

华北克拉通南部地区现今地温场特征及其地质意义

何争光,刘池洋,赵俊峰,刘永涛

大陆动力学国家重点实验室(西北大学),西北大学含油气盆地研究所,西安,710069

内容提要:在系统分析华北克拉通南部地区现今地温场数据的基础上,对该区现今地温场特征进行了系统的研究,对其控制因素及其油气地质意义进行了探讨。该区现今地温梯度平均为 $2.69^{\circ}\text{C}/100\text{ m}$,大地热流平均为 $56.54\text{ mW}/\text{m}^2$,地温场特征表现为北高南低,东高西低,与中国东部热盆、西部冷盆相比,华北克拉通南部地区属于一种过渡类型。现今地温场主要受岩石圈厚度、构造特征和地下水活动的影响。华北克拉通南部不同地区热演化过程及其结果不同,开封坳陷、周口坳陷中部局部凹陷带现今地温场代表了该区最高的热演化状态并影响着古生界烃源岩成烃。其他地区现今地温则小于古地温,古地温决定了这些区域古生界烃源岩成烃。

关键词:华北克拉通南部地区;周口坳陷;开封坳陷;现今地温场;地温梯度;大地热流;热演化

现今地温场是盆地古地温场热演化的最终结果,是研究盆地热演化史、生烃史的前提和基础。含油气盆地的地温场与盆地内油气的生成、运移、聚散以及定位有着紧密的关系,是油气成藏最重要的控制因素之一(汪缉安等,1985;邱楠生等,2004)。

地温梯度和大地热流值是表征沉积盆地热状况两个主要指标。前人对华北克拉通南部地区现今地温场开展了一些研究,并取得了一定成果。最初主要从地温梯度变化对研究区热状态进行了探讨(王钧等,1990;陈墨香等,1988;崔云龙等,1999;苏永荣等,2000;徐连利,2006;刘丽等,2007);随着测试技术的提高,国内许多著名学者(汪集旸,1990;汪洋等,2000;胡圣标等,2001; Hu S B et al., 2004)结合实测岩石热导率,以大地热流数据为基础对华北克拉通南部局部地区现今地温场进行了研究。近年来,张鹏等(2007)在前人基础上对南华北克拉通现今地温场进行了初步探讨和研究。总体上,研究范围较为局限,研究内容缺乏系统,诸多方面有待于深入和拓展。

本文在全面收集和整理华北克拉通南部地区现今地温场数据的基础上,系统研究了华北克拉通南部地区地温场特征,分析探讨了影响现今地温场因素;进而探讨了该区古生界现今地温场状态以及与其最高热演化之间的关系,为古生界生烃评价提供

科学依据。

1 地质概况

华北克拉通南部地区位于滦川—确山—固始—肥中断裂,秦岭—大别造山带以北,焦作—商丘断裂以南,东邻渤海湾盆地;东至郯庐断裂,西为豫西隆起区。华北克拉通南部地区是不同地质时期、不同动力学背景下形成的多期次、多旋回叠合盆地。古生代为大华北克拉通的一部分,沉积以海相、海陆交互为主的地层。中生代总体在挤压应力背景下,华北克拉通南部地区出现差异性隆升,形成一些零星的山间盆地。新生代该区在张剪性环境下走滑裂隙与后期的整体沉降,沉积了新生代一套陆源碎屑岩系,其范围分布较广,地层厚度较大。华北克拉通南部地区现今构造单元由北向南依次为:开封坳陷、太康隆起和周口坳陷,东部为徐州—蚌埠隆起、合肥坳陷,西部为豫西隆起区。总体表现为由深大断裂所控而形成的坳—隆—坳分布格局(图1a)。

2 地温梯度特征及分布规律

地温梯度是建立在井温资料基础之上进而研究热状态的一个表征量。研究中最理想的井温资料为井孔内钻井液的温度与地层温度达到平衡时所测的井温资料。通常收集到的井温数据有两种:①系统

注:本文为国家重点基础研究发展规划(973项目)(项目编号:2003CB214600),教育部长江学者和“油气盆地”创新团队发展计划资助项目(编号IRT0559),国家自然科学基金(重大研究计划)重点项目(批准号90814005)的成果。

收稿日期:2008-10-11;改回日期:2009-01-20;责任编辑:章雨旭。

作者简介:何争光,男,1981年生。硕士研究生。主要从事含油气盆地分析研究。Email:hezg8@sohu.com。

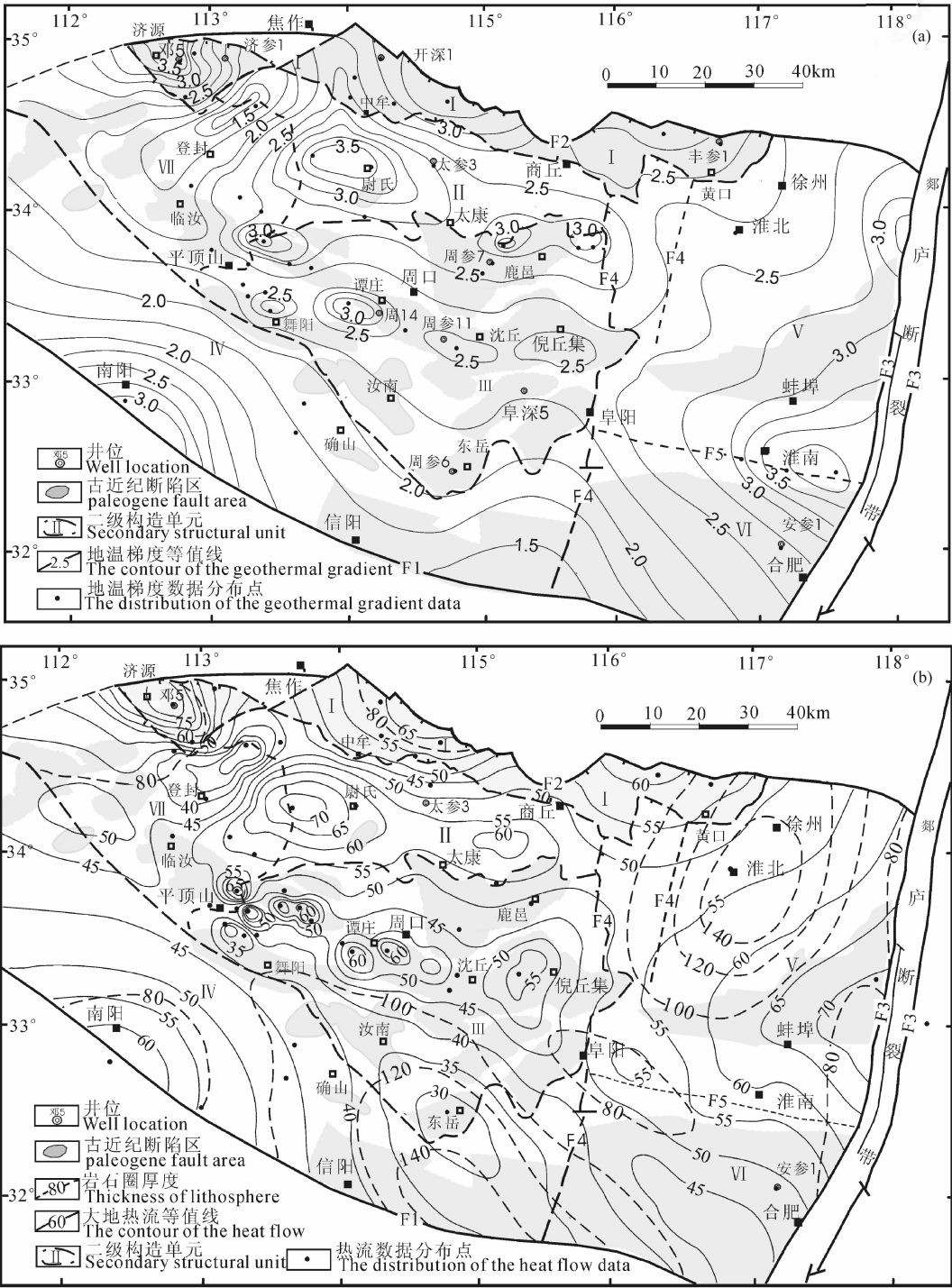


图 1 华北克拉通南部现今地温梯度分布与构造单元划分(a) 及大地热流分布与岩石圈厚度(b)图

Fig. 1 The Distribution of present geothermal gradient vs. tectonic division (a) and present heat flow vs. thickness of lithosphere (b) in southern area of the North China Craton

I—开封拗陷; II—太康隆起; III—周口拗陷; IV—长山隆起区; V—徐州—蚌埠隆起; VI—合肥盆地; VII—豫西隆起区, F1—栾川—固始—合肥断裂; F2—焦作—商丘断裂; F3—郑庐断裂带; F4—夏邑—涡阳—麻城断裂; F5—舜耕山断裂; F6—商水—沈丘断裂

I—Kaifeng depression; II—Taikang uplift; III—Zhoukou depression; IV—Changshan uplift; V—Xuzhou—Bangbu uplift; VI—Hefei basin; VII—the uplift of Western Henan Province; F1—Luanchuan—Gushi—Hefei fault; F2—Jiaozuo—Shangqiu fault; F3—Tancheng—Luijiang fault; F4—Xiayi—Woyang—Macheng fault; F5—Shungeng Shan fault; F6—Shangshui—Shenqiufault

连续井温数据;② 中途测试温度。系统连续井温数据一般在完井后 4~7 d 或甚至数月后所测得,钻井液温度已与地层温度趋于一致,因此能反映地层温度。在获得系统连续井温数据或中途测试温度下,对井温数据进行处理,其地温梯度公式为:

$$G = \frac{T - T_0}{D - D_0} \quad (1)$$

公式(1)中, D 为某地层深度; T 为该深度下的地层温度; D_0 地表恒温带深度; T_0 为恒温带所对应的温度;单位为 $^{\circ}\text{C}/100\text{ m}$ 。一口井的地温梯度常为不同深度下所计算出的地温梯度(G_i)算术平均值。华北克拉通地区恒温带深度取 20m,对应温度为 14.5 $^{\circ}\text{C}$ (陈墨香等,1988)。

本文共整理和收集了有代表性的较高质量的地温梯度值 84 个。其中系统的井温测井数据 14 个,已发表的地温数据 70 个,基本较全面、系统地覆盖了研究区。在所收集到的系统井温测井,多数的井温测井数据随井深变化关系良好(图 2),周参 7 井地面温度接近 40 $^{\circ}\text{C}$,明显收钻井液扰动,而 1000 m 下部已为测温所测井段最深井段,其钻井液温度基本代表了该井段的地层温度,所以可采用下部地温数据来计算其地温梯度。在已公开发表的数据中,开封凹陷 10 个,太康隆起 9 个,周口凹陷 39 个,徐州—蚌埠隆起与合肥盆地 12 个。

通过对所收集的数据研究得出,华北克拉通南部地区现今地温梯度分布在 1.96~2.9 $^{\circ}\text{C}/100\text{ m}$ 之间,平均为 2.69 $^{\circ}\text{C}/100\text{ m}$ 。地温等值线走向主体以 NWW 和 NNE 向带状分布,局部有异常的高值点,总体呈现北高南低,东高西低的特点(图 1a)。

开封凹陷内各钻井的温度与井深有着良好的线性关系(图 2a)。其中西部济源凹陷地温梯度平均值最高,为 3.25 $^{\circ}\text{C}/100\text{ m}$;中部中牟凹陷次之,为 3.05 $^{\circ}\text{C}/100\text{ m}$;东部黄口凹陷最低,为 2.75 $^{\circ}\text{C}/100\text{ m}$ (图 1a)。总体上,开封凹陷地温梯度分布在 2.52~3.82 $^{\circ}\text{C}/100\text{ m}$,平均为 2.95 $^{\circ}\text{C}/100\text{ m}$ 。

太康隆起地温梯度数据介于 2.26~3.56 $^{\circ}\text{C}/100\text{ m}$,地温梯度平均为 2.96 $^{\circ}\text{C}/100\text{ m}$ (图 1a)。其中太参 3 井,井温与井深的线性关系良好,地温梯度为 2.78 $^{\circ}\text{C}/100\text{ m}$ (图 2a)。该区现今地温在平面上近 NWW 向延展,分别以尉氏以西、太康以东地区为地温梯度的高点,且向四周逐渐递减。

周口凹陷地温梯度随深度变化线性关系良好(图 2b),现今地温梯度分布在 2.0~3.20 $^{\circ}\text{C}/100\text{ m}$ 之间,平均为 2.44 $^{\circ}\text{C}/100\text{ m}$ 。其中周 11、周参 7、周 14 井地温梯度相对较高,分布于 2.25~2.75 $^{\circ}\text{C}/100\text{ m}$,周参 6 所处的东岳凹陷地温梯度相对较低,其地温梯度为 2.2 $^{\circ}\text{C}/100\text{ m}$ 。从平面上来看,周口凹陷地温梯度平面上呈 NWW 向条带状分布,具有中部高,南北两侧低的特征(图 1a),周口凹陷北部以鹿邑凹陷为代表,地温梯度平均为 2.34 $^{\circ}\text{C}/100\text{ m}$ 。中部凹陷带由倪丘集、沈丘、谭庄、舞阳等凹陷所构成,其地温梯度最高,平均为 2.76 $^{\circ}\text{C}/100\text{ m}$,总体以 NWW 为走向呈“串珠状”分布。南部凹陷整体地温梯度较低,分布在 2.0~2.25 $^{\circ}\text{C}/100\text{ m}$ 。

徐州—蚌埠隆起、合肥盆地紧邻郯庐断裂,其地温场受郯庐断裂的控制,地温梯度分布在 2.50~4.78 $^{\circ}\text{C}/100\text{ m}$,地温高值多分布在郯庐断裂带附近,(图 1),合肥盆地地温梯度相对较低,以安参 1

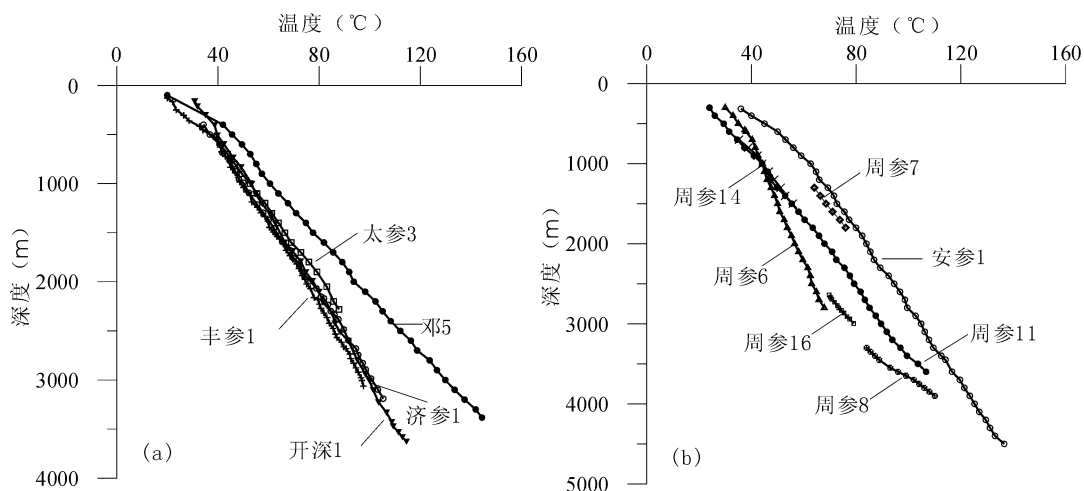


图 2 华北克拉通南部地区地层测温随井深变化关系图

Fig. 2 Measured temperature vs. well depth in southern area of the North China Craton

井为代表的地温梯度仅为 $2.75^{\circ}\text{C}/100\text{ m}$ (图 1a, 图 2b), 总体上, 该区地温梯度平面展布同郯庐断裂走向基本一致。

3 大地热流特征及分布规律

大地热流指单位时间内流经单位面积的热量流, 也称热密度流; 是在地球表层所测得的反映地球内部热状态的一个物理参数。大地热流反映地壳岩石圈的厚度、基底稳定性、活性和地幔的热结构及其地球物理场关系等, 是在地球表面“窥测”地球内热的一个窗口(Wang Jiyang, 1996)。

大地热流值为岩石热导率与垂直地温梯度的乘积, 其公式为:

$$Q = -kG \quad (2)$$

式 2 中, G 为地温梯度; k 为岩石热导率; Q 为大地热流值, 单位为 W/m^2 。在地温梯度已知的情况下, 如何准确地求得岩石热导率值成为计算大地热流值的关键。目前岩石热导率的求取, 多数是在实测的基础上采用加权平均法计算求得(任战利, 1999), 其计算公式为:

$$k = D \left(\frac{d_1}{k_1} + \frac{d_2}{k_2} + \frac{d_3}{k_3} + \dots \frac{d_n}{k_n} \right)^{-1} \quad (3)$$

公式 3 中 $k_1, k_2, \dots, k_n$ 为各岩类岩石的平均热导率; $d_1, d_2, \dots, d_n$ 为各类岩石累计厚度; D 为 $d_1, d_2, \dots, d_n$ 之和。本区大地热导率主要采用前人所测得的邻区同类岩石的热导率结果(陈墨香, 1985; 胡圣标等, 2001)。

本文共整理、收集和计算具有代表性大地热流值 69 个(包括计算出大地热流 7 口井)。在平面数据点的分布上, 开封凹陷大地热流值 12 个; 太康隆起 7 个; 周口凹陷数据较多, 为 40 个。徐州—蚌埠隆起与合肥盆地 4 个; 周邻地区为 6 个。从华北克拉通南部地区大地热流平面分布特征来看, 现今大地热流值在 $30 \sim 79.3\text{ mW}/\text{m}^2$ 之间, 平均为 $56.54\text{ mW}/\text{m}^2$, 表现为东高西低, 北高南低, 主体呈 NWW 向分布, 与地温梯度分布一致(图 1a, 图 1b)。

开封凹陷大地热流值变化介于 $54.2 \sim 79.3\text{ mW}/\text{m}^2$ 之间, 平均为 $58.4\text{ mW}/\text{m}^2$, 然而各凹陷差别较大(图 1b)。济源凹陷大地热流值最高, 多数值分布在 $60.7 \sim 70\text{ mW}/\text{m}^2$, 其中邓 5 井大地热流值高达 $79.3\text{ mW}/\text{m}^2$; 中牟凹陷大地热流值次之, 介于 $54.2 \sim 61.8\text{ mW}/\text{m}^2$ 之间; 黄口凹陷大地热流值相对较低, 多分布在 $52.3 \sim 56.9\text{ mW}/\text{m}^2$ 之间。

太康隆起及邻区大地热流值分布在 $53.2 \sim$

$71.16\text{ mW}/\text{m}^2$ 之间, 平均为 $61.8\text{ mW}/\text{m}^2$, 整体呈 NWW 向带状展布(图 1b)。其中在尉氏以西为大地热流高值区, 且向四周逐渐递减, 与地温梯度分布具有一定的对应性。

周口凹陷大地热流值变化在 $30.0 \sim 71.7\text{ mW}/\text{m}^2$ 之间, 平均为 $48.43\text{ mW}/\text{m}^2$ 。平面分布表现为中间高, 南、北部低的特点(图 1b)。中部平顶山凸起区、谭庄、襄城、倪丘集以及舞阳凹陷为高热流区, 大地热流值多数介于 $49.6 \sim 60.5\text{ mW}/\text{m}^2$, 呈近 NNW 向展布。北部凹陷带大地热流值比中部凹陷带低, 其平均为 $47.46\text{ mW}/\text{m}^2$; 南部凹陷带最低, 大地热流平均为 $38.78\text{ mW}/\text{m}^2$ 。该凹陷大地热流值的分布和范围, 与该区构造分区和走向基本一致。

徐州—蚌埠隆起、合肥盆地大地热流平面分布呈近 N—S 向展布, 总体表现为东高西低(图 1b)。在蚌埠以东、靠近郯庐断裂带附近的大地热流值为 $72.0\text{ mW}/\text{m}^2$, 而淮北矿区大地热流值 $53.0\text{ mW}/\text{m}^2$ 。合肥盆地大地热流值相对最低, 以安参 1 井为代表的大地热流值为 $47.7\text{ mW}/\text{m}^2$ 。

综上所述, 华北克拉通南部地区的地温梯度平均为 $2.69^{\circ}\text{C}/100\text{ m}$, 大地热流值平均为 $56.54\text{ mW}/\text{m}^2$ 。与中国其他含油气盆地相比, 远低于渤海湾盆地(大地热流 $69\text{ mW}/\text{m}^2$; 地温梯度为 $3.3^{\circ}\text{C}/100\text{ m}$)(汪集旻, 1990), 高于塔里木盆地($44\text{ mW}/\text{m}^2$)(汪集旻, 1990)。与鄂尔多斯盆地(大地热流 $60.54\text{ mW}/\text{m}^2$, 地温梯度 $2.80^{\circ}\text{C}/100\text{ m}$)(杨俊杰, 2002)地温场相接近, 具“冷盆—热盆地过渡型”的特点。

4 影响现今地温场的主要因素

华北克拉通南部地区现今地温场变化幅度大, 差异性强, 但主体呈 NWW 和 NNE 向隔档式分布。综合分析认为受以下因素影响:

4.1 岩石圈厚度

华北克拉通南部地区, 新生代受太平洋板块向西俯冲的影响, 上地幔发生扰动, 总体制约着整个岩石圈厚度的变化。研究区现今岩石圈的厚度(邢作云等, 2006)总体表现为南厚北薄, 西厚、中部—东部薄的特征(图 1b), 这与现今地温场的东高西低、北高南低趋势总体对应良好, 从宏观上控制着华北克拉通南部地区的现今地温场的大小及其分布。

该区岩石圈厚度最薄约 80 km , 分布在东部郯庐断裂带附近、济源、开封地区, 分别与该区 $65 \sim 75\text{ mW}/\text{m}^2$ 的几个最高大地热流值分布区相吻合, 但登封、阜阳地区岩石圈厚度较薄, 不排除其他因素影响

该区大地热流值。尉氏—太康地区岩石圈厚度在 90 km 左右,这与现今 $55 \sim 70 \text{ mW/m}^2$ 大地热流值有良好对应关系,周口地区岩石圈介于 $90 \sim 100 \text{ km}$,这与其 $45 \sim 65 \text{ W/m}^2$ 值对应一致。岩石圈厚度大于 120 km 的最厚地区,如信阳—东岳之东南与黄口—徐州之南,也与该区大地热流值 $30 \sim 35 \text{ mW/m}^2$ 的最低值分布区和 $50 \sim 55 \text{ mW/m}^2$ 的较低值分布区(黄口之南)大致对应。向西南进入南阳盆地,岩石圈厚度减薄到约 80 km,与该区大地热流值增高的趋势相一致(图 1b)。

4.2 构造特征和隆坳结构格局

主要为深大断裂、基底的隆坳结构与局部热力构造对地温场的控制。一般认为在深大断裂的周围,其地温梯度相对高,大地热流值较高。从图 1a、图 1b 可看出,在靠近郟庐断裂带、焦作—商丘断裂带、夏邑—涡阳—麻城断裂带,现今地温场相对较高,走向与断裂方向趋于一致,明显具一定相关性。

研究区的大地热流值的高低和展布方向,与该区一、二级构造单元属性也有较明显关联(图 1a、图 1b)。华北克拉通南部地区构造格局为隆—坳相间。主要为徐州—蚌埠隆起和太康隆起两个正向构造单元与开封坳陷、周口坳陷以及合肥盆地 3 个负向构造单元。其中东部徐州—蚌埠隆起区现今古生界顶面埋深小于 600 m,基底抬升最大;中部太康隆起古生界顶面为 1300~2000 m。而在负向构造单元中,周口坳陷、开封坳陷沉降幅度最大,现今古生界顶面埋深多为 3000~5000 m;合肥盆地已揭示的中生代地层埋深为 2800~3500 m,基底抬升相对较小。这与现今地温场徐州—蚌埠隆起区、太康隆起高;周口坳陷、合肥盆地偏低有一定的吻合,开封坳陷地温场的异常与现今岩石圈厚度以及断裂有一定的关系。此外,太康隆起深大断裂不太发育,沉积盖层多数向北部倾斜,山西组 R_o 值多数大于 2.5%,以太康—开封为中心,向四周递减,刘池阳等^①认为太康隆起为热力构造,形成时间为中生代中—晚期,新生代虽处于降温过程,但整体表现为较高的热流值,对该区现今地温场有一定控制作用。

4.3 地下水

地下水发生垂直对流,进入了更深层的地下水层系,把断裂带的热量带到地表或更远的排泄区。从而造成排泄区地温场相对较高,地貌相对高的地区地温场相对较低。例如周口坳陷南部靠近颍川—固始断裂带的沈丘凹陷、开封、新郑地区异常地热场主要为地下水活动引起(宋黎,1999;王心义等,

2001)。

5 现今地温场与古生界热演化的关系

华北克拉通南部地区发育下古生界、上古生界、中、新生界四套主要烃源岩层,其中上古生界的石炭系—二叠系煤系烃源岩分布面积达 $5 \times 10^4 \text{ km}^2$,厚度 400~1200 m,加之分布广泛的下古生界寒武系—奥陶系烃源岩。可谓有着良好的生烃潜力,但至今尚未找到古生界作为油气源的工业性油气藏。其关键因素之一为南华北克拉通地区古生界构造热演化史复杂,而现今地温场与古生界所经历的最高热演化认识不足,难以有效地评价有利热演化区块。

华北克拉通南部古生界经过稳定克拉通沉积后,中、新生代发生大规模的陆内盆—山分异作用(白文吉等,1991)。现今地貌构造特征差异性大,不同地区构造沉降史、沉降抬升规模不同,加之局部地区受深部热力作用影响,所形成的热演化史也各不相同,因而对古生界成烃影响作用有所差异。根据其构造演化史,结合现今地温场特征求取石炭系—二叠系顶面温度,依此探讨古生界顶面地温与古生界热演化的关系以及对古生界生烃的影响。古生界顶面地温计算公式为 $T = kH + T_0$,其中 k 为地温梯度, T_0 为地表温度, H 为石炭系—二叠系顶面深度。

开封坳陷中、新生代主要以持续深埋作用为主,现今地温场接近或代表了地层所经历的最高热演化状态。开封坳陷现今平均地温梯度高达 $2.95^\circ\text{C}/100 \text{ m}$,石炭系—二叠系顶面埋深多为 2500~5000 m,差异性大,现今地温梯度大多分布在 $60 \sim 220^\circ\text{C}$ (图 3)。其中济源凹陷最高,介于 $160 \sim 220^\circ\text{C}$ 之间,济参 1 井石炭系—二叠系顶面现今地温可达 220°C ,古生界烃源岩已进入高成熟阶段;中牟凹陷石炭系—二叠系顶面地层温度为 $140 \sim 190^\circ\text{C}$ 之间,同样已经进入中—高成熟阶段;黄口凹陷从侏罗世开始沉降,现今石炭系—二叠系顶面埋深一般为 2500~4500 m,古生界顶面地层温度在 $60 \sim 160^\circ\text{C}$ 之间,高温值区主要集中商 1 井附近,温度可达 140°C ,表明黄口凹陷古生界烃源岩已处于低—中成熟阶段。故开封坳陷现今地温场为古生界热演化的最高热演化,对古生界生烃具有一定控制作用。

太康隆起古生代稳定沉降,中生代强烈的抬升剥蚀。现今古生界顶面镜质体反射率值多数大于 2.5%,已经进入高成熟阶段,而现今地温梯度较高,而石炭系—二叠系顶面埋深较浅,地温分布在 $50 \sim 90^\circ\text{C}$ 之间(图 3),表明现今地温状态不是古生界所

同地区经历了差异性热演化过程,开封坳陷、周口坳陷中部的襄城凹陷南部、谭庄—沈丘凹陷北部地区现今地温场代表了该区最高的热演化状态,对古生界生烃具有控制作用。而太康隆起、周口南部、北部凹陷带现今地温场明显低于古地温场,对古生界生烃作用影响较小。

注 释 / Note

- ① 刘池阳,赵俊峰,谭成仟,王东良,罗强,于文军,杨建业. 2002. 冀南—南华北地区 C—P 油气资源综合评价. 西部大学含油气盆地研究所研究报告. 120~146

参 考 文 献 / References

- 白文吉,杨经绥,胡旭峰. 1991. 试论华北地块中生代以来的盆—山运动. 中国区域地质, 4: 356~364.
- 陈墨香. 1988. 华北地热. 北京: 科学出版社, 1~128.
- 崔云龙. 1999. 中国煤炭志(安徽卷). 北京: 煤炭工业出版社, 72~87.
- 胡圣标,何丽娟,汪集旸. 2001. 中国大陆地区大地热流数据汇编(第三版). 地球物理学报, 44(5): 611~626
- 刘丽,任战利. 2007. 济源—中牟—黄口凹陷带热演化史与油气的关系. 石油与天然气地质, 28(3): 355~361.
- 邱楠生,胡圣标,何丽娟. 2004. 沉积盆地热体制研究的理论与应用. 北京: 石油工业出版社, 3~32.
- 任战利,刘池阳,张小会,吴汉宁. 2000. 酒东盆地热演化史与油气关系研究. 沉积学报, 18(4): 619~623.
- 任战利. 1999. 中国北方沉积盆地构造热演化史研究. 北京: 石油工业出版社, 6~42.
- 宋黎. 1999. 新郑矿区地温异常成因探讨. 中国煤田地质, 11(2): 50~53.
- 苏永荣,张启国. 2000. 淮南煤田潘谢矿区地温状况初步分析. 安徽地质, 10(2): 124~129.
- 汪集旸,熊亮萍,杨淑贞. 1985. 地热与石油. 北京: 科学出版社, 10~14.
- 汪集旸,黄少鹏. 中国大陆地区大地热流数据汇编(第二版). 地震地质, 1990, 12(4): 351~366
- 汪洋,汪集旸,熊亮萍. 2000. 华北地区岩石圈流变学强度及其地震构造活动的关系. 见: 第 8 届中国地震学会学术大会论文摘要集. 北京: 地震出版社.
- 王钧,黄尚瑶,黄歌山. 1990. 中国地温分布的基本特征. 北京: 地震出版社, 36~47.
- 王心义,聂新良,赵卫东. 2001. 开封凹陷区地温场特征及成因机制探讨. 煤田地质与勘探, 29(5): 4~7.
- 解东宁,周立发. 2006. 南华北地区石炭—二叠纪煤系生烃潜力与二次生烃探讨. 煤田地质与勘探, 34(1): 32~34.
- 邢作云,邢集善,赵斌. 2006. 华北地区深部构造特征. 地质科技情报, 25(6): 17~23.
- 徐连利. 2006. 河南省经济型地热资源研究. 北京: 群言出版社, 54~82.
- 杨俊杰. 2002. 鄂尔多斯盆地构造演化与油气分布规律. 北京: 石油工业出版社, 61.
- 张鹏,王良书,刘绍文,李成,丁增勇. 2007. 南华北盆地群地温场研究. 地球物理学进展, 22(2): 604~608
- Hu S B, He L J, Wang J Y. 2000. Heat flow in the continental area of China: A new data set. Earth and Planetary Science Letters, 179: 407~419.
- Wang Jiyang. 1996. Geothermics in China. Beijing: Seismological Press, 1~128

A Study on Geothermal Field and Its Geological Significance in Southern Area of the North China Craton

HE Zhengguang, LIU Chiyang, ZHAO Junfeng, LIU Yongtao

Sate Key Laboratory of Continental Dynamics (Northwest University), Institute of Oil
and Gas Bearing Basin Northwest University, Xi'an, 710069

Abstract: Based on relatively plentiful temperature data, the characteristics of present geothermal field in southern area of the North China Craton are studied systematically, and the controlled factors of the present geothermal field as well as its effect on hydrocarbon generation of the Paleozoic source rocks are discussed. It is showed that the present geothermal gradient and heat flow are 2.69 °C/100m and 56.54 mW/m², the geothermal field in the northern and eastern areas are higher than the south and west. The geothermal field of studied area belongs to the transitional type between the hot basin in eastern and cold basin in western China. The present geothermal field is controlled by thickness of lithosphere, structural features as well as groundwater activity. Different areas have the different thermal evolution processes and results. The present geothermal temperature is considered as the higher compared with its paleo-temperature in the middle areas of Zhoukou depression and Kaifeng depression, which play an important role in Paleozoic hydrocarbon generation. However, the present geothermal temperature is lower than paleo-temperature in other areas, and the paleo-geothermal field is the key factor for the Paleozoic hydrocarbon generation of the Paleozoic source rock.

Keywords: Southern area of North China Craton; Zhoukou depression; Kaifeng depression; present geothermal field; geothermal gradient; heat flow; thermal evolution