

<http://www.geojournals.cn/georev/ch/index.aspx>

黔中石炭纪铝土矿矿床成因 等若干问题的初步探讨

章 柏 盛

(中国地质科学院矿床地质研究所)

黔中石炭纪铝土矿经多年勘探与开采,研究程度较高,然而对成矿物质来源、硬水铝石矿物之成因以及矿床形成机理等问题尚存在着各种不同的看法。近几年来,作者对该地区作过几次野外与室内研究工作,积累了一些实际资料,现对上述若干问题初步分析探讨如下。

一、地质简况

黔中铝土矿产于修文与清镇之间的石炭系中,又名修文式铝土矿。研究区东西长60公里,南北宽约35公里。大地构造位置属于扬子准地台滇黔褶皱区之黔中古陆南缘。区内从元古代起至新生代各纪地层几乎都有出露,构造比较复杂,断裂十分发育。

含铝岩系主要分布于经长期风化剥蚀和岩溶作用而准平原化,主要由寒武纪碳酸盐岩组成的地层之上,其层位属下石炭统大塘组旧司段¹⁾。该段厚0—44米,一般厚5—22米。现将区域内旧司段特征综合如下:

上覆地层:下石炭统摆佐组或大塘组上司段。

—————整合或假整合—————

旧司段:分上、下两个亚段。

上部含铝亚段:灰、浅灰色铝土岩、铝土页岩夹似层状、透镜状铝土矿。局部地区,特别是在靠古陆之边缘,夹有泥质砂岩、粉砂岩、炭质页岩及劣质煤。南部偶夹白云岩、石灰岩透镜体。

下部含铁亚段:紫红色为主杂色为次的铁质岩、铁质页岩,局部见有灰绿色硬绿泥石岩。下部含赤铁矿小透镜体、菱铁矿结核、黄铁矿薄层。

-----假整合-----

下伏地层:以寒武系为主,局部见奥陶系的白云岩、泥岩及砂页岩。

根据目前所掌握的资料证实,在研究区内旧司段由北往南依次与下伏的中上寒武统娄山关群至下寒武统清虚洞组等不同层位的地层相接触,这种接触关系反映了在旧司段沉积之前其基底的风化剥蚀差异,亦即北部剥蚀浅,南部剥蚀深,因此根据水平距离及地层厚度差别,可以计算出基底北高南低(坡度为1.6—3.2%)²⁾,反映了当时尽管基底起伏不平,但总体上是由北向南倾斜的。

铝土矿呈似层状、透镜状及不规则状产于含铝亚段中,初步统计,矿体一般长1000—1600米,宽300—600米,长宽最大可达3000×1200—3500米²。矿体厚度明显地受下伏地层之基底起伏所控

1 朱露林, 1980年, 黔中“修文式”铝土矿的地质时代。

2) 周茂基, 1979年, 贵州早石炭世铝土矿成矿远景区规划说明书。

制,即基底低洼处矿体厚度大,凸起处厚度薄,甚至尖灭,矿体一般厚2—3米,最厚可达20余米。铝土矿中并含有镓、钛、锆、钒、铀等多种分散元素。

按矿石自然类型,可划分为土状铝土矿、致密状铝土矿、碎屑状铝土矿、豆状—鲕状铝土矿以及相互间各种过渡类型的铝土矿,其中以土状铝土矿品位高,质量好,可作为I级品或特级品供工业利用。

二、成矿物质来源

前人对形成铝土矿的物质来源问题,虽然有过各种各样的说法^{1),2),3)},但多半依据都不够充分。我们通过野外实地观察及室内进一步测试分析研究,认为物质来源主要是来自经过长期风化剥蚀及岩溶作用的盆地本身和盆地边缘(北部)古陆的寒武系碳酸盐岩。

为了获得确切的证据,我们在修文干坝矿区的TC1103、TC1029、TC1010号浅井和QJ1010号探槽中,以及在林夕矿区北端开拓的萨拉河公路剖面上,从寒武系地层开始,由下往上采集了新鲜白云岩、风化白云岩、红粘土(白云岩经长期风化的钙红土,一般为褐黄色)和铝土矿样品共11个,并做了多项分析,结果(表1)表明,从寒武系新鲜白云岩开始,到红粘土,在长期的风化过程中,白云岩中易溶的Mg、Ca、Na等元素大量流失,CO₂同时大量逸出,而Al、Fe、Si、Ti等稳定元素则相对大量富集。其中新鲜白云岩Al₂O₃为1.51%,与一般碳酸盐岩石的平均克拉克值含量近似,经过一定时期风化了白云岩则逐渐提高到2.36%,直至白云岩的风化产物红粘土,其Al₂O₃竟达23.20%,有这么高的铝含量,在黔中地区其它任何类型古老的岩石是无法与它相比的。根据我们不完全统计,就目前所能见到的残留红粘土的厚度,最厚的就有近二米(修文干坝矿区TC1103井),一般的在0.4—0.5米左右。可以想象,在经受了奥陶到泥盆三个纪(约2.3亿年)这么长的历史时期的风化,原始红粘土厚度必然要大大超过此数,因此由它作为铝土矿的物质来源是理所当然的。

表 1 不同层位多项分析结果表(%)

分析项目	Al ₂ O ₃	SiO ₂	Fe ₂ O ₃	TiO ₂	MgO	CaO	Na ₂ O	CO ₂	备注
铝土矿	69.65	9.44	0.87	3.94	0.19	0.01	0.05	—	采用
红粘土	23.20	29.94	22.10	1.16	3.44	1.92	0.11	2.94	平均
风化白云岩	2.36	2.47	2.01	0.17	19.65	28.49	0.12	42.43	值
新鲜白云岩	1.51	1.62	0.26	0.14	20.61	29.39	0.15	43.94	

通过对红粘土和风化的白云岩样品的红外、差热、电镜和X光分析,结果发现(图1—4),不仅是在平均Al₂O₃高达23.20%的红粘土中有一定数量的铝土矿物—三水铝石,而且在平均Al₂O₃为2.36%的风化白云岩中也出现三水铝石。这些分析结果在铝土矿物上的一致性表明白云岩与红粘土有一定的成生联系。因为如果在风化壳型铝土矿床中,含铝的硅酸盐岩类经风化形成三水铝石是屡见不鲜的,而往往被人们认为含铝量很低而不可能构成铝土矿物质来源的碳酸盐岩经风化后也发现有三水铝石,这在黔中以至国内其它地区均未见过此类公开报导。它不仅更加证实

1) 谢家荣,1942年,贵州中部铝土矿采样报告。

2) 贵州省地质局修文地质队,1958年,贵州修文铝土矿小山坝矿区储量报告。

3) 吴祥和执笔,1977年,贵州的石炭纪。



图 1 干坝红粘土红外谱线

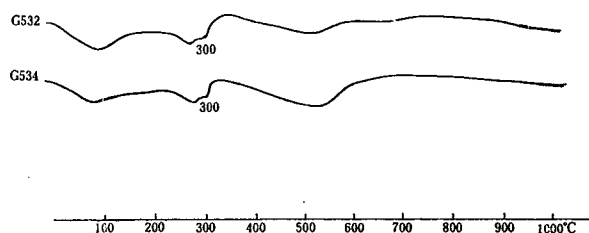
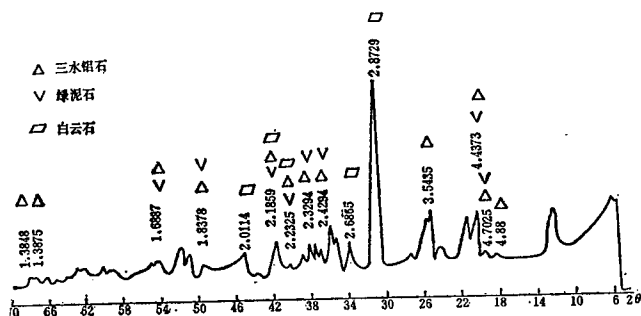
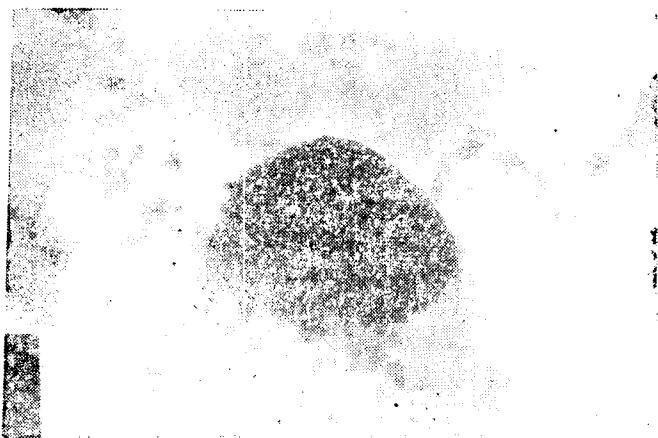
图 2 干坝红粘土差热分析曲线
(300℃之吸热谷为三水铝石)

图 3 麦格风化白云岩X光分析谱线

了上述铝土矿物质来源的论点，而且对进一步分析铝土矿床的形成机理以及硬水铝石矿物的成因等方面均有重要的意义。

对于碳酸盐岩作为铝土矿物质来源持非议者不外乎有两种：其一是碳酸盐岩石含铝量太少。这一点已从表(1)的分析结果中作了回答，由它风化后的产物—红粘土的 Al_2O_3 可达 23.20%，已超过了一般的铝硅酸盐岩类。其二，怀疑红粘土是异地搬运来的，或者说不是碳酸盐岩石的风化产物。这一点除了从表(1)中看出从白云岩至铝土矿各类元素作如此有规律的合乎风化过程逻辑的变化特点来说明外，从红粘土之产出位置处于碳酸盐岩石的顶面以及风化白云岩与红粘土都有三水铝石存在等特点

来看，也完全有理由认为红粘土是碳酸盐岩石的风化产物。如果是异地搬运来的，则上述诸特点不可能如此巧合，而且也没有资料来说明这种巧合的异地性。

图 4 风化白云岩电镜分析照片
视域中间的黑色颗粒为三水铝石(并经能谱证实)，矿物颗粒大小约 4μ ($\times 8000$)

三、硬水铝石矿物的成因问题

我国铝土矿蕴藏量十分丰富,但其矿物成份均以硬水铝石为主,勃姆石和三水铝石仅属少量,或者完全没有。硬水铝石究竟是原始沉积的?还是由三水铝石脱水变质而成的?长期以来没有得到解决^{[1], [1]}。

经过各种测试分析后,发现黔中地区的红粘土和风化白云岩中均存在有一定数量的三水铝石,这一事实说明供给原始沉积时的物质就有三水铝石存在,因此作者认为目前所见到的硬水铝石铝土矿是由三水铝石脱水变质而来的。然而由于什么动力驱使三水铝石脱水变质而成硬水铝石的呢?

根据 $Al_2O_3-H_2O$ 系统的相平衡资料(图5)^[2],可以看出,三水铝石向硬水铝石转变主要取决于温度。Б. Ф. Соразее (1972) 根据热动力分析资料也证实:“对于刚玉—水—三水铝石系统在温度超过 $130^{\circ}C$,刚玉—水—勃姆石系统温度超过 $250^{\circ}C$ 的条件下,脱水作用方向的化学反应,单水的和三水的铝土矿就转变为缺水的氧化铝”^[3]。可见驱使三水铝石脱水变质而成硬水铝石的主要驱动力是温度。

那么在黔中地区是否存在这种驱动力呢?回答是肯定的。根据我们就目前所掌握的资料,至少表现在以下几个方面:

1. 地壳运动所引起的温度变化是驱使矿物变质的主要动力。黔中石炭系铝土矿虽然地处扬子准地台上,但是较为强烈的燕山运动,使整个扬子准地台的盖层发生了复杂的褶皱及断裂。黔中地区也不例外,某些地区还伴随有岩浆活动,局部地区(例如清镇)还有地层倒转现象。这种

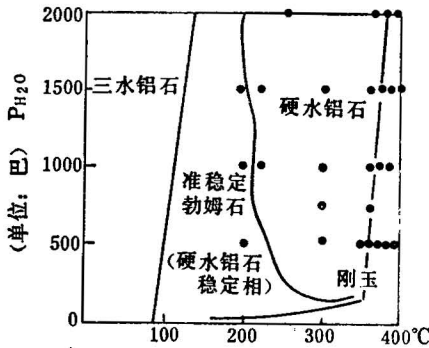


图 5 $Al_2O_3-H_2O$ 系统的相平衡关系
(据肯尼迪, 1959)

较大的变化而致使岩层挤压摩擦所产生的热量,对三水铝石脱水转变成硬水铝石来说,无疑是可能的。

2. 含铝岩系的热传导性能差,有利于热能的贮存。只有在岩层的热传导性能差的条件下,地壳运动所产生的热量才利于贮存而不致散发,相反在热传导性能好的地区,则热量就无法集中,热变质矿床也就难能形成。根据韩德馨、杨起主编的“中国煤田地质学(下册)”资料^[4],干燥的砂、

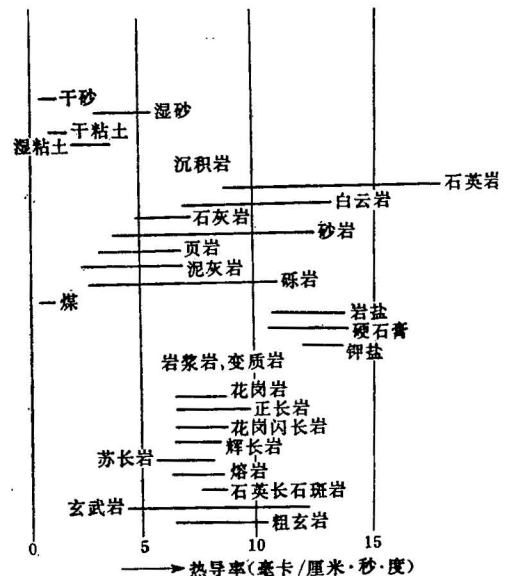


图 6 各类岩石的热导率

1) 贵州省地质局修文地质队, 1958年, 贵州修文铝土矿小山坝矿区储量报告。

粘土热导率最低,盐类岩石、石英岩等的热导率均较高(图6),而黔中地区含铝岩系主要由颗粒很细的含铝粘土岩和泥质页岩组成,其热导率也相对较低,因此有利于三水铝石向硬水铝石方向转变。

3. 地温梯度也是促使矿物转变的因素之一。铝土矿沉积之后,由于上覆地层的静压力作用和地热的影响,可使地温自常温层以下随深度加大而逐渐增高。地温梯度因地而异,根据苏联地热学家C. A. 克拉斯科夫斯基的资料,现代地壳的地温梯度变化范围可由 $0.5^{\circ}\text{C}/100\text{米}$ 到 $25^{\circ}\text{C}/100\text{米}$,平均为 $3^{\circ}\text{C}/100\text{米}$ ^[6]。经大量实际勘探和研究资料综合,黔中地区与石炭系含铝岩系同一构造层的上覆地层最大厚度达3000米以上^{[1],2], [6]},按平均 $3^{\circ}\text{C}/100\text{米}$ 计算,则地温可达 90°C 以上,而实际该区地温梯度将大大超过此数,因为莫霍面升高的地区往往地热梯度较高,根据中国境内莫霍面深度变化资料^[7],黔中地区的莫霍面深度 $<38\text{公里}$,因此其地温梯度必然会更高。退一步说:即使地温梯度没有能达到使三水铝石转变的温度,但也为其转变创造了有利条件。

4. 岩石矿物上的变化,是存在驱动力的重要依据。通过室内系统的镜下鉴定发现,在黔中地区的含铝岩系中,由于燕山运动所引起的强大动力变质作用及随之而产生的巨大热量,致使原始的铝土岩变质成为绢云母、绿泥石片岩,矿物排列,具有明显的方向性,并且因重结晶而颗粒变大(图7)。此外,铝土矿物本身,在由三水铝石向硬水铝石转变的同时,结构构造上也有明显的反映,表现在土状铝土矿普遍见有脱水后的孔隙,在宏观上呈疏松多孔状等等。

地壳运动、热传导性能、地温梯度等多种因素相配合、叠加,促使了三水铝石向硬水铝石的变,其中地壳运动为主导因素。

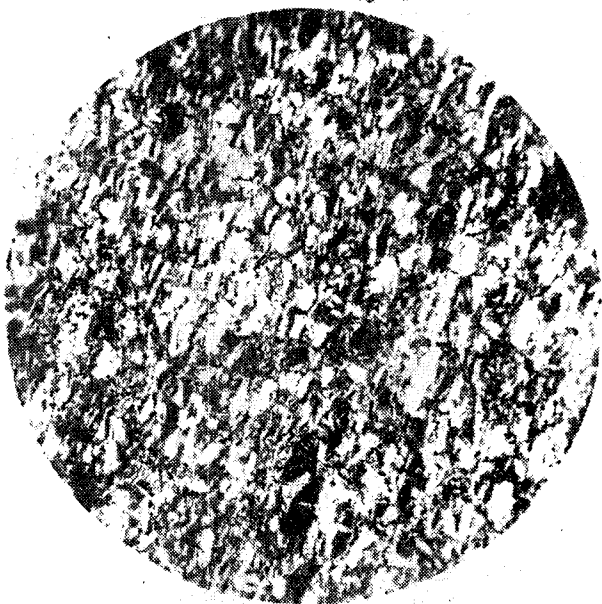


图7 绢云母绿泥石片岩。

视域中白色片状矿物为绿泥石明暗交替出现之片状矿物为绢云母,均具明显的定向排列(正交 $\times 90$)

四、矿床成因

关于铝土矿床的成因,目前也存在着很大的争议。国外曾提出过各种各样的成因理论和假说,如红土说(包括钙红土说)、化学沉积说、硫酸说、生物说、风化说、热液说、火山说、红土-沉积说和宇宙说等等。但研究较深、影响较大的不外乎是红土说、化学沉积说和红土-沉积说三种^{3), [3,8,9]}。

我国的铝土矿床与国外相比,又有着许多不同的特点。必须从具体条件出发,总结出我国的

1) 吴冠群拟编,1957年,贵州修文铝土矿区域综合地层柱状图。

2) 曾励训拟编,1959年,贵州清镇铁铝矿区域地质构造略图。

3) 刘瑞珊编,1982年,国外铝土矿成因理论的研究现状及发展动向。

矿床成因理论。

我国铝土矿资源,按已探明储量规模,仅次于几内亚、澳大利亚、巴西、牙买加、印度等国¹⁾,居于世界前列。就所处的大地构造位置而论,我国的铝土矿床与国外相比有着明显的差异。以苏联为例,他们将铝土矿划分为两大类型,即地台型与地槽型,地台型与陆相沉积有关,地槽型则与海相沉积有关;而我国规模较大的铝土矿床,无论是海相或是陆相沉积,他们既不属于地台型,也不属于地槽型,而是属于准地台型⁽¹⁰⁾。在成矿时代上,整个地质历史中,可以划分出四个基本的铝土矿形成时期,即太古代—元古代,里菲—泥盆纪,晚古生代和中生代—新生代。国外一些盛产铝土矿的国家如几内亚、澳大利亚、巴西、牙买加等国的主要铝土矿矿床形成在中新生代,而我国主要的铝土矿床形成时代,则是在晚古生代。从矿床成因类型上看,国外几个主要产铝国家,大都为红土型(包括钙红土型)铝土矿,这类铝土矿的资源约占世界总量的82%。我国虽然也有红土型铝土矿床,但为数很少²⁾,主要矿床类型,则是人们常称之为的“沉积型”铝土矿床。再从矿物成分上看,国外的红土型铝土矿床,其矿物成分主要由三水铝石组成,而我国的沉积型铝土矿床则主要由硬水铝石组成。

基于上述区别和黔中铝土矿的地质特征,作者根据近几年来野外实践及室内各种测试分析的研究,对黔中石炭系铝土矿的成因,大胆地提出为“钙红土—沉积—变质成因”的设想,即在碳酸盐岩风化成钙红土(第一阶段)的基础上,经过水(海水、河水)营力的搬运,在合适的介质环境下再沉积成矿(第二阶段),最后经过变质作用形成(第三阶段)现今所见到的铝土矿床。现将各阶段的主要依据分述如下:

第一,钙红土阶段:钙红土的理论最早是在1904年由法国人多尔福斯提出,并从1930年起,由于J.德拉帕朗权威的影响,这个理论在1/4世纪里的法国一直占统治地位⁽¹¹⁾。其本质是下伏基底为碳酸盐岩石,铝土矿是碳酸盐岩石就地红土化的残余产物。黔中铝土矿下伏基底主要为寒武系的白云岩,它经过了长期的风化剥蚀及岩溶作用,构成了准平原化的地貌特征,残留的红粘土以及风化的白云岩不仅 Al_2O_3 明显地增加(见表1),而且已形成了铝土矿物(见图1—4),以上这些主要特点足以说明经过了红土化阶段,但是我们与钙红土论者的主要区别是在这个阶段内并没有形成工业矿体和矿床。

第二,沉积阶段:在第一阶段的基础上,富含 Al_2O_3 及铝土矿物之原始物质,经过水动力的作用,在就近有利的环境下再富集沉积成矿。对于黔中铝土矿,作为沉积成矿这一点来说,至今在国内未见有异议,因此无需论证,问题是如何沉积以及在什么环境下沉积,则早就存在着分歧,这些问题作者已另有文章作过探讨^(12),3),限于篇幅,在此不再赘述。

第三,变质阶段:是铝土矿沉积之后,使三水铝石变质成为硬水铝石的阶段。这也是我国铝土矿的又一大特色。这里指的变质属浅变质。黔中铝土矿主要是在深成变质作用(地温梯度)的基础上再叠加强大的动力变质作用(构造运动)等多种因素综合作用的结果,具体分析请见硬水铝石矿物的成因问题一节。

黔中铝土矿是我国著名的铝矿基地之一,前面分析的我国铝土矿资源许多特点,在黔中地区都具备,因此它在我国的铝土矿床中(如广泛分布于华北的G层铝土矿、华南的晚古生代铝土矿床等)有着明显的代表性,从而对于“钙红土—沉积—变质”假设的提出,更显示了它具有重要的现实意义。

1) 王守仁, 1982年。

2) 刘钰, 1983, 对我国铝土矿资源特点的探讨。

3) 周谔、章柏盛(执笔人)、周国平, 1980年, 黔中石炭系铝土矿形成条件的初步分析。

五、小 结

1. 经过长期风化剥蚀及岩溶作用的寒武系碳酸盐岩，是成矿物质的主要来源。

2. 硬水铝石矿物是由三水铝石脱水变质而来的。

3. 在黔中地区风化白云岩及其风化产物红粘土中三水铝石的发现，特别是风化白云岩中三水铝石的发现，至今在国内沉积类型的含铝岩系地区尚属首次。它的发现是分析成矿物质来源及硬水铝石矿物成因的重要依据，也是矿床成因理论分析中不可缺少的组成部分。

4. 大胆地提出了“钙红土—沉积—变质成因”假说，是铝土矿床成因理论中的一个新的提法。

研究期间曾得到贵州省地质局及其所属科研所、区域地质调查队、一一五地质队，贵州铝厂及其所属一矿、二矿，贵州省冶金地质五队等单位的热情支持；野外样品采集是和中国地质科学院矿床所铝土矿专题组共同进行的；X光分析、电镜分析、差热分析、红外分析，分别由中国地质科学院矿床地质研究所六室X光组林月英、刘金定，电镜组张天乐，差热组郑立煊、王素芬，红外组郭立鹤等同志完成；化学分析由中国地质科学院岩矿测试研究所承担，在此一并表示诚挚的谢意。

参 考 文 献

- 〔1〕 地质科学研究院矿物原料研究所，1963，中国铝土矿的层位、成因、分布规律和找矿方向。全国地层会议学术报告汇编，沉积矿产地层，科学出版社。
- 〔2〕 何起祥编，1978，沉积岩与沉积矿产。地质出版社。
- 〔3〕 Гуткин, Е. С., 1978, геология и геохимия девонских бокситов северного Урала, М. «Недра».
- 〔4〕 韩德馨、杨起主编，1980，中国煤田地质学（下册），煤炭工业出版社。
- 〔5〕 武汉地质学院煤田教研室编，1979，煤田地质学（上册）。地质出版社。
- 〔6〕 中国地质科学院主编，1973，中华人民共和国地质图集地层简表—贵州省地层简表。中国地质图制印厂。
- 〔7〕 黄汲清等，1977，中国大地构造基本轮廓。地质学报，第51卷，第2期。
- 〔8〕 Бушинский, Г. И., 1975, Геология бокситов. М. «Недра».
- 〔9〕 Said, R. et al., 1976, A review of theories on the geological distribution of bauxite and their application for bauxite prospecting in Egypt. Annals of the Geological Survey of Egypt, vol. 6. pp. 6-32.
- 〔10〕 黄汲清，1963，煤、油、铁、磷、铝、铜六种沉积矿产与地层的关系问题总结。全国地层会议学术报告汇编，科学出版社。
- 〔11〕 Dudich, E., 1981, Regional Effects on the Evolution of Theories on Bauxite Genesis. «Acta Geologica Academiae Scientiarum Hungaricae», vol. 24(2-4). pp. 247-255.
- 〔12〕 章柏盛，1982，黔中石炭系铝土矿沉积相标志及其沉积环境的分析。中国地质科学院矿床地质研究所刊，第4号。

SOME PROBLEMS ON THE ORIGIN OF CARBONIFEROUS BAUXITE DEPOSITS IN CENTRAL GUIZHOU

Zhang Baisheng

(Institute of Mineral Deposits, Chinese Academy of Geological Sciences)

Abstract

In recent years the author has conducted several on-the-spot investigations of Carboniferous bauxite deposits in central Guizhou and made a lot of assays and indoor synthetic studies; as a result the following understandings have been gained.

1. The Cambrian carbonate rocks which have undergone a long period of denudation and karstification are the main source of ore-forming material.

2. Diaspore is formed from the dehydration and metamorphism of gibbsite, and the problem on the promoter of metamorphism is further analysed.

3. On the basis of an analysis of the characteristics of bauxite deposits in China, the genetic hypothesis of "calcareous red soil-deposition-metamorphism" is advanced.

4. The discovery of diaspore in weathered dolomite and its weathering product—red clay—is an important basis for analysing the source of the ore-forming material and the origin of diaspore as well as an indispensable component part in the analysis of the genetic theory of mineral deposits.