

天山天池山谷风的气候研究

林 之 光

(国家气象局研究院)

李 映 江

(新疆维吾尔自治区昌吉州气象局)

提 要

本文讨论了天山天池山谷风的风向、风速、转换期、季节变化及对温湿度日变化的影响。

我国幅员辽阔，山区面积占全国总面积三分之二，地方性风系十分发达。天山北坡天池山谷风相当典型，风速也很大，而且由于博格达雪峰下吹的冰川风的影响，使天池山、谷风速相近，甚至山风速反比谷风略大。天山天池是中外旅游胜地，因此研究这里的山谷风气候特征是很有意义的。

天池位于天山北坡新疆阜康县境内的三工河上游，三工河源头就在博格达雪峰（海拔5445米）坡下，天池气象站位于著名风景区天池湖的北端，海拔1900米。天山山脊平均高度约4000—4500米，山麓平均高度约500—1000米，高差平均约3500米（图1）。

一、山谷风的风向

天山北坡白天吹来自准噶尔戈壁的谷风，夜间吹自天山下流的山风。山、谷风风向本应分别为南风 and 北风，但因受三工河谷局地影响，天池气象站白天谷风风向为NW，夜间山风风向为SE。

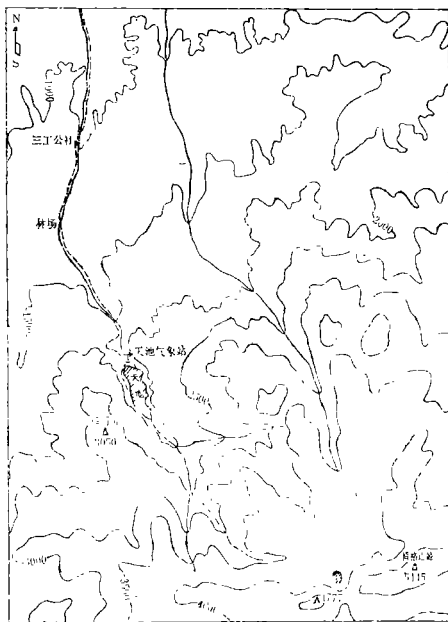


图 1 天池气象站附近地形图
The topography map in Tianchi

表 1 天山天池站各月风向频率 (%)

The frequency of wind directions in the months in Tianchi station, Tianshan

风 向	月	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	年
N		3	1	1	2	2	3	3	2	1	1	3	2	2
NNE		0		0		0	0		0		0	0	0	0
NE		0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
ENE				0			0	0	0	0		0	0	0
E		1	1	1	0	1	1	2	0	1	1	0	1	1
ESE		3	3	1	1	2	2	2	2	2	2	1	3	2
SE		45	37	29	26	25	23	23	22	25	28	34	43	30
SSE		5	3	3	3	4	6	7	7	7	11	10	8	6
S		1	2	1	1	1	2	2	2	2	4	3	3	2
SSW		0	0	0	0			0		0	0	0	0	0
SW		0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0
WSW		0	0		0		0	0	0	0	0		0	0
W		1	1	1	1	2	2	3	4	2	1	1	1	2
WNW		1	1	2	3	5	6	4	6	4	2	2	1	3
NW		18	34	40	49	49	40	38	40	38	33	25	17	35
NNW		4	4	6	7	5	7	7	7	7	8	7	3	6
C		17	12	13	7	5	6	7	7	9	9	13	17	10

表 1 是天池气象站1961—70年十年平均的各月风向频率。由表可见，年平均及各月盛行风向都只有两个，即SE和NW。以年平均而言，SE风频率30%，NW风频率 35%，合起来占 65%，如加上 SSE 和 NNW 方位，则SE和NW方向频率分别为 36% 和 41%。除去 静风 频率 10%，其余方位风向频率和也只有12%。

当然，主要盛行风向相反，这还并不是山谷风的充要条件，因为山谷中不是进谷风便是出谷风，任何山谷中其他风向都是很少的。只有风向有规律的日变化，并且两个主要盛行风向频率相近，才是判断是否存在山谷风的主要根据。表 2 即是白天14时(均指北京时,下同)和夜间08 时的平均风向频率，可见白天14时最多风向是 NW，频率为 64.8%，如加上 NNW

表 2 天山天池站平均风向频率 (%) *

The average frequency of wind directions in Tianchi station, Tianshan

	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW	C
白天14时	3.5	0.2	0.3	0	0.4	0.7	4.8	0.8	1.0	0.1	0.1	0	1.3	3.0	64.8	12.2	6.8
夜间08时	1.1	0	0.2	0	0.8	3.4	62.0	11.5	2.9	0.2	0.3	0	0.5	0.8	6.3	1.2	8.8
日 平 均	1.8	0.3	0.2	0.0	0.8	2.8	35.9	9.3	1.8	0.2	0.3	0.1	1.4	2.7	28.1	6.0	8.3

* 资料年代1971—1980年，02时为1959年一年资料。

风向，则可达77%。而夜间则以SE为最多，为62%，如加上SSE方向，则亦可达73.5%。

山风和谷风频率都有明显的年变化。表 1 可见，山风以冬季最多见，12月和 1 月频率最高，SE风频率分别达45%和 43%；而以夏季 6—8 月为最小，仅 22—23%。相反，谷风以隆冬12—1 月为最少，这时NW风频率仅17—18%。但谷风最盛不在盛夏，而在春季 4—5 月，频率高达49%，6—8 月频率反仅38—40%。

山风冬季最多的原因，除了因冬季夜长昼短因而谷风时间最短（频率相应减少）这一共同规律外，博格达峰终年积雪，雪面恒比同高度自由大气为冷，增强了其下的山风，减弱谷风，因而使山风频率相应加大。

二、山谷风风速

根据1982年 7 月25日至 8 月 8 日电接自记资料，其中 7 月26—31日和 8 月 2、8 日是沒有或少有天气系统大风干扰的山谷风日子。图

2 就是这 8 天的平均山谷风风速日变化曲线，曲线呈两峰两谷形，两谷为山谷风间的转换期，平均风速只有 1—2 米/秒，两峰即是山风和谷风的最盛期。可见山风以05时左右为最大达4.4米/秒，谷风则以14时左右为最大达 4.0 米/秒，山风比谷风略大。统计了长年代 14 时 NW和NNW风向的平均风速（可近似代表谷风）和08时SE和SSE方向的平均风速（近似代表山风），得表 3。可见，以年平均而言山风

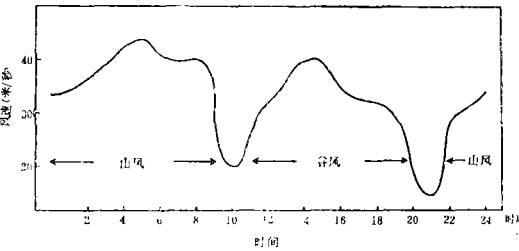


图 2 山谷风平均风速日变化
The diurnal change of mean velocity of mountain-valley breeze

表 3 山谷风平均风速（米/秒）和山谷风日数

The mean velocity of the mountain-valley breeze and the days of the valley breeze

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12月	合计	平均
山风(08时)	3.1	3.1	3.3	3.9	3.8	4.0	4.4	4.2	3.6	3.5	3.2	3.2		3.6
谷风(14时)	2.6	2.8	3.2	3.5	3.9	3.9	3.9	3.8	3.4	3.2	2.6	2.5		3.3
山谷风日数	16.4	20.0	21.4	21.7	23.0	22.4	23.6	25.9	22.3	22.8	16.9	13.6	250.0	—

风速比谷风大0.3米/秒，其中以冬季相差最大，11—1 月山风可比谷风大 0.5—0.7米/秒。以春夏之交的 3—6 月差值最小，多在0.1米/秒左右。5 月份谷风甚至反比山风大0.1米/秒。应当指出，表 3 中的山谷风速均包含大气环流因素干扰即风速的季节变化影响在内，而两者之差则应消去此种影响。

通常，不论从理论上，或是我们过去的实践中，谷风都应比山风为大。这是因为山坡上和同高度自由大气间的温差 ΔT 总是白天大于夜间的缘故（原因是白天太阳辐射强度比夜间坡

面有效辐射为大)。天山天池山风反大于谷风主要由于从博格达雪峰下沉的冷空气减弱了白天的 ΔT 而增强夜间 ΔT 。冰川风效应以冬季最为显著,山谷风速差亦以冬季为最大。到了春季,山脉中下部因土壤裸露增温强烈,谷风增强,山风又趋减弱,山谷风风速就比较接近了。

三、山谷风的转换期

山风和谷风方向相反,则两者之间必各有一个明显的转换期。转换期中,由于坡上和同高度自由大气间 ΔT 为零,山谷风速亦应为零。但图2中转换期平均风速仍有1.5—2米/秒。这是因为在转换期中虽然确实可有静风出现,但因大气环流干扰,静风并非天天都有。另外即使出现静风,也不可能天天都在同一时间。若干天平均的结果,转换期风速也不为零。这是比较普遍的现象。

转换期出现的时间,一般并不和天文日出日落时间相同。从图2即可看出,谷风转山风时间在20时左右,与日落尚较接近,但山风转谷风平均在上午10时,约落后于日出3.5小时。对于天池山谷风转换期出现时间的季节变化,由于缺乏长期风速自记,我们利用相对湿度对山谷风转换反映极为灵敏(相对湿度是有自记的)的特点,从相对湿度决定转换期,然后加上一一定的订正值,以求得真正的山谷风转换期。

相对湿度转换期的标准是:在转换期附近相对湿度的变化速度从每15分钟1—2%剧升到5%以上。因为谷风从山麓荒漠吹来,气流干燥,而山风从山上下来,经过长长的天池湖面,气流湿润,因此山谷风转换期间相对湿度变化十分剧烈。湿度的剧变一般要落后于风向转变,根据1982年7月26日—8月8日山谷风日中的平均,山风转谷风时,相对湿度转换期约落后于风向转换期23分钟左右;谷风转山风时约落后19分钟左右。分别以此作为订正值,表4就是经过订正得到的全年各月山谷风转换时间,及其与天文日出日落时间之差值的表。

从表4可见,山谷风转换时间确有明显的季节变化,例如山风转谷风时间以12月最迟(12时27分)7月最早(9时30分),相差2小时57分。而谷风转山风时间正好相反,以12月最早(16时31分),6月最迟(20时54分),相差4小时33分之久。山风转谷风冬迟夏早,谷风转山风冬早夏迟的原因,主要是冬季日短(日出迟,日落早)而夏季长(日出早,日落迟)之故。

转换期相对于当地天文日出日落的时间,有早有晚。山风转谷风的转换期一般远落后于日出,例如春夏4、7月,落后3小时08—13分,而秋冬10月和1月也落后2小时50—53分。但谷风转山风的转换期则一般反早于日落,其中以冬季最早,1月可比日落早1小时41分,夏季7月则两者基本同时。原因是山风转谷风,从逆温层结到建立谷风绝热温度层结需要经过一个逆温逐渐破坏的过程,因为地面加热发生在日出以后,而坡上冷却则早在最高地温(约地方时14时)出现之后开始。因此冬季中往往还不到日落,地面温度已相当低,逆温层结已经初步建立。此外,天池气象站实际日长比天文日长略短,即日出迟而日落早,这也是使谷风建立时间推迟而山风建立时间提早的一个重要原因。

因此,天池山风持续时间要比谷风长得多。差异最大在1月初,12时24分谷风方开始,16时44分又转为山风;谷风持续时间仅4小时20分,而山风持续时间则长达19小时40分钟

表 4 山谷风转换时间统计结果
Statistic results of the time of changes of the valley breeze

月	天文日出 时 间	相对湿度 转换 时 间	订 正 值	山风转 谷 风 时 间	与天文 日出 时 差	天文 日落 时 间	相对湿度 转换 时 间	订 正 值	谷风转 山 风 时 间	与日落 时 差
1	9 : 31	12 : 47	-23分钟	12 : 24	2 : 53	18 : 25	17 : 03	-19分钟	16 : 44	-1 : 41
2		12 : 32		12 : 09			18 : 19		17 : 56	
3		11 : 40		11 : 17			19 : 10		18 : 51	
4	7—37	11 : 08		10 : 45	3 : 08	20 : 27	20 : 32		20 : 13	-0 : 14
5		10 : 36		10 : 13			20 : 48		20 : 29	
6		9 : 56		9 : 33			21 : 13		20 : 54	
7	6 : 16	9 : 53		9 : 30	3 : 14	20 : 48	21 : 07		20 : 48	0
8		10 : 05		9 : 42			21 : 04		20 : 45	
9		10 : 43		10 : 20			19 : 57		19 : 38	
10	8 : 08	11 : 21		10 : 58	2 : 50	19 : 30	19 : 33		19 : 14	-0 : 16
11		12 : 43		12 : 20			18 : 58		18 : 39	
12		12 : 50		12 : 27			16 : 50		16 : 31	

（都包括转换期在内）。但在夏季，谷风持续时间又大大加长，7月初从9时30分到20时45分，长11小时18分，而山风则缩短为12小时42分钟。即天池山风持续时间全年都比谷风为长。

四、山谷风日数及其季节变化

如以白天吹偏NW风，夜间刮偏SE风为一个山谷风日，从表3看出，天池平均全年有山谷风250天，其中以夏半年5—10月较多，约每月23—25天；冬季最少，11—1月每月约14—17天。

山谷风具体出现的日子主要和天气形势有关。因为山谷风是地形热力不均所引起的地方性环流，很易为较强的大气环流所破坏。所以多发生在天气晴朗、稳定，大范围气压梯度不大、风速较小的天气形势之中。前者保证坡上和自由大气间温差达到最大；后者保证山谷风不致为大风所破坏。

山谷风环流的被破坏一般有三种情况。第一种是山风受到破坏，这种情况往往发生在冷锋低槽过境的时候，整天吹系统性的NW风，夜间山风减弱以至消失；第二种是谷风受到破坏，例如冷锋过境后，深厚的高压控制本地，高压中心下沉气流特强，可以抑制谷风气流生成和发展；第三种是阴雨（雪）天气，例如冬季天池常在逆温层内，天气阴沉，有时有微

雪；有些天气系统过境时风并不大但亦有阴沉雨雪天气，使坡上和自由大气间温差很小，山谷风减弱以至消失。

五、山谷风对温度和湿度日变化的影响

1. 山谷风与温度 图3是1982年7月27日06时到28日15时的气温、相对湿度和风向风速日变化，从图上可以看出每当10时左右风向从SE转NW，即从山风转为谷风时，气温有

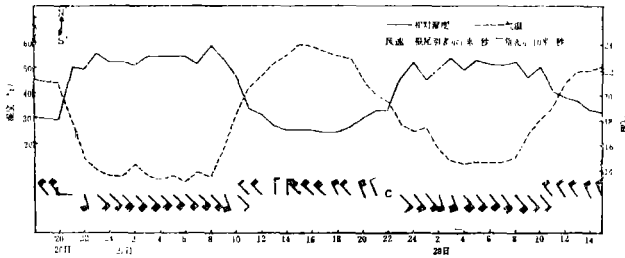


图3 1982年7月26日06时—23日15时逐时气象要素变化

Hourly variation of meteorological elements during the period
from 6:00 July 27 to 15:00 (Beijing time) July 28 in 1982.

突升现象。在几分钟到几十分钟时间内可升温2—6°C；而当下午谷风转为山风时气温也有一个突降，同样时间内可降2—4°C。这是由于山风来自高山雪峰，而谷风来自山麓高温荒漠的缘故。从图3还可以看出，山谷风气温日变化的波形虽白天谷风期间仍和正常一样午后有个典型高峰，但夜间的波谷比较平坦，即成为尖峰而平底的特殊形状。这平底就是深而窄长、水温又比较稳定的天池湖水体调节的结果。

当然，也应指出，由于大范围天气中总会存在一些气压梯度，且常有变化，因此任何一天山谷风中也就难免多少有一点大气环流的干扰，图3中7月27日23—24时的突然大风就是一个例子。

2. 山谷风与湿度 从图3可见，谷风因来自于干旱戈壁，平均相对湿度只有30%左右；山风来自雪面、森林、湖面，平均相对湿度高达60%左右，因而在转换期内相对湿度发生前述的急剧变化。此外，和气温日变化曲线一样，湿度日变化曲线也有相应的平顶园谷形状，显然平顶是由于山风期间气流经过长距离的湖面调节，相对湿度十分稳定的结果。

图4是1982年7月22—23时的风速、风向、气温和相对湿度的日记记录。可见，风向从22时10分开始转为偏西风，同时温度下降湿度上升。22时20—40分间风向不稳定，22时40分后转换完成，成为稳定东南风，湿度急剧上升，温度继续下降，23时后温湿度便逐渐稳定。在风向转换后的50分钟到1小时内相对湿度增加了25%，气温降低5.3°C。

六、山谷风速与气温日较差

山谷风风速的大小，主要决定于坡上和同高度上自由大气间的温差(ΔT)，但 ΔT 难以观

测。一般天晴 ΔT 大, 天阴 ΔT 小。因此山谷风风速应与气温日较差成正相关关系。这一点我们1968年4月在山西娘子关地区曾用气温日较差成功地预报了其他季节的山谷风速, 并在夏季观测中得到了证实。

为了使用大样本研究气温日较差和山谷风风速之间关系。我们使用了1979—81年4、5、7、8月即共12个月的资料, 除去日平均风速 ≥ 6 米/秒即有明显大风干扰的日子94天, 余下275天按气温日较差分组, 计算各组内的平均日较差和平均风速, 点在图上(图5, 图中“ \times ”下面的数字是相应的平均次(日)数)。

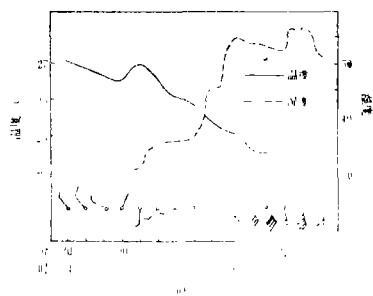


图4 1982年7月27日21—23时气象要素变化
10 minutes variation of meteorological
elements during the period from
21:00 to 23:00 (Beijing time) July
27 in 1982

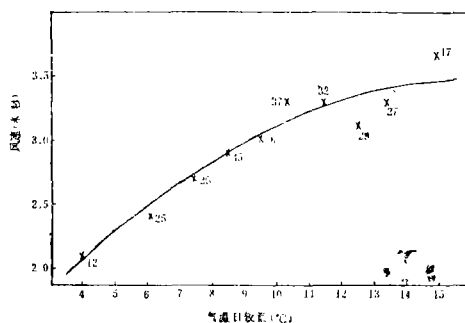


图5 气温日较差(°C)与山谷风日平均风速(米/秒)

The correlation between the mean wind velocity (m/sec) of mountain-valley breeze and the mean diurnal range (°C) of the air temperature

可见山谷风风速确随平均气温日较差的增大而增大。当日较差为14—15°C即晴朗日子时, 日平均风速可达3.5米/秒, 而阴雨日子(日较差4—6°C)中日平均风速只有2—2.5米/秒。当然应当说明, 由于日平均风速是由08、14、20和02时四次观测平均求得, 而08时和20时接近山谷风转换期, 因此日平均风速在数值上比山风和谷风风速均小些。

1. 天山天池具有明显的山谷风现象, 山风为SE风, 谷风为NW风。山风频率以冬季最大, 谷风频率以春夏之交最大。

2. 由于冰川风的影响, 天山天池山风风速接近谷风, 甚至比谷风还略大。年平均比谷风大约0.3米/秒, 5、6月份山谷风速相近。

3. 山、谷风之间都有一个转换期, 风速全天最小。转换期出现时间因季节而有不同, 山风转谷风的转换期一般约落后于日出3小时; 但谷风转山风一般仅稍早于日落, 冬季可早一个多小时。天池站谷风冬季最短, 1月初仅约4小时20分, 以夏季最长, 7月初可达11小时18分之久, 但仍比天文日长短3小时14分钟。

4. 天池山谷风日数以夏半年5—10月最多, 每月平均有23—25天; 冬季最少, 11—1月仅14—17天。

5. 天池山谷风的转换在气温和相对湿度日变化曲线上也明显反映: 转换开始后几分

钟到几十分钟内, 气温可急升 $2-6^{\circ}\text{C}$ (山风转谷风) 或急降 $2-4^{\circ}\text{C}$ (谷风转山风); 相对湿度可急增 $15-25\%$ (谷风转山风) 或急减 $10-20\%$ (山风转谷风)。

6. 山谷风风速与气温日较差有较好关系, 风速随气温日较差增大而增大。

本文承陶诗言先生审阅指导, 谨致衷心谢意。

参 考 文 献

(1) 傅抱璞: 河谷内的风速, 气象学报, 33 (4), 1963年。

(2) 林之光: 山谷逆温和山谷风, 气象, 1期, 1978年。

THE CLIMATOLOGICAL RESEARCH OF THE MOUNTAIN-VALLEY BREEZE IN TIANSHAN MOUNTAINS

Lin Zhiguang

(Academy of Meteorological Science, National Meteorological Bureau)

Li Yingjiang

(Changji District Meteorological Bureau, Xinjiang)

Abstract

1. There is a typical phenomenon of mountain-valley breeze in Tianshan. The direction of the mountain breeze is southeast, and the valley breeze northwest. The frequency of mountain breeze is the largest in winter and that of the valley breeze in May and June.

2. The velocity of mountain breeze is larger than the valley breeze, this phenomenon is abnormal.

3. There are two transitional periods between mountain and valley breezes. The time of occurrence of them has a seasonal change; the time of the transitional period from mountain to valley breeze is about three hours later than the sunrise, but from valley to mountain breeze, a little earlier than the sunset.

4. The days of mountain-valley breeze in summer is more than in winter.

5. After the time of the transitional period (from mountain to valley breeze), the air temperature increases $2-6^{\circ}\text{C}$ and the relative humidity decreases $10-20\%$ suddenly; and from valley to mountain breeze, the air temperature decreases $2-4^{\circ}\text{C}$, i.e., to mountain breeze, the air temperature decreases $2-4^{\circ}\text{C}$, and the relative humidity increases $15-25\%$ suddenly.

6. The wind velocity of mountain valley breeze changes with diurnal range of air temperature, the larger the diurnal range, the larger the wind velocity.