

胶东半岛海水入侵地区

水资源高效利用与河口海岸生态修复技术

◎ 李相然 王 欣 / 著

JIAODONG BANDAO HAISHUI RUQIN DIQU
SHUIZIYUAN GAOXIAO LIYONG YU HEKOU HAI'AN SHENGTAI XIUFU JISHU



地质出版社

胶东半岛海水入侵地区水资源高效利用与河口海岸生态修复技术

李相然 王 欣 著

地 质 出 版 社

· 北 京 ·

内 容 提 要

胶东半岛地处东北亚,是山东半岛蓝色经济区建设的核心地区。研究胶东半岛海水入侵地区水资源高效利用与河口海岸生态修复技术,对区域经济建设与生态环境保护协调可持续发展具有实际意义。

胶东半岛海水入侵地区水资源高效利用与河口海岸生态修复技术研究的内容如下:胶东半岛自然地质环境概况,胶东半岛海水入侵的发育规律与发育程度评价,胶东半岛的环境地质问题与地质环境质量定量评价,胶东半岛海水入侵地区主要河流及典型河口海岸综合特征,胶东半岛河口海岸缓冲带地区植被发育特征及其生态建设模式,胶东半岛农业节水灌溉及高效利用模式,胶东半岛水资源高效开发利用工程模式,胶东半岛海水入侵地区大沽夹河流域生态环境问题及其生态调控,胶东半岛海水入侵地区河流入海口生态修复工程,胶东半岛海水入侵地区滨岸生态保护坡技术。

本书资料翔实,内容丰富,可读性强,对水文地质、环境地质、水资源与水环境、环境生态工程等专业的技术人员和管理干部具有参考价值,也可作为高等院校相关专业师生的教学参考书。

图书在版编目(CIP)数据

胶东半岛海水入侵地区水资源高效利用与河口海岸生态修复技术 / 李相然等著. —北京:地质出版社, 2014. 6
ISBN 978 - 7 - 116 - 08842 - 9

I. ①胶… II. ①李… III. ①水资源利用—研究—山东省②河口—生态恢复—研究—山东省 IV. ①TV213. 9
②X171. 4

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2014) 第 122016 号

责任编辑:赵俊磊 蔡卫东

责任校对:王洪强

出版发行:地质出版社

社址邮编:北京市海淀区学院路 31 号, 100083

咨询电话:(010) 82324508 (邮购部); (010) 82324571 (编辑部)

网 址: <http://www.gph.com.cn>

传 真:(010) 82310759

印 刷:北京地大天成印务有限公司

开 本:787 mm × 1092 mm ¹/₁₆

印 张:20

字 数:450 千字

印 数:1—600 册

版 次:2014 年 6 月北京第 1 版

印 次:2014 年 6 月北京第 1 次印刷

定 价:60.00 元

书 号:ISBN 978 - 7 - 116 - 08842 - 9

(如对本书有意见或建议,敬请致电本社;如本书有印装问题,本社负责调换)

前 言

胶东半岛是指胶莱河与大沽河分水岭以东地区,东经 $119^{\circ}00'$ ~ $120^{\circ}43'$, 北纬 $36^{\circ}00'$ ~ $38^{\circ}24'$ 范围内,是我国第一大半岛,位于山东省东部,包括烟台、威海的全部以及青岛的大部分。胶东半岛地处东北亚,聚集了山东省主要的优势资源和先进生产力,是山东半岛蓝色经济区建设的核心地区,也是带动山东半岛乃至全省经济超常规、高速度、跨越式发展的“龙头”区域。因此,研究胶东半岛海水入侵地区水资源高效利用与河口海岸生态修复技术,具有重要的实际意义。

海水入侵是一个世界性的问题。目前,全世界已经有几十个国家和地区的几百个地域发现了海水入侵问题,给各国沿海地区带来严重危害,造成巨大经济损失,严重阻碍了经济社会的可持续发展。全球范围海水入侵的普遍性已经引起国际社会的共同关注,有关国家已积极开展海水入侵问题的研究和治理。我国最早于 1964 年在辽宁省大连市沿海地区发现海水入侵现象,20 世纪 70 年代后期又相继在其他省份发现海水入侵。目前,辽宁、河北、天津、山东、江苏、上海、浙江、海南、广西 9 个省(区、市)的沿海城市都出现了不同程度的海水入侵现象,其中最严重的是山东、辽宁两省,入侵总面积已超过 2000 km^2 。胶东半岛属于北方沿海水资源短缺的地区,随着经济的迅速发展和人民生活水平的不断提高,工农业及生活用水量逐年增加,迫使该地区大规模地开发利用地下水,并由此引发了严重的海水入侵问题。海水入侵造成我国沿海地区近万眼农用机井报废,40 余万人饮水困难,60 万亩^①耕地丧失生产能力,粮食累计减产 30 亿 ~ 45 亿 kg,直接经济损失达 40 亿元,已影响到社会经济的各个方面。因此,海水入侵不仅仅是一个自然科学问题,还是一个与社会经济发展密切相关的社会问题。加强沿海地区海水入侵防治,严格地下水管理和保护,是缓解和改善我国海水入侵危害的必由之路,也是沿海地区实施最严格水资源管理制度的重点之一。

胶东半岛水资源与环境地质研究起于 20 世纪 90 年代,山东省地质环境监测总站先后提交了山东省地质灾害调查报告、1:20 万山东省胶东半岛水文地质工程地质环境地质综合勘察报告、1:10 万黄河三角洲水工环境综合勘察报告、山东省地下水与地质环境监测评价报告(1996 ~ 2000)。张振克等(1992)根据胶东半岛北部现代风沙灾害的特点、成因,提出加强防护林体系建设、局地工程固沙及控制沙源等综合减灾对策,有利于胶东半岛地质环境质量的提高。李相然等(1998)对胶东半岛环境地质问题的类型与特征进行了研究。近年来,由山东省水利科学研究院、山东省科委、山东省地矿局第二水文地质队分别进行了海水入侵防治试验研究、山东省海岸带和海涂资源综合调查、黄河下游(山东区段)区域工程地质调查工作,并提交了相应成果。2001 年,中国地质调查局向山东省地调院下达了“环渤海地区(山东部分)地下水资源与环境地质调查评价”研究工作

① 1 亩 = 666.6 m^2 。

任务,2003年12月山东省地调院提交了研究成果。

2005年至今,本书第一作者及其课题组成员一直从事胶东半岛及其附近地区的环境地质、生态地质、水文地质与水资源研究,取得了丰硕的成果。2005~2006年,完成了山东省发展和改革委员会“十一五”规划重大课题“山东半岛城市群地区典型城市(烟台)地质环境综合分析与评价”(鲁计规划[2004]1395号文);2009~2012年,承担了水利部公益性行业专项经费项目“基于海水入侵的河口海岸生态修复技术研究”(课题编号:200901076);2012年,又承担了水利部公益性行业专项经费项目“滨海地区水资源高效利用模式研究”(课题编号:201201115)。在上述课题研究的基础上经过总结、提炼与升华完成了本专著。该书的出版得到了水利部公益性行业专项经费项目(课题编号:201201115)的经费资助。

胶东半岛海水入侵地区水资源高效利用与河口海岸生态修复技术研究的内容如下:胶东半岛自然地质环境概况,胶东半岛海水入侵的发育规律与发育程度评价,胶东半岛的环境地质问题与地质环境质量定量评价,胶东半岛海水入侵地区主要河流及典型河口海岸综合特征,胶东半岛河口海岸缓冲带地区植被发育特征及其生态建设模式,胶东半岛农业节水灌溉及高效利用模式,胶东半岛水资源高效开发利用工程模式,胶东半岛海水入侵地区大沽夹河流域生态环境问题及其生态调控,胶东半岛海水入侵地区河流入海口生态修复工程,胶东半岛海水入侵地区滨岸生态护坡技术。

本专著由烟台大学李相然教授、烟台职业学院王欣副教授共同完成,其中李相然教授完成第三、五、七、八、十章内容。王欣副教授完成第一、二、四、六、九章内容。在课题研究和著作撰写过程中,得到了山东省发展与改革委员会、山东省地质环境与效应工程技术研究中心、山东省水利厅科外处、山东省水利科学研究院、烟台市水利建筑勘察设计院、烟台市环境监测中心站、烟台市水利局、烟台地质环境监测站、烟台市国土局、烟台市水文局等单位的大力支持与帮助。青岛理工大学贺可强教授,青岛海洋地质研究所李日辉研究员,山东省烟台地质环境监测站王经、吕宝平,山东省水利科学研究院王明森、李福林、田守岗、吕宁江、张保祥,山东省水文水资源勘测局余国倩,山东省地矿局第三地质大队刘殿浩、孔彦等给予了很多无私帮助。在此,谨表示真挚的谢意。在近十年的研究工作中,烟台大学土木工程学院土木工程专业2005届学生李金龙、汤纪强,2006届学生王开军、袁志东,2007届学生贾玉跃、孙旭升、云方红、刘凌志;烟台大学文经学院工程管理专业2010届学生张崔、朱锋、刘帅、刘东瑜,2011届学生张静、董昱、韩超、吴盼、王成建、刘彬,2012届学生赵豪、焦凌飞、王钊、臧栋、张妮妮、傅广泽,2013届学生霍玉娇、唐晓宇、肖大鹏、闫涛、周园增、朱棣等先后为著作内容的完成做了一些具体工作;烟台大学岩土工程专业硕士研究生杜康康、韩刚、乔友乾等参与了本书的图件绘制、资料整理与研究工作。在本书中引用了许多书刊的图、表、公式、定义,等等,有的在各章节中注有出处,有的在参考文献中列出,在此对他们所付出的劳动并向被引用参考文献的作者致以谢意。

在本书编写过程中,著者虽经过反复推敲,但限于学术水平,书中肯定存在不少缺点和错误,恳请读者斧正。

作 者

2014年3月10日于烟台

目 录

前 言

第一章 胶东半岛自然地质环境概况	(1)
一、自然环境概况	(1)
(一) 地理区位	(1)
(二) 地形地貌	(1)
(三) 气候水文	(2)
二、地层	(3)
(一) 中太古代地层	(3)
(二) 新太古代地层	(4)
(三) 古元古代地层	(4)
(四) 新元古代地层	(5)
(五) 中生代白垩纪地层	(5)
(六) 新生代古近纪、新近纪地层	(6)
三、岩浆活动	(6)
四、大地构造位置与地质构造特征	(6)
(一) 大地构造位置	(6)
(二) 构造地质特征	(7)
(三) 新构造运动	(8)
第二章 胶东半岛海水入侵的发育规律与发育程度评价	(10)
一、海水入侵的演化历史和重点入侵地段发展趋势	(10)
(一) 海水入侵的演化历史	(10)
(二) 重点入侵地段发展趋势	(11)
二、海水入侵发育特征与时空分布规律	(13)
(一) 海水入侵发育特征	(13)
(二) 海水入侵的时空分布规律	(15)
三、海水入侵的成因	(17)
(一) 海水入侵成因概述	(17)
(二) 典型地区海水入侵原因剖析	(18)
四、海水入侵的危害	(19)
(一) 对农业生产的危害	(19)
(二) 对工业的影响	(20)

(三) 对居民身体健康的影响	(20)
五、海水入侵程度模糊综合评价与灾害危险性评估	(20)
(一) 模糊数学相关概念和模糊评价模型	(21)
(二) 烟台市域监测井点 2011 年海水入侵程度模糊评价	(24)
(三) 烟台市典型地区 2010 ~ 2012 年海水入侵发育趋势模糊评价	(30)
(四) 基于 GIS 的烟台沿海地区海水入侵灾害危险性评价	(33)
第三章 胶东半岛的环境地质问题与地质环境质量定量评价	(42)
一、胶东半岛的地质灾害与环境地质问题	(42)
(一) 地震与区域地壳稳定性	(42)
(二) 地面变形问题	(43)
(三) 斜坡环境变异问题	(47)
(四) 海洋流体灾害	(49)
(五) 水土环境变异问题	(49)
二、胶东半岛地质环境质量评价指标体系分析	(53)
(一) 评价指标体系确定的原则	(53)
(二) 评价指标体系的选择	(53)
(三) 评价指标体系的分级与指标量化	(55)
三、胶东半岛地质环境质量评价方法与过程	(56)
(一) 评价方法的选择	(56)
(二) 评价过程	(57)
(三) 评价实例	(62)
四、胶东半岛地质环境质量评价结果统计分析与优化利用	(63)
(一) 评价结果统计	(63)
(二) 评价结果分析	(63)
(三) 地质环境优化利用建议	(65)
第四章 胶东半岛海水入侵地区主要河流及典型河口海岸综合特征	(66)
一、胶东半岛主要河流及其水文特征分析	(66)
(一) 青岛市主要河流	(66)
(二) 烟台市主要河流	(67)
(三) 威海市主要河流	(68)
二、大沽夹河的河口海岸综合特征	(69)
(一) 大沽夹河的基本特征	(69)
(二) 大沽夹河滨海平原地貌发育过程	(69)
(三) 大沽夹河区域水文地质条件	(70)
(四) 大沽夹河永福园地下水库下游库区水文地质条件	(71)
(五) 大沽夹河滨海平原的海岸变迁	(73)
三、莱州王河下游地区水文地质特征与地下水库建设	(76)
(一) 王河下游地区含水层类型及特征	(76)

(二) 王河下游地区地下水运动规律	(77)
(三) 王河地下水库建设及效益分析	(79)
四、莱州湾地区海岸带地貌特征	(80)
(一) 莱州湾概况	(81)
(二) 莱州湾地区海岸地貌特征	(82)
(三) 莱州湾地貌类型与海水入侵强度和方式	(84)
第五章 胶东半岛河口海岸缓冲带地区植被发育特征及其生态建设模式	(87)
一、沿海防护林植被发育特征	(87)
(一) 沿海防护林经济状况	(87)
(二) 植被与植物资源	(90)
(三) 植物演替与土地利用现状	(95)
(四) 主要植被类型与特征	(96)
二、河口海岸缓冲带地区常见的植被类型及其特征	(105)
(一) 胶东海岸沙生植被的类型与基本特点	(105)
(二) 海洋沙生植被的群落类型	(107)
(三) 滨海盐碱地区植物资源调查	(108)
(四) 河口海岸缓冲带地区适宜种植植被类型及其发育特征	(110)
三、河口海岸缓冲带地区生态建设模式	(114)
(一) 生态建设模式的选择方法	(115)
(二) 河口海岸缓冲带地区三种混交栽培的生态建设模式	(117)
第六章 胶东半岛农业节水灌溉及高效利用模式	(127)
一、烟台市沿海地区农业节水灌溉与高效用水模式	(127)
(一) 龙口市农业节水灌溉与高效用水模式	(127)
(二) 蓬莱市农业节水灌溉与高效用水模式	(139)
(三) 海阳市农业节水灌溉与高效用水模式	(141)
二、威海市沿海地区农业高效用水管理模式	(154)
(一) 农业高效用水管理项目概况	(155)
(二) 初始水权的界定及水权转让	(155)
(三) 灌溉工程产权的确定	(156)
(四) 节水工程管理模式	(156)
(五) 运行管理效果	(157)
三、胶东半岛节水农业发展模式与节水经验	(159)
(一) 胶东半岛节水农业发展现状	(159)
(二) 胶东半岛节水农业的发展模式	(160)
(三) 胶东半岛发展节水农业的主要经验	(161)
第七章 胶东半岛水资源高效开发利用工程模式	(163)
一、胶东半岛水资源开源工程模式	(163)

(一) 胶东半岛沿海地区的南水北调工程	(163)
(二) 胶东半岛沿海地区的地下水库工程	(166)
(三) 胶东半岛沿海地区农业雨水利用工程	(176)
二、胶东半岛农业节水工程模式	(177)
(一) 农业节水灌溉工程技术类型与特征	(177)
(二) 农艺节水技术类型与特征	(180)
(三) 农田灌溉信息化系统工程	(180)
三、胶东半岛典型地区水资源高效开发利用工程模式	(182)
(一) 烟台市主要拦蓄工程	(183)
(二) 烟台市主要节流工程	(184)
(三) 烟台市主要开源工程	(185)

第八章 胶东半岛海水入侵地区大沽夹河流域生态环境问题及其生态调控

.....	(187)
一、大沽夹河流域区域概况与水文特征	(187)
(一) 区域地质概况	(187)
(二) 水文特征	(188)
(三) 大沽夹河流域河道基本特征	(189)
二、大沽夹河流域的水环境问题	(189)
(一) 大沽夹河水环境调查	(189)
(二) 大沽夹河下游地下水超采漏斗	(192)
(三) 大沽夹河下游地区的地下水化学场的变化	(193)
三、大沽夹河流域生态健康评价	(194)
(一) 生态健康评价数据来源	(194)
(二) 生态健康评价指标	(195)
(三) 生态健康评价模型	(196)
(四) 生态健康等级标准	(197)
(五) 底栖大型无脊椎动物调查结果	(197)
(六) 大沽夹河生态健康评价结果	(201)
四、大沽夹河流域生态环境需水量计算	(202)
(一) 计算方法	(202)
(二) 河道内生态环境需水量计算	(203)
(三) 流域生态环境需水量综合分析	(204)
五、大沽夹河下游河口海岸环境的生态改善与治理	(205)
(一) 大沽夹河水资源梯级开发工程	(205)
(二) 大沽夹河的防洪工程	(206)
(三) 大沽夹河的环境改造与绿化美化工程	(206)
(四) 大沽夹河流域的地下水保护体系	(207)
(五) 大沽夹河下游地下水库库区水体置换与回灌补源工程	(213)

第九章 胶东半岛海水入侵地区河流入海口生态修复工程 (222)

一、河流湿地修复工程生态学及河流生态修复技术 (222)

 (一) 河流湿地修复工程生态学原理 (222)

 (二) 河流湿地修复工程生态修复技术 (223)

二、龙口黄水河入海口生态修复工程——湿地公园建设 (226)

 (一) 龙口市黄水河湿地公园建设思路 (227)

 (二) 湿地公园功能分区 (229)

 (三) 湿地公园用水方案论证 (232)

 (四) 湿地公园绿化工程 (237)

三、夹河入海口生态修复工程——生态公园的规划建设 (237)

 (一) 夹河入海口生态公园的发展与总体布局 (238)

 (二) 夹河综合整治工程——生态湿地公园的建设 (240)

 (三) 夹河下游地区海水入侵的时空演化特征与综合治理效果 (248)

第十章 胶东半岛海水入侵地区滨岸生态护坡技术 (257)

一、滨岸生态护坡的类型与发展 (257)

 (一) 生态护坡及其优势 (257)

 (二) 传统生态护坡的常见类型及其优缺点 (260)

 (三) 滨岸生态护坡技术的发展 (261)

二、滨岸生态护坡的新材料、新结构及其应用 (261)

 (一) 生态护坡较为适宜的材料 (261)

 (二) 土工格室碎石土生态护坡结构 (262)

 (三) 蜂巢格网生态护坡结构 (263)

 (四) 三维土工网垫护坡 (265)

 (五) 以植物为主体结构的生态护坡技术与应用 (267)

 (六) 生态混凝土护坡技术与应用 (268)

 (七) 生态袋挡墙护坡技术与应用 (273)

三、海水入侵地区滨岸生态护坡植被抗剪性能研究 (275)

 (一) 根-土复合体力学性能的实验 (275)

 (二) 根-土复合体护坡作用的原理 (276)

 (三) 研究区概况 (277)

 (四) 试验方案 (278)

 (五) 试验结果与分析 (287)

 (六) 试验结论 (294)

四、海水入侵地区滨岸生态护坡的技术方法与修复要点 (296)

 (一) 滨岸生态护坡的原则与方法 (296)

 (二) 生态护坡植物群落的选择 (299)

 (三) 河口海岸生态护坡修复要点 (301)

参考文献 (308)

第一章 胶东半岛自然地质环境概况

胶东半岛位于山东省东部，包括烟台、威海的全部以及青岛的大部分，突出于黄海、渤海之间，隔渤海与辽东半岛遥遥相对，是我国重要的经济区，在山东省国民生产总值中占据重要的地位。

胶东半岛是我国最大的半岛，该地区具有典型的山地基岩港湾式海岸，海岸线曲折，地貌类型以低山、丘陵为主。胶东半岛地区发育前寒武纪和中新生代地层，缺失古生代沉积。胶东半岛岩浆活动十分频繁，在漫长的地质史中，饱受多期构造变形的改造，所遗留的构造形迹颇丰。变质基岩系广泛发育有不同构造相的韧性变形、多期褶皱和性质不同的韧性剪切带，两大板块的碰撞对接，致使其构造更加复杂。

一、自然环境概况

（一）地理区位

胶东半岛位于山东省的东部沿海，包括青岛、烟台、威海三个地级市及其下属的 28 个县及县级市、区。与辽东半岛、朝鲜半岛、日本列岛隔海相望，是山东省出海的重要门户。庙岛群岛屹立在渤海海峡，是渤海和黄海的分界处，扼海峡咽喉，蓬莱以西属渤海南岸，蓬莱至胶东半岛最东端的成山角（ $37^{\circ}24'N$ 、 $122^{\circ}42'E$ ）为黄海北部南岸，成山角至绣针河口为黄海南部西岸（图 1-1）。

（二）地形地貌

胶东半岛是我国最大的半岛，该地区具有典型的山地基岩港湾式海岸，海岸线曲折，地貌类型以低山、丘陵为主，分为五个地貌亚区。

1. 中切割剥蚀构造低山丘陵亚区

该区位于胶东半岛隆起区核心部位。区内主要是以低山为主，以大泽山、罗山、艾山、牙山、昆嵛山等山体为主体，一般海拔在 400 ~ 800 m。由于地处隆起构造强烈活动区，地形切割强烈，切割深度可达到 200 ~ 300 m。而变质岩区山顶平缓，为古老的剥蚀面；侵入岩区山势挺拔，奇峰突起，坡陡谷深。

2. 弱切割剥蚀构造丘陵亚区

该区广泛分布于低山区外围，由强烈风化的变质岩、侵入岩组成，海拔 200 ~ 400 m，地形连绵起伏，山势低缓，多呈馒头状、平顶状等，上游谷深呈“V”字形，下游谷宽呈“U”字形。切割深度一般小于 200 m。

3. 强切割构造侵蚀中山亚区

该地貌亚区位于崂山，是由中生代侵入岩组成的中山地形，山势挺拔，主峰崂顶海拔 1133 m。

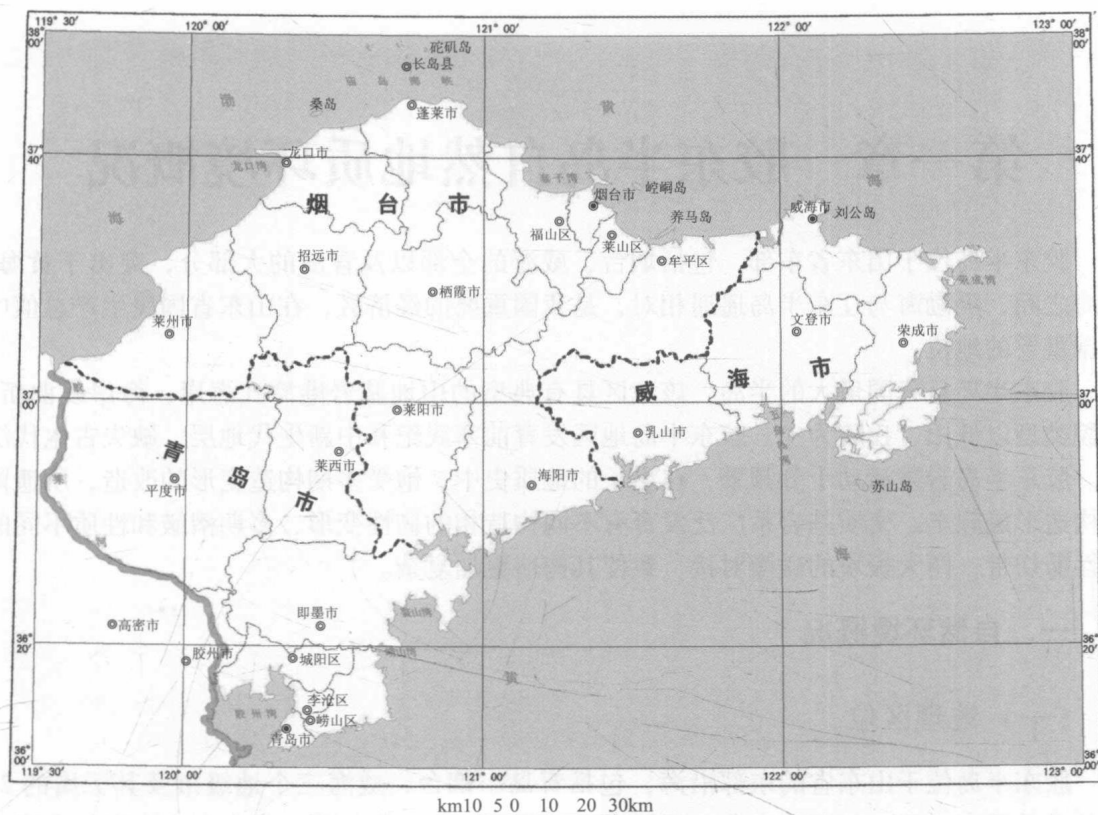


图 1-1 胶东半岛地理位置图

4. 剥蚀堆积山间平原亚区

该区主要分布于胶莱盆地边缘，剥蚀基面岩性以碎屑岩为主，表面有极薄堆积物，地面海拔 20 ~ 100 m，呈孤立残丘零星分布。

5. 堆积山间平原、滨海平原亚区

该区主要分布于开阔的胶莱盆地及狭窄的滨海山前地带，为流水搬运堆积形成，堆积物自河谷上游至下游、自山前至滨海。由薄变厚，一般厚 10 ~ 30 m，地面海拔 20 ~ 50 m。

(三) 气候水文

胶东半岛气候和全省气候大体一致。属于温暖带季风气候类型，东部受海洋气候影响，一般较为潮湿，西部受大陆性季风影响，降水集中，雨热同季、春秋短暂、冬夏较长。全区多年平均气温 12 ~ 13℃，12 月至来年 2 月气温最低，平均在 -4 ~ -1℃ 之间，境内最热月的 7 月的平均气温在 24 ~ 27℃ 之间。总体上降水量由东向西逐渐减少，最大年降水量位于牟平区与文登市交界处的泰礴顶附近和崂山区崂顶附近，年平均降水量在 900 mm 以上。

胶东半岛地势南北低、中间高，由大泽山、艾山、昆嵛山、伟德山等构成一个西南东北向分水岭，分水岭偏于半岛北部的渤海和北黄海沿岸。受其影响，北部河流较短小、坡陡流急，河流具有较高的动能，且多数河流直接独流入海，因而能够把大量粗砂、砾石带

到河流下游并进入海岸带,形成各种海积地貌体。南岸河流相对较长、坡小流缓,下游河床纵比降更小,成为中、上游河段地方性侵蚀基准面,河流中、下游能量较小,而且水系构成远较北岸复杂,许多发源于上游山地的河流出山后注入大沽河、五龙河等大河,不能直接将粗粒物质输送到海岸带,而大河又因中、下游坡度很小,因而只有细粒的悬浮质泥沙才有可能被河水带至下游。

主要河流的基本特征简述如下:

1. 大沽河

发源于招远市阜山,流经莱西、平度、即墨、胶州和城阳,注入胶州湾,干流全长 179.9 km,流域面积 6131.3 km²,南村水文站近年年均径流量 12545 万 m³/a,断流时间一般为每年的 1~7 月和 10~12 月。

2. 五龙河

常年流水河,发源于栖霞老庙顶,全长 140 km,年平均流量 26.6 m³/s,平均含沙量 0.91 kg/m³,年输沙量 76.5 万 t。

3. 老母猪河

该河有东、西两条干流,两干流会合于北庄北,南流入黄海,长 12.5 km,流域大部分位于文登境内,西干流米山镇北为米山水库所截。据米山水库水文站资料,其多年平均水位 25.78 m,最大蓄水量 1.2 亿 m³,多年平均来水流量 1.498 亿 m³。

4. 大沽夹河

该河由两条支流汇成。西支为内夹河(白洋河),发源于栖霞县城附近灵山,东支为外夹河,发源于栖霞境东南之榆山,两支于小沙埠北汇合,至胜利村北注入黄海。该河全长 80.1 km,流域面积 2149.4 km²,河流上游纵比降达 11%,下游谷地开阔平坦,多年平均径流量 3.35 亿~11.5 亿 m³。

5. 黄水河

该河发源于栖霞主山,全长 55.43 km,注入渤海,流域面积 1015.7 km²,下游河道宽 150~200 m,1980~1990 年侧岭高家水文站平均年径流量 8920 万 m³。

6. 沁水河

该河发源于五东麓,流经牟平县中部,北流至东系山入黄海,长 30 km,流域面积为 306 km²。

二、地 层

胶东半岛地区,发育前寒武纪和中新生代地层,缺失古生代沉积(表 1-1)。

(一) 中太古代地层

该地层划分为唐家庄岩群(Ar₂T.),主要分布于莱西唐家庄、马连庄、莱阳谭格庄及栖霞鸡冠山等地。主要岩性为磁铁石英岩、黑云(角闪)变粒岩、斜长角闪岩等。控制地层厚度 24 m。

表 1-1 胶东半岛地区岩石地层划分表

地质年代		岩石地层				
新生代古近纪		始新世	五图群	小楼组		
				李家崖组		
				朱壁店组		
中生代	白垩纪	晚白垩世	王氏群	金岗口组		胶州组
				红土崖组		
		早白垩世		辛格庄组		
				林家庄组		
			青山群	方戈庄组		
				石前庄组		
				八亩地组		
				后乔组		
			莱阳群	莱阳群		
				法家堍组		
		马连坡组		杜村组	曲格庄组	
		城山后组		杨家庄组	龙旺庄组	
					水南组	
		止风庄组		林寺山组		
		瓦屋乔组				
		新元古代震旦纪			蓬莱群	
古元古代			芝罘群			
		粉子山群		荆山群		
新太古代			胶东岩群			
中太古代			唐家庄岩群			

（二）新太古代地层

该地层为胶东岩群（Ar₃J.），仅分布于胶北断隆内，呈大小不等的包体状发育于栖霞的观里、苏家店及招远齐山等地。其岩性为成层性明显、韵律性清楚的一套黑云变粒岩、斜长角闪岩、角闪变粒岩夹磁铁石英岩组合。总面积约4 km²，厚度43~160 m。

（三）古元古代地层

该地层分布于蓬莱、莱州和胶南等地，划分为荆山群和粉子山群及芝罘群。

1. 荆山群（Pt₁J）

荆山群主要分布于胶北地区的莱阳荆山、旌旗山、莱西南墅、平度祝沟、明村、海阳晶山、牟平祥山及昌邑柞山和安丘赵戈庄等地。主要岩性为石榴矽线黑云片岩、大理岩、透辉岩、石墨片麻岩、长石石英岩、黑云变粒岩、麻粒岩等。荆山群在各地发育程度不

一，厚度有异。

牟平祥山地区发育齐全，厚度最大，为 2798 m；莱阳荆山地区缺失底部安吉村片岩段，厚度 2394 m；莱西南墅地区厚 1200 m。

2. 粉子山群 (Pt₁F)

该群主要分布于莱州粉子山、平度灰埠、蓬莱金果山、福山张格庄及五莲坤山等地，在胶南—威海造山带上有零星的分布。总体展布于荆山群的南北两侧。粉子山群的主要岩性为大理岩、黑云变粒岩、透闪岩、石墨透闪岩、浅粒岩、斜长角闪岩、磁铁石英岩、砂线黑云片岩等。

粉子山群在各地发育程度不一，在莱州地区发育相对比较齐全，下部岩性变化比较大，厚 3151 m；蓬莱地区厚 2281 m；福山地区厚 3393 m。

3. 芝罘群 (Pt₁Z)

芝罘群局限分布于烟台市芝罘岛及其邻近崆峒岛等各大、小不同的岛屿，总体呈北西向展布，出露总面积 10 km²。其主要岩性为石英岩、钾长石英岩夹磁铁矿层。

(四) 新元古代地层

该地层为蓬莱群 (ZP)，主要分布于栖霞豹山口、辅子乔、香乔、福山东龙乔一带，另在龙口砬姆岛、黄城附近、蓬莱丹崖山、长岛等都有分布。主要岩性为千枚岩、板岩、石英岩、结晶灰岩及大理岩等，为一套延伸稳定的浅变质岩系。该群厚度变化较大，自 93 ~ 1024 m 不等。

(五) 中生代白垩纪地层

该地层主要分布在胶莱盆地，为一套河流、湖泊相沉积。

1. 下白垩统莱阳群 (KL)

该群主要分布在胶莱盆地，岩性主要为砾岩、砂岩、页岩，总厚度大于 1000 m。自下而上可以分为瓦屋乔组、林寺山组、止风庄组、水南组、龙旺庄组、杨家庄组、曲格庄组、杜村组、城山后组、马连坡组、法家堍组。总厚度大于 3000 m。

2. 青山群 (KQ)

青山群是火山喷发形成的一套火山岩系，岩性为凝灰岩、集块岩、火山角砾岩，主要见于胶莱盆地的莱阳、即墨、胶州、高密、安丘东部、诸城一带。据岩浆演化规律及地层发育顺序，自下而上分为四个组级岩石地层单位：后乔组、八亩地组、石前庄组、方戈庄组。总厚度超过 2000 m。

3. 王氏群 (KW)

王氏群主要是以红色为主，间有黄绿、灰绿等色的碎屑岩组合，主要岩性为砂岩、泥岩，局部有淡水灰岩、泥灰岩，有时见石膏薄层及扁豆体。见于鲁东地区的胶莱盆地、臧家庄盆地、昌里盆地。从区域整体发育特征分析，自下而上划分为：林家庄组、辛格庄组、红土崖组、金岗口组、胶州组，其中胶州组为跨时单位，中、上部为新生代古新世沉积。

（六）新生代古近纪、新近纪地层

新生代古近纪、新近纪地层鲁东仅发育古近系五图群（EW），主要分布于黄县盆地、龙口—蓬莱一带、平度香店盆地及大原盆地等地，为一套含煤、油页岩的碎屑岩和黏土岩沉积，中上部夹有泥质灰岩。厚 600 m 左右。自上而下划分为朱壁店组、李家崖组、小楼组。

三、岩浆活动

胶东半岛岩浆活动十分频繁，从太古宙至新生代都有发现，可划分出迁西、阜平—五台、吕梁、四堡、晋宁、震旦、加里东、印支、燕山及喜马拉雅等各岩浆活动期。每个岩浆活动期大体构成了一个完整的构造岩浆旋回，每个岩浆旋回的基本趋势是从基性向酸性演化。岩浆侵入活动和火山喷发活动密切相关，火山活动往往在先，侵入活动随后。岩浆岩大量分布在胶东低山丘陵区，主要是莱州、莱阳、栖霞、招远、蓬莱、威海、乳山、平度地区。

岩浆侵入活动在区内表现的相当强烈，造山带范围内大部分被侵入岩所占。岩浆侵入活动期主要有阜平期、五台期、吕梁期、晋宁—震旦期、印支期、燕山早期和燕山晚期，以晋宁—震旦期和燕山晚期岩浆活动最为活跃。侵入岩类型主要有花岗岩类、闪长岩类、石英二长岩类。喷出岩主要有玄武岩类、安山岩类、英安岩类、流纹岩类等。

胶东半岛中、新生代火山作用较为强烈，形成各种类型的火山岩。中生代地层有三个含火山岩层位：下白垩统莱阳群、下中白垩统青山群、上白垩统王氏群红土崖组史家屯段；新生代地层也有三个含火山岩层位：古近系济阳群沙河街组、新近系临朐群及第四系更新统史家沟组。火山喷发强度和规模以中生代白垩纪最强、最大，火山活动经历了弱（早白垩世）—强（早中白垩世）—弱（晚白垩世）；新生代火山活动强度及规模较中生代显著变弱，火山活动也具有弱（古近纪）—较强（新近纪）—弱（第四纪）的演变。

中生代火山岩类型齐全、丰富，包括基性、中性、酸性熔岩、火山碎屑岩、潜火山岩及火山—沉积岩，以钙碱性系列为主体；新生代火山岩类型较简单，多为超基性—基性熔岩，多属碱性玄武岩系列。

新生代喜马拉雅期岩浆活动分布在胶东断块北部蓬莱沿海、栖霞唐山及福山马山，表现为玄武岩的多次喷发和喷溢，属古、新近纪和第四纪玄武岩。古、新近纪玄武岩形成于上新世晚期—早更新世初，以裂隙式为主，玄武岩流铺盖于唐山砾岩层之上，经 10 余件同位素年龄测定，平均值为 6.71 Ma（K—Ar）。第四纪玄武岩主要沿断裂出现在蓬莱沿海一带，黄土被覆盖部分有烘烤变质现象，分布最广，为致密疙瘩状玄武岩，是裂隙—中心式强烈喷发活动。玄武岩相邻黄土层位热发光年龄测试值为 (930.5 ± 14.34) ka。

四、大地构造位置与地质构造特征

（一）大地构造位置

胶东半岛位于沂沭断裂带以东地区，其主体部分横跨华北板块东南缘和秦岭—大别—苏鲁碰撞造山带（南中央造山带）两个大地构造单元。按《山东省构造单元划分方案》，

参照《中国区域地质概论》和《1:250万中华人民共和国地质图及说明书》等资料,胶东地区大地构造单元划分,以桃村-陡山断裂向南接郭城-即墨断裂南段,跨胶州湾接山相家-郝官庄断裂相连为界,其西北为中朝准地台(I级),其东南为苏胶-临津江造山带(I级)。

(二) 构造地质特征

处于两个大地构造单元的胶东半岛,在漫长的地质史中,饱受多期构造变形的改造,所遗留的构造形迹颇丰。变质基岩系广泛发育有不同构造相的韧性变形、多期褶皱和性质不同的韧性剪切带,两大板块的碰撞对接,致使其构造更加复杂;中生代以来滨太平洋表现出多期性、继承性和力学性质的不同和转换等特点。这些构造形迹组成时代、层次不同和性质差异的构造组合,其彼此相互叠加、穿切、制约,构成了胶东地区北北东向夹持北东向、东西向的构造格局。

胶东半岛主要构造地质特征如下:

1. 韧性剪切带

该带发育于前寒武纪变质结晶基底中,主要的构造型式是岩石在塑性状态下发生连续变形的狭长高应变带。发育于胶辽隆起区的韧性剪切带,是以太古宙-古元古代构造层为主,中-新元古代构造层内的不甚发育;威海隆起区主要以中-新元古代构造层内的韧性剪切带为主。在发育程度、规模、多期活动特点等方面,胶辽隆起区远不及威海隆起区。

2. 褶皱构造

胶东地区的褶皱构造发育,保存完好,出露于变质基底岩系分布区的胶北隆起内。在胶莱断陷中的赵戈庄和荆山褶断凸现;文登-威海断拱因韧性剪切带的叠加改造,制图尺度的褶皱未见,仅在晶山褶断凸的古元古界荆山群中见及。其主要发育于古元古界荆山群、粉子山群和新元古界震旦系蓬莱群地层,新太古代栖霞超单元 TTG 花岗岩系,及其呈包体赋存其内的唐家庄岩群、胶东岩群等表壳岩以及官地洼、马连庄等超单元的残片之内。这些褶皱皆因震旦期以来的侵入岩的侵位和中生代之后的断裂破坏而残缺不全。

发育于变质基底构造层的褶皱构造,按变形面性质、单体形态和群体组合特征大致可分五期:一、二期为深-中深构造相的横弯褶皱作用形成固态流变的相似褶皱;第三、四、五期褶皱为中、中浅、浅构造相,通过水平挤压纵弯机制形成的相似褶皱和开阔圆滑的平行褶皱。

栖霞复背斜是该区最主要的东西向基底构造。该复背斜由前寒武系胶东群和粉子山群组成,总体上近东西向展布,背斜中段即为胶东西北部的金矿成矿带。

3. 脆性断裂构造

脆性断裂是中新生代构造相主要的构造变形型式,主导变形作用的是剪切和断块作用,代表性的构造形迹是各类不同方位、不同性质的断裂及其所形成的断块。处于沂沭断裂带以东的胶东地区,断裂构造颇为发育,其中北北东向和北东向断裂构造明显而突出,北西和东西向断裂零散的夹杂其间。其广布于胶北断隆、文登-威海断拱西部。入胶莱断陷则渐行消失,胶莱断陷内除在构造单元接合部和南部断裂活动较活跃外,相对断拱区则相形失色。这些不同方位的断裂均具多期活动特点,力学性质各异,其形成、活动时间及控(容)矿性能亦不尽相同。有的则是继承韧性构造而发展起来的。在漫长的地质史内,