塔里木克拉通前寒武纪基底构造格架*

郭召杰 张志诚 贾承造 魏国齐
(北京大学地质学系, 北京 100871) (塔里木石油勘探开发指挥部, 库尔勒 841000)

摘要 沿阿尔金山北缘及南缘发育着 2 条蛇绿岩带, 阿尔金山北缘蛇绿岩的形成年龄为 829±60 Ma, 而阿尔金南缘蛇绿岩的形成年龄为 1 449±270 Ma. 这表明塔里木克拉通的基底是在不同时期由不同块体拼合而成的. 塔里木克拉通基底演化过程是: 长城纪晚期, 柴达木地块与南塔里木地块已经沿现阿尔金断层位置拼合在一起, 而这时南塔里木-柴达木地块与北塔里木还是分离的(洋盆分割); 青白口纪后, 南塔里木-柴达木地块才与北塔里木地块沿现塔里木中央磁异常带—红柳沟—拉配泉一线拼合, 方形成统一的塔里木克拉通基底.

关键词 塔里木 阿尔金山 克拉通基底 蛇绿岩带 地块拼合

塔里木盆地是我国最大的沉积盆地, 也是世界上仅有的少数几个尚未探明的大型含油气盆地. 最近的研究表明, 塔里木盆地具有前寒武纪克拉通基底, 并有复杂的构造演化历史[1]. 盆地克拉通基底性质及构造演化特征, 对认识盆地油气聚集分布规律具有重要意义. 塔里木盆地周缘出露有代表克拉通基底的断块, 本文主要通过对阿尔金山地区基底研究, 以期促进对塔里木盆地克拉通基底构造格架与演化的认识.

1 阿尔金山蛇绿岩带的地质特征

阿尔金山是塔里木盆地基底出露的主要地区之一, 前人对阿尔金山大地构造格局的认识一直是有争议, 有的认为是早古生代造山带, 有的认为是晚古生代造山带[2~5], 最近不少中外学者根据阿尔金山地区新发现的高压变质岩石、蛇绿岩和年代学等资料, 对阿尔金山的构造格局提出了不同的新认识[6~8].

沿阿尔金山北缘自西向东从新疆的红柳沟、拉配泉, 到甘肃的阿克塞、肃北一线, 发育着一条蛇绿岩带(图 1). 在红柳沟—拉配泉一带, 蛇绿岩带出露于阿尔金麻粒岩带的南侧, 主要由枕状玄武岩、细碧岩、硅质岩以及大量超镁铁-镁铁质岩块组成. 岩带内的玄武岩及其沉积岩层, 新疆地质志将其划为蓟县系[9]. 从拉配泉向东甘肃境内, 蛇绿岩带基本连续出露. 在肃北附近的拉排沟剖面硅质岩中曾发现微体化石, 1/20 万肃北幅区域地质调查报告将上述组合岩系划入震旦系, 称为多若诺尔群[10].

对出露于阿克塞以东半锅巴沟地区的蛇绿岩进行了地球化学分析. 从表 1 可看出, 玄武岩的常量元素平均值如下(3 个样品): SiO_2, 49.57%; TiO_2, 2.37%; Al_2O_3, 13.76%; Fe_2O_3, 4.88%; FeO, 7.21%; MnO, 0.18%; MgO, 4.82%; CaO, 7.41%; Na_2O, 3.40%; K_2O, 1.15%. 辉长岩的常量

2000-06-02 收稿
* 国家“九五”重点科技攻关项目“96-111-01-01”专题和国家自然科学基金(批准号: 49972080, 49832040, 49802023)资助项目

表 1　阿尔金蛇绿岩带辉长岩和玄武岩岩石化学成分表 [a)]

序号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
样号	BG-6	BG-7	BG-8	BG-9	BG-10	BG-11	BG-12	BG-13	BG-14	BG-18	BG-19	BG-20	BG-21	BG-22	MN20-2	MN-21	QS-3	QS-4	QS-6	QS-7
SiO_2	49.21	45.89	51.82	48.28	47.74	57.18	48.04	49.16	49.43	48.59	49.21	49.15	52.85	48.39	51.13	53.92	46.23	50.02	44.47	46.9
TiO_2	2.71	2.75	2.84	2.8	2.96	1.64	1.34	0.78	0.39	0.67	0.56	0.31	0.42	1.93	0.53	0.88	0.05	0.23	0.83	0.06
Al_2O_3	14.38	14.92	13.61	13.21	14.17	12.44	13.84	14.15	16.44	16.85	14.35	16.37	17.81	13.47	17.16	12.88	2.54	15.71	14.33	5.71
Fe_2O_3	4.04	4.59	6.25	4.95	5.86	5.49	3.03	1.89	0.96	1.68	1.98	0.6	0.83	4.79	6.84	7.14	4.6	4.58	6.06	6.73
FeO	8.96	9.23	6.7	7.06	8.08	4.37	7.94	5.3	4.11	5.25	6.59	4.65	3.54	5.37	2.78	3.78	4.23	3.05	3.6	2.8
MnO	0.18	0.21	0.18	0.19	0.19	0.17	0.18	0.14	0.12	0.14	0.16	0.12	0.1	0.15	0.16	0.16	0.15	0.15	0.19	0.11
MgO	4.42	4.85	4.27	4.61	4.28	3.8	7.12	7.58	7.46	7.33	9.09	8.08	5.11	4.7	7.44	6.88	36.35	11.53	8.21	25.5
CaO	6.98	7.82	5.25	7.75	7.68	5.1	8.93	14.41	14.96	11.2	10.8	13.22	10.5	9.75	8.78	7.82	0.45	9.53	8.38	6.76
Na_2O	4.55	2.98	4.42	3.49	3.23	3.63	3.86	2.35	1.78	3.13	2.28	2.26	5.4	3.04	2.76	2.87	0.25	2.08	2.67	0.47
K_2O	1.14	0.85	1.67	1.24	1.28	1.74	0.34	0.15	0.08	0.21	0.02	0.01	0.17	0.97	0.29	0.51	0.07	0.24	0.08	0.12
P_2O_5	0.4	0.4	0.48	0.47	0.47	0.22	0.17	0.36	0.03	0.06	0.1	0.02	0.04	0.29	0.23	0.52	0.18	0.22	0.21	0.19
H_2O	2.76	4.28	2.46	3.44	3	2.34	3.86	3	3.98	3.86	4.46	4.6	2.6	3.38	1.86	1.77	4.81	2.6	10.96	4.61
CO_2	0.87	1.27	0.57	2.77	0.83	1.84	0.88	1.36	0.44	1.66	0.48	0.87	0.83	3.39						
Σ	100.6	100.04	100.52	100.26	99.77	99.96	99.53	100.63	100.18	100.63	100.08	100.26	100.2	99.62	99.96	99.13	99.91	100.01	99.99	99.96

a) **表中数据由地质矿产部国家地质实验测试中心测试**. 1~14 **为阿尔金山北缘半果巴地区样品**, 1~7 **为玄武岩**, 7~14 **为辉长岩**, 15~20 **为阿尔金山南缘样品，均为蚀变辉长岩**

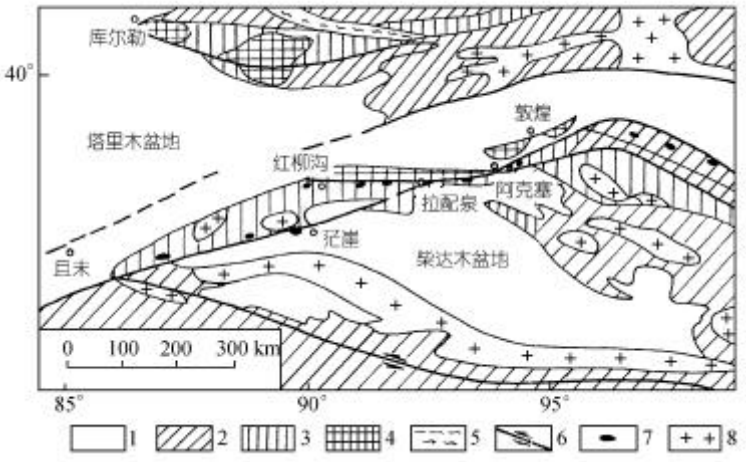


图 1 阿尔金地区构造格架与蛇绿岩分布简图

1. **中新生界**; 2. **古生界**; 3. **元古界**; 4. **太古界**; 5. **走滑断层**; 6. **韧性剪切带**; 7. **蛇绿岩**; 8. **花岗岩**

元素平均值如下(6 **个样品**): SiO_2, 49.73%; TiO_2, 0.52%; Al_2O_3, 16.0%; Fe_2O_3, 1.32%; FeO, 4.91%; MnO, 0.13%; MgO, 7.44%; CaO, 12.52%; Na_2O, 2.87%; K_2O, 0.11%. **玄武岩的稀土元素总量平均值**(3 **个样品**)**为** 131.47×10^{-6}, **其平均** La/Yb = 10.27(**表** 2), **可见以弱的轻稀土富集为特征**(**图** 2); **辉长岩的稀土元素总量平均值**(6 **个样品**)**为** 25.97×10^{-6}, **其平均** La/Yb = 3.61(**图** 3).

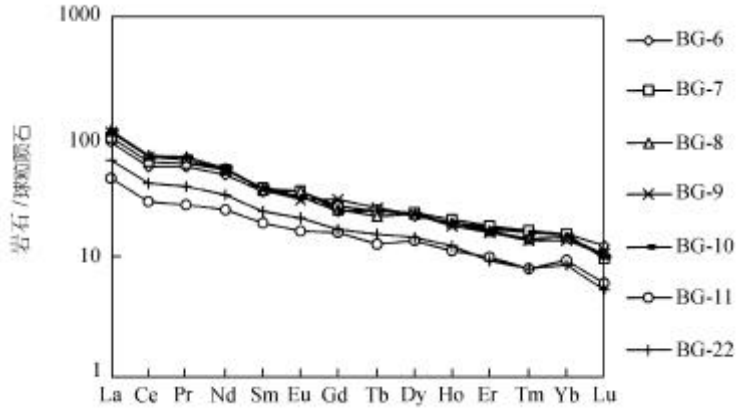


图 2 阿尔金山北缘蛇绿岩带中玄武岩的稀土配分曲线

沿阿尔金主干断层茫崖石棉矿—吐拉之间还发育着另一条蛇绿岩带, 蛇绿岩各单元发育不全, 且变形和蚀变较强. 在且末至吐拉间的木纳布拉克达坂, 发育有新疆境内最大的超基性岩块[9,12], **岩石类型主要为蛇纹石化超镁铁岩, 绿帘角闪岩相变辉长岩等镁铁质岩**(**岩石名称以绿帘角闪岩相斜长角闪岩、钠长角闪岩等为主**). **在吐拉至茫崖中间的清水泉附近, 也有蛇纹石化超基性岩和蚀变辉长岩, 其中辉长岩的结构仍然可辨, 但辉石多变为角闪石. 该带蛇绿岩碎块主要分布于元古界变质岩系中, 经历了长期复杂的变质变形历史. 岩石化学分析结果见表** 1. **从图** 4 **可以看出, 后期蚀变对稀土元素有一定的影响, 如** Mn-21 **样品因蚀变过程中生成富集轻稀土的褐帘石而使轻稀土特别富集.**

表 2　阿尔金山蛇绿岩带辉长岩和玄武岩的稀土元素丰度值($\times10^{-6}$)[a)]

	BG-6	BG-7	BG-8	BG-9	BG-10	BG-11	BG-12	BG-13	BG-14	BG-18	BG-19	BG-20	BG-21	BG-22	MN20-2	MN21	QS-3	QS-4	QS-6	QS-7
La	27.74	30.55	35.24	33.43	35.24	14.09	7.04	12.84	1.49	2.53	3.87	0.71	2.42	19.66	2.98	211.22	2.926	1.352	0.728	0.727
Ce	51.45	56.95	63.42	61.84	62.55	26.69	15.24	22.46	1.83	5.41	7.99	2.01	3.88	37.25	8.032	417.64	8.485	3.58	2.112	1.9
Pr	6.48	7.06	7.87	7.47	7.83	3.22	1.96	2.73	0.5	0.71	1.16	0.5	0.52	4.45	1.174	47.53	1.281	0.507	0.302	0.301
Nd	27.64	30.35	31.89	30.56	32.12	14.65	9.8	11.94	2.6	4.07	5.57	1.68	2.81	19.2	4.635	166.77	6.712	2.195	0.895	1.204
Sm	6.8	7.35	7.1	6.98	7.27	3.75	3.01	2.96	0.76	1.24	1.48	0.51	0.78	4.71	1.23	27.543	2.199	0.534	0.282	0.239
Eu	2.28	2.52	2.49	2.16	2.25	1.17	1.11	0.89	0.47	0.65	0.67	0.4	0.48	1.51	0.407	5.966	0.768	0.328	0.039	0.06
Gd	7.35	8.09	7.62	9.03	7.36	4.83	3.58	4.12	1.5	2.01	1.9	1.2	1.26	5.1	1.538	22.02	3.049	1.032	0.57	0.435
Tb	1.21	1.19	1.06	1.25	1.16	0.63	0.65	0.58	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.75	0.274	2.118	0.545	0.194	0.094	0.104
Dy	6.69	7.15	6.79	6.86	6.89	4.15	4.79	3.58	1.51	2.06	2.19	1.28	1.15	4.38	1.783	8.639	3.744	1.318	0.687	0.668
Ho	1.39	1.46	1.37	1.29	1.39	0.8	1.1	0.74	0.32	0.42	0.45	0.26	0.25	0.89	0.376	1.321	0.779	0.318	0.152	0.149
Er	3.57	3.73	3.38	3.27	3.53	2.08	2.86	1.92	0.82	1.16	1.3	0.69	0.63	1.96	1.216	3.159	2.398	0.908	0.487	0.394
Tm	0.54	0.54	0.45	0.44	0.52	0.26	0.42	0.26	0.12	0.16	0.18	0.1	0.11	0.26	0.19	0.368	0.38	0.177	0.08	0.06
Yb	2.87	2.92	2.74	2.55	2.77	1.73	2.61	1.59	0.71	1.03	1.16	0.64	0.53	1.57	0.99	1.971	2.003	0.94	0.452	0.408
Lu	0.42	0.32	0.36	0.36	0.33	0.2	0.38	0.22	0.1	0.22	0.15	0.1	0.1	0.18	0.195	0.28	0.28	0.112	0.082	0.07
ΣREE	146.43	160.18	171.78	167.49	171.21	78.25	54.55	66.83	13.03	21.97	28.37	10.38	15.22	101.87	25.02	916.55	35.549	13.495	6.962	6.719
La/Yb	9.665	10.462	12.86	13.11	12.72	8.144	2.697	8.075	2.099	2.456	3.336	1.109	4.566	12.52						
Sm/Nd	0.246	0.242	0.223	0.228	0.226	0.256	0.307	0.248	0.292	0.305	0.266	0.304	0.278	0.245						

a) **表中数据由地质矿产部国家地质实验中心测试，编号及岩性同表** 1

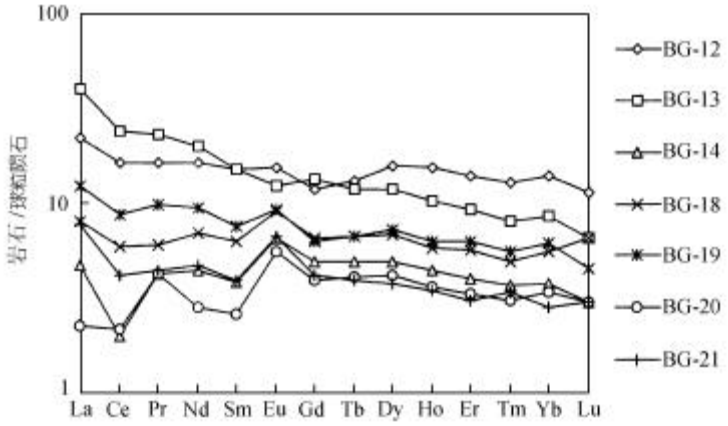


图 3 阿尔金山北缘蛇绿岩带中辉长岩的稀土配分曲线

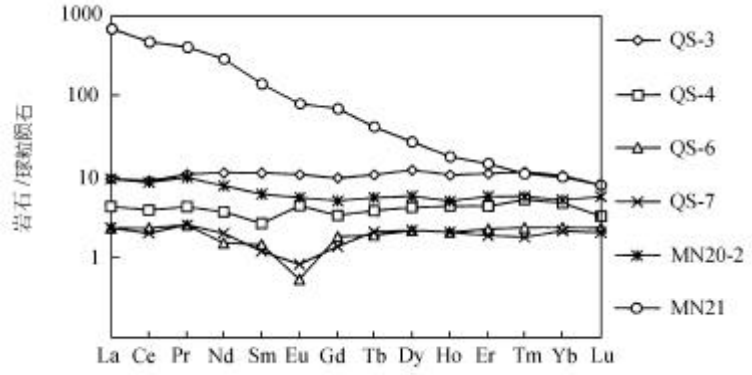


图 4 阿尔金山南缘蛇绿岩带变辉长岩稀土配分曲线

2 阿尔金地区蛇绿岩带的年代学

为了确定阿尔金地区蛇绿岩的形成年龄，我们做了 Sm–Nd 同位素测定. 对阿尔金山北缘蛇绿岩带的年代学已经做过报道[7]，根据堆晶辉长岩样品计算，其等时线年龄为 829±60 Ma($2s$), $e_{Nd}(t)$ = +6.5, MSWD = 0.93. 对沿阿尔金主干断裂带分布的蛇绿岩带我们也开展了同位素定年研究，测试对象主要是蚀变辉长岩，测试结果见表 3(为便于对比，将阿尔金山北缘测试结果一并列出). 按同样方法计算获得 1 449±270 Ma 的 Sm—Nd 等时线年龄(6 点)(图 5). 由于该蛇绿岩带变质变形较强烈，这一年龄质量没有北缘的好，MSWD = 27.9，误差相对较大. 值得指出的是，刘良等人[8]曾获得茫崖附近玄武岩的 Sm—Nd 等时线年龄为 481.3 Ma，并认为它是蛇绿岩的组成部分. 我们认为上述玄武岩与拉配泉附近的火山岩是相似的，是具

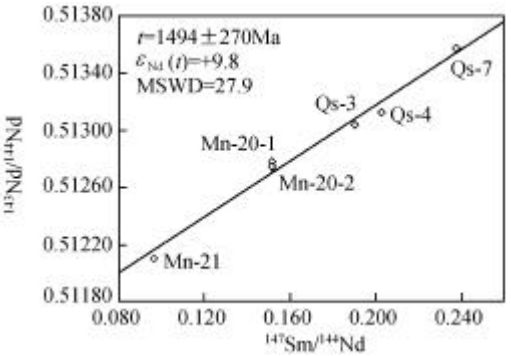


图 5 阿尔金山南缘蛇绿岩 Sm—Nd 等时线

裂谷特征的双模式火山岩的组成部分[13]. 在前人资料及野外观察均可知, 茫崖至拉配泉发育有与沉积层系互层的奥陶系玄武岩, 刘良等人[8]对玄武岩的测试结果证明了这点. An Yin 等认为, 阿尔金地区的蛇绿岩块是新生代阿尔金走滑过程中从祁连山等地区拖曳进来的碎片[4]. 事实上近年来在祁连山也发现了前寒武纪蛇绿岩的存在[14], 只是没有引起足够的重视.

表 3　阿尔金山蛇绿岩 Sm—Nd 同位素数据 a)

序号	采样地点	样品号	岩石名称	Sm(×10^{-6})	Nd(×10^{-6})	^{147}Sm/^{144}Nd	^{143}Nd/^{144}Nd	±2s
1	半果巴沟	Bg-7	玄武岩	6.253	27.067	0.139 7	0.512 578	12
2	半果巴沟	Bg-8	玄武岩	7.166	31.921	0.135 8	0.512 533	8
3	半果巴沟	Bg-10	玄武岩	6.804	30.611	0.134 4	0.512 553	7
4	半果巴沟	Bg-13	伟晶状角闪辉长岩	3.148	9.726	0.195 8	0.512 947	17
5	半果巴沟	Bg-14	辉长岩	0.965	2.566	0.227 5	0.513 144	14
6	半果巴沟	Bg-18	辉长岩	1.600	4.634	0.208 8	0.513 049	11
7	半果巴沟	Bg-19	辉长岩	1.257	3.572	0.212 9	0.513 064	10
8	半果巴沟	Bg-20	粗粒辉长岩	0.648	1.425	0.275 1	0.513 389	14
9	半果巴沟	Bg-21	伟晶辉长岩	0.620	1.509	0.248 6	0.513 256	12
10	清水泉	Qs-3	蚀变辉长岩	1.925	6.123	0.189 9	0.513 033	11
11	清水泉	Qs-4	蚀变辉长岩	0.679	2.026	0.202 8	0.513 121	9
12	清水泉	Qs-7	蚀变辉长岩	0.242	0.617	0.237 2	0.513 573	13
13	木纳达坂	Mn20-1	绿帘角闪岩相斜长角闪岩	0.829	303.8	0.151 5	0.512 781	7
14	木纳达坂	Mn20-2	绿帘钠长角闪岩	1.200	4.784	0.151 7	0.512 742	20
15	木纳达坂	Mn-21	绿帘角闪岩相斜长角闪岩	24.076	151.203	0.096 3	0.512 108	7

a) 分析者: 中国科学院地质研究所乔广生等. 分析仪器: VG354; 分析期间 La jolla 国际标样 4 次测定值分别在 0.511 855~0.511 864, 平均为 0.511 860. 样品编号同前表

3　塔里木克拉通基底拼合历史讨论

塔里木盆地南北是否有统一的基底, 统一基底形成于何时? 一直是争论的问题. 国内外有的学者认为阿尔金地区存在古生代的缝合带, 并试图与祁连山相比, 认为是新生代阿尔金走滑断层的活动使其两者错开[5,6]. 如果如文献[7,8]所标示, 红柳沟—拉配泉是一条近东西向并可能延伸至盆地内的以蛇绿岩为代表的缝合带, 那么其缝合时代就不可能在古生代或更新. 因为从盆地石油物探和大量钻井资料可知, 自寒武纪始盆地南北部就一直是一个整体, 古生界在塔里木盆地南北基本是可以连通并可对比的[1]. 通过阿尔金地区蛇绿岩的研究, 我们认为塔里木盆地前震旦纪基底是由几个不同的块体拼接而成的, 每个块体的组成和结构差别明显. 以塔里木中央航磁异常带为界可将塔里木分为南塔里木地块和北塔里木地块. 野外调研发现, 阿尔金断隆北缘红柳沟—拉配泉蛇绿岩带向西倾伏于沙漠之下, 应延伸至盆地中央, 我们认为它应与塔里木中央航磁异常带相连, 也就是说塔里木中央航磁异常带是以蛇绿岩带为代表的缝合带的反映, 它代表了南北塔里木块体拼贴缝合的位置.

南塔里木地块基底直接出露区为铁克里克和阿尔金断隆, 铁克里克断隆上发育最老层系为古元古代的喀拉喀什群, 主要由二云石英片岩和斜长片麻岩组成, 其上被 1764 Ma 的火山岩

(塞拉加兹塔格群)不整合覆盖[9]. 阿尔金断隆红柳沟—拉配泉蛇绿岩带以南, 出露最老的层系也是下元古界. 从上述分析可知, 南塔里木地块发育最老地层为下元古界, 这与北塔里木地块出露太古宇有明显的区别.

北塔里木地块基底出露以库鲁克塔格地区最好, 该地区出露有 32×10^8~28×10^8 a 的灰色片麻岩-托格杂岩[11], 其上被上太古界不整合覆盖, 元古界—震旦系发育齐全; 在阿尔金山北坡红柳沟 –拉配泉以北, 出露有太古宙麻粒岩带, 青海区测队(1987)曾获得一组锆石 U-Pb 年龄分别为: 2 727.6, 2 578.0, 2 462.5 Ma[13]. 从上述一系列资料分析可以看出, 北塔里木地块存在太古宇基底, 与南塔里木地块显然不同. 最新地震勘探和钻井资料表明, 震旦系只分布在北塔里木地块上而在南塔里木地块上是缺失的, 寒武纪时南北塔里木才有了统一的盖层 1).

南、北塔里木地块基底不仅其物质组成不同, 其结构也不同. 南塔里木、北塔里木地块基底所表现出的磁异常特征明显不同[1]: 南塔里木地块表现为北东向正负相间高值磁异常带, 并且其延伸均被不越过塔里木盆地中央高磁异常带, 这表明其代表的地质事件早于中央高磁异常带代表的地质事件, 也就是说应形成于南北塔里木地块拼贴缝合之前, 可能反映了柴达木地块与南塔里木地块拼合形成的北东向构造带方向; 而北塔里木地块表现为广阔平缓负磁异常, 可能是北塔里木地块早-中太古界之上巨厚的上太古界—元古界沉积盖层层系的反映.

根据阿尔金地区蛇绿岩年代学新资料, 我们提出阿尔金及其塔里木盆地基底古构造格局及演化如下: 长城纪晚期, 柴达木地块与南塔里木地块已经沿现阿尔金断层位置拼合在一起, 而这时南塔里木—柴达木地块与北塔里木还是分离的(洋盆分割); 青白口纪后(前震旦), 南塔里木—柴达木地块才与北塔里木地块沿现塔里木中央磁异常带—红柳沟—拉配泉一线拼合, 方使塔里木及柴达木成为同一陆块. 自震旦纪后塔里木才形成统一的克拉通, 这与塔里木石油勘探资料是一致的.

致谢 研究工作中得到北京大学钱祥麟教授、南京大学卢华复教授和美国 UCLA 的 Yin An 教授等的指导, 样品测试过程中中国科学院地质研究所乔广生研究员等给予大力支持, 韩宝福博士协助进行计算, 均致以衷心感谢.

参 考 文 献

1 贾承造, 主编. 中国塔里木盆地构造特征与油气. 北京: 石油工业出版社, 1997. 29~92
2 黄汲清, 任纪舜, 姜春发, 等. 中国大地构造及其演化. 北京: 科学出版社, 1980
3 车自成, 刘 良, 刘洪福, 等. 阿尔金山地区高压变质泥质岩石的发现及其产出环境. 科学通报, 1995, 40(14): 1298~1300
4 An Yin, Shangyou Nie. Aphanerozoic palinspastic reconstruction of China and its neighboring regions, In: An Yin, Harrison T M, eds. The Tectonic Evolution of Asia. Cambridge: Cambridge University Press, 1996. 442~485
5 Sobel E R, Arnaud N. A possible middle Paleozoic suture in the Altyn Tagh, NW China. Tectonics, 1999, 18(1): 67~74
6 许志琴, 杨经绥, 张建新, 等. 阿尔金断裂两侧构造单元的对比及其岩石圈剪切机制. 地质学报, 1999, 73(3): 193~205
7 郭召杰, 张志诚, 王建君. 阿尔金山北缘蛇绿岩带的 Sm—Nd 等时线年龄及其大地构造意义. 科学通报, 1998, 43(18): 1981~1984
8 刘 良, 车自成, 王 焰, 等. 阿尔金茫崖地区早古生代蛇绿岩的 Sm—Nd 等时线年龄证据. 科学通报, 1998, 43(8):

1) 贾承造, 等. 塔里木盆地构造特征与油气聚集, 1998. 国家 96-111-01-01 项目报告

880~883

9 新疆维吾尔自治区地质矿产局. 新疆维吾尔自治区区域地质志. 北京: 地质出版社, 1993. 555~557

10 甘肃地质矿产局. 甘肃省区域地质志. 北京: 地质出版社, 1989

11 胡霭琴, 格雷姆·罗杰斯. 新疆塔里木北缘首次发现 33 亿年的岩石. 科学通报, 1992, 37(7): 627~630

12 何国琦, 李茂松, 刘德权, 等. 中国新疆古生代地壳演化及成矿. 乌鲁木齐: 新疆人民出版社, 1994

13 青海省地质矿产局. 青海省区域地质志. 北京: 地质出版社, 1991

14 毛景文, 张招崇, 杨建民, 等. 北祁连山西段前寒武纪地层单颗粒锆石测年及其地质意义. 科学通报, 1997, 42(13): 1414~1417