

# 区域地下水 与开发规划研究

山东枣庄典型实例

吴爱民 文唐章 万继涛 王义生 著

地震出版社

# 区域地下水与开发规划研究

## 山东枣庄典型实例

吴爱民 文唐章 万继涛 王义生 著

地震出版社

---

**图书在版编目 (CIP) 数据**

区域地下水与开发规划研究: 山东枣庄典型实例/吴爱民等.

—北京: 地震出版社, 2000.11

ISBN 7-5028-1748-4

I. 区… II. 吴… III. 地下水资源-区域规划-研究-枣庄市 IV. P641.8

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2000) 第 52820 号

**区域地下水与开发规划研究**

**山东枣庄典型实例**

**吴爱民 文唐章 万继涛 王义生 著**

**责任编辑: 王 伟**

\*

**地震出版社 出版发行**

北京民族学院南路 9 号

北京地大彩印厂印刷

全国各地新华书店经售

\*

787×1092 1/16 9.875 印张 256 千字

2000 年 11 月第一版 2000 年 11 月第一次印刷

印数 001—500

ISBN 7-5028-1748-4/P · 1044

(2246) 定价: 20.00 元

## 序

地下淡水由于其水质优良和它在时间、空间上的特殊调节能力而格外珍贵。国际上，水问题科学家们的一个共识是：由于淡水资源的缺乏与滥用，对于可持续发展和环境保护都形成了日益严重的危机。

Asit K. Biswas (1997) 认为，全球水危机表现在五个方面：(1) 任何一个国家或地区的淡水资源总量几乎是恒定的，而从技术经济角度考虑，总淡水量中仅部分能被利用；(2) 水是人类活动的基本需求，而这种需求在持续增加；(3) 大多数的水源已被开发，而新水源的开发需要比以往更大的投资；(4) 人类活动污染环境，许多水源因遭受污染而不能再被使用；(5) 水开发工程本身对环境与社会系统有不同程度的负面效应。Johan L. Kuylensstierna 等 (1998)，则就联合国与斯德哥尔摩环境研究所共同完成的世界淡水资源综合评价 (CAFRW) 项目成果指出，世界上许多国家和地区，目前对淡水资源的使用和管理是不可持续的，如果这种趋势继续下去，到 2025 年世界上面临严重水压力的人口比例将从目前的 1/3 上升到 2/3。

作为占世界 7% 的土地上拥有世界 22% 人口的中国，水资源形势更加严峻。我国水资源总量列世界第 6 位，但人均拥有水资源量仅为世界平均的 1/4，特别是在西北、华北等干旱、半干旱地区，人均拥有水资源量仅为世界平均的 1/20。北方已有 80% 的城市供水不足，而地下水是城市供水的重要水源。

在水资源形势日益严峻的情况下，各国的水问题科学家纷纷开展对策研究，寻求建立淡水资源评价、开发、管理的新途径。我国学者也开展了卓有成效的工作。张宗祜院士 (1997) 在研究了华北平原地下水系统之演化后指出，华北平原地下水演化已进入由量变到质变的阶段，人类活动已成为现今控制地下水环境演化的主导力量，因此，开展水资源与环境的关系研究，探讨水资源可持续利用规划将是今后 10~15 年的重要课题。

欣悉吴爱民博士及其合作者共同完成的专著《区域地下水与开发规划研究》即将公开出版，感到非常高兴。该书作者基于自己的长期生产与科研实践，瞄准当前地下水开发与管理学科的前沿问题，开展了典型区域的地下水形成运移、开发规划与环境保护研究。充分体现了地下水开发规划应服务于社会经济发展，社会经济发展规划要考虑水资源条件，以水资源的可持续开发利用促进和保障社会经济可持续发展的新思路。该书在地下水系统划分、岩溶水形成机理、水资源开发规划方法等方面有创新。相信该书的出版，一定会对研究区的水资源合理开发利用起到重要指导作用，对我国的区域水资源及其开发规划研究也将具有参考价值。

前国际水文地质学会副主席  
国际水文地质学会中国委员会主席  
中国地质科学院博士生导师



2000 年 9 月

# 前 言

地下水作为一种自然资源,早在远古时期已被人类认识和利用。真正把地下水作为一种宝贵资源,进行合理开发、综合利用、科学保护,仅是近几十年来的事情。

20 世纪初期,一些发达国家相继进入经济高速增长的工业社会,特别是 40 年代以来,随着经济全球化进程,发达国家的经济增长达到高潮,对包括地下水在内的水资源的需求也达到了前所未有的水平。粗放的水开发、水利用与废水排放,造成了大量环境问题。因此,许多发达国家从五六十年代开始了地下水开发与地质环境、经济系统间的相互作用研究。20 世纪 80 年代以来,改革开放政策激发了我国社会经济的快速发展,中国进入了经济持续高速增长期,对水的需求与日俱增。与发达国家相类似,地下水的大量开采也带来了不同程度的生态环境问题;并在产生问题的同时就开展了防治对策的研究。

目前,中国学者对地下水的普遍认识是:地下水不仅是一种宝贵的自然资源,同时是人们赖以生存的生态环境要素。地下水的可持续开发利用,对于社会经济的可持续发展具有重要的意义。作者正是在这种认识指导下编著此书的。

本书是作者在枣庄市地域内组织、主持和参与完成的多个地下水勘查试验研究项目成果的基础上,经过进一步分析研究的理论总结。全书共分六章,前三章重点论述枣庄市地下水形成条件与赋存运移特征,后三章重点介绍枣庄市未来地下水开发利用规划方法与优化调度方案。综合体现了地下水开发应服务于社会经济发展,社会经济发展要充分考虑水资源条件,达到以水资源的可持续开发利用促进社会经济可持续发展的思想。

全书由吴爱民与同事们合作完成,其中,第一章由吴爱民、万继涛编写,第二章由吴爱民编写,第三章由吴爱民、王义生编写,第四章由文唐章编写,第五章由文唐章、吴爱民编写,第六章由万继涛、吴爱民编写;徐文云、康凤新、沈振陆、李恭岩、杨蕊英、李元仲等参加了部分研究工作与有关文字、图表的编绘整理;最后,由吴爱民编纂定稿。同时,作者要感谢原地矿部山东地勘局艾宪森、李宏骥、林世忠、刘彦博、李传谟、李继江等技术领导给予的多方面专业技术指导和中国地质大学邵景力教授、崔亚莉副教授在水资源经济管理模型建立方面的大力协助。

书稿完成后,承蒙前国家水文地质学家协会副主席、地矿部水文地质工程地质研究所所长费瑾研究员、《山东地质》常务副主编张天桢教授级高级工程师审阅,并提出具体修订意见,使得本书内容更加科学、系统、严谨。作者在此向他们表示衷心感谢。在本书的编写过程中,还查阅参考了山东省鲁南地质工程勘察院、山东省 801 水文地质工程地质大队、山东省区域地质调查队、枣庄市水利局、滕州市水利局等有关单位在枣庄地质、地下水方面的有关成果报告,作者也向成果提交单位与个人,一并表示感谢。

由于作者水平有限,书中不妥之处难免,敬请读者批评指正。

作 者

2000 年 2 月于济南

# 目 录

|                          |      |
|--------------------------|------|
| 第一章 地理地质背景 .....         | (1)  |
| 第一节 自然地理 .....           | (1)  |
| 一、地形地貌 .....             | (1)  |
| 二、气候 .....               | (2)  |
| 三、水文 .....               | (2)  |
| 第二节 区域地质概况 .....         | (4)  |
| 一、地层 .....               | (4)  |
| 二、侵入岩 .....              | (8)  |
| 三、构造 .....               | (8)  |
| 四、矿产 .....               | (11) |
| 第二章 地下水赋存分布 .....        | (12) |
| 第一节 地下水类型 .....          | (12) |
| 一、松散岩层孔隙水 .....          | (12) |
| 二、碳酸盐岩层岩溶水 .....         | (14) |
| 三、碎屑岩侵入岩及变质岩中裂隙水 .....   | (16) |
| 第二节 地下水系统 .....          | (18) |
| 一、地下水系统划分 .....          | (18) |
| 二、地下水系统特征 .....          | (26) |
| 三、地下水系统间的关系 .....        | (26) |
| 第三节 地下水富集区 .....         | (27) |
| 一、孔隙水富水区 .....           | (28) |
| 二、岩溶水富水区 .....           | (29) |
| 第四节 地下水动态 .....          | (39) |
| 一、地下水水位动态 .....          | (39) |
| 二、水化学动态 .....            | (42) |
| 第三章 地下水专题试验研究 .....      | (44) |
| 第一节 降水入渗系数研究 .....       | (44) |
| 一、次雨均衡方程 .....           | (44) |
| 二、降水入渗系数概念 .....         | (44) |
| 三、降水入渗试验场简介 .....        | (45) |
| 四、次雨均衡量值的测定 .....        | (47) |
| 五、次雨入渗补给系数计算公式 .....     | (51) |
| 六、羊庄盆地降水入渗补给系数系列值 .....  | (52) |
| 七、其它地段的降水入渗补给系数参考值 ..... | (53) |
| 第二节 包气带水分测定研究 .....      | (53) |

|                               |             |
|-------------------------------|-------------|
| 一、包气带含水量监测方法 .....            | (53)        |
| 二、零通量面特征 .....                | (56)        |
| 三、包气带蒸发量计算 .....              | (57)        |
| 第三节 地下水补给来源与滞留时间研究 .....      | (59)        |
| 一、概述 .....                    | (59)        |
| 二、大气降水的同位素研究 .....            | (59)        |
| 三、地下水及河水的同位素研究 .....          | (65)        |
| 第四节 地下水流速流向研究 .....           | (70)        |
| 一、放射性同位素示踪测井原理 .....          | (70)        |
| 二、同位素示踪剂的选择与投放 .....          | (71)        |
| 三、测量仪器及工作原理 .....             | (71)        |
| 四、模拟刻度 $\alpha$ 值 .....       | (72)        |
| 五、地下水流速流向的测试方法 .....          | (74)        |
| 六、地下水流速流向测试工程布设与获得成果 .....    | (76)        |
| 第五节 地下水回灌补源研究 .....           | (78)        |
| 一、试验区与回灌工程概况 .....            | (78)        |
| 二、回灌参数与补给作用分析 .....           | (79)        |
| <b>第四章 地下水供需平衡分析 .....</b>    | <b>(80)</b> |
| 第一节 地下水资源评价 .....             | (80)        |
| 一、地下水资源计算分区 .....             | (80)        |
| 二、地下水资源计算成果 .....             | (80)        |
| 三、关于资源量的几点说明 .....            | (82)        |
| 第二节 地下水开采现状 .....             | (82)        |
| 一、农业用水开采 .....                | (82)        |
| 二、工业用水开采 .....                | (83)        |
| 三、城市生活及人畜用水开采 .....           | (83)        |
| 四、地下水开发利用特点 .....             | (83)        |
| 第三节 2000 年水资源供需平衡分析 .....     | (84)        |
| 一、2000 年需水量预测 .....           | (84)        |
| 二、2000 年水资源可供量分析 .....        | (86)        |
| 三、2000 年水资源供需平衡分析 .....       | (87)        |
| 第四节 2010 年水资源供需平衡分析 .....     | (87)        |
| 一、2010 年需水量预测 .....           | (87)        |
| 二、2010 年水资源可供量分析 .....        | (90)        |
| 三、2010 年水资源供需平衡分析 .....       | (90)        |
| <b>第五章 地下水开发规划与优化调度 .....</b> | <b>(91)</b> |
| 第一节 枣庄市水资源—经济管理模型 .....       | (91)        |
| 一、管理区划分 .....                 | (91)        |
| 二、模型准则 .....                  | (91)        |

|                                |        |
|--------------------------------|--------|
| 三、变量设置·····                    | ( 92 ) |
| 四、目标层·····                     | ( 92 ) |
| 五、约束条件·····                    | ( 93 ) |
| 第二节 2000 年水资源开发利用规划 ·····      | ( 95 ) |
| 一、集中供水规划·····                  | ( 95 ) |
| 二、分散供水规划·····                  | (102)  |
| 三、水资源优化分配(按平水年)·····           | (106)  |
| 第三节 2010 年水资源供水规划 ·····        | (108)  |
| 一、集中供水规划·····                  | (108)  |
| 二、分散供水规划·····                  | (114)  |
| 三、水资源优化分配(按平水年)·····           | (116)  |
| <b>第六章 地下水开发中的地质环境保护</b> ····· | (119)  |
| 第一节 岩溶塌陷与防治对策·····             | (119)  |
| 一、岩溶塌陷区地质背景·····               | (119)  |
| 二、岩溶塌陷现状及危害·····               | (120)  |
| 三、岩溶塌陷的形成规律·····               | (121)  |
| 四、岩溶塌陷形成原因的初步分析·····           | (122)  |
| 五、枣庄岩溶塌陷的预测和防治·····            | (124)  |
| 第二节 地裂缝与防治对策·····              | (127)  |
| 一、地裂缝区地质背景·····                | (127)  |
| 二、灾害情况·····                    | (128)  |
| 三、地裂、房裂的分布与发展规律·····           | (128)  |
| 四、地裂、房裂形成原因的初步分析·····          | (128)  |
| 五、地裂、房裂灾害勘查研究与防治措施建议·····      | (130)  |
| 第三节 地下水污染与防治对策·····            | (131)  |
| 一、地下水污染的存在判别·····              | (131)  |
| 二、十里泉地区水质污染状况·····             | (132)  |
| 三、地下水污染途径·····                 | (134)  |
| 四、地下水污染防治措施建议·····             | (135)  |
| <b>附录一 本书插表目录</b> ·····        | (136)  |
| <b>附录二 本书插图目录</b> ·····        | (141)  |
| <b>主要参考文献</b> ·····            | (145)  |



# CONTENTS

|                                                                                |       |
|--------------------------------------------------------------------------------|-------|
| <b>Chapter 1 Geography and Geology</b>                                         | ( 1 ) |
| 1.1 Physical Geography                                                         | ( 1 ) |
| 1.1.1 Topography and geomorphology                                             | ( 1 ) |
| 1.1.2 Meteorology                                                              | ( 2 ) |
| 1.1.3 Hydrology                                                                | ( 2 ) |
| 1.2 Regional Geology                                                           | ( 4 ) |
| 1.2.1 Stratigraphy                                                             | ( 4 ) |
| 1.2.2 Magmatic rock                                                            | ( 8 ) |
| 1.2.3 Structure                                                                | ( 8 ) |
| 1.2.4 Mineral resources                                                        | (11)  |
| <b>Chapter 2 Formation and Occurrence of Groundwater</b>                       | (12)  |
| 2.1 Groundwater Classification                                                 | (12)  |
| 2.1.1 Pore water in loose strata                                               | (12)  |
| 2.1.2 Karst water in carbonate rock strata                                     | (14)  |
| 2.1.3 Fissure water in fragmental rock and magmatic rock                       | (16)  |
| 2.2 Groundwater System                                                         | (18)  |
| 2.2.1 Division of groundwater system                                           | (18)  |
| 2.2.2 Characteristics of groundwater system                                    | (26)  |
| 2.2.3 Relation among groundwater systems                                       | (26)  |
| 2.3 Abundant Water Zone of Groundwater                                         | (27)  |
| 2.3.1 Abundant zones in pore water                                             | (28)  |
| 2.3.2 Abundant zones in karst water                                            | (29)  |
| 2.4 Flactuation Characteristics of Groundwater                                 | (39)  |
| 2.4.1 Patterns of flactuation of groundwater level                             | (39)  |
| 2.4.2 Evolution of chemical characteristics of groundwater                     | (42)  |
| <b>Chapter 3 Special Experiments and Researches on Groundwater</b>             | (44)  |
| 3.1 Researches for Rainfall Infiltration Coefficient                           | (44)  |
| 3.1.1 Equilibrium equation of one—time precipitation                           | (44)  |
| 3.1.2 Concept on rainfall infiltration coefficient                             | (44)  |
| 3.1.3 General situation to rainfall infiltration experiment site               | (45)  |
| 3.1.4 Determination of equilibrium quantity of one—time precipitation          | (47)  |
| 3.1.5 Formula of calculating rainfall infiltration coefficient                 | (51)  |
| 3.1.6 Rainfall infiltration coefficient series in Yangzhuang basin             | (52)  |
| 3.1.7 Rainfall infiltration coefficient in the other area in<br>Zaozhuang City | (53)  |
| 3.2 Researches for Detection Method of Aeration Zone Water                     | (53)  |

|                  |                                                                                        |             |
|------------------|----------------------------------------------------------------------------------------|-------------|
| 3.2.1            | Determination method of aeration zone water .....                                      | (53)        |
| 3.2.2            | Characteristics of zero—flux—plane .....                                               | (56)        |
| 3.2.3            | Calculation of evaporation in aeration zone .....                                      | (57)        |
| 3.3              | Researches for Recharge Source and Groundwater Age .....                               | (59)        |
| 3.3.1            | Introduction to hydrogen and oxygen isotopes .....                                     | (59)        |
| 3.3.2            | Researches on hydrogen and oxygen isotopes in rainfall .....                           | (59)        |
| 3.3.3            | Researches on hydrogen and oxygen isotopes in groundwater and river<br>water .....     | (65)        |
| 3.4              | Researches for Flow Direction and Flow Velocity of Groundwater .....                   | (70)        |
| 3.4.1            | Principle on radioactive isotope trace .....                                           | (70)        |
| 3.4.2            | Choice and use of radioactive isotope tracers .....                                    | (71)        |
| 3.4.3            | Test instrument and work principle .....                                               | (71)        |
| 3.4.4            | Simulation scale of $\alpha$ .....                                                     | (72)        |
| 3.4.5            | Test method of flow direction and flow velocity of groundwater .....                   | (74)        |
| 3.4.6            | Test engineering and achievements .....                                                | (76)        |
| 3.5              | Researches for Artificial Recharge of Groundwater .....                                | (78)        |
| 3.5.1            | General situation of experiment area and artificial recharge engineering<br>.....      | (78)        |
| 3.5.2            | Analysis on parameter and effects in artificial recharge .....                         | (79)        |
| <b>Chapter 4</b> | <b>Equilibrium Analysis in Supply and Demand of Groundwater .....</b>                  | <b>(80)</b> |
| 4.1              | Groundwater Resources Evaluation .....                                                 | (80)        |
| 4.1.1            | Division of groundwater resources calculation .....                                    | (80)        |
| 4.1.2            | Result of groundwater resources .....                                                  | (80)        |
| 4.1.3            | Explanation on groundwater resources quantity .....                                    | (82)        |
| 4.2              | Current Situation of Groundwater Exploitation .....                                    | (82)        |
| 4.2.1            | Groundwater exploitation for agriculture .....                                         | (82)        |
| 4.2.2            | Groundwater exploitation for industry .....                                            | (83)        |
| 4.2.3            | Groundwater exploitation for municipal use and drinking supply .....                   | (83)        |
| 4.2.4            | Characteristics of groundwater development and utilization .....                       | (83)        |
| 4.3              | Equilibrium Analysis in Supply and Demand of Water Resources in 2000 .....             | (84)        |
| 4.3.1            | Forecast of demand water quantity in 2000 .....                                        | (84)        |
| 4.3.2            | Forecast of water supply quantity in 2000 .....                                        | (86)        |
| 4.3.3            | Comparison and analysis between water quantities in supply and<br>demand in 2000 ..... | (87)        |
| 4.4              | Equilibrium Analysis in Supply and Demand of Water Resources in 2010 .....             | (87)        |
| 4.4.1            | Forecast of demand water quantity in 2010 .....                                        | (87)        |
| 4.4.2            | Forecast of water supply quantity in 2010 .....                                        | (90)        |
| 4.4.3            | Comparison and analysis between water quantities in supply and<br>demand in 2010 ..... | (90)        |

## Chapter 5 Exploitation Planning and Optimal Management of Regional Groundwater

|                                                                                   |         |
|-----------------------------------------------------------------------------------|---------|
| .....                                                                             | ( 91 )  |
| 5.1 Water Resources Economic Model in Zaozhuang City .....                        | ( 91 )  |
| 5.1.1 Division of management areas .....                                          | ( 91 )  |
| 5.1.2 Purposes and standards .....                                                | ( 91 )  |
| 5.1.3 Setting up variables .....                                                  | ( 92 )  |
| 5.1.4 Objective system .....                                                      | ( 92 )  |
| 5.1.5 Limit condition .....                                                       | ( 93 )  |
| 5.2 Exploitation Planning and Optimal Management of Water Resources in 2000 ..... | ( 95 )  |
| 5.2.1 Planning in concentrating water supply .....                                | ( 95 )  |
| 5.2.2 Planning in scattering water supply .....                                   | ( 102 ) |
| 5.2.3 Optimal distribution of water resources (average precipitation year) .....  | ( 106 ) |
| 5.3 Exploitation Planning and Optimal Management of Water Resources in 2010 ..... | ( 108 ) |
| 5.3.1 Planning in concentrating water supply .....                                | ( 108 ) |
| 5.3.2 Planning in scattering water supply .....                                   | ( 114 ) |
| 5.3.3 Optimal distribution of water resources (average precipitation year) .....  | ( 116 ) |

## Chapter 6 Geological Environmental Protection during Exploitation of Groundwater

|                                                                        |         |
|------------------------------------------------------------------------|---------|
| .....                                                                  | ( 119 ) |
| 6.1 Karst Collapse and Countermeasures .....                           | ( 119 ) |
| 6.1.1 Geological background in karst collapse area .....               | ( 119 ) |
| 6.1.2 Situation and harm of karst collapse disaster .....              | ( 120 ) |
| 6.1.3 Occurrence and distribution of karst collapse .....              | ( 121 ) |
| 6.1.4 Reason analysis of forming karst collapse .....                  | ( 122 ) |
| 6.1.5 Countermeasures of predicting and treating karst collapse .....  | ( 124 ) |
| 6.2 Ground Fissure and Countermeasures .....                           | ( 127 ) |
| 6.2.1 Geological condition in ground fissure area .....                | ( 127 ) |
| 6.2.2 Situation and harm of ground fissure disaster .....              | ( 128 ) |
| 6.2.3 Occurrence and distribution of ground fissure .....              | ( 128 ) |
| 6.2.4 Reason analysis of forming ground fissure .....                  | ( 128 ) |
| 6.2.5 Countermeasures of prospecting and treating ground fissure ..... | ( 130 ) |
| 6.3 Groundwater Pollution and Countermeasures .....                    | ( 131 ) |
| 6.3.1 Rule of distinguishing groundwater pollution .....               | ( 131 ) |
| 6.3.2 Situation of groundwater pollution in Shiliquan area .....       | ( 132 ) |
| 6.3.3 Route of groundwater pollution .....                             | ( 134 ) |
| 6.3.4 Countermeasures of treating groundwater pollution .....          | ( 135 ) |

|                                                      |              |
|------------------------------------------------------|--------------|
| <b>Appendix I List of Tables in This Book .....</b>  | <b>(136)</b> |
| <b>Appendix II List of Tables in This Book .....</b> | <b>(141)</b> |
| <b>Main References .....</b>                         | <b>(145)</b> |

# 第一章 地理地质背景

## 第一节 自然地理

枣庄市位于山东省南部，面积 4550km<sup>2</sup>，人口 354 万人，现辖五区一市，分别为市中区、峰城区、薛城区、山亭区、台儿庄区和滕州市。枣庄市是山东省最早的四个省辖市之一，是重要的煤田、电力、化工和建筑材料工业基地，也是重要的林果、蔬菜农业基地。这里资源丰富、交通便利，处在新亚欧大陆桥鲁南经济带（图 1-1），正在形成以高效农业为基础、以能源开发为特色、以高新技术为依托的新的经济增长结构。

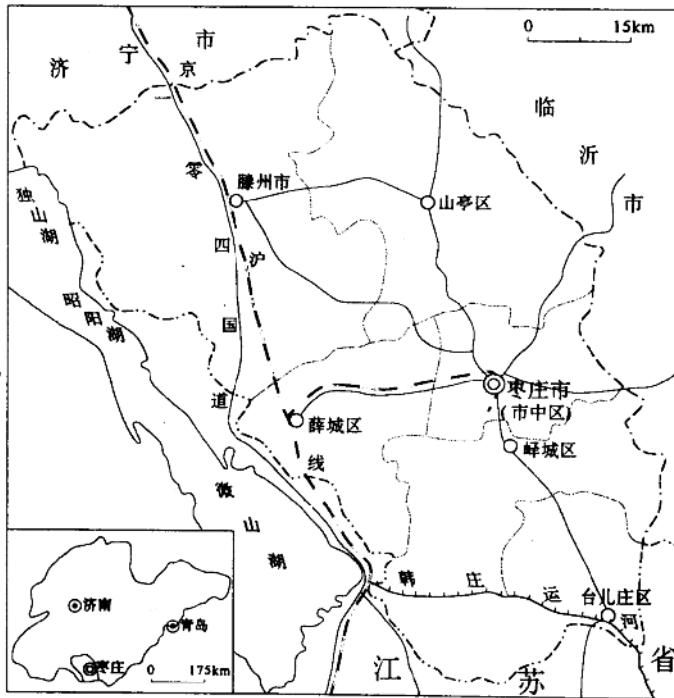


图 1-1 枣庄市交通位置图

### 一、地形地貌

枣庄市地处鲁中南低山丘陵区，大体为一个北西—南东向的斜长方形，南北长 96km、东西宽 56km。地形总趋势是北及北东高，南及南西低。北部为低山、丘陵，海拔高度 250~620m；中部为山间盆地，主要有羊庄盆地、枣庄盆地、陶庄盆地，海拔高度 60~300m；南部及西部为山间平原与山前平原，分别为峰城山间平原、南常山间平原、滕西山前平原、台儿庄山前

平原,海拔高度 30~100m。

枣庄市地貌单元的形成,主要受区域地质构造控制。在断块凸起区多形成构造剥蚀地貌,而在断块凹陷区则多形成剥蚀堆积地貌。地貌形态的形成主要受地层岩性和风化作用等地球营力的影响控制。在碳酸盐岩地区,岩溶残丘、溶洞、干谷等岩溶地貌发育;在碳酸盐岩夹碎屑岩地区常态山、单面山、桌状山等剥蚀地貌发育。

## 二、气候

枣庄市气候属暖温带半湿润季风型气候类型,兼受海洋气候影响,具有年积温高,热量丰富,雨量充沛,春风大,回暖早,四季分明的气候特征<sup>①</sup>。全市年降水量一般在 650~850mm 之间,多年(1958~1995 年)平均降水量 792.9mm,降水最多的年份是 1963 年(年降水量为 1324mm);降水量最少的年份是 1988 年(年降水量为 486.9mm)。年内降水量在时间分配上很不均匀,主要集中在每年的 6~9 月,约占全年的 70%;在空间分布上,一般表现为从西北向东南递增。年内蒸发量以 4~7 月较大,在空间分布上由西北向东南递减,多年平均蒸发量 1730.7mm。多年平均湿度为 69%。年平均气温 13.6~14.2℃。7 月最热,平均气温 27℃,最高气温 39℃;1 月最冷,平均气温 -1℃,最低气温 -19℃。年光照时数在 2000 小时以上。无霜期达 200 天以上,年平均风速 3.5~4m/s。

## 三、水文

### (一) 河流

枣庄市河流属淮河流域南四湖-运河水系<sup>②</sup>。区内地表水系发育,水利工程较多(图 1-2)。除韩庄运河、伊家河为南四湖的泄洪河道外,其他主要河道均发源于区域内东北部山区,并且多为老年性季节河道,雨季河水汹涌,陡涨陡落,旱季流水潺缓,甚至干涸。

按河水的流向,全市河流分三类,分别流入南四湖、韩庄运河和苍山县境内的西伽河。滕州市的全部、山亭区、薛城区大部分河流流向西南,汇入南四湖,流域面积 2586km<sup>2</sup>,占全市总面积的 56.8%,其间的主要河流有城河、郭河、十字河、薛城大沙河、北沙河等。峄城、台儿庄的全部、市中区的大部、薛城区及山亭区的小部分河流流向南,汇入韩庄运河,流域面积为 1828km<sup>2</sup>,占全市面积的 40.2%,其间的主要河流有峄城大沙河、陶沟河等。此外的小部分河流流向东南,汇入西伽河,流域面积为 136km<sup>2</sup>,占全市面积的 3%<sup>③</sup>。

#### 1. 韩庄运河

韩庄运河横穿市境南部,原系明代万历年间开挖的运粮河,在枣庄市境内称韩庄运河。西自韩庄微山湖开始,东经万年闸、台儿庄至陶沟河入运河口与京杭运河相连,全长 42.5km,其中境内长 39.3km。该运河在境内流域面积 1350km<sup>2</sup>,同时承接整个南四湖流域的泄洪任务,沿运河地势低洼,为众水所归。韩庄运河有洪水走廊之称。

#### 2. 峄城大沙河

此河古称“承河”,是韩庄运河的一条最大支流,流域面积 625.5km<sup>2</sup>,全长 57km。发源

① 据枣庄市气象局资料。

② 南四湖为南阳湖、独山湖、昭阳湖和微山湖四个连体湖的总称;运河指京杭运河。

③ 枣庄市水利志编纂委员会《枣庄水利志》,1988 年。

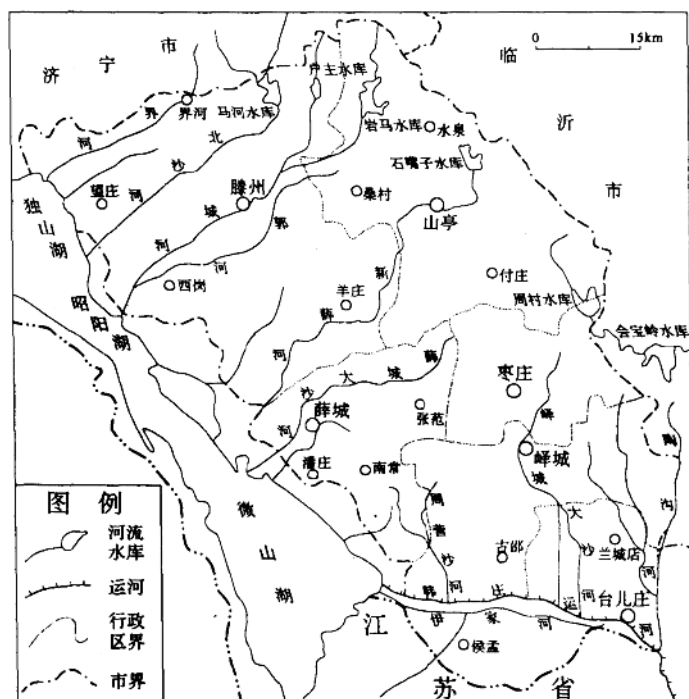


图 1-2 枣庄市水系图

于枣庄北部的低山丘陵区，其中的郭里集支流、税郭支流和齐村支流及棠阴支流在峰城附近汇入主河流。峰城大沙河流经山亭区、市中区、峰城区和台儿庄区。多年平均径流量 1.30 亿  $\text{m}^3/\text{a}$ ，年径流量最大的 1963 年达 3.50 亿  $\text{m}^3/\text{a}$ ，最小的 1981 年为 0.44 亿  $\text{m}^3/\text{a}$ 。

### 3. 薛城大沙河

发源于区域北部山亭区柏山，流域面积 316  $\text{km}^2$ ，境内长度 40.5 km，主要由许由河、蟠龙河、南明河等支流组成，汇入微山湖。多年平均径流量（薛城站）0.68 亿  $\text{m}^3/\text{a}$ ，年径流量最大值为 1971 年的 2.04 亿  $\text{m}^3/\text{a}$ ，最小值为 1983 年的 0.05 亿  $\text{m}^3/\text{a}$ 。

### 4. 十字河

此河又称新薛河，发源于本区东北部的低山丘陵区，向西南流入微山湖，总长 75 km，流域面积 960  $\text{km}^2$ 。多年平均径流量（官庄站）2.05 亿  $\text{m}^3/\text{a}$ ，最大的为 1960 年的 4.53 亿  $\text{m}^3/\text{a}$ ，最小的是 1981 年的 0.38 亿  $\text{m}^3/\text{a}$ 。

### 5. 城河

该河发源于本区西北部境外的邹城市凤凰山及连子山，经滕州市境，向西南流入昭阳湖。总长 80.7 km，境内长 74.9 km，流域面积 642.4  $\text{km}^2$ 。枣庄市最大的水库——岩马水库就建在此河的上游。多年平均径流量 1.75 亿  $\text{m}^3/\text{a}$ 。

### 6. 郭河

源自山亭区水泉乡山区，向西南流入昭阳湖。总长 49.7 km，流域面积 244  $\text{km}^2$ 。

## 7. 北沙河

该河发源于本区北部境外邹城市连子山,流经滕州市境后入独山湖,全长 64km,境内长 55km,流域面积 536km<sup>2</sup>,区内的大型水库——马河水库建在此河上游。

## 8. 界河

此河发源于本区北部境外邹城市丘陵区,经滕州市境,向西南流入独水湖,总长 35.4km,境内长 25.4km,流域面积 193km<sup>2</sup>。

## 9. 陶沟河

该河位于本区东南部,为山东与江苏省的一段边界河道。其在枣庄市境内的支流称新沟河,发源于峄城北部丘陵区,向东南汇入韩庄运河,流域面积 361.9km<sup>2</sup>。

## (二) 水库

枣庄市在 50 年代末期和 60 年代初期相继建设了大批水库,历经多年的加固、续建、配套,现有大型水库 2 座,即岩马水库和马河水库;中型水库 3 座,即周村水库、户主水库、石嘴子水库;小型水库 133 座,塘坝 779 座。合计总库容 5.56 亿 m<sup>3</sup>,兴利库容 2.95 亿 m<sup>3</sup>,有效灌溉面积 191km<sup>2</sup>。这对抗旱防汛具有重要意义,对地下水的补给也有重要调节作用(表 1-1)。

表 1-1 枣庄市大中型水库容量表

| 水库名称  | 位 置   | 总库容/<br>10 <sup>4</sup> m <sup>3</sup> | 兴利库容/<br>10 <sup>4</sup> m <sup>3</sup> | 死库容<br>10 <sup>4</sup> m <sup>3</sup> | 有效灌溉面积/<br>km <sup>2</sup> |
|-------|-------|----------------------------------------|-----------------------------------------|---------------------------------------|----------------------------|
| 岩马水库  | 山亭区冯卯 | 20260                                  | 10405                                   | 960                                   | 74                         |
| 马河水库  | 滕州市党山 | 13800                                  | 7000                                    | 510                                   | 30                         |
| 周村水库  | 市中区周村 | 8400                                   | 4440                                    | 660                                   | 27                         |
| 石嘴子水库 | 山亭区石嘴 | 2080                                   | 990                                     | 150                                   | 8                          |
| 户主水库  | 滕州市户主 | 1880                                   | 1110                                    | 60                                    | 5                          |

注:据枣庄市水利统计资料,1994 年。

# 第二节 区域地质概况

枣庄在地质构造位置上处于华北板块东南的鲁西地体内(曹国权等,1996),其地层、侵入岩、地质构造、成矿作用和地壳演化等,都表现了与这个古老地体有关地质特征的一致性(图 1-3)。

## 一、地层

枣庄市隶属华北地层大区,晋冀鲁豫地层区东南隅的鲁西地层分区内(山东省区域地质志,1991,张鲁奇等,1996)。这里地层发育比较齐全,自太古宇的新太古界至显生宇的新生界均有出露(图 1-3)。

## (一) 新太古界

区内新太古界泰山群只发育有山草峪组,其主要分布在枣庄市区以北的桌山—太平庄—



