

贵州铝土矿成矿规律

刘幼平 程国繁 崔滔 著
周文龙 龙汉生 何英

北 京

冶 金 工 业 出 版 社

2015

前 言

贵州省是我国铝土矿资源大省之一，铝土矿是其特色优势矿产。自 1941 年蒋溶、罗绳武等老一辈地质学家在修文发现贵州省第一个铝土矿以来，贵州铝土矿的勘查、开发与研究已走过了 70 多年风雨历程，70 多年的铝土矿勘查、开发生产与铝工业发展历程充分证明，贵州省铝土矿资源在我国铝工业和国民经济发展中具有举足轻重的地位和不可替代的作用。

近十余年来，在国家地质大调查项目、中央地勘基金和省级地勘基金支持下，由贵州省国土资源厅统一部署，并以《贵州省铝土矿勘查与开发专项规划》为指导，贵州省地质矿产勘查开发局、贵州省有色和核工业地质勘查局直属的多个地勘单位在务川~正安~道真、遵义~息烽、瓮安~福泉~龙里、凯里~黄平及织金~清镇等地区相继开展了铝土矿整装勘查工作，取得突破性进展，成果斐然。其中务川~正安~道真地区新增铝土矿资源储量大于 7 亿吨，凯里~黄平地区新增铝土矿资源储量大于 0.6 亿吨，加上省内其他铝土矿整装勘查区的新增资源储量，截至 2013 年 12 月，铝土矿整装勘查区新增铝土资源储量大于 8 亿吨，从而使贵州省铝土矿资源储量累计超过 12 亿吨，跃居全国第二。

贵州省铝土矿勘查工作取得突破性进展，新的勘查成果受到省内外地质矿产界的高度重视，地质学专家、同仁们纷至沓来，从不同渠道、不同范围、不同角度参与贵州铝土矿的科研工作，掀起了贵州铝土矿研究的一个小高潮，发表了较多论文，出版论著多部。这些研究成果从不同侧面对贵州铝土矿的成矿背景、矿床学特征、成矿规律、控矿因素等提出了许多新认识，使得贵州铝土矿的地质研究水平获得整体性提高。

但从贵州省范围来看，当前铝土矿的研究较零散，未站在整个贵州省域的平台上来探讨贵州铝土矿的地质背景、成矿规律、成矿控制因素，未对贵州省各区域铝土矿的地质特征、成矿规律、成矿模式进行过差异对比研究。因此，在当前贵州铝土矿勘查取得重大突破的新的历史背景下，充分利用全省范围整

装勘查的最新成果,并应用现代矿床学的新理论、新方法和新技术,站在全省资源战略找矿高度,从更宽广的视野综合研究已有各种地质资料,从全省铝土矿成矿一盘棋的角度辩证地吸收和继承前人的研究成果,阐述各成矿带的区域分布、矿床禀赋特征,全面分析贵州铝土矿的成矿条件和成矿环境,深入探索与系统总结贵州铝土矿大规模成矿的规律,显得尤为迫切。

本书首先以系统收集、整理已有勘查研究成果为主,特别是近年来贵州铝土矿整装勘查的地质报告、专题研究成果以及近年发表的科研论文,辅以必要的野外调研、样品测试工作。在此基础上,通过大量、系统的综合分析研究,力求做到集贵州铝土矿近30年来的地质找矿勘查与科学研究之大成,融贵州铝土矿最新资料及最新成果为一体,以达到提供有益借鉴和参考应用之目的。

本书是在收集全省基础地质资料、历年铝土矿床勘查报告、近年全省铝土矿整装勘查报告和研究成果之基础上完成的,凝聚了有关地勘、科研和教学单位广大地质工作者和科研工作者的辛勤劳动和智慧,正是他们劳动积累的丰富地质资料成果及认识启发了我们深入思考本项目研究的诸多方面,使我们受益匪浅。同时,本书是贵州铝土矿分布特征及成矿条件和成矿规律研究的最新成果,全面展示了贵州铝土矿勘查近年的最新成果,包括典型矿床及实例,是对贵州省铝土矿的成矿条件、成矿背景、成矿规律和成矿模式的阶段性系统总结。

本书由刘幼平统筹撰写和统稿,各章节编写分工如下:第1章由刘幼平、崔滔撰写;第2章由程国繁、刘幼平撰写;第3章由周文龙、刘幼平撰写;第4章由刘幼平撰写;第5章第5.1节、第5.3节由刘幼平撰写,第5.2节、第5.8节由程国繁撰写,第5.4节、第5.7节由崔滔撰写,第5.5节、第5.6节由龙汉生、刘幼平撰写;第6章、第7章由刘幼平撰写。全书的插图主要由周文龙、何英、崔滔分别完成:第1章,第3章,第4章,第5章第5.1节部分、第5.3节、第5.5节部分,第6章由周文龙完成;第2章,第5章第5.1节部分、第5.2节、第5.5节部分、第5.8节由何英完成;第5章第5.4节由崔滔完成。插图、表格查缺补漏由周文龙、何英完成。

在本书的编写过程中,贵州省国土资源厅首席地质专家王砚耕教授、贵州省地质矿产勘查开发局著名地质专家刘巽峰教授给予了悉心指导和大力帮助,

提出了一系列富有建设性的意见和建议；在本书编写前，贵州理工学院的李朋博士、孙军硕士、张双菊硕士参加了部分相关的黔北务川～正安～道真地区铝土矿研究工作；同时本书的编写不仅参考了有关专家、学者的研究成果相关文献资料，还参考了贵州省有色金属和核工业地质勘查局地勘院、三总队、五总队、二总队，贵州省地质矿产勘查开发局一〇六地质大队、一一七地质大队，贵州省地质调查院等有关单位的基础地质资料和铝土矿床勘查资料，特别是近期贵州省铝土矿整装勘查成果报告及研究资料。在此，我谨代表本书编写组全体成员对关心、指导和帮助本书编撰的专家和同事表示衷心的感谢，对在本书编著过程中提供资料的单位和个人致以诚挚的谢意。本研究得到了贵州理工学院高层次人才引进项目的经费资助，在此表示诚挚的感谢。

俄国著名作家高尔基说过：“书籍是人类进步的阶梯。”希望本书能对贵州地质工作者、科研院所学者以及高等院校师生有所参考与借鉴，为深入研究贵州铝土矿有关地质问题提供帮助，推动贵州省铝土矿研究工作与时俱进向前发展。

由于作者水平所限，文中疏漏之处，敬请广大读者批评指正。

著者

2015年6月

目 录

1 贵州铝资源的勘查史及其资源概况	1
1.1 铝土矿的发现与勘查史	1
1.1.1 铝土矿石、矿物与用途	1
1.1.2 铝土矿的发现史	2
1.1.3 铝土矿的勘查历程与工作程度	3
1.1.4 铝土矿的研究现状	6
1.2 铝土矿的分布与资源储量概况	15
1.2.1 铝土矿的分布	15
1.2.2 铝土矿资源(储)量概况	15
1.2.3 铝土矿主要勘查成果	16
2 贵州铝土矿成矿背景与成矿条件	19
2.1 大地构造位置	19
2.2 地层岩石序列	21
2.3 地质构造背景与条件	23
2.3.1 区域地壳结构	23
2.3.2 古构造特征	23
2.3.3 表层构造变形特征	23
2.3.4 地壳发展与演化	27
2.4 成矿古地理地貌背景与条件	28
2.4.1 岩相古地理环境	28
2.4.2 古地貌条件	32
2.5 成矿古气候背景与条件	35
2.5.1 古纬度与古气候	35
2.5.2 古生物群落	38
2.6 古风化作用条件	39
3 贵州铝土矿床类型划分及典型矿床	41
3.1 铝土矿床类型划分	41
3.1.1 铝土矿床类型划分依据	41
3.1.2 铝土矿床类型划分研究	41
3.1.3 本书铝土矿床采用的类型分类	43
3.2 贵州铝土矿主要地质特征	44

3.2.1	沉积型铝土矿	44
3.2.2	堆积型铝土矿	45
3.2.3	红土型铝土矿	45
3.3	典型铝土矿床特征	45
3.3.1	清镇~修文地区	45
3.3.2	务川~正安~道真地区	63
3.3.3	遵义~开阳地区	85
3.3.4	凯里~黄平~瓮安~福泉地区	96
4	贵州铝土矿成矿区(带)的划分	114
4.1	成矿区(带)及划分	114
4.2	贵州铝土矿成矿区带划分的原则和依据	114
4.2.1	成矿区(带)划分的基本原则	114
4.2.2	成矿区带划分的依据	115
4.3	贵州铝土矿成矿区(带)特征分析	115
4.3.1	大地构造位置	115
4.3.2	地层分区	116
4.3.3	赋矿地层	116
4.3.4	赋矿构造	116
4.3.5	古地理环境	116
4.3.6	含矿岩系特征	116
4.3.7	物质来源	117
4.3.8	矿体特征	117
4.3.9	矿石质量特征	117
4.4	典型铝土矿成矿区(带)特征对比分析	118
4.5	贵州铝土矿成矿区(带)的划分	119
5	贵州铝土矿成矿规律	121
5.1	空间分布特征及规律	121
5.1.1	铝土矿的区域分布特征	121
5.1.2	铝土矿区域分布规律及差异对比	125
5.2	时间分布特征及规律	126
5.2.1	早石炭世大塘期九架炉时铝土矿床	127
5.2.2	中二叠世罗甸期梁山时铝土矿床	129
5.2.3	铝土矿成矿时间分布规律及差异对比	130
5.3	含矿岩系特征及成矿规律	133
5.3.1	铝土矿含矿岩系剖面特征	133
5.3.2	含矿岩系成矿规律及差异对比	135
5.4	铝土矿成矿古环境特征及成矿规律	139

5.4.1 铝土矿形成的古环境特征	139
5.4.2 铝土矿古环境成矿规律及差异对比	150
5.5 铝土矿体特征及成矿规律	155
5.5.1 铝土矿的矿体特征	155
5.5.2 铝土矿体成矿规律及差异对比	160
5.6 铝土矿矿石质量特征及规律	161
5.6.1 务川~正安~道真地区矿石质量特征	161
5.6.2 清镇~修文地区矿石质量特征	163
5.6.3 凯里~黄平~瓮安~福泉地区	165
5.6.4 遵义~开阳地区	168
5.6.5 铝土矿石质量成矿规律及差异对比	170
5.7 铝土矿成矿物源特征	172
5.7.1 铝土矿物源特征	172
5.7.2 铝土矿物源分析常用方法	172
5.7.3 贵州铝土矿物源特征	175
5.8 红土化作用与铝土矿的成矿规律	176
5.8.1 铝土矿床的类型划分与分布	176
5.8.2 红土化过程与贵州铝土矿床	176
6 贵州铝土矿成矿模式与找矿模式的建立	179
6.1 成矿模式的建立	179
6.1.1 清镇~修文成矿模式	179
6.1.2 务川~正安~道真成矿模式	183
6.1.3 凯里~黄平成矿模式	188
6.2 找矿模式的建立	190
6.2.1 清镇~修文找矿模式	190
6.2.2 务川~正安~道真找矿模式	194
6.2.3 凯里~黄平找矿模式	197
7 结语	200
7.1 本次研究工作取得的主要成绩	200
7.2 本次研究工作的特色与亮点	200
7.3 本次研究工作存在的问题	201
参考文献	202

1.1 铝土矿的发现与勘查史

1.1.1 铝土矿石、矿物与用途

铝是地壳中分布最广的元素之一，属亲石亲氧元素。铝在自然界中多成氧化物、氢氧化物和含氧的铝硅酸盐存在，极少发现铝的自然金属。

自然界已知的含铝矿物有 258 种，其中常见的矿物约有 43 种。我国常见的含铝矿物主要有刚玉、一水硬铝石、一水软铝石和三水铝石等，其化学式及 Al_2O_3 的含量见表 1-1。

表 1-1 铝土矿物及常见含铝较高的矿物简表

矿物名称	化学式	Al_2O_3 含量/%
刚玉	Al_2O_3	100
一水硬铝石	$\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ 或 $\text{AlO}(\text{OH})$	85.1
勃姆石	$\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ 或 $\text{AlO}(\text{OH})$	85.1
三水铝石	$\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ 或 $\text{Al}(\text{OH})_3$	65.4
拜三水铝石	$\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ 或 $\text{Al}(\text{OH})_3$	65.4
诺三水铝石	$\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ 或 $\text{Al}(\text{OH})_3$	65.4
高岭石	$\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	39.5
水铝英石	$n\text{SiO}_2 \cdot n\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot p\text{H}_2\text{O}$	30.0 ~ 35.0

(据廖士范、梁同荣,《中国铝土矿地质学》,1991)

铝土矿是由铝的氢氧化物,包括一水硬铝石、一水软铝石、三水铝石,以及褐铁矿、赤铁矿、黏土矿物等混入物组成。铝土矿实际上是一种以氢氧化铝为主的混合物,是三水铝石、一水软铝石或一水硬铝石等矿物所组成的矿石。

一水硬铝石又名水铝石,结构式和分子式分别为 $\text{AlO}(\text{OH})$ 和 $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ 。斜方晶系,结晶完好者呈柱状、板状、鳞片状、针状、棱状等。矿石中的水铝石一般均含有 TiO_2 、 SiO_2 、 Fe_2O_3 、 Ga_2O_3 、 Nb_2O_5 、 Ta_2O_5 、 TR_2O_3 等不同量类质同象混入物。水铝石溶于酸和碱,但在常温常压下溶解甚弱,需在高温高压和强酸或强碱浓度下才能完全分解。一水硬铝石形成于酸性介质,与一水软铝石、赤铁矿、针铁矿、高岭石、绿泥石、黄铁矿等共生。其水化可变成三水铝石,脱水可变成 α 刚玉,可被高岭石、黄铁矿、菱铁矿、绿泥石等交代。

一水软铝石又名勃姆石、软水铝石,结构式为 $\text{AlO}(\text{OH})$,分子式为 $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ 。斜方晶系,结晶完好者呈菱形体、棱面状、棱状、针状、纤维状和六角板状。矿石中的一水软铝石常含 Fe_2O_3 、 TiO_2 、 Cr_2O_3 、 Ga_2O_3 等类质同象。一水软铝石可溶于酸和碱。该矿物

形成于酸性介质，主要产在沉积铝土矿中，其特征是与菱铁矿共生。它可被一水硬铝石、三水铝石、高岭石等交代，脱水可转变成一水硬铝石和 α 刚玉，水化可变成三水铝石。

三水铝石又名水铝氧石、氢氧铝石，结构式为 $\text{Al}(\text{OH})$ ，分子式为 $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ 。单斜晶系，结晶完好者呈六角板状、棱镜状，常有呈细晶状集合体或双晶，矿石中三水铝石多呈不规则状集合体，均含有不同量的 TiO_2 、 SiO_2 、 Fe_2O_3 、 Nb_2O_5 、 Ta_2O_5 、 Ca_2O_3 等类质同象或机械混入物。三水铝石溶于酸和碱，其粉末加热到 100°C 经2h即可完全溶解。该矿物形成于酸性介质，在风化壳矿床中三水铝石是原生矿物，也是主要矿石矿物，与高岭石、针铁矿、赤铁矿、伊利石等共生。三水铝石脱水可变成一水软铝石、一水硬铝石和 α 刚玉，可被高岭石、多水高岭石等交代。

铝土矿的化学成分主要为 Al_2O_3 、 SiO_2 、 Fe_2O_3 、 TiO_2 、 H_2O ，五者总量占成分的95%以上，一般大于98%，次要成分有S、CaO、MgO、 K_2O 、 Na_2O 、 CO_2 、 MnO_2 、有机质、碳质等，微量成分有Ga、Ge、Nb、Ta、TR、Co、Zr、V、P、Cr、Ni等。 Al_2O_3 主要赋存于铝矿物——水铝石、一水软铝石、三水铝石中，其次赋存于硅矿物中（主要是高岭石类矿物）。

在内生条件下， Al_2O_3 与 SiO_2 常紧密结合成各类铝硅酸矿物，这些矿物一般 Al/Si 小于1，而工业上对铝矿石一般要求 $\text{Al}_2\text{O}_3 \geq 40\%$ ， Al/Si 1.8~2.6，比值越高，质量越好，因此内生条件下很少形成工业铝矿床。

在我国铝土矿石主要是一水硬铝石型，其次是三水铝石型铝土矿。铝土矿石通常为泥质结构、粉砂质结构、内碎屑结构、豆状（鲕状）结构及交代结构，构造多为块状构造。颜色变化大，有白、灰白、灰褐、黑灰及砖红等色。

铝土矿石的主要用途有以下几个方面：

（1）提炼铝金属。铝土矿是生产金属铝的最佳原料，也是最主要的应用领域，其用量占世界铝土矿总产量的90%以上。铝是一种较轻的银白色金属，称为轻金属，是世界上仅次于钢铁的第二重要金属。由于铝及其合金具有体轻、耐酸、防锈、性坚、传热、导电性高，结构性能易于加工等优良性能，因而广泛用于国民经济各部门。目前，全世界用铝量最大的是建筑、交通运输和包装部门，占铝总消费量的60%以上。铝是电器工业、飞机制造工业、机械工业和民用器具不可缺少的原材料。

（2）人造研磨材料。铝土矿可用于制造高硬度的人造刚玉（氧化铝）磨料，是高级砂轮、抛光粉的主要原料，在金属加工和机器制造工业等方面具有特殊的用途。

（3）耐火材料，是工业部门不可缺少的筑炉材料。

（4）生产高铝水泥的原料，使其具有速凝能力。

（5）化学制品，硫酸铝、氢氧化铝、氧化铝等产品可应用于造纸、净化水、陶瓷及石油精炼方面。

因此铝土矿有金属和非金属两个方面的应用领域，在国民经济建设中具有极为重要的意义。

1.1.2 铝土矿的发现史

铝元素是在1825年由丹麦物理学家H. C. 奥尔斯德（H. C. Oersted）使用钾汞齐与氯化铝交互作用获得铝汞齐，然后用蒸馏法除去汞，第一次制得金属铝而发现的。铝土矿的

发现(1821年)早于铝元素,当时误认为是一种新矿物。

贵州是中国最早发现大型铝土矿的省区,资源丰富,目前探获的资源量占全国总量的1/4,仅次于山西,排名全国第二。

据韦天蛟《贵州矿产发现史考》(1992年),贵州铝土矿是老一辈地质学家罗绳武、蒋溶和乐森璋,于1941年率先在黔中地区发现的。贵州省铝土矿“是中国最早发现的大型铝土矿”,是继辽宁、山东、云南之后,发现最早的省区。由于铝土矿难以识别,它的发现不同于其他矿产,完全是地质科学发展与地质勘查技术应用的结果。贵州铝土矿就是在不知为何物的情况下,通过鉴别、测试与实地勘查研究,方才发现的。

发现的经过如下:1941年仲夏,贵州省矿产探测团的罗绳武、蒋溶在勘查煤、铁时,于贵筑云雾山、王比及修文九架炉(或称王官,即现在著名的小山坝矿区)一带,发现了“一种似页岩而非页岩之物”,“初不悉为何物”,通过测试化验始知为含氧化铝的矿物,但“当时该矿之地质情形与矿床之分布均无所悉”,后经该团主任乐森璋研究认为“此矿具有经济价值”,遂于同年十月亲偕蒋溶等人到野外进行地质勘查,经两个月的反复研究与化验分析,最先做出了铝土矿“质地之佳、储量之巨”的重要评价。乐森璋、蒋溶于1942年2月,最先编著报道了贵州铝土矿发现及产出地质特征的第一份重要文献——《贵筑修文两县铝土矿》。

文中载:“民国三十年仲夏,本团蒋溶、罗绳武奉命调查平越、贵定、龙里、贵筑、开阳、修文等六县煤铁……结果……大失所望。惟在贵筑王比、云雾山、修文之九架炉一带产铁区域中,偶发现一种似页岩而非页岩之物,漫山遍野,随处皆是。初不悉为何物,乃取数种返团而细考之……乃将矿样检交建设厅化验室朱希仲氏,定量分析,则含铝量百分之四十五以上。含矽氧在百分之三十左右,确系一种含铝份较低之水矾土。惟当时该矿之地质情形与矿床之分布均无所悉,森璋以此矿具有经济价值,旋于同年10月下旬,璋、溶亲偕测绘员黄问敏再度出发,在野外勘查30余日,于11月下旬返筑……经两月之研究化验,其质地之佳,储量之巨,殊出吾人意料之外。”

罗绳武、蒋溶与乐森璋三人是贵州铝土矿发现的功臣,是他们和贵州矿产探测团“给祖国、给贵州人民建立的不可磨灭的伟大功绩”!

1.1.3 铝土矿的勘查历程与工作程度

我国铝土矿的普查找矿工作最早始于1924年,当时由日本人板本峻雄等对辽宁省辽阳、山东省烟台地区的矾土页岩进行了地质调查。此后,日本人小贯义男等人,以及我国学者王竹泉、谢家荣、陈鸿程等先后对山东淄博地区,河北唐山和开滦地区,山西太原、西山和阳泉地区,辽宁本溪和复州湾地区的铝土矿和矾土页岩进行了专门的地质调查。我国南方铝土矿的调查始于1940年,首先是边兆祥对云南昆明板桥镇附近的铝土矿进行了调查。随后,1942~1945年,彭琪瑞、谢家荣、乐森璋等人,先后对云、贵、川等地铝土矿、高铝黏土矿进行了地质调查和系统采样工作。

铝土矿真正的地质勘探工作是从新中国成立后开始的。1953~1955年间,冶金部和地质部的地质队伍先后对山东淄博铝土矿、河南巩县小关一带铝土矿(如竹林沟、茶店、水头及钟岭等矿区)、贵州黔中一带铝土矿(如林歹、小山坝、燕垅等矿区)、山西阳泉白家庄矿区等,进行了地质勘探工作。但是,由于缺少铝土矿的勘探经验,没有结合中国铝

土矿的实际情况而盲目套用苏联的铝土矿规范,致使1960~1962年复审时,大部分地质勘探报告都被降了级,储量也一下减少了许多。1958年以后,中国对铝土矿的勘探积累了一定的经验,在大搞铜铝普查的基础上,又发现和勘探了不少矿区,其中比较重要的有河南张窑院、广西平果、山西孝义克俄、福建漳浦、海南蓬莱等铝土矿矿区。

贵州的铝土矿,自修文(现小山坝矿区)、贵阳(现云雾山、王比)铝土矿的发现,并给予启迪后,经多人的努力,沉睡了2亿~3亿年的铝土矿似被催醒,贵州铝土矿相继被发现,如雨后春笋,先后露出其头角。

据《中国矿产发现史·贵州卷》阐述,“1943年,乐森璋在勘查铁煤矿时,进而发现了清镇铝土矿,著有《清镇暗流乡广山区之煤铁铝矿》,推算广山区岩口至凉水井一带有储量7000万吨。至1949年,尚在福泉、开阳、息烽、瓮安等地发现铝土矿”。

新中国成立后,随着20世纪50年代中期开始大规模铝土矿地质勘查与研究工作的投入,扩大了修文小山坝铝土矿床的规模,使之成为著名的大型铝土矿床。与此同时,在黔中地区又发现了众多的铝土矿产地,有修文干坝、长冲、大豆厂、乌栗、朱官和清镇林歹、燕垅、长冲河、麦坝、黄泥田、老黑山以及织金马桑林等10多处重要产地。通过1959年地质研究预测和1960~1961年钻探施工,发现了深埋地下100多米,地面无任何露头的清镇猫场大型隐伏铝土矿床,后经70~80年代大规模的勘探工作与地质研究,累计探明铝土矿储量1.79亿吨,成为我国当时已知最大的铝土矿床,经预测研究,全矿区铝土矿预测资源总量将大于2亿吨。1979~1980年,在黔中地区又陆续发现和勘探了清镇麦格、贵阳斗篷山与修文箭杆冲等铝土矿重要产地。通过40余年的不断勘查与研究预测,黔中地区成为著名的铝土矿集区、贵州铝业的发展 centers。

遵义地区铝土矿发现于1959~1960年,主要有后槽、仙人岩、苟江和宋家大林等重要铝土矿区,而大规模系统的勘查工作始于1979年以后,历时10年,20世纪90年代初相继完成勘探工作。遵义地区铝土矿的发现和勘探,为贵州兴建第二个铝工业基地提供了可靠的矿产资源保障,为贵州的铝工业建设做出了又一大贡献。

贵州北部务川~正安~道真地区之铝土矿发现于20世纪60年代初期,但当时未系统开展地质工作。80~90年代,在该区投入少量的力量,开展铝土矿远景调查、地质找矿、矿点检查及研究工作,进一步发现了20余处铝土矿床、矿点,扩大了此区铝土矿的资源前景。2000年以来,加强了黔北务川~正安~道真地区铝土矿的地质勘查和研究工作,尤其是2010年以来,国土资源部将务川~正安~道真地区铝土矿列为全国第一批47个整装勘查项目,也被列为全国特别找矿行动计划项目。

该项目位于贵州省北部的务川、正安、道真等县境内,按照成矿构造单元划分为8个向斜勘查区块,贵州省地质矿产勘查开发局和贵州省有色和核工业局地勘局历时4年,在3000余平方千米的勘查区内,投入专业技术骨干2000多人,先后开动钻机200多台,经过5年的艰辛努力,施工钻孔754个,完成钻探工作量27.5万米,投入经费4.3亿元,工作程度总体达到了普查以上程度,共获铝土矿资源总量7亿吨,新增资源量5.8亿吨,为原计划的387%,提交超大型矿床2个、大型矿床9个、中型矿床14个。铝土资源量在2000万吨以上便是大型矿床,而超大型矿床往往是大型矿床的3~5倍。这次整装勘查工作成果突出,列为全国整装勘查重点突破项目,为贵州遵义正在建设的务川~正安~道真煤电铝一体化基地建设提供了资源保障。

在凯里~黄平地区,铝土矿是20世纪60年代开展1/20万区调时发现的,主要有凯里渔洞、苦李井、铁厂沟、黄猫寨,黄平王家寨等铝土矿床、矿点。当时仅有零星的调查,80年代以后,局部开展了普查、详查工作,进一步扩大了发现。2010年以来该区投入了贵州省整装勘查项目和国土资源大调查项目。通过2年的工作,贵州有色地勘局在凯里~黄平地区发现了苦李井、渔洞两个大型铝土矿床和铁厂沟、王家寨两个中型铝土矿床,探获铝土矿资源量7000多万吨。为促进黔东南州经济社会又好又快、更好更快的发展奠定了具有一定影响力的战略资源基地。

此外,在瓮安~福泉~龙里地区,铝土矿也是20世纪60年代开展1/20万区调时在瓮安地区发现的,此后仅有零星的调查,进展不大。2011年以来,该区投入了贵州省整装勘查项目和国土资源大调查项目。贵州省瓮安~龙里铝土矿整装勘查区总面积约12000km²,涉及瓮安、福泉、贵定、龙里4县市,分为瓮安复向斜、天文向斜、五台山向斜、平寨复向斜北端、平寨复向斜南端五个勘查区块,项目总投资5000余万元。2012年启动,2014年完成,通过贵州省有色金属和核工业地质勘查局的工作,提交铝土矿资源量6000余万吨。该项目的实施对加快黔南州工业化进程、促进经济发展方式转变具有重大的现实意义和深远的历史意义。

综上所述,贵州的铝土矿最早于1941~1943年在黔中地区的贵阳、修文首先发现,之后又在清镇发现,20世纪50年代中期开始大规模地质勘查工作;遵义地区于1959~1960年在遵义县等地区发现铝土矿,地质勘查工作始于1979年以后;而凯里~黄平~瓮安地区和黔北务川~正安~道真地区于20世纪60年代发现铝土矿,分别于80年代以后零星开展局部勘查工作,2000年以后开始系统的地质勘查工作,2010年后开展整装勘查工作,目前总体达到普查以上程度。地质勘查工作在贵阳地区、务川~正安~道真地区地质勘查、研究工作程度相对较高,而遵义地区、凯里~黄平地区、瓮安~龙里地区工作程度相对较低。详情见表1-2。

表1-2 贵州铝土矿地质勘查情况

矿 集 区	地 质 勘 查 地				整 装 勘 查 区	
	勘探	详查	普查	合计	名 称	勘查区块
贵阳地区 (含织金)	11	10	6	27	清镇~织金地区 铝土矿整装勘查	3
遵义地区 (含开阳北)	4	4	5	13		
务川~正安~ 道真地区	2	5	16	23	务川~正安~道真地区 铝土矿整装勘查	8
湄潭~凤冈地区			1	1	湄潭~凤冈地区铝土矿 整装勘查	2
凯里~黄平地区		3	4	7	凯里~黄平地区铝土矿 整装勘查	4
瓮安~福泉~ 龙里地区		3	4	7	贵州省瓮安~福泉~龙里 地区铝土矿整装勘查	4
合 计	17	25	36	78		21

(据贵州省国土厅《贵州省铝土矿资源勘查与开发专项规划》、《贵州省铝土矿整装勘查报告》修改)

1.1.4 铝土矿的研究现状

1.1.4.1 国外铝土矿研究现状

国外铝土矿以欧洲、前苏联研究较早,比较著名的著作有布申斯基 1975 年出版的《铝土矿地质学》,匈牙利学者巴多西于 1982 年与 1990 年出版的《岩溶型铝土矿》与《红土型铝土矿》,这几本专著较为全面地介绍了铝土矿的岩石矿物学特征、地球化学特征、母岩、成矿过程与成矿规律等方面的知识。

A 矿床类型划分

国外铝土矿以三水铝石与软水铝石为主,在长期的研究中不同学者提出了多种划分方案。化学成分划分法(Apparent, 1930):以铁的含量、 Al/Si 的大小作为划分依据,这种划分方法虽已被弃用,但 Al/Si 作为高品位与低品位铝土矿的划分标准被广泛使用,即我们通常所说的铝硅比值。铝土矿矿物划分法:将铝土矿分为硬水铝石铝土矿、软水铝石铝土矿、三水铝石铝土矿。三角图解分类法:以氧化铝矿物、铁矿物、黏土矿物作为三个顶点对铝土矿进行分类(Konta, 1958)。Grubb (1973) 依据形成时的高程将铝土矿分为高海拔型与低海拔型,但这种方法只适合新形成的矿床或未遭受垂直构造运动影响的矿床。Harder (1962) 依据矿床形态与位置将铝土矿分为平伏矿床、层间矿床、囊状矿床。Peive (1947) 依据铝土矿床所处的构造位置将其分为地槽区矿床与地台区矿床。还有众多学者以母岩岩相为基础将铝土矿分为红土型铝土矿、岩溶型铝土矿、沉积型铝土矿(齐赫文型铝土矿),红土型铝土矿为下伏铝硅酸盐岩风化形成的残余矿床,岩溶型铝土矿指覆盖在碳酸盐岩表面的铝土矿床,沉积型铝土矿指红土型铝土矿床经剥蚀搬运较长距离后堆积形成的铝土矿床(Fox, 1932; Weise, 1932, 1963, 1976; Hardee, 1952; Bushinsky, 1971; Valetton, 1972)。红土型铝土矿形态较简单,基本都为横向轮廓不规则的顺层矿床。Bardossy (1992) 将岩溶型铝土矿细分为六个亚类:地中海型、提曼型、哈萨克斯坦型、阿列日型、萨伦托型、塔尔斯克型以及各类型之间的过渡类型,主要突出矿床形态差异及与源区的位置关系,岩溶型铝土矿形状较复杂,包括层状、带状、平伏、透镜状、地堑式、似峡谷、落水洞、袋状、谷形,岩溶型铝土矿类型虽多,但质量较好的、储量较大的矿床都堆积于峡谷状落水洞、谷形等形态有差异的岩溶洼地,岩溶洼地的大小控制了铝土矿的体积,因此典型的岩溶型铝土矿应为成矿物质堆积较大的岩溶洼地中的矿床。沉积型铝土矿搬运了较远距离,通常呈层状产出。

铝土矿矿床类型划分方法虽多,但多数方法都存在局限与不确定性,如以 Al/Si 比值作为矿床类型分类依据显然不合适, Al/Si 只能反映铝土矿的品位,任何矿床中都能找到 Al/Si 高的矿石也能找到 Al/Si 低的矿石,同一矿区不同位置 Al/Si 亦会有较大差别。以铝土矿物类型与矿物组合作为矿床类型划分依据存在不确定性,难以反映矿床成因及性质,且在野外工作中难以区分各类型矿床。以矿床形态作为分类依据有一定的适用性,但对于很多过渡类型的矿床则区分其类型较困难。以海拔、成矿环境等因素分类具有很大的地域性,且难以排除漫长的成矿过程中构造变动及成矿改造作用的影响。总体上看,国外对铝土矿矿床类型划分的研究已较为成熟,母岩成分不仅对铝土矿的成分、结构有重要影响,同时也是决定矿床形态的重要因素,因此以母岩岩相为基础的划分方法划分铝土矿的三大

类型(红土型、岩溶型、沉积型)已被世界广泛接受,其余划分方法局限性较大,已基本被摒弃。国外铝土矿以红土型铝土矿与岩溶型铝土矿为主,沉积型铝土矿较少见,因此国外学者在定义岩溶型铝土矿时将所有覆盖在碳酸盐岩之上的铝土矿统划为岩溶型铝土矿,而不论其母岩是否为下伏的碳酸盐岩,这是国外铝土矿矿床分类的局限,成矿物质可能经历了较长的搬运距离覆盖在碳酸盐岩之上表明,碳酸盐岩可能既非上覆铝土矿的母岩也未形成大的岩溶洼地控制铝土矿的堆积,此时铝土矿应属沉积型矿床,因此在判定一个铝土矿床是否为岩溶型铝土矿时应详细分析碳酸盐岩是否为铝土矿的母岩并控制了铝土矿的堆积过程。

B 物源

a 母岩类型

国外学者对铝土矿物源类型及其与铝土矿品质、储量的关系研究得较为透彻。Al 在地壳中含量非常丰富,仅次于 O 与 Si,几乎所有含 Al_2O_3 的岩石都可成为铝土矿的母岩,常见的母岩为铝硅酸盐岩与碳酸盐岩,铝硅酸盐岩通常形成红土型铝土矿,碳酸盐岩多形成岩溶型铝土矿,沉积型铝土矿的母岩包括铝硅酸岩与碳酸盐岩。Bárdossy (1992) 对铝土矿母岩类型与铝土矿储量之间的关系作了详细研究:花岗岩、粒玄岩、玄武岩、麻粒岩、页岩、板岩、高岭石砂质黏土岩、长石砂岩、碳酸岩为铝土矿最重要的母岩;最常见的铝土矿母岩,是地表大规模出露且渗透性较高的岩石,这些易风化的岩石形成的铝土矿床较多且质量较好。铝硅酸盐岩含 Al 量可达 20 个百分点,而碳酸盐岩含铝量仅几个百分点,但碳酸盐岩提供物源的岩溶型铝土矿却是最重要的铝土矿类型之一,表明 Al 含量高低并不是决定是否能形成铝土矿床的决定因素,抗风化能力强弱才是决定岩石能否形成铝土矿的最重要因素,抗风化能力强、渗透性差的石英砂岩与硅质岩无法形成铝土矿,而其余类型岩石都能形成,就证明了这一点。

b 物源分析方法

铝土矿物源的研究由“单源论”发展到“多源论”,早期学者的研究多争论于铝土矿是由铝硅酸盐岩或碳酸盐岩中的某类岩石演化形成,随研究的深入,大量的研究证明铝土矿床并非只具单一物源,多物源组合主要出现在铝土矿形成时具有较长沉积间断的地区,这些地区地表多种岩石经长时间风化共同为铝土矿提供物源。具连续风化剖面的铝土矿床可在野外直接确定物源,红土型铝土矿的母岩通常为下伏的铝硅酸盐,但有时下伏母岩可能因强烈风化而消失,如苏里南的部分矿区,铝土矿母岩是粗粒长石砂岩,现已经全部风化为铝土矿,下伏高岭石黏土岩并非母岩(巴多西,1982)。岩溶型铝土矿母岩的识别较红土型铝土矿困难,但岩溶型铝土矿的母岩通常为下伏的碳酸盐岩。沉积型铝土矿的母岩最难确定,而且沉积型铝土矿母岩的“多源性”较明显。总体上说,除可见连续风化剖面的矿床外,其余铝土矿床的物源都难以在野外直接查明,需通过一定的技术手段才能确定。随着研究的深入,重矿物分析、微量元素、稀土元素示踪等方法被用来追索物源,取得了良好的效果。重矿物可用于铝土矿物源示踪,铝土矿与母岩中的重矿物在成分、结构上具有一定的相似性,如果铝土矿与地层中的重矿物特征差异较大,表明铝土矿与该地层不具亲缘关系或亲缘关系较远;如若铝土矿中的重矿物组合与地层中重矿物组合特征相似,则表明该地层极有可能为铝土矿的母岩,然后,再结合其余因素进行综合分析。如法国阿尔皮耶和朗格多克铝土矿中发现的外来锆石、金红石和电气石粒度比在下伏石灰岩中

发现的同种矿物颗粒大一个数量级,铝土矿中还含有一些在下伏的碳酸盐岩中未曾发现的碎屑矿物(如蓝晶石、十字石、刚玉),证明下伏的碳酸盐岩不可能是矿床的唯一物源。微量元素物源示踪在铝土矿研究中被广泛使用,主要包括微量元素蛛网图、Zr-Cr-Ga 三角图解、Cr-Ni 及高场强元素比值。蛛网图利用微量元素的组合特征识别物源,此方法基于微量元素在风化成岩过程中地球化学行为具一定相似性,母岩与铝土矿的微量元素蛛网图曲线特征相似。Zr-Cr-Ga 三角图解利用三种元素在风化成岩过程中的稳定性追索物源,铝土矿与母岩在图解中位置接近,与非母岩岩石位置相距较远。Cr-Ni 图解在铝土矿物源研究中具有重要意义,统计表明,不同类型的铝土矿 Cr-Ni 有明显差异(Schroll, 1968),由此编制不同类型铝土矿 Cr-Ni 分布图,将需要分析的样品根据 Cr-Ni 值进行投点,根据样品在 Cr-Ni 图解上的范围可推测分析铝土矿的可能母岩。铝土矿物源分析中使用的高场强元素通常为 Zr、Hf、Nb、Ta, Zr 与 Hf, Nb 与 Ta 为成矿过程比较稳定的元素对,根据两组元素的比值可分析铝土矿与地层之间的亲缘关系。实践证明 Cr-Ni 图解与 Zr-Hf、Nb-Ta 比值用于铝土矿物源示踪效果良好(Kurtz, 2000; Panahi, 2000; Valetton, 1987; Calagari, 2007)。前人研究认为控制沉积物中 REE 特征的最重要因素是物源,REE 在风化迁移中保持稳定,沉积物中 REE 曲线配分形态与母岩相似,对比地层与铝土矿的 REE 配分特征可追索铝土矿的物源(Karadag, 2009; Cullers, 1983, 1987; McLennan, 1991, 1989; Taylor, 1985; Girty, 1996; Roaldest, 1973)。综上所述,国外学者物源研究方法主要为重矿物分析、微量与稀土元素示踪。

C 成矿环境

多数铝土矿因为缺乏沉积构造及古生物化石,其形成环境一直颇具争议,但普遍认为铝土矿形成于陆地环境(原地风化、湖泊或沼泽)与海陆过渡环境中。就世界范围来说铝土矿沉积环境虽有多种解释,但没有有人认为铝土矿是远洋沉积物或三角洲沉积物,迄今为止世界所发现的灰色铝土矿都形成于沼泽地区、海滨泻湖、海湾以及暂时性或永久性的湖泊里。部分铝土矿因具特殊标志而能确定沉积环境:希腊埃利孔山凯法涅德斯矿床由泻湖相石灰岩基岩向上连续发育,证明铝土矿形成于微咸水的泻湖中。甘特铝土矿中找到的 *Osmundacea* 种的孢子囊和在奥利茨法附近的含铝土矿黏土中发现的鳄鱼牙齿碎片均指示淡水沼泽环境。法国普罗旺斯的马朱奎矿床中部的植物化石指示淡水沼泽环境,矿床的顶部产有原地保存的海相小嘴贝和穿孔贝属,表明铝土矿沉积过程中环境由陆相逐渐变为海相。乌拉尔北部的泥盆纪矿床常见有海相动物化石产出,有的地方还产有薄层生物灰岩夹层,矿床的沉积显然受到了海洋的影响。近些年来,国外对铝土矿的研究集中于地球化学特征、成矿过程、成矿规律等方面,对铝土矿沉积环境的研究未有明显进展,但多数学者认为铝土矿主要形成于陆地或海陆过渡环境。

D 矿床成因

国外铝土矿的成矿理论主要有:(1)红土学说,铝土矿由母岩经红土化作用演化而来;(2)红土-粗碎屑沉积学说,铝土矿由母岩红土化后的物质经搬运沉积形成;(3)化学学说,铝土矿是湖泊等环境中化学沉淀形成;(4)硫酸学说,铝土矿中的黄铁矿氧化形成硫酸,硫酸将铝溶解后再中和沉淀,形成铝土矿;(5)热液假说-火山沉积说,热液作用与火山喷发为铝土矿提供物源;(6)喀斯特成因说,铝土矿由碳酸盐岩风化后堆积形

成,因含钙高而称钙红土。

铝土矿矿床的成因在很长的一段时间内处于上述主要理论的争议中,铝土矿的搬运作用伴随着铝土矿床成因的争议也有多种解释:(1)真溶液搬运,认为铝土矿完全溶解在水中以真溶液的方式进行搬运;(2)胶体溶液或悬浮搬运,认为铝土矿以胶体溶液的形式搬运或以黏土矿矿物的形式悬浮搬运;(3)红土-粗碎屑搬运(泥流搬运),认为成矿物质以粗碎屑的形式在类似泥流的作用下搬运迁移;(4)风搬运。铝土矿以真溶液的形式搬运需要强酸性环境、极低的pH值,而地表形成如此大面积的酸性环境十分困难,故许多学者认为铝土矿不可能以真溶液形式进行搬运,胶体-悬浮搬运与红土-粗碎屑搬运是最可能的搬运方式。

铝土矿化作用使铝土矿的矿物成分、组合、品位、厚度等发生变化。地下水的垂向与侧向移动是铝土矿脱硅排铁的关键,大量的渗流雨水活动是一个决定性的因素。由雨水引发的这种脱硅排铁作用即淋滤作用,在淋滤条件十分有利且排水条件良好的情况下可发生直接铝土矿化作用,母岩的铝硅酸盐矿物直接转变成氧化铝矿物,排水条件不是非常好时则发生间接成矿作用,母岩先转变成黏土矿物再转变成氧化铝矿物。布申斯基描述了许多白色铝土矿,铝土矿的变白是因为强烈排铁所致,排铁是淋滤作用所致。Soler (1996)采用实验学方法模拟铝土矿的搬运、对流、分散模式,结果与实际剖面大体吻合。前人的研究已意识到淋滤作用对铝土矿成矿的重要性,但在不同地区,控制铝土矿形成的关键因素各不相同,淋滤作用对不同铝土矿区的影响也存在差异,如淋滤作用的效果与地下水系统直接相关,地下水水位的高低、季节性的变动等都会直接影响淋滤作用的结果——铝土矿层的厚度、品质、矿物组合(Valeton, 1987)。

总体上说,国外学者对铝土矿矿床成因的研究程度较深,理论与实验模拟相结合,红土成因说、钙红土成因说(岩溶型铝土矿)、红土-粗碎屑成因说已被世界所普遍接受,只是成矿物质的搬运方式尚有较大争议,红土化后的成矿物质演变成高品位铝土矿的过程已基本查清,确定淋滤作用是形成高品位铝土矿的必要条件,良好的泄水条件是形成高品位铝土矿的基础。

1.1.4.2 国内铝土矿研究现状

山西、贵州、河南、广西、山东、四川、云南为我国主要的铝土矿产出省,目前探明的储量多数分布于以上诸省。山西储量20亿吨,排第一位,第二位为贵州省,12亿吨,河南预测储量达10亿吨,排第三位,广西储量约8亿吨,排第四位,山东、四川、云南亦有丰富的铝土矿资源。经过众多专家学者的长期研究,对中国铝土矿的矿床类型、矿物组成、地球化学特征及成矿规律有了较深刻的认识。

A 矿床类型划分

刘长龄(1988)将我国铝土矿床分为地槽区、地台区等11种类型,18个亚,29个准类型。廖士范(1991)将岩溶型铝土矿改名为古风化壳型铝土矿,将我国铝土矿床划分为古风化壳型铝土矿与红土型铝土矿两大类,古风化壳型铝土矿再细分为6个亚类。章柏盛(1984)将我国铝土矿床分为沉积型、堆积型、古风化壳型、红土型。刘长龄(1991)将我国铝土矿分为残余型(红土型)、沉积型(岩溶型)、其他类型。李启津等(1987)将我国铝土矿分为红土-沉积-红土型、红土-沉积型、钙红土型、岩溶堆积型与红土型五大

类。《铝土矿、冶镁菱镁矿地质勘查规范》将铝土矿划分为沉积型、堆积型、红土型三类。陈旺(2009)认为我国铝土矿主要为岩溶型铝土矿,可分为沉积型铝土矿与堆积型铝土矿,于蕾(2012)认为我国铝土矿主要为沉积型矿床(包括岩溶型铝土矿)。

国内对铝土矿矿床类型的划分虽然多样,但除刘长龄外划分方法外并无本质差异,都是以基岩岩相为基础进行划分,关键在于对“沉积型”、“堆积型”、“岩溶型”术语的理解。廖士范认为我国铝土矿都为岩溶型而将其改名为古风壳型再细分,是将沉积型铝土矿视为岩溶型铝土矿的一种,即此时的岩溶型铝土矿指覆盖于碳酸盐岩侵蚀面之上的铝土矿。陈旺的岩溶型铝土矿是指经搬运再沉积形成的沉积型铝土矿与古岩溶控制堆积的岩溶型铝土矿(堆积型铝土矿)的总和,此处堆积型铝土矿即为古岩溶洼地为铝土矿提供堆积空间的岩溶型铝土矿。于蕾与陈旺刚好相反,将中国铝土矿主要类型定义为沉积型铝土矿,因为成矿物质堆积在岩溶洼地中也需要经历搬运过程,因此将岩溶型铝土矿归为沉积型铝土矿的一种,其余划分方法大同小异,只是术语解释的差异。本书作者认为可将中国铝土矿床的划分与国际统一,分为红土型、岩溶型、沉积型三大类型,中国铝土矿床大部分覆盖于碳酸盐岩上,红土型铝土矿较少,主要类型为岩溶型与沉积型,岩溶型铝土矿指覆盖于碳酸盐岩上,岩溶洼地控矿明显的铝土矿,矿床形态受岩溶洼地的形状控制,通常为漏斗状或落水洞状。沉积型铝土矿指由母岩红土化后的产物经过一定距离搬运沉积形成,下伏碳酸盐岩古岩溶不发育,整体呈层状的铝土矿。

B 物源

国内铝土矿物源的整体研究水平与国外相差不大,重矿物分析、微量元素蛛网图与富集系数、Cr-Ni 图解、稳定元素比率、Zr-Cr-Ga 三角图解、稀土元素配分模式等各种物源研究的方法都被广泛用于国内铝土矿的研究。

对国内铝土矿物源的认识主要有三种:下伏碳酸盐岩物源、下伏或研究区周边铝硅酸盐岩物源、多种岩石混合物源。如华北地台石炭系铝土矿物源有多种解释:下伏碳酸盐岩为物源;成矿区边缘铝硅酸盐岩提供物源;碳酸盐岩与硅酸盐岩共同提供物源。Eu/Eu^{*}-TiO₂ 图解、稳定元素比值、稀土元素配分模式等分析指示山西宁武先宽草坪村铝土矿成矿物质主要来源于上地壳,下伏碳酸盐岩是重要物源。高场强元素比率(Nb、Ta、Zr、Hf)、Cr-Ni 图解稀土元素配分模式、锆石年龄分析表明广西铝土矿物源既有下伏的碳酸盐,亦有与峨眉山玄武岩喷发作用有关的铁镁质岩(Jun, 2009)。贵州中部的红土型与喀斯特型铝土矿物源包括寒武纪与奥陶纪的灰岩(刘长龄, 1990)。于蕾(2012)通过钛率(Al/Ti)、稳定元素比值、主量与微量元素聚类分析、稀土元素配分模式等分析证明滇东南铝土矿由石炭系铝硅酸盐、石炭~二叠系碳酸盐岩、变质岩、二叠系峨眉山玄武岩提供物源,不同矿区具有不同的主要物源。总体上随研究的深入,铝土矿物源的“多源论”已被普遍接受,较少有铝土矿床完全由一种母岩提供物源。

C 成矿环境

国内对铝土矿成矿环境的研究较全面,传统沉积学方法与地球化学分析、岩石矿物学特征分析相结合,已达到国际先进水平,部分地区的研究高于国际水平。

虽然铝土矿中缺乏沉积构造与古生物化石,但传统沉积学方法依然是铝土矿沉积环境研究不可或缺的手段。虽然不能通过传统沉积学方法直接确定铝土矿的沉积环境,但通过