



华夏英才基金学术文库

王文科 王 钊 孔金玲 王雁林 等 著

水资源管理决策支持系统与 水源优化利用——以关中地区为例



科学出版社

www.sciencep.com



华夏英才基金学术文库

水资源管理决策支持系统 与水源优化利用 ——以关中地区为例

王文科 王 钊 等 著
孔金玲 王雁林

原地质矿产部青年地质学家基金项目(Qn979809)

国家“九五”科技攻关项目(96-912-05-02-04)

国家自然科学基金项目(40472131)

资助出版

科学出版社

北京

内 容 简 介

本书是在原地质矿产部青年地质学家基金项目(Qn979809)、国家“九五”科技攻关项目(96-912-05-02-04、96-912-05-02-04-02)、973 课题(G1999043606)及国家自然科学基金项目(40472131)等联合资助下完成的。

在系统分析关中水资源与环境现状以及存在问题的基础上,本书利用面向对象的 Delphi 编程语言开发了关中水资源管理决策支持系统,对关中地区各地市未来 25 年宏观经济、各行业部门需水量、供需平衡以及可供水量优化配置等问题进行了分析研究,建立了多目标水资源优化配置模型,确立了各地市水资源优化配置方案;从水资源开发利用与社会经济环境协调发展的角度,基于区内水资源条件、开发利用潜力和环境状况以及决策支持系统提供的信息,全面系统地提出了关中地区各种水源优化利用的 10 种模式。利用决策支持系统中的模型对水源开发模式的应用前景、开发潜力等进行了分析研究,为该地区水资源宏观开发利用指明了方向,也为关中地区水资源优化配置、规划与管理提供了科学依据。在此基础上,应用新的理论和方法对关中地区生态需水量进行了预测,提出了解决关中地区水资源紧缺的对策与措施。

本书适用于高等院校水资源、生态与环境及计算机等相关专业的教师、研究生及科研院所的科技工作者参考。

图书在版编目(CIP)数据

水资源管理决策支持系统与水源优化利用:以关中地区为例/王文科等著. —北京:科学出版社,2007

ISBN 978-7-03-018829-8

I. 水… II. 王… III. 水资源管理-决策支持系统-研究-陕西省
IV. TV213.4

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2007)第 049873 号

责任编辑:赵 峰 / 责任校对:曾 茹
责任印制:钱玉芬 / 封面设计:陈 敬

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>

新 蕾 印 刷 厂 印 刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2007 年 4 月第 一 版 开本:B5(720×1000)

2007 年 4 月第一次印刷 印张:17 1/4

印数:1—2 000

字数:333 000

定价:46.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换〈环伟〉)

前 言

关中地区位于陕西省中部，地处全国中心，为欧亚大陆桥枢纽地带。区内自然条件优越，土地肥沃，交通便利，文化教育事业发达，工业城镇密集，是陕西省政治、经济、文化的中心地带，素有“八百里秦川”之称，也是我国重要的粮棉产区和国家建设的重点地区。优越的地理位置及交通、通讯和科技文化条件，为关中国民经济高速发展奠定了可靠基础。然而，关中地处内陆，水资源贫乏，环境脆弱，尤其近些年来，随着工农业的进一步发展和人口增长，需水量急剧增加，加之在水资源开发利用中缺乏统一有效的管理体制和保护措施，水资源开发模式不合理以及水资源的有效利用率低等原因，使区内不少地方水资源供需矛盾日益尖锐，并诱发了一系列环境负效应。水的问题已成为制约关中经济发展的重要因素。因此，加强对区内有限水资源的合理配置与科学管理研究，使其能够持续利用，并取得社会经济环境综合效益，就显得十分重要和迫切。

自“六五”以来，国家科技部、国家发展和改革委员会、水利部、国土资源部、冶金、城建等部门，先后在关中地区进行过不同目的、不同程度、不同比例尺的水资源勘测、评价和管理等研究工作，取得了丰硕的成果，其中主要有：“七五”地矿部重点科技攻关项目——“西安市地下水资源管理模型研究”、“城市大型水源地地下水管理模型研究”，“七五”地矿部部控项目——“关中盆地地下水资源开发利用及分配优化模型研究”、国家“八五”科技攻关项目——“黄河流域地下水资源及合理开发利用和截洪引渗地下水调蓄技术研究”、国家“九五”科技攻关项目——“关中地区水资源合理开发利用与生态环境保护研究”、“陕西省水中长期供求计划”、原国家计划委员会“西北特别找水计划项目——渭北岩溶地下水勘察”等。上述前人各项研究成果为完成本著作提供了重要基础资料。

本书是以作者曾承担完成的原地质矿产部青年地质学家基金项目——关中盆地水资源管理决策支持系统研究（Qn979809）和国家“九五”科技攻关项目子题——关中宏观经济模型及水资源优化配置决策支持系统研究（96-912-05-02-04）与关中地区各种水源的优化利用模式与社会经济环境协调发展研究（96-912-05-02-04-02）为基础完成的。主要研究内容是以关中水资源与环境经济相互协调为主要目标，研究交互式水资源管理模型，开发水资源管理决策支持系统，为关中水资源持续利用和合理开发提供辅助决策，充实水文地质和水科学的基础理论。在完成项目过程中，作者在充分搜集和利用国内地矿、水利和环保等部门

的有关信息资料和吸收国外先进经验基础上,重视野外调查研究,收集许多第一手资料。在指导思想和研究方法上,着力从水资源与社会经济环境协调发展的角度去探讨有关水资源管理与合理开发利用的问题。在充分利用数值模拟、随机模拟、优化管理、计算机决策支持等现代新理论与新技术的同时,十分重视专家经验和来自政府部门的信息,研究多目标交互式水资源管理模型,开发水资源管理决策支持系统,并将其应用于关中地区宏观经济预测、需水预测、供需平衡分析、可供水量的多目标优化配置、水资源系统开发利用方案确定与模拟等领域,取得了较好的应用效果。在上述项目完成后,又结合承担的国家 973 课题(G1999043606)以及国家自然科学基金项目(40472131)对有关内容作了进一步补充完善,最终完成了本著作。

本书在以下几方面取得了一些认识和创新性成果:

(1) 系统研究了关中地区水资源分布特征及开发利用中存在问题,首次从区域范围内查明了地下水受 NO_3^- 污染状况以及区域地下水动力场的演化特征。

(2) 在综合分析关中地区水资源特征、控制因素以及开发利用存在问题的基础上,从水资源开发利用与社会经济环境协调发展的角度,利用面向对象的 Delphi 编程语言和多媒体技术,首次在关中开发出了由数据库、模型库、方法库、知识库及人机会话五个子系统组成的关中地区水资源管理决策支持系统。在数据库系统中,按照国家有关部门颁布的标准代码,建立了关中地区水资源管理数据库,存储了区内自然地理、社会经济、基础地质、水文地质、水资源、水利工程、生态与环境等基础数据,从而为信息的有效管理提供可视化工具,也为水资源管理决策提供了信息源;在模型库子系统中构建了具有预测、优化、模拟与评价功能的水资源管理决策的模型结构体系,为使用模型支持决策提供了依据;在方法库子系统中针对水资源管理决策的需要,建立了供水资源管理决策使用的常用算法,如一元线性相关分析算法、指数回归算法、对数回归算法、多元线性回归算法、频谱分析算法、线性规划算法、目标规划算法、多目标交互式限定算法、基于目标规划与拉格朗日乘子的非线性多目标交互式算法,混合整数规划法、有限差分法、有限元法、有限分析法、层次分析法、模糊综合评判法等算法,以支持模型运算,有利于同一个问题调用不同算法或同一算法解决不同问题,实现了软件资源共享;在知识库系统中,根据知识的类型,存放了区内水资源开发利用的背景资料、相关法规条例、规范与标准、历史上典型的决策案例、相关专家的论述、重要的历史文献摘编等方面知识,为决策过程提供知识支持。通过界面友好的人机会话子系统和数据库管理子系统、模型库管理子系统、方法库管理子系统、知识库管理子系统来实现对数据、模型、方法和知识的增加、编辑、删除、显示、打印输出等功能。同时开发了系统与 SURFER、GRAPHER、GIS 等商务软件的接口,增强了系统的绘图、显示功能。该系统的研制可直接服

务于水资源管理决策中的宏观经济预测、需水预测、供需平衡分析、开发潜力分析、可供水资源的优化配置、系统状况模拟、开发方案排序及优选、决策信息与知识查询等方面,具有预测、优化、模拟和评价以及产生方案、比较方案和评价方案的功能。该系统的研制有效地改善了水资源管理决策的环境,提高了水资源管理决策的及时性和科学性,从而为决策者提供了重要的辅助决策手段。

(3) 系统中开发的多目标交互式水资源管理模型,实现了分析者与决策者之间的信息交流,使决策者在整个水资源决策过程中,从定义模型的目标与约束到分析理解结果都起到主动作用,他们的经验和实际系统的知识能够在水资源管理决策中给予充分考虑,达到了定量与定性分析相结合。

(4) 利用开发的水资源管理决策支持系统对关中地区各地市未来 25 年宏观经济、各产业部门需水量、供需平衡以及可供水量优化配置等问题进行了分析研究。这些成果对于决策部门进行相关决策将起到重要支撑作用,也检验了系统的实用性与可靠性。

(5) 依据关中社会经济发展目标、需水量与可供水量,建立了多目标水资源优化配置模型,确定了各地市水资源优化配置方案。

(6) 从水资源开发利用与社会经济环境协调发展的角度,根据区内水资源条件、开发利用潜力和环境状况以及决策支持系统提供的信息,首次全面系统地提出了关中地区各种水源优化利用的十种模式。利用决策支持系统中的模型对水源开发模式的应用前景、开发潜力等进行了分析研究,从而为水资源宏观开发利用指明了方向,也为关中地区水资源配置、规划与管理提供了科学依据。

(7) 在界定关中地区生态需水范围基础上,估算了关中地区未来 20 年的生态需水量,对促进区域生态与环境保护和水资源合理利用具有指导意义。

(8) 最后提出了解决关中地区水资源紧缺的综合对策与措施。

本书共分七章,第一章关中地区水资源与环境分析;第二章水资源管理决策理论基础;第三章水资源管理决策支持系统研究与开发;第四章水资源管理决策支持系统的应用;第五章关中地区水源优化利用模式;第六章关中地区生态需水量研究;第七章解决关中地区水资源紧缺的对策与措施。各章节的主要执笔人如下:前言、第一、二、五、七章以及第三章第三节、第四章第四节由王文科编写,王钊、田华参与资料整理、计算和系统开发;第三章第一、二、四、五节由王钊、孔金玲、王文科编写,杨泽元参与数据库研究;第四章第一、二、三节由冯天元、王文科、王雁林编写;第六章由王雁林、王文科、杨泽元编写。全书文、图由王文科、王钊修改审定。

本书是在前人工作的基础上完成的,写作中引用了大量前人研究成果,在此表示衷心感谢。陕西省发展和改革委员会李晓东主任,陕西省发展和改革委员会孙怀玉、权永生、马贞蕊等领导,陕西省地质调查院刘方教授级高工,西安地质

矿产研究所张茂省研究员、陕西省水利厅王恩庆高工等在项目实施过程中给予了热情关怀、帮助和指导，提出了许多建设性建议，使项目得以顺利完成，本书得以顺利出版。

本书的研究工作得到了原地质矿产部青年地质学家基金项目（Qn979809）、国家“九五”科技攻关子课题（96-912-05-02-04）、国家 973 课题（G1999043606）和国家自然科学基金（40472131）的资助，以及其他横向研究课题的支撑。特向支持和关心作者研究工作的所有单位和个人表示衷心的感谢。

限于作者水平，本书还有许多不完善和欠妥之处，敬请读者批评指正。

作 者

2006 年 9 月

目 录

前言

第一章 关中地区水资源与环境分析	1
第一节 自然地理条件	1
第二节 社会经济条件	2
第三节 水资源系统分析	4
一、水资源系统组成	4
二、地表水资源系统	4
三、地下水资源系统	5
四、水资源量及其分布特点	11
五、供需水系统	13
第四节 水质与水环境	18
一、地表水水环境	18
二、地下水环境	21
第五节 关中地区水资源开发利用中存在的主要问题	27
第六节 建立关中地区水资源管理决策支持系统的必要性	31
第二章 水资源管理决策理论基础	33
第一节 水资源管理决策特点	33
第二节 水资源优化管理模型	35
一、水资源优化管理模型的发展	35
二、多目标水资源管理模型	39
三、求解多目标优化问题非劣解的方法	42
四、求解多目标优化问题的交互式方法	46
五、求解多目标优化问题的目标规划法	53
第三节 水资源管理决策支持系统	54
一、引言	54
二、决策支持系统的结构	56
三、决策支持系统的分类	59

四、水资源管理决策支持系统发展趋势	59
第三章 水资源管理决策支持系统研究与开发	61
第一节 水资源管理决策支持系统总体设计	61
一、水资源管理决策支持系统开发原则	61
二、水资源管理决策支持系统构成	62
三、系统的功能	66
四、系统的接口设计	66
五、系统开发运行环境	68
六、系统的开发语言	69
第二节 数据库子系统	70
一、数据库子系统的结构	70
二、数据库子系统开发的原则	71
三、数据库的建立	72
四、数据库管理系统的开发	74
第三节 模型库子系统	83
一、模型库子系统的结构	83
二、水资源管理决策支持系统模型结构体系	83
三、模型库子系统的开发	99
第四节 方法库子系统	102
一、方法库的逻辑设计	102
二、方法库的结构	104
三、方法库子系统的功能	104
四、方法库子系统的开发原则	105
第五节 知识库子系统	106
一、概述	106
二、知识库子系统的结构	107
三、知识库子系统的功能	108
第四章 水资源管理决策支持系统的应用	111
第一节 关中地区宏观经济预测	111
一、宏观经济预测的指导思想	111
二、发展速度	112
三、关中地区五个地（市）宏观经济发展预测	113

第二节 关中地区需水预测	121
一、需水预测指导思想与原则	121
二、需水定额的确定	122
三、需水量预测	122
四、结果分析	125
第三节 关中地区供需平衡分析	132
第四节 关中地区可供水资源的多目标优化配置	135
一、水资源优化配置模型建立的理论依据	135
二、模型目的要求与建模原则	136
三、关中地区可供水量优化分配模型	139
四、参数选择	145
五、模型运行结果分析	145
第五章 关中地区水源优化利用模式	182
第一节 关中地区水源类型与开发利用原则	182
一、水源类型	182
二、开发利用原则	182
第二节 关中地区各种水源优化利用模式	184
一、秦岭山前地下水库式开发模式	184
二、渭河-黄河干流近岸开发模式	201
三、渭北黄土台塬及渭河冲积平原井渠结合模式	207
四、北部山区岩溶水开发模式	213
五、深层地下水开发利用模式	220
六、地下热水、矿泉水及肥水开发利用模式	221
七、地表水蓄引提模式	225
八、雨水集流模式	228
九、污水处理回供利用模式	228
十、外调水源开发利用模式	230
第六章 关中地区生态需水量研究	232
第一节 关中地区生态需水量范围界定	232
一、生态需水量的定义	232
二、生态需水量的外部优先级和内部优先级	233
三、关中地区生态需水量研究内容的界定	233

第二节 生态需水量计算模型·····	234
一、计算依据 ·····	234
二、生态需水量计算模型 ·····	234
第三节 生态需水量计算与分析·····	237
一、单项生态需水量计算 ·····	237
二、综合分析 ·····	241
第七章 解决关中地区水资源紧缺的对策与措施·····	243
第一节 积极开源，增加可供水量·····	243
第二节 节约用水，提高水资源利用率·····	247
第三节 调整供水水源结构，实行分质供水与水的循环使用·····	249
第四节 调整产业结构，优化区域生产力布局·····	250
第五节 充分发挥经济杠杆作用，促进节水工作·····	251
第六节 加强水源涵养、生态保护与水资源管理·····	251
结论与建议·····	253
一、主要结论 ·····	253
二、建议 ·····	259
参考文献·····	261

第一章 关中地区水资源与环境分析

第一节 自然地理条件

关中地区位于陕西省中部，总面积约 $5.55 \times 10^4 \text{ km}^2$ 。行政区划上包括 5 个地（市）^①，54 个县（市、区）。区内自然条件优越，土地肥沃，交通便利，文化教育事业发达，水资源条件良好，工业城镇密集，区内集中了全省 60% 的人口 and 80% 的工业以及 52% 的耕地，是陕西省政治、经济、文化的中心地带，素有“八百里秦川”之称，也是我国重要的粮棉产区和国家建设的重点地区。

本区是一个三面环山、向东敞开的新生代断陷盆地，南北两侧山脉由东向西到宝鸡逐渐闭合成峡谷。在北山与秦岭之间为一西窄东宽的平原地形，地势上西高东低，渭河纵贯其中。自南北两侧向渭河依次为山区、山前洪积平原、黄土台塬、冲积平原，构成呈阶梯状下降的地貌景观（图 1-1）。

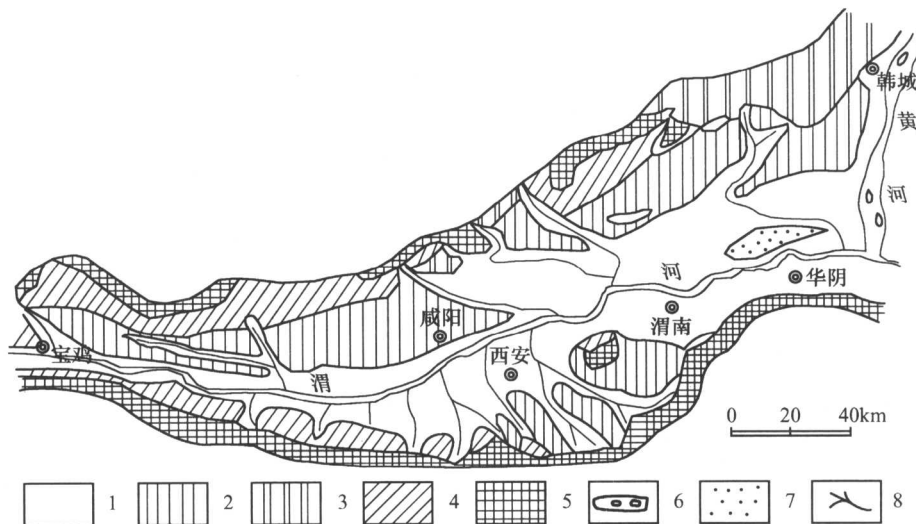


图 1-1 关中地区地貌图

1. 渭河冲积平原 2、3. 一、二级黄土台塬 4. 山前倾斜平原 5. 山区 6. 沼泽地 7. 沙丘 8. 河流

^① 1997 年新增杨凌示范区；为便于研究和全书统一，本书仍按 5 个地（市）分析计算。

区内属温带半干旱、半湿润气候,多年平均降水量 530~900mm,西部多于东部,南部多于北部;蒸发量西部为 900mm,东部达 1000~1200mm。降水量年际与年内分配不均,年内降水量主要集中在 7、8、9 三个月,其降水量占全年 45%左右;年际间有 3 年一中旱、10 年一大旱、50 年特大旱的变化规律。由于蒸发量大,降水少且降雨年变率大、年内分配不均,在农作物需水时往往无雨,所以干旱对农业生产构成严重的威胁。

关中盆地是关中地区的主体,属于渭河水系。黄河在盆地东界流过,由北而南至潼关,纳西来之渭河后转向东流,黄河出龙门基岩峡谷后,河谷开阔,流速顿减,泥沙大量沉积,形成了大片的高低河漫滩地。黄河由龙门向东入河南段河长 140km,龙门站多年平均径流量 $330 \times 10^8 \text{ m}^3$,潼关站多年平均径流量 $419 \times 10^8 \text{ m}^3$ 。渭河是区内最主要的河流,出宝鸡峡后,河谷突然宽阔,河床蜿蜒曲折,其多年平均径流量为 $101.6 \times 10^8 \text{ m}^3$ (包括泾、洛河),最大 $204 \times 10^8 \text{ m}^3$ (1964 年),最小 $49.93 \times 10^8 \text{ m}^3$ (1995 年)。渭河入境后接纳了由南、北而来的近百条大小支流,尤其源于秦岭的支流平行密布,习语有“秦岭七十二峪”之称,这些支流径流较短、水流湍急,受降水影响河水位和流量变化很大,在流经山前砂砾质河床时,河水大量渗漏甚至断流而转化为地下水。渭河北岸支流较少,主要有金陵河、千阳河、漆水河、泾河、石川河、洛河等,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。

第二节 社会经济条件

关中地区不仅是陕西省政治、经济、文化的中心地带,也是我国北方重要经济区,经济实力雄厚、交通便利、文化教育事业发展,农业生产历史悠久,适宜种植小麦、玉米、棉花、油菜和瓜果等,是陕西省主要灌溉农业区及早作农业区,号称“八百里秦川”,发展前景广阔(焦兴国,1998)。全区包括西安市、宝鸡市、咸阳市、渭南市和铜川市五个地级行政区。1995 年全区总人口达 2047.92×10^4 人,其中城镇人口 522.5×10^4 人,占总人口的 25.5%。全区耕地面积 $175.843 \times 10^4 \text{ hm}^2$,有效灌溉面积 $99.81 \times 10^4 \text{ hm}^2$,农业人均耕地约 0.133 hm^2 。全区粮食总产量 $605.9 \times 10^4 \text{ t}$,约占全省的 66.3%,人均占有粮食 295.9kg;棉花产量 $3.85 \times 10^4 \text{ t}$,为全省棉产的 96.5%。全年农业总产值 256.19×10^8 元,占全省农业总产值的 67.1% (表 1-1)。

表 1-1 1995 年关中地区经济特点比较

项 目	指 标	西安市	宝鸡市	咸阳市	渭南市	铜川市
社会经济 指标	耕地面积/ 10^4hm^2	30.931	35.248	45.330	56.754	7.580
	人口/ 10^4 人	648.21	346.18	463.62	509.49	80.42
	自然增长率/ ‰	9.00	10.80	10.50	12.09	11.50
宏观经济 指标	GDP/ 10^8 元	330.35	118.00	150.54	115.68	25.47
	GDP 增长/ $\%$	13.70	10.60			
	人均 GDP/元	5096.34	3408.60	3246.90	2270.60	3167.00
	居民年人均收入/元	4029.70	2857	2564	2570	2184
	农村居民年人均收入/元	1353	945	1000	991	844
产业结构 指标	第一产业 GDP/ 10^8 元	41.40	21.53	44.54	32.66	2.59
	第二产业 GDP/ 10^8 元	125.33	63.01	65.20	49.77	14.62
	第三产业 GDP/ 10^8 元	163.32	33.46	40.80	33.26	8.26
	第一产业比例/ $\%$	12.50	18.25	29.60	28.23	10.17
	第二产业比例/ $\%$	38.00	53.40	43.30	43.02	57.40
	第三产业比例/ $\%$	49.50	28.35	27.10	28.75	32.43
	农业总产值/ 10^8 元	75.46	40.05	75.23	59.71	5.74
	工业总产值/ 10^8 元	405.84	162.67	176.14	109.98	26.47

关中地区以渭河两岸为中心、已建成我国西北地区门类比较齐全的工业基地，主要工业部门有机械、医药、纺织、电力、电子、仪表、煤炭、水泥、化工等。近年来，高科技、高新技术工业发展很快，在关中已形成了西起宝鸡、东至渭南的高新技术经济开发带。1995 年工业总产值 881.1×10^8 元，约占全省工业产值的 74.5%。全区国民生产总值 741.7×10^8 元，人均 3622 元。

区内交通发达，是欧亚大陆桥的咽喉通道，是联结我国东西部地区的纽带，现有陇海、宝成、西延、咸铜、西侯、西户等铁路干线和 108、312、316 等国道以及地方公路。西安咸阳国际机场已开通 40 多条航线，沟通国内外。绝大多数县（市）已实现了国际国内通讯直拨。

区内科技文化发达，有 50 多个高等学校和 500 多个科研机构，科技人员 38 万多人。

优越的地理位置及交通、通讯和科技文化条件，为关中今后经济高速发展奠定了可靠基础。

表 1-1 给出了关中地区五个地级行政区总体经济特征。对比表 1-1 可以看出，区内五个地级行政区经济发展不平衡，西安市和铜川市产业结构水平较高，1995 年的第一产业比重为 10.17% ~ 12.5%，第三产业比重为 32.43% ~ 49.5%；宝鸡、咸阳、渭南的第一产业为 18.25% ~ 29.6%，第三产业只有 28% 左右，经济特征比较明显。

第三节 水资源系统分析

一、水资源系统组成

关中地区水资源系统由两大子系统组成,即自然系统和人造系统。自然系统包括地表水资源系统和地下水资源系统;人造系统包括需水系统和供水系统。利用水资源管理决策支持系统可以把两大系统联系起来(图 1-2),通过对水资源优化管理使水资源开发利用与社会经济环境协调发展,从而合理配置水资源,促进区域可持续发展。

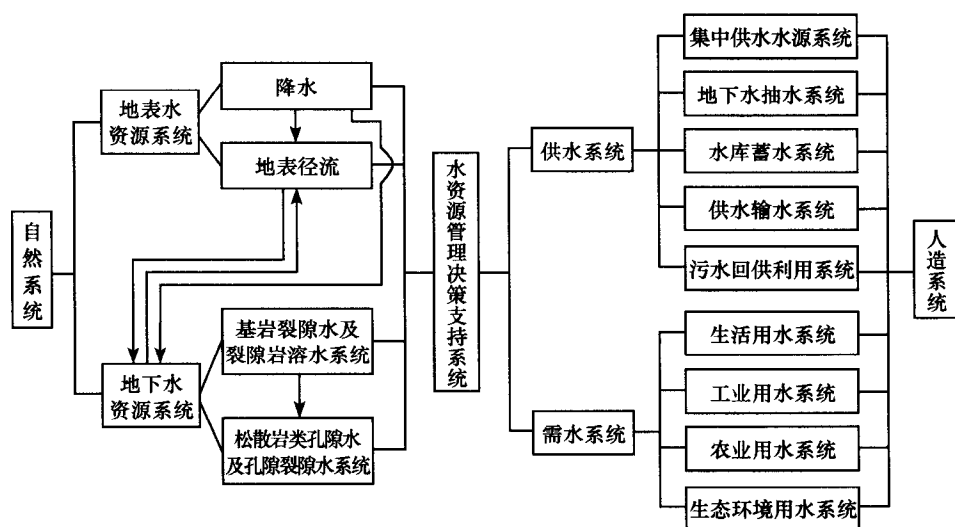


图 1-2 关中地区水资源结构图

二、地表水资源系统

(一) 降 水

关中地区多年平均降雨量 $371.6 \times 10^8 \text{ m}^3$ (折合降水深 671mm), 最大 $526.7 \times 10^8 \text{ m}^3$ (折合降水深 951mm, 1983 年), 最小 $228.9 \times 10^8 \text{ m}^3$ (折合降水深 241.3mm, 1995 年), 极值比 2.30。关中地区不同保证率下年降水量如下, 20% 保证率下 $428.06 \times 10^8 \text{ m}^3$, 50% 保证率下 $367.86 \times 10^8 \text{ m}^3$, 75% 保证率下 $322.53 \times 10^8 \text{ m}^3$, 95% 保证率下 $265.31 \times 10^8 \text{ m}^3$ (陈兆丰等, 1999)。

(二) 地表水资源

地表水资源量系指河流的动态水量,一般用河川径流量来表示。根据 1956~1995 年资料,关中地区不同保证率下年径流量如下,20% 保证率下 $94.98 \times 10^8 \text{ m}^3$, 50% 保证率下 $69.22 \times 10^8 \text{ m}^3$, 75% 保证率下 $53.25 \times 10^8 \text{ m}^3$, 95% 保证率下 $36.17 \times 10^8 \text{ m}^3$ (陈兆丰等, 1999)。

关中地区多年平均地表水资源量为 $73.697 \times 10^8 \text{ m}^3$, 其中宝鸡地区河川水资源总量为 $35.962 \times 10^8 \text{ m}^3$, 占全区地表水资源总量的 48.8%; 西安地区河川水资源总量 $22.812 \times 10^8 \text{ m}^3$, 占全区地表水资源总量的 39.1%; 铜川地区河川水资源量最少, 只有 $2.058 \times 10^8 \text{ m}^3$, 占全区地表水资源总量的不足 3%; 而咸阳、渭南地区河川水资源量分别为 $5.043 \times 10^8 \text{ m}^3$ 和 $7.822 \times 10^8 \text{ m}^3$, 占全区地表水资源总量的 6.8% 和 10.6%。

三条主要河流多年平均入境及出境水量如表 1-2 所示。

表 1-2 关中地区主要河流多年平均出入境水量

流域名称	入境水量/ 10^8 m^3	出境水量/ 10^8 m^3
渭 河	20.58	77.314
泾 河	14.14	
北洛河	8.21	8.12

三、地下水资源系统

(一) 区域水文地质条件

由于受地质地貌和气象水文等因素控制,不同地貌单元上地下水含水介质、赋存状况、埋藏条件等存在着明显差异。

1. 秦岭山区

秦岭山区位于关中地区南部,地下水主要赋存于花岗岩、变质岩等基岩表层的风化裂隙、构造裂隙和断裂带中。受埋藏和赋存空间的限制,一般富水性差,单井涌水量小于 $100 \text{ m}^3/\text{d}$, 仅在局部构造断裂带形成相对富水带,可作为局部地带生产生活水源。

2. 关中盆地

秦岭与北山之间的关中盆地,地势低平,第四纪松散堆积物厚度大,分布

广,富水性强,加之降水较多,又有出山口河流渗漏,补给条件良好,因此地下水较为丰富。盆地中部的渭河沿岸及各支流阶地、山前洪积扇前缘等区域和局部地下水排泄区为主要富水地段。盆地内广大地区地下水以水平运动为主,主要由南北两侧向盆地中部渭河径流、排泄。含水介质以第四系松散岩类孔隙、孔隙裂隙为主,并常常组合成上部潜水与下部承压水双层含水结构;其他含水岩类出露与分布面积较小,仅于骊山地区有少量块状基岩裂隙水含水岩类存在。

(1) 主要含水岩组特征

1) 松散岩类孔隙及孔隙-裂隙含水岩组

冲积砂、砂砾石夹粉细砂与亚黏土潜水含水层,主要分布于渭河及其较大支流的阶地。在渭河高漫滩及一级阶地,水位埋深一般为2~8m,含水层主要由砂砾石、砂卵石组成,厚一般30~60m,单井出水量一般为1000~3000m³/d。渭河二级阶地水位埋深一般3~15m,含水层主要由砂砾石组成,厚20~40m,单井出水量一般为400~950m³/d。石川河以东、渭河北岸二、三级阶地及支流阶地,水位埋深一般为3~30m,含水层主要由亚砂土、亚黏土及粉细砂组成,厚一般为10~40m,单井出水量一般为60~250m³/d。

黄土状土、洪积砂、砂砾卵石、漂石夹亚黏土潜水含水层,主要分布于盆地边缘北山及秦岭的山前地带,前缘下部与河湖相地层交互沉积,界限不易划分。华山西山前地带,水位埋深一般为5~10m,含水层主要由砂砾卵石、漂石组成,厚一般为40~60m,单井出水量一般为1000~2500m³/d。秦岭北麓与北山山前凤翔县一带,水位埋深一般为5~30m,含水层主要由砂、砂砾石组成,厚一般为30~60m,单井出水量一般为500~1000m³/d。北山山前岐山县、蒲城县一带,水位埋深一般为20~40m,含水层主要由黄土状土、砂、砂砾石组成,厚30~80m,单井出水量一般为100~300m³/d。乾县及蒲城县等地,水位埋深一般为20~40m,深者诸如蒲城的马湖达百米左右,含水层主要由黄土状土、粉细砂夹少量砂砾石组成,厚几十米至近百米、单井出水量一般为100m³/d以下。

风积、洪积黄土、黄土状土孔隙-裂隙含水层,主要分布于盆地黄土台地、台塬和黄土塬区。台塬和塬区含水层厚一般50~100m,而黄土台地区含水层较薄。水位埋深一般为20~60m,礼泉县南、蒲城县等塬面洼地,单井出水量一般为300~700m³/d。渭河以北扶风县至礼泉县、洛河以东大部地区及渭河以南潼关、渭南崇凝镇与蓝田金山镇等台塬及残塬区,单井出水量一般为250m³/d以下。

冲湖积为主的砂、砂砾石、亚黏土互层承压含水层广泛分布于眉县以东地段,埋伏于上述各潜水含水层之下,厚度大。含水层顶板深为50~100余米不等,承压水头埋深一般为10~50m。有的地带,如渭河漫滩及秦岭山前洪积扇前