第13卷 第1期 桂林冶金地质学院学报 Vol.13, No.1
1993年2月 JOURNAL OF GUILIN COLLEGE OF GEOLOGY Feb. 1993

华北式(G层)铝土矿中的锆石标型研究

王振玉 真允庆
(冶金工业部第三地质勘查局 太原, 030002)

摘 要 华北地台广泛分布的"G层"铝土矿中副矿物锆石标型特征，可为研究成矿物质来源提供重要信息。区内锆石多为滚圆状，L/B为1.5～2.5。在显微镜下为四方柱和四方双锥组成聚形晶形主。铝土矿中锆石的Zr/Hf比值为31.03～44.79，平均为37.16，而铝土矿的底板石灰岩中锆石为81.77，前寒武纪变质岩或花岗岩中锆石为41.52～45.23。铝土矿的U/Pb等时线同位素年龄为2 075.8Ma。故认为，铝土矿的物源主要来自前寒武纪变质岩及花岗岩，奥陶纪石灰岩可能提供少量铝质。

主题词 铝土矿；锆石；标型特征；华北/成矿物质来源
分类号 P618.45；P578.941；P611

0 前 言

华北地台石炭纪底部"G层"铝土矿的储量居全国第一，是我国重要的铝资源基地。笔者之一(真允庆，1964)曾建议将俗称的"G层"铝土矿，命名为华北式铝土矿①。

对于华北式铝土矿的矿物学研究，一些学者曾做了很多工作，但对铝土矿中锆石的标型特征研究，所见文献不多。本文对铝土矿中副矿物锆石的晶体形态、化学成分、U-Pb同位素年龄等方面进行初步研究，以探讨铝土矿的物质来源。

1 矿床基本特征

华北式(G层)铝土矿产于石炭统底部，下段多为铁铝岩或铁质粘土岩夹山西式铁矿层，中部为高铝粘土、铝土矿及硬质粘土等含矿层位，上部为含铁粘土岩、半软质粘土、粘土质砂岩及粉砂岩、炭质页岩或煤层。

含矿层一般呈平行不整合覆盖在中奥陶统马家沟组石灰岩或白云质灰岩之上。矿层的底板也有下奥陶统冶里组白云岩或白云质灰岩，或上寒武统凤山组白云岩。

铝土矿床大部呈层状及似层状产出，少数受古岩溶地形控制呈透镜状、漏斗状及囊状。

铝土矿石主要由硬铝石(diaspor)、软铝石(Boehmite)、少量三水铝石、微量刚玉；粘土矿物普遍有高岭石及少量地开石、7Å埃洛石、9Å埃洛石、水云母、水白云母、

1991年12月26日收稿，1992年5月25日改回，罗献林编辑。
第一作者简介：王振玉，男，1936年出生，工程师，岩矿专业。
①真允庆. 再论"G层铝土矿"的地质时代及命名问题. 长春地质学院论文集，1964

(C)1994-2019 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

白云母、叶腊石、绿泥石、蒙脱石、水铝英石等。重矿物种类很多，以锆石含量最多，最高可达矿石的1%左右，其它见有磁铁矿、锐钛矿、少量的黄铁矿、金红石、赤铁矿、针铁矿、菱铁矿、少量与极少量的白钛石、电气石、榍石、柘榴石、自然铅、方铅矿、板钛矿、锡石、独居石、黄铜矿、锌尖晶等。

2 锆石的标型特征

锆石（$Zr[SiO_4]$）是岛状硅酸盐矿物[1]，在自然界分布广泛，几乎各种岩石都含有锆石，可根据晶形特征，来研究其成因。

2.1 锆石的晶形特征

铝土矿与奥陶纪石灰岩中均含有锆石，但前者锆石的含量与后者相比[2]悬殊很大（表1），变化也很大。

表1 华北式铝土矿中锆石含量与奥陶纪灰岩中锆石含量的比值

Table 1 Comparison of the zircon content ratio between North China type bauxite and Ordovician limestone

太原西山	交城水峪贯	交城火山	霍西孝义	灵石张家庄
16.89：1	6.33：1	10.46：1	5.088：1	1.35：1

（据黄探明等资料计算，1987）

铝土矿中锆石的外形，绝大部分为滚园状至次滚园状或次棱角状。刘长龄[3]认为高铝粘土矿铝土矿中见到锆石最多的为毛玻璃光泽、金刚光泽，次棱角—次滚园状以至滚园状，晶形以复四方双锥体为主。另一种锆石为滚园状、呈紫色、红色、灰色、乳白色、半透明—不透明，毛玻璃光泽，表面磨蚀程度较深。第三种锆石磨园现象不显著，呈无色透明，玻璃光泽，晶粒较小，晶形完整，主要为简单四方双锥柱体。含量甚少。

作者对山西6个矿区铝土矿中锆石的研究结果（表2），锆石多数均已磨损，呈滚图状至半滚园状或半棱角状。其中亦有的铝土矿区（如柳林门龙门塔及交口段村）的锆石保存了自形晶程度相对较高，显示了沉积搬运作用的特点，可能也受搬运距离和古地貌岩溶地形等因素控制有关。

锆石均为透明至半透明，也有不透明。颜色主要为无色、个别为棕黄色、红色、粉红色和土黄色。锆石中的包体成分见有黑色矿物、液体、气体及固体，或包嵌子晶等（照片1）。

锆石的延长系数（L/b）为晶体的长与宽之比，山西北部天桥铝土矿中锆石L/b为1.5，南部交口及柳林分别为1.5～2.5，总的L/b比值在1.5～2.5之间（图1），呈现了沉积成因的特点，L与b的关系，近乎成直线方程为正相关（图2）。L/b大部小于2.5，少数为3～4.5。

研究锆石的晶形是采用测定各锥面（或晶棱线）顶角的夹角，确定各晶面的符号，从而恢复锆石聚晶的晶形。亦即首先要找到锆石的锥顶，锥顶面角近于直角者即为P（111）面，其下的柱面即为m（110）面，两P面之间的柱面即为a（100）面、P面与柱面之间的偏锥面即为X（311）面。

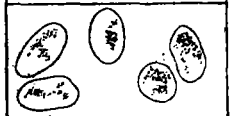
经镜下观察，铝土矿中锆石的晶形可分3类（图3）：

第Ⅰ类 是铝土矿中锆石常见的晶形，多为四方柱状双锥，（110）、（100）与（010）面很发育、晶面沿C轴伸长，L/s 2或3。也见有（110）柱面与锥面（111）相交

(C)1994-2019 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

表2 山西某些铝土矿中锆石晶形特征

Table 2 The crystal form characteristics of zircon within some bauxites Shanxi

矿区	锆石晶形	颜色	包体成分	透明度	磨损程度	重量①g/t	粒度分级（mm）② >0.35	0.34~0.2	0.19~0.1	0.09~0.05	<0.05	颗粒报	L/S② L/S>3	L/S<3	铝土矿类型
保德天桥铝土矿		无色(大量) 棕黄(少量) 红色(微量)	液体 黑色矿物 包嵌子晶	透明及半透明	滚园状为主	6	7/13	21/40	24/45	1/2	0	53	3/9.7	28/90.3	粗糙状铝土矿
柳林龙门塔铝土矿		无色(大量) 棕色(微量)	液体 包嵌子晶	透明 不透明	半棱角为主	1	0	2/3.7	24/44.4	26/48.1	2/3.7	54	9/16.6	45/83.4	粗糙状及碎屑状铝土矿
中阳苏村铝土矿		无色(大量) 棕黄(少量)	液体 黑色矿物	透明及半透明	滚园至半滚园	2	3/4.1	10/20.8	23/47.9	10/20.8	5/10.4	48	5/10.4	43/89.6	粗糙状及碎屑状铝土矿
柳林吴村铝土矿		无色(大量) 粉红色 (微量)	液体及气体	透明及半透明	滚园状为主	1.5	0	0	35/70	11/22	4/8	50	10/40	40/60	鲕状及粗糙状铝土矿
交口段村铝土矿		无色(大量) 粉红色 (微量)	液体及固体	透明 不透明	半棱角及滚园	1	0	8/13	32/52	18/29	3/5	61	6/15	34/85	粗糙状铝土矿
中阳王家垣铝土矿		无色(大量) 土黄色 (微量)	矿物	透明	滚园及半滚园		2	5/17	18/52	0/21	0	29			角砾状及蚕豆状铝土矿

①5 Kg重砂样淘洗后锆石的重量；②表中数据分子为颗粒数，分母为所占百分数。

处，出现（311）。一般粒度>0.2mm（约占80%）。其形态简单。

第Ⅱ类 是少见的晶形、柱面（110）、（100）及（010）和锥面（111）或（311）常组成聚晶，多为复四方双锥，常有较完整的晶形出现，一般粒度较小，L/s>4，锥面发

(C)1994-2019 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

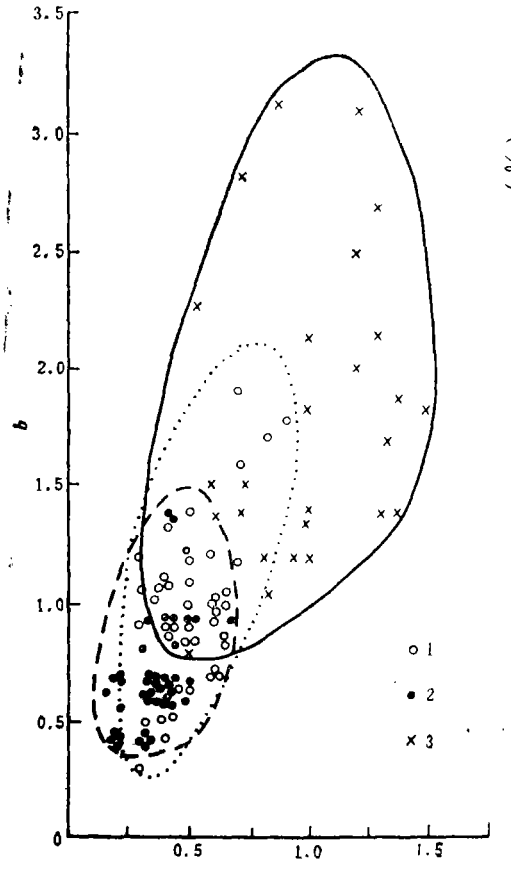


图1 锆石晶体的长与宽关系（L/b）图

Fig. 1 The L/b relationship of zircon crystal

1—交口段村 2—柳林龙门塔 3—保德天桥

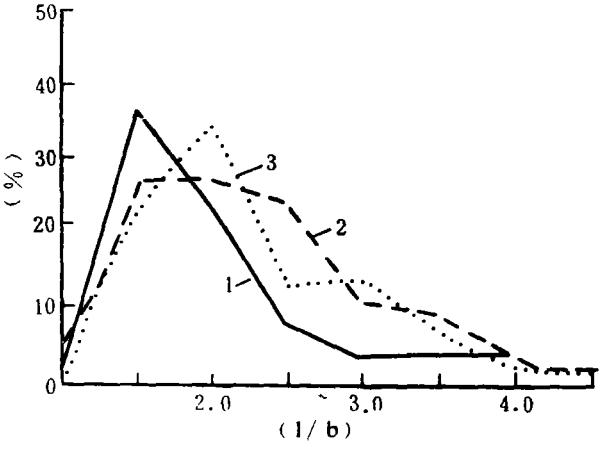


图2 锆石L/b频率图

Fig. 2 The L/b frequency diagram of zircon

1—保德天桥 2—柳林龙门塔 3—交口段村

育常呈锐角相交。偶见有两个锥面（311）、（111）面同时发育的聚形双锥，也有两个锥面发育程度不一，一锥面向柱面伸长，成为歪晶聚形，L/s达3～4，形似棒状。

第Ⅲ类 十分罕见，其最大特征是柱面多沿b轴伸展，而沿c轴相对缩短，常见由柱面（100）、（110）和锥面（111）、（311）或（131）组成正方双锥聚形，外形近似六边形轮廓。若两个柱面（100）特别发育者则呈板状晶体；也有$L/s<1$，晶形呈菱面体；还有柱面（100）（110）缩短，而锥面发育呈短柱四方双锥聚形晶；极个别的还见有柱面和双锥面似乎晚于锥面生长，锥面（331）与（111）呈阶梯状。

总的看，铝土矿中锆石的晶形多种多样，常形成各种聚形晶体。

而奥陶统石灰岩的锆石，不仅含量少，大部晶形磨圆度较差，无色透明，玻璃光泽。晶形以简单的四方双锥柱体为主，少数为复四方锥柱体，晶面洁净无裂纹或溶洞，一般为短柱状，极少为长柱状，偶见玫瑰色或粉红色磨园的锆石[3]。

2.2 锆石的化学成分

为了研究铝土矿中锆石与产于矿区内底板奥陶纪石灰岩及矿区附近变质岩中锆石的化学成分，分别进行了单矿物锆石的电子探针定量分析（表3）。

表3可知，铝土矿中锆石Zr/Hf为31.03～44.99，平均值37.16。奥陶统石灰岩中锆石Zt/Hf81.77，前寒武纪界河口群变质岩中锆石Zr/Hf为84.78（2个样平均值）。

奥陶纪石灰岩中锆石的Th含量达1.22%前寒武纪变质岩中锆石含Th达0.58%（S8号样），是否为苗木石[1]（Naegite；Нагит）尚待研究。铝土矿中的锆石不含钍。

山西、河南高铝粘土铝土矿中锆石Zr/Hf比值为20.47～115.51，平均为45.30（17个样

(C)1994-2019 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

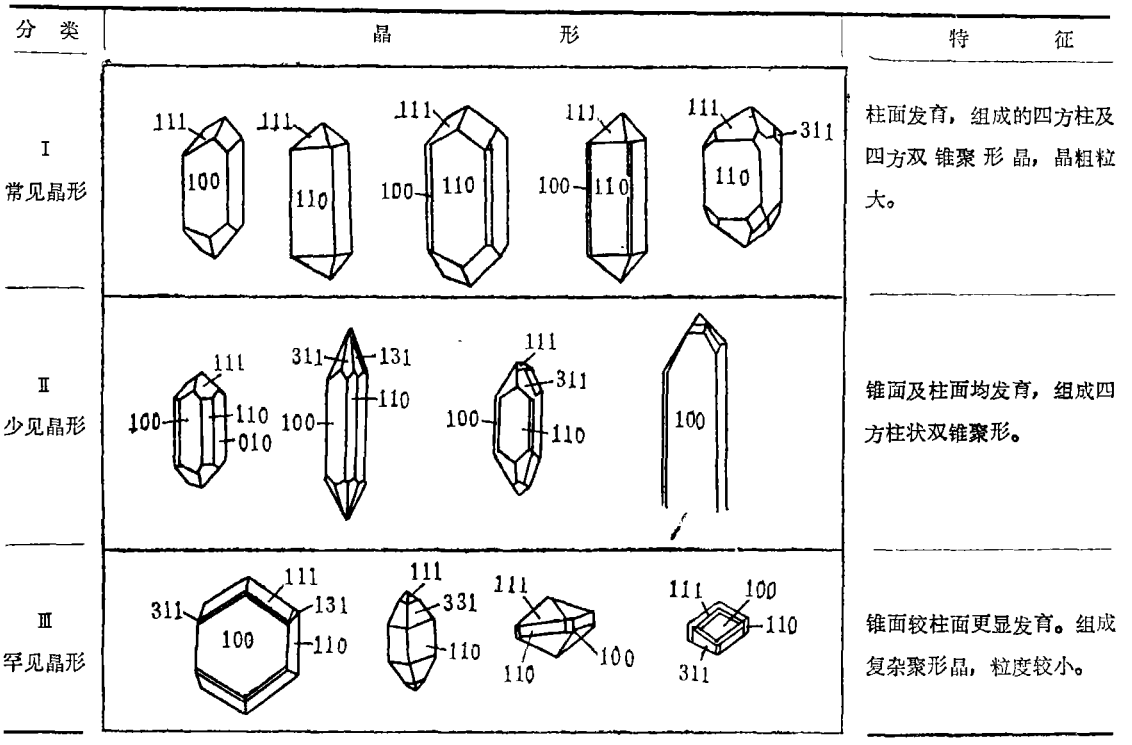


图3 锆石的晶形特征

Fig. 3 The crystal form characterictics of zircon

表3 锆石的化学成分（%）

Table 3 The chemical composition of zircon

编号	采样位置	锆石产出特征	Si	Zr	Th	Ca	Fe	Hf	O	Zr/Hf
S4	中阳苏村	铝土矿	16.09	47.41	/	/	/	1.29	35.20	36.75
L146	柳林龙门塔	铝土矿	15.77	47.24	/	0.28	0.64	1.05	35.02	44.99
S3	柳林吴村	铝土矿	15.52	48.10	/	/	/	1.55	34.53	31.03
S3	柳林吴村	铝土矿	15.61	48.34	/	/	/	1.3		34.18
L154	交口段村	铝土矿	16.04	47.41	/	/	0.16	1.22	35.17	38.86
S7	柳村龙门塔	奥陶纪石灰岩	15.78	46.61	1.22	0.56	0.33	0.57	34.92	81.77
S8	吕梁山	界河口群变质岩	15.92	48.12	/	0.13	/	0.66	35.18	72.90
S8	吕梁山		15.88	47.38	0.58	0.28	0.28	0.49	35.08	96.67
S9	吕梁山		16.62	44.78	/	0.28	1.49	5.03*	33.80	

*出报数据有误差；分析者：北京矿冶研究总院乔瑞芝。

品平均值）[3]，与本文结果类似。

2．3 锆石的U-Pb同位素年龄

对3个铝土矿中的锆石，作了U-Pb一致线法同位素年龄测定结果（表4），$^{207}Pb/^{206}Pb$所求之年龄，可作为确定为初始铅的年龄值，即在$1730.1\pm^{17.7}_{17.9}$～1798.1 ± 5.4Ma。

将上列3个样品之$^{207}Pb/^{235}U$及$^{206}Pb/^{238}U$之比值投影至图4上（$^{207}Pb/^{235}U$与

(C)1994-2019 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

表4 锆石U-Pb法同位素年龄测定

Table 4 U-Pb isot pe dating of zircon

样号	采样地点	U(10^{-6})	Pb(10^{-6})	^{204}Pb (%)	^{206}Pb (%)	^{207}Pb (%)	^{208}Pb (%)	年龄(Ma) $^{206}Pb/^{238}U$	$^{207}Pb/^{235}U$	$^{207}Pb/^{206}Pb$
L154	交口段村	500.26	76.15	0.3219	67.4385	11.6012	20.6385	674.0 ± 10.3	979.0 $\pm^{10.7}_{10.8}$	1745.0 $\pm^{7.7}_{9.7}$
		± 7.95	± 0.23	± 0.0026	± 0.0046	± 0.0042	± 0.0035			
L146	柳林龙门塔	305.82	41.71	0.2473	20.4407	10.8458	18.4664	645.8 ± 3.4	946.0 $\pm^{7.4}_{7.5}$	1730.1 $\pm^{17.7}_{17.9}$
		± 1.43	± 0.13	± 0.0058	± 0.0099	± 0.0098	± 0.065			
B01	保德天桥	537.33	75.42	0.0903	75.4899	9.5271	14.8929	735.1 ± 3.6	1056.6 ± 4.1	1798.1 ± 5.4
		± 2.32	± 0.23	± 0.0019	± 0.003	± 0.0018	± 0.0026			

北京第三研究所同位素地质矿产室，MAT-261顶谱仪测室。

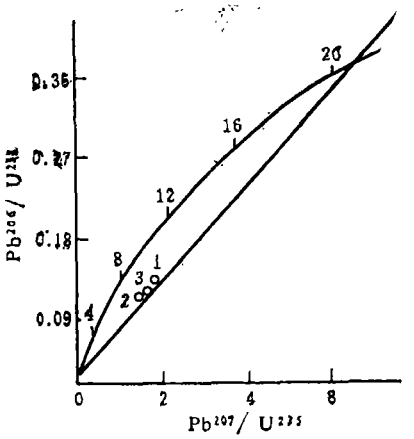


图4 锆石的$^{207}Pb/^{235}U$-$^{206}Pb/^{238}U$座标投影

Fig. 4 The $^{207}Pb/^{235}U$-$^{206}Pb/^{238}U$ coordinate projection of zircon

(顺序号同表4)

$^{206}Pb/^{238}U$比值别分为1.83338, 0.12088, 1.54723, 0.10565, 1.63400, 0.11059)，γ = 0.999736说明3个样品密切相关，其交点年龄$T_1 = 2075.8 \pm^{67.3}_{62.8}$Ma，相当于早元古代，而$T_2 = 240.5 \pm^{35.1}_{36.9}$Ma无地质意义，不作讨论。

3 地质意义

华北式（G层）铝土矿中的锆石含量普遍大于底板的石灰岩中的锆石含量。若以奥陶纪石灰岩因长期风化、残怕作用，而提供成矿的物质来源的论点难以令人信派。因为绝大多数的锆石是以次滚园状到滚园状为主，说明提供铝土矿的成矿物质是经过较长距离搬运后而沉积，L/b一般较小（为1.5～2.5）

前人研究认为，锆石的锥面和柱面发育程度是和原岩的酸度有关。也就是说花岗岩类的岩石中的锆石，常见有柱面和锥面。前述铝土矿的锆石常见皆是四方柱与四方双锥所组成之聚晶，这些锆石内并且常见有液相或气相包裹体成分。而且锆石的Zr/Hf平均比值为37.16，和五台及吕梁期的花岗岩中锆石Zt/Hf比值41.52～45.23（表5）甚为相似，再结合锆石U-Pb一致线同位素年龄为$2075.8 \pm^{67.3}_{62.8}$Ma，故可推测华北式铝土矿的来源主要来自古陆的铝硅酸盐岩石。

但是从几个研究区的锆石晶形来看（照片2，3，4），确实见有极少量的有相当完整的自形晶锆石。据刘长龄（1985）分析，这些自形锆石和奥陶纪灰岩中自形锆石Zr/Hf比值很相似。因此并不排除碳酸盐经长期风化后可以供给少量的铝质，亦可说明，华北式（G层）铝土矿的多源性。

(C)1994-2019 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

表5 不同期的锆石Zr/Hf比值对比

Table 5 Comparison of the Zr/Hf ratio of different-age zircons

比 值	山西吕梁期花岗岩①（12）	山西五台期花岗岩①（13）	平型关吕梁期花岗岩②（10）	华北式(G层)铝土矿（5）
变化范围	27.2～63.48	26.3～62.6	29.8～52.5	31.03～44.99
平 均	45.23	42.86	41.52	37.16

①山西省地矿局区测队．山西省前寒武纪花岗岩；②真允庆等．山西省繁峙县平型关铁矿的几个基本问题．1978

表中括号内数字为样品数。

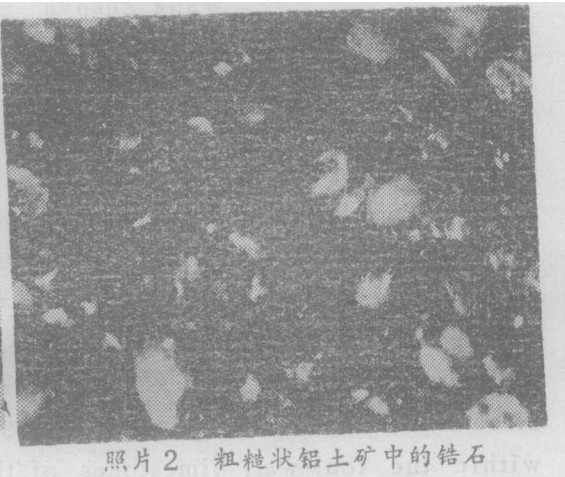
华北式铝土矿的物质来源是个很复杂的问题。笔者[4]曾应用稀土元素地球化学来研究和讨论物源问题，本文通过对锆石标型研究，进一步证实铝土矿主要来源于古陆，而奥陶纪灰岩经风化后仅提供少量的铝质。



照片1 锆石中含有包裹体

（交口段村）

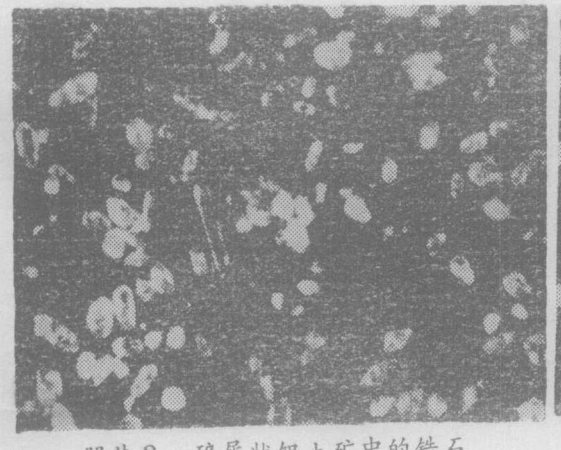
D＝4 mm单偏光



照片2 粗糙状铝土矿中的锆石

（保德天桥）

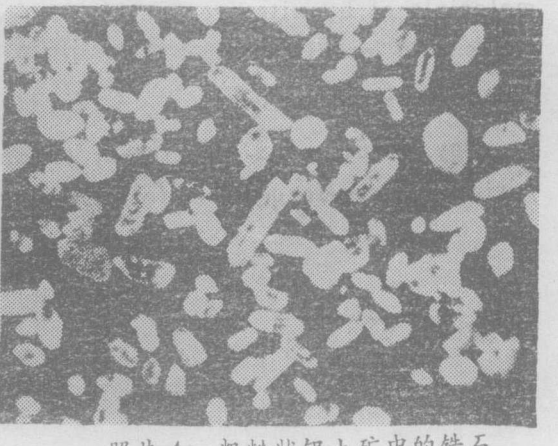
22.5×实体



照片3 碎屑状铝土矿中的锆石

（柳林龙门塔）

22.5×实体



照片4 粗糙状铝土矿中的锆石

（交口段村）

72.5×实体

(C)1994-2019 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

参 考 文 献

1 王 濮等. 系统矿物学. 北京: 地质出版社, 1984

2 黄操明等. 山西G层铝土矿与奥陶纪灰岩的重矿物特征及铝土矿成因探讨. 山西矿业学院学报, 1997, 5 (2)

3 刘长龄等. 山西、河南高铝粘土铝土矿矿床矿物学研究. 沉积学报, 1985, 3 (2)

4 真允庆等. 华北式 (G层) 铝土矿稀土元素地球化学特征及其地质意义. 桂林冶金地质学院学报, 1991, 11(1): 49～56

TYFOMORPHIC CHARACTERISTICS OF ZIRCON WITHIN NORTH CHINA TYPE(G STRATUM)BAUXITE

Wang Zhenyu Zhen Yunqing

(*The Third Geological Exploration Bureau, MMI, Taiyuan*)

Abstract

Zircon, as a byproduct, is widely distributed within North China type (G stratum) bauxite. Studing its typomorphic characteristics will proffer a criterion to determine the origin of the ore-forming materials. Most of zircons are shaped as rounded grains (its L/b is 1.5～2.5), obviously of sedimentary origin. Uuder microscope, the zircon shows a combinate form comprised of tetragonal prism and tetragonal pyramid. The Zr/Hf ratio of zircon within bauxite is 31.03～44.79, averages 37.16; whereas the ratio within the fool-wall limestones of the bauxite is 81.77, and that within the Pre-Cambrian metamorphic rocks and granites is 41.52～45.23. The U/Pb isochronic age of the bauxite is 2075.8 Ma, which indicates the materials of bauxite are mainly derived from Pre-Cambrian metamorphic rocks and granites. Mid-Ordovician limestone may also provide small amounts of aluminum.

Key words bauxite; zircon; typomorphic characteristic; North China /origin of ore-forming materials

(C)1994-2019 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net