

辽南海水入侵污染特征及成因分析

刘庆书

许劲松

(辽宁师范大学地理系,大连 116022) (大连理工大学土木系,大连 1160243)

关键词 辽南 海水入侵

辽南包括大连、瓦房店、庄河、新金等地。区内水资源贫乏。地表水多年平均径流量 34.8 亿 m^3 ; 地下水储量为 12.3 亿 m^3 , 可开采资源为 6.4 亿 m^3 。人均水量 760 m^3 , 仅及辽宁省人均水量的 81.6%, 只有全国人均水量的 28.7%。特别金州以南工业、城镇、人口集中地区, 人均水量不足 200 m^3 , 仅占全国人均水量的 7.4%。地下水资源是制约辽南地区经济发展的重要因素之一, 为此认识地下水受海水入侵污染的时、空分布特点及成因, 为合理开发利用、因地制宜有效治理和保护珍贵的地下水资源, 提供科学依据是当务之急。

1 地下水类型

1.1 块状岩类孔隙裂隙水

主要分布在金州大断裂以东的丘陵山区。集中于新金、庄河、金州东部; 零散分布于瓦房店市东部及西北部、旅顺老铁山西部、长山列岛等地, 面积较广(图 1)。[1] 岩性主要为变质岩系及各期火成岩等。地下水主要贮存在基岩网状风化裂隙之中, 埋藏浅, 富水性差, 分布较均匀。在汇水条件有利、风化壳较厚的地段, 单井涌水量 10~100 t/d 。

1.2 层状碎屑岩类裂隙水

主要分布在瓦房店、庄河北部、大连南部、长山列岛等地。岩性主要为砂岩、砾岩、石英岩、板岩等。地下水主要贮存在脆性岩石构造裂隙之中, 富水性较差, 富集不均。一般单井涌水量 100 t/d 左右, 在地形、岩性、构造有利地段, 水量较多。[2]

1.3 碳酸盐岩类裂隙溶洞水

主要集中分布于本区西南地区, 如瓦房店的西南部及中部, 金州的西南部, 大连的东北部, 旅顺的北部及中部。岩性主要为灰岩、泥灰岩、白云质灰岩、硅质结核灰岩等。裂隙溶洞水主要富集在灰岩地区的断裂破碎带、背斜及向斜轴部、火成岩接触带等岩溶发育地段, 富水性强, 但富集极不均匀。[3] 富水区段单井涌水量 1 000 t/d 左右, 贫水区段不足 100 t/d 。主要富水地带从 60 年代以来就成为市区供水源地。

1.4 松散岩类孔隙水

主要分布在较大河流河谷阶地及河漫滩, 山前地带及滨海平原, 河流入海口的三角洲等地。岩性主要为冲积及冲洪积物。富水性较好, 埋藏浅, 易开采, 其富水程度取决于含水层的厚度。单井涌水量 100~1 000 t/d 。

1.5 基岩构造裂隙水

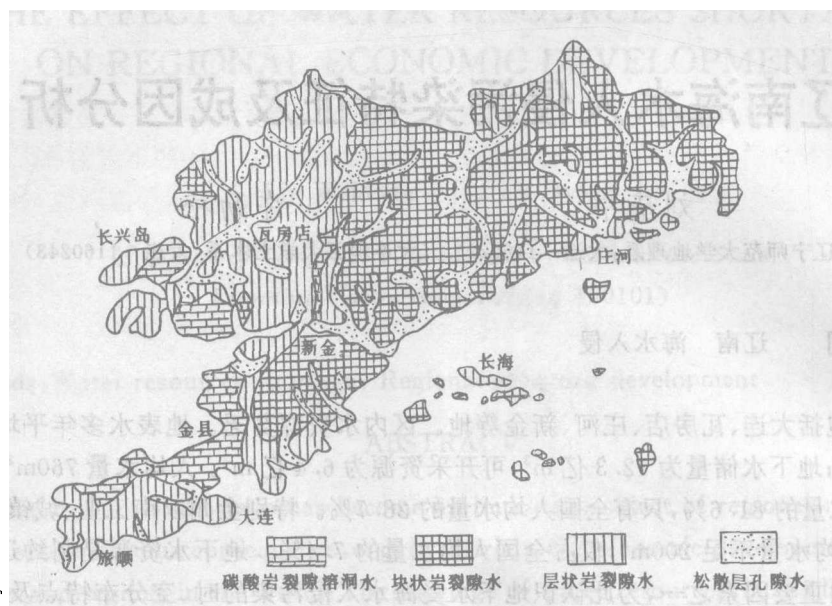


图 1 辽南地下水类型图

Fig. 1 Groundwater pattern of southern Liaodong Peninsula

是辽南地区主要富水类型之一。地下水主要富集在断裂破碎带充水构造中。其富水特点具有方向性,呈脉状展布,埋藏较深,水质好,水量较丰富,但富集极不均匀,^[4]单井涌水量 500~1 000t/d。

上述可见辽南地下水类型多样,富水性不同,富集部位差异明显。

2 海水入侵特征

辽南地区海水入侵污染严重区,其空间展布和时间演变趋势具有如下特征:

2.1 海水入侵的地域性

本区地下水受海水入侵污染的展布总趋势,具有显著的地域性,主要分布在:

①海湾的滨海地带:如渤海的复州湾、普兰店湾、金州湾、营城子湾,以及黄海的大连湾、大窑湾等沿岸地带的地下水受海水入侵污染最明显,污染面积也最大(图 2)。

②低平开阔区域:如复州河口、马栏河口;土城子、牧城子滨海平原;大魏家、大莲泡、革镇堡、南关岭谷盆地等。

③岩石富水性强的地区:富水性较强的松散层地区,如营城子;富水性好的灰岩地区,如大莲泡等地以及断裂发育地区,如南关岭等。

④开采量大的地段:如开采量大的厂矿区周水子、董家沟等;农产品基地牧城子、辛寨子等;供水源地大魏家、革镇堡等。

2.2 海水入侵的阶段性的

辽南海水入侵速度、扩展面积在时间上具有明显的阶段性。1964 年以前,在自然状态下,仅在局部沿海地段的地下水有咸化现象。1964 年以后,随着地下水开采量逐年增加,海水入侵污染日趋加重,从总趋势看,明显呈现四个阶段(图 3)。

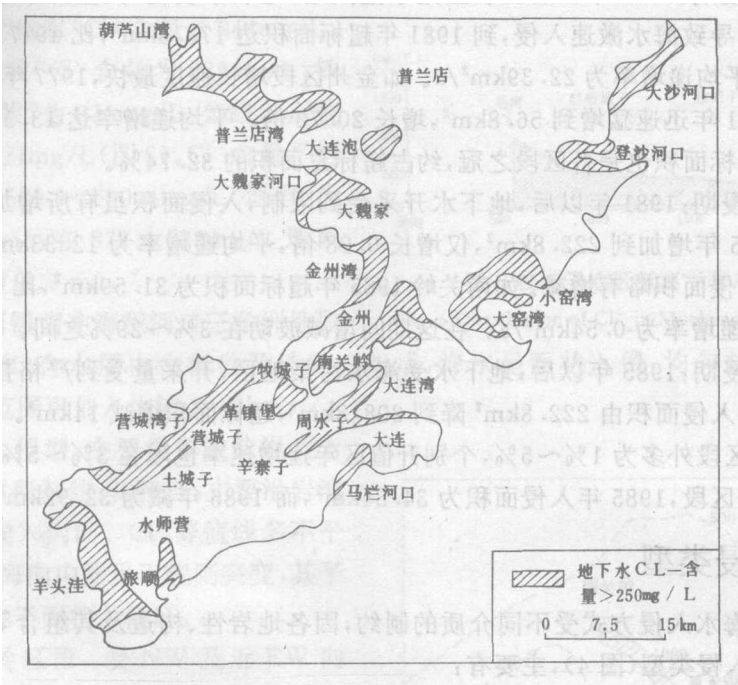


图 2 辽南地下水海水入侵重污染区分布图

Fig. 2 Distribution of seriously seawater intrusion and pollution areas

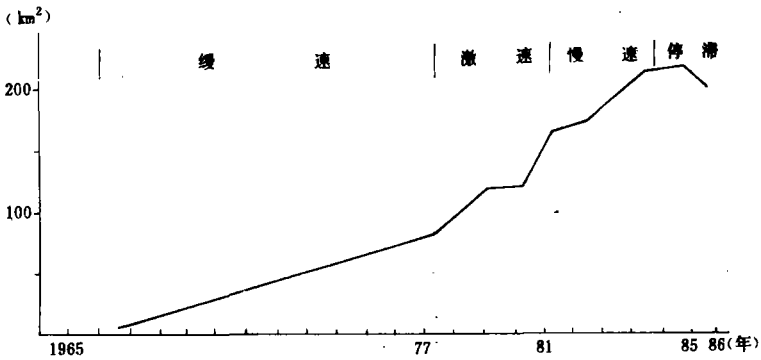


图 3 1977~1986 年全区海水入侵污染面积的增长变化曲线

Fig. 3 The increase of the seawater intrusion and pollution area in the whole region from 1977 to 1986

①缓速入侵期:1964 年后,随着工农业用水量增大,地下水逐年超采,地下水位逐渐下降,诱发海水入侵。到 1977 年入侵污染面积达 83.95km^2 。¹⁾平均增长率约为 $6.2\text{km}^2/\text{a}$ 左右。如南关岭区段 1964 年以后出现海水入侵,到 1977 年入侵面积为 14.5km^2 ,平均递增率为 $1.1\text{km}^2/\text{a}$ 。又如营城子平均递增率为 $2.6\text{km}^2/\text{a}$ 。

1) 王成林. 大连沿海岩溶区地下水开采与海水入侵问题. 1988.

②加速入侵期:1977年以后工农业用水量激增,地表水贫乏,大量开采地下水,形成许多降落漏斗,导致海水加速入侵,到1981年超标面积达 173.5km^2 ,比1977年超标面积增长1.07倍,平均递增率为 $22.39\text{km}^2/\text{a}$ 。如金州区段增长速度最快,1977年入侵面积仅 2.5km^2 ,到1981年迅速猛增到 56.8km^2 ,增长20.72倍。平均递增率达 $13.575\text{km}^2/\text{a}$,本区段1981年超标面积也是各区段之冠,约占超标总面积的32.74%。

③慢速入侵期:1981年以后,地下水开采受到限制,入侵面积虽有所增加,但慢于前一时期,到1985年增加到 222.8km^2 ,仅增长0.28倍,平均递增率为 $12.33\text{km}^2/\text{a}$,在这个期间,各区段入侵面积略有增减。如南关岭1985年超标面积为 31.59km^2 ,比1981年增加 2.17km^2 ,平均递增率为 $0.54\text{km}^2/\text{a}$ 。在这期间增减波动在3%~29%之间。

④停滞入侵期:1985年以后,地下水受海水污染地区,开采量受到严格控制,污染严重的井孔报废,入侵面积由 222.8km^2 降到 208.8km^2 ,超标面积缩减 14km^2 。各区段年递减速率除金州区段外多为1%~5%,个别升值区年递增速率也限在3%~5%范围内。如辛寨子、周水子区段,1985年入侵面积为 34.34km^2 ,而1986年减为 32.92km^2 。

3 海水入侵类型

辽南地区海水入侵方式受不同介质的制约,因各地岩性、构造及其组合等因素不同,而构成不同的入侵类型(图4),主要有:

①面状入侵型:主要受第四纪松散堆积物含水层均匀介质所制约。其特点:海水向内陆呈面状均匀漫延入侵污染,其入侵具有广泛性和规则性。 Cl^- 等值线平行海岸, Cl^- 含量由沿海向内陆均匀缓慢减少。 Cl^- 平均递增率较小(图4)。

如牧城子松散层孔隙水,含水层为砂砾层,厚4~7m。由于过量开采,地下水水位低于海平面,上层孔隙水被疏干,导致海水呈面状入侵。 Cl^- 等值线平行海岸, Cl^- 含量由近海内陆缓慢减少。其平均递增率小于 $3\text{mg}/(\text{L}\cdot\text{m})$ 。

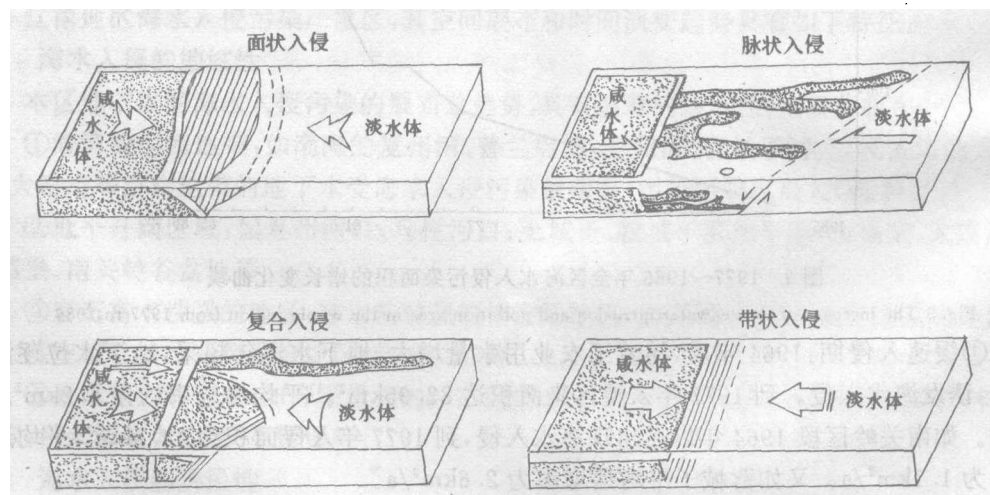


图4 辽南地下水海水入侵污染模式

Fig. 4 The seawater intrusion and pollution pattern of southern Liaodong Peninsula

1989 年 5 月实测牧城子 Cl^- 含量剖面：在海边的“后海” Cl^- 含量 1 044mg/L，向内陆到“后牧” Cl^- 含量为 529mg/L，铁路以南的“前牧”为 371mg/L，公路以南牧城子河西为 221mg/L(图 5)。 Cl^- 含量平均递增率，在 529~1 044mg/L 地段为 1.5mg/(L·m)，在 371~529mg/L 地段仅有 0.14mg/(L·m)。

又如庄河镇南冲海积河口三角洲地段松散层孔隙水，含水层由中粗砂及砂砾石组成，海水呈面状入侵，均匀扩散， Cl^- 超过 300mg/L 的范围可伸入内陆 2~3km。

②脉状入侵型：主要受碳酸盐岩类岩溶不均匀介质所制约。其特点：主要沿岩溶通道呈脉状楔入内陆。 Cl^- 等值线多不平行海岸，从沿海向内陆呈不规则突变，其平均递增率远大于面状入侵区。

如南关岭区段，受 NW 及近 EW 向断裂控制，海水从三道沟、泉水眼呈脉状向西北的南关岭入侵，而后转向西南，伸入内陆达 9km(图 6)。 Cl^- 含量为 1 000mg/L 等值线几乎与海岸垂直。 Cl^- 含量由沿海向内陆呈不规则分布，内陆有的地段 Cl^- 含量远高于近海，平均递增率达 75~150mg/(L·m)。

又如大魏家东田房身一带，海水入侵即沿 NW 向断裂带向内陆呈脉状入侵型。

③带状入侵型：主要受石英岩、板岩构造裂隙不均匀介质所制约。其特点：海水入侵具有方向性，多呈狭窄带状展布。 Cl^- 等值线多平行海岸，向内陆伸展的范围狭窄。 Cl^- 含量由沿海向内陆递减，其平均递增率大于面状入侵，但小于脉状入侵型。

如大连湾南岸沿海地带， Cl^- 含量为 1 000mg/L 等值线基本平行海岸，徘徊在沿海 0.5~1km 范围内，呈带状入侵型。 Cl^- 含量由沿海向内陆减少，其平均递增率在近海 1 000~2 000mg/L 地段为 50mg/(L·m)；在 500~1 000mg/L 地段为 25mg/(L·m)(图 7)。

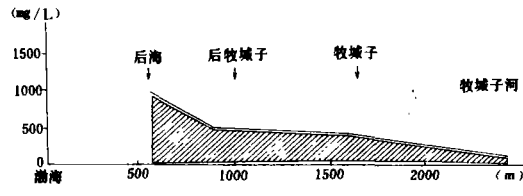


图 5 牧城子地区氯离子分布图

Fig. 5 Distribution of Cl^- in Muchengzi area

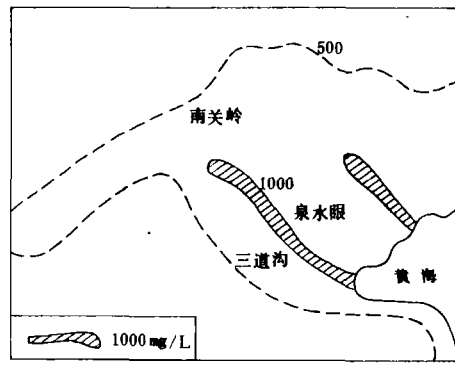


图 6 南关岭氯离子等值线图

Fig. 6 Curves of equal Cl^- in Nanguanling area

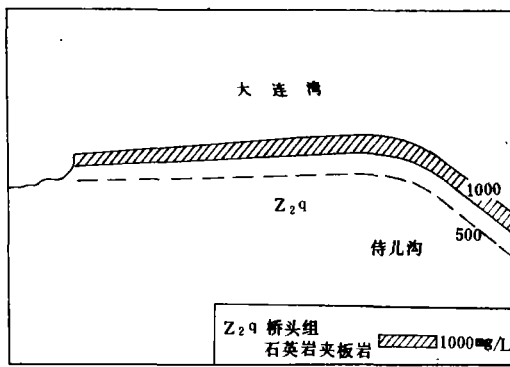


图 7 大连湾南岸氯离子等值线图

Fig. 7 Curves of equal Cl^- on the southern bank of the Gulf of Dalian

由于大连湾南岸地段,岩性为石英岩夹板岩,岩层走向近 EW,倾向 S,倾角 45° 左右,海水主要沿脆性石英岩构造裂隙发育带入侵,并沿其走向延伸,所以在沿海地带呈狭窄带状展布。

④复合入侵型:由于海水入侵区岩性组合、构造穿切等自然条件复杂,海水入侵方式多呈复合型,具有不同入侵型的特点(图 4)。

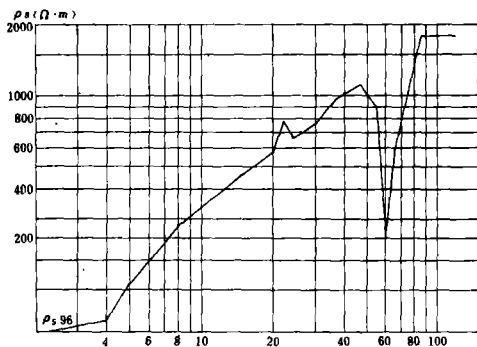


图 8 小黑石地区测深曲线

Fig. 8 The groundwater curve by electrical sounding in Xiaoheshi area

如牧城子的地下水,上为松散层孔隙水,下为隐伏岩溶裂隙水。此区段由沿海到丘陵区海水入侵特点:沿海至铁路以北区段以松散层为主,属均质面状入侵型, Cl^- 含量由沿海向内陆缓慢减少。铁路以南至丘麓灰岩区段,呈现非均质脉状入侵型, Cl^- 含量向内陆明显增高,在丘麓地带 Cl^- 含量高达 $1\,000\text{ mg/L}$ 以上, Cl^- 含量为 $1\,000\text{ mg/L}$ 等值线平行丘麓地带呈近东西脉状展布。

又如小黑石隐伏岩溶地段,通过联剖、四极、五极、测深等水文物探成果分析,该地段海水入侵:上部为面状入侵;下部为脉状入侵,在 -60 m 左右最为明显(图 8)。

上述四种海水入侵类型中,以不均匀介质脉状入侵型对地下水污染最为严重。

4 海水入侵成因

海水是否入侵,取决于海水与地下水在介质中相对静水压力存在的相互关系。当地下水位高于海平面时,地下水排泄入海,不产生海水入侵;当地下水位与海平面持衡时,则产生有限的推移;若地下水位低于海平面以下,则产生海水向内陆推移,引起海水的入侵。而辽南地区的特定诸因素为海水入侵提供了有利条件。

4.1 降水差异大,补给有限

①辽南地下水主要靠区内大气降水补给,而降水具有量少,集中夏季,年际变化大的特点。如金州以南海水入侵严重区,年降水量 650 mm 左右;75%集中在 6~9 月;年降水量最大与最小的比值在 3.0~3.7 之间。由此可见降水补给地下水的量是不稳定的。1978~1986 年期间,降水量偏少,平均年降水量为 530 mm 。在此期间仅有两年降水量大于多年平均降水量的 12%~16%,却有 6 年降水量小于多年平均降水量的 31~38%;其中 1980~1983 年又连续四年降水量仅为 $405\sim 450\text{ mm}$ 。少水年份,降水对地下水补给更显不足。

②由于本区地处半岛南端,三面环海,面积狭小,低山丘陵起伏,基岩裸露,岩石透水性差,降水一般迅速形成地表径流,并在短距离内泄入大海。因此入渗条件差,补给地下水量是有限的。

③本区河流短小,多山溪型、季节性河流,雨季有水,6~9 月经流量占年径流总量的 80% 以上;非汛期河道断流。因此河流对地下水调蓄能力低。

可见,辽南降水差异大,入渗量少,河流调蓄地下水能力低,地下水补给源有限而不稳

定是其特点。

4.2 集中持续超采,水平衡失调

1964 年以前,区内地下水未大量开采,地下水呈自然平衡状态,水质良好,90%以上地区 Cl^- 含量低于 100mg/L ,只有少数沿海地段受人工开采及海潮影响, Cl^- 含量超过 300mg/L ,但面积不过几平方公里。

1965 年以后,特别是 70~80 年代,工农业需水量迅速增长,如金州以南工业、城镇、人口集中地区,用水量大,其工业用水量约占辽南工业用水量的 78%左右,城镇用水量约占全区域镇用水量 70%左右。而地表径流、地下水资源量分别仅占 12%~20%。因而水资源供需矛盾突出。大部分厂矿企事业单位,由于供水量不足,靠自备井抽采地下水补充,其量占总用水量 10%;农业灌溉基本靠地下水,其量约占总用水量的 30%左右。城市供水地地下水约占总用水量 7%左右。由此可见,地下水在本区供水资源中的地位。

为了满足持续增长的工农业用水量的要求,对地下水进行不合理的开采,以致造成海水入侵。

4.2.1 井群集中,超量开采 由于工农业用水迅速增长,各区段开采井数量急剧增加,密度加大,一般井群密度达 $3\sim 5$ 眼/ km^2 以上。后牧城子松散层孔隙水区,大口井密度达 10 眼/ km^2 左右;泉水眼岩溶发育带上的机井密度高达 18 眼/ km^2 ;有的甚至百余米间距内就有 $3\sim 4$ 眼机井,集中在充水脉络上。因在富水区段或富水带开采井不断增加,进行持续的强开采,从而引起严重的超采,超采量达 $3\sim 7.5$ 倍,^[5]必然引起水平衡失调。

4.2.2 偏枯年水平衡失调加剧 辽南降水具有不连续性的特点,年际丰枯波动较大,地下水补给源不稳定,在偏枯水年补给更显不足。如 1978~1986 年期间的平均降水量比正常年少 120mm ,其中 1980~1983 年每年的降水量少于多年平均值 $200\sim 245\text{mm}$ 。由于降水不足,补偿严重短缺,使地下水收支差距在原有基础上加大;特别枯水年降水来源少,作物需水量大,灌溉等用水量增大,超采随之倍增,使收支不平衡加剧。

4.2.3 水位区域下降,水质严重污染

①水位区域下降:在集中、持续超采强度大的富水地段和地带,地下水位急剧下降,形成降落漏斗;在用水量有增无减,持续超采的情况下,导致漏斗深度不断加深,漏斗面积不断扩大,形成许多区域性降落漏斗,如土城子、营城子等。降落漏斗中心水位随超采的持续进行而不断加深,一般水位下降约 $10\sim 40\text{m}$,达到零米高程以下,平均约为 $-10\sim -15\text{m}$ 。1980~1983 年期间,60%左右的漏斗中心水位降到 -20m 以下,如辛寨子为 -22.9m ;营城子为 -24.45m ;大莲泡为 -20.51m ;革镇堡为 -25.3m ;旗盘磨最低达 -37.5m 。

②水质严重污染:由于开采强度大,水位急降,淡水体趋向被疏干,为达到强开采条件下新的动态平衡,水头压力迫使沿海入侵内陆的咸水楔不断向内陆扩大位移,进入开采漏斗区,使水质恶化,污染地下水。

60 年代初期,个别沿海地段,地下水氯离子含量最高 876mg/L ,超标面积仅几平方公里;1978 年 Cl^- 含量最高值增加四倍;到 1981 年 Cl^- 含量最高达 6806mg/L ,比 60 年代增加 6.8 倍。水化学类型由原来 $\text{HCO}_3 \cdot \text{Cl}-\text{Ca}$ 型变为 $\text{Cl} \cdot \text{HCO}_3-\text{Ca}$ 型。如南关岭 1964

1) 辽宁省地矿局.区域水文地质普查报告.1982.

年以前水质良好, Cl^- 含量小于 100mg/L 。1965 年以后, Cl^- 含量逐渐增高, 70 年代 Cl^- 含量为 1965 年的 2.2 倍; 到 80 年代增加到 6.4 倍。

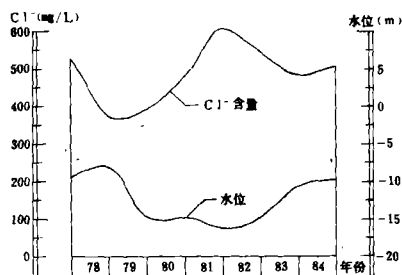


图 9 氯离子年际变化与水位对比图

Fig. 9 Chart of contrast between annual variation in Cl^- and groundwater level

一般污染程度随水位加深而加重。

1980~1983 年, 地下水位降到最低阶段, Cl^- 平均含量也达到最高阶段(图 9)。如南关岭、金州、大魏家, 在 1982 年 Cl^- 平均含量最高, 分别为 $1\,572.3$ 、 463.1 、 721mg/L 。据估算, 辽南最严重入侵地区海水入侵总面积最大时达 230km^2 , 占入侵区总面积 9.2% 。由于海水入侵而减少的地下水资源量估算达 $1\,416$ 万 m^3 , 约占严重入侵区地下水资源量的 9.7% 。

4.3 控水构造影响入侵

各区段海水入侵受构造影响而有所不同。

导水构造有利海水入侵。如夏家河子、营城子 NE 向导水构造与海连通, 导致海水由东北向西南侵入牧城子地带, 向纵深发展直插内陆丘陵地带。又如大魏家地段, 在区降漏斗 0m 等水位线未扩展到海边, 与海水未发生联系时, 地下水上层没有污染, 但通过导水构造, 咸水楔向纵深发展, 直插内陆, 产生污染。

阻水构造阻滞海水入侵。如金州滨海地带的杨屯地段, 受金州大断裂制约, 富水性极强, 近海 6 个孔, 涌水量 $5\,700\text{t/d}$, 很少受海水影响, 即由于在滩涂地带有一平行海岸近 EW 向阻水构造阻隔所致。^[7]

5 结 语

综上所述, 辽南地下水类型多样, 富水特点各异, 在开采量大的滨海低平区, 岩溶发育带, 构造切穿地段, 地下水受海水污染严重。海水入侵过程可分为缓速、激速、慢速、停滞等四个阶段。海水入侵方式与含水介质相关, 呈脉状、面状、带状、复合等四种类型展布。海水入侵原因, 主要是人为集中持续的超采, 使自然水动态失去平衡所致。为保护珍贵地下水资源, 合理开发及防止海水入侵, 应按自然规律采取如下措施:

①科学选择井位: 依据各类地下水富集规律, 合理布局, 防止新的区降漏斗形成。

②加强科学管理: 健全各区段水井观测网, 建立系统的水井技术档案, 做好中短期水情预报, 随时掌握水情变化, 控制入侵临界面及区域水位降深。因地制宜采用轮采、限采、停采, 保持各区段自然水动态平衡。

③增加补给量: 采取拦洪、截潜、人工回灌, 增加区域淡水补给量, 改善水质, 抬高地下水位, 缓解、减轻入侵程度, 缩减海水入侵区域。

④设阻水屏障: 查清各区段各入侵类型的具体海水入侵通道, 在关键部位设阻水屏障, 堵截海水入侵, 防止海水入侵发展蔓延。

参 考 文 献

- 1 刘庆书. 辽南不同岩性地区地下水动态研究. 地理研究, 1991, 10(3): 25.
- 2 刘庆书. 辽南石英岩板岩区基岩地下水富集规律及富水部位确定. 地理学报, 1989, 44(2): 185~193.
- 3 刘庆书. 旅大地区隐伏岩溶富水构造地电断面类型, 见: 中国地理学会陆地水文学术会议论文集. 北京: 科学出版社, 1981. 256~262.
- 4 刘庆书. 辽南地区地下径流系统分析. 见: 中国地理学会第三次全国水文学术会议论文集, 北京: 科学出版社, 1986. 103~104.
- 5 吕 光. 旅大市的海水入侵问题. 水文地质工程地质, 1980, (4): 50.
- 6 刘庆书. 辽宁城市地下水资源利用中的环境问题. 见: 中国地理学会第四次全国水文学术会议论文集. 北京: 测绘出版社, 1989. 224~226.
- 7 刘庆书. 隐伏岩溶龙眼泉成因分析. 辽宁师院学报, 1980, (2): 44~49.

THE CHARACTERISTICS AND CAUSE OF THE SEAWATER INTRUSION AND POLLUTION IN SOUTH LIAODONG PENINSULA

Liu Qingshu

(*Department of Geography, Liaoning Normal University, Dalian 116022*)

Xu Jinsong

(*Department of Civil Engineering, Dalian University of Technology, Dalian 116023*)

Key words: South Liaodong Peninsula; Seawater intrusion

ABSTRACT

Based on various patterns of groundwater and their abundance characters in south Liaodong Peninsula, the distribution, intrusion stage, intrusion pattern and intrusion characters of seawater intrusion in the serious seawater intrusion areas are analysed. The reasons to cause seawater intrusion are precipitation, recharge of surface water, artificial overpumping, lithology and geological structure. It can provide scientific basis for reasonable utilization of limited water resource in line with the local conditions.

[1992 年 6 月收到修改稿]

我国金融中心的区位条件分析

叶 立 梅

(北京财贸学院,北京 100071)

地理科学 13(1),P. 1,参 5,1993

探讨了在我国建立金融中心的必要性,提出了建立金融中心的区位条件。以此为依据,对我国东部部分城市各项有关数据进行了分析,论述了我国金融中心的区位选择问题。

水资源短缺对区域经济发展的影响

刘卫东 陆大道

中国科学院
(地理研究所,北京 100101)
国家计委

地理科学 13(1),P. 9,图 2,参 3,1993

水资源短缺对区域经济发展的影响,一是对区域经济发展总量的影响,二是对区域经济结构的影响,三是对区域经济空间布局的影响。解决水资源短缺,必须从两方面入手:一是调整产业结构,降低需水量;二是调整空间布局减少缺水点的需水量。

辽南海水入侵污染特征及成因分析

刘 庆 书

(辽宁师范大学地理系,大连 116022)

许 劲 松

(大连理工大学土木系,大连 116023)

地理科学 13(1),P. 17,图 9,参 7,1993

辽南地下水类型多样,在开采量大的滨海低平原、岩溶发育带、构造切穿地段,地下水受海水污染严重。海水入侵过程可分为缓速、激速、慢速、停滞四个阶段。海水入侵方式与介质有关,呈脉状、面状、带状、复合等四种类型。

试论山东省地貌区域结构

毛 敏 康

(山东师范大学地理系,济南 250014)

地理科学 13(1),P. 26,图 1,表 2,参 5,1993

将系统思想和综合自然地理观点引入地貌区划研究。提出:①山东省地貌区域单位的等级结构,揭示了山东省地貌区域单位相互联系的等级次序;②过渡性单位的概念;③合理利用山东省地貌区域结构的几点认识。

宽谷区岩溶发育及其水动力特征研究

宋汉周 彭汉兴 王建平

(河海大学,南京 210024)

地理科学 13(1),P. 34,图 3,表 1,参 4,1993

以长江主要支流之一——清江下游的高坝洲水利枢纽工程为例,探讨了宽谷区岩溶发育及其水动力特征。指出由于地形缓、高差小,因而地表岩溶相对发育;在近岸区存在着“潜流型管道系统”,具有纵向导水性强,比降小,排泄点出露高程低等特点,因而是库、坝区防渗的重要部位之一。

三江平原沼泽区“稻-苇-鱼”

复合生态系统生态效益研究

杨永兴 刘兴土 韩顺正 杨富亿 李秀军

(中国科学院长春地理研究所,长春 130021)

地理科学 13(1),P. 41,图 1,表 5,参 13,1993

在三江平原沼泽区建设“稻-苇-鱼”复合生态系统的实验研究表明,它具有提高水资源利用率,调节河川径流,改善气候,净化环境,改良土壤,防止沼泽退化,保护濒危动、植物资源等多种生态功能,并进一步提高了生产力和土地治理率。