

海（咸）水入侵胁迫下 典型环境地质问题研究 ——以莱州湾南岸为例

王集宁 蒙永辉 等 著



科学出版社

海（咸）水入侵胁迫下典型环境 地质问题研究

——以莱州湾南岸为例

王集宁 蒙永辉 等 著



科学出版社

北京

内 容 简 介

莱州湾南岸是我国海(咸)水入侵的典型区域,自20世纪70年代以来海(咸)水入侵带来的环境地质问题广受关注。本书系统梳理了海(咸)水入侵胁迫下莱州湾南岸引发的典型环境地质问题,揭示了莱州湾南岸海(咸)水入侵的机理,并建立了海(咸)水入侵的数值模型,分析了莱州湾南岸的土壤盐渍化时空分布状况;同时应用遥感和GIS技术对莱州湾南岸的岸线变化和景观格局变化进行了研究,定量评价了研究区的生态脆弱性;最后构建指标体系对莱州湾南岸的地质环境质量进行了综合评价。

本书资料新颖、体系完整,具有较强的科学性、方法性和系统性,可供从事地理、地质、水文、环境的研究人员和学生阅读、参考使用。

图书在版编目(CIP)数据

海(咸)水入侵胁迫下典型环境地质问题研究:以莱州湾南岸为例 / 王集宁等著. —北京:科学出版社, 2019.6

ISBN 978-7-03-061580-0

I. ①海… II. ①王… III. ①渤海—海蚀—地质环境—研究 IV. ①P722.4

中国版本图书馆CIP数据核字(2019)第112711号

责任编辑:丁传标 / 责任校对:何艳萍

责任印制:吴兆东 / 封面设计:图阅社

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>

北京建宏印刷有限公司印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

2019年6月第 一 版 开本:787×1096 1/16

2019年6月第一次印刷 印张:11 1/2

字数:270 000

定价:129.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换)

《海（咸）水入侵胁迫下典型环境地质问题研究 ——以莱州湾南岸为例》

指导委员会

主 任：回寒星

委 员：褚福建 常允新 胡玉禄 姚春梅 王 林
高赞东

科学指导：王 颖 吕建树

撰写人员名单

王集宁 蒙永辉 张丽霞 夏学生 刘洪亮 董玉龙
姚英强 秦 鹏 罗 梅 刘瑞峰 商婷婷 付 娟
冯在敏 吕宝平 于德杰 王兆林 邹连庆 颜 堂
朱 峰 周 勇 王亚梦 孙雪菲

序

海岸带是陆海交互作用的地带，存在十分复杂的反馈机制，中国海主体是欧亚大陆与太平洋交互作用过程所形成的边缘海。受地质构造格局、季风波浪、潮汐作用与大河输入作用影响，海陆交互作用与漫长历史过程中人类活动作用影响突出。河海交互作用堆积的平原海岸与基岩山地延伸至海域所形成的基岩港湾海岸为我国主要的两大类海岸。莱州湾海岸是我国典型的平原海岸，地势低平而淤泥质潮滩广阔，是典型的受黄河影响的海陆交互作用带，具有自海向陆生态系统短距离变化及未胶结成岩的沙泥层海底软弱性的特点。而莱州湾南岸迎向北与东北向开阔海域，受强风浪与风暴潮灾害影响严重。加之，人类开采淡水与油气能源活动，促进莱州湾南岸海（咸）水入侵——自 20 世纪 70 年代中期以来，莱州湾南部滨海平原地下水资源的无序超采，导致区域严重地咸水入侵与地下水侵染，使数千口机井报废，人民群众饮水困难，威胁区域的生态环境和社会经济的发展。因而，研究海（咸）水入侵的机理与带来的环境地质效应是区域亟待解决的重要科学问题。

《海（咸）水入侵胁迫下典型环境地质问题研究——以莱州湾南岸为例》一书系统总结了莱州湾南岸地下水赋存条件和水化学特征，分析了海（咸）水入侵的机理，构建了莱州湾南岸海（咸）水入侵数值预测模型；在此基础上，逐步延伸到海（咸）水入侵和人类活动共同引发的环境地质问题，分析了土壤盐渍化的时空分布规律及影响因素；基于遥感技术分析近 30 年来岸线变化特征及与海水入侵的耦合关系，总结莱州湾南岸 15 年来的景观格局变化特征，并应用 GIS 技术对莱州湾南岸的地质环境质量进行系统评价。

该书反映了莱州湾南岸海（咸）水入侵及环境效应研究的新成果，信息丰富、内容翔实，是有较强应用性的参考文献。

中国科学院院士
南京大学教授

王颖



2019 年 6 月 10 日

前 言

海(咸)水入侵是指受到自然或人为因素影响,沿海地区的地下含水层的水动力条件发生变化,破坏了淡水与海(咸)水之间的平衡状态,导致海水或高矿化度的咸水沿含水层向内陆方向侵入的过程与现象。在海岸地区,多重因素造成地质环境问题的产生,如不合理的人类活动所导致的地下水长期过量开采,以及长时间的气候干旱和海平面上升等自然因素所引起的海水入侵灾害。海岸带对人类来说是生活和生产活动的重要场所,是海洋开发的前沿地带,集中了全世界人类经济活动的很大部分。海岸带是海陆交汇地带,人类活动活跃,经济发达,对于人类社会和经济的发展至关重要,但海岸的自然环境十分复杂,生态平衡非常脆弱,地震、崩塌、滨岸侵蚀、港口淤积、地面沉降、风暴潮、人类工程等引发的海岸带地质环境问题日趋复杂、严重。如何充分考虑地质环境问题,又有效开发海岸带,以确保地质环境与经济建设的协调是急需解决的问题。

目前,海水入侵灾害已造成我国沿海大面积的地下淡水污染、生态环境恶化,工业生产因地下水变咸导致产品质量下降和生产设备腐蚀影响工业产品的经济效益,农业因地下水变咸导致土壤盐渍化而大量减产,人畜饮用劣质水而导致疾病增加。如今,海水入侵已成为我国海岸带地区面临的重大环境问题之一,严重阻碍了这些地区社会、经济的可持续发展。因此,加强对海水入侵区域环境地质问题的评价与研究,对了解海岸带地区地质环境质量与海水入侵的危害程度,进而对区域的规划建设及可持续发展具有重要意义。20世纪70年代初以来,莱州湾南岸地区处于经济高速发展和人口压力剧增的时期,人类活动对环境的扰动显得尤为突出。莱州湾地区以其独特的地理位置、地质环境演化背景和对气候变化的敏感性,成为我国受人类活动和自然因素而引起的自然灾害最严重的地区之一,是我国乃至世界海(咸)水入侵的典型地区,而这些灾害构成了经济、社会和环境可持续发展的严重障碍。莱州湾在经济迅速发展的同时,地质环境也面临不同程度的破坏。目前研究区内各种地质灾害与环境地质问题日渐暴露,地质环境状况逐渐恶化,其中对莱州湾影响较大的环境地质问题有地下水侵染、土壤盐渍化、海岸侵蚀等。它们之间在成因及分布上既有区别又有联系,共同构成了莱州湾南岸既统一又相互联系的环境

地质问题体系。因此,以莱州湾南岸的海(咸)水入侵为出发点,系统地梳理其带来的环境地质问题,对研究区的地质环境保护和区域可持续发展具有重要的理论和实践意义。

本书主要从地理学、水文地质的视角出发,系统总结了海(咸)水入侵影响下的莱州湾南岸的典型环境地质问题,主要分为九个部分:第一章,研究区概况;第二章,莱州湾南岸地下水赋存条件与水化学特征;第三章,莱州湾南岸水文地质条件及海(咸)水入侵机理分析;第四章,海(咸)水入侵数值模型;第五章,莱州湾南岸土壤盐渍化时空分布及影响因素;第六章,莱州湾南岸岸线时空变化特征;第七章,近15年来莱州湾南岸景观格局变化;第八章,基于高光谱遥感莱州湾南岸环境地质指标监测;第九章,基于GIS的莱州湾南岸地质环境质量综合评价。本书从莱州湾南岸海(咸)水入侵的机理和数值模型出发,逐步延伸到海(咸)水入侵引发的环境地质问题,如土壤盐渍化、重金属污染、景观格局变化,最后对莱州湾南岸的地质环境质量进行综合评价。

本书第一、三、六、七章由王集宁等撰写,蒙永辉等撰写第二、五章,第四、九章由张丽霞等撰写,夏学生等撰写第八章。本书出版得到山东省自然资源厅的大力支持;本书所涉科研成果是在山东省地质勘查项目“黄河三角洲高效生态经济区海(咸)水入侵调查与监控预警系统建设项目”(鲁勘字[2011]14号)、“山东省海岸带地质环境调查与综合研究”(鲁勘字[2018]14号)、山东半岛蓝色经济区1:10万区域水文地质工程地质环境地质综合调查(潍坊市、辛安庄幅)(鲁勘字[2010]72号)、山东半岛蓝色经济区1:10万区域水工环综合调查(寿光幅)(鲁勘字[2011]62号)、国家自然科学基金(41601549)和山东省自然科学基金(ZR2016DQ11)的资助下获得的,在此表示衷心的感谢。同时,在新的山东省地质勘查项目的支持下,对莱州湾南岸的研究还在继续深化。

限于个人认识水平有限,加之时间仓促,书中难免有所纰漏,恳请专家和读者予以批评指正。

作者

2019年3月于济南

目 录

序

前言

第一章 研究区概况	1
第一节 地质地貌	1
第二节 气候	5
第三节 河流水文	7
第四节 水文地质特征	9
第五节 土壤与植被	11
第六节 经济社会概况	14
第二章 莱州湾南岸地下水赋存条件与水化学特征	16
第一节 地下水赋存条件与分布规律	16
第二节 地下水含水岩组划分及水文地质特征	17
第三节 地下水循环、水化学及动态特征	20
第三章 莱州湾南岸水文地质条件及海(咸)水入侵机理分析	25
第一节 咸淡水界面演化特征分析	25
第二节 咸淡水界面迁移影响因素分析	26
第四章 海(咸)水入侵数值模型	36
第一节 水文地质条件概化	36
第二节 数学模型	37
第三节 数值模型的建立及求解	38
第四节 数值模型的调试和识别	39
第五节 海(咸)水入侵预报	50
第五章 莱州湾南岸土壤盐渍化时空分布及影响因素	54
第一节 土壤野外采样及分析测试	54
第二节 莱州湾南岸土壤盐渍主要特征	56
第三节 莱州湾南岸土壤盐渍化时空变化特征	62

第四节	土壤盐渍化剖面特征分析	68
第五节	莱州湾南岸土壤盐渍化与环境因素的关系模拟	77
第六章	莱州湾南岸岸线时空变化特征	87
第一节	莱州湾南岸岸线提取	87
第二节	莱州湾南岸岸线时空变化特征	93
第三节	莱州湾南岸岸线变化的驱动力分析	95
第四节	莱州湾南岸海水入侵与海岸线变动耦合关系	98
第七章	近 15 年来莱州湾南岸景观格局变化	104
第一节	近 15 年来莱州湾南岸景观格局变化特征	104
第二节	莱州湾南岸海岸湿地生态脆弱性评价	119
第八章	基于高光谱遥感莱州湾南岸环境地质指标监测	129
第一节	莱州湾南岸土壤有机质含量高光谱遥感监测	129
第二节	莱州湾南岸土壤重金属来源与空间分布研究	140
第三节	莱州湾南岸土壤铜高光谱反演	146
第九章	基于 GIS 的莱州湾南岸地质环境质量综合评价	152
第一节	地质环境评价体系构建	153
第二节	莱州湾南岸地质环境质量评价实例	160
参考文献		165
附表		171

第一章 研究区概况

第一节 地质地貌

本研究以山东半岛北部莱州湾南岸为例，莱州湾南岸位于莱州湾南侧的弥河下游与潍河下游之间的区域，研究区地理坐标为 $119^{\circ}00'00''\text{E} \sim 119^{\circ}30'00''\text{E}$ ， $36^{\circ}40'00''\text{N} \sim 37^{\circ}20'00''\text{N}$ ，属潍坊市管辖，包含寿光市、寒亭区和昌邑市（图 1-1），总面积约 4700km^2 。研究区地势平坦，大部分为滨海平原，是我国北方典型的粉砂-淤泥质海岸。本区位于华北平原东缘，郯庐断裂带纵贯其中，大地构造上属于胶莱地槽的北部区段。

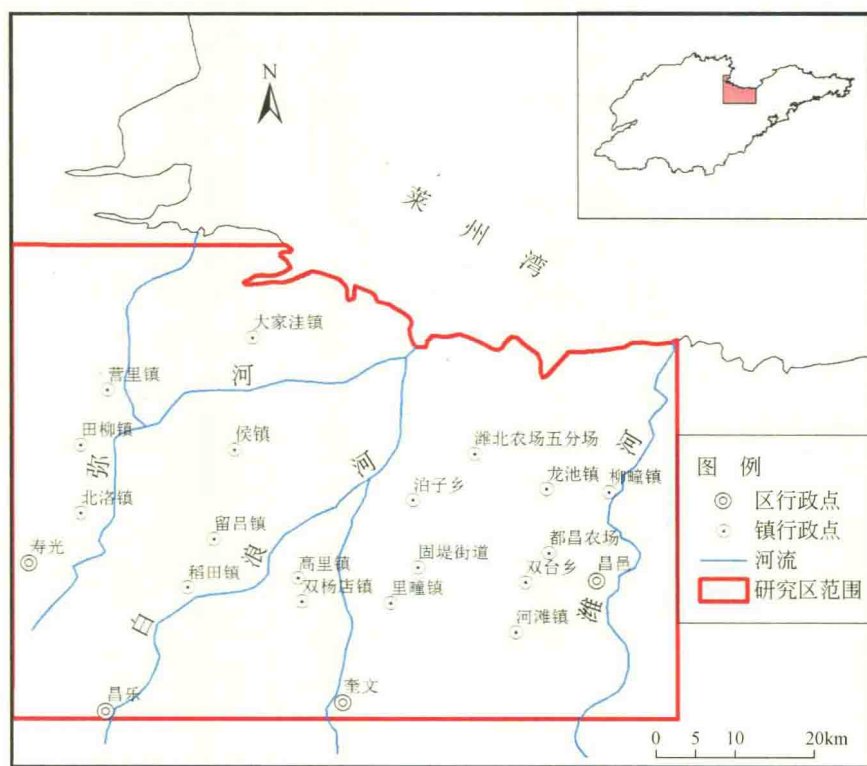


图 1-1 莱州湾南岸研究区示意图

研究区第四纪以来构造运动时有发生,使区域地貌产生了分异,第四系的发育受到较大影响,并且使得现代的自然地理面貌出现了不同程度的改观。第四纪时期莱州湾南岸的构造运动方向大致与第三纪时期的构造运动方向相同,呈现出间歇性持续拗陷沉降。早更新世和晚更新世沉降的速度相对较快,而中更新世则较为缓和。莱州湾南岸属渤海拗陷区,是由源自鲁中山地北麓的诸河流(如胶莱河、小清河、白浪河、弥河、潍河等)冲积而成的广阔平原,第四系厚度大而连续,属粉砂淤泥质海岸,在我国较为典型。第四纪以来大量松散沉积物的堆积以及区域构造活动使得莱州湾南岸地区地形较为平坦,在地势上呈现出南高北低的特点,从南部的丘陵区逐渐向北部的莱州湾倾斜,海拔由300m降至2m。该区平原地区的地貌类型变化具有清楚的层次,南部为山前洪积-冲积平原,向北逐渐过渡到冲积平原,其地势较为平坦,向莱州湾缓缓倾斜,最终在莱州湾沿岸过渡为带状的冲积-海积平原和海积平原。滨海地区:本区南边以淡咸水线为界,北部与莱州湾相邻,河流冲积物和海相沉积物叠次覆盖形成了地势低平的低地区,海拔在7m以下。滨海平原河流形成的冲积-洪积平原、冲积-海积平原普遍拥有富含海水的砂层,这些砂层的透水性能非常好,其渗透系数一般在35~150m/d。这种具有较强渗透能力的透水体层为海水入侵创造了极其有利的自然条件。其次,莱州湾南岸的堆积平原地势低平,因此是风暴潮侵袭的主要区域(鲍广扩等,2014)。当风暴潮发生时,大量海水入侵滨海平原,风暴潮退去后,平原上的次级洼地仍然滞留着一部分海水,因此,风暴潮在一定程度上也为海水入侵提供了条件。

研究区海底地貌总体上处于沉陷状态,但是自黄河中上游裹挟而来的巨量泥沙堆积在河口地区,对沉陷的地貌起到了相应的补偿作用。同时在潮流、沿岸流、波浪挟沙落淤和河口动力作用下,研究区呈现出泥沙运移、扩散的地貌形态。黄河入海口附近为向东、向南延伸的三角洲前缘,坡度较大;海岸线附近为潮间浅滩,受到黄河泥沙和冲淤环境的影响,黄河口东部潮滩较为狭窄,但是黄河口南部潮滩宽达6~7km;其余部分为浅海平原,海底起伏小、形态单一。海底冲刷槽主要出现在莱州湾西南部中小河流入海口处,而在黄河口附近冲刷槽反而不明显,这可能与河流输沙量多少与河口水动力作用强弱有重要关系。

研究区内断裂构造十分发育,主要断裂为沂沭断裂带(图1-2),此断裂带由4条主要大断裂组成,自西向东依次为郯郯-葛沟断裂、沂水-汤头断裂、安丘-莒县断裂和昌邑-大店断裂,其中沂水-汤头断裂在区内未出现。沂沭断裂带规模较大,呈北东 10° ~ 25° 方向延伸,力学性质为左行扭动及左行压扭。

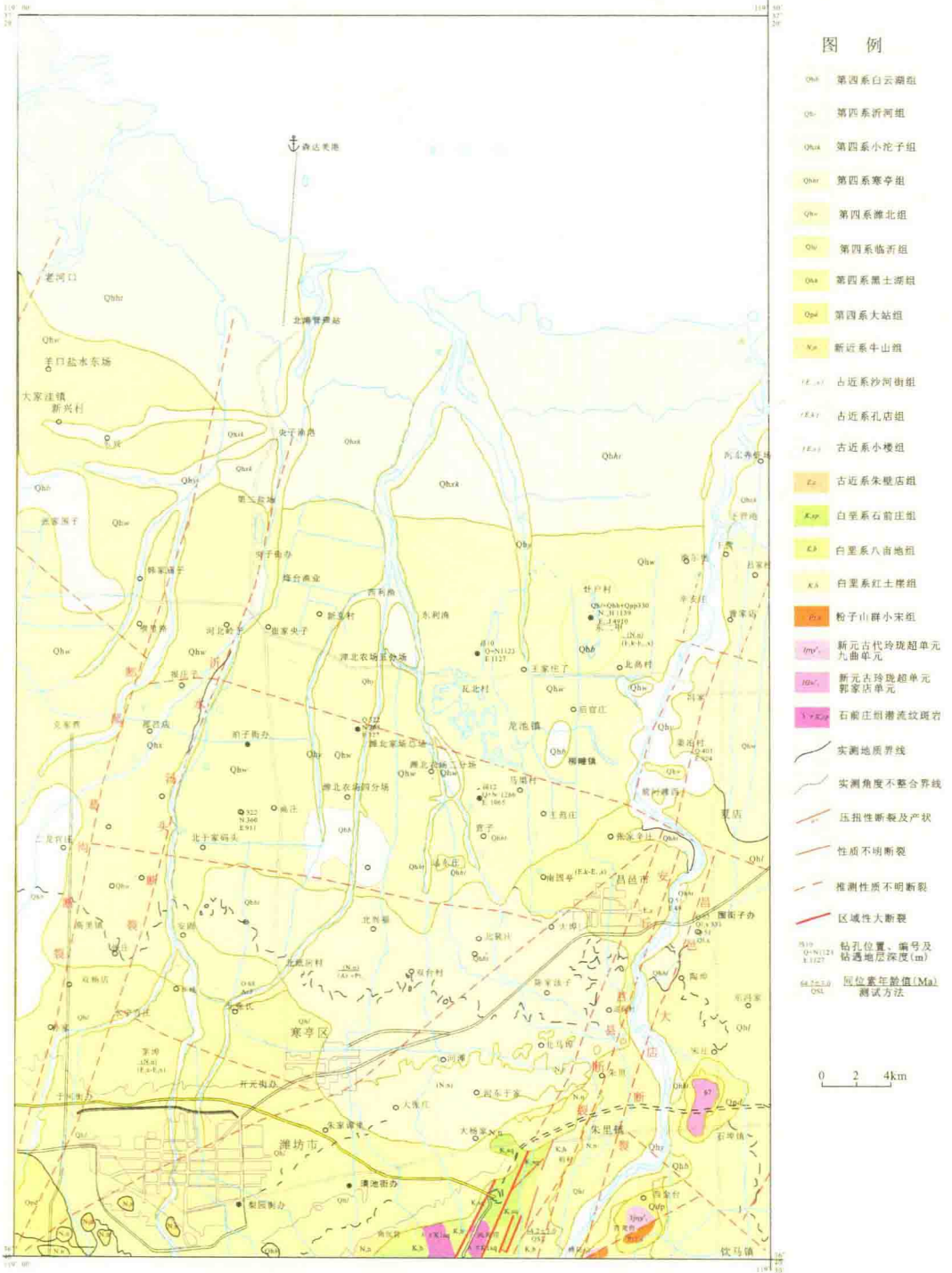


图 1-2 研究区地质图

资料来源：山东省地质环境监测总站，2013，黄河三角洲高效生态经济区（潍坊）海（咸）水入侵调查与监控预警系统建设报告

(1) 郟部—葛沟断裂: 隐伏断裂, 位于工作区西部, 自临朐幅东北进入幅内, 双杨店—蔡家央子一带, 向北于弥河入海口进入莱州湾。走向 $N20^{\circ}-25^{\circ}E$, 是鲁西拱断束与沂沭深断裂带两个三级构造单元的分界线。

(2) 沂水—汤头断裂: 沂沭断裂带在南部有 4 条明显的断裂, 但沂水—汤头断裂根据卫星照片在工作区内无反映。因此, 在此不予叙述。

(3) 安丘—莒县断裂: 自南部进入工作区, 经邓村—夏店一带向北入莱州湾, 走向 $N20^{\circ}-30^{\circ}E$, 倾向南东, 倾角 $50^{\circ} \sim 90^{\circ}$, 属正断层。断层西侧为白垩系和新近系砂岩、砾岩, 东侧地表被第四系覆盖。

(4) 昌邑—大店断裂: 自南部进入工作区, 经西金台—卜庄一带入莱州湾。走向 $N20^{\circ}-30^{\circ}E$, 倾向北西, 倾角 60° 以上, 属正断层。断层东侧为胶东群变质岩及粉子山群大理岩和其他变质岩, 工作区内涉及较少, 西侧为白垩系。此断裂是鲁西中台隆与鲁东迭台隆的二级大地构造区划分界线。

研究区南部与泰沂山区相邻, 东部与胶东丘陵接壤, 西北临黄河现代三角洲平原, 平原南北宽度达到 40km, 南部高程达 20m, 北部为高程不足 2m 的低洼地。该区在第四纪期间, 下降缓慢, 第四系风积物、冲积物、海积物、冲海积物、湖沼沉积物等堆积较厚, 松散沉积物厚度变化范围从南部的 100m 至北部的 300 余米, 区内具有复杂的沉积成因类型, 古河道砂体众多, 可以作为丰富的含水层和补给层, 并且也是海水入侵的通道(曹建荣等, 2002)。

研究区域属山东省鲁西北平原松散岩类水文地质区, 下辖两个水文地质亚区: 冲积洪积平原淡水水文地质亚区和海积冲洪、冲海积平原咸水水文地质亚区。在地质构造上莱州湾南岸位于新华夏系的第二沉降带(华北凹陷), 是沂沭大断裂以西的莱州湾沿岸西部沉降区。受海洋和河流共同作用莱州湾南岸广泛发育了低平宽广的冲积平原、冲海积平原和海积平原。因此, 本区的地貌以平原为主, 南部有残丘零星分布, 地势南高北低, 并具有清晰的层次变化性, 受到弥河、潍河及胶莱河等数百条发源于南部山丘的河流和溪流的冲积和洪积作用, 莱州湾南部为山前洪积冲积平原, 向北逐渐过渡到冲积平原, 其地形较为平坦, 向莱州湾缓缓倾斜, 最终在莱州湾沿岸过渡为带状的冲积海积平原和海积平原(图 1-3)。

莱州湾南岸自晚更新世以来, 经历多次海侵与海退事件, 滨海海积和海积平原区相应地沉积了海、陆相间的地层。大量沉积于含水层中的海水受多种成矿条件控制, 形成多层地下卤水资源, 以及矿化度不同的地下咸水, 广泛分布于研究区内。莱州湾南岸的咸水入侵主要发生在地下埋深 50m 以上的含水层, 相当于区域上层承压含水层与其上的潜水层。在自然条件发生变化(如气温的升高)或人类活动的干

扰(如地下水开采)的作用下这些咸水层不断向陆地扩展,从而扩大咸水入侵的范围。

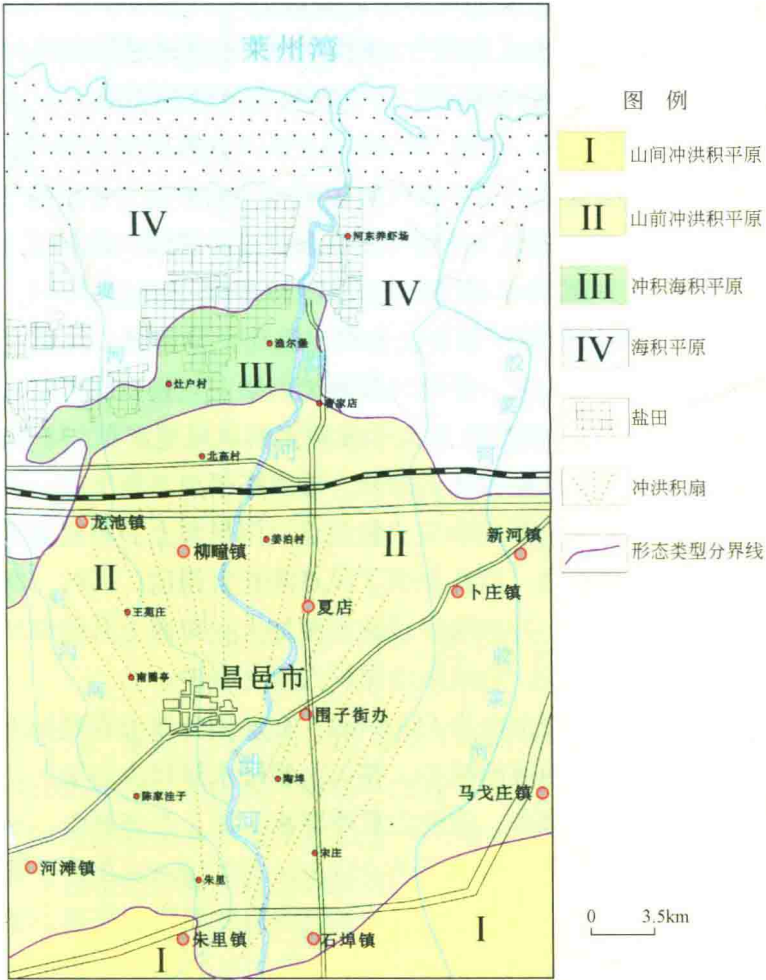


图 1-3 莱州湾地区地貌略图

资料来源:同图 1-2

第二节 气 候

莱州湾南岸属于暖温带半湿润季风气候区,由于受到亚欧大陆以及太平洋影响,气候呈现出明显的大陆性特征。气候四季分明,春季风多且降水少,气温波动大;夏季气温高,降雨丰沛,并且多暴雨;秋季气温下降,降水减少,风力减小,秋高气爽;冬季寒潮频发,气温较低,天气寒冷,降水比较少。

海岸带是多个圈层相互作用最敏感也是最脆弱的地带,对全球变化的响应十分敏感。过去100年,全球气候呈现明显的变暖趋势,全球平均气温大约上升了 $0.3 \sim 0.6^{\circ}\text{C}$ 。在全球气候变化的大背景下,莱州湾南岸地区地理环境正逐渐发生变化。

受典型季风气候影响,莱州湾南岸全年气温季节分异明显,多年平均气温为 12.3°C 。全年最冷月为1月份,平均气温为 -3.3°C ;最热月为7月份,平均温度为 26°C ,气温年较差为 29.2°C ,与同纬度内陆地区相比偏小。全年最高气温通常出现在6月份,为 41.7°C ,是山东沿海极端最高气温较高的海湾;最低温度出现在1月份,为 -24.5°C ,也是山东沿海极端最低气温较低的海湾之一。

自1970年至今,莱州湾南岸的气温表现出波动上升趋势。气候变暖对莱州湾的环境影响较大,并有可能引发一系列地质环境问题。气候变暖可能导致西北太平洋及登陆我国的热带气旋频数增加,由此引发更多的风暴潮灾害;从全球尺度来看,全球变暖将引起极地冰川和陆地冰川的融化,导致海平面不断上升。莱州湾南岸地势低平,坡度小,对海平面上升的响应比较显著。海平面上升将直接导致风暴潮增水的初始海面与高潮位的提高,因此加剧了风暴潮灾害强度;同时,海平面上升使得水深加大,海浪波能增大,导致海岸侵蚀程度加大;海面上升使海岸线向陆地方向迁移,部分滨海湿地被淹没,造成湿地面积大幅度减少。

莱州湾南岸地区年平均降水量为 655.8mm ,在地理分布上表现为南多北少,东多西少,由南向北、由东向西逐渐减少,整体上属降水量较少的地区。受季风气候影响,降水的季节分配差异显著,表现为夏季降水丰沛,且多暴雨,春秋两季为过渡期,冬季降水最少。多年最少降水量为 $313.8 \sim 397.4\text{mm}$,在整个莱州湾南岸相差较小。20世纪80年代,莱州湾地区进入了经济粗放型持续高速发展阶段,但降水量明显减少,整个莱州湾进入了近40年最干旱的时期,整个莱州湾地区降水量较多年平均减少了18%,相应的全区地表水资源较多年平均减少43%,全区地下水资源较多年平均减少25%。降水量持续减少、地下水得不到有效补给,加之人类活动的需水量不断增长,地下水超量开采现象严重,大面积地下水位出现负值,从而引起海水入侵灾害,滨海海水入侵地区生态环境遭到破坏,滨海湿地退化。另外,降水量的减少使潮上带的淡水沼泽湿地地下水位下降,地表持续干旱,导致湿地面积减少、区内植被发生严重退化现象。

莱州湾南岸地区在纬度位置分界上位于中纬度地区,区域内年平均日照时长数为 2595.6 小时,达到中纬度地区平均日照率的60%。年平均蒸发量为 1942.3mm ,蒸降比总体上大于3:1,在时间和空间尺度上分别呈现出北部大、南部小,春季大、冬季小的特点。月平均蒸发量最大值出现在5月份,平均为 292.1mm ;最小值出现

在 1 月份, 平均为 55.0mm。因此, 春季是北部沿海地区盐业生产的旺季。

莱州湾南岸受风暴潮影响十分显著。风暴潮是在强烈大气扰动下形成的海面异常变化, 主要表现为海岸附近一定范围内的海水增加或减少, 是一种破坏性较强的海洋灾害。风暴潮形成需要具备三个条件: 强烈持久的向岸大风、喇叭状港湾以及浅海平缓海滩、潮水潮位高。莱州湾呈月牙型, 地势平坦, 属于半封闭型浅滩海湾, 有利于潮波能量辐合。除此之外, 莱州湾的湾口东北部对冬季或春、秋季的偏北风的风区最长, 这些条件都有利于莱州湾海湾形成风暴潮灾害。在特定的天气条件下, 偏北大风与大海潮相配合, 海水顺着平坦的海岸向内陆侵袭, 发生海水倒灌。海水倒灌多发生在 3 ~ 4 月和秋季, 海水倒灌的潮地下水埋深多在 4 ~ 5m。风暴潮灾害影响巨大, 其对海岸侵蚀速率以及岸滩变形也有一定的影响。莱州湾沿海是山东省乃至我国北方沿海地区风暴潮灾害最严重最频繁的地区之一, 1949 年至今已经发生过十几次比较严重的风暴潮灾害, 海水侵溢陆地, 淹没码头、村镇和良田, 给沿海居民的生命财产安全造成了巨大的损害。

第三节 河流水文

研究区内河流、渠道广泛分布, 潍河是区内的大型河流(图 1-4), 源于沂山北麓官庄乡箕山之泉沟, 从昌邑下营镇入渤海莱州湾。干线全长 246km, 流域面积达 6367km²。该河自峡山水库溢洪道以北至入海口段, 全长 78km, 流经安丘、昌邑、坊子、寒亭四市区, 属间歇雨源型河流, 多年平均径流量为 $1.45 \times 10^8 \text{m}^3/\text{a}$, 自 20 世纪 80 年代以来, 各地在中上游拦水截流, 兴修水利工程, 使其失去了原貌, 河中水量严格受水库拦截控制。由于上游蓄水, 加之多年持续干旱, 近十余年来基本处于断流状态。潍河的支流较多, 主要支流为汶河和渠河。

研究区东部边界为胶莱河, 位于平度市与高密、昌邑县的边界上, 源起平度市万家镇姚家村东南, 流经高密, 昌邑进入渤海, 全长 100km, 总流域面积 3900km²。20 世纪 80 年代以前, 多年平均径流量为 $3.45 \times 10^8 \text{m}^3/\text{a}$ 。受上游水利工程的影响, 河流径流量减少, 1980 ~ 2013 年年平均径流量仅为 $0.138 \times 10^8 \text{m}^3/\text{a}$ 。

昌邑市县城北青乡以南的堤河、四千渠等小型河流现已干涸, 部分河流由于工业废水及生活污水的排入, 成了污水河, 造成周围不同程度的地表水、地下水污染。

研究区北部边界为渤海莱州湾, 海岸线长约 21km, 海岸均为泥砂质海岸。潮

间带较为宽阔,一般为2km左右。该区潮汐为正规半日潮和不规则半日潮,潮差一般为2m。莱州湾海域是一个风暴潮多发区域,受控于渤海海流和季风作用,尤其在秋季,当连续多日的偏南风突然转变为偏北风时,海水位将大幅升高,极易形成风暴潮灾害,影响范围可向南岸陆地延伸达十余千米。该区历史上,风暴潮曾多次波及地面高7m以内地区,造成严重的潮灾。海潮的侵袭及沿河道上溯,是莱州湾南岸地区地下咸卤水的重要补给来源。自20世纪90年代,当地政府为开发滩涂,沿海修建了防潮堤,小规模风暴潮灾害的出现次数大为减少。除海洋外,自20世纪80年代后期以来,莱州湾南岸在广阔平坦的滩涂上建起了大片的盐田和养虾池,加快了卤水开发和海水养殖的步伐。新建盐田较原有盐田向南推进3~5km,每年的4~10月生产季节,盐田和虾池蓄满卤水和海水,面积可达约300km²,对地下水产生补给和盐化是无疑的。

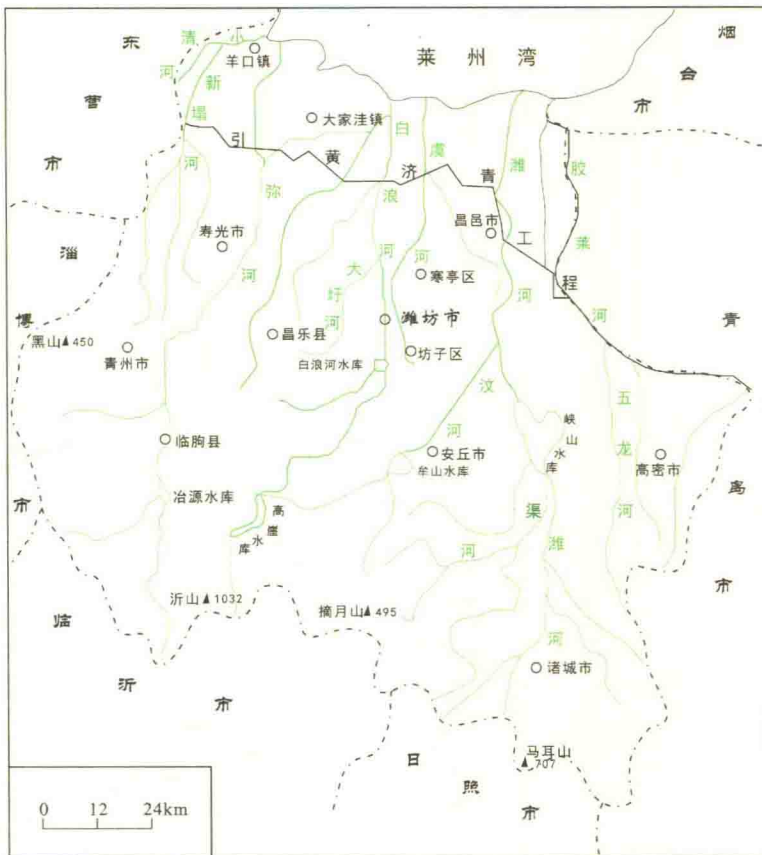


图 1-4 潍坊市水系示意图