

1980~1994 年台湾海峡两岸的 地热涡与降水季度预报初探*

汤懋苍

柳中明

(中国科学院兰州高原大气物理研究所, 兰州, 730000) (台湾大学大气科学系, 台北,)

高晓清 冯 松

(中国科学院兰州高原大气物理研究所, 兰州, 730000)

摘 要

利用 1980~1994 年大陆 3.2 m 深度和台湾 3.0 m 深度的地温资料, 分析了 15 a 来的逐季天气图, 统计了台湾海峡两岸的地热涡活动, 发现平均每季有 1 个地热涡活动, 其水平尺度比大陆内部的地热涡要小, 生命史也要短, 进入台湾地区的地热涡绝大多数是从西方和北方进入, 其移动速度比大陆内部的要快得多。90% 以上的地热涡在同期有多雨区与其对应, 热涡中心与多雨中心相距在 100 km 以内者占 68%。最后给出了一个季度降水的定性预测方案, 其步骤为: 预报地热涡的中心位置、强度和水平尺度; 推算降水正距平区的水平尺度、中心位置和强度; 根据本区发生的地震等情况进行预报订正。

关键词: 地热涡, 季度降水预测, 台湾海峡两岸, 地震。

1 引 言

台湾的地温测站相当密, 观测年代亦长, 最深至 5 m。大陆自 1980 年以来地温测站大为增多, 最深至 3.2 m。本文采用 1980~1994 年各季平均的 3.0 m(对台湾)或 3.2 m(对大陆)地温资料, 联合起来分析海峡两岸的地热涡^[1]活动, 以求对降水的季度预报有所帮助。

2 地热涡的一般统计特征

关于“地热涡”的定义, 详见文献[1, 2]。在本文所分析的地区范围中(见图 1), 台湾海峡两岸从 1980~1994 年的 60 张季平均 3.0(或 3.2) m 地温距平图上, 共有 64 个“地热涡”, 其中在 56 张图上各有 1 个地热涡, 其余 4 张图上各有 2 个地热涡。地热涡的水平尺度谱列于表 1, 可见, 其水平尺度变化于 250~690 km 之间, 多数位于 400~600 km 之间, 其平均水平尺度为 480 km, 这比中国大陆内部的地热涡(其水平尺度平均为 580 km^[1])要

* 初稿时间: 1997 年 2 月 4 日; 修改稿时间: 1997 年 9 月 8 日。

小。这可能与本区处在板块边缘有关。

表1 1980~1994年海峡两岸地热涡的水平尺度统计

水平尺度(km)	250~290	300~390	400~490	500~590	600~690	合计
热涡个数	4	11	20	18	11	64

少数地热涡有如匆匆过客,刚进入本区于下一季度即移出本区;盘踞在本区内时间最长者达15个季度。各地热涡在本区的停留季数见表2。可见在本区停留时间4个季(1a)者有12个,占3/4,长于4个季者为4次,其平均的驻留时间等于4.0季(1a),它比中国大陆内部单个地热涡的平均生命期(5.8季^[1])要短一些。这与台湾以东的洋底尚无地温资料,无法将本区地热涡追踪至更远不无关系。

表2 1980~1994年地热涡在本区的停留季数

季数	1	2	3	4	5	6	7	10	15	合计
涡数	5	2	3	2	0	1	1	1	1	16

进入研究区域的地热涡可分为3条路径(图1):

- (1) 从浙江省往南(北路)计有4次;
- (2) 从江西省往东(西路)计有8次;
- (3) 从广东省(包括南海北部)往东北(西南路)计有4次。移出本区的地热涡绝大多数

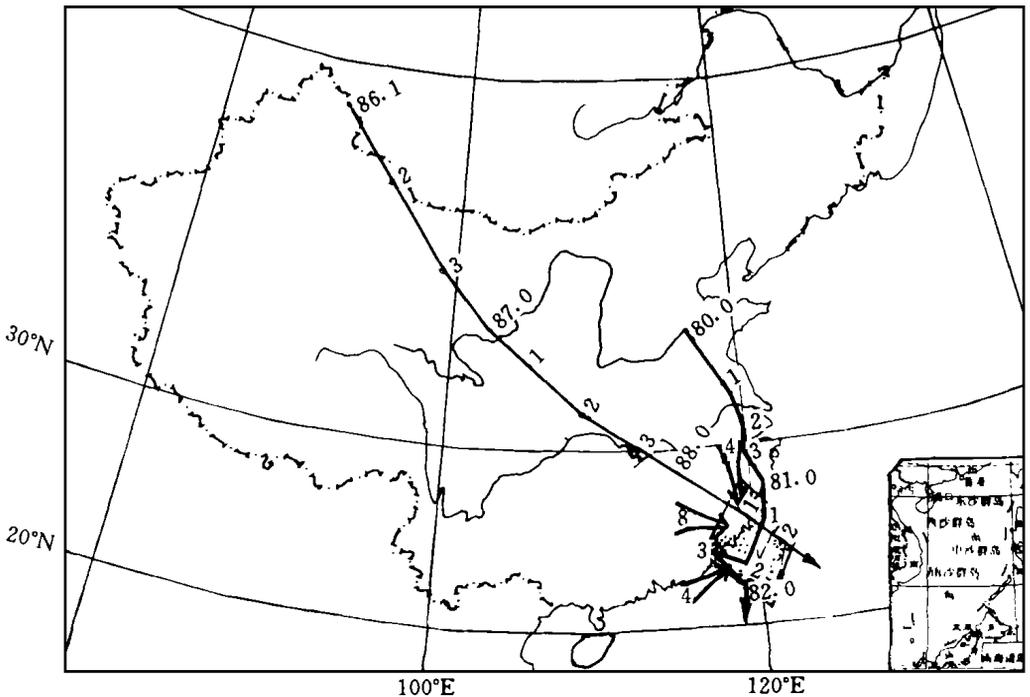


图1 分析区及两次地热涡路径示意图

(86.1表示1986年春季,余类推)

(占 94%) 向东(包括东北到东南)进入太平洋, 只有 1 次(占 6%), 向南进入南海。

前后季之间地热涡的移动方向和移动速率, 是关系到降水预测的重要问题之一。根据我们的统计, 相邻两季的地热涡中心相距小于 100 km 的稳定性地热涡, 在 15 a 中出现过 19 次, 占总数的 19/48(40%)。两季之间地热涡中心移动速度的统计结果见表 3。可见从西、北两个方向向东南移行的地热涡, 占移动性地热涡的 24/29(83%), 这与进入本区的地热涡来向基本一致。从表 3 还可见自北向南的地热涡移速特快, 自南向北者移速则慢得多。所有移动性地热涡的平均移速是 215 km/季, 这比中国大陆内部的地热涡平均移速(200 ~ 400 km/a^[1])要快得多。这可能是海峡两岸降水的季度预测更为困难的重要原因之一。

表 3 两季间地热涡中心的移动速度统计

地热涡来向	北	西	南	东	稳定
个数	10	14	5	0	19
平均速度(km/季)	268	193	170	/	< 100

注 北: 315 ~ 45°西: 245 ~ 315°南: 135 ~ 245°东: 45 ~ 135°

3 与地热涡相匹配的降水场统计特征

绝大多数(60/64)地热涡在同季的降水量距平百分率分布图上, 总有一块降水量正距平区与其相对应。而且大部分地热涡中心与多雨中心的位置相距在 100 km 以内。可见关于地热涡的预报对降水预报的意义有多么重要!

4 次无多雨区配合的地热涡(以下称为“干热涡”), 其中 3 次于当季在台湾出现了 6.9 级以上地震(计 1990. 12 ~ 1991. 2 月, 1991 年 3 ~ 5 月和 1994 年 9 ~ 11 月), 这表明强地震容易与干旱相配(所谓“旱震关系”^[3]); 另一次“干热涡”出现在 1984 年冬季(1983. 12 ~ 1984. 2 月)。该季在本区同时存在两个地热涡(图略), 闽南地热涡已存在很久, 是正在减弱的一个老涡, 且其水平尺度仅 270 km, 比台湾岛上的地热涡要小。根据大陆其它地区的统计结果, 凡处在减弱阶段且小于一定临界尺度的地热涡, 一般都是“干热涡”, 此涡也不例外。

对其余 60 个与地热涡相应的多雨区我们做了如下一些统计。首先统计了多雨区的水平尺度, 即雨量距平零线所围正距平面积的平方根; 有相当多的多雨区在其旁边另有多雨区, 且它们之间没有负距平区相隔开, 遇此情况, 则将两块多雨区之间的相对少雨轴线作为本多雨区的边界; 其次统计了多雨中心的强度(即实测最大一站的降水正距平百分率)和多雨中心偏离地热涡中心的距离及方位角。得到了如下一些结果。

多雨区的水平尺度(L_R)变化于 110 ~ 840 km 之间, 平均是 430 km(见表 4), 略小于地热涡的平均水平尺度(L_h)。 L_R 与 L_h 之间有着很好的正相关, 即是说凡地热涡较大者, 其多雨区亦较大, 两者的相关系数为 0.65, 信度超过了 0.001($n = 60$)。有意思的是 L_h 与后一季的 L_R 甚至后两季的 L_R 均具有较好正相关, L_h 与后两季的 L_R 之间的相关系数为 0.37, 信度亦达 0.01。此结果对预报后 1 ~ 2 季的多雨区面积有一定帮助。

表 4 与地热涡相应的多雨区水平尺度统计(单位: km)

水平尺度	110~190	200~290	300~390	400~490	500~590	600~690	700~790	800~840	合计
频次	6	8	10	12	14	4	3	3	60

多雨区的水平尺度 (L_R) 与中心强度 (S_R) 之间亦有较好的正相关, 相关系数为 0.42, 达到了 0.001 的信度。这可用于季降水的预报。

同季的多雨中心与地热涡中心的距离, 见表 5 的统计结果。由表 5 可见有 68% (41/60) 的多雨中心位于地热涡中心 100 km 以内, 另有 32% (19/60) 的多雨中心相距地热涡中心达 100 km 以上(以下称其为“偏心多雨区”), 最大偏心达 270 km。它们给利用地热涡来预报多雨区的落点带来了麻烦。

表 5 多雨中心与地热涡中心距离统计表(单位: km)

距离	0~100	110~190	200~270	合计
频次	41	13	6	60

这 19 次偏心多雨区的季节分配是: 春季 6 次, 夏季 5 次, 秋、冬各 4 次; 其偏向象限是西 6 次, 南 5 次, 东、北各 4 次。可见在季节和方位的分配上相当分散, 几乎是均匀分布。但是在同一季节, 其偏向象限似乎有一定的集中性, 如冬季的 4 次为向西 2 次、向北 2 次, 没有偏向东或南方者, 秋季的 4 次则是向西 2 次、向南 2 次, 未出现向东、向北象限者, 春夏两季仍是分布均匀, 这自然更增加了降水季度预报的困难。

4 实例分析

1980 年冬季(1979.12~1980.2月), 在山东省西部有一地热涡, 它是 1979 年从河北省南下而来的, 因 1980 年以前大陆上地温资料太少, 其中心位置不好确定, 此地热涡以每年约 800 km 的速度南下, 1980 年夏移到长江下游与原在长江中游的另 2 个地热涡相连,

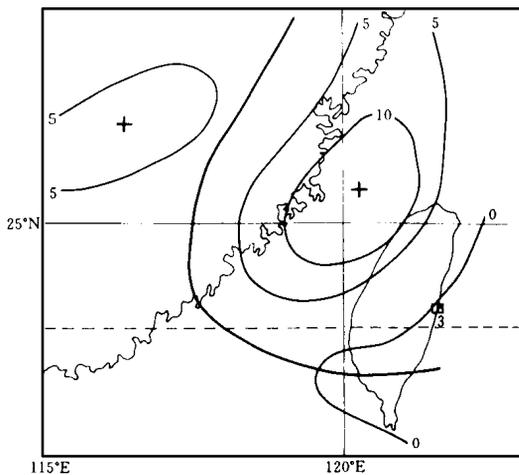


图 2 1981 年春季地热涡分布图
(粗实线为低温轴线。单位: 0.1)

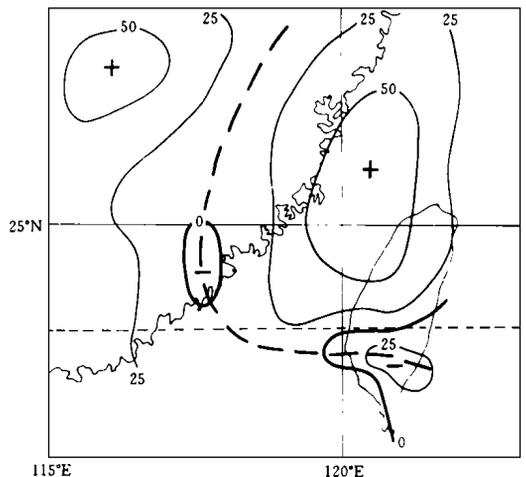


图 3 1981 年春季降水距平百分率分布图
(粗断线为少雨轴线)

造成长江中下游大涝。以后继续南下(见图 1)于 1981 年春进入本文分析区, 新竹本季 3.0 m 的地温距平达 +1.4, 是近 15 a 来的最大值, 可见它是一个强地热涡(图 2), 与此地热涡相应的多雨中心偏在涡中心的南偏东方约 200 km, 中心强度为 +59% (见图 3)。我们认为多雨中心之所以偏在地热涡中心南面达 200 km 之遥, 也与本地热涡快速向南移行有关(1981 年春至夏季向南偏西移动了约 300 km, 见图 1)。此涡在继续南下的过程中, 于 1981 年夏季与从广东省东移的地热涡相遇, 再次加强(厦门 3.2 m 地温距平达 +1.1) 相应的多雨中心强度达 +202%。图 4 是 1981 年夏季的地温距平和雨量距平图。可见地热涡外围的低温轴线与多雨区外围的少雨轴线二者基本相合。此后该地热涡继续慢速南移, 强度逐渐减弱, 与其相伴的多雨区强度亦逐渐减弱。1983 年春季移出本区, 进入南海。这是一次北路地热涡的个例, 下面再举一次西路的地热涡个例。

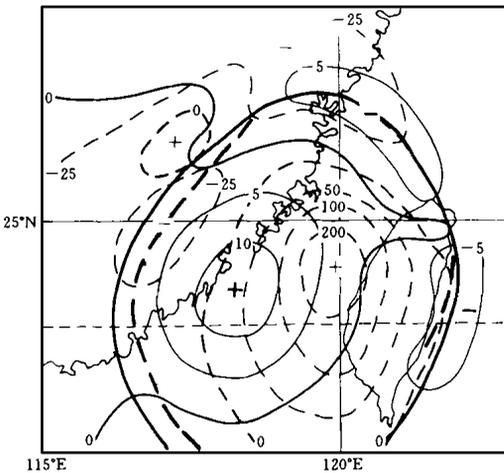


图 4 1981 年夏季地温距平(实线)和降水距平百分率(断线)分布图

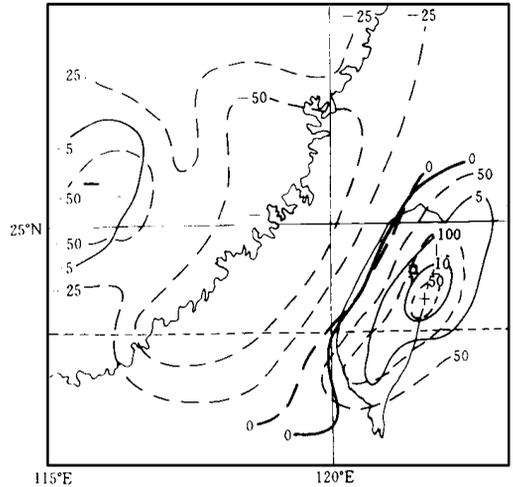


图 5 1988 年夏季地温距平(实线)和降水距平百分率(断线)分布图

1986 年春季在新疆阿勒泰和蒙古国西部出现了一个地热涡。它以每年近 2000 km 的极快速度迅速东南下(见图 1)沿途都激起了一块块多雨区与之相伴, 至 1988 年春季它自西偏北方向进入本文分析区, 与其相应的多雨区中心偏在地热涡移动的下流(东方)约 250 km(图略)。结合前述个例, 似乎表明: 与快速地热涡相应的多雨区中心容易出现在热涡移行的下流。1988 年夏季此地热涡移至台湾岛, 与原在岛上的地热涡合并, 3.0 m 地温距平达 +1.2。全台湾出现多雨, 中心在花莲达 +152% (图 5), 这是近十多年来少有的记录。可见两个地热涡的合并往往可以造成较大的降水异常。

5 一个降水季度预报的初步方案

据本文所述以及中国大陆 20 多年的实际预报经验可知, 降水季度预报的核心是: 地热涡的中心位置、水平范围及其强度变化的预报; 对这三个问题做出预报后, 即可根据地热涡与多雨区的同时相关的统计结果勾划出多雨区的位置、范围和中心强度; 最后再考虑地热涡的可能合并以及地震场等情况, 对初步预报图进行必要的修订, 即成为正式预报意

见。

依上所述,本预报方案可分为三个步骤:预报地热涡、推算降水分布、对某些特殊情况进行修订。现对每个步骤予以简要说明。

5.1 预报地热涡

(1) 涡中心位置

根据前三个季度的涡中心位置,按等加速度外推的方法进行预报。

(2) 涡的水平尺度

用上季度的水平尺度作为第一估计值,因为上下季之间涡尺度的相关系数达+ 0.37,超过 0.01 的信度。

(3) 涡强度变化

涡强度是用涡中心附近的地温距平值的水平梯度来度量的。一般而言,它是随时间递减的,但当有两个(或更多)涡合并时,它会增强。因此其预报关键是看有否涡合并。

5.2 推算降水分布

(1) 多雨区中心位置

用预报的地热涡中心作为其第一估计值;但若地热涡的移速 > 200 km/季,则多雨中心将出现在地涡中心的前方 150 ~ 200 km。

(2) 多雨区水平尺度 (L_R)

用本季已知的地热涡水平尺度(L_h),根据统计得到的如下回归方程,进行预报

$$L_R = -73.2 + 1.05L_h \quad (\text{单位: km})$$

(3) 雨区中心强度 (S_R)

根据雨区水平尺度(L_R)与 S_R 的统计回归方程,可算得雨区中心强度。

$$S_R(\%) = 16.7 + 0.136L_R \quad (\text{单位: km})$$

5.3 必要的修订

当台湾出现强地震或有地热涡合并时,按上述方法所得的预报结果应进行修订,分别叙述如下:

(1) 当台湾有 6 级以上强地震时,预报的多雨区面积要大大缩小,且震级愈大多雨区面积愈小。1980 ~ 1994 年台湾共有 25 个季度出现了 > 6.0 级的地震。每季的多雨区尺度和地热涡尺度之比 $R_s (= L_R/L_h)$ 与最大震级(M_s) 呈明显反相关,相关系数达 - 0.44,信度超过 0.05。其回归方程为

$$R_s = 3.37 - 0.45 \times M_s$$

可见震级愈大, R_s 愈小。这是降水的季度预报必须考虑的一个订正。但其难度很大,因为地震预报比降水季度预报更为困难。

(2) 当有两个(或以上)地热涡合并时,多雨区的面积,特别是其中心强度,应比正常预报值大得多。这一点已在实例分析中叙及,不再赘言。

6 结束语

从本文所述可知, 地热涡并不因为台湾海峡的阻隔而中止东移。它与降水场的配置关系与大陆的情况极为相似, 本文所提出的降水季度预报方案, 虽然尚未经过实践检验, 但根据大陆的经验, 我们相信, 它在原则上是可行的。当然其中的很多具体参数将会逐步修改, 使预报准确率越来越高。

参考文献

- 1 汤懋苍, 高晓清. 1980 ~ 1993 年我国“地热涡”的若干统计特征 . “热涡”的时空分布. 中国科学(B 辑), 1995, 1186 ~ 1192
- 2 汤懋苍, 高晓清. 1980 ~ 1993 年我国“地热涡”的若干统计特征 . “热涡”与地震的统计相关. 中国科学(B 辑), 1995, 1313 ~ 1320
- 3 耿庆国. 中国旱震关系研究. 北京: 海洋出版社, 1985. 457pp

PRELIMINARY ANALYSIS ON GEOTHERMAL VORTEXES ACTIVITY IN BOTH SIDES OF TAIWAN STRAIGHT IN 1980–1994 AND THE PREDICATION OF SEASONAL RAINFALL

Tang Maocang

(*Lanzhou Institute of Plateau Atmospheric Physics, Chinese Academy of Sciences, Lanzhou, 730000*)

Liu Zhongming

(*Department of Atmospheric Sciences, Taiwan University, Taipei*)

Gao Xiaoqing Fong Song

(*Lanzhou Institute of Plateau Atmospheric Physics, Chinese Academy of Sciences, Lanzhou, 730000*)

Abstract

Based on the close relationship between geothermal vortex (henceforth GV) in soil temperature field in 320 cm depth and rainy area in mainland of China, the amount of summer rainfall for was predicated by us many years and the results are inspiring. In this paper, the soil temperature data in both sides of Taiwan Strait (henceforth BSTS) are analyzed with the similar way and a seasonal rainfall prediction program is put forward. Statistic results show that the GVs here have its regional characteristics: the average scale of GVs here is 480 km, which is slightly smaller than that in the scale of GV in mainland (580 km). Moreover, the mean lasting time of GVs here (4.0 seasons) is 1.8 seasons shorter than in the mainland. Most of the GVs, mainly move from the north and west boundaries of the analyzed area, move eastwards to the west Pacific with a mean speed 215 km per season that is faster than the moving speed of GVs in mainland. Most of the GVs are accompanied by a positive abnormally rainfall area in the same seasons and in most cases, the distance between the center of GV and center of rainy area are no more than 100 km. However, when strong earthquakes ($M_s \geq 6.0$) occurred in Taiwan, this area may suffer from drought, so, the predict results must be corrected during such conditions.

Key words: Geothermal vortex, Seasonal rainfall predication, Taiwan Strait, Earthquake.