



全国高等农业院校教材

全国高等农业院校教材指导委员会审定



气象学

第二版

● 江仁 主编

● 捕捞和资源专业用

中国农业出版社



全国高等农业院校教材

气 象 学

第 二 版

江 仁 主编

捕捞和资源专业用

中 国 农 业 出 版 社

全国高等农业院校教材

气 象 学

第 二 版

江 仁 主编

* * *

责任编辑 林维芳

中国农业出版社出版 (北京市朝阳区农展馆北路2号)

新华书店北京发行所发行 中国农业出版社印刷厂印刷

787×1092mm 16开本 13.75印张 6插图 3.5千字

1990年10月第1版 1995年10月北京第1次印刷

印数 1—2,800册 定价 16.90元

ISBN 7-109-03748-7/P·6

第二版前言

本书第一版自1980年9月问世以来,在全国高等水产院校已使用了十多年。在这期间,通过实践的检验,广大师生对本书作了肯定,同时也提出了不少意见。随着我国改革开放的不断深入,对教材的要求相应提高,加上近几年来国内外气象科学有了新的发展,为了及时反映本门学科的最新成就,适应当前教学的需要,因此在总结经验的基础上,对原教材进行修改与补充。

在修改过程中,我们力求保持原教材的优点,克服不足。根据教学的要求,进一步精选内容,加强“三基”和理论联系实际,突出重点,反映最新科学成就。为此把教材基本上分成三个部分,即气象学基础知识、天气与天气预报、气候学。在这个基础上对各章节进行不同程序的调整、增删和修改。

例如,在第一章中删减了大气的基本性质和大气圈在地理环境中的作用,而增加了大气污染的概况,以提高学生的环保意识。第二版第二章主要气象要素是把第一版中第二章的气温、第三章的气压与风、第四章的湿度与降水合并并且加以精减,以便腾出篇幅补充新的教材。另外,把第一版附录一“海上简易气象观测”改为第二版第三章,这是为了把气象学基础知识用于实践,加强了理论联系实际的环节。

为了适应资源、捕捞专业向远洋渔业发展的需要,进一步加强课程的系统性与实践性,突出重点,我们对热带气旋、寒潮、海雾、雷暴与龙卷等内容专列章节,加以阐述。这样对第一版第五章、第六章作了较大的改动,取消了第一版第六章“海上灾害性天气”,并将该章中的台风大风并入第二版第六章热带气旋中去;把该章的冷空气大风和低压大风并入第二版第五章气旋与反气旋中去;把雷暴与龙卷另列为第二版的第七章,并增加了飚线的内容;把该章的海雾另列为第二版的第九章。

为了在本书中反映最新科学成就,在第二版中增加了气象传真图及其应用和船舶气象导航的内容,并在第二版第十章天气预报中介绍了近代气象观测技术,取消第一版附录二“天气图的填写规格”,把这些内容充实到天气图的分析与预报中去。在天气预报方法中,由于计算机的应用,增加了数值天气预报,使学生了解天气预报有可能从定性走向定量。

最后,为了提高本学科的实践性,我们在每章节的论述中都尽量做到理论联系实际,如在气象要素阐述之后专门列出一节介绍气象与海洋捕捞、气象与渔业资源的关系;在阐述气团与锋、气旋与反气旋等内容时,介绍了影响我国的气团、锋、气旋、反气旋;在阐述热带气旋与海雾时,介绍了船舶防台的方法与船舶测算平流雾的方法与经验等。这样高等水产院校的《气象学》不仅是专业基础学科,同时也加强了应用学科的功能,让气象学在渔业生产服务的过程中,发挥更大的作用。

本教材的修改是征集10余年来我国高等水产院校广大师生在教学实践中所提出的问题和意见的基础上加以修改的,因此,如果说比第一版有所改进的话,那是集体智慧的结

晶。如果说还有不足之处，那是由于本人水平的限制，希望读者继续批评指正。

本书在修改过程中得到主审中山大学陈世训教授的悉心指导；上海水产大学王尧耕教授、大连水产学院邓广坤副教授对本书的修改也提出宝贵意见；同时还得到厦门水产学院连文炎副研究员的大力帮助，在此一并致谢。

编 者

1994年1月

第一版前言

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、华东师大周淑贞、张超、原上海水产学院孙西岩等先生的精心指导，以及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和错误，希望读者批评指正。

编者

1979年3月

目 录

绪论	1
第一章 大气概述	4
第一节 大气的组成	4
第二节 大气的结构	6
第二章 主要气象要素	9
第一节 气温	9
第二节 气压	29
第三节 风	38
第四节 湿度、云与降水	55
第五节 海面能见度	64
第三章 海上简易气象观测	66
第一节 概述	66
第二节 云的观测	68
第三节 海面能见度的观测	69
第四节 天气现象的观测	70
第五节 风的观测	71
第六节 气温和湿度的观测	74
第七节 气压的观测	76
第四章 气团和锋	79
第一节 气团	79
第二节 锋	82
第五章 气旋和反气旋	87
第一节 气旋	87
第二节 反气旋	92
第三节 冷高压活动与寒潮	93
第四节 西太平洋高压	95
第六章 热带气旋与低纬天气系统	97
第一节 热带气旋概述	97
第二节 热带气旋发生的源地与季节	101
第三节 热带气旋的生命史与天气结构	103
第四节 热带气旋的形成与消亡	106
第五节 热带气旋的移动路径	108
第六节 南海台风	114
第七节 船舶防台	116

第八节 低纬度天气系统	127
第七章 海雾	131
第一节 海雾的形成与分类	131
第二节 平流雾形成的条件与特点	132
第三节 我国沿海雾的分布规律	134
第四节 世界海洋雾的分布规律	135
第五节 船舶测算平流雾生消的方法与经验	138
第八章 中高纬上空主要天气系统	140
第一节 大气长波	140
第二节 阻塞高压	140
第三节 切断低压	141
第四节 切变线	141
第五节 西南低涡	142
第六节 高空槽	143
第九章 中小尺度天气	145
第一节 雷暴	145
第二节 飑线	148
第三节 龙卷	149
第十章 天气预报	151
第一节 近代气象观测技术	151
第二节 天气图分析	154
第三节 天气预报方法	160
第十一章 气象传真图及其应用	172
第一节 概述	172
第二节 气象传真接收机简介	175
第三节 传真天气图的种类与图题说明	177
第四节 气象传真天气图的应用	179
第五节 卫星云图及其应用	184
第六节 天气报告和警报	189
第十二章 世界大洋气候	194
第一节 气候的形成	194
第二节 世界大洋气候概况	199
第十三章 船舶气象导航	203
第一节 气象导航的发展与经济效益	203
第二节 气象导航基本原理	204
第三节 气象导航的应用	207

绪 论

一、气象学的对象、内容与任务

在我们人类所居住的地球上，它的表面周围有一层空气环绕着，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，有研究大气中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化上的气候学；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、航海气象学、医疗气象学、农业气象学、渔业气象学等。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分支。同时人类为了有效地改造自然，人工影响天气，如人造云雨等正得到迅速地发展。由此可以看出：研究大气状况，从定性和定量两个方面说明它的特性，找出它们发展的规律，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，成为气象学的根本任务。

二、气象学与国民经济建设的关系

气象学与国民经济建设的关系十分密切。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自然条件。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。气象条件对于海洋捕捞及海洋生物资源繁衍影响极大，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。而天气变化对鱼群回游路线、鱼群的集散、渔汛的迟早、渔场位置的迁移，都有着直接或间接的影响。至于温度、降水、风向、风速的变化都会引起海况的变动，海况的异常直接影响海洋生物资源的丰歉。所以美国各经济部门在排列对气象敏感性大小顺序时，都把渔业列为首位，由此可见气象对渔业生产的密切关系。因此，作为水产工作者必须对气象，尤其对海上天气、气候概况有所了解；掌握气象、天气与鱼群生活的辩证关系；同时应学会利用天气形势，熟识灾害性天气发生、发展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，为发展我国的水产业作出贡献。

三、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中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。3000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。春秋战国时代已完成了春、夏、秋、冬四季的划分，并准确地确定了春分、夏至、秋分、冬至的日期。秦汉时代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，二十四节气的制定已趋完善，并成为农业生产的历书。北宋沈括对于虹的解释，南宋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，很早就有人应用“候风铜鸟”来观测风，较西方早1000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，并以天气谚语的形式流传下来，其数目之多是世界各国少有的，其中有许多对地方天气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，在一些地区的天气预报上都有很好的效果。

在国外，气象学的萌芽也很早，古代的底格里斯河和幼发拉底河流域的楔形文字碑上，也记载许多有关天气的知识。公元前4世纪希腊大哲学家亚里斯多德（Aristotle）所著《气象学》一书，对于一些天气现象作过适当的解释。

大致可以说，从古代到16世纪，气象学的研究只限于零碎的定性观察和描述，还谈不上是独立的科学。由于17世纪工业的发展，推动了自然科学的发展。意大利物理学家和天文学家伽俐略（Galileo）于1593年发明了温度表，其后，意大利物理学家和数学家托里析利（Torricelli）发明气压表，这两种重要仪器的出现为各地建立气象站提供了必要的条件。特别是19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，通过电报使气象观测结果很快地传达到各地，可以根据气象电报制作天气图，使人们有可能迅速了解和研究广大地区的天气。19世纪末和20世纪初，随着物理学和机械工程学水平的提高，使气象理论和气象仪器也相应地得到发展，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地了解。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。过去是从地面由下向上观测，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 1000km 以上的高空以至大气层外界，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，它将对研究中、长期天气预报和气候变迁，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发展起来。

气象学虽然取得了飞速的发展，但随着工农业生产的发展，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，某些地区的变冷或变暖，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急待解决。

我国的气象科学，虽然有着悠久的历史，在萌芽时期也曾处于世界先进行列，但由于封建统治的压抑，发展缓慢。1743 年法国传教士高比（Gaubil）在北京设立的测候所，是我国境内采用近代气象仪器进行观测的开始，1911 年我国在北京成立中央观象台，1927 年后，在南京中央研究院设置气象研究所，抗日战争期间，1941 年在重庆成立中央气象局，直到新中国成立前夕，我国还没有一个像样的气象台站网，也没有一套完整的气象服务系统，全国从事气象学研究的人数很少，发表的论著也不多，多偏重我国气候区划的划分，以及对我国季风、寒潮、台风和旱涝问题进行研究。

现今，我国的气象事业随着社会主义建设的需要，中国的气象学开始了新的篇章。全国各地普遍建立各级台站，地面和高空气象测报网已基本建成，气象服务站星罗棋布，服务工作深入到全国各个角落。特别是创立了适应工农业需要独具我国风格的县站天气预报，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地提高。在基础理论方面，如大气环流和动力气象等研究，在天气学方面，如中国天气、东亚季风、高原气象、热带气象等；在卫星气象方面，如等高分辨云图接收器的研制、卫星气象学和探测原理的研究；在人工影响天气方面，如云雾物理、人工消雹和人工降水等也取得突破性进展。近年来还特别重视大气污染和酸雨的研究，所有这些成绩，都将为我国国民经济的进一步发展，提供更有利的条件。

第一章 大气概述

第一节 大气的组成

大气是由多种气体混合组成，此外还包含一些悬浮着的固体及液体杂质。我们常把大气的组成为三个部分。

一、干洁空气

大气中除了水汽和液体、固体杂质以外的整个混合气体，称为干洁空气。它是组成大气的主要部分。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。根据气象探空仪上升时所取得的空气标本使我们相信：直至 20—30km 的高度，干洁空气的成分基本上是不变的。

表 1-1 列举了地面附近干洁空气的成分，其中氮和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，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，也随空间而改变，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占干洁空气体积的 0.03%。而其余气体的含量如氢、氦、氩、氙、臭氧等气体合计，在空气总容量中很小，可以略而不计。

表 1-1 干洁空气的组成（高度在 25km 以下）

气 体	干洁空气中的含量 (%)		分子量	临界温度 (°C)	临界压强 (atm)	沸点温度 (°C) (在 760mmHg)
	按容积	按质量				
氮 N ₂	78.09	75.52	28.016	-147.2	33.5	-195.3
氧 O ₂	20.95	23.15	32.000	-118.9	49.7	-183.0
氩 Ar	0.93	1.28	39.944	-122.0	48.0	-185.6
二氧化碳 CO ₂	0.03	0.05	44.010	31.0	73.0	-78.2
氖 Ne	1.8×10^{-13}	—	20.183	-228.0	26.0	-246.0
氦 He	5.24×10^{-4}	—	4.003	-257.9	2.3	-268.6
氪 Kr	1.0×10^{-4}	—	83.700	-63.0	54.0	-152.0
氢 H ₂	5.0×10^{-5}	—	2.016	-240.0	12.8	-252.5
氙 Xe	8.0×10^{-6}	—	131.300	16.6	58.2	-108.6
臭氧 O ₃	1.0×10^{-6}	—	48.000	-5.0	92.3	-111.1
氡 Rn	6.0×10^{-18}	—	222.000	—	—	-62.0
干洁空气	100	100	28.966	-140.7	37.2	-193.0

在干洁空气中，臭氧和二氧化碳所占的比例虽然极小，但对大气温度分布和人类生活却有一定的影响。臭氧能大量吸收太阳紫外线，使臭氧层增暖，影响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，少量紫外线可以起到杀菌治病的作用。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，同时它又向周围空气和地面放出长波辐射，因此，它能使大气和地面的温度产生一定的影响。

二、大气中的水汽

大气中的水汽来自江、河、湖、海及潮湿物体表面的水分蒸发，并借助于空气的垂直交换向上输送。一般来说空气中的水汽含量是随高度的增加而减少，也随纬度的增加而减少，就体积来说，其改变程度可以从 0 到 4%。大气中水汽含量虽然不多，但它是天气变化中的主角，在大气温度变化的范围内，它可以变为水滴和冰晶，成云致雨，下雪降雹。此外，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、大气中的固体杂质和液体微粒

悬浮在大气中的固体或液体粒子也叫气溶胶粒子。它们主要来自宇宙灰尘；地面燃烧的烟粒；火山喷发的火山灰；海洋中浪花溅起的盐粒以及细菌、植物花粉等等。大气中的液体和固体杂质，其含量与分布随时间、地区和天气条件而变化。对于大气中的各种物理现象和物理过程也有重要的影响。当微小粒子大量集中于低层大气中就会降低能见度，有的小粒子能加速水汽凝结或凝华的过程，被称为凝结核或凝华核，有的小粒子善于吸收或放射辐射能对空气的加热和冷却起着显著的作用。

四、大气污染

当大气不受污染时，其成分如表 1-1 所示。但由于人类活动而使局部地区甚至全球范围的大气中增加了许多新的成分，并对生物界（包括人类本身）产生有害的影响，叫做大气污染。由于工业、交通运输业的发展，随着工厂、机动车辆排出的废气和粉尘等不断污染大气，在许多国家已成为“公害”，威胁着广大人民群众的生活和健康，并对周围环境、建筑物以及农、林、牧、渔的发展造成不同程度的危害。

大气污染物，目前已被人们注意到的大约有 100 种左右，对人体有害的污染物有煤粉尘、二氧化硫、一氧化碳、碳化氢、硫化氢和氨等。主要来自燃烧时排出的废、毒气，燃烧 1t 煤一般就有 6—7kg 烟粒升入空中，这种飘浮空中的烟粒与燃烧煤放出的二氧化硫（ SO_2 ）等气体混合，便可形成煤粉尘烟雾；石油中含硫较多，燃烧时 90% 的硫都变成 SO_2 进入大气，当 SO_2 溶解在雾或云的小滴中，会产生亚硫酸（ H_2SO_3 ），又很快与 O_2 作用而成硫酸（ H_2SO_4 ），从而对人体的呼吸道产生危害。氮的氧化物主要是指一氧化氮（ NO ）、二氧化氮（ NO_2 ），二者对人的呼吸器官都有毒性，尤其氮氧化物及碳化氢在太阳紫外线照射下可形成毒性更大的光化学烟雾。臭氧（ O_3 ）在大气中含量甚微，但它是一种强氧化剂，可使空气中多种污染物质氧化，如 SO_2 在 O_3 的作用下变成 SO_3 ，以致产生酸雨。 NO 在 O_3 的作用下产生 NO_2 ，可产生酸雾，同时臭氧也是光化学烟雾中重要的污染物质之一。

目前，解决大气污染问题的措施有：限制工厂和机动车辆废气的排放量；加强工厂的合理布局，发展无烟工厂的闭合工艺过程；建立监测网，进行污染预报；造林绿化、净化空气、保护环境，也是防止大气污染的重要措施。

第二节 大气的结构

一、大气的垂直范围

由于地心引力的作用，才使得空气质点聚集在地球周围，构成大气层，并随着地球的运动而运动。

人们登山，越到高处，呼吸越感到困难，这一事实表明，在地球表面附近大气是密集的，随着高度的增加，空气变得稀薄起来，越往上越稀薄。根据实测，大气质量的 98% 集中在 30km 以下的低层大气中，在离地 36—1000km 的大气内只占总质量的 1%，在 700—800km 高度处，气体分子之间的距离可达几百米远，这种情况远超过近代实验室中所获得的真空。但无论哪个高度都不会绝对真空，即使在地球以外的宇宙空间内，也不是绝对真空的，因此，在地球大气与星际空间之间并不存在一个“界面”把它们截然分开。虽然如此，我们还是可以通过物理分析确定一个最大高度来说明大气的垂直范围。通常把“极光”出现的最大高度定为大气的上界，其数值为 1000—1200km。如果根据人造卫星探测到的资料推算，那么，大气上界大约在 2000—3000km 的高度上。

二、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，即对流层、平流层、中间层、暖层和散逸层（图 1-1）。

（一）对流层 靠近地面的大气层叫对流层。对流层的厚度随纬度和季节而变化，在低纬度地区约 17—18km，在中纬度地区约 10—12km，在高纬度地区约 8—9km。夏季对流层厚度比冬季大，对流层的平均厚度约 10—12km。

对流层虽是大气层中极薄的一层，但在这一层里却集中了大气质量的 3/4 和几乎全部的水汽和杂质。主要天气现象如雷电、风、云、雨、雪、雾等都出现在这一层，这一层与人类活动关系最为密切。

对流层有三个主要特征：

1. 气温随高度的增加而降低。平均每升高 100 米气温约降低 0.65°C 。对流层顶部的气温，在低纬度约为 -80°C ，高纬度约为 -50°C 。

对流层中，在一定条件下，有时也会出现气温随高度的上升而升高的现象，这种现象，叫逆温。逆温能阻碍大气垂直运动的发展，对天气有一定影响。

2. 空气有明显的对流运动。由于地表面加热不均，下面的暖空气不断上升变冷，上部的冷空气不断下沉来补充，形成上下层空气不停地对流，使近地面的热量、水汽和杂质易于向上输送，这对成云致雨有重要的作用。

3. 温度、湿度沿水平方向分布不均。在寒带大陆上的空气，因缺乏水源和受热少，空

气干而冷，在热带海洋上的空气，因水汽充足受热多，空气暖而湿。

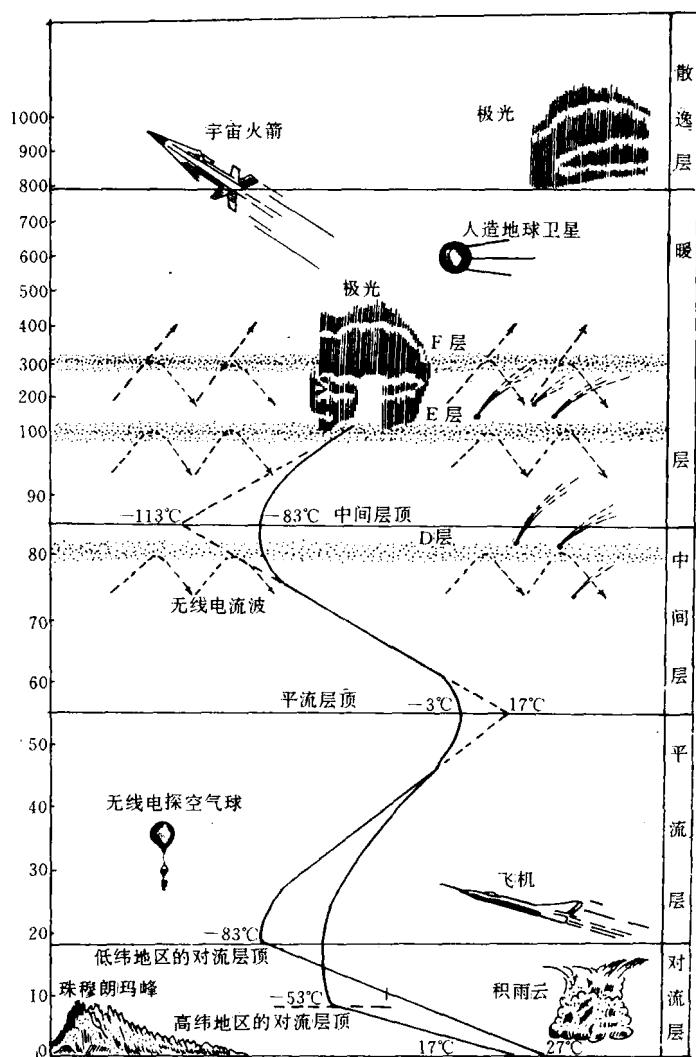


图 1-1 大气垂直方向的分层

在对流层内按气流和天气现象分布的特点，又可分为下层、中层、上层三个层次。

下层（又叫摩擦层）：它的范围是自地面起到1—2km高度，但随季节和昼夜不同而变化，夏季的范围大于冬季，白天的范围大于夜间。在这一层里，由于气流受地面摩擦作用较大，通常随着高度的增高，风速增大，风向右转（北半球），气温受地面热力作用影响大，故有明显的日变化。由于本层的水汽、尘粒含量较多，因而低云、雾、霾、浮尘等出现频繁。

中层：它的下界是摩擦层顶，上界高度约为 6km。它受地面影响比摩擦层小得多，气流状况基本上可表征整个对流层空气运动的趋势。大气中的云和降水大都产生在这一层内。

上层：它的范围从 6km 的高度伸展到对流层的顶部。这一层受地面的影响更小，气温常年都在 0℃ 以下，水汽含量较少，各种云都由冰晶和过冷水滴组成。在中纬度和热带地区，这一层中常出现风速等于或大于 30 米/秒的强风带，即所谓急流。

此外，在对流层和平流层之间，有一个厚度为数百米到 1—2km 的过渡层，称为对流层顶。这一层的主要特征是，气温随高度而降低得很慢，或者几乎为等温，平均而言，它的气温在低纬度地区约为 -83℃，在高纬度地区约为 -53℃。对流层顶对垂直气流有很大的阻挡作用，上升的水汽、尘粒多聚集其下，使得那里的能见度往往较坏。

(二) 平流层 自对流层顶到 55km 左右为平流层。平流层中水汽、尘埃的含量较少，空气比对流层稀薄得多，空气基本上没有垂直对流，主要是作水平运动。在平流层中，随着高度的增高，气温最初保持不变或略有上升，到 25km 以上，气温随高度增加而显著升高，到 55km 高度上可达 -3—17℃。平流层这种气温分布的特征是和它受地面温度影响很小，特别是存在着大量臭氧能够直接吸收太阳辐射有关。虽然 25km 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，温度随高度得以迅速增加，造成显著的暖层。

(三) 中间层 自平流层顶到 85km 左右为中间层。这层的特点是温度随高度的增加而迅速地降低，空气有相当强烈的垂直运动。在中间层的顶部气温降到 -83—-113℃，其原因是由于这一层中几乎没有臭氧，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。在该层 80km 的高度上，有一个只在白天出现的电离层，叫做 D 层。在电离层中，空气处于电离状态，能够反射无线电波。

(四) 暖层 暖层位于中间层顶到 800km 高度。这一层的空气极其稀薄，例如在 270km 的高度上，空气的密度约为地面空气密度的 一百亿分之一，整个暖层的空气质量只占大气总质量的 0.5%。暖层有两个特点：

1. 随高度的增高气温迅速升高，根据人造卫星的观测，在 300km 高度上，气温可达到 1000℃ 以上。这是因为所有波长小于 0.175μm 的太阳紫外线辐射，都为该层中氧原子所吸收的缘故。

2. 空气处于高度电离状态，故暖层又称为电离层。据探测，暖层中各高度上空气的电离程度是不均匀的，其中最强的两层是位于 100—120km 处的 E 层和 200—400km 处的 F 层。因此，在远距离无线电通讯中，这一层具有重要的意义。

(五) 散逸层 在 800km 以上的大气层统称为散逸层。它是大气的最高层。据研究，这一层的气温随高度的增加而升高。本层是大气到星际空间过渡的区域。由于温度高，空气质点运动很快，又因距地较远，地球引力作用很小，所以这一层的主要特点是大气质点经常散逸到星际空间中去。

第二章 主要气象要素

第一节 气 温

一、气温的意义和温标

气温是表示空气冷热程度的物理量。大气温度状况是支配天气变化的重要因子之一。因此气温既是天气预报的重要项目，又是天气预报的重要依据。

为了定量地表示物体的温度，必须选定一个衡量温度的标准，称为“温标”。制定温标时，需要选定几个参考点，最常用的是纯水在标准大气压力下的冰点和沸点，把其间分为100等分，冰点定为0度，沸点定为100度，这样确定的温标，称为摄氏温标，以℃表示；把冰点和沸点之间分成180等分，冰点定为32度，沸点定为212度，这样确定的温标，称为华氏温标，以°F表示。摄氏和华氏温度的换算关系如下：

$$C = \frac{5}{9} (F - 32^{\circ})$$

$$F = \frac{9}{5} C + 32^{\circ}$$

另外还有一种绝对温标（或开氏温标），以K表示，这种温标1度的大小与摄氏温标中1度的大小相同，但其0度规定为摄氏-273度，开氏0度称为“绝对零度”。水的冰点为273K，沸点为373K。在理论计算中常采用这种温标，它与摄氏温度的换算关系如下：

$$K = C + 273^{\circ}$$

二、大气热能的来源

大气内部始终存在冷与暖的变化，并以此影响着天气的变化。观测实践表明，大气的冷暖变化，不仅在空间分布上是很不均衡的，而且在时间上还有周期性变化和非周期性变化。那么，这种变化是怎样形成的？引起变化的热能来自何方？根据计算，地球一年中从太阳获得 $5.4 \times 10^{24} \text{W/m}^2$ 的热量；而来自宇宙其它星体的辐射能仅及来自太阳辐射能的亿分之一；来自地球内部传送到地面上的热量，也仅及来自太阳辐射能的万分之一。因此可以说，太阳辐射是地球的主要热源，并通过地面辐射和大气辐射影响大气温度的变化。

（一）**太阳辐射** 物理学告诉我们，自然界中一切温度高于绝对零度的物体，都在时刻不停地以电磁波的方式向外传递能量，这种传递能量的方式称为辐射。物体的温度愈高，放射能力愈强，辐射出的波长愈短；温度愈低，放射能力愈弱，辐射出的波长愈长。太阳以电磁波的形式将能量投向地球，称为太阳辐射。太阳表面温度高达6000K，而内部温度高达2000万度以上，太阳辐射的主要波长范围为0.15—4μm，相对于地面和大气辐射的波长范围为3—120μm来说，气象学中习惯上把太阳辐射称为短波辐射，而把地面和大气辐射称