

# 库车坳陷同沉积演化的古地磁研究

邓云山<sup>1</sup> 康健<sup>2</sup> 孟自芳<sup>1</sup>

1(中国科学院兰州地质研究所 兰州 730000)

2(中国石油学会 北京 100724)

**摘要** 运用古地磁学方法研究了库车坳陷第三系同沉积褶皱,同褶皱检验发现上新统和渐新统原生剩磁主要是同沉积剩磁,说明该区上新世和渐新世表现出较强的构造活动性;因而,对推断控制库车坳陷油气分布的构造格架和相关的构造形迹有十分重要的地质意义。

**关键词** 同褶皱检验 库车坳陷 第三系

**第一作者简介** 邓云山 男 35岁 副研究员 构造地质学

库车坳陷位于塔里木盆地北部,北以南天山为界,南以库尔楚—阿克苏公路一线为界,东起库尔楚,西到阿克苏,长约450 km,南北宽20~60 km,东窄西宽,呈东西向展布。坳陷内地形北高南低,北部为高山深谷,海拔一般为1500~3000 m,中部为丘陵区,向南过渡为戈壁和少量绿洲。

## 1 地质概况

库车坳陷是一个以中生界为主的生油凹陷,由于受天山向南逆冲挤压力作用,在坳陷内形成了东西向展布的五排构造带<sup>[1]</sup>,自北而南分别为北部单斜鼻状构造带、依奇克里克背斜构造带、拜城向斜构造带、秋立塔克背斜构造带、亚肯背斜构造带。库车坳陷的地层区划隶属塔里木地层区库车地层分区,据地震资料推测下伏可能零星残存有古生代地层,中生界是一套厚度上万米的陆源碎屑岩沉积,层序较为完整。经野外踏勘,考虑到古地磁采样的要求及研究内容,将研究剖面选在位于库车县牙哈乡北约80 km处的克孜勒努尔沟西侧剖面(83°18'、41°56'),主要出露吉迪克组、康村组、库车组和西域组;比尤勒包古孜背斜南翼剖面(83°18'、42°5'),主要出露白垩系巴什基奇克组、第三系库姆格列木组、苏维依组和吉迪克组。由于受岩性等条件的限制,采样限于苏维依组、吉迪克组、康村组、库车组和西域组。

岩性描述由新到老依次为:①西域组(Q<sub>1</sub>):为一套中—薄层灰色砂砾岩,砾岩夹土黄色细砂岩及

砂泥岩透镜体。根据岩性特征可分为上下两个岩性段,上段以灰色块状中砾岩夹少量含砾粗砂岩透镜体、含砾砂岩和泥质粉砂岩薄层为主,砾石主要为硅质岩、灰岩和变质岩,磨圆较好,但分选性较差。下段由灰色、灰绿色中厚层砾岩、含砾粗砂岩与灰褐色薄层状含钙质泥岩、砂质泥岩组成,厚2018 m。②库车组(N<sub>2</sub>):以灰绿色细砂岩为主,少许含砾砂岩和细砾岩夹少量灰褐色泥岩、粉砂质泥岩及含钙质泥岩,岩性单调,中砂岩和细砂岩中可见大型板状斜交层理,部分粉砂岩、细砂岩中生物扰动及虫孔构造很发育,并见小型波痕层理,泥岩中产介形化石,在本组底部可见鸟足印模,厚度达1043 m。③康村组(N<sub>1</sub>):从色调上看,明显的分为上下两段,上段以灰绿色为主色调,为中层、块状粉砂质泥岩、泥质粉砂岩夹有紫红色、褐红色泥岩、粉砂质泥岩组成韵律层。下段以紫红色、暗紫色为主色调,为紫红、褐红色泥岩及少量灰绿色泥岩、砂质泥岩,在灰绿色泥岩中产有较丰富的腹足化石及介形类化石,厚度达1483 m。④吉迪克组(E<sub>3</sub>+N<sub>1</sub>):下部为紫红色钙质泥岩、泥质粉砂岩组成的韵律层,部分层段夹有不等粒碎屑砂岩、细砾岩或砂岩透镜体,细砂岩层波痕发育,局部可见泥裂,岩性横向变化较大,特别是砾岩极不稳定,多呈长的透镜体分布,从频繁出现的韵律层看,呈正粒序递变。上部以紫红色泥岩、泥质粉砂岩、砂质泥岩为主,夹有灰褐色、灰绿色薄层泥质、钙质粉砂质细砂岩组成的多旋回韵律层,灰绿色砂泥岩可见大量介形化石及少量瓣鳃、植物化石,厚度达

1 229 m。⑤苏维依组( $E_3$ ):以紫红色砂岩、砾岩、块状膏质细砾岩为主夹有钙质泥岩、膏质泥岩, 厚达 257 m, 与上覆吉迪克组以平行不整合或低角度不整合接触。

## 2 样品采集、加工及测试

野外采样是在尽可能减少风化作用及近代地磁场对样品天然剩磁影响的前提下, 用 CH25 型轻便钻机钻取尽可能新鲜的岩芯, 配以定向台和太阳罗盘等定向、校正, 一般每个适于采样的层位为一个采点, 每个采点采集 4—6 段定向岩芯。

古地磁样品经室内用无磁锯片切割加工成直径为 2.5 cm、长为 2.5 cm 的小圆柱体标准样品, 待样品在“零”磁空间经过一定时间的室内存放后测试, 测试工作分别在成都地质矿产研究所古地磁实验室(DSM-2 旋转磁力仪)和新疆地矿局古地磁实验室(英制 Minispin 磁力仪)进行。本研究选取的热退磁模式, 在 350 °C 以下时阶步为 100 °C, 350 °C 以上时阶步为 50 °C, 550 °C 以上时阶步加密为 20 °C。

古地磁研究的前提是分离出样品的原生剩磁组分, 如果不能有效地分离出岩石形成时获得的原生剩磁, 与之相关的任何研究便无从谈起, 原生剩磁组分的分离则取决于样品测试过程中的每个环节并保证所分离出来的原生剩磁的统计结果符合我国古地磁界通行的古地磁数据可靠性的判别标准<sup>[2]</sup>。

## 3 剩磁特征分析

本次研究判定原生剩磁组分主要依据有以下几点:

- 1) 样品均经过系统退磁处理(本项研究所用的样品普遍采用 10 多步系统热退磁处理), 但少数样品因磁性太弱, 经 5~6 步热退磁处理后剩磁强度已接近磁力仪的最低灵敏度而停测;
- 2) 对解阻温度高于 300 °C 的剩磁测试数据进行主分量分析后确定的特征剩磁分量;
- 3) 特征剩磁分量的磁化方向在地理坐标系中明显不同于研究区现代地磁场方向和现代轴向地心偶极子场方向;
- 4) 退磁过程中样品的剩磁强度逐步衰减到接近磁力仪的检测灵敏度, 正交矢量图中退磁曲线呈线性趋向原点;
- 5) 磁化方向具有较好的采点内一致性, 同时代地层采点间一致性和区域一致性, 至少通过反转检验和

褶皱(倾斜)检验中的一种检验。

### 3.1 更新统

大多数样品的退磁曲线均呈两段式, 且剩余磁性在低温退磁阶段逐渐增强, 200 °C 时磁化方向发生转折并伴随着剩磁强度的急剧衰减。绝大部分样品的剩磁强度在 340 °C 时仅为天然剩磁的 50% 左右, 但也有部分样品的剩磁强度在 340 °C 时仍无明显衰减, 温度进一步升高时才急剧衰减(图 1)。少数弱磁性样品的剩磁强度在 100 °C 时即仅为天然剩磁的 50% 左右, 在 200 °C 时仅为天然剩磁的 10%—25%, 540 °C 时即因其剩磁强度太弱而无法准确检测。

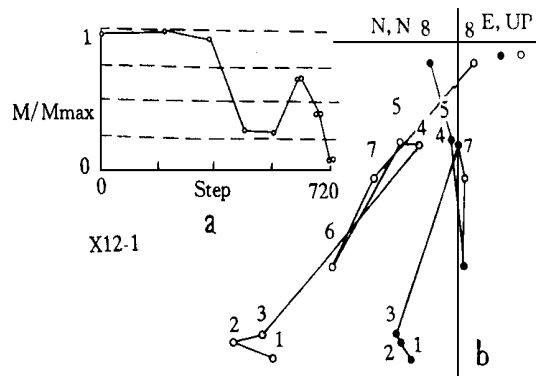


图 1 更新统典型样品退磁曲线

a 规一化强度衰减曲线 b 正交矢量投影图

Fig. 1 Demagnetizing cure of Pleistocene

a. normalized intensity decay cure b. orthogonal diagram

### 3.2 上新统

上新统绝大多数样品的剩磁强度在退磁温度为 200 °C 时基本保持不变或略有增强, 温度进一步升高时, 样品剩磁强度骤减, 在 340—450 °C 时仅为天然剩磁的 25% 甚至 10%, 而后则剩磁强度基本保持不变, 直至 720 °C 时仍不能完全清洗, 但有些样品在 620 °C 时即可基本达到磁清洗的目的。有些样品的剩磁强度在 100 °C 时保持不变或略有增强, 200 °C 时则骤降为天然剩磁的 60% 左右, 340—620 °C 其强度基本不变, 约为天然剩磁的 8% (图 2)。

上新统样品的磁性状大都较好, 除少数样品磁性太弱而无法检测到准确信号外, 并能在逐步热退磁处理过程中分离出 2 个稳定磁性分量, 高温分量解阻温度谱为 200—620 °C, 其磁化方向在地理坐标系中明显不同于现代地磁场方向且呈现出近于反向平行的特征, 基本满足反转检验的要求, 因而我们认为高温分量就是岩层形成时获得的原生剩磁。

### 3.3 中新统

中新统样品的剩磁强度在中低温退磁阶段变化较大, 软磁组分(次生分量)在这一阶段基本被清洗完毕, 大部分样品的剩磁强度在 200 °C 时为天然剩磁强度的 25% 左右, 温度进一步升高时其剩磁强度基本不变, 但在 450 °C 时其磁化方向突然转折而后向原点线性收缩并伴随有强度的明显衰减。一部分样品的剩磁强度在 100 °C 时增大, 温度进一步升高时虽强度逐步衰减, 但磁化方向无明显改变, 680 °C 时其剩磁强度仍为天然剩磁的 50%—60%, 直到 720 °C 时才被彻底清洗(图 3)。有些样品的剩磁强度在 200 °C 前逐渐增大, 450 °C 时虽剩磁强度无明显变化, 但磁化方向发生突变并随温度的进一步升高而向原点线性收缩, 680 °C 时即可基本达到磁清洗目的。

中新统样品虽有一部分磁性较弱, 且软磁组分

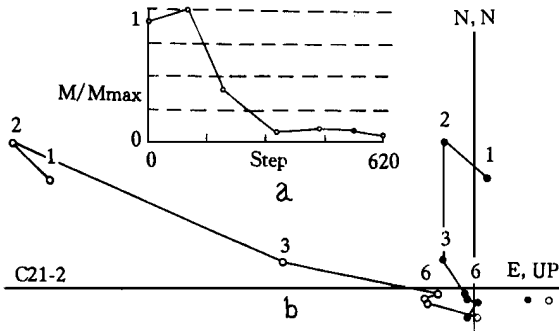


图 2 上新统典型样品退磁曲线

a 规一化强度衰减曲线 b 正交矢量投影图

Fig. 2 Demagnetizing curve of Pliocene

a. normalized intensity decay curve b. orthogonal diagram

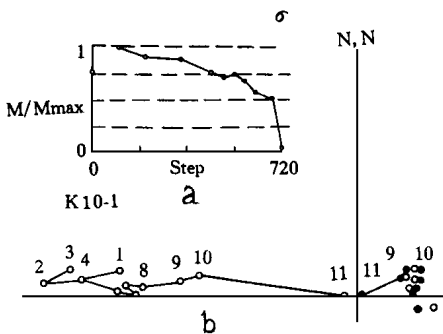


图 3 中新统典型样品退磁曲线

a 规一化强度衰减曲线 b 正交矢量投影图

Fig. 3 Demagnetizing cure of Miocene

a. normalized intensity decay cure b. orthogonal diagram

比例较大, 但仍能在逐步热退磁处理过程中获得两种稳定磁性分量, 因而退磁曲线呈现明显的两段式特征。高温分量解阻温度谱为 200—720 °C, 其磁化方向在地理坐标系中呈近于反向平行的正、反两种极性, 即使正向磁化方向也不同于现代地磁场方向, 因而我们认为高温分量就是样品形成时获得的原生剩磁。

### 3.4 渐新统

渐新统样品的剩磁强度在 300 °C 时多为其天然剩磁强度的 50%—70%, 同时其磁化方向发生转折。退磁温度进一步升高时, 样品的剩磁强度衰减不太显著, 但磁化方向呈向原点线性收缩的趋势, 有些样品的剩磁强度在温度高达 720 °C 时仍为其天然剩磁强度的 25%—50%, 不能达到完全清洗的程度, 但其退磁曲线仍呈两段式特征。相当一部分样品的剩磁强度在中高温退磁阶段并未明显衰减, 680 °C 时仍为其天然剩磁强度的 50%—75%, 直到 720 °C 时才能被彻底清洗(图 4)。

渐新统样品的磁性状普遍较好, 均能分离出两组稳定的磁性分量, 退磁曲线呈明显的两段式特征。高温分量解阻温度谱为 300~720 °C, 其磁化方向在地理坐标系中呈近于反向平行的正、反两种极性, 基本满足反转检验要求, 即使正向磁化方向在地理

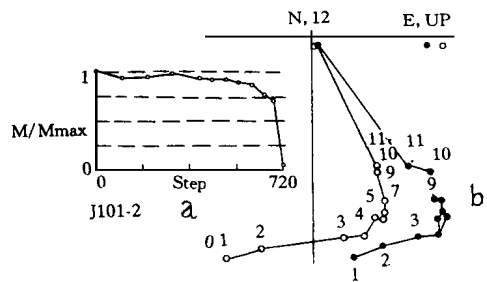


图 4 渐新统典型样品退磁曲线

a 规一化强度衰减曲线 b 正交矢量投影图

Fig. 4 Demagnetizing cure of Oliocene

a. normalized intensity decay cure b. orthogonal diagram

坐标系中也明显不同于现代地磁场方向。因而我们将高温分量视为样品形成时获得的原生剩磁。

古地磁样品系统退磁测试结果, 全部输入计算机应用 Enkin 软件系统逐个样品进行分析, 选取最优退磁温度段岩石原生剩磁数值, 计算出每个样品在不同退磁温度下的磁化方向(即经样品产状和地层产状校正后的磁偏角和磁倾角), 然后计算各采样

表1 库车坳陷新生界原生剩磁统计结果

Table 1 Statistics of Primayr magnetzations in Cenzoic, Kuche depression

地质时代	采点 (n/N)	原生剩磁方向				古地磁极位置				
		D	I	$\alpha_{95}$	K	东径	北纬	dp	dm	古纬度
渐新世	35(211/335)	16.9	52.3	4.3	32.8	202.9	73.7	4.1	5.9	32.9
中新世	79(498/875)	0.2	54.3	2.7	41.8	262.1	82.6	2.7	3.8	34.8
上新世	12(72/323)	352.3	57.7	5.6	67.7	322.3	82.9	6.0	8.2	38.3
更新世	7(45/56)	349.7	61.1	5.7	112.8	356.2	82.4	6.7	8.7	42.2

n/N—参加统计的样品数/采点内样品数, D—平均偏角, I—平均倾角,

$\alpha_{95}$ —置信圆角半径, K—精度参数, dp, dm—置信椭圆的两条半轴

点样品的平均磁化方向值。

比尤勒包古孜背斜南翼剖面和克孜勒努尔沟西侧剖面层序较全, 采点密集, 样品数量多, 以世为时代单位列出相关层位原生剩磁统计结果(表1)。

#### 4 同褶皱检验及其地质意义

比尤勒包古孜背斜南翼剖面和克孜勒努尔沟西侧剖面第三系古地磁研究是塔里木盆地迄今在单个剖面采样数量最多的, 系统退磁处理获得的原生剩磁通过了反转检验和褶皱检验而且以更高的精度通过了同褶皱检验。同褶皱检验结果表明, 更新统原生剩磁均为岩层发生构造变动前获得的沉积剩磁(图5), 上新统则含有一定比例的同褶皱沉积剩磁

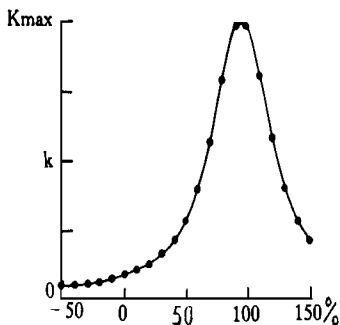


图5 更新统原生剩磁磁化方向同褶皱检验

Fig. 5 Synfolding tests of directions of primary magnetizations of Pleistocene

(图6), 但中新统原生剩磁均为岩层发生构造变动之前获得的沉积剩磁(图7), 渐新统则含有一定比例的同褶皱沉积剩磁(图8)。由此推断, 研究区在渐新世和上新世均表现出较强的构造活动性。

至今公开报道的塔里木第三纪古纬度值在 $24^{\circ}\text{N} \sim 29^{\circ}\text{N}$ 之间<sup>[3-4]</sup>, 比现今纬度低 $13^{\circ} - 18^{\circ}$ 。而且, 这些样品绝大多数采自盆地北部库车地区, 此外仅李永安等(1989)报道了盆地南缘皮山县杜瓦地区

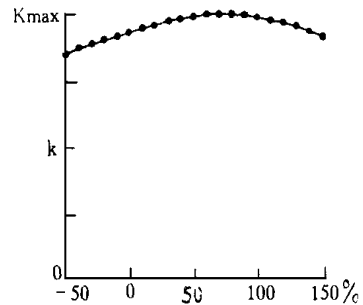


图6 上新统原生剩磁磁化方向同褶皱检验

Fig. 6 Synfolding tests of directions of primary magnetizations of Pliocene

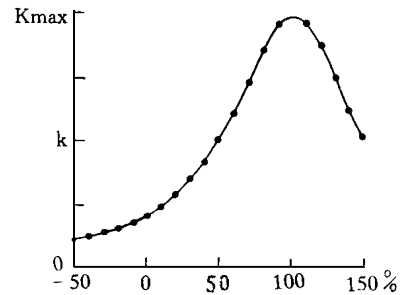


图7 中新统原生剩磁磁化方向同褶皱检验

Fig. 7 Synfolding tests of directions of primary magnetizations of Miocene

的老、新第三纪古纬度分别为 $26.5^{\circ}\text{N}$ 和 $28.1^{\circ}\text{N}$ 。因多数研究者都认为库车地区(通常认为是塔里木盆地北缘)在第三纪时处在中-低纬度地带并在晚第三纪以来向北漂移了1300—1800 km(不考虑误

差),主要是通过地壳缩短增厚、向北逆冲推覆、天山两侧形成高角度紧闭线型褶皱和倒转褶皱等形式实现的,但实际上除了形成上述褶皱外,支持如此大规模漂移的地质证据并不充分,而且天山褶皱带南侧第四纪以来主要表现为向南逆冲推覆。

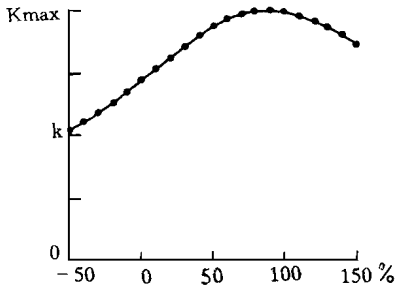


图8 渐新统原生剩磁磁化方向同褶皱检验

Fig. 8 Synfolding tests of directions of primary magnetizations of Oiocene

这就启示我们,库车地区第三纪古纬度可能不会如此之低,在进行资料处理(尤其是剩磁方向稳定性检验)时,除进行经典的褶皱(展平)检验外,还应进行同褶皱检验(逐步展平检验)以确定最大精度参数,由此获得的古地磁资料表明,塔里木盆地北缘库车地区在渐新世晚期( $E_3$ )和中新世( $N_1$ )即已处在中纬度地带而不是中—低纬度地带,古纬度分别为

$33.3^\circ N$  和  $34.3^\circ N$ (表1);中新世—上新世期间快速向北迁移,更新世时到达现代位置( $42.2^\circ N$ )。同时,库车地区自渐新世以来持续逆时针旋转约  $27^\circ$ ;对照盆地南缘普鲁玄武岩古地磁资料提供的构造信息,可以推断控制塔里木盆地油气分布的构造格架和盆地周缘的构造形迹主要形成于前更新世的燕山期和喜山期,盆地的现今形态基本上定型于更新世。

通过计算出的各期沉积速率就不难看出更新世的沉积速率最大,该区渐新世沉积速率为  $0.071 \text{ mm/a}$ ,中新世沉积速率为  $0.106 \text{ mm/a}$ ,上新世沉积速率为  $0.27 \text{ mm/a}$ ,更新世沉积速率高达  $1.1 \text{ mm/a}$ ,由于天山的快速隆升,沉积物源区提供了充足的碎屑物质,尤其是盆地周缘(南天山)向盆地方向发生的大规模逆冲推覆构造,并形成山前多排近东西向的褶皱、断裂。

#### 参 考 文 献

- 1 杨庚,库车拗陷沉降与天山中新代构造活动.新疆地质,1995,13(3):264~273
- 2 程国良,古地磁数据的判据.见:肖庆辉主编,当代地质科学前沿.北京:中国地质大学出版社,1993,523~526
- 3 孟自芳,新疆普鲁火山岩古地磁研究.科学通报,1997,42(2):177~179
- 4 滕志宏,新疆普鲁火山岩特征及时代归属问题.岩石学报,1987,(4):94~95
- 5 Harland W B Cox A V. A geologic time scale. London: Cambridge University Press, 1982, 76~83

## The Synsedimentary Fold Study of Tertiary System in Kuche Depression and Geological Significance

Deng Yunshan<sup>1</sup> Kang Jian<sup>2</sup> Meng Zifang<sup>1</sup>

(Lanzhou Institute of Geology, Chinese Academy of sciences, Lanzhou 730000)

(Petroleum Society of China, Beijing 100724)

### Abstract

The authors present here a brief introduction of synsedimentary deformational process obtained from latest paleomagnetic results of Tertiary System in Kuche Depression. The results from synfolding test imply that primary magnetizations of Pliocene and Oligocene are mainly synsedimentary remanent magnetization. According to paleomagnetic data, structural activity is intense during Pliocene and Oligocene. As a result, It has geological significance to deduce structural framework and corresponding structural trace which control distribution of oil and gas in Kuche Depression.

**Key words** synfolding tests Kuche Depression Tertiary system