

利用地面总温度分析 西藏高原气候

马 天 龙

(西藏自治区气象局)

西藏高原地域辽阔，地势高，地形复杂，各地气候差异悬殊。气象要素因测站高度不同而形成的差异，给高原的天气和气候分析带来许多困难。本文试图依据地面总温度及其分量的分布和变化，揭示西藏高原的气候特征，最后提出高原气候区划的指标。

文中的地面气候资料，西藏的用至1975年，邻近省（区）的用至1970年。

地面湿空气总温度（以下简称总温度）的计算公式：

$$T_e = T + \frac{g}{C_p} Z_0 = \frac{L}{C_p} q$$

式中 T 为温度， g 为重力加速度， C_p 为定压比热， L 为水汽凝结潜热常数， Z_0 为测站海拔高度， q 为比湿。

本文中取：

$$T_D = T + \frac{g}{C_p} Z_0$$

$$T_e = 1555 \frac{e}{P} \approx \frac{L}{C_p} q$$

称 T_D 为干空气的总温度，它正比于显热能和位能之和；称 T_e 为潜热温度，它正比于潜热能。总温度 T_e 为 T_D 、 T_e 之和，正比于湿空气的总能量。

测站海拔高度订正：索县 +200 米，改则 -200 米。计算中使用的温度 T 、气压 P 和水汽压 e 均为月平均值。

一、冬季地面总温度分布与行星西风

1月干且冷，地面总温度是全年最低值。在1月地面总温度分布图上，沿高原北部边界有总温度等值密集区，其南界与高程5公里的地形等高线相配合（见图1）。90°E以西，地面总温度梯度可达15°C/1纬距以上；90°E以东，地面总温度梯度减弱到约5°C/1纬距。比较和田（海拔1374.6米）与其西南约170公里处的3976站（海拔3986.4米）的温度 T 和潜热温度 T_e ，可知它们随测站高度的递减率很小，分别为0.23°C/100米和0.08°C/100米。和田在冷空气控制下，850毫巴至600毫巴气层的温度递减率仅为0.14°C/100米。所以，高原北侧总温度梯度大，显然与极地干冷空气在高原西北侧堆积并沿高原东北侧南下绕流有直接的关系，是一种由高原地形造成的能力锋。

在高原上，总温度的差别明显地小于北部边界。

那曲西部、日喀则西部、阿里地区为广阔的相对低能区。沿雅鲁藏布江中、下游为相对高能区，羊卓雍湖附近有弱的闭合高能中心。高能舌自日喀则伸向安多，其西侧与低能区交界处有一条北东北—南西南走向的总温度等值线的相对密集区。

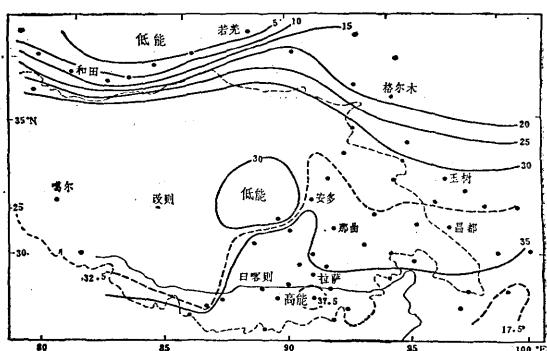


图1 1月地面总温度(°C)分布图
图中细虚线为5公里的地形等高线，实线为地面总温度等值线，圆点为所计算的测站

在用探空资料制作的600毫巴以上总温度图上（图略），高原北侧的强梯度不再存在，高原上南北向的梯度加大，高原及其邻近地区呈现出自北向南总温度梯度的均匀分布。因此，图1所描绘的只是近地层的总温度分布特点。

图2是1月干空气总温度和最多风向及其频率

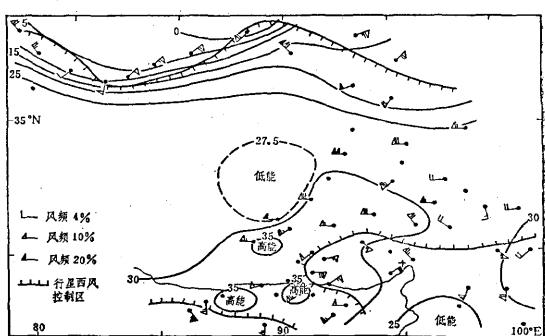


图2 1月干空气总温度(°C)和
最多风向图 实线矢为最多风向

图。除高原东南部变为低能区外，全区大部地区干空气总温度分布与总温度 T_a 类似。东南部和喜马拉雅山南坡盛行偏南或偏东风，风向吹向高能区。全区大部地区（约海拔3500米以上）受行星西风影响，盛行偏西风。新德里 ω 传真图（400、600毫巴）提供的资料表明，冬季高原中、南部和东北部常常受下沉气流控制。喜马拉雅山北侧—雅鲁藏布江中游还是总辐射的最大区。所以这个相对干暖区及其向北偏东伸展的干暖舌的形成可能与行星西风的下沉增温和强辐射有关。

综上所述，冬季除东南部外，高原在行星西风控制下，其基本气候特征表现为干冷、多偏西大风，故可称为“风季”或“干季”。

二、夏季总温度分布与高原热力季风

早在1964年[马济普]同志就已制作了高原600毫巴平均图，指出夏季“雅鲁藏布江中游低压属于暖性”，并把低压变化与雨季联系起来。7月高原地面总温度为全年最高。高原北侧的强梯度消失，梯度较大的地区位于 $33^{\circ}\text{--}37^{\circ}\text{N}$ 的高原北部。 33°N 以南为相对均匀的高能区，高能区轴线位于 30°N 附近，在高原中、东部的日喀则、拉萨、巴塘各有 -75°C 的闭合高能中心（图3）。

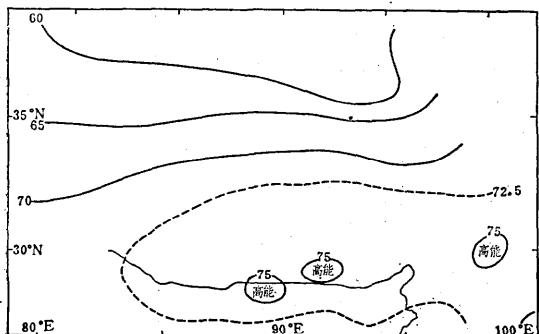


图3 7月地面总温度(℃)分布图

7月是高原的雨季盛期，气候温湿，干空气总温度 T_d 和潜热温度 T_e 均接近或达到全年最高值。和

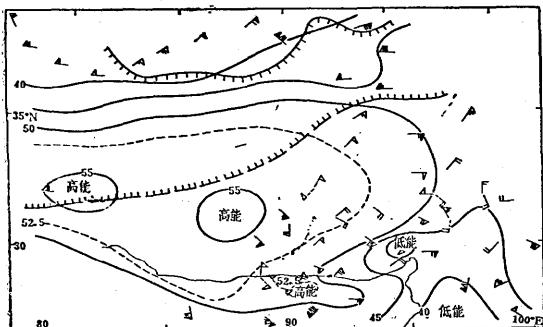


图4 7月干空气总温度和最多风向图
虚线矢表示次多风向，其他同图2

T_a 相比较， T_d 的大值轴位置偏北约3个纬距，大值中心也向西北位移到羌塘高原（见图4）。夏季地面最多风向为行星西风的范围已经缩小到青海西北部、阿里西部和新疆西南边缘的干燥地区。在干空气总温度高能区的东南部盛行东南—东北风，风向与干空气总温度的梯度方向基本一致，而与潜热温度的梯度方向相反。如果认为 T_d 高能区是高原热力作用的一种表现形式，它直接产生的效果之一就是使其东南部的偏东气流频数加大，并成为盛行风向。我们称之为“高原热力季风”。这支气流主要来自喜马拉雅山脉与横断山脉交接部的倒V形高 T_a 区，并向北向西流向羌塘高原的 T_d 大值区，起了输送水汽的作用。

盛夏，热力季风到达五道梁、改则、普兰一线，其控制区内 T_e 值在 16°C 以上。 T_e 高值区自东南部北伸并沿雅鲁藏布江河谷向西折向易贡、拉萨、日喀则一带。喜马拉雅山高峰连绵，山口窄狭，没有形成明显的水汽通道，其东段北坡出现相对的高 T_d 、低 T_e 的少雨带（见图5）。7月最大雨带——丁青、易贡、拉萨、日喀则一线的西北侧， T_d 、 T_e 梯度相反，强度较大。

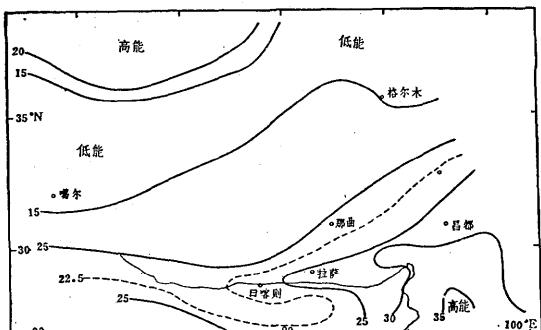


图5 7月潜热温度 T_e (°C) 分布图

三、高原季节变化的基本特点

高原大部分地区的主要季节变化表现为干、湿季（或风、雨季）分明，总温度 T_a 的反映比温度更为明显。以拉萨为例，11月至3月低温低湿，相对总温度差* 小于25%，平均月际变化8.7%，是相对稳定的干冷季节。6月至9月相对总温度差达到85%以上，平均月际变化9.8%，是相对稳定的温湿的雨季。4月至5月和10月为过渡季节，温度、湿度变化大，相对总温度差的月际变化平均为23.6%。应该指出，在从干季向雨季过渡时，干空气总温度增加比较快，5月其相对差值已达到83%，6月出现最大值。而潜热温度变化至少落后一个月，6月的相对差值由44%猛增到78%，并于7、8月出现高值。从5月到雨季开始前的干暖，如持续时间长、强度大，可造成初夏干旱灾害。在干季向雨季的转换中，潜热温度的突增比起干空气总温度的变化有更重要的意义。

为了叙述方便，我们把热力季风控制区内 T_d 大

* 相对总温度差 = $(T_d - T_d \text{ 最低月}) / T_d \text{ 年较差}$

于16°C称为“湿热力季风”，把T₀小于16°C称为“干热力季风”。1—4月，干空气温度上升，高能区中心仍在羊卓雍湖附近，热力季风范围也无大变化，所不同的是察隅、易贡一带T₀上升并由干热力季风转为湿热力季风，进入雨季(图6)。5月，干空气总温度继续上升，高值区扩大，出现多个高值中心。热力季风略向

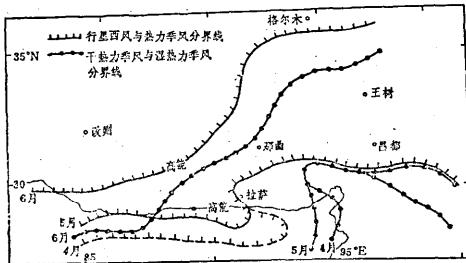


图 6 干暖季向雨季演变示意图

北推进，湿热力季风范围也略有扩大。高原广大农牧区仍在行星西风或干热力季风控制下。6月，干空气总温度的分布已近似于7月，中心位于申扎附近，高值区控制羌塘高原。热力季风向西北方向突进，直达五道梁、申扎、普兰一线。图6中的干热力季风控制区内， T_e 值已达15—16°C之间，降水有明显增加，但强度较弱。湿热力季风控制区进入雨季。盛夏，热力季风控制的区域均为湿润的雨季（参见图4）。

10月，行星西风控制区迅速扩大，热力季风区回缩到东南部。高原北部干空气总温度梯度加大，出现多个 T_D 高值中心， T_D 最高值位于西风控制下的羊卓雍湖附近，其特点与 5 月非常相似（图略）。高原大部地区雨季结束。

四、气候区划方案

以前对西藏虽有过多次气候区划，但由于缺乏一种能综合反映高原自然景观的气候区划指标，因而区划也就显得繁琐而零乱。所以，抓住高原基本气候特点提出合理的一级区划指标是十分必要的。

高原各地的气候及其自然景观的差异，主要是温度和水分综合作用的结果。为了取得描述温度和水分变化的同一度量指标，我们把总温度的年较差分解成单位相同的两部分，即潜热温度年较差 ΔT 和干空气总温度年较差 ΔT_D ，如图7—8所示。比较高原主体部位的 ΔT 和 ΔT_D ，它们存在一定的反相关，相关系数为-0.65。在高原热力季风较弱的高原干燥地区，雨季不明显， ΔT 小，而 ΔT_D 大。在高原热力季风较强的湿润地区，风、雨两季变化大， ΔT 大，而 ΔT_D 小。比较高原西北侧和东南侧两处海拔较低的地区可以看出，新疆南部的 ΔT_D 高达35°C左右，明显地超过了 ΔT_e ，该地区为大陆性干燥气候。而高原东南侧的横断山脉南部地区， ΔT_D 不到15°C， ΔT 都明显地大于 ΔT_D 。这里受孟加拉湾影响，是具有海洋性气候特点的湿润森林地区。尽管 ΔT 或 ΔT_D 都不能独立作为气候区划指标，但它们提供的信息启示我们可用二者

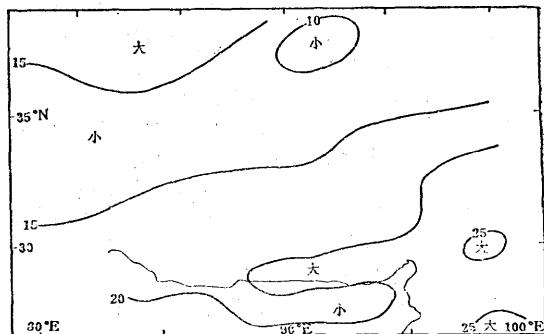


图 7 渗热温度年较差 ΔT_c (°C) 分布图

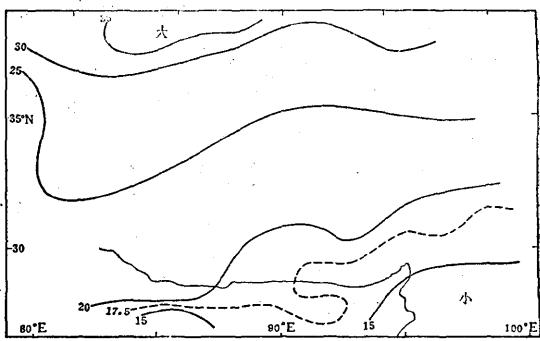


图8 干空气总温度年较差 ΔT_D (°C) 分布图

之比 $r = \Delta T_s / \Delta T_D$ 来综合反映高原及其邻近地区的风、雨两季变化特点。在单一的行星西风控制地区，年雨量很小，无论是在高原地区表现为 ΔT_s 小值或在高原北侧低海拔地区表现为 ΔT_D 大值， r 均为小值，反映了该地区少雨干燥的主要气候特点，而与温度高低关系不大。在高原热力季风控制区域，随着季风势力的增强，测站年雨量加大， ΔT_s 增大， ΔT_D 减小， r 值加大，测站地面温度也相应地升高，气候逐渐转向温湿。以 r 值为指标所作的西藏高原一级气候区划（见图9），能较客观地反映出高原地区的自然景观和生

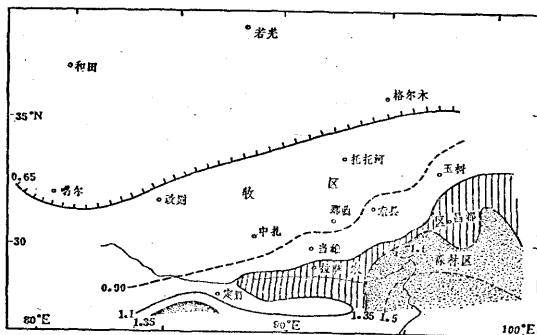


图9 西藏高原一级气候区划图
图中数值为 τ 值，条纹区
为农区，阴影区为森林区

产活动情况。

图9中 $r < 0.65$ 为干漠区，包括西藏西北部、青海西北部和新疆南部的干旱地区，年雨量在100毫米以下。改善水分条件以利用热量资源是该区发展生产的关键。 r 值0.65到1.10为高寒季风区（高原牧区），包括那曲地区、昌都西北部、青海西南部、阿里东南部和喜马拉雅山北侧的高寒地区。年平均温度在3.5°C以下，年雨量250—700毫米。其中 $r > 0.9$ 为半农半牧区，年平均温度0.5°C到3.5°C；经验证明，该区地高天寒，灌溉条件差，常受低温或干旱危害，不宜过分强调发展农业，而应以农牧并举为宜。 r 大于1.10小于1.35为半温湿高原季风区，即高原农区，年雨量300—900毫米，年平均温度3.5°C—8.5°C。其主要耕地在雅鲁藏布江、拉萨河、年楚河的河谷地带。区内4100米以上高寒地区应半农半牧或以牧为主。 $r > 1.35$ 为高原山地湿润森林区，年平均温度在8.5°C以上，年雨量在500毫米以上。区内山高谷深，可耕面积很少，应以发展林业为主要方向。其中 $r > 1.50$ 的易贡、察隅等地，可生长某些亚热带作物。

五、结论

高原气候的季节变化是行星系统的季节变化和高

原大地形综合作用的结果。高原上有两种基本风系。一是受高空气流支配的行星西风。在风季和过渡季，该风系控制除东南部以外的高原广大地区，空气干燥，在其东南部常有下沉增温。雨季期间，该风系向西北退缩到青海西北部、阿里西北部的干燥地区。另一种是与高原干空气总温度高值区相对应的“高原热力季风”风系。风向与干空气总温度梯度的方向基本一致。在干季和过渡季节，该风系稳定在高原东南部。6至9月，随着高原主体强大高能区的建立，高空和地面行星西风的减弱北缩，该风系向西北推进到巴颜喀拉山南侧—阿里中部。该风系与潜热温度的方向相反，起到输送水汽的作用。因此，高原广大农牧区季风现象是存在的，季风的进退与风、雨季的转换是紧密相联的。

利用总温度分量 T_e 和 T_d 的年较差比——无量纲数 r 作为一级气候区划指标，能较好地反映高原地区的生产和自然景观的实际情况。



本文曾承王宪钊同志审阅与指教，薛智同志也提出了宝贵意见，一并致谢。