第54卷 第1期　　气 象 学 报　　Vol. 54, No. 1
1996年2月　　ACTA METEOROLOGICA SINICA　　Feb., 1996

蒙古高原地面风、压、温场的基本特征*

汤懋苍　高晓清

（中国科学院兰州高原大气物理研究所，兰州，730000）

L. Natsagdorj　A. Namkhai

（蒙古国水文气象局）

摘　要

对蒙古国40个气象站1961—1990年平均压、风、温资料作了分析，其结果表明：

① 冬季地形"中脊线"东西两侧的气候截然不同。西侧自由大气的暖平流很少触到地面，中小型地形的热力差异明显：气压场上为"多中心"，相应的盛行风场为多种多样；东侧为冷平流，可触及地面，中小型地形的热力差异不明显，气压场为相对少变，山脉影响一般形成不了闭合中心，西北风占绝对优势。不同地形坡向间温度差异较小。

② 夏季，高空控制气流（行星西风）减弱，"中脊线"以东的各地形性气压中心得以发展，向风面为高压（或脊）、背风面为低压，其中"色楞格低压"和"克鲁伦河低压"为绕流低压，而"呼伦贝尔低压"和"浑善达克低压"为背风下沉低压，干燥少雨成为沙漠区。夏季河套灌区近地层为一高压，其成因与人工灌溉关系极大。气温可用地理要素较好表达。

关键词：蒙古高原，风场，气压场，温度场，基本特征。

1　前　言

蒙古国深处大陆腹部，地势西高东低，全国平均的海拔高度为1580m，有"蒙古高原"之称。过去对其气候知之甚少，改革开放以来，交往频繁，资料交换增多。我们利用蒙古国、中国的内蒙古和新疆及俄罗斯少数资料来探讨蒙古国气候的基本特色。本文讨论温、压、风场。降水和湿度等将另文叙述。

2　冬、夏月平均气压场和盛行风场

根据蒙古国40个站1961—1990年的场面气压和平均气温资料及我国内蒙古与新疆近百个站的资料，利用已有的月平均气压场的分析方法[1]绘出了1、7月850hPa高度场图（图1）。蒙古国各测站的海拔高度从688m到2255m，故将场面气压订正到850hPa是最合适的，这样它可以与我国和俄罗斯已有的850hPa平均图相接[2]。文献[2]中850hPa各月的温压场对蒙古国的部分，应根据蒙古国记录重新修改。由图1可见：冬季（图1a）蒙古国

* 初稿时间：1993年8月9日；修改稿时间：1994年7月5日。
资助课题：国家攀登计划KJ85-03-03课题。

西部为一高压区，中心有3个，最强中心在杭爱山，巴彦布拉格站（站号44275）达1545gpm，为全蒙古高原的最高值（另有44225站850hPa订正高度为1571gpm，显然偏高，从其它月份的订正值来看亦偏高很多，这可能是测站海拔偏高之故。从各月平均图来推断，该站拔海高度减去35m则与周围各站的连续性颇好），此高压中心向北伸出一高压脊直到东萨彦岭，这是蒙古气候的一条重要界线。另一中心位于阿尔泰山，但强度比"杭爱中心"为弱，第三个中心位于"三湖盆地"（由乌布苏、吉尔吉斯和哈腊乌斯三大湖泊组成的弧立盆地，周围环绕着阿尔泰山、杭爱山和唐努山），其形成原因是由于辐射冷却而成的"冷空气湖"（详见下节），这与塔里木盆地高压的成因不一样。此三个高压中心所组成的"蒙古高压"，显然是冬季大气活动中心之一——"亚洲高压"的一部份，据文献[3]的分析，"亚洲高压"的最强中心，不在蒙古高原，而在青藏高原上。

从图1a还可以看到，贺兰山和东天山亦有两个小高压，沿天山山脊有一条高压轴线，它与蒙古高压之间有一条准东西走向的低压槽线相互隔开。敦煌盆地、哈密盆地和阿尔泰与乌里雅苏台之间，各有一低压存在。在蒙古高原的东半部（大致是98°E以东），很少有闭合的高、低压中心存在，仅在色楞格河中下游有一低压，这是西风气流绕过萨彦岭后而形成的背风动力性低压，它是一块冬季相对多降水区。肯特山，大兴安岭，阴山等山区均无闭合气压系统存在，只是在山脊线附近可划出一高压脊线，在山脊的下风方可划出一弱的低压槽线。有意思的是在大兴安岭的上风方（西面）150—200km处可分析出一条低压槽线，它不但反应在气压场上，在地面盛行风场上也是气旋性切变，可见此低压槽线是确实存在，而且似乎与大兴安岭有某种关系，低压槽为何会出现在山脉的上风方？其原因值得研究。

由图1a可看到，90%以上的地面盛行风向与平均地转风向之间的夹角都小于45°，表明图1a的气压场对地面风场具有较好的代表性。由图上还可以看到；从祁连山主峰经嘉峪关，马鬃山向北到杭爱山，止于东萨彦岭（图上的双实线）不但是一条高压脊线，而且是一条盛行风向的分界线。此线以东盛行偏西风，绝少有偏东风盛行；此线以西盛行风向较乱，中小尺度的闭合气压系统特别多。这条线实际上是亚洲高原北部的一条"中脊线"。按照大尺度地形扰动的理论结果，此"中脊线"以西为动力加压暖平流区，此线以东为减压冷平流区，众所周知，暖平流是使气柱的垂直稳定度增加，暖空气不易达到地面，有利于保存中、小地形造成的各种环流系统，形成"多中心"；冷平流使气柱稳定度减小，冷空气可直达地面，它无孔不入，各种地形造成的闭合系统不能孤立存在，均统一在一个大系统之内。图1a上中脊线以西的"多中心"、以东的"大一统"，正说明理论结果的正确。中脊线以西的高度比以东平均高出50gpm，这自然应该是"动力加压"和"动力减压"所造成的后果。

夏季（图1b）在亚洲高原的"中脊线"上，虽然仍为一明显的高压脊，但中心已不存在，甚至阿尔泰山亦无高压中心存在，"三湖盆地"已成为低压区。最强高压位于天山西部，从天山向东沿中蒙边境有一条近东西向的高压脊线，此即为高原夏季风与行星西风的分界线[4]。在"中脊线"以东地区，一改冬季（图1a）的"大一统"局面，形成高低压"多中心"状态，这是夏季动力作用减弱，热力作用加强的结果。"色楞格低压"夏季仍然存在，使得色楞格河流域是蒙古国非高山区降水最多的地方。肯特山虽然最高峰只有2800m，但向风面的高压与背风面的低压均可划出闭合中心，此低压区中夏季降水亦多，看来它也是一个背风

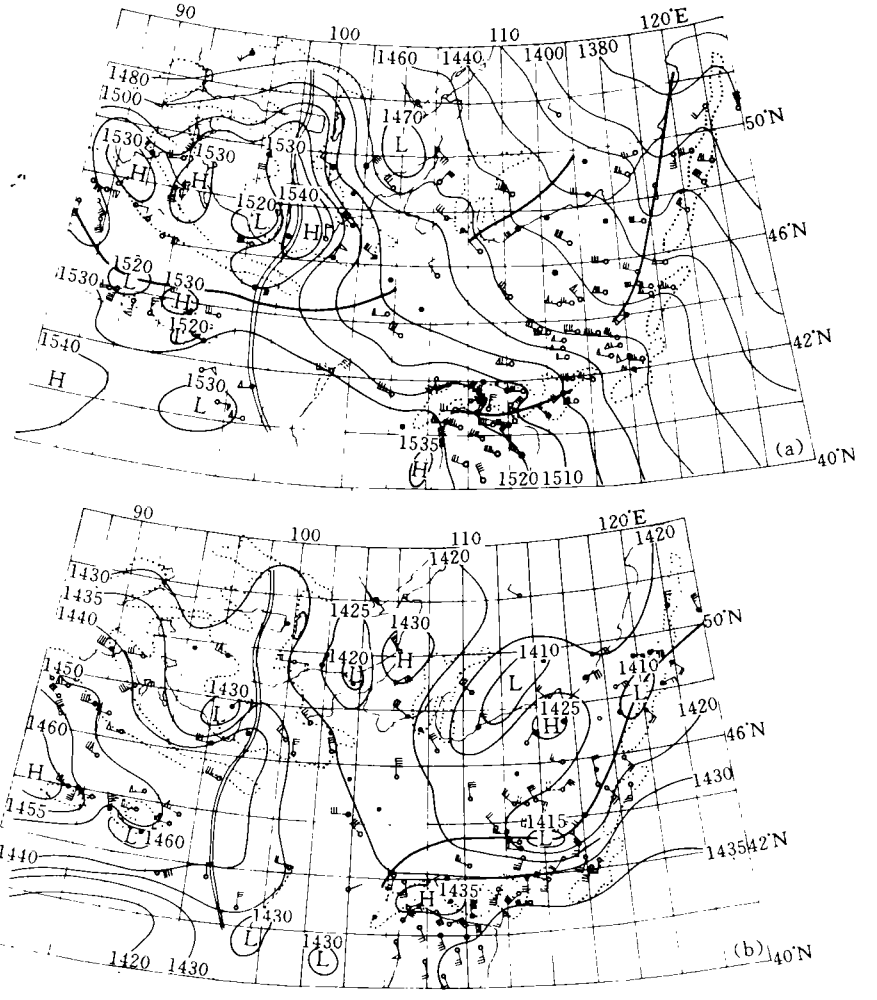


图 1　1961—1990 年平均 850hPa 高度场和地面盛行风场(a，1 月；b，7 月)
(细实线为等高线，粗实线为低压槽线，双实线为地形中脊线，点线为地形廓线
盛行风向频率为 67.5°夹角内的风频率，20、4 和 2m·s^{-1}的风羽分别代表 50%、10%和 5%)

绕流低压。在大兴安岭和阴山山脉的西侧和北侧，有一条明显的低压槽，此槽线是地面偏南风与偏北风之间的分界线。因此仅就风向而言，它应该是我国东南季风的北界。此低压槽的成因可能是东南季风越过两条山系后的背风下沉作用，它是一条相对少雨带。内蒙古东、中部的沙地都集中在该带上，特别是呼伦贝尔沙地和浑善达克沙地刚好对应着两个低压中心。在图 1b 上还可清楚地看到河套灌区是一闭合高压区，盛行风场也呈明显的反气旋环流。阴山山脉的存在，对此高压的形成肯定有贡献，但另一重要因素是河套绿洲的“冷岛效应”[5]，此绿洲的南、西、北三面均被沙漠包围，根据“黑河实验”的结果，绿洲中大气边界层的温度比四周沙漠要低数度。这是此高压形成的重要原因。

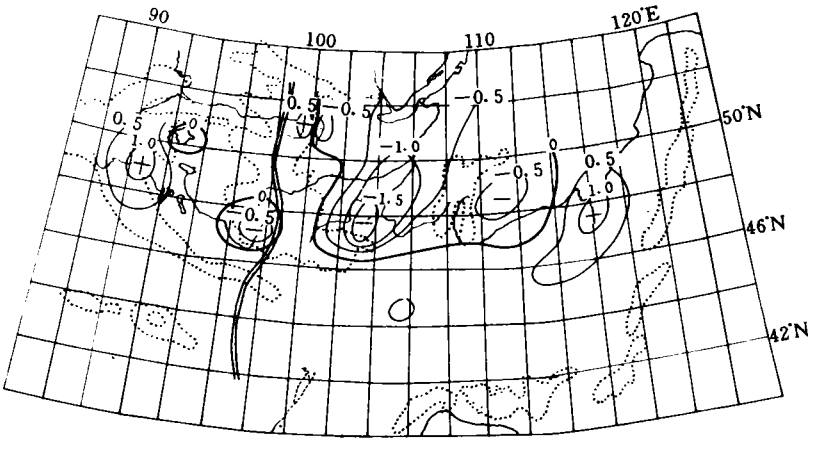


图2 7月气温偏差分布图

(粗实线为偏差零线,其余说明同图1)

3 7月和1月的温度场

夏季地面是热源,近地面空气的垂直混合较强,温度随高度递减,蒙古国气候图集上[6]给出的7月递减率(γ)≈0.65℃/100m,7月的气温仍是随纬度的增加而降低,大致是1℃/1°φ,亦随经度的增加而降低,大致是0.1℃/1°λ。可以用纬度(φ)、经度(λ)和拔海高度(h)三地理要素来拟合蒙古国7月的气温(T),拟合公式为

$$T(\varphi,\lambda,h) = \overline{T} - a(\varphi - 47) - b(\lambda - 103) - \gamma(h - 1580) \qquad (1)$$

式中$\overline{T}$为蒙古国7月全国的平均气温,47和103分别为蒙古国地理中心的纬度和经度(取整数),1580m为蒙古的平均拔海高度。根据蒙古国40个站(φ、λ、h为已知)7月的平均温度,利用式(1)迭代之,得到$\overline{T} = 16.0$,$a = 1.44$,$b = 0.14$,$r = 0.724$℃/100m,与上述粗略估计值基本一致。于是,利用式(1)可以计算蒙古国任一地点7月份的平均温度,特别是可以计算每一个气象站所在地点的温度(T_c),将它与实测温度(T_0)比较,所得差值($\triangle T = T_0 - T_c$)绘于图2。由图2可见,绝大部分的差值均在1℃以内,$|\triangle T| > 1$℃者仅有5站,最大为1.5℃。这表明用式(1)计算蒙古国山腰以下任何地点7月的平均温度都是基本合适的。$\triangle T < 0$(实测值小于计算值)的地区分布很有规律:三个低压区因云雨较多,故气温较低,特别是色楞格低压区低得更多,$\triangle T < -1$℃的三个站均出现在此,库苏泊和乌布苏湖区亦为低温区。

冬季气温的地理分布,原则上亦可用式(1)描述,但冬季蒙古地面辐射平衡为负值,地气温差亦为负值,即是说大气要向地面输送热量,使得大气的垂直稳定度 大为增强,各种局地影响因素(如地形坡向、坡度、地形凸凹等)得以充分表现自已,故此冬季的气温分布图就显得非常复杂,下面我们先就现有记录分析拔海高度与地形坡向的影响,然后再粗略地分析1月的平均气温分布图。将东部和西部拔海高度相近、坡向(包括地形凸凹)相同

的记录相互对比可发现，1 月份蒙古国东边的气温比西边要低 2℃左右，它们的经度差约为 30°(88－120°E)，故作为第一近似，暂不考虑经度的订正，同样将南、北面条件相近的站对比，再参考已有的气候图集，可得到 1 月气温随纬度变化显著，对 44－50°N 之间的区域，在“中脊线”以东大致是－1.5℃/1°φ；“中脊线”以西是－2℃/1°φ。以下我们将用此数值对温度施以纬度订正，再相互比较。图 3 是阿尔泰山、杭爱山、大兴安岭的东坡(背风坡)、西坡(向风坡)地形相近的站的气温随高度的变化。由于测站仍不够多，且半山以上基本无测站，故图 3 的精确性不一定很高，特别是不能代表半山高度以上的温度递减率，它只能代表山脚到半山腰。由图可见各山的背风坡(东坡)，山腰以下均为逆温($\gamma<0$)，特别是阿尔泰山东坡逆温强度达 $\gamma=-1.4$℃/100m，其厚度至少有 900m，如此强的逆温，在北半球大概只有东西伯利亚的维霍扬斯克盆地(北半球的冷极)可与之相比[7]。色楞格河流域(杭爱山背风坡)与大兴安岭东坡虽然也有逆温存在，但强度为 0.6℃/100m 左右，比“三湖盆地”弱得多。

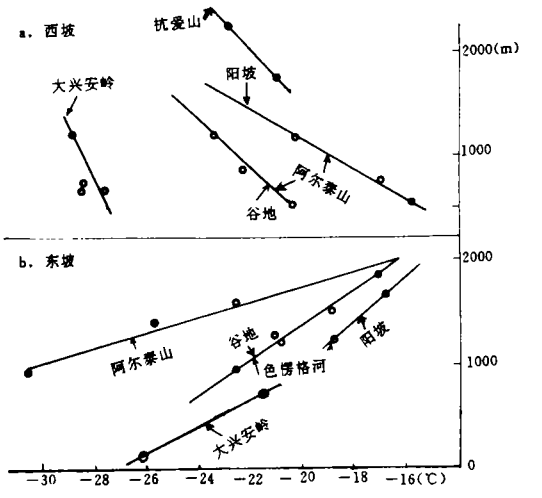


图 3　　各山系东、西坡气温随高度变化

由图 3a 可见，三个山系的西坡温度随高度递减，这与东坡截然相反。山系向风坡 $\gamma>0$ 是因为空气沿山坡的动力抬升作用，山系的背风坡从山顶到山腰因气流的绝热下沉作用仍为 $\gamma>0$。但山腰以下为何会出现逆温？我们认为其原因是逆温层的顶部和底部的空气来自不同源地，顶部是来自山脊的绝热下沉气流，温度高；底部是来自北方的冷平流(如色楞格河流域和嫩江流域)或是低凹地的辐射冷却作用(下面再述)。逆温层所达高度大体就是背风下沉气流所达到的高度。根据青藏高原各山系的分析，此高度大约是山脊平均高度的 7/10[8]，如果此数值也适合于蒙古高原各山系，则阿尔泰山东坡的逆温层高度大致在 2200－2400m；杭爱山和萨彦岭东坡大致在 1800－2000m；大兴安岭东坡则在 800m 左右。

冬季在辐射平衡的负值区(从气候图集[2]可查得，1 月辐射平衡的零值线大致在 41－42°N 之间通过)，凡四周被高地包围的低凹盆地，均会形成冷空气湖，其底部温度特低，逆温特强。蒙古国西部的“三湖盆地”，特别是乌布苏湖是这样一个典型盆地，湖面的平均海拔约为 1000m，四周的高山平均海拔超过 2000m，且基本呈封闭状，高差超过 1000m，逆温强度亦超过 10℃/1km。其它如天山的巴音布鲁克盆地，巴里坤盆地及叶尼塞河源区乌兰乌拉盆地等(见图 4)均系明显的低温区。仔细分析后，可发现此种盆地的内外温差与盆地的封闭状况和相对高差呈正相关，如准噶尔盆地，其西部封闭不好，盆地冷却效应就不如蒙古国的“三湖盆地”，而塔里木盆地已处在冬季辐射平衡的正值区，故不存在冷却效应。

关于"盆地冷湖"的成因，不少著作有过论述，指出是辐射冷却之故，有的认为是"冷空气平流的堆积作用"。关于冷平流的作用，对某次强冷空气天气过程而言，也许是对的，但从气候形成观点看，则是不对的。因为盆地冷湖的成因恰恰是由于缺乏(或没有)平流混合作用之故。辐射冷却自然是根本原因之一，但仅此还不够，还有垂直湍流热交换系数与大气稳定度呈强负相关这一因素，它与"辐射冷却"之间相互促进，互为补充才使冷却效应不断增强。

阿尔泰山的西坡和色楞格河流域测站较多，在图3上各划出了两条直线，一条代表河谷，另一条代表阳坡，对比后可知：阿尔泰山阳坡比河谷温度要高出3—4℃，色楞格河只高出1—2℃；且愈往高处差值愈小。这一现象的成因与气压场上(图1a)"中脊线"以西为"多中心"，"中脊线"以东为"大一统"的成因是一致的，都是由于西面近地层的水平混合作用弱，东面水平混合作用强之故。

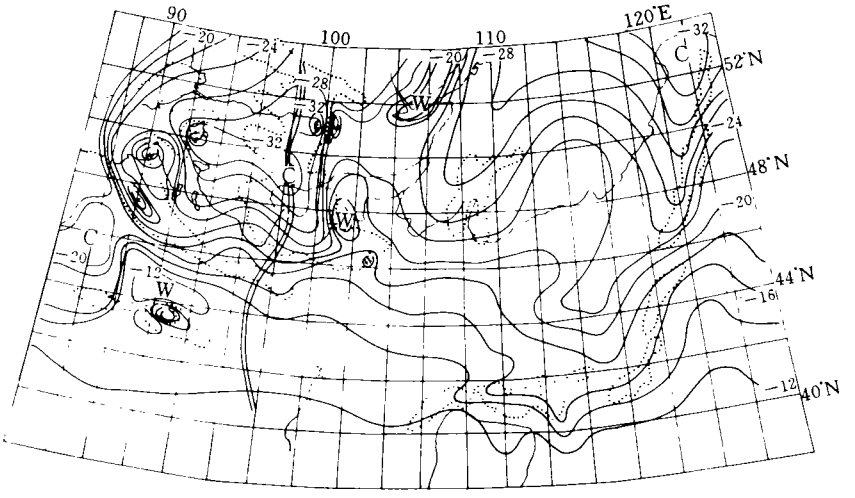


图4 1月平均气温分布图
(说明同图1)

对1月份温度与高度、坡向和地形凹凸等因素的关系有了初步了解后，可进一步分析1月气温的地理分布图(图4)。此图，有几点需明确如下：(1). 它不能代表山腰到山顶的温度分布；(2). 对绝大多数小尺度地形的影响，无反映，只对极少数有测站者，才有反映，如巴里坤、林沁勒呼木贝的低温，车车尔勒格与阿尔拜赫雷的高温。换言之，图4只能反应山腰以下，中尺度地形(100km以上)影响的大致情况。从图4可见，在山系的向风面均有冷空气堆积，背风面均有一暖脊伸向北方。在主峰区之东方，如阿尔泰山友谊峰东面的乌列盖，杭爱山主峰东面的车车尔勒格，为明显的暖中心，比邻近测站要高出5℃以上。贝加尔湖为明显暖区，不少文献对此有详细分析[7]。从贝加尔湖推测库苏泊冬季亦应是一高温区，库苏泊也是深水湖，最深处达267.2m，湖水面积为2770km^2，虽然1月湖面已结

冰,但仍可对大气起热源作用,当然其强度比贝加尔湖要小。

4　结论

通过对蒙古国 40 个气象站 1961－1990 年平均压、风、温资料的分析,可得出以下几点结论:

(1) 冬季地形"中脊线"东西两边的气候截然不同。西边(蒙古国西部和新疆北部)自由大气的暖平流很少触到地面,各种中小型地形的热力差异表现充分:气压场上为"多中心",相应的盛行风场为多种多样,各个方位均可出现,地形的凸与凹、阳坡与阴坡温度差异明显;东边为冷平流,可触及地面,各种中小型地形的热力差异不明显,气压场为"大一统"局面,各山脉只能干扰出高压脊和低压槽,形成不了闭合中心,盛行风场表现为西北风占绝对优势,偏南风与东北风极少,不同地形坡向间温度差异较小,且愈往上差异愈小。

(2) 夏季,高空控制气流(行星西风)减弱,"中脊线"以东的各地形性气压中心得以发展,各山系的向风面为高压(或脊)、背风面为低压,其中"色楞格低压"和肯特山的"克鲁伦河低压"为绕流低压,而大兴安岭和阴山背风面的"呼伦贝尔低压"和"浑善达克低压"为背风下沉低压,干燥少雨成为沙漠区。夏季河套灌区近地层为一高压,其成因与人工灌溉关系极大。夏季地面气温可用纬度、经度和海拔高度三地理要素较好地表达。

参考文献

[1] 汤懋苍,安林. 高原地区月平均海平面气压图的绘制方法及初步分析结果. 高原气象. 1985. 4 (2) : 139－148.

[2] 中科院兰州高原大气物理研究所. 青藏高原气候图集. 1979 年.

[3] 汤懋苍,高晓清,张键. 冬季亚洲高压的中心位置何在? 高原气象. 1995. 14 (3) : 379－384.

[4] 汤懋苍,沈志宝,陈有虞. 高原季风的平均气候特征. 地理学报. 1979. 34 (1) . 33－42.

[5] 苏从先,胡隐樵. 绿洲和湖泊的冷岛效应. 科学通报. 1987: 756－758.

[6] 蒙古气象水文研究所. 蒙古国气候与水资源图集. 乌兰巴托. 1985 年 (蒙文) .

[7] Landsberg H E. World Survey of climatology. vol. 7. Climates of the Soviet Union . 1977: 91－99.