

文章编号:1004-4116(2021)04-0056-05

鄂尔多斯盆地西南缘铜城一带碱性岩地质特征及找矿前景浅析

邓喜涛

(甘肃省地矿局第三地勘院,甘肃 兰州 730050)

摘 要:鄂尔多斯盆地西南缘铜城一带的碱性岩地质学主要是对岩体的时空分布、岩石学和岩石地球化学特征、形成时代及其与油气成藏关系等方面进行了研究。本次研究根据国内对含钾岩石的某些研究成果,通过对碱性岩资料的收集、分析,发现碱性岩具有较高的 $w(\text{Al}_2\text{O}_3)$ (18.40%~20.00%)、 $w(\text{K}_2\text{O})$ (9.69%~10.2%)和较低的 $w(\text{SiO}_2)$ (45.42%~55.61%)、 $w(\text{Na}_2\text{O})$ (0.38%~1.53%)、 $w(\text{MgO})$ (0.27%~0.53%)等,岩石整体表现出富钾、铝、钙,贫硅、镁等的强碱性硅不饱和的特征。岩石的 K_2O 含量与《矿产资源工业要求手册》中关于含钾岩石制取钾肥一般工业指标及中国富钾正长岩中 K_2O 含量相当,从理论上认为该碱性岩具有非水溶性钾矿资源的找矿前景。

关键词:碱性岩;地质特征;找矿前景;鄂尔多斯盆地西南缘

中图分类号:P 619.21

文献标志码:A

地球上钾盐资源可分为三类:第一类为可溶性钾盐矿,主要是氯化物、硫酸盐和它们的复盐,还有少量硝酸盐,它们都能溶于水,如钾石盐、光卤石、钾盐镁矾以及它们的混合矿。第二类为海水和盐湖卤水。第三类为非水溶性含钾矿物和岩石,如含钾砂岩、粘土岩、海绿石砂岩、页岩、明矾石、绿豆岩、霞石、钾长石等。

我国是世界上钾肥消耗最多的国家之一,而钾盐资源量仅占世界总储量约2.2%,查明资源储量6.54亿t^[1],主要分布在柴达木盆地察尔汗盐湖和塔里木盆地的罗布泊盐湖。钾盐资源相当贫乏,致使国内钾盐和钾肥供不应求,长期依赖进口。因此,尽快、有效解决钾肥来源问题是当务之急。除了寻找和开发水溶性钾盐资源,还应广辟钾源才是解决钾肥短缺的唯一出路。随着科学技术的不断进步,近年来许多学者或研究团队^[2-5]在富钾岩石(矿物)制取钾肥及综合利用方面取得了一定的成果,为钾肥产业的发展提供了新的途径。鄂尔多斯盆地西南缘铜城一带出露的碱性岩最早由地质矿产部第三普查大队发现,长庆油田研究院区域室对其进行了野外考察,并进行了初步的岩石学和年代学研究^[6]。随着地质矿产勘查工作的不断深入,一些学者对该岩体从时

空分布、岩石学、岩石地球化学、形成时代及与油气成藏关系等方面对其进行了较为详细的研究^[6-7]。文章在借鉴前人研究成果的基础上,根据非水溶性钾矿的一些研究成果,通过对鄂尔多斯盆地西南缘铜城一带碱性岩资料的收集与分析研究,与目前国内含钾岩石的一些研究成果对比研究,从理论上认为鄂尔多斯盆地西南缘铜城一带的碱性岩具有非水溶性钾矿资源的找矿前景。

1 地质概况及岩体特征

研究区大地构造位置隶属于华北板块鄂尔多斯盆地西南缘渭北隆起西段,天环坳陷的南延部分(图1(a))。处于北祁连造山带、秦岭造山带与华北板块交汇地区。碱性岩体分布于盆地西南部铜城镇以南约7 km的庙滩—桃稍岫一带(图1(b)),属超浅成侵入体,野外仅见庙滩和桃稍岫2个基岩露头。其中桃稍岫岩体呈岩墙状产出,走向东西向,出露宽4.5 m、长230 m,岩性主要为黑榴二长斑岩和假白榴石斑岩,二者之间为断层接触,可能为不同期次岩浆活动的产物(图2(a))。庙滩岩体位于桃稍岫岩体以东500 m处,呈岩墙状产出,走向东西向,出

收稿日期:2021-03-15

作者简介:邓喜涛(1971~)男,高级工程师,主要从事矿产勘查及综合研究工作,E-mail:85574840@qq.com

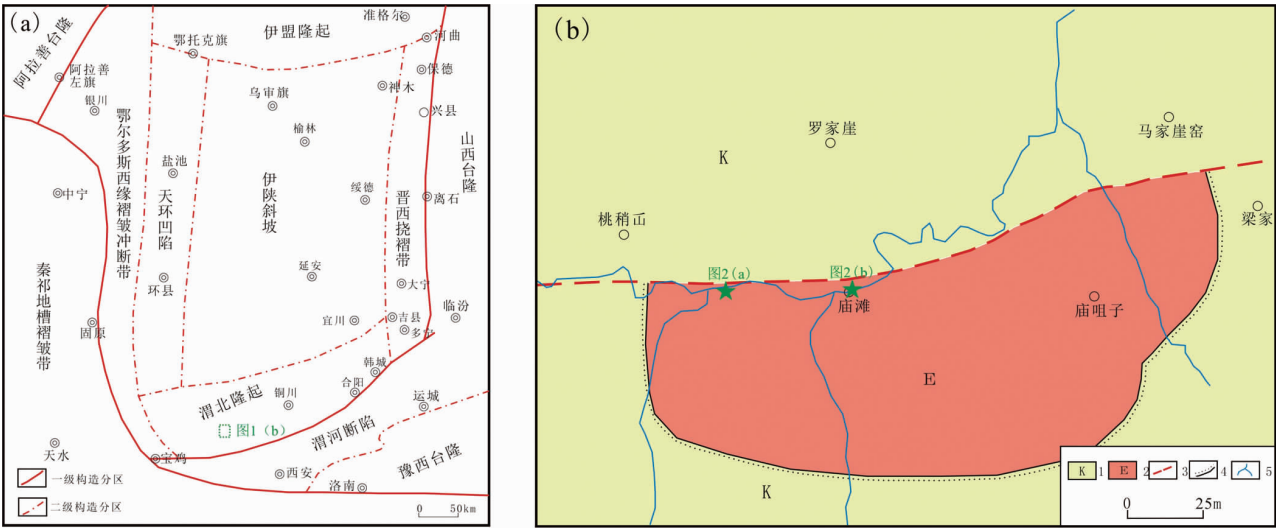


图 1 鄂尔多斯盆地大地构造略图(a)(据参考文献[8],略有修改)和
庙滩一带地质略图(b)(据参考文献[7],略有修改)

Fig. 1 Geological map of the Ordos Basin

1—白垩系;2—碱性岩;3—断层;4—角度不整合接触界线;5—水系

露宽 2 m、长 35 m,岩性为霓辉黑榴二长斑岩。岩体南界与蓟县系含燧石结核白云质灰岩呈侵入接触,北界被第四系覆盖(图 2(b))。

野外调查发现,庙滩岩体与桃稍山岩体走向基本一致,且二者分布在五马沟溪流南北两侧,相距约 500 m。推测为同一岩体的不同出露部分。

2 岩体岩石学及岩石化学特征

2.1 岩石学特征

野外地质调查发现碱性岩体主要由霓辉黑榴二长斑岩、黑榴二长斑岩和假白榴石斑岩组成。其岩石主要特征简述如下:

霓辉黑榴二长斑岩:紫红色,斑状结构,块状构造。斑晶由正长石、斜长石、黑榴石和霓辉石等组成,其中正长石(13% ~ 16%)呈自形晶,弱蚀变,具有嵌晶结构,嵌晶为斜长石、磷灰石等;斜长石(13% ~ 17%)呈自形晶,具环带结构,绢云母化和碳酸盐化蚀变强烈;黑榴石(9% ~ 11%)呈自形晶,已风化为褐铁矿,仅保留黑榴石假晶;霓辉石(5% ~ 7%)边部已蚀变为磁铁矿或褐铁矿。基质具显微隐晶质结构,矿物成分不清,含量 45% ~ 49%。

黑榴二长斑岩:灰黑色,斑状结构,块状构造。斑晶由钾长石、斜长石、黑榴石等组成,其中钾长石(15% ~ 20%)呈自形晶,弱蚀变;斜长石(20% ~ 25%)呈自形晶,具环带结构,绢云母化和碳酸盐化

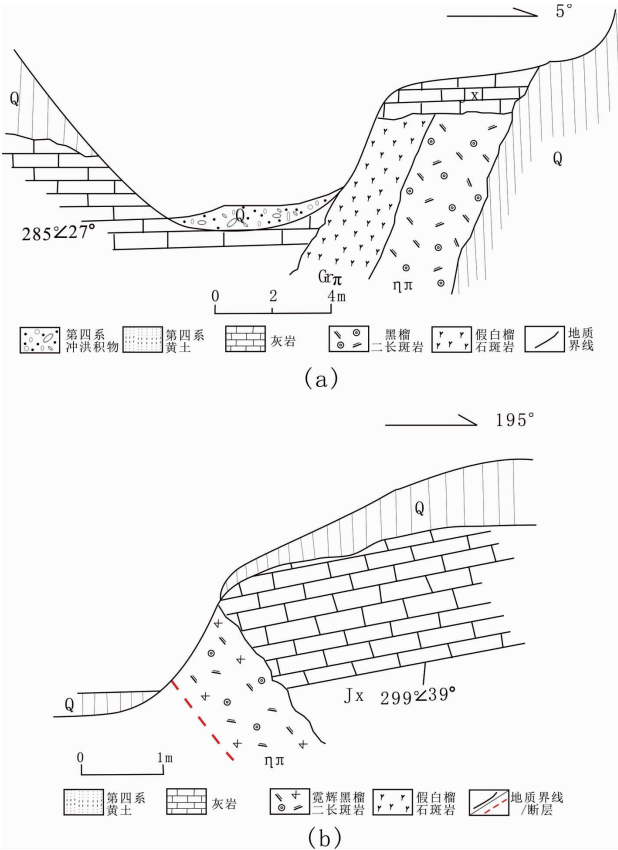


图 2 桃稍山地质剖面图(a)和庙滩地质剖面图(b)
(据参考文献[7],略有修改)

Fig. 2 Geological profile of Taoshaoshan (a)
and Miaotan (b)

蚀变强烈;黑榴石(20% ~ 23%)呈自形晶,已风化为褐铁矿,仅保留黑榴石假晶。基质由斜长石、钾长石微晶、玻璃质及微量榍石等组成,含量 30% ~ 37%。

假白榴石斑岩:褐红色,斑状结构,块状构造。斑晶由假白榴石、黑榴石、榍石、钾霞石组成。其中假白榴石(23% ~ 25%)呈等轴状自形晶,已蚀变为碳酸盐矿物;黑榴石(含量 8%)呈等轴状自形残晶,榍石(< 2%)呈自形晶,钾霞石(< 1%)呈它形。基质具粗面结构,由钾长石、褐铁矿和方解石等组成,其中钾长石呈板状、针状,含量 33% ~ 35%;褐铁矿呈它形,含量 23% ~ 25%,方解石含量 11% ~ 13%。

2.2 岩石化学特征

从岩石化学分析结果表(表 1)可以看出,岩石样品的 $w(\text{SiO}_2)$ 为 45. 42% ~ 55. 61%,低于中国花岗岩的平均质量分数(71. 27%); $w(\text{Al}_2\text{O}_3)$ 为 18. 40% ~ 20. 00%,铁镁含量相近,铁略高, $w(\text{Ti}_2\text{O})$ 为 0. 16% ~ 0. 25%, $w(\text{CaO})$ 为 4. 23 ~ 9. 32%, $w(\text{MgO})$ 为 0. 27% ~ 0. 53%。 $w(\text{Na}_2\text{O})$ 为 0. 80% ~ 2. 35%, $w(\text{K}_2\text{O})$ 为 9. 69% ~ 10. 2%, $w(\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O})$

为 10. 49% ~ 12. 55%, $\text{K}_2\text{O}/\text{Na}_2\text{O}$ 比值为 4. 34 ~ 26. 74, $\text{K}_2\text{O} > \text{Na}_2\text{O}$,属富钾型;里特曼指数(σ)为 9. 70 ~ 45. 91。在 $w(\text{SiO}_2)-w(\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O})$ 图解上(图略)样品落入副正长岩及碱玄质响岩区域,为中性岩、碱性系列。岩石整体表现出富钾、铝、钙,贫硅、镁、钛、磷的强碱性硅不饱和的特征。依据《矿产资源工业要求手册》中关于含钾岩石制取钾肥一般工业指标及中国富钾正长岩中 K_2O 含量特征^[2,9],认为研究区碱性岩体具有非水溶性钾矿资源的找矿前景。

3 含钾岩石的开发利用现状

钾肥短缺一直是我国农业的关键问题,近年来我国钾盐需求量持续增长,致使国内钾盐和钾肥供不应求,长期依靠进口。因此,尽快、有效地解决钾肥来源问题是当务之急。目前在加强钾盐矿普查的同时广辟钾源才是解决钾肥短缺的唯一出路。近年来许多研究团队在富钾岩石(矿物)生产钾肥及综合利用方面取得了一定的成果,为钾肥产业的发展提供了新的途径。利用非水溶性钾矿资源制取钾肥,既有

表 1 鄂尔多斯盆地西南缘碱性岩与中国富钾正长岩岩石化学分析结果对比表
Table 1 Petrochemical analysis results of alkaline rock samples in southwestern Ordos Basin and some K-rich syenite samples in China

序号	地点	岩性	样品号	wB/%											
				SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	FeO	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	P ₂ O ₅	LOI
1	平凉铜城	假白榴石斑岩	Tc-2	45.42	0.25	18.36	2.33	2.55	0.6	0.53	9.32	0.38	10.16	0.2	9.17
2			Tc-5	55.61	0.16	19.76	1.15	1.05	0.15	0.27	4.32	1.53	10.08	0.05	5.63
3		霓辉黑榴二长斑岩	Tc-6	54.34	0.17	19.98	1.47	1.53	0.31	0.39	4.34	0.8	9.69	0.05	6.55
4			Tc-7	54.99	0.18	19.6	1.1	0.91	0.08	0.35	4.23	2.35	10.2	0.05	5.75
5	辽宁凤城市	赛马钠沸正长岩	SS-33	54.72	0.78	19.54	1.4	2.44	0.01	1.15	1.93	3.26	10.89	0.16	3.32
6	河北赤城县	后沟角闪正长岩	HG-99	63.43	0.20	15.8	1.33	1.02	0.06	0.87	2.09	2.95	9.21	0.09	2.33
7	内蒙古商都县	五喇叭正长岩	SK-15	62.97	0.03	17.99	0.47	0.45	0	0.68	0.67	1.15	15.08	0.06	0.45
8	内蒙古白云鄂博	富钾板岩	BY-02	56.00	0.32	14.65	2.92	5.69	0.14	1.72	2.17	1.23	13	0.05	1.65
9	内蒙古包头市	包头东霓辉正长岩	BK-12	59.78	1.11	16.96	5.36	0.09	0.02	0.7	0.97	0.78	12.12	0.12	1.76
10	北京市平谷区	黄松峪正长斑岩	HS-97	57.89	0.35	19.9	4.18	1.25	0.08	0.88	0.81	0.92	11	0.13	1.88
11	天津蓟县	大红峪钾质粗面岩	JX-00	54.41	1.19	17.55	5.13	2.65	0.02	2.48	0.77	0.21	11.04	0.16	1.43
12	山西临县	紫金山假榴正长岩	ZS-07	54.17	0.7	20.42	4.65	0.54	0.01	0.91	1.97	0.39	13.35	0.13	2.24
13	山东文登市	西院下正长岩	XS-15	64.8	0.04	17.35	0.08	0.29	0.01	0.17	0.4	0.66	15.31	0.01	0.55
14	河南嵩县	磨沟霓辉正长岩	SX-12	64.3	0.09	17.37	1.25	0.17	0.01	0.2	0.55	1.68	14.15	0.03	0.59
15	河南嵩县	乌烧沟霓辉正长岩	HW-12	60.46	0.1	20	1.54	0.29	0.01	0.82	0.62	0.24	14.68	0.05	0.98
16	河南嵩县	坪地霓辉正长岩	PD-15	61.67	0.29	17.58	2.26	0.18	0.03	0.43	0.74	0.66	15.4	0.07	0.76
17	河南卢氏县	黄家湾白云母正长岩	LS-05	58.01	0.93	17.87	3.93	0.32	0	0.3	1.06	0.28	14.69	0.09	1.8
18	陕西洛南县	长岭霓辉正长岩	LN-07	64.53	0.05	16.7	0.84	0.13	0	0.56	0.99	0.77	14.75	0.04	0.67
19	河南方城县	油坊庄石英正长岩	FK-15	64.45	0.14	17.6	0.73	-	0.02	0.09	1.06	2.92	10.74	0.02	0.22

注:序号 1 ~ 4 来源于参考文献[7];序号 5 ~ 19 来源于参考文献[2]

助于减少钾肥进口的依存度,改善消费结构,又可提高钾资源保证程度。

非水溶性钾矿主要用于制取的钾肥有 KCl 、 K_2SO_4 、 KNO_3 、 K_2CO_3 、 K_3PO_4 及钾氮肥、钾钙肥、硅镁钾肥等。根据非水溶性钾矿不溶于水且熔点高的特点,目前国内含钾矿物或岩石制取钾肥的开发利用情况,按照生产技术和加工工艺,将其分为四类^[10-11]。第一类是将非水溶性钾矿岩石磨碎后直接施用于农田;第二类是利用活化转化法将非水溶性钾矿中的钾转化为可溶性或可交换态钾,用于生产各类复合肥,如钾氮肥、钾钙肥、硅镁钾肥等;第三类是利用化学方法提取非水溶性钾矿中的钾,制备纯度较高钾肥,如 KCl 、 K_2SO_4 、 KNO_3 、 K_2CO_3 、 K_3PO_4 等。第四类是生物法,以核辐射诱变筛选的 K-907 胶质芽孢杆菌诱变株为活化剂,将矿石中的钾转化为植物可吸收的水溶性钾。在综合利用方面,还能获得高附加值产品金属铝、纯碱及水泥等多种产品。

虽然我国在非水溶性钾矿制造钾肥及综合利用方面取得了一定的进展,但由于这些加工技术较复杂、经济成本较高,真正走向产业化的成果较少。通过改进现有工艺方法,如简化工艺流程、资源利用率低、减少三废排放等,仍是当前非水溶性钾矿开发利用研究的重点。目前,中国科学院过程工程研究所赵伟副研究员团队发明的混合助熔剂焙烧-短流程处理含钾岩石新工艺^[5]和中国地质大学(北京)材料科学与工程学院马鸿文教授团队发明的正长岩型钾资源“水热碱法”生产硫酸钾工艺^[2],在非水溶性钾矿资源利用方面取得了重大突破。在可预期未来,若规模化高效利用非水溶性钾矿资源形成新兴产业领域,不仅可有效缓解我国钾盐资源短缺的现状,而且给化肥和化工行业带来显著的经济效益和社会效益,还可带动地方经济发展。

4 讨论和结论

(1)我国钾盐资源严重不足,开展含钾岩石资源利用的研究,是解决我国钾资源紧缺的一个重要途径。近年来,我国利用含钾岩石(矿物)制取钾肥的方法主要为直接法、浸取法(活化转化法)、化学方法和生物法,因工艺流程、尾矿残渣、经济成本等不同因素的制约,在经济效益上还不理想,但非水溶性钾矿制取钾肥及其综合利用潜力巨大。针对我国钾盐资

源紧缺形势和国外垄断联盟对钾肥市场控制的严峻局面,开展非水溶性钾矿资源的研究工作,不仅可缓解我国钾肥缺乏的现状,而且给化肥和化工行业带来显著的经济效益和社会效益。当前可本着就地取材,就地施用的原则进行小规模生产,加强综合利用研究,不断改进加工工艺,降低成本,减少三废排放等,使非水溶性钾矿资源得以开发利用。

(2)鄂尔多斯盆地西南缘铜城一带碱性岩的岩石化学成分总体表现出富钾、铝、钙,贫硅、镁、钛、磷的强碱性硅不饱和的特征,与典型富钾正长岩的主量元素 SiO_2 、 Al_2O_3 、 $\text{K}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O}$ 及暗色组分 Fe、Mg、Ti 等相差不大, K_2O 含量略低,CaO 含量偏高。碱性岩的 K_2O 含量远超《矿产工业要求参考手册》中含钾岩石制取钾肥的一般工业指标,具有非水溶性钾矿资源的找矿前景。

(3)鄂尔多斯盆地西南缘铜城一带碱性岩具有非水溶性钾矿资源的找矿前景,值得开展全面而深入的研究。建议对其尽快开展可行性论证,若实现找矿突破,可形成新兴产业,带动地方经济发展。同时,笔者期望通过本文,起到抛砖引玉的作用,引起对省内含钾岩石研究的重视,以期实现非水溶性钾矿资源的找矿突破,从而有效缓解我省钾肥缺乏的局面。

参 考 文 献

- [1] 马鸿文,杨静,苏双青,等.富钾岩石制取钾盐研究20年:回顾与展望[J].地学前缘,2014,21(5):236-254
- [2] 马鸿文,杨静,张盼,等.中国富钾正长岩资源与水热碱法制取钾盐反应原理[J].地学前缘,2018,25(5):277-285
- [3] 刘艳红,苏双青,马鸿文,等.一种利用富钾岩石制取农用硝酸钾的工艺[P].中国专利:201310071405.X,2014-09-17
- [4] 韩成.一种利用水热化学反应从富钾岩石中制取钾肥的方法[P].中国专利:02156824.3,2004-06-30
- [5] 赵伟,齐涛,李刚,等.一种从非水溶性含钾岩石中提取钾盐的方法[P].中国专利:CN106702139A,2017-05-24
- [6] 翁凯.鄂尔多斯盆地西南缘岩浆活动及其对油气形成的影响(硕士论文)[D].西安:长安大学,2012
- [7] 张宏法,包洪平,彭天朗,等.鄂尔多斯盆地西南南部超钾质岩及构造意义[J].中国地质,2012,39(5):1172-1182
- [8] 吴洪涛,孙妹娟.鄂尔多斯盆地构造演化浅述[J].科技资讯,2019,(07):78-79
- [9] 邵厥年,陶维屏,张义勋,等.矿产资源工业要求手册[M].北京:地质出版社,2010
- [10] 陈静.含钾岩石资源开发利用及前景预测[J].化工矿产地质,2000,22(1):58-64
- [11] 顾汉念,王宁,杨永琼,等.不溶性含钾岩石制备钾肥研究现状与评述[J].化工进展,2011,30(11):2450-2455

GEOLOGICAL CHARACTERISTICS AND PROSPECTING POTENTIAL OF ALKALINE ROCKS IN TONGCHENG AREA, SOUTHWESTERN ORDOS BASIN

DENG Xi-tao

*(The Third Institute of Geology and Mineral Exploration, Gansu Provincial Bureau of Geology and Mineral
Exploration and Development, Lanzhou 730050, China)*

Abstract: The Tongcheng area is located in the southwest margin of Ordos Basin and studies of alkaline rocks exposed in this region mainly focus on time–space distribution, petrology, petrochemistry, age and its relationship with hydrocarbon accumulation. On the basis of the research of potash–bearing rocks in China, the data of alkaline rocks are collected and analyzed in this paper. Results show that the alkaline rocks are characterized by high Al_2O_3 (18.40% ~ 20.00 wt. %), K_2O (9.69% ~ 10.2 wt. %) and low SiO_2 (45.42% ~ 55.61 wt. %), Na_2O (0.38% ~ 1.53 wt. %), MgO (0.27%~0.53 wt. %). Generally, compositions of rocks is rich in potassium, aluminum, calcium, and poor in silicon and magnesium, which manifests themselves as peralkaline silicon unsaturated series. The K_2O content of the rocks is equivalent to the general industrial index of potash fertilizer extracted from potash–bearing rock in the ‘Handbook of industrial requirements for mineral resources’. Also, the K_2O content is the same as potassic syenite in China. So it is theoretically considered that the alkaline rock has the prospecting prospect of insoluble potash resources.

Key words: alkaline rock; Geological characteristics; prospecting prospect; southwestern Ordos Basin