

天气分析

乔阮 全旭 明春 主编

气象出版社

天 气 分 析

乔全明 阮旭春 主编

气象出版社

1.

6.

5.

4.

3.

2.

1.

内 容 简 介

本书以天气图为主要工具,介绍了分析天气和天气系统的方法。首先讲授了天气图绘制和诊断计算的基本技术,在此基础上又讲授了使用天气图(包括诊断结果及卫星、雷达等)分析温带系统、热带系统、高原系统、中小尺度系统的位置、性质、结构、发生发展和移动规律的方法。此外,与本书相配合的还附有一套实习分析图和一套实习参考图。本书经国家气象局高等学校气象类教材编审领导小组审查,确认为大学本科通用教材。大专班、函授班、短训班以及中等专业学校也可从中选材,对气象台站预报员也有参考作用。

天 气 分 析

乔全明 阮旭春 主编

责任编辑 黄丽荣

*

高 等 出 版 社 出 版

(北京西郊白石桥路46号)

北京昌平环球科技印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行 全国各地新华书店经售

*

开本: 850×1168 1/32 印张: 10.5 字数: 268千字

1990年2月第一版 1990年2月第一次印刷

印数: 1-5.000 定价: 2.30元

ISBN 7-5029-0313-5/P·0173(课)

前 言

以天气图为主要工具的天气分析预报方法已有 150 年以上的历史。虽然近代气象学有了较大的发展，数值预报、统计预报法得到广泛的应用，但天气图仍然是国内外大多数气象台业务预报的主要工具。

随着动力气象学与天气实践的逐步结合，卫星气象和雷达气象的广泛应用，天气分析也从主要是天气图为主的形态分析向着综合各种资料的客观量化方向发展。

天气学原理和本课的分工是：前者讲授天气和天气系统发生发展的基本规律；后者讲授应用这些原理分析天气和天气系统的方法，进而掌握天气分析技能。由于掌握天气分析技能是一个由浅入深、由简到繁、由低级到高级、由单项到综合的循序渐进过程，多年教学实践证明，仅仅在“天气学原理”课中开设课堂实习，是不能圆满完成这一任务的。经过多年探索现已形成它自己的独立的教学体系。

“天气分析”教学的基本任务是，教会学生使用空间上和时间上都是局部的、间断的大气探测记录，经过综合归纳和连贯起来的思索，认识天气和天气系统的空间结构和时间连续演变的规律，并依此规律推断未来的发展。因此在天气分析的教学中必须教会学生遵循以下几个原则：

第一，比较的原则。高压与低压，气旋与反气旋、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，都是对同一时刻的不同记录对比确定的。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。

第二，代表性原则。任意一个观测站的气象记录，所获得的

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，而要舍弃除此之外的干扰。这就要在分析中充分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。

第三，物理逻辑性原则。大气中各种物理量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在空间结构的合理性，否则就可能是错误的。

第四，历史连续性原则。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，有些原来存在的系统消失了，而有些系统则是新生的；有些加强了，而另一些系统减弱了。但无论哪一个系统，在发生之前都有一个孕育过程，也不可能出现无任何征兆的突然变化。这就是所谓的历史连续性原则。

本书是根据教育部“关于编审高等学校理工科基础课和技术基础课教材的几个原则”和国家教委批转的“天气学大纲”，参照空军气象学院多年的“天气分析”教学经验及积累的资料基础上编成的。按照学生掌握天气分析技能的过程，第1—2章讲授并练习天气图和基本物理量绘制计算的基本方法，第3—7章讲授并训练学生应用这些方法分析各类天气系统的技能。此外，与本书相配合的还附有一套实习分析图和一套实习参考图。

本书是在我院训练部、气象系和天气学原理教研室领导关怀和支持下编成的，编写的分工是：第一章由巫学清，第二、三、五章由乔全明，第四章由阮旭春、乔全明，第六、七章由阮旭春，附录和附表由巫学清、乔全明编写。实习分析图由阮旭春、巫学清、乔全明、罗坚、王向东、张雪雯选编，全书由乔全明、阮旭春定稿。

本书编写过程中得到兄弟院校气象系（专业）的帮助，北京气象学院、成都气象学院分别提供了华北暴雨、四川暴雨的计算资料和研究报告。包澄澜教授，刘式适、林锦瑞、王得民副教授

授，巩晴江、成秋影老师等审阅了全书，并提出很多宝贵意见，特别是包澄澜教授给予很多关怀和支持。在编写中还参考了兄弟院校天气学教材，特表谢意。

此外，李宗周、张汝秀同志参加了资料工作，梁中敢填绘了全部天气图表，在此一并表示感谢。

由于水平有限，错误之处难免，欢迎批评指正。

编著者 1988年6月

目 录

前言

第一章 基本天气图分析技术	(1)
§1.1 天气图基本知识	(1)
§1.2 等值线分析方法	(9)
§1.3 流线的分析	(17)
§1.4 辅助图表的制作	(26)
实习与练习	(38)
实习一 等值线初步分析	
第二章 天气诊断分析方法	(40)
§2.1 资料的处理和客观分析	(41)
§2.2 一般物理量场的计算	(62)
§2.3 垂直速度的计算	(75)
实习与练习	(112)
实习二 诊断分析练习	
第三章 温带天气系统的分析	(119)
§3.1 锋面分析	(119)
§3.2 气压系统的结构分析	(138)
§3.3 西风带高空槽脊发展和移动分析	(145)
§3.4 温带气旋的发生发展和移动分析	(153)
§3.5 寒潮和强冷空气活动的分析	(165)
实习与练习	(172)
实习三 锋面初步分析	
实习四 综合分析	
实习五 气旋过程分析	
实习六 寒潮过程分析	
第四章 热带天气分析	(173)

§4.1 热带天气分析的特点和方法	(173)
§4.2 副热带高压的分析	(178)
§4.3 台风移动路径的分析	(182)
实习与练习	(209)
实习七 台风移动过程分析	
第五章 我国大型降水过程的分析	(210)
§5.1 水汽条件的分析	(211)
§5.2 我国主要的连阴雨过程的分析	(218)
§5.3 持续性暴雨的分析	(227)
实习与练习	(233)
实习八 暴雨分析	
第六章 高原天气分析	(234)
§6.1 高原天气图分析方法	(234)
§6.2 高原天气系统的分析	(242)
第七章 中尺度天气分析	(258)
§7.1 中尺度分析方法	(258)
§7.2 飑线的分析	(273)
实习与练习	(284)
实习九 飑线过程的分析	
附录	(285)
I. 地面天气图填图格式及分析的技术规定	(285)
II. 等压面图的填图格式及技术规定	(299)
III. 影响记录代表性的原因与记录误差的判断	(301)
IV. 我国各地区锋面分析特点	(304)
附表	(318)
I. 常用数据表	(318)
II. u , v 分量查算表	(321)
III. 凝结函数表	(324)

第一章 基本天气图分析技术

天气图分为基本天气图和辅助天气图两种。基本天气图是填写同一时刻的各种气象记录的特制地图，经过分析，能够帮助我们认识一定范围内的天气和天气系统分布，如主要反映地面天气系统的地面图和反映高空天气系统的等压面图等。垂直剖面图、等熵面图等是辅助天气图。

本章主要介绍天气图及其分析的一般基础知识、分析方法和要求。

§1.1 天气图基本知识

一、天气图底图

用来填写各地气象台（站）观测记录的特制地图，称为天气图底图，或简称底图。

（一）底图的范围和内容

为了分析一个地点和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，还必须了解和研究相当广大地区的天气情况。所以，底图应包括足够大的地理范围。

底图范围的大小，主要应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，其范围应当大些，如半球天气图。而用作短期、短时天气预报的底图，其范围就可以小些，如常用的亚欧天气图，东亚天气图或区域小图；在冬季和中、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，故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些；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些。

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，在图的下边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。

（二）地图投影简介

地球是一个椭球体，长轴半径为 6378.1km，短轴半径为 6356.8km，两者相差约千分之三，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做地图投影法。

椭球面与球面，在几何学上属于不可展面，把椭球面和球面展成平面时，不可能不发生裂隙和重迭。也就是说，地球上的物体投影到平面上时，必然要产生误差，投影的方法不同，误差的分布也不同。在地图投影中，通常按照下列三个方面的要求来选择地图投影法：

正形 指地图上保持了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，是地图上各处经线和纬线都相交成直角。此类投影又叫等角投影。

等积 指地图中任何部份的面积与地球表面上相应部位的实际面积的比例都相等。

正向 指地图上从投影中心到其它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，都不可能既保持形状的正确，同时又保持面积的正确。在某种投影法中，如果它的面积误差很小，它的角度和形状误差就必然很大；反之亦然。在天气图分析中，主要是要求保持图形形状和方向的正确，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都能符合实际情况。所以，天气图中所采用的地图投影都需要满足正形、正向的要求。

光源、投影平面和被照射物是地图投影三要素。地图投影的方法，因光源位置和投影面的形状、位置不同可分为许多种。天气图底图常用的地图投影法有极射赤面投影法、麦卡托圆柱投影法和兰勃脱正形圆锥投影法三种。

1. 极射赤面投影法

极射赤面投影是将光源放在地球仪的南极，把地球表面上各点投影在北极的切平面 TG 或 $60^{\circ}N$ 的割平面 $T'G'$ 上(如图1.1)。用此投影法绘成的图形(见图1.2)，其经线为放射状直线，纬

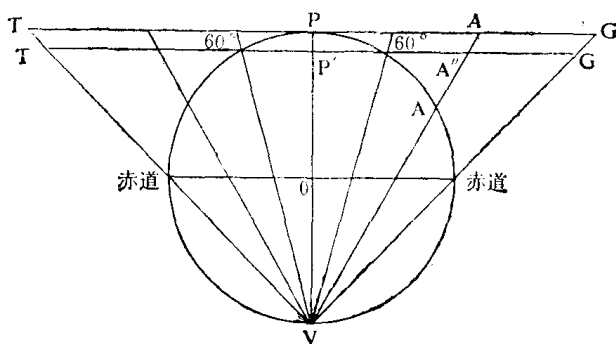


图1.1 极射赤面投影法

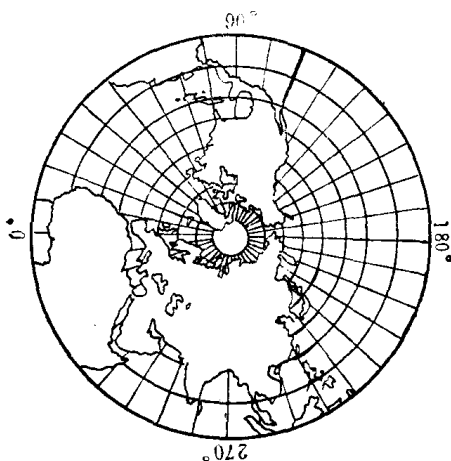


图1.2 极射赤面投影(北半球)图

线为同心圆，经纬线相交成直角，呈蜘蛛网形状，能满足正形和正向的要求。

极射赤面投影因所取投影面在球极或近球极，故图的中央部份较真实，边缘部份略为放大（放缩系数 $m = (2 + \sqrt{3}) / 2(1 + \sin\varphi)$ ），它随纬度的变化见表（1.1）。一般高纬地区及南、北半球的天气底图多采用这种投影法。

表1.1 三种投影图放缩系数随纬度的变化

放 缩 系 数 随 纬 度 变 化	0°	10°	20°	22.5°	30°	40°	50°	60°	70°	80°	90°
极射赤面投影	1.865	1.589	1.390	—	1.244	1.136	1.056	1.000	0.962	0.939	0.923
麦卡托投影	0.924	0.938	0.983	1.000	1.066	1.206	1.437	1.847	2.709	5.318	∞
兰勃脱投影	1.283	1.150	1.058	—	1.000	0.970	0.968	1.000	1.084	1.293	—

2. 麦卡托投影

麦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，使圆柱的轴与地球仪极轴重合，圆柱面与地球仪赤道相切，或与地球仪相割于某两标准纬圈，光源置于地球仪中心，将球面各点投影到圆柱面上（如图1.3），然后将圆柱面展开即可得到圆柱投影图。天气图底图的两标准纬圈是南北纬22.5°。圆柱投影图上，任一点经线方向和纬线方向的放缩率是不同的。为了满足正形的要求要予以订正，使每一点上经向和纬向的放缩率相等。这种经过订正的圆柱投影就是麦卡托投影。它的放缩系数 $m = \frac{\cos\varphi_0}{\cos\varphi}$ ，其中 $\varphi_0 = 22.5^\circ$ ， φ 为纬度。

麦卡托投影是等角圆柱投影。投影图（见图1.4）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

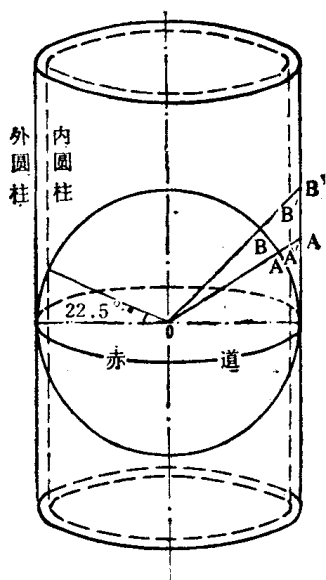


图1.3 圆柱投影法

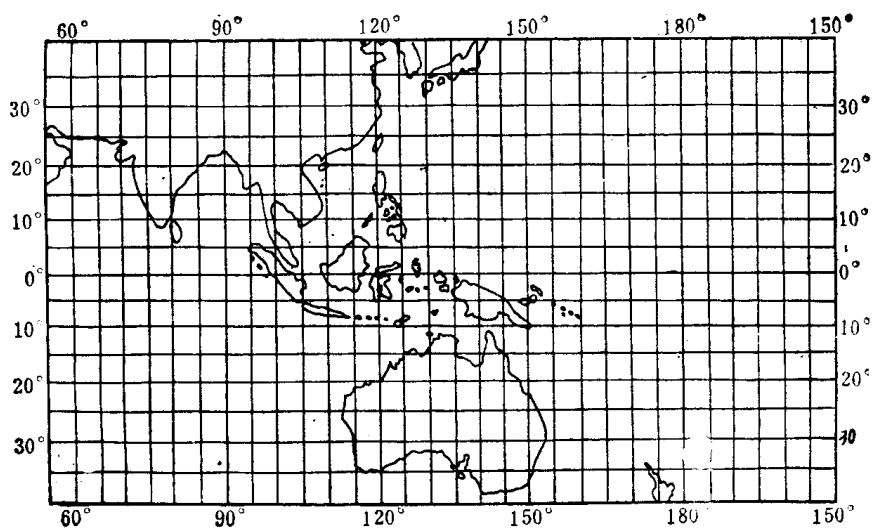


图1.4 麦卡托投影图

代表南北方向，与地面上的实际方向相同。在赤道处，或在南北纬 22.5° 处的纬线长与实际长度相等，向两极逐渐放大。在 60° 处纬圈长度和经线长度已扩大到实际长度两倍左右（见表1.1）。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° 处面积放大到 4 倍左右， 80° 处则放大到三十多倍。所以，赤道和低纬地区的天气图底图多采用此种投影法。

3. 兰勃脱正形圆锥投影

兰勃脱正形圆锥投影是在圆锥投影的基础上经过改进而得到的。圆锥投影法是将平面图纸卷成圆锥形，使圆锥的轴和地球仪极轴重合，圆锥面与地球仪相切于某一纬圈或相割于某两标准纬圈，光源置于地球仪中心，将地表各点投影到圆锥面上（如图1.5），即可得到圆锥投影图。图上经线呈放射状直线，纬线为同心圆弧。圆锥面与球面相切（或相割）的纬线长度与实际的长度相等，称为标准纬线。天气图底图的双标准纬线是 30° 和 60° 。

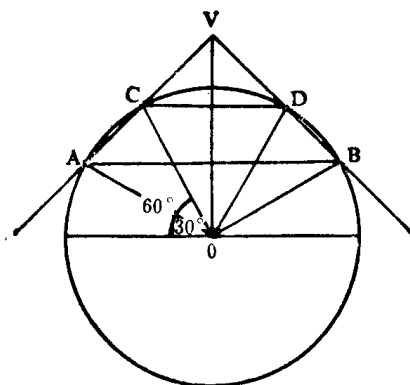


图1.5 双标准纬线圆锥投影法

这种投影图上，两标准纬线之间的经纬距均缩小，两标准纬线以外，经纬距均放大，但同一点经线和纬线的放缩系数是不同的。天气图使用的圆锥投影，经过了适当的订正，使同一点上经

向和纬向的放缩率相同，称之为兰勃脱正形圆锥投影，其放缩系

$$\text{数} m = \frac{\sin \theta_1}{\sin \theta} \left(\operatorname{tg} \frac{\theta}{2} / \operatorname{tg} \frac{\theta_1}{2} \right)^k = \frac{\sin \theta_2}{\sin \theta} \left(\operatorname{tg} \frac{\theta}{2} / \operatorname{tg} \frac{\theta_2}{2} \right)^k, \text{ 其中 } \theta_1 =$$

30° , $\theta_2 = 60^\circ$, $\theta = 90^\circ - \varphi$ (余纬), $k = 0.7156$, 这样, 就得到了兰勃脱双标准纬线正形圆锥投影图 (图1.6)。这种投影法, 在中纬度地区误差较小, 所以我国的天气图底图广泛采用它。

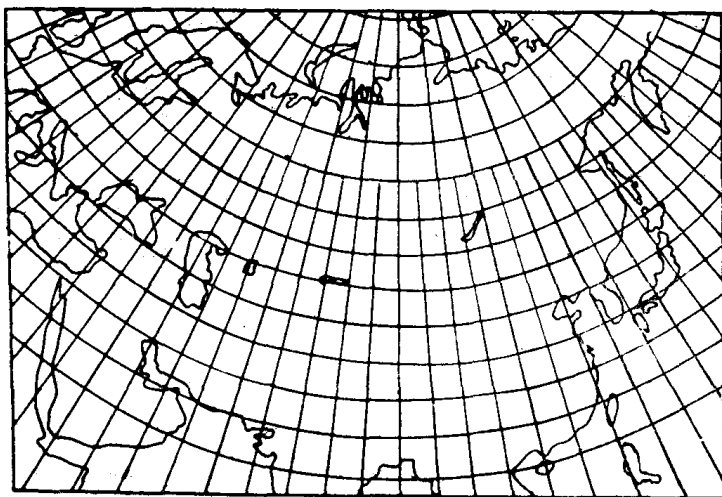
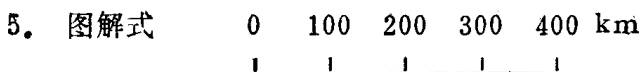


图1.6 兰勃脱投影图

(三) 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, 叫做比例尺, 或称缩尺。比例尺的表示方法有如下几种 (以一千万分之一的比例尺为例):

1. 等号式 $1 \text{ cm} = 100 \text{ km}$
2. 比例式 比例尺 $1:10\,000\,000$
3. 分数式 $\frac{1}{10\,000\,000}$
4. 文字式 一千万分之一



6. 复合图解尺：经过某种投影后，因各纬度上的放缩系数不同，不能用同一个比例尺来度量底图上任何地方的实际距离，这时就需要用复合图解尺。复合图解尺上不同纬度比例尺是不同的，在使用复合图解尺时，应注意所度量地区的纬度。图 1.7 为一千万分之一的兰勃脱正形圆锥投影图上用的复合图解尺。

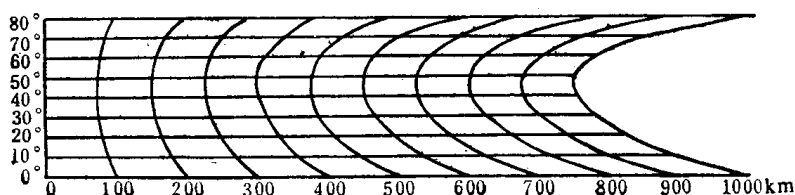


图1.7 复合图解尺举例

底图上通常只注一个比例尺，称为主比例尺，或称基本比例尺。它仅代表着底图沿标准纬线上线段长度与实地相应长度之比。当地图表示的地理范围较大时，通常都有复合图解尺。

比例尺的大小，主要由底图范围的大小而定。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，比例尺为二千万分之一；亚洲或东亚等区域的底图，比例尺为一千万分之一。此外，各气象台还根据需及周围测站的分布情况采用了范围更小的底图，通常称为小区域天气图，其比例尺一般大于三百万分之一。

二、天气图种类

在天气分析业务中，需要采用多种天气图。

(一) 地面天气图

地面天气图又称综合天气图，简称地面图。它是天气分析和预报业务中最基本的天气图。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，还填写有

一部份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，最近六小时内出现过的天气现象等。它的作用在于分析天气及地面天气系统的分布和历史演变，进而推断未来的天气变化。

（二）高空天气图

高空天气图，目前在实际工作中普遍采用的是填写有同一等压面上气象记录的等压面图，称绝对形势图。标准等压面图，通常有850、700、500、400、300、200、100hPa等七层。气象台最常用的标准等压面图有850、700、500hPa图。高空等压面图能清楚地反映出高空气压系统的分布，还可以对天气系统的空间结构作进一步的分析研究，因此，它是日常工作中的一种基本天气图。

（三）辅助天气图

在实际工作中，除应用地面图和高空图外，还配合有各种辅助图，用以显示天气过程的各个不同侧面。辅助图可分为两大类：地面辅助图，如天气实况演变图、危险天气现象图、变压图、变温图和降水量图等；高空辅助图，如流线图、等熵面图、变高图、剖面图、温度对数压力图等。可根据工作需要选用。

§1.2 等值线分析方法

天气图分析是天气预报的基础。而等值线的分析是天气图分析的主要内容。本节将介绍等值面和等值线的概念，等值线的分析规则和几种常用等值线的分析方法。

一、等值面和等值线的概念

在天气学所研究的范围内，可以认为大气是由紧密连接着的空气质点所组成的连续介质。每个空气质点都具有一系列的物理量。这些物理量在空间的分布也是连续的。

某一物理量的空间分布称为物理量场。物理量场有向量场和