

试论青藏高原植被的纬向地带性

张经纬* 王金亭 陈伟烈 李渤生

(中国科学院植物研究所)

摘 要

本文对青藏高原及其四周山地的植被垂直分布系列进行了比较、分析,认为青藏高原北部的昆仑山—巴颜喀拉山脉北侧具有温带性质的植被垂直分布系列,高原南部的喜马拉雅山脉南侧具有热带性质,而高原东面的横断山脉和西面的西喜马拉雅山—喀拉昆仑山脉南侧,则具有亚热带的性质。因此,青藏高原的植被可以根据植被垂直分布系列的不同,而划分为三个纬向的植被地带。

青藏高原由于它所处的地理位置、高亢的地势、广阔的面积及由此而产生的高原热力学和动力学的作用,形成了青藏高原独特的气候条件,并对亚洲大陆的大气环流发生强烈的影响。因而很多学者强调青藏高原的特殊性,认为它破坏了欧亚大陆的植被纬向地带分布规律,并把青藏高原作为一个独特的自然地理单元(一级植被区)来处理^[1-6];另一些学者则强调季风和海拔高度的影响,而把青藏高原的植被划分为不同的区或带^[7-10]。近期,郑度等^[11]在论证青藏高原的自然地带时,认为作为纬向地带性的主要因素的太阳辐射仍然显示出它的重要影响,并指出了温度、垂直自然分带界线的海拔高程从南到北递减。但在具体区划时,又强调了地势结构与海拔高度等因素的影响,仍把青藏高原作为一个单元来处理。青藏高原的植被是否存在有纬向地带性的分异?中国植被的纬向地带性分布规律是否由于青藏高原的阻隔而不存在?这是需要进一步加以研究的问题。

一、青藏高原四周山地植被垂直分布系列的比较

从生态系统的观点来看,太阳辐射是地球表面最主要的能源,它决定着地球上各个生态系统的生产潜力。地球表面所接受的太阳辐射量和光、热的分布状况,是随着太阳光投射角的不同而发生变化的,从赤道向极地呈纬向递减。因而地球表面出现有不同的热量带和纬向的植被带。

由于气流所含水分(气团的干湿、洋流的冷暖等)不同而引起的变化,在地球表面上主要是湿度,并由之而引起光、热状况的变化,在大陆上是与距离海洋远近和气团方向有关(有时也受到高大山脉的影响),它所引起的植被分布的变化大多呈经向性,并被称为“经向地带性”。但是这种变化是由气流方向所决定,因而并不是经常都呈东西向。

至于因山地海拔高度不同而引起光、热和水分状况的再分配,并导致植被分布随海拔高度的不同而发生垂直分异的规律性变化,则是受每一山体所在地理位置上的光、热和水分条件所

本文于 1980 年 2 月 6 日收到。

* 现在通信地址:中国科学院生物学部。

控制,同时也受距离海洋远近和不同气流所带来的水、热状况的影响。所以,作为垂直带性来说,它是从属于水平地带性,特别是纬向地带性。因此,每一个山地或高原的植被垂直分布系列(即植被垂直带谱)都必然带有地理位置的水平地带痕迹。这些有关纬向地带性、经向地带性和垂直分带性的概念和观点,早已为不少植被地理学者所熟悉和接受。问题在于具体研究青藏高原的植被时,往往过分地强调了高原的特殊性而忽视了普遍性。下面,将青藏高原四周山地的植被垂直分布系列进行一些比较,以探讨青藏高原植被的纬向地带性问题。

在青藏高原南缘的喜马拉雅山脉南侧的山地上,发育着以龙脑香属(*Dipterocarpus*)、娑罗双属(*Shorea*)等热带科、属组成的热带常绿雨林和季雨林为基带,具有常绿栎类(*Quercus*)、栲属(*Castanopsis*)、槲属(*Lithocarpus*)等植物组成的山地常绿阔叶林带,铁杉属(*Tsuga*)、高山栎类(*Quercus semicarpifolia*)植物组成的山地针叶、阔叶混交林带,冷杉属(*Abies*)、云杉属(*Picea*)植物组成的亚高山针叶林带,杜鹃属(*Rhododendron*)、杂类草和嵩草属(*Kobresia*)植物组成的高山灌丛、草甸带和散生着凤毛菊属(*Saussurea*)、垂头菊属(*Cremanthodium*)、垫状植物、地衣的高山砾石、稀疏植物带的热带北缘常绿雨林、季雨林带的植被垂直分布系列(表 1)。

在其北缘的昆仑山脉北侧是以麻黄属(*Ephedra*)、红砂属(*Reaumuria*)、沙拐枣属(*Calligonum*)、驼绒藜属(*Ceratoides*)植物组成的温带荒漠为基带,具有合头草属(*Sympegma*)山地荒漠带,蒿属(*Artemisia*)亚高山荒漠带,蒿属、针茅属(*Stipa*)等植物组成的亚高山荒漠草原带和高山垫状植被带的温带荒漠带的植被垂直分布系列(表 2)^[12]。

表 1 喜马拉雅山南侧的植被垂直分布系列

5500米	雪线
高山砾石、稀疏植物带	垫状植物, <i>Saussurea</i> spp., <i>Cremanthodium</i> spp., 地衣
4800米	
高山灌丛、草甸带	<i>Rhododendron nivale</i> , <i>Rh. anthopogon</i> , <i>Rh. cephalanthum</i> , <i>Rh. campanulatum</i> , <i>Salix</i> spp., <i>Juniperus</i> spp., <i>Kobresia pygmaea</i> , <i>K.</i> spp.
4000米	
亚高山针叶林带	<i>Abies spectabilis</i> , <i>A. georgei</i> var. <i>smithii</i> , <i>A. delavayi</i> var. <i>motuensis</i> , <i>Picea likiangensis</i> var. <i>baljouriana</i>
3500米	
山地针叶、阔叶混交林带	<i>Tsuga dumosa</i> , <i>Quercus semicarpifolia</i> , <i>Q. aquifolioides</i>
2500米	
山地常绿阔叶林带	<i>Quercus lamellosa</i> , <i>Q. annulata</i> , <i>Q. oxyodon</i> , <i>Q. tobbii</i> , <i>Q. incana</i> , <i>Q. glauca</i> , <i>Castanopsis hystrix</i> , <i>C. indica</i> , <i>Lithocarpus xizhangensis</i> , <i>L. spicatus</i>
1000米	
热带常绿雨林、季雨林带	<i>Dipterocarpus turbinatus</i> , <i>D. pilosus</i> , <i>D. alatus</i> , <i>Shorea assamica</i> , <i>Sh. robusta</i> etc.

在青藏高原东部边缘的横断山脉东侧,北纬 29°—33° 的四川西部山地则是一个亚热带常绿阔叶林带的垂直分布系列(表 3),从以常绿栎类(*Quercus*)、栲属(*Castanopsis*)、槲属

表 2 昆仑山北侧(新疆普鲁)的植被垂直分布系列

高山垫状植被带	3000米	<i>Artemisia, Ceratoides, Tanacetum</i>
亚高山荒漠草原带	2700米	<i>Artemisia, Stipa</i>
亚高山荒漠带	2400米	<i>Artemisia parvula</i>
山地荒漠带	2100米	<i>Sympagma regelii</i>
温带荒漠带	1400米	<i>Reaumuria kaschgarica.</i>
		<i>Ephedra przewalskii</i>
		贫瘠的石膏荒漠
	900米	

(*Lithocarpus*) 等植物组成的基带往上, 逐次出现有铁杉属 (*Tsuga*)、栎属 (*Quercus*) 等植物组成的山地针叶、阔叶混交林带, 冷杉属 (*Abies*)、云杉属 (*Picea*) 等植物组成的亚高山针叶

表 3 四川西部山地的植被垂直分布系列

西	东
高山砾石、稀疏植物带 <i>Saussurea obvallata, Saxifraga confertifolia, Aconitum tanguticum, Arenaria fimbriata</i> 4400米	
高山灌丛、草甸带 <i>Rhododendron, Salix, Polygonum, Kobresia, Festuca</i> 4100米	
亚高山针叶林带 <i>Abies squamata, A. faxoniana, A. fabri, Picea likiangensis</i> var. <i>balfouriana, P. likiangensis</i> var. <i>purpurea, P. asperata, P. wilsonii</i> 3200米	亚高山针叶林带 <i>Abies fabri</i> 2600米
山地针叶、阔叶混交林带 <i>Tsuga dumosa, T. chinensis, Quercus pannosa, Q. aquifolioides</i> 2400米	山地针叶、阔叶混交林带 <i>Tsuga chinensis, T. dumosa</i> 2200米
亚热带灌木草原带 <i>Acacia</i> sp., <i>Pistacia weinmenifolia, Opuntia dillemii, Euphorbia royleana, Ceratostigma minus, Sophora viciifolia, Cymbopogon</i> sp., <i>Pennisetum flaccidum</i> 900米	亚热带常绿阔叶林带 <i>Cyclobalanopsis gleuca, Quercus oxyodon</i> var. <i>fargesii, Castanopsis platyacantha, C. hystrix, C. fargesii, Lithocarpus cleistocarpus</i> 500米
干旱谷地	湿润谷地

林带, 杜鹃属 (*Rhododendron*)、柳属 (*Salix*) 等灌木和杂类草、嵩草属 (*Kobresia*)、苔草属 (*Carex*) 等草本植物组成的高山灌丛草甸带和星散分布着地衣、苔藓的高山砾石、稀疏植物带; 而在干旱的谷地, 常绿阔叶林则退居到阴湿的沟谷里, 而基带的植被则由亚热带灌木草原所取代, 后者主要由金合欢属 (*Acacia*)、黄连木属 (*Pistacia*)、仙人掌属 (*Opuntia*)、大戟属 (*Euphorbia*)、角柱花属 (*Ceratostigma*)、槐属 (*Sophora*) 等灌木和香茅属 (*Cymbopogon*)、狼尾草属 (*Pennisetum*) 等草本植物组成。这种情况一直往西延伸到横断山脉纵谷地区的干旱谷地, 只是在那里由于气候的干旱而更难找到亚热带的常绿阔叶林。

表 4 西喜马拉雅山东北侧的植被垂直分布系列

雪线	4800米
高山砾石、稀疏植物带	
	4600米
高山灌丛、草甸带	
<i>Juniperus</i> spp., 草丛	
	4300米
亚高山针叶林带	
<i>Abies spectabilis</i> , <i>A. pindrow</i> ; <i>Picea smithiana</i>	
	3000米
山地草原带	
<i>Artemisia maritima</i>	
	2000米
亚热带灌木草原带	
<i>Calotropis</i> , <i>Pistacia</i> , <i>Cymbopogon</i> , <i>Enneapogon</i>	
	800米

在青藏高原西部边缘、面临干旱的印度河谷地的西喜马拉雅山东北侧, 由牛角瓜属 (*Calotropis*)、黄连木属 (*Pistacia*) 等灌木和香茅属 (*Cymbopogon*)、冠芒草属 (*Enneapogon*) 等草本植物组成的亚热带灌木草原带往上, 蒿属 (*Artemisia*) 山地草原带代替了山地针叶、阔叶混交林带, 亚高山针叶林带由冷杉属 (*Abies*)、云杉属 (*Picea*) 植物组成, 而桧属 (*Juniperus*) 灌木则和杂类草一起构成了高山灌丛、草甸带 (表 4)^[23]。至于西喜马拉雅山的西南侧的植被垂直分布系列, 其基带开始于金合欢属 (*Acacia*)、枣属 (*Zizyphus*) 植物组成的亚热带刺灌木草原带, 往上依次为山地常绿硬叶阔叶林带 (*Olea*, *Dodonaea*, *Punica*, *Oleandar* 等组成), 山地针叶林带 (*Pinus longifolia*), 山地针叶阔叶混交林带 (*Abies*, *Picea*, *Cedrus*, *Quercus*), 亚高山

针叶林带 (*Abies*) 和高山灌丛、草甸带 (*Rhododendron*, *Juniperus*)^[4], 见表 5.

表 5 西喜马拉雅山脉西南侧的植被垂直分布系列

——雪线——	4400 米
	4200 米
高山灌丛、草甸带 <i>Rhododendron</i> , <i>Juniperus</i>	3900 米
亚高山针叶林带 <i>Abies spectabilis</i>	3000 米
山地针叶、阔叶混交林带 <i>Abies pindrow</i> , <i>Picea smithiana</i> , <i>Cedrus deodara</i> , <i>Quercus</i> , <i>Acer</i> , <i>Ilex</i>	2000 米
山地针叶林带 <i>Pinus longifolia</i>	1000 米
山地常绿硬叶阔叶林带 <i>Olea</i> , <i>Dodonaea</i> , <i>Punica</i> , <i>Oleander</i>	600 米
亚热带刺灌木草原带 <i>Acacia</i> , <i>Zizyphus</i>	

二、青藏高原内部植被垂直分布系列的分析

青藏高原既然南邻热带常绿雨林、季雨林带,北连温带荒漠带,东、西与亚热带常绿阔叶林带、灌木草原带相接,其所归属的植被纬向带应该是非常明显的。问题在于青藏高原东北部由于昆仑山—巴颜喀拉山脉以北的地势是逐渐向东北方下降;而南部海拔高度的上升又缩小了东北部与南部之间的热量纬度差异,从而模糊了植被分布的纬向地带性差异。因而,有必要对青藏高原内部的植被垂直分布系列进行一次探讨。

从昆仑山往南,通过念青唐古拉山到海拔 3500 米的雅鲁藏布江谷地的植被垂直分布系列(表 6),是从西藏狼牙刺 (*Sophora moorcroftiana*)、小角柱花 (*Ceratostigma minus*) 灌丛和长芒草 (*Stipa bungeana*)、白草 (*Pennisetum flaccidum*)、三刺草 (*Aristida trisetia*) 草原组成的亚高山灌丛、草原带开始,往上海拔 4400(4500)—4800 米到 5300 米则为嵩草 (*Kobresia pygmaea*)、草甸和紫花针茅 (*Stipa purpurea*)、蒿属 (*Artemisia wellbyi*, *A. stracheyi*) 草原组成的高山草甸带和高山草原带,5300 米到雪线之间分布有垫状植物和星散的高山植物,它们构成了高山砾石、稀疏植物带;而在昆仑山南侧,从海拔 4600 米到 5000 米,分布着具有高山植

被性质的垫状驼绒藜 (*Ceratoides compacta*)、羽柱针茅 (*Stipa subsessiliflora* var. *basiplumosa*) 或青藏苔草 (*Carex moorcroftii*), 共同组成的荒漠化草原带, 往高到 5300 米, 则为羽柱针茅、青藏苔草高山草原带。在巴颜喀拉山南侧, 到长江上游海拔 3600 米的通天河谷地, 植被垂直分布系列是从亚高山针叶林带(在湿润地区; 以 *Picea likiangensis* var. *balfouriana* 亚高山针叶林为代表)或亚高山草原带(在干旱地区; 以 *Artemisia sacrorum*、*Aristida trisetata*、*Stipa capillacea*、*S. grandis* 亚高山草原为代表)开始, 往上 (4200—4800 米) 为聚枝杜鹃 (*Rhododendron fastigiatum*)、柳 (*Salix* spp.) 等灌木和嵩草 (*Kobresia pygmaea*, *K. humilis*) 组成的高山灌丛、草甸带(表 7)。

巴颜喀拉山北侧的垂直分布系列是从亚高山草原带(在黄河故道海拔 2800 米的阶地上分

表 6 西藏中部亚热带山地植被的垂直分布系列

	南			北
	喜马拉雅山脉北侧	念青唐古拉山脉南侧	念青唐古拉山脉北侧	昆仑山脉南侧
6500米—	雪线	雪线	雪线	雪线
5500米—	<i>Kobresia pygmaea</i> 草甸 <i>Stipa purpurea</i> , <i>Artemisia</i> spp. 草原	<i>Kobresia pygmaea</i> 草甸	<i>Saussurea gnaphaloides</i> etc. <i>Kobresia pygmaea</i> 草甸 <i>Stipa purpurea</i> , <i>S. subsessiliflora</i> var. <i>basiplumosa</i> , <i>Carex moorcroftii</i> 草原	<i>Stipa subsessiliflora</i> var. <i>basiplumosa</i> , <i>Carex moorcroftii</i> 草原 <i>Ceratoides compacta</i> , <i>Stipa subsessiliflora</i> var. <i>basiplumosa</i> , <i>Carex moorcroftii</i> 荒漠化草原
4500米—	<i>Sophora moorcroftiana</i> , <i>Ceratostigma minus</i> 灌丛; <i>Stipa bungeana</i> , <i>Pennisetum flaccidum</i> , <i>Aristida trisetata</i> 草原	<i>Sophora moorcroftiana</i> , <i>Ceratostigma minus</i> 灌丛; <i>Stipa bungeana</i> , <i>Pennisetum flaccidum</i> , <i>Aristida trisetata</i> 草原		
3500米—				

布有 *Stipa krylovi* 草原, 往北越过青海南山到达海拔 2200 米的湟水河谷则可以发现有 *Stipa bungeana* 草原)开始, 往上分布有针茅 (*Stipa breviflora*, *S. laxiflora*)、嵩草 (*Kobresia pygmaea*) 高山草原化草甸带 (3200—3800 米) 和嵩草 (*Kobresia pygmaea*) 高山草甸带 (3800—4800 米), 见表 7。

显然, 昆仑山—巴颜喀拉山南侧, 是亚热带山地植被垂直分布系列的一个部分, 它们往南是和西藏东部、四川西部的亚热带山地植被相衔接; 而北侧, 则是一个温带荒漠带和草原的山

表 7 巴颜喀喇山脉南北侧的植被垂直分布系列

南	北
4800米	4800米
高山草甸、灌丛带 <i>Kobresia pygmaea</i> , <i>K. humilis</i> , <i>Rhododendron fastigiatum</i> , <i>Salix</i>	高山草甸带 <i>Kobresia pygmaea</i>
4200米	3800米
亚高山草原带 (<i>Artemisia sacrorum</i> , <i>Aristida trisetia</i> , <i>Stipa capillacea</i> , <i>S. grandis</i>) 和 亚高山针叶林带 (<i>Picea likiangensis</i> var. <i>balfouriana</i>)	高山草原化草甸带 <i>Kobresia pygmaea</i> , <i>Stipa breviflora</i> , <i>S. laxiflora</i>
3600米	3200米
亚高山针叶林带 <i>Picea likiangensis</i> var. <i>balfouriana</i> 分布在长江上游通天河谷地, 往南与亚热带植被带的山地垂直带相接	亚高山草原带 <i>Stipa krylovii</i>
	2200米
	山地草原带 <i>Stipa bungeana</i> 分布在黄河上游湟水河谷地, 向北与温带荒漠化草原带或温带草原带相接

地植被垂直分布系列的组成部分, 它们在昆仑山的北侧是和新疆的荒漠相接, 而在巴颜喀拉山的北侧则沿着黄河谷地而与温带荒漠化草原或草原相连。巴颜喀拉山是可以考虑作为青藏高原东北部植被划分纬向地带的界线。

Köppen 曾经指出高山或高纬度平原地区的树线总是与最热月平均温度的 10°C 等温线相吻合的。最热月平均温度的 10°C 等温线在赤道山地是在海拔 5000 米左右, 而在北纬 65° 则下降到海平面^[15]。森林上限的高度一般是低纬地区比高纬地区、干旱地区比湿润地区、集聚的山汇比孤独的山地要高。青藏高原的森林带或亚高山带 (通常是把森林上限以上的生物群落称为高山带) 上限的变幅在喜马拉雅山南侧在海拔 4000—4600 米左右, 在喜马拉雅山与昆

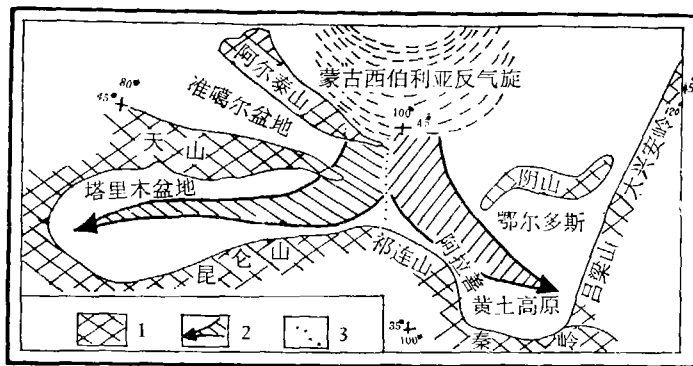


图 1 蒙古西伯利亚反气旋主要路径示意图

(1. 高山区; 2. 反气旋流入方向; 3. 亚洲中部内陆分水岭)

仑山—巴颜喀拉山之间为 4000—4800 米，而在昆仑山—巴颜喀拉山与天山、祁连山之间则下降到 3200—3800 米(帕米尔由于气候干旱,大致升高到 4100 米左右)。在这里,除了喜马拉雅山与昆仑山—巴颜喀拉山之间可能由于高原的“热源”作用而有所升高外,森林带上限的纬向差异并未因巨大的海拔高度而消失。这种纬向差异在年平均温度和光合作用的有效辐射方面都有明显的反映。例如,海拔高度相近似的、位于巴颜喀拉山以南的林芝(北纬 $29^{\circ}33'$, 东经 $94^{\circ}21'$, 海拔 3000 米)、昌都(北纬 $31^{\circ}11'$, 东经 $96^{\circ}59'$, 海拔 3176 米)和位于巴颜喀拉山以北的察汗乌苏(北纬 $36^{\circ}20'$, 东经 $98^{\circ}02'$, 海拔 3191 米)的年平均温度分别为 8.9°C , 7.8°C , 2.7°C ; 光合作用的有效辐射在大于 10°C 时期分别为 47, 42, 28 千卡/平方厘米, 大于 5°C 时

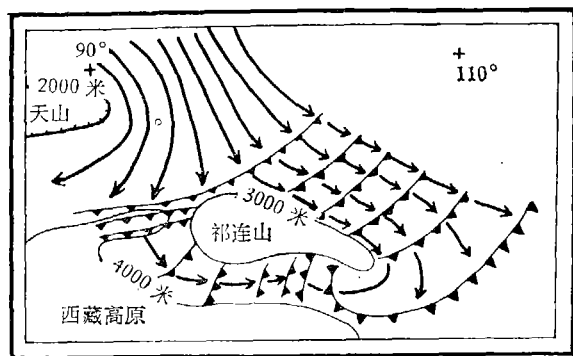


图 2 祁连山南麓冷锋锢囚过程的理想模型图

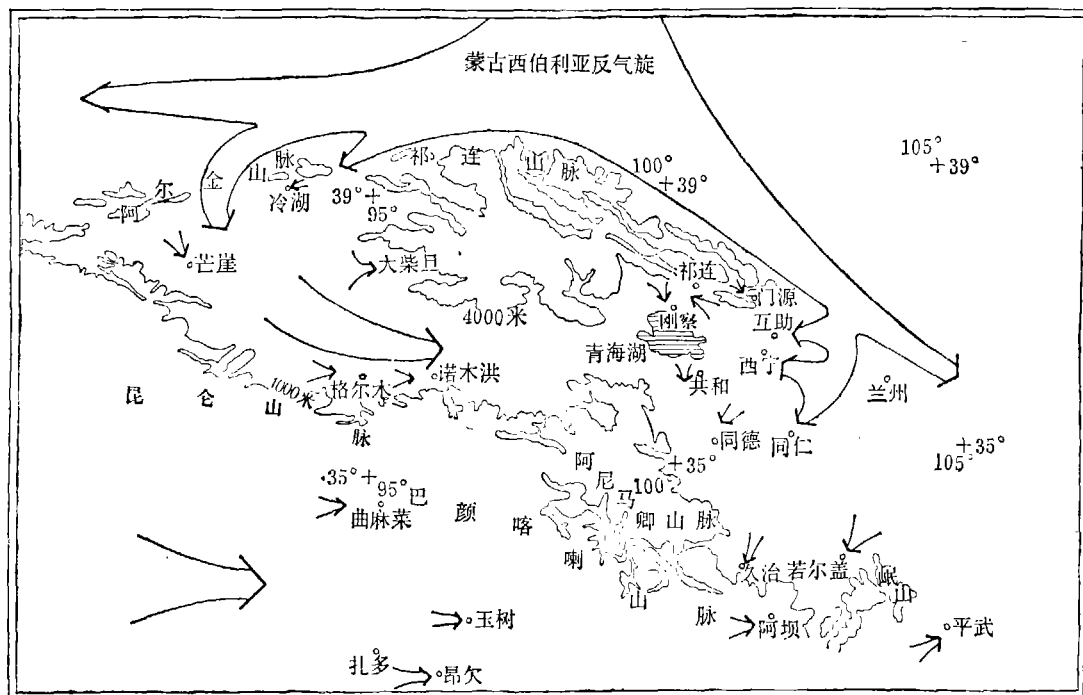


图 3 蒙古西伯利亚反气旋进入青藏高原路线示意图

期为 62, 55, 43 千卡/平方厘米, 大于 0°C 时期为 78, 66, 51 千卡/平方厘米¹⁾。

Спицин^[6] 曾指出蒙古西伯利亚反气旋气流南移时受到祁连山的障碍而急剧向两旁偏转, 沿着几成纬线的方向在北纬 40° 处, 一向东楔入阿拉善、鄂尔多斯和黄土高原, 一向西进入塔里木盆地(图 1)。其后, 杨鉴初等^[7]认为受阻于祁连山的冷空气, 由于绕流现象而自东、西两方向进入青海(图 2), 绕过祁连山东麓的冷空气, 向西侵入青海时, 与翻越阿尔金山东进至青海湖的冷空气相遇。作者认为, 两股气流相遇后可向南折转, 其最南可达久治、若尔盖一带的巴颜喀拉山北侧(图 3)。从巴颜喀拉山以北多北风、西北风、东北风, 而巴颜喀拉山以南则盛行西风, 东南风、西南风的情况来看来自北方的寒流的影响, 也是加强巴颜喀拉山南、北侧植被纬向地带性分异的因素之一。

三、结 论

综上所述, 在青藏高原南部沿着中、东喜马拉雅山山脊往东延伸到伯舒拉岭可以划出一条热带和亚热带植被的分界线; 而在北面, 则沿着喀拉昆仑山—昆仑山脉、巴颜喀拉山脉, 并东接秦岭山脉, 而把亚热带和温带植被区分出来。显然, 青藏高原的植被也和我国东部平原地区一样可以划分出植被的纬向地带。它们分别为热带山地植被、亚热带山地或高原植被和温带山地或高原植被。这个界线的确定无疑地将对中国植被区划和自然区划工作有着重要的参考意义。

青藏高原的植物生态学和地植物学研究工作仅仅是一个开始, 我们对青藏高原植被分布规律性认识得还很不够, 对青藏高原植被纬向地带性的探讨也只是一个初步的轮廓, 尚有待于今后进一步充实和论证。至于青藏高原内部的植被分布规律, 将在其它文章中加以探讨。

本文部分插图承中国科学院植物研究所田新智、李陆萍同志协助清绘, 谨此致谢。

参 考 文 献

- [1] 侯学煜、马溶之, 中国植被——土壤分区图, 地图出版社, 1956。
- [2] 侯学煜、陈昌笃、王献溥, 土壤学报, 5(1957) 1。
- [3] 刘慎谔、冯宗炜、赵大昌, 植物学报, 8(1959) 2, 87—105。
- [4] 中国科学院自然区划委员会, 中国科学院植物研究所, 中国植被区划(初稿), 科学出版社, 1960。
- [5] 张经纬、王金亭, 西藏中部的植被, 科学出版社, 1966。
- [6] 吴征镒等, 中国植被, 科学出版社, 1980。
- [7] 钱崇澍、吴征镒、陈昌笃, 中国自然区划草案, 科学出版社, 1956, 83—142。
- [8] 钱崇澍, 中国自然情况, 林业部造林设计局编, 1957, 77—96。
- [9] 侯学煜, 中国的植被, 人民教育出版社, 1960。
- [10] 侯学煜, 植物生态学与地植物学丛刊, 2(1964) 2, 153—159。
- [11] 郑度、张荣祖、杨勤业, 地理学报, 34(1979) 1, 1—11。
- [12] 李世英, 植物学报, 9(1960) 1, 16—31。
- [13] Rau, M. A., *Ecology and Biogeography in India* (ed M. S. Mani), 1974, 247—275。
- [14] Troll, C., *Geocology of the High-mountain regions of Eurasia*, 1972, 264—275。
- [15] Mani, M. S., *Ecology and biogeography of high altitude insects*, 1968, 18。
- [16] Спицин, В. М. 地理译报, 1956, 4, 261—267。
- [17] 杨鉴初、陶诗言、叶笃正、顾震潮, 西藏高原气象学, 科学出版社, 1960, 173—175。

1) 龙斯玉, 1974 年资料。