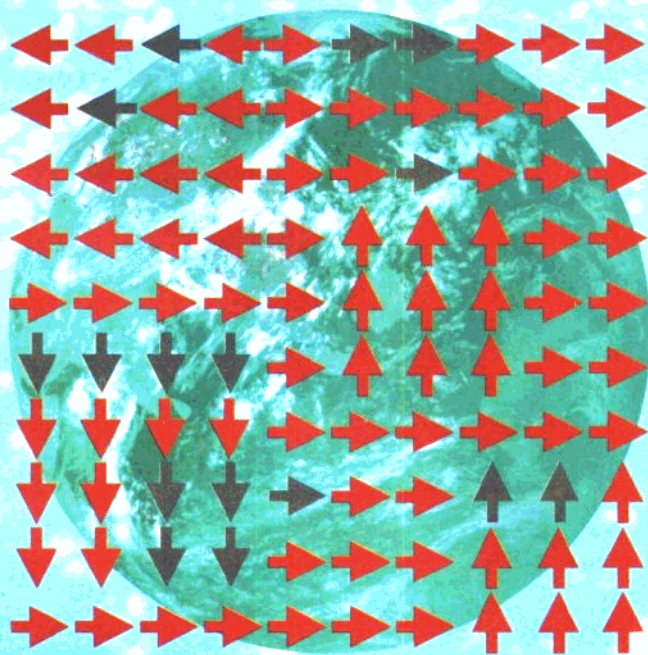


最新 天气预报技术

[日] 天气预报技术研究会 編集
新田尚 立平良三 市桥英辅 执笔
宁松 等译 郭肖容 等审校



气象出版社

译 者 的 话

近年来,日本气象厅的天气预报技术和预报业务有了很大的发展,气象观测和预报技术进入了新的发展时期。气象厅为适应高度信息化社会的发展,满足国民经济发展的需要,先后对气象法规和气象机构等进行了40余年来最大的一次修改和调整。为此,本书作者为了适应调整后的需要,从气象学基础知识出发,全面系统地介绍现代气象预报技术的方方面面,编写出版了最新天气预报这本书。

我国的气象事业,在应用现代高新技术迅速发展的同时,在社会上产生了更为广泛和深入的影响。为了使广大气象工作者及有关人员及时了解和跟踪气象预报技术的发展,尤其是近年来日本气象事业的发展情况,我们将这本书译成中文,希望能对我国的气象事业现代化建设有所帮助。

本书的翻译工作由国家气象中心的数位同志共同完成。参加翻译工作的同志有:宁松(天气预报流程、前言、第I~II章、第III-6~III-11节、参考文献、作者简介);王伯民(第III-1~III-3节);马青云(第III-4~III-5节、第四章、附录1)。参加审校工作的有:李泽椿(天气预报流程、前言、第I章、第II-1~II-5节、作者简介);郭肖容(第II-6~II-15节、第III-1~III-3节、III-6~III-11节、图I-1.1~II-14.24);朱宗申(第III-4~III-5节、第四章、附录1)。万丰同志对第I~II部分章、节进行了初校,葛润生同志对有关雷达探测技术部分进行了审核。从事译校工作的同志努力做到遵守原意,力求表达清楚,语句流畅,但由于外语、专业水平有限,难免有不当之处,欢迎广大读者批评指正。

本书的作者兼总编新田尚先生为惠赠版权在中国气象部门出版此书,做了许多工作,并为中译本专门写了前言。我们愿借此机会,向新田尚先生和其他二位作者立平良三先生、高桥英辅先生以及出版此书的东京堂出版社致以深切的谢忱。

译者代表 

1997年6月

11/23/09
11/13

中译本前言

我多年的学友、中国气象局国家气象中心李泽椿先生提出要把我和同事所著的《最新天气预报技术》译成中文出版,我们既感到高兴又感到光荣,但也感到有某些不安。

第一,此书在日本出版,主要是因为1993年日本实行了气象预报员考试制度,我们是以报考气象预报员资格的考生为对象,介绍了气象学与气象技术(观测、预报技术)的基础知识、气象预测的实用技术例题、气象业务法和灾害对策基本法等预报技术和防灾对策方面的法律知识。

第二,此书对日新月异的科学技术的最新成果难以包罗万象。

第三,日本的“天气预报技术”与中国的“天气预报技术”未必完全相同,并且其共同之处又有哪一些呢?

第四,气候特征和气象现象的观测方法及其对气象业务的影响以及从防灾角度讲,是进行监测还是警戒等各种问题,日本与中国有哪些不同点?这也可以说是第三个问题的另一种表示。

关于第一个问题,虽然日本和中国的各种规章制度存在差异,但是,我想该书也许有些方面会对中国的气象预报业务有所帮助,但希望删去该书日本独有的气象法律部分*。

第二个问题将是今后的课题,需要不断地补充与改进。

第三和第四个问题也同其它问题一样,如果能从该书中选用适合中国方面的技术,则不胜欣慰。

对于这些问题,当初我已经坦率地转告李先生,我确信李先生会妥善处理的。因此,我衷心地希望中国的气象专家以此书为基础,为读者改编成适合于中国的天气预报技术书籍。我期望着它的实现。

最后我想说,如果我们微不足道的工作成果能对中国今后气象事业的发展有所帮助并进一步增强日中之间具有传统的气象事业的合作关系有所贡献,将感到无比荣幸。

作者代表 新田 尚

1997年6月

* 本书已将该部分删去,译者注。

中国語版への前書

私共の著作『最新天気予報の技術』を中国語に翻訳して出版したいという申し出を、長年の学友、中国国家気象局国家気象中心の李沢椿先生から頂き、とても嬉しく、また光栄に思いました。しかし いくつかの点について心配しました。

まず第一に、本書の日本での出版の目的が、1993年に日本で制度化された気象予報士になるための、資格試験の受験者を対象に、気象学と気象技術(観測技術・予報技術)の基礎、気象予測の実技課題、気象業務法や災害対策基本法など予報技術と防災対策のための法律などを解説する点にあったからです。

第二に、日進月歩する学問や技術の最高の内容を、必ずしも十分カバーしきれていないのではないかということです。

第三に、日本の『天気予報技術』と中国の『天気予報技術』が必ずしも、同じものとは限らず、かつ共通点がどれくらいあるかという点です。

第四に、気候特性や気象現象の発現の仕方、気象業務に対するインパクト、防災上注意したり 警戒したりすべき問題点などが、日本と中国とではどれくらい違っているのかという点です。これは、第三の問題点を裏返したものとイえるでしょう。

第一の問題点については、中国との諸制度の違いは存在しても、中国の予報業務にとって役に立つ点もかなりあるかもしれないと考えました。したがって、日本独自の法律事項などはカットして頂くようお願いしました。

第二の問題点は、今後の課題です。絶えざる拡充と改良が必要です。

第三と第四の問題点も、他の問題点と同様、中国で 利・活用できる部分を選別して使って頂ければ有り難いと考えています。

こうした問題点については、当時 李先生に早直にお伝えしましたので、李先生の方で善処して下さいましたものと確信しています。したがって、私がここで心から読者の皆様をお願いしたいことは、本書をベースにして 中国の気象専門家の方々为中国に適した形の天気予報技術の本に改良して頂くことです。その実現を強く希望しております。

最後に申し上げたいことは、私共の詰まらない仕事の成果が中国の気象事業の今後の発展に少しでも役に立ち、日本と中国の間の伝統ある気象事業面における協力関係を一層強めていく上で多少なりとも貢献できれば、それにまさる幸せはないということです。

著者を代表して

新田尚

前 言

当前,天气预报技术及预报业务正发生着巨大的变化,气象观测及气象预报技术的现代化已结出丰硕成果,这些成果必将回报于社会,气象为社会服务的新时代已经到来。同时气象科学现代化适应了日本社会高度信息化发展的国民的生活需求。气象厅在完善气象立法和健全体制方面,适应了时代发展潮流,对气象业务法进行了40年来未曾有过的较大的修改,为了实现部分天气预报自由化(允许民间气象人员实施并发布局地预报和地方预报),制定了“气象预报员制度”,且为了能够向民间提供以格点值(GPV)为代表的现代化预报分析信息,进行了机构调整(建立了提供这些信息的财团法人气象业务支援中心等)。

本书是根据这种形势的变化,为有助于向新的体制方向过渡而着手编写的。出版这本书的目的有四。第一是向民间气象工作者及关心气象工作的人们介绍近年来天气预报技术的发展情况。其中从更广泛的角度论述了气象学基础、气象观测、气象测报技术基础以及新的天气预报技术的全貌,并列举了具体事例。第二是本书对今天的气象学和气象技术进行了总体展望,以便使那些对气象知识了解不全面的人能够对它有一个系统地了解,并且,我们还努力做到使某些人原有的含糊不清的知识变成准确可靠。第三是为准备报考气象预报员的人们最大限度地介绍了必要的重点知识。由于本书篇幅有限,对所有方面进行详尽地阐述是不可能的,因此,论述的重点旨在符合考试科目。另外,出人意料对现有气象学的参考图书在此也进行了归类,对重要事项普遍缺少系统说明,考虑到这一点,对部分事项也进行了详细地论述(例如,大气中的水分表示、热力学第一定律的数学表示、运动方程式的数学表示以及气象雷达等的说明)。由于上述原因,所以书中的描述有粗有细,尚请读者谅解。另外,有关气象预报员的考试资料也作为附录附在后面。第四是为从事气象学、气象技术的科研人员、专家、学生们提供一本通俗易懂的天气预报技术的教科书。迄今,还没有一本从治学的角度上来讲解天气预报技术的较正规的教科书,本书如果能够弥补这个不足,将感到莫大的欣慰。

本书是由设在哈来库斯(ハレックス)株式会社里的天气预报研究会进行筹划,由立平良三、新田尚、市桥英辅三人执笔,新田尚任总编。在本书的准备阶段,对出现的种种问题的查询、提问、资料索取等,气象厅各个部的有关人员都始终给予了积极的支持,在此深致谢意。此外,承蒙东京堂出版编辑部的广木理人氏的格外关照,本书才得以出版,对此,深表谢意。

最后怀着极大的感激之情,对于欣然同意在书中引用、刊载图、表的所有原作者和出版社表示衷心的感谢。

天气预报流程

气象观测

观测的气象要素(天气要素)

气温,露点温度(湿度),气压,(等压面高度)风向、风速,云量,云状,雨量,积雪量,现在天气,过去天气,能见度

在地面上进行的气象观测

地面气象观测(P.102)

区域气象观测系统(AMeDAS)(P.104)

海上气象观测(P.104)

气象雷达观测(P.107)

高空气象观测(P.105)

无线电探空观测

气象火箭观测

飞机观测

航空气象观测(P.104)

在宇宙上进行的气象观测

气象卫星观测(P.117)

(极轨气象卫星,静止气象卫星)

气象统计及其应用(P.154)

气象情报流程

气象情报传输及处理

国际气象通信格式

气象通信系统/气象资料传输网

(国内)

有线系统:C-ADESS及L-ADESS(全国及地方枢纽气象资料自动编辑转发系统)(P.121)

无线系统:国内无线线路网

(国际)

有线系统:C-ADESS(全国枢纽气象资料自动编辑转发系统)(P.122)

全球通信组织(GTS)

主通信网(MTC)及区域通信网(RTC)(P.122)

天气预报流程

气象分析/气象预报

气象分析

主观分析(宏观分析)(P.123)

客观分析(P.124)

初值化(P.126)

GPV(网格点值)及其应用(P.126)

气象预报/天气预报

气象预报的分类(P.128)

短时预报——临近预报和中尺度的定量预报(P.135)

天气预报的种类(P.129)

“天气解释”和指导预报(P.130)

天气预报(短期预报)(P.129)

概率预报(P.131)

周预报(P.133)

特定地点的预报(P.137)

季预报(长期预报)(P.134)

整个海上警报和地方海上警报(P.141)

航空气象预报(P.142)

警报、注意报(防灾气象信息)(P.138)

天气预报实例(P.166)

气象情报的应用(P.156)

预报精度的评价(P.145)

台风路径预报(P.143)

预报业务自动化(P.152)

数值预报(P.147)

可预报性(P.153)

波浪预报(P.160)

预报支持资料一览(P.161)

天气预报、季节预报的种类与发布以及天气预报用语(P.163)

作者简介

新田尚(Niita Takashi)

1932年 大阪市出生。

1955年 东京大学理学部地球物理专业毕业。先后担任过冲绳气象台台长、气象厅预报部部长、气象厅厅长,现任东海大学教授,兼任(株)哈来库斯(ハレックス)公司董事顾问。理学博士(东京大学),专攻数值预报、气象力学、大气环流。

著作:《大气环流论》、《天气的可预测性》、《新气象读本》等(均在东京堂出版)。

立平良三(Tatehira Ryoza)

1932年 大阪市出生。

1953年 京都大学理学部地球物理专业毕业。先后担任过福冈管区气象台台长、气象厅预报部部长、气象厅厅长,现任电气通信大学教授。理学博士(京都大学),专攻雷达气象学、天气预报技术。

著作:《新的天气预报》(东京堂出版)、《如何看天气情报》(岩波书店)等。

市桥英辅(Ichihashi Hidesuke)

1943年 名古屋市出生。

1966年 爱知大学法经学部毕业。先后担任过(财)日本气象协会东海本部总务科长、日本气象协会中央本部事业部部长。现任(株)哈来库斯(ハレックス)代表董事副社长。从事气象解说和气象、环境调查工作。

目 录

译者的话
中译本前言
前言

I 总体展望——树状结构图

- I - 1 太阳系中的地球 (1)
- I - 2 地球大气与气象 (3)
- I - 3 大气环流和大气扰动按时间尺度、空间尺度的分类 (5)
 - (a) 尺度定义 (5)
 - (b) 尺度分析 (5)

II 基础编

- II - 1 概述 (8)
- II - 2 地球大气及其环境 (8)
 - (a) 大气成分 (8)
 - (b) 大气的垂直结构 (8)
 - (c) 臭氧层 (10)
 - (d) 电离层 (10)
- II - 3 辐射与热 (10)
 - (a) 辐射及其物理定律 (10)
 - (b) 太阳辐射——射入的辐射能 (12)
 - (c) 地球辐射——射出的辐射能 (14)
 - (d) 辐射平衡 (14)
 - (e) 辐射传输过程——吸收、透射、反射、散射 (14)
 - (f) 地球大气对辐射的吸收 (16)
 - (g) 温室效应 (17)
 - (h) 辐射平衡的大气气温垂直分布 (18)
 - (i) 地球大气的热平衡 (18)
 - (j) 地面气温的日变化 (19)
- II - 4 大气热力学 (20)
 - (a) 状态方程式 (20)
 - (b) 静力学平衡 (20)
 - (c) 热力学第一定律 (21)
 - (d) 干绝热递减率和湿绝热递减率 (22)
 - (e) 大气中水分的表示 (23)
 - (f) 大气的垂直稳定度 (23)
- II - 5 大气动力学 (24)
 - (a) 大气运动的特性 (24)
 - (b) 运动方程式 (25)
 - (c) 风的表示 (29)
 - (d) 力学不稳定性的种类 (32)
 - (e) 有效位能 (34)
- II - 6 大气环流 (35)
 - (a) 大气环流全貌 (36)
 - (b) 季风 (43)
 - (c) 大气环流理论 (45)
 - (d) 大气环流理论的拓展 (48)
- II - 7 气团与锋区 (48)
 - (a) 气团的定义 (48)
 - (b) 气团的分类 (48)
 - (c) 气团的发源地 (48)
 - (d) 气团变性 (49)
 - (e) 日本附近的气团 (49)
 - (f) 锋面、锋线、锋区 (49)
 - (g) 锋线的结构及其生成 (50)
- II - 8 大气扰动 (52)

	(a)温带气旋……(52)	(b)切断低压……(54)	(c)热带气旋与台风……(55)
	(d)热低压……(60)	(e)地形低压……(60)	(f)温带高压……(60)
	(g)切断高压……(60)	(h)冷高压……(60)	(i)副热带高压……(61)
	(j)中尺度高压……(61)	(k)定常性扰动……(61)	(l)40天周期振动……(62)
	(m)赤道波……(62)	(n)平流层、中间层的大尺度运动和准二年周期振动……(63)	
II - 9	局地气象……(65)		
	(a)地方性风……(65)	(b)海陆风……(66)	(c)山谷风……(66)
	(d)焚风……(67)	(e)布拉风……(67)	(f)地形波……(67)
	(g)热岛……(67)	(h)都市气候……(68)	
II - 10	大气边界层……(68)		
II - 11	剧烈天气……(69)		
	(a)贝纳对流……(69)	(b)对流单体……(69)	(c)雷雨……(70)
	(d)龙卷……(72)	(e)中尺度对流……(73)	(f)集中暴雨、特大暴雪……(73)
II - 12	云、雨、雪(降水过程)……(74)		
	(a)云的形成……(74)	(b)云的分类……(74)	(c)暖云降雨……(75)
	(d)冷云降雨……(77)	(e)雾……(79)	
II - 13	异常气象……(79)		
	(a)定义……(79)	(b)原因……(79)	(c)阻塞与厄尔尼诺……(80)
	(d)其它原因……(84)		
II - 14	气候及其变迁和变化……(85)		
	(a)气候的定义……(85)	(b)气候史……(86)	(c)原因……(90)
	(d)太阳活动的影响……(93)	(e)地球轨道要素变动的影响……(94)	(f)火山喷发的影响……(94)
	(g)地圈变动、变化的影响……(95)	(h)海洋的影响……(95)	(i)温室效应气体的增加与气候趋暖……(97)
	(j)气候变动与混沌……(99)	(k)气候模式……(100)	
II - 15	由气象看地球环境问题……(100)		
	(a)臭氧层的破坏与臭氧洞……(100)	(b)酸雨……(101)	

III 预测编

III - 1	概述……(102)		
III - 2	气象观测……(102)		
	(a)地面气象观测……(102)	(b)区域气象观测系统……(104)	(c)海面气象观测和航空气象观测……(104)
	(d)高空气象观测……(105)	(e)气象雷达观测……(107)	(f)气象卫星观测……(117)
III - 3	情报传输和处理……(121)		
III - 4	气象分析……(123)		
	(a)气象分析的意义……(123)	(b)分析方法……(123)	(c)初值化……(126)
	(d)GPV 及其应用……(126)		
III - 5	气象预报……(128)		
	(a)气象预报的分类……(128)	(b)天气预报(短期预报)……(129)	(c)“天气

解释”和指导预报·····(130)	(d)概率预报·····(131)	(e)周天气预报(中期预报)·····(133)	(f)季预报(长期预报)·····(134)	(g)短时预报——临近预报和中尺度的定量预报·····(135)	(h)特定地点的预报·····(137)	(i)警报、注意报等防灾气象情报·····(138)	(j)整个海上警报和地方海上警报·····(141)	(k)航空气象预报·····(142)	(l)台风路径预报·····(143)	(m)预报精度的评价·····(145)	(n)数值预报·····(147)	(o)天气预报的自动化·····(152)	(p)可预报性·····(153)
Ⅲ-6 气象统计及其应用·····	(154)												
(a)观测值的统计处理与统计值的种类·····	(154)												
(b)气象统计资料·····	(155)												
Ⅲ-7 气象情报的应用·····	(156)												
Ⅲ-8 气象灾害与情报·····	(157)												
Ⅲ-9 波浪预报·····	(160)												
Ⅲ-10 预报支持资料一览·····	(161)												
Ⅲ-11 天气预报、季节预报的种类与发布以及天气预报用语·····	(163)												

IV 实用技术编

实用技术例题 1 南岸低压大雪的预报·····	(166)
实用技术例题 2 对西风扰动的发展及天气尺度、中尺度现象的理解·····	(176)
实用技术例题 3 不稳定现象,雷雨预报·····	(180)
实用技术例题 4 关于发展低压的海上警报以及波浪预报·····	(185)
实用技术例题 5 为飞机安全飞行的局地气象预报·····	(189)
附录 1 1 气象预报员考试的有关事项·····	(206)
2 气象预报员考试(模拟题)·····	(210)

I 总体展望——树状结构图

I - 1 太阳系中的地球

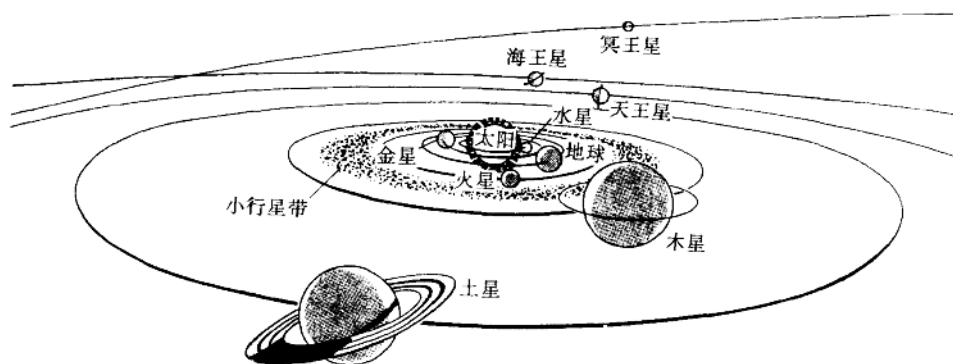


图 I - 1.1 太阳系行星(引自学习研究社的《新·地球论》,1993)

在太阳系大约 50 亿年的历史中,地球自诞生以来,大约经过了 46 亿年。太阳系九大行星中的第三大行星——地球,是内行星之一。内行星有水星、金星、地球、火星,均属岩石质,被称为“地球型行星”。而从木星到海王星的外行星,则属气体行星(氢、氦等),被称为“木星型行星”。对于冥王星,目前尚有许多不解之处,但它与其它外行星的形状不同,被视为岩石型行星(图 I - 1.1)。

地球型行星大气的主要成分的比较见表 I - 1.1。地球大气是由于空气和水汽(量不定)及液体、固体微粒组成。按容积百分比计算,干空气里氮占 78%,氧占 21%,氩占 0.9%,二氧化碳占 0.03%。另外,还存在有因时因地而发生变化的微量气体,如臭氧、亚硝酸气体、过氧化氮、氟里昂、甲烷、一氧化二氮等的 NO_x 等。从大气污染和全球性环境问题(氟里昂、甲烷等包括二氧化碳的温室效应气体)看,这些微量气体的变化也引起了人们的关注。

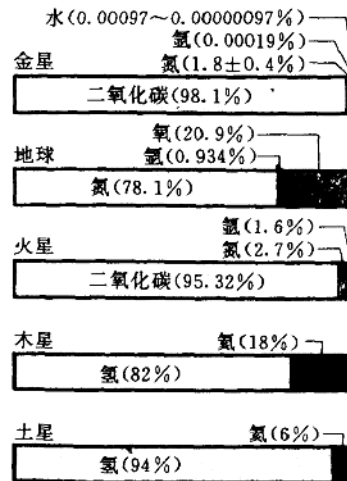
地球不断地受到太阳辐射和太阳风及太阳宇宙射线照射(图 I - 1.2)。其中太阳辐射是气象和海象的主要能源。

地球的磁圈、气圈、水圈、地圈、生物圈五个不同的子系统形成了地球系统,因此地球环境系统和气候系统也包括其中。这里所说的系统是由几个子系统构成的,依靠各个子系统(基本上独立发展,同时又相互关联),形成具有维持整个系统朝着一定的方向运动的机能和结构的复合系统。

表 I - 1.1 地球和其它行星大气的组成

(引自住正明的《地球气候是如何形成的》, 1993)

成分	容积比(%)
氮分子	78.088
氧分子	20.949
氩	0.93
二氧化碳	0.03
一氧化碳	1×10^{-5}
氖	1.8×10^{-5}
氦	5.24×10^{-4}
甲烷	1.4×10^{-4}
氫	1.14×10^{-4}
一氧化二氮	5×10^{-5}
氢分子	5×10^{-5}
臭氧	2×10^{-6}
水蒸气	0.03~0.00



地球大气的组成与其它地球型行星大气有着显著的差异,其组成见表 I - 1.1。关于地球大气的起源,人们推断最初由氢和氦形成了原始大气,但由于某些机制(以由太阳风引起的说法最有说服力)而耗散,一度几乎变为真空状态(也有人认为最初就不存在)。之后产生了次生大气,但是,关于其初期(原始大气)的形成过程众说纷纭(最有说服力的是地球形成初期,大部分是从相撞的小行星逃逸而来)。次生大气最初一部分气体被海洋吸收,形成了大量的以二氧化碳和氮为主要成分的初期地球大气(在该阶段类似于金星、火星),之后二氧化碳也被海洋吸收,同时,由于生物的光合作用等又被排除,另一方面,氧气量增加,形成了现在的地球大气。

通常认为海洋是在地球形成相当早的阶段形成的。认为从相撞的微小行星逃逸气体,或者火山喷发后的水蒸汽,随岩浆逐渐变冷而形成云,又随着地球逐渐冷却而产生了大量的雨,降落到地面,这些雨水的汇集便形成了海。

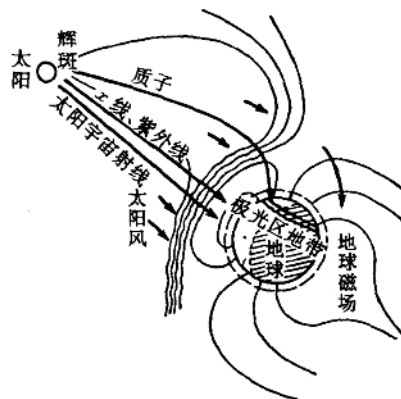


图 I - 1.2 太阳耀斑与地球(小口嵩, 1974)

I - 2 地球大气与气象

地球大气被地球重力(引力)所吸引,与地球自转的同时而转动。作为流体(气体)的大气内含水分,且不断运动,在和地表进行动量交换的同时(力学性质),也还进行太阳辐射的射入和地球辐射的射出,以及跟海洋间的热量交换(热力学性质)。

所谓气象,可以说是太阳辐射的大气圈(大气存在的范围,参见 II - 2(b)大气的垂直结构)和水圈(海洋、湖沼、池塘、河川、地表、地下等水存在的范围,广意上也含冰雪圈,均为地球系统的子系统)所表示的物理和化学反应的结果。与这些反应相关的诸过程和诸现象的树状结构图如图 I - 2.1 所示。有关各项的详细论述参见各自的提示页。另外,有代表性的地球基本常数在表 I - 2.1 中给出。

表 I - 2.1 地球基本常数
(学习研究社的《新地球研究论》,1993)

轨道长半径	$1.496 \times 10^{11} \text{m}$
公转周期	365.2564 日
轨道速度	29.78km/s
岁差运动周期	23000 年
	19000 年
赤道倾斜角	23.44°
自转周期	0.9973 日
赤道半径	6378km
质量	$5.974 \times 10^{24} \text{kg}$
大气质量	$5.1 \times 10^{18} \text{kg}$
海洋质量	$1.4 \times 10^{21} \text{kg}$
地壳质量	$2.4 \times 10^{22} \text{kg}$
地幔质量	$4.1 \times 10^{24} \text{kg}$
核质量	$1.9 \times 10^{24} \text{kg}$
平均密度	5520kg/m^3
行星表面磁场	31000nT
太阳常数	1.37kW/m^2
反射率	0.30
平均气温	15℃
(辐射平衡温度)	-18℃

I-3 大气环流和大气扰动按时间尺度、空间尺度的分类

大气环流、大气扰动等气象现象的一个很大的特征之一就是它们的存在不是无秩序的发生、发展和衰减,而是分别具有代表性的时间尺度和空间尺度。我们把时间尺度作为横轴、空间尺度作为纵轴进行气象分类,可见气象现象几乎是存在于对角线上,如图 I-3.1。

(a) 尺度定义

气象现象或大气扰动分别有着各自的特征尺度,而且都不是无规律发生的。然而,像气象这样大范围的现象,其尺度的定义不可能很严密,最好以实际天气现象来划分。小仓(1984年)就下列现象给出了定义。即:

水平尺度:(1)如果是积云、雷雨那样孤立现象,则取其水平范围,(2)类似于温带气旋和移动性高压那样的现象相互并存时,则取其相邻距离;西风带波动等则取其波长。

时间尺度:(1)从生成到消失的时间,(2)重复发生或强弱发生变化时,取其周期,(3)对于形状和强度都不怎么变化的移动现象则取其通过某地点所需的时间。

以后谈到尺度分析时,通常使用下述基准。

水平尺度:准周期的振动的波长或其大小范围的二分之一左右。

垂直尺度:对流层的厚度。

时间尺度:周期或生命史,通过时间的二分之一左右。

(b) 尺度分析

在估计控制大气运动的流体力学和热力学方程式(运动方程和热力学方程)的各项大小时,最终结果随所研究现象的水平尺度和时间尺度而异。因此,要首先规定研究对象的特征尺度,然后再确定与其现象相关的风速和角速度的特征值。比如,对大规模的波动湍流,取以下尺度。 L :水平方向尺度 $\sim 10^8\text{cm}$, H :垂直尺度 $\sim 10^6\text{cm}$, U :流体质点的水平速度分量 $\sim 10^3\text{cm}\cdot\text{s}^{-2}$, C :扰动的传播速度 $\sim 10^3\text{cm}$;时间尺度: $L/U \sim 10^5\text{s}$,气压变化(ΔP) $\sim 10\text{hPa} = 10^4\text{g}\cdot\text{cm}^{-1}\cdot\text{s}^{-2}$, W :垂直速度分量 $\sim 1\text{cm}\cdot\text{s}^{-1}$, f_0 :科里奥利参数(北纬 45°) $\sim 10^4\text{s}^{-1}$ 。近地面的大气密度: $\rho \sim 10^{-3}\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$, a :地球半径 $\sim 10^9\text{cm}$ 。其中“ \sim ”符号表示与之相对应的量级。这种波动的情况下,特征是 $C \sim U$ 。运动方程式(II-5(b))中水平分量,其公式(II-5.1)和式(II-5.2)的各项大小是以 $\text{cm}\cdot\text{s}^{-2}$ 为单位。

$$2\Omega v \sin\phi \sim 2\Omega u \sin\phi \sim f_0 U \sim 10^{-1}$$

$$\frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial x} \sim \frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial y} \sim \frac{\Delta P}{\rho L} \sim 10^{-1}$$

$$\frac{du}{dt} \sim \frac{dv}{dt} \sim \frac{U^2}{L} \sim 10^{-2}$$

$$\frac{uv \tan\phi}{a} \sim \frac{u^2 \tan\phi}{a} \sim \frac{U^2}{a} \sim 10^{-3}$$

$$2\Omega w \cos\phi \sim f_0 W \sim 10^{-4}$$

$$\frac{uw}{a} \sim \frac{vw}{a} \sim \frac{UW}{a} \sim 10^{-6}$$

由上式可知,相对大小的量级,其小项因十分近似,故可以省略,并且可以求出适于大尺度运动和波动(长波)的水平运动方程式(参见 II-5(b)运动方程式的公式(II-5.7)和(II-5.8))。

尺度	TS		1月	1日	1小时	1分	1秒
	LS	TS					
大尺度	10 ⁴ km	10 ⁴ km	(厄尔尼诺的影响) 驻波 超常波 潮汐波 行星波 阻塞 赤道波				大气 α - 尺度
中间尺度	2×10 ³ km	2×10 ³ km	长波 (斜压波) 低压、高压	锋 台风 热带低压			大气 β - 尺度
中尺度	2×10 ² km	2×10 ² km	海陆风 副线内波 集中暴雨、雪 云团, 地形波		雷雨风暴 重力内波 晴空湍流 都市化效应		中 γ - 尺度
小尺度	200m	200m			龙卷 湍对流 短重力波 积雨云	微 α - 尺度	微 β - 尺度
WMO 大气科学委员会的分类	20m	20m			卷流(Plume) 粗糙度 湍流 波浪	微 γ - 尺度	Orlansky 的分类
日本的分类			气候尺度	天气及行星尺度	中尺度	微尺度	

天气尺度

中小尺度

图 1-3.1 大气环流、扰动按时间、空间尺度的分类