

中国亚热带北界及其过渡带

张养才 谭凯炎

(气象科学研究院)

提 要: 本文根据亚热带热量指标构造了热量综合指数表达式, 确定亚热带北界的具体位置、宽度和特征, 分析过渡带内气候变量在时间上和空间上的内在联系。

主题词: 热量综合指数 过渡带

亚热带北界是亚热带与暖温带的分界, 是常绿、落叶阔叶混交和落叶阔叶林的界线, 也是茶、毛竹等亚热带经济林的栽培北界, 又是一年生作物能否安全越冬的界线, 其理论及实践意义十分明显。本文根据亚热带热量指标, 构造了热量综合指数表达式, 确定亚热带北界的具体位置。鉴于气候带空间演变的逐渐过渡, 本文探讨了亚热带与暖温带间过渡带的宽度并分析其农业气候资源特征。

一、亚热带北界线的地理位置

(一) 亚热带的北界线

亚热带北界的位置学术界有过广泛讨论。竺可桢提出积温 $4500-8000^{\circ}\text{C}$, 最冷月气温 $2-16^{\circ}\text{C}$, 无霜期240—365天作为划分亚热带的气候指标, 指出我国亚热带的北界接近于北纬 34° , 即淮河、秦岭、白龙江线直至东经 104° ^[1]; 江爱良主张亚热带北界与最冷月气温 $0-2^{\circ}\text{C}$ 等值线相符, 大致在秦岭、淮河一线^[4]; 1962年丘宝剑以 $>10^{\circ}\text{C}$ 积温 4500°C 为主导指标, 最冷月平均气温 0°C , 年极端低温平均值 -10°C 为辅助指标, 给出亚热带北界的平均位置^[3]; 1984年又以有无“死冬”(相当最冷月气温 0°C)和暖温带分界, 参考气候指标以低温平均值 -10°C 、 $>10^{\circ}\text{C}$ 积温 4500°C 、 $>10^{\circ}\text{C}$ 日数219天, 提出北界以沿秦岭分水岭和淮河干流(下游沿苏北灌渠)为宜^[7]; 张金泉、刘胤汉从地植物学角度提出河南省伏牛山南坡海拔800m左右为亚热带北界线^[8]; 陕南亚热带北界是略阳、宁陕、山阳、商南^[9]; 张学忠等从秦岭南北坡常绿阔叶木本植物的分布提出亚热带北界西起甘肃武都, 经徽成盆地南缘, 陕西省略阳—留坝—洋县—佛坪—宁陕—镇安, 终于河南省伏牛山南坡^[11]; 郑剑非根据水旱农作区、熟制、亚热带经济林木及常绿落叶阔叶混交林的分布范围, 在我国亚热带北界西端应用不同指标, 从农业气候角度讨论了北界位置: 东端走向从河南沿淮一线至固始入安徽六安、滁县、天长, 由通杨运河入海; 西端从陇南秦岭南麓白龙江畔武都经康县进入陕南略阳, 沿汉江北岸、勉县、宁陕、镇安至商南进入河南, 沿伏牛山南麓西峡、方城、泌阳至信阳^[12]; 吴登茹用模糊综合评判模型确定陕西省境内亚热带北界^[13]等等。

(二) 划界中的若干问题

上述各家从不同角度以不同指标论述亚热带北界的划分。综合起来存在下列3个问题:

(1) 亚热带北界线的具体位置, 多数学者主张在秦岭、淮河一带。这样的界线位置未免过于笼统。也有人提出过界线的具体位置, 但是各家存在着明显的分歧。(2) 多因子指标的综合反映问题。亚热带和暖温带是两个不同热量等级的概念, 通过热量等级可以较好地反映两个带不同气候条件下构成的生物区系和农业生态结构。植被、土壤、农作制等均受温度的制约, 但又各有自身的发展过程, 对气候又有一定的适应能力。农作物又受到人类活动的影响。可见以植被、土壤、农作制作为划分热量带界线的指标理由不甚充分, 而考虑温度因子为主要依据则是合理的。在实际工作中, 以积温、最冷月平均气温和低温多年平均值等多因子作为划界的具体指标各家基本一致, 但划线时或以某一因子为主, 或对同样一组指标, 侧重点不同, 于是界线位置差异较大。有时根据几个指标叠加来确定界线位置, 这样得出的界线位置难以综合反映多因子指标特征。(3) 过渡带问题。秦岭、淮河处在亚热带和暖温带的过渡地区, 自然气候条件复杂, 自然界线具有渐变性; 在北亚热带和暖温带之间存在一条宽窄不等的过渡带。

综上所述, 划分亚热带北界时, 应针对指标具有多维性和界线存在过渡性的特点, 构造多因子的综合指数表达式, 以改变传统的用多因子叠加或半经验性的方法, 可以更好地反映亚热带和暖温带之间的差异。

我国是季风气候区, 10°C 积温或最冷月气温、极端最低气温等值线走向除受纬度影响外, 地形影响比较突出。北亚热带西部地区是山地丘陵, 平均海拔在 500m 以上, 东部是江淮平原, 海拔仅几十米。冬季冷空气南下, 在东部不仅江南经常出现严重冻害, 常常波及两广地区; 西部因秦岭山脉的屏障作用, 南阳、汉中、武都等盆地冻害较轻, 甚至无冻害。由图 1 可以看出: 纬度基本相同的东西部地区越冬条件差异极大, 南阳以西极端低温多年平均值为 -6.2°C , 以东地区平均为 -10.3°C ; 最冷月平均气温东西地区也相差 $1.0-1.5^{\circ}\text{C}$, 生长期平均气温东西地区间相差平均 0.5°C 左右。可见, 冬季热量条件受地形的影响, 尤以极端低温平均值受地形的影响更为显著, 生长期间的热量分布受地形的影响较小。极端低温平均值反映一年里作物及多年生经济林木能否安全越冬, 而热量分布则是衡量一年两熟不同生态型作物生长发育和产量形成所需热量是否得到满足。显然, 在划分亚热带北界时, 冬季温度这一条件将具有更为重要的意义。

(三) 亚热带热量综合指数

参考已有的自然区划、气候和农业气候区划[6、7、9、10], 综合考虑已有的调查资料和研究成果, 针对各地区热量、自然景观、农作制及地形条件, 选用 $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 积温、越冬期最冷月气温和极端低温平均值作为划分亚热带北界的指标因子。目前应用上述 3 组指标

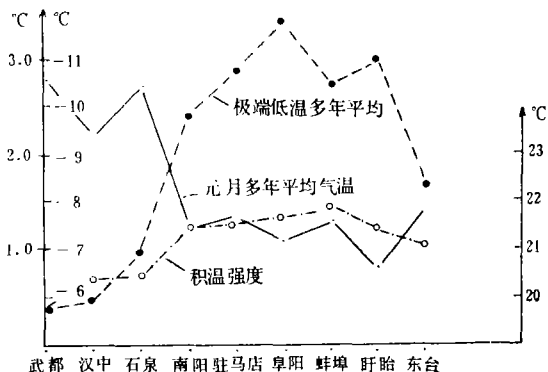


图 1 相同纬度温度分布

Temperature distribution of alike latitude

的具体数值如表 1。

表 1 中国北亚热带热量指标
Thermal index of northern subtropical zone in China

序 号	≥10℃ 积温 (℃)	最冷月平均气温 (℃)	极端低温平均值 (℃)	作 者	年 份
1	4200-4900	1—3	-10—-12	刘胤汉	1980
2	4900-5300	日数 ¹⁾	-10—-5	安徽省农业区 划办公室	1983
3	4500-5300	0—4	-20—-10 ²⁾	中央气象局	1979
4	4500-5300	0—5	-10—-5	丘宝剑	1984

1) 10℃初日至20℃终日数，

2) 年极端最低气温。

从大范围来看，表 1 中 1—2 组仅适用于局部地区，3—4 组反映北亚热带东西部地区的气候特征。当前应用较为普遍的是第 4 组。因此，本文采用第 4 组指标讨论亚热带北界线位置。

界线是多个因子的综合反映，以往在考虑多个因子划线时，一般运用叠加法或是强调某一个因子为主，其他的为辅；或是几个并用，这样就难以全面地反映出多因子的综合作用，结果实际上还是考虑单因子或是分段应用不同因子划线。为此，本文提出亚热带北界线热量综合指数，其表达式为：

$$f(T) = A \cdot f(\sum t \geq 10^{\circ}C) + B \cdot f(\bar{T}_1) + C \cdot f(\bar{T}_m) \tag{1}$$

当 $f(T) \geq 0$ 时，为北亚热带； $f(T) < 0$ 时为暖温带。其中 $\sum t \geq 10^{\circ}C$ 为各站点 $10^{\circ}C$ 积温值； \bar{T}_1 为最冷月平均温度； \bar{T}_m 为极端低温多年平均值；A、B、C分别为 $10^{\circ}C$ 积温、最冷月平均气温和极端低温多年平均值的经验系数。

根据表 1 中第 4 组热量计算，分别代入（1）式，则：

$$f(t) = A \cdot \left(\frac{\sum t - 4500}{5300 - 4500} \right) + B \cdot \left(\frac{\bar{T}_1 - 0}{5 - 0} \right) + C \cdot \left(\frac{\bar{T}_m + 10}{-5 + 10} \right) \tag{2}$$

为了尽量减少人为的主观经验成分，在确定A、B、C经验系数时，应选用过去普遍公认为属北亚热带界线上的站点计算。在东段选择方城站，西段选择略阳站。将两站热量指标分别代入（2）式，并令 $f(T) = 0$ ，解联立方程式，计算出A、B、C经验系数值分别为0.40、0.18、和0.42。显然，极端低温平均值比最冷月平均温度及 $10^{\circ}C$ 积温作用大，这是符合实际情况的。

分别将A、B、C经验系数值代入（2）式，得：

$$f(T) = -1.48313 + 0.000516 \sum t + 0.0334 \bar{T}_1 + 0.084 \bar{T}_m \tag{3}$$

由（3）式分别计算出117个站点热量综合指数，绘制 $f(T) = 0$ 的等值线（图 2），线南侧为北亚热带，线北侧为暖温带。由图 2 可以看出：北界线东起射阳，经盱眙、五河、蒙

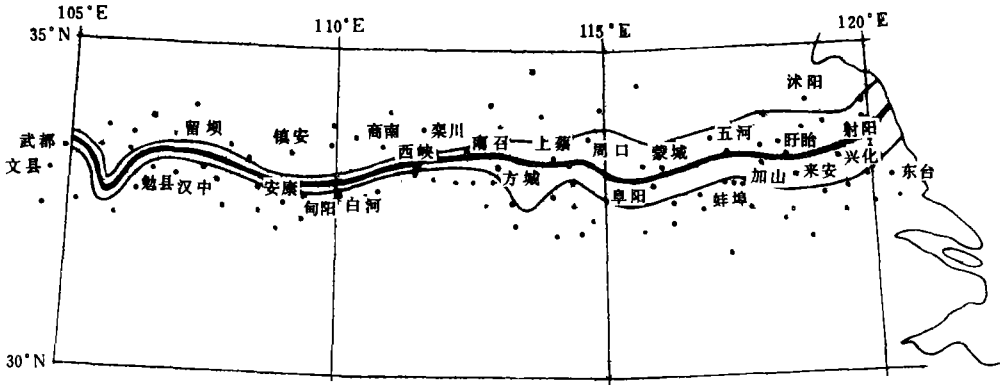


图 2 中国亚热带北界及其过渡带

The northern boundary and its transitional zone of subtropical zone in China

城、上蔡、方城、南召、西峡折向西南，沿汉江河谷，直抵汉中盆地，由勉县、略阳入嘉陵江河谷，西伸白龙江河谷的文县、武都。大体在南阳以东为平原地区，海拔一般在50—200m以下，以西进入秦巴山区的安康、汉中盆地及嘉陵江、白龙江河谷，海拔平均在500—1000m。

$f(T) = 0$ 的北界线，具有以下优点：（1）通过定量的综合指数值确定了北界位置，提高了精确性和合理性。例如安徽省境内蒙城和阜阳，两地相距甚近，同属淮北平原， 10°C 积温、最冷月气温及低温多年均值蒙城为 4852°C 、 0.7°C 、 -12.0°C ，阜阳为 4885°C 、 1.1°C 、 -11.7°C ，以单因子划线，不易把蒙城和阜阳分开，而综合指数蒙城为 -0.03 ，阜阳为 0.01 ， $f(T) = 0$ 等值线在阜阳、蒙城之间通过，便能充分反映阜阳、蒙城越冬条件的差异。（2） $f(T) = 0$ 等值线为我国亚热带北界的位置，充分反映亚热带和暖温带之间热量资源的综合效应，与南北水旱农作、双季稻及亚热带经济林木分布的实际情况基本相符，具有明显的农业意义。

二、亚热带与暖温带间过渡带与农业气候特征

根据亚热带北界线（ $f(T) = 0$ ）的地理位置，察看界线南北两地区的气候条件。 10°C 积温平均 4500°C 等值线在南阳以东地区平均在 34°N 以北，充分说明生长期热量比较充裕，西部则沿汉江河谷抵汉中盆地北缘，西伸嘉陵江、白龙江河谷的武都盆地（图略）；80%保证率 10°C 积温等值线的分布，南阳以东地区等值线稀疏，西部等值线集中在汉江、白龙江河谷，梯度大（图3）；80%保证率 4500°C 等值线比平均值（ 4500°C ）线在东部地区相应偏南约 $0.5-1.0^{\circ}\text{N}$ ，西部地区的汉中盆地和武都、文县谷地的热量保证率已不能达到80%。极端低温平均值在秦巴山区汉江、白龙江河谷平均高于东部地区 $6-5^{\circ}\text{C}$ ，东部平原地区等值线呈舌状向南推移， -11°C 线在皖、豫境内南推到淮河以南（图4）。

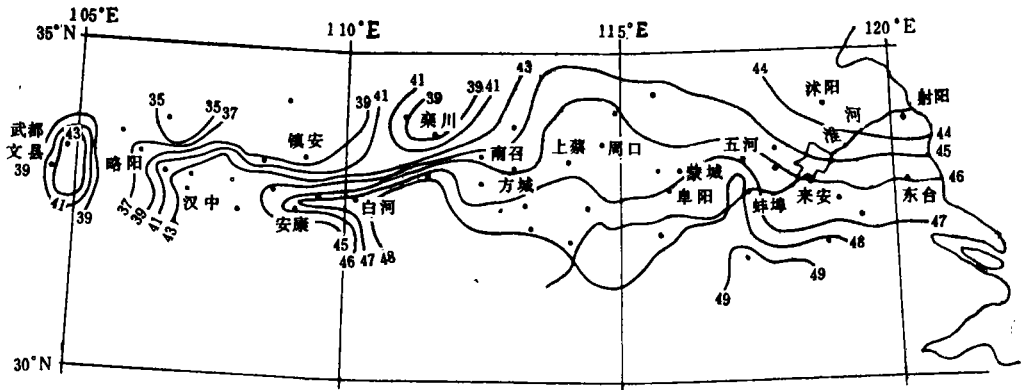


图 3 中国亚热带北界积温 ($\geq 10^{\circ}\text{C}$) 80% 保证率等值线
Isopleth of accumulated temperature guarantee (80%) of the
northern boundary of subtropical zone in China

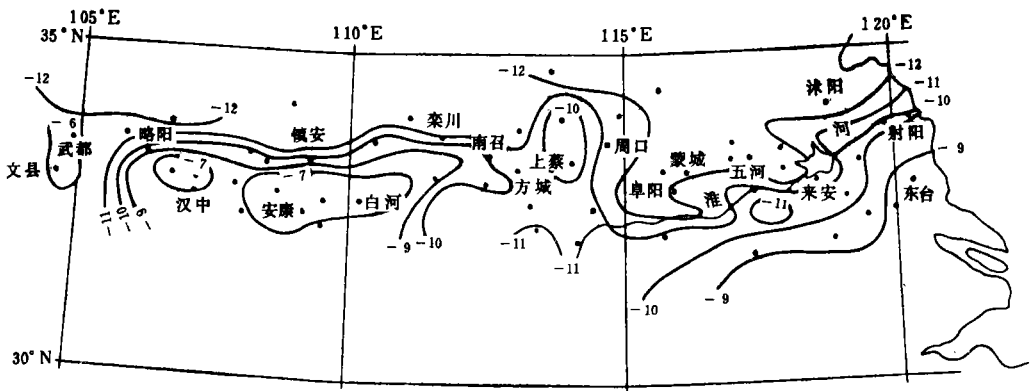


图 4 中国亚热带北界极端低温多年平均值分布
distribution of average value of extreme minimum temperature
of the northern boundary of subtropical zone in China

综上所述, 气候带的空间演变是逐渐过渡的。在北亚热带地区, 10°C 积温在东部平原自北向南每公里约平均递增 $0.75\text{--}1.78^{\circ}\text{C}$; 西部地区则因秦岭山脉影响, 气候呈垂直地带性, 10°C 积温平均垂直递减率 $160.0^{\circ}\text{C}/100\text{m}$ 。运用气候要素等值线划分两个不同热量等级的气候带, 由于等值线一般表征平均情况, 与自然界的实际情况存在一定的距离。事实上, 自然景观、植被、土壤等地域差异也是渐变的, 一般气候带的过渡和自然植被的渐变是一致的。因此, 两个气候带之间客观上存在一条宽窄不等的过渡带。过渡带具有以下特征: (1) 两个带的气候条件在时间上可以交替出现, 即有几年为亚热带气候, 有几年又为暖温带气候, 但一般出现亚热带气候的年份较多; 过渡带内, 因地形、水域等关系, 局部地段可分为北亚

热带气候或是暖温带气候；（2）一般可见到局地性亚热带植被类型和暖温带植被类型。如亚热带经济林木毛竹、马尾松、杉木、油茶、油桐、柑桔可以见到局部地区栽培，但冻害威胁大；同样暖温带的栎林、毛白杨也有种植。一年两熟的水旱农作制度并存，均能获得较好产量；（3）处在亚热带和暖温带两大系统相互影响下，兼有人为因素作用，其气候是一个具有复杂的动态变化系统，生态平衡比较脆弱。

为了评价过渡带特征，我们根据热量指标出现频次和保证率，并结合年降水量、植被及地形等条件，确定 $-0.1 \leq f(T) \leq 0.1$ 热量综合指数之间地域为过渡带（见图2）。由图2可以看出：过渡带明显受地形影响，南阳以东平原地区过渡带宽度为 $0.5^{\circ}-1.0^{\circ}\text{N}$ ，约为50—100km；西部地区是河谷盆地，两侧为浅山地，地形较窄，根据作者对秦巴山区温度场结构研究，过渡带平均在海拔600—800m之间^[14]。

我国亚热带—暖温带间过渡带，南阳以东， $f(T) = -0.1$ 等值线在800mm年降水量线南侧，南阳以西地区， $f(T) = -0.1$ 等值线与800mm等值线基本一致，沿桐柏山、秦岭南麓抵达嘉陵江河谷；80%保证率的 4500°C 等值线除苏北地区外，南阳以东，在 $f(T) = -0.1$ 等值线北侧，以西仅抵达汉中盆地，并围绕 $f(T) = -0.1$ 线波动，往西则因海拔增高，山岭起伏，只是在河谷低地可能会有出现。必须指出，在东部平原地区的过渡带，在生长期内的热量还是较充裕，可是冬季的低温常在 -10°C 以下；而且生长期内的降水量达到80%保证率只有450—550mm；而西部地区，虽然生长期内的热量略低于东部地区，但冬季低温高于 -9°C ，生长期内降水量达到80%保证率有550—650mm（图略）。可见，东部地区农业生产中冻害和干旱威胁较大，西部地区会出现低温冷害。过渡带内虽然亚热带植被可以生长繁育，一年稻麦两熟也能获得较为满意的产量，但这些只是出现在适宜的局部环境和某些年份。各地农业气候区划也已证实，气候要素的变率、生物品种及农作制一般均具有过渡特征。如安徽省农业气候区划提出淮北南部以旱作为主、稻作为辅的水旱混作；伏牛山东麓分布一定面积的马尾松、乌桕、油茶、油桐、栎林等；秦巴山区在600—800mm有柑桔、茶叶、油茶等亚热带经济林木，农作一年两熟或一熟混作；苏北的兴化、盐城一带不仅目前有双季稻栽培，历史上早已有栽培双季稻的记载等。因此，划分出一个过渡带是比较符合实际情况的。

本文认为，产生对北亚热带指标、北界地理位置分歧的原因，主要在于对多因子指标缺乏综合作用的表达形式，一般停留在定性的判别。有鉴于此：

（1）通过调查和分析研究，配置了北亚热带热量综合指数表达式；

（2）初步确定北亚热带——暖温带间的过渡带位置和宽度，分析了过渡带特征，论证过渡带内的气候因子在时间上和空间上的内在联系。

参 考 文 献

- 〔1〕 竺可桢. 中国的亚热带. 科学通报, 1958, 17.
- 〔2〕 黄秉维. 竺可桢同志与我国热带和海南岛的科学研究(一). 地理研究, 1984, (3) 1.
- 〔3〕 丘宝剑. 我国亚热带的界限问题. 地理, 1962, 2.
- 〔4〕 江爱良. 论我国热带亚热带气候带的划分. 地理学报, 1960, (26) 2.
- 〔5〕 丘宝剑. 我国亚热带划分中的一些问题. 地理研究, 1984, (3) 1.

- (6) 安徽省气象局资料室编著. 安徽气候. 安徽科学技术出版社, 1983.
- (7) 丘宝剑. 中国自然区划浅论. 地理科学, 1984, (4) 1.
- (8) 张金泉. 从地植物学角度试论河南省境内亚热带与暖温带的分界线问题. 地理学报, 1981, (36) 2.
- (9) 刘胤汉. 关于陕西省自然地带的划分. 地理学报, 1980, (35) 3.
- (10) 中央气象局. 中国气候图集. 北京: 地图出版社, 1981.
- (11) 张学忠等. 从秦岭南北坡常绿阔叶木本植物的分布谈划分亚热带的北界线问题. 地理学报, 1979, (34) 4.
- (12) 郑剑非. 从农业气候观点探讨我国东部季风区两个热量带的划分. 北京农业大学学报, 1981, 1.
- (13) 吴登茹. 用模糊数学方法划定陕西省境内的亚热带北界. 地理研究, 1985, (4) 3.
- (14) 张养才等. 秦巴山区温度场结构和农业气候资源利用研究. 亚热带丘陵山区农业气候资源论文集. 北京: 气象出版社, 1988.

THE STUDIES OF THE NORTHERN BOUNDARY OF SUBTROPICAL ZONE AND ITS TRANSITIONAL ZONE IN CHINA

Zhang yangcai Tai Kaiyan

(Academy of Meteorological Science, SMA, Beijing)

Subject terms: thermal synthetic index, transitional zone

abstract

According to each thermal index of the northern boundary of subtropical zone, the formulation of the thermal synthetic index has been constructed in this paper.

$$f(T) = A \cdot f(\sum t \geq 10^{\circ}\text{C}) + B \cdot f(\bar{T}_1) + C \cdot f(\bar{T}_m)$$

The thermal synthetic index of 117 stations has been calculated. The concrete geographic location of northern boundary of subtropical zone was determined by using quantitative analysis. It reflects the boundary of the moisture-dry farming and the double cropping of rice and the economic forest of subtropical zone at present, which has significant agricultural sense. Calculating the guaranteed and mean value of water-thermal variable and combining geography, landscape and cropping system, the feature and breadth of the transitional zone between subtropical zone and warm-temperate have been advanced. The spatial and temporal internal relations of climatic variable in the transitional zone have been analyzed. That will lay the foundation for further analysis of agroclimatic resources.