

紅土型鋁土礦

G. 巴尔多西 G. J. J. 阿列瓦 合著

顾皓民等译 韩书和等校

辽宁科学技术出版社

辽宁, 沈阳, 1994.

紅土型鋁土礦

G.巴尔多西 G.J.J.阿列瓦 合著

顾皓民 等译 韩书和 等校

辽宁科学技术出版社

内 容 简 介

铝土矿是生产金属铝的主要原料。世界上大多数铝土矿资源是红土型铝土矿矿床。

此书的两位作者都是在铝土矿的勘探和研究中渡过了他们的大半生。他们还考察过世界上许多红土型铝土矿矿区。他们的意图是从此书综合概括他们的科学与实践经验, 与此同时也评价有关铝土矿矿床的全部可利用的资料。

本书的前六章概括了与铝土矿和红土的形成有关的科学问题。第七章则系统地说明主要的铝土矿成矿区。第八章论述铝土矿的勘探。评价铝土矿的蕴藏量和品位, 以及选矿和采矿。最后以专业术语表来结束这部著作。

(辽)新登字4号

图书在版编目(CIT)数据

红土型铝土矿/G.巴尔多西, G. J. J. 阿列瓦著;
顾皓民等译. —沈阳: 辽宁科学技术出版社, 1994.7
ISBN 7-5381-2085-8

I. 红…

Ⅱ. ①巴…②阿

Ⅲ.

Ⅳ.

辽宁科学技术出版社出版发行

(沈阳市和平区北一马路108号 邮政编码110001)

沈阳市新光印刷厂印刷

开本: 787×1092 1/16 印张: 34 1/4 字数: 780,000

1994年7月第1版

1994年7月第1次印刷

责任编辑: 陈兹良

版式设计: 姜本

封面设计: 顾皓民

责任校对: 韩民

插图: 顾皓民

印数: 1—500

定价: 55.00元

Developments in Economic Geology, 27

LATERITIC BAUXITES

by

G. BARDOSSY

G. J. J. ALEVA

ELSEVIER

Amsterdam - Oxford - New York - Tokyo 1990



Preface to the Chinese edition

It is a particular pleasure for the authors to write a preface to the Chinese edition of this book. It is also a great honour for us, that this book will appear in China, in a country of very ancient and high culture.

We both spent a great part of our life in scientific bauxite research and applied bauxite exploration. We found that the two activities completed each other very favourably. This is why we tried to present both fields in our book, completed by an organized description of all major lateritic bauxite deposits of the world. According to our experience, there is a large number of published local descriptions and evaluations of bauxite deposits, but no world wide, systematic comparisons and evaluations of them. This is what we intended to present to the reader, based on our personal experiences. We hope that you agree with us that in geology no compilation of bibliography matches with the personal observations of the geologist, made in the deposits. As we had the chance to visit personally the major part of the lateritic bauxite deposits of the world, we hope that we were able to achieve this goal.

We are greatly indebted to Mr. Gu Haomin, senior engineer, who thoroughly translated our book into Chinese. We express here our sincere gratitude to him.

Balderny Goring

S-77 Am

译文:

中 文 版 序 言

为本书的中文版写序言,令我们作者特别高兴。这本书将在中国这个非常古老而又高度文明的国度里出现,是我们莫大的荣耀。

我们两个作者都把此生的绝大部分时间投入铝土矿的科学研究和用于铝土矿勘探中。我们发现,这两方面的活动有助于互相促进。正因为如此,我们就想在这本书里,将这两方面都加以论述,再条理分明地逐一描述世界上各主要红土型铝土矿矿床作为补充。据我们了解,为描述和评价各地的个别铝土矿矿床而发表的著作很多,但却缺少着眼全世界,系统地比较评价这些矿床的著作。这就是我们基于自己的经验想要奉献给读者们的。相信你们会同意,与地质学家对矿床所作的考察相适配的地质学文献题录汇编现在还没有。而我们由于有机会访问过红土型铝土矿矿床的主要部份,故希望我们能够达到这个目的。

我们非常感谢顾培民高级工程师先生将我们的书翻译成中文。在此,我们向他表示衷心的感谢。

G.巴尔多西

G.J.J.阿列瓦

绪 言

为了更广泛、更深入地研究世界红土型铝土矿(三水铝石型铝土矿)地质,分析各国铝土矿储量的分布状况,以便更好地开发利用我国和国外的铝土矿资源,由山东铝厂、沈阳铝镁设计研究院和《轻金属》编辑部共同发起,将国际著名铝土矿专家Gy.巴尔多西教授和G.J.阿列瓦教授合著的《红土型铝土矿》(“Lateritic Bauxite”)一书翻译成中文,供我国从事铝工业的地质勘探部门、生产厂矿、设计研究院所、大专院校及领导机关的有关科技人员学习、参考。

我国从建立铝工业之初,就致力开采本国的岩溶型铝土矿(一水硬铝石型铝土矿)矿床,开发了独特的氧化铝生产流程,对我国的经济建设和国防建设起了重大作用,功不可没。可以预见,今后长时间内仍将利用我国富藏的这种铝土矿。但是,我们以往对各国红土型铝土矿地质资源知识不足,对研究和查找本国类似资源的工作有一定影响。占世界铝土矿资源绝大部分的红土型铝土矿,也是生产氧化铝的主要原料。氧化铝厂以红土型铝土矿为原料,其生产工艺较简单,单位产能的建厂投资较少,产品的加工费用较低,合理开发利用国内外的红土型铝土矿资源,是值得我們认真研究的。

《红土型铝土矿》一书是巴尔多西教授的另一专著:《岩溶型铝土矿》的姐妹篇,是两位教授依据他们数十年来在从事铝土矿地质教学、研究、勘探、开发和利用的工作中所积累的经验,包括对世界上近百处矿床的调查资料,以及由许多国际著名企业和科研教学机构所提供的数据、图纸和文字资料,还有他们与其他著名铝土矿地质学家的通信中获得的最新信息,系统地总结汇集而成。全书共九章,第一和第二章简介作者写作此书的目的、方法和书中的主要内容,以及有关的主要用语的定义和缩略词的解释。第三至第六章是将世界红土型铝土矿作为总体,分别从不同的侧面,论述红土家族中的红土型铝土矿,及其分类和分布,内部和外部特征,以及红土型铝土矿形成演化过程与地壳板块构造运动和古气候的关系。在第七章中,又分别逐一论述世界各地的铝土矿成矿省,和各主要的红土型铝土矿矿床,并提供各矿区地质环境、铝土矿剖面、勘探、储量和开采情况的有关资料。第八和第九章介绍两位作者在铝土矿地质、勘探、采样、储量计算和矿山地质方面的个人经验,和他们对这些经验的总结。本书是首次全面系统论述红土型铝土矿的专著,内容十分丰富。

本书由山东铝厂、沈阳铝镁设计研究院、《轻金属》编辑部和辽宁科学技术出版社合作翻译出版,东北大学地质系和长城铝业公司矿山公司的一些同志也参加了部分重要工作;本书由顾皓民、王恩孚、冯秀纯、王克让、杜雅君、于之春、陈传忠、候全利、曹全、戴德昌和韩书和合作翻译;韩书和与顾皓民校对;顾皓民编辑;由《轻金属》编辑部发行。在此,仅对参加此书翻译出版工作的各单位和全体有关人员表示感谢。我还特别要对巴尔多西教授无偿地转让版权,和山东铝厂筹付部分出版费用表示诚挚的感谢。

由于译者和编者水平有限,加之时间仓促,书中难免有不当或错误之处,敬请读者批评指正。

房衡隆

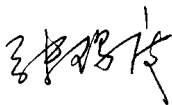
前 言

三水铝石型铝土矿中，含氧化铝的矿物主要为三水铝石，杂质大部分为铁的氧化物，少量为二氧化硅，因其性状如砖红壤，故又名红土型铝土矿。三水铝石型铝土矿因具有良好的溶出性能、生产工艺简单、适于形成规模经济，故与用一水硬铝石型铝土矿为原料的拜耳法生产工艺相比，其氧化铝生产成本较低，与用一水硬铝石型铝土矿为原料的烧结法生产工艺相比，成本更低。目前，世界氧化铝总产量的绝大部分是以三水铝石型铝土矿为原料生产的。

我国是一水硬铝石型铝土矿资源比较丰富的国家，至今尚未发现大的三水铝石型铝土矿矿床。可以预见，我国关贸总协定会员国的地位恢复以后，国内氧化铝企业将面临廉价进口氧化铝的冲击与挑战。对此，应有清醒的估计。

鉴于国内钢铁企业的经验，氧化铝新增生产能力的基点，也应放眼于世界。基于上述，作为一种探索，引进国外以三水铝石型铝土矿为原料的拜耳法生产系列正在山东铝厂兴工建设。

为使国内铝工业界对世界三水铝石型铝土矿资源有所了解，中国有色金属工业总公司《轻金属》编辑部在征得原作者、世界著名铝土矿地质学家 Gy.巴尔多西教授和 G.I.J.阿列瓦教授同意后，翻译了他们合著的《红土型铝土矿》一书。希望该书的出版，对我国铝工业的发展有所裨益。



開發利用國內外
鋁土礦資源 張健

目 录

Preface to the Chinese edition	(I)
译文: 中文版序言	(II)
绪言	(III)
前言	(IV)
提词	(V)

正文:

1 引言	(1)
2 定义	(2)
2.1 定义为何重要	(2)
2.2 定义与略语	(2)
3 红土与红土化风化作用	(5)
3.1 红土研究的历史回顾	(5)
3.2 典型的红土剖面	(7)
3.3 红土的分类和术语	(10)
3.4 构造、结构和其他描述性特征	(15)
3.5 红土型风化的矿物学、物理—化学和热力学问题	(26)
3.6 红土风化试验	(32)
3.7 以野外地质为依据的成因概念	(33)
3.8 红土和红土矿石的经济意义	(39)
4 铝土矿床分类	(45)
4.1 现有分类法的评述与对比	(45)
4.2 世界铝土矿床的分布	(47)
4.3 国际铝土矿协会的商品铝土矿分类	(52)
5 红土型铝土矿床的主要特征	(57)
5.1 外因控制特征	(57)
5.1.1 气候条件	(57)
5.1.2 植被	(63)
5.1.3 地貌	(65)
5.1.4 水文地质条件	(74)
5.1.5 地层位置及埋藏关系	(77)
5.1.6 大地构造位置	(80)
5.1.7 母岩	(83)
5.2 内部特征	(89)
5.2.1 矿床范围大小和几何形状	(89)
5.2.2 垂向结构	(91)
5.2.3 矿床岩性	(95)

5.2.4 化学成分与地球化学·····	(106)
5.2.5 矿物成分·····	(126)
6 红土型铝土矿床成因·····	(139)
6.1 历史的回顾·····	(139)
6.2 铝土矿化过程·····	(140)
6.3 铝土矿化后的次生作用·····	(148)
6.4 地球历史时期中铝土矿与红土的形成·····	(155)
7 系统描述选定的红土型铝土矿床·····	(170)
7.1 论述的对象和标准格式·····	(170)
7.2 典型矿床的选择·····	(170)
7.3 南美地台成矿省·····	(171)
7.3.A 圭亚那地盾成矿省·····	(171)
7.3.B 沿海平原成矿省·····	(206)
7.3.C 亚马逊河流域成矿省·····	(232)
7.3.D 中巴西地盾成矿省·····	(254)
7.4 巴西东南部成矿省·····	(257)
7.5 西非铝土矿成矿省·····	(268)
7.5.A 几内亚成矿省·····	(270)
7.5.B 喀麦隆成矿省·····	(303)
7.6 东南亚成矿省·····	(309)
7.7 中埃铝土矿成矿省·····	(316)
7.8 东南亚成矿省·····	(340)
7.8.A 巽他成矿省·····	(340)
7.8.B 印度支那成矿省·····	(360)
7.9 澳大利亚西部和北部成矿省·····	(365)
7.10 澳大利亚东南部铝土矿成矿省·····	(410)
7.11 孤立的铝土矿成矿区·····	(413)
7.11.1 哥伦比亚西部考卡和巴列铝土矿区·····	(413)
7.11.2 德卡恩维尔矿区·····	(416)
7.11.3 新鲁达铝土矿区·····	(417)
7.11.4 卢布林铝土矿区·····	(421)
7.11.5 别尔哥罗德铝土矿区·····	(424)
7.11.6 维索柯波耶铝土矿区·····	(426)
7.11.7 新西兰北岛铝土矿区·····	(428)
8 铝的矿石——铝土矿·····	(431)
8.1 引言·····	(431)
8.1.1 概论·····	(431)
8.1.2 铝土矿加工工艺的回顾·····	(431)

8.1.3 铝土矿的成分对氧化铝加工工艺的影响	(435)
8.1.4 铝土矿的特殊品级	(438)
8.2 红土型铝土矿床的找矿与勘探	(443)
8.2.1 采用的方法	(443)
8.2.1/A 区域性调查	(443)
8.2.1/B 具体勘探	(444)
8.2.2 取样	(452)
8.2.3 分析方法	(460)
8.2.3/A 分析方法的说明	(460)
8.2.3/B 勘探时的应用	(463)
8.2.3/C 铝土矿的标准成分	(468)
8.2.4 选矿与工艺试验	(471)
8.3 总量与品位评估	(476)
8.3.1 资源评估	(476)
8.3.2 储量评估	(479)
8.3.3 可行性研究报告	(486)
8.3.4 开采与年度报告	(492)
8.4 世界铝土矿资源与开采的回顾	(494)
9 结论	(504)
附录:	
专业术语表	(509)
人名索引	(516)
地名索引	(528)
编者附记	(541)

1 引言

过去的二十年里,已有几本铝土矿的专著问世,如Valeton(1972)和Bushinsky(1975)的较为一般性的论著,Patterson等人(1986)的论及世界多种资源的著作和Bardossy(1982)的论述岩溶型铝土矿及其专门问题的著作。本书则是关于红土型铝土矿的论著,论述铝土矿的产状、成因、勘探及用途。

铝土矿是既具有科学研究意义,又具有经济意义的研究课题。因此,特别是近二十年来,已积累了大量资料。我们写作此书的目的,就是要以系统而又简练的方式介绍这些资料,并以我们个人的观察和各自在三十年时间里从事铝土矿工作所积累的经验;将这些信息归纳整理成书。在此期间内,我们曾有幸考察过澳大利亚、巴西、法国、几内亚、圭亚那、印度、印度尼西亚、新西兰、南非共和国、苏里南、美国、苏联和越南的大部份红土型铝土矿矿区。还考察了与写作本书有关的主要岩溶型铝土矿矿区。

从目录就可以看出来,我们力图在本书中将铝土矿的科学方面和实际方面统一起来。本书中的第一章,概述我们的目的和讨论本书的结构。第二章给出本书所用的主要定义和缩略语。基于红土型铝土矿是红土家族中的一个特殊成员,第三章对红土和红土风化作用做了概要评述。这一章是为进一步的深入论述和评价奠定基础。

第四章讨论铝土矿的分类问题,并概述铝土矿在世界上的分布。第五章论述和红土型铝土矿矿床的外部与内部特征,红土型铝土矿矿床的成因则在第六章中讨论,并有单独的一节讨论后铝土矿化(次生)作用。正是在这一章中,考虑到板块构造运动和古气候的影响,我们评述了地史时期中,铝土矿形成的演化过程。

第七章篇幅最长,为系统地描述世界上主要红土型铝土矿成矿区,其内容,除地质资料外,还包括每一成矿区的勘探、储量和开采量等经济资料。在第八章中,我们介绍了自己在铝土矿应用地质学诸如勘探、采样、储量计算和矿山地质等方面的经验。对铝土矿的分析方法、加工处理方法和各种用途,也简略加以探讨。这一章的写作基础,主要是消耗了我们一生中大部分光阴从事铝工业——在野外、在矿山和在实验室里所取得的经验。本章中有一节讨论数学方法,特别是那些地质统计学方法的应用问题。世界铝土矿资源和开采的评述也包括在这一章里。最后,第九章总结了关于铝土矿的科学意义和经济意义的结论。

总之,我们的愿望是奉献给读者一本教科书,读者可以在书找到编排有序的,由我们个人的议论和评论纂编而成的,有关红土型铝土矿的资料。关于红土和红土型铝土矿的文献,其数量多得惊人。本书中所列,仅是书中直接引用到的那部份著作。

2 定 义

2.1 定义为何重要

红土和红土型铝土矿一直是人们从不同意义加以研究的主题。地质学家、土壤学家、地貌学家、工程地质学家、勘探专家、采矿工程师和氧化铝工艺学家都在致力于这类研究。他们各自按照自己的特殊需要提出了各自特有的一套术语。

遗憾的是,这些术语常以某种通用性被人利用,而不顾它们的意义原来被限定的范围。每当某一学科的专家,主张普遍采用他们自己的专门术语时,就会引发漫无止境的讨论和争辩。

我们认为,每一学科都有权制定自己的,为达到某些特殊目的而与之相适应的术语。本书两作者都是地质学家,因此本书首先是为地质工作者写的。虽然,我们将使用地质学术语。不过如有需要,我们也会涉及其他学科的相应的术语。

可惜,即使铝土矿地质学本身也有大量独行其是或互相矛盾的术语仍在使用着。更有甚者,英语词汇中的术语与法语、德语或俄语中的术语不对应。为了避免更混乱,我们决定在本章中为将要使用的主要术语给出确切的定义。这样,读者(即使是不同意我们这些术语的读者)起码也能理解我们的意思。

下面列出纵贯全书的常见术语。至于用途有限的那些术语将在相应的各章中加以定义。查阅书后主题索引也可以找到它们。

一些略语,主要是铝土矿成分方面的略语为铝业公司所使用,其中最重要的已在本章最后列出。

2.2 定义与略语

红土 这里,我们采用W. Schellmann (1982, 1983) 在与IGCP129号合作项目中精心阐明的定义。

“红土是地表岩石强烈风化的产物,主要由针铁矿、赤铁矿、氢氧化铝、高岭石和石英等矿物集合而成。红土的 $\text{SiO}_2 : (\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3)$ 的比值必须低于高岭土化的母岩的这一比值。这样的母岩,其全部氧化铝及铁分别均以高岭石及氧化铁的形式存在,而二氧化硅除固定在高岭石中的及原生石英者外,在其他矿物中已不复存在。这个定义包含因强烈风化,氧化硅极度流失,从而使铁和氧化铝富集的一切物质,而与其形貌与物理性质(组构、颜色、密度等)无关”。

铝土矿 铝土矿是红土岩家族中的一员。它的特征是富集大量游离的氢氧化铝矿物,如三水铝石、一水软铝石、一水硬铝石。详见图2—1。在三角图解中,向红土型铁矿和红土型高岭土过渡的各种岩石类型也都作了展示。

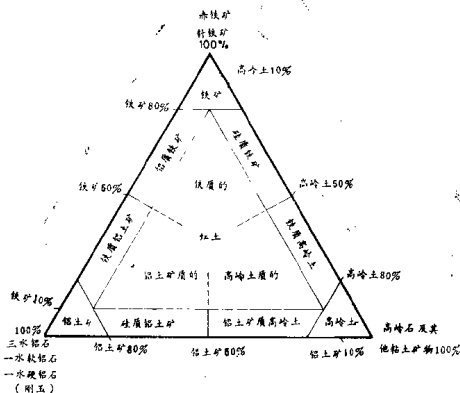


图2-1 铝土矿、铁矿（铁土矿）、高岭土和过渡型岩石分类表

我们认为，作为一种岩石的铝土矿正是一个地质学的术语。当铝土矿的品位及其别经济参数能使提炼获利时，它就成为铝工业的原料。在这种情况下，就称之为铝矿石。这个术语的适用范围因时而异，可随世界经济的变化和加工工艺的发展而有不同。尽管各国情况有所不同，但“铝土矿”这一地质术语却保持不变。

在本书中，按照矿床规模和数量增加的顺序划分了术语的等级。

铝土矿矿床(a bauxite deposit) 铝土矿矿床是一个基本单位。它在空间上是连续的，物质组成上主要是铝土矿，并含有成因上密切相关的成分，如硅质铝土矿、铁质铝土矿、铝土矿质红土等等所组成。一个铝土矿矿床可以包含一个或若干个铝土矿体，矿体则由工业品级的铝土矿即铝矿石组成。

铝土矿矿床群(a group of bauxite deposit) 在某一划定的范围内，空间上相隔，地质上相似的若干个铝土矿矿床合称铝土矿矿床群。矿床群内的每一矿床，或者是由所处的连续分布的铝土矿矿层来联系，或者是孤立的单个矿床。

铝土矿成矿区(a bauxite district) 由若干单个铝土矿床或矿床群所组成，所有的矿床或矿床群都具有相同的地质特点，而地质特征基本不同的相邻铝土矿床群则被视为属于另外的铝土矿成矿区。

铝土矿成矿省(a bauxite province) 铝土矿成矿省是由密切相关的铝土矿成矿区合并而成的最大成矿单位。铝土矿成矿省分布在全球性的一级大地构造单元上。在一级大地构造单元被划分成次一级大型构造单元时，为了更好地与其相对应而划分出铝土矿成矿亚省。

对于岩溶型铝土矿床也使用同样的术语等级序列。其最大的矿床单元称为铝土矿成矿带而不是铝土矿省，因为它们形长如带。

有些数目有限的孤立的铝土矿床和矿床群，因其位置相距遥远，不便将它们纳入成矿省中如沙特阿拉伯的阿兹扎比拉。

将会用到的略语有：

Al_2O_3 , SiO_2 ——如无其他注释，是指这些氧化物的总量。

$\text{T}.\text{AlO}_3$, $\text{T}.\text{SiO}_2$ ——用于如不另加“T”就意义含混的地方，仍是指这些氧化物的总量。

ABEA——指在使用一般低温（约145℃）拜耳法时的氧化铝回收量。

MEA——指使用最高温度（高达250℃）处理时的氧化铝回收量。

$\text{R}.\text{SiO}_2$ ——活性二氧化硅，即以硅酸盐存在的二氧化硅。通常含于高岭石矿物中。

$\text{F}.\text{SiO}_2$ ——游离的或非活性的二氧化硅，一般为石英；通常按 $\text{T}.\text{SiO}_2 - \text{R}.\text{SiO}_2$ 来计算。

注：铝土矿的分析数据，如不另加说明，均指原地的，未经处理过的天然物料的成分；质量百分率是指在105℃下烘干的物料。

Ca——约，大约。

MSL——平均海平面。

3 红土与红土化风化作用

3.1 红土研究的历史回顾

红土是广泛分布在当今地球热带的地表或近地表的风化产物（图3—1）。红土（laterite）一词是Buchanan（1807）针对他在印度南方观察到的一种风化物质而提出的。这种物质只要不受空气作用就是松软的。但表而干燥后，它就变得坚硬，且抵抗空气和水的性能比砖还好。由此得红土名later，其词意在拉丁文中就是砖。当时Buchanan没有详细说明红土的成分。

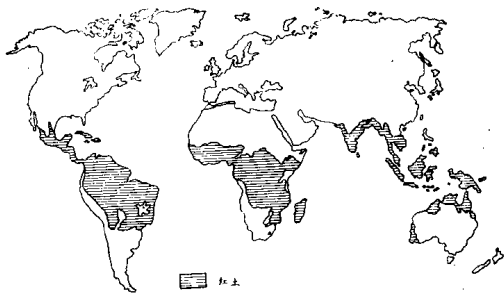


图3—1 地球表面红土的分布（据Gidigas, 1976）

后来，“红土”一词被扩大到所有在潮湿和炎热条件下形成的风化产物。可是布坎南的定义并未覆盖热带各种各样的风化产物。于是由此不足而引起的争论与日剧增。近百年来，就此论题发表的论文不计其数，但是本书对此不作详细讨论。其详情，请参阅Bacquier（1984），maignion（1966），McFarlane（1976），Schellmann（1981），和Valeton（1967）等人的著述。

本书，将采用Schellman（1983）细心拟定后发表的，且为IGCP129号项目“红土化作用”所采纳的定义（参见2.2）。在本节的以下部分，将只回顾红土研究演变的主要趋向，同时阐明我们对这一争论问题的观点。

布坎南当年对红土的描述是说了岩性特征。随后的几十年里，在印度、非洲、亚洲、南美洲和澳大利亚的广阔区域均已据此查出了红土。红土是多种多样的母岩的风化产物，这一点现已确认。有些作者开始将硬化的（坚硬的）风化产物表述为红土，而其他作者则继续使用布坎南最初的定义。这时就出现了混乱。

红土的化学研究始于19世纪末。这方面的大多数重要的研究是Bauer（1898）完成