

669830

全国高等气象院校试用教材

327

7540

气象学

陈世训 编著
陈创买

气象专业用



全国高等气象院校试用教材

气 象 学

陈世训 编著
陈创买

农 业 出 版 社

全国高等气象院校试用教材

气 象 学

陈世训 编著
陈创买

农业出版社出版 (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 11.875印张 245千字

1981年2月第1版 1982年12月北京第2次印刷

印数 9,001—17,900册

统一书号 13144·226 定价 1.25元

内 容 提 要

本书是根据高等院校气象专业《气象学》课程的教学大纲编写的。共分大气的组成和基本特性，静力学，空气水平运动，辐射过程，热力学，云雾和降水，声光现象，天气和气候等八章。着重阐述一些基本原理，也重视理论联系实际。对于主要公式的推导和计算方法都作了比较详细的介绍，书后附录列出一些常用物理量。本书是一本基础理论读物，可作为气象各专业的课本，也适合气象、地理、水文、水利、航空、海洋、农业以及其他有关专业工作者参考。

目 录

绪论	1
第一章 大气的组成和基本特性	4
§ 1.1 大气的成分	4
1. 各成分的比例	4
2. 几种气体在气象学上的作用	4
§ 1.2 大气的结构	7
1. 大气的上界	7
2. 大气的质量	8
3. 大气的分层	9
§ 1.3 空气的状态方程	14
1. 状态参数	14
2. 干空气的状态方程	16
3. 水汽的状态方程	17
4. 湿空气的状态方程	18
§ 1.4 空气湿度	20
1. 湿度参数	20
2. 湿度和温度的关系	23
3. 湿度随高度的变化	24
第二章 大气静力学	26
§ 2.1 大气静力平衡方程	26
1. 重力	26
2. 静力学方程	28

3. 静力学方程的应用	30
§ 2.2 压高公式	32
1. 几种特性大气的压高公式	32
2. 压高公式的应用	35
§ 2.3 重力位势	38
1. 位势和位势米	38
2. 等压面的位势高度	39
3. 绝对位势和相对位势	42
§ 2.4 气压系统	43
1. 气压形势图	43
2. 气压系统随高度的变化	47
§ 2.5 气压的分布和局地变化	49
1. 冬夏两季地面平均气压的分布	49
2. 气压的时间变化	52
第三章 空气的水平运动	54
§ 3.1 大气运动方程	54
1. 气压梯度力	55
2. 地转偏向力	57
3. 摩擦力	62
4. 运动方程的形式	65
§ 3.2 地转风和梯度风	66
1. 地转风公式	66
2. 梯度风公式	69
3. 梯度风的特点	72
4. 地转风偏差	75
§ 3.3 热成风	77
1. 热成风的意义	77
2. 热成风公式	79
3. 风随高度分布的基本类型	82
4. 气旋区和反气旋区风随高度的分布	84

§ 3.4 摩擦层中的风	86
1. 摩擦层中风的偏角	86
2. 摩擦层中风随高度的变化	89
§ 3.5 连续方程	92
1. 个别变化、局地变化和空间变化	92
2. 连续方程的形式	94
3. 散度的物理意义	97
§ 3.6 行星风、季风和地方性风	99
1. 行星风带	99
2. 季风	102
3. 海陆风和山谷风	103
第四章 大气中的辐射过程	105
§ 4.1 辐射的基本定律	105
1. 辐射的主要物理量	105
2. 几条基本定律	109
§ 4.2 太阳高度角和日照时间	113
1. 天球座标	113
2. 太阳高度角和方位角	115
3. 日照时间	119
§ 4.3 太阳辐射的理论分布	121
1. 太阳高度角与辐射通量的关系	121
2. 太阳辐射日总量	124
3. 太阳辐射理论分布的特点	126
§ 4.4 太阳辐射在大气中的削弱	128
1. 大气的吸收和散射	128
2. 大气透明度	130
§ 4.5 总辐射	135
1. 到达地面的辐射总量	135
2. 地面和云的反射率	137
§ 4.6 地球辐射	139

1. 地面辐射	139
2. 大气辐射和气层冷却率	140
3. 地面有效辐射	142
§ 4.7 地球的辐射差额	145
1. 地面的辐射差额	145
2. 地气系统的辐射差额	146
§ 4.8 地面平均气温的分布和变化	149
1. 引起地面温度变化的因素	149
2. 局地气温的日变化和年变化	152
第五章 大气热力学	154
§ 5.1 热力学第一定律	154
§ 5.2 干绝热过程	156
1. 泊松方程	156
2. 气温直减率	158
3. 未饱和湿空气的绝热过程	160
4. 位温与熵	161
5. 凝结高度	165
§ 5.3 假、湿绝热过程	167
1. 湿绝热直减率	167
2. 相当位温	172
3. 假相当位温	173
4. 假湿球位温	174
5. 焚风	175
§ 5.4 大气静力稳定度	177
1. 热力对流	177
2. 干空气与未饱和湿空气的静力稳定度	179
3. 饱和湿空气的静力稳定度	182
4. 位温分布与稳定度	183
§ 5.5 不稳定能量	185
1. 不稳定能的计算与图解	185

2. 条件性不稳定	188
3. 对流性不稳定	191
§ 5.6 温度对数压力图解的结构和应用	192
1. 图解结构的原理	192
2. 图解的应用	196
§ 5.7 大气中的逆温层	203
1. 近地面层的逆温	203
2. 自由大气中的逆温	205
§ 5.8 大气能量方程	208
1. 干空气能量方程	208
2. 湿空气能量方程	210
第六章 云雾和降水	213
§ 6.1 水分相态的变化	213
1. 水分相变和潜热	213
2. 相态平衡和不平衡的热力学特性	216
§ 6.2 饱和水汽压	219
1. 饱和水汽压公式	219
2. 饱和水汽压的变化	221
3. 不同曲率水滴的饱和水汽压	224
§ 6.3 蒸发和凝结	227
1. 蒸发速度	227
2. 凝结途径	228
3. 凝结核的作用	230
§ 6.4 雾和云	231
1. 雾的种类	231
2. 云的形成和特征	234
3. 云滴的下降速度	238
4. 云滴的增长	240
§ 6.5 降水	244

1. 可降水量	244
2. 降水的形式	246
3. 雪	248
4. 冰雹	250
§ 6.6 人工影响局部天气	253
1. 降水	253
2. 防雹	256
3. 防霜	257
4. 消雾	258
第七章 大气声光电	259
§ 7.1 大气中的声音	259
1. 声波在大气中的传播速度	259
2. 声波在大气中的传播路径	261
3. 风对声波传播的影响	265
4. 大气对声波的减弱作用	266
§ 7.2 大气能见度	267
1. 能见度的定义和测定	267
2. 亮度的概念	269
3. 空气光线方程	270
4. 水平气象能见度	273
5. 能见度的一般原理	274
§ 7.3 天空颜色和曙暮光	278
1. 天空的颜色	278
2. 曙暮光	279
§ 7.4 大气折射和蜃景	282
1. 大气光线路径方程	282
2. 天文折射	284
3. 天空的视扁度	286
4. 星光闪烁	287
5. 蜃景	288

§ 7.5 虹、晕、华	290
1. 虹的形成	291
2. 晕的形成	298
3. 华的形成	304
§ 7.6 大气电场和雷暴电现象	307
1. 晴天大气电场	307
2. 闪电现象及其物理过程	310
3. 雷暴电荷	313
4. 雷暴	316
第八章 天气和气候	318
§ 8.1 气团和锋	318
1. 气团的变性	318
2. 锋面坡度和速度	320
3. 锋的种类	323
§ 8.2 气旋	327
1. 温带气旋	327
2. 热带气旋	330
§ 8.3 反气旋	334
1. 高压的种类	334
2. 寒潮	334
§ 8.4 大气环流	337
1. 大气环流的因素	337
2. 大气环流模式	339
§ 8.5 气候的形成	343
1. 辐射和环流的作用	343
2. 海陆的作用	344
3. 地形的作用	344
4. 人类活动的作用	346
§ 8.6 气候变迁	347

1. 地质时代的气候变迁	347
2. 历史时期的气候变迁	349
3. 气候变迁的原因	352
§ 8.7 中国的季节	352
1. 季节的划分	352
2. 24 节气的应用	354
§ 8.8 中国气候的特点	356
1. 季风和雨带	356
2. 各区气候特点	358
编后语	364
附录 气象上常用常数	365

绪 论

在地球外围的空气称为大气，气象学就是人们用来了解大气中各种气象现象的形成原因、变化规律及时间空间分布的科学。根据这门科学的理论可以预测未来天气气候发展的趋向，对国防和国民经济建设提供需要的气象资料，使人们在实践中能够利用有利的、克服不利的气象条件，趋利避害，从而向改造自然、控制天气方面不断发展，不断前进。

气象学研究的对象是大气中各种现象和过程，而每一种大气现象和过程都存在着自始至终的矛盾运动，这种矛盾方面的互相依赖和互相斗争，就决定了一切天气现象和过程的演变和发展。它们主要表现在大气中的冷和暖、高压和低压、风和静、干和湿、晴和雨等方面的对立。在气象学的研究中是用气象要素来表示的，主要的气象要素有气温、湿度、气压、风和降水等。这些要素彼此存在着密切的联系，而且又是与太阳辐射、地球辐射、地表面性质等因素互相影响共同发生作用的。因此，大气中各种现象和过程之间互相联系和互相制约的规律性就是气象学研究的任务；而把这些规律应用到实践中去，进而达到控制天气和改造气候，使人们能充分利用大自然的资源，则为气象学的目的。

从历史发展上看，气象学很早就为人们所注意。因为人

类生活在大气中，所从事的各种社会实践活动都在一定范围内受到气象条件的影响，特别与国防、农林、水利、航空、航海等方面的活动更有密切关系。在古代社会，人们就积累了不少气象知识，这些知识虽然还是零碎的、片面的，但是也有其一定的应用价值。随着物质生产活动的发展，气象知识的积累也就逐渐增多，由感性认识提高为理性认识，并在实践中经受检验，得到修订或补充，不断向前发展。十七世纪初期以后，温度表和气压表等气象观测仪器先后发明，地面气象观测台站相继建立，进一步发展到高层大气探测、电讯传递以及绘制每日天气图。对大气环流、气旋和反气旋、风和气压梯度、云雨形成、大气光电、世界气候等方面的理论研究都有重要贡献。气象学已成为地球物理学的主要部门之一。气象工作既为国防建设服务又为经济建设服务的重要性日益增强。现阶段广泛建立气象观测网和天气预报网，编制高空天气图，进行大气污染的观测，电子计算机、雷达、气象火箭和人造卫星等的应用，以及日地关系的研究等。由于观测技术的进步，又必然会给今后的气象学带来更大的发展。

我国历史悠久，在古代就有了比较发达的农业，积累了许多气象资料，并且有不少创造和发明。风信器和雨量器都是中国人最先应用的，还有许多观测湿度的方法，如利用头发伸缩、兽毛竖伏、琴弦松紧等现象判断晴雨。自西汉（公元前二世纪）以后，关于特殊的天气气候，如大旱、严寒、霜雪、冰雹等都有记载。东汉到明清（公元一世纪到十九世纪）的一千九百年间，在各朝代的都城一般都有比较详尽的气象记录。在广大劳动人民中间，也积累了许多天气谚语，

其中有不少对于局部地区的天气预报很有参考价值，这是我们祖先在生产实践中积累的宝贵的看天经验。

自从资本主义势力侵入中国以后，气象工作主要是在外国人把持下进行的。解放前的旧中国，气象事业非常落后。解放后，在共产党的领导下，我国气象事业得到蓬勃发展。全国各地普遍建立了台站，除各省和地区都有气象台、各县有气象站外，还有许多专业站如高山、海洋、农垦、盐业等。各台站广泛开展了天气预报和资料统计分析工作，积极地为国防和国民经济建设服务。在研究工作方面，比较深入地研究了东亚台风、寒潮、梅雨以及大气环流等问题，研究了西藏高原对于西风环流的影响、季风和旱涝的关系以及人工控制天气等问题。目前各项主要观测仪器都能自己制造，包括主要的高空探测工具。1970年4月24日，我国成功地发射了第一颗人造地球卫星，标志着我国的科学技术达到了一个新的水平，同样可以标志我国气象科学进入一个新阶段。近几年来，各主要台站已进行卫星云图的分析，有的并配合雷达资料分析在天气预报中加以应用。各县和某些生产单位的单站天气预报方法正在不断提高和发展。此外，人工降水、消雹、防霜等已有较广泛的实施并取得一定效果，暴雨试验研究正积极开展，气候变迁、应用气候、农业气象等方面的研究都在积极进行。随着社会主义建设事业迅速发展，科学技术水平的提高，一方面是各种新技术的应用为气象学的发展提供了良好的条件，另一方面是新形势必然对气象学提出更多更高的要求。可以想到，我国气象事业必将在这种新的动力下，加快步伐前进。

第一章 大气的组成和基本特性

§ 1.1 大气的成分

1. 各成分的比例

大气是指包围在地球表面的整个空气层，是由多种气体混合组成，也包含有水汽和杂质。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、氧和氩，约占干洁空气总容积的 99.9%，还有少量的二氧化碳、臭氧和其他气体等。从地面到 90 公里高度，干洁空气的成分除二氧化碳和臭氧稍有变动外，其他都是比较稳定的。在 90 公里以上，主要由于氮和氧的离解，大气各成分间的比率就开始随高度和时间而变化。

大气成分，按容积百分比来说，有如表 1.1。

干洁空气中各种气体的临界温度都是很低的，例如氮为 -147.2°C ，氧为 -118.9°C ，氩为 -122.0°C ，在大气的实际情况下是不能达到这样低温的，也就是这些气体永远不会液化，所以空气的主要组成部分总是保持气态。

2. 几种气体在气象学上的作用

二氧化碳是由各种有机化合物氧化而产生的，当有机物

表 1.1 大气的成分

气 体	容积含量(%)	分子量	气 体	容积含量(%)	分子量
氮(N ₂)	78.084	28.013	水(H ₂ O)	0.1—4.0	18.016
氧(O ₂)	20.947	31.999	二氧化碳(CO ₂)	0.032	44.010
氩(Ar)	0.934	39.948	臭氧(O ₃)	1.0×10^{-6} — 1.0×10^{-5}	47.998
氖(Ne)	1.82×10^{-3}	20.179	沼气(CH ₄)	1.8×10^{-4}	16.043
氦(He)	5.24×10^{-4}	4.003	一氧化碳(CO)	6.0×10^{-6} — 1.0×10^{-5}	28.010
氪(Kr)	1.14×10^{-4}	83.800	二氧化硫(SO ₂)	1.0×10^{-4}	64.060
氢(H ₂)	5.0×10^{-5}	2.016	氧化二氮(N ₂ O)	2.7×10^{-5}	44.012
氙(Xe)	8.7×10^{-6}	131.300	一氧化氮(NO)	微 量	30.006
氡(Rn)	微 量	222.000	二氧化氮(NO ₂)	微 量	46.006

燃烧和腐化时以及生物呼吸时都要排出二氧化碳，也有从矿泉中、地壳裂缝中及火山喷发时发生出来的。所以空气中二氧化碳的含量是随时间和地区而有变化的。在白天、晴天、夏季时，植物分解二氧化碳的作用比较强，它的浓度也就比夜晚、阴天、冬季为小。在人口稠密的工业城市中它的浓度较大，含量可以达到0.05%，甚至更大，但在农村比较清洁的空气中就显著减少。同样，在大陆上要比在海洋上为多。二氧化碳具有相当强的吸收长波辐射的能力，所以它的含量的增减能影响地面和大气温度的变化，含量增多时温度会增高，含量减少时温度会降低。

臭氧一般是氧分子在太阳紫外辐射的作用下分解成氧原子，然后又和氧分子化合而成，主要分布在10—50公里的气层里，形成臭氧层，以23—25公里高度上比较集中。大气中的臭氧含量虽然很少，但却是一种具有重要意义的气体，因为它对太阳紫外辐射的吸收能力很强，单是臭氧层最上面的