

# 三峡气候的基本特征和成因的初步研究

于强 彭乃志 傅抱璞

(南京大学大气科学系, 南京 210008)

**摘要** 使用1959年2、4、7月长江三峡的气候考察资料, 揭示了三峡河谷主要气候要素(温度、湿度、风)的时空变化的基本规律, 分析了高度、地形、水体等因子对三峡气候形成的作用及其在不同季节的表现。

**关键词** 气候 山地 水域 三峡

50年代末, 为配合当时拟议中的三峡水利枢纽工程, 我国对长江三峡及其上游地区进行了一次较大规模的气候考察, 此后傅抱璞<sup>[1]</sup>、潘守文<sup>[2]</sup>等进行了三峡气候的研究, 随着三峡工程的实施, 三峡的生态环境及其可能受到的影响, 成为人们关注的热点。本文将利用当时大量的实测资料, 揭示三峡气候的基本特征, 以服务于三峡工程建设, 促进三峡生态环境和三峡水库的气候影响研究。

我国山地气候的研究极为丰富, 但湿谷(河谷、水库)的气候研究相对较少。三峡河谷, 水流湍急、山峦陡峭, 气候的影响因素复杂。气候特征既有山地气候的一般规律, 又有水域气候的特点。三峡气候的研究对揭示湿谷的气候特征也有重要的理论意义。

**观测与研究方法:** 在长江三峡(巴东、奉节)及其上游地区(万县、涪陵)布设4个剖面, 每个剖面一般设12个测点, 分布于长江两岸, 其中基本测点和辅助测点各若干。时间为1959年2、4、7月, 基本点每日观测12次, 即1:00、4:00、5:00、6:00、7:00、10:00、13:00、14:00、15:00、16:00、19:00、22:00时, 辅助点每日观测6次, 即2:30、3:30、11:30、17:30、20:30、23:30等。观测项目有水表温度、地表温度、气温梯度、风速梯度和湿度等。

三峡河谷一般为“V”字或“U”字形, 坡面上陡坡与阶地相间。在所研究地段, 坡度一般15~30°, 巴东江面与山顶相对高差为1000m, 奉节为600m。万县、涪陵高差较小, 坡度较缓。

## 1 温度

河谷温度分布受水体、地形和高度等因子的影响, 诸因子之间有相互作用。水陆热力的对比, 表征了水体温度效应的强弱。

### 1.1 水温和地温

以奉节江面水表温度和山坡(相对高度600m)地表温度, 研究水陆差异。

来稿日期:1995-06-18;接收日期:1996-01-05

作者简介:于强,男,1962年生。1994年在南京大学大气科学系获博士学位。主要从事小气候和植物生理生态研究。已发表多篇论文。现在工作单位:中国科学院大气物理研究所, LASG(北京2718信箱,100080)。上海植物生理研究所做博士后研究工作。

表1是不同季节水陆温度的日变化。可见,水温的日变化缓和,加之三峡水流湍急,一年中各季温度日变化约在 $1.0\sim 1.2^{\circ}\text{C}$ 左右。相比之下,山体土壤多砂石,植被稀少,温度日变化急剧。日较差冬季为 $14.5^{\circ}\text{C}$ ,春夏为 $25\sim 26^{\circ}\text{C}$ 。

表1 晴天、阴天水表和地表温度日变化

单位: $^{\circ}\text{C}$ 

Tab.1 Diurnal changes of temperature in soil and water surface in clear and cloud days

时间	1:00	4:00	5:00	6:00	7:00	10:00	13:00	14:00	15:00	16:00	19:00	22:00	日平均	日较差	
水 温	2月	10.7	10.5	10.6	10.7	10.7	11.1	11.5	11.7	11.7	11.4	11.0	10.9	11.0	1.2
	4月	19.9	19.9	19.9	19.9	20.0	20.7	20.8	20.9	20.9	20.7	20.4	20.3	20.3	1.0
	7月	24.3	24.3	24.4	24.6	24.5	24.8	25.5	25.4	25.2	25.1	24.7	24.6	24.8	1.2
地 温	2月	4.4	3.9	3.7	3.8	4.0	10.2	16.9	17.5	18.2	14.4	7.6	6.2	8.2	14.5
	4月	14.3	13.6	13.3	13.8	16.1	31.7	37.1	36.5	36.5	32.4	20.5	17.7	22.0	25.2
	7月	26.5	26.0	25.7	27.0	29.9	43.8	50.9	51.8	50.1	47.3	32.0	28.9	34.8	26.1

\* 2、4、7月温度分别为6、7、12天平均

水陆温度对比存在明显的季节变化。冬季(2月),夜间水温高于地温约 $7.0^{\circ}\text{C}$ ,白天水温低于地温约 $6.5^{\circ}\text{C}$ ,因此水体夜间起增温效应,白天起降温效应,日平均气温高于地温 $2.8^{\circ}\text{C}$ 。春季(4月),白天地温高于水温,午后达 $17.6^{\circ}\text{C}$ ,温度差异大于冬季;夜间,水温高于地温,最高 $6.6^{\circ}\text{C}$ ,日平均温度土壤高于水体,达 $1.7^{\circ}\text{C}$ 。夏季(7月),日照强烈,地面升温迅速,地温整日高于水温,由于水温日变化不大,午后地温达最高,故此时水陆温差最大,可达 $26.4^{\circ}\text{C}$ ,有时达 $40^{\circ}\text{C}$ 以上;夜间地温高于水温 $2^{\circ}\text{C}$ 以上,日平均温度高于水温 $10^{\circ}\text{C}$ 左右。水体整日起降温作用,以白天最明显,这与一般湖泊、水库有所不同。

## 1.2 气温

1.2.1 温度的日变化 以奉节剖面为例,选取谷地(0m)、坡地(280m)、山顶(600m)三个测点,研究温度的日变化特征。

温度的日变化受地形、高度、离水体远近等因素的影响。在谷地地形,白天温度较低,夜间较高,日较差小。但在干谷中,温度白天随高度递减,晚上为逆温。而在湿谷中,由于水体的存在,水体与谷地地形起相反的温度效应,两者相互消长,并有季节变化,因此湿谷中温度分布形式较为复杂,一般有两种类型:

递减型:温度随高度升高而下降;

逆温型:温度从谷底逐渐升高到一定高度,而后随高度递减。

图1(a)是不同高度处冬季温度的日变化。在冬季(2月),气温谷地最高,并随高度单调下降,白天和夜间均呈递减型分布,这种现象也为湿谷所独有。其形成原因是:白天谷地河谷有水体降温效应和谷地地形的增温效应。冬季水体白天的降温作用微弱,地形的作用占优势。谷地温度较高,气温随高度递减。夜间,谷地受水体增温作用和山地冷径流的影响。由于冬季夜间水体增温作用较强,谷地温度较高。因此,三峡河谷中,冬季,气温随高度全天都是递减的。这种递减,白天是地形、高度因子起主要作用,夜间主要是水体增温效应引起。

温度日变化的位相随高度有所不同。谷地和280m处的最高温度出现于16:00,山顶则出现于15:00左右。说明河谷下部明显受水体影响。温度递减率在下部较大,午后谷地至280m高度为 $0.64^{\circ}\text{C}/100\text{m}$ ,再往上为 $0.31^{\circ}\text{C}/100\text{m}$ 。

图1(b)是夏季不同高度处温度的日变化。在夏季(7月),气温以坡地某一高度处最高,

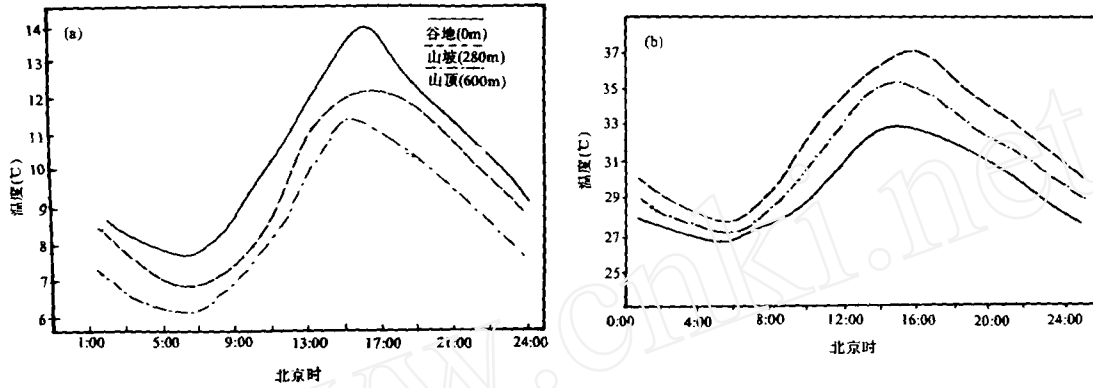


图 1 冬季(a)和夏季(b)不同高度处温度的日变化  
(晴天天平均,夏季 12 天,冬季 6 天,奉节,1959)

Fig. 1 The diurnal changes of temperature at different height in winter(a) and summer(b)  
(averaged in clear or cloud days, 6 in winter and 12 in summer, Fengjie, 1959)

山顶较低,谷地最低,白天和夜间均呈逆温型分布。究其原因,仍是由水体和谷地地形造成的。夏季水体白天降温作用强,远超过谷地地形的增温作用。夜间水体的温度效应较弱,谷地受冷径流作用形成冷湖。因此夏季三峡河谷温度分布,夜间与一般干谷相同;白天三峡为逆温分布,一般干谷为递减型分布。由此可见,由于水体和谷地地形有相反的温度效应,在水体温度效应较强的时段,如夏季白天和冬季夜间,以水体温度特征占优势。这时三峡河谷温度分布形式与干谷相异。

水体降温效应在午后最强,在 15 : 00 左右,三峡河谷下部气温递减率达  $-1.4^{\circ}\text{C}/100\text{m}$  以上,上部递减率为  $0.63^{\circ}\text{C}/100\text{m}$ 。可见三峡河谷温度差异夏季明显大于冬季。

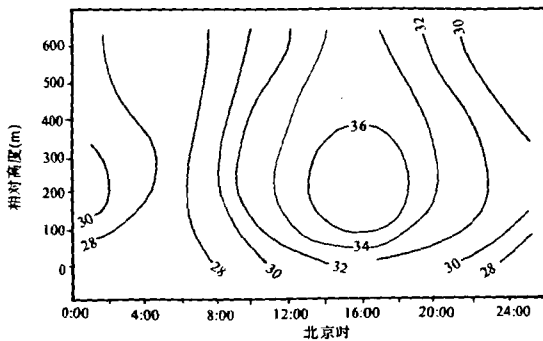


图 2 夏季气温的时空变化  
(晴天天 12 天平均,奉节,1959 年)

Fig. 2 The spatial changes and time courses in temperature in summer (averaged in 12 clear cloud days, Fengjie, July, 1959)

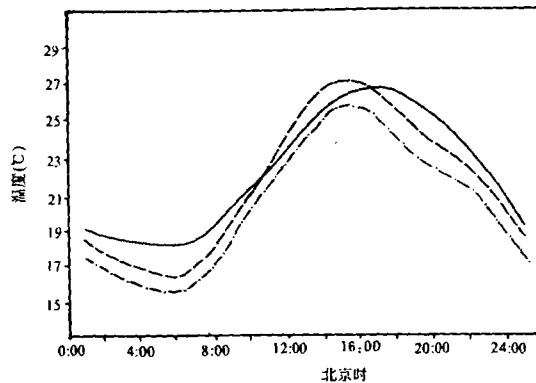


图 3 春季不同高度处温度的日变化  
(晴天 7 天平均,奉节,1959 年)

Fig. 3 The diurnal changes of temperature at different height in spring (averaged in 7 clear or cloudy days, Fengjie, April 1959)

三峡河谷夏季温度时空变化见图 2。可见,相对高度 200m 处为温度高值区,其上、下部

温度皆较低。日出以后,200m处温度升高较快,谷地温度上升较慢。约在15:00~16:00,温度的差异最大,数百米之内,温度可相差5℃以上。在16:00以后的降温阶段,200m左右处的高温带降温也较缓慢。

早晨河谷中温度差异不大(图1、2),而午后温差较大,因此,在高温带温度日较差也较大。夏季河谷受水体的影响、上部受自由大气的的影响较强,气温日较差均小。

图3为春季不同高度处温度的日变化。春季(4月),以山顶各时刻温度最低,谷地与山坡温度较高,由于春季的升温作用,坡地(280m处)温度白天已超过谷地,温度呈逆温型分布,表现为夏季的特征;夜间谷地的温度较坡地高,温度呈递减型分布,表现为冬季的特征。说明夜间的水体增温作用仍较显著。可见春季作为冬季的过渡季节,温度分布白天具有夏季特征,夜间具有冬季的特征。

与一般干谷相比,三峡河谷温度分布形式具有明显的季节变换,表2给出了三峡河谷与干谷气候特征及成因的对比。差异最终是水体的存在及其温度效应的季节变化造成的。

表2 三峡河谷与干谷温度分布形式的差异和成因

Tab. 2 The differences and cause of formation of temperature distribution in Three Gorges compared with dry valley

季节	地点	干谷	三峡	水陆温差*	成因
冬季	白天	递减	递减	-6.5	地形温度效应显著
	夜间	逆温	递减	6.6	水体增温效应显著
春季	白天	递减	逆温	-17.6	具有夏季特征
	夜间	逆温	递减	6.6	具有冬季特征
夏季	白天	递减	逆温	-26.4	水体降温效应显著
	夜间	逆温	逆温	-1.7	水体增温效应显著

\*数据取自表1。

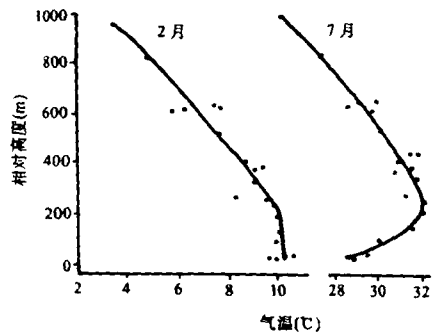


图4 月平均温度随高度的分布  
(巴东、春节、万县、涪陵,1959年2月、7月)  
Fig. 4 The monthly temperature changes with height (Badong, Fengjie, Wanxian and Fuling, Feb. and July 1959)

1.2.2 月平均温度 在一般山地,月平均温度随高度升高而降低(图4)。在三峡,冬季温度呈递减型分布。在相对高度200m以下,由于谷地地形的影响,平均温度变化不大;200m以上,温度递减率为 $0.75^{\circ}\text{C}/100\text{m}$ 。夏季温度呈逆温型分布。在相对高度200m左右,温度最高;200m以下,温度递减率为 $-1.5^{\circ}\text{C}/100\text{m}$ ;200m以上为 $0.77^{\circ}\text{C}/100\text{m}$ 。在200m以上,冬夏温度递减率相近,可能与水体有关<sup>[1]</sup>。

## 2 湿度

### 2.1 绝对湿度

一般山区,绝对湿度随高度呈指数

下降,三峡河谷也具有这种特征。表3是绝对湿度随高度和季节的变化。在河谷下部,由于

江面湿度大,绝对湿度随高度的递减也较迅速,在河谷上部则趋于缓慢。

绝对湿度随高度的变化,在夏季最大,春季次之,冬季最小,仅在 300m 以下递减明显。

表 3 绝对湿度随高度和季节的变化\*

Tab. 3 The change of absolute humidity with height and seasons

时间		1:00	4:00	5:00	6:00	7:00	10:00	13:00	14:00	15:00	16:00	19:00	22:00	日平均
2月	1#	9.4	9.4	9.2	9.4	9.4	9.5	9.9	9.8	9.2	9.1	9.8	9.9	9.6
	2#	7.1	7.2	7.3	7.3	7.0	7.5	7.4	7.6	7.7	7.5	7.4	7.6	7.2
	3#	7.0	7.0	7.0	7.0	6.9	7.2	7.5	7.7	7.5	7.5	7.4	7.6	7.2
4月	1#	17.4	17.2	16.8	16.9	17.3	16.6	16.0	15.4	13.3	15.2	16.0	19.2	16.7
	2#	14.2	14.6	14.7	14.7	14.7	14.8	13.3	12.8	12.0	12.1	13.0	13.9	13.8
	3#	13.6	13.5	13.8	13.9	13.9	14.8	12.8	12.9	11.9	11.9	12.6	13.3	13.2
7月	1#	28.3	28.6	28.4	28.4	28.6	28.1	26.4	26.3	25.7	26.9	27.5	28.6	27.7
	2#	23.2	23.6	23.7	23.6	25.3	23.8	22.0	21.5	21.6	21.3	21.4	22.8	23.0
	3#	22.5	22.4	22.7	24.2	24.3	24.4	22.8	22.3	22.2	21.5	21.2	21.7	22.7

\*2、4、7月绝对湿度分别为6、7、17天平均。1#、2#、3#分别代表3个测点,即谷底(江边,125m)、山坡(348m)和山顶(681m)。

## 2.2 相对湿度

相对湿度决定于绝对湿度和温度,不同位置,相对湿度的差异与这两个因素的差别程度有关。差别大的因子起主导作用。表4为不同季节相对湿度的日变化,可见相对湿度的特点是:谷地最大,山坡最小,山顶居中。即相对湿度自谷底随高度升高而减小,到一定高度以后逐渐增加。冬、春、夏季具有相同的形式,相对湿度具有明显的日变化,并与温度的日变化一致,早晨气温低,相对湿度大,午后气温最高,相对湿度也最小。

表 4 相对湿度随高度和季节的变化\*

Tab. 4 The change of relative humidity with height and seasons

时间		1:00	4:00	5:00	6:00	7:00	10:00	13:00	14:00	15:00	16:00	19:00	22:00	日平均
2月	1#	83	87	88	91	90	79	71	67	59	57	69	76	78
	2#	63	70	73	93	71	70	56	56	54	53	54	61	61
	3#	67	73	74	94	73	70	61	62	56	56	59	65	65
4月	1#	80	83	82	83	81	66	53	47	46	44	48	67	61
	2#	67	77	79	79	77	59	40	37	34	34	43	52	57
	3#	70	76	78	80	77	65	42	41	37	36	45	53	59
7月	1#	76	80	82	81	77	73	56	52	49	52	58	68	67
	2#	56	63	56	68	67	49	38	33	34	34	39	50	50
	3#	61	61	65	66	67	56	42	39	37	38	42	41	53

\*注同表3

图5是夏季相对湿度的时空变化。可见在谷地相对湿度最高,尤以早晨明显。在300m左右为相对湿度低值区,与温度高值区对应并略偏高(图2),表现出受绝对湿度随高度减小的影响,在300m以上,相对湿度渐次升高。综上所述,在300m以下,由于温度会出现递减或逆温两种情况,而绝对湿度总是递减,绝对湿度在河谷下部变化较大。因此绝对湿度对相对湿度分布起决定作用。在300m以上,相对湿度随高度递增。此时温度随高度递减,使相对湿度随高度增加,而绝对湿度的作用则相反,并且随高度变化不大。可见这时温度对相对湿度的分布起主导作用。但次要因子可以起到增强或削弱的作用。如冬季午后河谷温度较坡地高,温度使谷地相对湿度降低,削弱绝对湿度的作用。谷地相对湿度仅比坡地高4%。夏季午

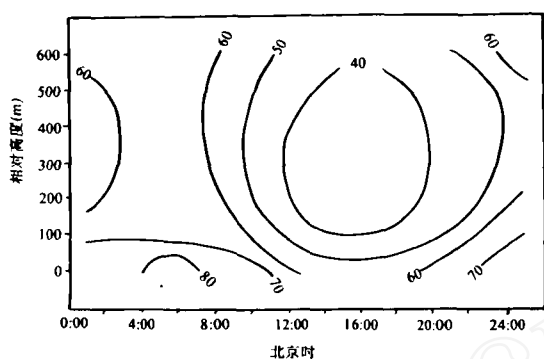


图5 夏季相对湿度的时空变化

(晴天12天平均, 季节, 1959年7月)

Fig. 5 The spatial changes and time course in temperature in summer (averaged in 12 clear or cloudy days, Fengjie, July, 1959)

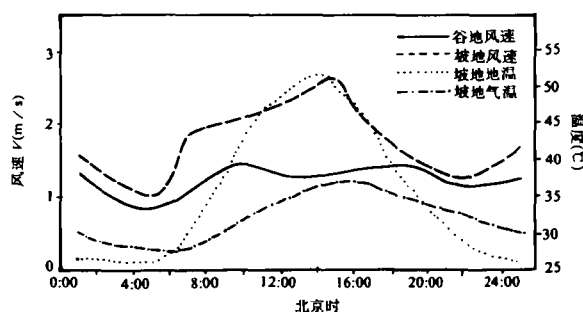


图6 三峡河谷局地风速和地温气温的日变化

(晴天12天平均, 季节, 1959年7月)

Fig. 6 The diurnal variations of local wind velocities and temperatures in soil and air (averaged in 12 clear and cloudy days, Fengjie, July, 1959)

后,河谷温度最低,谷地相对湿度比坡地高15%。

### 3 风

河谷中的风可分为两种,一是由天气系统带来的风,称为系统风;二是局地风,如山谷风、河陆风等。

#### 3.1 系统风

从平均情况看,河谷中的风速一般比平地小。实际上谷地中的风速变化在很大程度上依赖于谷地的性质及气流方向。长而平直的谷地,当风沿谷而吹时,因为在谷地中流区压缩,其风速将比平地加强,产生峡谷效应。反之,当风垂直谷地吹时,由于气流受阻,谷地中的风速将比平地减弱。三峡河谷约为平地中的0.2~1.6倍<sup>[1]</sup>。

#### 3.2 山谷风

山谷风通常是在一般环流微弱的少云天气最为发展。图6为夏季晴、云天气2m高度风速日变化。可见,山坡或谷地,在早晨日出以后2小时左右出现谷风,并随地面增热风速逐渐加强,午后达最大。尔后,因温度下降,风速便逐渐减弱,到傍晚谷风平息而代之以山风,并随着夜间近地层中的空气变冷,山风的风速逐渐加强。及至次日晨日出以后,山风逐渐减弱,最后被谷风取代。

在河谷中,河陆风与山谷风方向相同。水体的存在加强了河谷中的局地环流。这是河陆风与山谷风共同作用的结果<sup>[3]</sup>。

## 4 小结

三峡河谷,冬季气温呈递减分布。白天水体温度效应弱,谷地地形使河谷下部温度较高。夜间水体增温效应显著,抵消了冷径流的降温作用。夏季气温呈逆温分布。白天水体降温作用强,越靠近江面,温度越低,在相对高度200m以上,水体影响减弱,温度随高度降低。夜间水体温度效应弱,温度分布类似于一般干谷,呈逆温型。春季,温度分布白天具有夏季的特征,夜间有冬季的特征。

相对湿度以谷底最高,在相对高度300m左右最低,在相对高度300m以下,随高度增高

而降低,300m 以上随高度增高而增大。相对湿度在河谷下部主要由绝对湿度决定,在中上部主要由气温决定,相对湿度的日变化早晨最高,午后最低,与温度相反。

局地环流是山谷风与河陆风迭加的结果。风速以早晨、傍晚较低,午后最大,夜间次之,并有随高度而增大的现象<sup>[4]</sup>。

### 参 考 文 献

- 1 傅抱璞. 山地气候. 北京:科学出版社,1983
- 2 潘守文. 小气候考察的理论基础及其实用. 北京:气象出版社,1987
- 3 王 浩、傅抱璞. 干谷和湿谷边界层气候差异的数值研究. 地理研究,1992,11(3):1~10
- 4 于 强、陆佩玲. 湖泊对陆面辐射和热量过程的影响. 湖泊科学,1996,8(1):8~15

## A PRELIMINARY STUDY ON CLIMATIC CHARACTERISTICS AND CAUSE OF FORMATION IN THREE GORGES

Yu Qiang Peng Naizhi Fu Baopu

(Department of Atmospheric Sciences, Nanjing University, Nanjing 210008)

### Abstract

The microclimatic data observed at Three Gorges in Feb. , April and July 1959 are used and the main climatic characteristics and its cause of formation revealed. The effect of influencing factors such as height, topography and water body on the climate formation at Three Gorges and its changes in different seasons are analysed.

**Key Words** Climate, mountainous area ,water body, Three Gorges