

鄂西仁和坪向斜煤系 高岭岩的矿石特征及应用前景

陈开旭^{1,2} 刘明忠³ 刘国庆² 徐德明² 陈泽云³

(1 中国地质大学,湖北 武汉 430074; 2 宜昌地质矿产研究所,湖北 宜昌 443003;
3 宜昌市国土资源局,湖北 宜昌 443000)

摘要:对鄂西仁和坪向斜二叠系梁山组煤系高岭岩成矿地质特征及矿石组分的研究表明,该地区高岭岩矿床属碎屑沉积型,以硬质高岭岩为主,矿层层位稳定,矿石中高岭石多呈隐晶至微晶片状结构,且纯度高(高岭石含量 90%~95%),具有低 Mn($<30 \times 10^{-6}$)高 Ti($>0.5\%$)的特点,矿石中 Fe、Mg、Ca、Na、K、Mn、S、As 及重金属元素 Cu、Pb、Zn、Cd、Tl 等有害组分含量普遍较低。综合分析认为本区高岭岩属功能化极强的优质高岭石原料,在橡胶、塑料、涂料、药用包装等领域有广阔的应用前景。

关键词:煤系高岭岩;矿石组分;仁和坪向斜

中图分类号:P619.23+2 **文献标识码:**A **文章编号:**1000-3657(2004)03-0315-05

高岭岩是世界上应用范围最广的矿物原料之一,近几年随着科学技术的迅猛发展,其应用领域日益扩大。鄂西仁和坪向斜二叠系含煤地层中高岭岩分布广泛、储量丰富、质量优良,具有极高的开发利用价值。本文阐述了该地区二叠系梁山组煤系(俗称马鞍煤系)高岭岩矿床与矿石的基本特征,并对其应用前景进行了分析。

1 成矿地质特征

仁和坪向斜位于扬子地台八面山褶皱带武陵拗陷褶皱束的北端,属建松凹陷之次一级凹陷。二叠系梁山组煤系地层为本区高岭岩矿的含矿岩系,其主体岩性为石英砂岩夹碳质页岩、煤层和高岭岩矿层。

区域上含矿岩系存在 3 个沉积旋回,分别发育 3 层高岭岩矿(图 1)。底部第一旋回由石英砂岩、高岭岩矿、煤层(I 煤层)及碳质泥岩组成。该旋回不稳定,仅发育于仁和坪向斜东扬起端和北翼东段,向西缺失,高岭岩层厚 0~2 m,局部地段构成工业矿体,如夏家湾。中部第二旋回发育最好,由石英砂岩-高岭岩矿层过渡到煤层(II 煤层)、碳质页岩。该旋回是本区高岭岩矿的主含矿层位,区域上延伸稳定,高岭岩一般厚 0.4~2 m,最厚可达 7.8 m。上部第三旋回发育比较稳定,由石

英砂岩、黄铁矿细砂岩、碳质页岩夹薄层高岭岩矿层、薄煤层(III 煤层)组成,但该旋回高岭岩厚度极薄,一般小于 0.2 m,难以构成工业矿体。本区含矿岩系厚度变化较大,一般为 6~30 m,由东向西逐渐减薄。

围绕仁和坪向斜周围有一系列高岭岩矿点(床)出露,其中规模较大的矿床有夏家湾、梯子口,矿点有江家湾、捉乌咀、尖岩河、桃树、高家墩、杨家埡等。矿体形态一般为似层状、透镜状和藕节状。矿体底板均为石英砂岩。矿层与煤层或碳质页岩紧密共生,一般煤层为矿层的直接顶板,局部呈相变关系。矿体中偶夹有团块状或扁豆状砂岩。总体上向斜北翼矿层质量和稳定性好于南翼。

2 矿石特征

2.1 矿石类型

本区高岭岩矿石主要为硬质高岭岩,次为软质一半软质高岭岩和含粉砂质高岭岩。硬质高岭岩多为灰、灰白、浅灰及灰黑色,致密块状,坚硬,硬度为 3.5 左右,遇水不软化、不崩解、不吸水、不膨胀,矿石体重为 2.25~2.41 t/m³;软质矿石呈灰黄色、土黄色,块状,多夹有煤线或碳质(最高碳质含量可达 8%),硬度极低,可塑性强,遇水膨胀,体重为 1.52~2.2 t/m³。

收稿日期:2003-06-05;改回日期:2004-03-06

基金项目:国家矿产资源补偿费矿产勘查项目资助。

作者简介:陈开旭,男,1965年生,博士生,副研究员,从事矿产普查评价及矿床学研究;E-mail:light-sun@sohu.com。

表 1 仁和坪向斜主要高岭岩矿床的物相组成

Table 1 Material composition of major kaolinitic rock deposits in the Renheping syncline

矿床	外观特征	主要矿物	次要矿物	微量矿物
夏家湾	灰黑色, 厚板状、致密块状	高岭石 (93%~95%)	伊利石、绢云母	石英、铁质、锆英石、褐铁矿、电气石
江家湾	灰白—灰色, 致密块状	高岭石 (95%±)	石英、伊利石、碳质	白钛石、锆英石、电气石
桃树	灰色—烟灰色 条纹状致密块状	高岭石 (90%~95%)	碳质、伊利石	白钛石、锆英石、褐铁矿、电气石、绿泥石
梯子口	灰色—灰黑色致密块状	高岭石 (90%~95%)	石英、褐铁矿、伊利石、绢云母	白钛石、锆英石、电气石、金红石、赤铁矿、黄铁矿、绿泥石、锐钛石
捉乌咀	灰褐色—灰色斑块状—条纹状	高岭石 (92%~94%)	碳质、伊利石、褐铁矿、绢云母	电气石、伊利石

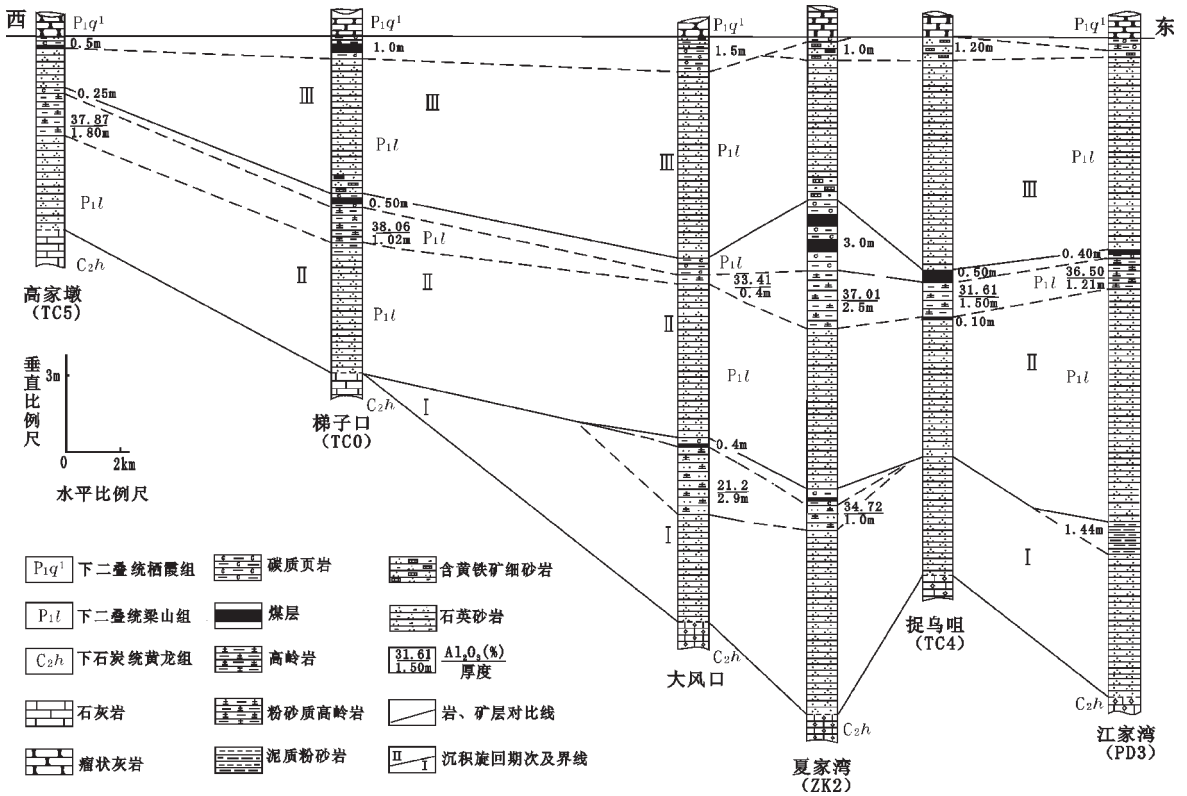


图 1 仁和坪向斜二叠系煤层高岭岩柱状对比图

Fig. 1 Columnar sections of kaolinitic rock in Permian coal measures in the Renheping syncline

含粉砂质高岭岩矿石特征类似硬质高岭岩矿石,仅砂质含量高。

2.2 矿物组成

矿石中主要矿物为高岭石,次要矿物有伊利石、石英、绢云母、褐铁矿、碳质等,微量矿物有白钛石、锆英石、电气石、金红石、赤铁矿、黄铁矿、绿泥石、锐钛石等(表 1)。

用偏、反光显微镜鉴定、X 射线粉晶衍射法及差热分析对矿石的物相分析表明,高岭石在矿石中含量为 90%~95%,粒径 0.005~0.015 mm,多呈假六边形片状结构,呈隐晶至微晶片状集合体,局部(如江家湾矿区)见粗鳞片状,大小 0.02~0.06 mm,呈手风琴状连晶,连晶长达 0.1 mm。

15 件样品 X 衍射分析表明:高岭石均为 1T 型高岭石,含粉砂质高岭岩中石英含量较高;软质高岭岩中含有较多的

伊利石和绿泥石;硬质高岭岩几乎为纯的高岭石。桃树矿区 3 类高岭岩的 X 射线图谱中,硬质高岭岩 (SPDH2) 显示为典型的高岭石衍射图谱(图 2),从衍射峰(001)至(060)间出现三斜高岭石所有的峰,峰形尖锐、对称;(001)和(002)间出现 5~6 个衍射峰,(111)衍射峰分裂清晰或为一个肩。Hinckley(HL)结晶指数为 1.32~1.64,表明高岭岩中的高岭石属结晶程度高、有序度高的高岭石。

伊利石一般呈细鳞片状,大小 0.03~0.06 mm,含量 0.3%~0.5%,均匀分散。石英呈星散粉砂状,粒径 0.005~0.02 mm 为主,少量为 0.04~0.07 mm,含量 0.03%~0.5%。

2.3 矿石化学成分

对仁和坪向斜典型高岭岩矿床采样分析发现,不同矿

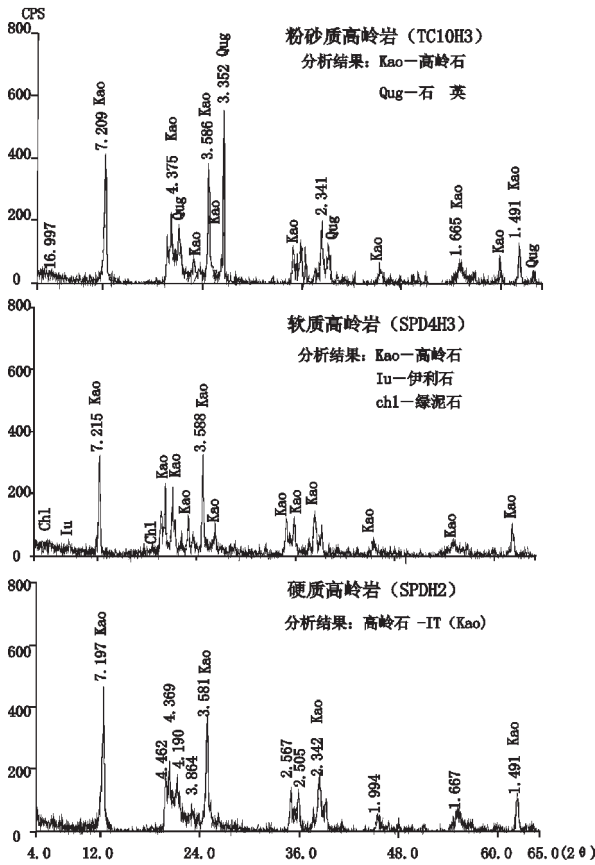


图 2 桃树矿区高岭岩的 X 射线图谱

Fig. 2 X-ray diffraction spectrum of kaolinitic rock in the Taoshu mining area

石类型化学成分及微量元素存在一定的差异(表 2):

①硬质高岭岩 Al_2O_3 、 SiO_2 含量稳定, Al_2O_3 变化范围为 37.72%~38.42%, SiO_2 为 43.68%~46.78%; Fe_2O_3 含量变化较大, 为 0.23%~0.92%; TiO_2 含量较高, 为 0.98%~1.49%; K_2O+Na_2O 含量较低, 为 0.05%~0.53%; CaO 和 MgO 含量低, 小于 0.25%; MnO 含量极低, 为 2.71×10^{-6} ~ 32.7×10^{-6} ; 微量元素 Cu ($<30 \times 10^{-6}$)、Pb ($<25 \times 10^{-6}$)、Zn ($<20 \times 10^{-6}$)、Cd ($<0.1 \times 10^{-6}$)、Tl ($<30 \times 10^{-6}$) 等含量极低, As 元素一般低于 1.5×10^{-6} , 个别样品大于 3×10^{-6} ; 灼失量较为稳定, 一般小于 16%。

②粉砂质高岭岩成分与硬质高岭岩成分差异不大, 由于含有较多的砂质, SiO_2 略高, 为 44.94%~49.38%, Al_2O_3 具有降低的特征, 最低仅为 33.63%。灼失量明显较低, 低于 15%, K_2O+Na_2O 含量低于 0.2%。其他重金属含量不高。

③软质—半软质高岭岩矿石与其他两类矿石的成分相比具有明显的差异。 Al_2O_3 、 SiO_2 含量差异不大, Al_2O_3 为 34.9%~38.4%, SiO_2 为 39.48%~44.58%; TFe 多大于 0.5%, 且含量变化大 (0.34%~1.41%); TiO_2 含量 0.91%~1.72%; K_2O+Na_2O 含量明显较高, 为 0.32%~0.85%, 平均值大于 0.5%; CaO 和 MgO 含量亦较高, CaO 为 0.09%~0.86%, MgO 为 0.14%~

0.47%; MnO 较硬质矿石高, 最高达 119×10^{-6} ; 微量元素 Cu (12.5×10^{-6} ~ 75×10^{-6})、Pb (15.5×10^{-6} ~ 48.2×10^{-6})、Zn (2.8×10^{-6} ~ 53.2×10^{-6})、Ar (1.53×10^{-6} ~ 5.78×10^{-6}) 等均较硬质高岭岩含量高; 由于矿石中一般含有较高的碳质和水分, 灼失量偏高, 最高达 19%。

从三类矿石化学成分的 Al_2O_3/SiO_2 比值可以看出, 含粉砂质高岭岩具有较低的 Al_2O_3/SiO_2 比值, 说明矿石中存在较多游离态的 SiO_2 , 反映矿物组成中含较高石英; 软质—半软质高岭岩与硬质高岭岩的 Al_2O_3/SiO_2 比值接近高岭石的理论值(0.85)。区内高岭岩水解率($TiO_2+Al_2O_3+Fe_2O_3+F_2O_3/SiO_2$ 变化范围为 0.73~0.95 之间, 风化指数值 ($CIA = [Al_2O_3 / (Al_2O_3 + CaO + K_2O + Na_2O)] \times 100$) 高(95.92~99.76), 反映源区受过比较强烈的化学风化作用。岩石中的高钛含量及钛主要以锐钛矿的形式存在(另文著述)可能反映了成矿物质中有部分基性火山灰的加入^[4]。

综合上述高岭岩的成矿地质地球化学特征, 参照刘铁甫等^[2]对煤系高岭岩的成因分类, 本区高岭岩的成因类型应属碎屑沉积型。

3 应用前景分析

从本区三类高岭岩的特点对比可以发现, 以硬质高岭岩和含粉砂质高岭岩的质量最好, 软质高岭岩由于其有害成分较高, 一般仅适用于建筑、陶瓷等传统领域。本区硬质高岭岩的开发利用优势主要表现在以下方面:

(1)本区高岭岩不仅矿石纯度高(高岭石在矿石中的含量一般大于 90%), 而且高岭石呈片状结构, 不同于非煤系管状高岭土, 这些特性使其加工工艺较为简单, 如通过干法工艺就可获得高品质的超细煅烧高岭土^[4]。煅烧加工后产品品质好、纯度高, 其白度相比矿石自然白度(31.3%~59.4%)也显著提高, 一般大于 80%(表 3), 最高可达 86%^[4], 并且产品具有补强性能强, 产品耐气透性能好的特点^[4]。

(2)本区高岭岩的 Fe、Mg、Ca、Na、K、Mn、S、As 及重金属元素 Cu、Pb、Zn、Cd、Tl 等有害元素含量低。除软质—半软质高岭岩外, 其他大多低于国内不同用途高岭石原料质量标准规定的下限值。Mn 含量极低, 特别适合开发橡胶填料; 低 Na、K 使其在尼龙纤维工业中具有良好的应用前景; S、As 及重金属元素 Cu、Pb、Zn、Cd、Tl 等对人体有害的元素含量低, 使其在医药领域具有极大的开发优势, 参照欧美(美国药典: USPXXI; 德国标准: DIN58367)及日本(日本药局方 JPX1)对此类产品重金属含量的要求(欧美 $<40 \times 10^{-6}$, 日本 $<20 \times 10^{-6}$), 本区高岭岩原矿石(除软质矿石外)重金属含量即接近或低于欧美标准。

因此综观本区高岭岩的矿物组成、结构构造、常—微量元素含量及煅烧后的白度实验, 除 TiO_2 含量较高影响其在电子陶瓷、高压陶瓷等领域的应用外, 大多可满足橡胶填料、塑料填料、造纸填料、各种涂料的质量要求。目前应用于药用

表 2 仁和坪向斜高岭岩化学成分及微量元素分析

Table 2 Chemical composition and trace element contents of kaolinitic rock in the Renheping syncline

分析项目	单 位	含粉砂质高岭岩		软质—半软质高岭岩		硬质高岭岩	
		梯子口(1)、桃树(1)、高家墩(1)		捉乌咀(2)、江家湾(3)、桃树(3)		梯子口(5)、高家墩(2)、桃树(3)、江家湾(3)	
		变化范围	平均值	变化范围	平均值	变化范围	平均值
SiO ₂	10 ⁻²	44.94 ~ 49.38	46.91	39.48 ~ 44.58	43.01	43.68 ~ 46.78	44.65
Al ₂ O ₃		33.63 ~ 38.49	36.28	34.9 ~ 38.4	36.95	37 ~ 38.42	38.00
TiO ₂		0.65 ~ 1.71	1.20	0.91 ~ 1.72	1.23	0.98 ~ 1.4	1.14
灼失		12.82 ~ 14.48	13.74	14.38 ~ 19.56	15.97	13.70 ~ 15.58	14.48
TFe		0.29 ~ 0.68	0.51	0.34 ~ 1.41	0.82	0.23 ~ 0.92	0.53
CaO		0.02 ~ 0.11	0.07	0.09 ~ 0.86	0.39	0.04 ~ 0.18	0.10
MgO		0.08 ~ 0.11	0.10	0.14 ~ 0.47	0.25	0.06 ~ 0.25	0.12
K ₂ O+N ₂ O		0.08 ~ 0.16	0.11	0.32 ~ 0.85	0.55	0.05 ~ 0.53	0.17
SO ₃		0.02 ~ 0.8	0.29	0.06 ~ 0.64	0.21	0.01 ~ 1.21	0.17
MnO		10 ⁻⁶	4.65 ~ 6.26	5.21	7.17 ~ 119	27.47	2.71 ~ 32.70
Cu	2.0 ~ 7.5		4.3	12.5 ~ 75	44.2	2.0 ~ 29.5	12.7
Pb	4.5 ~ 14.5		8.5	15.5 ~ 48.2	31.3	0.5 ~ 23.5	11.9
Zn	5.8 ~ 6.2		6.0	2.8 ~ 53.2	19.7	3.3 ~ 18.6	9.3
Cd	0.02 ~ 0.04		0.03	0 ~ 0.34	0.08	0.01 ~ 0.09	0.03
As	0.22 ~ 1.12		0.65	1.53 ~ 5.78	3.72	0.32 ~ 1.38	0.94
Tl	<0.3 ~ 0.36			<0.3 ~ 0.62		<0.3 ~ 0.85	
Al ₂ O ₃ /SiO ₂	0.68 ~ 0.86		0.78	0.83 ~ 0.88	0.86	0.79 ~ 0.88	0.85

注:样品由宜昌地质矿产研究所化学测试室测定,括号内数字为采集样品数。

表 3 矿石—1200 目超细煅烧高岭岩化学分析

Table 3 Chemical analysis of superfine calcined kaolinitic rock (ore - 1200 mesh)

样号	SiO ₂	Al ₂ O ₃	TiO ₂	TFe	Na ₂ O	K ₂ O	CaO	MgO	灼失量	pH值	白度
	10 ⁻²										
01	51.12	44.03	1.45	0.44	1.32	0.14	0.09	0.16	0.23	7.01	84.5
02	51.96	44.50	1.01	0.30	1.28	0.16	0.11	0.14	0.41	6.91	83.4
03	52.49	43.76	0.75	0.38	1.60	0.15	0.20	0.12	0.32	6.86	83.5
04	50.41	43.00	0.28	0.58	1.81	0.14	0.41	0.63	0.42	6.50	81.5
05	49.62	42.56	1.48	0.36	2.00	0.15	0.50	0.17	0.45	6.71	84.4

注:样品由宜昌地质矿产研究所化学测试室测定。

包装制品(丁基橡胶)的超细煅烧高岭岩和应用用于玻璃纤维(池窑玻纤)的超细高岭岩在鄂西地区的已初步产业化,显示出本区高岭岩的深加工产品在药用包装、生物医药、精细化工等尖端领域亦存在极大的应用潜力。

参考文献(References):

[1] 刘钦甫,张鹏飞.煤系高岭岩特征及利用[J].中国煤田地质,1995,7(1):32~35.
Liu Qinpu, Zhang Pengfei. Characteristics and application of kaolinitic rocks in coal measures[J]. Coal Geology of China,1995,7(1):32~35(in Chinese with English abstract).

[2] 刘钦甫,杨晓杰,张鹏飞,等.中国煤系高岭岩(土)资源成矿机理与开发利用[J].矿物学报,2002,22(4):359~364.
Liu Qinpu, Yang Xiaojie, Zhang Pengfei, et al. Mineralization mechanism of kaolinitic rocks in China's coal measures, and their development and utilization [J]. Acta Mineralogica Sinica,2002,22(4):359~364(in Chinese with English abstract).

[3] 程先忠,沈上越,徐德明,等.硬质高岭土在药用橡胶瓶塞中的应用研究[J].非金属矿,2003,26(3):13~14.
Cheng Xianzhong, Shen Shangyue, Xu Deming. Study on application of hard kaolin in pharmaceutical rubber [J]. Non-Metallic Mines.2003,26(3):13~14 (in Chinese with English abstract).

[4] 张德,李珍,沈上越,等.湖北松宜地区煤系高岭岩矿石特征及煅烧增白的试验研究[J].非金属矿,1998(增刊):73~91.
Zhang De, Li Zheng, Shen Shangyue, et al. Ore features and the brightening experimental study on calcining products of coal-series kaolinitic rocks in Song-Yi area, Hubei [J]. Non-Metallic Mines. 1998,(sup):73~91 (in Chinese with English abstract).

[5] 程继刚,史云集,李吉生.高岭土 TK-100 在丁基胶药用瓶塞中的应用[J].中国橡胶,1994,(6):24~26.
Cheng Jigang, Shi Yunji, Li Jisheng. Application of kaolin TK-100 in butyl rubber medical bottle closures [J]. China Rubber.1994,(6):24~26(in Chinese with English abstract).

Ore features and application prospects of kaolinitic rock in coal measures of the Renheping syncline, western Hubei

CHEN Kai-xu^{1,2}, LIU Ming-zhong³, LIU Guo-qing², XU De-ming², CHEN Zhe-yun³

(1. China University of Geosciences, Wuhan 430074, Hubei, China;

2. Yichang Institute of Geology and Mineral Resources, Yichang 443003, Hubei, China;

3. Yichang Bureau of Land and Resources, Yichang 443000, Hubei, China)

Abstract: Study of geological features and ore composition of kaolinitic rock in coal measures of the Permian Liangshan Formation in the Renheping syncline, western Hubei, indicates that the kaolinitic rock deposit is of clastic sedimentary type and dominated by hard kaolinitic rock, with a persistent ore horizon. Kaolinite in the ore is mostly aphanitic to microcrystalline flaky textures, has a high purity (the kaolinite content is 90% to 95%) and is characterized by low Mn ($< 30 \times 10^{-6}$) and high Ti ($> 0.5\%$). The harmful components Fe, Mg, Ca, Na, K, Mn, S and As and heavy metals elements Cu, Pb, Zn, Cd and Tl are all lower. Integrated analysis suggests that the kaolinitic rock may serve as high-quality functional kaolinite raw material and has good prospects in the rubber, plastic, coating and medicinal package industries.

Key words: kaolinitic rocks of coal measures; ore composition; Renheping syncline

● 欢迎赐稿 欢迎订阅

《地球科学与环境学报》

《地球科学与环境学报》(1979年创刊,刊名先后为《西安地质学院学报》、《西安工程学院学报》、《长安大学学报(地球科学版)》、《地球科学与环境学报》)是教育部主管、长安大学主办的地学综合类学术期刊。20世纪80年代以来,她先后被美国《化学文摘》、《美国地质学题录与索引》、俄罗斯《文摘杂志》、《中国核心期刊(遴选)数据库》、《中国科学引文数据库》、《中国地质文摘》、《中国石油文摘》等国内外十余家著名权威文摘或数据库固定收录。

《地球科学与环境学报》编委会由40多名专家学者组成,其中包括17名中国科学院与中国工程院院士、2名长江学者。本刊以发展地球科学以及与之相交叉的环境科学的理论与创新为己任,并将为此而作出不懈的努力。本刊刊登内容主要有基础地质与矿产地质、水文地质与工程地质、环境地质与生态地质、地球物理、地球信息科学等,她重点报道地学前缘及交叉学科的高水平科技成果,突出西部大开发中资源勘查、干旱与半干旱地区地质与生态环境保护以及国家重要基础工程建设中重大地质科技问题的研究特色,将我国尤其是西部地区的地质与生态环境方面的高水平科技成果推向世界。在此,热诚欢迎广大地学科技工作者为本刊撰写论文,对高质量特别是国家各种基金项目或重大科技攻关项目产出的论文将优稿优发。

本刊现为季刊,每季末月出版,96页,每册定价8元,邮发代号52-280,国外代号Q4115,邮局漏订者亦可直接同本刊编辑部联系。

本刊地址:西安市雁塔路南段126号长安大学雁塔校区 邮政编码:710054;
电 话:(029)82339978;85585151; E-mail:dkyhxb@chd.edu.cn

