



气象学与 林业气象学

陆鼎煌 编著

(北京林业大学成人教育学院组织编写)

中国林业出版社

气象学与林业气象学

陆鼎煌 编著

(北京林业大学成人教育学院组织编写)

中国林业出版社

(京)新登字 033 号

图书在版编目(CIP)数据

气象学与林业气象学/陆鼎煌编著. —北京:中国林业出版社,1994

ISBN 7-5038-1306-7

I. 气… II. 陆… III. 林业—应用气象学 IV. S716

中国版本图书馆 CIP 数据核字(94)第 06276 号

中国林业出版社出版

(100009 北京西城区刘海胡同 7 号)

建材情报所印刷厂印刷 北京发行所发行

1994 年 12 月第 1 版 1994 年 12 月第 1 次印刷

开本:787×1092 毫米 1/16 印张:20

字数:482 千字 印数:1300 册 定价:18.00 元

ISBN7-5038-1306-7/S·0729

序

在地球各种类型的生物与环境之间,以森林和气象之间的相互联系和相互作用最为重要。作为地球上质量最多和覆盖面积最大的生物体——森林,每天在阳光下进行着光合作用,吸收了大量的二氧化碳而放出氧气,使得大气保持着较为稳定的二氧化碳含量。尽管近百年来大量地燃烧化石燃料和大量的森林遭到破坏,但是现存的森林对于稳定大气层的结构,仍占着首要地位。此外,森林对于拦蓄雨水,阻滞径流,净化空气,调节气候,为人类和各种生物创造了一个更为适于生存的气候环境,其重要作用是无可比拟的。从另一方面看,气象(气候)条件对于森林类型的分布,林木的生长、发育,林产品的数量和质量以及对林木的抚育、病虫害和火灾的预防、预测等各方面都有密切的关系,所以,对林业工作者而言,林业气象学不但是—门基础学科,也是一门有着广泛应用价值的学科。

北京林业大学陆鼎煌先生编著的《气象学与林业气象学》,不但内容丰富,而且取材新颖,其中不少内容是他本人多年来调查研究的成果。我认为该书的特点有:

1. 系统性强。举凡气象学的基本知识,该书都包括无遗。在阐述方面能突出要点,使学习者能抓住要领,有所收获。只要认真学习,便可打下气象学的可靠基础。

2. 深入浅出,循序渐进,条理清楚,便于自学。

3. 不但收集了许多基础资料,而且还引用了一些最新颖的资料,尤其是城市绿地小气候和林农间作小气候资料,极为难得可贵。因此,该书还可作为科研的参考文献和重要的工具书。

4. 理论联系实际,有许多生动的例子,将对学习者有很大的启发作用。尤其在改革、开放,搞活经济的今天,这些启发将促进林业工作者、科技人员和广大群众向生产的广度和深度进军。

江爱良*

1994年1月

* 江爱良先生是中国科学院、国家计划委员会自然资源综合考察委员会研究员,中国林学会林业气象专业委员会第一届理事长,现任顾问。

前 言

振兴中华民族,建设具有中国特色的社会主义,需要大批人才。培养人才,教育为本。中央领导同志曾经指出:“要优化教育结构,大力加强基础教育,积极发展职业教育、成人教育和高等教育,鼓励自学成才”。

成人教育是传统学校教育向终生教育发展的一种新型教育制度,对不断提高全民族素质、促进经济和社会发展具有重要作用。今后一个时期,成人高等教育改革和发展的总体目标是:积极兴办多种形式、层次、规格的成人高等教育,把高层次岗位培训、大学后继续教育作为成人教育的重点。

北京林业大学是1956年起开办成人(函授)教育的,1991年成立成人教育学院,每年除举办各种培训班外,还向全国招收本科和专科函授生、夜大学生和专科续本科生。30多年来,为国家培养了大批林业技术人才,他们大多数成为本系统、本单位的业务骨干,并做出了突出成绩,在社会上受到好评。由于在林业成人教育工作中成绩显著,1993年我校被评为全国林业成人教育先进单位。

教育的关键是教师,基础是教材。我们在成人教育中,除聘请富有经验的老教师讲课外,还重视编写适合成人教育特点的教材,以提高教学质量。近几年来,我们已编印了成人教育用书六本。这本《气象学与林业气象学》是由陆鼎煌教授编著、中国林业出版社正式出版的第一本成人教育用书,以后我们还将陆续出版其他教材,除满足本校使用外,也可供兄弟院校参考和采用,并诚恳希望兄弟院校领导和师生提出宝贵意见。

本书的出版,得到了校长贺庆棠教授的关怀和支持。中国科学院综考会江爱良研究员对本书作了认真细致的审稿。中国科学院应用生态研究所崔启武研究员、中国林业科学研究院宋兆民研究员和中国科学院地理研究所卫林研究员先后审阅了本书,并提出修改意见,在此一并表示谢忱。

韩光明*

1994年5月

* 韩光明先生是北京林业大学成人教育学院院长。

编著:陆鼎煌
审稿:江爱良

目 录

序

前言

绪论	(1)
第一节 气象学的领域	(1)
第二节 林业气象学研究的对象与任务	(1)
第三节 林业气象学发展概况	(2)
第一章 大气	(5)
第一节 大气的组成成分	(5)
第二节 大气的结构	(7)
第三节 大气的基本性状	(8)
第四节 大气与林木生长	(14)
第二章 辐射	(19)
第一节 辐射的概念	(20)
第二节 太阳辐射	(22)
第三节 地面辐射、大气辐射和地面有效辐射	(29)
第四节 净辐射	(31)
第五节 太阳辐射与树木生长	(33)
第三章 温度	(42)
第一节 影响下垫面温度的因子	(42)
第二节 土壤温度	(43)
第三节 空气的增热和冷却过程	(47)
第四节 空气温度	(49)
第五节 温度与林木生长	(55)
第四章 大气中的水分	(60)
第一节 水的相变	(60)
第二节 自然条件下的蒸发	(61)
第三节 空气湿度	(63)
第四节 凝结	(64)
第五节 降水	(67)
第六节 水分循环和水量平衡	(69)
第七节 水分与林木生长	(71)
第五章 空气的运动	(78)
第一节 作用于运动空气的力	(78)
第二节 地转风、梯度风、摩擦风	(80)
第三节 大气环流	(82)

第四节	地方性风	(85)
第五节	近地层空气的乱流	(88)
第六节	风对林木生长的影响	(92)
第六章	天气	(95)
第一节	气压场	(95)
第二节	气团和锋	(97)
第三节	温带气旋和反气旋	(102)
第四节	中高纬度高空主要天气系统	(105)
第五节	西太平洋副热带高压	(107)
第六节	台风	(109)
第七节	中小尺度天气系统	(110)
第八节	天气预报	(113)
第七章	主要林业气象灾害及防御	(115)
第一节	霜冻	(115)
第二节	干旱与洪涝	(119)
第三节	雨淞	(120)
第四节	雪害	(123)
第五节	大风	(124)
第六节	日灼	(127)
第七节	雹灾	(128)
第八节	森林火灾	(129)
第九节	森林病害	(135)
第十节	森林虫害	(138)
第八章	气候与中国气候	(142)
第一节	气候的形成因素	(143)
第二节	季节、气候带、气候型	(145)
第三节	气候变迁	(150)
第四节	中国气候	(153)
第九章	局地气候与小气候	(174)
第一节	森林气候	(174)
第二节	城市气候	(182)
第三节	地形小气候	(190)
第四节	防护林带小气候	(198)
第五节	林农间作小气候	(207)
第六节	采伐迹地(林间空地)小气候	(213)
第七节	城市绿地小气候	(214)
第八节	温室小气候	(217)
第九节	几种林业措施的小气候效应	(219)
第十章	林业气象观测与资料统计	(227)
第一节	地面气象观测方法	(227)
第二节	地面观测资料的统计方法	(272)
第三节	小气候观测方法	(275)

第四节 中小区域气候资料的延长和推算方法	(283)
附录 物候观测方法	(295)
附表 [一] 太阳倾角表	(302)
[二] 日期订正表	(303)
[三] 订正数 $k + d\lambda + dt$ 总和表	(303)
[四] 时差表	(304)
[五] 时角查算表	(305)
[六] 饱和水汽压表	(306)
[七] 相对湿度和湿球温度与干湿球温度差的关系	(308)
主要参考文献	(309)

绪 论

包围地球的空气圈,称为地球大气,简称大气。大气的各种物理的和化学的状态和现象,即是气象。研究气象变化规律的科学,称为气象学或大气科学。

林业气象学是由气象学为林业生产服务,解决林业生产中的气象问题而发展起来的应用气象学的一个重要分支,也是林学的基础学科之一。林业气象工作者必须了解从种子下地到采伐利用,林业生产全过程中的气象问题及其解决途径,才能合理地利用气候资源,达到速生丰产、优质低耗的目的,并充分发挥林木的生态效益、经济效益和社会效益。

第一节 气象学的领域

近代大气科学可概括地分为大气物理学和大气化学两大分支。传统的气象学则分有下列几个主要学科:

(一)大气物理学

它从物理学方面来研究大气中的过程和现象,揭示这些过程和现象变化的物理机制。内容包括大气热力学、大气动力学、大气的光学、声学、电学等。

(二)天气学

在一定地区,在较短时段内(或瞬时)由各项气象要素所组合反映的大气状态,称为天气。研究天气过程发生、发展的规律,并运用这些规律预报未来天气的学科,即是天气学。

气象要素是表征大气状态的量和现象。例如太阳辐射、温度、湿度、降水量、风向、风速和雾、霜、露、闪电等等。

(三)气候学

气候是指一地区多年和综合的天气状况。研究气候的形成过程、分布和变化规律的学科,称为气候学。

以上是气象学最早分出的主要学科。现代气象学的分支虽已增加了很多,但大气物理学、天气学和气候学仍是气象科学的主体。

随着气象学在生产建设中的广泛应用,已分别形成了许多各自独立的应用气象学,如农业气象学、林业气象学、渔业气象学、盐业气象学、航空气象学、航海气象学、医疗气象学、建筑气象学、污染气象学和军事气象学等等。

第二节 林业气象学研究的对象与任务

林业气象学是研究林业与气象或气候条件之间相互关系的科学,是气象学与林学之间的一门边缘学科。它研究的对象是一切木本植物生活在其中的、对林业具有重要意义的那些气象条件和林木生长对气象(包括气候和小气候等)条件的作用与影响。

现代林业的概念已突破了原有的生产木材的旧观念,而是一个以木本植物为主的生态经济系统或产业。它包括了种植业、养殖业、采集业、加工利用业、环保业和旅游业等。这个系统或产业的功能和效益是多方面的,它既具有经济效益、生态效益和社会效益,还具有保存物种和基因库等的功能。随着林业概念的发展和变化,林业气象研究的范围也大大拓宽了。具体地说,林业气象学的任务为:

1. 研究气象、气候因子对林木培育和各种林副土特产品生产的经济效益的影响;确定其最优化气象、气候指标和林业气候生产力预测方法;对影响林业产量和质量的气象条件、气象灾害进行预测、预报,并提出有效的防御措施。

2. 研究各种类型的森林、林带、灌木林、绿地、树丛、四旁树、经济林木等对气象条件和局地气候的影响以及对环境的改善;研究森林分布对全球和各个国家不同地区气候、局地气候和小气候的影响;研究森林净化大气、土壤和水的作用,森林对光、声、电和辐射的影响等等,以充分发挥林业的生态效益。

3. 研究森林气候特征及它与人类健康、疗养、休息、娱乐和旅游等的关系;研究森林气候与工业、农业、牧业、渔业、城市规划和建设、土地利用、国土整治等的关系,以充分发挥林业的社会效益。

4. 研究各种生物物种保存和繁衍的气象气候条件;各生物物种的最佳生态位的小气候条件,以保存珍稀物种,使之免于受危害和灭绝。

第三节 林业气象学发展概况

国外林业气象研究始于18世纪的后半叶,真正系统研究则是在19世纪中叶以后,随着世界第三次产业革命在欧洲兴起,森林被迅速砍伐,于是德国、法国、瑞士、捷克、奥地利等在森林内外建立气象观测站,研究森林破坏对气候的影响。最早的林业气象学著作是Fernow和Harrington 1893年写的“森林的影响”一书。

德国对林业气象最早进行了系统研究,1924年A. Schmauss指导的研究人员,在巴伐利亚的Ostmark的松林中建立了第一座森林气象观测塔,进行林分气象要素垂直分布研究。1927年R. Geiger又在一块成熟橡树林中建造了两座27m高的气象观测塔。同时C. Schmidaurtins也在20m高的云杉林中建立了观测塔。R. Geiger是近代林业气象学的奠基人,1927年他出版了《近地层气候》,从此,林业气象学开始形成为一门独立的学科。他主要研究了林分结构对森林气候的影响,皆伐和择伐迹地的气候特征,林缘和林中的气流运动及林地至林冠层的气象要素分布。并第一个提出了关于作用面和作用层的概念,认为林冠是形成林分气候的主要作用面,林地表面是次要作用面。1952—1956年A. Baumgartner第一个系统研究了林分气候形成的物理基础——森林林冠作用层的能量平衡。其后出版了G. Mitscherlich的《森林生长和环境》、《森林气候和水量平衡》,G. Flomming的《气候—环境—人类》、《森林气候》。A. Baumgartner的《森林和生物圈》、《阿尔卑斯山的水文学》、《森林的气候作用和卫生保健作用》等一系列论文和著作。近些年他们在研究森林的辐射、空气动力学、水文学、生物气候学的特性、年轮气候学、森林与酸雨、森林的环境保护功能、森林对欧洲及全球气候的影响、森林气候生产力的结算等等。

原苏联对林业气象研究也开展得较早,早在19世纪末,B. H. KAPA3ИH就发表了《森林与

气象》的论文。近代具有代表性的著作有：A. A. Молчанов 的《松林与水分》、《森林的水分作用》和《森林与气候》；Т. Е. Магякин 的《防护林带小气候》；А. Смалъко 的《不同结构防护林带的防风特性》；А. Р. константинов 的《林带与农作物产量》；Ю. Л. Раунер 的《森林的热量平衡》和《植被的热量平衡》；Н. И. Костюквич 的《森林气象学》；Н. И. руднев 的《森林的辐射平衡》等。

美国从本世纪 20 年代才开始对林业气象进行系统研究。早期的研究偏重于林火气象，并在森林水分、防护林气象和年轮气候等方面进行了研究。60 年代以来主要研究林冠气象学、森林气象灾害、森林的辐射、水分特性、林火气象、森林与大气污染、森林蒸散、林业气象模型分析等。比较有影响的著作有：J. Kihredge 的《森林的影响》、R. Lee 的《森林小气候学》和《森林水分》、H. C. Friffs 的《年轮与气候》和 D. M. Gates 的《植物气候》等。

日本的林业气象研究大致开始于 30 年代。原田泰在 50 年代出版了《森林气象学》；门司正三和佐伯敏郎 1953 年发表了著名论文《对群体光能分布和同化作用的研究》。从 30 年代起建立了不少林区气象站。目前，他们侧重于生理生态气象研究，十分重视蒸散与产量关系及气候生产力的估算和预测，也做了大量林副产品产量和质量与气象的关系以及森林与环境保护关系的研究。

法国主要研究林火气象、防护林气象、生物气象、森林水文、污染气象、森林效益评价等。英国注重林业气象的基础理论研究，如湍流扩散、蒸发散、能量二氧化碳流动以及光合作用的生理生态气象等。代表性著作有 I. H. Penman 的《植被和水文学》、J. L. Manteith 的《环境物理学》等。加拿大着重于林火气象研究。意大利对地中海地区针阔叶林的森林气候特征作过不少研究，近来又着重研究杨树生长与气象条件的关系。瑞士着重研究了生物气候，还对森林水文、年轮与气候、森林与大气污染等进行着研究。其他如澳大利亚、奥地利、瑞典、荷兰、比利时、印度也都在某些方面进行过研究。

当前由于欧洲、北美大气污染导致酸雨危害森林，热带和亚热带地区森林大面积砍伐带来全球气候变暖等，已成为各国林业气象界的研究中心课题。此外，林业气象学的研究手段、仪器、设备也正经历着一场革命、自动遥测、微电子化正不断引入林业气象研究领域。

我国林业气象研究具有悠久的历史，如 2000 多年前的西汉时期《周礼·考工记》中云：“桔逾淮而北为枳”，那时人们已经认识到气候不同而引起树木的变化。本世纪以来，竺可桢、陈嵘、梁希等都有部分林业气象方面的论述。系统的林业气象研究工作，是在新中国成立以后才开始的。50 年代有江爱良等在海南岛对橡胶林小气候和防护林小气候的研究；陈健等对河北冀西防护林气象的观测；王正非等在小兴安岭林区作长期定位观测；中国科学院沈阳应用生态研究所、中国林科院林业研究所、北京林业大学和黑龙江省林业厅对大小兴安岭和长白山林区的林火考察；宋兆民等在福建杉木林区建立森林水文气象站，研究人工林小气候等工作。出版了《森林气象观测和火灾预报方法》等著作。1959 年秋在四川成都召开了第一次森林防火和森林气象学术讨论会。

从 60 年代起，王正非、崔启武、朱劲伟、贺庆棠、朱廷曜等相继进行了林业气象物理基础的研究；马雪华等与四川林科所对川西半亚罗林区开展了森林小气候和森林对河川径流影响的研究；傅抱璞对林带动力效应和崔启武对林带附近水汽输送进行了理论分析；中科院地理研究所和云南热带作物研究所进行了橡胶小气候和霜冻预防的研究；中国林科院林研所和北京林业大学对甘肃兴隆山森林与降水做了调查研究；北京林业大学还对小兴安岭五营与鹤岗森林对降水的影响进行了探讨；洪启法作了马尾松林小气候研究等。这期间，北京林业大学和东北

林业大学在小兴安岭林区都设立了林业气象研究站,沈阳应用生态研究所和黑龙江省林科院与水文总站都在小兴安岭建立了森林水量平衡观测场。沈阳应用生态研究所还研制了用于林业气象观测的温湿隔测仪、辐射平衡表等仪器;在森林雷击火方面,黑龙江省森保所和中国科学院大气研究所合作研制出了我国第一部三点交叉天电定位仪。1963年春在沈阳召开了第二次林业气象学术讨论会。

70年代以来,林业气象的大量研究工作主要围绕着生态学、环境学、林学为中心进行的,代表性的成果主要有:由王正非等编著出版了《森林气象学》;朱劲伟关于森林中光分布理论的数学模式研究;宋兆民、卫林、张翼等关于农田防护林体系的气象效应的研究;朱廷曜关于风洞试验和林带防风效应的数量化理论分析研究;高素华等对海南岛人工橡胶林生态系统的气象生态研究;曾庆波等对海南岛尖峰岭热带山地雨林水热状况、气候特征和开发对生态平衡的影响的研究;贺庆棠关于森林对局地、全球能量和水分影响及农林植物气候生产力的研究;陆鼎煌对城市绿化气象效应和森林公园环境效益的研究;恩和等关于林火气象预测预报的研究;迟文彬等关于东北林区森林水文和气象观测方法及规范的制定;蔡天麒关于南京树木净化大气的研究;王利溥等关于经济林气象的研究等等。并在1982年10月和1985年12月分别在江苏省江都县和云南省昆明市召开了第三次和第四次全国林业气象学术讨论会。1987年2月在广东省新会县召开了全国林学会林业气象专业委员会成立大会暨第五次全国林业气象学术讨论会。我国在林业气象研究方面已经形成了一支既有实践经验又有理论基础的科技队伍。

作 业 题

1. 什么是气象和气象学?
2. 什么是天气和气候? 它们有什么不同? 又有什么联系?
3. 什么是气象要素? 并举例说明哪些是定量的、哪些是定性的。
4. 什么是林业气象学?

第一章 大 气

提示

气象学是研究大气的科学,所以必须对大气的组成成分、重要的物理性状以及垂直和水平结构等有所了解。本章主要阐述在气象学上和树木生理生态方面有重要意义的各种大气成分、大气的基本物理性质、空气密度及气压随高度的变化等内容,为以后的学习奠定必要的基础。

第一节为大气的组成成分:大气是由干洁空气、水汽和气溶胶粒子三种成分混合而成的。干洁空气的主要成分是 N_2 、 O_2 、Ar(这三种成分在25km以下大气中比较固定),其余是不定量的 CO_2 、 O_3 等, CO_2 和 O_3 随时间和地点而变化,水汽和气溶胶粒子也是大气中的易变成分。

大气中 N_2 、 O_2 、 CO_2 对森林植物的生长具有重要的意义。水汽 CO_2 、 O_3 和气溶胶粒子对天气气候变化起着十分重要的作用。

第二节为大气的结构:介绍了大气在垂直方向分为五层。其中对流层对我们关系最为密切,天气变化、气象灾害都发生在这一层,因此我们必须了解其特征。

第三节为大气的基本性状:对于表示大气性状的主要气象要素,既要了解它的概念、定义,还需知道它们的单位。了解干湿空气的状态方程和气压随高度的变化。

第四节讲述了 N_2 、 O_2 、 CO_2 对林木生长的重要性以及大气污染对林木的危害。

重点和难点

1. 大气组成的主要成分。
2. 大气中哪些成分在气象学和生物学上具有重要意义?
3. 大气垂直分层和对流层的特征。
4. 主要气象要素的定义和单位。
5. 气压随高度变化一般规律,压高公式的应用。
6. 大气与林木生长有什么关系?

第一节 大气的组成成分

大气是由干洁空气、水汽和气溶胶粒子三种成分混合而成的。

一、干洁空气

从地面到25km高度范围内的采样分析看,干洁空气的主要成分是氮(N_2)、氧(O_2)、氩(Ar),它们占干洁空气容积的99.9%以上,其余是不定量的二氧化碳、臭氧和其它微量气体氦、氖、氟、氙、氢等(表1.1),它们所占总容积不到0.1%。干洁空气的分子量为28.966,密度(在温度 $0^{\circ}C$ 、一个标准大气压时)为 $1.293kg/m^3$ 。

干洁空气中的氮、氧和二氧化碳对森林生物具有重大意义。大气中的氮,森林植物不能直接吸收,但豆科植物能借其根瘤菌的作用,利用大气中的氮素。此外,由于闪电和电离等过程,

氮和氧化合生成氮的氧化物,也可随降水进入土壤,供给植物利用。氧不但为生物呼吸所必需,并且还决定着有机物质的燃烧、腐败及分解过程。

表 1.1 25km 以下干洁空气的成分

气体	按容积计含量(%)	分子量	气体	按容积计含量(%)	分子量
氮 N ₂	78.09	28.016	氦 He	5.24×10^{-4}	4.003
氧 O ₂	20.95	32.000	氪 Kr	1.1×10^{-4}	83.700
氩 Ar	0.93	39.944	氢 H ₂	5.0×10^{-5}	2.016
二氧化碳 CO ₂	0.03	44.010	氙 Xe	8.7×10^{-6}	131.300
氖 Ne	1.8×10^{-3}	20.183	臭氧 O ₃	1.0×10^{-6}	48.00

二氧化碳是森林植物进行光合作用不可缺少的原料。植物体 95% 的组成成分是光合作用的产物。二氧化碳主要来源于有机物的燃烧、腐烂和生物的呼吸,矿泉、地壳裂缝及火山喷发也排出二氧化碳,所以空气中二氧化碳含量是随时间和地点而变化的。人口稠密的工业城市中,二氧化碳含量较高,可占空气容积的 0.05% 以上,在农村则大为减少。冬季,夜晚和阴天时,空气中二氧化碳含量高于夏季、白天和晴天。近 100 多年来,随着工业发展、人口增长、燃烧量增大,大气中二氧化碳含量有逐年增长的趋势。从工业革命前到 1990 年,二氧化碳的浓度已由 270ppm(ppm 为百万分之一)增加到 353ppm。空气中二氧化碳增加,植物光合作用强度有所增长。二氧化碳对于长波辐射能的强烈吸收和放射,会引起低层大气变暖,对气候产生一定的影响(温室效应)。

臭氧主要集中在(20—30km)高的气层中,它能强烈吸收太阳紫外辐射,最强的吸收带位于 0.22—0.32 μ m,对地球生物起了保护作用。因臭氧吸收紫外辐射,故有增温作用,使大气在 40—50km 高度附近形成一个暖层。

二、水 汽

大气中的水汽来源于江、河、湖、海、潮湿物体表面及植物表面的蒸发或蒸腾作用。按容积计,大气中的水汽含量变化在 0%—4% 之间。空气中水汽的含量一般是低纬大于高纬,沿海大于内陆,夏季大于冬季。由于水汽源于下垫面,借大气中的垂直运动输送到上层,所以高度越高,空气中水汽含量越少。观测表明,1.5—2.0km 的高度上,水汽含量已减少到地面空气的一半,在 5km 的高度上,减少为地面的十分之一,再往上含量就更少。

水汽在大气中含量虽少,它是形成云、雨、雪、雹等天气现象的主要角色。而且水汽的相变,还伴随有能量的转换。同时水汽又易吸收和放射长波辐射,所以大气中水汽含量的多少能直接影响地面和空气的温度,并影响天气的变化。

三、气溶胶粒子

大气中气溶胶粒子是指悬浮于空气中的固态和液态的微粒,它包括尘埃、烟粒、液滴、微生物、植物的孢子和花粉以及各种凝结核和带电离子等。它是低层大气中的重要成分,它来源于自然界和人类活动,例如土壤微粒、岩石风化、森林火灾、火山爆发、海浪溅沫形成的盐粒、陨石燃烧、宇宙尘等。

近地气层中的气溶胶粒子浓度,一般是城市大于农村,陆地大于海洋,冬季大于夏季,白天

能显著改善
水循环过程
改变地面和空气的温度

作用

大于夜晚。

气溶胶粒子对辐射的吸收和散射,云雾降水的形成以及大气光学电学现象的产生都具有重要作用。

大气中除了上述的正常成分之外,由于工业和交通运输的发展,大量污染物进入大气,它们是粉尘微粒、硫化物、氮化物、氧化物、卤化物、有机化合物等有害物质,约有 100 种,对人类和生物造成极大危害。例如氟化氢和二氧化氮污染会使柑桔叶片脱落,二氧化硫污染能使落叶松嫩枝皱裂和部分落叶。

第二节 大气的结构

由于地球引力作用,大气质量的三分之二集中在低层。随着高度增加,空气密度迅速变小,空气变得越来越稀薄。当大气密度接近于星际气体密度时,即是大气上界了。据气象卫星资料推算,大气上界约为 1000—1200km。

世界气象组织根据大气温度的垂直分布、扰动程度、电离现象等不同性质,统一规定把大气在垂直方向分为 5 层,即:对流层、平流层、电离层、热成层和外层。

对流层

对流层是大气最低的一层,它的下界就是地面。对流层的厚度,在低纬地区平均为 17—18km,中纬地区平均为 10—12km,在高纬地区平均为 8—9km。它集中了整个大气四分之三的质量和几乎全部的水汽,是天气变化最主要而复杂的一层,对人类活动和地球生物影响也最大。

对流层有三个主要特征:

(1)气温随高度的增加而降低。在不同地区、不同季节、不同高度,气温随高度的降低值是不相同的。平均来说,每上升 100m,气温约下降 0.6℃。

(2)对流层具有强烈对流运动。由于空气的对流运动,高层和低层空气得以交换和混合,使地面的热量、水汽和杂质等向上输送,这对于成云致雨有重要作用。

(3)温度、湿度的水平分布不均匀。这是因地表性质差异大而造成的,例如寒带大陆的空气,因缺水源和受热较少,就显得干燥、寒冷;在热带海洋的空气,因水汽充分,受热较多,就比较潮湿、炎热。由于对流层中温度和湿度水平分布不均匀,从而经常发生大规模的水平运动。

在对流层内,按气温和天气现象分布的特点,由下向上又可分为下层、中层、上层和对流顶四层。

下层又称摩擦层或行星边界层,其范围是自地面至 1.5km 高度左右。因受地面摩擦和热力作用,这层空气的对流和不规则扰动都很强。风速随高度增加而增大,气温日变化也很显著。由于下层水汽和气溶胶粒子多,低云和雾多发生在这里。这层本身也不均匀,在接近地面约 30—50m 高的一层,称为近地面层,而 2m 以下贴近地面的一薄层,称为贴地层,是小气候研究的主要对象。

中层是指高度为 1.5—6km 的一层。在这层中,气流受地面摩擦影响已很小,这层的气流运动可表征整个对流层气流运动的趋势。大气中的云和降水大多发生在这里。

上层的范围是从 6km 一直到对流层顶部,这一层气温常年在 0℃ 以下,水汽含量较少,各

种云都由冰晶或过冷却水滴组成。在中纬度和热带地区,这一层中常出现风速 $\geq 30\text{m/s}$ 的强风带,即所谓急流。

对流顶层是对流层与平流层之间的过渡层。厚度为数百米至1—2km。此层的主要特征是气温随高度不变或变化很小。对流顶的温度,低纬地区约为 -83°C ,高纬地区约为 -53°C 。对流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,使那里的能见度变坏。

二、平流层

自对流顶向上到55km高度左右为平流层。在平流层下层,气温随高度不变或微有上升,到25—30km以上,气温很快升高,到平流层顶气温可升至 -10°C 左右。平流层这种温度分布特征,是与它受地面影响极小,并且存在大量臭氧能够直接吸收太阳辐射有关。

在平流层中,空气的垂直运动比对流层弱,水汽和尘埃含量也很少,因此气流平稳,天气晴好,万里无云,适于飞行。

三、中间层

从平流层顶向上至85km高度左右为中间层。这层的特点是气温又随高度又迅速降低,顶部气温可降至 -83°C — -113°C 。这层内有相当强烈的垂直运动。在顶部近热成层处的逆温,有利于水汽聚集,夏夜高纬有时会出现银白色光芒的夜光云。

四、电离层(热成层)

中间层以上至800km为电离层(又称热成层或暖层)。热成层内空气稀薄,空气分子在太阳紫外辐射和宇宙辐射的作用下变为离子和自由电子,空气处于高度离子状态。短波无线电通讯所以能够进行,电离层对无线电波的反射是一个重要的原因。在电离层内,气温随高度增加而迅速增高。据人造卫星探测,在300km高度上气温可达 1000°C ,500km高度上可达 1200°C ,再往上温度变化不大。电离层受太阳活动影响很大,太阳活动强时,电离层也随之加强。

在电离层内有时可出现异常壮观的极光现象。

五、外层

外层亦称散逸层,其高度在800km以上。它是大气的外层,也是大气圈与星际空间的过渡地带。由于大气极其稀薄,分子间距离很大,空气粒子运动速度很快,又远离地面,受地球引力作用很小,因而大气质点不断向星际空间散逸。

第三节 大气的基本性状

一、主要的气象要素

定量或定性表示大气状态的物理量和物理现象,统称为气象要素。云、能见度、天气现象(包括雾、霜、露、闪电等等)主要是靠目力判断定性或半定量地加以测定的;温度、湿度、太阳辐射、日照、气压、风速、降水量等是主要的器测项目,是利用气象仪器定量地测定其数值的。下面简要介绍气压、温度、湿度、风、日照5个主要气象要素。