

河南嵩箕地区铝土矿的次生富集规律

付治国, 王军强, 张沛垚

(河南省地质矿产勘查开发局 第二地质勘查院, 河南 许昌 461000)

摘要: 河南省嵩箕地区铝土矿具有明显的次生富集规律: 次生富集最强的部位在潜水面附近, 通常为矿体埋深 40~70 m 的部位; 深度大于 130 m 的含矿地段氧化程度变低、矿石质量下降; 铝土矿富集的内因为 Al_2O_3 和 SiO_2 的地球化学差异, 外因是矿体内地下水的补给量及其排泄能力的强弱, 铝土矿在次生氧化作用中不断地脱硅富铝, 形成富铝土矿石; 适宜的构造和地貌条件是地下水补给、排泄的有利保证, 上石炭统底部靠近铝土矿层的岩溶溶洞是向矿层内补充大气降水的主要通道。

关键词: 嵩箕地区; 铝土矿; 次生富集; 河南省

中图分类号: P612; P618.45 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-1412(2009)01-0028-06

0 引言

河南省嵩箕地区是河南省铝土矿的重点产区, 该区共有 13 个大中型铝土矿床, 研究该区铝土矿次生富集规律, 对于进一步寻找更大规模的铝土矿资源具有理论和现实意义。

1 成矿地质背景

本区构造单元属于华北地台山西台背斜嵩箕台隆, 地层分区属华北区豫西分区嵩箕小区。

1.1 地层

区内出露地层有下元古界、中元古界、寒武系、奥陶系、石炭系、二叠系、第三系及第四系(图 1)。与铝土矿关系密切的地层为中石炭统本溪组。

本溪组(C_2b)的上部为浅灰-灰-暗灰色铝土页岩, 为重要的工业铝土矿含矿层位(华北俗称“G 层”铝土矿), 向顶部常相变为碳质页岩或煤层, 一般厚 3~6 m; 下部为紫红-铁褐-桔黄等杂色铁质粘土岩类, 底部夹透镜状或“鸡窝状”赤(褐)铁矿层(即“山西式”铁矿), 偶尔夹铝土矿透镜体, 一般厚 4~

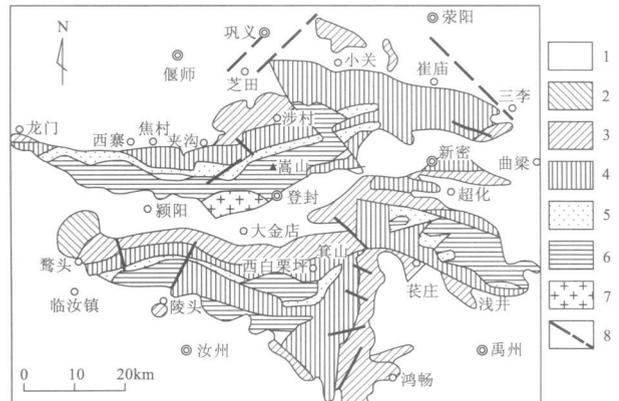


图 1 嵩箕地区地质略图

Fig. 1 Geological map of Songji region

1. 第四系, 第三系 2. 二叠系 3. 二叠系 4. 奥陶系、寒武系 5. 中上元古界 6. 下元古界、太古界 7. 花岗岩 8. 断层

10 m。

1.2 构造

区内的基底地层以褶皱为主, 断裂次之; 而盖层中则以断裂为主, 褶皱次之。

燕山期褶皱展布于本区中部和东部, 由中元古界一二叠系组成, 主要呈 EW 向延长、轴向一致、两翼平缓、倾角相近的开阔背(向)斜, 总的呈一复式向斜, 即新密复向斜。本区铝土矿即受此复向斜的控制, 工业铝土矿体均产于褶皱的两翼。在向斜核部

收稿日期: 2008-01-07; 改回日期: 2008-03-06

作者简介: 付治国(1956-), 男, 河南新郑人, 高级工程师, 学士, 毕业于中国地质大学地质专业, 长期从事地质勘查工作。通信地址: 河南省许昌市许昌大道 12 号地勘二院; 邮政编码: 461000; E-mail: wjq1204@126.com

多保留有原生矿, 在背斜的轴部由于盖层被剥蚀殆尽, 矿体多呈孤立岛状, 称为“漂矿”, 常成群产出。

2 含矿岩系及矿床地质特征

2.1 含矿岩系

嵩箕地区铝土矿的含矿岩系为石炭系中统本溪组, 该组地层在华北地区的层位非常稳定, 为一套铝、硅、铁质较高的钙红土- 铁质粘土岩系, 为中奥陶统灰岩长期间断的风化侵蚀面的残积物。按其岩石组合及化学成分的变化规律, 可分为 4 个岩性段 (图 2)。

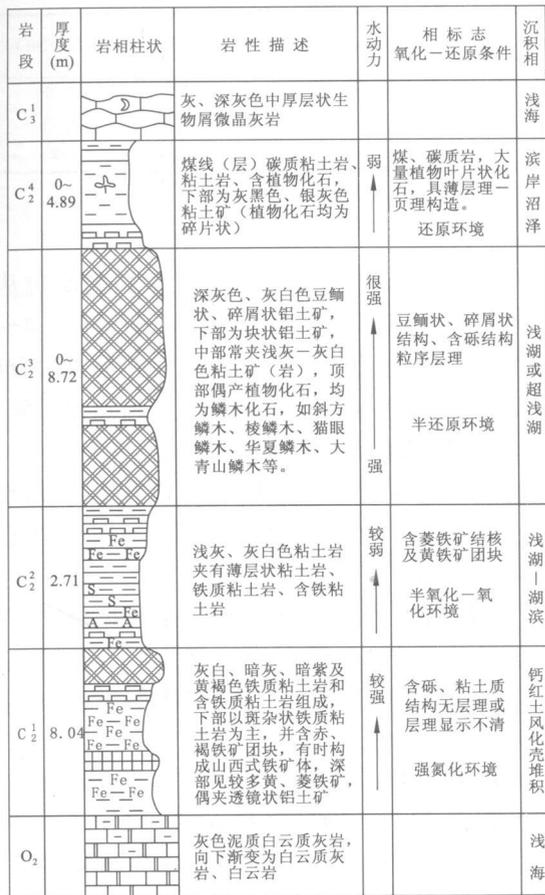


图 2 大冶—平陌矿区石炭系岩相柱状图

Fig. 2 Carboniferous system of Dayie-Pingmo mine area

从中奥陶世末到晚石炭世初, 存在着一个沉积间断期, 反映了地壳隆升, 长期接受风化和剥蚀, 然后又发生海浸, 恢复海相沉积的一个过程。华北“G 层”铝土矿即产生于这一时期, 并在恢复海侵之后被大量剥蚀、搬运并沉积, 形成本溪组。

含矿岩系化学成分的变化规律 (表 1) 是: 本溪

组形成前期以硅、铁质粘土岩堆积为特点; 中后期以铝、硅质沉积为主导, 最后以富有机质的沉积结束。

2.2 矿床地质特征

2.2.1 矿体产状、形态、赋存状态及其变化

铝土矿工业矿层赋存于含矿岩系中上部, 矿体的产状要素一般与含矿岩系一致, 现以具有代表性的大冶—平陌矿区为例加以阐述。

该区位于大冶—扬台向斜的西段, 矿体赋存于向斜的两翼, 一般为单层矿, 局部地段为两层或多层, 共发现大小矿体 39 个, 矿体形态一般为似层状、透镜状及漏斗状, 延展规模大小不一, 沿走向长一般 200~400 m, 最长者 1 700 m; 沿倾向宽 100~600 m 不等; 矿层厚度 0.41~39.73 m, 平均 5.04 m (包括不可采者); 矿体顶板埋深 0~246.10 m, 平均 46.05 m。

矿体走向, 向斜北翼 160°~215°, 南翼 30°~40°, 转折端约 110°, 倾角 5°~15°, 平均 10°。

一般而言, 地表矿体厚度大于浅部矿体厚度, 浅部矿体厚度大于深部厚度; 从平面上观察, 矿体中心部位的厚度大于边缘; 在垂向上, 当出现两层或多层矿时, 上部或中上部的矿层厚度大于下部矿层的厚度。

2.2.2 矿石特征

铝土矿矿石中的有用矿物基本上均为一水硬铝石, 偶尔见有微量的胶铝矿; 此外, 尚有少量的粘土矿物、铁矿物及微量的碳酸盐矿物和稀散矿物。

铝土矿原生矿石中的矿物成分与次生氧化矿石有区别: 原生矿石中一水硬铝石含量较少, 粘土矿物含量较多 (主为水云母), 铁矿物以黄铁矿为主, 菱铁矿次之, 几乎不含方解石, 稀散矿物 (主要是重矿物) 含量较次生氧化矿石为低。

矿石的结构主要为豆鲕状结构, 其次为晶粒结构、交代结构和球粒结构; 矿石构造主要为块状构造, 部分劣质矿石呈薄层状构造, 风化后的次生构造有土状、蜂窝状 (疏松豆鲕状, 疏松碎屑状等) 构造等。

铝土矿矿石的成因类型为高岭石- 迪开石- 一水硬铝石型。矿石的工业类型以低铁低硫型为主, 主要分布于地表的“漂矿”内和浅部矿体中; 含铁低硫型矿石次之, 主要分布于低铁低硫型矿石的深部边缘, 呈不规则条带状产出; 高硫型矿石埋深较大, 多分布于向斜核部, 铁、硫含量较高。总之, 从地表到深部, 铁、硫含量逐渐增高, 矿石工业类型从低铁低硫型渐变为含铁低硫型和高铁高硫型矿石。

矿石自然类型为: 豆鲕状铝土矿、碎屑状铝土

矿、薄层状铝土矿、土状铝土矿、块状铝土矿和蜂窝状铝土矿。蜂窝状铝土矿系由豆鲕状和碎屑状矿石经风化淋滤,使部分豆鲕和碎屑颗粒等淋失而成;土

状铝土矿系致密状铝土矿经风化变疏松所致。矿石的主要化学组分统计见表2。

表1 含矿岩系各段主要化学成分特征

Table 1 Chemical composition for each member of the host rock sequence

层位	岩石主要化学成分($w_B/\%$)					Al_2O_3/SiO_2	组合特征
	Al_2O_3	SiO_2	Fe_2O_3	TiO_2	CaO		
四段	44.79	32.14	3.39	1.66	2.55	1.39	硅铝组合
三段	61.87	12.33	2.88	3.06	0.77	5.02	富铝钛贫硅组合
二段	43.01	34.37	3.56	2.27	0.69	1.29	硅铝组合
一段	33.53	33.26	10.02	1.77	0.76	1.01	高铁的铝硅组合

表2 铝土矿主要化学组分统计

Table 2 Statistics of the major components of bauxite

项目	主要化学组分($w_B/\%$)					Al_2O_3/SiO_2
	Al_2O_3	SiO_2	Fe_2O_3	TiO_2	S	
最高	79.05	25.37	25.56	4.91	9.41	53.69
最底	40.38	1.52	0.22	0.81	0.005	2.11
平均	65.77	11.49	2.41	3.20	0.39	5.71

3 铝土矿次生富集规律

目前,我国工业用铝土矿石大多为次生氧化矿石,尚有相当一部分原生矿石由于其 SiO_2 和S含量过高而无法利用。次生氧化矿石中 Al_2O_3 含量高,铝硅比值高而有害杂质低,工业上用拜尔法处理这种矿石获得较高的经济效益。与主要铝工业国相比较,我国的铝土矿石品位偏低,因此寻找铝土矿的富矿石是我国矿产地质工作的重要任务。

长期以来,人们根据地表民采矿石和铝土矿勘探资料的对比粗略地认为:最好的(即最富的)矿石应集中于地表和近地表处。这种认识影响着铝土矿的找矿方法选择和普查-勘探工作的布设。

通过对嵩箕地区铝土矿不同埋藏条件下品级变化情况的研究表明,最好或最富、工业资源量最大、杂质含量较低的铝土矿石并不在地表和近地表处,而是赋存在浅部和中浅部。

对区内4个勘探矿区不同的矿体埋藏深度按10m间距分组,用加权平均方法计算出每组矿石的 Al_2O_3 , SiO_2 ,S和铝硅比值(A/S)(表3)。

从表3可以看出,本区铝土矿矿石的品位从地表到浅部再到深部大致出现两个峰值,即在0~20m组和40~70m组,70m处有一个不明显的分界,大于70m埋深的矿石质量随深度的增加而下降,小于20m埋深的矿石质量普遍较好。

从 $w(Al_2O_3)$ 和 $w(SiO_2)$ 也可以看出,一般地表 $w(Al_2O_3)$ 较高, $w(SiO_2)$ 相对偏低,当埋深超过70m, $w(SiO_2)$ 就升高。

S是烧结法生产 Al_2O_3 十分有害的杂质,因此工业上对矿石中 $w(S)$ 有严格规定,一般 $w(S) > 0.8\%$ 的矿石就不能利用。在找矿勘探过程中,应尽量避开高S的地段。

根据表3中 $w(S)$ 的变化可以发现,高硫矿石绝大部分分布于埋深120~130m的区间内。一般矿石中 $w(S)$ 高者, $w(SiO_2)$ 亦高,A/S比值相对较低,这反映出矿石品级与矿石埋藏后的氧化-还原条件密切相关。

通常土状、多孔状或蜂窝状矿石系由致密块状、碎屑状和豆鲕状原生矿石经次生氧化而成,它们经地下的反复冲刷溶蚀, SiO_2 被带走,矿石品级普遍升高(表4)。

表 3 4 个矿区不同深度的矿石化学组分统计

Table 3 Petrochemical statistics of ores at various depth

大冶矿区($w_B/\%$)					平陌矿区($w_B/\%$)				
深度(m)	Al ₂ O ₃	SiO ₂	S	A/S	深度(m)	Al ₂ O ₃	SiO ₂	S	A/S
0~ 10	69.85	10.42	0.063	6.7	0~ 10	70.31	10.04	0.041	7.0
10~ 20	64.47	12.16	0.073	5.3	10~ 20	70.40	9.39	0.061	7.5
20~ 30	63.90	13.04	0.039	4.9	20~ 30	67.45	12.04	0.048	5.6
30~ 40	67.25	11.59	0.053	5.8	30~ 40	69.81	11.64	0.062	6.0
40~ 50	69.71	11.24	0.047	6.2	40~ 50	65.84	10.97	0.050	6.0
50~ 60	68.92	11.49	0.071	6.0	50~ 60	68.70	10.90	0.051	6.3
60~ 70	67.34	10.05	0.079	6.7	60~ 70	64.31	10.05	0.049	6.4
70~ 80	68.49	10.70	0.104	6.4	70~ 80	62.73	11.41	0.180	5.5
80~ 90	63.41	14.75	0.359	4.3	80~ 90	58.32	12.15	1.490	4.8
90~ 100	67.47	13.49	0.109	5.0	90~ 100	59.41	14.49	0.620	4.1
100~ 110	70.31	10.49	0.618	6.7	100~ 110	72.49	7.47	0.102	9.7
110~ 120	61.04	19.08	0.233	3.2	110~ 120	57.71	12.02	2.84	4.8
120~ 130	60.50	15.51	2.057	3.9	120~ 130	68.45	11.41	3.28	6.0
130~ 140	65.92	10.46	3.037	6.3	130~ 140	50.36	15.26	1.47	3.3
140~ 150	59.70	11.06	1.12	5.4					
150~ 160	57.34	11.70	1.34	4.9					
160~ 170	60.70	11.90	1.20	5.1					
170~ 180	54.79	16.11	2.30	3.4					

庄头矿区($w_B/\%$)					王村矿区($w_B/\%$)				
深度(m)	Al ₂ O ₃	SiO ₂	S	A/S	深度(m)	Al ₂ O ₃	SiO ₂	S	A/S
0~ 10	70.30	11.52	0.074	6.1	0~ 10	66.07	8.93	0.034	7.4
10~ 20	75.60	10.22	0.031	7.4	10~ 20	51.42	8.57	0.056	6.0
20~ 30	73.01	11.97	0.047	6.1	20~ 30	68.60	12.70	0.063	5.4
30~ 40	68.50	9.79	0.047	7.0	30~ 40	69.13	11.92	0.052	5.8
40~ 50	69.80	10.12	0.050	6.9	40~ 50	60.21	10.21	0.071	5.9
50~ 60	76.24	10.44	0.081	7.3	50~ 60	70.80	8.43	0.029	8.4
60~ 70	72.80	8.37	0.077	8.7	60~ 70	65.49	9.63	0.310	6.8
70~ 80	63.92	9.40	0.107	6.8	70~ 80	57.60	9.6	0.800	6.0
80~ 90	65.71	9.96	0.795	6.6	80~ 90	69.41	13.09	0.406	5.3
90~ 100	63.79	21.81	1.703	2.9	90~ 100	74.3	9.74	1.271	7.7
100~ 110	65.30	11.07	3.800	5.9					

表 4 氧化矿石和原生矿石化学组分特征

Table 4 Chemistry of the oxidized ore and primary ore

矿石类型	偃师夹沟(331区)				登封大冶矿区				
	Al ₂ O ₃	SiO ₂	Fe ₂ O ₃	A/S	Al ₂ O ₃	SiO ₂	Fe ₂ O ₃	A/S	
氧化矿石	多孔状蜂窝状	76.34	2.61	1.75	29.2	69.40	7.70	4.13	9.0
	土状	73.60	4.94	1.81	14.9	67.97	9.68	3.17	7.2
原生矿石	豆鲮状	73.56	4.76	2.72	15.5	62.23	10.11	4.85	6.2
	碎屑状	71.89	5.56	2.57	11.0	64.29	12.45	2.90	5.2
	块状	72.50	7.79	1.24	9.3	54.82	13.07	14.79	4.2

几乎所有见矿的勘探线剖面都具有如下规律:即浅部的矿石类型大多为疏松结构,矿石质量较好;越往深部矿石越致密,矿层厚度变小,矿石质量变差,最后变为铝土岩和粘土岩。

次生富集作用也引起矿石矿物的变化,但这方面研究程度有限。一般规律是:浅部矿石内一水硬

铝石、迪开石、高岭石、方解石、赤铁矿、褐铁矿和部分重矿物相对较多,而深部矿石的水云母、绿泥石、黄铁矿、菱铁矿、自生石英等较为多见。由于次生氧化作用的增强,矿石内粘土矿物的晶格被破坏,原生水云母中的易溶物质(如 K 和 Si)被带走,形成迪开石和高岭石,这实际上是个脱硅富铝的过程,说明随

着氧化条件的改变, 矿石内的粘土矿物成分在不断减少。同时, 原生矿石内还原态的含铁矿物(黄铁矿、菱铁矿)被氧化形成赤铁矿、褐铁矿, 特别在含矿岩系下部 C_1^2 岩性段中, 黄铁矿特别富集, 有时构成工业硫铁矿层; 而在氧化条件下, 却形成“山西式”铁矿。在这个过程中, 铝土矿的次生氧化富集作用与硫化物的次生富集带形成机理颇为相似。

4 铝土矿次生富集的成因机理

对铝土矿次生富集作用形成矿石上富下贫、浅富深贫规律的成因目前尚无过多的研究。温同想(1986)提出“水是次生富集过程中最重要因素”, 认为在 $pH \approx 7.7$ 的地表水和地下水作用下, 含矿岩系中首先是大部分 CaO 被淋失, 然后是 SiO_2 被淋失, 而 Al 不易活动而保留下来, 富集成矿。另一方面, 矿层产状与地形坡向同一方向的地貌单元有利于次生富集作用的进行。

根据嵩箕地区铝土矿床地质特征及其次生富集特点, 提出如下认识: 铝土矿次生富集作用的内因是 Al_2O_3 和 SiO_2 两种氧化物的地球化学性质的差异, 而外因(主要的)是适宜的大气降水、地下水的补给量和排泄作用的能力。次生富集作用自赋矿层位经燕山期褶皱被抬升到古地表开始, 其作用是长期的, 作用范围是广泛的。次生富集作用是在原生矿床的基础上进一步脱硅富铝, 增大了铝硅比值, 降低了有害杂质, 使贫矿变富、非矿成矿, 并使矿石的工业利用率得到提高。

铝是自然界活泼性很差的元素, 它位于周期表的第三主族, 具有强烈的亲氧性, 因而其氧化物 Al_2O_3 具很强的稳定性, 在常温常压和 pH 值呈中性的水溶液中几乎不溶解, 而在强酸或强碱的溶液中进行溶解, 发生大规模迁移。因此, 在许多学者(如戈氏和查氏)的地球化学分类中都将铝归入极不活泼的元素。而 SiO_2 虽然亦不易活动(比较 K , Na , Ca , Mg 而言), 但相对 Al_2O_3 来讲, 则显出较易溶解的特点, 在地球化学分类上归入较不活泼的元素之列。正是由于两者之间存在的溶解度差异, 导致许多的岩石风化壳中出现残积铝土矿床或铝土矿化。

燕山期的构造运动将部分原生铝土矿抬升至褶皱构造的两翼, 同时地下潜水面也发生改变。通过大气降水不断补给的地下水沿原有的风化界面(平

行不整合面)迁移活动, 并构成地下水的循环系统。铝土矿层中的 SiO_2 被不断带走, 而 Al_2O_3 则少有变动, 铝硅比值在不断增大。当矿层为水平产状时, 地下水的排泄不甚通畅; 而当矿层必须具有一定的倾角, 并且使矿层与地形往同一方向倾斜(图3)时, 才更有利于排泄作用的进行。应当强调的是, 上石炭统灰岩底部的溶洞系统是向铝土矿层充水的主要导水通道。

河南省(包括嵩箕地区)的铝土矿床几乎都具备上述条件, 燕山期盖层褶皱群翼部倾角多在 $5^\circ \sim 15^\circ$ 之间, 且形成的地形坡向又与矿层倾向一致, 有利于次生富集作用的进行。因此, 河南省铝土矿的矿石质量比相邻地区好。

从水文地质角度讲, 大部分工业富矿体位于地下水潜水面附近, 尚存在断裂带周围矿石的加富现象。如豫西滎池坨坞和登封大冶两矿区都有这种现象。沿断裂带两侧的见矿钻孔中矿石铝硅比值高于周围的钻孔, 常形成局部富矿。这是因为地下水通过导水破碎带对矿体反复进行冲刷溶蚀, SiO_2 被大量带出所致。

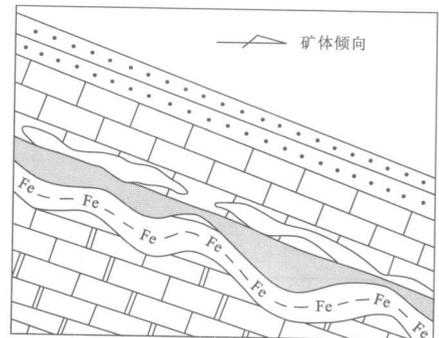


图3 矿层上部岩溶示意图

Fig. 3 Sketch of karst at top of the ore layer

5 结语

河南省嵩箕地区铝土矿具有明显的次生富集规律:

(1) 次生富集最强的部位在地下水潜水面附近, 通常为矿体埋深 $40 \sim 70$ m 的部位; 深度大于 130 m 的含矿地段氧化程度变低、矿石质量下降。普查初期应首选矿体埋深 $40 \sim 70$ m 的部位进行勘查。

(2) 矿石的氧化富集的内因为 Al_2O_3 和 SiO_2 的地球化学差异, 外因是矿体内地下水的补给量及其

排泄能力的强弱,铝土矿在次生氧化作用中不断地脱硅富铝,形成富铝土矿石。

(3)适宜的构造和地貌条件是地下水补给、排泄的有利保证,上石炭统底部靠近铝土矿层的岩溶溶洞是向矿层内补充大气降水的主要通道。

375-378.

- [2] 乌尔夫 K H. 层控矿床和层状矿床[M]. 北京:地质出版社, 1979: 201-222.
- [3] 耿国胜,付治国. 对嵩箕地区铝土矿成矿时代的看法[J]. 河南地质, 1984: 35-38.
- [4] 温同想. 表生富集在我国上古生界铝土矿富矿石中的作用[J]. 河南地质, 1987: 20-25.

参考文献:

- [1] 布申斯基 . 矿床地质学[M]. 北京:地质出版社, 1984:

SECONDARY ENRICHMENT PATTERN OF BAUXITE ORE IN SONGQI AREA, HENAN PROVINCE

FU Zhi-guo, WANG Jun-qiang, ZHANG Pei-yao

(The 2nd Geological survey Institute of Henan Geological and Mineral Resources Development Bureau, Xuchang 461000, Henan, China)

Abstract: Bauxite ore in Songqi area, Henan province is characterized by secondary enrichment. The strongest enrichment occurs about the groundwater level, generally at the buried depth 40-70m of the ore body. To the buried depth more than 130m oxidation is weakened and ore quality is poor. Internal cause of the secondary enrichment is the geochemical variation of Al_2O_3 and SiO_2 and external cause the capacity of supply and drainage of groundwater in and out of the ore body. The primary bauxite ore is reduced its silica and added with alumina thus the rich ore is formed during the secondary oxidation. The proper structural and topographic condition is the prerequisite for underground water supply and drainage. Karst developed at bottom of Upper Carboniferous series and on top of the bauxite ore layer is the main passage of meteoric water supplied to the ore layer.

Key Words: Songqi area; bauxite; secondary enrichment; Henan province