

珠江口盆地和东海陆架盆地 基底结构的综合地球物理研究

王家林 吴健生 陈 冰 著



同济大学出版社

珠江口盆地和东海陆架盆地 基底结构的综合地球物理研究

王家林 吴健生 陈 冰 著

同济大学出版社

内 容 提 要

珠江口盆地和东海陆架盆地是我国近海两个大型的中新生界沉积盆地,是寻找大陆架油气资源的重要对象。而盆地基底结构的研究,对于评价盆地的油气远景和指导深层油气勘探具有前提性的重要意义。综合地球物理研究是目前在经济技术上可行的方法中最为有效的方法和手段。

本书着重介绍两盆地基底结构的综合地球物理研究思路、研究方法、岩石物理特性及其地质意义,进而揭示出这两个盆地基底的深部结构、地质特征、构造格架及其演化过程。所取得的地质成果对指导两盆地深层油气勘探和油气远景评价具有直接意义,而研究思路、研究方法对从事海洋与石油勘探、从事地球物理研究的科技人员和有关院校师生则有一定的启迪借鉴作用和参考价值。

责任编辑 王 利

封面设计 陈益平

珠江口盆地和东海陆架盆地 基底结构的综合地球物理研究

王家林 吴健生 陈 冰 著

同济大学出版社出版

(上海四平路 1239 号 邮编 200092)

新华书店上海发行所发行

同济大学印刷厂印刷

开本:787×1092 1/16 印张:6.625 字数:160千字

1997年8月第1版 1997年8月第1次印刷

印数:1—800 定价:15.00元

ISBN 7-5608-1873-O/P·15

序

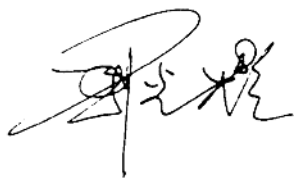
石油和天然气是重要的能源。从有机生油的观点来看,油气主要赋存于沉积盆地之中。中国的油气勘探,目前正向着新地区、新类型和新深度进发。无论从资源角度,还是从基础地质方面,都把对盆地研究包括盆地基底结构的研究作为一项重要任务。由于中国的地质条件特别复杂,油气盆地类型众多和多期叠加造成了盆地基底结构研究的困难,要完成这个艰巨任务,就必须应用综合地球物理方法,将重力、磁力、地震、电法等资料与地质资料综合起来进行解释。这样,不仅可以确定沉积盆地的基底结构,而且可以阐明盆地的构造演化、沉积历史,并为其含油气性评价提供依据。

石油地球物理勘探发展的一个重要方向,就是开展综合地球物理研究。地球物理反演问题的多解性(非唯一性)、单一地球物理方法解决地质问题的局限性,以及地质地球物理条件的复杂多解性,都决定了油气勘探必须在先进的地质理论指导下走综合物探之路。只有这样,才能将重磁方法良好的水平分辨能力与地震、电法测深方法的良好垂向分辨能力有机地结合起来,才能充分发挥多种地球物理方法的优势和特长,高效率、高效益地评价含油气沉积盆地,加快石油勘探步伐。

同济大学海洋地质与地球物理系综合地球物理学学科组,长期来一直坚持综合地球物理勘探的实践与研究,完成了我国多个含油气沉积盆地的综合地球物理科研成果,并在教学、科研与生产的实践中积累了一定的经验。本书的出版是对珠江口盆地和东海陆架盆地基底结构应用综合地球物理方法进行研究的一个科学总结,我期望着本书能对从事地球物理勘探特别是油气地球物理勘探的科技人员有所启迪和借鉴。

中国的油气盆地是复杂的,科学在不断地发展,地球科学探索性极强,虚心学习,埋头苦干,开拓创新,才能在科学道路上不断迈进。综合地球物理方法的应用,将为发现更多的油气田建功立业,并为我国的盆地研究作出贡献。

中国科学院院士
中国地球物理
学会理事长
1996年秋于北京



前 言

我国著名的地质学家朱夏教授在谈到石油勘探的部署和计划时说了这样一段话：“把盆地作为一个整体来率先考察它的全貌，进一步按沉积、构造……等方面的特征来把盆地区划分为若干具有不同含油远景的部分，然后再选择条件最好，希望最大的部分加强工作，从而找出油气藏成群分布的地段；这种‘循序渐进’的工作方法已被无数事实证实为成功的经验。”目前我国正是按照盆地评价、区带评价及圈闭评价的程序从整体到局部卓有成效地开展石油勘探。

盆地评价是区域性评价的基本单元，它是为制定中期战略规划而进行的评价工作，也是勘探工作的重点研究对象。朱夏教授谈到我们的研究对象时指出“我们所理解的含油气盆地是：在地质发展历史一定阶段的一定运动体制下形成发展的统一的沉降大地构造单元，它们的特性。包括沉积-构造的发展及其对油气形成、聚集、保存条件的影响，决定于运动的性质、历史与受作用的地壳块段的整体或局部反应的相互作用。”这一段论述既科学地定义了含油气盆地，同时也指出了在一定主导运动体制下形成的盆地对于油气生成、聚集和保存等条件的影响。作为盆地基底结构的研究也正是在这一背景下受到了重视和关注。

盆地基底结构一般包含了盆地基底的深度与起伏形态、基底岩性与时代、基底断裂与所处的构造单元等主要内容，往往还包括了基底以下的深部构造，即莫霍面和居里面，甚至岩石圈的厚度和上地幔的情况。它是盆地研究中的一个重要内容，其重要性主要体现在以下几方面：

(1) 盆地基底结构、性质对盆地沉积、构造进而对油气生成、运移、聚集和储存的控制作用。朱夏教授曾经指出：“新阶段的运动体制统一作用于旧阶段的不同单元，以其新生作用形成盆地，而不同的旧单元在适应新的运动体制时又各有其不同的继承性的反应，因此在盆地的类型和进行含油气地域区划时，必须同时考虑这两方面的相互作用。”这里所说的旧阶段的不同单元正是盆地的基底，新生作用的一面主要是断陷、拗陷的应力体制及其相对强烈程度；而继承性反应即继承作用的一面就是基底的结构、性质及其相对的活动程度。每一方面的本身是复杂的，两者的相互作用更是错综复杂，但也只有它们的相互作用才能决定盆地的形成和内容及其发展历史。例如古生代褶皱带的强烈隆起与中间地块的相应下沉，这一作用具明显的继承性，新生作用常常表现为强烈的断陷发生在隆起内部或其边缘，同时沉降的部分亦会超出中间地块的继承范围而包括了很大一部分褶皱带在内。我国西北的一些盆地就属于这种情况。

(2) 不同时代油气盆地的叠加使盆地基底结构研究显得尤为必要。油气盆地、沉积盆地是由构造的沉降而形成的，因此它的原始状态就是构造盆地，单式盆地的构造沉积体就是其原型，而一个大型的复杂盆地往往包含了几个不同的原型，这就是叠置盆地(或复合盆地、叠合盆地)。“当一个中新生代盆地叠加在一个古生代盆地之上时，这里不仅有沉积的叠加，

也还有运动的叠加,由此可以产生许多新的油气关系”,其中有新油古藏,古油新储,古油新生,古油气进一步演化,基底古生代盆地块体的升降或平移活动对新生代生储沉积岩相和厚度的控制以及对新生代构造的控制。对我国东部油气盆地来说,这种叠加关系以印支运动为转折,在构造形迹上则以郯庐断裂为标志,与郯庐断裂的左旋平移相伴随的一系列与之平行的平移断裂和次一级的 NE~NEE 压性带与 NW~NNW 张性断裂,在对上古生界的剥蚀程度、中生界的覆盖情况、特别是第三纪的潜山格局与性质起了很大的控制作用。因此,常常作为中生界盆地的基底而研究的本身也就是古生界盆地的主体,对我国的油气盆地来说有很大一部分属于这种叠加盆地。

油气盆地的基底结构研究如此重要,那么我们如何去研究呢?由于我国的地质地球物理条件的复杂性、油气盆地基底的深度偏大和类型多变,由于单一地球物理方法探测能力的局限性和地球物理反演的多解性,决定了我们要采取综合地球物理方法。中科院院士刘光鼎教授早在 1978 年就率先在同济大学海洋地质系开展沉积盆地的综合地球物理研究,并在实践中提出和完善了综合地球物理的“一、两、三、多”原则,他指出,沉积盆地的综合地球物理研究就是综合应用人工地震、重力、磁力、电法、热流、地壳测深、天然地震等方法,通过正反演和综合地质解释,获得有关地下界面、断裂、局部构造和火成岩的分布、形态、空间位置以及它的物性分布,得到有关构造、沉积和含油气性等的有关地质结论。因此作为含油气盆地的地球物理的研究,它不仅要阐明沉积层和沉积层的内部构造和沉积建造,而且要提供基底内幕的信息,揭示沉降作用及深部构造对沉降作用的制约关系,这就需要从获得的构造剖面出发,进行正反演研究,取得有关地壳乃至上地幔的类型、均衡动态、热状态等信息,以活动论构造历史观为指导,全面地分析板块运动对盆地形成的控制作用,并恢复盆地形成的时空关系。我们油气盆地的基底结构研究正是遵循这一指导思想而开展工作的。

珠江口盆地和东海陆架盆地是我国海上极具油气远景的两个大型油气盆地,正在勘探与开发之中,前人作了大量的地质、地球物理工作,取得了丰硕的成果。在此基础上,在地矿部、中国海洋石油总公司的领导与支持下,我们与同济大学海洋地质与地球物理系综合物探学科组的同事和研究生们,完成了有关这两个盆地的国家自然科学基金、国家重点科技攻关和部、局(公司)级的重点科技项目。本书就是在这样的工作基础上重点对这两个盆地的基底结构的综合地球物理研究成果作一归纳总结,希望能对其他盆地的基底结构研究有所启迪和借鉴作用。

本书的完成首先要感谢一贯支持与指导我们的刘光鼎老师,其次是感谢同济大学海洋地质与地球物理系综合物探学科组的全体老师与研究生们,感谢地矿部上海海洋地质调查局、中国海洋石油总公司南海东部公司的领导和项目合作者,因为在我们的研究成果中凝聚了他们的智慧与心血,最后还要感谢同济大学出版社的领导与编辑们为本书出版付出了辛勤的劳动。

目 录

序	刘光鼎
前言	
1 盆地基底结构的地球物理研究思路与方法	(1)
1.1 盆地基底结构的地球物理研究思路	(1)
1.1.1 几种主要的地球物理方法在盆地基底结构研究中的能力	(1)
1.1.2 基底结构的地球物理研究思路	(2)
1.2 盆地基底结构的物理-地质模型	(5)
1.2.1 物理-地质模型的特点	(6)
1.2.2 物理-地质模型的分类	(7)
1.2.3 物理-地质模型的建立	(7)
1.2.4 盆地基底结构物理-地质模型的建立	(7)
1.3 基底结构的地球物理研究方法	(9)
1.3.1 基底深度研究中的方法	(10)
1.3.2 基底岩性研究中的方法	(15)
2 岩石物性特征及其地质意义	(17)
2.1 地震波阻抗界面和速度特征	(17)
2.2 岩石的密度及其变化规律	(21)
2.3 岩石电性特征	(28)
2.4 岩石磁性特征	(29)
2.5 岩石物性特征的地质意义	(29)
3 珠江口盆地基底结构研究	(31)
3.1 重磁场的特征	(31)
3.1.1 重力场	(31)
3.1.2 磁力场	(32)
3.2 反射特征	(33)
3.3 盆地基底深度的研究	(35)
3.3.1 重力基底	(35)
3.3.2 磁性基底	(38)
3.3.3 重力基底、磁性基底、声波基底相互关系探讨	(39)
3.4 盆地基底岩性	(40)
3.4.1 典型剖面解释	(41)
3.4.2 基底岩性和火成岩分布	(45)
3.5 盆地基底主要断裂	(49)
3.5.1 前人成果概述	(49)

3.5.2	研究的思路与方法	(50)
3.5.3	断裂的划分	(50)
3.5.4	NE 和 NEE 向主要断裂	(52)
3.5.5	NW 向主要断裂	(54)
3.5.6	基本认识	(56)
3.6	盆地深部构造	(58)
3.6.1	莫霍面	(58)
3.6.2	居里等温面	(58)
4	东海陆架盆地基底结构研究	(60)
4.1	重磁场特征	(61)
4.1.1	重力场	(62)
4.1.2	磁力场	(63)
4.2	反射特征	(63)
4.3	盆地的基底	(64)
4.3.1	重力基底和磁性基底的分区特征	(66)
4.3.2	典型剖面解释	(69)
4.4	盆地的断裂分布	(71)
4.4.1	北东向断裂	(72)
4.4.2	北西向断裂	(77)
4.5	盆地的深部界面	(79)
4.5.1	莫霍面	(79)
4.5.2	居里等温面	(80)
4.6	基底性质的讨论	(80)
4.6.1	基底分区特点	(80)
4.6.2	基础层及基底视磁化强度的分布	(82)
4.6.3	问题讨论	(84)
5	珠江口和东海陆架盆地基底构造格架及盆地的构造演化	(85)
5.1	盆地发育前的构造格架	(85)
5.1.1	珠江口盆地发育前的构造格架	(85)
5.1.2	东海陆架盆地发育前的构造格架	(86)
5.2	盆地形成、演化过程大区域构造背景	(88)
5.3	盆地的演化过程	(89)
5.3.1	珠江口盆地的演化	(89)
5.3.2	东海陆架盆地的演化	(92)
	参考文献	(96)

1 盆地基底结构的地球物理研究思路与方法

1.1 盆地基底结构的地球物理研究思路

1.1.1 几种主要的地球物理方法在盆地基底结构研究中的能力

对含油气盆地的基底结构研究,可以归纳为解决以下地质问题:①确定基底埋深;②解释基底内部构造、褶皱特点、岩性、岩浆活动特点;③确定基底断裂与断块;④确定地壳的厚度和构造;⑤查明深部岩浆岩体。目前各种地球物理方法主要用于解决构造问题,但是物探方法在盆地沉积特征研究方面的能力却在不断增强,地震地层学与层序地层学的创立与发展为地震资料的应用开辟了广阔前景。同时,由于利用物探资料反演速度、电阻率、密度、磁性等物性参数方面的飞速发展,以及这些参数与表征沉积相与基底岩性特征的联系也为地球物理方法的大展宏图提供了机会和条件。此外,各种地球物理方法的高精度和高分辨率也使它们在深部构造研究方面的潜力得到了进一步发挥。

应该指出各种地球物理方法在解决上述问题中的能力是不同的,但是可以相互补充。

磁力勘探是目前最为快速经济的勘探手段。由于航磁的高精度及高效率,所以我国绝大部分已经覆盖有不同比例尺的航磁资料,这为航磁资料的综合利用提供了极为有利的条件。由于沉积盖层中大部分地层为无磁或弱磁,而主体为变质岩及火成岩的磁性基底(一般为结晶基底),普遍有较强磁性,且不同岩性的火成岩磁性差异也较大,所以磁测资料在研究磁性基底的深度与岩性方面有其特殊的能力。此外磁测资料在确定基底断裂、居里面的深度、深部的岩浆活动等方面均可发挥作用。

由于资料采集费用较低、施工效率高和解决地质问题的能力较强,重力勘探一直是石油地球物理勘探中的一种重要方法。国家测绘部门和地质勘探部门已将 1:20 万比例尺的重力测量工作逐步覆盖全国的绝大部分。小比例尺的重力资料在研究莫霍面等深部构造、划分区域地质构造单元和确定区域性深大断裂方面的作用一直是其他方法难以代替的。在区域性调查勘探阶段,重力资料可以用于研究盆地沉积基底的起伏与岩性变化,并圈定大的火成岩侵入体。这里一个突出的问题是如何将基底重力场与沉积盖层中各构造界面的重力场以及深部构造的重力背景场分离开来,因为重力勘探是一种体积性勘探,而密度差异又普遍存在,目前综合地球物理处理与解释方法已较好地解决了这一难题。

地震勘探是油气勘探中最重要的一种方法。这是因为它是所有物探方法中精度和分辨率最高的方法,在解决构造、沉积、岩性及油气检测等问题中能力最强也最全面。但是,地震勘探又是物探方法中采集难度最大、成本最高的一种方法,同时在一般的石油地震勘探中,往往其勘探深度有限,在确定大深度的基底及研究基底岩性方面能力较弱,所以必须配合于其他的物探方法。这样做的目的一是将地震勘探工作布置在最必要的地段,以便降低成本,同时对于地震工作难以取得成效的地段,也必须以其他物探方法的资料作必要的补充。

从方法的特点、成本与效率以及解决地质问题的能力看,电法勘探是介于重磁方法与地震方法之间的一种过渡型方法。它比重磁方法有较好的垂向分辨率和分层能力,但是由于电磁场强度随深度呈指数规律衰减的特点,其分辨能力也随深度按指数规律减小,所以它与地震方法相比,其垂向分辨率与分层能力要低得多。但是,频谱范围丰富的大地电磁场其穿透能力可达地下几十公里到上百公里,因此在研究基底深度与深部构造方面的能力是超群的。同时由于不同岩性的岩石在电阻率方面的差异远大于密度及速度的差异,因此电法勘探在研究基底岩性方面,包括岩浆活动方面也有独特的作用。但是由于高层的海水层影响,海洋电法勘探的难度较大,在我国则处在试验研究阶段。

1.1.2 基底结构的地球物理研究思路

一种地质体具有多种的物理性质,但每一种地球物理方法都是建立在某一种物理性质差异基础之上的,因此一种地球物理场只能反映地质体物理-地质模型的一个侧面。鉴于单一地球物理方法反演问题的非唯一性,再加上地质解释的多解性,即不同的地质体可能具有相同的物理性质差异,所以综合应用不同的地球物理方法就可能用多种物理性质差异揭示地质体的性质,减少这种多解性,提高客观反映地下地质体和解决地质问题的能力。在基底结构的研究中,前面重点讨论了重力、磁力、地震和电法等地球物理方法的探测能力,也充分说明了只有走综合物探之路,才能使物探方法在研究基底结构的研究中大有作为。

刘光鼎教授倡导的对于盆地综合地球物理解释的原则仍然是我们在盆地基底结构研究中所遵循的,这就是“一、两、三、多”的原则。

(1) 一种指导

以活动论构造历史观为指导,对具体盆地作具体分析,努力认识其演化,求得盆地形成时空分布规律性。

(2) 两个环节

地球物理场是地球内部物理性质的综合反映,具有丰富的地球内部信息,要认识这些信息。首先必须抓住岩石物性这一重要环节,因为它是联系地质与地球物理之间的纽带;其次一个重要环节是物理-地质模型,因为它是地球物理资料由定性解释向定量解释、由物理解释向地质解释的关键。

(3) 三项结合

为了加速实现对地下地质信息的全面认识,必须努力使各种地球物理资料与地质资料相结合,定性解释与定量解释相结合,正演与反演问题相结合。

(4) 多次反馈

在地球物理系统工程中,同样必须依靠各种反馈信息进行修正和完善,尤其是减少地球物理反演问题的多解性。

针对不同的地区,不同类型的盆地及不同的地质、地球物理条件,在盆地基底结构研究上有具体的研究思路,下面结合珠江口盆地与东海陆架盆地分别就基底深度、基底岩性、基底断裂与深部构造等几个方面介绍研究思路。

基底深度,对这两个盆地来讲,基底主要是指前第三纪基底。地震、重力、磁力和一些点上的声纳浮标资料及个别钻遇基底的钻井资料可以用来全面研究基底的深度。在基底深度

研究中,既体现了不同物探方法的点、线与面上资料的结合,地质与物探的结合,同时也充分注意到不同方法获得的重力基底、磁性基底与声波基底在地质含义上之差异,给予合理的综合解释。具体思路见图 1-1。

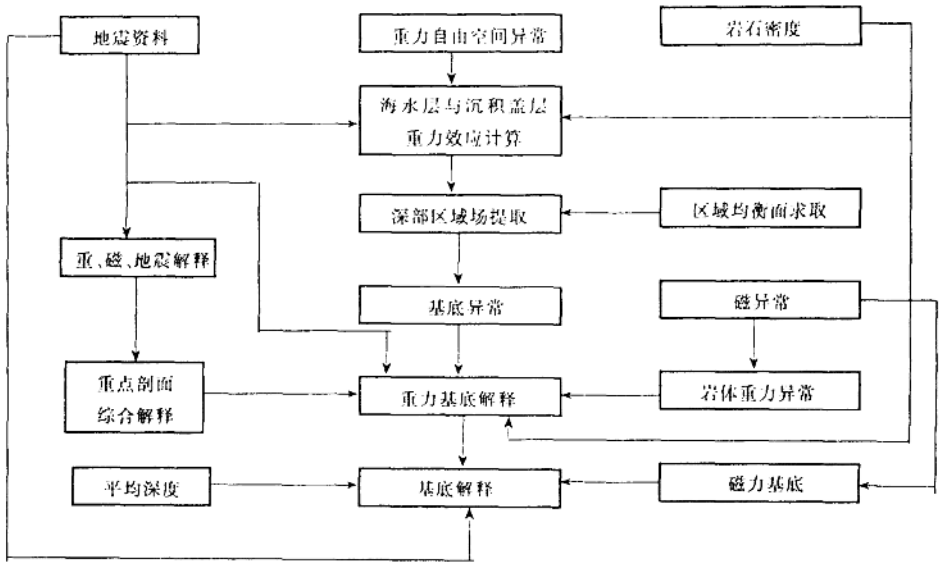


图 1-1 基底深度研究思路

基底岩性的确定主要以重磁资料为主,而地震资料为辅,其中尤以磁力资料更为有用,因为岩石的磁化强度相对于其他岩石物性参数(密度、速度、电阻率等)与岩性关系更为密切。一般而言,火成岩磁性最强,变质岩次之,沉积岩最弱。在火成岩中,从酸性到中性、基性乃至超基性岩,磁性也不断增加,所以国内外大量使用磁化率或磁化强度来进行地质填图。由于影响岩石磁性的因素十分复杂,所以对一个具体地区还必须研究其岩石磁性与岩石岩性的关系,然后才能作出正确的判断。每一种物性也有其多解性,若能综合密度、速度等参数,对判别岩石岩性更为可靠。因此在盆地基底岩性确定时,若以重磁资料为主,必须结合地震和钻孔资料,充分考虑剖面综合物探解释结果,并考虑盆地周边地质资料,由已知推向未知。在推断基底岩性时,选用的主要图件有:重力异常图及上延不同高度异常图、航磁异常图及化极上延不同高度图、基底视密度分布图、基底视磁化强度分布图、重磁异常相关图、重磁局部异常图、重、磁、地震综合解释剖面图、地震剖面,以及有关的钻孔、地质资料图。具体的研究思路见图 1-2。

我们研究基底断裂是贯彻深浅结合,线面结合,定性与定量解释结合,重磁与地震解释相结合的原则。具体思路是通过处理与解释浅、深部不同层次异常,面上以定性解释为主,在面上解释的基础上对重点测线进行定量解释,对重磁解释所得的断裂,再结合地震进行核实重新解释。

我们通过对重磁异常上延 2km, 5km, 10km, 15km, 20km, 30km 和匹配滤波方法,分离不同深度异常,以反映出断裂的切割深度与规模大小,这在研究基底断裂中尤为重要。

定性与半定量研究断裂的方法除了依据梯级带、线性异常带、不同特征场分界线、串珠状异常及异常的突变或错断外,愈来愈多地使用了水平方向导数法,相关分析和图像处理等方法,圈定断裂、追踪断裂走向及其长度,并在剖面上使用特征点法及希尔伯特变换法求取断裂要素。研究思路见图 1-3。

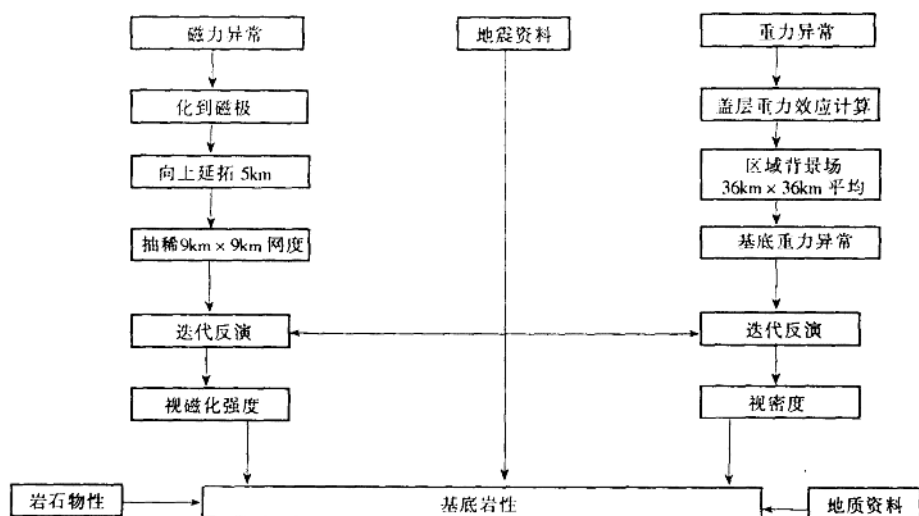


图 1-2 基底岩性研究思路

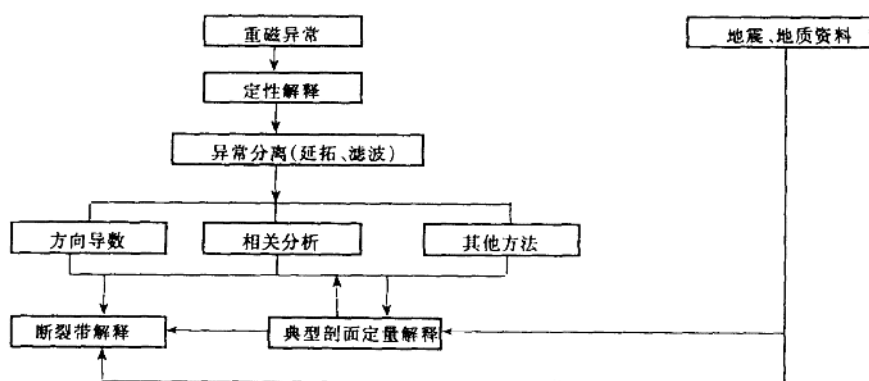


图 1-3 基底断裂研究思路

莫霍面是地壳和上地幔的分界面,也是一个重要的密度界面。

莫霍面深度的计算采取以下步骤:海水和沉积层改正、用适当方法进一步压制浅部干扰,取得“深部重力异常”;利用三维频率域变密度迭代反演方法计算莫霍面深度。其研究思路见图 1-4。

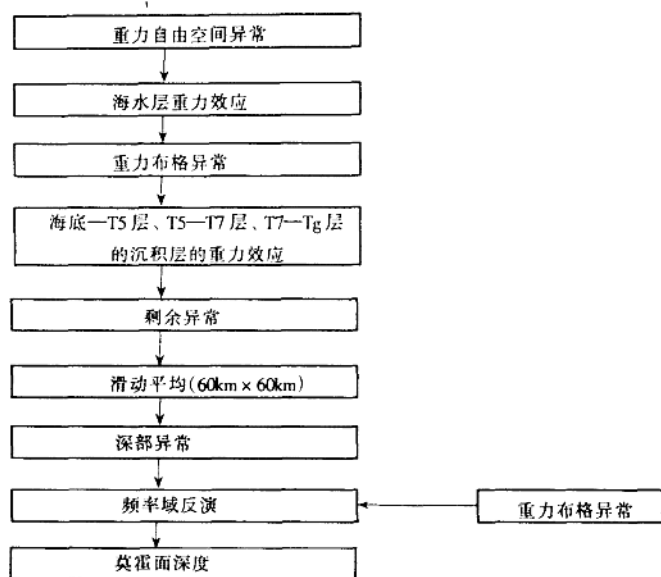


图 1-4 莫霍面研究思路

居里面也称为居里等温面,是指地壳岩石中铁磁性矿物因温度达到居里点而变为顺磁性界面,一般可将顺磁性理解为无磁性,则居里面可视为岩石圈磁性层的底界面。研究居里面不仅可以了解地壳深部结构,还可间接了解地温梯度,对于研究地热演化史以及热演化与油气关系有重要意义。我们一般利用磁异常,化到磁极消除斜磁化影响,然后上延压制浅部场,再利用平均深度作控制,用磁界面迭代反演求反演居里面,其研究思路如图 1-5 所示。

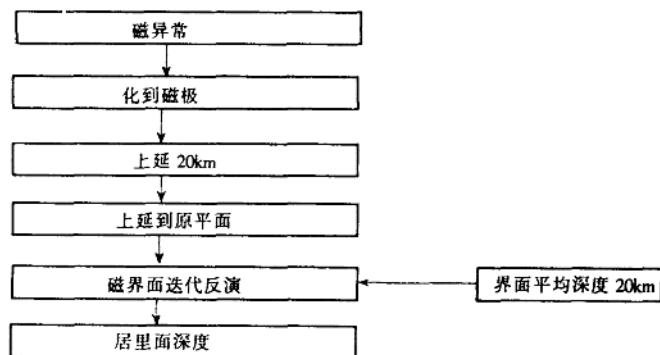


图 1-5 居里面研究思路

1.2 盆地基底结构的物理-地质模型

地下地质体产生于一定环境中,含油气盆地一是个整体,它所包含各种地质内容及其固有的物理性质构成了地下物理-地质模型,因此这里讲的物理-地质模型,它是一种既有地质

意义又有物理含义的模型,它是抽象了的对场源体的描述。而且其总体大小、形状、埋深与物性差异应近似于想要发现的实际目标。对于各种不同的地质目标可以建立不同的物理-地质模型,即使同一地质目标因地质、地球物理条件的不同也会有不同的物理-地质模型。一个完善的物理-地质模型应包括:

(1) 将地质问题转化为物理数学问题的有限地质块段的三维抽象的综合“物理-几何”模型,具体来讲应包含有抽象化了的地质体的几何参数(空间位置、形状、大小、产状等)和物性参数(密度、速度、磁性、电性、放射性、热导率等)。

(2) 为解决地质任务,地球物理方法合理综合化的“方法模式”即根据模型对方法的合理的选择与组合。

对于一个特定的物理-地质模型会包含有以下基本内容:基本地质特征,“目标”的地球物理特征和干扰因素。所以具体到盆地基底结构的物理-地质模型,即包括了盆地基底的地质特征、盆地基底深度、规模与岩性及其相应物性参数、盖层及深部构造大致特点及相应的地球物理场。

1.2.1 物理-地质模型的特点

物理-地质模型具有典型性、简化性和不唯一性的特点。

(1) 典型性即代表性

物理-地质模型是将大量相似地质、地球物理条件的目标体及其围岩的实际地质体概括成一个或少数几个典型的模型,模型数不能太多,太多就失去其代表性了。当然这种典型性与代表性要根据研究的详细程度和地质任务要求来定,比例尺大,研究程度细,地质任务要求高,则物理-地质模型一般也会随之增加。

(2) 简化性

将实际的地质体构组成物理-地质模型,都要进行一定程度的简化,无论是地层与岩性的划分、构造的区别、地质体的形态和物性参数都要简化和近似,这样做的目的一是使模型更具代表性;二是为了便于地球物理正反演问题的计算。因此,最常见几何模型是球、板、水平圆柱、水平层状介质与垂直层状介质,物理性质是均匀或分层均匀的,石油电法中经常采用的就是水平层状介质模型。随着计算地球物理的发展,已经开始大量使用二维、2.5维及三维的模型近似地下介质,由于压实作用,往往使岩石物性随深度而变化,因此在模型中也在考虑使用变物性的模型。所以所谓的简化,随着研究的深入与科学的发展,模型的复杂程度会逐步接近于地下实际情况,但尽管如此,作为模型还是要简化的,只是简化的程度视研究的要求而定。

(3) 不唯一性

鉴于地球物理反演问题的多解性,所以根据某一种物探方法的地球物理场得到的地球物理模型都不是唯一的,可能其中有些参数是唯一的,但其他参数则是不确定的,它们可以有一个变动范围或属于几种可能。也正因为如此,更需要应用综合物探方法,紧密结合地质,选出合理而符合实际的物理-地质模型作为解答。

1.2.2 物理-地质模型的分类

按照不同要求可以有不同的分类。根据所要模型的对象和概括的程度,基本上归为两类:

(1) 实际模型(具体模型)

以某个具体的调查目标为对象,根据实际的地质情况,各有关参数的物性空间分布、各种地球物理场的时空分布特征,经过一定抽象和简化建立的模型。

(2) 概括模型(概念模型)

从许多同类的实际调查目标的物理-几何模型或地质模型中,抽象、概括出的模型。这类模型要有正确地地质理论为指导,要以大量实际资料为基础,按地质单元和地质目标的类型分别建立。这类模型反映了目标体整个类型的概念,又称概念模型,指导作用更为普遍。

1.2.3 物理-地质模型的建立

1. 物理-地质模型建立的方法

通常有以下几种:

(1) 类比方法。在普查或区域调查时,先验信息较少,可借鉴地质、地球物理相似地区的地质、地球物理资料,建立初始模型,以便选择方法及建立方法的最佳组合。

(2) 相关分析方法。利用目标体的几何、物性参数及相应的实测物理场,用回归分析等方法,求其相关关系,并根据相关关系估计模型。

(3) 反馈方法。利用反演或实验资料、实际验证等结果,不断地修改、完善模型。

2. 建立模型的步骤

(1) 调查研究,收集有关目标体及其围岩的地质、地球物理各种信息,有条件的话,可布置少量的试验剖面。

(2) 资料的分析研究与归纳整理,从中提炼出最具典型性、能够反映事物本质与规律的信息,并将其抽象化和理论化。

(3) 根据上述结果,用简明的图件表示出来,即建立起模型。

(4) 根据收集补充资料,修改完善模型。

应当指出,物理-地质模型的建立与修改过程是一个人的认识随着勘探工作的深入,不断接近客观世界的过程。通过先验知识建立初始模型,通过勘探实践不断修改模型,最后得到比较接近于实践的模型。为什么要开展综合地球物理勘探,需要投入哪些最有效的方法、在什么时间投入等问题解决都可以通过模型正演进行试验,取得初步认识。然后进一步可通过正反演工作,将解释结果与模型对照,进行模型的修改与完善。

1.2.4 盆地基底结构物理-地质模型的建立

将上述建立物理-地质模型的理论用于本书重点讨论的珠江口盆地与东海陆架盆地盆地基底结构就可建立起相应的模型。

珠江口盆地位于中国南海北部海域,界于北纬 $18^{\circ}30'$ 至 $23^{\circ}30'$ 与东经 $110^{\circ}30'$ 至 $118^{\circ}00'$ 之间,即广东大陆以南,海南和台湾两岛之间的广阔陆架坡区。走向北东东,东西长约

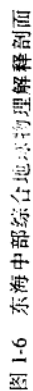


图 1-6 东海中部综合地球物理解释剖面

800km,南北宽约100~360km,沉积岩厚度大于1000m的面积约14.7万平方公里。第三系最大厚度逾万米,是个典型的海上新生代含油气盆地,其地质远景储量达数十亿吨。但是对于珠江口盆地基底结构性质及其演化史的认识仍是有较大分歧,根据前人工作结合我们的研究成果建立了有关若干个有代表性的珠江口盆地基底结构的物理-地质模型,例如图3-8珠江口盆地1500测线的综合物探解释的物理-地质模型就是其中的一个。

东海陆架盆地位于东海西部海域,处在滨太平洋地槽褶皱区,是一个以新生代地层为主的沉积盆地,其西北为浙闽隆起区,东隔钓鱼岛隆褶带与冲绳海槽盆地相望。盆地内有巨厚的新生代地层,具良好的油气远景,是我国重要的海上油气区。由于盆地的特殊地理位置,在大地构造研究方面十分重要。对于盆地基底结构、性质及其特征,虽然有过不少研究仍是众说纷纭,关于基底结构的深入研究无疑对整个东海陆架盆地的认识会有积极意义。图1-6就是穿越东海陆架盆地中部的一条典型剖面的物理-地质模型,它对基底及其以下深部构造反映得比较清楚。

1.3 基底结构的地球物理研究方法

如上述研究思路中所讲的,研究盆地也包括盆地的基底结构必须应用综合地球物理方法,在使用了综合地球物理方法之后必须有相应的综合地球物理解释方法与之配套。

综合地球物理解释方法是建立在各种单一地球物理资料的解释方法基础之上的,它与这些单一方法之间既有联系又有区别。联系是因为都是解释方法,区别在于综合方法要求使用多种地球物理资料求取同一地质-物理模型。

综合地球物理解释方法有不同的分类方案,按反问题性质可以分为确定性类和概率-统计类,按先验信息的利用情况可分为有先验信息的解释方法和先验信息缺乏的具自学原则的综合解释方法。综合地球物理解释可以分为定性解释与定量解释两个阶段,前者是后者的基础,但后者又可以修正前者,两者既有阶段性又有联系,需相互渗透,多次反馈。

1. 综合地球物理定性解释

盆地综合地球物理定性解释主要是用来对盆地勘探对象如断裂、盖层、基底、火成岩等地质目标,对盆地进行分类研究。

以往对地球物理场的划分及解释,大都应用目测对比方法,现在大量发展了使定性解释量化的方法,如模式识别的方法。带先验信息综合物探解释方法中包含了数理逻辑方法、统计假设检验方法、感知法等常用方法,而信息缺乏时的具自学原则的综合解释方法则包括启发式方法、统计方法和均匀度检验最优方法等方法。随着计算机发展,图象处理技术的进展,地球物理定性解释步入了一个全新的阶段。

2. 地球物理资料的综合定量解释方法

地球物理资料的综合解释已经出现了新的形势,其特点是由定性的综合发展到定量的综合;由简单综合分析发展到以物理-地质模型为基础的综合定量解释;由静态解释发展到动态模拟解释。目前物探的综合定量解释大致可分以下几类:

(1) 以数理统计为原理的统计反演

主要是利用数理统计的方法在标准区(已知区)建立起地质目标地质特征与地球物理异常之间的相关关系,预测条件相似地区的地质目标、地质特征。这种方法要看一定条件,应