

## 新疆西昆仑中太古界古陆核的确定及地质意义

郭新成<sup>1)</sup> 郝玉壮<sup>1)</sup> 高军<sup>1)</sup> 朱志新<sup>2)</sup>

1) 新疆地勘局第十一地质大队,新疆昌吉 831100; 2) 新疆地质调查院,乌鲁木齐,830000

**内容提要:** 原赫罗斯坦岩群为一套无序变质核杂岩,岩性为混合岩化花岗质片麻岩、紫苏辉石麻粒岩等。岩石组合及地球化学特征都具 TTG 岩石特征。采用 LA-ICP-MS 方法测定锆石 U-Pb 年龄值  $3137.3 \pm 4.1$  Ma, 反映其时代为中太古代,代表赫罗斯坦杂岩原岩生成年龄。由此说明,塔里木南缘铁克里克地区存在太古宙大陆核,为新疆境内所发现的最古老岩系之一。

**关键词:** 中太古代; 赫罗斯坦; 杂岩; 锆石 LA-ICP-MS U-Pb 定年; 西昆仑; 新疆

新疆的太古宙—古元古代地层出露零星,主要分布于塔里木盆地周边的兴地塔格、铁克里克、阿尔金山等地区。近年来随着地质调查和科学研究的不断推进,在新疆前寒武纪的调查和研究积累了较多的新的成果。

阿尔金山初步确定的太古宙地层为阿尔金岩群(米兰岩群),为一套高角闪岩相(局部有麻粒岩相)变质岩系,包含有 TTG 岩套组分的层状无序变质杂岩系,是阿尔金造山带结晶基底的组成部分。崔军文(1999)曾在盖力克正片麻岩中获得  $2674 \pm 142$  Ma 的锆石 U-Pb 等时线年龄。新疆维吾尔自治区地质调查院在该区的沟口泉一带的 1:5 万区域地质调查<sup>①</sup>中获得 2600 Ma 的锆石 U-Pb SHRIMP 年龄,车自成等(1996)又发表了两组 Sm-Nd 等时线年龄,其中由基性变质岩组成的等时线年龄为  $2792 \pm 208$  Ma,各类片麻岩和变质基性岩组成的等时线年龄为  $2787 \pm 151$  Ma。陆松年等(2003)在阿克塔什塔格花岗质片麻岩中获得  $3605 \pm 43$  Ma 锆石同位素年龄。

兴地塔格地区初步确定的太古宙地层为兴地塔格岩群,由下至上共分三个构造岩石地层单位:喀拉阔雄岩组、图努尔布拉克岩组、辛格尔岩组。胡霭琴(2006)在辛格尔托格拉克布拉克杂岩花岗闪长质片麻岩中获得  $^{207}\text{Pb}-^{206}\text{Pb}$  加权平均年龄  $2565 \pm 18$  Ma; 1994 年新疆维吾尔自治区地质矿产勘查开发局第一区域地质大队在赛马西山<sup>②</sup>卡尔布拉克组石

英岩中采同位素年龄样得出年龄值 2063.28 Ma。而塔里木盆地西南缘的铁克里克地区,也认为存在太古宙地层赫罗斯坦岩群,区域上赫罗斯坦岩群为角闪岩相区域变质岩。张传林(2003)在侵入该套地层中的阿卡孜岩体获得锆石 SHRIMP U-Pb 年龄  $2426 \pm 46$  Ma。但一直没有确切的证据确定太古宙地层的存在。新疆地矿局第十一地质大队在铁克里克地区 1:5 万区域地质调查<sup>③</sup>中,在赫罗斯坦岩群 TTG 岩系中获  $3137.3 \pm 4.1$  Ma 锆石 SHRIMP U-Pb 精确定年,为新疆境内所发现的最古老岩系之一,确定在塔里木盆地西南缘铁克里克地区存在中太古代陆核,从而说明塔里木盆地周边存在太古宙地层,本文主要报道这一成果。

赫罗斯坦岩群零星出露于塔里木板块西南缘(陈哲夫等,1986)(图1)<sup>④</sup>。区域上赫罗斯坦岩群为角闪岩相区域变质岩。岩石组合主要为条带状、眼球状、条纹状、脉状片麻岩,有黑云二长片麻岩、黑云斜长片麻岩、角闪二长(斜长)片麻岩、黑云二长浅粒岩等,部分地段不同程度混合岩化,夹中酸性火山岩。1957 年新疆十三地质大队因其普遍混合岩化,而将其定为岩体,时代定为太古宙—元古宙。新疆地矿局第二地质大队 1985 年完成的 1:50 万《新疆南疆西部地质图、矿产图说明书》<sup>⑤</sup>中,认为赫罗斯坦岩群为一套经混合岩化的角闪岩相变质地层,依据侵入其中阿喀孜岩体同位素 K-Ar 法年龄值 1.567 Ga,将赫罗斯坦杂岩时代暂定为古元古代。

注:本文为新疆维吾尔自治区 1:5 万区调专项资金资助、环塔里木前寒武纪成矿作用及大型找矿靶区优选研究(编号 1212011140056)的成果。

收稿日期:2012-06-25; 改回日期:2013-02-16; 责任编辑:章雨旭。

作者简介:郭新成,男,1965 年生。博士,教授级高工。主要从事固体矿产勘查工作。Email: xjgxc@163.com。

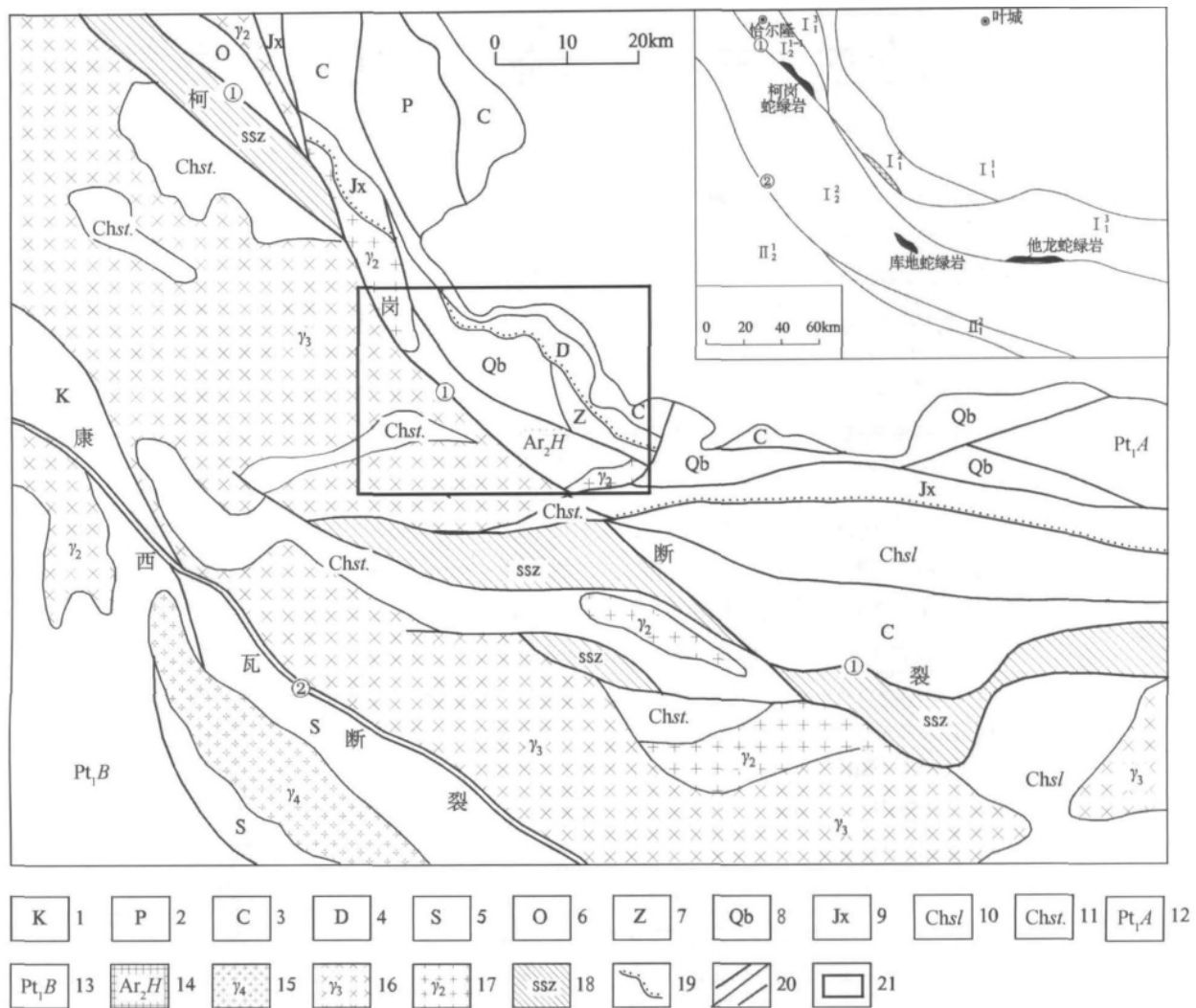


图1 西昆仑阿喀孜地区区域地质略图

Fig. 1 Regional geological sketch of Akazi area in Western Kunlun Mountains

1—白垩系; 2—二叠系; 3—石炭系; 4—泥盆系; 5—志留系; 6—奥陶系; 7—震旦系(埃迪卡拉系); 8—青白口系; 9—蓟县系; 10—长城系塞拉加兹塔格群; 11—长城系塞图拉岩群; 12—古元古界埃连卡特群; 13—古元古界布伦阔勒岩群; 14—中太古界赫罗斯坦岩群; 15—海西期侵入岩; 16—加里东期侵入岩; 17—元古代侵入岩; 18—蛇绿岩; 19—不整合界线; 20—边界断裂/断层; 21—研究区位置;

$I_1^1$ —喀什—叶城新生代陆内拗陷;  $I_1^2$ —塔木—卡兰古生代凹陷;  $I_1^3$ —铁克里克陆缘地块;  $I_2^{1-1}$ —西昆仑北缘晚古生代裂谷;  $I_2^2$ —恰尔隆前寒武纪基底;  $II_1^2$ —巴颜喀拉早古生代陆缘盆地;  $II_1^2$ —阿克赛钦中间地块; ①—柯岗断裂; ②—康西瓦断裂

1—Cretaceous; 2—Permian; 3—Carboniferous; 4—Devonian; 5—Silurian; 6—Ordovician; 7—Sinian (Ediacaran) System; 8—Qingbaikou System; 9—Jixian System; 10—Sailajiazitage Group of Changcheng System; 11—Seetula Rock Group of Changcheng System; 12—Ailiankate Group of Palaeoproterozoic; 13—Bulunkuoile Rock Group of Palaeoproterozoic; 14—Heluositan Rock Group of Mesoproterozoic; 15—intrusive rock of Hercynian; 16—intrusive rock of Caledonian; 17—intrusive rock of Proterozoic; 18—ophiolite; 19—unconformity boundary; 20—bordering fracture/fault; 21—research area;  $I_1^1$ —Cenozoic Kashgar—Karghalik intracontinental depression;  $I_1^2$ —Paleozoic Tamu—Karan depression;  $I_1^3$ —Tie creek marginal block;  $I_2^{1-1}$ —Paleozoic rift in the northern margin of the western Kunlun Mountains;  $I_2^2$ —Qiaerlong Precambrian basement;  $II_1^2$ —early Paleozoic continental marginal Bayankala basin;  $II_1^2$ —Aksai Chin central massif; ①—Kogan fracture; ②—Kangxiwa fracture

由河南省地质调查院 2004 年完成的 1: 25 万塔什库勒干、克克吐鲁克幅区域地质调查报告<sup>①</sup>、1: 25 万叶城幅区域地质调查报告<sup>②</sup>认为赫罗斯坦岩群主

体为变质变形侵入体, 仅有少量强变质变形及混合岩化的表壳岩, 故改称岩群, 时代暂定为古元古代。

本次工作查明, 该套地层发生了强混合岩化作

用, 呈现出条带状构造、深熔流褶皱、塑性变形等特征, 属于无序变质核杂岩。本次工作在该杂岩中首次发现紫苏辉石麻粒岩, 并在麻粒岩中取得同位素年龄  $3137.3 \pm 4.1 \text{ Ma}$ 。根据以上特征, 本文将原赫罗斯坦岩群称为赫罗斯坦杂岩, 时代置于中太古代 ( $\text{Ar}_2$ )。

1 剖面描述

赫罗斯坦杂岩与周围地层呈断层接触关系。阿喀孜幅 PVI 剖面(图 2)控制该套杂岩, 现从南至北

描述如下:

上覆: 上震旦统库尔卡克组( $Z_2k$ )

断层接触

中太古界赫罗斯坦杂岩( $\text{Ar}_2H$ ) 厚度  $>3947.21 \text{ m}$

- 27. 灰绿色碎裂细粒石英二长片麻岩 38.43 m
- 26. 灰绿色辉石斜长麻粒岩 174.85 m
- 25. 灰白色碎裂细粒钾长花岗片麻岩 253.52 m
- 24. 灰白色退变质中细粒角闪二长花岗片麻岩 134.00 m
- 23. 浅灰绿色中细粒角闪二长花岗片麻岩 68.16 m
- 22. 浅灰绿色中细粒角闪二长花岗片麻岩 37.65 m
- 21. 浅灰绿色中粒钾长花岗片麻岩 161.54 m

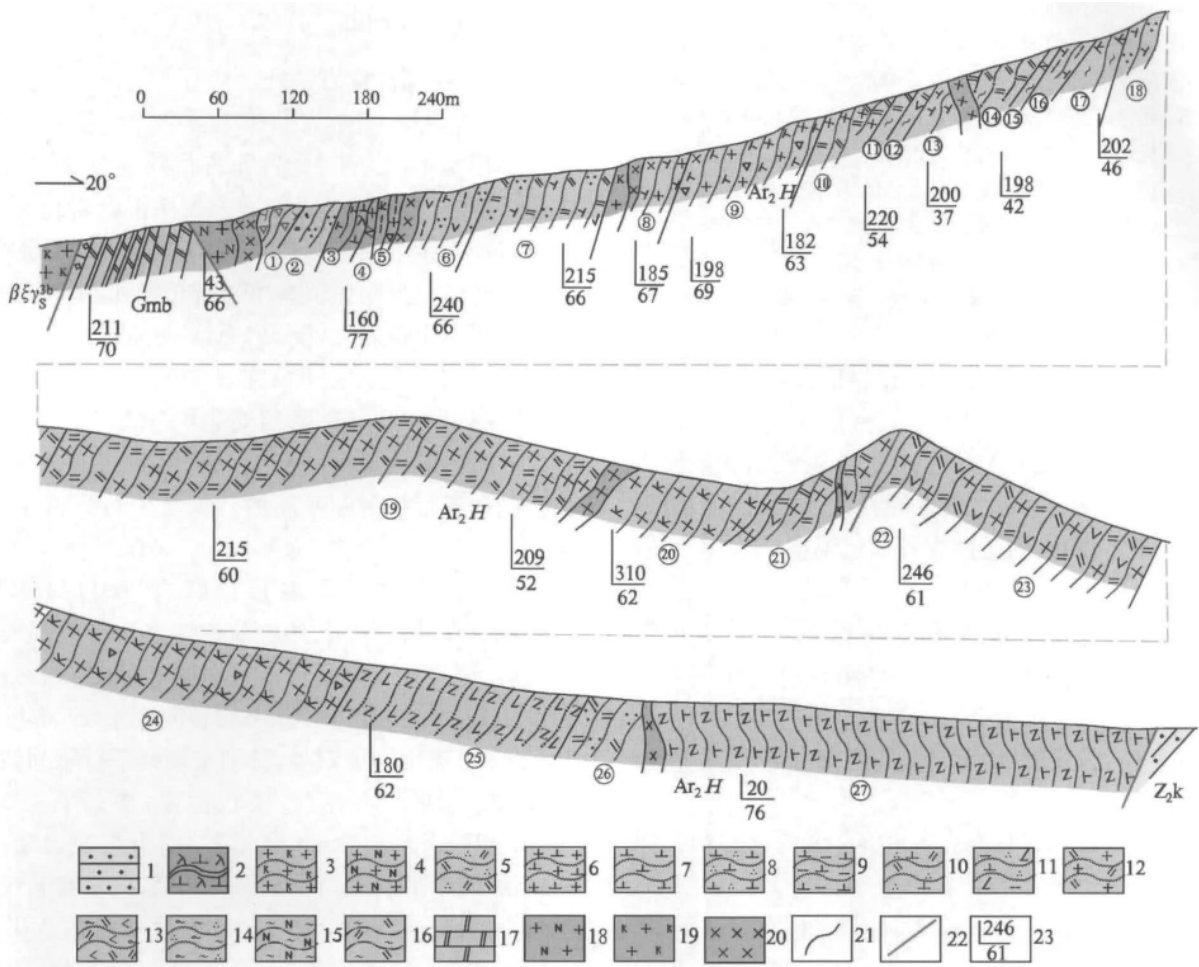


图 2 中太古界赫罗斯坦岩群 PVI 实测剖面图

Fig. 2 The PVI Measured profile of the Mesoarchean Heluositan complexes

- 1—砂岩; 2—闪长玢岩; 3—钾长花岗片麻岩; 4—斜长花岗片麻岩; 5—绿泥石英二长片麻岩; 6—花岗闪长片麻岩; 7—闪长片麻岩; 8—石英闪长岩; 9—黑云闪长片麻岩; 10—石英二长闪长片麻岩; 11—黑云角闪石英正长片麻岩; 12—二长花岗片麻岩; 13—条带状角闪二长花岗片麻岩; 14—条带状绿泥石英正长混合片麻岩; 15—紫苏辉石斜长麻粒岩; 16—紫苏辉石二长麻粒岩; 17—白云质大理岩; 18—斜长花岗岩; 19—钾长花岗岩; 20—辉绿岩; 21—侵入界线; 22—逆断层; 23—产状
- 1—sandstone; 2—diorite-porphryite; 3—moyite gneiss; 4—plagiogranite gneiss; 5—chlorite quartz monzo-gneiss; 6—granodiorite gneiss; 7—diorite gneiss; 8—quartz diorite; 9—biotite diorite gneiss; 10—quartz monzo-diorite gneiss; 11—biotite-amphibole-syenite gneiss; 12—monzogranite gneiss; 13—banded amphibole monzogranite gneiss; 14—banded chlorite quartz syenite migmatitic gneiss; 15—hypersthene plagioclase granulite; 16—hypersthene monzo-granulite; 17—dolomitic marble; 18—plagiogranite; 19—moyite; 20—diabase; 21—intrusion boundary; 22—reverse fault; 23—occurrence

20. 浅灰绿色细粒二长花岗片麻岩	617.25 m
19. 灰绿色条带状中细粒钾长花岗片麻岩	464.73 m
18. 灰绿—灰白色石英闪长片麻岩	677.99 m
17. 灰色中细粒钾长花岗片麻岩	10.40 m
16. 灰绿—灰白色细粒黑云母闪长片麻岩	53.35 m
15. 灰绿色紫苏辉石斜长麻粒岩	7.99 m
14. 灰绿色中粒紫苏辉石二长麻粒岩	108.60 m
13. 灰色中粒闪长片麻岩	9.45 m
12. 灰绿色条带状角闪二长花岗片麻岩	16.32 m
11. 墨绿色细粒紫苏辉石二长麻粒岩	29.28 m
10. 灰—灰白色中细粒二长花岗片麻岩	100.20 m
9. 浅灰绿色—浅肉红色碎裂中细粒碱长花岗片麻岩	235.50 m
8. 灰黑色花岗闪长片麻岩	144.60 m
7. 浅灰色黑云角闪石英正长片麻岩	263.84 m
6. 浅灰色黑云角闪石英正长片麻岩	176.96 m
5. 浅灰色碎裂黑云母钾长花岗片麻岩	14.00 m
4. 浅灰绿色细粒斜长花岗片麻岩	10.50 m
3. 浅灰绿色条带状石英正长质混合片麻岩	22.00 m
2. 灰色细粒石英二长质混合片麻岩	55.05 m
1. 浅灰绿色碎裂中粒闪长片麻岩	61.05 m

=====断层接触=====

晚志留世二长花岗岩

赫罗斯坦杂岩体总体变质为低角闪岩相,局部达高角闪岩相、麻粒岩相,岩石普遍发生混合岩化,深熔作用明显,接触关系已被变质相掩盖,变质相之间为急变过渡(图3a),均是同时代区域变质作用下的产物,之间的不同是因为各部位温度、压力不同造成。

根据剖面薄片鉴定成果,赫罗斯坦岩大致可以分为以下6个岩性组合,各岩性组合所占比例大致为:

(1) 二长花岗片麻岩、角闪二长花岗片麻岩 18%。

(2) 钾长花岗片麻岩、(角闪)黑云母钾长花岗片麻岩 26%。

(3) 条带状石英正长质、石英二长质、石英二长闪长质混合片麻岩 9%。

(4) 黑云角闪石英正长片麻岩、碱长花岗片麻岩 5%。

(5) 闪长片麻岩、石英闪长片麻岩、花岗闪长片麻岩、英云闪长片麻岩、斜长花岗片麻岩等 TTG 成分 26%。

(6) 紫苏辉石二长麻粒岩、紫苏辉石斜长麻粒岩 16%。

由上可见,赫罗斯坦杂岩主要以二长花岗质、钾长花岗质、石英二长质、混合花岗片麻岩为主,少量

碱长花岗质、石英正长质混合花岗片麻岩,而相当数量的石英闪长片麻岩、花岗闪长片麻岩、英云闪长片麻岩、斜长花岗片麻岩则代表混合岩化较轻的原岩成分,组成典型 TTG 组合。由于构造置换,杂岩体呈片麻状,片麻理与该带区域构造线一致。杂岩体在纵横向上变化规律性不明显,为一套深变质、正变质杂岩。

紫苏辉石麻粒岩主要位于赫罗斯坦杂岩中部或北部,断续出现 2~3 层,出露厚度 7.99~174.85m,沿走向呈条带状、透镜状产出,与片麻理产状近一致。

## 2 岩石学特征

### 2.1 混合花岗片麻岩特征

本区赫罗斯坦杂岩整体为复杂深变质岩,以低角闪岩相变质岩为主,受古元古代阿喀孜花岗岩岩体侵入影响,赫罗斯坦杂岩普遍发生混合岩化,岩体与杂岩侵入接触关系多数表现为过渡关系,其中混合岩化轻微部分则保留高角闪岩相和麻粒岩相变质岩。赫罗斯坦杂岩大部分岩石宏观都具条带状、条痕状混合岩外观(图3b);在显微镜下,赫罗斯坦杂岩岩石具两个世代矿物组合,第一世代为原来的 TTG 岩石中的斜长石+石英+暗色矿物组合,第二世代则为条带状分布其间的钾长石+石英组合(图3c、d)。

细粒石英二长质混合片麻岩(0911AK-P VI-b9):细粒状变晶结构,条痕状构造。大致有钾长石和石英、更长石和黑云母两种条带相间分布。微斜微纹长石(40%±) 0.3~1mm,不规则—近等轴粒状,部分可见细格子双晶,具细密规则平行排列钠长石条纹,内少量高岭石,波状消光;更长石(35%±)  $An_{27} \pm 0.5 \sim 1mm$ ,他形粒状,有熔蚀边缘,或成熔蚀不规则残粒状,可见聚片双晶,内多布满粒状黝帘石、绢—白云母,绢—白云母片度可达 0.05~0.1mm,大多数进入斜长石解理平行排列;石英(15%±) 0.2~1mm,略拉长近等轴粒状,与斜长石、钾长石互嵌分布,波状消光;黑云母(3%~5%) 亮黄—绿褐色多色性,片度 0.2mm 以下碎片状,集成 0.6mm 以下透镜状,在部分条带中断续分布;钛铁矿 0.3mm 以下,熔融板粒状;锆石 0.1×0.2mm<sup>2</sup> 以下,熔融柱粒状;磷灰石 0.2×0.3mm<sup>2</sup> 以下,熔融短柱粒状,量较多。

### 2.2 麻粒岩特征

紫苏辉石中长麻粒岩(1011AK-P VI-b12):粒状

变晶结构,块状构造。岩石由中长反条纹长石(60%~65%)、紫苏辉石(5%~10%)、纤闪石(10%)、少量石英、绿泥石组成。

中长反条纹长石( $An_{32\pm}$ ),粒径0.5~1mm,熔蚀板粒状,与辉石弯曲互嵌。内常见细粒0.05mm以下微斜长石嵌晶规则排列成反条纹长石,净化,局部少量微粒黝帘石、绢云母,部分绢云母进入斜长石解理平行排列。紫苏辉石呈浅粉红—很淡绿色弱多色性,平行消光、二轴晶负光性,0.2mm以下,略融圆短柱粒状,与中长石弯曲互嵌分布。大部分纤闪石化,纤闪石无色,0.3mm以下,细纤杆状,消光角 $10^{\circ}\pm$ 。石英融圆粒状,粒径0.2~1mm,稀疏分布斜长石间,弱波状消光。黑云母呈亮黄—红褐色多色性,0.2~1mm,宽片状,全水化。锆石紫红色0.05mm以下,融圆短柱粒状;磷灰石 $0.1\times 0.2\text{mm}^2$ 以下融圆柱粒状。麻粒岩露头见图3e、3f、

显微照片见图3g、3h。

杂岩体中的麻粒岩基本为紫苏辉石—单斜辉石—中长反条纹长石组合,暗色矿物数量少(远<40%)属于浅色麻粒岩;同时,未出现高压变质特征矿物石榴子石(如新疆阿尔金南带的高压麻粒岩),也未出现高温变质特征矿物堇青石、夕线石。总体来看,该麻粒岩属于浅色中温低压麻粒岩类型。

3 岩石化学特征

赫罗斯坦杂岩岩石化学成分见表1,微量元素和稀土元素见表2。

(1) 在 Symoner(1953)的变质岩(al-fn) — (c + alk)图解上,赫罗斯坦杂岩片麻岩、麻粒岩都落在火成岩区(图4a)。

表 1 中太古界赫罗斯坦杂岩岩石化学成分表( $\times 10^{-6}$ )

Table 1 The chemical constituents of the Mesoarchean rocks in the Heluositan Complexes ( $\times 10^{-6}$ )

序号	样号	岩石名称	SiO <sub>2</sub>	TiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	FeO	MnO	MgO	CaO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	灼失	总和
1	P X X IV-GS11	紫苏辉石钾长花岗岩麻粒岩	63.78	0.99	15.21	3.1	4.02	0.09	0.88	3.06	3.84	3.91	0.30	0.47	99.64
2	P X X IV-GS1	紫苏辉石中长麻粒岩	55.40	0.37	20.96	0.94	4.29	0.08	2.99	6.53	5.62	0.72	0.36	1.20	99.45
3	P X X IV-GS5	细粒含辉石角闪中 长片麻岩(麻粒岩)	53.10	1.12	14.59	2.35	9.63	0.21	5.19	7.42	3.92	1.04	0.33	1.69	100.59
4	P X X IV-GS32	黑云母斜长片麻岩	54.96	1.92	17.14	2.82	5.72	0.12	2.99	4.35	5.58	1.13	0.35	3.12	100.19
5	PVI-GS1	条带状角闪二长花 岗片麻岩	62.45	1.16	14.82	3.38	4.35	0.11	1	3.66	3.22	4.44	0.37	0.52	99.48
6	PXXI- GS2	黑云角闪二长片麻 岩	65.80	0.99	13.24	3.24	3.31	0.07	1.28	2.28	2.90	5.30	0.32	1.31	100.04
7	P X X IV-GS40	初糜棱黑云母钾长 花岗岩片麻岩	69.18	0.17	15.50	0.86	0.57	0.02	0.27	1.09	3.92	7.07	0.04	0.65	99.33
8	L181- GS1	片麻岩	72.28	0.24	13.81	1.1	1.32	0.02	0.38	1.35	3.12	5.33	0.07	0.5	99.52
9	PVI-GS2	中细粒角闪二长花 岗片麻岩	72.6	0.34	13.13	1.68	1.57	0.03	0.48	1.12	2.62	5.74	0.064	0.65	100.02
10	P VI-3- GS2	中细粒角闪二长花 岗片麻岩	67.67	0.66	14.10	2.14	2.35	0.06	0.62	2.57	3.10	5.24	0.19	0.83	99.53
11	P VI-3- GS1	中细粒角闪钾长花 岗片麻岩	67.89	0.67	14.26	1.9	2.38	0.06	0.65	2.23	3.27	4.86	0.23	0.90	99.30
12	PVI-GS8	黑云斜长片麻岩	71.06	0.22	15.50	0.32	1.84	0.03	0.80	2.84	4.50	2.12	0.09	0.70	100.02
13	P X X IV-GS29	深灰褐色片麻状斜 长角闪片岩	46.92	0.82	16.69	4.62	8.17	0.151	7.61	6.73	2.25	3.61	0.16	2.72	100.45
14	P X X IV-GS33	深绿色变质糜棱岩 化片麻状花岗岩	47.8	3.96	12.54	4.94	7.5	0.218	6.4	8.51	3.61	0.7	0.4	3.46	100.04
15	P X X IV-GS45	肉红色片麻状黑云 母二长花岗岩	67.6	0.34	15.4	1.16	1.3	0.047	1.02	1.66	3.73	5.38	0.14	1.69	99.47

注: 样品由新疆地矿局测试中心 2010 年测试。



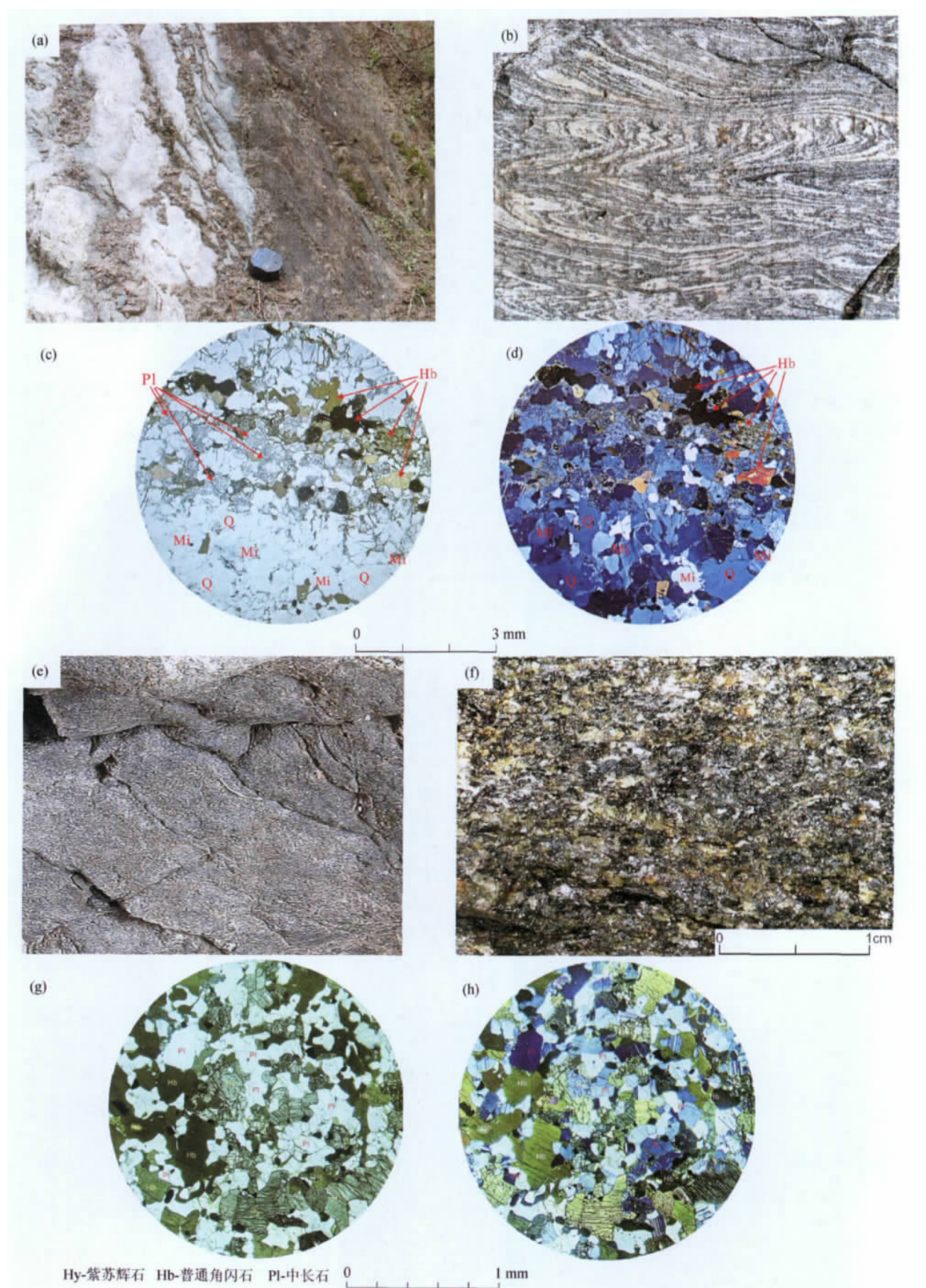


图 3 混合花岗岩片麻岩特征

Fig. 3 Characteristics of the migmatitic granite gneiss

(a) 灰白色二长花岗岩片麻岩(高角闪岩相)与深灰色闪长片麻岩(低角闪岩相)呈急变过渡接触; (b) 条带状二长花岗岩片麻岩; (c) —(d) 赫罗斯坦杂岩混合花岗岩片麻岩: (c) 显微照片, 单偏光, (d) 显微照片, 正交偏光; (e) —(h) 赫罗斯坦杂岩中麻粒岩: (e) 露头, (f) 标本, (g) 显微照片, 单偏光, (h) 显微照片, 正交偏光

(a) the greywhite monzogranitic gneiss (high amphibolite facies) and dark grey dioritic gneiss (low amphibolite facies) showed rapidly varied transitional contact; (b) banded monzogranitic gneiss; (c) —(d) microphotos of the migmatitic granite gneiss of the Heluositan Complexes: (c) plane polarized light, (d) perpendicular polarized light; (e) —(h) granulite of the Heluositan Complexes: (e) outcrop, (f) sample, (g) microphoto under plane polarized light, (h) microphoto under perpendicular polarized light

表 2 赫罗斯坦杂岩微量元素稀土元素含量表(  $\times 10^{-6}$  )

Table 2 Trace elements and REE of the Mesoarchean metamorphic rocks in the Heluositan Complexes (  $\times 10^{-6}$  )

序号	1	2	3	4	5	6	7	8	9
样号	P X X IV-GS11	P X X IV-GS1	P X X IV-GS5	P X X IV-GS32	PVI-GS1	P X XI-GS2	P X X IV-GS40	L181-GS1	PVI-GS2
岩石名称	紫苏辉石 钾长花岗 质麻粒岩	紫苏辉石 中长麻粒 岩	细粒含辉 石角闪中 长麻粒岩	退变质黑 云母斜长 片麻岩	角闪二长 花岗岩片 麻岩	黑云角闪 二长片麻 岩	黑云母钾 长花岗岩 片麻岩	片麻岩	退变质角 闪二长花 岗片麻岩
Rb	91.80	10.80	26.50	42.40	48.58	188	112.90	96.80	170
Sr	239.40	619.30	253.70	353.50	358	178	79.10	123	174
Ba	2604	413	278.80	457.10	565	1384	559.10	644	955
Nb	34.11	5.27	35.34	39.44	4.2	44.36	3.94	20.54	12.27
Ta	1.64	0.37	1.55	1.82	0.34	2.22	0.16	1.11	0.36
Zr	60.70	28.10	202.90	111.10	84.47	726.00	24.20	403.00	347
Hf	1.26	0.52	4.30	1.77	2.63	19.04	0.42	11.50	10.65
Th	2.79	1.82	4.30	4.29	12.38	25.12	15.65	12.05	148
V	33.10	39.80	141.60	86.00			4.20		
Cr	7.30	54.60	71.80	28.90	124	17.79	5.70	28.87	13.74
Co	11.20	17.90	36.90	20.50			3.00		
Ni	5.90	28.20	63.60	18.10	55.2	4.48	1.20	13.71	11.37
Li	5.65	5.92	6.73	4.68	19.77	7.94	2.20	7.42	4.46
U	0.26	0.38	0.57	0.95		0.82	0.39	0.43	
La	65.95	32.25	101.60	66.39	86	111	92.46	68.90	235
Ce	256.20	56.07	390.60	219.20	203	234	260.60	144	434
Pr	17.79	6.68	27.25	13.72	25	26.80	13.57	17.80	41.8
Nd	66.83	24.66	100.80	48.97	97.8	101.00	39.00	73.90	134
Sm	12.09	4.00	19.05	7.77	18.1	17.10	3.72	13.50	19.2
Eu	2.38	1.61	2.35	2.11	2.7	2.10	1.06	1.70	1.3
Gd	10.33	3.50	16.64	6.85	16.2	14.70	3.57	11.70	18.2
Tb	1.63	0.45	2.78	0.94	2.6	2.30	0.30	1.90	2.2
Dy	8.49	2.07	15.19	4.54	13.2	12.60	0.84	10.10	10
Ho	1.66	0.37	3.06	0.89	2.7	2.40	0.14	2.00	1.8
Er	4.57	0.96	8.64	2.55	7.2	6.40	0.45	5.10	4.3
Tm	0.70	0.14	1.36	0.39	1.1	0.91	0.05	0.68	0.52
Yb	4.04	0.79	7.96	2.41	7.2	5.50	0.26	3.90	2.9
Lu	0.52	0.10	1.08	0.33	1.1	0.79	0.04	0.51	0.38
Y	45.65	9.97	88.38	25.00	65.6	62.60	3.56	47.80	39.6
ΣREE	453.18	133.65	698.36	377.06	483.90	537.60	416.06	355.69	905.60
$\left(\frac{La}{Yb}\right)_N$	9.69	24.24	7.58	16.36	7.09	11.98	211.15	10.49	48.11
δEu	0.70	1.41	0.43	0.95	0.52	0.43	0.96	0.44	0.23

注: 样品由新疆地矿局测试中心 2010 年测试。

(2) 在判别火成岩与杂砂岩的 Rb/Sr—Rb 图解上(图 4b) 赫罗斯坦杂岩麻粒岩、花岗片麻岩都落在火成岩区。

(3) 按照赫罗斯坦杂岩花岗片麻岩的岩石化学成分在 Q'—ANOR 图解(图 4c) 上三个麻粒岩分别落在石英辉长岩区和石英二长岩区,二者基本一

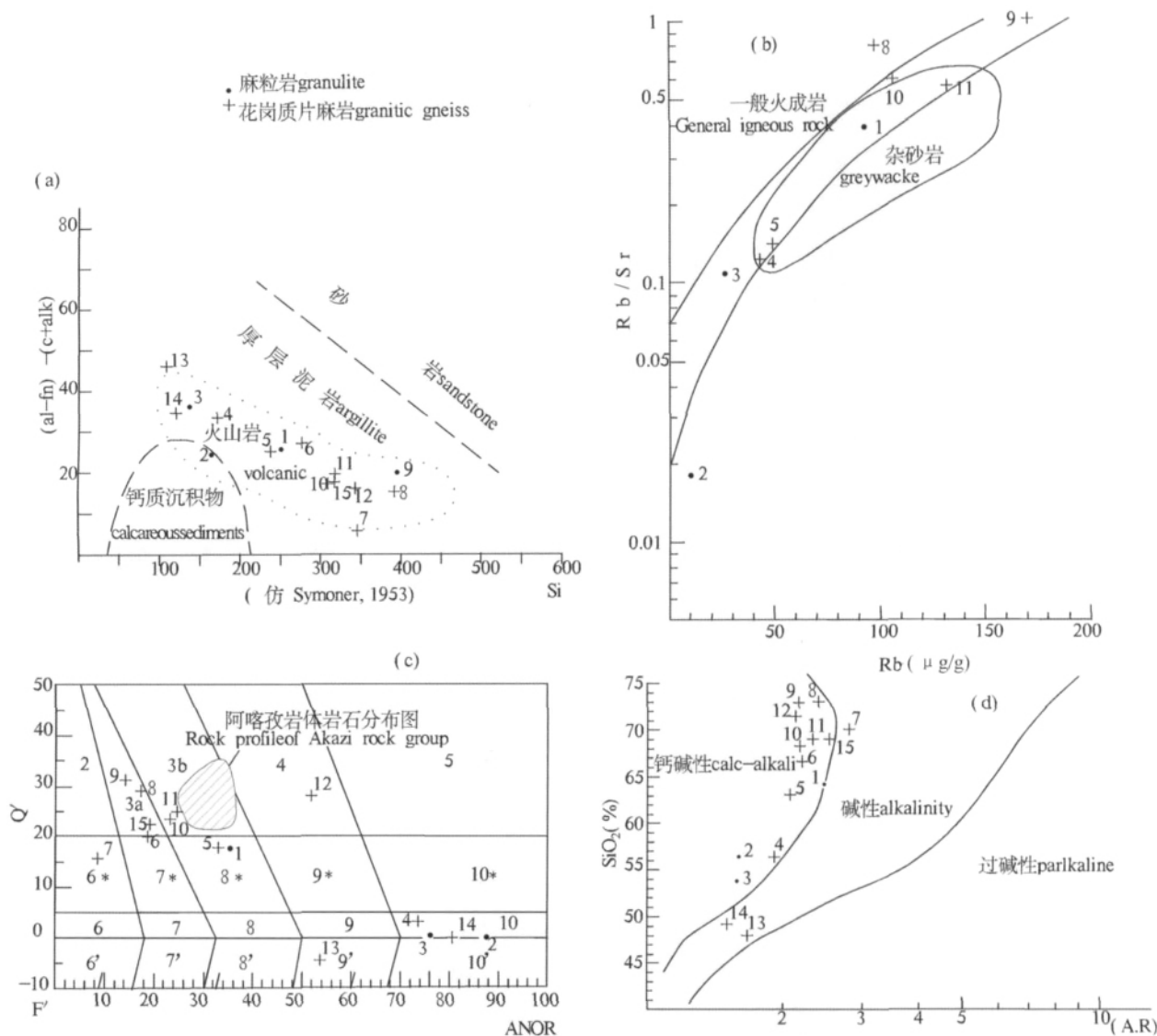


图 4 中太古界赫罗斯坦杂岩岩石化学特征

Fig. 4 Petrochemical characteristics of the Mesoarchean rocks in the Heluositan Complexes

(a) 赫罗斯坦杂岩变质岩 Si—(al-fn)—(c+alk) 图解; (b) 区分火成岩与杂砂岩的 Rb—Rb/Sr 图解; (c) 赫罗斯坦杂岩岩石 Q'—ANOR 图解 (据 Streckeisen & Le Maitre, 1979); (d) 赫罗斯坦杂岩岩石碱度率分类图 (仿 Wright, 1969)

图(a)、(c)、(d)中的样品序号同表1; 图(b)中的样品序号同表2

图(c)中各区岩石名称如下: 2—碱长花岗岩; 3a—钾长花岗岩; 3b—二长花岗岩; 4—花岗闪长岩; 5—英云闪长岩; 6\*—石英碱长正长岩, 6+6'—碱长正长岩; 7\*—石英正长岩, 7+7'—正长岩; 8\*—石英二长岩, 8+8'—二长岩; 9\*—石英二长闪长岩、石英二长辉长岩, 9+9'—二长闪长岩、二长辉长岩; 10\*—石英闪长岩、石英辉长岩、石英斜长岩, 10+10'—闪长岩、辉长岩、斜长岩

(a) Si—(al-fn)—(c+alk) diagram of the metamorphic rocks in the Heluositan Complexes; (b) Rb—Rb/Sr diagram to distinguish igneous rocks and greywacke; (c) Q'—ANOR diagram of the rocks in the Heluositan Complexes (after Streckeisen & Le Maitre, 1979); (d) diagram of the different rocks alkalinity ratio of the Heluositan Complexes (after Wright, 1969)

The sample series no. s in fig. s (a), (c), (d) are the same to table 1; the sample series no. s in fig. (b) are the same to table 2

In fig. (c), the rock names of each area are as follows: 2—alkali-feldspar granite; 3a—moyite; 3b—monzogranite; 4—granodiorite; 5—tonalite; 6\*—quartz alkali feldspar syenite; 6+6'—alkali feldspar syenite; 7\*—quartz syenite; 7+7'—syenite; 8\*—adamellite; 8+8'—monzonite; 9\*—quartz monzodiorite, quartz monzogabbro; 9+9'—monzodiorite, monzogabbro; 10\*—quartz diorite, quartz gabbro, quartz-anorthosite; 10+10'—diorite, gabbro, anorthosite



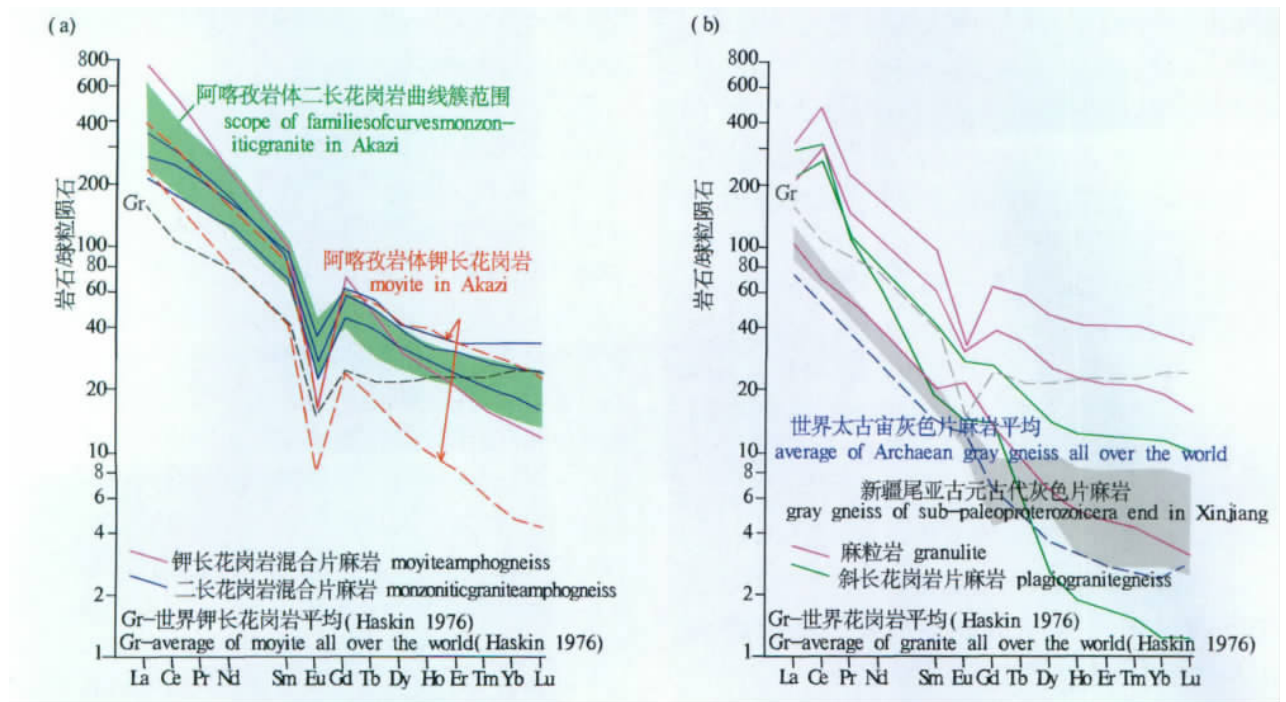


图 5 赫罗斯坦杂岩岩石稀土元素球粒陨石标准化配分型式图( 球粒陨石数据据 Boynton ,1984 )

Fig. 5 Chondrite-normalized REE patterns of the rocks in the Heluositan Complexes ( chondrite data from Boynton , 1984)

致,说明麻粒岩原岩为基性深成岩。

赫罗斯坦杂岩的花岗片麻岩,在此二图上,落在正长辉长岩—石英正长岩—二长花岗岩—钾长花岗岩区,仅序号 12 样品在两个图上都落在花岗闪长岩区。

(4) 在 Wright( 1969) 碱度率图解上,赫罗斯坦杂岩岩石(麻粒岩、花岗片麻岩)大都落在钙碱性区(图 4d)。

(5) 赫罗斯坦杂岩稀土元素特征:赫罗斯坦变质核杂岩的稀土元素含量见表 2,其稀土总量高达

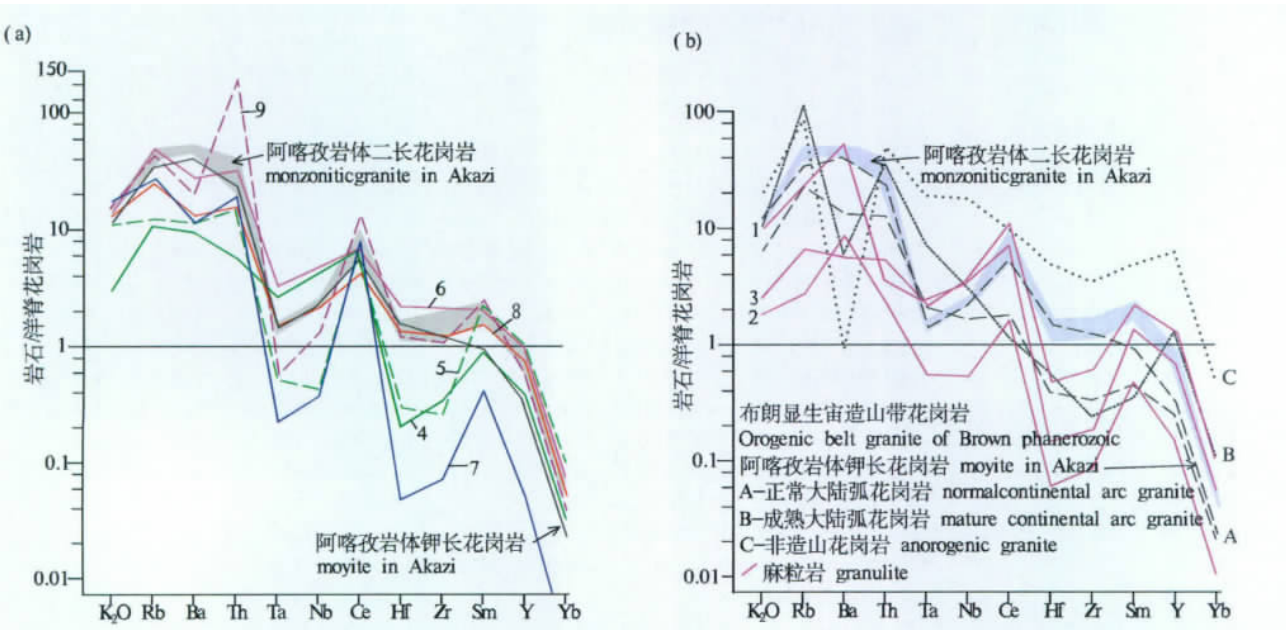


图 6 赫罗斯坦杂岩片麻岩 (a) 和麻粒岩 (b) 微量元素洋脊花岗岩配分型式图( 洋脊花岗岩据 Pearce ,1984)

Fig. 6 Mid-ocean ridge granite-normalized trace element patterns of the gneiss( a) and granulite( b) in the Heluositan Complexes( Mid-ocean ridge granite data from Pearce , 1984)

$350 \times 10^{-6} \sim 700 \times 10^{-6}$ , 一般具显著的铕负异常。在图 5a 上, 同时绘出阿喀孜岩体的稀土元素分布范围, 可看出赫罗斯坦杂岩因受其混合岩化影响, 稀土元素特征接近阿喀孜岩体。图 5b 为与阿喀孜岩体稀土特征有明显差异的样品, 包括麻粒岩和黑云母斜长花岗片麻岩, 它们大体可代表受混合岩化影响较轻的原 TTG 组合岩石的稀土特征。它们与世界太古宙灰色片麻岩和新疆尾亚含麻粒岩的古元古代灰色片麻岩比较, 虽然总体保持陡的倾斜度, 但稀土总量大大提高了, 部分也出现明显铕负异常, 说明受阿喀孜岩体混合岩化影响作用强。同时出现有 Ce 正异常, 也是本区麻粒岩独特特征。

(6) 赫罗斯坦杂岩微量元素特征: 赫罗斯坦杂岩群微量元素含量见表 2。微量元素洋脊花岗岩标准化配分型式图见图 6a、6b。由图可见, 总体显示 Nb、Ta、Zr、Hf 较大亏损, 而 Ba 富集。

## 4 构造环境分析

### 4.1 岩石结构构造的判别

赫罗斯坦杂岩麻粒岩具粒状镶嵌结构, 含具结晶形态的锆石、磷灰石等副矿物, 说明原岩为火成岩。花岗片麻岩具花岗变晶结构, 同样含具岩浆结

晶形态的副矿物(磁铁矿、磷灰石、锆石、榍石等), 说明原岩为火成岩。

从混合岩化较轻的岩石中已鉴别出斜长花岗质、英云闪长质、花岗闪长质、石英闪长质等片麻岩看, 原岩为 TTG 组合。显微镜下, 混合岩化花岗片麻岩基质条带的成分基本为更一中长石、石英、暗色矿物组合, 没有或很少出现钾长石, 按其组合比例, 也呈现出上述 TTG 组合成分特征。因此, 可以确认赫罗斯坦杂岩原岩为 TTG 组合深成岩。

世界前寒武纪灰色片麻岩基本可分两类(李荣社等 2008; 杨振升等 2008): 一是年龄大于 2.5 Ga 的太古宙灰色片麻岩, 为地球早期岩浆作用产物, 是最早的原始“陆壳”, 其岩石组合为典型的英云闪长岩—斜长花岗岩—花岗闪长岩。二是元古宙灰色片麻岩, 为新太古代绿岩建造之后的、古元古代陆壳增生时期产物, 一般认为是陆壳增生时由先前的太古宙灰色片麻岩重熔而来。本区赫罗斯坦杂岩属于太古宙灰色片麻岩, 为西昆仑地区最古老的原始“陆壳”, 其形成环境通常认为是类裂谷环境。

## 5 赫罗斯坦杂岩时代

### 5.1 原岩时代

赫罗斯坦杂岩岩石组合及地球化学特征都具典

表 3 赫罗斯坦杂岩群紫苏辉石麻粒岩(1011AK-PVI-ZS2) 锆石 LA-ICP-MS U-Pb 年龄测试结果表  
Table 3 LA-ICP-MS U-Pb dating data of the zircon from hypersthene granulite(1011AK-PVI-ZS2)  
in the Heluositan Complexes

测点号	元素含量( $\times 10^{-6}$ )			同位素比值						视年龄( Ma )					
	Pb	Th	U	$\frac{n(^{207}\text{Pb})}{n(^{206}\text{Pb})}$		$\frac{n(^{207}\text{Pb})}{n(^{235}\text{U})}$		$\frac{n(^{206}\text{Pb})}{n(^{238}\text{U})}$		$\frac{n(^{207}\text{Pb})}{n(^{206}\text{Pb})}$		$\frac{n(^{207}\text{Pb})}{n(^{235}\text{U})}$		$\frac{n(^{206}\text{Pb})}{n(^{238}\text{U})}$	
				测值	1 $\sigma$	测值	1 $\sigma$	测值	1 $\sigma$	测值	1 $\sigma$	测值	1 $\sigma$	测值	1 $\sigma$
1	58.82	38.26	55.95	0.239760	0.000654	19.740149	0.218213	0.596689	0.005913	3118	5	3079	11	3016	24
2	74.05	37.88	78.65	0.239177	0.000584	19.676036	0.160549	0.596661	0.004710	3115	4	3076	8	3016	19
3	60.94	33.86	61.09	0.236107	0.000711	19.472144	0.149138	0.598359	0.004682	3094	-1	3066	7	3023	19
4	53.06	23.12	57.54	0.246838	0.000550	19.902853	0.140388	0.584775	0.003942	3165	4	3087	7	2968	16
7	119.52	73.20	117.99	0.241126	0.000567	19.573235	0.121113	0.588672	0.003371	3127	4	3071	6	2984	14
9	123.12	66.83	129.64	0.242937	0.000564	19.665617	0.112432	0.587158	0.003393	3139	4	3075	6	2978	14
11	127.26	64.99	135.21	0.247665	0.000499	19.728567	0.140420	0.577498	0.003797	3170	2	3078	7	2939	16
12	93.41	45.63	101.27	0.248833	0.000520	19.747416	0.132023	0.575451	0.003611	3177	3	3079	6	2930	15
13	125.41	72.12	124.42	0.248791	0.000466	19.908959	0.121384	0.580178	0.003208	3177	2	3087	6	2949	13
15	69.45	28.00	82.07	0.240086	0.001145	19.358956	0.150601	0.584849	0.004276	3121	8	3060	8	2969	17
16	50.51	35.07	45.69	0.245713	0.000621	19.685828	0.134793	0.581113	0.003770	3157	4	3076	7	2953	15
17	120.13	86.68	108.06	0.246307	0.000488	19.755028	0.095017	0.581774	0.002713	3161	3	3079	5	2956	11
18	33.20	18.37	35.28	0.239330	0.000600	19.600382	0.163593	0.593863	0.004624	3116	-1	3072	8	3005	19
20	119.37	68.82	123.61	0.240162	0.000677	19.821082	0.123895	0.598646	0.003642	3121	5	3083	6	3024	15
21	68.36	42.02	68.44	0.239310	0.000641	19.756771	0.194746	0.598486	0.005247	3117	-1	3080	10	3024	21
22	32.03	19.07	34.33	0.238931	0.000682	19.794248	0.166940	0.600919	0.004785	3113	5	3081	8	3034	19
23	132.29	72.62	136.38	0.243367	0.000525	19.827000	0.162756	0.590620	0.004427	3142	3	3083	8	2992	18

型 TTG 岩石特征。本次工作首次在该杂岩中发现紫苏辉石麻粒岩。在紫苏辉石麻粒岩中采集一件样品(样品号 1011AK-PVI-ZS2),用 LA-ICP-MS 方法测定锆石 U-Pb 年龄,锆石阴极发光图(见图 7)显示有核心,具显著震荡环带,代表岩浆成因,同时可见重熔的壳,代表混合岩化。锆石原位 U-Pb 定年在中国地质科学院矿产资源研究所 LA-ICP-MS 实验室完成,所用仪器为 Finnigan Neptune 型 MC-ICP-MS 及与之配套的 NewwaveUP 213 激光剥蚀系统。激光剥蚀斑束直径为  $25\mu\text{m}$ ,频率为 10Hz,能量密度约为  $2.5\text{ J/cm}^2$ ,以高纯 He 为载气。 $^{208}\text{Pb}$ 、 $^{232}\text{Th}$  和  $^{238}\text{U}$  信号用法拉第杯接收,信号较小的  $^{207}\text{Pb}$ 、 $^{206}\text{Pb}$ 、 $^{204}\text{Pb}$  ( $+^{204}\text{Hg}$ ) 和  $^{202}\text{Hg}$  用离子计数器(multi-ion-counters)接收。 $n(^{207}\text{Pb})/n(^{206}\text{Pb})$ 、 $n(^{206}\text{Pb})/n(^{238}\text{U})$  和  $n(^{207}\text{Pb})/n(^{235}\text{U})$  的测试精度( $2\sigma$ ) 约为 2%,对标准锆石的精度和准确度约 1% ( $2\sigma$ )。锆石 U-Pb 定年以锆石 GJ-1 为外标, U 和 Th 含量以锆石 M127( U:  $923 \times 10^{-6}$ 、Th:  $439 \times 10^{-6}$ 、Th/U: 0.475, Nasdala et al. 2008) 为外标进行校正。数据处理采用 ICPMSDataCal 4.3 程序,锆石年龄计算采用 Isoplot 3.0 程序完成,采用  $n(^{207}\text{Pb})/n(^{206}\text{Pb})$  值计算年龄。

测试成果见表 3、锆石 U-Pb 年龄谱和曲线见图 8。取得 U-Pb 锆石年龄值  $3137.3 \pm 4.1\text{Ma}$ ,测点集中在上交点附近,作为赫罗斯坦杂岩原岩 TTG 生成年龄可信。反映其时代为中太古代。邓晋福(2004)认为,中太古代是小尺度区域初始陆核形成的主要时期,由此说明,塔里木南缘存在中太古代古陆核。

## 5.2 变质时代

本次工作获得阿喀孜岩体锆石 LA-ICP-MS 年龄  $2335 \pm 2.8\text{Ma}$ <sup>①</sup>,张传林等(2004)有 SHRIMP 锆石 U-Pb 等时线上交点  $2426 \pm 46\text{Ma}$ ,上述两个数据相近,代表阿喀孜岩体生成年龄,同时也就是赫罗斯坦杂岩的混合岩化的年龄(早古元古代)。

至于麻粒岩相—角闪岩相变质作用的时代,鉴于混合岩化的脉体也发生褶皱,同时也都与赫罗斯坦杂岩原岩一起经受了麻粒岩相—高角闪岩相—低角闪岩相变质,变质作用显然发生在阿喀孜岩体侵入—混合岩化之后。所以,混合岩化的年龄是赫罗斯坦杂岩变质年龄时代的下限。

赫罗斯坦杂岩中广泛发育辉绿岩岩墙群,在调查区仅见于赫罗斯坦杂岩中,在长城系、蓟县系、青白口系等中均没有出现。可见这些辉绿岩岩墙群是太古宙古陆核形成末期隆升时的产物,时代在 2161

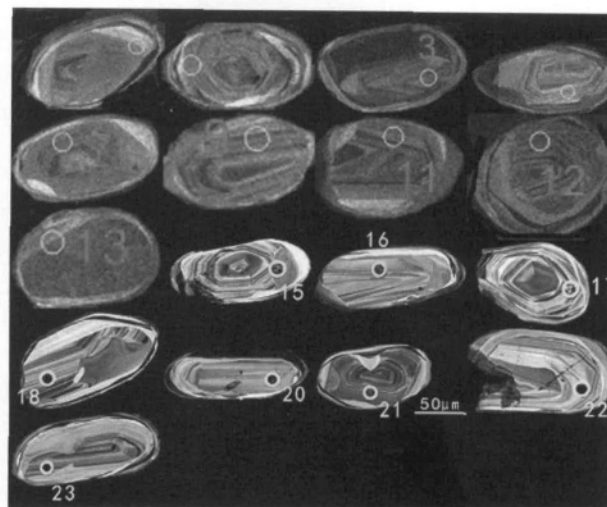


图7 赫罗斯坦岩群紫苏辉石麻粒岩(1011AK-PVI-ZS2) 锆石阴极发光图

Fig. 7 Cathodoluminescence images of the zircon from hypersthene granulite(1011AK-PVI-ZS2) in the Heluositan Complexes

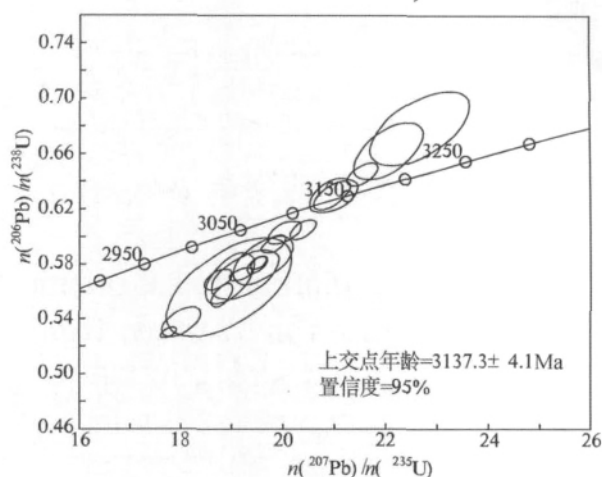


图8 赫罗斯坦岩群紫苏辉石麻粒岩(1011AK-PVI-ZS2) 锆石 LA-ICP-MS U-Pb 年龄谱和图

Fig. 8 Concordia diagrams of the LA-ICP-MS U-Pb dating of the zircon from hypersthene granulite(1011AK-PVI-ZS2) in the Heluositan Complexes

$\pm 6.2\text{Ma}$ <sup>①</sup>。而这些辉绿岩变质程度仅达高绿片岩相,没有卷入赫罗斯坦杂岩的麻粒岩相—角闪岩相变质作用。因此,赫罗斯坦杂岩的麻粒岩相—角闪岩相变质作用是在辉绿岩岩墙群侵入之前完成的。

## 6 结论

(1) 赫罗斯坦杂岩为一套无序变质核杂岩,岩性为混合岩化花岗质片麻岩、紫苏辉石麻粒岩等。

岩石组合及地球化学特征都具 TTG 岩石特征。

(2) 采用 LA-ICP-MS 方法测定锆石 U-Pb 年龄值  $3137.3 \pm 4.1 \text{ Ma}$ , 反映其时代为中太古代, 代表赫罗斯坦杂岩原岩生成年龄。由此说明, 塔里木南缘存在中太古代古陆核。

致谢: 新疆地勘局总工程师董连慧教授对论文的撰写给予了指导; 中国地质大学(北京)研究生张东阳、韩冬等协助参加了部分样品测试工作; 万渝生研究员和章雨旭研究员审阅文稿并提出宝贵修改意见; 在此表示诚挚的谢意!

### 注 释 / Notes

- ① 新疆地质调查院. 2007 ~ 2009. 新疆若羌县阿尔金山沟口泉一带 1 : 5 万区域地质调查报告.
- ② 新疆地矿局第一区调地质大队. 1993 ~ 1995. 新疆库鲁克塔格赛马山一带 1 : 5 万区域地质矿产调查报告.
- ③ 新疆地矿局第十一地质大队. 2011. 新疆叶城县阿卡孜地区 1 : 5 万区域地质矿产调查报告.
- ④ 新疆地矿局第一地质调查大队. 1986. 新疆维吾尔自治区 1 : 200 万大地构造图及说明书.
- ⑤ 新疆地质矿局第二地质大队综合研究组. 1985. 新疆南疆西部 1 : 50 万地质图、矿产图说明书.
- ⑥ 河南省地质调查院. 2004a. 1 : 25 万塔什库干塔吉克自治县幅 (J43C003003)、克克吐鲁克幅 (J43C003002) 区域地质调查报告.
- ⑦ 河南省地质调查院. 2004b. 1 : 25 万叶城县幅 (J43C003004) 区域地质调查报告.
- ⑧ 郑玉壮, 等. 2011. 新疆叶城县阿卡孜地区 1 : 5 万区域地质矿产

调查.

- ⑨ 郑玉壮, 等. 2011. 新疆叶城县阿卡孜地区 1 : 5 万区域地质矿产调查.

### 参 考 文 献 / References

- 车自成, 孙勇. 1996. 阿尔金麻粒岩相杂岩的时代及塔里木盆地的基底. 中国区域地质, (1): 51 ~ 57.
- 崔军文, 唐哲民, 邓晋福, 岳永君, 孟令顺, 余钦范, 等. 1999. 阿尔金断裂系. 北京: 地质出版社, 11 ~ 16.
- 邓晋福, 罗照华, 苏尚国, 等. 2004. 岩石成因、构造环境与成矿作用. 北京: 地质出版社, 130 ~ 150.
- 胡霏琴, 张国新, 陈义兵, 等. 2006. 中国新疆地壳演化主要地质事件年代学和地球化学. 北京: 地质出版社, 23 ~ 25.
- 陆松年, 袁贵邦. 2003. 阿尔金山阿克塔什塔格早前寒武纪岩浆活动的年代学证据. 地质学报, 77(1): 61 ~ 68.
- 李荣社, 计文化, 杨永成, 等. 2008. 昆仑山及邻区地质. 北京: 地质出版社, 15 ~ 34.
- 新疆维吾尔自治区地质矿产局. 1999. 新疆维吾尔自治区岩石地层. 武汉: 中国地质大学出版社, 143 ~ 152.
- 新疆维吾尔自治区地质矿产局. 1993. 新疆维吾尔自治区区域地质志. 北京: 地质出版社, 11 ~ 16.
- 杨振升, 徐仲元, 刘正宏, 黄道玲. 2008. 高级变质区地质调查与综合研究方法. 北京: 地质出版社, 136 ~ 144.
- 张传林, 王中刚, 沈加林, 毕华, 郭坤一, 王爱国. 2003. 西昆仑山阿卡孜岩体锆石 SHRIMP 定年及其地球化学特征. 岩石学报, 19(03): 523 ~ 529.
- 张传林, 于海锋, 沈家林, 董永观, 叶海敏, 郭坤一. 2004. 西昆仑库地伟晶辉长岩和玄武岩锆石 SHRIMP 年龄: 库地蛇绿岩的解体. 地质评论, 50(6): 639 ~ 643.

## Determination and Geological Significance of the Mesoarchean Craton in Western Kunlun Mountains, Xinjiang, China

GUO Xincheng<sup>1)</sup>, ZHENG Yuzhuang<sup>1)</sup>, GAO Jun<sup>1)</sup>, ZHU Zhixin<sup>2)</sup>

1) Geological Party, BGMRED of Xinjiang, Changji, Xinjiang, 831100;

2) Xinjiang Institute of Geological Survey, Urumqi, 830000

**Abstract:** The Heluositan Rock Group (Complexes) is a kind of disordered metamorphic core complex, composed of migmatic granitic gneiss, hypersthene granulite, etc. Both of the rock association and geochemical characteristics have TTG rock features. By means of LA-ICP-MS U-Pb dating of the zircon from hypersthene granulite (1011AK-PVI-ZS2) in the Heluositan Complexes, an age of  $3137.3 \pm 4.1 \text{ Ma}$  is determined, which should be the original rock age of the Heluositan Rock Group (Complexes), i. e. the Heluositan Rock Group (Complexes) is Mesoarchean. It proves that there is an Archean continental nucleus in Southern Tarim, which is one of the earliest rock series found in Xinjiang.

**Key words:** Mesoarchean; Heluositan Rock Group (Complexes); LA-ICP-MS zircon U-Pb dating; western Kunlun; Xinjiang