

苏北盆地新生代侵入岩分布特征及地质意义

叶绍东,任红民,李储华,郑元财

中国石油化工股份有限公司江苏油田分公司地质科学研究院,江苏扬州,225009

内容提要: 岩芯观察和薄片鉴定表明,苏北盆地新生代侵入岩主要为辉绿岩,少量煌斑岩,具有明显不同于沉积岩的岩矿、测井响应和地震剖面特征。以钻井和测井的统计资料为基础,利用三维地震资料的解释结果,总结出苏北盆地新生代侵入岩分布特征:纵向分布层位以古新统阜宁组为主,其次为始新统三垛组和戴南组,单层厚度一般几米至几十米,有顺层侵入、穿层侵入和沿断面侵入三种产出形式;平面分布面积超过 1000km²,以高邮凹陷和金湖凹陷分布广,呈碟状或串珠状分布。苏北盆地新生代侵入岩分布与深大断裂有关,同时对油气成藏具有重要的影响,是值得重视的研究领域之一。

关键词: 辉绿岩;新生代;构造运动;分布特征;苏北盆地

苏北晚白垩世—新生代盆地是在前陆盆地基础上发育的裂陷伸展盆地(杨琦等,2003;舒良树等,2005;邱海峻等,2006),自晚白垩世以来,经历了仪征、吴堡、真武、三垛等多次构造运动,伴随着地质构造运动,引发了强烈的岩浆活动,除了形成大面积分布的以玄武岩为代表的喷发岩外,还有大量侵入在新生界地层中的侵入岩(吴向阳等,1999)。近年来,不少学者对侵入岩的识别、分布及油气勘探方面开展了研究,在侵入岩对烃源岩成熟的影响(Galushkin Y I, 1997;金强,1998;李亚辉,2000)、有关侵入岩的油气藏类型(牛嘉玉等,2003;罗静兰等,2003;吴昌志等,2005)、侵入岩成藏机制及其勘探技术等方面(裴衡等,2003;牛嘉玉等,2003;陈海云等,2005;段春生,2005;刘云祥等,2006)取得了许多成果。关于苏北盆地新生代侵入岩,前人对侵入岩发育区的地震资料采集、处理、解释等进行了研究,侧重于地震资料处理方法(梁尚勇等,2002;王丽等,2005)和综合解释方法的总结(任红民等,2003;王军等,2004;李东亮等,2008),而对侵入岩分布特征研究较少。随着苏北盆地勘探程度的提高,尤其是三维地震资料的连片分布及钻井数量的上升,为准确刻画描述侵入岩的分布特征奠定了基础。本文在深入分析侵入岩的岩矿、测井响应、地震剖面特征的基础上,总结了侵入岩的剖面、平面分布特征,为下一步勘探提供依据。

1 侵入岩岩矿特征

通过对苏北盆地 13 口钻井 443m 长的的侵入岩岩芯观察,按不同地区不同层位采集有代表性的样品 57 块进行薄片鉴定,分析结果表明,本区侵入岩岩石类型有两种:辉绿岩和煌斑岩。

表 1 苏北盆地新生代侵入岩样品分布表
Table 1 Samples Distribution of the Cenozoic intrusive rocks in the North Jiangsu Basin

凹陷	井号	层位	井深(m)	样品数(块)
金湖	C2	E ₂ d	1215.78~1220.16	3
	T4	E ₁ f ³	2263.57~2264.7	2
	Q6	E ₁ f ²	2716.28~2726.61	23
高邮	Z1	E ₁ f ²	1580.84~1664.53	12
	S4	E ₁ f ²	2775.66~2777.55	7
海安	A4	E ₁ f ³	2749.1~2939.93	10
合计				57

辉绿岩:呈深灰、灰黑、灰绿色,致密坚硬,主要由基性斜长石(拉长石和培长石)和辉石(普通辉石)组成,含少量橄榄石、黑云母、石英、磷灰石、磁铁矿、钛铁矿等。辉绿岩为显晶质,细—中粒,常具辉绿结构或次辉绿结构。岩石成分中基性斜长石约占 40%~60%,呈柱状,杂乱排列,部分基性斜长石蚀变为钠长石、黝帘石、绿帘石和高岭石;在基性斜长石形成的格架中充填着辉石和铁矿等,辉石约占 20%~45%,呈他形粒状,部分辉石蚀变为绿泥石、

收稿日期:2009-05-31;改回日期:2009-12-31;责任编辑:章雨旭。
作者简介:叶绍东,男,1968 年生。高级工程师。1991 年毕业于成都地质学院石油地质勘查专业。现主要从事油田勘探生产和研究工作。
电话:0514—87762368;Email:yesd@joeco.com.cn。

蛇纹石和碳酸盐类矿物;部分含伊丁石 1%~5%;含磁铁矿约 2%,呈针状、粒状等。有少量溶蚀孔分布,并且有些在边部的辉绿岩岩石表面完全绿泥石化,仅保留原岩的外部轮廓。

煌斑岩:深灰色,显微斑状结构,基质具煌斑结构。岩石由橄榄石、钛辉石、斜长石、角闪石、透闪石—阳起石、白钛矿等组成,偶见磷灰石及黄铁矿。其中橄榄石半自形—自形粒状,粒径 0.1~1.7mm, <1mm 为主,呈斑晶状产出,部分橄榄石绿泥石化—碳酸盐化;钛辉石呈柱状,粒径 0.02~0.5mm,杂乱排列,其间为其他矿物所分布;斜长石及棕色柱状角闪石集中,呈浅色的斑块状产出;偶见由绿泥石、碳酸盐等组成的杏仁体,呈圆形及椭圆形,大小 0.5~1mm 左右。岩石中由白云石、黄铁矿、石英、方沸石等组成的网状细脉比较发育,白云石细脉有明显切割硅质细脉、黄铁矿细脉现象。

本区新生代侵入岩以辉绿岩为主,局部发育煌斑岩。侵入岩侵入深度介于 500~3200m 之间,岩石颜色深,富铁镁矿物,如辉石、橄榄石、角闪石等,属浅成基性侵入岩(Rahman A M S et al.,1988;邱家骧,1991;Le Maitre R W,1991;Tesfaye K et al.,1999)。

2 侵入岩的识别标志

侵入岩的识别,除了地质录井资料外,还要借助测井和地震资料,关键是总结本区侵入岩典型的测井响应特征和地震剖面特征。

2.1 测井响应特征

侵入岩一般具有明显的测井响应特征(陈立英等,2005;李潮流等,2005;邵维志等,2006)。本区侵入岩在常规测井资料上表现为“三低两高”,即低自然伽马、低声波时差、低中子孔隙度、高密度、高电阻率,此外自然电位曲线上一一般表现为低平值(图 1)。在自然伽马曲线上表现为稳定的低值,一般在 30~45API 之间,往往与自然电位曲线形成明显的“幅度差”,这是判别辉绿岩最典型的特征。声波时差和中子孔隙度测井表现为稳定的低值,表明本区侵入岩的孔渗性较差;在电阻率曲线上表现为高值,尖刀状,一般为 20Ω·m 以上,可达几百欧姆米,明显高于砂岩及灰岩;在密度测井方面,辉绿岩密度一般在 2.6~2.9g/cm³,而一般砂泥岩密度在 2.2~2.5g/cm³之间,辉绿岩与砂泥岩地层的密度差异较大,界面明显。

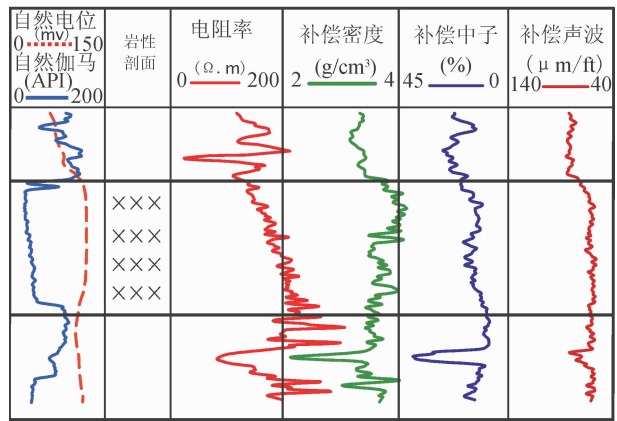


图 1 苏北盆地新生代侵入岩测井响应特征
Fig. 1 Logging response characteristics of the Cenozoic intrusive rocks in the North Jiangsu Basin

2.2 地震剖面特征

在苏北盆地,由于辉绿岩速度和密度都明显高于砂、泥岩,与围岩间通常存在明显的波阻抗差,在地震剖面上一般表现为低频率、强振幅、连续性好的特点(任红民等,2003;王军等,2004;李东亮等,2008)。根据本区辉绿岩侵入的一般特征,设计了一个厚度为 0~150m 的楔形辉绿岩体的地质模型,根据实际速度资料,辉绿岩层速度为 4800m/s,上、下围岩速度为 3200m/s,用 20Hz 的雷克子波对模型制作合成地震记录(图 2),从图中可以看出,辉绿岩的厚度变化引起了波组特征的变化:当辉绿岩的厚度小于 10m 时,其反射很弱,在剖面上难以识别;当辉绿岩的厚度在 10~75m 之间变化时,辉绿岩的反射逐渐增强,波峰对应辉绿岩顶界面,波谷对应辉绿岩底界面,在厚度达到 70m 左右,振幅最大,辉绿岩的调谐厚度大约为 70m;当辉绿岩厚度为 75~120m 时,其反射表现为复波,并随着厚度的变大,复波的

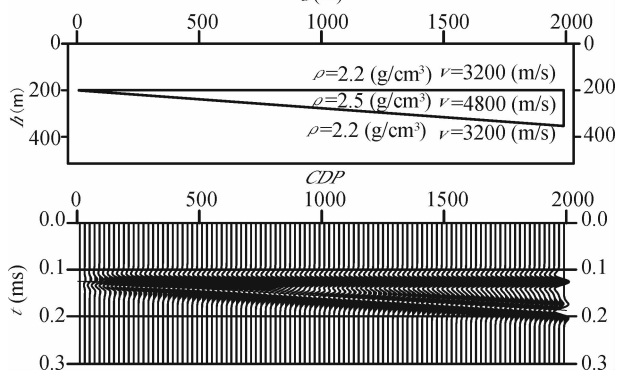


图 2 楔形辉绿岩模型及其地震响应
Fig. 2 Wedge-shaped model and its seismic response characteristics of diabase

宽度变大;当辉绿岩厚度大于120m时,其反射特征表现为多相位波组,此时的第一波峰对应辉绿岩顶,最大波谷对应其底面。

3 侵入岩的分布特征

苏北盆地总体呈两拗两隆的构造格局,其中东台拗陷中金湖、高邮、溱潼、海安四个凹陷勘探程度高。截至2008年底,苏北盆地共有近300口井钻遇侵入岩。通过钻井、测井、地震这三种资料紧密结合,相互佐证,厘定侵入岩的厚度和分布范围,从而总结归纳侵入岩的分布特征。

3.1 纵向分布特征

统计资料表明,苏北盆地侵入岩纵向上分布层位以古新统阜宁组为主,其次为始新统三垛组和戴南组,单层厚度一般几米至几十米,厚度较大的达到一百多米。

侵入岩产状多呈岩脉、岩床,在剖面上表现为三种形式:顺层侵入、穿层侵入和沿断面侵入(图3)。顺层侵入,指侵入岩的顶、底界面与围岩基本平行,通常在泥岩地层中表现为顺层侵入。穿层侵入,是指侵入岩与围岩呈一定的交角,低角度穿层侵入是本区侵入岩主要的产出形式。沿断面侵入,指侵入岩沿断层面侵入,一般在断层面侵入的距离较短,多在几百米以内,在高邮凹陷永安地区,地震资料研究表明,侵入岩沿断面侵入最长的距离达2100m。

3.2 平面分布特征

以钻井、测井的统计资料为基础,通过地震资料的解释,编绘苏北盆地侵入岩的平面分布图。苏北盆地侵入岩分布较为广泛,分布面积超过1000km²,以高邮凹陷分布最广,其次是金湖凹陷,溱潼凹陷、海安凹陷零星分布(图4)。

高邮凹陷侵入岩分布广泛,最厚达一百多米,平面上主要分布于北斜坡的码头庄、沙埕,深凹带的大仪集及柘垛低凸起的兴化地区,呈碟状展布,分布面积645km²,约占高邮凹陷总面积的14%。单个侵入岩体规模大,面积介于17~137km²,最大达137km²。在沙埕地区,几套侵入岩相互穿插,上下叠置。

金湖凹陷侵入岩平面分布面积335km²,占凹陷总面积的6.6%。单个岩体规模小,一般在十几平方千米以下,最大达到49km²。总体上看,侵入岩的平面分布呈两个北东向串珠状条带,西带沿西斜坡展布,东带沿铜城、石港断层展布。

4 讨论

4.1 形成时期分析

侵入岩形成时期的确定,同位素测年是主要方法之一。对于苏北盆地新生代侵入岩形成时期的确定,在同位素测年资料缺乏的情况下,根据构造运动、侵入体与地层及断层的接触关系、侵入岩体岩矿特征等进行综合判断。

岩浆活动与盆地的演化密切相关(郭念发等,1996;吴向阳等,1999;汤加富等,2004)。晚白垩世以来,苏北盆地区域拉张进一步加强,部分在T₃—K₁阶段形成的推覆断层滑动面转化为张性犁式断层滑动面,随着岩石圈拆离作用逐渐加强,产生深断裂,导致岩浆活动。渐新世的三垛运动,由于太平洋板块沿北西西方向向亚洲板块正向俯冲、消减,印度板块与欧亚板块相互碰撞,基底断裂开始活动,并发育一系列北东及北西向的断裂构造,是本区岩浆侵入的主要通道。苏北盆地侵入岩的平面分布与大断裂表现为明显的相关性。高邮凹陷侵入岩主要分布于汉留、吴堡断裂的两侧,金湖凹陷侵入岩呈串珠状分布,也与一、二级断裂有关,主要分布于石港、铜城断层的两侧,这与岩浆在深层沿大断裂上升、侵入有关。

根据侵入岩与地层关系可以看出,侵入岩最浅侵入层位为始新统三垛组,其上覆中—上更新统盐城组未见侵入岩,说明侵入岩形成时期早于盐城期;同时,从侵入岩与断层的错断关系判断,本区侵入岩主要表现为沿断层面侵入或未被断层错断,说明侵入岩形成时期晚于断层活动期。综合判断,苏北盆地侵入岩主要形成于渐新世三垛运动期(毛凤鸣,2000)。

4.2 与油气成藏的关系

在油气聚集成藏的地质事件中,侵入岩所起的作用是多方面。它不仅可以作为油藏的主体——储层,而且还可以反作用于油气的生成,或者充当油藏的保存因素,如盖层和封堵层。岩浆侵入到烃源岩之中,由于侵入体的热源作用,使古地温升高,加速了烃源岩的有机质向石油烃类的转化和烃类从母岩中排出,从而使烃源岩的门限深度变浅(Galushkin,1997;金强,1998;李亚辉,2000),距离侵入岩较近的烃源岩镜质体反射率(R_o)均显著高于正常值;致密辉绿岩,是可以作为油气盖层和封堵层(罗静兰等,2003),侵入岩体的上、下或两侧,油气水性质存在明显的差异,甚至在高邮凹陷瓦庄、沙埕等地区,原油

及变质带油藏。

苏北盆地侵入岩及其变质带中见到较好的油气显示,并且在金湖凹陷 T6 井侵入岩和高邮凹陷 S18 等井辉绿岩变质带中试获工业油流,显示了较好的勘探前景。

5 结论

苏北盆地侵入岩主要为辉绿岩,少量煌斑岩,具有明显不同于沉积岩的岩矿特征、测井响应和地震剖面特征。根据钻井、测井、地震资料的综合研究,苏北盆地侵入岩纵向分布层位以阜宁组为主,其次为三垛组和戴南组,单层厚度一般几米至几十米,平面呈碟状或串珠状分布,其中高邮凹陷和金湖凹陷分布广。苏北盆地侵入岩的分布与油气成藏关系密切,是值得重视的勘探领域之一。

参 考 文 献 / References

操应长,邱隆伟. 2000. 济阳拗陷下第三系火成岩储集层的控制因素. 石油勘探与开发, 27(5): 44~461.

裴衡,龚奇,欧阳睿,黄俊峰,杨学武. 2003. 塔中地区火成岩特征及其石油地质意义. 石油物探, 42(1): 49~53.

陈海云,林春明,张云银,胡加山,侯方英. 2005. 济阳拗陷新生代火成岩的识别. 石油地球物理勘探, 40(6): 663~669.

陈立英,吴海波,邢丽波. 2005. 火成岩复杂岩性测井识别及测井资料数字处理. 石油天然气学报(江汉石油学院学报), 27(6): 877~879.

段春生. 2005. 侵入岩的分布与赋存规律的综合研究. 西北大学学报(自然科学版), 35(6): 777~782.

郭念发,王武元. 1996. 长江下游中生代岩浆活动与中生代盆地. 江苏地质, 20(3): 150~155.

金强. 1998. 裂谷盆地生油层中火山岩及其矿物与有机质的相互作用. 地球科学进展, 13(6): 542~544.

李潮流,闫玉明. 2005. 辽河东部凹陷火成岩地层测井响应特征研究. 测井技术, 29(6): 531~533.

李东亮,王玲歌,崔宝雷. 2008. 辉绿岩发育区地震综合解释方法研究. 石油天然气学报(江汉石油学院学报), 30(3): 275~279.

李亚辉. 2000. 高邮凹陷北斜坡辉绿岩与油气成藏. 地质力学学报, 6(2): 17~22.

梁尚勇,胡斌,季红军. 2002. 苏北盆地复杂断块地区资料处理解释及效果. 石油物探, 41(3): 367~371.

刘云祥,何展翔,张碧涛,董卫斌,李德春. 2006. 识别火成岩岩性的综合物探技术. 勘探地球物理进展, 29(2): 115~118.

罗静兰,邵红梅,张成立. 2003. 火山岩油气藏研究方法 with 勘探技术综

述. 石油学报. 24(1): 31~38.

毛凤鸣. 2000. 高邮凹陷北斜坡辉绿岩形成时期的确定. 石油勘探与开发, 27(6): 19~20.

牛嘉玉,张映红. 2003. 渤海湾盆地侵入岩—外变质带油气藏类型及成藏条件. 特种油气藏, 10(1): 22~26.

牛嘉玉,张映红,袁选俊,吴贤顺. 2003. 中国东部中、新生代火成岩石油地质研究、油气勘探前景及面临的问题. 特种油气藏, 10(1): 7~21.

邱海峻,许志琴,乔德武. 2006. 苏北盆地构造演化研究进展. 地质通报, 25(9~10): 1117~1120.

邱家骧. 1991. 应用岩浆岩岩石学. 武汉: 中国地质大学出版社, 35~77.

任红民,刘小燕,廖准良. 2003. 高邮凹陷 SN 地区地震综合勘探技术应用研究. 江汉石油学院学报, 25(2): 52~53.

邵维志,梁巧峰,李俊国,邓林. 2006. 黄骅凹陷火成岩储层测井响应特征研究. 测井技术, 30(2): 149~153.

舒良树,王博,王良书,何光玉. 2005. 苏北盆地晚白垩世—新近纪原型盆地分析. 高校地质学报, 11(4): 534~543.

汤加富,高天山,李怀坤. 2004. 中国东部中生代构造格局和岩浆岩带的形成与演化. 地质调查与研究, 27(2): 65~74.

王保如,祁德清,汪恩华,魏水建,梁向勇. 2001. 苏北盆地辉绿岩、蚀变带特征及其与油气的关系. 西安石油学院学报(自然科学版), 16(6): 5~7.

王军,刘小燕. 2004. 高邮凹陷北斜坡辉绿岩区解释方法研究. 石油物探, 43(2): 163~166.

王丽,屠世杰,赵传雪,庞金康,武桂荣. 2005. 叠前深度偏移技术在江苏火成岩地区的应用. 石油物探, 45(1): 79~82.

吴昌志,顾连兴,任作伟,陈振岩,赵明,邱洋. 2005. 中国东部中、新生代含油气盆地火成岩油气藏成藏机制. 地质学报, 79(4): 522~528.

吴向阳,牟荣,石胜群,张浩东. 1999. 苏北盆地火成岩发育与构造演化的关系. 勘探家, 4(1): 44~47.

杨琦,陈红宇. 2003. 苏北—南黄海盆地构造演化. 石油实验地质, 25(增刊): 562~565.

Le Maitre R W. 1991. 火成岩分类及术语辞典. 王碧香,沈昆,毕立君译. 北京: 地质出版社, 98~136.

Galushkin Y I. 1997. Thermal effects of igneous intrusions on maturity of organic matter: A possible mechanism of intrusion. Org. Geochemistry, 26(11~12): 645~658.

Rahman A M S, Ekwere S J, Azmatullah M, Ukpong E E. 1988. Petrology and geochemistry of granitic intrusive rocks from the western part of the Oban Massif, southeastern Nigeria. Journal of African Earth Sciences, 7(1): 149~157.

Tesfaye K, Christian K, Friedrich K. 1999. Geology, geochemistry and petrogenesis of intrusive rocks of the Wallagga area, western Ethiopia. Journal of African Earth Sciences, 29(4): 715~734.

The Distribution of Cenozoic Intrusive Rocks in the North Jiangsu Basin and Its Geological Significances

YE Shaodong, REN Hongmin, LI Chuhua, ZHENG Yuancai

Geological Scientific Research Institute of Jiangsu Oilfield Company, SINOPEC, Yangzhou, Jiangsu, 225009

Abstract: It is concluded by drill cores observation and thin sections identification that the intrusive rocks in the North Jiangsu Basin are mainly composed of diabase and few lamprophyre, whose mineral and

lithological features, logging response and seismic reflection characteristics are obviously different from sedimentary rocks. Based on statistical data of drilling and logging, combined with result of 3D seismic data interpretation, the distribution of intrusive rocks have the following characteristics: (1) vertically, the most important horizon is the Paleocene Funing Formation, secondly, the Eocene Sanduo and Dainan Formation; (2) the thickness of a single layer is generally from several meters to several dozens meters; (3) there are three intrusive types, including bedding intrusion, cut-bedding intrusion and along fault intrusion; (4) horizontally, the distribution area of the intrusive rocks is more than 1000 km², which are widespread in the Gaoyou sag and the Jinhu sag with the shape of dish or string of beads. In the North Jiangsu basin, the distribution of Cenozoic intrusive rocks are related to deep faults, meanwhile, the intrusive rocks have important influence on reservoir accumulation. It is worth to pay more attention to study the Cenozoic intrusive rocks in the North Jiangsu basin.

Key words: diabase; Cenozoic; tectonic movement; distribution; North Jiangsu basin

中国地质学会 2009 年度十大地质科技进展

(排名不分先后)

鸟类起源研究取得重大进展: 鸟类起源于兽脚类恐龙的假说得到了广泛承认, 但鸟类起源研究方向依然存在许多薄弱环节。徐星与合作者于 2009 年在英国《自然》和《美国国家科学院院刊》上发表了一系列论文, 在这些问题上取得了重要进展。化石资料显示, 兽脚类恐龙在向鸟类进化当中, 其外侧两指退化; 而现代发育学证据表明, 鸟类手指是两侧退化, 保留了中间 3 指。徐星与合作者通过研究新疆侏罗系地层中发现的泥潭龙, 提出了一种外侧和两侧退化模式相结合的新假说。此外, 他还与沈阳师范大学胡东宇等人合作, 相继报道了产自辽宁中上侏罗统髫髻山组的近鸟龙化石, 和一种新的生有原始羽毛类型的北票龙, 把鸟类起源的研究推向一个新的高度。本项目由中国科学院古脊椎动物与古人类研究所等完成。

祁连山东土区发现天然气水合物: 天然气水合物又称可燃冰, 是由水和天然气在高压低温条件下形成的一种固态物质, 是地球上尚未开发的最大潜在新型能源。我国地质科技人员在青海省祁连山南缘海拔 4062 m 的永久冻土带(青海省天峻县木里镇)成功钻获天然气水合物样品, 这是我国首次在陆域冻土区发现天然气水合物, 也是世界上第一次在中低纬度冻土区发现天然气水合物。与国外相比, 祁连山东土区天然气水合物具有埋深浅、冻土层薄、气体组分复杂、煤层气为主等明显特征, 初步分析应作为一种新类型水合物。此次发现为我国天然气水合物调查、勘探、开发及研究提供了试验基地, 对认识天然气水合物成藏规律、改变我国能源结构、寻找新能源具有重要意义。本项目由中国地质科学院矿产资源研究所等完成。

大型气田天然气成藏机理与富集规律研究: 近年来, 我国在四川、鄂尔多斯、松辽、塔里木、吐哈、渤海湾等重点盆地发现了一系列大型—特大型天然气气田, 查明这些大型气田天然气的成藏机理与富集规律, 对进一步指导发现更多的天然气田有着重要的科学价值。本项目探讨了高压对液态烃生成及其进一步裂解的作用、高成岩烃源岩的排烃机理, 建

立了不同有机质的生烃动力学和同位素动力学模型, 提出高压对液态烃生成及其进一步裂解有抑制作用, 使生烃高峰后移, 延长了油气的生成期, 为深层勘探提供了理论支持; 并认为高一过成熟阶段生烃产生的超压是深层烃源岩排烃的主要动力, 微裂隙是高演化阶段主要的排烃方式。本项目由中国石油勘探开发研究院廊坊分院完成。

矿产勘查中地球化学异常评价新指标及其应用研究: 同位素、硫(碲)、稀土元素等指标为地球化学异常评价提供了更加系统全面的信息。发生贫化的元素与发生富集的元素在地球化学勘查中具有同等重要的作用, 综合利用元素的富集和贫化规律构建异常结构模型, 是实现地球化学异常评价指标量化的基础。这项研究成果不仅为大兴安岭中北段异常成矿前景评价提供了切实可行的方法技术, 更重要的是丰富了地球化学勘查指标和方法技术应用基础理论, 对促进学科领域进步和发展将产生深远影响, 为地球化学异常评价方法技术研究指明了方向。本项目中国地质科学院地球物理地球化学勘查研究所完成。

西藏冈底斯东段铜多金属资源评价与新方法技术研究: 项目以边缘成矿理论和现代板块构造成矿理论为理论依据, 以地物化遥为综合评价手段, 在冈底斯成矿区段约 2.0 万平方千米范围内开展铜多金属资源评价和勘查方法技术研究, 突破了传统认识, 在国内外首次提出了冈底斯成矿带走滑型陆缘成矿的新认识。创新性提出了“早期会聚走滑、晚期离散走滑”的两阶段大陆边缘走滑转换成矿新模式。突破冈底斯成矿带以斑岩型矿床为主要类型的单一思路, 识别出受碎屑岩—碳酸盐岩层间剥离断层带(拉分型转换构造)控制的铜多金属矿成矿新模式, 提出主攻斑岩—层砂卡岩复合型富大矿的新思路, 并在泽当矿田帕南验证孔发现多层厚大(40~200m)的隐伏钨钼矿体, 有望成为我国新的重点斑岩成矿区。本项目由中国冶金地质总局完成。

基于北斗一号卫星系统的地质灾害监测技术研究: 在传统地质灾害监测系统基础上, (下转第 288 页)