

第一部分中国北方农牧交错带（鄂尔多斯地区）全新世环境演变及未来百年预测

张兰生 史培军 方修琦

前言

我国北方农牧交错地带是环境演变敏感地带，由于环境、资源、开发三者的动态协调不合理、又导致本区成为一条环境与灾害问题频发的危机地带（critical zone）。这一地带西部的鄂尔多斯地区则是环境演变更敏感、环境危机更突出的地段。然而，由于丰富的煤炭与金属矿产资源的分布，河套平原与黄河的共存，形成了一块具有很大开发潜力的能源-化工-冶金基地、因而成为我国“八五”期间的重点开发地区。因此研究本区全新世以来的环境演变与未来百年环境分测，不仅对深入认识环境演变敏感地带环境演变规律有重要价值，而且为科学而合理地开发本区资源制定规划也有重要价值。

几年来，我们在《鄂尔多斯地区晚第四纪以来地理环境演变研究》^[1]基础上，进一步开展全面而深入的研究，特别是加强了全新世环境演变规律的研究。本文从以下几个方面，总结所取得的研究成果。

一、全新世环境演变证据

反映环境演变的证据对应于不同时间尺度具有各自的有效性。在鄂尔多斯地区，所得到的资料，包括 10^3 年、 10^2 年和 10^1 年三种尺度的环境演变证据。

（一） 10^3 年尺度的环境演变证据

1. 古土壤与古风成层、古黄土层的交替

在研究区几乎所有沉积地貌单元，都可见到古土壤与古风成层和古黄土层以沉积序列交替出现（图 1-5），反映了成壤环境与非成壤环境的交替变化。在草原沙区为古土壤—古风成沙交替序列，在草原与灌丛草原区为古土壤—古沙黄土（或古风成沙）交替序列。

2. 孢粉谱相的变化

在本区几乎所有剖面都显示出乔、灌木与草本类型的孢粉随古土壤层与古风成沙层或古黄土层而变化（图 6-7），反映了植被曾有过草原—灌丛草原的演替。

3. 封闭湖盆沉积物相变及理化性质的变化

研究区内的湖泊多为内陆封闭湖盆，一般规模不大，湖泊古水文的变化直接影响沉积物的相变及其理化性质（图 8-9）。这些沉积物特征变化反映出沉积环境有明显的水成、风-水两相、风力沉积的交替变化。

4. 考古文化的变化

研究区是我国北方鄂尔多斯地方文化的发祥地。从晚更新世晚期的萨拉乌苏文化、水洞沟文化，直到全新世的仰韶文化、龙山文化、青铜器文化、铁器文化等，有序发展，全面记录了全新世时期考古文化的变化（图 10），它反映了考古文化环境，特别是宜农、宜牧与农牧交错环境的交替变化。

（二） 10^2 年尺度的环境演变证据

1. 树木年轮指数的变化

本区树木年轮指数变化明显，我们分别得到了近 500 年（图 11）、近 250 年（图 12-13）的松、柏树木年轮指数序列，反映了降水、温度的明显变化。

2. 旱涝指数的变化

由土默特地区的旱、涝史料记载，重建了 1271 年以来，每 10 年中旱、涝正常年份各

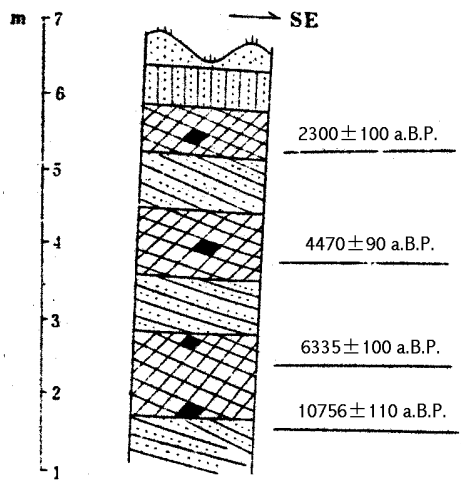


图1 萨拉乌苏河滴哨沟湾全新世沉积剖面
(现代草原区)

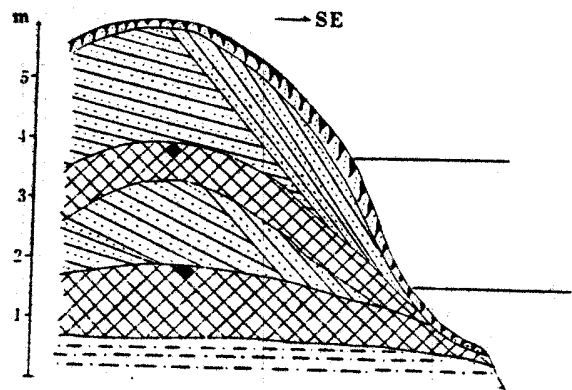


图2 乌审旗陶利沙丘剖面
(现代草原区)

图例 (图1—8)

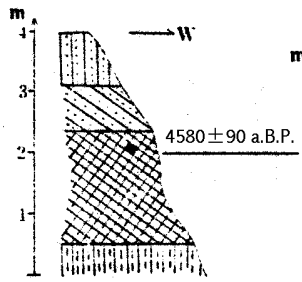


图3 准格尔旗杨圪咀剖面
(现代草原—灌丛草原)

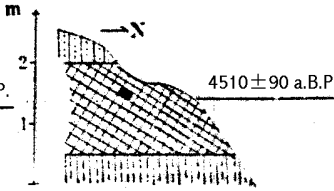


图4 靖边芦西剖面
(现代草原—灌丛草原区)

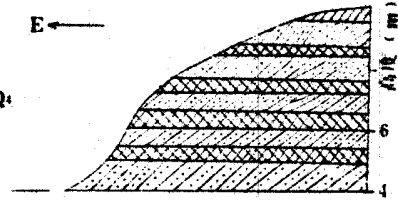


图5 佳县方塌剖面
(现代草原—灌丛草原区)

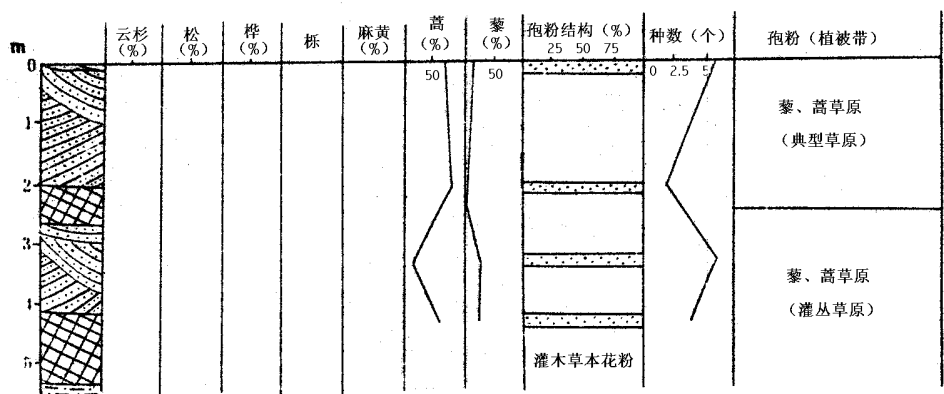


图6 陶利剖面孢粉变化

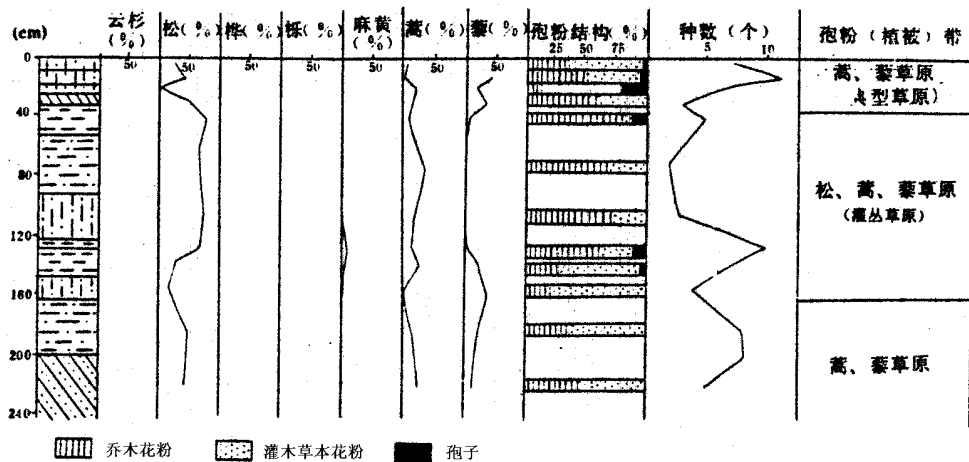


图7 泊江海子剖面孢粉变化

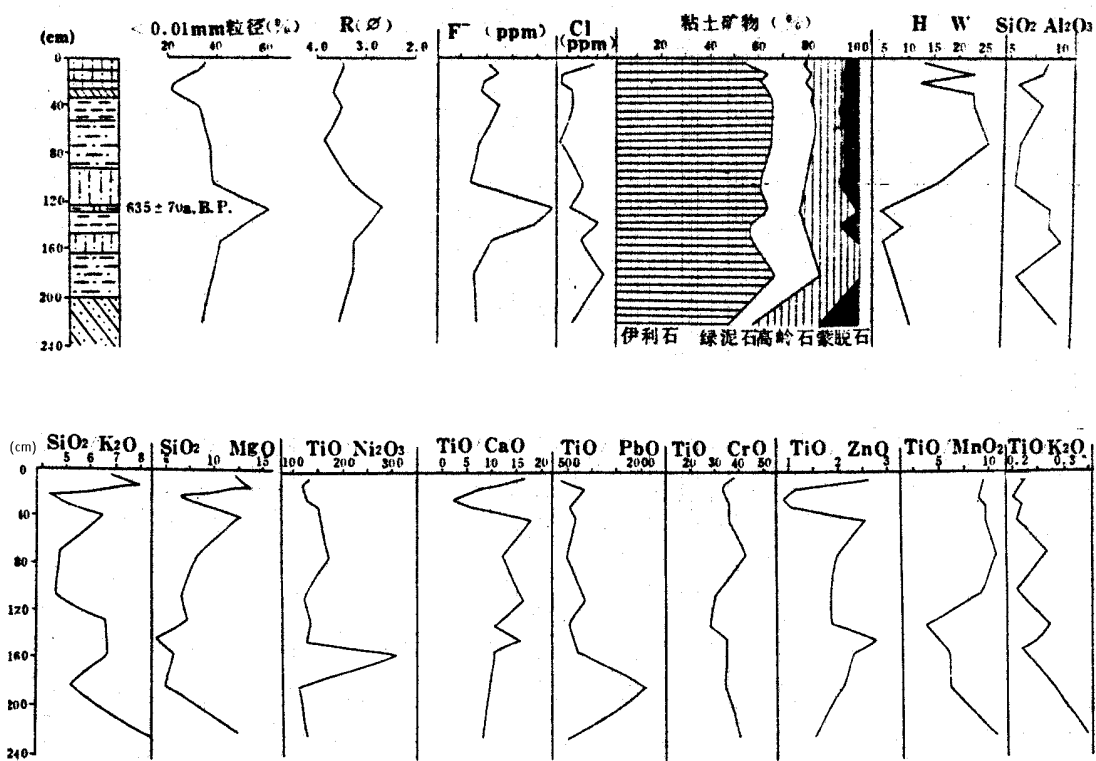


图8 泊江海子剖面粒度、分选度变化及有关化学方面各要素的变化

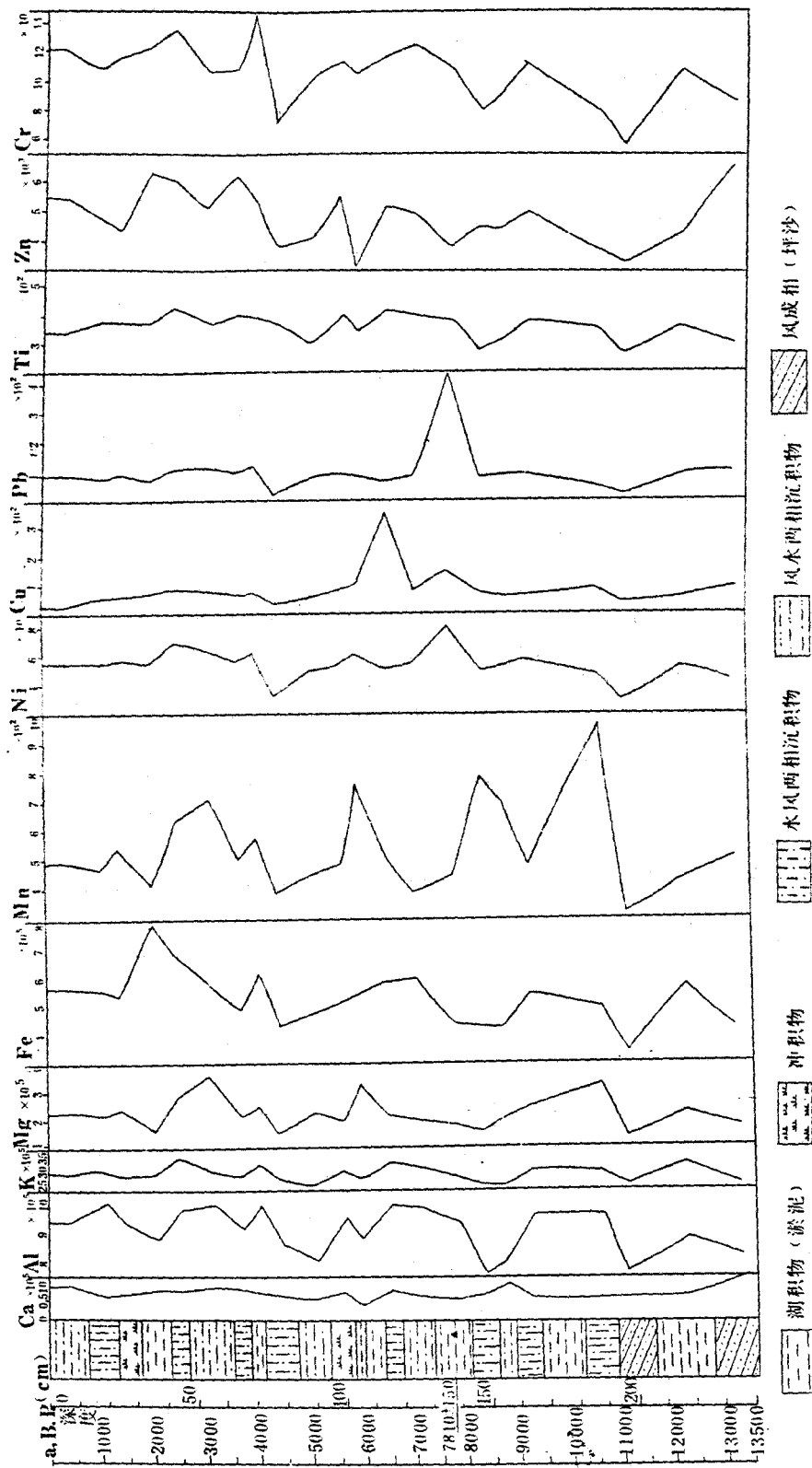


图9 北大池剖面有关化学元素变化

自出现的次数（图 14），求得旱涝指数。从中可以看出反映干湿变化的旱涝指数变化是比较明显的。

（三） 10^4 年尺度的环境演变证据

1. 气候记录

研究区内呼和浩特、榆林气象记录比较长，可达 40-50 年，其他地区 30-50 年。图 15-17 反映了降水和温度的变化，表证气候环境的变迁。

2. 遥感记录

研究区有 50 年代、70 年代、80 年代三期航空像片以及 70 年代、80 年代二期卫星像片；同时，气象卫星自 80 年代初期以来连续记录了本区地表景观的变化，反映湖泊面积、流沙、沟网密度、土地利用结构、植被覆盖、聚落等面状现象的变迁尤其明显。

以上三种时间尺度七个方面的证据，足以说明本区环境的明显演变，而且各种同时间尺度的证据所反映的变化过程是一致的，表明了它的可靠性。各种证据又集中表明本区以降水变化和地表植被覆盖度的变化最为突出，反映出全新世气候变化在本区的主导性。

二、全新世环境演变的特征

（一）干湿波动明显，显示出旱化趋向

图 15-17 以及图 18-20 均反映出本区干湿波动明显。 10^3 年尺度的降水的波动与欧洲全新世经典次序有明显不同，这说明东亚季风气候的独特性在降水量上的反映是非常明显的，在这一时间尺度上，相对湿润期，年降水量较现今平均值（近 30—40 年平均值），增加 30—40%；相对干燥期则减少 35-45%。并在这一时间尺度上，从 6500a, B. P. 以来，降水呈现出明显的旱化趋势。在这一趋势下，相对干燥与湿润变化存在 2000 年左右的准周期规律。

在 10^2 年尺度上，相当于欧洲小冰期的时期，本区降水明显偏少，显示出本尺度的相对干燥期，年降水量较今日平均值低 20—25%；相当于欧洲小适宜期的时期，本区降水明显偏多，显示出本尺度的相对湿润期，年降水量较今日平均值高 20%左右， 10^2 年尺度上，降水的干、湿极端情况均未达到 10^3 年尺度的变化范围。干、湿期的变化存在 400-300 年、160-180 年、110-130 年的准周期规律，也存在 200a, B.P. 以来的干旱化趋向。

最近 100 年来，20 年代末-30 年代初、50 年代中前期、70 年代中期，均为相对干旱时期；其它时期为相对湿润时期。相对干燥期年降水量较今日减少 12-15%。相对湿润期增加 10%左右。降水变化存在 2-3 年、6-7 年、11 年左右、22 年左右的准周期，而且表现在 60 年代末期以来的干旱化特征。80 年代以来，干湿“涨落”明显，于是未来降水将出现一个新的“相变”。

（二）温度波动与全球基本一致，“适宜期”气温显示不稳定性

在 10^3 - 10^2 年尺度下，温度的变化与全球基本是一致的（图 21-22）。但在 4000a, B.P. 前后与全球温度变化相反，为相对低温时期。此外在 3000、5000、7000a, B.P. 前后降温也是明显的。由此可见，传统上称为“气候适宜期”的中全新世在温度方面是不稳定的。 10^3 尺度，温度变化的总幅度全球达 10°C ，本区为 $7-7.5^{\circ}\text{C}$ 。在 10^2 年尺度的温度变化幅度略高于全球，全球为 $1.5-2.0^{\circ}\text{C}$ 。在 10^2 年尺度下，小冰河期的极端低温时段似乎比全球来的晚一些，但持续的时期相近。此外，总的来看，温度变化远不及降水频繁，同时间尺度的温度变化幅度小于降水变化幅度。

（三）时间尺度不同，水热配置关系有异，不存在统一的模式

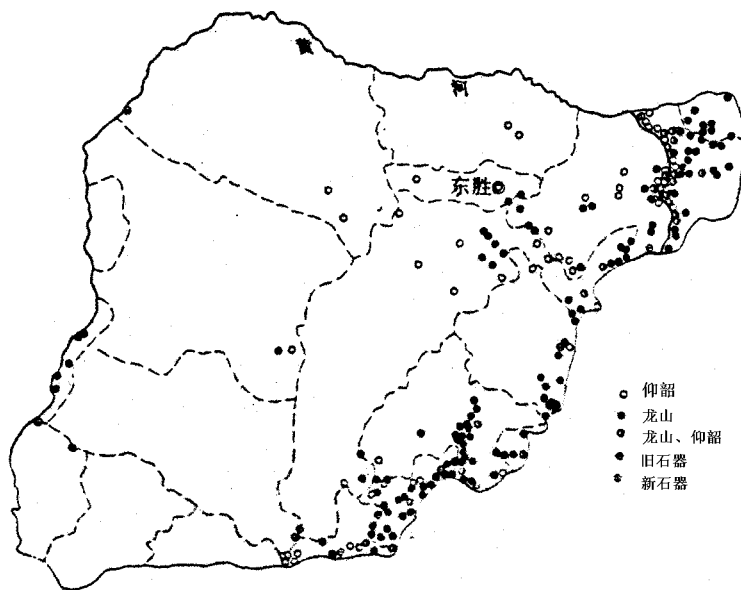


图10 考古文化点位分布

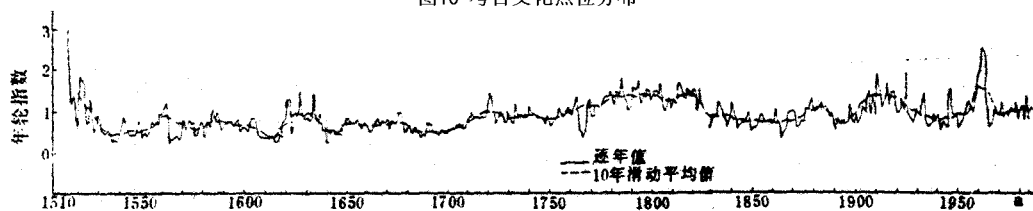


图11 内蒙古准格尔油松年轮指数序列

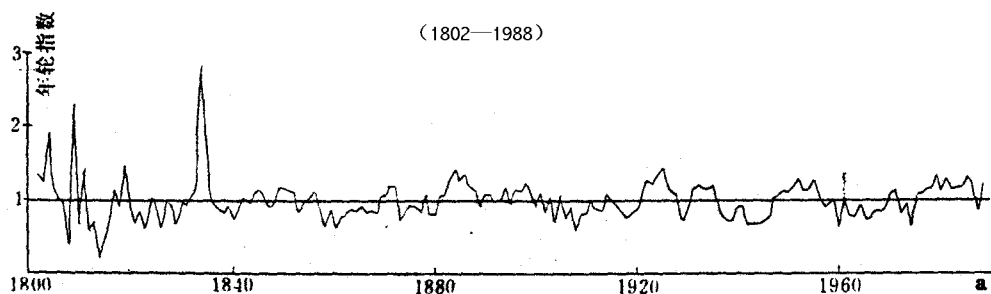


图 12 包头五当召北坡油松年轮年表序列

在 10^3 年尺度上看, 水热配置基本上呈现正相关关系, 即显示暖与湿、凉与干相配合的变化特征。在 10^2 、 10^1 年尺度上, 水热配置基本上呈反相关关系, 即水热异期, 显示出暖干与凉湿的变化特征。在气候的转折时期, 水热的配置非常复杂, 以上两种水热配置关系同时存在。由此可以认为, 不仅在不同地区相同时间尺度下, 水热配置关系不一样, 而且在同一地区, 不同时间尺度下, 水热配置关系也不一样。水热同期易于理解。水热异期与降水对湿度的负反馈作用有关。

(四) 流沙的扩展和固定与气候的干湿变化相应, 人类活动只是流沙扩展与固定的诱导或加强因素

流沙的多寡不仅与区域地表下伏物质有关, 而且与区域水分条件有直接关系。在地表物质相似的情况下, 单位面积上流沙的比例是区域水分条件的显示器。本区每期流沙的扩展都与气候的干燥时期相对应, 在 7000、5000、3000、1000a, B. P. 前后, 是本区全新世四期流沙大发展时期, 亦是相对干燥时期; 而在 8000、6000、4000、2000a, B. P. 前后, 则是流沙固定、沙质古土壤(黑沙土)形成发育时期, 这与气候相对湿润期相对应。本区大面积流沙发育时期在 1500—500a, B. P. 研究区现有流沙始于东汉末年。在本世纪 20

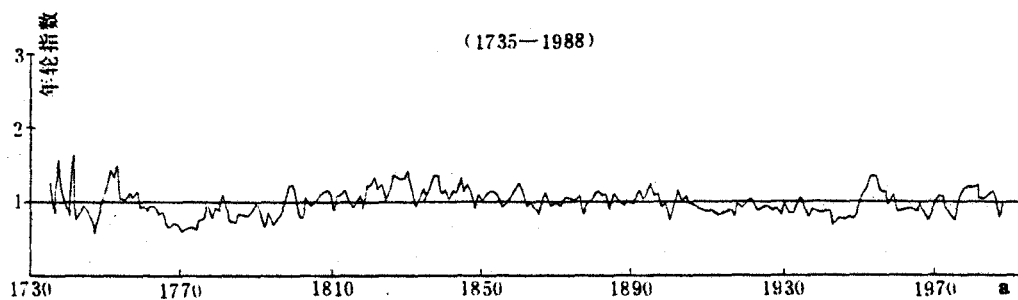


图 13 包头五当召西坡油松年轮年表序列

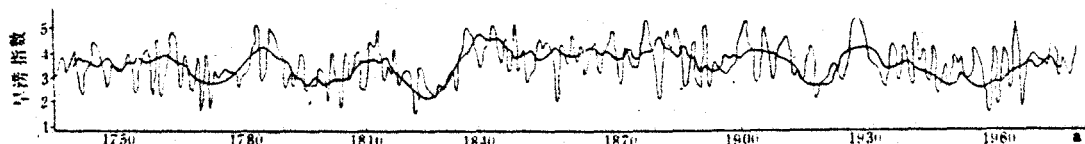


图 14 1936—1980年土默川逐年旱涝指数变化(细线)及10年滑动平均(粗线)

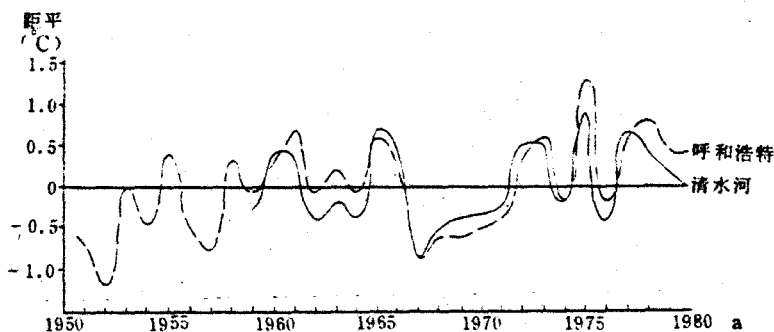


图 15a 呼和浩特清水河温度距平曲线

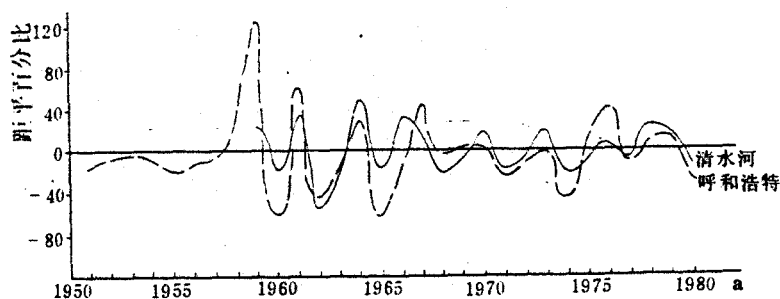


图 15b 呼和浩特清水河降水距平百分率曲线

年代末至 30 年代初期,是近百年内流沙面积最广的时期,几经固定与活化,发展至今、由此认为,人类活动不是流沙扩展的主因,只是流沙扩展与固定的诱导或加强因素。

(五) 植被地带摆动明显,气候植被与土壤地带分界不一,时滞现象显著

随着水分带的全面摆动,植被呈现明显的地带摆动现象。根据地层孢粉分析及降水量复原结果,重建了本区特征时期的植被地带(图 23-24)。从中可以看出,全新世湿润期,荒漠草原(农牧交错带细节)较现在西移 90km 左右;干燥期较现在东移 180km 左右。500a, B. P. 以来,虽然有过多气候的干湿波动,但没有导致植被带的明显位移,只反映为植被地上生物量的明显波动,但没有导致植被带的明显位移,只反映为植被地上生物量的明显波动。随着植被带的变化,土壤带也发生了明显变化,但由于时滞原因,土壤带的界线较植被带界线偏西。基于这一认识,也许能够说明,多年来关于本区荒漠与草原界线划分上的争论可能是没有必要的,传统上所认为的以气候-生物-土壤带的一致作为自然区划

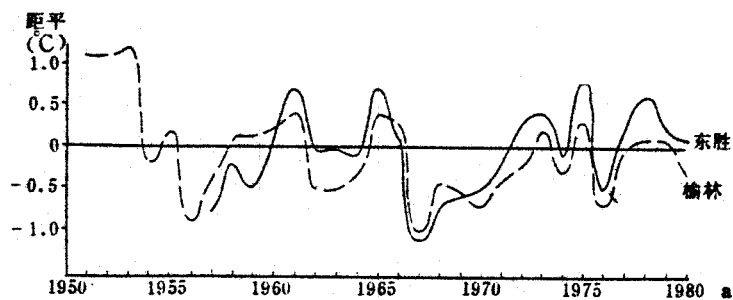


图 16a 榆林、东胜温度距平曲线

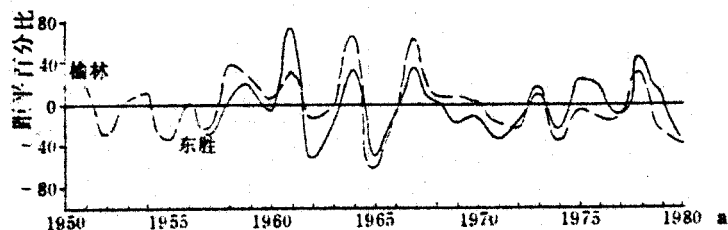


图 16b 榆林、东胜降水距平百分率曲线

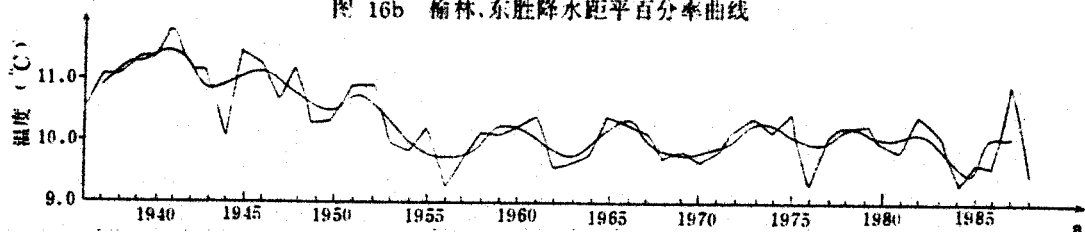


图 17a 佳县温度变化

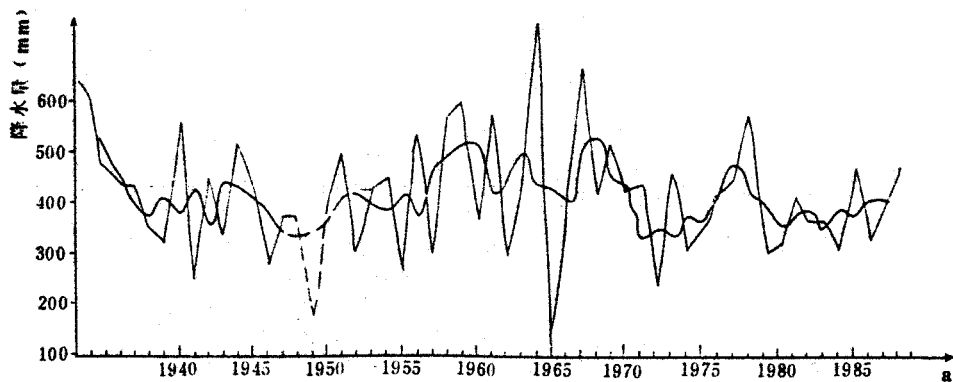


图 17b 佳县降水变化

界的依据，不适用于本区的环境演变敏感地带。

(六) 全新世黄土是风、水两相作用的产物。风水两相作用地带是土壤侵蚀严重地带

研究区黄土主要分布在本区的东南和南部边缘，且与零星沙区在空间上相交错。从对黄土沉积相、孢粉、地球化学等分析结果看，本区黄土是在温带草原地带性摆动的大环境下，风、水两相作用的产物。目前本区严重的土壤侵蚀地带正与风水两相作用的地带相吻合，因此本区严重的土壤侵蚀，特别是水土流失，不只是人类活动的结果，而是在人类活动的加强或诱导作用下，风水两相作用的结果。即是环境-资源-开发系统动态不协调的产物。随着草原地带（侵蚀环境）的空间摆动，风、水两相作用地带也随之摆动，即严重的土壤侵蚀地带在摆动，从我们的研究结果看，这个带有向东南移动的趋势。

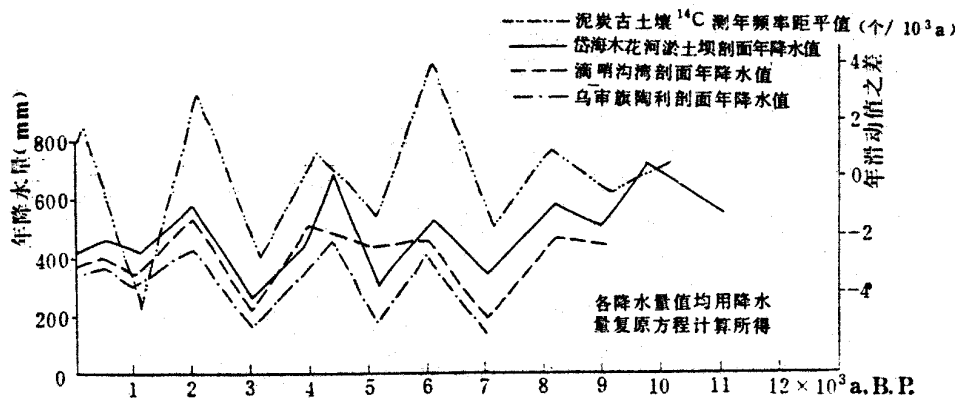
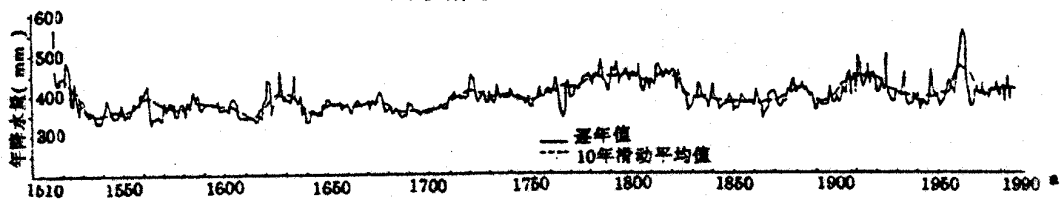
图 18 鄂尔多斯地区10⁴年来干湿变化过程对比

图 19 近500年来年降水量变化(研究区东部)

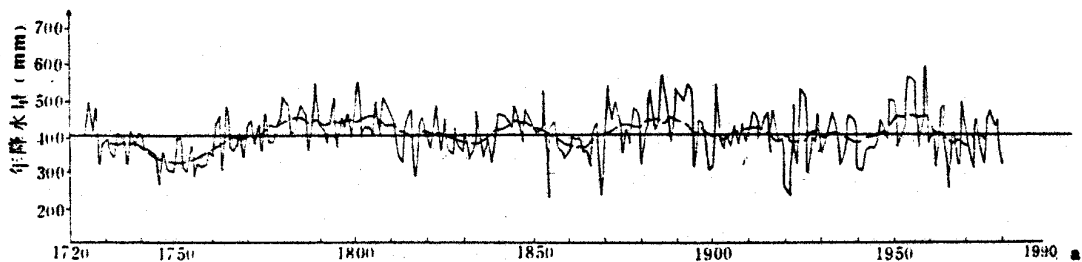
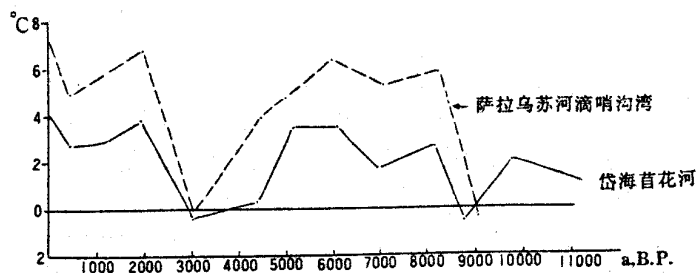


图 20 250年来呼和浩特年降水量变化估算曲线

图 21a 鄂尔多斯地区10⁴年冷暖变化过程

(七)“黑垆土”不是本区的现代土壤，而是全新世的古土壤

对所采集的大量“黑垆土”的年代、孢粉、理化性质分析的结果表明，“黑垆土”是全新世气候湿润期的森林草原和灌丛草原环境下、黄土母质上发育的古土壤，而不是现代气候-生物条件下的现代地带土壤。它或暴露于地表，或埋藏在地表之下一定深处。有鉴于此，不能以“黑垆土”-森林草原的对应分析，进而推论没有“黑垆土”的存在就认为是人类破坏了森林草原植被，或仅以一些隐藏环境存在森林草原片断，进一步推论曾存在大面积森林及森林草原。这一认识对正确选抒本区国土整治的措施非常重要。根据本文的研究，本区进行灌草或草地植被的建设具有普遍性，而片面强调恢复森林或森林草原不适应现在的生态环境，更不可能适应未来干旱化趋向的环境，这些人工植被的建设仅宜在低湿滩地或

河流两岸。

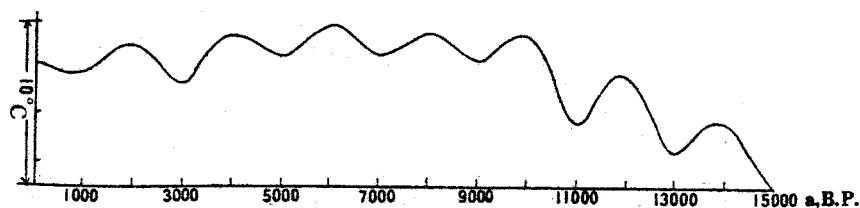


图 21b 最近10'年全球冷暖变化曲线(引自H.H.Lamb,1972)

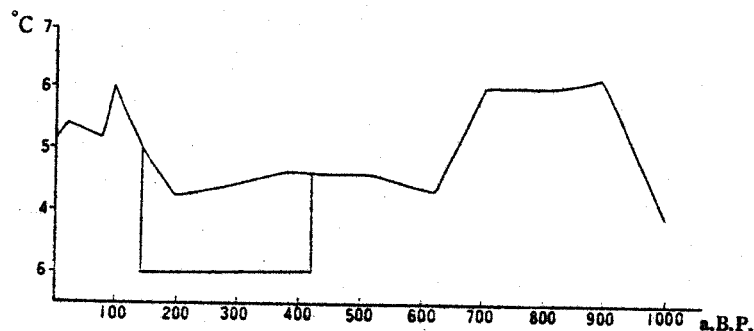


图 22a 泊江海子湖区10'年气温变化过程

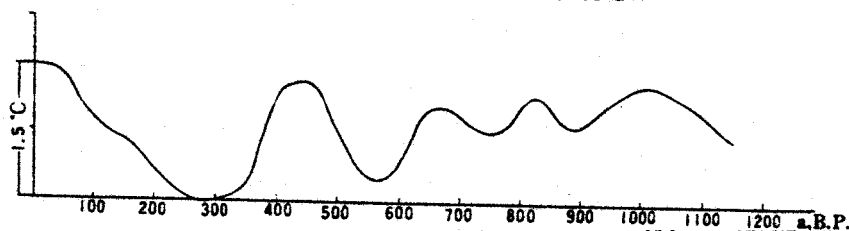


图 22b 东欧10'年冷暖变化过程(引自H.H.Lamb,1972)

(八) 农牧交错带起源古老，空间移动频繁

水区气候环境的干湿更替，与本区农牧业文化的兴衰与发展息息相关。每一次的干燥期，均以畜牧业的发展为特色，兼有范围较小的牧农交错；每一次的湿润期则以农业为特色，兼有范围较小的农牧交错。在干湿气候环境转变时期，农牧交错，并呈现出偏西为牧农交错，偏东为农牧交错的次一级分异。根据大量考古研究成果，参考气候的干湿变化，可以作出本区物质文化发展的序列，以及延续的年代和基本性质：

1. 鄂尔多斯仰韶文化，0.7—0.5×10⁴a, B. P, 初期农业文化，晚期农牧交错。
2. 鄂尔多斯仰韶—龙山过渡交错文化，0.5—0.45×10⁴a, B. P, 初期农牧交错文化。
3. 鄂尔多斯龙山文化 0.45—0.35×10⁴a, B. P, 初期农业文化，晚期农牧交错。
4. 鄂尔多斯青铜器文化，0.35—0.22×10⁴a, B. P, 初期为牧业文化，晚期为牧农交错。
5. 鄂尔多斯铁器文化，0.22—0.17×10⁴a, B. P, 秦汉农业文化，晚期农牧交错。
6. 鄂尔多斯魏晋南北朝时期的畜牧业文化。
7. 鄂尔多斯隋唐时期的农牧交错文化。
8. 鄂尔多斯西夏、元畜牧业文化，晚期农牧交错。
9. 鄂尔多斯明清以来的农牧交错文化。

(九) 气候干湿转变时期是自然灾害的频发时期

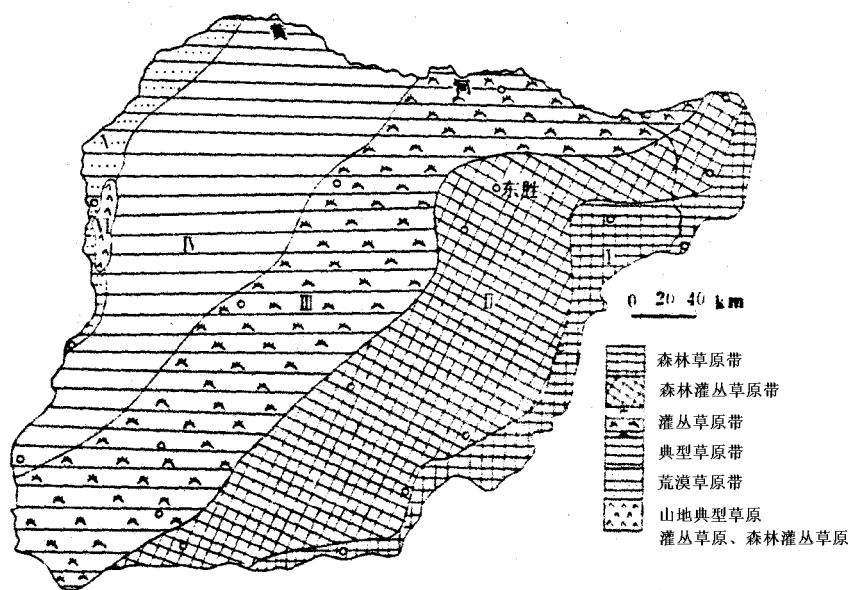


图23 中全新世湿润期 (6000—4000a.B.P.) 植被地带

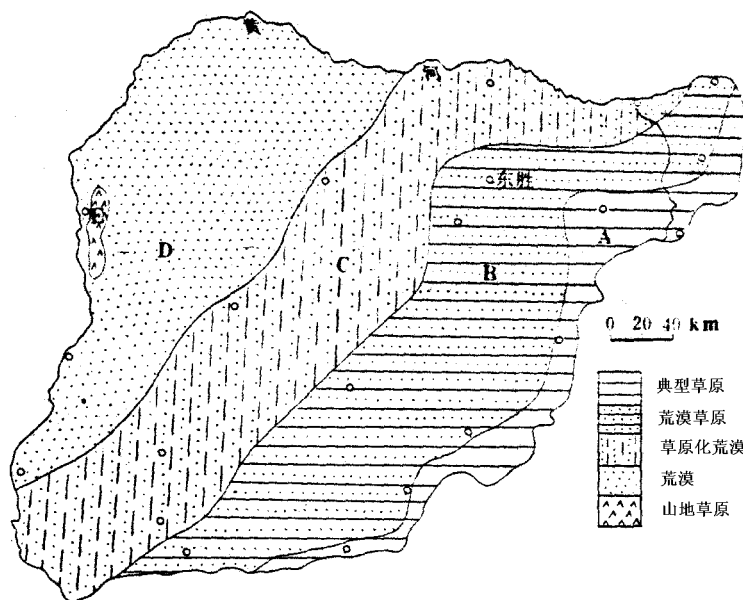


图24 中全新世干燥期 (5000—3000a.B.P.) 植被地带

对比研究区近 500 年来的降水、温度变化与历史灾情序列可以看出, 相对温干时期, 旱、雹、疫、虫灾较凉湿时期多, 而雪灾、霜灾相反。主要出现在凉湿段。此外, 温干与凉湿段持续的时间逐渐变短, 显示出波动频繁, 气候的稳定程度变低, 预示气候灾害将增多。这可以从近 250 年来气候变化与灾害的关系看得更为清楚。250 年来降水与温度的变化序列与同期灾情序列对比可以看出: 高温少雨期和少雨与多雨的转换期, 是两个灾害的多发期。具体到各种灾害而言, 旱灾在少雨期最多, 其次为少雨向多雨转换时期, 水灾在少雨期的相对多雨段和转换期最多。在气候的转换时期不仅灾害群发, 而且灾情也较严重。这表明, 农牧交错地带灾害群聚与群发具有时空偶合的特征, 即农牧交错带及农牧交错期众灾群聚与群发, 灾度严重。

(十) 有气象观测记录时期, 年内降水集中分有期有明显的转移, 年际雨量带也有明显的东南-西北摆动

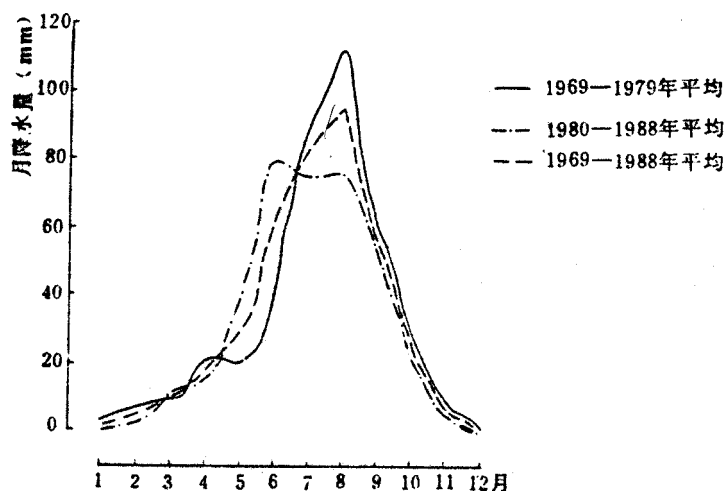


图 25 佳县 1969—1988 年每 10 年降水季节变化

图 25 表明佳县降水变化年内峰值期 80 年代较 70 年代向前转移, 即由 8 月份转移到 6—7 月份, 而且集中程度也减弱。这种情况在本区北部准格尔旗亦存在。这种年内降水集中期的转移与降水年内总量变化的关系虽还不很清楚, 但它在生产上的意义很大。本区一般为一年一作, 仅在南部有二年三作, 降水集中期的变化, 对春播与夏播作物(夏收与秋收作物)的比例有重要的关系。此外, 年际降水量的变化, 也表现出明显的摆动, 在本区可达到半个纬度的摆动幅度。从总体来看, 这种拉锯式摆动受干旱化趋向影响, 有向东南发展的趋向。

三、未来百年环境演变预测

根据以上 10^3 — 10^1 年尺度环境演变序列, 及其准周期变化规律, 我们可以对本区未来百年环境演变作如下推测。

(一) 未来百年的干湿段预测

就 10^3 年尺度而言, 目前处在最近一期相对湿润期, 由峰值向谷值变化时期, 即从 1800—2300 年为相对湿润期, 目前及今后 100 年处在由湿向干转变时期, 即湿润段的偏干段。

到 2300 年以后进入干燥段。就 10^2 年尺度而言, 相对干燥段将出现在 2000 年前后, 2040 年前后; 相对湿润段则出现在本世纪末期, 2020 年、2080 年前后。相对湿润段的年雨量将较现在高出 12% 左右, 相对干燥段则低 15% 左右。考虑到未来的全球 CO_2 等气体浓度增加, 那么未来百年气候有偏于趋向, 也就是说, 每一期的干燥都比上一期更干燥, 湿润程度依次减弱。

(二) 未来百年农牧交错带摆动幅度预测

根据 10^3 年尺度农牧交错带摆动准周期, 10^2 年尺度降水量的干湿变化幅度及准周期, 我们预测了未来百年农牧交错带分布的情况(图 26), 从中可以看出, 相对湿润期和干燥期可以造成本区丘陵区带农牧交错区西界有 80km, 沙区西界有 160km 的摆动幅度。这样, 相对湿润段、农牧交错带西界在丘陵区较目前西移 35km, 在沙区较现在西移 80km, 在相对干燥段则相应分别东移 45km 和 80km。事实上, 在 50—60 年代, 本区农牧交错带基本接近现在位置西移 50 (丘陵)—85km (沙区), 70 年代, 则东移 40 (丘陵)—75 (沙区) km, 这两个时期正值相对湿润时期和干燥时期, 可见以上推断是可信的。

结语

本文较全面地总结了几年来研究本区全新世环境演变的基本特征。有许多问题还有待于深入研究。诸如农牧交错带气候干湿摆动机制, 气候干湿转变的气候系统背景, 环境演变特征段灾害特征与过渡带灾害群发的特征之关系, 环境演变对区域土地生产力影响以及对环境问题的影响评价等。已有的一些结论也只是初步的, 也有待于深入讨论。

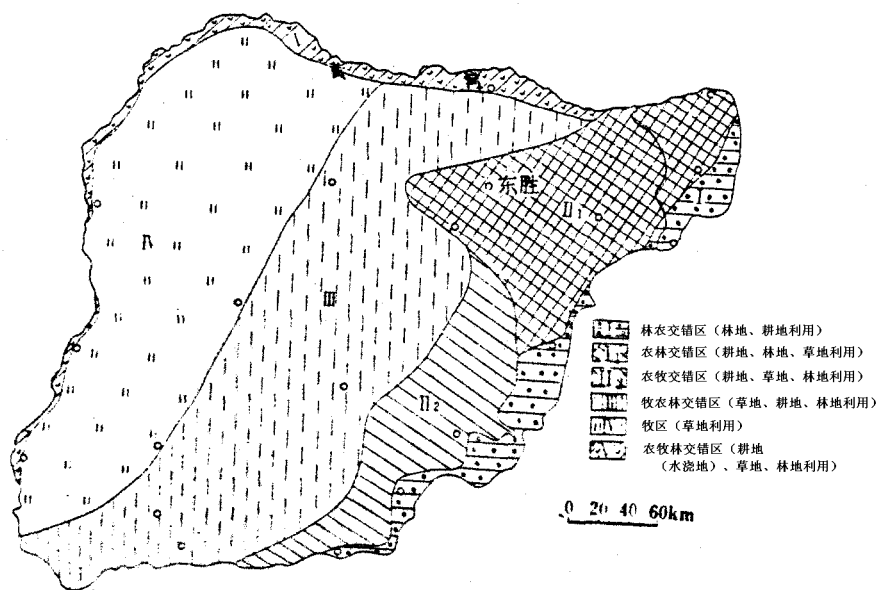


图26a 未来百年中相对湿润期农牧交错区分布

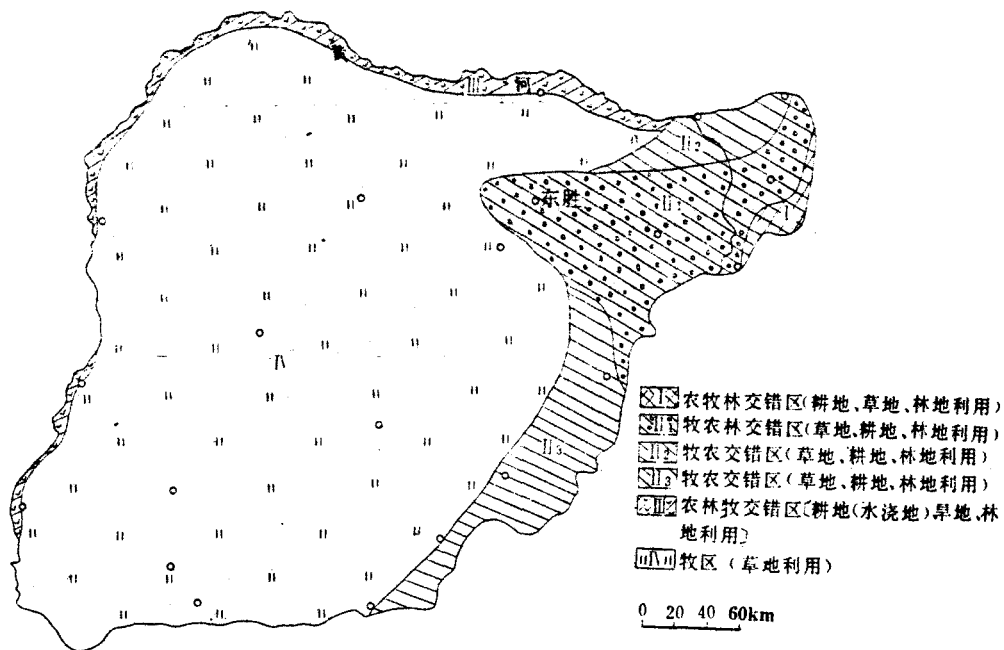


图 26b 未来百年中相对干燥期农牧交错区分布

几年来参加本课题西部组的同志有张兰生、史培军、方修琦、赵焯、邹铭、李恂、苏维筱、张素娟，此外还有内蒙古气象局湖涛同志、宁夏气象局梁旭同志、内蒙古水利科学研究所金争平同志。

[1]史培军, 地理环境演变研究的理论与实践——鄂尔多斯地区晚第四纪以来地理环境演变研究, 博士论文, 1988. 9.