

# 气象科学技术报告

第 012 号 *REPORT OF METEOROLOGICAL  
SCIENCE AND TECHNOLOGY*

陕西省气象科学研究所

# 秦岭太白山 秋季的小气候特点

李兆元 刘芳

陕西省气象科学研究所

1981.9

# 秦岭太白山秋季的小气候特点

陕西省气象科学研究所 李兆元 刘芳

## 一. 引言

秦岭山脉是我国气候的重要分界线，它把我省分为暖温带和北亚热带。主峰太白山是我国重要的自然保护区之一，是我省自然科学各学科和国内外科技工作者和大专院校进行暖温带和北亚热带植被、森林资源、药用植物、各类真菌、动物、气象、地质、土壤类型等多种学科科学研究，实习的基地；也是待开发的旅游胜地。为了研究山区，开发山区，充分发挥山区的优势，为科研、教学、生产等部门建设“四化”提供气候科学依据。我们于1980年9月12日至10月1日在秦岭主峰太白山，南北两面不同高度坡地、谷地、

山顶设置了四个测点进行为期20天的气候观测。测点布置如图1所示。观测项目有辐射；0.2米和1.5米高度的空气温度，湿度；0.5、10、15、20厘米深度的土壤温度；2米高度的风向风速；日照；降水；蒸发；各种天

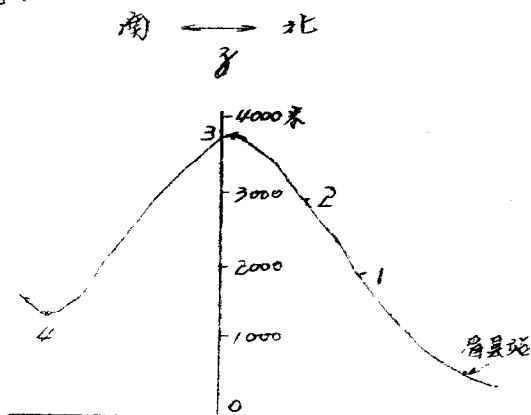


图1. 测点设置示意图

太白山秋季气候考察由陕西省气象科学研究所副所长郭福瑞主持，参加这次考察的有张敬球、李兆元、陆桂林、孙志学、秦莹、王爱新、刘芳、岳铁木、陈保国、王青文、王秀琴、谭安民等同志和安康气象台龚伯让、眉县气象台周吉龙同志。本文是在南京大学傅抱璞教授指导下完成的，由李兆元和刘芳同志执笔，参加分析工作的还有陆桂林同志。

气现象。还在南坡核桃坪谷地用小球测风和探空仪进行了温、压、湿观测。本文是根据这次考察资料以秦岭山地南北坡天气现象站长年气象资料分析秦岭太白山秋季的小气候特点。

观测的仪器是沙文诺夫——雅尼舍夫斯基式直接辐射表，雅尼舍夫斯基式翻转式天空辐射表，阿斯曼通风干湿表，DEM—6型轻便风筒风速表及其它一般气象站所采用常规仪器。每天在02.05.08.11.14.17.20.23共观测8次。

秋季在太白山进行气候考察已很困难，我们9月14—16日，22—24日，29—10月1日就遇到三次较强的冷空气侵袭，3000米以上地区已是初冬景象，出现降雪、积雪、结冰、雾凇和地冰花等天气现象。在主峰八仙台观测中，阿斯曼通风干湿表、轻便风速表，1.5米最高最低温表、地温表和雨量皿蒸发皿经常冻结，所以秋季在太白山已无人登山，取得观测资料也比较困难。

考察期间的天气情况是：9月13—17日连阴雨，降水另达大——暴雨，2850米以上山区出现了降雪和雾凇天气。9月20—22日为一次小雨天气；2850米以上山区出现了降雪、雾凇，顶峰八仙台出现罕见的地冰花，9月30日由于强冷空气侵袭，中山地区为小雨，2000米以上降了大雪。

## 二、辐射状况

### 1. 高山上的辐射特点

由于高山上空气稀薄，灰尘杂质和水汽含量比较少，所以太阳辐射从大气外界到达地面所受的损失小，因此，高山上的直接辐射、总辐射均比山麓平原多，散射辐射比山麓平原少，(表1)

### 2.

表1 西安和太白山主峰拔仙台1980年9月25日12<sup>35</sup>晴天辐射情况

| 站名 \ 项目 | 总辐射Q | 直接辐射S | 散射辐射D | 占总辐射% |    |
|---------|------|-------|-------|-------|----|
|         |      |       |       | S     | D  |
| 西安      | 1.07 | 0.79  | 0.28  | 74    | 26 |
| 拔仙台     | 1.35 | 1.23  | 0.12  | 91    | 9  |

从表1中可以看出,晴天正午时西安的总辐射为 $1.07 \text{ kJ/cm}^2 \cdot \text{分}$ ,直接辐射为 $0.79 \text{ kJ/cm}^2 \cdot \text{分}$ ;散射辐射为 $0.28 \text{ kJ/cm}^2 \cdot \text{分}$ ,直接辐射和散射辐射各占总辐射74%和26%,而太白山主峰拔仙台的总辐射为 $1.35 \text{ kJ/cm}^2 \cdot \text{分}$ ;直接辐射为 $1.23 \text{ kJ/cm}^2 \cdot \text{分}$ ,比西安多26%和56%,而散射辐射只有 $0.12 \text{ kJ/cm}^2 \cdot \text{分}$ ,比西安少51%,拔仙台的直接辐射占总辐射的91%,比西安所占的比例多17%,散射辐射只占总辐射的9%,比在西安所占的比例少17%。

晴天的总辐射、直接辐射和散射辐射日总量西安站为 $427.2$ ,  $298.2$ 和 $129.0 \text{ kJ/cm}^2 \cdot \text{日}$ ,而拔仙台则相应为 $592.2 \text{ kJ/cm}^2 \cdot \text{日}$ ,  $524.5 \text{ kJ/cm}^2 \cdot \text{日}$ 和 $67.7 \text{ kJ/cm}^2 \cdot \text{日}$ 。总辐射和直接辐射各比西安多39%和76%,而散射辐射比西安少48%。

图2是西安和拔仙台辐射各分量的日变化,它表明两者日变化趋势相同,且两者的差值是正午最大,早晨和傍晚最小。

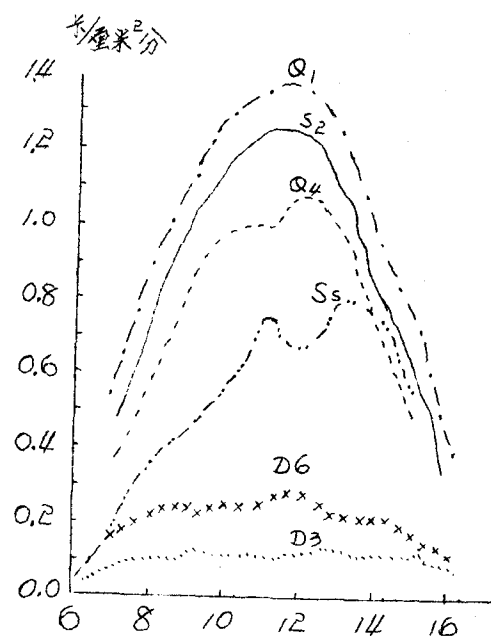


图2. 平地和高山辐射各分量对比  
1.2.3 秦岭太白山顶(海拔3767米)  
4.5.6 西安(海拔397米)  
1980年9月25日

## 2. 辐射随海拔高度的变化

秋季(9月)晴天辐射各分旁随海拔高度的变化特点和夏季(8月)基本相似。即总辐射和直接辐射都随海拔高度向上递增而散射辐射向上递减。按傅抱璞同志根据秦岭太白山夏季考察资料所求得的实验公式,确定系数,太白山秋季晴天的实验关系如下:

$$S_z = S_0 - (S_0 - S_R) e^{-0.000287(z - R)} \quad (1)$$

$$D_z = D_R e^{-0.000242(z - R)} \quad (2)$$

$$Q_z = Q_0 - (Q_0 - Q_R) e^{-0.000282(z - R)} \quad (3)$$

式中:  $S_R$ 、 $Q_R$ 、 $D_R$  和  $S_z$ 、 $Q_z$ 、 $D_z$  分别为海拔高度为  $R$  处和任意高度  $z$  处的直接辐射、总辐射和散射辐射,  $S_0$  和  $Q_0$  为大气外界的直接辐射和总辐射(实际上  $S_0 = Q_0$ )

根据文献[2]可将

① — ② — ③式改写为

$$S_z = S_0 - (S_0 - S_R) \left( \frac{P_z}{P_R} \right)^{2.0708} \quad (4)$$

$$D_z = D_R \cdot \left( \frac{P_z}{P_R} \right)^{1.5527} \quad (5)$$

$$Q_z = Q_0 - (Q_0 - Q_R) \left( \frac{P_z}{P_R} \right)^{2.1693} \quad (6)$$

式中  $P_z$  和  $P_R$  为海拔高度  $z$  和  $R$  处的气压。

## 三、温度状况

### 1. 气温的日变化

太白山秋季(9月12日—10月1日)温度的日变化如图3,它表明各高度变化趋势基本相同,但日振幅随海拔升高而减小,且南坡的日振幅大于北坡,这是因为南坡太阳辐射强度的日变

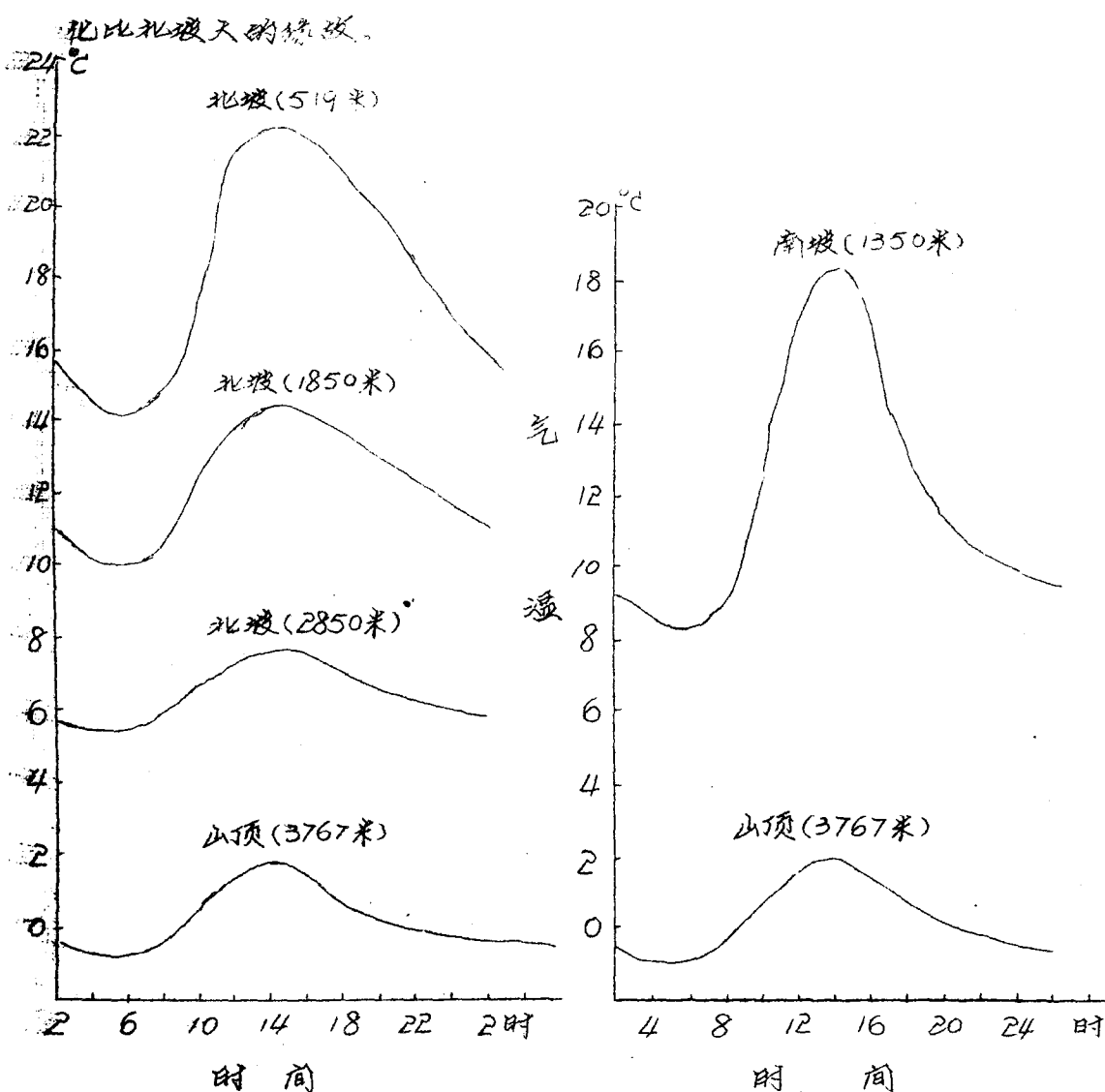


图3 秦岭太白山南北两面坡地上气温的日变化  
(1980年9月12 — 10月1日)

## 2. 气温随高度的变化

图4是秋季观测期间, 太白山南北坡气温随海拔高度的变化, 由此可以看出, 不论是晴天或20天的平均情况, 平均气温、最高气温和最低气温均随海拔高度的升高而递减, 且北坡高于

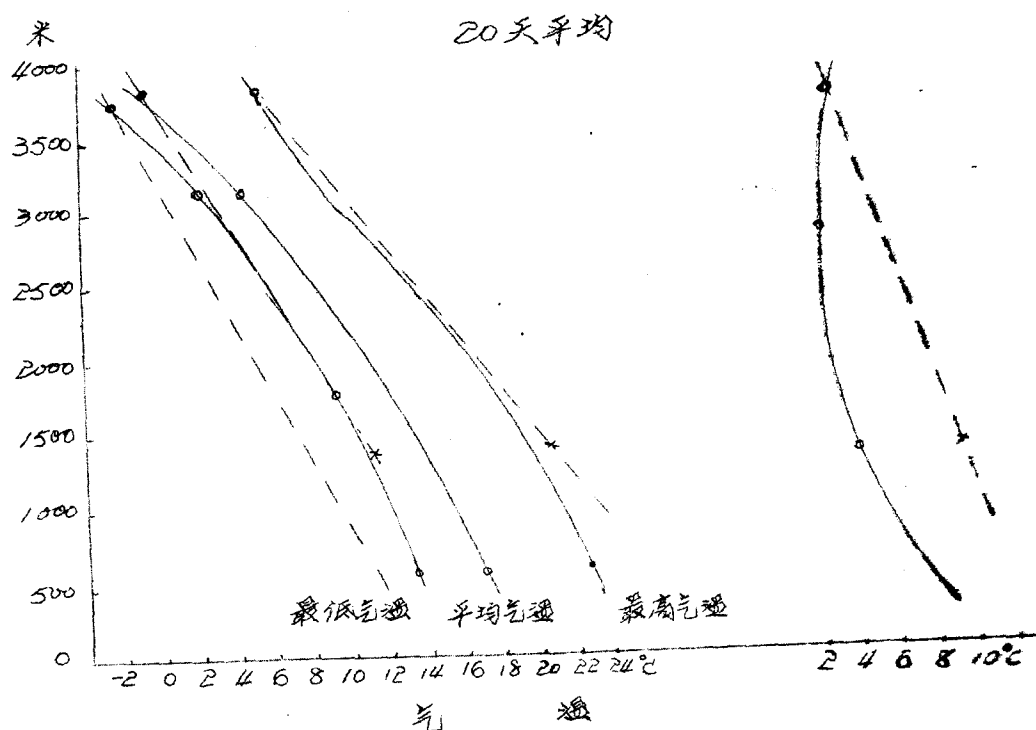
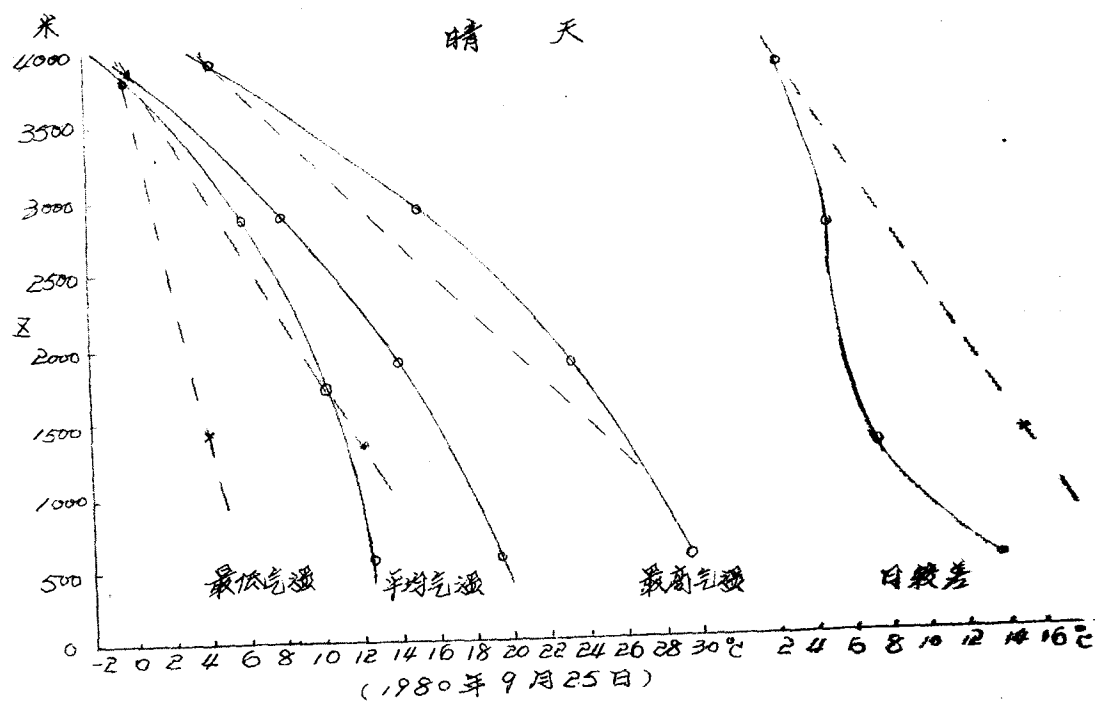


图4 秦岭太白山平均气温随高度的变化  
(1980年9月12日 — 10月1日)

南坡，在山地中下部晴天平均气温可高 $5^{\circ}\text{C}$ 左右，最低气温可高 $7^{\circ}\text{C}$ 左右，最高气温相差不大，气温日较差总的趋势是随海拔高度升高向上递减，且南坡大于北坡，在山地中下部可高 $7^{\circ}\text{C}$ 左右。

根据这些温度变化曲线可以求得在观测期间本台南北坡各种温度的递减率如表2。

表2 秦岭太白山初秋(9月12日-10月1日)各高度范围内的气温递减率( $^{\circ}\text{C}/100\text{m}$ )

| 平均情况  | 北坡                                                                                                          | 南坡                                |
|-------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------|
| 平均气温  | 500-1800m: 0.4; 1900-3000m: 0.5;<br>3100-3767m: 0.6                                                         | 500-1600m: 0.4<br>1600-3700m: 0.5 |
| 最高气温  | 500m-3767m: 0.6                                                                                             | 0.6                               |
| 最低气温  | 500-1800m: 0.3; 1900-2800m: 0.5;<br>2900-3767m: 0.6                                                         | 0.4                               |
| 气温日较差 | 500-1000m: 0.5; 1100-1600m: 0.5;<br>1700-2000m: 0.2; 2100-2700m: 0.1<br>2800-3000m: -0.2; 3100m-3767m: -0.1 | 0.3                               |
| 晴天情况  | 北坡                                                                                                          | 南坡                                |
| 平均气温  | 500-1600m: 0.4; 1700-2000m: 0.5;<br>2100-2500m: 0.6; 2600-3767m: 0.7                                        | 0.5                               |
| 最高气温  | 500-1000m: 0.4; 1100-1500m: 0.5<br>1600-2000m: 0.6; 2100-2500m: 0.7<br>2600-3000m: 0.8; 3100-3767m: 1.0     | 0.7                               |
| 最低气温  | 500-1500m: 0.2; 1600-1900m: 0.3<br>2000-2500m: 0.4; 2600-3400m: 0.6<br>3500-3767m: 0.7                      | 0.2                               |
| 气温日较差 | 500-1000m: 0.7; 1100-1500m: 0.5;<br>1600-2000m: 0.3; 2100-3767m: 0.2                                        | 0.5                               |

因秋季秦岭太白山气候考察，在北坡从山麓气象站到山顶共有四个测点，南坡只在1350米黄柏沱设了一个测点，故南坡的气温递减率只供参考。北坡秋季气温递减率的特点和夏季相似，一般都是最高气温最大，日平均气温次之，最低气温最小。但初秋气温随高度的变化，除最高气温递减率比较稳定外，日平均气温和最低气温递减率，均有随高度升高而逐渐增大的趋势。

势。而气温日较差则山麓递减的最快，向上逐渐缓慢，2800米至3767米转为向上缓慢递增。（参看表2：图4）

我们还根据秦岭山地及南北坡气象站长年平均观测资料，分析了10月平均气温、最高气温和最低气温随海拔高度的变化（图5和表3），

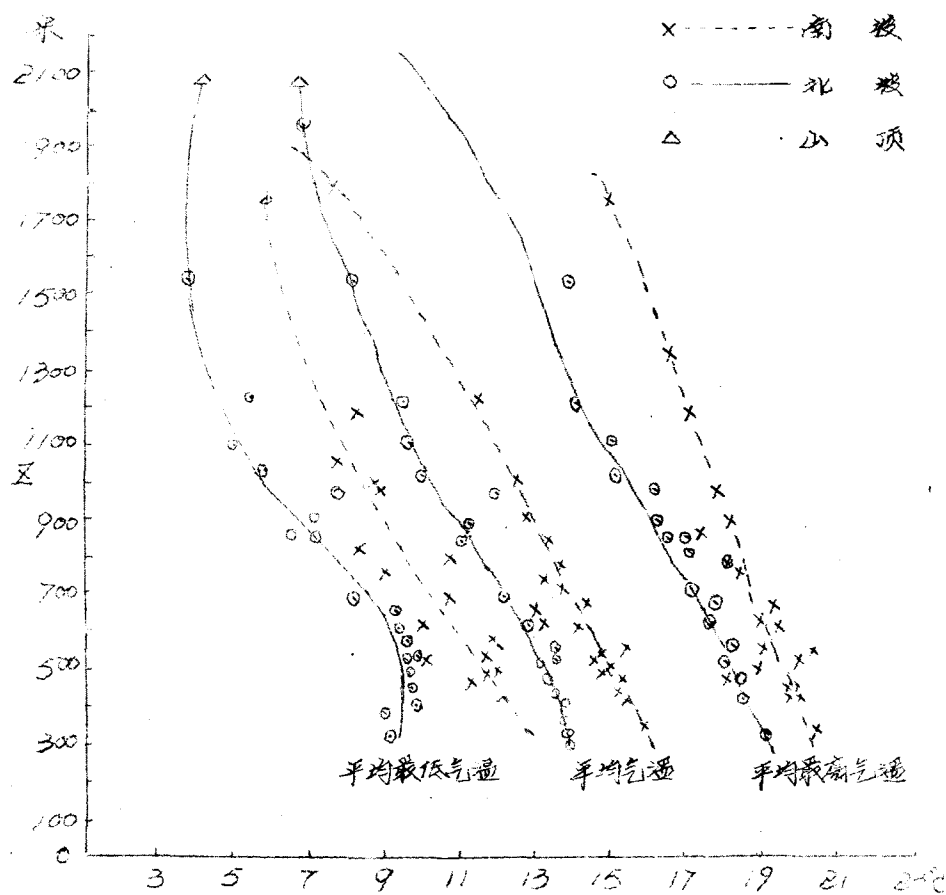


图5 秦岭山区气温随高度的变化

可以看出，秦岭山区10月气温的变化与9月大不相同，它是南坡各种温度都比北坡高；在1500米高度以下最低气温高 $2-3^{\circ}\text{C}$ ，最高气温高 $1-3^{\circ}\text{C}$ ，平均气温高 $2^{\circ}\text{C}$ 左右，同时

北坡在400—500米高度以下有明显的下层逆温，在1700米左右高度以上还出现第二层逆温，最大逆温递减率在600—1200米之间。

表3 秦岭山地气温随高度的递减率(°C/100m)

| 项目 \ 坡向    | 南 坡                                                                              | 北 坡                                                                                                                                                                                                |
|------------|----------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 平均气温       | 300-600m: 0.6°C; 600-1200m: 0.5°C;<br>1200-1600m: 0.65°C; 1600-1800m: 0.75°C     | 300-700m: 0.5°C; 700-1000m: 0.67°C;<br>1000-1700m: 0.4°C; 1700-2100m: 0.2°C                                                                                                                        |
| 平均最高<br>气温 | 300-1000m: 0.37°C<br>1000-1200m: 0.33°C<br>1200-1800m: 0.42°C                    | 300-600m: 0.5°C; 600-1000m: 0.58°C<br>1000-1200m: 0.6°C; 1200-1600m: 0.4°C<br>1600-2100m: 0.6°C                                                                                                    |
| 平均最低<br>气温 | 300-800m: 0.7°C<br>800-1200m: 0.55°C<br>1200-1600m: 0.33°C<br>1700-1800m: 0.15°C | 300-400m: -0.2°C; 400-500m: 0.0°C;<br>500-600m: 0.4°C; 600-800m: 0.75°C<br>800-1000m: 0.85°C; 1000-1200m: 0.6°C<br>1200-1400m: 0.3°C; 1400-1600m: 0.15°C<br>1600-1800m: 0.0°C; 1800-2100m: -0.13°C |

### 3. 太白山核桃坪谷地中温度的时空变化

图6是9月27日晴天在太白山南坡核桃坪谷地和西安平地同时用探空仪所测得的气温上升曲线。由此可见，夜间谷地的气温明显地低于平地，且高度愈低，相差愈大。谷地在地面附近几百米内的气温可比西安同高度的气温低5°C左右。但在海拔3500米高度以上，二者的差别已不大明显，说明地形的影响已开始消失。此外，值得注意的是早晨7时谷地中在离地面1000米高度以下有明显的等温或逆温分布，表示谷地中夜间有冷空气沉积现象。

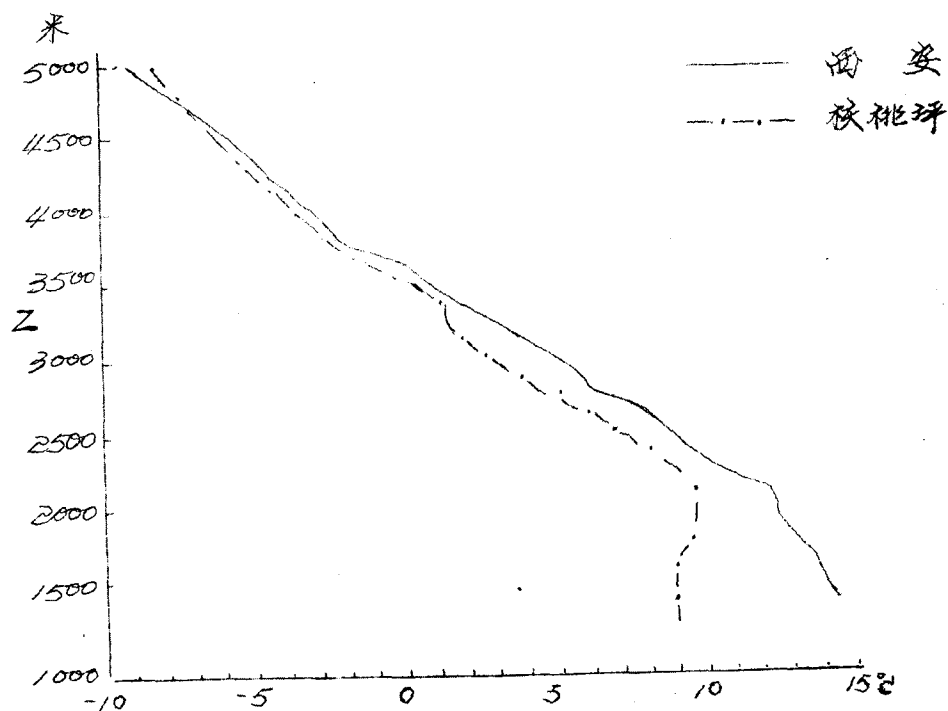


图6① 秦岭太白山南坡核桃坪谷地和西安1980年9月27日温度随海拔高度的变化 (探空资料)

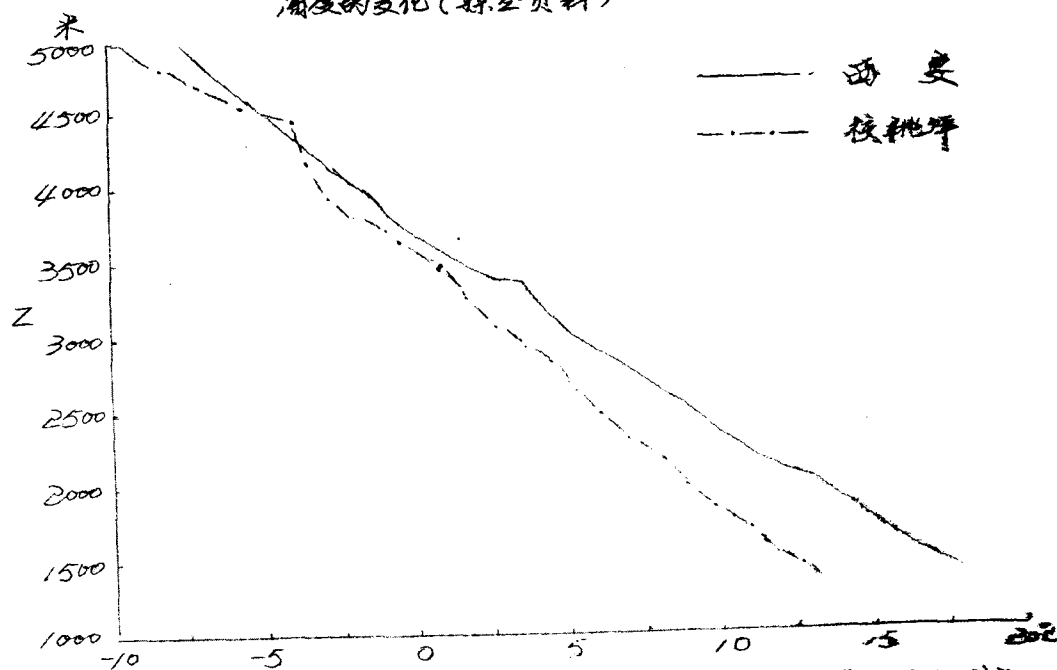


图6② 秦岭太白山南坡核桃坪谷地1980年9月27日温度随海拔高度的变化 (探空资料)

#### 4. 秦岭山地秋季(10月)平均气温的水平分布

为了真正反映由于秦岭大地形影响所造成的气候差异,必须将各地位于不同海拔高度上的气象站所测得的各气象要素值按该地区各该要素随海拔高度的变化规律(即根据各该要素随海拔高度的递减率或随高度的变化曲线)订正到同一标准高度以消除海拔高度的影响。图7,就是根据平均气温随高度变化

曲线将秦岭山地 $32^{\circ}\text{N}$ 至 $35^{\circ}\text{N}$ 各测站的多年平均气温订正到500米高度(为相当于秦岭山地山麓大多数气象站的平均高度)上所绘出的水平分布图。由此可以看出,秦岭山地海拔500米高度上秋季10月平均气温的等温线也基本上和秦岭、巴山山地的地形

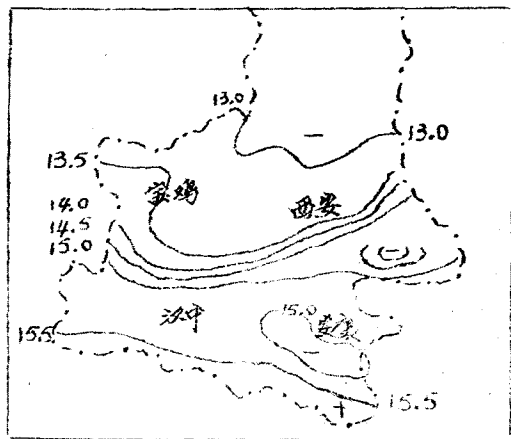


图7. 秦岭山地在500米海拔高度上10月份平均气温的水平分布

平行。南北高差为 $6.0^{\circ}\text{C}$ 左右,关于平层,渭北高差西北部以秦岭山地北坡的部分地区在 $13.0-13.5^{\circ}\text{C}$ 之间, $14.0^{\circ}\text{C}$ 及 $14.5^{\circ}\text{C}$ 等温线穿过秦岭分水岭,秦岭山地大部分地区平均气温在 $12.5^{\circ}\text{C}-15.0^{\circ}\text{C}$ 之间,秦岭山地东部山阳、丹凤气温稍低为 $14.0^{\circ}\text{C}$ ,秦岭南坡到巴山山区平均气温为 $14.8^{\circ}\text{C}-15.5^{\circ}\text{C}$ ,其中汉江河谷比较低为 $14.8^{\circ}\text{C}-15.1^{\circ}\text{C}$ ,巴山山区平均气温最高,平均气温分布的总趋势是由北向南递增,南北相差 $2.0^{\circ}\text{C}$ 左右。10月份已夹中秋,常有比较强的极地冷空气南下,暖湿海洋性气团已经南退出海,蒙古高压迅速增强,这时气温速降,从图7

已可看出秦岭山地的升降作用。

#### 四、湿度状况

##### 1. 绝对湿度的日变化

在山麓平原绝对湿度的日变化，一般呈双峰型，每天有两个最高和两个最低值。秋季（9月晴天）山麓站符合这个规律，但在海拔1350米高度以上，不论南坡或北坡绝对湿度的日变化都呈单峰型，与山麓的日变化刚刚相反，最小值出现在日出（6时）前后，最大值在午后（14时）左右，且有随海拔愈高最小值和最大值出现的时间有所提前，而日变化的振幅愈小的特点。在南坡登地的黄柏沱绝对湿度的日变化也同样呈单峰型（参见图8）。

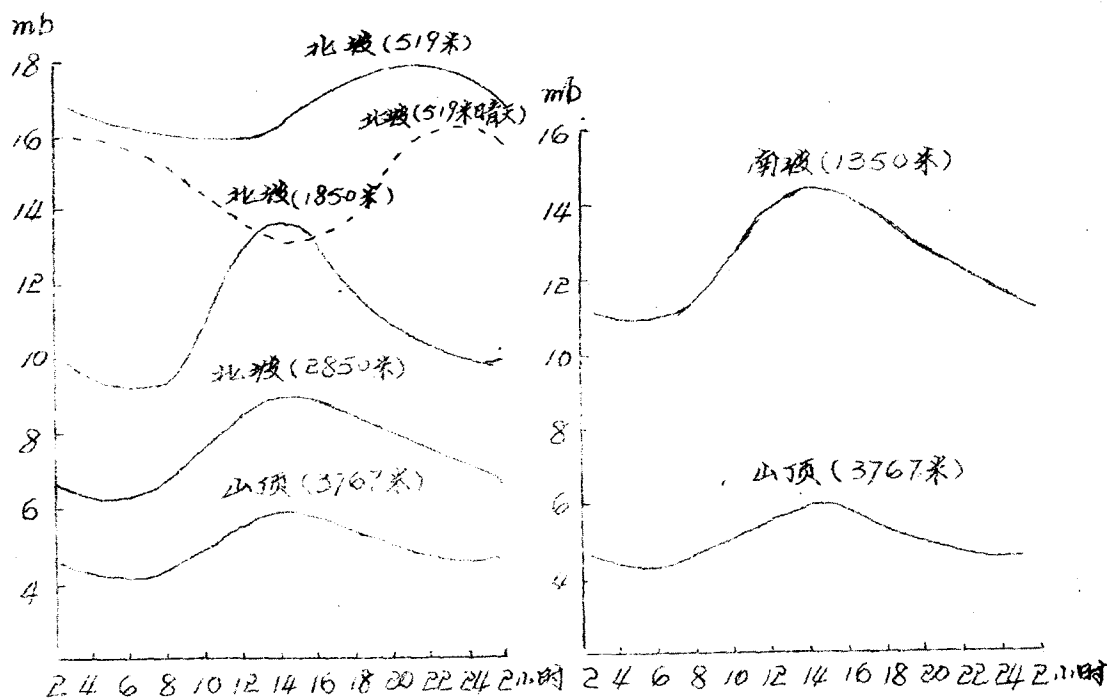


图8. 秦岭太白山南北坡绝对湿度( mb )的日变化

(1980年9月12日—10月1日)

## 2. 相对湿度的日变化

太白山秋季(9月)相对湿度日变化在北坡山麓和南坡谷地是一般常见的草席型, 最大值均出现在日出(6时)前后, 最小值出现在午后(14时左右), 气温最高的时候。但是在北坡1850米以上相对湿度日变化和山麓刚好相反, 最小值出现在日出(6时)前后, 最大值出现在午后(14时)前后。(参看图9)

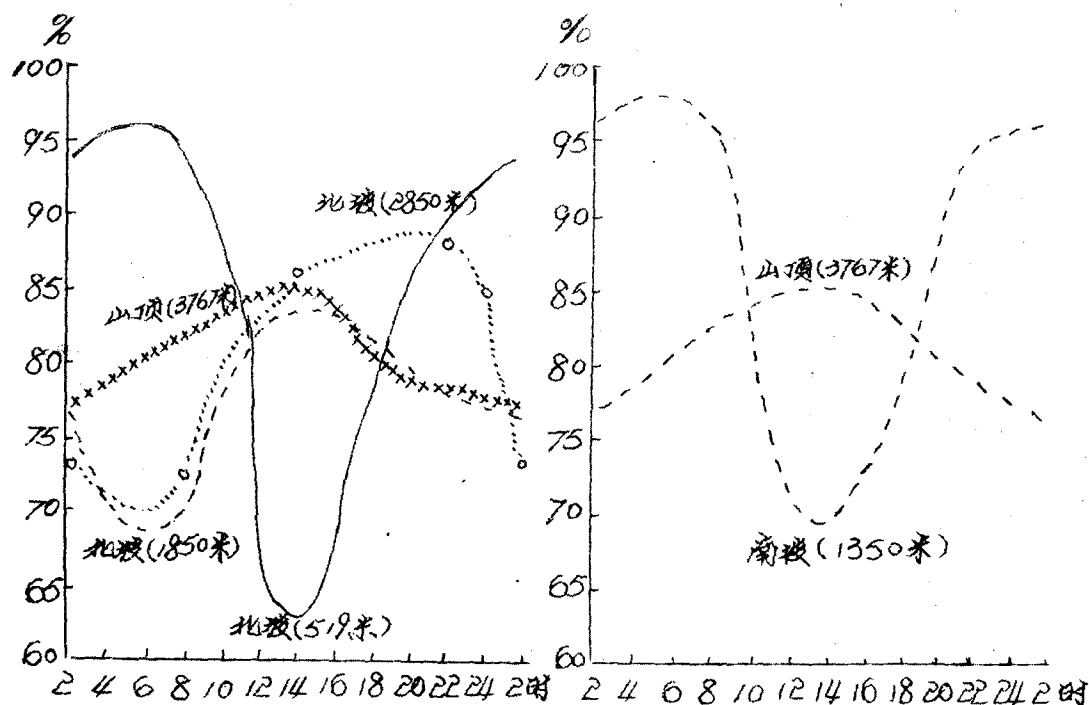


图9. 秦岭太白山南北坡相对湿度的日变化

## 3. 绝对湿度随海拔高度的变化

太白山北坡秋季(9月)日平均绝对湿度随海拔高度的变化是很有规律的按高度的指数向上减小, 可用以下类似于夏季的实验公式表示:

$$C_z = C_h \cdot 10^{-c(z-h)} \quad (7)$$

式中  $C_R$  和  $C_g$  代表山麓高度  $R$  和任意高度  $g$  处的绝对湿度。  
 $C$  为常数，在观测期间其值为  $0.0001532 \text{ 米}^{-1}$ 。

图10中的实线是根据实验公式⑧的计称曲线，用各种不同符号表示的点是观测数据。由此可见，计称值和观测值是非常吻合的。

从图10，还可以看出秋季（9月）太白山南坡各地的绝对湿度，平均要比同高度的北坡小  $0.8 \text{ mb}$ 。

秋季（10月）多年平均绝对湿度随海拔高度的变化也同样符合实验公式⑧，唯参数稍有不同，在南坡为  $0.000132$ ，在北坡为  $0.0001474$ 。在  $2000$  米高度以下，南坡的绝对湿度均比北坡大  $1 - 2 \text{ mb}$ 。

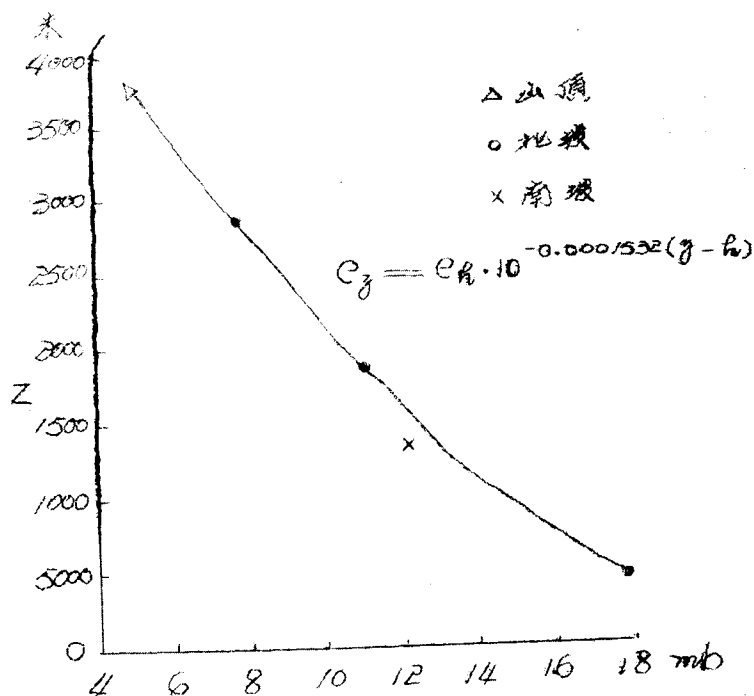


图10. 秦岭太白山南北坡绝对湿度  $C_g$  随海拔高度  $Z$  的变化 (1980年9月12日 — 10月1日)

#### 4. 相对湿度随海拔高度的变化

太白山秋季相对湿度随海拔高度的变化值和观测，其晴天和平均情况也很不一样（图11）。即使就10月多年平均的情况来看也是如此（图12）。这时南坡的相对湿度先是从下迅速向上递减，在  $800$  米高度左右出现最小值，然后南坡内迅速向上

递增。而北坡的相对湿度先是随高度从下向上递增，在700米以上到1500米之间几乎保持不变，在1500米以上先是开始向上递减，在1700米以上到2000米之间变为急减。这显然是与这时秦岭南北坡各高度的云雾分布特点有关。

图12中还可以看出，在300—700米山麓和低山区南坡相对湿度比北坡大，700—1100米秦岭中山地区比较复杂，但仍可以看出北坡相对湿度大于南坡，1100—2065米中高山地区南坡的相对湿度又远大于北坡。

### 5. 湿度的水平分布

消除海拔高度的影响，将秦岭山地各气象站的绝对湿度用公式⑧，相对湿度用图12统一订正到标准高度500米以后，可以得出秦岭山区秋季（10月）多年平均的湿度分布如图13和图14所示。从图13可以看出秦岭山区秋季（10月）的绝对湿度由南向北递减，关中平原东部、北部及渭北高原最小，陕

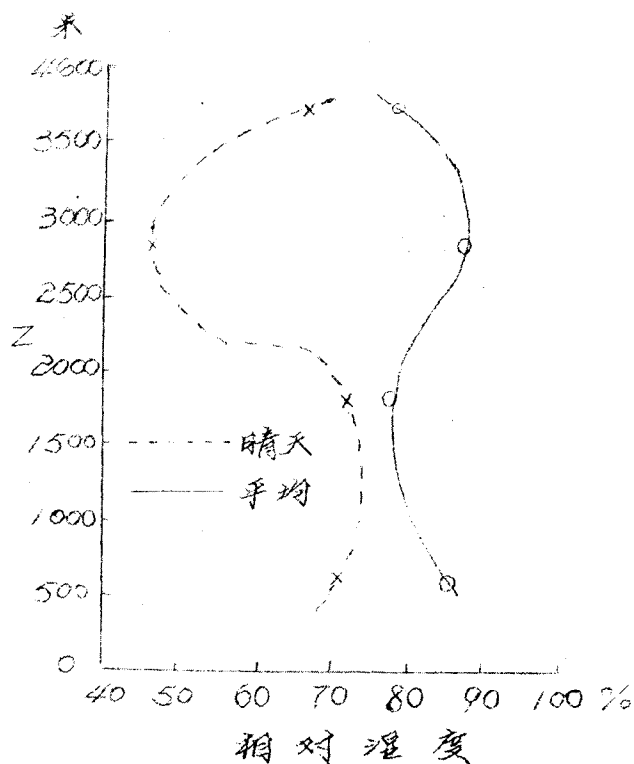


图11. 秦岭山区秋季(9月12日—10月1日)平均相对湿度和9月晴天相对湿度随海拔高度的变化