

盐井沟流域内堆积物的粘土矿物分析

寇玉贞

(中国科学院、水利部成都山地灾害与环境研究所)

提 要 重点对盐井沟流域内泥石流堆积物及泥石流形成区土体的粘粒含量和粘土矿物进行了分析。分析结果表明,泥石流堆积物的粘粒含量与泥石流形成区土体的粘粒含量不匹配,前者仅为后者的1/14。粘土矿物主要为伊利石、绿泥石,次为蒙脱石、高岭石和蛭石。泥石流堆积物与泥石流形成区土体两者的主要粘土矿物种类基本相同。

关键词 粘粒含量 粘土矿物 泥石流形成区土体 泥石流堆积物 矿渣土

盐井沟位于四川省冕宁县泸沽区境内,是成昆铁路北段泥石流活动频繁、规模较大、危害严重的沟谷之一。该沟发源于大顶山北西坡,由南向北汇入孙水河。主沟长8.4公里,沟床平均纵坡15.5%,流域面积13.6平方公里,流域内南端最高点海拔3455米,北端沟口海拔1650米(图1)。盐井沟中上游多呈V形谷,下游较宽阔,而沟口至其以上770米处,又是峡谷^[1]。这种沟谷地形易汇集地表径流,为泥石流形成提供了动力条件。

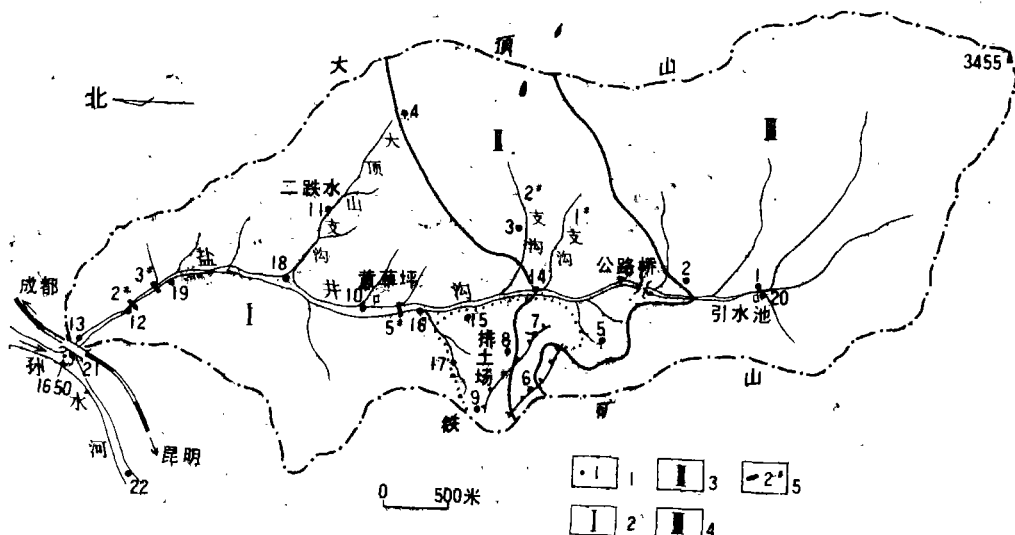


图1 盐井沟流域内采样点分布

Fig. 1 The distribution of sampling sites in the watershed of Yanjing Gully

1. 采样点及其编号; 2. 花岗岩区; 3. 变质岩区; 4. 碎屑岩区; 5. 拦沙坝及其编号

流域内干湿季明显,年降水量1100毫米,多暴雨,次生林覆盖率29%^[2],但乱砍滥伐林木现象相当普遍,造成山坡失稳,土体结构疏松,易遭水流面蚀,并局部产生崩滑,致使松散土体不断流入沟内,为泥石流形成提供了松散固体物质。

盐井沟沿一南北向的断裂发育,该断裂具有多期构造叠加和继承性^[1]。岩石受构造挤压强烈,破裂严重,沿沟两岸崩落岩块随处可见。

流域中上游,采矿弃碴(矿碴土)堆于山坡和沟谷,阻塞沟道,累计已达630多万立方米^[9]。此外,当地居民采矿弃碴和掏挖捡矿,人为地增大不稳定松散固体物质量,又为泥石流频繁暴发提供了充分的物源条件,致使1970年以来不断暴发矿山泥石流。

盐井沟流域内的堆积物主要有:泥石流形成区土体(残坡积物与坡积物等,1—6号样);矿碴土(7—9号样);泥石流堆积物,其又分两类:1970年以前生成的自然泥石流堆积物(10—13号样),1970年以来生成的矿山泥石流堆积物(14—19号样);沟谷浑水堆积物(又分溪沟浑水堆积物 20—21号样,河流浑水堆积物 22号样)等。

兹将流域内堆积物的粘粒含量和粘土矿物特征(附表)论述于后。

附表 盐井沟流域内堆积物的粘粒含量和粘土矿物特征

Table Clay content and clay mineral characteristics in the deposits

样号	采 样 地 点	堆 积 物 类 型	pH	粘粒含 量(%)	主要粘土矿物含量(%)					粘土矿物 组合类型
					伊利石	绿泥石	高岭石	蒙脱石	蛭石	
1	引水池大顶山一侧	泥石流形成区土体	5.40	16.14	51.03	37.63		3.70	7.64	I-Ch-V-M
2	大顶山公路桥旁		5.62	14.87						
3	2#支沟上游		5.90	27.25	5.68	89.40	1.89	3.03		Ch-I-M-K
4	大顶山支沟上游		5.65	21.33	3.90	92.76	1.48	1.86		Ch-I-M-K
5	铁矿山花椒树		6.05	19.66						
6	铁矿山顶公路旁		5.85	15.77	13.43	83.96		2.61		Ch-I-M
7	3号排土场上缘	矿 碴 土	7.80	1.96	70.81	25.87	0.65	2.67		I-Ch-M-K
8	4号排土场上缘		6.85	7.88	69.42	24.79		5.79		I-Ch-M
9	7号排土场上缘		8.40	3.87	34.24	61.91		3.85		Ch-I-M
10	黄 草 坪	自然泥石流堆积物	6.50	2.81	95.91	1.09	1.16	1.84		I-M-K-Ch
11	大顶山支沟二跌水		7.70	1.35	66.17	20.60		1.02	12.21	I-Ch-V-M
12	2#坝下游左岸		9.05	1.91	61.36	20.90	3.78	2.27	11.69	I-Ch-V-K-M
13	孙水关大桥下右岸		8.70	1.28	64.68	34.03		1.29		I-Ch-M
14	排导堤入口处	矿山泥石流堆积物		1.49	84.51	15.31		0.18		I-Ch-M
15	5号排土场下支沟			0.60	44.03	55.69		0.28		Ch-I-M
16	7号排土场下支沟			1.05	44.06	55.38		0.56		Ch-I-M
17	7号排土场坡脚			0.09						
18	大顶山支沟沟口		8.30	3.26	42.93	49.06	7.16	0.85		Ch-I-K-M
19	3#坝上游60米处		9.10	0.30	39.20	50.79	8.22	1.79		Ch-I-K-M
20	引水池主沟内	溪沟浑水堆积物	6.32	1.06	84.25	13.68		2.07		I-Ch-M
21	盐井沟沟口				56.61	40.36	2.08	0.95		I-Ch-K-M
22	孙水河边滩	河流浑水堆积物		1.42	79.53	19.88		0.59		I-Ch-M

注: I 为伊利石; Ch 为绿泥石; V 为蛭石; M 为蒙脱石; K 为高岭石。

一、粒径 < 1 微米粘粒含量

在盐井沟流域内共采 22 个土样(见图 1),并进行了粘粒分析。泥石流堆积物中粘粒

含量占固体颗粒总量(以下简称粘粒含量)0.30—3.26%,可见泥石流堆积物以粗粒物质为主;若有常流水或永久泉水存在,粘粒含量会更低。如无常流水流经的16号样粘粒含量为1.05%,而有常流水的17号样粘粒含量只有0.09%,细粒物质已被常流水挟带流失。再者,自然泥石流堆积物粘粒含量均值(1.84%)高于矿山泥石流堆积物粘粒含量均值(1.13%)。除10号样中粘粒含量(2.81%)稍高外,其余自然泥石流堆积物样品粘粒含量基本相同。此外,不同地点的矿山泥石流堆积物粘粒含量差别较大,其中18号样粘粒含量(3.26%)最高。

泥石流形成区土体粘粒含量为14.87—27.25%,其中流域东侧1—4号样粘粒含量均值(19.90%)高于流域西侧5—6号样粘粒含量均值(17.72%)。这反映在矿山泥石流堆积物上,如1984年5月暴发的泥石流固体物质主要来源于流域东侧的大顶山支沟沟坡堆积物,该沟沟口的18号样粘粒含量就远高于14—17号样与19—20号样的粘粒含量。

矿碴土多为母质岩块,矿山泥石流堆积物也多为粗粒物质,粘粒含量相应就少,这与实验结果相符合。矿碴土粘粒含量为1.96—7.88%,均值为4.57%。8号样粘粒含量高于7号样、9号样的粘粒含量。

总的来看,盐井沟流域内泥石流堆积物、泥石流形成区土体及矿碴土三者的粘粒含量相差甚大。泥石流堆积物粘粒含量均值(1.41%)远小于泥石流形成区土体粘粒含量均值(19.17%),前者仅为后者的1/14,前者为矿碴土粘粒含量均值(4.57%)的1/3。这说明:1. 盐井沟水流对泥沙的挟带输送能力很强;2. 盐井沟泥流体容重虽很大(最高达2.2吨/立方米),但因粘粒含量极少,而使泥流体粘性偏小,粗粒物质易沿沟分离沉积;3. 泥石流在沟内的堆积表面就比较平缓,少垄岗状堆积及舌状堆积。

二、主要粘土矿物形态特征

土样经过筛分、超声波振荡分散处理后,提取<1微米的粘粒作X射线衍射分析和电子显微镜观察用的样品。电子显微镜下见到的粘土矿物形态特征^[4]如下。

(一)伊 利 石

其多为带尖角和直边的大片状晶体,少数晶体的尖角稍有磨损。有的晶体呈板条状,两个长边基本平行。晶体一般较厚,对电子多呈不透明,结晶较好,轮廓清晰。伊利石的另一种形态是,轮廓虽仍清晰,但尖角已完全消失,呈边界圆滑的等度片状体,并凝聚在一起,对电子呈半透明到不透明,片体较前者为小(照片1,2)¹⁾。

上述两种形态均显示出有局部变薄呈半透明现象,变薄处边棱模糊,并出现蒙脱石特有的雾状外貌特征。

(二)绿 泥 石

其多呈轮廓清晰、具直边和角状轮廓的厚片状晶体,片体较大,晶体边缘有剥裂变薄现象。另一种形态是,虽也呈厚片状晶体,但在不平直的边棱上具多个小尖棱角,其整体形态似一片树叶(照片3)。还有一种形态是,虽显示绿泥石外貌形态,但在边棱与角状处变

1)本文照片见刊末图版Ⅲ,Ⅳ。

薄而裂开成细鳞片集合体,变薄处还出现蒙脱石雾状特征,晶角处尤为明显(照片4)。

(三)高岭石

没有观察到结晶完好的等边对称假六方形高岭石的典型形态。在显微照片上,多为晶角较钝的浑圆状六方形轮廓或短柱状晶体,有的晶体边缘被溶蚀呈现缺陷或变薄,变薄处出现蒙脱石的特征形态(照片5,6)。

(四)蒙脱石

其多呈现边缘不规则,并带有突刺状的粗大絮状集合体。另一种形态为边界模糊的云雾状薄片集合体(照片7)。

蒙脱石(属蒙脱石的化学变种)呈边棱较清晰的长板条状,一端较致密,另一端裂开并发生扭曲变形或分裂成细束而逐渐变薄(照片8)。

(五)蛭石

其为轮廓较清晰的大片状晶体(照片9)。

(六)海泡石

其呈长宽比较大的窄条状单晶组成的束状集合体,又似致密的薄片状。

(七)具有过渡形态的粘土矿物^[4,5]

它们既保持变化前原矿物的典型外貌形态特征,又显现出转化后新的矿物典型外貌形态特征,因此具有双重形态特征。外界环境的变化,导致粘土矿物周围介质条件的改变,使原来生成的粘土矿物要转变为另一种适宜于新环境条件的粘土矿物,也可能只形成还未完全转化为新粘土矿物的过渡性矿物。

现将电子显微镜下见到的某些矿物之间的过渡形态分述如下。

1. 伊利石-蒙脱石 显示出伊利石局部变薄,呈半透明模糊状边缘线,变薄处出现蒙脱石雾状特征,并与绿泥石伴生(见照片1,2)。

2. 绿泥石-蒙脱石 绿泥石原有的外貌形态特征还清楚可辨,但在晶体边缘处(尤其是拐角处)已逐渐变薄而模糊,出现蒙脱石特有的雾状外貌特征(见照片4)。晶体表面、边棱部分和内部均发生变化,呈现整体蒙脱石化。这种由表及里的转化进程持续下去,很快会使绿泥石变为蒙脱石。当然在过渡形态矿物的周围,尚有变化不大的绿泥石晶体。

3. 高岭石-蒙脱石 假六方形板状高岭石晶体的晶角已变钝,甚至完全消失而呈圆弧状,但仍能隐约显示出变化前高岭石的假六方晶形。在晶体的边缘部分已变薄,部分出现蒙脱石特有的花絮状外貌特征。这种转化进程延续下去,将有可能使整个矿物晶体过渡为蒙脱石(见照片6)。

此外,还观察到与粘土矿物伴生的其他非粘土矿物,如三水铝石(照片10),针铁矿、赤铁矿(照片11),以及硅藻碎片(照片12)等。

三、粘土矿物的组合类型及分布

(一)粘土矿物组合类型

根据电子显微镜观察和X射线衍射图谱(图2)的峰值强度及相应面积大小的量算,

对主要粘土矿物相对百分含量作了概略计算(见附表)。计算结果表明,盐井沟流域内泥石流形成区土体和泥石流堆积物中,粘土矿物主要为伊利石与绿泥石,其次是蒙脱石,部分出现高岭石和少量蛭石,间或有极少量海泡石和埃洛石。具有过渡形态的矿物普遍存在。

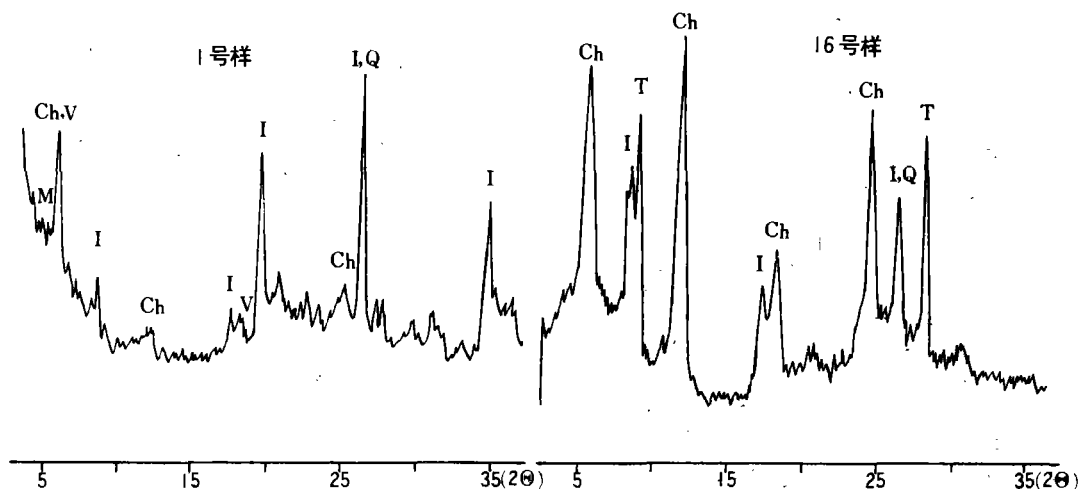


图2 盐井沟流域内粘土矿物X射线衍射图谱(Cu/C)

Fig. 2 X diffraction ray of clay minerals (Cu/C)

I. 伊利石, Ch. 绿泥石, M. 蒙脱石, V. 蛭石, Q. 石英, T. 滑石

按主要粘土矿物相对百分含量的大小,组合类型分为两大类:

1. 以伊利石为主,其次是绿泥石、蒙脱石和高岭石等的组合类型(图2, 1号样)。属此类组合类型的粘土矿物,主要来源于中粗粒砂岩、粉砂岩、页岩及花岗岩等。
2. 以绿泥石为主,其次是伊利石、高岭石和蒙脱石等的组合类型(图2, 16号样)。属此类组合类型的粘土矿物,主要来源于变质石英砂岩、绢云母千枚岩、石英千枚岩、白云质大理岩及花岗岩。

流域内由于环境条件略有差异,因此在各大组合类型中还可包含若干小组合类型。

(二) 粘土矿物分布

1. 泥石流形成区土体与矿渣土中的粘土矿物分布

这与所处环境条件密切相关。3, 4, 6, 9号样所处的变质岩区,以及其与花岗岩区接触带附近,均以绿泥石为主(含量61.91—92.76%),次为伊利石(3.90—34.24%)、蒙脱石(1.86—3.85%)及少量高岭石。粘土矿物组合类型为Ch-I-M或Ch-I-M-K。1, 7, 8号样所处的变质岩区与碎屑岩区,则以伊利石为主(51.03—70.81%),次为绿泥石(24.79—37.63%)和蒙脱石(2.67—5.79%)及少量海泡石,1号样点附近出现蛭石,高岭石只在7号样内有少量出现。粘土矿物组合类型基本上为I-Ch-M。

2. 泥石流堆积物中的粘土矿物分布

其变化反映了泥石流流体固体物质的来源和形成条件皆不同。

1) 花岗岩区的泥石流堆积物粘土矿物成分,以伊利石为主(61.36—95.91%),次为绿泥石(1.09—34.03%)、高岭石(1.16—3.78%)、蒙脱石(0.18—2.27%)、蛭石及少量海泡石,高岭石有增多趋势。粘土矿物组合类型为 I-Ch-M, I-M-K-Ch, I-Ch-V-M 和 I-Ch-V-K-M。因汇集大顶山支沟和主沟物源,使得组合类型较多,尤显复杂。

自然泥石流堆积物中的粘土矿物成分以伊利石为主,其次是绿泥石、高岭石、蛭石和部分蒙脱石。其中除 10 号样的伊利石含量较高(95.91%)外,其余三个样的伊利石含量很接近,在 61—67% 之间。从上游到下游,伊利石含量递减,绿泥石、高岭石和蒙脱石的含量均递增。粘土矿物组合类型比较复杂,11 号样为 I-Ch-V-M,10 号样为 I-M-K-Ch。在 10 号样中,除伊利石含量很高外,蒙脱石、高岭石及绿泥石的含量大致接近,并含较多蛇纹石。在 12 号样中,粘土矿物组合类型变成 I-Ch-V-K-M,并有少量海泡石出现。在 13 号样中,粘土矿物组合类型为 I-Ch-M。由此可见,自然泥石流堆积物中的粘土矿物主要来源于盐井沟中上游的残坡积物和坡积物。

2) 矿山泥石流堆积物中的粘土矿物成分有的以伊利石为主,绿泥石和蒙脱石次之,粘土矿物组合类型为 I-Ch-M;也有以绿泥石为主,次为伊利石和蒙脱石,粘土矿物组合类型为 Ch-I-M。1984 年 5 月暴发的大顶山支沟矿山泥石流堆积物中,18,19 号样各类粘土矿物含量和粘土矿物组合类型(Ch-I-K-M)基本相同,并与大顶山支沟上游泥石流形成区土体的粘土矿物成分、含量变化趋势及组合类型基本一致。

3. 沟谷浑水堆积物中的粘土矿物分布

流域内沟谷浑水堆积物含溪沟浑水堆积物(20,21 号样)和河流浑水堆积物(22 号样)。两者的各类粘土矿物含量皆不稳定,但均以伊利石为主要成分(仅 21 号样中含有少量高岭石),粘土矿物组合类型为 I-Ch-M。

(三)粘土矿物的分异

盐井沟流域内粘土矿物具有区域分异特点。

1. 碎屑岩区,面积 6.3 平方公里,出露地层是三叠系、侏罗系,岩性:上部为细砂岩与粘土质页岩,下部系硅质胶结的粗砂岩与砂砾岩。样品中的粘土矿物普遍含有伊利石、绿泥石和蒙脱石,高岭石几乎不存在,还含有较多硅藻碎片,并出现海泡石。

2. 变质岩区,面积 3.0 平方公里,出露岩性为前震旦系变质岩,包括石英砂岩、砂质千枚岩和绢云母石英千枚岩,局部含白云质大理岩。区内岩层中褶皱、断裂十分发育。白云质大理岩的存在,使环境富含 Mg, Fe, 这对绿泥石的形成有利,因此区内绿泥石含量普遍很高(如 3,4,6 号样)。在局部地段(7 号样附近)水介质呈微碱性(pH 为 7.80),利于蒙脱石的形成,并对高岭石有溶蚀作用。

3. 花岗岩区,面积 4.3 平方公里。花岗岩中夹有辉绿岩脉。花岗岩与辉绿岩的 MgO 含量分别为 0.30% 及 9.10%, K₂O 含量为 5.92% 及 2.09%, FeO 含量为 2.41% 及 7.89%。样品中水介质呈碱性, pH 为 8.30—9.10。这种富含 Mg, Fe, K 的碱性环境,对蒙脱石及绿泥石的形成有利。K 的存在则利于伊利石的形成,花岗岩的风化粘土更是以伊利石、高岭石为主,湿热气候也对伊利石及蒙脱石的形成有利,故区内伊利石含量较高。

由上可见,盐井沟流域内粘土矿物的分布,不仅与当地地质构造、岩性有关,而且

与当地气候、水介质酸碱度等环境亦有关。

参 考 文 献

- [1] 罗德富, 1986, 成昆铁路盐井沟泥石流特征及治理意见, 铁道工程学报, (4), 第 172—175 页。
- [2] 中国科学院成都山地灾害与环境研究所编著, 1989, 泥石流研究与防治, 四川科学技术出版社, 第 230 页。
- [3] 李德基, 1990, 四川冕宁盐井沟泥石流综合治理工程浅议, 山地研究, 8(1), 第 67—68 页。
- [4] 张天乐、王宗良, 1978, 中国粘土矿物的电子显微镜研究, 地质出版社, 第 11—62 页。
- [5] 熊毅等, 1983, 土壤胶体(第一册), 科学出版社, 第 96—111 页。

AN ANALYSIS OF CLAY MINERALS OF THE DEPOSITS IN THE WATERSHED OF YANJING GULLY

Kou Yuzhen

(*Institute of Mountain Hazards and Environment, Chinese Academy of Sciences
& Ministry of Water Conservancy*)

Abstract

Yanjing Gully is located in Mianning County of Sichuan Province, at $102^{\circ}14'—102^{\circ}15'E$, $28^{\circ}15'—28^{\circ}18'N$. Since 1970, it has been a well-known debris flow gully at the northern section of Chengdu—Kunming Railway.

The deposits in the watershed are earth body in the formation area, slag earth, debris flow deposits and muddy-water deposits in gully.

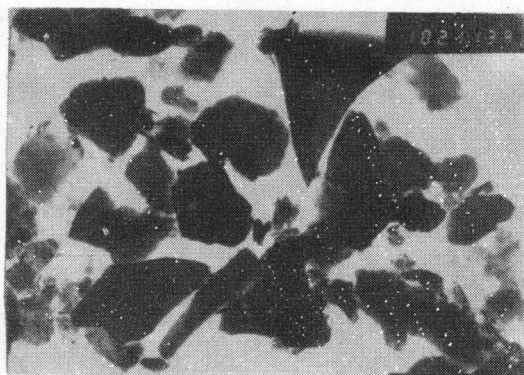
This paper analyzed and determined the clay content of deposits and clay mineral characteristics (Table and Fig. 1).

The average values of clay content: the earth body in the formation area is 19.17%, slag earth 4.57%, debris flow deposits 1.41% and muddy-water deposits 1.24%, in which the clay content of debris flow is less.

The clay minerals in the area mainly are illite and chlorite, secondly are askanile and kaoline, etc.

The distribution of clay minerals have the regional differences, i. e. I. In granite area, clay minerals mainly are illite, secondly chlorite, and less askanile and kaoline etc. II. In metamorphic rock area, they mainly are chlorite, secondly illite, and less askanile and kaoline. III. In debris area, they are illite, secondly chlorite, less askanile and kaoline is almost no.

Key words clay content, clay mineral, debris flow deposit



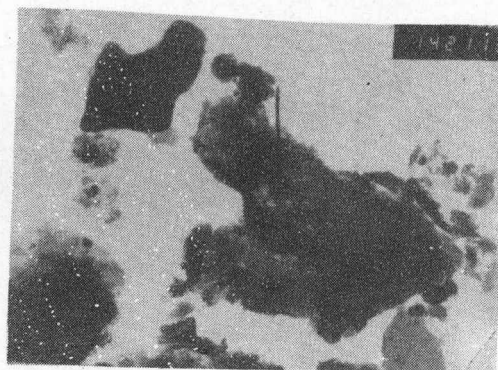
照片 1 3号样中的伊利石($\times 10000$)



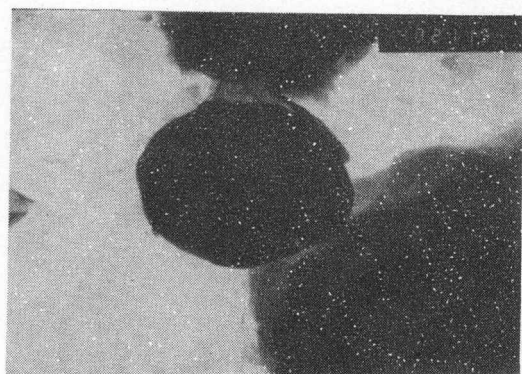
照片 2 7号样中的伊利石($\times 10000$)



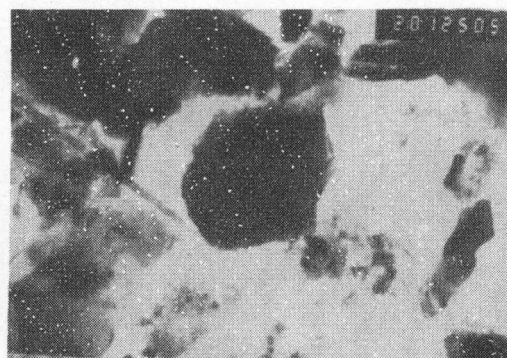
照片 3 18号样中的绿泥石($\times 20000$)



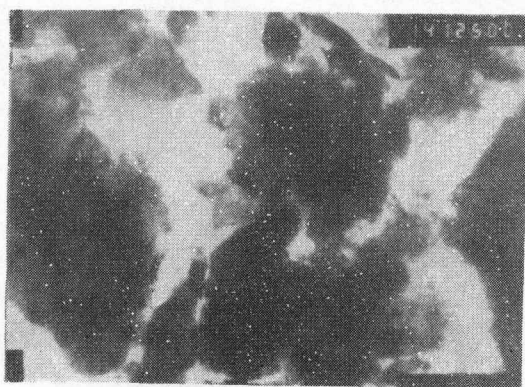
照片 4 4号样中的绿泥石($\times 14000$)



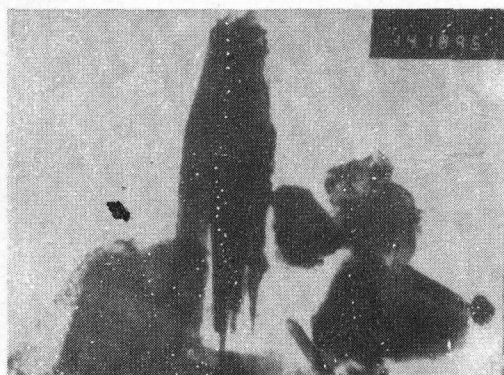
照片 5 10号样中的高岭石($\times 40000$)



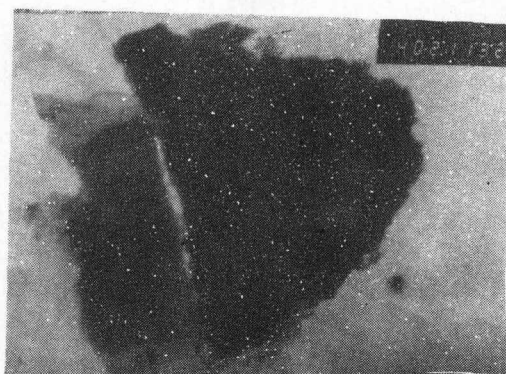
照片 6 12号样中的高岭石($\times 20000$)



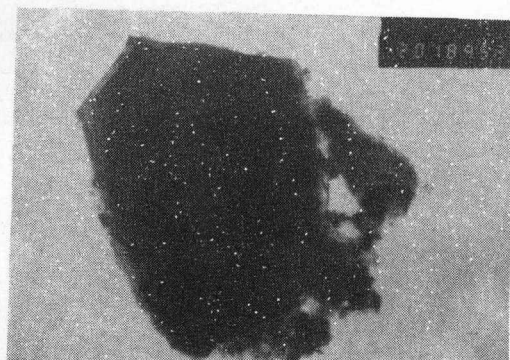
照片 7 12 号样中的蒙脱石($\times 14000$)



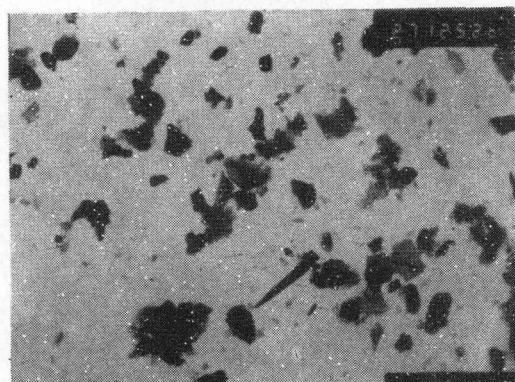
照片 8 18 号样中的囊脱石($\times 14000$)



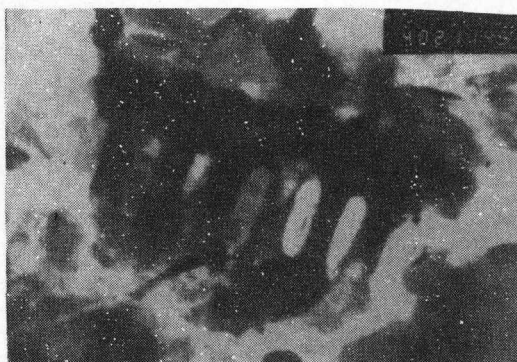
照片 9 1 号样中的蛭石($\times 40000$)



照片 10 18 号样中的三水铅石($\times 20000$)



照片 11 19 号样中的赤铁矿、针铁矿($\times 2700$)



照片 12 3 号样中的硅藻碎片($\times 40000$)