

天气学分析 基本方法

寿绍文 刘兴中 编著
王善华 侯定臣

气象出版社

天气学分析基本方法

寿绍文 刘兴中 编著
王善华 侯定臣

气象出版社

(京)新登字 046 号

内 容 简 介

本书共分五章,分别讲授天气图分析,辅助天气图分析,高原、低纬及中小尺度天气分析方法。它主要配合天气学原理的理论教学,介绍最基础的日常应用的天气分析方法。本书可作为气象院校“天气学分析基本方法”课程的教材。

天气学分析基本方法

寿绍文 等

气象出版社出版发行

(北京西郊白石桥路 46 号)

通信工程学院印刷厂印刷

开本: 787×1092/32 印张: 5.7 字数: 148 千

1993 年 8 月第 1 版 1993 年 8 月第 1 次印刷

印数: 2500 定价: 3.04 元

ISBN7—5029—1454—4/P. 0619

目 录

序言	(1)
前言	(2)
第一章 天气图基本分析方法	(3)
第一节 天气图底图	(3)
第二节 地面天气图分析	(8)
第三节 等压面图分析	(20)
实习一 地面天气图初步分析	(30)
实习二 等压面图初步分析	(30)
第二章 天气图的综合分析	(32)
第一节 温压场的综合分析	(32)
第二节 锋面分析	(34)
第三节 天气分析原则	(46)
实习三 锋面的初步分析	(51)
实习四 锋面的综合分析	(52)
第三章 辅助天气图分析	(54)
第一节 剖面图分析	(54)
第二节 单站高空风图分析	(60)
第三节 温度-对数压力图分析	(63)
第四节 等熵面分析	(78)

第五节 能量分析	(84)
实习五 剖面图分析	(93)
实习六 单站高空风图分析	(93)
 第四章 高原和低纬天气分析	(95)
第一节 高原地区的天气分析	(95)
第二节 低纬热带地区的天气分析	(107)
实习七 流线分析	(119)
 第五章 中小尺度天气分析	(120)
第一节 地面中分析的资料来源和处理方法	(120)
第二节 地面中尺度天气图的分析	(125)
第三节 辅助图的分析	(130)
实习八 大气稳定度指标的计算及分析	(134)
 附录: 天气图的填写	(137)
附录 1 地面天气图的填写	(137)
附录 2 等压面图的填写	(149)
 附表	(151)
附表 1 常用单位换算表	(151)
附表 2 等压面地转风速查算表	(154)
附表 3 等高面地转风速查算表	(155)
附表 4 u 、 v 分量查算表	(156)
附表 5 兰勃脱投影和极射赤面投影的放大率 m 及 $\frac{m^2}{f}$ 随纬度变化表	(159)
附表 6 地转参数和罗斯贝参数随纬度变化表	(160)

附表 7	沙瓦特指数 ($SI = T_{500} - T_s$) 中的 T_s 参数查算表	(161)
附表 8	标准等压面上的位温 (θ) 查算表	(162)
附表 9	$P = 850 \text{ hPa}$ θ_w 查算表	(166)
附表 10	$P = 700 \text{ hPa}$ θ_w 查算表	(168)
附表 11	$P = 500 \text{ hPa}$ θ_w 查算表	(170)
附表 12	$\frac{L}{C_p} q$ 查算表	(172)
附表 13	$\frac{L}{C_p} q = 1555 \frac{e}{p}$ 查算表	(174)
附表 14	标准等压面上露点换算比湿表	(175)
附表 15	各标准等压面之间的厚度表	(176)
附表 16	凝结函数 F 值查算表	(178)

序 言

随着卫星、雷达等现代遥感手段在大气探测中的广泛应用及动力诊断分析、数值试验和大气动力学研究的不断发展,新的天气学事实不断揭示,新的大气运动规律不断发现,新的天气学概念不断提出,天气学原理不断深化,天气学分析和预报方法也在不断更新之中。为了适应天气学发展,迫切 need 加强天气学课程建设。作为我院天气学课程建设的重要一环,我们在 1992 年修订了“天气学原理和方法”一书。在保持原书总体系不变的前提下,充分吸收了天气学研究的最新成果和方法,从而使原书的理论性、先进性和应用性得以保持和提高。

天气学是一门实践性很强的学科,加强实践性教学是天气学课程建设的又一重要环节。为此,我们又配合理论教材,编写了系列性的天气学实习教材。根据由浅入深循序渐进的教学原则,这套教材计划分为几个部分。第一部分是“天气学分析基本方法”,主要配合“天气学原理”的理论教学,介绍最基础的日常应用的天气分析方法。第二部分是“中国主要天气过程分析”,主要配合“中国天气”部分的理论教学,介绍我国主要天气过程的规律和分析方法。此外,还拟编写出版“天气分析和预报综合实习”以及“现代天气学研究方法”等教材,以配合天气学综合实习、生产实习以及科研实践(学年论文和毕业论文)等教学环节,培养学生综合分析天气过程的能力和思路以及初步的科研工作能力。

天气学课程建设是一项系统工程,需要很多环节配合,才能获得好的效果,我院气象系的许多老师正在努力实现上述目标。

朱乾根

1993 年 3 月 20 日

前 言

本书是为配合 1992 年底出版的天气学理论课教材——《天气学原理和方法》(修订本)而组织编写的系列性天气学实习教材的第一部分,主要介绍天气学分析的基本方法,并指导学生应用天气学原理循序渐进地进行天气分析实习,以利于理论与实际的紧密结合。

本书是在 1981 年出版的《天气学原理和方法》中的第三篇以及南京气象学院历年的天气学分析实习讲义的基础上改编而成的。书中配合了气象出版社出版的天气分析实习图,安排了必要的实习。全书由寿绍文、刘兴中、王善华、侯定臣编写。朱乾根教授、何金海教授、唐东昇副教授对全书进行了审阅。在编写过程中,阮均石、周军、王谦谦、徐文金、励申申、段永明等副教授以及天气教研室的许多老师给予了大力支持并提出了许多宝贵意见,编著者在此表示衷心的感谢。

由于作者水平有限,错误和不足之处仍会存在,望读者给予批评指正。

编著者

1993 年 3 月

第一章 天气图基本分析方法

天气图是填有各地同一时间气象观测记录的特种地图，它描述了某一瞬间某一区域的天气情况。对天气图的连续分析和研究，就可获得天气过程发展的规律，从而作出天气预报。因此，天气图是制作天气预报的基本工具之一。

因为天气现象是发生在三度空间里的，所以单凭一张平面天气图来分析天气，显然是不够的。为了详细观察三度空间的实况，在日常业务工作中，除绘制地面天气图（简称地面图）外，还绘制等压面图（简称高空图），以及剖面图、单站高空风分析图、温度-对数压力图等辅助图表。

在进行天气分析时，依据天气图上的气象观测资料，运用天气学原理，分析各种天气现象和天气系统的演变过程，从而掌握它的发展规律。只有对天气形势作出正确的分析后，才有可能作出正确的天气预报。

第一节 天气图底图

天气图底图是用来填写各地气象站观测记录的特种空白地图。天气图底图上标绘有经纬度、海陆分布、地形等，以便分析时考虑下垫面对天气的影响。底图上还标有气象站的区号、站号和主要城市名称，供填图和预报时使用。底图的范围和比例尺的大小主要根据天气分析内容、预报时效、季节和地区等而定。本节将简单地介绍天气图底图投影的有关知识。

一、地图的投影

地球是一个椭球体，长轴半径长 6378.2 公里，短轴半径长

6356.9 公里，相差 0.3%，可以近似地看作是圆球体。把具有球形的地球表面情况表现在平面上，必须要有专门的投影技术。我们将地球上的经、纬线及海岸线在平面上表示出来的方法叫做地图投影。地图投影的方法有多种，在天气分析和预报工作中，选择地图投影方法时，主要考虑以下几点：(1) 正形：即在每一点上，经圈及纬圈的缩尺一样，地球上两交线间的交角也保持不变，这样可保持地区的形状。(2) 等面积：即各区域的缩尺一样，因而在底图上的任一区域的面积，都与实际地球表面该区域的面积有一定比例关系，但形状和方向有差异。(3) 正向：即保持方向准确，各区域经纬线都正交。以上几点之中，在天气分析上主要考虑正向和正形，因为这样可以保证图上风向的准确以及气压系统的形状和移动方向与实际相同。

常用的天气图底图有三种。

(一) 兰勃脱正形圆锥投影

这种投影法也称双标准纬线圆锥投影法，是将平面图纸卷成圆锥形，与地球仪的 30° 和 60° 纬圈相割，并把光源置于地球中心（图

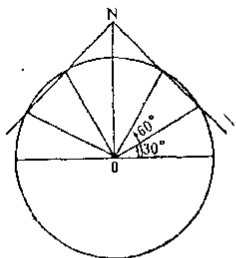


图 1.1 双标准纬线圆锥投影法

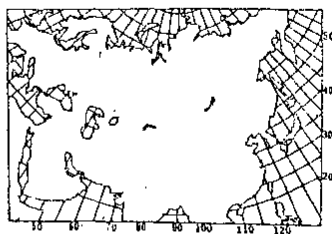


图 1.2 兰勃脱投影图

1.1 中的 O 点)，将经纬线及地形投影到圆锥形的图纸上，然后将图

纸展开成扇形，再加适当订正，即得兰勃脱投影图（图 1.2）。在这种投影图上，经线呈放射形直线，纬线呈同心圆弧，相割的两纬圈（ 30° 和 60° ）的长度与地球仪上对应处的实际长度相符，称为标准纬线。在两标准纬之内各纬圈的长度相应地缩小了。而在两标准纬线

之外各纬圈的长度则相应地放大了。这种图的中纬度部分基本满足正向和正形的要求，因此，最适用于作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。

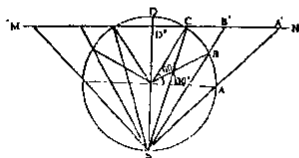


图 1.3 极射赤面投影法

（二）极射赤面投影

这种投影方法是將光源置于南极 S，平面图纸 MN 与北纬 60° 相交割，把地球表面上各点投影在此平面图纸上。例如球面上 A、B、C、D 四点分别投影到平面 MN 上 A'、B'、C'、D' 的位置上，用这种投影法作成的地图，其经线为一组由北极向赤道发出的放射形直线，纬线为一

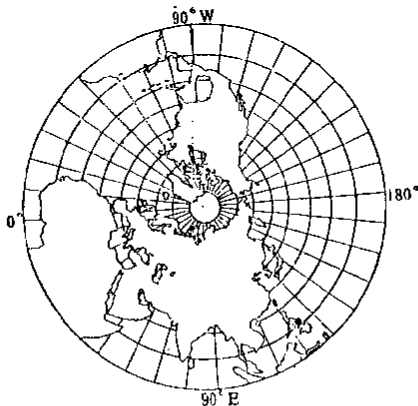


图 1.4 极射赤面投影北半球图

组围绕北极的同心圆（图 1.3 和 1.4）。这种投影保持正向和正形，但

放大率随纬度的不同而不同。纬度愈低，放大率愈大。这种图表现高纬度地区比较真实。一般用作北半球天气图和极地天气图。

(三) 麦开托投影

这种投影方法如图 1.5 所示，用一圆筒面与南北纬度 22.5° 圈相切，光源放在地球中心进行投影。把圆筒展开便作成一张地图。在这种地图上经、纬线都是以直线表示的。由于在低纬地区用这种投影与实况较为接近，而在高纬地区投影面积放大倍数太大。所以这种图主要适用于作赤道或低纬地区的天气图底图（图 1.6）。

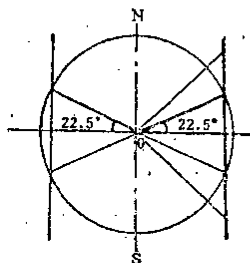


图 1.5 麦开托投影法

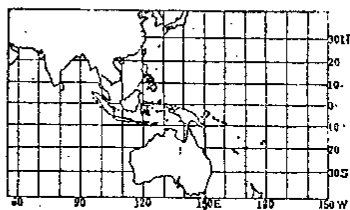


图 1.6 麦开托投影图

在天气图上作各种物理量计算时，常要考虑地图投影法的放大率（或放大系数）。从天气学的要求考虑，希望放大系数能近于 1。为了便于参考，我们把各种投影法的放大系数 m 值列于表 1.1 中。

表 1.1 三种投影图各纬圈放大系数

放大 系数 m 纬度	投影法	兰勃脱投影法	极射赤面投影法	麦开托影法
90°		—	0.933	∞
80°		1.293	0.939	5.318
70°		1.084	0.962	2.709
60°		1.000	1.000	1.847
50°		0.968	1.056	1.437
40°		0.970	1.136	1.208
30°		1.000	1.244	1.066
22.5°		—	—	1.000
20°		1.058	1.390	0.983
10°		1.150	1.589	0.938
0°		1.283	1.865	0.924

二、地图比例尺

地图上两点间的长度与地表上相应两点间的实际长度之比，叫做比例尺，或称缩尺。其表示法主要有：

(1) 比例式 如 1 : 10,000,000 即地图上的 1 厘米相当于 100 公里。

(2) 图解式 如右图所示。

(3) 斜线图解尺或称复式图解尺，如图 1.7 所示。

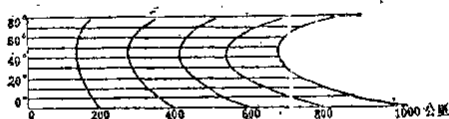


图 1.7 复式图解尺

由于兰勃脱正形圆锥投影图在各纬度上放大率是不同的，故需用复式图解尺表示其缩尺。其特点就是对不同的纬度用不同的缩尺

来表示，使用时必须注意与纬度配合，才能正确表示出实际距离。

在我国常用的天气图上有时同时用(1)、(3)两种表示法标出。

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规模小的天气客体。对于我们研究大规模的天气客体来说，地图缩尺一般为千万分之一到几千万分之一。我国目前所用的东亚天气图的缩尺为 $1:10,000,000$ ，即图上1厘米相当于100公里；欧亚天气图的缩尺为 $1:20,000,000$ ，即图上1厘米相当于200公里；北半球天气图的缩尺为 $1:30,000,000$ ，即图上1厘米相当于300公里。

关于底图范围大小的选择，主要视预报的时效和季节而定，如用作中长期天气预报的底图范围就应该大一些，甚至需要整个北半球天气图。在冬半年，高纬大气活动（如寒潮的侵袭）对我国影响较大，故底图范围应包括极地或极地的一部分；在夏半年，低纬度和太平洋上的大气活动（如台风、副热带高压）对我国影响较大，故底图上低纬度和太平洋区域应多占些面积。处于中纬度地带的我国，主要受西风带的天气系统影响和控制。为了预先察觉从西边或西北边来的天气系统的侵入，底图的范围应尽量包括我国西部或西北部地区。

第二节 地面天气图分析

地面天气图是填写气象观测项目最多的一种天气图。它填有地面各种气象要素和天气现象，如气温、湿度、风向、风速、海平面气压和雨、雪、雾等等，还填有一些能反映空中气象要素的记录，如云高、云状等；既有当时的记录，又有一些能反映短期内天气演变实况及趋势的记录，如三小时变压、气压倾向等。因此，地面天气图在天气分析和预报中是一种很重要的工具。

地面天气图的分析项目通常包括海平面气压场、三小时变压场、天气现象和锋等。

一、海平面气压场的分析

气压的分布称为气压场。海平面上的气压分布称为海平面气压场。气压的三度空间分布（简称空间分布，包括水平和垂直的分布）称为空间气压场。其它气象要素场的概念与此相同。

海平面气压场分析就是在地面图上绘制等压线，即把气压数值相等的各点连成线。绘制等压线后，就能够清楚地看出气压在海平面上的分布情况。

（一）等值线分析原则

等压线是等值线的一种，具有各种等值线分析的共同规律。图 1.8 是一张海平面上的等压线分布图。从图中等压线的特点可以看出，等值线分析要遵守下述几个基本规则，掌握了这些规则，就可正确地分析各种气象要素的等值线。

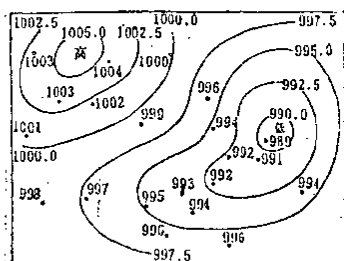


图 1.8 海平面等压线图

1. 同一条等值线上要素值处处相等。这就是说，分析时必须使等值线通过同一要素值相等的测站。

2. 等值线一侧的数值必须高于另一侧的数值。这就是说，分析时等值线应在一个高于等值线数值的测站和一个低于等值线数值的测站之间通过，而不能在都高于（或都低于）等值线数值的两个测站之间通过。

3. 等值线不能相交，不能分枝，不能在图中中断。如在图 1.9 (a) 中，如果二根数值不等的等值线 F_1 和 F_2 相交，则交点 A 上就出

现两个数值，这是不可能的，因为 A 点上只能有一个数值，其数值或者为 F_1 ，或者为 F_2 。又如在图 1.9 (b) 中，如果两根数值都是 F_1 的等值线相交，则甲区的数值，对一根等值线来说应大于 F_1 ，而对另一根等值线来说却应小于 F_1 ，这是不可能的。同样，在图 1.9 (c) 中，当等值线分枝时在乙区既大于 F_1 又小于 F_1 ，这也是不可能的。

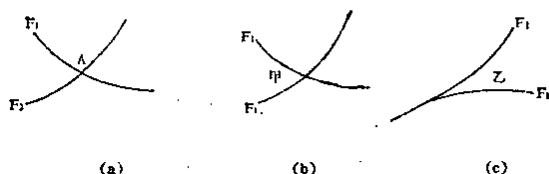


图 1.9 等压线的错误分析

4. 相邻两根等值线的数值必须是连续的，即其数值或者相等，或只差一个间隔。这是因为各种要素场的分布都是连续的。在高值区和低值区之间，相邻等值线的数值是顺序递减的，两者只差一个间隔。如果两条相邻等值线的差为两个间隔，则说明在这两条等值线之间还存在另一条数值在两者之间的等值线。在两个高值区域或两个低值区域之间，则必有两根相邻的等值线，其数值是相等的，并且这两条等值线的数值在两个高值区之间必须是最低值，在两个低值区之间，必须是最高值。如果两者数值不等，则必存在另一等值线，使其数值相等。如图 1.10 中的 A 区，对左边的等值线 $F + \Delta F$ 而言，A 区的数值应小于 $F + \Delta F$ ，因此 A 区和右边的等值线 $F + 2\Delta F$ 之间必定还有另一根数值为 $F + \Delta F$ 的等值线。

以上这四条规则是绘制等值线的基本规则，必须严格遵守，在任何时候不能违反，否则将犯原则性错误，因此必须反复练习，熟练掌握。

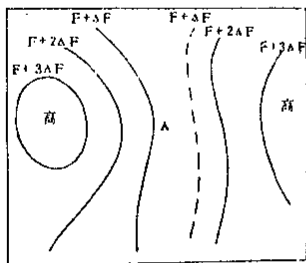


图 1.10

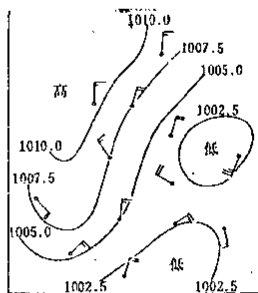


图 1.11 等压线与风的关系

作为等值线的一种特殊形式的等压线，在分析的时候，除了应符合上述分析原则外，还必须遵循地转风关系，即等压线和风向平行。在北半球，观测者“背风而立，低压在左，高压在右”。但由于地面摩擦作用，风向与等压线有一定的交角，即风从等压线的高压一侧吹向低压一侧，风向和等压线的交角，在海洋上一般为 15° ，在陆地平原地区约为 30° (图 1.11)。但在我国西部及西南地区大部分为山地和高原的情况下，由于地形复杂，地转风关系常常得不到满足。

(二) 绘制等压线时的注意事项

1. 等压线用黑色铅笔绘制。

2. 等压线一般应保持平滑，除非有可靠的记录外，应避免不规则的小弯曲和突然的曲折(但通过不连续线时例外)。等压线的分布从疏到密或从平直到弯曲之间的变化，必须逐渐过渡。只有在等压线很稀疏的地区(如低纬度及中纬度的夏季)，并有可靠的记录作根据时，才可分析局部的小弯曲。图 1.12 是绘制等压线的实例，其中虚线绘制得不正确，有很多小弯曲，等压线的曲率和疏密分布也没有规律。实线为正确地绘制的等压线。