

中国科学院  
兰州冰川冻土研究所集刊

第 3 号

科学出版社

56.379

# 中国科学院 兰州冰川冻土研究所集刊

第 3 号

(我国西部冰川冻土发育的热量条件)

科学出版社

1982

## 内 容 简 介

本号《集刊》刊载的有关我国西部高原高山地区气候研究的十三篇论文,分三个部分:辐射气候、冰川气候和冻土气候。集中反映了二十年来我国高原高山地区辐射气候的研究,冰川发育的水热条件探讨,以及高原冻土融化计算等成果,内容比较丰富。

文章中大部分结论是在密切结合青藏高原及其邻近高山地区冰川、冻土考察及生产建设的基础上总结出来的,在生产实践和理论上都有一定的价值。可供地理、气象、土木工程、冰川、冻土工作者和高校有关师生以及其他生产部门的科技干部参考。

## 中 国 科 学 院 兰州冰川冻土研究所集刊

第 3 号

(我国西部冰川冻土发育的热量条件)

中国科学院兰州冰川冻土研究所 编辑

\*

科 学 出 版 社 出 版

北京朝阳门内大街 137 号

中国科学院印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

\*

1982 年 2 月第 一 版 开本:787×1092 1/16

1982 年 2 月第一次印刷 印张:8

印数:0001—1,350 字数:178,000

统一书号:13031·1824

本社书号:2482·13—13

定 价: 1.65 元

## 前 言

现代冰川和多年冻土是地表水热平衡的产物。水热状况影响着冰川、冻土的形成、作用规模以及发育趋势；冰川、冻土的存在又影响着所在地区的水热状况。因此，研究冰川和冻土表面的热量平衡组成，是剖析冰川、冻土发育及其对环境影响的一个重要方面。

20 年来，我所气候工作者在祁连山、天山、喀喇昆仑山、喜马拉雅山、念青唐古拉山以及青藏高原腹部等现代冰川和多年冻土地区先后进行了多次的太阳辐射和热量平衡观测，尤其是 1975—1976 年在青藏高原风火山地区进行了周年太阳辐射与地表热量平衡的观测研究，积累了一批有价值的资料。

本文集在上述实测资料的基础上，结合青藏高原地区气象台站资料，建立了青藏高原总辐射和有效辐射的计算模式；提出了确定地表反射率的方法；详细讨论了总辐射、有效辐射、地面反射率和辐射平衡的时空分布规律以及高原隆起对辐射平衡各分量的影响。提出了青藏高原海拔 5000 米以下地区冬、夏均为热源的结论，并计算了高原地表向大气的供热量。建立了多年冻土季节融化深度与总辐射的关系模式。应用热量平衡方法计算了多年冻土表面的放热系数。此外，根据高山冰雪地带气象观测资料，对我国冰川地区的太阳辐射特点、冰川表面热量平衡组成以及冰川表面气温状况作了全面讨论。首次计算了冰川地带不同坡向、坡度上的太阳辐射到达量和不同下垫面上的辐射平衡，从而指出我国西北高山冰川积累、消融以及冰川分布受太阳辐射影响显著这一基本事实。

本文集中涉及的观测项目以及所用仪器，在此统一说明，不再在每篇文章中赘述。

观测项目有：太阳直接辐射、天空散射辐射、总辐射、反射辐射以及辐射平衡；近地层 20, 50, 100, 150 (200) 厘米至 1000 厘米高度的温、湿、风速梯度；日照、蒸发(包括雪面蒸发)、冰面径流；5, 10, 15 以及 20 厘米深的冰层(冻土层)温度梯度，在冻土地区还用热流板直接测定了 0, 5, 15 厘米深的地中热通量。

所用仪器有：苏式 AT-50 型日射表，ГПЗ×3 型天空辐射表或 АПЗ×3 型反射率表，M-10 型辐射平衡表以及 EKO 有限公司制造的净辐射表 (CN-1)；另外在工作期间还用一台埃斯川姆补偿式日射表对直接辐射表作了订正；总辐射和辐射平衡的观测用 EKO 灵敏电位计进行自动记录。用通风干湿表、电阻温度表、半导体温度表以及旋杯式风速表作了温、湿、风以及地表、地中温度的观测。

本文集是我所近 20 年来冰川、冻土地区气象工作的小结，是气候组同志在冰川室与冻土室等各有关方面支持下的集体劳动成果。

在文章撰写过程中，曾得到施雅风、高由禧教授的指导和谢自楚、汤懋苍副教授的帮助，在此一并致谢。

本集由袁远荣编辑。文中插图由王银学、李玉芳、祝国存和杨济良清绘。何兴对本文集大部份稿件阅过并提出意见。

1980 年 4 月

# 中国科学院兰州冰川冻土研究所集刊 第3号

(我国西部冰川冻土发育的热量条件)

## 目 录

|         |         |
|---------|---------|
| 前言..... | ( iii ) |
|---------|---------|

### 辐 射 气 候

|                  |                        |
|------------------|------------------------|
| 青藏高原总辐射研究.....   | 寇有观 曾群柱 谢维荣 萧 铎 ( 1 )  |
| 青藏高原地区的反射率.....  | 谢维荣 孙启德 李建人 ( 13 )     |
| 青藏高原有效辐射研究.....  | 萧 铎 李存法 李建人 ( 18 )     |
| 青藏高原辐射平衡的研究..... | 曾群柱 寇有观 谢维荣 萧 铎 ( 32 ) |

### 冰 川 气 候

|                          |                        |
|--------------------------|------------------------|
| 我国西北高山冰川气温的某些特征.....     | 谢维荣 寇有观 李文忠 ( 53 )     |
| 我国西北高山冰雪地区太阳辐射研究.....    | 谢维荣 寇有观 谢应钦 ( 60 )     |
| 不同坡向热量状况与冰川积累、消融的关系..... | 谢维荣 寇有观 曾群柱 萧 铎 ( 67 ) |
| 祁连山东部山地草甸蒸发的研究.....      | 王中隆 谢维荣 ( 77 )         |
| 西藏古乡海洋性冰川发育的水热条件.....    | 王中隆 邓养鑫 曾祥银 ( 82 )     |
| 中国冰川表面的热平衡.....          | 寇有观 谢维荣 萧 铎 李文忠 ( 91 ) |
| 我国高山冰雪融化的太阳能潜力.....      | 寇有观 谢维荣 张永亮 ( 102 )    |

### 冻 土 气 候

|                         |                             |
|-------------------------|-----------------------------|
| 青藏高原冻土季节融化和太阳辐射的关系..... | 寇有观 李存法 ( 109 )             |
| 冻土放热系数的观测研究.....        | 寇有观 曾群柱 李维新 李建人 孙启德 ( 116 ) |

# MEMOIRS OF LANZHOU INSTITUTE OF GLACIOLOGY AND CRYOPEDOLOGY ACADEMIA SINICA

No. 3

## CONTENTS

|               |       |
|---------------|-------|
| Preface ..... | ( 3 ) |
|---------------|-------|

### Radiation Climate

|                                                                     |  |
|---------------------------------------------------------------------|--|
| Investigation of Global Radiation on Qinghai-Xizang Plateau. ....   |  |
| .....Kou Youguan, Zeng Qunzhu, Xie Weirong and Xiao Shu ( 1 )       |  |
| The Albedo of Qinghai-Xizang Plateau Region .....                   |  |
| ..... Xie Weirong, Sun Qide and Li Jianren ( 13 )                   |  |
| Investigation of Effective Radiation on Qinghai-Xizang Plateau..... |  |
| ..... Xiao Shu, Li Cunfa and Li Jianren ( 18 )                      |  |
| Investigation of Radiation Balance on Qinghai-Xizang Plateau .....  |  |
| ..... Zeng Qunzhu, Kou Youguan, Xie Weirong and Xiao Shu ( 32 )     |  |

### Glacial Climate

|                                                                                             |  |
|---------------------------------------------------------------------------------------------|--|
| Some Characteristics of Air Temperature at Alpine Glacier in Northwest China.....           |  |
| ..... Xie Weirong, Kou Youguan and Li Wenzhong ( 53 )                                       |  |
| Investigation on Solar Radiation at Alpine Ice-Snow Zone in Northwest China .....           |  |
| ..... Xie Weirong, Kou Youguan and Xie Yingqin ( 60 )                                       |  |
| The Effect of Heat Regime of Different Slopes on Accumulation and Ablation of Glacier       |  |
| ..... Xie Weirong, Kou Youguan, Zeng Qunzhu and Xiao Shu ( 67 )                             |  |
| Investigation of Evaporation on Alpine Meadow Zone in Eastern Qilian Shan.....              |  |
| ..... Wang Zhonglong and Xie Weirong ( 77 )                                                 |  |
| The Water-Heat Conditions of the Development of Maritime Glacier in Guxiang,<br>Xizang..... |  |
| ..... Wang Zhonglong, Deng Yangxin and Zeng Xiangyin ( 82 )                                 |  |
| The Heat Balance on Glacial Surface in China .....                                          |  |
| ..... Kou Youguan, Xie Weirong, Xiao Shu and Li Wenzhong ( 91 )                             |  |
| The Potential of Solar Energy for Melting Ice and Snow at High Mountains in China           |  |
| ..... Kou Youguan, Xie Weirong and Zhang Yongliang ( 102 )                                  |  |

### Permafrost Climate

|                                                                                                         |  |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|
| The Relation between Seasonal Melt of Permafrost and Solar Radiation on Qinghai-<br>Xizang Plateau..... |  |
| ..... Kou Youguan and Li Cunfa ( 109 )                                                                  |  |
| Experimental Study of the Emission Coefficient of Permafrost .....                                      |  |
| ..... Kou Youguan, Zeng Qunzhu, Li Weixin, Li Jianren and Sun Qide ( 116 )                              |  |

# 青藏高原总辐射研究

寇有观 曾群柱 谢维荣 萧 铎

太阳辐射是地表面热量的主要来源。地球上冷暖交替、气象万千的变化,皆因太阳辐射热在地球表面的分配差异所致。地处中、低纬度的青藏高原发育着大规模的冰川和冻土,其形成和演变主要受高原上独特的太阳辐射条件制约。左大康<sup>[1]</sup>、萧文俊<sup>[2]</sup>和王炳忠<sup>[3]</sup>等曾对我国总辐射作过一些计算和分析。随着国民经济的发展,高原地区日射台站增加,中国科学院兰州冰川冻土研究所在高山高原地区进行了多次科学考察,尤其是1975—1976年在高原腹地风火山(34°43'N, 92°52'E,海拔高度 4745 米)进行的周年辐射热平衡观测,为深入研究青藏高原的总辐射提供了有利的条件。

## 一、高原可能总辐射

计算实际总辐射有各种公式,其基本形式为:

$$Q = Q_0 f(n) \quad (1)$$

式中:  $Q$ ——实际总辐射;

$Q_0$ ——可能总辐射;

$n$ ——天空遮蔽状况,以日照百分率或总云量表示。

选取海拔高度 4000 米以上的日射观测点风火山、楚玛尔、那曲、珠穆朗玛峰绒布寺和阿里地区的噶尔; 3000—4000 米的日射站玉树、拉萨、昌都和峨眉山; 2000—3000 米的日射站西宁和格尔木; 1000—2000 米的日射站敦煌、库车、喀什、民勤、和田、兰州、腾冲、昆明、昭通; 低于 1000 米的日射站若羌、哈密、伊宁、乌鲁木齐、成都、长春、哈尔滨、宜昌、上海、吐鲁番, 分别点绘各站有观测记录以来直到 1975 年的晴天无云、大气透明度良好情况下到达地面的最大总辐射图, 求出各站各月的可能总辐射总量, 以及全年和夏半年(4—9月)的总量。这些站点分布的范围是, 海拔高度 4.5—5027 米, 纬度 25°N—45.7°N。

为统计可能总辐射与纬度和高度的关系, 假定回归方程为:

$$Q_0 = b_0 + b_1 \phi + b_2 \phi^2 + b_3 h + b_4 h^2 \quad (2)$$

式中:

$Q_0$ ——可能总辐射总量(卡/厘米<sup>2</sup>);

1) 王炳忠: 青藏高原地区总日射计算方法初探。1973 年。

$\phi$ ——纬度(度);

$h$ ——海拔高度(米);

$b_0, b_1, b_2, b_3, b_4$ ——相应各项的回归系数。

采用显著性水平  $F_{0.1}$ , 在电子计算机上用逐步回归方法对 14 个不同时段的可能总辐射分别统计它们与纬度和高度的关系, 所得结果列于表 1。

表 1 可能总辐射与纬度和高度相关的回归系数\*

| 项 目 \ 时间(月) | 1      | 2      | 3      | 4     | 5        | 6     | 7     |
|-------------|--------|--------|--------|-------|----------|-------|-------|
| $b_0$       | 30229  | 29429  | 21318  | 19014 | 22825    | 18411 | 18772 |
| $b_1$       | -891.8 | -804.5 | -135.3 | 0     | 0        | 98.46 | 78.9  |
| $b_2$       | 8.30   | 8.23   | 0      | 0     | 0        | 0     | 0     |
| $b_3$       | 0.69   | 0.66   | 0.80   | 0.89  | 0        | 1.07  | 1.15  |
| $b_4$       | 0      | 0      | 0      | 0     | 0.000168 | 0     | 0     |
| $F$ 值       | 86.11  | 73.29  | 59.16  | 53.23 | 56.43    | 47.77 | 43.75 |
| 复相关系数       | 0.909  | 0.894  | 0.814  | 0.655 | 0.668    | 0.780 | 0.764 |

| 项 目 \ 时间(月) | 8     | 9     | 10     | 11     | 12     | 年       | 4—9 月  |
|-------------|-------|-------|--------|--------|--------|---------|--------|
| $b_0$       | 20157 | 19935 | 17842  | 15941  | 20461  | 239199  | 122096 |
| $b_1$       | 0     | -86.5 | 0      | 0      | -326.0 | -1302.9 | 0      |
| $b_2$       | 0     | 0     | -2.80  | -3.95  | 0      | 0       | 0      |
| $b_3$       | 0.997 | 0.87  | 0.64   | 0.46   | 0.47   | 9.59    | 5.64   |
| $b_4$       | 0     | 0     | 0      | 0      | 0      | 0       | 0      |
| $F$ 值       | 96.42 | 67.59 | 130.00 | 129.92 | 103.34 | 92.00   | 101.61 |
| 复相关系数       | 0.775 | 0.834 | 0.906  | 0.906  | 0.884  | 0.872   | 0.784  |

\* 表中零系数表示没有显著相关;  $F = \frac{\text{回归均方}}{\text{剩余均方}}$ , 用于对整个回归进行显著性检验。

从表 1 可以看出, 在所讨论的纬度和高度范围内, 一年中 4, 5, 8 月的可能总辐射与纬度没有明显相关, 只与高度有明显相关。其他九个月中, 虽与纬度有显著相关, 但多数月份中, 可能总辐射与高度的关系较之与纬度的关系更为密切。仅在 12 月至翌年 2 月的三个月里, 纬度的影响大于高度的影响。

造成上述现象的原因: 一是青藏高原的隆起; 二是太阳赤纬的变化。过去的一些讨论<sup>[2,3]</sup>主要是对平原地区而言。文献[1]虽考虑了高度的影响, 但资料不多, 所以只对海平面和 3000 米两个高度进行了计算, 没有进一步分析。本文则比较充分地考虑了高度的影响。众所周知, 随着海拔高度的增加, 大气透明度变大。因此, 使可能总辐射在一年中的绝大部分时间(除 12 月和 1, 2 月外)均随海拔高度的增加而增加, 高度的影响大于纬度的影响。

对全年和夏半年的总量而言,得出的回归方程为:

$$Q_{0\text{夏半年}} = 122096 + 5.64h \quad (3)$$

$$Q_{0\text{年}} = 239199 - 1302.9\phi + 9.59h \quad (4)$$

可见,夏半年的可能总辐射总量随高度增加而增大;全年的可能总辐射总量随纬度升高而减小,随高度增加而增大。从标准回归系数得知,高度的影响大于纬度的影响,与大多数月份的规律是一致的。现将用(4)式计算的可能总辐射年总量随纬度和高度的变化列于表2。用(2)式和表1中的系数计算的海拔4500米的可能总辐射列于表3。

从(4)式可知,高差1000米,可能总辐射相差9.59千卡/厘米<sup>2</sup>·年;纬度相差1度,可能总辐射仅差1.3千卡/厘米<sup>2</sup>·年。而纬度1度的水平距离却是100多公里,可见高度影响之大。

太阳赤纬有明显的年变化。冬至前后一个月,太阳光直射南半球,北半球随着纬度的增加,水平面上太阳辐射强度明显减小,日照时间缩短。可见纬度对太阳可能总辐射有明显的影响。夏至前后一个月,太阳光直射北半球。在我们讨论的纬度范围内,随着纬度的

表2 可能总辐射年总量(千卡/厘米<sup>2</sup>·年)

| 海拔高度<br>(米)<br>纬度 | 0     | 500   | 1000  | 1500  | 2000  | 2500  | 3000  | 3500  | 4000  | 4500  | 5000  |
|-------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 26°N              | 205.3 | 210.1 | 214.9 | 219.7 | 224.5 | 229.3 | 234.1 | 238.9 | 243.7 | 248.5 | 253.3 |
| 28°N              | 202.7 | 207.5 | 212.3 | 217.1 | 221.9 | 226.7 | 231.5 | 236.3 | 241.1 | 245.9 | 250.7 |
| 30°N              | 200.1 | 204.9 | 209.7 | 214.5 | 219.3 | 224.1 | 228.9 | 233.7 | 238.5 | 243.3 | 248.1 |
| 32°N              | 197.5 | 202.3 | 207.1 | 211.9 | 216.9 | 221.5 | 226.3 | 231.1 | 235.9 | 240.7 | 245.5 |
| 34°N              | 194.9 | 199.7 | 204.5 | 209.3 | 214.1 | 218.9 | 223.7 | 228.5 | 233.3 | 238.1 | 242.9 |
| 36°N              | 192.3 | 197.1 | 201.9 | 206.7 | 211.5 | 216.3 | 221.1 | 225.9 | 230.7 | 235.5 | 240.3 |
| 38°N              | 189.7 | 194.5 | 199.3 | 204.1 | 208.9 | 213.7 | 218.5 | 223.3 | 228.1 | 232.9 | 237.7 |
| 40°N              | 187.1 | 191.9 | 196.7 | 201.5 | 206.3 | 211.1 | 215.9 | 220.7 | 225.5 | 230.3 | 235.1 |
| 42°N              | 184.5 | 189.3 | 194.1 | 198.9 | 203.7 | 208.5 | 213.3 | 218.1 | 222.9 | 227.6 | 232.4 |
| 44°N              | 181.9 | 186.7 | 191.5 | 196.3 | 201.1 | 205.9 | 210.7 | 215.4 | 220.2 | 225.0 | 229.8 |
| 46°N              | 179.3 | 184.1 | 188.9 | 193.7 | 198.5 | 203.2 | 208.0 | 212.8 | 217.6 | 222.4 | 227.2 |

表3 海拔4500米的可能总辐射(千卡/厘米<sup>2</sup>)

| 月<br>纬度 | 1    | 2    | 3    | 4    | 5    | 6    | 7    | 8    | 9    | 10   | 11   | 12   | 1—12  | 4—9   |
|---------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-------|-------|
| 26°N    | 15.7 | 17.1 | 21.4 | 23.0 | 26.2 | 25.8 | 26.0 | 24.6 | 21.6 | 18.8 | 15.3 | 14.1 | 248.5 | 147.5 |
| 28°N    | 14.9 | 16.3 | 21.2 | 23.0 | 26.2 | 26.0 | 26.2 | 24.6 | 21.4 | 18.5 | 14.9 | 13.5 | 245.9 | 147.5 |
| 30°N    | 14.0 | 15.7 | 20.9 | 23.0 | 26.2 | 26.2 | 26.3 | 24.6 | 21.2 | 18.2 | 14.5 | 12.8 | 243.3 | 147.5 |
| 32°N    | 13.3 | 15.1 | 20.6 | 23.0 | 26.2 | 26.4 | 26.5 | 24.6 | 21.1 | 17.9 | 14.0 | 12.2 | 240.7 | 147.5 |
| 34°N    | 12.6 | 14.6 | 20.3 | 23.0 | 26.2 | 26.6 | 26.6 | 24.6 | 20.9 | 17.5 | 13.4 | 11.5 | 238.1 | 147.5 |
| 36°N    | 12.0 | 14.1 | 20.1 | 23.0 | 26.2 | 26.8 | 26.8 | 24.6 | 20.7 | 17.1 | 12.9 | 10.9 | 235.5 | 147.5 |
| 38°N    | 11.4 | 13.7 | 19.8 | 23.0 | 26.2 | 27.0 | 27.0 | 24.6 | 20.6 | 16.7 | 12.3 | 10.2 | 232.9 | 147.5 |
| 40°N    | 10.9 | 13.4 | 19.5 | 23.0 | 26.2 | 27.2 | 27.1 | 24.6 | 20.4 | 16.3 | 11.7 | 9.5  | 230.3 | 147.5 |
| 42°N    | 10.5 | 13.1 | 19.3 | 23.0 | 26.2 | 27.4 | 27.3 | 24.6 | 20.2 | 15.8 | 11.0 | 8.9  | 227.6 | 147.5 |
| 44°N    | 10.1 | 12.9 | 19.0 | 23.0 | 26.2 | 27.6 | 27.4 | 24.6 | 20.0 | 15.3 | 10.4 | 8.2  | 225.0 | 147.5 |
| 46°N    | 9.9  | 12.8 | 18.7 | 23.0 | 26.2 | 27.8 | 27.6 | 24.6 | 19.9 | 14.8 | 9.7  | 7.6  | 222.4 | 147.5 |

增加,太阳辐射强度的减弱不快,日照时间的延长很明显,所以可能总辐射随纬度增加而增加。4,5,8月和4—9月,由于纬度增加引起的太阳辐射强度减弱和日照延长的作用相抵消,使可能总辐射随纬度的变化不明显。

## 二、高原实际总辐射

为了求得(1)式中  $f(n)$  的函数形式,仍用统计实测资料的方法。由于西藏、青海、四川和云南西部各站的规律性一致;新疆、甘肃各站的规律性一致,对上述两组采用显著性水平  $F_{0.1}$ ,用逐步回归方法在电子计算机上分别统计  $Q/Q_0$  与日照百分率的相关关系。所得回归方程,列于表4和表5。

从表4和表5可以看出,实际总辐射和可能总辐射之比与日照百分率有明显相关,即随着日照百分率的增大而增大。利用这些公式,依据高原及邻近地区200多个台站的日

表4 西藏、青海、四川和云南西部总辐射和日照百分率的关系

| 时间(月) | 公 式                         | 复相关系数 |
|-------|-----------------------------|-------|
| 1     | $Q = Q_0(0.333 + 0.652n)$   | 0.642 |
| 2     | $Q = Q_0(0.433 + 0.632n^2)$ | 0.589 |
| 3     | $Q = Q_0(0.445 + 0.618n^2)$ | 0.676 |
| 4     | $Q = Q_0(0.440 + 0.656n^2)$ | 0.788 |
| 5     | $Q = Q_0(0.371 + 0.795n^2)$ | 0.890 |
| 6     | $Q = Q_0(0.235 + 0.714n)$   | 0.909 |
| 7     | $Q = Q_0(0.226 + 0.769n)$   | 0.787 |
| 8     | $Q = Q_0(0.207 + 0.755n)$   | 0.751 |
| 9     | $Q = Q_0(0.374 + 0.789n^2)$ | 0.800 |
| 10    | $Q = Q_0(0.367 + 0.781n^2)$ | 0.911 |
| 11    | $Q = Q_0(0.400 + 0.697n^2)$ | 0.865 |
| 12    | $Q = Q_0(0.407 + 0.831n^2)$ | 0.671 |
| 夏半年   | $Q = Q_0(0.198 + 0.787n)$   | 0.874 |
| 年     | $Q = Q_0(0.403 + 0.723n^2)$ | 0.863 |

表5 新疆、甘肃西部总辐射与日照百分率的关系

| 时间(月) | 公 式                                  | 复相关系数 |
|-------|--------------------------------------|-------|
| 1     | $Q = Q_0(0.528 + 0.870n^2)$          | 0.731 |
| 2     | $Q = Q_0(0.604 + 0.544n^4)$          | 0.652 |
| 3     | $Q = Q_0(0.604 + 0.583n^4)$          | 0.707 |
| 4     | $Q = Q_0(0.594 + 0.614n^4)$          | 0.625 |
| 5     | $Q = Q_0(0.620 + 0.619n^4)$          | 0.849 |
| 6     | $Q = Q_0(0.665 + 0.333n^4)$          | 0.400 |
| 7     | $Q = Q_0(0.519 + 0.490n^2)$          | 0.576 |
| 8     | $Q = Q_0(0.604 + 0.531n^4)$          | 0.771 |
| 9     | $Q = Q_0(0.362 + 0.515n)$            | 0.426 |
| 10    | $Q = Q_0(-0.142 + 1.18n)$            | 0.932 |
| 11    | $Q = Q_0(0.0627 + 0.934n)$           | 0.921 |
| 12    | $Q = Q_0(0.275 + 4.65n^3 - 4.45n^4)$ | 0.974 |
| 夏半年   | $Q = Q_0(0.452 + 0.407n)$            | 0.626 |
| 年     | $Q = Q_0(0.194 + 0.798n)$            | 0.763 |

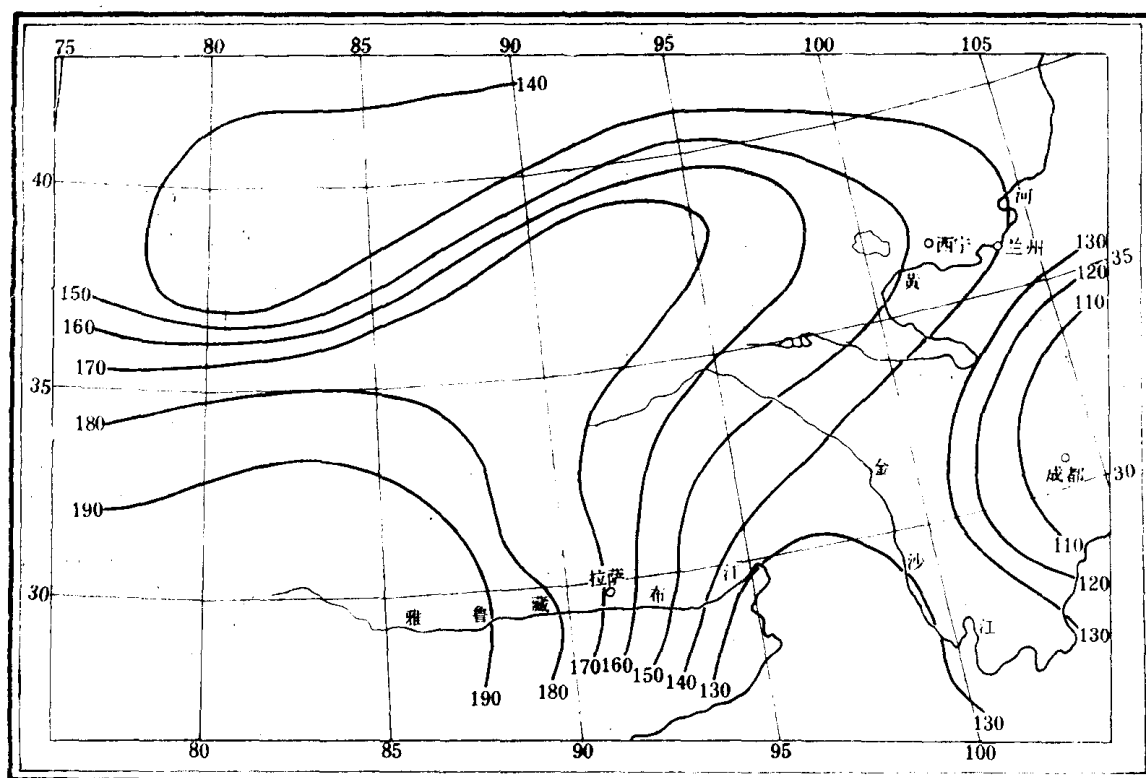


图1 年总辐射分布图(千卡/厘米<sup>2</sup>·年)

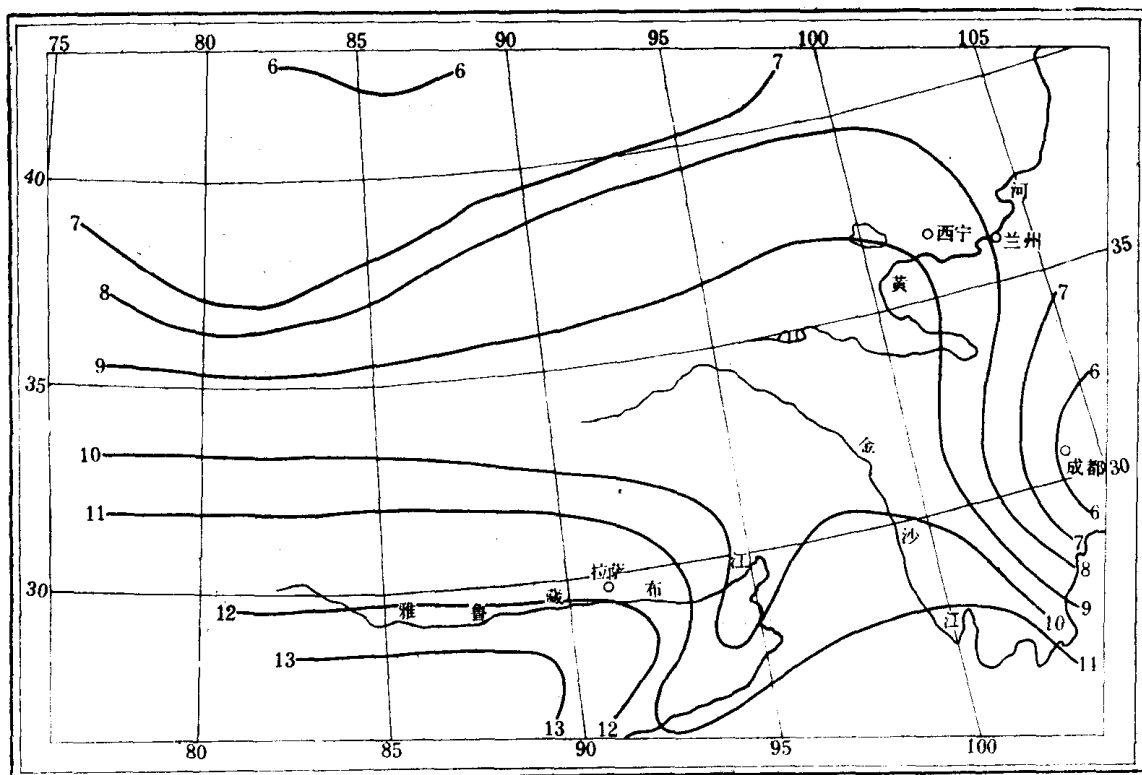


图2 1月总辐射分布图(千卡/厘米<sup>2</sup>·月)

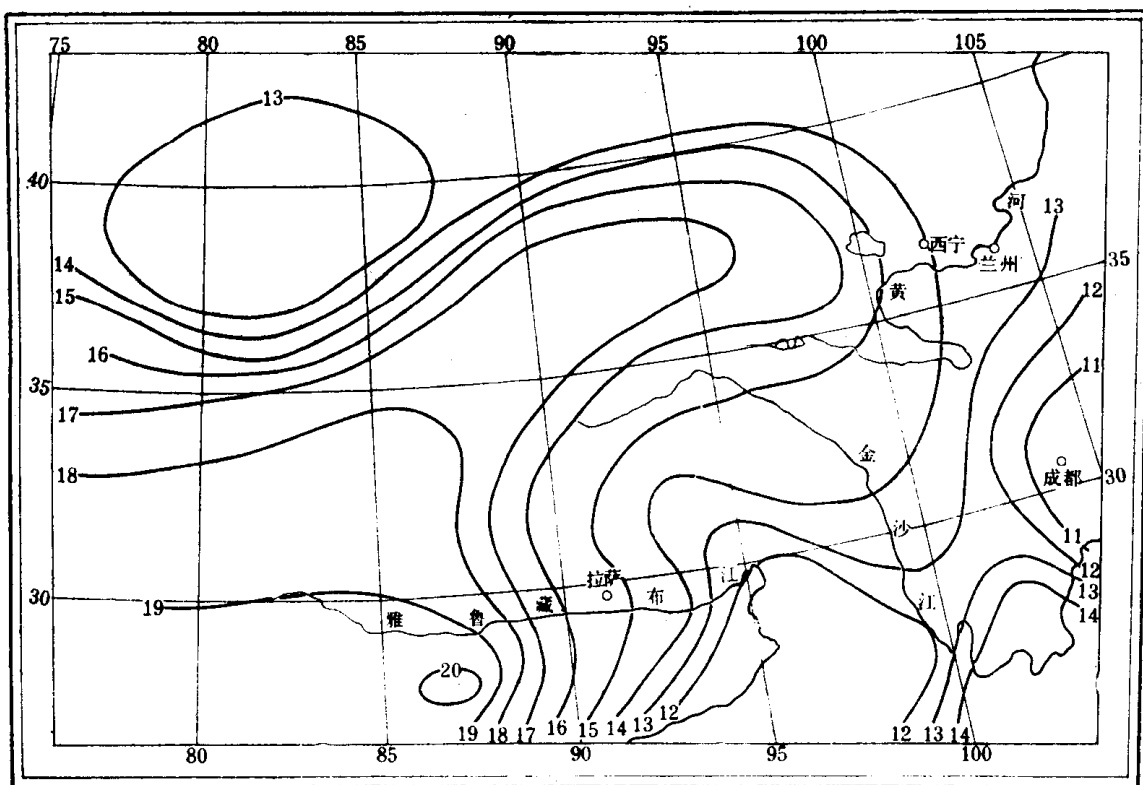


图3 4月总辐射分布图(千卡/厘米<sup>2</sup>·月)

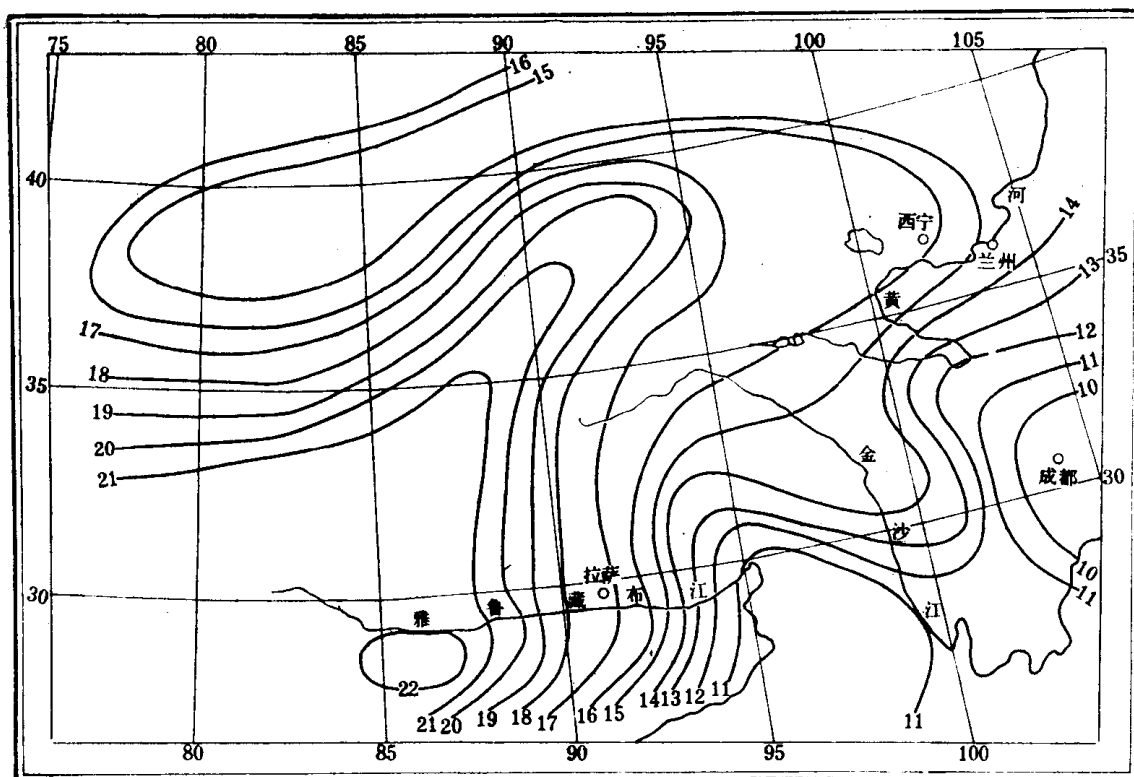


图4 5月总辐射分布图(千卡/厘米<sup>2</sup>·月)

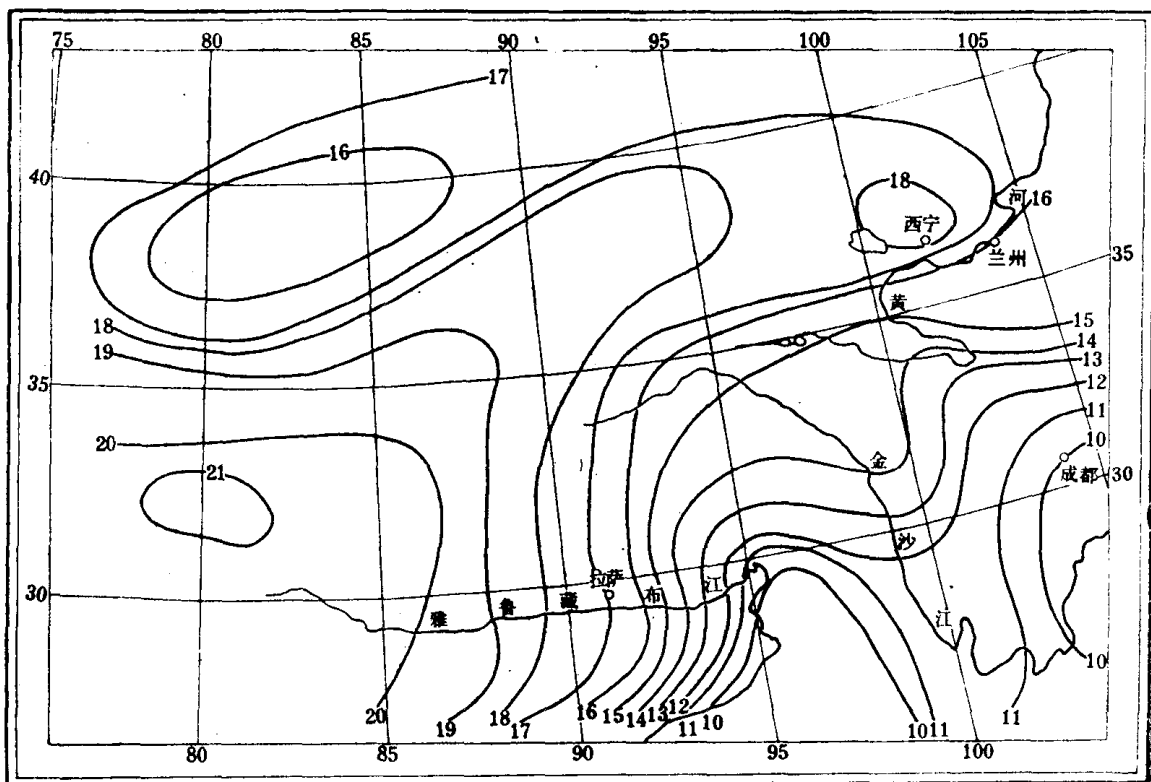


图5 6月总辐射分布图(千卡/厘米<sup>2</sup>·月)

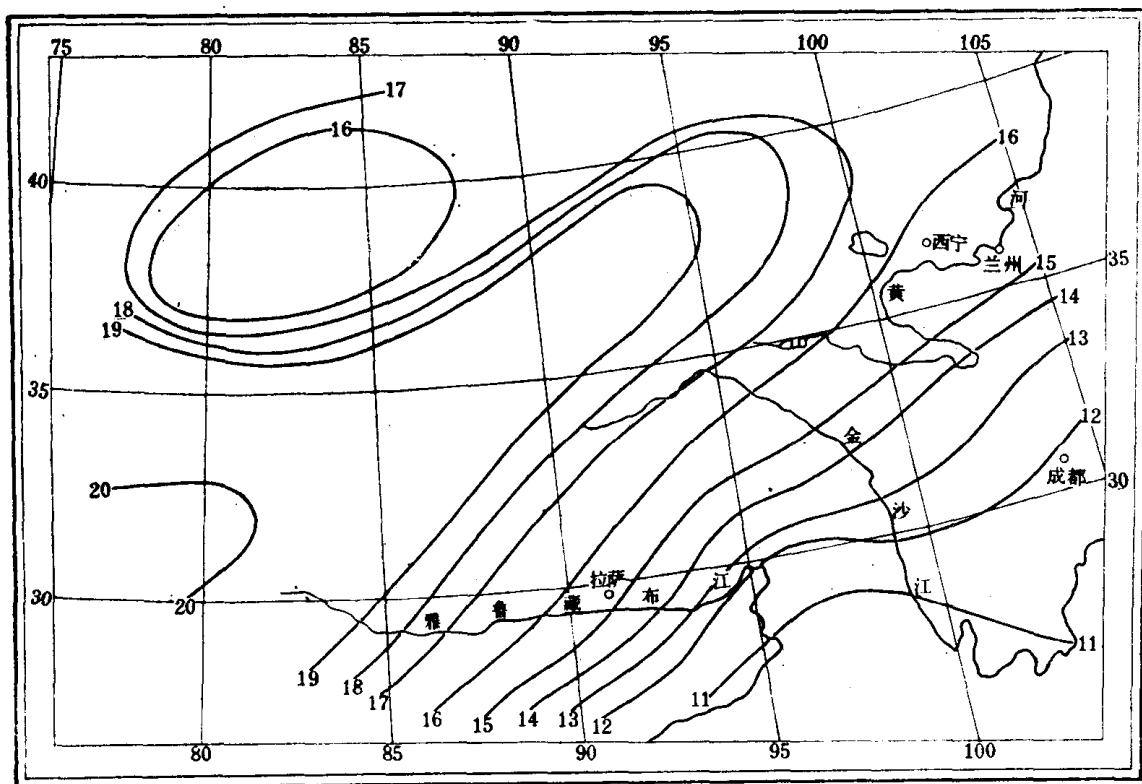


图6 7月总辐射分布图(千卡/厘米<sup>2</sup>·月)

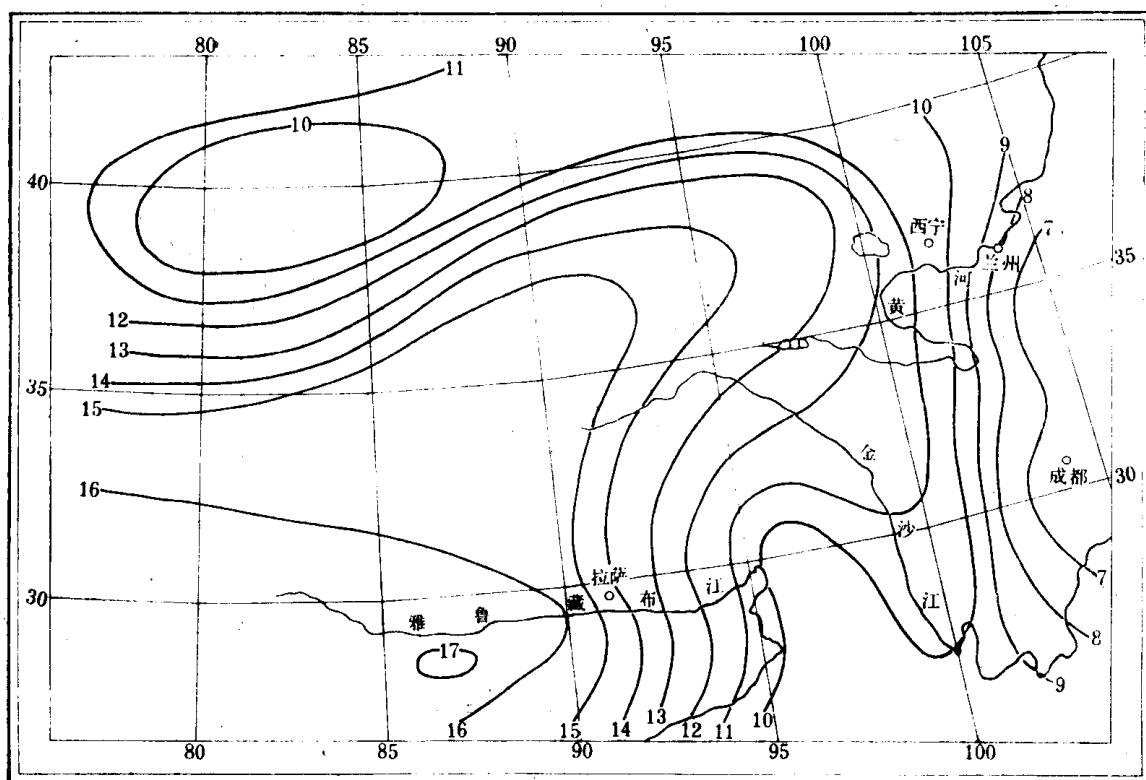


图7 10月总辐射分布图(千卡/厘米<sup>2</sup>·月)

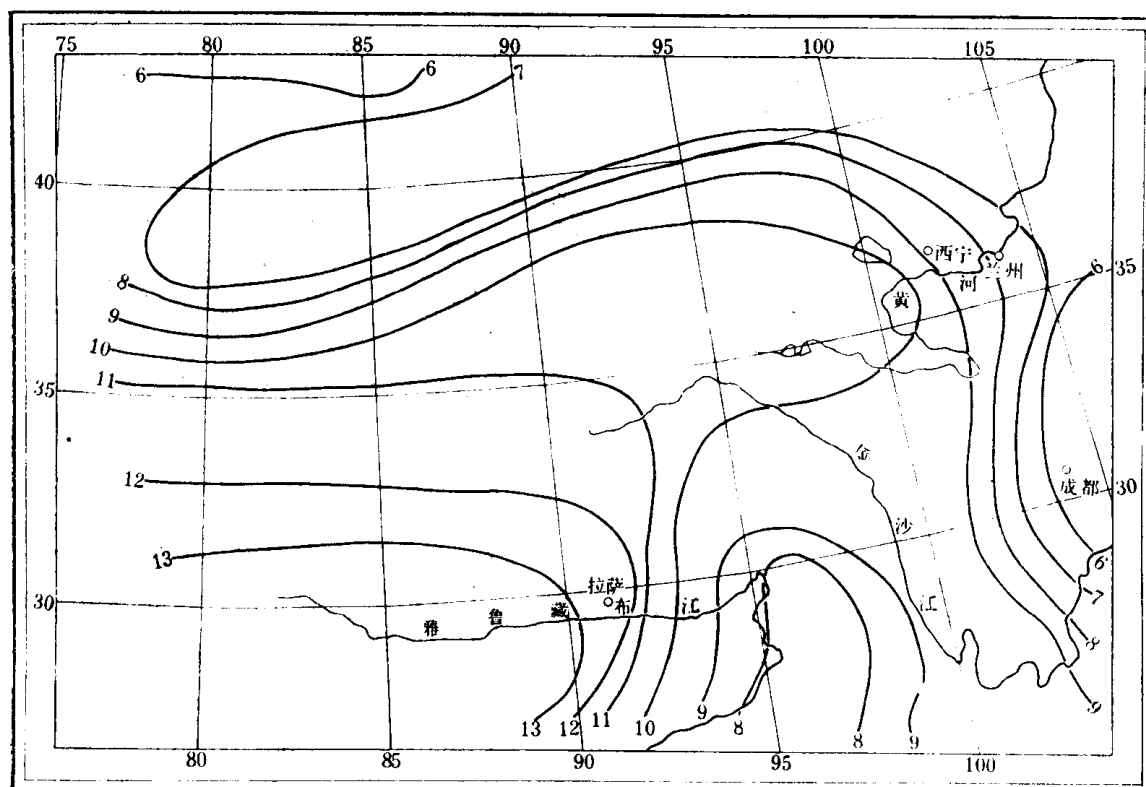


图8 11月总辐射分布图(千卡/厘米<sup>2</sup>·月)

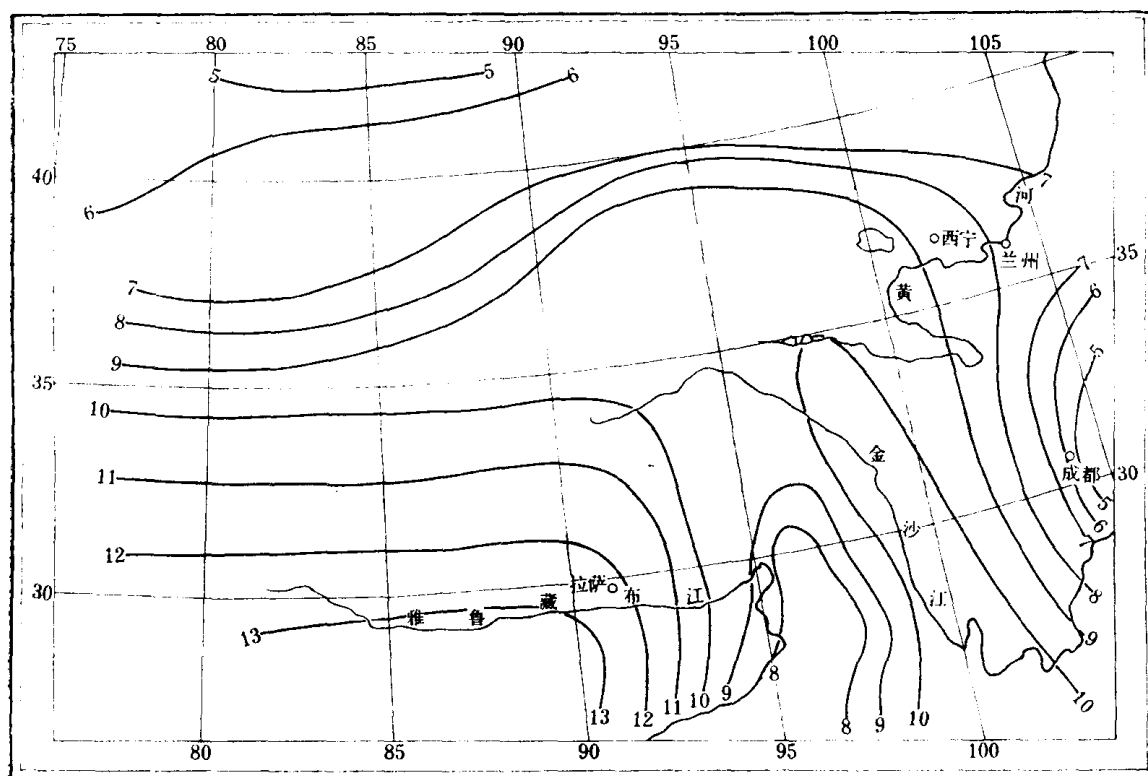


图9 12月总辐射分布图(千卡/厘米<sup>2</sup>·月)

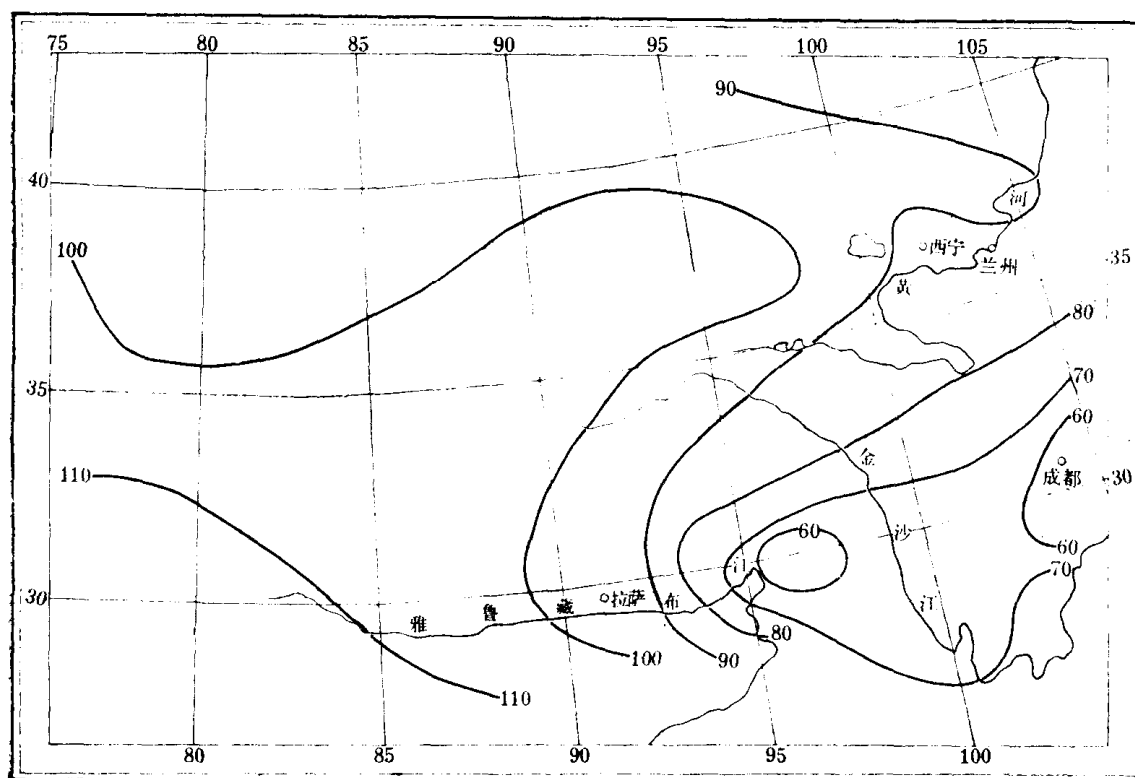


图10 夏半年(4—9月)总辐射分布图(千卡/厘米<sup>2</sup>)

照百分率计算各月和全年的总辐射,绘制了青藏高原总辐射分布图(图1—14)。

### 三、高原总辐射的地理分布

从图1可见,青藏高原年总辐射量为130—200千卡/厘米<sup>2</sup>·年。北纬30°以南,东经90°以西,等值线稀疏,总辐射变化不大,其值为180—200千卡/厘米<sup>2</sup>·年。最高值出现在高原西南部,可达200千卡/厘米<sup>2</sup>·年,不但是我国辐射量最大的地区,而且接近世界上日射最充沛,位于副热带的开罗(200.1千卡/厘米<sup>2</sup>·年)和浦那(205.0千卡/厘米<sup>2</sup>·年)<sup>1)</sup>。向北到柴达木盆地,出现总辐射的次高值区,为170—190千卡/厘米<sup>2</sup>·年。高原的边缘,有三个低值区,即北面的塔里木盆地,东边的成都平原和高原的东南部。以成都平原为最小,仅95千卡/厘米<sup>2</sup>·年。总辐射由西向东递减在北纬30°以南比较迅速;由南向北递减在昆仑山与塔里木盆地之间最为迅速。

青藏高原月总辐射量最大可达24千卡/厘米<sup>2</sup>·月,最小仅有6—7千卡/厘米<sup>2</sup>·月。对某一具体地点而言,一年中各月的总辐射量可以相差10千卡/厘米<sup>2</sup>·月左右。

月总辐射量最大值出现在5月(图4)。藏西南和雅鲁藏布江北部高达22—24千卡/厘米<sup>2</sup>·月。柴达木盆地为次高值区。总的变化趋势与年总量相似。

6月份高值区的位置没变,但月总量减小到20.6千卡/厘米<sup>2</sup>·月。

7月份高值区西移,等值线发生顺时针偏转,由原来的东北偏北—西南偏南的走向变为东北—西南走向,并将该走向保持到8月份。8月份高值减小到17千卡/厘米<sup>2</sup>·月。

从9月起,高值区位置恢复到5月的情况,等值线走向恢复到东北偏北—西南偏南。柴达木次高值区消失。月总辐射量减小。

2, 3, 4月的趋势与1月份相同,柴达木从2月起恢复为次高值区。

4—9月是青藏高原多年冻土的融化季节,高原绝大部份地区的总辐射变化不大,为100千卡/厘米<sup>2</sup>左右,最低值仍在高原东南部及成都平原,小于60千卡/厘米<sup>2</sup>。

本世纪六十年代初期,左大康等绘出中国总辐射分布图<sup>[1]</sup>,首次用实测资料得出了总辐射的空间分布特征<sup>[1]</sup>,比较文献[4],我们所绘制的三种总辐射分布图:年总量基本一致。所不同的是,由于海拔较高,干旱少雨,在柴达木盆地形成次高值区;由于风沙大,空气浑浊,南疆形成低值区;多云的藏东南也是低值区。

就月总辐射分布图而言,左大康的图除8月外,高值区都在高原西南部;文献[4]图中,1, 4, 7, 10月和年的高值区都在高原西部;而我们的分布图中除6—9月高值区在高原西部外,其他各月和年的高值区均在高原西南部。考虑到雨季高原西部降水较少,这种高值区的季节变化似乎是合理的。

图15系用1975—1976年风火山和西安的同期观测资料绘成,除11月—翌年1月的总辐射变化趋势稍有差异外,其他各月基本一致。据计算,西安年总量是风火山年总量的67%。总辐射随高度变化的最大梯度出现在9—10月,可达0.21千卡/厘米<sup>2</sup>·月·100米。

---

1) 寇有观、曾群柱、谢维荣、谢应钦:珠穆朗玛峰地区的太阳辐射。

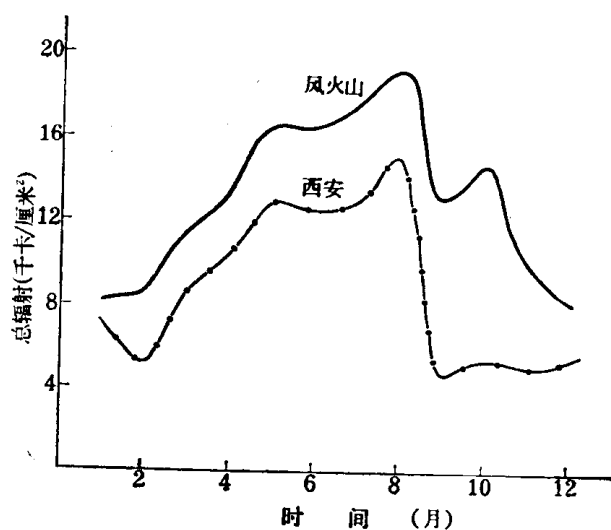


图 11 北纬 34 度不同高度总辐射的年变化  
(1975 年 6 月—1976 年 5 月)

#### 四、高原总辐射随时间而变化

高原总辐射的日变化一般有三种情况(图 12—14)。图 12 是典型的晴天情况,上、下午的日变化曲线对称,多出现在冬季、春末和夏初。6, 7, 8 月这种典型晴天很少。图 13 是阴天的情况,数值比晴天小得多,受云的影响,起伏非常大。图 14 是高原常见天气的情况,早晨晴天,10 时后地方性积云发展,总辐射急剧减小,与我国西北高山冰川上的观测

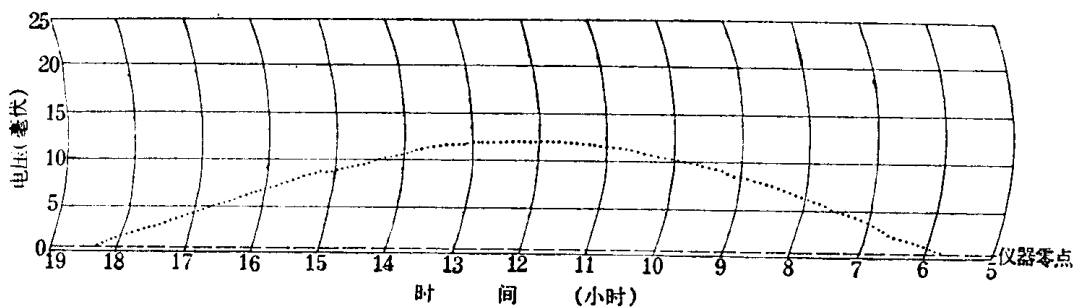


图 12 晴天总辐射的日变化  
(1975 年 8 月 19 日, 风火山)

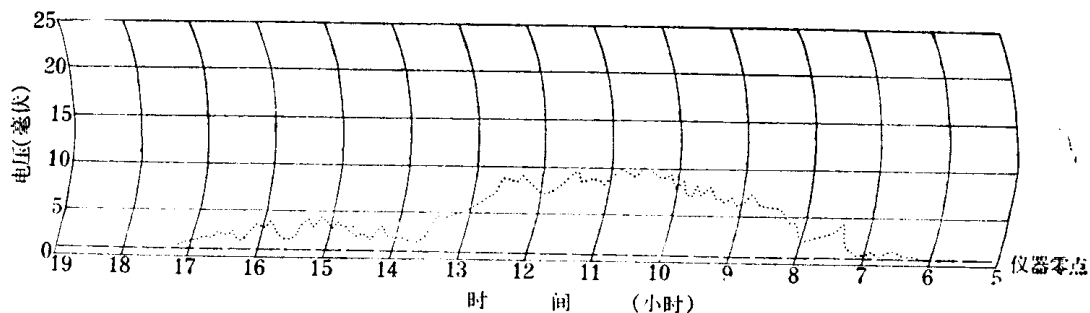


图 13 阴天总辐射的日变化  
(1976 年 5 月 18 日, 风火山)