



中国地质大学(武汉)实验教学系列教材
湖北省教学研究项目 (2012136) 资助

石油勘探构造分析 实习指导书

SHIYOU KANTAN GOUZAO FENXI SHIXI ZHIDAOSHU

沈传波
唐大卿
张先平
唐 永

◎ 编 著



中国地质大学出版社
ZHONGGUO DIZHI DAXUE CHUBANSHE

中国地质大学(武汉)实验教学系列教材
湖北省教学研究项目(2012136)资助

石油勘探构造分析

SHIYOU KANTAN GOUZAO FENXI

实习指导书

SHIXI ZHIDAOSHU

沈传波 唐大卿 张先平 唐 永 编著



中国地质大学出版社
ZHONGGUO DIZHI DAXUE CHUBANSHE

图书在版编目(CIP)数据

石油勘探构造分析实习指导书/沈传波等编著. —武汉:中国地质大学出版社,2014. 8

中国地质大学(武汉)实验教学系列教材

ISBN 978-7-5625-3506-5

I. ①石…

II. ①沈…

III. ①油气勘探-构造分析-高等学校-教学参考资料

IV. ①P618. 130. 8

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2014)第 167129 号

石油勘探构造分析实习指导书

沈传波 唐大卿 张先平 唐 永 编著

责任编辑:舒立霞

责任校对:周 旭

出版发行:中国地质大学出版社(武汉市洪山区鲁磨路 388 号)

邮政编码:430074

电 话:(027)67883511

传 真:(027)67883580

E-mail: cbb@cug.edu.cn

经 销:全国新华书店

http://www.cugp.cug.edu.cn

开本:787 毫米×1 092 毫米 1/16

字数:192 千字 印张:6.25 插页:5

版次:2014 年 8 月第 1 版

印次:2014 年 8 月第 1 次印刷

印刷:武汉教文印刷厂

印数:1—1 000 册

ISBN 978-7-5625-3506-5

定价:16.00 元

如有印装质量问题请与印刷厂联系调换

中国地质大学(武汉)实验教学系列教材

编委会名单

主 任:唐辉明

副主任:徐四平 殷坤龙

编委会成员(以姓氏笔画排序):

马 腾	王 莉	牛瑞卿	石万忠	毕克成
李鹏飞	吴 立	何明中	杨明星	杨坤光
卓成刚	罗忠文	罗新建	饶建华	程永进
董元兴	曾健友	蓝 翔	戴光明	

选题策划:

毕克成	蓝 翔	郭金楠	赵颖弘	王凤林
-----	-----	-----	-----	-----

前言

石油勘探构造分析是资源勘查工程专业石油天然气地质方向本科生的专业课,也是能源地质工程和矿产普查与勘探专业的研究生专业选修课,是和当前石油行业生产实际联系最紧密的一门学科。课程以构造样式为主线,主要讲授应用现代石油勘探构造理论,结合国内外各种典型构造实例,分析不同构造环境下的含油气区域油气勘探中各类构造变形的几何样式、运动学过程、形成机制及其控油气作用。主要内容包括:构造样式的概念、分类、研究意义;伸展型、走滑型、挤压型盆地的构造样式以及底辟构造和反转构造的基本概念、基本特征、成因机制、研究方法及其与油气聚集的相互关系;流体作用类型、方式及流体作用与构造作用的相互关系;断层封闭性的定义、类型、封闭机制、评价方法及其油气意义等。教学的目的和内容决定了这门课程必须理论与实际相结合,重视实践教学。创新基于实践,始于问题。实践教学是巩固理论知识和加深对理论认识的有效途径,是培养具有创新意识的高素质专门人才的重要环节,更是培养学生科学思维方法、科学研究能力和创新能力,提高学生综合素质的重要平台。而地学教育本身最突出的特点就是其实践性。

为了加强学生实践能力的培养,结合新一轮教学计划,课程安排了一定学时的野外和室内实践教学,目的是为了突出对学生4个方面能力的培养。

1. 比较完整地建立起石油勘探中的构造观

石油勘探中的构造观是指在石油勘探中对各类构造的总体结构、形成和演化以及铸成构造的构造运动性质和动力来源的基本认识和观点。石油勘探中的构造观涉及到对构造地质学和石油地质学中一系列问题的综合认识及看法。通过实习要建立起一个对盆地构造认识的整体框架,如盆地内构造的空间几何形态、演化阶段的划分及构造形成的动力学机制,以及各级、各类构造与油气成藏及聚集相互关系的全面把握。

2. 能够有效地运用基本知识和理论进行构造分析

进行石油勘探构造分析时要以构造地质学和石油地质学的基本知识及理论为指导,并能有效地加以运用。石油勘探构造分析中需要运用的基本知识和理论主要有:构造地质学的应力分析原理、变形岩石应变分析基础、岩石破裂准则、构造的成因分析和构造样式等,石油地质学中有有机成烃理论、烃类运移的流体动力学、成藏动力学及成油体系等理论。

3. 培养发现和分析相关构造问题的能力

在石油勘探研究分析中,发现和分析其中的构造问题,了解构造对油气成藏和聚集的影响、控制程度、空间范围、时间域是十分重要的。实习中要注意培养自己发现构造问题的能力,思考解决这些构造问题的相关理论知识和选择解决问题的方法及手段。

4. 掌握构造分析的基本内容、方法和流程

石油勘探构造分析涉及的学科方向多,要分析的内容及解决的问题多,可选择的方法和技术手段也多。因此,从不同的专业方向和研究角度对其基本内容、方法和流程有所不同和侧重。总的原则应该是以辩证唯物论作指导,以构造解析为基本原则(马杏垣,1983),该套方法较为系统地观察、分辨、分析和处理构造建立了一条正确的构造观和方法论。构造解析包括几何学、运动学和动力学 3 个方面,而所谓“解析”是指一种思维方法,即“把整体分解为部分,把复杂的事物分解为简单的要素加以研究的方法。解析的目的在于透过现象看本质,因此,需要把构造现象的各个方面放在矛盾双方的相互联系、相互作用中去,放到构造的运动、演化中去,看看它们各在何种地位,各起什么作用,各以何种方式与其他方面发生相互制约又相互转化的关系等”。

本实习指导书是在多年科研和教学实践中不断总结经验的基础上编写而成。最早完成的简明实习讲义于 2006 年 10 月第一次试用于本科生的教学,截至目前已试用 8 届,取得了较好的教学效果,修课学生已逾 600 人,取得了明显的教学效益。本书前言、实习三、实习五、实习七、实习八由沈传波编写,实习一由唐大卿编写,实习二由张先平编写,实习四、实习六由唐永编写。全书由沈传波统稿。

在本书的编写中,引用了国内外大量的专著、教材、公开文献和内部资料;初稿完成后得到了梅廉夫、张树林、周江羽、石万忠等教授的审阅,提出了很多有益的修改意见;研究生葛翔、吴蕾、周俊林、赵志璞、姬红果等参与了部分工作。在此一并致谢!

本书可供选修含油气盆地构造学、石油勘探构造分析等课程的本科生和研究生教学实习使用。石油勘探构造涉及构造地质学和石油地质学中的很多领域,由于编著者水平有限,在实习内容安排和阐述上难免有疏漏和不妥之处,恳请广大读者批评指正。

编著者

2014 年 5 月

目 录

实习一 构造样式的地震解释	(1)
一、实习目的和意义	(1)
二、实习内容	(1)
三、实习要求	(1)
四、实习步骤	(2)
五、实习指导	(2)
实习二 构造演化的平衡剖面分析	(8)
一、实习目的和意义	(8)
二、实习内容	(8)
三、实习所用资料	(8)
四、实习所用软件	(8)
五、实习步骤	(9)
六、实习指导	(18)
实习三 构造-热演化的裂变径迹分析和模拟	(24)
一、实习目的和意义	(24)
二、实习内容	(24)
三、实习所用资料	(24)
四、实习所用软件	(24)
五、实习步骤	(24)
六、实习指导	(29)
实习四 构造应力场的地质分析	(35)
一、实习目的和意义	(35)
二、实习内容	(36)
三、实习所用资料	(37)
四、实习所用软件	(39)
五、实习步骤	(39)
六、实习指导	(50)

实习五 构造变形的物理模拟实验	(52)
一、实习目的和意义	(52)
二、实习内容	(52)
三、物理模拟实验装置和材料	(52)
四、物理模拟实验的一般步骤	(54)
五、实习指导	(54)
实习六 构造应力场有限元数值模拟	(55)
一、实习目的和意义	(55)
二、实习内容	(55)
三、实习所用资料	(55)
四、实习所用软件	(55)
五、实习步骤	(56)
六、实习指导	(57)
实习七 江汉盆地王场油田构造综合分析	(64)
一、实习目的和意义	(64)
二、实习内容	(64)
三、实习要求	(64)
四、实习步骤	(64)
五、实习指导	(67)
实习八 通山-纸坊野外实践教学路线	(78)
一、实习目的和意义	(78)
二、实习内容	(78)
三、实习要求	(78)
四、主要观察点	(79)
五、通山-纸坊实习区地质背景	(82)
主要参考文献	(84)
附录一 典型盆地构造样式的地震剖面(插页)	
附录二 国际地层表(插页)	
附录三 中国区域地层时代表	(87)
附录四 实习报告的编写格式	(89)
附录五 课堂讨论推荐题目	(91)

实习一 构造样式的地震解释

一、实习目的和意义

地震解释是开展盆地沉积、构造、储层分析及油气成藏研究的重要基础工作,其核心是依据地震剖面反射特征,应用地震勘探原理、地质学理论及相关技术软件等,赋予地震反射信息明确的地质意义和概念模型。

本次实习将通过对不同构造背景下(伸展、挤压、走滑及反转)形成的典型构造样式进行精细构造解释,了解地震剖面的基本信息及其含义,明确开展地震资料构造解释的基本流程,掌握常见构造现象的地震反射特征及其识别标志,理解不同构造样式的发育背景及演化过程,能够独立进行地震资料构造解释以及对解释结果作出合理的地震地质综合分析。

二、实习内容

(1) 了解地震剖面的基本信息及其含义,包括剖面要素,横坐标、纵坐标特征及含义,反射同相轴特征等。

(2) 地震资料构造解释基本流程,主要包括:资料收集、工区建立、层位标定、层位解释、断层解释、特殊地质现象解释、断裂组合、构造成图。

(3) 不同构造成因(伸展、挤压、走滑及反转)典型构造样式的反射特征识别和构造解释。具体包括:①伸展构造。基底反射特征、地堑或半地堑结构特征、边界正断层、潜山构造、地堑、地垒、断阶、牵引构造、不整合面等(实习剖面见附图 1)。②挤压构造。基底反射特征、褶皱、逆冲断层特征、断层性质及活动期次、不整合面、地层剥蚀特征、地层超覆特征及其地质意义等(实习剖面见附图 2)。③走滑构造。基底反射特征、地层变形情况、走滑断裂产状及平剖面特征、花状构造等(实习剖面见附图 3)。④反转构造。基底反射特征、断裂及褶皱、断层性质、活动期次、不整合面、地层剥蚀特征、地层发育特征及其地质意义等(实习剖面见附图 4)。

三、实习要求

(1) 识别基底、沉积地层和断层的地震反射特征,完成伸展构造地震剖面(附图 1)主要地层界面和断层解释,分析其典型构造样式及成因。

(2) 识别基底、沉积地层、不整合面和断层的地震反射特征,完成挤压构造地震剖面(附图 2)主要地层界面和断层解释,分析其典型构造样式及成因。

(3) 识别走滑断层地震反射特征,完成走滑构造地震剖面(附图 3)主要地层界面和断层解释,分析其典型构造样式及成因。

(4) 识别反转构造、不整合面、断层及地层超覆的地震反射特征,完成反转构造地震剖面(附图4)主要地层界面和断层解释,分析其典型构造样式及成因。

四、实习步骤

(1) 观察并了解地震剖面的基本信息及其含义。

(2) 了解地震资料构造解释基本流程。

(3) 开展课堂讨论,阐述断裂、褶皱、不整合、地层超覆、潜山、反转构造等地质现象的识别标志,识别不同构造成因(伸展、挤压、走滑及反转)典型构造样式的地震反射特征。

(4) 分别在剖面图上开展4种构造类型地震剖面的层位及断层解释。

(5) 开展课堂讨论,分析4条剖面反映的地质含义并简要阐述各种构造类型地震剖面的地层发育特征、断裂构造样式及构造演化史。

(6) 提交地震解释剖面图。

五、实习指导

构造样式是指同一期构造运动或在同一应力环境下所产生的构造变形组合,它们应具有相似或相同的构造特征和变形机理。构造样式分析包括几何学、运动学、动力学和时间四大要素(姚超等,2004)。几何学分析是通过地表观察和地震剖面解释来获得二维及三维构造图像,将各种变形组合的应变场和应力场结合起来;运动学分析是将构造样式置于板块运动背景中,对构造位移变化进行分析;动力学分析主要考虑构造形成机制,刘和甫(1993)以地球动力学背景为基础,强调构造样式与成盆动力学具有一致性,划分出伸展构造样式、压缩构造样式和走滑构造样式三大系统,如拉张环境形成的正断层及其组合——地垒和地堑,挤压环境形成的逆断层及其组合——背冲断块(断背斜、背冲隆起),对冲断块,冲断带等。此外,构造的形成具有一定时限,因此,构造样式不仅具有地区性,而且具有时代性,现今的构造样式既可能是某一特定地质时期构造运动的产物,也可能是多期构造运动叠加改造的产物。表1-1所列构造样式为中国含油气盆地同一期构造变形或同一应力作用下所产生的构造的总和,其中包括受构造应力、浮力和重力作用而形成的挤入构造,以及由其引起的地层剥蚀、尖灭、超覆、不整合等叠加在其上的更加丰富、复杂的构造。

在实习过程中,首先需要对各种盆地类型、板块构造位置、应力场特征、不同动力背景产生的典型构造样式等有个总体了解,在此基础上还应掌握研究地区或解释剖面的大地构造位置、所属盆地类型、地层发育特征、区域应力场的转换情况、不整合面特征、构造演化阶段等地质背景,进而正确高效地指导地震剖面构造解释工作并最终提出一套符合研究区地质规律的合理解释方案。

下面对本次实习所涉及的构造类型及其相关的基本地质特征作简要介绍。

1. 伸展构造

伸展构造是在水平伸展构造体制下形成的构造系统。马杏垣(1985)根据拉张构造发育于岩石圈演化的不同阶段和不同构造环境,将大型拉张构造划分为:地堑、裂谷、半地堑、盆-岭构

造、大型断陷盆地、裂陷槽、滑脱断层及其相关的韧性流动带、岩墙群等,它们构成了不同尺度、不同层次的拉张构造典型样式。含油气盆地基本构造单元——断陷或箕状断陷均是一种大中尺度的拉张构造,而小尺度的构造是盆地内部的拉张构造,它们是油气聚集的有利圈闭场所。常见的断陷或箕状断陷盆地内部典型伸展构造样式包括地堑、地垒、正向或反向断阶、潜山构造、滚动背斜等。

表 1-1 中国含油气盆地构造样式分类表(据姚超等,2004)

类型	主要应力	构造要素	运动方式	储存环境	主要油气圈闭	复式油气聚集带
伸展构造	拉张	正断层系统	上盘相对下滑,水平伸展	被动边缘、离散边缘、裂谷盆地、弧后盆地	滚动背斜、潜山构造、断层圈闭、凹中隆或凹间隆	滚动背斜带、潜山-披覆背斜带、斜折带、断阶带
挤压构造	挤压	逆断层系统	上盘相对上冲,水平收缩	汇聚边缘、前陆造山带、核部海沟内侧斜坡盆地	断弯褶皱背斜、断展褶皱背斜、断滑褶皱背斜、冲起构造、双重构造、基底挠曲隆起	逆掩推覆构造带、挤压背斜构造带、中央挠曲古隆起带
走滑构造	剪切力偶	剪切断层系统	两盘相对水平运动	转换边缘、走滑拉分盆地	正花状构造、负花状构造、雁列褶皱、雁列断块	走滑断裂斜接带、走滑断裂构造带、走滑断裂交切带
反转构造	拉张和挤压	正、逆断层复合系统	水平伸展或挤压	前陆盆地、伸展盆地、走滑盆地	正反转构造、负反转构造	挤压反转背斜带、挤压反转断裂带
重力与热力构造	重力及地幔热流体诱导力	塑性流及密度、势能差异、温度、压力和流体流动	垂向运动、侧向运动	前陆盆地、伸展盆地、走滑盆地	泥岩底辟构造、盐岩底辟构造、火成岩底辟构造、差异压实背斜、重力滑动构造、重力滑覆构造	底辟拱升背斜带、牵引背斜断鼻带、重力滑动褶皱带、重力滑动断阶带、火山刺穿构造带

实习剖面(附图 1)选自渤海湾盆地济阳拗陷东营凹陷。渤海湾盆地是中国东部较为典型的中新生代复式断陷盆地,济阳拗陷面积为 26 000 km²,由东营、惠民、沾化、车镇凹陷和若干凸起组成。东营凹陷位于济阳拗陷的东南部,是济阳拗陷的一个次级构造单元,由民丰洼陷、滨南-利津洼陷、牛庄洼陷、博兴洼陷 4 个沉积洼陷及多个断裂带(又称中央隆起带或中央背斜隆起带)组成,它东西长 90 km,南北宽约 65 km,总面积 5 700 km²,总体呈现为一北西正断、东南超覆的半地堑盆地(图 1-1)。该区新生界自下而上依次发育古近系孔店组(细分为孔三段、孔二段和孔一段)、沙河街组(细分为沙四段、沙三段、沙二段和沙一段)、东营组(细分为东三段、东二段和东一段),新近系明化镇组与馆陶组。

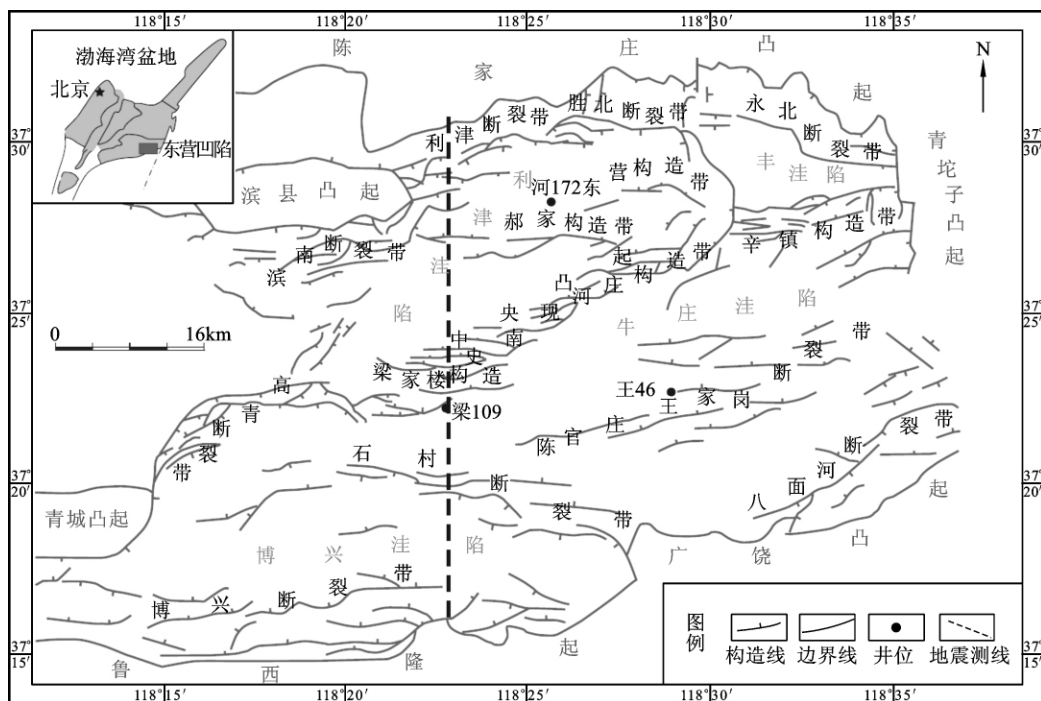


图 1-1 东营凹陷构造区划及主要断裂体系分布图

2. 挤压构造

挤压构造的动力学背景为板块与板块碰撞形成造山带,在造山带一侧或造山带内部形成挤压型盆地,这些盆地在挤压应力作用下,形成各种样式的挤压构造(杨克绳,2006)。挤压构造主要分布在造山带前缘挤压盆地中,造山带前缘常常成排成带地出现冲断褶皱构造,挤压构造在靠近造山带常有基底卷入,而远离造山带一般只在盖层中滑脱,因此可分为基底卷入型厚皮构造和盖层滑脱型薄皮构造。常见挤压构造样式包括对冲构造、背冲构造、反冲构造、叠瓦状构造、断展褶皱、断弯褶皱、断滑褶皱等。

实习剖面(附图 2)选自塔里木盆地巴楚隆起区。巴楚隆起位于塔里木盆地中央隆起带西端,是一个由西北向东南倾没的大型扭曲断隆。隆起西北边以柯坪塔格断裂为界与柯坪隆起相接,北东侧以阿恰—皮恰克逊断裂带、吐木休克断裂带和巴东断裂带为界与阿瓦提凹陷及塔中隆起分开,西南部以色力布亚—玛扎塔格断裂带为界与麦盖提斜坡相邻,东南部以塘北弧形断裂带为界与塘古巴斯凹陷接壤,总面积约 45 000 km²(图 1-2)。塔里木盆地从寒武纪以来经历了加里东期、海西期、印支—燕山期和喜马拉雅期 4 大演化阶段(张恺,1990;汤良杰,1994;林畅松等,2011),发育了 8 个关键构造变革期,即加里东早期、加里东中期 I 幕、加里东中期 III 幕、加里东晚期—海西早期、海西晚期、印支—燕山期、喜马拉雅中期和喜马拉雅晚期,而其余时期盆地构造相对稳定。在上述关键构造变革期中,塔里木板块既有水平方向的拉张与挤压,也有垂直方向的隆升与沉降,而且有的时期还具有不同应力场复合共存的特征,因此,处于盆地中西部的巴楚地区在不同的构造旋回中,其断裂发育特征具有显著的差别。

钻井与露头剖面揭示,巴楚隆起大部分地区缺失中生界,仅和 2 井、巴东 2 井钻遇三叠系,

自上而下发育的沉积地层为第四系、第三系(古近系+新近系)、二叠系、石炭系、泥盆系、志留系、奥陶系、寒武系、震旦系,其中在巴楚隆起-麦盖提斜坡的中寒武统和麦盖提斜坡的古近系底部发育了两套膏盐层,成为本地区重要的滑脱构造层。

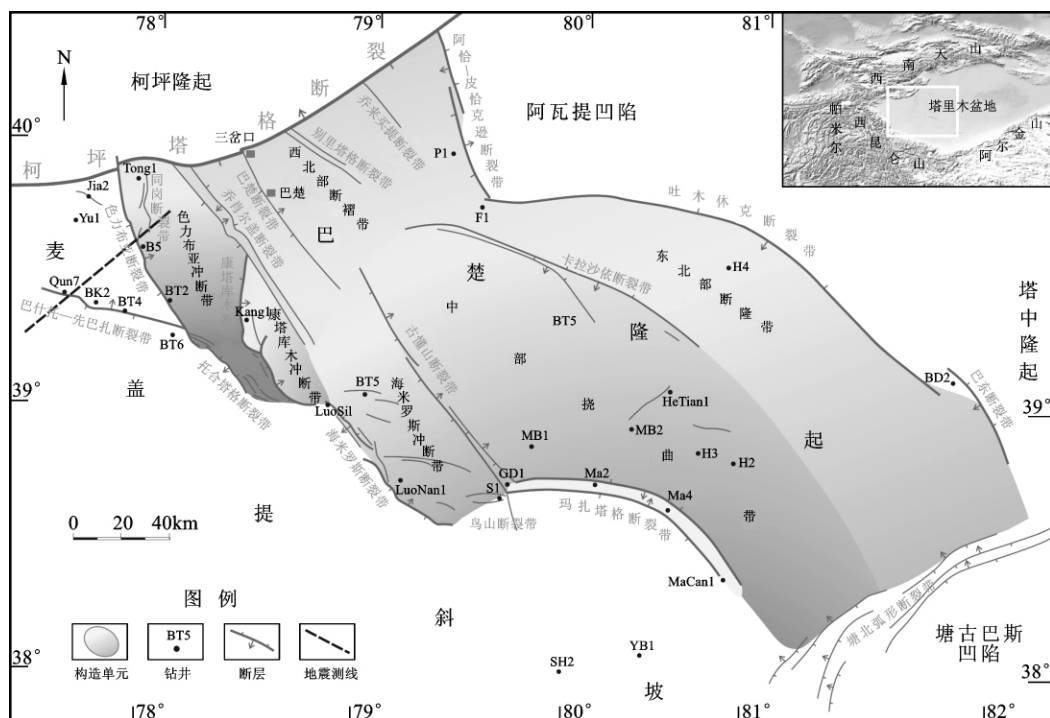


图 1-2 巴楚隆起构造区划及主要断裂体系分布图

3. 走滑构造

走滑作用是由扭应力或剪应力引起地壳或岩石圈沿着某些构造边界或特定的构造带发生走滑变形的构造作用。大陆动力学机制中走滑作用起到极为重要的作用,既调节造山带的斜压运动或差异压缩,也调节同造山期的伸展作用;既可以作为造山作用过程的机制,又成为盆地形成的机制(刘和甫等,1999)。走滑作用有 3 种方式,即平行扭动、聚敛扭动(压扭)和离散扭动(张扭)。走滑和扭动构造是地壳水平运动的重要表现形式,走滑构造的典型特征包括大尺度的走滑断裂、雁列构造、正(负)花状构造、海豚效应、丝带效应等。

实习剖面(附图 3)选自伊通盆地岔路河断陷。伊通盆地位于吉林省长春市和吉林市之间,呈 NE45°方向延伸,长 140 km,宽 12~20 km,面积约 2 500 km²;构造上位于郯庐断裂带北段的依兰-伊通分支断裂带南段,属于受北东向两边界走滑断裂控制、夹持在两大断隆之间的狭长盆地(图 1-3)。伊通盆地西北侧以大黑山为界与松辽盆地相隔,东南侧为宽广的那丹哈达岭,西南侧以东辽河断裂为界与叶赫隆起相邻,东北侧以第二松花江断裂为界与舒兰断陷相邻。盆地次级构造单元包括莫里青断陷、鹿乡断陷和岔路河断陷 3 个二级构造单元,并可进一步划分为西北缘断褶带、尖山构造带、万昌构造带等 14 个三级构造单元。

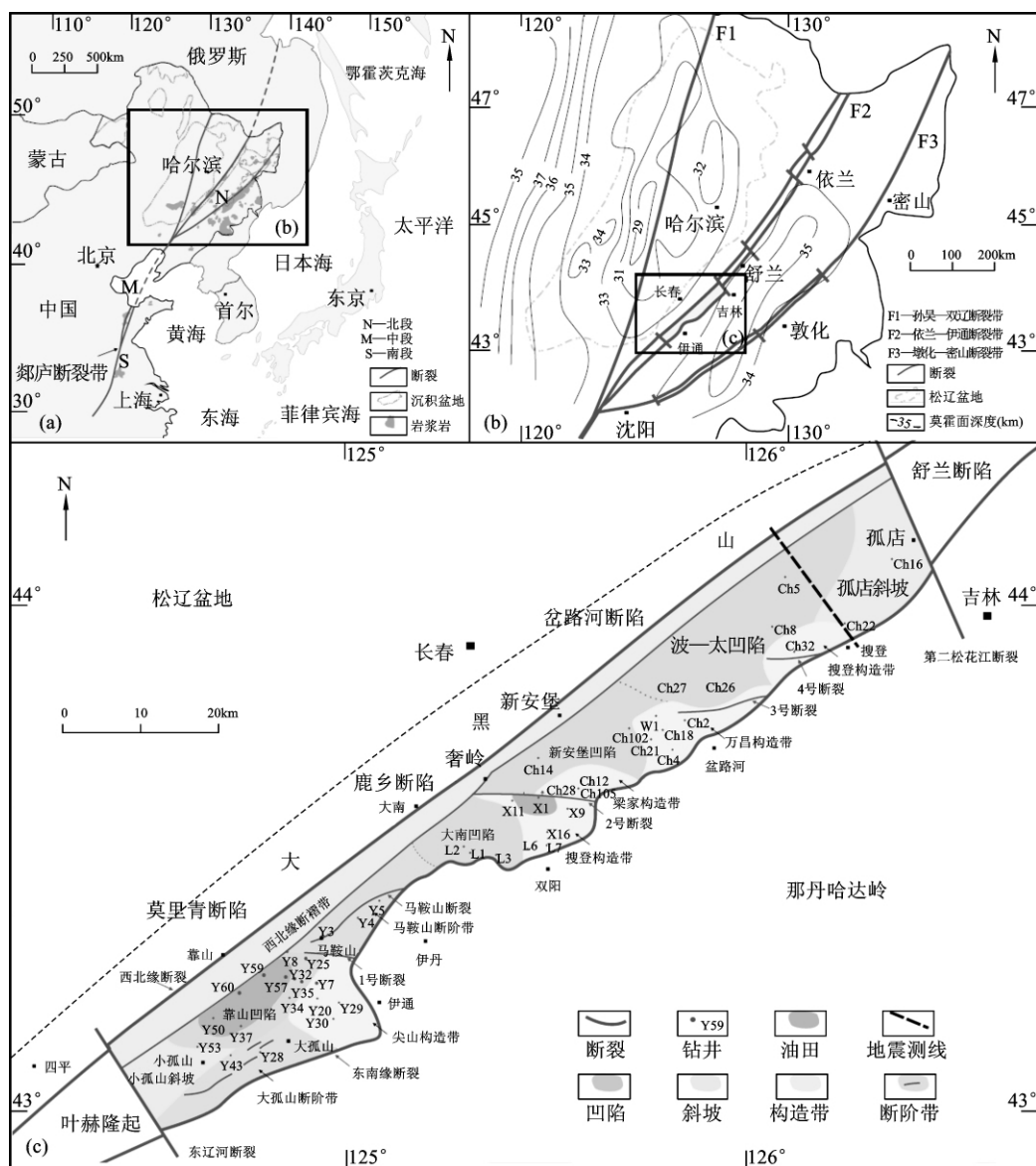


图 1-3 伊通盆地构造位置与构造单元划分图

伊通盆地地表被第四系大面积覆盖,仅在盆地边缘见到零星分布的新近系、白垩系和侏罗系露头。据钻井和地震资料揭示,盆地基底岩系为海西期和燕山期花岗岩,年龄为 67~152 Ma,局部为晚古生代变质岩。盆地内主要为古近系,地层厚度为 2 000~6 000 m;侏罗系—白垩系在岔路河断陷内零星分布。新生代地层自下而上为始新世双阳组、奢岭组、永吉组,渐新世万昌组、齐家组和新近纪岔路河组及第四系,地层总体具有西北厚、东南薄的特征,齐家组主要分布于岔路河断陷,与上覆岔路河组之间发育了一个大型的区域性角度不整合面(Tn)。

4. 反转构造

在沉积盆地形成与演化过程中,很多断层(尤其是控盆、控坳的基底断层)往往经历了多期构造活动,而且在不同期次的活动过程中可能曾发生过错动方向和力学性质的变化。因此,我们观测到的或解释出的断裂状态通常为两期或多期断块运动叠加的现今总效果。根据力学性质和构造运动学特征,将构造反转分为正反转(Positive Inversion)和负反转(Negative Inversion)两种基本形式。早期的负向构造反转为正向构造、早期的正断层反转为逆断层等属于正反转,反之属于负反转。通过构造反转形成的地质构造称为反转构造(Inversion Structure)。二者的关系为过程与结果的关系,即因果关系。反转构造是一种特殊的叠加构造,其形成演化经历了两个独立而相反的变形阶段,即先伸展后收缩,或先收缩后伸展,前期构造面貌不同程度地被后期相反的构造面貌抵消、取代或复杂化。

若按广义的理解,反转构造也可以认为是地质构造演化过程中伸展构造系统和收缩构造系统相互转换及相互作用的产物,它与动力条件的改变有关,是在不同阶段的不同动力条件下,构造变形或体系的叠加构造样式。

油气勘探实践证明,构造反转是含油气盆地构造演化过程的一种常见形式,世界许多著名的含油气盆地都已发现了含油气的反转构造,如美国中蒙大拿盆地、新西兰塔拉纳基盆地、北海南部盆地、马来西亚盆地、东南亚海盆地等。我国众多含油气盆地是世界上研究反转构造的最理想区域。无论是东部盆地还是西部盆地群,其地质构造均经历了后期挤压隆升-侵蚀的正反转作用或后期拉张断陷的负反转作用,形成一系列风格不同、影响油气成藏的反转构造组合系统。

实习剖面(附图 4)选自北海南部盆地。

实习二 构造演化的平衡剖面分析

一、实习目的和意义

平衡剖面就是指将剖面中的变形构造通过几何原则和方法全部复原的剖面,是全面准确地表现构造的剖面。利用平衡剖面技术对盆地的构造发育史进行复原,可直观地再现地下地质构造的原始几何形态,提供野外观测剖面、室内地震剖面的构造方案,并对解释结果进行正确性检验。

本次实习将以实习一中伸展盆地典型横剖面的精细解释结果为基础,利用目前广泛使用的 2Dmove 软件,进行平衡剖面恢复,使学生了解并掌握平衡剖面分析的软件及其操作方法,更深入地理解该类盆地的构造形成演化史。

二、实习内容

- (1) 了解渤海湾盆地东营凹陷的区域构造演化史。
- (2) 了解平衡剖面技术的基本原理、计算方法、制作原则和基本步骤。
- (3) 掌握 2Dmove 软件操作,选择东营凹陷完成其关键构造变革期的平衡剖面分析。
- (4) 综合区域资料和实习获得的构造发育史剖面,分析东营凹陷的构造形成演化过程,完成课程实习报告。

三、实习所用资料

- (1) 实习一中东营凹陷区域构造横剖面的地震地质解释成果(附图 1,解释所有断层和层位)的 jpg 格式图件及其剖面实际长度。
- (2) 附图 1 的时深关系数据表或关系式[本次实习采用 $y = 139.19x^2 + 904.75x + 10.013$, $R^2 = 0.9987$, x 代表双程时间,单位是秒(s), y 代表深度,单位是米(m)]。
- (3) 附图 1 的剥蚀相关数据,包括剥蚀时间、剥蚀厚度和剥蚀范围等(本次实习设定附图 1 中井 1 剥蚀厚度为 300m 左右,古近系末期剥蚀间断时间在 4 Ma 左右)。
- (4) 东营凹陷的构造特征及其演化过程方面的相关调查研究资料等。

四、实习所用软件

2Dmove 是一套功能强大的二维平衡剖面分析工具,可在局部和区域的尺度上建立、平衡、恢复和分析二维构造解释结果,通过它的一系列分析,可得出可信、平衡及复原的古构造模

型,包括局部地壳均衡和弯曲均衡、去压实、深度转换和埋藏史分析等。它可解决构造解释中存在的 uncertainty 问题,无论是野外地质观测剖面,还是二维、三维地震地质解释剖面,它的确能够严谨而有效地解决“所研究地质模型会怎样”和“地质模型最可能这样”的问题。本次实习中将采用的软件是 2009.1 的试用版。

五、实习步骤

1. 选择剖面,准备相应基础数据包

选择的剖面线方向应该与构造作用的方向一致或者趋于一致,也就是说,要垂直于构造的走向或者近似垂直于构造走向,本次实习选择实习一的附图 1、附图 2 的剖面,并准备好其相应基础数据包。

2. 打开 2Dmove 软件,导入地震解释时间剖面图片文件(或加载地震数据体)

打开软件(图 2-1),新建 Section 窗口,将会弹出相应对话框(图 2-2)。在 Units 复选框中选择 X、Y(一般选择 km)、Z(一般选择 ms)的坐标单位;在 Position 复选框中选择 Section 而不是 World,再根据剖面特征填写剖面长度(Left 一般为 0、Right 为剖面实际长度)和剖面深度(Top、Base 填写导入剖面的顶底时间值)。

再在新建的 Section 窗口中导入解释好的地震剖面图片(图 2-3),此时一定要注意让导入剖面的纵坐标时间轴和左侧时间刻度标尺一致[图 2-3(a)],而不是图片顶部和左侧时间零刻度一致[图 2-3(b)]。具体做法就是裁剪掉剖面的顶、底部,使其顶、底值和图 2-2 中的 Top、Base 值一致。比如附图 1 顶、底裁至 250 ms、3 250 ms 刻度线上。

导入成功后,保存自命名的 *.mve 文件(为保证后期能正常打开和数据链接正确,建议保存在默认目录下)。

3. 时深转换,把时间域剖面转为深度域剖面

在主界面点击主菜单 Operations→Depth Convert,进入 Convert to Depth 窗口(图 2-4),在右下方下拉菜单中选择、给定时深关系式的对应函数。例如时深关系符合一元二次方程就选 Quadratic,再依次填入 a 、 b 、 c 、 d 值,点击 Apply,时间剖面就可转为深度剖面。

如果提前用别的方法和软件进行时间域到深度域的剖面转换,即导入的剖面就是深度域的剖面,就不需要在 2Dmove 软件中做时深转换了。

实践证明,利用 2Dmove 软件做时深转换,如果时深关系比较粗略、速度随深度变化较大,得到的深度剖面在水平方向上需放大 5~10 倍才能看着协调,所以建议直接导入深度剖面。

4. 描摹或解释层位和断层,矢量化深度域剖面

描摹断层线、层位线,即创建 Polyline;加上剖面左右垂直边界线,即创建 Post;利用每个断块周缘的 Polyline 线和 Post 线联合造区填色,即创建 Polygon。