

防洪

技术培训丛书

FANGHONG JISHU
PEIXUN CONGSHU

1001947

水文 气象 与 遥感

魏文秋 赵英林 编著

SHUIWEN QIXIANG YU YAOGAN

湖北科学技术出版社

新华书店
知学
PDG

防洪技术培训丛书

FANGHONG JISHU

PEIXUN CONGSHU

水文气象与遥感

SHUIWEN QIXIANG YU YAOGAN

魏文秋 赵英林 编著

湖北科学技术出版社

图书在版编目(CIP)数据

水文气象与遥感/魏文秋,赵英林编著. —武汉:湖北科学技术出版社,2000.5

(防洪技术培训丛书)

ISBN 7-5352-2318-4

I. 水… II. ①魏… ②赵… III. ①水文气象学 ②水利遥感 IV. ①P339

②TV211

中国版本图书馆 CIP 数据核字(99)第 35983 号

防洪技术培训丛书

水文气象与遥感

© 魏文秋 赵英林 编著

责任编辑:陈明涛

封面设计:秦滋宣

出版发行:湖北科学技术出版社

电话:86782508

地 址:武汉市武昌黄鹄路 75 号

邮编:430077

印 刷:华中理工大学印刷厂

邮编:430074

督 印:李 平 刘春尧

787mm × 1092mm

16 开

11.75 印张

1 插页

288 千字

2000 年 5 月第 1 版

2000 年 5 月第 1 次印刷

印数:1 ~ 3 000

ISBN 7 - 5352 - 2318 - 4/TV · 32

定价:22.00 元

本书如有印装质量问题 可找承印厂更换

内 容 提 要

《水文气象与遥感》是防洪技术培训丛书之一,较系统地介绍了与水文和防洪业务有关的水文气象学知识和遥感技术。全书共分八章,内容包括:大气的基本状况;气象要素的含义、观测、计算、分布及变化规律;暴雨天气系统;天气预报;暴雨分析;遥感基础;天气雷达和气象卫星探测降水量的原理和方法;洪灾遥感监测、分析与评估。内容紧密结合我国水文和防洪业务的实际,讲解方法力求深入浅出,通俗易懂。

本书可作为水利工作者,特别是防洪技术人员的培训教材,也可作为大专院校水利类专业选修课的教材,亦可供与气象、水利有关的科技工作者和大专院校有关专业的师生参考。

《防洪技术培训丛书》编辑委员会

主 任 李代鑫

副主任 万汉华 赵守富 谈广鸣

委 员 (按姓氏笔画为序)

王 灿	王国兵	文 剑	甘明辉	丘传忻
朱太顺	刘玉忠	齐鄂荣	纪昌明	李 明
宋星原	邹履泰	林进胜	郑邦民	董汉生
段文忠	赵英林	郭宗楼	梅亚东	雷声隆
雒文生	槐文信	魏文秋		

序

我国地处欧亚大陆东南部,地势西高、东低。大部分地区位于世界上著名的季风气候区,夏季风是我国降水主要水汽来源。夏秋多暴雨,雨季在年内高度集中,降水的时空变化很大,易形成大范围洪涝灾害。我国幅员辽阔,江河众多。全国1/2的人口,1/3的耕地,70%的工农业总产值集中在七大江河中下游地区,这一地区恰恰是受洪水威胁最严重的地区,历史上洪涝灾害频繁。进入20世纪90年代以来,我国夏季呈现丰水期特征,洪水频次高,灾害损失严重。1991年淮河、太湖发生大洪水;1994年珠江发生了特大洪水;1995年第二松花江和辽河发生了特大洪水;1996年长江中游、海河南系大水,都造成了严重的经济损失。1998年长江发生建国以来第二位全流域性大洪水,嫩江、松花江发生历史最大洪水,西江、闽江发生百年一遇大洪水,在党中央、国务院的坚强领导下,广大军民奋力抗洪抢险,夺取了抗洪斗争的最后胜利。

随着我国经济的发展,人口的不断增长,对防洪的要求越来越高,我们面临的防洪任务更加艰巨。在加强防洪工程建设的同时,我们必须加强洪水成因和发生规律的研究,对洪涝灾害趋势进行分析预测,加强洪水的监测和预报,优化防洪调度,建立灾害评估系统,提高防洪决策水平,由于我国防洪战线长,洪水突发性强,风险大,防洪工作时效性强,技术要求高,因此,急需实现防洪工作科学化、正规化、规范化,加强防洪减灾科学技术的普及、推广工作,提高广大基层水利技术干部的查险、抢险技术水平。《防洪技术培训丛书》正是适应这一形势需要而编写的。

本套丛书包括《洪水水力学》、《洪水预报与调度》、《水文气象与遥感》、《河道治理与防洪工程》、《堤防建设抢险技术》、《排涝工程》和《洪灾风险分析》等7本书,总计200余万字。编写本丛书的武汉水利电力大学,1991年以来已前后举办了20余期防洪技术培训班。该丛书作为基本教材已多次使用,在使用中不断听取防洪技术人员和专家的意见,作过多次修改,力求内容丰富、实例翔实,通俗易懂,紧密结合我国的防洪实际,注重理论与实践的结合。在本套丛书出版之际,又进行了全面修订,增加了近年来的防洪实例。

本套丛书具有系统性、实用性和可读性的优点,是一套适合于从事防洪工作的各级领导干部和技术人员的实用丛书,它的出版发行必将促进我国防洪技术的普及和推广,促进防洪工作的规范化和科学化。

又 1999.7.19

(国家防汛总指挥部办公室副主任)

前 言

水文气象学是气象学与水文学相结合而形成的一门边缘学科,主要研究与水文要素(水位、流量、泥沙、雨量、蒸发、水温、冰凌、水化学、地下水位等)演变有关的大气层中各种物理现象的发生、发展及其分布规律,其目的在于揭示大气中与水文要素有关的各种物理、化学现象和过程的发生发展本质,对水文业务提出的各种需求和问题,以气象学的理论、方法和资料作出适当的解答。

气象学与水文学的关系颇为密切,这不只是因为它们都是地球物理学中的一个分支,而且还因为在水文测验、水文分析计算、水文预报业务中,若不应用气象学、天气学、气候学等的理论,则无法在成因上阐明水文要素随时间和空间的变化规律。近年来,我国在水利规划中要求用气象学理论和知识,计算大坝设计洪水,并在有关规范中作了明文规定。水文学中的中长期预报在资料、方法上与天气学上的中长期预报颇为相似或相同。水文气象学已成为沟通水文学与气象学的桥梁和纽带。

自1960年美国发射第一颗气象卫星以来,气象卫星遥感在近40年中得到了长足发展,它对气象事业已经产生、而且还将继续产生巨大的影响,并形成《卫星气象学》这一分支学科,遥感已成为水文气象事业和科学研究不可缺少的组成部分。

自1991年以来,武汉水利电力大学受国家防汛总指挥部、长江防汛总指挥部和湖北省防汛总指挥部等部门的委托,前后举办了20余期防洪技术培训班,该书是基本教材之一。在使用中不断听取防洪技术人员和专家的意见,作过多次修改,力求深入浅出,通俗易懂,紧密结合我国防洪实际,注重理论与实践的结合。

水文气象与遥感作为防洪技术培训系列教材之一,内容仅涉及与水文和防洪业务有关的气象学、天气学和遥感技术内容,使该书重点突出,针对性强,使读者学以致用,触类旁通。全书共分八章:第一章大气的基本状况,主要介绍大气的组成、大气的垂直分层及大气的状态方程;第二章气象要素,主要介绍各气象要素的意义、度量单位、观测方法和仪器、时空分布及变化规律;第三章暴雨天气系统,主要介绍与暴雨有关的天气系统,如气团和锋、气旋和反气旋、副热带高压、台风、大

CA 32/10

气环流、厄尔尼诺事件与拉尼娜事件；第四章天气预报，主要介绍天气图、天气预报的内容和方法；第五章暴雨分析，主要介绍了大气可降水量、暴雨的形成及时空分布、中国暴雨的分类及时空分布特征，并介绍了中国各地区有代表性的大暴雨；第六章遥感基础，主要介绍了遥感概况、遥感物理基础、遥感技术系统、遥感信息的提取，旨在对遥感全貌有一个概括的了解；第七章降雨遥感，主要介绍了天气雷达和气象卫星探测降水量的原理与方法；第八章洪灾遥感，主要介绍洪灾遥感调查与监测、洪灾遥感信息处理、洪灾分析与评估。

本书由武汉水利电力大学魏文秋教授、赵英林教授合编，其中，魏文秋教授编写四、六、七、八章，赵英林教授编写一、二、三、五章。雒文生教授主审。本书在编写过程中，参阅并引用了一些教材和书刊的成果，在此谨向有关作者表示致谢。由于编者水平所限，书中不当和错误在所难免，恳请读者批评指正。

编 者

1999年4月



魏文秋 1936年生，河北获鹿人，武汉水利电力大学教授，博士生导师。1966年研究生毕业于武汉水利电力大学河流工程系水文水资源专业，1981~1983年在美国马里兰大学做访问学者。多年来，一直从事水文遥感的研究与开发工作，完成多项国家和省部级科研项目，发表论文30余篇。现任中国水利学会遥感专业委员会委员，湖北省水文水资源专业委员会副主任。



赵英林 1944年生，河南省杞县人，武汉水利电力大学教授，博士生导师，长期从事水文与水资源工程的教学和研究工作，先后被评为湖北省普通高等学校优秀教学管理工作者和水利部优秀教育工作者，出版著作2部，发表论文30余篇。

目 录

第一章 大气的基本状况	(1)
第一节 大气的组成	(1)
一、干洁大气	(1)
二、大气中的水汽	(2)
三、大气中的杂质	(2)
第二节 大气的垂直分层	(3)
一、对流层	(3)
二、平流层	(3)
三、中间层	(3)
四、热层	(4)
五、逸散层	(4)
第三节 大气的状态方程	(4)
一、理想气体的状态方程	(4)
二、干空气的状态方程	(5)
三、湿空气的状态方程	(5)
第二章 气象要素	(7)
第一节 气温	(7)
一、气温与温标	(7)
二、气温的观测	(8)
三、气温的地理分布	(9)
四、对流层中气温随高度的变化	(11)
第二节 气压	(11)
一、气压的定义及单位	(11)
二、气压的观测	(12)
三、大气静力学方程	(13)
四、压高方程及其应用	(13)
五、气压的分布	(15)
第三节 湿度	(16)
一、湿度的定义及表示方法	(16)
二、湿度的观测	(19)
三、空气湿度的分布及变化	(20)
第四节 风	(20)
一、风的基本概念	(20)
二、风的观测	(21)
三、几种地方性风	(22)

四、风的变化	(24)
第五节 云和降水	(24)
一、云的形成	(24)
二、云的分类	(25)
三、云的观测	(26)
四、降水形态与降水形成的物理过程	(27)
第六节 蒸发	(28)
一、水面蒸发	(28)
二、土壤蒸发	(29)
三、植物散发	(29)
第三章 暴雨天气系统	(30)
第一节 气团与锋	(31)
一、气团	(31)
二、锋	(32)
第二节 气旋和反气旋	(37)
一、气旋与反气旋的概念	(37)
二、气旋与反气旋的分类	(38)
三、气旋和反气旋的天气特征	(38)
四、气旋和反气旋的时空分布	(40)
第三节 副热带高压	(42)
一、副热带高压一般介绍	(42)
二、西太平洋副热带高压	(43)
三、青藏高原	(44)
四、南海高压	(45)
五、华北高压	(45)
第四节 台风	(45)
一、热带气旋的分类	(45)
二、台风的形成	(45)
三、台风的结构与天气	(46)
四、台风的季节性、地区性和移动路径	(47)
第五节 大气环流	(49)
一、大气环流的概念	(49)
二、大气环流的形成与模式	(49)
三、东亚大气环流	(51)
第六节 厄尔尼诺事件与拉尼娜事件	(52)
一、厄尔尼诺与拉尼娜现象	(52)
二、厄尔尼诺与拉尼娜事件对我国天气的影响	(52)
第四章 天气预报	(55)

第一节 天气分析与天气图	(55)
一、地面天气图	(55)
二、高空天气图	(60)
三、辅助天气图	(63)
四、天气图的阅读方法	(65)
五、天气分析的一般原则	(66)
第二节 天气预报	(66)
一、天气预报的内容和种类	(66)
二、天气预报方法	(67)
三、单站天气预报	(70)
四、气象要素预报	(73)
第三节 如何收听、收看天气预报	(76)
一、天气预报的项目	(76)
二、天气预报的用语	(76)
三、天气形势预报的用语	(79)
四、天气广播的办法	(79)
第五章 暴雨分析	(80)
第一节 水文循环及其大气过程	(80)
一、地球上水的分布	(80)
二、水文循环	(80)
三、水文循环的大气过程	(81)
四、我国水循环的路径	(82)
第二节 大气中的可降水量	(82)
一、大气可降水量	(82)
二、可降水量的计算方法	(83)
三、可降水量的变化	(85)
第三节 大气中的水汽含量	(86)
一、全球上空的水汽含量	(86)
二、中国上空的水汽含量	(87)
三、中国上空的湿度极值	(88)
第四节 暴雨的形成及时空分布	(90)
一、暴雨的类型	(90)
二、降水的基本要素	(90)
三、降雨的观测	(91)
四、降雨特性曲线	(92)
五、流域平均雨量的计算	(92)
第五节 中国暴雨的分类及时空分布特征	(94)
一、中国暴雨的分类	(94)

二、中国暴雨的时空分布特征	(95)
三、暴雨的物理上限	(100)
第六节 中国各地区代表性大暴雨	(101)
一、东北地区暴雨	(101)
二、海河流域暴雨	(101)
三、黄河中下游暴雨	(102)
四、淮河流域暴雨	(102)
五、长江中下游暴雨	(104)
六、东南沿海地区暴雨	(105)
七、珠江流域暴雨	(106)
八、西南地区暴雨	(106)
九、干旱半干旱地区暴雨	(107)
第六章 遥感基础	(109)
第一节 遥感概况	(109)
一、遥感的概念	(109)
二、遥感的分类	(109)
三、遥感发展简况及展望	(110)
第二节 遥感物理基础	(112)
一、电磁辐射与电磁波谱	(112)
二、太阳辐射和大气传输特性	(113)
三、地物的波谱特性	(115)
第三节 遥感技术系统	(119)
一、遥感平台	(119)
二、遥感器	(124)
第四节 遥感信息的提取	(128)
一、遥感数据	(128)
二、遥感影像目视解译	(130)
三、遥感图像计算机处理	(131)
第七章 降雨遥感	(133)
第一节 探测降雨的途径	(133)
第二节 天气雷达探测降水量	(134)
一、天气雷达工作原理	(134)
二、降水量估算方法	(136)
三、天气雷达的应用	(138)
第三节 气象卫星探测降水量	(139)
一、气象卫星探测大气的基本原理	(139)
二、气象卫星的种类	(140)
三、气象卫星获得的遥感资料	(140)

四、卫星数据直接广播	(142)
五、卫星云图的基本特征	(143)
六、卫星云图估算降水量方法	(145)
七、气象卫星资料在天气预报中的应用	(149)
第八章 洪灾遥感	(151)
第一节 洪灾遥感调查与监测	(151)
一、洪水光谱特性分析	(151)
二、不同遥感信息在洪灾监测中的作用	(152)
三、洪灾遥感实时监测评估系统	(153)
第二节 洪灾遥感信息处理	(156)
一、遥感信息之间的复合	(157)
二、遥感信息与非遥感信息之间的复合	(159)
三、遥感信息与地理信息系统复合分析	(160)
第三节 洪灾分析与评估	(161)
一、洪灾影响因素分析	(161)
二、洪水灾害损失分类	(162)
三、洪灾损失评估内容	(162)
四、洪灾损失评估原则与方法	(164)
五、洪水灾害损失评估模型	(165)
附录 A 国家气象局《汛期气象服务规定》	(168)
附录 B 国家气象局《长江流域防汛气象服务办法(试行)》	(171)
附录 C 湖北省气象局《湖北省汛期气象服务实施办法》	(174)
参考文献	(177)

第一章 大气的基本状况

由于地球引力的作用,地球表面包围着一层厚厚的空气,通常称之为大气。大气中发生的各种物理现象(如风、云、雨、雪、雷、电等)以及各种物理过程(如增热、冷却、蒸发、凝结等)都与大气本身的性质密切相关。因此,在研究大气圈,讨论发生在大气层中的物理过程和物理现象之前,必须先了解大气的组成、结构及其物理性质。

第一节 大气的组成

从航天飞机上观察地球,地球大气宛如地球的一层薄壳,呈浅蓝色而且透明。在地球形成后的 55 亿年的演变过程中,大气的成分有了很大的变化。大气是一种混合气体,是由干洁空气、水汽及悬浮着的固体和液体杂质混合组成的。

一、干洁大气

大气中除去水汽、固态和液态的水汽凝结物和杂质,剩下的全部混合气体称为干洁空气。它的主要成分是氮、氧、氩、二氧化碳等,此外还有少量的氢、氦、氖、氫、臭氧等稀有气体。表 1-1 列举了 25km 高度以下干洁大气的成分和它们的分子量、临界温度、临界压力等。

表 1-1 干洁空气的成分

气体成分	干洁空气中的含量(%)		分子量	临界温度 (°C)	临界压力 (980hPa)	沸点温度(°C)(当 气压在 1 013.3hPa)
	按体积	按质量				
氮(N ₂)	78.09	75.52	28.012	-147.2	33.5	-195.8
氧(O ₂)	20.95	23.15	32.000	-118.9	49.7	-183.1
氩(Ar)	0.93	1.28	39.994	-122.0	48.0	-185.6
二氧化碳(CO ₂)	0.03	0.05	44.010	31.0	73.0	-78.2
臭氧(O ₃)	1.0 × 10 ⁻⁶		48.000	-5.0	92.3	-111.1
干洁空气	100	100	28.966	-140.7	37.2	-193.0

从表 1-1 可知,干洁空气中,氮、氧、氩三种气体的总量按质量计占 99.95%,按体积则占 99.96%,再加上二氧化碳的含量,其他成分所占比例就微乎其微了。干洁大气的平均分子量为 28.966。多次观测和分析结果表明,在 90km 以下,干洁大气的成分和各成分的比例基本上不变,这是由于大气运动和分子扩散运动使得空气充分混合的结果。因此,可将 90km 高度以下的干洁空气当作一种分子量为 28.966 的单一气体。

临界温度和临界压力是物质的液态与气态能共存的最高温度和最高压力。在保持压力大于临界压力时,物质可因降温而由气体状态变为液体状态。当保持温度大于临界温度时,无论如何也不能用加压的方法使气体变为液体。由于氮、氧、氩的临界温度都很低,远远低于自然条件下的温度,因此不可能由于它们的分压力变化而发生相变。二氧化碳的临界温度较高,在低于 31°C 的条件下可以用加压的办法使之逐渐液化并最后变为固态。固态二氧化碳称为干冰,可用于人工降水。

二、大气中的水汽

大气中的水汽来源于水面和陆面的蒸发,特别是海洋表面的蒸发。水汽在一定的条件下成云致雨,又返回到陆地和海洋。

地球上的水主要储存在海洋和极冰中,大气中的水只占总量的 0.001% 。在大气中,其含量按体积比也很少超过 4% 。水汽是大气的各种气体成分中唯一在常压、常温下能发生相变的气体,所以大气中的水汽含量除因地理位置不同有所差异外,还随时间和气象条件的不同而有较大的变化。

水汽来自下垫面的蒸发,借助于空气的垂直交换向上扩散。因此,在一般情况下,水汽含量随高度的升高而减少。观测资料表明,一般从地面到高空,每升高 $1.5 \sim 2.0\text{km}$,水汽含量减少 $1/2$ 。到 5km 高度上,水汽含量减少到地面的 $1/10$ 。在 $8 \sim 10\text{km}$ 以上的高空,水汽就非常少了。

大气中的水汽含量虽不多,它却是天气变化过程中的重要角色。正是因为大气中有水汽存在,天气才有阴晴雨雪的变化,水文才有周而复始的循环,整个地球才显得生机勃勃。

三、大气中的杂质

大气中悬浮着各式各样的固态杂质和液态的微粒。

固态杂质包括来源于物质燃烧的烟尘、海水飞溅扬入大气后而被蒸发的盐粒,被风吹起的土壤微粒及火山喷发的烟尘等。大气中的含尘量随地区、时间和天气条件而改变,通常是陆地多于海上;城市多于农村。空气乱流运动强盛时,可把尘粒带往高空;反之,空气静稳时,尘粒集中于低层大气。这些尘粒,特别是燃烧的废气对大气会产生严重污染。

液体微粒是指悬浮在大气中的水滴和冰晶等水汽凝结物。它们常聚集在一起,以云、雾的形式出现,使能见度变低,并减弱太阳辐射和地面辐射。

第二节 大气的垂直分层

大气的厚度一般认为可达 $3\,000\text{km}$,是指由地面到大气上界的距离。确定大气上界的方法一般有两种:①根据大气中出现的某些物理现象(如极光)所在的高度定为大气的上界,这个高度约为 $1\,200\text{km}$;②根据大气的密度接近星际空间的密度(中性气体质点密度为 $1\text{个}/\text{cm}^3$)的高度来考虑,把大气上界定为 $2\,000 \sim 3\,000\text{km}$ 。

大气在垂直方向上的物理性质有显著的差异,根据温度、成分、电荷等物理性质,以及大气垂直运动情况,可将大气分为对流层、平流层、中间层、热层和逸散层 5 个层次(图 1-1)。

一、对流层

这是紧贴地面的一层,它的高度随纬度而异。就其平均高度而言,在低纬地区平均为 17~18km;中纬地区平均为 10~12km;高纬地区平均为 8~9km。对流层的主要特点是:

(1)气温随高度增加而递减 太阳辐射是地球的主要能量来源。但是大气本身对太阳辐射的吸收能力不强,直接吸收太阳辐射所得能量仅占大气收入的 15%,而大气吸收的地表红外辐射则占收入的 68%,其余 17%是由地表传入大气的感热和潜热。因对流层空气主要依靠地面长波辐射增温,愈近地面,空气受热愈多,反之愈少。因此,高度愈大,气温愈低,平均降温率为 $0.65^{\circ}\text{C}/100\text{m}$ 。在低纬度地区,对流层顶的高度较高,其温度平均约为 -70°C 。

(2)空气对流运动显著,混合作用强 由于地面的不均匀加热,导致空气的垂直对流运动。对流运动随纬度和季节而不同,低纬强,高纬弱,夏季强,冬季弱。

(3)气象要素水平分布不均匀 由于对流层受地面影响最大,而地面性质的差异也很大,因而对流层中温度、湿度的水平分布不均匀,于是可产生一系列物理过程,形成复杂的天气现象。

二、平流层

从对流层顶到约 55km 高度为平流层。平流层的主要特点是:

(1)气温的垂直变化最初保持不变或有微升,至 25km 以上,气温随高度增加而迅速上升。这是由于在 20~25km 臭氧含量最大,臭氧大量吸收紫外线而使空气升温。

(2)大气以水平运动为主,平流层也是由此而得名。

(3)水汽、杂质含量极少,云雨现象近于绝迹,大气平稳,天气晴朗,对高空飞行有利。

三、中间层

从平流层顶到约 85km 高度为中间层。中间层的主要特点是:

(1)气温随高度增加而迅速下降。因为这一层几乎没有臭氧吸收紫外线的缘故。

(2)上部冷,下部暖,空气的垂直对流运动相当强烈。因此也被称为“高空对流层”。

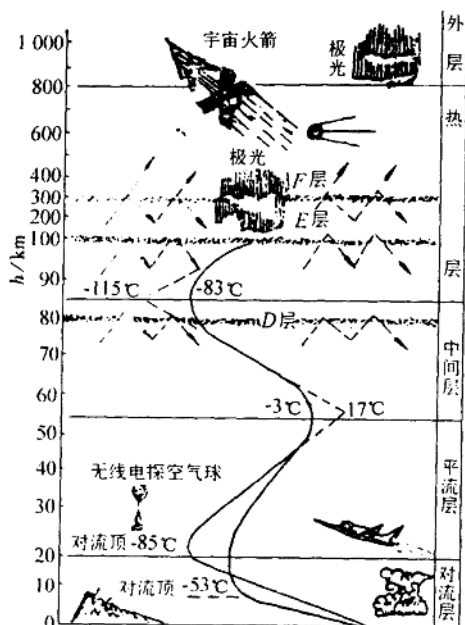


图 1-1 大气垂直分层示意图

四、热层

从中间层顶到 800km 高度为热层。热层的主要特点是:

(1) 气温随高度增加而迅速升高。据人造卫星观测,在 300km 高度上气温可达 1 000℃ 以上,这是因为波长小于 0.175μm 的太阳紫外线辐射,几乎全被分子氧和原子氧所吸收,并处于高度电离状态,所以热层又称电离层。

(2) 大气处于高度电离状态。电离层能反射短波波段的无线电波,故我们能听到很远地方,甚至地球彼岸无线电台的广播。

五、逸散层

800km 高度以上为逸散层,也称外层。主要特点是:温度高,空气少,地球引力小,空气分子运动速度大。

第三节 大气的状态方程

空气的状态常用密度 ρ 、体积 V 、压强 P 、温度 T 4 个量来表示。对于一定质量 $M(\text{kg})$ 的空气来说,它的体积 $V(\text{m}^3)$ 、压强 $P(\text{Pa})$ 、温度 $T(\text{K})$ 之间存在着密切的关系。比如,一团空气由地面附近上升时,由于压强减小,随之发生体积增大,温度降低。即,其中一个量变化了,其余的一个或两个量也要发生变化,就说气体的状态发生了变化。概括这些量的关系就可得到空气状态变化的基本规律。

一、理想气体的状态方程

所谓理想气体,一般指不易液化的即符合等温、等容、等压变化规律的气体。普通气体在温度不太低(远离绝对零度),压力不太高时,可以看成理想气体。

通过大量的科学实验得出,一定质量的气体,压强和体积的乘积除以它的绝对温度,所得的商是不变的,即

$$\frac{P_1 V_1}{T_1} = \frac{P_2 V_2}{T_2} = \cdots = \frac{P_n V_n}{T_n} \quad (1-1)$$

或

$$\frac{PV}{T} = R^* \quad (\text{常量}) \quad (1-2)$$

(1-2)式就是理想气体的状态方程。在通常大气温度和压强条件下,干空气和未饱和的湿空气都十分接近理想气体。

如各种气体都取 1 kmol(千克摩尔质量),在标准状况下($T = 273\text{K}$, $P = 1\,013.3\text{hPa}$, $V = 22.41\text{m}^3/\text{kmol}$),则

$$R^* = \frac{PV}{T} = \frac{101\,330 \times 22.41}{273} = 8.31 \times 10^3 \text{ J}/(\text{kmol} \cdot \text{K})$$

R^* 值对 1 kmol 的任何理想气体都是适用的,所以叫做普适气体常数。

对于质量为 $M\text{kg}$,千克摩尔质量(kmol)为 n 的理想气体,在标准状态下,它的体积等于 1 kmol 体积的 $\frac{M}{n}$ 倍。