

全国中等林业学校试用教材

气象学

山东省林业学校 主编

林业专业用

中国林业出版社

全国中等林业学校教材

气 象 学

山东省林业学校 主编

林 业 专 业 用

中 国 林 业 出 版 社

全国中等林业学校教材

气象学

山东省林业学校 主编

中国林业出版社出版 (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32开本 11.75印张 238千字

1985年5月第1版 1985年5月北京第1次印刷

印数 1—25,000册

统一书号 13046·1010 定价 1.85元

前 言

本书是根据林业部教育司1982年2月颁发的全国中等林业学校林业专业四年制“气象学教学大纲”编写的。全书除绪论外，共分辐射、下垫面和空气的温度、大气中的水分、气压和风、天气和气象灾害、气候和小气候、地面气象观测等七章。重点讲述光、热、水、气与林业生产的关系，对天气、气候、小气候以及气象观测等问题也作了简要的介绍。本书编写时，考虑到本课程教学时数增多、开课时间推迟和学生基础知识较好等原因，在基础理论、基本知识和气象观测等方面，均比1979年出版的试用教材有较大幅度的提高。

我国幅员辽阔，各地气候差异悬殊。本书取材时着重考虑教学中共性的问题，部分内容不尽适合各省（区）的实际需要。各校可根据当地具体情况有所侧重，适当取舍或补充。

本书由山东省林业学校（主编）和南京林业学校合编。绪论、第一章、第二章和第七章由山东林校林元耕执笔，第三章至第六章由南京林校王玉秀执笔，审稿后由主编统一整理。在编审过程中，湖南林校谢锡兰同志参加了汇稿，并提供了部分资料。应林业部邀请，参加审稿会议的有：北京林学院陈健副教授、南京林学院蔡天麒同志、贵州林校王立格同志、陕西农林学校王德敏同志、浙江林校周蕾芝同志。辽

宁林校简忠诚和贵州林校王立格两同志协助绘制了部分插图。本书在编写过程中，引用了有关院校的部分教材和资料。特此一并致谢。

由于编者水平有限，书中错漏之处在所难免，敬希读者批评指正。

编 者

一九八四年七月

目 录

绪论.....	1
第一节 气象学的概念	1
第二节 大气的组成和垂直分层	2
第三节 林业生产与气象条件的关系	11
第一章 太阳辐射、地面辐射和大气辐射	15
第一节 辐射的基本知识	15
第二节 太阳辐射及其在大气中的减弱	22
第三节 到达地面的太阳辐射	28
第四节 地面辐射和大气辐射	39
第五节 地面辐射差额与热量平衡	42
第二章 下垫面和空气的温度	48
第一节 影响下垫面温度的因子	48
第二节 土壤温度	52
第三节 水面温度	60
第四节 空气温度	64
第三章 大气中的水分	81
第一节 空气湿度	81
第二节 水分的蒸发	90
第三节 水汽的凝结和凝华	96
第四节 降水	106

第四章	气压和风	114
第一节	气压	114
第二节	风	124
第三节	大气环流	135
第四节	季风和地方风	138
第五章	天气和气象灾害	147
第一节	天气的概念	147
第二节	天气系统及其天气特征	148
第三节	寒潮	158
第四节	霜冻	162
第五节	旱涝	168
第六节	冰雹	172
第七节	台风	176
第八节	龙卷风	181
第六章	气候和小气候	184
第一节	形成气候的因子	184
第二节	气候带、气候型和气候区划	201
第三节	中国气候的特征	221
第四节	小气候概述	242
第五节	森林小气候	255
第六节	防护林带小气候	274
第七章	地面气象观测	282
第一节	日照时数的观测	282
第二节	空气温度和地温的观测	286
第三节	空气湿度的观测	301
第四节	降水和蒸发的观测	316

第五节 气压和风的观测	324
第六节 气候资料的统计和整理	338

附 录

I 地面气象观测的组织工作	348
II 森林小气候观测方法简介	352
III 地理座标和时间	357
IV 露点温度查算表	363

绪 论

第一节 气象学的概念

围绕在地球周围的整个空气层称为地球大气，简称大气。大气中不断地进行着大气的增热和冷却、蒸发和凝结等物理过程，经常发生寒、暖、干、湿、风、云、雨、雪、光、声、雷、电等物理现象。气象学就是研究大气中所发生的各种物理过程和物理现象的本质及其变化规律的科学。

大气的状况和物理过程，常用综合的定性因子和定量因子来表示。这些因子广泛应用于天气预报、气候分析和有关科学研究等方面，称为气象要素。主要的气象要素有：气温、气压、空气湿度、风、云、降水以及各种天气现象等。这些气象要素在变化过程中紧密联系，互相影响，在不同的条件下错综复杂地结合在一起，在不同地区和不同时间里表现为不同的天气和气候。

天气和气候不能混为一谈。某一地区，在某一短时间内各种气象要素的综合状况，称为天气。气候是指某一地区多年的天气特征，它不仅包括该地区多年来经常出现的天气状况，而且包括特殊年份偶尔出现的极端天气状况。

气象学是林业专业的一门专业基础课。通过本课程的学

习，使我们获得基本的气象科学知识，掌握与专业有关的气象观测技能，为学习专业课和今后从事林业工作奠定必要的理论基础。

第二节 大气的组成和垂直分层

大气是气象学研究的对象，在讨论大气中发生的物理过程和物理现象时，首先必须了解大气的组成、结构及其物理性质。

一、大气的组成

大气是由多种气体混合组成的，同时还含有水汽和杂质。

(一) 干洁空气 大气中除去水汽和杂质的整个混合气体，称为干洁空气。它的主要成分是氮、氧、氩、二氧化碳。此外，还有少量的氟、氯、氦、氢、氙、臭氧等气体。表 1

表 1 干洁空气的成分

(25公里高度以下)

气 体	容积百分数	质量百分数	分 子 量
氮	78.09	75.52	28.016
氧	20.95	23.15	32.000
氩	0.93	1.28	39.944
二氧化碳	0.03	0.05	44.010
臭 氧	1.0×10^{-6}	—	48.000
干洁空气	100	100	28.966

列出低层干洁空气中主要气体含量的百分数和分子量。

由于大气中存在着空气的垂直运动、水平运动、乱流运动和分子扩散，使不同地区的空气得以进行交换和混合。从地面开始直到 90 公里高度处，干洁空气成分的比例基本上是不变的，所以我们可把 90 公里高度以下的干洁空气当作分子量为 28.966 的“单一成分”的气体来处理，这样可使有关运算简化。在 90 公里以上，大气的主要成分仍然是氮和氧。但从 80 公里以上，由于太阳紫外线的作用，氮和氧已有不同程度的离解。在 100 公里以上，氧分子几乎全部离解为氧原子；到 250 公里以上，氮也基本上离解为氮原子了。

在干洁空气的各种成分中，二氧化碳和臭氧所占的比例虽少，但是它们对大气温度却有较强的影响。

二氧化碳：大气中的二氧化碳主要来源于燃料的燃烧、有机物质的腐败和分解以及动物和植物的呼吸作用。大气中二氧化碳的含量很少，仅占整个大气容积的 0.03%，且多集中在 20 公里以下的气层里。在 20 公里以上，二氧化碳的含量就显著地减少了。低层大气中二氧化碳的含量随时间和空间的不同而略有变化，大致夏季比冬季多，夜间比白天多，阴天比晴天多，城市比农村多，室内比室外多。在人烟稠密的工业区，大气中二氧化碳的含量可达 0.05%，甚至达到 0.07%，当其含量达到 0.2—0.6% 时，就对人类有害了。大气中二氧化碳的含量虽少，但它所起的作用却很大。例如绿色植物进行光合作用时，需要吸收大量的二氧化碳，合成糖类和其它物质。二氧化碳善于吸收和放射长波辐射，能影响地面温度和空气温度的变化。由于近代工业的发展，大气中

二氧化碳的含量逐渐增多，对气候变迁已产生一定的影响。

臭氧：臭氧是由氧分子离解为氧原子 ($O_2 \rightarrow O + O$)，而后氧原子又和氧分子化合而成 ($O_2 + O \rightarrow O_3$) 的气体。在低层大气中，臭氧往往由雷雨闪电或有机物的氧化而形成。但这些作用并不经常，所以低层大气中含臭氧很少，且不稳定。在上层大气中，臭氧的形成主要是由于太阳紫外线的作用，所以 10—15 公里以上的大气中经常有臭氧存在。大气中臭氧的含量随着高度的变化而改变。在近地面气层中，臭氧很少；从 5—10 公里高度起，臭氧含量开始增加；至 20—25 公里高度处，达到最大值；再往上，臭氧的含量又逐渐减少；到 55—60 公里高度处，臭氧就极少了。

臭氧能大量吸收太阳紫外线，使 40—50 公里高度上的温度大为增高，在 50 公里高度附近形成一个暖区。由于紫外线在高空被臭氧层所阻挡，能使地面上的生物免受过多紫外线的伤害，而透过少量的紫外线，又可起到杀灭病菌的作用。

(二) 水汽 在常温常压下，大气中的水汽是唯一能够发生相变（即气态、液态、固态三者可以互相转变）的气体。大气中的水汽是由地球表面蒸发而来，其中大部分来自广阔的海洋面上的蒸发，其次是潮湿陆面的蒸发和植物表面的蒸腾。

大气中水汽的含量，随着时间、地点和气象条件（如温度、风、云等）而有较大的变化。按容积计算，其变化范围在 0—4% 之间。例如，在热带多雨地区，水汽的含量可高达 4%；而在沙漠地区，却可少至 0.01% 以下。高纬度地区

水汽的含量比低纬度地区少，内陆地区水汽的含量比沿海地区少，冬季水汽的含量比夏季少。

一般说来，大气中水汽的含量是随着高度的升高而减少的。观测表明，在 1.5—2 公里高度上，水汽的含量大约已减少为近地面的一半；在 5 公里高度上，减少为近地面的十分之一左右，再往上，水汽就更少了。

大气中水汽的含量虽然不多，但是它在天气变化过程中却是一个重要角色。水汽的相变会引起云、雾、雨、雪等一系列的凝结现象。此外，水汽能强烈地吸收地面辐射出来的红外线，同时它又能向周围空气和地面放射红外线。在水相变化中，水汽能够放出或吸收潜热。这些都对地面和空气的温度产生一定的影响。

(三) 杂质 大气中悬浮着各式各样的固态和液态微粒，这些微粒统称杂质。

固态杂质包括来源于物质燃烧的烟粒，海洋中浪花飞溅扬入大气后而被蒸发的盐粒，岩石或土壤风化后被风吹起的尘粒，火山喷发出的烟尘，流星燃烧后所产生的细小微粒以及其它宇宙灰尘。此外，还有由植物花粉、细菌、病毒组成的有机杂质。

大气中杂质的含量，随地区、时间和天气条件而改变。在近地面气层中，通常是陆地多于海上，城市多于农村。空气中的乱流运动对尘粒的分布影响很大，当乱流混合强盛时，尘粒可散布到高空；反之，则集中在下层。所以在居民多的地区，特别是工业区的近地面气层中，阴天的尘粒多于晴天，晚间多于白天，冬季多于夏季。空气的水平运动对尘粒的水

平分布也有很大影响，可将某一地区的尘粒输送到另一地区去。

大气中的固态杂质能够减弱太阳辐射和阻挡地面散热，影响地面和空气的温度。杂质浮游于空间能减低大气透明度和影响能见度^①，严重时可使能见距离降低到几十米甚至几米。杂质对于云、雾和降水的形成也起重要作用，因为在饱和空气中水汽发生凝结时，必须有凝结核才能促进水滴或冰晶的形成，有些杂质（例如盐粒）就是良好的凝结核。悬浮在大气中的水滴、过冷水滴液态微粒，以及冰晶等水汽凝结物，它们常常聚集在一起，以云、雾、降水等形式出现，使能见度变坏，并减弱太阳辐射和地面辐射。

绿色植物具有最大的吸收二氧化碳的能力，同时又是制造氧的工厂。据研究，一亩树林每天可以吸收 67 公斤二氧化碳，呼出 49 公斤氧，足够 65 人呼吸之用。一亩树林一年可吸附各种灰尘 22—60 吨，一亩树林一个月可吸收有毒气体二氧化硫 4 公斤。林木对粉尘有很大的阻挡和过滤吸收作用。有些林木还能分泌杀菌素杀灭病菌。例如一亩桧柏林一昼夜能分泌出 2 公斤杀菌素，可杀灭肺结核、白喉、痢疾等病菌。所以人们采取植树造林、绿化城市等措施以净化空气和美化环境，促使身心健康。

二、大气的垂直分层

根据观测，大气中气象要素的分布，在垂直方向上和水

① 视力正常的人所能看到的目标物的最大距离叫做能见度。

平方向上都是不均匀的，特别是在垂直方向上，各气象要素的变化是相当急剧的。由于地球引力的作用，使大气质量的50%集中在5.5公里以下，75%集中在10公里以下，99%集中在35公里以下。随着高度的升高，空气密度迅速减小。到700—800公里高度处，气体分子之间的距离可达几百米远。尽管空气密度愈往上空愈小，但无论到达哪个高度，毕竟还不是绝对真空，即使到达星际空间，仍然找不到没有分子存在的地方，所以大气层很难找到一个明确的边界。关于大气上界的高度，通常有两种划分方法：一种是根据大气中出现的某些物理现象，例如极光^①出现的最大高度，把大气的上界定为1000—1200公里；另一种是根据气象卫星探测资料推算，认为大气上界为2000—3000公里。

二十世纪以来，特别是1940年以后，遥测设备不断发展，用无线电探空仪、火箭及人造地球卫星等收集和积累了不少高空大气的资料。根据气温、大气的成分和电离状况等物理特征的垂直分布情况，把大气分成对流层、平流层、中间层、暖层、散逸层等五个层次（图1）。

（一）对流层 对流层是靠近地面的一层大气，它的底界是地面。上界随纬度、季节等因素而改变，就其平均高度而言，在赤道附近为17—18公里，中纬度地区为10—12公里，两极附近为8—9公里。夏季的上界高度大于冬季。

对流层的厚度相对于整个大气层来说虽很薄，但集中了整个大气四分之三的质量和几乎全部的水汽量，主要天气现

^①极光是经常出现在高纬度地区高空的一种辉煌瑰丽的彩色光象。

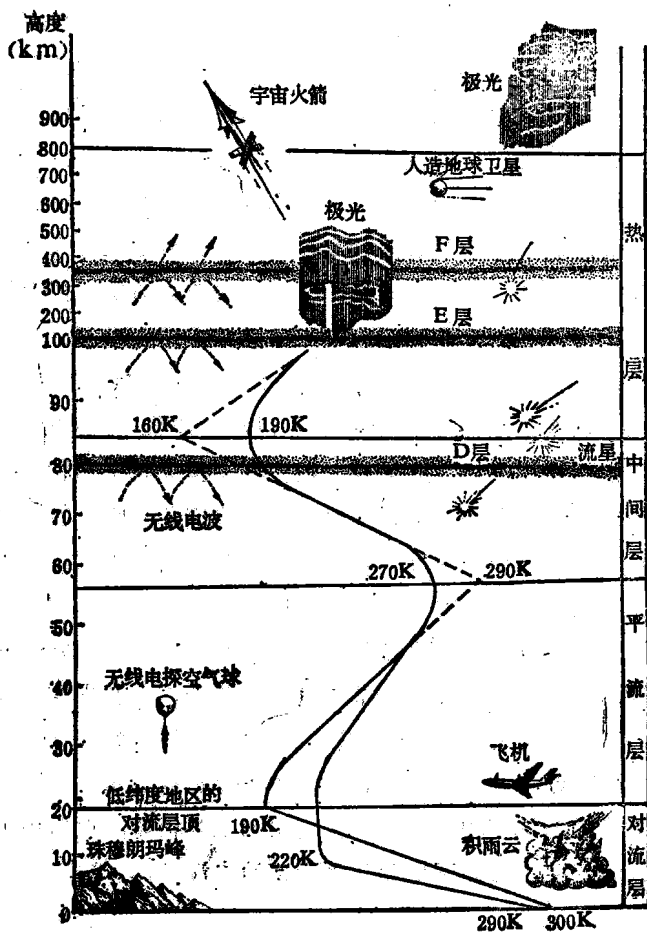


图1 大气的垂直分层

象如云、雾、雨、雪等都发生在这层里。因此，对流层是对人类生产活动和生活影响最大的一个层次，也是气象学重点研究的层次。对流层主要有以下三个特点：

1. 气温随高度的升高而降低。高山常年积雪，高空的云多为冰晶组成，都能说明这一点。对流层中气温随高度而降低的数值，在不同地区、不同季节、不同高度是不一致的。平均而言，每上升 100 米，气温约降低 0.65°C ，称为气温垂直递减率（简称气温直减率）。这一特性的形成，一方面可按分子运动论原理来说明，由于空气密度和气压都随高度的增加而减小，因而气温也降低。另一方面，又由于太阳辐射通过大气时被吸收的很少，而地面长波辐射却被大气低层中的二氧化碳和水汽吸收很多，因而对流层空气的增热主要是依靠吸收地面的热量。气层愈靠近地面，获得的热量愈多，温度也愈高；距离地面愈远，则温度愈低。

2. 空气有规则的垂直运动和无规则的乱流运动都相当强烈。对流层主要从地面获得热量，由于受热不均匀而产生强烈的上升和下降的气流，即对流运动。空气通过对流和乱流运动，使高层与低层的空气进行交换，使近地面的热量、水汽和杂质易于向上输送，改变了它们的垂直分布，这对促进水汽凝结成云致雨起着极重要的作用，同时对大气能见度也有很大影响。

3. 温度和湿度等在水平方向上的分布不均匀性。这是由于地面的海陆和地形的不均匀对大气的影晌所致。例如，在寒带内陆上的空气，因受热较少和缺乏水源，就显得寒冷干燥；在热带海洋上的空气，因受热较多，水汽充沛，就比较