

文章编号:1004-4116(2009)02-0058-0005

甘肃省地温场特征及地热资源分布类型

邱爱美,李百祥

(甘肃省地矿局第二地质院,甘肃 兰州 730020)

摘 要:甘肃省地温场分布具有造山带高于挤压造山型盆地的特征,地温场分布与构造活动性密切相关。地热资源分布可分为隆起断裂型和沉降盆地型两类,隆起断裂型地热资源分布在北山、祁连山、西秦岭3条造山带和纵贯秦祁的SN向构造带。沉降盆地型分布在安西—敦煌盆地、河西走廊盆地群、陇西盆地群和陇东盆地等4个盆地中。SN向构造带是甘肃省地热资源目前开发最多地段。

关键词:地温场特征;构造活动性;地热资源类型;隆起断裂对流型;沉积盆地传导型;甘肃
中图分类号:P314.1 文献标识码:A

处于中国西部的甘肃省幅员辽阔,地跨北山、祁连山、西秦岭3条造山带和安西—敦煌盆地、河西走廊盆地群、陇西盆地群和陇东(鄂尔多斯西南部)盆地。尤其纵贯秦祁的南北向构造带,它是我国中部贺兰山—龙门山—川滇南北向构造带的组成部分,把中国划分为西、东两个岩石圈构造域。也是7级以上大震发生频度高、密集成带分布的银川—天水—武都南北地震带。

我国地热一般可划分为3个区:贺兰山—龙门山—哀牢山以东为东部地热区;贺兰山—龙门山以西,又以昆仑山—阿尔金山—祁连山为界以南为西南地热区,以北为西北地热区。我国地热以中低温热水为主,低于80℃的占80%以上,80℃~100℃的高温热泉主要分布于东南和西南地区。甘肃省地跨3大地热区,地质构造的复杂性形成了地热资源的多类型,新构造运动塑造的盆山构造格局,控制了不同类型地热田展布。地热资源按热储层、盖层、热流体通道、热源条件可分为隆起断裂型和沉降盆地型两类地下水。

1 甘肃省地温场分布特征

由地震、石油、地矿系统在省内测定大地热流值统计结果(表1)和分布特征表明,结合盆山偶合关系

表1 甘肃省大地热流值统计表
Table 1 Statistics of geothermal flux values
in Gansu Province

盆山构造	计算 点数	地温梯度		大地热流值	
		变化范围	平均值	变化范围	平均值
北山	5	18.09~25.1	22.39	49.7~76	60.80
花海盆地	6	17.13~28.1	23.53	40~66	54.83
酒西盆地			23.6		50.56
酒东盆地	7	11.64~30.6	18.9	38.0~79	51.14
祁连山		19.8~23.28	20.71	69.0~87.51	75.49
红古地区	5	25.67~31.62	29.224	77.39~83.66	81.37
陇西盆地	8	21.2~44.2	32.67	39.85~78.6	61.38
北祁连东段	6	26.6~33.6	28.47	58.5~80.72	70.40
六盘山	3	34.64~48.64	41.9	64.64~72.48	70.28
海源盆地	5	21.4~30.8	26.88	49.22~54.52	49.79
陇东盆地	25	16.9~38.7	24.896	43.53~82.1	55.38
潮水盆地	4		20		48.90
南北构造带	13	19.6~38.07	31.31	57.2~86.98	69.88

可以看出,地温场分布具有明显差异。

造山隆起带较沉积盆地有较高的大地热流值,构造活动的祁连山西、东两段分别为75.49、70.4 mW/m²,南北向构造带包括六盘山构造带为69.17~70.28mW/m²,远大于我国大陆地区大地热流平均值61.53mW/m²。构造活动性相对稳定准平原化的北山造山带为60.80mW/m²,接近我国大陆地区大地热流

收稿日期:2009-01-09

作者简介:邱爱美(1966~),男,物探工程师,1987年毕业于昆明地质学校物探专业,主要从事物探勘查工作。

平均值。

河西走廊盆地在花海、酒东、酒西3盆地测得大地热流平均值分别是、 54.83mW/m^2 、 51.15mW/m^2 、 50.56mW/m^2 ，潮水盆地 48.9mW/m^2 ，陇西盆地 61.38mW/m^2 ，海源盆地 49.79mW/m^2 ，陇东盆地 55.38mW/m^2 。

酒东、酒西、潮水和海源等盆地是典型的挤压造山型盆地，也称前陆盆地，测得大地热流平均值普遍较低，远小于我国大陆地区大地热流平均值。这种挤压造山型盆地热流值偏低的现象在西北其它盆地依然存在，柴达木盆地大地热流平均值为 53mW/m^2 ，塔里木盆地北缘大地热流平均值为 43.31mW/m^2 ，吐哈盆地现今地温梯度为 $2.50^\circ\text{C}/100\text{m}$ ，大地热流值为 47.8mW/m^2 。准噶尔盆地现今地温梯度平均为 $21.02^\circ\text{C}/\text{km}$ 大地热流密度平均为 42.31mW/m^2 均属低地温梯度、低大地热流的冷盆，并且盆地内的一热流的分布表现为隆起区高、坳陷区低的特征。

上述盆、山地温场分布特征，据通过祁连山—酒泉盆地的格尔木—额济纳旗地质断面揭示，在地壳深部乃至上地幔仍具有相似性，二维等温线在祁连山区上隆，柴达木盆地、酒泉盆地下凹(图1)。

河西走廊盆地为祁连山山前新生代前陆盆地长 $1\,000\text{km}$ ，宽 $20\sim 80\text{km}$ ，西以阿尔金走滑断裂为界，南以北祁连北缘逆冲推覆带与祁连山连接。北以金塔南山—龙首山南缘逆冲断层与阿拉善地块相隔。自西往东分布了酒泉盆地、张掖盆地及武威盆地，其中酒泉盆地是已发现的含油气盆地，勘查研究程度

较高。酒泉盆地的基底为北祁连加里东褶皱带及后造山的泥盆纪—三叠纪陆相—海陆交互相山间盆地沉积。其上被侏罗纪—上新统的近 $6\,000\text{m}$ 的沉积地层不整合覆盖。侏罗—白垩纪陆相沉积地层厚度 $4\,000\text{m}$ ，沉积速率为 $5.7\sim 6.2\text{mm}/100\text{a}$ ；新生代时期，酒泉盆地接受了渐新—全新统碎屑堆积，总厚度达 $2\,500\text{m}$ 以上，估计沉积速率的变化渐新世 $7.5\text{mm}/100\text{a}$ 、中新世 $3.1\text{mm}/100\text{a}$ 、上新世 $20.8\text{mm}/100\text{a}$ 、更新世 $51\text{mm}/100\text{a}$ 、全新世 $0.1\text{mm}/100\text{a}$ 。分隔酒泉盆地与祁连山的北祁连北缘逆冲推覆带为一系列南倾的铲式逆冲断裂及逆冲推覆岩片组成的薄皮构造，祁连山逐步向北逆冲推覆在酒泉盆地之上，逆冲断裂的活动始于中生代，白垩纪—第三纪地层不整合在逆冲断裂之上，在新生代继续活动，并使山体不断朝北推进，自中新世后期以来可能至少水平推移了 18km ，地震反射剖面资料揭示了阿拉善地块沿河西盆地以北的金塔南山逆冲断裂带以 30° 角度插入河西盆地及祁连山之下 30km 的深度，据近年研究表明，晚第四纪期间北祁连的上升速率为 $0.9\sim 3.1\text{mm}/\text{a}$ ，如果以这样的速率在早期也保持不变的话，祁连山脉应是在第四纪期间隆起的。

花海盆地和陇西盆地，大地热流值有所增高。花海盆地和相邻安敦盆地同处于敦煌—阿拉善以元古—太古代为基底的古老地块。是NEE向阿尔金断裂系在左旋剪切滑移过程中，由於末段效应产生的NNE向雁列状拉分裂陷盆地。形成敦煌、安西、西涧泉以及大坝、花海等一系列裂陷性盆地，并在敦煌、西涧泉裂陷深部有大陆裂谷性玄武岩上侵充填在地壳拉分空间。

陇西盆地，处在NNW向西秦岭北缘断裂和北祁连南缘断裂间，是祁连造山带山间盆地，其内断续出现祁连山自西向东延伸的余脉，被中新世盆地分割包围，区内盆地大致以雾宿山、兴隆山、华家岭、关山一线为界，其北主要有兰州盆地、靖远—会宁盆地，其南有双临盆地、陇西盆地、形成隆坳相间NNW向反S型走滑压扭性盆地。

红古地区5个测温点测得平均大地热流值 81.37mW/m^2 ，地温场在省内最高，位于兰州—民和盆地周家台隆起窑街海石湾煤矿区。目前对煤矿区高大地热流值形成机制从相关的现象来看，主要是窑街矿区内由于煤层自燃形成烧变岩温度升高，同时烧变作用现今仍在进行，致使地下水温和矿井温度升高。也造成大地热流值偏高。其次是矿区的游离 CO_2 含量较高，是地下水在深循环的环境中引起碳酸

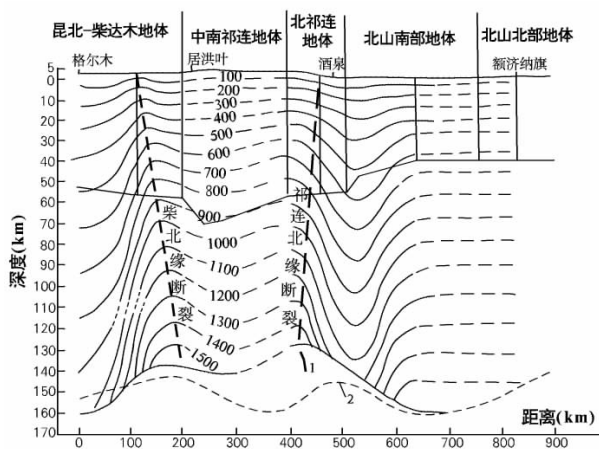


图1 格尔木—额济纳旗地质断面壳幔温度分布图

Fig.1 Geoscience transect map showing temperature distribution of crust and mantle in Germu-Ejinaqi

1—热岩石墨底界；2—上地幔高层顶部

盐类岩石脱碳作用产生的大量 CO_2 ,在高温条件下气水相溶存在于热水之中。并且矿区与药水沟、龙王沟温泉受同一F19断裂带控制。

陇东盆地是鄂尔多斯盆地西南部分,盆地内大地热流值普遍偏低,平均值 55mW/m^2 ,反映了稳定地块克拉通盆地地温场特征。并随盆地基底从西向东由深(9km)变浅(5km),大地热流值由低(46.96mW/m^2)变高(58.05mW/m^2)。鄂尔多斯盆地周边的银川—呼和浩特黄河断陷盆地、汾渭裂谷断陷盆地形成环状高热流值异常带,平均值在 70mW/m^2 以上,并形成高值带,西缘宁夏平罗 76mW/m^2 ,石嘴山 84mW/m^2 ,东缘山西新降 222mW/m^2 ,南缘陕西韩城 84mW/m^2 、临潼 96mW/m^2 。这也更有力地说明大地热流值明显受地质构造控制,近代构造活动的裂谷断陷盆地较稳定地块上形成的拗陷盆地有更高热流值。

由上述可见,不同类型的沉积盆地其地热分布、盆地热演化、热结构和深部岩石圈热状况都有明显的差异。根据上述资料对比裂谷盆地、拗陷盆地和挤压造山型盆地的地温演化成因模式。裂谷盆地的地热随地质历史的演化逐渐降低,在裂谷拉张阶段具有很高的热流值,但现今的热流值则取决于裂谷发生的时间,中新世裂谷仍保留较高的热流值且具有典型的“热幔热壳”结构,而古裂谷现今的热流值较低。稳定地块拗陷盆地的热流演化总体上看较为平缓,具有相对稳定较低的热流值,其地表热流的演化取决于盆地基底的地质条件。挤压造山型盆地具有低的地温状况,这与由深部传导来的热流较小有关。

挤压造山型盆地与中国东部拉张裂谷型盆地对比,盆地性质不同地温场具有明显区别,盆地与山地地温场分布对应关系恰恰相反,华北地区的热流数据较多研究较详细,统计冀中拗陷与其边缘燕山—太行山山区大地热流平均值分别是 70.58mW/m^2 、 34.94mW/m^2 ,显然裂谷型盆地热流值高于边缘山区。

由上分析可以看出,挤压造山型盆地,在挤压应力场作用下,祁连造山带向走

廊盆地推覆逆冲,致使造山带隆升,盆地下沉、盆地基底向造山带深部“C型”俯冲,致使地层迭复、地壳缩短加厚,造山带是构造活动的主动盘,较盆地有更大活动性。裂谷性盆地由于地幔上隆,地壳拉张减薄,盆地下陷,盆地基底是构造活动的主动盘,盆地较造山带有更大活动性。这和大洋板块有类似之处,洋中脊是高温带,俯冲带在海沟部位是高压低温带,岛弧和弧后盆地是高温低压带。高温炽热物质在大洋中脊处上升,产生新洋壳,随着新生岩石圈向两侧扩张,逐渐冷却下去至海沟处,冷却下来的岩石圈板块又重新插入上地幔软流圈中,渐趋消亡。据实测数据表明,无论在大西洋、印度洋还是在太平洋中脊处测到的均为高热流值,平均为 79.549mW/m^2 ,高达 $334.944\sim 376.812\text{mW/m}^2$ 。而在海沟处,得到的是低热流值,平均为 48.567mW/m^2 ,海盆为 53.172mW/m^2 。

2 地温场与构造活动性

地球内部温度分布的不均一性,是鉴别该地区构造运动稳定程度的一项指标。古老而稳定的前寒武纪克拉通,热流值很低,一般仅只(37.68 ± 6.28) mW/m^2 。构造活动性很强的中、新生代年轻造山带,其热流值却高达 $71.176\sim 79.549\text{mW/m}^2$ 。通过对大陆不同地质构造单元热流值的统计表明,热流与构造活动性及构造运动地质年代之间存在着良好的一致性。构造活动区的基底,一定隐伏有来自地壳深部或上地幔的高热流,高热流的存在又增加了地壳浅部

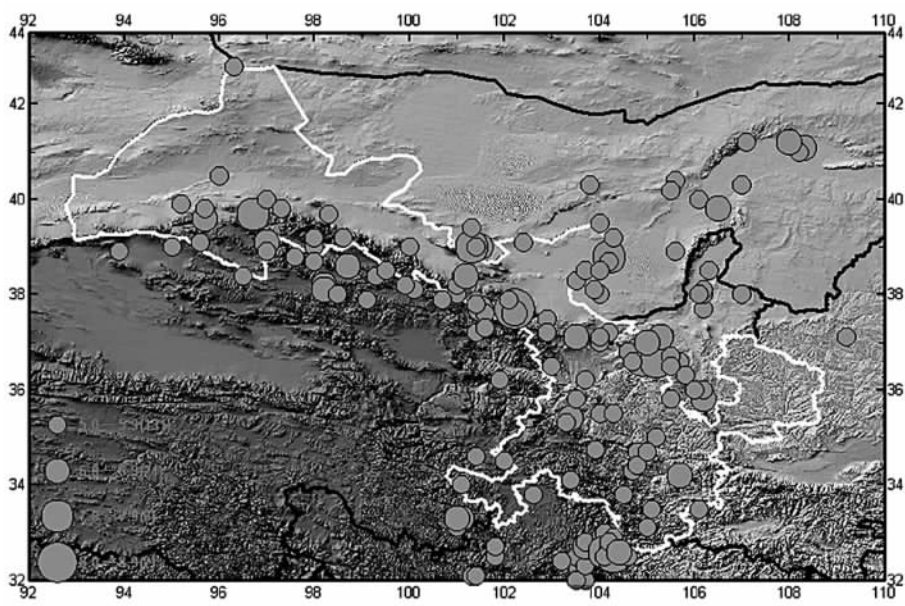
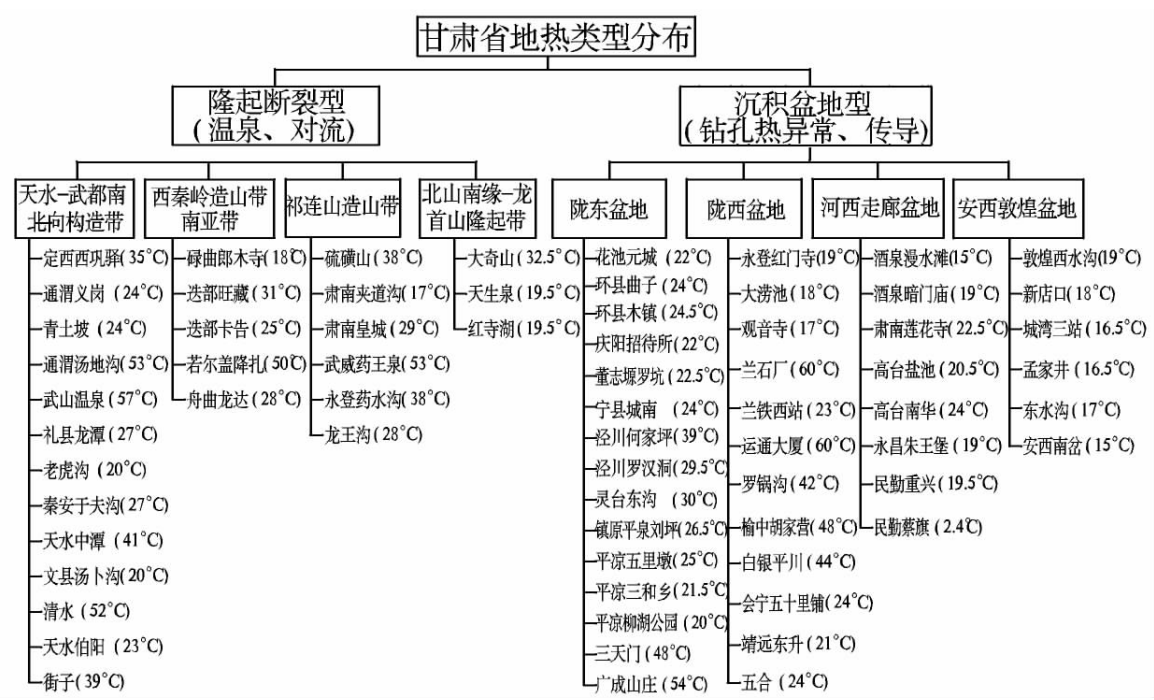


图2 甘肃地震分布图

Fig.2 Map of earthquake distribution in Gansu Province



三条造山带和南北向构造带。图3中给出四条水热活动带或温泉的温度,其温度多为泉水自然流出泉口的温度,需要说明的是天水街子、中滩、武威药王泉等温泉,原先泉水温度只有20多度。图中所标温度是经钻探开发后的温度。其中泉水温度在40℃~60℃间的中低温热水5处;25℃~<40℃低温热水13处;15℃~<25℃热水异常点8处。

(2) 沉积盆地传导型中低温地热资源

呈层状分布且具一定的区域范围,随盆地性质不同,地热资源有所差异。地热资源主要分布在分布于安敦盆地、河西走廊盆地、陇西盆地、陇东盆等盆地中,图3列出盆地中水文钻孔和石油钻孔发现的水温异常孔。

盆地中发育多层叠置的热储系统,主要热储层是中新界砂岩孔隙型热储和古生界碳酸盐岩岩溶裂隙型热储。沉积盆地的地热资源储集条件好、储层多、厚度大、分布广,虽大地热流值偏低,热储温度随深度增加而升高,地热资源储量大,是地热资源开发潜力较大的地区。

4 结 语

(1) 甘肃省的3条造山带和南北向构造带,是新

生代构造活动带,具有较高热流值,挤压造山型盆地热流值偏低。与中国东部拉张裂谷型盆地对比,盆地性质不同地温场具有明显区别,盆地与山地地温场分布对应关系恰恰相反。

(2) 地热与地震是一对“孪生子”与地质构造活动性密切相关,热水出露较多的地区地震活动也表现得特别强烈。

(3) 甘肃地热资源分为沉积盆地传导型和隆起断裂对流型两大地热资源类型。分布在4个盆地和4条构造隆起带中。

参 考 资 料

- [1] 沈显杰,等.格尔木—额济纳旗地质断面热流研究与分析[J].地球物理学报,1995,(增刊)
- [2] 王鈞,黄尚瑶,汪集旻.中国地温场特征[M].北京:地震出版社,1990.
- [3] 汪洋,汪集旻,邓晋福,等.中国大陆主要地质构造单元岩石圈地热特征[J].地球学报,2001(1).
- [4] 胡圣标,何丽娟,汪集旻.中国大陆区大地热流数据汇编(第三版)[J].地球物理学报,2001,(3).
- [5] 安永康,孙知新,李百祥.甘肃省地热资源分布特征、开发现状与前景[J].甘肃地质学报,2005,(1).
- [6] 张守训,李百祥.天水南北一带温泉分布的地质—地球物理特征[J].西北地震学报,2006,(2).

CHARACTERISTICS OF GEOTHERMAL FIELD AND DISTRIBUTION TYPES OF GEOTHERMAL RESOURCE IN GANSU PROVINCE

QIU Ai-mei, LI Bai-xiang

(No. 2 Geology and Mineral Exploration Team, Gansu Provincial Bureau of Geology and Mineral
Exploration and Development, Lanzhou 730020, China)

Abstract: Distribution of geothermal field in Gansu Province has the characteristics which the geothermal flux values of orogenic belts are higher than values of compressional orogenic basin, and it is closely related with tectonic activities. The distribution of geothermal resource has been grouped into 2 types as lifted fault type and sedimentary basin type. Geothermal resource of lifted fault type occur in such 3 orogenic belts as Beishan, Qilianshan mountain and west Qinling, as well as within the south-north tectonic belt across Qinling and Qiliang mountain, resource of sedimentary basin type in such 4 basins as Anxi-Dunhuang Basin, Hexi Corridor Basin Group, Longxi Basin Group and Longdong Basin. The most development of geothermal resource is in the south-north tectonic belts at present.

Key words: characteristics of geothermal field; tectonic activity; type of geothermal resource; lifted fault convection type; sedimentary basin conduction type; Gansu