第16卷 第4期
1996年 10月

空 间 科 学 学 报
CHINESE JOURNAL OF SPACE SCIENCE

Vol.16, No.4
Oct., 1996

大气温度剖面的行星波驻波结构

陈培仁　田剑华　罗　毅

（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 卫星上角度扫描红外辐射计(SAMS)的资料，分析出大气温度剖面具有行星波垂直结构的驻波结构；讨论了波长、振幅随高度的分布，驻波结构随经度、纬度的变化，以及可能的形成机制.

关键词　大气温度的垂直结构，行星波，驻波

一、引　　言

一般认为由于海洋与大陆的强烈的热性能反差等原因会激发长周期的大气振荡. 由于这种长周期振荡波的尺度与地球半径相当，故又称作行星尺度波、大气行星波或行星波[1]. 行星波分为两类：一类叫稳态行星波(Stationary Planetary Scale Wave)，存在于冬季高纬，振幅较大，纬向波数一般为 1 或 2；另一类叫瞬态行星波(Transient Planetary Scale Wave)或移动行星波(Travelling Planetary Scale Wave)，多存在于低纬夏季，振幅较小，纬向波数多为 2，3 或 4[2]. 大气行星波可以引起大气温度、压力、风速、电离度及气晖亮度等等一系列大气参数的波动或起伏[3].

印度学者根据磁赤道火箭探测中性风的分析结果提出两日波垂直结构中出现的极大值与极小值是直达波与反射波相互干涉的结果. 他们认为波的反射区域可能是在温度梯度最大的中层顶及中层温度下降的区域. 由于直达波比反射波强，所以干涉后的波相位会随高度缓慢变化. 他们认为根据这种相位变化定出的垂直波长是不可靠的，而根据垂直结构中的极大值(波腹)和极小值(波节)定出的垂直波长比较可靠. 如此定出的垂直波长在 30km 附近便为十几公里，在 50 — 60km 高度一带约为 20 — 30km[4].

在大气温度垂直剖面上叠加有行星波周期的起伏，称之为温度行星波，其结构主要来自卫星和火箭的探测结果. 气象卫星 Nimbus－4、－5、－6 测出高纬冬季有波数为 1、2 的大幅度稳态行星波，低纬夏季则有波数为 2、3、4 的较小振幅的移动行星波[2,5]. 特别是 Nimbus－5、－6 测出西移纬向波数为 3 的两日波动. 由于垂直高度分辨率不够，只知道两日波在 60km 左右有最大振幅，而不知道垂直结构是行波还是驻波，也不知道垂直波长是多少[2].

1980 年及 1983 — 1984 年冬季北斯堪的那维亚半岛的火箭探测结果第一次看到温度行星波振幅的高度结构，也出现一系列的极大值与极小值. 并且在极小值附近相位急剧

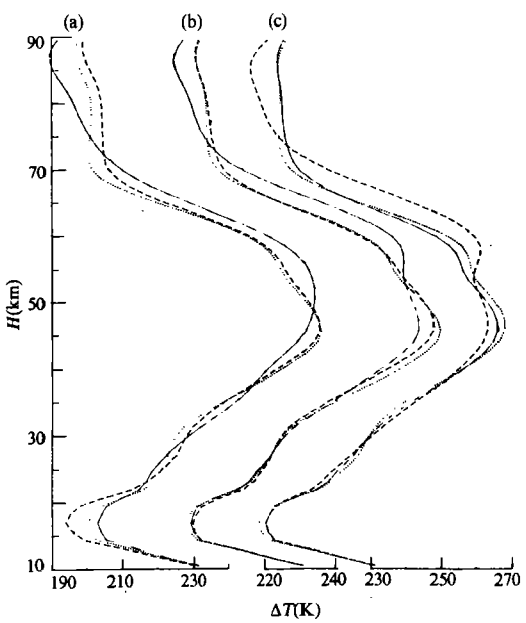
本文于 1995 年 1 月 23 日收到，修收稿于 1996 年 6 月 30 日收到.

变化，因而认为温度行星波的高度结构是驻波结构[6]. 本文根据 Nimbus－7 的探测结果探讨温度行星波垂直结构的驻波结构；以及驻波结构随纬度、经度的变化，及形成机制.

二、数 据 分 析

世界数据中心 A 提供了 4 年的 Nimbus－7 卫星的 SAMA (Stratospheric and Mesospheric Sounder) 的经纬度网格反演的日平均温度资料. 这一资料包含 67.5° N— 50° S(间隔 2.5°) 及 180° E — 180° W (间隔 0.2°) 的 62 个等压面(即相当于 15 — 90km高度)上的大气温度. 以一天的数据作为一个文件，通常情况下，给出三天资料中断一天，再给出三天资料，以此类推.

将任意三天一组的资料绘出温度随高度变化的剖面图，经常会发现有的高度上相邻三天温度相差较大(波腹)，而有的则相差很小(波节)，且波腹、波节的高度位置比较固定，即有温度随高度变化的驻波结构. 图 1 是这种高度剖面图的示例. (a)组和(b)组是非两日振荡，在图的上端(80 — 90km)，第一天(实线)低温，第二天(虚线)高温，第三天(点线)中温而不是恢复到第一天的低温上；(c)组则是较好的准两日振荡，在 80 — 90km 高度上第一天(实线)高温，第二天(虚线)低温，第三天(点线)又恢复到高



(a) 1981.1.22 — 24 (b) 1981.2.7 — 9 (c) 1981.2.19 — 21

图 1 三天一组的温度随高度变化的剖面图

Fig.1 3 groups of standing wave structure in temperature, among them (a), (b) are for non 2－day oscillation (c) for a 2－day oscillation

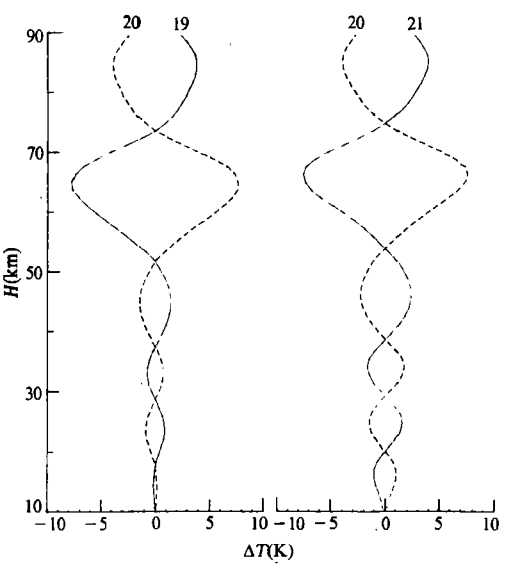


图 2 温度相对于其基线的偏离

Fig.2 The vertical profile of the temperature deviation from the base (average temperature)

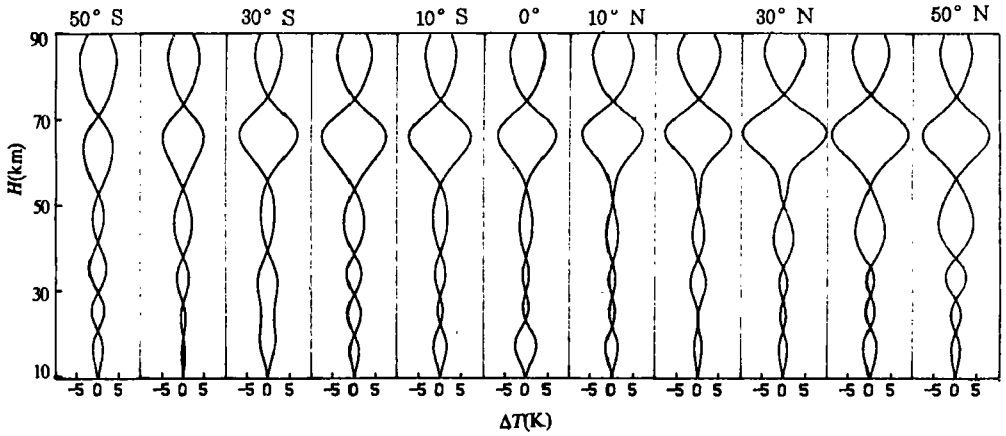


图 3 100° E (1981.2.20, 21) 振荡驻波图

Fig.3 Standing wave structure on 100° E (Feb. 20 and 21, 1981)

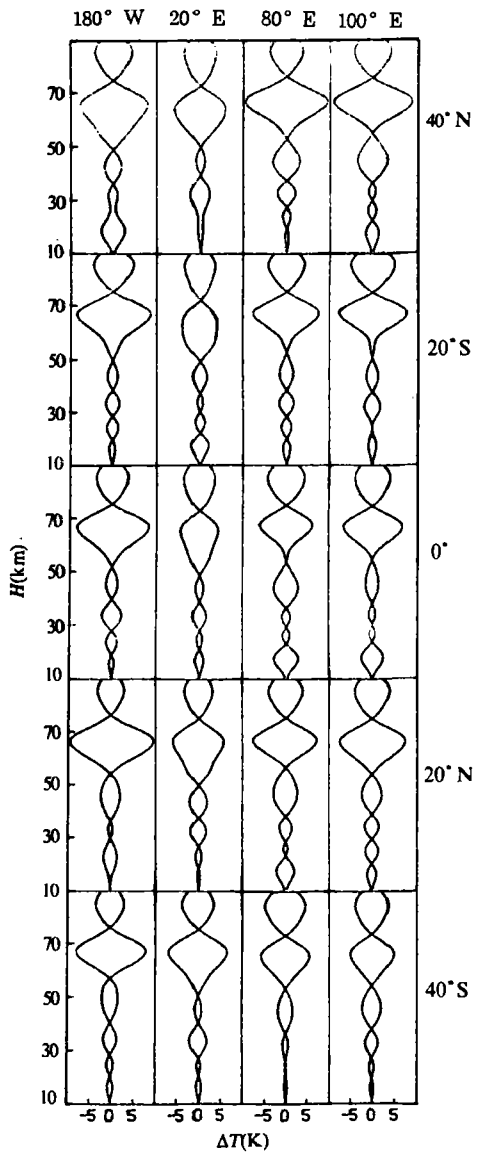


图 4 驻波图随经度的变化

Fig.4 The standing wave structures on 4 different longitudes

温，各组曲线皆呈现出较好的驻波形态，且波节、波腹分布的高度相差不大．例如从上往下第一个波节出现在73km附近，第二个波节出现在52km附近，第三个在37km附近，如此等等．

为了更清晰地观察驻波结构参数，我们将注意力集中到两日波，并且考察图1(c)组三天的温度资料．以19、20和20、21日两天的温度平均值为基线，作该两天温度对其基线的偏离得出图2．这是两组比较清晰、规则的驻波图象，从中可以看到：1)约50km以下驻波振幅较小(±3°以下)，波长大约25km左右，温度随高度呈准正弦形波动；2)65km高度左右驻波振幅最大(约±8°)，再往上振幅又减小(约±4°)，在95km左右形成波节．从50km左右到95km左右正好完成一个驻波波长，约为45km．

下面研究两日波驻波结构随纬度及经度的变化．图3是驻波结构随纬度的变化，从50°S到50°N，每隔10°给出一幅驻波图．波腹宽度代表准两日振荡温度波的振幅．除30°S有一个波节没有闭合外整个驻波图是比较匀称的，且随纬度没有太大的变化．仔细分析可以看出一些细节的变化，例如，由上往下，第1个波节的高度在南半球(夏半球)高纬明显低于北半球(冬半球)高纬；第2个波腹在30°—40°N较大；第3个波腹在30°—50°N较大；最下面的一个波腹在赤道处最大．

图4是两日振荡驻波图随经度的变化，从上到下有5组图分别对应40°N到40°S每间隔20°一组，每组包含180°W、20°E、80°E和100°E4条经度的驻波图．可以看到两日振荡的波腹、波节数及波腹宽度也有经度变化．例如，180°W的驻波在40°N及20°S的波腹、波节数比别的经度少一个，20°E的驻波在40°N的波腹、波节数比别的经度少一个，且北半球第二个波腹偏小；80°E在40°S波腹、波节数少1；100°E在20°N波腹、波节数少1．

三、结论和讨论

从前面的分析可以看到：不论是准两日振荡还是非两日振荡，温度行星波的垂直结构都呈现出驻波结构．至今未见其他文献给出过如此用Nimbus－7卫星资料描绘的清晰完整的垂直驻波结构图．根据一般的概念驻波应该是由直达波与反射波干涉的结果．那么反射点在哪里？文献[4]根据火箭测风的观测结果提出反射点在温度突变的中层顶．但这种看法很难解释大量流星余迹雷达在80—110km高度上观测到的大气风场的行星波振荡[7]．一个比较合理的看法似乎可以认为大气风场行星波的反射点在110km高度附近，那里有很强的风剪切区域[8]．风场的巨大垂直梯度将使风场行星波发生反射．温度行星波与风场行星波是有区别但又互相有联系的．由于缺乏中层顶以上的温度行星波探测资料，所以目前我们还不知道温度行星波的反射点是在温度突变的中层顶还是在风场突变的区域．

当直达波与反射波的振幅比较接近但又不完全相等时，干涉波的相位随高度会有缓慢的变化．根据这种干涉波相位在一定高度上的缓慢变化，外推其垂直波长显然是不可靠的．过去流星余迹雷达及部分反射雷达测得的风场行星波垂直波长过长[7]，很可能就是这个原因造成的．

我国火箭探空曾发现60—70km高度的温度有明显的逐日起伏，曾经怀疑是仪器的问题．现在根据Nimbus－5、－6、－7的探测结果，可以明确地看出这是温度行星波的振荡结果．温度行星波正好在60—70km一带有最大的驻波振幅．

参 考 文 献

[1] Salby, M. L., *Rev. Geophys. Space Phys.*, Vol.**22**, p.209, 1984.

[2] Rodgers, C. D. and A. J. Prata, *J. Geophys. Res.*, Vol.**86**, p.9691, 1981.

[3] Vincent, R. A., *MAP Hankbook*, Vol.**16**, p.269, 1985.

[4] Raghava, R. C. et al., *Ann. Geophys.*, Vol.**6**, p.231, 1988.

[5] Chapman, W. A. et al., *Proc. R. Soc. London*, Ser. A, Vol.**338**, p.57, 1974.

[6] Offermann, D. et al., *J. Atmos. Terr. Phys.*, Vol.**49**, p.655, 1987.

[7] Ito, R. et al., *J. Gcomag. Geoelectr.*, Vol.**36**, p.173, 1984.

[8] Anandarao, B. G. et al., *J. Atmos. Terr. Phys.*, Vol.**40**, p. 157, 1978.

STANDING WAVE STRUCTURE IN THE ATMOSPHERIC TEMPERATURE DUE TO THE UPWARD PROPAGATING PLANETARY WAVES

Chen Pei－ren Tian Jian－hua Luo Yi

(*Center for Space Science and Applied Research, Academia Sinica, Beijing* 100080)

Abstract

The daily average temperature data from Stratospheric and Mesospheric Sounder (SAMS) on satelite Nimbus－7 are used to analyze the standing wave structure in temperature caused by the atmospheric planetary waves. Its distribution of wavelength and amplitude with height, and variation with latitude as well as longitude are shown respectively. A possible mechenism to explain this phenomenon is suggested.

Key words Atmospheric temperature, Planetary wave, Standing wave