

新疆师范大学

硕士学位论文

新疆塔中石油基地绿化的小气候效应研究

姓名：刘海波

申请学位级别：硕士

专业：自然地理学

指导教师：李新建

2011-12-29

中文摘要

本文利用了 2006 年 7 月、10 月和 2007 年 1 月塔中石油基地绿化区和沙漠区的气象观测资料对比分析了塔中石油基地绿化区与沙漠区的气候特征，通过分析表明：

1. 7 月，平均气温绿化区比沙漠区低 0.4°C ，气温日较差绿化区大于沙漠区。气温极差值绿化区大于沙漠区。平均相对湿度绿化区比沙漠区高 0.8%。平均风速绿化区比沙漠区低 1.1m/s 。

2. 10 月，平均气温绿化带比沙漠区低 2.6°C ，平均气温绿化区比沙漠区低 3.3°C 。气温日较差是绿化区>绿化带>沙漠区。气温极差值是绿化带>绿化区>沙漠区。平均相对湿度绿化带比沙漠区高 10.5%，绿化区比沙漠区高 12%。平均风速绿化带比沙漠区低 1.8m/s ，绿化区的比沙漠区低 0.7m/s 。

3. 1 月 25 日—1 月 30 日，平均气温绿化带比沙漠区低 4.0°C ，绿化区比沙漠区的低 4.8°C 。气温日较差是绿化区>绿化带>沙漠区。平均相对湿度绿化带比沙漠区高 3.3%，绿化区与沙漠区相等。平均风速绿化带比沙漠区低 0.7m/s ，绿化区比沙漠区低 0.5m/s 。

4. 随着塔中石油基地绿化工程的不断完善，从 1997—2006 年以来，沙尘天气的分布特征是：沙尘暴的日数减少，浮尘和扬沙日数增加。

塔中石油基地绿化的小气候效应比较显著。

关键词：塔中石油基地 绿化区 沙漠区 小气候

英文摘要

Abstract

In this paper, it was analyzed to climatic characterizations in the protective forest belt, the afforested area (standard section) and the desert area according to the data of the automatic meteorology observation station located in the protective forest belt, Tazhong meteorology observation station located in the afforested area and the automatic meteorology observation station located in the desert area in July, October and January from 2006 to 2007. The results showed:

1. In July the mean air temperature of the afforested area (standard section) is 0.4°C lower than the desert area. Contrast to the desert area, daily range of air temperature of the afforested area (standard section) is bigger. The mean air humidity of the afforested area (standard section) is 0.8% higher than the desert area. the mean wind speed of the afforested area (standard section) is 1.1m/s lower than the desert area.

2. In October the mean air temperature of the protective forest belt is 2.6°C lower than the desert area, which of the afforested area (standard section) is 3.3°C lower than the desert area. The daily range of air temperature: the afforested area (standard section) > the protective forest belt > the desert area. The mean air humidity of the protective forest belt is 10.5% higher and that of the afforested area (standard section) is 12% higher than the desert area. The

mean wind speed of the protective forest belt is 1.8m/s lower than the desert area. The mean wind speed of the afforested area (standard section) is 0.7m/s lower than the desert.

3. From January 25 to January 30 the mean air temperature of the protective forest belt is 4.0°C lower than the desert area. The mean air temperature of the afforested area (standard section) is 4.8°C lower than the desert area. Daily range of air temperature: the afforested area (standard section) > the protective forest belt > the desert area. The mean air humidity of the protective forest belt is 3.3% higher than the desert area. The mean air humidity of the afforested area (standard section) is the same to that of the desert area. The mean wind speed of the protective forest belt is 0.7m/s lower than the desert area. The mean wind speed of the afforested area (standard section) is 0.5m/s lower than the desert area.

4. In the middle Taklimakan desert oil field the days of dust-storm were less than before, but the days of the floating-dust and blowing-sand were more than before from 1997 to 2006. Human being built variety of buildings, planted variety of trees and grass and strengthen the sand, which affected variation of the floating-dust, blowing-sand and dust-storm.

The microclimate effect of the Middle Taklimakan Desert Oil Field was very prominent.

Key words: the Middle Taklimakan Desert Oil Field; the afforested area;
the desert area; Microclimate effect

独创性声明

本人声明所呈交的学位论文是本人在导师指导下进行的研究工作及取得的研究成果。据我所知，除了文中特别加以标注和致谢的地方外，论文中不包含其他人已经发表或撰写过的研究成果，也不包含为获得 新疆师范大学 或其他教育机构的学位或证书而使用过的材料。与我一同工作的同志对本研究所做的任何贡献均已在论文中作了明确的说明并表示谢意。

学位论文作者签名：刘海波 签字日期： 2007 年 6 月 10 日

学位论文版权使用授权书

本学位论文作者完全了解 新疆师范大学 有关保留、使用学位论文的规定，有权保留并向国家有关部门或机构送交论文的复印件和磁盘，允许论文被查阅和借阅。本人授权 新疆师范大学 可以将学位论文的全部或部分内容编入有关数据库进行检索，可以采用影印、缩印或扫描等复制手段保存、汇编学位论文。

（保密的学位论文在解密后适用本授权书）

学位论文作者签名：刘海波

导师签名：李新建

签字日期：2007 年 6 月 10 日 签字日期： 2007 年 6 月 10 日

文献综述

1. 塔克拉玛干沙漠气候研究的进展

塔克拉玛干沙漠 ($36^{\circ} 52' N \sim 42^{\circ} 19' N$, $75^{\circ} 12' E \sim 88^{\circ} 10' E$, 面积约为 33.76 万 km^2) 是我国第一、世界第二大流动性沙漠^[1]。它位于我国新疆维吾尔自治区南部的塔里木盆地之中^[2-5]。其北临天山山脉, 西临帕米尔高原, 南临昆仑山, 东接罗布泊、阿尔金山。地势东高西低, 南高北低。河流多是内流河, 其中塔里木河^[6]最长, 水量最丰富, 是我国最长的内流河, 同时也是塔里木盆地的生命线。

在古代, 由于生产力低下, 人类的科学认识还具有一定的局限性。在尼雅、楼兰等地出土文书和佉卢文木简对于有关塔克拉玛干沙漠和沙漠气候都有一定的记载。随着农业的发展, 在大沙漠的绿洲区域, 人们在和风沙、干旱作斗争的生产生活过程中, 开始初步认识沙漠气候^[1, 7-11]。

到了近代, 随着生产力水平的不断增加, 人类开始对沙漠气候进行理性的思考, 但是这一阶段仍不成熟。自 1868 年, 俄国人布亚科夫斯基 (Буяковский) 和莱茵特尔 (Reintal)、普尔热瓦尔斯基、罗波夫斯基 (Робовский)、克莱门茨等来新疆考察, 并从事于实际的气象观测和海拔高度的测量。瑞典人斯文·赫定 (Sven Hedin) 于 1895 年 4 月 23 日—5 月 8 日进入塔克拉玛干和田河探险, 并测知白天最热温度为 90°F 。他在 1927 年组织了中瑞西北科学考察团, 在若羌、库车、迪化 (今乌鲁木齐) 等地设立 4 个固定测候所, 除地面观测外, 还进行高空测风, 这可能是新疆最早的高空探测资料。英国籍匈牙利人斯坦因曾 4 次进入塔克拉玛干腹地探险, 即 1900—1901 年, 1906—1908 年, 1913—1916 年, 1930—1931 年。他于 1906 年 12 月 22 日在楼兰附近测得最低温度为 -45°F , 这虽然是零星观测值, 但对塔克拉玛干沙漠及其附近与周边地区来说, 确实是十分珍贵的资料。最有论点立说的是美国汉丁顿 (Huntington), 他在 1904 年随着卡莱基财团组织的新疆探险队进入罗布泊和塔克拉玛干考察后, 看到南疆的沙漠化、河水断流和土地消失现象, 得出了一个结论, 认为塔里木盆地气候和塔克拉玛干地区气候是一直变干的, 发展下去, 将成为不可逆转的干旱气候, 给当地人民带来灭顶的灾难^[12]。

1927 年, 气象学家李宪之^[13], 随中瑞西北科学考查团, 在塔克拉玛干东南缘的若羌建立了气象站, 进行气象观测。在柏林大学学习期间, 他将西北考察时所收集的部分资料整理成文, 发表了《塔克拉玛干沙漠对若羌长期天气的影响》, 提出冷空气活动和气旋对这一干旱地区降水的影响, 修正了前人所谓中亚没有一般气旋的看法。1930 年, 地理学家陈宗器等人^[14]随西北科学考察团, 沿塔里木河南下, 对沙漠气候作了详细的观测和记载。

总之, 由于各种条件的限制, 在古代, 人类对塔克拉玛干沙漠气候的认识是直观的、纪实的、朴素的。在近代, 人类对塔克拉玛干沙漠气候的认识开始逐渐深入, 建立气象站、穿越沙漠、记录气象要素。这些珍贵的资料是我们认识沙漠气候、研究沙漠气候的基础。但是在理论的研究上还不是很成熟, 还有太多的工作需要后人来完成。

1987-1994 年, 中国科学院新疆生态与地理研究所对塔克拉玛干沙漠进行了综合科学考察, 考察内容包括沙漠气候、地貌、第四纪地质和沉积环境、水资源及其开发利用条件、土地资源评价与利用前景、生物资源评价、历史时期人类活动与环境变迁、资源与环境等 8 个课题, 参加单位 13 个, 参与研究人员百余人。首次对塔克拉玛干沙漠天气和气候取得比较系统的认识, 初步掌握沙漠现代天气、气候特征和规律。

1993 年, 新疆石油管理局以克拉玛依油田和塔中油田的气象、气候资料为基础编写了《石油与气象》^[15], 本书应用气象学理论和方法, 解决石油生产中的各种气象问题, 提供气象、气候资料在

石油工业的应用。

随着塔中油田的开发建设,关于如何获得工程设计中所需的气候资料,成为油田建设的决策和规划部门必须解决的问题,因此在 1995 年新疆维吾尔自治区气象科学研究所和塔里木石油勘探开发指挥部规划处联合攻关,编写了《塔里木气候极值研究及其在油田工程设计中的应用》一书,系统阐述了塔里木盆地气温、地温、降水、相对湿度等气候因素的分布规律及应用。^[16]

2000 年,中国科学院新疆生态与地理研究所的潘伯荣、徐新文、雷加强^[17-22]等科研人员开展了“塔中油田生物防沙绿化示范工程技术”项目,以保证塔中的石油开发和塔中沙漠公路的安全,期望在沙漠腹地建构符合自然—社会—经济和谐的、有人工绿地的生态系统。并对沙漠腹地的生态环境特点、植物选择与栽培技术、生活因子的利用以及相关理论进行研究,提出了沙漠油田人工绿地生态系统的结构模式,建立了三处示范基地。在沙漠公路的绿化建设中,掌握了风沙运动规律、制定了科学的防治方案。

2003 年,由李江风研究员在总结前人工作的基础上,编著了《塔克拉玛干沙漠和周边山区天气气候》一书,对塔克拉玛干沙漠和周边山区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等进行了比较系统而详尽的阐释。

杨佐涛,陈渭南^[23]等通过对塔克拉玛干腹地满参、肖塘两地气候观测数据和北缘山前绿洲轮台的气象站资料进行对比分析。发现沙漠外缘至腹地温度呈升高趋势,气温日较差和年较差最大值在位于外缘和腹地之间的肖塘;降水表现为外缘多于内部,某一时内部降水又明显多于外缘,并且年降水量决定于某一次降水过程;愈深入沙漠内部,湿度越低,蒸发越大。

马志福,谭芳^[24]等根据塔克拉玛干沙漠周围近 20 个绿洲农区气象测站 36a 冬季的 1 月、夏季的 7 月平均气温、气压、相对湿度和塔克拉玛干沙漠地区 6 个短期观测站近 10a 的有关气象资料,对该地区冬、夏季平均温度、相对湿度、气压分布规律进行了系统研究,并以预测方程和概率模式揭示了塔克拉玛干沙漠地区冬夏季温、压、湿分布规律。

俎瑞平,张克存^[25]等通过对塔克拉玛干沙漠周围绿洲农区 17 个气象站 1996-2000 年风资料的统计和计算,对塔克拉玛干沙漠风况特征进行研究发现:塔克拉玛干沙漠作用风系以东北风和西北风为主,在纵向和横向上主风向都呈现出明显变化规律;输沙势计算结果表明,除若羌地区外整个塔克拉玛干沙漠处于低风能环境;大多数区域 RDP/DP 值都大于 0.5,呈现单峰或锐双峰特征。

何清,向鸣^[26]等通过对 1998 年 7 月下旬塔克拉玛干沙漠腹地满西 1 井测站出现的一次强降水(日降水量达 28.6mm)过程进行分析,证实在大尺度的环流背景下,中小尺度系统强烈的发展及夏季午后陆地对流旺盛时,极干旱的沙漠地区也会出现与其它地区相比拟的强降水天气,并具有夜雨性质。

何清,向鸣,唐淑娟^[27]应用天气学方法、NOAA 气象卫星云图以及沙漠腹地两个定点气象观测站(塔中和肖塘)的地面资料,初步分析了 1996 年 7 月 11~13 日在塔克拉玛干沙漠腹地沙漠公路沿线出现的两场强沙尘暴天气形成和发展的环流形势、主要影响系统及地面气象要素演变特征。发现在沙漠腹地因局地热低压发展和南支卷云线共同作用亦可触发中小尺度的强沙尘暴天气。

薛红,胡列群,王旭^[28]以塔里木盆地周边绿洲农区多个气象台站多年常规气象观测资料、沙漠腹地塔中气象站资料、NCAR 再分析资料为基础。得出塔克拉玛干沙漠腹地是沙尘暴的高发中心。塔中地区沙尘暴多集中发生在 4~8 月,在沙尘暴多发季节,沙尘暴与温度呈反相关关系、沙尘暴与降水呈正相关关系、沙尘暴与风呈正相关,风速大,则沙尘暴出现多。

2.塔克拉玛干沙漠人工绿化小气候的研究现状

小气候指的是由于下垫面结构不均一性所引起的小尺度的近地层局地气候。土壤、植被、人工铺砌的道路等等都能借辐射作用吸热和放热,从而调节空气层和下垫面表层的温度,这种表面称为活动面。由于活动面性质不同,具有不同的能量平衡和水分平衡,再加上湍流作用的差异,乃产生

各种各样的小气候^[29]。小气候与大气候不同,其差异可用“范围小、差别大、很稳定”来概括。所谓范围小,是指小气候现象的垂直和水平尺度都很小(垂直尺度主要限于2m以下薄气层内;水平尺度可从几毫米到几千米或更大一些);所谓差别大,是指气象要素在垂直和水平方向的差异都很大(如在沙漠地区贴地气层2mm内,温差可达十几度或更大);所谓很稳定,是指各种小气候现象的差异比较稳定,几乎天天如此^[30]。

地表是人类活动、动植物生存的主要场所,中小地形、森林、湖泊和人类活动集中的城市、耕地等,对贴地气层的小气候影响很大。不同的下垫面上就形成各种小气候,农田中有农田小气候,城市里有城市小气候,森林中有森林小气候等^[31]。中小地形造成的小气候的差异,主要是通过小的地形起伏、坡向和坡度的不同,来影响辐射状况、温度分布、湿润状况和局部风的变化。由于小气候与人们的生产、生活息息相关,近些年来人们对小气候研究越来越多。

张一平,李佑荣,刘玉洪^[32]等通过对昆明城市庭院内的草地、屋顶和道路的气象观测资料的比较,研究了庭院内不同下垫面的小气候变化规律和差异特征,昆明地区不同下垫面气候要素均具有与大气候相近的变化趋势,平均最高气温最大值出现在干季后期;气温日较差干季大,雨季小,相对湿度雨季大,变化小;干季小,变化大。风速以干季较大;雨季数值小,变化也小等年变化特征。比较不同下垫面的气候要素值得出,由于受下垫面和测点附近环境的影响,与草地相比,屋顶和道路的最高气温高,最低气温低,气温日较差较大,相对湿度低,风速大,其差异表现为干季大,雨季小。

张艳武,冯起,吕世华^[33]等利用额济纳洲2003年9月8~10日小气候观测资料,分析了绿洲柽柳林的小气候特征。在柽柳林内,地表和近地层大气温度有明显的日变化,日间地表给大气加热,大气温度呈超绝热递减率随高度递减;夜间大气给地表加热,大气为稳定层结,近地层空气湿度的日变化与温度相反,林内空气湿度的垂直分析主要取决于冠层与地表吸收太阳辐射状况,在林冠顶层,白天以上升气流为主;夜间以下沉气流为主,绿洲荒漠效应已经不明显。绿洲上空大气浑浊度小,对太阳辐射的削弱减少,绿洲具有很好光资源背景。

向悟生,李先琨,吕仕洪^[34]等对广西不同气候带下具有典型性和代表性的岩溶区作为研究区域,调查和监测,岩溶植被演替过程中主要小气候因子的日变化特征。结果表明,在石漠阶段和草丛阶段,群落光照强、土温和气温高、空气相对湿度低,时间波动比较明显;灌丛阶段群落冠层以下的照度、气温均较低,随时间变化的幅度不大,而冠层以上的光照强度和气温均出现了大幅上升,而且随时间变化的幅度较大;落叶阔叶林阶段和常绿落叶阔叶混交林阶段群落内部的照度、气温及土壤温度均大幅降低,空气相对湿度保持在较大水平,主要小气候因子的时空变化比较平缓。主要小气候因子的时空动态与群落结构和群落种类组成特征密切相关。

谢平,李燕^[35]对广东省湛江市东海岛海岸沙地防护林林内与林外的光照、温度、湿度及风速等气象因子进行对比观测,结果表明,防护林林内光照强度减弱、温度变化缓和、湿度增加、风速减小,小气候效应显著,改善了海岸沙地的生态环境。

高艳红,吕世华^[36]使用美国NCAR非静力平衡模式MMSV3,模拟了黑河地区非均匀下垫面局地小气候效应,再现了山谷风环流及夏季“绿洲效应”、沙漠上的“逆湿”和由于地表热力分布不均匀引起的绿洲—沙漠垂直环流等绿洲—沙漠相互作用的典型特征,较全面地揭示了非均匀地表大气边界层内的风、温、湿度场与陆面相互作用的物理机理,验证了野外实验的结果。

鲍淳松,楼建华,曾新宇^[37]等进行了园林绿化对气温和相对湿度的影响研究。结果表明,在杭州的夏季,经过园林绿化后,气温能降低0.7℃、最高可降2.3℃、相对湿度提高4%、最高可达15%;冬季阴雨天气时没有降温作用。没有绿化的主街是个热源,经过绿化的小区比主街低0.6℃,良好的行道树具有降温作用,能降低0.5~1℃,相对湿度提高4%,不同的植物类型降温作用有差别,总的

说来,树冠高大、枝叶浓密的降温作用大,乔木的降温作用大于草坪,植物表面的温度低于人工下垫面,夏季可降低4~8℃,在晴朗的夏季绿化降温作用比较明显。

王君厚,周士威,路兆明^[38]等通过对乌兰布和荒漠东北边缘人工绿洲内和荒漠对照区各小气候因子连续12年的同步观测,采用模糊综合评判方法,全面定量分析了防护林体系不同时期的小气候效应及变化规律。评价结果表明:绿洲防护林体系对各气象因子均有较明显的影响,特别是在降低风速、抑制蒸发、提高空气湿度等方面尤为突出;综合小气候效应明显,12年间效益值增加了0.746,增长率为31%;绿洲防护林体系对小气候的改善作用各时期不同,综合效益值来看,初期增加了0.129,中期增加了0.575,到后期增加了0.042,这说明防护林体系到中期(建成10年后)即可达到稳定的最佳防护状态。

肖彩虹,郝玉光,郭承德^[39]以2个地面气象站观测数据为基础。分析了1988~1999年12年间荒漠(即未开发区)与绿洲区(开发区)的气象要素变化。指出人工绿洲对灾害性天气具有抑制作用。结果表明:12年的林网建设与荒漠旷野相比,平均多年降水量增加28.9mm;年大风日数、年干热风发生日数分别减少65.6%、69.4%;年平均气温、年蒸发量、年最大风速分别降低0.4℃、28.3%、6.2m/s;防风效能达到47%。

绿洲生态系统的下垫面状况很不同于沙漠,因而形成了特殊的绿洲小气候。首先,在绿洲中,由于灌溉水面扩大及植被蒸腾的加强,增加了绿洲的相对湿度,降低了地表的最高温度,改变了荒漠的水热条件,创造了绿洲水热平衡。其次,由于植被和较湿润的地面,减低了地表的反射率,增加了对地表辐射的吸收,使辐射平衡值增大,温度变化趋于和缓。第三,绿洲中繁茂的植被,特别是农田防护林,具有阻摩消耗风力和保护地面的功能,减低土壤风蚀和沙暴,所以绿洲小气候对作物生长和人类生活都是十分有利的。随着塔中石油基地人工绿化的开展,对于人工绿化小气候的研究也已经展开,但是研究较少。

王健,桑长青,何清^[40]通过对沙漠公路塔中段两侧不同下垫面进行小气候分析,比较其差异来说明自然沙面、草方格、低矮防护林带、沙石路面等的不同防沙能力。从几种防沙效果来看,沙石路面短期内有一定的压沙作用,但长期效果不好;草方格短期效果较好,但随着时间推移,防沙效果逐渐减弱;防护林带体系随着林带的逐渐长成,效果将会越来越好,属于生态型防沙,意义重大而且深远。

艾力·买买提明,杨青^[41]等对塔中油田防护林带、自然沙面、流动沙丘的气温,相对湿度以及风速进行同步对比观测的研究结果表明:塔中4油田作业区温度与周围防护林以外的自然沙面的温度相比,具有变化幅度大,日较差较大的特征;作业区空气相对湿度比自然沙面的相对湿度大,防护林带相对湿度最高;由于受防护林带的影响,作业区1.5 m 高度的风速比周围自然沙面的风速小,日平均风速也比作业区防护林带的平均风速小。作业区的小气候效应比较显著。

新疆塔中石油基地绿化的小气候效应研究

1. 研究的内容和方法

1.1 研究的目的及意义

随着科学技术的发展和我国石油开发战略的西进,世界第二大流动沙漠——塔克拉玛干大沙漠不再是人类难以涉足的区域,石油勘探开发为人们了解塔克拉玛干大沙漠的天气气候特征以及沙漠下垫面环境条件下大气的特征提供了条件,在20世纪80年代末塔克拉玛干大沙漠综合科学考察设立临时气象站点的基础上,1996年在塔里木盆地的中心区域设立塔中地面气象观测站,该站于1998年10月成为国家基本气象站,区站号为51747。1999年1月1日零时正式开始地面测报与发报气象业务。相继开展了沙尘暴监测、大气成分、边界层梯度观测、辐射观测、特种观测等科研和业务监测工作。

塔里木沙漠油田是21世纪我国石油生产的重要战略接替区,由于地处塔克拉玛干沙漠腹地,风沙危害严重。油田基地的防沙绿化问题成了首要解决的问题,最初是机械防沙,起初效果较明显,起到了防沙的作用,但是机械防沙成本巨大,且缺乏人文气息,生态防沙绿化开始提到日程上来。先后开展了塔中沙漠油田基地防沙绿化与环境监测“九五”先导试验研究,以生态防沙取代了机械防沙,1994年起建成人工绿地 35hm^2 和 35.2km 的沙漠公路防护林^[42]。科研人员在绿化体系的可行性研究、绿化物种的选择和绿化技术等方面进行了具有创新的研究。目前生态绿化已经初具规模,下垫面状况已发生了很大变化。由于下垫面状况和其气候状况是相互联系和相互影响的,下垫面的改变影响着其区域内气象因素的变化,也会直接或间接影响到塔中石油基地的生产和人们的生活,但是对于该区域绿化而造成的区域气候状况变化方面的研究却很少。

因此,通过对塔中石油基地地表绿化与较远处原始沙漠区的多种气象要素的对比分析,能够比较定量化揭示人工绿化的小气候效应,有助于科学评估人工绿化对沙漠腹地生态环境的影响和科学评估沙漠腹地人工绿化的工程效果,能为塔中气象站气象观测资料沙漠气候代表性的标校、沙漠小范围的人工绿化以及沙漠化治理等提供科学依据,对于油田建设及沙漠--绿洲气象的研究都具有重要的现实意义和较高的学术价值。

1.2 研究内容

- (1) 绿化区与周边沙漠区气温对比分析
- (2) 绿化区与周边沙漠区空气湿度对比分析
- (3) 绿化区与周边沙漠区风速对比分析
- (4) 塔中石油基地绿化区沙尘天气的变化状况

1.3 研究方法

主要通过塔中石油基地绿化区域内的塔中气象站与周边沙漠区气象监测站及绿化林带中临时气象监测点气象要素的同步观测(图1—图3),获取夏季典型月份7月、秋季典型月份10月、冬季典型月份1月的多种气象要素,经过对塔中石油基地绿化工程区域与周边沙漠非绿化的多种气象要素的对比分析和数理统计,揭示塔中石油基地绿化的小气候效应,为塔中气象站气象观测资料代表性的标校、科学评价人工绿化的工程效果及塔中石油基地的发展以及沙漠化治理等提供科学依据。



图1 塔中气象站



图2 绿化带内的自动气象站



图3 平缓沙丘自动站B站

1.4 技术路线

第一阶段：收集整理相关文献、期刊和专著以及历史观测资料，布设观测点以及观测设备。在充分利用塔中气象站和80米铁塔梯度观测系统标校站的基础上，另在盛行风向下风方的绿化林内建立监测点。

第二阶段：实地观测与收集数据。分别在2006年7月、10月和2007年1月到塔中进行实地观测，获得气温、湿度、风速和沙尘天气等方面的第一手资料。

第三阶段：运用数理统计及其相关的气象气候学知识与方法进行研究，揭示塔中绿化的气候因素的分布特征，为科学评价人工绿化的工程效果及塔中石油基地的发展以及沙漠化治理等提供科学依据。

主要途径如图：

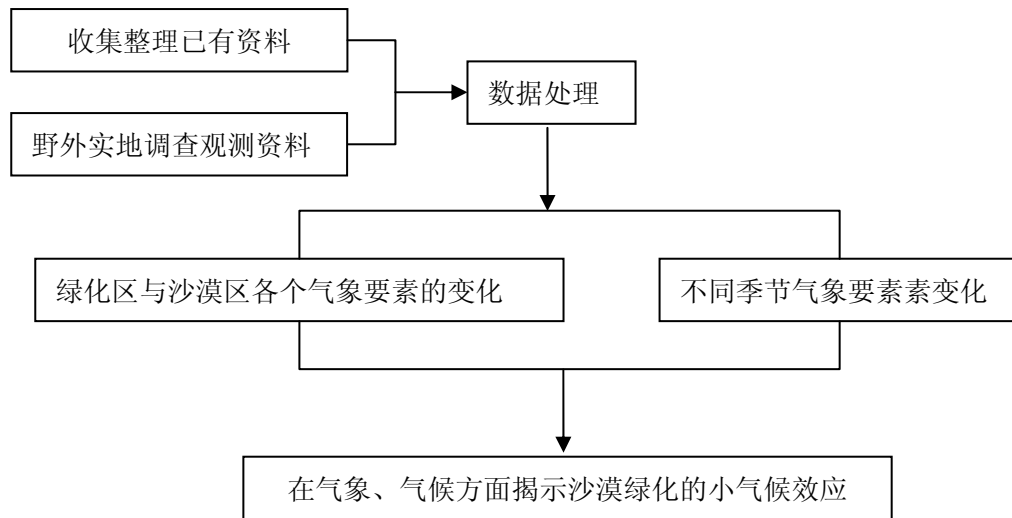


图 1.1 主要研究途径

Fig. 1.1 Sketch of the main research methods of the paper

2. 研究区概况

2.1 地理位置和范围

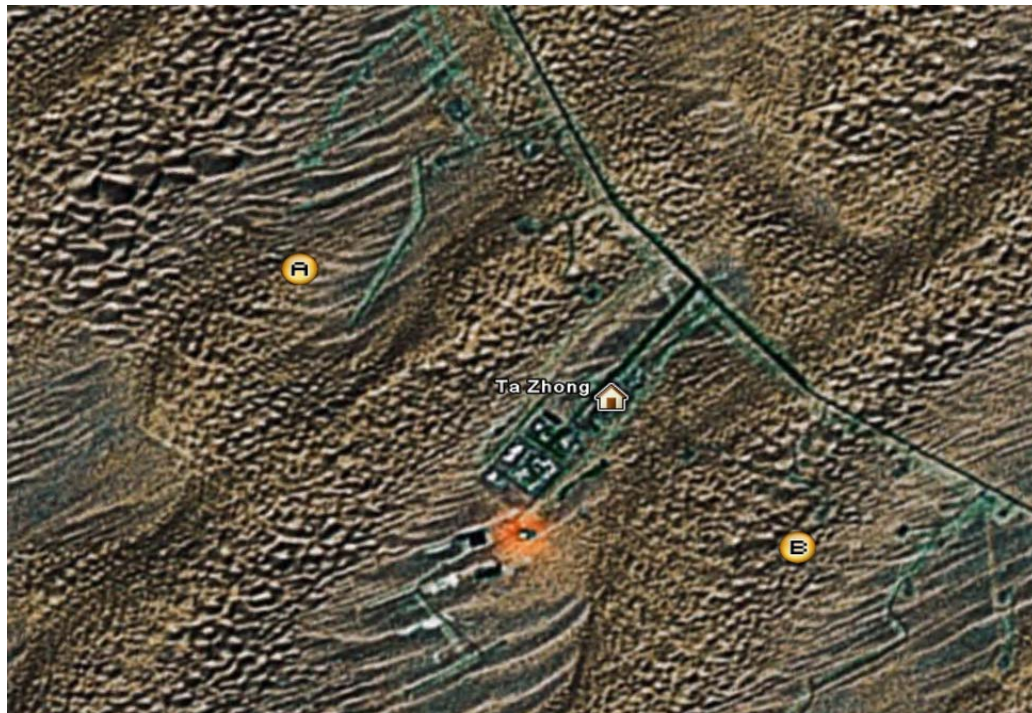


图 2.1 塔中石油基地地貌及地理位置

Fig 2-1 Landforms and the geographical locations of the Middle Taklimakan Desert Oil Field

塔中石油基地地处 $39^{\circ} 00' N$, $83^{\circ} 40' E$, 海拔1099.3m, 位于塔克拉玛干沙漠腹地。距库尔勒市约520km, 距乌鲁木齐市约为1000km。绿化面积为 35hm^2 。^[42]

2.2 水文和土壤

塔中石油基地地处沙漠腹地, 无地表径流, 降水稀少。该区地下水相对丰富, 地下水埋深差异较大, 复合沙山的顶部地下水在60m 以下, 而在垄间只有3—8m。个别低地只有1m左右。地下水的矿化度一般在 $4\text{—}5\text{g/L}$, $\text{pH}>7$, 呈碱性。水中含 HCO_3^- 、 Cl^- 、 SO_4^{2-} 、 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 、 K^+ 、 Na^+ 等离子。由于地下水矿化度不高, 同时在油田内部有电力保证, 使打井取水灌溉造林成为可能, 为生物防护体系的建设提供了最基本的条件。近几年, 基地采用了“苦水淡化”技术, 基本上解决了基地职工的生产、生活用水问题。

塔中石油基地的土壤以流动风沙土为主, 风沙土总的剖面形态特征是整体土体沙化、干燥, 机械组成以细、中细土壤为主, 松散呈单粒状结构, 土壤发育微弱、层次简单而不明显, 在形态上很大程度保持着母质状态。风沙土的理化特征是: 土壤肥力低、养分缺乏, 盐分含量不高; 土壤的容重大、孔隙度低、持水力差。风沙土由于所在沙垄部位的不同和表面起伏程度的差异, 理化性质也不尽相同。并且在复合沙垄的垄间局部地段还存在不同厚度的粘土层, 个别的垄间洼地沙层板结^[43]。

2.3 地貌和植被

该区沙层深厚、沙垄高大, 地形复杂。复合沙垄最高处与垄间洼地的高差达50m 以上, 复合沙垄上次一级沙丘的高度一般为5—10m。

该区缺乏天然植被, 大部分植物都是人工引进的。绿化带主要由怪柳、沙拐枣和梭梭等耐盐、

耐旱、耐寒、耐高温、耐风蚀沙埋的沙生植物组成。在塔中植物园内还有大量引进的植物：无叶沙拐枣、乔木状沙拐枣、网状沙拐枣、头状沙拐枣、密刺沙拐枣、泡果沙拐枣、小果沙拐枣、红皮沙拐枣、沙木蓼、盐穗木、盐爪爪、山荞麦、紫杆怪柳、甘蒙怪柳、中华怪柳、长穗怪柳、甘肃怪柳、异花怪柳、多花怪柳、短穗怪柳、多枝怪柳、塔克拉玛干怪柳（沙生怪柳）、红砂、胡杨、木贼麻黄、中麻黄、膜果麻黄、盐生白刺、泡果白刺、木本霸王、白刺（酸胖）、碱蓬、大叶矾松、黄花矾松、沙生蔗茅、香蒿草、老鼠瓜、枸杞、黑枸杞、沙枣、沙棘、红苋草、东方铁线莲、石刁柏、月苋草、银边翠、金叶菰、紫穗槐、茧莢黄芪、白柠条、小叶锦鸡儿、铃铛刺、羊柴、小沙冬青、狭叶锦鸡儿、蒙古沙冬青、胀果甘草、银沙槐、黄芪、红豆草、沙打旺、花棒、红花罗布麻、罗布麻等植物。动物主要有沙蜥、麻雀、老鼠、池鹭^[44]等。

2.4 气候条件 *

该区属于典型的暖温带大陆性荒漠气候，夏季炎热，冬季寒冷，昼夜温差大。该区年平均气温 12.4°C ，一年中最热月为 7 月份，月平均气温 28.7°C ，最冷月为 1 月份，月平均气温 -8.4°C ，极端最高气温 45.6°C （1997 年 7 月 20 日），极端最低气温 -26.0°C （2002 年 1 月 27 日），年平均地面温度 16.4°C ，极端最高地面温度 74.5°C ，极端最低地面温度 -28.5°C 。年平均降水量 26.5 mm，最大降水量 16.6mm，最大降水日数（ $>0.1\text{mm}$ ）8.5 天（7 月）。平均相对湿度 29.4%，年平均蒸发能力为 3812.9 mm。年平均日照时数 2649.6h。年平均风速 2.3m/s ，最大瞬时风速为 20.0m/s ，风向主要以 ENE、NE、NNE 为主，年平均大风日数（ ≥ 8 级）13 天。沙尘天气发生频繁，主要集中在 3—8 月。浮尘天气年平均 80 天，扬沙天气年平均 53 天，沙尘暴年平均 16 天。

2.5 塔中油田简介

塔中油田位于号称“死亡之海”的塔克拉玛干沙漠腹心地带，现已探明石油地质储量 $6.13 \times 10^7\text{t}$ ，可采储量 $2.036 \times 10^7\text{t}$ 。塔中油田地面工程于 1996 年初动工建设，1996 年 8 月 15 日塔中 4 油田投产。截止到 2006 年 6 月 20 日零时，塔中油田累计生产原油 $1.669 \times 10^7\text{t}$ ，生产天然气 $4.097 \times 10^9\text{m}^3$ 。10 年来，塔中石油人每年向祖国奉献石油均在百万吨以上，单井日产量是全国油田平均值的 10 倍多。该油田原油采收率已达到地质储量的 27.3%，实现了高效开发，为我国沙漠油田建设提供了成功经验。塔中油田集油、气、水、电一体，自动化程度达到上世纪九十年代先进水平的优势。

* 塔中气象站 1997 年—2006 年的气象统计资料

3. 绿化区与沙漠区的各季节气候特征分析

3.1 绿化区与沙漠区的气温变化特征分析

3.1.1 夏季绿化区与沙漠区的气温变化特征分析

以7月作为塔中夏季的典型代表月。塔中绿化区和沙漠区7月平均的温度日变化状况,如图3.1所示:绿化区气温最高值出现在北京时间18时左右,气温达 34.1°C ,最低气温出现在北京时间7时左右,气温为 21.1°C 。气温日较差为 13°C 。沙漠区最高气温出现在北京时间17时和18时左右,气温达 34.5°C ,最低气温出现在北京时间8时左右,气温为 22.2°C 。气温日较差为 12.3°C 。最高气温绿化区比沙漠区低 0.4°C ,最低气温绿化区比沙漠区低 1.1°C ,绿化区和沙漠区的最高气温和最低气温出现时间并不是同时的,一般相差1小时左右。气温日较差绿化区比沙漠区高 0.7°C 。

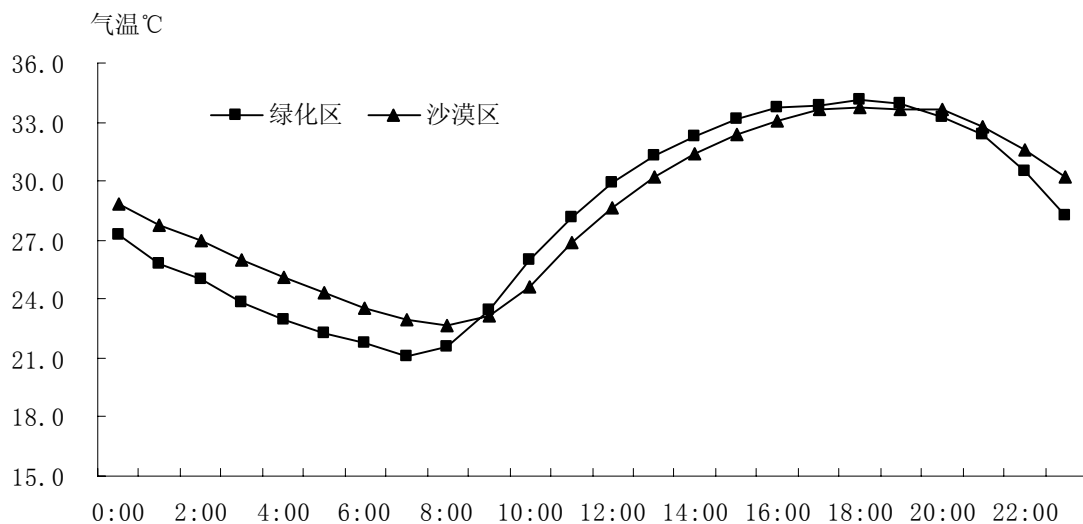


图 3.1 塔中 7 月不同下垫面平均的温度日变化

Fig. 3-1 Change of daily mean mean temperature on the different underlying surfaces in July in Tazhong, Xinjiang

图 3.2—图 3.4 可以看出:塔中绿化区和沙漠区 7 月月平均气温、月平均最高气温和月平均最低气温的变化趋势基本上是一致。绿化区和沙漠区月平均气温分别为 28.2°C 和 28.6°C ,月平均最高气温分别为 28.9°C 和 29.3°C ,月平均最低气温分别为 27.4°C 和 27.9°C 。绿化区 7 月气温极高值出现在 25 日 18 时,气温达到 41.9°C ,气温极低值出现在 23 日 8 时左右,气温为 15.9°C 。气温极差达到 26°C 。沙漠区 7 月气温极高值出现在 7 月 25 日 16 时左右,气温达到 42.5°C ,气温极低值出现在 14 日 10 时左右,气温为 17.7°C 。气温极差达到 24.8°C 。月平均气温绿化区比沙漠区低 0.4°C ,月平均最高气温绿化区比沙漠区低 0.4°C ,月平均最低气温绿化区比沙漠区低 0.5°C 。气温极高值绿化区比沙漠区低 0.6°C ,气温极低值绿化区比沙漠区低 1.8°C 。气温极差值绿化区比沙漠区大 1.2°C 。

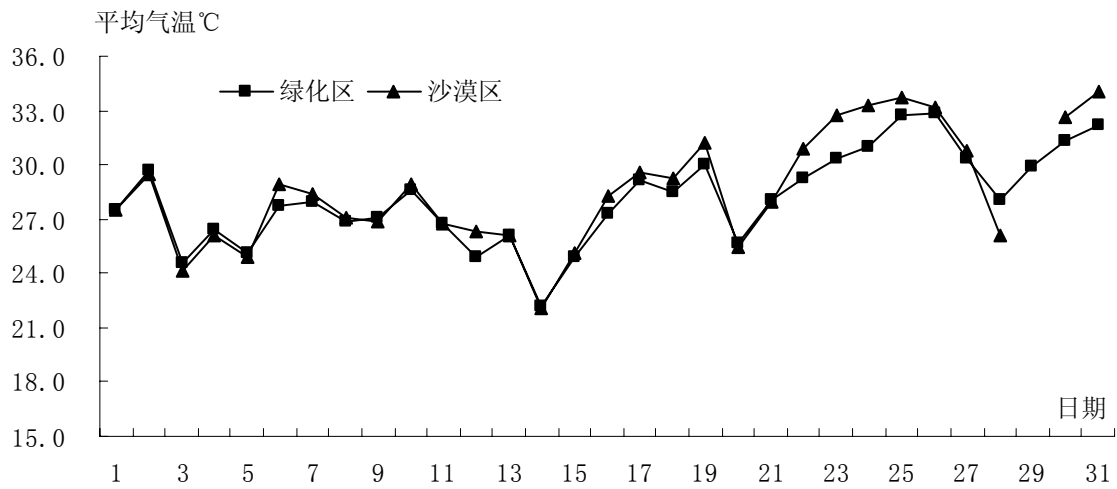


图 3.2 塔中 7 月不同下垫面的平均气温变化

Fig. 3-2 Change of monthly mean temperature on the different underlying surfaces in July in Tazhong, Xinjiang

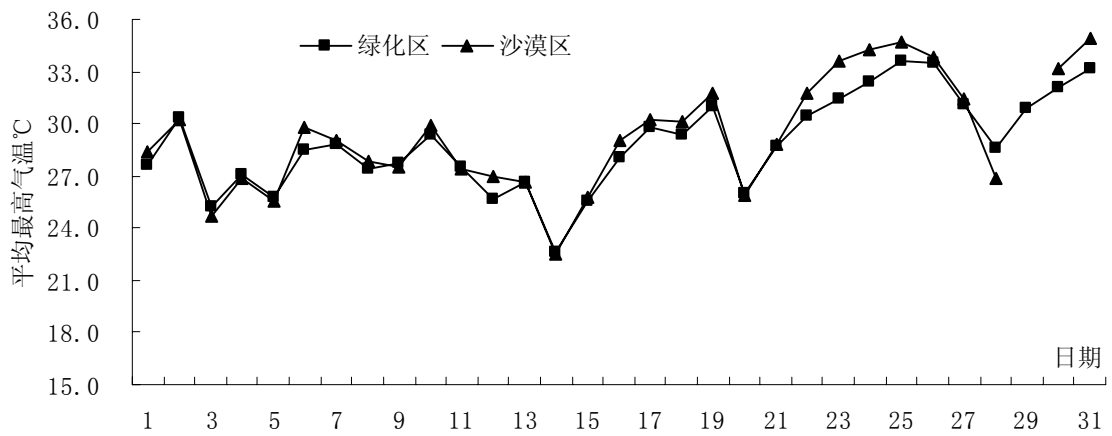


图 3.3 塔中 7 月不同下垫面的平均最高气温变化

Fig. 3-3 Change of monthly mean maximum air temperature on the different underlying surfaces in July in Tazhong, Xinjiang

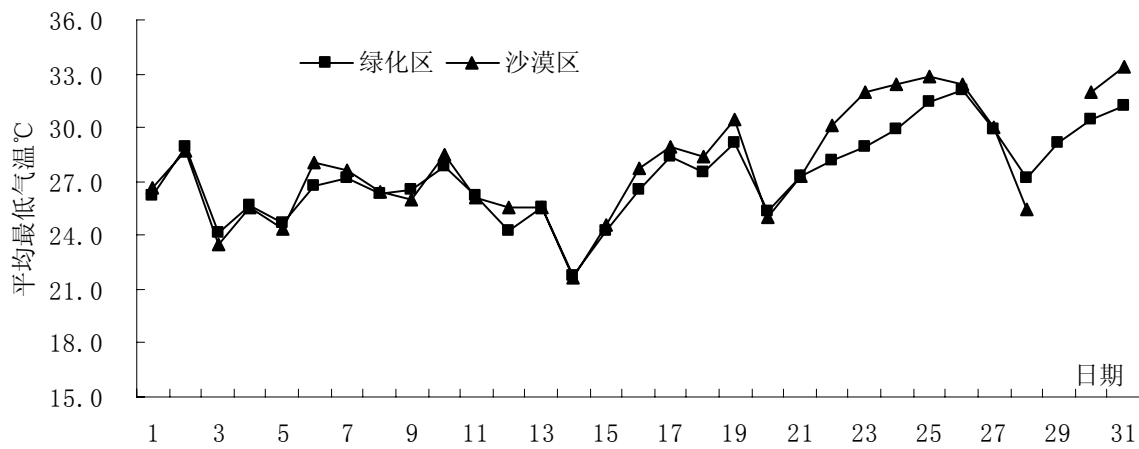


图 3.4 塔中 7 月不同下垫面的平均最低气温变化

Fig. 3-4 Change of monthly mean minimum air temperature on the different underlying surfaces in July in Tazhong, Xinjiang

3.1.2 秋季绿化区与沙漠区的气温变化特征分析

以 10 月作为塔中秋季的典型代表月。图 3.5 显示塔中绿化带、绿化区和沙漠区 10 月平均的气温日变化。绿化带气温最高值出现在北京时间 16 时左右, 其值为 27.1℃, 气温最低值出现在北京时间 8 时左右, 值为 6.1℃。气温日较差为 21℃。绿化区最高气温出现在北京时间 16 时左右, 气温达 26.7℃, 最低气温出现在北京时间 9 时左右, 气温为 4.8℃。气温日较差为 21.9℃。沙漠区最高气温出现在北京时间 17 时左右, 气温达 26.5℃, 最低气温出现在北京时间 9 时左右, 气温为 11.6℃。气温日较差为 14.9℃。绿化带和绿化区的最高气温比沙漠区的最高气温分别高 0.6℃和 0.2℃, 最低气温绿化带、绿化区比沙漠区分别低 5.4℃和 6.8℃, 绿化带、绿化区和沙漠区的最高气温和最低气温出现时间并不是同时的, 一般相差 1 小时左右。气温日较差: 绿化区>绿化带>沙漠区。

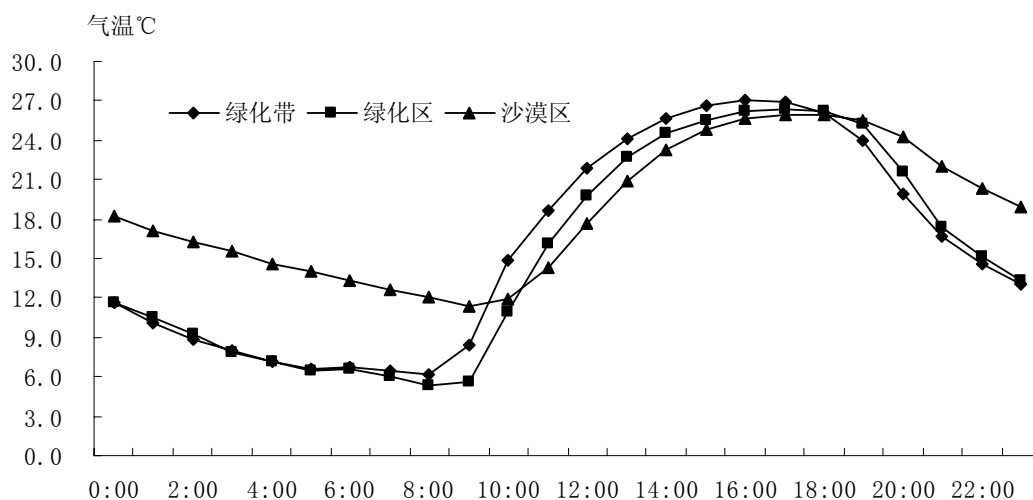


图 3.5 塔中 10 月不同下垫面的平均气温日变化

Fig. 3-5 Change of daily mean temperature on the different underlying surfaces in October in Tazhong, Xinjiang

从图 3.6—图 3.8 可以看出: 塔中绿化带、绿化区和沙漠区 10 月的平均气温、平均最高气温和平均最低气温的变化趋势基本上是一致的。绿化带、绿化区和沙漠区的平均气温分别为 16.0℃、15.3℃和 18.6℃, 平均最高气温分别为 16.1℃、16.4℃和 19.5℃, 平均最低气温分别为 15.9℃、14.2℃和 17.7℃。绿化带气温极高值出现在 4 日 15 时左右, 气温达到 31.4℃, 气温极低值出现在 22 日 8 时左右, 气温为 0.4℃。气温极差达到 31℃。绿化区气温极高值出现在 4 日 15 时左右, 气温达到 30.8℃, 气温极低值出现在 22 日 10 时左右, 气温为 2℃。气温极差达到 28.8℃。沙漠区气温极高值出现在 4 日 16 时左右, 气温达到 30.3℃, 气温极低值出现在 16 日 10 时左右, 气温为 7.5℃。气温极差达到 22.8℃。绿化区域的气温低于沙漠区域 (表 3.1)。气温极高值绿化带和绿化区比沙漠区分别高 1.1℃和 0.5℃, 气温极低值绿化带和绿化区比沙漠区分别低 7.1℃和 5.5℃。气温极差值: 绿化带>绿化区>沙漠区。

表 3.1 塔中 10 月不同下垫面之间的气温差值

Tab 3.1 Deviation of air tempture on the different underlying surfaces in October in Tazhong, Xinjiang

	绿化带—沙漠区差值	绿化带—绿化区差值	绿化区—沙漠区差值
平均气温	-2.6℃	0.7℃	-3.3℃
平均最高气温	-3.4℃	-0.3℃	-3.1℃
平均最低气温	-1.8℃	1.7℃	-3.5℃

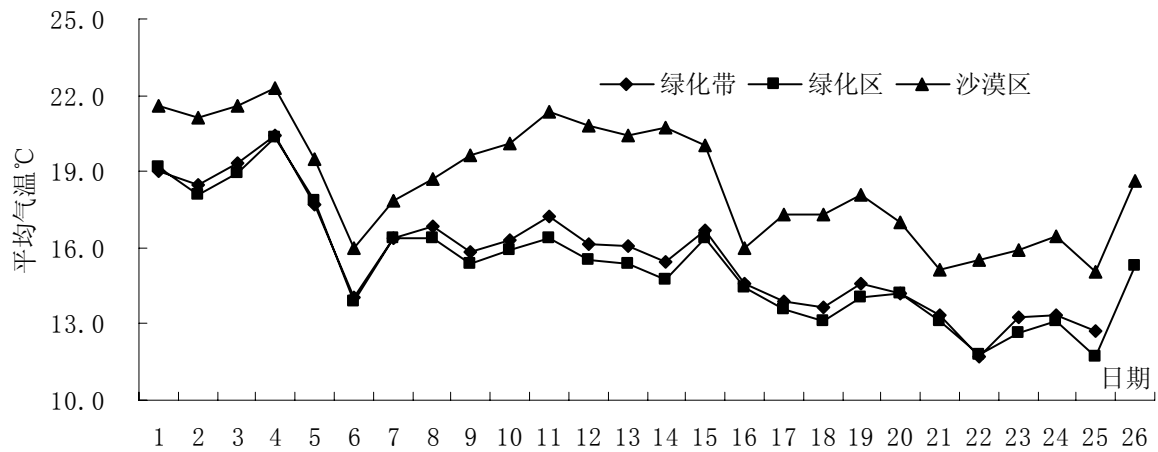


图 3.6 塔中 10 月不同下垫面的平均气温变化

Fig. 3-6 Change of monthly mean temperature on the different underlying surfaces in October in Tazhong, Xinjiang

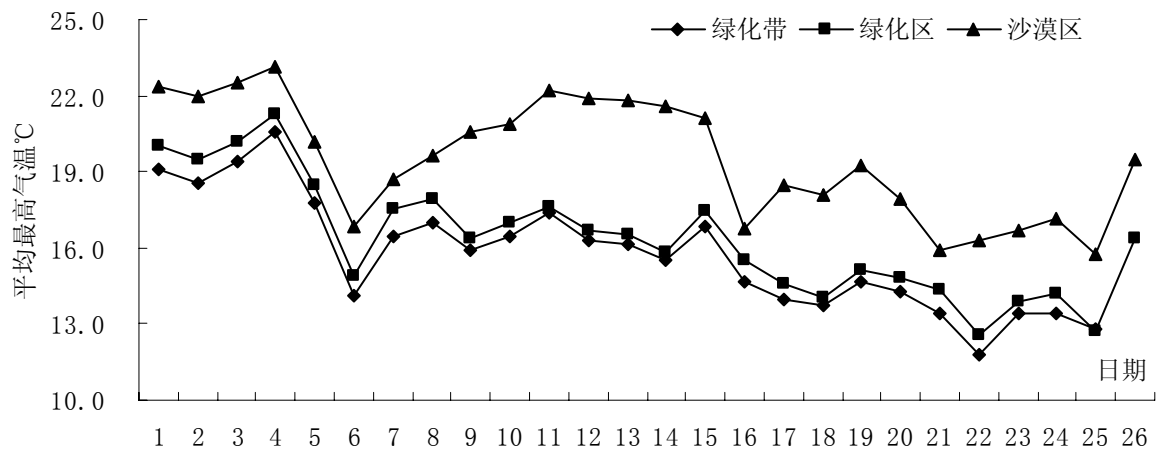


图 3.7 塔中 10 月不同下垫面的平均最高气温变化

Fig. 3-7 Change of monthly mean maximum air temperature on the different underlying surfaces in October in Tazhong, Xinjiang

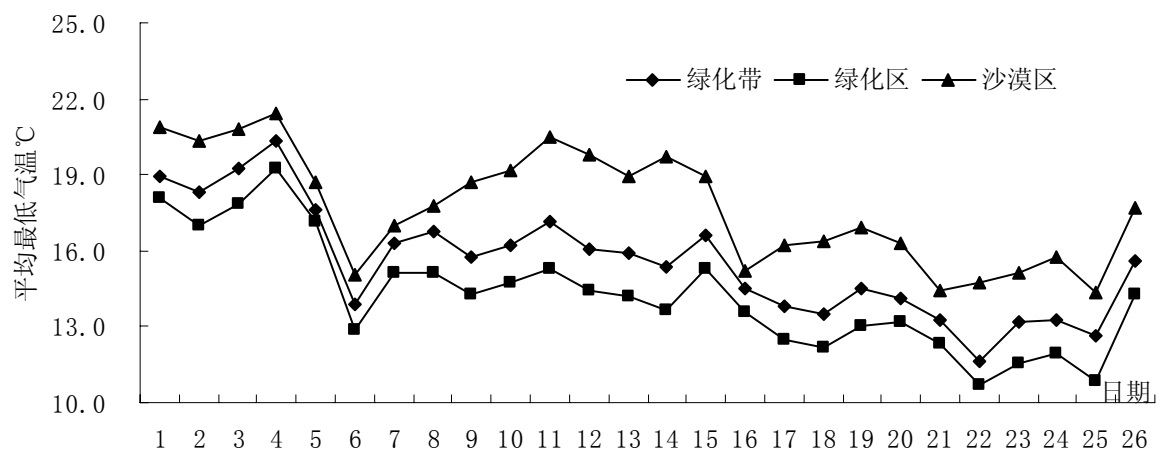


图 3.8 塔中 10 月不同下垫面的平均最低气温变化

Fig. 3-8 Change of monthly mean minimum air temperature on the different underlying surfaces in October in Tazhong, Xinjiang

3.1.3 冬季绿化区与沙漠区的气温变化特征分析

以1月作为冬季的典型代表月。图3.7显示了塔中1月25日—1月30日绿化带、绿化区和沙漠区6日的平均气温日变化，绿化带最高气温出现在北京时间17时左右，气温达6.6℃，最低气温出现在北京时间9时左右，气温为-17.3℃。气温日较差为23.9℃。绿化区最高气温出现在北京时间17、18时左右，气温达6.3℃，最低气温出现在北京时间9时左右，气温为-18.1℃。气温日较差为24.4℃。沙漠区最高气温出现在北京时间18时左右，气温达6.4℃，最低气温出现在北京时间10时左右，气温为-10.7℃。气温日较差为17.1℃。绿化带的最高气温比沙漠区的最高气温分别高0.2℃，绿化区的最高气温比沙漠区的最高气温低0.1℃。最低气温绿化带、绿化区比沙漠区分别低6.6℃和7.4℃，绿化带、绿化区和沙漠区的最高气温和最低气温出现时间并不是同时的，一般相差1小时左右。气温日较差：绿化区>绿化带>沙漠区。

绿化带、绿化区和沙漠区1月25日—1月30日6日的平均气温分别为-6.3℃、-7.1℃和-2.3℃。平均气温绿化带比绿化区高0.8℃，比沙漠区低4.0℃。平均气温绿化区比沙漠区低4.8℃。

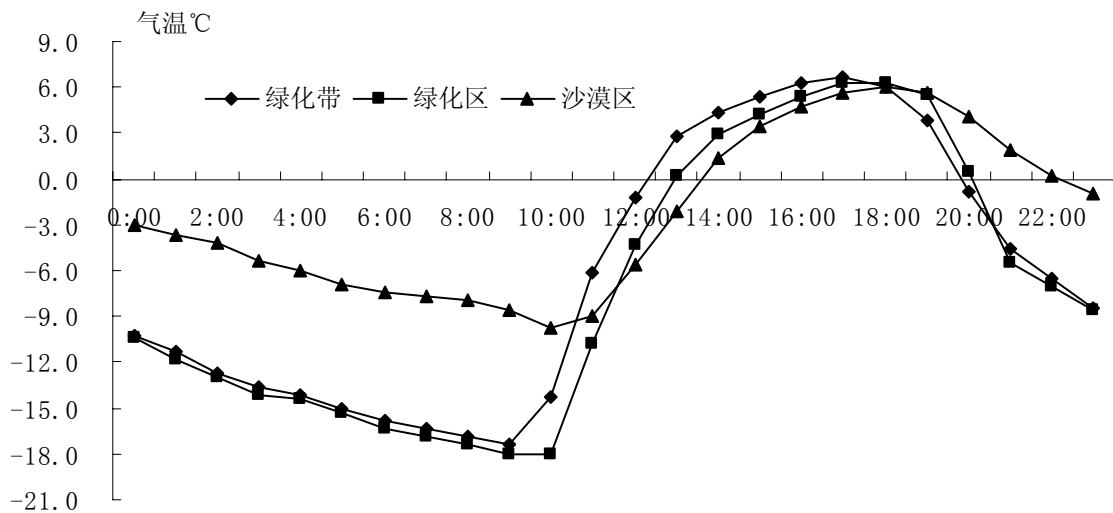


图 3.9 塔中 1 月不同下垫面的平均气温日变化

Fig. 3-9 Change of daily mean temperature on the different underlying surfaces in January in Tazhong, Xinjiang

总之，在同一季节里，平均气温、平均最高气温和平均最低气温绿化区域都比沙漠区域低，表明塔中绿化区具有一定的“冷岛效应”^[45—52]。气温日较差绿化区大于沙漠区。

3.2 绿化区与沙漠区的相对湿度变化特征分析

3.2.1 夏季绿化区与沙漠区相对湿度的变化特征分析

以7月作为塔中夏季的典型代表月。图3.10显示：塔中绿化区和沙漠区7月的平均的相对湿度日变化状况。绿化区最高相对湿度出现在北京时间7时左右，其值为46.1%，最低值为17.0%，出现在北京时间19时左右。沙漠区最高相对湿度出现在北京时间9时左右，其值为42.0%，最低值为17.5%，出现在北京时间20时左右。最高相对湿度绿化区比沙漠区高4.1%，最低相对湿度绿化区比沙漠区低0.5%。最高相对湿度和最低相对湿度出现的时间不是同时的，一般相差1—2小时左右。

图3.11显示：塔中绿化区和沙漠区7月平均相对湿度分别为28.5%和27.7%。一月内绿化区最高相对湿度出现在7月3日，其值为58%，最低值为14%，出现在7月25日。沙漠区最高相对湿度出现在7月3日，其值为59%，最低值为10%，出现在7月23日和7月24日。平均相对湿度绿化区比沙漠区高0.8%。最高相对湿度绿化区比沙漠区低1%，最低相对湿度绿化区比沙漠区高4%。

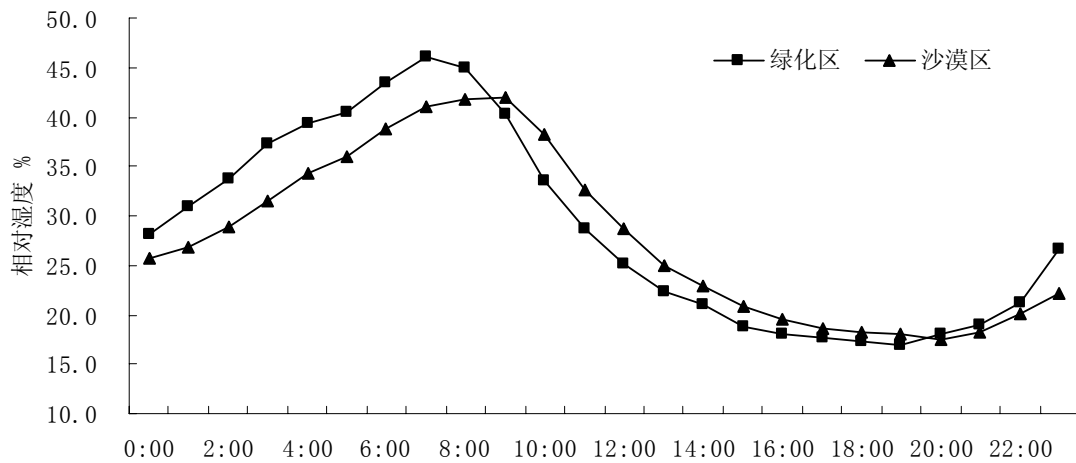


图 3.10 塔中 7 月不同下垫面平均相对湿度日变化

Fig. 3-10 Change of daily mean air humidity on the different underlying surfaces in July in Tazhong, Xinjiang

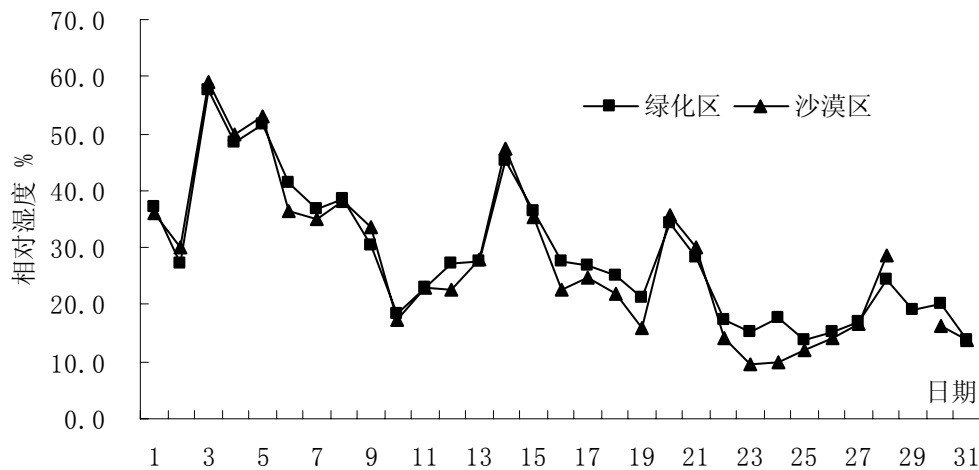


图 3.11 塔中 7 月不同下垫面相对湿度变化

Fig. 3-11 Change of monthly mean air humidity on the different underlying surfaces in July in Tazhong, Xinjiang

3.2.2 秋季绿化区与沙漠区相对湿度的变化特征分析

图 3.12 显示：塔中绿化带、绿化区和沙漠区 10 月平均的相对湿度日变化状况。绿化带的最高相对湿度出现在北京时间 8 时左右，其值为 52.8%，绿化区的最高相对湿度出现在 9 时左右，其值为 55.1%。绿化带，绿化区最低值分别为 10.8%、11.7%，都出现在北京时间 17 时左右。沙漠区最高相对湿度出现在北京时间 9 时左右，其值为 29.8%，最低值为 11.6%，出现在北京时间 18 时左右。最高相对湿度绿化带、绿化区比沙漠区分别高 23%和 25.3%，最低相对湿度绿化带比沙漠区低 0.4%，绿化区比沙漠区高 0.1%。最高相对湿度和最低相对湿度出现的时间不是同时的，一般相差 1 小时左右。

图 3.13 显示：塔中绿化带、绿化区和沙漠区 10 月月平均相对湿度分别为 30.1%、31.6%和 19.6%。一月内绿化带与绿化区最高相对湿度分别出现在 10 月 6 日、10 月 18 日，其值分别为 37.1%、36.8%，最低值分别为 21.2%、22.9%，都出现在 10 月 4 日。沙漠区最高相对湿度出现在 10 月 6 日，其值为 31%，最低值为 13%，出现在 10 月 13 日和 10 月 14 日。平均相对湿度绿化带比沙漠区高 10.5%，

绿化区比沙漠区高 12%。最高相对湿度绿化带、绿化区比沙漠区分别高 6.1%和 5.8%，最低相对湿度绿化带、绿化区比沙漠区分别高 8.2%和 9.9%。

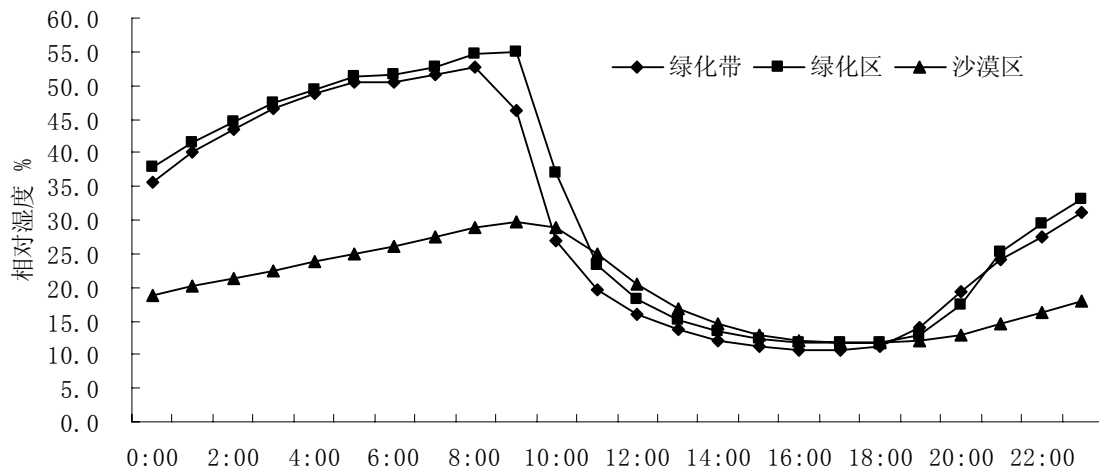


图 3.12 塔中 10 月不同下垫面平均相对湿度日变化

Fig. 3-12 Change of daily mean air humidity on the different underlying surfaces in October in Tazhong, Xinjiang

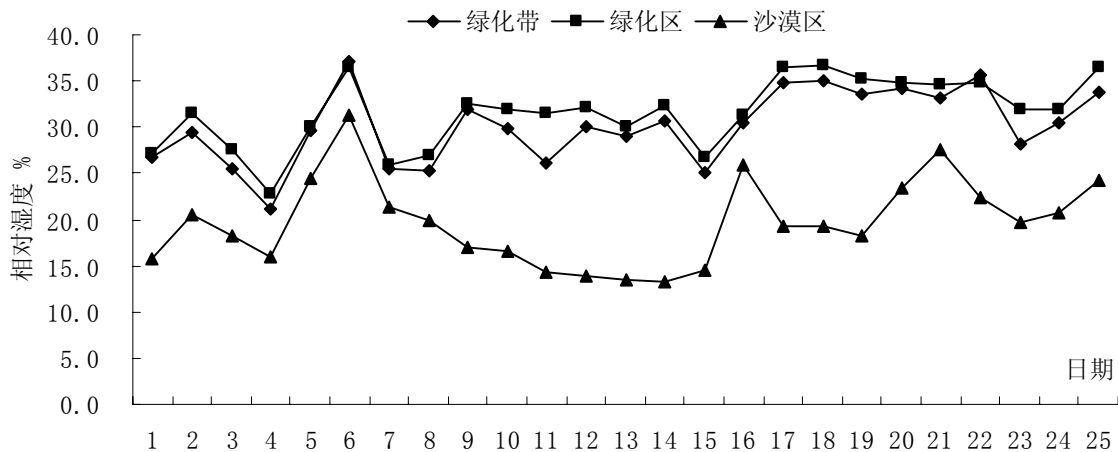


图 3.13 塔中 10 月不同下垫面平均相对湿度变化

Fig. 3-13 Change of monthly mean air humidity on the different underlying surfaces in October in Tazhong, Xinjiang

3.2.3 冬季绿化区与沙漠区相对湿度的变化特征分析

把塔中 1 月作为塔中冬季的典型代表月。图 3.14 显示：塔中绿化带、绿化区和沙漠区 1 月 25 日—1 月 30 日 6 日的平均相对湿度日变化状况。绿化带最高相对湿度出现在北京时间 9 时左右，其值为 59.4%，最低值为 16.1%，出现在北京时间 17 时左右。绿化区的最高相对湿度出现在北京时间 10 时左右，为 64.5%，最低值为 15.5%，出现在北京时间 18 时左右。沙漠区最高相对湿度出现在北京时间 10 时左右，其值为 54.3%，最低值为 18.0%，出现在北京时间 18 时左右。最高相对湿度绿化带、绿化区比沙漠区分别高 5.1%和 10.2%，最低相对湿度绿化带、绿化区比沙漠区分别低 1.9%和 2.5%。最高相对湿度和最低相对湿度出现的时间不是同时的，一般相差 1 小时左右。

绿化带、绿化区和沙漠区 1 月 25 日—1 月 30 日 6 日的平均相对湿度分别为 37.8%、34.5%和 34.5%。平均相对湿度绿化带比沙漠区高 3.3%。

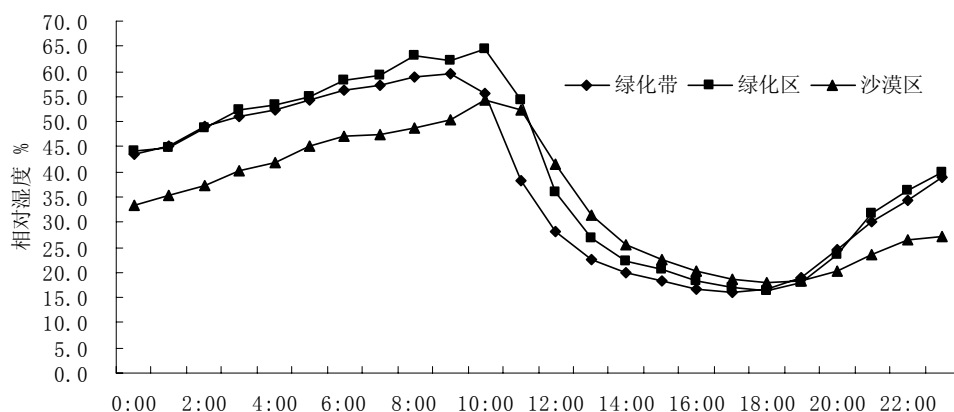


图 3.14 塔中 1 月不同下垫面平均相对湿度变化

Fig. 3-14 Change of daily mean air humidity on the different underlying surfaces in January in Tazhong, Xinjiang

总之，在同一季节里，绿化区的平均相对湿度高于沙漠区的平均相对湿度，表明塔中绿化区具有一定的“湿岛效应”。^[45—52]

3.3 绿化区与沙漠区的风速变化特征分析

3.3.1 夏季绿化区与沙漠区风速的变化特征分析

以 7 月作为夏季的典型代表月。图 3.15 显示：塔中绿化区和沙漠区 7 月平均风速的日变化是波动变化的，清晨风速小，午后加强，到夜间再次变小。同时沙漠区的平均风速明显大于绿化区的平均风速。绿化区最大风速出现在北京时间 19 时左右，达到 4.0m/s，最小风速出现在北京时间 7 时左右，其值为 1.8m/s。沙漠区最大风速出现在北京时间 11 时左右，达到 5.1m/s，最小风速出现在北京时间 6 时左右，其值为 2.9m/s。最大风速绿化区比沙漠区低 1.1m/s，最小风速绿化区比沙漠区低 1.1m/s。最大风速与最小风速出现的时间不是同时的，一般相差 1—2 小时。

图 3.16—图 3.17 显示：塔中绿化区和沙漠区 7 月的平均风速、平均最大风速的变化特征，可以看出沙漠区的平均风速和平均最大风速都大于绿化区。绿化区和沙漠区的平均风速分别为 3.1m/s 和 4.2m/s，平均最大风速分别为 4.0m/s 和 5.9m/s。7 月绿化区最大风速出现在 7 月 27 日，达到 7.4m/s，最小风速出现在 7 月 6 日，其值为 1.9m/s。平均最大风速与平均风速的差值范围为 0.6~1.3m/s。沙漠区最大风速出现在 7 月 27 日，达到 11.6m/s，最小风速出现在 7 月 6 日，其值为 2.1m/s。平均最大风速与平均风速的差值范围为 0.7~3.0m/s。平均风速绿化区比沙漠区低 1.1m/s，平均最大风速绿化区比沙漠区低 1.9m/s。7 月最大风速绿化区比沙漠区小 4.2m/s，最小风速绿化区比沙漠区大 0.3m/s。

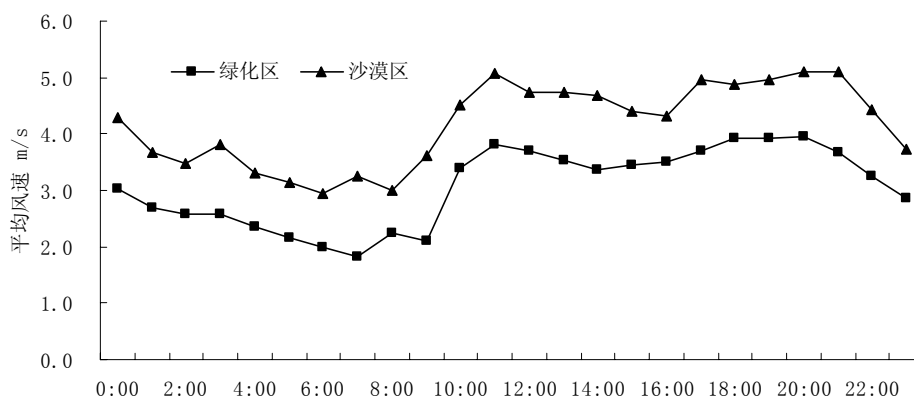


图 3.15 塔中 7 月不同下垫面平均风速的日变化

Fig. 3-15 Change of daily mean wind speed on the different underlying surfaces in July in Tazhong, Xinjiang

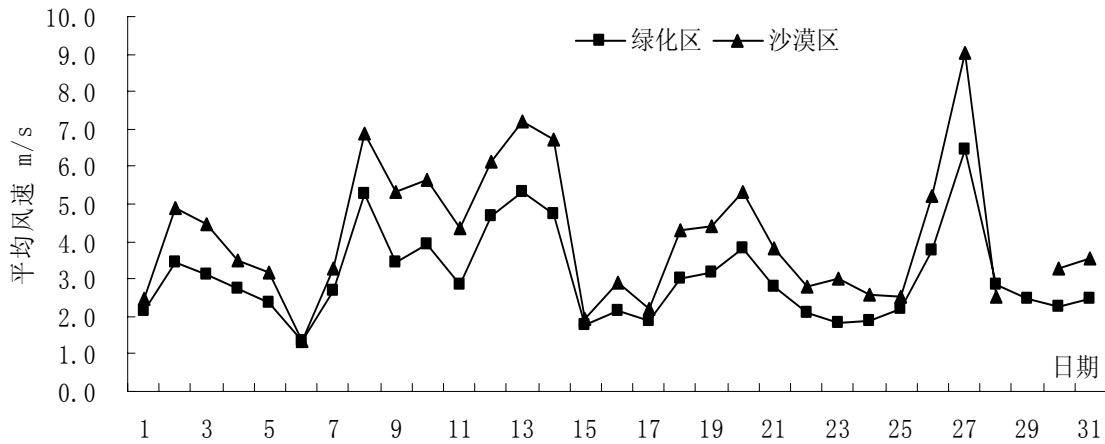


图 3.16 塔中 7 月不同下垫面平均风速的变化

Fig. 3-16 Change of monthly mean wind speed on the different underlying surfaces in July in Tazhong, Xinjiang

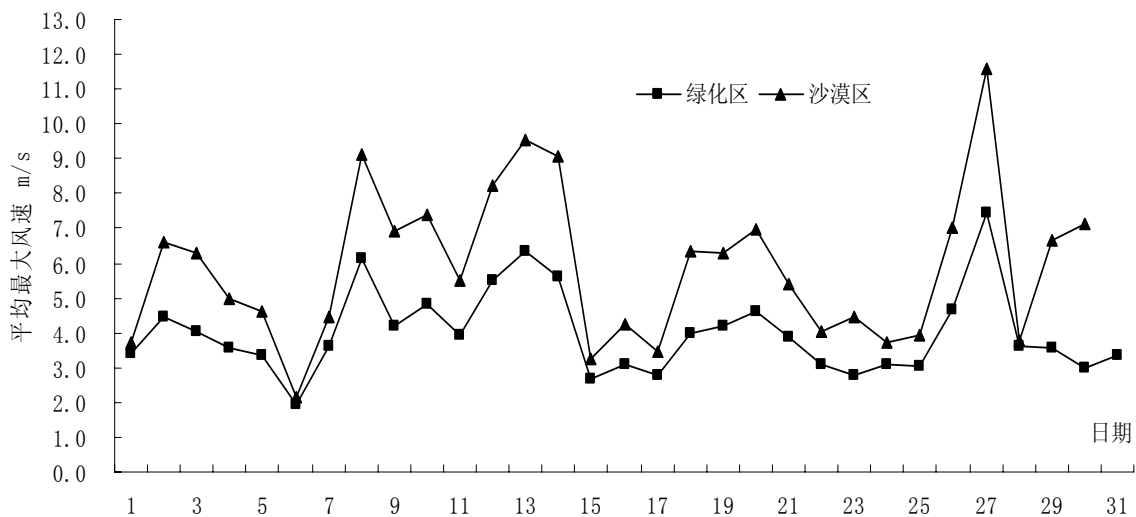


图 3.17 塔中 7 月不同下垫面平均最大风速的变化

Fig. 3-17 Change of monthly mean maximum wind speed on the different underlying surfaces in July in Tazhong, Xinjiang

3.3.2 秋季绿化区与沙漠区风速的变化特征分析

以 10 月作为塔中秋季的典型代表月。图 3.18 显示：塔中绿化带、绿化区和沙漠区 10 月的平均风速的日变化特征，中午时最强，傍晚出现第二次峰值，但是比中午低，凌晨和上午风速最低。绿化带的风速最低，沙漠区的风速最高，绿化区的风速介于二者之间。绿化带最大风速出现在北京时间 13 时左右，达到 1.7m/s，最小风速出现在北京时间 4 时左右和 5 时左右，其值为 0m/s。绿化区最大风速出现在北京时间 14 时左右，达到 3.0m/s，最小风速出现在北京时间 5 时左右，其值为 0.6m/s。沙漠区最大风速出现在北京时间 17 时左右，达到 3.7m/s，最小风速出现在北京时间 1 时左右，其值为 0.9m/s。最大风速绿化带、绿化区比沙漠区分别低 2.0 m/s 和 0.7 m/s，最小风速绿化带、绿化区比沙漠区分别低 0.9 m/s 和 0.3 m/s。最大风速与最小风速出现的时间不是同时的。

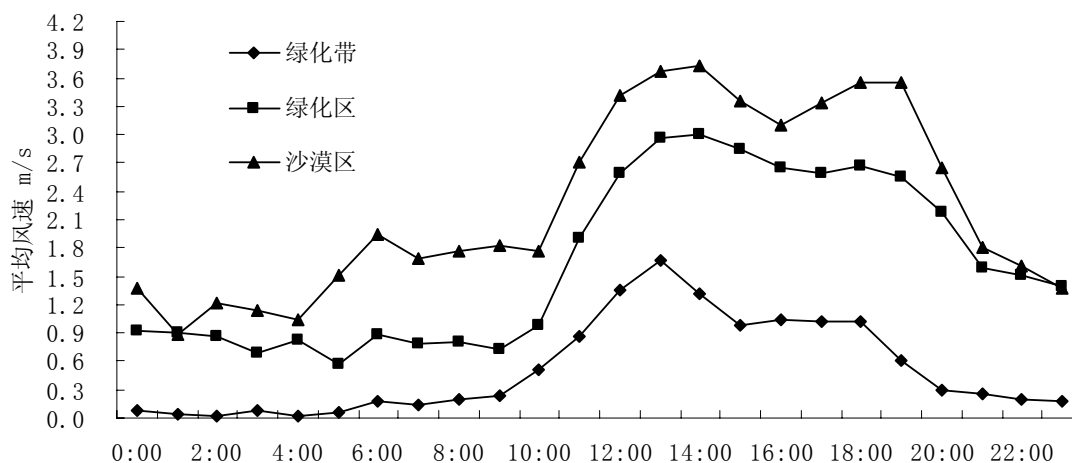


图 3.18 塔中 10 月不同下垫面平均风速的日变化

Fig. 3-18 Change of daily mean wind speed on the different underlying surfaces in October in Tazhong, Xinjiang

图 3.19—图 3.20 显示：塔中绿化带、绿化区和沙漠区 10 月平均风速、平均最大风速的变化状况。绿化带、绿化区和沙漠区平均风速分别为 0.5m/s、1.6m/s 和 2.3m/s，平均最大风速分别为 1.4m/s、2.2m/s 和 4.9m/s。绿化带最大风速出现在 10 月 5 日，达到 4.0m/s，最小值出现在 10 月 18 日，其值为 0m/s，平均最大风速与月平均风速的差值范围为 0.2~1.9m/s。绿化区最大风速出现在 10 月 5 日，达到 4.8m/s，最小风速出现在 10 月 18 日，其值为 0.6m/s，平均最大风速与平均风速的差值范围为 0.4~0.9m/s。沙漠区最大风速出现在 10 月 5 日，达到 8.9m/s，最小风速出现在 10 月 13 日，其值为 0.6m/s，平均最大风速与平均风速的差值范围为 1.4~3.4m/s。从表 3.2 可以看出绿化区域的风速明显低于沙漠区域，绿化带的风速最小，沙漠区的风速最大，绿化区介于二者之间。10 月最大风速绿化带、绿化区比沙漠区分别低 4.9 m/s 和 4.1m/s，最小风速绿化带比沙漠区分别低 0.6 m/s。

表 3.2 塔中 10 月不同下垫面之间的风速差值

Tab 3.2 Deviation of wind speed on the different underlying surfaces in October in Tazhong,Xinjiang

	绿化带—沙漠区差值	绿化带—绿化区差值	绿化区—沙漠区差值
月平均风速	-1.8m/s	-1.1m/s	-0.7m/s
月平均最大风速	-3.5m/s	-0.8m/s	-2.7m/s

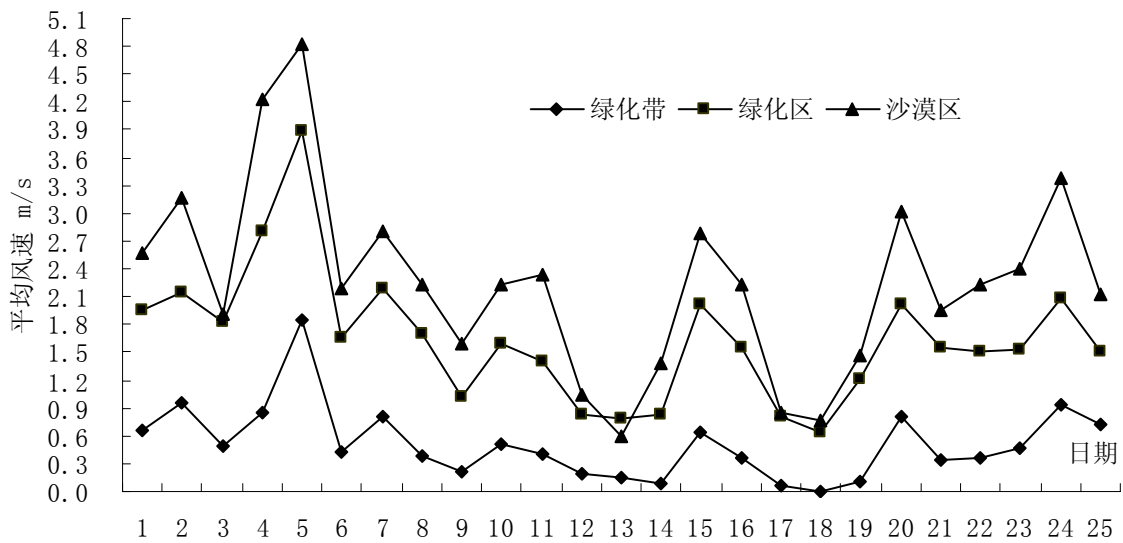


图 3.19 塔中 10 月不同下垫面平均风速的变化

Fig. 3-19 Change of monthly mean wind speed on the different underlying surfaces in October in Tazhong, Xinjiang

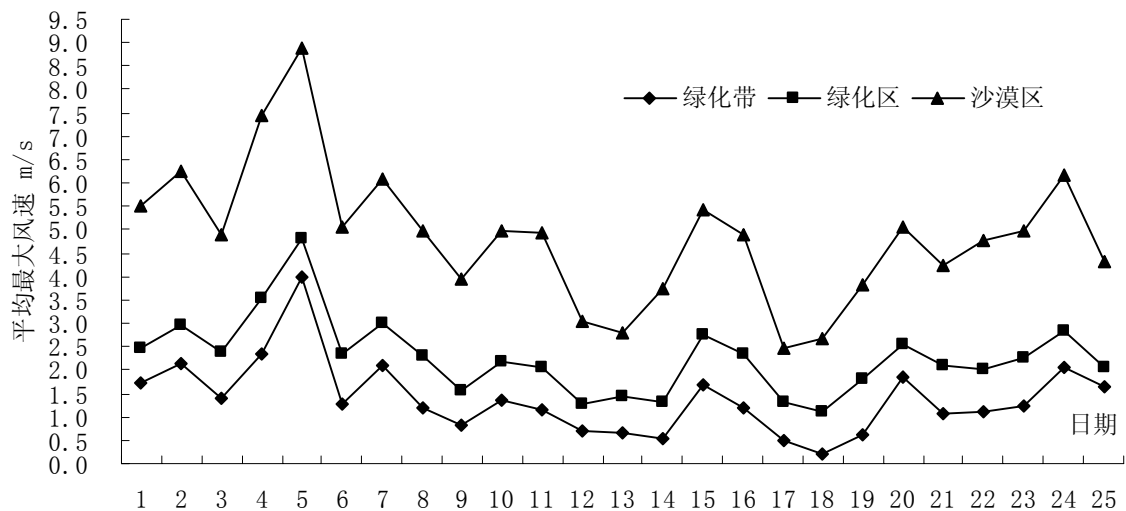


图 3.20 塔中 10 月不同下垫面平均最大风速的变化

Fig. 3-20 Change of monthly mean maximum wind speed on the different underlying surfaces in October in Tazhong, Xinjiang

3.3.3 冬季绿化区与沙漠区风速的变化特征分析

把塔中 1 月作为塔中冬季的典型代表月。图 3.21 显示：塔中绿化带、绿化区和沙漠区 1 月 25 日—1 月 30 日 6 日的平均风速日变化特征。绿化带最大风速出现在北京时间 18 时左右，达到 2.7m/s，最小风速为静风，多出现在清晨和傍晚。绿化区最大风速出现在北京时间 18 时左右，达到 2.3m/s，最小风速为静风，多出现在清晨。沙漠区最大风速出现在北京时间 18 时和 19 时左右，达到 2.7m/s，最小风速出现在北京时间 0 时左右，其值为 0.3m/s。最大风速绿化区比沙漠区低 0.4m/s，最小风速绿化带、绿化区比沙漠区均低 0.3m/s。最大风速与最小风速出现的时间不完全同时。

绿化带、绿化区和沙漠区 1 月 25 日—1 月 30 日 6 日的平均风速分别为 0.6m/s、0.8m/s 和 1.2 m/s。

平均风速绿化带比绿化区低 0.2m/s, 比沙漠区低 0.7m/s。平均风速绿化区比沙漠区低 0.5m/s。

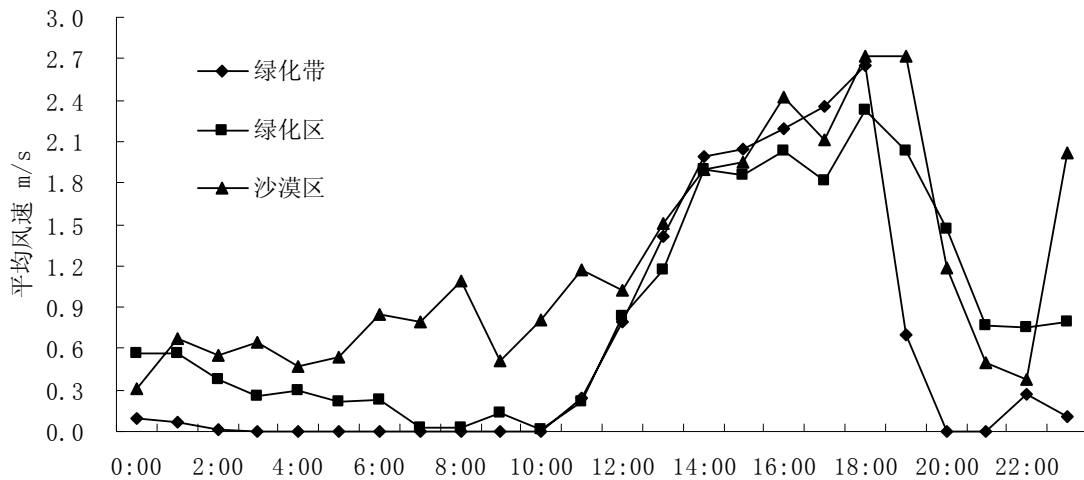


图 3.21 塔中 1 月不同下垫面平均风速的日变化

Fig. 3-21 Change of daily mean wind speed on the different underlying surfaces in January in Tazhong, Xinjiang

总之, 在同一季节里, 平均风速、平均最大风速绿化区域都低于沙漠区域, 表明塔中绿化区域起到了降低风速的作用。

3.4 塔中石油基地沙尘天气的变化特征

3.4.1 沙尘天气的季节变化

图 3.22 显示了塔中 1997—2006 年沙尘天气发生的季节变化。可以明显看出浮尘天气主要发生在 3—8 月, 即春、夏两个季节。这两个季节的浮尘天数占全年浮尘天数的 73.4%。其中 4 月份日数最多, 10a 来总计达到 130d。秋季和冬季相对较少。其中 11 月份只有 14d。整体趋势是 11 月份以后逐渐增加, 到第二年的 5 月份以后开始逐渐减少。

扬沙的日数 (图 3.22) 明显要比浮尘日数要少。相同的是扬沙也主要发生在春 (3—5 月)、夏 (6—8 月) 两个季节, 占全年扬沙日数的 83.2%。6 月份最多, 达到了 92d。秋季 (9—11 月) 10a 中共有 74d, 冬季 (12—2 月) 仅有 18d。

沙尘暴天气 (图 3.22) 主要发生在春 (3—5 月)、夏 (6—8 月) 两个季节。10a 时间里高达 151d (沙尘暴总日数 155 天), 占全年沙尘暴日数的 97.4%。10—1 月几乎没有沙尘暴天气出现。这与秋 (9—11 月), 冬 (12—2 月) 两季节大气层结相对稳定是有一定关系的。

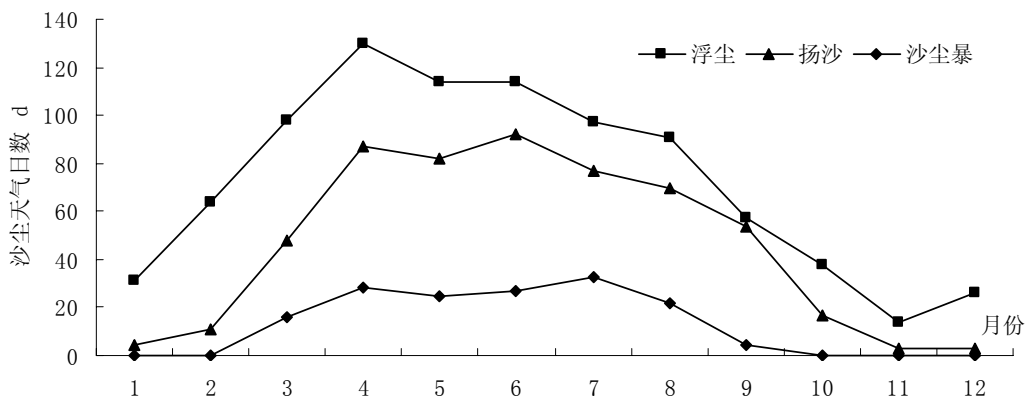


图 3.22 塔中沙尘天气的季节变化

Fig. 3-22 Change of floating-dust, blowing-sand, sand-storm with season in Tazhong, Xinjiang

从浮尘、扬沙和沙尘暴的季节变化来看,沙尘天气多发生在春(3—5月)、夏(6—8月)两个季节。秋季(9—11月)开始变少,冬季(12—2月)最少。

3.4.2 沙尘天气的年际变化

图 3.23 显示了塔中 1997—2006 年的浮尘、扬沙和沙尘暴的年际变化。浮尘日数呈增加趋势,近 10a 的平均日数是 87d,在 2001 年(93d)和 2005 年(154d)出现两个峰值。扬沙日数整体比较平缓,略有上升趋势,近 10a 的平均日数是 55d。2004 年日数最少,只有 21d。2006 年是 10a 中最多的,达到 72d。但是与 2000 年(66d)、2001 年(63d)、2002 年(68d)相差并不是很大。沙尘暴日数近 10a 的平均日数是 16d。其变化趋势是稳定中有下降。1998 年最多,有 36d。2001 年最少,有 8d。

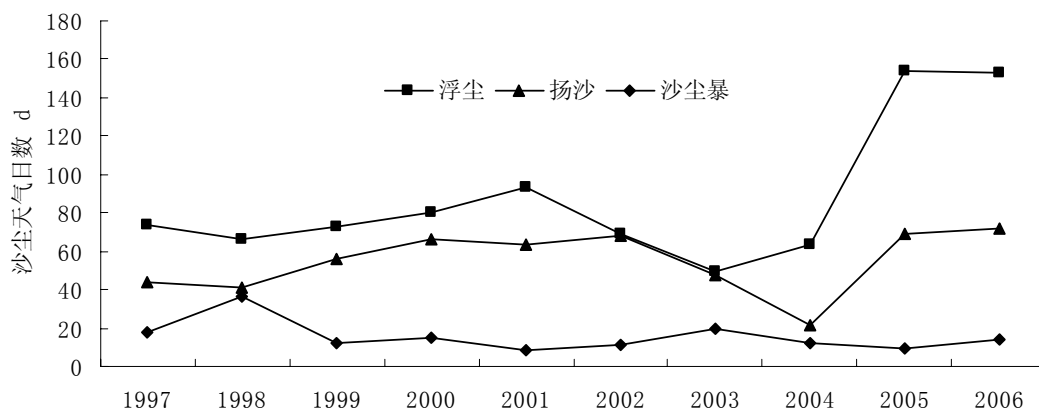


图 3.23 塔中浮尘、扬沙和沙尘暴的年际变化

Fig.3-23 Inter-annual change of floating-dust, blowing-sand and dust-storm in Tazhong, Xinjiang

通过对塔中浮尘、扬沙和沙尘暴日数的分析,可以看出塔中石油基地的沙尘天气的年际变化的特点是:①整体平稳,变化幅度不大。②浮尘有明显增加趋势。③沙尘暴这样强灾害天气呈现下降趋势。

总之,近 10a 来塔中沙尘天气变化特征,除了受到大的气候背景影响,与塔中绿化工程的不断完成有重要的关系。

通过对绿化区域和沙漠区域的气温、相对湿度、风速和塔中地区沙尘天气的变化分析。可以看出绿化区域与沙漠区域相比具有降温、增湿、固沙防风的作用。使得塔中石油基地相对于周围的沙漠形成了比较凉爽、湿润、风速稳定的小气候。

4. 不同季节绿化区与沙漠区气候因素的对比分析

随着季节的变化,绿化区域和沙漠区域的平均气温的变化呈现下降趋势,气温日较差呈现增大趋势。表 4-1 和表 4-2 显示:绿化区和沙漠区从夏季到秋季的气温变化比从秋季到冬季的气温变化要和缓。绿化区和沙漠区夏季到秋季平均气温的变化率分别为 45.7%和 34.9%,绿化区和沙漠区秋季到冬季平均气温变化率分别为 146%和 112%,表明随季节的更替,平均气温绿化区的变化幅度大于沙漠区的变化幅度(图 4.1)。说明随着季节的变化,绿化区域的绿化物种变化较大,导致整个环境变化比较明显,反映到气温上,可以看出随季节变化,季节间的气温变化很大。而沙漠地区一直以裸露的自然沙面为主,环境几乎没有什么变化,所以随着季节变化,与绿化区相比变化幅度要小。

伴随着季节的变化,寒来暑往,绿化区的平均相对湿度呈现增加趋势,冬季湿度最大(表 4-1 和表 4-2)。绿化区从夏季到秋季的平均相对湿度的变化幅度小于从秋季到冬季的平均相对湿度的变化幅度。在沙漠区域,相对湿度最大出现在冬季,最小出现在夏季,相对湿度从夏季到秋季的变化幅度小于从秋季到冬季的变化幅度(图 4.2)。总体比较,相对湿度的变化幅度绿化区小于沙漠区。这表明塔中石油基地的绿化可以使湿度比原始沙漠更稳定。

在夏季、秋季和冬季的不同季节里(表 4-1 和表 4-2),绿化区与沙漠区的风速变化是一个不断减小的过程,在秋季和冬季,除了受局部气流影响会产生瞬时大风,一般都比较稳定,风速不大。绿化区从夏季到秋季平均风速的变化幅度大于从秋季到冬季平均风速的变化幅度。沙漠区从夏季到秋季平均风速的变化幅度大于从秋季到冬季平均风速的变化幅度(图 4.3)。从不同下垫面看,绿化区平均风速的变化幅度小于沙漠区的变化幅度。表明随着季节的变化,沙漠绿化对防风固沙,稳定风速起到了一定的作用。

总之,随着塔中石油基地绿化的不断发展,气温,湿度和风等气候因素都发生了变化,使得塔中石油基地与周围沙漠的气候特征开始出现差异,塔中石油基地的小气候已经形成。

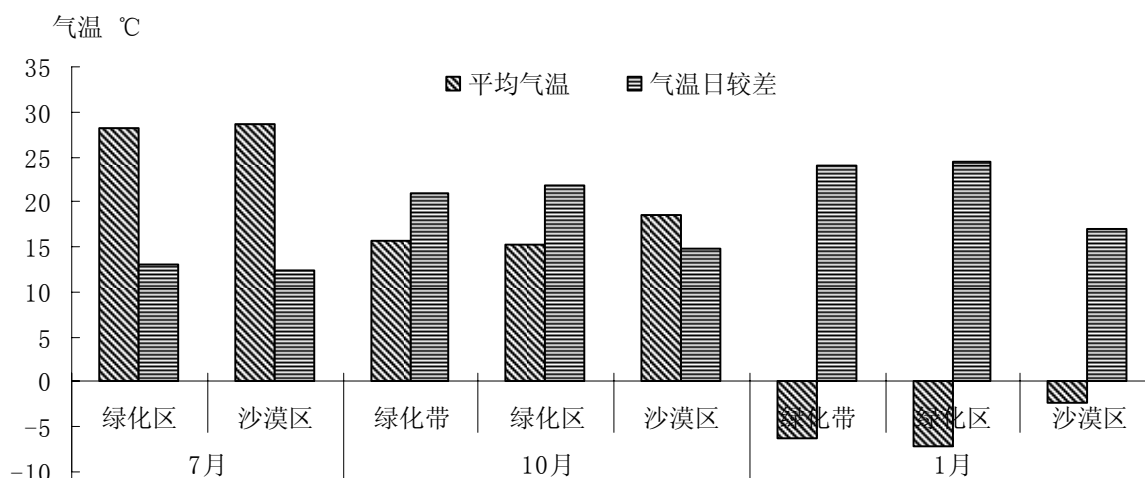


图 4.1 不同季节不同下垫面气温对比

Fig.4-1 Contrast of mean temperature on the different underlying surfaces in different season

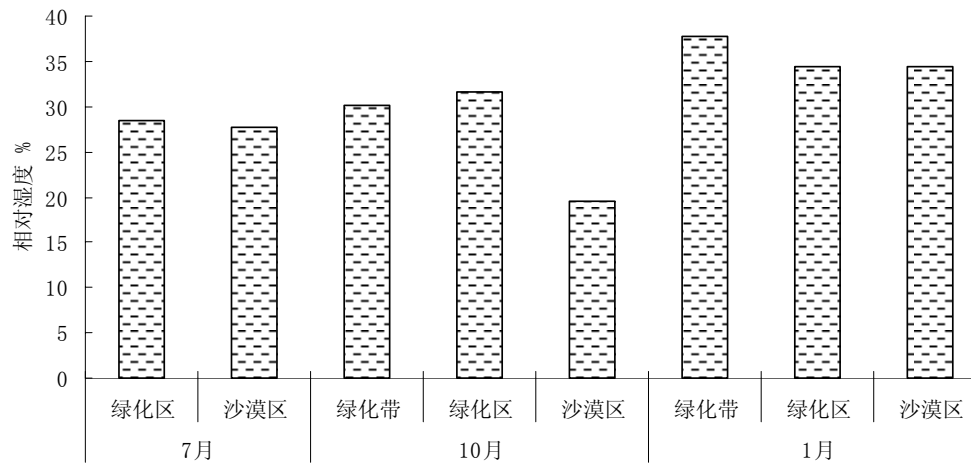


图 4.2 不同季节不同下垫面相对湿度对比

Fig.4-2 Contrast of mean air humidity on the different underlying surfaces in different season

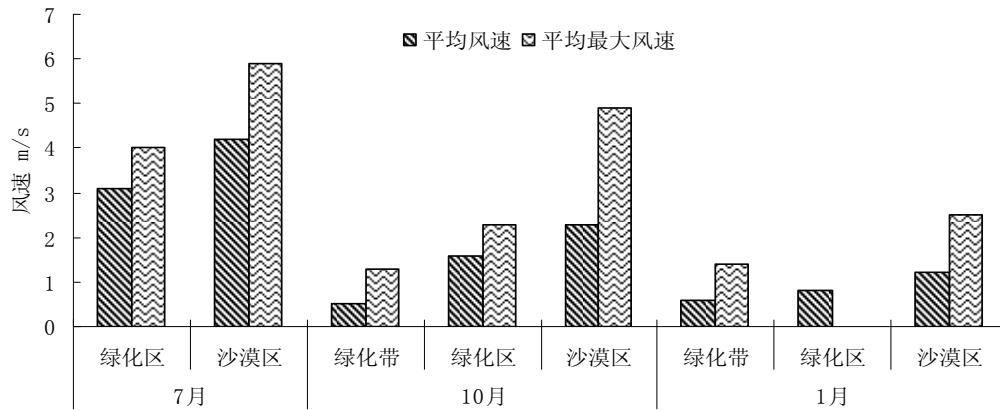


图 4.3 不同季节不同下垫面风速对比

Fig.4-3 Contrast of wind speed on the different underlying surfaces in different season

表 4-1 不同季节不同下垫面气候特征对比

Tab.4-1 Contrast of climate character on the different underlying surfaces in different season

	夏季 7 月			秋季 10 月			冬季 1 月**		
	绿化区	沙漠区	差值	绿化区	沙漠区	差值	绿化区	沙漠区	差值
平均气温	28.2℃	28.6℃	0.4℃	15.3℃	18.6℃	3.3℃	-7.1℃	-2.3℃	4.8℃
气温日较差	13℃	12.3℃	0.7℃	15.7℃*	21.9℃	7℃	-6.3℃*	17.1℃	7.3℃
平均相对湿度	28.5%	27.7%	0.8%	21℃*	14.9℃	2%	24.1℃*	34.5%	0
平均风速	3.1m/s	4.2m/s	1.1m/s	30.1%*	2.3m/s	0.7m/s	37.8%*	1.2m/s	0.4m/s
平均最大风速	4.0m/s	5.9m/s	1.9m/s	0.5m/s*	2.6 m/s	0.6m/s*	0.6m/s*	2.5m/s	0.9m/s
				1.3m/s*					

*表示所用数据是设立在绿化林带内的自动气象站获得的数据

**表示只使用 2007 年 1 月 25 日—1 月 30 日的数据

表 4-2 绿化区与沙漠区气候因素不同季节间的差值

Tab 4-2 Deviation of climate character in the different seasons between the afforested area and the desert area

	7 月-10 月的差值		10 月-1 月的差值	
	绿化区	沙漠区	绿化区	沙漠区
平均气温	12.9℃	10℃	22.4℃	20.9℃
平均相对湿度	-3.1%	8.1%	-2.9%	-14.9%
平均风速	1.5m/s	1.9m/s	0.8m/s	1.1m/s

5. 绿化区与沙漠区气候因素的相关分析和差异分析

在了解绿化区与沙漠区气候变化特征的基础上,利用统计学方法和软件 (Spss11.5),对系统内部 200 年 10 月和 2007 年 1 月 25 日—1 月 30 日的气候要素平均的日变化特征进行相关性分析,并进行了显著水平的检验。计算公式:

Pearson 相关系数:

$$r = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 \sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}}$$

其中, r 为相关系数; n 为样本数; $\bar{x}$ 为变量 x 的平均值; $\bar{y}$ 为变量 y 的平均值。

表 5-1 塔中 10 月绿化区与沙漠区各气候要素平均日变化的相关系数

Tab.5-1 The correlation coefficients of climate facts daily change between the afforested area and the desert in October

	绿化带—绿化区	绿化带—沙漠区	绿化区—沙漠区
平均气温	0.986 (**)	0.858 (**)	0.926 (**)
平均最高气温	0.959 (**)	0.876 (**)	0.967 (**)
平均最低气温	0.940 (**)	0.839 (**)	0.968 (**)
平均相对湿度	0.988 (**)	0.789 (**)	0.854 (**)
平均风速	0.897 (**)	0.914 (**)	0.939 (**)
平均最大风速	0.872 (**)	0.865 (**)	0.964 (**)

**表示在 0.01 水平上显著相关

表 5-2 塔中 1 月绿化区与沙漠区各气候要素平均日变化的相关系数

Tab.5-2 The correlation coefficients of climate facts daily change between the afforested area and the desert in January

	绿化带—绿化区	绿化带—沙漠区	绿化区—沙漠区
平均气温	0.987 (**)	0.858 (**)	0.919 (**)
平均相对湿度	0.975 (**)	0.861 (**)	0.941 (**)
平均风速	0.850 (**)	0.794 (**)	0.832 (**)

**表示在 0.01 水平上显著相关

表 5-1 显示:塔中秋季和冬季绿化带、绿化区和沙漠区平均气温、平均最高气温、平均最低气温、平均相对湿度、平均风速、平均最大风速之间的相关系数均通过了 0.01 的显著性检验。

表 5-2 显示:塔中冬季绿化带、绿化区和沙漠区平均气温、平均相对湿度、平均风速之间的相关系数均通过了 0.01 的显著性检验。

表明绿化带、绿化区和沙漠区之间相关性很好。这说明绿化带、绿化区和沙漠区都受到大的气候背景——沙漠气候影响，并且影响深刻。

为了更好地体现绿化区与沙漠区之间的关系，利用统计学方法和软件（Spss11.5），对绿化带、绿化区和沙漠区的气候特征进行距离相关性分析，以考察他们之间的相似与不相似的程度。距离相关分析是计算各变量间距离大小的分析方法。这里所说的“距离”，一般以“欧基里德距离”(Euclidean Distance)来衡量。距离小，就表明相似性大（相关性大）；距离大，就表明差异性大。相关公式：

欧式距离（Euclidean Distance）：

$$EUCLID = \sqrt{\sum_{i=1}^k (x_i - y_i)^2}$$

其中 k 表示每个样本中有 k 个变量， x_i 表示第一个样本在 i 个变量上的取值， y_i 表示第二个样本在 i 变量上的取值。

欧式距离平方（Squared Euclidean Distance）：

$$SEUCLID = \sum_{i=1}^k (x_i - y_i)^2$$

其中，k 表示每个样本中有 k 个变量， x_i 表示第一个样本在 i 个变量上的取值， y_i 表示第二个样本在 i 变量上的取值。

表 5-3 绿化区与沙漠区 10 月各气候因素的距离相关分析

Tab 5-3. Distance correlation analysis of climate facts daily change between the afforested area and the desert in October

	绿化带—绿化区	绿化带—沙漠区	绿化区—沙漠区
平均气温	6.777	24.930	24.055
平均最高气温	10.877	26.649	21.788
平均最低气温	14.922	23.644	22.710
平均相对湿度	15.300	74.462	80.898
平均风速	6.445	7.448	1.895
平均最大风速	5.838	14.651	9.489

表 5-4 绿化区与沙漠区 1 月各气候因素的距离相关分析

Tab 5-4. Distance correlation analysis of climate facts daily change between the afforested area and the desert in January

	绿化带—绿化区	绿化带—沙漠区	绿化区—沙漠区
平均气温	7.930	30.652	31.957
平均相对湿度	21.814	42.542	42.916
平均风速	2.596	3.341	2.186

表 5-3 和表 5-4 表明：绿化带、绿化区和沙漠区的气候因素相互之间都存在着欧式距离。表明各个区域之间存在一定的差异性。在气温方面，绿化带与绿化区之间的欧式距离最小，表明二者之间比较相近，绿化带与沙漠区之间的欧式距离最大，说明二者差异性显著。在湿度方面，与气温相似，

依然是绿化带与沙漠之间的欧式距离最大，绿化带与绿化区的欧式距离最小，绿化区与沙漠区之间的欧式距离居中。在风速方面，依然是绿化带与沙漠区的欧式距离最大。绿化区与沙漠区之间的欧式距离处于绿化带与绿化区和绿化带与沙漠区之间，一定程度上说明了绿化区处于一种“过渡带”的状态。

通过对 10 月和 1 月 25 日—1 月 30 日气候因素平均日变化的相关分析，绿化带、绿化区与沙漠区之间既有联系，又存在着差异。由于塔中石油基地处于沙漠腹地，深受沙漠气候影响，具有典型的沙漠气候特征。但是随着塔中石油基地绿化的不断完善，塔中石油基地的小气候效应逐渐形成。

6. 结论与讨论

通过对塔中石油基地 7 月、10 月和 1 月绿化区与沙漠区的气候因素（气温、湿度、风和沙尘天气）的对比分析，得出以下结论：

1. 气温：塔中 7 月，绿化区的平均气温比沙漠区的平均气温低 0.4°C ，绿化区的平均最高气温比沙漠区的平均最高气温低 0.4°C ，绿化区的平均最低气温比沙漠区的平均最低气温低 0.5°C 。气温极差值绿化区大于沙漠区。气温日较差绿化区大于沙漠区，其之间差值为 0.7°C 。塔中 10 月，绿化带的平均气温比沙漠区的平均气温低 2.6°C ，绿化区的平均气温比沙漠区的平均气温低 3.3°C 。绿化带的平均最高气温比沙漠区的平均最高气温低 3.4°C ，绿化区的平均最高气温比沙漠区的平均最高气温低 3.1°C 。绿化带的平均最低气温比沙漠区的平均最低气温低 1.8°C ，绿化区的平均最低气温比沙漠区的平均最低气温低 3.5°C 。气温日较差是绿化区>绿化带>沙漠区。气温极差值是绿化带>绿化区>沙漠区。塔中 1 月 25 日—1 月 30 日，绿化带的平均气温比沙漠区的平均气温低 4.0°C ，绿化区的平均气温比沙漠区的平均气温低 4.8°C 。气温日较差是绿化区>绿化带>沙漠区。同时随着季节的变化，绿化区的平均气温变化幅度大于沙漠区的平均气温的变化幅度。

2. 湿度：塔中 7 月，绿化区的平均相对湿度比沙漠区的平均相对湿度高 0.8% 。塔中 10 月，绿化带的平均相对湿度比沙漠区的平均相对湿度高 10.5% ，绿化区的平均相对湿度比沙漠区的平均相对湿度高 12% 。塔中 1 月 25 日—1 月 30 日，绿化带的平均相对湿度比沙漠区的平均相对湿度高 3.3% ，绿化区的平均相对湿度与沙漠区的平均相对湿度相同。同时随着季节的变化，绿化区的平均相对湿度变化幅度小于沙漠区的平均相对湿度的变化幅度。

3. 风速：塔中 7 月，绿化区的平均风速比沙漠区的平均风速低 1.1m/s ，绿化区的平均最大风速比沙漠区平均最大风速的低 1.9m/s 。塔中 10 月，绿化带的平均风速比沙漠区的平均风速低 1.8m/s ，绿化区的平均风速比沙漠区的平均风速低 0.7m/s 。绿化带的平均最大风速比沙漠区的平均最大风速低 3.5m/s ，绿化区的平均最大风速比沙漠区的平均最大风速低 2.7m/s 。塔中 1 月 25 日—1 月 30 日，绿化带的平均风速比沙漠区平均风速低 0.7m/s 。绿化区的平均风速比沙漠区的平均风速低 0.5m/s 。同时随着季节的变化，绿化区的风速变化幅度小于沙漠区的风速的变化幅度。

4. 塔中沙尘天气分布特征：

塔中从 1997—2006 年来，从浮尘、扬沙和沙尘暴的季节变化来看，沙尘天气多发生在春（3—5 月）、夏（6—8 月）两个季节。秋季（9—11 月）开始变少，冬季（12—2 月）最少。在春（3—5 月）、夏（6—8 月）两个季节发生的浮尘天气、扬沙天气、沙尘暴天气分别占全年浮尘日数的 73.4% ，扬沙日数的 83.2% ，沙尘暴日数的 97.4% 。从沙尘天气的年际变化来看，浮尘日数呈增加趋势，扬沙日数整体比较平缓，略有上升趋势，沙尘暴日数是稳定中有下降。

5. 塔中石油基地绿化区域与沙漠区域的对比分析：

相同点：绿化区与沙漠区的气候因素（气温、湿度、风速）都是随着季节的变化而变化的。其变化趋势是一致的。对秋季绿化区与未绿化区的各个气候因素的日变化进行相关性分析，均通过 0.01 的显著性检验。表明绿化区与未绿化区的气候变化是高度相关的。

不同点：在同一季节内，在不同区域的气候因素变化是有差异的，在气温方面，绿化区要低于沙漠区，而气温日较差比沙漠区要高。在湿度方面，绿化区湿度要比沙漠区高。在风速方面，绿化区的平均风速比沙漠区的低。同是在绿化区，绿化带内的气候因素和绿化带以外区域的气候因素也是不同的，这样的地带往往介于绿化带与沙漠区之间，具有一定“过渡带”的性质。随着季节的变化，不同的区域各个气候因素的变化程度也是有差异的。从夏季到冬季，绿化区的气温变化幅度大

于沙漠区，而湿度的变化幅度绿化区小于沙漠区。同样在风速方面也是绿化区的变化幅度比沙漠区的小，但是在大风方面，绿化区与沙漠区的差异并不明显。通过距离相关分析，绿化区与沙漠区的欧式距离很大，表明二者之间差异性明显。

由于本人专业水平和时间有限和其他问题，许多工作还不尽如人意，是在不断的学习和探讨中进行的。本文仅仅从气候学的角度，并运用数理统计方法分析了绿化区与沙漠区之间的联系和差异，揭示处于沙漠腹地的塔中石油基地的小气候效应。对部分结果没有做深入的探讨和研究，尚存在以下问题：

（1）缺少春季数据。计划对塔中石油基地进行一年内不同季节的小气候研究，但是由于沙漠标校站刚刚设立，数据收集还属于调试阶段，最终没有获得。

（2）绿化带数据不全。绿化带数据只有 10 月和 1 月两个月数据。

（3）采集数据所用仪器的精确度上存在一定的差异，这就难免会产生一定的误差，可能会对结果产生一定的影响。

（4）本文仅仅从气温、湿度、风和沙尘天气方面对塔中石油基地绿化的小气候效应进行了分析，而对于其他气候因素的分析是欠缺的。由于时间匆忙，对一些问题并没有深入地从机理上进行阐释。

现在我们在塔中石油基地的气象观测仍旧进行，将在以后把春季数据补齐。总之，很多问题需要在未来的工作中不断完善，需要开展更深入的研究，来弥补这样或者那样的不足。

参考文献

- [1] 李江风 塔克拉玛干沙漠和周边山区天气气候[M] 北京: 科学出版社 2003
- [2] 杨利普编著 新疆维吾尔自治区地理[M] 新疆: 新疆人民出版社 1987
- [3] 李锡纯主编 新疆土资源第一分册[M] 新疆: 新疆人民出版社 1986
- [4] 中国科学院登山科学考察队主编 天山托木尔峰地区的自然地理[M] 新疆: 新疆人民出版社 1985
- [5] 李江风 罗布泊于古楼兰之谜[M] 北京: 气象出版社 1991
- [6] 宋郁东, 樊自立, 雷志栋, 张发旺 中国塔里木河水资源与生态问题研究[M] 新疆: 新疆人民出版社 2000
- [7] Goudie A S, Livingstone I, Stokes S. Aeolian Environments, Sediments and Landform[M]. Chichester: John Wiley & Sons, 1999 1—14
- [8] 王涛, 赵哈林, 肖洪浪 中国沙漠化研究的进展[J] 中国沙漠 1999, 19 (4), 299—311
- [9] 夏训诚, 樊胜岳 中国沙漠科学研究进展[J] 科学通报 2000, 45 (18) 1908—1912
- [10] 董治宝, 王涛, 屈建军 100 a 来沙漠科学的发展[J] 中国沙漠 2003, 23 (1), 1—5
- [11] 王涛, 赵哈林 中国沙漠科学的五十年[J] 中国沙漠 2005, 25 (2), 145—165
- [12] 《新疆通志·气象志》编纂委员会 新疆通志·气象志[M] 新疆: 新疆人民出版社 1995
- [13] 寒潮·台风·灾害——庆贺李宪之教授九十五华诞文集[M] 北京: 气象出版社 2001
- [14] 陈宗器 罗布淖尔与罗布荒原[J] 地理学报 1936, 3 (1)
- [15] 新疆石油管理局 石油与气象[M] 北京: 气象出版社 1993
- [16] 马淑红, 熊建国, 蔡承侠 塔里木气候极值研究及其在油田工程设计中的应用[M] 北京: 气象出版社 1995
- [17] 潘伯荣 我国固沙植物引种的历史及展望[J] 中国沙漠 1987, 7 (1) 1—7
- [18] 顾峰雪, 潘伯荣, 文启凯等 塔克拉玛干沙漠腹地人工植被下土壤微生物的初步研究 [J] 生物多样性 2000, 8 (3) 297—303.
- [19] 王雪芹, 雷加强, 黄强 塔克拉玛干沙漠公路风沙危害分异规律研究[J] 中国沙漠 2000 20 (4) 438—442
- [20] 单娜娜, 潘伯荣, 文启凯等 塔克拉玛干沙漠腹地人工绿地土壤微生物生态学特性研究[J] 干旱区研究 2001, 18 (4) 52—56
- [21] 周宏伟, 刘梅菊, 徐新文等 沙漠油田基地道路生物防沙试验段林木生长状况[J] 干旱区研究, 2002, 19 (4): 25—27
- [22] 周智彬, 徐新文 塔克拉玛干沙漠腹地植物引种试验[J] 干旱区研究 2004, 21 (4) 363—368
- [23] 杨佐涛, 陈渭南, 陈广庭等 塔克拉玛干沙漠腹地的气候表现[J] 中国沙漠. 2005, 15 (3): 293—298
- [24] 马志福, 谭芳, 侯勤东 塔克拉玛干沙漠地区温压湿分布规律研究[J] 中国沙漠. 2000, 20 (3), 289—292.
- [25] 俎瑞平, 张克存. 屈建军等 塔克拉玛干沙漠风况特征研究[J] 干旱区地理, 2005, 28 (2), 167—170
- [26] 何清, 向鸣, 李立 塔克拉玛干沙漠腹地一次强降水天气分析[J]. 干旱区研究, 1998, 15 (1), 15—20
- [27] 何清, 向鸣, 唐淑娟 塔克拉玛干沙漠腹地两次强沙尘暴天气分析[J] 中国沙漠, 1998, 18 (4),

320—327

- [28] 薛红, 胡列群, 王旭 塔中地区沙尘暴天气气候学分析[J] 新疆气象 1999, 22 (3), 13—15
- [29] 周淑贞 气象学与气候学[M]. 北京: 高等教育出版社, 2001
- [30] [美] N. J. 罗森堡 小气候——生物环境[M]. 北京: 科学出版社. 1982. 126—152
- [31] 小泽行雄, 吉野正敏(日) 小气候调查方法[M] 广西: 广西人民出版社 1982
- [32] 张一平, 李佑荣, 刘玉洪等 城市庭院小气候特征季节变化初探[J] 高原气象 2002, 21 (4), 381—388
- [33] 张艳武, 冯起, 吕世华等 额济纳绿洲夏末典型晴天小气候特征分析 高原气象 2005, 24 (4), 516—521
- [34] 向悟生, 李先琨, 吕仕洪等 广西岩溶植被演替过程中主要小气候因子日变化特征[J] 生态科学 2004, 23 (1), 25—31
- [35] 谢平, 李燕 海岸沙地防护林的小气候效应[J] 中国沙漠 2001, 21 (1), 93—96
- [36] 高艳红, 吕世华 非均匀下垫面局地气候效应的数值模拟[J] 高原气象 2001, 20 (4), 354—361
- [37] 鲍淳松, 楼建华, 曾新宇 杭州城市园林绿化对小气候的影响[J] 浙江大学学报(农业与生命科学版) 2001, 27 (4), 415—418.
- [38] 王君厚, 周士威, 路兆明等 乌兰布和荒漠人工绿洲小气候效应研究[J] 干旱区研究 1998, 15 (1), 27—34
- [39] 肖彩虹, 郝玉光, 郭承德 乌兰布和沙区人工绿洲小气候的变化[J] 中国农业气象 2003, 24 (2) 31—34
- [40] 王健, 桑长青, 何清 塔克拉玛干沙漠公路中段两侧不同下垫面的小气候分析[J] 中国沙漠 2003, 23 (5) 577—580
- [41] 艾力·买买提明, 杨青等 塔中油田作业区防护林带的小气候效应[J] 中国沙漠 2005, 25 (4), 535—540
- [42] 周智彬, 李培军, 徐新文等 塔克拉玛干沙漠腹地人工绿地对沙地盐分时空分布的影响[J] 水土保持学报 2002, 16 (2), 16—19
- [43] 孙书澎, 朱力挥, 徐新文等 塔中沙漠油田基地路生物防沙体系建设的可行性分析[J] 干旱区研究 2002, 19 (4), 21—24
- [44] 马鸣, 张浩辉, 郭汉佳等 新疆鸟类新纪录——池鹭[J] 干旱区研究 2001, 18 (4), 76—77
- [45] Federer C A. Spatial variation of net radiation, albedo and surface temperature of forests. J. Appl. Meteorol., 1968, 7: 789—795.
- [46] 苏从先, 胡隐樵 绿洲和湖泊的冷岛效应[J] 科学通报 1987, 10 (3): 756—758.
- [47] 苏从先, 胡隐樵 河西地区绿洲小气候特征和冷岛效应[J] 大气科学 1987, 11 (4) 390—396
- [48] 吕世华, 陈玉春 绿洲和沙漠下垫面状态对大气边界层特征影响的数值模拟[J] 中国沙漠 1995, 15 (2), 116—123
- [49] 张强, 胡隐樵 绿洲地理特征及其气候效应[J] 地球科学进展 2002, 17 (4), 477—486
- [50] Taichi MAKI, Du M Y. Recent Climatic Change and Micro-climatic Alleviation by Windbreaks in Arid Land of Northwestern China. Journal of Arid Land Studies, 2000, 10 (5), 9—12
- [51] 韩德林 新疆人工绿洲[M] 北京: 中国环境科学出版社, 2000
- [52] 钱云, 郝毓灵 新疆绿洲[M] 新疆: 新疆人民出版社, 1999

致谢

逝者如斯夫，三年时光匆匆而过。在毕业论文完成之际，我向所有在学习、生活上关心、帮助和支持我的人表示深深的感谢。

首先我要感谢我的导师李新建研究员。从论文的选题，资料的收集，论文的初稿、修改和定稿，每一环节都倾注了李老师的大量心血。不仅在学习上李老师给予我更多的指导和帮助，同时在学习上也给予了我更多的关心和帮助。每天很晚离开的时候，总是看到李老师办公室的灯光——李老师还在工作！李老师知识渊博、治学严谨，工作热情，永远值得我学习。在此论文完成之际，谨向导师表示深深的敬意和衷心的感谢。

感谢中国气象局乌鲁木齐沙漠气象研究所为我提供了优越的学习、研究和生活环境。特别感谢何清研究员在论文数据资料方面给予的大力支持。感谢所里的霍文实习研究员、艾力·买买提明助理研究员、刘新春助理研究员在野外观测实验中给予了大量帮助和支持。感谢所里的魏文寿研究员、崔彩霞研究员、袁玉江研究员、杨青研究员、周永东老师等在学习上的指导和生活上的关心。

感谢塔中气象站的马海新站长、薛福民副站长、郑伟、巩庆、田宏强、高欣、吴新萍等在塔中野外观测期间，在观测、生活上给了极大的帮助和支持。在此，向他们表示深深的感谢。

感谢新疆师范大学地理科学与旅游学院的金海龙院长、楚新正老师、王晓峰老师、海鹰老师、李志忠老师、王哲老师、焦黎老师等在学习和生活上给了我极大的帮助和关心。在此，我向他们表示衷心的感谢。

感谢我的同学高惠芸、范敏杰、刘卫平、张同文。三年我们一起走过，感谢他们三年来在学习、生活上的帮助，感谢他们三年来，给我的生活增加光彩、带来了快乐。感谢师妹郭晓伟，在学习和生活上的关心和帮助。感谢新疆大学的李祥余同学和李帅同学，在学习和生活中给我的帮助。

特别感谢我的父母和家人，在我漫漫求学路上给予我极大的物质和精神上的支持。

再次对所有关心和帮助我的人表示感谢。谢谢你们！

刘海波

二〇一二年一月十四日