

中国地热资源 管理信息系统

文冬光 杨齐青 孙晓明 黄尚瑶 廖志杰 编著
张礼中 张永波 韩再生 潘 桐

地质出版社

中国地热资源管理信息系统

文冬光 杨齐青 孙晓明 黄尚瑶 廖志杰 编著
张礼中 张永波 韩再生 潘 桐

地 质 出 版 社

· 北 京 ·

内 容 简 介

本书在概略阐述中国地热资源形成、分布与开发利用的基础上,重点介绍了“中国地热资源管理信息系统”的设计、结构、功能和数据库的内容,并简要介绍了系统使用方法。

本书可供从事地热资源管理和研究的人员使用。

图书在版编目 (CIP) 数据

中国地热资源管理信息系统/文冬光等编著. —北京:地质出版社, 2010. 6

ISBN 978-7-116-06276-4

I. 中… II. 文… III. 地热-资源管理-管理信息系统-中国 IV. P314-39

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2009) 第 138768 号

责任编辑: 祁向雷

责任校对: 李 玫

出版发行: 地质出版社

社址邮编: 北京海淀区学院路 31 号, 100083

电 话: (010) 82324508 (邮购部); (010) 82324577 (编辑室)

网 址: <http://www.gph.com.cn>

电子邮箱: zbs@gph.com.cn

传 真: (010) 82310759

印 刷: 北京天成印务有限责任公司

开 本: 787 mm × 1092 mm ¹/₁₆

印 张: 7.75 附全开图一幅

字 数: 200 千字

版 次: 2010 年 6 月北京第 1 版·第 1 次印刷

审图号: GS (2009) 1340 号

定 价: 58.00 元

书 号: ISBN 978-7-116-06276-4

(如对本书有建议或意见, 敬请致电本社; 如本书有印装问题, 本社负责调换)

前 言

中国地热资源管理信息系统是中国地质调查局基于“东亚东南亚地学项目协调委员会 (CCOP)”数字地学图编辑第四阶段项目 (Digital Compilation of Geoscientific Map Phase IV (DCGM-IV)): 东亚-东南亚地区地下水与地热数据库建设需求而设立的项目, 系统开发和建库工作由中国地质调查局组织完成。2001 年 9 月, 中国地质调查局成立了“CCOP 中国地下水与地热数据库编辑委员会”, 并在北京召开了第一次工作会议。会议要求在完成 CCOP 中国地下水与地热数据库的同时, 建立中国地热资源数据库, 作为中国地学数据库的组成部分, 并研制开发中国地热资源管理信息系统。2002 年 2 月, “CCOP 中国地下水与地热数据库编辑委员会”在北京召开第二次工作会议, 专题研究了中国地热资源数据库建库工作方案。2003 年 12 月完成了中国地热资源数据库的建库工作和管理信息系统软件开发研制工作。

中国地热资源管理信息系统由两部分组成: 第一部分是由地热井、温泉、地热田等数据为主的属性数据库和地热资源等图形数据库组成; 第二部分是基于 Windows 环境的数据库信息管理系统软件, 具有数据信息维护、查询统计分析、报表生成、输出等功能, 并实现对相关数据、图形信息的浏览。此软件作为桌面型软件, 适用于政府、事业单位管理人员和从事地热研究工作的科技人员。

本书在概略阐述中国地热资源形成、分布特征与开发利用现状基础上, 重点系统地介绍了“中国地热资源管理信息系统”的设计、结构、功能和数据库的数据内容, 并简要地介绍了系统使用方法。全书共分 4 章: 第 1 章中国地热资源及开发利用, 概略阐述中国地热资源形成、分布特征与开发利用现状; 第 2 章中国地热资源管理信息系统的设计; 第 3 章中国地热资源管理信息系统的开发与实现; 第 4 章中国地热资源管理信息系统应用。

该书第 1 章由文冬光、孙晓明、韩再生编写; 第 2 章由杨齐青、文冬光、

孙晓明、张礼中、张永波、黄尚瑶编写；第3章由张礼中、张永波、杨齐青编写；第4章由杨齐青、文冬光、张礼中、孙晓明、黄尚瑶、廖志杰、张永波、潘桐、韩再生编写；最后由文冬光、杨齐青统稿审定。

需要说明的是，《中国地热资源管理信息系统》一书是“CCOP 中国地下水与地热数据库”的工作成果，凝聚着“CCOP 中国地下水与地热数据库编辑委员会”各单位——中国地质调查局、中国地质调查局发展研究中心、天津地质矿产研究所、中国地质科学院水文地质环境地质研究所等单位领导、专家的心血。中国地质调查局副局长、兼中国常任 CCOP 组织代表张洪涛研究员，中国地质调查局原副总工程师邱心飞教授级高工，中国地质调查局发展研究中心原总工程师严光生博士为本项工作提供了大力支持。黄尚瑶研究员、廖志杰教授等专家提供了大量资料并参加了数据库建设的具体工作，在此向各位领导和专家一并表示衷心感谢！

目次

前言

第1章 中国地热资源及开发利用	(1)
1.1 地热资源概念及分类	(1)
1.2 中国地热资源形成与分布特征	(1)
1.2.1 地热资源形成的地质背景与特征	(1)
1.2.2 地热资源的分布特征	(17)
1.3 中国地热水资源总量估算	(26)
1.4 中国地热资源开发利用现状	(28)
1.4.1 高温地热发电	(33)
1.4.2 中低温地热直接利用	(33)
第2章 中国地热资源管理信息系统设计	(37)
2.1 系统用户	(37)
2.2 数据内容组成	(37)
2.3 系统功能需求	(37)
2.3.1 数据信息的编辑与浏览	(37)
2.3.2 数据查询功能	(38)
2.3.3 数据分析与统计制图功能	(38)
2.3.4 数据报表自动生成功能	(38)
2.3.5 数据信息输出	(38)
2.3.6 在线帮助	(38)
2.4 系统性能需求	(38)
2.5 系统运行环境需求	(39)
2.6 系统设计	(39)
2.6.1 系统设计的基本思路	(39)
2.6.2 系统设计的技术路线	(39)
2.6.3 系统功能结构	(39)
2.7 系统主要功能设计	(41)
2.7.1 数据编辑与浏览子系统	(41)
2.7.2 数据信息查询子系统	(41)
2.7.3 数据分析与统计制图子系统	(42)
2.7.4 数据报表自动生成功能子系统	(42)
2.7.5 数据输出子系统	(42)
2.7.6 系统维护子系统	(43)
2.7.7 帮助子系统	(43)

2.8	系统处理流程	(43)
2.9	接口设计	(44)
2.9.1	软件接口	(44)
2.9.2	硬件接口	(45)
2.10	数据库设计	(45)
2.10.1	数据源	(45)
2.10.2	数据结构	(45)
2.10.3	数据内容	(46)
2.10.4	数据表的相互关系	(56)
2.10.5	数据库建设数据流程	(56)
2.11	系统出错处理设计	(57)
2.12	测试与试验	(57)
2.13	用户界面设计	(58)
第3章	中国地热资源管理信息系统开发与实现	(59)
3.1	开发策略	(59)
3.2	开发基本原则	(59)
3.3	软件开发技术路线	(59)
3.4	MapGIS 开发模式与数据松散耦合机制	(60)
3.5	系统开发环境	(61)
3.5.1	硬件环境	(61)
3.5.2	软件环境	(62)
3.6	GIS 工具平台	(62)
3.7	运行环境	(62)
3.8	系统功能实现	(63)
3.8.1	数据信息的编辑与浏览	(63)
3.8.2	数据查询功能	(63)
3.8.3	数据分析与统计制图功能	(64)
3.8.4	数据报表自动生成功能	(64)
3.8.5	数据信息输出	(64)
3.8.6	帮助	(64)
第4章	中国地热资源管理信息系统应用	(65)
4.1	系统安装、卸载	(65)
4.1.1	软件安装	(65)
4.1.2	卸载系统	(68)
4.2	系统启动及系统基本界面	(69)
4.2.1	系统启动	(69)
4.2.2	系统启动界面	(69)
4.2.3	系统主界面	(71)
4.3	数据浏览	(78)

4.3.1	图形浏览	(78)
4.3.2	属性浏览	(81)
4.4	数据编辑	(83)
4.4.1	增加记录	(83)
4.4.2	删除记录	(83)
4.4.3	保存记录	(83)
4.4.4	记录排序	(83)
4.4.5	记录定位	(84)
4.4.6	查找	(84)
4.4.7	替换	(84)
4.5	数据查询	(85)
4.5.1	图示点检索查询方法	(85)
4.5.2	矩形检索查询方法	(85)
4.5.3	相邻区域检索	(86)
4.5.4	图示多边形构造查询方法	(87)
4.5.5	行政范围构造查询方法	(87)
4.5.6	查询结果构造查询方法	(89)
4.5.7	查询结果的 Buffer 构造查询的方法	(89)
4.5.8	关闭查询范围工作区	(90)
4.5.9	区域相关检索	(90)
4.5.10	区域非相关检索	(90)
4.5.11	属性数据查询	(90)
4.5.12	保存闪烁结果	(91)
4.5.13	保存查询条件	(91)
4.6	数据统计	(92)
4.6.1	按行政区划统计泉井	(92)
4.6.2	查询结果按行政区划统计	(94)
4.6.3	按用途统计泉井	(94)
4.6.4	查询结果按用途统计	(94)
4.6.5	统计数据的打印输出	(94)
4.6.6	保存统计条件	(94)
4.7	数据报表	(96)
4.7.1	报表自定义设计	(96)
4.7.2	数据源报表页	(96)
4.7.3	设计器工具栏	(97)
4.7.4	报表保存	(103)
4.8	数据的输出	(103)
4.8.1	数据文件方式输出	(103)
4.8.2	数据打印输出	(104)
4.8.3	图形数据打印	(104)

4.8.4 属性数据打印	(105)
4.9 项目数据备份	(106)
4.10 设置	(107)
4.10.1 系统选项	(107)
4.10.2 选择背景颜色	(108)
4.10.3 选择光标颜色	(109)
4.10.4 工具栏	(109)
4.10.5 状态栏	(110)
4.11 帮助	(110)
4.11.1 目录	(110)
4.11.2 搜索关于... 的帮助	(110)
4.11.3 日积月累	(110)
4.12 关于 GDBMIS	(111)
参考文献	(112)

第1章 中国地热资源及开发利用

1.1 地热资源概念及分类

地热资源是指能够为人类经济开发和利用的地热能、地热流体及其有用组分。地热流体是指温度高于 25°C 的地下热水、地热蒸汽和热气体的总称。地热资源为重要的可再生能源矿产,采取合理的开发利用方式,是一种取之不竭、用之不尽的清洁能源,地热也是难得的医疗、旅游、化工和农业生产资源。

地热资源可分为传导型地热资源和对流型地热资源。地热资源按温度分级,分为高温地热资源(温度 $\geq 150^{\circ}\text{C}$)、中温地热资源($90^{\circ}\text{C} \leq \text{温度} < 150^{\circ}\text{C}$)和低温地热资源(温度 $< 90^{\circ}\text{C}$)三级。

1.2 中国地热资源形成与分布特征

我国地热资源的形成与分布,受我国地质构造特点和其在全球构造中所处部位的控制。其中,高温地热带形成与分布,同岩石圈板块发展与演化密切相关,分布在板块边界附近;大型中温、低温热水盆地都是中、新生代裂谷盆地,一些中低温热泉,几乎都与板块内深大活动断裂有关。

1.2.1 地热资源形成的地质背景与特征

中国大陆属欧亚板块的一部分。它的东侧为岛弧型洋-陆汇聚边缘,西南侧为陆-陆碰撞造山带,是由许多不同时期的古板块(如华北、华南、塔里木、哈萨克斯坦、西伯利亚等)经碰撞、增生和拼接而成的,这些不同的拼合块体有着不同导热储特性。从东到西,中国地壳厚度和平均布格重力异常呈现三个台阶面,其间有两个明显的地壳厚度和布格重力梯度陡变带:一条是大兴安岭-太行山-武陵山梯度带,另一条是六盘山-龙门山-乌蒙山梯度带(图1-1,图1-2)。

自古生代以来,中国大陆构造演化经历了陆洋分化对立阶段、石炭纪—二叠纪软碰撞转化阶段和中新生代盆山对峙发展阶段,中生代以来大陆连为一体,盆山格局的演化与发展控制着各地区热储条件的演化与发展。多旋回构造运动与多期盆地叠加塑造出不同的地热田。上述构造的演化,伴随着不同时期的岩浆活动,形成了不同岩性和结构的地层,使得我国大地热流值的分布具有明显的规律性(图1-3)。据《中国地热资源——形成特点和潜力评估》(陈墨香,汪集旻等,1994),我国大地热流值可分为五个构造区(图1-4;表1-1)。在这五个大地热流构造区中,以西南构造区为最高,达 $70 \sim 85 \text{ mW/m}^2$;西北构造区最低,为 $43 \sim 47 \text{ mW/m}^2$;华北-东北构造区平均热流值为 $59 \sim 63 \text{ mW/m}^2$,与全国

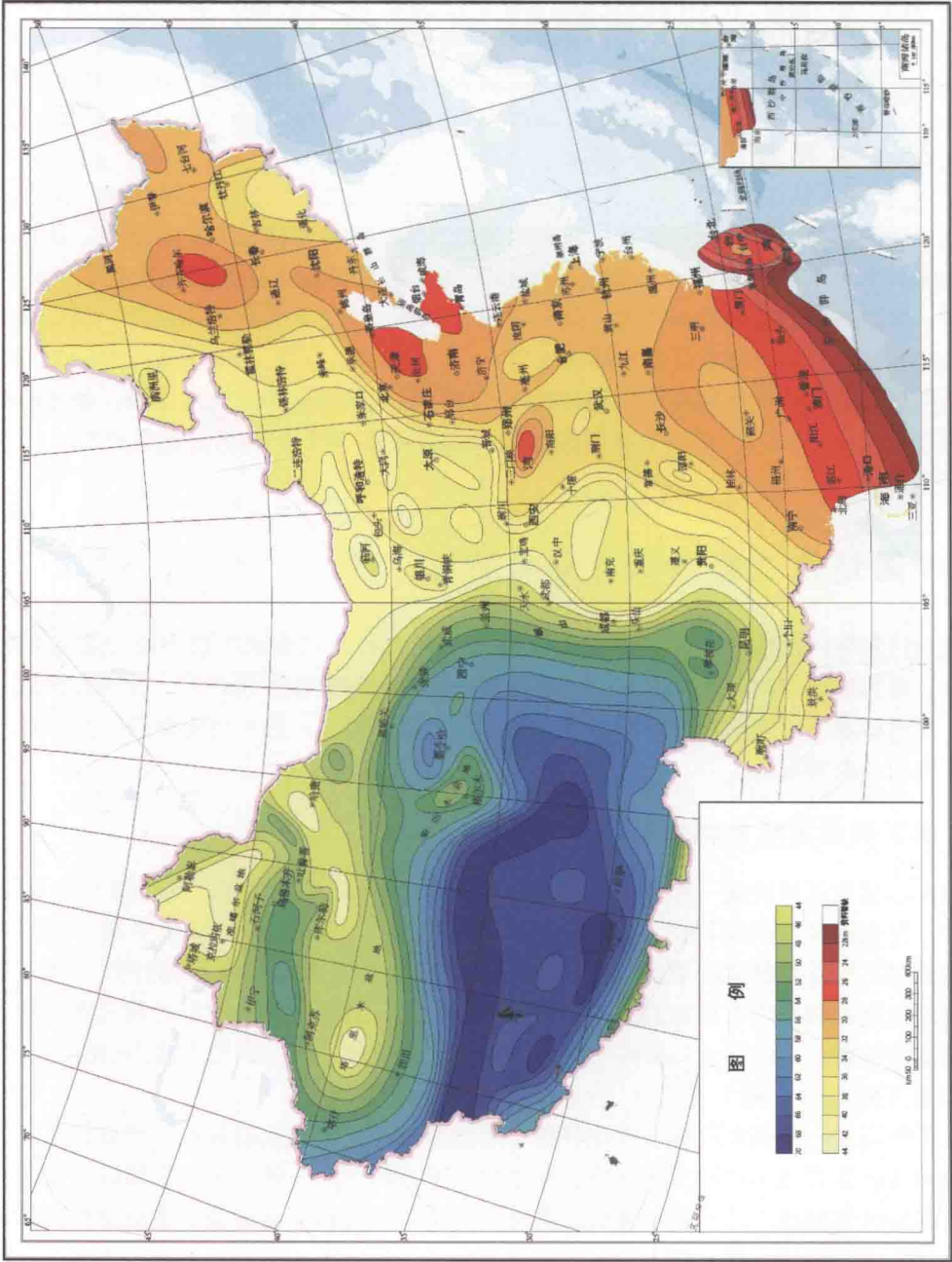


图 1-1 中国地壳厚度分布图
(据袁学诚等, 1996)

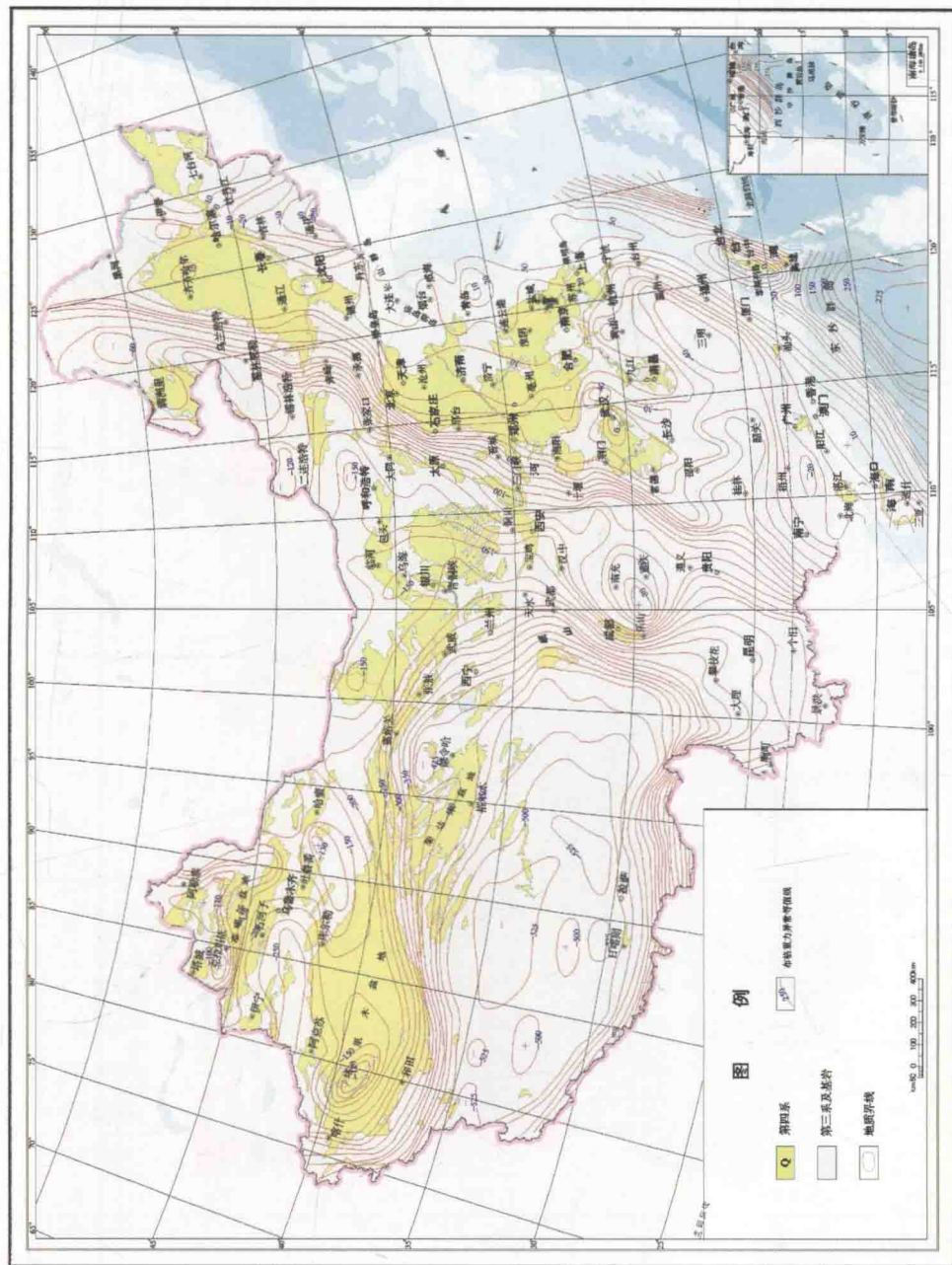


图 1-2 中国 $1^{\circ} \times 1^{\circ}$ 平均布格重力异常图
(据马杏垣, 殷秀华等, 1987)

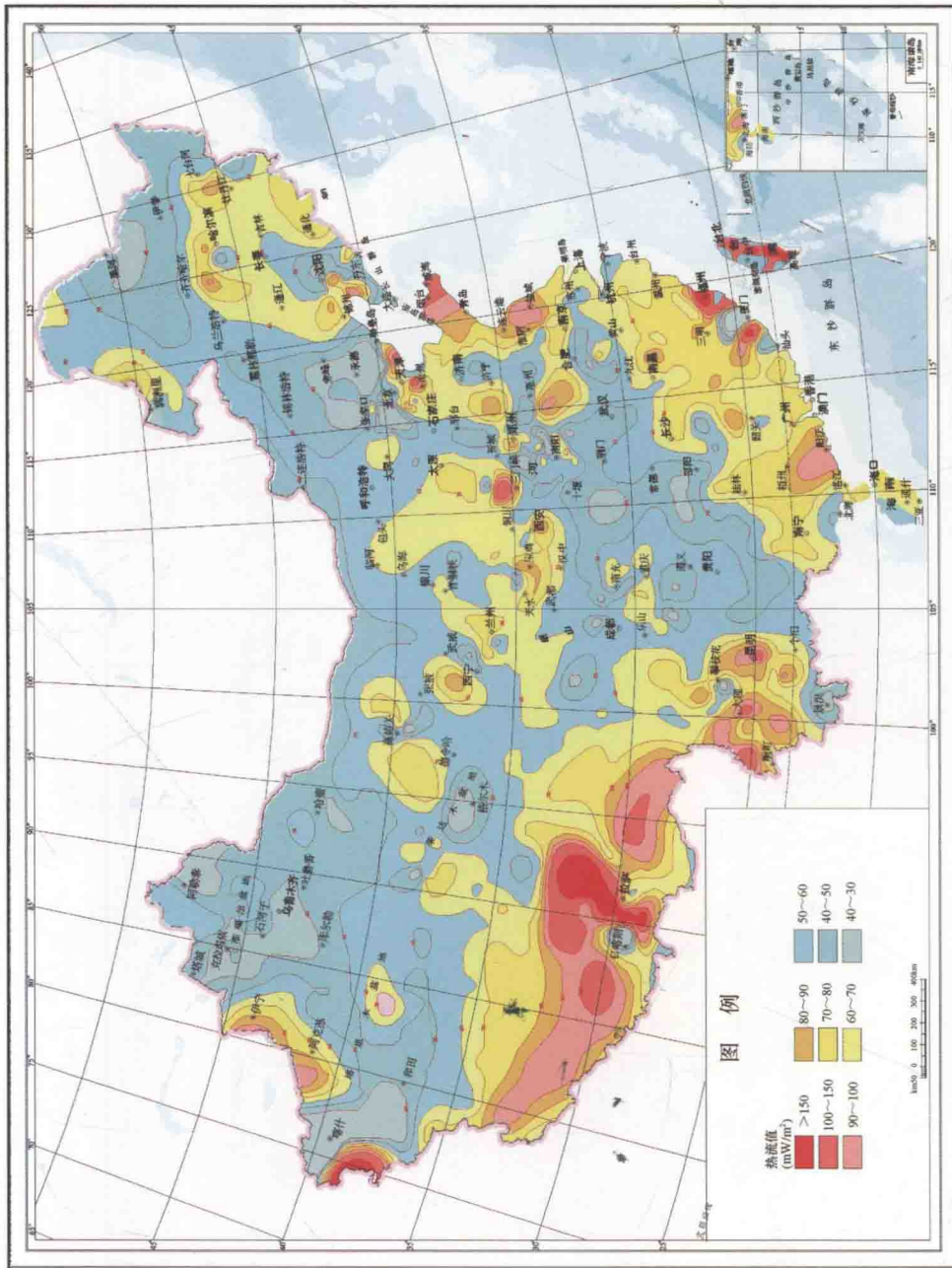


图 1-3 中国大陆地区大地热流值图
(据邱楠生、胡圣标等, 2004)

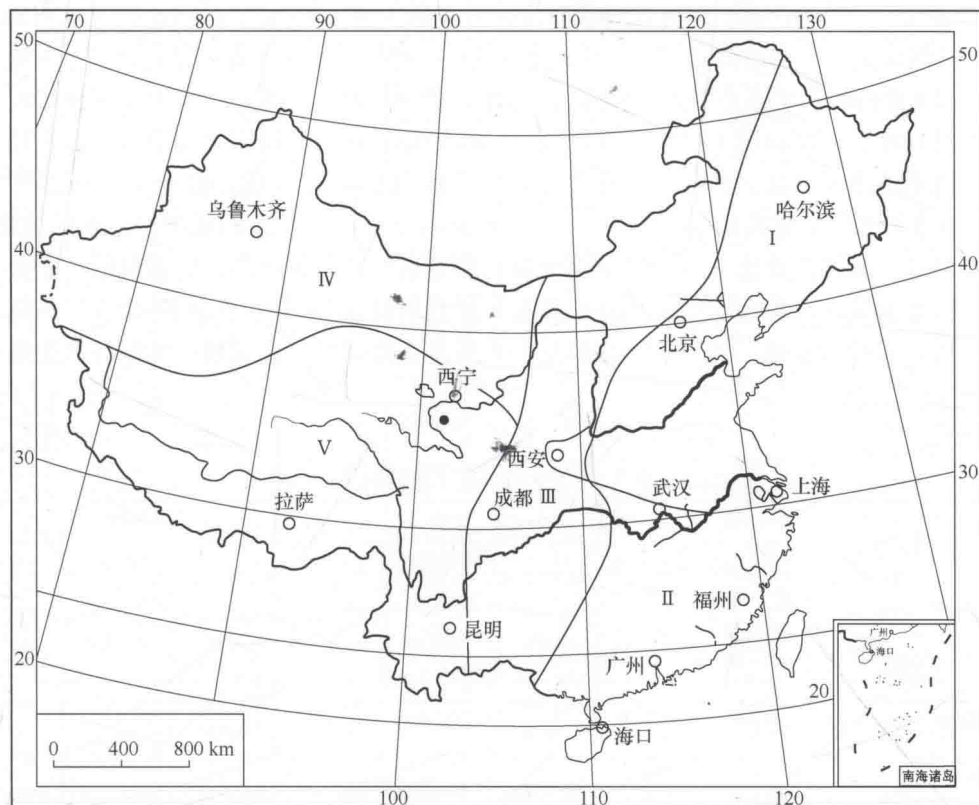


图 1-4 中国大陆地热流统计的构造分区图

(据陈墨香等, 1994)

I—华北—东北构造区; II—华南构造区; III—中部构造区; IV—西北构造区; V—西南构造区

表 1-1 中国大陆及各构造区大地热流统计表

单位: mW/m^2

代号及构造区	单位热流测点数(N) 和平均热流值(q)	单位热流质量权重(W) 之和及平均热流值(q)	$1^\circ \times 1^\circ$ 网络数(N) 和算术平均热流值(q)	$1^\circ \times 1^\circ$ 网络数(N)和 质量加权平均热流值(q)
I. 华北-东北构造区	$N=197, q=63 \pm 12$	$W=447, q=63 \pm 10$	$N=62, q=61 \pm 17$	$N=61, q=59 \pm 15$
II. 华南构造区	$N=94, q=70 \pm 19$	$W=170, q=67 \pm 13$	$N=41, q=70 \pm 10$	$N=40, q=66 \pm 15$
III. 中部构造区	$N=48, q=60 \pm 12$	$W=105, q=61 \pm 12$	$N=18, q=63 \pm 12$	$N=22, q=66 \pm 12$
IV. 西北构造区	$N=10, q=44 \pm 10$	$W=17, q=47 \pm 10$	$N=7, q=43 \pm 9$	$N=7, q=43 \pm 8$
V. 西南构造区	$N=92, q=85 \pm 39$	$W=198, q=75 \pm 17$	$N=38, q=81 \pm 51$	$N=34, q=70 \pm 25$
中国大陆	$N=441, q=68 \pm 24$	$W=967, q=66 \pm 14$	$N=166, q=67 \pm 30$	$N=160, q=63 \pm 16$

(据陈墨香等, 1994)

平均值接近; 华南构造区平均热流值为 $66 \sim 70 \text{ mW}/\text{m}^2$, 比全国平均值略高; 中部平均热流值 $40 \sim 60 \text{ mW}/\text{m}^2$ 。西南地区, 沿雅鲁藏布江缝合带, 热流值较高 ($91 \sim 364 \text{ mW}/\text{m}^2$), 向北随构造阶梯下降, 到准格尔盆地只有 $33 \sim 44 \text{ mW}/\text{m}^2$, 成为“冷盆”。我国东部是台湾板块边缘带, 热流值较高, 为 $80 \sim 120 \text{ mW}/\text{m}^2$, 越过台湾海峡到东南沿海燕山期造山

带, 降为 $60 \sim 100 \text{ mW/m}^2$, 到江汉盆地热流值只有 $57 \sim 69 \text{ mW/m}^2$ 。显示出由现代构造活动强烈的高热流地带向构造活动弱的低热流地带递变的特征。另外, 在大型盆地中, 大地热流值分布同基底的构造形态直接相关, 隆起区为相对高热流区, 拗陷区为相对低热流区。

地温分布在一定程度上反映了深部地质结构的特点和地质构造演化历史, 是评价地热资源、圈定地热异常区、进行地热资源开发利用区划的基本参数。据《中国地温分布的基本特征》(王钧、黄尚瑶等, 1990), 我国地温的分布具有明显的规律性: 东部地温高, 西部地温低, 南部及西南部地温高, 西北及北部地温低; 丘陵及山地地温偏低, 而大、中型盆地的地温偏高。各盆地中的地温也具有与总的地温分布规律一致的特点, 即东部诸盆地的地温高于西部盆地, 特别是西北部几个大型盆地是全国所有盆地中地温最低的地区之一(表 1-2; 图 1-5 ~ 图 1-7)。

表 1-2 中国地温分布特征表

地 区	1000 m			2000 m			3000 m		
	延伸方向	平均地温 ℃	最高温度 ℃	延伸方向	平均地温 ℃	最高温度 ℃	延伸方向	平均地温 ℃	最高温度 ℃
松辽盆地	NNE	40 ~ 50 40 ~ 45	60 ~ 70	NNE	70 ~ 80	100 ~ 110	NNE	90 ~ 110	140 ~ 150
华北盆地	NE, NNE	40 ~ 45	60 ~ 70	NE, NNE, NNE	70 ~ 80	90 ~ 100	NE, NEE, NNE	90 ~ 100	130 ~ 140 ~ 150
东南沿海地区	NE—NEE	40 ~ 45	60 ~ 70	NE—NEE	70 ~ 80	90 ~ 100	NE—NEE	90 ~ 110	140 ~ 150
苏北地区	NE	40 ~ 45	45 ~ 60	NE	60 ~ 70	90 ~ 100	NE	90 ~ 100	120 ~ 130
台湾地区	NNE, NE	40 ~ 45	45 ~ 60	NNE	60 ~ 70	90 ~ 100	NNE	100 ~ 120	140 ~ 150
洞庭湖盆地	NNE, NE	40 ~ 45	60 ~ 80	NNE, NE EW	70 ~ 80	100 ~ 110	NNE, NE EW	90 ~ 100	140 ~ 150
鄱阳湖盆地	NE	40 ~ 45	60 ~ 70	NE	70 ~ 80	90 ~ 100	NE	90 ~ 100	120 ~ 130
三水盆地	NE	40 ~ 45	60 ~ 70	NE	70 ~ 80	90 ~ 100	NE, NEE	90 ~ 100	120 ~ 130
山区	NE, NNE	25 ~ 30 35 ~ 40	50 ~ 60	NE, NNE	40 ~ 60		NE, NNE		
海拉尔-二连盆地	NE, NNE	40 ~ 45 35 ~ 40	50 ~ 60	NE—NNE	60 ~ 70	80 ~ 90	NE, NNE	90 ~ 100	120 ~ 130
鄂尔多斯盆地	SN, NE, NEE	35 ~ 40	50 ~ 60	SN, NEE, NE, NW	60 ~ 70	80 ~ 90	SN, NEE, NW	90 ~ 100	120 ~ 130
汾渭盆地	EW, NE	40 ~ 45	60	EW, NE	70 ~ 80	90 ~ 100	NW—NE	90 ~ 100	130 ~ 140
四川盆地	SN, NE	40 ~ 45 35 ~ 40	50 ~ 60	SW, NE	60 ~ 70	90 ~ 100	SN—NE	90 ~ 100	120 ~ 130
南盘江盆地	NE	40 ~ 45	50 ~ 60	NE	60 ~ 70	80 ~ 90	NE	90 ~ 100	120 ~ 130
百色盆地	NWW, EW	40 ~ 45	50 ~ 60	NWW	60 ~ 70	80 ~ 90	NWW	90 ~ 100	110 ~ 120
兰州-西宁地区	NWW, NW, NE	35 ~ 40	40 ~ 50	NWW, NNE, NE	60 ~ 70	80 ~ 90	NW—EW	90 ~ 100	120 ~ 130

续表

地 区	1000 m			2000 m			3000 m		
	延伸方向	平均地温 ℃	最高温度 ℃	延伸方向	平均地温 ℃	最高温度 ℃	延伸方向	平均地温 ℃	最高温度 ℃
昆明-六盘水地区	NE	40 ~ 45	40 ~ 50	NE	70 ~ 80	90 ~ 100	NE	100 ~ 110	120 ~ 130
山区	NE, SN	25 ~ 30	40 ~ 50	NE, SN	40 ~ 50		SN, NE		
藏滇地区	NWW, EW SN, NNE	40 ~ 50	70 ~ 80	NWW, EW SN, NNE	60 ~ 80	100 ~ 140	EW, NWW SN, NNE	90 ~ 100	140 ~ 150 200 ~ 300
藏北地区	NWW, EW	35 ~ 40	50 ~ 60	NWW, EW	60 ~ 80	90 ~ 100	NWW, EW	80 ~ 100	120 ~ 130
柴达木盆地	NWW	35 ~ 45	50 ~ 60	NWW	50 ~ 70	80 ~ 100	NWW	80 ~ 100	130 ~ 140
河西走廊	NWW	35 ~ 40	50 ~ 60	NWW	50 ~ 70	70 ~ 80	NWW	70 ~ 80	100 ~ 110
塔里木盆地	NWW, NE E	35 ~ 40	40 ~ 50	NWW, NEE	50 ~ 60	60 ~ 70	NWW, NW NEE	70 ~ 80	90 ~ 100
准噶尔盆地	NW, NEE EW	30 ~ 40	40 ~ 45	EW, NW NEE	50 ~ 60	70 ~ 80	NWW, NW EW	70 ~ 80	90 ~ 100
山区	EW, NWW	20 ~ 30		EW—NWW	30 ~ 40		EW	50 ~ 60	

(据王钧、黄尚瑶等, 1990)

我国地温梯度在各地区分布是不同的, 具有东部高、西部低、南部高、北部低的总趋势, 与地温分布规律是一致的 (图 1-8)。

我国地热资源据其分布的地貌部位和形成条件, 可分为隆起山地对流型地热资源和沉积盆地传导型地热资源两大类。地热资源的形成与地质构造、岩浆活动、地层岩性和水文地质条件等有着密切的关系。据《中国地热资源形成特点和潜力评估》(陈墨香、汪集昉等, 1994), 我国热水型地热系统可分为两类 (构造隆起区地热对流型和构造沉陷传导型)、五型 (火山型、非火山型、深循环型、断陷盆地型和坳陷盆地型)。各类型地热系统的地质构造和热背景、结构和规模、热源和水源、热水矿化度、地热能利用方向以及各类型的代表性地区和地热田等情况详见表 1-3。

(1) 沉积盆地传导型地热资源

沉积盆地传导型地热资源为传导型中低温地热资源, 主要分布于华北平原、汾渭盆地、松辽平原、河淮盆地、苏北盆地、江汉盆地、四川盆地、河套平原等大型盆地, 沉积层巨厚。其中既发育大量由粗碎屑物质组成较高孔隙度和渗透性的储集层, 又有大量由细粒物质组成的盖层, 后者对储集层起着积热和保温的作用。我国东部大型中、新生代沉积盆地低盐度热水储层, 在结构上为砂岩层与泥岩层交互叠置。华北盆地、苏北盆地和江汉盆地的上第三 (新近) 系厚度分别为数百米至 2000m。松辽盆地新生界欠发育, 上白垩统为主要热水储层。中部鄂尔多斯盆地的三叠系和侏罗系, 盆地边缘相和河道砂岩相适于淡的和低盐度热水的赋存。四川盆地三叠系为海相砂、泥岩及碳酸盐岩建造, 侏罗系为深湖相碳酸盐岩和碎屑岩建造, 为卤水富集层。大型盆地有足够的空间使水动力环境呈现出明显的分带性: 外环带为径流积极交替带, 内带为径流缓滞带。进入盆地的地下水流穿越

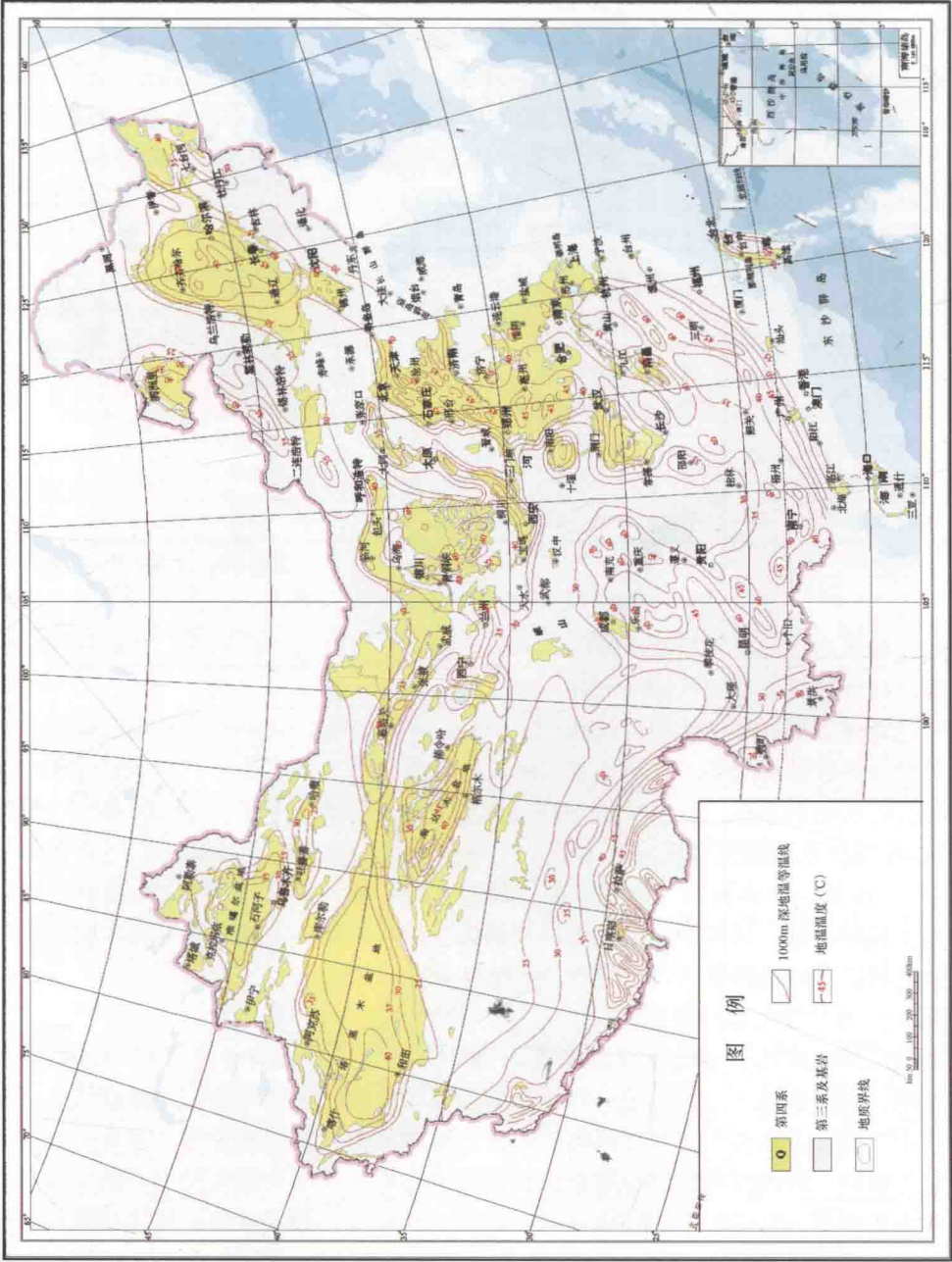


图 1-5 中国 1000m 深地温分布图
(据王钧、黄尚瑶等, 1990)