

河南省灵宝市故县石英岩矿化 地质特征及其应用

杨福新* 牟长林 陈宏斌

(核工业西北地质局二〇三研究所, 陕西咸阳, 712000)

摘 要 文中阐述了故县石英岩矿化形成的地质构造环境、矿体规模及矿化地质特征。测定了矿石的显微地质特征和矿石品级及化学成分。其质量已达到国标规定的Ⅰ~Ⅳ级品指标。可以用于玻璃、陶瓷、建材、冶金、化工及磨料等工业, 具有潜在的应用前景。

关键词 石英岩矿 矿化特征 应用范围

故县石英岩矿是1993年调查灵宝市崤花花岗岩石材资源时偶尔发现的, 1995年应故县河西农工贸总公司之邀, 联合对此矿化进行调查后发现的。石英岩矿位于灵宝小秦岭山脉的北坡枣香峪中上段, 分布范围较长, 矿层稳定, 开采条件极佳, 交通上近邻陇海铁路线和310国

收稿日期: 1998-04-24

(1) 花岗石品种以白色、浅红色为主, 尚有部分黑、绿色花岗石辅助品种等。其花岗石资源极为丰富, 品种较多, 露采较为方便。

(2) 花岗石的物理性能指标均达到了国标和行业标准的规定指标, 化学参数与国内有关的花岗石饰面材品种较为相似。符合建筑饰面材的各项指标。

(3) 石材中易风化的硫化物等有毒有害元素甚少; 放射性元素含量极微, 也符合国家规定的建筑材料放射性卫生标准的指标。

(4) 矿石结构均匀, 色斑、色线等甚少, 多数石材品种的拼结性较好。加工技术条件良好, 磨光后光泽度高及荒料的出材率较高。

(5) 本区花岗石品质虽然以中低档饰面材为主, 其白色品种结构均匀, 加工出的饰面材洁白典雅, 可与国内驰名的白色品种相媲美; 还是加工大中型花岗石石雕艺术品和建造(建筑工艺石料)石桥、亭阁等的优质材料。

工作中得到了灵宝市矿产资源管理局, 各有关乡镇、亚武石材有限公司等的大力支持。张宽谋、叶安旺、石黎红等同志参加了调研工作, 再次表示感谢。

参 考 文 献

- 1 李春昱. 中国板块构造的轮廓. 中国科学院院报, 1980
- 2 张国伟等. 秦岭造山带的形成及其演化. 西安: 西北大学出版社, 1987
- 3 陕西省地矿局区调队. 1:20万《洛南幅地质图及编图说明书》, 1990

道,具有良好的开发和利用前景。

1 地质概述

矿区位于中朝塔里木古陆板块与秦岭古海洋板块的俯冲、碰撞带附近和华北地台的南缘。区域上属小秦岭太古代褶皱系大月坪至雪家山复式背斜褶皱的北翼^①,矿层受次级的观音堂向斜褶皱构造所控制。地层主要为太古界太华群,其中中亚群主要岩性为黑云斜长片麻岩、斜长角闪岩、混合岩等,该层中控制有含金石英脉的分布。中亚群下岩性段为黑云斜长片麻岩、混合岩、斜长角闪岩、石英岩、长石石英砂岩夹云母石英片岩,含有铁矿层,是区中主要的控矿地层。中亚群上岩性段为黑云斜长片麻岩、混合岩、斜长角闪岩、浅粒岩及含蛭石矿层。褶皱构造为观音堂向斜褶皱,两翼基本对称分布。矿化主要分布于褶皱的南翼。断裂构造主要为北西西(近东西)向,倾向北北东,倾角 $55^{\circ}\sim 65^{\circ}$,有3条平行分布。长约4~8 km、宽数米,平面上呈舒缓波状,见有挤压破碎、碎裂岩等构造产物。此外,还发育有次级北北西向及少量的北东向次级断裂。岩浆岩从五台期—燕山晚期有多期次侵入,尤以燕山晚期的文峪花岗岩体分布面积较大,是形成含金石英脉的主要成矿阶段。同时部分较纯的石英脉也能形成可利用的硅质原料。

2 矿化地质特征

2.1 矿化分布范围

石英岩矿化西自西枣乡峪—四范沟以东均有分布^①,向东继续延展,向西延至豫灵境内,西枣乡沟中见有2~3层石英岩,一般厚度4~10余米,产于铁矿层的附近,其中部分层位中杂质较多,北岔沟中厚约8 m的石英岩其品质较为纯净,杂质较少。观音堂矿段有3层矿化,厚5 m~30 m或大于30 m,多为厚层或巨厚层状,呈陡壁等地貌产出,其中夹有纯白色层位,质量较好。金矿岔矿段有3层石英岩,厚度为5~20 m,部分矿层平均厚为15~20 m。其中灰白色、纯白色,质量较好。乱石岔沟中已发现有一层2 m多厚的乳白色矿层,新鲜纯净质量较好。四范沟也具有1层石英岩矿层,由于覆盖矿化出露不好。

2.2 矿体形态及规模

石英岩矿体在平面上呈层状或似层状为主,少数为透镜状矿体。矿层稳定、一般延展较远,单个矿体均有一定的规模。经野外勘查和采样分析测试,已圈出5个不同规模的矿体。I号矿体断续长上千米,已连续控制范围为400 m,宽约4~8 m,呈稳定的层状,产状为 $15^{\circ}\angle 52^{\circ}$ 。单矿体为层状或似层状。矿石为灰白色或白色,其中部分矿层较纯杂质少。I号矿体全长约2 000多米,呈层状产出,产状为 $15^{\circ}\angle 68^{\circ}$ 左右;矿体呈层状或透镜状。矿石为白色细粒状,杂质少,矿化较好。Ⅲ号矿体断续长约2 700 m,已勘查控制有400多米;宽10~30 m,呈厚层状产出,产状 $15^{\circ}\sim 25^{\circ}\angle 55^{\circ}\sim 68^{\circ}$,矿体呈层状。呈纯白色、灰白色及浅绿色等,其中部分矿层质量较好、杂质少。属本区规模较大的矿体。IV号体全长大于1 000 m以上(向东未

① 杨福新等. 河南省灵宝市故县镇河西村硅质岩矿产地地质调研及综合评价, 1995

控制),宽8~12 m,呈层状产出,产状 $25^{\circ}\angle 65^{\circ}$ 。矿体呈层状、似层状。矿石为白色,见有少量黑云母矿物,部分层中杂质较少。V号矿体已控制长度约300多米,宽约2m,呈层状,产状 $190^{\circ}\angle 45^{\circ}$ 。为似层状矿体。矿石为纯白色,质量较好。此外,对一些层位薄或交通不便的矿层,因目前开采条件不便未作详尽的勘查。

2.3 矿化地质特征

石英岩矿产于观音堂向斜褶皱的两翼,尤其集中在向斜褶皱的南翼。含矿地层为太古界太华群中亚群下岩性段,含矿岩石以层状或厚层石英岩为主,层位稳定,属海相沉积环境,后经区域性变质作用所致。矿体一般长数百米~数千米;厚数米~20 m,最厚处可达30 m。在横向和纵向上均很稳定,通常矿体规模较大。矿层中由多层组成,各单层中物质成分稍有一定的差异。颜色有白色、灰白色、浅绿色及淡粉红色等;部分矿层中含有铁质或含有绢云母等暗色矿物。受地表外生作用的影响,微裂隙发育地段的矿石中铁锰质略有偏高;而新鲜矿石的内部铁质明显甚少,而绢云母矿物等不受深度的制约。矿体在地形地貌上多呈正地形,常为陡坎或陡壁而便于开采,又多分布于沟边及交通方便处。

3 矿石的显微特征及岩石化学特征

3.1 显微地质特征

含矿岩石镜下多定名为石英岩,少数为白云母石英岩。矿物粒度以粗粒为主,少数为细粒结构。主要为粒状变晶或等粒结构,个别为变余花岗结构、交代穿孔结构或不等粒结构,块状构造。主要矿物成分为石英,一般含量占93%~99%,多集中在95%~98%之间;其次为白云母或绢云母,含量为<0.5%~6%;微量矿物有金红石、锆石、磷灰石、榍石、蛇纹石、绿帘石及极少的粉珠状铁质氧化物,约占总量的<0.5%~1%。石英颗粒直径为0.15~10.0 mm,由较纯净的等轴单晶、构成了多晶石英。单晶有轻微的压扁定向,颗粒间边界不平直或呈锯齿状,具有弱波状消光和肋状消光,一级黄干涉色,裂理不发育。矿物中包裹有一些发丝状金红石包体或白云母碎片,见有一些直径为1~56 μm 的气液包裹体和少量的三相包裹体及含NaCl子晶包裹体。云母类矿物中有白云母或绢云母,个别地段见有黑云母;粒度为<0.1~4 mm,呈均匀分布,有轻微定向或有较弱的绿泥石化、高岭土化蚀变。从显微镜下观察矿石薄片证明,在Ⅲ、Ⅳ、Ⅴ号矿体中的样品中杂质及有害矿物甚少,而矿石的质量较好;其次为Ⅰ号矿体;且Ⅰ号矿体中的白云母、绢云母等杂质较多,品质相比较次。这一鉴定结果与化学分析数据而基本吻合。

3.2 矿石的化学成分

对不同矿段、不同矿体分别进行了采样和分析测试,详细分析结果见表1。除Ⅰ矿体中(绢云母石英岩)的 SiO_2 (92.38%~95.33%)略低, Al_2O_3 (0.99%~3.52%)较高和 Fe_2O_3 (0.01%~0.22%)高以外。其余4个矿体中的 SiO_2 含量为96.12%~98.48%; Al_2O_3 为0.01%~1.18%;CaO为0.05%~0.32%; Fe_2O_3 为0.01%~0.10%。其余化学成分各矿体中均极为相近。说明Ⅰ号矿体质量相比略差。从各个矿体中的 SiO_2 含量相对比,属Ⅲ号矿体中 SiO_2 含量最高;Ⅳ、Ⅴ号矿体次之。从 Fe_2O_3 含量对比,Ⅴ号、Ⅳ号矿体较佳(0.01%~0.06%)为低铁矿石;Ⅲ号矿体次之。其次 Cr_2O_3 、 TiO_2 、 P_2O_5 也属Ⅲ、Ⅳ、Ⅴ号矿体较低。

从上说明本区的Ⅲ、Ⅳ、Ⅴ号3个矿体相比矿石质量较好,而Ⅰ号矿体居后,属Ⅰ号矿体的矿石品质略差一些。

表1 各石英岩矿体岩石化学分析结果 ($w_B\%$)

矿体	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	P ₂ O ₅	TiO ₂	Cr ₂ O ₃	矿化
Ⅰ号	96.48	1.12	0.10	0.05	0.03	0.24	0.003	
Ⅰ号	92.38~95.33	0.99~3.52	0.10~0.22	0.05	0.01	0.23	0.002	质量较差
Ⅳ号	96.22~97.92	0.11~1.18	0.02~0.06	0.05	0.01	0.08	0.001	主矿体, 较佳
Ⅲ号	96.12~98.48	0.03~1.17	0.01~0.10	0.06~0.32	0.01	0.08~0.11	0.001~0.002	主矿体, 质佳
Ⅴ号	97.96	0.01	0.01	0.06	0.01	0.11	0.001	规模较小
Σ	96.18	0.96	0.075	0.098	0.013	0.14	0.002	

将本矿的化学成分与全国著名的湖南省平江县石英砂相比(SiO₂>99%; Fe₂O₃<0.02%; Al₂O₃≤0.4%; Cr₂O₃(≤8×10⁻⁶)明显不及。与河南浉池县石英砂岩矿相比,其中SiO₂含量相同(96%~98%); Al₂O₃明显较相近(0.5%~1.2%); Fe₂O₃含量(0.5%~<1.5%)本区明显较低,说明其品质要优于浉池石英矿的质量。此外,矿石质量还比陕西汉中婣姑山利水沟石英(SiO₂>96.5%; Fe₂O₃<1%~1.5%)、陕西神木县石英砂岩矿、江苏苏州清明山胥口石英砂岩矿(SiO₂>90%; Al₂O₃<5%; Fe₂O₃<0.25%)等矿床的质量均高。属硅高低铁的矿化类型。

4 矿石的应用范围及其研究

硅质原料的质量关系着矿石的应用范围及直接的经济效益。通常以SiO₂愈高和铁等有害元素愈低而决定着矿石品质的优劣。我国对其的质量要求和各行业工业要求均有不同的标准,决定着矿石的应用范围,又与经济效益相关联。

4.1 玻璃工业的质量要求

玻璃工业包括玻璃制造和玻璃器皿等^[2]。玻璃工业是需求硅质原料数量最多的行业之一,一般我国将玻璃工业原料划分二类Ⅴ种品种(表2),Ⅰ类矿石可直接用于制造玻璃;Ⅱ类矿石只能掺合高级矿石而利用。Ⅰ级矿石作为特种技术玻璃可用于电子工业(电视玻壳等);Ⅱ级~Ⅳ级分别为光学玻璃、平板玻璃和有色玻璃。本矿的矿石品级大量可用于平板玻璃(Ⅲ级);部分可用于工业技术玻璃(Ⅱ级)和有色玻璃(Ⅳ级)。由于SiO₂含量未达到99.0%以上(Fe₂O₃小于0.05%,已达指标)而达不到Ⅰ级品。现已达到Ⅱ~Ⅳ级的工业玻璃原料的指标。

与玻璃器皿(表2)工业要求可划分为三级矿石级别,本区的矿石质量因SiO₂<99.0%未达Ⅰ级品;大量的矿石已达到了一般器皿玻璃和无色玻璃(Ⅱ级),少数可用于瓶罐玻璃(Ⅲ级)。

4.2 冶金、耐火材料的质量要求

按铁合金用石英岩的质量要求共分为特级、一级、二级品3种(表3)级别。从本区的矿

石质量分析结果看：因 $\text{SiO}_2 < 99.0\%$ （略低），未能达特级品指标；部分样品达到一级品标准，而大多数均能达到二级品的指标。除 SiO_2 之外，其余的 Al_2O_3 、 CaO 、 Fe_2O_3 、 P_2O_5 均已达到特级品的质量要求。

表 2 玻璃工业、玻璃器皿一般工业要求 ($w\%$)

级 别		SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	TiO_2	Cr_2O_3	分析结果（数量）	用 途
一 类	I	>99	<0.5	<0.05	<0.05	<0.001		用于特种技术玻璃
	II	>98	<1.0	<1.1			98.48 (少量)	用于工业技术玻璃
	III	>96	<2.0	<0.2			96.12~97.92 (大量)	用于一般平板玻璃
	IV	>90	<4.0	$<0.5\sim 1.0$			92.38~95.33 (部分)	用于有色玻璃
二 类		<89	<6.0	<0.35				与高级矿石掺合达Ⅲ级品以上质量要求时可利用
I		>99	<1.0	<0.05		<0.001		玻璃仪器器皿玻璃
II		>96	<2.0	<0.1			大量	一般器皿玻璃、无色玻璃
III		>90	<4.0	<0.35			少量	一般瓶罐玻璃

表 3 铁合金、耐火材料用石英岩的质量要求

品 级	化 学 成 分 ($w\%$)					矿石品级及数量
	SiO_2	Al_2O_3	CaO	Fe_2O_3	P_2O_5	铁合金
特级品	≥ 99	≤ 0.3	≤ 0.2	≤ 0.15	≤ 0.02	
一级品	≥ 98	≤ 0.5	≤ 0.3	—	≤ 0.02	少量
二级品	≤ 97	≤ 1.0	≤ 0.5	—	≤ 0.03	大量
特级品	≥ 98	≤ 0.5	≤ 0.4			(耐火材料) 少量
一级品	≥ 97	≤ 1.0	≤ 0.5			大量
二级品	≥ 96	≤ 1.3	≤ 1.0			大量

耐火材料用的石英岩也分为特级、一级、二级 3 种级别（表 3）。从矿石质量要求看，少量样品能达到特级品，而大量的已达到一级或二级品的指标，可作为硅砖等耐火材料的原料。

4.3 熔剂、化工等工业质量要求

熔剂用的石英岩质量要求指标范围较宽（表 4）和品质较低，本区的矿石均能作为熔剂用原料而利用。硅铝、结晶硅用原料要求 $\text{SiO}_2 > 98\%$ 以上，所以本区矿石仅有少量可以用于硅铝合金和熔炼结晶硅。

在化学工业、水泥填料、玻璃纤维上本区的矿石均可以或大部分可以作为其原料，质量达到了规定的指标。部分矿石可以作为过滤砂、压裂砂、铸造砂、磨料矿、水玻璃纤维、陶瓷釉等工业上的有用原料。此外在医药、洗涤剂等行业也有其用途。

综上所述,故县石英岩矿石可广泛应用工业技术玻璃,一般器皿玻璃、冶金、耐火材料、熔剂、硅铝、结晶硅、化学工业、陶瓷、水泥及磨砂、过滤砂等工业,有其较为广泛的用途。将其与其界各国的标准对比,质量类似于美国平板玻璃用白砂、切尔福得白砂的标准;少量接近于或达到美国黄砂和英国 C 级、前捷克斯洛伐克的 T40 标准,符合日本除光学玻璃以外的所有指标,也符合前苏联的玻璃原料工业指标。说明本区硅质原料虽未达到国内外的一级或特级指标,但也达到了 I~IV 级品的工业标准,其质量有着开发利用的价值。

表 4 各用途对石英岩矿石的质量要求 (%)

用途	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	K ₂ O	CaO	MgO	TiO ₂	P ₂ O ₅	SiO ₂ +Al ₂ O ₃	nnn	粒度 (mm)	矿石质量 及数量
熔剂用	≥90 ~95	<2~5	<1~3	≤3	-							大量可用
硅铝用	≥98.5	≤0.5										少量
化学工业	≥90									=0		大量
过滤砂	≥98										0.5~1.2	部分
压裂铸造砂	>98	>0.94	<0.24		<0.26						0.3~0.5	部分
磨料砂	>98	<0.72	<0.18									部分
玻璃纤维			<0.2	<0.2					>35		320 目	大量
水玻璃纤维	>98	<1.3	<0.07		<0.02	<0.01	<0.01					部分
陶瓷釉	≥98.5		<0.05								200 目	部分
水泥填料	≥96									<0.3	8.5	大量
喷 砂	≥99.6	<0.18	≤0.02								50~70 目	-
结晶硅用	≥98	<0.5	≤0.5		<0.5			<0.03				部分

5 开采技术和开发条件分析

故县石英岩矿具有出露长、厚度较大、层位稳定,有望发展成为一定规模的石英岩矿床。一般可采厚度均大于 2 m 以上,多为数米至 10 余米,最厚处为 30 m。无夹石剔除或剔除厚度≤0.5~1 m;平均剥采比均≤0.5:1,多数可供露天开采。露天采场当边坡高度大于 100 m 时,边坡角度为 50°~55°以上;当边坡小于 100 m 时,边坡角为 55°~60°以上;局部地段呈陡壁,极为便于露天开采。已选定的采场均紧邻简易和矿山公路,附近均有高压线路通过,沟峪中地表水极为发育,地下水资源较丰富,均为开采提供了充分的有利条件。

从硅质原料的消耗和需求看,玻璃工业、电子工业玻壳生产线、陶瓷工业需要大量的原料,其次在冶金、建材、化工、熔剂、铸造、水泥工业等许多行业也需用此原料。故县石英岩矿则介于西安-郑州两大城市之间的省界附近,需用硅质原料的厂家较多。原用的矿源主要来自河南渑池、陕西汉中、江苏东海、河北平山和灵寿县等外地,需火车长距离运输。相比之下,故县石英岩 3 个主要矿体中的矿石质量明显比渑池等矿石质量好,铁含量低、矿石品级较高,加之有邻近矿区的故县火车站,给矿产的外运提供了方便。

从石英岩原料或销售市看,一般原矿石产地价格为 10~50 元/t;加工的粗矿粉为 70~120

元/t；到厂矿价格分别为140~200元/t；高品级矿粉(<325目)到厂价为200~400元/t；细粉或超细粉价格从1000元/t~4000元/t。而且石英砂需求量的迅速增长，资源的有限及枯竭会使市场价格将不断的上涨，占有资源就会在未来的市场竞争中具有潜在的经济效益。

6 结论

经实地勘查和分析测试，初步具有以下认识：

(1) 石英岩矿层受观音堂向斜褶皱所控制，含矿地层为太古界太华群中亚群下岩性段，含矿岩性以石英岩为主。

(2) 本区属岩类矿化类型。已查有和圈出5个矿体，长数百~上千米，厚2~30m，呈层状、似层状。沿走向和倾向较为稳定，向两端仍有找矿的潜力。

(3) 显微观察矿石呈粗粒结构、变晶结构及等粒结构、块状构造。主要成分为石英，少量为白云母或绢云母。部分矿体中石英矿物可达到总量的98%~99%。

(4) 石英岩的成分 SiO_2 一般为>92.0%~98.48%； Fe_2O_3 多数为0.01%~0.10%； Cr_2O_3 、 CaO 、 Al_2O_3 等均较低，其成分为较高硅、低铁铝钙的矿石。其质量已达到一类Ⅲ~Ⅳ级品指标；少部分达到一类Ⅰ级品或一级至二级品指标。尤其是 Fe_2O_3 多数已达Ⅰ级品标准，以低铁为特色。

(5) 石英岩的质量可用于平板玻璃、有色玻璃、器皿玻璃和陶瓷、电瓷、熔剂、硅铝业以及耐火硅砖、冶金、化工、磨料、铸砂、喷砂、水泥填料等方面。其质量比较邻近的渑池、汉中等石英岩(砂)矿质量好。类似于美国平板玻璃用白砂，接近美国黄砂和英国C级、前捷克斯洛伐克的T40标准及前苏联玻璃工业标准，符合日本除光学玻璃以外的所有标准。

(6) 石英岩资源的开采和开发条件具备，交通极为方便。目前市场需求量较大，用途较广阔，开发利用后会有较好的经济效益。同时，有待再作工作后，若能在该矿体中圈定出特级(I级)高品级矿石，其经济效益还会大幅度的增加。

文中岩石化学分析由原西安地质学院测试中心承担，灵宝市故县镇农工贸总公司协助完成野外地质调查工作，在此均表感谢。

参 考 文 献

- 1 陕西地矿局区调队. 1:20万《洛南幅地质图及编图说明书》，1990
- 2 郑延力等. 非金属矿产开发应用指南. 西安：陕西科学技术出版社，1992