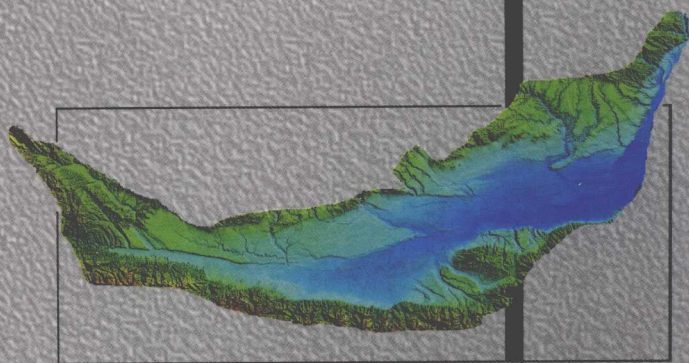




关中盆地地下热水循环规律 及可持续开发利用

李国敏 李 锋 等著



科学出版社
www.sciencep.com

P314.1

1

关中盆地地下热水循环规律 及可持续开发利用

李国敏 李 锋 等著

科学出版社

北 京

内 容 简 介

本书综述了陕西关中盆地地下热水资源形成的环境特征,分析了关中盆地地下热水分布规律及开发利用现状;概述了地下水测年方法,论述了关中盆地地下热水同位素(氢氧稳定同位素、 ^{14}C 、 ^{13}C 、 ^{34}S)及CFCs的分布特征;研究了关中盆地地下热水年龄及循环模式。

本书可供水文地质学、同位素地球化学、地热能及同位素技术等学科的本科生、研究生、高校教师、科研人员及管理人员使用和参考。

图书在版编目(CIP)数据

关中盆地地下热水循环规律及可持续开发利用/李国敏等著. —北京:科学出版社, 2010

ISBN 978-7-03-027914-9

I. ①关… II. ①李… III. ①盆地-地下热水-水循环-研究-陕西省
②盆地-地下热水-水资源利用-可持续发展-研究-陕西省 IV. ①P314.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2010) 第 108515 号

责任编辑: 韦 沁 胡晓春 / 责任校对: 鲁 素

责任印制: 钱玉芬 / 封面设计: 王 浩

科学出版社出版

北京东黄城根北街 16 号

邮政编码: 100717

<http://www.sciencep.com>

源海印刷有限责任公司印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2010 年 7 月第 一 版 开本: 787×1092 1/16

2010 年 7 月第一次印刷 印张: 7 1/4 插页: 6

印数: 1—1 500 字数: 172 000

定价: 50.00 元

(如有印装质量问题, 我社负责调换)

前 言

地下水是陕西关中盆地最重要的城市和工农业供水水源，地下热水在该地区的开发利用程度相应较高。近年来，随着社会经济的发展和科技的进步，在西安—咸阳地区形成了地热资源开发利用的热潮，先后施工地热井 100 多眼，地热井口温度最高可达 112°C 、自流量最大可达 $298\text{m}^3/\text{h}$ ，带来了良好的经济、社会和环境效益。然而，关中盆地至今还未进行过系统的地热资源调查与评价，整个盆地内地热资源的分布、埋藏、赋存特征及形成、运移规律还不够清楚，地热资源量尚未查明。目前，地热资源开发多为单位自主进行，部分地热井的设计与施工存在着一定的盲目性和较大的风险性。为此，中国地质调查局与陕西省政府合作开展了“陕西省关中盆地地热资源调查评价”项目；中国科学院地质与地球物理研究所和陕西省地质调查院联合完成了“陕西关中盆地地下热水同位素测定与热水循环研究”项目。

本书以中国科学院地质与地球物理研究所和陕西省地质调查院联合完成的“陕西关中盆地地下热水同位素测定与热水循环研究”为基础，以关中盆地松散层（第四纪、新近纪）和岩溶含水层为研究的目标含水层，以渭河（包括在垂直河流的横剖面）周边、沿关中盆地的南北边界、主要断裂带及西安与咸阳等重点地热开发区为研究区。本书主要内容包括：① 搜集并整理了已有的地层（第四系、古近系、新近系及奥陶系等）、地质构造、降水量、水文地质勘察、地下水动态（水位、水量、水质、水温）监测和同位素分析资料；② 搜集并整理了与同位素采样点相关的资料，主要包括地下热水开采井的结构资料和动态资料；③ 分析了主要研究区的水文地质条件，包括地层（含热水介质）系统结构、受断裂控制的边界条件，并从地下热水动力学的角度初步分析了地下水流动场特征，不同含热水地层之间的水力联系，地下热水与冷水、孔隙水与岩溶水之间的水力关系以及山前扇区地下水补给的特征；④ 开展了地下水年代学研究，采用多种年代学研究方法——D、T、CFCs 和 ^{14}C 测年方法等确定地下水的年龄、用 T 和 CFCs 测年方法确定地下水系统中有无现代水补给、用 ^{14}C 测年方法确定水体中老水的年龄，并在此基础上确定了地下热水的来

源,分析了深层地下热水与浅层地下冷水的混合关系及循环特征以及区域地下水的补给、径流和排泄规律;⑤结合区内地下热水流动(循环)分析,根据盆地地下热水分布规律建立了地下热水流动循环模式和水文地质概念模型。

本书主要结论包括:

①环境同位素研究结果表明,研究区地下热水为大气降水补给而成。根据降水补给的年代及混合程度可将地下热水分为主要由现代大气降水补给的混合型地下热水、由现代大气降水和古代大气降水共同补给的混合型地下热水及主要由古代大气降水补给的深部循环型地下热水。

②关中盆地南部地下热水氢氧同位素研究结果表明,研究区地下热水为净热水与常温水的混合,常温水混合量达半数以上。根据 SiO_2 地热温标计算,净热水的地热储层温度为 $80\sim 121^\circ\text{C}$,深度为 $1146.84\sim 1779.38\text{m}$ 。净热水的补给水源平均温度与现代降水平均温度相差约 16°C ,净热水的来源为第四纪末次冰期秦岭海拔 1800m 以上的冰川雪水。

③西安地下热水和渭北岩溶水的同位素(如 $\delta^{18}\text{O}$ 、 δD 、 ^{13}C 、 T 、 ^{14}C)及CFCs值呈现规律性变化,存在明显的差别,表明两者之间缺乏明显的水力联系,它们赋存于不同的水文地质单元、属于不同的水循环系统。

④关中盆地南部地区各含水层之间存在水力联系。古近系、新近系地下热水与地表水及其他含水层之间联系广泛,是研究区重要的集水通道和地热储层;盆地边缘断裂是沟通各个含水层之间水力联系的主要通道,含水层之间的连通程度取决于活动性断层开启程度;约半数以上的古近系、新近系含水层和第四系含水层发生了水力联系,断层是沟通古近系、新近系含水层与地表水及第四系含水层间水力联系的主要通道;关中盆地南部所有地下热水均为混合水,净热水可视为单股热水,多股冷水参与了混合,冷水的组成以深层冷水为主,因此热水和冷水的混合不是发生在地壳的浅部,混合的冷水亦为古水,与净热水形成时代相近;供水井抽水时应考虑采水过程会导致地下浅层较年轻的水和深层的老水的混合、深部热水和浅部冷水的混合,抽水井应尽可能远离活动断层;地下热水开采中应避免上层冷水及地表水的混入,应防止过量抽取,以保证地下热水可持续开采。

⑤渭北东部岩溶地下水的水化学和同位素研究表明,水中硫酸盐起源主要为海相硫酸盐的溶解,其次为南部瀉湖相古沉积咸水的混入,岩溶地下水中盐分的增加主要是溶滤作用的结果。

本书共分5章,撰写分工为:前言,李国敏、周金龙;第1章,刘方、穆根胥;第2章,李锋、刘方、穆根胥;第3章,李锋、尚海敏、宋巧莲;第4章,黎明、尚海敏;第5章,李国敏、周金龙、尚海敏。图、表整理由博士生张元和硕士生李雪共同完成,最后由李国敏、周金龙统稿。

本书在编写和出版过程中,得到了中国科学院地质与地球物理研究所、陕西省地质调查院、长安大学环境科学与工程学院,以及关中盆地所在各县市的气象、水文、国土、地矿和统计等部门或单位的大力支持和帮助,在此深表感谢。

第1章 关中盆地概况	1
1.1 自然地理条件	1
1.1.1 研究区范围	1
1.1.2 地形地貌	1
1.1.3 气象与水文	3
1.2 社会经济概况	4
1.2.1 交通	4
1.2.2 区域经济发展现状	5
1.2.3 社会经济发展规划	6
1.2.4 文化历史	6
1.2.5 旅游	7
1.3 地热资源社会需求	8
1.4 以往地热地质勘察与研究工作及取得的主要认识	8
1.4.1 以往地热地质勘察与研究工作	8
1.4.2 取得的主要认识	10
第2章 关中盆地地热地质概况	11
2.1 关中盆地形成演化背景	11
2.2 主要构造体系及构造单元	12
2.3 深部地质构造特征及地热异常	15
2.4 地热储层类型及特征	16
2.4.1 新生界砂岩、砂砾岩孔隙裂隙地热储层	16
2.4.2 下古生界碳酸盐岩岩等温地热储层	18
2.4.3 秦岭北麓构造断裂带裂隙地热储层	20

目 录

前言

第 1 章 关中盆地概况	1
1.1 自然地理条件	1
1.1.1 研究区范围	1
1.1.2 地形地貌	1
1.1.3 气象与水文	3
1.2 社会经济概况	4
1.2.1 交通	4
1.2.2 区域经济发展现状	6
1.2.3 社会经济发展规划	6
1.2.4 文化历史	6
1.2.5 旅游	7
1.3 地热资源社会需求	8
1.4 以往地热地质勘察与研究工作及取得的主要认识	8
1.4.1 以往地热地质勘察与研究工作	8
1.4.2 取得的主要认识	10
第 2 章 关中盆地地热地质概况	11
2.1 关中盆地形成演化背景	11
2.2 主要构造体系及构造单元	13
2.3 深部地质构造特征及地热异常	15
2.4 地热储层类型及特征	16
2.4.1 新生界砂岩、砂砾岩孔隙裂隙地热储层	16
2.4.2 下古生界碳酸盐岩岩溶地热储层	18
2.4.3 秦岭北麓构造断裂裂隙地热储层	20

第 3 章 关中盆地地下热水分布规律及开发利用现状	24
3.1 地热储层的埋藏分布	24
3.2 地下热水的补给来源	25
3.3 地下热水水化学特征	29
3.4 关中盆地地热资源开发利用	32
3.4.1 地热资源开发利用历史	32
3.4.2 地热资源开发利用现状	33
3.5 地下热水动态特征	35
3.5.1 地下热水水位动态特征	35
3.5.2 地下水水质动态特征	43
3.6 地下热水开发利用中存在的主要问题	43
第 4 章 地下水测年方法	45
4.1 环境同位素测年方法	45
4.1.1 稳定同位素测年方法	45
4.1.2 放射性同位素 T 测年方法	46
4.1.3 放射性同位素 ¹⁴ C 测年方法	47
4.2 CFCs 示踪和定年方法	48
4.2.1 全球大气中 CFCs 浓度变化	49
4.2.2 地下水 CFCs 定年方法	50
4.2.3 计算地下水 CFCs 年龄的基本模型	50
4.2.4 CFCs 定年方法的主要影响因素	51
4.2.5 研究区大气 CFCs 浓度	53
4.2.6 地下水 CFCs 年龄	53
4.3 样品采集和测试	54
第 5 章 关中盆地水体稳定同位素组成、年龄及循环特征	56
5.1 大气降水同位素	56
5.2 地表水同位素	56
5.3 第四系浅层地下水稳定同位素组成、年龄及循环特征	57
5.3.1 第四系浅层地下水稳定同位素组成	57
5.3.2 第四系浅层地下水 CFCs 年龄	59

5.3.3 浅层第四系地下水循环特征	60
5.4 地下热水稳定同位素组成、年龄及循环特征	61
5.4.1 关中盆地地下热水氢氧稳定同位素组成	61
5.4.2 关中盆地南部外围断裂带附近地下热水同位素特征	61
5.4.3 关中盆地南部地下热水和渭北岩溶水同位素特征及相互关系	71
5.4.4 关中盆地地下热水中硫酸盐的形成	83
5.4.5 关中盆地南部含水层间相互关系	86
5.4.6 地下热水的混合程度	96
5.4.7 地热储层温度和循环深度	100
参考文献	102

彩图

关中盆地位于陕西省中部，西起宝鸡、东至潼关，南依秦岭、北至渭河北山，地理坐标为东经 $106^{\circ}30' \sim 110^{\circ}30'$ 、北纬 $35^{\circ}00' \sim 35^{\circ}20'$ ，面积约 35064.5 km^2 。区内包括宝鸡、铜川、咸阳、西安和渭南 5 个省辖地级市，共 54 个县。全关中盆地地区现有人口约 2000 万人，占全省总人口的 60%，其中农业人口 1500 万人（占关中盆地地区总人口的 75%）。

1.1.2 地形地貌

研究区为一个三面环山向东敞开的盆地，盆地南侧是峰峦叠嶂的秦岭中南山，山势陡峻，走向近东西，海拔一般为 $1000 \sim 2320 \text{ m}$ ，主峰太白山海拔 3767 m ；盆地北部为舒缓起伏的低山丘陵，统称北山，南北两侧的山脉向西到宝鸡峡逐渐起伏，而形成峡谷；在北山与秦岭之间为一西窄东宽的平原地形，海拔 $325 \sim 900 \text{ m}$ ，地势西高东低，向东微倾。研究区自山区向盆地中心地形呈阶状级降落，依次为山前洪积扇、黄土台地和河谷阶地。渭河自西向东横贯盆地中部，在潼关汇入黄河。

(1) 基岩山

基岩山分布于盆地外侧，主要为秦岭和北山。秦岭呈东西走向，山势陡峻，北陡南缓，峡谷众多，成为南北交通通道，北坡南坡较密，形成许多海拔 300 m 以上的山峰，包括玉皇山（ 2319 m ）、终南山（ 2604 m ）和华山（ 2150 m ）等 12 座，地处周至、眉县和太白县接壤地带的太白山主峰（拔仙台）海拔 2767 m ，西至秦岭东

第1章 关中盆地概况

1.1 自然地理条件

1.1.1 研究区范围

关中盆地位于陕西省中部，西起宝鸡、东至潼关、南依秦岭、北至渭河北山，地理坐标为东经 $106^{\circ}30'$ ~ $110^{\circ}30'$ 、北纬 $33^{\circ}00'$ ~ $35^{\circ}20'$ ，面积约 39064.5km^2 。区内包括宝鸡、铜川、咸阳、西安和渭南 5 个省辖地级市，共 54 个县。全关中盆地地区现有人口约 2000 万人，占全省总人口的 60%，其中农业人口 1500 万人（占关中盆地地区总人口的 75%）。

1.1.2 地形地貌

研究区为一个三面环山向东敞开的盆地，盆地南侧是峰峦叠嶂的秦岭中高山，山势陡峻，走向近东西，海拔一般为 $1000\sim 2320\text{m}$ ，主峰太白山海拔 3767m ；盆地北部为舒缓起伏的低山丘陵，通称北山；南北两侧的山脉向西到宝鸡峡逐渐闭合而形成峡谷；在北山与秦岭之间为一西窄东宽的平原地形，海拔 $325\sim 900\text{m}$ ，地势西高东低，向东微倾。研究区自山区向盆地中心地形呈阶梯级降落，依次为山前洪积扇、黄土台塬和河谷阶地。渭河自西向东横贯盆地中部，在潼关汇入黄河。

(1) 基岩山

基岩山分布于盆地外侧，主要为秦岭和北山。秦岭呈东西走向，山势巍峨壮丽，北陡南缓，峡谷众多，成为南北交通通道，北坡褶皱紧密，形成许多海拔 2000m 以上的山峰，包括玉皇山（ 2819m ）、终南山（ 2604m ）和华山（ 2160m ）等 12 座，地处周至、眉县和太白县接壤地带的太白山主峰（拔仙台）海拔 3767m ，遥居秦岭群

峰之冠；北山为呈北东向雁行排列的断块山，海拔为 1000~1600m，南陡北缓，较大的山峰有塬山、瓦罐岭、五峰山、钻天岭、嵯峨山、金粟山和将军山等。

(2) 山前洪积扇

洪积扇分布在秦岭北侧和北山南侧山前一带，单个的洪积扇相互连接形成带状分布的洪积扇裙或山前倾斜洪积平原，宽 3~12km。秦岭山前洪积扇具有时代较新、洪积物颗粒粗和厚度大等特点；北山山前洪积扇粗粒物质少，大部分是砾石、砂层与粉质黏土交互堆积，上部被黄土覆盖。区内一些地区的洪积扇在差异性新构造运动的控制下，具有明显的多级性，如岐山、扶风和眉县槐芽一带，一般可划出 4 级洪积扇，可与渭河阶地进行对比。

(3) 黄土台塬

盆地内黄土台塬分布范围大，约占盆地总面积的二分之一，主要可划分为两级黄土台塬，塬面高的为二级，低的为一级。

一级黄土台塬：面积广、分布连续，如扶风塬、礼泉塬、富平-蒲城塬、渭南塬、少陵塬等；塬面平坦，多呈阶状地形，塬面上发育大小不等、定向展布的侵蚀洼地和构造洼地，标高 540~880m，与河谷阶地陡坎接触，高差 40~170m；上部为黄土，下部为下更新统冲洪积和湖积相物质。

二级黄土台塬：断续分布，由西至东有陵塬、贾村塬、白鹿塬、合阳-澄城塬等；塬面有洼地、丘岗，冲沟发育，标高 600~950m，与一级黄土台塬或高阶地陡坎接触，高差 50~150m；组成物质上部为黄土，下部为古近系和新近系（或古近系）基岩，沟谷中多处出露。

(4) 河谷阶地

渭河河谷阶地较发育，自西向东由狭长逐渐变为宽阔，与关中盆地自西向东伸展的形态基本一致；共发育 5 级阶地，高阶地仅见于上游及其支流，二级以上阶地均被不同时期的黄土披覆，各阶地接触处，除高陵、固市一带为缓坡外，其余地区均为陡坎。

I~V 级阶地高出河水面分别为 5~20m、20~30m、30~90m、100~180m 和 150~200m。Ⅲ级阶地从临潼向东出现向渭河上游倾斜的现象，渭南至华阴段缺失；渭河阶地分布具明显不对称性，下游一带Ⅱ、Ⅲ级阶地北岸整齐宽广、南岸狭窄不

完整；唯Ⅰ级阶地南岸较发育，北岸分布不广。

渭河各支流阶地呈断续不对称分布，一般渭河北岸支流的阶地多发育于左岸，而南岸的支流阶地多发育于右岸。

1.1.3 气象与水文

(1) 气候特征

关中盆地属温带半干旱、半湿润大陆性季风气候，区内气候的基本特征：一是冬季寒冷，夏季炎热；二是春季升温较快，秋季降温迅速，冷空气活动频繁，气温日差较大；三是干湿季节分明，秋末冬春少雨，夏季初秋多雨；四是降水变化大，常出现干旱；五是春季风大沙多。

关中盆地多年平均降水量 550~750mm，全年降水多集中在 7~9 月，在地域上分布很不均匀。宝鸡林家村站、西安站和华县站 1956~2000 年多年平均降水量分别为 683.3mm、570.1mm 和 540.4mm；秦岭北麓地带降水量大于平原地区，一般为 850~1000mm。盆地内降水量总的规律是南部大于北部，西部大于东部。

区内冷空气活动频繁，气温日差较大，多年平均气温为 12~13℃，最高气温可达 40℃以上，最低气温在 -10℃以下。

(2) 水文特征

关中盆地主要河流是黄河的最大支流——渭河，由宝鸡峡进入盆地，河床蜿蜒曲折，在盆地内渭河接纳了由南北而来的近百条大小支流。渭河两岸支流呈不对称状，北岸支流少而长，南岸多而短。

渭河南岸源于秦岭的支流平行密布，素有“秦岭七十二峪”之称，这些河流流程较短、水流湍急；受降水的影响河水水位和流量变化很大；它们在流经山前砂砾质河床时，河水大量渗漏，甚至断流，成为地下水的主要补给来源；主要支流包括石头河、汤峪河、黑河、涝河、沔河、浐河、灞河、零河和沔河等。

渭河北岸支流沿北西西—南东东方向穿过陕北北山地区，流出北山地区后，支流弯曲多变，次级支流构成类似羽状或格子状水系，如横水、泔河、冶峪河、清峪河、石川河、洛河下游以及洛河本身的大拐弯等，具开阔断陷谷水系特征，同时也说明东、西不均一抬升。渭河北岸支流较少，源于或穿越北山的主要有金陵河、千

河、漆水河、泾河、石川河和洛河等（图 1.1），这些河流大多源远流长，河水具有暴涨暴落、含沙量大的特点。

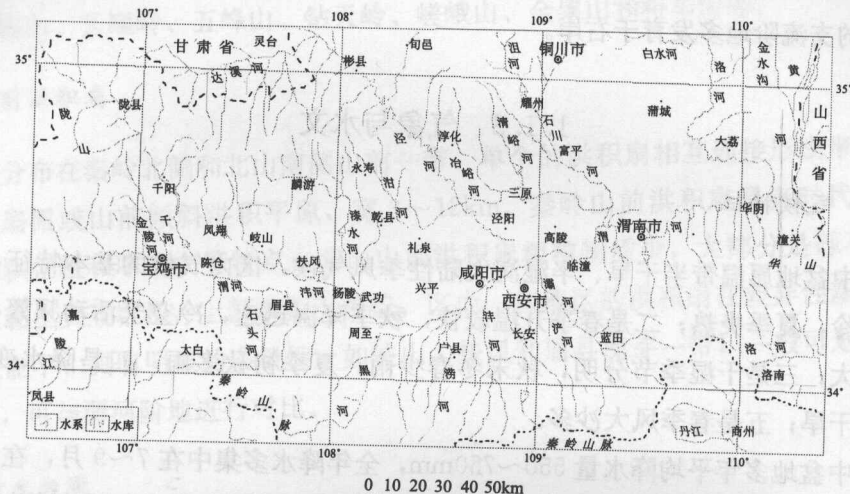


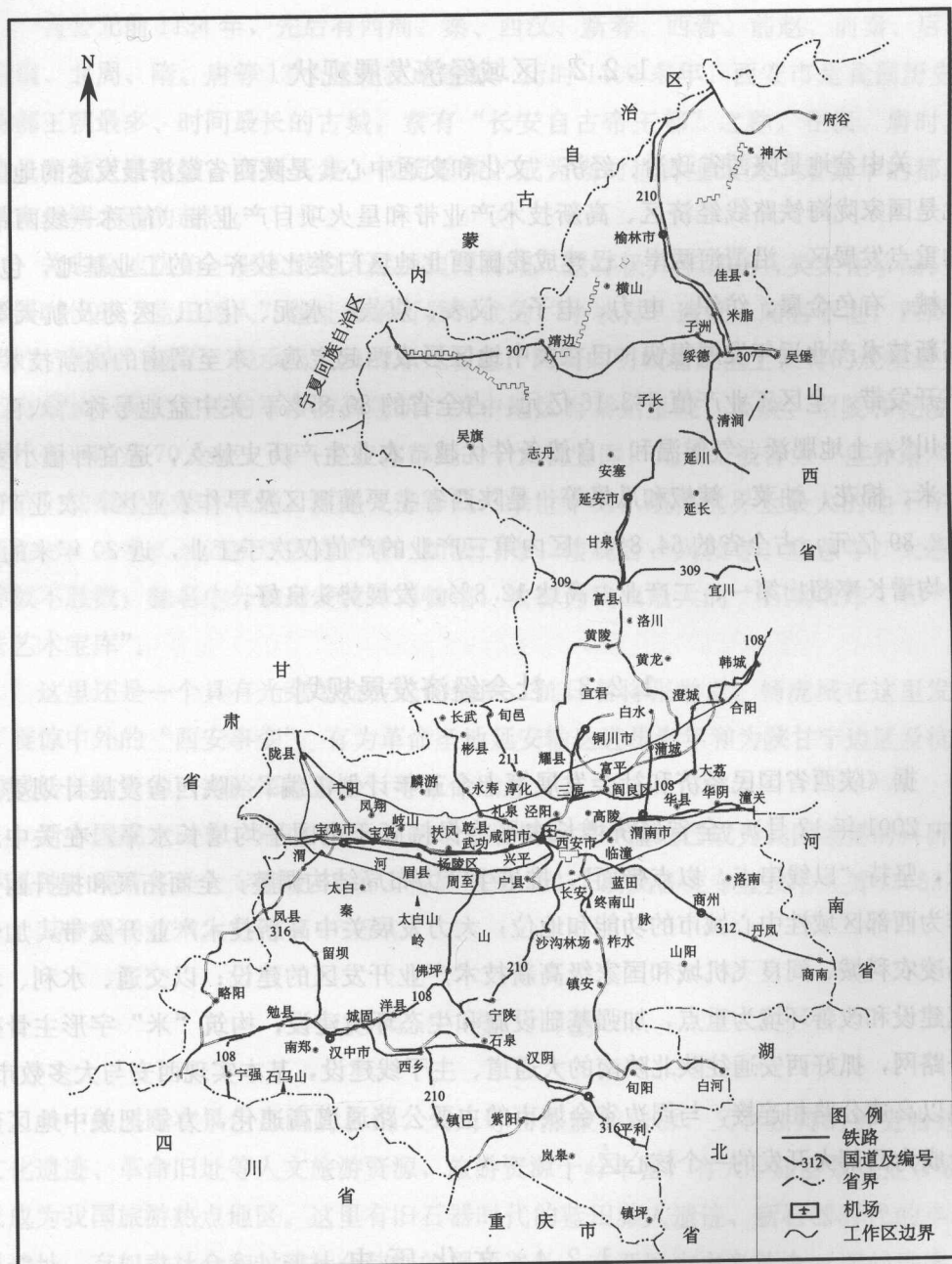
图 1.1 关中盆地水系图（据陕西省地质调查院①）

1.2 社会经济概况

1.2.1 交 通

关中地区以西安为中心的铁路、航空及公路交通网络辐射全省，通达全国。陇海铁路东西向横贯关中平原区中部，宝（鸡）成（都）线、西（安）余（下）线、西（安）铜（川）线，及近几年建成的西（安）延（安）线、宝（鸡）中（卫）线、西（安）（安）康线已成为贯穿陕西南北的铁路大动脉；与西安中心直线距离约 26km 的西安咸阳国际机场，是中国内陆最大的航空港之一，共开通 5 条国际航线和 28 条国内航线；公路建设以西安为中心基本形成了由横贯关中平原东西向的 310 国道、贯通陕北陕南的 210 国道、东北—西南走向的 108 国道和西北—东南走向的 312 国道等构成的“米”字形公路网。近几年还相继建成西（安）潼（关）、西（安）宝（鸡）、西（安）铜（川）、西（安）汉（中）、西（安）蓝（田）高等级公路，基本实现了市级行政区之间的高等级公路连通，交通十分便利（图 1.2）。

① 陕西省地质调查院，2008，陕西省关中盆地地热资源调查与评价报告。

图 1.2 关中盆地交通位置示意图 (据陕西省地质调查院^①)

① 陕西省地质调查院, 2008, 陕西省关中盆地地热资源调查与评价报告。

1.2.2 区域经济发展现状

关中盆地是陕西省政治、经济、文化和交通中心，是陕西省经济最发达的地区，也是国家陇海铁路沿线经济区、高新技术产业带和星火项目产业带（简称一线两带）的重点发展区。沿渭河两岸，已建成我国西北地区门类比较齐全的工业基地，包括机械、有色金属、纺织、电力、电子、仪表、煤炭、水泥、化工、医药及航天等。高新技术产业近年发展很快，已在关中地区形成西起宝鸡、东至渭南的高新技术经济开发带，全区工业产值 843.16 亿元，占全省的 80.87%。关中盆地号称“八百里秦川”，土地肥沃、气候温和、自然条件优越，农业生产历史悠久，适宜种植小麦、玉米、棉花、油菜、辣椒和瓜果等，是陕西省主要灌溉区及早作农业区，农业产值 212.39 亿元，占全省的 64.8%。区内第三产业的产值仅次于工业，近 20 年来的年平均增长率超出第一、二产业，高达 12.8%，发展势头良好。

1.2.3 社会经济发展规划

据《陕西省国民经济和社会发展第十个五年计划汇编》（陕西省发展计划委员会，2001 年 12 月），全省经济增长水平将保持高于全国平均增长水平。在关中地区，坚持“以线串点，以点带面”，推进生产力布局结构调整；全面拓展和提升西安作为西部区域性中心城市的功能和地位；大力发展关中高新技术产业开发带，加快杨凌农科城、阎良飞机城和国家级高新技术产业开发区的建设；以交通、水利、城镇建设和改善环境为重点，加强基础设施和生态环境建设；构筑“米”字形主骨架公路网，抓好西安通往陕北陕南的大通道、主干线建设，基本实现西安与大多数市、地以高速公路相连接，与周边省会城市的主要公路通道高速化，力争把关中地区建设成为西部大开发的一个核心区。

1.2.4 文化历史

“八百里秦川，文武胜地；五千年历史，古今名城”。关中盆地是中华民族文化的重要发祥地之一，具有 3100 多年可记载的悠久文化历史。

自公元前 1134 年,先后有西周、秦、西汉、新莽、西晋、前赵、前秦、后秦、西魏、北周、隋、唐等 13 个王朝在此建都,历时 1100 多年。西安市是我国历史上建都王朝最多、时间最长的古城,素有“长安自古帝王都”之称。在汉、唐时期,古长安城道路纵横、商贾云集、市场繁荣,成为当时世界上最大、最繁华的都城,是古丝绸之路的起点。

关中盆地犹如一座巨型的天然历史博物馆,遗存极其丰富的人类文化珍品。旧石器时代的“蓝田猿人”遗址和新石器时代的“半坡村”遗址,闻名于世;西周时期的“周原”遗址,展示出先民的非凡智慧;西安的明城墙是世上仅有的规模最大、历史最长、保护完整的军事防御建筑;关中地区有秦始皇陵、茂陵、昭陵和乾陵等历代帝王陵墓 70 余座,每一座陵墓都是一个文物宝库,尤其是被誉为“世界第八大奇迹”的秦始皇陵兵马俑,更是气势非凡,举世罕见,堪称世界上最大的地下军事博物馆;各种教派兴建的名寺古塔,如法门寺、楼观台、兴教寺、慈恩寺、大雁塔等数不胜数;驰名中外的西安碑林博物馆,被誉为我国最大的“石质书库”和“书法艺术宝库”。

这里还是一个具有光荣革命传统的地区,抗日名将张学良、杨虎城在这里发动了震惊中外的“西安事变”;有为革命圣地延安输送进步青年和为陕甘宁边区及抗日前线转送物资的“八路军办事处”等革命旧址。

新中国成立以来,经过 50 余年的建设发展,关中盆地已成为我国重要的科研教学基地,现有各类大专院校 52 所、科研机构 133 个以及各类专业技术人员 13.53 万人,其中科学技术人员约 8.27 万人。

1.2.5 旅 游

关中地区既有景色奇丽的名山、大川等自然旅游资源,又有独特的历史古迹、文化遗迹、革命旧址等人文旅游资源,旅游资源十分丰富,有大小旅游景点上百处,已成为我国旅游热点地区。这里有旧石器时代的蓝田猿人遗迹、新石器时代的半坡村遗址、有奴隶社会和封建社会前期的周原遗址,有新民主主义革命时期的许多革命旧址;西安还是全国历史文化名城之一,华山、骊山等是全国重点风景名胜区;同时,大多数旅游景点涵盖着丰富的自然景观和历史人文景观,如:华山风景区、秦兵马俑、临潼骊山风景区、太白山风景区、道教圣地楼观台、佛教圣地法门寺以

及唐乾陵、昭陵和汉茂陵,此外还有南五台、翠华山、周公庙、东西汤浴等。每年都吸引大批境内外游客,据统计,2002年关中地区接待游客约3700万人次,收入约150亿元,旅游市场前景广阔。

另外,省委、省政府拟将关中作为温泉旅游的重点区域,规划建设6处温泉旅游区,分别是:眉县汤浴温泉旅游区、扶风法门寺温泉旅游区、周至县楼观台温泉旅游区、蓝田汤浴温泉旅游区、临潼骊山温泉旅游区和华山温泉旅游区,届时,关中地区的旅游业将更加发达。

1.3 地热资源社会需求

关中盆地众多的企事业单位对地热资源开发利用具有很高的积极性,该地区地热资源市场需求极高。盆地内主要城市,包括宝鸡、咸阳、西安、渭南、华阴、潼关等;主要旅游景点,如华山、兵马俑、临潼骊山、南五台、蓝田、太乙宫、楼观台、法门寺、周公庙等,都有开发利用地热资源的意向。但因对地质情况了解不足,当地政府管理部门的规划决策困难较大、投资风险较大,也使投资单位不敢盲目实施。如何能将拟投资单位的积极性与政府组织的调查评价工作相结合,将有利于地热市场的开发运作以及探采结合工作的实施,力争能以较少的投入获得较多的成果;同时,拟投资单位的积极性也能使各项试验测试工作顺利实施,有利于保障各项调查工作的质量。关中盆地地热资源的开发利用,使地热这种清洁能源不仅在各项经济建设中起到举足轻重的作用,而且在发展温泉旅游业中也起到锦上添花的作用。关中地区特别是重要旅游区,很多地方政府、大型企事业单位对开发地热的热情愈来愈高,可以预测关中盆地地热资源开发的高潮将要到来。同时,关中地热资源开发不仅对陕西地方经济发展作用重大,而且对于我国西部地区盆地型地热田开发也具有良好的示范作用。

1.4 以往地热地质勘察与研究工作及取得的主要认识

1.4.1 以往地热地质勘察与研究工作

关中盆地地热地质勘察与研究工作可大致划分为3个阶段:20世纪70年代,