天津滨海平原地下水开发与对策研究

陈 天 生

随着经济的发展和人口的增长，人类对水资源的需求量近几十年来猛增，愈来愈多的国家和地区出现水源不足。联合国早在一九七七年二月即向全世界发出警告："水不久将成为一项严重的社会危机，石油危机之后的下一个危机是水"。地球上可供生活、工业和农业之用的水源正在"走向极限"。再过二十年，各国都将面临棘手的水源匮缺！迄今已引起国内外专家、水文地质工作者的莫大关注。天津也不例外。

本文试图为进一步深入研究天津市地下水资源提供一些参考依据。

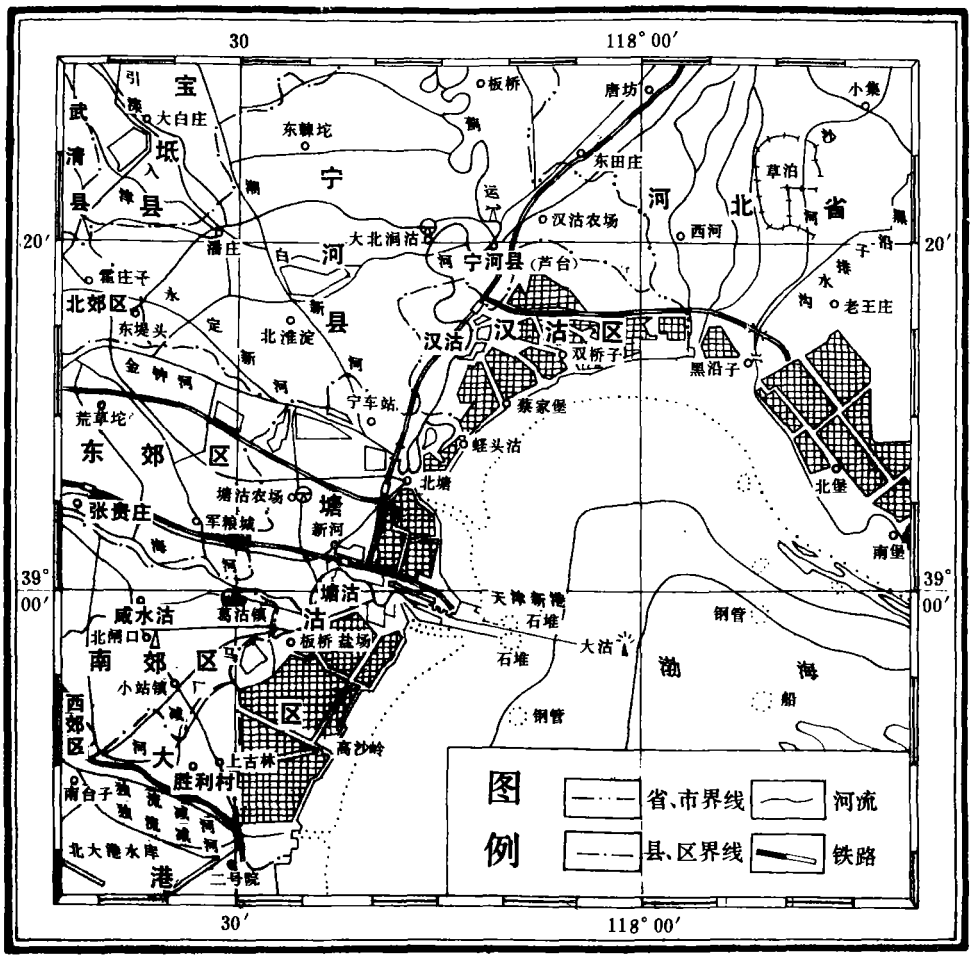
一、地下水概述

（一）天津市滨海平原区包括塘沽、汉沽、大港三个区和东郊、南郊以及宁河、宝坻、武清、静海的一部份。该区位于华北平原的东北部，东侧毗邻渤海湾（海岸线长152.8公里）北为燕山盘踞，西与天津市区相连，南邻河北省，见插图1。

本区地势平坦，地面坡度缓缓向东倾斜，坡度小于万分之一，标高多在海拔3米左右，属于冲积海积平原区。境内分布海河水系（干流全长74公里）和潮白河—蓟运河水系，且以海河水系为主。两者同为典型扇状的海河流域。由于河流堆积和渤海动力作用的影响，河间洼甸、泻湖洼甸星罗棋布，河渠纵横，交通发达。该区属温带季风型大陆性气候，年平均气温12摄氏度，全年最冷的一月份平均气温为负4.5 摄氏度，最热的七月份平均气温为26摄氏度；多年的平均蒸发量1856毫米，年平均降雨量564.4 毫米，降雨主要集中在夏季七、八两月份，其降雨量占全年降雨量的65％以上。渤海湾潮汐为不规则半日潮，平均潮差一般为2－3米，最大可达4米多。

（二）本区属于新华夏构造体系第二沉降带的中部，它是由大致平行的隆起断裂带组成的复杂的拗褶带，区内主要构造线为压扭性，呈北北西向和北东向，其派生构造为张性，呈北西西和北西向。该区位于沧县隆起的北端，东南和西北两侧分别为黄骅拗陷和冀中拗陷。地质构造较复杂，新构造运动也较为发育。滨海平原区基底岩层之上分布有第三系和第四系盖层。以宝坻断裂为界，北部厚度较薄，一般在90～300 米；南部急剧变厚。沧县隆起厚度为1000～1500米，冀中拗陷和黄骅拗陷为4000米，最大厚度可达7000米以上。第四系地层厚330 ～490 米，一般420 米左右。成因类型复杂，以陆相湖积、冲积为主，上部夹四层海相层，并有冲—湖积、冲—海积过渡混合类型。岩性一般以中砂、细砂、粉砂及亚粘土、亚砂土为主，粗砂及砾石多分布于北部。

（三）本区地下水系第四系松散地层中的孔隙水。从复杂的地层结构及地下水开发程度较高的因素出发，据水文地质剖面对比分析，故将滨海平原区归为三个含水岩组和一个咸水



全国海岸和海涂资源综合调查地图集

图1　滨海平原区位置图

体。各含水岩组（咸水体）基本特征详见表1。

其中第II含水组系主要开采层，这组深层承压水已被广泛开发利用。按采补条件和富水性可划分为四个区（见天津新港水文地质图，1／20万），即适当开采区（1区）、开采平衡区（II区）、开采亏损区（III区）、海域开采远景区（IV区）、各区单位涌水量分别为：大于100 方／日·米、50－100 方／日·米、小于50方／日·米、近于50方／日·米（予测值）。

按水文地质单元及含水岩组来分，滨海平原区属于松散岩含孔隙水岩类。新生代后，华北平原大幅度下降，沉积了大量的松散物质，复盖在古老的地层之上。其中第四系地层的厚度亦随基岩底部变化而变化，由于新构造运动，河道变迁，海侵、海退造成了该区复杂的地层结构，为一套以陆相为主的海陆交互相沉积，岩性以砂性土为主，含水砂层总厚88－290

含水岩组特征表　　表1

组序		地层时代		地下水类型	岩性	砂层厚度	单位涌水量	水位埋深	水质特征		
名称		时代（成因）	底深（米）			（米）	（方/日米）	（米）	化学类型	矿化度（g/l）	F（mg/l）
第Ⅰ含水组		Q_4^{al-m}	4～25	潜水微承压水	粉细砂	8－40	10－30（方/时）	1－3	Cl·HCO_3－Na·Mg Cl·SO_4－Na	<1～2－6	
第Ⅱ含水组	S	$Q_3^m+Q_2^m$	40～120 200～290	咸质承压水	细砂、粉细砂	30－40	1－10（方/时）	2－5	Cl－Na·Mg Cl·SO_4－Na·Mg	5－20	0.65－1.60
		$Q_3^{al-L-t}+Q_{2-2}^{al-L}$	160～200	承压水	中细砂、粉细砂	20－40	50－100	20－70	HCO_3－Na HCO_3·Cl－Na	0.5－1.5	2.00－6.00
第Ⅲ含水组		$Q_{2-1}^{al-L}+Q_1^{al-L}$	420～440	承压水	中细砂、细砂、粉细砂	80－130	<50－100	30－90	HCO_3－Na	<1.0	1.00－5.00
		N	1100	承压水	粉砂质泥岩、细砂岩		30－60（方/时）	30	HCO_3·Cl－Mg	<0.5	

注：S—咸水体代号

米。含水层以粉细砂为主，多呈条带状，粒度细，结构松散，坡度小，层次多，单层厚度薄，各层彼此交错，连续性差，沉积环境复杂，岩性相变大。浅部120米左右为海陆交互相沉积，淤泥质层很发育，因地下水水力坡度很小，地下迳流不畅，咸水的埋藏条件和分布规律主要受海相地层控制，其底板埋深自汉沽区～塘沽区～大港区为60～130～200米以下。位于咸水体（S）之上的局部淡水体（河、湖相为主）主要由大气降水补给，在河流就近地区地下水接受河流的侧渗补给，形成带状或岛状淡水体。深层湖相为主（承压水）补给条件不良，由于开采地下水内部的平衡受到破坏，以地下降落漏斗周边补给为主，长周期远距离侧向迳流补给甚微。地下水动态变化是受水文地质条件的制约和人为开采的影响，各含水层特点均呈承压水开采动态类型，水位变化与地下水开采时间、地点、层次的“三集中”特点密切相关，为单峰型，低水位出现在5～8月份，高水位在12月～翌年3月份，年变幅在漏斗区为6～8米，郊区农业区为15～21米。总之，本区处于海陆交替地带，由于河流摆动、冲刷、侵蚀、沉积和海洋动力地质作用的影响，使水文地质条件更加复杂化。

众所周知，由于工农业需水量日益增加，地表水不足，在大规模开采地下水过程中，造成地下水日趋紧张，严重影响了环境生态平衡，目前存在的主要问题是：已形成了区域水位下降漏斗、地面沉降严重、水质恶化等，都严重地危及经济发展和人民的生活。因此，研究和解决这些问题，乃是迫在眉睫，当务之急。

二、几个相关问题

（一）地下水补给

查清地下水补给条件很重要，因它直接关系到地下水资源评价和予测的首要问题。当研究地下水资源量时，必须搞清天然状态下大气降水、地表水及地下水三种水数量之间的组成与转化关系，特别要研究开采条件下各种数量之间的转化趋势，才能得出允许开采量的优化方案。滨海平原区地下水的补给条件及其天然补给量是近二十年来有争议的问题。通过深入讨论和工作实践会得出比较统一的认识。尽管水文地质学家、水资源专家从理论到实践发表了大量文章，但在接受补给条件及补给量的表述方面尚未求得一致地看法。一种看法是以水平方向补给为主，其补给源为太行山或燕山山区的大气降水或地表水入渗转化成侧向迳流补给地下水；另一种看法是垂直方向即垂向越流补给，其主要论据是含水砂层在长距离内不连续，砂层粒度较细，透水性差，迳流缓慢；地下水温在山前地带较低，是因受水交替剧烈影响，向平原内因水交替作用减弱，水温逐渐增高，直至水交替作用消失，水温完全受垂向地温增温率控制。认为本区地下水补给基本受垂向运动控制。这两种不同的认识，其论据是不够严谨和充分的。有待进一步讨论和证实。我认为，该区的补给是含水层的弹性释放量和相邻含水层的粘土释水量为主，即开采而形成的周边补给。本区地下水资源不仅受水文地质条件制约，而且颇受人为开采因素的影响。无论是天然状态还是开采状况，在定期定域内的补迳排三种量之间的关系，皆必须适应于地下水均衡的约束，否则就破坏这种水均衡。本区地下水无天然补给量，在开采条件下形成周边侧向迳流，绝大部份是开采储存量。这种不变储存量是在漫长的地质年代中积累且与近期气候影响无关的不变水量。根据27件水的同位素测试结果表明，除第Ⅰ含水组主要接受大气降水及河水下渗的补给外，咸水体氚值较低或痕迹，足以说明该咸水体无近期淡水和海水的混入，其下深层淡水氚含量一般小于1 TU，据1972年国际原子能委员会同位素小组建议：小于3 TU应是1954年以前补给的地下水可称“古水”或“停滞水”，而咸水层氚值都小于3 TU,地下水自上而下的越流补给是不可能的,其道理是大气降水、地表水和灌溉水渗入深层淡水需通过咸水体，且咸水氚值很小，非近期所形成；深层淡水（Ⅱ组水）氘（δ_D）、氧18（$\delta^{18}O$）含量值分别为负72.51 ‰～负74.64‰、负9.84‰～负9.87‰，充分显示古地下水的特征值。深层地下水为古代入渗水，系更新世以来冷期后暖期的入渗水，形成时间至少在2万～3万年以前，后经四次大规模海侵形成覆盖在Ⅱ组水之上的海相层，厚度40～180 米。所谓开采过程中的周边补给，事实上是开采容纳在承压含水层空隙中的重力水体积和开采时压力降低情况下，基于含水层弹性压缩及水的弹性膨胀而释放出来的水量。如果说大气水、地表水和回渗水通过遍布本区的咸水体和底板稳定的粘土层越流或绕流补给深层淡水，是令人难以信服的。因此，在咸水体覆盖的淡水区，深层淡水的补给条件是复杂的，应深入研究，求得正确解决。

（二）地下水下降漏斗

地下水下降漏斗是由于人类开采地下水造成的水位下降漏斗状凹面，降落漏斗的出现与

扩展在集中开采区强烈开采地下水的过程中水位显著下降。漏斗的形成与分布受地下水开采强度和水文地质条件（尤其是补给量）等因素控制。

滨海平原区自七十年代以后大规模开采地下水，已形成区域性的水位下降漏斗。时至1981年统计，该区共有开采水井1985眼，日采水量75.53 万方、年采水量2.08亿方，其中工业水井667 眼（未含大港区石油化工总厂），日采水量38.98 万方、年采水量1.42亿方；农业水井1318眼，日采水量36.55 万方、年采水量0.66亿方。大量资料证明，本区由于距山前补给区甚远，地下迳流不畅，主要消耗弹性储量，故形成非稳定开采动态，严重地破坏了水量的收支均衡。历年水位下降大于回升，水位每年下降1.5 ～6.0 米，开采水量已失去补给保证，乃是地下水水位持续下降的根本原因所在。近几年来，采水井眼数有所减少，但开采水量仍在递增。1981年开采强度高达9.65万方／年·平方公里，机井数量（1985眼）虽很多，但利用率（60％）较低。过量开采地下水，形成塘沽、汉沽、大港三处地下水水位下降漏斗呈串珠状分布在渤海湾内侧，这些漏斗主要是工业开采，以及农业机井密度过大所致。这三个深层地下水下降漏斗，虽年开采总量不大，但地下水位下降速度是迅速的，开采深度一般在120～200 米，最深可达700 余米，这是由于深层地下水补给条件很差而引起的。如第II承压含水组（主开采层），年总开采水量仅有1亿多方，以每年0.6 ～1.8 米速度下降，第III承压含水组以每年4.4 米速度下降，造成汉沽、塘沽、大港三个地下水集中开采区及其周围地区形成了约2000平方公里的大型带状降落漏斗（以水位标高负30米等值线计），中心水位负58～负77米，其漏斗面积约占整个天津市总面积的18％，水量递减迅速，实际开采量超过可开采量的4倍。目前实际开采量超过允许开采量，更远远超过天然补给量，如不控制开采水量，势必加剧地下水枯竭、地面下沉和水质恶化等水文地质工程地质问题的严重性。因为这些漏斗的特点是下降速度快，影响范围广，危害程度大，治理恢复难。

（三）地下水质恶化

随地下水降落和地面沉降的形成和发展，地下水的化学成份也相应地发生了变化。根据1981～1983年三年连续监测资料，分布在塘沽西南的 $HCO_3 \cdot Cl - Na$ 型水逐年向北部推移，矿化度1克／升等值线向塘沽靠近，0.5 克／升等值线向北远离。塘沽至军粮城农场高氟（F′）含量区的5～6毫克／升等值线封闭圈逐年扩大，F′ 含量增高并出现大于7毫克／升的地区。与水位降落漏斗相符合的地面沉降中心水质变化显著，外围区变化甚微。漏斗中心区氯离子（Cl′）、硫酸根离子（SO_4''）、总硬度、固形物等含量有明显的增加。如塘沽漏斗区中心孔（H_{3-1}、Pt 21孔）Cl′ 含量122.33～184.36毫克／升，高于两侧Cl′含量4.3～6.1 倍。丰水期地下水化学成份含量减少，枯水期化学成份含量增加。如汉沽区水位下降漏斗波及范围内，1982年II组水丰水期背景值（毫克／升）：Cl′ 20.53 、SO_4'' 10.47 、总硬度3.27（德度）、固形物275.0 ；枯水期背景值（毫克／升）：Cl′ 31.18 、SO_4'' 15.79、总硬度3.61（德度）、固形物297.39。总之，水质恶化的范围是在水位下降漏斗和地面沉降区内，时间集中在7～9月份。水质恶化的原因：1.第II含水层砂层水平方向不连续，相间分布有粘土层，开采该组地下水使含水层水头降低，粘性土在水头差驱使下流向含水层，自然降低了粘性土中孔隙水对上覆地层的支撑力，导致粘性土层压缩并向含水层排水，同时粘性土中的可溶盐类随粘土压缩而释水流入含水层；2.借助公式来讨论枯水期水质恶化的情况：

$V_L = K(\frac{H' - H}{L} - I_0)$，$V_L$（某点渗透速度）大小主要取决于H′（粘性土孔隙水水头）和H（含水层水头）的差值，枯水期（7～9月）含水层水位下降，H′ ＞H，在水头差驱使下，粘性土向含水层排水，V_L ＞O，（H′ －H）差值越大，则V_L也越大，粘性土排水也越多，使地下水元素含量增高；3.咸水体本身是处于封存状态，当深层淡水未开采之前，水头高于咸水体顶托补给，开采之后水位下降，漏斗区咸水体高水位，在重力作用下向下位移，处于咸淡水界面发生弥散。当然，导致水质恶化的另一个不可忽视的因素，乃是成井过程中止水效果不佳，勾通了深层淡水与上覆咸水，如塘沽H_{2-1}孔Cl′含量高达1079.03 毫克/升，变成Cl －Na 型水，矿化度增高到2.42克/升。经调查，在长年集中开采区已形成了相对的高F′ 富集带，其中塘沽漏斗区更甚，据1980年统计，塘沽区氟斑牙患病率为94.3%，氟骨症患病率为3.99%。

（四）地面沉降

二十余年来，由于过量开采深层淡水等原因造成严重的地面沉降，已给滨海平原区经济腾飞和人民生活带来极大危害。现今天津市已形成四个沉降区，除市区外，有塘沽、汉沽、大港三个沉降区位于海岸带，这些沉降区都发生于第三纪以来，引张应力比较强烈的构造凹陷区，因超量开采地下水，含水砂层压能降低，粘性土孔隙水释放，破坏了中～高压缩地层的原有应力状态，在广泛的垂直构造形变的基础上叠加了次生的垂直非构造形变因而加速形成区域性差异沉降区。塘沽区地下水开采强度高达每平方公里500 ～700 米^3 /小时，主要开采第II含水组平均每年水位下降速率高达4米之多，漏斗中心水位下降到负67.62 米，1959～1984年最大累计沉降量为2.298 米，年平均沉降速率188 毫米，著名于世，冠于全国；汉沽区漏斗中心水位下降到负77米，年下降速率达3.5 米，1957～1983年最大累计沉降量为2.137 米，其中1977～1983年年平均沉降速率105 毫米；大港区漏斗中心水位下降到负70米以下，年下降速率5米以上．漏斗中心水位低于周围水位约60米，1968～1975年位于上古林到歧口中间地区下沉0.11米，年沉降速率13.75 毫米。总之，在地下水位降落漏斗中心，地面相应沉降，形成碟形洼地。由于地面沉降引起了建筑物变形，地下管道折断等一系列环境问题。如不及时采取有效防治措施，其后患是严重的。

（五）风暴潮入侵

风暴潮是滨海区较大的自然灾害之一，它是由向岸大风形成风暴增水与天文大潮高潮等因素共同作用形成的。以七至八月份出现较多。查据历史资料分析，1450～1950年的五百年间，渤海湾共发生风暴潮灾害六十七次。近百年来发生较大的风暴潮灾害有九次，平均五年至十五年有一次，最大潮位达5.0 ～5.5 米，曾经多次造成不同程度的人身伤亡和经济损失，而现今海岸防波堤高度仅为4.5 ～5.0 米。因此，在构造拗陷地面沉降造成的低标高的地质背景下，防止海水入侵特别是强风暴潮的袭击，是值得高度重视的。根据国内外科学家研究予测，到2030年，全球平均温度上升1.5 ～4.5 摄氏度，海平面上升20～140 厘米，这是由于全球性工业发展（二氧化碳和其他温室气体的迅增）引起的“温室效应”将在本世纪最后十几年中显现，在研究和防治强潮时也应考虑此种因素。1985年八月十九日强潮袭击塘沽海岸，最高潮水位为5.414 米，上万户居民及新港码头、仓库、船厂被淹，沿岸海堤多处被冲

毁，高压电杆被冲倒、水产养殖场被破坏，全部损失近一亿元。本次强潮入侵原因为8509号台风造成新港地区的风暴增水叠加天文大潮，形成5.11米的高水位，以及由于长期地面沉降作用造成港区地面标高严重损失（实测标高5.184 米）所致。故深入开展塘沽新港防强潮侵袭对策研究，乃是迫在眉睫，当务之急。通过这一对策研究，对天津渤海沿岸防强潮袭击具有现实意义。

三、建议与对策

水资源是经济飞跃和人类赖以生存的必须资源。我国年总用水量4600亿方，其中地下水资源的开采量年仅550 亿方。据查，我国年人均用水量460 方，其中生活用水占1－2％、农业用水占85％左右，工业用水占6－8％。由于世界上建筑和工程已占据了陆地面积的4％，予计到2000年将达到15％，而大量的地表水设施（如水库等）占地面积也日益广阔，因地表水比地下水更易污染，正趋向于改用地下水供水，故地下水的开发利用有着日臻重要的发展趋势。基于国内外高度重视水资源的评价和予测，以及从水资源供需角度出发，针对天津滨海平原区的地下水资源开发现状及存在问题，深化研究，提出对策，是十分必要的。

（一）查清滨海平原区深层承压淡水的补给条件，直接关系到地下水资源如何开发利用的关键。应在已有背景资料的基础上，深入研究地下水的起源和形成过程，运用水的同位素组分的变化规律，需补做碳14测试，搞清地下水的补给机理。鉴于滨海平原区深层淡水为不变储存量，这种储存量可以部份或整体的在予定使用期限内有计划地进行开采，勿需考虑均衡，可以作为疏干开采量加以利用。同时要采取人工回灌补给。联邦德国、瑞典、荷兰、美国人工补给地下水占全部地下水取水量的40％、25％、22％、30％，显示了其对地下水资源的有效意义。我国如上海等地采取人工补给地下水亦已卓见成效。否则，地下水资源就会趋向枯竭和加剧环境水文地质问题的严重性。我们曾采用有限单元法，计算结果表明允许地下水开采量塘沽5万方／日、汉沽3.5 万方／日、大港1.9 万方／日，水位下降速率每年仅为0.6 米，如能实施这一优化开采方案，可以缓解环境水文地质问题。为保证开采必须在枯水期疏干后的空间，在丰水期进行人工补给。总之，本区不具备大、中型供水水源地条件，实际上已形成了塘沽、汉沽、大港供水城市的开采亏损区，在滨海平原区规划方案时，首先考虑外调水，迅速压缩当前地下水开采量（控制在每天10.4万方），将压缩下来的开采井，一方面实行回灌，另一方面做好储冷储热，把有限的淡质地下水作为非常时期的后备水源。

（二）据1985年9月《天津市城市总体规划方案》中称："天津滨海地区总用水量（淡水）约1.22亿方，予测2000年滨海地区城市淡水用水量约5.36亿方，海水使用量将大幅度增加。"对此，应本着以需定供的原则，近期塘沽区调用滦河水供水量每年0.473 亿方，地下深层淡水控制每年0.374 亿方，主要骨干企业包括大港区石油化工总厂等单位的供水量仍需从宝坻水源地调水及北大港水库供水；市郊及县辖地区可实行分散性的农田供水，其水源地开采利用布局，北部以浅层水为主，中深层为辅，分段开采同时并用；大力推广工业冷却用水用海水代替的新方法，这为沿海城市的经济发展开拓了重要的利用海水广阔的途径。例如，

大港电厂全年用水总量为7.38亿方，其中生产用水每年需0.23亿方，生活用水每年20万方，间接冷却用水（海水）每年则需7.15亿方，占该厂总用水量的97％，由此可见，利用海水作为工业冷却用水，是大有潜力的，是行之有效的，予以大力推广，这样把淡水省下来作为生活用水和供给海河流域下游的缺水区，要把节水和海水综合利用充实本区建设总体规划，把天津沿海城市和工业区建设成淡水和海水综合利用型体系。远期滨海区需形成多水源系统，主要是在合理开发利用当地水资源的同时，需外调水源，以及寻找新的水源地。笔者通过对渤海湾区域第四纪地层分析及搜集石油电测井资料，予测在海湾的西北部海域100～150米以下可能找到更新统古滦河三角洲砂层承压水，砂层百分率可达20～40％，建议作出可行性研究的评价，乃具有重要的意义。

另外，不可忽视的是，遍布全区的咸水体，具有可利用性和可改造性。本区滨海海侵型咸水体厚度大，含盐量高，是化学类型复杂的高浓度咸水，应重视抽咸换淡改造，这不仅增加淡水资源，而且还可以得到丰富的化学资源。咸水体的综合利用，对于治理土壤盐渍化也是十分重要的。

（三）近一、二十年来，尽管水文地质学家和水资源学家们主张在定量表述地下水的数量时，往往注意不够或忽略地下水水质，至今有关地下水资源量的概念还停留在数量上的表述。七十年代，世界水资源的污染达到了最严重的程度。如美国饮用的地下水的40％也发生了污染，特别是巨量的工业废弃物，通过各种作用和途径严重地污染地下水。而我国每天的污废水排放量7000～8000吨，全国主要河流（含支流）的污染程度超过规定标准的占三分之一左右，被污染的耕地有四千多万亩，近几年的污水排放量正在以8％的速度增加中！滨海区大量任意开采地下水已显露出咸水体下移及海水入侵迹象，过量抽水致使水的硬度变大等水质恶化也日趋明显，引起地面沉降等都对地下水开发产生巨大影响。为此，建议在压缩地下水开采量的同时，为保护地下水水质应加强该区水质污染调查，提出防范措施。应当指出的是由于水质不良造成包括氟骨病在内的各种疾病的病因，尚有待进一步研究。海河二线闸建成后，可以清淤，闸上蓄水，闸下通航，但将会出现海河流域下游地段水质变咸，应及早加密布点监测，观测水质演变趋势，以便提前制定保护水质的有效办法。针对本区来自上游的污水及城镇的排水，采取雨污分流制，污水必先处理，后排放，各工业区都应建设自己的污水处理厂。进而从保持生态平衡的原则出发，协调开发“三水”（降水、地表水、地下水），工程措施和生物措施并重。我认为立即开展地下水水质模拟是环境水文地质工作中监测地下水质动态与予报地下水污染发展趋势的一种有效方法。

（四）由于“三集中”过量开采地下水，不仅使地下水下降漏斗不断扩展，而且尤为重要的是地面沉降愈加剧烈。燃眉之急的是大力压缩地下水开采量，逐步达到用地表水代替地下水，乃是解决地面沉降的根本性措施，在非用地下水不可的地段，需进行人工回灌。因为漏斗外围周边补给量，主要是由砂层压密释水和粘土压密释水量组成，换言之，地下水现有开采量的绝大部分是由地面沉降换取的，压密释水加剧地面沉降，夺取外围周边补给量，势必造成地面沉降向外扩展，因此属于不可开采地下水资源，所以为缓解地面沉降的发展，一方面要压缩集中开采区的地下水开采量，另一方面也应压缩区外围的地下水开采量。应根据

本区水文地质条件及开采现状，划出适宜开采层分区，凿井供水多而浅，少而深，浅部井距小（约300～500/米）、深部井距大（约1000～1500米）。众所周知，人工回灌是解决一些需要冷热源、填充空间、减少压密、促进地面回弹，增大地下水储存量的有效途径，但在水质要求和回灌量方面尚存若干难题，应深入试验研究，予以突破，加以推广。应加强地面沉降的监测，系统分析已有的地面沉降动态资料，努力研究抽灌水过程中土层的变形规律和机理，建立地下水开采量、回灌量、地面沉降量三者关系的数学模型，从而进行予报，为每年制定地下水采灌方案提供依据，把本区地面沉降勘察研究工作提高到一个新的水平。

（五）据国内外专家们予测，在未来的三、四十年间，全世界的水域几乎肯定会上涨，因为“温室效应”引起全球性气候变暖，全世界的海平面上升20～140 厘米，这就意味着海岸线至少后退一百英尺（30.48 米），因此本区工农业生产、人民生活都将会受到威胁，那么从现在起，应从战略上、宏观上要考虑未来灾害性的因素，结合本区风暴潮侵入的演变规律和特点，制定切实可行的防强潮工程方案。给出挡潮墙工程高程数据，必须分析天文大潮极值、风暴增水极值、风浪、暴雨、洪水等因素，以及地面沉降趋势、地壳下沉速率、地下水允许开采量和回灌量等影响因素的研究，这种分析和研究必须是多学科、高层次的进行，通过历史考证，临场观测和调查，综合研究，找出优化方案，使防强潮工程实施，落实到既经济又安全的基础上。

（六）要重视地下水的予测和形势分析，提高水资源的科学管理水平。地下水作为一种资源，对其制定开发利用决策时，必须赖于对其科学的予测，深入进行资源形势分析又是科学予测的基础和重要组成部份。到本世纪末，世界将濒临水荒，各国对其给予高度的重视，并进行长期的予测。我国国家领导者对水资源日趋紧张的问题十分重视，国家科委把“京、津及邻近地区的水资源的予测与评价的研究”列入重点课题之一，本课题利用系统分析方法、决策理论，计算机技术等现代科学技术和手段，多部门、跨学科、定性与定量的综合研究。其研究成果为国家决策提供科学依据。有关水资源的科学管理与国外先进国家相比，尚有差距，表现在水资源没有形成高效能的统管机构、管理制度和法制不健全、现代化管理手段不配套、经济杠杆效能发挥不够等方面，为此，在查清背景系列资料的基础上，致力从环境、社会、经济诸方面，充分利用地下水资源、提高一水多用、节约用水的效率、建立与完善水法、统一规划与调配，吸取国外科学管理的好经验，发挥本地的研究优势，不断提高综合研究予测和现代化管理水平，立足于我国长期的社会效益和经济效益。

参 考 文 献

〔1〕 沈照理等：《水文地质学》，科学出版社，1985年。

〔2〕 张先起：《水文地球化学基础》，长春地质学院，1981年10月。

〔3〕 ［苏］K·E·比契叶娃：《水文地球化学》，地质出版社，1981年。

〔4〕 胡佩清：《有限单元计算法—BT 法》，冶金工业出版社，1984年。

〔5〕 孙 杉：《同位素水文地质学专题讲座汇编》，长春地质学院，1981年10月。

THE EXPLORATION OF GROUNDWATER IN COAST PLAIN NEAR TIANJIN CITY, THE ASSOCIATED PROBLEMS AND THE PRECAUTIONS

Chen Tiansheng

Abstract

The author spent four years on investigation on the exploitation of ground water in the coast plain near Tianjin city. The situation has been made clear and a new idea of the elastic compensation mechanism of the deep formation water is put forward. Based on this exploitation of the deep formation water and the precaution for preventing subsidence, under groundwater pollution and storm and tide attack are proposed.