

初中教师进修用书

气象学基础

张如一 施尚文

江西教育出版社

初中教师进修用书

气象学基础

张如一 施尚文

江西教育出版社

一九八五年·南昌

责任编辑：赵子循

封面设计：王 伟

初中教师进修用书

气象学基础

张如一 施尚文

江西教育出版社出版

(南昌市第四交通路铁道东路)

江西省新华书店发行 江西新华印刷厂印刷

开本 787×1092 1/32 印张 10.875 字数 245,000

1985年12月第1版 1985年12月第1次印刷

印数 1—12,000

统一书号：7424·50

定价：1.60元

出版说明

《初中教师进修用书》是为了适应培训教师的需要，由华东地区上海、山东、江苏、安徽、浙江、江西、福建等六省一市八家出版社协作组织编写出版的。目的是供在职初中教师业余进修，帮助他们系统地学习和掌握有关专业的基础理论、基本知识和基本技能，提高文化水平和教学能力，以便在一定时间内通过考核达到两年制高等师范专科毕业水平。

这套用书，共有语文、数学、政治、历史、地理、物理、化学、生物八个专业，六十六种。编写当中，在坚持四项基本原则，坚持思想性和科学性相统一的前提下，注意了以下几个方面：

一、根据教育部制订的高等师范专科学校教学大纲的要求，确定各册内容的深度和广度，既体现各学科知识的系统性，又力求做到简明、精练，避免繁琐。

二、以提高教师科学文化水平为主，适当联系中学教材和教学实际，把提高知识水平和提高教学能力有机地结合起来，达到学以致用目的。

三、从初中教师的实际水平出发，循序渐进，逐步提高要求；重视讲清学习中的难点和疑点，文字力求浅显易懂；并根据自学或函授的需要，配置必要的提示、注释、思考题和提供参考书目等学习辅助材料。

协作编写教师进修用书，尚属初次尝试。我们将在实践过程中广泛听取读者的意见和建议，努力提高书籍质量。

这套用书除供初中教师自学进修外，也可供其他同等文化程度的同志使用。

目 录

绪论

一 气象学研究的对象	(1)
二 气象学的发展	(2)
三 气象学与地理学的关系	(5)
四 气象学课程在地理专业中的地位	(6)
第一章 大气的组成和结构	(7)
第一节 大气的组成	(7)
第二节 大气的垂直结构	(14)
第三节 大气的基本性状	(22)
第二章 大气中的热力过程	(28)
第一节 太阳辐射	(28)
第二节 地面辐射和大气辐射	(45)
第三节 对流层大气的增温和冷却	(52)
第四节 大气的稳定度	(72)
第三章 大气中的水分	(82)
第一节 大气的湿度	(82)
第二节 蒸发与凝结	(88)
第三节 水汽凝结物	(100)
第四节 降水	(113)
第四章 大气的运动	(124)
第一节 气压	(124)

第二节 气压场.....	(137)
第三节 空气的水平运动与铅直运动.....	(148)
第四节 大气环流.....	(179)
第五章 天气系统.....	(215)
第一节 气团和锋.....	(216)
第二节 温带气旋和反气旋.....	(234)
第三节 中、高纬地区的高空天气系统.....	(249)
第四节 副热带高压.....	(257)
第五节 热带天气系统.....	(262)
第六节 中、小尺度天气系统简介.....	(276)
第七节 天气预报简介.....	(284)
附录 气象实习.....	(292)

绪 论

一 气象学研究的对象

茫茫大气，变幻无穷。有时风和日丽、天高云淡；有时风起云涌、雨雪纷飞；也有时狂风、暴雨，雷电交加。大气中所有这些干、湿、冷、暖、风、云、雨、雪等等天气现象都是大气中各种物理过程演变、转化的产物。气象学就是研究大气中各种物理过程和现象的科学。

气象学研究的范围很广，一般认为包括三个分科，即：研究大气组成、结构，电磁波，声波传输，云、雾、降水过程的大气物理学；研究大气中天气过程、天气现象和天气预报的天气学；应用数学物理方法研究大气运动及其演变规律的动力气象学。

大气层是人类生活的场所。人类和大气如同鱼和水，息息相关。人类的一切生产活动几乎都在大气中进行，都直接或间接地受到大气的影 响。农作物在整个生长、发育过程中，不仅需要大气成分进行光合作用和呼吸作用，而且要具有一定的光照、热量和降水条件以保证正常的发育、生长；同时大气中的大风、干旱、霜冻、暴雨、冰雹等等灾害，经常

危害着农作物的生长。营造森林要根据气象条件选择场地、树种，确定林带宽度、走向、间距以及防御风折、雪压、霜冻的措施。其他如工业、交通运输、渔业、牧业、国防、城市建设等等也都程度不同地受到气象条件的影响。人类要发展生产，就要作好气象观测和预报以便充分利用有利的气象条件，防御或改造不利的气象条件。

二 气象学的发展

气象学同其它科学一样，都是在社会生产实践中形成并在生产实践中发展着。反过来，气象科学的发展又会促进生产实践的前进。两者的密切关系充分反映在气象科学的发展过程中。

（一）准备阶段

16世纪以前的漫长时期，人类为了生活和生产的需要，很早就开始注意大气中的各种现象，并渐渐对于某些现象（风、云、雨）进行观察和记载，进而创造了一些简便仪器，进行零星的局部的观测，逐渐积累了一些感性认识和经验，并做了一定的解释和推理。我国是世界文明古国，远在三千年前的殷代，就已有关于风、云、雨、雪、虹、龙卷、雷暴等的文字记载。以后又发明了观测风、雨、湿度的仪器，对风、云、雨、雷、虹等等现象作出了合乎科学的解释。国外，公元前四世纪，希腊哲学家亚里斯多德所著《气象学》论述了水和空气等问题，并对大气现象作了适当解释。但是，由于这时期社会生产的广度和深度还很有限，人类对大

气的探测和认识还很全面、很不深入，还属于感性认识范畴，对于气象科学的发展来说，还处于萌芽或准备阶段。

（二）初期阶段

从十六世纪后期到十九世纪，由于欧洲工业的迅速发展和世界地理的大发现，大大推动了自然科学和航海事业的蓬勃发展，特别是物理学，仪器制造业和地理学的巨大发展，为气象科学的发展提供了必要的条件。1593年意大利学者伽利略发明了温度表，1643年意大利学者托里析里发明了气压表，以后又相继发明了风速表、湿度表。这些观测仪器的出现，不仅使气象要素的科学观测成为可能，而且也为气象台站的发展准备了条件。同时，随着人类活动范围的扩大，气象观测资料日益丰富，尤其过去人类很少涉足的海洋地区也取得了宝贵的气象资料。应当特别提出的是，随着无线电报的发明和应用，气象资料能够迅速传递到各地，为天气图的绘制创造了条件。而天气图的出现可以说是气象学发展史上一个重大事件，为气象科学研究和天气预报开辟了新的途径。

在这一时期中，气象科学取得了丰硕成果，如气温、气压随高度递减的法则；海平面风压关系定律；气旋模式结构；北半球风带随太阳直射点的南北移动；大气中光电现象和云雨形成的解释等等。同时还陆续出版了世界年平均温度分布图；世界月平均气压分布图；世界年降水量分布图等。

虽然受当时生产条件和科学技术的限制，人们对大气的观测和研究还只限于大气低层，大气中许多现象间的相互关系还未揭示出来；然而由于地面观测站如雨后春笋，纷纷建立，气象观测的精度明显提高，天气预报已显示出强大的

生命力。所有这些为气象科学的独立发展奠定了基础。

(三) 发展阶段

二十世纪以来,生产实践和科学技术迅猛发展,为气象科学的发展提供了优良条件,作为这一时期的重要标志是高空探测技术的成功,使人类的活动通过气球、火箭、卫星进入高空领域,并不断向更高的高空发展。人类长期梦寐以求探索高空奥秘、掌握气象变化规律的愿望成为现实。

二十世纪五十年代以前气象学取得的理论成果主要有:挪威气象学家皮叶克尼斯父子(V·Bjerknes和J·Bjerknes)等从长期天气分析实践中创立的气旋形成的锋面学说,瑞典学者罗斯贝(Rossby)等通过研究大气环流提出的长波理论。这些学说为短期天气预报奠定了理论基础,同时也使气象学由两度空间发展为三度空间的科学。贝吉龙-芬德生(Bergeron-Findeison)从研究雨的形成中发现云中有冰晶与过冷却水滴并存时,最有利于降水形成,提出了降雨冰晶学说,为试验人工影响云、雨开辟了途径。

五十年代以后,电子计算机和新技术的兴起,使气象探测和科学研究进入了一个新的纪元。过去观测很少或难以观测的两极地区、热带地区、海洋以及平流层或更高层次,现在可以利用卫星和其它工具进行观测,并先后在1957—1958年、1964—1965年、1968—1970年和1977—1979年进行了许多国家参加的四次大规模的大气观测试验,并且开始了对大气中许多问题进行数值模拟的试验;并把大气的对流层和平流层,低纬和中、高纬地区,南半球和北半球联系起来,进行整体研究。气象科学得到了飞速发展。

我国的气象事业在半封建半殖民地的旧中国，发展得非常艰难。虽然在竺可桢等积极倡导和艰苦努力下，设立了四十多个气象台和一百多个雨量站，并在季风、寒潮、台风、旱涝以及气候区划等方面进行了研究，但同世界相比显得落后了。新中国成立后，气象科学受到国家的高度重视，得到了很快发展，观测台站已遍布全国；理论研究和结合工、农业建设，城市规划等等的试验研究工作都取得可喜成绩，在大气环流和动力气象，高原气象等方面的研究成果受到国际的好评。

三 气象学与地理学的关系

大气层是包围着地球的最外层，也称大气圈。它同岩石圈、水圈、生物圈相互渗透，相互作用共同组成了有机的整体——地理环境。自然地理学就是研究地理环境的形成、结构、演变的科学，因而气象学也是自然地理学的重要组成部分。

大气除了聚集在地球的最外层外，还渗透到地壳的岩石裂隙、孔洞、疏松土层以及各种水体和生物体中，成为地表岩石风化、物质运移的重要营力，是地表形态的塑造者，是全球水分循环的重要环节，是生物体生长发育的必要条件。没有大气的渗透和作用，其它圈层就不可能具有今天的特性，甚至有的圈层也难以形成和发展。

大气中也渗入了水分、固体杂质和有机物质。这些物质主要集聚在大气低层，虽然为量甚少，但对大气中的水相转换，热力变化以及天气演变具有重要影响。同时，岩石圈、

水圈和生物圈作为大气存在和活动的下垫面，是大气中热量和水分的主要源地，而下垫面性质的差异，必然影响着大气中各种过程的形成和变化。因此，不可能脱离自然地理条件去研究大气，也不可能脱离大气去研究自然地理，两者是紧密联系的。

地理环境是多种圈层组成的综合体。但是，大气圈由于它的流动性和连续性以及其水、热特性变化迅速和剧烈，使它成为地理环境演变中最活跃的因素。因而气象学是学习自然地理学的重要基础。

四 气象学课程在地理专业中的地位

根据地理专业的特点和教学大纲的要求，本课程讲授的重点是：大气基本要素：气温、气压、风和降水的形成、变化和分布的基本规律以及各种要素间的相互关系；天气系统的结构、演变以及同地理环境间的相互关系；气象观测和天气预报的一些基本知识。这些内容是学习气候学、部门自然地理学和区域自然地理学的重要基础，也是学习其它部门地理学科应该具有的知识，同时也是从事中学地理教学和领导气象科技活动所必须掌握的基础知识和技能。

全书共分五章：第一章大气的组成和结构，第二章大气中的热力过程，第三章大气的水分，第四章大气的运动，第五章天气系统。附录是一些气象要素观测和天气预报的简单介绍。

为了便于学员自学，每章都列出了一些题目，供思考和复习。

第一章 大气的组成和结构

大气层在地球长期演化过程中形成了特有的成分和结构。大气的成分和结构又是大气中各种过程和现象演变的基础。

第一节 大气的组成

根据大量观测资料分析，大气是由多种气体混合组成的，在低层还含有少量的水汽和杂质。

一、干洁空气

大气中除去水汽和各种杂质以外的所有混合气体统称为干洁空气。干洁空气的主要成分是氮、氧、氩和二氧化碳等。这四种气体占空气总容积的99.98%，而氦、氖、氦、氢、氙、臭氧等稀有气体的总含量不足0.02%。见表1.1。

表1.1中干洁空气各成分间的百分比数，从地面直到80千米（公里）高度间，基本上稳定不变。这是大气中垂直和水平运动使得不同高度、不同地区间气体充分交换、混合的结果。而到大气的高层，湍流混合运动受到抑制，气体间的混合比，趋于不稳定，而且氢、氦等较轻气体成分的百分比数，相对增多。

表1·1 干洁空气中的成分（25Km高度以下）

气体成分	干洁空气中含量		分子量	临界温度 (℃)	临 界 压 强 (大气压单位)
	按容积	按质量			
氮 N ₂	78.09	75.52	28.02	-147.2	33.5
氧 O ₂	20.95	23.15	32.00	-118.9	49.7
氩 Ar	0.93	1.28	39.88	-122.0	48.0
二氧化碳 CO ₂	0.03	0.05	44.00	31.0	73.0
氖 Ne	1.8×10^{-3}	—	20.18	-228.0	26.0
氦 He	5.24×10^{-4}	—	4.00	-257.9	2.3
氪 Kr	1.0×10^{-4}	—	83.70	-63.0	54.0
氢 H ₂	5.0×10^{-5}	—	2.02	-240.0	12.8
氙 Xe	8.0×10^{-6}	—	131.30	16.6	58.2
臭氧 O ₃	1.0×10^{-6}	—	48.00	-5.0	92.3
氡 Rn	6.0×10^{-18}	—	222.00	—	—
甲烷 (沼气) CH ₄		—	16.04	—	—
干洁空气	100	100	28.97		

表1·1还表明,干洁空气的各种成分在自然界大气的温度、压力变化范围内,都呈气体状态存在。因而有可能把干洁空气视为理想气体。

(一) 氮 按容积占有干洁空气的78.09%,是大气中最

多的气体成分。由于其化学性质不活泼，在自然条件下很少同其它成分进行化合作用而呈氮化合物状态存在，只有在豆科植物根瘤菌的作用下才能改变为能被植物体吸收的化合物。氮是地球上生命体的重要成分，是工业和农业化肥的原料。

(二) 氧 占空气总容积的20.95%，是大气中的次多成分。它化学性质活泼，大多数以氧化物形式存在于自然界中。氧是一切生物体进行生命过程所必须的成分。

(三) 二氧化碳 在大气中含量甚少，平均为干洁空气总容积的0.03%。它是通过海洋和陆地中有机物的生命活动、土壤中有机体的腐化、分解以及化石燃料的燃烧而进入大气的。因而二氧化碳主要集中在大气低层，20千米以上就很少了。它是植物进行光合作用的重要原料，据统计，每年大约用去全球 CO_2 总量的3%。二氧化碳对于太阳短波辐射的吸收性能较差，而对地面长波辐射却能强烈吸收，同时它本身也向外放射长波辐射，因而二氧化碳对大气中的温度变化也具有一定影响。

(四) 臭氧 大气中含量很少，主要集中在15到35千米间的气层中，尤以20—30千米处浓度最大，称为臭氧层。大气中臭氧主要是由于大气中的氧分子在太阳紫外辐射(0.1~0.24微米波段)照射下发生光解作用($\text{O}_2 + h\nu \rightarrow \text{O} + \text{O}$, $h\nu$ 为作用光线的能量)，光解的氧原子又同其它氧分子发生化合作用而形成的($\text{O}_2 + \text{O} + \text{M} \rightarrow \text{O}_3 + \text{M}$, M为第三种中性分子)。臭氧在太阳紫外线(大于0.2微米波段)照射下也不稳定，它可能同光解的氧原子相互碰撞再解离为氧分子

($O_3 + O \longrightarrow O_2 + O_2$), 因而臭氧的形成和解离过程是同时进行相互联系的, 并大体处于平衡状态。在臭氧层以上的高空, 随着高度的增高, 太阳短波辐射的强度明显增大, 氧分子光解的强度也随之增大, 到55~60千米高度, 氧分子几乎完全光解了, 以致数量太少难以形成臭氧。而臭氧层以下的大气中, 又因太阳紫外辐射的大部分已被上层氧分子吸收, 透射过来的紫外线强度迅速减弱, 可光解的氧分子数量便大大减少, 结果可能生成的臭氧数量也明显减少。因而只在20—30千米间, 氧分子和光解的氧原子的数量大体相当, 形成臭氧的浓度最大。臭氧层能大量吸收太阳辐射的紫外波段, 这不仅增加了大气的热能, 同时也保护了地面生命体免受伤害, 而得以繁衍生息。

二、水汽

水汽是低层大气中的重要成分, 含量不多, 只占大气容积的0—4%, 是大气中含量变化最大的气体。大气中水汽主要来自地表江、河、湖、海等水体的表面蒸发和植物体的蒸腾, 并通过大气垂直运动输送到大气高层。因而大气中水汽含量自地面向高空逐渐减少。根据观测, 到1.5~2千米高度, 大气中水汽的平均含量仅为地表的一半, 到5千米高度已减少为地面的1/10, 到10—12千米, 含量就微乎其微了。大气中水汽含量在水平方向上, 也因地表的海、陆分布和纬度的高低而有差异。一般而言, 海洋上空的水汽多于陆地, 低纬空气中水汽多于高纬。

水汽在大气温度变化范围内, 进行着汽、液、固三态的转换。这种转换不仅引起了热量的释放和吸收, 而且影响着天

气的演变。水汽对太阳辐射进行着吸收、反射和散射作用，同时对地面辐射具有强烈的吸收性能，因而水汽对低层大气中的热能转换和温度变化有着明显影响。

三、大气中的杂质

杂质是悬浮在大气中的固态和液态微粒，主要来源于有机物燃烧的烟粒、风吹扬起的尘土、火山灰尘、宇宙尘埃、海水浪花飞溅起的盐粒、植物花粉、细菌、微生物以及工业排放物等等，大多集中在大气底层。其中大的颗粒很快降回地表或被降水冲掉，小的微粒通过大气垂直运动可扩散到对流层高层，甚至平流层中，能在大气中悬浮 1—3 年。

大气中杂质的大部分是吸湿性的，往往成为水汽的凝结核心，对云、雨形成起着重要作用。同时大气杂质对太阳辐射和地面辐射具有一定的吸收和散射作用，影响着大气的温度变化。

四、大气成分的变化和污染

现代大气的成分以氮、氧为主，而且各种气体成分的百分比基本维持不变，这是大气长期演化的结果。我们现在还不能确切地说明地球形成初期的原始大气的成分和状态，也不清楚原始大气同现代大气间的相互联系。然而大量研究工作已经证明，至少在三亿五千万年以前，当陆地上有植物广泛起源时，地球大气就已经演变成现代的结构和组成了。同时，大量星际探测表明，现代地球大气成分既不同于太阳大气（惰性气体氦、氖、氩、氙、氡等含量过少），也不同于距地球最近的金星和火星大气（甲烷、 CO_2 等气体过少）。为什么地球大气是这些成分并构成这样的比例？这关系到地