

石 彦 鲁新便 汤良杰 康志宏 张用夏 著

塔里木盆地深部地质结构和盖层构造分析

JIEGOU HE GAICENG GOUZAO FENXI

地
质
出
版
社

塔里木盆地 深部地质结构和盖层构造分析

石 彦 鲁新便 汤良杰 著
康志宏 张用夏

地 质 出 版 社

· 北 京 ·

内 容 提 要

本书依据横穿塔里木盆地并联接周缘造山带的大地电磁测深 (MTS) 结果, 结合区域高精度航磁、条带域内重力场等资料, 综合分析了塔里木盆地及周缘造山带的岩石圈深部结构。通过系统编制塔里木盆地主要反射界面构造图、主要层系残厚图, 详细研究了塔里木盆地盖层构造演化及盖层变形特征。在对构造单元重新划分的基础上, 对塔里木盆地油气地质条件和油气远景进行了评价。

本书具有理论研究及指导生产的实用价值, 可供从事油气地质与勘探的科研人员参考使用, 也可供有关院校师生使用、参考。

图书在版编目 (CIP) 数据

塔里木盆地深部地质结构和盖层构造分析/石彦等著. -北京: 地质出版社, 1999. 9
ISBN 7-116-02868-4

I. 塔… I. 石… III. ①塔里木盆地-大地深部构造-研究②塔里木盆地-盖层(油气)-研究
IV. P542

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (1999) 第 42722 号

地质出版社出版发行

(100083 北京海淀区学院路 29 号)

责任编辑: 祁向雷 王 璞

责任校对: 关风云

*

北京印刷学院实习工厂印刷 新华书店总店科技发行所经销

开本: 787×1092 1/16 印张: 6.375 字数: 142500

1999 年 9 月北京第一版·1999 年 9 月北京第一次印刷

印数: 1—500 册 定价: 16.00 元

ISBN 7-116-02868-4

P·2035

(凡购买地质出版社的图书, 如有缺页、倒页、脱页者, 本社发行处负责调换)

前 言

经过数代油气地质工作者的不懈努力和艰苦勘探,位于天山、昆仑山和阿尔金造山带之间的塔里木盆地,已向世人展示了其巨大的油气前景,具备了成为21世纪我国石油天然气接替区的条件,它必将成为我国乃至世界最重要的含油气盆地之一。

众所周知,几乎所有的含油气盆地都是在岩石圈板块内部或不同性质的板块边缘上发展起来的,因而不同地质历史阶段的原型盆地的形成与演化,都控制着含油盆地的地质结构与构造。

油气在沉积盆地中的生成、运移、聚集和保存条件等都直接受到盆地所处构造部位的地壳—地幔活动性质、盆地地球动力学及构造特征的演化所制约。因此,从盆地所处的宏观区域构造入手,运用综合地球物理方法,研究盆地及邻区的地壳—上地幔深部结构,建立盆地深部地质结构和构造模型,探讨盆地的区域构造背景、动力学作用及其与油气关系,对于我们认识和了解塔里木盆地性质、结构和构造,控制盆地形成演化的深部地质因素及地球动力学背景,无疑具有重要的现实意义和理论意义。

塔里木盆地的深部地质问题长期以来为人们所关注。在此,前人先后进行过红外遥感、重力测量、航空磁测等多学科的地球物理分析与研究,为从地壳—上地幔的结构和地球物理场特征来研究与探讨盆地形成、演化的深部背景、动力作用及其与油气关系打下了良好基础。但由于客观地理条件限制,以及盆地中部测点稀少、区域重力场的控制数据分布很不均匀等原因,上述研究还不够深入和系统。对控制盆地形成的岩石圈动力学背景以及深、浅构造层的关系有待进一步探索。此外,前人对盆地构造单元提出过不同的划分方案,并对各构造单元的地质特性、发展演化及含油气性进行了探讨,但总的来说是粗线条的。对盆地中不同时代地层空间展布、接触关系,构造层次的划分、各地质单元边界还不十分清楚。对盆地各期构造运动的表现、性质、规模、强弱程度及影响范围,还需作深入研究。

作者有幸参加了“八五”期间的国家重点科技攻关项目“塔里木盆地油气资源”,并承担其中的一个专题:“塔里木盆地深部地质结构和盖层构造研究”,该专题的主要研究任务是:

(1) 以地质勘探项目为依托,应用走廊域地学断面的新思想、新概念,开展以测制建立横穿塔里木盆地并联接天山、昆仑、阿尔金造山带的大地电磁测深剖面为主,并结合区域航磁和条带域重力资料等综合物探方法,研究盆地及周缘造山带的岩石圈深部结构,建立研究区地球物理断面内的构造地质、地球物理综合解释模型,从而达到研究盆地基底性质,深部构造分区,盆地与周缘造山带深部构造关系的目的。

(2) 从区域地震剖面的地质解释入手,编制全盆地各主要层系的等厚图、主要反射界面构造图,研究盆地宏观构造格局(构造单元区划)、主要构造带展布以及主要大型坳陷的时空分布,研究盆地的基底拆离和盖层滑脱相联系的板内变形,深化对盆地深部地质结构和盖层构造关系的认识。

通过专题组历时四年的艰辛努力，圆满完成了设计任务，及时提交了研究报告。

专题研究项目组由原地质矿产部西北石油局规划设计研究院和长春科技大学（原长春地质学院）应用地球物理系共同承担。专题研究和报告编写的主要人员有原长春地质学院应用地球物理系的吴燕冈副教授、周富祥教授、孟令顺教授、单汝俭副教授、胡祥云讲师，西北石油局规划设计研究院的石彦、鲁新便、汤良杰、康志宏、田春来、杜风娟等。本书正是在研究报告的基础上编写而成的，并在编写过程中作了必要的修改和补充。本书编写分工为：前言、第1章，石彦、鲁新便；第2章，石彦、张用夏、鲁新便；第3章，鲁新便、石彦；第4章，鲁新便、张用夏；第5章，康志宏；第6章，汤良杰、鲁新便。最后由石彦、鲁新便审改全文并定稿。

在本专题的研究过程中，西北石油地质局科技处、地勘部、85-101项目办公室、第一物探大队和地质大队的领导以及有关技术人员多次亲临现场指导工作，进行技术把关，保证了本专题的顺利完成。此外，在大地电磁测深资料解释中，西北石油地质局教授级高级工程师康玉柱、陆青，高级工程师周永昌、黄有元等同志给予了多次指导和帮助。张大权、翟耀先、陈惠超等同志帮助确定了塔里木盆地地震层序划分对比解释方案，林忠民同志提供了区域编图必需的可靠速度资料，第一物探大队一六一队微机室陈新刚、张健升、安精文等同志以及地质大队盆地研究室等单位为本专题图件编制和完成给予了大力支持和帮助，一六一队绘图室张峰、李宝质、田英萍、奚建梅、孙斌等同志清绘了专题报告全部图件，在此一并表示感谢。

本项研究完成后，由原地质矿产部“八五”国家科技攻关85-101项目办公室组织的以刘光鼎院士为主任、孙肇才教授级工程师、万有林教授级高级工程师为副主任的评审委员会对研究成果进行全面、认真的评审，并提出了许多宝贵意见。在此，谨向他们致以衷心的感谢。

作者

1997年9月

目 录

前 言

1 塔里木盆地及邻区区域重力场特征	1
1.1 地层岩石密度	1
1.2 区域重力异常特征概述	3
1.3 主要构造单元重力异常及构造区划	3
2 塔里木盆地及邻区区域磁场特征	7
2.1 地层岩石磁性	7
2.2 区域航磁异常特征概述	9
2.3 盆地基底变质相及构造特征	11
3 塔里木盆地及邻区地电结构特征	14
3.1 西昆仑造山带的地电结构	14
3.2 天山造山带的地电结构	17
3.3 盆缘隆起的地电结构	18
3.4 塔里木盆地的地电结构	21
4 塔里木盆地及邻区深部地质结构与构造	25
4.1 莫霍面分布与磁性界面埋深	25
4.2 岩石圈速度结构特征	31
4.3 火成岩体的分布特征	32
4.4 关于北纬 40°线高磁异常带的性质及探讨	35
4.5 盆地与周缘造山带的深部构造关系	39
5 塔里木盆地的盖层构造演化	44
5.1 前震旦纪塔里木古板块形成阶段	44
5.2 震旦纪—奥陶纪塔里木古板块裂解和克拉通内裂陷盆地发展阶段	50
5.3 志留纪—泥盆纪克拉通内挤压盆地演化阶段	53
5.4 石炭纪—二叠纪克拉通内裂陷盆地和弧后裂陷盆地演化阶段	55
5.5 三叠纪以来的前陆盆地发展阶段	57
6 塔里木盆地盖层构造变形与油气远景	61
6.1 塔里木盆地构造单元划分	61
6.2 塔里木盆地主要构造运动和盖层变形特征	72
6.3 盆地深部地质结构和盖层构造关系	80
6.4 盆地油气远景评价	83
参考文献	93

1 塔里木盆地及邻区区域重力场特征

1.1 地层岩石密度

岩石密度是重力勘探工作的解释基础，根据前人在塔里木盆地及周缘地区做过的岩石密度资料，可将塔里木盆地分为东北地区 and 西南地区。

东北地区地层密度特征：新生界密度为 2.31~2.42g/cm³；中生界为 2.37~2.55g/cm³；古生界为 2.59~2.68g/cm³；元古宇至太古宇 2.71~2.79g/cm³。该区主要密度界面

表 1-1 塔里木盆地东北地区地层密度表

字、界	系、组		密度变化范围 g/cm ³	系* g/cm ³		界* g/cm ³	主要密度界面 g/cm ³	说 明		
上 地 壳	新生界	第四系		1.5~2.6		1.8~2.2		2.36	0.1~0.36 0.36 0.08~0.16	新生界至元古宇 的密度引自《新疆 塔里木盆地东北地 区重力场特征及其 与构造油气关系研 究》，元古宇以下密 度引自《塔里木盆 地东北地区重力普 查总结报告》
		第三系	上第三系	1.9~2.6		2.37	2.36			
			下第三系	2.16~2.66			2.48			
	中生界	白垩系		2.3~2.62		2.50		2.52	2.51	
		侏罗系		2.24~2.66		2.52				
		三叠系		2.46~2.66		2.56				
	古 生 界	二叠系		2.2~2.9		2.59		2.66	0.04~0.3 2.61 0.06~0.10 2.68 0.05~0.5	
		石炭系		2.52~2.82		2.66				
		泥盆系		2.44~2.76		2.63				
		志留系		2.42~2.7		2.58				
		奥陶系		2.5~2.82		2.68				
		寒武系		2.5~2.82		2.68				
	元、太 古宇	震旦系		2.4~2.85		2.69		2.71~2.79		
		前震旦系		2.5~2.31						
		花岗岩层								
下 地 壳	康拉德面						0.20			
	玄武岩层									
	莫霍面									
	上地幔							0.26~0.34 3.24~3.32		

* 表示以系、界为单位的岩石平均密度。

应为中生界与古生界密度界面，其密度差为 $(0.13 \sim 0.23) \text{ g/cm}^3$ ，其次是上新生界与中生界密度界面，密度差为 $0.06 \sim 0.13 \text{ g/cm}^3$ ，再其次是古生界与元古宇—太古宇密度界面。由于中生界与古生界的界面密度差高达 0.2 g/cm^3 ，因此古生界顶面的起伏变化成为引起局部重力场的主要因素。塔里木盆地东北地区各时期地密度及主要密度界面见表 1-1。

此外，本区的康拉德面密度差为 0.20 g/cm^3 ，莫霍面的密度差为 $0.26 \sim 0.34 \text{ g/cm}^3$ 。因此，就研究深部构造而言，引起本区区域重力场主要是莫霍面（含上部的康拉德面）起伏的影响。此外，还应重视中生界与古生界，以及基底与上覆地层（包括震旦系）之间的密度界面对区域重力场的影响。

西南地区地层密度特征：盆地西部地区主要密度界面是前中生界顶面与中生界之间的密度界面。前中生界的平均密度约为 2.70 g/cm^3 ，中生界平均密度约为 2.52 g/cm^3 ，两者密度差为 0.18 g/cm^3 ，在缺失中生界沉积或是中生界很薄的地区，如巴楚隆起和柯坪隆起地区，新生界直接超覆在前中生界之上，两者的密度差一般都大于 0.25 g/cm^3 。除了地壳厚度变化外，上述界面是引起重力异常的主要因素。塔西南地区各时期地层密度情况见表 1-2。

表 1-2 塔里木盆地西南地层密度对比表

地层时代		喀什地区			叶城、和田地区			柯坪地区			巴楚地区			综合值
		最大值	最小值	平均值	最大值	最小值	平均值	最大值	最小值	平均值	最大值	最小值	平均值	
新生界	上新统一下第四系	2.90	2.62	2.66	2.59	2.40	2.50							2.6
	上第三系	2.68	2.06	2.33	2.71	2.12	2.40				2.20	1.83	2.04	2.48
	下第三系	2.70	2.00	2.54	2.69	1.62	2.45				2.52	2.05	2.15	2.41
中生界	白垩系	2.66	2.05	2.40	2.69	2.09	2.50							2.52
	侏罗系	2.77	2.62	2.69	2.68	2.16	2.50							2.60（山区）
	三叠系	2.92	2.57	2.75	2.72	2.19	2.53				2.95	1.91	2.70	2.48
古生界	二叠系				2.88	2.56	2.70	2.70	2.41	2.64				2.70
	石炭系				2.73	2.35	2.65	2.60	2.53	2.57				2.67
	泥盆系				2.80	2.71	2.75	2.68	2.56	2.56				2.73
	志留系—泥盆系				2.84	2.70	2.70	2.71	2.58	2.63				2.71
	寒武系—奥陶系				3.03	2.63	2.79	2.84	2.69	2.78				2.84
元古宇	震旦系—下元古系				3.00	2.52	2.74				2.69	2.62	2.64	2.71
太古宇					3.00	2.58	2.71							

注：密度单位为 g/cm^3 （据侯卫国，1989）。

本次所研究的三个条带域分布在塔里木盆地的西部和东部地区。引起该区重力异常的主要密度界面有：①莫霍面为 $0.02 \sim 0.04 \text{ g/cm}^3$ ；②康拉德面为 0.20 g/cm^3 ；③中生界与前中生界间为 $0.18 \sim 0.23 \text{ g/cm}^3$ ；④新生界与中生界间为 $0.07 \sim 0.16 \text{ g/cm}^3$ 。由地震资料提供的新生界底面埋深，前中生界的顶面深度和震旦系的底面深度资料，正演计算出前震旦系上覆盖层所产生的平均重力异常为 $(-35 \sim -38) \times 10^{-5} \text{ m/s}^2$ ，占塔里木盆地平均区域重力

异常的 16%~20%。其余重力异常的区域场是由结晶基底和莫霍面(含康拉德面)产生的。因此,对研究深部构造而言,塔里木盆地的区域重力异常含有丰富的深部地质信息。

1.2 区域重力异常特征概述

布格重力异常是从地下几十公里乃至一二百公里深度的地质不均匀体,存在足够的密度差异时所引起的异常。它客观地包含着地球内部构造的丰富信息。其主要反映地壳至上地幔的地质构造及物质组成的不均匀性,即不同波长的异常反映地球内部不同层位的构造面貌。

盆地的南、西、北缘被重力异常梯度带所围,构成一个向东开口的“鱼”形环形带(图 1-1)。这些围绕盆地边缘的重力异常梯度带,正是盆地边界断裂带的反映,所以环形带范围内是塔里木盆地的主体部分。

大致沿北纬 40°线,布格重力异常特征显示在盆地中央存在一条向南凸出的纬向深大断裂带(图 1-1 中的粗线条)。该断裂带西起阿图什,经巴楚,过塔克拉玛干沙漠腹地至阿拉干、罗布泊,并一直向东延伸。断裂带西段在异常上表现为等值线线性弯曲和等值线陡变带;中段在异常上信息较弱;东段在异常上表现为等值线线性弯曲和串珠状异常轴线的连线。

环形重力异常陡变带各段的梯度不同。东南缘若羌—民丰段,陡变带梯度最大,达到每公里 $(1.2\sim 1.4)\times 10^{-5}\text{m/s}^2$;东北缘库尔勒—铁干里克段和铁干里克—罗布泊段,陡变带梯度最小,为每公里 $(0.8\sim 1.0)\times 10^{-5}\text{m/s}^2$ 。在盆地的南、西、北缘重力场值急剧向盆外方向下降,说明莫霍面向盆地东南缘的阿尔金山系和西南缘的昆仑山系和其北缘的天山山系下凹。

环形重力异常陡变带为盆地边缘深大断裂带的反映。如盆地南缘从东端罗布泊,向西偏南经若羌、且末、民丰至于田的陡变带,就是且末—若羌大断裂带在重力场上的反映;盆地北缘西段经阿合奇至协合力以北的陡变带,对应的是阿合奇—喀拉克克大断裂带;盆地北缘东端从库尔勒向东延伸至东经 90°以东的陡变带,正是辛格爾深大断裂带的反映。

以北纬 40°为界的南北两区有不同的区域重力场。从受局部干扰较小的塔盆中部地区看,北区一般为 $(-190\sim -200)\times 10^{-5}\text{m/s}^2$,而南区一般为 $(-170\sim -180)\times 10^{-5}\text{m/s}^2$ 。因此,其区域重力场北区低于南区,说明其莫霍面(包括康拉德面)北区深于南区。

盆地中部布格异常变化平缓,平均为 $-180\times 10^{-5}\text{m/s}^2$ 左右,东部和西部异常幅值变化大,东部一般在 $(-120\sim -180)\times 10^{-5}\text{m/s}^2$,而西部变化范围更大,一般在 $(-120\sim -300)\times 10^{-5}\text{m/s}^2$ 。这反映塔里木盆地东部和西部构造活动强烈,向环状带内重力值偏高。该异常呈北西走向,在巴楚为一个重力高值区,重力值高达 $-70\times 10^{-5}\text{m/s}^2$,说明该区的结晶基底已隆起。向环状带外重力急剧向南、北两侧下降,南侧至叶城、和田一带重力值降低到以 $-300\times 10^{-5}\text{m/s}^2$ 等值线所闭合,北侧至阿瓦提重力值降低到 $(-230\sim -250)\times 10^{-5}\text{m/s}^2$ 。

1.3 主要构造单元重力异常及构造区划

由于不同的地质构造单元,在地层、岩性、构造背景及物质密度分布上,皆有其自身

的特点,因此表现在重力场上的特征也不同。研究表明,重力场与高程、地壳厚度、密度、地壳结构等参数之间存在多元相关关系。它们的相关统计线(对同一构造单元,其相关点将有规律的自成一體,按最小二乘原理,命名各相关点距某一直线的距离的平方和为最小时,我们把该直线称作相关统计线)的形态,相关方程的参数也有一定的差异,表现在重力异常与高程的相关统计特征也不同。对同一构造单元,其相关点将自成一體,这些相关点构成具有一定斜率的相关统计线,而相邻的构造单元,在以上几个方面会表现出明显的差异,特别是相关统计线在横向上具有显著的不连续性,这表明各构造单元间受深大断裂或深部地质结构控制。

依据上述性质,我们对塔里木盆地三个条带域中心剖面的布格异常与测点高程进行了相关统计分析。根据相关统计线的形态、相关系数等标志信息,并结合各条带域重力异常的平面特征。尝试将塔里木盆地及邻区划分成如下构造单元:

1.3.1 西昆仑造山带

位于塔里木盆地南部,重力场上表现为一组向南凸出,呈北西—近南东向延伸的巨大弧形重力梯度带,由北向南场值从山前褶皱带的 $-300 \times 10^{-5} \text{m/s}^2$ 急剧降至麻扎和大红柳滩附近的 $(-420 \sim -460) \times 10^{-5} \text{m/s}^2$,并继续向域外下降,异常梯度达每公里 $(2.5 \sim 2.7) \times 10^{-5} \text{m/s}^2$ 。由于西昆仑重力梯度带展布范围极宽,因此推断该区深大断裂比较发育。

1.3.2 阿尔金山隆起

该隆起以阿尔金山前断裂带与塔里木盆地交界。阿尔金山地区的重力场表现为沿阿尔金山系走向(北东向)的重力梯度带,整个梯度带宽近200km,平均值由西北侧的 $-260 \times 10^{-5} \text{m/s}^2$ 急剧降至阿尔金山附近的 $-400 \times 10^{-5} \text{m/s}^2$,梯度变化每公里在 $(1.0 \sim 1.3) \times 10^{-5} \text{m/s}^2$ 。该梯度带反映了阿尔金山断裂系的存在。

1.3.3 天山造山带

分布于南天山南缘区域重力异常梯度带以北地区。该区重力场总体表现为一系列沿天山山系(西天山)走向的负高值和负低值相间出现的异常条带,它们之间被宽窄不等的异常梯度带所分开。其中南天山地段(巴仑台—库米什断裂以南),重力场反映是一个北深南浅的拗陷构造,其区域场值在 $(-250 \sim -260) \times 10^{-5} \text{m/s}^2$ 。中天山地区为北西向的重力异常高(婆罗科努—阿克其库都克断裂以南)场值从南、北两侧的 $-220 \times 10^{-5} \text{m/s}^2$ 向中间增大到 $-195 \times 10^{-5} \text{m/s}^2$,为前寒武系变质基岩隆起的构造区。场值范围为 $(-120 \sim -230) \times 10^{-5} \text{m/s}^2$,变化梯度较大,断裂构造比较发育。

1.3.4 塔里木盆地

为巨大环形重力异常梯度带所围的区域。这些梯度的存在,不仅圈出了塔里木盆地的边缘轮廓,同时也说明盆地与周缘造山带之间存在深大壳层断裂。根据条带域内重力场特征可进一步划分出若干次级构造单元。

(1) 西南拗陷区

位于西昆仑北缘重力异常梯度带以北地区,异常形态为东西向封闭状的负低值异常区,异常范围东窄西宽,场值为 $-300 \times 10^{-5} \text{m/s}^2$ 左右。它实质是叶城—和田拗陷在重力场上的反映,较低负异常表现该区低密度的沉积层比较发育。由叶城—和田负低值异常区往北异常形态表现为自南 $(-300 \times 10^{-5} \text{m/s}^2)$ 向北 $(-115 \times 10^{-5} \text{m/s}^2)$ 逐渐增高的“重力斜坡带”,表明其深部构造为一个向南倾斜的大斜坡。

(2) 中央隆起带

异常形态总体表现北西向展布的重力异常高，其北东和西南侧均为重力异常梯度带所限，场值由南、北两侧的 $-180 \times 10^{-5} \text{m/s}^2$ 几乎对称的向中心增高到 $-75 \times 10^{-5} \text{m/s}^2$ 。在上延 20km 和 40km 的重力异常图上，该重力高值有明显显示，表明该区深部地质构造复杂，其重力异常高值与地壳深部构造有关。隆起带的东部为阿拉干变化异常区，它是由两个以上 $-175 \times 10^{-5} \text{m/s}^2$ 等值线圈闭的高值异常和一个以 $-180 \times 10^{-5} \text{m/s}^2$ 等值线圈闭的负低值异常所构成，总体亦为一个隆起构造带。

(3) 东南断隆带

阿尔金山前重力异常梯度带以北和罗布庄重力异常梯度带以南地区。该区异常与阿尔金断裂带的异常形态基本一致，表现为北东向的重力异常梯度带，往东、西方向异常形态有较大变化。由南往北场值从若羌附近的 $-240 \times 10^{-5} \text{m/s}^2$ 急剧增高到罗布庄附近的 $-195 \times 10^{-5} \text{m/s}^2$ ，增加梯度达每公里 $1.2 \times 10^{-5} \text{m/s}^2$ 。

(4) 东北坳陷区

阿瓦提断陷在重力异常上呈现为一大型负低值异常区，形态呈椭圆状，发育两个北东向展布的圈闭异常，分别以 $-240 \times 10^{-5} \text{m/s}^2$ 和 $-105 \times 10^{-5} \text{m/s}^2$ 等值线圈闭。该区是基底稳定、沉降很深的坳陷区，上延 40km 和 20km 后重力低依然存在，表明其深部低密度的特点。其西北侧和南侧分别为沙井子和阿恰—图木休克重力异常梯度带所限。满加尔坳陷的东北部，在重力场上呈现为北西向的“重力缓斜坡”异常区，场值从南部的 $-175 \times 10^{-5} \text{m/s}^2$ 向北增至孔雀河附近的 $-135 \times 10^{-5} \text{m/s}^2$ ，总体反映了基底是一个由北东向西南倾斜的大斜坡。需要指出的是研究区除南缘的昆仑山、阿尔金山系的巨大重力梯度外，还有北西向渐转为近东西向的阿恰—图木休克重力异常梯度带，重力梯度达每公里 $2.2 \times 10^{-5} \text{m/s}^2$ ；北东向沙井子异常梯度带，重力梯度达每公里 $2.5 \times 10^{-5} \text{m/s}^2$ 以及近东西向的南天山南缘重力梯度带，它们均是深断裂或复杂断裂带的反映。这些断裂也是控制盆缘及盆内各构造单元的主控断裂。

2 塔里木盆地及邻区区域磁场特征

2.1 地层岩石磁性

对丰富的岩石磁性参数资料研究表明,塔里木盆地及邻区的岩石磁性分布,可以分盆地西部和东部两部分(图 2-1)。

从图中可以看出,盆地西部存在 4 个区域磁性层:①前寒武系变质杂岩,其磁化率为 1000×10^{-5} 左右;②震旦系辉绿岩层,其磁化率为 1500×10^{-5} 左右;③二叠系玄武岩,其磁化率较高达 3000×10^{-5} 左右或更高;④比较薄的侏罗系,其磁化率达 1600×10^{-5} 。此外,上第三系地层也具较弱的磁性,其磁化率在 100×10^{-5} 左右变化。盆地东部地区具比较明显的三个磁性层:第一层是太古宇变质杂岩地层其磁化率达 1000×10^{-5} 以上;第二层是二叠系玄武岩层,其磁化率较高达 3000×10^{-5} SI 左右;第三层是侏罗系,在库车以北的库台克力克分布的侏罗系砂岩、泥灰岩具较强的磁性,其磁化率最大值达 4600×10^{-5} ,平均值也达 1000×10^{-5} 。

塔里木盆地前震旦系结晶变质杂岩地层是区域性磁性岩层,这一观点目前在地学界可以说已取得共识。但是,这一区域磁性岩层的磁性分布并不均衡,即其磁性随地点、原岩组分及其变质程度的不同而存在着较大的差异性。

前震旦系磁性较强者主要分布于盆地的南缘,如若羌、瓦石峡、红柳沟、米兰、巴什可干和且末等地,其磁化率最大可达 5300×10^{-5} ,一般在 $(380 \sim 760) \times 10^{-5}$ 。新藏公路附近的花岗片麻岩平均磁化率一般都在 1390×10^{-5} 以上。盆地北缘具较强磁性的前震旦系的分布比较局限,仅在库鲁克塔格及兴地—铁门关附近发现的各类灰绿色片麻岩类及片麻花岗岩具较强磁性,其最大磁化率达 3780×10^{-5} ,平均值约 100×10^{-5} 。元古宇中含铁石英岩也具比较强的磁性,其磁化率变化范围在 $(80 \sim 4580) \times 10^{-5}$,最大值可达 7160×10^{-5} 。分布在盆地北缘的中上元古界变质砂岩、大理岩、千枚岩、片麻岩及片岩类一般都是弱磁或是无磁性,其磁化率仅在 $0 \sim 30 \times 10^{-5}$,最大也不超过 50×10^{-5} 。另外,库尔勒以北地区的下元古界片麻岩类也是弱磁或是无磁性的。

震旦系的辉绿岩具较强磁性。在阿克苏西部就有三层厚度达 60m 左右的辉绿岩层,其磁化率在 $(3900 \sim 4590) \times 10^{-5}$ 。由于震旦系地层中含辉绿岩的地段有限,因此它只能引起范围有限的局部异常,叠加在前震旦系结晶基底所引起的区域异常背景之上。

二叠系玄武岩广泛分布于阿克苏、柯坪、巴楚和玛扎塔格等地,在和深 1 井以及沙参 1 井都钻遇二叠系玄武岩。经测定,其平均磁化率在 $(1000 \sim 2000) \times 10^{-5}$,最大达 4300×10^{-5} ,可见二叠系玄武岩具较强的磁性。磁性强及分布不均系玄武岩较为普遍的磁性特征。

① 本书的磁化率单位采用国际单位制,量纲为 1。

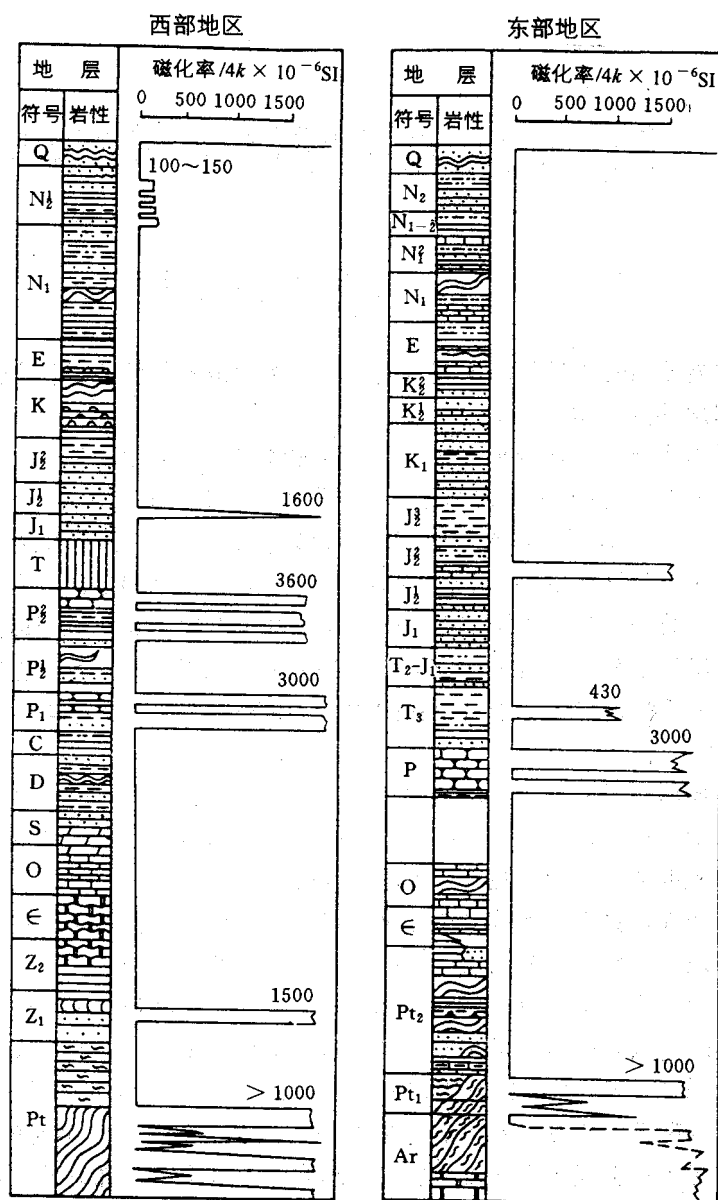


图 2-1 塔里木盆地地层磁性柱状图

如果二叠系玄武岩埋藏较浅或是出露地表，那么它能引起梯度变化大，变化复杂的磁异常。随埋深（或是观测高度）的增加，这类异常衰减也比较快。据这类异常的特征，利用低通滤波手段（如上延、匹配滤波、带通滤波等）能够在很大程度上消除它对区域背景场的影响。

侏罗系磁性岩层主要是指库车之北的库台克力克地区分布的侏罗系克孜勒努尔组，岩性为灰白色石英砾状砂岩、粉砂岩和细砂岩。关于这套地层具磁性的原因，目前说法不一，有人认为是由侏罗系地层中的菱铁矿被煤层燃烧后变成磁铁矿所引起；有人对上述说法持否定意见，认为这套地层的岩石本身就是具较强磁性，不存在上述的“燃烧”过程。这套

地层的最大磁化率达 4600×10^{-5} , 平均值为 1000×10^{-5} 。该磁性岩层能够引起明显的磁异常, 由于其分布极其有限, 因此它对区域背景场的研究不会产生明显的影响。

盆地及周缘地区的花岗岩类和闪长岩类磁性变化比较复杂。期次不同、岩性不同, 其磁性也不同。即便是同期次、同岩性, 其磁性也具较大的差异性。库鲁克塔格地区的灰白色花岗岩 (γ_1^* 、 γ_2^*) 及花岗斑岩 ($\gamma_{\pi_1}^*$), 片麻状花岗岩, 其平均磁化率仅为 5×10^{-5} , 可视为无磁性。兴地东部元古宇肉红色花岗岩, 二长花岗岩以及钾长花岗岩都具一定的磁性, 其磁化率在 $(110 \sim 740) \times 10^{-5}$, 最大达 1190×10^{-5} 。在库尔勒地区, 闪长岩 (δ_1^*) 具一定磁性, 其平均磁化率为 110×10^{-5} , 但是天山中部巴仑台地区的石英闪长岩磁性较强, 平均值达 1530×10^{-5} , 此外。早期的花岗岩的磁性一般要强于晚期花岗岩的磁性。

无论在塔里木盆地的东部还是西部, 虽然磁性地层中的侏罗系磁性层和震旦系辉绿岩, 都具有较强的磁性。但前者主要分在库车以北地区, 一般厚度较薄, 后者分布的地段也有限, 只能引起有限范围的局部异常。因此对确定盆地的磁性基底而言, 可采取对场进行处理的手段, 最大限度的压制这两个磁性层的影响。此外, 在反演磁性基底埋深时, 还必须克服二叠系玄武岩磁性层的影响。

2.2 区域航磁异常特征概述

由图 2-2 可以看出, 塔里木盆地航磁异常可划分以下几个区:

2.2.1 北纬 40° 以北的变化平缓的负异常区

该区的磁场强度在 $-120 \sim -200 \text{ nT}$ 之间, 对比地质图, 在盆地北缘阿克苏至柯坪地区已广泛出露元古宇浅变质岩系及古生界。元古宇浅变质岩系主要为一套绿色片岩类, 经物性测定其磁化率均低于 20×10^{-5} , 表明是一套非磁性层或弱磁性层。北纬 40° 以北的平缓负异常区, 主要反映出元古界为无磁性或弱磁性的浅变质岩系。较厚的古生界不过是使区域负异常变得更加平缓而已。

2.2.2 北纬 40° 以南的大面积正异常区

该区实质被北东向构造分割为若干条北东走向正、负相间的磁异常带。它们的共同特征是幅度不大、变化宽缓, 正异常带的强度大致在 $100 \sim 200 \text{ nT}$ 。异常带的走向不仅与阿尔金山的前寒武系地层平行, 还与侵入到这套地层中的太古宇花岗片麻岩类 (γ_{1-2}) 的走向也一致 (张用夏, 1979)。该区出露的太古宇结晶杂岩系均深度变质, 其磁化率皆大于 1000×10^{-5} 。显然, 这些正异常带是具有较强磁性的太古宇深部岩相构造带的反映。负异常带的强度大致在 $-30 \sim -150 \text{ nT}$ 。其所对应的出露区如罗布庄罗北一井, 在井下 $2229 \sim 2340 \text{ m}$ 处见到前寒武系变质灰岩层, 可与阿尔金山出露区对比, 属元古宙, 磁化率为 $(3 \sim 10) \times 10^{-5}$, 属弱磁性层。因此相对较低的负异常条带为变质程度较浅、岩浆活动不发育的元古宇浅变质岩相构造带的反映。这种正、负相间排列的条带异常, 也不排斥是结晶基底中发育的复背斜构造和复向斜构造在磁异常上的显示。

2.2.3 盆地中央纬向正异常带

大致为一条分布在北纬 $39^\circ \sim 40^\circ$ 的东西向正异常带。全长 1200 km , 宽约 $40 \sim 50 \text{ km}$ 。在西段, 正异常带的强度一般为 $50 \sim 150 \text{ nT}$, 局部高达 300 nT , 在平缓磁异常的背景上叠加有窄小的异常或线性异常。在东段, 正异常的强度一般为 $100 \sim 200 \text{ nT}$, 局部达 300 nT 以上,

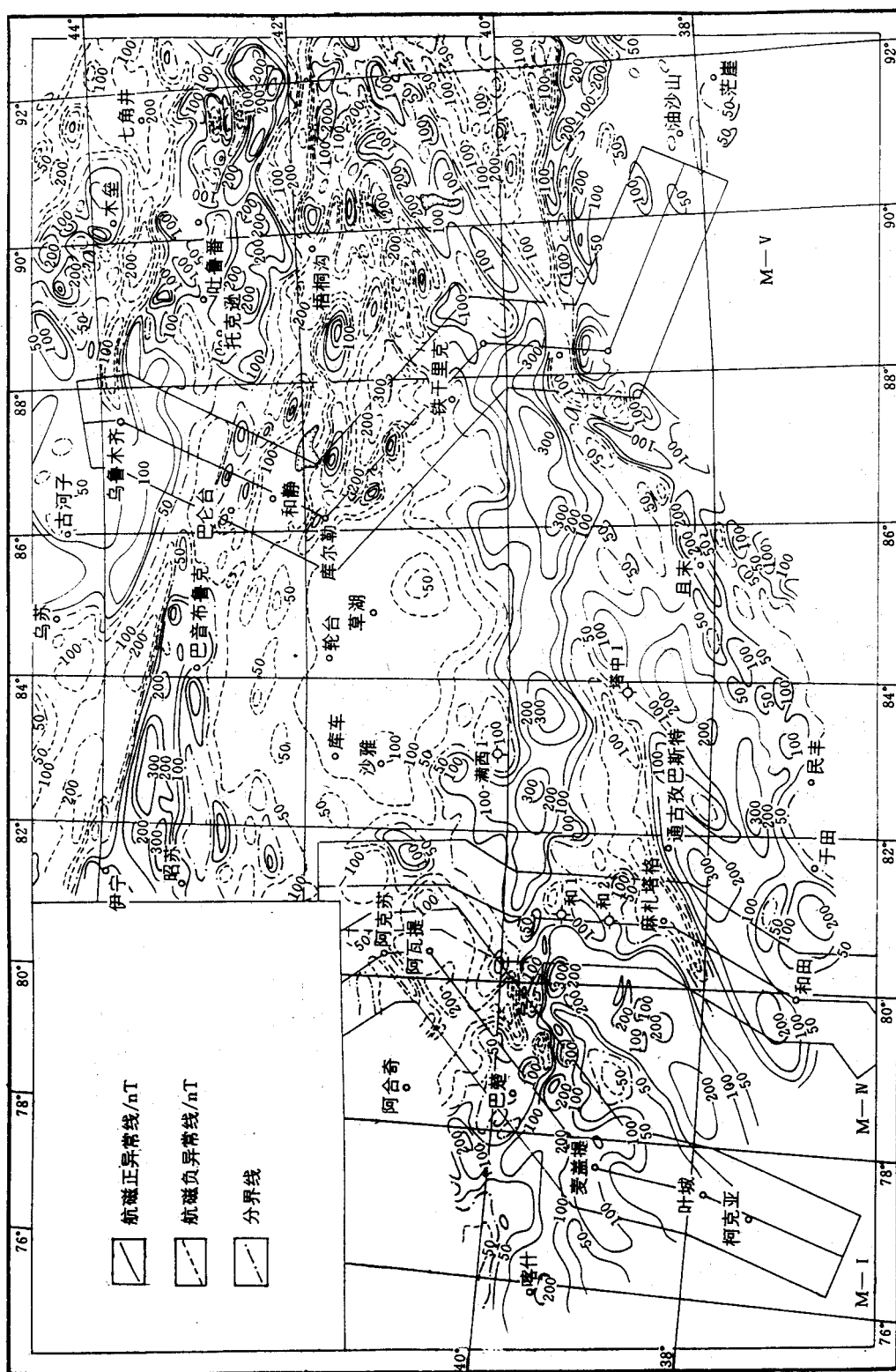


图 2-2 塔里木盆地及天山地区航磁 ΔT 及 I、N、V 条带域分布图

同样有局部异常叠加。对于该高磁异常带的性质和成因目前认识分歧较大,在本文中的4.4节中将详加讨论。

2.3 盆地基底变质相及构造特征

2.3.1 塔里木盆地结晶地块的时代及范围

在塔里木盆地深部基底性质与结构的研究中,一个很重要的问题是盆地深部是否存在有古老的结晶地块(陆核),以及结晶地块的范围大小。由塔里木盆地航磁 ΔT 平面图(图2-2)分析可知,盆内显示为大范围宽缓的升高正磁异常区,其强度可达100~300nT,在400km高度的卫星磁场图上也显示为呈北东东走向,幅值达80nT的正磁力高。由此可见,产生塔里木正磁异常区的源体具有很强的磁性、巨大的范围与较大的厚度。经反演计算,引起塔里木宽缓正异常区的磁源体上界一般埋藏在10km以下,最深可达18~20km,其下界大于40km,其视磁化强度可达 $(1000\sim 2000) \times 10^{-3} \text{A/m}$,具很强的磁性,推测是由太古代的中基性岩浆杂岩到超铁镁质岩组成。

这些源体不可能是由晚海西基性火山岩组成,而是前寒系结晶地块的反映。从基岩的磁性特征分析,塔里木结晶地块主要由两类结晶基岩组成。一类为视磁化强度大于 $600 \times 10^{-3} \text{A/m}$ 的强磁性致密岩块,主要由中基性火成变质岩组成,其变质相多属基性麻粒岩相及角闪岩相。另一类由一般小于 $200 \times 10^{-3} \text{A/m}$ 的弱磁性或无磁性的变质岩组成,变质相多属绿片岩相或中酸性麻粒岩相。

塔里木盆地基底具双层结构特征,由两套不同磁性的变质岩组成。下层为航磁异常反映的磁性基岩,其时代属太古代,一般均埋深为10~20km。上层介于磁性基岩面与地震反映的结晶基底之间,其时代属元古宙,磁性不强或弱,厚度变化在1~6km。在基岩隆起区,这套弱磁性变质岩层的厚度较薄或缺失,在深拗陷区厚度可达4~5km。上层基底岩系在盆地内有零星的出露或钻遇,如在民丰非兰帕附近已出露中元古界长城系,其岩性以结晶片岩为主。处于塔北隆起上的沙3井钻遇元古宇板岩及千枚岩。在阿克苏附近,也有下元古界阿克苏群绿色片岩出露。

综上所述,航磁反映的塔里木结晶地块处于下元古界阿克苏群绿片岩系之下,因此它无疑是太古代时形成的古老结晶地块,一些学者称之为陆核(王鸿祯,1985)。航磁 ΔT 图显示,塔里木结晶地块至少由2~3次构造旋回形成,因为那里出现了几组不同方向的磁异常带相互交汇。最明显的有3组方向的磁异常,第一组为近东西向的正磁异常带,由3~4排规模及强度不等的东西向磁异常(带)显示,称喀什-罗布泊构造系,第二组由北东向正负相间的磁异常组成,称和田构造系;第三组显示为北西向的磁异常,主要出露在巴楚与麦盖提之间,分布较局限。

从航磁异常显示的相互交叉关系,可以推测它们的相对时代。由于北东向和田构造系被近东西向的喀什-罗布泊构造系切断,因此前者的形成时间较早。如果喀什-罗布泊构造系为新太古代形成,那么和田构造系则可能形成于中太古代。

关于塔里木结晶地块的范围是近年来地质界关注的问题。张用夏(1982)曾指出塔里木结晶地块潜没于整个盆地腹部。1989年朱英根据塔里木盆地的磁场特征,以北纬40°线为界将盆地基底划分为南北两部分,分别称为南塔里木地台和北塔里木准地台。通过本次研