

鲁西地区古生代非金属矿含矿沉积建造

汤立成

(山东省地质矿产局第一地质队)

摘要 鲁西是山东省古生代非金属矿的重要产区。自寒武纪早期至二叠纪晚期,形成了海相—海陆交互相—陆相沉积地层及一系列非金属矿沉积建造,有:寒武纪的石英砂岩、石膏、石灰岩、泥灰岩、木鱼石等含矿沉积建造;奥陶纪的白云岩、石膏、石灰岩等含矿沉积建造;石炭纪的硬质耐火粘土、软质耐火粘土、膨胀粘土岩、高岭土等含矿沉积建造;二叠纪的膨胀粘土岩、硬质耐火粘土、石英砂岩等含矿沉积建造。这些含矿沉积建造区域分布稳定,与华北地台区内其他一些地区同类含矿沉积建造可以对比。山东古生代非金属矿含矿沉积建造的总结和研究所,对有关非金属矿产的开发应用和普查找矿具有重要意义。

1 鲁西古生代沉积岩系与古地理环境

1.1 鲁西古生界及非金属矿产

鲁西古生界有寒武系和奥陶系海相沉积地层、石炭系海陆交互相沉积地层,以及二叠系陆相沉积地层。它们广泛分布于鲁西地区,但出露仅限于沂沭断裂带内及以西的山地丘陵区,其分布范围大体在北起济南—淄博、南到临沂—枣庄、西到肥城—梁山,在嘉祥一带仅有零星出露。鲁西北—鲁西南平原区的古生界,伏于第四系之下。

寒武系和奥陶系出露面积约为 17000km²(图 1)。寒武系包括下统五山组、馒头组和毛庄组,中统徐庄组和张夏组,上统崮山组、长山组和凤山组。总厚为 561~1111m,各地厚度不一。五山组仅分布于沂沭断裂带内及近西侧地区,其它各组遍布鲁西山区。奥陶系包括下统纸坊庄组、东黄山组、北庵庄组、土峪组和五阳山组,中统阁庄组和八陡组^[1]。总厚度 363~1278m。寒武系和奥陶系构成鲁西山区奇特的喀斯特地貌景观。

石炭系仅发育上统,由本溪组和太原组组成,厚度 110~251m。二叠系包括下统山西组、下石盒子组和上统上石盒子组^[1],厚 212~708m。石炭—二叠系主要出露在淄博、枣庄等地,而在兖州、滕州、肥城等地的这套岩系均隐伏于第四系之下。

古生代地层,是山东省一个重要的非金属矿含矿岩系,赋存着丰富的非金属矿产。已知的非金属矿产自下而上有寒武系五山组的石英砂岩、寒武系馒头组的石膏(及“木鱼石”)、寒武系张夏组和凤山组及奥陶系北庵庄组、五阳山组和八陡组的石灰岩、奥陶

本文 1996-06-10 收到,1996-08-20 改回。

系纸坊庄组的白云岩及阁庄组、土峪组、东黄山组的石膏;石炭系本溪组的 G 层硬质耐火粘土和软质耐火粘土及太原组的陶瓷大同土、膨胀粘土岩、二叠系山西组的膨胀粘土岩及上石盒子组的 A 层硬质耐火粘土及石英砂岩等(表 1、图 2)。

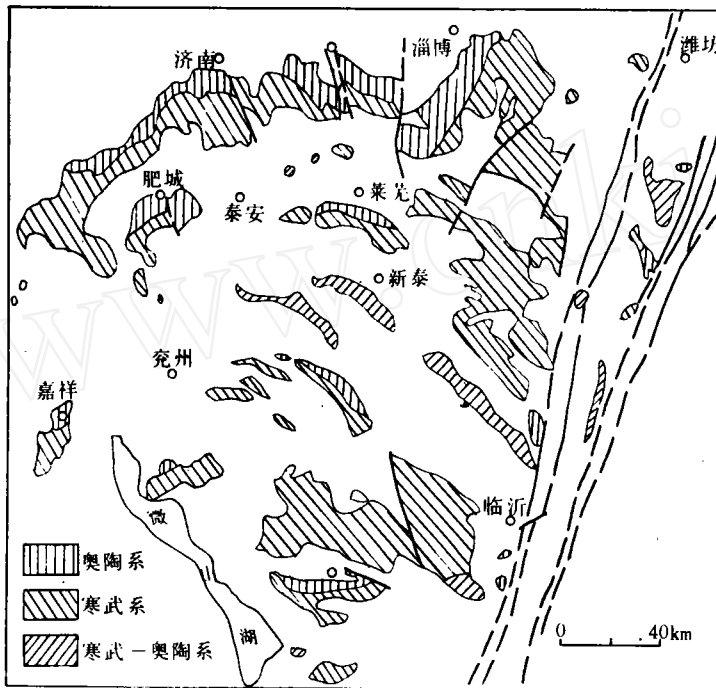


图 1 鲁西寒武-奥陶系出露区分布略图

Fig. 1 Simplified map showing the regions with the exposed Cambrian—Ordovician system in western Shandong

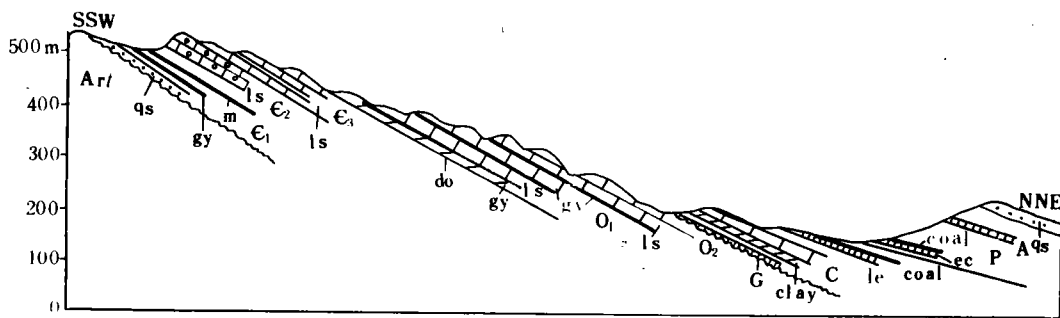


图 2 鲁西古生代沉积岩系含矿性分布示意剖面图

Fig. 2 Schematic profile showing the ore distribution of the Palaeozoic sedimentary stratigraphy in Shandong

P—二叠系;C—石炭系;O₂—中奥陶统;O₁—下奥陶统;e₃—上寒武统;e₂—中寒武统;e₁—下寒武统;Art—新太古代泰山岩群;q_s—石英砂岩;A—A 层硬质耐火粘土;G—G 层硬质耐火粘土;coal—煤层;ec—膨胀粘土;clay—软质耐火粘土;es—石灰岩;do—白云岩;gy—石膏;m—木鱼石

表1 鲁西古生代沉积岩相及主要非金属矿产

Table. 1 Palaeozoic sedimentary lithologic facies and major nonmetallic minerals in Shandong

地层单位 ^[1]		沉积岩相	主要矿产	矿床规模		
二 叠 系	上 统	孝妇河段	内陆河湖相			
		奎山段	内陆河湖相	玻璃石英砂岩矿	中—大型	
		万山段	内陆湖泊相	A层硬质耐火粘土矿	中—大型	
	(A层铝土矿、伴生镓)			(小型)		
	下 统	下石盒子组	内陆湖泊相			
		山西组	内陆沼泽相	黄铁矿	小型	
膨胀粘土矿				中—大型		
(煤)	(中—大型)					
石 炭 系	上 统	太原组	滨海沼泽与浅海相交互	(煤)	(中—大型)	
			膨胀粘土矿	中—大型		
			陶瓷大同土	小型		
			本溪组	滨海至浅海相	软质耐火粘土矿	小型
	G层硬质耐火粘土矿	小型				
	(G型铝土矿、伴生镓)	(中—大型)				
	(山西式铁矿)	(小型)				
	中 统	八陡组			石灰岩	大型
						石膏
	下 统	浅海相与潮上带潟湖相交互	五阳山组	石灰岩	大型	
石膏				中型		
土峪组			石灰岩	大型		
			石膏	中型		
北庵庄组			石灰岩	大型		
			石膏	中型		
东黄山组	石膏	中型				
纸坊庄组	滨海潟湖相	白云岩	中—大型			
寒 武 系	上 统	凤山组	石灰岩	中—大型		
				长山组	石灰岩矿	中型
	中 统	崮山组	浅海相	石灰岩	中—大型	
				磷矿化		
	下 统	徐庄组	潮间相			
		毛庄组	滨海至浅海相	木鱼石、石膏	中型	
馒头组						
五山组	滨海陆屑滩相	石英砂岩	大型			

括号内为能源矿产或金属矿产。

1.2 鲁西古生代古地理环境

本区位于华北地台东南部,在太古宙末期五台运动结束了地槽阶段,上升为陆;自新元古代开始,进入了稳定的地台发展阶段,此后经过长期的风化剥蚀,古老基底岩系地貌夷为准平原,地形起伏不大,只有大面积的波状起伏。至震旦纪,由于郯庐断裂活动,沿断裂带近南北向的地带开始缓慢下沉,到早寒武世早期(相当于沧浪铺期),海水自苏皖方向沿此沉降地带漫漫,并接受沉积,其沉积范围的海陆界限大致在枣庄石门—蒙阴桃圩—沂源韩旺一线,该线以西为古陆剥蚀区,以东至郯部—葛沟断裂为界,形成五山组沉积。五山组沉积自东而西超覆在新元古界土门群不同层位上,该区西部边缘则直接超覆于泰山岩群之上。五山组基本上可以分为上、下两个岩性段,下段为灰白色中厚层状中粒石英砂岩(为赋矿层位),厚度变化在 14.14~33m 之间;上段下部为紫红色、黄绿色页岩夹黄绿色薄层泥灰岩,厚 11.95m,上部为含燧石结核灰岩与豹皮灰岩,厚 2.28m。

沧浪铺期末,华北地台整体缓慢沉降,海水漫漫,形成中期海,在这个海盆内,从早寒武世龙王庙期至晚寒武世凤山期,代表一个大的完整的海相旋回。早寒武世龙王庙期、毛庄期、徐庄期,代表大海进旋回,由陆源组分为主形成的建造,没有形成石灰岩工业矿床。龙王庙期是滨海相潟湖潮坪带沉积,该组主要为薄层灰岩、白云质泥质灰岩、紫红色页岩及石膏层,厚 107~219m。毛庄组主要为暗紫灰色含云母页岩夹薄层泥质粉砂岩及含生物碎屑灰岩透镜体,厚 31~49m。徐庄组主要是潮间相沉积形成的暗紫色、黄绿色页岩、砂岩夹薄层灰岩、白云质与泥质灰岩、鲕状灰岩,厚 73~128m。至中寒武世张夏期,代表整个沉积旋回的最大海进期的顶峰,以内源组分为主的厚层而稳定的鲕状灰岩与深灰色泥晶灰岩成互层沉积,厚度为 98~199m,代表广阔海盆有微弱颤动,时而处于高搅动能量的浅海—滨海带中,在波浪和海浪作用下形成沙坝浅滩;时而处于水动力条件最弱的静水环境中。至上寒武世,海盆总的趋势开始上升,出现了大海退旋回,形成竹叶状石灰岩,但海盆时而颤动下沉,处于波基面之下,风平浪静陆棚广海,形成了内源组分为主的隐晶厚层灰岩,其为一套浅海相碳酸盐岩沉积。崮山组主要为灰色薄层泥质条带灰岩、黄绿色页岩、瘤状灰岩夹竹叶状灰岩,厚 52~115m,长山组主要为竹叶状灰岩、中厚层状灰岩夹薄层泥质条带灰岩,黄绿色页岩,厚 70~120m。凤山组主要为灰黑色厚层条带状灰岩、竹叶状灰岩、豹皮灰岩,局部白云质灰岩,厚 130~211m。

至早奥陶世初期,中朝海完全处于滨海区的潮坪潟湖相环境,形成了分布广泛而又较稳定的内源组分为主的白云岩建造。此期的纸坊庄组下段岩性为紫灰色残余竹叶状白云岩和中厚层细晶白云岩,厚 17~68m;上段为灰褐色中厚层含燧石结核或条带的中细晶白云岩和白云岩,厚 43~69m。至早奥陶世中期,又形成了第二次大海相旋回,海浸范围与中、上寒武世并无明显差别,唯海区深度和广度有所增大,形成超覆。从早奥陶世东黄山期中到奥陶世八陡期六个组的岩性代表又一次海进旋回,其间曾出现三次海盆颤动,即时而上升处于潮坪浅滩环境,海水发生强烈蒸发,使此前正常的海水盐度

(3.5%)已大为浓缩,甚至达到饱和,成了强碱性环境,生物群变得稀少,陆源组分的粘土质混入量增大,形成陆缘海咸化潟湖低级蒸发岩建造,由白云岩、石膏层、白云质泥质岩组成。^①同时由于波浪水动力作用,使部分处于半固结状态的泥灰质形成同生角砾;时而海盆下沉至陆棚广海区域,在波基面之下至200m深度范围内,水动力很弱,是一块近于平坦的海底,斜度只有几分,出现了一个温暖的清水碱性环境($\text{pH}>7.9\sim 9$),陆源物质供应极少,在浅水条件下, CaCO_3 浓度增加, CO_2 大量逸出,形成了以内源组分为主的隐晶质厚层灰岩沉积。由于上述沉积环境,所以在北庵庄组、五阳山组、八陡组的岩性特征基本上以中厚层石灰岩、豹皮石灰岩为主,各组含有丰富的海相生物化石(如头足类、腹足类、牙形刺等),各组厚度较大且稳定,一般为百多米至三百米。而在其相间的三组,即东黄山组、土峪组、阁庄组的岩性特征基本上为灰黄色为主的白云岩、泥灰质白云岩、泥灰岩、白云质灰岩及石膏层,具同生角砾,生物化石极少(只有少量牙形刺),各组沉积厚度较薄,一般为数十米左右。至于第二次大海相旋回中的海退旋回,由于造陆运动使中期海全部上升为陆,以后遭受风化剥蚀达90Ma之久。

本区在晚奥陶世,受加里东造陆运动影响,地台整体上升为陆,直至早石炭世,经历了约一亿多年长时间的风化剥蚀和钙红土化作用,形成了岩溶准平原地貌景观。至晚石炭世又复沦为海。海水主要自东北向西南逐渐到达山东,形成了黄河浅海盆地。因此,华北地台自形成之后至石炭纪,曾经历了两次准平原化,地形平坦,只有波状起伏,加里东运动没有发生强烈褶皱和岩浆侵入活动,所发生的升降运动都是缓慢的,幅度不大,但范围却很宽广,形成了稳定的沉积,如晚石炭世海浸初期的本溪组。在晚石炭世后期,地壳垂直振荡运动频繁,海浸、海退频繁发生,时而下降为浅海,沉积了薄层石灰岩;时而上升为滨海沼泽地,气候温湿,植物繁茂,形成了稳定的海陆交互相含煤沉积地层——太原组,厚度约170m左右,主要由灰、深灰、灰黑色泥岩、粘土岩、页岩、粉砂岩、砂岩夹薄层石灰岩、煤层等组成,其中含4~11层石灰岩,8~20层煤。

早二叠世,本区振荡运动基本停止,形成单纯的上升趋势,海水退尽,全区形成了广阔的陆相盆地。这个盆地基本继承了石炭纪滨海沼泽盆地的轮廓,气候温和潮湿,森林繁茂,形成了内陆沼泽相含煤地层——山西组,厚度为90m左右。其由灰、深灰色泥岩、砂质泥岩、粉砂岩及煤层组成。此后,气候转变为干燥炎热,沉积了下石盒子组一套厚度90m左右的长石石英砂岩夹紫色泥岩,粉砂岩的岩石组合。至晚二叠世,气候更加炎热干燥,地壳继续缓慢上升,盆地日渐缩小,植物生长萎缩,泥炭沼泽已基本消失。此期形成的上石盒子组万山段,厚约为110m左右,为一套中粗粒长石石英砂岩与杂色泥岩、粉砂岩的岩石组合。此时从古陆风化壳带入湖盆的含铝物质,由于湖水强烈蒸发,沉积了

① 本文涉及的奥陶纪下统纸坊庄组及中统东黄山组、北庵庄组、土峪组、五阳山组、阁庄组和八陡组的沉积时期,在《山东省区域地质志》(1991)中分别称为纸坊庄期及东黄山期、北庵庄期、土峪期、五阳山期、阁庄期和八陡期;目前有的资料将纸坊庄组的沉积期称为两河口—红花园期,东黄山组、北庵庄组、土峪组和五阳山组下部称大湾期,五阳山组上部称牯牛潭期,阁庄组称庙坡期、八陡组称宝塔期。在公布的《地质学名词》(1993)中还没有这些“期”的名称。本文暂采用《山东省区域地质志》中名称,下同。

A 层硬质耐火粘土(铝土矿)。而后湖盆水体变得更浅,出现河网径流,由盆地周边古陆带来大量石英砂堆积起来,形成了厚度为 68m 左右、由中粗粒石英砂岩组成的上石盒子组奎山段。晚二叠世晚期,形成了一套河湖相碎屑岩建造—上石盒子组孝妇河段。至此结束了鲁西地区古生代地壳演化和非金属矿含矿沉积建造的形成历史。

2 寒武纪非金属矿含矿沉积建造

2.1 早寒武世沧浪铺期含石英砂岩矿滨海砂岩相沉积建造

为含玻璃原料—石英砂岩矿建造。主要分布在靠近郟郚-葛沟断裂东(沂沭断裂带内)、西两侧的安丘、莒县、沂水、沂南、临沂、苍山等地,典型出露区为沂南蛮山、孙祖及临沂李官。主要岩石组合为灰色中厚层含砾中粒石英砂岩及灰色中厚层含海绿石石英砂岩。层位相当于寒武系下统五山组下部,地层清理时将其划归为长清群李官组砂岩段^[2]。其形成于滨海陆屑滩相。

出露在沂南、临沂一带的这套含石英砂岩矿沉积建造,由于受到晚期(燕山期)自南而北的三条 NW 向断裂(蒙山断裂、新泰-垛庄断裂、铜冶店-孙祖断裂)的影响,在区域展布上被分割成南、中、北三段(图 3)。南段长约 50km,含有李官-胡子山-蛮山等石英砂岩矿床及矿点;中段长约 25km,含有黄崖顶-鼻子山-马山等石英砂岩矿床及矿点;北段断续长约 30km,由于断裂和风化剥蚀破坏,分布零乱。

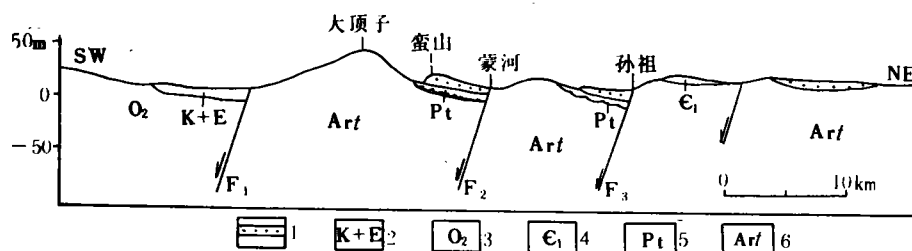


图 3 早寒武世沧浪铺期石英砂岩矿地质剖面简图

Fig. 3 Simplified geologic cross section of quartzose sandstone of the Canglangpu phase of the early Cambrian

1—早寒武纪沧浪铺期(五山组)石英砂岩矿层;2—白垩系+第三系;3—中奥陶统;4—下寒武统;5—新太古代泰山岩群;6—新元古代土门群;F₁—蒙山断裂;F₂—新泰-垛庄断裂;F₃—铜冶店-孙祖断裂

赋存于该建造中的玻璃用石英砂岩矿为层状,走向 330°~340°,倾向 NE,倾斜平缓(6°~12°)。主矿层为一层,沿走向长自 150m 至数千米,沿倾向宽 300~800m 左右,矿层厚度各地略有不同,最大为 33m,最小为 5.02m,一般厚度为十几米。矿石主要矿物成分为分选较好的中粒石英,其含量在 95%以上。胶结物主要为硅质,极少量为钙、铁质。矿石 SiO₂ 含量较高,平均为 98.43%~98.53%,Al₂O₃ 为 0.62%~0.79%,Fe₂O₃ 为 0.09%~0.14%。全区所见各矿区的石英砂岩矿层均裸露于小山顶,形成一层盖帽,水

文地质条件简单,适于露天开采。

早寒武世沧浪铺期含石英砂岩矿滨海砂岩相沉积建造中代表性矿床为沂南蛮山石英砂岩矿。该矿区含有下、上两个矿层,下矿层为主矿层(①),长1500m,宽300~800m,厚5.02~23.78m,平均厚11.29m。上矿层(②)延伸小,矿层薄。矿石平均品位 SiO_2 98.49%, Al_2O_3 0.70%, Fe_2O_3 0.09%,矿石以Ⅰ级品为主(图4)。

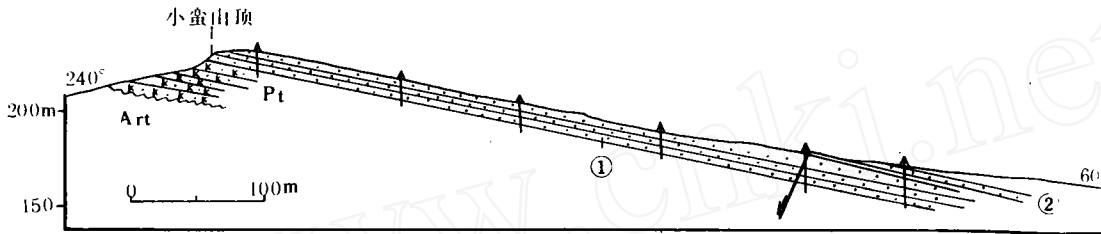


图4 沂南蛮山石英砂岩矿区第8线剖面简图

Fig. 4 Simplified cross section of the eighth line of the Manshan quartzose sandstone mine in Yinan

①—1号矿体;②—2号矿体;Pt—新元古代土门群;Art—新太古代泰山岩群

2.2 早寒武世龙王庙期含石膏矿碳酸盐岩-蒸发岩沉积建造

该建造广泛出露于鲁西山区,主要分布在长清、历城、泰山、新泰等地。其相应层位为寒武系下统馒头组。主要岩石组合为薄层泥灰岩、白云质灰岩、杂色页岩、石膏层。在不同地区,此建造的岩石组合略有差异。其是在滨海相潟湖潮坪带环境下生成的。

该建造中的石膏层,目前仅见于钻孔深部,地表尚未发现,这是因为石膏矿石本身易于溶解,在常温常压的水流作用下,地表和浅部石膏经溶解而消失掉的缘故。目前所见该建造中含石膏层最好地段有淄河南段、长清胡同店、平阴刁山坡等地。在淄河南段建造中的含石膏矿呈层状产出,共同三层含膏带。下部含膏带厚35m,层位稳定,其中的两个石膏矿层厚度分别为11.0m和7.5m;中部含膏带较下部差,厚度小于10m,其中所含两层石膏厚度分别为1.8m和3.6m;上部含膏带厚小于5m,所含石膏层厚1m左右。石膏矿石之主要矿物成分为硬石膏、石膏、白云石, CaSO_4 含量较高,见表2。

在早寒武世馒头期含石膏矿碳酸盐岩-蒸发岩沉积建造中除含有石膏矿外,在其顶部(馒头组顶部)还含有工艺石料——“木鱼石”,其岩性为灰紫色、中厚层含粉砂泥质白云岩及紫红色纹层状含粉砂云泥岩。该岩石区域分布稳定,层厚一般在3~7m左右。

2.3 中寒武世张夏期含石灰岩矿碳酸盐岩沉积建造

该建造相当层位为寒武纪中统张夏组,广泛出露于鲁西山区。主要岩石组合为鲕粒灰岩、藻灰岩、豹皮灰岩和条带状灰岩,为浅海—滨海环境产物。其为仅次于奥陶纪的一个重要的含水泥灰岩建造,它在各地的岩性及厚度存在一定变化。如淄博、莱芜、费县等地该建造中上部黄绿色页岩较多;在滕州马山矿区,主要为厚层鲕状石灰岩与豹皮状石灰岩交替出现;在泗水锯龙山矿区,亦以鲕状石灰岩、豹皮状石灰岩为主,夹薄层条带状石灰岩;在莒县以豹皮状石灰岩、薄层灰岩、泥灰岩为主,鲕状灰岩不发育。

表 2 淄河南段馒头组石膏矿层厚度与化学成分表

Table. 2 The thickness and chemical composition of gypsum beds in Mantou formation in the south section of Zibo river

地区及工程号	石膏厚度(m)	化学成分(%)			
		含量	SO ₃	H ₂ O ⁺	CaO
X 区 ZK ₁	10.67	平均	34.19	2.19	33.02
X 区 ZK ₇	3.65	平均	35.60	3.82	32.98
X 区 ZK ₂	15.67	平均	34.76	1.90	33.53
Y 区 ZK ₁	10.23	平均	28.35	9.82	30.30
Y 区 ZK ₇	2.50	平均	27.70	12.03	30.22
全区平均		最高	54.08	14.60	40.09
		最低	21.06	0.34	26.29
		平均	32.12	5.95	32.01

此建造中含水泥灰岩矿层数,虽然有的矿区可见到五六层,但从区域上可划分为两大矿层,赋存在该建造的上部和下部,如嘉祥磨山石灰岩矿(图 5)。矿层的长度和宽度随地势陡缓和剥蚀程度而变化。长度一般在数百米到千余米,厚度一般为十多米到三五十米。矿石中 CaO 含量为 48.54%~52%之间,一般为 51%左右。MgO 变化较大,为 1.41%~3.50%,不同矿石类型的品位变化情况见表 3。

表 3 张夏组不同矿石类型品位变化表

Table. 3 Grade variation of various ore types in the Zhangxia formation

矿石类型	CaO(%)		MgO(%)	
	变化区间	平均	变化区间	平均
石灰岩	47.09—53.05	51.80	2.16—2.17	2.17
颗粒灰岩	50.38—53.09	51.81	1.20—3.50	>2.00
豹皮状灰岩	48.51—53.00	50.85	1.00—3.46	2.17
条带状灰岩	>50	50.00	0.2—2.50	1.35

寒武纪除上述含石灰岩矿碳酸盐建造外,上统凤山组中的几层厚层条带状灰岩、豹皮灰岩、竹叶状灰岩等在某些地段上其 CaO 含量在 50%以上,达到水泥用石灰岩工业要求。因而,凤山组本身亦构成了一个含石灰岩矿碳酸盐岩海相沉积建造。

3 奥陶纪非金属矿含矿沉积建造

3.1 早奥陶世纸坊庄期含白云岩矿镁质碳酸盐沉积建造

该建造在鲁西山区广泛分布,其相当层位为奥陶系下统纸坊庄组。主要岩石组合为

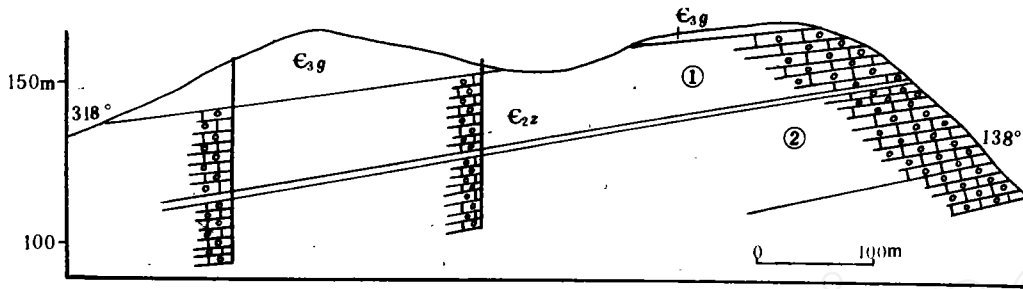


图5 嘉祥磨山石灰岩矿区第5线剖面简图

Fig. 5 Simplified cross section of the fifth line of the Moshan limestone mine in Jiaxiang

①—1号矿体,②—2号矿体;E_{3g}—上寒武统崮山组,E_{2z}—中寒武统张夏组

紫红色竹叶状白云岩、灰褐色中厚层含燧石结核/条带中细晶白云岩、白云岩,其为滨海潮坪 潟湖相环境下生成。

此建造中代表性矿床—济南港沟白云岩矿,矿体长 1000m,沿倾向宽 170~617m,矿厚 8~62m,平均厚 35m。矿石中 MgO 含量 17%~22%。

3.2 早—中奥陶世北庵庄期、五阳山期、八陡期含石灰岩矿碳酸盐岩沉积建造

此建造在鲁西地区分布较为广泛,主要岩石组合为深灰色中厚层灰岩、豹皮灰岩,层位相当于下奥陶统北庵庄组和五阳山组及中奥陶统八陡组。该建造中的石灰岩矿是省内质量最佳的石灰岩矿石,其可用做水泥、熔剂、制碱、电石原料,被誉为“万能灰岩”。其 CaO 含量很高,一般在 52%~54%,MgO 含量很低,一般都在 1%左右。矿层厚,夹层少,分布很稳定。

该建造中的北庵庄组、五阳山组和八陡组,都是在浅海水动力条件、以低能为特征的广海陆棚环境下形成的,厚度和岩性变化稳定、含矿率高、矿层厚度大、矿石类型简单、矿物成分单一、有用组分高,有害成分或杂质少,符合水泥、熔剂、制碱、电石用对石灰岩的质量要求(表 4)。

从图 6 可以看出,矿石质量从最下部的北庵庄组起往上至八陡组,矿石质量越往上越好,CaO 逐渐增高,MgO 逐渐降低,尤其是八陡组内石灰岩矿石 CaO 含量最高达 56%,接近方解石理论成分。

此建造中代表性石灰岩矿床—淄博柳泉石灰岩矿龙泉矿区(图 7),出露石灰岩矿三层,均赋存在八陡组内。矿层长度 2100~2400m,平均厚度 17.8~19.5m。矿石类

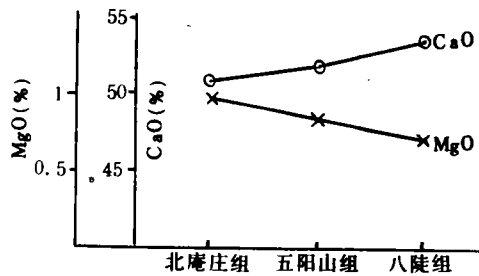


图6 奥陶系北庵庄组、五阳山组、八陡组石灰岩矿层 CaO, MgO 平均含量变化曲线

Fig. 6 Variation curves of the average contents of CaO and MgO in limestone layers of the Bei'an 'zhuang, Wuyangshan and Baling formations in the Ordovician system

表 4 早—中奥陶世含石灰岩矿沉积建造中各层位含矿特征

Table 4 Ore-bearing characteristics of horizons in the sedimentary formation of limestone in the early-middle Ordovician

层位	北庵庄组	五阳山组	八陡组
沉积相	浅海相	浅海相	浅海相
地层厚度 (m)	济南 226.44, 淄博 280.31, 其它地区 90~276	济南 216.98, 淄博 318.80 其它地区 115~326	济南 121.09, 淄博 113.75~147 其它地区 24~238
岩性	深灰色中厚层石灰岩与豹皮状石灰岩组成, 夹薄层白云岩和泥灰岩	深灰色中厚层石灰岩及豹皮状石灰岩, 夹薄层泥灰岩与白云岩	深灰色中厚层至厚层石灰岩, 夹薄层泥灰岩及豹皮状石灰岩、白云岩
含矿率 (%)	50~60	50~60	>60~70
矿层厚度 (m)	2~3 层矿, 每层厚 20~30, 有些厚达 40~50	3~6 层矿, 单层厚 20~50	3~4 层矿, 单层厚 15~25m, 有的厚达 35~50
矿石类型	深灰色中厚层石灰岩, 少量豹皮状石灰岩	深灰色中厚层状石灰岩, 少量豹皮状石灰岩	深灰色中厚层状石灰岩, 少量豹皮状石灰岩
矿物成分 (%)	方解石 95 以上	方解石 95 以上	方解石 95 以上
化学成分 (%)	CaO 48~54, 一般 51, MgO 0.5~1.5, SiO ₂ 1.7~2.8, Al ₂ O ₃ 0.46~0.09, Fe ₂ O ₃ 0.21~0.6, SO ₃ 0.02~0.17, K ₂ O +Na ₂ O 0.19~0.41	CaO 50~54, 最高 55, 一般 51~52, MgO 0.3~1.5, SiO ₂ 2.99~3.5, Al ₂ O ₃ 0.64~0.91, Fe ₂ O ₃ 0.29~0.46	CaO 53~55, 最高 56, MgO 0.1~1.3, SiO ₂ 0.2~1.9, 一般小于 1, Al ₂ O ₃ +Fe ₂ O ₃ 0.1~0.67, SO ₃ 0.038~0.07

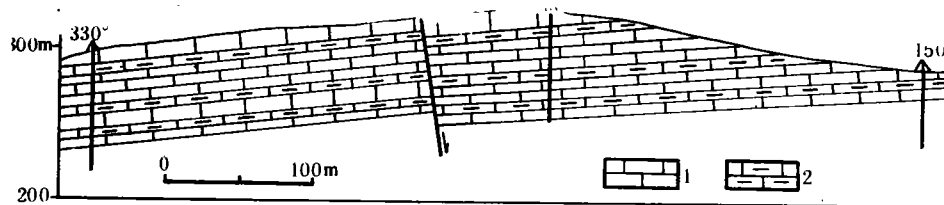


图 7 淄博柳泉石灰岩矿龙泉矿区第 2 线剖面简图

Fig. 7 Simplified cross section of the second line in the Longquan district of limestone mineral of the Liuquan limestone mine, Zibo

1—石灰岩层(中奥陶统深灰色厚层石灰岩); 2—镁质泥灰岩

型主要为深灰色厚层石灰岩, 矿石之 CaO 含量平均为 54.2%, MgO 0.6% 左右, SiO₂ 0.84%, 为优质石灰岩矿床。

3.3 早—中奥陶世东黄山期、土峪期、阁庄期含石膏矿碳酸盐岩—蒸发岩沉积建造

该建造在鲁西山区广泛出露, 主要岩石组合为白云岩、泥灰质白云岩、泥灰岩、白云质泥灰岩、石膏层, 为陆缘海咸化潟湖相环境下形成的碳酸盐岩—蒸发岩岩石组合, 层位相当于下奥陶统黄山组和土峪组及中奥陶统阁庄组。

目前发现此建造中最好的石膏层在济南地区的 ZK₁ 钻孔所见阁庄组中, 有四层石

膏,厚度分别为 8m, 2.23m, 1.48m, 3.21m,其中最厚一层石膏见于孔深 749.88m 处,为白色块状晶质石膏,半透明,粒状结构,有后生的脉状纤维石膏穿插。 $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ 平均含量为 66.62%,单样最高为 79.52%。石膏质量为一级品和二级品。在其它钻孔同一层位中也见有石膏矿层存在,说明本建造中石膏矿层分布具有区域上的稳定性(表 5)。

鲁西地区这套奥陶纪含石膏矿碳酸盐岩-蒸发岩沉积建造与华北地台对比、成矿作用相同。这一规律对山东此套含矿建造的进一步研究指导找矿具有重要意义。

4 石炭纪非金属矿含矿沉积建造

4.1 晚石炭世本溪期含硬质耐火粘土矿海相沉积建造

该建造主要分布在淄博沂源、新泰、枣庄等晚古生代含煤岩系出露区,其相当层位为晚石炭世本溪组的下部,为由紫红色铁质泥岩、页岩、铝土质泥岩和山西式铁矿等组成的铁铝岩系,称为“湖田组(段)”^[3]。G 层硬质耐火粘土矿与 G 层铝土矿为空间和时间完全一致的同层,只是 Fe、Al 组分含量变化的差异。其为浅海相—滨海相环境下产物。

表 5 早—中奥陶世含石膏矿沉积建造中各层位含矿特征

Table. 5 Ore-bearing characteristics of horizons in the sedimentary formation of gypsum in the early-middle Ordovician

层位	东黄山组	土峪组	阁庄组
沉积相	潮间潟湖相		
地层厚度(m)	济南地区 33.90~31.63, 其它地区 10~87	济南地区 33.53, 其它地区 14~90	济南地区 46.70, 其它地区 50~124
岩性	黄灰色薄层角砾状泥灰岩、泥质灰岩、泥质白云岩、夹薄层石灰岩、含石膏层	黄灰色薄层泥质白云岩、泥质岩、角砾状白云岩、角砾状泥质岩、含石膏层	黄灰色薄层泥灰岩、泥质白云岩、夹角砾状泥质白云岩,含石膏层
含膏情况	在聊城地区见有灰色含泥质条带石膏 4 层;在淄河南段见三层石膏,总厚度 5.20m,之间夹有膏质砾状白云岩或膏质泥质角砾状白云岩,石膏层呈暗灰色或灰黄褐色角砾状,有的呈粒状或板状, $\text{CaSO}_4 + \text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ 最高含量 53.93%,最低 47.89%	在莱芜地区见石膏累计厚度达 40m 以上;在聊城地区见白色石膏层累计厚度 165m	在聊城地区占孔见石膏层,累计厚度达 80m;在济南地区钻孔见 4 层石膏,厚度最薄者为 1.48m,最厚者 8m,累计厚度 14.92m,为块状晶质石膏,少量为石膏和烧石膏,有脉状纤维石膏穿插,白色略带灰色,半透明。 $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ 平均含量 66.62%,单样最高为 79.52%,质地较好,为一、二级品

出露于上石炭统本溪组底部、中奥陶统碳酸盐岩风化侵蚀面上的铝土矿,统称 G 层铝土矿,主要在淄博盆地形成中大型工业矿床,在枣庄盆地形成有小型矿床。铝土矿层呈厚薄不均的层状或透镜状,一般厚度为 1.5—2.5m 左右,矿层沿走向一般长数百米至 2500m 不等,沿倾向一般数百米,呈楔形尖灭而递变为铝土岩。在沂源、枣庄一带,矿层中由于铁、铝含量降低,多年被硬质耐火粘土矿代替,形成中小型硬质耐火粘土矿床(伴生有铝土矿及镓)。

该建造上部靠近灰岩(称为徐家庄灰岩)底板附近,在淄博一带出现一层软质耐火

粘土矿,地表一般厚 1.10m,矿石矿物成分主要为高岭石,化学成分不稳定,突出表现在 Fe_2O_3 方面,接近地表一般为 2.20%,但在深部普遍增高,一般为 5%~10%,耐火度变化也较大,地表平均在 1580~1690℃之间,但深部的大部分样品小于 1580℃。

4.2 晚石炭世太原期含膨胀粘土、陶瓷“大同土”海相碳酸盐岩沉积建造

该建造分布在淄博、枣庄、新泰等地的晚古生代盆地中,其为在海陆交互环境条件下形成的由黑色泥岩、页岩、粉砂岩夹砂岩、多层灰岩和煤层组成的含煤岩系,层位为上石炭统太原组。在该建造的上部含有膨胀粘土岩,在煤层中夹有陶瓷“大同土”。

膨胀粘土矿,又称陶粒页岩,是一种新型轻质建筑材料,目前主要发现于淄博盆地中,主要工业矿层有两层,均赋存于该建造的上部,它与煤层关系密切,常以煤层顶、底板形式出现,呈厚层状,一般每层矿厚度 20m 左右,比较稳定,沿走向长度一二公里以上,其产状与煤层产状一致。矿石自然类型为深灰色、灰黑色粘土岩或含粉砂质粘土岩,地表颜色较浅,变为灰黄色、黄褐色。矿石主要由粘土矿物组成,含量占 80%~90%,其余为碎屑矿物及有机物质。粘土矿物以高岭石为主,其次有伊利石和蒙脱石。矿石的 SiO_2 含量为 51%~62%,其次 Al_2O_3 18%~22%, Fe_2O_3 6%~11%,有机质 1%左右。矿石的膨胀系数较大,一般大于 2~3 左右,烧胀性能较好,绝大部分属于优级和良级材料。

陶瓷“大同土”矿,是一种夹于煤层中的以高岭石矿物为主的致密块状煤矸石,可作为优质陶瓷原料。其普遍赋存于太原组中部(个别为底部)的 7,11,19 层煤中。矿体呈薄层状,一般厚度仅十几到几十厘米,产状与煤层一致。矿石为致密块状,主要矿物成分为高岭石,化学成分比较稳定, SiO_2 含量 47%~50%, Al_2O_3 32%~36%,铁、钛有害杂质一般小于 1%,焙烧后呈瓷质光泽的白色,与山西大同地区的矿石特征基本一致。

5 二叠纪非金属矿含矿沉积建造

5.1 晚二叠世上石盒子期含 A 层硬质耐火粘土矿陆相沉积建造

此含矿建造主要分布在淄博盆地和枣庄盆地。主要岩石组合为暗紫色页岩及 A 层铝土矿和硬质耐火粘土、含铁页岩、砂岩,为内陆河湖相环境生成。层位为晚二叠世上石盒子组万山段。

该建造中除含 A 层硬质耐火粘土矿外,尚含有铝土矿(铝土矿中伴生镓)。据目前资料,山东省内凡是有上石盒子组万山段分布的盆地,均有 A 层(硬质耐火粘土及铝土矿)存在,其厚度甚为稳定,一般厚 6~10m 左右,较薄者 3.38m,厚度达 15m。A 层内大致可以分为硬质耐火粘土矿、铝土矿、铝土岩三种,其相互间没有截然界线,存在着相互消长关系。

A 层硬质耐火粘土矿,一般为单层矿,在淄博盆地,多分布于 A 层的下部,一般厚 2~3m,沿走向一般长 1500~2000m,沿倾向宽 600~1200m,常常形成中大型矿床。A 层的上部则变为铝土岩,但不稳定。A 层在明水一带变为两层耐火粘土矿,上、下两层矿规模差不多,厚度一般为 1.2~4.5m;在枣庄,也为两层硬质耐火粘土矿,在临沂罗庄 A 层

含有三层硬质耐火粘土矿,中间亦为铝土岩分隔。硬质耐火粘土矿的矿物成分主要为高岭石,矿石中 Al_2O_3 含量一般为 40% 左右, SiO_2 一般为 43%~45%, Fe_2O_3 一般为 1%~1.5%。耐火度很高,绝大部分矿石的耐火度等于或大于 1770℃。

5.2 晚二叠世上石盒子期含石英砂岩矿陆相沉积建造

此含矿建造主要分布在淄博盆地。主要由黄白、灰白色厚—巨厚层粗粒石英砂岩组成,形成于内陆河湖相环境。层位为晚二叠世上石盒子组奎山段。

该建造中可用于玻璃原料的石英砂岩矿为原层石英砂岩,一般厚度约 20m 左右。石英砂岩颗粒粗、质量好。矿石 SiO_2 含量一般为 95%~98%,有害杂质主要是 Fe_2O_3 较高,一般为 0.7%~1%,仅局部地段低于 0.2%,见图 8。

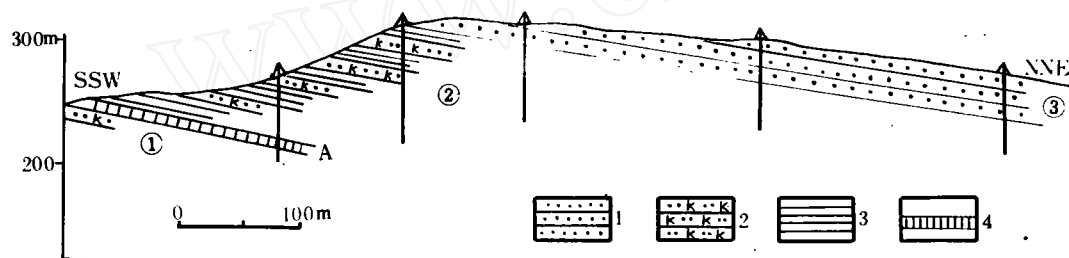


图 8 淄博西冲山石英砂岩矿区第 30 线地质剖面简图

Fig. 8 Simplified cross section of the 30th line of the Xichongshan quartzose sandstone mine, Zibo

- 1—石英砂岩(矿体);2—长石英砂岩;3—页岩;4—A 层硬质耐火粘土/铝土矿;
①—二叠系上石盒子组黑山段;②—上石盒子组万山段;③—上石盒子组奎山段

6 结 语

(1)我国古生代经历了大约 340Ma 的地质历史时期。古生代前夕本区发生了五台山运动,之后进入地台稳定发展阶段,第一次经历了准平原化风化剥蚀作用,接着地台发生下沉导致了大的海浸,在整个寒武纪和奥陶纪时期,中朝海曾有两次大的海相旋回,其间海盆曾多次发生缓慢上升和下降,所以时而为滨海区,时而为浅海区。之后,又经受了加里东造陆运动,发生了第二次强烈的风化剥蚀与岩溶准平原化,接着又复沦为海,并发生了频繁的垂直振荡运动,交相于滨海与滨海沼泽地带区,直到古生代晚期,才上升为陆,成为内陆沼泽与湖泊盆地,在如此复杂的古地理变迁环境下,形成了一系列的化学沉积、生物堆积、碎屑沉积以及腐植质堆积等含矿沉积建造,从而生成了许多非金属矿产,如已知的海相内碎屑堆积的大型石灰岩矿床,与风化剥蚀和钙红土化有关而形成的 G 层硬质耐火粘土矿和铝土矿,大陆湖泊盆地强烈蒸发形成的 A 层硬质耐火粘土矿等。

(2)经过近几年地质调查与研究发现,在复杂的海洋与大陆沉积环境变迁中,还有许多不曾被重视与发现的沉积矿产存在,如郯庐断裂在早寒武世之前就已经开始活动,

导致海水沿所谓“沂沭海峡”漫漫,并接受了断裂以西古陆剥蚀区的碎屑沉积,形成了优质大型玻璃石英砂岩矿;接着,整个地台缓慢下沉,导致海水漫漫,初期是潮间 潟湖和强烈蒸发作用的古地理沉积环境,形成了中大型石膏矿(和木鱼石)。在早、中奥陶世,曾三次出现潮坪 潟湖和强烈蒸发作用,相应又形成了中大型石膏矿床。在石炭纪和二叠纪泥炭沼泽盆地中,由于腐植质作用,形成了大型膨胀粘土矿与小型陶土矿等。

(3)寒武纪龙王庙期与奥陶纪东黄山期、土峪期、阁庄期形成的石膏矿,虽然目前仅见于地下较深部位,但据石膏易溶解的特性分析,笔者认为,原来在这些层位的露头部分有石膏存在,后因溶蚀而消失。为此,在鲁中山区开展此项找矿工作大有前景。

参考文献

- 1 山东省地质矿产局.山东省区域地质志.北京:地质出版社,1991.78~153.
- 2 张增哥,张淑芳,宋志勇等.山东省寒武纪—早奥陶世岩石地层清理意见.山东地质,1994,10(增刊):28~38.
- 3 张淑芳,张增哥,宋志勇等.山东省石炭—二叠—三叠纪岩石地层清理意见.山东地质,1994,10(增刊):46~52.

THE PALAEOZOIC ORE—BEARING SEDIMENTARY FORMATIONS OF NONMETALLIC MINERALS IN WESTERN SHANDONG

Tang Licheng

(No. 1 Geological Brigade, Shandong Bureau of Geology and Mineral Resources)

Abstract

Western Shandong is an important area bearing palaeozoic nonmetallic minerals in Shandong province. From early Cambrian period to late Permian period, a sequence of strata of marine facies — paralic facies and a sequence of sedimentary formations of nonmetallic mineral were formed, including: sedimentary formation of quartzose sandstone, gypsum, limestone, marl in the Cambrian; those of dolomite, gypsum and limestone in Ordovician; the sedimentary formations of hard fireclay, soft fireclay, bentonite and kaolin in the Carboniferous; the sedimentary formations of expansive clay, hard fireclay and quartzose sandstone in Permian. The above — mentioned formations spread steadily in the region and can be correlated with the similar sedimentary formations in other regions in the north China platform. Summary and research on the ore — bearing sedimentary formations of nonmetallic minerals in the Palaeozoic in Shandong will play an important role in prospecting and developing nonmetallic minerals.