

次生岩溶坠积再生铝土矿床新 类型的物质成分与成因

刘长龄

(冶金部天津地质研究院)

内容提要:次生岩溶坠积再生铝土矿属铝土矿床的新类型。首先发现于广西平果,矿床属后期风化壳、次生岩溶、硫化物风化复合成因,以硬水铝石-铝土矿层为主要来源。其中三水铝石含量为10—25%,直至50%, $Al_2O_3 > 40\%$, $A/S > 2.6$ 。后又在太平矿区的背斜轴部发现该类型铝土矿,而且属于大型矿床, A/S 平均36.95。在颗粒小于1mm的过去认为“无用的泥巴”中找到较多的三水铝石及石英(游离 SiO_2 在拜尔法中不溶)等,扩大了储量、提高了经济效益。

主题词:铝土矿床成因 次生岩溶 坠积再生 物质成分 广西平果

一、前言

70年代广西270地质队在平果找到了次生岩溶堆积型铝土矿床,其质量较好,比原生沉积铝土矿的铝含量高、铁含量低。由于黄铁矿风化淋失,作者推定该地区矿石中一定含有硫化物风化成因的三水铝石^[1,2],经短期工作,终于在矿石颗粒小于1mm的“无用泥巴”中找到了三水铝石,还有硬水铝石等有益成分。在此基础上作者提出打破用“1mm作为矿石洗泥的界限”的主张。

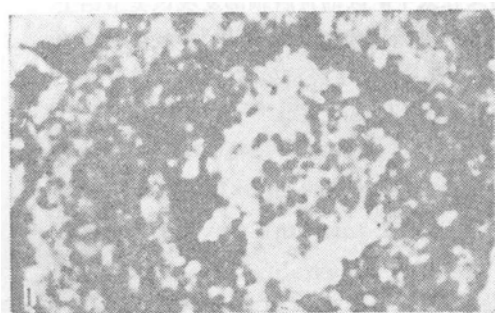
鉴于次生岩溶堆积铝土矿为“背斜成矿”^[2,3],作者认为背斜轴部后期风化淋滤更彻底,硫化物风化成因的三水铝石含量较多,矿石质量较好,这一主张已在那豆背斜(矿区)轴部得已证明(36号矿体等部分样品全样中的三水铝石超过10%)。从理论上说,三水铝石大于10%,在工业应用、生产方式与成因上应区别于岩溶坠积碎屑铝土矿床^[3],因此作者把它划分成次生岩溶坠积再生铝土矿床新类型,并强调在背斜轴部去找这种新类型。后来270地质队证实了这一观点,在太平矿区的背斜轴部找到了我国目前已知质量最好的大型铝土矿床。通过后来的研究,此矿在储量和质量方面均有较大的突破。

二、次生岩溶坠积再生铝土矿的成矿条件

平果堆积型铝土矿也称为次生岩溶坠积碎屑铝土矿,以上二叠统合山组底部(P_2h^{1-4})原生沉积铝土矿为物质来源,经新生代的次生岩溶作用,作短距离的迁移,呈第四系松散碎屑铝土矿产出,层理不清,分选差,而开采条件较好^[4-6]。本文仅介绍其中的次生岩溶坠积再生铝土矿床新类型。

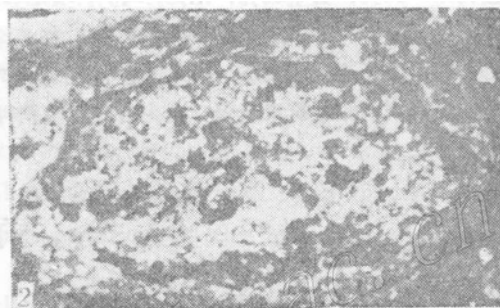
所谓次生岩溶坠积再生铝土矿,与次生岩溶坠积碎屑铝土矿大致相似,唯有硫化物风化

成因的三水铝石含量上有较明显的区别。前者三水铝石大于10%；后者小于10%。在原生铝土矿层及其围岩中，往往含有百分之几到十几的黄铁矿（照片1、2），少数可达30—50%以上。这种原生矿在工业上难以利用，但经风化淋滤，则质量有所提高。黄铁矿氧化后形成硫酸溶液（ $4\text{FeS}_2 + 15\text{O}_2 + 10\text{H}_2\text{O} \rightarrow 4\text{FeO}(\text{OH}) + 8\text{H}_2\text{SO}_4$ ），这种强酸性溶液能溶解原生铝土矿（其中粘土矿物比硬水铝石更容易溶解）。当这种溶液的pH值在4.1—5.5以上时，则三水铝石开始淀积（氧化环境）。这样形成的三水铝石具两种产状：①呈洁白—黄白色致密块状角砾（从1mm到数十或百米以上），也有呈细脉状填充于硬水铝石铝土矿角砾的裂隙中，三水铝石含量较高，常在90%以上；②呈岩溶坠积碎屑铝土矿的“准胶结物”产出，因铁质浸染常呈红褐色，红土状，未固结成岩，也缺乏粘性及可塑性。这种三水铝石的含量受坠积碎屑铝土矿A/S的影响^[4]，与黄铁矿风化去硅去硫铁有关（它们呈正相关）。其中可能有少量后期红土化的三水铝石混入。



照片 1

硬水铝石鲕粒内的自生黄铁矿（黑色），证明鲕粒非形成于古风化壳或钙红壤，而是形成于还原环境的成岩初期 单偏光 ×39 那豆原生矿



照片 2

硬水铝石鲕粒内的自生黄铁矿因后期风化已成针铁矿（暗色） 单偏光 ×39 那豆堆积矿

作者曾指出那豆背斜轴部或近轴部有矿体，从二百多个化学分析证实三水铝石（全样）>10%， Al_2O_3 >40%，A/S >2.6。但属于“岩溶坠积再生铝土矿”的只占矿体的1/5、1/8、1/10，可见矿体规模小^[4]。而产于太平矿区太平背斜的121号矿体已确证为“次生岩溶坠积再生铝土矿”的大型矿床。121号矿体位于那豆矿区北面太平矿区的中部内虹一带，富集成矿条件（即次生岩溶坠积成因）最好，分布面积约11km²。经600多个浅井的勘探结果，初步计算工业和远景（ $C_1 + C_2$ ）净矿石（即大于1mm粒级）储量为三千三百多万吨，化学成分平均含量分别为： Al_2O_3 56.54%， SiO_2 1.53%， Fe_2O_3 22.46%，A/S 36.95。规模大，品位高。

三、矿床物质成分

1. 粒度分析

（1）20kg大样经筛洗，其中：粒级大于1mm的重9313g，占46.565%；粒级小于1mm的重10687g，占53.435%。

（2）大样粒级小于1mm的百分含量为：1—0.5mm占6.698%；0.5—0.1mm占9.057%；0.1—0.01mm占8.302%；0.05—0.005mm占1.603%；小于0.005mm占74.34%。

2. 化学成分

(1) 化学分析:①将太平矿区准胶结物与那豆矿区碎屑矿石化学全分析进行对比,结果见表1。从表1看,太平矿区121号矿体小于1mm粒级的矿石,并非所谓的“泥巴”,其中 Al_2O_3 含量均在40%以上,A/S均大于铝土矿的边界品位;而1—0.005mm部分的A/S也大于铝土矿的规定指标(达3.475)。小于1mm的(加权平均) Al_2O_3 为41.44%, SiO_2 为16.77%,A/S为2.47;减去游离 SiO_2 后的加权平均A/S为6.50,均属于铝土矿(减去绿泥石及伊利石后A/S更高)。②大样的分级简项化验结果见表2。结合表1可见,铝含量与粒度成正比,与硅含量成反比,与灼减量也成反比。显然这是硬水铝石含量与粒度成正比,三水铝石与粒度成

表1 那豆矿区碎屑铝土矿和太平矿区准胶结物的化学全分析结果(%)

Table 1. Chemical analysis of clastic bauxite from the Nadou ore district and metacements from the Taiping ore district (in percentage)

矿 区	编 号	粒 度	Al ₂ O ₃	SiO ₂	Fe ₂ O ₃	FeO	TiO ₂	CaO	MgO	K ₂ O	Na ₂ O
那豆 ^①	大 样	>1mm	60.45	5.25	17.00	—	3.45	0.0585	0.06	0.11	0.095
太平 ^② 121号	大化1	<1mm	41.81	16.94	18.64	0.22	2.17	0.39	0.56	0.82	0.47
同上 ^②	大化2	1—0.005 mm	48.86	14.06	18.08	0.20	3.05	0.12	0.37	0.23	0.06

矿 区	编 号	粒 度	MnO	P ₂ O ₅	S	灼 减	Sc	CeO ₂	Y ₂ O ₃	La ₂ O ₃	Sr
那豆 ^①	大 样	>1mm	0.068	0.11	0.06	H ₂ O ⁺ 13.46	Sc ₂ O ₃ 0.0079	—	—	—	0.008
太平 ^② 121号	大化1	<1mm	0.24	0.38	0.07	18.32	0.0044	0.048	0.013	0.017	0.0082
同上 ^②	大化2	1—0.005 mm	0.36	0.22	0.01	14.50	0.0052	0.057	0.012	0.014	0.0056

矿 区	编 号	粒 度	Ba	Ga	Co	Ni	Cr	V	ZrO ₂	Nb ₂ O ₅	TR ₂ O ₃
那豆 ^①	大 样	>1mm	<0.005	0.0081	0.0028	—	Cr ₂ O ₃ 0.164	V ₂ O ₅ 0.047	0.13	0.022	0.079
太平 ^② 121号	大化1	<1mm	0.015	0.004	0.0034	0.0084	0.033	0.023	0.10	0.018	0.096
同上 ^②	大化2	1—0.005 mm	0.0045	0.0064	0.0043	0.0070	0.065	0.026	0.16	0.027	0.080

矿 区	编 号	粒 度	Cu	ThO ₂	Li	Rb	Ta ₂ O ₅	U	总 计	A/S
那豆 ^①	大 样	>1mm	0.0047	—	Li ₂ O 0.013	0.001	0.001	—	100.67	10.89
太平 ^② 121号	大化1	1<mm	0.013	0.0062	0.0055	0.0012	0.0012	0.0055	101.46	2.468
同上 ^②	大化2	1—0.005 mm	0.011	0.0060	0.0017	0.0017	0.0017	0.0078	100.62	3.475

① 系日本试验样,由桂林地质研究所化验;② 由天津冶金地质研究院化验

表 2 太平矿区121号矿体的大样分级简项化验结果(%)
Table 2. Analyses of reduced items for grading ore samples from No. 121
orebody of the Taiping ore district

样 号	粒 级	Al ₂ O ₃	SiO ₂	TiO ₂	Fe ₂ O ₃	FeO	灼 减	A/S
大 1	> 1 mm	63.64	3.20	1.54	16.90	0.22	14.54	19.89
大 2	1—0.5mm	56.05	2.49	2.87	22.09	0.11	15.46	22.51
大 3	0.5—0.1mm	54.17	7.80	2.69	18.80	0.30	15.38	6.95
大 4	0.1—0.01mm	43.45	23.14	2.89	15.90	0.15	13.22	1.88
大 5	0.01—0.005mm	37.36	22.29	2.39	17.64	0.15	18.08	1.68
大 6	<0.005mm	38.43	18.32	1.56	18.29	0.16	19.72	2.09

反比的缘故(或基本上如此)。

(2) 物相分析(游离SiO₂分析): SiO₂在铝土矿中的赋存状态与含量,对于铝土矿的工业价值有着十分重要的关系。即SiO₂呈游离状态(石英等)时,在冶炼时进入赤泥,可以清除掉;若SiO₂呈铝硅酸盐(高岭石等)时,则会损耗大量的Al₂O₃及碱,影响极大。因此,A/S就成为铝土矿的一项重要工业指标。作者对平果碎屑铝土矿中的游离SiO₂予以十分关注。根据52个样的分析结果,含游离SiO₂最高的可达28.62%,分布不均匀。从大样的分析结果看,游离SiO₂主要分布在0.5—0.1mm、0.1—0.01mm及0.01—0.005mm三个粒级中,以0.1—0.01mm粒级分布最多。原计算A/S平均值为3.87;除去游离SiO₂后的A/S平均值为6.45,即提高了2.58。其中0.1—0.01mm粒级的A/S由原来的1.68(非铝土矿)提高到8.90(中高品位铝土矿),仅此一项就可使121号矿体的储量增加1.3732Mt。

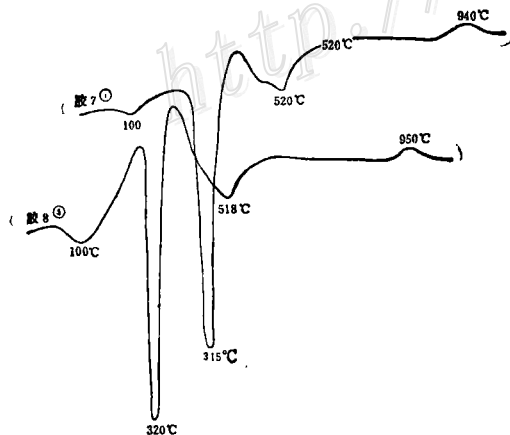


图 1 121号矿体0.005mm粒级颗粒差热分析曲线
Fig. 1. Differential thermal curves of ores
with grain size smaller than 0.005mm in
No. 121 orebody.

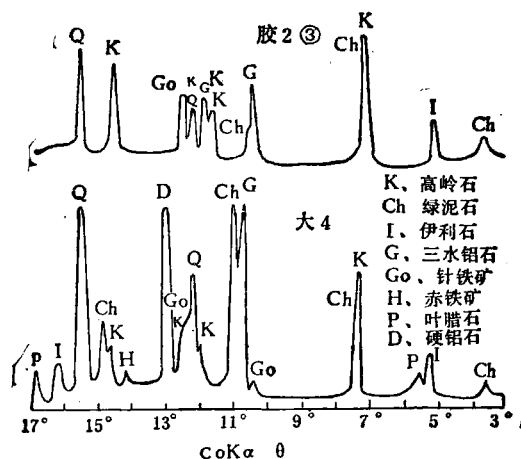
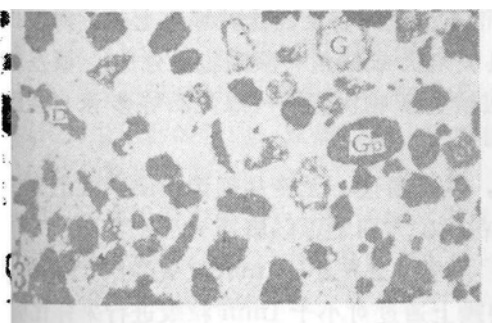
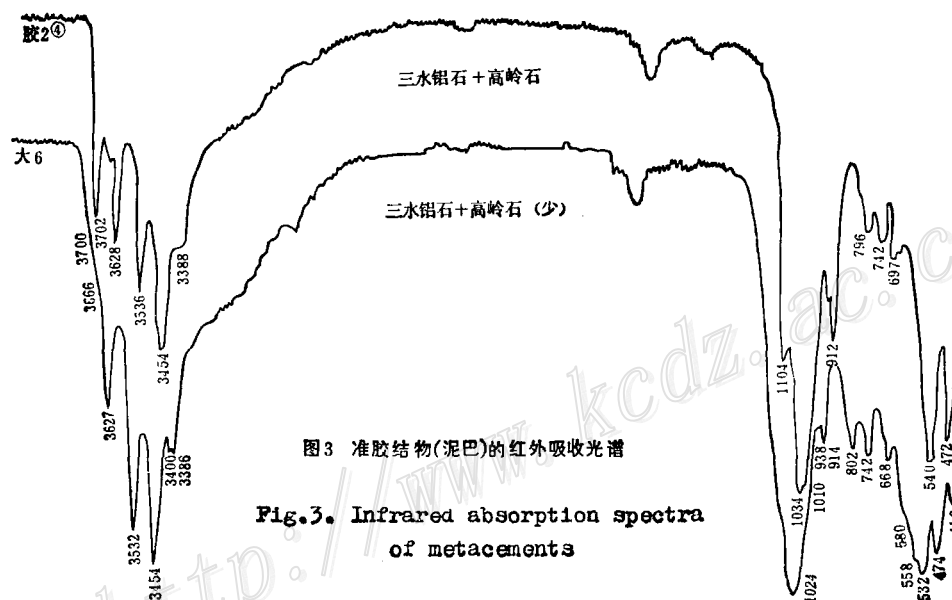


图 2 准胶结物(泥巴)的X射线衍射分析曲线
Fig. 2. X-ray diffraction patterns of meta-
cements mud.

3. 矿物成分

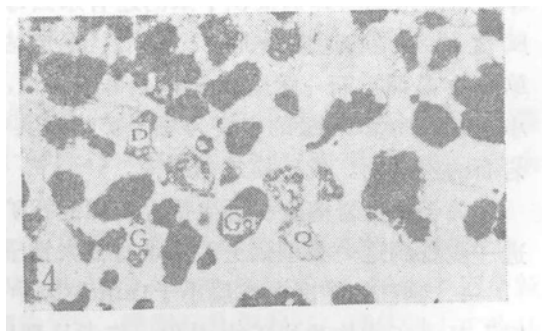
对其矿物组成主要进行了X射线衍射分析及差热分析,对个别较细粒级样品进行了扫描电镜、红外光谱分析等(图1—3);部分粗颗粒磨制成砂薄片在镜下进行了观察(照片3, 4);对于主要含铝、硅矿物还作了物相分析。

综合各分析的结果,按不同粒级分别列于表3。其中混层粘土矿物主要为伊利石-绿泥石(I-C),还偶见金红石、独居石、钽铌铁矿及软水铝石、湃铝石等(图1曲线主要为三水铝石,其次为I-C混层粘土及高岭石、绿泥石等)。



照片 3

薄片内的三水铝石(白色颗粒G)、针铁矿(深色颗粒Ga)、硬铝石(浅色颗粒D) 单偏光 太平矿区
121号矿体1—0.1mm粒级



照片 4

矿物同照片3,还有次生石英(Q,无色,一轴晶,正光性)

表 3 121号矿体大样的矿物成分
Table 3. Mineral composition of ore samples from No. 121 orebody

样号	粒度(mm)	主要成分(%)	次要成分
大 1	> 1	硬水铝石(57.55)	针铁矿、绿泥石、三水铝石、高岭石、锐钛矿、锆石等
大 2	1—0.5	硬水铝石(53.04)	三水铝石(11.48%)、高岭石、绿泥石、针铁矿、锐钛矿、石英等
大 3	0.5—0.1	硬水铝石(48.94) 三水铝石(13.38)	高岭石、绿泥石、针铁矿、石英、锐钛矿、锆石等
大 4	0.1—0.01	硬水铝石(37.36) 石 英(18.26) 三水铝石(13.75)	高岭石、绿泥石、针铁矿、叶蜡石、锐钛矿、赤铁矿等
大 5	0.01—0.005	三水铝石(28.82) 硬水铝石(15.20) 高岭石 (11.01)	绿泥石、伊利石、针铁矿、石英、锐钛矿、锆石及混层粘土
大 6	<0.005	三水铝石(38.82) 高岭石 (16.89) 绿泥石 (16.80)	赤铁矿、石英、混层粘土、锐钛矿及锆石等

四、成矿模式及找矿方向

次生岩溶坠积再生铝土矿床的形成条件至少有十项之多^[4]，缺一不可。所谓次生岩溶是指沉积铝土矿层形成之后，在合适的岩石、构造、气候、地貌、地形等条件下形成后期岩溶；所谓坠积是指硬水铝石铝土矿碎屑因次生岩溶受重力作用而垂直迁移（垂直距离大于水平距离）；所谓再生铝土矿主要是指硫化物风化成因的三水铝石。上述情况也包括矿层与围岩的风化壳形成作用。作者曾经提到次生岩溶坠积再生铝土矿是以远岩溶铝土矿为矿源层，经次生岩溶、风化壳、硫化物风化三种作用叠加而成的^[4,5]。当然，在上述几种作用中还形成一些伴生的组分，例如，与硫化物风化成因三水铝石伴生的有针铁矿、石英、埃洛石及锐钛矿等；与硬水铝石碎屑坠积下来的还有水云母、赤铁矿、高岭石等；矿层与围岩经物理化学风化的残余物还有绿泥石、燧石、混层粘土、锆石、金红石及锐钛矿等。上述矿物很少呈单独的晶屑，而一般呈铝土矿角砾或岩屑，多具棱角状或棱角—滚圆状，分选性很差。其小于0.005mm粒度的主要为粘土矿物，其中混层粘土矿物伊利石—绿泥石等多来自碳酸盐岩石的残余物。成矿模式如图4。

关于次生岩溶坠积再生铝土矿床的找矿问题，从上所述，无论从理论上或实践上分析，进一步找到这一类型铝土矿床是有很大的希望的。在找矿方向上可以概括为三个方面：

1. 到已知矿区含矿层小于1mm粒度中去找。由于过去把小于1mm粒度当作“无用的泥巴”，从未正式作为找矿的对象。作者从理论和实践上通过对小于1mm粒度进行采样化验，提出“寻找次生岩溶坠积再生铝土矿床有望”的建议，得到了270地质队的支持。但由于当时地质队受各方面条件的限制，只选择5%的浅井工程采样化验，其结果不理想。为了不使把有利的“坠积再生铝土矿体”漏掉，特再次建议应在全部工程中对所有小于1mm粒度进行采样化验，

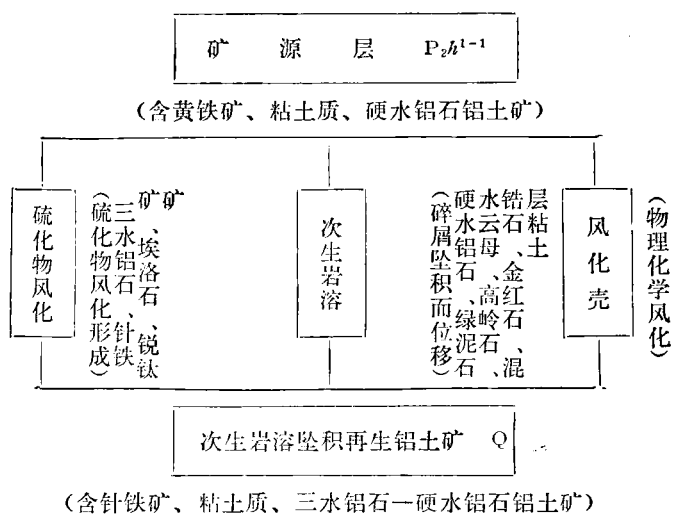


图4 次生岩溶坠积再生铝土矿床成矿模式示意图

Fig. 4. Schematic metallogenic model for secondary karst col-luvial palingenic bauxite deposits.

是如此。所以，要在含矿层的围岩特别是底板粘土中寻找“次生岩溶坠积再生铝土矿床”是非常可能的。事实上作者曾报道含矿层下部及底板粘土中含三水铝石较多，达50%左右^[4]。后来对121号矿体10个小样的物相分析，发现三水铝石含量最高达52.86%的，也是底板粘土（其中粒度小于0.005mm^①）。再者，游离SiO₂虽分布于小于1mm粒度中，但分布很不均匀（见表3）。因此，取样化验或物相分析时，应对每个工程都进行，还要进一步分级（小于1mm的可再分三个级），否则会漏掉有用矿体。

3. 其它矿区如桂西南、黔南、滇东南等地有类似地质条件的，均可能找到此种铝土矿床。

五、结 语

1. 准胶结物(1mm粒度)不是“无用的泥巴”，其中1—0.005mm粒度中，A/S为3.475，原矿(全样)A/S为4.77，属于铝土矿。

2. 准胶结物继承了原生矿的物质成分，类似净矿，但含有某些特殊成因的石英（主要是硫化物风化而淀积的）及混层粘土矿物伊利石-绿泥石（主要来自围岩碳酸盐岩的残余物），这是原生矿所没有的。

3. 三水铝石主要是后期硫化物风化成因的。其含量与粒度成反比（硬水铝石则相反）。

4. 游离SiO₂(石英)主要分布在0.5—0.1mm、0.1—0.01mm及0.01—0.005mm三个粒度中，以0.1—0.01mm粒度分布最多。除去游离的SiO₂、绿泥石及伊利石，可使铝土矿的品位增高，储量增加。

① 刘长龄，1984，关于次生岩溶坠积再生铝土矿床新类型的找矿问题

并增加“游离SiO₂”的定量分析（包括绿泥石和伊利石）。

2. 到已知矿区含矿层的顶底板中去找。过去地质队按规定把含矿率超过200kg/m³者划为含矿层，小于200kg/m³者划为围岩。其实二者界线并不清或是逐渐过渡的。鉴于三水铝石及游离SiO₂一般分布于小于1mm粒度的所谓“泥巴”中，当含矿率低（即大于1mm粒度的所谓“净矿”在200kg/m³以下）时，则“泥巴”（小于1mm粒度）就多，含三水铝石及游离SiO₂(石英)的量可能较大，特别是所谓“底板粘土”更

5. 对121号矿体以1mm为“净矿”与“泥巴”的分界点,肯定是不符合实际的。因其1—0.5mm粒级A/S为22.51, 0.5—0.1mm粒级A/S为6.95;而1—0.005mm粒级A/S为3.475,属于铝土矿,占整个“泥巴”的25.66%,可增加铝土矿储量4.0339Mt。

6. 粘土矿物多在较细粒级中,特别是混层粘土一般在小于0.005mm细粒级中,成分较复杂。但主要为伊利石-绿泥石(I-C)混层粘土。

7. 岩溶坠积再生铝土矿床存在于背斜轴部及其附近部位,这一认识已在实践中得以证实^[2,4,5],且进一步肯定这一铝土矿床新类型有大型矿床存在。

目前有关部门已对广西平果铝矿开发和研究通过技术鉴定。因此,向堆积铝土矿的“泥巴”要矿是很有意义的。

参 考 文 献

- [1] 刘长龄 1980 我国硫化物风化成因三水型铝土矿 科学通报 第10期
- [2] 刘长龄 1980 平果岩溶坠积成因碎屑铝土矿的形成条件及其准胶结物中三水铝石的发现 地质与勘探 第9期
- [3] 刘长龄 1980 硫化物风化成因三水型铝土矿的理论问题 硅酸盐 第1期
- [4] 刘长龄 1981 广西平果岩溶坠积再生铝土矿床新类型的形成条件 桂林地质学院学报 第3期
- [5] 刘长龄 1984 广西平果岩溶铝土矿的成因分类问题 《沉积学及有机地球化学学术会议论文集》 科学出版社
- [6] 刘长龄 1987 中国铝土矿的成因类型 中国科学 第5期

MATERIAL COMPOSITION AND GENESIS OF SECONDARY KARST COLLUVIAL PALINGENIC TYPE BAUXITE DEPOSITS

Liu Changling

(Tianjin Geological Academy, Ministry of Metallurgical Industry, Tianjin)

Abstract

The secondary karst colluvial palingenic type bauxite deposits seem to be a new type of accumulated bauxite deposits. Formed as a result of secondary karst weathering and colluviation of primary karst bauxite deposits (diasporite type), these deposits occur on the older plain of limestone karst and are usually distributed in the axis of anticline. Among them, No. 121 orebody of Taiping mine is a large-sized deposit with average gibbsite(whole sample)21.52%, A/S ratio 3.84 or 6.45 and reduced free SiO₂ (quartz). If the so-called “mud ores” with grain size smaller than 1 mm are included, the amount of resources will be doubled. The author believes that these deposits are a new type of bauxite deposits and their main metallogenic conditions are as follows:

- (1) Protore beds (secondary bauxite located on the bottom of Permian

Heshan Formation, belonging to karst type);

(2) Effects of moisture and hot climate;

(3) Geological setting; ore bodies are formed along anticline (axis of anticline being a favorable position for weathering and leaching) and at the superimposition of neotectonic movement causing upwarping of crust and draw-down of groundwater table);

(4) Apparent difference in resistance to weathering between protore and wall rocks;

(5) Planar weathering control;

(6) Weak or moderate mixing process;

(7) Inheritance and continuity of structure, texture and composition of ores;

(8) The strict control of Quaternary landform and geomorphic features over the orebodies;

(9) Quite a large amount of pyrite contained in protore beds, the thorough weathering of hanging wall and footwall rocks leading to the formation of sulfuric solution and the generation of certain amounts of gibbsite and free SiO_2 (quartz);

(10) High topography—favorable to ore-formation; low topography, on the other hand, to the forming of halloysite and clay.

After dressing and washing, the average A/S ratio of ores with grain size smaller than 1 mm from No. 121 orebody of Taiping mine reaches 36.96, showing that this deposit is the highest-grade large-sized bauxite deposit in China.

The secondary karst colluvial paligenic type bauxite deposits are most likely to be found along anticlinal axes containing secondary karst detrital bauxite in southwestern Guangxi, southeastern Yunnan and some other areas, which are well worth noticing.

The A/S ratios of ores with grain size 1—0.005 mm in the bauxite deposits and those in original deposits are respectively 3.75 and 4.77, which coincide with the definition of bauxite deposits. The mineral composition of ores with average size <1 mm is gibbsite 32.44%, diasporite 10.22%, kaolinite 13.76%, chlorite 11.36%, and gibbsite in gothite 2.13%, together with small amounts of gothite, hematite, illite-chlorite mixed-layer clay minerals, quartz, pyrophyllite, hydromica, boehmite and zircon.