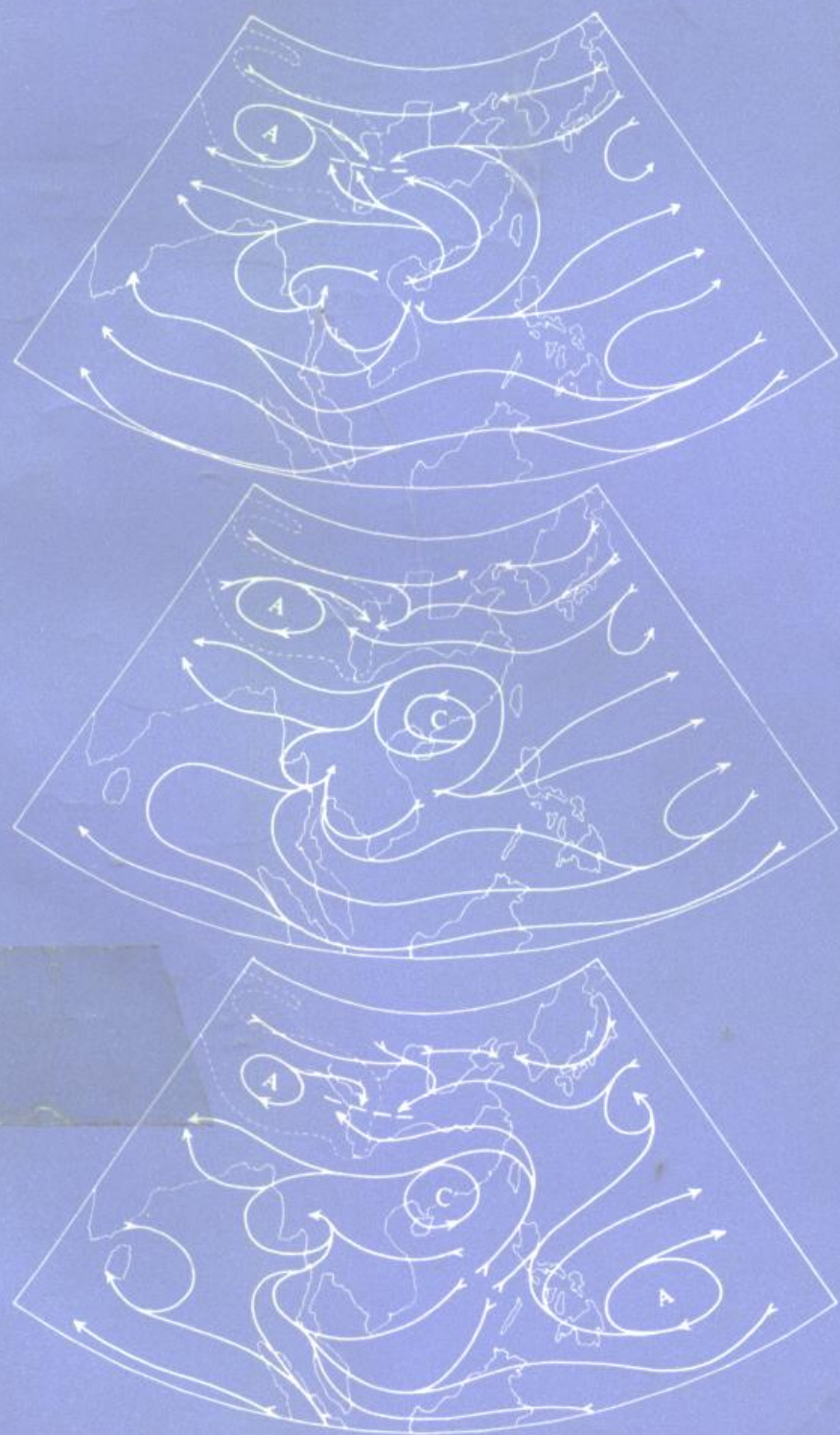


青藏高原大气低频变化的研究

RESEARCH ON ATMOSPHERIC LOW-FREQUENCY
VARIATIONS OVER THE QINGHAI-XIZANG PLATEAU

章基嘉 孙国武 陈葆德 著



气象出版社

P468.27

ZJJ

青藏高原大气低频 变化的研究

章基嘉 孙国武 陈葆德 著

气象出版社

内 容 简 介

本书比较全面、系统地介绍了青藏高原30—50天周期大气低频振荡的观测事实、动力诊断、数值试验和预报应用。主要内容有：青藏高原是夏半年大气低频振荡的活跃区和重要源地；青藏高原大气低频振荡的水平、垂直结构及其位相传播和能量频散；青藏高原大气低频振荡与热带大气低频振荡的比较和联系；青藏高原大气低频振荡与高原低涡、急流的联系和相互作用；青藏高原大气低频振荡数值试验研究以及在中、长期天气预报中的应用等。

本书主要供气象科学研究人员和气象院校教师、研究生等阅读；亦可供气象台站预报人员和其他部门（水文、水利、农林、地理等）有关人员参考。

青藏高原大气低频变化的研究

章基嘉 孙国武 陈葆德 著

责任编辑 成秀虎

* * *

气象出版社 出版

（北京西郊白石桥路46号）

新华书店总店科技发行所发行 全国各地新华书店经销

北京顺义燕华印刷厂印刷

* * *

开本：787×1092 1/16 印张：7.5 字数：175千字

1991年10月第一版 1991年10月第一次印刷

印数：1—1000 定价：5.40元

ISBN 7-5029-0623-1/P·0345

200501

序

从1979年青藏高原进行气象科学实验以来，国内许多学者围绕青藏高原气象科学问题，进行了坚韧不拔的研究，在青藏高原对大气环流、天气系统和气候影响的观测研究、诊断分析、数值模拟、模型实验和理论研究等方面，取得了丰硕的成果，对提高我国天气预报水平起到了相当的作用。

当今，在全球气候变化的研究中，有关季度和年际的长期预报，是人们最关心的问题。青藏高原的作用和影响是首先要考虑的重要因素之一。不仅对我国，对北半球乃至全球，都是如此。

《青藏高原大气低频变化的研究》一书，发现的一些新事实，论述的一些新论点和提出的一些新问题，无论是对大气环流理论的研究，或对中、长期天气预报和短期气候预测，都有十分重要的意义。

本书研究的地区是青藏高原，研究的季节是夏半年，这与国内外学者大多侧重热带低纬地区和冬半年的大气低频振荡现象不同。

这本书系统地论述了青藏高原30—50天周期大气低频振荡的观测事实、动力诊断、数值试验和预报应用等方面内容，尤其是提出的低频天气图方法可用于中、长期预报。

全书突出一个主题，各章又互有联系。是作者近年来研究成果的总结。书中指出，青藏高原是30—50天大气低频振荡的活跃区和重要源地；青藏高原上形成的低频系统，其位相向北传播到高纬地区；能量向东南频散到热带海洋。它的垂直结构与热带大气低频振荡的垂直结构不同，具有以相当正压结构为主，时而出现斜压结构的特征。

模拟试验指出，在夏季流型下，青藏高原大地形的动力作用可以激发出低频振荡，其传播具有准定常Rossby波的特征。

总之，《青藏高原大气低频变化的研究》一书，揭示了青藏高原大气低频振荡的许多事实，既有科学意义，又有实用价值。该书的出版，无疑是对青藏高原气象学的一个重要贡献。

陶詩言

目 录

序

第一章 引 论 (1)

参考文献 (5)

第二章 青藏高原——夏半年大气低频振荡的活跃区和源地之一 (8)

§2.1 引言 (8)

§2.2 青藏高原地区纬向风的功率谱估计 (8)

§2.3 青藏高原地区位势高度的最大熵谱 (12)

§2.4 青藏高原地区的大气低频系统 (17)

§2.5 青藏高原大气低频系统的两种类型 (21)

§2.6 青藏高原大气低频系统的季节变化 (23)

§2.7 小结 (23)

参考文献 (24)

第三章 青藏高原大气低频振荡的水平结构和垂直结构 (25)

§3.1 引言 (25)

§3.2 青藏高原大气低频振荡的遥相关水平结构 (25)

§3.3 青藏高原大气低频系统的水平结构 (27)

§3.4 青藏高原大气低频振荡的垂直结构 (31)

§3.5 小结 (33)

参考文献 (35)

第四章 青藏高原大气低频振荡的位相传播和能量频散 (36)

§4.1 引言 (36)

§4.2 青藏高原大气低频系统的时间变化 (37)

§4.3 夏半年青藏高原大气低频系统的位相传播 (37)

§4.4 青藏高原大气低频系统的能量频散 (40)

§4.5 青藏高原大气低频振荡的滞后相关型 (43)

§4.6 冬半年大气低频系统的位相传播 (48)

§4.7 小结 (48)

参考文献 (50)

第五章 东亚地区大气低频振荡现象的比较和联系 (51)

§5.1 引言 (51)

§5.2 东亚高纬地区大气低频系统的传播 (52)

§5.3 东亚高纬、低纬地区和青藏高原大气低频振荡现象的比较 (52)

§5.4 东亚高纬地区和青藏高原大气低频振荡现象的相互联系 (54)

§5.5 青藏高原在东亚大气低频变化中的作用 (56)

§5.6 小结 (58)

参考文献 (58)

第六章 青藏高原大气低频振荡与低涡 (60)

§6.1 引言 (60)

§6.2	青藏高原低涡的群发性	(60)
§6.3	青藏高原大气低频系统与高原低涡的统计事实	(62)
§6.4	青藏高原大气低频振荡与高原低涡群发性的联系	(64)
§6.5	青藏高原大气瞬变扰动与低涡的相互作用	(66)
§6.6	小结	(67)
参考文献		(67)
第七章	大气低频振荡与急流	(68)
§7.1	引言	(68)
§7.2	对流层上层 (200hPa) 低频切变线的传播	(69)
§7.3	对流层上层 (200hPa) 大气低频变化与急流	(71)
§7.4	大气低频扰动与时间平均气流相互作用的诊断分析	(74)
§7.5	小结	(76)
参考文献		(76)
第八章	青藏高原大气低频振荡的数值试验研究	(78)
§8.1	引言	(78)
§8.2	模式介绍	(79)
§8.3	夏季型纬向对称加热条件下青藏高原大地形动力作用的数值试验	(81)
§8.4	小结	(87)
参考文献		(87)
第九章	大气低频振荡与中、长期天气预报	(88)
§9.1	引言	(88)
§9.2	大气低频振荡与我国降水的阶段性	(89)
§9.3	大气低频振荡与黄河上游流域面积水量的丰枯	(92)
§9.4	大气低频振荡在长期预报中的应用	(96)
§9.5	大气低频振荡在中期预报中的应用	(100)
§9.6	小结	(102)
参考文献		(104)
第十章	总结与展望	(105)
参考文献		(108)
后记		(109)

RESEARCH ON ATMOSPHERIC LOW-FREQUENCY VARIATIONS OVER THE QINGHAI-XIZANG PLATEAU

by Zhang Jijia, Sun Guowu and Chen Baode

CONTENTS

Preface

Chapter I . Introduction	(1)
--------------------------------	-------

References	(5)
------------------	-------

Chapter II . The Qinghai-Xizang Plateau—the Active Area and Source of Atmospheric Low-Frequency Oscillations in Summer Half Year	(8)
--	-------

2.1 Introduction	(8)
------------------------	-------

2.2 Power spectrum estimations of the zonal wind over the Qinghai-Xizang Plateau	(8)
---	-------

2.3 Maximum entropy spectrum of geopotential height over the Qinghai-Xizang Plateau	(12)
--	--------

2.4 Atmospheric low-frequency systems over the Qinghai -Xizang Plateau	(17)
---	--------

2.5 Two kinds of the Qinghai-Xizang Plateau atmospheric low-frequency systems	(21)
--	--------

2.6 Seasonal variations of the Qinghai-Xizang Plateau low -frequency systems	(23)
---	--------

2.7 Summary	(23)
-------------------	--------

References	(24)
------------------	--------

Chapter III . Horizontal and vertical Structures of the Atmospheric Low -Frequency Oscillations over the Qinghai-Xizang Plateau	(25)
--	--------

3.1 Introduction	(25)
------------------------	--------

3.2 Horizontal Structure of the atmospheric low-frequency oscillations teleconnection over the Qinghai-Xizang Plateau	(25)
---	--------

3.3 Horizontal Structure of the Qinghai-Xizang Plateau atmospheric low-frequency systems	(27)
---	--------

3.4 Vertical structure of the Qinghai-Xizang Plateau atmos- pheric low-frequency oscillations	(31)
--	--------

3.5 Summary	(33)
-------------------	--------

References	(35)
------------------	--------

Chapter IV . Phase Propagation and Energy Dispersion of the Atmos-	
--	--

pheric Low-Frequency Oscillations over the Qinghai	
-Xizang Plateau	(36)
4.1 Introduction	(36)
4.2 Temporal variations of the Qinghai-Xizang Plateau	
atmospheric low-frequency system	(37)
4.3 Phase propagation of the Qinghai-Xizang Plateau atmos-	
pheric low-frequency system in summer half year	(37)
4.4 Energy dispersion of the Qinghai-Xizang Plateau atmo-	
pheric low-frequency system	(40)
4.5 Lag-correlation patterns of the Qinghai-Xizang Plateau	
atmospheric low-frequency oscillations	(43)
4.6 Phase propagation of the atmospheric low-frequency sys-	
tem in winter half year	(48)
4.7 Summary	(48)
References	(50)
Chapter V. Comparisons and Relations of the Atmospheric Low-Fre-	
quency Oscillation Phenomena in East Asia	(51)
5.1 Introduction	(51)
5.2 Propagation of the atmospheric low-frequency systems	
at high latitudes in East Asia	(52)
5.3 Comparisons of phenomena of the atmospheric low-fre-	
quency oscillation between the Qinghai-Xizang Plateau and	
the high and low latitudes in East Asia	(52)
5.4 Relations of phenomena of the atmospheric low-frequency	
oscillation between the Qinghai-Xizang Plateau and the	
high and low latitude areas in East Asia	(54)
5.5 Role played by the Qinghai-Xizang Plateau in the East	
Asia atmospheric low-frequency oscillations	(56)
5.6 Summary	(58)
References	(58)
Chapter VI. Atmospheric Low-Frequency Oscillations and Vortices over	
the Qinghai-Xizang Plateau	(60)
6.1 Introduction	(60)
6.2 Cluster onset of the Qinghai-Xizang Plateau vortices	(60)
6.3 Statistical facts between the Qinghai-Xizang Plateau	
vortices and the atmospheric low-frequency systems	(62)
6.4 Relations between the Qinghai-Xizang Plateau atmos-	
pheric low-frequency oscillations and the cluster onset of	
plateau vortices	(64)
6.5 Interactions between the Qinghai-Xizang Plateau atmos-	

pheric transient perturbations and vortices.....	(66)
6.6 Summary	(67)
References	(67)
Chapter VII. Atmospheric Low-Frequency Oscillations and Jets	(68)
7.1 Introduction	(68)
7.2 Propagation of Low-frequency shear lines of the upper troposphere (200 hPa)	(69)
7.3 Jets and the atmospheric low-frequency variations in the upper troposphere (200 hPa)	(71)
7.4 Diagnostic analysis of interactions between the atmos- pheric low-frequency perturbation and time-mean flow.....	(74)
7.5 Summary	(76)
References	(76)
Chapter VIII. The Numerical Study of Qinghai-Xizang Plateau Atmos- pheric Low-Frequency Oscillations.....	(78)
8.1 Introduction	(78)
8.2 The model.....	(79)
8.3 Numerical experiment of dynamic effect of Qinghai- Xizang Plateau's topography on atmospheric low-frequency oscillation under zonal symmetric heating in summer.....	(81)
8.4 Summary	(87)
References	(87)
Chapter IX. Atmospheric Low-Frequency Oscillation and the Medium and Long-Range Weather Forecasts.....	(88)
9.1 Introduction	(88)
9.2 Atmospheric low-frequency oscillations and stages of pre- cipitation in China	(89)
9.3 Atmospheric low-frequency oscillations and area flow over upper reaches of the Huanghe River.....	(92)
9.4 Applications of the atmospheric low-frequency oscillations in the long-range weather forecast.....	(96)
9.5 Applications of the atmospheric low-frequency oscilla- tions in the medium-range weather forecast	(100)
9.6 Summary	(102)
References	(104)
Chapter X. Summary and Prospect	(105)
References	(108)
Postscript.....	(109)

第一章 引 论

大气科学和其他自然科学一样,总是在不断地探索、前进,再探索,再前进,永无止境,永无极限。

正当人们议论由于大气运动的非线性流体动力相互作用,会产生不可预测的气象变化(天气噪音),致使大气运动超过两周的逐日变化变成不可预测的时候,各国气象学家也正在从各个方面积极开展、改进和完善全球和区域性不同时间尺度的大气环流异常的观测分析、诊断和模拟以及动力学理论的研究,并取得了相当的进展。

其中,最明显的进展之一是对大气实际演变进行的观测研究表明,有一些变化较慢的过程存在于天气噪音水平之上,这些缓变过程是和大尺度大气运动相联系的,其时间尺度在数周以上,持续性比根据非线性流体动力相互作用所估计的持续性要长得多。

上述大气缓变过程的持续性、周期性和可传播性,实际上构成了大气运动的低频振荡。

大气低频振荡中的季节内振荡,即30—50天低频变化,在大气宽广的时域内,其分量最大。观测发现这类低频分量的方差对大气变化总方差的贡献超过天气尺度扰动方差的贡献,是迄今为止发现的最强的低频讯号(至少在热带大气中是如此)^[1,2]。

大气低频变化所具有的地域、周期、持续和传播(位相传播和能量频散)诸特性,无论是对大气环流理论的研究,或者对中、长期天气预报和短期气候异常的预测,都具有十分重要的意义。近十年来受到国内外气象学家的高度重视和关注,成为大气科学领域内最重要的前沿研究课题之一。

由于观测事实和模拟结果都表明大气的低频变化在冬半球比夏半球明显^[1],所以研究冬季的大气低频变化远比夏季的多;又由于大气低频变化具有强烈的地域特性,它是从热带低纬地区首先发现的,所以研究热带大气低频变化远多于其他地区。

关于热带大气低频变化,首先应指出七十年代初Madden和Julian的工作^[3,4]。他们利用坎顿岛(Canton Island, 2°48'S, 171°43'W)资料,对本站气压、850和150hPa纬向风进行谱分析,首先发现热带地区纬向风的40—50天周期振荡,这种低频振荡沿赤道向东传播。其纬圈环流的时空变化如图1.1^[5]所示。

其后,针对这种季节内振荡,各国气象学家作了广泛深入的研究^[5-39],现将主要结果归纳如下:

1. 在大气随时间演变的宽广时域内,确有一种30—50天占优势的低频振荡,不仅热带大气中存在,而且具有全球性;不仅对流层存在,而且也发生在平流层。以北半球纬度分布而论,赤道附近地区和60°N以北,是较强的大气低频活动区;从北半球低纬地区经度分布来说,印度洋—西太平洋和东太平洋的赤道附近地区有较强的大气低频活动^[2,11,12]。

2. 热带大气30—50天周期的低频振荡,其水平尺度主要表现为纬向1波的扰动。其垂直分布为:对流层低层和对流层高层呈反位相,表明它们的垂直结构具有明显的非正压特征。

就北半球而言,中、高纬地区低频振荡的水平尺度与热带有些差异,中纬度地区以纬向3波最为突出;高纬度地区冬半年与热带类似,夏半年则以纬向2波和3波为主。而且,它们在对流层高层和低层的振荡接近同位相,槽(脊)基本上分布一致,表现出明显的相当正压结

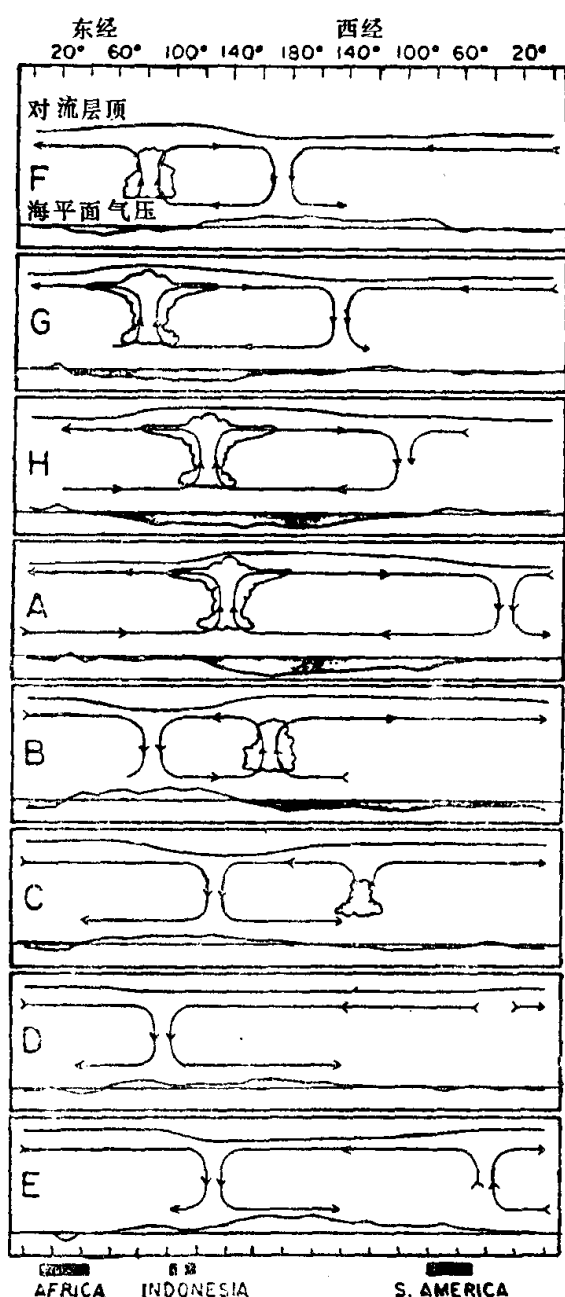


图1.1 与40—50天振荡相联系的扰动时空(纬向平面)变化示意图

每张图左边的字母表示日期(间隔5天);与日期对应的每张图底部的细实线表示 Canton Island 的气压。如A(E)代表低(高)压的时间

关于温带大气低频振荡与热带大气低频振荡的联系,不少作者指出^[21-28]是通过欧亚/太平洋地区的波列(EUP型)从亚洲北部向东南传播到热带中-西太平洋地区;接着又通过太平洋北美地区的波列(PNA型),从热带中太平洋传播到北美大陆;再接着通过北大西洋地区的波列(NA型),从热带大西洋向东北传播到欧亚地区。接下去又从EUP型开始(符号相反)进行传播。

6. 现在,对大气低频振荡的研究已不再是作为大气运动的一种周期变化现象来看待,而是被视为大气运动的一种“实体”来研究。这种“实体”向东传播造成的西风异常可以成为 El nino 现象发生的触发因素。而且在 El nino 发生前东半球赤道附近大气低频振荡异常活跃,在90°E和135°E处出现明显的振荡中心向东传播;反之 El nino 发生后,同一地区的振荡减弱,中心消失。

构^[12,18]。

3. 关于大气低频振荡的传播,最初的结果是沿赤道向东移动。后来,随着研究视野的扩大,在北半球的高、中纬度地区和热带地区纬向传播有向东、也有向西的;经向传播有向北的,也有向南的。而且在各纬度带和各经度带以及大气的不同层次都显示出不一致的传播形式和传播特征^[15,16,19]。

4. 大气低频扰动的遥相关型是根据一个给定位置上的物理量与北半球其他格点上的物理量的同时相关的分型来揭露的。500hPa上存在5个主要的低频遥相关型:PNA(太平洋北美型),WA(大西洋西部型),EU(欧亚型),WP(太平洋西部型)和EA(大西洋东部型)。这种类型与球面上的Rossby波列有很类似的结构,异常中心呈纬向伸长的各向异性分布,具有位置相对固定的明显的地域特性^[20]。

5. 就同一地区而言,大气低频振荡对短周期振荡的振幅具有调节作用;高频的天气尺度扰动可能使低频的行星尺度扰动得到加强。反过来,低频波的加强又可能促使高频的天气尺度扰动增加,具有正反馈作用。

就不同地区而言,某一纬度带大气的低频运动对另一纬度带的扰动有明显的影。北半球冬季东亚冷空气爆发,通过 Hadley 环流和 Walker 环流对热带广大地区的大气环流发生作用,产生大气的遥相关;而热带尤其是印度尼西亚的对流异常达到最强时,又常能引起中纬度地区环流的低频变化。

此外,这种“实体”的传播还可以影响亚洲夏季风的活跃与中断以及中国东部夏季风雨带的季节性北跳等。甚至与某些天气学过程相联系。如:南半球中纬度冷空气的低频振荡,使马斯克林(Mascarene)高压或澳大利亚(Australia)高压加强,依次导致越赤道气流和北半球夏季风的增强与活跃以及中国东部地区夏季风的北进^[29-35]等。

对于赤道和赤道外热带地区大气低频变化的理论研究,当前主要考虑两种方案,作为理论研究的假设。

方案1:局地振荡热源。这种方案的依据是,与大气低频振荡相联系的对流活动大多数限制在印度洋和西太平洋的赤道地区,因而可以认为这个热源是由局地过程引起的。振荡的慢时间尺度是与季风有关的风场扰动、对流、土壤湿度等和大气动力学之间的某些反馈机制造成的。由于与这种振荡相联系的热源限制在深厚的热带中,所以由这种加热生成的瞬变波将离开热源区以赤道陷落波的形式向东传播。

方案2:内部强迫热源。这种方案的依据是在赤道附近生成的一个初始扰动,在它离开源地向东将以Kelvin波频散,向西将以Rossby波频散。如果没有内部加热,这些波将被耗散。但如存在内部加热机制(如第二类条件不稳定即CISK)时,可使这些扰动增幅。为便于讨论,可假定Kelvin波长期得到加强,而能自我维持的扰动将是向东传播的。在理想化情况下,这种扰动在一个指定位置上重复出现的时间间隔便是由Kelvin波绕赤道运行一周所需的时间来决定的。

根据上述方案1和2,在一个 σ 坐标5层原始方程谱模式进行的数值试验中,虽然在相速传播等方面的试验结果与观测事实尚有一定的差距,但是模式基本上能再现大气低频振荡的基本特征,表明大气低频振荡的基本机制存在于大气环流模式中起作用的动力学和热力学过程之中。

总之,大气低频振荡的激发理论和传播机制的研究,尽管起步不久而且主要针对赤道和热带地区,但仍然提出了一些对今后继续深入研究有启示作用的论点。归纳起来主要有以下几点:

(1) 定常波对地形和热力的响应具有多重平衡态,多重平衡态之间的转换可能是低频变化的一个源。

(2) 缓变的海温(SST)和土壤湿度能引起大气有意义的响应,这种响应恰好是一种低频讯号。

(3) 继移动性CISK振荡机制提出之后,又提出了活动性波动-CISK(mobile wave-CISK)或称之为CISK-Kelvin型波以及CISK-Rossby型波或者CISK-Kelvin型波与CISK-Rossby型波共同作用等热带或赤道地区的大气低频振荡的激发机制。而积云对流反馈是它们的重要物理过程。

(4) 低频遥相关型可由两维Rossby波在球面上的频散过程来解释,这些过程基本上是线性正压动力过程,波动的传播路径可由球面上的波射线描述出来^[36-39]。

以上对国内外大气低频变化的研究作了初步的归纳,无疑会有助于对本书内容的比较和理解。众所周知,大气科学的发展过程,在某种意义上说,是一个开拓新领域和进行新探索的过程。在国内外学者对热带大气低频变化作为重点研究对象而方兴未艾之际,章基嘉、孙国武、陈葆德等^[40-44]对青藏高原上空30—50天的大气低频变化进行了观测研究和数值模拟*;

* 孙国武、谢双亭,青藏高原和热带地区大气低频振荡与中国中部的降水,全国长期天气预报学术研讨会(北京,1989),中国气象学会学术会议论文摘要第17号。

随后,谢安、叶谦和陈隆勋^[45]又对青藏高原及其附近地区 OLR (地球向外长波辐射) 资料的低频变化周期进行了分析。

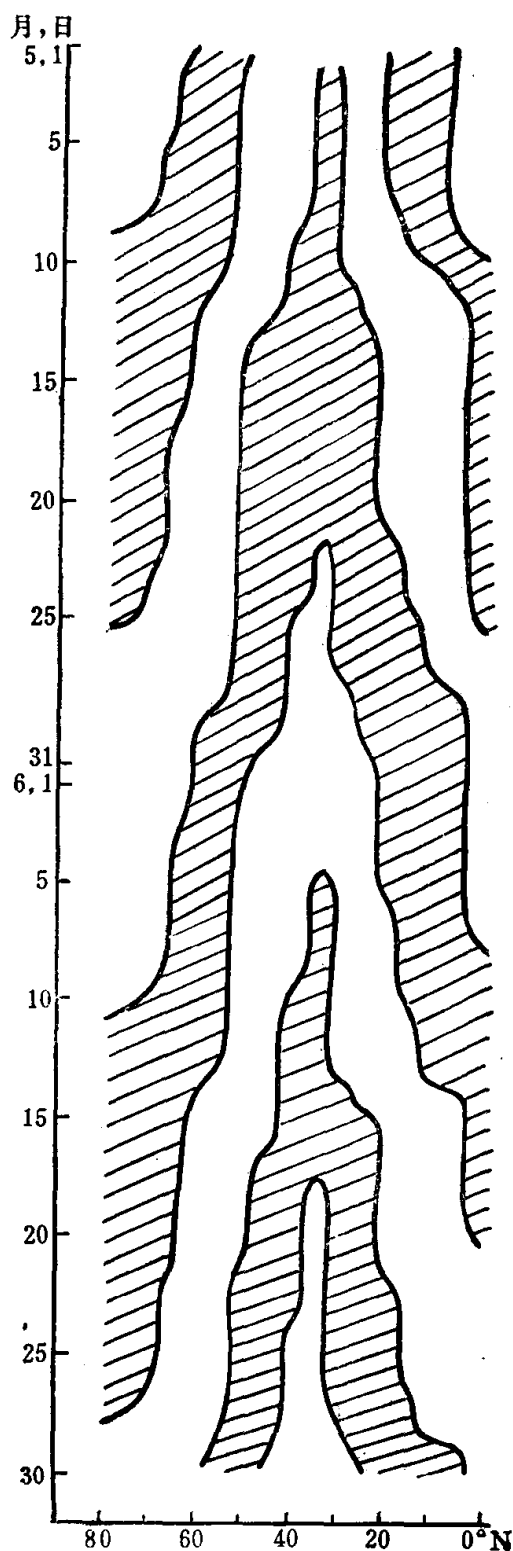


图 1.2 90°E500hPa等压面上30—50天过滤纬向风的时间-纬度剖面图
图中阴影区为西风分量,空白区为东风分量

夏半年,青藏高原上空大气的物理属性与热带低纬地区有许多相似之处:

(1) 青藏高原地区是低涡、切变线(类似热带风暴和热带辐合线)产生的源地^[46],高原低涡初生阶段大多是暖性,暖性低涡形成和发展的诸因子中,主要是感热加热、层结不稳定、气旋性涡度加强、正压不稳定、风速垂直切变小和水汽条件等,这些都类似热带扰

上述关于青藏高原30—50天的大气低频变化的研究,尽管开始时间不长,但仍获得了一些有趣的和有意义的初步结果;

1. 500hPa等压面上,青藏高原上空存在30—50天的周期变化,可能是大气低频振荡的源地之一;200hPa等压面上30—50天周期的大气低频振荡的产生,可能与中纬度地区的急流活动有关^[41]。

2. 青藏高原上空生成的大气低频波可以经向传播,也可以纬向传播,其传播周期为30—50天。从图1.2^[41]可以看出青藏高原地区生成的气旋切变线(北边东风,南边西风)和反气旋切变线(北边西风,南边东风)呈倒“V”型向北、向南的位相传播。

3. 青藏高原上空大气低频振荡与传播所反映的天气实体是青藏高原低涡的“群发性”。即青藏高原大气低频振荡与青藏高原低涡维持和消失的时段相交替有联系^[43]

4. 分析OLR资料表明,青藏高原及其附近地区存在显著的30—50天周期的低频振荡和传播,并且与夏季进入青藏高原的两条水汽通道有关^[45]。

5. 用一个二层原始方程谱模式,加入类似青藏高原的地形分布,对夏季流型下地形对大气低频变化的动力作用进行了研究。结果表明,在夏季流型下,大尺度地形的强迫作用可以激发出低频振荡。这种振荡具有准定常Rossby波的特征^[42]。

众所周知,青藏高原被称作地球上“三极”之一(另两极是南极和北极),它高耸于亚洲南部的大气对流层中层。大气环流的分支和突变;天气系统的形成和发展;天气现象的出现和加剧;无一不受到青藏高原的直接影响。

动^[47]。

(2) 青藏高原上空存在强烈发展的对流活动, 对流云出现的频数及平均云量比邻近的印度北部平原更高、更多^[48]; 那曲站 ($31^{\circ}29'N$, $92^{\circ}04'E$, 海拔高度4508.0米) 观测到的对流性降水回波顶高(海拔)18.2千米, 比印度新德里(New Delhi)测到的雷雨回波最大顶高17千米还高一些^[49]。

(3) 青藏高原上可以观测到极大的太阳总辐射、有效辐射和地表净辐射, 夏季太阳总辐射值超过太阳常数的现象并不罕见。夏季青藏高原是个强大热源, 且从旱季到雨季, 地面热源有明显的加强^[44]。

(4) 青藏高原大气低层, 有热力混合层存在^[50]和超干绝热率现象出现^[51]。

因此, 青藏高原大地形的动力效应和非绝热加热作用对其上空的大气低频变化是有影响的。可以预料, 这一问题的进一步研究, 将对青藏高原的作用和中、长期预报的研究产生深远的影响。

本书各章内容大致如下。全书共分十章, 每章各自独立地论述一个科学问题, 同时各章之间又相互衔接和联系。

第一章作为引论扼要介绍大气低频变化研究的进展。

第二章详细地揭示了青藏高原——大气低频振荡的活跃区和源地的许多重要事实。

第三章较全面地讨论了青藏高原大气低频振荡的水平结构和垂直结构。

第四章以充分的事实和清晰的图象描述青藏高原大气低频振荡的位相传播和能量频散。

第五章着重比较了东亚区域内, 青藏高原和高纬地区以及热带低纬地区的大气低频振荡现象, 并分析它们之间的联系。

第六章根据15年的逐日天气图资料, 对高原低涡生成的时段进行了较为细致的统计, 着重研究高原低涡的群发性与高原大气低频系统位相转换的联系。

第七章论述了对流层上层大气低频振荡与急流相互联系的事实。

第八章介绍用一个二层原始方程谱模式, 进行了夏季流型下青藏高原纯动力作用的数值试验结果。

第九章探讨大气低频振荡的研究结果在中、长期预报中应用的可能性。

第十章是总结与展望。

本书是作者近几年来对青藏高原大气低频变化研究工作的总结, 试图向读者展示一些新事实, 阐述一些新观点, 提出一些新问题。如果说热带大气低频变化经过近20年的广泛研究尚且有许多问题需深入探讨的话, 那么研究历史比其短得多的青藏高原大气低频变化问题, 需要继续探讨的方面就更多了。撰写本书的目的, 一是为了交流研究结果, 以资引起更广泛的兴趣, 更多的关注, 共同深入探讨; 二是试图把某些有实用意义的结果及时地用于中、长期天气预报, 为经济建设服务。作者深信, 青藏高原大气低频变化的研究必将不断发展、深入和提高, 而本书的问世希望能起到一点抛砖引玉的作用。

参 考 文 献

- (1) Hoskins, B. J. and R. Pearce (eds), Large scale dynamical processes in the atmosphere, Academic Press, (1983).
- (2) Krishnamurti, T. N. and S. Gadgil, On the structure of the 30 to 50 day mode over the globe during FGGE, *Tellus*, 37A, 336—360(1985).
- (3) Madden, R. A. and P. R. Julian, Detection of a 40—50 day oscillation in the zonal wind in the tropical Pacific, *J. Atmos. Sci.*, 28, 702—708(1971).

- [4] Madden, R. A. and P. R. Julian, Description of global scale circulation cells in the tropics with 40—50 day period, *J. Atmos. Sci.*, **29**, 1109—1123(1972).
- [5] Madden, R.A., Relationships between changes in the length of day and the 40 to 50 day oscillation in the tropics, *J. Geophys. Res.*, **92**, 8391—8399(1987).
- [6] 章基嘉, 关于热带低频振荡的动力学研究, *热带气象*, (4), 193—202(1988).
- [7] 章基嘉, 热带大气低频振荡的观测和数值试验, *气象科技*, (5), 30—35(1988).
- [8] 李崇银, 热带大气中的低频波, *热带气象*, (1), 177—186(1985).
- [9] 何金海, 王盘兴, 准40天振荡的基本特征及其研究进展, *气象科学*, (3), 54—63(1988).
- [10] 王国民, 大气低频变化研究述评, *气象科技*, (1), 8—15(1990).
- [11] 张可苏, 40—50天的纬向基流低频振荡及其失稳效应, *大气科学*, (11), 227—236(1987).
- [12] 李崇银, 大气中的季节内振荡, *大气科学*, (14), 32—45(1990).
- [13] Parker, D. E., Equatorial kelvin waves at 100 milibars, *Quart. J. Roy. Meteor. Soc.*, **96**, 116—129(1973).
- [14] 何金海、陈丽臻, 南半球中纬度准 40 天振荡及其与北半球夏季风的关系, *南京气象学院学报*, (12), 11—18(1989).
- [15] Krishnamurti, T.N. and D. Subrahmanyam, The 30—50 day mode at 850 mb during MONEX, *J. Atmos. Sci.*, **39**, 2088—2095(1983).
- [16] Murakami, T., et al., On the 40—50 day oscillation during the 1979 Northern Hemisphere summer. Part I: Phase propagation, *J. Meteor. Soc. Japan*, **62**, 440—468(1984).
- [17] Lau, K.M. and P.H.Chan, Aspects of the 40—50 day oscillation during northern winter from outgoing longwave radiation, *Mon. Wea. Rev.*, **113**, 1889—1909(1985).
- [18] Lau, K.M. and P.H.Chan, Aspects of the 40—50 day oscillation during the northern summer as inferred from outgoing longwave radiation, *Mon. Wea. Rev.*, **114**, 1354—1367(1986).
- [19] Yasunari, T., A quasi-stationary appearance of 30—40 day period in the cloudiness fluctuations during the summer monsoon over India, *J. Meteor. Soc. Japan*, **58**, 225—229(1980).
- [20] Wallace, J.M. and D.S. Gutzler, Teleconnections in the geopotential height field during the Northern Hemisphere winter, *Mon. Wea. Rev.*, **109**, 784—812(1981).
- [21] Nakazawa, T., Intraseasonal variation of OLR in the tropics during the FGGE year, *J. Meteor. Soc. Japan*, **64**, 17—34(1986).
- [22] Murakami, M., Analysis of the deep convection activity over the western Pacific and Southeast Asia, Part II: Seasonal and intraseasonal variations during Northern Summer, *J. Meteor. Soc. Japan*, **62**, 88—108(1984).
- [23] Chang, C.-P. and K.M. Lau, Northeasterly cold surges and near-equatorial disturbances over the winter MONEX area during December 1974. Part II: Planetary scale aspects, *Mon. Wea. Rev.*, **110**, 933—946(1980).
- [24] Chang, C. -P. and K. M. Lau, Short-term planetary scale interactions over the tropics and mid-latitudes during northern winter. Part I: contrasts between active and inactive periods, *Mon. Wea. Rev.*, **110**, 933—946(1982).
- [25] Lau, K.M. et al., Short-term planetary scale interactions over the tropics and midlatitudes during the northern winter. Part II: winter-MONEX periods, *Mon. Wea. Rev.*, **111**, 1372—1388(1983).
- [26] Lau, K.M. and J.S. Boyle, Tropical and extratropical forcing of the large-scale circulation: a diagnostic study, *Mon. Wea. Rev.*, **115**, 400—428(1987).
- [27] Lau, K.M. and T.J. Phillips, Coherent fluctuations of extratropical geopotential height and tropical convection in intraseasonal time scales, *J. Atmos. Sci.*, **43**, 1164—1181(1986).
- [28] Liebmann, B. and D.L. Hartmann, An observational study of tropical-midlatitude interaction on intraseasonal time scale, *J. Atmos. Sci.*, **41**, 3333—3350(1984).
- [29] Lau, K. M. et al., The 40—50 day oscillation and the El nino/Southern Oscillation: A new perspective, *Bulletin, AMS*, **67**, 533—534(1986).
- [30] 陈隆勋、谢安, OLR资料所揭示的 El nino 和 30—60 天振荡之间的关系, *气象科学技术集刊* (11), 气象出版社, 26—35(1987).
- [31] Yasunari, T., Structure of an Indian summer monsoon system with around 40-day period, *J. Meteor. Soc. Japan*, **59**, 336—354(1981).
- [32] Murakami, T., T. Nakazawa and J. He, On the 40—50 day oscillations during the 1979 northern hemisphere summer, Part II: Heat and moisture budget, *J. Meteor. Soc. Japan*, **62**, 469—484(1984).
- [33] 何金海等, 1979 年夏季亚洲季风区域 40—50 天周期振荡的环流及其水汽输送场的变化, *南京气象学院学报*,

(2), 163—175(1984).

- [34] Chen, T-C and M-C Yen. The 40—50 day oscillation of the low level monsoon circulation over the Indian Ocean. *Mon. Wea. Rev.* 114, 2550—2570(1986).
- [35] 何金海、于新文, 1979年夏季我国东部各纬带水汽输送周期振荡的初步分析, *热带气象*, (2), 9—15(1986).
- [36] Lau, K.M. and L. Peng. Origin of low-frequency (intraseasonal) oscillations in the tropical atmosphere. Part I: basic theory. *J. Atmos. Sci.* 44, 950—972(1987).
- [37] Chang C. P. and H. Lim. Kelvin-wave CISK: a possible mechanism for the 30—50 day oscillation. *J. Atmos. Sci.*, 44(1987).
- [38] Moura, A.D. and J. Shukla. On the dynamic of drought in Northeast Brazil observations, theory, and numerical experiments with a general circulation model. *J.A.S.*, 38, 2653—2675(1981).
- [39] Charney, and DeVore, J.G.. Multiple flow equilibria in the atmosphere and blocking. *J.A.S.* 36, 1205—1216(1979).
- [40] 章基嘉等, 青藏高原各热源分量的时频特征及高度场对它们的响应, *青藏高原气象科学实验文集 (一)*, 科学出版社, 182—192(1984).
- [41] 孙国武、陈葆德, 青藏高原上空大气低频波的振荡及其经向传播, *大气科学*, (12), 250—256(1988).
- [42] 陈葆德、章基嘉等, 夏季流型下大尺度孤立地形对大气低频变化的纯动力作用, *南京气象学院学报*, (4), 1990.
- [43] 孙国武、陈葆德、周亚军, 青藏高原大气低频振荡的实体——低涡的群发性 (待发表).
- [44] 章基嘉等, 青藏高原气象学进展, 科学出版社, (1988).
- [45] 谢安、叶谦、陈隆勋, 青藏高原及其附近地区大气周期振荡在 OLR 资料上的反映, *气象学报*, 47, 272—278 (1989).
- [46] 青藏高原气象科学研究拉萨会战组, 夏半年青藏高原500毫巴低涡切变线的研究, 科学出版社, 66—67(1981).
- [47] 钱正安等, 1979年夏季青藏高原低涡的统计及低涡产生的气候因子探讨, *青藏高原气象科学实验文集 (二)*, 科学出版社, 182—194(1984).
- [48] 钱正安等, 1979年夏季高原地区对流云的分析, *青藏高原气象科学实验文集 (一)*, 科学出版社, 246—257 (1984).
- [49] 秦宏德等, 青藏高原那曲地区对流性降水回波的统计特征, *青藏高原气象科学实验文集 (一)*, 科学出版社, 258—268(1984).
- [50] 宋正山、朱抱真、孙国武、青藏高原西部地区热力混合层的初步研究, *青藏高原气象科学实验文集 (二)*, 科学出版社, 253—261(1984).
- [51] 张丙午, 青藏高原的干绝热直减率现象, *青藏高原气象科学实验文集 (三)*, 科学出版社, 135—144(1987).

第二章 青藏高原——夏半年大气

低频振荡的活跃区和源地之一

本章提要

自从大气低频振荡首先在赤道地区发现伊始,到现在其研究范围已扩展到赤道外热带地区,继而又扩展到北半球中、高纬地区。尽管如此,青藏高原上空的大气低频振荡直到近几年才逐渐引起人们的关注。

本章使用1979年青藏高原气象科学实验资料和1980—1983年欧洲中心的格点资料,对夏半年青藏高原大气低频振荡的观测事实进行了研究,首先揭示出高原上存在显著的30—50天主周期及其年际变化,其次提出了高原上大气低频系统生成的源地及其两种类型:振荡型和传播型。再次,还分析了冬季高原大气低频系统的情况。最后并与东亚高、低纬地区的源地进行了比较。

§ 2.1 引言

许多研究早已指出夏季青藏高原是北半球强大的热源区之一^[1],有如“大气海洋”中的一个热岛。叶笃正、高由禧对此作了全面的论述和总结^[2],并进一步指出青藏高原除了对大气环流的机械动力作用外,还对大气环流有热力作用,尤其是这种热力作用直接加之于对流层中部,就更为显著。

1979年5—8月青藏高原气象科学实验,再一次证实青藏高原地面为一强大热源区,且有由旱季进入湿季不断加强的特征。热源中心在高原中部、南部,另在高原东部还有一个热源次中心^[3]。章基嘉、朱抱真等亦对此作了全面的论述和总结^[4],并进一步指出,高原热源强度随时间是在不断地变化,所以不同时频域上的热源对环流产生的影响也不同。值得重视的是,500hPa位势高度场对地表土壤热通量的响应有一个长达41天的低频特征周期,响应滞后时间为20天。

近年来,孙国武、陈葆德等认为^[5],夏半年青藏高原上空的大气物理特性与赤道、热带地区有许多相似之处,赤道和热带地区是产生30—50天周期的大气低频振荡的源地^[6-8],青藏高原是否也是北半球大气低频振荡的源地之一呢?观测研究的结果表明,夏半年高原地区是大气低频振荡的重要源地之一,周期为30—50天。

本章将以比过去更多的观测研究结果,论述青藏高原是夏半年北半球大气低频振荡的重要源地之一。至于青藏高原的地形强迫和非绝热加热的作用,本章内容暂不涉及。

§ 2.2 青藏高原地区纬向风的功率谱估计

大气运动在时域上存在各种不同频率的振荡,其中也包含周期为30—50天的低频振荡。研究表明,不同的环流系统和不同的气象因子具有不同的时频振荡特征。本章论述的青藏高原大气低频振荡现象,是以该区域上空500hPa等压面上的纬向风(u)和位势高度(H)来表示的, u 、 H 时间序列中的各种时频振荡是否包含30—50天低频振荡的优势成份?这是需要首先回答的问题。

下面给出青藏高原及其邻近地区所选测站的分布(图2.1)和各站500hPa等压面 u 的功