

中国东部海域及周边地壳热流初探*

李乃胜 隋志洲 钟雨亭

(中国科学院海洋研究所, 青岛 266071)

收稿日期 1990年11月30日

关键词 地壳热流, 地质构造

提要 本文根据在 $117^{\circ}\sim 135^{\circ}\text{E}$, $21^{\circ}50'\sim 41^{\circ}30'\text{N}$ 范围内的 500 多个热流值, 对中国东部海域及周边的热流分布特征及其与地质构造的关系进行了讨论。热流分析表明, 冲绳海槽具有极高的热流值, 为一现在正在活动的弧后张裂带。

海底热流调查研究是一门正在蓬勃发展的边缘学科。迄今全球已积累了 20 000 多个热流数据, 其中, 绝大部分集中在深海洋盆中, 现在大约每年增加 500 个测点。

我国热流调查研究工作起步较晚, 已在陆

地取得 366 个可信的大地热流数据^[1]。海底热流测量更少, 仅在南海深海盆做过少量的热流调查。整个中国东部海域(渤、黄、东海), 除冲

* 国家自然科学基金资助项目; 中国科学院海洋研究所调查研究报告第 1891 号。

绳海槽区由国外学者进行过热流测量和陆架区几口石油探井中测定过地温梯度外,基本上为一个地壳热流调查的空白区(图 1)。

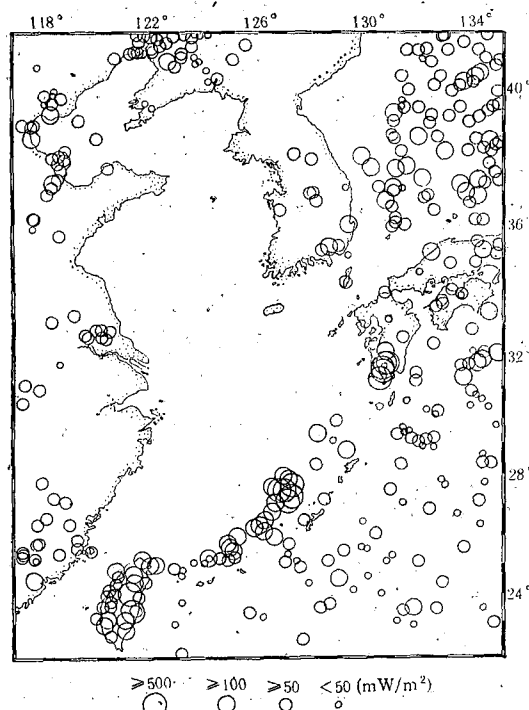


图 1 中国东部海域及周边热流分布
Fig. 1 Heat flow distribution around the seaaarea off East China

I. 海底热流调查的意义

海底热流调查的目的是查明地球内部的热状态,包括地壳和上地幔的热结构,岩石圈的热状况以及地下的热场分布。众所周知,发生在地下深处的一切物理变化和化学变化,都受到温度条件的制约,因此,查明地下热场分布,有助于弄清深部结构和地下界面的展布。另一方面,各种地壳构造运动,以及各种地壳活动,如地震、火山、热泉喷发等,其成因能量归根结底是热能。所以海底热流调查研究对于弄清深部地壳及整个岩石圈的结构,查明地壳运动规律和构造演化有重要的理论意义。

石油地质研究已证明,地下石油形成于一定温度范围内,低于此门限温度,有机质难以转化成石油,高于此温度范围,则烃类容易分解,因此,地热数据是判定生油层埋深,了解石油成

熟度,进行油气资源评价必不可少的资料。同时,地壳热流研究可阐明地热资源分布规律,形成条件及开发利用的可能性;可探讨地下矿产的地温状况,钻探采矿的温度条件,及热害防治等等,因此海底热流调查有重要的实际意义。

全球海底热流调查几乎全部集中于深海盆中。在水深小于 200m 的陆架浅海区,热流测点极少。究其原因主要有下列 3 个方面。

I.1. 底层水温扰动大 人类对太阳热能的研究揭示出,大气温度的日变化可影响到地下 5m 左右,而季节变化可影响到地下 50m 左右。浅海区不但受到季节变化的影响,日变温度对此也有作用。同时又受到流、浪、潮等各种混合作用的影响。因此,如何从测量资料中消除这些浅层影响是一难题。例如,中国东部海域水深大于 50m 的海区,冬季与夏季的底层水温月平均变化可相差 5℃ 之多,可见,对地表热流测量的影响是相当大的。

I.2. 沉积物粒度粗 陆架浅海区主要是砂质沉积,粒径相对较大,热流探针难以插入沉积物中。中国东部海域底质取样和沉积物分析研究表明:大部分地区为粉砂、细砂质沉积,易于测量的软泥质沉积物仅在少数地区小面积零星分布。

I.3. 船体漂移距离大 船只在海上作业过程中,由于受海流、波浪及风的作用,船舶难以稳定在作业站位上,常发生漂移。当热流探针插入海底以后,由于下插过程中摩擦生热及仪器材料本身的原因,需要在沉积物中停留 10~15min,才能达到平衡。此时,如果风、流、浪作用方向一致,船体漂移可达 300~500m。如在浅海区作业,足以把插入海底的地热探针拉倒、拉弯,甚至拉断,致使无法测量成功。

由此可见,陆架浅海区海底热流调查从技术方法上存在着许多困难,要想成功地进行这项调查工作,首先必须改进仪器设备,探讨海上作业方法,研究水温校正等资料处理技术。

II. 热流分布特征

本文对 117°00'~135°00'E, 21°50'~

41°30'N 范围内的 500 多个热流数据进行了分析讨论, 图 1 显示了该区的热流分布。从中可以看出, 热流测点分布很不均匀。台湾地区测点密度最大, 每个经纬度网格内可达 25~30 个。其次是冲绳海槽区, 每个经纬度网格内达 10~15 个之多, 海槽中部测量点最多。日本海内测点分布均匀, 测量密度较大, 每个经纬度网格约 5~7 个测点。西北菲律宾海地区测点分布也比较均匀, 大致每个经纬度内有 2~3 个测点。朝鲜半岛测点较少, 共有 10 个左右。中国东部沿海地区测点分布不均匀, 华北、东北地区测点较多。在下辽河地区和松辽盆地内约有 40 个热流测点。在华北约有 40 个, 主要集中在京津唐地区和任丘、东营一带。华南地区分布比较零星, 共有 30 个左右的热流值。渤、黄、东海地区, 仅渤海内在两口石油探井中测出过可信的热流值。因此, 中国东部海域基本上为热流测量空白区。

从图 1 中可看出, 中国东部海域及周边热流分布具有如下特征:

II.1. 弧后极高热流区 冲绳海槽及其北端的鹿儿岛湾和南端的台东纵谷具有异常高的热流值。为一明显高热流带, 其中位于冲绳海槽中部的“夏岛-84”洼地中测得 1581mW/m^2 的异常高热流值^[9]。130°—131°E, 31°~32°N 之间一个经纬度网格内, 17 个测点的热流平均值为 806.4mW/m^2 , 127°~128°E, 27°~28°N 之间 26 个测点的平均值也达 433.5mW/m^2 。台东纵谷地区 121°—122°E, 23°~24°N 范围内 7 个热流值平均为 270.3mW/m^2 。如此高的热流值为全球地热数据中所仅见, 甚至比太平洋中脊、马里亚纳海槽、红海、亚丁湾也高得多。

II.2. 岛弧海沟极低热流区 从琉球海沟到琉球岛弧内侧为极低热流区, 呈一明显的 NNE 向热流低值带, 大部分测点热流值小于 40mW/m^2 , 20 多个测点小于 20mW/m^2 , 最低值仅为 9.2mW/m^2 。

II.3. 日本海均匀高值区 整个日本海内热流值均匀而且较高, 大部分测点热流值介于 $85\sim120\text{mW/m}^2$ 之间, 经纬度网格平均值多

100mW/m^2 左右, 只是相对于海盆中央的大和海岭等隆起区, 热流值略低。

II.4. 西北菲律宾海均匀低值区 西北菲律宾海地区热流分布比较均匀, 大部分测点介于 $50\sim60\text{mW/m}^2$ 之间, 略低于大洋区的热流平均值。但由于受九州-帛琉海岭、大东海岭、冲大东海岭等海底地形起伏的影响, 少量热流值变化较大。

II.5. 陆地热流均值区 沿海大陆区热流分布相对比较均匀, 多在 60mW/m^2 左右变化, 接近全球大陆平均值。但是华北、东北地区热流值稍高, 有 3 个测点高于 100mW/m^2 , 经纬度网格平均值多为 70mW/m^2 左右。华南和朝鲜半岛地区热流值略低, 多为 $50\sim60\text{mW/m}^2$ 。

III. 热流与地质构造

中国东部海域位于太平洋地壳和欧亚大陆地壳过渡地区, 地壳活动比较强烈。总体上以 NNE 向构造为主, 呈 EW 分带, SN 分块的构造格局。自西往东构造活动时代逐渐变新, 地壳活动性逐渐增强。中国东部海域的地壳热流分布基本上反映了这一特点。

III.1. 地壳活动时代 渤海地区位于郯庐裂谷带上, 作为一个裂陷盆地, 其活动时代主要为晚中生代。黄海内的中新世盆地, 其主要活动期延续到渐新世末。东海为老第三纪盆地, 其断陷活动至中新世末基本结束, 冲绳海槽为现代活动盆地, 自上新世以来, 一直表现出强烈的构造活动特征。地壳热流值在陆壳地区自西往东逐渐升高的总趋势阐明了这一地壳活动时代的变化规律。

III.2. 地壳活动性 日本列岛、冲绳海槽至台东纵谷一线属于濒太平洋活动带。该带火山喷发、地震活动频繁。仅自本世纪以来, 冲绳海槽内就发生了 100 多次 $M_s \geq 4\frac{3}{4}$ 级的中、深源地震。而且在这一带中有许多现代活火山发育。琉球岛弧的内弧为一系列年代较新的火山岛, 冲绳海槽内采到过 K-Ar 年龄为 $0.42 \pm 0.19\text{Ma}$ 的玄武岩^[3]。冲绳海槽中部发现有热液

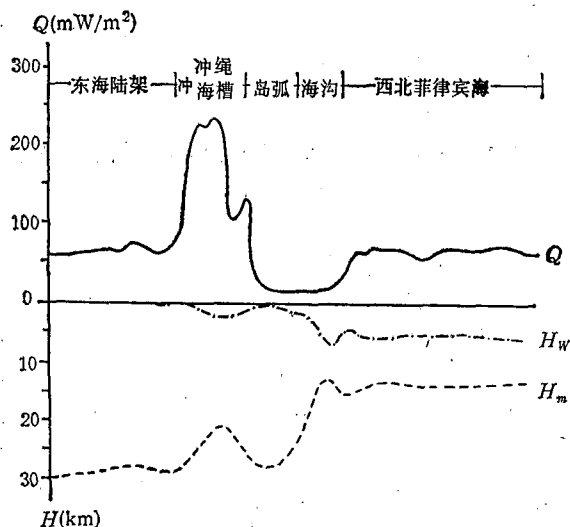


图2 沟弧盆地区热流分布示意剖面
Fig. 2 Sketch profile of heat flow in Ryuku
T-A-BA system

喷发^[2,4],热液温度可高达320℃。因此,极高的热流值,反映了这一带的地壳活动。

III.3. 深部地质构造 从热流分布趋势中可知,在同一构造带内,相对于隆起区,热流值稍低,而对于坳陷区,热流值变高。这一规律反映了地壳深部结构面(如莫霍面)的变化。在冲绳海槽极高热流区,大量的地球物理调查已证明该区地幔物质上拱,地壳厚度减薄,莫霍面埋深仅15~20km,岩石圈厚度也明显减薄。据海底电磁场调查资料推算,海槽区岩石圈厚度仅为35~40km。

III.4. 沟弧盆体系 研究区域内发育了琉球海沟、琉球岛弧和冲绳海槽这一完整的沟弧盆体系。根据热流分布特征,图2中画出了热流分布示意剖面、海底地形剖面和根据重力资料反演的莫霍面。从图中可以看出大陆地壳(东海陆架)和大洋地壳(西北菲律宾海)区有大致相等且变化不大的均匀热流值(约60mW/m²)。岛

弧海沟区热流值极低,而弧后张裂盆地热流值极高。这一沟弧盆体系中热流值剧烈变化的分布规律反映了洋陆壳过渡地区俯冲汇聚的热机制。

IV. 结论

通过对中国东部海域及其周边地壳热流的分析讨论,可以看出:

IV.1. 渤海、黄海、东海地区基本上为一地壳热流调查空白区,需要尽快在该海区内开展热流测量工作。

IV.2. 冲绳海槽具有极高的热流值,为海洋热流调查中所罕见,说明该区为一目前仍在强烈活动的弧后张裂盆地。

IV.3. 热流值大小的变化规律反映了地壳活动时代和地壳活动性,揭示了地壳深部界面的分布特征。

IV.4. 沟弧盆地区的热流变化特征反映了板块俯冲汇聚的地热学机制。

参考文献

- [1] 汪集暘,黄少鹏,1990. 中国大陆地区热流数据汇编. 地震地质 12(4): 351-366.
- [2] Halbach, P., Ko-ichi Nakamura, M. Washner, et al., 1989. Probable modern analogue of Kuroko-type massive sulphide deposits in the Okinawa Trough back-arc basin. *Nature* 338(6215): 496-499.
- [3] Kimura, M., I. Kaneoka, Y. Kato, et al., 1986. Report on DELP 1984 cruises in the middle Okinawa Trough, Part V: Topography and geology of the central grabens and their vicinity. *Bull. Earthq. Res. Inst. Univ. Tokyo* 61(2): 269-310.
- [4] Kimura, M., S. Uyeda, Y. Kato, et al., 1988. Active hydrothermal mounds in the Okinawa Trough backarc basin, Japan. *Tectonophysics* 145: 319-324.
- [5] Yamano, M., S. Uyeda, J-P. Foucher, et al., 1989. Heat flow anomaly in the middle okinawa Trough. *Tectonophysics* 159: 307-318.

PRIMARY STUDY ON HEAT FLOW AROUND THE SEA AREA OFF EASTERN CHINA

Li Naisheng, Sui Zhizhou and Zhong Yuting

(*Institute of Oceanology, Academia Sinica, Qingdao 266071*)

Received: Nov. 30, 1990

Key words: Crustal heat flow, Geological structure

Abstract

This paper discussed about the 550 geothermal data obtained from the sea area off Eastern China. Based on the analysis for heat flow data, it is known that there is almost no heat flow in the Bohai Sea, Yellow Sea and East China Sea. There are very great heat flows in the Okinawa Trough, the highest value is $1\,581\text{ mW/m}^2$ and the mean value in one longitude and latitude area is 806.4 mW/m^2 . The heat flow distribution reveals the crustal active time, earthquake activity in continental crust, volcanic eruption in continental margin and deep crustal structure. The heat flow profile of Ryukyu T-A-BA system reflects the geothermal mechanism of subduction and convergent between the Philippine plate and continental crust of the East China Sea.