

陕西红柱石矿开发利用现状及其外围资源潜力分析^①

张选固, 李晓雄, 王宗科

(西北有色地质勘查局七一七总, 陕西 宝鸡 721015)

摘 要:陕西省红柱石矿开发已有十多年的历史, 有一套成熟的加工处理红柱石矿的方法和经验。矿石加工方法简单, 也无须添加任何药剂, 生产成本低, 对周围环境影响小, 矿山的经济效益和社会效益良好。在陕西宝鸡地区的眉县、太白境内分布有大量的花岗岩和花岗闪长岩, 围绕岩体分布有大量的泥质板岩、千枚岩, 成矿地质条件得天独厚, 具有寻找、开发红柱石矿的优势。

关键词:红柱石矿; 开发利用; 资源潜力; 陕西

中图分类号:P618.7 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-5663(2011)04-0340-05

0 概况

红柱石是目前已知的优质耐火材料高铝三石(蓝晶石、矽线石、红柱石)中的一种, 除用于冶炼工业的高级耐火材料、技术陶瓷工业的原料, 还可以用做冶炼高强度轻质硅铝合金、制作金属纤维以及超音速飞机和宇宙飞船的部分零部件配料等。耐火材料业主导着当今世界上红柱石的主要消费结构, 其中钢铁冶炼业用量最大。但随着现代工业技术的发展, 耐火材料的用途会越来越多。

世界上红柱石矿主要集中在南非、法国和中国, 西班牙、葡萄牙、俄罗斯、加纳、韩国、美国的加利福尼亚和北卡罗米纳也有一定的储量。目前可供商业出口的红柱石生产集中于南非, 年产红柱石量 25 万吨, 一半左右出口到欧洲。

我国从 20 世纪 70 年代开始, 红柱石才受到广泛重视和应用, 经过几十年的发展, 国内每年进出口红柱石量呈逐年上升趋势。

陕西省红柱石矿主要分布在宝鸡地区的眉县和太白县境内。目前唯一开发利用的矿山是眉县四沟的红柱石矿; 太白县浑水沟红柱石矿正在筹建中。陕西红柱石矿床的分布情况见图 1。

笔者根据实地调查情况及了解到的红柱石矿信息, 简要介绍陕西省红柱石矿开发利用现状, 并对矿

区外围的资源潜力进行分析。希望能引起更多的人对陕西省红柱石矿的关注和重视, 努力使红柱石矿的开发利用走在全国同行业的前列。

1 陕西省红柱石矿床主要特点

目前, 陕西省开发利用的红柱石矿主要有眉县四沟的红柱石矿和太白县浑水沟红柱石矿(正在筹建中)。

1.1 眉县四沟红柱石矿床主要特点

矿床位于陕西省眉县县城南直距 15km, 行政区划属眉县营头镇管辖。该矿是陕西省地质矿产勘查开发局第八地质队在 1993 年勘查探明的, 同年提交了《陕西省眉县四沟红柱石矿地质普查报告》, 累计探明红柱石矿石量 66.69 万吨, 红柱石矿物量 21.06 万吨, 平均品位(红柱石矿物含量)31.58%。

矿体产在下古生界斜峪关群(也有资料认为是前震旦系秦岭群双水磨组)绢云母石英片岩夹透明状石英岩、绢云母化红柱石岩等变质岩中。矿区周围有大量的花岗岩、花岗闪长岩体出露(见图 2)。

矿区共有两条矿体(K_1 、 K_2 号矿体), 其中 K_1 号矿体长 400m, 平均厚 19m。矿体呈似层状—透镜状、网脉状, 有分枝复合现象(矿体内夹石较多)。矿体产状与地层产状基本一致, 倾向 $190^\circ \sim 200^\circ$, 倾角 60° 。 K_2

^① 收稿日期: 2011-02-01 作者简介: 张选固(1957-), 男, 1988 年成都地院毕业, 学士, 高级地质工程师, 现在主要从事矿产勘查管理工作。

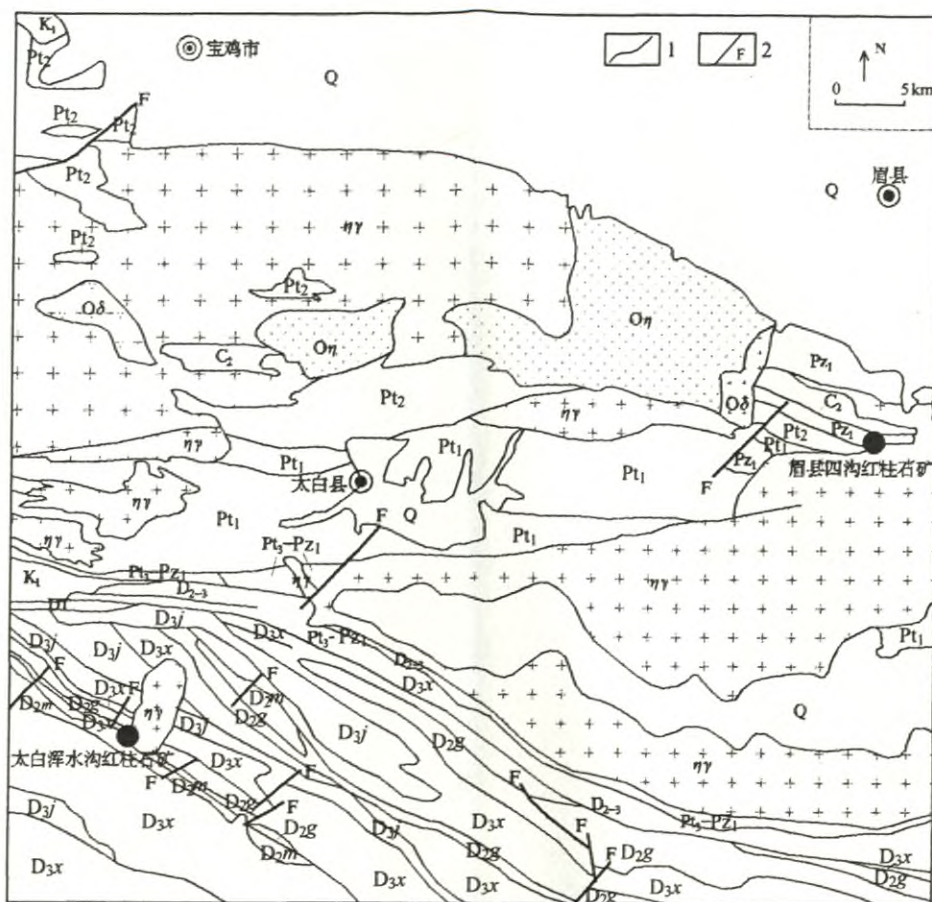


图 1 宝鸡地区红柱石矿产分布略图

Fig. 1 Sketch of andalusite ore distribution in Baoji area

Q—第四系 K₁—下白垩统 C₁—下石炭统 D—T—泥盆—三叠系 D_{3j}—上泥盆统九里坪组 D₃—上泥盆统星红铺组 D_{2g}—中泥盆统古道岭组 D_{2m}—中泥盆统马槽沟组 D_{2s}—中—上泥盆统 Pt₃—P₂₁—上元古界—下元古生界 Pt₂—中元古界 Pt₁—下元古界 ηγ—二长花岗岩 O_η—石英二长岩 O_δ—石英闪长岩 1—地质界线 2—断层

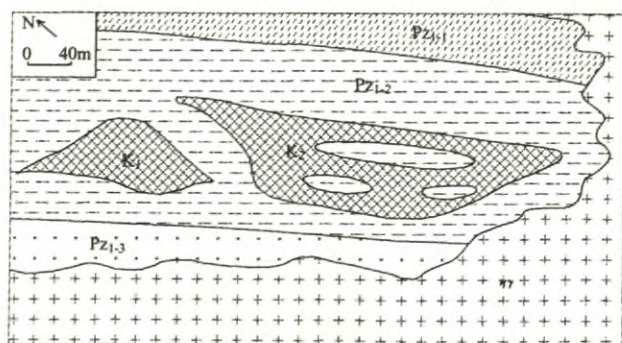


图 2 陕西省眉县四沟红柱石矿地质图

(来自四沟红柱石矿普查报告)

Fig. 2 The geological map of Sigou andalusite mine in Meixian county Shaanxi province

P₂₁₋₃—石英岩 P₂₁₋₂—红柱石云母片岩 P₂₁₋₁—云母石英片岩 K₁—矿体位置及编号

号矿体长 200m, 平均厚 16m。矿体呈透镜状, 产状与地层产状基本相同, 倾向 190°~200°, 倾角 60°。

矿石中主要矿物成分为红柱石, 呈细晶状, 平均含量为 31.58%; 石英呈细粒状, 含量为 30%~40%; 云母呈细小的鳞片状, 含量为 20%~30%。矿石结构主要为细—隐晶质结构; 矿石构造主要为致密块状构造。

矿石化学成分 $w(\text{Al}_2\text{O}_3)$ 为 25%~50%, $w(\text{Fe}_2\text{O}_3)$ 为 4~8%, $w(\text{TiO}_2)$ 为 0.5%~1.5%, $w(\text{SiO}_2)$ 为 35%~45%, $w(\text{K}_2\text{O})$ 为 0.5%~1.5%, $w(\text{Na}_2\text{O})$ 为 0.6%~1.5%。矿石工业类型为耐火材料用红柱石。

1.2 太白县浑水沟红柱石矿床主要特点

位于太白县县城南 225° 方位, 直距 35km, 行政区划属太白县王家楞乡管辖。矿体产于上泥盆统炭质板岩、红柱石板岩中。矿区东西两侧都有花岗岩、花岗闪长岩体出露(见图 3)。

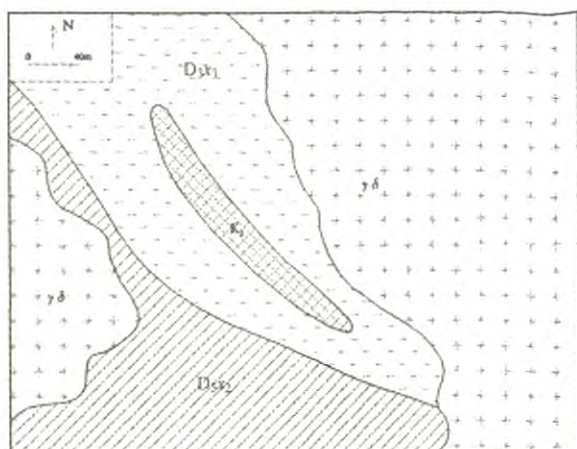


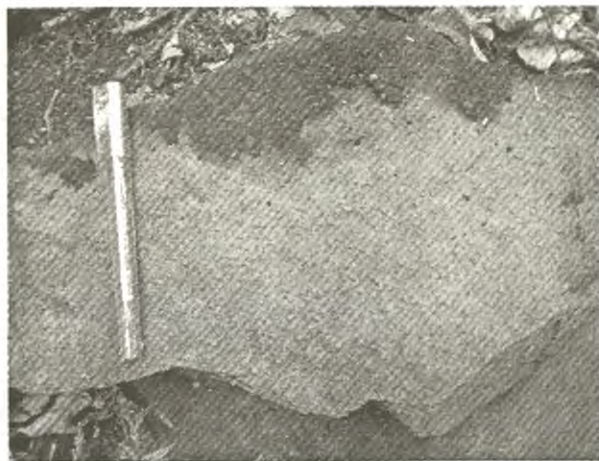
图3 陕西省太白县浑水沟红柱石矿体地质图
(据浑水沟红柱石矿资源核实板岩)

Fig. 3 The geological map of Hunshuigou andalusite mine Taibai county, shaanxi province

D₃x₁—含红柱石炭板岩 D₃x₂—灰岩夹千枚岩 γδ—花岗岩体 K₁—矿体位置编号

2008年陕西国兴矿业科技有限责任公司提交了《陕西省眉县浑水沟红柱石矿资源储量核实报告》，圈定红柱石矿体一条，矿体长500m，厚15~30m，平均厚20m，延深50m。红柱石矿石量约200万吨，红柱石矿物量40万吨，平均红柱石矿物含量20%。矿体呈层状、似层状，倾向50°，倾角70°。

矿石矿物主要为红柱石，呈细小的短柱状、细晶状，含量15%~25%；石英呈细粒状，含量32%~34%；云母（黑云母、金云母、绢云母）呈细小的鳞片状，含量18%~23%；绿泥石呈细小鳞片状，含量3%~15%；斜长石呈小粒状，含量7%~9%。另外还有少量的角闪石、钙铝榴石。矿石多呈自形晶（柱状）结构，晶体以粗1mm左右，长4~8mm居多，也有呈细晶结构。矿石多呈块状构造、斑状构造，斑晶为红柱石。该矿石的红柱石矿物颗粒较眉县四沟的红柱石矿物颗粒明显粗大许多（照片）。



照片 红柱石矿物标本，其中柱状物为红柱石矿物
(照片为浑水沟野外拍摄)

Photo 1 Andalusite ore specimens with andalusite minerals in columnar shape
(from the Hunshuigou mine site)

矿石化学成分 $w(\text{Al}_2\text{O}_3)$ 为 19.35%~29.33%，平均为 23%， $w(\text{Fe}_2\text{O}_3)$ 为 7.9%， $w(\text{TiO}_2)$ 为 0.92%， $w(\text{SiO}_2)$ 为 59.37%， $w(\text{K}_2\text{O})$ 为 2.88%， $w(\text{Na}_2\text{O})$ 为 0.90%。矿石工业类型为耐火材料用红柱石。

2 红柱石矿开发利用状况

2.1 开发利用状况

四沟红柱石矿是陕西省目前唯一开发利用的一个红柱石矿山，矿山成立于1997年，在矿山成立最初

的几年中，由于没有掌握矿石加工处理的工艺和方法，所生产出的矿粉也是不合格的。当时，矿山一直处在换人、学习、试验、摸索阶段，这一阶段矿山基本处于停止状态。

近几年来，随着红柱石矿的开发利用以及矿石加工处理方法、工艺不断完善，现在基本上能生产出合格的、可以销售的矿粉。但是，矿山生产的规模还非常小，日采选矿石量只有30t，年采选矿石量仅仅只有1万吨。该矿山为露天开采，开采条件良好。

矿山生产销售的矿粉有两种：一种是粉料，另一种是粒料。其中粉料就是红柱石矿粉粒径小于1mm

以下。生产流程:碎矿(破矿)—球磨(球磨到 1mm 以下)—摇床(红柱石矿比重重大,通过摇床把石英和云母及其它杂质与红柱石分离开来)—除铁(铁矿物通过电磁辊被除掉,粉料相对较细,除铁相对比较彻底,粉料与粒料相比含铁量低)—精矿粉。整个生产过程非常简单,不需要添加任何药剂。对环境影响非常小。生产出粉料指标: $w(\text{Al}_2\text{O}_3) \geq 55\%$, $w(\text{Fe}_2\text{O}_3) \leq 1.3\%$, $w(\text{TiO}_2)$ 为 0.92%, $w(\text{SiO}_2) \leq 41\%$, $w(\text{K}_2\text{O}) \leq 0.2\%$, $w(\text{Na}_2\text{O}) \leq 0.6\%$ 。粒料就是红柱石矿物颗粒料,该矿红柱石矿物颗粒相对较细,分不出更大粒度的级别,只能分三个等级:1~2mm、2~3mm 和 3~4mm。主要根据用户要求生产。生产流程:碎矿(一破、二破、对辊破,不经过球磨机,红柱石硬度大,不容易被破碎)—摇床—红柱石粒料。整个生产过程也不需要添加任何药剂。生产出粒料指标: $w(\text{Al}_2\text{O}_3) \geq 55\%$, $w(\text{Fe}_2\text{O}_3) \leq 3\%$, $w(\text{TiO}_2)$ 为 0.92%, $w(\text{SiO}_2) \leq 41\%$, $w(\text{K}_2\text{O}) \leq 0.2\%$, $w(\text{Na}_2\text{O}) \leq 0.6\%$ 。

红柱石矿石基本不含金属硫化物,整个加工过程都是把矿石由大变小的物理变化过程。红柱石矿物硬度大,在加工过程中不容易破碎,而其它的矿物容易破碎分离,加工过程无须填加任何药剂,尾矿对生态环境没有影响。

2.2 主要经济技术参数(见表 1)

从表 1 中可以看出矿山经济效益良好。同时矿山还解决了当地 60 人的就业岗位,对推动地方经济发展起到了积极作用。

表 1 四沟红柱石矿山主要经济技术参数
Table.1 The main economic and technical parameters (from Sigou andalusite mine)

项目	单位	参数和指标	项目	单位	参数和指标
生产规模	吨/日	30	年产矿粉量	吨	2200
	万吨/年	1	采、运、选、销、管理成本	原矿吨	150
地质品位	%	31.58	年总成本	万元	300
采矿回收率	%	80	矿粉销售价格	元/吨	2500
矿体贫化率	%	20	年产值	万元	550
人选矿石品位	%	25	年利税	万元	250
选矿回收率	%	70	年利润	万元	160

2.3 存在主要问题及对策

日前,矿山生产规模较小,质量不稳定,在市场上

没有竞争力。现正在生产的四沟红柱石矿,日处理矿石量仅为 30t,属个体小作坊式的生产。生产规模小的主要原因是矿山地质工作程度低,只达到了地质普查程度,探明红柱石矿石量仅为 66.69 万吨,属小型红柱石矿。最初选矿厂的建设也是按照小矿山修建的,没有进行过二期扩大改造。红柱石矿粉主要用于钢铁行业的耐火材料,销售情况的好坏及价格的高低都受钢铁行业的直接影响。我国日前用的红柱石矿粉主要依靠国外进口,国外红柱石矿粉量大、质优。无形中垄断了市场,左右了大用户。

陕西省的红柱石矿粉未能进入大市场,只能低价销售给小用户。其原因是生产规模小选矿工艺落后,选矿回收率只有 75%左右。根据国内最新研究成果,采用重选—磁选—重选工艺流程,试验结果表明,分选技术指标良好, $w(\text{Al}_2\text{O}_3)$ 为 55.71%~58.72%,含红柱石 89.56%~93.28%,回收率 79.13%~84.54%, $w(\text{Fe}_2\text{O}_3)$ 为 1.55%, $w(\text{K}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O})$ 为 0.17%, $w(\text{TiO}_2)$ 为 0.048%,指标均合要求。陕西红柱石矿的生产必须扩大生产规模,改善选矿工艺,提高产品质量;以数量获得市场份额,以质量赢得用户信任。在站稳和满足国内市场的前提下,力争出口,在国际红柱石市场占一席之地。

3 外围资源潜力

红柱石矿作为耐火材料的非金属矿产,往往不被人们重视,在陕西省红柱石矿产勘查研究的程度非常低。随着红柱石用途的越来越多和用量的越来越大,寻找开发红柱石矿将越来越受到人们的重视。从四沟红柱石矿和浑水沟红柱石矿特点来看,红柱石都是产在花岗岩和花岗闪长岩岩体边部的泥质岩石中,矿体与岩体的关系是“不在其中,不离其踪”,是典型的受岩浆热接触变质作用产物。在陕西省眉县、太白地区岩体非常发育,在岩体的周边泥质类板岩、千枚岩分布也十分广泛,是寻找红柱石矿的有利地区。

另外,根据区域地质资料及相关地勘单位在太白县周边踏勘发现,太白县城周边元古界区域变质石英片岩、片麻岩中发现有硅线石和红柱石,这是区域变质的产物,这种类型的矿体规模大、矿物结晶颗粒粗、含量高、杂质少、质量好。在河南西峡、甘肃漳县相继发现了蓝晶石、红柱石矿。陕西太白开展地质工作程度极低,应当引起高度重视。

4 总结

红柱石矿在陕西省生产加工经过了十多年的摸索,已经有一套成熟的处理方法和工艺,具有加工方法简单,生产成体低,环境影响小,矿山经济效益和社会效益良好。眉(县)太(白县)地区红柱石矿,成矿地质条件好,找矿潜力大、开发效益好。整个区内地质工作程度都非常低,在其周围具有找到大矿、富矿得天独厚的成矿条件,希望通过本文能使更多的人了解红柱石、认识红柱石,尤其是能引起地质、矿业开发界的高度重视,努力把陕西省打造成为我国红柱石矿加工生产的重要基地。

参考文献:

- [1] 陕西省地质矿产局第八地质队. 陕西省眉县四沟红柱石矿地质普查报告[R], 1996.
- [2] 甘肃陇南磨沟铅锌矿设计室. 四沟铅锌矿采矿初步设计方案[R], 2002. 6.
- [3] 陕西省地质矿产勘查开发局第三地质队勘查院. 陕西省眉县四沟红柱石矿开发利用方案[R], 2004. 6.
- [4] 陕西国兴矿业科技有限责任公司. 陕西省太白县浑水沟红柱石矿资源储量核实报告[R], 2008. 11.
- [5] 西安有色冶金设计研究院. 太白县王家楞浑水沟红柱石矿开发利用方案[R], 2009. 12.
- [6] 非金属矿产开发应用指南[M]. 陕西科学出版社, 1992.
- [7] 张兴辽. 河南省非金属矿产资源现状及跨世纪发展主攻矿种选择[J]. 非金属矿, 1993. 11.
- [8] 郑永林. 中国非金属矿加工业发展现状[J]. 中国非金属矿工业导刊, 2006. 3.
- [9] 中国地质矿业集团总公司筹备组. 地质矿产部非金属矿应用研究和开发利用成果汇编[G], 1998. 1.
- [10] 中国非金属矿业[M]. 北京:地质出版社, 2008.

State of Andalusite Exploitation in Shaanxi Province, and Analysis on Peripheral Resources Potential

ZHANG Xuan-gu, LI Xiao-xiong, WANG Zong-ke

(No. 717 Geological Team of Northwest Geological Prospecting Bureau for Nonferrous Metals, Baoji, Shaanxi, 721015)

Abstract: Ten years passed since andalusite exploitation started in Shaanxi province. There has been a set of established methods and experiences accumulated for processing andalusite ore. The ore processing methods are simple without adding any medicament and production cost of the methods is low with minimum influence on the environment. Therefore, economic and social benefits have been received from all the andalusite mines. There are a great deal of granite and granodiorite spreading in Meixian and Taibai county in Baoji area, Shaanxi province. Intrusive rocks are surrounded by plentiful argillite and phyllite. So these areas have a favourable mineralised conditions and the advantages could be taken for searching and developing andalusite deposits.

Key Words: Shaanxi; andalusite mine; resources potential; exploitation; Shaanxi