

# 山东省主要生态环境地质问题与调查方法探讨

徐军祥<sup>1</sup>, 石宝玉<sup>2</sup>, 程秀明<sup>2</sup>

(1. 中国矿业大学, 北京 100083; 2. 山东省地矿工程勘察院, 山东 济南 250014)

**摘要:**山东省主要生态地质环境问题——海(咸)水入侵、地下水超采漏斗、地面塌陷、地面沉降、地裂缝、地下水串层污染,主要是对地下水不合理开发造成的。从综合治理的需要出发,新一轮生态地质环境调查应包括地下水潜力调查、地下水环境质量调查、地下水环境保护区划、地下水调蓄条件调查、环境地质问题与灾害调查等内容。在调查方法上,要充分利用“3S”技术,要采用点、线、面结合的调查方法,要确定重点、典型区、带加深调研以带动面上的调查,并要针对各地不同情况有侧重的开展调查工作。

**关键词:**生态地质环境;地下水排补关系;调查内容与方法;山东省

**中图分类号:** P641; X143; X820.2

**文献标识码:** A

山东是具有近一亿人口的大省,面对人口日益增长和国民经济的快速发展,人口、资源、环境之间的矛盾日益突出,各地与地下水开发有关的生态环境地质问题日趋明显。采用切实可行的调查方法,研究全省生态环境地质问题,预测其发生发展趋势,提出科学合理的解决对策,遏制生态环境恶化势头,是摆在环境地质工作者面前的重大课题。本文侧重分析主要生态环境地质问题的诱因,并探讨下一步相关调查内容与方法。

## 1 主要生态环境地质问题分析

据调查监测,目前全省因地下水开发以及工程建设活动引发的环境地质问题主要有:海(咸)水入侵、地下水超采漏斗、地面沉降、地面塌陷、地裂缝、地下水串层污染等(图1)。

### 1.1 海(咸)水入侵

山东省海(咸)水入侵始于20世纪70年代中期,20多年来,随着地下水开采量的增长,沿海地区海(咸)水入侵规模不断扩大。目前从广饶至龙口整个莱州湾南岸,均有不同程度的海(咸)水入侵发生;在青岛、威海、烟台、日照等河口地带也出现了规模

不等的海(咸)水入侵(图1)。

#### 1.1.1 咸水入侵

咸水入侵出现在广饶—寿光—寒亭—昌邑至平度灰埠的沿海低平原。该地段地形平坦,潮滩宽10~18km,高程5m以下,多为潮滩盐碱地,地下水径流迟缓,以垂直蒸发排泄为主,加之海潮影响,地下水含盐量较高,多为咸水或卤水。咸水地段之南为山前冲洪积平原区,地下水径流畅通,水交替强烈,水质为低矿化度淡水,在天然条件下,地下水由南向北径流,部分排泄补给咸水。近20多年来,由于该区大量开采地下水,开采强度超过了天然补给能力,加之气象因素等原因,导致淡水区水位大幅度下降,在淡、咸水接壤处附近地带地下淡水水位低于咸水水位,造成咸水反向补给淡水,形成咸水入侵(表1)。

从表1可以看出,1979~1985年咸水入侵面积剧增。90年代以来,咸水入侵总面积增幅不大,1999年还出现了面积较以前缩小的现象,但2000年,由于降水量减小等原因,咸水入侵面积又有扩大,比1999年增加154.8km<sup>2</sup>,是1990~1999年10年增加面积的1.7倍。看来只要进入枯水系列年份,地下淡水开采量增加,地下淡水水位下降,地下咸水入侵速度就加快,入侵面积就扩大。

\*收稿日期:2002-05-14;修订日期:2002-07-23;编辑:王先起

作者简介:徐军祥(1961-),男,山东广饶人,教授级高级工程师,主要从事水工环技术管理工作。

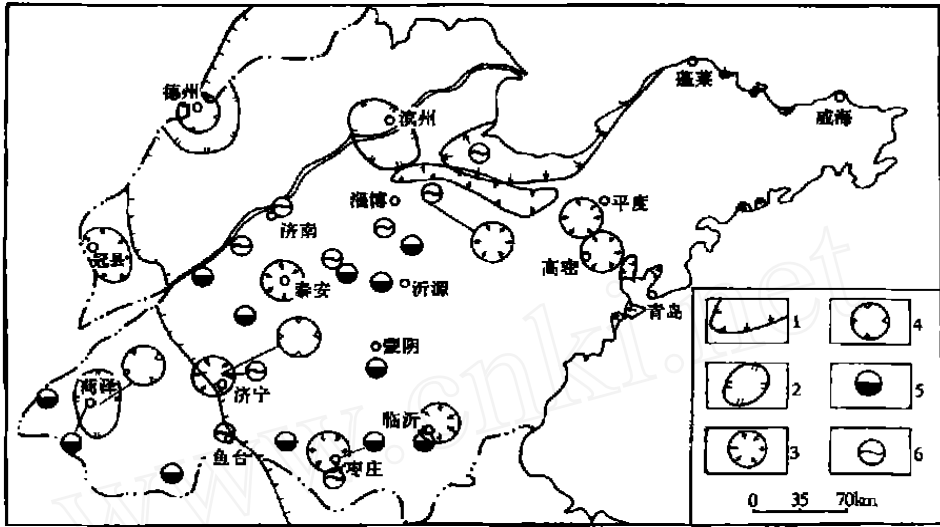


图1 山东省主要环境地质问题现状

Fig. 1 Condition of major geological environmental problems in Shandong province  
 1—海咸水入侵(箭头为入侵方向);2—深层地下水超采漏斗;3—浅层地下水超采漏斗;  
 4—地面沉降区;5—地面塌陷;6—地裂缝

表1 历年咸水入侵面积统计(km<sup>2</sup>)

Table 1 Square statistics of (salt) water intrusion each year (km<sup>2</sup>)

年份	1976	1979	1985	1990	1995	1998	1999	2000
入侵面积	7	39	1093.2	1623.2	1756.4	1757.2	1714.8	1869.6

1.1.2 海水入侵

海水入侵主要发生在莱州—招远—龙口—一带沿莱州湾东岸的堆积平原。该地段呈狭窄带状,宽3~5km。在天然条件下,地下水水位高出海水面,地下水向海水方向径流排泄。当地下水超量开采时,造成地下水水位大幅度下降,在沿岸地带地下水水

位低于海水水位时,海水就向内陆地下淡水含水层补给,形成海水入侵。烟台、威海、青岛等市的河口地段,是当地的主要供水水源地,由于超量开采地下水,使沿河两岸地下水位大幅度下降,也形成海水入侵。目前全省海水入侵面积已达587.64km<sup>2</sup>(表2)。

表2 山东省海水入侵面积统计(km<sup>2</sup>)

Table 2 Square statistics of sea water intrusion in Shandong province (km<sup>2</sup>)

年份	莱州	招远	龙口	芝罘	海阳	即墨	城阳	胶州	黄岛	胶南	莱阳	蓬莱
1977		31.2	31.28									
1979	52.13											
1980	23.4											
1982	39.2											
1983	71.1											
1984			64.5				8.0					4.7
1986				3.9								
1987	169.6											
1988	202.0		78.4									
1989	212.0		85.7									
1990	221.0	4.13	88.7	12.7	2.0		8.5	13.5				
1991	230.0	11.3				1.8						
1992				15.6	47.8				2.0		22.3	22.4
1994	238.2		124						4	4.5		27.3

## 1.2 地下水超采漏斗

山东省已出现多处地下水超采漏斗,其主要超采漏斗的基本情况见表3。

表3 山东省主要地下水超采漏斗基本情况统计

Table 3 Basic condition statistics of major underground over-mining funnels in Shandong province

漏斗名称	允许开采量 ( $10^4\text{m}^3/\text{d}$ )	平均开采量 ( $10^4\text{m}^3/\text{d}$ )	漏斗面积 ( $\text{km}^2$ )	现状水位标高(m) 水位埋深(m)
淄博大武水源地超采漏斗	39	51.56	48	15.44 ~ 54.64
泰安城区水源地超采漏斗	2.5	4.11	22.5	91.87 ~ 43.65
桓台、广饶、寿光、寒亭、昌邑超采漏斗			2210	- 39.77 ~ 57.50
平度水源地超采漏斗	3.38	4.59	187	- 3.73 ~ 14.30
高密水源地超采漏斗	1.13	1.36	30	0.31 ~ 16.93
冠县—莘县超采漏斗			860	16.0 ~ 21.213
济宁城区水源地超采漏斗	22	36.61	237	20.31 ~ 20.23
德州水源地超采漏斗	3.86	6.98	2015	73.0 ~ 94.0
滨州水源地超采漏斗			2000	70.39 ~ 78.0
菏泽城区水源地超采漏斗			1500	19.1 ~ 70.0

山东省地下水超采漏斗可分为如下几种类型:

裂隙岩溶水超采漏斗:如淄博大武水源地超采漏斗、泰安市城区水源地超采漏斗。

孔隙水超采漏斗,又可分为两类:一类为浅层地下水超采漏斗,如桓台—广饶—寿光—寒亭—昌邑超采漏斗、平度水源地超采漏斗、高密水源地超采漏斗、冠县—莘县地下水超采漏斗等;另一类为深层地下水超采漏斗,如德州、滨州、菏泽等深层地下水水源地超采漏斗。

地下水超采漏斗的形成和发展,其主要原因是长期不合理开采地下水,破坏了开采地段地下水的采补动态平衡关系,使地下水储存资源不断消耗,从而导致地下水水位持续下降,含水层的储存量部分被疏干,形成超采疏干漏斗。

## 1.3 地面塌陷

山东省地面塌陷是在人为工程活动中,特别是在抽取地下水时,地下水动力条件、土体与地下水之间的力学关系发生变化造成的。

由地下水开采引发的地面塌陷可分为两种类型。其一是开采岩溶水引发的地面塌陷,多分布在鲁中南中低山丘陵碳酸盐岩分布地区。其产生原因,一是潜蚀作用:即在隐伏灰岩分布区,长期超量

开采岩溶水或水库蓄水,导致水位大幅度变化,地下水流速增大,土颗粒迁移引起土层塌落;二是真空吸蚀作用:即地下水位低于土层底板时,使水面与土层间形成真空负压,土层在重力及负压吸力的综合作用下,产生坍塌,发生地面塌陷。泰安市地面塌陷、枣庄市地面塌陷、莱芜市地面塌陷、沂源县地面塌陷、平阴县地面塌陷、蒙阴县地面塌陷、临沂市地面塌陷、淄川区地面塌陷等均属此类。其二是开采孔隙水引发的地面塌陷,主要是抽取松散沉积层中的孔隙水改变了地下水的动力条件,引起粉砂质土粒流失,导致地面塌陷。该类型地面塌陷多分布在鲁西南平原松散岩类水文地质区,以古河道附近最为常见。东明县地面塌陷、菏泽市地面塌陷、单县地面塌陷、鱼台地面塌陷等均属孔隙水引发的地面塌陷(表4)。

## 1.4 地面沉降

山东省地面沉降主要发生在鲁西北平原松散岩类水文地质区,主要是人为抽取地下水,导致上部弱含水层失水压密所致。山东省较明显的地面沉降有德州市地面沉降、济宁市地面沉降、菏泽市地面沉降(表5)。

表4 山东省地面塌陷调查统计

Table 4 Statistics of surface collapses in Shandong province

地区	隐伏岩溶区		松散沉积区		发生时间 (年)
	塌坑个数	塌坑面积	塌坑个数	塌坑面积	
泰安	152	25			1970~1994
枣庄	200	25			1980~1996
莱芜	85	0.77			1973~1994
沂源	11	0.003			1978~1989
平阴	1	0.0002			1993
蒙阴	148	0.8			1991~1992
临沂	8	0.0026			1982~1995
淄川	4	0.0007			1992
东明			3		1972~1981
菏泽			3		1980~1981
单县			105	0.32	1992
鱼台			200	3.24	1988

表5 山东省主要地面沉降区现状监测调查

Table 5 Monitoring survey of ground subsidence condition in Shandong province

沉降	沉降面积 (km <sup>2</sup> )	沉降总量(mm) 沉降速率(mm/a)	沉降时间(年)
德州市	314	298.90~17.58	1980~1997
济宁市	110.91	200.00~20.00	1988~1997
菏泽市	136.33	181.90~9.57	1978~1997

### 1.5 地裂缝

山东省地裂缝主要发生在济南、枣庄、淄博、泰安、青岛等地的胀缩性粘土分布区。其产生原因主要为人工长期开采地下水引起的水位下降。水位下降使土体中粘性土失水收缩;雨季降水入渗、水位升高,土体又吸水膨胀;土体反复收缩、膨胀导致地面出现裂缝。山东省地裂缝基本情况见表6。

### 1.6 地下水串层污染

地下水串层污染,主要分布在淄博、东营、潍坊一带,多发生在山前污染河流两侧地段。已遭受污染的上部浅层地下水越流补给中深层地下水或人工凿井揭串浅层和中深层地下水,施工过程中两层间止水不好,引起受污染的浅层地下水下渗,向中深层地下水补给,久之使中深层地下水水质变差。

表6 山东省地裂缝现状调查

Table 5 Condition survey of earth cracks in Shandong province

地点	裂缝条数	裂缝长 (m)	裂缝宽 (m)	发生时间 (年)
广饶县稻庄	10	1200	0.2~2	1989
长清县南王庄	7	280	0.2~0.4	1987~1989
泰安市旧县	7	360	0.03~0.06	1988~1993
青岛市仲村	2	110	0.02~0.4	1981~1993
淄博张店大徐村	1	200	0.2~0.4	1987
淄博临淄赵王庄	1	110	0.2~0.3	1989
枣庄市峄城	20	1450	0.02~0.1	1986~1994
济南历城张马	1	20	0.05	1989
鱼台县老寨	30	1950	0.2~0.8	1988~1992
微山县城关	7	140	0.03~0.05	1983
济宁市城区	1	20	0.02	1992

## 2 生态地质环境调查内容与方法探讨

上述生态环境地质问题与近20年水文、气象条件的变化和人类社会经济活动的加剧相关,是地下水资源的原有补、排关系被打破引发的。面对国家实施新一轮国土资源大调查的机遇,结合山东省水文地质、环境地质条件的变化情况,深入探讨现状条件下生态地质环境的调查内容和方法,是高质量完成新一轮生态环境地质调查工作的需要,也是制定切实可行的综合治理方案的需要。

### 2.1 生态地质环境调查内容

生态地质环境是一个复杂的系统,地下水是系统中最活跃的因子,能够反映生态地质环境的优劣,而生态地质环境质量下降又体现在环境地质问题、地质灾害上,因此,生态地质环境的调查内容重点应包括:新一轮地下水潜力调查与评价;地下水环境质量调查;地下水资源保护区划;地下水调蓄条件调查;环境地质问题与地质灾害调查评价等。

(1)地下水资源潜力评价:评价地下水资源潜力,划分出超采区、平衡区和有潜力的地区,并划分出对生态系统产生危害的区域,提出合理利用地下水资源的方案。

(2)地下水环境质量调查:对地表水、地下水进行污染评价和质量评价,查明地下水污染类型与机理,进行地下水易污性分区评价。

(3)从地下水资源保护角度,进行生态地质环境

保护规划,并制定各级保护区的技术要求。

(4)地下水人工调蓄条件调查:查明水文地质条件,确定含水层调蓄能力,提出调蓄工程类型、位置,确定地下水合理埋深,并预测其对生态环境的影响。

(5)地质灾害与环境地质问题调查:查明灾害类型、时空分布、规模和危害程度,预测其发展趋势,重点提出地质灾害治理与环境地质问题预防技术对策。主要灾种包括海水入侵、地下水漏斗、地下水污染、地面沉降、地面塌陷、海岸侵蚀、水土污染及地方病等。

## 2.2 生态地质环境调查方法

(1)生态地质环境调查应充分利用“3S”技术,结合地面调查、钻探、物探、取样、试验等常规方法进行。“3S”技术应用是生态地质环境调查的主要技术方法,应当贯穿于整个调查过程的始终。利用RS技术对生态环境的动态监测,可以分析生态环境的变化规律和变化趋势,突破以往对地质环境调查静态分析的局限性。利用同时相的遥感数据可以分析水文网、植被、土地利用、地貌、海岸线、海洋环境、地质灾害的分布及其动态变化情况。综合利用RS、GPS、GIS技术,将大量信息从定量、动态等方面进行综合集成,实现数据采集、图形分析、图像处理系统合一,能够实现对生态地质环境质量现状和未来状况的分析评价。

生态地质环境调查成果要数字化、信息化。应充分利用GIS技术处理和管理调查中取得各类数据与图形信息,调查成果要以数字和图形信息出现。调查成果要具备新颖性与实用性,通俗易懂,便于公

众使用”。

(2)区域地质环境调查应采取点、线、面相结合的方法,其目的是既宏观查明区域地质环境条件,又突出重要城市、重要经济规划区、大中型地下水水源地、地质灾害多发区及重要自然保护区的地质环境调查。

(3)确定重点生态地质环境研究区和典型生态环境地质调查带,以重点地区生态环境调查工作为主,带动面上的调查工作。在典型生态环境地质调查带应采用1:10万的精度进行调查;在专项环境地质调查区(如地下水调蓄研究区)应采用1:5万的精度进行调查;在一些典型地质灾害发生区(如采矿塌陷区、岩溶塌陷区)应采用1:1万精度进行调查。既要调查区域生态地质环境的区域性规律,又要使具体的生态地质环境问题得到深入研究。重点研究区应在空间和时间上加密工作量,保证工作精度。

(4)生态地质环境调查应紧密结合经济建设和社会发展需求,并针对各地的不同情况开展工作,部署上既要全面系统,又要有所侧重。如在鲁西北平原区应着重围绕地面沉降、地下水超采漏斗、海(咸)水入侵、地下水串层污染等地质环境问题开展调查研究;在鲁中南中低山丘陵区应着重围绕矿山生态环境问题及岩溶水超采漏斗、地面塌陷、地裂缝、水土流失、地下水污染等地质环境问题开展调查研究;在鲁东低山丘陵区工作重点应为地下水调蓄条件调查及海水入侵、海岸带保护、矿山生态环境问题的调查研究等。

参考文献:(略)

# Study on Major Ecological Environment Problems and Its Survey Method

XU Jun - xiang<sup>1</sup>, SHI Bao - yu<sup>2</sup>, CHENG Xiu - ming<sup>2</sup>

(1. China Mineralic University, Beijing 100083, China; 2. Shandong Geo - engineering Institute, Shandong Jinan 250014, China)

**Abstract:** Sea (salt) water intrusion, funnels, surface collapse, ground subsidence, cracks and underground water pollution in different layers are major ecological environment problems in Shandong province, which are mainly caused by unreasonable mining of underground water. In order to fit the demand of complicated management, a new circle ecological environment survey are carried out, including underground water potentiality survey, underground water quality survey, protection plan, adjusting pondage condition survey, geological environment problems and hazard survey. Survey work should be done pointing to different condition.

**Key words:** Ecological environment; reentry and outflow of underground water; survey content and method; Shandong province