1000-0569/2008/024(10)-2273-80 *Acta Petrologica Sinica* 岩石学报

塔里木麻扎尔塔格基性岩墙群的侵位特征和空间分布规律研究*

张自力[1] 秦其明[1] 田伟[2] 曹宝[1] 李百寿[1] 陈咪咪[2]

ZHANG ZiLi[1], QIN QiMing[1], TIAN Wei[2], CAO Bao[1], LI BaiShou[1] and CHEN MiMi[2]

1. 北京大学遥感与地理信息系统研究所,北京 100871
2. 北京大学地球与空间科学学院,造山带与地壳演化教育部重点实验室,北京 100871
1. *Institute of Remote Sensing and GIS, Peking University, Beijing* 100871, *China*
2. *Key Laboratory of Orogenic Belts and Crustal Evolution, MOE; School of Earth and Space Sciences, Peking University, Beijing* 100871, *China*

2008-01-30 收稿, 2008-10-30 改回.

Zhang ZL, Qin QM, Tian W, Cao B, Li BS and Chen MM. 2008. Emplacement characteristics and spatial distribution of Permian Mazhartager basic dike swarms in Bachu area, Tarim basin. *Acta Petrologica Sinica*, 24(10): 2273 – 2280

Abstract Remote sensing technique and geological survey method are used to research the emplacement characteristics and spatial distribution of Permian basic dike swarms in the Mazhartager Mountain, northwestern Tarim Basin. Field outcrop observation shows the emplacement sequence of three types of igneous rocks is syenite intrusion→basic dikes→syenitic porphyritic dikes. Lithologically, the Mazhartager intrusion is composed by three types of rock, which are Hb-syenite, syenogranite and hornblendite. Many a basic dikes are found in Mazhatarger intrusion, which are different from previous observations. Remote sensing geological interpretation map was obtained by using GIS and high-resolution satellite data. Statistical analysis of basic dikes in syenite intrusion and country rocks had been done and results show that basic dikes are radicalized in Mazhartager intrusion and trend NNW in the country rocks. These discoveries may provide important information on geotectonic setting of Permain massive basic magma eruption in Tarim basin.

Key words Basic dike swarm; Remote sensing; Geological interpretation; Mazhartager; Tarim

摘 要 综合采用遥感和地质方法,研究了塔里木西北部麻扎尔塔格基性岩墙群的侵位特征和分布规律。在野外露头发现麻扎尔塔格地区三类岩浆岩的侵位顺序为花岗岩体→基性岩脉→正长斑岩脉;麻扎尔塔格岩体包括角闪正长岩、正长花岗岩和角闪石岩三种岩性岩石;并在岩体内部发现基性岩墙,这与前人认为岩体内部没有基性岩墙分布的认识不同。利用空间分辨率为0.61m和2.5m的高分辨率遥感影像,绘制了麻扎尔塔格地区遥感地质解译图。采用GIS方法对基性岩墙在岩体内部和围岩变质沉积岩中的岩墙分布特征进行统计分析,结果表明岩体内部的基性岩墙不具有沿两组共轭方向分布的特征,而是呈无优选方位的辐射状。上述发现和认识对于了解塔里木二叠纪大规模基性岩浆喷发的大地构造背景具有重要意义。

关键词 基性岩墙群;遥感;地质解译;麻扎尔塔格;塔里木

中图法分类号 P588.13

1 引言

岩墙群是地壳中大量同时代岩墙按一定规律组成的集群,是伸展体制下深源岩浆在地壳浅部就位的产物(侯贵廷等,2001;邵济安等,2001)。地表分布数量最大的岩墙群是基性岩墙群,一般是由源自地幔的玄武质岩浆及其分异的或受地壳混染的岩浆充填张性裂隙形成,常作为大陆或大洋伸展构造的标志(Halls and Fahrig,1987;李献华等,1997)。研究大型岩墙群的几何特征有助于确定地幔柱、建立区域古应力场和了解岩墙形成前后的变形事件(邵济安等,2001)。

近年来,不断有学者提出塔里木盆地,甚至整个天山南

* 本文受科技部973项目(2007CB411307)资助.

第一作者简介:张自力,男,1980年生,博士研究生,主要从事遥感地质研究,E-mail:zzl.xj@tom.com

© 1994-2010 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

北,存在二叠纪大火成岩省和地幔柱构造,并从玄武岩分布规模、沉积纪录、岩石学和地球化学等多个方面论证其可能性(例如:姜常义等,2004;陈汉林等,2006;杨树锋等,2007; Xia *et al.*,2004)。很多研究者将麻扎尔塔格基性岩墙群作为塔里木二叠纪大规模岩浆作用的一个重要代表,对其进行了系统的岩石学、地球化学和年代学研究(姜常义等,2004;陈汉林等,2006;杨树锋等,2007)。与基性岩墙群相关的麻扎尔塔格正长花岗岩体和正长斑岩脉也引起了很多研究者的兴趣。但是对该地区岩浆作用的认识仍然有几个重要问题没有解决,包括:麻扎尔塔格基性岩墙群与正长岩体以及正长斑岩脉的侵位顺序如何?三者之间有何成因联系?基性岩墙的空间分布规律如何?这种空间分布规律反映的区域构造应力场有何特征?

上述问题对于研究塔里木盆地二叠纪大规模基性岩浆作用的成因、二叠纪基性岩与塔里木西北缘碱性岩带的关系、以及二叠纪塔里木盆地及天山造山带的大地构造演化特征具有重要意义。

本文通过野外地质露头调查,确定了基性岩墙、正长岩体和正长斑岩脉之间的侵位关系,利用高分辨率遥感影像,获得了麻扎尔塔格岩体及其周边岩墙群的空间展布信息,并结合 GIS 方法对岩墙群的分布特征进行了统计分析。

2 区域地质特征

麻扎尔塔格地区位于新疆巴楚县小海子水库东侧,大地构造分区属于塔里木盆地西北部的巴楚隆起区(图 1)。该区地势最高处为麻扎尔塔格岩体,其露头呈圆形,直径约 5km,构成麻扎尔塔格山的主峰。从主峰往北西方向、南东方向和正南方向延伸出三条山脉,这三条山脉的主体为白色—黄白色的泥盆系砂岩—粉砂岩,靠近主峰的砂岩—粉砂岩由于受到麻扎尔塔格岩体的热烘烤而发生角岩化,颜色变黑。

麻扎尔塔格岩体是塔里木北缘碱性岩带中的一个重要代表(刘楚雄等,2004)。杨树锋等(1996)认为麻扎尔塔格岩体是一个正长岩体,并采用 ^{40}Ar-^{39}Ar 主坪年龄方法测得该岩体的年龄为 278 ± 1Ma。根据我们的野外实地调查和遥感解译结果,该岩体内部至少可以划分出三种岩性:角闪正长岩、正长花岗岩和角闪石岩。在后面的论述中为方便起见,仍简称其为正长岩体。

在麻扎尔塔格山的三条支脉中,可见大量基性岩墙和正长斑岩岩墙侵入到泥盆系砂岩—粉砂岩中。前人对这些岩墙作了比较详细的岩石学、地球化学和年代学研究。姜常义

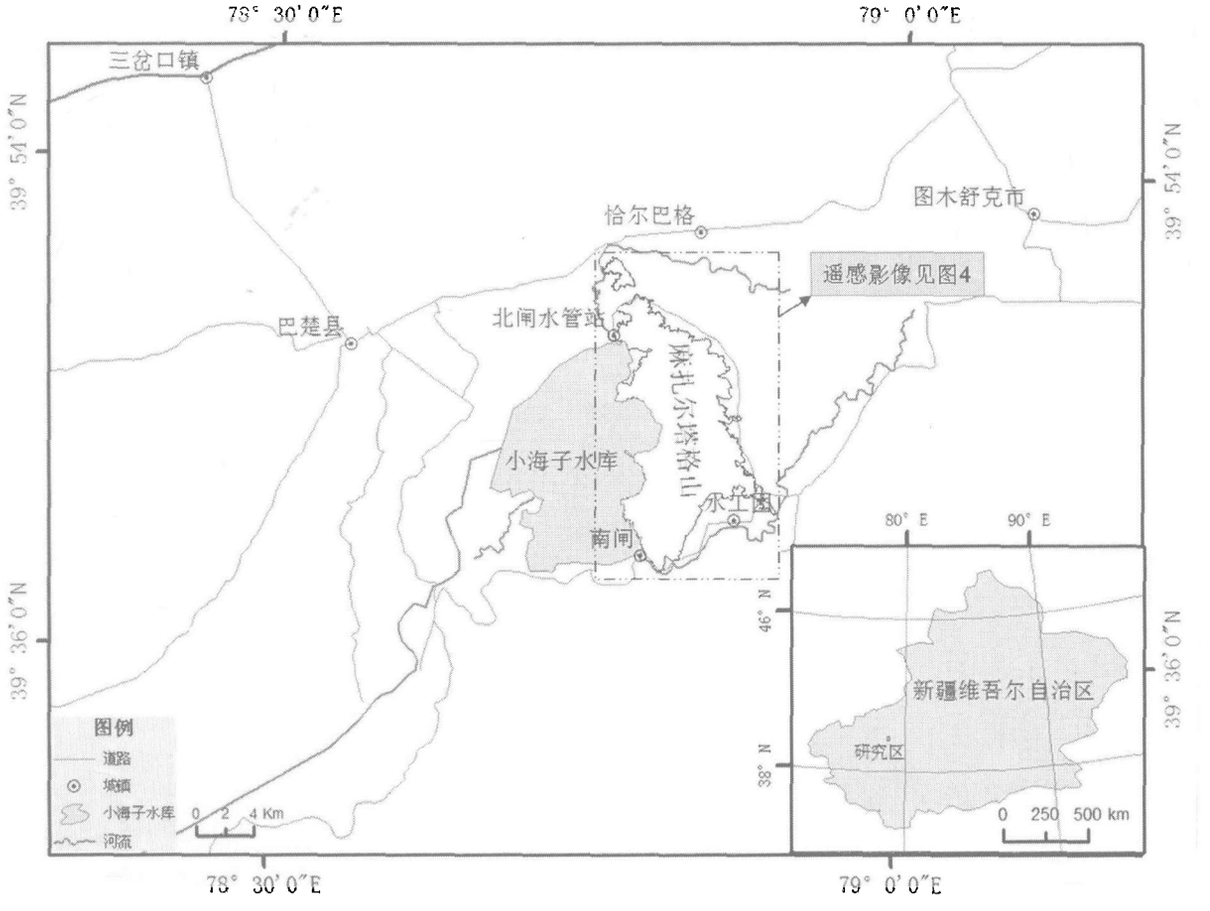

图 1 麻扎尔塔格区域位置简图

Fig. 1 Simplified geographical map of Mazhartager area

© 1994-2010 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

表 1 麻扎尔塔格及其附近地区岩浆岩测年数据

Table 1 Isotopic age data from magmatic rocks in the Mazhartager area and its nearby regions

样号	采样位置	岩性	测年方法	年龄(Ma)	资料来源	
	麻扎尔塔格岩体	—	正长岩	^{40}Ar-^{39}Ar 主坪年龄	278 ±1	杨树锋等,1996
			正长岩	锆石 SHRIMP U-Pb	277 ±4	杨树锋等,2006
			正长岩	锆石 LA-ICP-MS	279 ±5	贾秀琴等,2006
04-B30		小海子水库	正长岩		282 ±3	
04-B32			辉绿岩	LA-ICP-MS	281 ±4	李勇等,2007
04-B15		小海子南闸			272 ±6	
T3-3		小海子南闸	正长斑岩脉	锆石 SHRIMP U-Pb	273 ±4	田伟未发表资料
04-B03	柯坪塔格	沙井子	玄武岩		275 ±13	
04-B04			凝灰岩	LA-ICP-MS 年龄	291 ±10	李勇等,2007
04-B07		一间房	辉长岩		274 ±15	

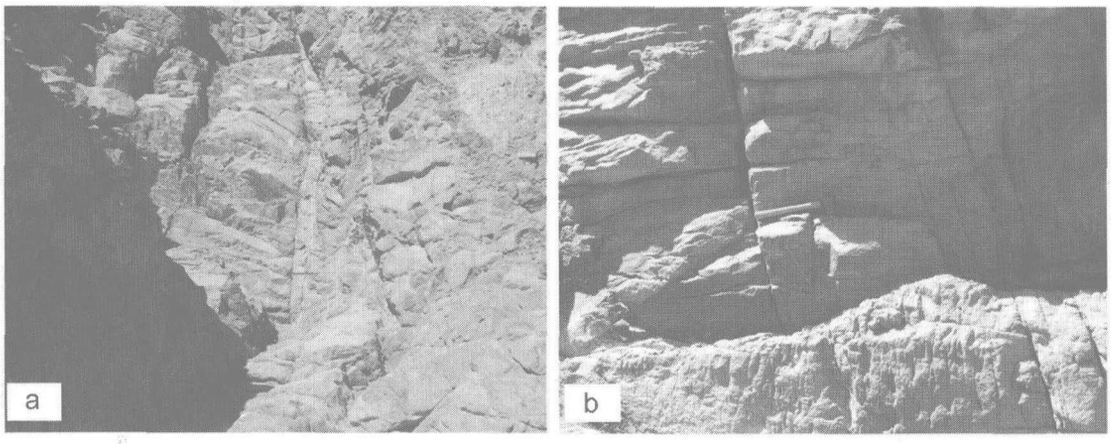

图 2 麻扎尔塔格地区正长花岗岩、辉绿岩墙和正长斑岩脉之间的侵位关系

a-两条近直立的黑色辉绿岩墙侵入正长岩体;b-红色正长斑岩脉穿切正长岩体和辉绿岩墙(箭头指示同一条辉绿岩墙)

Fig. 2 The emplacement relationship between syenite intrusion, diabase dike and syenitic porphyritic dike from Mazhartager area

a-two vertical dipping black diabase dikes emplaces into syenite; b-a red syenitic porphyritic dike cuts diabase dike and syenite (arrows point to the same diabase dike)

等(2004)将该地区基性脉岩分为 5 种类型:辉绿岩脉、以单斜辉石为主要斑晶的辉绿玢岩脉、以斜长石为主要斑晶的辉绿玢岩脉、暗色橄榄辉长岩脉和煌斑岩脉;杨树锋等(2006,2007)首先报导了该区的正长斑岩岩墙和超基性岩墙;姜常义等(2004)和杨树锋等(2007)指出该区的基性—超基性岩墙与柯坪地区玄武岩的原始岩浆都具有铁富集且高镁的特征;李勇等(2007)采用锆石 LA-ICP-MS 方法认为麻扎尔塔格辉绿岩与塔里木西北部柯坪地区的玄武岩形成时代相同;孙林华等(2007)认为该区辉绿岩墙的成因与岩石圈伸展有密切关系。

麻扎尔塔格地区各种类型岩浆岩的高精度年代学数据列于表 1。由表 1 可以看到:麻扎尔塔格正长岩体的年龄为 277 ~ 282Ma,辉绿岩脉的年龄为 272 ±6Ma,而塔里木广泛分布的二叠纪玄武岩的年龄为 274 ~ 279Ma,正长斑岩脉的年龄为 273 ±4Ma。根据上述年龄数据可知,正长岩体的年龄略老,但与辉绿岩和正长斑岩的年龄在误差范围内仍有重叠。尤其值得注意的是,辉绿岩脉和正长斑岩脉的年龄在误差范围内是一致的,无法判断两者的先后顺序。

3 辉绿岩墙、正长岩体和正长斑岩脉的侵位顺序

由于仅根据同位素年龄难以确定麻扎尔塔格地区岩浆岩的侵位顺序,因此作者对麻扎尔塔格地区的各类岩浆岩进行了详细的野外考察。考察中发现了能够反映辉绿岩墙、正长岩体和正长斑岩脉侵位顺序的直接地质证据。由图 2a 可

© 1994-2010 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

表 2 遥感解译岩墙统计分析表

Table 2 Statistical analysis of dikes interpreted by satellite data

岩墙类别	岩性	岩墙数量	走向统计(条)			
			NNE (0°~45°)	NEE (45°~90°)	NWW (90°~135°)	NNW (135°~180°)
一级岩墙	辉绿岩墙	178	17	17	33	111
	正长斑岩岩墙	49	5	0	2	42
	小计	227	22	17	35	153
二级岩墙	辉绿岩墙	841	71	12	91	667
	正长斑岩岩墙	3	0	0	0	3
	小计	844	71	12	91	670
三级岩墙	辉绿岩墙	156	23	6	20	107
	正长斑岩岩墙	—	—	—	—	—
	小计	156	23	6	20	107
全部岩墙	辉绿岩墙	1175	111	35	144	885
	正长斑岩岩墙	52	5	0	2	45
	合计	1227	116	35	146	930

以看到,近直立的辉绿岩墙穿插正长花岗岩体。在图 2b 中可以看到,图 2a 中的辉绿岩墙和正长岩体被晚期的正长斑岩脉穿插。这清楚地表明三种岩性侵位的先后顺序为正长岩体→辉绿岩墙→正长斑岩脉。由于正长岩体中的正长花岗岩和正长斑岩脉都属于富碱的酸性岩,它们不应该是两期截然不同岩浆作用的产物,而应该属于同一岩浆旋回。由上述证据可以确定镁铁质岩浆的侵位时间与长英质岩浆是同时的。

4 岩体和岩墙群的遥感解译

4.1 岩体的遥感解译

为了确定麻扎尔塔格岩体的岩性分布规律,在野外地质调查的基础上,利用高分辨率遥感影像对麻扎尔塔格岩体进行了遥感地质解译。将野外调查结果和真彩色合成后的遥感影像对比可知,麻扎尔塔格岩体不同岩性构成存在着明显的色调差异(图 3a):野外角闪正长岩为墨绿色—深褐色,影像上表现为暗褐色—暗红色;野外正长花岗岩为砖红色—浅肉红色,影像上表现为浅肉红—白色;野外角闪石岩为黑色,影像上也表现为黑色。在岩体解译过程中,未考虑岩体内存在的大量线性影纹。这些影纹绝大多数是辉绿岩和正长斑岩岩墙,将在下一节作详细论述。

根据遥感影像上色调的差别并结合已有地质资料和野外实地验证,我们对图 3a 的遥感图像进行解译,结果见图 3b。由图 3b 可知:麻扎尔塔格岩体的主体由角闪正长岩和正长花岗岩构成,除此而外伴有少量的角闪石岩存在。岩体中三种岩性的空间分布并不规则:角闪正长岩大致为一环状,主要占据岩体的外部;正长花岗岩主要位于岩体内部—岩体东侧边缘;角闪石岩分布则零散的分布在岩体的西南部、西北部和东南部。整个岩体的岩性组成上,角闪正长岩所占的比重最大,约占岩体总面积的 60%;其次为正长花岗岩,约占 39%;角闪石岩最少,仅占 1%。

4.2 岩墙群解译及其空间展布

野外考察和已有资料均表明,扎尔塔格地区岩墙高度发育,密集处甚至每隔 1m~2m 就会有一条岩墙发育。岩墙的厚度通常介于 0.6m~2m,部分岩墙厚度达 4m,长度多为几十米到几百米。根据详细的构造测量统计,该地区岩墙的产状以中等倾斜和陡倾斜为主①,经差异风化后在地表呈正地形,易于识别。这些岩墙在影像上通常呈现出与其他地质体明显不同的分布特征:色调单一、成组出现、条带状断续延伸在一个色调相对杂乱的背景上,且往往长达几十米到百米。岩墙的这些色调、产状特征构成了岩墙高分辨率遥感解译的基础。根据前人研究结果,该地区岩墙的主要岩石类型包括辉绿岩、辉绿玢岩、暗色橄榄辉长岩、辉石煌斑岩、橄榄二辉岩和正长斑岩等(姜常义等,2004;杨树锋等,2006)。前五类岩墙属基性—超基性岩,颜色均为墨绿色,色调差异很小,采用遥感方法难以相互区分,但由于辉绿岩占绝大多数,因此在遥感解译中不再细分,而将各种基性—超基性岩墙统一归为辉绿岩墙。侵入变质粉砂岩的正长斑岩岩墙产状多为 60 度以上至近直立产出,色调多为砖红色,与周围墨绿色的基性—超基性岩墙和灰白色—灰黑色的变质粉砂岩有明显的色调差异,易于辨识。由于采用的 QuickBird 和 SPOT 遥感影像空间分辨率达到了 0.61m 和 2.5m,因此基本可以获得出露厚度在 0.8m 以上的岩墙。按照色调差异和出露厚度等识别标志的不同将解译岩墙分为三级,第一级解译岩墙与周围色调差异大、出露厚度大,也最易于识别,第二、三级岩墙次之。最终通过实地考察和检验,共获得解译岩墙 1227 条(表 2)。

① 塔里木油田. 2008.《塔北西部火成岩及其影响下的碳酸盐岩储层、构造建模及地球物理方法研究》研究报告

© 1994-2010 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

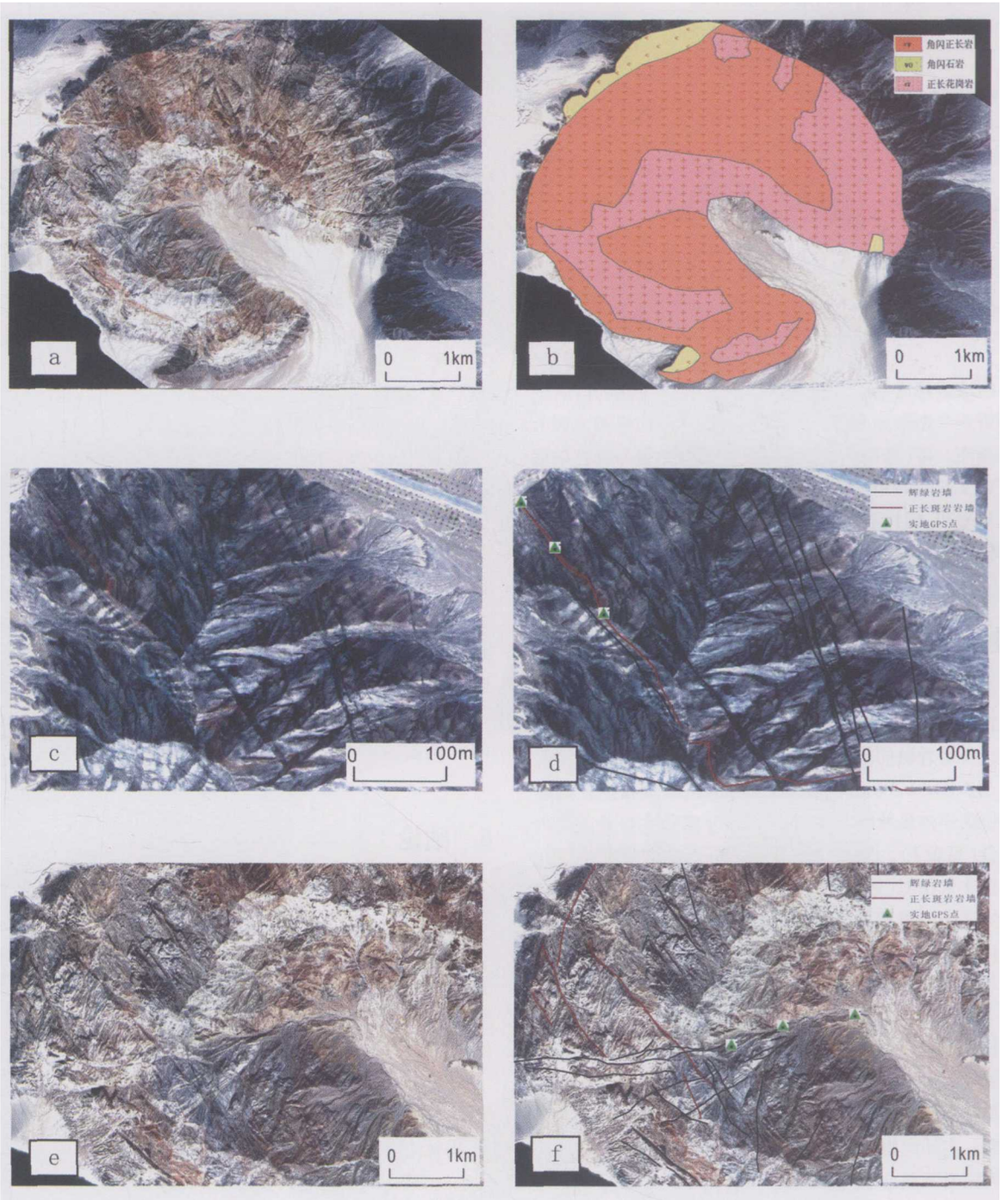

图 3 麻扎尔塔格地区遥感解译和实际地质观察成果图

a-麻扎尔塔格岩体遥感影像图; b-麻扎尔塔格岩体遥感解译图;c-西海湾公园入口处辉绿岩墙、正长斑岩岩墙和变质砂岩的 QuickBird 卫星影像;d-图 c 中辉绿岩墙和正长斑岩岩墙的遥感解译结果;e-麻扎尔塔格岩体西侧 QuickBird 卫星影像,岩体岩性为正长花岗岩;f-图 e 中解译和实际观察获得的辉绿岩墙和正长斑岩岩墙分布图。注:QuickBird 卫星影像成像时间为 2006 年 7 月 22 日,全色波段空间分辨率为 0.61m, 多光谱波段空间分辨率为 2.44m

Fig. 3 Remote Sensing interpretation and geological observation images from Mazhartager area

a-The satellite imagery of Mazhartager area; b-Remote Sensing interpretation of syenite intrusion in Mazhartager area; c-QuickBird imagery of diabase dike and syenitic porphyritic dike near Xihaiwan park; d-The imagery interpretation of diabase dike and syenitic porphyritic dike in c; e-QuickBird imagery of west Mazhartager area; f-diabase dike and syenitic porphyritic dike distribution map between imagery interpretation and field work of e

© 1994-2010 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

表3 遥感解译岩体内部岩墙走向统计表

Table 3 Statistical analysis of dikes in Permian syenite interpreted by satellite data

岩墙类别	岩墙数量	走向统计(条)			
		NNE(0°~45°)	NEE(45°~90°)	NWW(90°~135°)	NNW(135°~180°)
一级岩墙	58	17	17	7	17
二级岩墙	51	17	7	7	20
三级岩墙	8	1	2	1	4
全部岩墙	117	35	26	15	41

由岩墙群解译结果(图4)可以看到,侵入变质粉砂岩的岩墙群有三个密集分布区,分别是:北闸一带、西海湾公园入口处和南闸一带(如图3c, d)。这三个区域恰好与麻扎尔塔格山三条支脉的高地形重合。但是对岩体内部岩墙走向的统计结果表明,麻扎尔塔格岩体内部基本不存在北北西或南北向的优选方位(表3)。

5 讨论

野外露头证据已经确定了三种岩性岩浆岩侵位的先后顺序为正长岩体→辉绿岩墙→正长斑岩脉,因此可以用正长岩体和正长斑岩脉的侵位时间来约束辉绿岩墙的侵位时间。从锆石SHRIMP U-Pb测年结果来看,正长岩体和正长斑岩脉的同位素年龄虽然略有差别,但两个年龄值在误差范围内可以重合(见表1)。另外,正长岩体和正长斑岩脉的地球化学特征也非常相似(杨树锋等,2006),因此,它们应形成于同一深部岩浆作用过程。在野外露头作者观察到辉绿岩的侵位介于正长花岗岩和正长斑岩脉之间,表明辉绿岩墙的侵位也应该与长英质岩浆同时。小海子南闸辉绿岩的锆石LA-ICP-MS测年结果为272±6Ma(李勇等, 2007),在误差范围内与正长岩和正长斑岩的年龄也是可以重合的。上述证据说明辉绿岩所代表的镁铁质岩浆与正长岩—正长斑岩所代表的长英质岩浆是同时侵位的,这两种岩浆必然存在岩浆混合的可能。实际的野外考察中也已发现了一系列镁铁质岩浆和长英质岩浆混合的直接证据(田伟,未发表资料)。

因为麻扎尔塔格地区辉绿岩墙的倾角以近直立为主,所以遥感影像中岩墙的线性影纹方位可以代表其岩墙的走向。统计该地区全部遥感解译岩墙走向分布(表2),不难得出二叠纪辉绿岩墙的走向沿北北西和近南北两个共轭方向分布的结论,这恰恰与麻扎尔塔格地区三条支脉的走向构成北北西和近南北两组方向相对应。实际上,麻扎尔塔格地区岩墙的出露主要受新生代构造作用所形成的地形的控制,在三条山脉(它们很明显是新生代造山作用的产物)的高地形处,岩墙的出露很清晰。而山脉之间的低地形区域由于第四纪覆盖严重,无论野外实地考察还是遥感影像解译,都很难发现岩墙。因此单纯统计分析三条山脉高地形中的岩墙走向是难以全面认识麻扎尔塔格地区岩墙群的分布规律。

从遥感影像上可以看出,麻扎尔塔格岩体保持了比较好的圆形特征,表明其形状没有受到新生代构造作用的明显改变,因此岩体内岩墙的方向能够反映岩浆侵位时岩墙方向的真实特征。如果仅统计岩体内部的辉绿岩墙走向(表3),就会发现岩体内部的辉绿岩墙走向并没有特定的优选方位,只是在岩体东南角,由于风化剥蚀和沉积物覆盖而造成北西西向(走向90°~135°)一组岩墙的数量偏少。这一特征很明显不是受到两组共轭的张性裂隙的控制,而是反映了其它类型的构造应力场特征。

6 结论

(1)野外露头证据表明麻扎尔塔格地区三类岩浆岩的侵位顺序为:正长岩体→基性岩脉→正长斑岩脉。

(2)正长花岗岩和正长斑岩脉的侵位时间差异很小而且分别在基性岩浆侵位之前和之后,说明富碱的酸性岩浆与基性岩浆的侵位时间几乎同时,它们具有发生岩浆混合的条件。

(3)野外露头调查和遥感解译结果表明:麻扎尔塔格岩体的主体由角闪正长岩和正长花岗岩构成,并有少量角闪石岩,岩体内部有辉绿岩墙和正长斑岩的存在。

(4)岩体内部岩墙的走向没有特定的优选方位。依据麻扎尔塔格山三条支脉出露的辉绿岩墙的走向得出"北北西和近南北两组共轭岩墙"的结论与岩体内部岩墙的走向统计结果并不一致。由于岩体的形状不容易受到后期构造作用的影响,岩体内部岩墙走向的分布可能反映了真实的岩墙展布规律。

致谢 感谢中石油塔里木油田公司勘探开发研究院在野外工作方面的大力支持!衷心感谢两位审稿人对本文提出的宝贵意见!

© 1994-2010 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

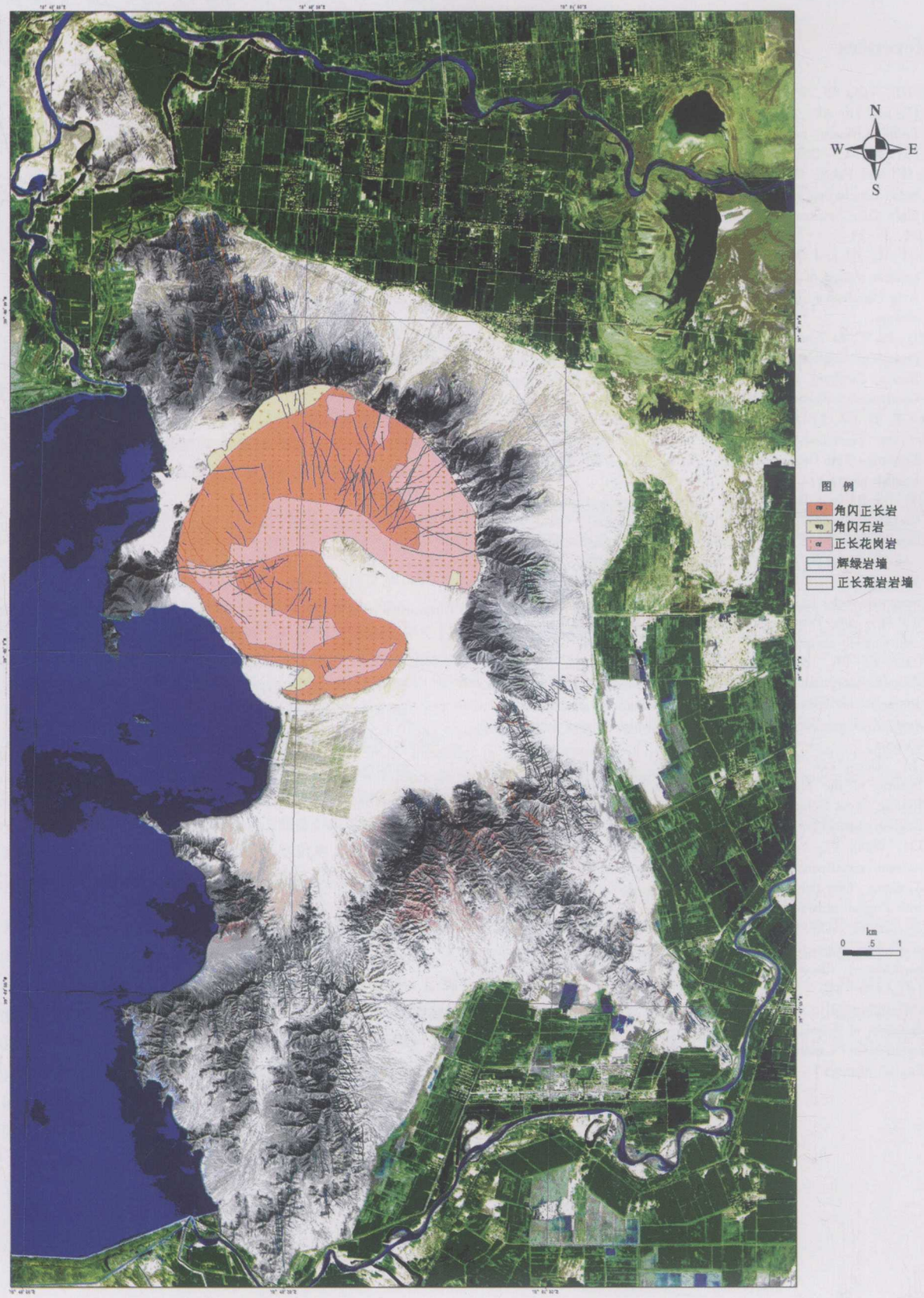

图4 麻扎尔塔格地区岩浆岩地表分布遥感影像解译图

Fig. 4 Remote sensing interpretation of igneous rocks distribution in the Mazhartager area

© 1994-2010 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

References

Chen HL, Yang SF, Wang QH, Luo JC, Jia CZ, Wei GL, Li ZL, He GY and Hu AP. 2006. Sedimentary response to the Early-Middle Permian basaltic magmatism in the Tarim plate. Geology in China, 33(03):545 - 552(in Chinese with English abstract)

Halls HC and Fahrig WF. 1987. Dike swarms and continental rifting: Some concluding remarks. In: Halls HC and Fahrig WF (eds). Mafic Dike Swarms. Geological Association of Canada Special Paper, 34: 5 - 24

Hou CT, Li JH and Qian XL. 2001. Geochemical characteristics and tectonic setting of Mesoproterozoic dike swarms in northern Shanxi. Acta Petrologica Sinica, 17(3): 352 - 357(in Chinese with English abstract)

Jia XQ, Su W, Li Y and Zhang Q. 2006. Geochemical features and their geological implications of Permian Xiaohaizi ultrabasic dike in Bachu, Xinjiang. In: Annual National Symposium on Petrology and Geodynamics Abstracts. 2006. Nanjing: 421 - 422 (in Chinese)

Jiang CY, Jia CZ, Li LC, Zhang PB, Lu DR and Bai KY. 2004. Source of the Fe-riched-type high-Mg magma in Mazhartager region, Xinjiang. Acta Geologica Sinica. 78(6):770 - 780(in Chinese with English abstract)

Li XH, Hu RZ and Rao B. 1997. Geochronology and geochemistry of Cretaceous mafic dikes from northern Guangdong, South China. Geochimica, 26(2): 14 - 31(in Chinese with English abstract)

Li Y, Su W, Kong P, Qian YX, Zhang KY, Zhang ML, Chen Y, Cai XY and You DH. 2007. Zircon U-Pb ages of the Early Permian magmatic rocks in the Tazhong-Bachu region, Tarim basin by LA-ICP-MS. Acta Petrologica Sinica, 23(5):1097 - 1107(in Chinese with English abstract)

Liu CX, Xu BL, Zhou TR, Lu FX, TY and Cai JH. 2004. Petrochemistry and tectonic significance of Hercynian alkaline rocks along the northern margin of the Tarim Platform and its adjacent area. XinJiang Geology, 22(01): 43 - 49(in Chinese with English abstract)

Shao JA, Zhang LQ, Wei CJ and Han QJ. 2001. Composition and features of the Mesozoic bimodal dike swarm in Nankou area, Beijing. Acta Gelogica Sinica 75(02): 205 - 212 (in Chinese with English abstract)

Sun LH, Wang YJ, Fan WM and Peng TP. 2007. Petrogenesis and tectonic significances of the diabase dikes in the Bachu area, Xinjiang. Acta Petrologica Sinica, 23(6):1369 - 1380 (in Chinese with English abstract)

Xia LQ, Xu XY, Xia ZC, Li XM, Ma ZP and Li S. 2004. Petrogenesis of Carboniferous rift volcanic rocks in the Tianshan Mountains, northwestern China. Geological Society of America Bulletin, 116(4): 419 - 433

Yang SF, Chen HL, Dong CW, Jia CZ and Wang ZG. 1996. The discovery of Permian syenite inside Tarim basin and its geodynamic significance. Geochemica, 25(2): 121 - 128 (in Chinese with English abstract)

Yang SF, Li ZL, Chen HL, Xiao WJ, Yu X, Lin XB and Shi XG. 2006. Discovery of a Permian quartz syenitic porphyritic dike from the Tarim basin and its tectonic implications. Acta Petrologica Sinica, 22(5):1405 - 1412 (in Chinese with English abstract)

Yang SF, Yu X, Chen HL, Li ZL, Wang QH and Luo JC. 2007. Goechemialc characteristics and petrogenesis of Permian Xiaohaizi ultrabasic dike in Bachu area, Tarim basin. Acta Petrologica Sinica, 32(5):1087 - 1096 (in Chinese with English abstract)

附中文参考文献

陈汉林,杨树锋,王清华,罗俊成,贾承造,魏国齐,厉子龙,何光玉,胡安平. 2006. 塔里木板块早-中二叠世玄武质岩浆作用的沉积响应. 中国地质,33(03):545 - 552

侯贵廷,李江海,钱祥麟. 2001. 晋北地区中元古代岩墙群的地球化学特征和大地构造背景. 岩石学报,17(3):352 - 357

贾秀琴,苏文,李勇,张旗. 2006. 新疆巴楚小海子正长岩的特征及其地质意义. 见:全国岩石学与地球动力学研讨会论文摘要集. 2006 年全国岩石学与地球动力学研讨会. 2006. 南京:421 - 422

姜常义,贾承造,李良辰,张蓬勃,卢登蓉,白开寅. 2004. 新疆麻扎尔塔格地区铁富集型高镁岩浆的源区. 地质学报,78(6):770 - 780

李献华,胡瑞忠,饶冰. 1997. 粤北白垩纪基性岩脉的年代学和地球化学. 地球化学,26(2):14 - 31

李勇,苏文,孔屏,钱一雄,张克银,张明利,陈跃,蔡习尧,尤东华. 2007. 塔里木盆地塔中—巴楚地区早二叠世岩浆岩的 LA-ICP-MS 锆石 U-Pb 年龄. 岩石学报,23(5):1097 - 1107

刘楚雄,许保良,邹天人,路凤香,童英,蔡剑辉. 2004. 塔里木北缘及邻区海西期碱性岩岩石化学特征及其大地构造意义. 新疆地质,22(01):43 - 49

邵济安,张履桥,魏春景,韩庆军. 2001. 北京南口中生代双峰式岩墙群的组成及其特征. 地质学报,75(02):205 - 212

孙林华,王岳军,范蔚茗,彭头平. 2007. 新疆巴楚辉绿岩岩脉的岩石成因和大地构造意义. 岩石学报,23(6):1369 - 1380

杨树锋,陈汉林,董传万,贾承造,汪振国. 1996. 塔里木盆地二叠纪正长岩的发现及其地球动力学意义. 地球化学,25(2):121 - 128

杨树锋,厉子龙,陈汉林,肖文交,余星,林秀斌,施锡桂. 2006. 塔里木二叠纪石英正长斑岩岩墙的发现及其构造意义. 岩石学报,22(5):1405 - 1412

杨树锋,余星,陈汉林,厉子龙,王清华,罗俊成. 2007. 塔里木盆地巴楚小海子二叠纪超基性脉岩的地球化学特征及其成因探讨. 岩石学报,32(5):1087 - 1096

© 1994-2010 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net