

亚洲季风与中国干湿、农牧气候界线之关系

杨建平,丁永建,陈仁升,刘俊峰

(中国科学院寒区旱区环境与工程研究所,甘肃兰州 730000)

摘要:基于中国 553 个气象站点 1958 ~ 2000 年日降水量资料、北方 295 个气象站点同期 (20 (mm)蒸发皿资料,界定出半干旱区和农牧交错区各自的范围。利用东亚夏季风强度指数 (1951 ~ 1995 年)与印度夏季降水量 (1951 ~ 1998 年)资料,分析了半干旱区和农牧交错区东南 - 西北界 10 年际空间变化与亚洲夏季风的关系。近 50 年中国干湿、农牧气候界线的动态变化是影响中国的季风环流强弱作用在空间上的实物表现,季风环流的强弱变化控制着气候界线空间摆动的范围与方向,其年代际变化是中国干湿、农牧气候界线呈现出年代际变化特征的根源。分析显示,在现代情况下,农牧气候界线位置的空间摆动主要反映人类生产活动强度的强弱差异,人为因素起主导作用。

关键词:东亚夏季风;印度夏季风;干湿气候界线;农牧气候界线

中图分类号: P425.4⁺1 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000 - 0690(2005)04 - 0441 - 07

亚洲是世界上最著名的季风区,主要由相互联系又相互独立的印度季风和东亚季风组成^[1]。亚洲季风最早在南海地区爆发,然后携带太平洋和印度洋充沛的水汽分别向西北和北方扩展^[2]。位于东亚地区的中国不仅受到印度西南季风的影响,而且更主要受到东亚季风和中纬度扰动系统的影响。中国地域广阔,东 - 西、南 - 北气候差异较大,总体上由东南向西北,气候由湿润向干旱过渡,呈现东、南湿润,西、北干旱的基本格局。在湿润与干旱气候区之间存在着一个狭窄的、带状分布的气候过渡区,其中,过渡区与干旱气候区相邻的分界线称为干旱 - 半干旱分界线,与湿润气候区相邻的分界线称为半干旱 - 湿润分界线,此两个气候界线称之为干湿气候界线,其间的过渡区称为半干旱气候过渡带,大致呈西南 - 东北走向。

干湿气候界线是东亚季风、印度西南季风、中纬度西风环流彼消我长、彼退我进共同作用的结果。通常情况下,影响中国的各种季风及大气作用在这一区域如强弩之末,影响的范围取决于季风的强弱。因此,干湿气候界线随各种气候作用的强弱在一定范围内波动变化。由于其变化通常反映了某种气候作用的加强或另一种气候作用的减弱,因

此对气候变化有着十分敏感的反应,是中国气候变化最敏感的区域之一。

与气候相适应,中国由东南向西北,土地利用方式由农业为主向畜牧业为主过渡,在农业区与牧业区之间形成东段宽、西段窄的带状分布的农牧交错带。该交错带自东北向西南纵贯中国中部,阻挡西、北部沙漠的南侵,是中国东中部的重要生态屏障。在这个过渡带内,边际性种植业和草地畜牧业在空间上交错分布,时间上相互重叠,一种生产生活方式逐步被另一种生产生活方式取代^[3]。过渡带与东部农区和西北部牧区之间也存在着两条分界线,这两条分界线称之为农牧气候界线。

农牧交错带自形成以来,其空间位置发生过南、北移动,农牧气候界线亦随之变动。农牧气候界线的这种变化是在变率非常大的季风气候^[4]干湿(降水)波动基础上,在政治经济利益的驱使下,人类土地利用方式响应气候变化的结果。在近现代农牧气候界线一度向北推进^[5],农牧过渡带是人类与气候环境相互作用最激烈的地区,也是最能体现气候变化的敏感地区。

干湿气候界线与农牧气候界线分别是中国气候与土地利用方面的两条重要分界线,二者的空间

收稿日期: 2004 - 07 - 16; 修订日期: 2004 - 12 - 12

基金项目: 国家自然科学基金资助项目 (40301010, 40371026 和 40401012)。

作者简介: 杨建平 (1973 -), 女, 山西方山人, 博士研究生, 主要从事寒区、旱区水文与环境以及气候变化的研究工作。E-mail: jianping@ns.lzh.ac.cn

分布和变化均与中国各种季风的强弱作用有密切关系。在现代气候激烈变化背景下,从宏观上探讨三者之间的相互关系,不论在学术上、还是生产实践上均具有一定的科学意义。

1 资 料

文中使用了中国 553 个站点的日降水量资料,该资料是从国家气象局提供的中国 726 个气象站点的实测降水量资料中选出的。年总蒸发量源于各省气象局整编的 $\Phi 20$ (cm) 蒸发皿资料,文中仅选用了北方的 295 个站点资料,这些资料序列长度为 1958 ~ 2000 年 (图 1)。文中使用的资料还包括: 1951 ~ 1995 年东亚夏季风强度指数资料^[6]; 1951 ~ 1998 年全印度夏季 (6 ~ 9 月) 降水量资料^[7]。

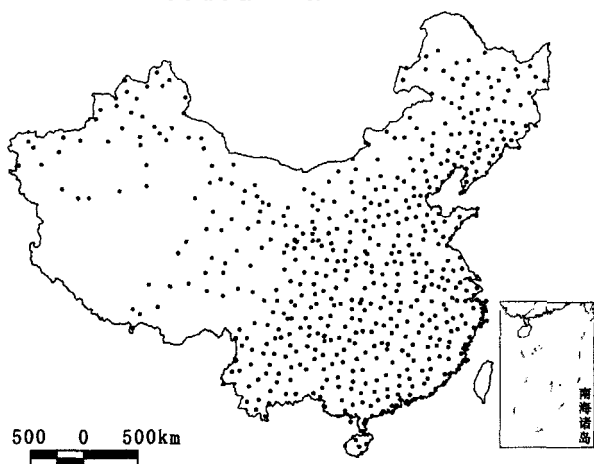


图 1 553 个气象站点分布图

Fig 1 Distribution in 553 meteorological stations in China

2 干湿、农牧气候界线的确定

干湿气候的划分标准大致分为两类:一类是年、月降水量的统计指标,另一类则是用降水量和可能蒸发量之比或差来表示^[8]。以年降水量为气候干湿指标,能揭露降水量变化的异常规律,而干燥度指数是从大气水分平衡角度出发,真实的反应实际气候的干湿状况,对农业具有更大的现实意义。本文选用干燥度指数划分干湿气候,干燥度指数是年降水量与年总蒸发量之比,即

$$D = P/PET,$$

式中, D 为干燥度, P 为年降水量, PET 为 $\Phi 20$ 蒸发皿实测年总蒸发量。根据这一指数将中国划分三大区:干旱区 ($D \leq 0.20$)、半干旱区 ($0.20 < D \leq 0.50$) 与湿润区 ($D > 0.50$)^[9]。 $D = 0.20$ 为干旱半

干旱分界线, $D = 0.50$ 为半干旱湿润分界线。

图 2 显示了中国 1958 ~ 2000 年干湿气候分布,图上干燥度指数 0.20, 0.50 等值线是 43 年来的平均位置,也是中国干湿气候的两条重要分界线, 0.50 等值线以南是湿润区, 0.20 ~ 0.50 之间是半干旱区, 0.20 等值线以西是干旱区。图 2 可见,半干旱区由东北向西南纵贯中国中部,是东南湿润区向西北干旱区变化的过渡区。

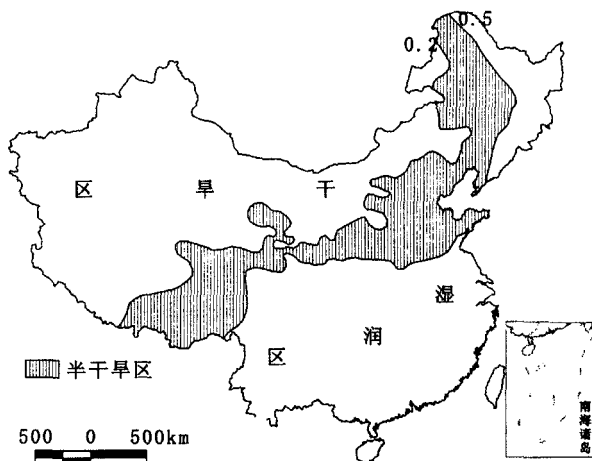


图 2 1958 ~ 2000 年中国干湿气候分布

Fig 2 Arid and humid climate distribution in China from 1958 to 2000

中国农牧交错带区域范围 (亦即西北、东南界) 的合理确定是研究农牧气候界线空间变化的前提,然而,到目前为止,对这一重要问题仍无统一认识。本文对目前存在的数十种有关农牧交错带范围的认识作了细致的对比后,认为赵哈林等^[3] 的最新研究结果比较合理、较切合实际,且实现起来较容易。为此,本文采用其对农牧交错带的界定结果,利用等值线法作出了中国农牧交错带的分布图 (图 3)。农牧交错带位于年降水量 300 ~ 450 mm、降水年变率 15% ~ 30%、干燥度 1.0 ~ 2.0 范围内,其东段宽,西段窄,呈带状分布于中国中部,是中国生态环境的一条过渡带和生态安全的重要屏障带。年降水量 300 和 450 mm 等值线 (43 年的平均位置) 分别为该过渡带的西北界和东南界,即农牧气候界线。

3 干湿、农牧气候界线之 10 年际波动

3.1 干湿气候界线波动

在总结、继承前人研究北方半干旱区范围空间变化成果基础上,杨建平等将研究范围扩大到整个

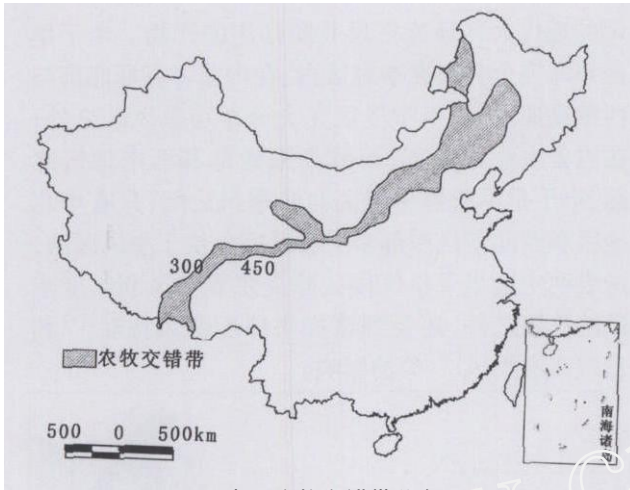


图3 中国农牧交错带分布

Fig 3 Diagram showing distribution of agriculture and pasture interlaced zone of China

半干旱区,采用国际上通用的干燥度指数法,在10年际尺度上,详细研究了近50年中国半干旱区东南、西北界的动态变化,图4为1951~1999年中国干湿气候界线10年际动态图。结果表明^[10]:过去50年中国干干湿气候界线波动显著,区域差异大,呈现出整体移动和东西、南北相异波动特征。20世纪60~70年代中国干湿气候存在一次突变,由较湿润变为干旱,但各地干旱程度不同。干湿气候界线波动与气候的干湿变化具有显著的年代际特征。

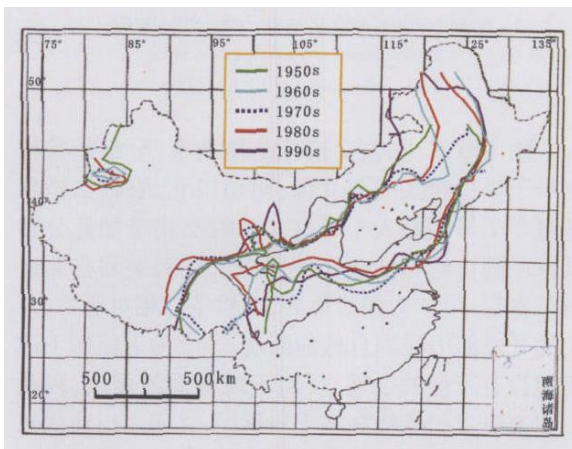


图4 1951~1999干湿气候界线的10年际波动(引自杨建平等,2003)

Fig 4 The inter-decadal fluctuation of the dry and wet climate boundaries from 1951 to 1999 in China (after YANG Jian-ping et al., 2003)

3.2 农牧气候界线波动

20世纪80年代,李世奎等^[11]从农业角度探讨了农牧气候界线的确定及其气候特征。之后,由于

全球气候变化,人们把研究注意力都集中在农牧交错带生态环境变化上,有关界线方面的研究少之又少。本文在10年际尺度上,对农牧气候界线在近几十年的位置变化做一些初步探讨。近40年农牧气候界线的年代际动态变化显示(图5),与干湿气候界线相比(见图4),农牧气候界线的变化总体上并不是十分显著,但亦具有区域性,在东北地区、华北地区、西北地区东部变化较为突出。

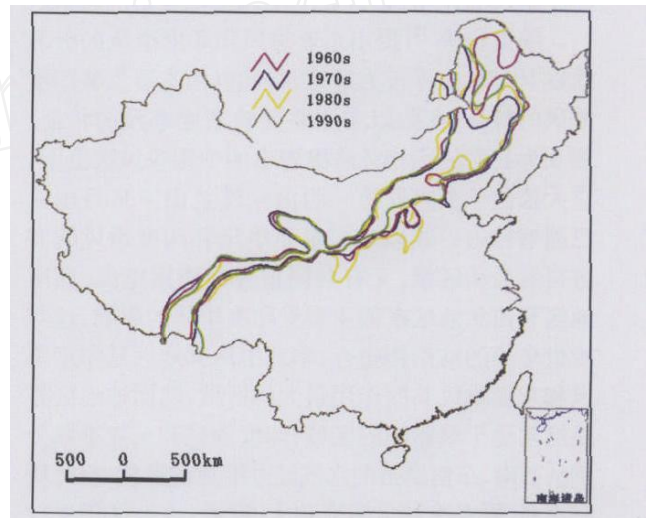


图5 1961~2000年农牧气候界线10年际波动

Fig 5 Diagram showing decadal changes in agro-pasturing climate boundary in China in the period of 1961 to 2000

1) 东北地区。相对于20世纪60年代,70年代农牧交错带西界有所东移。之后,随着该区气候逐渐变湿^[10],西界转向,持续向西移动,并于90年代达到最西位置;农牧交错带东界在20世纪60和70年代变化不大或无规律,80年代显著向西移动,90年代折向东移。

2) 华北地区和西北地区东部。这两个区域农牧交错带西北界变化微小,东南界变化显著。20世纪60年代东南界位置偏北,70年代南移,80年代变化不大,90年代显著向南移动。上述三地区的变化表明,农牧气候界线波动同样具有年代际特征,但其区域性较干湿气候界线差。

4 亚洲季风与气候界线的关系

4.1 中国季风区与半干旱气候过渡带、北方农牧交错带之空间关系

在中国,农牧交错带、半干旱气候过渡带、季风

活动三者之间究竟有何关系?它们是如何相互作用的?这些敏感问题历来受到科研人员关注,由于资料、界定方法、技术手段等多种因素的影响,直观展示它们之间的关系实现起来比较困难,这是此类报道甚少的原因之一。本文虽搜集了大量资料,界定出了三者各自的分布范围,但是,由于诸种因素的影响,这些结果仍是初步的。

中国不仅受东亚季风的显著影响,而且还受到印度季风的作用,是世界上季风影响显著的国家之一。喻世华等^[12]提出东亚季风和印度季风的分界线以 100 E 为界较为适宜,在此以西主要反映印度季风的特征,在此以东主要反映东亚季风的特征。图 6 为我们使用相关法界定出的中国季风区范围,它大致位于大兴安岭 - 阴山 - 贺兰山 - 日月山 - 巴颜喀拉山一线以东。东亚季风和印度季风既有各自的活动区域,又有共同重叠的作用空间,西南地区 and 西北地区东部主要受印度季风的影响,这与喻世华等的结论相吻合;华北中南部地区是印度季风和东亚季风共同作用最大的区域,然而该地区亦是经常受干旱影响的区域,印度季风和东亚季风分别从西南、东南携带的水汽经过沿途的释放,至此所剩不多,再者季风年际变化大,因此,该地区仍受缺水的煎熬;中国东部、南部主要受东亚季风的影响。

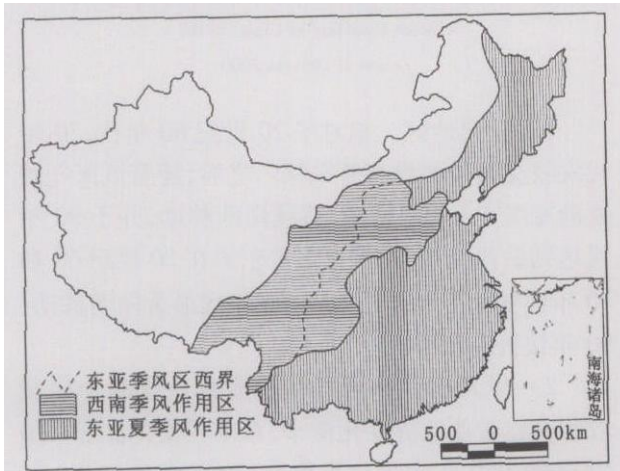


图 6 东亚夏季风和印度西南季风各自影响区域

Fig 6 Map showing the action ranges of
East Asia summer monsoon and
India summer monsoon

图 7 展示了中国季风区、半干旱区、农牧交错区的地理位置和空间分布。半干旱区自东北向西南展布于中国中部,其形成与存在是中国所处的地理位置、西高东低的地形以及因青藏高原隆起所奠

定的现代大气环流格局共同作用的产物。半干旱区并非完全分布在季风区内,在内蒙古高原北部与西藏高原中部,半干旱区完全分布在季风区之外;在内蒙古高原东部、西藏高原南部和西南地区北部,半干旱区跨越季风区与非季风之间;只有华北地区和西北地区东部半干旱区完全位于季风区内,这表明中国半干旱气候除受东亚季风和印度季风的作用之外,还受到诸如中纬度西风扰动^[13]和青藏高原季风^[14]等的影响。

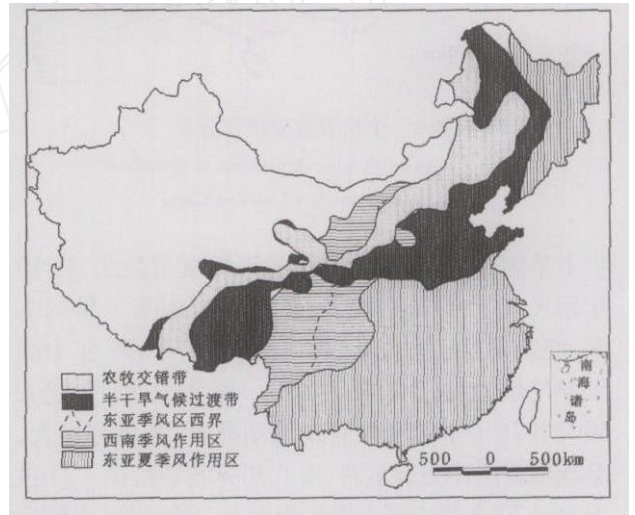


图 7 1958 ~ 2000 年亚洲季风作用区与半干旱气候过渡带、农牧交错带之空间关系

Fig 7 Diagram showing geographical locations of
Asian monsoon activity range, semi-arid climate
transition zone, and agro-pasture zigzag
zone in the period of 1958 to 2000

阴山以南,农牧交错区范围狭窄,呈细带状位于半干旱过渡区的西北缘;阴山以北,农牧交错带越过半干旱区跨入干旱区。农牧交错带如此分布有深厚的自然和社会经济原因。在西南和西北地区东南部,生产力相对落后,自然条件相对恶劣,人们的开发能力受到自然的限制;华北地区西部土地不但没有开垦的余地,反而不时有风沙侵入,因此农牧交错带仍保持在半干旱区内;在阴山以北的东北地区,农牧交错带向西拓展原因: 草地为耕地开垦提供了物质基础; 气候干湿波动诱发的侥幸心理是动力; 人口压力和追求经济发展是根源; 历史上政策导向是催化剂。

综上所述,半干旱区与农牧交错区的共同点是二者均位于中国季风区边缘地区,不同的是半干旱区是纯自然作用的产物,而农牧交错区除受自然因素影响外,还深深烙上社会经济因素的痕迹。

4 2 亚洲夏季风变化

亚洲季风包括南亚季风(亦称印度季风)、东亚季风和青藏高原季风。印度季风通常以每年6~9月份的降水量来表示其强度。印度夏季风、东亚夏季风和高原季风强度指数在近40年的时间变化分析显示(图略),东亚夏季风(东南季风),20世纪50年代中期到60年代中期处于强盛阶段,60年代末期之后其强度逐渐减弱,70年代末期到80年代中期东亚夏季风异常偏弱,80年代中期以后其强度又逐渐增强。印度夏季风(西南季风)从20世纪50年代初开始逐渐增强,到60年代中期达到最强,之后逐渐减弱,80年代中后期又开始增强。至于高原季风,20世纪50年代至60年代中期为强盛期,60年代末期至80年代初期为衰弱期,80年代中期之后又处于强盛期(表1)。由表可知,东亚夏季风、印度夏季风基本上是同相变化,强时二者都强,弱时都弱。高原季风强盛期开始时间早,维持的年数比东亚夏季风与印度夏季风要长2~3年,衰弱期短且出现时间晚结束时间早。值得注意的是,虽然东亚夏季风与印度夏季风强盛时都强盛,但两者的强弱程度不同,二者近40年的变化显示(图略),东亚夏季风的强弱程度远小于印度夏季风。也就是说,近半个世纪以来东亚夏季风的强度在减弱,而印度夏季风的强度在增强,这与许多研究成果是一致的^[15,16]。

表1 东亚夏季风、印度夏季风、青藏高原季风、西太平洋副热带高压、平均脊线的强弱期(年)

Table 1 Strong and weak period of East Asian Summer Monsoon, Indian Summer Monsoon, Plateau Monsoon in Tibetan Plateau, West Pacific Subtropical High and its mean ridge

	强盛期(年)	衰弱期(年)	强盛期(年)
东亚夏季风	1956~1965	1966~1987	1988~现在
印度夏季风	1951~1964	1965~1987	1988~现在
高原季风	1952~1967	1968~1983	1984~现在
西太平洋副热带高压	1951~1965	1966~1987	1988~1999
平均脊线	偏北	南退	偏北

西太平洋副热带高压是东亚季风系统的重要组成部分,其强度与位置变化与中国夏季降水有密切的关系^[17]。对其强度指数序列和脊线位置变化分析表明^[10]:20世纪50~60年代中期副高强度偏强,平均脊线位于26.5°N以北;60年代中期后副高逐渐减弱,平均脊线也逐渐南退;70年代中期至80年代中期,副高异常偏弱,平均脊线退到了近几

十年来的最南位置;80年代中期以后副高又显著增强,平均脊线再一次北移(表1)。

上述分析表明,东亚季风、印度季风、青藏高原季风、西太平洋副热带高压及其脊线均具有显著的年代际特征。

4 3 亚洲季风与干湿、农牧气候界线的关系

中国半干旱区和农牧交错区西南-东北走向,南北跨度大,各地区的季风降水类型有所不同。西南区和西北东部受西南季风、东南季风和高原季风的综合作用;西南季风和东南季风影响华北区;东北区受东南季风的影响。不同的环流组合,不同的强弱变化组合是中国干湿、农牧气候界线区域差异显著的根本原因。具体某一个区域气候界线如何变化,是不同环流组合相互作用的结果。

20世纪50~60年代中期,东南季风、西南季风与高原季风都处于强盛期,西太平洋副高脊线异常偏北,中国东北与华北地区降水偏多,在它们的共同作用下,半干旱区东南、西北界整体向西北推移;60年代中期后,东亚夏季风、印度夏季风和高原季风强度都减弱,西南和西北东部半干旱区二界线东退,与此同时,西太平洋副热带高压也减弱,副高脊线也逐渐南退,华北区与东北区降水开始减少,70年代末期至80年代中期,东南季风与西南季风异常偏弱,西太平洋副高脊线也退到了近几十年来的最南位置,受弱东南季风与西南季风的共同作用,华北区干旱-半干旱分界线与半干旱-湿润分界线整体向东南移动,东北区在弱东南季风的影响下,二界线整体东移。受季风环流系统的变弱影响,此阶段东北地区、华北地区和西北东部农牧气候界线整体向东、向南移动;80年代中期后,东亚夏季风、印度夏季风和高原季风均处于增强期,但东南季风的强盛是相对的,与印度夏季风相比,东亚夏季风的强度较弱^[15,16],在相对弱的东南季风、强西南季风与高原季风的综合作用下,西南和西北东部地区的半干旱-湿润分界线与干旱-半干旱分界线向西北移动。由于西南季风主要影响100°E以西地区,100°E以东的华北、东北地区主要表现为东南季风的特征。因此,尽管此期间西太平洋副热带高压开始增强,脊线也较快北移,但在相对弱的东南季风作用下,华北半干旱区的东南、西北界与农牧过渡区东南界仍向东南方向推移,东北区半干旱-湿润分界线与农牧交错区东界亦东移,然而,东北区干旱-半干旱分界线与农牧交错区西界

西移,表现出与东南季风较弱作用相悖的空间变化,表明该地区还受其它环流系统的影响。

综上所述,近 50 年中国干湿、农牧气候界线的动态变化是影响中国季风环流强弱作用在空间上的实物表现,季风环流的强弱变化控制着气候界线空间摆动的范围与方向,其年代际变化是中国干湿、农牧气候界线呈现出年代际变化特征的根源。东南季风增强,半干旱区和农牧过渡区东南界向西北方向移动;西南季风增强,西南地区整个半干旱区西移;东南季风、西南季风与高原季风三者都加强,干湿、农牧气候界线均向西北移动;就东南季风、西南季风与高原季风影响程度而言,西南地区西南季风是主导;华北和东北地区东南季风是主导。

农牧交错地区受人类活动影响巨大,然而,由于将人文因素量化具有较大的难度,故上述农牧气候界线的年代际变化只反映气候方面的变化,至于现代人类活动的影响,目前只能进行描述。

在现代,由于逐渐在人地关系中提升了人类活动的主观能动性和调控力,一方面使农牧交错带土地利用方式由原来的农牧业交替式转变为农牧业并存式,另一方面使得农牧交错带不断向北推进,原来是畜牧业的草地被开垦为农用地,这种现象在内蒙古东、北部、黑龙江和吉林西部表现最为突出。张国平等^[18]对中国近期耕地资源的时空变化研究发现,黑龙江、内蒙古和吉林是中国耕地面积增加最快的 3 个省,在 10 年时间里各自分别增加了 $182 \times 10^4 \text{ hm}^2$, $89.6 \times 10^4 \text{ hm}^2$ 和 $42.5 \times 10^4 \text{ hm}^2$ 。上述数据从一定程度上可以说明,农牧交错带北部向西扩展的速度以及农牧交错带东宽西窄的原因。图 7 显示了农牧交错带南部分布在中国半干旱过渡带的西北边缘,季风作用的尾间区;北部几乎占据了半干旱气候区的全部,且有一半以上的区域跃出了季风作用区,推进到大陆性干旱气候区内。

5 结论与讨论

在确定干湿气候界线、农牧气候界线、东亚夏季风和印度夏季风作用区域的基础上,文中在 10 年际尺度上,分析了干湿气候界线和农牧气候界线的空间位置变化,并讨论了这种变化与亚洲季风的关系。结果表明,干湿气候界线波动显著,区域差异大,而农牧气候界线的波动并不十分显著,且区域差异性比干湿气候界线较差。近 50 年来,中国

干湿气候界线和农牧气候界线的波动是东南季风、印度西南季风、青藏高原季风、西太平洋副热带高压及其脊线强度位置变化在空间上的实物表现,季风环流的年代际变化导致了干湿、农牧气候界线的年代际特征。东南季风增强,半干旱区和农牧过渡区东南界向西北方向移动;西南季风增强,西南地区整个半干旱区西移;东南季风、西南季风与高原季风三者都加强,干湿、农牧气候界线均向西北移动。

在自然因素作用下,农牧气候界线的波动并不十分显著,而人文因素的影响非常强烈,因此可以认为,在现代情况下,农牧气候界线的空间位置摆动主要反映人类生产活动强度的强弱差异,是一种人为因素起主导作用的人为过程。

干湿气候界线的动态变化是纯自然因素作用的结果,而农牧气候界线的变化除受自然因素影响之外,还受到人文因素的强烈影响,然而,由于目前还难以将人文因素进行量化,故文中对农牧气候界线的展示有一定的局限性。在今后的研究中,只有实现人文和自然因素的量化结合,才能真正搞清农牧气候界线的真实位置以及其空间动态变化。

参考文献:

- [1] 黄荣辉,黄刚,任保华. 东亚夏季风的研究进展及其需进一步研究的问题[J]. 大气科学, 1999, 23(2): 129~141.
- [2] 戴念军,谢安,张勇. 南海夏季风活动的年际和年代际特征[J]. 气候与环境研究, 2000, 5(4): 363~374.
- [3] 赵哈林,赵学勇,张铜会,等. 北方农牧交错带的地理界定及其生态问题[J]. 地球科学进展, 2002, 17(5): 739~747.
- [4] 张军涛,李哲,郑度. 东北农牧交错区水分条件及其对植被分布的影响[J]. 地理科学, 2001, 21(4): 297~300.
- [5] 乌兰图雅,张雪芹. 清代科尔沁农耕北界的变迁[J]. 地理科学, 2001, 21(3): 230~235.
- [6] 施能,朱乾根. 1873~1995 年东亚冬、夏季风强度指数[J]. 气象科技, 2000, 3: 14~18.
- [7] Parthasarathy B, Munot A A, Kothawale D R. All-India monthly and seasonal rainfall series: 1871-1993[J]. Theoretical Applied Climatology, 1994, 49(4): 217~224.
- [8] 钱纪良,林之光. 关于中国干湿气候区划的初步研究[J]. 地理学报, 1965, 31(1): 1~14.
- [9] 王延禄. 我国建立、引用和验证气象干旱指标综述[J]. 干旱区地理, 1990, 13(1): 80~86.
- [10] 杨建平,丁永建,陈仁升,等. 近 50 年中国干湿气候界线波动及其成因初探[J]. 气象学报, 2003, 61(3): 364~373.
- [11] 李世奎,王石立. 中国北部半干旱地区农牧气候界线探讨[A]. 见:中国自然资源研究会(主编). 中国干旱半干旱地区自然资源研究[C]. 北京:科学出版社, 1988. 108~124.

- [12] 喻世华. 1979年东亚夏季风环流建立过程分析[J]. 热带气象, 1986, 2(1): 55~61.
- [13] 龚道溢, 王绍武. 北半球冬季纬向平均环流的结构及对我国气候的影响[J]. 地理科学, 2001, 21(2): 108~112.
- [14] 汤懋苍, 白重媛, 冯松, 等. 本世纪青藏高原气候的三次突变及与天文因素的相关[J]. 高原气象, 1998, 17(3): 250~257.
- [15] Fu Congbin. An aridity trend in China in association with global warming[A]. In: Zepp R G. Climate Biosphere Interaction: Biogenic Emissions and Environmental Effects of climate change [M]. New York: John Wiley and Sons Inc, 1994. 1-17.
- [16] Fu Congbin, Wangqiang. The abrupt change phenomenon of South Asia summer monsoon and its synchronism with the global warming[J]. Science in China, Ser B, 1991, 35(6): 666-672.
- [17] 慕巧珍, 王绍武, 朱锦红, 等. 近百年夏季西太平洋副热带高压的变化[J]. 大气科学, 2001, 25(6): 787~797.
- [18] 张国平, 刘纪远, 张增祥. 近10年来中国耕地资源的时空变化分析[J]. 地理学报, 2003, 58(3): 323~332.

Relationship of Asian Monsoon with dry and wet climate boundary and agro-pasturing climate boundary

YANG Jian-Ping, DING Yong-Jian, CHEN Ren-Sheng, LIU Jun-Feng

(1. Cold and Arid Regions Environmental and Engineering Research Institute,
Chinese Academy of Sciences, Lanzhou, Gansu 730000)

Abstract: Herein, we use aridity index, isohyet, and correlation analysis methods to decide the locations and ranges of semi-arid zone, agriculture and pasture interlaced zone, East Asian summer monsoon, and Indian summer monsoon, respectively. Daily precipitation and 20 evaporation pans data were collected between 1958 and 2000 at 553 (on the whole China) and 295 (in northern China) meteorological stations operated by the Chinese Meteorological Administration. We also use East Asian summer monsoon intensity index data in the period of 1951 to 1995 and Indian summer monsoon intensity index data during 1951 to 1998. The semi-arid zone and ecotone between agriculture and animal husbandry lie along the border of the monsoon, and are thus zones that are highly susceptible zone to environmental change in China, with a direction from northeast to southwest in the middle part of China. We analyze the position variations in the dry and wet climate boundaries and agro-pasturing climate boundaries, and the relations between them and Asian monsoon at 101 year time scale. Study results show that the shifts boundary of agriculture and animal husbandry interlaced zone are weaker than those of the dry and wet climate boundaries. The semi-arid climate zone and ecotone between agriculture and animal husbandry in China are the interlaced regions in East Asia monsoon, India monsoon and other circulations. The different types of circulation and the strength of these circulations result in the regional and temporal differences in their spatial locations. When East Asian summer monsoon strengthens, southeastern boundaries in semi-arid zone and ecotone between agriculture and animal husbandry shift northwestward. When Indian summer monsoon is strong, southeastern boundaries in both these zones transfer southeastward. When East Asian summer monsoon and Indian summer monsoon are all strong, arid/semi-arid and semi-arid/humid boundaries shift northwestward. Diagrammatic presentation in natural factors and analysis in human factors show that spatial shifts in positions in boundaries of agriculture and animal husbandry interlaced zone are mainly a human-induced process, which reflects largely the strengths in human production activity in the present period.

Key words: east Asian summer monsoon; Indian summer monsoon; dry and wet climate boundary; boundaries in agriculture and animal husbandry interlaced zone