

塔里木中部二叠纪玄武岩分布的重新厘定： 基于测井数据的新认识

潘赞¹⁾, 潘懋²⁾, 田伟²⁾, 王宗秀¹⁾, 关平²⁾, 刘晓²⁾, 潘文庆³⁾

1) 中国地质科学院地质力学研究所, 中国地质科学院页岩油气调查评价重点实验室, 北京, 100081;

2) 北京大学地球与空间科学学院, 教育部造山带与地壳演化重点实验室, 北京, 100871;

3) 中石油塔里木油田公司勘探开发研究院, 新疆库尔勒, 841000

内容提要:塔里木盆地二叠纪普遍发育火成岩, 分布面积广且喷发规模巨大, 但由于早期露头、钻井和航磁资料的有限性, 盆地内部的大片区域都缺少露头 and 钻井资料, 特别是塔中地区具有厚层沉积物覆盖, 导致前人所做的研究成果具有一定的局限性, 其圈定的玄武岩分布范围不是十分准确。但近年来, 随着塔里木油田在盆地内油气勘探工作的不断深入, 有关火成岩的测井和地震等地球物理资料日益丰富, 可以更好地反映玄武岩在地下的分布情况。本文综合利用钻井、测井、地震等资料, 特别是基于测井数据的新认识对塔里木盆地中部地区二叠纪玄武岩分布进行重新厘定, 结果显示玄武岩在塔里木盆地中部分布的范围比前人圈定的范围更广泛, 有利于进一步研究玄武岩在整个塔里木盆地的空间分布情况。

关键词: 塔里木盆地中部; 二叠纪玄武岩; 测井识别; 地震解释; 空间分布

塔里木盆地二叠纪普遍发育火成岩, 其分布面积广, 喷发规模巨大, 盆地内二叠纪玄武岩的喷发面积超过 $2 \times 10^5 \text{ km}^2$ (杨树锋等, 2005), 在塔北地区根据钻井和地震资料限定的层状玄武岩层最大喷发厚度达到 3km, 利用流纹岩夹层锆石 U-Pb 年龄限定的厚层玄武岩喷发时限为 291~287Ma (Tian Wei et al., 2010)。上述证据表明在塔里木盆地二叠纪存在一个喷发规模巨大, 且主体喷发时间 $< 5 \text{ Ma}$ 的大陆溢流玄武岩省。但由于该火成岩深埋于地下数千米, 仅在部分地区有少量露头, 研究其空间分布规律难度较大。以往对塔里木盆地溢流玄武岩的研究 (杨树锋等, 1996, 2006, 2007; 姜常义等, 2004a, 2004b; 李勇等, 2007; 孙林华等, 2007; 厉子龙等, 2008; 张自力等, 2008) 主要集中在塔北西部和塔西南面积有限的露头区, 对盆地内部广阔的沙漠覆盖区研究则比较薄弱。陈汉林等 (1997)、杨树锋 (2005)、余星等 (2009) 等对塔中覆盖区的部分钻井资料和地震资料进行总结, 提出了塔中地区玄武岩的大致分布范围。但是由于早期露头、钻井和航磁资料的有限性, 盆地内部的大片区域都缺少露头和

钻井资料, 导致前人所做的研究成果具有一定的局限性, 难以对盆地内二叠纪火成岩的空间分布进行全面详细的研究。但近年来, 随着塔里木油田在盆地内油气勘探工作的不断深入, 有关火成岩的测井和地震等地球物理资料日益丰富, 可以更好地反映火成岩在地下的分布情况。

本文基于地质、测井、地震等勘探资料的综合运用, 特别是基于测井数据的新认识对塔里木盆地中部钻遇二叠系的井段加以识别, 将测井识别出来的玄武岩层位标定在对应的地震剖面上, 根据地震反射特征的连续性对玄武岩进行追索, 重新厘定了塔中地区二叠纪玄武岩的分布范围, 相比于前人研究运用资料的不足和研究地区的局限性, 本文很好地弥补了这一缺憾, 并具有更高的可信度, 有利于进一步研究玄武岩在整个塔里木盆地的空间分布情况。

1 区域地质和岩石学特征

塔里木盆地的主体是位于古老陆壳基底之上的古生代克拉通盆地, 晚期在南北叠加了两个中、新生代前陆盆地, 总体上是一个由古生界克拉通盆地和

注: 本文为国家自然科学基金 (编号 40572116) 资助的成果。

收稿日期: 2012-03-17; 改回日期: 2012-09-20; 责任编辑: 黄敏。

作者简介: 潘赞, 女, 1984 年生。博士, 助理研究员, 主要从事石油地质方面的科研。通讯地址: 100081, 北京市海淀区民族大学南路 11 号, 中国地质科学院地质力学研究所, 页岩油气调查评价重点实验室。Email: panyunsx11020@163.com。

中、新生界前陆盆地组成的大型叠合复合盆地。由于盆地主体是陆壳克拉通,塔里木盆地构造具有相对稳定的特点,在长达 800Ma 的地质历史中,仅前寒武—奥陶纪和早二叠世表现出较强的地壳活动性;盆地内火山活动主要出现在前寒武—寒武纪和早二叠世,其他时代基本没有火山活动。塔里木盆地的构造变形表现为盆地内部平缓,盆地周缘强烈;构造样式在盆地内部以走滑断裂、陡倾角逆断层控制的断垒为主,复杂的逆冲带、推覆构造及复杂的褶皱主要出现在盆地周缘(贾承造,1997,1999)。总体上,塔里木盆地构造特征以大型隆坳构造为主,具有一定继承性,呈“4 隆 5 坳”构造单元格局,4 隆包括塔北隆起、巴楚隆起、塔中隆起、东南隆起,5 坳则为库车坳陷、北部坳陷、西南坳陷、塘古坳陷、东南坳陷(图 1)。

塔里木盆地大规模的中二叠世玄武质岩浆作用在整个塔里木板块普遍发育,指示了一种当时板块处于区域性伸展环境下(王廷印等,1991)。盆地内广泛发育陆相喷发的二叠纪玄武岩,但大部分被晚期沉积地层覆盖。有限的玄武岩露头分布在盆地西北缘的柯坪地区和西南缘的叶城地区。柯坪地区出露两套巨厚的二叠系玄武岩—沉积岩组合,其下部称为库普库兹满组,上部称为开派兹雷克组(张师本等,2003)。库普库兹满组玄武岩露头分布于阿克苏

西南—柯坪县阿恰乡一带,虽然普遍遭到后期剥蚀,但在库普库兹满村西南的该组玄武岩最大残余厚度仍可达 400m。开派兹雷克组玄武岩露头分布比较局限,主要分布在四石厂、开派兹雷克和印干村一带,其中位于四石厂剖面的开派兹雷克组玄武岩共有 9 层,部分层位遭到剥蚀,但其总残余厚度仍达 339m(Jiang Changyi et al., 2006)。叶城地区棋盘组亦发育一套残余厚度约 42m 的玄武岩,其顶、底均为砂岩且岩相变化不完整,反映其原始厚度应更厚。该套玄武岩的³⁹Ar-⁴⁰Ar 年龄为 290.1 ± 3.5 Ma (Yang Shufeng et al., 2006)。

我们对柯坪地区开派兹雷克组顶部厚层致密块状玄武岩进行取样,其岩石学特征描述如下。

玄武岩:样品取自柯坪县四石厂开派兹雷克组剖面最顶部。该剖面玄武岩呈黑色至墨绿色。在一层完整玄武岩中,岩性有明显纵向变化,底部为致密、粒度较粗的粒玄武岩,多具柱状节理,且缺乏气孔杏仁构造;中部为气孔玄武岩,向上气孔逐渐密集,具不明显的柱状节理构造;顶部为富含气孔杏仁构造的熔岩。样品所在的玄武岩层不具有完整层序,其上部遭到剥蚀,仅余致密块状粒玄武岩与上覆砂岩呈近平行不整合接触。该层玄武岩为斑状结构,斑晶矿物为单斜辉石、斜长石与少量橄榄石(陈咪咪等,2010)。地球化学数据表明该层玄武岩具典型

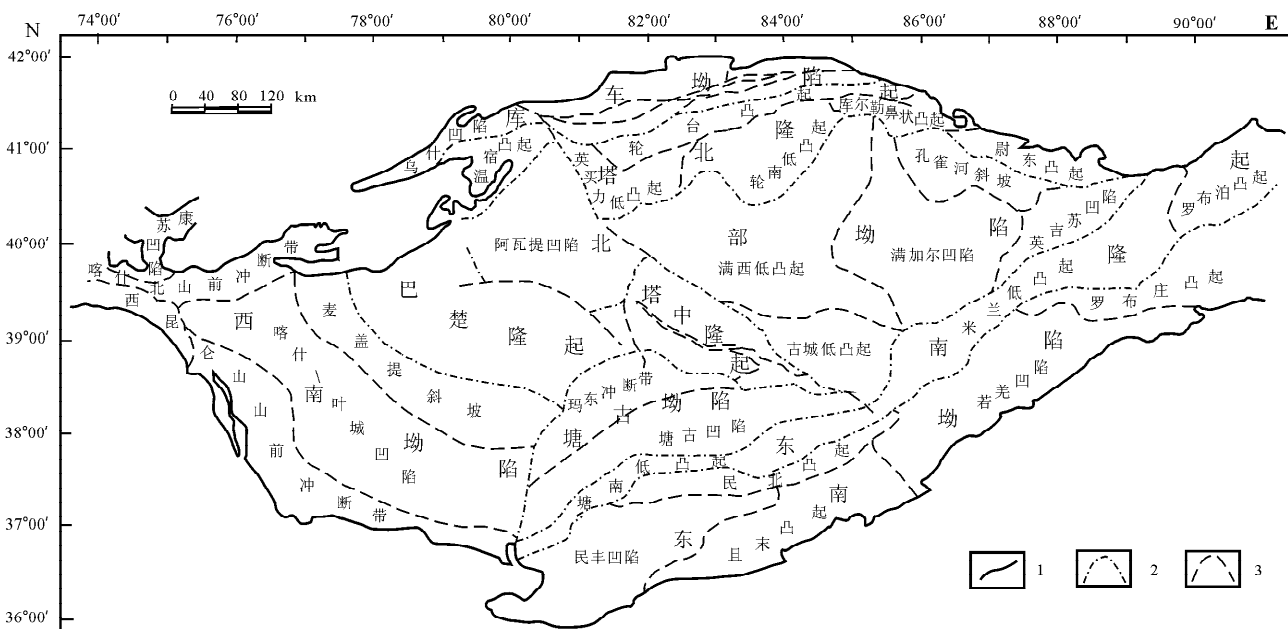


图 1 塔里木盆地构造单元划分图(据王步青等,2009)

Fig. 1 Sketch map showing the tectonic units of the Tarim Basin(after Wang Buqing et al., 2009)

1—盆地边界线;2—一级构造单元分区线;3—二级构造单元分区线

1—Basin boundary;2—first-order tectonic unit partition line;3—second-order tectonic unit partition line

OIB 特征 (Jiang Changyi et al., 2006; 张洪安等, 2009)。

研究区位于塔里木盆地中央隆起带中部, 南北斜坡与西南坳陷、塘古孜巴斯凹陷、满加尔坳陷、阿瓦提断陷相连, 西隔吐木休克断裂与巴楚隆起相邻, 东与塔东隆起相接。早二叠纪世末, 受北缘古天山褶皱带形成及南缘古特提斯洋俯冲活动的影响, 塔里木盆地发生伸展作用, 导致盆地中西部地区出现大范围岩浆侵入及火山喷发活动 (贾承造等, 1995; 裴衡等, 2003)。塔中地区火成岩主要形成于该期, 其产状既有层状火山岩, 又有火成岩颈和超浅成岩脉。层状火山岩主要由玄武岩组成, 分布于下二叠统顶部, 与砂、泥岩地层呈互层状产出。火成岩颈和超浅成岩脉由辉绿岩或玄武岩组成, 分布于早二叠世及其以前的地层中, 它们刺穿层理, 与其垂直或斜交 (钟广法等, 1997; 张红斌等, 1999)。

根据野外露头及钻井资料表明塔中地区均有厚层沉积物覆盖, 但由于露头和钻井资料的局限性, 对盆地内缺少露头和钻井资料的二叠系火山岩的研究具有一定难度, 盆地内部火成岩分布范围的精确程度尚有提高余地。浙江大学塔里木火成岩课题组对全盆地玄武岩的分布做了比较详细的工作, 杨树锋等 (2005) 绘制了塔里木玄武岩分布图, 其成果得到了比较广泛的引用。但是由于在塔里木中部地区均有厚层沉积物覆盖, 前人研究的资料来源有限, 只有完井报告和少量的地震剖面数据, 缺乏测井资料, 所以该地区的玄武岩分布范围并不十分准确。

2 研究方法

2.1 火成岩分类及测井响应

测井响应是岩石矿物成分、孔隙结构和所含流体情况的综合反映。而火成岩的化学成分、矿物组成是测井响应的内在因素 (丁秀春, 2003)。利用一定的测井组合, 能反映不同的岩石特征 (潘赞等, 2008)。本文结合岩芯分析、薄片鉴定资料, 将火山岩划分为玄武岩、流纹岩、凝灰岩, 另外还有碎屑岩。

结合火山岩岩芯分析、薄片鉴定资料, 选取自然伽马、自然伽马能谱、密度、中子、声波时差及电阻率曲线等一些常规测井曲线, 可以统计塔里木盆地火山岩测井响应值 (表 1)。

从表 1 可以发现, 玄武岩伽马值低, 但密度、中子值和电阻率较高, 辉绿岩与玄武岩由于成分相似, 测井值范围与玄武岩大多重合。流纹岩表现为高伽马、低密度、电阻率相对较低。凝灰岩特征为低伽马、声波时差和中子值, 高电阻率。

2.2 火成岩岩性测井识别方法

交会图法是一种测井资料的解释技术, 它是把两种测井数据在平面图上交会, 根据交会点的坐标定出所求参数的数值和范围的一种方法 (许风光等, 2006)。利用交会图识别岩性是一种比较直观且有效的方法。根据测井资料和该地区火成岩岩性, 分别制作多种岩性识别交会图。经处理和分析比较, 发现 GR-AC 交会图能很好地识别流纹岩、玄武岩, 另外还识别出了火成岩中夹杂的碎屑岩。

GR-DT 交会图 (图 2) 显示, 流纹岩伽马值明显高于玄武岩, 且跨度较大, 自然伽马值较高的部分是由于部分流纹岩含较多的碱性矿物, 具有较高的放射性, 因此表现出自然伽玛值高, 以及高 U、Th、K 含量, 而玄武岩含较少的放射性物质, 自然伽马值较低, 因此容易将流纹岩与玄武岩区分开。在声波测井上, 流纹岩显示较低的声波时差值, 与其致密的结构有关, 而玄武岩声波值跨度较流纹岩大, 说明岩石结构变化从致密到含气孔结构。碎屑岩相对于凝灰岩伽马值较高, 但声波值范围相近, 两者仍有一定的重合区域。鉴于火成岩岩性区分效果明显, 故选择 GR-AC 交会图 (图 2) 作为塔里木盆地火成岩岩性识别模板。

以玄武岩为代表的基性岩是塔里木二叠系火山岩的最主要部分, 并在全盆地广泛分布。玄武岩在野外大多呈层状展布, 柯坪库普库兹满和开派兹雷克剖面可见多套玄武岩与凝灰岩、砂岩呈互层状产出。酸性岩在盆地北部及巴楚地区有分布, 其喷出

表 1 塔里木盆地二叠纪火成岩测井响应范围

Table 1 Well-logging response range of Permian volcanic rocks in the Tarim Basin

岩性\测井值	GR (API)	DEN (g/cm ³)	DT (us/ft)	CN (%)	TH (×10 ⁻⁶)	U (×10 ⁻⁶)	K (%)	RM (Ω·mm)	PE
玄武岩	20~80	2.27~2.98	45~100	8~50	1~8	—0.3~4	0.4~3.5	0.56~900	4.0~24.5
辉绿岩	20~80	2.45~3	50~63	8~50	1~7	0.5~5.7	0.4~1.6	5~508	4.2~4.4
流纹岩	90~280	2.22~2.9	47~80	5.3~43	4~45	0.73~7.6	0.3~5.6	1.7~500	2.8~10
凝灰岩	55~120	—	75~125	—	—	—	—	1.5~2	—

注: —表示缺省值。

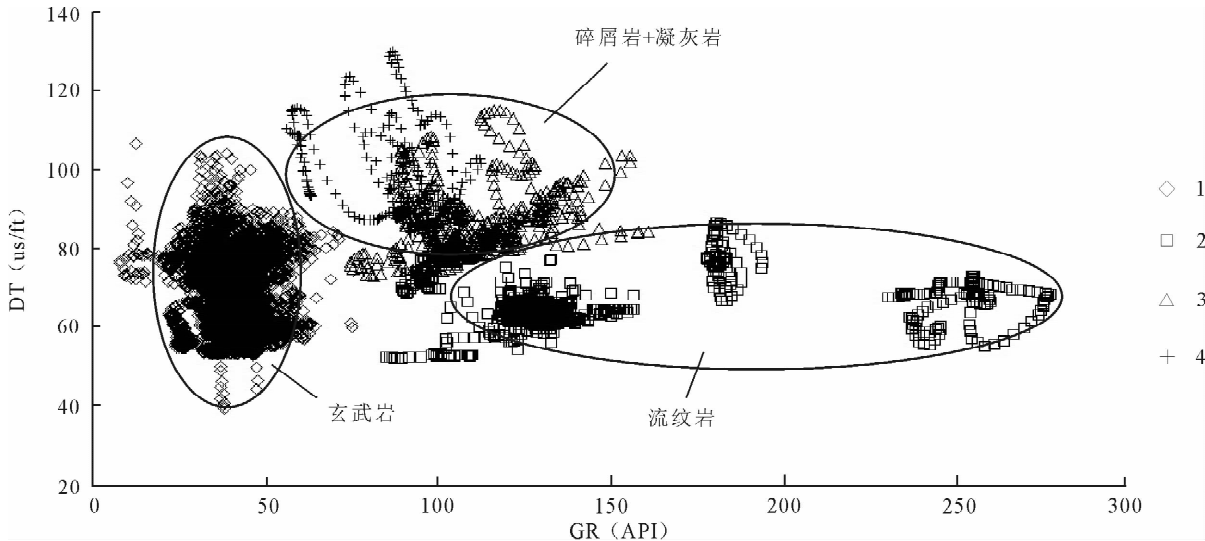


图 2 塔里木盆地火成岩 GR-DT 交会图

Fig. 2 GR and AC crossplot of igneous rocks of the Tarim Basin

1—玄武岩;2—流纹岩;3—碎屑岩;4—凝灰岩
1—Basalt;2—rhyolite;3—clastic rock;4—tuff

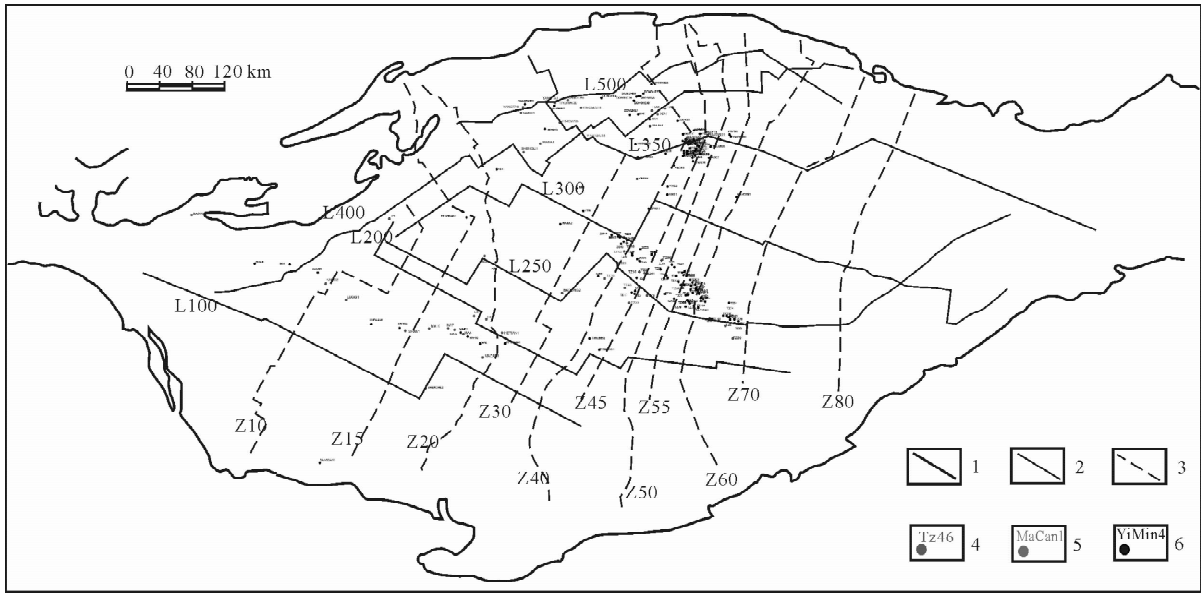


图 3 塔里木盆地二维地震测线分布图

Fig. 3 Distribution of 2D seismic lines in Tarim Basin

1—盆地边界线;2—东西向测线;3—南北向测线;4—火成岩取岩芯探井;5—火成岩取岩屑探井;6—其他钻遇火成岩探井
1—Basin boundary;2—east-west line;3—north-south line;4—igneous rock coring wells;
5—igneous rock cutting wells;6—other igneous rock wells

相岩石以流纹岩为主,库车河剖面除流纹岩外可见熔结凝灰岩,酸性岩野外多为局限性分布的巨大岩体。在塔中地区发育玄武岩为主,酸性岩几乎没有。

2.3 火成岩岩性地震解释

由于火山喷发的阶段性和规模的差异性,必然产生岩性的多样性和堆积结构的复杂多变性,其物性必然差异明显,由于岩性的层状结构,形成明显的

物性差异界面,会产生较强的反射振幅,因此,火山岩内部强振幅反射是其共同的特征(孙淑艳等, 2003)。

根据盆地内分布二维地震大测线(L100、L200、L250、L300、L350、L400、Z10、Z15、Z20、Z30、Z40、Z45、Z50、Z55、Z60),对测线附近的探井进行地震合成记录(图 3),将岩芯观察和测井识别出的火成岩

井段准确标定在地震剖面上,根据二叠纪火成岩层位对应的地震相,确定塔里木盆地二叠纪火成岩在二维地震剖面上的反射特征。

在塔里木中部地区利用测井识别的玄武岩顶底深度标定地震剖面,由于玄武岩在地震剖面上的反射特征表现为强振幅、横向连续平行板状反射(张传林,2003),根据实际地震剖面反射特征的连续性,对二叠纪火成岩进行横向追踪解释,用于研究玄武岩的空间展布。

3 研究结果

3.1 塔中二叠纪玄武岩分布的重新厘定

将全盆地的测井岩性识别模板应用于研究区,对塔里木盆地中部 43 口火成岩探井的测井资料进行火成岩岩性识别,结果表明塔中地区已知探井均只发育玄武岩。对原先未钻遇火成岩的 54 口井进行补充识别处理,结果显示这些井在二叠纪也发育玄武岩,经部分岩屑比对确认有玄武岩存在,不仅获得了新的火成岩井,也扩大了玄武岩的分布范围。图 4 选取了塔中地区东部其中 4 口原未钻遇火成岩井(塔中 32、34、28、48)进行补充识别处理,测井结果显示二叠纪地层发育多套玄武岩。

由于测井补充识别结果确定塔中东部多口井二叠纪也发育玄武岩,因此塔中地区玄武岩的分布范围不仅包括前人所识别出的玄武岩的范围,还向东进一步扩展,重新圈定了塔中火成岩的分布范围。图 5 显示研究区(方框标注)既包括前人[图例 2 所示区域为杨树锋等(2005)识别出来的塔里木盆地玄武岩平面分布]已经识别出的玄武岩的范围,而且也包括塔中东部原先未钻遇火成岩井的范围。

3.2 盆地内玄武岩的分布面积

结合野外露头情况、钻井及测井资料,以及二维地震反射特征,追索玄武岩至民丰-且北断裂部位,对盆地内玄武岩空间展布特征进行校正,得到新的塔里木盆地二叠纪玄武岩平面分布图(图 5 中图例 3 所示区域)。经 GIS 计算,塔里木盆地二叠纪残留玄武岩面积为 $2.65 \times 10^5 \text{ km}^2$,其中研究区玄武岩面积占了近 1/6,达到 $4.42 \times 10^4 \text{ km}^2$ 。

值得注意的是,本文研究得到的残余玄武岩平面分布,与杨树锋等所绘制的玄武岩分布相比面积上有所扩大,面积较大的图 5 图例 3 所示区域为本文研究成果,图例 2 所示区域为浙江大学杨树锋等

人(2005)的研究成果(图 5)。本文计算得到盆地内二叠纪残余玄武岩分布面积为 $2.65 \times 10^5 \text{ km}^2$,比杨树锋等(2005)估算的最小残余覆盖面积($2.0 \times 10^5 \text{ km}^2$)扩大了约 $0.65 \times 10^5 \text{ km}^2$,扩大的玄武岩分布区域主要分布在盆地内中央隆起以南西南坳陷东部至民丰-且北断裂以北的区域。

4 讨论

大火成岩省由板内岩浆岩构成,具有巨大的面积($>1 \times 10^5 \text{ km}^2$)和体积($>1 \times 10^5 \text{ km}^3$),虽然其持续时间最长可达 50Ma,但主体($>75\%$)岩浆作用的持续时间很短(1~5Ma)(White et al., 1989; Coffin et al., 1994; Bryan et al., 2008)。短时间内巨量喷发的溢流玄武岩与地幔柱头部广泛熔融作用直接相关(Morgan, 1971; Richards et al., 1989; Campbell et al., 1990),它们通常构成大火成岩省的主体,如 Deccan 和 Siberian(MacDougall, 1988)。

近年来,对塔里木盆地早二叠纪玄武岩的研究得到了许多学者的关注(Yang Shufeng et al., 2007; Zhang Chuanlin et al., 2008; 陈汉林等, 2006)。其中,最新的研究表明这些玄武岩的残余面积达到 $2.65 \times 10^5 \text{ km}^2$;对塔北玄武岩底部和顶部顺层流纹岩的年代学研究表明,厚度超过 1200m 玄武岩的喷发时限仅为 4 Ma;塔北牙哈 5 井和羊塔 1 井获得的苦橄岩的 MgO 含量超过 15%,对应的地幔潜能温度 $T_p > 1550^\circ\text{C}$,远高于正常的地幔潜能温度(1300°C)(McKenzie et al., 1988);大量的地球化学数据表明,塔里木全盆地的早二叠纪玄武岩均具有典型的 OIB 型地球化学特征。喷发前地壳隆升的幅度尚未精确限定,但一些地层和沉积学证据(陈汉林等,2006)支持隆升的存在。上述证据表明:塔里木存在一个面积超过峨眉山玄武岩的大火成岩省,而且其与地幔柱关系非常密切,可称为塔里木溢流玄武岩。如何准确区分火成岩岩石类型、搞清分布面积和发育厚度是进一步确定塔里木二叠纪大火成岩省的关键科学问题。

本文将塔里木盆地火成岩岩性测井识别模版应用于塔中地区火成岩,确定塔中地区在二叠纪只发育玄武岩。在综合利用测井、地震和随钻资料的基础上修订了塔中地区二叠纪玄武岩的分布,并得到盆地内二叠纪残余玄武岩分布面积为 $2.65 \times 10^5 \text{ km}^2$,比杨树锋等(2005)估算的最小残余覆盖面积($2.0 \times 10^5 \text{ km}^2$)扩大了约 $0.65 \times 10^5 \text{ km}^2$,完善了前人的研究成果,并具有更高的可信度。

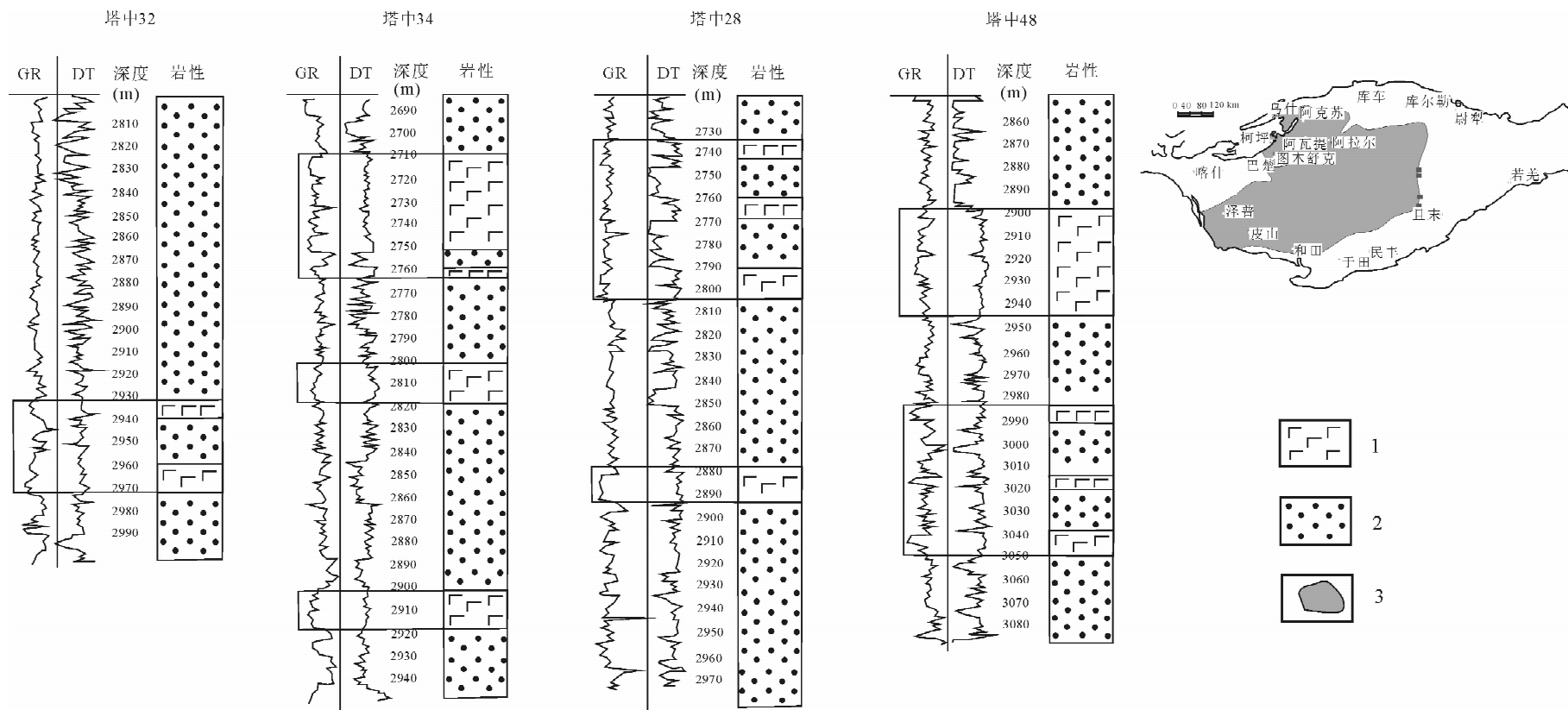


图 4 塔中地区东部补充识别火成岩井

Fig. 4 Additional igneous rocks wells in the eastern part of the Tarim Basin

1—玄武岩;2—碎屑岩;3—玄武岩分布区域

1—Basalt;2—clastic rock;3—distribution range of basalt

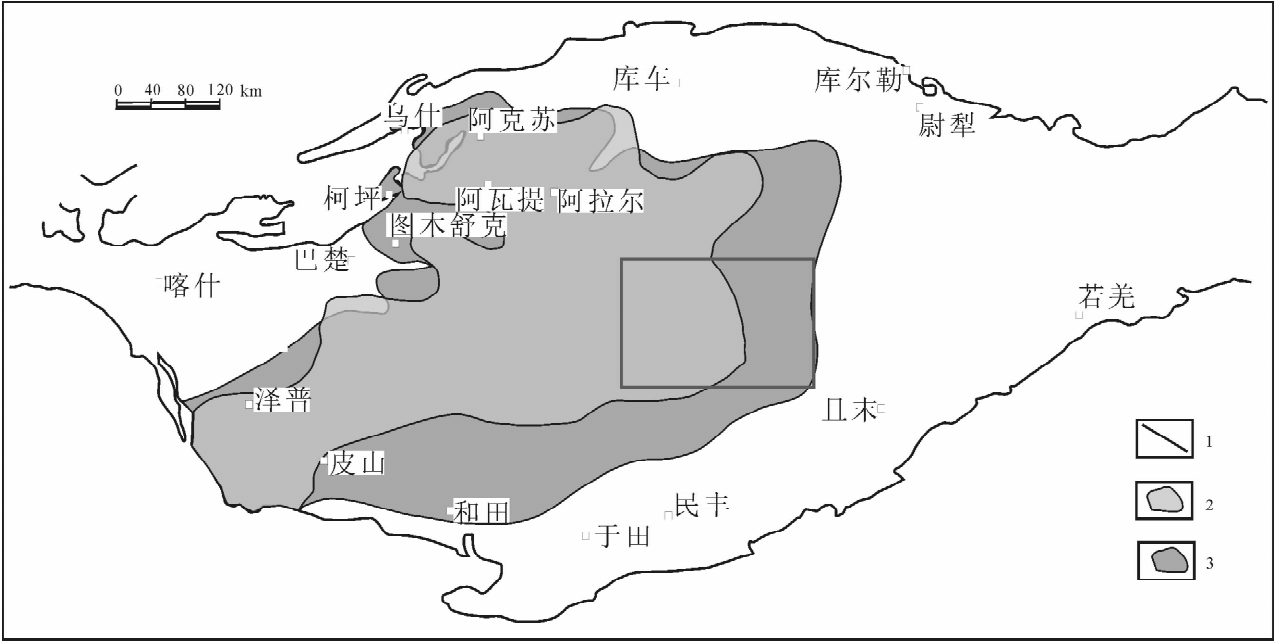


图 5 塔里木盆地玄武岩平面分布修订示意图

Fig. 5 Revised distribution of basalt in the Tarim Basin

1—盆地边界线;2—前人圈定玄武岩分布范围(据杨树锋等,2005);3—重新修订玄武岩分布范围

1—Basin boundary;2—former distribution range of basalt(after Yang Shufeng et al.,2005);3—revised distribution range of basalt

同时,由于火成岩比沉积岩速度更高,其对下伏构造具有较强的屏蔽作用,火成岩的存在对深部油气勘探带来很大的不利影响,因此火成岩的识别,以及进一步研究塔里木盆地二叠纪火成岩的空间分布及厚度变化情况,对指导下一步油气勘探具有重要的参考意义。

5 结论

通过对塔里木盆地中部二叠纪玄武岩分布的研究,可以得出以下结论。

- (1)塔里木盆地内普遍发育二叠纪玄武岩,在塔中地区可以作为二叠系的标志层。
- (2)通过重新厘定塔里木盆地中部玄武岩的分布范围,得到盆地内二叠纪残余玄武岩分布面积为 $2.65 \times 10^5 \text{ km}^2$,比杨树锋等(2005)估算的最小残余覆盖面积($2.0 \times 10^5 \text{ km}^2$)扩大了约 $0.65 \times 10^5 \text{ km}^2$ 。
- (3)综合利用野外露头、钻井、测井、地震方法建立起来的火山岩测井-地震综合识别模式,是一种研究塔里木盆地内二叠纪火山岩分布情况的有效手段。

致谢:感谢中石油塔里木油田公司勘探开发研究院对本文火成岩资料的提供和技术支持。

参 考 文 献

裴衡,龚奇,欧阳睿. 2003. 塔中地区火成岩特征及其石油地质意义. 石油物探,42(1): 49~53.

陈汉林,杨树锋,董传万,贾承造,魏国齐,汪振国. 1997. 塔里木盆地二叠纪基性岩带的厘定及其大地构造意义. 地球化学,26(6): 77~87.

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(3): 545~552.

陈咪咪,田伟,张自力,潘文庆,宋宇. 2010. 塔里木二叠纪基性-中性-酸性岩浆岩的年代学及其地质意义. 岩石学报,26(2): 1~14.

丁秀春. 2003. 测井响应在火成岩储层研究中的应用——以辽河油田区东部凹陷中北段为例. 特种油气藏,10(1): 69~72.

贾承造,魏国齐,姚惠君. 1995. 盆地构造演化与区域构造地质. 见:贾承造主编.塔里木盆地油气勘探丛书. 北京:石油工业出版社,46~60.

贾承造. 1997. 中国塔里木盆地构造特征和油气. 北京:石油工业出版社,50~60.

贾承造. 1999. 塔里木盆地构造特征与油气聚集规律. 新疆石油地质,20(3): 177~183.

姜常义,贾承造,李良辰,张蓬勃,卢登蓉,白开寅. 2004a. 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.

姜常义,张蓬勃,卢登蓉,白开寅. 2004b. 新疆塔里木板块西部瓦吉里塔格地区二叠纪超镁铁岩的岩石成因与岩浆源区. 岩石学报,20(6): 1433~1444.

- 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.
- 厉子龙, 杨树锋, 陈汉林, Langmuir C H, 余星, 林秀彬, 励音骐. 2008. 塔西南玄武岩年代学和地球化学特征及其对二叠纪地幔柱岩浆岩演化的制约. 岩石学报, 24(5): 959~970.
- 潘赞, 蒋智格, 潘懋, 田伟, 祁兴中. 2008. 塔北西部火成岩岩性测井识别方法. 石油天然气学报, 30(1): 260~262.
- 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.
- 孙淑艳, 李艳菊, 彭莉, 李国栋. 2003. 火成岩地震识别及构造描述方法研究. 特种油气藏, 10(1): 47~54.
- 王步清, 黄智斌, 马培领, 潘正中, 王乐立. 2009. 塔里木盆地构造单元划分标准、依据和原则的建立. 大地构造与成矿学, 33(1): 86~93.
- 王廷印, 刘金坤. 1991. 塔里木盆地成盆期及裂谷作用初探. 见: 贾润胥主编. 中国塔里木盆地北部油气地质研究(第二辑). 北京: 中国地质大学出版社, 115~124.
- 许风光, 邓少贵, 范宜仁, 程相志, 刘鹏. 2006. 火成岩储层测井评价进展综述. 勘探地球物理进展, 29(4): 139~243.
- 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, 陈汉林, 冀登武, 厉子龙, 董传万, 贾承造, 魏国齐. 2005. 塔里木盆地早一中二叠世岩浆作用过程及地球动力学意义. 高校地质学报, 11(4): 504~511.
- 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, 23(5): 1087~1096.
- 余星, 陈汉林, 杨树锋, 厉子龙, 王清华, 林秀斌, 徐岩, 罗俊成. 2009. 塔里木盆地二叠纪玄武岩的地球化学特征及其与峨眉山大火成岩省的对比. 岩石学报, 25(6): 1492~1498.
- 张传林. 2003. 塔里木盆地塔中地区火成岩体识别与预测技术. 石油实验地质, 25(5): 513~516.
- 张洪安, 李曰俊, 吴根耀, 苏文, 钱一雄, 孟庆龙, 蔡习尧, 韩利军, 赵岩, 刘亚雷. 2009. 塔里木盆地二叠纪火成岩的同位素年代学. 地质科学, 44(1): 137~158.
- 张师本, 倪寓南, 龚福华. 2003. 塔里木盆地周缘地层考察指南. 北京: 石油工业出版社, 100~110.
- 张自力, 秦启明, 田伟, 曹宝, 李百寿, 陈咪咪. 2008. 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. 岩石学报, 24(10): 2273~2280.
- 张红斌, 牛淑琴, 邓小利. 1999. 塔中西部火成岩特征及其地震假构造校正. 海相油气地质, 4(3): 55~60.
- 钟广法, 邓常念, 周志松, 刘绍平, 刘学峰. 1997. 塔中地区火成岩的地震相及圈闭特征. 江汉石油学院学报, 19(3): 34~37.
- Bryan S E, Ernst R E. 2008. Revised definition of Large Igneous Provinces (LIPs). Earth-Science Reviews, 86: 175~220.
- Campbell I H, Griffiths R W. 1990. Implications of mantle plume structure for the evolution of flood basalts. Earth and Planetary Science Letters, 99: 79~93.
- Coffin M F, Eldholm O. 1994. Large igneous provinces: crustal structure, dimensions, and external consequences. Reviews of Geophysics, 32: 1~36.
- MacDougall J D. 1988. Continental Flood Basalts. Dordrecht: Kluwer Academic.
- McKenzie D, Bickle M H. 1988. The volume and composition of melt generated by extension of the lithosphere. Journal of Petrology, 29: 629~675.
- Morgan W J. 1971. Convective plumes in the lower mantle. Nature, 230: 42~43.
- Richards M A, Duncan R A, Courtillot V E. 1989. Flood basalts and hot-spot tracks: Plume heads and tails. Science, 246: 103~107.
- Tian Wei, Campbell I H, Allen C M. 2010. The Tarim picrite-basalt-rhyolite suite, a Permian flood basalt from northwest China with contrasting rhyolites produced by fractional crystallization and anatexis. Contributions to Mineralogy and Petrology, 160(3): 407~425.
- Jiang Changyi, Li Youzhu, Zhang Pengbo, Yang Shufeng. 2006. Petrogenesis of Permian basalts on the western margin of the Tarim basin, China. Russian Geology and Geophysics, 47(2): 232~241.
- Yang Shufeng, Li Zilong, Chen Hanlin, Chen Wen, Yu Xing. 2006. ^{40}Ar - ^{39}Ar dating of basalts from Tarim Basin, NW China and its implication to a Permian thermal tectonic event. Journal of Zhejiang University-Science, 7 (Suppl II): 320~324.
- Yang Shufeng, Li Zilong, Chen Hanlin, Santosh M, Dong Chuanwan, Yu Xing. 2007. Permian bimodal dyke of Tarim Basin, NW China: geochemical characteristics and tectonic implications. Gondwana Research, 12: 113~120.
- White R, McKenzie D. 1989. Magmatism at rift zones: The generation of volcanic continental margins and flood basalts. Journal of Geophysical Research, 94 (B6): 7685~7729.
- Zhang Chuanlin, Li Xianhua, Li Zhengxiang, Ye Haimin, Li Changnian. 2008. A Permian layered intrusive complex in the Western Tarim Block, Northwestern China: Product of a Ca. 275-Ma mantle plume?. The Journal of Geology, 116: 269~287.

**Redefined Distribution of the Permian Basalt in the Central Tarim Area:
A New Approach Based on Down Hole Logging Data Explanation**

PAN Yun¹⁾, PAN Mao²⁾, TIAN Wei²⁾, WANG Zongxiu¹⁾, GUAN Ping²⁾, LIU Xiao²⁾, PAN Wenqing³⁾

1) *The Key Laboratory of Shale Oil and Gas Geological Survey, Institute of Geomechanics, Chinese Academy of Geological Sciences, Beijing, 100081;* 2) *The Key Laboratory of Orogenic Belt and Crustal Evolution, Ministry of Education, School of Earth and Space Sciences, Peking University, Beijing, 100871;* 3) *Research Institute of Exploration and Development, Tarim Oil Field Company, PetroChina, Kuerle, Xinjiang, 841000*

Abstract

Permian igneous rocks are widely distributed in the Tarim Basin. Some researchers have done a lot of works on the Permian volcanic rocks, but the results are not very perfect because of the limitations of outcrops, drilling and aeromagnetic data. However, with the progress of oil exploration in the Tarim oil field in recent years, availability of much more logging and seismic data give much understanding of the distribution of basalt in the Tarim Basin. This study redefined the distribution of Permian basalt in the central Tarim area through the comprehensive reseach of outcrops, drilling, logging, 2D seismic interpretation, especially the new approach based on down hole logging data interpretation. The results show that the Permian basalt is distributed much more widely than previous study suggested, and this will be of great significance for the much understanding of the distribution situation of the basalt in the Tarim Basin.

Key words: central Tarim Area; Permian basalt; logging identification; seismic interpretation; spatial distribution