

西藏申扎县某铷矿床铷赋存状态研究^{*}

周玉, 杨磊, 刘飞燕, 徐莹

(中国地质科学院矿产综合利用研究所, 四川 成都 610041)

摘 要:为查明西藏申扎县某铷矿床中铷的赋存状态,采用化学分析、电子探针、X 射线衍射、MLA 和光学显微镜等手段对铷矿石的化学成分、矿物组成、粒度和嵌布特征以及铷元素的赋存状态进行了详细研究。研究结果表明,矿石中铷主要赋存于云母类矿物中,分布率达 95.91%,仅针对云母类矿物进行选冶工作即可取得优异的铷回收指标。研究结果对西藏申扎县铷矿石的选冶及矿床下一步开发利用具有重要指导意义,也对类似矿石性质的铷矿床赋存状态研究具有重要启示。

关键词:赋存状态;铷;西藏;云母

中图分类号:TD91;P575 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0076(2018)06-0081-06

DOI:10.13779/j.cnki.issn1001-0076.2018.06.017

Study on the Occurrence Status of a Rubidium Ore Deposit from Shenzha County in Tibet

ZHOU Yu, YANG Lei, LIU FeiYan, XU Ying

(Institute of Multipurpose Utilization of Mineral Resources, CAGS, Chengdu 610041, China)

Abstract: The main chemical constituents, mineral composition, particle size, embedding characteristics of the raw ore were studied by means of chemical analysis, electron probe, X-ray diffraction, MLA and optical microscope to ascertain the occurrence status of a rubidium ore deposit from Shenzha County in Tibet. The results showed that rubidium is mainly present in mica with a distribution rate of 94.23%. Therefore, an excellent recovery index could be obtained only by dressing and smelting the mica minerals. The research results have important guiding significance for the smelting of rubidium ore and further development and utilization of the deposit in Shenzha County. This paper also provides significant inspiration for the study of the occurrence status of rubidium ore deposits with similar ore properties.

Key words: occurrence state; rubidium; Tibet; mica mineral

自然界未发现独立的铷矿物,目前主要从云母和卤水中提取铷^[1-2]。铷作为“三稀”元素的重要组成部分,因其具有特殊的光电性能,素有“长眼睛”的金属之称^[1,3-4],成为国家战略矿种之一。铷主要应用于高科技领域(80%),仅少量(20%)用于特种玻璃、电子器件和催化剂等传统领域^[5]。我国有着丰富的铷资源^[2],近年来在我国多地发现了多个大型-超大型的铷矿床^[6-9],加之高新科技发展日新月异,对铷资源的需求日益增加,使得铷矿的高效开发利用研究愈加紧迫。本文选取位于青藏高原

腹地、高海拔地区的西藏申扎县某铷矿床进行系统的工艺矿物学研究,以期查明矿石中铷的赋存状态,为后续矿石选冶及矿床开发利用提供矿物学基础资料,乃至对高海拔地区同类型矿床的研究提供参考。

1 矿石物质组成

1.1 矿石化学组成

首先对矿石样品进行 X 射线荧光光谱分析,根据分析结果,筛选铷、铈、钽以及其他含量较高的主

* 收稿日期:2018-09-19

基金项目:中国地质调查局地质调查项目(DD20160074)

作者简介:周玉(1984-),男,博士,主要从事矿床学研究工作。

要元素进行了化学分析,分析结果见表 1。由表可知,矿石中达到矿产资源工业利用品位的仅有铷、铯,仅达到边界品位,其他元素均不具有工业利用价值,所以本次工作主要针对铷的赋存状态进行研究。

表 1 矿石化学多项分析结果 /%						
Table 1 Chemical analysis results of raw ore						
元素	SiO ₂	Al ₂ O ₃	CaO	MgO	K ₂ O	Na ₂ O
含量	68.11	16.23	0.97	0.16	5.58	0.31
元素	TiO ₂	Nb ₂ O	Ta ₂ O ₅	Rb	S	Fe
含量	0.105	0.012 3	0.004 8	0.13	0.59	3.14

表 2 矿石矿物组成及含量			
Table 2 Mineral composition and content of raw ore			
矿物名称	含量/%	矿物名称	含量/%
石 英	56.1	黄铜矿、方铅矿、闪锌矿、钛铁矿	0.2
云母类	37.1	萤石	0.1
长石类	3.5	辉钼矿	微
角闪石、绿泥石、蛇纹石等	1.7	铌铁矿、钽铁矿、铌钽铁矿、褐钨铌矿、黄钼钽矿	微
黄铁矿、白铁矿、赤铁矿、褐铁矿、菱铁矿、锡石	1.3	合计	100.0

表 3 矿物分类统计表				
Table 3 Mineral classification statistics of raw ore				
含量	金属矿物		非金属矿物	
	硫化物	氧化物	硅酸盐	其他
主要	—	—	白云母	石英
次要	—	—	钾长石	
少量	黄铁矿	—	铁锂云母、绢云母、钠长石、条纹长石	
微量	白铁矿、方铅矿、闪锌矿、黄铜矿、磁黄铁矿、辉钼矿	赤铁矿、锡石、褐铁矿、羟磷铁锰矿、金红石、钽铌铁矿、黄钼钽矿、褐钨铌矿、锰铅矿、黑锰矿、黑钨矿、磁铁矿、钛铁矿、磷钼矿	高岭石、多硅白云母、绿帘石、绿泥石、透辉石、角闪石、软水铝石、铜铀云母	萤石、磷灰石、独居石、锆石

2 矿石结构、构造

矿石以伟晶岩、云英岩化花岗岩为主,主要由石英和白云母组成,主要矿物成分单一,且分布相对均匀,以原生块状构造矿石最为常见,次生变化微弱,结构构造简单。

2.1 矿石结构

铷矿石中主要矿物的结构特征见图 1。矿石主要发育他形粒状、自形片状、交代残余和巨晶结构等。

矿石中含量最高的非金属矿物石英和金属矿物黄铁矿等多具他形晶粒状结构,部分石英粒度粗大,构成巨晶结构,黄铁矿粒度细小,该种结构又可细分为等粒结构、不等粒结构、粗粒—中粒—细粒结构等;自形片状结构表现为矿石中白云母主要呈自形

1.2 矿石矿物组成

矿石云英岩化明显,石英、云母、长石约占矿物总量的 96% 以上,其他矿物含量少。为全面、准确地确定矿石中矿物的种类,我们按矿物特性,采用重选和浮选手段进行富集,使少量、微量矿物在 X 射线衍射分析中能够显示出来。经过系统工作查明矿石中的主要矿物成分为石英、长石和云母,其他矿物为萤石、辉钼矿、黄铁矿、锡石、钙钛矿等(表 2),根据上述矿物性质和含量不同进行了分类统计,结果见表 3。

片状结构,部分呈鳞片状集合体结构,铁锂云母、多硅白云母、绢云母等亦以发育自形片状结构为主;交代残余结构表现为金属硫化物之间偶有相互交代现象,可见磁黄铁矿不完全交待黄铁矿,偶见白云母交代钾长石,使残余钾长石与白云母毗邻相嵌构成交代残余结构;矿石中还可见巨大的粒状石英、萤石晶体以及片状云母晶体,构成巨晶结构,该结构仅局部可见。相对而言石英、云母巨晶集合体构成巨大斑晶较为常见。

2.2 矿石构造

矿石构造主要为块状、斑点状构造以及稀疏浸染状和短脉状构造:块状构造为矿石中发育的主要构造,一般表现为石英集合体和云母集合体相对均匀分布,结构致密;斑点状构造主要发育于黄铁矿化较强烈的部位,表现为黄铁矿等金属硫化物集合体

呈斑点状分布于石英和云母集合体粒间孔洞中;矿石中的金属硫化物主要呈稀疏浸染状分布于石英矿物粒间,构成稀疏浸染状构造;短脉状构造表现为偶见菱铁矿和方解石等碳酸盐类矿物在矿石裂隙呈短脉状分布。

3 矿石中重要矿物嵌布特征

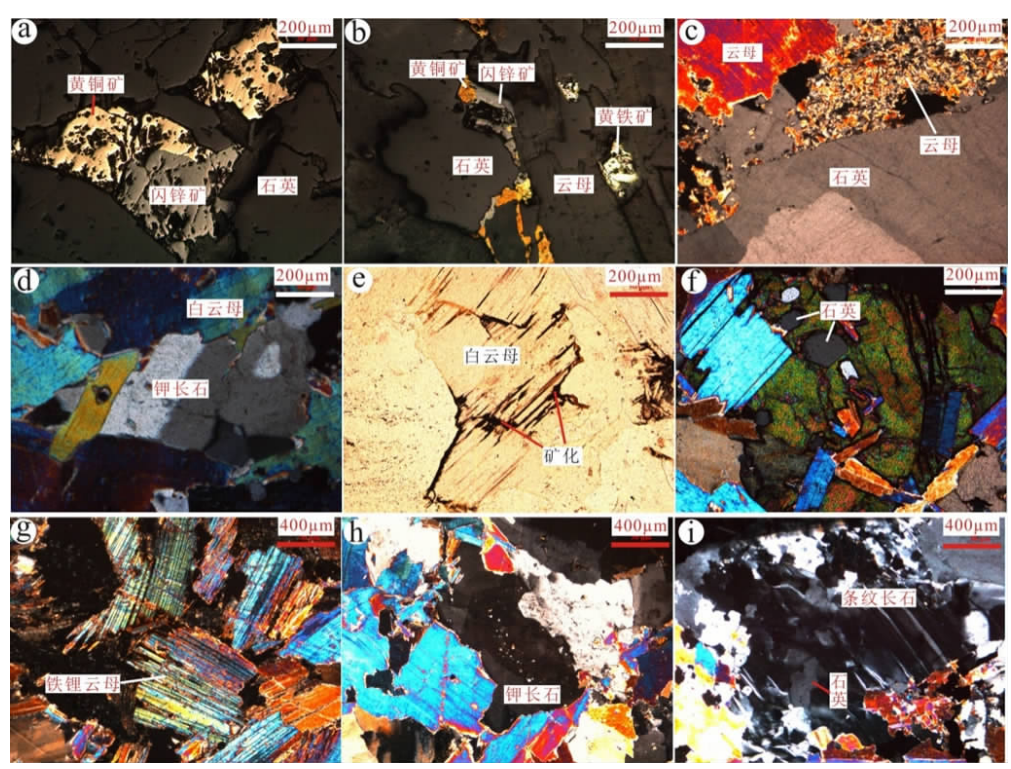
铷矿石中金属矿物总体含量低,仅占矿物总量的 1.5%,尤其在矿物粒度较细的矿石中金属矿物含量更低,且金属矿物粒度也相对较小。金属矿物主要分布于脉石粒度为中-粗粒的矿石当中。非金属矿

物石英、云母普遍粒度粗大,云母结晶完好。矿石次生蚀变微弱,以块状花岗岩、云英岩化花岗岩为主。

3.1 矿石中重要矿物嵌布特征

(1) 石英

石英占矿物总量的 56.1%,主要呈他形、半自形粒状以及粒状集合体分布(图 1a、图 1c),粒度约为 0.1~8 mm。黄铁矿、黄铜矿、闪锌矿和磁黄铁矿等硫化物矿物常分布于石英粒间以及多个石英颗粒组成的粒间孔洞中;黄铜矿、闪锌矿和方铅矿等硫化物矿物集合体常发育于石英裂隙和粒间孔洞中(图 1a、图 1b),由于受到应力作用的影响,粒径较大的石英常具波状消光及应力裂纹。



a - 石英裂隙中发育的硫化物矿物;b - 黄铁矿、闪锌矿、黄铜矿等硫化物矿物沿石英以及云母边缘和裂隙嵌布;c - 片状及集合体分布的云母与石英的嵌布关系;d - 自形板柱状钾长石发育卡斯巴双晶,分布于白云母粒间(+);e - 沿白云母解理裂隙的矿化现象(-);f - 被白云母蚀变产物绿泥石包裹的自形-半自形石英颗粒(+);g - 自形片状铁锂云母,极完全解理(+);h - 钾长石的环境状构造(+),内部具星点状绢云母化;i - 条纹长石内部包裹石英颗粒,边部被白云母交代(+)

图 1 矿石中重要矿物的嵌布特征

Fig. 1 Dissemination characteristics of important minerals in raw ore

(2) 云母类

云母占矿物总量的 37.1%,与石英共同组成了铷矿石主要构架。矿石中的云母类矿物主要为白云母(>85%),另外偶见有绢云母、锂云母以及铜铀云母等其他云母类矿物。现主要对白云母的嵌布特征描述如下:

白云母主要呈片状(图 1d),粒度约为 0.5~5 mm。小粒径(<1 mm)白云母常发育于较大粒径(>3 mm)白云母和石英矿物粒间。在矿石中见硫化物矿物如黄铜矿、黄铁矿和闪锌矿等多分布于白云母粒间,而不规则状和脉状集合体的硫化物矿物常分布于白云母矿物解理缝、裂隙及矿物粒间(图

1e),以上现象说明白云母与硫化物矿物成因紧密相关。偶见具挠曲现象的白云母发育,这可能也是由于受到应力作用而形成的。另外矿石中部分白云母蚀变形成绿泥石(图 1f)。在矿石中偶见铁锂云母(图 1g),含量极少。

(3)长石类

长石矿物量较少(<5%),但矿物种类繁多,主要为钾长石,偶见有条纹长石、微斜长石和钠长石等。现主要对钾长石的嵌布特征描述如下:

钾长石常呈自形、半自形板柱状,粒径约为 0.3~5 mm,常发育典型的卡斯巴双晶,且部分钾长石环带发育(图 1h)。钾长石多分布于石英和云母类矿物粒间。另外偶见有钾长石蚀变为绢云母。

条纹长石含量极少,粒径约 0.5 mm,主要呈他形粒状,多嵌布于白云母、石英颗粒粒间,内部时有他形粒状石英包裹体(图 1i)。

3.2 矿石中主要矿物粒度特征

为了查明矿石中主要矿物石英、云母类和长石类矿物的粒度特征,我们对碎磨至-1 mm 的矿石综合样制备了砂光片,利用矿物自动分析仪进行粒度分布统计。特别说明的是此统计结果不代表原矿石矿物原始粒度特征,为原矿石在磨破至-1 mm 后矿物的工艺粒度分布特征。石英矿物粒径主要分布在 22~355 μm 之间,占 90.02%,大于 90 μm 占 48.04%,大于 22 μm 占 92.82%;云母矿物粒径主要分布在 19~300 μm 之间,占 88.78%,粒径大于 90 μm 占 36.62%,粒径大于 22 μm 占 87.53%;长石类矿物粒径主要分布在 8.1~250 μm 之间,占 87.99%,粒径大于 90 μm 占 28.39%,粒径大于 22 μm 占 74.46%。

4 主要矿物赋存状态

矿石中铷含量低,通过原矿光薄片研究,查清其矿物种类及工艺粒度等,工作量将非常大,而且容易遗漏某些微量矿物。为此我们准备了筛析、重选、单矿物(相对富集)三套样品进行了系统研究,共分离出 25 件样品,分别开展显微镜下研究、X 射线衍射分析、化学分析和 MLA 矿物分析等,以确保对铷和铌钽矿物有详细、全面的认识。

4.1 筛析样品分析研究

为研究铷和铌钽等在不同粒级中的分布情况,我们将样品碎磨至-1 mm 后进行粒度分级,并进行

了筛析样的化学分析研究,分析结果见表 4。

表 4 筛析样品化学分析结果 /%							
Table 4 Chemical analysis results of sieve analysis samples							
粒级/mm	产率	SiO ₂	Al ₂ O ₃	K ₂ O	Nb	Ta	Rb
+0.42	19.9	74.32	11.92	5.44	0.004 7	0.002 0	0.13
-0.42+0.147	29.0	66.54	14.75	5.97	0.004 6	0.001 4	0.15
-0.147+0.075	13.5	65.61	16.10	6.11	0.004 2	0.001 9	0.15
-0.075+0.044	34.1	64.39	14.87	6.10	0.004 0	0.001 5	0.14
-0.044	3.5	63.59	13.10	5.39	0.006 0	0.002 8	0.12

由表 4 数据可以看出,铷和铌钽在各粒级中分布大致上是均匀的,没有相对富集的情况,据此可以认为铷和铌钽均匀地分布于各粒级中。

各粒级中各矿物分布变化亦不大,均以石英、云母为主,但有一个比较明显的趋势,随粒度变细石英含量小幅减少,云母含量有小幅增加趋势。

4.2 重选样品分析研究

将样品破碎至-1 mm 后,对样品进行了重选分级,以考察铷和铌钽在不同比重级别中的分布。重选样是我们重点考察的样品,重砂和尾矿样是逐步淘洗所得:首先淘洗得到重砂 1,对重砂 1 尾矿再进行淘洗得到重砂 2,依次,直至得到重砂 5 和尾矿。重选样品化学分析结果见表 5。

表 5 重选样品化学分析结果 /%							
Table 5 Chemical analysis results of gravity separation samples							
样品	产率	SiO ₂	Al ₂ O ₃	K ₂ O	Nb	Ta	Rb
重砂 1	0.5	1.87	0.70	0.17	0.011	0.015	0.002
重砂 2	0.6	7.50	3.63	1.29	0.001	0.002 6	0.026
重砂 3	2.1	53.50	10.91	5.03	0.004 2	0.002 3	0.11
重砂 4	0.7	58.78	12.84	5.09	0.005 0	0.002 4	0.11
重砂 5	2.7	62.56	15.65	6.62	0.005 4	0.001 8	0.15
尾矿	93.4	65.83	10.07	5.66	0.005 1	0.001 4	0.14

在重选样中我们选择重砂 1、重砂 3、重砂 5 及重选尾矿进行了全方位考察。铌钽矿物、黄铁矿等金属硫化物及其他比重较大的矿物主要富集于重砂 1 中,为此又对重砂 1 进行了浮选分离(表 6),分离出以硫化物为主的硫精矿(浮硫精)和以氧化物为主的硫尾矿(浮硫尾)。重砂 5 中除石英外,云母含量亦较高,云母为铷的重要载体矿物,故我们对重砂 5 中云母进行了浮选富集。重选尾矿样经 X 衍射分析结果表明,成分主要为云母、石英和长石类矿物。

表 6 重砂 1 浮选产品化学分析结果 /%							
Table 6 Chemical analysis results of the flotation products of No. 1 heavy sand sample							
样品	产率	SiO ₂	Al ₂ O ₃	K ₂ O	Nb	Ta	Rb
浮硫精矿	79.81	1.21	1.11	0.11	0.001	0.001	0.001
浮硫尾矿	20.19	6.28	2.89	0.62	0.065	0.052	0.014

由表 5 可以看出,铌钽主要富集于重砂 1,铷在重砂 1、重砂 2 中明显减少,在重砂 5 中稍有富集,但富集不明显。

表 6 为重砂 1 产品通过浮选进行分类后分析的结果,分离出硫化物和非硫化物两类,目的是查明铷和铌钽在这两类矿物中的分布。由表 6 可以看出,重砂 1 中的铷和铌钽主要富集于浮硫尾矿中。由重选产品化学分析结果(表 5、表 6)可以看出,铌钽主要富集于重砂 1 的浮硫尾矿中。通过对重砂 1 浮硫尾矿样品的 X 射线衍射分析得出,矿石中主要含铌钽的矿物为铌铁矿、钽铁矿、铌钽铁矿以及褐钇铌矿、黄钇钽矿等。

表 7 为重砂 5 产品通过浮选分离出云母和非云母两类的结果,目的是查明铷在这两类产品分离过程中的走向趋势。由表 7 数据可以看出,铷主要富集于云母精矿中。由于本次研究中重砂 5 的浮选分离目的是研究铷的走向趋势,属于大致分离,云母精矿中杂质较多,云母精矿中铷含量并不代表铷精矿中铷含量。

表 7 重砂 5 浮选产品化学分析结果 /%							
Table 7 Chemical analysis results of the flotation products of No. 5 heavy sand sample							
样品	产率	SiO ₂	Al ₂ O ₃	K ₂ O	Nb	Ta	Rb
云母精矿	70.15	47.37	18.80	8.49	0.006 4	0.001 0	0.21
云母尾矿	29.85	93.67	3.22	1.12	0.001 5	0.001 3	0.017

重砂 5 的主要成分为云母类以及部分石英、长石等矿物,浮选富集云母样的 X 衍射分析结果表明,其矿物成分简单,主要为云母,其次含少量石英。其化学分析结果(表 7)可以看出,铷主要在云母中得到富集。

4.3 单矿物样品化学分析

从上述研究可以看出,铷可能主要在云母中富集,为此,我们对预留的原矿石样品在实体镜下进行了人工单矿物分选,主要针对云母以及矿物量较大的石英、长石以及黄铁矿,并进行铷和铌钽以及其他相关元素的化学分析,分析结果见表 8。

表 8 单矿物化学分析结果 /%							
Table 8 Chemical analysis results of pure minerals							
样品	Fe	S	SiO ₂	Al ₂ O ₃	K ₂ O	Nb	Ta Rb
黄铁矿	45.23	51.09	-	-	-	-	- -
石英	-	-	96.97	1.27	0.44	-	- -
云母	-	-	45.01	38.17	11.07	-	- 0.31
长石	-	-	62.55	18.96	8.25	-	- 0.14

由表 8 可以看出,黄铁矿、石英、云母类、长石类均不含铌钽,主要含铷矿物为云母类,次为长石类矿物。

4.4 矿石中铷赋存状态

(1)含铷矿物

通过上述系统工作,铷矿石中的含铷矿物限定在云母类和长石类矿物中,并未发现其他含铷矿物。我们对云母类矿物中最重要的白云母以及少量矿物绢云母和铁锂云母以及长石类矿物中的钾长石、条纹长石和钠长石等均开展了铷元素能谱分析和元素扫描,铷含量均在 0.5% 以下,且未见铷的富集点,说明铷应以类质同象形式存在于云母类和长石类矿物中。

(2)铷的分布

经系统分析,矿石中主要含铷矿物为云母类和长石类,云母类的矿物量为 37.1%,长石类的矿物量为 3.5%,云母类中含铷 0.31%,长石类中含铷 0.14%,通过计算可知云母类矿物中铷的分布率为 95.91%,长石类矿物中铷的分布率为 4.09%,故矿石中铷绝大多数(95.91%)赋存于云母类矿物中,仅极少量铷(4.09%)赋存于长石类矿物中。所以仅对云母类矿物进行选冶工作即可取得优异的铷回收指标。

表 9 矿石中铷金属量平衡计算 /%				
Table 9 Calculation results of rubidium equilibrium in raw ore				
矿物名称	矿物含量	Rb 含量	铷金属量	铷分布率
云母类	37.1	0.31	11.50	95.91
长石类	3.5	0.14	0.49	4.09
石英	56.1	-	0	0
其他矿物	3.3	-	0	0
合计	100.00	-	11.99	100.00
原矿中铷的含量:0.13%,平衡系数:11.99/0.13*100%=92.23%。				

5 结 论

(1) 矿石中石英、云母、长石约占矿物总量的 96% 以上; 矿石以原生块状构造为主, 次生变化微弱, 结构构造简单; 矿石中的白云母与硫化物矿物成因紧密相关。

(2) 矿石磨破至 -1 mm 后的主要矿物有石英、云母和长石类矿物。石英粒径主要分布在 22 ~ 355 μm 之间, 占 90.02%; 云母粒径主要分布在 19 ~ 300 μm 之间, 占 88.78%; 长石类矿物主要分布在 8.1 ~ 250 μm 之间, 占 87.99%。

(3) 矿床中含铷矿物主要为云母类矿物, 其次为长石类矿物, 且铷主要以类质同象形式赋存。

(4) 矿床中铷在云母类矿物中分布率为 95.91%, 长石类矿物中铷的分布率为 4.09%, 仅针对云母类矿物进行浮选—焙烧浸出等选冶工作即可取得优异的铷回收指标。

参考文献:

[1] 孙艳,王瑞江,仝锋,等. 世界铷资源现状及我国铷开发利用建议[J]. 中国矿业,2013,22(9):11-13.

[2] 王守敬,刘璐,海东靖. 甘肃国宝山铷矿工艺矿物学研究[J]. 矿产保护与利用,2017(3):80-83.

[3] 曹耀华,高照国,王守敬,等. 从某难选铷矿石中提取铷[J]. 金属矿山,2015,44(12):83-87.

[4] 李静萍,许世红. 长眼睛的金属——铯和铷[J]. 化学世界,2005,46(2):85-85.

[5] 李向益,单勇,曾茂青,等. 某低品位云母——长石型铷矿浮选试验研究[J]. 有色金属(选矿部分),2017(3):55-59.

[6] 赖杨,杨磊,李丹峰,等. 甘肃国宝山铷矿床矿石特征研究[J]. 矿产综合利用,2016(3):71-75.

[7] 杨芬. 福建建宁东坑铷矿地质特征及成因分析[J]. 福建地质,2017,36(3):220-227.

[8] 李建领,刘强,许令兵,等. 河南嵩县石门铷矿地质特征及成因浅析[J]. 矿产与地质,2015(2):203-207.

[9] 周玉,周雄,贾志泉. 四川道孚县亚中地区发现具有大型规模潜力铷铍矿[J]. 中国地质调查成果快讯,2017(21):35-38.

引用格式:周玉,杨磊,刘飞燕,等. 西藏申扎县某铷矿床铷赋存状态研究[J]. 矿产保护与利用,2018(6):81-86.

ZHOU Yu, YANG Lei, LIU FeiYan, et al. Study on the occurrence status of a rubidium ore deposit from Shenzha County in Tibet[J]. Conservation and utilization of mineral resources, 2018(6):81-86.

投稿网址: <http://kebh.cbpt.cnki.net>

E-mail: kebh@chinajournal.net.cn

(上接第 80 页)

(4) 钨矿物主要为白钨矿及少量黑钨矿, 白钨矿多具有不规则状晶形, 白钨矿中钨含量为 60.81%, 占矿石中钨的 78.35%, 粒度主要为中细粒; 黑钨矿中钨含量为 58.22%, 占矿石中钨的 4.12%, 粒度以中细粒为主; 钨矿物粒度整体集中在 0.1 ~ 0.01 mm, 粒度较细, 可通过浮选进行综合回收, 磷灰石、方解石、重晶石等矿物会影响浮选。

参考文献:

[1] 李俊建,何玉良,张彦启,等. 豫西成矿带成矿区划研究进展[J]. 矿床地质,2014,33(S1):803-804.

[2] 李文军,岳铁兵,吕良,等. 豫西某金钨矿综合利用试验研究[J]. 矿产保护与利用,2017(3):47-51.

[3] 李俊良,何玉良,付超,等. 豫西 Au-Mo-W-Pb-Zn-Ag-Fe-铝土矿-石墨成矿带主要地质成矿特征及潜力分析[J]. 地质学报,2016(7):1504-1524.

[4] 熊英,林滨兰,郑存江,等. 综合分析技术在微细粒浸染型金矿矿赋存状态研究中的应用[J]. 岩矿测试,2004(1):62-66.

[5] 曹飞,吕良,李文军,等. 河南某低品位金矿堆浸试验研究[J]. 矿产保护与利用,2014(2):37-40.

[6] 马建秦,李朝阳,温汉捷. 不可见金赋存状态研究现状[J]. 矿物学报,1999(3):335-342.

[7] 刘玖芬,汤中立,刘晓煌,等. 黄铁矿中不同赋存状态金的测试及意义——以胶莱盆地金矿中黄铁矿为例[J]. 地质与勘探,2011(5):823-827.

引用格式:刘璐,郭俊刚,杨玉坤,等. 豫西某金钨矿的工艺矿物学研究[J]. 矿产保护与利用,2018(6):77-80,86.

LIU Lu, GUO Jungang, YANG Yukun, et al. Process mineralogy study on a gold ore in western Henan Province[J]. Conservation and utilization of mineral resources, 2018(6):77-80, 86.

投稿网址: <http://kebh.cbpt.cnki.net>

E-mail: kebh@chinajournal.net.cn