



中国地质调查局专报 No. 2007002

鄂尔多斯盆地 地下水勘查研究

侯光才 张茂省 等著



ORDOS PENDI DIXIASHUI KANCHA YANJIU

地质出版社

中国地质调查局专报 No. 2007002

鄂尔多斯盆地地下水勘查研究

侯光才	张茂省	刘 方	王永和	梁永平	著
陶正平	赵振宏	胡伏生	苏小四	吕 英	
谢 渊	王文科	王晓勇	杨友运	陆 琦	
焦养泉	杨郟城	崔旭东	马建伦	尹立河	

地 质 出 版 社

· 北 京 ·

内 容 提 要

本书以地下水系统理论为指导,采用国内外先进的探测技术与研究方法,对鄂尔多斯盆地地下水形成与赋存条件、循环机理和地下水资源特征进行了系统研究。全书共6篇15章。第一篇系统介绍了鄂尔多斯盆地地下水形成的自然条件以及地下水系统特征;第二篇详细论述了控制白垩系地下水形成与赋存的主要因素以及含水层系统和水流系统特征,并对水文地球化学和地下水同位素的组成及其分布规律进行了分析与总结,阐述了地下水循环机理及更新能力,圈定出有开发前景地下水富集区及水源地,对地下水资源进行了分区评价;第三篇从岩溶理论出发,对盆地周边岩溶地下水系统进行了研究,系统论述了岩溶发育特征,对岩溶含水介质结构进行了分类与总结,根据岩溶地下水循环条件,对岩溶地下水系统进行了划分,论述了不同岩溶地下水系统特征,归纳出盆地东缘、南缘和西缘岩溶地下水系统不同的水循环模式,对岩溶地下水资源进行了计算与评价;第四篇对石炭系—侏罗系分布区地下水的赋存规律进行了总结,并概括为10种水文地质结构类型,针对本区地质及水文地质条件的特殊性,探讨和总结了地下水开发模式与取水示范工程;第五篇从鄂尔多斯盆地经济社会发展对水资源的需求出发,结合本地区地下水资源特征,分析了水资源开发利用现状及开发潜力,提出了地下水资源开发利用建议和能源基地供水方案;第六篇以 ArcGis 9.1 为基础 GIS 平台,采用 Engine + VB 开发模式,建立了鄂尔多斯盆地地下水信息系统,介绍了系统框架、数据项组成、系统功能和扩展与维护。

本书图文并茂,科学性、创新性和实用性强,是我国系统研究大型盆地地下水的一部专著,可供地下水勘查研究相关领域的广大科技人员以及有关高等院校师生阅读参考。

图书在版编目(CIP)数据

鄂尔多斯盆地地下水勘查研究/侯光才等著. —北京:
地质出版社, 2008. 6

ISBN 978 - 7 - 116 - 05672 - 5

I. 鄂… II. 侯… III. 鄂尔多斯盆地—地下水资源—水
文地质勘探 IV. P641. 72

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2008) 第 046681 号

责任编辑: 祁向雷 王春庆
责任校对: 田建茹 郑淑艳
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: 北京地大彩印厂
开 本: 889 mm × 1194 mm^{1/16}
印 张: 36.5 图版: 8 面
字 数: 1000 千字
印 数: 1—1000 册
版 次: 2008 年 6 月北京第 1 版·第 1 次印刷
定 价: 128.00 元
书 号: ISBN 978 - 7 - 116 - 05672 - 5

(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)

中国地质调查局专报

编辑委员会

主任 孟宪来

副主任 王宝才 张洪涛 王学龙 周家寰
李广涌

委员 (按姓氏笔画为序)

丁俊	于友明	马申达	马德友
尹明	王平	王春书	王瑞江
邓志奇	甘行平	龙长兴	冯安生
朱立新	庄育勋	刘亚川	何远信
李向	李金发	张卫东	陈仁义
陈国栋	单海平	金若时	侯增谦
姜玉池	段怡春	胡时友	殷跃平
黄志兴	彭齐鸣	董树文	韩子夜
谭永杰	樊春福		

项目参加单位

项目主管部门

中国地质调查局

项目实施单位

中国地质调查局西安地质调查中心

陕西省地质调查院

项目参加单位

山西省地质调查院

内蒙古自治区地质调查院

宁夏回族自治区地质调查院

甘肃省地质调查院

中国地质科学院岩溶地质研究所

中国地质调查局成都地质调查中心

中国地质科学院水文地质环境地质研究所

项目协作单位

中国地质大学（北京）水资源与环境学院

长安大学环境与工程学院

吉林大学水资源与环境研究所

西安石油大学

中国地质大学（武汉）资源学院盆地研究所

中国地质大学（武汉）地质过程与矿产资源国家重点实验室

中国科学院地质与地球物理研究所

中国地质调查局水文地质环境地质调查中心

国际合作组织

国际原子能机构（IAEA）

项目参加人员

中国地质调查局西安地质调查中心

侯光才 张茂省 王永和 陶正平 赵振宏 王晓勇 杨郟城
马建伦 尹立河 龚蓓 谢从瑞 伍跃中 李智佩 王冬
李瑛 李清 李林 刘洁 曾磊 杨怀英 侯妙娟

陕西省地质调查院

刘方 李锋 李益朝 党学亚 方长生 马思锦 林平选
王佳武 王友林 穆根胥 张戈 王学平 董永超

山西省地质调查院

廉辉民 袁新华 梁树雄 黄卫星 王英 黄存宝 王东桃
马汉田 段克伟 田金伟 张海水 董巧妹 崔维秀 张永峰

内蒙古自治区地质调查院

吕英 闫福贵 刘俊廷 侯俊林 田林浩 李志 王挨顺
李虎平 董建国 冯宝爱 王兵 马少华 武贵龙 赵锁志
徐少莹 乔楨 刘寅彪 侯建军 张建新 张茂盛 温向阳
于孟文 刘秉旺 马挨荣 王占政 李志强

宁夏回族自治区地质调查院

张钦 余秋生 薛忠岐 王新贺 朱廉生 尹秉喜 杨建
陆文庆 龙活虎 乔光东 杨占利 周文生

甘肃省地质调查院

李生勇 崔旭东 张彦林 王延江 佟成利 刘心彪 周斌
李锁成 薛斌义 叶得金 南居信 王世宇 陈汉 李天河
陈韶 付东林 石玲娣 强喆 蒋常林 徐小键 张家峰
王有权 王天英 张军玲 王珍英 周小龙 何明华 孟继红
魏余广

中国地质科学院岩溶地质研究所

梁永平 韩行瑞 时坚 王濯凝 王晶 王维泰 刘德深

总 序

《国务院关于加强地质工作的决定》（以下简称《决定》）明确指出：中国地质调查局统一部署、组织实施中央政府负责的基础性、公益性地质调查和战略性矿产勘查工作，强化相关技术、质量、成果管理和社会化服务。为全面贯彻落实《决定》，强化中国地质调查局的社会服务职责，促进公益性地质调查成果及时快捷地服务社会，进一步引导、拉动商业性地质工作，中国地质调查局决定从2007年开始，以《中国地质调查局专报》为载体，不定期地公开出版具有代表性的地质调查成果。

地质工作是经济社会发展重要的先行性、基础性工作，服务于经济社会的各个方面。公益性地质调查工作是地质工作的基础，更强调为社会需要服务，为各级政府决策提供基础地质、矿产地质、水文地质、工程地质等方面的科学依据，在合理利用国土资源、合理进行生产力布局等方面发挥重要作用。

自1999年我国地勘工作管理体制进行重大改革、公益性地质工作和商业性地质工作实行分开运行以来，国家启动了国土资源大调查专项。中国地质调查局主要负责组织实施其中的地质大调查——“一项计划、四项工程”，即基础地质调查计划、矿产资源调查评价工程、地质灾害预警工程、数字国土工程（地质调查信息化部分）、资源调查与利用技术发展工程。

在实施过程中，我们注重采用新理论、新技术、新方法，取得了重要进展和显著成果。我国基础地质调查程度全面提高，基础地质研究水平不断提升，不仅完成了陆域空白区中比例尺地质填图工作，更新了一批国家基础地质数据和图件，而且在青藏高原基础地质研究、热河古生物群研究、大陆科学钻探等方面取得了一批原创性研究成果。矿产资源调查评价进展显著，在雅鲁藏布江、西南三江、东天山、南岭等重要成矿区带实现了找矿新突破。

完成了全国新一轮地下水资源评价，摸清了地下水资源“家底”和可开采利用潜力。围绕三峡工程、青藏铁路等国家重大工程建设，开展了地质灾害、区域地壳稳定性等专项调查评价工作。成功开发了数字填图系统，地质调查主流程信息化建设取得了突破性进展。资源调查与利用技术水平进一步提高，技术创新能力进一步增强。实验分析测试技术有了长足进展，基本满足了地质调查样品测试的需要。

以上成果已经陆续以报告、专著、论文、图件等方式向社会提供了服务。但是我们注意到以往成果的表现形式以内部报告为主，缺乏针对性，社会服务面不是很广。为促进公益性地质调查成果社会服务工作的规范化、科学化，进一步扩大服务领域，中国地质调查局决定从今年开始选择实用性较好、科技水平较高、较具代表性的地质调查成果，以《中国地质调查局专报》的形式陆续公开出版。

《中国地质调查局专报》将由中国地质调查局统一组织和编辑出版，集中刊载国土资源大调查开展以来有宏观影响、受社会广泛关注的重大成果。在内容和形式上我们将力求做到体现地质调查工作的原创性和真实性，突出丰富的资料信息和较强的参考价值，反映地质调查的科学技术水平。

《中国地质调查局专报》的出版是中国地质调查局更加主动为国民经济服务的一个新亮点，是地质调查成果社会化服务的一个新标志。相信《中国地质调查局专报》的公开出版必将充分发挥地质调查工作的基础作用，促进地质调查成果更好地为国民经济建设和社会发展服务。



二〇〇七年一月十八日

前 言

鄂尔多斯盆地地跨陕西、甘肃、宁夏、内蒙古、山西 5 省（区），总面积 28.2 万 km²。盆地内蕴藏着丰富的煤炭、天然气、石油、盐岩等能源和矿产资源，其中煤炭保有储量占全国总储量的 38.8%，天然气探明地质储量占全国总储量的 50%，钠盐矿保有储量占全国总储量的 70%，原油探明地质储量占全国总储量的 4.4%。1998 年 7 月，原国家计委正式批准其为国家级能源基地。2006 年在《国务院关于加强地质工作的决定》中又将鄂尔多斯盆地列为重点加强勘查的含油气盆地和煤炭基地。近年来，随着能源矿产的开发，交通、水利、电力、通讯等基础设施建设步伐的加快，区域经济得到迅速发展，矿区和城镇不断扩大，对水资源的需求量也日益增加。鄂尔多斯盆地地处我国北温带大陆性干旱-半干旱气候区，总体上降水稀少，蒸发强烈，生态环境脆弱，荒漠化和水土流失问题较严重。缺水已成为制约本地区资源开发、能源基地建设的主要“瓶颈”。

为查明鄂尔多斯盆地地下水资源及其开发利用潜力，积极推进西部大开发战略实施，促进区内资源优势尽快转变为经济优势，加快国家能源基地建设和当地经济社会发展步伐，中国地质调查局于 1999 年在新一轮国土资源大调查启动时，将《鄂尔多斯盆地地下水勘查》列为首批重大项目。项目实施 8 年来，中国地质调查局组织 17 个专业调查队伍与科研院所 500 多名技术人员联合攻关，充分运用现代探测技术，通过系统地质调查与综合研究，查明了全盆地区域地下水资源总量、开采利用现状和开发潜力。在地下水资源相对富集的 18 个地区，圈定出具备建立地下水集中供水条件的水源地达 161 个。获得了海量的第一手最新基础数据，并取得了一系列重大地质科研成果，为国家能源基地规划与建设、当地经济社会发展提供了重要的地质依据。项目成果归纳起来有以下几个方面：

1. 首次探明了盆地地下水资源总量和开发利用潜力

盆地地区地下水补给资源量每年 105 亿 m^3 ，可采资源量每年 58 亿 m^3 ，目前实际开采量每年 11 亿 m^3 ，每年尚有 47 亿 m^3 开采潜力。开采潜力较大的主要包括盆地东缘和南缘岩溶水、中西部白垩系裂隙孔隙水和东北部风沙滩及河谷区第四系孔隙水。这些地区地下水获得大气降水补给条件较好，埋藏相对较浅，分布稳定，单井出水量大，水质好。在已勘查划定的 18 个地下水资源富集区内，共确定地下水源地 161 处，初步评价累计供水能力每年可达 22 亿 m^3 。

根据区域经济发展规划，到 2010 年、2030 年鄂尔多斯盆地总需水量分别为每年 72 亿 m^3 和 90 亿 m^3 。全盆地可利用水资源总量每年 104 亿 m^3 ，其中，地表水每年 46 亿 m^3 ，地下水每年 58 亿 m^3 。经供需平衡分析认为，若对初步确定出的集中供水水源地加强进一步的勘查评价，并统筹规划、科学调配，盆地内的水资源总量可满足能源基地近期和中期规划用水需求。

2. 查明了盆地地下水形成演化规律，攻克了一系列科学技术难题

首次建立了全盆地三维地质结构数字模型和白垩系砂体模型；进一步查明了盆地周边岩溶区地下水的形成机理与循环模式，定量揭示了白垩系大厚度含水层不同深度地下水的形成年龄和更新速率；建立了鄂尔多斯盆地地下水数据库与空间信息系统，实现了对地理信息、基础地质、水文地质、物探和遥感信息等数据的有效管理，为地下水资源合理开发、科学管理与环境保护提供了数字平台。

3. 取得了海量的实测数据，为区域经济社会发展提供了重要地质基础信息

首次系统地取得了全盆地基础地质、水文地质方面的海量实测数据。项目成果正在被陕西、甘肃、宁夏、内蒙古、山西 5 省（区）经济社会发展规划广泛采用。陕西、甘肃、内蒙古三省（区）政府加大了地下水水源地勘查资金的投入力度。在项目实施过程中，为当地成井 100 多眼，累计出水量每日达 40 万 m^3 ，解决陕西、甘肃、宁夏、内蒙古、山西 5 省（区）严重缺水

地区的 20 多个城镇、上百个乡村及部分厂矿近 57 万人的饮用水困难。

4. 探索出一套集全国精锐力量合作攻关的组织形式，培养出一批优秀的领军人才

发挥社会主义集中力量办大事的优势，组织陕西、甘肃、宁夏、内蒙古、山西 5 省（区）地质调查队伍和国内著名的专业研究所、大专院校等 17 个单位 500 多名科技人员，采用跨地域、多学科、多兵种联合攻关的项目组织形式，并与国外著名专业研究机构合作，将最新的地下水勘查技术路线与方法手段和盆地数字模拟技术等应用到鄂尔多斯盆地地下水勘查中，使项目的科学技术水平达到了国际领先地位。通过产学研结合，国内国外结合，培养了一批能解决重大地质问题的技术骨干和领军人才，为开展我国其他大型盆地的地下水勘查工作奠定了人才基础。

本书是中国地质调查局西安地质调查中心组织完成的《鄂尔多斯盆地地下水勘查》项目成果的系统归纳总结，是所有参加鄂尔多斯盆地地下水勘查项目的数百名科技人员长期辛勤劳动的结果，是集体创新钻研的智慧结晶，也是陈梦熊、张宗祜、袁道先、林学钰、薛禹群、卢耀如、李佩成院士和岑嘉法、李烈荣、王秉忱、段永侯、沈照理、钱学溥、王德潜、孙永明、万力、李文鹏、王文科等国内著名专家长期悉心指导的结果。该项目是在历届部、局领导蒋承菘、周永康、寿嘉华、汪民、负小苏、孟宪来、张洪涛、李广涌、邱心飞等的直接关怀下完成的，项目实施过程中得到所在省（区）各级人民政府、国土资源厅、地勘局的参与和帮助；国际原子能机构（IAEA）在同位素技术应用方面提供了重要的技术和设备援助，在此一并致以衷心的感谢。

中国地质调查局
水文地质环境地质部



二〇〇七年三月

目 次

总 序 前 言 绪 论

一、勘查研究背景	(1)
二、经济社会概况与以往研究程度	(2)
三、技术路线与投入的主要工作量	(7)
四、主要研究内容	(14)
五、国际合作与交流	(17)
六、主要成果与效益	(18)
七、成果编制	(22)

第一篇 地下水形成的自然条件与区域地下水系统特征

第一章 自然地理概况	(27)
第一节 地形地貌	(27)
一、地形	(27)
二、地貌	(27)
第二节 气候与水文	(29)
一、气候	(29)
二、水文	(33)
第三节 生态环境	(34)
一、区域自然生态环境状况	(34)
二、主要生态环境问题	(36)
第二章 区域地质特征	(38)
第一节 地层与岩石	(38)
一、前寒武系	(38)
二、寒武系—奥陶系	(41)
三、石炭系—侏罗系	(45)
四、白垩系	(46)
五、新生界	(53)
第二节 区域构造特征	(54)
一、基底构造	(54)
二、盆地本部构造	(54)
三、盆地周边构造带	(55)

目 次

四、新构造	(59)
第三章 鄂尔多斯盆地地下水系统特征	(61)
第一节 区域地下水系统划分	(61)
一、地下水系统划分原则	(61)
二、地下水系统划分	(61)
第二节 地下水含水层系统特征	(66)
一、寒武系—奥陶系碳酸盐岩岩溶含水层系统	(68)
二、白垩系碎屑岩裂隙孔隙含水层系统	(70)
三、石炭系—侏罗系碎屑岩裂隙水与上覆松散层孔隙水含水层系统	(73)
第三节 区域水文地球化学特征	(73)
一、岩溶地下水化学特征	(75)
二、白垩系地下水化学特征	(77)
三、石炭系—侏罗系与上覆第四系地下水化学特征	(77)
第四节 区域地下水循环规律	(78)
一、地下水循环总体特征	(78)
二、岩溶地下水循环特征	(80)
三、白垩系地下水循环特征	(81)
四、石炭系—侏罗系与上覆第四系地下水循环特征	(82)
第五节 鄂尔多斯盆地地热系统	(83)
一、地质条件与大地热流	(83)
二、地温场的分布	(84)
三、地热资源概算	(86)
第一篇 小结	(89)
第二篇 鄂尔多斯盆地白垩系地下水系统	
第四章 控制地下水赋存的主要因素	(93)
第一节 地形地貌对地下水的控制作用	(93)
一、沙漠高原对地下水的控制作用	(93)
二、黄土高原对地下水的控制作用	(93)
三、地表分水岭对地下水的控制作用	(93)
第二节 区域构造对地下水的控制作用	(96)
一、保安群顶、底界面结构特征及其对含水系统的控制作用	(96)
二、断裂对地下水的控制作用	(97)
三、节理与裂隙的导水作用	(98)
第三节 沉积相对地下水的影响	(99)
一、保安群沉积相类型及特征	(99)
二、保安群沉积相空间分布	(102)
三、保安群沉积环境与演化历程	(111)
第四节 白垩系岩性结构及分布	(115)
一、宜君组	(115)
二、洛河组	(115)

三、环河组	(116)
四、罗汉洞组	(118)
五、泾川组	(120)
第五节 白垩系含水介质孔隙特征	(120)
一、白垩系孔隙特征	(121)
二、白垩系孔隙度发育规律	(121)
三、白垩系岩石孔隙的连通性	(124)
第五章 地下水系统特征	(127)
第一节 边界条件	(127)
一、顶底边界	(127)
二、侧向边界	(127)
第二节 含水层系统特征	(130)
一、含水层系统划分	(131)
二、含水层系统特征	(132)
第三节 含水层系统结构特征	(149)
一、北部沙漠高原单一结构含水层亚系统	(149)
二、南部黄土高原多层结构含水层亚系统	(150)
第四节 地下水水流系统特征	(151)
一、地下水水流系统划分	(151)
二、地下水水流系统特征	(153)
第六章 地下水水化学及同位素	(162)
第一节 区域地下水水化学特征	(162)
一、地下水矿化度及主要离子浓度分布	(162)
二、地下水水化学类型	(167)
第二节 地下水水化学的形成与演化	(173)
一、影响因素及其主要形成作用	(173)
二、地下水反向水文地球化学反应路径模拟	(177)
三、地下水水化学成因	(178)
第三节 天然水体环境同位素特征	(179)
一、大气降水	(179)
二、地表水	(180)
三、地下水	(182)
第四节 地下水循环的同位素和水化学示踪	(183)
一、盆地北区典型剖面地下水循环特征	(184)
二、盆地南区典型剖面地下水循环特征	(188)
第五节 地下水年龄与可更新能力	(196)
一、地下水年龄	(196)
二、地下水可更新能力评价	(199)
第七章 地下水补径排条件与循环模式	(204)
第一节 地下水补给	(204)
一、大气降水入渗补给	(204)

目 次

二、地表水补给	(209)
三、侧向补给	(210)
四、农田灌溉水补给	(210)
五、凝结水补给问题探讨	(210)
第二节 地下水径流	(211)
一、控制地下水径流的主要因素	(211)
二、地下水流场特征	(213)
第三节 地下水排泄	(216)
一、蒸发排泄	(216)
二、向地表水排泄	(219)
三、侧向边界排泄	(220)
四、人工开采	(220)
第四节 地下水动态特征	(220)
一、盆地北部地下水动态	(221)
二、盆地南部地下水动态	(222)
三、动态变化总体规律	(223)
第五节 地下水循环模式	(223)
一、地下水循环深度	(223)
二、地下水循环模式	(223)
第八章 地下水富集规律及水源地	(229)
第一节 控制地下水富集的因素	(229)
一、地下水补给条件	(229)
二、含水层特征	(229)
三、地下水径流条件	(229)
第二节 地下水富集区及水源地	(230)
一、地下水富集区及水源地确定的依据	(230)
二、地下水富集区及水源地	(230)
第三节 地下水富集区及水源地特征	(233)
一、阿腾席热—新街地下水富集区	(233)
二、浩勒报吉—昂素地下水富集区	(234)
三、哈头才当—河南地下水富集区	(236)
四、伊克乌素地下水富集区	(237)
五、盐海子地区地下水富集区	(238)
六、达拉图鲁地区地下水富集区	(239)
七、都思兔河地下水富集区	(239)
八、白于山东段相对富集区	(241)
九、庆城—宁县—镇原地下水富集区	(241)
十、且八一太白地下水富集区	(242)
十一、其他水源地	(243)
第九章 地下水资源评价	(244)
第一节 地表水资源特征	(244)

一、河川径流	(244)
二、水资源转化	(244)
三、地表水资源特征	(245)
第二节 地下水资源评价的原则与方法	(246)
一、概述	(246)
二、评价原则	(247)
三、评价方法	(247)
第三节 白垩系渗透性结构	(247)
一、渗透系数计算	(248)
二、渗透结构随机模拟	(250)
第四节 白垩系水流系统剖面二维数值模拟	(251)
一、剖面概况	(251)
二、水文地质条件概化	(254)
三、水流系统模拟	(255)
四、地下水年龄模拟	(259)
五、剖面水化学特征	(263)
第五节 地下水补给资源量计算	(264)
一、北区水均衡分析与补给资源计算	(264)
二、南区河川基流分析与排泄量计算	(272)
三、白垩系补给资源量	(281)
四、白垩系资源储存量	(282)
第六节 地下水可采资源计算	(284)
一、水文地质概念模型	(284)
二、数学模型	(285)
三、模型离散化	(286)
四、模型赋值	(287)
五、模型校正与检验	(287)
六、开采方案规划	(291)
七、区域地下水位预报	(293)
第七节 地下水资源评价	(293)
一、水量评价	(293)
二、水质评价	(299)
三、生态影响评价	(307)
第二篇 小结	(313)

第三篇 鄂尔多斯盆地岩溶地下水系统

第十章 岩溶发育特征及影响因素	(317)
第一节 岩溶形态及发育特征	(317)
一、岩溶分布埋藏类型	(317)
二、岩溶形态特征	(318)
三、岩溶景观	(321)

第二节 影响岩溶发育的主要因素	(321)
一、碳酸盐岩成分与岩溶发育的关系	(322)
二、水溶蚀能力与岩溶发育关系	(324)
三、膏溶作用	(327)
第三节 岩溶发育期及古岩溶	(328)
一、前寒武纪古岩溶	(328)
二、古生代古岩溶	(329)
三、中生代古岩溶	(329)
四、古近纪—新近纪古岩溶	(330)
五、第四纪岩溶	(330)
第十一章 岩溶地下水系统特征	(332)
第一节 岩溶含水岩组及含水介质类型	(332)
一、岩溶含水岩组	(332)
二、岩溶含水介质结构类型	(336)
第二节 岩溶地下水系统划分	(339)
一、岩溶地下水系统划分原则	(339)
二、岩溶地下水系统划分	(340)
第三节 岩溶地下水系统循环模式	(355)
一、盆地东缘内流型循环模式	(355)
二、盆地南缘外流型循环模式	(356)
三、盆地西缘平行渗流型循环模式	(358)
第四节 岩溶地下水循环特征	(359)
一、岩溶水循环分带规律	(359)
二、地下水的补给	(361)
三、地下水的径流	(365)
四、地下水排泄及泉水成因类型	(367)
第五节 水文地球化学及同位素特征	(368)
一、地下水水化学特征	(368)
二、同位素特征	(373)
第六节 岩溶地下水动态特征	(377)
一、泉水流量动态	(378)
二、地下水水位动态	(379)
三、地下水趋势性衰减原因分析	(381)
第七节 盆地周边岩溶热水资源概述	(385)
一、汾渭裂谷地区岩溶热水资源	(385)
二、柳林泉子系统岩溶热水资源	(388)
第八节 岩溶地下水富集规律与水源地	(389)
一、盆地东缘岩溶地下水富集规律	(390)
二、盆地南缘岩溶地下水富集规律	(390)
三、盆地西缘岩溶地下水富集规律	(392)
四、岩溶地下水富集区及水源地	(393)