

高等学校水利学科教学指导委员会组织编审

高等学校水利学科专业规范核心课程教材·水文与水资源工程

气象学与气候学教程

主 编 河 海 大 学 葛朝霞 曹丽青
主 审 南 京 信 息 工 程 大 学 何金海



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

高等学校水利学科教学指导委员会组织编审

高等学校水利学科专业规范核心课程教材·水文与水资源工程

气象学与气候学教程

主 编 河 海 大 学 葛朝霞 曹丽青
主 审 南京信息工程大学 何金海



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

内 容 提 要

本书是大学本科水文与水资源工程专业的基础课教材，主要讲述了气象学、天气学和气候学的基本理论和基础知识。全书共有9章，包括大气的基本特征、辐射与热量平衡、大气热力学、大气的运动、大气中的水分、大气环流、天气系统、全球气候系统、气候变化及其对水资源的影响等。

本书适合作高等院校水文与水资源工程专业的教材，也可用作大气、地理、环境及农林等专业的教材，并可作为各相关专业科研工作者的参考用书。

图书在版编目 (CIP) 数据

气象学与气候学教程/葛朝霞, 曹丽青主编. —北京:
中国水利水电出版社, 2009

高等学校水利学科专业规范核心课程教材. 水文与水资源工程

ISBN 978-7-5084-6177-9

I. 气… II. ①葛…②曹… III. ①气象学-高等学校-教材②气候学-高等学校-教材 IV. P4

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2008) 第 204584 号

审图号: GS (2008) 3049 号

书 名	高等学校水利学科专业规范核心课程教材·水文与水资源工程 气象学与气候学教程
作 者	主编 河海大学 葛朝霞 曹丽青 主审 南京信息工程大学 何金海
出版发行	中国水利水电出版社 (北京市海淀区玉渊潭南路1号D座 100038) 网址: www.waterpub.com.cn E-mail: sales@waterpub.com.cn 电话: (010) 68367658 (营销中心)
经 售	北京科水图书销售中心 (零售) 电话: (010) 88383994、63202643 全国各地新华书店和相关出版物销售网点
排 版	中国水利水电出版社微机排版中心
印 刷	北京市兴怀印刷厂
规 格	175mm×245mm 16开本 15.25印张 352千字 1插页
版 次	2009年4月第1版 2009年4月第1次印刷
印 数	0001—3000册
定 价	27.00元

凡购买我社图书，如有缺页、倒页、脱页的，本社营销中心负责调换
版权所有·侵权必究

高等学校水利学科专业规范核心课程教材

编 审 委 员 会

主 任 姜弘道 (河海大学)

副主任 王国仪 (中国水利水电出版社) 谈广鸣 (武汉大学)

李玉柱 (清华大学) 吴胜兴 (河海大学)

委 员

周孝德 (西安理工大学)

李建林 (三峡大学)

刘 超 (扬州大学)

朝伦巴根 (内蒙古农业大学)

任立良 (河海大学)

余锡平 (清华大学)

杨金忠 (武汉大学)

袁 鹏 (四川大学)

梅亚东 (武汉大学)

胡 明 (河海大学)

姜 峰 (大连理工大学)

郑金海 (河海大学)

王元战 (天津大学)

康海贵 (大连理工大学)

张展羽 (河海大学)

黄介生 (武汉大学)

陈建康 (四川大学)

冯 平 (天津大学)

孙明权 (华北水利水电学院)

侍克斌 (新疆农业大学)

陈 楚 (水利部人才资源开发中心)

孙春亮 (中国水利水电出版社)

秘 书 周立新 (河海大学)

丛书总策划 王国仪

水文与水资源工程专业教材编审分委员会

主任 任立良 (河海大学)

副主任 袁 鹏 (四川大学)

梅亚东 (武汉大学)

委员

沈 冰 (西安理工大学)

吴吉春 (南京大学)

刘廷玺 (内蒙古农业大学)

方红远 (扬州大学)

姜卉芳 (新疆农业大学)

靳孟贵 (中国地质大学)

吴泽宁 (郑州大学)

陈元芳 (河海大学)

冯 平 (天津大学)

纪昌明 (华北电力大学)

刘俊民 (西北农林科技大学)

金菊良 (合肥工业大学)

郭纯青 (桂林工学院)



总 前 言

随着我国水利事业与高等教育事业的快速发展以及教育教学改革的不断深入,水利高等教育也得到很大的发展与提高。与1999年相比,水利学科专业的办学点增加了将近一倍,每年的招生人数增加了将近两倍。通过专业目录调整与面向新世纪的教育教学改革,在水利学科专业的适应面有很大拓宽的同时,水利学科专业的建设也面临着新形势与新任务。

在教育部高教司的领导与组织下,从2003年到2005年,各学科教学指导委员会开展了本学科专业发展战略研究与制定专业规范的工作。在水利部人教司的支持下,水利学科教学指导委员会也组织课题组于2005年底完成了相关的研究工作,制定了水文与水资源工程,水利水电工程,港口、航道与海岸工程以及农业水利工程四个专业规范。这些专业规范较好地总结与体现了近些年来水利学科专业教育教学改革的成果,并能较好地适用不同地区、不同类型高校举办水利学科专业的共性需求与个性特色。为了便于各水利学科专业点参照专业规范组织教学,经水利学科教学指导委员会与中国水利水电出版社共同策划,决定组织编写出版“高等学校水利学科专业规范核心课程教材”。

核心课程是指该课程所包括的专业教育知识单元和知识点,是本专业的每个学生都必须学习、掌握的,或在一组课程中必须选择几门课程学习、掌握的,因而,核心课程教材质量对于保证水利学科各专业的教学质量具有重要的意义。为此,我们不仅提出了坚持“质量第一”的原则,还通过专业教学组讨论、提出,专家咨询组审议、遴选,相关院、系认定等步骤,对核心课程教材选题及其主编、主审和教材编写大纲进行了严格把

关。为了把本套教材组织好、编著好、出版好、使用好，我们还成立了高等学校水利学科专业规范核心课程教材编审委员会以及各专业教材编审分委员会，对教材编纂与使用的全过程进行组织、把关和监督。充分依靠各学科专家发挥咨询、评审、决策等作用。

本套教材第一批共规划 52 种，其中水文及水资源工程专业 17 种，水利水电工程专业 17 种，农业水利工程专业 18 种，计划在 2009 年年底之前全部出齐。尽管已有许多人为本套教材作出了许多努力，付出了许多心血，但是，由于专业规范还在修订完善之中，参照专业规范组织教学还需要通过实践不断总结提高，加之，在新形势下如何组织好教材建设还缺乏经验，因此，这套教材一定会有各种不足与缺点，恳请使用这套教材的师生提出宝贵意见。本套教材还将出版配套的立体化教材，以利于教、便于学，更希望师生们对此提出建议。

高等学校水利学科教学指导委员会

中国水利水电出版社

2008 年 4 月

前 言

本书是水文与水资源工程专业本科生主干课程教材。主要参编人员长期从事该课程的教学，具有丰富的教学经验。在学科快速发展的今天，编者深感在 20 世纪 90 年代编写的教材远不能适应教学需求。经过长时间的酝酿、准备、总结，终于完成了本教材的编写。本书除绪论外共有 9 章。第 1~3 章是经典普通气象学的内容；第 4 章是大气动力学的基本内容；第 5 章是普通气象学中相关内容的扩展与提高，与水文学联系紧密；第 6 章和第 7 章分别是经典大气环流和天气学的内容，且前者是后者的背景知识；第 8 章全球气候系统则是从 5 大圈层相互作用的角度论述气候的成因、气候的分布及气候类型；第 9 章的内容是当今大气科学界最关心的热点问题。因此该书内容章节编排上，既继承了学科发展历史，又体现了该学科的最新发展。

该书的主要特色有：①系统地介绍大气科学基本知识和基本理论，力求物理概念清晰，公式推导简洁；②站在当今气象学发展的新水平上来阐述气象学的定义与研究对象及其相关内容，从而使本书内容得以充实、新颖；③将气象学与气候学的内容尽量与水文学相结合，使之适用于水文与水资源专业学生学习；④该书将大圈层的相互作用引入气象学的研究内容并对气候的成因加以讨论，反映本书的新视野；⑤紧跟气候变化这一热门话题，讨论了气候变化对水资源的影响及其应对，反映了近代科学的新动向。

该书由河海大学水文水资源学院组织编写。葛朝霞（河海大学）编写第 2~4 章和附录 A；曹丽青（河海大学）编写第 6 章、第 7 章中 7.1 节

和7.3节、第8章中8.3节和8.4节、第9章中9.1~9.3节；荣艳淑（河海大学）编写第5章、第7章中7.2节和7.4节、第8章中8.1节和8.2节、附录B；张利平（武汉大学）编写绪论、第1章、第9章中9.4节和9.5节；该书由葛朝霞、曹丽青担任主编，并分工负责书稿的修改工作。最后由葛朝霞统一核对定稿。本书的参编人员还有宋颖玲、黄美花、薛梅。图稿由宋颖玲描绘。

南京信息工程大学何金海教授在编写工作中给予了极大的支持，在大纲的拟定和书稿的编写过程中提出许多宝贵意见，并对本教材进行了最终审核。在此表示感谢。

由于水平有限，书中错误和不妥之处在所难免，恳请批评指正。

编者

2008.8.28



目 录

总前言

前言

绪论	1
0.1 气象学的定义与研究对象	1
0.2 气象学的发展简史	1
0.3 气象学的内容和分支	4
0.4 气象学与水文学的关系	5
第1章 大气的基本特征	7
1.1 大气的成分	7
1.2 大气的垂直结构	9
1.3 大气的状态方程	11
1.4 大气静力学方程及其应用	14
1.5 基本气象要素	18
思考题与练习题	29
第2章 辐射与热量平衡	30
2.1 辐射的基础知识	30
2.2 太阳辐射	34
2.3 地面和大气的辐射	44
2.4 地面及地气系统的辐射差额	47
2.5 地面热量平衡及地气系统的热量收支	49
2.6 地面温度和气温的(周期性或日、年)变化	51
思考题与练习题	59
第3章 大气热力学	61
3.1 热力学第一定律在大气中的应用	61

3.2	干绝热过程和位温	62
3.3	湿绝热过程	65
3.4	假绝热过程和假相当位温	67
3.5	热力图简介和部分应用	69
3.6	大气层结稳定度	70
3.7	局地温度变化的影响因素分析与判断	77
3.8	大气中的逆温	79
	思考题与练习题	81
第4章	大气的运动	82
4.1	作用在气块上的力	82
4.2	大气运动方程及其简化	85
4.3	p 坐标系中的运动方程	89
4.4	自由大气中的风	91
4.5	地转风随高度的变化——热成风	97
4.6	摩擦层中的风	100
4.7	水平运动与垂直运动的关系	102
4.8	大气的垂直运动	105
	思考题与练习题	105
第5章	大气中的水分	107
5.1	水循环	107
5.2	水相变化和饱和水汽压	109
5.3	蒸发	114
5.4	水分方程和可降水量	117
5.5	凝结	120
5.6	降水	125
	思考题与练习题	135
第6章	大气环流	137
6.1	大气环流形成的主要因子	137
6.2	大气环流的平均状况	139
	思考题与练习题	145
第7章	天气系统	146
7.1	气团与锋	146
7.2	中高纬度天气系统	151
7.3	低纬度天气系统	155
7.4	我国主要天气过程	159
	思考题与练习题	162

第 8 章 全球气候系统	163
8.1 气候系统和物理过程.....	163
8.2 影响气候的基本因素.....	166
8.3 气候分类.....	182
8.4 中国气候区划.....	184
思考题与练习题.....	186
第 9 章 气候变化及其对水资源的影响	187
9.1 气候变化的历史事实.....	187
9.2 气候变化的原因.....	191
9.3 人类活动对气候的影响.....	191
9.4 气候变化对水循环和水资源的影响.....	194
9.5 气候变化对策.....	198
思考题与练习题.....	199
附录 A 气象观测实习提要	200
A1 水文气象站站址的选择与仪器布置.....	200
A2 观测时间和观测项目.....	200
A3 空气湿度、温度的观测和计算.....	200
A4 气压的观测.....	205
A5 风的观测.....	209
A6 降水的观测.....	213
A7 蒸发量的观测.....	219
附录 B 天气预报简介	223
B1 天气图的一般知识.....	223
B2 天气预报的基本知识.....	228
参考文献	231



绪 论

0.1 气象学的定义与研究对象

气象学 (meteorology, 此词源于希腊文 meteoros 和 logos, 意为“上空的”和“推理”) 是研究大气中各种天气现象 (包括人类活动对它的影响) 及其演变规律, 以及如何利用这些规律为人类服务的一门科学。

气象学是地球科学的一个组成部分。它的研究对象主要是覆盖整个地球的大气圈。特别是地球表面的低层大气, 以及和它相关的水圈、岩石圈、生物圈是人类赖以生存的主要环境。大气的各种现象及其变化过程, 既可造福人类, 也可给人类造成灾害。人类在生产生活过程中, 也不断地影响着包括大气在内的自然环境。因此, 如何认识大气中的各种现象, 掌握它们的规律, 及时而又正确地预报未来的天气、气候, 并对不利的天气、气候条件进行人工调节和防御, 充分利用气候资源, 是气象学的主要任务。

随着科学技术在气象学中日益广泛的应用以及人类生产和生活的需要, 气象学研究的对象日益扩展。研究领域不仅包括地球的大气圈, 还包括地球以外的行星和卫星大气, 以及大气圈与水圈、冰雪圈、岩石圈和生物圈之间的相互作用。因此, 传统气象学的研究内容已大大扩充。气象学这门科学的名称, 已有改称“大气科学”的趋势。

0.2 气象学的发展简史

气象学是一门古老的学科。综观 3000 多年来气象学、气候学发展的历史, 源远流长。可以概括为以下三个时期。

1. 萌芽时期

萌芽时期主要指 16 世纪中叶以前这一漫长时期。这时期的特点是由于人类生活和生产的需要, 进行一些零星的、局部的气象观测, 积累了一些感性认识和经验, 对

某些天气现象做出一定的解释。

我国在这一时期，在此领域中有不少成就，而且是居于世界领先行列的。研究表明，在有文字历史记载以前，我国先民们已经知道防御气象灾害和利用气候资源。例如在旧石器时代的云南元谋人（距今约 170 万年前），已知道进洞穴以避风雨，披兽皮以御寒、防湿，利用火来照明、取暖和烧烤兽肉。新石器时代的半坡村、河姆渡文化遗址（距今约六七千年前），人们已经能够根据气候特点种植作物、养蚕治丝、织麻制衣，并利用空气烧制陶罐；修造房屋已注意到取向，还注意到屋内的取暖、防寒、去湿、防漏、通风和采光等。远在三千年前，在殷代甲骨上就刻有关于风、云、雨、雪、虹、霞、龙卷、雷暴等的文字，还常卜问未来十天的天气（称为“卜旬”），并将实况记录下来以资验证。春秋时代铁器普及和农业发展促进了人们对天气现象的认识。《周礼》记载，在周代朝廷专门从事气象天文工作的官员很多。在公元前 2 世纪春秋战国时代（见于《淮南子·天文训》和《逸周书·时训解》）的二十四节气和七十二候，就是根据风、云、物候的观测记录，并沿用到现代。到了元代，天气经验绝大部分韵语化为“天气谚语”，如“朝霞不出门、晚霞行千里”。唐代黄子发的“相雨书”，元末明初出现的娄元礼编的《田家五行》和明末徐光启编写的《农政全书·占候》都是总结群众预报天气经验的著作。秦汉时代还出现了《夏小正》、《吕氏春秋》、《淮南子》和《礼记》等内容涉及物候的书籍，这些都是世界上最早关于物候的文献。

气象观测仪器也是我国的最早发明。在西汉时（公元前 104 年），已盛行伾，铜凤凰和相风铜鸟等三种风向器，到唐代又发展到在固定地方用相风鸟，在军队中用鸡毛编成的风向器测风。欧洲到 20 世纪才有用候风鸟测风的记载。在西汉时还利用羽毛、木炭等物的吸湿特性来测量空气湿度。宋代曾有僧赞宁（公元 10 世纪）利用土炭湿度计来预报晴雨。关于降水的记录亦以我国最早。

在国外，气象学的萌芽也很早，公元前 4 世纪希腊大哲学家亚里斯多德（Aristotle）所著《气象学》（Meteorolosis）一书（约在公元前 350 年）综合论述水、空气和地震等问题，对大气现象也作了适当的解释。

总之，在气象学萌芽时期，我国和希腊是露过锋芒的，这时从学科性质来讲，气象学与天文学是混在一起的，可以说具有天象学的性质。

2. 发展初期

发展初期包括 16 世纪中叶到 19 世纪末。随着当时工业发展的要求，物理学、化学、流体力学和航海技术等快速发展起来，地理学蓬勃兴起，这就为介于物理学与地理学之间的边缘科学——气象学的发展奠定了基础。再加上这一段时间内温度、气压、风和湿度等气象观测仪器陆续发明 [1593 年意大利学者伽利略（Galileo）发明温度表，1643 年意大利学者托里拆利（Torricelli）发明气压表]，地面气象观测台、站相继建立，形成了地面气象观测网，并因无线电技术的发明，能够开始绘制地面天气图。这些条件的具备为人类定量认识大气组成、大气运动等创造了条件。于是，气象学研究开始由单纯定性描述，进入了可以定量分析的阶段。人们开始用科学的方法观测和阐明天气现象，这是气象学发展进程中的一次飞跃。但由于当时的科学水平所限，人们还没有找到科学地研究大气运动和天气变化规律的方法，只能依靠着物理

学、地理学而发展。

我国气象学在萌芽时期曾处于世界先进行列，但由于封建统治的压抑，生产水平低下，气象学处于长期停顿状态。在这一时期，帝国主义为了侵略我国，纷纷在我国设立气象观测机构，收集气象资料为其军事、经济侵略服务。最早来我国境内的法国传教士于1743年在北京设立测候所。其后从1830年起俄国又断断续续地派人来北京做气象观测。1873年法国天主教会在上海徐家汇创建观象台，1893年德国人在山东青岛建立青岛观象台，此外还有在英国人掌握之下的海关测候所等共43处，他们都为各自的军事、航行、商船服务，这时我国的气象事业完全是半殖民地性质的。

3. 发展时期

20世纪以来是气象学的发展时期。随着生产发展的需要和技术的进步，不但进行地面气象观测，也进行高空直接观测。气象学开始从认识自然逐步向预测自然，控制和改造自然的方向发展。在综合天气图方法的基础上，此期间气象学的发展中有三大重要进展。

(1) 锋面学说。1920年前后，气象学家皮耶克尼斯父子(V. Bjerknes 和 J. Bjerknes)、索尔贝格(Solberg)和伯杰龙(Bergeron)等应用物理学和流体力学的理论，通过长期的天气分析实践，提出了锋面、气旋和气团学说，从而为天气分析和预报1~2天以后的天气变化奠定了理论基础。

(2) 长波理论。1939年，瑞典气象学家罗斯贝(Rossby)等研究大气环流，提出了长波动力学，并由此引出了位势涡度理论。它既为进行2~4天的天气预报奠定了理论基础，同时也使气象学由二度空间真正发展为三度空间的科学，为后来的数值天气预报和大气环流的数值模拟开辟了道路。

(3) 降雨学说。在20世纪30年代，伯杰龙-芬德生(Bergeron-Findeison)从研究雨的形成中，发现云中有冰晶与过冷却水滴共存最有利于降雨的形成，从而提出了降雨学说。

在这一时期，我国气象学、气候学也有一定的进展。竺可桢在1927年创立了气象研究所，次年在南京北极阁建立气象台，这是我国自己设置的第二个设备较好的气象观测机构。此后20余年中，国内陆续建立了40多个气象站和100多个雨量站，开展了少数城市的高空探测、天气预报和无线电广播等业务。

20世纪50年代以后，由于各种新技术特别是电子计算机和雷达、激光、遥感及人造卫星等的使用，大大地促进了气象学的发展，人们对大气运动规律了解不断加深，预报水平也不断提高。数值模式和模拟已成为气象学研究的重要手段。从研究地域来说，气象学已从中高纬度地区扩展到热带低纬地区，从对流层到平流层再到中间层。研究的天气和气候现象，已从传统的天气尺度扩展到半球和全球尺度。气候和气候变化是当今的研究热点，局地强风暴和灾害性天气也成为当今气象学的研究前沿。我国气象事业在这段时期也呈现出蒸蒸日上的大好局面。如今已建立了4000多个各类气象台、站，地面天气测报网已经建成，高空气象探测网也基本形成，气候观测站网初具规模，各类站网的现代化程度不断提高。我国还成功发射了四颗极轨气象卫星和两颗静止气象卫星，成为世界上除美国之外第二个同时拥有极轨与静止气象卫星的国家。正在建设中的遍布全国、具有世界先进水平的新一代多普勒天气雷达、沙尘暴监

测、自动气象站、L波段探空雷达、全球定位系统(GPS)探空站、风廓线仪、三维闪电定位仪及地基GPS/MET观测站网等大大提高了我国气象综合探测系统的现代化水平。中期数值天气预报技术和卫星气象在业务上的应用是我国天气预报水平显著提高的一个新的里程碑。我国的气象科学工作者积极参与政府间气候变化专门委员会等国际活动,在气象学许多领域取得了非常可喜的成绩。

0.3 气象学的内容和分支

1. 气象学的研究内容

(1) 研究大气的特性和状态(如大气的组成、范围、结构、温度、湿度、压强和密度等)。

(2) 研究导致大气现象发生、发展的能量来源、性质及其转化。

(3) 研究大气现象的本质,从而能解释大气现象,寻求控制其发生、发展和变化的规律。

(4) 探讨如何应用这些规律,通过一定的措施,为预测和改善大气环境服务(如人工影响天气、人工降水、消雾、防雹等),使之能更适合于人类生活和生产的需要。

2. 气象学的分支

由于生产实践对气象学所提出的要求范围很广,气象学所涉及的问题很多,在气象学上用以解决这些问题的方法差异很大,再加上随着科学技术发展的日新月异,气象学分成许多分支学科,主要有大气探测、气候学、天气学、动力气象学、大气物理学、大气化学、人工影响天气、应用气象学等。

(1) 大气探测是一门研究探测地球大气中各种现象的方法和手段的学科。按探测范围和探测手段划分,大气探测有地面气象观测、高空气象观测、大气遥感、气象雷达、气象卫星等。探测手段的飞跃往往带来难以预计的重大发现,在大气科学的发展进程中,大气探测起了十分重要的作用。

(2) 气候学是一门研究气候的特征、形成和演变以及气候同人类活动相互关系的学科。研究内容主要包括气候特征、气候分类、气候区划、气候成因、气候变化、气候与人类活动的关系、气候预测和应用气候等。20世纪70年代以来,全世界发生几次气候异常,不少地区粮食产量大幅度下降,引起世人对气候的关注。工业生产引起大气中二氧化碳和其他有温室效应的气体(如甲烷、一氧化二氮等)含量逐年增加,若干年后它们对地球气候将发生什么影响,是非常令人关切的问题。电子计算机的采用,促进了对气候变化物理因子和气候模拟的研究,气候预测已不再是虚无缥缈的难题,已成为一个具有战略意义的课题了。

(3) 天气学是一门研究大气中各种天气现象发生发展的规律以及如何应用这些规律来制作天气预报的学科。研究内容主要包括天气现象、天气系统、天气分析和天气预报等。气候学和天气学研究的成果,不但为大气科学提供丰富的研究课题,而且还直接为国民经济服务。

(4) 动力气象学是一门应用物理学和流体力学定律及数学方法,研究大气运动的动力和热力过程及其相互关系的学科。研究内容主要包括大气热力学、大气动力学、

大气环流、大气湍流、数值天气预报和数值模拟等。动力气象学的发展对更深刻地认识大气运动的机理、掌握天气和气候的变化规律有十分重要的作用，它是大气科学的理论基础学科。

(5) 大气物理学是一门研究大气的物理现象、物理过程及其演变规律的学科。研究内容主要包括云和降水物理学、大气光学、大气电学、大气声学、大气辐射学、大气扩散学等。

(6) 大气化学是一门研究大气组成和大气化学过程的学科。研究内容主要包括大气微量气体及其循环、大气气溶胶、大气放射性物质和降水化学等。

(7) 人工影响天气是研究如何通过影响云和降水的微物理过程，使某些大气现象、大气过程发生改变的技术和方法。如人工降水、人工防雹、人工消雾等。人工影响天气是人类改造自然的一个组成部分。

(8) 应用气象学是将气象学的原理、方法和成果应用于农业、水文、航海、航空、军事、医疗等方面，同各个专业学科相结合而形成的边缘性学科。

气象学的各个分支学科彼此不是孤立的，如天气学、气候学与动力气象学相结合，产生了天气动力学和物理动力气候学。探测手段的不断革新和痕量化学分析技术的发展，推动了对大气的物理性质和化学性质的分析研究，促进了大气化学的发展。尤其是大气中二氧化碳和甲烷等微量气体对气候的影响日益显著，以及大气污染问题的出现，不仅使人们更加认识到大气化学在大气科学中的重要性，而且随着研究的深入，更认识到大气化学过程和大气物理过程的相互作用，从而促进了这两个分支学科的相互结合。气象卫星探测与天气分析相结合产生了卫星气象学，气象雷达探测与云和降水物理学相结合产生了雷达气象学。气象学诸学科分支又分又合的过程，反映了气象学的不断深入发展。

0.4 气象学与水文学的关系

气象学与水文学有着紧密的联系。陆地水文学是研究陆地上水文循环规律的科学，它包括降水的时空分布，水面、陆面和植物表面的水分蒸发，以及地表径流和河川径流的形成过程等，也研究地下水的运动规律。而降水过程和蒸发过程都与气象学有关。地表和大气之间的热量和水分交换过程，在不同大气之间有很大差异，在年总量上以及年内分配方面都不同，这就导致不同地区有不同的气候，也就有了不同的水文现象、不同的河川径流量及其年内分配。河流的封冻与融解、水库和湖泊的水温变化与浪涌等水文问题的解决，都要用到气象学方面的知识。在水库设计中，水文工作者要提供决定库容（即坝高）及溢洪道宽度的资料，库容决定于来水量即流域的降水量和蒸发量之差，溢洪道宽度决定于流域的降水强度，为解决这些问题也必须用到气象知识。这就是为什么水文工作者一定要懂得一些气象学知识的原因。

气象学与水文学是属于地球科学的两门姊妹学科。大气中的水分循环（蒸发—凝结—降水）是气象学的主要研究对象之一。而降水—蒸发—径流又是水文学的主要研究对象。组成水量平衡方程的四要素是降水、蒸发、径流与流域蓄水变量，当流域下垫面变化不大时，径流的变化主要取决于降水与蒸发的变化。因此，气象学与水文学