

中国气象局 南京信息工程大学共建项目  
江苏高校品牌专业建设工程资助项目 资助  
江苏高校优势学科建设工程资助项目

TIANQIXUE  
FENXI JICHU

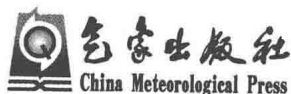
# 天气学分析基础

唐卫亚 等 编著

 气象出版社  
China Meteorological Press

# 天气学分析基础

唐卫亚 王丽娟 徐菊艳 侯瑞钦 钱代丽 编著



## 内容简介

本书结合天气学基本原理详细叙述了天气学分析的基本方法与业务规范,其主要内容包括天气图分析基础知识,天气图分析技术,基本天气区、天气系统分析方法,天气图综合分析方法和技术。

本书可作为高等院校气象专业及相关专业的教材,也可作为气象、航空、航海、农林、水利、地理、环境等学科相关专业的实习教材和实习教学参考书,对相关部门科研、业务人员也有一定的参考价值。

## 图书在版编目(CIP)数据

天气学分析基础 / 唐卫亚等编著. — 北京: 气象出版社, 2016. 6

ISBN 978-7-5029-6354-5

I. ①天… II. ①唐… III. ①天气分析-基本知识  
IV. ①P458

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2016)第 119877 号

TIANQIXUE FENXI JICHU

天气学分析基础

出版发行: 气象出版社

地址: 北京市海淀区中关村南大街 46 号

邮政编码: 100081

电话: 010-68407112(总编室) 010-68409198(发行部)

网址: <http://www.qxcbs.com>

E-mail: [qxcbs@cma.gov.cn](mailto:qxcbs@cma.gov.cn)

责任编辑: 黄海燕

终审: 邵俊年

责任校对: 王丽梅

责任技编: 赵相宁

封面设计: 博雅思企划

印刷: 三河市百盛印装有限公司

开本: 720 mm×960 mm 1/16

印张: 16.5

字数: 333 千字

版次: 2016 年 6 月第 1 版

印次: 2016 年 6 月第 1 次印刷

定价: 40.00 元

# 前 言

“天气学分析基础”是大气科学类专业的必修主干课程。其目的是通过本课程的学习使学生掌握天气图分析的基本知识和基本方法,巩固和加深对天气学原理的理解,学会应用所学知识及技能解决天气分析中的实际问题,初步掌握天气系统演变分析和总结的能力。

南京信息工程大学(原南京气象学院)的天气学分析教材应用于实践教学多年,在本校气象专业及相关专业院校广泛使用,受到广大气象工作者的普遍关注和好评。本书在南京信息工程大学《天气学分析基本方法》《天气学分析(第二版)》教材和历年的“天气学分析”讲义的基础上,根据教学过程中积累的经验、师生的意见及建议,对内容进行了扩充和全面整编,并增加了大量的分析实例。全书共分为9章,主要介绍天气图分析的基本知识、天气图分析技术和方法。其中第1,4,5,7章由唐卫亚编写;第2章由徐菊艳编写;第3章由侯瑞钦编写;第6章由钱代丽编写;第8,9章由王丽娟编写。附录由徐菊艳、侯瑞钦和唐卫亚编写。

本书在编写过程中得到了我校大气科学学院众多教师的大力支持。另外还参考了北京大学、南京大学、解放军理工大学、兰州大学和中国气象局气象干部培训学院的教材和讲义。本教材得到了中国气象局和南京信息工程大学局校共建教材建设项目、江苏高校品牌专业建设工程一期项目(PPZY2015A016)、江苏高校优势学科建设工程资助项目(PAPD)、2015年江苏省高等教育教改研究立项课题(2015JSJG032)和大气科学与环境气象实验实习教材建设项目共同资助。

由于编者水平有限,缺点错误在所难免,敬请专家、同行和读者给予批评指正。

编著者

2015年11月于南京

# 目 录

## 前 言

|                          |        |
|--------------------------|--------|
| 第 1 章 绪 论 .....          | ( 1 )  |
| 1.1 天气图发展简史 .....        | ( 1 )  |
| 1.2 天气图与天气学分析 .....      | ( 2 )  |
| 1.3 天气图底图 .....          | ( 3 )  |
| 1.4 天气图种类 .....          | ( 8 )  |
| 1.5 天气图制作流程 .....        | ( 9 )  |
| 思考题 .....                | ( 10 ) |
| 第 2 章 地面天气图分析 .....      | ( 11 ) |
| 2.1 地面站点资料填图 .....       | ( 11 ) |
| 2.2 等值线分析一般原则 .....      | ( 22 ) |
| 2.3 地面天气图分析基本内容 .....    | ( 24 ) |
| 2.4 地面主要天气系统 .....       | ( 35 ) |
| 2.5 地面天气图分析常见问题及处理 ..... | ( 37 ) |
| 实习 1 等压线初步分析 .....       | ( 43 ) |
| 实习 2 气压场、变压场和天气区分析 ..... | ( 43 ) |
| 思考题 .....                | ( 44 ) |
| 第 3 章 高空天气图分析 .....      | ( 46 ) |
| 3.1 探空站点资料填图 .....       | ( 46 ) |
| 3.2 高空天气图概念 .....        | ( 47 ) |
| 3.3 高空天气图分析基本内容 .....    | ( 50 ) |
| 3.4 高空天气图分析其他内容 .....    | ( 60 ) |
| 3.5 高空天气图分析步骤及常见问题 ..... | ( 63 ) |
| 实习 3 高度场分析 .....         | ( 67 ) |
| 实习 4 温度场分析 .....         | ( 68 ) |

|                             |               |
|-----------------------------|---------------|
| 实习 5 槽线和切变线分析 .....         | ( 68 )        |
| 实习 6 高空天气图综合分析应用 .....      | ( 68 )        |
| 思考题 .....                   | ( 69 )        |
| <b>第 4 章 锋面分析 .....</b>     | <b>( 71 )</b> |
| 4.1 锋面分析原则 .....            | ( 71 )        |
| 4.2 利用要素分析锋面 .....          | ( 78 )        |
| 4.3 应用其他资料分析锋面 .....        | ( 91 )        |
| 4.4 各类锋面分析 .....            | ( 99 )        |
| 4.5 锋面综合分析实例 .....          | (108)         |
| 4.6 锋面分析常见问题及处理 .....       | (117)         |
| 实习 7 锋面初步分析(要素场特征识别) .....  | (120)         |
| 实习 8 锋区识别 .....             | (121)         |
| 实习 9 锋面综合分析 .....           | (122)         |
| 思考题 .....                   | (123)         |
| <b>第 5 章 我国有特色的锋面 .....</b> | <b>(124)</b>  |
| 5.1 东北地区的锋面 .....           | (124)         |
| 5.2 华北地区的锋面 .....           | (128)         |
| 5.3 华东地区的锋面 .....           | (130)         |
| 5.4 华南地区的锋面 .....           | (135)         |
| 5.5 西北地区的锋面 .....           | (137)         |
| 5.6 西南地区的锋面 .....           | (142)         |
| 思考题 .....                   | (144)         |
| <b>第 6 章 天气图综合分析 .....</b>  | <b>(145)</b>  |
| 6.1 天气图综合分析原则 .....         | (145)         |
| 6.2 风压场综合分析 .....           | (148)         |
| 6.3 温压场综合分析 .....           | (155)         |
| 6.4 天气图历史动态综合分析 .....       | (164)         |
| 6.5 常见问题及处理 .....           | (165)         |
| 实习 10 温压场综合分析 .....         | (167)         |
| 思考题 .....                   | (167)         |

|                     |       |
|---------------------|-------|
| 第 7 章 辅助天气图分析       | (169) |
| 7.1 空间剖面图           | (169) |
| 7.2 单站高空风图          | (173) |
| 7.3 温度—对数压力图        | (175) |
| 7.4 等压面变高图和变温图      | (184) |
| 实习 11 剖面图分析(选)      | (185) |
| 实习 12 单站高空风图分析      | (185) |
| 实习 13 温度—对数压力图分析(选) | (186) |
| 思考题                 | (186) |
| 第 8 章 中尺度天气分析       | (187) |
| 8.1 中尺度分析技术         | (188) |
| 8.2 中尺度天气图分析实例      | (207) |
| 8.3 常见问题及处理         | (212) |
| 实习 14 地面天气图中尺度分析(选) | (217) |
| 实习 15 高空天气图中尺度分析(选) | (218) |
| 思考题                 | (218) |
| 第 9 章 高原和热带地区天气分析   | (219) |
| 9.1 高原天气图分析         | (219) |
| 9.2 高原天气系统分析        | (224) |
| 9.3 热带地区天气分析概论      | (230) |
| 实习 16 流线分析(选)       | (240) |
| 思考题                 | (240) |
| 参考文献                | (241) |
| 附录 A 蒲福风力等级表        | (243) |
| 附录 B 不同时段降雨量等级划分表   | (245) |
| 附录 C 不同时段降雪量等级划分表   | (246) |
| 附录 D 热带气旋等级划分表      | (247) |
| 附录 E 天气图分析错情标准      | (248) |
| 附录 F 常用气象专业术语解释     | (250) |
| 附录 G 天气图客观分析的修正     | (255) |

# 第1章 绪 论

随着信息化时代的到来,气象学进入了一个崭新的发展阶段。气象资料的采集、分析已逐步自动化,统计预报、数值预报得到了广泛的应用。但目前数值预报尚无法完全取代天气学预报方法,且数值预报也离不开天气图,已有近 200 年历史的天气图仍然是国内外大多数气象台业务预报的主要工具之一。

天气学分析是气象学分支学科天气学的一个重要组成部分,是气象专业的一门专业核心课程。天气学分析是根据各地的气象观测资料,运用天气学的原理与方法,进行气象要素场、天气系统结构及其发生、发展和移动,以及天气过程的分析。天气学分析方法除了具有一般自然科学的共性之外,还具有用一组二维(平面)天气图作为主要工具,刻画三维空间中发生的一切天气现象和天气过程的独特之处。通过天气学分析能够指出天气现象和天气过程的物理本质及其演变规律,并利用其规律做出未来天气演变趋势的判断。天气学分析是天气预报的重要步骤。

本书主要介绍天气图分析的基本方法和技能,各类天气图分析的内容和规则,以及应用常规探测资料分析天气系统的位置、性质、结构及其演变规律。本书是从事气象保障服务工作、开展气象科学技术研究的基础。

## 1.1 天气图发展简史

1820 年,德国气象学家布兰德斯以通信方式收集了 1783 年 3 月 6 日欧洲 39 个地面观测站资料(天气、气压、温度、风),并将这些观测记录填入地图,用画等值线的方法绘制等压线,做成现代天气图的雏形。1851 年,英国气象学家格莱舍在英国皇家博览会上展出了一张利用电报收集的各地气象资料而绘制的地面天气图,但气象资料并不是同一时间的,这是近代地面天气图的先驱。

世界上第一张天气图的诞生,与一次战争有关<sup>①</sup>。1854 年 11 月,历史上著名的

---

<sup>①</sup> 资料来源:中国新闻网. 克里米亚战争催生世界第一张天气图. (2014-04-04)[2015-12-18]. <http://www.chinanews.com/mil/2014/04-04/6030523.shtml>.

克里米亚战争正在激烈进行,英法联军包围了克里米亚半岛西南端的塞瓦斯托波尔,陆战队准备在黑海的巴拉克拉瓦港登陆。这时候,黑海上突然狂风大作,巨浪滔天。英法联军不战自溃,几乎全军覆灭。按照军方的要求,巴黎天文台台长勒弗里埃研究这次风暴。他向各国气象学家发信,收集风暴发生前后的气象报告。收集到气象报告以后,他依次把同一时间各地的气象资料填在一张图上,世界上第一张天气图由此诞生。勒弗里埃将不同时间的图联系起来分析,发现这次风暴是自西向东移动的,在到达黑海前 1~2 天,已经先影响了西班牙和法国。勒弗里埃分析后认为,如果当时欧洲设有气象站,风暴情况就可以及时电告英法舰队,使英法舰队避免这次风暴的袭击。1855 年 3 月,勒弗里埃向法国科学院建议组织观测网,以便迅速将观测资料集中到一起,分析绘制天气图。20 世纪 30 年代,世界上建立高空观测网之后,才有高空天气图。

## 1.2 天气图与天气学分析

天气图是指填有各地同一时间气象要素的特制地图。在天气图底图上,填有城市、测站的位置以及主要的河流、湖泊、山脉等地理标志。气象科技人员根据天气学分析原理和方法进行分析,从而揭示主要的天气系统、天气现象的分布特征和相互之间的关系。天气图是目前气象部门分析和预报天气的一种重要工具,它包括地面天气图、高空天气图(等压面图)和辅助天气图等。

“天气学”一词来源于西方国家,英文名称为“synoptic meteorology”,其中“synoptic”的原义是“综观的”或“鸟瞰的”,即指将大范围各地区气象台站在同一时刻观测所得的气象资料,填绘在同一张空白地图上进行综合分析。20 世纪 60 年代以后,同时还配合高空探测资料进行分析。目前,天气学已经发展成为一门研究天气现象和天气过程的物理本质及规律,并用以制作天气预报的独立学科,是大气科学的重要分支。它的研究对象是整个地球大气,研究内容是大气中发生的各种天气现象及其演变规律。然而,在实际工作中,天气学并不是用来研究所有的大气物理过程,而是研究对天气演变起重要作用的天气现象和天气过程。

天气学分析是根据实际观测资料概括出天气学的规律或模式,并以动力气象学为理论基础进行研究的学科。天气学和物理学不同,大部分天气现象不能在实验室内进行观察,而需要把整个大气圈作为“实验室”,在收集世界各地大量观测资料的基础上,对填写在有关图表上的观测记录进行描述、分析和推断。天气学分析是天气预报的基本立足点和主要依据。

天气学分析使用的大气探测资料在空间上是局部的、时间上是间断的,因此,要做出高质量的天气图分析,必须遵循 4 个原则。

比较原则:高压与低压、冷区与暖区、锋面与高空槽脊等各种天气系统位置、性质和强度,都是通过对同一时刻的不同记录进行对比而确定的;而系统的变化(如增强或减弱、移动等)则是经过不同时刻天气系统对比得到的。

代表性原则:任意一个观测站的气象记录所反映的该地大气的物理特性,都是大、中、小尺度系统综合演变的结果。在日常天气分析中,总是分析其中某一尺度系统的变化,同时摒弃其他的干扰。即在分析中先使用那些能充分反映该尺度系统的记录,也就是所谓的代表性原则。

逻辑性原则:大气中各种气象要素场和天气系统的空间分布都是有机地相互联系、相互制约的。因此,要注意分析结果必须具有空间结构的合理性,否则就可能是错误的。

连续性原则:天气系统永远处于无休止的发生、发展和消亡过程中。对于一张最新的天气图来说,有些之前存在的系统消失了,而有些系统则是新生的,有些加强了,而另一些系统则减弱了。但无论哪一个系统,在发生之前都有孕育过程,不可能出现无任何征兆的突然变化,这就是所谓的连续性原则。

## 1.3 天气图底图

天气图底图是用来填写各地气象台站观测记录的特制地图,简称底图。

### 1.3.1 底图的范围和内容

为了分析一个地点或一个地区的天气情况及其变化,除了对本地区天气特点有充分的了解外,还必须了解和研究较大范围的天气情况。所以,底图应包括足够大的地理范围。底图范围的大小,主要根据预报时效的长短、预报区域所在的地理位置和季节而定。例如,用作中、长期天气预报的底图,其范围应当比较大,如半球天气图;而用作短期、短时天气预报的底图,其范围可以适当小些,如我国常用的欧亚天气图、东亚天气图或区域小图;在冬季或中、高纬地区,因上空盛行西风气流,天气系统主要来自西方和北方,因此,底图上邻近预报区域的西边和北边的范围应该比东边和南边的范围大;在夏季或低纬地区,东边和南边的范围则应适当大些。一般来说,高空天气系统的水平尺度比较大,所以,高空天气图所包括的地理范围应比地面天气图要广。

底图上印有测站的区号、站号和站圈,并采用适当的颜色表示出陆地、海洋、地势及主要河流、湖泊的分布。此外,在图的下方还标有天气图的种类、所采用的地图投影方法、比例尺和高度表等。

### 1.3.2 地图投影简介

地球可以近似地看成圆球体,将地球上的经、纬线及海陆地块等地球表面情况在平面上表示出来的方法叫作地图投影法。球面在几何学上属于不可展面,把球面展开成平面时,不可能不发生裂隙和重叠。也就是说,地球上的物体投影到平面上时,必然会产生误差,投影的方法不同,误差的分布也不同。在地图投影中,通常按照下列 3 个方面的要求来选择地图投影法。

**正形:**指在地图上保持地球表面小区域原有的形状,任一地点微分线段的比例尺不因方向而异。其最明显的特征,是在地图上各处经度和纬度都相交成直角。此类投影又叫等角投影。

**等积:**指地图中任何部分的面积与地球表面上相应部位实际面积的比例都相等,但形状与方向有差异。

**正向:**指地图上从投影中心到其他任何地点的方向都与地球表面的实际方向一致。

任何一种地图投影法,不可能既保持形状的正确,又保持面积的正确。在天气图分析中,主要要求保持图形形状和方向的正确,即满足正形、正向的要求,使图上所填的风向和所显示的气压系统的形状及移动方向符合实际情况。

光源、投影平面和被照射物是地图投影的三要素。地图投影的方法,因光源位置和投影面的形状、位置不同可分为多种。天气图底图常用的地图投影法有极射赤道投影法、兰勃特正形圆锥投影法和墨卡托圆柱投影法 3 种。

#### (1) 极射赤道投影法

极射赤道投影是将光源  $S$  放在地球的南(北)极,把地球表面上各点投影在北(南)极的割平面  $MN$  上,平面  $MN$  与北(南)纬  $60^\circ$  相交割。例如,球面上  $A$ 、 $B$ 、 $C$ 、 $D$  四点分别投影到平面  $MN$  上  $A'$ 、 $B'$ 、 $C'$ 、 $D'$  位置上,其中  $C$  与  $C'$  是同一个点(图 1.1)。

用极射赤道投影法做成的地图,其经线为一组由北(南)极向赤道发出的放射状直线,纬线为一组围绕北(南)极的同心圆(图 1.2),经纬线呈蜘蛛网形状。这种投影保持正向和正形,但缩放系数随纬度的不同而不同。纬度越低,缩放系数越大。缩放系数  $m = (2 + \sqrt{3}) / [2(1 + \sin\varphi)]$ ,随纬度  $\varphi$  的变化如表 1.1 所示。这种图表现高纬地区比较真实,一般高纬地区及南、北半球的天气图底图多采用这种投影法,如发布中期数值天气预报的气象台用它来发布半球的预报。它在大气环流科研中也有较广泛的应用。

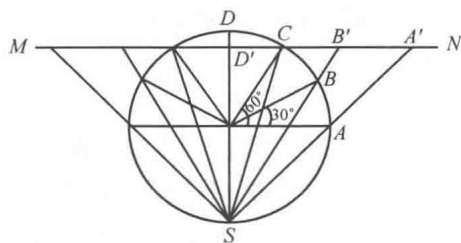


图 1.1 极射赤面投影示意图

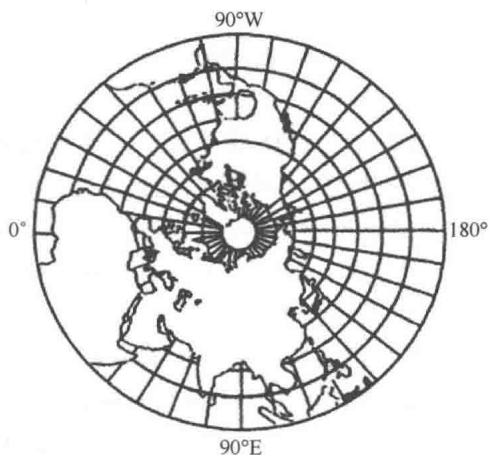


图 1.2 极射赤面投影北半球图

## (2) 兰勃特正形圆锥投影法

兰勃特正形圆锥投影是在圆锥投影的基础上经过改进而得到的。圆锥投影法将平面图纸卷成圆锥形,使圆锥的轴与地球极轴重合,圆锥面与地球相切于某一纬圈或相割于某两个标准纬圈(如  $30^\circ$  和  $60^\circ$  纬圈),光源置于地球中心(图 1.3 中的  $O$  点),将地表各点投影到圆锥面上,然后将图纸展开成扇形,再加适当订正,即得兰勃特投影图(图 1.4)。

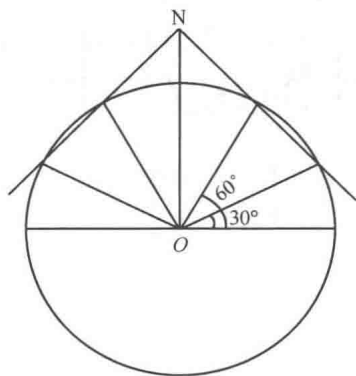


图 1.3 双标准纬圈圆锥投影示意图

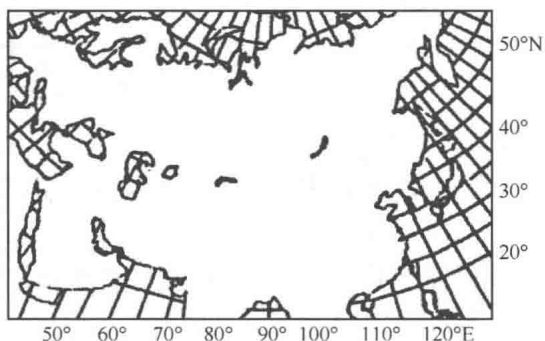


图 1.4 兰勃特投影图

在这种投影图上,经线呈放射状直线,纬线呈同心圆弧,相切的纬圈或相割的两个标准纬圈的长度与地球上对应处的实际长度相符。两个标准纬圈之间的经纬距均缩小,两个标准纬圈以外的经纬距均放大,但同一点经线和纬线的缩放系数是不同的。天气图使用的圆锥投影双标准纬圈是  $30^\circ$  和  $60^\circ$ ,经过适当的订正,使同一点上经向和纬向的缩放系数相同,缩放系数为  $m$ ,表达式为

$$m = \frac{\sin\theta_1}{\sin\theta} \left( \tan \frac{\theta}{2} / \tan \frac{\theta_1}{2} \right)^k = \frac{\sin\theta_2}{\sin\theta} \left( \tan \frac{\theta}{2} / \tan \frac{\theta_2}{2} \right)^k$$

式中,  $\theta_1 = 30^\circ$ ,  $\theta_2 = 60^\circ$ ,  $\theta = 90^\circ - \varphi$  (余纬),  $k = 0.7156$ 。缩放系数  $m$  随纬度  $\varphi$  的变化如表 1.1 所示。这样就得到了兰勃特双标准纬圈正形圆锥投影图(图 1.3)。

这种投影法,在中纬度地区误差较小,中纬度部分基本满足正向和正形的要求,因此,它最适用于中纬度地区的天气图。欧亚高空图和地面图一般都采用这种投影。我国的天气图底图广泛采用兰勃特双标准纬线正形圆锥投影图。

### (3) 墨卡托投影法

墨卡托投影是在圆柱投影的基础上经过改进而得到的。圆柱投影法是将平面图纸卷成圆柱形,使圆柱的轴与地球极轴重合,圆柱面与地球赤道相切或与地球相割于某两个标准纬圈,天气图底图的两个标准纬圈是南北纬  $22.5^\circ$ ,光源置于地球中心,将球面各点投影到圆柱面上(图 1.5),然后,将圆柱面展开即可得到墨卡托投影图(图 1.6)。

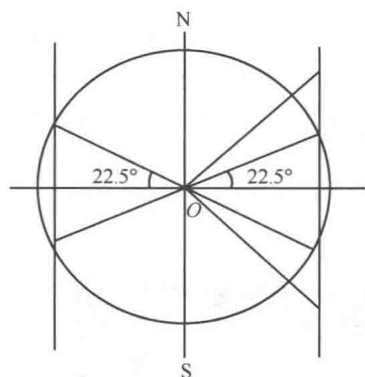


图 1.5 圆柱投影示意图

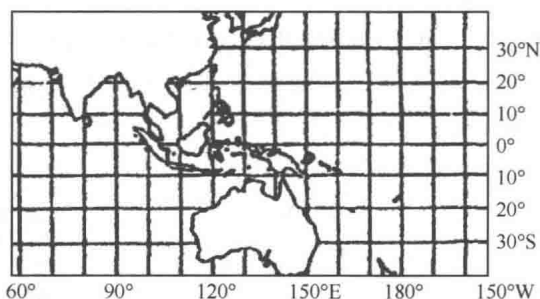


图 1.6 墨卡托投影图

圆柱投影图上,任一点经线方向和纬线方向的缩放系数是不同的。为了满足正形的要求需予以订正,使每一点上经向和纬向的缩放系数相等。这种经过订正的圆柱投影就是墨卡托投影。它的缩放系数  $m = \cos\varphi_0 / \cos\varphi$ , 其中  $\varphi_0 = 22.5^\circ$ ,  $\varphi$  为纬度,缩放系数  $m$  随纬度  $\varphi$  的变化如表 1.1 所示。

墨卡托投影是等角圆柱投影,投影图的经线和纬线都是直线,且相交成直角。纬线方向代表东西方向,经线方向代表南北方向,与地面上的实际方向相同。南北纬  $22.5^\circ$  之间的纬圈长度小于实际长度,南北纬  $22.5^\circ$  处纬线长度与实际长度相等,而向两极则逐渐放大。在  $60^\circ$  处纬圈长度和经线的长度已扩大到实际长度的两倍左右。所以,这种投影图除赤道地区面积比较正确外,纬度越高,面积放大越多。如  $60^\circ$  处面积放大到 4 倍左右,  $80^\circ$  处面积放大到 30 多倍左右。所以,赤道和低纬地区的天气图底图多采用这种投影法。

对在天气图上的各种物理量进行计算时,常要考虑地图投影法的缩放系数。从天气学的要求考虑,希望缩放系数能接近于 1。为了便于参考,把各种投影法的缩放系数  $m$  值列于表 1.1 中。

表 1.1 3 种投影天气图各纬度缩放系数

|       | 极射赤面投影 | 兰勃特投影 | 墨卡托投影    |
|-------|--------|-------|----------|
| 90°   | 0.933  | —     | $\infty$ |
| 80°   | 0.939  | 1.293 | 5.318    |
| 70°   | 0.962  | 1.084 | 2.709    |
| 60°   | 1.000  | 1.000 | 1.847    |
| 50°   | 1.056  | 0.968 | 1.437    |
| 40°   | 1.136  | 0.970 | 1.206    |
| 30°   | 1.244  | 1.000 | 1.066    |
| 22.5° | —      | —     | 1.000    |
| 20°   | 1.390  | 1.058 | 0.983    |
| 10°   | 1.589  | 1.150 | 0.938    |
| 0°    | 1.865  | 1.283 | 0.924    |

### 1.3.3 地图比例尺

地图上两点之间的距离与地球表面上相应两点之间的实际距离之比,叫作比例尺,或称缩尺。比例尺的表示方法有如下几种(以千万分之一的比例尺为例):

①比例式 如 1 : 10000000,即地图上的 1 cm 相当于实际的 100 km;

②分数式 如  $\frac{1}{10000000}$ ;

③文字式 如千万分之一;

④图解式 如  0 100 200 300 km;

⑤复合图解尺 如图 1.7 所示为千万分之一的兰勃特正形圆锥投影图上用的复合图解尺。

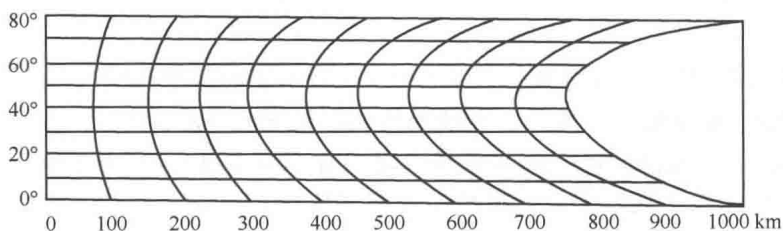


图 1.7 复合图解尺(纵坐标为纬度)

经过某种投影后,因为各纬度上的缩放系数不同,不能用同一个比例尺来度量底图上任何地方的实际距离,这就需要用复合图解尺。

地图上通常只标注一个比例尺,称为主比例尺,它仅代表底图沿标准纬线上线段长度与实际相应长度之比。当地图表示的地理范围较大时,通常都用复合图解尺。

在我国常用的天气图上有时用①和⑤两种表示法同时标出。

天气图底图缩尺的大小与所要分析的天气客体的规模和底图范围有关。小缩尺的底图适宜于研究大规模的天气客体,大缩尺的底图只适宜于研究小规模的天气客体。在天气学分析中,研究的对象为大规模的天气客体,地图缩尺一般取为千万分之一到几千万分之一。

我国目前所用的北半球范围的底图,比例尺为三千万分之一;亚欧区域的底图,比例尺为两千万分之一;亚洲和东亚区域的底图,比例尺为千万分之一。此外,各气象台还可根据需要在周围测站的分布情况采用范围更小的底图,通常称为小区域天气图,其比例尺一般大于三百万分之一。

## 1.4 天气图种类

在天气分析业务中,需要采用多种天气图进行综合分析。

### (1) 地面天气图

地面天气图简称地面图。它是天气分析和业务预报中最基本的天气图,用于分析某大范围地区某时刻地面天气系统和大气状况。图上除了填有地面的气温、露点、风向、风速、水平能见度和海平面气压等观测记录外,还填有一部分高空气象要素的观测记录,如云和观测时的天气现象等。此外,还填有一些反映最近时间内气象要素变化趋势的记录,如三小时变压,最近6小时内出现过的天气现象等。根据各站的气压值绘制等压线,分析高、低气压系统的分布;根据温度、露点、天气分布,分析并确定各类锋的位置。

地面天气图综合表示了某一时刻地面锋面、气旋、反气旋等天气系统和雷暴、降水、雾、大风、冰雹等天气现象所在的位置及其影响的范围。

### (2) 高空天气图

高空天气图简称高空图,在实际工作中,普遍采用的是填有同一等压面上气象记录的等压面图,又称绝对形势图。标准等压面图通常有850、700、500、400、300、200、100 hPa等层。气象台最常用的标准等压面图有850、700、500 hPa天气图。高空等压面图能清楚地反映高空天气系统的位置及其影响的范围,还可以对天气系统的空间结构做进一步的分析研究。因此,它也是日常工作中的一种基本天气图。

还有一种高空图称为厚度图,用于分析某两个等压面间气层的厚度。这种厚度

反映该气层平均温度的高低,气层厚的地区大气较暖,反之较冷。常用的有1000 hPa到500 hPa或700 hPa的厚度图。这种厚度图常叠加在500 hPa或700 hPa等压面图上,用以表示500 hPa或700 hPa图上的温度分布。

### (3)辅助天气图

在实际工作中,除应用地面图和高空图外,还可配合使用各种辅助天气图,从各个不同侧面反映天气过程的特征。辅助图主要有热力学图表、剖面图、变量图等,可根据工作需要选用。

#### ①热力学图表

热力学图表是根据干空气绝热方程和湿空气绝热方程制作的图表,也称绝热图表。这种图上一般印有等压线(纵坐标)、等温线(横坐标)、干绝热线(等位温线)、湿绝热线(等相当位温线)和等饱和比湿线。将某站各高度的压、温、湿记录填在图上,可分析气象站上空大气稳定度状况或计算表征大气温、湿特性的各种物理量。

#### ②剖面图

剖面图是用于分析气象要素在垂直方向的分布和大气的动力、热力结构的图。图上填有各标准等压面和特性层的气温、湿度和风向风速的记录,绘有等风速线、等温线、等位温线以及锋区上、下界等。它分为空间剖面图和时间剖面图两种。前者用多站同时的探空资料,表示某时刻沿某方向的铅直剖面上大气的物理特性;后者用单站连续多次的探空资料,表示某一时段内该站上空大气状况随时间的演变情况。

#### ③变量图

变量图又称趋势图,可反映某气象要素过去12小时或24小时变化的分布状况。常用的有变压(高)图和变温图。较强的大范围气象要素变量区,对该要素未来的变化趋势有一定的预示性。

#### ④单站图

常用的单站图有用极坐标绘制的单站高空风图,它可以表示测站附近高空风的铅直切变强度等动力状况和各层冷、暖平流的热力状态;也有地面或高空某些要素随时间变化和偏离正常情况的曲线图等。

## 1.5 天气图制作流程

高空和地面天气图一般是指在一张特制的地图(即天气图底图)上填有许多测站同一时刻的气象记录,经过绘制和分析,能够反映一定地区范围内天气情况的图。天气图制作主要分为两个过程。

### (1)气象资料的观测和传递

气象观测是制作天气图和进行天气预报的基础。气象站越多,预报越准确。为

此,全世界建立了上万个陆地气象站、7000 多个船舶观测站和近千个携带自动气象站的系泊航标和浮标站,配置了各种天气雷达,动用了 3000 多架飞机,并在太空布设了 10 多颗气象卫星,组成全球大气监测网。这个监测网每天在规定的时间内同时进行观测,从地面到高空,从陆地到海洋,全方位、多层次地观测大气变化,并将观测数据编制成国际气象电码,通过国家气象通信网络(National Meteorological Telecommunication Network)迅速汇集到各国国家气象中心,各国国家气象中心再通过区域气象通信网(Regional Meteorological Telecommunication Network)将电码传送到世界上 15 个区域气象中心,区域气象中心通过主通信网(Main Telecommunication Network)将其传送到 3 个世界气象中心(墨尔本、华盛顿和莫斯科),世界气象中心再将电码通过上述通信网络转发世界各地。

## (2) 气象资料的填图和分析

各地气象台站将收集到的气象电码,立即译成直观的数字或符号,按国际规定的填图格式,一一填在天气图底图相应的位置上,然后按照天气图分析原则和技术规定绘制出各种等值线、天气系统和天气区等,得到可供预报用的各种天气图,为预报员提供预报依据。过去天气图的填图、等值线的绘制和分析是由预报员手工完成的,现在从资料收集、检查、填图直到等值线的绘制和分析已全部由计算机完成,实现了天气分析业务的全自动化。

为了能表示同一时刻大气运动的特性,目前全世界的观测站都统一在 00、06、12、18 世界时(格林尼治时间)进行地面定时观测,即每 6 小时一次。北京时(120°E 的时间)比世界时早 8 个小时,因此,地面天气定时观测时间是 08、14、20、02 北京时。而在 00、12 世界时(08、20 北京时)还进行两次高空观测。所以,一天中应该有 4 张地面图,2 套高空图。除此之外,各地区还可以根据需要进行天气定时观测以外的观测,如两次定时观测之间的天气辅助观测、航线观测等。

## 思考题

1. 什么是天气图?
2. 天气图一般分为哪几类?
3. 天气图底图一般有哪三种投影方法? 每种投影方法适合用作什么天气图底图?
4. 地面图的基本时次(北京时)有哪些?