

# 青岛市水环境问题及防治对策\*

刘建霞 董怡熹  
(青岛地质工程勘察院)

**提要** 青岛是我国缺水城市之一。但本已紧缺的水资源却存在着水质污染、开采漏斗、海(咸)水入侵及高氟水等一系列水环境问题。文中分析了其发生原因、危害程度及发展趋势,并提出了综合治理建议。

**关键词** 水资源 地质环境 预防性措施 青岛市

青岛市地处山东半岛南部,东南濒临黄海,西临潍坊,东北与烟台市接壤,总面积 10654km<sup>2</sup> (市区面积 1315.07 km<sup>2</sup>)。青岛市是我国缺水城市之一,尽管引黄济青工程使得城市供水状况有所缓解,但该市缺水问题并未根本解决,预计 21 世纪初可能再度出现供水紧张局面,因此对水环境问题及其防治对策的研究具有重要意义。

## 1 区域水文地质概况

### 1.1 水文地质分区

综合地质构造、地貌及地下水埋藏条件等因素,青岛市可划分为三个水文地质区和九个亚区(图 1)。

(1) 胶北低山丘陵水文地质区(Ⅰ):分布于青岛市北部的平度、莱西境内,属胶北台拱西段。地貌形态为低山丘陵,

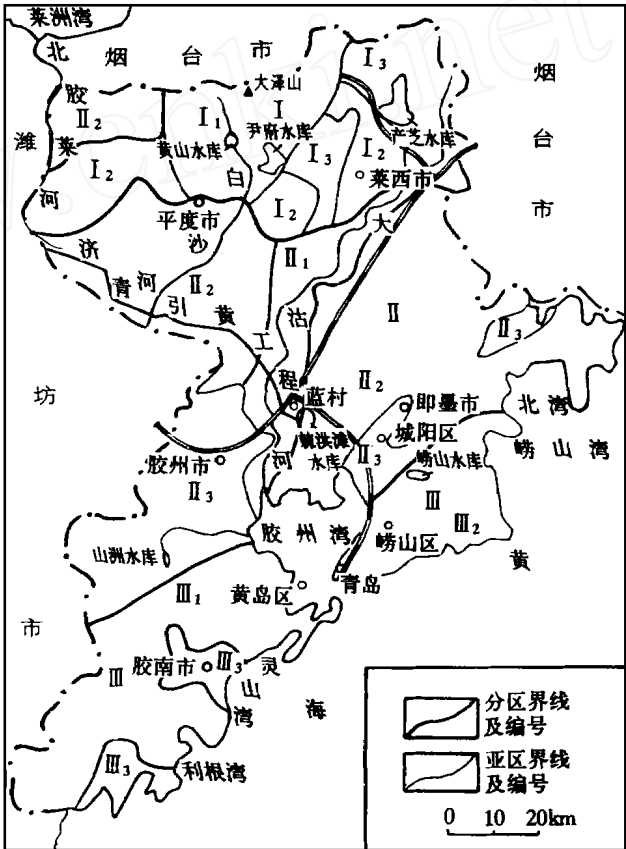


图 1 青岛市水文地质分区略图

Fig. 1 Hydro - geologic division of Qingdao city

\*本文 1999 年 4 月收到,1999 年 5 月改回,孟舞平编辑。

由北向南地势逐渐降低。根据岩性及地下水类型,该区可进一步划分为三个亚区:大泽山花岗岩类裂隙水亚区( 1 ),平度-莱西变质岩岩溶裂隙水亚区( 2 )及山间河谷第四系孔隙水亚区( 3 )。

(2) 胶莱盆地水文地质区( ):包括平度、莱西、胶州、即墨的大片地区,地质构造单元属胶莱中台陷,地貌形态为河谷平原、山前平原和剥蚀平原。该区为青岛市地下水最丰富的地区,可细分为三个亚区:大沽河河谷平原第四系孔隙水亚区( 1 ),北胶莱河以东山前平原第四系孔隙水亚区( 2 )及剥蚀平原碎屑岩、火山岩孔隙(洞)裂隙水亚区( 3 )。

(3) 胶南-崂山中低山丘陵水文地质区( ):分布在青岛市的东南部,包括胶南和崂山,属胶南台拱的东北段,地貌形态为中低山和丘陵,地势较高,坡度较陡,分别向北西胶莱盆地和南东沿海倾斜。该区可进一步划分为三个亚区:胶南花岗岩、变质岩裂隙水亚区( 1 ),崂山花岗岩裂隙水亚区( 2 )及沿海河谷平原第四系孔隙水亚区( 3 )。

## 1.2 地下水类型及其特征

根据地下水的埋藏条件和含水层介质的特征,区内地下水可划分为五种类型:松散岩类孔隙水,碎屑岩类孔隙水,喷出岩类孔洞裂隙水,碳酸盐岩类裂隙岩溶水和块状岩类、层状岩类裂隙水。

青岛地区地下水运动方向基本与地形坡降、地表水系相一致。大气降水几乎是山丘区基岩裂隙水的唯一补给来源,大部分降水变为地表径流向海洋和胶莱盆地排泄汇集,仅有少量降水渗入到地下转化为地下水。地下水在基岩裂隙、孔洞、岩溶中储藏,并向下游运动,途中一部分补给平原地下水,另一部分以泉的形式排出地表成河川基流。由于裂隙发育深度浅,水力坡度大,故地下水交替循环强烈。胶莱盆地各河谷平原和沿海平原孔隙水,因地势低平,除接受大气降水的直接入渗补给外,还接受地表水和上游山区地下水的补给,成为地下水最富集的地段。该区地下径流排泄一是通过北胶莱河向北排向莱州湾,二是汇集到大沽河向南排向胶州湾。因地势平坦,水力坡度小,径流速度缓慢,因此排泄量不大。近年来随着用水量的增大,人工开采已成为该区地下水的主要排泄方式。

## 2 青岛市主要水环境问题

大气降水、地表水、海水等在统一的空-地-海-空大循环中,与大气及其他介质环境进行多种物理、化学反应(吸附、水合、水解、电离、氧化、还原等),使得不同时间不同地域的水化学组分差别较大,这些水的质量大部分符合生物与人类所需,局部地段则出现了高氟、高卤水;而人类活动,大气飘尘、工业三废、农药化肥、生活垃圾等从空中到地下使水资源污染、变质,同时超量开采地下水还引发了降落漏斗及海水入侵等一系列水环境问题。青岛市的主要水环境问题列述于下:

### 2.1 水质污染

#### (1) 大气降水污染

青岛地区的大气降水污染主要表现为酸雨。在 1982 年全国酸雨普查中,青岛酸雨致害程度属北方城市之首。青岛地区酸雨类型有  $\text{SO}_2$  氧化水型、降雨洗尘脱 Ca 型及混合型三种,1985 年酸雨频率为 67%~72%,雨质 pH 加权平均值为 5.17~5.22,其时空分布率为城区高于郊区,冬季高于夏季。由于近年来青岛对烟尘采取了治理措施,使酸雨频率有所减少,1995 年为 44.3%,年总降水 pH 值为 4.99,酸雨 pH 值为 4.83,但酸雨对地下水已造成污染,降低了近城区东郊一带矿泉水的质量。

### (2) 地表水污染

青岛市主要供水水源地为崂山水库、棘洪滩水库、产芝水库及尹府水库、大沽河集水井群等,供水量约占全市的 80%左右。各大水库水质污染较轻,主要超标项目为浑浊度、pH 值和细菌,因受金矿和石墨矿矿山排污影响,产芝水库氟化物在个别年份也有超标现象。

大沽河为青岛市第一大河,也是主要供水水源地,因其上游汇入了携带莱西市工业废水和生活污水的洙河,因此水质污染严重,超标项目有化学需氧量、五日生化需氧量及氨氮三项,其中氨氮污染最重,年均值超标 69.2 倍;下游因受支流污水汇入和大潮时海水倒灌的影响,水质进一步恶化,其中有机质污染比较突出;入海口因受云溪河污水和潮水顶托作用,水质污染尤为严重,具体表现为超标项目多,超标率高,其中悬浮物、高锰酸盐指数超标率达 90%以上。

流经城区的河流均为排污河,污染现象最为严重,它们大多汇入胶州湾内,对其东部海区也造成了污染。

### (3) 地下水污染

随着大环境质量的下降,地下水亦不同程度地受到污染,区内基岩分布区地下水污染较轻,而第四系分布区则污染严重,据工矿区及水系分布状况可划分为以下三个地带:

大沽河上游—矿山、城镇工业排污污染区:区内集中分布有金矿和石墨矿,受矿山及工业排污影响,使上游补给的  $\text{HCO}_3^-$  型优质水变为  $\text{SO}_4^{2-}$ — $\text{Cl}^-$  型或  $\text{Cl}^-$  型水,超标项目为硬度、矿化度、 $\text{SO}_4^{2-}$ 、 $\text{NO}_3^-$ 、挥发酚类、氟化物等;

环胶州湾—城镇、工业排污污染区:区内各河系均为纳污河,地下水受到严重污染,部分河道因近海地段过量抽取地下水导致海(咸)水入侵,地下水变咸,年均值超标的项目有:硬度、 $\text{SO}_4^{2-}$ 、 $\text{NO}_3^-$ 、 $\text{Al}_2\text{O}_3$ 、 $\text{Mn}^{2+}$ 、 $\text{Cr}^{6+}$ 等,地下水化学类型为  $\text{Cl}^-$ — $\text{SO}_4^{2-}$  型;胶州乔集乡氨基酸厂排污于无名小河,地下水遭严重污染,其中  $\text{Cl}^-$  超标 40 倍,矿化度超标 20 倍,硬度超标 1.8 倍,属  $\text{Cl}^-$ 、 $\text{NH}_4^+$  特殊类型;

北胶莱河下游—矿山排污与咸水入侵区:沿河区域第四系深部为咸水区。明村—田庄—张舍以北碳酸盐岩类裂隙岩溶水地带,为十几家小石墨矿分布区,受其排污影响,地下水中硬度、矿化度、 $\text{NO}_3^-$  超标; $\text{Cl}^-$ 、 $\text{Pb}^{2+}$  含量大幅增加,已接近超标值,水化学类型为  $\text{Cl}^-$  型。

## 2.2 开采漏斗

区内地下水开采漏斗是在 70 年代末逐渐形成的,在采补失衡的状况下继续发展,当开采量大于补给量时,漏斗扩展、加深,反之则收缩、变浅乃至平复。青岛地区近年

来主要有大沽河下游和平度南注两个开采漏斗区。

大沽河漏斗区:位于大沽河下游,漏斗中心在李哥庄—蓝村西站,最大埋深8.55m,漏斗面积为38.23km<sup>2</sup>,呈长条形,1994年丰水期曾平复过。

平度南注漏斗:由大量开采地下水造成的漏斗,以蓼镇南新华造纸厂为中心,呈箕形向胶莱河扩展,现已越河延伸至高密市境内,漏斗面积1997年为321.20km<sup>2</sup>,1998年为375.20km<sup>2</sup>,中心最大埋深15.10m。

青岛地区地下水漏斗有三个特点:受含水层厚度和分布面积的限制,漏斗范围小,埋深不大;漏斗发育有扩有缩,基本上处于多年调节允许范围内;多数漏斗距海较近,而距城区较远。因而导致的环境问题主要有三个:一是因水位下降、埋深加大而使浅井报废,给取水造成困难;二是地下水位下降使得地表污水不易排出区外,因而大量渗入地下,加速了地下水污染;三是近海漏斗的形成和扩展,改变了地下水天然流场,导致海(咸)水入侵。

### 2.3 海(咸)水入侵

区内入海河流的下游至入海口地带,向海方向第四纪堆积物依次由冲洪积层—海陆交互相沉积层—海相淤泥层组成。自然状态下,海(咸)水大致沿海相沉积层分布,但人类活动往往改变水的自然流场,破坏其原有的均衡状态,从而导致海(咸)水入侵。青岛地区海(咸)水入侵规模较小,但发生时间较长,速度快,入侵类型多,且多发生在供水源地,已给工农业生产和居民生活造成困难和危害,更为严重的是海(咸)水入侵在某些地段还有扩展之势,因而使得水源地开采范围缩小,降低了供水能力。

#### (1) 大沽河下游地区

该河下游除近代河床外均为咸水分布区,面积50km<sup>2</sup>。自1981年开发大沽河水源地作为青岛市应急供水水源以来,因疏干性开采,在李哥庄一带形成面积约100km<sup>2</sup>的地下降落漏斗(中心最低水位-8.16m),从而引起咸水内侵,并导致海水倒灌。1995年咸水边界位于周臣屯村南、小窑村北—何营庄北一线,入侵范围有所后退,引黄干渠两侧地下水Cl<sup>-</sup>含量已明显下降,但受漏斗中心向蓝村西移动的影响,咸水区沿古河道向小窑北仍有扩展之势(表1)。

#### (2) 白沙河和墨水河下游地区

两河冲积层富水区面积达68km<sup>2</sup>,现为青岛市水源地和蔬菜基地,其下游铁路以西近海地带分布有海相沉积层。70年代由于地下水超量开采而引发海水入侵,造成粮(菜)田大幅减产甚至绝产,成为青岛市海水入侵最早危害最大地区。近年来,港东—京口新环海公路以西近海地带甚少抽取地下水,蔬菜种植也采取了节水措施,地下水的用量得到了有效地控制,因而苇苫、西果园一带的海水入侵有所后退。但皂户及其西南一线因继续抽取地下水用于灌溉,使得港东附近Cl<sup>-</sup>含量仍在逐年增高。

#### (3) 平度新河—灰埠地区

该区位于冲洪积平原与滨海的接合部,海相与陆相沉积交错叠置。由于地势低平,海积层发育,故地下水水质差,大部分地段属上淡下咸区。最近十几年,因天旱少雨,上游地下水径流补给锐减,加之超深超量开采地下水用于农业灌溉,因而地下水位大幅下降,最低水位已在-5m以下,这就使得底部咸水上返,北部咸水南侵,海水顺河上

溯倒灌。其结果:原来的淡水区变成微咸水区,微咸水区变为咸水区,土地盐渍化加重,地下水基本不能利用,只有在极度干旱时不得已才用于灌溉。

表1 大沽河流域海(咸)水入侵区  $\text{Cl}^-$  和 M(矿化度)变化

Table 1 Distribution and variation characteristics of  $\text{Cl}^-$  and M(mineralization degree) in sea(salty) water intrusion of Dagu river basin

点 位	点号	起始年(1986 或 1987 年)		1990 年		1990 年	
		$\text{Cl}^-$ (mg/L)	M(g/L)	$\text{Cl}^-$ (mg/L)	M(g/L)	$\text{Cl}^-$ (mg/L)	M(g/L)
李哥庄镇何营庄	11231	441.02	1.24	476.46	1.61	459.08	1.80
李哥庄镇东	11206	257.81	1.24	280.23	1.28	264.10	1.36
李哥庄镇周臣屯北	11232	164.82	1.24	155.00	1.16	135.60	1.01
李哥庄镇马家庄北	11248	571.78	1.78	2040.6	4.78	1457.0	4.26
李哥庄镇小窑村东南	11253	64.82	0.74	258.9	1.01	434.26	1.55
李哥庄镇大窑村东	11265	67.56	0.73	99.14	0.86	223.34	1.81
李哥庄镇冷家庄	11260	82.85	0.45	123.2	0.77	116.98	1.07
蓝村镇三里村	12247	269.61	1.21	244.5	1.11	217.19	1.16

除上述外,胶南寨里乡大洋,黄岛辛安,莲阴河下游,张村—李村河下游,沙子口近海洼地和登瀛洼等近海小型供水源地,均因超量开采地下水而不同程度地出现海(咸)水入侵。

## 2.4 高氟水

高氟水是一种氟含量高的地下水,青岛地区分布面积约  $600\text{km}^2$ ,大沽河西岸至胶莱河之间的低洼地带是其主要分布区,其中中庄镇以南的地下水氟含量最高,即墨长直及胶州洋河下游也有零星分布。高氟区水环境具有地下水径流滞缓,水质偏碱性(pH值为7.3~8.0)及浅部地下水氟含量高于深部的特点。发病区地下水中氟含量一般大于  $1\text{mg/L}$ ,最高氟含量已超过国家规定的标准饮用水的5倍。

长期饮用氟含量高的地下水或食用氟含量高的食品,是引发釉齿(氟斑病、大黄牙)和氟骨病(糠骨病)的重要原因,故高氟水地区应重视对氟病的防治。

## 3 防治对策

水环境是与人类生存须臾不可离的,营造一个良好的水环境,必须加强法治力度,制定相应的防治对策。针对青岛市水环境问题,提出以下综合治理建议:

(1) 加大法治力度是防治水环境恶化的根本问题<sup>[1]</sup>,因此要严格执行有关水质保护和防治水质污染的法律、法规和条例等。

(2) 改变能源结构,使原煤转化为煤制气等洁净能源,减少小锅炉、小烟囱,降低  $\text{SO}_2$  和粉尘污染,以净化大气降水。

(3) 建立水源保护区,对水源地的水量、水质要严加监控与保护,并对污染源进

行治理,如:严禁在保护区范围内,特别是上游地区建立有毒有害和废弃物不易降解的工厂和选矿厂;严禁小电镀、小化工、小农药、小造纸、小冶炼等乡镇厂矿企业排放未经处理的废气、废液、废渣等;加强农药的科学调配、使用和管理,采用生物防治与农药防治相结合的办法处置病虫害;实行科学配方施肥,提倡多施有机肥;严禁在河床地段采砂等。

(4) 科学开发利用地下水资源,控制地下水开采量和开采强度。要根据一个地区水资源补给量和可动用储存量的多少,确定地下水开采量并合理选定开采区段及不同时段的水量,以避免长期超采;忌在海(咸)水入侵体前缘与漏斗边缘之过渡带超量、超深取水,将开采漏斗限制在一定范围和深度内;选用符合水质标准的水源进行人工回灌补给地下水;选择合适地段修建地下水库,增加储存量以减少弃水量。

(5) 在适宜地段修建地下水防渗帷幕<sup>[2]</sup>,蓄淡阻咸,增加地下淡水的补给量。

(6) 合理开发利用海岸滩涂。对近海农田应分带开发,有水利条件的可营造稻田,引表水以淡压咸,同时在其下游培育耐盐经济作物种植带(如芦苇等),或开发适宜于混合水生长的养殖业。这样既可防止海水入侵,又能趋利避害。

(7) 区内浅层水氟的含量大于深层水,故应分层取水;成井时应将钙质结核层封掉,只取深层水;严重区应引用客水或设立除氟装置。

总之,青岛地区地下水普遍存在水质污染等水环境问题,这个问题只有通过全社会共同努力才能解决。加强综合治理,科学开发利用地下水,将是今后长期而艰巨的一项任务。

### 参 考 文 献

[1] 贾永刚,谭长伟,刘长军等. 青岛城市工程地质. 青岛海洋大学出版社,1995

[2] 石宝玉,胡慧萍. 山东省主要地质灾害及防治对策. 山东地质,1998,14(2):46~51

## WATER ENVIRONMENTAL PROBLEMS AND PROTECTION MEASUREMENTS IN QINGDAO CITY

Liu Jianxia and Dong Yixi

(*Qingdao Geologic - engineering Institute*)

### Abstract

Qingdao, one of the water - lack city in China possesses a series of water environmental problems, that is, water pollution, exploration funnels, intrusion of sea (salty) water, and high - F exsiting. On the basis of analysing the origin, developing trendence and harmful degree of them, comprehensive measurements have been put forward.

**Key words:** Water resources, geological environment, protection measurements, Qingdao city