



第一章 地理学与航空运输地理



学习目标

1. 了解地理学的基本概念和特性。
2. 了解航空运输地理与地理学之间的关系。
3. 掌握航空运输地理的主要内容。
4. 理解学习航空运输地理的重要性和必要性，并掌握正确的学习方法。

第一节 地 理 学

一、地理学的内涵

地理学是研究人类生存的地理环境以及人类活动与地理环境关系的科学。

(一) 地理环境

地理环境是指一定社会所处的地理位置以及与之相联系的各种自然条件的总和，包括气候、土地、河流、湖泊、山脉、矿藏以及动植物资源等，它是人类赖以生存的物质条件。自然环境是由岩石、地貌、土壤、水、气候、生物等自然要素构成的自然综合体。地理环境是影响人类发展的重要因素。从人类历史发展来看，地理环境对于文明的形成及文化的传承具有关键性的影响。从世界各国的实际状况来看，地理环境差异大的国家之间或民族之间，文化差异也非常大。

（二）人类活动

人类活动是人类为了生存发展和提升生活水平，不断进行的不同规模、不同类型的活动，包括农、林、渔、牧、矿、工、商、交通、观光和各种工程建设等。人类开垦、搬运和堆积的速度已经逐渐趋同于自然地质作用的速度，人类对生物圈和生态系统的改造有时甚至超过了自然生物作用的规模。人类活动已成为地球上一种巨大的地质营造力，这种力量迅速而剧烈地改变着自然界，反过来也影响着人类自身的福祉。

（三）人类活动对地理环境的影响

人类本来就是自然的一个组成部分。人类诞生之初，其活动能力，也就是影响自然的能力很弱，最多只能引起局部地区小气候的改变。但是近几百年来，人类社会的超速发展已经使人类活动成了影响地球上各圈层自然环境稳定的主导负面因素。以工业革命为例，工业化意味着要大量燃烧煤和石油，意味着人类的生产要向地球大气层排放巨量的废气，其中，二氧化碳气体使大气温室效应加剧，全球变暖，导致极地冰川融化、海平面上升；二氧化硫和氮氧化物可以形成酸雨；氯氟烃气体破坏高空臭氧层，造成南极臭氧层空洞和全球臭氧层减薄。同时，工业化生产排放的污染气体也使人类聚居的城市成了浓度特高的大气污染中心。此外，人类活动还引发了森林和草原植被的退化或消亡、生物多样性的减退、水土流失……这一切无不给人类敲响了警钟，人类在发展经济、提高生活质量的同时，也在无形中闯下了弥天大祸。近年来，人类逐渐开始意识到必须善待自然，对自己的发展和活动有所控制，由此，人和自然的和谐发展也成为地理学研究的重要内容。

二、地理学的发展

（一）早期人类对地理的认识

早在 15 世纪时，人类由于生活在相互隔绝、各自独立的几块陆地上，没有人能确切地知道地球究竟是方的还是圆的，几乎每一块陆地上的人都认为自己生活在世界的中心，当时的欧洲人认为，除了欧洲、亚洲、非洲三块大陆，其他地方是混沌未开的。在公元 1400 年以后的 200 年间，欧洲绘图人笔下的几块陆地宛如正在成长的胚胎，逐步由模糊的团状演变成我们今天所熟悉的清晰可见的模样。正是从那个时期起，原本互相隔离的大陆被“连接”在一起，这个过程就是欧洲人所称的“地理大发现”。

（二）近代地理学形成的历史背景

第一，文艺复兴后，以哥白尼“日心说”为先导的欧洲科学革命为近代地理学创立了科学和哲学基础。哥白尼《天体运行论》的发展揭开了这场科学革命的序幕，把《创世记》的神学体系完全推翻。意大利自然科学家乔尔丹诺·布鲁诺把“日心说”又推进一步，他认为太阳不是宇宙的绝对中心，大自然是无限的。地理学受这场科学革命的影响很深，其突出表现是地理唯物论的形成，即对待自然界的规律要从地球的整体去认识，建立理论体系，对待人类社会的规律也要试图从环境中找原因。

第二，“地理大发现”，即人类广泛的地理活动，为近代地理学的发展奠定了实践基

础,也为葡萄牙、西班牙、荷兰、英国、法国、德国等西方大国的相继崛起奠定了物质基础。从15世纪至17世纪,欧洲长久持续的探险活动为地理学发展提供了极为丰富的自然、人文资料和素材,不断扩大的空间知识为人们认识和研究地理规律提供了可靠的依据。

第三,产业革命后,资本主义经济高速发展,曾一度在欧洲地理学界盛行的“环境决定论”为欧洲列强的殖民扩张提供了理论依据,巨大的生产力需求促使各主要资本主义国家到全球各地去占领商品市场、争夺原料产地、扩大殖民地。地理学的发展是顺应了欧洲列强国内需要的结果。

第四,航海、测绘、观测技术的发展为近代地理学的发展提供了有力的研究技术手段,地图学的逐步完善则为欧洲列强的海外扩张提供了不可缺少的技术支持。航海动力的根本改进和陆上交通技术条件的完善给地理探险、地理考察事业提供了安全保障和便利条件。19世纪前叶,地图投影、三角测量等技术的发展使地理信息记录、传播的数量和速度大大提高,地理学家借助各种仪器开阔了眼界。

第五,相邻学科的发展和科学大分化趋势促进了近代地理学体系的建立。近代地理学在吸收相邻学科成果的基础上建立、发展起来,天文学、地质学、生物学、植物学、动物学等领域的科学进展大大深化了人类的自然观,间接地推动了地理学的发展。

三、地理学的特性

地理学具有四个显著特性,即地域性、综合性、动态性及多样性。

(一) 地域性

地域性是地理学最显著的特性。地域指地表空间,地表是一个巨系统,是与人类有直接关系的地理环境。任何地理现象都必然落实在一定的地表空间,即有一定的空间分布。地貌、气候、资源、经济等地理要素都必须在一定的地表空间中反映出来,各要素之间又有着密切的联系。地球表面自然现象和人文现象空间分布不均匀的特点决定了地理学研究具有区域性的特性。由于不同的地区存在不同的自然现象和人文现象,某种地理要素在一个地区呈现出的变化规律与在另一个地区呈现的可能完全不同,因此研究地理区域就要剖析不同区域内部的结构,包括不同地理要素之间的关系及其在区域整体中的作用、区域之间的联系,以及它们在发展变化中的相互制约关系。正是由于各地理要素有特定的空间分布才造成地域间的差异,研究地理现象的地域差异规律是地理学最主要的内容之一。航空运输的活动范围在广阔的地表空间中,地面站点、空中航线都有一定的空间分布,这种分布具有很强的地域性,不同区域的差异性十分明显。

(二) 综合性

综合性是地理学的另一个显著特性。地理学经过不断发展,逐步形成了完整的科学体系,形成了一门内容广泛的学科。作为地理学研究对象的地球表面是一个多种要素相互作用的综合体,这也决定了地理学研究的综合性特点。地理学不仅限于研究地球表面的各个要素,更重要的是把地球看作统一的整体,综合研究其组成要素及它们的空间组合,着重研究各要素之间的相互作用、相互关系以及地表综合体的特征和时空变化规律。地理学的

综合性研究分为不同的层次，层次不同，复杂程度也不同。高层次的综合性研究即人地相关性的研究，它是地理学所特有的。当代，由于系统论、信息论、控制论等新理论的出现，以及电子计算机、遥感等先进技术的广泛应用，地理学的综合性更为突出。地理学的知识涉及地质、天文、气象、海洋、古生物、地球物理、地球化学以及政治、经济、文化、交通、人口、聚落等众多科学领域，这就要求地理学对一切具有地域性的现象进行研究，对众多的相关要素进行必要的归纳，对自然规律、社会经济规律进行综合。由于地理学与其他科学的交叉渗透，从而形成了一系列边缘学科，航空运输地理就是这种交叉渗透的产物。航空运输地理作为地理学的边缘学科，也具有明显的综合性。航空运输的空间分布既受到地质、地貌、气象、气候、天文等自然条件的制约，同时又受到政治、经济、技术、人口等社会因素的影响。此外，航空运输还具有自身的专业知识体系，不了解这些知识就不可能认识航空运输空间分布的形成及其发展规律。因此，学习航空运输地理就要对各种自然的、人文的相关因素进行归纳、综合，发现和总结航空运输的分布及其发展规律，从而为航空运输的发展提供理论和实践方面的依据。

（三）动态性

地球表面不断变化的特点决定了地理学具有动态性，人们必须用动态的观点对其进行研究。地理学研究既注重空间的变化，也注重时间的变化。这种变化有周期性的，也有随机性的；有长周期的，也有短周期的。用动态的观点研究地理学要求人们把现代地理现象作为历史发展的结果和未来发展的起点，研究不同发展时期和不同历史阶段的地理现象的规律。现代地理学已经可以对某些区域的未来发展提出预测，并根据预测结果进行控制和管理，以满足人们对区域发展的要求。因此，时间和空间统一的概念在地理学研究中越来越受到重视。

（四）多样性

地球表面的复杂性决定了地理学研究方法的多样性。现代地理学研究主要采用野外考察与室内实验、模拟相结合的研究方法。地理学的研究对象是地球表面，关于地球表面的属性和特征的资料主要来自野外考察。随着航空遥感、气象卫星、地球资源卫星、航天技术等方面的成果被广泛应用于地理学研究，野外考察的速度和测绘精度得以提高。地理数据的处理、各种地理现象的实验室模拟等也迅速发展起来，这不仅大大提高了工作效率，也促进了地理学的快速发展。

第二节 航空运输地理

一、航空运输地理与地理学的关系

航空运输是人类活动的组成部分，航空运输地理是研究航空运输与地理环境的关系，研究航空运输的空间分布及其发展规律的一门学科。

航空运输地理是一门新兴的学科，是庞大的地理学体系中的一个小小的分支。它与公路、铁路、水运、管道等其他运输地理分支共同组成交通运输地理。交通运输地理从属于经济地理学，经济地理学又是人文地理学的一个重要分支。航空运输地理在地理学体系中的位置及从属关系如图 1-1 所示。

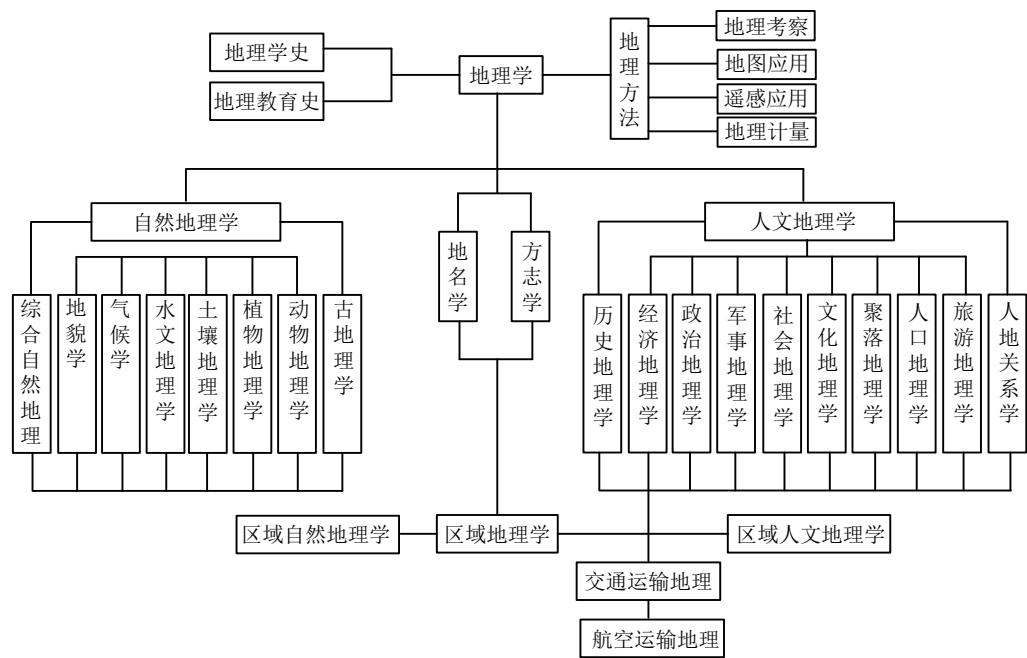


图 1-1 地理学体系框架结构图

可见，航空运输地理属于人文地理学的范畴。人文地理学主要研究人类活动与地理环境的关系，探讨各种人文现象的空间分布及其发展规律，其核心理论是人地关系论。人地关系即人与环境的辩证关系：一方面，人类处于主动地位，不断地改造、利用、保护着地理环境；另一方面，地理环境又不断地影响着人类活动。人文地理学的研究如果脱离了这一理论，就失去了它的科学价值。航空运输地理作为人文地理学的分支，也离不开人地关系论。航空运输的发展明显受到自然环境和社会环境的制约。20 世纪 20 年代，限于当时的航空技术水平，飞机尚不能飞越浩瀚的大洋和险峻的山脉，航空运输的分布局限在国内或区域内。20 世纪 50 年代后，随着科学技术的发展，航空技术水平有了很大的提高。如今，飞机可飞越地面的任何天然障区，航空运输的活动范围遍及世界各地。但是，地理环境仍然不断地影响着航空运输，恶劣的天气经常危及飞行安全，地面障碍也在一定程度上对飞行安全构成威胁，政治动荡、经济衰退均直接影响着航空运输的发展。可见，人们若不尊重自然和社会发展的客观规律，必然会受到客观环境的制约，而孤立地强调环境的制约作用，不主动积极地改造、利用客观环境，也必然会阻碍航空运输的发展。

二、航空运输地理的研究内容

将地理学的理论与社会实践相结合，为社会服务是现代地理学发展的必然趋势。航空

运输地理这一分支学科的产生是社会实践的需要，因此，航空运输地理是一个应用性很强的学科。从应用的角度出发，航空运输地理研究的主要内容如下。

（一）地球与飞行概述

航空运输的活动范围在地表空间，地表空间与地球本身的空间位置，地球的结构、性质紧密相关。地球的运动造成了昼夜更替、四季变化、地方时差等与飞行有关的地理现象。飞机相对于地表运动，由此而产生飞行偏移、机上昼夜长短等特殊问题。飞行层中也会产生各种复杂的天气现象，从而影响和制约飞行活动。

（二）航空运输布局

航空运输的产品是指旅客或货物的空间位移。飞机总是从某一航站出发，按照规定的航路穿越某些地区或国家，到达另一航站。为了保证飞行的顺利进行，必须设立管制中心、地面雷达站、维修基地等地面站点，这些点、线必然有它们的空间分布，从而形成运输网络。航空运输布局的形成受到各种自然及人文因素的影响。当今世界航空运输的布局具有较明显的规律，在一定的布局条件下，还需要研究合理运输问题（即航线的走向）。

（三）区域航空运输地理

航空运输具有明显的地域差异规律。目前，世界航空运输布局主要受空运大国的影响和控制。几乎所有的空运大国都是经济发达国家，这些国家在政治、经济、文化等方面的联系基本决定了当前世界航空运输的分布状况。20世纪70年代以来，中国航空运输发展迅速，并对世界航空运输布局产生了一定影响。因此，中国及世界其他重要国家和地区的自然、经济、交通状况，特别是航空运输布局、空港城市的地理特征是航空运输地理研究的重要内容。

（四）航空地图

地图历来是航空运输的必备工具。随着现代科学技术的应用，航空地图的种类及数量逐渐增多。航线分布图、机场分布图、飞行图、地形图、客货流分布图等被广泛应用于客货运输、空中管制、机场建设、区域规划等方面。地图的有关知识是航空运输人员必须掌握的知识。

思 考 题

1. 简述地理学的内涵和研究内容。
2. 简述地理学的特性。
3. 简述航空运输地理的概念。
4. 简述航空运输地理与地理学的关系。
5. 简述航空运输地理的研究内容。



第二章 地球运动与航空飞行



学习目标

1. 了解太阳对地表空间的影响。
2. 了解地球大气的圈层结构与飞行层范围。
3. 了解地球的自转及其影响。
4. 了解运动物体的偏转规律。
5. 掌握角速度和线速度的计算方法。
6. 了解地球公转及其影响。
7. 掌握时间系统的构成内容。
8. 掌握时差的换算和飞行时间的计算方法。

第一节 地 球

航空运输是三维空间的人类活动。随着科学技术的进一步发展，空间技术已在航空领域内不断得到应用，飞机飞行高度已扩展到 10 千米以外的高空。全球卫星导航系统的出现使航空活动进入了更为广阔的地表空间。地球的空间位置、地球运动、地球大气的圈层结构、地球大气的运动都直接或间接地对航空活动产生影响。

一、地球的空间位置

地球在宇宙中渺小得犹如空气中的尘埃。宇宙在空间上是无边无际的，在时间上是无

始无终的。地球与某些星体相互联系、相互制约，并以其特定的空间位置及运动规律创造了适于人类生存的生机勃勃的地理环境。

宇宙大爆炸产生于约 150 亿年前，银河系形成于约 140 亿年前，太阳的年龄约为 50 亿年，地球诞生距今已有约 46 亿年。

太阳系由恒星、行星、卫星、彗星等天体组成。太阳是太阳系中唯一的一颗恒星。行星是绕恒星公转、本身不发光的星体。卫星是绕行星运行的固态天体。彗星是绕太阳运转的天体，呈云雾状，一般认为彗核的主要部分由冰物质组成。

太阳有八大行星，离太阳最近的是水星，其后依次排列为金星、地球、火星、木星、土星、天王星、海王星。宇宙天体系统如图 2-1 所示，可见地球在宇宙中的地位真可谓沧海一粟。

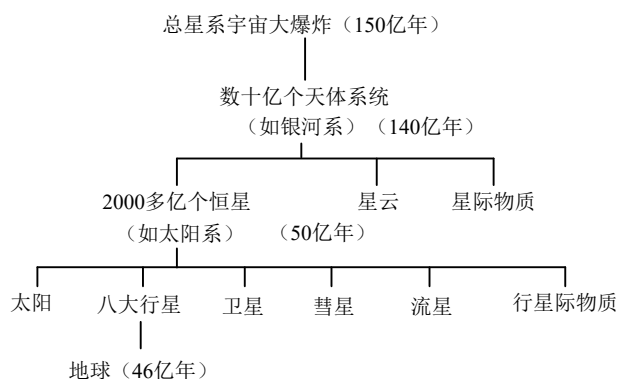


图 2-1 宇宙天体系统图

科学家发现，太阳黑子与耀斑的活动具有周期性。当黑子增多时，耀斑也活动频繁。耀斑发出的能量极大，短短几分钟内就能发出相当于 100 亿颗百万吨级氢弹的能量，发出的极强的无线电波和大量射线能到达地球。此外，日冕层由于远离太阳中心，又具有 100 万摄氏度的高温，因此大量的高能带电粒子流高速飞逸到星际空间，我们称这种粒子流为太阳风。太阳风有时能吹遍太阳系的各个角落，当然也会对地球空间产生影响。

以上这些无线电波、射线及带电粒子流进入地球大气层后，主要有三方面的影响：一是在南北两极地区上空形成五彩斑斓的极光；二是可能破坏和扰乱地球大气中的电离层，致使航空无线电短波通信暂时中断；三是可能扰乱地球的磁场，引起磁暴，使磁针不能正确指示方向。上述现象对地面无线电设备的正常运行以及高空飞行会造成一定干扰，但这些现象的持续时间都不长，影响时间也较短。

二、地球的构造

地球是一个东西稍凸、南北稍扁的椭圆球体，它的长半径为 6 378.28 千米，短半径为 6 356.86 千米，两者的差值很小，人们一般把地球当作一个圆球体，它的平均半径为 6 371 千米。地球绕一条轴线自转，这条轴叫地轴。地轴在地表上有两个端点：南面是南极，用 S 表示；北面为北极，用 N 表示。

地球上有四大洋（太平洋、大西洋、印度洋、北冰洋）和七大洲（北美洲、南美洲、欧洲、非洲、亚洲、大洋洲及南极洲）。赤道把地球分为南半球和北半球，东经160°和西经20°把地球划分为东半球和西半球。

地球具有明显的圈层结构，大体来说可分为外部圈层和内部圈层。外部圈层指地表外的各个圈层，它由气体、液体及生物等共同组成，分为大气圈、水圈和生物圈；内部圈层可分为地壳、地幔和地核。影响航空飞行的主要是大气圈。

三、大气圈

大气圈是环绕在地球外层的气体圈层，主要由氮、氧、二氧化碳等气体组成。其中，氮气约占78%，氧气约占21%，二者容积占大气圈的99%。大气圈的质量虽然只有地球质量的百万分之一，但是它能对自然环境产生极为深刻的影响。大气圈内部的物质始终处于运动状态，风、云、雨、雪等天气现象都发生在这一层。

大气对生物界的影响更为深刻，厚厚的大气圈好像地球的外衣，能够保护生物免受外层空间中各种宇宙射线的侵害，防止地表温度的剧烈变化和水分散失。地球上的一切生命都离不开大气，可以说，没有大气就没有人类。根据近代卫星探测资料，大气圈的厚度为2 000~3 000 千米。直接研究这厚厚的大气圈是极不方便的，人们通常按照大气圈在垂直方向上的温度变化特点以及空气运动的规律把大气圈分为两个部分：离地面100千米以上称为近地空间，离地面100千米以下称为大气层。大气圈从下到上被分为五个层次，分别为对流层、平流层、中间层、暖层（又称电离层）、散逸层，如图2-2所示。

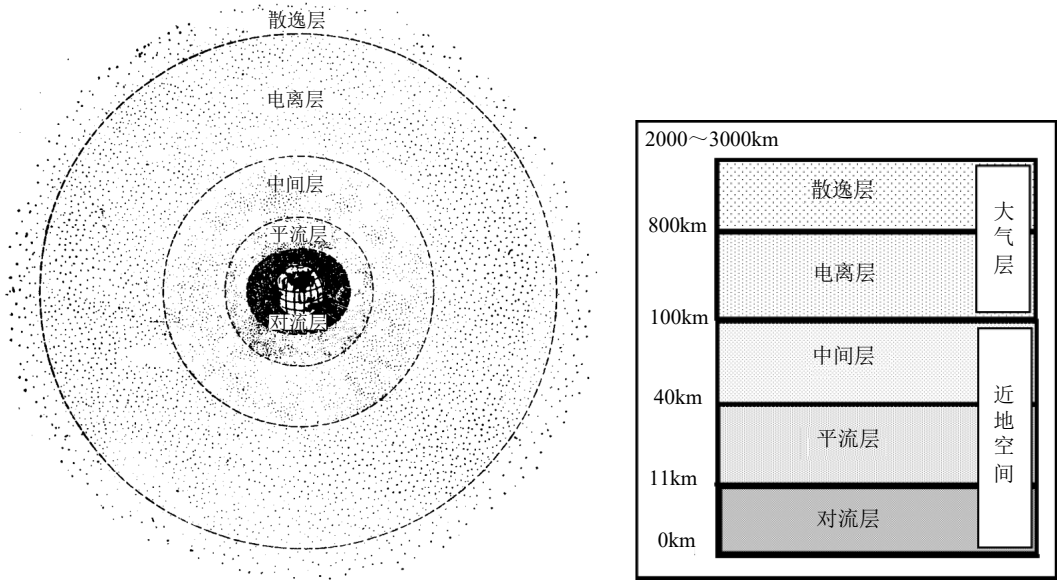


图 2-2 大气圈

从航空的角度上看，飞机的活动范围在大气圈的底层。目前，高空飞行的飞机一般不超过20 000米，民航运输飞机大多在12 000米以下，这一圈层的厚度还不足整个大气圈层

厚度的 1%。

根据大气层的划分，飞机的活动空间在对流层全部和平流层下部的范围之内，这两层大气的性质与特点影响和制约着飞行活动。

飞机起飞，升到一定高度后开始水平飞行，水平飞行的层次有一定的高度范围。在对流层中、下部，各种天气现象频繁出现，对飞行不利。但是在短程航线上，由于受距离、机型、空中管制等因素的制约，飞机仍需在这个层次内飞行。而在绝大多数中、远程航线上，航行层次在对流层上部和平流层下部之间，如图 2-3 所示。

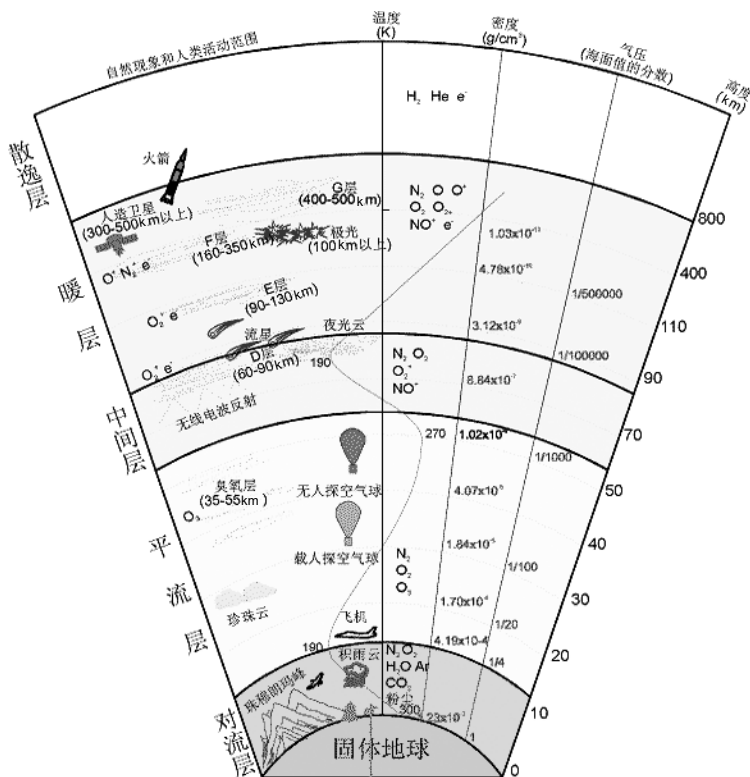


图 2-3 航空飞行活动空间

第二节 地球运动

宇宙中的一切天体都在运动，地球也在运动。这种运动是有规律的，并且对自然环境和人类活动产生巨大的影响。由于地球的运动产生了昼夜更替、地方时的差异、运动物体的偏转、四季变化和昼夜长短等自然现象，它们与航空运输活动是紧密相关的，所以深入了解地球运动的规律及其影响是必要的。

一、地球的自转

地球和太阳系其他七大行星一样在绕太阳公转，同时它还围绕着一根假想的自转轴在

不停地转动，这就是地球的自转。任何有质量的物体在被推动或受到偏离中心的撞击时都会转动起来，这种现象自百亿年前的宇宙大爆炸以来就在不断地发生着，一切物质都转动了起来。在微观世界里，电子在围绕原子核旋转。在太阳系中，由宇宙气体和尘埃组成的星云也在旋转，并且同时在向一个有着巨大质量的中心收缩，这个中心就是太阳。

地球自转速度的快慢取决于其所在的地点。地球上的每一个点的圆周运动都要在 24 小时内完成，地球的赤道上的自转线速度最快，达到每小时 1 600 千米；在苏格兰和加拿大之间，地球的自转速度大约是每小时 900 千米；而在离北极点不远的地方，自转速度只有每小时 3 千米。

(一) 自转方向

地球一刻不停地由西向东旋转，从北极上空俯视地球，呈逆时针方向旋转；从南极上空望去，则呈顺时针方向旋转（参见二维码 1）。



(二) 自转周期

地球自转一周的时间是 23 小时 56 分 4 秒，即一个恒星日。恒星日是地球相对于遥远的恒星（除太阳外）自转一周所用的时间。地球相对于太阳自转一周的时间为 24 小时，称为一个太阳日。一个太阳日与一个恒星日之间的差异主要是地球公转影响的结果。

用天文术语说，一个太阳日就是太阳连续两次经过同一子午面的时间间隔。子午面即通过子午圈的无限伸展的平面。对于地球上任意一地点来说，子午面就是沿南北方向延伸与地面垂直的平面。太阳过子午面时，该地点恰好是正午 12 点。那么，两次正午 12 点的时间间隔恰好是 24 小时。在日常生活中，人们一般把两次天亮或天黑之间的时间段叫作一天，也就是 24 小时。

地球在自转的同时还围绕着太阳公转，当地球处在位置 1 时（见图 2-4），在地表 A 点处，太阳刚好过子午面。当地球运动到位置 2 时，地球相对于遥远的恒星已经转了一圈。但是，由于地球的公转，A 点还没有对着太阳，也就是说太阳还没有第二次过子午面，在地球又转过一个角度 α 到达位置 3 时，这时 A 点又对着太阳了，即太阳第二次过 A 点处的子午面了。我们把从位置 1 到位置 3 所用的时间段定为 24 小时，即一个太阳日。而从位置 1 到位置 2 所用时间即一个恒星日（见图 2-4 中 A 点），它不足 24 小时。如果设地球 A 点从位置 1 到位置 2 所用的时间为 t ，则有 $t + \Delta t = 24$ 小时。

Δt 为地球自转 α 角所需的时间，如图 2-4 所示， α 角就是地球公转一天所转过的角度，显然

$$\alpha = 360^\circ / 365 \text{ 天} \approx 1^\circ$$

那么 24 小时自转的角度为

$$360^\circ + 1^\circ = 361^\circ$$

故自转 α 角所用的时间为

$$\Delta t = 24 \text{ 小时} / 360^\circ \approx 3 \text{ 分 } 56 \text{ 秒}$$

故有

$$t = 24 \text{ 小时} - \Delta t = 23 \text{ 小时 } 56 \text{ 分 } 4 \text{ 秒}$$

这个 t 值就是地球相对于遥远的恒星自转一周所用的时间，即地球自转的真正周期。

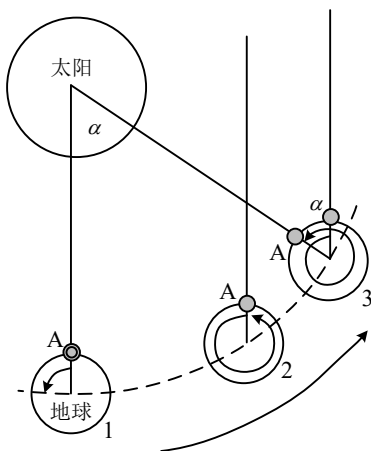


图 2-4 恒星日推算示意图

(三) 自转速度

地球自转的速度可分为绕地轴转动的角速度，以及地表上任意一点随地表运动的线速度，如图 2-5 所示。

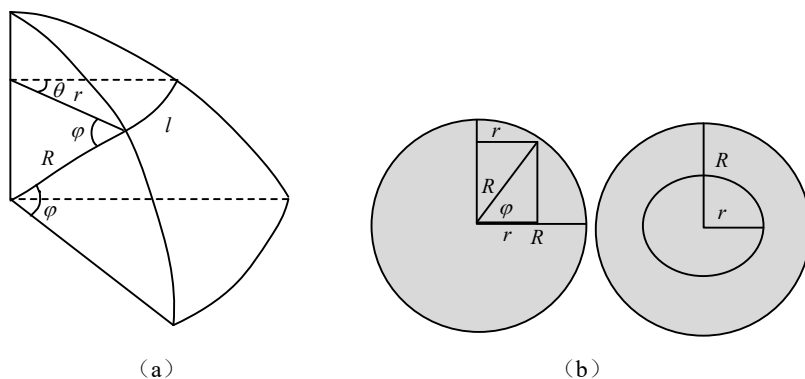


图 2-5 地表线速度推算示意图

(1) 角速度 ω ，即单位时间内转过的角度： $\omega = \theta/t = 360^\circ / 23 \text{ 小时 } 56 \text{ 分 } 4 \text{ 秒}$ ，或 $\omega \approx 15^\circ / \text{小时} \approx 1^\circ / 4 \text{ 分} \approx 15' / \text{分}$ 。

(2) 线速度 V ，即单位时间内转过的弧长：

$$r = R \cos \varphi \quad l = 2\pi r = 2\pi R \cos \varphi$$

$$V = l/t = 2\pi r / t = 2\pi R \cos \varphi / t$$

$$\because \omega = 2\pi / t \quad \therefore V = \omega R \cos \varphi$$

$$\because \theta = 2\pi \quad \therefore V = \theta R \cos \varphi / t$$

式中： V ——线速度；

ω ——角速度；

l —— 纬圈周长;

θ —— 经线夹角;

R —— 地球半径 = 6 371km;

r —— 纬圈半径;

φ —— 地理纬度。

(3) 计算题: 计算北纬 60° 处的地表线速度。

解: $V = l/t = 2\pi r/t = 2\pi R \cos \varphi/t$

式中: r —— $R \cos \varphi$;

φ —— 地理纬度 60° ;

R —— 地球半径 6 371km;

t —— 一天为 24 小时;

l —— $2\pi r$ 。

$$V = 2\pi r/t$$

$$= 2\pi R \cos 60^\circ / 24$$

$$= 2\pi \times 6\,371 \times 0.5/24$$

$$= 2 \times 3.14 \times 6\,371 \times 0.5/24$$

$$= 833.54 \text{ km/h}$$

二、地球自转的影响

地球的自转会引发一些极为重要的自然现象, 这些现象都具有十分重要的地理意义。地球自转产生的现象有以下方面。

- (1) 昼夜更替现象。
- (2) 东西部地区的时间差现象, 生物作息规律现象。
- (3) 自转会使地表物体产生惯性离心力, 从而塑造了两极略扁、赤道略鼓的地球形状。
- (4) 由南北半球的地转偏向力引起的各种运动旋转现象。

三、地转偏向

运动物体的偏向是一个极为重要的问题, 飞机的长距离飞行明显受其作用, 空气运动、河水流动, 几乎一切在地球上运动的物体都要受到它的作用。

人们很早就发现, 北半球的大河, 其右岸冲刷痕迹明显, 而在南半球, 大河左岸被冲刷得比较厉害。欧洲的一个学者曾做过一个有趣的实验, 叫作澡盆实验, 即在澡盆里放满水, 拔掉塞子后, 发现北半球的水流总是沿逆时针方向转动。后来经过许多科学家的实验, 人们发现几乎所有物体在运动时都要发生偏转。科学家对这些现象进行研究后发现, 这是物体的惯性运动与地球自转共同作用的结果。

(一) 惯性离心力

当奔驰的公共汽车突然刹车时，车上的人会立刻前倾，若扶不牢，会禁不住地向前奔跑。这是因为车的速度变慢或者车已经停止前进，人却仍然保持着原来的运动方向和速度。平时，人们在骑车、跑步、滑冰等运动中，都有这样的感受。运动着的物体总是力求保持自身的运动方向和速度，这就是物理学中的惯性原理。

一般来说，凡是做圆周运动的物体都要受到离心力的作用。离心力的大小与物体圆周运动的线速度有关，线速度越大，离心力就越大。如果我们用细绳拴住一个物体，让它做圆周运动。这时我们的手上会感觉到一股拉力，一旦松手，物体就会飞出去，这就是离心力所导致的。由于地球本身在绕地轴转动，所以地球上的物体均受到离心力的作用。我们把地球自转产生的离心力称为惯性离心力（参见二维码2）。



(二) 地转偏向力

物体在相对于地球表面运动时，会受到地转偏向力的影响而改变方向，但地转偏向力并不是一种真正的力，而是一种惯性力。地球自转而使地球表面的运动物体受到与其运动方向相垂直的力，这种力就是地转偏向力，全称地球自转偏向力。地转偏向力不会改变地球表面运动物体的速率（速度的大小），但可以改变运动物体的方向。地转偏向力对航天、航空来说是一种不可忽视的力，它在极地最显著，向赤道方向逐渐减弱，直到消失在赤道处，而地转偏向力对人们日常生活的影响很小，是可以忽略不计的。

(三) 自转使方向发生变化

按照惯性原理，在地球上运动的物体总是力求保持自身的运动方向和速度，但是，由于地球本身在旋转，从而使各地的方向坐标在不断地变化，也就是东、南、西、北的方向在不断地变化，这就使运动物体相对发生了偏转。通俗地说，就是运动物体始终沿原来的方向运动，而东、南、西、北转了方向。

下面做一个实验。把一个带有东、南、西、北方向的平面与地球仪相切于北京，从而代表北京的地平面，做4个方向。然后把地球仪转过一个角度，地球上的人随地球一起转动，看不到方向的变化，地球上的人认为东、南、西、北不变，但运动中的物体在东、南、西、北的方向上发生了变化，如图2-6所示。因地球自转运动，地球上的运动物体在地转偏向力作用下无法保持原来的方向，在北半球，无论物体如何运动，总要向右偏。

地转偏向力的作用必然使飞行方向产生一定程度的偏转，飞机实际飞行时，一定要克服这一偏转，否则飞机便不能准确地飞抵目的地。

(四) 运动物体的偏转规律

地转偏向力对季风环流、气团运行、气旋（台风）与反气旋（冷空气）的运动路径、洋流与河流的运动方向以及其他许多自然现象有着明显的影响。例如，北半球河流多有冲刷右岸的倾向，高纬度地区河流上浮运的木材多向右岸集中，等等。

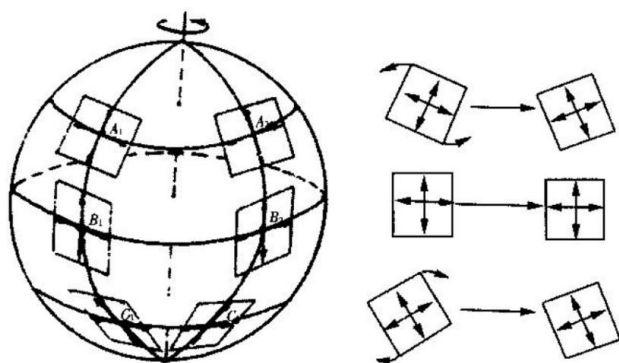


图 2-6 运动物体相对发生了偏转

运动物体的偏转规律如下。

- (1) 在北半球，向运动方向的右侧偏转。
- (2) 在南半球，向运动方向的左侧偏转。
- (3) 在赤道上，由于方向在水平面上没有转动，运动物体不发生偏转。
- (4) 由赤道向两极移动，偏转程度逐步增大。

四、地球的公转

地球除了绕地轴自转，还绕着太阳公转，我们称地球公转一周的时间为一年。地轴和地球公转的平面是斜交的，夹角为 $60^{\circ}35'$ ，因此地球在公转轨道的不同位置时，地球上相同地点受到阳光照射的角度和持续的时间不同，从而形成了地球上的四季、寒暑不同，昼夜长短不同。地球自转一周的时间，我们称为一天。把一天 24 等分，就成为小时，小时再 60 等分为分，分再 60 等分为秒，这就形成我们的基本时间体系。地球公转一周的时间并不是地球自转一周的整数倍，一年等于 365 天 5 小时 48 分 46 秒，因而在历法中就出现了闰年。

公转即地球绕太阳的运动。公转轨迹为椭圆，太阳位于椭圆的一个焦点上。

地球公转产生的现象有以下几个。

- (1) 根据太阳高度的差异划分出五带：北寒带、北温带、热带、南温带、南寒带。
- (2) 地球的公转平面和地轴斜交，形成了一年四季：春、夏、秋、冬。
- (3) 昼夜长短的变化现象。
- (4) 天象位置的变化规律。
- (5) 万物生长的自然规律。

第三节 时间系统

时间是物质运动的度量衡，和运动有着直接的关联，人类只能依靠一个有规律的运动物体度量时间，地球就是这样一个物体。几千年来，人类一直依靠地球的运动（包括其他天体的运动）确定时间，直到 20 世纪人类发现以原子振动的频率确定时间比以地球的运动

更准确后，才建立起新的测时系统。

一、时间

时间是安排航空活动秩序、度量航空活动周期的基本参数之一。时间可度量运动的持续性和顺序性，人们平时所说的时间一方面表示运动的持续性，即表示一个事件（运动）过程的长短，即时间的间隔，称为时段；另一方面，时间也表示事件的顺序性，即事件的先后，表示事件发生的瞬间，称为时刻。在航空活动中，应当严格区分时段和时刻。时刻指事件发生的瞬间，人们平时所称的飞机起飞时间、落地时间、预计进场时间、日出时间，指的都是时刻。时段指航空事件从发生到结束的时刻间隔，如空中飞行时间、航班延误时间等指的就是时段。

如果把时间看成一条直线，时刻就是线上的一点，时段是线的一段，时段是两个时刻之间的距离。时间包含了时刻和时段。

如图 2-7 所示，一架飞机 8:00 从上海起飞，9:00 经过合肥上空，10:00 到达北京，然后起飞，11:00 经过沈阳上空，11:45 到达哈尔滨，上述时间都表示时刻；从上海到哈尔滨需要飞行 3 小时 45 分，表示时段。

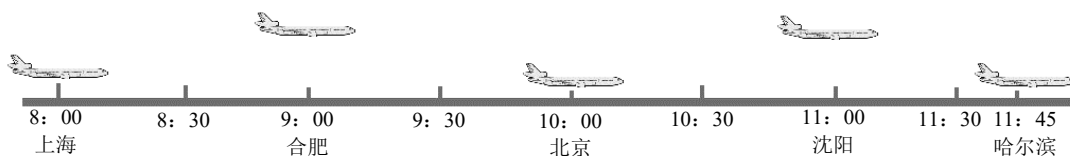


图 2-7 时刻和时段

人类在长期的生产生活中通过观察星体运动的规律形成了不同的计时方式，这就是时间系统。航空活动中常用的时间系统包括地方时、区时和协调世界时。

二、地方时

地方时，顾名思义，就是指当地的时间。人类最早通过观察太阳的东升西落来安排作息劳动，习惯于把天亮视为一天的开始，把天黑视为一天的结束，而把太阳在头顶的时刻视为正午 12 时。中国古代有一种计时用的仪器——日晷，它利用影子的长度来确定时刻，把影子最短时视为正午 12 时。

地方时是根据太阳高度角在一天内的周期变化来确定的。例如，将地球上位于不同经度的地区视为观测者，每个观测者在同一瞬间测得的参考点的时角是不同的。因此，每个观测者都有自己的、与他人不同的时间，这一时间称为地方时，它是观测者所在的子午线的时间。位于东边的观测者总是先看到太阳，因此东边的地方时总是比西边的地方时早，不同经线上的地方时之差等于经度差对应的时间差。根据这个规律可以由一地的地方时推测另外一地的地方时。

地球自转一周要转动 360° ，所需的时间为 24 小时，地球每小时转动 15° ，转动 1° 需要

4 分钟,转动 $1'$ 需要 4 秒钟,我们判定这种转动是依靠当地对太阳的位置决定的,因此地球表面同一经线连续两次正对太阳的时段叫作一个平均太阳日或平太阳日。把一个平太阳日分为 24 小时,就确定了一个地方的时刻。因此,地方时是以太阳过子午面的时刻为正午 12 时,以此向前后推算而形成的时间系统(参见二维码 3),这种时间只适用于当地,故称地方时。地方时是理论区时、各国标准时、世界时的建立基础。



三、区时

地方时计算起来很麻烦,如果把经度分得很细,就会出现许多地方时,经度不同,时刻不同。假如 1° 一个地方时,全球就要出现 360 个地方时,这对于通信与交通是极为不便的。地方时适应于当地人的作息习惯,但是,随着长途铁路运输和远洋航海事业的日益发达,国际交往频繁,如果各国采用的是未经协调的地方时,就会给人们带来很多困难。为了克服这一缺点,国际上引入了理论区时。19 世纪 70 年代后期,加拿大铁路工程师弗莱明建议在全世界按统一标准划分时区,实行分区计时。这个建议首先被美国和加拿大采纳试行,后为多数国家所采用。

世界时区的划分是以本初子午线为标准的。从西经 7.5° 到东经 7.5° (经度间隔为 15°) 为零时区;从零时区的边界分别向东和向西,每隔经度 15° 划一个时区,东、西各划出 12 个时区;东十二时区与西十二时区相重合,全球共划分成 24 个时区,各时区都以中央经线的地方时为本区共同使用的时间系统。1884 年,华盛顿国际子午线会议决定将这种按全世界统一的时区系统计量的时间称为区时 (zone time)。

这样,全球的地方时就减少到 24 个,而且每 15 个经度划一个时区,地球转过 15 个经度恰好用 1 小时的时间。如此划分,可以看出中央经线都是 15° 的倍数。如此计算起来较为方便,相邻时区之间只差 1 个小时,两地之间差多少个时区就差多少个小时,东边时区的区时总比西边时区的区时早。

四、当地标准时

区时是为了计时方便,经国际协商而定的一种计时手段,但是一些国家的时区并不是按照理论上的 24 个时区来划分的,而是参照本国的行政区划,根据需要确定的,因此与理论时区略有差异。这样划分得到的时刻系统称为当地标准时 (local standard time, LST),它是各国实际采用的时刻系统。在世界各国实际划分的时区图上,时区之间的界线不完全是经线,多呈曲线与折线,其主要原因是考虑到了行政区划。

从经度上看,中国的范围由东五区到东九区,跨 5 个时区,也就是说最东面比最西面早了约 4 小时。为了使用方便,中国采用东八区的时区作为全国统一时区,也就是东经 120° 处的地方时,称作北京时间 (Beijing Time, BT)。北京时间是通过法律形式确定下来的全国共同使用的时间系统,因此北京时间是中国的法定标准时间。

这样一来也造成一个问题,即各地的天亮天黑与当地的时刻不统一了。例如,在春分时节,北京早上 6 点就天亮了,而新疆的乌鲁木齐此时正是一片黑暗,为此,新疆的作息

制度比北京推迟了 2 个小时。实际上，新疆采用的是东六区的区时。

俄罗斯的国土范围从东一区到西十一区，跨 12 个时区，如果统一使用一个区时，那么一部分地区将会出现一个极不合理的现象，就是明明是午夜时分，钟表上所指的却是正午 12 点。因此俄罗斯共划分出了 11 个时区，最西面的一个地区实际跨了两个理论时区。此外，俄罗斯的区时确定还有一个特点，即基本上超前一个区时，只要占着东边的时区，就以东面的区时作为实际使用的区时，因此俄罗斯多数城市的时刻比理论时刻早 1 小时。例如，圣彼得堡基本上在东经 30° 线上，应在东二区，但实际上采用了东三区的时刻。

还有一些国家根据本国所跨的经度范围采用半区时，就是说区时出现了小数。例如，伊朗按理论区时，它的一半在东三区，另一半在东四区，因此它采用东 3.5 区时，就是把东三区的一半和东四区的一半合为一个时区，这样，中央经线就是东三区与东四区的交界线了。实际上它的中央经线是 52.5°E ，它不是 15° 的倍数。这样使用起来，伊朗本国十分方便，却增加了与其他国家换算的麻烦。

阿富汗采用东 4.5 区时，印度、斯里兰卡、尼泊尔采用东 5.5 区时，缅甸采用东 6.5 区时，因此这些国家与中国的时区差应该出现小数。这些国家与中国时间的换算方法是：用该国的时区数减去 8，因为中国在东八区。例如，印度为 $5.5 - 8 = -2.5$ ，表示印度比中国晚 2.5 个小时。

在北美洲，加拿大的纽芬兰岛也采用西 3.5 区时。与中国的时间相比较，纽芬兰岛比中国晚 11.5 个小时。

当地标准时可以通过第四节中的国际时差换算表查算获得。

五、世界标准时——格林尼治时和标准时差

区时系统既满足了当地人的生活习惯，同时也为国际交往中时间的换算带来了便利。而在国际通信、航空及科学记录等领域仍需要统一的时间标准。因此，国际上规定采用零时区的区时作为全世界共同使用的时间系统，称为世界时，也叫格林尼治时间（Greenwich mean time, GMT）。世界标准时是英国伦敦格林尼治天文台（旧址）采用的地方时，即本初子午线上的地方时。它也是英国、摩洛哥、几内亚、冰岛、科特迪瓦等国家、地区以及一些群岛所采用的当地标准时，在理论区时中，就是中时区（零时区）采用的时刻系统。

某地的国际标准时间（GMT）是指该地与格林尼治的时差。

GMT 是世界各国所参照的标准时刻系统，各国实际采用的当地标准时均可用 $\text{GMT} \pm \text{SCT}$ 来表示，即某地的标准时（LST）比 GMT 早或者晚多少时间。

六、夏令时

daylight saving time 缩写为 DST，直译为日光节约时，俗称夏令时或夏令时间。夏令时是指按照当地标准时，在夏半年将作息时间提前一小时，冬半年又调回的时刻系统。采用夏令时是为了充分利用夏半年白天较长的日光时段，以求节省能源。目前，世界上有 100 多个国家采用夏令时，并达到了理想的预期效果，如美国通过实行夏令时，平均每天可节电 1%。

中国曾于 1986—1991 年实行夏令时，但并未取得节省能源的效果，故后来终止。

由于夏令时比当地标准时提前了一个小时，故 $DST = LST + 1$ 。如果在夏令时的使用时段内，甲、乙两地都使用夏令时间，按正常方法计算；如果甲、乙两地一个使用标准时间，另一个使用夏令时间，在计算时就要考虑夏令时间与标准时间的差，需要先把夏令时间换成当地的标准时间再进行计算。例如，某地夏令时间为上午 10:00，实际当地标准时间是 9:00。夏令时间换算成当地标准时间应该是夏令时间减去 1 小时。

七、世界时和协调世界时

由于地球自转速度存在着周期性、不规律变化和长期变慢的趋势，每年大约要比原子时慢 1 秒钟，国际天文学会和国际无线电咨询委员会于 1971 年开始决定采用“协调世界时”（coordinated universal time, UTC）。协调世界时采用原子秒长，各国授时机构根据国际计量局的通知于每年的岁中或岁末调慢 1 秒，以适应世界时长期变慢的趋势。航空应用中，协调世界时与世界时的差别可以忽略。

八、日界线

为了统一全球的日期和时刻，就必须划出日界线。

地球按逆时针方向旋转，地表不同经度两地之间的东西方向是相对的，因此难以确定谁在谁的东面，而且有日期不统一的问题，即哪里最先进入新的一天。假设地球上甲、乙两地，似乎应该是乙在甲的东面，但是甲认为自己在东面，理由是地球由西向东转，乙向东转过大半圈后才能到达甲现在的位置。引入了日界线的概念后，如果人为地划定一条经线，把它作为最早进入新的一天的起点，问题就迎刃而解了。如果划在乙的东面，那么，乙比甲早；如果划在甲、乙之间，那么，甲比乙早。

日界线如放在 0° 经线上最理想，它有利于世界各地日期的换算，但是 0° 经线穿过许多欧洲国家，把它作为日界线，这些国家就会出现同时有两个日期的现象，这无论对工作还是生活都很不方便。为了避免这一现象，日界线划在太平洋上，并且有几个弯折。

经国际协商，日界线划在了 180° 经度处。如此，以东经 180° 处为最早（最东），而西经 180° 处为最晚（最西）。日界线以西为东十二区，日界线以东为西十二区，东十二区为最早（最东），西十二区为最晚（最西）。

日界线确定后，由于地球由西向东转，所以日界线西侧的地方总是最先进入新的一天，而日界线东侧的地方要等地球转了快一周之后，才开始新的一天。因此，东、西十二区虽在一个时区内，它们钟点数相同，但是日期差一天，东十二区总比西十二区早一天。这样，在飞机向东越过日界线时，为了与当地日期一致，日期要减一天；向西越过日界线时，为了与当地日期一致，日期要加一天。我们把有关日界线的问题小结如下。

- (1) 向东越过日界线，减一日；向西越过日界线，加一日。
- (2) 东、西十二区内钟点相同；东十二区总比西十二区早一天。
- (3) 东十二区为最东；西十二区为最西。

第四节 时 差

一、时差的产生

一个住在巴黎的人如果中午想和住在纽约的朋友打电话，一定会把朋友从美梦中吵醒，因为巴黎的中午相当于纽约的清晨。如果我们从巴黎飞往纽约，乘坐的是和地球自转线速度一样快的飞机，那么时间对我们来说好像是静止的，当我们到达纽约时，当地时间恰好就是从巴黎起飞的时间，这就造成了经度不同的地区，时刻不同。当东经 90° 处于正午 12 点时， 0° 本初子午线处刚刚天亮，而 180° 经线处则已经夕阳西下了。

二、时差的影响

地球自转造成了经度不同地区的时刻不同，当飞机跨越不同经度时，就产生了时刻上的不统一。目前，世界主要航线的分布多呈东西向，飞机沿这些航线飞行时，必然会跨越不同经度，并且飞机航班时刻表中起飞时间和到达时间均以当地时间公布。因此，也就必须进行时差的换算。这个问题对安排航班、制订飞行计划和提高服务质量具有实际意义。此外，时差和飞行中昼夜长短的变化对机组人员的生物钟也将产生较大影响。

三、时差图

为了便于计算时差，可利用时差图，如图 2-8 所示。



图 2-8 时差图

从图 2-8 所示时差图可以得出以下结论。

- (1) 由于地球自西向东自转，同纬度偏东位置的地方总比偏西位置的地方先见到日出，时刻较早。
 - (2) 标准时差是当地中央经线的区时与格林尼治时间（世界时），即本初子午线区时之间的时差，正数表示早几个小时，负数表示晚几个小时。
 - (3) 计算两个时区之间的时差 Δn 时，均是用东边时区的标准时间减去西边时区的标准时间，结果是正数，表示东边区时比西边区时早几个小时，或者说西边区时比东面区时晚几个小时。
- 例如，东八区与西五区的时差 $\Delta n = E_{\text{东}} - E_{\text{西}} = (+8) - (-5) = 13$ ，即东八区时间比西五

区时间早 13 小时。又如，西二区与西十区的时区差 $\Delta n = (-2) - (-10) = 8$ ，即西十区比西二区晚 8 小时。

(4) 已知西边城市时间，求东边城市时间，就用西边城市时间加时差；已知东边城市时间，求西边城市时间，就用东边城市时间减时差。公式如下：

$$E = E_0 \pm \Delta n$$

E ：求所在城市时间；

E_0 ：已知城市时间；

Δn ：时差。

$$E_{\text{东}} = E_{0\text{西}} + \Delta n$$

$$E_{\text{西}} = E_{0\text{东}} - \Delta n$$

(5) 如果计算结果大于 24 小时，则日期加 1 日后，时刻减去 24 小时；如果计算结果出现负值，则日期减 1 日后，时刻加上 24 小时。

举例：如果东八区现在是早上 9 点，西五区现在是什么时间？

计算如下：

$$\Delta n = E_{\text{东}} - E_{\text{西}} = (+8) - (-5) = 13:00$$

$$E_{\text{西}} = E_{\text{东}} - \Delta n$$

$$= 9:00 - 13:00$$

$$= 9:00 + 24:00 - 13:00 \text{ (时刻加上 24 小时，日期减 1 天)}$$

$$= 33:00 - 13:00$$

$$= 20:00$$

答：西五区是前一天晚上 20:00。

四、地方时转换

两个地区地方时之间的差称作时差。经度每相隔 15° ，地方时时刻刻相差 1 小时，即经度每相隔 1° ，时刻相差 4 分钟。同一经线上的各地地方时一定相同，不同经线上各地地方时存在差异。

我们仍可用以上公式和规则来计算地方时转换。

【例 2-1】当 135°E 的地方时是 8 点时， 73°E 是几点？

解：

第一步，求地方时差。

$$135^\circ\text{E} - 73^\circ\text{E} = 62^\circ$$

$$\Delta n = (62^\circ \div 15^\circ) \times 60 \text{ 分钟} = 248 \text{ 分钟} = 4 \text{ 小时 } 8 \text{ 分钟}$$

第二步，求地方时。

$$E_{\text{西}} = E_{\text{东}} - \Delta n = 8:00 - 4:08 = 3:52$$

答： 73°E 的地方时为 3:52。

【例 2-2】当 60°E 的地方时是 9 点时， 120°W 是几点？

解：

第一步，根据时差图求地方时差。

$$60^{\circ}\text{E} - 120^{\circ}\text{W} = 180^{\circ}$$

$$\Delta n = (180^{\circ} \div 15^{\circ}) \times 1 \text{ 小时} = 12 \text{ 小时}$$

第二步，求地方时。

$$\begin{aligned} E_{\text{西}} &= E_{\text{东}} - \Delta n = 9:00 - 12:00 \\ &= 9:00 + 24:00 - 12:00 \text{ (时刻加上 24 小时，日期减 1 天)} \\ &= 33:00 - 12:00 \\ &= 21:00 \end{aligned}$$

答：当 60°E 的地方时是 9 点时， 120°W 是前一天 21 点。

五、使用国际时差换算表计算时差

在时差计算中，首先要学会使用国际时差换算表，如表 2-1 所示，各国实际采用的当地标准时间均可在表中获得。为了简化计算，主要国家/城市相对世界标准时的时差及其与北京标准时的时差也在列表中。

表 2-1 主要国家/城市国际时差换算表

国家（地区）与城市	时 区	与世界标准时时差	与北京东八区标准时时差
新西兰、斐济	东十二区	12	4
法属新喀里多尼亚、瓦努阿图、关岛	东十一区	11	3
俄罗斯（符拉迪沃斯托克）、澳大利亚（布里斯班、堪培拉、霍巴特、墨尔本、悉尼）、巴布亚新几内亚	东十区	10	2
日本、朝鲜、韩国、俄罗斯（尼古拉耶夫斯克）	东九区	9	1
中国、蒙古、新加坡、马来西亚、菲律宾、文莱、俄罗斯（伊尔库茨克）、澳大利亚（珀斯、弗里曼特尔）	东八区	8	0
泰国、印度尼西亚、越南、柬埔寨、老挝	东七区	7	-1
缅甸		6.5	-1.5
孟加拉、哈萨克斯坦	东六区	6	-2
印度、斯里兰卡、尼泊尔		5.5	-2.5
俄罗斯（鄂木斯克）、巴基斯坦、塔吉克斯坦、乌兹别克斯坦、吉尔吉斯斯坦、土库曼斯坦	东五区	5	-3
阿富汗		4.5	-3.5
阿联酋、毛里求斯、阿塞拜疆、亚美尼亚、格鲁吉亚	东四区	4	-4
伊朗		3.5	-4.5
沙特阿拉伯、科威特、伊拉克、俄罗斯（莫斯科、圣彼得堡）、乌克兰、埃塞俄比亚、坦桑尼亚、吉布提、乌干达、索马里、肯尼亚、马达加斯加、土耳其、苏丹	东三区	3	-5

续表

国家（地区）与城市	时 区	与世界标准 时时差	与北京东八区 标准时时差
约旦、黎巴嫩、叙利亚、巴勒斯坦、希腊、保加利亚、罗马尼亚、芬兰、白俄罗斯、莫桑比克、埃及、博茨瓦纳、南非、赞比亚、利比亚	东二区	2	-6
荷兰、比利时、塞尔维亚、波斯尼亚和黑塞哥维那、克罗地亚、德国、匈牙利、丹麦、波兰、直布罗陀、西班牙、挪威、法国、捷克、意大利、瑞典、阿尔巴尼亚、梵蒂冈、奥地利、波兰、瑞士、阿尔及利亚、刚果（布）、喀麦隆、刚果（金）、尼日利亚、安哥拉、乍得、突尼斯、纳米比亚、尼日尔	东一区	1	-7
爱尔兰、葡萄牙、英国、冰岛、科特迪瓦、马里、塞内加尔、摩洛哥、加那利群岛、利比里亚	中时区	0	-8
巴西（巴西利亚）、阿根廷、乌拉圭、苏里南	西三区	-3	-11
巴拉圭、委内瑞拉、玻利维亚、特立尼达和多巴哥、波多黎各、智利	西四区	-4	-12
美国（亚特兰大、巴尔的摩、波士顿、底特律、迈阿密、纽约、费城、匹兹堡、华盛顿哥伦比亚特区）、加拿大（蒙特利尔、魁北克、多伦多、渥太华）、哥伦比亚、巴拿马、古巴、牙买加、秘鲁	西五区	-5	-13
美国（芝加哥、达拉斯、休斯敦、新奥尔良、圣路易斯）、加拿大（丘吉尔港、温尼伯）、墨西哥	西六区	-6	-14
美国（盐湖城）、加拿大（埃德蒙顿）	西七区	-7	-15
美国（拉斯维加斯、洛杉矶、圣迭戈、旧金山、西雅图）、加拿大（温哥华）	西八区	-8	-16
美国（安克雷奇）	西九区	-9	-17
美国（檀香山）、法属波利尼西亚	西十区	-10	-18
萨摩亚	西十一区	-11	-19

【例 2-3】当世界标准时是 12:00 时，求新加坡的当地标准时。

解：从表 2-1 中得知新加坡属东八区，与世界标准时时差为 8 小时，世界标准时为 12:00，则

$$\begin{aligned} E_{\text{东}} &= E_{\text{西}} + \Delta n \\ &= 12:00 + 8:00 \\ &= 20:00 \end{aligned}$$

答：当世界标准时是 12:00 时，新加坡的当地标准时为 20:00。

【例 2-4】当世界标准时是 12:00 时，求巴拿马的当地标准时。

解：从表 2-1 中得知巴拿马属西五区，与世界标准时时差为-5 小时， $\Delta n = 0 - (-5) = 5$ 小时，世界标准时为 12:00，则

$$\begin{aligned} E_{\text{西}} &= E_{\text{东}} - \Delta n \\ &= 12:00 - 5:00 = 7:00 \end{aligned}$$

答：当世界标准时为 12:00 时，巴拿马的当地标准时为 7:00。

【例 2-5】当委内瑞拉加拉加斯的当地标准时为 8:00 时，求泰国曼谷的当地标准时。

解：从表 2-1 中得知委内瑞拉属西四区，与世界标准时时差为-4 小时，泰国曼谷属东七区，与世界标准时时差为 7 小时，用东面时区标准时间减去西面时区的标准时间，即 $\Delta n = 7 - (-4) = 11$ 小时，求东面城市时间，即

$$\begin{aligned} E_{\text{东}} &= E_{\text{西}} + \Delta n \\ &= 8:00 + 11:00 \\ &= 19:00 \end{aligned}$$

答：当加拉加斯当地标准时为 8:00 时，曼谷的当地标准时为 19:00。

一些联邦制国家在本国实行多时区制，如美国、加拿大、巴西、澳大利亚等，一个国家有多个时区。航空公司的航班时刻表均以当地时间公布，游客在这类多时区的国家旅行时也要考虑时差问题，以免造成时间上的混乱。多时区国家的各个时区是以不同的区域来表示的，主要城市的相关信息可直接从表 2-1 中查到，但其他城市的时差就需要借助其他工具，如通过世界地图中的“世界时区”来定位。

【例 2-6】当西班牙马德里处于 10 月 30 日 5:00 时，请问加拿大温哥华此时的当地时间是几点？

解：从表 2-1 中得知西班牙属东一区，与世界标准时时差为+1，加拿大温哥华属西八区，与世界标准时时差为-8，用东面时区标准时间减去西面时区的标准时间，时差 $\Delta n = 1 - (-8) = 9$ 小时，则

$$\begin{aligned} E_{\text{西}} &= E_{\text{东}} - \Delta n \\ &= 5:00 - 9:00 \\ &= 5:00 + 24:00 - 9:00 \text{（时刻加上 24 小时，日期减 1 天为 10 月 29 日）} \\ &= 29:00 - 9:00 \\ &= 20:00 \end{aligned}$$

答：当西班牙马德里处于 10 月 30 日 5:00 时，加拿大温哥华此时的当地时间是 10 月 29 日晚上 20:00。

此例与上述算例的主要区别就是涉及了日期的变化，当所得时间为负值时，可将日期推算至前一日；当所得时间大于 24 时，可将日期推算至后一日。

六、起飞航班时刻的推算

国际航班业务中需要具体确定起飞和到达时刻，在飞行时间确定的前提下，起飞时刻决定了到达时刻。起飞航班时刻的推算过程如以下例题所示。

【例 2-7】中国访美代表团要在 10 月 1 日 8 时前从纽约乘专机赶到北京参加国庆活动，如果飞行时间为 14 小时 30 分，如何紧凑地安排专机的起飞时刻？

分析：此题实际上是要求安排最紧凑的起飞时刻。可首先考虑飞行时间，推算出起飞时北京时间是多少，再利用时差的换算求得当地的起飞时刻。当然也可以先考虑时差的换算，即求出在到达北京时，纽约的时刻是多少，再考虑飞行时间，推算起飞时刻。

解：

第一步，推算起飞时间。

起飞时的北京时间应为

$$10月1日8时-14小时30分=9月30日17时30分$$

第二步，求时差。

查表 2-1 得到北京属东八区，与世界标准时时差为+8，纽约属西五区，与世界标准时时差为-5，时差 $\Delta n = 8 - (-5) = 13$ 。

第三步，时差换算，把北京时间换算成纽约时间。

式中已知条件： $E_{东} = 9月30日17时30分$ 。

求起飞时纽约的时间应为

$$\begin{aligned} E_{西} &= E_{东} - \Delta n \\ &= 17:30 - 13:00 \\ &= 4:30 (9月30日) \end{aligned}$$

答：中国访美代表团必须乘坐9月30日4:30以前的航班，当然还要加上地面旅行时间，因此航班还要更早。

七、飞行时间计算

【例 2-8】某航班于北京时间 6 月 3 日 11 时 25 分从北京起飞，飞往莫斯科。到达时，莫斯科时间为当日 19 时 15 分，求飞行时间（莫斯科采用东三区的夏令时）。

分析：解此类题的关键是要用统一的标准时刻去推算。此外，夏令时比当地标准时早 1 小时。莫斯科东三区的夏令时间为 19 时 15 分，比 GMT 早 4 个小时；莫斯科东三区的时间实际为 18 时 15 分，比 GMT 早 3 个小时。

本题给出了莫斯科采用东三区的夏令时，即莫斯科时间比 GMT 早 4 个小时，北京比 GMT 早 8 小时应作为常识掌握，故不用查表也可计算。

解法一：统一采用世界标准时系统（GMT）计算。

到达时 GMT 为 = 6 月 3 日 19 时 15 分 - 4 小时 = 6 月 3 日 15 时 15 分

起飞时 GMT 为 = 6 月 3 日 11 时 25 分 - 8 小时 = 6 月 3 日 3 时 25 分

飞行时间为 GMT 的到达时间减去 GMT 的起飞时间，即

$$\text{飞行时间} = 6月3日15时15分 - 6月3日3时25分 = 11\text{小时}50\text{分}$$

解法二：统一采用北京时间系统计算。

到达时的北京时间为

$$\begin{aligned} E_{东} &= E_{西} + \Delta n \\ E_{北京} &= E_{莫斯科} + \Delta n \\ &= 6月3日19时15分 + (8 - 4)\text{小时} \\ &= 6月3日23时15分 \end{aligned}$$

起飞时的北京时间为 6 月 3 日 11 时 25 分（已知条件）。

飞行时间为北京的到达时间减去北京的起飞时间，即

飞行时间 = 6月3日 23时 15分 - 6月3日 11时 25分 = 11小时 50分
以上两种解法所得到的结果是相同的。

思考题

1. 太阳活动对地表空间有哪些影响？
2. 地球大气圈结构如何划分？
3. 航空器在空间的活动范围有哪些？
4. 地球自转一周需要多少时间？以什么标准来确定？
5. 太阳日和恒星日的差异是由什么原因造成的？
6. 地球自转可分为角速度和线速度，分别计算北纬 45° 处的地表角速度和线速度。
7. 总结地球上运动物体的偏转规律。
8. 简述地球公转对人类活动的影响。
9. 简述时间的概念以及它包括哪些内容。
10. 区时是如何划分的？
11. 地方标准时间是如何确定的？
12. 简述世界标准时间的作用。区时与世界标准时间的时差如何计算？
13. 日界线划在哪个区域？运动物体跨过日界线时如何计算日期？
14. 如何计算时差 Δn ？
15. 如何计算两个城市地方时的时差？
16. 如何使用国际时差换算表计算时差？
17. 如何使用时差公式计算两个城市之间的时差？
18. 如何计算飞行时间？