

我国北方石炭—二叠纪火山灰沉积水改造而成的高岭岩

冯宝华

(地质矿产部矿床地质研究所)

提要 本文根据高岭岩的分布、产状、厚度、层位的稳定性和成分的单一性,特别是少量残余的 β 石英、高透长石和锆石等原生矿物组合及其标型特征和痕量元素的含量,论证高岭岩的物源,并探讨其形成过程。

主题词 高岭岩 地开石 高温矿物 痕量元素 物源

作者简介 冯宝华 男 57岁 副研究员 沉积岩石学

我国北方石炭二叠纪煤层分布甚广,其中所夹高岭岩也很丰富。从50年代开始进行研究,但名称繁多,现依沉积岩命名的原则,本文拟延用高岭岩之称。关于成因问题尚有不同观点,本文根据地质产状、分布及其与一般页岩、泥岩和粘土岩不同的特征,着重讨论其成因。

一 地质产状和分布

目前发现的高岭岩多产于煤层中,与煤层接触面清晰平整,未见强烈冲刷和搬运等迹象。厚度薄,一般不超过1米,分布广,层位稳定,是良好的标志层。内蒙乌达煤田的浅色晶屑粗晶高岭岩产于6.7层煤之间,厚0.6米左右,面积约千余平方公里。准格尔旗东部和清水河煤田6号煤层下部夹一层深褐色粗晶高岭岩,厚0.2—0.3米,中—上部夹数层微晶高岭岩,面积约2000平方公里。铜川煤矿在5号煤层中夹粗和微晶高岭岩,厚0.04—0.5米,面积为数百平方公里。大同煤田4号煤层底部夹一层粗晶高岭岩,厚0.3—0.6米,其上约0.6米处又夹一层褐灰色微晶高岭岩,厚约0.3米,面积约2000平方公里,在大同煤田以南至太原和阳泉等地区仍然存在,只是厚度变薄。井陘煤田3号煤层中夹相似的两层高岭岩,厚度元均为0.05米。鲁西各煤田的下二叠统山西组2号煤层中皆夹黑褐色粗晶高岭岩,厚仅0.02—0.03米,太原组的煤层中夹褐灰色微—细晶高岭岩,厚0.1—0.2米,面积约2000平方公里。可见,厚度变化的规律是由西、北向东、南变薄。

二 外貌特征和主要类型

高岭岩多深褐色,部分色黑如煤,但条痕皆为浅色。颜色深浅主要与有机炭含量有关。烧成熟料颜色变白,煤层不发育或不在煤层中的高岭岩色浅。高岭岩的结构类型复杂,由隐晶到粗晶(相对粘土矿物粒度而言)及过渡类型。常见隐晶—微晶和粗晶两种。按颜色和结构特征,可分三种典型高岭岩:

1.浅色含晶屑粗晶高岭岩。浅灰—黄色,砂状、块状构造,特点是原生矿物保存较多。有完整的长石假象(图版 I, 1)但已完全变成微晶高岭石。粗晶高岭石为白色三向近等长的砂粒状,其中含少量地开石。此种高岭岩较少,仅分布在盆地西北最边缘地区。

2.黑褐色粗晶高岭岩 主要由蠕虫状(图版 I, 2)和长柱状高岭石组成,其中常含少量地开石。外形为假六方柱,直径 1 毫米长 5—10 毫米。长轴多沿层面排列。粗晶和细晶高岭岩的断口粗糙故地方命名为大同“黑砂石”,若未经仔细鉴定易误认为砂岩。蠕虫状结构是这种高岭岩独有的特征,分布范围很广。仅少数地区柱状或蠕虫状的晶体沿(001)解理,破碎成砂粒状的内碎屑高岭岩。

3.褐灰色微晶高岭岩 致密、块状构造,性脆,贝壳状断口,极薄的碎片呈棕黄色半透明状。层理不发育,似泥岩,故有高岭石泥岩之称,但产状、分布和物质成分与正常陆源沉积的泥岩有别。微晶高岭岩常位于黑褐色粗晶高岭岩层之上。

三 矿物成分

高岭岩的矿物成分极简单,高岭石常占 90%以上,甚至单矿岩。次要成分常残留一些原生高温矿物,如 β 石英、高透长石、锆石等。

1.高岭石 有各种结构和不同的有序度。一般粗晶高岭石有序度高,X—射线衍射分析在(001)和(002)峰之间出现 5—6 个小峰(图 1)。粗晶高岭石中常含少量地开石,用差热分析在 590℃ 和 670℃ 处有两个吸热谷,分别代表这两种矿物的脱羟基反应。热处理 550℃ 后,X—射线衍射分析,仍有基面衍射峰,如图 2。据此,进一步证实粗晶高岭石中含地开石,因高岭石加热 550℃ 后晶体结构完全破坏,再无衍射峰。微晶和隐晶高岭石大致有两种形式存在,一种是由长石直接转变的微晶高岭石,具板状长石假象,X—射线衍射分析表明有序度较高。另一种是基质中的高岭石,有序度差,在(001)和(002)峰之间的几个小峰连在一起。前者显然是长石水解风化而成,后者可能是胶体沉积的。关于粗晶高岭石中地开石的成因,可能与原生矿物蚀变有关,因为残余的原生矿物越多,即水解程度越浅,地开石越多。

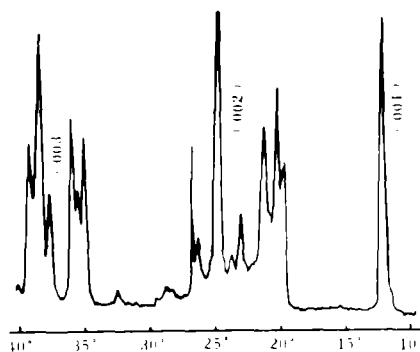


图 1 肥城粗晶高岭岩薄片 X 射线谱图
Fig.1 X-ray diffraction pattern of thin section of macromeritic tonstein

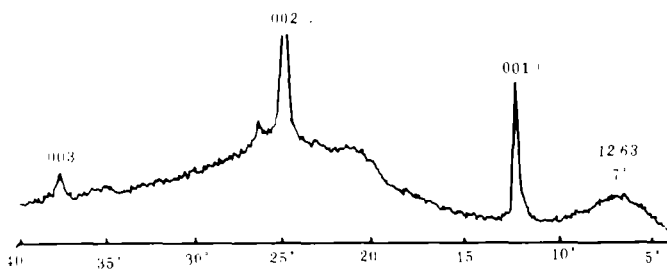


图 2 肥城粗晶高岭岩热处理 X 射线衍射谱图
Fig.2 X-ray diffraction pattern of macromeritic kaolinite-dickite after heat treatment (at 550℃).

2.β 石英假晶 在内蒙乌达、大青山、晋北和鲁西各地高岭岩中都有 β 石英假晶, 为粒状六方双锥, 如图版 I.3 棱角完整, 粒度细。β 石英产于酸性火山岩或火山碎屑岩中, 代表 SiO₂ 饱和或过饱和的高温矿物。B.F. 博霍尔等将富含高岭石岩, 微含石英的高岭作为火山成因的证据。

3. 高透长石 粒度细, 显微镜下多见尖棱角状, 偶见半自形晶(图版 I. 4), 无色透明, 干涉色低, 很象石英, 但为负突起, 二轴晶负光性, 光轴角很小, 光轴面平行(010), 卡斯巴双晶极少, 色散较

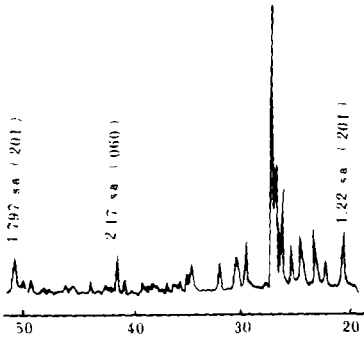


图 3 高透长石 X 光衍射谱线

Fig.3 X-ray powder diffraction pattern of high sonidine.

强。沿裂隙直接风化为微晶高岭石(图版 I. 5)。透长石的 X—射线衍射分析如图 3, 用三峰法求得结构状态为高透长石。化学成分用电子探针定量分析结果平均为: SiO₂66.30, Al₂O₃18.37, K₂O 12.57, Na₂O 3.15, CaO 0.24, FeO 0.09, MnO 0.81, Cr₂O₃0.02, TiO₂0.004。依此计算晶体化学式为: (K_{0.7273}Na_{0.2770}Ca_{0.0118})1.0161(Al_{0.9818}Si_{3.0067}O₈)。高透长石的有序度极低, 是高温相的钾长石。一般产于富钾性火山岩或火山碎屑岩中。

4. 锆石 为长四方柱和四方双锥的聚形(图版 I. 6), 棱角完整。含色体较多。依其标型特征是富碱质酸性岩浆的产物。此三种原生矿物的成因相似, 属同源共生组合。

四 化学成分

用 ICP 发射光谱法测得 37 种元素的含量。锆和铝的数传值偏低, 硅等用其它方法分析。由表 1 可见, 主要化学成分很简单, SiO₂ 和 Al₂O₃ 共占 80 以上, SiO₂/Al₂O₃ 分子比近于 2, Al₂O₃ 的含量达 35%±, 大于一般页岩、泥岩和粘土岩的, K₂O、Na₂O、CaO 和 MgO 的含量都低。为什么

表 1 各地区高岭岩、岩浆岩和页岩的主要化学成分(%)

Table 1 Major chemical compositions of tonstein, magmatic rock, and shale.

		SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	TiO ₂	CaO	MgO	K ₂ O	Na ₂ O
高岭岩	内蒙乌达	50.98	30.92	0.656	0.437	0.096	0.099	0.669	0.118
	内蒙准旗	43.87	35.59	0.343	0.816	0.104	0.099	0.241	0.081
	山西	44.62	34.57	0.415	0.325	0.182	0.083	0.241	0.067
	河北	47.34	32.55	0.343	0.426	0.126	0.282	0.265	0.445
	山东(粗晶)	42.04	31.41	1.744	0.470	0.084	0.199	0.337	0.175
	山东(微晶)	46.94	32.54	0.207	0.390	0.315	0.398	0.441	0.155
	酸性岩	67.09	14.55	3.860	0.384	2.210	0.928	4.025	3.734
	基性岩	49.20	14.73	12.366	2.302	10.632	7.627	1.00	2.426
	页岩 ⁽¹⁾	58.90	15.63	4.07	0.66	3.15	2.47	3.28	1.32

成分如此简单? 笔者认为, 化学分异作用是原因之一, 此外与物源成分和搬运过程中无混人物有密切的关系。

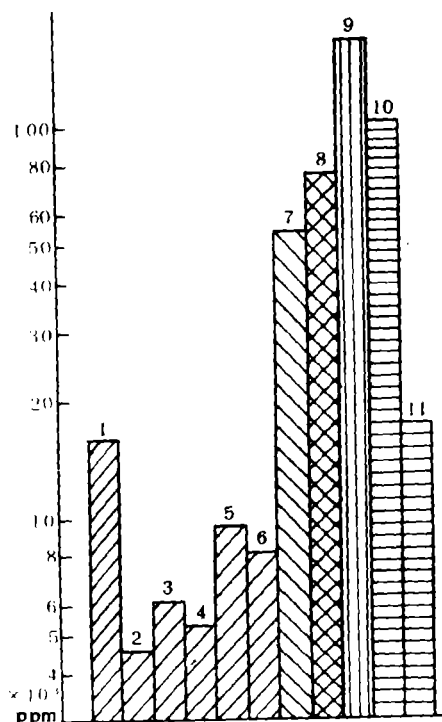
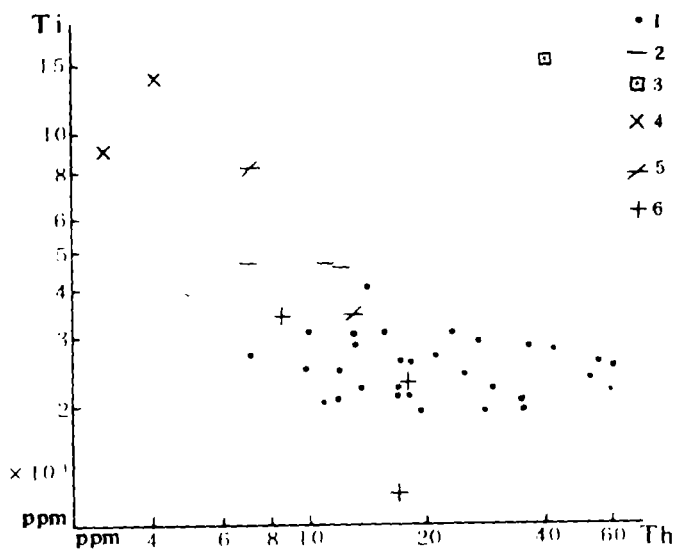


图4 高岭岩(1—6), 页岩(7)泥页(8)铝土岩(9)和岩浆岩(10, 11)中微量元素总含量的比较

Fig.4 Content of trace elements in tonstein (1—6), shale (7), mud stond (8), bauxite (9) and magmatic rock (10, 11)



1. 高岭岩 2. 页岩 3. 铝土矿 4. 基性岩 5. 中性岩 6. 酸性岩

图5 高岭岩、页岩、铝土矿、基岩浆岩(基性、中性、酸性)中Ti和Th含量的相互关系

Fig.5 Correlation of content of Ti and Th in tonstein shale, mud stone, bauxite and magmatic rock (basic, intermediate, acid)

高岭岩中 30 多种微量元素总含量的总和小于页岩、泥岩和基性岩的, 接近于酸性岩如图 4, 其中铁族元素的含量都明显低于上述各类岩石的。在地表条件下铁族元素比碱金属和碱土元素的活泼性低, 不可能有大量溶解流失, 应接近原岩中铁族元素的含量。

钛和钍是更稳定的元素, 二者在两类岩浆岩中的含量相差较大, 钛在酸性岩中的含量比基性岩的低一个数量级。而钍则相反, 酸性岩中的含量约为基性岩的 4 倍, 以有关岩石中钛和钍的含量绘制图 5, 并求出 Ti/Th 比值, 高岭岩的点多在酸性岩附近, 其比值在 30—400 范围内, 页岩的点接近中性岩, 比值在 400—1000 范围内, 基性岩的比值高, 为 3000—3500。按稳定微量元素的含量, 也表明高岭岩的原始成分接近酸性岩浆岩。

五 形成过程的探讨及其意义

(1) 高岭岩的形成 上文分析资料证明此类高岭岩的物源是酸性火山灰,但不是凝灰岩。其形成过程与陆源正常沉积的高岭石粘土岩不同。陆源正常沉积粘土岩的形成,先是风化,再搬运、沉积,而火山成因高岭岩的形成,首先是搬运、沉积然后才风化。依现代火山活动的资料,酸性火山灰可被喷发到数十公里的高空,继而随大气流搬运很远,例如美国黄石火山喷出的火山灰,几乎复盖了美国的西部全区。火山灰在大气流中以悬浮状态搬运,颗粒之间不发生摩擦,故原生晶体和碎屑的棱角保存得完整,在搬运过程中没有陆源物质混入,因此成分非常简单,原生矿物和化学性质稳定的元素含量与原始成分相似。

火山灰在任何自然地理环境中都可能沉积,然而,由于沉积环境和介质的地球化学条件不同,其产物不同。沉积在泥炭沼泽盆地中,因 PH 值和 Eh 值低,含碱金属和碱土元素的矿物和火山玻璃水解,脱去 K、Na、Ca、Mg 和部分 SiO_2 , 直接变成高岭石。火山玻璃无固定的成分和内部结构,易于水解,产生 SiO_2 和 Al_2O_3 的溶胶体,若渗透到植物空腔中或直接沉积成高岭石,此沉积现象与正常胶体沉积的高岭石很难区分,只有从分布范围、产状和原生矿物以及微量元素含量加以识别。

如果火山灰沉积在碱性介质或海水中,含碱金属和碱土元素矿物和火山玻璃水解不充分,则形成蒙脱石和伊利石,例如大多数斑脱岩矿床、四川三叠系中的“绿豆岩”和川南上二叠统煤层中的高岭岩在横向上变为海相伊利石—蒙脱石粘土岩。A.L.Scenkayi, 等(1984)报道过在得克萨斯东中部始新统耶瓜组中,高岭岩和斑脱岩共存和转化的关系。

关于物源方向的问题。根据厚度变化规律和区域地质情况推测,可能系盆地以北和西部褶皱的火山为主。因为华北盆地属较稳定的地块,晚古生代其中未发现大规模的酸性火山活动。在盆地外围,除内蒙古陆外,较活动的褶皱带中酸性火山活动频繁,在盆地北缘晚古生代煤系中发现火山碎屑岩。盆地南秦岭褶皱带也可能有少量物源。

(2) 高岭岩的研究意义

我国北方从古至今主要用含煤地层中的高岭石矿作陶瓷原料。现在又有很多新的用途,如聚合铝和精瓷等。

火山灰比粗粒结晶岩(花岗岩、花岗片麻岩)易于风化,其中碱金属是盐类矿床良好的物源,若古构造和古地理条件有利,可能成矿。

高岭岩层的自然伽玛(γ)比普通页岩的高,宁夏石咀山石炭二叠系中高岭岩的自然伽玛为 $30 \pm \gamma$ 化学分析铀含量达 30—90ppm, 钍为 $30 \pm \text{ppm}$ 。可作为自然伽玛测井地层对比的标志。

火山灰沉积很快,用地质时间概念来衡量可谓等时层,其分布比某些海相灰岩还广,而且在海陆相都有,所以是大区域煤层或微细地层对比最好的标志。具有地内事件地层学的意义。

就物源而言,火山成因的高岭岩应属火山碎屑沉积岩类,但可能由于变化太大,故在火山碎屑岩中没有论述。在国内外沉积岩石学中也几乎没有描述,H.布拉特等在 1972 年“沉积岩成因”一书中简单介绍过高岭岩的特征和成因,但在 1979 年修订本中再未提及。鉴于此类岩石各方面的意义较大,故在沉积岩石学中应予研究,特别是煤田地质的沉积岩更加需要。

据各国报道的高岭岩资料,其地质条件、成分和物源具有全球的共同性。依板块学说,酸性火山活动多发育在陆壳,因此高岭岩的分布规律和物源对研究陆壳活动的时间和规模有一定的意义。

在野外工作期间得到各矿地质师们的热情协助,本文初稿承蒙中国科学院地质所夏璋同志提

出很多有益的意见, 特此一并致谢参加部分野外工作的还有郑直和吕达人等同志。

收稿日期 1986年9月2日

参考文献

- (1) 王绍伟等, 1974, 地质科技, 2期, 4—16页
- (2) 布申斯基, T.N. 1984, 铝土矿地质学, 王恩孚等译, 地质出版社
- (3) 布拉特, H等, 1972, 沉积岩成因, 中译本, 1978, 科学出版社
- (4) 刘焕杰, 1964, 地质论评, 22卷1期, 75—76页
- (5) 沈永和, 1959, 论高岭岩, 地质出版社
- (6) 周永平等, 1983, 云南地质, 2卷1期, 38—46页
- (7) 周永平等, 1983, 煤炭学报, 1期, 76—88页
- (8) 冯宝华, 1986, 煤田地质与勘探, 6期, 8—12页
- (9) 南京大学地质学系, 1984, 地球化学, 科学出版社
- (10) 梁绍遒等, 1986, 煤田地质与勘探, 3期, 8—12页
- (11) 张文昱, 1984, 煤田地质与勘探, 5期, 8—9页
- (12) Addison R., Harrison K., Land D.H., Young B.R., 1983 International Journal of Coal Geology, Vol.3, No.p.11—30
- (13) Bruce F.B., 1983, Abstracts Vol.10, Intern.Congress of Carboniferous Stratigraphy and Geology, p.329
- (14) Blatt H. 1979, Origin of sedimentary rocks, prentice-Hall, Inc, Englewood cliffs, New Jersey
- (15) Perer Francis, 1983, 科学10 p23—34
- (16) Price N.B. Duff P. McL.D., 1969, sedimentology Vol.13, No.1 / 2p.119—124
- (17) Spears D.A., Kanaris-Sourion R., 1979, sedimentology, Vol.26 No.3, p.407—425
- (18) Ryer T.A., Phillips R.E., Bonor Bohor B.R., Pillastro R.M., 1980
- (19) Geological Society of America Bulletin, Part, 1, Vol.91, No.10 p.579—586
- (20) Senkayi, A. L., Dixon, J. B., Hossner, L. R.; Abder-Ruhman, M.; Fanning, D. S., 1984, Clays and Clay Minerals, Vol.32, No.4, p.259—271
- (21) Spears, D.A.; D.A.; Duff, P.M.D., 1984, Canadian Journal of Earth Sciences, Vol.21, No.4, p.465—476
- (22) Williamson I.A., 1970, Mining Magazine, Vol.122, No.2, p.119—124, p.119—124
- (23) Zhou Yiping, Ren Youliang, Bohor B.F., 1982, International Journal of Coal Geology, Vol. 2 No. 1, p.49—77

CARBONIFEROUS— PERMIAN TONSTEINS FORMED BY HYDROLYTIC REFORMATION OF VOLCANIC ASH SEDIMENTS IN NORTHERN CHINA

Feng Baohua

(Institute of Mineral Deposits, Chinese Academy of Geological Sciences)

Abstract

This paper deals with the material source and process of formation of tonsteins mainly on the basis of distribution, occurrence, texture, structure, and material composition. Tonsteins of volcanic origin are exceedingly

widely distributed in our country. They were found in the Inner Mongolia, Shaanxi, Shanxi, Hebei, Shandong in Northern China and wide areas of coal fields in Southwest China. Tonsteins are commonly developed in coal measures of Carboniferous-Permian and stable in horizon. They occur as thin beds less than 1m (some only $0.02 \pm m$.) in thickness but their thickness keep constant in thousands of km^2 , so they may be used as isochronous correlative horizons.

The contact between the top and bottom surfaces of tonstein bed and coal is generally distinct and even, and has no indication of current scour. The bedding is not developed, and generally has massive structure. Tonsteins are usually dark-brown in coal bed, because they contain organic carbon, but are greyish white in coal-free bed. The mineral compositions are very simple. They are mainly composed of kaolinite and kalolinite-dickite. Their textures are very complex and diverse, from cryptocrystalline to macrocrystalline vermicular crystals of kaolinite, and some intact pseudocrystals of feldspar are composed of microcrystalline kaolinite. The degree of order of kaolinites differs by X-ray diffraction analysis, and is generally proportional to the size of crystal. The degree of order of macrocrystal of kaolinite is high. The degree of order of cryprocrytalline kaolinite is low. The macrocrystalline kaolinite contains usually minor dickite. There are two endothermic peaks at 590 and 670 on differential thermal curve. After heat treatment ($550^{\circ}C$) the samples have still (001) and (002) peaks on X-ray diffraction spectrum, so the presence of dickite may be confirmed further. The content of crystal fragment of primary mineral is low, but is the main basis to analysis the source of material.

The chemical compositions of tonsteins are quite simple too. They are mostly silica ($45\% \pm$), alumina ($35\% \pm$), and water ($13\% \pm$), total is $95\% \pm$. The molecular ratio SiO_2 / Al_2O_3 of monomineralic tonstein is close to near 2. The contents of K_2O , Na_2O , CaO and MgO are lower. The trace elements more than 30 were determined by emission spectroscopy using an inductive coupled plasma (ICP). According to this result the contents of iron family elements (Fe, Ti, Mn, V, Cr, Ni, Co) are lower, but those of Th, U, B and Zr are higher. The ratio of Ti to Th is near to acid magmatic rock. Based on colour and textural features three typical tonsteins are common:

1. Light coloured crystallinoclast-bearing macrocrystalline tonstein.
2. Dark-brown, macrocrystalline tonstein
3. Brown-grey microcrystalline tonstein.

The difference of tonstein from common shale and mudstone lies in that the former is widely distributed, thin, stable in horizon, and not developed in bedding. The main difference is that tonstein is exceedingly simple in material composition, the kaolinite contained absolutely predominates and contains a little dickite, the crystallinoclasts of primary mineral include hypothermal mineral assemblages, the Al_2O_3 content is higher, the contents of K_2O , Na_2O , CaO and MgO are lower, the iron family elements contents are lower, and radioactive element content is higher.

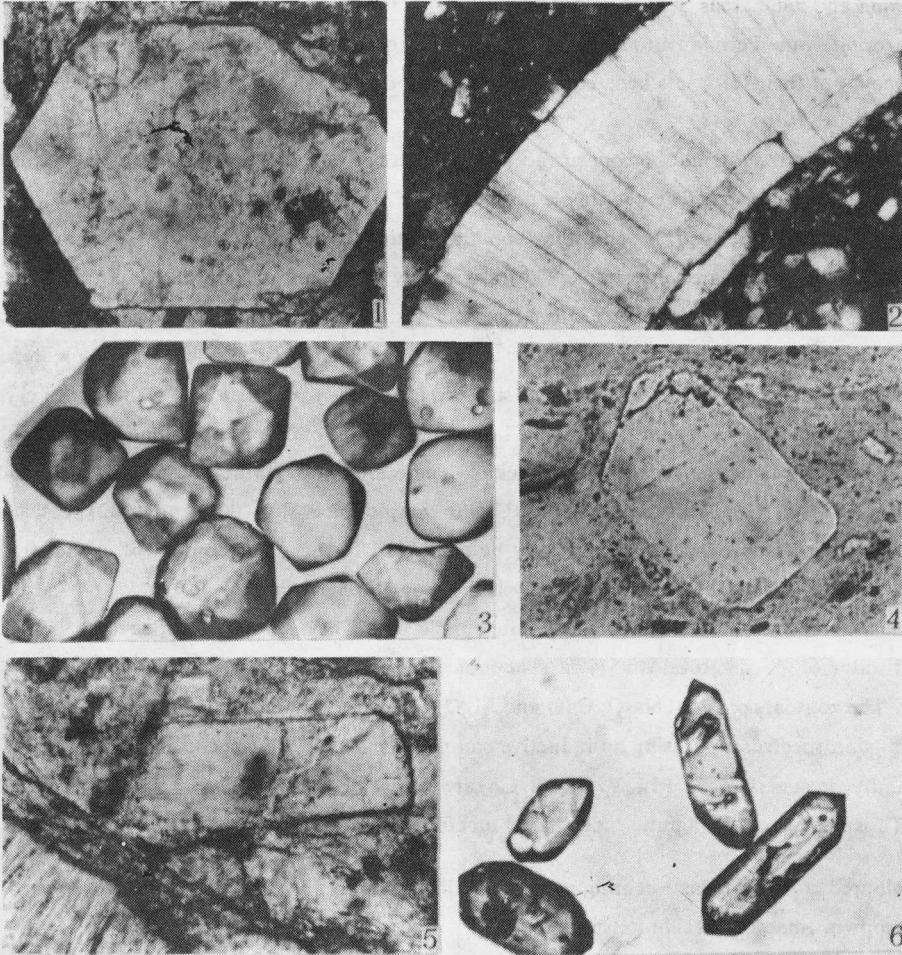
According to the above mentioned distribution, occurrence, texture, structure, particularly mineral and chemical compositions of tonsteins, the material originated from acid volcanic ashes.

The tonsteins have important significance in event stratigraphy and greater economic value. However, at present for the tonstein there are little expoundings in sedimentary petrology, and almost no proper position, these deserving extra attention also.

Feng Baohua

Tonsteins in Northern China

图版 I



1. 晶屑粗晶高岭岩长石假象单偏光 $\times 160$ 2. 蠕虫状粗晶高岭石正交光 $\times 40$ 3. 六方双锥状高温石英假晶 $\times 60$ 4. 鲁西肥城微晶高岭岩中半自形透长石单偏光 $\times 250$ 5. 高透长石裂隙中的高岭石, 单偏光 $\times 250$ 6. 浑源果子园粗晶高岭岩中自形锆石 $\times 60$