

豫北第四纪沉积物的矿物特征*

唐涌六 顾新运 罗家贤

(中国科学院南京土壤研究所)

豫北平原属于黄淮海平原的一部分,位于太行山洪积-冲积扇以东的黄河、漳河之间,是河南新乡和安阳两地区的主要粮棉产地。豫北平原除部分地区是黄土缓丘和山前洪积冲积物外,大部分由黄河、漳河、沁河等现代河流沉积物所组成,其中沁河沉积物、黄土、次生黄土分布在豫北平原西部,漳河沉积物分布在豫北平原北部,而中部和东部则为大面积的黄河河流沉积物。为配合黄淮海平原中豫北平原的治理及南水北调工程中线的选线问题,我们曾对豫北地区各种沉积物上所发育的土壤进行分析,有关华北平原的土壤已有详细专著(熊毅等1965),本文仅就豫北平原地区土壤的矿物性质作简要讨论。

供 试 样 品

土壤样品按其沉积物质的来源包括:黄河、漳河、沁河等河流沉积物及黄土、次生黄土、山前洪积冲积物等。这些样品中既包括了豫北平原的主要土壤类型,如黄潮土、褐潮土、石灰性褐土、褐土等,也包括了各种质地类型如松砂土、砂土、壤土、粘土以及砂粘间层等。

试 验 方 法

土壤的水悬浊液 pH 值用玻璃电极法测得。土壤游离碳酸钙含量用气量法测得。土壤样品的分级与分离,系将土壤先用稀盐酸除去游离钙,用过氧化氢破坏有机质,用碳酸钠煮沸分散,然后以沉降法分离成小于 0.001 毫米、0.001 毫米—0.01 毫米、0.01—0.1 毫米以及大于 0.1 毫米各粒级,并分别测定其重量。小于 0.001 毫米粘粒部分的全钾量系用过氯酸-氟化氢消煮,用氢氧化铵沉淀铁铝后再用火焰光度计测定。小于 0.001 毫米粘粒部分的阳离子交换量用氯化锰半微量速测法测定,测定前用柠檬酸钠-连二亚硫酸钠去除游离氧化铁。供 X 射线鉴定的样品先去除游离氧化铁,土壤胶体用镁离子饱和和经甘油化后制成取向薄片,用 X 射线衍射仪鉴定。

0.01 毫米—0.1 毫米部分用显微镜鉴定矿物,样品处理是先用三溴甲烷(比重 2.9)作重液,借双重离心管在离心机中以每分钟 2800 转的速度离心三次,分离出轻、重矿物两部分。对含游离氧化铁较多的样品,用 3.4% 草酸钠溶液和 9.5% 的草酸溶液在 80—90℃ 的水浴上加热,然后再加入镁带(重约 1 克)和 9.5% 的草酸溶液,作用完毕后,用 5% 的

* 本文在熊毅教授指导下完成,工作中得到王遵亲同志帮助,谨致谢意。

氯化钠溶液洗去游离氧化铁,然后再分离轻、重矿物。轻矿物部分的鉴定是用 47% 的氢氟酸腐蚀后,以 1% 的孔雀绿溶液和饱和的亚硝酸钴钠溶液作染色剂进行染色,其结果在偏光显微镜下观察时,钾长石染成黄色和黄绿色,斜长石染成绿色和绿蓝色,石英不着色。重矿物的鉴定是先做成油浸薄片,然后在偏光显微镜下观察 (Hseung Yi et al., 1949)。

结果和讨论

(一) 土壤的理化性质

豫北平原土壤的理化性质与华北平原土壤相似。土壤的酸度与土壤类型有关,一般石灰性褐土的 pH 约 8.5,黄潮土、褐潮土、盐化潮土的 pH 值大都为 8.5—9.5 左右,其中少部分具有明显的红色酚酞反应,这表示豫北平原土壤存在着一定的碱化威胁。土壤中游离碳酸钙含量的变化与土壤质地和发育程度有关,一般质地粘重的土层,碳酸钙含量可达 10%,而褐土大都低于 5%。土壤机械组成则与沉积来源有关,如大于 0.1 毫米的粒级,在黄河沉积物中极少,最多也不超过 10%,但在沁河、漳河沉积物中,这一粒级的含量可超过 30% (表 1),这是因为黄河沉积物大部分来自黄土地区,并且经过了长距离的搬运。土壤中小于 0.001 毫米部分的阳离子交换量相当高,每百克土大都在 40—50 毫克当量之间。全钾量亦高,大都在 3—4% 之间,其中石灰性褐土的全钾量稍低些。粘粒的二氧化硅与氧化铝分子比变化在 3.3—4.3 之间,硅铁铝率变化在 2.5—3.1 之间 (表 2)。这与华北其他地区的褐土和黄潮土粘粒的分析结果相同 (许冀泉, 1961)。表 2 的分析结果还说明,黄河沉积物的硅铁铝率比沁河、漳河沉积物略高。总的说来,豫北地区土壤的特点是剖面上下层间的化学性质变化不大,土壤发育还比较微弱。

(二) 粘粒部分的矿物性质

沉积物粘粒部分的外表,都包裹着一层游离氧化铁,含量约占 4—5%。游离氧化铁的颜色,除沁河沉积物为褐色外,其余河流沉积物为黄棕色。去除游离氧化铁后,所有粘粒都呈灰绿色。经 X 射线鉴定这些粘粒由水化云母、高岭石、蒙脱石和蛭石所组成。表 2 中列出了各种沉积物中粘土矿物的衍射强度变化。一般来说,水化云母是一切样品中最主要的组成部分,从氧化钾含量计算,大致在 40% 以上;高岭石同样也是必需的矿物。各种沉积物间的差异在于膨胀型粘土矿物 (蛭石、蒙脱石) 的多少。通常蛭石具有尖锐的衍射峰,但强度低,有时几乎看不出来。蒙脱石的衍射峰很宽,显示结晶不良,而强度的变化较显著。初步看来,粘粒中粘土矿物的成份与土壤机械组成无关,而与沉积物来源有关。以蒙脱石为例,沁河沉积物中,蒙脱石的强度最低,漳河沉积物、黄土、次生黄土等居中,而黄河沉积物中最显著。所有这些沉积物中水化云母含量都很高,蛭石含量很低,表明大多数土壤发育程度很轻,沉积物的脱钾风化作用不显著。

(三) 原生矿物的成份及其含量

豫北平原各沉积物中所包含的原生矿物种类虽大致相同,但近代河流沉积物矿物颗

表 1 土壤的理化性质

地 点	母质来源	土壤类型	剖面号	采样深度 (厘米)	pH	CaCO ₃ %	质地	机械组成(毫米)%			
								<0.001	0.001— 0.01	0.01— 0.1	>0.1
河南省原阳县	黄河沉积物	盐化潮土	13	0—15	9.00	7.06—	砂壤	8.32	8.41	74.02	9.23
				15—36	8.78	10.77	中壤	17.22	24.04	57.36	1.36
河南省原阳县	黄河沉积物	盐化褐潮土	14	0—10	8.95	6.45	砂壤	10.78	8.81	79.33	1.07
				24—62	8.55	8.74	轻壤	11.87	16.48	71.18	0.45
				121—160	9.15	10.60	中壤	16.31	21.72	60.85	1.10
河南省获嘉县	黄河沉积物	褐潮土	22	0—12	8.50	5.83	轻壤	11.80	9.41	77.75	1.03
				12—36	8.80	6.18	砂壤	9.77	10.02	79.10	1.10
				76—90	8.90	5.65	中壤	20.39	13.90	62.25	3.44
河南省新乡县	黄河沉积物	黄潮土	24	0—20	8.45	9.98	重粘	44.74	43.61	11.64	0
河南省武陟县	沁河沉积物	黄潮土	18	0—12	8.25	6.18	重壤	20.66	25.74	51.79	1.80
				12—26	8.40	6.27	轻粘	25.01	27.97	45.85	1.16
				58—83	8.70	7.15	砂壤	6.11	10.33	82.99	0.57
河南省武陟县	沁河沉积物	黄潮土	19	0—20	8.20		紧砂	4.07	5.13	55.89	34.91
河南省武陟县	沁河沉积物	黄潮土	20	0—30	8.80		紧砂	3.84	4.82	57.86	33.47
河北省成安县	漳河沉积物	黄潮土	25	0—12	8.35	5.12	轻壤	12.79	12.36	73.47	1.37
				27—68	8.40	6.80	轻粘	25.82	26.26	46.56	1.35
				100—120	8.75	6.71	紧砂	3.60	4.96	37.48	53.94
河北省磁县	漳河沉积物	黄潮土	26	0—15	8.68	9.09	紧砂	2.76	2.64	54.82	39.77
河北省磁县	漳河沉积物	黄潮土	27	0—15	8.35		中粘	27.32	45.49	27.18	0
河南省辉县	洪积冲积物	石灰性褐土	15	0—13	8.30	4.06	重壤	24.92	20.81	52.99	1.27
				51—90	8.52	3.66	中壤	18.57	12.93	65.33	3.15
				120—160	8.52	3.80	中壤	20.80	14.06	63.16	1.97
河南省济源县	黄土	褐土	16	0—10	8.45	2.21	重壤	23.97	20.49	54.82	0.70
				10—48	8.62	2.30	中壤	22.59	17.09	58.99	1.31
				48—77	8.60	2.12	轻粘	33.85	24.40	41.74	0
河南省济源县	次生黄土	褐土	17	0—20	8.40	1.24	中壤	15.47	19.58	62.02	2.92
				20—65	8.45	0.97	重壤	18.86	22.63	55.65	2.74

粒的边缘比较明显,例如石英和长石都以棱角状或次棱角状为主。云母类矿物呈片状,正交偏光下几乎全黑,能看到清楚的垂直锐角等分线干涉图,闪石类矿物多呈短柱状,解理不够清晰,多数显示一级以下的干涉色,绿帘石和辉石类则多成圆粒状,表面多裂痕,边缘比较模糊。铁矿多数成不规则粒状,有些边缘已趋于模糊。

原生矿物分轻矿物和重矿物两部分,分别以重量百分数表示,而每一部分中的各种矿物含量则以这部分的颗粒百分数表示。云母类矿物本属重矿物,但具有此种特征的片状云母,经双重离心管和漏斗多次分离后,都无法把它从轻矿物部分完全分离出来,所以分别在轻、重矿物两部分进行统计。豫北平原的沉积物中,轻矿物种类不多,以石英、长石、云母为主,其含量都占95%以上。重矿物含量虽然不高,但种类复杂,其中绿色矿物及铁

表 2 小于 0.001 毫米粘粒的化学性质及 X 射线分析

母质	剖面号	深度 (厘米)	K ₂ O (%)	阳离子交 换量(毫 克当量/ 百克)	游离 Fe ₂ O ₃ (%)	硅铝率	硅铁率	硅铁铝率	衍射强度(脉冲/秒)			
									蒙脱石	蛭石	水化云母	高岭石
黄河沉积物	13	0—15	3.89	50.12	4.94				120	40	203	127
		15—36	3.82	44.31	4.57				160	37	217	111
	14	0—10	4.00	36.87	5.00				50	50	253	103
		24—62	3.91	49.06	4.49	4.08	11.70	3.03	80	30	210	133
		121—160	3.74	49.99	4.37	4.26	11.22	3.09	93	40	187	110
22	0—12	3.64	42.07	4.71				40	57	203	117	
	12—36	3.76	43.95	3.74				27	27	181	107	
	76—90	3.53	50.61	3.76				50	57	143	90	
24	0—20	3.61	45.66	4.87				103	50	173	117	
沁河沉积物	18	0—12	3.61	44.32	5.04				33	30	187	93
		12—26	3.59	44.38	4.29	3.88	12.00	2.93	37	37	163	97
		58—83	3.64	39.69	4.27	3.16	12.90	2.54	33	40	157	107
	19	0—20	4.01	34.65	5.28				17	33	150	117
20	0—30	3.87	36.13	5.37				23	33	127	97	
漳河沉积物	25	0—12	3.78	41.98	4.98				67	40	223	100
		27—68	3.57	47.81	4.24				77	60	167	107
		100—120	3.69	48.06	4.62	3.28	10.76	2.51	57	50	180	83
	26	0—15	3.71	43.68	4.60				53	63	157	107
27	0—15	3.64	43.46	5.48	3.28	10.25	2.49	40	53	180	107	
洪积冲物	15	0—13	3.15	47.88	5.03				53	30	203	143
		51—90	3.06	53.41	5.04				53	30	127	73
		120—160	2.98	56.02	4.99				57	47	130	77
黄土	16	0—10	3.39	49.96	4.35				60	47	140	67
		10—48	3.38	55.92	4.36				67	40	170	70
		48—77	3.25	56.62	4.66				73	33	140	60
次黄土	17	0—20	3.94	37.17	6.62				50	50	233	80
		20—65	3.95	41.52	5.63				57	60	220	80

矿物占重矿物部分的 70% 以上。在同一剖面中,随着深度的增加,有重矿物增加而轻矿物含量减少的趋势(表 3, 4)。

(四) 各种沉积物中矿物成份的差异及其在推测沉积物来源中的作用

从各种沉积物的原生矿物含量可以看出,黄河沉积物中,轻矿物以石英、钾钠长石和白云母为主,斜长石含量很少;重矿物以普通角闪石为主,但磁铁矿、绿帘石、阳起石、透闪石和辉石的含量也相当高,其他重矿物含量较少;红柱石、石榴子石、电气石、锆英石等稳定矿物都不超过 3%。沁河沉积物中,轻矿物以石英和斜长石为主,但石英的含量较黄河沉积物高些;钾钠长石和云母类矿物比黄河沉积物低得多。重矿物以磁铁矿为主,闪石类

表 3 沉积物中原生矿物(0.1—0.01毫米)的组成份

剖面号	深度 (厘米)	沉积物来源	重矿物含量 (%)	重矿物 (比重 > 2.9) (%)																其它					
				普通角闪石	透闪石	闪石	辉石	普通辉石	绿帘石	黑云母	白云母	绿泥石	石灰石	红柱石	方柱石	绿柱石	符山石	石榴子石	电气石		锆英石	榍石	磁铁矿	褐铁矿	
13	15—36	黄河	3.4	31.7	10.1		7.8	15.2	3.3	5.5				0.2			1.3	2.0	0.2			21.2	1.5		
14	10—24	黄河	1.6	32.3	9.4		8.2	19.0	2.1	2.4				0.2			1.9	1.2	0.2			20.6	1.8	0.7	
	121—160		3.4	35.6	5.8		6.3	13.9	3.7	1.1				0.8			2.1	1.5	0.5			25.4	2.6	0.7	
24	0—20	黄河	2.0	34.2	16.4		5.4	13.0	2.3	1.3				0.9			2.6	0.6				21.6	1.7		
18	12—26	沁河	4.0	18.4	4.9	2.4	1.6	8.9	3.7	1.4				2.6	0.9		0.7	3.2					47.7	3.1	0.5
	58—83		4.4	21.0	6.9	2.0	1.4	10.5	2.5	1.5				2.0	0.8		0.8	2.3					46.0	1.8	0.5
20	0—30	沁河	4.0	15.5	3.8	3.3	1.4	8.2	2.9	1.0				1.2	0.5		2.8	1.4	0.7			55.0	2.3		
25	27—68	漳河	2.0	21.5	8.9	2.0	1.1	11.8	1.2	3.6							2.4	1.0	0.3			45.7	0.5		
	100—120		7.8	18.4	9.6	1.1	0.7	10.8	2.5	1.1	0.8			0.3			2.5	1.5	1.3			47.3	2.1		
26	0—15	漳河	1.4	29.9	6.4	1.8	0.7	2.6	2.3	3.1				0.6	1.8		2.9	1.3	0.4			45.3		0.3	
17	65—115	次生黄土	4.1	33.6	13.2	1.5	8.1	10.8	2.5					1.1			1.2	2.3	0.4			24.4		0.5	
16	10—48	黄土	2.2	23.3	12.5		4.8	21.3	2.6	0.3	2.2						0.3	1.2	0.2			27.3	1.1		
	48—77		2.4	25.0	5.5		3.2	17.7	1.8	0.5	0.7				0.2		0.5	1.2	3.0	0.5	0.3	38.9	1.0		
15	51—90	洪积冲积物	3.0	21.8	12.5	3.9	9.1	3.2	4.0	3.0	0.4				0.2		2.3	2.1	1.0			33.9	1.0	1.6	
22	12—36	黄河	4.0	33.1	16.3		5.0	8.5	0.9						0.3		0.8	0.5				24.0	0.6		
	76—90		4.6	32.2	27.4		7.0	14.0	1.4						0.3		0.3	0.3	0.3			16.5	0.6		
21	0—13	黄河	5.6	26.0	5.7		1.4	6.2	9.2	3.9				1.4				1.9	0.7			43.6			
	13—27		5.2	26.5	9.3		2.7	7.5	6.3	4.6	1.3			1.3			0.1	0.9	0.4			39.0	1.0	0.4	
	115—130		14.0	24.7	8.7		3.3	10.7	5.6	4.6			1.5			0.2	1.6	0.6			35.8	1.8	0.9		

表4 沉积物中原生矿物(0.1—0.01毫米)的组成份

剖面号	深度 (厘米)	沉积物 来源	轻矿物 含量 (%)	轻矿物(比重<2.9)(%)							
				石英	斜长石	钾钠长石	钠长石	微斜长石	白云母	黑云母	绿泥石
13	15—36	黄河	96.6	56.8	2.4	13.2			19.6	8.0	
14	10—24	黄河	98.4	56.5	2.0	23.6		0.3	11.5	6.1	
	121—160		96.6	55.9	0.3	19.8			15.8	8.2	
24	0—20	黄河	98.0	67.7	2.0	9.3		0.1	19.2	1.7	
18	12—26	沁河	96.0	61.6	19.5	0.8		0.2	8.6	9.3	
	58—83		95.6	65.9	22.4	0.7		1.0	3.9	6.1	
20	0—30	沁河	96.0	65.2	28.4	1.0		0.2	0.9	4.3	
25	27—68	漳河	98.0	45.0	24.5	14.5		0.7	10.0	5.3	
	100—120		92.2	44.1	15.2	19.4			13.1	7.4	0.8
26	0—15	漳河	98.6	40.8	23.9	28.3		0.3	3.0	3.2	0.5
17	65—115	次生黄土	95.9	66.3		12.6	3.5		10.2	5.7	1.7
16	10—48	黄土	97.8	58.9	12.8	16.3		0.2	9.1	2.7	
	48—77		97.6	57.2	14.1	18.9		0.1	7.6	2.1	
15	51—90	洪积 冲积物	97.0	81.5	4.3	1.8			5.6	6.6	0.2
22	12—36	黄河	96.0	61.5	4.6	13.3		0.1	15.1	5.1	0.3
	76—90		95.4	67.5	1.3	21.2		0.1	8.0	1.4	0.5
21	0—13	黄河	94.4	59.4	2.3	25.2		0.1	7.4	5.6	
	13—27		94.8	61.8	4.9	19.5		0.4	5.6	7.8	
	115—130		86.0	62.3	3.9	14.3		0.3	9.2	10.0	

矿物、绿帘石和辉石比黄河沉积物低,云母类矿物和黄河沉积物相差无几,其他重矿物含量很少。沁河沉积物中含有砂灰石,在黄河沉积物中未曾发现。漳河沉积物与以上两种沉积物都不同,轻矿物虽以石英为主,但比上述两种沉积物低得多,斜长石含量与沁河沉积物相近,钾钠长石含量与黄河沉积物相近,而云母类矿物稍低于它们。重矿物以磁铁矿为主,但较沁河低些;闪石类矿物介于黄河、沁河沉积物之间;辉石类含量和沁河沉积物一样,比黄河沉积物显著降低;红柱石和砂灰石间或出现;其他重矿物含量也不多。次生黄土中石英含量是最主要的;钾钠长石和云母类矿物含量较高。不稳定矿物是以闪石类和辉石类矿物为主,稳定矿物以磁铁矿和绿帘石为主。黄土沉积物与次生黄土比较稍有不同,石英、钾钠长石和云母类矿物都较次生黄土低些,而斜长石则比次生黄土高得多。重矿物中,闪石类和辉石类矿物较次生黄土低,而绿帘石、磁铁矿则较次生黄土高,石榴子石、电气石、锆英石等的含量相近。与其它地区的黄土比较(刘东生,1964;曾河清,1965),亦稍有不同,其重矿物部分有较多的磁铁矿和较少的锆英石、楣石等稳定矿物。河南辉县地区的山前冲积物是属太行山前的冲积物,石英含量特别高,为其他沉积物所不及。磁铁矿是重矿物中的最主要矿物,而闪石类、辉石类和云母类矿物仍是主要矿物。石榴子石和电气石虽然不是主要矿物,但其含量也与黄土和漳河沉积物接近。

显然各种沉积物的矿物成份都有差异,但黄河与沁河沉积物之间的差异极为明显,并可利用这两者的差异来推测沉积物的来源。如河南武陟县、修武县、获嘉县境内的郟封岭,系由近代沉积物构成的东西向缓岗,对于它的来源,曾有种种不同判断。我们分析了两个剖面,一个位于郟封岭中段修武县境内(剖面 21),轻矿物部份与黄河沉积物接近,以石英、钾钠长石和云母类矿物为主,斜长石含量很少。重矿物部份与沁河沉积物相似,系以磁铁矿为主,闪石类、辉石类矿物和绿帘石等都比黄河沉积物低。另外还有少量的矽灰石。其他重矿物含量很少(表 3, 4)。另一剖面位于郟封岭东部末端获嘉县境内太山庙附近(剖面 22),其轻、重矿物都与黄河沉积物相似,只不过石英和磁铁矿的含量稍为高些,而白云母和闪石类、辉石类矿物低些(表 3, 4)。从这两个剖面的矿物成份看来,郟封岭至少是黄河和沁河两条河流沉积物的产物,沁河肯定在这一带留下了沉积物,只是可能愈往东部影响愈少。

五、摘 要

对豫北平原几种主要沉积物发育的土壤进行了 X 射线分析、化学分析和偏光显微镜鉴定。结果表明在 0.001 毫米和 0.01—0.1 毫米粒级中,这几种土壤的矿物成份与沉积来源有关,而与土壤类型及土壤机械组成关系不大,这些沉积物发育的土壤的粘粒部份(小于 0.001 毫米)主要成份是水化云母,并有高岭石、蒙脱石和少量的蛭石。黄河沉积物所发育的土壤含蒙脱较多;漳河沉积物、黄土、次生黄土所发育的土壤次之;沁河沉积物所发育的土壤含蒙脱最少。在 0.01—0.1 毫米这一粒级中,原生矿物的轻矿物主要由石英、长石和云母组成。重矿物在黄河沉积物中以普通角闪石为主,沁河和漳河沉积物以磁铁矿为主。最后讨论了根据矿物组成来推测沉积物的来源的可能性。

参 考 文 献

- 刘东生等, 1964: 黄河中游黄土。科学出版社。
曾河清, 1965: 黄河中游黄土的碎屑矿物和结构研究。中国第四纪研究, 第 4 卷 1 期, 47—61 页。
许冀泉, 1961: 中国土壤胶体研究: III. 褐土胶体的矿物组成。土壤学报, 第 9 卷 3—4 期, 103—109 页。
熊毅、席承藩, 1965: 华北平原土壤。科学出版社。
Hseung Yi, Marshall, C. E., Krusekopf, H. H., 1949: On the origin of gumbotils. Soil Sci. Soc. Amer. Proc., 14:311—315.

MINERALOGICAL PROPERTIES OF THE QUATERNARY SEDIMENTS IN NORTHERN HONAN

Tang Song-liu, Gu Xing-yun and Luo Jia-xian

(*Nanjing Institute of Soil Science, Academia Sinica*)

Summary

Investigations on the mineralogical properties of the important soils developed on sediments in Northern Honan made by X-ray diffraction, polarizing microscopic examination and chemical analysis showed that the mineralogical composition of the soil was closely related to the origin of the sediment materials, but not related to the soil types and the mechanical composition. The main constituent of the clay fraction (< 1 micron) of the soils was hydrated micas, at the same time kaolinite, montmorillonite and a few vermiculite were also present. The content of montmorillonite was highest in the soils developed on the sediments of Yellow river, and it was lower in the soils developed on the primary and secondary loess and on the sediments of Zhang river, whereas the least content of montmorillonite was found in the soils developed on the sediments of Xin river.

In the coarse soil particles, ranging from 10 to 100 microns, the light minerals were mainly composed of quartz, feldspars and micas. The heavy minerals in this fraction, however, varied with the origin of the soil. Hornblende was predominate in the soils developed on the sediments of Yellow river, and magnetite in the soils developed on the sediments of Xin river and Zhang river.

The paper suggested the possibility of tracing the origin of the soil parent materials, as illustrated in the said areas, by their mineral composition.