

中国北方沿海第四纪地下卤水

韩有松 孟广兰 王少青 等著



科学出版社



中国科学院科学出版基金资助出版

中国北方沿海第四纪地下卤水

韩有松 孟广兰 王少青 等著

国家自然科学基金资助项目

科学出版社

1996

(京)新登字 092 号

内 容 简 介

本书是中国北方沿海第四纪地下卤水研究的基本总结,是国际上首部关于第四纪滨海相地下卤水科学研究的专著。作者在经过 15 年野外调查、勘测和研究,并吸收部分盐田开发勘探资料基础上撰写而成。全书共分八章,论述了该类型地下卤水的物理化学性质、分布规律、矿床沉积特征、生存海岸地质环境和成因理论。叙述了它的调查研究、预测普查与勘探技术方法以及利用价值及其有关技术。初步探讨了滨海平原浅层地下卤水的环境地质问题。不仅丰富了盐类沉积矿床理论,并将为其它地区寻找卤水资源、海岸带地下咸水资源综合利用和水土环境保护提供科学指导。

本书可供从事海洋地质学、沉积矿床学、水文地质学、海岸地貌及第四纪地质学、环境地质学以及海盐与盐化工生产、海岸带生物养殖等学科的科学研究和教学参考。

中国北方沿海第四纪地下卤水

韩有松 孟广兰 王少青 等著

责任编辑 李增全 张玉梅

科学出版社出版

北京东黄城根北街 16 号

邮政编码: 100717

中国科学院印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

1996 年 8 月第一版

开本: 787×1092 1/16

1996 年 8 月第一次印刷

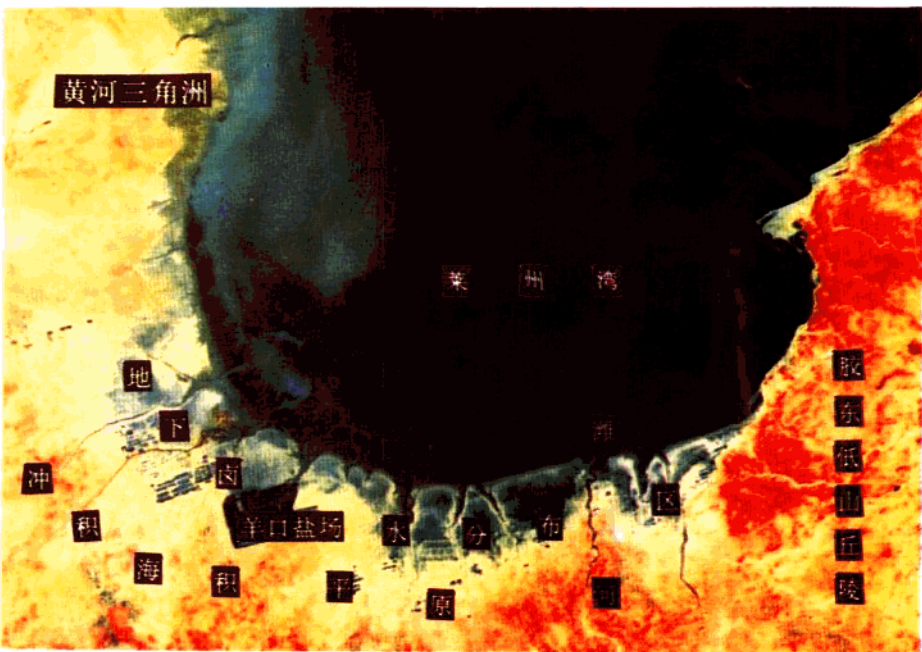
印张: 13 1/4 插页: 6

印数: 1—1000

字数: 290 000

ISBN 7-03-005281-1/P·900

定价: 58.00 元



滨海平原卫星遥感表现信息分类图像

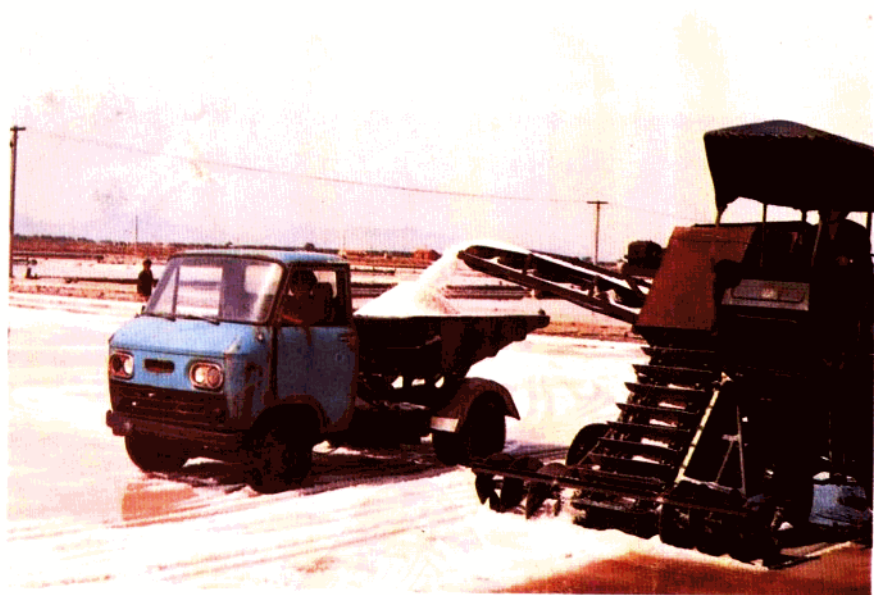
图版 II



莱州湾海岸现代潮滩生卤带观测



地下卤水勘探



开发地下卤水——“井滩晒盐”

序

我国盐矿资源开发利用历史悠久,在内陆地区开采岩盐、湖盐及深层卤水等,沿海地区则以海盐为主。自公元前26世纪炎帝时“夙沙氏煮海为盐”于渤海之滨起,至明、清时代从“火煎法”转变为“滩晒”,实现海盐生产的一次技术革命,延续至今已四五千年。因为海水含盐量低,盐田占用土地面积大,生产工艺有待改进。日本国遂于1971年创立“离子膜渗析法”浓缩海水制盐工厂化,1974年开始投产使用,但因能源消耗大,成本高,尚没有得到广泛推广。我国山东莱州湾盐区的盐民,早在唐代发现滨海地下咸水浓度比海水高,掘井汲水制盐,创立“井灶”制盐方法。延续1400年后,于1958年在羊口盐场创造了利用比海水含盐量高2—6倍的地下卤水为原料的“井滩晒盐”新工艺,为海盐生产开辟了一条新途径,促进了海盐及盐化工工业的发展。

80年代以来,我国沿海经济大发展,海岸带资源综合利用和海洋产业崛起,工农业均要求占用大量海岸土地,“井滩晒盐”更显示其优越性。因而,急待改变地下卤水资源自发开采状态为科学开发。中国科学院海洋研究所借助从事海洋地质及第四纪古地理环境研究基础,于1979年起开创了沿海第四纪地下卤水研究新领域。历时15年将科研与生产相结合,在莱州湾沿岸完成基本理论初步研究;运用理论预测及勘探手段,在渤海和黄海沿岸发现了新的卤水分布区。为“井滩晒盐”从山东扩展到中国北方沿海创造了条件,科学技术转化为生产力,已取得巨大效益。

韩有松等以丰富的调查研究资料为依据,完成首部关于第四纪滨海相地下卤水专著,全面论述了中国北方沿海第四纪地下卤水的理化性质、分布规律、矿床地质特征、沉积环境、富集条件及成因;总结了卤水资源开发利用和预测研究及勘探技术方法。还分析了第四纪地下卤水可能为海水生物养殖提供新水源和地下卤水的环境地质问题。该项研究成果获得了一些值得重视的新认识。第四纪滨海相地下卤水研究,是一项独具特色的课题。其研究结果,增添了我国沉积矿藏新类型,丰富了盐类沉积矿藏理论。第四纪地下卤水成矿理论,又可能为古代地质时期深层卤水及盐矿床研究提供参考。本书仅是该项研究的一个阶段性成果。他们仍在进行中国南北方沿海不同气候带地下卤水生存环境对比研究,以完善第四纪地下卤水理论。据悉,他们在华南沿海发现了新的卤水资源,这对促进全国沿海地下卤水开发利用有很大的意义。在《中国北方沿海第四纪地下卤水》出版之际,我预祝韩有松研究员及其地下卤水科教研组继续获得新成就。

孫 松

1995年12月 于北京

前 言

海洋是人类文明进步的主要源泉之一。海岸带是现代人类文化的黄金地带,全世界有三分之一的人口聚居于沿海区域。因此,海岸带的自然环境及资源开发与人类生存、社会发展密切相关。世界沿海国家十分重视开发利用海洋资源,保护海洋环境,尤其关注海岸带的资源与环境问题。

海洋资源主要由海水化学资源、海洋生物资源和海洋矿物资源三大类组成。海水化学资源以 NaCl 的获取量最为巨大。自古以来人们利用海水制盐,供给人类食用和经济生产活动。居住在内陆的人们则开发利用湖盐和矿盐,闻名于世的四川自贡地下卤水制盐,早已被人们熟知。虽然我们在中国沿海进行海岸地质及地貌调查研究工作多年,却不了解在渤海莱州湾沿岸,盐业部门早已开采含盐量比海水高数倍的第四纪地下卤水,实行“井滩晒盐”,创造出海盐生产的奇迹。正是 1979 年起由山东省发起的地下卤水综合利用研究工作,将我们引进一个新的科研领域。参与莱州湾沿岸地下卤水试开发区研究三年时间,完成第四纪滨海相地下卤水分布规律、沉积环境和成因初步研究。这样一个阶段性研究成果,首次为地下卤水开发提供了理论指导。对莱州湾与大连沿海的地下卤水资源勘探与开发产生了促进作用,“井滩晒盐”从山东扩展到了辽宁。生产实践又推动着我们的研究工作,在 80 年代得到深化,建立了“海岸潮滩生卤”模式。科研体制改革,又将我们的研究推向了生产第一线。1988 年,以莱州湾沿岸的研究结果为依据,大胆地预测“渤海湾滨海平原 1000km² 区域也是一个潜在的地下卤水远景分布区”。在国家盐务总局和河北省、天津市盐业部门支持下,通过 1989 年的调查勘探和研究,在河北省南堡盐场与长芦盐区其他盐场发现了地下卤水矿藏。1990 年唐山市大清河盐场地下卤水资源试开发成功,从某种意义上讲为扭转这个企业的生产形势,发挥了积极作用。地下卤水的应用价值以及影响面更大了。渤海湾滨海平原地下卤水的发现与开发成果,被海洋地质及矿床地质学家和盐务部门赞许。基岩港湾海岸滩涂及沿海土地资源珍贵,工农业建设发达,近岸海水水质受到工农业排污的威胁大,盐业扩展空间小,更需要寻求新的发展途径。港湾海岸滨海低地平原狭窄,第四系沉积层浅薄,是否存在具有开发价值的地下卤水资源? 虽然有大连市清水河盐田发现地下卤水的先例,尚没有引起地质学家和盐业专家的注意。到 1990 年,我们已经做了 10 年地下卤水研究,却对山东半岛沿岸有否地下卤水存在知之很少。正是在 1990 年,中国北方盐区盐业生产歉收,青岛市原盐供应发生严重困难,影响到盐化工工业生产。国民经济建设的需要,将机遇与风险又一次摆在我们面前! 此时,国家自然科学基金资助地下卤水课题研究,又给工作增添了力量。在渤海沿岸滨海平原区研究基础上,经过反复论证,推断青岛沿海亦是地下卤水的远景分布区。新的理论预测,得到青岛市科委与青岛市盐务局的积极支持。通过 1991~1992 年的勘探、调查研究结果,在青岛沿海 135km² 范围内普遍发现地下卤水存在,而且具有较大的开发远景。再次证明理论分析正确。从 1979 年 10 月起,至 1992 年底,我们基本完成了中国北方沿海滨海平原与基岩港湾海岸两种类型地区地下卤水的分布规律、矿床地质特征、富集环境与开发远景预测调查研究。从实践到理论,又回到实践,完成了认识论的全部过程。初步认识了第四纪滨海相地下卤水矿藏的基本特征,建立了“海岸潮滩生卤”成因理论。并在多年工作中,探索、总结出一套新的地

下卤水勘测、调查研究技术路线和方法,实践检验行之有效。

沿海地区第四纪地下卤水资源的开发利用,不仅为海盐及盐化工生产提供新原料,实行“井滩晒盐”新工艺,推动了海盐生产的第二次技术革命。而且为缓解盐业与滩涂生物养殖业征用土地矛盾及盐、虾并举发展创造了条件。低浓度地下卤水及其地热资源,又可能为北方海水生物养殖与越冬提供水源和廉价能源。滨海平原高矿化度地下卤水存在,又是第四纪水文地质环境的重要因素。地下卤水开发后,将有可能减少地下咸水入侵物源,改善滨海地带水土环境,有利于滨海盐碱土地的农、林、牧、渔综合发展,有益于生态环境保护。第四纪滨海相地下卤水资源开发,将对整个海岸带资源利用与环境产生深远影响。

该项工作初步完成了中国北方沿海区域的调查研究,这仅是一个开端。到目前为止,国内外尚少有先例借鉴。已经取得的资料,受工作条件限制亦不尽完善。初步的认识与结论,肯定存在不全面甚至错误之处,殷切期望读者和同行不吝赐教。

本书采用的资料来源,除作者多年亲自参与调查、勘探与研究获得的实测数据外,还吸取了地质矿产及盐业部门在若干盐田取得的勘探和研究资料。全书由韩有松(中国科学院海洋研究所)主编,孟广兰、王少青(中国科学院海洋研究所)完成了主要编著工作;王镇(中国科学院海洋研究所),庄振业、许卫东(青岛海洋大学),刘宝银(国家海洋局第一海洋研究所)和张景泉(山东省制盐工业科学研究所)等完成部分章节编写。主要执笔人员及其负责部分分别是:前言、第一章(韩有松),第二章(王少青、孟广兰),第三章(韩有松、王少青),第四章(孟广兰、韩有松),第五章(孟广兰、王少青),第六章(庄振业、孟广兰、许卫东),第七章(韩有松、孟广兰、张景泉),第八章(韩有松、王镇、王少青、刘宝银),后记(韩有松)。另外,中国科学院海洋研究所的黄求获、徐文强、贾凤梅、史玉兰、李本兆、张铭汉和董罗海等10余名科技人员,参加过艰苦的野外调查勘测,为本书编著提供了大量实测资料。

在10余年的野外调查和研究过程中,曾得到谭洽局长(轻工部国家盐务总局),吴洪发高级工程师(山东省羊口盐场),朱永盛教授(青岛海洋大学),燕惠源高级工程师(河北省南堡盐场),毛侗高级工程师(青岛市盐务局),潘应辅、王清明高级工程师(中国盐业总公司勘探队),中国科学院海洋研究所,山东省、河北省、青岛市、大连市和天津市等盐务部门及有关同志的协助,完成该项研究及本书编著获得国家自然科学基金委员会资助。在编著过程中,又得到赵松龄、高良、翟世奎、李乃胜研究员,李平硕士(中国科学院海洋研究所),杨子康研究员(地矿部海洋地质研究所),蔡克勤教授(中国地质大学),薄惠东高级工程师(山东省制盐工业科学研究所),姚涛荣高级工程师(中国盐业总公司勘探队)和黄志强教授(徐州师范学院)等具体帮助。孙枢院士在百忙之中审阅了书稿,并为作序。本书出版还得到中国科学院出版基金资助和山东省潍坊市盐业总公司和青岛碱厂等单位赞助。在此谨向上述部门与个人,以及许多未列名而曾给予热忱帮助的同志表示衷心感谢。

谨以此书献给:

为中国沿海第四纪地下卤水资源开发、研究,为创造“井滩晒盐”推动海盐业技术革命做出卓越贡献的人们!

作者

1995年7月 于青岛

目 录

序

前言

第一章 绪 论	(1)
第一节 地下卤水的基本概念与类型	(1)
一、陆相卤水盐矿床	(1)
二、滨海相卤水盐矿床	(4)
第二节 海盐业与“井滩晒盐”简史	(4)
一、历史悠久的盐业始于湖盐	(4)
二、煮海为盐发祥于莱州湾海滨	(6)
三、“井灶”海盐源于山东,内陆“井盐”盛于四川	(7)
四、“海滩晒盐”——第一次海盐业技术革命	(8)
五、“井滩晒盐”——第二次海盐业技术革命	(9)
第三节 地下卤水的研究进展	(9)
一、建立莱州湾滨海平原地下卤水开发研究示范区	(9)
二、渤海湾滨海平原发现地下卤水资源	(10)
三、青岛港湾海岸区发现地下卤水资源	(10)
四、深化研究与阶段总结	(11)
五、不同气候带地下卤水生存环境研究与远景预测	(12)
第二章 地下卤水分布特征	(13)
第一节 地下卤水浓度分布及其富集区分类	(13)
一、莱州湾南岸高浓度卤水区	(14)
二、黄河三角洲平原中、高浓度卤水区	(15)
三、渤海湾沿岸中、低浓度卤水区	(15)
四、辽东湾沿岸中、低浓度卤水区	(16)
五、山东半岛低浓度卤水区	(17)
六、辽东半岛低浓度卤水区	(18)
第二节 环渤海滨海平原矿带	(18)
一、莱州湾沿岸山东盐区	(18)
二、渤海湾沿岸长芦盐区	(19)
三、辽东湾滨海平原辽西盐区	(19)
第三节 胶东、辽东半岛港湾海岸分布区	(21)

一、胶州湾沿岸青岛盐区	(21)
二、辽南沿海大连盐区	(21)
第三章 地下卤水的物理化学特征	(24)
第一节 地下卤水的化学组成	(24)
第二节 地下卤水的物理化学特征	(31)
第四章 地下卤水矿床沉积特征	(36)
第一节 地下卤水含卤岩系地层结构	(36)
一、典型剖面	(36)
二、含卤岩系地层结构类型	(42)
第二节 地下卤水含卤岩系沉积特征	(44)
一、含水层沉积特征	(44)
二、隔水层沉积特征	(52)
第五章 地下卤水分布区自然地理环境	(55)
第一节 现代自然地理环境	(55)
一、渤海的自然地理概况	(55)
二、海洋水文要素特征	(55)
三、入海河流及其对岸滩的贡献	(58)
四、气候概况	(59)
第二节 海岸地质基础与地貌特征	(67)
第三节 区域水文地质环境	(75)
一、莱州湾南岸平原区	(77)
二、黄河三角洲平原区	(77)
三、天津平原区	(77)
四、唐海平原区	(78)
五、辽东湾滨海平原区	(81)
第四节 青岛与辽南沿海自然地理环境	(81)
一、青岛沿海自然地理环境	(81)
二、辽南沿海自然地理环境	(84)
第六章 第四纪地层与古地理	(85)
第一节 第四系地层	(85)
一、第四系下伏地层	(85)
二、第四系沉积地层	(86)
三、山东、辽东半岛第四系地层	(97)
第二节 晚第四纪的古地理环境	(99)
一、晚更新世早期的古海洋环境	(101)
二、晚更新世晚期的古海洋环境	(102)

三、晚更新世末期的古地理环境	(105)
四、全新世的古地理环境	(105)
第三节 第四纪古气候环境	(109)
第七章 地下卤水的成因及其类型	(123)
第一节 沉积盐矿成因理论简介	(123)
第二节 现代海水蒸发成盐作用实例和试验	(130)
一、卡拉布加兹海湾实例	(130)
二、海水蒸发浓缩试验	(130)
三、莱州湾南岸现代潮滩生卤带测量	(133)
四、羊口盐场潮滩生卤现场模拟试验	(134)
第三节 地下卤水的形成条件	(141)
一、半干燥气候与水文条件	(141)
二、地下卤水沉积地质环境	(143)
三、地下卤水的盐类矿物来源	(145)
第四节 “海岸潮滩生卤”模式及其机理	(146)
第五节 “陆架平原冰冻生卤”假说	(153)
第六节 生存环境类型与时代	(155)
第八章 地下卤水矿藏勘探与开发	(158)
第一节 远景区预测与普查	(158)
一、卫星遥感信息解译	(159)
二、控制性物探勘测	(162)
三、探查性水文地质钻探	(170)
四、室内分析实验与综合论证	(171)
第二节 勘探与最终评价	(171)
一、加密物探测量	(171)
二、水文地质勘探	(173)
三、室内分析实验与储量计算	(173)
四、开发远景评价	(176)
第三节 地下卤水资源开发利用	(176)
一、“井滩晒盐”与“海滩晒盐”对比	(176)
二、地下卤水化学资源的综合利用	(177)
三、地下卤水可用于生物养殖	(180)
四、地下卤水开发利用中的有关技术问题	(181)
五、关于地下卤水的补给问题	(186)
后记 地下卤水的环境地质问题	(189)
一、资源与环境的对立统一	(189)

二、滨海平原地下咸水入侵及其灾害	(190)
三、适应环境、开发资源、综合发展	(193)
参考文献	(194)

CONTENTS

Preface

Foreword

Chapter 1 Introduction	(1)
1. Fundamental concepts and classifications of underground brine	(1)
1.1 Brine deposits in land facies	(1)
1.2 Brine deposits in shore facies	(4)
2. Brief history of marine salt industry and "sunning-made underground brine salt at beach"	(4)
2.1 A long historical salt industry began with lake salt	(4)
2.2 Seawater boiling for salt started in the areas around the Laizhou Bay	(6)
2.3 "Well stove" sea salt-making stemmed from Shandong Province and "well draw" inland salt-making were prosperous in Sichuan Province	(7)
2.4 "Sunning-made seawater salt at beach"—the first technical revolution in salt industry	(8)
2.5 "Sunning-made underground brine salt at beach"—the second technical revolution in salt industry	(9)
3. Progress in underground brine research	(9)
3.1 Establishment of model areas for underground brine exploitation in the shore plain around the Laizhou Bay	(9)
3.2 Exploration of underground brine resources in the shore plain region of the Bohai Bay	(10)
3.3 Exploration of underground brine resources in the embayed coastal region of Qingdao	(10)
3.4 Intensification of the research and periodic summary	(11)
3.5 Environmental studies of the underground brine conserving in different climatic zone and the prospect forecasting	(12)
Chapter 2 Distribution of underground brine	(13)
1. Concentration distribution and brine rich area classification	(13)
1.1 High-concentration areas along the southern coast of the Laizhou Bay	(14)
1.2 Moderate and high-concentration areas of the Huanghe delta plain	(15)
1.3 Moderate and low-concentration areas along the coast of Bohai Bay	(15)
1.4 Moderate and low-concentration areas along the Liaodong Bay	(16)
1.5 Low-concentration areas along the coast of Shandong Peninsula	(17)
1.6 Low-concentration areas along the coast of Liaodong Peninsula	(18)

2.	Brine deposits belt around the Bohai Sea	(18)
2.1	Shandong salt industry regions in the shore plain of Laizhou Bay	(18)
2.2	Changlu salt industry regions in the shore plain of Bohai Bay	(19)
2.3	Liaoxi salt industry regions in the shore plain of Liaodong Bay	(19)
3.	The embayed coastal regions around Jiao-Liao Peninsulas	(21)
3.1	Qingdao salt industry regions along the coast of Jiaozhou Bay	(21)
3.2	Dalian salt industry regions along the south coast of Liaodong Peninsula	(21)
Chapter 3	Physical and chemical features of underground brine	(24)
1.	Chemical composition	(24)
2.	Physical and chemical features	(31)
Chapter 4	Sedimentary characteristics of underground brine deposits	(36)
1.	Stratum structure of brine-rich rock series	(36)
1.1	Typical profile	(36)
1.2	Types of brine-rich stratum structure	(42)
2.	Sedimentary characteristics of brine-rich rock series	(44)
2.1	Sedimentary characteristics of water-bearing stratum	(44)
2.2	Sedimentary characteristics of water-proof stratum	(52)
Chapter 5	Physical geographic environments in underground brine distribution regions	(55)
1.	Modern geographic environments	(55)
1.1	General geographic situations of the Bohai Sea	(55)
1.2	Properties of physical oceanographic elements	(55)
1.3	Rivers debouching in and their supply to the shore beach	(58)
1.4	General climatic situations	(59)
2.	Geological foundation and geomorphologic features of the coast	(67)
3.	Regional hydrogeological environments	(75)
3.1	Southern shore plain region of Laizhou Bay	(77)
3.2	Huanghe delta plain region	(77)
3.3	Tianjin shore plain region	(77)
3.4	Tang-hai shore plain region	(78)
3.5	Liaodong Bay shore plain region	(81)
4.	Physical geographic environments in Qingdao and in the longshore area of Liaonan	(81)
4.1	Physical geographic environments in the longshore areas of Qingdao	(81)
4.2	Physical geographic environments in the longshore areas of Liaonan	(84)
Chapter 6	Quaternary strata and paleo-geography	(85)
1.	Quaternary strata	(85)
1.1	Quaternary underlying strata	(85)

1.2	Quaternary depositional strata	(86)
1.3	Quaternary strata in Shandong and Liaodong Peninsulas	(97)
2.	Late Quaternary Paleo-geographic environments	(99)
2.1	Paleo-oceanographic environments in the earlier period of late Pleistocene	(101)
2.2	Paleo-oceanographic environments in the later period of late Pleistocene	(102)
2.3	Paleo-geographic environments in the last stage of late Pleistocene	(105)
2.4	Paleo-geographic environments in the Holocene	(105)
3.	Quaternary Paleo-climatic environments	(109)
Chapter 7	Underground brine genesis and their types	(123)
1.	Brief introduction to the theory of salt deposit formation	(123)
2.	Examples and experiments of modern seawater salification	(130)
2.1	Kara-Bogaz Bay	(130)
2.2	Seawater evaporation concentrating experiments	(130)
2.3	Measurements in modern tidal flat brine zones of Southern Laizhou Bay	(133)
2.4	Simplified model experiments in site of the tidal flat of Yangkou saltern	(134)
3.	Conditions of underground brine formation	(141)
3.1	Semiarid climatic and hydrologic conditions	(141)
3.2	Sedimentary environments	(143)
3.3	Sources of saline minerals in underground brine	(145)
4.	Model and mechanism of "underground brine formation on the tidal flat"	(146)
5.	The hypothesis of "frost-driving brine formation on shelf plain"	(153)
6.	Types of formation and reservation environments and their ages	(155)
Chapter 8	Exploration and exploitation for underground brine	(158)
1.	Forecasting and general investigation for prospective regions	(158)
1.1	Interpretation of satellite remote sensing images information	(159)
1.2	Controlling point geophysical survey	(162)
1.3	Hydrogeologically probing drill	(170)
1.4	Indoor experiments, analysis and synthetically demonstration	(171)
2.	Exploration and final evaluation	(171)
2.1	Closer spacing lines of geophysical survey	(171)
2.2	Hydrogeological exploration	(173)
2.3	Laboratory, analysis and reserve calculation	(173)
2.4	Exploitative prospect evaluation	(176)
3.	Exploitation and utilization of underground brine	(176)
3.1	Comparison between "sunning-made underground brine salt at beach" and	