

飞机是20世纪最伟大的发明之一，以飞机诞生为标志，人类社会步入航空时代。在100多年的时间里，航空深刻地改变了社会活动风貌，创造出新的文明形态，有力地推动了科学技术发展，极大地提高了社会运转效率。人类已经走过的航空之路，是一条不断创新超越的发展之路，波澜壮阔，气象万千。本章解析航空的基本概念，介绍航空活动赖以存在的环境，回顾航空发展历程。

1.1 航空基本概念

试讲开始

本书名为《新航空概论》，是关于航空知识的概略之论，首先需要对基础性航空概念进行解析，即概念之论。概念由内涵和外延两个子集组成。内涵指概念的含义和内容，也就是常说的定义，即用以反映客观事物本质属性的语词；外延则是其所反映的客观事物之集合。内涵与外延之间具有“映射”关系。

1.1.1 什么是航空

“航空”是本书的核心概念，厘清其内涵与外延，是我们学习和应用航空知识的出发点。“航空”与“航天”本源相同，随着科学技术的进步和事业发展的需要，逐步形成含义相近但有所不同的两个概念，对两者进行比较研究，有助于更全面地理解和认知航空。

1.1.1.1 关于航空的定义

现今人类的飞行活动有“航空”与“航天”之分。

航空（aviation）的定义为：人类利用载人或不载人的器械在地球大气层中从事的飞行及有关活动。其中，“器械”和“大气层”是两个关键词。人类必须依靠专门器械才能飞行，这种器械便是航空器。航空活动须在大气层内完成，大气为航空飞行提供了必要条件。实际上，大气层的高程超过1200km，远远超出了当今航空活动的范围。

航天（space flight），又称太空飞行，其定义为：人类利用载人或不载人的器械在地球大气层之外从事的飞行及有关活动。当今，许多典型的航天活动并没有超出地球大气层的范围。

研究航空的学科为航空学（aeronautics），研究航天的学科为航天学（astronautics）。

1.1.1.2 航空与航天的空间界定

《国际航空法》和《国际外层空间法》将地表之上的空间分为空气空间（air space）和外层空间（outer space），并定义：在空气空间内的飞行活动为航空，在外层空间的飞行活动为航天。

空气空间涉及一个国家的领空和主权；而目前，外层空间属“公共空间”。在两者界面划分上，迄今尚无权威的法律定义。世界上有以下几种划分主张：

①以飞行器能环绕地球飞行的最低轨道高度，即临界轨道高度来划分，约为110km。

②以卡门线来划分；20世纪50年代，根据理论计算和冯·卡门的建议，国际航空联合会（FAI）将距离地面100km的高度定义为航空航天分的分界线，并称为卡门线，卡门线以下为空气空间，卡门线以上为外层空间。

③以有无空气分子存在的高度来划分，这个高度距地面超过1200km。

④以地球同步卫星（对地静止卫星）轨道高度划分空气空间与外层空间，约为36000km。

⑤20世纪80年代，美国国家航空航天局（NASA）认定飞行高度达到或超过80km的人为太空人，也就意味着将80km认定为航空与航天的空间界线。

⑥以当代航空器的最高升限来划分，之下为空气空间，之上为外层空间。

这些不同的划分主张，关乎不同的技术认知，更关乎国家的领空范围，国际上就此展开的争论也带有利益博弈的色彩。目前，使用相对普遍、接受程度较高的划分方法，是以卡门线来标志航空航天界线，即距地表约100km。

关于航空的高度范围，亦应给予科学定义。后面就要介绍的大气层，其对流层（0～20km）和平流层（20～59km）是空气相对密集的高度空间；在平流层顶端的50km，仍有一定密度的空气存在。现有的空气动力学理论与相应的工程技术，可支撑或部分支撑在这一高度范围的航空器发展。20世纪60年代，以液体燃料火箭发动机推进的X-15A型高超声速飞机曾数次突破50km高度；1962年8月22日乔·沃尔克驾驶飞机达到107960m的高度，创造了有人驾驶飞机飞行高度的世界纪录。综合这些认知，航空的高度范围应认定为从地表向上50km，即对流层和平流层的全部。

现今被广泛关注的近太空或临近太空（near space）的高度范围，则应定义为从平流层顶端（50km）到卡门线高度（100km），即大致为中间层的全部，而非20～100km。据此，航空、近太空、太空（航天）的高度范围在科学意义和技术实践上均将相互衔接。

1.1.1.3 航空与航天的技术差异

航空与航天之间的技术差异主要体现在以下几个方面：

①飞行环境不同，航空环境离不开大气，航天环境为真空或近似真空状态。

②飞行原理不同，航空器升力主要源于空气动力或空气静力，航天器则遵循天体力学原理。

③飞行速度不同，目前最快的航空器速度为马赫数（ Ma ）6.72（ Ma 是速度 V 与当地声速 c 之比），大约2.3km/s；航天器若要脱离地球引力，至少需达到7.9km/s的第一宇宙速度。

④动力装置不同，航空器主要采用吸气式发动机，通过吸收空气中的氧气作氧化剂，航天器需要自带燃烧剂和氧化剂，多采用火箭发动机。

⑤飞行方式不同，航天器均沿着特定的轨道飞行，而航空器则无须遵循轨道飞行规律。

航空与航天有着密切关联。航空技术是航天技术的基础，没有航空便没有航天；航空飞行往往是航天活动中的一个环节，航天器不可能一下子飞到太空中去。随着技术的进步，呈现出“空天一体”的趋势，即在空间上绵延一体，在技术上相互融合。

1.1.2 航空飞行环境

航空飞行离不开特定的环境，首先是以大气层为主的自然环境，然后是支撑其存在、且日益完善的技术环境，又称人为环境，包括人造环境和有组织、有程序利用非人造资源形成的环境，如机场、跑道、空域、航线和航路等。

1.1.2.1 大气层

大气层又称大气圈，指包裹在地球周围的一层大气，是最重要的航空自然环境。其主要成分是氮气（78.1%）、氧气（20.9%）及二氧化碳、水蒸气等，厚度超过1200km，自下而上分为对流层、平流层、中间层、热层和散逸层（见图1-1）。

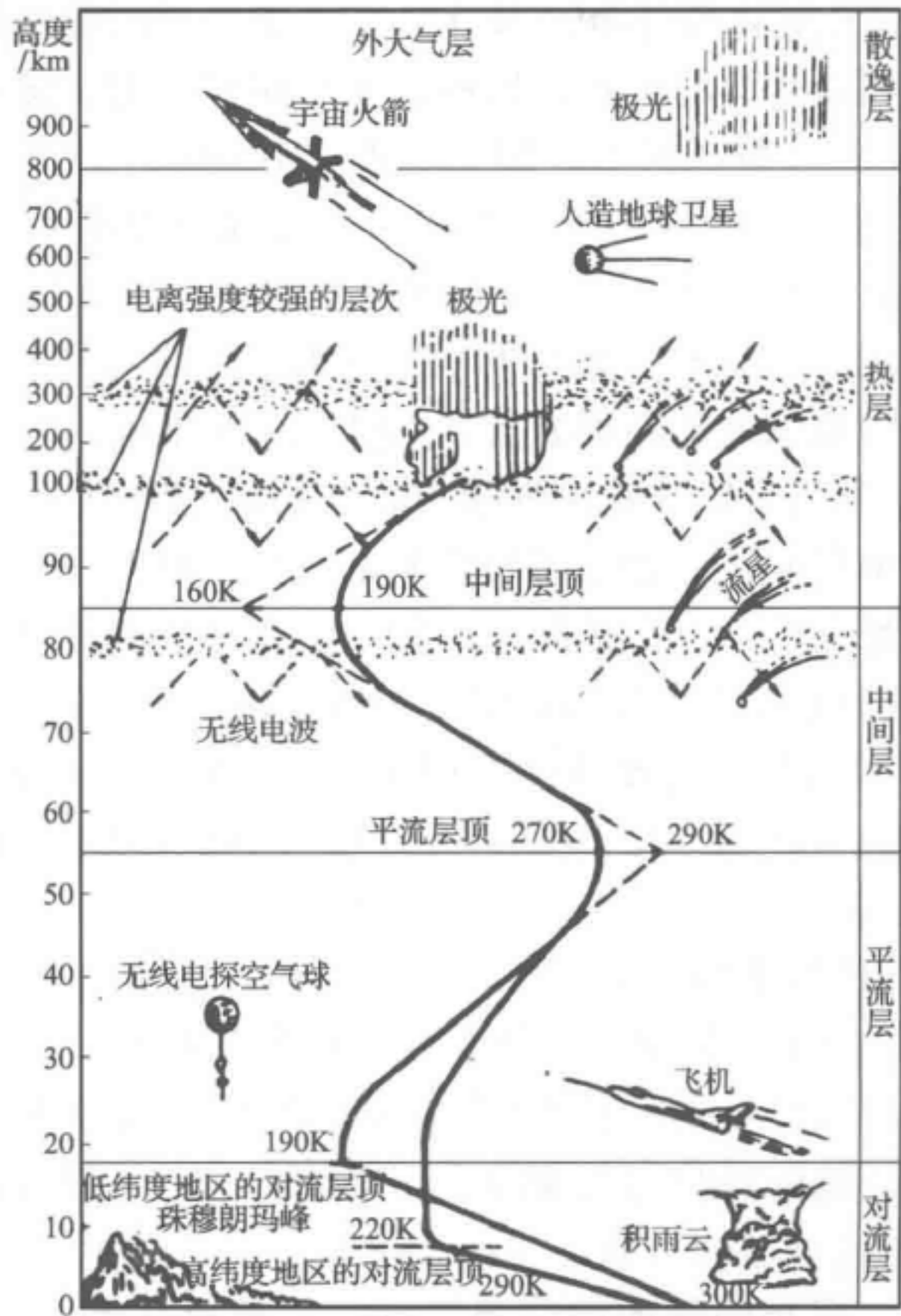


图 1-1 地球大气层示意图

(1) 对流层

对流层是主要的航空活动空间。在对流层内，空气的相对流动强烈。它位于大气层的最低层，紧靠地球表面，其厚度在低纬度地区平均为17～18km，中纬度地区为10～12km，高纬度地区为8～9km。对流层集中了整个大气3/4的质量和几乎全部的水蒸气。对流层内的气温随高度升高而降低，每上升100m气温平均下降0.65℃。对流层内温度、湿度的水平分布也不均匀，在高纬度内陆地区，寒冷而干燥；在热带海洋上空，则温暖而潮湿。

(2) 平流层

平流层位于对流层顶之上，其顶界延伸到约 50km 高度，因空气流动相对平稳而得名。在平流层的下半部，气温基本保持在 -55°C 左右；但到 25km 以上，气温随高度增加急剧升高。在平流层的中间，距地面 20 ~ 30km 的高度，氧分子在紫外线作用下变成臭氧，形成臭氧层。在平流层中，空气密度比对流层小得多，水汽和尘粒含量也极少，气流平稳，天气晴好，这有利于飞行活动，但由于空气密度小，使吸气式动力装置的效率和航空器的操纵效率降低。

(3) 中间层

平流层以上是中间层，其顶端高度距地表约 85km。中间层又分为逆温层和混合层，逆温层由平流层顶延伸至 60km 高度，气温随高度增加而显著上升，层顶可达 270 ~ 290K (K 为开 [尔文]，热力学温度，0K 约等于摄氏温度 -273.16°C ，称为热力学温度 0K)；逆温层的上方是混合层，在混合层里，气温又开始急剧下降，空气有强烈的垂直运动。目前，中间层几乎还是飞行活动的空白区域，开发利用该层空间具有重要意义。

(4) 热层

热层位于中间层顶至 800km 的高度，热层空气质量仅占大气总质量的 0.5%，空气密度小到连声音都难以传播。热层气温随高度增加而迅速上升，上部可达 750 ~ 1000K。在热层中有两个电离程度相对较强的“电离层”，一个是位于 90 ~ 130km 高度的 E 层，另一个是位于 200 ~ 400km 高度的 F 层，电离层对无线电通信有重要影响。

(5) 散逸层

热层顶以上的大气层称为散逸层。由于空气已经极其稀薄，且受地球引力作用小，因而大气质点不断向星际空间逃逸。

1.1.2.2 大气现象

大气现象对航空活动有重要影响，早期航空受气象影响尤甚；现今虽然在一定程度上摆脱了气象条件的制约，但许多剧烈的天气变化，仍严重影响着飞行活动。

(1) 云

云是空气中水汽的可见凝聚态，按形状不同分为积云和层云两种。按高度不同又分为低云（距地面 2000m）、中云（2000 ~ 7000m）和高云（7000m 以上），以及高度范围极宽的垂直延伸云（从 300m 到平流层底部）。积云内部和周围的强气流运动与水分，以及强烈的光、电、声现象，全面而经常性地影响着飞行活动。

(2) 风

空气的流动称为风。风是由于地球自转以及大气层中气温和气压不同，使空气在不同方向产生对流而形成的。风对飞行活动的影响有很多方面，如飞机起飞和着陆，要尽量迎风进行，以缩短起飞着陆距离；侧风会使飞机航迹偏离，侧风过大时航空器不能起降；顺风会使飞机地速增大，从而增大航程或缩短飞行时间，逆风则相反。

风矢量（风向、风速）在水平或垂直距离上的变化被称为风切变。风切变有水平风切变、垂直风切变、下冲气流等。剧烈的风切变严重影响飞行安全，对大型飞机尤

甚，且难以预报和防范。

(3) 降水

降水现象包括雨、雪、冰雹等形式。降水使能见度降低，以细雨和雪的影响最大；降水会改变跑道性能，以积雪和冻雨最为严重；当航空器通过降水云或降水区时，过冷水或冰晶会凝结在航空器表面造成积冰，进而影响航空器气动性能和操纵性能。

(4) 视程障碍

导致大气能见度降低的天气现象被称为视程障碍。视程障碍直接影响航空器的起降。其成因主要有雾、烟幕、霾、风沙、浮尘、低云和降水等，其中，浓雾、强沙尘暴、强降雪等影响最为严重，甚至会使能见度降至几米或几十米。

(5) 雷暴

雷暴是一种中小尺度的天气现象，是积雨云强烈发展的结果（图 1-2 为砧状雷暴云）。雷暴严重威胁飞行活动，主要体现在：①危及飞行操纵，雷暴影响区的强气流和风切变，雷暴单体中的水平风切变、下冲气流、上升气流和湍流，都会严重影响飞行操纵，甚至导致飞机失事。②损坏系统，雷击、闪电和强烈的雷暴电磁场会造成航电系统的功能破坏。③导致动力损失，雷暴引起的强降雨会造成严重的空气动力损失，其影响程度与风切变同量级。

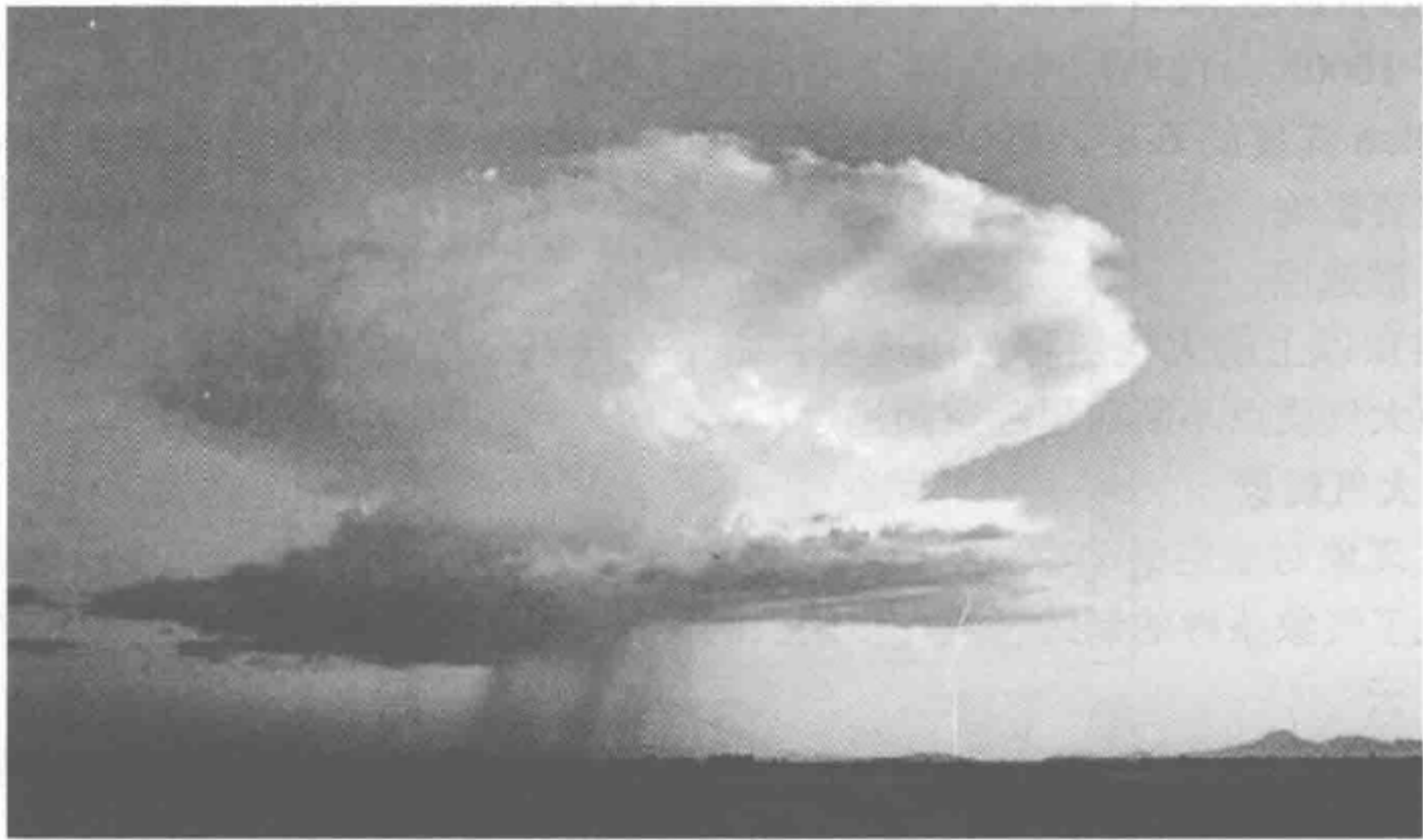


图 1-2 砧状雷暴云

试讲结束

(6) 热带气旋

热带气旋是发生在热带海洋上的强烈天气现象，是一个一边高速旋转、一边向周围运动的巨大旋涡；在北半球呈逆时针方向旋转，南半球则相反。当热带气旋的风速达到某一量级时，被称为台风或飓风（西太平洋沿岸国家称台风，大西洋沿岸国家称飓风）。热带气旋对飞行活动造成严重威胁，须采取规避措施远离。

1.1.2.3 机场与跑道

在航空技术环境中，首当其冲的是机场和跑道，不管如何简易，机场与跑道都不