

中国北方沙漠地区全新世气候变化的周期性探讨^{*}

李智佩^{1,2}, 岳乐平¹, 薛祥煦¹, 郭莉²

(1 西北大学地质系 大陆动力学国家重点实验室(西北大学) 陕西 西安 710069;

2 中国地质调查局西安地质矿产研究所, 陕西 西安 710054;)

摘 要: 随着高精度全新世气候变化研究的深入, 千、百年尺度上气候波动、周期性变化和气候事件不断被发现。北大西洋深海沉积物中发现的 IRD 事件、千年尺度上的约 1 500 年周期性气候振荡已经被许多研究者共识, 并在陆地湖泊、冰心乃至沙地和沙漠的沉积物中均有发现。百年尺度上的 512 年、400 年、200 年等周期性气候振荡还有待深入研究。研究表明, 全新世以来, 中国北方地区沙漠的扩大与缩小与全球气候的周期性变化具有密切的相关性, 尤其是与千年尺度上的 1 500 年的周期性震荡有关。数年—数十年尺度上的周期性气候振荡对我国沙尘暴的发生起着明显的控制作用。

关 键 词: 气候变化 周期性 沙漠演化 沙尘暴

中图分类号: P532 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-6060(2007)02-0170-07(170~176)

20 世纪 80 年代以来, 对过去全球气候变化的研究取得了丰硕的成果, 千年尺度上的气候变化也取得重要进展^[1]。深海和陆地湖泊的沉积物以及冰心的研究, 陆续发现了全新世千、百年尺度的气候波动、周期性变化和气候事件。深入研究气候变化特征及其形成机理, 是当今研究全球气候系统演化过程的重大问题。已有资料表明, 全新世以来, 中国北方地区沙漠的扩大与缩小与全球气候变化的周期性变化具有密切的相关性。本文试图通过北方典型地区全新世以来沙漠演化过程的综合对比研究, 探讨气候变化的周期性对沙漠过程的影响, 进而为现代土地沙漠化防治提供科学信息。

1 全新世以来气候变化的周期性

全新世始于新仙女木结束、气候迅速变暖的 11 ka BP^[2-6], 其气候变化具有明显的三个阶段, 即 11~8 ka BP 的升温阶段、8~4 ka BP 的大暖期和 4 ka BP 以来的降温阶段^[5]。全新世的气候变化也同样存在着明显的冷暖交替变化特征, 被称为新冰期。根据北半球冰川进退进行的全新世新冰期划分^[7]是人们认识全新世气候变化遵循着千年尺度的变化

模式的开始。格陵兰全新世冰芯化学成分的研究, 发现粉尘通量在千年尺度上存在着 2 600 年的周期性震荡^[8]。目前, 有关全球气候变化的千年尺度和百年尺度上的周期性研究已经取得了重要进展。北大西洋全新世深海沉积物的研究^[9], 发现北大西洋气候曾发生过 8 次快速变化, 每次快速变化都影响了冰山漂移碎屑物(Ice Rafted Debris)的沉积, 并称为 IRD 事件。8 次 IRD 事件的峰值分别在 11, 10.3, 9.4, 8.1, 5.9, 4.2, 2.8, 1.4 ka BP, 依次命名为全新世事件 1, 2, 3, ..., 其变化周期为 $1\,470 \pm 50$ 年^[9]。这种千年尺度上的约 1 500 年的周期振荡已经开始被许多研究者共识^[9-11]。诸如阿拉伯海 74 kl 孔的高分辨率古气候记录中发现的 1 450 年和 1 150 年的周期性变化^[12], 北美湖泊 4 000 年沉积物的气候记录中的约 1 500 年的周期性^[10], 以及北非亚热带地区的海洋表面湿度也发生了至少 6 次周期为 $1\,500 \pm 500$ 年的周期^[11]等。除了周期相同之外, 北大西洋和北非亚热带地区的气候变化在时间上也相近。墨西哥湾在 7~2.5 ka BP 以 1 500 年为周期的寒冷事件明显是受 Bond 旋回的影响^[13]。实际上, 1 500 年的周期性气候变化至少在末次间冰期就

* 收稿日期: 2006-09-21; 修订日期: 2007-01-07

基金项目: 中国地质调查局“中国三北地区荒漠化区域分类与发展趋势研究(20011230004)”项目、大陆动力学国家重点实验室(西北大学)访问学者基金和陕西省教育厅专项科研计划项目“毛乌素沙地全新世沙漠化周期性研究”

作者简介: 李智佩(1962-), 男, 研究员, 博士, 从事第四纪与环境地质研究

已经存在^[14]。此外,还有学者认为,欧亚大陆的历史气候变化还具有1 200年的准周期^[15]。

百年尺度的气候波动或者周期性变化也逐渐受到人们的普遍重视。最近2 000年中,南达科他州Pickere湖碎屑的注入量和有机质产量存在着大约400年的周期^[16],沉积周期性变化与北美大平原的气候变化有关,后者则受劳伦冰原和Agassiz冰湖位置的摆动控制。4 700~300 a BP间,墨西哥湾主要洪水泛滥的存在着百年尺度上的周期性^[17]。南极东部冰芯的研究表明,在距今5 000年的时间里,大气环流存在着200年的周期性振荡^[18]。

百年-千年尺度的降温事件在我国也广泛存在。浑善达克沙地的气候变化在全新世存在着8个旋回:第1、2旋回的波动周期在2 500年左右,第3、4、5旋回的波动周期在1 000年左右,第6、7、8旋回的波动周期平均约500年,显示1万年以来该区气候变化具有波动周期缩短、频率增强、幅度变小的趋势^[19]。浑善达克沙地北部锡林浩特剖面的磁化率功率谱分析表明,磁化率变化存在着1 456和494年的变化周期^[20]。若尔盖高原高分辨率的泥炭沉积的研究^[21]、青藏高原泥炭氧碳同位素的研究^[22],以及石羊河终端湖泊沉积记录的研究^[23]等表明,全新世气候发生的一系列突变事件能够与北大西洋浮冰碎屑事件对比,并具有百年至千年尺度的准周期变化。民勤盆地石羊河流域湖泊沉积物所记录的全新世气候波动的多窗谱分析方法研究^[24]表明,该区气候变化存在明显的1 553、1 190、686、617、504、314、180及131年等主要周期。其中,1 553年主周期变化所对应的明显干湿期有6~7次。其他百年尺度的周期变化在早中全新世波动幅度较大,到中、晚全新世其波幅逐渐减小。其中准1 500年的周期性波动在整个全新世石羊河流域气候变化中都有反映,500~700年的周期波动在中全新世气候变化过程中起重要作用。

北方地区沙漠化过程变化较为明显的是在生态环境脆弱地带,如农牧交错区、沙漠黄土过渡带或者沙地边缘,这些均是研究沙漠变化的理想地区。因此,本研究首先以西部内陆地区的古尔班通古特沙漠南缘、中部高原毛乌素沙地沙漠黄土过渡带、浑善达克沙地边缘以及呼伦贝尔沙地北部边缘地区的剖面为典型,结合前人资料,对比分析这些地区全新世以来沙漠的变化过程与周期性。然后,根据整个北方地区气候变化周期性与沙漠演化的关系对比,探

讨气候变化的周期性对沙漠化的影响。

2 北方主要沙区的沙漠化旋回

2.1 古尔班通古特沙漠南缘全新世沙漠化过程

古尔班通古特沙漠南缘全新世沙漠演化以莫索湾剖面(图1)为代表,位于新疆玛纳斯县东草滩西北约3 km处的莫索湾,地理座标86°12'596"E,44°29'785"N,海拔375 m。剖面出露总厚2.20 m,由湖积、风积层组成。从该剖面岩性、厚度及层理分析,基本上可与距其不远的剖面^[25]对比。结合前人资料^[25-26],从年代学、地层学分析,古尔班通古特沙漠南部的气候变化特征是,全新世早期,以干冷气候为主,剖面上所反映的是沙漠环境特征。中全新世(约8~4 ka BP),气温升高、湿度增加,剖面上以粘土和粉砂质粘土为主,夹有粉砂土,是主要的沙漠缩小时期,但是也间有一次沙漠扩大。晚全新世以来,本地区以干冷气候为主,温度较全新世早期略高,间有暖湿气候。在剖面上以粉沙土沉积为主,夹有薄层粘土沉积,构成了4次沙漠化扩大过程,但沙漠化程度明显较早全新世低。中世纪适宜期(900~1 300 AD)前后,天山北麓东部地区以旱生、超旱生植物花粉占绝对优势,湖区植物种类减少,风沙作用较强,荒漠化景观显著。

沙漠化旋回方面,全新世以来,古尔班通古特沙漠经历了8次沙漠固定缩小的逆过程和8次沙漠活化、扩大的正过程,即存在8个沙漠正、逆旋回(图1)。前人认为其平均周期为1 250年,现代风沙是这些旋回中最近最新的一幕^[25]。由于气候变化的周期性与沙漠化旋回的复杂性,要肯定的1 250年周期,还需要更深入的研究。

2.2 毛乌素沙地沙漠/黄土交接地带全新世沙漠化过程

毛乌素沙地是北方冬季风和夏季风最主要的交锋地带,脆弱的生态环境加上频繁的气候变化导致该地区的沙漠化变化剧烈。全新世毛乌素沙地沙漠化与气候环境变化可分为3个阶段。第一阶段,全新世早期(11~8 ka BP)升温的沙漠缩小阶段,由于夏季风的增强和冬季风的减弱,黄土区的金刚寺和赵家峁剖面^[27]上开始了黄土沉积,由于成壤作用逐步加强,形成了粉砂质黑垆土(S_0)的下部。该阶段是毛乌素沙地由以流动沙丘为主的沙漠向以固定沙丘为主的沙地的转换时期,温度的升高和降水的增加,使得局部地区形成了暂时性湖泊,并有古土壤形

成^[28-30]。第二阶段,全新世鼎盛期(8 000~4 000 a BP),风沙活动最弱,是最主要的成壤期,整个沙地大部分时间内呈固定沙丘和稀树草原或森林草原景观。同时,沙地中的湖相沉积区广泛发育了厚层的沙质泥炭^[29]。但在5 ka BP和4 ka BP左右形成了13D和11D^[28]两层风沙,是气候急剧变冷的结果。第三阶段,晚全新世(4 ka BP-)降温不稳定时期和沙漠化频繁变化时期。由于冬季风的加强和夏季风的减弱,毛乌素沙地地区的气温呈下降趋势,并具有不稳定性。米浪湾沟剖面上,晚全新世以来发生了4次沙漠化(9D、7D、5D和MD)过程。其中,现代沙漠化过程与人类活动关系更大^[28]。本研究所采集的锦界剖面上,显示出2个较大的沙漠化旋回。在气候干冷的时期,沙地大部分处于流动沙丘状态,在相对温暖湿润的时期,则以固定沙丘为主。

毛乌素沙地的沙漠扩大与旋回性研究方面,石峁剖面指示了50万年以来的13次沙漠扩大过程^[31]。米浪湾沟剖面上古风成沙和湖泊沉积相的交互沉积指示了15万年以来的27次沙漠期与间沙漠期^[28]。涉及到全新世,石峁剖面^[31]指示了3次沙漠化过程,如果包括2 ka BP以来的沙漠化,共计4次沙漠化。根据11 ka BP为全新世/晚更新世分界^[5]以及末次冰期/冰后期的分界^[6]的来划分,米浪湾沟剖面^[28]上的全新世沙漠过程同样应该有8次(包括现代1 067±67 a BP),其中早全新世2次、中全新世2次、晚全新世4次(图1)。

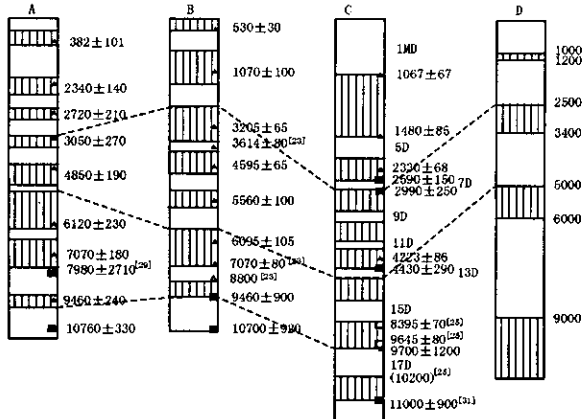


图1 北方主要沙漠化地区沙漠旋回对比图

Fig.1 Comparison of desert cycles at main desertified regions of northern China

A 准噶尔盆地南部,以莫索湾剖面^[25]为主;B 浑善达克沙地北部边缘,以锡林浩特剖面^[20]为主;C 毛乌素沙地南部,以米浪湾沟剖面^[28]为主,未注明的光释光年龄为本研究所测锦界剖面数据;D 呼伦贝尔沙地,以西乌珠尔剖面为主,沙漠旋回的年龄据^[32]。实心三角:14C年龄,实心正方形:

释光年龄,空心正方形:胡敏素年龄,空心三角:推测年龄

2.3 浑善达克沙地边缘全新世沙漠化过程

浑善达克沙地北部边缘锡林浩特剖面代表了该区全新世以来的气候变化与沙漠化过程(图1),11~7.1 ka BP的升温波动期、7.1~3.2 ka BP的温暖期和3.2 ka BP至今的温干冷干频繁波动期^[20]。全新世早期气候寒冷,浑善达克沙地呈以流动沙丘为主的沙漠状态。之后开始的升温波动期中,在8.8~7.1 ka BP又一次沙漠扩大。中全新世沙地气候温暖湿润,普遍发育古土壤。在锡林浩特剖面上形成了3层古土壤,其间两次气候冷干期形成了古土壤下部较粗的沙质沉积。该时期的孢粉组合为蒿-藜-十字花-冷杉组合(白音呼哨剖面),呈森林草原景观^[19]。晚全新世以来的降温和温干冷干频繁波动,浑善达克沙地的沙漠过程也有相应的扩张与逆转。

浑善达克沙地的沙漠旋回研究方面,靳鹤龄等^[20]认为存在着6次沙漠的扩大过程,其时间段依次为10.7~9.6、6.5~5.7、5.2~4.3、3.8~3.4、2.9~1.3和0.7~0.3 ka BP。哈登胡硕-白音呼哨等剖面研究表明,浑善达克沙地还存在着8.8~7.1 ka BP的沙漠化过程^[19]。综合对比研究表明,锡林浩特剖面上的2.9~1.3 a BP沙漠化过程^[20]可被分为2.9~2.3和1.9~1.6 ka BP的两次沙漠化过程和2.3~1.9 ka BP的沙漠化逆过程^[19]。因此,可以认为,浑善达克沙地在全新世同样存在着8次沙漠化和8次沙漠化逆过程。

2.4 其他地区全新世沙漠化过程

早全新世早期,呼伦贝尔高原呈针阔叶混交林-草原植被景观,气候相对温暖干旱,在9 ka BP左右的湿润期形成了古土壤;至中期,高原为稀林-草原草甸植被,气候相对温暖湿润;晚全新世以来,森林逐渐减少,高原以草原景观为主。随着气候的波动,高原上的沙质沉积物也显示了不同的特征。调查表明,呼伦贝尔高原的大部分全新世地层剖面中可见到3~4层古土壤层,以本研究在西乌珠尔所采集剖面上见到的4层古土壤为代表,其形成时代可与汪佩芳^[32]对比。因此,推测呼伦贝尔沙地的沙漠化在全新世中经历了4次扩大和4次缩小过程。沙漠化扩大的时间大致为9.0~6.0、5.0~3.4、2.5~1.2和1.0 ka BP以来。

科尔沁沙地的沙漠化过程,目前存在仍有较大

的分歧,一是还没有一个完整的剖面能够全面表达该地区沙漠在全新世扩大与缩小的过程;二是对于该地区全新世以来的气候变化是否能够产生沙漠化还存在着争论。多数研究者认为科尔沁沙地全新世沙漠活动时期仅3~4次^[33,34]。

3 气候变化与沙漠化的周期性探讨与结论

无论是西部内陆干旱地区,还是中部季风边缘地区或者东部季风气候地区,中国北方地区全新世都存在着气候变化所导致的沙漠化过程。千年尺度上气候变化的周期性,主要是以1500年为周期的气候振荡^[9,35]。全面对比北方地区沙漠化过程与气候变化的周期性,可以发现千年尺度上的气候震荡对全新世以来北方地区沙漠化过程具有控制作用。

1)全新世早期,约11~9.6 ka BP,北方西部和中部地区均存在着沙漠化过程,与冰进作用相关,跨过了北大西洋11 ka BP和10.3 ka BP的第8、7次浮冰事件^[9]。这个时期,北方地区所有沙地均为流动沙丘所覆盖,是全新世第一次沙漠扩大。但是,不同沙地的沙漠化结束的时间不同。在准噶尔盆地南缘和浑善达克沙地北缘,早期的沙漠化过程大约结束于9.6~9.7 ka BP左右(图1)^[20,25]。早全新世较晚期,古尔班通古特沙漠南部和毛乌素沙地南部分别还记录了一次沙漠化过程,前者大约在8.2~7 ka BP^[25],后者应在8 ka BP年左右^[30],与北大西洋8.2 ka BP的第5次浮冰事件^[9]相应。

2)大约在7~4 ka BP间,北方地区除呼伦贝尔沙地外,均经历了2次沙漠化扩大过程,分别在5.5 ka BP和4 ka BP,两个沙漠化扩大期分别与北大西洋5.9 ka BP和4.3 ka BP的第4、3次浮冰事件^[9]相应。

3)全新世晚期以来,不同地区分别记录的沙漠化扩大过程不同,莫索湾剖面^[25]、锡林浩特剖面^[20]和米浪湾沟剖面^[28]分别记录了4、2和3次。其中,最早的一次为2.9 ka BP左右,在毛乌素沙地的锦界剖面上,相应的沙漠化发展的时间段为2.99~2.59 ka BP(图1)。在1.5 ka BP左右,北方地区各沙地的沙漠化也多处在扩大的过程中(图1)。这两个时期可与北大西洋2.8 ka BP和1.4 ka BP的第2、1次浮冰事件^[9]相应。

万方数据

尽管百年尺度上的气候变化已经受到人们的广泛重视,而且已经有512年^[19,24,36]、400年^[16]、200年^[18]的周期性震荡报导。然而,除浑善达克沙地的气候变化有500年^[20]的周期性识别、锦界剖面上有400年的沙漠化(2.99~2.59 ka BP,图1)显示外,目前,北方地区全新世百年尺度上的周期性气候变化能否引起沙漠化的扩大,还有待深入研究。

值得指出的是,本研究在毛乌素沙地的锦界剖面上,在2.99~4.43 ka BP形成的厚度为60 cm沉积中发现了34个灰黄色风沙土与灰黑色沙质黑垆土的沉积旋回,代表着气候环境的不稳定性,或者有规律的气候事件。剖面上灰黑色古土壤沉积厚度薄,仅0.2~0.6 cm,相应地灰白色风沙的厚度为0.2~3 cm。从下往上,灰白色风沙厚度逐渐减小。如果将2.99~4.43 ka的时间段用34个周期平均,则可得这一时期气候变化的平均周期为42.35年,说明在该时间段内,毛乌素沙地或者局部地区的沙漠化可能存在着大约42年的周期性变化。

气候变化、沙漠化及其与沙尘暴的关系研究也是人们关注的焦点。近500年来,内蒙古岱海地区准100年周期的古环境变迁制约着沙尘暴事件的发生^[37]。45年来,我国沙尘暴和扬沙日数总体呈下降趋势,沙尘暴日数的变化存在着6.7年、2.59年和3.38年的周期^[38]。在经过2000年的沙尘暴高发年份之后,2006年又迎来一个高发年份,就是与大约6.7 a的周期性气候振荡相关。毛乌素沙地的春季降水量与春季干燥系数的时间序列的功率谱分析表明也存在准3年和8~9年的周期^[39]。

总之,全新世以来1500年的气候变化对中国北方荒漠化有重大影响,是造成沙漠扩大与缩小的主要原因。百年尺度上和几~十年尺度上周期性气候变化对沙漠化的影响还需深入研究。

致谢:西安地质矿产研究所王岷研究员、聂浩刚助理工程师、长安大学张维吉教授参加了部分野外工作,西北大学地质系杨利荣、曹红霞、武力超等硕士研究生参加部分野外工作和室内粒度测试工作,特别要感谢北京大学环境学院地表过程分析模拟教育部重点实验室张家富博士所进行的释光测年工作。

参考文献 (References)

- [1] Wang Shaowu. Climate variability at millennial time scales [J]. *Earth Science Frontiers*, 2002, 9(1): 143–153. [王绍武. 千年尺度气候变率的研究[J]. *地质前缘*, 2002, 9(1): 143–153.]
- [2] Dansgaard W, White J W C, Johnsen S J. The abrupt termination of the Y. D. climate event [J]. *Nature*, 1989, 339: 532–536.
- [3] Lowell T, Heusser B, Anderson B et al. Interhemispheric correlation of Late Pleistocene glacial events [J]. *Science*, 1995, 269: 1541–1549.
- [4] Liu Tungsheng, Shi Yafeng, Wang Rujian, et al. Table of Chinese Quaternary stratigraphic correlation remarked with climate change [J]. *Quaternary Sciences*, 2000, 20(2): 108–128. [刘东生, 施雅风, 王汝建, 等. 以气候变化为标志的中国第四纪地层对比表[J]. *第四纪研究*, 2000, 20(2): 108–128.]
- [5] Liu Jiaqi, Liu Qiang. Quaternary stratigraphy in China [J]. *Quaternary Sciences*, 2000, 20(2): 129–141. [刘嘉麒, 刘强. 中国第四纪地层[J]. *第四纪研究*, 2000, 20(2): 129–141.]
- [6] Shi Yafeng. A suggestion to improve the chronology of Quaternary glaciations in China [J]. *Journal of Glaciology and Geocryology*, 2002, 24(6): 687–692. [施雅风. 中国第四纪冰期划分的改进建议[J]. *冰川冻土*, 2002, 24(6): 687–692.]
- [7] Denton G H, Karlen W. Holocene climatic variations their pattern and cause [J]. *Quaternary Research*, 1973, 3: 155–205.
- [8] O'Brien S R, Mayewski P A, Meeker L D, et al. Complexity of Holocene climate as reconstructed from a Greenland ice core [J]. *Science*, 1995, 270: 1962–1964.
- [9] Bond G, William J Showers. A pervasive millennial-scale cycle in North Atlantic Holocene and glacial climates [J]. *Science*, 1997, 278(5341): 1257–1266.
- [10] Campbell I D, Campbell C, Apps M J, et al. Late Holocene approximately 1500 yr climatic periodicities and their implications [J]. *Geology*, 1998, 26: 471–473.
- [11] De Menocal B P, Ortiz J, Guiderson T, et al. Abrupt onset and termination of the Africa Humid period: rapid climate responses to grafaul insolation forcing [J]. *Quaternary Science Reviews*, 2000, 19: 347–361.
- [12] Sirocko F, Garbe-Schonberg D, McIntyre A, et al. Teleconnection between the subtropic monsoon and high-latitude climate during the last deglaciation [J]. *Science*, 1996, 272: 526–529.
- [13] Poore R Z, Dowsett H J, Verardo S. Millennial-to century-scale variability in Gulf of Mexico Holocene climate records [J]. *Paleoceanography*, 2003, 18: 1048.
- [14] Ulrich C M, Stefan K, Mebus A G, et al. Cyclic climate fluctuations during the last interglacial in central Europe [J]. *Geology*, 2005, 33(6): 449–452.
- [15] Xu Jinghua. Sun, climate, famine and nationality migrations [J]. *Sciences in China (Series D)*, 1998, 28(4): 367–384. [许靖华. 太阳、气候、饥荒与民族大迁移[J]. *中国科学(D辑)*, 1998, 28(4): 367–384.]
- [16] Schwalb A, Dean W E. Stable isotopes and sediments from Pickrel Lake, South Dakota, USA: a 12ky record of environmental changes [J]. *Journal of Paleolimnology*, 1998, 20: 15–30.
- [17] Brown P, Kennett J P, Ingram L B. Marine evidence for episodic Holocene megafloods in North America and the northern Gulf of Mexico [J]. *Paleoceanography*, 1999, 14: 498–510.
- [18] Delmonte B, Petit J R, Krinner G, et al. Ice core evidence for secular variability and 200-year dipolar oscillations in atmospheric circulation over East Antarctica during the Holocene [J]. *Climate Dynamics*, 2005, 24: 641–654.
- [19] Li Sen, Sun Wu, Li Xiaozhe, et al. Sedimentary characteristics and environmental evolution of Otingag sandy land in Holocene [J]. *Journal of Desert Research*, 1995, 15(4): 323–331. [李森, 孙武, 李孝泽, 等. 浑善达克沙地全新世沉积特征与环境演变[J]. *中国沙漠*, 1995, 15(4): 323–331.]
- [20] Jin Heling, Su Zhizhu, Sun Liangying, et al. Holocene climatic changes of Otingag desert [J]. *Chinese Science Bulletin*, 2004, 49(15): 1532–1536. [靳鹤龄, 苏志珠, 孙良英, 等. 浑善达克沙地全新世气候变化[J]. *科学通报*, 2004, 49(15): 1532–1536.]
- [21] Zhou Weijian, Lu Xuefeng, Wu Zhenkun, et al. Peat record of Holocene climate changes and accelerator radioactive timing [J]. *Chinese Science Bulletin*, 2001, 46(12): 1040–1044. [周卫建, 卢雪峰, 武振坤, 等. 若尔盖高原全新世气候变化的泥炭记录与加速器放射性碳测年[J]. *科学通报*, 2001, 46(12): 1040–1044.]
- [22] Hong Yetang, Hong Bing, Lin Qinghua, et al. Subtropical high activity of western pacific ocean during the last 5000 years recorded in isotope time series of peat bog [J]. *Quaternary Sciences*, 2003, 23(5): 485–492. [洪业汤, 洪冰, 林庆华, 等. 过去 5000 年西太平洋副热带高压活动的泥炭纤维素碳同位素记录[J]. *第四纪研究*, 2003, 23(5): 485–492.]
- [23] Cheng Fahu, Zhu Yang, Li Jijun, et al. Holocene summer monsoon fast changes on millennial time scales recorded in Minqin Basin lacustrine sediments [J]. *Chinese Science Bulletin*, 2001, 46(17): 1414–1419. [陈发虎, 朱艳, 李吉均, 等. 民勤盆地湖泊沉积记录的全新世千百年尺度夏季风快速变化[J]. *科学通报*, 2001, 46(17): 1414–1419.]
- [24] Jin Liya, Chen Fahu, Zhu Yang, et al. Holocene climatic periodicities recorded from lake sediments in the arid semiarid areas of northwestern China [J]. *Marine Geology & Quaternary Geology*, 2004, 24(2): 101–108. [靳立亚, 陈发虎, 朱艳. 西北干旱区湖泊沉积记录反映的全新世气候波动周期性变化[J]. *海洋地质与第四纪地质*, 2004, 24(2): 101–108.]
- [25] Chen Huizhong, Jin Jong, Dong Guangrong. Holocene evolution

processes of Gurbantunggut Desert and climatic changes [J]. Journal of Desert Research ,2001 21(4) 333 – 339. [陈惠中,金炯,董光荣.全新世古尔班通古特沙漠演化和气候变化[J].中国沙漠,2001 21(4) 333 – 339.]

[26] Huang Qiang , Zhou Xingjia. The climate-environment changes in the south of Gurbantunggut Desert since 80 ka BP [J]. Arid Land Geography. 2000 23(1) 55 – 60. [黄强,周兴佳.晚更新世晚期以来古尔班通古特沙漠南部的气候环境演化[J].干旱区地理,2000 23(1) 55 – 60.]

[27] Li Zhipei , Yue Leping , Xue Xiangxu , et al. Grain-size distribution characteristics of different geo-genetic type sediments and their influence on desertification : in researches on Mu Us desert [J]. Journal of Jilin University (Earth Science Edition) ,2007 (to be published). [李智佩,岳乐平,薛祥煦,等.毛乌素沙地沉积物粒度特征与土地沙漠化[J].《吉林大学学报(地球科学版)》,2007(待出版).]

[28] Li Baosheng , Jin Heling , LU Haiyan , et al. The accumulation and evolution of Mu Us desert since 150ka [J]. Sciences in China (Series D) ,1998 28(1) :85 – 90. [李保生,靳鹤龄,吕海燕,等.150 ka 以来毛乌素沙漠的堆积与变迁过程[J].中国科学(D 辑) ,1998 28(1) 85 – 90.]

[29] Su Zhizhu , Dong Guangrong , Li Xiaoqiang , et al. The Lake-swamp sediment records on the environmental characteristics of Mu Us Desert since the Late Glacial Epoch [J]. Journal of Desert Research ,1999 19(2) :104 – 10. [苏志珠,董光荣,李小明,等.晚冰期以来毛乌素沙漠环境特征的湖沼相沉积记录[J].中国沙漠,1999 19(2) :104 – 109.]

[30] Zhou Jie , Zhou Weijian , Chen Huizhong , et al. Instability evidences of East Asia summer monsoon precipitation during Yonger Dryas [J]. Sciences in China (Series D) ,1999 44(2) :205 – 208. [周杰,周卫健,陈惠忠,等.新仙女木时期东亚夏季风降水不稳定的证据[J].科学通报,1999 44(2) 205 – 208.]

[31] Sun Jimin , Liu Tungsheng , Ding Zhongli , et al. The Mu Us Desert evolution in the last 0.5 Ma [J]. Quaternary Sciences ,1996 , (4) 359 – 365. [孙继敏,刘东升,丁仲礼,等.五十万年来毛乌素沙漠的变迁[J].第四纪研究,1996 (4) 359 – 365.]

[32] Wang Peifang. Preliminary study on the environmental changes of Hulun Buir Sandy Land since the Holocene [J]. Journal of Desert Research ,1992 12(4) :13 – 19. [汪佩芳.全新世呼伦贝尔沙地环境演变的初步研究[J].中国沙漠,1992 12(4) :13 – 19.]

[33] Hu Mengchun. A preliminary research on the Holocene environment evolution of Horqin Desert [J]. Journal of Arid Land Resources and Environment ,1989 3(3) 51 – 57. [胡孟春.全新世科尔沁沙地环境演变的初步研究[J].干旱区资源与环境,1989 3(3) 51 – 57.]

[34] Wulan Tuya , Lei Jun , Yu Shan. An Advance on studies of formation and environmental evolution of horqin desert [J]. Journal of Arid Land Resources and Environment ,2002 16(1) :28 – 31. [乌兰图雅.科尔沁沙地风沙环境形成与演变研究进展[J].干旱区资源与环境.2002 16(1) 28 – 31.]

[35] Muller U C , Klotz S , Geyh M A , Bond G C. Cyclic climate fluctuations during the last interglacial in central Europe [J]. Geolgy ,2005 33(6) :449 – 452.

[36] Stuiver M , Braziunas T. Sun , ocean , climate and atmospheric 14CO2 : An evaluation of causal and spectral relationships [J] Holocene ,1993 3(4) :289 – 305.

[37] Jin Zhang dong , Zou Chengjuan , Gao Nanhua , et al. Paleoenvironmental change and dust storm event at Daihai area since the little ice age [J]. Journal of Xi 'an Engineering University ,2001 23(4) 6 – 10. [金章东,邹成娟,高南华,梁文波.小冰期以来岱海地区的环境变迁与尘暴事件[J].西安工程学院学报,2001 ,23(4) 6 – 10.]

[38] Ding Ruiqiang , Wang Shigong , Shang Kezheng , et al. Analyses of sandstorm and sand blowing weather trend and jump in China in recent 45 years [J]. Journal of Desert Research ,2003 23(3) :306 – 310. [丁瑞强,王式功,尚可政,等.近 45a 我国沙尘暴和扬沙天气变化趋势和突变分析[J].中国沙漠,2003 23(3) :306 – 310.]

[39] Sun Jianan , Liu Desong. Discussions on spring climate changing trend of Mu Us desert in recent years [J]. Journal of Plateau Meteorology ,1992 11(1) :73 – 82. [孙安健,刘德松.毛乌素沙区近期春季气候变化趋势的探讨[J].高原气象,1992 11(1) :73 – 82.]

Holocene cyclic climate changes and desertifications in northern China

LI Zhi-pei^{1 2} , YUE Le-ping¹ , XUE Xiang-xu¹ , GUO Li²

(1 State Key Laboratory of Continental Dynamics ,Department of Geology ,Northwest University ,Xi 'an 710069 ,Shaanxi ,China ;

2 Xi 'an Institute of Geological and Mineral Resources ,Xi 'an 710054 ,Shaanxi ,China)

Abstract : Along with the advances of high precision global climate change researches , climate fluctuations , periodicities and events on millennial and centennial scales are found. Ice-rifted debris (IRD) events which represent

about 1 500 a cyclic climatic fluctuations found in North Atlantic oceanic sediments now have been recognized by most researchers , and evidences are found in continental lake , ice core , as well as dessert sediments. However , climate fluctuations on centennial scales at periodicities such as about 512 a , 400 a , 200 a need more evidences. The climate of desert area in northern China has experienced three stages since Holocene. The first stage shows the character of warming up with cooling intervals. The second stage is characterized by prevail high temperature and the last mainly show characteristics of cooling and fluctuating frequently. The sections in these areas formed in Holocene composed of inter-bedded aeolian sand and paleo-soil (dark loessial soil) or lacustrine sediments. Through the study of sections in the south margin of Gurbantunggut and Mu Us deserts , as well as in the north margin of Hunshandake desert , it is considered that the expanding and reducing of these deserts have 8 cycles during Holocene. Researches using antitheses between the ages of aeolian sands and IRD events show that the expanding of deserts is controlled clearly by Bond Cycles. The 4 cycles of Hulun Buir and Horqin desert expanding can also be compared to Bond Cycles. Therefore , it is considered that the expanding and reducing of desert during Holocene in northern China are closely related to cyclic global climate fluctuations , especially with that about 1 500 a on millennial scale. However , the influence of climate change in centennial scale to desertification needs further studies. Furthermore , there exists about 42 a , 3 a and 6.7 a climate fluctuations on annual to decadal scales. These cyclic climate changes controlled clearly the occurrences of sandstorm in northern China in spring and early summer.

Key Words : climate change ; periodicity ; desert evolution ; sandstorm

九成草原生态环境恶化

农业部新闻办公室最近发布了《2006 年全国草原监测报告》。报告显示 ,开垦草原、乱征滥占草原、乱采滥挖草原生态的现象时有发生 ,全国 90% 的草原存在不同程度的退化、沙化、盐渍化和石漠化。

农业部有关负责人表示 ,从监测情况看 ,草原利用还不尽合理。全国天然草原平均超载牲畜 34% 左右 ,其中西藏、新疆、青海、四川、甘肃的非工程建设区超载 38% 以上 ,266 个牧区、半农半牧区县(旗)有 204 年存在不同程度的家畜超载情况。

监测显示 2006 年草原自然灾害有所降低。2006 年 1 月至 11 月 ,全国发生草原火灾 342 起 ,与上年同期相比减少 214 起 ,处于历史低位水平。鼠害危害面积的 3749 万公顷 ,占草原总面积的 9.5% ,较上年减少 1.8% ;虫害发生面积 1683 万公顷 ,占草原总面积的 4.3% ,较上年减少 9.9%。

这位负责人还表示我国草原生态状况依然严峻 ,必须强化依法治草 ,完善并落实草原承包经营制和草畜平衡等制度 ,加大草原保护建设资金投入力度 ,加强草原基础设施和监理监测、技术推广体系建设 ,完善防灾应急机制 ,加快建立草原生态补偿机制 ,不断加强草原保护建设 ,实现草原可持续发展。