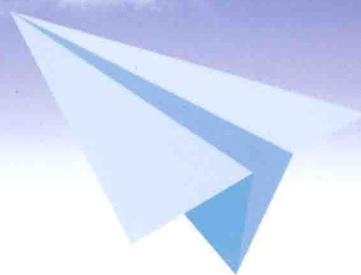


卓越工程师教育培养计划配套教材

飞行技术系列

# 航空气象



王秀春 顾莹 李程 编著

清华大学出版社

卓越工程师教育培养计划配套教材

飞行技术系列

运输机飞行仿真技术及应用

飞行人因工程

机组资源管理

飞行运营管理

民用航空法概论

空中交通管理基础

飞机系统

航空动力装置

飞机空气动力学

飞机飞行力学

民航运输机飞行性能与计划

仪表飞行程序设计原理

航空机载电子设备

航空气象

空中领航

飞行人员陆空通话（英文版）

飞行专业英语（阅读）

飞行专业英语（听力）

飞行基础英语（一）

飞行基础英语（二）

清华大学出版社数字出版网站

WQBook 书文  
局泉

www.wqbook.com

ISBN 978-7-302-38628-5



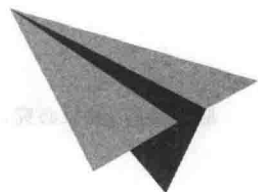
9 787302 386285 >

定价：45.00元

内容简介

本书是卓越工程师教育培养计划配套教材  
飞行技术系列

# 飞行技术系列



飞行技术系列

航空(C) 气象

航空(C) 气象

航空(C) 气象

航空(C) 气象

航空(C) 气象

# 航空气象

王秀春 顾莹 李程 编著

航空(C) 气象

航空(C) 气象

航空(C) 气象

航空(C) 气象

航空(C) 气象

航空(C) 气象

航空(C) 气象

航空(C) 气象

航空(C) 气象

航空(C) 气象

航空(C) 气象

航空(C) 气象

航空(C) 气象

航空(C) 气象

航空(C) 气象

航空(C) 气象

清华大学出版社

## 内 容 简 介

本书是一本理论与实践相结合的教材。全书共分9章,分别讲述了大气、云系和降水的形成、天气系统分析、卫星云图与雷达、飞行气象条件、航空危险天气、航空气候概况与常用天气分析、航空气象情报以及航空气象服务和飞行气象情报等内容。通过对本书的学习,可以帮助学生在了解气象学理论知识的前提下,掌握观测和判断天气的方法,进而能够利用资料分析天气状况和天气变化过程。

本书可以作为高等院校飞行技术专业、签派专业本科生的教材,也可以作为从事飞行、签派、空管等工作的民用航空人员的参考书。

版权所有,侵权必究。侵权举报电话:010-62782989 13701121933

### 图书在版编目(CIP)数据

航空气象/王秀春,顾莹,李程编著.--北京:清华大学出版社,2014

卓越工程师教育培养计划配套教材.飞行技术系列

ISBN 978-7-302-38628-5

I. ①航… II. ①王… ②顾… ③李… III. ①航空学—气象学—高等学校—教材 IV. ①V321.2

中国版本图书馆CIP数据核字(2014)第276801号

责任编辑:庄红权 洪英

封面设计:常雪影

责任校对:刘玉霞

责任印制:李红英

出版发行:清华大学出版社

网 址: <http://www.tup.com.cn>, <http://www.wqbook.com>

地 址:北京清华大学学研大厦A座 邮 编:100084

社总机:010-62770175 邮 购:010-62786544

投稿与读者服务:010-62776969, [c-service@tup.tsinghua.edu.cn](mailto:c-service@tup.tsinghua.edu.cn)

质 量 反 馈:010-62772015, [zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn](mailto:zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn)

印 装 者:北京国马印刷厂

经 销:全国新华书店

开 本:185mm×260mm 印 张:21.75 字 数:525千字

版 次:2014年12月第1版 印 次:2014年12月第1次印刷

印 数:1~2000

定 价:45.00元

产品编号:046418-01

清华大学出版社  
原址

# 卓越工程师教育培养计划配套教材

## 总编委会名单

主任：丁晓东 汪 泓

副主任：陈力华 鲁嘉华

委员：(按姓氏笔画为序)

丁兴国	王岩松	王裕明	叶永青	刘晓民
匡江红	余 粟	吴训成	张子厚	张莉萍
李 毅	陆肖元	陈因达	徐宝钢	徐新成
徐滕岗	程武山	谢东来	魏 建	

# 卓越工程师教育培养计划配套教材

## ——飞行技术系列子编委会名单

主任：汪 泓 丁兴国 郝建平

副主任：谢东来 陈力华 魏 建

委员：(按姓氏笔画为序)

卫国林 马银才 王秉良 王惠民 史健勇

石丽娜 匡江红 吴 忠 陆惠忠 范海翔

郝 勇 徐宝钢 贾慈力 隋成城 鲁嘉华



我国“十二五”发展规划的重点建设目标之一,是根据国民经济发展对民航业的要求,不断扩充与优化配置航线和飞机等资源。在民航业持续快速发展的同时,必然会使飞行专业技术人才高度匮乏。在《中国民用航空发展第十一个五年规划》中,中国民用航空局对未来20年全行业人才需求进行了预计分析,其中,“十二五”期间需增加飞行员16500人。因此,飞行技术人才的培养是推动或阻碍民航发展的关键。

与其他本科专业相比,飞行技术专业的学生除了学习掌握飞行原理、飞机系统、航空动力装置、航空气象、空中领航、机载设备、仪表飞行程序设计、空中交通管制等飞行技术的专业知识外,还需具备一定的管理能力和较高的英语水平。并且,飞行技术专业人才的培养多采用学历教育与职业教育同步实施的模式,要求同时取得学历、学位证书和职业技能证书(飞行驾驶执照)后,才有资格担任民航运输机副驾驶员。

飞行技术人才培养具有专业性强、培养难度大和成本高的特点。伴随着大型民用运输机的生产与发展,必然要求提高飞行员的学历层次。国内设置飞行技术本科专业的高等院校仅有中国民航飞行学院、中国民航大学、北京航空航天大学、南京航空航天大学、上海工程技术大学等几所。而且,培养学士学位飞行技术人才的历史仅二十多年,尽管积累了一定的培养经验,但适用的专业教材相对较少。

在飞行技术专业的学科建设中,上海工程技术大学飞行学院和航空运输学院秉承服务国家和地区经济建设的宗旨,坚持教学和科研相结合、理论和实践相结合。2010年,上海工程技术大学飞行技术专业被列为教育部卓越工程师教育培养计划的试点专业,上海工程技术大学被列为教育部卓越工程师教育培养计划的示范单位。为满足飞行技术专业卓越工程师教育培养的需要,上海工程技术大学从事飞行技术专业教学和研究的骨干教师以及航空公司的业务骨干合作编写了“卓越计划”飞行技术系列教材。

“卓越计划”飞行技术系列教材共20本,分别为《运输机飞行仿真技术及应用》、《飞行人因工程》、《机组资源管理》、《飞行运营管理》、《民用航空法概论》、《空中交通管理基础》、《飞机系统》、《航空动力装置》、《飞机空气动力学》、《飞机飞行力学》、《民航运输机飞行性能与计划》、《仪表飞行程序设计原理》、《航空机载电子设备》、《航空气象》、《空中领航》、《飞行人员陆空通话》、《飞行专业英语(阅读)》、《飞行专业英语(听力)》、《飞行基础英语(一)》、《飞行基础英语(二)》等。

系列教材以理论和实践相结合作为编写的理念和原则,具有基础性、系统性、应用性等



特点。在借鉴国内外相关文献资料的基础上,坚持加强基础理论,对基本概念、基础知识和基本技能进行详细阐述,能满足飞行技术专业卓越工程师教育培养的教学目标和要求。同时,强调理论联系实际,体现“面向工业界、面向世界、面向未来”的工程教育理念,实践上海工程技术大学建设现代化特色大学的办学思想,凸显飞行技术的专业特色。

系列教材在编写过程中,参阅了大量的中外文参考书籍和文献资料,吸收和借鉴了现有部分教材的优势,参考了航空运输企业的相关材料,在此,对国内外有关作者和企业一并表示衷心的感谢。

受编者水平和时间所限,书中难免有错误和疏漏之处,敬请读者提出宝贵意见,不足之处还请同行不吝赐教。

上海工程技术大学 汪泓

2012年1月

本书在编写过程中,参阅了大量的中外文参考书籍和文献资料,吸收和借鉴了现有部分教材的优势,参考了航空运输企业的相关材料,在此,对国内外有关作者和企业一并表示衷心的感谢。受编者水平和时间所限,书中难免有错误和疏漏之处,敬请读者提出宝贵意见,不足之处还请同行不吝赐教。





航空器在大气层中飞行,气象条件对航空器的活动影响重大。早期飞机的飞行受到气象条件的严重制约。在目视飞行的条件下,天气标准就成为限制飞行的主要规则。随着航空技术的进步,飞机已进入可以仅靠仪表飞行的阶段,这在很大程度上摆脱了气象条件的约束。但是很多剧烈的天气变化,特别是在7000m以下飞行、飞机的起飞和降落,即使依靠仪表飞行的飞机仍然要按照一定的气象条件规定来飞行。因此,航空气象是飞行员和签派员必备的知识,只有在了解气象理论知识的前提下,掌握天气观测和判断的方法,能够利用资料分析天气状况和天气变化过程,才能保证飞行活动在安全有序的条件下进行。

本书从中国民航局的要求和私照、商照、仪表等级、航线运输驾驶员等考试相关内容为出发点,系统地阐述了气象学的基本理论、飞行气象条件、航空气象资料等知识,适时结合具体实例进行讲解。与同类书比较,本书最主要的特色在于与实际工作的结合。根据这一目的,编者在借鉴其他教材的基础上,对已有的知识体系进行了更新,增加了国外航空气象电码,着重分析了典型的盛行天气,详细阐述了高空巡航中天气条件对节油的影响。此外,还对雷雨、台风、沙尘等重要天气现象进行了细致的描述。

全书共分9章,分别讲述了大气、云系和降水的形成、天气系统分析、卫星云图与雷达、飞行气象条件、航空危险天气、航空气候概况与常用天气分析、航空气象情报以及航空气象服务和飞行气象情报等内容。本书在内容广度和深度上,兼顾了知识的系统性、逻辑性,结构合理,理论性和实用性并重。

本书作为飞行技术专业“卓越工程师教育培养计划”的内容之一,由上海工程技术大学组织编写。在编写的过程中,本书得到了东方航空股份有限公司运行控制中心王秀春老师和朱玲怡老师、上海东方飞行有限公司丁冰洁老师的大力支持,他们为教材的撰写提供了大量宝贵的资料和意见。同时,教材中的部分文字整理工作由上海工程技术大学飞行学院学生完成。在此,谨向上述单位和个人表示衷心的感谢。

由于编者水平所限,书中难免存在错漏等不足之处,恳请专家和读者给予批评指正。

编者

2014年11月

CONTENTS

目录



**第 1 章 大气**..... 1

    1.1 地球大气的成分和结构 ..... 1

        1.1.1 大气的成分 ..... 1

        1.1.2 大气的结构 ..... 3

        1.1.3 大气的性质 ..... 6

    1.2 基本气象要素的变化对飞行的影响 ..... 9

        1.2.1 气温 ..... 9

        1.2.2 气压 ..... 12

        1.2.3 空气湿度 ..... 15

        1.2.4 基本气象要素与飞行 ..... 17

    1.3 大气的运动 ..... 19

        1.3.1 大气的水平运动 ..... 20

        1.3.2 大气的垂直运动 ..... 27

        1.3.3 大气的波动 ..... 31

        1.3.4 热力乱流和动力乱流 ..... 32

    1.4 大气环流和局地环流 ..... 33

        1.4.1 大气环流概况 ..... 33

        1.4.2 季风的成因 ..... 35

        1.4.3 我国的季风气候特征 ..... 36

        1.4.4 局地环流 ..... 37

    1.5 大气运动对飞行的影响 ..... 38

        1.5.1 大气运动对飞机起飞和着陆的影响 ..... 38

        1.5.2 风对飞机航行的影响及节油巡航高度的选择 ..... 39

    本章小结 ..... 42

    复习与思考 ..... 42

**第 2 章 云系和降水的形成** ..... 44

    2.1 云的分类和外貌特征 ..... 44



2.1.1	云的分类 .....	44
2.1.2	低云的外貌特征 .....	45
2.1.3	中云的外貌特征 .....	47
2.1.4	高云的外貌特征 .....	49
2.2	云的形成与天气 .....	51
2.2.1	积状云的形成和天气 .....	51
2.2.2	层状云的形成和天气 .....	52
2.2.3	波状云的形成和天气 .....	53
2.2.4	特殊状云的形成和天气 .....	54
2.2.5	云对飞行的影响 .....	55
2.2.6	云的相互转化和演变 .....	57
2.2.7	云的缩写符号 .....	58
2.3	降水的形成与分类 .....	58
2.3.1	降水的种类和特征 .....	58
2.3.2	降水的形成 .....	59
2.3.3	降水与云的关系以及对飞行的影响 .....	60
2.3.4	冰雪天气与地面积冰 .....	62
本章小结 .....		63
复习与思考 .....		63
<b>第3章</b>	<b>天气系统分析 .....</b>	<b>64</b>
3.1	气团和锋 .....	64
3.1.1	气团 .....	64
3.1.2	锋 .....	66
3.2	气旋和反气旋 .....	72
3.2.1	气旋 .....	72
3.2.2	反气旋 .....	73
3.3	槽线和切变线 .....	74
3.3.1	槽线 .....	74
3.3.2	切变线 .....	75
3.4	热带天气系统 .....	76
3.4.1	副热带高压 .....	76
3.4.2	热带辐合带 .....	77
3.4.3	东风波 .....	78
3.4.4	热带云团 .....	78
3.4.5	热带气旋 .....	79
本章小结 .....		85
复习与思考 .....		86



<b>第 4 章 卫星云图与雷达</b> .....	87
4.1 卫星云图与云的判别 .....	87
4.1.1 气象卫星简介 .....	87
4.1.2 卫星云图简介 .....	88
4.1.3 卫星云图上云状的判别依据 .....	90
4.1.4 卫星云图上各类云的识别 .....	91
4.2 卫星云图与天气系统的判别 .....	94
4.2.1 常见云系 .....	94
4.2.2 重要天气系统的云图特征 .....	97
4.3 气象雷达 .....	101
4.3.1 气象雷达的种类 .....	101
4.3.2 气象目标的反射特性 .....	102
4.3.3 地面雷达回波的识别 .....	103
4.4 机载气象雷达 .....	106
4.4.1 工作方式 .....	106
4.4.2 不同降水区域的色彩显示 .....	107
4.4.3 对湍流区的探测和显示 .....	107
4.4.4 机载气象雷达的地形识别 .....	107
4.4.5 “气象盲谷” .....	107
4.4.6 机载雷达的气象回避 .....	108
4.4.7 使用机载气象雷达的注意事项 .....	109
本章小结 .....	109
复习与思考 .....	109
<b>第 5 章 飞行气象条件</b> .....	111
5.1 概述 .....	111
5.1.1 影响飞行的主要天气 .....	111
5.1.2 飞行方式和最低气象条件 .....	112
5.2 能见度和跑道视程 .....	112
5.2.1 能见度的基本概念 .....	112
5.2.2 能见度的分类 .....	113
5.3 产生视程障碍的天气现象 .....	115
5.3.1 雾 .....	115
5.3.2 沙尘 .....	116
5.3.3 霾和烟幕 .....	120
5.4 高空飞行的一般气象条件 .....	121
5.4.1 对流层顶的气象条件 .....	121
5.4.2 高空、平流层的温、压、风的分布 .....	122
5.4.3 臭氧及其对飞行的影响 .....	123



5.4.4	高空急流	123
5.4.5	晴空乱流	127
5.5	山地和高原飞行的气象条件	129
5.5.1	山地飞行的气象条件	129
5.5.2	高原飞行的气象条件	132
5.6	极地和荒漠地区飞行的气象条件	133
5.6.1	极地地区飞行的气象条件	133
5.6.2	荒漠地区飞行的气象条件	135
5.7	海上飞行的气象条件	136
	本章小结	137
	复习与思考	138
<b>第6章</b>	<b>航空危险天气</b>	<b>139</b>
6.1	低空风切变	139
6.1.1	风切变和低空风切变	139
6.1.2	低空风切变的形式	140
6.1.3	低空风切变的强度	142
6.1.4	产生低空风切变的条件	142
6.1.5	低空风切变的时空尺度特征	144
6.1.6	低空风切变对飞机起飞和着陆的影响	145
6.1.7	低空风切变的判定	147
6.1.8	遭遇低空风切变的处置方法	149
6.2	飞机颠簸	149
6.2.1	大气湍流	149
6.2.2	飞机颠簸的形成和强度	155
6.2.3	产生颠簸的天气系统和地区	159
6.2.4	颠簸对飞行的影响和在颠簸区飞行应采取的措施	162
6.3	飞机积冰	164
6.3.1	飞机积冰的形成、种类及强度	164
6.3.2	产生飞机积冰的气象条件	170
6.3.3	积冰对飞行的影响和处置措施	177
6.4	强对流天气	180
6.4.1	雷暴的形成条件及其结构和天气	180
6.4.2	雷暴的种类及活动特征	186
6.4.3	闪电与雷击	194
6.4.4	飞行中判断雷暴及安全飞过雷暴区的方法	206
6.4.5	雷雨天气条件下的集中运行控制	210
6.5	火山灰云	215
6.5.1	火山灰云的形成	215
6.5.2	火山灰云的移动特点	215

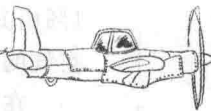


6.5.3	火山灰云对飞行的影响	215
6.5.4	应对火山灰云的措施	216
	本章小结	216
	复习与思考	216
<b>第7章</b>	<b>航空气候概况与常用天气分析</b>	<b>218</b>
7.1	我国航空气候要素的分布	218
7.1.1	云量和云状的分布	218
7.1.2	风向的季节变化和风速的分布	222
7.1.3	能见度的分布	225
7.1.4	雷暴日数的分布	227
7.2	我国航空气候的分区及特征	231
7.2.1	东北区	232
7.2.2	华北区	232
7.2.3	江淮区	233
7.2.4	江南区	234
7.2.5	四川盆地区	235
7.2.6	云南区	235
7.2.7	内蒙区	236
7.2.8	新疆区	237
7.2.9	高原区	237
7.3	航空天气预报的一般方法	239
7.3.1	天气图简介	239
7.3.2	航空天气预报方法	247
7.4	典型的盛行天气	252
7.4.1	强对流性天气	252
7.4.2	辐射雾天气	253
7.4.3	平流雾天气	253
7.4.4	锋面雾天气	254
7.4.5	低云天气	255
7.4.6	地面大风天气	257
	本章小结	257
	复习与思考	257
<b>第8章</b>	<b>航空气象情报</b>	<b>259</b>
8.1	航空气象情报概述	259
8.1.1	航空气象情报系统	259
8.1.2	增强型气象情报系统的功能和要求	260
8.1.3	增强型气象情报手册的内容	261
8.2	机场气象观测及报告	261



8.2.1	地面气象观测	261
8.2.2	空中气象探测	263
8.2.3	电码格式的机场天气报告	263
8.2.4	缩写明语形式的机场天气报告	273
8.3	航空天气预报	276
8.3.1	机场预报的电码格式和内容	276
8.3.2	航路预报的电码格式和内容	280
8.3.3	区域预报	286
8.4	其他航空天气报告	294
8.4.1	火山活动报告的格式和内容	294
8.4.2	飞机报告的翻译和编制	294
8.5	重要气象情报	296
8.5.1	简介	296
8.5.2	低空重要气象情报	300
8.5.3	机场警报	302
8.5.4	风切变警报	303
	本章小结	304
	复习与思考	304
<b>第9章</b>	<b>航空气象服务和飞行气象情报</b>	<b>307</b>
9.1	航空气象服务	307
9.1.1	航空气象服务的对象和内容	307
9.1.2	为航务部门和飞行机组提供的气象情报	308
9.1.3	为空中交通服务部门提供的气象情报	308
9.2	飞行气象情报	309
9.2.1	飞行气象情报的内容	309
9.2.2	飞行气象情报的交换	310
9.2.3	飞行气象情报的发布	311
9.3	国外气象报文的介绍	314
9.3.1	报文的主体部分	314
9.3.2	备注	315
9.3.3	其他国家和地区气象报文中的备注项	319
9.4	集中运行控制对航空气象信息精细服务的新需求	323
9.4.1	航空气象服务是关系飞行安全、正常和效益的重要因素	323
9.4.2	新一代航空运输系统对航空气象信息服务的要求	324
9.4.3	航空气象信息服务的现状、差距与新的需求	324
9.4.4	航空公司建立精细气象服务信息岗位	326
	本章小结	327
	复习与思考	328
	参考文献	329





# 大 气

## 本章关键词

大气(atmosphere)

大气气溶胶(atmospheric aerosols)

臭氧(ozone)

对流层(troposphere)

气温垂直递减率(temperature lapse rate)

标准大气(standard atmosphere)

干洁空气(clean air)

水汽(water vapor)

摩擦层(frictional layer)

平流层(stratosphere)

逆温层(inversion layer)

我们把受地球重力吸引包围着地球表面的整个空气圈称为大气。人类生活在大气圈中,会感受到大气一幕幕千变万化的景象:有时蓝天白云烈日炎炎,有时烟雨蒙蒙如诗如画,有时乌云滚滚狼奔豕突,有时雷电交加暴雨倾盆。大气无时无刻不在演绎着天气的变化,与航空飞行活动息息相关。人类的飞行活动必须趋利避害,因此对大气进行探索是非常必要的,并且还需要对天气现象、过程进行科学分析。

## 1.1 地球大气的成分和结构

### 1.1.1 大气的成分

地球大气是随着地球的形成而出现的。在地球 46 亿年的漫长演化过程中,随着植物的进化,大气中的氧气从缓慢增加逐渐发展到快速增加,大约数亿年前达到了现代的组成,称为现代大气,也叫氧化大气。现代大气可看作一种混合物,按照其各种组成成分在大气过程中作用不同,现代大气主要由 3 个部分组成:干洁空气、水汽和大气杂质。

#### 1. 干洁空气

干洁空气是构成大气的最主要成分,即一般意义上所说的空气。如图 1.1 所示,氮气和氧气是组成干洁空气的主要成分,其体积分别占整个干洁空气的 78% 和 21%;剩下的

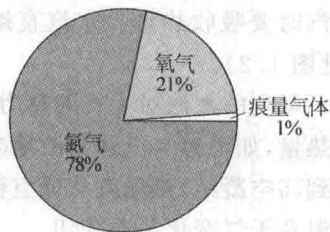


图 1.1 干洁空气的成分





1%由其他几种气体构成,如二氧化碳、臭氧、氩气、氦气等,这些气体被称为痕量气体。干洁空气的这一比例在50km高度以下基本保持不变。

在构成干洁空气的多种成分中,对天气影响较大的是二氧化碳和臭氧。

### 1) 二氧化碳

二氧化碳主要来自于化石燃料的燃烧、工业生产过程中排放的废气、动物的呼吸过程、火山喷发、森林开伐等。

除臭氧之外,大气中各种成分的气体几乎都不能直接吸收太阳短波辐射,因此大量的太阳辐射会穿过大气层到达地面,使地面增温。二氧化碳基本上也不直接吸收太阳短波辐射,而地面受热后放出的长波辐射能被二氧化碳吸收,这样热量不会大量向外层空间散发,对地球起到了保温作用。人们把二氧化碳气体类似温室的增温作用称为“温室效应”。

随着城市化进程的加快,大气中二氧化碳的浓度快速增加,对大气温度的影响已引起人们的广泛关注。气温变化会对天气、气候变化产生一系列重大影响,对飞行气象条件也会产生相应的影响。

### 2) 臭氧

臭氧是大气中最重要、最重要的痕量气体成分之一。在太阳辐射作用下,氧分子离解为氧原子,氧原子再和大气中的其他氧分子结合生成臭氧。在海拔高度15~50km之间的大气层是一个臭氧含量相对集中的层次,称为臭氧层。臭氧层通过吸收太阳紫外辐射而增温,改变了大气温度的垂直分布。但同时避免了地球生物遭受过多紫外线的照射。由于汽车、飞机及其他工业生产等大量废气的排放,臭氧层已遭到一定程度的破坏,科学家已观测到南极上空的臭氧空洞,即臭氧层遭到破坏后出现的臭氧减少或消失。这对地球上的天气、气候、地球生物等都可能产生长久的影响。

## 2. 水汽

水汽是由地表和潮湿物体表面的水分蒸发进入大气形成的,其主要来源于江河湖海的蒸发和植物的蒸腾作用。大气中水汽含量约占整个大气体积的0~5%,并随着高度的增加而逐渐减少,在离地1.5~2km高度上,水汽含量约为地面的一半,5km高度上仅为地面的1/10。水汽的地理分布也不均匀,水汽含量(按体积比)平均为:从极区的0.2%到热带的2.6%,干燥的内陆沙漠近于零,而在温暖的洋面或热带丛林地区可达3%~4%。

水汽是成云致雨的物质基础,因此大多数复杂天气都出现在中低空,而高空天气往往很晴朗。水汽随大气运动而运动,并可在一定条件下发生状态变化,即气态、液态和固态(水汽、水滴、冰粒)之间的相互转换。这一变化过程都会同时伴随着热量的释放或吸收,如水汽凝结成水滴时要放出热量,放出的热量称为凝结潜热。反之,液态的水蒸发成水汽时要吸收热量。水汽直接冻结成冰的过程叫凝华,而冰直接变成水汽的过程叫升华(见图1.2)。

可变的水汽对大气的热力作用非常重要。在大气中运动的水汽,可通过其状态变化传输热量,如甲地水汽移到乙地凝结,就把热量从一个地方带到了另一个地方;或低层水汽上升到高空凝结,热量就从低空输送到了高空。热量的传递是大气中的一个重要物理过程,与气温及天气变化关系密切。