

塔克拉玛干沙漠综合科学考察成果

塔克拉玛干沙漠 和周边山区 天气气候



中国气象局乌鲁木齐沙漠气象研究所
中国科学院塔克拉玛干沙漠综合科学考察队

主编 李江风



科学出版社
www.sciencep.com

塔克拉玛干沙漠综合科学考察成果

塔克拉玛干沙漠和周边山区 天气气候

中国气象局乌鲁木齐沙漠气象研究所
中国科学院塔克拉玛干沙漠综合科学考察队

主编 李江风

科学出版社

北 京

内 容 简 介

本书是中国科学院塔克拉玛干沙漠综合科学考察成果之一。全书分为15章,归纳为5大部分,即塔克拉玛干沙漠天气气候形成的原因和机理;天气气候的特征、规律,以及气候资源和灾害;气候变化;沙漠气候的数值模拟;塔克拉玛干沙漠及邻近地区的卫星云图与劳动卫生条件等。随着该区石油资源的开发,书中还对人们进驻沙漠最为关注的饮水、营养等问题作了阐述。全书论述大多与国内外有关问题作了对比研究和论证,具有一定的理论意义和实用价值,并提出了一些新观点、新思想。书中附有大量图表,其中图件约500幅,资料详尽。

本书可供天气、气候、环保、地理、石油等部门的有关专家学者和生产管理人员参考。

塔克拉玛干沙漠综合科学考察成果 塔克拉玛干沙漠和周边山区天气气候

中国气象局乌鲁木齐沙漠气象研究所

中国科学院塔克拉玛干沙漠综合科学考察队

主 编 李江风

责任编辑 吴三保等

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>

中国科学院印刷厂印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2003年9月第 一 版 开本:787×1092 1/16

2003年9月第一次印刷 印张:54 1/2 插页:2

印数:1—600 字数:1280 000

ISBN 7-03-003692-1

定价:180.00元

(如有印装质量问题,我社负责调换〈科印〉)

塔克拉玛干沙漠综合科学考察成果 编委会

主 编 夏训诚
副 主 编 李崇舜 董光荣 周兴佳 胡文康
编 委 (以姓氏笔画为序)
 王炳华 谷景和 李广宽 李江风 李金栋
 李崇舜 杨 戊 杨逸畴 张立运 周兴佳
 姜兆春 胡文康 夏训诚 董光荣 穆桂金
 樊自立

塔克拉玛干沙漠和周边山区天气气候

主 编 李江风
编 著 者 (按作者参加工作先后排序)
 李江风 何 清 胡列群 南庆红 袁玉江
 刘万祥 雍天寿 荆岩林 周殿松 易炳芳
 陆章铨 王兴化 瞿 章 徐希慧 任振昌
 孙祥彬 张振宪 李景林 刘慧云
负责单位 中国气象局乌鲁木齐沙漠气象研究所
主要参加 塔里木石油勘探开发指挥部 新疆气象业务中心
单 位 中国科学院兰州高原大气物理研究所 交通部上
 海海洋水下工程科学研究院 新疆阿克苏地区气
 象局 新疆和田地区气象局等

序

在世界各地沙漠中,中国新疆的塔克拉玛干沙漠是最神秘、最具诱惑力的一个。这不仅因为它的广袤、险阻和鲜为人知,而且还因为盛名的“丝绸之路”曾穿越沙漠而过,留下了灿烂的古代文明。上世纪末本世纪初以来,中外许多探险家都曾尝试窥探塔克拉玛干沙漠的真实面目,但在付出巨大代价后,无不以失望而告终,从此,塔克拉玛干沙漠便留下了“死亡之海”的恶名。

1983年以来,中国石油勘探队伍,以现代技术条件为支撑,纵横驰骋于塔克拉玛干沙漠之中,在油气勘探中获得重大突破,证明塔克拉玛干沙漠是一个蕴藏着丰富油气资源的“希望之海”。这一事实,再次激发了人们全面认识塔克拉玛干沙漠的愿望。

1987年6月,中央领导同志视察了塔里木盆地的油气勘探工作,提出利用油气勘探的条件,组织对塔克拉玛干沙漠多学科综合科学考察的设想。在国家科学技术委员会统筹下,在中国科学院、中国石油天然气总公司、地质矿产部、国家计划委员会国土司和新疆维吾尔自治区人民政府的支持、配合下,这一设想变成了现实。现在,放在我们面前的这一套科学考察系列专著,就是科学工作者们辛勤和智慧的结晶。

塔克拉玛干沙漠综合科学考察历时近5年,创造了这一地区科学考察史上的许多第一:参与单位众多,有中国科学院所属的新疆生物土壤沙漠研究所、兰州沙漠研究所、地理研究所(北京)、新疆地理研究所、生态环境研究中心、兰州地质研究所、新疆分院,还有新疆气象科学研究所、新疆文物考古研究所、新疆地质矿产局第一水文地质大队、地质矿产部兰州水文地质中心、南京大学、新华社新疆分社等;学科专业齐全,考察队组建了气候、地貌、第四纪地质、地球化学、生物(含动物、植物、微生物)、土壤和土地资源、水资源、考古、录像、摄影、资料等专题组和专业组;考察期间,先后在满西异井、塔中1井建立了我国仅有的两个沙漠气象站;考察队在和田河、克里雅河流域组织了穿越沙漠的考察;各专题组成员多次进入沙漠腹地各井队,进行路线考察和定位观测。通过5年的考察,并应用了许多新理论、新方法,取得了大量的新资料,形成了一大批有特色的新观点和新结论,在对塔克拉玛干沙漠的认识和了解上,产生了全面的、新的飞跃。

塔克拉玛干沙漠综合科学考察成果是一项多学科的综合成果,包括《塔克拉玛干沙漠天气气候》、《塔克拉玛干沙漠地貌》、《塔克拉玛干沙漠第四纪地质》、《塔克拉玛干沙漠地区水资源评价及其利用》、《塔克拉玛干沙漠植被》、《塔克拉玛干沙漠动物》、《塔克拉玛干沙漠地区土壤和土地资源》、《塔克拉玛干沙漠考古》、《塔克拉玛干沙漠资源和环境》等9本专著,以及《塔克拉玛干沙漠研究文献索引》、《神奇的塔克拉玛干》(科学考察图片集)、

《塔克拉玛干沙漠》(录像片集)等。这些成果,从多角度,全面、系统地反映了塔克拉玛干沙漠资源和环境的真实面貌,为开发塔克拉玛干沙漠的资源,防止沙漠对塔里木盆地南缘绿洲的危害,已经并将继续产生重大的影响。

沙漠,是地球上环境特殊的区域。长期以来,沙漠和沙漠化给人类生产和经济发展造成了严重的危害。对塔克拉玛干沙漠进行全面的科学考察,对于人类认识沙漠,了解沙漠,展开向沙漠与沙漠化斗争,都具有十分重大的意义。塔克拉玛干沙漠综合科学考察,从一开始就受到国内外舆论界的重视,正表现了人们对这一地区的关注。

沙漠的环境是十分恶劣的,在这样的环境中进行科学考察活动,自然要付出更多的艰辛。由各单位科学工作者组成的考察队伍,用出色的工作,圆满地完成了预定的计划。他们的艰辛,将与他们的成果一道,永远铭刻在科学考察的史册上。

在此,我们要感谢中国石油天然气总公司及其所属的塔里木石油勘探开发指挥部和物探局,以及新疆维吾尔自治区人民政府和考察地区各地县有关部门,为塔克拉玛干沙漠综合科学考察顺利进行所提供的巨大支持和帮助。我们想,科学工作者所奉献的这项成果,也正是对他们支持和帮助的最好回报。

塔克拉玛干沙漠综合科学考察已初告一段落,但对沙漠的认识和开发来说,工作仅仅是开始,特别是对于人类同沙漠的斗争来说,仍然是任重而道远。不过,我们已经有了一个良好的开端,从这里出发,前途将是十分光明的。

孙鸿烈

1993年2月25日

前言

举世瞩目的世界第二大流动沙漠——塔克拉玛干沙漠，浩渺无垠、拂沙苍茫，被誉为“瀚海”。它的南面和西面有著名的世界屋脊——青藏高原、帕米尔高原，北有宏伟的天山山脉，东有克孜勒塔格、伊格孜塔格起伏的丘陵。自古以来，与世隔绝，它酣睡在塔里木盆地的摇篮里，曾有着许多的传奇记载和很多的探险传记、神话般的传闻，具有进去出不来的“死亡之海”称号，它蕴涵着忠言和诚意的告诫。正因如此，人们对它的认识很少。在这沙丘绵延、风沙弥漫、热浪滚滚、冷漠奇寒、千里无水的严酷环境中，许多考察研究工作，只是停留在推测阶段，一些地学研究工作，仅仅是在它的边缘区域进行。因此，它是一个谜，致使人们未能获得沙漠腹地的真实情况。从而，这里吸引着许多开拓者，激发了人们对它的兴趣、向往和憧憬。

在我国国民经济总体发展战略的指导下，石油大军开进了塔克拉玛干“死亡之海”。1987年石油钻井队伍进入大沙漠的腹地满西异井，1989年8月沙漠腹地塔中1井出油了！它向全世界宣布塔克拉玛干苏醒了！随着我国能源建设向西部倾斜的战略方针的实施，塔克拉玛干在我国经济建设中占有举足轻重的地位，是一个具有宏伟战略目标的能源基地。这不仅需要石油大军去占领它，而且还需要为石油部门服务的科技大军去占领它，于是1987年8月成立了塔克拉玛干沙漠综合科学考察队，对该沙漠进行了综合性考察。

考察队需要不同专业的研究人员，而气象科学是沙漠中最现实、最直观、最迫切、最为广泛需要的一个研究项目。它不仅研究内容丰富，研究问题新颖，而且涉及边缘学科领域较多。从研究方面看，既有当前的实际问题，也有长远的难度大的学术理论问题，同时还存在着为经济发展的战略目标、战略任务服务的对策问题。鉴此，沙漠综合考察队气象专业组于1987年11月率先进入塔克拉玛干沙漠腹地满西异井，在新疆石油沙漠经理部（塔里木石油勘探开发指挥部前身）支持下，建立了沙漠腹地第一座气象站。这一座气象站的观测记录和满西异井的开钻是同时诞生的。

气候是人类和生物赖以生存的基础。当前世界上最关注的是沙漠化过程，被称为地球的癌症。世界上很多国家都存在着沙漠化、干旱化问题。干旱和饥荒、自然灾害等，给居住在地球上的人类提出了一个严峻的问题，这个问题，不仅是干扰环境进行自我毁灭的过程，也是阻碍人类社会发展的、干扰着各国经济建设的问题，因此，各国政府十分重视。塔克拉玛干是这一问题的突出代表地区之一。诸如流沙的侵袭、干旱缺水的严峻威胁、沙漠吞噬了大片农田、土地和生命等，教训深刻，不能不引起人们的高度警惕。例如，楼兰的消亡，丝绸之路的南路古国沦于沙漠之中，当代的“绿色走廊”危机，塔里木河“断水”与“溃坝”等

等,均是与干旱化、沙漠化相关联的问题。而石油的开发,也必然出现水资源的紧张和水资源的合理利用等问题。由此,这显示出研究这些问题的重要性和迫切性。

塔克拉玛干沙漠属温带流动性沙漠,无论从区域性气候研究,还是从沙漠气候的理论研究而言,都尚属空白,其气象观测资料也几乎没有。过去以至现在的探险家、地理学家、地质学家、考古学家、气候学家,仅仅是沿着现在的河道和古河道进入沙漠考察和探险,时间均选择于冬季或初春秋末,而暖季不敢问津。因此,这次的塔克拉玛干的气象考察和研究,无疑需要增加区域性沙漠气候的内容,以填补塔克拉玛干腹地气候研究的空白,并得出一些带规律性的认识。

通过对塔克拉玛干沙漠气候的研究,将对该区域的天气气候动力和热力机制有一个清楚的了解,从而对青藏高原、帕米尔高原冷热源状况和环流对塔克拉玛干沙漠干旱的形成、水汽的来源有一个清晰的认识。特别是对防治沙漠化、干旱化问题,将起着战略性的重要作用。

随着沙漠腹地和周边石油钻井、探井的增多,丰富的地层资料,对地质时期的气候和沙漠形成的理论研究,将提供充分的依据,为地质气候变化,增加新的篇章。同样,随着油田服务建设的增加,沙漠天气气候和有关学科相结合,将成为应用气候学的新发展。例如沙漠医疗卫生气象学等。其中,沙区普遍发生的沙肺、热辐射、高温中暑、软瘫、性衰退、沙漠综合症等疾病,无不与沙漠天气气候有关。

卫星云图是气象学一门新的学科分支,在本书中,也作了专门的叙述。云图表现出阿拉伯海、孟加拉湾水汽越过高原,到达塔克拉玛干沙漠高空,甚至北上阿尔泰山以北的状况。同时还阐述了不同云系演化,结合在沙漠区产生降水和风暴这些新的事实,从而给气象学、天气气候学增加了许多新观点、新内容。本书还作了塔克拉玛干沙漠的有关数值模拟研究,也有许多新的论点,这给干旱区沙漠的形成机理充实了有关理论。

当前,在世界范围内,干旱化、沙漠化不断的扩大,沙漠化日趋严重,塔克拉玛干流沙由北向南蔓延,沙漠在青藏高原北缘不断扩张,对农牧业生产、交通运输产生了严重的威胁。为了防止沙漠和沙漠化的扩张,保护农田、交通干线、建筑物和渠系等不受流沙侵蚀,就需要有风沙运动规律、沙漠气候等基本数据,作为防治流沙、改造沙漠、遏制沙漠化发展重大战略措施的依据,从而也推动了风沙地貌学理论的发展。

本书共分 15 章,综合归纳为五个部分:一、塔克拉玛干沙漠天气气候形成的原因和机理;二、天气气候的特征、规律、资源、灾害等;三、塔克拉玛干沙漠的气候变化;四、塔克拉玛干沙漠气候的数值模拟;五、塔克拉玛干及邻近区域的卫星云图和劳动卫生条件。本书重点在第一、二两部分,而其它章节的内容也是比较新颖的。例如,在劳动保护条件中,人们对核辐射极其敏感,本书第十三章对劳动卫生条件给予了大量的实验和对问题的回答;关于沙漠中的饮食营养、饮水等问题,最佳营养调配数据等等,这些都是进驻沙漠最为关心的内容之一,书中也作出详细的论证和结论。书中图表资料采用了沙漠边缘和腹地站的观测资料,同时还采用了国外有关资料作对比、论证。然而书中有关气候要素的时空分布和有关结论上的内容尚嫌不足,有待深入研究。今后,随着塔克拉玛干沙漠区域的开发,人们将会对这一地区的天气气候有更多的新认识、新观点,并不断充实本沙漠气候的内容和理论。

当前,有关单位、有关科技人员和石油开拓者,亟须了解本沙漠天气情况,鉴于国内外迄今还没有一本系统性沙漠天气气候的著作,为满足塔里木石油生产建设、规划的迫切需要,今草成拙著公开出版,以满足当务之急。

本专著能顺利出版,得到国家科委主任宋健,中国科学院副院长孙鸿烈,新疆维吾尔自治区人民政府金永辉、毛德华副主席的关怀,塔里木石油勘探指挥部王秋明、罗春熙总地质师,国家气象局科教司刘余滨司长,考察队夏训诚队长、董光荣副队长,新疆气象局张家宝局长等的支持。另外,还得到新疆维吾尔自治区气象局、新疆气象研究所、和田气象局、阿克苏气象局、巴音郭楞蒙古自治州气象局、乌鲁木齐市气象局、中国科学院新疆生物土壤沙漠研究所、塔里木石油勘探开发指挥部、中国石油天然气总公司、交通部上海海洋水下工程科学研究院、中国科学院兰州高原大气物理研究所等有关单位领导和同志们的大力协助。在完稿之际,得到有关专家、教授的审阅,在此一并致谢。

参加新疆塔克拉玛干沙漠天气气候的考察课题组成员为(含观测 15 天以上者,以参加时间先后为序):李江风、何清、胡列群、高放生、卜生明、唐育才、杨志国、李士凡、李民、郑显扬、宋平、王建新、荆岩林、王兴化、陆章铿、周殿松、瞿章、徐希慧、孙祥彬、南庆红、刘万祥、雍天寿、任振昌、邵峰、袁玉江、李景林、张振先、刘惠云、易炳芳、王叔民。此外,赵景峰、赵元杰、雷加强、夏训诚、李崇舜、周兴佳等人参加了短期气象观测工作。

参加本书撰写工作的有:新疆气象科学研究所李江风(前言、第一章、第二章、第四章第一节至第三节、第五章至第十一章、第十二章第三节)、何清、胡列群(第三章)、南庆红(第四章第四、六、七节)、袁玉江(第十二章第四节);塔里木石油勘探开发指挥部刘万祥、雍天寿(第十二章第一、第二节);上海海洋水下工程科学研究院荆岩林(第十三章第一节)、周殿松(第十三章第二节);塔里木石油勘探开发指挥部防疫科易炳芳(第十三章第二节)、陆章铿(第十三章第三至第六节)、王兴化(第十三章第七节);中国科学院兰州高原大气物理研究所瞿章(第十四章);新疆气象卫星遥感技术中心徐希慧(第十五章);和田地区气象局任振昌(第四章第十节);阿克苏地区气象局孙祥彬(第四章第八节);阿克苏气象局张振宪(第四章第五节、第十二节)、李景林(第四章第九节);新疆气象业务中心刘惠云(第四章第十一节)。最后由李江风作了全书的统编工作和对个别章节增补了有关气象、气候资料和内容。

由于时间短,水平有限,遗误必多,敬请指正。

致 谢

本书为塔克拉玛干沙漠综合科学考察成果系列专著之一。此书的正式出版,不单是塔克拉玛干沙漠综合科学考察队完成的系列专著任务,同时也是中国气象局乌鲁木齐沙漠气象研究所重要成果的展现。在本书付梓之际,特别要感谢中国气象局秦大河局长、郑国光副局长的亲切关怀和大力支持,感谢中国气象局乌鲁木齐沙漠气象研究所魏文寿博士的努力、责任编辑吴三保编审的协调和帮助。

本书虽历时多年之后才与读者见面,但书中的一些观点、数据和理论仍不过时,在西部大开发,特别是在塔克拉玛干沙漠及其周边山区的经济建设和科研工作中,仍将发挥它的重要作用。

作者

2003年9月2日

目 录

序

前言

第一章 绪论	1
第一节 塔克拉玛干沙漠天气气候研究的地理位置和地理特点	1
第二节 塔克拉玛干沙漠气候学发展简史	6
第三节 塔克拉玛干沙漠天气气候研究的意义与内容	9
第四节 沙漠的气候资源和生态环境	13
第二章 沙漠天气气候形成的地理因子	18
第一节 地理位置对沙漠气候形成的影响	18
第二节 青藏高原隆起对塔克拉玛干气候的影响	24
第三节 流场和垂直气流对沙漠的影响	29
第四节 风系对沙漠和河水断流绿洲变迁的影响	34
第三章 太阳辐射和辐射平衡	44
第一节 太阳直接辐射	44
第二节 太阳散射辐射	55
第三节 太阳总辐射	66
第四节 下垫面反射率	85
第五节 地面有效辐射	91
第六节 地表面辐射平衡	98
第四章 环流和天气系统	107
第一节 四季海平面平均气压场特征	107
第二节 高空气流场和急流	112
第三节 500 百帕平均温压场	124
第四节 高空湿度场	132
第五节 南支锋区与塔里木的天气	144
第六节 水汽输送及其来源和路径	147
第七节 西南季风和东南季风的水汽输送	158
第八节 塔里木热低压	164
第九节 低空急流	174
第十节 克里雅河辐合区天气条件	183
第十一节 东灌天气	189
第十二节 青藏高原天气系统	194

第五章 气温	201
第一节 年、季(1,4,7,10月)平均气温的分布	201
第二节 季节划分.....	215
第三节 界限温度.....	222
第四节 气温的年较差和年变化.....	239
第五节 气温的日较差和日变化.....	251
第六节 气候大陆度.....	266
第七节 冷空气降温.....	271
第六章 降水	281
第一节 年、季降水量	282
第二节 年、季降水日数	297
第三节 大降水和暴雨.....	305
第四节 降水变率.....	332
第五节 海拔、地形与降水	343
第六节 降水年变化.....	358
第七节 降水时数的时空分布.....	368
第七章 湿度和蒸发	380
第一节 水汽压的年、季分布	380
第二节 地理因子对水汽压分布的影响.....	387
第三节 极端最大和极端最小水汽压分布.....	395
第四节 水汽压的年际、月际与日变化	397
第五节 相对湿度年季分布.....	403
第六节 地理因子对相对湿度的影响.....	411
第七节 相对湿度的年变化和日变化.....	420
第八节 蒸发量的年季空间分布.....	424
第九节 地理因子对蒸发的影响.....	432
第十节 蒸发量的年变化.....	438
第十一节 蒸发量的日变化.....	442
第八章 云量和日照	445
第一节 云量的年分布.....	445
第二节 地理因子对云量分布的影响.....	461
第三节 云量的年变化和日变化.....	473
第四节 日照时数的年、季分布	482
第五节 日照百分率的年、季分布	489
第六节 地理因子对绿洲日照的影响.....	496
第七节 日照时数的年变化和日变化.....	505
第九章 风和气压	513
第一节 平均风速、大风日数和极大风速	513

第二节	地理因子对风速分布的影响·····	531
第三节	风速的年变化·····	543
第四节	平均风速日变化·····	548
第五节	地方性大风·····	555
第六节	风向·····	564
第七节	气压年变化、日变化和气压极值·····	574
第十章	地温和冻土·····	585
第一节	平均地面温度年、季分布和地、气温度差的分布·····	585
第二节	平均最高、最低和极端最高、最低地面温度·····	593
第三节	地温垂直变化·····	602
第四节	地温的月际和日际变化·····	609
第五节	最大冻土深度·····	615
第十一章	天气现象·····	622
第一节	雾·····	622
第二节	雷暴·····	633
第三节	冰雹·····	648
第四节	沙暴、扬沙与浮尘·····	656
第五节	霜、降雪和积雪·····	666
第六节	雨淞和雾淞·····	681
第十二章	气候变化·····	687
第一节	古生代地质时期的气候·····	687
第二节	中生代与新生代地质时期的气候·····	711
第三节	历史时期的气候变化(文字记载)·····	735
第四节	塔克拉玛干现代气候变化·····	743
第十三章	沙漠气候和劳动卫生条件·····	757
第一节	高温干旱环境和疾病防治·····	757
第二节	沙漠饮水水质与脱盐研究·····	760
第三节	气象因素对机体代谢和营养需要量的影响·····	764
第四节	干燥沙漠气候对营养的特殊需求·····	773
第五节	沙漠气候的人类营养问题·····	776
第六节	沙漠遇险时的营养问题·····	785
第七节	沙漠环境放射性污染问题·····	791
第十四章	干旱气候的数值模拟·····	798
第一节	数值模拟及其改进与数值试验方案简介·····	798
第二节	沙漠干旱气候形成的数值模拟(CNT 方案)·····	801
第三节	无地形情况下沙漠气候的数值模拟(NM 方案)以及青藏高原和天山等地形在新疆干旱气候形成中的作用·····	810
第四节	无天山地形情况下沙漠气候的数值模拟(NTS 方案)以及天山山脉在	

沙漠干旱气候形成中的作用·····	815
第五节 减少地表反射率情况下沙漠气候的数值模拟(D α 方案) ·····	819
第十五章 卫星云图 ·····	825
第一节 气象卫星及卫星云图·····	825
第二节 塔克拉玛干沙漠降水云系的基本类型及其演变特征·····	827
第三节 南北云系相互作用对塔克拉玛干沙漠产生大降水的重要影响·····	833
第四节 南北系统云系相结合造成大降水卫星云图的个例分析·····	836
第五节 卫星云图在天气预报中的分析和应用·····	837
第六节 塔克拉玛干沙漠若干特殊天气现象的卫星云图监测·····	838
第七节 塔克拉玛干沙漠沙尘暴的卫星云图特征·····	840
第八节 “塔里木沙暴”、“和田黑风”和“哈密大风”的卫星云图特例分析 ·····	845

CONTENTS

Preface

Foreword

1. Introduction	1
1.1 The Geographical Range and Its Feature of the Weather-Climate Research in Taklimakan Desert	1
1.2 The Development Synopsis of Taklimakan Desert Climatology	6
1.3 The Significance and Content of the Weather-Climate Research in Taklimakan Desert	9
1.4 The Climatic Resource and Eco-environment in the Desert	13
2. The Geographical Factors of the Desert Weather-Climate Formation	18
2.1 The Effect of Geographical Position on the Desert Climate Formation	18
2.2 The Effect of Qinghai-Xizang Plateau Bulge on the Desert Climate	24
2.3 The Effect of Stream Field and Vertical Airflow on Desert	29
2.4 The Impact of Winds System on Desert and River Breaking and Oasis Vicissitudes	34
3. Solar Radiation and Radiation Balance	44
3.1 Direct Solar Radiation	44
3.2 Scattered Solar Radiation	55
3.3 Total Solar Radiation	66
3.4 The Reflectivity of Underlying Surface	85
3.5 Surface Effective Radiation	91
3.6 Surface Radiation Balance	98
4. Circulation and Synoptic System	107
4.1 Seasonal Characteristics of Mean Sea Level Pressure	107
4.2 The Field of Upper Air Current and Jet Streams	112
4.3 The Field of 500hPa Mean Temperature and Pressure	124
4.4 Upper Air Humidity Field	132
4.5 South Branch Frontal Zone and Weather in Tarim	144
4.6 Water-Vapour Transfer and Its Source and Track	147
4.7 The Water-Vapour Transfer of Southwest Monsoon and Southeast Monsoon	158
4.8 The Thermal Low on Tarim	164

4.9	Lower Jet	174
4.10	The Weather Condition of Convergent Area in Keriya River	183
4.11	Weather from East	189
4.12	The Synoptic System in Qinghai-Xizang Plateau	194
5.	Air Temperature	201
5.1	The Annual and Seasonal (January, April, July and October) Spatial Distribution of Mean Air Temperature	201
5.2	Divided Season	215
5.3	Critical Temperature	222
5.4	Annual Range and Annual Variation of Air Temperature	239
5.5	Daily Range and Daily Variation of Air Temperature	251
5.6	Climate Continentality	266
5.7	Cold Air Detemperature	271
6.	Precipitation	281
6.1	The Annual and Seasonal Precipitation	282
6.2	The Annual and Seasonal Precipitation Days	297
6.3	Heavy Precipitation and Storm Rainfall	305
6.4	Precipitation Variability	332
6.5	The Effect of Elevation and Terrain on Precipitation	343
6.6	Annual Variation of Precipitation	358
6.7	The Temporal and Spatial Distribution of Precipitation Hours	368
7.	Humidity and Evaporation	380
7.1	The Distribution of Annual and Seasonal Mean Vapour Pressure	380
7.2	The Impact of Geographical Factors on the Distribution of Vapour Pres- sure	387
7.3	The Distribution of Maximum and Minimum Vapour Pressure	395
7.4	Interannual Inter-monthly and Interdiurnal Variation of Vapour Pressure	397
7.5	The Interannual Variation of Relative Humidity	403
7.6	The Effect of Geographical Factors on Relative Humidity	411
7.7	The Annual and Daily Variation of Relative Humidity	420
7.8	The Annual and Seasonal Spatial Distribution of Evaporation	424
7.9	The Effect of Geographical Factors on Evaporation	432
7.10	The Annual Variation of Evaporation	438
7.11	The Daily Variation of Evaporation	442
8.	Cloudge and Sunshine	445
8.1	The Spatial Distribution of Annual Cloudge	445
8.2	The Effect of Geographical Factors on Cloudge Distribution	461

8.3	The Annual and Daily Variation of Cloudge	473
8.4	The Spatial Distribution of Annual and Seasonal Mean Sunshine Duration	482
8.5	The Spatial Distribution of Annual and Seasonal Mean Sunshine Percentage	489
8.6	The Effect of Geographical Factors on Oasis Sunshine	496
8.7	The Annual and Daily Variation of Sunshine Duration	505
9.	Wind and Atmospheric Pressure	513
9.1	Mean Wind Velocity, Gale Days and Maximum Wind Velocity	513
9.2	The Effect of Geographical Factor on the Spatial Distribution of Wind Velocity	531
9.3	The Annual Variation of Wind Velocity	543
9.4	The Daily Variation of Wind Velocity	548
9.5	Local Gale	555
9.6	Wind Direction	564
9.7	The Annual and Daily Variation of Atmospheric Pressure and Pressure Extremum	574
10.	Ground Temperature and Frozen Ground	585
10.1	The Spatial Distribution of Annual and Seasonal Mean Surface Temperature and Difference Between Surface and Air Temperature	585
10.2	Mean Maximum and Minimum and Extreme Maximum and Minimum Ground Temperature	593
10.3	The Perpendicular Change of Ground Temperature	602
10.4	The Interdiurnal and Inter-monthly Variation of Ground Temperature	609
10.5	The Depth of Maximum Frozen Ground	615
11.	Weather Phenomena	622
11.1	Fog	622
11.2	Thunderstorm	633
11.3	Hail	648
11.4	Sandstorm and Fly Sand and Floating Dust	656
11.5	Frost and Snowfall and Perpetual Snow	666
11.6	Glaze and Freezing Fog	681
12.	Climatic Variation	687
12.1	Climate in Paleozoic Era	687
12.2	Climate in Mesozoic Era and Cenozoic Era	711
12.3	Climatic Variation of Historical Time	735
12.4	The Present Climatic Variation in Taklimakan	743