

<http://www.geojournals.cn/dzxb/ch/index.aspx>

华北中、新生代沉积盆地的地温分布 及地热资源

王 钧* 黄尚瑶** 黄歌山* 汪集旻*

我国地热资源丰富,分布广泛,尤其在一些中新生代沉积盆地中蕴藏着储量相当可观的中低温地下热水资源。通过重点整理分析华北大量油田、矿区及部分地热田的测温资料写成本文。试图通过地温分布规律的研究指出华北地区地热远景区,为进一步勘探开发提供依据。

研究区包括辽、冀、鲁、豫、皖、苏及西部的陕甘宁地区。在地质构造上它们位于欧亚板块中国大陆的东部,属于华北断块的一部分^[1],是在古生代、前古生代基底上堆积了大量中新生代物质的沉积盆地,主要包括由一系列断陷和断隆,背斜和向斜构成基底的华北盆地和鄂尔多斯盆地。这些地区是我国重要的石油基地之一,也是一些具有地热资源条件的大中城市和地区的所在地;地质勘探和物探程度较高,对地温分布的研究有着较好的条件。

本文只对地温分布、形成和控制因素作了初步探讨,预测了资源远景;还有些问题尚待进一步研究和验证。

一、区域地质构造轮廓

华北中新生代沉积盆地是以前震旦纪变质岩系为基础,经五台运动之后接受了巨厚的震旦、寒武、奥陶系沉积;中奥陶统后加里东运动使区域整体上升为陆地。在经受了长期剥蚀之后、石炭、二叠纪时期海西运动又使研究区下沉、形成了海陆交互的含煤建造。中生代时期,印支运动使其西部陕甘宁盆地继续下沉接受三叠、侏罗纪和早白垩世的河湖相沉积;其东部华北盆地则隆起,三叠系不发育,而只有侏罗纪的火山喷发岩及陆相碎屑岩和含煤建造,白垩系仅在局部地区沉积。燕山运动使华北陆台发生强烈分化;西部鄂尔多斯盆地在早第三纪初重新上升成为陆地,形成了较薄的第三系和第四系盖层,而第三纪时期东部华北盆地发生大幅度下沉,接受了巨厚的新生代沉积物,在其中下部含有大量有机质,为形成石油、天然气提供了物质基础。

简言之古生代时期,华北地区构造活动呈现出区域性的隆起和下降,沉积地层分布广泛,岩相和厚度亦较稳定,具有稳定陆台的地质构造特征。自中生代开始发生分化,表现为西部鄂尔多斯盆地持续的稳定下降,三叠系、侏罗系及下白垩统广泛发育,第三系则很薄,岩浆活动和断裂构造均不明显;东部华北地区则相反,三叠、侏罗、白垩系仅见于局部

* 中国科学院地质研究所。

** 中国地质科学院地质力学研究所。

地区,第三系厚而分布广,中新生代岩浆活动、火山喷发、构造断裂活动强烈。与西部鄂尔多斯盆地相比,东部具有陆台活化的明显特征。

区域地质构造在中生代的分异决定了不同地区地温分布的特征,同时也控制着地热资源的形成,分布和开发利用条件。

二、地 温 分 布

(一) 讨论依据

研究本区区域地温分布所采用的数据共约 1300 余个,主要为油田测温数据。其中鄂尔多斯盆地 320 个,华北盆地 800 余个,下辽河及苏北 120 余个;此外尚有专为地热研究在华北地区实测的地温数据 100 余个。按其可靠程度可分为以下几类:

1. 系统测温数据: 包括专为地热研究的钻井井温测量数据及部分油井完井后的系统测温数据。前者误差为 $\pm 0.1^{\circ}\text{C}$, 精度较高,可靠;后者可靠性视其稳定时间而定,一般数天、数十天,长者可达半年以上,数据可靠。

2. 静温: 为试油时在关井一定时间后测压时测得的温度。在关井期间,井中温度逐步恢复并渐渐接近实际地温。本文引用数据多为该类。

3. 流温: 是在试油过程中将仪器放置于一定深度测得的温度。它一般代表试油井段的温度,其可靠性决定于放置的仪器距试油井段的距离。愈接近于试油井段,其可靠性愈大。据统计分析,在距试油井段 100 米以内测得的温度,其结果与静温接近或一致。本文一般在没有静温数据的情况下才采用流温数据。

4. 高压物性试验温度: 是采取原油物性分析样品时测得之温度。该项数据有一定误差¹⁾,应用时必须将其校正到地层中深部的温度才能接近静温。本文仅限于缺乏任何温度数据的地区采用。

5. 自流水水井的井口温度: 在井深 1000 米以内,当热水自流量大于 300 方/时,可以认为其井口温度代表了热水井出水段的温度²⁾;而流量小深度大的热水井,其井口温度常低于其出水段地温,有时甚至可高达 $30-40^{\circ}\text{C}$,这种数据不能采用。

(二) 地温分布特征

区内地温数据多集中于华北盆地的北部(黄河以北)、鄂尔多斯盆地的西南部、下辽河及苏北地区。其余地区的数据仅呈零星分布。在整理分析区域地温分布规律时,华北盆地南部多根据钻井剖面及其附近或类似条件下少量测温数据推断。从总的地温分布趋势看,基本能够反映区域的特征。

近年来,在整理分析大量测温数据的基础上,绘制了华北中新生代沉积盆地 1000 米深及 2000 米深等温线图及地温梯度图。从这些图上可清楚地看出: 华北中新生代沉积盆地内地温分布特征存在着明显的差异。华北地区被山西台背斜分为东西两个大型的中新生代沉积盆地,西部为鄂尔多斯盆地,东部为由一系列沉积断陷盆地组成的华北盆地。

1) 熊亮平, 1978, 大港油田地温分布及资料整理方法。

2) 陈墨香、黄歌山等, 1981, 冀中牛驼镇凸起地温场的特点及地下热水的开发利用。

由于上述两个盆地在中新生代时期,地质构造发育历史有很大的不同,所以表现在地温分布上就有着显著的差异。

1. 鄂尔多斯盆地的地温分布

鄂尔多斯盆地是在中新生代一直处于长期下沉和稳定上升及下降的过程中形成的拗陷盆地,地层平缓无重大起伏,其地温分布极其均一,没有急骤的升高或降低。即使有起伏,其幅度变化亦不超过 $\pm 5^{\circ}\text{C}$ 。由图 1 可知,其 1000 米深的温度多在 $35-40^{\circ}\text{C}$,盆地中部的平缓隆起部位如马坊、马岭、李庄子及王家场、红井子等构造地温稍高可达 40°C 以上(图 1 35°C 等值线的范围),盆地南部及东南部边缘渭河谷地和汾河谷地,地下温度稍高,可达摄氏 50 余度。2000 米地温(图 2)多在 $65-70^{\circ}\text{C}$,最高 75°C 。北部呼和浩特靠近大青山深大断裂处地温亦有明显升高。

在鄂尔多斯盆地不同时代的地层中,地温的垂向变化有着共同的特点;它明显的反映了在相同的构造和沉积环境下,其沉积物都具有类似的组合(砂泥岩、泥岩、泥灰岩,细砂岩等),它们的岩性较一致,热导率变化不大,所以在钻孔所及的范围内,温度随深度的分布呈线性关系(图 3)。

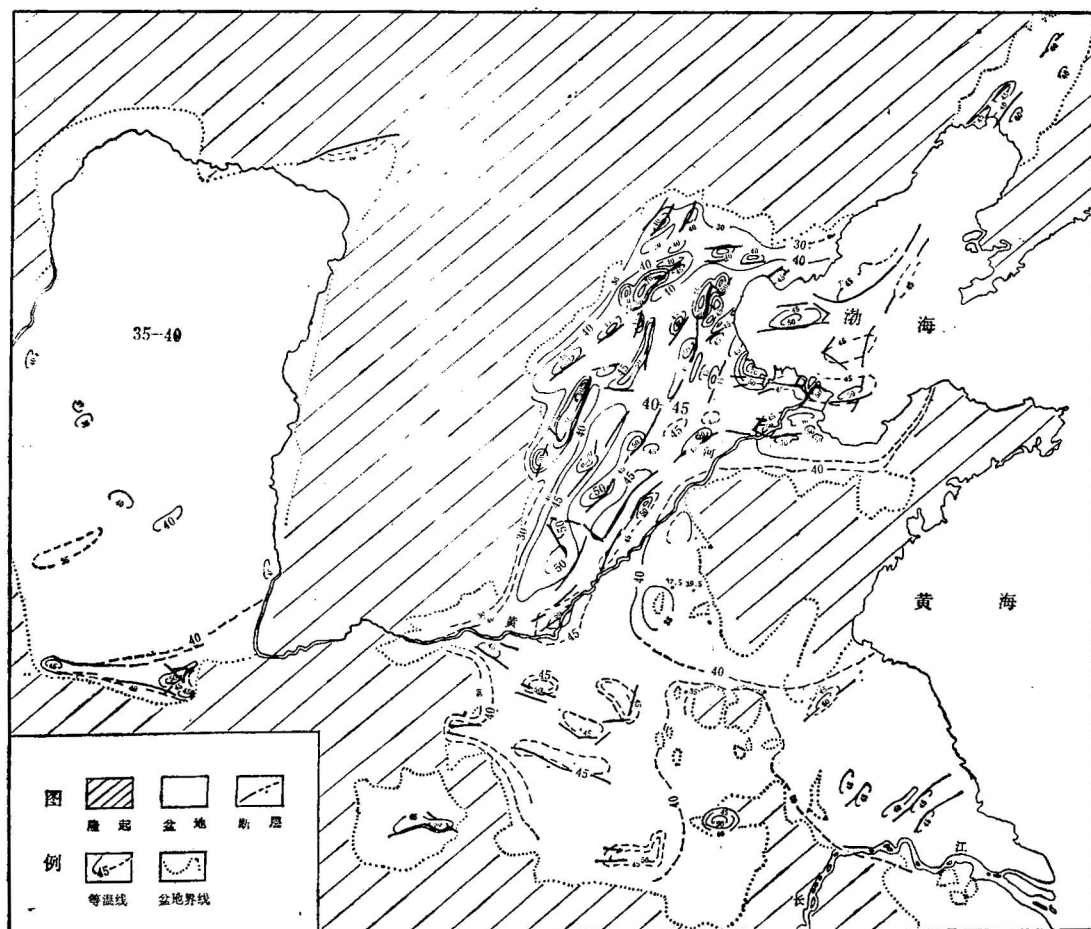


图 1 华北中新生代沉积盆地 1000 米深等温线图

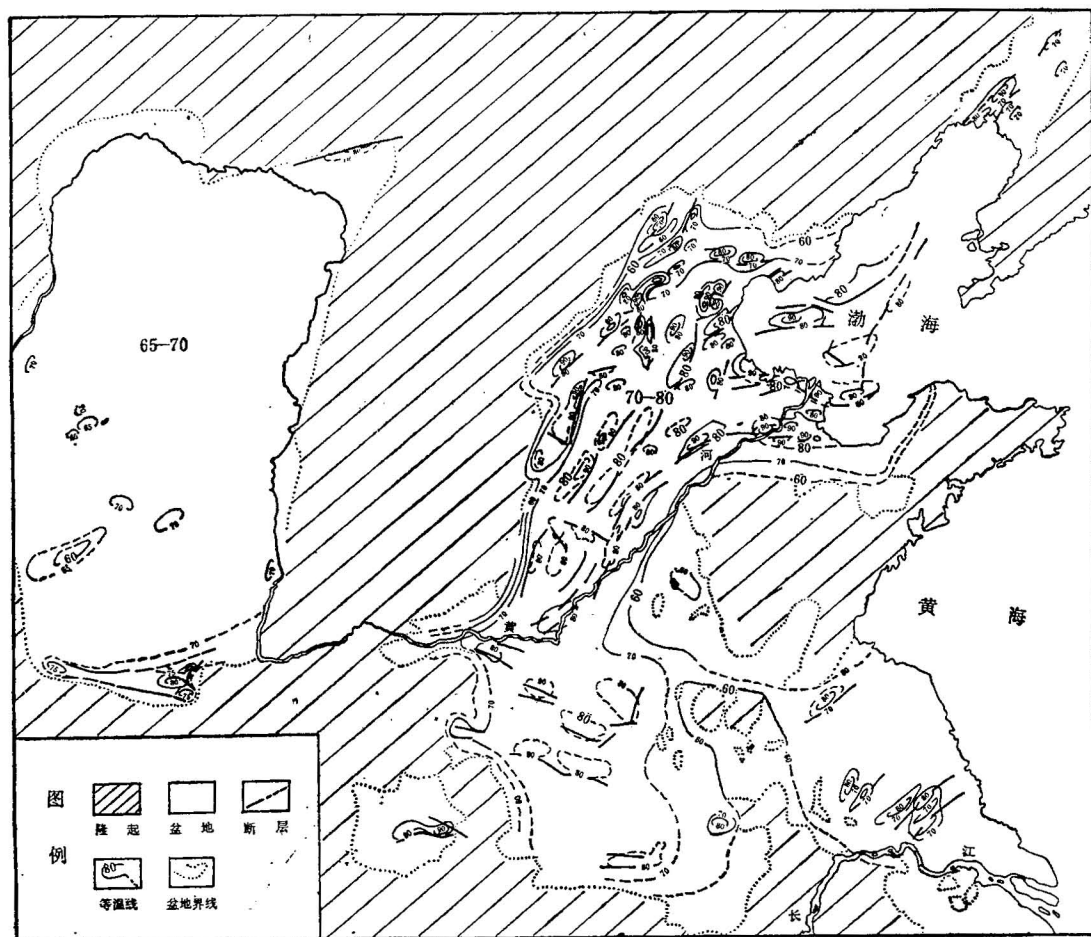


图2 华北中新世沉积盆地 2000 米深等温线图

由上可知,鄂尔多斯盆地地温的分布特点与区域构造特征有着密切的关系。

2. 华北盆地的地温分布

华北盆地包括太行山以东的广大平原区。为便于同西部对比,在讨论华北盆地地温分布时,将苏北盆地与其一起讨论。

华北盆地为许多中新世地层所充填和覆盖,并由古生代和前古生代地层(主要是奥陶、寒武和震旦系)构成基底的断陷盆地和隐伏隆起所组成。这些地下隆起被石油地质工作者称为“古潜山”。这种地质构造背景在这次编制的 1000 米深及 2000 米深区域地温分布图上得到了很好的反映。与 1978 年汪缉安等同志编的“华北平原 300 米深等温线图”^[2]相比,它进一步消除了浅部地下水活动对地温分布的干扰,使其与区域地质构造的轮廓趋于基本吻合。

从 1000 米深及 2000 米深地温等值线可纵观华北盆地的地温分布特征。其 1000 米深温度多在 40—45℃,最高可达 70℃ 以上(图 1); 2000 米深温度多在 70—80℃,最高达 90℃ 以上(图 2)。高温区和低温区多呈条带相间分布或呈块状散布于一定的地区内。地

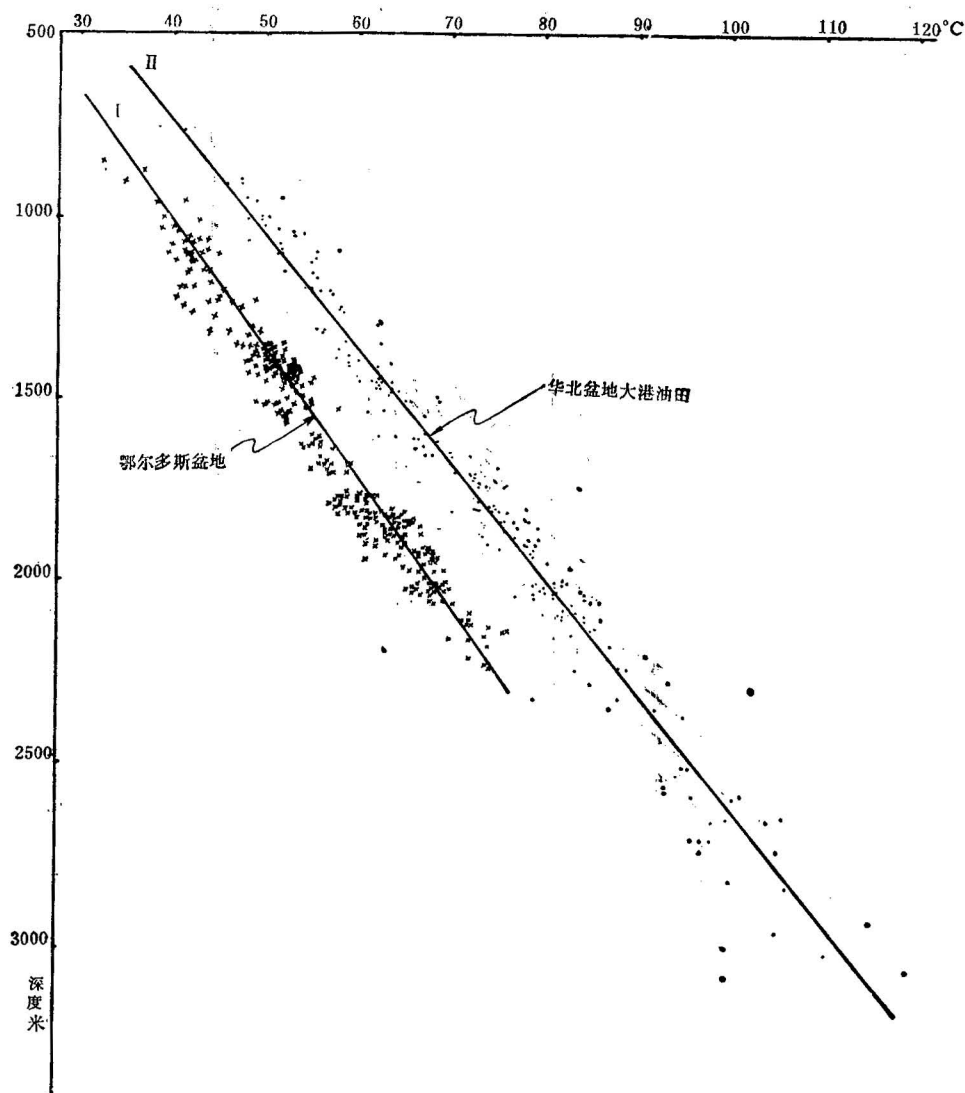


图3 华北中生代沉积盆地温度-深度关系曲线

温分布的这一特点恰与成雁行排列的北东-南西向凹凸相间的区域构造格局及块断构造相对应, 并与凸起的边界断裂相依存。如华北盆地北段由保定经高阳、任丘、大城、兴济等凸起直至渤海湾^{[3], [2], [3], [4], [5]}, 以及盆地南段介于太行山隆起及鲁西隆起之间的邯郸凹陷—广宗凸起—丘县凹陷—馆陶背斜—德州凹陷—唐邑背斜—莘县凹陷等构造格局与地温成低—高一低相间的分布具有明显的对应性。由此可见, 华北盆地的地温分布是不均一的, 但也是有规律的。

3) 熊亮平等, 1981, 区域地温剖面的数学模拟及容城—牛驼镇凸起, 保定—歧口剖面计算结果分析。

4) 赵焕新等, 1980, 大港油田地层温度分布规律的初步研究。

5) 汪缉安, 1981, 冀中地区地温预测。

华北盆地的地温在平面上的分布不仅呈高低温相间出现, 而且其长轴延伸方向也各地不一(以北北东、北东向为主), 均受区域地质构造的控制, 如鲁西隆起西部及西北部几个高温带的走向都明显地与隆起边缘构造相一致。

综上所述, 华北盆地不均一的地温分布特点与西部鄂尔多斯盆地的地温分布的均一性形成了明显的对照, 但它们都清楚地反映了华北区域地质构造的总特征。

(三) 地温梯度的变化

如图 4 所示, 东西两大盆地其盖层地温梯度的变化如同地温分布的特点一样, 也有很大的不同。

西部鄂尔多斯盆地的地温梯度变化于 $2.7\sim 3.2^{\circ}\text{C}/\text{百米}$ 之间, 平均为 $2.9^{\circ}\text{C}/\text{百米}$ 。其分布与基底结构有密切关系。在盆地边缘, 由于构造断裂的影响, 其梯度可增至 $4\sim 5^{\circ}\text{C}/\text{百米}$ 以上。在垂向上, 地温梯度在浅部较高, 但随着深度的增加梯度则以极其缓慢的速度逐渐减小(图 5)。

东部华北盆地、下辽河及苏北盆地的地温梯度因地而异、变化很大。如同地温分布一

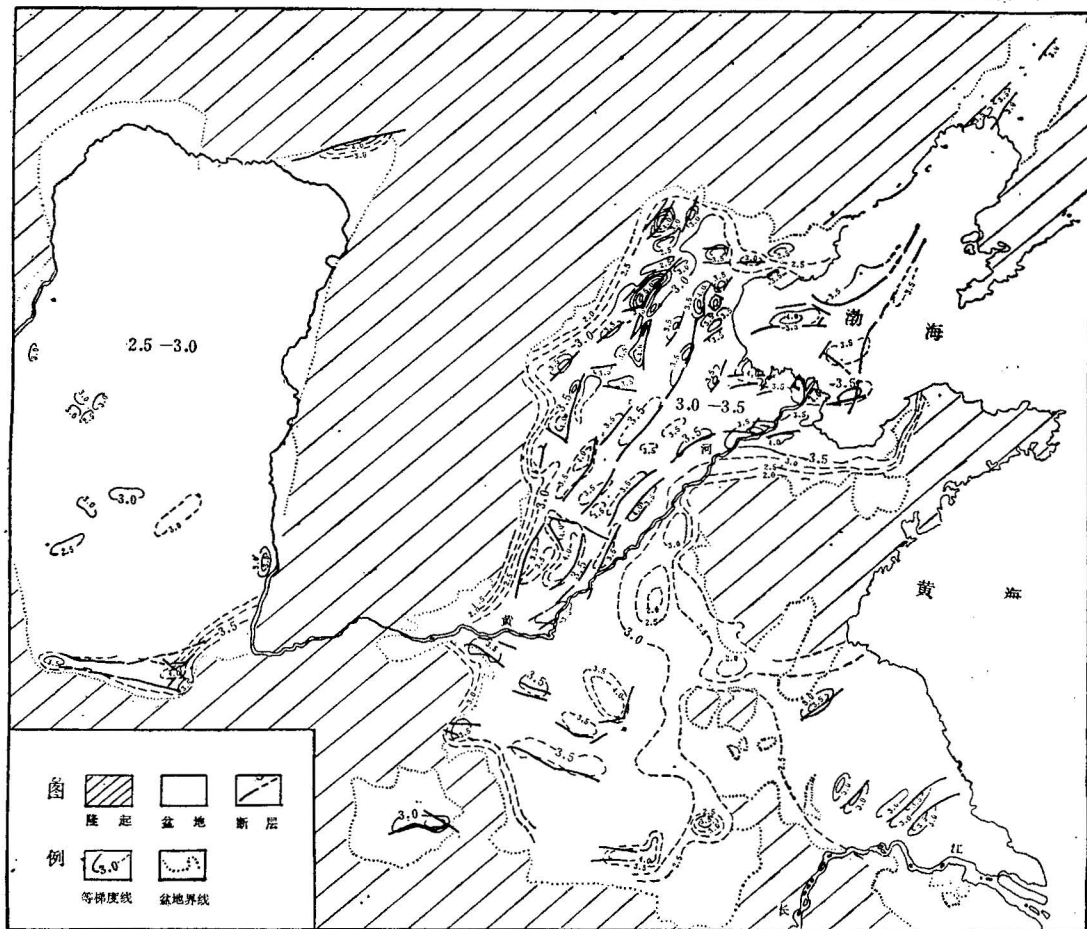


图 4 华北中新世沉积盆地盖层地温梯度图

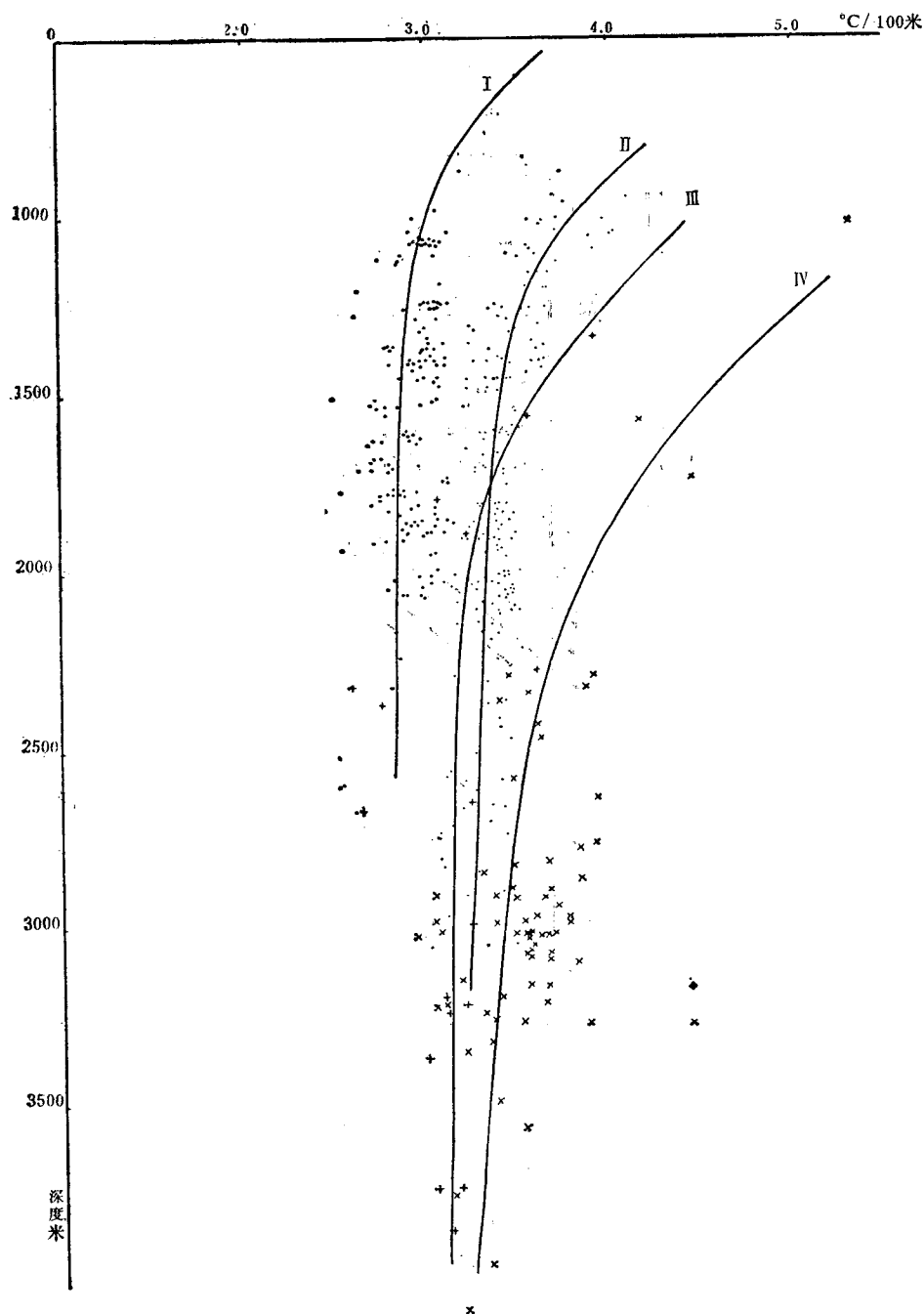


图5 华北中生代沉积盆地盖层地温梯度与其基岩埋深的关系

鄂尔多斯盆地: I-中侏罗统直罗组及下侏罗统延安组(●);

华北盆地: II-大港地区第三系(·); III-冀中地区奥陶系(+); IV-冀中地区震旦系(×)

样,盆地中同样显示高低相间的分布规律(图4)。在山前地带由于受地下水迳流的影响梯度较低,一般小于 $2.5^{\circ}\text{C}/\text{百米}$;在盆地内部地温梯度变化介于 $3-8^{\circ}\text{C}/\text{百米}$ 之间,一般

在 3—3.5℃/百米 (图 4), 最高可达 10℃/百米以上。由于盆地的基底呈现一系列不对称的地堑地垒式构造^[4], 反映在地温梯度的变化上也极其复杂。一般隆起地区靠近边界断裂的地带常出现高地温梯度, 如牛驼镇、天津王兰庄, 北京的东南部及孤岛等地, 一般在 5—8℃/百米以上; 而在凹陷中仅 3℃/百米左右。

华北盆地的平均地温梯度为 3.2℃/百米。这个值是由区域深部地质结构所决定的,

表 1 华北中新代沉积盆地地热异常区特征表

构造区	异常区编号	名称	面积 (平方公里)	长轴延伸方向	基底构造的特征	地温梯度 °C/百米	1000 米深温度 (°C)	2000 米深温度 (°C)
华北盆地	1	北京东南郊	12	北东	沿北京凹陷东南侧阶梯状断裂向东抬升的地带	4—5	52—69	80
	2	天津王兰庄	409	北北东	在沧县隆起区北段靠断裂的一侧	4—8	65	80—90
	3	天津万家码头	119	北东	在沧县隆起区北段靠断裂的一侧	4—8		
	4	天津山岭子	171	北北东	在沧县隆起区北段靠断裂的一侧	4—8		
	5	王草庄	50	近东西	沿断裂分布	4—6	65	80
	6	牛驼镇	680	北北东	沿牛驼镇凸起边界断裂延伸	4—11	70	80—90
	7	任丘、南马庄	200	北北东	沿基底隆起边界断裂分布	4—6	60—70	80
	8	留路	100	北北东	沿基底隆起边界断裂分布	4—6	60—70	80
	9	无极	200	北东	沿基底隆起边界断裂分布	4—6	60—70	80
	10	广宗	600	北北东	沿基底隆起边界断裂分布	4—5	60—70	70—80
	11	楚旺	200	北西	沿基底隆起边界断裂分布	4—5	60—70	70—80
	12	晋东、隆尧	450	北北东	沿晋东-隆尧隆起的边界断裂分布	>4	60	70—80
	13	沧西	300	北北东	沿沧县隆起东断裂分布	4—6	60	80
	14	大城	200	北东	沿隆起边界断裂分布	4—5	60	80
	15	港西	50	北东东	沿基底断裂分布	4—5	60—70	80—90
	16	孔店	50	北北东	沿基底断裂分布	4	60	80
	17	盐山	50	北北东	沿基底断裂分布	4—5	60—70	80—90
	18	孤岛	100	呈块状	为北东、北西或北北东断裂切割成的块状隆起	4—5	60—70	80—90
	19	纯化镇	150	呈块状	为北东、北西或北北东断裂切割成的块状隆起	4—5	60—70	80—90
	20	滨南	100	呈块状	为北东、北西或北北东断裂切割成的块状隆起	4—5	60—70	80—90
	21	埕东	100	呈块状	为北东、北西或北北东断裂切割成的块状隆起	4—5	60—70	80—90
	22	埕子口	600	北东东、东西	沿基底隆起断裂	4—5	60—70	80—90
	23	聊东	100	北北东	在隆起的边界, 沿聊考大断裂分布	4—5	65	80—90
	24	濮西	200	北北东	沿基底断裂分布	4	50	80
	25	商丘南	200	北西	基底隆起及断裂	4	50—60	80
	26	霍丘、固始北	200	北东、东西	基底隆起的東西向边界断裂	4	55	80
	27	下辽河盘山西北	100	北东	基底隆起边界断裂	4	48	80
鄂尔多斯盆地	28	西安	200	北东东	基底断裂	4—5	55	80
	29	临潼	50	北东东	基底断裂	4	55	80
	30	呼和浩特东	50	东西	盆地北缘大青山前深断裂	4—5	50	80
	31	马岭	50		盆地内基底隆起地带带有古河道沉积处	>3.5	40—45	70—75
	32	王家场	50		盆地内基底隆起地带带有古河道沉积处	>3.5	40—45	70—75

注: 表中 10、11、24、25、26 及 12 的隆尧等异常区皆为推断。

而梯度的升高或降低则与局部地质构造的性质有关。分析地温梯度与基底埋深之间的关系(图 5)可以看出,基底埋深浅者梯度高,随着基底埋藏深度的增加,梯度逐渐减小,当到一定深度之后地温梯度的变化就变得很小了。这表明:华北盆地基底的深浅影响着地温梯度的高低,这种影响常与构造断裂相伴随。同时对比不同时代的基底地层,其梯度变化亦有差异。图 5 表明,以震旦系为基底的盖层地温梯度要比奥陶系的高,但是二者随深度的增加逐渐接近。由此可以推断,在华北盆地之下一一定的深度上可能有一个等温面,其上部所呈现的地温分布的不均一性是由局部构造或其它因素(地下水对流、岩性变化等)所引起的;其下部的地温分布可能反映了区域内局部构造地壳变化的真实形态(如地堑区地壳薄,温度高;而隆起区则具有相反的特点)。

(四) 地热异常区

广义的地热异常区是指地温梯度高于区域平均地温梯度的地区。如前所述,在鄂尔多斯盆地平均地温梯度为 $2.9^{\circ}\text{C}/\text{百米}$,华北盆地为 $3.2^{\circ}\text{C}/\text{百米}$ 。因此,凡是地温梯度大于上述平均值的地区均可称为异常区。但从预测地热资源开发远景考虑,把地温梯度大于 $4^{\circ}\text{C}/\text{百米}$ 的地区划为地热异常区较为合理。按这个标准,目前在华北中生代沉积盆地内大体上可划出 32 个具有一定规模的地热异常区,它们多数集中分布在华北盆地,少数在鄂尔多斯盆地及其边缘和下辽河地区。这些异常区的 1000 米深温度多在 $50-70^{\circ}\text{C}$, 2000 米深温度多在 $80-90^{\circ}\text{C}$ 之间;地温梯度一般在 $4-6^{\circ}\text{C}/\text{百米}$,最高可达 $11^{\circ}\text{C}/\text{百米}$;面积多介于 50—100 平方公里,最小者为北京东南郊,最大者为牛驼镇及天津地区,其面积近 700 平方公里^(3,5,6,2),6),它们大都沿隆起的边界断裂分布。有些异常区是用类比法结合地质构造分析推断的,异常区的特征详见表 1。

三、影响地温分布的因素及地热异常的形成机制

(一) 影响地温分布的因素

华北中生代沉积盆地的发育史在地温分布上有着明显的反映。它表明盆地的基底、构造断裂活动,盖层厚薄以及区域水文地质条件对地温分布都起着重要作用,其中基底构造可能起着主要的控制作用。

1. 深部地壳结构对地温分布的控制

华北地区深部地壳结构从东向西呈有规律的变化。按莫霍面的深度^[7],东部华北盆地多在 34—36 公里,渤海湾为 30 公里左右,盆地内部起伏不超过 2—3 公里;西部鄂尔多斯盆地为 42—43 公里。由前文可知,区域地温分布也有相应变化,东部梯度一般较大,温度较高,且分布不均一;而西部鄂尔多斯盆地则梯度较小;温度亦较低,分布亦较均一。由此可见,深部地壳结构的变化直接控制着区域地温分布。这种控制作用也表现在热流值的分布上。据华北实测热流值^[8]及少数几个估算的热流值表明:鄂尔多斯盆地具有较低的热流值(估算约为 1 HFU);华北盆地则具有较高的热流值($1-1.7\text{ HFU}$)。两者的变化也有差异,前者均一,后者则变幅较大。

6) 岑嘉法、顾大同, 1981, 天津地热资源条件及开发利用。

2. 基底结构是区域地温分布的重要因素

如前述, 华北盆地的基底主要是由古生代和前古生代地层所组成。由于地区地质发育史的差异, 导致了基底构造有很大的区别, 东部为由古生代地层所构成的一系列不对称的地堑-地垒式构造, 其地温的重新分布是明显的, 由于构成基底岩石的热导率较高, 在其隆起较高部位的盖层中, 地温梯度亦较高, 而基底下陷部位则较低, 形成隆起地区的地温异常。在基底凹陷和凸起部分, 地温梯度的变化幅度一般介于 $1-2^{\circ}\text{C}/\text{百米}$ 。西部鄂尔多斯盆地亦有所表现, 但因其基底为由平缓的隆起和洼陷所组成, 地温的重新分布不如华北盆地明显。

3. 热水沿深大断裂系统的对流作用在形成盆地地热异常中起着重要作用

华北盆地基底, 发育有一系列深大断裂, 它们沟通深部, 使经深循环加热后的地热流体沿断裂向上运移, 并储集于基岩隆起顶面。这些断裂与基底岩石的结构和构造相配合, 在华北盆地形成了一些具有开发价值的地热异常区。由于热水向上运动受到巨厚的沉积盖层的阻挡, 而在基岩顶部灰岩的溶洞裂隙中聚集起来, 形成可供开采的热储层, 而在其上部隔水、隔热的盖层中则形成具较高地温梯度的地热异常区, 明显改变了区域地温场的面貌。由图4可以看到, 华北盆地地温梯度大于 $4^{\circ}\text{C}/\text{百米}$ 的地热异常区多在基底隆起顶部靠近断裂分布, 且常与一些储油气构造相伴生^{[9], 7)}, 证明油气和热水都是沿着断裂和岩层中的孔、洞、缝运移的。显然, 由于这些含油气和热水的储集层结构是不均一的, 所以其地温分布也有差异。图4还表明, 由于鄂尔多斯盆地属构造相对稳定区, 基底断裂系统不发育, 少数低温地热异常仅分布于一些平缓的隆起区。这与华北盆地形成鲜明的对照。这一切均说明地下热水沿断裂系统的对流, 在形成华北盆地一系列地热异常区中起着极为重要的作用。

(二) 形成机制

综上所述, 可将华北中新世代沉积盆地的地温场的形成机制归结为以下两种类型:

1. 传导型地温场: 它是通过从地幔来的热量和地壳中放射性元素蜕变产生的热, 源源不断地向地表传递而形成的。它主要受深部地壳结构的控制, 反映大区域地质构造单元的地温面貌, 如鄂尔多斯盆地和华北盆地。

2. 对流型地温场: 严格的说没有单一的由对流作用形成的地温场。它是在区域热传导作用下迭加以对流的影响, 改变了原来区域地温场的面貌而形成的局部地温场。华北盆地的北京、天津、牛驼镇等地热异常区均属对流型。在这类地区局部地热异常的形成中, 地下热水的对流可能起着主导作用。

此外, 在山区或山前地下水的补给及迳流区由于下渗和积极迳流, 对地温则起冷却作用, 这里表现为低温区; 而在深处随着迳流速度的变缓, 其温度将与地温平衡反映了传导型地温场; 如迳流遇到断裂则上升而形成对流型地温场。

四、地热资源开发利用远景的初步评价

在研究华北区域地温分布规律的基础上, 圈出了地热异常区, 为寻找和选择地热开发

7) 刘鸿麟, 1978, 胜利油田地温资料初步认识。

利用远景区提供了依据。

在地热开发利用中,一般要考虑下列条件:1)热储层温度不应低于 45℃;2)要有水质符合要求、水量丰富的地热流体;3)热储层埋深一般小于 2000 米,便于用常规方法开采;4)靠近城镇、工矿或油田。

华北中新世代沉积盆地埋藏有丰富的地下热水资源,圈出的 32 个地热异常区,大多符合上述条件,其中以华北盆地潜力最大,鄂尔多斯盆地较差。从地热资源开发利用远景来评价这些异常区具有下述特点:

(一) 分布广 华北中新世代沉积盆地中地热异常区分布很广泛,尤在一些城镇、油田区和工矿区都发现了中低温地下热水资源,这对开发利用地热资源十分有利。

(二) 面积大 异常区面积介于 50—700 平方公里,其中天津、牛驼镇为最大,达 700 平方公里,具有很大的开发价值。其他如北京面积虽最小(仅 12 平方公里),但因位在首都开发利用仍具有一定的意义。32 个热异常区除北京、天津、西安和少数地区进行了初步利用外,其余均未开发。这些地区地热资源十分丰富、潜力很大,是最有开发利用价值的远景区。

(三) 埋藏浅 异常区内热储层多埋藏于 1000—2000 米之内,有些在 500—700 米就可遇到 50—60℃ 的地下热水。所以用一般钻探方法就可开采。尤在一些油田区,可利用废井稍加修理就可以开采,投资小,见效快。

(四) 热储好 地下热储层在西部鄂尔多斯盆地为中侏罗统安定组和直罗组砂岩、砂砾岩;东部华北盆地为第三系砂岩、含砾砂岩、奥陶系灰岩、震旦系硅质灰岩和白云岩等^[3,5,6,12,6]。砂岩及砂砾岩为孔隙含水;灰岩及白云岩为洞缝含水、水量丰富,而后者是华北盆地最有开发远景的热储层。其次馆陶组和明化镇组也是十分重要的热储层;因其埋藏较浅(500—1000 米)便于开发,所以天津及华北盆地的一些油田区多采用该层中的地下热水。而鄂尔多斯盆地的地下热储则较华北盆地为差,但在其东南部汾渭谷地,北部大青山前及盆地内部的平缓隆起和古河道区都具有较好的地热储可供开发。

(五) 温度高 异常区 1000 米深温度一般高于 50℃,2000 米深大于 80℃,适合于洗浴、供暖,温室及其他工业利用。

(六) 水量丰富 华北盆地热水井的自流量,一般在 300—2000 方/日,水的含盐量多在 1—5 克/升之间,并多为重碳酸钠型水。水质、水量均能够满足直接利用的要求。

参 考 文 献

- [1] 中国科学院地质研究所、国家地震局地质研究所,1979,华北断块区的形成与发展。科学出版社。
- [2] 中国科学院地质研究所地热组,1978,华北平原区地温特征。地热研究论文集,科学出版社。
- [3] 谢家声,1981,冀中拗陷地热资源的初步研究。全国地热学术会议论文集,科学出版社。
- [4] 高名修等,1975,华北地区新生代地槽构造及其地震活动。地震战线,5 期。
- [5] 齐宝翔,1981,天津地区的地下热水。全国地热学术会议论文集,科学出版社。
- [6] 郑克桢,1981,试论北京东南城区地下热水的形成规律。全国地热学术会议论文集,科学出版社。
- [7] 邓起东,1980,中国新生代断块构造的主要特征。国际交流地质学术论文集(一)构造地质、地质力学。地质出版社。
- [8] 中国科学院地质研究所地热组,1978,华北大地热流。地热研究论文集,科学出版社。
- [9] 贾富安等,1981,苏北东台凹陷地温与油气气的关系。石油与天然气地质,1 期。

GEOTEMPERATURE DISTRIBUTION AND GEOTHERMAL RESOURCES IN THE MESO-CENOZOIC BASINS OF NORTH CHINA

Wang Jun*, Huang Shangyao**, Huang Geshan*, Wang Jiyan*

Abstract

The Meso-Cenozoic Sedimentary Basins of North China contain abundant geothermal water resources of medium and lower temperature. Since 1979 researches on geotemperature distribution have been carried out in order to study the distribution and formation of geothermal resources and predict their prospects.

Including Liaoning, Hebei, Shandong, Henan, Anhui Jiangsu provinces and the Shaanxi-Gansu-Ningxia border region in the west, the Meso-Cenozoic Sedimentary Basins of North China are tectonically located in the eastern part of the China Continent of the Eurasian Plate and belong to part of the North China Block. In Palaeozoic this region had the characteristics of a stable platform. Since Mesozoic era the region under study had undergone such a differentiation: the Ordos Basin in the west had been continuing to subside to form a large platform-type depressed basin; meanwhile the North China Basin in the east began to reactivate. A faulted basin of the graben-type consisting of a series of faulted depressions and faulted uplifts was formed. Both the history of geological evolution and the tectonics of the region under study have controlled the geotemperature distribution in this area.

On the basis of more than 1300 temperature data measured in the boreholes of the oil and geothermal fields, maps of isotherms at depths of 1000 m and 2000 m respectively and a geothermal gradient map of the covering strata for the Meso-Cenozoic Sedimentary Basin of North China have been compiled and attached to this paper. These maps show that the Ordos Basin has a temperature of 35—40°C at depth of 1000 m and 65—70°C at depth of 2000 m and a temperature gradient of 2.9°C/100m in the covering strata and that those of the North China Basin are 40—45°C, 70—80°C and 3.2—3.3°C/100 m, respectively, that is, the temperature at the same depth and temperature gradient in the covering strata for the later is higher than those for the former. The above-mentioned geotemperature distribution may be explained by the facts that the structures of Ordos Basin are relatively simple and the geotemperature is uniformly distributed; and in the North China Basin the structures are more complicated with a number of fracture systems, and the temperature distribution is characterized by low-high-low variation corresponding obviously to the depressions and uplifts of the basement.

In addition, 32 geothermal anomalous areas have been identified in this paper according to a geothermal gradient of more than 4.0°C/100 m. Most of them have an area greater than 50—100 km², the maximum being about 700 km². The gradient values of geothermal anomalous areas are usually between 4.0—6.0°C/100 m, the highest being up to 8.0—11.0°C/100 m.

* Institute of Geology, Academia Sinica

** Institute of Geomechanics, Chinese Academy of Geological Sciences

Studied in this paper are also the main factors controlling the geotemperature distribution of given regions such as the deep structures of the Earth's Crust, the structural configuration of the basement, the deep-seated structures and the thermal water convection. At the same time, two types of the mechanism for the occurrence of the temperature distribution can be distinguished: the conduction type and the convection type. The later has been considered as the main type in forming geothermal anomaly areas with the development prospects.

Based on discussion of the regional geotemperature distribution, and taking into account the favourable condition for the development and utilization, the geothermal water resources have been preliminarily assessed.

更正：56 卷4期 358 页表 4 本文一栏 2.……。晚侏罗世至早白垩世早、中期。应改为：早白垩世早、中期。