

中国北方沉积盆地热演化史的对比^{*}

任战利

(西北大学地质系, 陕西西安 710069)

摘要: 中国沉积盆地多为叠合型盆地, 古地温场的改造或改变普遍存在。根据古地温场的改造或改变作用方式的不同可划分为深埋改造型、热事件改造型和应力改造型。由于区域地质背景与盆地演化历程的不同, 中国北方各盆地的古地温场存在较大差异。古生代华北盆地、塔里木盆地处于稳定克拉通之上, 克拉通面积大, 沉积构造稳定, 地温梯度低; 吐哈盆地、准噶尔盆地处于哈萨克斯坦板块之上, 经历了裂陷作用, 构造活动性强, 地温梯度高。中生代晚期阿尔金断裂以东沉积盆地地温梯度普遍高于阿尔金断裂以西沉积盆地, 构造活动性强, 强烈的构造运动引发了岩浆活动及地壳深部热活动, 表明存在一期强烈的具有区域规模的构造热事件; 阿尔金断裂以西为挤压拗陷型盆地, 地温梯度普遍较低。新生代以来中国东部处于拉张背景, 沉积盆地地温梯度及大地热流值高; 而西部处于地壳挤压增厚构造背景, 沉积盆地地温梯度及大地热流值较低。

关键词: 中国北方; 沉积盆地; 构造热事件; 古地温梯度; 热演化史; 改造

作者简介: 任战利, 男, 38岁, 副研究员(博士后), 石油地质与勘探

中图分类号: TE121.1 **文献标识码:** A

1 改造型盆地古地温场恢复

1.1 古地温场改造的普遍性

中国沉积盆地多为叠合型盆地, 多期次盆地的叠加必然使原型盆地产生不同程度的改造和破坏, 后期改造强烈是中国沉积盆地的主要特点之一^[1]。人们普遍关心的是盆地形态、规模、范围、沉积体系、断裂等的改造现象, 往往忽视了地温场的改造^[2]。实际上, 不同时期的盆地, 由于处于不同的地球动力学系统中, 因而其盆地类型和热史也是动态变化的。地温场按改造作用方式的不同, 可划分为深埋改造型、热事件改造型和应力改造型等3种类型。深埋改造型是指早期盆地由于后期盆地叠加而发生大规模的沉降, 盆地最后经历的最高地温已远远超过其早期发育时期的最高古地温值, 并使早期盆地的地温场最终受后期地温场控制; 热事件改造型是指地壳深部热活动、岩浆活动对盆地地温场的改造, 使地层经历的最高地温远高于按正常沉降增温所计算的地温值; 应力改造型是指受构造运动影响, 盆地应力状态发生改变, 地层发生变形, 盆地地温场发生改变。

1.2 改造型盆地古地温场重建的思路

中国许多大型盆地是叠合盆地, 因此, 必须将叠合盆地分解为不同时期的原型分别进行研究, 在盆地热史恢复中, 需要对每一时期的原型盆地做更为精确的热历史过程分析。地层不整合面常成为划分不同构造演化阶段和不同地热历史演化阶段的分界面。作者曾根据沉积盆地不同演化阶段地温场的记录、保持及后期改造情况的不同, 以盆地内不整合面上下两段 R 。直线是否能拟合为一条直线为例, 详细讨论了不同改造情况下热史恢复的思路^[3, 4], 该思路和方法也同样适用于热事件改造型盆地地温场的恢复。

2 古生代地温场

中国北方克拉通的主体主要有华北、阿拉善、塔里木、哈萨克斯坦几个克拉通区, 其北与西伯利亚克拉通之间为扩张了的中亚-蒙古大洋。海西晚期西伯利亚-蒙古大陆南侧陆缘区与中国大陆北侧陆缘区对接拼合, 构成一个向南呈弧形的古生代造山带, 对中国北方克拉通北缘有改造作用。克拉通内部及其以南分别形成天山、昆仑山、祁连山和秦岭古生代大洋, 于加里东、海西期各克拉通块体对接拼合, 局部地区至印支期最终拼合。总之在中生代以前中国大陆地壳变形方式是以近 EW 走向的裂开和闭合为特征, 主要遭受自北向南的压力, 构

^{*} 国家八五攻关项目, 石油天然气总公司项目资助

收稿日期 1999-09-14

成目前近EW向的古生代褶皱带或弧顶向南凸出的弧形褶皱带^[5]。

华北克拉通盆地面积大,基底固结程度高,稳定性强。早古生代为稳定的浅海陆棚-台地相碳酸盐岩沉积,中奥陶世-早石炭世经历了整体抬升。晚古生代中石炭世-二叠纪为海陆交互相含煤沉积。盆地沉积、构造稳定,大地热流值及地温梯度低,地温梯度为每百米2.50~3.00℃。

塔里木盆地的基底为晚元古代固结形成的古大陆板块,活动性较强。古生代分别划分为克拉通边缘坳拉槽、克拉通内坳陷、克拉通内裂谷盆地演化阶段,在不同阶段大地热流值及地温梯度不同。在二叠纪裂谷期地温梯度较高,在克拉通内坳陷阶段大地热流值及地温梯度较低。古生代塔里木盆地地温梯度整体较低,不超过每百米3.00℃^[6]。

位于哈萨克斯坦板块之上的准噶尔盆地、吐哈盆地,具有前寒武系结晶基底。吐哈盆地南缘觉罗塔格山是中石炭世末准噶尔-吐哈地块与塔里木地块沿康古尔塔格断裂发生碰撞形成的北天山大洋岛弧褶皱带。吐哈盆地北侧的博格达山、喀拉乌成山是中泥盆世及石炭纪发生的陆间裂谷,并于早二叠世褶皱回返。早二叠世以后准噶尔盆地和吐哈盆地进入陆相湖盆发育阶段,属陆内坳陷性质。因此吐哈盆地、准噶尔盆地所在的准噶尔-吐哈地块面积小,稳定性差,晚古生代早期石炭纪发生裂陷作用,火山活动强烈,地壳活动性强,地温梯度高,可达每百米4~8℃^[7]。早二叠世随着博格达裂谷的褶皱回返,逐步进入陆内坳陷阶段,二叠纪时盆地地温梯度减小到每百米3~5℃。

古生代盆地地温场多已被改造,不能应用古地温温标直接恢复。一般来说,地温梯度及大地热流受盆地发育的构造背景、构造样式控制,在小的稳定地块上发育的盆地易受到相邻地块的作用,表现出较强的活动性,地温梯度也较高,如吐哈、准噶尔盆地;而面积较大、稳定性较强的克拉通上发育的盆地分异性差,地温梯度较低,如华北克拉通盆地及塔里木盆地。

3 中生代晚期地温场

印支期是中国地壳构造发展的一个重要转折时期,印支运动使古地中海(特提斯洋)的北支最后封闭,扬子、羌塘地块向北拼合,形成了统一中国大陆。中国北方中生代以来已处于陆内构造环境。

从中生代开始,中国大陆地壳结构发生了重要变革,原来近EW向的构造格局,为后期近NS向隆起与沉降带所叠加。

中国东部区由于库拉-太平洋板块与欧亚板块的相互作用,发生了强烈的岩浆活动和构造变动,构造线方向转为NE-NNE向。

在东北区,叠加在古生代弧形褶皱带之上的盆地,中生代晚期主要表现为强烈的裂陷作用,伴有火山喷发,形成一系列断陷盆地,如二连盆地和松辽盆地。

华北区中生代晚期东隆西拗,逐渐形成了沉积中心西移的华北中生代大盆地,随着挤压力的增强,在东部隆起上形成了一系列的复背斜及复向斜构造,并伴随着强烈的岩浆活动及断裂作用。华北中生代大盆地分化为西部鄂尔多斯盆地、沁水构造盆地及东部隆起背景上的残留盆地。自白垩纪中、晚期以来,华北古老克拉通开始了新的裂解分离过程,明显活化。

在西部走廊过渡区,晚侏罗-早白垩世发生明显的裂陷作用,形成一系列彼此分隔地堑、半地堑盆地。如酒西、酒东、花海、银根盆地等。盆地呈NE方向展布,向NE延伸可与二连盆地相连。早白垩世末期构造性质开始发生反转,转变为挤压状态,形成了第三纪以来大型坳陷盆地,盆地构造走向转变为NW向。

在西部新疆区,三叠纪至白垩纪塔里木盆地、吐哈盆地、准噶尔盆地由于羌塘地块的不断北移而处于挤压构造环境,地壳增厚,属坳陷型盆地。

中国中生代晚期古地温恢复表明,中国北方盆地可明显地划分为四个区块:东北区、华北区、走廊过渡区及西部新疆区。四个区块具有不同的构造样式及地球动力学背景,其古地温具有明显的差异。东北区的松辽盆地、二连盆地地温梯度高,分别达每百米5.00~6.00℃和每百米3.50~5.50℃;华北区东部渤海湾地区、沁水盆地地温梯度大于每百米5.00℃^[8],华北区西部鄂尔多斯盆地地温梯度达每百米3.6~4.3℃^[9];走廊过渡区的酒泉盆地群地温梯度达每百米3.75~4.50℃^[10,11]。阿尔金断裂以西新疆区的吐哈盆地地温梯度约为每百米3.00℃,准噶尔盆地小于每百米3.00℃,塔里木盆地地温梯度为每百米2.50℃(图1)。

中国北方主要盆地古地温梯度的分布,清楚地

显示阿尔金断裂以西盆地地温梯度低, 阿尔金断裂以东的河西走廊地区、华北地区及东北区盆地地温梯度普遍较高。其中华北中东部及东北区地温梯

度最高, 表明地壳深部热活动性最强。阿尔金断裂以东地温梯度普遍高于现今地温梯度, 是中生代晚期(主要为 J_3-K_1) 存在一期构造热事件的反映^[12]。

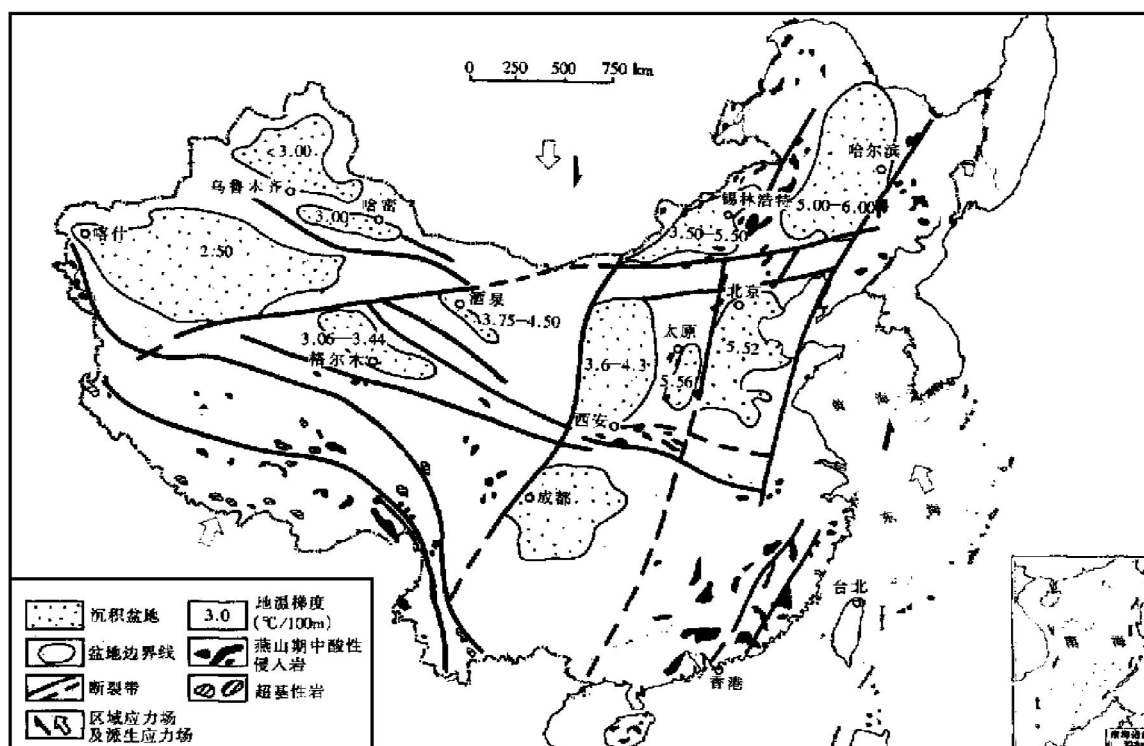


图1 中国北方主要盆地晚侏罗世-早白垩世地温梯度对比图

Fig. 1 Comparison Showing geothermal gradient of Late Jurassic-Early Cretaceous in major basins, North China

沉积盆地古地温梯度的恢复表明中生代晚期在阿尔金断裂以东的中国北方广大地区存在一期区域性构造热事件。不同区块由于边界条件的不同, 盆地类型及古地温梯度有所差异。阿尔金断裂以东中生代晚期地温梯度高是地壳深部活动性增强的一种反映。华北地块中生代晚期受到强烈的改造, 形成了广泛分布的褶皱构造及冲断带, 郯庐断裂、紫荆关断裂开始活动, 岩浆活动强烈。秦岭造山带造山期后又明显活动, 其中 100 Ma 左右岩浆活动明显。沁水盆地周缘也已发现多个中生代岩体。所有这些事实都进一步表明了华北地块在中生代晚期已进入了明显的活动期^[13]。

华北地块中生代受到周边造山带的影响处于挤压环境, 其地壳深部活动性强。东北区受库拉-太平洋板块俯冲及鄂霍茨克-漠河-蒙古窄大洋扩张与封闭的影响, 处于伸展构造环境, 地幔上隆地壳拉张减薄, 并伴随强烈的岩浆活动。在中生代晚期侏罗纪一早白垩世, 河西走廊发育一系列 NE 向的断陷盆地^[14], NE 向断陷盆地的发育与阿尔金断裂带的走滑运动、柴达木地块向北运动减慢及阿拉

善地块向东运动产生的区域拉张有关。走廊过渡带处于拉伸构造环境, 导致地幔上隆, 地壳减薄, 但岩浆活动弱, 盆地地温梯度也较东北区盆地低。

4 现今地温场

新生代以来, 中国北方盆地主要受印度板块与欧亚板块碰撞及持续北移挤压力以及太平洋板块向欧亚板块俯冲产生的扩张作用影响。以贺兰山-龙门山为界中国北方明显的划分为东、西两大部分。中国东部伸展作用逐渐达到高潮, 地壳厚度减薄。华北地块东部渤海湾地区拉张陷落形成了渤海湾盆地, 华北地块西部(鄂尔多斯、沁水盆地)抬升, 与中生代晚期东升西降刚好相反, 转变为西升东降。渤海湾盆地具有裂谷性质, 有频繁的玄武岩喷溢, 并形成很厚的第三纪沉积。早第三纪为拉张断陷, 晚第三纪以来为整体拗陷^[15]。东北区二连盆地、松辽盆地以中生代沉积为主, 中生代为断陷盆地, 第三纪以来盆地整体抬升。西部区由于印度板块的持续北移, 古老造山带拼合后的再度复活, 发生挤压、推覆、俯冲作用, 使地壳进一步缩短和增

厚,发育了大型山间盆地及山前盆地。东西向的天山褶皱带、昆仑褶皱带、祁连褶皱带的快速隆起,不断向盆地逆冲、推覆,与之相邻的挤压盆地大幅沉降^[5,16]。

新生代以来鄂尔多斯、沁水盆地大幅隆升,二连、松辽、花海盆地沉积了较薄的第三纪,保留了中生代古地温面貌。渤海湾盆地由于拉张断陷,在坳陷中持续增温,改变了中生代的地温面貌,在其内部隆起上,部分保留了中生代古地温场面貌。西部的塔里木、准噶尔、吐哈、酒西、酒东盆地,大幅下沉,沉积了巨厚的第三纪地层,为持续增温过程,在大部分地区已改变了中生代盆地的地温场面貌。

中国东部渤海湾盆地、松辽盆地、二连盆地现今大地热流值分别为 62 mW/m^2 、 70 mW/m^2 和 69 mW/m^2 ,热流值普遍较高;中部地区的鄂尔多斯、沁水盆地大地热流值分别为 63 mW/m^2 及 61 mW/m^2 ,热流值居中;西部盆地大地热流值普遍较低,酒西盆地为 $50 \sim 56 \text{ mW/m}^2$,花海盆地为 56 mW/m^2 ,酒东盆地为 51 mW/m^2 ,吐哈盆地为 44 mW/m^2 ,塔里木盆地为 44 mW/m^2 ,准噶尔盆地为 35 mW/m^2 ,柴达木盆地为 53 mW/m^2 ^[17,18]。地温梯度也具有东高西低的变化规律^[12,18]。

中国北方盆地现今地温场受现今地球动力学背景控制,东部区地壳拉张减薄,地温梯度及大地热流值高。西部区地壳增厚,地温梯度及大地热流值降低,东、西部地温场差异明显。

5 结论

(1) 中国沉积盆地多为叠合型盆地,后期经历了强烈改造,古地温场的改造或改变在我国含油气盆地中普遍存在,应引起重视,古地温场改造可划分为深埋改造型、热事件改造型和应力改造型。

(2) 地层不整合面往往是划分盆地不同热演化阶段的分界面,热演化史恢复可根据沉积盆地不同演化阶段古地温场记录的保持和改造情况不同,采用不同的思路和方法。

(3) 古生代华北盆地、塔里木盆地构造稳定,地温梯度低。吐哈盆地、准噶尔盆地构造活动性强,地温梯度高。

(4) 中生代晚期阿尔金断裂以东各盆地古地温梯度都较高,古地温梯度与火成岩活动、构造变动强有较好的一致性,表明阿尔金断裂以东地区存

在一期构造热事件;阿尔金断裂以西处于挤压沉降背景,地壳增厚,岩浆活动弱,各盆地地温梯度较阿尔金断裂以东地区盆地低,反映岩石圈深部热活动性相对较弱。新生代以来,东部区地壳拉张减薄,地温梯度及大地热流值高;西部区地壳增厚,地温梯度及大地热流值低;中部地区的鄂尔多斯、沁水盆地,具有过渡性质。

感谢导师赵重远教授的精心指导,感谢刘池阳教授的指导和帮助!

参 考 文 献

- 1 刘池洋. 后期改造强烈——中国沉积盆地的重要特点之一[J]. 石油与天然气地质, 1996, 17(4): 255~261
- 2 朱夏. 板块构造与中国石油地质[A]. 见: 朱夏. 论中国含油气盆地构造[C]. 北京: 石油工业出版社, 1986. 71~79
- 3 任战利. 关于沉积盆地古地温场问题的探讨[J]. 西北大学学报, 1991, 21(增刊): 227~234
- 4 任战利. 沉积盆地热演化史研究新进展[J]. 地球科学进展, 1992, 7(3): 43~49
- 5 胡见义, 黄第藩. 中国陆相石油地质理论基础[M]. 北京: 石油工业出版社, 1991
- 6 范善发, 周中毅. 塔里木古地温与油气[M]. 北京: 科学出版社, 1990
- 7 周中毅, 潘长春. 沉积盆地古地温测定方法及其应用[M]. 广州: 广东科技出版社, 1992
- 8 汪缉安, 熊亮萍, 杨淑贞. 地热与石油[M]. 北京: 科学出版社, 1985
- 9 任战利, 赵重远. 鄂尔多斯盆地与沁水盆地中生代晚期地温场对比研究[J]. 沉积学报, 1997, 15(2): 134~137
- 10 Ren Zhanli. Determination of palaeothermal field and significance in oil-gas exploration on Huahai-Jinta Basin[J]. Journal of Northwest University Natural Science Edition, 1996, 26(1): 171~176
- 11 任战利, 张小会, 刘池洋, 等. 花海-金塔盆地生油岩古温度的确定指出了油气勘探方向[J]. 科学通报, 1995, 40(10): 921~923
- 12 任战利. 中国北方沉积盆地构造热演化史恢复及其对比研究[D]. 博士论文, 西北大学地质系, 1998. 8
- 13 任战利, 赵重远, 陈刚, 等. 沁水盆地中生代晚期构造热事件[J]. 石油与天然气地质, 1999, 20(1): 46~48
- 14 霍永录, 谭试典. 酒泉盆地陆相石油地质特征及勘探实践[M]. 北京: 石油工业出版社, 1995
- 15 赵重远, 刘池洋. 华北克拉通沉积盆地形成与演化及其油气赋存[M]. 西安: 西北大学出版社, 1990
- 16 何登发, 李德生, 吕修祥. 中国西北地区含油气盆地构造类型[J]. 石油学报, 1996, 17(4): 8~18
- 17 王钧, 黄尚瑶, 黄歌山, 等. 中国地温分布的基本特征[M]. 北京: 地震出版社, 1990
- 18 汪缉安, 汪集琰. 中国大陆沉积盆地地热特征与油气资源[A]. 见: 赵重远, 刘池洋, 姚远, 编. 含油气盆地地质学研究进展[C]. 西安: 西北大学出版社, 1993. 227~234

COMPARISON OF THERMAL EVOLUTION HISTORY IN SEDIMENTARY BASINS, NORTH CHINA

Ren Zhanli

(*Geology Department, Northwest University, Xi'an, Shaanxi*)

Abstract: Most sedimentary basins in China belong to superimposed basins, their palaeogeothermal fields were generally reformed or changed. According to different reformation types of palaeogeothermal fields, the reformations can be classified into deep buried reformation, thermal event reformation and stress reformation. Because of differences in regional geology background and evolution history, there were greater differences in palaeogeothermal fields of the basins in North China. North China Basin and Tarim Basin were located in stable craton in Paleozoic, and characterized by stable sedimentary structures, and low geothermal gradients; Turpan-Harimi Basin and Junggar Basin were located in Hasakestain Plate, underwent fault subsidence and strong tectonic activities, and their geothermal gradients were high. Geothermal gradients of the basins in the eastern of Algin Rift were higher than those of the basins in western of Algin Rift in Late Mesozoic, and tectonic activities were stronger, indicating a strong regional tectonic thermal event. The basins on the western of Algin Rift were all compressive depressions, their geothermal gradients were lower. Since Cenozoic, the eastern region of China has been in stretching background, geothermal gradient and heat flow are high in the basins; the west part of China has been in the crust compression and thickening background, geothermal gradient and heat flow are lower in the basins.

Key words: North China; sedimentary basin; tectonic geothermal event; palaeothermal gradient; thermal evolution history; reformation

(上接第 27 页)

DEVELOPMENT CHARACTERISTICS OF FLUID DYNAMICS IN REFORMED BASINS

Wang Zhenliang

(*Geology Department, Northwest University, Xi'an, Shaanxi*)

Abstract: The migration nature of fluid and post-reformation of petroliferous basins resulted in multi-period of migration, accumulation, pool-forming and destruction of oil and gas in geological history. On the basis of the researches made on fluid dynamics in Junggar and Ordos Basins, three major characteristics of fluid dynamics of reformed basins were summarized: 1. planar fluid dynamic field could usually be divided into several relatively independent systems; 2. the distribution and evolution of fluid dynamics could be divided into different stages in geological history; 3. the distribution patterns of fluid dynamics of different strata were not always coincided in space.

Key words: reformed type; characteristics; fluid dynamics; hydrocarbon migration, hydrocarbon; accumulation; basin