



·中文版·

卫星水汽图像和位势涡度场 在天气分析和预报中的应用

Weather Analysis and Forecasting

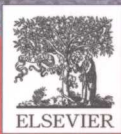
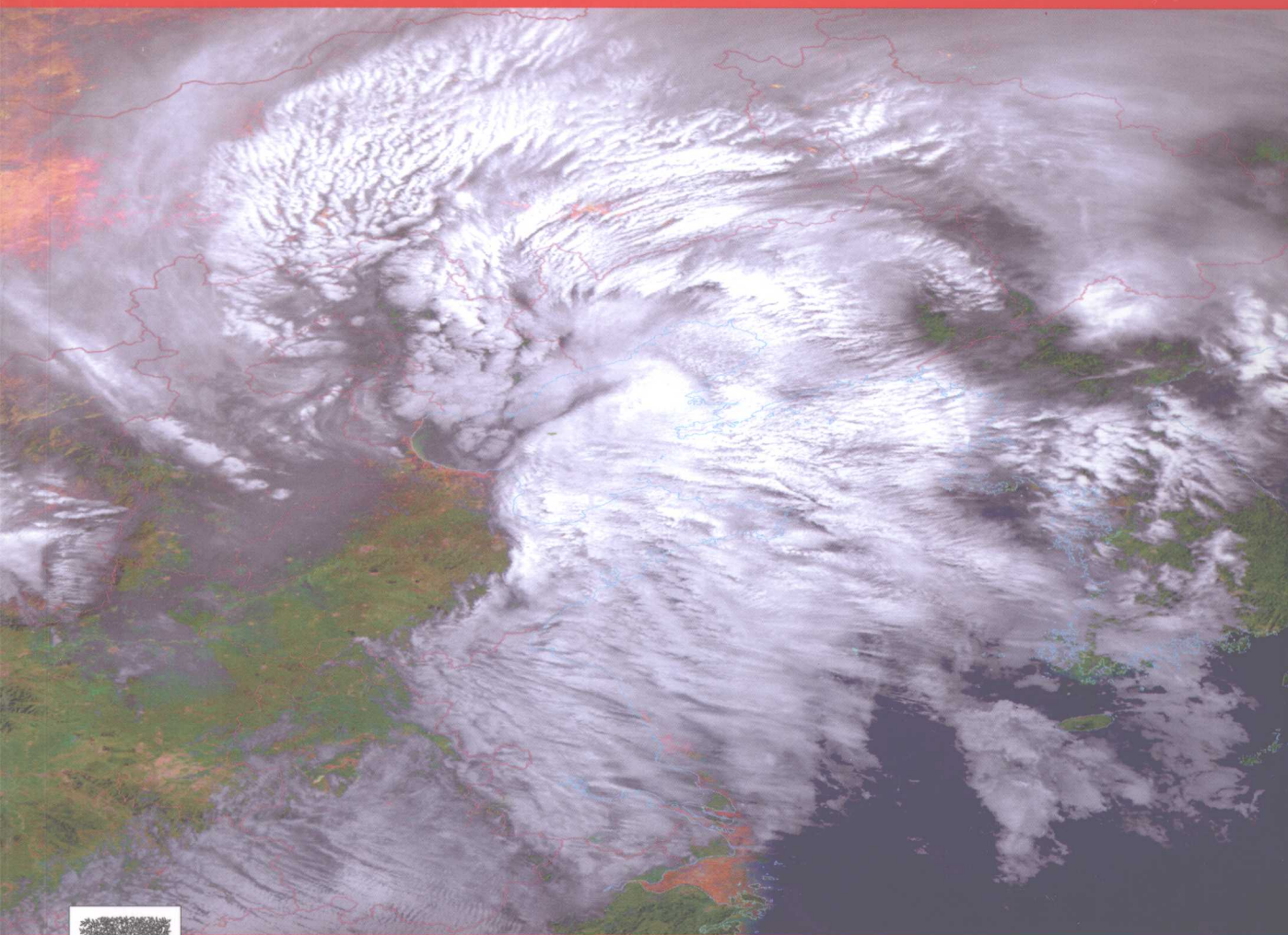
Applying Satellite Water Vapor Imagery and Potential Vorticity Analysis

原著：〔法〕帕特里克·桑特里特

翻译：方翔等

〔保〕克里斯托·G. 乔治夫

审校：许健民



原版引进



科学出版社

www.sciencep.com

WEATHER ANALYSIS AND FORECASTING

Applying Satellite Water Vapor Imagery and Potential Vorticity Analysis

卫星水汽图像和位势涡度场在 天气分析和预报中的应用

原著：〔法〕帕特里克·桑特里特
〔保〕克里斯托·G. 乔治夫

翻译：方 翔 等

审校：许健民

科学出版社

北 京

图字: 01-2008-0263 号

This is a translated version of

Weather Analysis and Forecasting: Applying Satellite Water Vapor Imagery and Potential Vorticity Analysis

Patrick Santurette, Christo G. Georgiev

Copyright © 2005 Elsevier Inc.

ISBN: 0-12-619262-6

All rights reserved.

No part of this publication may be reproduced or transmitted in any form or by any means, electronic or mechanical, including photocopy, recording, or any information storage and retrieval system, without permission in writing from the publisher.

AUTHORIZED EDITION FOR SALE IN P. R. CHINA ONLY

本版本只限于在中华人民共和国境内销售

图书在版编目(CIP)数据

卫星水汽图像和位势涡度场在天气分析和预报中的应用/(法)桑特里特等编著;方翔等译.—北京:科学出版社,2008

ISBN 978-7-03-020792-0

I. 卫… II. ①桑…②方 III. ①水汽-卫星图像-应用-天气分析②水汽-卫星图像-应用-天气预报③位势场-涡度-应用-天气分析④位势场-涡度-应用-天气预报 IV. P45

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2007)第 205755 号

责任编辑:田慎鹏 刘芸芸/责任校对:张 琪

责任印制:钱玉芬/封面设计:耕者设计工作室

科学出版社 出版

北京东黄城根北街 16 号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

天时捷色印刷有限公司印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2008 年 2 月第 一 版 开本: 787×1092 1/16

2008 年 2 月第一次印刷 印张: 10 1/2

印数: 1—2 500 字数: 248 000

定价: 80.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换〈双青〉)

销售部电话: 010-64006871 编辑部电话: 010-64034507

序 言

依靠科技进步，千方百计提高气象预报准确率，努力提高防灾减灾能力，保障经济社会又好又快的发展，是气象工作的最重要的任务。卫星资料产品和数值天气预报是提高气象预报能力的两个重要支撑。经过广大气象科技工作者和航天科技工作者的艰苦努力，2007年汛期，实现了风云二号C星和D星组网运行，可提供我国周边地区每十五分钟一幅的云图动画。我国自主研发的GRAPES数值天气预报系统也已投入业务试运行。因此，使用好我国自主研发的卫星和数值天气预报系统所提供的信息，是提高我国天气预报准确率的关键之路。

由国家卫星气象中心方翔等人翻译、许健民院士审校的《卫星水汽图像和位势涡度场在天气分析和预报中的应用》一书由法国气象局预报研究所 Patrick Santurette 和保加利亚科学院 Christo G. Georgiev 合著。该书把动力气象的位势涡度理论、数值预报输出产品和卫星水汽图像结合起来，为预报人员提供了一种用好卫星和数值预报资料的思路，即预报员要从动力气象的基本原理入手分析天气系统，利用位涡思维判断中纬度温带天气系统发展；利用卫星水汽图像的动画，对业务数值天气预报的趋势是否正确做出判断，通过修改数值预报初始场，改善业务数值预报的结果。气象预报的过程，实际上是一个科学研究的过程。天气预报的制作，要基于对当前大气三度空间结构的认识，对未来大气状态的演变做出预测。这本书提供的思路，值得广大天气预报员借鉴。为此，我衷心感谢翻译和审校人员把这本书及时介绍给我国天气预报人员。

应该看到，把国外同行的研究成果用到我国的天气预报业务实践中来，还要做大量的工作。比如，法国气象局用它的数值预报结果制作出合成水汽图像，与卫星观测水汽图像进行对比，既有利于预报人员解释卫星观测的水汽图像，又可以从卫星水汽图像中看到用数值预报产品中的不足。又如，为了改善数值天气预报的初始场，法国气象局专门研制了人机交互系统，根据卫星水汽图像与数值预报初步比较的结果，由手工修改数值预报初始场，使之与卫星水汽图像更加匹配，从而使修正后的数值预报得到改善。类似于这样的工作，都值得我国天气预报人员去借鉴，脚踏实地提高我国天气预报的准确率。我殷切期望，我国广大天气预报人员、数值天气预报模式的研发人员和卫星产品的研发人员联合起来做细致的工作，不断改进对我国天气系统的认识，千方百计地提高天气预报的准确率。

郑国光

中国气象局局长

译者的话

国家卫星气象中心翻译出版了一系列关于气象卫星和卫星气象的优秀著作。已经出版的五本译著分别是：

《气象卫星——系统、资料及其在环境中的应用》(1994年4月气象出版社出版)

《水汽图像在天气分析和天气预报中的解译与应用》(1994年9月气象出版社出版)

《遥感的物理学和技术概论》(1995年8月气象出版社出版)

《卫星观测的热带云和云系》(1996年5月气象出版社出版)

《卫星和雷达图像在天气预报中的应用》(1998年10月科学出版社出版)

《卫星水汽图像和位势涡度场在天气分析和预报中的应用》(科学出版社出版) 是其中的第六本。

由法国气象局预报研究所 Patrick Santerre 和保加利亚科学院 Christo G. Georgiev 合著的《卫星水汽图像和位势涡度场在天气分析和预报中的应用》将动力气象的位势涡度理论、数值预报输出产品的应用和卫星水汽图像的解释有机地结合起来,向天气预报人员介绍了一种逻辑严谨、并可操作的预报思路。在这种预报思路中,卫星云图、天气图和各种数值预报产品相互配合、取长补短,为预报员勾划出天气系统的三度空间结构和发展趋势的合理诊断和预期。本书为预报人员提供了使用好近年来气象卫星和数值预报为我们所提供丰富产品的指南,为数值预报模式研发人员提供了察觉业务模式和同化中的不足并加以改进的工具,也为有关专业的大专院校师生提供了将动力气象学和卫星气象学的基本概念结合起来灵活应用的范例。

本书的翻译工作由国家卫星气象中心的遥感应用室人员集体完成。第一、二章任素玲译,第三章第3.1~3.3节李云译,第三章第3.4~3.6节方翔译,第四章第4.1~4.4节王瑾译,第四章第4.5~4.6节蒋建莹译,第四章第4.7~4.8节、结论李小龙译,前言、致谢、引言、附录寿亦萱和曹志强译,方宗义审校了部分内容,许健民对全书做了审校。

国家卫星气象中心翻译出版的这一系列译著代表了目前国际上在对气象卫星云图的解释方面的知识水平。随着风云二号双星十五分钟间隔云图动画的业务运行和广泛分发,我国天气预报人员使用云图的积极性大大提高。我们希望这些译著对天气预报人员在日常工作中使用云图会有所帮助。

许健民

2007年9月26日

前 言

本书旨在为天气预报员和气象工作者提供一本将水汽通道图像的解释和动力场结合起来进行天气分析和预报的实用手册。

近年来动力气象学的研究进展已经指出了在业务气象中使用位涡场的好处。本书则通过向读者展示解释水汽图像的新技术来阐明这种方法。水汽图像的解释与天气形势特征密切相关。书中汇集了大量用模式场和卫星图像进行叠加显示的实例，对卫星图像在预报中的作用进行了简要而适当的分析和解释。我们希望这本书能够成为天气预报员的实用训练指南，也希望它能够引起在校大学生的兴趣，并对他们有所帮助。

致 谢

本书是法国气象局与保加利亚国家气象水文研究所合作完成的。作者对 Jean Coiffier 在研究期间所提供的大量建设性的建议和有益的讨论，以及在绘图方面给予的帮助表示感谢。另外，Frabienne Dupont 提供了计算机和软件支持；Philippe Arbogast 在准备第四章素材时，为位涡的修改和反演工作提供了帮助；第 4.6.2 节和 4.6.3 节中的素材是与分析和预报技术研究所（STAP）的 Francisco Martion Leon 合作完成的；在 3.3.2 节，4.6.2 节和 4.6.3 节的全部以及 4.1.3 节的部分分析中，使用了西班牙高分辨率区域模式（HIRLAM）的输出结果，这些也是由国家气象研究所（INM）所属的 STAP 友情提供的；其余所有的卫星图像（EUMETSAT 的 Meteosat 7）和数值模式产品都由法国气象局提供。法国气象局还为本书中的工作提供了资金支持。另外，特别感谢那些匿名评审者们以及 David Couzens 编辑为本书慷慨贡献的时间以及深入的评论。

引 言

Meteosat 以及其他静止卫星给出的水汽通道图像为气象业务预报员进行天气分析提供了极有价值的信息。由于水汽图像代表对流层中上部的水汽所发出的辐射,因而它能很好地反映该高度上的天气形势。为了更好地理解一些重要的大尺度天气过程,我们把卫星图像与能够反映中、高层大气环流的气象要素场综合起来分析。这样的动力气象要素场可以是绝对涡度,或者是与水汽通道辐射关系密切的位势涡度,它们可以有多种表示方式。

从 20 世纪初开始,人们就已经认识到大气环流和涡度对天气分析很有用,在此基础上, Rossby 和 Ertel 于 20 世纪 30 年代后期首次提出了位涡理论。尽管在 20 世纪 40 年代初期位涡就作为一种大气动力学参数被引入,但是当时它的应用还非常有限,这主要是由于位涡场的计算非常复杂所致。随着现代计算机技术的不断发展及其在气象学中的应用,从 1964 年开始相继出现了通过各种算法算出的位涡场。1985 年, Hoskins 等人提出对等熵面位涡图的分析,并将它作为理解大气中动力过程的重要诊断工具。此后,越来越多的气象业务研究工作者用位涡来研究天气过程和进行天气预报,特别是将它用于气旋生的预报。

在热带以外的气旋性环流场中,位涡场和卫星水汽通道图像之间有着很好的对应关系。这种对应关系使得图像解释变得更加容易,而且也有助于检验数值预报的结果。若涡度场和水汽图像不匹配,则说明模式结果或预报中存在差错。此外,这种对应关系也用于对数值模式的初始场调整(例如, Pankiewicz *et al.*, 1999; Swarbarick 2001)。

本书第一篇内容主要介绍了气象基础知识,以便读者更好地理解第二篇中更加专业的内容。其中第一章介绍了大气动力学的基本知识;第二章则主要介绍了卫星水汽通道图像,并说明解释图像灰度的方法。

第二篇着重介绍业务应用。将水汽图像与各种物理量场进行匹配,为预报员讲述关于位涡分布与卫星水汽图像对应关系的知识。第三章介绍了用水汽图像解释重要天气尺度环流形势发展的动力学理论。第四章是本书的核心,它主要讲述通过诊断分析和先前的预报来检验数值预报的结果。本书提出对位涡场、卫星水汽图像和数值模式合成水汽图像进行综合比较的方法,这是一种有助于改进业务预报的新方法。

虽然第二章和第三章的大部分内容曾在其他书中出现过,但是我们仍然觉得有必要在这里对这些知识进行汇总,以便于更好地理解第四章中所讨论的新内容。

在第三、四章的最后都做了小结,以便让读者能更方便地参考本书中所讨论的具体问题。

目 录

译者的话	
前言	
致谢	
引言	

第一篇 基础知识

第一章 天气发展的动力学观点	3
1.1 涡度和位涡	3
1.2 位涡思维的概念	5
1.2.1 位涡守恒原理	5
1.2.2 位涡分布的可反演原理	5
1.2.3 位涡的气候分布	6
1.2.4 正位涡异常及其对天气系统发展的影响	6
1.3 位涡场在监视天气发展中的实际应用	7
1.3.1 高空动力学、动力对流层顶和对流层顶的动力异常	7
1.3.2 位涡概念观察到的天气系统发展	8
1.3.3 急流和急流核	10
1.3.4 实际大气垂直结构分析	10
第二章 水汽图像的解释	13
2.1 水汽吸收波段的辐射测值	13
2.2 水汽图像灰度中的信息	16
2.2.1 多层水汽条件	16
2.2.2 低气温和逆温	18
2.2.3 云	19

第二篇 水汽图像和大气动力场相结合的实际应用

第三章 与天气尺度动力结构有关的重要水汽图像特征	23
3.1 图像上天气尺度亮区和暗区的解释	23
3.1.1 湿(亮)区	23
3.1.2 干(暗)区	26



3.2	对流层中、上部的风场	36
3.2.1	急流与对流层顶动力异常的相互作用	37
3.2.2	急流断裂	40
3.3	阻塞形势	42
3.3.1	东风带由反气旋生产生的阻塞形势形成过程	42
3.3.2	东风带由气旋生产生的阻塞形势形成过程	45
3.4	气旋生	47
3.4.1	斜压槽里的气旋生——水汽图像上的叶状和斜压叶状特征	47
3.4.2	有高空前兆的气旋生	54
3.5	一次强天气过程的水汽图像主要特征分析	58
3.5.1	与地中海阻塞形势相关联的主要特征	58
3.5.2	指示上游脊在下游槽北边跨越的 K 边界	60
3.5.3	与阻塞形势下急流断裂相关联的干三角特征	61
3.5.4	造成不稳定和对流的叶状系统发展	63
3.5.5	气旋生的前兆：干三角特征	67
3.6	小结	72
3.6.1	水汽图像解释的基本原则	72
3.6.2	亮的水汽图像——它与动力结构的关系	72
3.6.3	暗的水汽图像——它与动力结构的关系	73
3.6.4	水汽图像上的边界——它与动力结构的关系	73
3.6.5	水汽图像上边界之间的相互作用——与之对应的动力过程	73
3.6.6	水汽图像与动力场的叠加显示——分析天气尺度系统的工具	74
第四章	水汽图像在评估数值天气预报模式准确性和提高天气预报水平中的应用	75
4.1	位涡场和水汽图像之间的关系在业务中的应用	75
4.1.1	位涡场和水汽图像之间关系的性质和用途	75
4.1.2	涡度场与水汽图像叠加所提供的信息	77
4.1.3	干闯入、位涡异常、水汽图像之间的关系	78
4.2	合成水汽图像（用数值预报的温度和湿度分布推测出的水汽图像）	84
4.3	位涡场、水汽图像和合成水汽图像之间的比较	87
4.3.1	通过比较水汽图像、位涡场和合成水汽图像验证数值天气预报模式的输出结果	87
4.3.2	比较水汽图像、位涡场和合成水汽图像的典型个例	89
4.4	水汽图像、位涡场和合成水汽图像之间的匹配性	91
4.5	合成水汽图像/数值天气预报水汽分布和位涡场不匹配的例子	95
4.5.1	水汽图像和位涡场匹配	96
4.5.2	水汽图像和位涡场之间，以及水汽图像和合成水汽图像之间的不匹配	100
4.5.3	水汽图像和合成水汽图像之间匹配	105
4.6	水汽图像和位涡场之间不匹配，但是位涡场和合成水汽图像/数值天气	



预报水汽分布之间匹配	110
4.6.1 次级气旋发展	110
4.6.2 迅速气旋生初始阶段的湿上升运动	112
4.6.3 一个切断低压系统中涡旋的再次加强发展	117
4.6.4 大西洋上强纬向气流中的迅速斜压气旋生	122
4.7 用卫星水汽图像、合成水汽图像和位涡概念修正数值预报结果	129
4.7.1 大西洋上空纬向气流中气旋生的例子	129
4.7.2 高层强迫作用引发对流的例子	133
4.8 小结	138
4.8.1 将水汽图像和动力场之间的比较作为业务工具	138
4.8.2 将卫星和合成水汽图像与位涡场进行对比以检验数值天气预报结果	139
4.8.3 用卫星和合成水汽图像以及位势的概念调整数值预报初始条件, 以改善数值 预报	140
4.9 结论	140
 附录 A 辐射传输理论以及 Meteosat, GOES 和 MSG 卫星水汽通道的一些辐射效应 ...	142
A.1 辐射传输理论	142
A.2 MSG 卫星的水汽通道	146
附录 B 合成(伪)水汽图像	151
附录 C 用位涡修改技术以及位涡反演结果修正数值模式的初始场	152
附录 D 缩略词词汇表	154
参考文献	155



第一篇 基础知识

第一章 天气发展的动力学观点

- 1.1 涡度和位涡
- 1.2 位涡思维的概念
- 1.3 位涡场在监视天气发展中的实际应用

1.1 涡度和位涡

在研究天气尺度系统发生和演变动力结构时，有些气象参数表现得更为有效。守恒（随流体元运动保持不变的）场最适用于检测和监视天气系统的结构，在天气事件演变的过程中，这些结构在多方面起关键作用。在绝热运动假定下，位温 θ 和湿球位温 θ_w 是气块的热力学示踪物。它们使我们能在无需考虑温度平流和气压变化影响的条件下，比较不同气块的热力属性。然而，它们只代表一部分决定大气演变进程的重要属性。为了更好地理解观测事实，还须考虑（气块的）动力属性。

在中纬度，重要的天气尺度动力属性是那些和气块旋转有关的参数。这种旋转既和地球的运动有关，又和风的旋转分量有关。流体元的旋转用各种涡度变量描述。涡度是大气局地旋转程度的度量：它是天气动力学的关键参数。如图 1.1 所示，涡度矢量表示了旋转轴的方向和旋转的程度，其中旋转程度正比于围绕旋转轴的局地角速度。流体元围绕其涡度矢量旋转，绝对涡度等于围绕局地柱体的相对旋转和坐标系的旋转两者之和。

为了用准地转理论解释天气过程，在涡度方程中仅需要考虑垂直分量。绝对涡度的垂直分量为 $\zeta = f + \xi$ ，其中 f 为科氏参数， ζ 为相对涡度：

$$\xi = \frac{\partial v}{\partial x} - \frac{\partial u}{\partial y}$$

进一步假定对于天气尺度系统而言，地球自转是大项（也就是说， $\zeta \cong f$ ）。在这种情况下，相对涡度方程就只包含地球自转这种基本旋转运动的伸缩项了（Hoskins, 1997）。图 1.2 给出了两个例子。注意到在地面附近垂直运动为零，我们可以观测到以下情况：

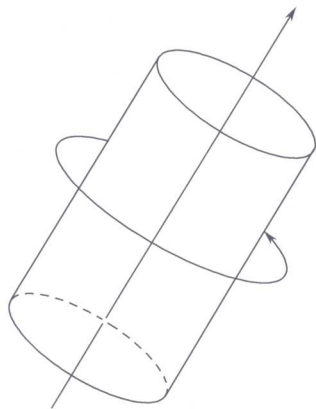


图 1.1 涡度矢量和大气中的局地旋转示意图。大气中的局地旋转是由绕涡度矢量柱的环流指示的（摘自 Hoskins, 1997）。



- 对流层里存在上升运动意味着气柱被拉伸, 此时生成大于 f 的绝对涡度, 也就是说, 对流层下部生成气旋性相对涡度。
- 同样的, 对流层里存在下沉运动意味着气柱被压缩, 对流层下部生成反气旋性相对涡度。
- 如果初始相对涡度为零, 图 1.2a 和图 1.2b 中的两种情况分别对应着地面气旋和反气旋的发展。

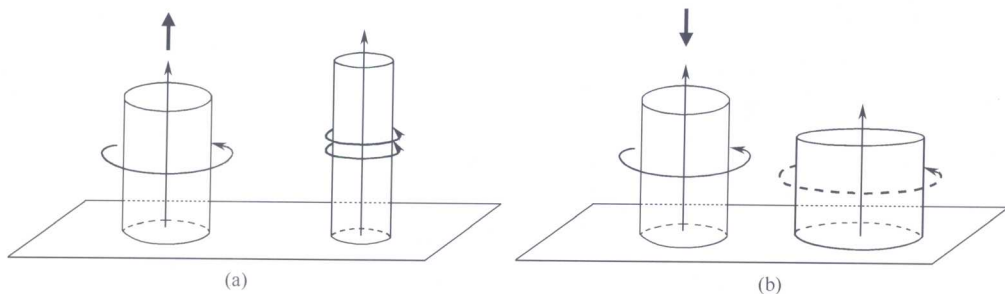


图 1.2 对流层中的上升 (a) 和下沉 (b), 分别导致的涡管的拉伸 (a) 和压缩 (b), 并分别伴随涡度和环流的增加 (a) 和减小 (b) (引自 Hoskins, 1997)。

进一步看, 在准地转理论的框架下, 天气尺度系统的发展可以从垂直运动的角度来观察, 这种垂直运动与对流层中、上部的涡度演变有关系。Pedder(1997) 指出, 准地转近似可用于主观分析, 用大尺度气压和温度的分布诊断与之相关的垂直环流。

和准地转理论一样, 已经证明“位涡思维”对于观察和理解中纬度天气尺度系统的发展非常有用 (关于位涡的理论基础和参考文献, 可以参看 Hoskins 等 1985 年的文章, 文章对位涡的应用做了详尽的评论)。位涡在等熵坐标下的简单表达式可写为:

$$PV = \sigma^{-1} \zeta_{ad} \quad (1)$$

其中

$$\sigma = -g^{-1} \partial p / \partial \theta > 0 \quad (2)$$

为 $xy\theta$ 坐标系中气块的密度, θ 为位温, P 为气压, g 为重力加速度, 并且

$$\zeta_{ad} = f + \zeta_\theta \quad (3)$$

为等熵绝对涡度。

方程 (1) 表明, 位涡与绝对涡度和静力稳定度两个变量有关。通常用来描述位涡的单位为 $10^{-6} \text{m}^2 \text{s}^{-1} \text{Kkg}^{-1}$, 称为单位位涡 (PVU)。

以下三个方面的性质, 使得位涡成为用于描述大气动力过程的基本变量:

1. 众所周知的位涡拉格朗日守恒原理。该原理说, 如果不考虑非绝热和湍流混合过程, 气块的位涡沿其三维运动轨迹保持不变。

2. 位涡分布可反演原理。不管是否绝热和有无摩擦, 该原理都成立。已知任何地点的位涡和适当的边界条件, 在合适的平衡条件下, 通过求解方程 (1) 可以诊断出位势高度、风场、垂直速度和位温 θ 等参数, 这取决于能否得到足够的非绝热加热和摩擦过程的信息。

3. 与上面两个原理同样重要的另一个位涡性质, 是其特定的气候分布。位涡的气候分布可以用来描述和理解大气动力学的概念模型。



1.2 位涡思维的概念

1.2.1 位涡守恒原理

位涡的守恒性使我们能随空间和时间鉴别和跟踪重要的天气特征。在图 1.3 中, 我们考虑一个小涡管, 它的底边界位于位温 θ 处, 顶边界位于位温 $\theta + d\theta$ 处。在干燥大气绝热运动的情况下, 这个具有定常质量的圆柱体一定会在两个等位温面 (等熵面) 之间移动, 其中的每一个气块都保持其位温不变。由于涡管保持在这两个等熵面之间, $d\theta$ 值保持不变。同时, 在涡管演变的过程中, 流体元的位涡应该保持不变。因而, 当 h 增加 (θ 的梯度减小) 时, 涡度也增加; 相反, 当 h 减小时, 涡度也减小。因此, 以两个等熵面为边界的涡管的伸展/压缩对涡度的影响, 和 θ 梯度的变化是同步的。

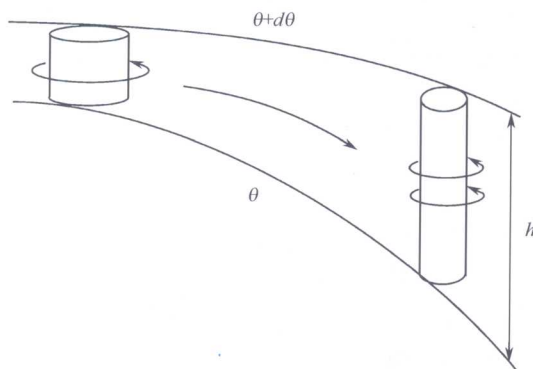


图 1.3 涡管在两个等熵面之间移动时位涡守恒的效应

所以, 大气中位涡的守恒性通过伸展/压缩作用引起天气系统的发展。最大位涡的输送影响天气尺度的气流, 进而产生垂直运动。从天气预报业务的观点来看, 位涡理论提供了非常有力和简洁的大气动力学观点。在卫星图像上叠加各种位涡场, 成为一种重要的诊断分析工具。这种做法非常适合于用人眼直接观察大气动力过程。特别是由于位涡结构和水汽特征有很好的关系, 将高层位涡场和水汽图像联系在一起判读, 可以提供有价值的信息。

1.2.2 位涡分布的可反演原理

我们可以利用第 1.2.1 节描述的方法, 通过比较数值模拟的结果和实际大气的状况, 也就是比较数值预报和卫星图像, 来评估数值模式的模拟能力。如果有明显的不一致, 位涡分布的可反演原理使我们能用局地位涡修正值来调整业务数值模式的初始条件。这样, 在局部地区按照观测所指示的方向修正位涡值, 能改善模式的初始条件。这里所说的观测, 主要指卫星图像, 也包括利用位涡反演得到的其他的变量场 (温度、风等)。利用新的初始条件重新计算出的预报, 有可能减少气旋路径和强度的预报误差 (参看第 4.7 节)。



1.2.3 位涡的气候分布

在大气中位涡的气候分布具有显著的特征。总的来说,位涡在对流层内部变化不大(参看图 1.4)。在对流层中下部,平均位涡的变化范围大约从 0.3 单位位涡至 0.5 单位位涡,在对流层上部达到 1 单位位涡,再向上随高度急速增加。在平流层里,位涡值远超过 1 单位位涡,在平流层低层很快超过 3 单位位涡。这主要是静力稳定度在那里急剧增加的原因。

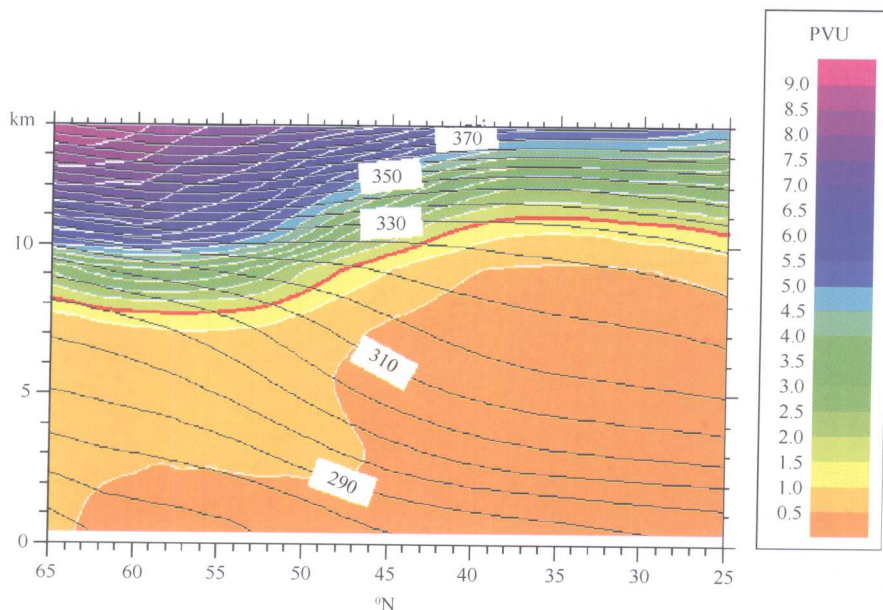


图 1.4 位涡(用彩色表示其数值)和位温(用黑色等值线表示其数值,等值线间隔为 5K)的气候分布。1.5 单位位涡面(所谓的动力对流层顶)用红线标出。该图用欧洲中期预报中心欧洲中期数值预报中心(1986~1995)十个冬季的平均纬向气流分析数据绘出。

位涡的不连续分布和它的守恒性使我们可以把 1.5 单位位涡面(有时为 2.0 单位位涡)定义为“动力对流层顶”,以它来区分对流层和平流层。对流层里位涡值低,分布比较均一,平流层里位涡值高。

1.2.4 正位涡异常及其对天气系统发展的影响

现在我们来考察位涡场而不是等熵面之间的圆柱体,但是其结论一定和图 1.2 中所描述的一致。

图 1.5 表示正位涡异常(也就是指一个区域有孤立的位涡最大值)的作用,在该正位涡异常区的四周,原来大气处于位涡均匀分布的静止状态。

该正位涡异常改变了温度场,激发出一个气旋性环流。

- 在位涡异常的中心,静力稳定度增加(等熵面变得更密集);因此静力稳定度在位涡异常区的上面和下面减小。