

塔克拉玛干沙漠腹地沙丘温度特征浅析

金莉莉^{1,2,3}, 何清^{1,2}, 李振杰^{1,2,3}, 刘强^{1,2,4}, 黄洁⁵

(1. 中国气象局乌鲁木齐沙漠气象研究所, 新疆 乌鲁木齐 830002; 2. 塔克拉玛干沙漠大气环境观测试验站, 新疆 塔中 841000; 3. 新疆师范大学地理科学与旅游学院, 新疆 乌鲁木齐 830054; 4. 新疆大学资源与环境学院, 新疆 乌鲁木齐 830000; 5. 新疆且末县塔中气象站, 新疆 且末 841000)

摘要:塔克拉玛干沙漠腹地沙丘温度因不同类型、深度、部位、天气、时段差异很大。利用不同深度、部位,晴天和沙尘天,裸地与植被,不同植被下的温度观测,浅析其温度分布特征。沙丘表面日最高温出现在顶部,日最低温和日较差最大值出现在迎风坡。沙丘顶部和迎风坡升温快,降温也快,日较差大,落沙坡则相反。沙丘顶部、左翼、迎风坡和落沙坡,日变化振幅,浮尘、扬沙天小于晴天。迎风坡和落沙坡 20 cm 深度,晴天和沙尘天最高最低温度出现时间和沙表层有相反趋势。0~20 cm 迎风坡和落沙坡日较差逐渐减小,最高与最低温度出现时间,晴天和沙尘天不同,晴天和沙尘天温度差值在白天较大。裸地和植被表层沙面温度变化较大,植被阴面日变化振幅小于裸地和植被阳面。裸地和植被浅层温度变化平缓。红柳和芦苇所在沙堆表层温度日变化较大,梭梭的日变化小,温度最低值均出现在 07 时。

关键词:塔克拉玛干沙漠;沙丘;温度

中图分类号:P412.11

文献标识码:A

引言

塔克拉玛干沙漠位于 77~90°E, 37~41°N 之间,面积 33.76 万 km²、地理环境复杂多变,是我国沙尘暴的主要起源地之一,对我国西北干旱区的气候变化和生态环境有着重要影响。地温是一个重要的气候指标,目前已有不少学者对地温做了大量的研究,并发现地温也是引起天气变化的主要因子之一。对地温的研究主要有地温时空变化^[1-3],浅层地温^[4-5],深层地温^[6-7],利用地温预测降水^[8];利用气候变化对水资源、荒漠化、生态和棉花生长的影响,为分析地温与作物发育期的关系提供了依据^[9-13],地温场的研究等^[14]。但对沙丘地温的研究很少,且主要为沙丘表面温度的研究^[15]。

塔中处于塔克拉玛干沙漠,是我国沙尘天气出现频数最高的地区,年平均出现沙尘暴达 65 d^[16],春夏季节均常出现沙尘暴^[17-18]。我们于 2009 年 4~7 月期间在塔中进行沙尘暴观测,在平缓自然沙

地和高大沙丘上的新月形沙丘、不同植被的不同部位,裸地上埋放 U 盘式活动地温表,对平缓自然沙地和高大沙丘上的新月形沙丘的温度,不同植被各部位的温度,裸地和有植被的表层、浅层温度进行连续观测,并结合天气背景进行比较分析。对晴天和沙尘天气背景下的不同沙面下同种沙丘各部位温度,不同植被温度,裸地与植被温度做初步了解。

1 观测地点与方法

观测点(图 1)为:(1)平缓自然沙地。塔中(38°58'N, 83°40'E, 海拔高度 1 099.3 m)梯度气象要素标校自动气象站 A(塔中 80 m 铁塔西侧 2.2 km 处平缓自然沙地);(2)高大沙丘。标校自动气象站 B(塔中 80 m 铁塔东侧 1.6 km 处高大沙丘上),塔中至且末段沙漠公路附近;(3)植被。塔中气象站附近绿化带。被观测沙丘均为不同走向的新月形沙丘,地温表放在沙丘各部位的中央处(左翼

收稿日期:2009-12-25;改回日期:2010-02-08

基金项目:国家自然科学基金项目(40775019);国家科技支撑计划课题(2008BAC40B05-01);新疆维吾尔自治区科技攻关项目(200833119);中央级公益性科研院所基本科研业务费专项资金项目(IDM200807);中国气象局气象新技术推广项目“近地层沙尘通量观测方法应用推广”;沙漠气象科学研究基金(SQJ2006005);干旱气象科学研究基金项目(IAM200814)共同资助

作者简介:金莉莉(1984-),女,硕士研究生,从事太阳辐射与大气环境研究工作. E-mail:jinlili6687060@126.com

和右翼放在翼尖)。绿化带上的植被为红柳、梭梭、芦苇,选取其所在沙包的顶部、阴面和阳面。值得一提的是,在春夏季,沙丘的流动性较强,尤其是一场沙尘暴过后,特定沙丘的形态会发生很明显的变化。

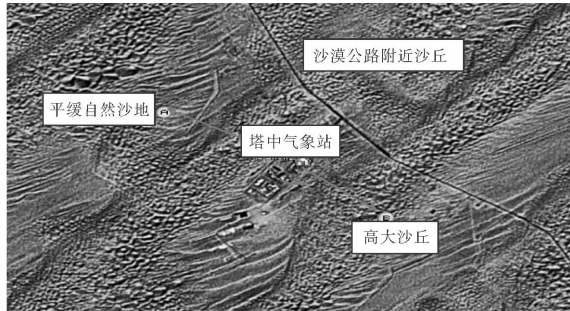


图1 实验点示意图

Fig. 1 Sketch map of the observation field

观测时段分别是2009年4月26~30日(标校站A),5月1~4日(标校站B),5月24~27日(沙漠公路附近),5月29日至6月1日(塔中气象站附近绿化带),6月2~6日(塔中气象站内)。测量仪器为U盘式活动地温表,每隔10 min记录一组数据。该地温表内部温度范围: $-40\text{ }^{\circ}\text{C}\sim 80\text{ }^{\circ}\text{C}$;精确度(全范围): $0.3\text{ }^{\circ}\text{C}$;响应时间:约20 min。观测项目有表层地温、10 cm和20 cm地温,同时结合塔中气象站的气温、地温、云量、风速、能见度等地面气象观测资料,着重分析不同天气背景下,同一地点和不同地点沙丘不同部位表层和中浅层地温变化,裸地与植被表层和浅层地温比较,不同植被表层地温比较。

图2中,标校站A沙丘左右翼长17 m,落沙坡高5.5 m,走向:NE—SW;标校站B沙丘左右翼长6 m,落沙坡高2 m,走向:NEE—SWW;沙漠公路附近沙丘左右翼长23 m,落沙坡高8 m,走向:NNE—SSW。盛行风向为NE,因此,落沙坡是阳坡和背风坡。

2 观测结果

2.1 平缓自然沙地和高大沙丘观测结果

2009年4月27日3:06~20:00出现浮尘,28日0:00~10:15出现浮尘,29日1:50~2:54,4:30~8:30,12:23~20:00出现扬沙,于2:54~4:30出现沙尘暴,并且在8:05~8:09,8:50~10:35有雨。

图3为平缓自然沙地新月形沙丘不同部位沙丘表面温度变化情况,从图中可见,4月27日沙丘不同部位之间温度变化较大,而28日和29日则变化较小。不同部位日最高温度,27日最高,29日最低。

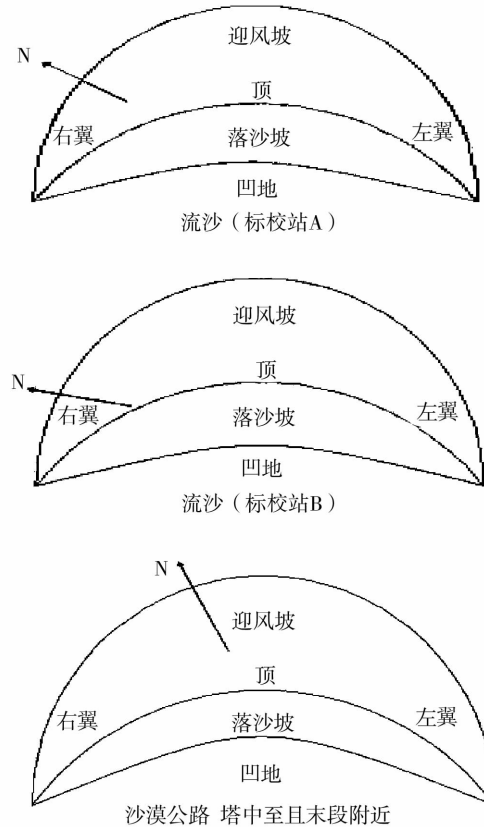


图2 被观测沙丘各部位示意图

Fig. 2 Sketch map of each position of the observed dune

当沙丘不同部位受到最大太阳入射角照射时,天空状况对其温度的影响很大,如27日与28日同为浮尘天气,但27日各部位沙丘表面温度日变化较28日大,这可能与27日的总云量(6.5成)低于28日(10成)有关。由于迎风坡和沙丘顶部相对于其他几个观测面,正好是日出后阳光入射角最大的地方,其升温速度也应较快,因此,这2个部位日最低与08时的温差是最大的,分别为 $2.81\text{ }^{\circ}\text{C}$ 和 $2.2\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。但是,沙尘暴(29日)时没有这样的规律,而是背风坡和左翼这2个部位日最低与08时的温差最大,这也许是沙尘暴过后,特定沙丘的形态会发生很明显的变化的原因。

由表1可见,27日,日最高温度出现在沙丘顶部,日最低温度出现在迎风坡,日较差最大值出现在迎风坡,日较差最小值出现在沙丘右翼。28日,日最高温度出现在沙丘顶部,日最低温度出现在迎风坡,日较差最大值出现在迎风坡,日较差最小值出现在背风坡。29日,日最高温度出现在沙丘左翼,日最低温度出现在迎风坡,日较差最大值出现在右翼,日较差最小值出现在凹地。

沙丘表面温度除了受太阳辐射强度的影响外,还与云量和沙尘有很大关系。沙丘表面的日最高温均出现在沙丘顶部,日最低温和日较差最大值均出现在迎风坡,沙尘暴时则没有这种规律。沙丘各个部位出现最高温度的时间与该部位受到太阳直射的

时间相关,且某个部位受到太阳直射时,其温度在这段时间一般就是各个部位中最高的^[15]。因此,落沙坡(阳坡)的表面日最高不一定是一日中各个部位中最高的,因为落沙坡在午后才受到太阳直射,这与张杰^[15]的结论一致。

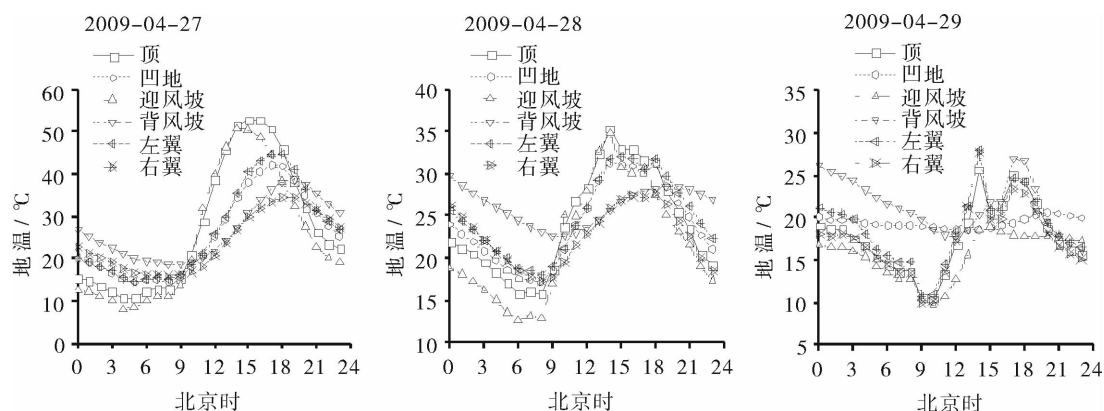


图3 2009年4月27~29日新月形沙丘表面温度变化

Fig. 3 Variation of surface temperature on each position of crescent-shaped dune from April 27 to 29 in 2009

表1 沙丘表面温度观测的主要统计结果(单位:°C)

Tab. 1 Statistics of surface temperature on each position of dune

项目		顶部	迎风坡	背风坡	凹地	左翼	右翼	气温
日最高	27日	52.79	50.85	38.81	41.92	44.88	34.4	27.4
	28日	35.27	34.84	29.67	31.29	31.98	27.57	29.9
	29日	25.66	18.95	26.96	20.55	27.9	27.77	31.4
日最低	27日	10.65	8.07	18.61	14.29	14.54	15.78	3.4
	28日	15.78	12.59	22.58	17.07	18.02	17.29	4.8
	29日	10.39	9.6	26.96	18.44	10.77	9.86	6.2
日较差	27日	42.14	42.78	20.2	27.63	30.34	18.62	24
	28日	19.49	22.25	7.09	14.22	13.96	10.28	25.1
	29日	15.27	9.35	10.83	2.11	17.13	17.91	25.2
08时与阳坡差值平均值	27日	13.93	15.9	—	12.13	11.74	11	—
	28日	10.33	13.4	—	9.04	8.09	8.82	—
	29日	7.83	8.82	—	2.41	6.59	7.88	—
08时与阳坡差值最小值	27日	5.76	7.73	—	3.96	3.57	2.83	—
	28日	6.8	9.81	—	5.51	4.56	5.29	—
	29日	2.54	3.53	—	-2.88	1.3	2.59	—
日最高与阳坡差值平均值	27日	26.01	24.4	—	15.14	18.1	7.62	—
	28日	9.16	8.87	—	5.18	5.87	1.46	—
	29日	4.24	-2.26	—	-0.87	6.48	6.35	—
日最高与阳坡差值最大值	27日	34.18	32.24	—	23.31	26.27	15.79	—
	28日	12.69	12.26	—	8.71	9.4	4.99	—
	29日	9.53	2.82	—	4.42	11.77	11.64	—

从5月2~3日全天的日变化来看,其变化趋势大体一致,落沙坡曲线平缓。2 d的总云量均为0成,所不同的是,在3日16:23出现了大风,由图4可见,大风对沙丘顶和迎风坡表面的温度有一定的影响,而对落沙坡的温度没有影响。2日,全天平均值以沙丘顶部最高,达27.82℃,其次是落沙坡为

25.79℃,最小值出现在迎风坡。其形成原因主要是坡顶受太阳照射时间最长。7点和8点是最小值出现时间,最低为9.5℃,出现在迎风坡。3日,全天平均值以落沙坡最高,达27.93℃,其次是迎风坡为25.79℃,最小值出现在坡顶,7点和9点是最小值出现时间,最低为12.6,出现在迎风坡。

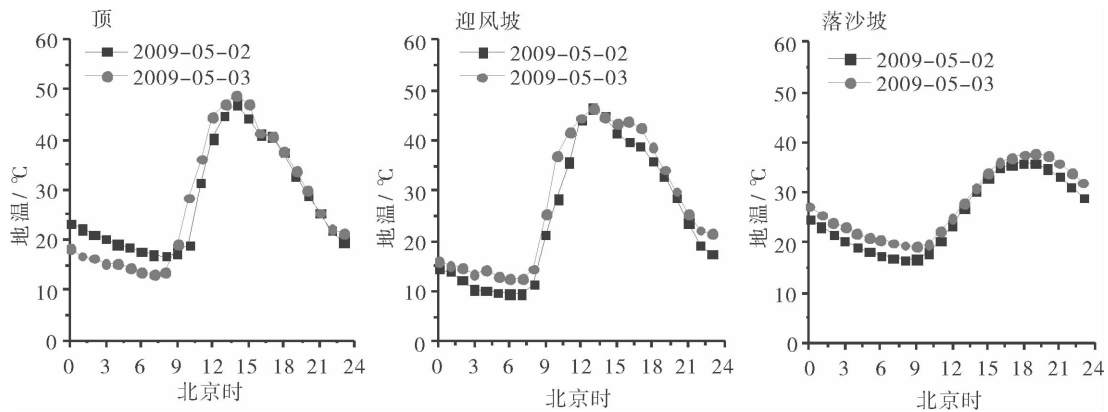


图4 2009年5月2~3日典型晴天沙丘表面温度变化

Fig. 4 Variation of surface temperature of crescent-shaped dune from May 2 to 3 in 2009

可以看出,沙丘顶部和迎风坡(阳坡)升温快,降温也快,日较差大,从日出到正午为升温阶段,正午到深夜或次日日出前为降温阶段。落沙坡(阴坡)升温慢,降温也慢,日较差小,从太阳照射到下午/傍晚为升温阶段,下午/傍晚到次日太阳照射前为降温阶段。

图5为高大沙丘复合型新月形沙丘5月25~27日表面和浅层温度观测日变化结果。观测中,5月25日总云量为0成,5月26日0:00~14:43,21:10~24:00有浮尘出现,14:43~21:10有扬沙出现,5月27日0:00~13:10有浮尘出现。浮尘、扬沙天气时,沙丘顶部、左翼、迎风坡和落沙坡,其日变化振幅比晴天小;沙丘左翼和迎风坡减小更明显。浮尘、扬沙天气,沙丘顶部、凹地、左翼、右翼、落沙坡0 cm分别在03:00、04:00、02:00、03:00和04:00出现逆温现象,可能由于晚间下沉冷空气增温所致^[16]。迎风坡和落沙坡20 cm深度,晴天和沙尘天气,沙丘最高最低温度位相出现,和沙丘表层0 cm处有相反趋势,最低温度位相,迎风坡出现在13:00~15:00,落沙坡出现在13:00~14:00,最高温度位相,迎风坡和落沙坡均出现在0:00。迎风坡和落沙坡晴天和沙尘天气,迎风坡和落沙坡谷值位相不同,可能由于迎风坡受太阳照射时间较长,热量散失较慢。

由晴天和沙尘天气表层温度差值可以看出,沙丘顶部0 cm,晴天与浮尘、扬沙天气其差值,日出后至正午前小,午后至夜晚大,最小差值在日出前,其后至最高值前,沙面温度都在递增,其递增率晴天高于浮尘、扬沙天气;晴天与浮尘天气其差值,上午小,午夜至日出前大,最小差值在22:00出现,其后至日出沙面温度均在递减,其递减率浮尘天气大于晴天。迎风坡0 cm,晴天与沙尘天气其差值,正午至下午大,日出前和日落后小,但最小差值不在日出前,而在21:00,表明该时段晴天和沙尘天气沙层地表逆辐射向空气输送相近^[10],其后至日出,晴天和沙尘天气沙面温度值都在递减,其递减率晴天大于沙尘天气下的。落沙坡0 cm,晴天与浮尘、扬沙天气其差值,午夜至正午前差值小,午后大,最小差值在09:00,其后至最高值前,沙面温度都在递增,其递增率晴天高于浮尘、扬沙天气;晴天与浮尘天气其差值,日出后至正午差值大,傍晚差值小,与迎风坡一样,最小差值在21:00。沙丘左翼0 cm,晴天与浮尘、扬沙天气其差值,正午至深夜大,上午小,最小差值在08:00,其后至最高值前,温度递增,其递增率晴天大于浮尘、扬沙天气下的;晴天与浮尘天气其差值,深夜至日出大,午后至下午小,最小差值在21:00,与落沙坡一致,其后温度递减,其递减率浮尘天

气大于晴天。沙丘右翼 0 cm,晴天与浮尘、扬沙天气其差值,午后大,午夜至日出前小,最小差值在

06:00;晴天与浮尘天气其差值,午夜至日出大,午后小,最小差值在 21:00,与沙丘左翼一致。

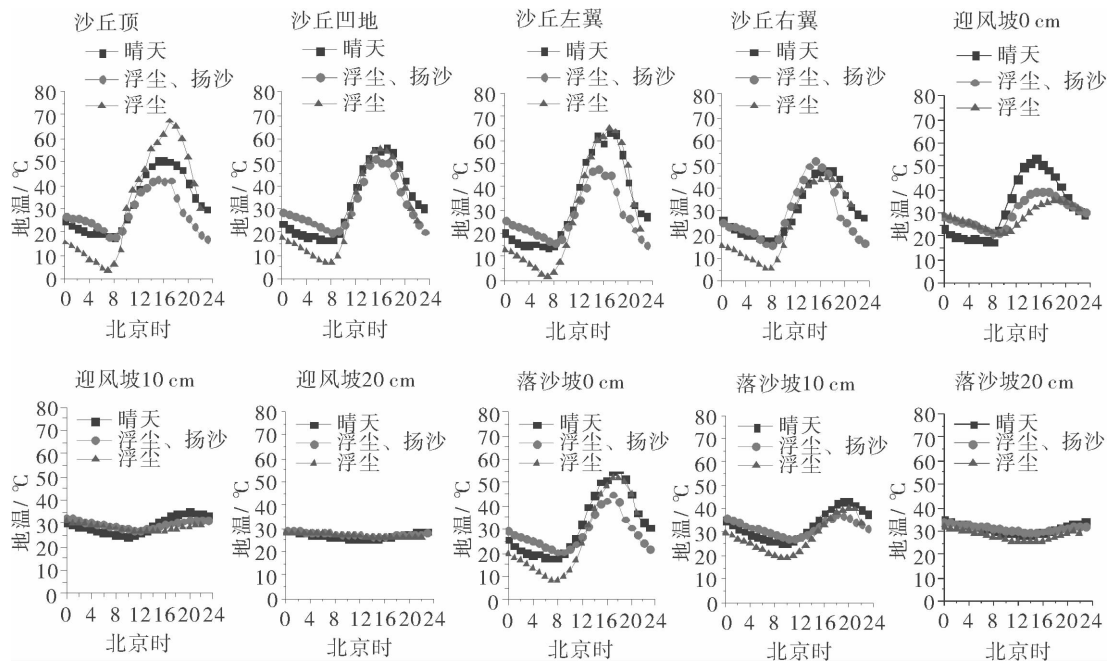


图 5 典型天气沙丘表面和浅层温度日变化

Fig. 5 The diurnal variation of surface and 10 cm, 20 cm depth temperature on each position of crescent-shaped dune under the typical weather background

表 2 沙丘迎风坡和落沙坡 0,10,20 cm 温度变化(单位:°C)

Tab. 2 The diurnal variation of surface and 10 cm, 20 cm depth temperature of the windward and the leeward slop of the dune

		观测时间											
		0	02	04	06	08	10	12	14	16	18	20	22
0 cm	迎风坡 晴天	23.1	20	18.4	18.3	17.6	29.6	44.4	51.6	50.5	45.7	36.7	30.8
	沙尘	28.7	26.8	25.8	23.5	21.8	23.5	33.4	38.2	39.5	37.7	34.2	31.6
	落沙坡 晴天	25.7	21.4	19.2	18.5	17.7	23	32.2	44.7	51.5	55.7	44.9	33.1
	沙尘	29.5	27	25.4	22.7	20.5	22.1	27.3	37.1	42.5	41.8	31.1	24.4
10 cm	迎风坡 晴天	30.7	29.1	27.6	26.3	25.3	24.7	25.9	29	32.2	34.3	35	34.2
	沙尘	32.8	31.6	30.6	29.7	28.8	27.9	27.6	28.4	29.7	30.8	31.4	31.4
	落沙坡 晴天	35.4	31.8	29.1	27.3	25.9	25.7	27.7	32.6	38.2	42.2	43.2	39.7
	沙尘	36.4	34	32.2	30.5	28.8	27.6	28.2	30.8	34.8	37.5	36.1	33.1
20 cm	迎风坡 晴天	29	28.3	27.6	26.9	26.3	25.7	25.3	25.4	26.1	27.1	28.1	28.7
	沙尘	28.9	28.8	28.6	28.3	27.9	27.5	27.1	26.9	26.9	27.2	27.6	27.9
	落沙坡 晴天	34.8	33.6	32.4	31.2	30.2	29.3	28.6	28.5	29.3	30.8	32.4	33.6
	沙尘	33.8	33.4	32.8	32.1	31.4	30.6	29.9	29.6	29.9	30.7	31.6	31.9
0~20 cm	迎风坡 晴天	27.6	25.8	24.5	23.8	23.1	26.7	31.9	35.3	36.3	35.7	33.3	31.2
	沙尘	30.1	29.1	28.3	27.2	26.2	26.3	29.4	31.2	32	31.9	31.1	30.3
平均值	落沙坡 晴天	32	28.9	26.9	25.7	24.6	26	29.5	35.3	39.7	42.9	40.2	35.5
	沙尘	33.2	31.5	30.1	28.4	26.9	26.8	28.5	32.5	35.7	36.7	32.9	29.8

由表2可见,迎风坡0 cm和落沙坡0 cm沙面温度最高温度位相,晴天出现时间晚于沙尘天,最低温度位相,晴天出现时间早于沙尘天。晴天和沙尘天气最小温度差值分别为-7.41℃和-6.19℃,均出现在04:00;最大差值分别出现在13:00(13.05℃)和19:00(17.21℃)。在夜晚,晴天和沙尘天地表温差分别仅在0.01~7.41℃之间和3.8~9.75℃之间;在白天,温差分别在1.2~14.05℃之间和0.3~17.21℃之间。

10 cm迎风坡晴天,落沙坡晴天和沙尘天,最高(低)温度位相相对于0 cm均落后。10 cm迎风坡和落沙坡晴天和沙尘天,相对于0 cm,谷值增高,峰值降低。与0 cm比较,迎风坡晴天和沙尘天,其日较差分别由0 cm的35.11℃和17.78℃降低到10.27℃和5.28℃;落沙坡晴天和沙尘天,其日较差分别由37.97℃和24.71℃降低到17.8℃和9.85℃。

20 cm迎风坡和落沙坡最高温度位相均在00:00出现,最低温度位相晴天时迎风坡和落沙坡均在13:00,沙尘天时,迎风坡出现在15:00,落沙坡出现在14:00。日较差为各层深度中最小值。

通过对平缓自然沙地和高大新月形沙丘表层温度的分析,发现沙丘大小对沙丘表层温度及最高、最低温度出现时间有较大影响。沙丘愈大,除迎风坡外,其余部位地表的温差愈大。右翼最高温度出现时间,平缓自然沙地上的沙丘晚于高大沙丘;高大沙丘最低温度出现时间,各个部位均相同,平缓自然沙地上的沙丘最低温度出现时间背风坡晚于迎风坡。

2.2 裸地与植被表层、浅层地温比较

裸地表层和植被表层,沙面温度变化较大,但植被阴面日变化振幅没有裸地和植被阳面大(图6)。裸地和植被阳面表层,最高温度和最低温度位相分别出现于午后和日出前;与裸地和植被阳面表层相比,植被阴面表层,最高温度和最低温度位相出现时间往后推移1h左右。6月3日、4日和5日均出现浮尘和扬沙,其中6月4日还出现沙尘暴。裸地表层,这3d平均温度的差值很小,而有植被的表层,差值较大,尤其是植被阴面,差值最大。对于10 cm温度,裸地和植被的变化平缓,变化位相大体一致。裸地10 cm最低温度出现时间均在12:00,植被10 cm最低温度出现时间,有浮尘和扬沙的时候相同,有沙尘暴的时候最低值出现时间晚于有浮尘和扬

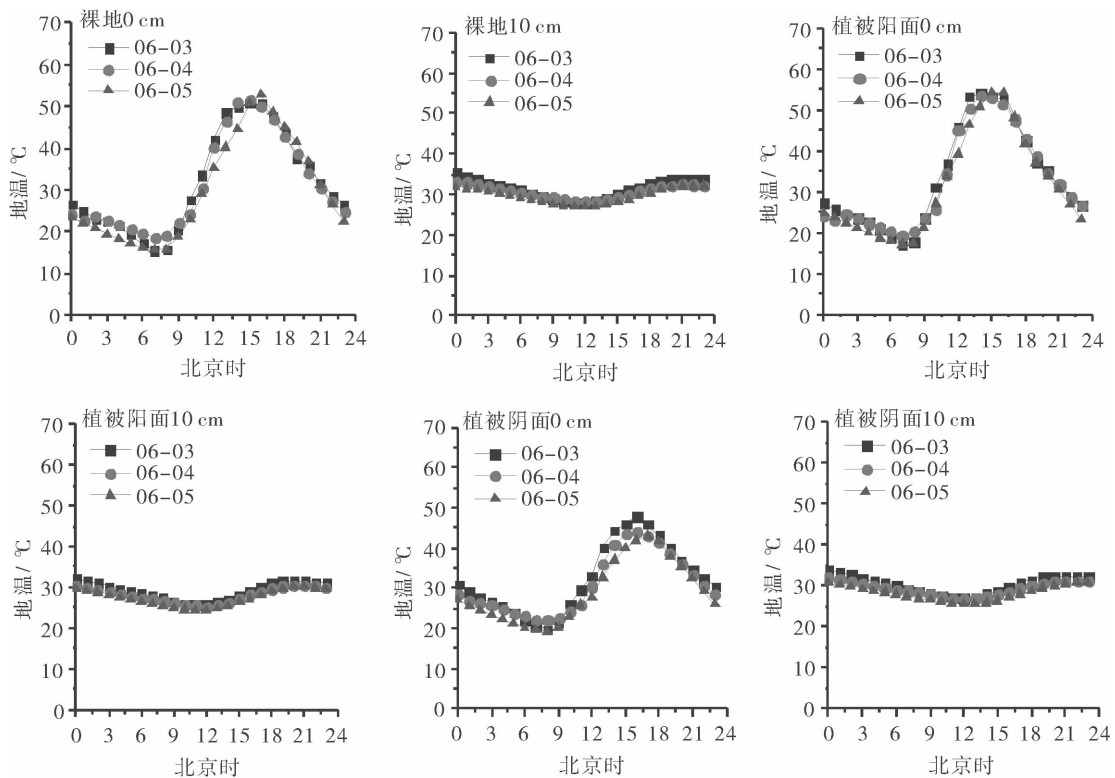


图6 裸地与植被表层和浅层地温日变化

Fig.6 The diurnal variation of surface temperature under vegetation cover and bare land

沙的时候。就均值来看,植被表层与裸地表层温度差不多,这可能与所选取的植被较小有关。但从最高温与最低温来看,植被阳面表层最高温高于裸地表层最高温,裸地表层最低温低于植被表层最低温。可见:植被阳面最高温出现时间比植被阴面和裸地早 1 h 左右;植被下的表层地温热量散失较慢,不像裸地那样散热快;植被阴面温差最小。

2.3 不同植被表层地温比较

图 7 为在塔中气象站附近的红柳、芦苇和梭梭所在沙堆表层的温度观测结果。从总体上看,红柳和芦苇所在沙堆的表层温度日变化较大,梭梭下的日变化小。红柳和梭梭所在沙堆,阳面表层温度最高值均出现在 17 时,分别为 62.64 °C 和 47.43 °C,芦苇所在沙堆,阳面和阴面表层温

度最高值分别出现在 16 时(61.49 °C)和 15 时(54.04 °C)。梭梭顶部表层地温最高值出现时间比芦苇晚 1 h。芦苇阳面表层地温最高值出现时间比红柳和梭梭早 1 h;阴面表层地温最高值出现时间比红柳和梭梭早 2 h。这 3 种植物所在沙堆各面表层温度最低值均出现在 07 时,其后温度都在递增。对于阴阳面表层温度差值,红柳大于芦苇和梭梭。对于阴面和阳面日平均值,红柳高于芦苇,芦苇顶部高于梭梭顶部。对于阳面温度最高值,红柳 > 芦苇 > 梭梭,最低值芦苇 < 梭梭 < 红柳;阴面温度最高值,红柳 > 芦苇 > 梭梭,最低值红柳 < 芦苇 < 梭梭。即阳面日较差大于阴面;阳面日较差,芦苇 > 红柳 > 梭梭,阴面日较差,红柳 > 芦苇 > 梭梭。

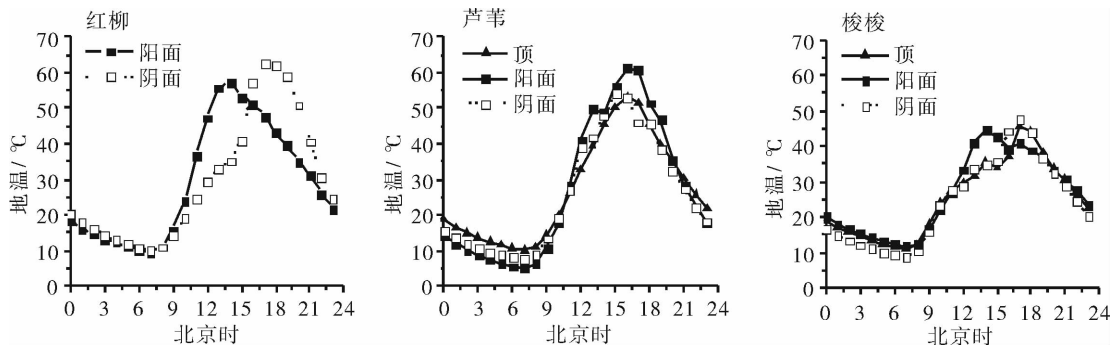


图 7 不同植被表层地温日变化

Fig. 7 The diurnal variation of surface temperature under different vegetation cover

3 结论与讨论

(1) 沙丘表面温度除了受太阳高度角的影响外,还与云量和沙尘有很大关系。沙丘表面日最高温均出现在沙丘顶部,日最低温和日较差最大值均出现在迎风坡,沙尘暴时则没有这种规律。沙丘各个部位出现最高温度的时间与该部位受到太阳直射的时间相关,且某个部位受到太阳直射时,其温度在这段时间一般就是各个部位中最高的。沙丘顶部和迎风坡升温快,降温也快,日较差大,落沙坡则相反。

(2) 浮尘、扬沙天,沙丘顶部、左翼、迎风坡和落沙坡,其日变化振幅比晴天小;沙丘左翼和迎风坡减小更明显。浮尘、扬沙天,沙丘顶部、凹地、左翼、右翼、落沙坡 0 cm 分别在 03:00、04:00、02:00、03:00 和 04:00 出现逆温现象,迎风坡和落沙坡 20 cm 深度,晴天和沙尘天气,沙丘最高最低温度位相出

现时间和 0 cm 处有相反趋势。迎风坡沙表层最高和最低温度出现时间,沙尘天晚于晴天 1 h。落沙坡沙表层最高温度出现时间,沙尘天早于晴天 1 h,最低温度出现时间,沙尘天晚于晴天 1 h,与迎风坡沙表层一样,晴天和沙尘天温度差值在白天较大。迎风坡 10 cm,最高(低)温度位相相对于 0 cm 均落后。10 cm 迎风坡和落沙坡与 0 cm 比较,日较差减小。20 cm 时其日较差最小。

(3) 沙丘大小对沙丘表层温度及最高、最低温度出现时间有较大影响。沙丘愈大,地表温差愈大(迎风坡除外)。右翼最高温度出现时间,平缓自然沙地上的沙丘晚于高大沙丘;高大沙丘最低温度出现时间,各个部位均相同,平缓自然沙地上的沙丘最低温度出现时间背风坡晚于迎风坡。

(4) 裸地表和植被表层,沙面温度变化较大,但植被阴面日变化振幅没有裸地和植被阳面大。与裸地和植被阳面表层相比,植被阴面表层,最高温

度和最低温度位相出现时间往后推移 1 h 左右。对于 10 cm 温度,裸地和植被的变化平缓,变化位相大体一致。有沙尘暴时最低值出现时间晚于有浮尘和扬沙时。

参考文献:

- [1] 陈吉琴,宋萌勃,吴士夫,等. 长江流域近 40 年平均地温时空变化分析[J]. 长江工程职业技术学院学报,2009,26(2):34-36.
- [2] 胡军,杜军. 西藏地温的年际和年代际变化[J]. 地理学报,2007,62(9):925-934.
- [3] 陆晓波,徐海明. 中国近 50 年地温的变化特征[J]. 南京气象学院学报,2006,29(5):706-712.
- [4] 杜军,李春. 近 45 年拉萨浅层地温对气候变化的响应[J]. 气象,2007,33(10):61-67.
- [5] 狄晓英,赵俊萍,史海平,等. 近 46 年临汾浅层地温气候特征分析[J]. 山西师范大学学报(自然科学版),2009,23(1):120-124.
- [6] 吴让,周秉荣,李金红. 三江源地区深层地温变化特征分析[J]. 青海科技,2009(1):53-56.
- [7] 李兴荣,胡非,孙向明,等. 深圳冬季多层地温日变化特征[J]. 中国科学院研究生院学报,2009,26(3):323-329.
- [8] 珍白,玛卓嘎,美多白珍. 利用深层地温预测阿里地区夏季降水[J]. 高原气象,2009(4):53-54.
- [9] 张杰. 塔克拉玛干沙漠腹地沙丘表面温度特征初探[J]. 中国沙漠,2003,23(5):592-595.
- [10] 李江风. 沙漠气候[M]. 北京:气象出版社,2002. 132.
- [11] 李国军,李晓媛,王振国,等. 黄河上游水源补给区气候变化及对水资源的影响[J]. 干旱气象,2007,25(2):67-70.
- [12] 孙兰东,刘德祥. 西北地区热量资源对气候变化的响应特征[J]. 干旱气象,2008,26(1):8-12.
- [13] 赵鸿,王润元,王鹤龄. 西北干旱区棉花对气候变化响应的评价指标体系[J]. 干旱气象,2008,26(4):29-34.
- [14] 王发科,苟日多杰,祁贵明,等. 柴达木盆地气候变化对荒漠化的影响[J]. 干旱气象,2007,25(3):28-33.
- [15] 李国军,张胜智,吉哲君,等. 玛曲草原气候生态环境变化及牧草产量灰色预测[J]. 干旱气象,2009,27(1):61-65.
- [16] 王社教,胡圣标,汪集. 准噶尔盆地热流及地温场特征[J]. 地球物理学报,2000,43(6):771-779.
- [17] 钱正安,蔡英,刘景涛,等. 中蒙地区沙尘暴研究的若干进展[J]. 地球物理学报,2006,49(1):83-92.
- [18] 何清,赵景峰. 塔里木盆地浮尘时空分布及对环境影响的研究[J]. 中国沙漠,1997,17(2):119-126.

Temperature Features of Sand Dune in Hinterland of Taklimakan Desert

JIN Lili^{1,2,3}, HE Qing^{1,2}, LI Zhenjie^{1,2,3}, LIU Qiang^{1,2,4}, HUANG Jie⁵

(1. Institute of Desert Meteorology, China Meteorological Administration, Urumqi 830001, China; 2. Desert Atmosphere and Environment Observation Experiment of Taklimakan Station, Tazhong 830001, China; 3. College of Geographical Science and Tourism, Xinjiang Normal University, Urumqi 830054, China; 4. College of Resources and Environment Sciences, Xinjiang University, Urumqi 830000, China; 5. Weather Station of Taizhong, Qiemo 841000, China)

Abstract: The surface temperature is much different at different positions of sand dune or even same position but at different time or different weather condition. The temperature features are discussed based on observations at different position of sand dune on clear or sand-dust day, bare land or different vegetation cover. The daily maximum surface temperature appears on the coping of the sand dune, the minimum temperature and the greatest diurnal temperature range appear on the windward slope. The coping and windward slope of sand dune have the greatest diurnal temperature range, but the leeward slope is contrary. The daily variation of surface temperature is larger on clear day than that under dust weather condition on the coping, windward slope, leeward slope and at the left wing. The time of the maximum and minimum temperature at 20 cm depth of the windward slope and the leeward slope is contrary to that of the surface temperature under clear or dust weather condition. From 0 to 20 cm depth of the windward and leeward slope, the diurnal temperature range is gradually decreasing, the time of the maximum and minimum temperature is different on clear day and dust weather, and the daytime temperature difference is large on clear day or dust weather condition. The surface temperature of vegetation cover and bare land have big variation. The daily variation is larger in sunniness cover than that of shade cover of vegetation.

Key words: Taklimakan desert; sand dune; temperature