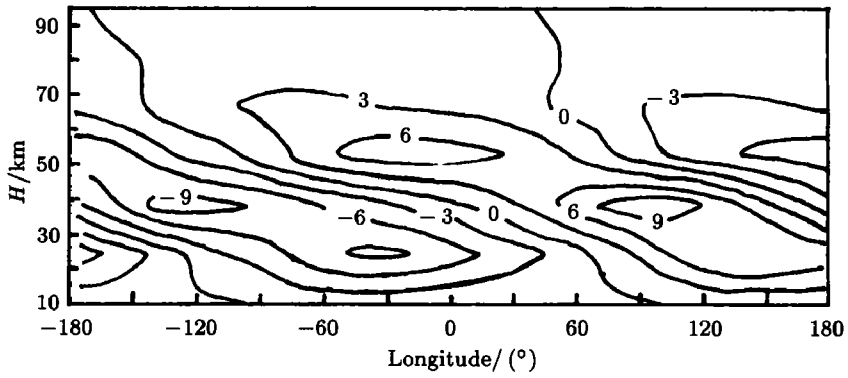


图 3　1 月份 50°N 温度距平 (度) 的位势高度-经度分布

Fig.3　The geopotential height-longitude distribution of the residue of zonal mean temperature

3.2　我国地区月平均温度的经度差别

我国地区 20—80 km 大气温度是否也受青藏高原等特殊地理条件的影响，是人们十分关心的事. 为此，我们利用 1979—1981 年的 Nimbus-7 温度数据，分析了 20°N 、 30°N 、 40°N 和 50°N 各纬度上，我国东部 130°E 与西部 75°E 月平均温度之差 ($T_{130°E} - T_{75°E}$). 图 4 给出了 1 、 4 、 7 月份月平均温度之差的分布. 可以看到， 1 月份温度之差最大，有的高度上超过 8 K,4 月次之， 7 月最小，不超过 2 K. 高纬差别明显大于低纬，温度之差的大小和符号随高度变化.

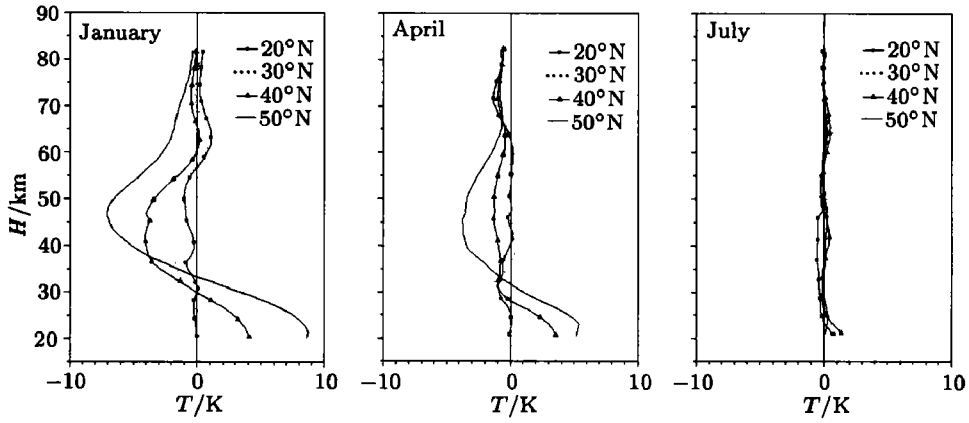


图 4　130°E 与 75°E 的月平均温度之差的垂直分布

Fig.4　Vertical profiles of monthly mean temperature difference between 130°E and 75°E

3.3　温度随时间的变化

月平均温度存在季节变化，也存在逐年变化. 图 5 给出了 1979—1981 年 1 月份和 7

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

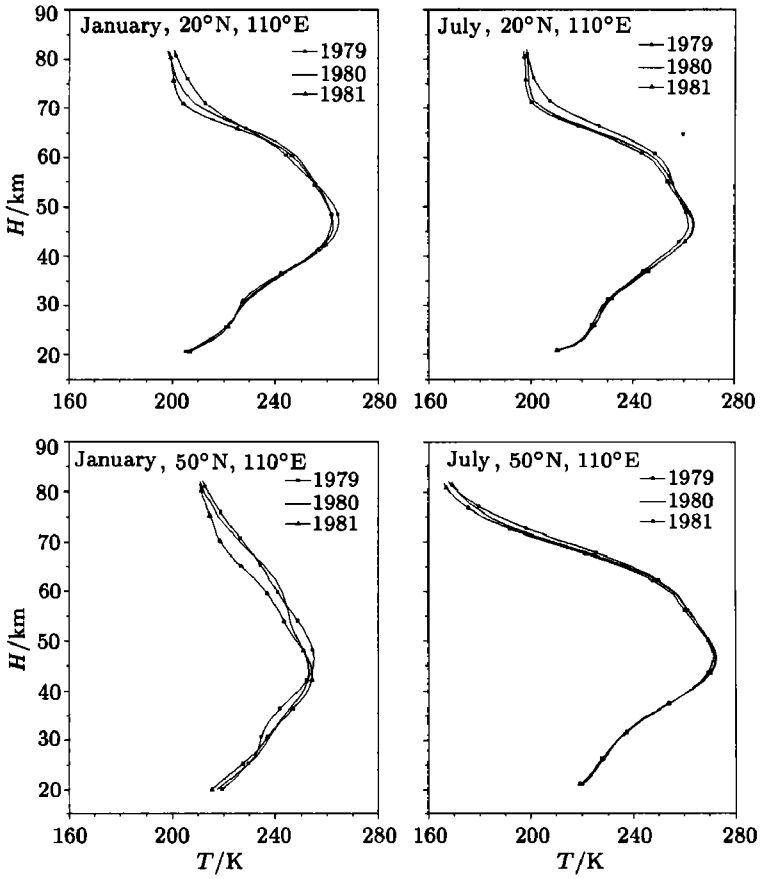


图 5 1979—1981 年 1 月和 7 月月平均温度的垂直分布

Fig.5 Vertical profiles of January and July mean temperature from 1979 to 1981

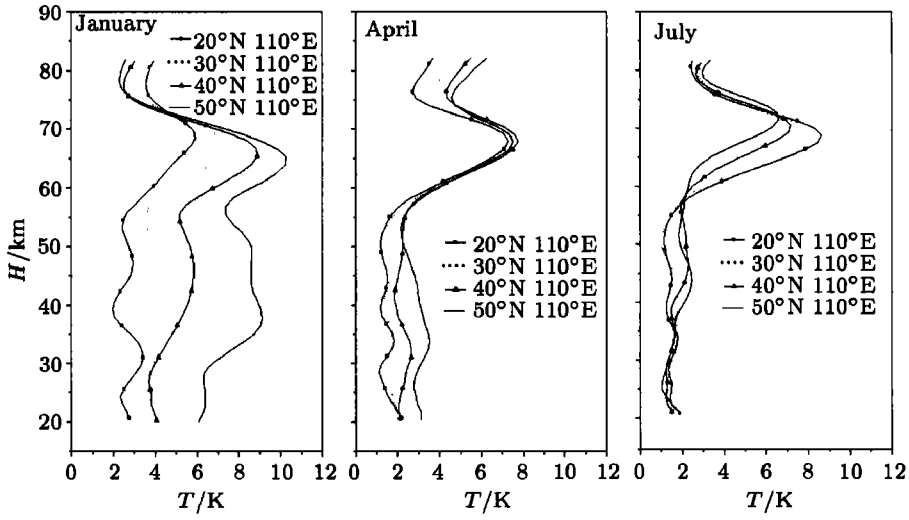


图 6 月温度距平的均方根分布

Fig.6 The root-mean-square profiles of the residue of monthly mean temperature

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

月份 (20°N, 110°E) 和 (50°N, 110°E) 两个经纬格点月平均温度的垂直分布. 可以看到, 50 km 以上的中间层温度变化比 50 km 以下的平流层大, 1 月份 50°N 的中间层变化最大, 其他格点上的平流层年度变化很小.

为了估计温度的逐日变化大小, 计算了各高度上温度距平的均方根. 图 6 给出了 1、4、7 三个月, 东经 110°, 北纬 20°—50° 的 4 个纬度上温度距平的均方根分布. 在平流层里, 1 月份温度的逐日变化最大, 4 月份次之, 7 月份最小, 高纬变化大, 低纬变化小. 在中间层里, 有一个变化最大的高度区域, 不同的月份和纬度, 其高度和大小有所不同, 例如 1 月份的 50°N, 变化最大的高度大约在 65 km, 幅度超过 10 K, 而在同月的 20°N, 变化最大的高度为 70 km, 幅度大约是 6 K.

4　讨　　论

利用连续 3 年的卫星数据, 得到了我国上空 20—80 km 不同季节的月平均温度垂直分布, 并且与最新的国际参考大气 CIRA-1986 作了比较. 结果指出, 我国上空的大气温度与国际参考大气 CIRA-1986 的纬向平均温度之间, 存在一定差别, 在大约 50 km 以上的中间层里, 各月和各纬度都有较大的差别, 在 50 km 以下的平流层里, 除了我国北部的冬季和平流层顶附近差别较大以外, 其他季节和纬度上差别不大. 波数 1 和波数 2 的修正只对 1 月份 50°N 的 40 km 以下有效, 40 km 以上的修正结果反而更偏离我国地区温度分布, 其他月份和纬度对纬向平均修正很小.

造成中间层里较大差别的原因, 可能有三个: 一是常规气象火箭不能直接探测该高度的温度, 火箭落球探测的温度误差又较大, 卫星温度遥感又需要其他探测方法提供温度剖面来确定反演系数, 因此卫星数据可能存在固定偏差, 而且 CIRA-1986 主要使用的是 Nimbus-6 卫星数据, 其仪器和反演方法与 Nimbus-7 卫星明显不同, 这可能是我国中间层大气与 CIRA-1986 存在明显差别的主要原因; 二是中间层大气温度存在逐年变化, CIRA-1986 利用了 Nimbus-6 卫星 1975 年 7 月到 1978 年 6 月的数据, 本文则利用了 1979 年到 1981 年的数据; 三是不能排除我国上空的确存在这样的温度分布. 这些可能原因有待进一步仔细研究. 平流层里的差别主要是我国特殊地理条件激发的定常行星波造成的. 冬季平流层为西风, 定常行星波能够向上传播, 因此 1 月份 50°N 的差别较大, 夏季平流层为东风, 阻止定常行星波向上传播, 所以 7 月份 50°N 的温度差别很小.

我国地区月平均温度存在明显的经度差别, 这种差别的大小和符号随季节、纬度和高度变化, 冬季大夏季小, 高纬大低纬小. 从这些规律看, 它们也是定常行星波造成的.

月平均温度存在逐年变化, 是一个全球性的问题, 也是当前国际上的一个重要研究课题. 造成逐年变化的原因主要有行星波的逐年变化, 太阳活动, 火山爆发以及人类活动等. 造成温度逐日变化的原因可能是瞬变行星波 [6]、大气的特殊振荡现象 [7] 以及其他波动.

本文的结果指出, 我国上空大气温度与国际参考大气有一定差别, 我国地区内也存在显著的经度变化, 因此, 建立中国 0—80 km 参考大气模式是十分必要的, 3 年多的 Nimbus-7 数据可以作为 20—80 km 部分的主要资料.

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

致谢 火箭数据取自杨俊文研究员主编，中国人民解放军总参谋部气象局和中国科学院空间科学与应用研究中心联合出版的“我国气象火箭探测数据”.

参 考 文 献

[1] 马瑞平，廖怀哲. 我国地区 20—80 km 高空风的一些特征. 空间科学学报， 1999, **19**(4):334—341

[2] Drummond J R *et al.* The Stratospheric and Mesospheric Sounder on Nimbus 7. *Phil. Trans. R. Soc. London Ser. A,* 1980, **296**:219—241

[3] Rodgers C D, Jones R L, Barrnett J J. Retrieval of temperature and composition from nimbus 7 SAMS measurements. *J. Geophys. Res.*, 1984, **89**(D4):5 280—5 286

[4] Barnett J J, Corney M. Temperature comparisons between the nimbus 7 SAMS Rocket/Radiosondes and the NOAA 6 SSU. *J. Geophys. Res.*, 1984, **89**(D4):5 294—5 320

[5] Fleming E L, Chandra S, Barnett J J, Corney M. Zonal mean temperature, pressure, zonal wind and geopotential height as functions of latitude. *Adv. Space Res.*, 1990, **10**(12):11—59

[6] Ebel A, Hass H, Jakobs J. Planetary wave dynamics in the mesosphere and lower thermosphere. *Adv. Space Res.*, 1992, **12**(10):17—25

[7] 马瑞平，张风，穆祥明. 中层大气的一种特殊振荡现象. 空间科学学报， 1997, **17**(4):353—359

THE CHARACTERISTIC OF TEMPERATURE AT HEIGHT OF 20—80 km IN CHINESE AREA

MA Ruiping XU Jiyao LIAO Huaizhe

(*Center for Space Science and Applied Research, The Chinese Academy of Sciences, Beijing* 100080)

Abstract

Some characteristics of temperature at height of 20—80 km in Chinese area are obtained using the Nimbus-7 SAMS temperature data from 1979 to 1981 and are compared with of CIRA-1986. It is shown that the difference between the temperature above China with the zonal mean temperature of CIRA-1986 is obvious.

Key words Middle atmosphere, Temperature, Reference atmosphere

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com