

418—426

5712(12)

第16卷第4期

生态学报

Vol. 16, No. 4

1996年8月

ACTA ECOLOGICA SINICA

Aug., 1996

大渤海区海水入侵态势与防治构想

盛学斌 戴昭华✓ 杨明华

(中国科学院生态环境研究中心, 北京, 100085)

X21

A

摘要 本文主要研究大渤海区海水入侵的若干问题及其对生态环境的影响和应采取的对策。大渤海区的山东、河北、辽宁、天津4省市沿海区, 70年代出现海水入侵后, 发展速度相当快, 且十分严重, 结果使该地区土地生产力下降, 工农业发展受阻, 表生景观退化。仅莱州市70年代末, 海水入侵向内陆推移的速度为每年46 m, 而到80年代末则增加到404 m, 10 a扩大约8倍。鉴于此, 应采取相应对策。

关键词: 海水入侵, 沿海地区, 生态环境影响, 防治构想。

SEA WATER INTRUSION STATUS AND PROVENTION PROPOSAL FOR THE YELLOW SEA AND BOHAI SEA

Sheng Xuebin Dai Zhaohua Yang Minghua

(Research Center for Eco-Environmental Sciences, Chinese Academy of Sciences, Beijing, China, 100085)

Abstract The main objective of this paper is to discuss the problems of sea water intrusion and its effect on eco-environment in the coastal area of Yellow Sea and Bohai Sea. Sea water intrusion has been discovered since 1970's at some places of the coastal area of Yellow Sea and Bohai Sea, and it is extending very fast towards inland and is very heavy. It has caused underground water quality deterioration and short supply of fresh water at some places. It has resulted in the decrease of land productive capacity, limited industrial and agricultural development and destroyed the landscape in this area.

Key words: sea water intrusion, coastal area, effect on eco-environment, proposal for prevention and treatment.

海水入侵是特定区域自然与人类社会经济活动两大因素叠加影响的结果。国外对海水入侵研究较早, 如比利时、丹麦、荷兰、德国、西班牙、美国、日本、澳大利亚、前苏联、印度等国, 近几十年来研究更加深入。他们在成因、类型、影响及发展趋势等方面, 都取得了较好的进展, 资料也较丰富^[1~4]。

我国对海水入侵的研究始于1975年, 其后, 中国科学院、地矿部有关所、南京大学、中国地质大学等, 对海水入侵较重的山东、河北、辽宁、浙江等省份, 相继进行了现状、运移规

收稿日期: 1995 01 17, 修改稿收到日期: 1996 06 12。

律的综合研究,并取得了若干结果,为今后进一步研究该类灾害的防治提供了一些富有实践意义的科学依据^[5]。

1 海水入侵的态势

1.1 类型

大渤海区所辖的莱州湾、渤海湾、辽东湾等港湾区,自 70 年代中期发现海水入侵后,近十多年的时间,逐渐对沿海陆地造成大的灾害,尤其严重的是山东。而且伴随时间的延续,海水入侵渐向内陆腹地推移。其速度快,入侵面积大,造灾严重^[6,7]。该区的海水入侵面积与区域分布如表 1 所示。

表 1 大渤海区海水入侵面积与区域分布

Table 1 Sea water intrusion distribution in coastal of Yellow Sea and Bohai Sea

省 别	县 市	海水入侵面积	省 别	县 市	海水入侵面积
Province	County/city	Area (km ²)	Province	County/city	Area (km ²)
山东省 Shandong	莱州市 Laizhou	238.2	山东省 Shandong	崂山县 Laoshan	15.0
	龙口市 Longkou	88.7		胶州市 Jiaozhou	15.0
	招远县 Zhaoyuan	11.3		胶南市 Jiaonan	4.5
	蓬莱县 Penglai	5.4		黄岛区 Huangdao	2.0
	长岛县 Changdao	5.3		平度市 Pingdu	80.0
	福山区 Fushan	40.0		昌邑县 Changyi	90.0
	牟平县 Muping	2.0		寒亭县 Hanting	61.5
	海阳县 Haiyang	2.0		寿光县 Shouguang	54.0
	即墨县 Jimo	1.8		广饶县 Guangrao	14.5
河北省 Hebei	河北省东部及东北部沿海地区 Coastal area of eastern and northeastern Hebei				24.0
辽宁 Liaoning	大连周围区域 Around Dalian				288.6
总计 Sum					1043.8

研究表中海水入侵区的地质背景得知:入侵区主要分布于基岩海岸的山前平原、海口冲洪积平原及泥沙质海岸平原地带。依含水层性质、水文地质条件、入侵区位置和方式,海水入侵大致有裂隙岩溶式(如大连的大魏家、大莲泡、南关岭、土城子等地)、第四系松散孔隙式(秦皇岛、莱州、龙口、蓬莱等)、山前平原扩散型(寿光、寒亭、昌邑)、滨海平原开采型(莱州、龙口、秦皇岛、大连)、河流谷地开采入渗型(秦皇岛洋河下游、青岛崂山、即墨莲阴河、牟平等)、直接式(莱州、龙口、大连)与间接式(崂山、即墨、秦皇岛的洋河下游两侧)7 种类型,而且同一地区甚至有多种入侵型交织在一起,从而构成海水入侵的复杂多变、治理难度大的状况。

1.2 特点

表 1 所提供的 1043.3 km² 海水入侵面积中,山东、辽宁、河北依次为 730.7 km²、288.6 km²、24 km²,分别占大渤海海水入侵总面积的 70%、28%、2%。山东最重,河北最轻。跨省区的海水入侵存在轻重不一的差异。就一个省来说,亦同样存在海水入侵轻重不一的差异。如山东沿海西北部莱州至烟台一段,海水入侵面积达 388.9 km²,东南部烟台到绣针河段,海水入侵面积仅有 42.3 km²,前者占总面积的 90%,后者占 10%。西北沿岸重,东南

沿岸轻。出现这种地理上的分异,主要是自然降雨不一,地下水超采量不等所致。总的而言,天气正常,降雨补给量大于或等于开采量,海水入侵或停滞或减缓,面积小;反之则快,海水入侵面积大。

1.3 速度

海水入侵与地下淡水漏斗区、负值区的增多、扩展成正相关,已为许多事例证实。研究揭示,大渤海区域城乡经济迅速发展、工农业生产与人畜用水量增长,水源供需矛盾加大,地下水超采,水位急剧下降与海水入侵、地下水水质恶化、淡水资源进一步匮乏、再移地或深层超采、海水入侵灾害加重并与之同步相发展。海水入侵显露时,往往起始速度慢、灾害轻,进而速度快,灾害渐进地、成倍地加重,并有日趋严重之势。典型地段为山东沿海、大连与秦皇岛两市。如山东莱州市,1976~1979年间,海水入侵面积仅有15.8 km²,年均入侵速度为46 m;1980~1982年,海水入侵面积23.4 km²,年均入侵速度92 m,比1976~1979年入侵速度增加一倍;1983~1984年,海水入侵面积31.9 km²,年均入侵速度达到177 m,比1980~1982年入侵速度增加92.4%,比1976~1979年入侵速度增加2.85倍;1984~1987年,海水入侵面积98.5 km²,年均入侵速度增长到345 m,而且出现了209.56 km²的地下水负值区;1987~1988年,海水入侵面积32.36 km²,年均海水入侵速度高达404.5 m,是刚发现海水入侵时速度的8.8倍,地下水负值区达到251.07 km²。1976~1989年14 a间,海水入侵面积达238.20 km²,占全市滨海平原总面积的80%以上,几乎整个滨海平原为地下水负值区(表2)。

表2 山东莱州市海水入侵面积速度变化趋势
Table 2 Change of sea water intrusion in Laizhou City

时 间 Date	海水入侵面积 Area (km ²)		年均值 Average/a	海水入侵速度 Velocity (m/a)
	分段值 Increase value	累计值 Sum		
1976~1979	15.8	15.8	4.00	46
1980~1982	23.4	39.20	7.80	92
1983~1984	31.9	71.10	16.00	177
1984.6~1987.8	98.5	169.60	31.07	345
1987.9~1988.8	32.6	201.96	32.36	404.5
1988.8~1989.9	36.24	238.20	36.24	
1984~1989	167.1		31.30	348
1976~1989	238.20	238.20	14.80	168

大连市,60年代中期开始发生海水入侵,但面积仅有4.2 km²;10 a后,市辖的金州湾、大连湾及其它一些小型海湾沿岸,海水入侵迅速发展。据1981年统计,面积已达178.5 km²,海水入侵距离一般500~750 m,最大逾1000 m。到1986年,海水入侵面积很快扩展到288.6 km²,严重影响该市的“三业”与人畜用水问题。

秦皇岛市,60年代前未发现海水入侵,70年代初有个别生产井出现咸化现象,进入80年代,特别是近5 a,海水入侵迅速扩延。工业集中的留守营,凡各庄等地,持续超量开采地下水,致使地下水位降落,形成若干个地下水降落漏斗;该市东南至城西的半环岛排水沟,通过新开河口,海潮逆侵,使沟两侧20~30 m范围内地下水变咸;城西汤河下游,超采降低地下水,加剧海潮逆侵,芦王庄一带地下水变咸;北戴河枣园水源地,1960年起,年采水量为125万 m³,以后逐年加大,至1989年时,年采水量为897万 m³,增长6倍多;

水位下降至 -18.6 m , 从而造成海水入侵。目前, 仅此一地, 海水入侵面积就达 24 km^2 , 年均入侵速度为 $16\sim 22\text{ m}$ 。

1.4 趋势

1.4.1 自然因素 (1) 包括海水入侵区在内的更大范围, 由于海陆大气系统的互馈作用, 致使北方气候异常, 天气持续性干旱少雨。据气象部门分析与预测^[6], 从现在起至下世纪初的10多年里, 该区仍将处于干旱大周期阶段, 降水仍旧偏少。因此, 近10多年的连续干旱有可能继续到下个世纪的开始。希望通过雨水补充地下水、缩小地下水负值区, 可能性不大。海水入侵仍因地下水长期贫缺而继续扩展。由此告知, 区域性的海水入侵活动与该区持久性的雨水减少、地下漏斗区增多、负值区扩大是直接关联的(表3)。(2) 海水入侵分布区主要是泥沙质海岸区、该区为沿海平原和河流下游区、地形平坦, 标高低、地下水位埋深浅, 一经超采, 水位就明显下降, 形成低于海平面的负值区, 引起水流方向的改变, 海水上溯侵染。(3) 海水入侵活动区的滨海平原, 多系第四系孔隙水与裂隙岩溶水展布区, 含水砂层厚度大, 蓄、导水能力强, 渗透系数高, 一般达 $30\sim 35\text{ m/a}$, 致使海淡水连通性强。当地下水位长期处于海平面以下时, 海-淡水之间直接或间接的水力联系平衡破坏, 海水便由此含水层迅速向陆地淡水区入侵。(4) 据1990年国家海洋局48个验潮站的统计, 在过去的100 a里, 渤海海平面平均上升 5 cm , 其中1989年上升 1.01 cm 。海平面的持续上升, 必将使风暴潮的强度加大、频度增加, 海水上溯侵袭由此而加剧。

表3 山东省莱州湾莱州典型岸段海水入侵与天然降雨、地下水位变化的关系

Table 3 Relationship between sea water intrusion and precipitation and change of ground water table at the typical coastal zone along laizhou Bay

类 别 Item	时 段 (a) Interval				
	1976~1979	1980~1982	1983~1984	1985~1987	1988~1989
年均降雨量 Precip. (mm)	571.3	429.9	312.3	482.5	486.2
地下水埋深大于15 m 的面积 Area (km^2)			338.4	136.5	427.58
地下水负值区面积 Area (km^2)				209.56	262.05
海水入侵面积 Area (km^2)	15.8	23.4	31.9	98.5	68.6

1.4.2 人为因素 (1) 随着城乡“三业”发展及需水量增加, 水源供需矛盾加剧。为寻求解决办法, 于是便无节制地开采地下水。结果, 地下水位下降, 有些地区长期处于 $-20\sim -25\text{ m}$ 的深度。负值区出现、海水入侵发生。如莱州市、1976~1989年间、地下水可采量共 $8.4\times 10^8\text{ m}^3$, 实际开采量达 $24.6\times 10^8\text{ m}^3$, 14年共超采 $8.4\times 10^8\text{ m}^3$, 年均超采 $0.6\times 10^8\text{ m}^3$ 。莱州湾岸段的寿光、昌邑、寒亭、平度、莱州、龙口6个县区共超采地下水 $38.0\times 10^8\text{ m}^3$, 超采量非常惊人。(2) 山东莱州湾、河北唐山与秦皇岛等滨海平原区许多农民, 为发展乡村经济, 增加收入, 自80年代以来, 在村边地头, 挖修通向海边的明渠, 将海水提高扬程 $3\sim 5\text{ m}$, 引入 $5\sim 15\text{ km}$ 的内陆腹地, 盲目发展人工海水养虾、扩建盐田, 从而加剧局部地区海水入侵地下, 破坏淡水系统。(3) 1985年后, 为发展需要, 很多地区与部门, 在各入海

河流上中游,修建大量水库、塘坝拦蓄地表径流,造成滨海平原地表径流减小,地下水补源贫缺,从而造成地下水位下降、海水入侵。(4)无节制地于近海处大量挖取砂土,致使河床标高低于潮水位,助涨海水溯侵染。

由上得知,由于自然因素与人为活动的复合影响,导致海水入侵由发生而致灾。当目前无力驾驭自然影响、而人为的强超采在短期内无法加以防控时,大渤海区海水入侵则必然沿着“发展经济→水源需求量增加→水供需矛盾加大→超采地下水→水动态平衡破坏→海水入侵→地下水咸化→可利用地下水减少→强超采深层地下水→加剧地下水位再下降→海水入侵灾害扩展→水源资源生态环境恶化→经济发展受阻”的恶性循环式进行。这样,对第四系底板大部分低于海平面与海水入侵通道相当发育的广大滨海平原区,随着时间的推移,海水入侵之势必将加剧,所致之灾亦将严重。

2 海水入侵对生态环境的影响

大量调查研究资料揭示,大渤海区海水入侵导致地下淡水、海水动态平衡破坏,生态环境恶化,各种灾害相继发生。

2.1 诱导农村受灾

海水入侵发生、发展后,因诱发而导致某些地区农村受灾(见表4)。

表4 大渤海区海水入侵诱发灾害统计

Table 4 Disaster caused by sea water intrusion in Shandong Province

省 别 Province	县市 City/County	受灾面积(万 hm ²) Cultivated land area damaged	机井变成报废(眼) Well abandoned	受灾村庄(个) Village in Disaster area	灾区缺水人口(万人) Population of in disaster area
山东省 Shandong	莱州市 Laizhou	1.81	2361	132	10.7
	龙口市 Longkou	0.67	1000	35	3.0
	蓬莱县 Penglai	0.03	15	18	3.6
	长岛县 Changdao	0.04	42	13	0.5
	福山区 Fushan	0.27	200	20	2.0
	牟平县 Muping	0.03	10	2	0.1
	海阳县 Haiyang	0.03	18	2	0.1
	即墨县 Jimo	0.01	16	7	1.0
	崂山区 Laoshan	0.12	300	20	6.0
	胶州市 Jiaozhou	0.12	200	20	6.0
	胶南市 Jiaonan	0.03	19	10	0.4
	黄岛区 Huangdao	0.01	6	2	0.1
	平度市 Pingdu	0.04	40	5	1.5
	昌邑县 Changyi	0.51	1530	40	3.5
	寒亭区 Hanting	0.22	288	16	1.5
	寿光县 Shouguang	0.47	558	51	4.0
	广饶县 Guangrao	0.08	230	11	0.5
	小计 Sum	4.5	5833	404	44.5
河北省 Hebei	秦皇岛市 Qinhuangdao	0.01			

2.2 水资源恶化

水资源恶化、恶化程度与海水入侵时间、范围、距离垂直距离3要素直接相关。概括地

讲,海水入侵时间长、范围大、离岸近,恶化程度重;反之则轻。这一相关关系,在大渤海区表现十分明显。

以水中 Cl^- 含量而言,海水入侵前,山东莱州湾沿岸地下水中 Cl^- 含量为 $80\sim 100\text{ mg/l}$,最高不超过 150 mg/l ,入侵的第2年,增至 450 mg/l ,第5年则达 5520 mg/l ,高的达 10000 mg/l 。河北秦皇岛市,1960年海水入侵前,沿岸地下水的水化学类型为 $\text{HCO}_3-\text{Ca}\cdot\text{Na}$, Cl^- 量为 $130\sim 170\text{ mg/l}$,进入70年代初,特别是1986年后,随海水入侵的持续发展,水化学类型变为 $\text{HCO}_3\cdot\text{Cl}-\text{Ca}\cdot\text{Na}$ 型, Cl^- 量增达 500 mg/l ,终致水质恶化。辽宁大连地区,海水入侵初始期的60年代中期,局部沿岸地下水 Cl^- 量已达 250 mg/l ,15 a 后的1981年,沿岸地下水 Cl^- 含量增到 $300\sim 1000\text{ mg/l}$,水化学类型越来越显示海水特征。

同时,水中 Cl^- 量随距海距离的加大呈降低的趋势。据莱州市水文监测站1989年于该市滨海平原测试,在距海 1660 m 范围内,地下水 Cl^- 量达 1000 mg/l 以上, $1600\sim 2100\text{ m}$ 范围内,地下水 Cl^- 量迅速降至 100 mg/l 。这一现象,在整个大渤海区沿岸陆地一定距离带有普遍性。

2.3 土地生产力下降

海水入侵导致水资源恶化,使高浓度咸水中可溶盐,沿毛细管聚集耕作层,上升地表。当浓度处于某限值时,土壤结构破坏,理化性能变差,有效肥力降低,生产力下降甚至丧失。

山东沿海区,受海水入侵影响的近 4.67 万 hm^2 耕地中,有 3.33 余万 hm^2 耕地因用恶化的水灌溉而使土壤盐碱化,其中已严重盐碱成为撂荒-盐荒地的竟达 0.33 万 hm^2 。鉴于此因,一般年景粮食减产 20% ,旱年 40% 以上,特旱年基本绝收。年减产粮食 $2\sim 3$ 亿 kg ,累计减产 $30\sim 45$ 亿 kg 。莱州市滨海平原 80% 以上耕地严重盐碱化,每年减产粮食 0.75 亿 kg 以上;紧邻莱州西南的寿光县,海水入侵以来, 0.33 万 hm^2 地受到严重危害, 0.2 万 hm^2 耕地变成了盐碱地,每年减产粮食 0.25 亿 kg ;位于蓬莱北边海岛的长岛县, 0.09 万 hm^2 耕地中, 85% 丧失灌溉条件, 0.067 万 hm^2 失去耕种能力,导致最后退耕还林复牧。

河北秦皇岛市的枣园水源地,因海水入侵耕作层水土盐碱浓度超过水稻的忍受限度(氯化物量在 $0.2\%\sim 0.3\%$ 之间)而使 133.33 万 hm^2 稻苗坏死。

大连市沿岸区,受海水侵染的 2.89 万 hm^2 土地中,因盐碱聚集地表造成地力降低,作物产量大幅度下降,市郊瓜果蔬菜生产受到限制。

2.4 表生景观退化

海区是个浩瀚的天然大盐库,内中含有大量可溶性物质,主要有氯化钠、氯化镁、硫酸镁、硫酸钾、石膏、硫酸钙等盐类。海水侵染沿岸陆地后,由于构成盐类离子的活性不一,溶解度大小有异,因此,溶于水中的各种物质在运移过程中,必然一边侵染一边沉淀,而且随着岸区的远离、陆区的深入,由岸至陆的垂直距离延长,盐类的浓度必然由高到低,受盐碱的土壤由强渐弱,盐的种类与表生景观,亦呈地域性带状变化。

最内的滨海滩地盐碱区,海拔高度大多小于 3.5 m ,地下水埋深 $1.0\sim 1.5\text{ m}$,土壤通体含盐量 2% 以上,土水组分中氯离子与总含盐量比高于 90% ,钠、钾离子之和与总阳离子比等于或大于 80% ,氯离子与硫酸根之比大于 4 。天然条件下,该区为不毛的光板盐荒地。

次内的沿海潮盐土区,海拔高度介于 $3.5\sim 6.5\text{ m}$ 之间,地下水埋深处于 $0.5\sim 3.0\text{ m}$ 范围,土壤含盐量大于 1% ,以氯化物为主,氯离子与总含盐量之比大于或等于 80% ,钠、

钾离子与总阳离子之比大于或等于 70%、土体盐分随季节上下波动,一般旱季聚盐,雨季脱盐。有黄须菜群落、马绊草、蒿子、白花混生群落等耐盐植被景观覆盖。目前多为盐荒地。

过渡的脱盐化沿海潮盐土区,海拔高度为 6.5~7.5 m,地下水埋深变化于 3~4 m 之间,土体盐分分布呈“L”型,根层土壤含盐量一般小于 0.3%。盐分组成主要为硫酸盐—氯化物或氯化物—硫酸盐型。这个区,为待开发与改良利用的农田过渡带。地表景观主要为芦苇、茅草及零星栽培植物的镶嵌群落。

大田农业作物群落区,海拔高度大于 7.5 m,地下水埋深在 4.0 m 以上,土壤含盐量小于 0.2%,土水盐类组分已过渡到 $\text{MCO}_3\text{-Mg} \cdot \text{Ca} \cdot \text{Na}$ 、 $\text{HCO}_3 \cdot \text{SO}_4\text{-Mg} \cdot \text{Ca} \cdot \text{Na}$ 、 $\text{HCO}_3 \cdot \text{Cl} \cdot \text{SO}_4\text{-Na} \cdot \text{Mg} \cdot \text{Ca}$ 型。地表景观为以旱为主、水旱兼有的大田作物区(表 5)。

表 5 渤海湾沿岸带表生景观与生态环境的相关性

Table 5 Relationship between landscape and eco-environment

植物群落 Plant community	生态环境状况 Status of eco-environment		距离海岸垂直 距离方向 Distance from sea
	土壤含盐量‰ Content of salt (‰)	变化方向、程度 Change of situation	
光板地 Barren land	≥ 2.0	劣 Bad	近海岸 Near sea
黄须、地枣、怪柳群落 <i>Suaeda salsa</i> , <i>Nitraria schoberi</i> and <i>Tamarix Chineses</i>	1.5±		
马绊草、蒿子、白花混生群落 <i>Aeluropus litoralis</i> , <i>Artemisia anethifolia</i> and <i>Statice bicolor</i>	1.0±		
马绊草、茅草或芦苇混生群落 <i>Aeluropus litoralis</i> , <i>Imperata cylindrica</i> and /or <i>Phragmites</i>	0.3~0.6		
芦苇群落、茅草群落、茅草、芦苇栽培混生群落 <i>Phragmites communis</i> and <i>Imperata cylindrica</i> or <i>Imperata cylindrica</i> and <i>Phragmites communis</i> and plantation	<0.3		
大田农业作物群落 Crops	<0.2	良 Good	远海岸内陆腹地 Far from sea

由此可知,海水入侵导致了陆地生态环境的变异。为适应其变异,其上衍生的复合植物群落则相应随之演变。所以,植物群落的演变与环境的变异是相关的,即群落对环境具有一定的指示作用。

3 防治构想

鉴于上述海水入侵态势及对生态环境的影响,因此,采取对策、综合防治,已是迫在眉睫之事。

3.1 统筹规划分区治理

根据大渤海区的海水入侵现状、发展趋势、地表景观,把由海岸向内陆腹地垂直距离延伸的海水入侵区,依前述的理化特征,进行分区开发利用治理。

滨海滩地盐碱区,营造与海岸线平行的针、灌混生防护林,强化生草过程,培植天然的黄须、柳等盐生植物,试种耐盐植物大米草,推广耐盐牧草“鲁木一号”,发展畜牧业;建不同规模的滩涂养殖与盐业基地,进行虾、贝类海水养殖与卤水制盐生产。

沿海潮盐土区,营建具不同特点、不同功能的沿海防风固沙林、水源涵养林、用材林防护体系,改善地上地下的生态环境;抽取次高矿化度卤水晒盐,发展适度盐业与盐化工;保护与繁殖马绊草、蒿子、白花混生自然群落;同时蓄雨、引淡、洗盐,建立人工草场,饲养

食草畜禽, 提供副食商品。

脱盐化沿海潮盐土区, 栽种落阔、针阔混生的防风固沙林、水源涵养林、用材林、薪炭林、经济果树林; 酌情提取地下卤水晒盐; 引淡洗盐种稻; 繁殖与保护芦苇-茅草群落, 以起减盐、减少水分蒸发、增加有机质作用; 种植耐盐绿肥(田菁、草木樨、苕子、苜蓿)作物(掺子、碱豆、高粱、向日葵、棉花、升麻)与菜业(苋菜), 实行粮枣、林粮间作, 建立适度生的粮棉油生产基地。

大田农业作物群落区, 全面营造具有不同功能的林业体系, 规划与修建各级管道式的灌排渠系, 推广地膜覆盖, 低压管道输水定额灌溉, 窄畦、短畦、沟灌、滴灌等节水技术, 提高水的利用率; 引选耐旱、抗盐新特优品种, 推行高稳产栽培模式; 实施科学测土、按需配方、视苗施肥; 发展耐旱、雨养、水旱粮棉油皆有、国内外均需的作物, 逐步建成适应发展需要的双向型主副食供应基地。

为达目的, 可分阶段进行。首先建立高标准的试验示范区, 待摸出规律、建立优化环境的模式后, 再辐射面上, 覆盖海水入侵区。

3.2 建立健全监测系统

为观测环境的动态变化, 应建立精度不一、图形与数字均显的网络自控监测系统, 完整而连续地记录地下水土与近地面小气候的变化, 以便最终绘制不同时间段的环境演变趋势图, 以作为相应防治对策的基础图件和提出对策的依据。

3.3 跨流域调引客水

大渤海区周边的辽、冀、鲁 3 省, 分布着诸如黄河、海河、滦河、辽河等许多大型水系的河流。这些河流, 水量丰富、常流不断。依海滨区地下负值区的大小, 海水入侵的轻重, 通过系列工程的措施, 将海水源源引入淡水匮乏区, 以减轻海水入侵, 解决用水燃眉之急。

当上述水系还不足以彻底解决该区的海水和迅猛增加的国民用水时, 还可考虑跨流域的长江水北调、北国江水南引工程。

3.4 修筑地下挡水屏障

海平面上升或陆地淡水下降, 当淡水势能小于海水势能时, 海水便由各种通道向内陆腹地侵袭。为堵塞侵袭的各种通道, 在详细对滨海地层、岩性勘察的基础上, 依条件修筑平行于海岸的地下挡水屏障。该屏障所用材料可水泥、可粘土。修筑的深度与厚度以海水不能入侵为宜。这样, 不仅可治理好海水入侵之害, 而且还可形成巨大的地下淡水库, 缓解干旱之年的各种用水紧张问题。

3.5 修挖补源性的渗渠、渗沟、渗井与拦蓄闸坝

大渤海区周围, 全年降水的 70% 集中于汛期, 而汛期降雨中, 又有 2/3 的雨量集中在 20 d 之内的几场暴雨。暴雨时, 势头猛、水流急, 降落的大量雨水往往来不及入渗便径流入海, 利用率相当低, 平均仅占暴雨量的 30%~40%。为了充分利用降水, 可在入海各河河槽的不同地段, 修挖长短不一的渗渠与渗沟, 渗渠与渗沟内再挖深浅不等的渗井, 以此使地表水尽快入渗, 迅速转化成地下水。同时, 还需在各河口和低洼处, 修筑不同长度的拦河坝, 使洪水尽量沿途入渗, 以减少地表径流入海。

3.6 修建防潮堤

风暴潮是大渤海区常见的海洋灾害之一。据塘沽和羊角沟两验潮站 1950~1989 年统计, 每年平均增水超过 1 m 的次数为 8~12 次, 超过 2 m 的为 1 次, 而酿成灾害的几乎年

年都有。为加强防范,保护沿海区生态环境,使风暴的损失降到最低限度,在采取其它措施的同时,还必须依情况,修建具有防暴潮作用的防暴堤。

3.7 敷设地下抽水槽与回灌井

为阻止海水侵染,于海岸线上的咸淡水界面附近,敷设成排、成带状的井群。井群中有定期抽取含盐混合水排向大海的地下抽水槽,有不断利用其它水源进行回灌的回灌井。

抽水槽与回灌井需分别拟定抽、灌水制度,以保抽水槽中的含盐混合水浓度限定在某一阈值下,回灌井中的水盐混合浓度保持在淡水分水岭附近。这样,海水才无法向内陆腹地入渗、逾越。敷设抽水槽与回灌井要考虑具体地质条件,海水入侵态势,要进行“三个效益”分析。

4 结论

海水入侵是 70 年代来发生于大渤海区的主要现象。目前,山东省莱州市及其相邻区最为严重。70 年代末,因海水入侵向内陆推移的速率为每年 46 m,而到 80 年代则为 404 m,10 a 增加约 8 倍。导致海水入侵有诸多因素,除气候变化降水减少因素外,重要的原因是地下水超采。因此,应采取对策,进行综合防治。

根据海水入侵发生的地理位置与地质条件,提出了控制海水入侵的若干措施,其中主要的是发展生态农林业、调引客水与建造水体保护设施等。

参 考 文 献

- 1 Breuck W D. *A review, international hydrological programme*, Salt water intrusion meetings 1968~1983. Ghent, 1983, 74
- 2 Custodio E *et al.* *Evolution of sea water intrusion in the Leobregat Delta, Barcelona, Spain*. Proc 9 th salt-water intrusion meeting 1986, 133~146
- 3 Custodio E *et al.* *Ground water problems in coastal areas*. Stu Rep Hydrol, 1987, 596
- 4 Gupta A D *et al.* Salt water encroachment in an aquifer: A case study. *Water Reso.* 1982, **18**: 546
- 5 尹泽生. 莱州市滨海区域海水入侵研究. 北京:海洋出版社, 1992, 3~13
- 6 中国灾害防御协会. 论沿海地区减灾与发展. 北京:地震出版社, 1991, 53~63, 344~351
- 7 赵德三, 尹泽生, 张祖陆. 山东沿海区域环境与灾害. 北京:科学出版社, 1991, 216~246