

# 塔克拉玛干沙漠北部全新世环境演变 (II)

冯 起<sup>2</sup>

王建民<sup>2</sup>

1(中国科学院兰州冰川冻土研究所 兰州 730000) 2(兰州大学地理系 兰州 730000)

**提 要** 全新世以来塔克拉玛干北部(以下简称塔干北)主要沉积物组成为亚粘质土,细砂夹杂着粉砂。分析该区域沉积物的分层结构和粒度组成、化学元素、孢粉、碳酸钙、矿物表明:区域气候以干燥为主,并存在着高温与冷凉的温度波动,且气候的这种变化与全球气候的变化紧密相关。塔干北气候变化受全球径向环流影响较大,纬向环流影响较小。

**关键词** 塔克拉玛干沙漠北 全新世环境

**第一作者简介** 冯起 男 32岁 副研究员 博士后 环境与水文研究

随着全球环境、气候研究的深入,人类将更重视未来气候对人类生存空间的影响,那么探讨过去和现在直接给人类产生影响的全新世气候变化,将对认识今天气候形势,从而进行相应地质事件对比和对预测未来世界的环境有着重要的意义。近年来,笔者在塔克拉玛干沙漠北(以下简称塔干北)及相邻地区进行了广泛的地质、地貌调查。随着认识的深入,将有可能从区域地层学、沉积学等方面出发结合地质中的年代测定结果,讨论该区域全新世气候,以进一步丰富全球一万年来气候变化研究的内容。

在文献中已简述了:全新世地层中亚粘质土与现代泛洪沉积物形成环境一致,地层中细砂与现代风成作用形成的沙丘砂性质趋同;且亚粘土形成时气候为高温、干燥,细砂形成期气候为冷干<sup>[1]</sup>。为进一步证实文献中有关论点,本文取沙漠石油公路沿线,从研究区北到南的 5 个剖面(图 1)进行各层取样,并对沉积物进行量化分析,初步分析结果如下:

为进一步明确所研究区剖面地层形成的环境,划分地层的年代至关重要。对塔干北全新世地层的划分主要依据大量的<sup>14</sup>C年代数据如图 2。从图 2 分析可知,在 12 000~ 10 000 a 之间塔干北地层普遍存在一层亚粘土如图 2(4)底层测年为 11 190± 117 aBP,并含有湖相平卷螺壳,图 2(1) 10 600± 165 aBP,图 2(5) 11 820± 220 和天山南麓冲蚀沟地层 10350± 135 aBP 如图 2(15)。该时期可与西北季风区沙漠全新世下界(10 500~ 9 500 aBP)<sup>[2]</sup>弱成壤层和北疆巴里坤湖全新世下界(12 000~ 10 870 aBP)粘质层<sup>[3]</sup>相对应。该层为全新世下界;图 2(2)中测

年为 6 970± 100 aBP,图 2(4)中 7746± 180 aBP 等层与施雅风指出的 7.2~ 6 KaBP 为全新世大暖期时代一致<sup>[4]</sup>,为该地中全新世地层;图 2(4)剖面最上层埋藏枯树测年为 1684± 64 aBP,图 2(2) 1 580± 95, 2 023± 78 aBP 地层,图 2(3) 1 920± 80 aBP 地层,图 2(6) 1 555± 105 aBP 地层年代与全新世终结年代 2.9~ 3 aBP 后期一致,可作为该地晚全新世地层;据测年资料在中全新世又可分为三层,即早、中、晚地层,相应地层年代资料充足,界线明确,均可与我国其它沙区全新世相应期对应。以上地层的划分为研究该区全新世以来的气候打下了基础。

## 1 反映气候与环境变迁的地层分析

对塔干北沙漠共五个地层剖面采样,进行粒度、孢粉、CaCO<sub>3</sub> 元素及<sup>14</sup>C 年代等项目的系统分析测试。其中剖面①代表性较强。剖面①位于肖塘公寓东南方向约 1.5 km,处在复合新月沙丘链之间的风蚀洼地中如图 1(4),其分层情况与年代如图 2(4),本剖面共计 10 层,顶层为现代风砂层,层中有明显的 4 个亚粘土层,4 个风砂层和 2 个粉砂层。4 个亚粘土层与其它层相互交叠,构造明显的 3 个旋回,可以同塔干沙漠中部、南部的各剖面进行对比如图 2,是反映和研究本地区环境和沙漠演化的较理想剖面。该剖面上部以流沙堆积为主,其中较上层埋藏朽树根年代为 956± 79 aBP;下部以泛洪沉积的亚粘质土和古风沙活动沉积的细砂、粉砂为主,共可划分为 9 层,厚约 5.2 m;最下层淡水螺壳<sup>14</sup>C 年龄为 11 190± 117 aBP 自上而下:

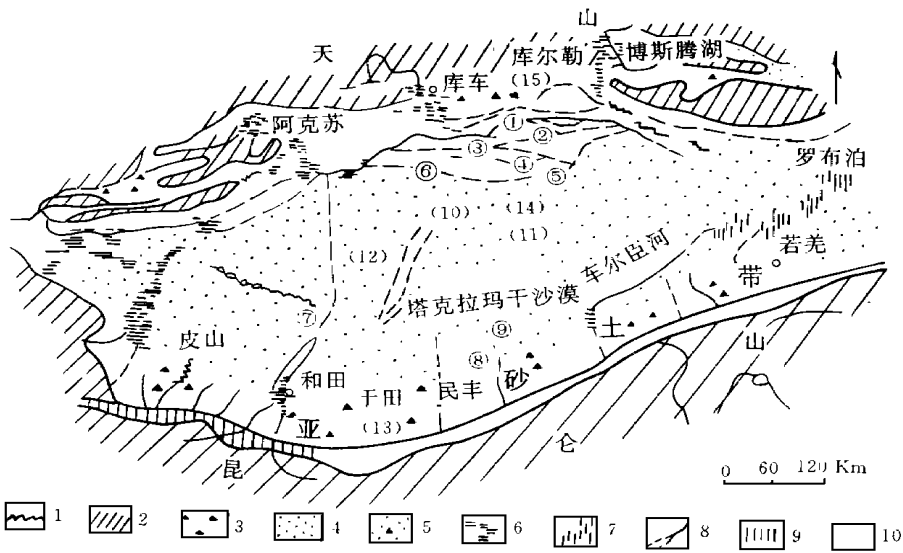


图 1 塔克拉玛干沙漠北部采样位置图

1. 沙漠内山地; 2 山地; 3. 戈壁; 4. 沙漠; 5. 亚砂土; 6. 绿洲; 7. 沼泽; 8. 河流; 9. 黄土; 10. 剖面编号

Fig. 1 Sites of the sampling profiles in North Taklimakan desert

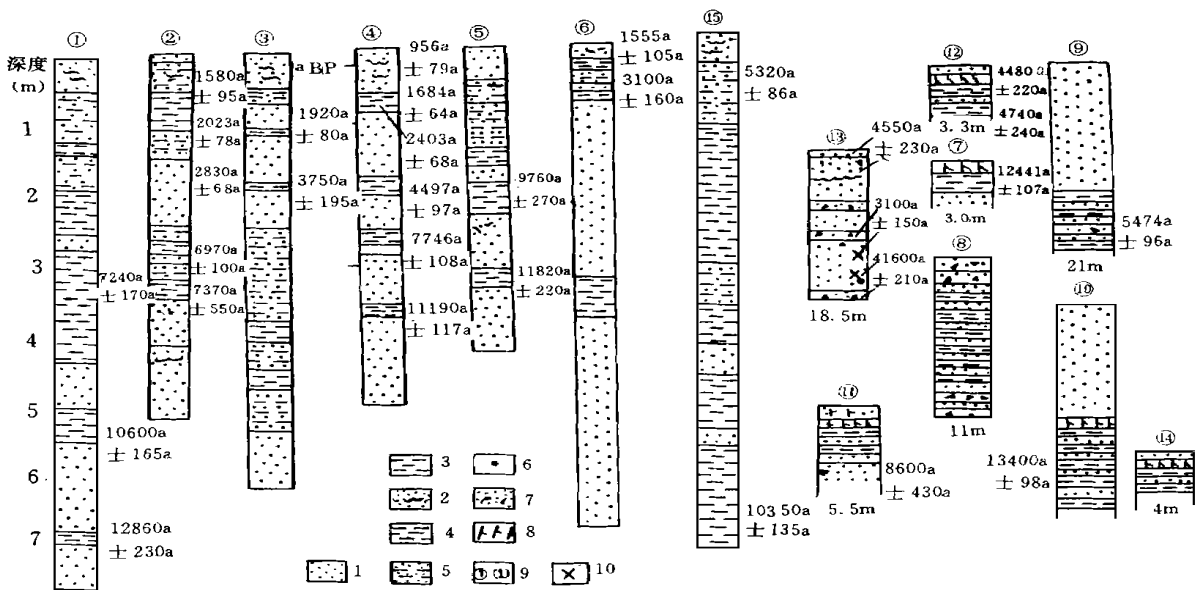


图 2 塔克拉玛干北部沙漠全新世地层及年代 (引自李保生, 1993, 未标明的年代为 <sup>14</sup>C 测定年代)

1. 细沙; 2. 现代流沙; 3. 洪积亚粘土; 4. 枯枝落叶层; 5. 粉砂; 6. <sup>14</sup>C 测年; 7. 冲洪积亚粘土; 8. 现代亚砂土; 9. 图中剖面编号; 10. 热释光测年

Fig. 2 The stratum and ages of Holocene in North part of Taklimakan desert

0~ 0.5 m, 约 2 000 年以来, 厚层灰黄色风成极细砂, 孢粉贫乏, 多数微量元素含量极低, 地球化学指标 C 值为 0.161, 粒径平均值为 3.89 $\phi$ , 分选系数 W 为 0.59, 为分选较好的颗粒, Sr/Ba P/Mn 和 Ca/(Ca+ Fe) 值如表 1, 均表明该期为干燥、弱咸水、多

风气候, 浅层埋藏枯树测年为 956 $\pm$  79 aBP, 深层枯枝测年为 1 684 $\pm$  68 aBP

0.5~ 0.7 m, 约 2 000~ 3 000 aBP 之间。以泛洪相灰白色粉砂和亚粘土为主, 水平层理。孢粉组合为草本和灌木花粉为主, 蒿和柽柳最多, 其次为藜

科, C 值达 0.3, A/C<sub>i</sub> 值为 0.85, 颗粒参数和 ZRT 值表明该层沉积物地表水分条件较好, 但气候仍为干燥为主

0.7~1.6 m, 约 3 000~4 000 aBP 之间。颗粒组成较粗, M<sub>d</sub>(φ) 为 3.94φ, 分选系数 W 为 0.42, 分选较好, C 值较低为 0.154, Sr/Ba P/Mn 和磷酸钙值表明该层处于氧化的半咸水环境, SiO<sub>2</sub>/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 出现高值, A/C<sub>i</sub> 值较低, 为 0.35, 孢粉组合以蒿禾本科为主, 孢粉数量大大下降, 表现为干冷、多风时期

1.6~2.0 m, 约为 4 000~5 000 aBP 之间。该层为青灰色粉砂夹粘土层, 并有较多芦苇残根和潜育化锈斑。孢粉中灌木和草本植物花粉占优势, 占 92%, 藜科次之; A/C<sub>i</sub> 值上升到 1.01, C 值下降为 0.194, 颗粒平均粒径为 6.27φ, 分选性差, 分选系数 W 为 1.73, Sr/Ba P/Mn 等化学元素表明该时期为微氧化半咸水环境, 当地温度很高, 地表水分条件有所改善

2.0~2.5 m, 约为 5 000~7 000 aBP 之间。该期细砂平均粒径为 3.49φ, 分选系数 W 为 0.43, 分选性好, C 值降低为 0.182, 水分条件差, Sr/Ba P/Mn Ca/Cat Fe 值表示该期为咸水、强氧化环境, 孢粉在该层分布较少, 主要组成花粉为藜、禾本科、麻黄类, 体现气候仍为干燥环境

2.5~2.7 m, 约为 7 000~7 500 aBP 之间。孢粉含量较多, 主要组成花粉为藜、蒿、麻黄、禾本科等, 藜科最多, 其次为蒿属、麻黄、禾本科和蒺藜等, 水生植物香蒲花粉含量很高, 达 19.5%, 乔本植物花粉明显增多, A/C<sub>i</sub> 值上升到 0.98, 出现大量螺壳、芦苇朽根, 潜育化锈斑明显多于其它层, SiO<sub>2</sub>/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 值明显降低, Sr/Ba P/Mn 等比值证实该时期为微咸水和微氧化环境

2.7~2.85 m 之间, 为粉砂质夹细砂层。其年代约为 7 500~8 000 aBP 间, 该层各种特征约间于上下层, 过渡关系明显, 体现为一过渡层。

2.85~3.5 m, 约为 8 000~9 500 aBP 之间。为浅棕色风成极细砂, 砂层中较多土黄色锈斑及假菌丝体, 孢粉贫乏, 多数元素含量较低, C 值最低为 0.123, SiO<sub>2</sub>/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 值最高, ZRT 值较低, Sr/Ba 等比值说明该层属强氧化咸水环境。

3.5~3.7 m, 约为 9 500~10 000 aBP 之间。该层孢粉数量较多, 但主体为麻黄、藜和禾本科, 粒径平均值为 7.5φ, 分选性差, 分选系数 (W) 为 1.88, C 值较高为 0.21, ZRT 为 3.84, 表明该层所处环境为

凉湿

3.7~5.2 m, 约 10 000~12 000 aBP 之间。厚层灰黄色风成细砂, 孢粉贫乏, 颗粒组成较粗, 粒径平均值为 3.03φ, 分选性好, 分选系数 W 为 0.49, ZRT 最低为 2.75, SiO<sub>2</sub>/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 比值较高为 5.59, Sr/Ba 等比值证实该期环境为冷干、多风

## 2 气候与环境变迁序列讨论

据以上地层年代划分及各层沉积物的量化分析结果可对该区气候序列进行讨论。

9 000 aBP, 气候温凉干燥。地层孢粉组合以麻黄、藜、禾本科组合为代表的小半灌木盐类荒漠植被, C 值较高, 河流泛洪作用增强, 塔干北西部克里雅河在 10 000 aBP 经历了一次泛滥期<sup>[6]</sup>, 罗布泊地区于 9 310±120 aBP 前后在湖泊中沉积了一层黑色淤积层<sup>[7]</sup>, 肖塘附近众多剖面地层出现一次亚粘质沉积, 体现上游高山由于冰后期升温, 冰川消融量增大, 泛洪作用增强。

9 000~7 500 aBP 间, 气候为温暖干燥, 风大沙多。由于全球气温升高, 塔干北气温逐渐上升, 降水量小, 蒸发强烈, 现代沙丘开始发育, 植物贫乏, 塔干北剖面地层中普遍存在的风沙层, 塔干北部东沙丘底层砂测年为 8 600±430 aBP<sup>[8]</sup> 如图 2(11), 塔里木河中游区高 20 m 河丘下伏风成砂测年 7 370±550 aBP 如图 2(2)。

7 500~4 000 aBP 之间, 高温干燥的气候, 泛洪沉积层中出现以藜、蒿、麻黄、禾本科为代表的荒漠草原植被, 孢粉丰度增加, 水生植物增多, 元素含量出现一次峰值, 但 CaCO<sub>3</sub> 含量很大和孢粉组合体现该时期为干燥气候, 由于高温使上游高山冰川进一步消融, 突发性洪水增多, 塔里木河泛滥严重, 塔干北区域泛洪沉积物亚粘质土分布广泛, 颗粒分选性差, 反映湿润条件的 M<sub>k</sub>/M<sub>Na</sub> 值明显增大, 罗布泊于 7 500 aBP 间湖泊扩大<sup>[9]</sup>, 克里雅河下游在 6 500~5 300 aBP 经历了一次泛滥期<sup>[10]</sup>, 塔克拉玛干沙漠中南经一次泛滥期如图 2(12)(19)。

4 000~1 600 aBP 间, 该时期温度降低, 冰川前进, 山麓干旱缺水, 河流枯缩, 风沙活动占优势, 冲积粘土上堆积风成砂, 并出现火烧层(肖塘附近发现厚 2~4 cm 火烧层), 处于塔干北的塔里木河水系处于瓦解状态。河流沉积作用减弱, 虽然该期曾出现过短暂的泛洪时期, 但均未能改变流沙活动的趋势, 孢粉组合以麻黄—蒿为主, 体现干旱气候

1 600 aBP 至今,本区域仍处于高温状态。风砂堆积作用进一步扩大,泛洪沉积影响面积逐渐减少,塔干北所有水系全部解体,罗布泊进一步旱化,孢粉较为贫乏,加上人活动的影响,区域沙漠化面积迅速扩大,绿洲面积减少,预测未来气候进一步变干<sup>[11]</sup>,那么该区域未来人类生存环境应如何保护是一个重要课题。

### 3 讨论制约本区域环境变化的古气候

由上所述,塔干北沉积物形成环境是受上游高山来水和塔里木盆地内部气候的影响。据研究与盆地内气候密切相关的是 NE-NW 风系<sup>[12]</sup>,可以认为风成砂主要沉积于气候冷期;现代泛洪沉积主要与夏秋季增温、盆地热低压作用加强<sup>[13]</sup>导致的四周山地冰雪消融有关<sup>[14]</sup>,此时,特别是 7~8 月,盆地广大地区气候干旱炎热,热低压作用最强,这种气候经常触发冰雪大量消融而形成暴洪,并沿盆地周围河流向其内部进行分异沉积。塔干区内全新世以来的粘质土、细砂、粉砂层中所含很高的 CaCO<sub>3</sub>,层间出现的干燥裂隙应与受上述盆地内外气候影响下所形成的干旱、高温、少雨天气直接关联。区域内出现冲积物的干裂、含量较高碳酸钙,而无论风成相还是流水相,均系干旱气候的产物。也就是说,全新世以来区域沉积物整个沉积过程是一种连续旱化的环境下进行的,关于气候干旱看法有许多文献已论述<sup>[15]</sup>。本文可从孢粉组合和 CaCO<sub>3</sub> 含量变化进一步

佐证。从孢粉分析结果(如表 1)可看出,孢粉总体特征为草本植物占绝对优势,其中喜盐植物麻黄居多,相伴有较多的藜、蒿属等耐旱类型。剖面④中共有孢粉数 463 个,麻黄类占绝对优势,含量为 75% 以上,乔本植物的蕨类仅在个别层中出现。麻黄、藜、蒿等草本植物,属干旱荒漠型和荒漠草原型环境。在全新世地层中 CaCO<sub>3</sub> 含量变化在 10%~24% 之间,平均为 17.6%。风成沉积物中平均为 12.67%,水成沉积物中平均为 19.38%,均比被认为是在干冷荒漠草原弱成土的环境下马兰黄土 CaCO<sub>3</sub> 含量(12%)高许多,体现气候更干燥。

以上气候和环境形成归纳于末次冰期初业已建立的 NE 和 NW 两支主风系和副热带气候系统交汇作用,加上塔干北所处塔里木盆地内,盆地深居内陆,远离海洋,周边高山、高原环流,长途跋涉而来的湿润海洋气流所不及,而控制该地区的高空流大多是反气旋性的<sup>[13]</sup>所致。当北半球处于间冰期或间冰段,全球气温较高,高山冰雪大量消融,冰川、冻土退缩,海洋水量增加,海平面上升,虽然塔干北由于处于西部盆地内,周围高山阻挡,夏季风不易到达和青藏高原热低压向四周扩散下沉,加上本地周围广大沙漠风成砂导热快,热容量小,温度上升高,形成热低压层,多数沙漠和沙地处于活动状态,气候干燥<sup>[13]</sup>,但周围山体由于受径向环流的影响<sup>[16]</sup>,山体周围气温上升,冰雪消融量增多,产生大量突发性洪

表 1 塔干北部全新世地层面综合因子分析表<sup>\*(5)</sup>

Table 1 Synthetic factors analyzing table of North Taklimakan desert

分层厚度 /m	M <sub>d</sub> k <sub>p</sub>	W	S <sub>k</sub>	K <sub>g</sub>	C	Sr/Ba	P/M <sub>n</sub>	SiO <sub>2</sub> Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Ca Ca+Fe	ZRT %	A/C <sub>1</sub>	岩性	孢粉组合 占 75% 以上	CaCO <sub>3</sub> %
0~0.5	3.89	0.59	0.04	1.47	0.161	0.41	1.13	5.66	0.888	2.05	-	细砂	贫乏	13.45
0.5~0.7	7.7	1.76	0.08	0.81	0.189	0.83	0.64	5.09	0.758	2.95	1.25	亚粘土	蒿 柽柳-藜科	24.66
0.7~1.6	3.94	0.42	0.06	1.28	0.154	0.46	1.09	5.78	0.773	1.50	0.35	细砂	禾本科 藜科	14.18
1.6~2.0	6.27	1.73	0.34	1.1	0.194	1.13	0.58	5.04	0.512	5.27	1.01	亚粘土	麻黄 蒿 柽柳 藜科	20.31
2.0~2.5	3.49	0.43	0.00	0.88	0.182	0.53	1.233	5.54	0.965	2.85	0.11	细砂	藜 禾本科 麻黄	10.58
2.5~2.7	7.61	1.65	0.13	0.82	0.213	0.89	0.67	4.98	0.806	3.25	0.98	亚粘土	藜 蒿 麻黄 禾本科	23.74
2.7~2.85	4.62	0.74	0.69	1.03	0.174	0.59	0.78	5.39	0.796	3.05	0.42	粉砂	藜 麻黄	18.77
2.85~3.5	4.15	0.57	0.18	2.24	0.123	0.52	0.98	6.11	0.835	3.02	-	细砂	贫乏	12.02
3.5~3.7	7.5	1.88	0.31	0.59	0.210	0.91	0.54	4.00	0.503	3.84	0.69	亚粘土	麻黄 藜 禾本科	23.55
3.7~5.2	3.03	0.49	0.29	11.2	0.140	0.55	1.31	5.59	0.921	2.75	-	细砂	贫乏	16.14

\* C =  $\frac{\sum (Fe+Mn+Al+Cr+Co+Ni)}{\sum (K+Na+Ca+Mg+Sr+Ba)}$  ZRT(锆英石+电气石+金红石) A/C<sub>1</sub>=蒿属 藜科

水,使塔干北塔里木河水量骤增,区域地下水补给增多,水体增大,水域边的植物由于光热条件好,快速生长,周围流沙开始固定,呈现固定或半固定状态,绿洲面积相应扩大,地层形成亚粘质土。当北半球处于冰期或冰段,大气水分减少,纬向环流加强,大量固体水聚集于高山之上,冰川、冻土面积扩张,海面下降,青藏高原冷高压形成和蒙古—西伯利亚两支气团在塔干北倒灌,产生强冬季风系,这可从现代和古气候环境下沙漠腹地沙丘的走向为 NW—NE 可以得到证实。此时塔干北随之降温,气候处于冷干,植被疏萎,地表以风蚀和风积作用为主,河水量减少,水体萎缩,大量固定沙丘开始活化,沙漠化面积扩大,区域大量沉积分选较好的风成细砂。长期的风沙活动和短时期的泛洪沉积形成了现代可见的地层沉积物叠置状况。

#### 参 考 文 献

- 1 冯起,陈广庭,李振山.塔克拉玛干沙漠北部全新世环境演变 I.环境科学学报,1996,16(2): 238~ 243
- 2 高尚玉,陈渭南,董光荣等.全新世中国季风区西北边缘沙漠演化的初步研究.中国科学(B辑),1993,23(2): 204~ 208
- 3 韩淑堤.北疆干旱区 500 年环境演化序列.中国沙漠,1992,12(1): 35~ 40
- 4 施雅风.中国全新世大暖期的气候波动与主要事件.中国科学

- (B辑),1992,22(12): 1300~ 1308
- 5 关有志,李志中.塔克拉玛干沙漠北部全新世地层中的元素分布与古气候.干旱区地理,1994,17(3): 19~ 22
  - 6 曹琼英,夏训诚等.新疆克里雅河下游地貌与第四纪地质的初步研究.地理科学,1992,(1): 24~ 25
  - 7 严富华,叶永英.新疆罗布泊罗 4 井的孢粉组合及其意义.地震地质,1983,5(4): 75~ 80
  - 8 李保生,董光荣.末次冰期以来塔里木盆地沙漠、黄土的沉积环境与演化.中国科学(B辑),1993,23(6): 644~ 651
  - 9 夏训诚,李崇舜,周兴佳等.新疆沙漠化与风沙灾害治理.北京:科学出版社,1991.45~ 50
  - 10 克里雅河及塔克拉玛干沙漠科学考察队著.克里雅河及塔克拉玛干沙漠考察报告.北京:中国科学文献出版社,1991.132~ 135
  - 11 董光荣,申建友.试论全球气候变化与沙漠化的关系.第四纪研究,1990,(1): 96~ 97.
  - 12 李保生,董光荣,张甲坤.塔克拉玛干沙漠以南风成相带划分和认识.地质学报,1995,69(1): 78~ 92
  - 13 董光荣,王贵勇,陈惠忠.150Ka 以来中国北方沙漠、沙地演化和气候变化.中国科学(B辑),1995,25(12): 1304~ 1307
  - 14 李吉均.中国西北地区晚更新世以来环境变迁模式.第四纪研究,1990,(3): 197~ 204
  - 15 李志中,关有志.塔里木盆地全新世的气候与环境,见:中国地理学会地貌与第四纪专业委员会编.地貌—环境—资源论文集,1995,10: 53~ 46
  - 16 张宪政.论太阳黑子、大气环流波动周期与新疆河水量变化的关系.新疆地理,1980,(2): 70~ 75

## An Evolution of Holocene Environment in the North of Taklimakan Deesert

Feng Qi<sup>1</sup> Wang Jianming<sup>2</sup>

1(Lanzhou Institute of Glaciology and Geocryology, Chinese Academy of Sciences, Lanzhou 730000)

2(Department of Geography, Lanzhou University, Lanzhou 730000)

### Abstract

The main sediments of Holocene sections are clay and sand soil with mini-sand layers in North Taklimakan desert. The evolution of Holocene environment in the North of Taklimakan desert is revealed by analyzing the characteristics of granular, change of chemical composition, sporopollen composition, content of CaCO<sub>3</sub> and mineral. The Holocene climate is arid and changes between hot-dry and cool-dry, which is mainly controlled by global longitude wind and cyclone. The region climate change, comparing with global climate change, and the climate gradually become arid and the environment become more deteriorated with the global climate become drier in recent years.

**Key Words** North Taklimakan Desert Environment change Holocene climate