

中国石炭纪古风化壳相铝土矿古地理 及有关问题^①

廖士范

(贵州省地质矿产局)

提要 中国铝土矿床主要(98%)是古风化壳相铝土矿,其中石炭纪占80%,二叠纪占19%。早石炭世古风化壳相铝土矿主要分布在上扬子古陆及兰州—西宁古陆。晚石炭世古风化壳相铝土矿主要分布在华北古陆及塔里木古陆西缘,矿石中结构、构造如碎屑、砾石、砾块及豆鲕、结石、结核均具风化作用形成特征,矿石中无水体中自生矿物,无动物化石,所以是风化壳相铝土矿。

关键词 古风化壳相铝土矿 砾石 砾块 红土化 风化作用

作者简介 廖士范 男 71岁 高级工程师 沉积 层控矿床 地层学 古冰川学

前 言

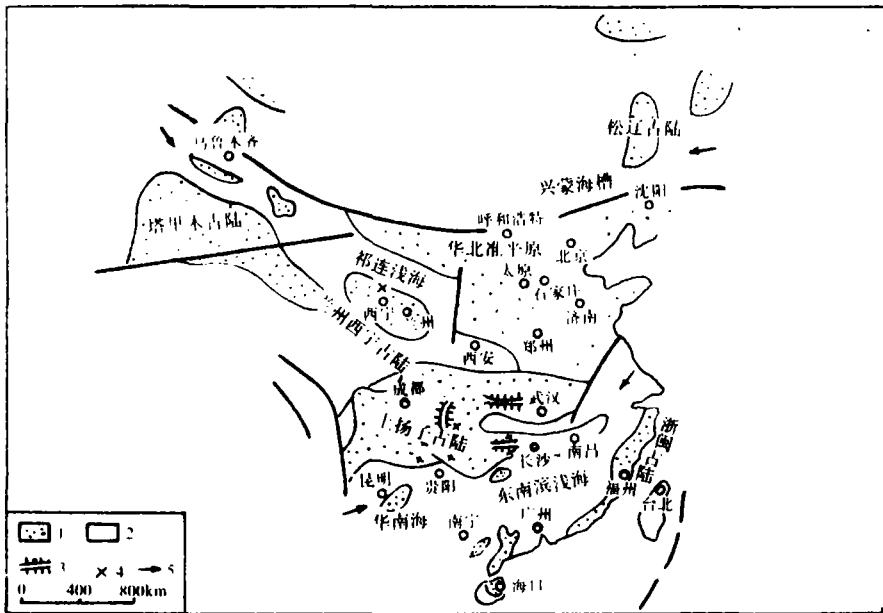
古风化壳相铝土矿占我国铝土矿石总储量98%以上,这种铝土矿约相当国外习称的喀斯特型、苏联的沉积型铝土矿床。其成矿机理有三个不同的成矿环境、阶段(廖士范等,1986;1987a, b, c; 1989a, b, c, 1990),第1阶段“风化壳铝土物质”(即红土铝土矿)是陆地上含铝岩石在适宜的气候,即热带、亚热带森林气候或草原气候,排泄条件良好的情况下,风化(红土化)形成的。矿石矿物组成为铝土矿物主要是一水硬铝石,占60—90%,其次是高岑石、水云母、含铁矿物,少量含钛矿物,微量碎屑重矿物,其成因也都与风化作用有关;第2阶段是风化壳铝土物质迁移就位形成原始铝土矿层阶段,迁移就位以后,其上覆地层逐渐加厚,风化壳铝土物质逐渐深埋地下,形成原始铝土矿层;第3阶段是表生富集阶段,原始铝土矿层随地壳抬升至浅部或露出地表,其中粘土矿物的硅质淋失,铝质富集,形成有工业价值的铝土矿层。这种铝土矿石所具有的土状、半土状等多孔状淋失结构,是古风化壳相铝土矿石的特征结构。本文着重讨论成矿的第2阶段中迁移就位时古地理条件及有关问题。我国古风化壳相铝土矿的99%以上分布在古陆地区,其中在大气条件下迁移就位的铝土矿约占66%,在古陆上形成后迁移至淡水或咸水湖泊、河流、滨海泻湖中沉积的约占33%,但是铝土矿石仍保有风化壳铝土物质特征,无水体中动物化石,与湖相、海相沉积仍是有很大区别的。真正迁移到海水中的海相沉积铝土矿很少,不到1%(廖士范等1989a, b, 1990)。最主要的产出时代是石炭纪,占80%以上,其次是二叠纪,占19%,其它时代不到2%(廖士范,梁同荣等1990)。本文特就我国石炭纪古风化壳相铝土矿的古

^①国家自然科学基金委员会资助项目,参加工作的人还有梁同荣、章柏盛、张月恒、盛章琪、廖莉萍等

地理格局、岩相及找矿方向等问题进行讨论。

一、早石炭世古风化壳相铝土矿古地理格局及成矿条件

早石炭世古风化壳相铝土矿主要分布在黔川湘鄂地区的上扬子古陆，及甘肃、青海的兰州、西宁古陆（图1）。



1.古陆、古岛 2.海域 3.分水岭 4.已知古化风壳相铝土矿位置 5.海侵方向

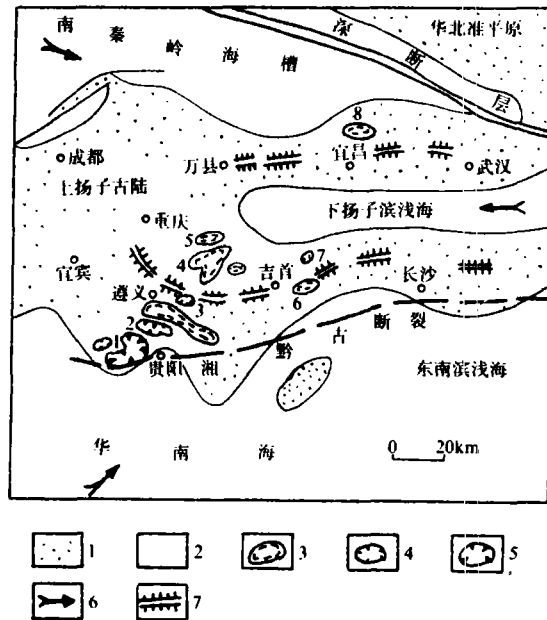
图1 中国早石炭世古风化壳相铝土矿分布及古地理图 (据王鸿祯等, 1985)

Fig. 1 Distribution and palaeoresiduum facies bauxite in China

上扬子古陆黔川湘鄂地区的早石炭世古风化壳相铝土矿属九架炉组及苟江组 (廖士范, 1988, 1989b)。前者仅分布在贵州中部, 下伏基岩为中及中、上寒武统白云岩。后者分布于黔北、川东南、湘西、湘西北、鄂西, 其下伏基岩从南而北依次有下及中、上寒武统、奥陶系、志留系, 中泥盆统 (鄂西、湘西北), 岩性有碳酸盐岩及粉砂岩、粘土页岩, 均呈平行不整合。兰州、西宁古陆上的古风化壳相铝土矿, 已知青海北祁连山地区其下伏基岩为震旦系碳酸盐岩, 也是平行不整合。风化壳相铝土矿都超覆在较老岩层的侵蚀面上, 是下伏较老的基岩在适宜的早石炭世气候条件下风化形成。

1.上扬子古陆

上扬子古陆古风化壳相铝土矿形成的古地理格局与本区加里东 (靠南) 及海西 (靠北) 造陆运动有关。有四个亚相 (图2)。



1.古陆、古岛 2.海域 3.原地残积亚相 铝土矿分布区 4.准原地堆积亚相铝土矿分布区
5.异地堆积亚相铝土矿及异地淡水沉积亚相铝土矿分布区 6.海浸方向 7.分水岭

图中数字代表铝土矿分布区：1.黔中修文、清镇 2.黔北遵义、息烽、开阳 3.黔北遵义、瓮安 4.黔北正安、道真
5.川东南南川、武隆 6.湘西泸溪 7.湘西北桑植、大庸 8.鄂西南漳、宜城

图 2 黔川湘鄂地区早石炭世古风化壳各亚相铝土矿分布及古地理图 (据王鸿祯等, 1985)

Fig. 2 Distribution and palaeogeography of the Early Carboniferous palaeosol subfacies bauxite in Guizhou, Sichuan, Hunan, Hubei districts

黔川湘鄂地区早石炭世古风化壳相铝土矿以黔中地区的古风化壳异地堆积亚相及异地淡水(湖、河)沉积亚相的铝土矿规模最大, 含铝品位最高; 古陆分水岭附近的铝硅酸盐岩红土化风化作用形成的古风化地壳原地残积亚相铝土矿分布最广泛, 但矿层厚度变化大, 含矿系数小(常在 0.5 以下), 一般矿床规模不大, 矿石含铝品位也不够高, 含铁质较多(廖士范、梁同荣等, 1990)。这个地区的贵州北部古地磁位置为 8.2 度(秦典夕等, 1987), 廖士范等(1990)认为属热带草原气候, 并认为靠近古海洋越近, 地势越低, 被剥蚀的岩层厚度越大, 被剥蚀的基岩之中的越易风化成风化壳铝土物质碳酸盐岩越多, 铝土矿床规模最大, 含铝品位越富(廖士范, 1989b)。

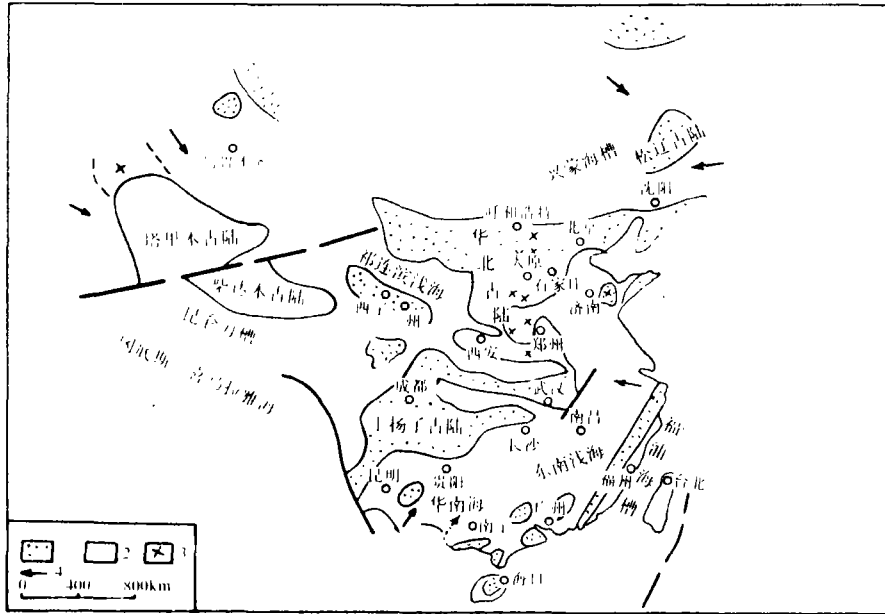
2. 兰州—西宁古陆

在这个古陆北缘靠西的北祁连山地区(图 1), 已发现有铝土矿^①, 笔者认为属准原地堆积亚相, 是早石炭世铝土矿超覆在震旦世碳酸盐岩的侵蚀面上。锡铁山以北的欧龙布鲁克晚石炭世古地磁位置是南纬 10.7 度, 属热带, 估计这个地区的早石炭世与地磁位置相差不大会很大, 有利于铝土矿的风化形成。

^①青海省地矿局区调队吴向农等采样, 中国地质大学北京研究生部朱鸿 1986 测定。

二、晚石炭世风化壳相铝土矿古地理格局及成矿条件

晚石炭世古风化壳相铝土矿有三个亚相, 主要分布在华北古陆的山西、河南、河北、内蒙、陕西及辽宁、山东等地区, 塔里木古陆的西北端乌什地区(图3)也有产出



1.古陆、古岛 2.海洋 3.古风化壳相铝土矿分布地点 4.海浸方向

图3 中国晚炭世早期古风化壳相铝土矿分布及古地理图(据王鸿祯等, 1985)

Fig. 3 Distribution and Palaeogeography of the early Late Carboniferous Palaeoresiduum facies bauxite in China

华北古陆的古风化壳相铝土矿属晚石炭世早期本溪组, 超覆在中奥陶世马家沟组白云质灰岩侵蚀面上, 两地层之间为平行不整合。华北地区地壳稳定, 加里东运动地壳仅为缓慢上升的造陆运动, 在气候适宜的时候有利于风化壳铝土物质的形成, 也有利于风化壳铝土物质的保存。新疆乌什地区铝土矿赋存于晚石炭世卡拉苏组石灰岩中有五个侵蚀面, 每个侵蚀面上均有古风化壳准原地堆积亚相铝土矿。

1.华北古陆古风化壳相铝土矿古地理格局及形成矿条件

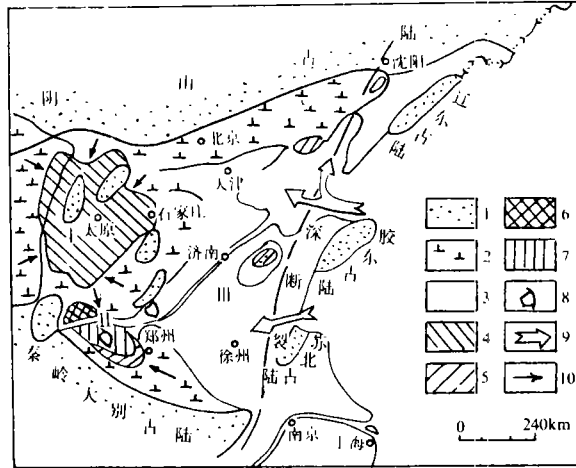
华北古陆的本溪组早、中、晚三个时期古地理格局均有不同。早期是山西式铁矿沉积期, 中期是古风化壳相铝土物质的迁移就位形成期, 晚期较简单, 属滨海沼泽相。

本溪中期是古风化壳相铝土矿形成时期, 有三个亚相(图4)。

(1) 太原干涸滨海泻湖区(图4 I区), 本溪中期本区海水已经干涸, 地势宽广且较平坦。由于地势低洼, 各个方向的风化壳铝土物质容易聚集, 形成规模较大的异地堆积亚相铝土矿。古陆上的风化壳铝土物质主要来源于暴露在大气中的碳酸盐岩, 是红土化风化作用的

结果.

(2) 郑州地区, 王家德等 (1990) 在河南巩县地区铝土岩中发现海相双壳化石, 原来的内陆湖泊 (铁矿沉积时), 由于地壳下降, 形成滨海泻湖 (图 4 的 II 区), 陆地上的风化壳铝土物质向泻湖汇集, 形成异地咸水沉积亚相铝土矿.



- 1. 由变质岩组成的古陆、古岛 2. 由碳酸盐岩组成的古陆、古岛 3. 海域 4. 已干涸的滨海泻湖区异地堆积亚相铝土矿就位地区 5. 已干涸的内陆湖泊区异地堆积亚相铝土矿变位区 6. 准原地堆积亚相铝土矿就位区 7. 滨海泻湖异地咸水沉积亚相铝土矿就位地区 8. 海相动物化石产地 9. 海侵方向 10. 古风化壳铝土物质迁移方向.

I. 太原干涸的滨海泻湖区 II. 郑州滨海泻湖 III. 华北滨浅海

图 4 华北晚石炭世本溪中期古风化壳相铝土矿分布及古地理图 (据章柏盛、廖士范, 1990)

Fig. 4 The map of the distribution and palaeogeography in middle Benxi Period of Late Carboniferous palaeo-residuum bacies bauxife in North China

本区铝土矿夹层粘土岩沉积时, 可能因局部地区铝土矿碎屑物质较少, 水体较大, 偶尔有而混浊的海相双壳类动物生存, 因此推断本区是咸水环境. 但铝土矿石中迄今未找到动物化石, 可能是因铝土矿碎屑物质较多, 水体较小, 使动物无法生存而致. 铝土矿碎屑机械分异不明显; 矿石结构、构造及矿物组成, 都是由风化壳铝土物质组成, 不是一般海相沉积物, 仍属古风化壳, 只能定名为古风化壳异地咸水沉积, 亚相铝也矿.

(3) 新安、滏池地区(图 4), 发育许多喀斯特溶洞及溶沉, 其中少数有山西式铁矿沉积, 这些溶洞、溶坑都被附近或原地的风化壳铝土物质所充填, 形成准原地堆积亚相铝土矿.

(4) 其他地区如禹县、宝丰、淄博; 本溪、北京以东 200km 处都有异地堆积亚相铝土矿分布. 这些地区原来都是一些零星分散的水湖泊, 本溪中期湖水干涸, 由于地势低洼, 古陆上的风化壳铝土物质向其汇集, 形成异地堆积亚相铝土矿.

本溪中期河南铝土矿的古地磁位置, 平均为南纬 20 度 (赵金山, 1986 年), 章柏盛等 (1990) 研究以后认为属亚热带森林气候, 对铝土矿的形成是很适宜的 (廖士范等, 1990).

三、古风化壳铝土矿几个问题的讨论

1. 古风化壳铝土矿的物质组成

1) 古风化壳铝土矿的碎屑、砾石、砾块、豆鲕、结石、结核等结构构造以及矿物组成特征都是风化作用形成的, (廖士范等, 1986, 1987a, b, c, 1989a, b, c, 1990)。根据铝土矿中各种结构的组成矿物, 包括铝土矿物 (占 60—90%)、粘土矿物 (10—30%) 的氢、氧同位素组成, 都是与淡水有关的风化作用形成的。豆鲕以非金属碎屑为核心, 环带以细碎屑为主, 豆鲕中有干缩裂纹, 有氧化铁包壳, 都是红土化 (风化作用) 特征 (廖士范, 1986; 1989a, b, c; 1990)。

所有风化作用形成的风化壳或古风化壳铝土物质中的碎屑、砾石、砾块, 除了少数粒径较小的碎屑有棱角外, 一般来说都是浑园状或次浑园状 (Liao shifan et al 1987c)。浑园状也可叫结石, 与结石成因、外形都相同。这些次浑园状、浑园状 (结石) 碎屑砾石、砾块过去很少专文讨论, 常被人误认为是流水作用或其它物理作用形成的, 因而不少人认为它们是在迁移时磨圆的, 其实它们与流水作用或其它物理作用滚圆、磨圆是完全不同的。这种次浑园状、浑园状碎屑、砾石、砾块都是风化作用形成的。

棱角状碎屑、砾石、砾块是风化作用初期的机械破碎作用形成的。在旱季, 风化壳铝土物质干涸后凝结成块体, 受风力、重力或早晚冷热不同, 收缩膨胀及其它作用影响, 机械破碎成大小不一的棱角状碎块, 雨季时这些碎块的棱角受风化影响的面积较大, 最易风化脱落或溶蚀, 形成次浑园状。例如广西贵县现代风化作用形成的红土铝土岩中砾石、砾块 (图版 1) 便是这样形成的, 贵州修文小山坝的古风化壳异地堆积亚细铝土矿石并碎屑均为次浑园状 (图版 2), 浑园状 (结石), 前者常被人误认为是经过短距离搬运滚圆的, 实际是风化作用形成的次浑园状, 这是风化壳铝土物质的特征。如果照此反复进行, 次浑园状便可以并成浑园状, 此时即为园球状结石, 结石进一步风化, 便产生风化环带, 例如云南西畴卖酒坪转石风化环带 (图版 3 及海南红土铝矿结核 (图版 4)。另一方面由于物理风化及化学风化反复进行的结果, 碎屑、砾石、砾块、豆鲕、结石等结构、构造中常有小碎屑、小砾石、小鲕粒 (图版 1, 2, 5)。上述一些现象充分的说明风化壳铝土物质的形成过程, 是红土化 (风化作用) 的结果, 不是水体中沉积作用形成的, 所以应定名为古风化壳铝土矿。

由风化作用形成的碎屑、砾石、砾块、豆鲕、结石、结核的表面常有一层氧化铁包壳。这是雨季渗流带中这些结构、构造表面附着的薄膜水, 旱季干后铁质 (常成氧化铁形式) 遗留下来, 形成氧化铁包壳 (图版 1, 1, 2, 3, 4, 5), 这是红土化风化作用的见证。只不过有些亚相铝土矿的结构、构造的氧化铁包壳保存得好些, 有些保存得差些, 例如原地残积亚相、准原地堆积亚相铝土矿石中的结构、构造氧化铁包壳保存好, 异地沉积 (淡水或咸水沉积) 亚相铝土矿石结构、构造氧化铁包壳保存得差, 异地堆积亚相铝土矿石结构、构造氧化铁包壳保存情况介于上述二者之间。这更与流水作用或其它机械磨损形成的碎屑、砾石、砾块, 及水体中沉积的豆鲕、结石、结核完全不同。

2) 陆源碎屑一般通过地表径流搬运至河水、湖水中, 最终流至海洋沉积就位, 在溪水中碎屑物据研究不超过 1% (纵算是洪水季节溪水混浊) (C, M, 弗莱斯曼, 1986)。在湖、海水中碎屑就更少了, 所以河、湖、海水中虽有碎屑仍有动物生存, 其沉积物中仍以

找到动物化石,但是在古风化壳相铝土矿石中就不同了,不管它是通过干迁移,还是湿迁移(下文讨论),碎屑、砾块在水体中含量与泥石流一样,超过 10%至 20%,甚至可达 60—70% (C. M. 弗莱斯曼, 1986),这种情况动物无法生存,所以古风化壳相铝土矿石中很难见到动物化石。

3) 所有古风化壳相铝土矿由风化作用形成的碎屑、砾石、砾块、豆鲕、结石、结核在其形成以后,很少被破损,不管是原地、准原地或异地风化作用形成时的原样保存,这可由各个古风化壳亚相铝土矿石中所见的现象来证实。

所以古风化地壳相铝土矿结构、构造与河、湖、海水中的—般碎屑沉积物组成是不同的。

2.古风化壳相铝土矿的物质迁移就位形式问题

1) 陆地上迁移形式,古风化壳相铝土矿的物质组成是古风化壳铝土物质,它们在陆地上的迁移形式有。

干迁移,旱季时受季节风、重力影响,古风化壳铝土物发生的迁移。

湿迁移,雨季,洪水季节通过地表径流将风化壳铝土物质搬运迁移,与泥石流的情况有些相似。

2) 水体中迁移形式,古风化壳铝土物质从陆地以高密度流迁移至水体(河、湖、海)中(廖士范, 1989)。

3.古风化壳相铝土矿的就位问题

前面已经讨论过石炭纪古风化壳铝土物质有原地残积、准原地堆积、异地堆积、异地淡水或咸水沉积四种亚相的就位方式,另外二叠世尚有异地海相沉积亚相如(云南麻栗坡、西畴及辽宁、山东、陕西的“A层矿”、“B层矿”)共有五种变位形式。其中原地残积、准原地堆积、异地堆积等三种就位的。由于就位以后继续红土化的结果,原来逐次堆积的风化壳铝土物质的层理被风化破坏,为此这些亚相的铝土矿常及块状,无层理;并常有保存完整的渗流管、渗流凝胶。这些亚相铝土矿石中碎屑、砾石、砾块排列杂乱,层位不稳定,短距离(20m)内不能对比。异地淡水或咸水沉积、异地海相沉积二种亚相铝土矿是在水体中沉积的,层理保存完好,矿石中有层纹;砾石、砾块常有顺层排列的现象。异地海相沉积铝土矿矿石中常有海相动物化石及其碎屑,沉积形成的交错层也多。

4.古风化壳相铝土矿就位场地问题

古风化壳相铝土矿的规模大小,除了铝土物质来源丰富之外,还应有一个广阔而低洼的场地。中国古风化壳相铝土矿中异地堆积、异地淡水或咸水沉积二个亚相的下部都有湖相(例如河南及贵州中部)或海相(例如山西)的山西式铁矿(华北)或清镇式铁矿(黔中)沉积,这些原来都是面积宽广的喀斯特洼地,经过铁矿沉积时的填平补齐作用,使场地平坦、广阔,铝土矿床规模较大或巨大。这是中国特定的地质条件下的产物,比较独特。

四、找矿方向

根据古风化壳相铝土矿形成特点,找矿方向应注意如下几个问题。

1. 地层侵蚀面是找矿的主要目标。根据我国古气候特征,应注意在石炭纪及二叠纪两个地质时代的地层侵蚀面找矿。地层间断时间越长,被溶蚀的岩层越易风化成铝土矿。

2. 古地理低纬度区,最好是在南北纬 23 度以内,热带、亚热带,气候炎热,有利风化

作用的进行。

3.海洋气候,古陆上临近海洋的地区湖温多雨,蒸发速度缓慢,有利于风化壳铝土物质的形成。大陆中心地区气候干燥,蒸发速度快,不利于红土化风化作用的进行。

4.相对稳定的地质构造条件,侵蚀间断两地层多为平行不整合,使风化壳铝土物质在侵蚀面上形成以后容易保存,不致流失。

根据以上意见,早石炭世兰州、西宁古陆的北缘是有希望的远景区,并且在青海北祁连山地区已经发现有一定规模的准原地堆积亚相铝土矿,值得进一步研究、勘探,其它早石炭世、晚石炭世、二叠世古陆上古地理条件适宜的地区亦值得注意。

收稿日期:1990年5月26日

参 考 文 献

- (1) 廖士范, 1986, 沉积学报4卷, 1期, 1-6页
- (2) 廖士范等, 1987, 岩相古地理论文集, 4卷, 29-40页.
- (3) 廖士范, 1987, 贵州地质, 4卷, 419-430页.
- (4) 廖士范、梁同荣、张月恒, 1989a, 沉积学报, 7卷, 1期, p.1-10
- (5) 廖士范, 1989b, 地质学报, 36卷, 2期, 148-158页.
- (6) 廖士范, 梁同荣, 章柏盛, 张月恒, 1989c, 中国矿床上册, 第五章, P.267-337, 地质出版社.
- (7) 廖士范, 1988, 贵州地质, 第3卷, 第4期, 342-348页.
- (8) 梁同荣, 廖士范, 1989, 沉积学报, 第7卷, 第4期, 57-67页.
- (9) 廖莉萍, 1988, 贵州地质, 第5卷, 第3期, 227-234页.
- (10) C. M. 弗莱斯曼, 1986, 泥石流, 姚德基译, 李械祥, 科学出版社.
- (11) 廖士范, 梁同荣等, 1990, 中国铝土矿地质学, 贵州科技出版社出版.
- (12) 王家德, 唐新民, 1990, 河南地质, 第8卷, 第3期, 44-45页.
- (13) Liao shifan (廖士范), Liang Tongyang (梁同荣), Zhang yuchen (张月恒), 1987c, Types of bauxites in china with discussion on main depositional origin and metallogenetic model, Advances in science of China, Earth Sciences, V. 2, Edited by Tu Quanzhi, Science prece, Beijing, China, John wily & Sone, New york, p. 191-206.

Palaeogeography and the Related Problems of Palaeoresiduum Facies bauxite of Carboniferous, China

Liao Shifan

(Bureau of Geology and Mineral Resources, Guizhou Province)

Abstract

Most of the bauxites (98%) in China are palaeoresiduum (old-weathered crust) facies bauxite, more than 80% of which is carboniferous and 19% Permian. Early Carboniferous palaeoresiduum facies

bauxite ditribute in the Upper Yangtz palaeo-continent and Lanzhou—Xining palaeo-continent (Fig.1). There are four subfacies in the Yangtz (Fig. 2), and one in Lanzhou—Xining. Last Carboniferous palaeoresiduum facies bauxite distribute in North—China palaeo-continent with three subfacies (Fig.5) and the weatern margin of Tarim palaeo-continent (Fig.3) with one subfacies. The texture and structure of the bauxite ores, such as clastes, conglomerates, boulders and pisolites, oolites, nodules, concretions have the features of weathering and different from those sedimented in water bodies. There are no authigenic minerals and fossiles of hydrobios. Thus, it can be deduced that the ores are palaeoresiduum facies bauxite, and all of which where made of residual bauxite sabetance (laterite bauxite). On the palaeo-continent, autochthenous residue subfacies bauxite, distributed around the drainage divide; Near the drainage divide of the old allochthonous accumulated subfacies bauxite and / or fresh or saline water sedimented subfacies bauxite distributed near the sea shore; and between them was the meta-autochthenous accumulated subfacies bauxite (Fig.2). All of the residual bauxite subfacies were formed under meteovic conditions. As for the traneportation of residual bauxijic substanecs, it can be subdivided into dry—dransporlation and wet transportation on the palaeocontinent, the former wae transportated by monsoon gravity in arid season, and the later was wet traneportaled as densive flow by runoff in rainy season.

新书介绍

《动力沉积学与陆相沉积》

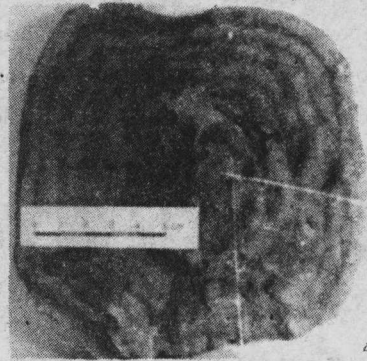
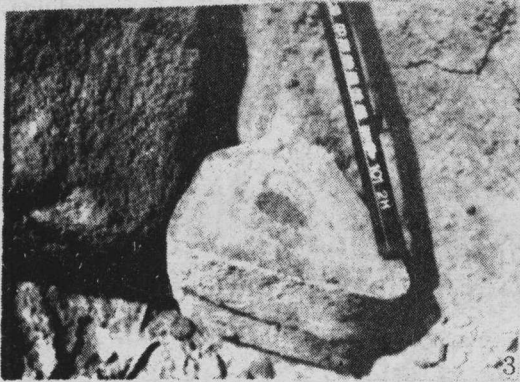
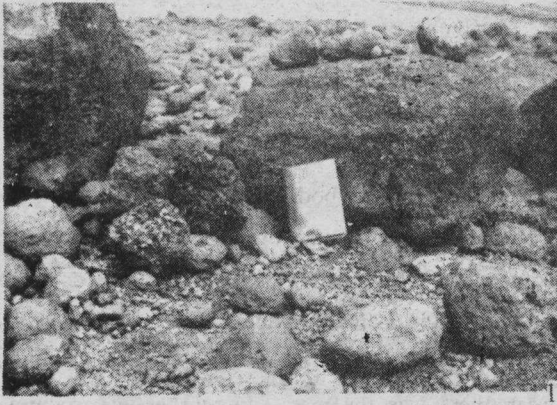
赵霞飞编著, 科学出版社, 1992年5月出版。

动力沉积学是水力学与泥沙动力学、地貌学和地质学结合产生的边缘学科。作为沉积地质学的基础, 它日益显示其重要性。本书是国内系统介绍该学科分支的第一本专著, 它也反映了陆相沉积研究的最新进展。

全书共分十三章。主要内容有: 1. 绪论。2. 流体力学基础知识。着重紊流、边界层及猝发与扫荡, 并介绍明渠流。3. 颗粒的沉速及其影响因素。4. 沉积物运动力学。由单质点受力分析, 及于沉积物起动、Einstein 理论概念、Bagnold 能量方程, 悬浮准则与悬浮过程, 并讨论、解释沉积结构。5. 水槽实验与底形特征。包括比水头图与流态、横底形类型及其水动力条件、水槽实验成果及其引伸于天然流。6. 底形物理模式与交错层理论。7. 波浪运动及其沉积作用。包括流体波动原理、实际波与理想波、艾里波、孤波、波浪传播近岸流与沿滨沙坝、质点起动与浪成构造、古代波浪条件再造。8. 沉积物重力流。依据 Lowe 的系统讨论各类重力流, 并分析受力情况。9. 冲积扇沉积。砾岩的描述与观察及六类扇沉积物特征。10. 河流沉积。四类河流沉积的特征、结构要素分析法与 12 种河流沉积模式。11. 河道平衡、响应与古河流重建。12. 湖泊水动力和各种沉积作用。13. 稳定同位素在陆相研究中的应用。

本书可供从事沉积学相关领域研究和生产的科技人员、教学人员和大学生参考。

该书 16 开, 288 页, 估价: 16.90 元。



1.现代红土化形成的砾石、砾块铝土岩,次浑圆状,外面有氧化铁包壳,广西贵县蒙公 2.次浑圆状碎屑,其中有小的次浑圆状碎屑,有氧化铁包壳,(-) $\times 30$,贵州修文小山坎古风化壳异地堆积亚相铝土矿 3.铝土矿转石,有风化环带,云南、西畴卖水坪 4.红土型铝土矿石中结核,海南岛蓬菜 5.豆中有小鲕,外面有氧化铁包壳,左下角豆中有少量干缩裂纹,(-) $\times 25$,贵州正安,煤石同子,古风化壳原地残积亚相铝土矿