

# 浅议宁波市地下水环境特征与防治

孙永辉, 赵洋, 王伟, 祝晓松, 张中跃, 孙伟涛, 裴阳

中国地质调查局廊坊自然资源综合调查中心, 河北 廊坊

收稿日期: 2021年11月18日; 录用日期: 2022年1月24日; 发布日期: 2022年2月22日

## 摘要

地下水是水资源的重要组成部分, 不仅维持着生态系统的平衡, 同时也是保障城乡居民生活、支撑社会经济发展的基本要素。本文通过对近几年内的宁波市地下水监测数据进行综合分析, 阐明宁波市地下水开发利用、水位、水质、水温等环境特征。结果显示, 宁波市地下水开发利用总体减少, 地下水水位呈上升趋势, 地下水漏斗逐渐减小或消失, 但仍存在不同程度的污染。最后分析探讨地下水污染的成因, 提出地下水防治措施, 为宁波市地下水的开发与保护提供建议。

## 关键词

地下水, 环境特征, 成因分析, 防治建议, 宁波市

# Discussion on the Groundwater Environmental Characteristics and Prevention in Ningbo City

Yonghui Sun, Yang Zhao, Wei Wang, Xiaosong Zhu, Zhongyue Zhang, Weitao Sun, Yang Pei

Langfang Natural Resources Comprehensive Survey Center, China Geological Survey, Langfang Hebei

Received: Nov. 18<sup>th</sup>, 2021; accepted: Jan. 24<sup>th</sup>, 2022; published: Feb. 22<sup>nd</sup>, 2022

## Abstract

Groundwater is an important part of water resources, it not only maintains the balance of the ecological system, but is also a basic element for ensuring life of residents and supporting social economic development. This paper analyzes the groundwater monitoring data of Ningbo City in recent years to clarify the environmental characteristics of the groundwater utilization, water level, water quality, and water temperature. The results show that the groundwater utilization in Ningbo City has decreased, the groundwater level has shown an upward trend and the groundwater funnel has gradually decreased or

作者简介: 孙永辉(1992-), 男, 浙江湖州人, 1992年11月出生, 硕士研究生, 助理工程师, 毕业于中国地质大学(北京), 主要研究方向为自然资源综合调查, Email: 769181042@qq.com

文章引用: 孙永辉, 赵洋, 王伟, 祝晓松, 张中跃, 孙伟涛, 裴阳. 浅议宁波市地下水环境特征与防治[J]. 水资源研究, 2022, 11(1): 70-76. DOI: 10.12677/jwrr.2022.111007

disappeared, there are still varying degrees of pollution. Finally, we analyze and explore the causes of groundwater pollution, propose groundwater prevention measures, and provide suggestions for the development and protection of groundwater in Ningbo City.

## Keywords

Groundwater, Environmental Characteristics, Cause Analysis, Prevention Suggestions, Ningbo City

Copyright © 2022 by author(s) and Wuhan University.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



## 1. 引言

地下水是水资源的重要组成部分, 不仅维持着生态系统的平衡, 同时也是保障城乡居民生活、支撑社会经济发展的基本要素。随着社会经济的飞速发展, 农业、工业、矿业不断壮大, 人类社会对水资源的需求越来越高, 但是人类生产和生活产生的污水和固体废弃物也越来越多, 成分越来越复杂。这些未经处理的有害物质, 不仅会对地表的河流、湖泊等造成污染, 也会在下渗、淋溶等过程中污染地下水, 对水循环构成影响, 破坏生态系统平衡, 最终会危害到人类自身。

前人在宁波地区做过大量的研究工作, 侯艳声、赵团芝等对宁波市地下水环境特征、地面沉降、城市地质等方面进行了深入的研究, 并提出了许多针对性的防治对策。宁波作为长三角地区经济最为发达地区之一, 人口众多、制造业密集, 虽然目前地下水用量不大, 但地下水资源将成为未来区域发展的应急供水水源与重要后备资源, 地下水环境和水资源安全问题不容忽视[1]。

## 2. 地下水监测网现状

截至 2020 年, 宁波市已建成以中心城区为重点、覆盖全市范围的地下水监测网络, 监控面积 2280 平方公里, 共有各类监测井 176 个。其中, 国家级 56 个、省级 16 个、地区级 104 个。按监测内容分: 水位井 169 个、水量井 13 个、水质井 28 个、水温井 139 个。

## 3. 地下水环境特征

### 3.1. 地下水开发与利用

因山区河谷孔隙潜水水质良好, 是宁波市主要开发利用的地下水类型, 占总开采量的 81%~99%, 其余为平原区孔隙承压水和基岩裂隙水。孔隙潜水开采量最大, 主要分布在鄞州、象山、奉化等乡镇, 作为村镇生活饮用水源; 孔隙承压水开采较少, 主要分布在宁海青珠农场等地, 是生产和生活用水; 基岩裂隙水开采较少, 主要分布在鄞州五乡、宁海深甬等地, 作为饮用矿泉水和温泉洗浴用水。据宁波市地质环境公报, 全市地下水的开采总量, 从 2009 年的 3061.97 万  $\text{m}^3$ , 降至 2017 年的 1472.30 万  $\text{m}^3$  (见图 1)。宁波市地下水开采量最大, 占全市总开采量的 68%~87%, 而周边县市开采量逐年减少。

### 3.2. 地下水水位

2007 年宁波市实行地下水禁限采以来, 第 I 含水层和第 II 含水层水位呈上升趋势[1], 成效显著。2017 年第 I 含水层平均水位为 -0.80 m, 同比 2008 年、2016 年分别上升了 0.62 m 和 0.23 m; 第 II 含水层平均水位为 -2.14 m, 同比 2008 年、2016 年分别上升了 2.63 m 和 0.39 m。两个含水层区域总体水位年内上升幅度在 0.5 m 以内(见图 2)。

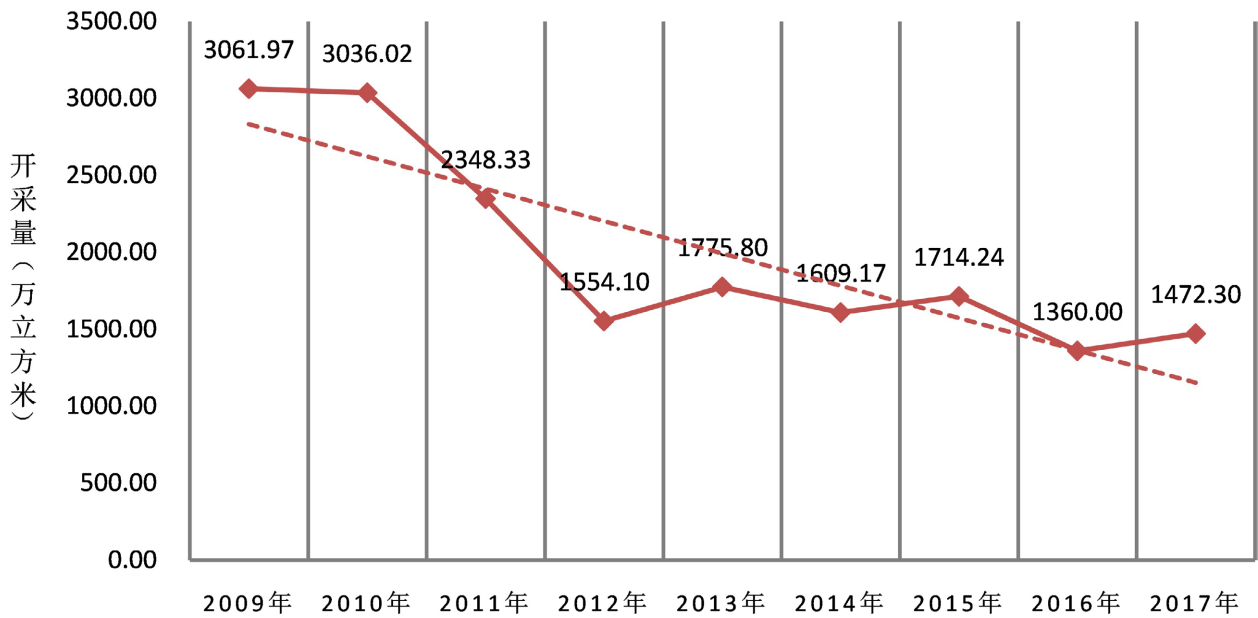


Figure 1. Changes in groundwater extraction volume in Ningbo from 2009 to 2017

图 1. 宁波市 2009~2017 年地下水开采量变化图

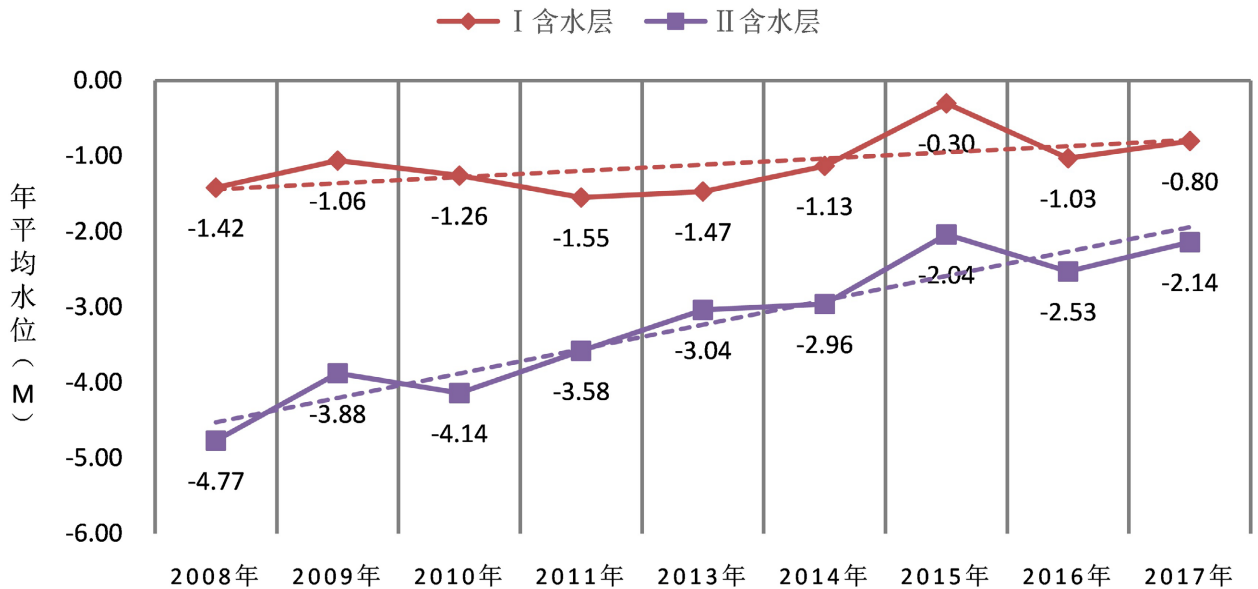


Figure 2. Changes of groundwater level in Ningbo from 2008 to 2017

图 2. 宁波市 2008~2017 年地下水水位变化图

宁波市区第 I 含水层水位漏斗中心主要分布在南门新典桥一带。2009 年，第 I 含水层水位漏斗-5 m 闭合圈消失，与 2008 年相比减少 0.51 km<sup>2</sup>。2014 年，第 I 含水层水位漏斗-2 m 闭合圈消失，与 2008 年相比减少 14.05 km<sup>2</sup>。虽然-2 m 降落漏斗在 2016 年重新出现，但面积较小，并于 2017 年再次消失(见图 3)。

宁波市区第 II 含水层水位漏斗中心主要分布在南门新典桥一带，于 2014~2015 年转移至江北常洪一带。截至 2017 年，-2 m、-5 m、-10 m 水位降落漏斗面积分别为 18.85 km<sup>2</sup>、6.15 km<sup>2</sup>、0 km<sup>2</sup>，与 2008 年相比减少 15.33 km<sup>2</sup>、5.35 km<sup>2</sup>、4.08 km<sup>2</sup>。虽然-2 m 闭合圈面积在 2011~2014 年间出现了大幅反弹增长，但第 II 含水层水位漏斗总体上仍然是逐步减小的大趋势。同时，-10 m 闭合圈于 2013 年消失，并再未出现(见图 4)。

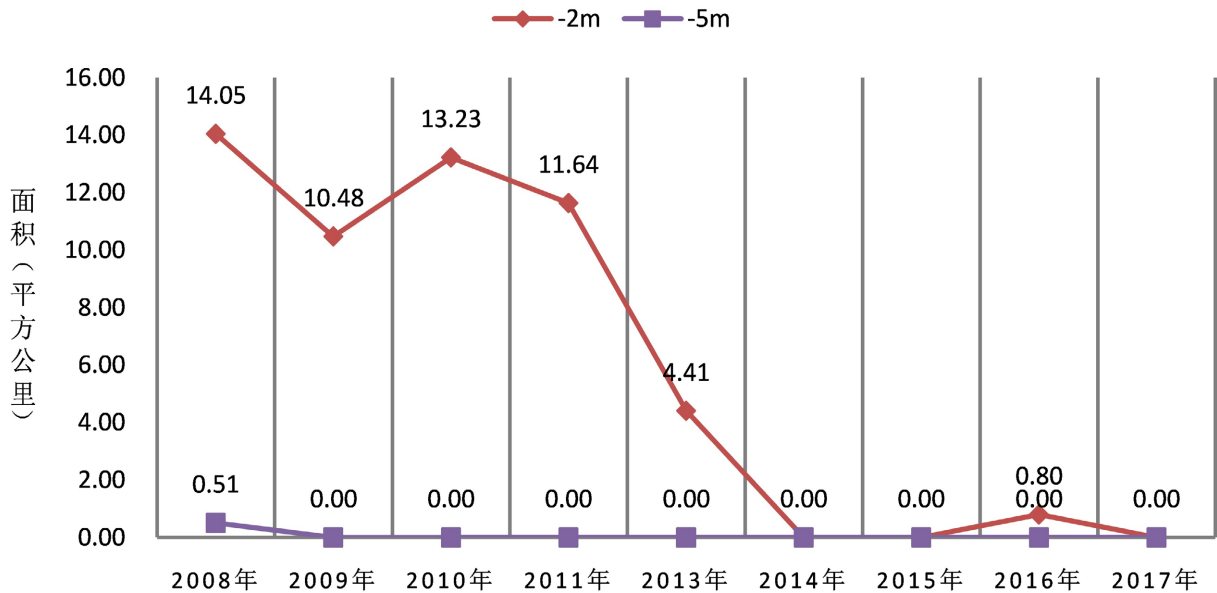


Figure 3. Changes of the funnel area of the first aquifer of groundwater in Ningbo from 2008 to 2017  
 图 3. 宁波市 2008~2017 年地下水 I 含水层水位漏斗面积变化图

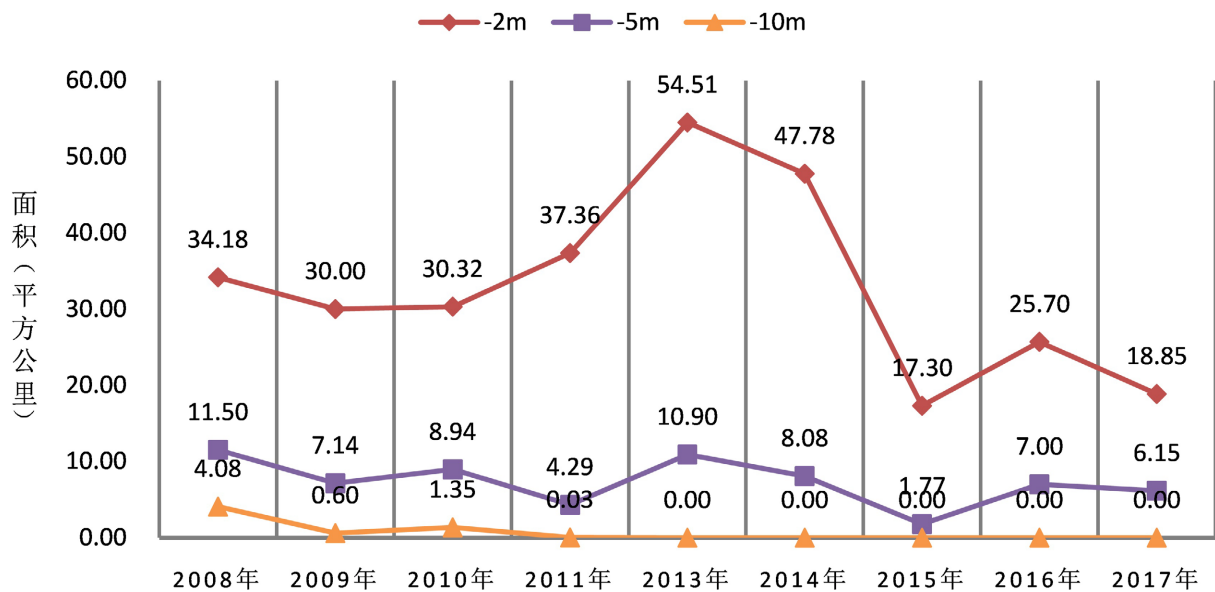


Figure 4. Changes in the funnel area of the second aquifer level of the groundwater in Ningbo from 2008 to 2017  
 图 4. 宁波市 2008~2017 年地下水 II 含水层水位漏斗面积变化图

### 3.3. 地下水水质

根据《地下水质量标准》(GB/T 14848-2017), 地下水水质可以划分为五类。I 类、II 类、III 类水均可作为生活饮用水水源。IV 类水可作为于农业和部分工业用水, 在适当处理后可作为生活饮用水。V 类水则不宜饮用。

据 2017 年监测结果, 宁波市地下水水质动态总体保持稳定。河谷孔隙潜水有 11 处为 I 类水, 6 处为 IV 类水, 超标成分主要为亚硝酸、铁等离子。深层孔隙承压水有 4 处为 IV 类水, 5 处为 V 类水, 超标成分主要为总硬度、固形物、氯化物、高猛酸盐指数、铁、锰、氨氮、碘、亚硝酸盐等。基岩裂隙水有 2 处为 IV 类水, 超标

成分主要为氯化物、碘、锰、氟化物(见表 1)。

潜水层的埋藏深度浅,与地表水的连通性好,其水质受周边环境的影响巨大。深层孔隙承压水的埋藏较深,不易受外界污染影响,超标组分主要与原生地质环境条件有关。基岩裂隙水与外界连通性差,超标组分主要与原生地质环境有关。

**Table 1.** Evaluation table for water quality and pollution of groundwater sources in 2017

**表 1.** 2017 年地下水水源地水质与污染情况评价表

水源地	开采位置	含水层	井号	主要超标组分	分值	级别
宁波城区	宁波大学	II 层	124	铁、氨氮、固形物、总硬度、锰、碘、氯	7.40	V
	宁波大学	II 层	12-II	铁、氨氮、亚硝酸、固形物、碘	7.26	V
	庄桥线厂	II 层	181	铁、氨氮、固形物、总硬度、锰、碘、氯	7.45	V
	宁波麦芽厂	II 层	225	铁、氯、固形物、总硬度、锰	7.42	V
	翔鹰	II 层	197	铁、锰、亚硝酸	7.17	IV
	院士路	II 层	10-II	铁、氨氮、锰	7.17	IV
	槐树路	II 层	宁动 2-1	铁、亚硝酸、固形物、锰	7.20	IV
	石碶公园	II 层	13-II	铁、氨氮、锰	7.15	IV
海曙	龙观水厂	潜水	龙观水厂		0.71	I
	鄞江水厂	潜水	鄞江水厂		0.71	I
	章水水厂	潜水	章水水厂		0.71	I
	镇电集	潜水	镇电集	亚硝酸、铁	7.09	IV
鄞州	同岙	潜水	同岙	铁	4.26	IV
	管江	潜水	鄞 5		0.71	I
	太白水厂	基岩	五 7	氯、碘、锰	7.18	IV
余姚	横路	潜水	横路		0.71	I
	横坎头	潜水	横坎头	铁、锰	4.27	IV
	贺溪	潜水	贺溪		0.71	I
奉化	奉化水厂	潜水	奉 3		0.71	I
	白杜水厂	潜水	白杜	亚硝酸、锰	4.29	IV
宁海	青珠农场	II 层	青 4	铁、氯、氨氮、固形物	7.28	V
	深甬温泉	基岩	温 1	氟化物	7.09	IV
象山	下沈水厂	潜水	下沈水厂		0.72	I
	亭溪水厂	潜水	亭溪水厂		0.71	I
	泗洲头水厂	潜水	泗洲头水厂		0.72	I
	茅洋水厂	潜水	茅洋水厂	亚硝酸、铁	7.11	IV
	西周水厂	潜水	西周水厂	亚硝酸	4.25	IV
北仑	白峰	潜水	北 2		0.71	I

### 3.4. 地下水水温

截至 2017 年,宁波市水文监测井为 139 眼,主要以孔隙承压水自动化监测为主。据监测资料显示:一般河谷孔隙潜水的地下水水温为 8℃~24℃,随外部气温变化略微有所起伏;地热温泉(宁海温泉)水温常年保持 47℃;深层承压水受外界影响不大,水温基本恒定,一般水温都在 19℃~20℃左右。

## 4. 地下水污染成因分析

宁波市一部分地下水虽然存在不同程度的污染,但是总体状况良好。监测结果显示超标物一般为铁、锰、氨氮、亚硝酸、固形物等。造成地下水污染的成因众多[2],与人类社会的发展息息相关。

### 4.1. 生活污染

宁波地区经济发达,人口众多,每天都会产生大量的生活污水、厨余垃圾以及人类排泄物,其中含有大量的有机物、氮、磷等物质。生活污水多数被排入沟渠、河道或者坑塘中,污染地表水和地下水。厨余垃圾及人类排泄物则会通过下渗作用污染地下水。

### 4.2. 农牧业污染

农业种植过程中为了提高产量、减少虫害,而使用大量的农药、化肥。随着灌溉和雨水的淋溶,大部分的农药、化肥都在入渗作用下进入到地下水系统中,造成地下水中的氮、磷、钾等元素超标[3]。

同时,畜禽养殖厂会产生大量的畜禽粪便和大量污水,大部分都不能被充分利用,都会被随意排放到自然环境中。随着日晒雨淋,大气、土壤、地下水都会受到严重污染。

### 4.3. 工业污染

工业产生的废水、废气、废渣是地下水污染的主要因素之一。宁波地区不仅工矿企业众多,部分乡镇聚集了大量家庭小作坊,很容易造成废水不经处理随意排放,进入下水道、水沟、大渗坑甚至江河湖海等地表水。其中部分直接入渗,部分随地表径流迁移下游并下渗。

### 4.4. 垃圾填埋场渗漏污染

垃圾的处理多以填埋为主要方式,并且是混合填埋,容易产生大量的有机物渗液[4]。长期的渗漏积累会造成有毒物进入到地下水中,如果进入到食物链系统中,危害不堪设想。

### 4.5. 地下水超采引发海水入侵

超量开采地下水不仅会造成区域性的地面沉降、造成地表塌陷等地质灾害之外,还会破坏地下淡水与海水的压力平衡[5],使海水内侵淡水含水层,造成固形物、总硬度、氯化物等组分的超标。

## 5. 地下水防治建议

由于地下水位于地下,与外界联系较差,而且地下水流速小、自净能力差,污染问题治理十分困难。地下水不仅是人类重要的饮用水水源,对生态系统更是产生至关重要的影响。人们一定要警醒目前地下水受到不同程度的污染,避免对水系统造成更大的危害。

### 5.1. 制定地下水污染防治法规及保护规划

通过制定相关的法律及保护规划,规范与地下水相关的生活、生产行为。对地下水水源、地热资源建立保护机制;对地下采矿、地下工程建设等完善地下水影响评价流程;对可能造成地下水污染的企业提高准入制度。

同时，总体上要对地下水的合理开发利用制定长远规划和远景目标。

### 5.2. 加强对地下水资源的监管

对地下水资源开采的全程监控，防止过量开采、无序开采导致地下水资源的失衡，对地下水污染的动态监控、在线监控，建立地源热泵使用和浅层地温能开发的审批、管理制度，加强行业监管，防止由此造成新一轮的地下水污染，确保地下水的水质安全[6]。

在加强污水治理工作的同时，要坚决禁止直接在岩溶沟谷、地下水源补给区排放废水或污水。坚决回填封死废弃水井，防止已污染的地下水通过废弃水井扩大污染范围。改善农村基础设施，引导农民科学正确地使用化肥、农药，减少村办企业废水、村民生活污水对地下水的污染。对排污不达标的企业，应予以严厉处罚甚至关闭。

### 5.3. 加大宣传保护意识

提高对地下水污染防治重要性和紧迫性的认识，宣传地下水污染危害，使社会公众建立自觉保护意识。加大地下水污染防治资金投入，多渠道筹集资金，实行“谁污染谁治理”制度，或缴纳污染保证金制度[6]。推进地下水水情信息及时公开，施行全民监督。

## 基金项目

中国地质调查局项目“长三角宁波地区地表基质层调查(DD20211425)”。

## 参考文献

- [1] 赵团芝, 侯艳声, 胡新锋. 宁波市工程性地面沉降成因分析及防治对策研究[J]. 上海国土资源, 2016, 37(3): 60-64.  
ZHAO Tuanzhi, HOU Yansheng and HU Xinfeng. Engineering-related land subsidence in Ningbo city: An analysis of its causes and countermeasures. Shanghai Land & Resources, 2016, 37(3): 60-64. (in Chinese)
- [2] 崔祥琨, 孙坤. 地下水污染与预防[J]. 科技信息, 2009(25): 341-341.  
CUI Xiangkun, SUN Kun. Groundwater pollution and prevention. Science & Technology Information, 2009(25): 341. (in Chinese)
- [3] 黄翔. 地下水污染途径、危害及防治[J]. 云南化工, 2017, 44(5): 4.  
HUANG Xiang. Analysis of the way, hazards and prevention of groundwater pollution. Yunnan Chemical Technology, 2017, 44(5): 4. (in Chinese)
- [4] 张俊. 我国地下水污染成因及其预防机制[J]. 知识经济, 2011(11): 1.  
ZHANG Jun. Causes of groundwater pollution and its prevention mechanism in China. Knowledge Economy, 2011(11): 1. (in Chinese)
- [5] 朴栋海, 李翠影. 浅议地下水污染的成因及预防措施[J]. 中国西部科技, 2011, 10(35): 2.  
PIAO Donghai, Li Cuiying. Discussion on the causes of groundwater pollution and preventive measures. Science and Technology of West China, 2011, 10(35): 2. (in Chinese)
- [6] 侯艳声, 胡新锋, 赵团芝. 宁波市地下水环境特征与保护对策[J]. 上海国土资源, 2017, 38(4): 6.  
HOU Yansheng, HU Xinfeng and ZHAO Tuanzhi. Characteristics and protection countermeasures of the groundwater environment in Ningbo city. Shanghai Land & Resources, 2017, 38(4): 6. (in Chinese)