

姜光政, 高棚, 饶松等. 2016. 中国大陆地区大地热流数据汇编(第四版). 地球物理学报, 59(8): 2892-2910, doi:10. 6038/cjg20160815.

Jiang G Z, Gao P, Rao S, et al. 2016. Compilation of heat flow data in the continental area of China (4th edition). *Chinese J. Geophys.* (in Chinese), 59(8): 2892-2910, doi:10. 6038/cjg20160815.

中国大陆地区大地热流数据汇编(第四版)

姜光政^{1,2}, 高棚^{1,2}, 饶松^{3*}, 张林友^{1,2}, 唐晓音⁴, 黄方⁵,

赵平⁶, 庞忠和¹, 何丽娟¹, 胡圣标¹, 汪集旸¹

1 中国科学院地质与地球物理研究所岩石圈演化国家重点实验室, 北京 100029

2 中国科学院大学, 北京 100049

3 长江大学油气资源与勘探技术教育部重点实验室, 武汉 430100

4 西安交通大学, 西安 710049

5 中国地震局地球物理研究所, 北京 100081

6 中国科学院青藏高原研究所, 北京 100101

摘要 大地热流是表征地球内部热状态的重要参数,也是进行岩石圈热结构、地球动力学研究和区域地热资源潜力评价的必要参数.大地热流的测量和数据汇编是地热学研究的一项重要基础性工作,目前我国已经分三版公开发表中国大陆地区大地热流数据 862 个,本文在第三版热流数据汇编的基础上,共计收集整理公开发表的热流数据 345 个,并在空白区开展了大地热流数据补充性测量,获得大地热流数据 23 个.本文将 2001 年以来新增的 368 个数据及第三版热流数据构建成中国大陆地区大地热流数据汇编(第四版).截止目前已汇编我国大陆地区热流数据 1230 个,其中 A、B、C 和 D 类数据分别占 49.3%、34.2%、12.6%和 3.9%,较第三版热流数据 A 类数据比重增加了 2.9%.基于现有汇编数据更新了中国大陆地区大地热流测点图并进行了统计分析.相较于第三版汇编数据,热流测量空白区面积已显著减小,热流测点覆盖率低和平面分布不均一的缺陷得到改善,本次汇编填补了西藏阿里、贵州省、广西省以及吉林省的热流测量空白区.新版热流数据统计表明,中国大陆地区(含渤海海域)热流值范围为 23~319 $\text{mW} \cdot \text{m}^{-2}$,平均值 $61.5 \pm 13.9 \text{ mW} \cdot \text{m}^{-2}$;除去受地下水活动影响强烈的 D 类数据,热流值范围 30~140 $\text{mW} \cdot \text{m}^{-2}$,平均值 $60.4 \pm 12.3 \text{ mW} \cdot \text{m}^{-2}$.本次大地热流数据汇编结果显示,我国大陆地区热流分布格局总体仍表现为:东高、中低,西南高、西北低.在西太平洋板块俯冲远程效应影响下,中国东部表现为一个高热流带,自东南沿海向东北方向一直延伸到东北地区的松辽盆地、长白山一带;受控于新生代欧亚板块和印度板块碰撞影响,青藏高原高热流区主要集中在雅鲁藏布江缝合带和南北向展布的裂谷带,总体热流值向北逐渐降低,并伴随局部的高热流区,如东北缘的共和盆地;中部地区新生代以来构造活动相对微弱,为中-低热流背景.

关键词 大地热流; 数据汇编; 热流测量; 中国大陆

doi:10. 6038/cjg20160815

中图分类号 P314

收稿日期 2016-01-27, 2016-05-13 收修定稿

基金项目 863 项目“干热岩热能开发与综合利用关键技术研究”(2012AA052801)子课题和中国石化集团新星石油有限责任公司“全国干热岩资源潜力评价与示范靶区研究”(ZC0607-0007)课题资助.

作者简介 姜光政,男,1987 年生,构造地质学专业博士生,主要研究方向:大地热流测量,地热资源评价,干热岩型地热资源靶区识别.

E-mail:guangzheng@mail.iggcas.ac.cn

*** 通讯作者** 饶松,男,1985 年生,博士,毕业于中国科学院地质与地球物理研究所,主要从事地热学与石油地质学的研究.

E-mail:raosong@mail.iggcas.ac.cn

Compilation of heat flow data in the continental area of China (4th edition)

JIANG Guang-Zheng^{1, 2}, GAO Peng^{1, 2}, RAO Song^{3*}, ZHANG Lin-You^{1, 2}, TANG Xiao-Yin⁴, HUANG Fang⁵, ZHAO Ping⁶, PANG Zhong-He¹, HE Li-Juan¹, HU Sheng-Biao¹, WANG Ji-Yang¹

- 1 State Key Laboratory of Lithospheric Evolution, Institute of Geology and Geophysics, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100029, China
- 2 University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China
- 3 Key Laboratory of Exploration Technologies for Oil and Gas Resources, Ministry of Education, Yangtze University, Wuhan 430100, China
- 4 Xi'an Jiaotong University, Xi'an 710049, China
- 5 Institute of Geophysics, China Earthquake Administration, Beijing 100081, China
- 6 The Institute of Tibetan Plateau Research, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100101, China

Abstract Terrestrial heat flow provides a direct surface indication of the thermal state within the Earth. It is a crucial parameter to reveal the lithospheric thermal structure, geodynamic processes and to evaluate the potential of geothermal resources. Measurements and compilations of heat flow data are considered as a fundamental work for geothermal study. Heat flow data in continental China have been published in three editions and the total number has reached 862 in 2001. Since then, no more compilation has been accomplished in the last 15 years. Upon the 3rd edition, 368 new heat flow data have been compiled in this paper as the 4th edition. We gathered 345 newly published data during 2002 to 2016, together with 23 newly measured heat flow values in the blank areas e. g. the hinter land of the Tibetan Plateau, Changbai Mountain etc. In this updated heat flow data set (4th edition), the total number of data has reached 1230 and the data categories for A, B, C and D account for 49.3 %, 34.2 %, 12.6 % and 3.9 %, respectively. The heat flow values range from 30 to 140 mW · m⁻² with a mean of 60.4 ± 12.3 mW · m⁻² excluded the data for category D. Based on the new data base, we updated the geographic distribution of heat flow sites in the continental area of China, which manifests significantly improvement on the coverage and the inhomogeneity of heat flows patial distribution. The overall heat flow pattern of in the continental area of China is featured as "high" in the eastern and southwestern areas while "low" in the central and northwestern parts. Affected by the far-field effect of the westward subduction of the pacific plate, the eastern high heat flow province extends from southeastern China to Songliao Basin and Changbai Mountain. Mainly controlled by the collision between the India Plate and the Eurasia Plate, the southwestern high heat flow province shows a belt distribution in the Yarlung-Zangbo Suture Zone in E-W direction and rift zones in S-N direction, meanwhile the values decreased from the south to the north. The central China, with relative weak tectonic activities since Cenozoic, is a low-medium heat flow province.

Keywords Heat flow; Data complication; Heat flow measurements; Continental China

1 引言

大地热流(简称热流)是地球内部热动力过程最直接的地表显示,反映了岩石圈的热状态和能量平衡,其中蕴涵着丰富的地质、地球物理和地球动力学信息(Furlong and Chapman,1987; Pollack et al. ,

1993; Sclater et al. ,1980),热流的分布与构造、岩浆活动和地壳的发育特点密切相关(Chapman and Furlong,1977; Chapman and Pollack,1975; Chapman and Rybach,1985);此外,大地热流数据作为评价地热资源潜力的必要参数也具有重要的社会经济价值(Majorowicz and Grasby,2010; Tester et al. ,2006).因而,大地热流数据的测量和汇编一直以来都是地

热研究中重要的基础性工作.

中国科学院地质研究所(现中国科学院地质与地球物理研究所)地热研究组自 1988 年首次开展热流数据汇编以来,一直延续着对我国热流数据汇编的传统,先后共三次汇编并公开发表了 862 个大地热流数据(其中有 46 个大地热流数据因未公开发表而没有列举)(胡圣标等,2001;汪集旻和黄少鹏,1988;1990);并不断在空白区域开展地热测量工作,为中国大陆地区岩石圈动力学研究和地热资源潜力评价积累了丰富的基础资料.

国际热流委员会(International Heat Flow Commission, IHFC)一直致力于收集和评价向其提交的全球热流数据,截止 2011 年 1 月更新的数据显示全球陆域共有大地热数据 35523 个,海域共有大地热流数据 23013 个(Davies, 2013; Davies and Davies, 2010). 中国大陆地区的热流数据部分为胡圣标等(2001)第三版汇编的 862 个数据,此后尽管有相当数量的热流数据公开发表,但均未收录到全球大地热数据库中;中国海域部分的热流数据为 Shi 等(2003)汇编结果,此后徐行等(2006)、米立军等(2009)、唐晓音等(2014)先后发表了中国南海海域热流数据. 2013 年国际热流委员会的报告强调将继续接受全球高质量的热流数据,构建全球热流数据库(Global Heat Flow Database, GHGDB),并敦促各国相关人员更新热流数据.

本次热流数据的汇编既是中国地热理论研究和生产实践的迫切需求,也是响应国际大地热委员会的号召参与构建全球热流数据库. 热流数据的及时汇编保证了数据的时效性,也是对我国大地热流研究成果的总结.

2 大地热流数据汇编及测量

新版热流数据汇编的数据编号和数据结构均延续第三版,即编号从 817 开始,其中 817-862 为补充的第三版汇编时未发表的数据,863 之后数据为本次汇编新增数据;数据结构仍延续第三版即包含序号、位置、经度、纬度、深度范围、地温梯度、热导率、实测热流值、校正热流值等 11 项基本参数(如表 1). 数据汇编所遵循的原则在延续第三版汇编的基础上,根据我国现有热流数据特征做出了以下两点修改:

(1) 数据质量分类在遵循第二版和第三版的基础上进行了修改,对于深度小于 100 m 钻孔中所获

得的热流数据不再将其归为质量较高的 A、B 类数据,因为深度小于 100 m 钻孔温度受地下水对流和地表温度扰动强烈.

(2) 热流数据收录时考虑数据本身的质量的同时也考虑热流数据分布的区域性,考虑到四川盆地、渤海湾盆地、塔里木盆地和准噶尔盆地这四个区域热流数据已经很丰富,该区域的 C 类和 D 类数据则暂不收录,如王良书等(2005)、邱楠生等(2009). 因为过多的质量参差不齐的数据相反会增加研究区热流的误差范围,降低高质量热流值的代表性.

根据我国热流数据测点分布不均的特征,针对我国热流数据分布较少的西藏阿里地区、青海共和盆地及东北地区开展了地热测量. 在以上地区依据稳态、准稳态测温曲线及原位的热导率测试数据计算得到了 A 类热流数据 19 个、B 类热流数据 2 个和 C 类热流数据 2 个. 其中,在西藏阿里海拔 5079 m 处获得了我国目前海拔最高的热流数据,在胶东半岛堪称我国“黄金第一钻”的黄金勘探钻孔获得华北造山带地区的深井热流数据(Jiang et al., 2016). 本次测量工作自 2009 年开始延续至今,既填补相当大面积的热流测量空白区,对区域热流分布格局也形成了更清楚的认识;尽管这些数据还没有公开发表,但考虑到地热理论研究和地热资源潜勘探评价对热流数据的迫切需要,本次汇编中我们给予收录,具体的数据我们也将陆续发表.

本次将汇编与测量的 368 个热流数据及第三版汇编数据汇编成了“中国大陆地区大地热流数据(第四版)”,如表 1.

3 标化图件的绘制

为了便于交流,本次汇编首次利用国内广泛应用的地理信息系统 MAPGIS6.7 平台(由武汉中地信息工程有限公司研制的具有自主版权的大型基础地理信息系统软件)在标准的 1:5000 万的 MAPGIS 底图上绘制了中国大陆地区大热流测点地理分布图(图 1). 热流测点地理分布图中以实心五角星和圆点分别表示本次汇编和此前的数据,并以不同的颜色表示热流值的范围. 热流测点包含了表 1 所汇编的 1230 个热流数据 11 项基本参数,在 MAPGIS6.7 平台可实现单个数据属性的查询,并能按属性(如数据质量、热流值等)、区域分别查询和统计分析,实现了数据的智能化视图和管理.

新版中国大陆地区大地热流测点地理分布图(图 1)

表 1 中国大陆地区大地热流数据汇编(续第三版)

Table 1 Compilation of heat flow data in the continental area of China (Continue to the 3rd edition)

编号	位置	东经	北纬	深度范围 (m)	地温梯度	热导率	热流值 (mW·m ⁻²)		质量 类别	数据来源
					G±SD	K±SD				
					(℃/km)	(W/(K·m))	实测值	校正值		
817	湖南衡阳	112°33′47″	26°40′25″	1100~1475	20.97±1.38	2.39	50.1		D	王钧等,1990
818	湖南祁阳	111°53′26″	26°27′20″	447~612	20.60±1.76	2.54±0.24	52.5		C	王钧等,1990
819	湖南祁阳	111°56′38″	26°25′06″	167~617	22.20±1.56	2.77±0.1	61.5		B	王钧等,1990
820	湖南祁阳	111°53′26″	26°25′06″	333~970	18.30±0.58	2.81±0.06	51.5		B	王钧等,1990
821	湖南祁阳	111°52′59″	26°27′35″	850~1360	20.36±0.84	2.33±0.53	47.4		C	王钧等,1990
822	广西桂参	112°43′56″	24°18′36″	2100~3000	27.76±0.79	2.14	59.4		C	王钧等,1990
823	湖南凤凰	109°33′0″	27°58′0″	280~460	14.24±1.41	2.50±0.06	36.5		D	王钧等,1990
824	湖南隆回	111°10′05″	27°07′38″	190~660	17.70±1.00	2.77±0.12	49.0		D	王钧等,1990
825	湖南隆回	111°07′47″	27°05′44″	150~635	18.50±0.99	2.59±0.05	48.0		C	王钧等,1990
826	湖南汉寿	111°57′0″	28°46′0″	556~1256	20.00±0.58	2.35±0.09	47.0		C	王钧等,1990
827	湖南邵阳	111°03′34″	26°55′29″	2141~2961	26.26±1.49	2.15±0.02	56.3		C	王钧等,1990
828	湖南邵阳	111°48′18″	27°14′09″	1419~1869	19.55±2.70	2.10±0.01	41.1		D	王钧等,1990
829	湖南涟源	111°46′0″	27°49′0″	650~1100	20.09±1.95	2.10±0.01	42.2		D	王钧等,1990
830	四川梓潼	105°06′0″	31°32′0″	1000~3000	23.55	2.44	57.5		C	王钧等,1990
831	四川梁平	107°36′0″	30°40′0″	2500~4000	14.14	3.66	51.8		B	王钧等,1990
832	四川武胜	106°08′0″	30°22′0″	5530~6010	14.38	3.61	51.9		C	王钧等,1990
833	四川合川	106°16′0″	30°00′0″	950~1200	25.60	2.44	62.5		B	王钧等,1990
834	四川江北	106°36′0″	29°50′0″	480~1680	17.25	3.66	63.1		C	王钧等,1990
835	四川合川	105°53′0″	28°54′0″	1770~2770	15.65	3.00	47.0		C	王钧等,1990
836	四川逢溪	105°34′0″	30°40′0″	100~1468	23.10	2.44	56.4		C	王钧等,1990
837	四川江油	104°47′0″	31°45′0″	60~1720	18.86	2.44	46.0		C	王钧等,1990
838	四川丰都	107°36′0″	30°08′0″	1080~2980	18.21	3.66	66.6		C	王钧等,1990
839	四川武胜	106°25′0″	30°28′0″	1420~2690	14.65	2.87	42.0		C	王钧等,1990
840	四川自贡	104°43′0″	29°21′0″	2200~2500	20.00	2.93	58.6		C	王钧等,1990
841	四川遂宁	105°41′0″	30°17′0″	1900~2400	24.20	2.57	62.2		C	王钧等,1990
842	四川浦江	103°27′0″	30°10′0″	2600~3600	21.90	2.68	58.7		B	王钧等,1990
843	四川什邡	104°10′0″	31°10′58″	1000~2700	17.82	2.39	42.6		C	王钧等,1990
844	四川盐亭	105°08′0″	31°15′0″	300~2600	24.13	2.39	57.7		D	王钧等,1990
845	四川遂宁	107°13′0″	29°55′0″	1000~4100	20.82	3.21	66.8		B	王钧等,1990
846	四川绵竹	104°05′26″	31°19′04″	3170~3940	17.48±2.32	3.23±0.14	56.5		B	王钧等,1990
847	四川江北	106°42′0″	29°57′0″	100~750	23.23	2.39	55.5		C	王钧等,1990
848	四川纳溪	105°25′0″	28°33′0″	2612~2960	20.98	2.93	61.5		B	王钧等,1990
849	四川南溪	105°01′0″	28°54′0″	735~2269	14.28	2.85	40.7		D	王钧等,1990
850	四川宜宾	104°24′0″	29°06′0″	2430~3400	24.33	2.92	71.0		C	王钧等,1990
851	四川信陵	106°23′0″	31°19′0″	1944~2260	27.53	2.43	66.9		D	王钧等,1990
852	四川达县	107°33′0″	31°09′0″	500~1800	19.38	3.21	62.2		C	王钧等,1990
853	四川忠县	107°58′0″	30°19′0″	3040~3698	18.69	3.07	57.4		D	王钧等,1990
854	四川苍溪	106°26′0″	32°06′0″	2350~2748	20.60	2.44	50.3		B	王钧等,1990

续表 1										
编号	位置	东经	北纬	深度范围 (m)	地温梯度	热导率	热流值 (mW·m ⁻²)		质量 类别	数据来源
					G±SD (℃/km)	K±SD (W/(K·m))	实测值	校正值		
855	四川江津	106°01′0″	28°58′0″	30~1310	14.18	2.95	41.8		C	王钧等,1990
856	四川南部	105°40′0″	31°17′0″	2500~2760	20.38	2.39	48.7		B	王钧等,1990
857	四川罗江	104°34′0″	31°16′0″	1750~4800	23.93	2.35	56.2		D	王钧等,1990
858	四川逢溪	105°52′0″	30°42′0″	700~1900	18.50	2.48	45.9		B	王钧等,1990
859	四川江安	105°11′0″	28°35′0″	1320~2420	17.18	3.00	51.5		B	王钧等,1990
860	四川纳溪	105°23′0″	28°47′0″	690~1970	20.47	2.84	58.1		D	王钧等,1990
861	四川长宁	104°57′0″	28°41′0″	1520~2440	11.20	3.00	32.6		D	王钧等,1990
862	四川泸县	105°37′0″	29°04′0″	1120~1620	19.10	2.57	49.1		B	王钧等,1990
863	渤海湾盆地	117°52′14″	38°52′58″	—	35.60	1.87	66.5		A	王良书等,2002
864	渤海湾盆地	118°02′01″	38°36′40″	—	30.60	1.99	61.0		A	王良书等,2002
865	渤海湾盆地	119°06′05″	38°15′52″	—	32.10	2.06	66.2		A	王良书等,2002
866	渤海湾盆地	119°28′16″	38°14′47″	—	37.10	2.04	75.6		A	王良书等,2002
867	渤海湾盆地	119°31′24″	38°23′57″	—	41.90	1.60	67.1		A	王良书等,2002
868	渤海湾盆地	120°04′08″	38°32′50″	—	35.50	2.10	74.6		A	王良书等,2002
869	渤海湾盆地	120°04′36″	38°48′02″	—	32.10	2.09	67.2		A	王良书等,2002
870	渤海湾盆地	120°46′30″	39°56′14″	—	31.40	2.09	65.7		A	王良书等,2002
871	济阳拗陷	116°50′	37°04′	1290~3500	28.00	1.89	52.9		A	龚育龄等,2003
872	济阳拗陷	117°24′	37°34′	900~2000	33.40	1.90	63.5		B	龚育龄等,2003
873	济阳拗陷	118°02′	37°55′	350~1300	33.40	2.06	68.8		A	龚育龄等,2003
874	济阳拗陷	118°05′	37°28′	400~1130	37.20	2.01	74.7		A	龚育龄等,2003
875	济阳拗陷	118°15′	37°36′	800~1800	30.60	2.15	65.8		A	龚育龄等,2003
876	济阳拗陷	118°15′	38°02′	500~1000	30.00	2.04	61.2		B	龚育龄等,2003
877	济阳拗陷	118°17′	37°35′	500~1850	32.30	2.19	70.8		A	龚育龄等,2003
878	济阳拗陷	118°37′	37°54′	400~1330	33.60	2.04	68.5		B	龚育龄等,2003
879	济阳拗陷	118°37′	37°55′	3200~3800	37.00	1.80	66.6		A	龚育龄等,2003
880	济阳拗陷	118°44′	37°54′	2000~2900	35.30	1.92	67.8		A	龚育龄等,2003
881	济阳拗陷	118°56′	38°13′	2200~3400	30.00	1.92	57.5		A	龚育龄等,2003
882	济阳拗陷	118°58′	37°52′	2750~2850	34.80	2.09	72.7		B	龚育龄等,2003
883	济阳拗陷	118°58′	38°01′	2700~3800	31.80	2.06	65.6		A	龚育龄等,2003
884	辽河盆地	123°13′42″	39°55′58″	1050~3000	37.4±0.66	1.46	54.8		A	王永新等,2003
885	辽河盆地	123°58′10″	40°29′08″	1450~2100	39.5±1.40	1.59	62.8		A	王永新等,2003
886	辽河盆地	124°05′12″	40°35′59″	2750~3033	30.7±1.22	1.61	49.5		A	王永新等,2003
887	辽河盆地	124°01′06″	40°31′50″	2200~3200	43.7±2.71	1.31	57.1		A	王永新等,2003
888	辽河盆地	123°10′33″	39°55′32″	2025~2325	36.4±0.33	1.66	60.2		A	王永新等,2003
889	辽河盆地	123°33′24″	40°04′18″	1725~2107	36.0±0.00	1.63	58.8		A	王永新等,2003
890	辽河盆地	123°24′21″	40°01′39″	2854~3300	43.2±0.88	1.6207	70.0		A	王永新等,2003
891	辽河盆地	123°34′45″	40°05′04″	1001~500	35.6±1.28	1.5516	55.3		A	王永新等,2003
892	辽河盆地	123°38′53″	40°08′19″	1200~1700	38.5±1.21	1.5516	59.8		A	王永新等,2003
893	辽河盆地	123°43′54″	40°18′38″	1100~1441	33.0±2.42	1.5675	51.7		A	王永新等,2003

续表 1										
编号	位置	东经	北纬	深度范围 (m)	地温梯度	热导率	热流值 (mW · m ⁻²)		质量 类别	数据来源
					G±SD (℃/km)	K±SD (W/(K · m))	实测值	校正值		
894	柴达木盆地	90°53′28″	38°20′09″	20~800	28.65	1.892	57.6		A	Qiu, 2003
895	柴达木盆地	90°53′28″	38°20′09″	360~800	29.32	1.741	51.0		A	Qiu, 2003
896	柴达木盆地	91°10′43″	38°20′09″	420~800	30.80	1.734	53.0		A	Qiu, 2003
897	柴达木盆地	91°16′50″	37°57′07″	60~800	33.92	1.54	52.2		A	Qiu, 2003
898	柴达木盆地	91°40′22″	37°53′36″	100~800	38.13	1.801	70.4		A	Qiu, 2003
899	柴达木盆地	92°45′28″	37°46′34″	20~5640	32.00	2.01	64.5		A	Qiu, 2003
900	柴达木盆地	92°26′10″	37°55′35″	60~340	37.80	1.582	66.0		A	Qiu, 2003
901	柴达木盆地	90°20′45″	38°39′48″	140~220	28.75	2.129	61.0		A	Qiu, 2003
902	柴达木盆地	95°06′41″	37°22′31″	100~2800	25.70	1.49	40.7		A	Qiu, 2003
903	柴达木盆地	92°03′25″	36°24′48″	360~860	24.40	1.988	48.5		A	Qiu, 2003
904	柴达木盆地	92°09′51″	38°13′27″	10~4040	27.00	2.03	54.9		B	Qiu, 2003
905	柴达木盆地	90°43′48″	38°10′28″	0~2776	29.50	1.91	56.2		B	Qiu, 2003
906	柴达木盆地	91°48′11″	38°14′42″	2625~4182	24.00	2.51	60.3		B	Qiu, 2003
907	柴达木盆地	91°49′07″	38°31′12″	1844~4500	24.00	2.25	54.0		B	Qiu, 2003
908	柴达木盆地	91°49′41″	38°33′0″	712~1182	20.30	3.158	64.1		B	Qiu, 2003
909	柴达木盆地	93°21′27″	38°32′59″	1570~2890	18.10	2.669	48.2		B	Qiu, 2003
910	柴达木盆地	94°40′16″	38°39′54″	460~620	17.10	2.101	35.9		B	Qiu, 2003
911	柴达木盆地	91°24′56″	37°52′59″	102~1250	30.30	1.936	58.6		B	Qiu, 2003
912	柴达木盆地	93°23′05″	38°22′27″	1022~1650	33.00	1.3	42.9		B	Qiu, 2003
913	柴达木盆地	94°28′13″	38°43′09″	250~1400	33.80	1.155	39.0		B	Qiu, 2003
914	柴达木盆地	94°20′22″	37°21′34″	382~1115	34.00	1.532	52.1		B	Qiu, 2003
915	柴达木盆地	94°12′46″	37°17′24″	1032~1498	34.20	1.408	48.0		B	Qiu, 2003
916	柴达木盆地	90°52′46″	38°19′39″	3998~5683	23.00	2.356	54.2		B	Qiu, 2003
917	柴达木盆地	94°24′23″	38°19′51″	318~875	25.80	1.764	45.5		B	Qiu, 2003
918	柴达木盆地	92°20′45″	37°24′52″	0~3098	29.90	2.03	60.7		B	Qiu, 2003
919	柴达木盆地	91°17′24″	37°22′31″	2450~3305	22.00	2.524	55.5		B	Qiu, 2003
920	柴达木盆地	91°14′30″	37°51′26″	1186~1521	28.00	2.221	62.2		B	Qiu, 2003
921	柴达木盆地	94°11′01″	37°54′09″	10~2770	26.30	2.1	55.2		B	Qiu, 2003
922	柴达木盆地	94°12′08″	37°55′26″	1793~2908	27.50	1.95	53.5		B	Qiu, 2003
923	柴达木盆地	91°00′24″	37°55′30″	25~870	17.30	1.902	32.9		B	Qiu, 2003
924	柴达木盆地	95°09′39″	38°29′15″	135~348	30.80	1.692	52.1		B	Qiu, 2003
925	柴达木盆地	90°57′39″	37°13′14″	1200~1815	30.00	1.96	58.8		B	Qiu, 2003
926	柴达木盆地	90°54′55″	38°03′05″	1780~2130	32.00	1.957	62.6		B	Qiu, 2003
927	柴达木盆地	90°55′48″	38°10′04″	3669~3935	25.50	2.241	57.1		B	Qiu, 2003
928	柴达木盆地	91°01′41″	38°07′59″	3516~3701	32.10	2.12	68.0		A	Qiu, 2003
929	柴达木盆地	91°00′30″	38°01′46″	1360~2001	30.00	2.18	65.5		B	Qiu, 2003
930	柴达木盆地	91°24′33″	38°03′01″	1936~4311	26.50	1.789	53.7		B	Qiu, 2003
931	柴达木盆地	91°18′24″	38°15′45″	1977~3002	28.20	2.153	60.7		B	Qiu, 2003
932	柴达木盆地	91°24′42″	38°13′18″	1720~2020	28.20	1.943	54.8		B	Qiu, 2003

续表 1

编号	位置	东经	北纬	深度范围 (m)	地温梯度	热导率	热流值		质量 类别	数据来源
					G±SD	K±SD	(mW·m ⁻²)			
					(C/km)	(W/(K·m))	实测值	校正值		
933	海拉尔盆地	116°27′48″	47°54′57″	211~2723	31.00	1.62	50.4		B	崔军平,2004
934	海拉尔盆地	117°43′31″	49°20′11″	1289~2061	32.00	1.55	49.7		B	崔军平,2004
935	海拉尔盆地	118°25′08″	49°11′13″	840~1353	35.00	1.46	51.1		B	崔军平,2004
936	海拉尔盆地	118°01′12″	48°52′48″	1112~1790	40.00	1.6	63.9		B	崔军平,2004
937	海拉尔盆地	117°57′52″	48°33′57″	1034~1686	35.00	1.7	59.4		B	崔军平,2004
938	海拉尔盆地	117°47′01″	48°13′25″	2328~2856	37.00	1.64	60.8		B	崔军平,2004
939	海拉尔盆地	117°55′29″	48°35′35″	1142~1693	37.00	1.63	60.5		B	崔军平,2004
940	海拉尔盆地	117°39′20″	48°07′33″	1572~1826	28.00	1.51	42.2		B	崔军平,2004
941	海拉尔盆地	117°42′09″	48°07′49″	1532~1777	31.00	1.53	47.5		B	崔军平,2004
942	海拉尔盆地	117°44′12″	48°34′14″	1316~1451	35.00	1.67	58.4		B	崔军平,2004
943	海拉尔盆地	117°48′48″	48°34′35″	1382~1815	38.00	1.6	60.8		B	崔军平,2004
944	海拉尔盆地	117°43′07″	48°32′20″	1761~2261	31.00	1.7	52.6		B	崔军平,2004
945	海拉尔盆地	117°48′23″	48°31′12″	1585~2225	34.00	1.6	54.4		B	崔军平,2004
946	海拉尔盆地	117°50′44″	48°35′27″	1409~2036	36.00	1.6	57.5		B	崔军平,2004
947	海拉尔盆地	117°46′33″	48°34′21″	1424~2108	32.00	1.66	53.2		B	崔军平,2004
948	海拉尔盆地	117°45′08″	48°31′08″	1673~2100	36.00	1.62	58.4		B	崔军平,2004
949	海拉尔盆地	117°51′12″	48°32′58″	1453~2015	35.00	1.55	54.2		B	崔军平,2004
950	海拉尔盆地	117°38′33″	48°09′55″	1350~1746	30.00	1.57	47.0		B	崔军平,2004
951	海拉尔盆地	116°56′28″	47°58′45″	1234~1487	33.00	1.65	54.6		B	崔军平,2004
952	海拉尔盆地	117°21′06″	48°06′59″	1493~2195	30.00	1.61	48.4		B	崔军平,2004
953	海拉尔盆地	117°41′05″	48°09′19″	2264~2609	34.00	1.62	55.1		B	崔军平,2004
954	海拉尔盆地	119°00′18″	48°09′09″	1493~1817	35.00	1.64	57.5		B	崔军平,2004
955	海拉尔盆地	118°39′09″	48°02′54″	1775~2400	35.00	1.39	55.6		B	崔军平,2004
956	二连盆地	115°56′54″	44°45′41″	—	32	1.8	57.5		B	肖伟等,2004
957	二连盆地	115°58′27″	44°48′22″	—	36.9	1.79	66.0		B	肖伟等,2004
958	二连盆地	116°27′15″	45°33′50″	—	31	1.79	55.6		B	肖伟等,2004
959	二连盆地	116°59′15″	44°10′14″	—	24	1.8	43.1		B	肖伟等,2004
960	广西北海市	108°58′11″	21°37′07″	123~2540	21.10	2.43	47.3		B	吴少斌等,2005
961	广西北海市	108°59′44″	21°37′28″	914~2404	40.20	1.55	57.6		B	吴少斌等,2005
962	四川盆地	106°06′22″	32°03′43″	150~5550	24.00	2.23	54.0		A	卢庆治等,2005
963	四川盆地	106°20′18″	32°12′14″	1947~6006	25.00	2.26	57.0		A	卢庆治等,2005
964	四川盆地	106°42′00″	31°45′00″	2574~4000	22.00	1.95	43.0		A	卢庆治等,2005
965	四川盆地	107°09′00″	32°09′00″	3890~5010	20.00	2.49	50.0		A	卢庆治等,2005
966	四川盆地	107°45′27″	31°19′14″	3783~5435	22.00	2.31	51.0		A	卢庆治等,2005
967	四川盆地	107°49′36″	31°40′26″	2224~4112	18.00	2.48	45.0		A	卢庆治等,2005
968	四川盆地	107°51′53″	31°41′32″	3347~4599	18.00	2.27	41.0		A	卢庆治等,2005
969	四川盆地	107°52′47″	31°13′33″	2381~3861	20.00	2.23	45.0		A	卢庆治等,2005
970	四川盆地	107°56′20″	31°18′48″	3618~4323	21.00	2.19	46.0		A	卢庆治等,2005
971	四川盆地	107°57′58″	31°21′38″	3488~5243	23.00	2.33	54.0		A	卢庆治等,2005

续表 1										
编号	位置	东经	北纬	深度范围 (m)	地温梯度	热导率	热流值 (mW·m ⁻²)		质量 类别	数据来源
					G±SD (℃/km)	K±SD (W/(K·m))	实测值	校正值		
972	四川盆地	108°02′00″	31°27′00″	1521~4678	22.00	2.31	51.0		A	卢庆治等,2005
973	四川盆地	108°00′00″	31°23′56″	4147~4744	21.00	2.26	47.0		A	卢庆治等,2005
974	江汉盆地	111°50′32″	31°18′29″	2090~2900	19.70	2.32	45.8		B	袁玉松等,2006
975	江汉盆地	112°02′35″	30°41′34″	2400~5010	25.70	2.58	66.4		B	袁玉松等,2006
976	江汉盆地	112°28′08″	30°45′16″	20~960	20.60	2.09	43.0		B	袁玉松等,2006
977	江汉盆地	112°00′13″	30°24′28″	80~3500	20.60	2.49	51.2		B	袁玉松等,2006
978	江汉盆地	112°50′55″	30°09′24″	2160~2600	27.90	2.22	61.8		B	袁玉松等,2006
979	沁水盆地	113°13′35″	37°54′45″	—	27.50	2.12	58.4		A	孙占学等,2006
980	沁水盆地	113°13′31″	37°55′47″	—	31.20	2.06	64.1		A	孙占学等,2006
981	沁水盆地	113°11′22″	37°55′55″	—	25.40	2.14	54.5		A	孙占学等,2006
982	沁水盆地	113°11′46″	37°51′56″	—	22.30	2.12	47.2		A	孙占学等,2006
983	沁水盆地	113°17′54″	37°53′47″	—	20.90	2.17	45.4		A	孙占学等,2006
984	沁水盆地	113°16′41″	37°55′18″	—	27.80	2.24	62.2		A	孙占学等,2006
985	沁水盆地	113°14′49″	37°50′36″	—	26.00	2.06	52.9		A	孙占学等,2006
986	沁水盆地	113°14′30″	37°56′16″	—	20.90	2.14	44.8		A	孙占学等,2006
987	沁水盆地	113°05′41″	37°52′36″	—	47.60	2.14	101.8		A	孙占学等,2006
988	沁水盆地	112°40′52″	35°50′15″	—	35.50	2.11	74.7		A	孙占学等,2006
989	沁水盆地	112°33′40″	35°39′55″	—	32.80	2.11	69.1		A	孙占学等,2006
990	沁水盆地	112°42′27″	35°54′43″	—	44.20	2.11	93.1		A	孙占学等,2006
991	沁水盆地	112°37′58″	35°37′21″	—	29.50	2.11	62.0		A	孙占学等,2006
992	沁水盆地	112°38′10″	35°46′42″	—	34.70	2.11	73.1		A	孙占学等,2006
993	沁水盆地	113°04′36″	37°18′06″	—	26.10	2.14	55.8		A	孙占学等,2006
994	沁水盆地	112°13′00″	36°49′30″	—	21.30	2.14	45.5		A	孙占学等,2006
995	沁水盆地	112°14′01″	36°01′58″	—	21.7	3.17	68.8		A	孙占学等,2006
996	沁水盆地	112°17′55″	36°02′05″	—	23.2	2.79	64.7		A	孙占学等,2006
997	沁水盆地	112°33′00″	36°34′38″	—	24	2.03	48.7		A	孙占学等,2006
998	沁水盆地	112°20′08″	36°40′07″	—	20.5	3.26	66.7		A	孙占学等,2006
999	苏北盆地	120°31′	32°04′	20~2385	29.30	2.59	76.0		A	袁玉松等,2006
1000	苏北盆地	119°01′	32°51′	1234~3550	16.60	3.95	65.5		A	袁玉松等,2006
1001	苏北盆地	118°40′12″	34°24′36″	0~5000	24.80	2.81	69.7		A	何丽娟等,2006
1002	塔里木盆地	76°32′57″	38°53′13″	150~4000	17.90	1.93	34.5		A	冯昌格等,2009
1003	塔里木盆地	78°00′49″	39°24′07″	500~4155	20.00	2.02	40.6		A	冯昌格等,2009
1004	塔里木盆地	78°01′50″	39°23′23″	250~4000	22.00	2.26	49.7		A	冯昌格等,2009
1005	塔里木盆地	78°02′50″	39°26′38″	100~2350	21.80	1.98	43.2		A	冯昌格等,2009
1006	塔里木盆地	78°03′16″	39°26′21″	100~2550	23.50	1.84	43.3		A	冯昌格等,2009
1007	塔里木盆地	79°18′01″	37°06′20″	4300~5200	16.20	2.17	35.3		A	冯昌格等,2009
1008	塔里木盆地	82°14′45″	38°35′51″	300~4900	19.80	2.00	39.6		A	冯昌格等,2009
1009	塔里木盆地	82°19′15″	41°26′44″	5000~6147	14.80	2.14	31.7		A	冯昌格等,2009
1010	塔里木盆地	82°29′21″	41°20′50″	5350~5630	15.50	2.65	41.0		A	冯昌格等,2009

续表 1										
编号	位置	东经	北纬	深度范围 (m)	地温梯度	热导率	热流值 (mW·m ⁻²)		质量 类别	数据来源
					G±SD (℃/km)	K±SD (W/(K·m))	实测值	校正值		
1011	塔里木盆地	83°06′29.8″	40°06′02″	3720~4072	21.10	1.65	34.8		A	冯昌格等,2009
1012	塔里木盆地	83°31′02″	41°13′55″	5250~5500	21.40	2.31	49.4		A	冯昌格等,2009
1013	塔里木盆地	83°35′31″	41°45′27″	75~6291	19.70	2.23	44.0		A	冯昌格等,2009
1014	塔里木盆地	83°46′30″	41°00′05″	3650~6500	17.50	2.18	38.2		A	冯昌格等,2009
1015	塔里木盆地	83°49′01″	41°19′12″	4500~5700	22.40	2.05	45.9		A	冯昌格等,2009
1016	塔里木盆地	83°52′09″	41°31′04″	3700~6100	16.60	1.85	30.8		A	冯昌格等,2009
1017	塔里木盆地	83°55′41″	38°48′39″	5000~6370	16.60	3.80	63.0		A	冯昌格等,2009
1018	塔里木盆地	83°57′15″	41°20′05″	4150~5280	15.80	1.94	30.7		A	冯昌格等,2009
1019	塔里木盆地	83°59′44″	41°19′28″	4000~5500	19.20	1.95	37.4		A	冯昌格等,2009
1020	塔里木盆地	83°59′50″	41°31′56″	3700~5770	19.10	1.77	33.8		A	冯昌格等,2009
1021	塔里木盆地	84°02′57″	41°21′22″	4500~5750	25.00	2.11	52.9		A	冯昌格等,2009
1022	塔里木盆地	84°06′43″	41°09′50″	3800~5600	19.30	2.24	43.2		A	冯昌格等,2009
1023	塔里木盆地	84°08′00″	41°18′05″	300~2245	22.60	1.36	30.8		A	冯昌格等,2009
1024	塔里木盆地	84°22′47″	38°37′14″	1900~6080	20.20	2.77	56.0		A	冯昌格等,2009
1025	塔里木盆地	84°26′05″	41°33′34″	100~5000	18.30	1.43	26.2		A	冯昌格等,2009
1026	塔里木盆地	84°27′15″	41°17′26″	4200~4500	24.60	1.78	43.7		A	冯昌格等,2009
1027	塔里木盆地	84°27′17″	41°16′36″	4000~4500	19.50	1.78	34.7		A	冯昌格等,2009
1028	塔里木盆地	88°05′56″	40°18′06″	100~3820	20.50	1.84	37.7		A	冯昌格等,2009
1029	塔里木盆地	81°51′11″	39°56′09″	—	19.4	1.686	32.7		C	冯昌格等,2009
1030	塔里木盆地	84°21′33″	40°06′56″	—	20.7	1.7	35.2		C	冯昌格等,2009
1031	塔里木盆地	87°37′42″	39°40′32″	—	25	2.341	58.5		C	冯昌格等,2009
1032	塔里木盆地	86°38′48″	39°14′04″	—	28.3	2.31	65.4		C	冯昌格等,2009
1033	塔里木盆地	83°38′05″	39°26′51″	—	22	2.086	45.9		C	冯昌格等,2009
1034	塔里木盆地	84°37′06″	39°23′49″	—	24.4	1.996	48.7		C	冯昌格等,2009
1035	塔里木盆地	84°16′28″	38°15′24″	—	24.3	1.933	47.0		C	冯昌格等,2009
1036	塔里木盆地	83°50′10″	38°36′54″	—	26	2.136	55.5		C	冯昌格等,2009
1037	塔里木盆地	79°35′12″	39°47′23″	—	18.2	3.048	55.5		C	冯昌格等,2009
1038	塔里木盆地	80°47′07″	39°34′07″	—	19.7	2.562	50.5		C	冯昌格等,2009
1039	塔里木盆地	81°20′30″	40°46′39″	—	22.5	1.43	32.2		C	冯昌格等,2009
1040	江汉盆地	112°08′26″	30°13′43″	0~3304	28.36	1.90	53.9		A	徐明等,2010
1041	江汉盆地	112°37′02″	30°29′29″	0~2203	33.90	1.54	52.2		A	徐明等,2010
1042	江汉盆地	112°41′28″	30°23′31″	0~1385	33.48	1.54	51.6		A	徐明等,2010
1043	江汉盆地	112°42′27″	30°29′47″	0~1870	35.30	1.54	54.4		A	徐明等,2010
1044	江汉盆地	112°48′06″	30°24′13″	0~1755	34.60	1.54	53.3		A	徐明等,2010
1045	江汉盆地	112°51′20″	30°13′49″	0~1711	39.32	1.55	60.9		A	徐明等,2010
1046	江汉盆地	112°58′54″	30°17′01″	0~2160	29.04	1.82	52.9		A	徐明等,2010
1047	江汉盆地	113°11′36″	30°26′13″	0~1100	35.60	1.28	45.6		A	徐明等,2010
1048	江汉盆地	113°12′46″	30°24′38″	0~436	32.70	1.28	41.9		A	徐明等,2010
1049	淮北煤田	116°36′42″	33°40′08″	242~669	20.40	2.39	48.8		A	谭静强等,2010

续表 1										
编号	位置	东经	北纬	深度范围 (m)	地温梯度	热导率	热流值 (mW · m ⁻²)		质量 类别	数据来源
					G±SD (℃/km)	K±SD (W/(K · m))	实测值	校正值		
1050	淮北煤田	116°39′30″	33°40′37″	217~492	22.20	2.43	54.0		A	谭静强等,2010
1051	淮北煤田	116°37′38″	33°37′29″	219~503	22.20	2.54	56.4		A	谭静强等,2010
1052	淮北煤田	116°42′05″	33°24′58″	378~645	25.50	2.41	61.5		A	谭静强等,2010
1053	淮北煤田	116°46′45″	33°24′17″	347~867	25.80	2.41	56.8		A	谭静强等,2010
1054	淮北煤田	116°45′35″	33°26′57″	324~800	24.60	2.28	62.2		A	谭静强等,2010
1055	淮北煤田	116°17′23″	33°28′22″	349~1251	26.60	2.42	59.6		A	谭静强等,2010
1056	淮北煤田	116°47′27″	33°31′58″	278~1065	26.80	2.42	64.9		A	谭静强等,2010
1057	淮北煤田	117°06′56″	33°23′16″	878~1296	30.60	2.43	74.4		A	谭静强等,2010
1058	淮北煤田	117°06′56″	33°23′08″	369~725	28.90	2.42	69.9		A	谭静强等,2010
1059	淮北煤田	117°03′54″	33°29′11″	282~1278	22.90	2.46	56.3		A	谭静强等,2010
1060	淮北煤田	117°00′56″	33°24′58″	330~1140	25.00	2.47	61.8		B	谭静强等,2010
1061	淮北煤田	117°11′06″	33°34′58″	200~900	20.00	2.46	49.2		B	谭静强等,2010
1062	四川盆地	103°51′43″	31°13′57″	0~4810	22.40	2.85	63.9		A	徐明等,2011a
1063	四川盆地	104°18′18″	30°40′05″	0~3301	24.00	2.30	55.3		A	徐明等,2011a
1064	四川盆地	104°31′37″	30°55′03″	0~3280	22.40	2.61	58.3		A	徐明等,2011a
1065	四川盆地	104°56′31″	29°42′22″	0~1540	22.60	2.84	64.2		A	徐明等,2011a
1066	四川盆地	106°01′08″	31°31′23″	0~3020	22.00	2.59	57.0		A	徐明等,2011a
1067	四川盆地	106°40′18″	28°35′34″	0~3340	24.50	2.55	60.3		A	徐明等,2011a
1068	四川盆地	107°30′48″	31°24′34″	0~1340	20.60	2.65	54.5		A	徐明等,2011a
1069	四川盆地	107°35′40″	31°25′34″	0~2252	22.20	2.50	55.5		A	徐明等,2011a
1070	四川盆地	107°48′51″	31°32′04″	0~1801	23.10	2.38	55.0		A	徐明等,2011a
1071	四川盆地	102°39′14″	33°27′30″	0~7000	32.15	2.95	94.7		A	徐明等,2011b
1072	贵州	106°45′43″	26°37′27″	0~1922	22.42	2.32	67.2		B	邬立等,2012
1073	贵州	106°45′29″	26°37′55″	0~2193	23.00	2.32	63.4		B	邬立等,2012
1074	准噶尔盆地	85°16′52″	45°11′30″	100~2625	19.93	1.93	38.5		A	饶松等,2013
1075	准噶尔盆地	86°59′00″	44°10′41″	1000~2200	15.41	2.08	32.0		A	饶松等,2013
1076	准噶尔盆地	86°28′34″	45°43′38″	100~2680	23.85	1.88	44.8		A	饶松等,2013
1077	准噶尔盆地	88°00′25″	44°51′19″	1500~2600	20.26	1.84	37.2		A	饶松等,2013
1078	准噶尔盆地	88°09′39″	44°58′55″	1200~2550	23.80	2.00	47.6		A	饶松等,2013
1079	准噶尔盆地	88°10′37″	44°58′54″	1200~2400	25.31	1.99	50.4		A	饶松等,2013
1080	准噶尔盆地	88°25′14″	44°11′28″	150~2950	21.66	2.04	44.2		A	饶松等,2013
1081	准噶尔盆地	88°32′33″	44°14′15″	160~1860	21.28	1.84	39.2		A	饶松等,2013
1082	准噶尔盆地	88°32′33″	44°48′43″	300~4200	19.36	2.00	38.8		A	饶松等,2013
1083	准噶尔盆地	88°34′19″	44°14′15″	1375~1445	20.69	2.23	46.2		A	饶松等,2013
1084	准噶尔盆地	88°49′11″	45°08′06″	500~2380	25.60	2.19	56.1		A	饶松等,2013
1085	安徽马尾巴山	118°50′20″	31°09′10″	90~320	24.74	3.35	82.9		B	王伟和刘建刚,2013
1086	安徽马尾巴山	118°50′19″	31°09′09″	80~220	21.00	3.35	70.4		B	王伟和刘建刚,2013
1087	安徽马尾巴山	118°50′19″	31°09′09″	60~300	23.85	3.35	79.9		B	王伟和刘建刚,2013
1088	银额盆地	106°26′46″	41°37′37″	0~3508	32.00	2.17	69.4		A	左银辉等,2013

续表 1										
编号	位置	东经	北纬	深度范围 (m)	地温梯度	热导率	热流值 (mW·m ⁻²)		质量 类别	数据来源
					G±SD (℃/km)	K±SD (W/(K·m))	实测值	校正值		
1089	银额盆地	106°30′18″	41°39′47″	3150~4100	32.40	2.35	76.1		A	左银辉等,2013
1090	银额盆地	106°33′54″	41°42′43″	500~1148	38.00	2.25	85.5		A	左银辉等,2013
1091	银额盆地	106°30′54″	41°33′25″	1146~1900	36.30	2.16	78.4		B	左银辉等,2013
1092	银额盆地	106°33′25″	41°35′10″	1122~1175	37.70	2.16	81.4		B	左银辉等,2013
1093	银额盆地	106°35′17″	41°39′18″	2795~2826	31.50	2.23	70.2		B	左银辉等,2013
1094	银额盆地	106°31′55″	41°35′20″	2850~3340	30.80	2.33	71.8		B	左银辉等,2013
1095	银额盆地	106°36′54″	41°43′26″	0~1550	32.90	2.17	71.4		B	左银辉等,2013
1096	银额盆地	106°36′14″	41°38′13″	0~1422	30.50	2.16	65.9		C	左银辉等,2013
1097	西藏双湖	88°22′12″	33°53′26″	300~900	15.50	3.01	46.7		A	He et al. , 2014
1098	河北雄县	116°06′31″	39°01′53″	400~900	46.60	1.72	80.6		B	李卫卫等,2014
1099	河北雄县	116°05′43″	39°00′31″	400~800	55.30	1.72	95.1		B	李卫卫等,2014
1100	河北雄县	116°06′34″	39°00′33″	400~1000	48.80	1.72	83.9		B	李卫卫等,2014
1101	河北雄县	116°06′32″	39°00′03″	400~800	47.50	1.72	82.2		B	李卫卫等,2014
1102	河北雄县	116°04′44″	38°58′50″	300~800	66.20	1.72	113.9		B	李卫卫等,2014
1103	河北雄县	116°05′55″	38°59′12″	400~800	51.50	1.72	88.6		B	李卫卫等,2014
1104	河北雄县	116°13′17″	39°08′25″	400~800	49.20	1.72	82.7		B	李卫卫等,2014
1105	河北容城	115°52′53″	39°00′05″	300~800	38.80	1.72	66.7		B	李卫卫等,2014
1106	河北容城	115°52′39″	39°03′05″	300~800	31.40	1.72	54.0		B	李卫卫等,2014
1107	河北容城	115°51′31″	39°02′43″	300~800	41.10	1.72	70.6		B	李卫卫等,2014
1108	淮南煤田	116°51′02″	32°47′43″	0~1050	29.03	2.34	67.9		A	任自强等,2015
1109	淮南煤田	116°55′11″	32°46′34″	0~1000	28.04	2.34	65.6		A	任自强等,2015
1110	淮南煤田	116°52′06″	32°48′04″	0~1000	28.44	2.33	66.3		A	任自强等,2015
1111	淮南煤田	116°45′16″	32°49′03″	0~1000	30.96	2.34	72.4		B	任自强等,2015
1112	淮南煤田	116°46′49″	32°51′18″	0~750	31.15	2.40	74.8		B	任自强等,2015
1113	淮南煤田	116°42′59″	32°53′17″	0~1150	28.86	2.36	68.1		B	任自强等,2015
1114	淮南煤田	116°49′25″	32°52′32″	0~1150	27.02	2.30	62.1		B	任自强等,2015
1115	淮南煤田	116°39′11″	32°51′44″	0~800	28.99	2.30	66.7		B	任自强等,2015
1116	淮南煤田	116°35′51″	32°47′57″	0~900	29.95	2.39	71.6		A	任自强等,2015
1117	淮南煤田	116°27′44″	32°45′44″	0~900	28.68	2.30	66.0		A	任自强等,2015
1118	淮南煤田	116°21′40″	32°46′40″	0~800	24.66	2.35	57.9		A	任自强等,2015
1119	淮南煤田	116°16′20″	32°49′05″	0~800	28.01	2.39	66.9		A	任自强等,2015
1120	淮南煤田	116°04′45″	32°53′03″	0~800	24.97	2.37	59.2		A	任自强等,2015
1121	淮南煤田	116°10′30″	32°51′06″	0~800	25.12	2.34	58.8		B	任自强等,2015
1122	淮南煤田	116°11′50″	32°54′09″	0~800	25.03	2.39	59.8		B	任自强等,2015
1123	淮南煤田	116°24′15″	32°52′15″	0~1050	26.98	2.39	64.5		B	任自强等,2015
1124	淮南煤田	116°22′22″	32°45′11″	0~1250	21.01	2.39	50.2		B	任自强等,2015
1125	淮南煤田	116°33′06″	32°43′14″	0~790	33.97	2.47	83.9		B	任自强等,2015
1126	淮南煤田	116°36′43″	32°41′46″	0~790	29.99	2.30	69.0		A	任自强等,2015
1127	淮南煤田	116°52′12″	32°39′20″	0~1050	21.52	2.44	52.5		B	任自强等,2015

续表 1										
编号	位置	东经	北纬	深度范围 (m)	地温梯度	热导率	热流值		质量 类别	数据来源
					G±SD	K±SD	(mW·m ⁻²)			
					(℃/km)	(W/(K·m))	实测值	校正值		
1128	淮南煤田	116°54′06″	32°36′45″	0~1000	13.01	2.45	31.9		A	任自强等,2015
1129	淮北煤田	117°08′37″	33°34′56″	238~958	19.2	2.25	43.3		B	彭涛等,2015
1130	淮北煤田	117°09′24″	33°28′19″	231~967	20.2	2.42	48.8		B	彭涛等,2015
1131	淮北煤田	117°09′18″	33°26′04″	301~793	19.1	2.39	45.7		B	彭涛等,2015
1132	淮北煤田	117°12′23″	33°32′16″	201~1160	17.4	2.42	42.0		A	彭涛等,2015
1133	淮北煤田	117°00′52″	33°28′04″	221~1163	25.6	2.35	60.2		A	彭涛等,2015
1134	淮北煤田	116°59′28″	33°33′29″	216~694	25.2	2.40	60.6		B	彭涛等,2015
1135	淮北煤田	116°53′24″	33°29′24″	231~1002	18.9	2.23	42.1		B	彭涛等,2015
1136	淮北煤田	116°52′20″	33°27′51″	236~1000	19	2.27	43.2		B	彭涛等,2015
1137	淮北煤田	117°04′44″	33°23′53″	430~806	28	2.37	66.5		B	彭涛等,2015
1138	淮北煤田	117°04′53″	33°25′40″	366~758	26	2.43	63.1		B	彭涛等,2015
1139	淮北煤田	117°00′44″	33°24′53″	380~816	27	2.45	66.2		A	彭涛等,2015
1140	淮北煤田	116°37′39″	33°33′09″	270~741	25.5	2.42	61.7		B	彭涛等,2015
1141	淮北煤田	116°39′00″	33°34′48″	280~1175	22.8	2.39	54.6		B	彭涛等,2015
1142	淮北煤田	116°47′12″	33°25′15″	336~1000	25.4	2.33	59.2		A	彭涛等,2015
1143	淮北煤田	116°43′49″	33°24′57″	359~750	27	2.29	61.8		B	彭涛等,2015
1144	淮北煤田	116°44′07″	33°25′44″	319~801	25	2.43	60.8		B	彭涛等,2015
1145	淮北煤田	116°45′33″	33°33′27″	189~882	25.1	2.39	60.0		B	彭涛等,2015
1146	淮北煤田	116°47′03″	33°36′05″	172~1222	25.9	2.41	62.4		A	彭涛等,2015
1147	淮北煤田	116°45′17″	33°38′35″	142~672	24	2.45	58.7		B	彭涛等,2015
1148	淮北煤田	116°45′48″	33°28′13″	240~618	27	2.35	63.5		B	彭涛等,2015
1149	淮北煤田	116°31′04″	33°39′05″	239~721	22.8	2.46	56.1		A	彭涛等,2015
1150	淮北煤田	116°33′37″	33°33′36″	249~702	24.8	2.30	57.0		B	彭涛等,2015
1151	淮北煤田	116°27′02″	33°31′23″	262~962	21.1	2.38	50.3		B	彭涛等,2015
1152	淮北煤田	116°25′03″	33°38′02″	237~1166	21.3	2.37	50.5		B	彭涛等,2015
1153	淮北煤田	116°16′09″	33°34′53″	247~519	24	2.35	56.4		B	彭涛等,2015
1154	淮北煤田	116°07′60″	33°28′34″	438~1262	27	2.29	61.9		B	彭涛等,2015
1155	淮北煤田	116°13′56″	33°36′33″	353~655	24	2.43	58.3		A	彭涛等,2015
1156	淮北煤田	116°18′26″	33°30′11″	286~526	27	2.41	65.2		B	彭涛等,2015
1157	淮北煤田	116°28′59″	33°50′22″	224~770	30	2.44	73.3		A	彭涛等,2015
1158	淮北煤田	116°35′17″	33°53′36″	185~737	30.1	2.46	74.1		A	彭涛等,2015
1159	淮北煤田	116°39′36″	33°52′40″	115~520	14.9	2.34	34.9		A	彭涛等,2015
1160	淮北煤田	116°43′25″	33°55′10″	104~630	14.9	2.45	36.6		B	彭涛等,2015
1161	淮北煤田	116°40′12″	33°55′31″	121~601	18	2.37	42.6		A	彭涛等,2015
1162	淮北煤田	116°42′01″	33°59′15″	162~1046	20.8	2.35	48.9		B	彭涛等,2015
1163	淮北煤田	116°48′39″	33°55′16″	73~394	12	2.47	29.7		A	彭涛等,2015
1164	柴达木盆地	94°47′49″	94°47′49″	4~2162	35.50	11.61	57.6		A	李宗星等,2015
1165	柴达木盆地	94°43′31″	94°43′31″	0~2092	29.62	1.814	53.7		A	李宗星等,2015
1166	柴达木盆地	96°04′24″	96°04′24″	0~850	21.81	2.145	49.7		A	李宗星等,2015

续表 1										
编号	位置	东经	北纬	深度范围 (m)	地温梯度	热导率	热流值 (mW·m ⁻²)		质量 类别	数据来源
					G±SD (℃/km)	K±SD (W/(K·m))	实测值	校正值		
1167	柴达木盆地	91°37′19″	91°37′19″	30~2200	28.82	2.063	59.5		A	李宗星等,2015
1168	柴达木盆地	93°49′28″	93°49′28″	980~1680	26.55	1.63	43.3		B	李宗星等,2015
1169	柴达木盆地	90°57′03″	90°57′03″	150~2000	31.45	2.106	66.2		A	李宗星等,2015
1170	柴达木盆地	94°07′41″	94°07′41″	1000~1514	38.57	1.414	54.5		B	李宗星等,2015
1171	柴达木盆地	94°17′04″	94°17′04″	750~1480	34.94	1.485	51.9		A	李宗星等,2015
1172	柴达木盆地	90°57′46″	90°57′46″	700~1200	28.39	2.161	61.4		B	李宗星等,2015
1173	柴达木盆地	93°46′34″	93°46′34″	100~1200	28.79	1.454	41.9		A	李宗星等,2015
1174	柴达木盆地	93°46′50″	93°46′50″	1200~1650	32.12	1.523	48.9		B	李宗星等,2015
1175	柴达木盆地	90°57′03″	90°57′03″	100~1000	30.87	2.125	65.6		A	李宗星等,2015
1176	柴达木盆地	90°58′28″	90°58′28″	400~1100	28.27	2.213	62.5		B	李宗星等,2015
1177	柴达木盆地	94°07′39″	94°07′39″	750~1480	37.53	1.421	53.3		B	李宗星等,2015
1178	柴达木盆地	90°54′10″	90°54′10″	600~1300	28.84	2.085	60.1		B	李宗星等,2015
1179	柴达木盆地	90°54′48″	90°54′48″	750~1200	27.51	2.214	60.9		A	李宗星等,2015
1180	柴达木盆地	90°41′27″	90°41′27″	50~1900	27.82	1.958	54.5		A	李宗星等,2015
1181	塔里木盆地	83°56′35″	41°21′04″	500~1602	22.5	1.86	41.8		A	Liu et al.,2015
1182	塔里木盆地	84°23′33″	41°18′43″	500~1714	23.6	1.90	44.8		A	Liu et al.,2015
1183	塔里木盆地	84°09′11″	41°17′37″	500~1807	23.3	1.81	42.2		A	Liu et al.,2015
1184	塔里木盆地	84°13′24″	41°11′15″	500~1607	22.7	1.88	42.7		A	Liu et al.,2015
1185	塔里木盆地	83°32′33″	41°33′15″	500~2070	27.5	1.80	49.4		A	Liu et al.,2015
1186	塔里木盆地	83°38′24″	41°36′26″	500~2103	25.9	1.80	46.7		A	Liu et al.,2015
1187	塔里木盆地	83°47′47″	41°15′13″	500~1620	22.6	1.82	41.1		A	Liu et al.,2015
1188	塔里木盆地	83°38′59″	41°05′20″	500~1716	23.1	1.79	41.3		A	Liu et al.,2015
1189	塔里木盆地	84°05′32″	41°02′47″	500~1820	23.4	1.74	40.6		A	Liu et al.,2015
1190	塔里木盆地	84°05′33″	41°02′46″	500~2121	23.4	1.72	40.1		A	Liu et al.,2015
1191	龙门山	103°41′38″	31°08′56″	400~755	21.3	3.38	72.0		A	Zheng et al.,2016
1192	山东莱州	119°59′37.5″	37°25′17″	1233~3500	24.75	2.9	71.8		A	Jiang et al.,2016
1193	山东利津县	118°32′45″	37°40′21″	275~2180	28.60	3.2	91.5		A	Jiang et al.,2016
1194	陕西咸阳	108°43′33″	34°22′11″	360~1150	34.8	2.11	73.4		A	饶松等,2016
1195	陕西咸阳	108°41′34″	34°21′27″	450~2720	33.4	2.4	80.2		A	饶松等,2016
1196	陕西咸阳	108°43′08″	34°21′54″	520~2710	29.6	2.43	71.9		A	饶松等,2016
1197	陕西咸阳	108°43′25″	34°23′03″	480~2820	31.5	2.43	76.5		A	饶松等,2016
1198	陕西咸阳	108°42′46″	34°22′24″	530~1600	32.6	2.21	72.0		A	饶松等,2016
1199	陕西咸阳	108°43′49″	34°22′15″	510~1390	29.4	2.18	64.1		B	饶松等,2016
1200	陕西三原	108°57′41″	34°36′55″	180~1140	32.3	2.08	67.2		A	饶松等,2016
1201	陕西咸阳	108°42′08″	34°19′38″	380~1740	40.1	2.21	88.6		B	饶松等,2016
1202	陕西咸阳	108°43′10″	34°20′24″	360~1938	30.6	2.24	68.5		A	饶松等,2016
1203	陕西咸阳	108°42′46″	34°17′49″	760~2030	26.2	2.27	59.5		C	饶松等,2016
1204	陕西咸阳	108°40′04″	34°20′25″	520~2700	30.4	2.43	73.9		A	饶松等,2016
1205	陕西咸阳	108°12′01″	34°15′50″	480~1250	35.8	2.15	77.0		A	饶松等,2016

续表 1

编号	位置	东经	北纬	深度范围 (m)	地温梯度	热导率	热流值		质量 类别	数据来源
					G±SD	K±SD	(mW·m ⁻²)			
					(℃/km)	(W/(K·m))	实测值	校正值		
1206	陕西咸阳	108°38′50″	34°19′22″	320~1010	34.3	2.1	72.0		B	饶松等,2016
1207	陕西兴平	108°38′50″	34°19′22″	400~1300	34.6	2.15	74.4		A	饶松等,2016
1208	西藏阿里	83°30′37.5″	32°52′36″	150~700	21.11	3.43	72.4		A	暂未发表
1209	青海共和县	100°37′15″	36°15′49″	1235~2700	43.2	3.34	136.6		A	暂未发表
1210	青海贵德县	101°19′10″	35°57′28″	200~2700	43.20	2.85	123.1		C	暂未发表
1211	延吉盆地	129°18′32″	42°48′49″	50~1800	28.09	2.35	66.0		A	暂未发表
1212	柳河盆地	125°52′49″	42°24′42″	800~2800	17.75	2.15	38.2		B	暂未发表
1213	伊通盆地	125°48′46″	43°40′27″	1150~2050	29.37	2.20	64.6		A	暂未发表
1214	松辽盆地	123°46′00″	44°10′20″	1585~2300	28.74	2.30	66.1		A	暂未发表
1215	松辽盆地	124°37′50″	44°30′59″	2000~2500	28.83	2.30	66.3		A	暂未发表
1216	松辽盆地	124°07′37″	44°39′21″	300~800	28.74	1.79	51.5		A	暂未发表
1217	松辽盆地	124°06′46″	44°40′49″	200~1000	32.59	1.79	58.3		A	暂未发表
1218	松辽盆地	124°07′56″	44°37′47″	400~1000	32.25	1.80	58.0		A	暂未发表
1219	松辽盆地	124°49′45″	45°13′50″	320~530	44.73	1.70	76.0		A	暂未发表
1220	松辽盆地	124°49′45″	45°13′51″	320~530	44.64	1.70	75.9		A	暂未发表
1221	松辽盆地	122°19′53″	42°18′22″	800~1500	33.86	1.77	59.9		A	暂未发表
1222	松辽盆地	122°24′35″	42°25′34″	600~1500	39.06	1.75	68.4		A	暂未发表
1223	松辽盆地	124°27′09″	43°47′21″	137~1024	42.49	2.12	90.0		A	暂未发表
1224	松辽盆地	124°28′42″	43°48′26″	500~1050	39.73	2.14	85.0		A	暂未发表
1225	松辽盆地	124°35′15″	43°46′34″	400~1053	36.56	2.12	77.5		A	暂未发表
1226	松辽盆地	124°34′51″	43°46′42″	368~1442	35.09	2.14	75.1		A	暂未发表
1227	伊通盆地	125°41′10″	43°38′21″	1700~2700	40.33	2.11	85.1		A	暂未发表
1228	黑龙江宾县	127°21′	45°42′	1000~1190	22.46	2.80	62.9		B	暂未发表
1229	长白山	127°35′47″	41°56′15″	1400~2450	29.38	2.72	79.9		A	暂未发表
1230	长白山	127°28′56″	42°04′37″	2000~2200	25.33	2.80	70.9		C	暂未发表

表明,西藏、青海、广西、贵州、内蒙古及东北三省地区热流数据仍分布稀少,但相较于第三版汇编结果这些区域新增了高质量热流数据,我国热流数据覆盖率低和平面分布不均的状况得到了一定程度的改善.

4 热流汇编的新成果及认识

4.1 新收录大地热流数据 368 个

本次汇编收集了发表在国内外期刊的大地热流数据 345 个,并且针对我国热流数据分布的现状重点在西藏、青海、吉林省和黑龙江省四个省区开展了大地热流测量,共计取得大地热流数据 23 个,共计新增热流数据 368 个. 新增热流数据改善了我国大地热流数据覆盖率偏低的问题,填补了我国西藏阿

里、贵州省、广西省以及吉林省的热流测量空白.

汇编结果统计分析表明(图 2),中国大陆地区实测热流值变化范围与第三版一致($23.4\sim319\text{ mW} \cdot \text{m}^{-2}$),算术平均值为 $61.5\pm13.9\text{ mW} \cdot \text{m}^{-2}$,较第三版热流汇编的值($62.6\pm24.2\text{ mW} \cdot \text{m}^{-2}$)略有减小. 除去 D 类热流数据后,热流变化范围为 $30\sim140\text{ mW} \cdot \text{m}^{-2}$,热流平均值为 $60.4\pm12.3\text{ mW} \cdot \text{m}^{-2}$,对应质量类别加权平均值为 $60.6\pm16.0\text{ mW} \cdot \text{m}^{-2}$ (A、B、C 和 D 类的加权因子分别取 3、2、1 和 0). 第四版汇编的热流数据库中 A、B、C 和 D 类数据分别占:49.3%、34.2%、12.6%和 3.9%,与第三版汇编结果相比 A 类数据比重增加了 2.9%,这主要归功于最新发表的热流数据大多依据连续稳态的测温曲线和原位样品热导率从而获得了高质量的热流数据. A、B、C 三类数据分布符合正态分布特征,D 类数据分布极其

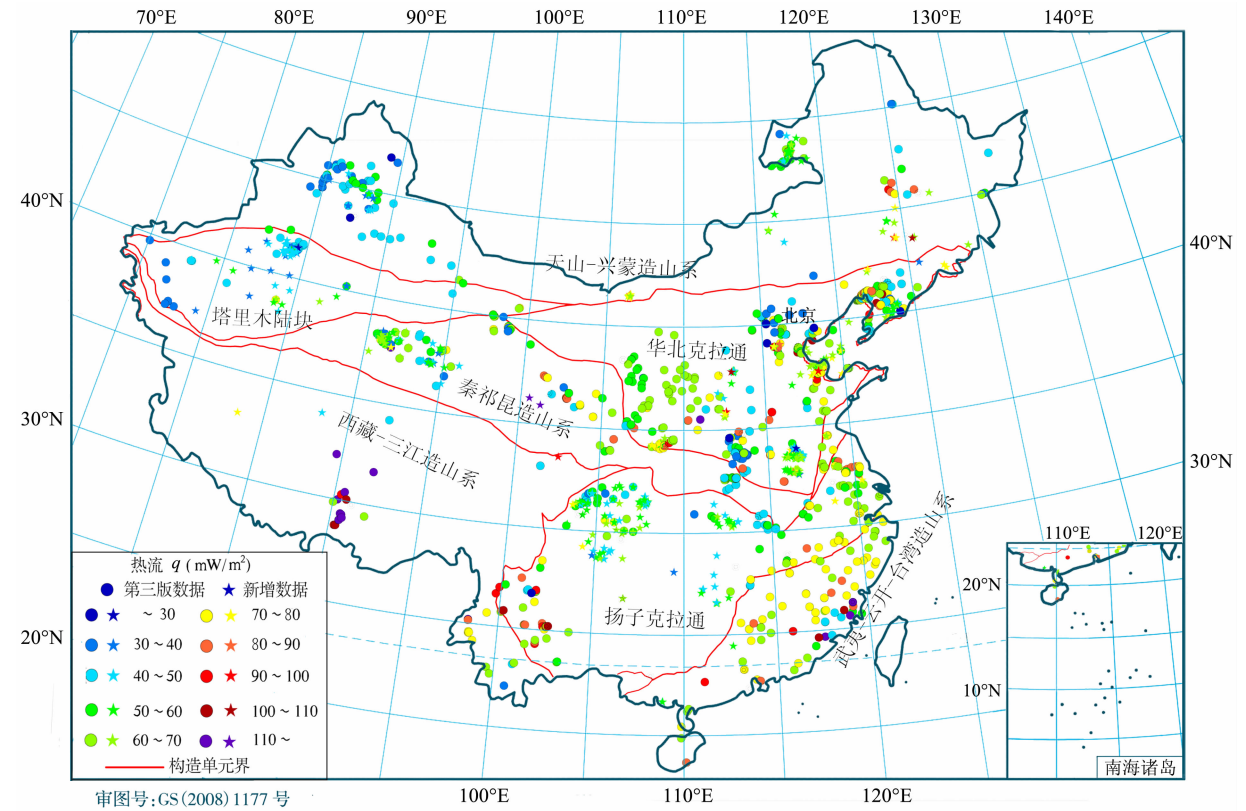


图 1 中国大陆地区大地热流测点地理分布图(第四版)(构造分区据潘桂棠等,2009)

Fig.1 Geographic distribution of heat flow sites in the continental area of China(4th edition)

(Subdivision of tectonic units are modified from Pan et al. , 2009)

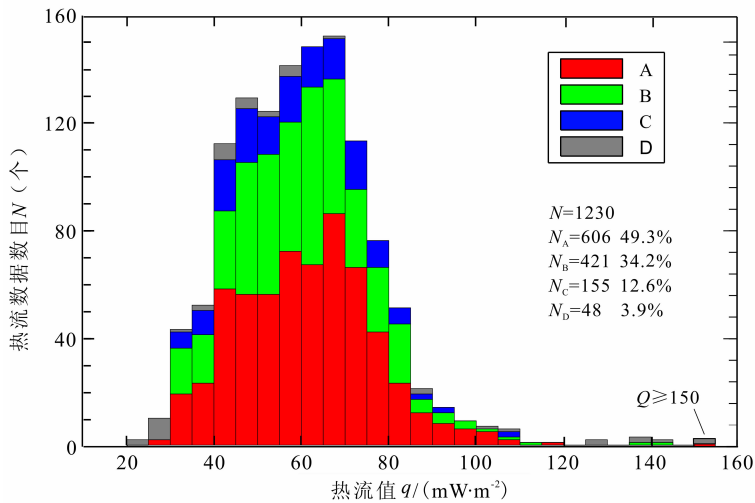


图 2 中国大陆地区不同质量热流数据直方图

Fig. 2 Histogram of the different quality categories of heat flow data in the continental area of China

分散.

4.2 热流分布格局新认识

汪集旻等(2012)依据汇编的 921 个数据更新了中国大陆地区热流分布图,本次汇编在此基础上增加了相当数量的热流数据,但中国大陆地区热流分布格局仍表现为:东高、中低,西南高、西北低(胡圣

标等,2001;汪集旻等,2012). 而且西藏地区数据稀少,热流分布图主要依据已有数据并结合水热活动、构造、深部地球物理特征及中国大陆地区热流—最新的构造热事件年龄关系增加的控制点绘制(Hu et al. ,2000),受研究者个人认识影响. 因此,本文主要汇编热流数据,而不更新热流分布图.

依据最新的 1230 个热流数据测点分布图(图 1)及汪集旻等(2012)更新热流分布图可以看出:高热流区分布于活动的陆块(如华北陆块)及中-新生代造山系(西藏—三江造山系与武夷—云开—台湾造山系),主要受晚中生代以来太平洋板块俯冲过程相伴的深部地幔对流以及新生代以来欧亚板块与印度板块碰撞所导致的地壳增厚和走滑拉分构造背景影响(何丽娟等,2001;Hu et al.,2000);低热流区主要分布于稳定的克拉通陆块(如扬子陆块、塔里木陆块等)及古老的造山系(如天山—兴蒙造山系、秦祁昆造山系即中央造山系等),主要是与稳定的构造背景、正常或偏厚的岩石圈厚度及相对较弱的中新生代构造-热活动有关(Hu et al.,2000)。本次热流汇编对西藏和东北地区热流分布格局形成了更清楚的认识,并在西北的低热流背景区查明了局部的高热流区,是地热理论研究和地热资源勘探开发值得重点关注的区域。

(1) 西藏地区的高热流区并不像以前认为的广泛分布,而是呈带状展布:东西方向上集中在雅鲁藏布江缝合带,向北各构造单元热流值逐渐降低;南北方向集中在羊八井—拉萨—那曲—古堆一带。西藏南部的高热流分布与藏南活动构造系及水热活动分布基本一致,集中分布在雅鲁藏布江缝合带一线(赵平等,2002)。

(2) 东北地区的松辽盆地及长白山一带,即大兴安岭一线以东地区,为一个高热流地区。其中松辽盆地热流值 $44.4 \sim 90 \text{ mW} \cdot \text{m}^{-2}$,平均热流值高达 $70.9 \pm 14.4 \text{ mW} \cdot \text{m}^{-2}$;长白山周边沉积盆地热流值高达 $79.9 \text{ mW} \cdot \text{m}^{-2}$ 。东北地区的高热流特征与新生代火山集中分布相一致,受西太平洋的俯冲引起的深部地幔对流影响显著(樊祺诚等,2007;江国明等,2012)。

(3) 在青海共和盆地获得的两个热流值分别高达 $136.6 \text{ mW} \cdot \text{m}^{-2}$ (传导性,为 A 类热流数据)和 $123.1 \text{ mW} \cdot \text{m}^{-2}$ (受对流影响,为 C 类热流数据),在 2800 m 获得了 180°C 高温;推断该区域是与新生代岩浆活动相关的局部高热流区(孟元林等,1999),是我国目前除西藏外最具增强型地热系统开发潜力的区域。

5 存在的问题

(1) 本次汇编力求按照热流数据库要求全面收录热流数据的 11 项参数,但仍有少量数据未能获取

部分参数(如计算热流值的深度范围),这些参数在获取之后将会及时补充,同时也希望热流数据的发表者能够向我们提供部分未公开发表的部分参数。

(2) 由于部分热流数据发表者未能公开热流数据的地理位置信息,并与作者联系仍未获取准确地理位置信息,这些数据暂未收录,如张鹏等(2007)、刘丽等(2007)等。

(3) 本文主要目的是汇编我国新发表的热流数据,以供各不同专业背景研究者共同探讨研究;关于热流分布格局的认识仍不够全面和成熟,甚至有不当之处,但在后续工作中,我们会继续结合构造、地球物理等多方面的资料,进行深入研究。

致谢 本文是对我国大地热流数据汇编工作的延续,也是对我国长期地热测量工作的汇编与总结,在此对所有从事大地热流测量及数据整理工作的单位和个人表示衷心感谢。本次热流数据测量得到了中国石化集团新星石油有限责任公司、中国石化集团东北油气分公司、青海水工环研究院、中铝矿业、山东黄金集团等相关单位的大力帮助,在此表示由衷的谢意。

References

- Chapman D S, Pollack H N. 1975. Global heat flow: a new look. *Earth and Planetary Science Letters*, 28(1): 23-32.
- Chapman D S, Furlong K P. 1977. Continental heat flow-age relationships. *EOS, Trans. AGU*, 58: 1240-1251.
- Chapman D S, Rybach L. 1985. Heat flow anomalies and their interpretation. *Journal of Geodynamics*, 4(1-4): 3-37.
- Cui J P. 2004. Study on the thermal evolution and reservoiring history in Hailar Basin [Master thesis] (in Chinese). Xi'an: Northwest University.
- Davies J H, Davies D R. 2010. Earth's surface heat flux. *Solid Earth*, 1(1): 5-24.
- Davies J H. 2013. Global map of solid Earth surface heat flow. *Geochemistry, Geophysics, Geosystems*, 14(10): 4608-4622.
- Fan Q C, Sui J L, Wang T H, et al. 2007. History of volcanic activity, magma evolution and eruptive mechanisms of the Changbai Volcanic Province. *Geological Journal of China Universities* (in Chinese), 13(2): 175-190.
- Feng C G, Liu S W, Wang L S, et al. 2009. Present-day geothermal regime in Tarim basin, northwest China. *Chinese J. Geophys.* (in Chinese), 52(11): 2752-2762, doi: 10.3969/j.issn.0001-5733.2009.11.010.
- Furlong K P, Chapman D S. 1987. Thermal state of the lithosphere. *Reviews of Geophysics*, 25(6): 1255-1264.
- Gong Y L, Wang L S, Liu S W, et al. 2003. The heat flow characteristic in Jiyang depression. *Science in China (Series D)*

- (in Chinese), 33(4): 384-391.
- He J L, Wang J, Tan F W, et al. 2014. A comparative study between present and palaeo-heat flow in the Qiangtang Basin, northern Tibet, China. *Marine and Petroleum Geology*, 57: 345-358.
- He L J, Hu S B, Wang J Y. 2001. Characteristics of thermal structure of lithosphere in eastern China mainland. *Progress in Natural Science* (in Chinese), 11(9): 966-969.
- He L J, Hu S B, Yang W C, et al. 2006. Temperature measurement in the main hole of the Chinese Continental Scientific Drilling. *Chinese J. Geophys.* (in Chinese), 49(3): 745-752.
- Hu S B, He L J, Wang J Y. 2001. Compilation of heat flow data in the China continental area (3rd edition). *Chinese J. Geophys.* (in Chinese), 44(5): 611-626.
- Hu S, He L, Wang J. 2000. Heat flow in the continental area of China: a new data set. *Earth Planet. Sci. Lett.*, 179(2): 407-419.
- Huang F. 2014. Lithospheric thermal structure of the Ordos Basin and its implications for the destruction of the North China Craton [Ph. D. thesis] (in Chinese). Beijing: Institute of Geology and Geophysics Chinese Academy of Sciences.
- Jiang G M, Zhang G B, Xu Y. 2012. Subducting characteristic of the Pacific slab beneath Northeast China. *Geoscience* (in Chinese), 26(6): 1125-1135.
- Jiang G Z, Tang X Y, Rao S, et al. 2016. High-quality heat flow determination from the crystalline basement of the south-eastern margin of North China Craton. *Journal of Asian Earth Sciences*, 118: 1-10.
- Li W W, Rao S, Tang X Y, et al. 2014. Borehole temperature logging and temperature field in the Xiongxin geothermal field, Hebei Province. *Chinese Journal of Geology* (in Chinese), 49(3): 850-863.
- Liu L, Ren Z L, Cui Y B, et al. 2007. Distribution of present-day geothermal field in the Dongpu Sag. *Chinese Journal of Geology* (in Chinese), 42(4): 787-794.
- Liu S W, Lei X, Wang L S. 2015. New heat flow determination in northern Tarim Craton, northwest China. *Geophysical Journal International*, 200(2): 1196-1206.
- Lu Q Z, Hu S B, Guo T L, et al. 2005. The background of the geothermal field for formation of abnormal high pressure in the northeastern Sichuan basin. *Chinese J. Geophys.* (in Chinese), 48(5): 1110-1116.
- Majorowicz J, Grasby S E. 2011. Heat flow, depth-temperature variations and stored thermal energy for enhanced geothermal systems in Canada. *Journal of Geophysics and Engineering*, 7(3): 232.
- Meng Y L, Xiao L H, Hou C Y, et al. 1999. Geochemical characteristics of Lower Cretaceous source rocks in Gonghe basin of Qinghai and its importance for petroleum generation. *Acta Petrologica Sinica* (in Chinese), 15(4): 630-637.
- Mi L J, Yuan Y S, Zhang G C, et al. 2009. Characteristics and genesis of geothermal field in deep-water area of the northern South China Sea. *Acta Petrolei Sinica* (in Chinese), 30(1): 27-32.
- Pan G T, Xiao Q H, Lu S N, et al. 2009. Subdivision of tectonic units in China. *Geology in China* (in Chinese), 36(1): 1-28.
- Peng T, Wu W J, Ren Z Q, et al. 2015. Distribution of terrestrial heat flow and structural control in Huainan-Huaibei Coalfield. *Chinese J. Geophys.* (in Chinese), 2391-2401.
- Pollack H N, Hurter S J, Johnson J R. 1993. Heatflow from the Earth's interior: Analysis of the global data set. *Reviews of Geophysics*, 31(3): 267-280.
- Qiu N S. 2003. Geothermal regime in the Qaidam basin, northeast Qinghai-Tibet Plateau. *Geological Magazine*, 140(6): 707-719.
- Qiu N S, Wei G, Li C C, et al. 2009. Distribution features of current geothermal field in the Bohai Sea waters. *Oil & Gas Geology* (in Chinese), 30(4): 412-419.
- Rao S, Hu S B, Zhu C Q, et al. 2013. The characteristics of heat flow and lithospheric thermal structure in Junggar Basin, northwest China. *Chinese J. Geophys.* (in Chinese), 56(8): 2760-2770, doi: 10.6038/cjg20130824.
- Rao S, Jiang G Z, Gao Y J, et al. 2016. The thermal structure of the lithosphere and heat source mechanism of geothermal field in Weihe Basin. *Chinese J. Geophys.* (in Chinese), (6): 2176-2190, doi: 10.6038/cjg20160622.
- Ren Z Q, Peng T, Shen S H, et al. 2015. The distribution characteristics of current geothermal field in Huainan coalfield. *Geological Journal of China Universities* (in Chinese), 21(1): 147-154.
- Sclater J G, Jaupart C, Galson D. 1980. The heat flow through oceanic and continental crust and the heat loss of the Earth. *Reviews of Geophysics*, 18(1): 269-311.
- Shi X B, Qiu X L, Xia K Y, et al. 2003. Characteristics of surface heat flow in the South China Sea. *Journal of Asian Earth Sciences*, 22(3): 265-277.
- Sun Z X, Zhang W, Hu B Q, et al. 2006. Features of heat flow and the geothermal field of the Qinshui Basin. *Chinese J. Geophys.* (in Chinese), 49(1): 130-134.
- Tan J Q, Ju Y W, Zhang W Y, et al. 2010. Heat flow and its coalbed gas effects in the central-south area of the Huaibei coalfield, eastern China. *Sci. China Earth Sci.* 53(5): 672-682.
- Tang X Y, Hu S B, Zhang G C, et al. 2014. Characteristic of surface heat flow in the Pearl River Mouth Basin and its relationship with thermal lithosphere thickness. *Chinese J. Geophys.* (in Chinese), 57(6): 1857-1867, doi: 10.6038/cjg20140617.
- Tester J W, Blackwell D D, Susan P, et al. 2006. The Future of Geothermal Energy. Impact of Enhanced Geothermal Systems (EGS) on the United States in the 21st Century. Massachusetts Institute of Technology.
- Wang J, Huang S Y, Huang G S, et al. 1990. Basic Characteristics of the Earth's Temperature Distribution in China (in Chinese). Beijing: Seismological Press.

Wang J Y, Huang S P. 1988. Compilation of heat flow data for continental area of China. *Scientia Geologica Sinica* (in Chinese), (2): 196-204.

Wang J Y, Huang S P. 1990. Compilation of heat flow data in the China continental area (2rd edition). *Seismology and Geology* (in Chinese), 12(04): 351-363.

Wang J Y, Hu S B, Pang Z H, et al. 2012. Estimate of geothermal resources potential for hot dry rock in the continental area of China. *Science & Technology Review* (in Chinese), 30(32): 25-31.

Wang L S, Liu S W, Xiao W Y, et al. 2002. The heat flow characteristic in Bohai Bay Basin. *Chinese Science Bulletin* (in Chinese), 47(2): 151-155.

Wang L S, Li C, Liu S W, et al. 2005. Terrestrial heat flow distribution in Kuqa foreland basin, Tarim, NW China. *Petroleum Exploration & Development* (in Chinese), 32(4): 79-83.

Wang W, Liu J G. 2013. Underground temperature calculation of mined bed in pyrite mine of Mawei mountain according to temperature characteristics of surrounding rock. *Science Technology and Engineering* (in Chinese), 13(17): 4893-4897.

Wang Y X, Wang J Y, Hu S B. 2003. Thermal history and tectono-thermal evolution of eastern depression, the Liaohe Basin. *Chinese Journal of Geology* (in Chinese), 38(2): 214-220.

Wu L, Zhao L, Luo X G. 2012. Characteristics of geothermal field and estimation of heat flow in Wudang district of Guiyang. *Site Investigation Science and Technology* (in Chinese), (3): 41-43.

Wu S B, Ou Y C, Lu L L, et al. 2005. Exploration and assessment of the geothermic resources at Hepu Basin in Guangxi. *Journal of Guilin University of Technology* (in Chinese), 25(2): 155-160.

Xi L Z, Gao J, Zheng C, et al. 2015. Present-day heat flow and tectonic-thermal evolution since the late Paleozoic time of the Qaidam basin. *Chinese J. Geophys.* (in Chinese), 58(10): 3687-3705, doi: 10.6038/cjg20151021.

Xiao W, Liu Z, Du J H, et al. 2004. Characteristic of Geotherm-Geopressure System in Erlian Basin. *Xinjiang Petroleum Geology* (in Chinese), 25(6): 610-613.

Xu M, Zhao P, Zhu C Q, et al. 2010. Borehole temperature logging and terrestrial heat flow distribution in Jiangnan Basin. *Chinese Journal of Geology* (in Chinese), 45(1): 317-323.

Xu M, Zhu C Q, Rao S, et al. 2011. Difference of thermal structure between eastern edge of Tibet Plateau and weasten Sichuan Basin. *Chinese Journal of Geology* (in Chinese), 46(1): 203-212.

Xu M, Zhu C Q, Tian Y T, et al. 2011a. Borehole temperature logging and characteristics of subsurface temperature in the Sichuan Basin. *Chinese J. Geophys.* (in Chinese), 54(4): 1052-1060, doi: 10.3969/j. issn. 0001-5733. 2011. 04. 020.

Xu X, Shi X B, Luo X H, et al. 2006. Heat flow measurements in the Xisha Trough of the South China sea. *Marine Geology & Quaternary Geology* (in Chinese), 26(4): 51-58.

Yuan Y S, Ma Y S, Hu S B, et al. 2006. Present-day geothermal

characteristics in South China. *Chinese J. Geophys.* (in Chinese), 49(4): 1118-1126.

Zhang P, Wang L S, Liu S W, et al. 2007. Geothermal field in the south Huabei basins. *Progress in Geophysics* (in Chinese), 22(2): 604-608.

Zhao P, Xie E J, Duo J, et al. 2002. Geochemical characteristics of geothermal gases and their geological implications in Tibet. *Acta Petrologica Sinica* (in Chinese), 18(4): 539-550.

Zheng Y, Li H B, Gong Z. 2016. Geothermal study at the Wenchuan earthquake Fault Scientific Drilling project-hole 1 (WFS-D-1): Borehole temperature, thermal conductivity, and well log data. *Journal of Asian Earth Sciences*, 117: 23-32.

Zuo Y H, Qiu N S, Deng Y X, et al. 2013. Terrestrial heat flow in the Qagan sag, Inner Mongolia. *Chinese J. Geophys.* (in Chinese), 56(9): 3038-3050, doi: 10.6038/cjg20130917.

附中文参考文献

崔军平. 2004. 海拉尔盆地热演化史与油气成藏史研究[硕士论文]. 西安: 西北大学.

樊祺诚, 隋建立, 王团华等. 2007. 长白山火山活动历史、岩浆演化与喷发机制探讨. 高校地质学报, 13(2): 175-190.

冯昌格, 刘绍文, 王良书等. 2009. 塔里木盆地现今地热特征. 地球物理学报, 52(11): 2752-2762, doi: 10.3969/j. issn. 0001-5733. 2009. 11. 010.

龚育龄, 王良书, 刘绍文等. 2003. 济阳凹陷大地热流分布特征. 中国科学 D 辑, 33(4): 384-391.

何丽娟, 胡圣标, 汪集场. 2001. 中国东部大陆地区岩石圈热结构特征. 自然科学进展, 11(9): 966-969.

何丽娟, 胡圣标, 杨文采等. 2006. 中国大陆科学钻探主孔动态地温测量. 地球物理学报, 49(3): 745-752.

胡圣标, 何丽娟, 汪集场. 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.

江国明, 张贵宾, 徐峤. 2012. 中国东北地区太平洋板块精细俯冲特征. 现代地质, 26(6): 1125-1135.

李卫卫, 饶松, 唐晓音等. 2014. 河北雄县地热田钻井地温测量及地温场特征. 地质科学, 49(3): 850-863.

李宗星, 高俊, 郑策等. 2015. 柴达木盆地现今大地热流与晚古生代以来构造-热演化. 地球物理学报, 58(10): 3687-3705, doi: 10.6038/cjg20151021.

刘丽, 任战利, 崔营滨等. 2007. 东濮凹陷现今地温场分布特征. 地质科学, 42(4): 787-794.

卢庆治, 胡圣标, 郭彤楼等. 2005. 川东北地区异常高压形成的地温场背景. 地球物理学报, 48(5): 1110-1116.

孟元林, 肖丽华, 侯创业等. 1999. 青海共和盆地地下白垩统烃源岩地球化学特征及其生油意义. 岩石学报, 15(4): 630-637.

米立军, 袁玉松, 张功成等. 2009. 南海北部深水地区地热特征及其成因. 石油学报, 30(1): 27-32.

潘桂棠, 肖庆辉, 陆松年等. 2009. 中国大地构造单元划分. 中国地质, 36(1): 1-28.

彭涛, 吴基文, 任自强, 等. 2015. 两淮煤田大地热流分布及其构造控制. 地球物理学报, (7): 2391-2401.

邱楠生, 魏刚, 李翠翠等. 2009. 渤海海域现今地温场分布特征. 石油与天然气地质, 30(4): 412-419.

饶松, 胡圣标, 朱传庆等. 2013. 准噶尔盆地大地热流特征与岩石圈热结构. 地球物理学报, 56(8): 2760-2770, doi: 10.6038/cjg20130824.

饶松, 姜光政, 高雅洁等. 2016. 渭河盆地岩石圈热结构与地热田热源机理. 地球物理学报, (6): 2176-2190, doi: 10.6038/cj20160622.

任自强, 彭涛, 沈书豪等. 2015. 淮南煤田现今地温场特征. 高校地质学报, 21(1): 147-154.

孙占学, 张文, 胡宝群等. 2006. 沁水盆地大地热流与地温场特征. 地球物理学报, 49(1): 130-134.

谭静强, 据宜文, 张文永等. 2010. 淮北煤田中南部大地热流及其煤层气资源效应. 中国科学: 地球科学, 40(7): 855-865.

唐晓音, 胡圣标, 张功成等. 2014. 珠江口盆地大地热流特征及其与热岩石圈厚度的关系. 地球物理学报, 57(6): 1857-1867, doi: 10.6038/cjg20140617.

汪集旻, 黄少鹏. 1988. 中国大陆地区大地热流数据汇编. 地质科学, (2): 196-204.

汪集旻, 黄少鹏. 1990. 中国大陆地区大地热流数据汇编(第二版). 地震地质, 12(4): 351-363.

王钧, 黄尚瑶, 黄歌山等. 1990. 中国地温分布的基本特征. 北京: 地震出版社.

汪集旻, 胡圣标, 庞忠和等. 2012. 中国大陆干热岩地热资源潜力评估. 科技导报, 30(32): 25-31.

王良书, 刘绍文, 肖卫勇等. 2002. 渤海盆地大地热流分布特征. 科学通报, 47(2): 151-155.

王良书, 李成, 刘绍文等. 2005. 库车前陆盆地大地热流分布特征. 石油勘探与开发, 32(4): 79-83.

王伟, 刘建刚. 2013. 马尾山硫铁矿围岩温度特征及开采层地温计算. 科学技术与工程, 13(17): 4893-4897.

王永新, 汪集旻, 胡圣标. 2003. 辽河盆地东部凹陷热历史及构造—热演化特征. 地质科学, 38(2): 214-220.

吴少斌, 欧业成, 卢进林等. 2005. 广西合浦盆地地热资源及其开发利用初步评价. 桂林工学院学报, 25(2): 155-160.

肖伟, 刘震, 杜金虎等. 2004. 二连盆地温压系统特征. 新疆石油地质, 25(6): 610-613.

徐明, 赵平, 朱传庆等. 2010. 江汉盆地钻井地温测量和大地热流分布. 地质科学, 45(1): 317-323.

徐明, 朱传庆, 田云涛等. 2011a. 四川盆地钻孔温度测量及现今地热特征. 地球物理学报, 54(4): 1052-1060, doi: 10.3969/j.issn.0001-5733.2011.04.020.

徐明, 朱传庆, 饶松等. 2011b. 阿坝—简阳地学剖面深部温度及热结构. 地质科学, 46(1): 203-212.

徐行, 施小斌, 罗贤虎等. 2006. 南海西沙海槽地区的海底热流测量. 海洋地质与第四纪地质, 26(4): 51-58.

袁玉松, 马永生, 胡圣标等. 2006. 中国南方现今地热特征. 地球物理学报, 49(4): 1118-1126.

张鹏, 王良书, 刘绍文等. 2007. 南华北盆地群地温场研究. 地球物理学进展, 22(2): 604-608.

赵平, 谢鄂军, 多吉等. 2002. 西藏地热气体的地球化学特征及其地质意义. 岩石学报, 18(4): 539-550.

邬立, 赵璐, 罗湘赣. 2012. 贵阳市乌当区地热田地温场特征及大地热流估算. 勘察科学技术, (3): 41-43.

左银辉, 邱楠生, 邓已寻等. 2013. 查干凹陷大地热流. 地球物理学报, 56(9): 3038-3050, doi: 10.6038/cjg20130917.

(本文编辑 胡素芳)