

“十一五”国家重点图书

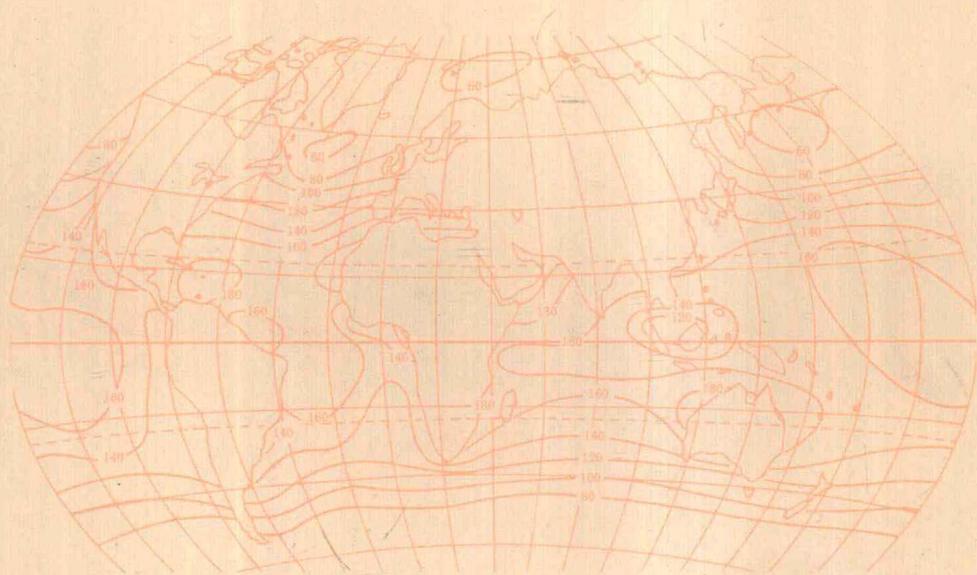
中国科学技术大学



教材

大气-海洋学概论

陈月娟 周任君 王 雨 郑建秋 编著



中国科学技术大学出版社

中国科学技术大学 精品 教材

大气—海洋学概论

DAQI—HAIYANGXUE GAILUN

陈月娟 周任君 王 雨 郑建秋 编著

中国科学技术大学出版社

内 容 简 介

本书是中国科学技术大学地球和空间科学院所设的“大气-海洋学”课程的专用教材。这本教材突出了大气圈和水圈的共同特点和相互关系,把大气和海洋结合起来讲述。内容比较广泛,但并不很深。它包括了大气科学和海洋学中的一些基本概念、大气和海洋中发生的物理和化学现象及过程、大气和海水运动的特征以及目前普遍关心的海-气相互作用、气候异常和全球性的环境问题(酸雨、全球变暖和臭氧层破坏)等内容。它既包含了大气和海洋学的一些基础知识,同时也介绍了一些目前大气科学和海洋学中的重要科研成果。

本书可供高等院校地球科学类的师生和从事相关方面的科技工作者阅读参考。

图书在版编目(CIP)数据

大气-海洋学概论/陈月娟等编著. —合肥:中国科学技术大学出版社,2009.1
(中国科学技术大学精品教材)

“十一五”国家重点图书

ISBN 978-7-312-02245-6

I. 大… II. 陈… III. 海-气关系—高等学校—教材 IV. P49

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 186793 号

中国科学技术大学出版社出版发行

安徽省合肥市金寨路 96 号,230026

网址 <http://press.ustc.edu.cn>

安徽辉隆农资集团瑞隆印务有限公司

全国新华书店经销

开本: 710 mm×960 mm 1/16 印张: 10.75 插页: 6 字数: 209 千

2009 年 1 月第 1 版 2009 年 1 月第 1 次印刷

印数: 1—2000 册

定价: 22.00 元

编 审 委 员 会

主 任 侯建国

副主任 窦贤康 刘 斌 李晓光

委 员 (按姓氏笔画排序)

方兆本 史济怀 叶向东 伍小平

刘 斌 刘 兢 孙立广 汤书昆

吴 刚 李晓光 李曙光 苏 淳

何世平 陈初升 陈国良 周先意

侯建国 俞书勤 施蕴渝 胡友秋

徐善驾 郭光灿 郭庆祥 钱逸泰

龚 立 程福臻 窦贤康 褚家如

滕脉坤 霍剑青 戴蓓蓓

总 序

2008年是中国科学技术大学建校五十周年。为了反映五十年来办学理念 and 特色,集中展示教材建设的成果,学校决定组织编写出版代表中国科学技术大学教学水平的精品教材系列。在各方的共同努力下,共组织选题281种,经过多轮、严格的评审,最后确定50种入选精品教材系列。

1958年学校成立之时,教员大部分都来自中国科学院的各个研究所。作为各个研究所的科研人员,他们到学校后保持了教学的同时又作研究的传统。同时,根据“全院办校,所系结合”的原则,科学院各个研究所在科研第一线工作的杰出科学家也参与学校的教学,为本科生授课,将最新的科研成果融入到教学中。五十年来,外界环境和内在条件都发生了很大变化,但学校以教学为主、教学与科研相结合的方针没有变。正因为坚持了科学与技术相结合、理论与实践相结合、教学与科研相结合的方针,并形成了优良的传统,才培养出了一批又一批高质量的人才。

学校非常重视基础课和专业基础课教学的传统,也是她特别成功的原因之一。当今社会,科技发展突飞猛进、科技成果日新月异,没有扎实的基础知识,很难在科学技术研究中作出重大贡献。建校之初,华罗庚、吴有训、严济慈等老一辈科学家、教育家就身体力行,亲自为本科生讲授基础课。他们以渊博的学识、精湛的讲课艺术、高尚的师德,带出一批又一批杰出的年轻教员,培养了一届又一届优秀学生。这次入选校庆精品教材的绝大部分是本科生基础课或专业基础课的教材,其作者大多直接或间接受到过这些老一辈科学家、教育家的教诲和影响,因此在教材中也贯穿着这些先辈的教育教学理念与科学探索精神。

改革开放之初,学校最先选派青年骨干教师赴西方国家交流、学习,他

前 言

“大气-海洋学”课程是在教育部地球科学类的教学指导委员会关于加强地球科学基础教学的倡议下,中国科学技术大学地球和空间科学学院专门设立的三门全院本科生必修课之一(另外两门是“地球科学概论”和“普通天文学”)。《大气-海洋学概论》是这门课程的专用教材。目的是为了增加地球和空间科学学院各专业的本科生的大气和海洋学的基础知识,以便加深地球科学类(特别是大气科学专业以外的)专业的学生对整个地球系统的认识。这本教材突出了大气圈和水圈的共同特点和相互关系,把大气和海洋结合在一起讲述,在国内首次做这样的尝试。

这本教材的建设始于1996年,本教材的编写人陈月娟教授参加了国家教育部“面向21世纪大气科学教学内容和课程体系改革研究”项目(1996~2001年),并经中国科学技术大学地球和空间科学学院确定开设“大气-海洋学”课程后,于1998年完成书稿(约20万字,150幅图),同时还制作了计算机教学幻灯片。后经周任君等整理,放到中国科学技术大学教务处的网上作为网上教材供学生使用。

由于“大气-海洋学”课程的开设和教材的编写的目的是为了增加地球和空间科学学院各专业的本科生的大气和海洋学的基础知识,加深地球科学类专业的学生对整个地球系统的认识,因而内容比较广泛,但并不很深。它包括了大气科学和海洋学中的一些基本概念、大气和海洋中发生的物理和化学现象和过程、大气和海水运动的特征以及目前普遍关心的海-气相互作用、气候异常和全球性的环境问题(酸雨、全球变暖和臭氧层破坏)等内容。它既包含了大气和海洋学的一些基础知识,同时也介绍了一些目前大

目 录

总 序	(i)
前 言	(Ⅲ)
第 1 章 绪论	(1)
1.1 地球的圈层,大气圈和水圈	(1)
1.1.1 大气圈和水圈的概况	(1)
1.1.2 大气和海洋的边界	(2)
1.1.3 大气圈和水圈的形成和演化,海底扩张和板块构造理论	(4)
1.1.4 大气圈和水圈与人类生活的关系	(5)
1.2 大气科学和海洋学的研究内容和方法	(6)
1.3 大气科学和海洋学的发展和新技术的应用	(7)
1.3.1 大气科学和海洋学的发展	(7)
1.3.2 新技术在大气科学和海洋学中的应用	(8)
第 2 章 大气和海水的成分及结构	(13)
2.1 大气和海水的组成	(13)
2.1.1 大气的基本成分	(13)
2.1.2 海水的化学组成	(14)
2.2 海水的盐度和氯度	(14)
2.2.1 海水的盐度	(14)
2.2.2 海水组成的恒定性	(15)
2.2.3 海水的氯度	(15)
2.2.4 海水盐度与氯度的关系	(15)
2.2.5 海洋盐度的分布	(15)
2.3 大气和海水的垂直结构	(17)
2.3.1 大气的垂直结构	(17)
2.3.2 海洋的垂直结构	(20)
2.4 大气和海洋的温度、密度、压强及盐度之间的关系	(20)

5.1.1	声波在大气和海洋中的传播速度	(47)
5.1.2	声速在大气和海洋中的垂直分布	(48)
5.1.3	声波在大气和海洋中的传播路径	(49)
5.1.4	声波在大气和海洋中传播时的衰减	(53)
5.2	大气和海洋中的光学现象	(54)
5.2.1	光波在大气中的折射	(54)
5.2.2	光波在大气和海水中的散射	(58)
5.2.3	云、雾和降水中的光象	(61)
5.3	大气中的电现象	(63)
5.3.1	大气中的离子	(64)
5.3.2	晴天大气电场和大气电流	(64)
5.3.3	雷暴电场	(66)
第6章	大气和海水的热力学特性和静力稳定度	(68)
6.1	热力学第一定律的应用	(68)
6.2	绝热过程、位温和绝热递减率	(69)
6.2.1	大气的干绝热过程	(69)
6.2.2	大气的干绝热温度递减率	(70)
6.2.3	大气的位温	(70)
6.2.4	大气的湿绝热过程和假绝热过程	(70)
6.2.5	海水温度的绝热变化和位温	(71)
6.3	静力稳定度及其判据	(72)
6.3.1	大气的静力稳定度	(72)
6.3.2	海水的静力稳定度	(73)
第7章	大气和海水运动的基本形态	(74)
7.1	大气环流和大洋环流	(74)
7.1.1	全球性平均大气环流	(74)
7.1.2	局地性的热力环流	(78)
7.1.3	大洋环流	(80)
7.2	涡旋运动	(86)
7.2.1	大气中的涡旋运动	(86)
7.2.2	海洋中的涡旋运动	(89)
7.3	波动	(89)
7.3.1	重力波	(90)

10.1	海-气的相互作用	(130)
10.1.1	热带海洋与低纬大气环流的相互作用	(131)
10.1.2	热带海温异常对中纬度环流的影响	(133)
10.2	厄尔尼诺与南方涛动	(134)
10.2.1	厄尔尼诺的确定	(136)
10.2.2	厄尔尼诺发生的频率、持续时间和强度	(137)
10.2.3	ENSO 事件的发展过程	(139)
10.2.4	ENSO 事件的成因	(140)
10.2.5	ENSO 与中纬度大气环流	(141)
10.3	海-气相互作用过程的数值模拟和气候预测模式	(143)
第 11 章	全球环境的三大问题	(145)
11.1	“空中死神”——酸雨	(146)
11.1.1	全球酸雨的状况	(147)
11.1.2	污染物的输送和扩散规律的研究	(148)
11.1.3	控制酸雨的根本措施	(148)
11.2	臭氧层的破坏和臭氧洞	(149)
11.2.1	臭氧层的破坏,臭氧洞和臭氧低值中心	(149)
11.2.2	臭氧洞的形成原因	(152)
11.2.3	臭氧层被破坏对气候的影响	(154)
11.2.4	关于蒙特利尔条约	(156)
11.3	温室效应和全球变暖	(156)
11.3.1	全球变暖的发展趋势	(157)
11.3.2	关于《京都议定书》	(159)
主要参考文献	(160)

第 1 章 绪 论

1.1 地球的圈层,大气圈和水圈

地球是一个由不同物质组成的、呈若干同心圈层构造的球体。以固体地面为界,可以将它分为内圈和外圈两大部分。内圈包括岩石圈和地核,外圈包括大气圈、水圈和生物圈。本课程主要讨论大气圈和水圈。

1.1.1 大气圈和水圈的概况

大气圈的厚度从地面或海面向上到大气顶,约为 2 500~3 000 km。但是事实上大气质量的 73.9%集中在 10 km 以下,98.81%集中在 30 km 以下,99.92%集中在 50 km 以下的气层中,所以相对于地球而言它只是薄薄的一层。

水圈包括海洋、江河湖泊、陆地上的冰雪、地下水以及大气中的水汽和液态水等,以海洋为主。地球表面积为 $510 \times 10^6 \text{ km}^2$,其中海洋面积为 $362 \times 10^6 \text{ km}^2$,约占地球表面积的 71%,相当于陆地面积的 2.5 倍。它在南北半球分布不均匀,北半球海洋占 60.7%,陆地占 39.3%,南半球海洋占 80.9%,陆地占 19.1%。海陆分布如图 1.1(见彩页 I)所示。

通常把世界大洋分成四大部分,即太平洋、大西洋、印度洋和北冰洋。四大洋的划分如下:

太平洋:北至白令海峡,东到通过合恩角的经线(68°W),西边沿马来半岛,经苏门答腊、爪哇、帝汶至澳大利亚的伦敦德里角,再沿 147°E 到南极。

大西洋:北边沿格陵兰经冰岛和法罗群岛到苏格兰,西边以通过合恩角的经线(68°W)与太平洋分界,东边在通过非洲厄加勒斯角的经线(20°E)与印度洋交界。

印度洋:东边沿马来半岛,经苏门答腊、爪哇、帝汶至澳大利亚的伦敦德里角,

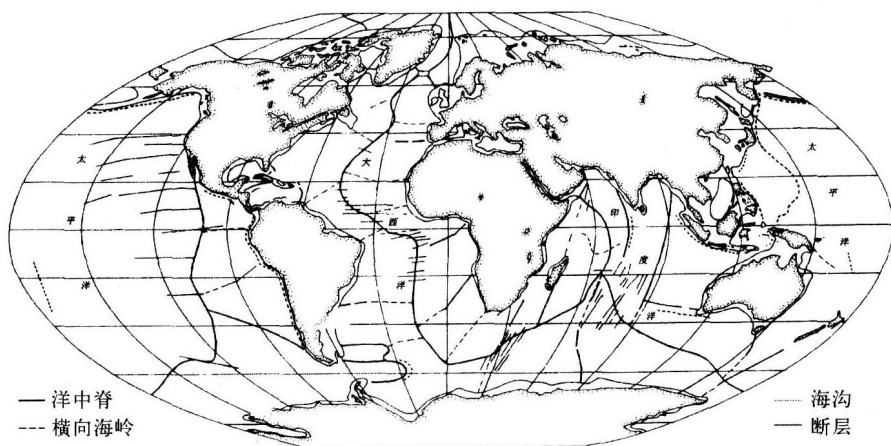


图 1.3 洋中脊系统(引自杨殿荣,1986)

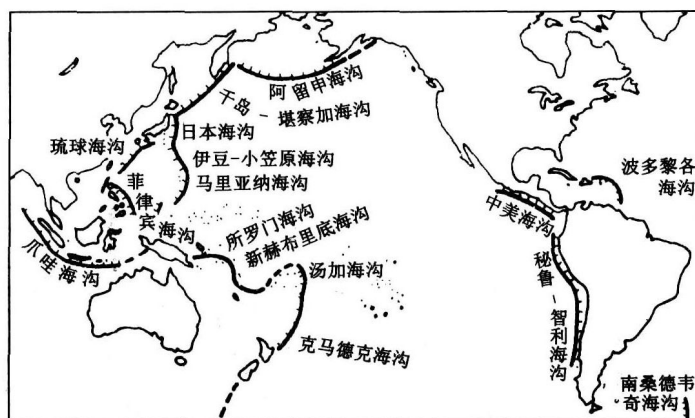


图 1.4 世界大洋的海沟分布(引自杨殿荣,1986)

海沟是由于大洋板块向大陆板块下方俯冲而形成的。全世界 20 余条海沟,绝大部分分布在太平洋的边缘海区。在这些海区附近,是地震多发区。

2. 大气和海洋的上边界

海面既是海洋的上边界,也是大气的一个下边界。大气和海洋通过这个边界交换其动量、热量和水分,产生相互作用和影响。

大气的上边界一般认为应是地球大气与星际空间的交界处。根据天体物理,星际空间中的中性质点的密度为 $1 \text{ 个}/\text{cm}^3$, 电子浓度为 $10^3 \sim 10^2/\text{cm}^3$ 。据此,人

