

# 1980年夏季我国天气气候反常和 St. Helens 火山爆发的影响\*

徐群

(江苏省气象科学研究所)

## 提 要

1980年5月18日 St. Helens 火山大爆发,大量火山灰喷入平流层,围绕北半球中纬度带飘浮。在 $30^{\circ}\text{N}$ 以北我国东部各站晴空直接辐射量( $S$ )从6月上旬开始异常偏低,夏季 $S$ 达到近二十余年来的最低值,夏季中纬度 $S$ 的经向梯度异常增大,相应地,西太平洋副高及北侧的季风雨带在7—8月异常偏南,形成了我国严重的北旱南涝以及江淮冷夏等反常天气气候。本文现就此作物理分析。

## 一、引 言

近年来愈来愈多的研究揭示出,长久飘浮滞留于平流层上空的大量火山灰气溶胶会吸收和反向散射一部分短波辐射,并减弱进入对流层的太阳辐射,从而引起天气气候变化。Lamb (1970)指出,每次强火山爆发后的第一年七月,因高空火山灰对太阳辐射的显著减弱作用,副极地低压带在西欧一带会比常年偏南3—6个纬度<sup>[1]</sup>。

将1980年夏 $100^{\circ}$ — $130^{\circ}\text{E}$ 处西太平洋副高逐候脊线的季节进程和多年平均副高逐候脊线位置对比(图1)并结合逐月雨带轴线的位置,可归纳为表1所示的特征。在1980年6—8月,西太平洋副高脊线基本上维持在 $22^{\circ}$ — $23^{\circ}\text{N}$ 附近,其逐月位移过程和雨带位置的位移均显示出和常年逐步北上的季节进程很不相同。西太平洋副高由初夏6月的偏北位置突变为盛夏偏南,8月比常年偏南6.4纬距,雨带位置也从6月到8月逐月南移。按梅雨期划分标准<sup>[2]</sup>,1980年长江中下游梅雨期可分为两大段:(1)6月9日—7月20

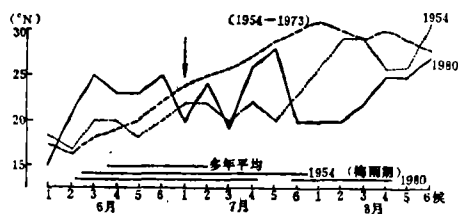


图1 夏季西太平洋副高( $110^{\circ}$ — $130^{\circ}\text{E}$ )逐候脊线的季节进程  
(横直线为1980,1954和多年平均(1885—1964)的梅雨期长度)

日,(2)7月27日—8月22日。两段共长68天,此长度超过1885年以来所有各年梅雨期的长度,1980年梅雨期维持长久和结束之晚都开创近百年(1885—1985)梅雨资料的新记录。1980年梅雨期降水量则在1954,1896和1909年之后,居第4位。1980年7—8月长江流域气温异常偏低,尤其是8月,从四川到江浙,大范围比常年偏低 $3^{\circ}\text{C}$ ,且在太湖流域和川东分别出现两个距平达 $-4^{\circ}\text{C}$ 的低温

\* 本文于1982年12月6日收到,1985年10月25日收到最后修改稿。

表 1 1980 年夏季西太平洋副高脊线和我国雨带、气温异常的分布

月	副高脊线候 平均纬度	距平 (°)	雨带位置	多雨区气温 月距平中心	偏少50%以上的少雨区
6	23.4 <sup>1)</sup>	+4.4	黄淮流域和长江中下游	-2°C	内蒙、华南—江南
7	22.8	-3.8	江淮流域	-2°C	华北、内蒙
8	23.1	-6.4	长江中下游	-4°C	华北北部、山东和内蒙

<sup>1)</sup> 此处是 6 月 2—6 候的脊线位置和距平。

中心, 而华北、内蒙一带则出现罕见的大旱, 北京出现近百年来汛期雨量的极小值。本文研究 1980 年 5 月 St. Helens 火山爆发对该年 6—8 月我国异常天气的影响。

## 二、St. Helens 火山爆发的灰云在平流层中的扩散

地球上每年发生多次火山爆发, 但只有将大量火山灰喷上平流层的强火山爆发才对大范围天气气候产生影响<sup>[1]</sup>。据 Decker 等人(1981)估算, 1980 年 5 月 18 日 St. Helens 火山排出了 2.7 km<sup>3</sup> 的火山岩, 山顶削低了 400 m; 在近百年内, 只有 Krakotoa (1883)、Santa Maria (1902) 和 Katmai (1912) 三次火山爆发在规模上超过这次。5 月 18 日 St. Helens 的火山灰升至 20 km 以上高空, 随后在 5 月 25 日, 6 月 12 日, 7 月 22 日和 8 月 7 日都有爆发, 后几次火山灰也都升至 13—14 km 以上的平流层<sup>[3]</sup>, 爆发指数超过 1963 年的 Agung 火山, 达到 5 级<sup>[4]</sup>。

最近的研究表明, 减弱地面太阳直接辐射的作用不仅由于喷上平流层的火山灰对太阳辐射反向散射, 还由于喷上平流层的大量硫化气体, 在阳光照射下与水汽结合会形成很小很亮的硫酸气溶胶, 它们在平流层长期飘浮会强烈反射一部分太阳辐射<sup>[5]</sup>。美国国家宇航局的单站激光探测估量, St. Helens 火山爆发后, 平流层火山灰和硫化气体云的总质量约增长 3—7 × 10<sup>5</sup> t, 而平流层气溶胶探测卫星 (SAGE) 测得约为 3 × 10<sup>5</sup> t, 这相当于北半球气溶胶本底含量增长一倍, 如火山灰垂直厚度假定为 4 km, 北半球气溶胶质量密度则为 0.3 μgm<sup>-3</sup>, 约比火山爆发前高出 4 倍<sup>[6]</sup>。

喷出的火山灰-硫化气体云在北半球中纬 12 km 高处(对流顶上)迅速东移, 约 16 天环绕全球一周; 在 23 km 高处的灰云则向西飘移, 约 56 天环绕全球一周<sup>[6]</sup>。在对流顶上沿北半球中纬向东飘浮的 St. Helens 灰云不久出现在欧洲和日本上空; 激光雷达发现, 对流顶附近的火山灰云于 5 月 25 日开始抵达中欧上空<sup>[7]</sup>, 6 月 4 日开始出现在日本福冈上空 15 km 高处, 该地激光雷达测到火山灰气溶胶, 波长 1.064 μm 处的散射率于 6 月 5 日达到峰值, 气溶胶混合率在此高度约为无火山灰时的 70 倍<sup>[8]</sup>。

在美国大湖区上空进行的飞机探测发现, 沿北半球中纬飘浮的火山灰云于 6 月 5 日第二次飘临该处时, 在对流层顶上 13 km 高处有一浓硫化气溶胶层, 它的微粒在机载滤波器中氧化为硫酸盐, 其浓度为火山爆发前本底浓度的近 50 倍<sup>[9]</sup>。此种倍数 ( $K$ ) 随时间的演变(图 2 a) 显示出从 6 月 5 日到 8 月 1 日近两个月内,  $K$  值一般 ≥ 6, 平均值  $\bar{K} = 11.4$ ; 8 月初到 12 月,  $K$  值稳定于 5 左右。从该火山灰云的时-空扩散理论分布图(图 2 b) 看来, 飞机探测前的 5 月 18 日—6 月 4 日, 对流层上空理应出现更大浓度的硫化气云。这说

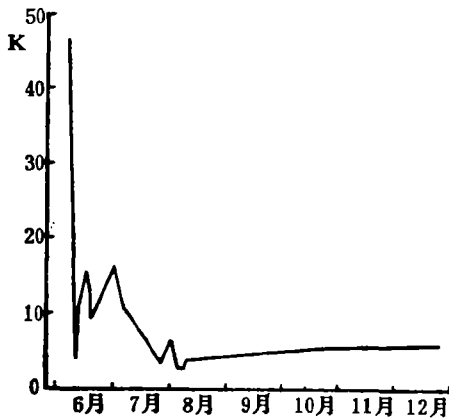


图 2a 美国大湖区对流顶上实测的硫酸盐含量倍数  $K$  随时间的演变  
(据文献[9]的表 1 作出)

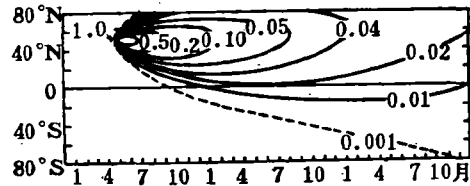


图 2b 1980年5月18日 St. Helens 火山灰云的时-空(月-每 10 纬度带)扩散理论分布<sup>[10]</sup>  
(5月18日火山喷发纬度(46°N)的平流层火山灰云浓度在图中为 1.00)

明北半球中纬对流顶上空至少约有 2.5 个月为 St. Helens 火山喷出的浓硫化气云所环绕。Robock(1981)曾估计该火山对气候的长期影响是比较小的<sup>[10]</sup>, 但由于该火山位于中纬(46.2°N), 大爆发开始于 5 月中, 喷上平流层的灰云及随后演化成的硫酸气溶胶首先环绕中纬(30°—60°N)飘浮的<sup>[10]</sup>, 从而可能对北半球中纬大陆夏季的辐射加热量起着强烈的减弱效应。

### 三、我国东部太阳直接辐射的变化及其对盛夏长期天气过程的影响

Lamb(1970)曾用单站太阳直接辐射量的逐月变化来表征火山活动的影响<sup>[11]</sup>。我们认为应从中排除天气(首先是云)对太阳辐射的减弱作用, 可通过比较同样少云晴空时期太阳直接辐射量的年际变化来更好反映大气透明度的变化。我们计算了我国东部 10 站(黑河、哈尔滨、北京、济南、南京、上海、南昌、福州、广州和海口)近二十余年 4—8 月的  $S_{0,max}$  值并和 1980 年同期进行对比,  $S_{0,max}$  值是指历年每旬各少云晴日(日平均总云量  $\leq 3$ )的直接辐射值( $S$ )中的极大值, 在旬资料基础上进一步作出月和季的  $S_{0,max}$  平均值。

1980 年我国东部南北剖面上各站夏季  $\overline{S_{0,max}}$  值相对多年平均(1959—1979)的距平百分率经向分布(图 3)显示出如下特征: 显著偏少区正出现于高空有火山灰云飘浮的中纬度(30°—40°N); 北京、济南、南京、上海站的值比 1979 年以前 21 年平均偏低达 21%, 而在 30°N 以南受火山灰云影响较小, 其值接近常年。

北半球中纬度太阳直接辐射在 6—7 月理应大于 5 月, 但在 1980 年, 长江流域及以北(30°—50°N)却出现相反的情况: 6—7 月的  $\overline{S_{0,max}}$  值(北京、济南、南京、上海 4 站平均)比 5 月偏低 15.1%(图 3 曲线 2), 这反映 6—7 月上述地区高空火山灰云对太阳短波辐射的减弱作用。1980 年 6, 7 月南京、上海两站正处于多雨区, 可能由于两地上空丰沛水汽

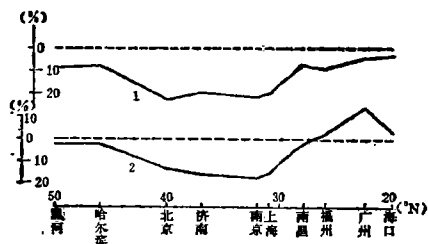


图 3 我国东部各站 1980 年夏季  $\overline{S_{0,max}}$  距平相对百分率的经向分布(曲线 1), 1980 年 6—7 月  $S_{0,max}$  对 5 月  $S_{0,max}$  的差值相对百分率<sup>1)</sup> 经向分布(曲线 2)

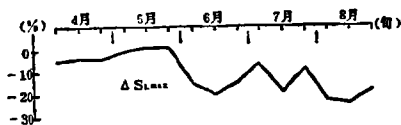


图 4 黑河、哈尔滨、北京、济南 4 站 1980 年 4—8 月逐旬  $S_{0,max}$  距平百分率的变化

对太阳辐射的吸收作用而显得偏低。我们另外作出黑河、哈尔滨、北京和济南等四站 1980 年 4—8 月  $S_{0,max}$  距平百分率的逐旬变化(图 4)。我国中纬少雨区,也正是从 6 月上旬开始,  $S_{0,max}$  明显减少,这种情况一直持续到 8 月下旬;这和日本学者指出火山灰云出现于其上空的时间(6 月 5 日)比较配合<sup>[8]</sup>,也和 5 月 18 日升空的 St. Helens 火山灰云在平流层下层随西风东行, 16 天后(即 6 月初)绕北半球中纬一周的观测事实相符合。

从历史资料看,南京以北各站少云晴日频次较大,所确定的  $S_{0,max}$  资料质量较好,我们选用黑河、哈尔滨、北京、济南和南京等五站的  $S_{0,max}$  资料作出夏季  $\overline{S_{0,max}}$  相对百分率平均值的历年变化(1959—1981,图 5)。这揭示出 1980 年夏我国东部中纬( $32^{\circ}$ — $50^{\circ}$ N)上空的太阳直接辐射量( $\overline{S_{0,max}}$ )的确出现近 20 余年来最为异常的一次下降,比 1959—1980 年的平均值偏低达 15%。

北半球中纬度年平均晴空太阳直接辐射量相对百分率( $S_1$ )的逐年变化也显示出该年 5 月 St. Helens 火山灰云的明显影响。它和我国北京等五站夏季  $\overline{S_{0,max}}$  的变化趋势十分一致(图 5), 1959—1981 年两曲线的相关系数为 +0.68(达到 0.001 信度)。这两条曲线

每次显著下降均和强火山活动有关,在低纬( $10^{\circ}$ 以南)爆发的强火山活动,其灰云一般在后 1—2 年才能显著减弱北半球中纬太阳辐射<sup>[14]</sup>,如 1963 年 3 月爆发的 Agung(简写 Ag)<sup>2)</sup> 火山( $8.3^{\circ}$ S)和 1966 年 8 月爆发的 Awu(简写 Aw)火山( $3.5^{\circ}$ N)等<sup>2)</sup>;而在  $10^{\circ}$ N 以北喷发的火山灰云则在当年一后一年影响北半球中纬<sup>[14]</sup>。Логинов 等(1983)曾比较了近廿余年来三次最有影响的火山活动(Agung, Fuego 简写 Fu 和 St. Helens)各自对北半球中纬

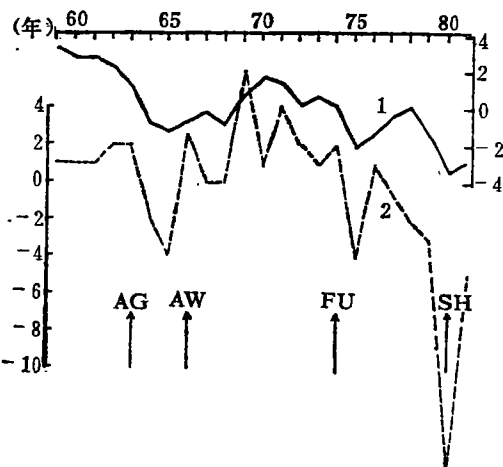


图 5 北半球中纬度年平均太阳直接辐射量相对百分率的年际变化(曲线 1)<sup>[11]</sup>, 北京等 5 站夏季  $\overline{S_{0,max}}$  逐年变化(曲线 2) (纵座标为%)

1)  $[\frac{1}{2}(\overline{S_{0,max}}(6月) + \overline{S_{0,max}}(7月)) - \overline{S_{0,max}}(5月)] / \overline{S_{0,max}}(5月)$

2) 赤道附近喷上平流层的火山尘在赤道平流层低层的强纬向风作用下沿准纬圈方向飘浮可长达 2 年之久,存在着赤道储存区<sup>[12]</sup>,因此赤道区喷发的火山灰云要隔相当长时间才能影响到北半球中纬。

太阳直接辐射的影响<sup>[11]</sup>,即以爆发月开始的后 18 个月和爆发前 36 个月两时期  $S_1$  的平均变幅( $\Delta S_1$ )来表示(表 2);此处也取上述火山爆发的当年到后二年内夏季  $\overline{S_{0,max}}$  的最低值相对前一年夏  $\overline{S_{0,max}}$  的变化作为变幅 ( $\Delta S_{0,max}$ )列于表 2。可见 St·Helens 火山爆发的当年,不仅我国夏季  $\overline{S_{0,max}}$  出现异常的大降幅,北半球中纬  $S_1$ (1980 年 5 月—1981 年 10 月的平均值)也比其前三年平均下降 3.4%,此变幅相当于 1974 年 Fuego 火山  $\Delta S_1$  的 1.5 倍<sup>[11]</sup>。

表 2 三次强火山爆发对太阳直接辐射的降幅作用及与我国旱涝的关系

火山名	Ag	Fu	SH
火山所在纬度	8.3°S	14.5°N	46.2°N
爆发时间	1963年3月	1974年10月	1980年5月
太阳直接辐射最大降幅时间	2年后 (1965年)	0.5—1年后 (1975年)	1—2个月后 (1980夏)
$\Delta S_1$	-0.038	-0.02	-0.034
$\Delta S_{0,max}$	-0.06	-0.06	-0.12
(演变前后)	(1962—1965)	(1974—1975)	(1979—1980)
汛期旱涝特点	1965年淮河流域雨涝, 华北大旱	1975年江淮雨涝,华北偏旱	1980年长江中下游大涝, 华北大旱

表 2 给出三次强火山爆发对太阳直接辐射的减弱作用及与我国汛期旱涝的关系,可看出一个重要现象,随着火山灰云自不同纬带的火山喷发上空,相隔不同时间飘至北半球中纬度,对太阳直射产生最大降幅之年(1965,1975 和 1980 年,见图 5),就是我国长江以北地区夏季短波辐射加热显著减少之年。这三年我国盛夏季风雨带均无例外地南移,出现了北旱南涝现象<sup>[14]</sup>。加藤久雄(1980)指出,夏季海洋上副热带高压的发展和北移取决于大陆表面的辐射加热<sup>[15]</sup>。东亚中纬大陆夏季太阳辐射加热的异常减少,就会导致夏季西太平洋副高和季风雨带的异常偏南。这不仅是 1980 年,也可能是我国汛期北旱南涝年形成的主要因素之一。从图 3 看出,在 30°N 以南,我国大陆上  $\overline{S_{0,max}}$  的减弱幅度很小,1980 年夏东亚 20°—40°N 处太阳直接辐射梯度因高空火山灰气溶胶作用而异常加大,实际上这就是东亚中纬对流层大气加热经向梯度的异常增大。Smagorinsky(1963)的研究指出,经向温度梯度是决定副热带高压南北位置的主要因素,随着经向温度梯度的增大,副热带高压即南移<sup>[16]</sup>;东亚大气环流从夏到秋的季节变化也反映出此一特点。

综上所述,看出形成 1980 年盛夏我国天气反常的长期过程为:

1. 5 月中开始的 St·Helens 火山大爆发,喷向平流层的火山灰气溶胶环绕北半球中纬飘浮至少有 2.5 个月。6 月初,火山气溶胶已笼罩东亚中纬上空<sup>[8]</sup>;从 6 月上旬开始一直到整个夏季,长江以北的少雨区 4 站  $\overline{S_{0,max}}$  出现异常下降(图 4)。这反映出夏季东亚中纬大陆的太阳辐射加热经向梯度异常增大。

2. 数值试验表明,大气中的温压场向加热场调整,适应的过程需时一个多月<sup>[17]</sup>。因此,7 月开始,西太平洋副高从 6 月的偏北位置异常南撤(图 1,表 1),并在整个盛夏 7—8 月维持异常偏南的位置,从而促成了我国盛夏反常的天气气候。

Gadian 等(1981)应用准地转  $\beta$  平面模式计算了 St·Helens 火山爆发对随后 90 天大气环流的影响,指出在随后 90 天中 60°N 以北的太阳直接辐射会减少 10%,同时中纬地面气

温将平均下降  $1.5^{\circ}-2.0^{\circ}\text{C}$ ; 相当一部分地区中纬度低压(槽)南伸取代了原有的副高位置<sup>[18]</sup>。这和该年盛夏东亚中纬槽和西太平洋副高的异常南移十分配合, 6—7 月西欧中纬槽和亚速尔副高也出现了异常南移现象<sup>[13]</sup>。Hunt(1977)应用 18 层湿大气环流模式计算了 Krakatoa 火山(1883)大爆发的灰云对大气环流的影响, 也发现环流和气温对于太阳辐射减弱的初步响应可以是很快的, 火山所处纬带对流层大气在第 50 天即出现最大冷却 ( $-1.5\text{K}$ ), 在第 50—100 天大气环流发生显著变化; 西风减小, 经向环流加强<sup>[19]</sup>。Chou 等(1984)利用多层能量平衡模式就平流层气溶胶对气候影响的理论估算指出: 飘浮于中高纬平流层的火山灰云对北半球地面气温的影响既快且显著, 地面降温幅度为同样数量的低纬火山云的 5 倍<sup>[20]</sup>。

1980 年夏季的天气异常是半球性的, 日本也出现了本世纪以来少见的冷夏雨涝, 农业损失达 32 亿美元<sup>[13]</sup>。欧洲大多数国家在 6—7 月也出现冷夏雨涝, 8—9 月阴冷多雨的天气使苏联欧洲地区的收获和播种都深受其害<sup>[13]</sup>。英国春夏间天气的突变受这次火山云的影响也相当明显: 4—5 月英国阳光灿烂, 一些地区日照时数甚至达到上世纪末以来创记录的高水平, 而 6—9 月却一变为阴暗多雨, 格拉斯哥(苏格兰)的日照时数甚至降到 1885 年以来的最低水平<sup>[13]</sup>。

这次半球性中纬夏季反常低温阴雨现象和上述的数值试验结果<sup>[18-20]</sup>十分配合, 这说明中纬火山云对天气是有影响。

### 参 考 文 献

- [1] Lamb, H. H., Volcanic dust in the atmosphere, *Phil. Trans. Roy. Soc. A*, **266**, No. 1178, 426-533, London, 1970.
- [2] 徐群, 近八十年长江中下游的梅雨, 气象学报, 35 卷 4 期, 1965 年。
- [3] Decker, R., and B. Decker, The volcanic eruptions of Mount. St. Helens, *Scientific American*, **244**, No. 3, 1981.
- [4] Newhall, C. G. et al, The volcanic explosivity index (VEI): an estimate of explosive magnitude for historical volcanism, *J. Geophys. Res.*, **87**, No. c 2, 1231-38, 1982.
- [5] Robock, A., The cloud of the century, *Nature*, **301**, 373-374, 1983.
- [6] Newell, R. E., Workshop on Mount. St. Helens eruptions of 1980: atmospheric effects and potential climatic impact, *Bull. Amer. Met. Soc.*, **64**, No. 2, 154-157, 1983.
- [7] Meixner, F. X. et al., Arrival of the Mount. St. Helens eruption cloud over Europe, *Geophys. Res. Lett.*, **8**, 2, 163-166, Feb., 1981.
- [8] Hirono, M. et al., Lidar observations of volcanic clouds in the stratosphere over Fukuoka, caused by eruptions of Mt. St. Helens in May 1980, *Geophys. Res. Lett.*, **8**, 109-122, 1981.
- [9] Lezberg, E. A. et al., Aircraft sampling of the sulfate layer near the tropopause following the eruption of Mount. St. Helens, *J. Geophys. Res.*, **87**, No. c 4, 3123-3127, 1982.
- [10] Robock, A., The Mount. St. Helens volcanic eruption of 18 May 1980, *Science*, **212**, 1383, 1981.
- [11] Логинов, В. Ф., и З. И. Пивоварова, Оценка вклада естественных и антропогенных факторов в изменчивость солнечной радиации на поверхности земли, *Метеорология и Гидрология*, No 8, 55-60, 1983.
- [12] Dyer, A. J., The effect of volcanic eruptions on global turbidity and an attempt to detect long-term trends due to man, *Quart. J. Roy. Meteor. Soc.*, **100**, No. 426, 1974.
- [13] Phillips, D. W., Significant meteorological events in 1980, Part 1, II, *WMO Bulletin*, **30**, No. 3-4, 1981.
- [14] 徐群, 太阳常数, 火山灰和长期预报, 气象, 6 期, 7-10, 1983 年。
- [15] 加藤久雄, The normal seasonal change of the temperature field over the Globe, 研究时报(日), 32 5-6 号, 1980.
- [16] Smagorinsky, J., General circulation experiments with the primitive equations, I: The basic experiment, *Mon. Wea. Rev.*, **91**, 99-104, 1963.
- [17] 范远荣, 长期天气数值预报的若干问题, 气象, 1979 年 9 期。
- [18] Gadian, A. M., and D. R. Davies, A mathematical climate study on the effect of dust from Mount. St. Helens volcano eruptions, *Weather*, **36**, No. 5, 136-138, 1981.
- [19] Hunt, B. G., A Simulation of the possible consequences of a volcanic eruption on the general circulation of the atmosphere, *Mon. Wea. Rev.*, **105**, 3, 1977.
- [20] Chou, M. D. et al., Climate studies with a multilayer energy balance model part III: Climatic impact of stratospheric volcanic aerosols, *J. Atmos. Sci.*, **41**, 759-767, 1984.

# THE ABNORMAL WEATHER OF CHINA FOR SUMMER 1980 AND ITS RELATIONSHIP WITH THE VOLCANIC ERUPTIONS OF ST. HELENS

Xu Qun

*(Meteorological Institute of Jiangsu)*

## Abstract

The occurrence of the abnormal weather of China in summer 1980 was intimately related with the eruption of Mt. St. Helens in May 1980 which is one of the great volcanic eruptions since 1900. Throwing up to the stratosphere and floating with the Jet, large quantities of volcanic dusts continually circulated around the temperate zone of Northern Hemisphere. Measurement of the direct solar radiation (S) of clear skies from East China north of 30° N has proved that an abnormal lowering of S had commenced since early June and dropped down to a minimum for recent 22 summery records, it changed little in the region south of 30° N. Thus, the enhanced meridional gradient of the solar heating forced the west Pacific subtropical high and the monsoon rainy belt retreating southward in early July to an abnormal seasonal location during July and August. So, the large scale drought in North China, the great waterlogging in Changjiang and the cold summer prevailing over Changjiang-Huaihe valleys occurred.