

陕西渭北、陕北石炭二叠纪煤系共生 高岭岩赋存规律及利用方向

张玉平

(陕西省煤田地质局,陕西 西安 710054)

摘要:陕西省渭北、陕北石炭二叠纪煤系共生高岭岩资源极其丰富。渭北高岭岩质纯,矿石中高岭石自形程度差,但结晶有序;府谷高岭岩质量纯,杂质少,粒度细、结晶好,是一种优质高岭土矿。渭北高岭岩可用作“双90”、莫来石、4A沸石等的原料,广泛用于陶瓷工业、造纸工业;府谷高岭岩可用作生产纸张涂布、高级日用陶瓷原料。高岭岩的赋存具有平面和剖面上的规律性,这些规律又受区域构造背景、古气候、母岩、沉积环境、成煤植物、成岩后生作用等控制。针对不同的资源特征,可以合理利用,节省投资,化资源优势为经济优势。

关键词:高岭岩;赋存规律;成矿控制;利用方向;陕西省

中图分类号: P618.11; P619.23*2 **文献标识码:** A

陕西省渭北、陕北石炭二叠纪煤田,经过多年的地质勘探,蕴藏着资源极其丰富、矿石质量优良的高岭土矿,是陕西省目前非金属矿的优势矿种。特别是高岭土矿,具有广阔的开发利用前景,并且多和煤共生,可同时开采,节省投资。开发高岭土、膨润土矿,将丰富的矿产资源优势转化为经济优势,对陕西的经济建设具有重要作用。

1 资源概况

煤系共生矿主要分布于陕西省的渭北和陕北,即渭北煤田、陕北石炭二叠纪煤田,总面积10 120 km²,其中渭北煤田1.0万 km²,府谷矿区120 km²,高岭岩的总储量为57.79亿 t。石炭二叠纪以高岭岩为主,侏罗纪以膨润土为主。

渭北石炭二叠纪煤田铜川矿区西部、蒲白矿区、韩城矿区象山矿“200 矸”为优质的高岭石矿层,储量丰富,以蒲白矿区矿石质量最佳,具有广阔的开发利用价值。

陕北石炭二叠纪煤田府谷矿区与煤层有关的高岭土共6层,主要赋存山西组和太原组,其次为本溪组。其中区内有3层主矿层,总储量约18.01亿 t,表明府谷高岭土矿产资源比较丰富的,可作为工业开采的矿山基地。

2 矿床地质特征分析

2.1 渭北煤田高岭岩

渭北石炭二叠纪煤田的粘土矿产主要为高岭岩,发育的层位主要有B层、D层、G层以及主要煤层夹矸,B层高岭岩位于下石盒子组的上部,主要分布于铜川和蒲白矿区;D层高岭岩位于太原组的下部,主要分布于铜川、蒲白和澄合矿区;G层高岭岩位于奥陶系顶面,与铝土矿、菱铁矿共生,全煤田分布。

①B层高岭岩。铜川上店B层粘土已开采多年,用作铜川等地耐火材料厂的原料;蒲白矿B层高岭岩厚0~9.74m,平均厚2.54m。

②D层高岭岩。位于10号煤层底板,主要分布于铜川、蒲白、澄合矿区,一般厚1.00~2.00m,以垂直节理明显与G层高岭岩相区别。

③G层高岭岩。位于本溪组底部,奥陶系风化面的上部。该层铝质泥岩全区普遍分布,其厚度由于受基底起伏的影响,一般表现为低洼处厚度大(>20m),相应高岭岩厚度也大;凸起处厚度小(一般5m左右),高岭岩厚度亦小。现根据野外地质调查,自下而上将其细分为4层,其中3、4分层为本区重要的高岭岩。

④5号煤层夹矸高岭岩。以高岭石硬质粘土为主,其中夹矸的层数、厚度一般随5号煤层层数的变化而变化。煤田中西部夹矸层数多,厚度比较大,质量亦好;煤田东部,夹矸层数少,厚度亦小,质量略差。高岭岩夹矸主要有两个层位,分别位于煤层的上部和下部。上部层位一般可分为两个分层,上分层夹矸厚0.04~0.24m,一般<0.10m,分布于铜川、

作者简介:张玉平(1966—),男,高级工程师,1990年毕业于西安科技大学地质系,硕士。1996年获煤炭部科技进步一等奖,1997年获国家科委科技进步二等奖,1999年获得了孙越崎奖。1999年负责完成了《韩城矿区煤层气资源评价》科技项目。现从事伴生矿产、煤田地质科研工作。

收稿日期:2006-12-29

责任编辑:韩德林

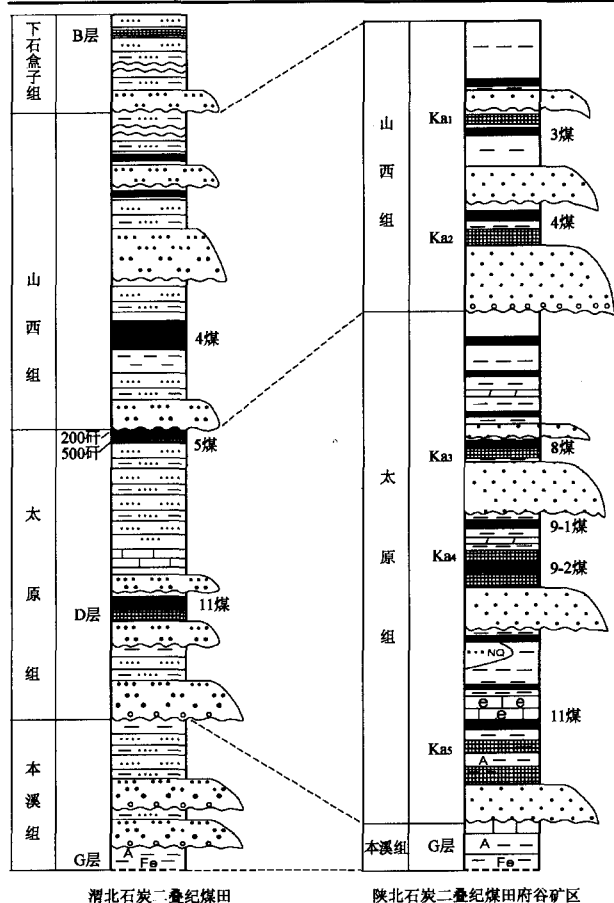


图 1 高岭岩层位分布

Figure 1 Distribution of kaolin horizons

蒲白矿区; 下分层夹矸厚 0.07~0.47m, 一般厚约 0.2m, 俗称“200 矸”, 全煤田皆有分布。下部层位夹矸层位稳定, 但厚度和岩性变化较大, 最厚可达 1.70m, 一般厚约 0.5m, 俗称“500 矸”, 横向上可分为 2~3 层薄层夹矸, 或仅一薄层夹矸。

2.2 府谷矿区高岭岩

高岭土矿主要赋存于石炭系太原组及二叠系山西组, 共六层矿, 因其与渭北不同 (除 G 层高岭岩外), 矿层自上而下依次编号为 Ka₁—Ka₅。

①Ka₁ 矿层赋存于山西组第二旋回上部, 为 3 号煤层顶板, 局部发育。

②Ka₂ 矿层赋存于山西组第一旋回底砂岩、砾岩 (海则庙砾岩) 之上, 为 4 号煤层底板, 是区内主要矿层。

③Ka₃ 矿层赋存于太原组第三岩性段底砂岩 (孙庄砂岩) 之上, 为 8 号煤层底板。是区内主要矿层。

④Ka₄ 矿层赋存于太原组第二岩性段中上部, 为 9 号煤层底板或呈夹矸, 局部发育。

⑤Ka₅ 矿层赋存于太原组第一岩性段中上部, 为 11 号煤层底板, 是区内主要矿层。

G 层高岭岩赋存于本溪组中部, 与铝土矿紧密共生, 相当于华北地区“G”层铝土矿—粘土矿层位,

局部发育。

3 化学成分

3.1 渭北煤田

从表 1 中可以看出, 渭北高岭岩层的化学成分在不同矿层或同一矿层于不同区域具有一定变化, 有时变化还比较大, 但其变化具有明显的规律。

表 1 渭北煤田高岭岩的化学成分

层位	位置	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	TiO ₂	SiO ₂ /Al ₂ O ₃
D 层	铜川王石凹矿	44.01	36.90	0.50	2.27	2.03
G 层	韩城燎原煤矿	443.50	38.35	0.84	0.92	1.93
5 号煤层上部	铜川王石凹矿	42.53	37.16	0.20	.50	1.95
下分层夹矸	韩城象山矿	40.35	36.46	0.11	1.077	1.888

D 层高岭岩 Al₂O₃ 的含量高, 稳定于 37.00%~39.00% 之间, SiO₂ 的含量低, 稳定于 43.00%~44.00% 之间, SiO₂/Al₂O₃ 的克分子比接近高岭石的理论值 2.0, 表明 D 层高岭岩成分纯, 高岭石含量高。

Fe₂O₃ 含量的波动幅度较大, 变化于 0.21%~1.48% 之间, 大部分在 1% 以下。

TiO₂ 的含量较高, 达 0.58%~3.09%, 大部分在 1.5%~2.3% 之间。

D 层高岭岩中 K₂O、Na₂O、CaO、MgO 等碱及碱土金属氧化物含量较低。G 层高岭岩 SiO₂ 和 Al₂O₃ 含量变化均较大, SiO₂ 在 33.10%~54.8% 之间, Al₂O₃ 含量为 29.43%~47.58%。Fe₂O₃ 和 TiO₂ 含量变化幅度也较大, 前者在 0.46%~2.95%; 后者含量为 0.69%~2.12%。CaO 和 MgO 含量虽有一定变化, 但含量均很低。

G 层的烧失量有一定变化, 在 10.33%~15.48% 之间, D 层高岭岩中烧失量比较稳定, 皆在 5.00% 左右。

铜川矿区西区、蒲白矿区和象山矿“200 矸”; 5 号煤层上部下分层高岭岩 (“200 矸”), 虽然厚度不大, 但在全煤田分布稳定。其化学成分在铜川矿区西区 (王石凹及李家塔)、东区 (包括金华山、徐家沟、鸭口、东坡井田)、蒲白矿区、澄合矿区及韩城矿区象山井田等地有明显的变化。铜川矿区西区、蒲白矿区和象山井田 “200 矸” 的 Al₂O₃ 的含量高, 一般稳定在 37.0% 左右, SiO₂ 含量低, 一般稳定在 44.0% 左右, Al₂O₃ 的克分子比接近高岭石理论值 2.00, 但大多略高于 2.0, 说明矿石成分纯, 高岭石的含量高, 矿石中含有少量的石英。铜川矿区东区、澄合矿区 “200 矸” SiO₂、Al₂O₃ 含量的波动范围较大, SiO₂ 44.08%~62%, Al₂O₃ 8.50%~35.87%, 但大多数样品的 SiO₂/Al₂O₃ 克分子比接近高岭石的理论值, 说明 “200 矸” 的成分仍然较纯, 组成矿物仍以高岭石为主。尽管 “200 矸” 厚度不大, 但每年随煤层采出的 “200 矸” 矸石量也

是相当可观的。按蒲白矿区 5 号煤层的原煤年产量 300 万 t 计算,可产“200 研”研石量为 40 万 t,从资

表 2 府谷矿区高岭岩化学成分

Table 2 Chemical composition of kaolin from Fugu mining area

层位	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	TiO ₂	H ₂ O*	SiO ₂ /Al ₂ O ₃
Ka ₂	44.25	37.09	0.52	1.03	14.34	2.061
Ka ₃	44.78	37.23	0.52	0.83	13.64	2.045
Ka ₅	44.34	37.223	0.25	1.49	14.85	2.025

源量上完全可以满足建立一个年产达 10 万 t 规模煅烧

高岭土厂的要求。

3.2 府谷矿区

从表 2 可以看出,高岭石粘土岩型矿石中, SiO₂+Al₂O₃+H₂O 达 95%,表明矿石中主要为高岭石。SiO₂/Al₂O₃ 稳定在 2.0~2.1 之间,也表明矿石基本上是由高岭石组成。该区高岭石粘土岩型矿石质量纯,杂质少,矿石中高岭石含量高、粒度细、结晶好,是一种优质高岭土矿。Ka₂ 矿层主要稳定分布于海则庙一带;Ka₃ 矿层主要稳定分布于沙川沟和海则庙—清水川之间;Ka₅ 矿层主要稳定分布于海则庙一带。

①Ka₂ 矿层。矿石质量较好,高岭石含量一般大于 95%,化学成分全矿层平均 Al₂O₃ 35.55%,SiO₂ 42.70%,烧失量 14.36%,矿石类型上部和中部为粘土岩型,底部含一些砂质。该矿层上部约四分之一可用于造纸涂料,中部二分之一用于陶瓷、橡胶原料,其余可作粗瓷原料。

②Ka₃ 矿层。矿石质量一般,高岭石含量一般大于 60%,矿石类型以含砂粘土岩型为主,用途为陶瓷、橡胶原料。

③Ka₅ 矿层。该矿层高岭石含量一般大于 90%,矿石类型上部和中部为粘土岩型,底部含一些砂质。化学成分全矿层平均 Al₂O₃ 35.15%,SiO₂ 45.22%,烧失量 15%。

4 高岭岩赋存规律

①Al₂O₃ 含量沿走向由西向东减少, SiO₂ 增加。石炭系各矿层由下而上 TiO₂>Fe₂O₃; 二叠系 Fe₂O₃>TiO₂。矿物成分黄铁矿、有机质由下向上减少,而砂质及白云母增加。

②本溪组 G 层高岭岩受古地理控制明显,山西组高岭岩受气候控制较强。矿体一般形成于地壳相对稳定时期,而以相对活动转向相对稳定初期最为富集,故矿层多分布于旋回的中下部。G 层高岭岩厚度与铝土矿一般呈互为消长关系。

③夹研和煤层顶、底板高岭岩厚度与煤厚有关。一般煤厚夹研层数多,质量好,反之煤层变薄,夹研较少,高岭岩质量变差;煤厚且稳定,则顶、底板高岭岩亦厚且稳定。

④二叠系高岭岩多位于砂岩之上,向上与煤层

有炭质泥岩过渡。

5 成矿控制因素分析

区内高岭岩按成因分类属沉积型高岭岩,它们赋存于煤系地层的不同组段,其发育程度、规模大小、产出状态、矿石质量特征及种类等,均受着下列因素的控制:区域大地构造背景决定着古地理位置及古环境,而特定的古地理位置及环境则是高岭岩沉积的必要场所;母岩风化产生的硅铝物质是高岭岩生成的物源,而这些成矿物质的产生和搬运离不开潮湿温暖多雨的气候环境,成岩后生作用改造了矿石物化性能等等。这些因素互相影响、相互制约,控制着高岭土矿的种种特征。

5.1 区域构造背景

华北地台自中奥陶世至早石炭世,由于受加里东运动的影响,地壳抬升,长期风化剥蚀、夷平,形成准平原地貌景观。古老风化面上的铁铝物质得到富集,为本溪组下部的铁铝层准备了物质基础。本区属于华北地台鄂尔多斯台向斜东缘北部,在中石炭世到早二叠世期间,由于地壳下沉波动、环境变迁,沉积了海陆交互相和陆相曲流河环境的地层。本区高岭岩就是在这种大地构造背景之下形成的。

5.2 古气候

根据含矿地层中动植物化石组合特征、煤层发育等情况,区内成矿时期为湿温—热湿气候,该气候有利于高岭岩生成:①利于基底碳酸盐岩和铝硅酸盐岩的红土化作用,使残留下来的物质为以倍半氧化物(Al₂O₃、Fe₂O₃)、水云母、高岭石为主的粘土矿物,并加快古陆区风化剥蚀,为高岭岩生成准备了物源;②湿热气候,雨水频繁,水流不断,为物源搬运提供了载体;③适于植物繁衍,泥炭沼泽发育,为高岭岩沉积成矿准备了适宜场所。晚二叠世以后,由于气候转向干旱,就很少有高岭岩形成。

5.3 物源的补给、搬运及沉积过程

风化壳及古陆剥蚀区的硅铝物源,在洪水期由于水的能量较大,多以碎屑形式与砂、粉砂等搬运,进入水盆地,随着能量减弱,由于机械分异作用,粗粒首先沉积,然后细粒物质沉积,导致水盆地边缘部位常沉积砂质高岭岩,而盆地中深部则为粘土岩型高岭岩。平水期,硅铝物质则以胶体形式搬运,进入水盆地,由于水介质条件的变化,发生凝胶化作用沉积下来。因此,区内矿体边缘及底部往往为机械碎屑成因的砂质高岭石粘土岩,而中上部则多为高岭石粘土岩。另外,由于物源中粘土矿物(水云母、多水高岭石等)含量多少及硅铝物质比例差别,也可影响高岭岩的质量及类型,若其中的粘土矿物较多,硅铝比接近高岭石的硅铝比,则可以生成优质的粘土岩型

高岭岩;如果硅铝比大于高岭石,则硅质含量高,为非优质高岭岩,甚至不成矿;如果硅铝比小,则可生成铝土矿。

本溪组沉积时,海侵刚开始,物源主要来源于奥陶系风化壳红土层,含较高的铁铝物质,铁质可能由于比重大先沉积下来,铝质后沉积。在介质条件适宜时,本区这些物质局部硅铝比小,生成了府谷天桥则铝土矿。太原组和山西组沉积时,物源经过较长距离的搬运,分异较强,进入水盆地物质的硅铝比接近高岭石,而且物源较丰富,故有较多规模较大的高岭石矿床形成。

5.4 沉积环境

从本溪期一早二叠世山西组,该区沉积环境的总趋势是由滨岸到三角洲向内陆曲流河演化的过程。

区内高岭岩常与煤层互为顶底板或相当的层位,即总是与泥炭沼泽密切相关。在泥炭沼泽发育期间,其覆水部分,因水体与泥炭沼泽相联系呈弱酸性,利于高岭岩形成,当物源进入水盆地沉积到一定厚度,直到植物可以生长为止,就演变为泥炭沼泽。高岭岩为泥炭沼泽发育起了填平洼地的作用,因此高岭岩矿体呈透镜状、似层状,规模没有煤层那么大,连续性比煤层差。另外,高岭土矿发育的层段,矿体也较发育,呈正相关,表明当时水动力强搬运能力强,物源供应充分。总之,沉积环境决定了高岭岩沉积盆地的规模,从而控制了高岭岩岩体的形态、规模等。

5.5 植物的作用

在沼泽环境中,植物生长过程中的生物化学作用对下伏高岭石粘土岩具一定的富化和纯化意义。植物在分解过程中,会产生大量的有机酸和二氧化碳,使沼泽环境长期处于酸性状态。高岭石在酸性环境中是比较稳定的,而伊利石等粘土矿物及硅酸盐矿物(如长石和铁镁矿物)则是不稳定的,常发生水解和碳酸化作用而形成高岭石,植物生长能吸收含氧金属阳离子和磷等元素,从而降低了高岭土矿中上述组分的含量,特别是铁钛的含量。这就是靠近煤层底板高岭岩矿石质量较好的重要原因。

5.6 成岩后生作用

高岭岩在沉积过程中,混入了一些碎屑物质,如长石、水云母等,这些物质在成岩过程中可以转变为高岭石矿物。高岭石矿物的形成与稳定取决于 pH 值和水介质中阳离子种类及离子浓度,温度的增高可以加速高岭石族矿物的形成。各矿区高岭土矿层

之上常为煤层,成煤过程中有机质热解生成二氧化碳及有机酸,并形成热水溶液,这种溶液对其底板高岭岩发生作用,使其中的水云母、长石、绿泥石及蒙脱石等不稳定矿物向高岭石转变。

这样增加了高岭土中高岭石矿物的纯度,多余的 SiO_2 可形成微晶状石英。另一方面,随着沉积物厚度的增加,压实作用增强,高岭岩的孔隙减少,天然含水量减少,容重增大。矿区在早白垩世末期,最大埋深为 2 690m:煤系地层所受的最高地温为 70~80℃。这样的温度,有利于高岭石矿物结晶及有序度增高。

在以上成矿控制因素中,充分的物源供应及适应环境是最主要的。

6 结论

渭北高岭岩质纯,矿石中高岭石自形程度差,但结晶有序,X-射线分析高岭岩结晶指数为 0.8~1.1;府谷高岭岩质量纯,杂质少,矿石中高岭石含量高、粒度细、结晶好,是一种优质高岭土矿。渭北高岭岩可用作“双 90”、莫来石、4A 沸石等的原料,可广泛用于陶瓷工业、造纸工业;府谷高岭岩可用作生产纸张涂布、高级日用细瓷原料。 Al_2O_3 含量沿走向由西向东减少,G 层高岭岩明显受古地理的控制,夹矸和煤层顶、底板高岭岩厚度与煤厚成正相关关系。高岭岩的赋存规律又受区域构造背景、古气候、母岩、沉积环境、成煤植物、成岩后生作用等控制。区域大地构造背景决定着古地理位置及古环境,而特定的古地理位置及环境则是高岭岩沉积的必要场所;母岩风化产生的硅铝物质是高岭岩生成的物源,而这些成矿物质的产生和搬运离不开潮湿温暖多雨的气候环境,成岩后生作用改造了矿石物化性能等等。这些因素互相影响、相互制约,控制着高岭土矿的种种特征。针对不同的资源特征,可以合理利用,节省投资,化资源优势为经济优势。

参考文献:

- [1] 张玉平,等.陕西省煤系中共伴生矿产资源赋存规律及利用方向[R].西安:陕西省煤田地质局,1999.
- [2] 陕西省地矿局第八地质队.陕西省府谷高岭土矿应用研究报告[R].西安:陕西省地矿局第八地质队,1989.
- [3] 夏玉成主编.陕西渭北煤矿区地质与灾害防治[M].西安:西安地图出版社,1996.
- [4] 晏达宇.我国煤系共生矿产资源概况及开发利用的意义[J].煤炭加工与综合利用,2004,(06):44-47.

(英文下转第 41 页)

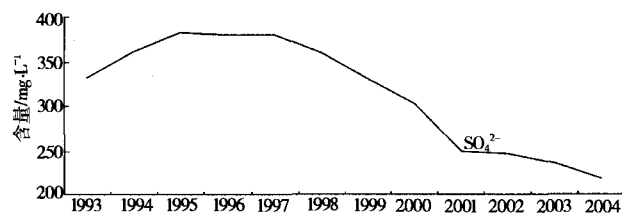
表 2 储灰库灰水渗漏量统计表

Table 2 Leakage statistics of ash storage

年份	1992	1993-1995	1995-1998	1999-2001	2002-2004
灰水渗漏量 /m ³ ·d ⁻¹	11 398	6 963	5 671	6 378	5 320

大,说明周边排灰初期对库区采石坑和主要渗漏段铺灰措施针对性强,之后灰水渗漏量减小幅度变缓,至2004年灰水平均渗漏仅为4 252m³/d,大致相当于初期渗漏量的1/3^[3]。

②下游库区周围地下水环境得到改善。从水位动态看,下游库区周围地下水位上升幅度在一定程度上得到控制,个别渗漏形成的泉在枯水期已干涸;从水质动态看,初期受灰水渗漏影响明显地段地下水中灰水特征组份含量已明显减小或趋于稳定(图2)。

图 2 强渗漏段下游井水中 SO₄²⁻ 含量变化曲线图Figure 2 Water SO₄²⁻ content varying diagram of strong leakage section lower reaches wells

③周边排灰期间未对地下水环境产生新的影响。库区东南部山区地下水处于上游地段,水质优良,周边排灰期间水中主要组份含量稳定,受灰水壅水影响地下水位有所上升,但由于山区水位埋深大,未产生新的环境问题,反而解决了山区吃水困难的状况。

4 结语

周边排灰用于山区储灰库防渗中具有实施简单、运行成本低的特点,随着灰层的不断增厚,防渗效果愈加明显,使储灰库周围环境得到明显改善。对于已建成运行的山区储灰库,周边排灰不失为一项切实可行、经济合理的防渗措施,但其具体的实施应与库区渗漏条件及与其它防渗工程紧密结合,效果将更为理想。

参考文献:

- [1] 李兆林,邹胜章.屋檐洞溶注水库坝体工程条件与渗漏分析[J].水文地质工程地质,2006,(2).
- [2] 李书涛,余宏明.尾矿坝排渗方法分析[J].水文地质工程地质,2004,(3).
- [3] 方庆海,河北省唐山市陡河电厂李家峪储灰场区地下水动态监测报告[R],山东省地质环境监测总站,1993-2004.

A Research on Fine Coal Ash Water Leakage Control Measures in the Lijiayu Ash Storage

Zhang Lixia, Wang Jining and Fang Qinghai

(Shandong Provincial Geological Environmental Central Monitoring Station, Jinan, Shandong 250014)

Abstract: The Lijiayu ash storage of Douhe power plant, Tangshan City, Hebei Province takes anti-leakage fine coal ash from the thermal power plant discharging by stages and sections purposely according to leakage path and leakage section of the storage periphery. Timely adjust in line with groundwater monitoring results and make the environment of storage periphery improving stage by stage. Thus demonstrated that the peripheral ash discharging is feasible in mountainous area ash storage, its low cost and good effect is worthwhile to popularize in mountainous area ash storages.

Keywords: leakage control measures; peripheral ash discharging; mountainous area storage; Lijiayu

(上接第 25 页)

Hosting Pattern and Utilization of Coal Measures Associated Kaolin in Weibei and northern Shaanxi Permo-Carboniferous coalfields

Zhang Yuping

(Shaanxi Bureau of Coal Geological Exploration, Xian, Shaanxi 710054)

Abstract: There are abundant coal measures associated kaolin resources in Weibei and northern Shaanxi Permo-Carboniferous coalfields, Shaanxi Province. The kaolin in Weibei is pure, idiomorphism of kaolinite is not so good, but crystallization is in order; while the kaolin in Fugu is also pure, only little impurity, fine grained, good crystallized, and is a kind of high quality kaolin resource. Weibei kaolin can be used as raw material of "Double 90" (brightness >90%, grain size under 2μ >90%) kaolin, porcelainite and 4A zeolite, they are vastly used in ceramic and paper making industries; Fugu kaolin can be used as raw material of paper coatings, top grade fine porcelain for daily use. The kaolin occurrence has planar and sectional regularities; they are controlled by tectonic setting, paleoclimate, parent rock, depositional environment, coal-forming plant and epigenesis. Based on different resource characteristics, use them with reason, reduce investment outlay, turn resource advantages into economic advantages.

Keywords: kaolinite; occurrence regularity; ore control; utilization aspect; Shaanxi province