

我国山地气温直减率的初步研究

翁笃鸣 孙治安

(南京气象学院)

提 要

本文论述了山区气温直减率的若干影响因子。比较了山地气温直减率与自由大气气温直减率间的差异及联系。并计算了全国山区及自由大气中的气温直减率。文中还对山区气温直减率的年变化进行了分型和区划。最后,绘制出山区气温直减率的全国分布图,分析出气温直减率分布的定性规律。

我国是个多山国家,山地面积占全国总面积的三分之二以上。充分开发和利用山地气候资源,对于繁荣社会主义经济具有重要现实意义。

山区气候资源主要指光、热、水资源。以热量资源最为农业生产部门所关心。几年来全国各省、市、自治区的气象科研部门,为了摸清山地气温分布规律,深入山区,进行考察,获得大量第一手资料,写出了许多有关山区气候资源开发和利用问题的总结、报告和研究论文。中心议题之一就是山区气温的直减率问题。但是由于我国幅员辽阔,地形复杂,要对每一山区都进行实地考察,不仅人力、物力、财力所不允许,而且实际上也不可能。因此,探讨全国山区气温直减率分布的一般规律就很有必要。

山区气温直减率问题,在自然地理学和气候学中虽有所研究^[1-4],但无论从研究的深入程度或实用意义来说,还是不够的。最近,林之光¹⁾曾对我国的气温直减率问题作过探讨。本文则试图在综合已有文献资料的基础上,根据各省区整编的气象资料,对山区气温直减率及其影响因子作进一步的分析,以达到了解山区气温直减率分布的基本规律的目的。

一、山区气温直减率的影响因子

山区气温直减率与自由大气气温直减率不完全相同。后者是指在自由大气中随离下垫面高度的增加而引起的气温变化率,而前者则更多地受到测点地面的影响。本节所讨论的,主要是对山地气温直减率有影响的因子。当然,它们对自由大气的气温直减率也有影响,这在我们的分析中也有所反映。在山区,影响气温直减率的因子很多,诸如地理纬度、地形起伏、山脉走向等。

本文1982年11月22日收到,1983年5月9日收到修改稿。

1) 林之光:影响我国山区气温直减率及其变化的主要因子的研究,全国山地气候学术会议文集,1983年。

（一）纬度的影响

我国幅员广大，南北约跨 49° 纬距，太阳辐射状况差异很大，使得气温直减率的分布受很大影响。但由于地形在较大程度上掩盖了纬度对气温直减率的影响，因此利用山区台站资料很难揭示气温直减率的纬向变化。为此，我们计算了全国100个探空站从地面到上空第二、三层等压面间的气温直减率，并每隔5°(纬度)取平均值点绘相关图（如图 1）。

由图可见，气温直减率 γ_{φ} 随纬度 φ 增加是递减的，其变化情况大致可用下列经验公式表示：

$\gamma_{\varphi} = 1.22 - 0.03\varphi$ （1 月）

$\gamma_{\varphi} = 0.7 - 0.005\varphi$ （7 月）

上述两式的相关系数依次为 -0.84 和 -0.90。气温直减率随纬度的变化程度，冬季远大于夏季。另外，冬季大约在 37° N 以北平均直减率为负值。这些情况，显然与冬夏季节太阳辐射和环流条件密切相关。

（二）地形起伏的影响

地形起伏对气温直减率的影响，可以从两方面说明，其一是因为坡地晴夜辐射冷却造成冷空气沿坡地下沉在谷底形成“冷湖”；其二是指因地形对冷平流的阻碍作用，使得冷空气在低洼地上停滞下来。两者结合，可使谷地温度显著下降。而山坡上则因夜间暖空气抬升，可出现相对暖带，这就导致平均气温直减率显著减小，并可出现强烈逆温。

表 1 为在长白山、天山、黄山实测的气温垂直分布。

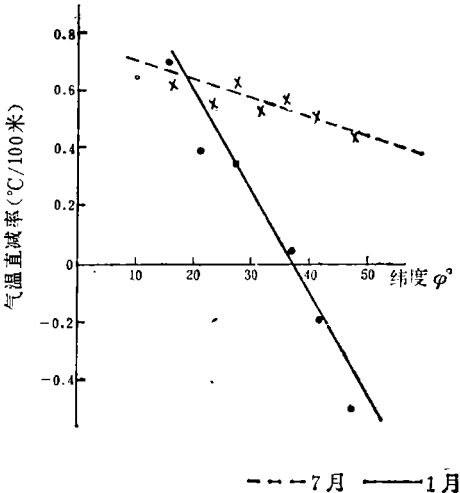


图 1 自由大气中气温直减率随纬度的变化
Fig.1 Variation of air temperature lapse rate with latitudes

表 1 地形与气温垂直分布

Tab.1 Distribution of temperature with different topography and elevation

山 系	长白山*（78 年 8 月 22 日）				天 山 1 月平均气温		黄 山** 1 月平均气温	
	1	2	3	4	乌鲁木齐	小渠子	云谷寺	半山寺
测 点								
海拔（米）	1300	1600	1700	1900	654	2160	890	1300
测点地形	谷地	阳坡	温泉谷地	坡地	盆地	北坡	谷地	坡地
气温（℃）	17.5	20.3	18.9	21.0	-15.2	-10.7	1.5	1.5

* 杨美华，长白山北坡气候特征及垂直气候带
** 安徽气象局资料室，黄山气候特征

长白山的气温分布（1978年 8 月 22 日 08 点观测）可代表晴夜冷空气下沉影响的明显例子，

位于谷地的两测点（1300米、1700米）的气温，分别比位于坡地两点（1600米、1900米）还低，虽然坡谷测点间的相对高差仅200~300米，而温差可达2.1~2.8℃。天山北坡小渠子与乌鲁木齐（盆地）的1月气温差则是冷空气滞留下沉的典型，两站温差可达4.5℃，形成强烈稳定的气候逆温。在黄山虽没有强烈的气候逆温，但因地形作用的结果，在海拔890米的云谷寺和1300米的半山寺间还保持着等温状态。

根据上述实例分析，可以认为若高处测点位于凸出地形，低处位于凹洼地形，则其气温直减率将显著偏低，甚至出现逆温。由此反推，若上部台站位于凹洼地形，下部空旷，则其直减率将显著偏高。

（三）山脉走向的影响

气流遇到高大山脉时，在迎风坡作动力抬升，成云致雨，使地面气温下降，同时在冷季还因地形作用使冷空气在迎风坡下部堆积，这两者都使气温直减率减小。而背风坡则由于气流动力下沉，并按干绝热增温，造成气温直减率增大。六盘山东西坡各高度1月平均气温直减率分布¹⁾可说明这一点（表2）。六盘山冬季因受西北冷气流和山坡上地面冷空气迳流的影响，山脉底部都有逆温存在，但迎风坡（西坡）的逆温层高度比背风坡（东坡）高，强度

表 2 六盘山各高度1月气温直减率（℃/100米）

Tab.2 Mean air temperature lapse rate at different elevations over Liu Pan Mountain in January (°C/100m)

东	高度（米）	1753—2250	2250—2390	2390—2545	2545—2690	2690—2840
坡	直 减 率	-0.34	0.64	0.90	0.69	0.80
西	高度（米）	—	2113~2390	2390~2544	2544~2690	2690~2840
坡	直 减 率	—	-0.51	0.58	0.55	1.00

表 3 不同坡向年平均气温直减率（℃/100米）

Tab.3 Annual mean air temperature lapse rate at different sides of the mountains (°C/100m)

地点	大兴安岭	长白山	秦 岭	黄 山	大 娄 山
坡向					
迎风坡或北坡	-0.02	0.47	0.16	0.42	0.61
背风坡或南坡	0.67	0.55	0.61	0.55	0.66
地点	雪峰山	武陵山	轿子山	武夷山	九 嶷 山
坡向					
迎风坡或北坡	0.52	0.40	0.39	0.48	0.48
背风坡或南坡	0.56	0.70	0.64	0.63	0.57

1) 中央气象局研究院天气研究所一室、宁夏自治区气象局资料室：六盘山剖面考察气温分析。

也大。这表明在迎风坡被阻挡的冷空气比较深厚。此外，山脉中上部的气温直减率背风坡明显地大于迎风坡，表明背风坡有下沉增温的焚风效应。

在我国，冬季由于受西风带影响，在南—北或东北—西南走向的高大山脉的东坡或东南坡，其气温直减率都大于西坡或西北坡。大、小兴安岭、长白山、太行山等都有类似的现象，其中以大兴安岭最为明显（关于这一点我们还将在后面作进一步说明）。夏季，偏南气流影响下，东西走向山脉的南坡为迎风坡，北坡为背风坡，所以气温直减率分布为南坡小，北坡大，这可从阴山、秦岭等山系的观测资料中清楚看出（表3）。

此外，在山脉的南坡，还因较强的太阳辐射加热作用，使得其气温和气温直减率都高于北坡。因此，实际上看到的各坡地上气温直减率的差异，都是上述动力和热力因素综合作用的结果，甚至可在年平均气温直减率分布上反映出来（表3）。

（四）水体的影响

海洋和大的湖泊对沿岸地区的气温有调节作用，因而也影响到沿岸地区的气温直减率，如福建的尤溪、福安两县虽都属山区，但由于福安在沿海，而尤溪离海较远，结果使两地各月平均气温直减率存在明显差异¹⁾（表4）。

表 4 尤溪、福安各月平均气温直减率（°C/100米）

Tab.4 Mean air temperature lapse rate at Youxi and Fuan in different months (°C/100m)

地 点	月 份 高度(米)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	年
尤溪—汤川	126~850	0.39	0.40	0.48	0.40	0.52	0.47	0.49	0.54	0.54	0.30	0.40	0.32	0.44
上白石—蛇头	80~200	0.54	0.54	0.54	0.49	0.49	0.56	0.62	0.65	0.69	0.65	0.69	0.66	0.59
差 值		0.15	0.14	0.06	0.09	0.03	0.09	0.13	0.11	0.15	0.35	0.29	0.34	0.15

从表4看出，福安年平均气温直减率比尤溪大0.15°C/100米，各月的平均气温直减率也都以福安较大，最大差值出现在秋冬季节。

表 5 1979年不同天气下平均气温梯度（°C/100米）

Tab.5 Mean air temperature lapse rate under different weather patterns in 1979 (°C/100m)

地点	天 气		
	晴 天	多 云	阴 天
尤 溪	0.32	0.39	0.51
福 安	0.56	0.59	0.63
差 值	0.24	0.20	0.12

1) 陈仲，福建省尤溪福安山区热量状况初步分析。

表 6 1979年10月不同时刻平均气温梯度 (°C/100米)

Tab.6 Mean air temperature lapse rate at different times of the day in October 1979 (°C/100m)

时间 (时)	02	08	14	20
地点				
尤 溪	-0.17	-0.37	0.88	0.04
福 安	0.43	0.24	0.82	0.71
差 值	0.60	0.61	-0.06	0.67

表 5 和表 6 分别表示两地1979年在各种天气条件下和在各时刻的平均气温直减率，可以看出晴天和夜间的差值最大，说明尤溪的夜间辐射冷却要比福安强烈得多，这显然与海洋的影响有关。

(五) 拔海高度的影响

在山区，气温直减率随拔海高度的变化主要由两个因素决定，其一 是由于测点高度增加，受自由大气作用加强，使得山区气温直减率更接近于自由大气温度的直减率。其二是地形起伏和遮蔽的影响一般总是随高度减弱的。因此，反映在山区气温直减率随高度的变化上，倾向于认为是增大的，而对于不同山区，变化情况互有差异。

但是，应当指出，现有的讨论气温直减率随高度变化的工作，都毫无例外地应用剖面上各测点资料依次求算的方法，这样作就难免因站点代表性差而造成相邻高度层间直减率的不连续现象，从而影响分析质量。

我们认为比较适宜的方法是点绘各高度气温散布图，然后配合相关曲线或直线。为此我们根据文献资料点绘了全国部分山地（井冈山、九嶷山、梵净山、伏牛山、六盘山、长白山、武夷山等）年平均气温直减率随高度散布图（图 2 为其中两例）¹⁻³⁾，结果表明，各散布点都基本上符合直线关系。看来对于各类地形下的年平均气温或对于比较单纯的山地地形（如孤立的山峰，相同的山坡）下的各月平均气温（如武夷山、秦岭南北坡），都可近似认为其直减率随高度大致保持不变。

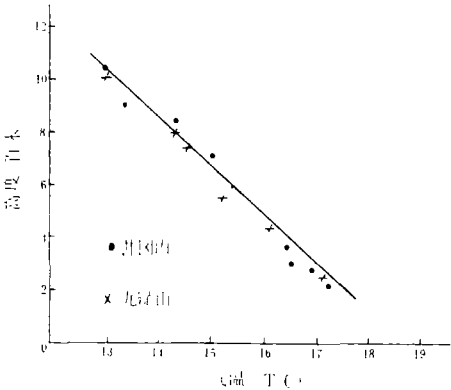


图 2 年平均气温随高度变化

Fig.2 Variation of mean annual temperature with elevation

1) 关寅生：九嶷山垂直农业气候分析，全国山地气候学术会议文集。
2) 徐星华、武全：伏牛山区（南坡）考察资料的订正和一般气候特征分析，全国山地气候学术会议文集。
3) 王宗德：梵净山气候，梵净山科学考察集，1982年。

二、山地气温直减率与自由大气气温直减率的比较

我们利用12对相对高度在800米以上的地面站及其邻近的探空站资料，分别计算了山地和自由大气的气温直减率及其差值（表略）。统计结果表明，对于月平均气温直减率有86.9%差值小于 $0.1^{\circ}\text{C}/100\text{米}$ ，其余略大于 $0.1^{\circ}\text{C}/100\text{米}$ ，但小于 $0.2^{\circ}\text{C}/100\text{米}$ ，平均值仅为 $0.045^{\circ}\text{C}/100\text{米}$ 。因此在分析山区气温直减率时，适当考虑自由大气的气温直减率是可以的，其误差范围绝大多数在 $\pm 0.1^{\circ}\text{C}/100\text{米}$ 以内。

三、气温直减率的年变化

气温直减率的年变化一方面受地面加热条件影响，同时也受到气候干湿程度和盛行风向变化的影响。在我国大致可分为六种类型。各类直减率的全国分布如图3（图中平原及内蒙古高原补充了自由大气的气温直减率）所示。现分述如下：

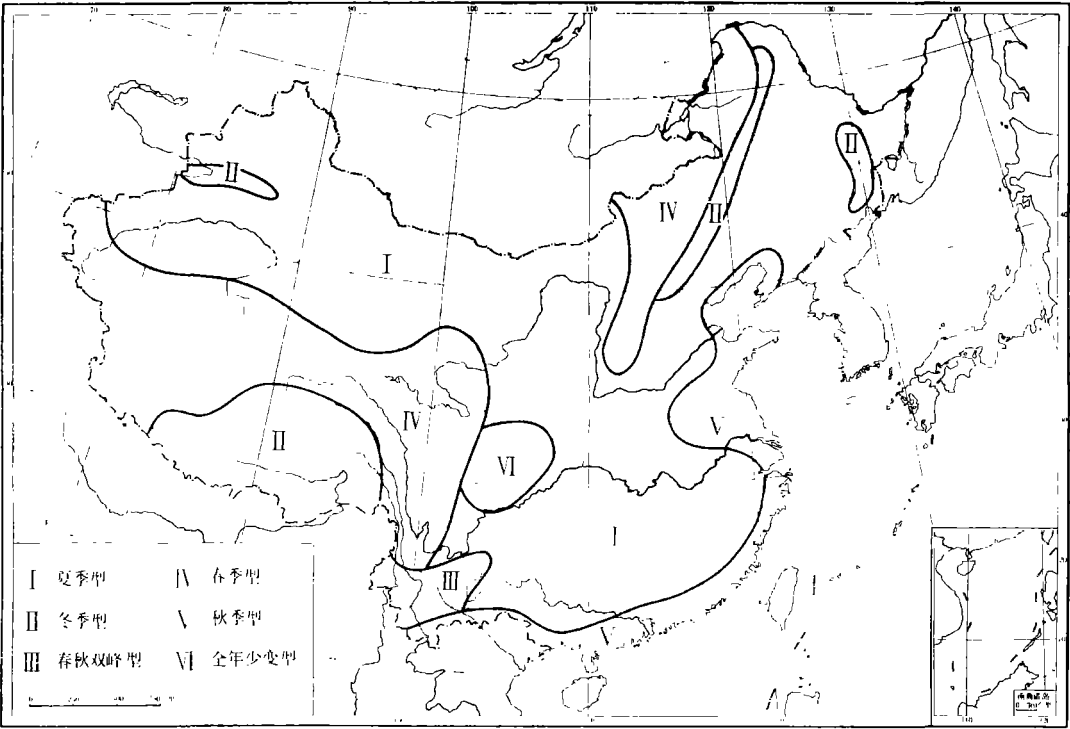


图 3 各类气温直减率全国分布图

Fig. 3 Distribution of different types of air temperature lapse rate over China

I 夏季型 这是我国季风气候条件下气温直减率年变化的最主要形式，它遍及除青藏高原、内蒙古、山西高原以及沿海地区外的全国广大地区。冬季，在强大的冬季风影响下可使全国广大地区气温直减率普遍减小，夏季则因辐射加热的结果，使得直减率明显增大，从而形成冬小夏大的年变化特征（表 7，I）。

II 冬季型 这类直减率发生的地区，其一是在干湿季交替特别明显的云南西南部和青藏高原南部，在那里夏季因阴雨频繁，气温直减率较小，最大值移至冬季出现。另外，南北走向山脉的东坡（如大、小兴安岭、长白山、太行山）和天山南坡，冬季因焚风效应使得直减率显著增大，并达到全年最大（表 7，II）。

III 春秋双峰型 这种类型仅局限于云南南部，由于接近北回归线，天文辐射年变化较小，加之盛行夏季风（西南季风），使得夏季月份辐射的到达量减小，导致气温直减率减小，因此直减率的高值就在雨季前后的春秋两季出现（表 7，III）。

IV 春季型 此型主要分布在内蒙古东部、山西高原以及青藏高原的东部和横断山脉地区。因为这些地区夏季为雨季，春季比较干燥，所以气温直减率最大值提前在春季出现（表 7，IV）。

V 秋季型 我国沿海地区一方面因受春夏多雨（春雨、梅雨、台风雨）的影响，另外又受海洋秋冬季节的加热作用，使气温直减率峰值延至秋季出现（表 7，V）。

VI 全年少变型 此型主要出现在四川盆地内，本区北有秦岭、巴山阻挡，冬季冷空气难以侵入。而东南山地较低，又有长江河谷形成宽广而深入的通道，使暖湿的夏季风可长驱直入，形成冬季温暖、夏季多雨，气温直减率少变的类型（表 7 VI）。

表 7 各类气温直减率（°C/100米）的年变化
Tab. 7 Annual variation of different types of air temperature lapse rate

序号	类 型	地 点	月											
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
I	夏季型	黄 山	0.39	0.40	0.44	0.49	0.55	0.57	0.61	0.60	0.54	0.49	0.42	0.36
II	冬季型	根河~嫩江	0.75	0.63	0.70	0.63	0.54	0.53	0.51	0.61	0.74	0.61	0.87	0.87
III	春秋双峰型	落雪~新村	0.57	0.64	0.82	0.86	0.75	0.65	0.67	0.67	0.69	0.62	0.62	0.56
IV	春季型	五台山~保定	0.50	0.53	0.55	0.60	0.63	0.64	0.59	0.58	0.60	0.56	0.53	0.49
V	秋季型	靖西~南宁	0.27	0.27	0.12	0.23	0.41	0.46	0.51	0.50	0.56	0.51	0.38	0.29
VI	全年少变型	峨眉山~峨眉	0.50	0.52	0.53	0.57	0.59	0.59	0.55	0.55	0.54	0.54	0.54	0.48

四、气温直减率的全国分布

就全国范围来说，只凭个别山系来分析山区气温直减率显然是不够的，分析直减率的全国分布更有其实际意义。为此，我们选择全国101对山顶和山麓站，计算出各对站间的气温

直减率，并绘制了分布图（图 4、5、6）。选点时尽量避免经、纬度，坡向等的影响，以保证结果的可靠性。同时，为了比较，还利用104个探空站资料，计算了自由大气的气温直减率，也绘制了分布图（图略）。

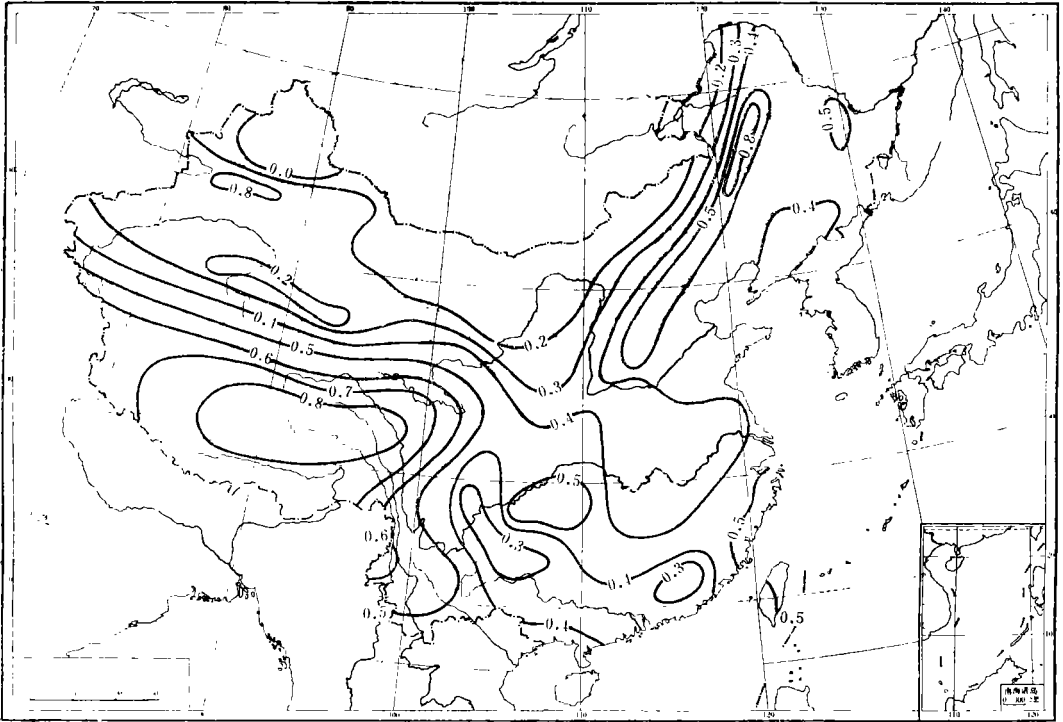


图 4 山区 1 月平均气温直减率全国分布图

Fig. 4 Distribution of the mean air temperature lapse rate over mountainous regions in January

1 月气温直减率分布的总趋势为低纬大于高纬，高原大于平原，此外沿海的气温直减率有略大于内陆的倾向（图 4）。直减率的纬度差别主要是由于太阳辐射差异造成的。高原与平原的差别则由冷空气影响程度不同所引起，高原上冷空气难以到达，而平原则是冷空气的主要通道。沿海与内陆的气温直减率差别显然是由于水体调节的结果。

其次，从气温直减率等值线分布情况来看，从蒙新地区经黄土高原向东南部山区伸出一低值槽，此槽正好位于冷空气的主要通道上，反映出冷空气活动的主导影响。华南地区因受南岭、云贵准静止锋影响，多阴雨天气，致使气温直减率比之长江流域地区小些。另外，在天山、秦岭等的南坡，大兴安岭、太行山等的东坡，气温直减率显著偏大。这显然是由于山脉背风坡的焚风效应所致。

自由大气中气温直减率的全国分布（图略）与图 4 的总趋势是一致的，也具有三大三小的趋势（低纬大、高原大、沿海大；高纬小、平原小、内陆小）。也有低槽自西北、内蒙古

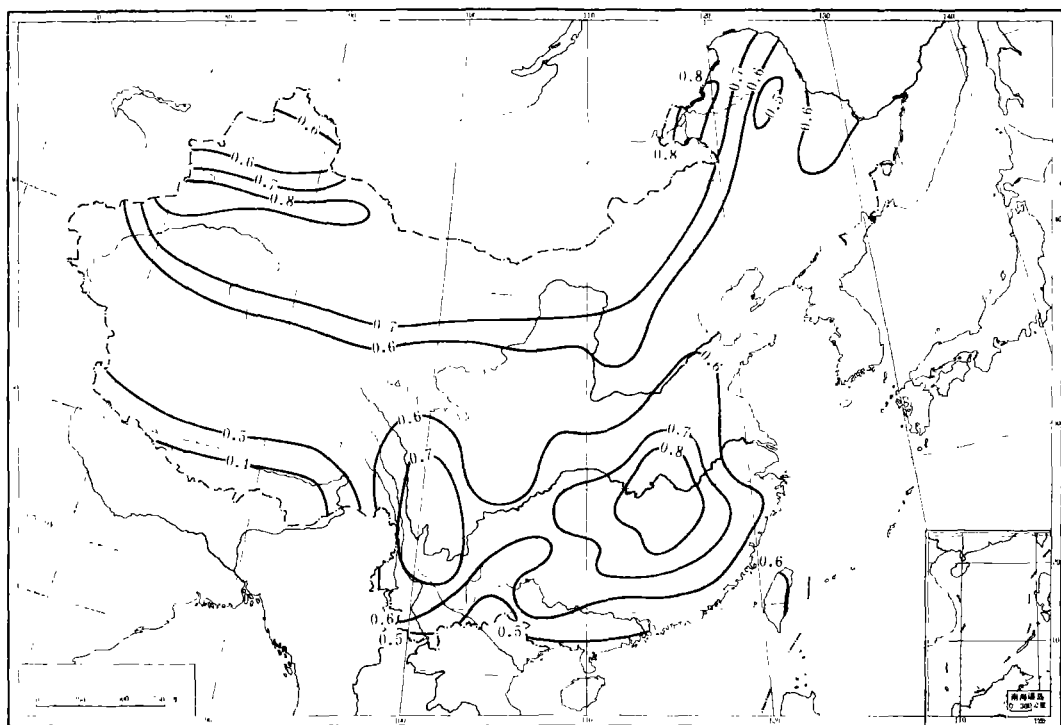


图 5 山区 7 月平均气温直减率全国分布图

Fig. 5 Distribution of the mean air temperature lapse rate over mountainous regions in July

伸向华东、华南。此外，该图纬向分布特征较为明显，平均在 40°N 以北为负值分布， 40°N 以南为正值分布。

我们还顺便分析了 600~500 毫巴之间气温直减率分布图（图略），发现直减率的经向分布比较明显，整个高原和西北内陆为高值区，东南部地区为低值区，这表明，即使在冬季，高原地面也具有对大气加热的热源作用，其下垫面的气温要比同高度周围自由大气的高。分析 600 毫巴 1 月平均气温分布图可以证实这一点。

7 月气温直减率的全国分布与 1 月相比，趋势完全不同（图 5），直减率呈南北高、中间低的分布。内蒙古及西北地区 and 长江中、下游及云贵高原分别为高值带。而在它们之间有一经东北、华北指向西藏高原的东北—西南向低值带。这种分布趋势是由于 7 月份北部地区气候干燥、南部地区伏旱，东北、华北和高原地区进入雨季所造成的。

由于盛行风向的季节变化，山脉两侧的直减率也发生变化。在夏季，大、小兴安岭及太行山的东坡为迎风坡，直减率较小，而西坡为背风坡，直减率较大。只有天山南坡仍为背风坡，直减率仍大于北坡。

7 月自由大气中气温直减率分布比较均匀（图略），除辽东半岛经黄淮平原至四川盆地因与雨带相配合，为一较明显的低值区外，全国各地自由大气中气温直减率一般都在 0.5~0.7 之间。

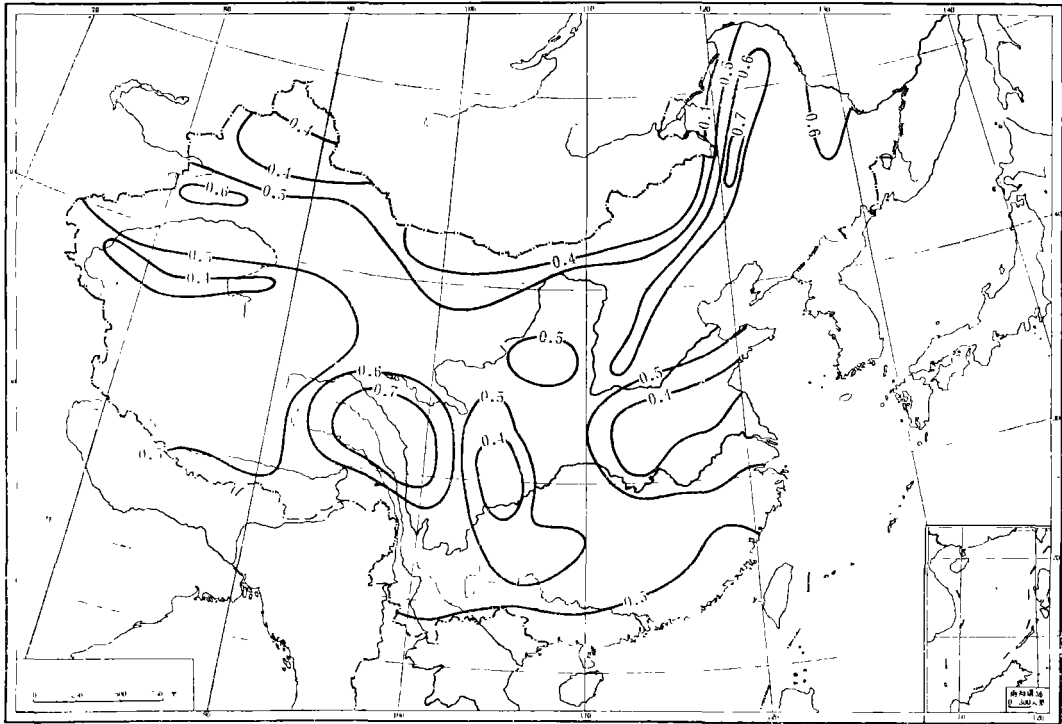


图 6 山区年平均气温直减率全国分布图
Fig. 6 Distribution of the annual mean temperature lapse rate over mountainous regions

600~500毫巴之间的气温直减率仍有高原大于平原、西部大于东部的特点。

年平均气温直减率分布的特点是差异较小，多在0.5~0.7℃/100米之间（图6）。只有少数地区反映出比较明显的地形影响。如天山北坡、准噶尔盆地、昆仑山北坡、大兴安岭西北坡直减率偏低，而它们的背风坡则偏大。对平原地区补充了自由大气的气温直减率后，发现冬季气温直减率的分布特征在图上有所反映，仍具有高原大于平原的趋势。

自由大气的气温直减率分布图反映出来的主要特点与全年冷空气移动的主要路径有关，低值区由西北、内蒙古向东南伸延至华东、华南沿海。

结 束 语

1. 山区气温直减率与测点纬度、海拔高度、地形条件、盛行风向、水体影响程度等一系列因子有关。其中尤以地形条件和盛行风的影响最为明显。一般是：冬季大于夏季；高原大于平原；低纬大于高纬；干燥区大于湿润区；冬季沿海大于内陆；背风坡大于迎风坡。冷空气活动使得大范围内气温直减率明显减小。冬季气温直减率在全国范围内差异最大，全年平均气温直减率差异最小。自由大气气温直减率的分布情况也大致相同。
2. 山区气温直减率有明显的年变化，在我国大致可分为6种直减率年变化曲线型，即夏

季型、冬季型、春秋双峰型、春季型、秋季型和全年少变型,其中以夏季型最普遍,遍及全国除高原等少数地区外的广大区域,这种年变化形式是与季风气候的基本特征密切相关的。

3. 比较山区和自由大气的气温直减率,发现两者之间既有联系又有区别。在多数情况下,两者之间的差异对于月平均气温直减率一般不超过 $0.1^{\circ}\text{C}/100\text{米}$,对于年平均气温直减率差异更小。这使得自由大气的气温直减率资料对估算无资料山区的气温直减率有一定的参考价值。

参 考 文 献

- (1) 贝弟: 山岳地理, 科学出版社, 1958年。
- (2) 么枕生: 气候学原理, 科学出版社, 1959年。
- (3) Б.П.阿里索夫等: 气候学教程, 高等教育出版社, 1956年。
- (4) Masatoshi M. Yoshino, Climate in a small area, University of Tokyo Press pp 189-192, 1975.

A PRELIMINARY STUDY OF THE LAPSE RATE OF SURFACE AIR TEMPERATURE OVER MOUNTAINOUS REGIONS OF CHINA

Weng Duming Sun Zhian

(Nanjing Institute of Meteorology)

Abstract

A number of meteorological factors influencing surface air temperature lapse rate over mountainous regions are discussed. Calculations are made concerning the lapse rate both over the areas and in the free atmosphere and the comparison of the differences and the relations between them. In addition, the types of annual variations of the lapse rate and their distribution are presented. In China, they can be roughly divided into six types (summer peak, winter peak, double peaks in spring and autumn, spring peak, autumn peak, and, no marked annual variation). Of these six types, the summer peak type, which is related closely basic feature of the monsoon climate, is the most widely distributed, extending over most of the mountainous regions of China except for a few plateau areas. Finally, the general distributions over China of the rate under study are graphically shown and analysed qualitatively. From these analyses, it is found, the decrease of surface air temperature along the mountain slopes is greater in winter than in summer, over plateau regions than over hills, in lower latitudes than in higher latitudes, over dry regions than over the interior and on the lee side than on the windward side of the mountains.