

大地物理

К. Ф. 贾普金 著
俞康胤 李国都 译

физика
ЗЕМЛИ

石油大学出版社

大地物理

K. Ф. 贾普金
俞康胤 李国都 译

石油大学出版社

著作权合同登记号图字 15-2002-012

图书在版编目(CIP)数据

大地物理/(俄罗斯)К.Ф 贾普金编著;俞康胤 李国都译.

—东营:石油大学出版社,2002.3

ISBN 7-5636-1615-2

I. 大… II. ①贾…②俞… III. 大地构造学;构造物理学
N. P313

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2002)第 013762 号

书 名:大地物理

主 编:К.Ф 贾普金 编著 俞康胤 李国都 译

出版者:石油大学出版社(山东东营 邮编 257061)

网 址: [http:// www. uppbook. com](http://www.uppbook.com)

电子信箱: upcpres@mail. hdp. edu. cn

印刷者:青岛胶南印刷厂

发 行 者:石油大学出版社(0546—8392563)

开 本: 850×1168 1/32 印张:9.375 字数:242千字

版 次:2002年10月第1版第1次印刷

印 数:1—1000册

定 价:50.00元



贾普金·康斯坦丁·费多罗维奇

作者简介:贾普金·康斯坦丁·费多罗维奇于1927年诞生于俄罗斯,奥林布洛州,舍斯塔高夫卡村。1948年毕业于德聂伯尔彼得洛夫斯克矿业学院(现国立乌克兰矿业大学),并获矿业地球物理工程师称号。1951年获副博士学位,1965年获博士学位。自毕业至今一直在国立乌克兰矿业大学地球物理勘探方法教研室工作,1966年起任教授。1996年被选为乌克兰国家科学院通讯院士。1995年被选为欧亚国际科学院院士。曾撰写并出版了200篇出版物,其中包括10篇专著、两本教科书。他的研究成果不止一次地被收录到前苏联的重力勘探工作者手册中。1972年和1996年两次获得乌克兰国家科学院奖。2000年又因《大地物理》一书再次获得了乌克兰国家科学院奖。

他的研究领域主要是①重磁异常的定量解释;②地壳断裂系统的研究以及其在预测有用矿藏中的应用。

此书献给乌克兰国立矿业科技大学
(德涅伯尔彼德罗夫斯克矿业学院成立 100 周年)

本书概要

本书给出了关于地球的结构和物理场的资料,研究了构造圈的地震地质、地电、密度和磁力模型,并阐述了构造圈中构造形成的新的旋转假说,该假说的基础是作者提出的新的大地均衡模型,说明构造圈的形变和地球的物理场两者形成的机制是统一的。

书中反映了原苏联和世界的科学家在地球科学领域中的学说,大部分内容是根据作者 1992—1997 年期间在国际地球物理杂志发表的研究结果编写而成的,阐述的简要性由广泛的文献清单弥补。

此书可作为高等学校地质专业学生的参考书。

前 言

本书的基础是作者近 10 年在国立乌克兰矿业科技大学给地质和地球物理专业的学生讲授的课程。课程涉及地球内部的结构及其相应的物理场,并对构造圈物理模型加以介绍;这些物理模型是地震地质模型、地电模型、密度模型和磁力模型。

本书旨在培养学生理解在地球最外圈层(称为构造圈)中进行的构造过程。在本书中阐述了构造圈中构造形成的新的旋转假说以及由此所得出的主要结果。

本书资料的特点:首先,有目的地从现有的国内外文献中挑选资料。对于为理解构造圈内由于地球旋转状态的改变而产生的构造形成过程所须的资料给予特别的重视。其次,对目前科学文献中积累不少的相矛盾的说法提出了作者的评价。作为例子可以提出如下说法:关于构造圈上部的垂直分隔性和水平分层性的说法、关于假说性的软流圈的存在及其用地球物理方法发现和研究其特征的可能性;关于“洋壳”和“陆壳”的概念是否相同的说法;关于构造生成过程中外力和内力的作用。

阐述的形式紧凑,阐述的简要性用相当广泛的引文做局部的补偿。引用这些文献来帮助希望进一步了解的读者寻找详细的研究状况或对所引用的非常规学说的正确性提供证明。

本书适用于高等学校地球物理勘探和地质专业的大学生。

中文版出版前言

编著本书的基础是《大地物理》课程的讲稿,我于最近 20 年在国立乌克兰矿业科技大学为地球物理专业学生讲授了此课程。本书的极大部分内容是我的研究成果。但在将这些成果编入本书前,曾在国内(原苏联—译者注)和国际期刊上试登过,也在国际论坛上讨论过。具体说来,这些成果全部是作者关于构造圈的密度、磁性、大地电性、地震地质模型以及地球磁场旋转模型的非传统观点。

关于发展构造圈内构造形成的新的旋转假说的最初想法,与在国内杂志上刊登的同时,还用英文刊登在布达佩斯埃特维沙地球物理研究所的论文集中。而作为构造形成的新的旋转假说的基础的地球均衡的最初模型曾在莫斯科举行的二十七届世界地质大会上提出。

在本书和我的研究成果中,均可见到国内和国外研究者的最新成就的反映。在作者的观点与传统观点不相符时,一般都展开过争论。近几年,关于书中阐述的课题,作者曾给中国的大学和科学研究机构(北京、上海、南京、兰州及其他地方)的大学生和科学工作者进行过讲座。除此以外,构造形成的新的旋转假说的一系列观点以及由此引出的结果曾在中国的期刊(*Earth Science Frontiers*, *Journal of Geomechanics*, *Petroleum Science*, *Volcanology and Mineral Resources*)发表过。张一伟、俞康胤和李国都在 *Petroleum Science* 2000 年第四期中对本书做过相当详细的评论。

我认为,建议在中国的大学里给地球物理专业的大学生开设《大地物理》课程是我的责任。本书对地质专业的学生也将有裨益。此书将有助于理解大地构造学中所积累起来的矛盾。具体说来,在

书中列举的五条原则就是为此目的而提出的。这五条原则是任何现有的大地构造学说所应该满足的。

总而言之,我认为,张一伟及其他作者在上面所引的文章中提出的意见是合理的。在这篇文章中他们指出,尽管在中国和在世界上大地构造学说得到了蓬勃的发展,构造形成的原动力和能量来源问题并未解决。在解决此问题中构造形成的新的旋转假说可给予决定性的帮助。

A handwritten signature in black ink, appearing to be 'Zhang Yiwei' (张一伟), written in a cursive style.

序

《大地物理》一书是乌克兰科学院通讯院士康斯坦丁·费多罗维奇·贾普金的著作,它探讨了一条解决构造作用能量源的途径——具有新意的构造形成旋转假说。该假说的理论核心是:

地球具有相应的旋转状态和断块分布的均衡状态(大地水准面)。由于地球和周围宇宙空间的物理场的相互作用,导致地球旋转状态的经常改变,于是产生适应新的状况的均衡状态。在新老均衡状态的调节过程中形成所有的构造作用。

假说的基础是对宇宙空间各种物理场,特别是,地球及其周围空间区域的深入研究,是对地球构造圈地质作用以及由于地球深部物质(上、下地幔)所造成的表现形式及其物理场的综合研究。因此,本假说具有下列优越性:

- 本假说探讨了地质作用的能量源泉。认为地球和宇宙空间之间的相互作用力占主要的和控制的地位,而地球内部所发生的所有过程所造成的能量源占有次要的和局部的地位;

- 本假说解释了深大断裂的形成及其定向分布的特征,并对深大断裂的形成原因提供了理论模型。

- 本假说把诸如断裂活动、沉积、褶皱作用和岩浆活动等地质作用有机地结合起来。它不仅包容了地槽—地台理论优越之处,同时还解释了海域中的物理场特点以及某些用地槽—地台理论甚至板块构造学都难以解释的地质现象。

油气形成于沉积盆地的演化过程中,油气聚集在以背斜为主的(深盆气的聚集已伸展到了深部向斜中)各类构造样式中,因此,构造地质学对油气勘探工作有着十分重要的作用。但是,遗憾的是构造地质学在解决找油问题上,还存在着一系列有待解决的问题。

我们有过一批很优秀的构造地质学家。如黄汲清、李四光、张伯声、朱夏、陈国达等,他们不仅能引进外国先进的理论,更重要的

是能结合中国实际,进行了大量的野外实践,有所创新,有所前进。“槽台学说”不仅静态描述了现今的构造,并主要以地壳垂直升降运动的观点从沉积厚度、岩相、断裂、不整合等各方面,研究了构造的发展,这些基本研究方法,沿用至今,但是,它受到了时代和科学发展的限制,不可能清楚地认识到全球构造模式和理论。“板块学说”从海洋开始,发现了水平运动控制的全球板块运动,形成了宏观的全球构造模式,这种运动方式实质上反映了层圈状地球表部层圈间的相对运动。这个惊人发现有着巨大的作用,但是,如何结合中国实际,如何解决找油问题,如何吸取地壳垂直运动学说中的合理部分,存在问题很多,发挥作用不够。

构造地质学中有一个问题尚待深入研究,即地球表面所有构造样式及演化主要是受宇宙天体的作用以及由此而影响到地球本身运动(旋转、速度)变化的作用,还是地球内部能量运动的结果,或宇宙空间和地球内部都起作用,它们分别又是如何起作用的。

我并不是《大地物理》所有观点的拥护者,但我欣赏它不回避地质作用的能量源泉问题,并认为地球与宇宙空间之间的相互作用力占主要的和控制的地位,而地球内部发生的所有过程所造成的能量源占有次要的和局部的地位。对此问题也存有争论。

对一个构造地质学研究者的要求是很高的,因为不但要掌握各个学科、各种地质现象和宇宙天体的丰富知识,还要有着综合分析、判断能力。面对 21 世纪科学大发展,构造地质学将会随着对宇宙天体认识的扩大,对地球内部研究的深入而进入到一个内容更新的新时代,我将此书介绍给有志探索地球奥密的青年朋友,它将会引起你们的兴趣和思索。



2002.4

目 录

第一章 地球和宇宙	1
1.1 银河系和宇宙场	1
1.2 太阳和太阳系	4
1.3 地球—月亮系统的主要参数和旋转体制	8
第二章 地球的物理场和内部结构	18
2.1 地球的圈层结构.....	18
2.2 地球的重力场及大地均衡概念.....	23
2.3 地球的热场.....	30
2.4 地球的磁场.....	37
2.5 磁场与其他地球物理现象的相互联系.....	53
第三章 地壳和上地幔	57
3.1 一般情况.....	57
3.2 地壳和上地幔的地震地质模型.....	66
3.3 地壳和上地幔的大地电性模型.....	80
3.4 地壳和上地幔的密度模型	101
3.5 地壳和上地幔的磁力模型	118
第四章 建立地球构造圈新的构造形成的旋转假说的前提	134
4.1 地球构造圈内断裂构造的系统排列	134
4.2 在刚性基础上地槽型构造的形成方案	151
4.3 断裂构造形成的旋回性	157
4.4 大地均衡的新模型	163
4.5 建立在地球旋转状态上的已知构造假说	167
第五章 构造形成的新旋转假说的实质及根据	171

5.1	构造形成新旋转假说的物理实质	171
5.2	构造形成新旋转假说的地质观点	186
5.3	地极移动的可能原因及构造形成新的旋转 假说的主要先决公设	199
第六章	构造形成新旋转假说的主要结果	208
6.1	构造层的断裂系统、断块	208
6.2	断裂构造的形成与沉积作用和褶皱作用的 相互联系	218
6.3	断裂构造继承性形成的规律、断裂系统产生 的序次性	226
6.4	地球的旋转及其物理场	238
第七章	大地构造假说的现状评价	250
7.1	对大地构造假说的基本要求	250
7.2	建立在利用物质的多相、多形和电子改造现象 的假说	253
7.3	建立在利用对流、平流及岩浆底辟现象的假说	255
7.4	构造形成的新旋转假说,地槽地台的概念及新 全球构造学	259
7.5	关于建立构造圈内当今构造形成的大地构造 学说的前景	265
参考文献		274

第一章 地球和宇宙

1.1 银河系和宇宙场

银河系 目前,天文学家确定了上百万个我们银河系类型的星体组合,它们以一定的方式分布在宇宙空间中^[82]。银河系世界看起来在大小和形状方面差别非常大。于是,哈勃将它们分为3种类型:椭圆型、螺线型和无规则型。极大部分成千上万的最明亮的银河系(80%)是属于螺线型的,我们的银河系(银河)就属于这种类型。它的规模如下:直径为 100 000 l. y. (光年),厚度约为 10 000 l. y. 。

计算得出,银河系中的星的总数为 1 000 亿颗,其中之一就是我们的太阳。已经确定,在太阳区域内每两颗星中就有一颗是双星。也存在由三颗、四颗和更多颗星组成的系统。在银河系中发现了更为复杂的星体系统——分散状的和球形的集团,它们由几十颗乃至几千颗星的集合所组成。银河系中约 1 000 亿颗星组成了其 98%的质量,剩下的 2%质量的物质处于以气体和星际尘埃的形式存在的分散状态中,这些物质主要以云状体集中在银河面上。

从[82]引证来的图 1(a)大略展示了在银河“脊部”范围内的星体分布情况。圆圈画出了球状形集团,十字表示了太阳的位置(参看图 1(b))。在银河系中假设地划出了核,及 5 个年龄各不相同的次系统(参阅图 1(a))。几乎 95%的银河系的物质集中于银河面上,随着远离银河面,单位体积中星的数目急剧下降。组成银河光冠的球形组分的只占物质质量的 5%,银河系核的线性长度约为 4 000 光年。银河系的核是强大的放射性源,从银河系的中心还有光子能量约 0.5×10^6 ew 的伽玛射线发出。

在银河面上星体集合的分布具有相当突出的螺线性质(参看图 1(b)):从银河盘中心区域螺线枝条向边缘扩散,在这些枝条中集中了银河系最耀眼的星体。银河螺线枝条是沿银河盘传播的银河面的波。

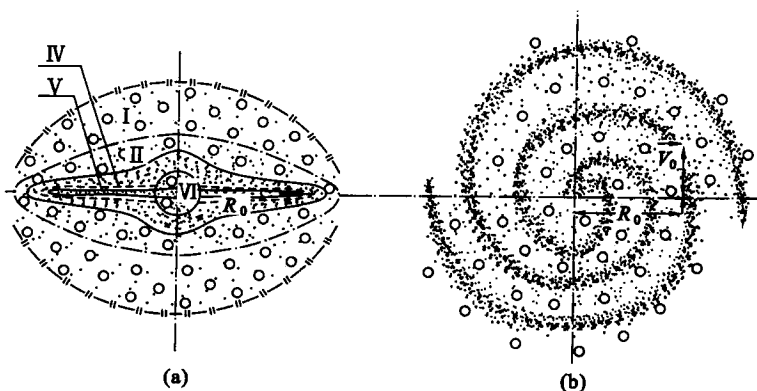


图 1 在两个投影面上银河系的星体和球形集合分布简图,银河系次系统

I — 球形次系统(晕); II — 中间球形次系统; III — 盘;
IV — 老平面系次系统; V — 新平面系次系统; VI — 核。

银河系的很多空间比例尺,以及与此相联的大比例尺的性质取决于所采用的从太阳到银河系中心的距离(R_0)。经常使用由国际天文联盟所推荐的值 $R_0 = 10$ кпк。纵观用各种方法所确定的 R_0 值大都给出其估计值接近 8.5 кпк^[116]。银河系的动态性质取决于其所采用的旋转圆速度 V_0 除以距离 R_0 , 其值为 25 km/s. (1 кпк = 3.33×10^{16} km — 译者注)

银河系旋转是不均匀的。角速度从中心向边缘降低。因此,所有在银河系比例尺范围内明显的构造生成都应该被变形,并在 $2 \sim 3$ 个银河年中最终被“洗刷”掉。

目前认为^[116]银河面上螺线波能以恒定的角速度旋转,使其形

状不因银河盘的差分旋转而发生畸变。不同的研究者对螺旋花纹的旋转角速度的估计是不同的,最可能的值约为 24 km/s 。

太阳轨道 П.П.巴林纳戈^[143]仔细地研究太阳在银河系中的移动以后得出下列结论:太阳围绕银河系中心质量沿近似椭圆的轨道运动的同时,该轨道平面围绕银河系中心还做着与太阳运动的方向相反的旋转。这个在太阳两次依次通过银河系银日最近点或最远点*的时间之间的反向运动称之为太阳在银河系中运动的极点周期(Аномалистический период),并可达 61° 。极点周期等于 $176 \times 10^6 \text{ a}$ 。太阳最后一次穿过银日最远点是在 $76 \times 10^6 \text{ a}$ 以前。在银日最近点时距银河系中心的距离为 $R_1 = 7.12 \text{ кпк}$,在银日最远点的距离为 $R_2 = 8.59 \text{ кпк}$;平均距离 $R_0 = 7.86 \text{ кпк}$,现在的距离为 7.2 кпк 。银日最近点处的线速度为 250 km/s ,而银日最远点处的线速度为 207 km/s 。太阳在银河系中的速度的准确的周期性的变化应该反映在行星的运动上,局部地说,应该反映在地球和月亮的运动上。

对我们研究的目的来说,银河年的长度具有根本意义。如果取 V_0 和 R_0 为国际天文联盟所推荐的值,则银河年约等于 $240 \times 10^6 \text{ a}$ 。如果优先考虑 П.П.巴林纳戈的数据,则以后我们取银河年约为 $(200 \pm 20) \times 10^6 \text{ a}$ 。

为了解决一系列理论课题,弄清下列问题是至关重要的:银河年在 $(40 \sim 50) \times 10^8 \text{ a}$ 中是否是不变的?如果变化了,是怎么变化的?对这个问题的回答很大程度上取决于太阳系在银河系中相对位置在这个期间的变化情况。很遗憾,目前研究人员没掌握这方面的资料。

银河系的磁场 在进行大范围的宇宙研究中,学者发现在星际空间中在全部银河盘中毫无疑问存在着磁场。在宇宙中只要

* 此处银日最近点(Перигалактий)是指从银河系中心到太阳的最短距离,而银日最远点(апогалактий)是指它们之间的最长距离。

是能够发现的地方到处可以发现磁场以及它们的不变的伴侣——快速粒子。

星光极化研究的结果确定,在银河系存在着磁场,它平行于银河平面,并且其朝向是由银河的螺旋支确定的。在星际空间中磁场感应强度是不一样的^[77]。其平均值约为 1 nT (nT (纳特)——磁场感应强度单位——译者注)。在仙后座、金牛座和人马座星群区磁场的上限为 $1 \sim 4 \text{ nT}$,而在蟹状星云区约为 50 nT 。

根据巴尔盖尔^[145]的意见,在天文物理的条件下磁场有点像吃能量的“生物”。该生物从星体和银河系取得能量。在起始的弱磁场影响下,这种不大的能量耗费在触发新的磁场上,正是因为这个微小的耗费引起了太阳系、银河系和宇宙中的永不停止的活动。由于连续介质的运动产生了磁场,这些磁场持之以恒地产生着“活跃性”(активность)的复杂表现,这种表现在其他情况下是不可能发生的。只要在激发场上耗费了能量,对活跃过程的进一步发展就会出现几乎无止境的可能性。太阳的黑子、耀斑、旋涡,这些只是太阳上几种活跃性的显示。具有 11 和 22 a 显著周期的太阳活动性准周期振荡是磁源性质的现象。尽管太阳的磁场所引起的效应定性地影响着太阳附近的空间和地球,但为激发这些效应所耗费的能量只是太阳全部能量的 $1/10^4$ 。

太阳是一颗中年的恒星,与银河系中其他恒星相比没有任何特殊之处。太阳的磁场感应强度约为 $(1 \sim 2) \times 10^{-4} \text{ T}$ (特)。目前已发现了 200 多颗具有磁场为 $(1 \sim 340) \times 10^{-2} \text{ T}$ 的磁星。存在有非常强磁场的致密的新星。例如:在“白矮星”中发现了强度为 $10^2 \sim 10^3 \text{ T}$ 的磁场。脉冲星具有强度达 10^8 T 的磁场^[145]。

1.2 太阳和太阳系

太阳 太阳是银河系中的 1 颗恒星,在其周围旋转着包括地球在内的 9 大行星。地球到太阳的平均距离为 $149.6 \times 10^6 \text{ km}$, 这个距离在宇宙测距中经常被采用为天文单位 (астрономическая

единица 或简称 a. e.)。太阳的直径为 6.96×10^5 km, 或为地球直径的 109 倍, 太阳的质量为 1.99×10^{33} g 或为地球质量的 3.32×10^5 倍。平均密度为 1.41 g/cm^3 或为地球平均密度的 0.256 倍, 太阳表面的重力相当于地球表面重力的 28 倍。

太阳是一个巨大的熔融状态的气球, 它的旋转方向与地球的旋转方向一致。太阳的旋转是不均匀的——赤道的旋转比两极要快得多。赤道附近的旋转周期约为 25 昼夜, 而两极等于 33 昼夜。太阳的一个特殊之处是在其表面存在着黑子。太阳黑子是强大的磁力线“管状束”的出口。在巨大的黑子处磁场强度达 240 kA/m 。大部分巨大的黑子是双极型的。太阳与黑子的形成和移动过程是以 11 a 为周期的, 在这周期期间不同的半球上的黑子的极性变成反向, 太阳黑子形成的全周期为 22 a。根据 И. Л. 卓欣莫维奇的正确意见^[73], 地球磁场的变化周期与太阳黑子的数目的多少的循环周期相同, 因而得出在太阳上黑子形成和移动的过程和地球上的磁场变化现象之间存在着显著的联系。

与太阳黑子具有磁场的同时, 太阳还具有偶极分量, 这个分量受其总旋转所制约。但其磁感强度不大, 并且在极区大概不会超过几个 10^{-4} T 。太阳可观察到的辐射发生在相对较薄的外层中(约 700 km), 该层称为光圈(фотосфера)。其有效温度约为 6 000 K。太阳内部的温度高于 10^7 K 。

太阳除平静发光以外在其上还观测到耀斑。有人认为^[241], 它们是受太阳黑子交变场制约的“放电”。太阳辐射总的来说可以假定地分为两种类型: 以电磁波的形式和带电粒子的形式出现。电磁波是紫外线、可见光和无线电波。带电粒子造成所谓的太阳风, 其速度在地球附近达 400 km/s , 粒子浓度为 $1 \sim 10$ 质子/ cm^3 。太阳风的等离子流也将太阳磁场吸向行星空间。磁感强度在地球轨道附近约为 5 nT 。

太阳在 1 s 中所辐射的总能量为 $3.86 \times 10^{21} \text{ J}$ 。射到地球上来的能量只有 $1/2 \times 10^6$ 。尽管如此, 1 年中地球所接受的能量为 6.1