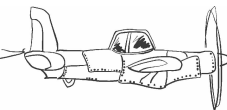


第1部分



领航基础知识篇



地球知识及领航三要素

关键词

经线 (meridian)	纬线 (parallel of latitude)
经度 (longitude)	纬度 (latitude)
大圆航线 (great circle)	等角航线 (rhumb line)
航向 (heading)	真航向 (true heading)
磁航向 (magnetic heading)	罗航向 (compass heading)
磁差 (variation)	罗差 (deviation)
高 (height)	高度 (altitude)
飞行高度层 (flight level)	时间 (time)
地方时 (local mean time, LMT)	协调世界时 (coordinated universal time, UTC)

领航活动是以地球表面为参考进行的,因而需要对地球知识有所了解。同时,所有的领航活动无外乎涉及航向、高度和时间,这三个要素与速度一起被称为领航的四大要素。作为一名飞行员,了解和掌握地球知识和领航要素,将有助于后续课程内容的学习。

1.1 地球概论

1.1.1 地球上的经线和纬线

大地是一个球体,称为地球。作为太阳系八大行星成员之一,地球环绕太阳运动,同时绕轴自转。地球的自转轴叫地轴。地轴通过地心,它同地面相交的两个端点是地球的两极,分别叫做地理北极和地理南极。

为了地理定位的需要,人们设置地理坐标系。根据两条直线相交于一点的原则,点的位置可以用纵横两线相交来确定。于是,人们假想在地球表面有许多纵横交叉的线,即纬线和经线。

纬线意即横线,经线则是竖线。平面上的直线,到了球面上就成了弧线。所以纬线和经线都是地球上大大小小的圆。在几何上,任何圆都代表一定的平面,因此,球面上的圆都可



以看作一定的平面同球面的截割线。纬线与经线的差异,在于各自平面同地轴的关系:前者垂直于地轴,后者则通过地轴(见图 1.1)。

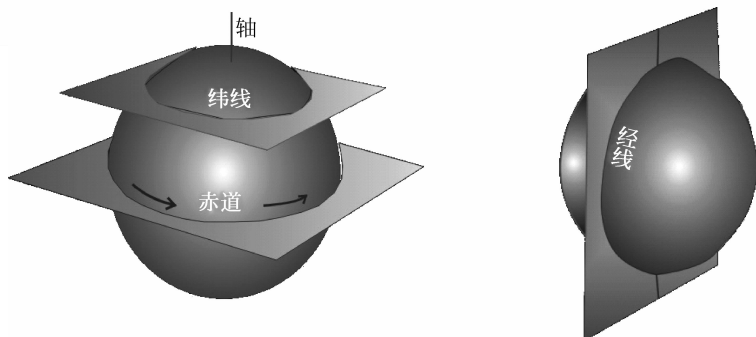


图 1.1 地球上的纬线和经线

一切垂直于地轴的平面同地面相割而成的圆都是纬线。所有纬线互相平行,大小不等。其中,垂直于地轴且通过地心的平面同地面相割而成的圆是纬线中的唯一大圆,称为赤道。赤道分地球为南北两半球,是地理坐标系的横轴。

一切通过地轴(也必通过地心)的平面同地面相割而成的圆都是经圈。所有经圈都是大圆,因而大小相等。它们都在南北两极相交,并被等分为两个半圆,这样的半圆叫经线。其中,通过英国伦敦格林尼治天文台的那条经线,被公认为本初子午线,即 0° 经线。它是地理坐标系的纵轴。

经线和纬线处处相交。每一条经线通过所有的纬线;每一条纬线也通过所有的经线,而且相互垂直。地球上每一地点,都可以看成特定的经线和纬线的交点,从而确定它们的地理位置。

1.1.2 地球上的方向和距离

地球上的方向,通常是指地平方向。地平圈上的东南西北四正点,代表地平方向的东南西北四正向。在地球上,经线就是南北线(也叫子午线),所有经线都相交于南北两极,向北就是向北极,向南就是向南极。南北两极是世界的两个顶端,它们分别是南北方向的终点,同时又是二者的起点。北极是向南的起点,那里的四面八方都朝南;南极则是向北的起点,与北极情形相反。因此,南北方向是有限方向,有其起始和终极。

东西线垂直于南北线,因而纬线的方向,就是东西方向。纬线都是整圆,没有起点和终点,因而东西方向是无限方向。实际上,人们总是采取两地之间的最短距离,即取圆的劣弧来定东西。这样,两地之间,理论上是亦东亦西,实际上则是非东即西。

地球上的方向是同它的自转相联系的。人们常说,地球向东自转;事实上,正是把地球自转的方向定为向东。旋转方向通常是按顺时针的方向来表述的。然而,此时观测者必须明确,他是立足在哪个半球来观测地球自转的。在北极上空看起来,地球是以逆时针方向自转的;而在南极上空看起来,则是顺时针方向自转的(见图 1.2)。这样的方向叫做向东,与此相反的方向便是向西。

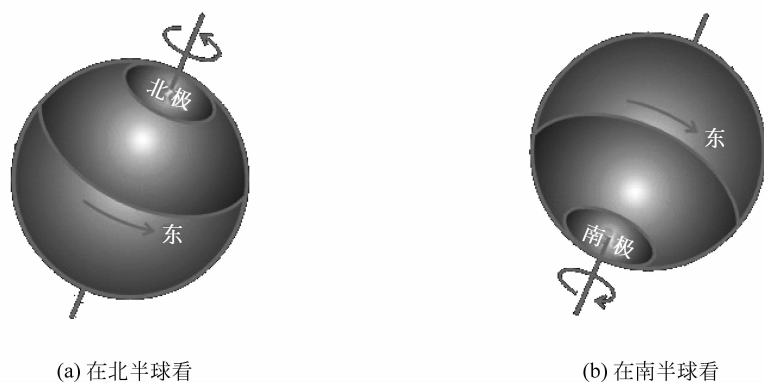


图 1.2 地球上的方向

1.1.3 经度和纬度

某一地点所在的纬度是该地与地球中心的连线同赤道面的交角。纬度在本地经线上度量,赤道面是起始面,所在地是终止点。由于赤道把地球分成南北两半球,纬度向南北两个方向度量:赤道以北叫北纬(以字母 N 表示),赤道以南叫南纬(以字母 S 表示)。南、北纬各从 $0^{\circ} \sim 90^{\circ}$ 。通常以南、北纬 30° 和 60° 为界,把纬度分成低纬、中纬和高纬三段。综合上述纬度的南北方向和角度大小的两个方面,我们可以说,一地的纬度,就是这个地点相对于赤道面的南北方向和角距离,体现这一量度的是从赤道到所在地的一段经线(见图 1.3(a))。

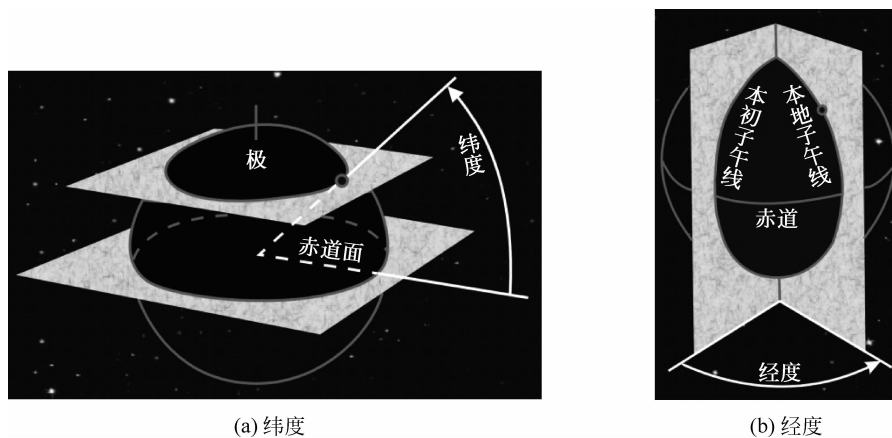


图 1.3 纬度和经度

某一地点所在的经度是该地子午线平面与本初子午线平面的夹角。经度通常在赤道上度量(也可以在所在地的纬线上度量),起始面是本初子午线平面,终止面是本地子午线平面。在赤道上度量经度是更为方便的,因为赤道是纬线中的唯一大圆,它使经度的度量不但有全球共同的起始面,而且有全球共同的起始点。这个点就是赤道与本初子午线的交点,即地理坐标系的原点。经度自原点起向东西两个方向度量:本初子午线以东叫东经(以字母 E 表示),本初子午线以西叫西经(以字母 W 表示),东、西经各从 $0^{\circ} \sim 180^{\circ}$ 。综合上述经度



的东西方向和角度的大小,我们可以说,一地的经度,就是这个地点所在的子午面相对于本初子午面的东西方向和角距离,体现这一量度的是这两个平面在赤道上截取的一段弧(见图 1.3(b))。

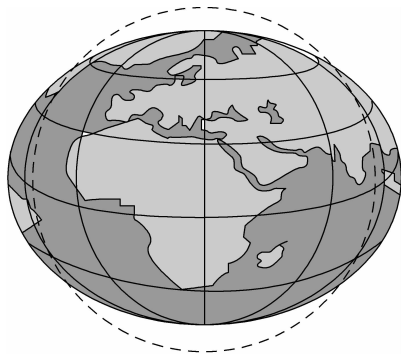
1.1.4 地理坐标

将一地的经度和纬度相结合,表示一个地点在地面上的特定位置,被叫做这个地点的地理坐标。度量全球各地的地理坐标,需要一个统一的制度,叫做地理坐标系。按照这样的制度,地面上同一个特定地点的地理坐标相联系的有三个大圆,它们就是赤道、本初子午线和本地子午线。赤道是纬度度量的自然起点所在,是地理坐标系的横轴;本初子午线是经度度量的人为起始所在,是地理坐标系的纵轴;二者的交点即为坐标系的原点。

在地理上有一个约定俗成的规矩:在读取和书写地理坐标时,总是纬度在先,经度在后;数字在先,符号在后。例如,北京的地理坐标是:40°N, 116°E。但民航中常使用符号在前、数字在后的写法,这样,北京的地理坐标是: N40, E116。

1.1.5 地球的形状

严格的球体是正球体,它具有统一的半径,因而具有统一的曲率和周长。地球并非这样的球体,而是一个扁球体(见图 1.4)。扁球体的特征是,球半径随纬度的增高而变小:赤道半径最长,极半径最短;与这个特征相联系的是,在扁球体上,赤道和纬线仍是正圆,而经线都是椭圆,它们的曲率自赤道向南北两极减小。扁球体的扁缩程度用扁率表示,约为 1/298.275。



极半径	6 356 752m	3432n mile
赤道半径	6 378 137m	3443n mile

图 1.4 地球的形状

值得注意的是,由于地球的赤道半径和极半径之差远小于地球半径,在领航中我们习惯上将地球视为正球体。

1.1.6 地球磁场

地球是一个强大的磁场,其两极称为地球磁极(见图 1.5)。靠近地理北极的磁极叫做磁北极,靠近地理南极的磁极叫做磁南极。地磁两极与地理两极并不重合:磁北极约在 74.9°N,



101°W 的地方；磁南极约在 67.1°S,142.7°E 的地方。磁差、磁倾和地磁力称为地球磁场三要素。

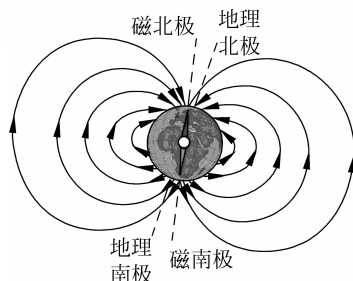


图 1.5 地球磁场

1. 磁差

由于地球表面假想经线指向地理南北方向,故称为真经线,其北端叫做真北(true north, N_T)。而我们将稳定的自由磁针所指示的南北方向线称为磁经线,其北端叫做磁北(magnetic north, N_M)。

由于地磁两极与地理两极不重合,因而地球上各点的磁经线常常偏离真经线。我们将磁北偏离真北的角度称为磁差或磁偏角(见图 1.6),用 VAR 表示。磁北偏在真北以东为正磁差,以西为负磁差,磁差范围为 $0^\circ \sim 180^\circ$ 。磁差的常见表示形式如下:

正磁差: $+2^\circ$ 或 $2^\circ E$

负磁差: -2° 或 $2^\circ W$

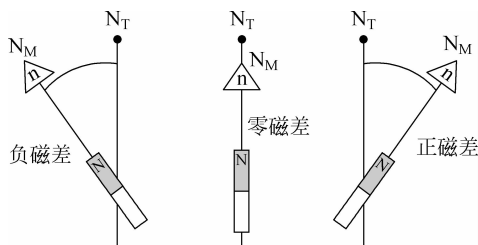


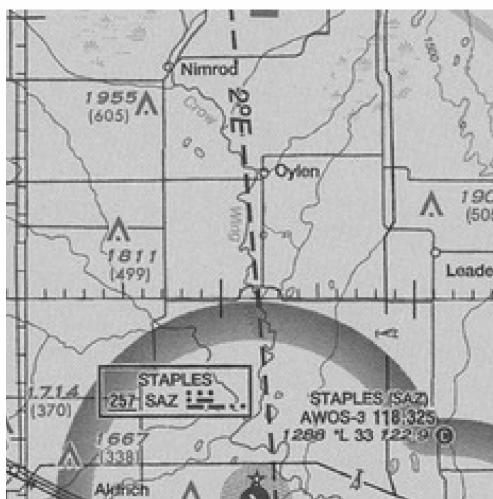
图 1.6 磁差

某一地点的磁差,可以从航空地图或者磁差图上查出(见图 1.7(a))。在航空地图或者磁差图上,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,这些虚线叫做等磁差线(见图 1.8),可供飞行时查取磁差之用。也可以在机场平面图上查到每个机场的磁差(见图 1.7(b))。

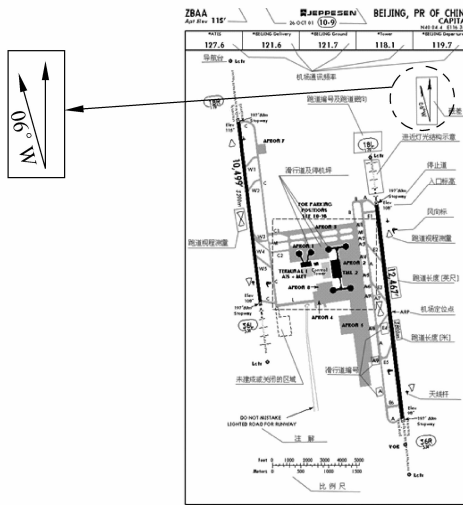
2. 磁倾和地磁力

在大多数地区,地球磁场的磁力线与水平面不平行,我们将磁针的轴线(磁力线的切线方向)同水平面的夹角,称为磁倾角(θ),简称磁倾。磁倾随纬度升高而增大;在地磁两极附近的地区,磁倾最大可达 90° ,所以磁针难以准确地指示出南北方向。

地球磁场对磁体的作用力叫做地磁力。同一磁体所受的地磁力,在地磁两极附近最强,在



(a) 航图上查找磁差



(b) 机场平面图上查找磁差

图 1.7 磁差的查找

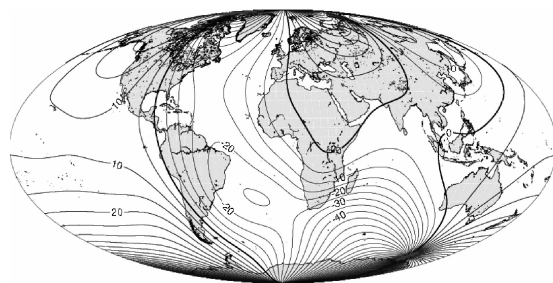


图 1.8 等磁差线

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,地磁力将会逐渐减弱。

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 1000 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做磁差年变率,磁差年变率一般不超过 $10'$ 。为了在领航中准确地确定某地当前的磁差,应当根据地图上等磁差曲线的年份和磁差,及注明的磁差年变率,进行修正计算。

1.2 航线与航向

1.2.1 航线

飞机飞行的预定路线叫做航线,也称为预计航迹。航线的方向和距离用航线角和距离表示。航线的方向,用航线角表示,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 1.9 所示。航线角范围为 $0^{\circ}\sim 360^{\circ}$ 。因经线有真经线和磁经线之分,所以航线角用真航线角(TC)和磁航线角(MC)表示,换算关系式为

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

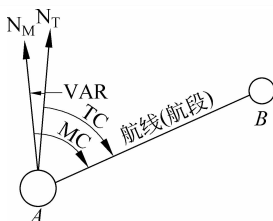


图 1.9 航线角及换算

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。

从航行的经济性和实施空中领航的简便考虑,地面两点之间可作为航线的有大圆航线和等角航线。

两点之间的大圆圈线,就是通过地心和地面两点的平面与地球表面相交的曲线(大圆弧)。以两点之间的大圆弧作为航线的,就叫做大圆航线(见图 1.10)。大圆航线是两点之间距离最短的航线,但航线上各点与经线的夹角一般都不相等。

两点之间的等角线,是盘向两极的螺旋形曲线。该曲线上,各点的指向与经线的夹角都相等。以两点之间的等角线作为航线的,就叫做等角航线(见图 1.10)。地球上两点间只有一条等角航线,一般不是大圆航线,且其距离一般比大圆航线长。但在飞行中,由于等角航线上各点的指向与经线的夹角始终保持不变,因而有利于用磁罗盘保持飞机的航向。

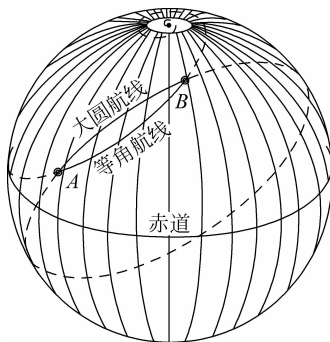


图 1.10 大圆航线和等角航线

1.2.2 航向

航向是领航的基本要素之一。所谓航向是指从飞机所在位置经线的北端按顺时针方向量到飞机纵轴前方延长线(航向线)的夹角,范围为 $0^{\circ}\sim 360^{\circ}$ 。飞机的航向用罗盘来测定。罗盘的基准经线可以分为真经线、磁经线和罗经线三种,因而可将航向分为真航向、磁航向和罗航向(见图 1.11)。

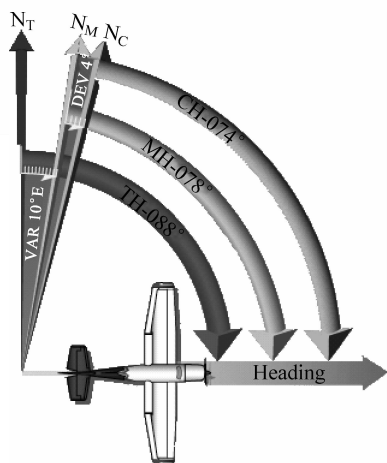


图 1.11 飞机的航向

真航向 (true heading) 是以真经线为基准的航向, 即从飞机所在位置真经线的北端顺时针量到航向线的角度, 用 TH 表示。

磁航向 (magnetic heading) 是以磁经线为基准的航向, 即从飞机所在位置磁经线的北端顺时针量到航向线的角度, 用 MH 表示。

罗航向 (compass heading) 是以罗经线为基准的航向, 即从飞机所在位置罗经线的北端顺时针量到航向线的角度, 用 CH 表示。其中, 罗经线是飞机上的磁罗盘所测定的南北方向线。由于飞机磁场对磁罗盘的影响, 罗经线北端常常与磁经线北端不一致。我们将罗经线北端偏离磁经线北端的夹角定义为罗差 (deviation), 常用 DEV 表示。罗差以磁经线北端为准, 罗经线北端偏东, 罗差为正; 罗经线北端偏西, 罗差为负。罗差的常见表示形式如下:

正罗差: $+2^\circ$ 或 2°E

负罗差: -2° 或 2°W

在飞行活动中, 经常需要利用磁差和罗差对航向进行换算, 或者已知航向求磁差和罗差。例如, 航向换算如下:

TH	VAR	MH	DEV	CH
150°		170°		173°
	7°E	125°	4°W	
001°	5°W		5°E	
350°			2°E	332°

1.3 高度

1.3.1 垂直位置的表示

确定航空器在空间的垂直位置需要两个要素: 测量基准面和自该基准面至航空器的垂直距离。