

刘青勇 张保祥 等 编著

滨海地区水资源可持续管理与决策支持系统



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

滨海地区水资源可持续管理 与决策支持系统

刘青勇 张保祥 孟凡海 陈学群
宋瑞勇 李玲玲 张 欣 刘海娇 编著
杨世杰 吴泉源 王爱芹



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

内 容 提 要

本书为科技部国际科技合作与交流计划项目“滨海地区水资源综合管理技术研究”(编号为 2007DFB70200)的第二专题的成果专著。本书内容包括研究区概况、水资源优化配置、海水入侵数值模拟及预测、地下水保护技术、水资源管理决策支持系统以及水资源利用综合措施。

本书可供从事水利水电工程技术的科研、管理机构的设计、施工专业技术人员及相关高等院校师生参考使用。

图书在版编目(CIP)数据

滨海地区水资源可持续管理与决策支持系统 / 刘青勇等编著. -- 北京: 中国水利水电出版社, 2014.5
ISBN 978-7-5170-2291-6

I. ①滨… II. ①刘… III. ①海滨—水资源管理—决策支持系统—研究 IV. ①TV213.4

中国版本图书馆CIP数据核字(2014)第269754号

书 名	滨海地区水资源可持续管理与决策支持系统
作 者	刘青勇 张保祥 等 编著
出版发行	中国水利水电出版社 (北京市海淀区玉渊潭南路1号D座 100038) 网址: www.waterpub.com.cn E-mail: sales@waterpub.com.cn 电话: (010) 68367658 (发行部)
经 售	北京科水图书销售中心(零售) 电话: (010) 88383994、63202643、68545874 全国各地新华书店和相关出版物销售网点
排 版	北京三原色工作室
印 刷	北京九州迅驰传媒文化有限公司
规 格	170mm×240mm 16开本 11.75印张 230千字
版 次	2014年5月第1版 2014年5月第1次印刷
定 价	42.00元

凡购买我社图书,如有缺页、倒页、脱页的,本社发行部负责调换
版权所有·侵权必究

前 言

滨海地区是我国经济改革的窗口，经历了 30 余年的迅速发展，成为我国一个重要而又独特的经济区域。同时，滨海地区因资源开发、工程建设以及海平面上升引起的环境问题日趋显著。随着经济社会的快速发展，水资源短缺问题越来越严重。针对滨海地区水资源可持续利用问题，“滨海地区水资源可持续管理与决策支持系统研究”作为科技部国际科技合作与交流项目“滨海地区水资源综合管理技术研究”（编号为 2007DFB70200）的第二课题，以龙口市为例开展了滨海地区水资源管理方案、水资源决策支持系统与优化配置、地下水数值模拟与地下水保护等多方面探索研究，取得了以下成果：

（1）分析了水资源和水环境现状，建立了水资源承载力计算模型和水资源优化配置模型。选择了人口数量、经济规模 GDP、粮食产量以及景观生态环境用水量等指标，定量计算了不同水平年不同供水保证率条件下的水资源承载力；利用 WEAP 软件，建立了未来不同规划水平年水资源优化配置模型和综合评价模型，求得了不同规划水平年不同保证率下各方案的社会效益、经济效益以及环境效益。

（2）采用 Feflow 软件建立了龙口市平原区三维饱和介质、非稳定流和瞬变溶质运移模型，揭示了地下水流场和浓度场的变化规律，为海水入侵的防治提供了技术支撑。

（3）在区域地下水保护方面，建立了基于 MapGIS 的地下水本质脆弱性和硝酸盐氮特殊脆弱性评价体系 and 评价标准；采用模糊物元

方法对其进行了评价,同时对地下水的污染风险进行了综合评价;采用时间标准法,将地下水运移 60 日、10 年和 25 年的等值线作为地下水保护区边界;利用分析单元法 WhAEM 2000 计算模型对区内两个地下水源地进行了保护区划分。

(4) 建立了基于 GIS 的龙口市水资源管理决策支持系统。该系统构建了水资源优化配置,水资源数值模拟、评价、保护、实时监测和数据库管理等功能模块,形成独特的技术体系。

(5) 针对滨海地区水资源可持续利用存在的问题,提出了解决滨海地区水资源危机的综合工程和非工程措施和技术方案。

本课题由山东省水利科学研究院承担完成,共分为 5 个专题,其中“水资源优化配置模型”、“海水入侵数值模拟及预测”、“地下水保护技术”、“水资源利用综合措施”由山东省水利科学研究院负责完成,“水资源管理决策支持系统”由山东师范大学负责完成,龙口市水务局承担完成了项目示范工程建设、观测试验以及数据库建设,德方专家参加了研究方案的制定。本书第 1 章由刘青勇、宋瑞勇、孟凡海撰写,第 2 章由宋瑞勇、刘青勇撰写,第 3 章由陈学群撰写,第 4 章由张保祥、李玲玲、张欣、刘海娇撰写,第 5 章由吴泉源、杨世杰撰写,第 6 章由刘青勇、宋瑞勇撰写。全书由刘青勇、张保祥、王爱芹统一整理和编撰。

在此,作者谨向给予本课题和本书支持、帮助的各位领导和专业技术人员致以衷心的感谢!并衷心期望得到对本书的批评指正。

作者

2014 年 5 月于济南

目 录

前言

第 1 章	研究区概况	1
1.1	自然地理	1
1.2	社会经济概况	5
1.3	水资源分区	6
1.4	水资源量	7
1.5	水环境状况	11
1.6	供水工程现状	13
1.7	供用水现状分析	14
1.8	水资源开发利用中存在的问题	15
第 2 章	水资源优化配置	17
2.1	国内外水资源优化配置的研究进展	17
2.2	WEAP 软件介绍	23
2.3	水资源供需平衡分析和水资源承载力计算	28
2.4	水资源优化配置	41
第 3 章	海水入侵数值模拟及预测	61
3.1	国内外海水入侵研究现状	61
3.2	研究区海水入侵状况	65
3.3	海水入侵数值模拟	68
3.4	海水入侵防治措施	83
第 4 章	地下水保护技术	87
4.1	国内外研究进展	87
4.2	地下水污染源灾害分级	91
4.3	基于 GIS 的地下水脆弱性评价	101
4.4	地下水硝酸盐氮特殊脆弱性评价	108
4.5	基于熵权的地下水价值模糊评价	117
4.6	地下水污染风险评价	128
4.7	地下水源地保护区划分	131
4.8	地下水保护措施	139
第 5 章	水资源管理决策支持系统	143

5.1	水资源管理决策支持系统·····	143
5.2	系统设计·····	150
5.3	决策支持系统功能模块·····	155
5.4	决策支持系统的部分功能界面·····	165
第 6 章	水资源利用综合措施·····	171
6.1	工程措施·····	171
6.2	非工程措施·····	174
参考文献	·····	179

第1章 研究区概况

1.1 自然地理

研究区地处胶东半岛北部，东经 $120^{\circ}13'14''\sim 120^{\circ}50'48''$ ，北纬 $37^{\circ}21'15''\sim 37^{\circ}47'24''$ ，西部、北部濒临渤海，呈枫叶状。研究区域包括龙口市行政区及区内各流域境外部分，陆地面积 1506.3km^2 （含桑岛、依岛），其中龙口市行政区面积为 901km^2 ；黄水河流域境外部分涉及蓬莱市、招远市、栖霞市部分地区；泳汶河流域境外部分涉及招远市部分地区；其他流域境外部分涉及招远市部分地区；研究区内蓬莱市、招远市和栖霞市面积分别为 327.5km^2 、 152.6km^2 和 125.2km^2 。城区主要集中在龙口市境内，建成区面积 40.73km^2 ，主要分布在东莱街道、新嘉街道、龙港街道和开发区。研究区范围如图 1-1 所示。

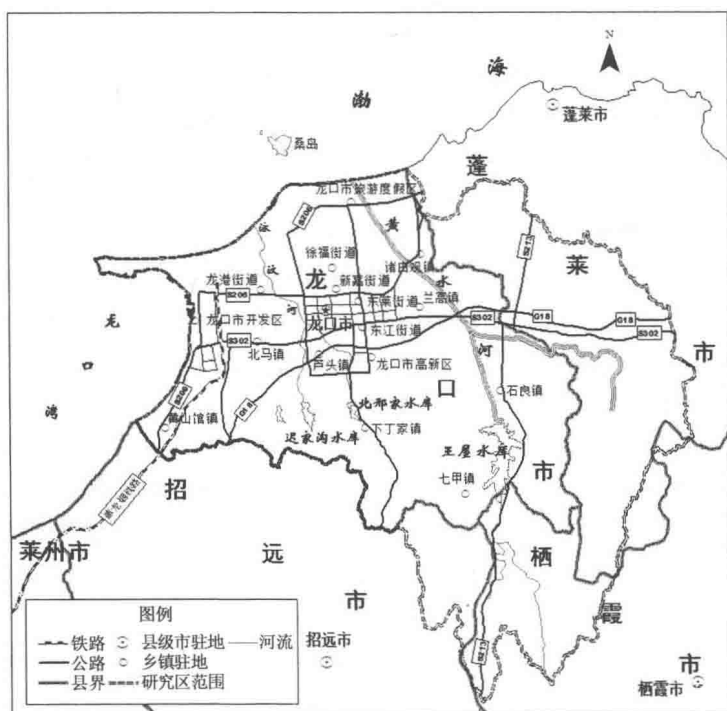


图 1-1 研究区范围

1.1.1 地形地貌

研究区地处胶东低山丘陵北部, 总的地形是东南高、西北低, 南部为低山丘陵, 北部为平原, 山区丘陵与平原面积约各占一半。研究区地貌受地质构造、岩相及古地理所控制, 按其成因类型分为四个区: ①构造剥蚀低山丘陵区; ②剥蚀堆积山前台地; ③侵蚀堆积倾斜平原区; ④堆积海滨条带阶地。研究区土壤大致可分为棕壤、潮土及褐土三大类。按照全国植被区划, 研究区属暖温带落叶林、针叶林区域。栽培作物以小麦、玉米为主, 山地基本上连年种植白薯和花生。

1.1.2 气象水文

研究区属暖温带半湿润季风型大陆性气候, 季风进退明显, 四季分明, 雨热同期, 降雨季节性强。春季干燥多风, 秋季天高气爽, 春秋两季均干旱少雨; 冬季受蒙古高压冷气团控制, 多偏北风, 寒冷干燥; 夏季亚热带太平洋暖气团势力增强, 盛行东南、西南季风, 天气炎热, 雨量集中。多年平均气温 12.2°C , 月气温最高出现在7月, 平均 25.6°C , 极端最高气温 40.6°C (2009年6月25日), 月气温最低出现在1月, 平均 -2.2°C , 极端最低气温 -21.3°C (1977年1月30日)。终霜日为4月17日, 初霜日为10月26日, 无霜期 $190\sim 210\text{d}$, 热量资源较丰富, 年日照时数 2794h , 年太阳总辐射量 (气候计算值) $127.8\text{kcal}/(\text{cm}^2\cdot\text{a})^{\text{①}}$, 光能资源在山东省和烟台市均属高值区。

根据1960—2007年降水资料分析, 研究区多年平均降水量 603mm 。降水量在地域的分布上是不均衡的, 南部山区降水量较大, 北部平原区降水量较小, 趋势是由东南山区的 637mm 向西北平原区递减到 534mm 。降水量年内变化较大, 73%集中在6—9月, 仅7—8月降水量就占了全年的50%, 这种降雨常常出现春旱、夏涝、晚秋又旱的现象。降水量年际变化大, 丰枯交替出现, 1964年为丰水年, 年降水量高达 1046.2mm , 是多年平均降水量的173.5%, 1989年是枯水年, 年降水量仅为 329.3mm , 是多年平均降水量的52.3%, 丰枯年降水量级差达 716.9mm , 丰枯之比高达3.18。

多年平均水面蒸发量 1250mm , 相对湿度69%。蒸发量由东南向西北递增, 在年内变化也比较大, 3—6月占全年的46.1%, 接近一半, 蒸发量最大在5月, 最小在1月。多年平均径流深 168mm , 天然径流量 2.53亿 m^3 。河川径流量由降水补给, 其时空变化规律基本与降水一致, 受下垫面条件和流域面积的影响, 在地域分布上的变化比降水量的变化要大, 汛期径流量占全年径流量的80%以上, 年径流深的分布趋势是由东南向西北减少, 东南山区多年平均径流深 170mm 左右, 西

① $1\text{kcal}=4.1868\text{J}$ 。

北平原区多年平均径流深 100mm 左右。

1.1.3 河流水系

研究区境内河流皆源于南部山区,曲折流向西北,主要河流有黄水河、泳汶河、北马南河、八里沙河等。黄水河是流经研究区的最大河流,发源于栖霞市的主山,干流长 55km,流域面积 1034.47km²。泳汶河是研究区第二条较大河流,发源于下丁家镇的罗山,干流长 38km,流域面积 205km²。

1.1.4 水文地质

研究区在构造上位于鲁东断块之胶北块隆的西北部,发育有两条主干断裂,即近东西向的黄县大断裂和北东向的玲珑—北沟断裂。这两条断裂把研究区分割为三个较大的块体,北部为断陷盆地,南部与东部皆为断隆山地。

黄县大断裂以北为中生代形成的断陷盆地,基底为元古界石英岩等,盖层为下白垩系碎屑岩、下第三系煤系地层,厚达千余米,第四系松散沉积物广泛分布,其厚度为 30~100m,局部地段可达百米以上,呈西厚东薄的沉积差异。区内含水层多见 2~3 层,总厚度为 1~15m,平均厚度 6.2m 左右。含水层岩性以粗砂、中砂为主,次为砾卵石,大都含有少量黏性土。

1.1.4.1 地下水类型及特征

地下水埋藏深度一般为 6.2m 左右,含水层中为孔隙潜水,但局部呈现微承压状态,透水性、富水性虽不均一,但一般较好,属于中等—强富水层,单井涌水量一般大于 50m³/h,部分地段在 50m³/h 以下。东部黄水河流域地下水较为丰富,个别机井涌水量达 300m³/h 左右,是工农业及城市生活用水较理想的水源地。本区地下水主要由大气降水补给,其次由河水渗漏补给及山丘区地下水侧向补给,地下水流向与地表水流向大致相同,总趋势自东南向西北,沿途被大量开采用于工农业生产及人畜饮水,其余部分排入渤海。

龙口市地下水按成因类型分为松散岩类孔隙水、碳酸盐岩类裂隙岩溶水及基岩裂隙水三种类型。

(1) 松散岩类孔隙水

此类主要为地下水类型,广泛分布于黄水河中下游冲洪积平原、山前倾斜平原、滨海堆积及黄水河故道中,是地下水主要开采区,含水层由 alQ₄ 砾质粗砂、mQ₄ 粗中细砂、pl-alQ₄ 砾质粗砂、pl-alQ₂ 中粗砂组成。按其埋藏条件为潜水,局部为潜水—承压水。

(2) 碳酸盐岩类裂隙岩溶水

此类分布在北沟—玲珑断裂以东及黄县大断裂以南残丘区。埋藏于 Pxt 厚层灰

岩、薄层一中厚泥质灰岩、白云质灰岩裂隙岩溶中。虽然灰岩裂隙岩溶比较发育，但多被黏土充填，透水性弱，单井涌水量小于 $100\text{m}^3/\text{d}$ 。而沿北沟—玲珑断裂带，岩石破碎，岩溶发育，且由于断层上盘（西北盘）为第三系黏土岩、砂砾岩，透水性弱，构成阻水边界，断裂带及影响带内富水，单井涌水量可达 $1200\sim 1680\text{m}^3/\text{d}$ 。

（3）基岩裂隙水

此类分布于黄县大断裂以南的山丘区，主要埋藏于 P_m 千枚岩、片岩； Kl_q 安山凝灰角砾岩； N_l 砂砾岩； γ_5^2 花岗岩及花岗片麻岩风化裂隙、构造裂隙中。由于基岩风化裂隙仅发育在 $5\sim 10\text{m}$ 深度内，且多被充填，透水性弱，单井涌水量一般 $60\sim 90\text{m}^3/\text{d}$ 。地下水为潜水，局部为承压水。在大断裂带，特别是断裂交汇处，构造裂隙发育，若具有良好的地下水补给、储存条件，往往形成局部富水带。

1.1.4.2 含水层特征

黄县大断裂以北为中生代形成的断陷盆地，基底为元古界石英岩等，盖层为下白垩系碎屑岩、下第三系煤系地层，厚达千余米，第四系松散沉积物广泛分布，其厚度为 $30\sim 100\text{m}$ ，局部地段可达百米以上，呈西厚东薄的沉积差异。区内含水层多见 $2\sim 3$ 层，总厚度为 $1\sim 15\text{m}$ ，平均厚度 6.2m 左右。含水层岩性以粗砂、中砂为主，次为砾卵石，大都含有少量黏性土。地下水埋藏深度一般为 6.2m 左右，含水层中为孔隙潜水，但局部呈现微承压状态，透水性、富水性虽不均一，但一般较好，属于中等—强富水层，单井涌水量一般大于 $1200\text{m}^3/\text{d}$ ，部分地段在 $1200\text{m}^3/\text{d}$ 以下。东部黄水河流域地下水较为丰富，个别机井涌水量达 $7200\text{m}^3/\text{d}$ 以上，是工农业及城市生活用水较理想的水源地。

东南部的断块山地分布广泛的主要是中生代早期和晚元古代的花岗岩，其次是新生代的玄武岩。花岗岩和花岗片麻岩中的构造裂隙含水层呈线状或带状分布，其富水性和透水性都较弱，可进行小水量、多布点的开采，无较大的供水意义。玄武岩中一般为透水或不含水，局部含水，其钻井的出水量在 $200\text{m}^3/\text{d}$ 以下。蓬莱群中的结晶灰岩和泥灰岩含水，有较丰富的岩溶裂隙水，可作为一般工农业供水水源，单井涌水量为 $480\sim 960\text{m}^3/\text{d}$ ，但分布范围非常局限，约 14km^2 。

1.1.4.3 地下水径流、补给及排泄条件

北部断陷盆地地下水主要受大气降水补给，其次为地表水渗漏补给，部分为山丘区基岩裂隙水侧向补给。地下水流向受地形控制，总趋势是东南向西北径流，大致与地表水流向相同。其排泄途径主要是大量开采用于工农业生产及人畜饮水，剩余部分向渤海排泄，起着阻止海水内侵的作用。但是，由于多年来区域地下水的“采”大于“补”，致使沿海地区出现了大面积的海水地下入侵污染。

东南部的断块山地地下水主要靠大气降水补给，同时接受蓬莱、栖霞及招远地表径流的补给。地下水流向受地形控制，大致与地表水流向相同。其排泄途径

主要以潜流形式侧向补给平原区地下水，其次是以季节性泉水转化为地表径流或以大口井、管井、方塘等形式进行人工开采。

1.1.4.4 地下水动态特征

(1) 地下水动态类型

根据龙口市地下水位长期观测孔的观测资料，市内地下水动态类型大致可分四种类型：

1) 降雨开采型。市内地下水大部分属于此种类型，地下水动态变化直接受大气降水、河川径流及人工开采条件的控制。汛期降雨后，地下水位明显升高，且与降水时间基本同步，水位回升峰值一般出现在 8 月、9 月，回升幅度随降雨量大小而异。地下水位最低值一般发生在 4 月、5 月，下降幅度大小随附近工农业开采量大小而异。

2) 人工补给开采型。1989 年 9 月龙口市水利局在黄水河下游主干河道及主要支流内建设了人工补源工程，位于黄水河地下水库中部黄水河岸边的地下水动态变化主要受人工开采和人工补源条件的控制。

以上两种类型地下水动态变化特征表明，区内地下含水层补偿能力强，有利于地表水向地下水的转化。

3) 山前补给型。此种类型的地下水动态变化与大气降水及人工开采关系不大。如诸由观镇魏家 12A 长观孔，由于靠近北沟—玲珑断裂及灰岩裂隙岩溶水区，具有一定的补给条件，地下水位高程一直保持在 24.62~25.86m，变化不大。

4) 降雨海侵型。主要分布于沿海一带，由于受海水入侵的影响，地下水动态变化不大。

(2) 地下水动态分析

在时间上，由于受大气降水季节、年际分配不均的影响，市内地下水动态变化严格受季节影响较大，年内枯水季节地下水位下降，丰水季地下水位上升；年际连续枯水年地下水位大幅度持续下降，丰水年或连续丰水年，地下水位回升幅度较大。在空间上，由于受含水层厚度、透水性及补给条件的影响，在黄水河地下水库中部及河两岸地带含水层赋水能力较强，而在边缘地带较差。

1.2 社会经济概况

1.2.1 人口状况

2007 年研究区辖 20 个乡镇（办事处），总面积 1506.3km²，全区总人口 92.07 万人，其中城镇人口 29.22 万人，农业人口 62.85 万人，城市化率 31.74%，人口密

度平均 611 人/km²。

1.2.2 地区生产总值及产业结构

研究区自然资源丰富,南部山区分布有黄金、石灰石、火山灰、氟石、花岗岩、大理石等,地热资源丰富,北部平原地下藏有大量褐煤、长焰煤和油页岩,沿海滩涂广阔,盛产各种海产品,渤海还有浅海石油和天然气资源。拥有工业企业 3000 多处,形成了能源、机械、化工、轻工、纺织、建材、农产品加工等行业为主体的工业体系。

2007 年研究区国内生产总值 575 亿元。其中,第一产业增加值为 45 亿元,第二产业工业增加值为 340 亿元、建筑业增加值为 17 亿元,第三产业增加值为 173 亿元,其中第一产业、第二产业、第三产业的比例为 7.8:62.1:30.1。全区人均生产总值 62436 元,高于全省平均水平(2007 年山东省人均生产总值为 27723 元)。

研究区产业结构日趋优化,工业经济平稳增长,铝制品、汽车及零部件、食品、纺织皮革、化工建材、果品加工为本区的主导产业。农业综合产出能力持续增强,有耕地面积 41.81 万亩,其中,有效灌溉面积 40.66 万亩,实灌面积 30.19 万亩。实灌面积中水浇地灌溉面积、菜田灌溉面积分别为 31.58 万亩、9.08 万亩,粮食总产量为 17.95 万 t。有大牲畜存栏 2.30 万头,小牲畜存栏 45.56 万头,合计 47.86 万头。

1.2.3 城市建设情况

研究区内城区主要集中在龙口市,截至 2007 年,研究区城市建成区面积 40.73km²,其中,居住用地 10.44km²,公共设施用地 4.99km²,工业用地 5.63km²,仓储用地 2.17km²,交通用地 2.28km²,道路广场用地 6.59km²,市政用地 1.96km²,绿地 6.67km²。

1.2.4 农林渔畜状况

2007 年,研究区现有耕地面积 41.81 万亩,其中,有效灌溉面积 40.66 万亩,实灌面积 30.19 万亩。实灌面积中水浇地灌溉面积、菜田灌溉面积分别为 31.58 万亩、9.08 万亩,粮食总产量为 17.95 万 t。2007 年,研究区有大牲畜存栏 2.30 万头,小牲畜存栏 45.56 万头,合计 47.86 万头。

1.3 水资源分区

根据流域与行政区域有机结合,保持行政区域和流域分区的统分性、组合性

和完整性的原则，并充分考虑水资源管理的要求，进行水资源分区。为了与以往规划成果较好衔接，本次研究范围水资源分区划分为黄城区、龙口开发区、西部平原区、东部井灌区、东部井渠双灌区、南部山丘区。研究区水资源各分区分布及面积见表 1-1。

表 1-1 龙口市各水资源分区

水资源分区	代码	所辖乡镇				面积/km ²
		龙口	蓬莱	招远	栖霞	
东城区	I	东莱街道、新嘉街道				52.0
西城区	II	龙港街道北部				33.68
西部平原区	III	徐福街道、北马镇北部、龙港街道东部及南部地区				157.33
南部山丘区	IV	黄山馆镇、北马镇、芦头镇、下丁家镇、兰高镇南部、石良镇南部、七甲镇	村里集镇	张星镇部分地区、阜山镇	苏家店镇	720.40
东部井灌区	V	诸由观镇	北沟镇			291.76
东部井渠双灌区	VI	兰高镇北部、石良镇北部	小门家镇			251.13

1.4 水 资 源 量

1.4.1 降水量

研究区的水资源主要来自于大气降水，目前研究区内共有 23 个雨量观测站，分布在每个乡镇和 3 个大中水库。每个水资源分区的雨量按其雨量代表站计算，各区的雨量代表站见表 1-2。对大气降水进行长系列连续观测，根据实际降水量观测资料，按 1960—2007 年水文系列加权计算的分区及研究区降水量见表 1-3 及表 1-4。

表 1-2 研究区各水资源分区雨量代表站

水资源分区	水资源区的雨量代表站
黄城区	东莱
龙口开发区	龙港
西部平原区	徐福
南部山丘区	七甲
东部井灌区	诸由观
东部井渠双灌区	石良

表 1-3 各水资源分区降水量计算成果 单位: mm

水资源分区	多年平均	不同频率		
		50%	75%	95%
东城区	579.8	575.2	453.3	283
西城区	597.4	574.1	512.1	366
西部平原区	561.9	537.9	453.3	358
南部山丘区	595.9	616.9	484.4	331
东部井灌区	555.9	543	442.5	320
东部井渠双灌区	632.4	624.9	481.4	339
研究区	585.5	577.1	478.9	338

表 1-4 研究区 1960—2007 年降水量计算成果

行政分区	统计年份	统计参数			不同频率年降水量/mm		
		均值	C_V	C_S/C_V	50%	75%	95%
龙口	1960—2007	581.51	0.26	2.5	565.2	472.7	363.7
蓬莱	1960—2007	612.3	0.26	2.5	608.9	493.6	396.2
招远	1960—2007	576.4	0.26	2.5	555.2	470.3	359.2
栖霞	1960—2007	580.6	0.26	2.5	558.3	472.5	360.1
研究区	1960—2007	585.5	0.26	2.5	577.1	478.9	338

研究区 6 个水资源分区的多年平均降水量差距不大, 其中东部井渠双灌区最大, 为 632.4mm; 东部井灌区年均降水量最小, 为 555.9mm。

研究区 1960—2007 年平均年降水量为 585.5mm, $C_V=0.26$, 取 $C_S/C_V=2.5$ 。其中 1964 年降水量最多为 1046.2mm, 研究区的降水量存在下降趋势, 且存在连续枯水年或连续丰水年。1969—1980 年平均降水量在 586.02mm 之上, 属连续丰水年, 1981—1993 年平均降水量在 586.02mm 之下, 属连续枯水年。

1.4.2 地表水资源量

研究区地域西、北临海, 东、南部基本以山的分水岭为界。研究区龙口市境内自东向西按流域分为黄水河流域、曲栾河流域、泳汶河流域、龙口河流域、北马南河流域、八里沙河流域、界河流域; 研究区蓬莱市境内分为黄城集河流域、荆家河流域和丛林寺河流域; 研究区招远市境内分为黑山河流域、南栾河流域、八里沙河流域; 研究区栖霞境内分为苏家店河流域和阜山河流域。地表水资源量主要是天然径流量。

研究区 1970—2007 年多年平均天然径流量 25159 万 m^3 ，50%、75%、95%频率天然径流量分别为 24892 万 m^3 、13240 万 m^3 、6530 万 m^3 。境内各流域天然径流量见表 1-5。

表 1-5 研究区各流域天然径流量

单位：万 m^3

行政分区	流域	多年平均	50%	75%	95%
龙口	黄水河	7791	6622	3973	1589
	曲桑河	757	653	386	154
	泳汶河	3237	2751	1651	660
	龙口河	704	599	359	144
	北马南河	931	791	475	190
	八里沙河	527	448	269	108
	界河	341	290	174	69
	小计	14289	12145	7287	2915
蓬莱	黄城集河	3396	3169	1855	980
	荆家河	292	271	90	20
	丛林寺河	360	350	170	35
	小计	4048	3985	2104	998
招远	黑山河	872	812	435	215
	南桑河	298	248	115	72
	八里沙河	22	21	7	0
	小计	1192	1068	529	227
栖霞	苏家店河	3420	3327	2010	1017
	阜山河	2210	2046	983	556
	小计	5630	5587	2731	1103
研究区		25159	24892	13240	6530

地表水资源量通常是指河流、湖泊等地表水体中由当地降水形成、可以逐年更新的动态水量，用天然河川径流量表示。本次分析计算研究区多年平均地表水资源量为 25159 万 m^3 。

1.4.3 地下水资源量

地下水天然资源量是指受天然水文周期控制呈现规律变化的地下水多年平均补给量。地下水主要来自于降水入渗补给，其次为侧向补给。

山丘区地下水主要来自降雨入渗补给，由于地形、地貌、地层岩性和水文地质条件不同，降雨入渗补给参数只能确定一个综合值来计算，再根据山丘区多年平均地下水补排平衡原理，以其总排泄量作为地下水补给量来校核。

平原区分别计算降水入渗补给量、河道及地表水体渗漏补给量、山前侧渗补给量、渠灌入渗补给量以及排泄入海量。东部井灌区在沿海一带筑有地下挡水坝截堵潜流，排泄入海量可不计，潜水蒸发量极限埋深为 3m，各分区地下水埋深在 6m 左右，本次计算对此量忽略不计。平原区地下水观测网密度较高，利用实际观测的资料，采用分析计算法进行了校验。计算地下水资源量所用参数见表 1-6。

表 1-6 各分区计算地下水资源量参数

水资源分区	降雨入渗	灌溉回归	渠道渗漏
东城区	0.08	0.18	0.2
西城区	0.09	0.2	0
南部山丘区	0.1	0.16	0.15
东部井渠双灌区	0.17	0.2	0
东部井灌区	0.18	0.21	0.18
西部平原区	0.16	0.12	0

各项的计算过程如下。由降雨入渗产生的地下水资源量为各区的降雨量乘各区的降雨入渗系数；由灌溉回归产生的地下水资源量为各区的灌溉水量乘灌溉回归系数；由渠道渗漏产生的地下水资源量为各区渠道中的水量乘渠道渗漏系数。

$$W_{\text{降雨入渗}_i} = P_i \alpha_i$$
$$W_{\text{灌溉回归}_i} = W_{\text{灌溉}_i} \beta_i$$
$$W_{\text{渠道渗漏}_i} = W_{\text{渠道}_i} \gamma_i$$

式中： α_i 、 β_i 、 γ_i 分别为各区的降雨入渗系数，灌溉回归系数，渠道渗漏系数。

各区计算的地下水资源量见表 1-7。

表 1-7 各分区地下水资源量 单位：万 m³

分区	多年平均	50%
龙口	9716	9648
蓬莱	4826	4755
招远	2150	2028
栖霞	2352	2198
总计	19044	18756