

● 飞行技术与空中交通管理系列教材



飞行员航空理论教程(下)

赵廷渝 主编



西南交通大学出版社

飞行员航空理论教程

(下 册)

《飞行员航空理论教程》编写组编

赵廷渝 主编

杨 虎 主审

西南交通大学出版社

· 成 都 ·

图书在版编目 (C I P) 数据

飞行员航空理论教程 / 赵廷渝主编. —成都: 西南交通大学出版社, 2004.3

ISBN 7-81057-819-7

I. 飞... II. 赵... III. 航空学 - 理论 - 教材
IV. V21

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2003) 第 125312 号

飞行员航空理论教程 (上、下册)

赵廷渝 主编

*

责任编辑 毛文义

封面设计 朱开文

西南交通大学出版社出版发行

(成都二环路北一段 111 号 邮政编码: 610031 发行部电话: 87600564)

<http://press.swjtu.edu.cn>

E-mail: cbsxx@swjtu.edu.cn

四川森林印务有限责任公司印刷

*

开本: 787mm × 1092mm 1/16 印张: 54.25 (含 0.5 彩印)

字数: 1332 千字

2004 年 3 月第 1 版 2004 年 3 月第 1 次印刷

ISBN 7-81057-819-7/V · 018

套价: 48.00 元

目 录 (下册)

第七章 空中领航

1 空中领航概述	323
2 地球及地图	324
3 基本领航元素	335
4 飞机在风中的航行规律	360
5 地标罗盘领航	366
6 无线电领航	390
7 仪表进近着陆	443
8 领航准备和实施	483

第八章 目视和仪表飞行程序

1 目视飞行环境	506
2 机 场	513
3 飞行程序的建立	523
4 航 图	580
5 航行情报服务	617

第九章 空中交通管制基础

1 管制机构及其职能	633
2 空 域	636
3 民航通信	641
4 飞行的申请与航空器放行	657
5 起飞离场管制	662
6 航线飞行与进场着陆的管制	670
7 雷达管制	677
8 告警服务	684

第十章 飞行中人的因素与航空医学

1 飞行中人的错误	691
2 飞行高度对飞行员的影响	701
3 人体昼夜生物节律、睡眠以及驾驶舱工作负荷	706
4 飞行中常见的视觉、听觉、前庭觉问题及飞行错觉	708

5 应激及其管理	724
6 驾驶舱资源管理基础	728
7 航空医学	734
第十一章 直升机	
1 直升机构造	745
2 直升机动力装置	790
3 直升机飞行原理与性能	811
第十二章 航空法规简介	
1 航空法规体系	846
2 有关民航飞行的主要法规	850
参考文献	855

第七章 空中领航

1 空中领航概述

空中领航学是研究利用领航设备引领飞机航行的一门应用学科。研究空中领航学的目的是为了在不同的航行条件下,使用不同的设备和方法,准确、准时和安全地引导飞机飞向目的地;并在实践的过程中,不断地对领航方法及领航设备进行改进。

1.1 空中领航学研究的问题和内容

确定飞机位置、飞机航向和飞行时间,是空中领航的三个基本问题。空中领航学就是研究如何解决这三个基本问题;空中领航的基本任务就是引导飞机沿着预定的航线安全、准确、准时地飞到目的地。

空中领航学研究的主要内容有:

- ① 领航基础及元素:主要研究地球和地图知识,研究基本领航元素的测定和计算;
- ② 领航原理和方法:主要研究飞机航行的规律,以及应用这一规律确定飞机位置和基本航行元素的原理和方法;
- ③ 领航设备工作原理和使用:主要从使用角度研究各种领航设备的工作原理,以及使用不同设备测算领航参数的原理和方法;
- ④ 领航误差及修正原理:主要研究使用不同设备运用不同方法测算的误差,误差的产生原因和规律,以及修正和减小误差、提高准确性的原理和方法;
- ⑤ 领航准备和实施:主要研究在各种不同条件下,综合使用各种领航设备,进行领航准备和实施领航的程序和方法。

1.2 空中领航的环节

空中领航就是有目的地、安全地引导飞机从起点到终点的控制过程。其基本的环节如图 7-1 所示,这一领航过程是具有三个环的闭环系统。

从图中可以看出:根据飞机飞往的目的地,选择航线,确定航线距离,安排时间表,这就是飞机的进程。为了使飞机按照事先安排的时间表,沿着所选定的航线飞行,必须要使飞机以一定的航向、速度飞行。为了得到所要求的速度和航向,就要通过飞行仪表来控制飞机飞行的加速度。控制飞机的轴线加速度是为了遵守进程中的时间表;控制飞机的横向加速度是为了改变飞机的航向;控制垂直方向的加速度是为了爬高或下降。

“引导环”是通过领航设备对飞机位置进行测量，并根据所规定的航线来确定飞机进程中的航向和速度；“控制环”是得到所要求的航向和速度的一个环节；“航向和速度环”是领航过程中的纽带，它把领航与普通的观测区别开来。

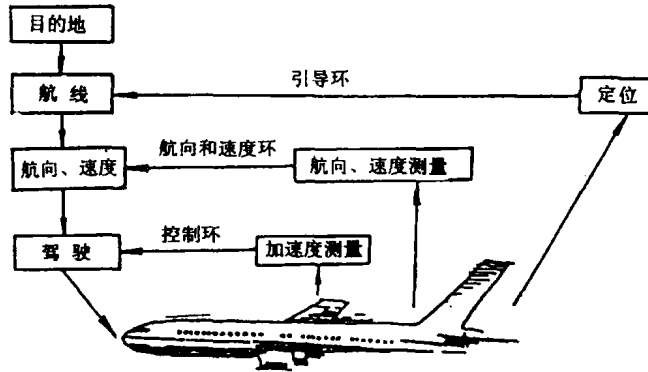


图 7-1 空中领航的基本环节

2 地球及地图

空中领航学是以地球作为参照系来研究飞机相对于地球的运动及其导航方法的一门应用学科。空中领航学所要解决的三大基本问题都与地球有着直接的关系，而飞行中所必备的航空地图对完成飞行任务具有十分重要的作用。

2.1 地球的形状和大小

地球是一个近似于椭球的天体，是太阳系的九大行星之一，它的表面凹凸不平，东西稍膨大，南北稍扁平（见图 7-2）。

最早测定地球大小的是希腊人，公元 8 世纪我国科学家也测量出了地球经线的长度。目前我国使用的大地坐标系为北京大地坐标系，所选用的参考椭球为 1975 年国际第 16 届大地测量与地球物理联合会推荐的参考椭球。其数据为：东西半径（长半轴 a ）为 6 378.140 km，南北半径（短半轴 b ）为 6 356.755 km，地球长、短半轴只相差 21.385 km，椭球体的扁平率 $c = 1/298.253$ 。所以，领航学中为了研究问题的方便，通常把地球看作正球体。通过计算：地球的平均半径 $R = 6\,371.004$ km。



图 7-2 地球的形状和大小

2.2 地理坐标

地理坐标是用来确定在地面和空中运动物体位置的一种最基本、使用最广泛的坐标，用经度和纬度表示。

2.2.1 纬度 (LAT—Latitude)

利用假想的平面去切地球，形成无数个平面与地球表面相交的圆圈。其假想平面通过地心的是大圆圈，不通过地心的是小圆圈。平面垂直于地轴的大圆圈叫做赤道，其平面就是赤道平面，赤道平面将地球分成了南、北两个半球；与赤道平面平行的平面上的小圆圈叫做纬圈，纬圈的一段叫纬线。地球表面任何地点都有一条纬线通过，它代表该地点的东西方向，如图 7-3 所示。

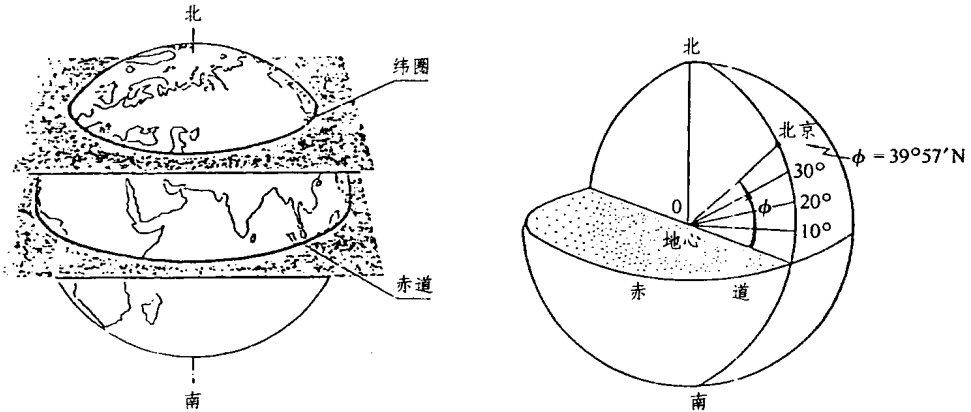


图 7-3 纬线和纬度

每一条纬线的地理位置，用它的坐标——纬度 (ϕ 或 LAT) 来表示。某纬线的纬度，就是该纬线上任意一点和地心的连线与赤道平面的夹角，叫该地点的纬度，单位为度 ($^{\circ}$)、分 ($'$)、秒 ($''$)。以赤道为 0° 量起，向南、北两极各 90° ，赤道以北的叫北纬 (ϕ_N 或 LAT N)，赤道以南的叫南纬 (ϕ_S 或 LAT S)。同一纬圈上各地点的纬度相同。北京的纬度是北纬 $39^{\circ}57'$ ，常见的表示形式为： $\phi_N 39^{\circ}57'$ ； $39^{\circ}57'N$ ； $N 39^{\circ}57'$ ； $LAT N 39^{\circ}57'$ 。

2.2.2 经度 (LONG—Longitude)

通过地球两极的大圆圈叫经圈，每个经圈都被两极分为两半，每一半或一段叫经线。1884 年国际经度会议决定以通过英国伦敦南郊格林尼治天文台中心的经线，作为起始经线（也叫主经线或零度经线），其他经线则都叫做地方经线，其所在的平面分别叫做起始经线平面和地方经线平面。地球表面上任何地点都有一条经线通过，它代表该地点的南北方向。

每一条经线的地理位置，用它的坐标——经度 (λ 或 LONG) 来表示。某条经线的经度，就是该地方经线平面和起始经线平面的夹角，叫该地点的经度，单位为度、分、秒。以起始经线为 0° 量起，向东、西各 180° ，起始经线以东的叫东经 (λ_E 或 LONG E)，起始经线以西的叫西经 (λ_W 或 LONG W)，如图 7-4。北京的经度为东经 $116^{\circ}28'$ ，常见的表示形式为： $\lambda_E 116^{\circ}28'$ ； $116^{\circ}28'E$ ； $E 116^{\circ}28'$ ； $LONG E 116^{\circ}28'$ 。

地面上任何地点都有且仅有一条纬线和一条经线通过。在地图或地球仪上标画出每一地点的经、纬度就可

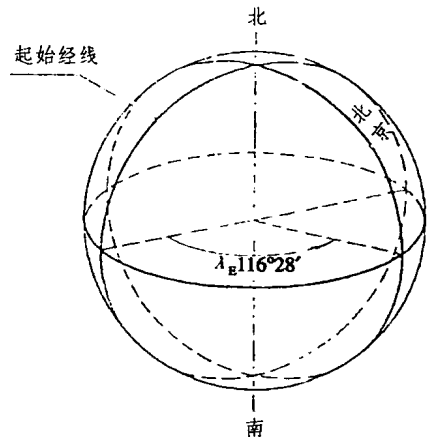


图 7-4 经线和经度

以建立一个完整的地理坐标网。根据某地点的经、纬度（即地理坐标），就可以在地球仪或地图上查出该地点的地理位置；反之，也可以通过已知位置点查出其经、纬度（地理坐标）。

2.3 地球磁场（Geomagnetic Field）

地球磁场的两个磁极叫地球磁极。靠近地理北极的叫磁北极，约在北纬 74.9° 和西经 101° 的地方*；靠近地理南极的叫磁南极，约在南纬 67.1° 和东经 142.7° 的地方，如图 7-5。磁差、磁倾和地磁力称为地球磁场三要素。

2.3.1 磁差（MV 或 VAR—Magnetic Variation）

地球仪或地图上所标画的经线，都是指向地理南北的方向线，叫做真经线，真经线的北端用真北（ N_T ）来表示；稳定的自由磁针所指的南北方向线叫做磁经线，磁经线的北端用磁北（ N_M ）来表示。

由于地磁南北极与地理南北极不重合，使得稳定的自由磁针指示地磁的南北极，即各地点的磁经线常常偏离真经线，磁经线北端偏离真经线北端的角度，叫做磁差或磁偏角，用 MV 或 VAR 表示，如图 7-6。磁经线北端偏在真经线以东为正磁差，以西为负磁差，磁差范围为 $0^\circ \sim \pm 180^\circ$ 。磁差的常见表示形式有：MV -2° ；VAR 2° W。

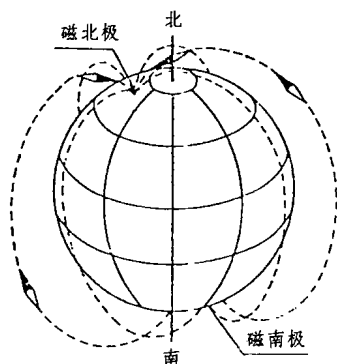


图 7-5 地球磁场

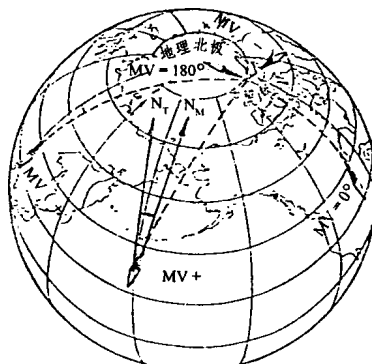


图 7-6 磁差

某一地点的磁差，可以从航空地图或磁差图上查出。在航空地图或磁差图上，通常把磁差相等的各点，用紫色的虚线连接起来，并标出磁差的数值，这些虚线就叫做等磁差曲线，可供飞行时查取磁差之用。

2.3.2 磁倾和地磁力

在大多数地区，地球磁场的磁力线都同水平面不平行，磁针的轴线（磁力线的切线方向）同水平面的夹角，叫做磁倾角（ θ ），简称磁倾。磁倾随纬度增高而增大；在地球磁极附近的地区，磁倾最大可达 90° ，所以磁针难以准确地指示出南北方向。

地球磁场对磁体（如磁针）的作用力叫地磁力。同一磁体所受的地磁力，在地球磁极

* 地球磁极的位置是随时间“显著变化”的。

附近最强，在地磁赤道上最弱。地磁力的大小还同飞行高度有关：随着高度的升高，地磁力将逐渐减弱。

2.3.3 地磁要素的变化

根据各地实际测量的结果，地磁要素不仅因地区不同，而且随着时间缓慢地变化。

地磁要素长期有规律的变化叫世纪变化，变化的周期大约是 1 000 年。其中对领航准确性影响较大的是磁差的变化。磁差世纪变化的年平均值叫磁差年变率，磁差年变率一般不超过 10'。为了在领航中准确地确定某地点当前的磁差，应当根据地图上等磁差曲线的年份及磁差，及注明的磁差年变率，进行修正计算。

2.4 航线

从地球表面一点（起点）到另一点（终点）的预定的航行路线叫航线，也称为预计航迹。

由于地面导航设施、空中交通管理、飞行任务、地形等因素的影响，一条航线常常由起点、转弯点、终点等航路点构成，其中还包括指定的或飞行员自选的检查点，这样的航线我们称为航路。

在目视飞行规则（VFR）条件下飞行，通常以起飞机场作为航线起点，以着陆机场作为航线终点，转弯点和检查点则是一些明显易辨的地面景物；而在仪表飞行规则（IFR）条件下飞行，通常分别以起飞机场和着陆机场的主降方向远距台或附近的归航台为航线起点和终点，而转弯点和检查点则是一些无线电导航点或定位点。实施区域导航时，这些航路点则是一些选定的点（采用经、纬度表示）。

2.4.1 航线角和航线距离

航线的方向和距离用航线角和距离表示。航线（航段）的方向，用航线角（Course）表示，即从航线起点的经线北端顺时针量到航线（航段）去向的角度，如图 7-7。航线角范围为 0°~360°。因经线有真、磁，所以航线角用真航线角（TC）和磁航线角（MC）两种来表示，换算关系式为

$$MC = TC - (\pm MV)$$

航线距离（D—Distance）是航线起点到终点间的地面长度，它等于各航段长度之和，其计算方法按《飞行管制 1 号规定》执行。航线距离我国常用公里（km）和海里（n mile）为单位，也有以英里（mile）为单位的，规定地球上大圆弧 1' 的长度为 1 n mile。三者间的关系为：

$$1 \text{ n mile} = 1.852 \text{ km} = 1.15 \text{ mile}$$

飞行中，三者可用民航五型尺进行计算，计算的尺形如图 7-8 所示。

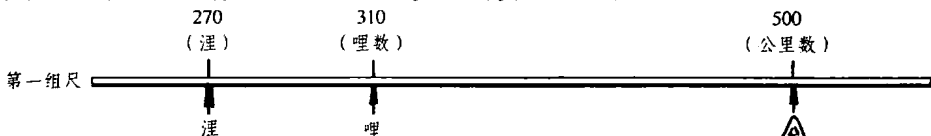


图 7-8 距离单位间的换算

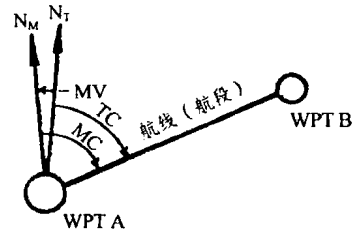


图 7-7 航线角及换算

2.4.2 大圆航线和等角航线

2.4.2.1 大圆航线 (Great Circle)

以通过两航路点间的大圆圈线作为航线的叫大圆航线。大圆航线上各点的真航线角不相等,但航线距离最短,如图 7-9 所示。

2.4.2.2 等角航线 (Rhumb Line)

以通过两航路点间的等角线作为航线的叫等角航线。等角航线是一条盘向两极的螺旋形曲线,等角航线上各点的航线角相等,但它的距离一般都比大圆航线的长,如图 7-9 所示。

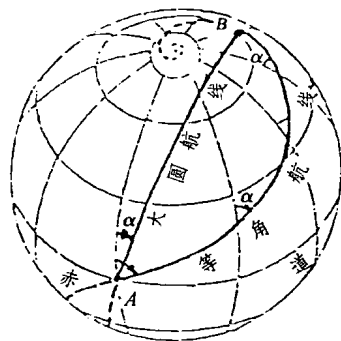


图 7-9 大圆航线与等角航线

2.4.2.3 大圆航线和等角航线的应用

地球上任意两点间都有一条大圆航线和一条等角航线,只有当两点都在赤道上或同一经线上时,这两条航线才互相重合,否则就一定是两条不重合的航线。

等角航线一般比大圆航线的距离长,二者相差的距离随航线长度而增加,且与起点和终点的航线方向及纬度、经度差有关:经度差越大,航线角越接近 90° 或 270° ,距离差越大;在中纬度地区,距离差最大。但是,经过计算表明:在经度差小于 30° 的情况下,无论其他条件如何,距离差都很小,完全可以忽略。

大圆航线距离虽短,但在飞行中需要经常改变航线角,极不方便;等角航线虽然距离长,但可以在飞行中不改变航线角一直到达目的地。因此,一般在近程飞行,相差距离很小时,选用等角航线;远程飞行时,则必须计算出两者相差的数值,然后根据差值的大小选择一种或二者配合。最常用的方法是全程采用大圆航线,然后将大圆航线根据实际情况分成几个航段,每一航段按等角航线飞行。这样,可以减少不必要的麻烦,便于领航的空中实施,同时也能得到较好的经济效益。

2.5 航空地图基础

将地球表面的全部或者一部分地形、地物按一定的比例缩小,用一定的方法和符号描绘在平面上的图形,就叫地图。它是地面上各种景物的简略记录。

专供航空使用的地图叫航空地图,简称航图。我国民航使用的航图分为通用航图和特种航图。这里主要介绍通用航图的基本知识,特种航图将在有关章节中加以介绍。

地图比例尺、地图符号和地图投影方法,称为地图三要素。

2.5.1 地图比例尺

地图比例尺就是地图上线段的长度 ($D_{图}$) 与地面上相对应的实际长度 ($D_{地}$) 之比,即:

$$\text{地图比例尺} = \frac{\text{图上长度}(D_{图})}{\text{实际长度}(D_{地})}$$

地图比例尺通常绘注在每幅地图的图廓下方,常用的有以下三种表示形式:

① 数字比例尺：用分式或比例式表示。如 $1:1\,000\,000$ 或 $1/1\,000\,000$ 。

② 文字说明比例尺：用文字在地图上注明图上长同地面实际长度的关系。如：一厘米相当于十公里。

③ 图解比例尺：用线段图形标明图上长与实地长的关系，也称为线段比例尺。

为了适应航行的不同用途，需要各种不同大小比例尺的航图。领航上习惯于把比例尺大于 $1:500\,000$ 的地图称为大比例尺地图，如： $1:200\,000$ 和 $1:100\,000$ 地图；把比例尺小于 $1:1\,000\,000$ 的地图称为小比例尺地图，如： $1:1\,500\,000$ 和 $1:2\,000\,000$ 地图。

图幅同样大小的地图，比例尺大的所表现的地面范围要小些，但比较详细；比例尺小的地图所表现的地面范围要大些，但比较简略。飞行人员应根据飞行任务的需要，选择适当比例尺的航图。

2.5.2 地图符号

绘制地图时，需将地面上的各种景物、高低起伏的形态表示出来，因而必须采用不同的表示符号，这些符号就称为地图符号。

2.5.2.1 地物在地图上的表示

地面上的河流、湖泊等自然景物，以及居民点、铁路、机场等人工建造物，统称地物。各种地物，依据它们的面积、长短，有以下三种表示形式：

真形：湖泊、岛屿、大居民点、城市等，按比例尺缩小后仍能在地图上表示出真实轮廓即真实形状的，地图上用实线或虚线画出其真实轮廓，其间填充不同的符号和颜色。

半真形：铁路、公路、河流以及其它较狭窄的线状地物，其长度和弯曲情况可按比例尺缩小，但宽度按比例尺缩小后无法表示出来，因而采用半真形的符号表示。

代表符号：较小的地物按比例缩小后，根本无法在地图上表现其形状和大小，因而只能用一些规定的符号来表示，这些符号只表明地物的位置，而不表明其形状和大小。在每幅地图的边缘或背面有代表符号的图例，使用时可参照图例来了解地面的各种景物。同一地物在不同比例尺地图上其表示符号不完全相同，使用时须注意。

2.5.2.2 地形在地图上的表示

地面高低起伏的形态叫地形，也叫地貌。为了计算和比较地面各点的高低，我国规定以黄海平均海平面作为基准面，从这一基准面算起的某地点的高度，叫该地的海拔，也叫标高（ELEV—Elevation）。两地点标高之差叫标高差，如图 7-10 所示。

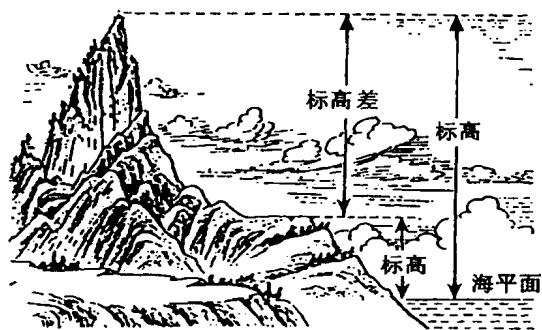


图 7-10 标高

将地形情况清楚地在地图上表现出来，常采用标高点、等高线和分层着色三种表示方法。

标高点：标高点是一些选定的特殊地点，如山峰、山脊的顶点。其位置用一小黑点或黑三角表示，旁边注明该地点的标高数值，如“●1046”或“▲1705”；标高前附加有“±”的（如±2700），表示标高不精确；标高数值为红色表示该地点是所在1°经、纬网格的最大标高；标高数值为红色并加一个长方形红框则表示该位置点标高为本幅地图范围的最大标高。标高点只能查出个别地点的标高，但看不出整个地形的起伏情况。

等高线：等高线指的是地球表面标高相等的各个地点的连线在地图上的投影。在现代地图上，地形主要是用等高线来表示的。在每幅地图上，每隔一定高度画有一条等高线，旁边注明其标高。用等高线表示地形虽然详细准确，但看起来不够明显。

分层着色：在两条等高线之间，从低到高、由浅到深分别涂上不同的颜色，以表示不同的高度。这样，航图的地形看起来更为明显，一目了然。不同颜色所表示的高度，在地图边缘的颜色高度尺上都有注明。

目前使用的航空地图为了把地形表现得更加明显、准确，都是采用三种方法综合起来表示地形的起伏。

2.5.3 地图投影

2.5.3.1 地图投影原理

地球表面某点的位置，是用它的经、纬度来表示的。因此，绘制地图时须将地球上的经、纬线转画到平面上，就可以按照各位置的经、纬度，把它们准确地标在平面上。所以，将地球上的经、纬线描绘到平面上的方法，就叫做地图投影。地图投影采用透视投影方法，即将地球缩小成一个透明的地球仪，然后从地球仪的中心将经、纬线投影到投影面上（平面或可展开的圆柱面、圆锥面），最后展开成平面，如图7-11所示。

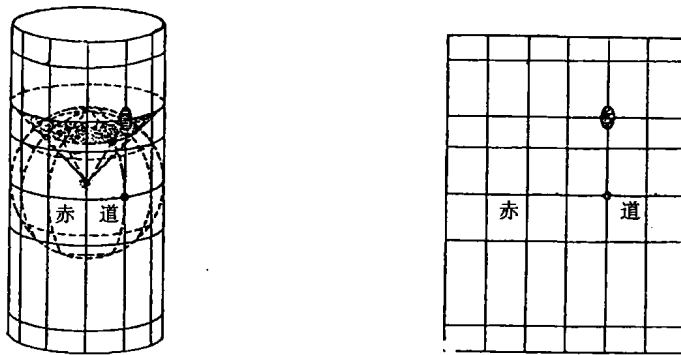


图7-11 地图投影（透视投影）

实际制作地图时，地图上的经、纬线网并不是用透视投影的方法描绘的，而是根据地球面和投影面的关系，按照一定规律，用数学方法列出经、纬线的投影方程式，并通过计算绘制出来的。

2.5.3.2 地图失真

地球表面的一些地方，投影到各种投影面上时，必然要产生变形，这种变形，就叫地

图失真。如图 7-11 所示，地球仪上一个很小的区域（小圆），投影到投影面（如圆柱面）上时，由于沿经线和纬线方向被不同程度拉长的结果，变成了一个很小的椭圆。由此可知：长度、角度和形状大小（即面积）都产生了失真，即地图失真表现在长度、角度和面积三个方面。

长度失真：地球仪表面上的线段投影到投影面上后，其长度产生伸长或缩短，叫长度失真。由于长度失真，地图上各个地点不同方向上的比例尺将发生变化。

角度失真：地球仪表面上的任意两线段所成的夹角投影到投影面上后，其夹角的增大或减小，叫角度失真。角度失真是由于投影时沿经线和纬线方向的局部比例尺不同而产生的。

面积失真：地球仪表面的任意区域（小圆）投影到投影面上后，其面积的扩大或缩小，叫面积失真。面积失真是由于长度失真而引起的。

2.5.3.3 地图投影的分类

按失真的性质：一般分为等角投影、等距投影、等积投影和任意投影四种。

按投影面的类型：投影时采用的投影面有圆柱面、圆锥面和平面三种类型，如图 7-12 所示。绘制地图时，根据要求各投影面可以选择与地球球面相切或相割的方法。

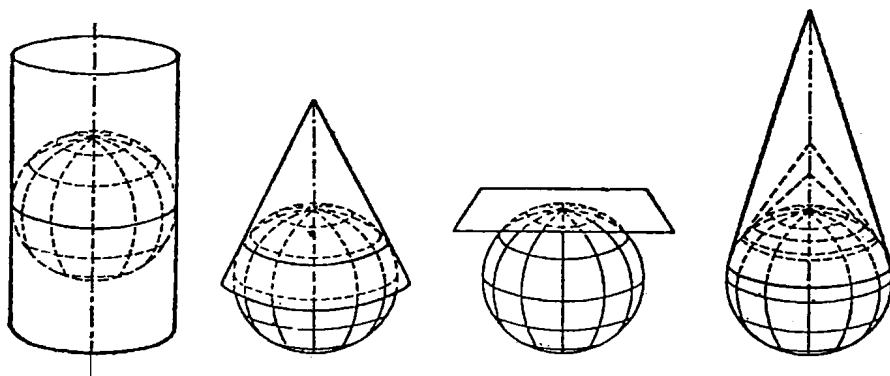


图 7-12 不同投影面的地图投影

按投影面与球面的关系位置：一般可分为正轴投影、横轴投影和斜轴投影。

目前所使用的航图采用的投影方法，是在保证等角的前提下，尽量减小长度失真，以使用同一比例尺在地图上量取距离，同时，还应考虑在地图上画大圆航线或等角航线的方便。

2.6 常用的航空地图

为了满足领航上对航空地图的各种要求，常采用不同的投影方法绘制各种航图，这些航图都各有特点。

2.6.1 等角正圆柱投影图

等角正圆柱投影图又称为墨卡托投影图，是荷兰人墨卡托于 1569 年创制的。墨卡托投影图的主要特征是：经、纬线互相垂直，经线是等间隔的平行直线；纬线也是平行直线，但纬度差相等的各条纬线间，离赤道越远，间隔越大，如图 7-13 所示。

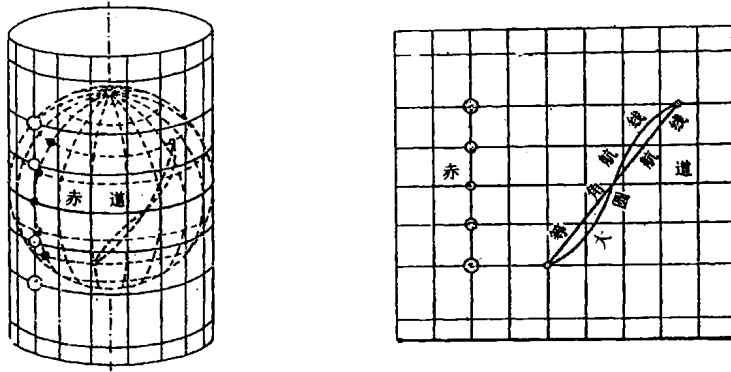


图 7-13 等角正圆柱投影图

墨卡托投影图无角度失真，赤道无任何失真，其余地区有不同程度的长度和面积失真。

由于图上经线互相平行，所以等角航线是一条直线，大圆航线则是一条凸向两极的曲线。

在墨卡托投影图上利用图解法计算飞机位置十分方便，适用于海上领航，同时也用作绘制较长距离等角航线时的辅助地图。

2.6.2 极地平面投影图

投影时平面与地球的南（北）极相切，然后从地球仪中心将经、纬网投影到平面上，就成为极地平面投影图。它的主要特征是：经线都是从极点向外发散的直线，各经线间的夹角等于它们之间的经度差，纬线都是以极点为圆心的同心圆，纬度差相等的各纬线间的间隔，离极点越远，间隔越大，如图 7-14 所示。

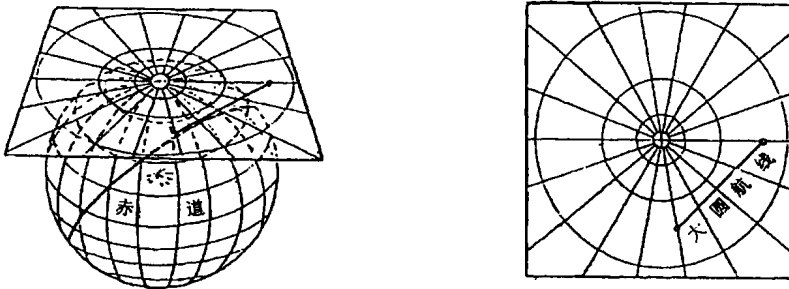


图 7-14 极地平面投影图

极地平面投影图是任意投影，即有角度失真、长度失真和面积失真，除平面与地球仪相切的极点没有任何失真外，其它地区离极点越远，失真越大。

等角航线在极地平面投影图上是凹向极点的螺旋曲线，大圆航线是一条直线。极地平面投影图用作画大圆航线的辅助地图。

2.6.3 等角正割圆锥投影图

等角正割圆锥投影图又称为兰伯特投影图，是德国人兰伯特创制的。投影时以圆锥面与地球仪的两条选定的标准纬线相割，根据等角投影的要求，从地球中心将经、纬网投影到

圆锥面上，然后将圆锥面展开成平面就得到了兰伯特投影图，如图 7-15。其主要特征是：经、纬线都是互不平行的直线，收敛于图外的一点（投影圆锥的顶点）；纬线都是以圆锥顶点为圆心的同心圆弧；纬度差相等的各纬线间的距离基本相等；两经线间的夹角（ δ ），小于它们间的经度差（ $\Delta\lambda$ ）。

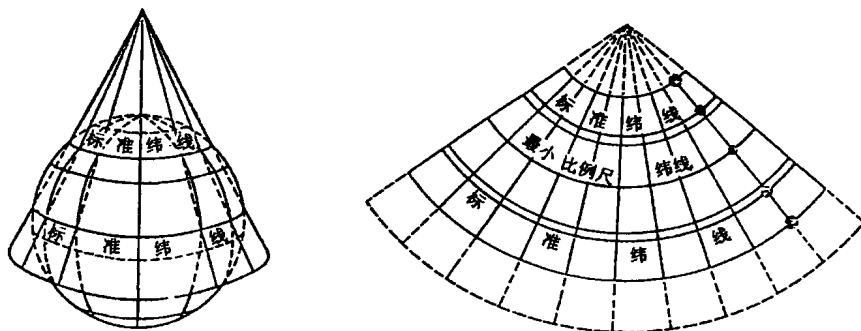


图 7-15 兰伯特投影图

兰伯特投影图没有角度失真，但存在长度失真和面积失真。

等角航线是凸向赤道的曲线，大圆航线则是凸向比例尺大的一方的曲线，如图 7-16 所示。在一幅地图上，大圆航线极近似于直线。

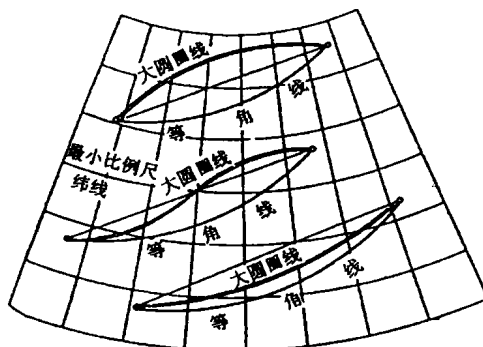


图 7-16 兰伯特投影图航线的形状

实际使用中，可以认为兰伯特投影图既等角又等距，成为一种最主要的航空地图。全世界统一规范的 1:1 000 000 世界航图，从赤道 0° 起至北纬 84° 或南纬 80° 之间，采用的就是兰伯特投影图。但需注意，由于图上经线不平行，在量航线角时，应以航线中间的经线为基准。

2.6.4 高斯—克吕格投影图

高斯—克吕格投影图是德国数学家高斯在 19 世纪首创，后经克吕格改进而成的，它是一种等角横圆柱投影图。高斯—克吕格投影图的特征是：各中央经线和赤道是直线，其他经线和纬线都是曲线；经线都凹向中央经线，纬线则凹向两极。

高斯—克吕格投影图没有角度失真，存在长度失真，但长度相对失真只有 0.013%，所以在实际使用时可以忽略不计，认为是等距的。

大圆航线在图上近似于直线，等角航线为曲率很小的螺旋线，领航中在近距离内把它

们都看作直线。大比例尺航图多为此种投影图，常用于研究地面目标，在通用航空飞行领域应用广泛，同时也用作绘制机场专用航图和设计仪表飞程序的基础用图。

2.7 航空地图的分幅和编号

为了使全国的地图大小规格一致，便于保管和使用，我国各种比例尺航图，是以 1 : 1 000 000 等角正割圆锥投影图的分幅作为基础，进行统一的分幅编号。表 7-1 为各种比例尺航图图幅的范围规定。

表 7-1 地图比例尺与图幅范围

地图比例尺		1 : 50 000	1 : 100 000	1 : 200 000	1 : 500 000	1 : 1 000 000	1 : 2 000 000
图幅范围	纬度差	10′	20′	40′	2°	4°	12°
	经度差	15′	30′	1°	3°	6°	18°

2.7.1 百万分之一世界航图的分幅

百万分之一航图的分幅如图 7-17 和表 7-2 所示，在纬度为 88°~90° 间为一幅图，采用的是极地平面投影。

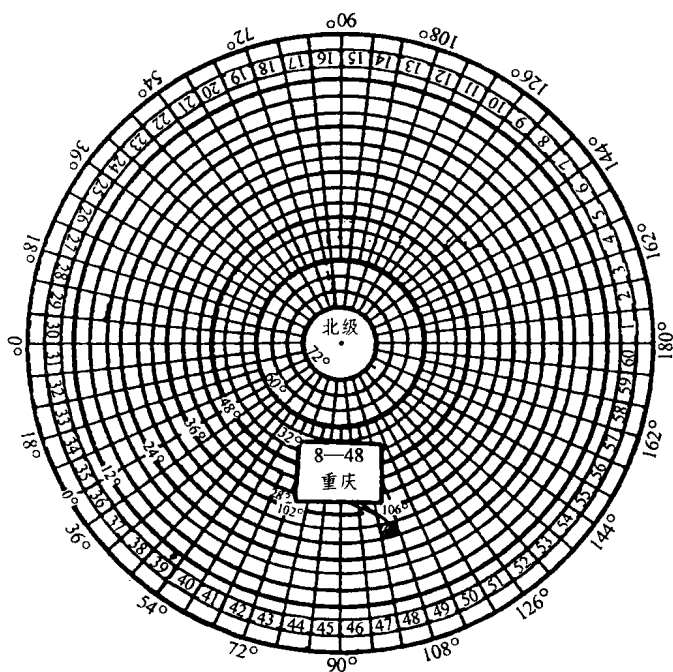


图 7-17 百万分之一航图的分幅编号

表 7-2 百万分之一航图的分幅

地图区域		0°~60°	60°~76°	76°~84°	84°~88°	88°~90°
分幅范围	纬度差	4°	4°	4°	4°	2°
	经度差	6°	12°	24°	36°	360°