

文章编号: 1004 - 4574(2011)04 - 0043 - 09

哈尔滨地区风尘黄土重矿物特征及物源分析

康春国^{1,2} 李长安³ 谢远云⁴ 常 征² 高梅香²

(1. 中国地质大学教育部长江三峡库区地质灾害研究中心, 湖北 武汉 430074; 2. 哈尔滨学院 地理系, 黑龙江 哈尔滨 150086;
3. 中国地质大学 地球科学学院, 湖北 武汉 430074; 4. 哈尔滨师范大学 地球科学学院, 黑龙江 哈尔滨 150086)

摘 要: 哈尔滨地区分布有很多第四纪以来的风尘黄土沉积物。风尘黄土已被证实为干冷天气条件下, 大风吹扬起来的沙尘沉积而形成的。针对这些沙尘物质的来源问题, 采用从“源”到“汇”的物源示踪方法, 采集了哈尔滨地区具有代表性的风尘黄土沉积物, 以及松花江及其主要支流的河流沉积物、科尔沁沙地沉积物以及吉林地区的黄土沉积物作为主要研究对象, 利用沉积物中重矿物组合、特征矿物、重矿物的百分含量、稳定系数、石英/长石、ZTR 指数、ATi 指数和 GZi 指数等多项指标进行分析, 并结合东北地区岩性分布以及亚洲季风特征。研究结果显示, 哈尔滨地区各地分布的风尘黄土各项重矿物指标具有很好的一致性, 且与近源的松花江等河流沉积物相同; 哈尔滨地区沿松花江干流河谷分布的风尘黄土沉积物物源主要来自于近源的松花江流域内的大小兴安岭及东部山地广泛分布的花岗岩类的风化碎屑。

关键词: 哈尔滨地区; 风成沉积物; 黄土; 重矿物; 物源

中图分类号: P425. 5

文献标志码: A

Heavy mineral characteristics of eolian loess deposits in Harbin area and its provenance implications

KANG Chun-guo^{1,2}, LI Chang'an³, XIE Yuan-yun⁴, CHANG Zheng², GAO Mei-xiang²

(1. Three Gorges research Center for geo-hazard, Ministry of Education, China University of Geosciences, Wuhan 430074, China;
2. Department of Geography, Harbin University, Harbin 150086, China; 3. Faculty of Earth Sciences, China University of Geosciences,
Wuhan 430074, China; 4. Faculty of Earth Sciences, Harbin Normal University, Harbin 150086, China)

Abstract: Quaternary eolian deposits largely distribute in the Harbin area. The dust has been proved to be composed of dust carried by wind. The samples were taken from the representative local loess deposit, fluvial sediments at the Songhua River drainage, Horqin Sandy Land and the loess deposits at Changchun and Songyuan. Heavy mineral analysis was carried out on the samples including the species assemblage and the percentage content of certain kind of heavy minerals. Besides indices such as ZTR, ATi, GZi, quartz/feldspar and stability coefficient were also carried out. Combined with the lithology of northeast China and the characteristics of the Asian Monsoon, provenance of the eolian deposits in the Harbin area was deciphered. The results show that heavy mineral characteristics of the loess deposits in the Harbin area are quite identical. Hornblende is the characteristic mineral of the loess deposits in the Harbin area and fluvial sediments in the Songhua River drainage and its main tributaries including Nenjiang River, Diersonghua River, Lalin River, and Ashi River. Granite rocks largely distribute in the Xing'an Mountain and east mountain area. These rocks could be easily eroded and transported by the Songhua River. We

收稿日期: 2010 - 11 - 25; 修回日期: 2011 - 05 - 13

基金项目: 黑龙江省教育厅科技研究项目(11544030) 黑龙江省自然科学基金项目(G201027); 国家自然科学基金项目(41072259)

作者简介: 康春国(1968—), 男, 博士后, 副教授, 主要从事地貌学与第四纪地质学教学和科研工作. E-mail: chunquokang@sohu.com

通讯作者: 李长安 E-mail: chanli@cug.edu.cn

conclude that these debris made great contributions to the formation of the loess deposit in the Harbin area.

Key words: Harbin region; eolian deposit; loess; heavy mineral; provenance

黄土是以风力搬运堆积未经次生扰动的、无层理的、黄色粉质富含碳酸盐并具有大孔隙的土状沉积物,是一种风尘堆积^[1]。哈尔滨地区分布有很多这种第四纪风尘黄土沉积物,主要分布在松嫩平原东部的松花江干流沿江地段,以分布于哈尔滨黄山(天恒山)黄土和肇东、肇州及肇源等三肇地区的黄土为代表^[2]。

第四纪黄土乃为地质历史时期的“雨土”沉降而形成,“雨土”是大气中黄土沉降现象^[3]。第四纪期间气候波动频繁,冰期与间冰期交替出现,在冰期干冷的气候条件下,强风将地面沙尘物质吹扬起来卷入空中而随风搬运,当风力减弱时便沉降下来形成黄土。“雨土”一般集中出现在2-5月份,以4月份最为频繁,也就是现在我们所说的沙尘天气^[4]。由于春季风速较大、地面开冻融化、气温上升、降水稀少,使得裸露的沙土结构逐渐变得松散,一旦有较强的天气系统活动就很容易形成沙尘天气^[5]。沙尘天气沉降物的粒度分布特征与典型风成黄土沉积基本一致^[6]。然而形成黄土的粉尘确切源地及具体分布状况现在仍不能确定,有人认为黄土起源于我国西北以及蒙古等地的沙漠和沙地^[3,7-11],也有人认为中等以下风暴强度不大可能将 $>20\mu\text{m}$ 的粗颗粒物迁移到离源区30 km以远的地区。而 $<10\mu\text{m}$ 的细颗粒则可能被搬运到数千km之遥^[12];大气降尘中粗颗粒组分乃是低空季风环流产生的近源物质的沉积,细颗粒组分代表的才是西风环流控制的大气的背景远源粉尘^[13]。

本研究针对哈尔滨地区沙尘物质的来源问题,采用从“源”到“汇”的研究思路,利用重矿物进行物源示踪,对哈尔滨地区风尘黄土沉积物、松花江及主要支流沉积物、科尔沁沙地沉积物以及吉林地区黄土沉积物中的重矿物多项特征指标进行分析研究,并由此判断哈尔滨地区风尘黄土沉积物的主要物质源区。以期为哈尔滨地区的沙尘天气的预报、预防和防治提供依据。

1 研究区自然地理概况

哈尔滨地区位于松嫩平原东部,地处温带半湿润、半干旱季风型大陆性气候区。松嫩平原为由周边向中部缓倾斜的半封闭不对称盆地,西、北、东三面为大、小兴安岭及张广才岭,南由微隆起的松辽分水岭与西辽河平原相隔。区内地形大体可分为东部高平原,中部低平原及西部山前倾斜平原3部分。松嫩平原是在中生代断陷盆地的基础上发展起来的冲积湖积平原;新构造运动主要表现在地壳升降交替,频繁振荡。早更新世地层以湖相沉积为主;中更新世大兴安岭、长白山地区继续上隆,松嫩平原整体相对下降,为大湖发展的盛期;晚更新世湖盆萎缩,晚期结束湖积环境,松辽分水岭的形成使辽河水系与松嫩水系分离,奠定了现代水系的新格局,广泛发育河流相和河口三角洲相沉积;全新世初期为风沙、干旱期,中期泥炭沼泽发育^[14-15]。西风带的高空波动不断经过本区,天气变化频繁,而且本区是受东亚季风影响最强烈的地区之一^[16]。由于春季西伯利亚和贝加尔湖的低压系统在本区加强发展,因而产生持久的大风,且风旱同期,造成干旱的砂质地表遭受强烈吹蚀。

2 样品采集与测试

2.1 样品采集

研究样品有采自哈尔滨黄山(天恒山)地表黄土样品(哈尔滨-1)、剖面黄土样品(哈尔滨-2),肇东四站地表及剖面黄土样品(肇东),肇州丰乐、砖厂等地表及剖面黄土样品(肇州),肇源方山、三站大岗地表及剖面黄土样品(肇源),松原哈达山地表及剖面黄土样品(松原),长春大屯地表及剖面黄土样品(长春),德惠布海地表及剖面黄土样品(德惠),双辽西辽河沙地地表样品(双辽-1)、张家剖面样品(双辽-2),太平川新丰乡沙地地表样品(太平川-1)、剖面样品(太平川-2),太平川四十六泡沙地样品(太平川-3),通榆沙地地表样品(通榆-1)、剖面样品(通榆-2),嫩江肇源段江滩样品(肇源-NJ),松花江哈尔滨段江滩样品(哈尔滨-SHJ),第二松花江松原段江滩样品(松原-SHJ),拉林河扶余段漫滩样品(扶余-LLH),阿什河哈尔滨段漫滩样品(哈尔滨-ASH)。样品采集过程中,地表、江滩及漫滩沉积物一般在地表以下10~20cm处采集,剖面样品一般是在地表以下10~200cm范围内采集,共采集20余处、70余件样品。具体工作

映 在物源分析中占有重要地位^[18]。从图 2 及上面分析结果显示 哈尔滨地区黄土沉积物重矿物组合特征及特征矿物与松花江及主要支流沉积物的重矿物更为接近; 吉林地区的黄土与科尔沁沙地沉积物相似; 而科尔沁沙地与松花江沉积物重矿物组合及特征矿物却相差明显。这说明哈尔滨地区的黄土沉积物与松花江干流及主要支流沉积物的物源区有着相似的岩性分布; 而吉林地区的黄土沉积物与科尔沁沙地沉积物的物源区母岩相同。

表 1 所有样品重矿物种类及百分含量

Table 1 Heavy mineral species and percentage content of all samples

样品编号	重矿物	锆石	磷灰石	电气石	榍石	绿帘石	角闪石	辉石	石榴子石	白钛石	金红石	锐钛矿	赤褐铁矿	钛铁矿	磁铁矿	风化碎屑	蓝晶石	透闪石	黄铁矿	尖晶石	碳硅石	独居石	黄铜矿	方铅矿
哈尔滨-1	0.01	6.25	0.20	0.20	1.50	33.25	10.50	3.25	1.30	0.65	0.43	0.23	18.25	17.25	2.50	3.50	△	△	△	0	0	0	0	△
哈尔滨-2	0.01	8.31	0.19	0.14	3.43	35.00	10.71	3.43	1.63	0.50	0.34	0.50	15.43	13.14	3.14	0	△	0.330	0	0	0	0.500	0.40	
肇东	0.01	7.00	0.10	0.30	4.00	36.00	7.00	3.00	0.70	2.00	1.00	1.00	13.00	19.00	3.00	3.00	0	△	△	0	0	0	0	0
肇州	0.04	5.50	0.15	0.10	4.50	31.75	6.50	1.50	2.08	0.33	0.43	0.35	20.25	15.75	3.75	0	0	△	△	0	0	0	0	△
肇源	0.04	3.50	0.13	0.40	3.75	36.50	7.00	3.25	2.25	0.65	0.25	0.58	16.00	14.50	3.75	△	△	△	0	0	0	0	0	△
长春	0.11	6.50	0.70	0.20	1.50	9.20	6.10	1.30	8.80	1.30	1.30	0.70	15.80	33.00	10.0	4.50	△	△	0	0	0	0	0	0
德惠	0.22	6.40	1.60	0.50	1.40	25.70	17.80	0.22	8.50	3.00	1.60	0.70	2.56	21.80	5.00	3.00	△	△	0	0	0	0	0	0
松原	0.08	8.00	0.00	1.00	5.00	23.00	0.55	1.55	24.50	1.00	0.90	8.00	17.00	5.50	3.00	△	△	△	0	0	0	0	0	0
双辽-1	0.42	6.00	0.90	2.00	6.50	18.50	5.50	3.50	17.50	2.50	1.50	0.60	10.50	16.00	5.50	3.00	△	△	0	0	0	0	0	0
双辽-2	0.25	3.33	1.00	3.00	5.00	26.67	3.00	4.00	27.33	2.33	0.67	0.33	5.67	13.00	2.00	2.67	△	△	0	△	0	0	0	0
太平川-10	0.32	5.00	0.67	2.33	8.00	24.00	1.33	4.67	18.33	2.00	0.93	0.40	9.67	14.33	5.00	3.33	0	△	△	0	0	0	0	0
太平川-20	0.40	4.50	0.50	1.50	8.00	18.00	3.50	6.00	15.00	2.50	1.00	0.50	9.50	21.00	5.50	3.00	0	0	0	0	0	0	0	0
太平川-30	0.28	5.00	0.43	2.33	8.00	22.00	2.00	4.00	16.33	2.33	1.33	0.57	11.33	14.67	3.33	△	△	0	0	0	0	0	0	0
通榆-1	0.41	5.00	0.30	3.50	11.00	19.50	2.50	3.50	13.50	2.00	1.00	0.70	10.00	17.50	7.00	3.00	0	△	0	0	0	0	0	0
通榆-2	0.33	7.00	1.00	2.00	9.00	17.00	2.00	4.00	12.00	2.00	1.00	1.00	15.00	17.00	6.00	4.00	△	0	0	△	0	0	0	0
肇源-NJ	0.68	4.50	2.50	2.00	7.00	30.50	7.00	3.50	2.50	1.00	0.55	0.45	5.00	21.50	6.00	6.00	0	△	△	△	0	△	0	0
哈尔滨-SHJ	1.31	3.33	2.33	2.33	5.67	19.00	14.33	3.33	3.33	0.87	0.53	0.27	6.00	29.00	4.67	4.00	△	△	△	△	0	△	0	0
松原-SHJ	1.24	0.80	2.00	3.00	4.00	16.67	36.00	7.33	2.67	0.80	0.40	0.33	4.33	10.00	8.00	3.67	△	△	△	0	0	0	0	0
扶余-LLH	0.88	0.60	0.60	1.50	3.50	7.50	57.00	3.50	2.50	0.75	0.15	0.40	2.50	13.00	3.50	3.00	△	△	0	0	0	△	0	0
哈尔滨-ASH	0.15	4.00	0.90	1.00	3.50	24.00	14.00	2.50	0.50	2.00	0.00	1.50	3.50	29.50	6.50	6.50	△	△	0.10	△	0	△	0	0

注: 1 每个样品编号的数据均为该取样地点多个样品的平均值

2 表格中△表示为偶见矿物

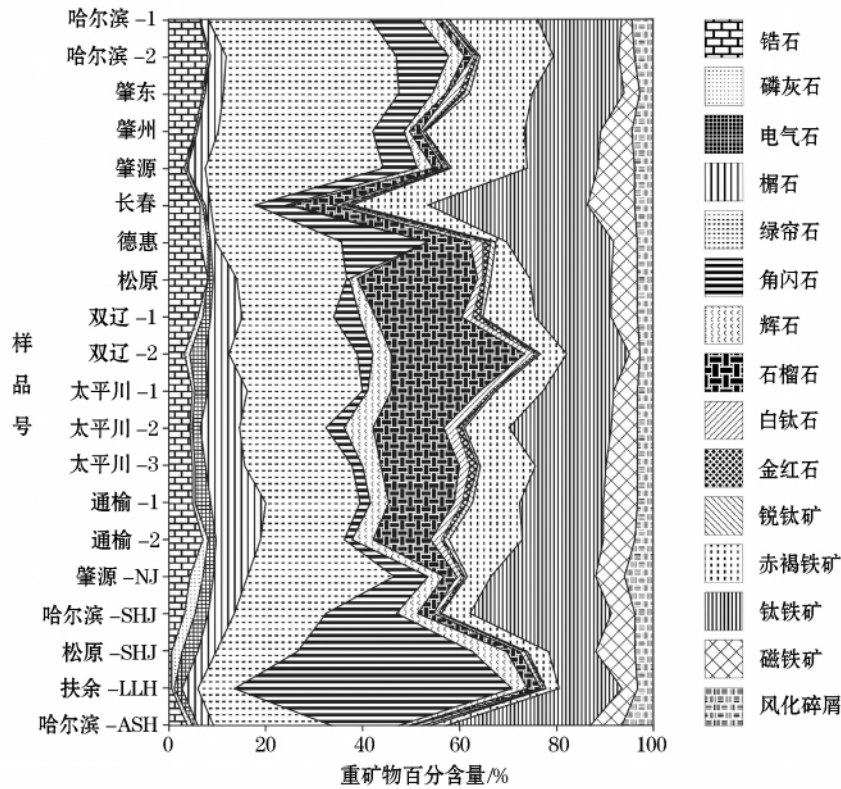


图 2 各采样点多个样品平均重矿物百分含量

Fig. 2 Average percentage content of heavy minerals of different locations

3.2 重矿物特征指数分析

表 2 列出了重矿物的百分含量、稳定系数 (W)、ATi 指数、GZi 指数和 ZTR 值 5 种重矿物指标,两种特征矿物的百分含量以及轻矿物石英/长石值。其中重矿物的百分含量反映的是形成沉积物的动力条件的强弱,含量越高反映的动力条件越强;稳定系数 (W) = 不稳定重矿物矿物 (H) / 稳定重矿物矿物 (G),反映的是沉积物的稳定程度,数值越大说明沉积物越不稳定,也就是遭受风化程度越弱^[19]; ATi 指数 = $100 \times \text{磷灰石}\% / (\text{磷灰石}\% + \text{电气石}\%)$,反映的是磷灰石的风化程度,数值越大风化程度越弱,如果环境的风化作用很弱,则 ATi 数值的变化主要反映沉积物物源的变化; GZi 指数 = $100 \times \text{石榴子石}\% / (\text{石榴子石}\% + \text{锆石}\%)$,反映的是石榴子石的稳定性,主要用来反映物源区含石榴子石的母岩组成(片岩、角闪岩和麻粒岩),数值越大说明物源区分布的这种母岩越多; ZTR 指数 = $(\text{锆石}\% + \text{电气石}\% + \text{金红石}\%)$,反映的是重矿物的成熟度,数值愈大,矿物的成熟度愈高,系统的研究可以指示沉积物的搬运距离和物源方向^[20-22]; 石英/长石可以反映沉积物的风化稳定程度,数值越大说明风化程度越大,沉积物稳定程度越大^[23]。

表 2 各样品重矿物几种指标数据

Table 2 Indices of the heavy minerals

样品号	重矿物百分含量	石英/长石	W	ZTR	ATi	GZi	角闪石	石榴子石
哈尔滨-1	0.01	1.37	0.97	6.88	0.50	0.17	10.50	1.30
哈尔滨-2	0.01	1.22	1.05	8.80	0.57	0.16	10.71	1.63
肇东	0.01	1.82	0.90	8.30	0.25	0.09	7.00	0.70
肇州	0.04	1.20	0.71	6.03	0.60	0.27	6.50	2.08
肇源	0.04	1.01	0.95	4.15	0.24	0.39	7.00	2.25
长春	0.11	1.75	0.22	8.00	0.78	0.93	6.10	8.80
德惠	0.22	1.50	0.86	8.50	0.76	0.84	17.80	8.50
松原	0.08	2.44	0.35	10.00	0.00	0.75	0.55	24.50
双辽-1	0.42	4.71	0.41	9.50	0.31	0.74	5.50	17.50
双辽-2	0.25	5.11	0.55	7.00	0.25	0.89	3.00	27.33
太平川-1	0.32	4.79	0.46	8.27	0.22	0.79	1.33	18.33
太平川-2	0.40	2.65	0.41	7.00	0.25	0.77	3.50	15.00
太平川-3	0.28	4.19	0.42	8.67	0.16	0.77	2.00	16.33
通榆-1	0.41	2.42	0.36	9.50	0.08	0.73	2.50	13.50
通榆-2	0.33	2.26	0.33	10.00	0.33	0.63	2.00	12.00
肇源-NJ	0.68	0.47	0.86	7.05	0.56	0.36	7.00	2.50
哈尔滨-SHJ	1.31	0.90	0.71	6.20	0.50	0.50	14.33	3.33
松原-SHJ	1.24	1.41	1.81	4.20	0.40	0.77	36.00	2.67
扶余-LLH	0.88	0.86	2.42	2.25	0.29	0.81	57.00	2.50
哈尔滨-ASH	0.15	0.44	0.80	5.00	0.47	0.11	14.00	0.50

图 3 为所有上述指标的变化曲线,从图中同样可以清楚的看出取自不同地点的不同种类的沉积物其特

征有着明显的区别。表现为以下几个方面:

(1) 黄土沉积物从重矿物的稳定系数(W)、石英长石比、 ATI 指数以及重矿物含量等几个反映沉积物风化稳定程度和形成的动力条件来看,与沙地沉积物和河流沉积物截然不同。黄土沉积物的 W 值大于沙地沉积物而小于河流沉积物, ATI 指数大于沙地沉积物,石英/长石小于沙地沉积物而大于河流沉积物,说明黄土沉积物的风化稳定程度小于科尔沁沙地,但高于河流沉积物;而重矿物百分含量则小于沙地沉积物,更远远小于河流沉积物,说明风成黄土沉积物形成的动力条件是最弱的。而形成沙丘的动力条件相对较强,河流搬运能力是最强的。但吉林地区黄土从 W 值和石英/长石上看,其风化程度更接近于沙地;

(2) 从重矿物的成熟度 ZTR 数值来看,黄土的成熟度反而略低于沙地,尤其是哈尔滨地区的黄土沉积物,而吉林地区的黄土重矿物的成熟度则更接近于沙地,河流沉积物的成熟度最低,尤其是拉林河,其原因是流程短,距离物源区较近;

(3) GZi 指数与特征矿物石榴子石具有很好的正相关性,而 GZi 指数是直接反映物源问题,反映物源区含石榴子石的母岩组成(片岩、角闪岩和麻粒岩),哈尔滨地区的黄土 GZi 指数数值很低,重矿物中石榴子石的含量也很低,而吉林地区的黄土 GZi 指数值很高,且与科尔沁沙地一致,石榴子石的含量也很高,这说明哈尔滨地区的黄土与吉林地区的黄土的物源是不一样的,而吉林地区的黄土物源与科尔沁沙地相同。再看河流沉积物,石榴子石的含量都很低,而且与哈尔滨黄土沉积物的含量一致。阿什河、嫩江的 GZi 指数比较低,松花江干流略高,而拉林河与第二松花江较高,这是因为嫩江和阿什河远离科尔沁沙地,拉林河与科尔沁沙地较近,第二松花江左岸即为科尔沁沙地,部分沉积物来源于沙地,故而其数值较高,而松花江干流来源于嫩江和第二松花江,受第二松花江物源的影响,所以松花江干流沉积物的 GZi 指数值也比较高;

(4) 特征矿物角闪石的含量,哈尔滨地区黄土明显高于科尔沁沙地,所以这部分角闪石物源不可能是科尔沁沙地提供的,而松花江河流沉积物的角闪石含量很高,这些河流分别发源于大(小)兴安岭和东部山地(完达山、长白山脉)。吉林地区黄土,因德惠和长春受第二松花江的影响,故而角闪石的含量也明显高于沙地,尤其是德惠黄土,直接受发源于东部山地的饮马河的影响,角闪石的含量比较多;

(5) 结合特征矿物石榴子石、角闪石,以及 GZi 指数综合分析,发现哈尔滨地区黄土从哈尔滨至肇源角闪石的含量呈逐渐降低,石榴子石的含量及 GZi 指数呈逐渐增加的趋势,这说明随着与科尔沁沙地距离的减小,受沙地物源的影响越来越显著。

总体看来,所有指标均反映出哈尔滨地区的黄土与吉林地区的黄土物源有着明显的区别,哈尔滨地区黄土的物源主要来自松花江及主要支流沉积物,同时也受到了科尔沁沙地影响;而吉林地区的黄土沉积物主要来源于科尔沁沙地,同时也受到了第二松花江沉积物的影响。

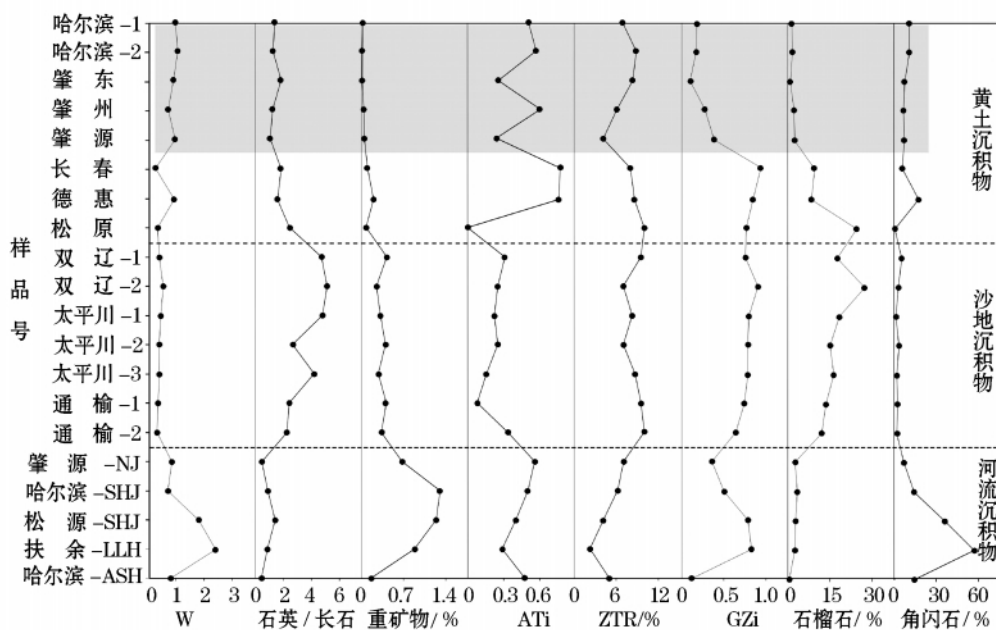


图 3 重矿物各种指标图

Fig. 3 Indices chart of heavy minerals

3.3 重矿物特征与研究区内岩性分布

图4为东北地区岩石类型分布图^[24],图中显示松花江干流及主要支流汇水区范围内的岩性分布主要以花岗岩类为主,变质岩分布很少。因此岩石风化碎屑所提供的透明重矿物主要有锆石、角闪石,而黄土中的大量绿帘石应为角闪石及辉石的蚀变而成;吉林黄土分布在科尔沁沙地的东北边缘,其西、南的科尔沁沙地及周边地区几乎全部为片岩类等变质岩分布区,仅在其东南方向有少量花岗岩分布区。因此岩石风化碎屑提供的透明重矿物主要为锆石、绿帘石、石榴石以及部分角闪石^[25]。经过比对可以看到,哈尔滨及吉林地区的黄土沉积物重矿物组合及特征矿物,与周围的源岩区岩性分布有着很好的一致性。这说明哈尔滨地区黄土的物源主要由松花江流域内大小兴安岭及东部山地等广泛分布的花岗岩类提供,而吉林地区的黄土物源主要由科尔沁沙地提供。

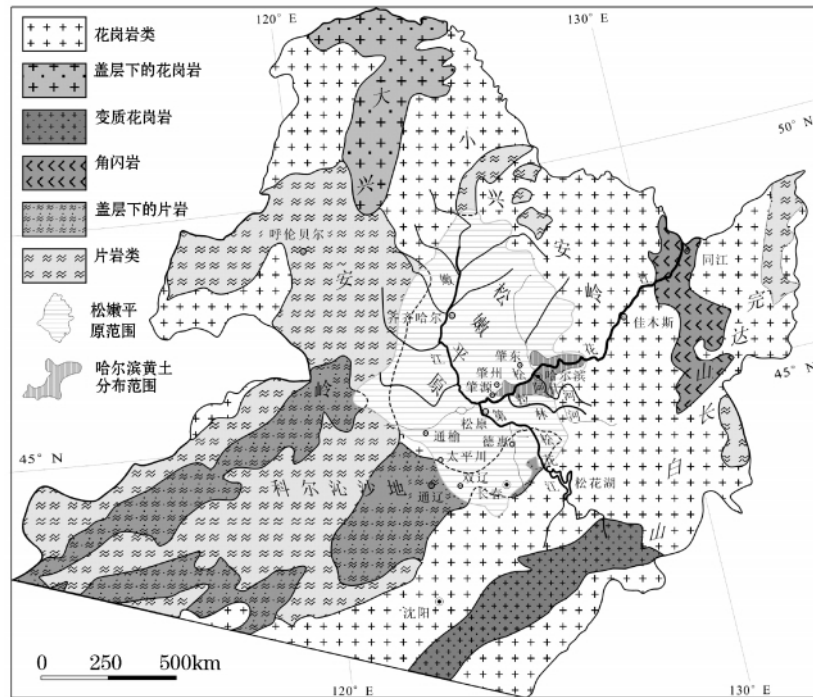


图4 东北地区主要岩性分布(据文献[4]修改)

Fig. 4 Lithology distribution map of northeast China

4 讨论

(1) 黄土沉积物的成熟度及稳定程度反映了黄土物质在来源区(包括基岩风化碎屑)所遭受的风化程度和搬运距离,也反映了黄土物质在堆积以后遭到成土、成壤改造作用的程度^[23]。因而黄土沉积物的成熟度及稳定程度应高于为其提供物源的砂地。而哈尔滨地区的黄土沉积物成熟度及稳定程度低于科尔沁沙地,高于河流沉积物,也就是说哈尔滨地区黄土沉积物不可能是由科尔沁沙地提供的;但吉林地区的黄土沉积物却与科尔沁沙地相近。

(2) 第四纪期间,中国北方大气候环流演化的基本趋势是西风环流强度减弱,对风尘沉积的贡献减小,同时,季风环流强度增加,对风尘沉积的贡献增大。北方的风尘沉积普遍由粗粒组分和细粒组分组成(一般以 $20\mu\text{m}$ 或 $16\mu\text{m}$ 为界)粗粒组分是低空季风环流产生的粉尘沉积,不大可能迁移到离源区约 30 km 以远;细粒组分代表了大气的背景粉尘,主要由西风环流控制,可能被搬运到数千 km 之遥^[12-13]。例如2002年哈尔滨地区一次现代沙尘沉降物 $>16\mu\text{m}$ 的粗粉砂及砂占有 73.71% ,细粉砂($4\sim 16\mu\text{m}$)及粘土($<4\mu\text{m}$)分别占 19.17% 和 7.13% ,为粉质亚砂土^[26]。降尘中绝大部分是粗颗粒组分,乃是低空季风环流产生的近源物质的沉积,少部分细颗粒组分才有可能为西风环流控制的大气的背景远源粉尘。

(3) 东亚沙尘暴具有春季活动性强的特点,这与东亚冬季风的活动规律一致^[27]。春季3-4月份哈尔滨地区处在蒙古低压的东南部,与南部较强高压系统的联合作用下,使得哈尔滨地区呈西、西南风向,而且随着

蒙古低压的中心的东移而强烈发展,加之地形的阻挡,在大兴安岭南端沿着松花江河谷产生峡谷风效应,风速很大,同时春季地面解冻回暖、沙尘源充足,所以在哈尔滨地区很容易形成沙尘天气^[28]。

5 结论

经过重矿物特征的比对分析得到如下结论:

(1) 哈尔滨地区风尘黄土的重矿物组合及特征矿物与松花江及主要支流沉积物基本一致,而与吉林地区的黄土和科尔沁沙地不同;(2) 哈尔滨地区风尘黄土的成熟度及风化稳定程度不及科尔沁沙地,但高于松花江及主要支流沉积物。说明哈尔滨地区黄土沉积物的物源与科尔沁沙地无关;(3) 哈尔滨地区的风尘黄土角闪石含量较高,而石榴子石含量及 GZi 值却很低,显示其物源与花岗岩类关系密切。这一特征与松花江及其支流沉积物相同。而吉林黄土则和科尔沁沙地角闪石含量很低,石榴石含量及 GZi 值很高;(4) 松花江流域范围内的岩性分布主要以花岗岩类为主,变质岩分布很少,这与哈尔滨地区的黄土沉积物的重矿物组合及特征矿物是一致的。而科尔沁沙地及其西、南等大部分地区几乎全部为片岩类等变质岩分布区,这与科尔沁沙地沉积物及吉林地区的黄土沉积物的重矿物组合及特征矿物是一致的。

综上所述,哈尔滨地区风尘黄土沉积物的重矿物特征与松花江流及其主要支流沉积物相一致,形成黄土沉积物的粉尘主要来源于近源的松花江流域内大小兴安岭及东部山地等广泛分布的花岗岩类,其风化产生的碎屑经由春季的西、西南大风沿松花江谷地吹扬而成。而与科尔沁沙地关系不大,仅有少量细颗粒粉尘物质可能来源于西风环流飘送过来的西北干旱地区远源粉尘。而吉林地区的长春、德惠及松原黄土沉积物的物源主要来源于科尔沁沙地。

致谢:河北廊坊张佩萱老师做了大量的样品测试工作,中国地质大学研究生田单、高孟秋参加了实验数据的室内整理工作,哈尔滨学院王成东、张淋、高鹏,以及家人李哲和康家宁等参加了部分野外取样工作,在此一并表示感谢。

参考文献:

- [1] 刘东生,等. 黄土与环境 [M]. 北京: 科学出版社,1985.
- [2] 孙建中. 黄土学 [M]. 香港: 香港考古学会出版社,2005.
- [3] 张德二. 历史时期“雨土”现象剖析 [J]. 科学通报,1982 (5):294-297.
- [4] 张德二. 中国历史时期降尘记录南界的变动及其对北方干旱气候的推断 [J]. 第四纪研究,2001 (1):1-5.
- [5] 邱新法,曾燕,缪启龙. 我国沙尘暴的时空分布规律及其源地和移动路径 [J]. 地理学报,2001,56(3):316-322.
- [6] 师育新,戴雪荣,宋之光,等. 上海春季沙尘与非沙尘天气大气颗粒物粒度组成与矿物成分 [J]. 中国沙漠,2006,26(5):780-785.
- [7] 刘东生,等. 黄河中游黄土 [M]. 北京: 科学出版社,1964.
- [8] 刘东生,等. 中国的黄土堆积 [M]. 北京: 科学出版社,1965.
- [9] 卢演侑,文启忠,黄伯钧,等. 中国黄土物质来源的初步探讨——石英粉砂颗粒表面结构的电子显微镜研究 [J]. 地球化学,1976.5 (1):47-53.
- [10] 卢演侑,安芷生. 约70万年以来黄土高原自然环境变化系列探讨 [J]. 科学通报,1979.24:221-224.
- [11] 张小曳,张光宇,安芷生,等. 中国源区粉尘的元素示踪 [J]. 中国科学: D 辑,1996.26:423-430.
- [12] PYE K. Aeolian Dust and Dust Deposits [M]. London: Academic Press,1987:1-256.
- [13] 孙东怀,安芷生,苏瑞侠,等. 最近 2.6Ma 中国北方季风环流与西风环流演变的风尘沉积记录 [J]. 中国科学: D 辑,1996,33(6):497-504.
- [14] 孙广友. 松辽平原中部第四纪地壳运动与平原发育——兼论松辽分水岭的形成 [C]//中国东北平原第四纪环境形成与演化. 哈尔滨: 哈尔滨地图出版社,1990:44-50.
- [15] 裘善文. 东北平原更新世自然环境的基本特征 [C]. 中国第四纪冰川冰缘学术会议讨论会文集. 北京: 科学出版社,1958:108-211.
- [16] 孙殿卿,吴锡浩. 中国第四纪构造——气候旋回的初步研究 [J]. 第四纪研究,1986,7(2):1.
- [17] 中国地质科学院地矿所. 砂矿物鉴定手册 [M]. 地质出版社,1977,58-63.
- [18] 沈丽琪. 沉积岩重矿物研究中的几个重要概念及应用 [J]. 中国科学(B 辑),1985.17(1):70-78.
- [19] 马婉仙. 重砂测量与分析 [M]. 北京: 地质出版社,1990:159-163.
- [20] 佩蒂庄 FJ,波特 PE,西弗 R. 砂和砂岩 [M]. 北京: 科学出版社,1977:35-40.
- [21] Morton A C,Hurst A et al. Correlation of sandstones using heavy minerals: an example from the Statfjord Formation of the Snorre Field,northern North Sea [C]//Dunay R E,Hailwood E A, eds. Nonbiostratigraphical Methods of Dating and Correlation. Geological Society Special Publica-

- tion, 1995, 89: 3 - 22.
- [22] Morton A C, Hallsworth C R et al. Processes controlling the composition of heavy mineral assemblages in sandstones [J]. *Sedimentary Geology*, 1999, 124(1-4): 3 - 29.
- [23] 刘东生, 等. 黄土与环境 [M]. 科学出版社, 北京: 1985: 208 - 219.
- [24] 马丽芳. 中国地质图集 [M]. 北京: 地质出版社, 2002.
- [25] 中国地质科学院地矿所. 砂矿物鉴定手册 [M]. 北京: 地质出版社, 1977: 58 - 63.
- [26] 谢远云, 何葵, 康春国. 哈尔滨特大沙尘暴沉积物的粒度分布及意义 [J]. *中国地质*, 2005, 32(3): 502 - 506.
- [27] 邱新法, 曾燕, 缪启龙. 我国沙尘暴的时空分布规律及其源地和移动路径 [J]. *地理学报*, 2001, 56(3): 316 - 322.
- [28] 张丽娟, 郑红, 周嘉, 等. 哈尔滨市沙尘暴发生规律与成因分析 [J]. *自然灾害学报*, 2005, 14(2): 41 - 46.