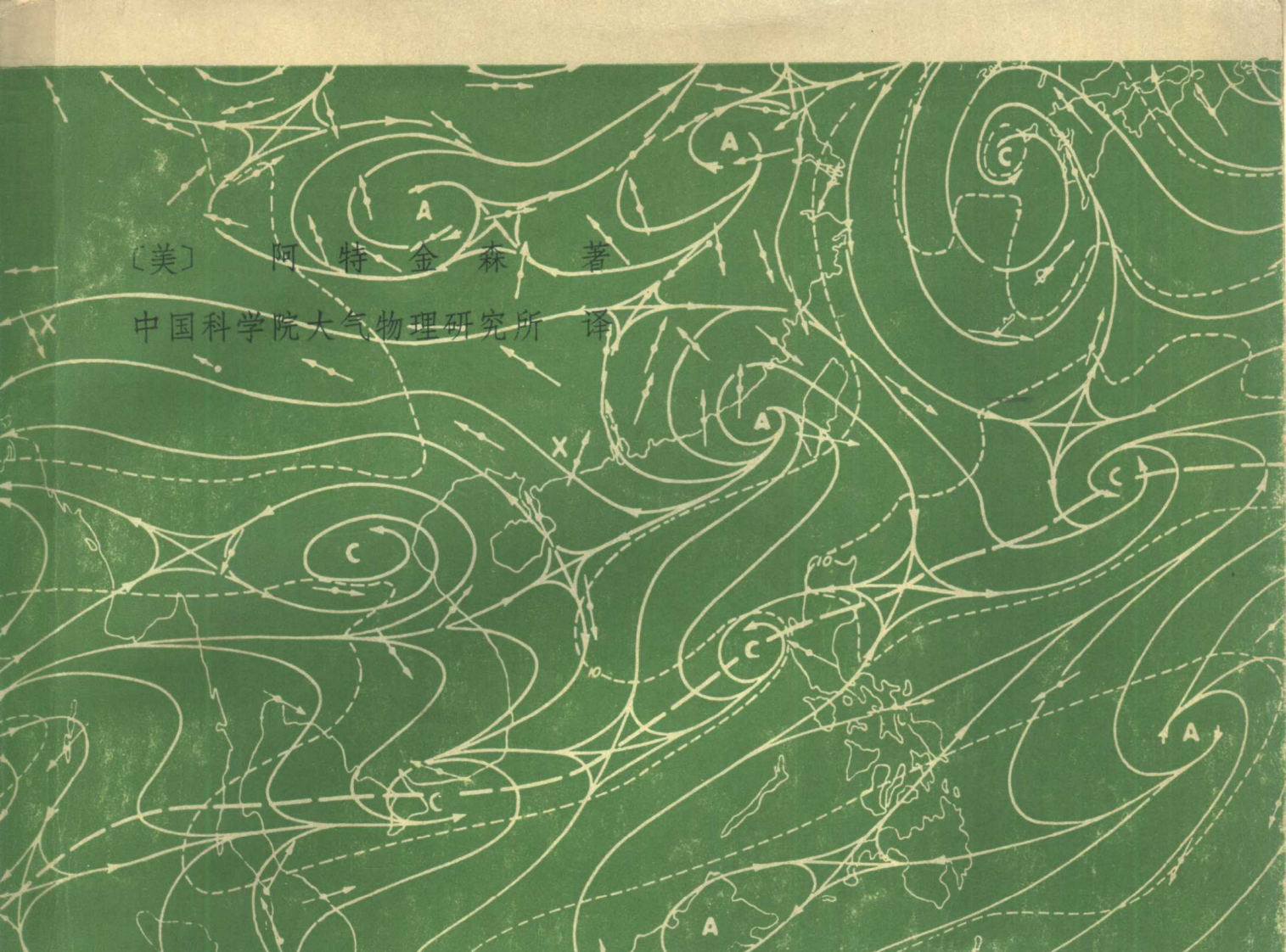




[美] 阿 特 金 森 著

中国科学院大气物理研究所 译

热带天气预告手册

上海人民出版社

热带天气预告手册

1980年1月1日

热带天气预告手册

〔美〕阿特金森 著

中国科学院大气物理研究所 译

上海人民出版社

FORECASTER'S GUIDE TO TROPICAL METEOROLOGY

Gary D. Atkinson

Air Weather Service (MAC)

United States Air Force

1971

热带天气预告手册

〔美〕阿特金森 著

中国科学院大气物理研究所 译

上海人民出版社出版

(上海绍兴路5号)

新华书店上海发行所发行 上海商务印刷厂印刷

开本 787×1092 1/16 印张 19.5 字数 512,000

1974年9月第1版 1974年9月第1次印刷

印数 1—8,500

统一书号: 13171·76 定价: 1.30 元

译者前言

热带气象学是近年来气象学中研究工作比较活跃,进展也比较迅速的一个分支。

本书总结了近二十年来国外在这方面的工作成果,对热带天气观测及分析方法、热带大气环流的基本特征、热带天气系统及热带天气预报等方面,都有比较全面的叙述。对近年来这一领域中的新事实、新观点以及展望,也都有扼要的讨论。原书的读者对象是热带地区从事实际预告的工作人员,内容比较全面,引用的材料较新较广,因此对于我国广大的气象工作人员,尤其是南方气象台站的实际工作者,都有一定参考价值。

本书在热带大气环流、热带天气过程的理论解释及有关的进展方面,分量显得太少;而对于实际业务工作中的一些具体问题,有些地方又叙述得过分琐细,这些都是它的不足。特别是,书中有些地方存在着错误,希望读者在阅读过程中注意。另外由于书中引用了许多不同地区、不同国家、不同作者的结果、资料,因而不可避免地有一些用语、单位不够统一的地方,也望读者注意。

本书由中国科学院大气物理研究所二室部分同志集体译出。各章译者的分工如下:第一章,陶诗言;第二章,李玉兰;第三章和第八章,方宗义;第四章,赵思雄;第五章,朱翠娟;第六章,陈隆勋;第七章,何诗秀;第九章,王作述;第十章,孙淑清、周家斌、刘增基;第十一章,丁一汇。最后由陶诗言同志对全文作了校订。

译者 一九七三年

内 容 提 要

本书总结了近二十年来国外热带气象的研究成果,全面地讲述了热带气象学的各个方面。全书共分十一章,其中主要有:热带大气环流的特征、热带主要天气系统、热带分析方法和预报方法。书中的重点在于如何利用不断发展的观测工具和资料来分析预报热带地区的天气系统和天气现象。

本书涉及的面较广,引用的材料也较新,可供我国广大气象台站,尤其是南方气象台站的气象工作者、大专院校气象专业的师生以及从事气象科学研究的同志参考。

目 录

第一章 引言	1	A. 概论	58
第二章 热带大气环流的主要物理控制因子	2	B. 地面温度和水汽	58
A. 概论	2	1. 平均场	58
B. 地球-大气系统的热-能平衡	2	2. 日变化	61
C. 热带大气环流	4	3. 海拔的影响	63
D. 主要物理因子	9	C. 高空温度和水汽	63
1. 概述	9	1. 平均值及季节变化	63
2. 海陆分布	10	2. 平均可降水量	63
3. 海面温度	10	3. 平均探空曲线	63
4. 与中纬度气流的相互作用	11	4. 日变化	69
5. 小尺度控制因子	11	5. 相当位温	69
6. 总结	12	第六章 云和降水	72
第三章 观测基础	13	A. 概论	72
A. 目前资料的来源	13	B. 云	72
1. 地面资料	13	1. 平均云量分布	72
2. 高空资料	14	2. 云量分布的年际变化	78
3. 海洋资料	16	3. 云量的纬圈平均分布	78
4. 气象卫星资料	20	4. 热带云系的大尺度组织	78
5. 天气雷达资料	20	5. 热带地区云的种类	81
B. 将来可能的资料来源	23	6. 云量的日变化	86
1. 气象卫星资料	23	C. 降水	87
2. 自动气象站	24	1. 平均年降水量	87
3. 流动船舶的高空观测	24	2. 年降水量的变率	89
4. 定高气球	24	3. 月平均降水量的分布	89
5. 总结	26	4. 月降水量的变率	92
第四章 气压和风	27	5. 日降水量的分布	93
A. 概论	27	6. 降水量的日变化	95
B. 气压	27	7. 降水量随高度的变化	99
1. 平均海平面气压	27	8. 中尺度的降水分布	100
2. 气压的日变化	30	9. 降水量的极值	103
3. 大尺度的气压变化	32	10. 热带气旋造成的降水	105
C. 风	32	11. 雨季的开始和结束	106
1. 概述	32	第七章 热带天气模式	111
2. 梯度风高度上的合成风	32	A. 概论	111
3. 200 毫巴上的合成风	43	B. 波动	111
4. 平均风的剖面	49	1. 东风波	111
5. 热带急流	49	2. 赤道波	114
6. 热带平流层的风	51	C. 涡旋	114
7. 日变化及地方性风的影响	53	1. 概述	114
第五章 温度和水汽	58	2. 对流层低层的气旋	115

3. 对流层低层的反气旋	120	H. 海洋波浪现象	203
4. 对流层中层的气旋	123	1. 风暴大浪	203
5. 对流层上层的气旋	131	2. 海啸	206
D. 线性扰动	140	第十章 热带分析	208
1. 概述	140	A. 概论	208
2. 切变线	140	B. 资料的搜集和鉴定	208
3. 渐近线	144	1. 概述	208
第八章 热带气旋	145	2. 地面观测	209
A. 概论	145	3. 高空观测	213
B. 热带扰动的分类和定义	145	C. 手工分析技术	218
1. 美国	145	1. 概述	218
2. 其他国家	146	2. 分析高度的选择	218
C. 全球热带气旋的气候特征	146	3. 分析的次数和图的比例尺	219
D. 热带风暴的形成	154	4. 手工分析的步骤	220
E. 热带风暴的移动	157	5. 流线/等风速线分析的步骤	222
F. 热带风暴的预报	159	6. 飞机报告的应用	229
1. 概述	159	7. 气候学的应用	232
2. 预报方法	159	8. 卫星资料的应用	235
3. 预报的精确度	160	9. 事后分析	236
4. 卫星资料的使用	163	10. 流线/等风速线分析举例	236
G. 热带风暴的特征	165	D. 自动分析技术	240
1. 概述	165	1. 概述	240
2. 风场	165	2. 风的客观分析	240
3. 温度场	169	3. 未来展望	241
4. 云系	170	E. 辅助图表	244
第九章 热带的强烈天气	172	1. 垂直时间剖面图	244
A. 概论	172	2. 垂直空间剖面图	246
B. 雷暴	172	3. 热力学图解	246
1. 频率	172	4. 棋盘式图解	247
2. 日变化	178	5. 气压变化图	248
3. 历时	178	6. 风切变图	249
4. 高度	180	7. 降水分析	249
C. 陆龙卷及水龙卷	180	第十一章 热带天气预报	250
D. 雹	185	A. 概论	250
E. 大风	188	B. 短期预报方法	251
1. 概述	188	1. 概述	251
2. 雷暴大风	188	2. 环流预报图和云的分布预报图	251
3. 热带风暴大风	190	3. 气候学辅助图表	255
4. 极大风速的分析	190	4. 局地预报研究	261
F. 湍流	195	5. 稳定度指标的应用	267
1. 概述	195	6. 雷达的应用	273
2. 晴空湍流	196	C. 中期和长期预报	283
3. 晴空湍流频率	197	D. 热带数值天气预报	285
G. 结冰	201	E. 总结	289
1. 概述	201	参考文献	
2. 气候频率	201		

第一章 引言

由于世界天气监视计划(WWW)和全球大气研究计划(GARP)的促进,近年来热带气象学又重新为人们所重视。在过去三十年中,热带气象学的研究和气象观测经历了几起几落的局面。气象工作者们现在都认识到,今后长期天气预报的进展,人工影响天气的进展,以及人类对气候的控制,都需要有全球范围的观测系统,也需要对一些重要的大气过程有深入的认识。热带($30^{\circ}\text{N}\sim 30^{\circ}\text{S}$)占据了地球表面的一半面积,而且又是推动大气环流的主要热源所在。这就很清楚为什么“WWW”和“GARP”中的大量工作是集中于有关热带的问题。在六十年代人们曾进行过一些热带大规模区域性的大气探测研究。在七十年代也计划要进行许多大规模的探测研究。在今后十年内,这些研究的结果一定会大大增加我们对热带气象学的知识。

近年来热带的观测资料有了迅速的增加。气象卫星给热带气象学带来了极大的好处,而且卫星资料对高质量的分析 and 预报是不可缺少的。目前很多热带台站都有了天气雷达。每天从一些热带地区(尤其是北太平洋和非洲)可以收到成百个飞机观测报告,但从整个热带地区收到更多飞机观测报告的潜力还很大。除开现有的一些观测途径外,配合“WWW”和“GARP”计划,还会有海上漂浮观测站和固定在某一高度上的测风观测。这些观测途径会提供更多的观测资料。对于这么多不同来源的观测资料,需要综合在一起去用于对热带环流系统和其相联系的天气分析和预报。在热带的数值天气预报中,我们对于这些资料的消化和使用的能力,远远跟不上中纬度数值预报的步伐。这是由于与中、高纬度相比较,热带的天气系统以及热带大气中各类运动尺度的相互作用更加复杂一些。因此,至少在近期内,热带的天气预报仍将主要依据预报员的主观判断,并补助一些由计算机得出的客观的风场分析和由计算机处理过的卫星资料。

目前已有足够的新知识可以把在四十年代后期和五十年代前期帕尔默和锐尔等人有关热带气象学的全面著作加以扩充,使之合符新的潮流。本书把从该时期以后所积累的热带气象学知识作一个全面的概括,重点放在有关直接或间接用于每天分析和预报的一些手工操作方法的问题上。在本书中我们给出了基本的气候资料以及对热带一般都能应用的一些分析和预报方法。书中有关热带的典型天气系统的讨论,只是用来说明它们的一些特征。书中没有讲到热带气旋的移动和强度预报方法。这是一项专职工作,只能由指定的总台或一些预报中心来做,他们做出预报后立即传送到所有其他预报单位。在过去美国空军天气局的热带气象学手册上卷^[1]中的大部分材料,在本书中没有放进去或者将其大大压缩,因为在这本手册中对热带气象学的有些方面目前仍是值得仔细参考的,尤其是关于流线分析方法这部分材料。在本书中我们虽然提到种种理论方面的假说,但对这些假说都没有用数学的语言表达。本书附有很全面的文献目录。这是一份文献资料,便于读者在更深入地进一步研究热带气象学中的某些问题时参考。

第二章 热带大气环流的主要物理控制因子

A. 概 论

热带大气环流和由它所产生的天气型式, 由许多复杂的相互有关联的物理因子所决定。观测资料愈多, 热带大气环流的复杂性和变异性也愈显著。近年来全球范围的气象卫星资料清楚地揭示了这些特征。帕尔默^[3]在他 1952 年一本热带气象的论著中曾经这样预言过: 随着资料的愈来愈增多, 热带大气的复杂性也会表现得更加明显。在谈到过去由于战争和原子武器试验需要观测资料, 因而有可能促使热带气象中不断出现一些新的发现时, 帕尔默说道: “人们所要研究的新领域(指热带气象学)与过去一些气象学者所想象的并不完全一样, 气象学者过去所描述的热带大气中的某些现象不仅不存在, 而且在热带大气中似乎存在着许多他们从来所没有想象到的现象。”自 1952 年以来, 热带气象有了较大的进步, 并有了许多新发现, 例如热带平流层的两年振荡, 由喷气式飞机和卫星观测揭示出来的在海洋上对流层上部高空槽的微细结构和它的影响, 作出了热带风场和云量详细的气候特征、热带大气环流和能量平衡的研究, 以及人工影响热带云系和飓风的初步试验等等。

本章主要讨论控制热带气候的一些主要物理因子。首先我们扼要地说明一下地球-大气系统的热-能收支问题, 这可以帮助我们认识推动大气环流的主要因素有哪一些。之后, 我们根据最近热带大气环流的一些观测研究, 讲一讲热带大气环流的特征。最后对于控制热带大气环流和种种天气型式的各种因子作了讨论。其中有些因子, 在本章只简要的提一下, 在以后各章中会对它们作详细讨论的。由于我们对热带大气观测的知识和对形成热带大气物理过程的了解都是不足的, 因此, 无疑地还有一些对热带环流有影响的物理因子并没有列入。然而本章所述的内容, 可以足够地作为在以下各章中更详细说明热带大气时所需要的基础知识。

B. 地球-大气系统的热-能平衡

地球表面和大气的热-能收支, 决定于下列三个因素: 辐射热能的吸收和放射, 地球表面和大气之间的热量交换, 以及由海洋和大气中各种运动系统(即海水环流和大气环流)所引起的热能输送。关于地球-大气系统的热-能收支的各种计算, 已有过详细叙述^[4, 5]。这里只对热-能平衡中的一些主要分量简要加以说明。

大气环流形成的主要推动力是太阳。地球和大气从太阳得到的辐射和地球-大气系统放射到外层空间去的辐射平均说来是平衡的。图 2-1 表示辐射平衡随纬度的分布。对南北半球 ($90^{\circ}\text{N} \sim 90^{\circ}\text{S}$) 而言, 除极地附近外, 在各个纬度地球表面得到剩余辐射能, 因而是个热源; 而大气在各纬度上失去的辐射能比它得到的辐射要多, 因而是个热汇。这两者的和就是图 2-1 上的实线, 它表示了地球-大气系统的辐射平衡。它表明: 在热带地区(距离赤道大约 40° 度以内地区)净辐射是正的, 高纬度地区是负的。因此, 要使得在各个纬度上和各个高度上能维持长时期的如所观测那样的总热量

平衡,就要求从地球表面向大气以及从热带向高纬有净的热量输送。从地球表面以潜热的形式和显热的形式向大气输送热量。在热带海洋地区上空,潜热输送比显热输送大一个量级。所以马尔库斯^[4]曾这样说过:大气主要是从下面得到热量的,从全球平均来说,其中80%的大气热能最初是以水汽形式潜藏的,而在 $30^{\circ}\text{N}\sim 30^{\circ}\text{S}$ 之间热带海洋地区供应大气一半以上的潜热能量。

图2-2是地球-大气系统年平均水分平衡简略图,从极地至40度纬度和从赤道至10度纬度的范围内,降水超过蒸发;而在副热带地区($10^{\circ}\sim 40^{\circ}$ 纬度)正相反,即蒸发超过降水。从全年平均情况来说,在蒸发过剩地区必须输出水汽,而在降水过剩地区必须输入水汽。总的说来,在海洋上由于蒸发作用失去的水分比从降水得到的水分要多,这种不足可以从大陆地区的径流得到弥补,因为在大陆上降水量超过蒸发。图2-2指出,蒸发最大值出现在副热带地区,在副热带地区一半以上的蒸发量是发生在热带海洋信风地区。在锐尔和马尔库斯^[6]的经典研究中指出:在海洋上的信风地区,以潜热和显热的形式给大气提供了大量能量,用来推动大气环流。在开始的时候,这种能量主要以水汽形式在地球表面附近被比较稳定的信风气流向赤道输送,在赤道地区这种水汽被大面积对流云系抬升和凝结,产生显热和位能,然后由对流层上部的环流将这些能量向高纬度输送。锐尔和马尔库斯在另一篇

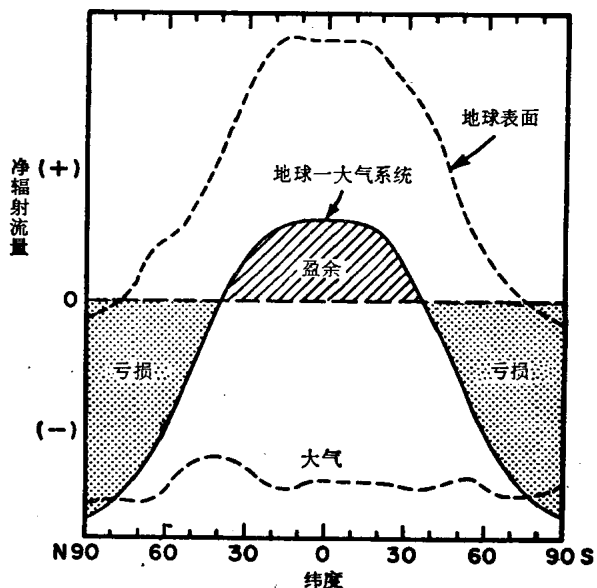


图2-1 地球表面、大气、地球-大气系统年平均净辐射流量随纬度的分布(引自塞勒斯^[5]图19)

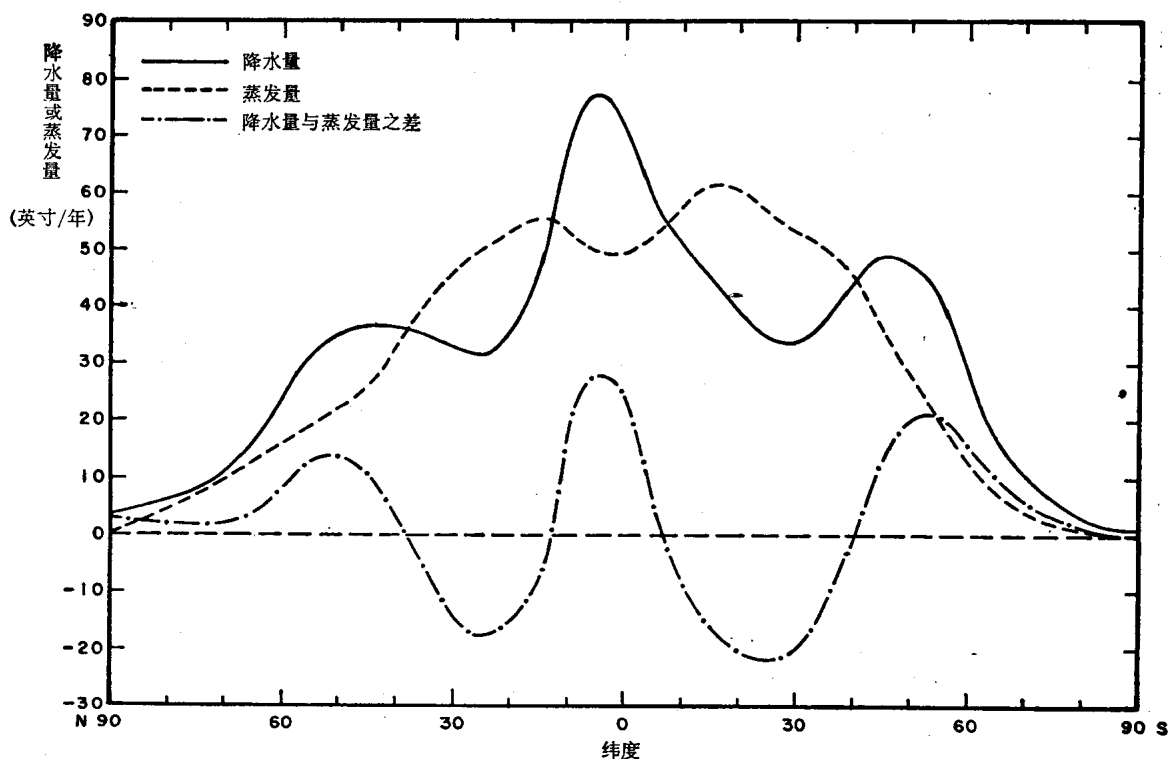


图2-2 年平均降水量、蒸发量、降水量蒸发量之差随纬度的分布(引自塞勒斯^[5]图26)

关于赤道槽的热量平衡研究中^[7]，估计在赤道附近的 10 个纬度带内，只要有一小部分地区存在有大积雨云区(称作热塔)，就可以维持赤道槽的热量平衡，并提供所需向极地输送的热量中的大部分热量。他们把赤道槽内各种不同尺度现象所占面积的比例，按照递减的次序排列如下：

- 赤道槽区=4
- 天气尺度的扰动区=0.14
- 降水活动区=0.014
- 没有干空气卷夹进去的积云塔区=0.0014

因此，他们估计在任一给定时刻如果在赤道附近有大约 30 个天气尺度扰动，在这些天气尺度扰动中，总共包含有 1500~5000 个大积雨云区，就足以满足热量平衡的要求。关于在热带赤道槽区和信风区的热量平衡详细叙述，可参考锐尔和马尔库斯的两篇著作。

如前面已讲过，各纬度之间的热量平衡是由大气环流和海水环流完成的。图 2-3 分别表示大气环流和海水环流所引起的各个纬度带上年平均净显热流量辐散的分布。由于大气环流和海水环流，使得从热带地区有净显热输出，在较高纬度有净的输入。根据最近的估计^[5]，在需要向极地输送的全部

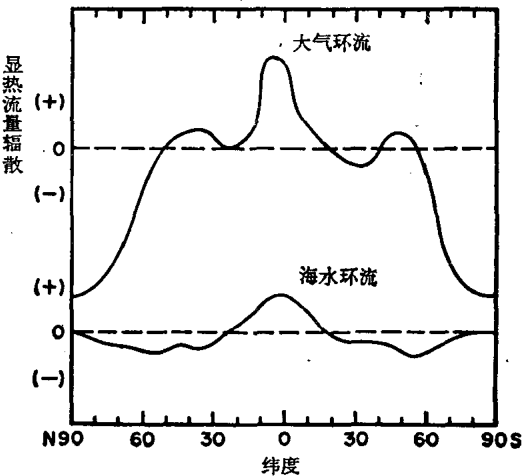


图 2-3 大气环流和海水环流引起的显热流量辐散年平均随纬度的分布 (引自塞勒斯^[6]图 34)

热量输送中，大约有 20~25% 是由海水环流完成的。然而，由于没有合适的有关海水环流的观测资料，这些估计仍然很不肯定。

假设没有净热流量穿过极地，将图 2-2 和图 2-3 上的曲线合并，就可以确定在热能收支中各分量穿过各个纬圈净的年平均输送(图 2-4)。在 5°N 以北大气环流和洋流的显热热能输送是向北输送的，在 5°N 以南是向南输送的。在两半球副热带地区，洋流显热输送各仅有一个最大值。而大气环流的显热(显热加势能)输送，在两半球各有两个最大值。大气环流潜热输送的分布比较复杂。两半球纬度 20~25 度向极地的一侧，从年平均看，都有向极地的净水汽输送；而在这些纬度到赤道间，水汽向位于 5°N 附近的赤道槽区输送。为补偿高纬度净辐射损失所需要的向极地总热量输送，就是上面所讲的三种输送分量的和，见图 2-4 下面的一张图，总热量输送在接近 40°N 和 40°S 纬度达到最大值。

C. 热带大气环流

大气环流这个名词指的是全球平均大尺度大气运动的统计表述。这些大气环流统计的特征是由大量的每天的流型得到的，不仅包括平均情况，而且也

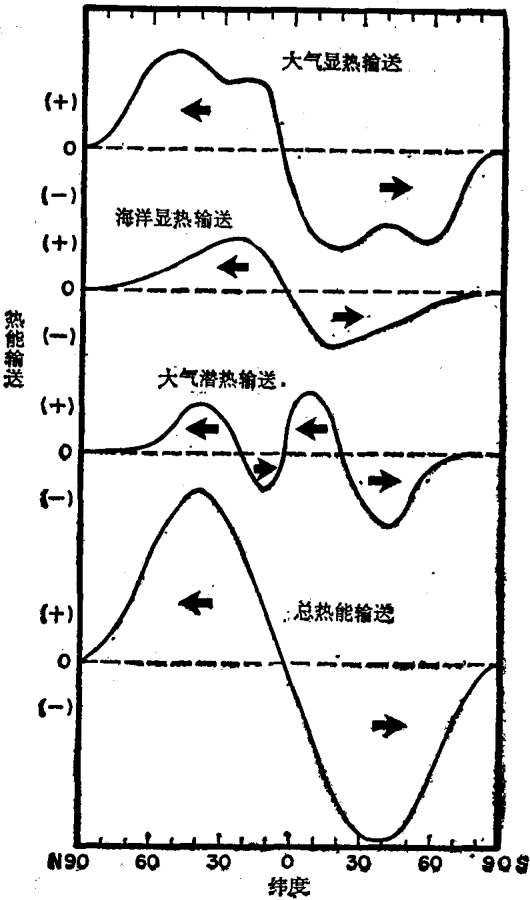
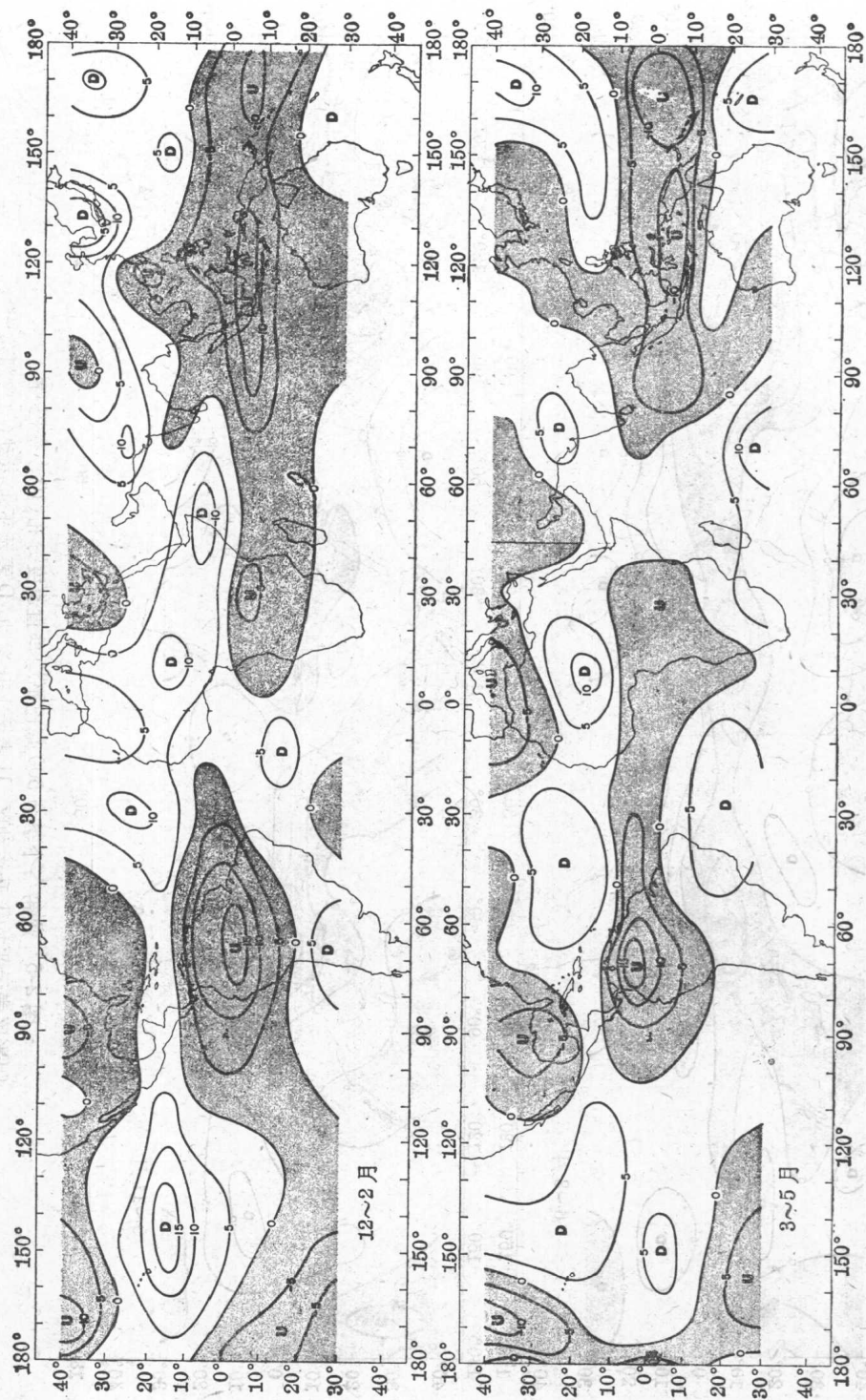


图 2-4 各种热能年平均向极地输送量随纬度的分布(引自塞勒斯^[6]图 34)



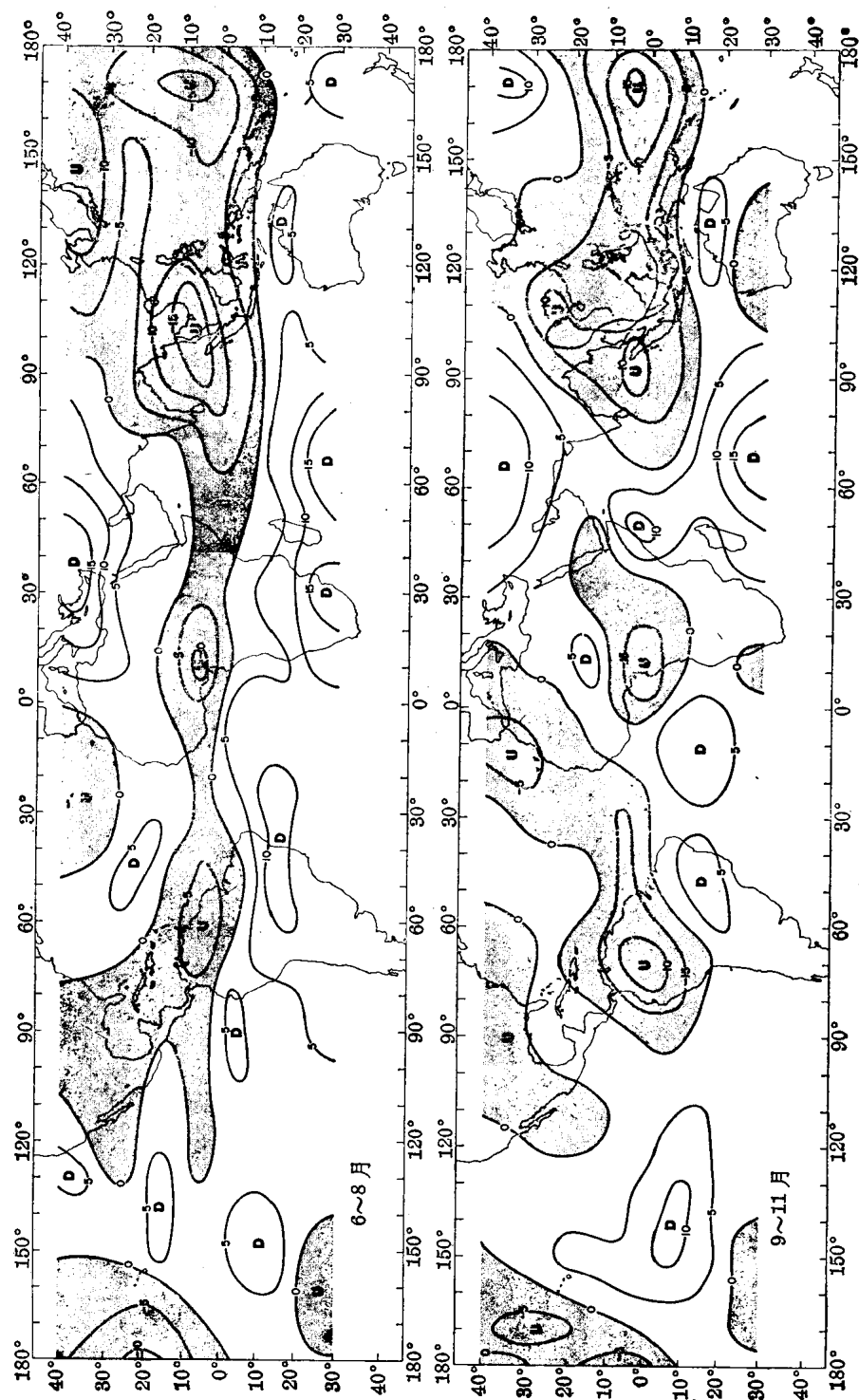


图 2-5 热带各个季节 500 毫巴平均垂直速度分布(10^{-4} 毫巴/秒)
阴影区表示平均上升运动区, U 表示上升运动, D 表示下沉运动(引自凯尔^[12])

包括了由季节变化和移动性的气旋和反气旋的作用造成的气流的变化^[8]。有关大气环流的研究很多,尤其是在第二次世界大战期间以及在战后世界范围高空网得到扩充之后,这方面研究更多。在洛伦茨为世界气象组织写的专题论文中^[9],对这些研究作了全面的评述。大部分早期的研究集中于半球的大气环流。由于大量的风的资料可以利用,当时主要是对北半球大气环流进行了研究。最近美国麻省理工学院的一个研究小组^[10,11,12]主要研究热带大气环流。他们对1957年7月~1964年12月 $45^{\circ}\text{N}\sim 30^{\circ}\text{S}$ 之间大约300个站的高空风资料进行了处理。根据各站各等压面上多年的平均资料对各层进行客观分析,得到对流层各层的结果,平流层结果是由每个纬度带平均资料求出的。在求平均时,对奇数年的资料和对偶数年的资料取同样的权重,以消除平流层风场两年周期振荡的影响(在第四章要详细的讨论)。各种参数平均经向剖面图是由每10度纬度带内各站的平均值经过线性组合计算得到。在计算时采用加权,以便减少测站集中在大陆地区的倾向性。这些剖面图只非常简单地说明热带大气环流。因为,沿着各条经线,风的资料与平均值有很大的偏差。例如,7月份沿 10°N 近地面分别有很强的合成东风区和合成西风区。然而,把各个经度上的合成风一起平均就只有很小的风,这是由于东西风分量相互抵消的结果。对其他参数也有类似的大的偏差,例如,图2-5表示各季500毫巴平均垂直运动^[12],一般来说,接近赤道地区为上升运动,副热带地区为下沉运动,然而,值得注意的是沿着一条纬圈平均垂直运动值有很大变化。在气象资料稀少地区,垂直运动的分布会有较大的修改,从卫星得到的气候云图已经指出了这一点,其他参数分布图也有类似的缺点。

图2-6表示12~2月和6~8月 $40^{\circ}\text{N}\sim 30^{\circ}\text{S}$ 之间的平均纬向风剖面图,图取自美国麻省理工学院的研究结果。图中主要特征是:在副热带地区,在近地面层以上西风带气流在200毫巴附近达到最大值(反映了副热带急流)。在低纬热带地区是很深厚的东风带。在地面,东风带从 30°N 附近扩展到 30°S ,到200毫巴东风减少到最小范围,在6~8月200毫巴附近,东风的南北纬距为30度,而12~2月只有15个纬距。在200毫巴以上,当东风带和平流层东风环流合并时,无论是范围和强度都得到加强。如果把图2-6上由实测风资料作出的剖面图中对流层部分与文献^[13,14]中平均纬向地转风分量剖面图(由地面到100毫巴等压面上平均高度资料求到)加以比较,是很有意思

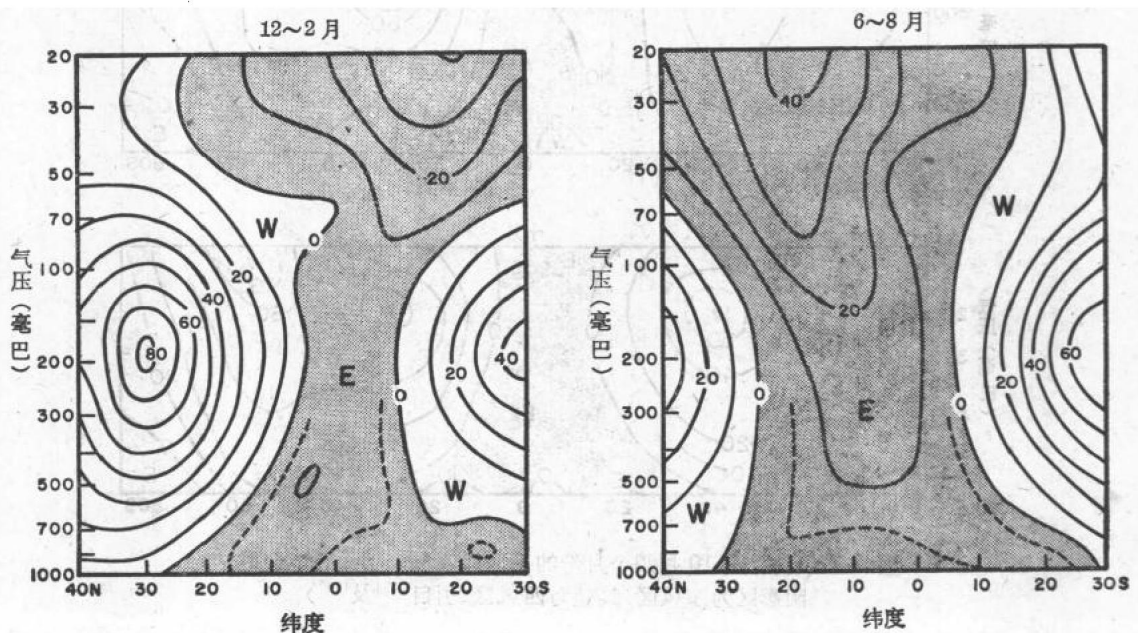


图2-6 12~2月和6~8月平均纬向风速(浬/时)剖面图
阴影区为东风区,其他为西风区(引自基德森等人^[10])

义的。由于地转风在赤道上上是无限大,所以在 $0\sim 15^\circ$ 度纬度之间,把柯氏参数值取作常数。图 2-7 表示 1、4、7、10 月 4 个月份的地转风剖面图。除南半球副热带脊线坡度以外,1 月份相似于图 2-6 的 12~2 月。7 月份图相似于 6~8 月;不过一个很大的差别,7 月份大约在 $5^\circ\sim 15^\circ\text{N}$ 之间在近地面是平均西风区,而在麻省理工学院的 6~8 月图上则是明显的弱东风。10 月份这张图上在赤道和 10°N 之间西风也是明显的。在第四章将对图 2-7 主要特征作比较完整的讨论。

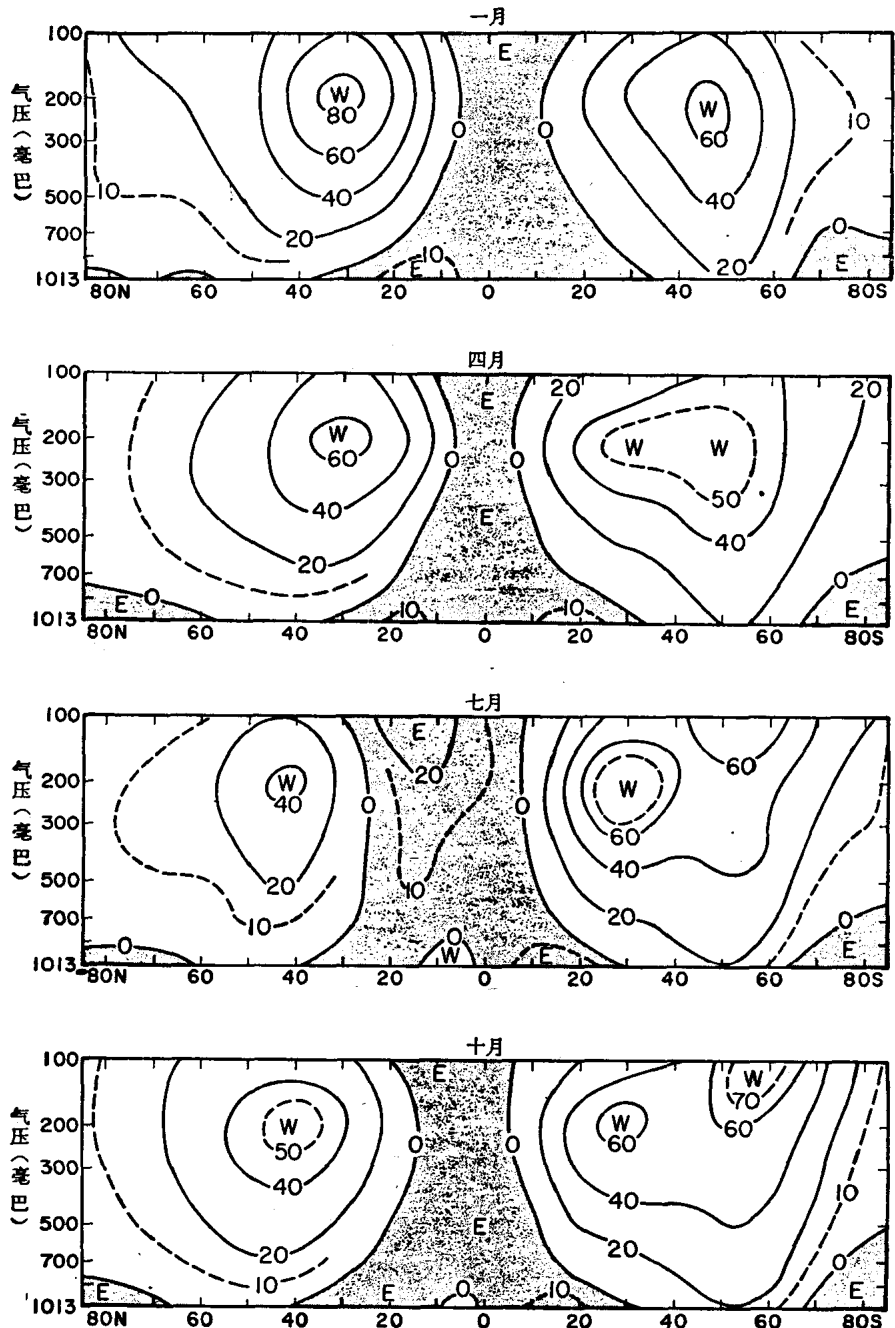


图 2-7 1、4、7、10 月四个月的平均纬向风速剖面图(哩/时)
阴影区为东风区,其他为西风区(引自^[13]及^[14])

决定了各个高度上的平均经向风速以后,求出从 1000 毫巴到 100 毫巴的经向风积分(假定在上边界和下边界处垂直运动等于零),从连续方程可以决定平均垂直运动场。图 2-8 上用质量输送

流线表示平均经圈环流和垂直运动场。图中表现有明显的闭合环流圈,近赤道地区为上升运动,副热带地区为下沉运动。这种闭合环流称之为哈特莱环流圈,这是哈特莱在1735年为解释信风而提出的^[8]。在冬季平均经向环流最强,哈特莱环流的上升运动区越过赤道扩展到另一半球。哈特莱环流圈对于向极地输送能量和动量起了很重要的作用。例如,冬季强的副热带急流,主要是在对流层上层由哈特莱环流圈向极地输送动量维持的。前面讲过的在对流层低层向赤道的潜热输送,也受哈特莱环流的影响。在热带,大部分总的热能输送靠哈特莱环流圈来实现,其中包括在冬季和夏季从冬半球向夏半球输送的显热和潜热。哈特莱环流圈又称直接环流圈,即较暖的空气上升,较冷的空气下沉。这种环流产生足够的动能来补偿(前面已讲过)在高纬度动能的消耗。而哈特莱环流圈本身能量来源,则主要靠环流圈中上升运动区内凝结时潜热的释放。前面已经指出过,在哈特莱环流圈的上升气流区中,上升运动并不是均匀地出现在大面积地区,而是主要集中在赤道槽区内大块积雨云中,此外,这些积雨云区内的对流活动随着经度和季节有很大差异。

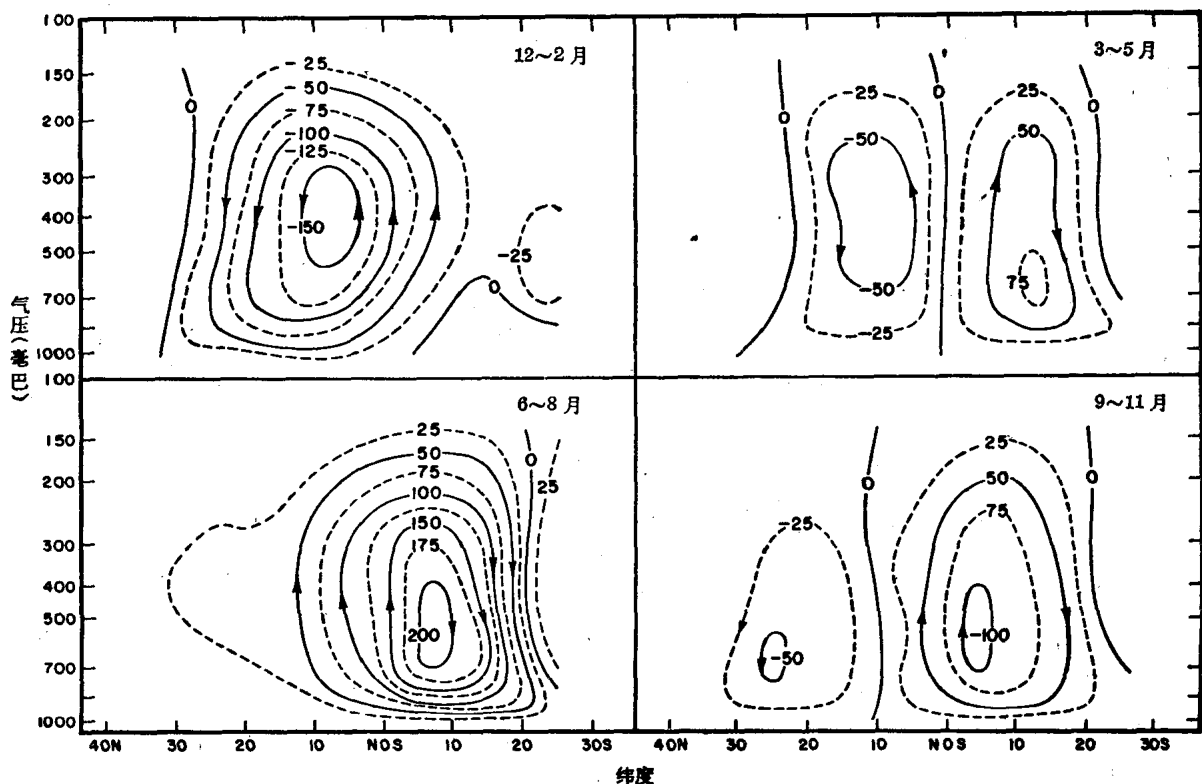


图 2-8 热带各个季节平均经向环流剖面图(以质量输送流线表示,单位 10^{12} 克/秒)
(根据纽厄尔等人^[12])

麻省理工学院也作了平均经圈温度剖面图(这里图没有给出)。这些图指出在热带对流层中部温度大体上均匀分布, $15^{\circ}\text{N} \sim 15^{\circ}\text{S}$ 之间平均温度年变化大约只有 1°C 。而在对流层温度的最大值(即热赤道),虽然表现不很明显,在南半球夏季出现于 5°S 附近,在北半球夏季位于 $20^{\circ} \sim 25^{\circ}\text{N}$ 附近,这种不对称分布是由于在北半球大陆地区地面有很强的加热作用。

D. 主要物理因子

1. 概述 在前两节中已讨论了主要能量转换过程(如辐射,降水,蒸发等)对热带大尺度环流的作用。在本节中要说明控制或影响热带环流和天气型的一些比较重要的物理因子。在这些物理