

全国高等水产院校试用教材

气象学

厦门水产学院主编

捕捞和资源专业用

农业出版社

THE UNIVERSITY OF CHICAGO

PHILOSOPHY

DEPARTMENT OF PHILOSOPHY

PHILOSOPHY

PHILOSOPHY

全国高等水产院校试用教材

气 象 学

厦门水产学院主编

捕捞和资源专业用

农 业 出 版 社

主编：厦 门 水 产 学 院 江 仁
编者：厦 门 水 产 学 院 陈超群
大 连 水 产 学 院 邓广坤
湛江水产专科学校 牟少杰

全国高等水产院校试用教材

气 象 学

厦门水产学院主编

农业出版社出版（北京朝内大街130号）

新华书店北京发行所发行 农业出版社印刷厂印刷

787×1092毫米16开本 12.25印张 6插图 250千字

1980年9月第1版 1980年9月北京第1次印刷

印数 1—4,000册

统一书号 13144·216 定价 1.45元

9979

前 言

本书系根据高等水产院校捕捞专业与资源专业的特点和实际要求而编写的。全书共分八章，前五章以气象基础理论知识为主，后三章则根据捕捞生产与资源调查的需要，以介绍实际应用知识为主。对于有关气象观测等实践部分作为附录处理。

本书为高等水产院校捕捞和资源专业的教材，也可供中等水产学校有关专业及从事水产技术工作人员参考。

本书在编写过程中，承蒙中山大学陈世训、上海气象局李叔廷、上海师大周淑贞、原上海水产学院孙西岩等老先生的精心指导，以及张超、潘传麟同志和部分渔业公司有关同志的热情帮助，特此，谨致以衷心的感谢。

由于编写时间匆促，水平有限，书中难免存在不少缺点与错误，希望读者批评指正。

编 者

1979年3月

目 录

绪论.....	1
§1. 气象学的对象、内容和任务	1
§2. 气象学与国民经济建设的关系	1
§3. 气象学的发展简史	2
第一章 大气	4
§1. 大气的组成	4
§2. 大气的结构	6
§3. 大气的基本性质	10
§4. 大气圈在地理环境中的作用	13
第二章 气温	14
§1. 太阳辐射与地球辐射	14
§2. 空气的增温与冷却	17
§3. 气温的绝热变化	18
§4. 气温的变化	22
§5. 气温的分布	25
§6. 气温与渔业的关系	32
第三章 气压与风	34
§1. 气压及其随高度的变化	34
§2. 气压场	37
§3. 气压的变化与分布	41
§4. 风的成因	43
§5. 地转风与梯度风	48
§6. 大气环流	52
§7. 季风与海陆风	57
§8. 气压与风对渔业生产的影响	59
第四章 湿度与降水	62
§1. 湿度及其表示方法	62
§2. 蒸发与凝结	65
§3. 云	68
§4. 降水	73
§5. 我国降水的分布与季节变化	77
§6. 降水对渔业生产的影响	78
第五章 天气系统	79
§1. 天气与天气图	79
§2. 气团	80

§3. 锋	84
§4. 温带气旋	89
§5. 热带气旋	94
§6. 反气旋	104
§7. 中高纬度高空主要天气系统	108
第六章 海上灾害性天气	112
§1. 台风大风	112
§2. 船舶测算台风的简便方法	115
§3. 冷空气大风与低压大风	117
§4. 雷暴与龙卷	120
§5. 我国沿海的大风分布	123
§6. 海雾	124
第七章 天气预报	131
§1. 天气预报的种类	131
§2. 单船补充天气预报	132
§3. 天气谚语选编	146
第八章 气候	151
§1. 气候的形成	151
§2. 我国沿海气候概况	157
§3. 世界大洋气候概况	160
附录一 海上简易气象观测	170
附录二 天气图的填写规格	186

绪 论

§1. 气象学的对象、内容和任务

在我们人类所居住的地球上，它的表面周围有一层很厚的空气环绕着，我们将包围地球的这层空气称为大气。大气中时刻都发生着各种各样的自然现象，如：风、云、雨、雪等。研究大气中各种物理现象和过程的科学称为气象学。

气象学是一门内容非常广泛的科学。它有许多分科，例如有研究大气中一切物理现象和物理过程的大气物理学；有研究大气中一切气象要素短时间的现象和变化规律的天气学；有研究气象要素长时间在空间分布和时间变动上的气候学；有研究气象与其它科学的关系并为其服务的应用气象学，如：航空气象学、农业气象学、航海气象学、渔业气象学等等。近年来，随着科学技术的迅速发展，采用化学的方法去研究大气的变化正在形成新的分支，如大气的污染就属于大气化学的支派。同时人类为了有效地改造自然，人工影响天气，如人造云雨等正在得到迅速的发展。由此可以看出：研究大气状态，从定性和定量两个方面说明它的特性，找出控制它们发展的规律，从而掌握、利用有利的自然因素，控制和改造不利的自然因素，以保证社会主义建设的飞速发展就成为气象学的根本任务。

§2. 气象学与国民经济建设的关系

气象学与国民经济建设关系密切，具体地表现为气象工作既为国防建设服务，又要为经济建设服务。

气象工作为国防服务。现代化的战争中，气象情报是军事行动的重要保证之一。如风、气温、气压、湿度、大气密度是火箭、导弹设计和发射所需要的气象要素；风、云、雨、雪、雷暴、能见度、积冰等天气现象对海军航海和空军飞行的安全都有很大的影响。而正确地利用气象条件和天气预报又常常为克敌制胜、制定周密的作战计划提供有利的因素之一。

气象工作为国民经济建设服务，就是要我们在与自然作斗争中，利用有利，克服不利的气象条件。国民经济建设的各个方面，在相当程度上要受气象条件的影响。工厂、矿山、铁路、桥梁、大型水库等工程的设计、施工，都要使用气象资料；海陆空交通运输也离不开气象预报，而寒潮、霜冻、低温、大风、暴雨和旱涝等都会给农业生产带来不利的影响。气象条件对于海洋渔业生产关系密切，因为捕捞工作的进行不管在近海或在大洋中，都要受到天气变化的影响。例如：浓雾的产生易使渔船迷航以至触礁，大风的突然袭击，会造成生命财产的损失，而天气的变化对鱼群回游路线、鱼群的集散、鱼汛

的迟早、鱼场位置的迁移,都有着直接或间接的影响。因此,作为水产工作者,必须对气象,尤其对海上天气、气候概况应有所了解,掌握气象与鱼群生活的辩证关系,同时学会利用天气形势,熟悉灾害性天气的规律及其预防方法,把所学到的知识在实践中反复应用、反复验证、不断总结、不断提高,为保证安全生产和科学捕鱼提供依据,为发展我国的水产事业作出贡献。

§3. 气象学的发展简史

气象学和其它科学一样,是人类在生产实践中不断向自然作斗争而逐渐建立和发展起来的。

我国是历史悠久的国家,过去农业就很发达,所以古代就有许多有关气象学方面的创造与发明。三千年前,当时人们已经从事农牧业生产。从殷墟甲骨文中可以看到有不少是关于阴、晴、雨、雪的卜辞,曾将天气划分为晴、雨、冷、热、风五种类型。春秋战国时代(在二千五百年前)已完成了春、夏、秋、冬四季的区分,并准确地确定了春分、夏至、秋分、冬至的日期。秦汉时代(二千年前)有不少关于物候和灾害性天气,如大旱、大寒、霜雪、冰雹等的记载。东汉王充就已正确地解释了雷雨的成因。到了后魏(一千三百年前),二十四节气的制定已趋完备,并成为指导农业生产的历书。北宋的沈括对于虹的解释,南宋的朱熹对于成云致雨的解释,都和近代气象学的观点基本上一致。在仪器制造和使用上,汉代张衡就发明了“候风铜鸟”来观测风,较西洋早一千多年。宋朝秦九韶曾论述了雨量器容积的计算,到明朝永乐年间,统一颁发了标准雨量器到各县使用。我国劳动人民在长期的生产实践中,逐渐积累了丰富的看天经验并以天气谚语的方式流传下来,其数目之多是世界各国少有的。其中有许多对于地方天气的预报是很有参考价值的。后魏的贾思勰曾综合古代劳动人民的经验撰写《齐民要术》,其中曾提到:“天雨初晴,北风寒切,是夜必霜”,这是完全符合科学道理的。除此,长期以来流传于民间的“东虹日头西虹雨”,“春东风、雨祖宗”等的天气谚语,在天气预报上都有很好的效果。可惜从明清以后,由于封建王朝极端腐败和外国势力的侵略,严重地束缚了气象科学的发展。

在国外,一直到十七世纪以后,随着手工业和航海的发展,才发明和创造了一些仪器。如十六世纪末发明了温度计,十七世纪中叶发明了气压表。十九世纪中叶,由于电报的发明对气象学的发展起着很大的作用,开始根据气象电报作天气图,它使人们有可能迅速了解和研究广大地区的天气。十九世纪末和二十世纪初,随着物理学和机械工程学研究水平的提高,使气象仪器和理论也相应地得到发展,从而人们可以利用物理学上的基本定律和物理的方法来研究和说明发生的天气现象。同时在航空事业的推动和无线电探空仪的发明利用下,高空观测所能收集到发生于自由大气中的资料越来越多,这就使得气象研究的范围由近地面的空气层进而扩展到三度空间的大气层。继无线电探空仪发明之后,各种遥测气象仪器也相继发明。现今,由于雷达技术的发展,微波技术也被用到气象方面。气象雷达的应用,使天气预报部分地区可以依赖直接的探测,同时也使人们对于云中微物理过程以及雷电现象有了更深入的了解。又由于高速电子计算机的应用,

数值预报得到迅速的发展。必须指出的是气象火箭和人造地球卫星的发射,对气象观测起了重大的革新作用。过去是在地面从下向上观测,而且在辽阔的海洋和人烟稀少地区的上空留下了空白。如今应用火箭、卫星就可以把气象仪器带到一千公里以上的高空以至于大气外界,从上向下进行全球性的观测,这就把地球的大气作为一个整体来考虑,这的确是个划时代的进步,它将对于研究中、长期天气预报和长期气候变迁、改进短期天气预报等各个方面具有重大的意义,而且随着气象工具的不断改善,新的资料的不断取得,使得气象学新的理论研究也在迅速地开展起来。

由上可以看出,过去的气象学仅是描述性的科学,而进入二十世纪以后,随着科学技术的飞速发展,对天气预报要求的提高,气象学取得了极大的发展,从而进入了精密科学的行列。最近已有越来越多的人主张把传统的气象学这一名称,改变成能全面反映其内容的“大气物理学”这一名称。

气象学虽然取得了飞速的发展,但随着工农业生产的发展,最近社会上对气象学提出了新的要求,其中之一就是人们的活动造成的大气污染越来越显著,不仅是局部的,而且是全球的,不仅是地表附近的大气层,而且达到整个大气圈,都受到影响或将受到影响。另外,从一九四〇年开始南北极的变冷,以及许多地区旱涝等气候异常现象影响着世界许多地区,因而人们要求进行研究,来搞清气候变动的物理机制。总之,气象学虽然取得了新的发展,但它还是一门正在发展中的科学,还有许多尚未解决的问题亟待解决。

我国的气象科学,虽然有着悠久的历史,但在封建帝王长期统治下,发展比较缓慢。尤其是鸦片战争以后,帝国主义列强为了侵略我国,纷纷在我国设立气象台站,公开地窃取我国的气象情报,把持我国的气象工作,为他们的军舰和商船服务。解放前,我国的气象事业濒临于奄奄一息的境地,不仅台站稀少,仪器落后,技术人员缺乏,而且仅有的一点气象情报也成为帝国主义侵略和反动统治阶级镇压人民、制造内战的工具。

解放后,我国气象事业随着社会主义建设的需要,中国气象学开始了新的篇章。全国各地普遍建立了气象台站网,据不完全统计,我国现有气象台站比解放前多三十三倍;在军事、民航、海洋、工矿等部门建立了专业台站,农村社队建立了数以万计的气象哨和看天小组,气象服务网星罗棋布遍及全国各个角落;测风、测雨雷达网和测台风雷达警戒线,已初具规模,常规仪器已经自给;部分台站采用我国气象卫星接收和天气图传真等先进技术设备。科学实验群众运动广泛开展,热带气象、高原气候等研究工作取得了显著成果,许多科研项目具有先进水平。特别是为了适应工农业的需要,创立了具有我国独特风格的单站补充天气预报,开辟了大台站不易解决的局部地区天气预报的途径,使地方天气预报准确率有了显著的提高,它为我国气象工作如何为工农业生产服务开辟了道路。在人工控制天气方面也做出了成绩,广泛开展了人工防雹、人工降雨、人工防霜冻等工作,收到了显著的效果。同时,在党的领导下,由于大力发展气象教育工作,培养了一批又红又专的气象专业队伍和数十万群众参加的管天大军,他们常年战斗在高山、海岛、戈壁、边远和农业第一线,日夜坚守岗位,积极开展气象服务工作,为国防建设和经济建设做出了应有的贡献。当前,广大气象工作者正在遵照华国锋同志的指示:“努力办好人民气象事业,为建设社会主义的现代化强国服务。”

第一章 大 气

§1. 大气的组成

一、低层空气的组成

大气是由多种气体组成的混合物，它是由下面三种主要的不同成分组成的：（一）干洁空气；（二）水汽；（三）大气尘埃及别的杂质。现在分别讨论这些组成部分：

（一）干洁空气 如果空气中清除了灰尘及其他混合物，而且也排去其中所有的水分；如果不考虑二氧化碳随高度的减弱和臭氧随高度的增加，那么，这样的干洁空气的成分既不随纬度而改变，在低层空气中也不随高度而改变。根据气球探空仪上升时所取得的空气标本使我们相信：直到20—30公里的高度，干洁大气的成分基本上是不改变的。如表1—1。

表1—1 干空气的成分（在25公里高度以下）

气 体 成 分	干空气中的含量(%)		分 子 量
	按 容 积	按 质 量	
氮	78.08	75.52	28.02
氧	20.94	23.15	32.00
氩	0.93	1.28	39.88
二氧化碳	0.03	0.05	44.00
氖	0.0018	—	20.18
氦	0.0005	—	4.00
臭氧	0.00006	—	48.00
氢	0.00005	—	2.02
氟	痕 迹	—	131.30
氯	痕 迹	—	83.70
氨	痕 迹	—	222.00
干 空 气	100	100	28.97

在表1—1中列举了在地面附近干洁大气的最大可能成分，其中有两个主要的成分，即氮与氧，这两个成分就体积和质量来说差不多占空气的99%，与氩合在一起算，则差不多占空气的99.9%。大气中二氧化碳的含量既随时间而改变，又随空间而改变，这须视下垫面的性质而定，平均情况，空气中二氧化碳的含量所达数值等于空气体积的0.03%，而其余气体的含量，从表上可以看出，都小到可以略而不计的程度。

（二）水汽 大气中的水汽含量是不定常的，它既随时间而变，又随空间而变，而且改变的范围很宽广，就体积来说，其改变程度可以从0到4%，水汽的密度小于干空气的密度，二者的比为 $\rho_w/\rho_d = 0.622$ (ρ_w 表示水汽的密度， ρ_d 表示干空气的密度)，当

$T = 273^{\circ}\text{K}$ 及 $P = 1013$ 毫巴时, $\rho_w = 0.804 \times 10^{-3}$ 克/厘米³, $\rho_d = 1.293 \times 10^{-3}$ 克/厘米³。

所以空气中水汽的存在, 使空气密度微微变小。水汽的凝结和凝华过程以及凝结物的蒸发和升华过程, 显著地影响了大气过程的多样性, 它可以变为水滴和冰晶、成云致雨、下雪降雹。此外, 水汽在吸收和放射辐射能的过程中也起着很大的作用, 由于水汽能强烈地吸收地面辐射, 同时它又向周围空气和地面放射长波辐射, 在水相变化过程中又能放出或吸收热量, 这些都对地面和空气的温度有一定的影响。

(三) 大气尘埃及别的杂质 大气中含有各式各样悬浮状态的固体小质点及带着正负电荷的称为离子的小质点。这些固体小质点或固体杂质, 多集中在大气的底层, 它们的分布情况是随时间、地区和天气条件而变化。通常在近地面大气中陆上多于海上, 城市多于乡村, 冬季多于夏季。大气中悬浮着的固体小质点即尘埃和细粒, 以及一些别的杂质, 其来源有以下几个方面:

1. 由岩石及土壤的风化, 以及森林、木材和工厂里的锅炉燃烧所放出的烟雾及灰尘。
2. 火山爆发时所喷出于空气中的大量灰尘。
3. 当陨石燃烧时所产生的及由星际太空落入地球大气中宇宙灰尘。
4. 海洋中随浪花飞逸的盐粒。
5. 由细菌、动物所呼出的病毒, 植物花粉等等组成的有机灰尘。

大气中含有大量的灰尘及烟粒时, 使得大气混浊, 因而视程很坏。有些小质点, 能促使水汽凝结和凝华过程的开始并加速这些过程, 它们被称为凝结核或凝华核, 那些不积极地参与水汽凝结和凝华过程的小质点, 当它们吸收和放射辐射能时, 对于空气的加热和冷却起着显著的作用。

由此看来, 大气中存在的尘埃、烟粒和别的杂质, 对于大气中所发生的物理过程起着积极的作用。

二、大气质量及其垂直分布

地球大气的总质量大约为 5.26×10^{21} 克, 这些质量的98%集中在30公里以下的低层大气中。一般说来大气质量的垂直分布, 愈近于地面空气愈密集, 而愈向高空则空气就愈稀薄。根据实测结果, 到达700—800公里高度处, 气体分子之间的距离可达几百米远, 继续往上去空气更加稀薄, 一直到达地球以外的“星际空间”时仍然不是绝对的真空。大气中的臭氧、二氧化碳和水汽的垂直分布情况各有不同。

臭氧主要是在太阳紫外线辐射的作用下形成的, 另外有机物的氧化和雷雨闪电作用也能形成。大气中臭氧的含量很少, 而且是随高度而变化的。通常在近地面层臭氧的含量很少, 而且也不稳定, 从10公里高度开始逐渐增加, 在12—15公里以上含量增加很快, 在20—25公里高度处达到最大值, 再往上去臭氧的含量逐渐减少, 到55—60公里的高度臭氧的含量就极少了。造成上述现象的原因是由于在高层大气中, 短波紫外线的强度很大, 使氧分子几乎发生完全的分解, 因此, 氧原子和氧分子相遇的机会很少。即使臭氧在此处形成, 由于它吸收一定波长的紫外线, 又引起自身的分解, 因此, 在大气上层臭氧的含量较少。在较低的层次, 紫外线的强度因大气的吸收而减弱, 只有部分的氧分

子发生分解,在这一层里,既有足够的氧分子,又有足够多的氧原子,这就造成了臭氧形成的条件。因此在35公里处臭氧的混合比最大(混合比是指单位质量于空气中的臭氧质量),再通过下沉气流的作用,将臭氧向下输送,造成在20—25公里的层次中臭氧的数量最多。在低于这一层的大气中,由于短波紫外线大大地减少,氧分子的分解也就大为减少,所以氧原子的数量也减少,以致臭氧的形成较少。大气中臭氧的含量虽然少,但它能大量地吸收太阳的紫外线,使臭氧层增暖,影响到大气温度的垂直分布。同时还使地面上的生物免受过多紫外线的伤害,而通过少量的紫外线,却可起到杀菌治病的作用。

大气中的二氧化碳,是有机化合物氧化作用的产物,它主要集中于大气底部20公里的一薄层内,在20公里高度以下,大气中的二氧化碳一般占0.03%。到达20公里以上,二氧化碳含量就显著减少。底层大气中的二氧化碳含量的分布情况,一般夏季较多,冬季较少;城市较多,农村较少。二氧化碳对太阳辐射吸收很少,但却能强烈地吸收地面辐射,同时它又向四周空气和地面放射长波辐射。因此,它能使大气和地面保持一定的温度。

大气中的水汽,来自江、河、湖、海及潮湿物体表面的水分蒸发,并借空气的垂直交换向上输送。在一般情况下,空气中的水汽含量随高度的增高而减少。观测证明:在1.5—2公里高度上,空气中的水汽含量已减少为地面的一半,在5公里高度上,则减少为地面的十分之一,再往上水汽含量就更少了。

§2. 大气的结构

一、大气的垂直分层

根据观测证明:大气在垂直方向上的物理性质是有显著差异的。根据温度、大气成分、电荷等物理性质,同时考虑到大气的垂直方向的运动等情况,可将大气分为五层(图1—1),即对流层、平流层、中间层、暖层和散逸层。

(一) 对流层 对流层是地球大气最低的一层,它的底界就是地面。常见的云、雾、雨、雪等天气现象,都发生在这一层里,因而,对流层是对人类的生产实践和生活影响最大的一个层次,也是气象学研究的重要层次。由于对流层和地面相接触,对流层的大气是从地面获得热能,因而使温度随高度的增加而降低,高山上常年积雪和高空的云多为冰晶组成就是证明。对流层中气温随高度的增加而降低的数值,在不同的地区、不同的季节、不同的高度是不一致的。就平均而言每上升100米,气温下降 0.65°C 。这是对流层的第一个重要特征。

也因为对流层是从地面获得热能,因而有强烈的上升和下降的气流(即对流作用)。如云峰高耸,就是这一特点的表现。对流作用的强度因纬度和季节而不同,一般说来低纬较强,高纬较弱;夏季较强,冬季较弱。因此,对流层的厚度从赤道向两极减小,在赤道地区平均为17—18公里,在中纬度地区平均为10—12公里,在高纬度地区平均为8—9公里。由于对流层中对流作用的强度因季节而不同,因此对流层的厚度对任何纬度来说,都是夏季较大,冬季较小。对流层和整个大气层比较起来是非常薄的一

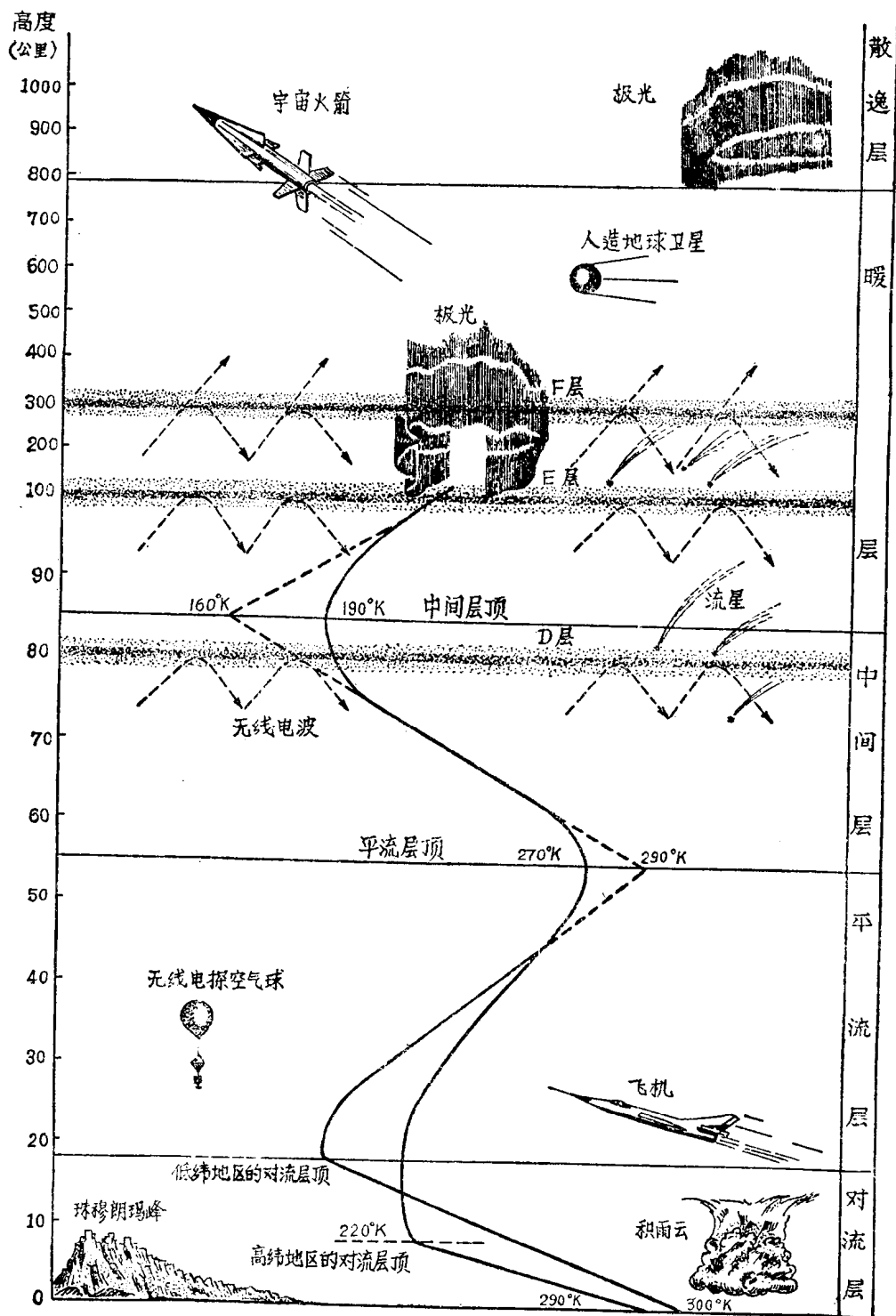


图 1—1 大气结构示意图

层,但是,由于地球引力的作用,这一层却集中了大气总质量的75%和95%以上的水汽,同时这一层里的尘埃及其它杂质也特别多。空气通过对流作用和乱流运动,高层和低层的空气将进行交换,从而使近地面的热量、水汽、杂质等易于向上输送,这对于成云致雨有着重要作用。因此对流运动和乱流运动而导致空气在垂直方向上的混合,这是对流层的第二个重要特征。

对流层的第三个重要特征是:由于对流层是最贴近地面的一层,因而对流层受地面的影响最大,而地表面的性质差异是很大的,因此在对流层中,温度、湿度的水平分布是不均匀的。

此外,在对流层和平流层之间,有一个厚度约为数百米到1—2公里的过渡层,称为对流层顶。对流层顶的主要特点是:气温随高度的变化情况,有突然的变化,温度随高度增加,或者温度减低很慢,或者几乎为等温。根据这一变化的起始高度,就能确定对流层顶的位置。对流层顶的气温,沿高度的变化是不均匀的,就平均而言,在低纬度地区约为 -83°C ,在高纬度地区约为 -53°C 。对流层顶对上升气流有很大的阻挡作用,上升的水汽、尘粒多聚集其下,在那里的能见度往往较坏。

(二) 平流层 由对流层顶部开始,大约到55公里的高度称为平流层。平流层的特征和对流层不同,在平流层里,随着高度的增高,气温的变化是在平流层下部保持不变或稍有升高,上部(25公里以上)温度随高度升高而增高,到平流层顶部55公里的高度处温度可达 -3°C 。平流层这种气温分布的特征,是和它受地面温度影响很小,并且存在着大量臭氧能够直接吸收太阳辐射有关。虽然25公里以上臭氧的含量已逐渐减少,但这里紫外线辐射的作用很强烈,温度随高度迅速增加,造成显著的暖层。

1960年以来我国对平流层问题进行了研究,并取得了一些有价值的结果。平流层内大气是混合均匀的,主要成分维持不变。平流层中水汽含量很少,同时尘埃及其它固体杂质粒子也很少,因而很干燥,普通类型的云和降水很难生成。在20—30公里处可见到贝母云,它常出现在冬季极区,这是局地抬升(地形)引起的。在夏季高纬度地区可测到夜光云。另外发展旺盛的积雨云和锋面云系可以从对流层伸到平流层的下部。强烈的热带气旋(台风)云系也可伸展到平流层的下部。臭氧是平流层大气的重要成分,在低纬度地区平流层上层的臭氧最多,受平流层环流的影响,臭氧被下沉气流带到平流层下部去,在高纬度地区产生臭氧最多。它多发生在冬末和春季。因而根据臭氧含量的变化,可以推知平流层环流的演变。

(三) 中间层 由平流层顶到85公里左右的高度为中间层。中间层的特点是:气温随高度的增高而降低得很快,有强烈的对流运动。在这一层的顶部气温又可降到 -83°C 以下,其原因是由于这一层中几乎没有臭氧的存在,而氮和氧等气体所能直接吸收的波长更短的太阳辐射,又大部分已被上层大气吸收掉了。在平流层80公里高度上,有一个只在白天出现的电离层,叫做D层。

(四) 暖层 由中间层顶到800公里高度,称为暖层。这一层的空气密度很小,在700多公里厚的气层中只含大气总质量的0.5%。根据探测,在270公里的高度上,空气密度已小到地面空气密度的一百亿分之一,再往上空气就更加稀薄了。暖层有两个特点:一个是温度随高度增高而迅速升高,根据气象卫星探测,在300公里高度上,气温

可达 1000°C 以上。这是所有波长小于 0.175 微米的太阳紫外线辐射，都为暖层中的气体所吸收的缘故。另一个是空气处于高度电离状态，暖层中有很多的离子和自由电子。因此它能反射无线电波，在远距离无线电通讯中，这一层具有重要意义。据探测，暖层中各高度上空气电离的程度是不均匀的，其中最强的有两层即E层和F层（见图1—1），E层约位于 $100-120$ 公里，F层约位于 $200-400$ 公里，在夏季的昼间还分裂成 F_1 、 F_2 两层。

（五）散逸层 在 800 公里高度以上的大气层，统称为散逸层。这一层是大气的最高层。据研究，这一层的温度是随高度的增高而升高。本层是大气圈与星际空间的过渡地带，其主要特征是大气质点经常散逸到星际空间，而星际空间气体分子也有的进入到大气层中来。其原因，一方面由于那里温度很高，空气粒子高速运动，另一方面又因距地较远，地球引力作用较小，因此，空气分子可以冲破其它分子的阻力散逸出去。

二、现代技术对高空的探测

截至目前为止，探测高空大气的方法不外乎两种：一种是直接探测，如用气球、飞机、火箭等手段携带感应元件把探测信号遥传地面，供分析使用。另一种是间接方法，即大气既是光波、微波、无线电波、声波和次声波的发射源，同时又是这些波的传播介质。如果我们对大气发射这些波的基本规律以及影响这些波传播的物理参数进行研究，求出这些波在大气中的传播规律后，就可以从这些波的行为或性能中得出有关大气中温、压、湿、云、电等物理状态的资料。这种间接方法广泛采用了激光、微波、卫星等新技术，它包括使用激光雷达、微波雷达、声雷达对大气的探测，以及利用大气中红外线辐射、微波辐射的特性进行气象卫星的探测，以下就气球探空仪、气象火箭、气象卫星、激光雷达等探测方法分别加以介绍。

（一）气球探空仪探测 这是较为普遍采用的方法，它是由充满氢气的大气球携带无线电探空仪上升，在上升过程中，探空仪中的仪器把测量到的周围大气的温度、气压、湿度等要素以无线电信号不断传至地面。目前气球探空的升限约至 30 公里，少数可达 40 公里的高度。目前全世界有 1000 多个气球探空站，但分布不均匀（海上很少）。由于各国使用探空仪的种类不同，取得的资料难以比较，这是气球探空的一个较大的缺点。

（二）气象火箭探测 为了摸清天气变化的规律，仅对地面和低层大气的情况进行观测是不够的，还必须对高层大气进行观测。1958年以来，许多国家陆续发射了气象火箭，有些国家还组成气象火箭探测网，定时定点进行业务观测。目前气象火箭的探测高度一般可达 $30-80$ 公里，较大的气象火箭可达 100 公里，地球物理火箭则可达 300 公里。利用火箭的探测资料，可以绘制出 2 毫巴、 0.4 毫巴、 0.1 毫巴的高空天气图。气象火箭飞得虽然高一些，但也有它的缺点：探测的范围有限，停留在大气中的时间也较短。

（三）气象卫星探测 六十年代以来，气象卫星的应用开辟了从宇宙空间来探测大气的新途径。

气象卫星可在空间停留几天或几个月甚至几年，而且它每隔一个多小时就能环绕地球一周，每周所飞经的路线稍有不同，这样，在几天内就可以飞经地球上许多地区的上空，了解气象资料的范围广，解决了地球上海洋、沙漠、森林等难以建站的地方观测空白的问题。

气象卫星按轨道可分为：准极地卫星和同步卫星。前者的轨道经过地球两极附近。后者则以与地球自转相同的速度自西向东转动，从地面上看起来，它永远悬挂在天空中一个固定的位置上。

气象卫星飞在地球大气内一切云层的上面，云层最容易进入它的“眼”中，气象卫星上装有电视摄像机，这是一副由光学电子仪器组成的“千里眼”，电视摄像机能够把图象上的光线强弱按顺序变换成强弱不同的电信号，当卫星拍摄了云图，照片暂时用磁带贮存起来，等卫星运行经过地面接收站的时候，才把它通过发射机传送给地面。

气象卫星携带的仪器很多，除了获取昼夜云图的电视摄像机，红外线接收仪外，还携带有测定大气温度、湿度、压力、太阳辐射等仪器。

(四) 激光雷达探测 激光雷达也叫做激光定位器，有时也叫做光量子雷达或莱塞雷达。

近年来激光雷达的应用，为气象探测提供了新工具。

激光就是一种颜色很纯、能量高度集中的光。它是由一种叫做激光器的颖光源所产生的。激光器能实现光的能量在空间上和时间上的高度集中，因此，激光的亮度极高，比太阳表面的亮度还要高一百亿倍，它的方向性也极好，几乎是一束平行的光线。

激光雷达是由无线电雷达发展而来的，它们在原理上和结构上都很相似，激光雷达可以测定目标的距离，也可以测定目标的角度，由于激光的光波波束很窄，比无线电雷达的方向性强得多，所以，它测目标的距离和角度的精确度比无线电雷达高得多。

激光雷达探测的范围可以从几十米的低空到几十公里的高空，它能探测出云层的高度、距离、底部及顶部的高度，因而获得云层横截面的结构图。它能发现极薄的肉眼看不见的卷层云，此外，它还能探测大气中、小到气体分子的各种微粒，测量大气温度、密度和风。但是，激光雷达也有它不完善的一面，它在云雨烟雾中无法工作。

目前，人们正在设想，进一步加大激光波束密度，使它能摧毁照射途中的云雾雨滴，这样，它就可以在恶劣的气象条件下也能发挥作用了。

随着现代探空技术的发展，人们逐渐认识到：由大气层顶部到星际空间并没有什么绝对的界限，即使在离地面3000公里的高空也不完全是真空，而是逐渐接近无限的星际空间。

§3. 大气的基本性质

空气一般说来是无色、无味的混合气体，它具有比水更容易流动，更易于膨胀（或压缩）的特征。空气的状态常用它的质量(m)、体积(V)、压强(P)、温度(T)四个量来表示，它们是互相联系、互相作用、互相制约的，概括这些量的变化关系就可得到大气的基本性质。

一、干空气状态方程

通过大量的科学实验人们得出，一切气体在压强不太大，温度不太低（远离绝对零度）的条件下，一定质量的气体压强和体积的乘积，除以它的绝对温度所得的商是不变