



西北干旱区沙漠绿洲 陆气相互作用

吕世华 奥银焕 孟宪红 等 著



科学出版社

西北干旱区沙漠绿洲陆气相互作用

吕世华 奥银焕 孟宪红 等 著

科学出版社

北 京

内 容 简 介

本书是中国西北干旱区三大观测试验之一的金塔试验(JTEXs)及后续的巴丹吉林试验(BDEXs)能量水分循环观测和数值研究成果的专著。全书共10章,包括非均匀下垫面陆面过程观测现状及研究意义、沙漠绿洲观测试验及数值模式特点、沙漠绿洲小气候和能量水分循环特征、沙漠绿洲陆面过程参数化及应用、绿洲自维持机制理论与数值研究、遥感资料在沙漠绿洲陆气相互作用研究中的应用、绿洲大气边界层特征、沙漠大气边界层特征、沙漠绿洲陆面过程资料同化及应用、绿洲的科学保护和利用研究。

本书内容丰富新颖,资料翔实,图文并茂,科学严谨,实用性强,系统介绍了许多新发现、新观点和新结论,可供我国从事干旱区气象、水文等科学观测试验、气候变化、土地开发利用以及环境保护等方面的科技工作者、高等院校有关专业的师生以及政府部门参考。

图书在版编目(CIP)数据

西北干旱区沙漠绿洲陆气相互作用/吕世华等著. —北京:科学出版社, 2018.3

ISBN 978-7-03-055468-0

I. ①西… II. ①吕… III. ①绿洲-陆地-大气-相互作用-研究-西北地区 IV. ①P942.407.3

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2017)第 283644 号

责任编辑:杨帅英 张力群/责任校对:韩 杨

责任印制:肖 兴/封面设计:图阅社

科学出版社出版

北京东黄城根北街16号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

艺堂印刷(天津)有限公司 印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2018年3月第 一 版 开本:787×1092 1/16

2018年3月第一次印刷 印张:26

字数:613 000

定价:198.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换)

作者名单

(按姓氏汉语拼音排序)

奥银焕	鲍艳	陈昊	陈世强
陈玉春	高艳红	韩博	李建刚
李锁锁	李万莉	罗斯琼	吕世华
马迪	孟宪红	王少影	文莉娟
文小航	徐启运	张宇	赵林

前言

沙漠、戈壁等干旱地带占据地球陆地的近 1/3。中国沙漠戈壁面积占国土总面积的 13.3%，西北地区是全球主要干旱区之一，其高山地貌造就了以水链接的“冰川-河流-绿洲-沙漠”独特景观格局。新疆塔里木盆地、准噶尔盆地、吐哈盆地，甘肃的河西走廊，宁夏平原与内蒙古河套平原分布的广阔的绿洲是干旱区人们赖以生存的家园。中国西北地区 95%以上为荒漠地，依靠面积不到该地区 4%~5%的绿洲养育着该地区 95%以上的人口，可见分布在我国北方干旱和半干旱地区绿洲的弥足珍贵。

目前，随着全球气候变化和人口剧增使得人们对生存需求持续扩大，再加上不合理的开发、风沙活动、荒漠化、盐碱化、河流改道等导致绿洲面积减小，水分失衡，生态环境破坏日益加剧，已严重威胁着我国西北地区人民的生活，形势十分严峻，任务十分艰巨。同时，相对脆弱的绿洲生态系统对区域气候变化的响应无疑比较敏感，同时它对气候的影响研究也极具科学价值。

为获得西北干旱区非均匀下垫面沙漠绿洲系统弥足珍贵的信息，揭开沙漠绿洲神秘的自维护机制等变化特征，研究沙漠绿洲脆弱环境对全球气候变化的响应及对我国气候变化的影响，加强我国应对极端气候事件能力建设，提高防灾减灾能力，2003~2006 年，2007~2010 年在国家自然科学基金重点项目“绿洲系统能量和水分循环观测与数值研究(40233035)”，“绿洲系统非均匀下垫面能量水分交换和边界层过程观测试验(40633014)”（以下简称金塔试验 JTEXs）和 2009~2013 年在国家重点基础研究发展计划（“973”计划）“全球变暖背景下东亚能量和水分循环变异及其对我国极端气候的影响试验(2009CB421402)”（以下简称巴丹吉林试验 BDEXs）的大力支持下，我们在甘肃省金塔县和巴丹吉林沙漠开展了夏季陆气相互作用加强观测试验，大量的观测数据填补了我国西北沙漠绿洲系统观测试验空白，取得了可喜的研究成果，揭示了许多奇特的现象。本书的后续出版也得到了科技部公益性行业（气象）科研专项重大项目（GYHY201506001-04）和基金项目（41675020，41675015）的联合资助。

本书全面介绍了沙漠绿洲非均匀下垫面陆面过程野外观测试验研究，揭示了非均匀下垫面绿洲-沙漠系统形成、维持机制和演变过程等。主要成果包括：①绿洲（金塔）能量水分循环特征；②非均匀下垫面陆面过程参数化；③通过卫星遥感资料分析研究河西绿洲退化的动态变化规律；④绿洲系统水文-土壤-植被-大气耦合模式研究；⑤绿洲小气候和绿洲临界尺度大气非平衡态热力学理论研究；⑥通过理论分析和数值模拟研究了绿洲-沙漠环流是绿洲的自保护机制；⑦河西绿洲系统对环境的影响研究；⑧干旱地区生态环境保护和建设对策研究；⑨建立了沙漠绿洲陆面过程野外观测资料数据集等。特别是将绿洲、沙漠和戈壁边界层特征、绿洲土壤蒸发-凝结对地表能量平衡的影响、非均匀零平面位移及空气动力学粗糙度、高分辨率资料同化技术、遥感信息在模式中的应用和大涡模拟研究等新观点、新方法及异彩纷呈的新成果呈现给广大读者，为保护绿洲-沙漠生态

系统良性发展提供科学依据,有利于促进我国绿洲地区社会经济发展。同时,还将非均匀下垫面获取的地表参数及能量通量提供给陆面过程模式,从而对陆面过程的参数化进行改进,并为区域性或全球性气候模式提供改进的陆面过程参数化方案。

本书由吕世华、奥银焕、孟宪红、文莉娟、韩博、文小航、陈世强、陈玉春、张宇、徐启运、李万莉、鲍艳、高艳红、王少影、李建刚、陈昊、罗斯琼、李锁锁、马迪、尚伦宇、常燕等编著。全书共 10 章,第 1 章绪论,由吕世华、徐启运、奥银焕撰稿;第 2 章沙漠绿洲观测试验及数值模式介绍,由吕世华、奥银焕、张宇、陈世强撰稿;第 3 章沙漠绿洲小气候和能量水分循环特征,由奥银焕、陈世强、韩博、张宇、李锁锁等撰稿;第 4 章沙漠绿洲陆面过程参数化及应用,由文莉娟、鲍艳、孟宪红、罗斯琼撰稿;第 5 章绿洲自维持机制理论与数值研究,由吕世华、陈玉春、陈世强撰稿;第 6 章遥感资料在沙漠绿洲陆气相互作用研究中的应用,由孟宪红、吕世华撰稿;第 7 章绿洲大气边界层,由李万莉、韩博、常燕等撰稿;第 8 章沙漠大气边界层,由韩博、奥银焕、李建刚、马迪、赵林撰稿;第 9 章沙漠绿洲陆面过程资料同化及应用,由文小航、文莉娟、王少影、尚伦宇等撰稿;第 10 章绿洲的科学保护和利用研究,由吕世华、高艳红和陈玉春等撰稿。全书由奥银焕、徐启运和陈昊统稿编辑,最后由吕世华修改定稿。

金塔试验(JTEXs)和巴丹吉林试验(BDEXs)研究得到了王介民研究员、胡隐樵研究员、沈志宝研究员、卫国安研究员等专家的热情指导。参加外场观测试验的韦志刚研究员、胡泽勇研究员、文军研究员、李振朝副研究员、陈晋北副研究员、侯旭宏高级工程师、李新成工程师,以及李子宁、马晓伟两位师傅等同仁栉风沐雨、不辞辛劳,在此一并表示诚挚的谢意。由于时间仓促,书中难免存在不足之处,恳请广大读者和科研人员指正。

目 录

前言

第1章 绪论	1
1.1 陆气相互作用研究的科学意义	1
1.1.1 陆面过程对气候的影响	1
1.1.2 陆气相互作用研究的重要性	4
1.2 陆气相互作用研究的内容及特色	5
1.2.1 非均匀地表特性分类	6
1.2.2 干旱区陆气相互作用研究特色	6
1.3 沙漠绿洲陆面过程的研究现状	7
1.3.1 理论研究现状	7
1.3.2 野外观测试验研究现状	9
1.3.3 数值模拟和资料同化研究现状	14
1.3.4 卫星遥感研究现状	16
1.4 小结	17
参考文献	18
第2章 沙漠绿洲观测试验及数值模式介绍	24
2.1 陆气相互作用观测面临的挑战	25
2.1.1 不同下垫面的观测对比	25
2.1.2 土壤水热变化的观测	26
2.1.3 非均匀下垫面大气边界层的观测	26
2.1.4 对流边界层的观测	26
2.2 金塔绿洲观测试验	27
2.2.1 试验区概况	27
2.2.2 观测试验设计	27
2.3 巴丹吉林沙漠观测试验	34
2.3.1 试验区概况	34
2.3.2 观测试验设计	34
2.4 观测试验资料预处理	37
2.4.1 涡动相关法资料处理与质量控制	37
2.4.2 GPS探空及系留数据处理与质量控制	39
2.4.3 雷达探空数据预处理	39
2.4.4 卫星遥感资料预处理	40
2.5 数值预报模式介绍	40

2.5.1	MM5 模式	40
2.5.2	RAMS 模式	44
2.5.3	WRF 模式	45
2.6	小结	51
	参考文献	51
第 3 章	沙漠绿洲小气候和能量水分循环特征	57
3.1	绿洲小气候特征	57
3.1.1	气温	58
3.1.2	气压	59
3.1.3	比湿	59
3.1.4	风场	59
3.1.5	不同类型绿洲小气候对比	62
3.2	沙漠绿洲能量水分循环特征	65
3.2.1	地表辐射和能量平衡特征	65
3.2.2	绿洲不同下垫面辐射特征	69
3.2.3	不同土壤湿度条件下的辐射特征	75
3.3	沙漠绿洲下垫面土壤变化特征	80
3.3.1	不同下垫面土壤热状况对比	80
3.3.2	不同天气条件下土壤温湿变化	84
3.3.3	土壤蒸发-凝结过程	92
3.4	沙漠绿洲边界层结构	102
3.4.1	绿洲过渡带的冷湿舌特征	103
3.4.2	绿洲边界层垂直结构特征	106
3.4.3	绿洲温度场及次级环流特征	112
3.4.4	绿洲空气动力学参数	116
3.5	小结	121
	参考文献	123
第 4 章	沙漠绿洲陆面过程参数化及应用	129
4.1	反照率参数化	129
4.1.1	裸土	129
4.1.2	绿洲	135
4.1.3	荒漠	141
4.2	土壤热性质参数	142
4.2.1	土壤热性质参数	142
4.2.2	不同下垫面土壤热性质参数	142
4.3	荒漠下垫面粗糙度长度	143
4.3.1	计算方法	143
4.3.2	模式应用及效果分析	147

4.4 绿洲陆面参数在 WRF 模式中的应用	149
4.4.1 模拟试验设计	150
4.4.2 参数化方案的适用性分析	152
4.5 小结	176
参考文献	176
第 5 章 绿洲自维持机制理论与数值研究	181
5.1 绿洲系统的动力学特点	181
5.2 绿洲系统热力学性质	184
5.2.1 地表能量平衡	184
5.2.2 水分平衡	186
5.2.3 大气稳定度	187
5.3 绿洲效应的基本特征	188
5.3.1 温度的垂直分布	188
5.3.2 绿洲风环流成因	188
5.3.3 绿洲自维持机制	189
5.4 理想绿洲数值试验	190
5.4.1 试验方案	190
5.4.2 冷岛效应	192
5.4.3 绿洲风环流	193
5.4.4 逆湿	194
5.5 实际绿洲数值试验	195
5.5.1 冷岛效应	195
5.5.2 绿洲风环流	197
5.5.3 逆湿	200
5.6 小结	205
参考文献	206
第 6 章 遥感资料在沙漠绿洲陆气相互作用研究中的应用	208
6.1 MODIS 资料简介	208
6.1.1 数据特点	208
6.1.2 预处理	209
6.2 沙漠绿洲地表特征参数遥感反演	212
6.2.1 标准化差值植被指数	213
6.2.2 修正的土壤调整植被指数	213
6.2.3 植被覆盖度	213
6.2.4 比辐射率	214
6.2.5 地表反照率	214
6.2.6 地表温度	215
6.2.7 反演结果分析	215

6.3	大气水汽含量反演	219
6.3.1	方法	220
6.3.2	反演结果及检验	221
6.4	利用 LANDSAT-5 TM 反演地表温度	224
6.4.1	观测试验设计	224
6.4.2	反演方法	225
6.4.3	反演结果检验	226
6.5	地表辐射反演	229
6.5.1	研究方法	229
6.5.2	结果分析及检验	230
6.6	土壤湿度的遥感估算	231
6.6.1	理论及方法	232
6.6.2	结果分析及检验	234
6.7	遥感反演参数的应用	236
6.7.1	模式及试验设计	236
6.7.2	近地层要素场	237
6.7.3	绿洲环流场	242
6.7.4	模拟与观测对比	249
6.8	小结	252
	参考文献	253
第7章	绿洲大气边界层	257
7.1	RAMS 模式在绿洲的适用性研究	257
7.1.1	模拟方案	257
7.1.2	观测与模拟效果对比	258
7.2	绿洲边界层结构模拟试验	266
7.2.1	模拟方案	266
7.2.2	控制实验: 强背景风的边界层结构	267
7.2.3	敏感性实验: 静风边界层	279
7.3	非均匀下垫面能量水汽输送	283
7.3.1	试验方案	284
7.3.2	中尺度通量特征	288
7.3.3	土壤湿度的影响	291
7.3.4	背景风速的影响	297
7.3.5	植被的影响	299
7.3.6	影响因子比较	308
7.4	对流边界层的大涡模拟	308
7.4.1	试验设计	309
7.4.2	模拟结果	310

7.5 小结	319
参考文献	320
第8章 沙漠大气边界层	324
8.1 气象特征	324
8.1.1 大尺度背景场	324
8.1.2 局地环流场	327
8.2 地表能量平衡特征	328
8.2.1 浅层土壤热储	328
8.2.2 沙漠和沙湖区的比较	331
8.2.3 晴天与阴天的比较	333
8.3 深厚对流边界层	337
8.3.1 边界层结构	338
8.3.2 CBL5 成因分析	343
8.3.3 对流边界层大涡模拟	349
8.4 沙漠湖泊-沙山近地表风沙动力环境分析	358
8.4.1 研究背景	358
8.4.2 特殊地貌景观风场特征	359
8.4.3 输沙势变化特征	360
8.5 小结	362
参考文献	362
第9章 沙漠绿洲陆面过程资料同化及应用	365
9.1 资料同化研究的进展	365
9.1.1 同化方法研究进展	365
9.1.2 同化方法分类	366
9.2 变分同化方法	367
9.2.1 变分同化	367
9.2.2 WRF 3D-Var 同化流程	367
9.3 资料同化数据集	369
9.3.1 资料同化流程	369
9.3.2 再分析产品说明	370
9.4 资料同化产品检验	372
9.4.1 温度、湿度场	372
9.4.2 风场	372
9.5 资料同化产品应用	375
9.5.1 近地层气象要素	375
9.5.2 位温和比湿廓线	376
9.5.3 环流场	380
9.5.4 大气边界层高度	384

9.6 小结	385
参考文献	386
第 10 章 绿洲的科学保护和利用研究	388
10.1 生态化建设对绿洲发展的影响	388
10.1.1 试验设计	388
10.1.2 结果分析	388
10.2 不同尺度绿洲的特征比较	391
10.2.1 湍流能量通量	392
10.2.2 大气边界层	394
10.2.3 沙漠绿洲环流	395
10.2.4 湿岛效应	395
10.3 不同灌溉制度对绿洲的影响	396
10.3.1 试验设计	396
10.3.2 结果分析	397
10.4 小结	400
参考文献	400

第1章 绪 论

我国西北地区地域辽阔,土地面积约占全国总面积的 1/3。西北地区地理环境复杂,自然资源丰富,民族众多,在长期的历史变迁中孕育了灿烂的文化;西北地区不但是全球气候变化响应最敏感的地带,也是生态环境变化最脆弱的地区之一,至今还有许多未被揭露的自然奥秘;西北地区由于地处欧亚大陆腹地且受地形阻挡影响,从海洋输送到该区域的水汽较少,降水量在 160mm 以下,水资源短缺,植被稀少,荒漠广布,是世界上最严酷的干旱区之一。其中高山地貌造就了以水链接的“冰川-河流-绿洲-沙漠”景观格局(Hu and Zuo,2003),西北地区 95%以上为荒漠地,依靠面积不到该地区 4%~5%的绿洲养育着该地区 95%以上的人口(Chu et al.,2005)。

良好的生态环境是人类赖以生存和发展的基础。在全球气候变化的背景下,我国西部地区荒漠化、水资源危机加剧,已经成为制约区域经济社会发展的重要生态环境问题。“丝绸之路”上昔日浩瀚的罗布泊已经干涸,楼兰等绿洲已沦为荒漠之地,璀璨的楼兰文明也已成为历史。以史为鉴,可以知兴替。因此,我们要更加珍惜和加强干旱区沙漠绿洲生态环境的保护研究,以便为丝绸之路复兴、西北地区经济社会可持续发展和国家生态安全屏障建设提供科学依据。

1.1 陆气相互作用研究的科学意义

陆气相互作用影响着天气过程,进而影响区域气候变化。地气系统为地球科学系统的重要组成部分,它决定着陆地表面和大气之间的物质和能量交换特征。陆面过程(land surface process,LSP)是地球科学系统的重要组成部分,它决定着陆地表面和大气之间的物质和能量交换特征。陆面过程是指发生在控制地表面与大气之间水分、热量和动量交换的过程,包括地面上的热力过程、水文过程和生物过程,地表面与大气间的能量和物质交换以及地面以下土壤中的热传导和水热输送过程等。其时间尺度可以从 10^{-1} s 到几年,空间尺度可以从 1m 到全球。

1.1.1 陆面过程对气候的影响

陆面过程是影响气候变化的基本物理过程之一。陆地下垫面状况在很大程度上决定了陆地表面的能量和水分平衡,从而深刻地影响着局地、区域乃至全球大气环流和气候的基本特征。由于气候变暖和人类生存环境的恶化,全球变化研究对世界各国的经济发展与人类生存有着重大而深远的影响。气候系统概念的提出、气候多平衡态和气候突变现象的发现以及对人类活动的影响,已成为推动气候系统变化强迫力的认识是气候研究取得突破性进展的关键(叶笃正和吕建华,2003)。气候系统的概念对人们研究气候变化的机制有着非常重大的影响。各种时空尺度的气候变化不再只是大气对来自其他圈层强

迫的反应,更是大气和其他圈层相互作用的结果。气候系统作为强迫耗散的非线性系统具有向外源强迫的非线性适应过程。

陆面过程作为全球气候系统的主要组成部分,在气候变化过程中起着重要作用。全球变化导致的资源与自然灾害变化是全球变化影响人类社会的基本方式。全球环境变化和可持续发展问题是当前地球科学和环境科学领域的两个极为重要的研究主题,也是国际地圈-生物圈计划中国全国委员会(CNC-IGBP)当前开展工作的两个核心。全球变化的区域响应以及地表变化和人类活动对气候的影响,也是通过大气边界层过程来实现的。大气边界层是地球大气动量、能量和各种物质(水分、二氧化碳和其他温室气体及各种大气污染物质等)上下输送的通道;下垫面作为地圈的重要组成部分,对大气系统产生非常重要的影响。大量研究表明,下垫面的性质和形状,对大气的热量、水分、干洁度和运动状况有明显的影响,在气候的形成过程中起着重要作用(图 1.1)。

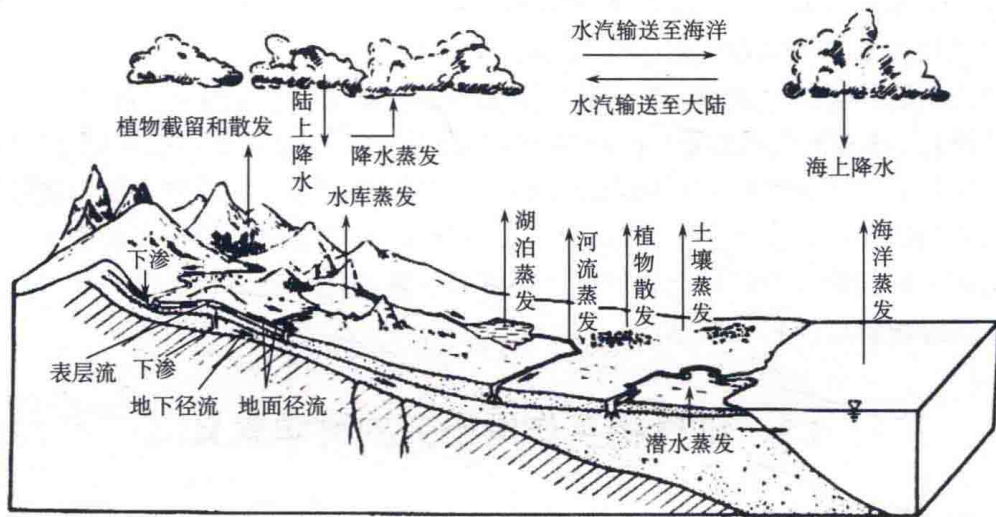


图 1.1 土壤-植被-大气中水分循环示意图(王大纯等, 1995)

近地层的基本特征取决于地面和大气之间的动力和热力相互作用。非均匀下垫面状态是近地层大气湍流的一个重要影响因素。植被层本身由于植物种类、生长状态和分布不均而存在巨大差异。大量的研究表明,均匀(或非均匀)植被层的存在改变了近地层大气平均风速的垂直分布,即使植被层的地表覆盖率低至 3%,也能使植被层高度以下的平均风速垂直分布明显偏离对数分布。利用高分辨率区域气候模式模拟中国区域植被发生改变后引起的局地或区域气候变化表明:一方面大范围区域植被变化对区域降水、温度的影响非常显著;另一方面,植被变化对东亚冬季、夏季风强度也有一定程度的影响,从而影响到中国东部地区降水的分布和冬季低温、冷害事件发生的强度。通过均一和非均一土壤下垫面数值模拟试验发现,东半球夏季季风气候区的基本气候特征,主要是由海陆分布和大地形的影响所产生。但是,细致的气候特征却受下垫面土壤物理性质和初始湿度的很大影响。而且通过环流系统的相互作用,除对本地区天气气候产生影响外,还会影响周围地区。使用美国 NCAR(the National Center for Atmospheric Research)区域气候模式 RegCM2(a second-generation regional climate model)模拟西北植被覆盖面积变

化对我国区域气候变化的影响,结果表明:西北植被扩展和退化都能影响地表温度、高度场和流场、我国夏季风的强度以及季风降水的分布,还能影响到土壤湿度和径流量。植被扩展和季风加强有利于高原及我国北方地区降水增强。植被退化、荒漠化加剧和季风减弱则使北方地区降水减少。因此,认识、预测、延缓或适应全球环境的变化,也成了国际科学界面临的严重挑战。

全球变化研究是20世纪80年代兴起的跨学科、综合性、规模宏大的国际合作研究活动,涉及自然与社会科学的多个领域,该研究主要有:由世界气候研究计划(WCRP)、国际地圈生物圈计划(international geosphere-biosphere program, IGBP)和全球变化中的人类活动作用计划(HDP 或 IHDP)等机构的协调,已经建立了多个核心计划,致力于地球各圈层之间在自然本身及人类活动影响下相互作用的过程、量化关系与演变趋势的研究。1988年在国际科学联合会理事会第22届大会上,正式通过了国际地圈-生物圈计划(IGBP)、水文循环的生物圈方面计划(biosphere aspects of hydrological cycle, BAHC)得到了世界各国政府的大力支持和水文学者、生态学者、大气动力学者及气候学者们的积极响应。与“全球能量和水循环试验”(global energy and water cycle experiment, GEWEX)等项目不同,BAHC计划是一项专门侧重于水文学与地圈、生物圈和全球变化交互作用的研究。BAHC计划对陆面生态-水文过程的深入研究,无疑对评估全球变化对淡水资源的影响、人类对生物圈的影响,以及评估它们对地球可居住性的影响是十分必要的。近几十年来,大量敏感性试验(Charney et al.,1977; Dickinson et al.,1991; Kondo et al.,1990; Sellers et al.,1997; Shukla and Mintz,1982; Sud and Smith,1985)表明:陆地地表状况的异常,往往对大气及气候的变化产生重要的影响。

陆面是大气下边界中最复杂和最主要的组成之一,与均一的海洋表面相比,陆地表面本身的土壤、植被和坡度的不均匀自然特性也使得陆地表面对动量、能量、水分和物质循环速率的不均匀。无论陆-气、海-气相互作用都必须通过边界层的传输才能进行。陆气相互作用对天气气候类型以及气候系统的物质和能量循环具有重要影响(图1.2)。研究表明:构成多样、性质复杂、分布又很不均匀的下垫面所组成的陆地表面是整个生物圈中一个既重要而又复杂的分量;陆面与大气及其他圈层之间进行的各种时空尺度的相互作用,以及动量、能量、多种物质成分(水汽及 CO_2 等)的交换和辐射传输对于大气环流及气候状况产生极大的影响,在某些局部或某个时段内甚至起着关键性的作用。这种交换的通量强度既与下垫面本身的物理化学性质及其动态变化的状况有关,也与变化的大气状况及太阳辐射强度有关。另外,土地利用方式的改变等人类活动已极大地改变了地球上的生态环境,而这种变化又缺乏可预报性,更增加了这一分支研究的复杂性。

近年来,森林锐减、土地荒漠化、持续干旱、全球变暖以及水资源短缺等一系列重大的全球环境问题和气候异常已引起世界各国政府及科学界空前的重视,已成为科学研究的重大前沿课题,也是当代气候学研究(包括陆气相互作用研究)所面临的紧迫问题之一。因此,深入研究陆地上各种下垫面与大气之间相互作用的物理、生化过程,不断改进和发展陆面过程模式,力求能更精确地预报上述各种交换包括动量、能量、物质(水汽及 CO_2)、辐射交换以及模拟地表温度、湿度和大气边界层的发展变化等与气候研究密切相关的信息,已经成为全球气候变化研究的迫切需要。

生化性质也各不相同,进行定量化处理也很复杂。对土壤来说(图 1.3),其属性包括质地、结构特征(如孔隙度、颗粒大小)、物理特性(如热力学性质、水力学特性)与光学特性(如反照率)。关于土壤的水力学、热学及光学性质的研究是目前陆面过程中研究的难点,至今没有很好的理论来解决,仍完全依赖于经验测定。

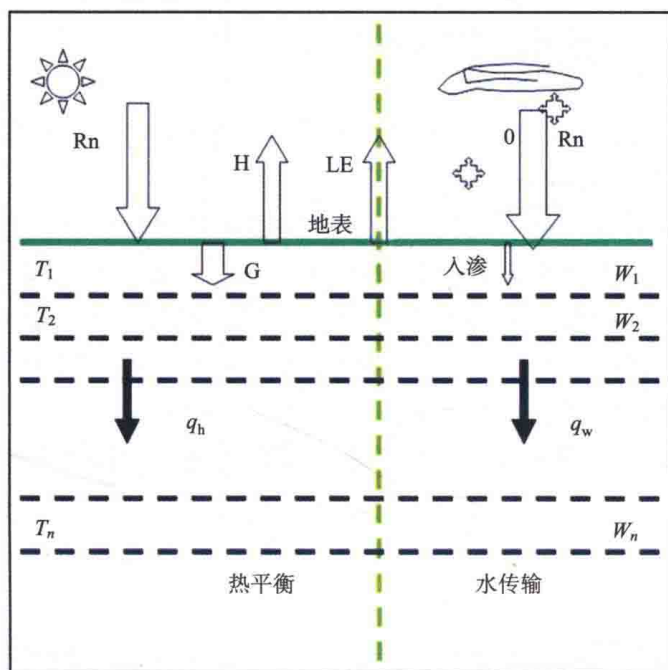


图 1.3 土壤物理过程(孙菽芬, 2005)

土壤过程和大气过程之间是相互作用、相互反馈的。首先,土壤的比热容较空气比热容大,土壤的热状况及其变化将对大气的陆面下边界条件起着重要的作用;其次,土壤湿度会改变地表的蒸发,从而影响地气间的水分交换以及大气中的潜热释放。这些过程同大气运动相互作用,对气候变化产生了一定的影响。研究表明,土壤的温度变化直接影响地气间的感热通量变换,而土壤湿度变化除了会直接影响地气间的潜热通量外,还对辐射、感热通量和大气稳定度造成影响。土壤湿度偏高,土壤表面反射率较小,导致地表吸收的太阳辐射增大,会使地表温度增高,发射的长波辐射也增加;同样,比较干的土壤其反射率较大,导致地表吸收的太阳辐射减少。这样,地表失去的热量比较多,地表温度降低。在裸土下垫面的陆气相互作用过程中,这种作用更加显著。

1.2 陆气相互作用研究的内容及特色

陆地表面存在不同时空尺度的非均匀性,这种地表非均匀性必将影响到局地大气环流及能量和物质的传输。