

煤系高岭岩 及深加工技术

李凯琦 刘钦甫 许红亮 编著

煤系高岭岩及深加工技术

李凯琦 刘钦甫 许红亮 编著

焦作工学院重点学科基金资助

中国建材工业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

煤系高岭岩及深加工技术/李凯琦等编著. —北京:
中国建材工业出版社, 2001.7
ISBN 7-80159-142-9

I. 煤... II. 李... III. 高岭土—煤系—加工—技
术 IV. TU521.3

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2001) 第 031667 号

内 容 提 要

本书主要介绍了煤系高岭岩 (土) 的工艺物理性能、利用途径及选矿提纯、粉体加工、煅烧工艺及设备, 着重介绍了煤系高岭岩 (土) 资源地质学、煤系高岭岩 (土) 制备分子筛、煤系高岭岩 (土) 中镓锗钛的提取工艺、煤系高岭岩 (土) 的夹层作用及应用和煤系高岭岩 (土) 表面改性等国家及省部级项目的研究成果。另外, 还简要地介绍了目前仍处于探索阶段或即将成熟的一些利用方向的原理、方法和工艺。

本书可供从事煤系高岭岩 (土) 开发利用的工程技术人员、科研人员及高等院校师生参考使用。

煤系高岭岩及深加工技术

李凯琦 刘钦甫 许红亮 编著

*

中国建材工业出版社出版

(北京海淀区三里河路 11 号 邮编: 100831)

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

北京丽源印刷厂印刷

*

开本: 787mm×1092mm 1/16 印张: 15.125 字数: 387 千字

2001 年 7 月第一版 2001 年 7 月第一次印刷

印数: 1—1000 册 定价: 30.00 元

ISBN 7-80159-142-9/TU·068

序

我国煤系高岭岩(土)资源丰富,探明储量 28.39 亿 t,总储量在 497.09 亿 t 以上,且大部分为大型和超大型矿床。煤系高岭岩可用于造纸、塑料、橡胶、油漆、陶瓷、水泥、耐火材料、化工、化妆品、冶金等多个领域,具有巨大的开发潜力和市场前景。

我国是高岭岩(土)利用最早的国家,古代利用高岭岩(土)制瓷的成就使“中国”与“陶瓷”同语(China)。在新的历史时期,技术的发展给高岭岩(土)产业带来了新的发展机遇和挑战。我国政府、科研院所和有关高校都十分重视煤系高岭岩(土)的开发利用工作,完成了许多科研课题,取得了一批具有较高理论水平和实用价值的科研成果,随着科研队伍的壮大和资料的积累,需要一部系统反映中国煤系高岭岩(土)资源地质学状况、利用方向及加工技术的参考书。李凯琦、刘钦甫、许红亮等通过多年勤奋努力完成的《煤系高岭岩及深加工技术》一书,符合了当前的迫切需要。

该书的第一章和第二章是国家自然科学基金资助项目(49802010)的部分研究成果;第三章和第四章系统地介绍了煤系高岭岩的工艺性能、利用途径和加工工艺及设备;第五章至第八章都是省部级资助项目的主要研究成果。书中还详细地介绍了煤系高岭岩(土)生产分散剂用分子筛、瓷棒保护粉、混凝土添加剂和高岭岩(土)矿浆分散工艺等最新研究成果和技术。我深信这本书的出版对我国煤系高岭岩(土)开发利用研究将起到积极的推动作用,并十分欣慰的向大家推荐这部有价值的参考书,同时祝愿作者在今后的科学研究中取得更大的成就!

中国工程院院士

韩德馨

2001 年 5 月 15 日

前 言

高岭岩(土)是一种宝贵的自然资源和重要的非金属矿产之一,因其独特的工艺物理性能和化学组成而广泛应用于陶瓷、耐火材料、造纸、橡胶、塑料、石油化工、精细化工、水泥补强剂、净水剂、粘结剂、抗结剂等各个领域。我国高岭岩(土)资源的成因类型齐全,特别是煤系高岭岩(土)储量巨大,质量较好。据不完全统计,我国煤系高岭岩(土)总资源量可达497.09亿t,其中探明储量28.39亿t,且多为大型或超大型高岭岩(土)矿床。

煤系高岭岩(土)是赋存于煤系地层中或以煤层夹矸形式产出的以高岭石为主要组分的沉积岩。煤系高岭岩(土)沉积过程中的生物(主要指植物和微生物)和有机质的影响以及成岩作用、后生作用和部分近地表矿体经历的次生作用的改造决定了它们特征的结构、构造、化学组成及工艺物理性能,而这些特征又决定了煤系高岭岩(土)独特的加工工艺和设备,甚至在经过各加工工序以后的高岭土产品中,仍或多或少地显示着煤系高岭岩(土)加工产品的特性。

本书共八章,第一章和第二章是国家自然科学基金项目(49802010)的部分研究成果,介绍了煤系高岭岩(土)概要、重点矿区资源、煤系高岭岩(土)的物质组成和成因;第三章介绍了煤系高岭岩(土)的工艺物理性能和利用途径;第四章介绍了煤系高岭岩(土)的选矿提纯方法、粉体加工和煅烧工艺;第五章是河南省攻关项目和煤炭部攻关项目的主要成果,重点论述了煤系高岭岩(土)制备分子筛的原理与工艺、原料选择和预处理,4A、13X及3A、5A、10A分子筛的制备及分子筛的质量,并详细介绍了作者新发现的分子筛分散剂用途和高岭岩(土)制备分散剂用分子筛的工艺;第六章是煤炭部青年科学基金资助项目的主要成果,主要论述了高岭岩中镓的提取工艺、锆和钛的提取工艺以及镓锆钛的联合提取工艺;第七章是煤炭科学基金资助项目的主要研究成果,主要介绍了高岭石-有机复合体的制备和高岭石有机夹层作用在化学-功率超声剥片的应用;第八章是煤炭部一般项目的主要研究成果,介绍了矿物粉体表面改性的一般知识,论述了煤系高岭岩(土)表面改性的方法和机理。

本书由焦作工学院资源与环境工程系李凯琦(第三章,第四章的第一节和第二节,第五章,第六章)、中国矿业大学(北京校区)资源开发工程系刘钦甫(第一章,第二章的第二节和第三节)、郑州大学材料科学与工程系许红亮(第二章的第一节,第四章的第三节,第八章)编著,第七章由中国矿业大学(北京校区)刘钦甫、杨晓杰,河北建筑科技学院丁述理共同完成。

本书编写过程中得到了焦作工学院葛宝勋教授、中国矿业大学(北京校区)张鹏飞教授的指导和帮助,研究过程中得到了曾玉凤、朱在兴、刘宇、韩星霞、邓寅生、廉先进、薛伟丽、范会素、申义青、陈江峰、薛广智等同志的鼎力协助和支持,在此表示衷心的感谢。

煤系高岭岩(土)加工是一个跨学科的、不断发展的工程技术,涉及众多学科领域,加之作者学识有限,书中肯定存在许多不足之处,恳请读者批评指正。

作 者

2001年4月20日

目 录

第一章 煤系高岭岩概要	(1)
第一节 有关名词术语	(1)
第二节 国内外研究现状	(3)
第三节 煤系高岭岩分类	(7)
第四节 中国煤系高岭岩资源状况	(8)
第二章 煤系高岭岩资源地质学研究	(11)
第一节 重点矿区简介	(11)
第二节 煤系高岭岩(土)的物质组成	(26)
第三节 煤系高岭岩(土)的成因	(32)
第三章 煤系高岭岩(土)工艺性能及利用途径	(36)
第一节 煤系高岭岩(土)的工艺物理性能	(36)
第二节 煤系高岭岩(土)的利用途径	(44)
第四章 煤系高岭岩(土)加工工艺	(87)
第一节 煤系高岭岩(土)的选矿提纯	(87)
第二节 煤系高岭岩(土)的粉体加工	(112)
第三节 煤系高岭岩(土)的煅烧工艺	(143)
第五章 煤系高岭岩(土)制备沸石分子筛	(147)
第一节 分子筛简介	(147)
第二节 高岭岩(土)制备分子筛的原理及工艺	(153)
第三节 制备分子筛用高岭岩(土)的选择与处理	(156)
第四节 4A沸石原粉的制备	(162)
第五节 高岭岩(土)制备13X分子筛原粉	(166)
第六节 3A、5A和10X分子筛原粉的制备	(169)
第七节 高岭岩(土)制备的沸石分子筛原粉的质量	(173)
第八节 高岭岩(土)制备分散剂用分子筛	(181)
第六章 高岭岩中镓锆钛提取工艺	(186)
第一节 高岭岩中镓的提取工艺	(186)
第二节 高岭岩中钛和锆的提取工艺	(195)
第三节 高岭岩中镓锆钛的联合提取工艺	(198)
第七章 煤系高岭石夹层作用及应用	(200)
第一节 煤系高岭石夹层作用	(200)
第二节 高岭石有机夹层作用在化学-功率超声剥片中的应用	(209)
第八章 煤系高岭土表面改性	(214)
第一节 矿物粉体表面改性概论	(214)
第二节 煤系高岭土表面改性	(221)
第三节 煤系高岭土表面改性机理	(225)
参考文献	(228)

第一章 煤系高岭岩概要

第一节 有关名词术语

一、高岭石 (Kaolinite): 高岭石是一种粘土矿物, 属高岭石亚族 (包括高岭石、地开石、珍珠石、埃洛石等), 是一种二八面体层状结构硅酸盐矿物。高岭石的晶体结构 (图 1-1) 是由硅氧四面体组成的 $[\text{Si}_4\text{O}_{10}]^{4-}$ 层和铝氧八面体组成的 $(\text{OH})_6\text{Al}_4(\text{OH})_2$ 层按 1:1 的比例、通过共同的氧原子结合而组成基本的结构单元层, 其基本结构单元层沿晶体 c 轴方向重复堆叠组成高岭石晶体, 相邻的结构单元层通过铝氧八面体的 OH 与相邻硅氧四面体的 O 以氢键相联系, 晶体常呈假六方片状, 易沿 (001) 方向裂解为小的薄片。高岭石的化学式为 $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, 理想的化学成分为: Al_2O_3 39.50%, SiO_2 46.54%, H_2O 13.96%。

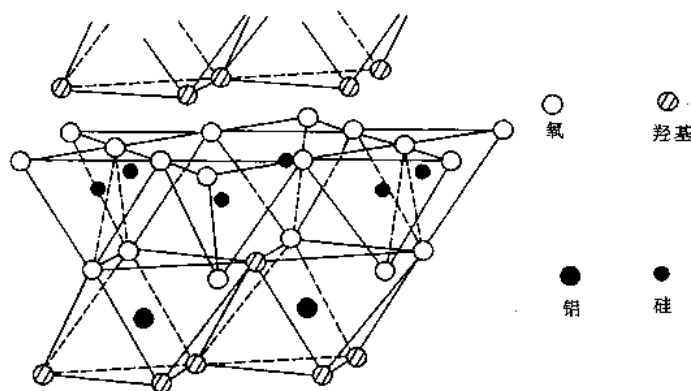


图 1-1 高岭石晶体结构示意图

二、高岭土 (Kaolin): 高岭土是以高岭石亚族矿物为主要成分的软质粘土, 因最早发现于我国江西省景德镇附近的高岭村而得名。高岭土常呈致密块状、土状及疏松状, 质纯者呈白色, 含杂质者可呈灰、黄、褐、红、蓝、绿等色, 珍珠光泽或无光泽, 土状断口, 比重 2.2~2.6, 硬度 1~2.5, 吸水性强, 在水中可解离成小片状颗粒并能悬浮于水中, 可制成胶泥, 具有良好的可塑性, 粘结性能好。国际地质对比计划高岭土成因组于 1972 年在布拉格会议上通过的高岭土定义为: 高岭土是一种岩石, 其特征是所含有的高岭矿物达到有用的含量, 该定义包括了所有可利用的各种颜色的松散土状和坚硬岩石状的高岭土 (杨雅秀, 1989)。由于在实际应用中, 人们发现“土”与“岩”在物化性能上的差别很大, 所以习惯将两者分开, 即松散、软质者称“高岭土”, 而对原矿为块状岩石的称为“高岭岩”。但是在加工利用过程中, 块状高岭岩常常需要通过粉碎变成粉状物料才能加以利用, 这种粉碎后的产品也可称为高岭土。

三、高岭岩 (Kaolinitic Rock): 高岭岩是 1959 年沈永和先生在研究内蒙古大青山石炭纪煤系地层时首先提出来的概念, 指一种主要由片状高岭石矿物及其它有关矿物组成的硬质

岩石，它在产状、结构、矿物成分、化学组成和物理性质上都有一定的特征，常以煤层的顶板、底板、煤层夹矸形式产出，或赋存于距煤层较近的层位。煤系地层中赋存的主要是硬质高岭岩，由于含有有机质及杂质而呈黑灰、褐、淡绿、灰绿等色，致密块状或砂状，瓷状断口或似贝壳状断口，无光泽至蜡状光泽，条痕灰白—白色，硬度 3 左右。例如貌似砂岩的“大同黑砂石”（实际是煤系硬质高岭岩）多呈黑色，砂状断口，暗淡光泽，高岭岩中突出的“砂粒”是高岭石晶体。煤系高岭岩中的高岭石一般吸水性极差，粉碎后呈小颗粒状，故无可塑性及粘结性。

四、砂岩型高岭土 (Sandstone-Type Kaolin)：此种高岭土是一种经成岩作用改造了的沉积型高岭土，具有砂岩的表观特征，该类高岭土矿石是一种胶结物或杂基以高岭石为主的泥质石英砂岩或石英杂砂岩，石英含量一般为 60%~90%，高岭石含量 10%~40%，并含其它一些杂质矿物。矿石呈灰白色、白色，砂泥质结构，砂土状构造，受力或在水中浸泡可分散，经过水力洗选可得高岭土精矿。实际上也是一种软质高岭土，比硬质高岭土具有更好的可选性，更高的自然白度，更好的粒度分布。

五、煅烧高岭土 (Calcined Kaolin)：高岭土或煤系高岭岩在一定温度、气氛、时间下的煅烧产品。根据煅烧温度可分为低温煅烧 (600~1000℃)、中温煅烧 (1000~1200℃) 和高温煅烧 ($\geq 1200^{\circ}\text{C}$) 三种产品。低温煅烧时高岭石脱除羟基而转变为偏高岭石，高温煅烧时已发生高岭石向莫来石及尖晶石的相转变。

六、燧石粘土 (Flint Clay)：主要在北美、南非、以色列、法国等国使用。最早是由 Wheeler (1896) 提出，指一种非可塑性、高耐火度的硬质岩石，具有贝壳状断口，硅含量较高，含有分散的含硅凝胶或蛋白质硅孔洞，结构变化较大，可以是隐晶质的、鲕状的、砾状的，并且可以递变到硬水铝石—勃姆石粘土岩，岩石中可含少量的伊利石、石英、菱铁矿、赤铁矿、锐钛矿等矿物。

七、焦宝石：我国山东一带常将二叠纪煤系中的 A 层粘土矿称为“焦宝石”，其主要组成矿物为高岭石，呈灰色、灰白色，致密坚硬，隐晶质结构，块状构造，性脆。露出地表后易碎裂成棱角尖锐的碎块，节理发育，沿节理面有次生氧化铁薄膜（铁锈）。方邳森 (1990) 认为是典型的沉积型高岭土，实际上是硬质高岭岩。

八、耐火粘土 (Fireclay)：耐火粘土系——工业名词，泛指可用做耐火材料的粘土和用于耐火材料的粘土矿。根据耐火度可将粘土分为易熔粘土（耐火度小于 1350℃）、难熔粘土（耐火度为 1350~1580℃）、耐火粘土（耐火度大于 1580℃）。耐火粘土的主要矿物成分为高岭石、硬水铝石，其次为软水铝石、三水铝石、叶蜡石和碳酸盐等。根据理化性能、矿石特征和工业用途可将耐火粘土分为软质耐火粘土、半软质耐火粘土、硬质耐火粘土和高铝粘土四种。由于许多高岭岩（土）的耐火度都在 1580℃ 以上，因此耐火粘土包含了相当一部分的高岭岩（土），这往往导致术语应用的混乱，工业中应用的一些称为耐火粘土的原料实际上是高岭土或高岭岩。

九、铝土质粘土 (Bauxitic Clay)：1922 年由 Wilson 定义，指分布比较广泛，源于风化壳受侵蚀后沉积形成的、具有贝壳状断口、以高岭石为主要组成矿物（但许多局部以勃姆石和硬水铝石占主导地位）的一类粘土岩。实际上，其构造、结构及组成和北美燧石难以区分。

十、木节土或木节粘土：此名词来自日本，指含煤地层中主要有高岭石族矿物组成的、富含有机质、可塑性高的粘土。我国也有人称之为软质耐火粘土，在华北、东北地区广泛分

布, 主要产地有: 唐山、介休、平鲁、朔州、清水河、准格尔、老石旦等。从内蒙古、山西等地的分布情况来看, 凡是地表有风化煤出露的地方, 其下必然赋存有木节土, 且以紫木节土最为常见。木节土中的主要矿物是高岭石, 但常伴生有石英、白云母、伊利石、软水铝石等矿物。准格尔矿区 N_1 、 N_2 、 N_3 软质粘土及山西省平鲁地区与 4 号煤地表风化煤共生的软质高岭土即属此种类型。

十一、球土 (Ball Clay): 此名源于日本, 指一种细粒、含有机质、可塑性高的粘土, 主要组成矿物为高岭石, 并含有石英、云母、长石等, 成分和物理性质与木节土类似。

十二、Tonstein (高岭石粘土岩夹矸): 1863 年 Bischof 在研究德国鲁尔矿区石炭纪煤系地层时最早提出的术语, 特指该区那些赋存在煤层中的、薄的、富含高岭石的泥质夹层, 其德文含义是 claystone (粘土岩)。Tonstein 当时并没有成因上的意义, 但随着国内外学者对其进行的广泛而深入的研究, 它逐渐被赋以成因方面的含义。Williamson (1970) 认为 Tonstein 是指产出在煤系沉积层序中致密的高岭质泥岩夹矸, 它以高岭石为主要组成矿物, 由隐晶和微晶团粒、板状和蠕虫状晶体、微晶和隐晶或非结晶基质组成, 单层常常分布范围广, 具有固定的地层层位。Bohor (1993) 特指非海相地层由火山灰原地蚀变而来的高岭石夹层, 它通常与煤层共生在一起。目前基本上趋同于特指含煤地层中由火山灰蚀变而来的高岭石粘土岩夹层。国外提出的其它与火山灰蚀变粘土岩有关的术语还有 Cinerites (火山渣岩)、Kaolinite Bentonites (高岭石斑脱岩)。“Cinerites”系 Bouroz (1962) 提出, 将其应用于所有的空降火山灰沉积, 而不管其矿物组成、沉积环境和蚀变状况如何。Fisher 和 Schmincke (1984) 甚至建议取消 Tonstein 这一术语, 而代之以 Bentonite 来泛指所有薄的、广泛分布的、可能是火山成因的富粘土夹层, 而不必考虑其矿物组成和沉积环境。但由于这两个术语的含义太广泛而难以被大家所普遍接受。

第二节 国内外研究现状

一、煤系高岭岩地质及成因研究

1. 国外研究现状

一百多年来, 各国地质工作者不断发现煤层中、煤层顶底板及其附近的岩层中赋存有薄的、横向分布稳定的 Tonstein (高岭石粘土岩夹层), 并利用多种手段、多门学科对其进行了全面研究, 在地层年代测定、事件地层学以及沉积盆地演化等方面取得了惊人的成果。现已证明, Tonstein 的地理分布是全球性的, 其时代分布从泥盆纪延续至全新世。尽管 Tonstein 目前已经成为国际通用的具有特定涵义术语, 但其具体涵义却不完全相同。

岩石学研究表明煤系高岭岩主要由颗粒状和结晶物质、基质、有机组分三种类型的组分组成; 但对高岭岩中团块的形成机理仍有争议, 有剥蚀沉积和火山岩屑蚀变两种假说 (Fisher 和 Schmincke, 1984; Bohor, 1993)。矿物学研究发现了黑云母蚀变为高岭石的直接证据。Weiss 等 (1992) 通过对前捷克斯洛伐克 Ostrava-Karvina 煤盆地上石炭统 Tonstein 中火山碎屑矿物的研究, 提出了两种火山矿物组合: (1) 黑云母 + 透长石组合; (2) 黑云母 + 培长石 + 钙闪石组合, 并普遍发现黑云母的高岭石化。Bohor (1993) 利用扫描电镜发现了边缘已经蚀变为高岭石, 而中心部分仍为黑云母成分的过渡状态, 表明黑云母的蚀变自边缘逐渐向中心扩展。

Spears (1973) 将高岭岩夹矸的化学成分与花岗岩、玄武岩化学成分的平均含量进行了对比, 发现高岭岩夹矸中的 Al_2O_3 没有减少, 而 SiO_2 、 K_2O 、 Na_2O 、 CaO 、 MgO 等氧化物

的含量降低了许多,在蚀变过程中 TiO_2 和 Al_2O_3 的富集程度相当,因此它们的原始比例很少改变。痕量元素 Ti、Cr、V、Ni、Co、Cu 含量低,而 Th、U、Pb、Sn、Bi、Y、B 含量高,它们代表酸性火山灰来源。此外 Spears (1979) 认为,根据主要元素和矿物含量可以推断高岭岩夹矸的成因,如果岩石中 TiO_2 含量高,且以锐钛矿而不是以金红石的形式出现,则表明是一种蚀变的基性火山灰;根据痕量元素组合可以清楚的证实粘土岩夹矸的火山成因。Price 等 (1969) 也认为,粘土岩夹矸中的高 TiO_2 含量是火山成因的可靠标志。在火山灰蚀变时, $\text{TiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ 比值实际上是保持不变的,因此,基性火山灰给出高比值,而酸性火山灰则给出低比值。Spears (1979) 利用多变量 Ti/Al 、 Cr/Al 、 Zr/Al 和 Ni/Al 作为判别式泛函分析,对英国和欧洲大陆高岭石夹矸进行了地球化学和矿物学研究,识别出基性火山灰和酸性火山灰两种蚀变类型。

尽管对于 Tonstein 的成因存在许多争议,但它是由火山灰降落于泥炭沼泽后经过蚀变而来这一成因模式,已被大多数学者所接受。Bohor (1985) 曾总结到:流纹质火山灰中的玻璃物质,当阳离子被充分迁移走后,蚀变为高岭石;如阳离子未被充分迁移走,则形成蒙皂石。非流纹质火山灰通常蚀变为蒙皂石,而不是高岭石。最终产物是原始火山物质的成分和厚度、沉积环境的地球化学特征和阳离子迁移难易程度的函数。因此,阳离子的移去对高岭石的形成至关重要,因为它决定了沼泽环境硅氧和碱质的淋滤程度。

2. 国内研究现状

国内对含煤岩系高岭岩的研究始于 20 世纪 50 年代初,1953 年陈庆宣首先在内蒙古大青山石炭纪煤系地层中发现高岭岩。1959 年沈永和正式建议采用“高岭岩”作为这种主要由高岭石及其它有关矿物组成的沉积岩岩种。在《论高岭岩》(1959)一书中,沈永和详细论述了内蒙古大青山石炭纪含煤岩系中的高岭岩,对其成因进行了深入讨论,认为它是以胶体相为主,并混有分散的颗粒相,进而提出高岭岩是一种正常沉积的化学岩,此即高岭岩正常沉积说。明确提出“粘土岩夹矸”则开始于对滇东晚二叠世煤田的研究(戴恒贵,1960)。

自 20 世纪 80 年代初,郑直等先后对山西、内蒙古、河北、山东等地石炭二叠纪含煤岩系中的高岭石粘土岩(高岭岩)进行调查研究,发现高岭岩常赋存于向上逐渐变细的沉积旋回的上部,认为它形成于水动力由强逐渐变弱的平静环境。虽然煤层中的高岭石粘土岩比煤层之外的稳定,但常出现尖灭、分叉和合并现象。在高岭石粘土岩的结构类型中,胶状、团粒状可以作为胶体絮凝的标志,而高岭石充填于炭化植物碎片的细胞空腔中,则说明它是由 SiO_2 和 Al_2O_3 真溶液沉积而成。由于在内蒙古乌达等地区的含煤岩系中还发现了火山物质,因而郑直认为,我国北方石炭二叠纪含煤岩系中的高岭石粘土岩主要是正常沉积成因,但并不排除其中有火山物质的参与。

周义平等(1983)对滇东地区上二叠统宣威组煤层中部分层位的高岭石夹矸进行了 X 射线衍射分析,对分离出的副矿物进行了扫描电镜鉴定,发现其中存在一些高温矿物晶体,如 β 石英、锆石、磷灰石、独居石以及已经高岭石化的长石假晶等,经与国外类似岩石进行比较,认为这些高岭石夹矸系酸性火山灰沉积于泥炭沼泽后,经酸性介质分解蚀变为高岭石凝胶,并在成岩过程中转变而成。但对我国西南地区其它含煤岩系中的高岭石夹矸研究后又指出,就其岩石学和化学组成(包括微量元素和成分)特征来看,很难全部用火山灰沉积蚀变来解释。从而得出结论:火山灰沉积蚀变可能是高岭岩夹矸形成的主要模式,但并不是唯一模式。

常青(1985)研究山西大同石炭二叠纪煤系高岭岩后认为:煤层内的高岭岩主要由胶体

搬运形成,煤层外的高岭岩,则主要由机械搬运而成。

冯宝华(1986)研究鲁西地区石炭二叠纪煤层中的高岭岩后,指出其层厚一般仅数厘米,结构类型以致密状和粗晶为主,成分为高岭石和地开石-高岭石间层,用作煤层对比标志层已经取得了良好的效果。他还发现高岭岩中有透长石、棱角尖锐的锆石、少量的磷灰石等,从而提出高岭岩的成矿物质主要来自火山灰,火山灰降落在泥炭沼泽中后,在酸性介质的作用下,火山玻璃和细粒铝硅酸岩中的碱金属和碱土金属元素易于溶解掉,并脱硅而形成高岭石。此即含煤岩系高岭岩的火山成因说。梁绍暹(1986)对陕北铜川矿区太原组5号煤层的高岭石泥岩夹矸的成因持同样观点。

刘长龄等(1987)在“论晋北石炭二叠系紫色高岭石粘土的成因”一文中,在原生沉积和后生风化残积或由煤风化而来的两种成因之外,提出了第三种意见,即它与成岩、后生作用中有机酸的淋滤和高岭石的重结晶、有序化以及在表生阶段有机质氧化并淋滤去 SiO_2 ,形成软水铝石有关。他认为 Tonstein(粘土岩夹矸)总是以火山物质为主,还不同程度混掺着陆源物质,这些物质在沼泽水中分解,经过胶体化学沉积,并在成岩、后生作用中进一步高岭石化、重结晶、有序化而成。

张鹏飞、刘钦甫等(1993)在淮南煤田二叠系下石盒子组高岭岩(以前俗称B层铝土矿)中发现了具有不同结构的有机质-高岭石球粒,因此认为有机质在高岭石的形成过程中具有重要作用。

综合以前研究成果,刘钦甫、张鹏飞等(1994)认为,含煤岩系中高岭岩是多成因的,既有正常沉积成因,也有火山沉积成因,而且生物、有机质及其衍生物在其形成过程中是不可忽视的重要因素。煤层中的高岭岩夹矸,特别是层薄、横向分布稳定者,可能多属火山成因的产物,而煤层外或煤层间的高岭岩,则应是多成因的,需要进行具体分析。在我国中、低变质程度烟煤地区,高岭石基本没有向其它矿物转化,而在高变质程度烟煤和无烟煤地区,高岭石开始向伊利石和叶蜡石转化,形成伊利石粘土岩夹矸。他们在我国无烟煤地区首次发现的铵伊利石,对研究高岭岩成岩和矿物转化具有重要意义。

二、煤系高岭岩(土)综合利用研究现状

国外的煤系高岭岩(Tonstein)厚度薄,储量少,不具工业开采价值,因此未开展对煤系高岭岩综合利用的专项研究,但发达国家对非煤系高岭土的研究成果却值得我国借鉴。他们十分重视高岭土的技术开发、产品创新和综合利用,产品质量好、结构合理、应用范围广。近期国外高岭土总产量的80%用于造纸行业,10%用于陶瓷行业,10%用于油漆、涂料、塑料和橡胶等行业。据预测,高岭土的未来市场可能会定位于石油化工(催化剂)、玻璃纤维的矿棉、油漆涂料、造纸涂料和填料以及高技术陶瓷等。

我国不仅有大量的非煤系高岭土,而且有相当丰富的煤系高岭岩(土)资源,但二者的质量、工艺性能相差较大,特别是煤系高岭岩(土)的铁、钛杂质及有机碳质含量较高,严重限制了其应用领域。此外,我国一方面出口高岭土的初级产品,甚至直接出口原矿,另一方面,还大量进口高岭土高档产品,这不仅浪费了我国宝贵的矿产资源,而且使我国在国际贸易中处于不利地位,这都是因为我国高岭土产品品种少、档次低、质量差,缺乏市场竞争力所致。近年来此问题逐渐得到重视,我国相继引进、吸收了许多国外的先进技术,并积极开展技术创新工作,使我国的高岭土工业上了一个新台阶,综合效益明显提高。特别是对煤系高岭岩(土)综合利用技术进行了深入研究,并取得了丰硕的成果。煤系高岭土的综合利用主要包括选矿提纯、剥片、超细粉碎和煅烧、表面改性和复合、深加工等。

1. 选矿提纯

研究重点是选择加工处理方法, 去除杂质矿物, 提高纯度, 获得高品位、高质量的高岭土精矿。对于高岭土中的强磁性铁质矿物, 主要采用高梯度磁选技术予以剔除; 对弱磁性矿物(如黄铁矿), 可利用氧化焙烧使之转变为强磁性的氧化铁后再进行磁选。采用浮选法分离高岭石的伴生矿物, 如云母、石英、长石和黄铁矿。美国用载体浮选法去除锐钛矿取得成功, 该法以-325目方解石为载体, 塔尔油、燃料油作捕搜剂, 石油磺酸钙作辅助捕搜剂, 氢氧化铵作pH调整剂。ECC公司和非利浦公司利用双液浮选法提纯高岭土的技术, 分选-2 μm 占90%的粘土矿物中的杂质。美国、英国、原苏联等国成功地采用选择性凝聚和选择性絮凝法洗选品位低、有害杂质多、嵌布粒度细的高岭土。此外, 还开发了用酸(盐酸、硫酸、草酸等)和氯化法除铁, 用连二亚硫酸盐、次氯酸盐和硫代硫酸盐漂白除铁, 用微生物除铁等工艺。

2. 剥片、超细粉碎和煅烧

剥片就是利用高岭石矿物晶体的层状结构及层间作用力小的特点, 采用物理或化学的方法使高岭石沿其(001)晶面剥开, 成为超薄、微细的片状高岭石, 满足造纸、涂料、油漆等行业的特殊要求。国外在高岭石剥片技术上取得了较大的进展, 目前较为成熟的技术有磨剥法、高速喷射法和化学剥片法。

磨剥法有棒磨、胶体磨和辊磨等方法, 研磨介质宜采用玻璃小球或人造刚玉珠, 既可以避免使用锆英石砂、砾石等介质造成的污染, 又可避免因使用尼龙、塑料小圆柱等介质造成的成本升高。

高速喷射法是以气体或液体为载体对高岭土进行超细剥片。以气体作为载体的称为高速气流喷射法, 如芬兰的Larox磨机, 干法剥磨粒度小于5 μm 的粉料。以液体作为载体的称为高速液喷射法, 即先将高岭土制成浆料, 再利用高压均浆器的活塞泵加压到200~250Pa的压力, 以200m/s的速度通过喷嘴的摩擦挤压后, 高岭石晶体承受的压力骤然降低, 因而会沿晶体的基本结构层膨胀开裂, 从而达到剥片的效果。

化学剥片法又称化学浸泡法、化学分裂法, 利用化学浸泡剂渗入高岭石矿物晶体基本结构层之间, 使层间结构力变弱, 出现松懈、剥离、剥落现象。目前加入的浸泡剂有尿素、腐殖酸, 加入六偏磷酸钠充分分散, 用高速搅拌机搅拌(搅拌速度1500~3000r/min), 产生强的空穴作用而达到分裂效果。

利用高岭石的夹层作用, 在磨剥时加入助磨的化学药剂, 同时利用化学和机械的双重力破坏高岭石的层间引力, 可进一步提高剥片效果, 解离出着色杂质, 再经沉降、离心、磁选或漂白除去, 从而提高产品的白度和细度。

高岭岩(土)最早采用球磨机、雷蒙磨进行超细粉碎, 可加工为-200目或-325目高岭土粉, 采用气流磨后粒度可达-1250目。近来趋向于将超细和剥片同时进行, 实际上剥片就具有超细的作用。

高岭岩(土)的煅烧就是把其在一定温度气氛等条件下进行加热处理。煅烧的主要目的是: ①脱除有机炭质和其它杂质矿物以提高白度; ②脱除高岭石所含的水分、羟基以提高煅烧产品的空隙体积和化学反应活性, 改善其物理化学性能, 满足各种各样的应用需求。

煤系高岭岩(土)进行剥片、超细粉碎和煅烧后, 工艺性能变好, 不仅可以直接用于某些工业应用领域, 而且为进行表面改性、复合等精加工、深加工工艺提供了良好的原料。

3. 煤系高岭土表面改性与复合

高岭土的表面改性就是根据应用需要,用物理的、化学的或机械的方法,对高岭土粉体表面进行处理以改变其理化性能,如表面晶体结构和官能团、表面能、表面电性、表面浸润性、表面吸附性和化学反应特性等,从而开辟其新的应用领域,满足现代新材料、新工艺和新技术的需要。一般认为高岭土的表面羟基、结构羟基以及由于表面残缺和结构缺陷所形成的 Lewis 酸和 Broster 酸,具有一定化学反应活性,它们可以通过极性吸附、化学键合、表面包覆等形式,与一些有机化合物发生化学作用,从而使其表面结构发生变化,即得到改性。复合就是将提纯、超细、剥片、煅烧、表面改性的各种高岭土产品,转变为性能更加优异的颜料产品,或具有特种性能的无机-无机、无机-有机复合新材料。

高岭土的表面改性技术发展很快。最早是由 Vivaidi 和 Hendricks 于 1952 年利用重氮化物进行表面改性,随后氯高岭土、醚基高岭土等相继制出。目前常利用硅烷类和钛酸酯类偶联剂进行高岭土表面改性。英国 ECC 高岭土公司用硅烷对高岭土进行表面改性后作填充剂,使尼龙具有优越的表面性能、抗扭曲性、低吸湿性和低磨损性,比利用未改性高岭土填充具有较大的弯曲模量和热变形温度。美国恩戈哈德公司用氨基-硅烷处理的改性高岭土,用在横向偶合聚乙烯和电子复合材料及高压电绝缘材料中的乙丙橡胶内,取得良好效果。前苏联学者提出高温氮化处理,表面羟基在高温下可被氮气置换,产品可用于油漆、塑料、造纸和橡胶等。国内中国矿业大学(北京校区)、华侨大学、武汉工业大学、北京科技大学、长沙矿冶研究院、苏州非金属矿研究院等也进行了高岭土的表面改性研究,并将改性高岭土用于橡胶塑料等制品中,取得了较好的效果。

改性高岭土在颜料复合方面取得了如下进展:有色有机磷颜料(填料)的制备;以高岭土为原料制成含钴的蓝色颜料;重点进行高岭土改性复合方法和复合材料的研究,以解决在造纸、油漆和涂料工业中用量大、价格昂贵的钛白粉的代用问题,目前已取得重大进展;云母钛珠光颜料的研究和开发;对体质颜料和各种颜料进行处理、组合,扬长避短。

4. 煤系高岭岩(土)的深加工

高岭岩(土)的深加工是指在一定物理、化学条件下,对高岭石的晶体结构进行彻底破坏,并使之转变为结晶的或无定形的单相或多相新产品的加工过程,与基本不改变高岭石化学成分、晶体结构的选矿提纯、剥片、超细粉碎、表面改性相区别。目前已经研究出以下煤系高岭岩(土)深加工技术:合成 4A 分子筛;生产碱式聚合铝和硫酸铝;制造高温高强度特种陶瓷;制备新型装饰建材;提取稀有金属;生产白水泥、特种水泥;生产莫来石、精铸砂、石油压裂砂、利用夹层作用进行超细剥片等。

第三节 煤系高岭岩分类

近几十年来,随着对煤系高岭岩研究程度的深入,不同学者根据物质来源、生成环境、后期改造以及工业价值等因素提出了许多煤系高岭岩的分类方案。

国外被大多数人所接受的分类是 Schuller 提出并经修改的对 Tonstein 的分类(Williamson, 1970),该分类基于结构所确定的主要类型是结晶型、颗粒型、致密型、假象型和过渡型高岭石粘土岩。Burger (1982)以 Schuller 的描述性分类为基础,并结合主要粘土岩矿物成分,提出了高岭石夹矽的新分类。Bouroz (1962)提出了一个与成因有关的分类,他提出两种主要类别:火山碎屑成因的正高岭石夹矽和层状高岭石夹矽,以及可靠性有争议的其它几种次要类型。正高岭石夹矽是原始凝灰质沉积物的蚀变作用产生,因而是侧向分布很广泛的等时层位;层状高岭石夹矽是凝灰质沉积物的再沉积作用和随后的蚀变作用产

生的,它可能是穿时的,有时侧向分布范围有限。Barsley (1966) 将英国北斯塔福郡维斯特伐利亚阶中的高岭石夹矸分为两种类型(A型高岭石夹矸和B型高岭石夹矸),它们分别与Bouroz (1962) 的两大类相似。

由于我国特有的煤系高岭岩资源优势,以及我国学者对晚古生代煤系高岭岩研究的广泛开展和不断深入,国内也提出了不少煤系高岭岩类型的划分方案。

陈扬杰(1988)在《煤系地层高岭土矿床的主要成因类型及特征》一文中划分出三种类型:(1)沉积型,包括煤层内高岭石夹矸和煤层间高岭土矿床二亚类。(2)风化型,包括风化残余高岭土矿床和风化淋滤型高岭土矿床二亚类。(3)变质高岭土矿床,为高岭岩因煤层自燃受高温烘烤使之变为烧变岩。

周淑文(1990)根据煤系高岭岩赋存层位、性质及成因将其划分为:(1)夹矸高岭岩矿床,包括胶体沉积成因和火山沉积成因二亚类。(2)煤层顶底板高岭岩(土)矿床,包括硬质高岭岩和软质高岭土二亚类。(3)与煤层不相邻的高岭岩(土)矿床,包括硬质高岭岩、半硬—软质高岭岩和半软—软质高岭土三亚类。

张鹏飞等(1993)根据华北地台煤系高岭岩的形成机理,将煤系高岭岩划分为原地凝聚型、原地改造型、碎屑沉积型和原地风化型四种类型。

刘钦甫和张鹏飞(1997)以简洁和易于应用为目的,根据高岭岩与煤层的关系将其分为以下三种主要类型:

(1)煤层夹矸及顶底板型高岭岩:一般赋存于煤层的顶底板或以煤层夹矸形式出现,多为硬质高岭岩,局部也可见软质高岭土。夹矸高岭岩厚度较薄,一般几厘米至几十厘米(极薄者仅数毫米厚),个别厚度达1m以上,横向分布较为稳定,可作为等时对比标志层。顶底板高岭岩厚度较大,一般几十厘米至几米,但其横向上厚度变化亦较大。此类高岭岩颜色较深,呈黑灰色—黑色,致密块状,贝壳状断口或砂状断口。

(2)与煤层不相邻的高岭岩:此类高岭岩一般赋存在与煤层有一定的距离层位,呈独立的矿层产出,厚度较大,可达一米至几米,区域上分布比较稳定。如山东A层高岭岩和淮南B层高岭岩(以前均称铝土矿,实际为高岭岩)、华北与G层铝土矿共生的高岭岩或高岭土等。此类高岭岩中的高岭石多为隐晶质,常发育豆状和鲕状结构,颜色呈灰色—浅灰色,多具贝壳状断口。

(3)木节土型软质高岭土:以地表露头形式出现或赋存于地下浅处与风化煤伴生,为富含有机质的、可塑性高的软质粘土,呈紫色、棕色、白色等,厚度几十厘米至几米。在我国唐山、介休、平鲁、朔州、清水河、准格尔、老石旦等地广泛分布。

综观煤系高岭岩的各种分类方案,可以看出其分类依据各种各样,有的基于岩石的结构、岩层的赋存状态和层位、岩石的性质,有的根据形成过程及成因,侧重点不同,分类结果就不同。

第四节 中国煤系高岭岩资源状况

一、我国煤系高岭岩资源分布状况

我国的煤炭资源成矿时代较多,分布广泛,主要赋存在晚石炭世、二叠纪、晚三叠世、侏罗纪、早白垩世和第三纪及第四纪含煤地层中,这些含煤地层中几乎都蕴藏着具有工业价值的高岭岩(土)矿产资源,各时代的产矿层位累计高达40层以上。我国煤系高岭岩(土)最重要的成矿时代是石炭—二叠纪,且随着时代的变新,高岭岩(土)矿床的数量、储量逐

渐减少,质量逐渐变差。

在空间上,从南到北,从东到西只要有煤系地层分布的地方,都有高岭岩(土)产出,广泛分布于全国 29 个省、市、自治区和直辖市(上海、西藏和台湾除外)。较为著名的煤系高岭岩矿床有山西大同、平鲁,内蒙古准格尔,山东新汶,河北易县,陕西蒲白等地的优质硬质高岭岩(土);河北唐山、山西介休等地为代表的木节土;河南、山东、安徽两淮地区和江西萍乡产的焦宝石型“高岭岩”;山西阳泉和河南焦作等地产的软质粘土;广东茂名、内蒙古东胜、青海大通等地的砂质高岭土矿床。可以看出,华北地区石炭二叠纪是我国煤系高岭岩的主要产地和成矿时代。此外,在东北、四川、湖北、贵州和新疆等地的煤系地层中也蕴藏着质量较好的高岭岩矿床。垂向上,煤系高岭岩多以煤层顶底板及夹矸的形式出现,或赋存在与煤层有一定距离的层位,或赋存在地表及地下浅处以木节土型软质高岭土的形式出现。

二、我国煤系高岭岩储量及质量特征

据 1985 年美国内务部矿业局估计,世界上已探明的高岭土储量为 121.57 亿 t。截止 1985 年,我国 15 个省区的探明储量仅 1.5 亿 t 左右,预测储量在 12 亿 t 以上。社会对高岭土需求量的不断增加、南方优质软质高岭土资源的日益枯竭、优质后续资源的紧缺,已经影响到我国陶瓷业和造纸用刮刀涂布级高岭土的生产。因此,对煤系高岭岩(土)资源进行详细勘察及开发利用研究,已成为我国高岭土工业的当务之急。

我国煤系地层中赋存着丰富的高岭岩(土)资源,但过去在进行煤田地质勘探时,没有将高岭岩(土)作为主要勘探对象,即使作为伴生矿产资源在地质报告中提及,也因勘探精度没有达到要求而未能给出精确的储量计算数据。1990 年中国煤炭加工利用协会等单位研究完成的《煤系五种非金属矿产资源开发利用调查研究报告》中指出:我国 19 个省、市、自治区的部分煤系高岭岩(土),已探明的储量 16.73 亿 t,远景储量 55.29 亿 t,预测储量 110.86 亿 t,资源总量为 182.88 亿 t。1998 至 2000 年,煤炭综合利用多种经营技术咨询中心在上述研究报告的基础上,又组织专家进行了详细地资源调查,并编制了《全国煤系高岭岩(土)资源及其深加工技术应用调查研究》报告,报告中指出:截止 1998 年底全国煤系高岭岩(土)资源总量为 497.09 亿 t,其中探明储量 28.39 亿 t,预测可靠储量 151.20 亿 t,预测可能和推断资源量为 317.5 亿 t。

煤系高岭岩(土)矿床的最大特点是矿床规模大,大多为储量数千万吨至数十亿吨以上的超大型高岭岩矿床,并且矿石中的高岭石含量均较高。一般说来,石炭二叠纪煤系高岭岩矿床的规模巨大,均在数十亿吨左右。如内蒙古准格尔煤田的高岭岩储量为 57 亿 t 之多;随着成矿时代的推后,煤系高岭岩(土)矿床的规模及储量逐渐减少,如我国第三纪聚煤盆地的高岭土矿床储量,一般为数百万吨,较为著名的广东茂名砂质高岭土矿床,储量也仅约 3 亿 t。

煤系高岭岩(土)的矿物成分主要为高岭石,其次为少量的伊利石、蒙脱石、一水铝石及金红石、赤铁矿、菱铁矿、绿泥石等,并普遍含有一定量的有机碳,因此煤系高岭岩(土)的颜色较深,多呈浅灰—灰黑色。许多煤系高岭岩(土)矿床的化学成分也与世界著名的优质高岭土相近,因此,煤系地层中相当数量的高岭岩(土)均为优质高岭土矿床。

煤系高岭岩(土)矿床的矿石品位具有随时代的变新而降低的趋势。华北石炭二叠纪煤系高岭岩,高岭石的含量大多在 90% 以上,个别矿区如山西大同、平鲁矿区和陕西蒲白矿区,高岭石的含量近 100%;而我国煤系地层中较为著名的沉积型砂质高岭土矿床——茂名

矿，其高岭石的含量大多只在 16%~20% 之间，尾砂含量为 60%~80%。

非煤系的花岗岩风化淋滤型高岭土，矿物成分除高岭石外，往往含母岩风化残余岩屑及石英、长石和云母等少量矿物，化学成分中 SiO_2 含量较高，而 Al_2O_3 偏低，所以其品位反而不如煤系地层中的优质高岭岩（土）高。另外，大型的非煤系高岭土矿山甚少，基本上都是以乡镇经营的小矿山为主，产量不高。相比之下，煤系高岭岩（土）矿床规模巨大，储量一般在数千万吨以上，有的甚至达几亿至几十亿吨，这些矿床如果得以开发，其生产规模将十分可观。

但是，由于煤系高岭岩（土）的有机质含量普遍比非煤系成因的高岭土高，某些矿石的铁、钛含量也高，且有些含 Fe_2O_3 较高的高岭岩是以浸染状氧化铁形式出现，再者有些含细砂的高岭岩（土）中石英、长石、金红石均以分散状存在，加上硬质高岭岩中的高岭石因受成岩作用影响在水中分散困难，无可塑性和粘结性等，都限制了煤系高岭岩的应用。因此，加强这些方面的研究，解决除炭、除铁、除钛、剥片、增白、分级等方面的问题，必将扩大其应用范围，提高经济利用价值。

第二章 煤系高岭岩资源地质学研究

第一节 重点矿区简介

一、内蒙古准格尔矿区

(一) 矿区地质简况

准格尔煤系高岭岩矿区位于内蒙古伊克昭盟准格尔旗东部，北接乌兰尔，东临黄河，南抵黄河河曲，总面积约 8600km²。

本区含煤地层为石炭系上统太原组和二叠系下统山西组，主要煤层有 1、3、5、6、8、9、10 号煤等，煤层总厚度约 33m。1、3、5 号煤层属山西组，局部可采；6、8、9、10 号煤层属太原组，其中 6 号煤层虽然结构复杂，但厚度稳定（一般在 30m 左右），是目前的主采煤层。煤系地层中赋存着丰富的高岭岩资源，质量及品位较高，极具开发利用价值。仅准格尔煤田东部（行政区上位于内蒙古清水河县与准格尔旗交界处的黄河两岸地区，南北长约 60 km，东西宽约 25 km，面积为 1500 km²），目前就已发现高岭岩矿床 15 个，其中特大型矿床 5 个，大型矿床 5 个，中型矿床 3 个，小型矿床 2 个，已初步勘察探明储量 5.4 亿 t，估算远景资源储量达 57 亿 t。煤系高岭岩矿床规模自西向东由小到大，东部的石畔、黑矾沟、小缸房等矿床，单个矿体储量一般在 1000 万 t 以下；西部的窑沟、黑岱沟等矿床，单个矿体储量多在 1000 万 t 以上。每个高岭岩矿床一般有两个以上矿体（层）组成，矿体多呈层状、似层状，个别为透镜状，产状平缓，水平方向上延展稳定，地表可见厚 3~15m、长度数百至数千米的矿体出露。多数矿体呈现“双层结构”，其上部为硬质高岭岩矿层，下部为软质高岭土矿层。

(二) 本区典型矿床——黑岱沟煤系高岭岩矿床

1. 高岭岩的赋存状况

黑岱沟煤系高岭岩共有五层，自上而下依次编号为 N_上、N₁、N₂、N₃、6 矸。其中 N_上、N₁、N₂ 三层赋存在山西组地层中，N₃、6 矸两层赋存于太原组地层中。高岭岩的质量及品位由上而下也逐渐提高。

(1) 6 矸（6 煤夹矸）高岭岩

以多层夹矸形式赋存于太原组上部 6 号煤层中，高岭石含量高达 90% 以上，局部因勃姆石含量增高（高达 65%~85%）而转为勃姆石粘土岩。灰—灰黑色，坚硬、致密，贝壳状断口或砂状断口，厚度几毫米至 1m 左右，一般十几到几十厘米，横向上某些夹矸可过渡为厚层砂岩。由于煤层风化使其在矿区东北部及西北部与 N₃ 高岭岩合并。

(2) N₃ 高岭岩

位于太原组地层顶部，以 6 煤顶板产出，集中分布于勘探区北部的西黄家梁背斜一带，厚度 0~15.59m，平均 5.09m，可采面积 0.67 km²。一般以单层出现，上部为坚硬的灰色—灰黑色砂质高岭岩，石英和长石等砂质含量 30%，高岭石含量 69.12%，高岭石的亨克利结晶度指数 HI=1.19。中部为紫色软质高岭土（紫矸），高岭石（HI=1.33~1.41）含量