

滨海石化项目地下水环境影响评价的关键问题

左 锐,王金生,杨 洁,滕彦国,王 锐

(北京师范大学水科学研究院/地下水污染控制与修复教育部工程研究中心,北京 100875)

摘要: 由于地下水环境污染具有极强的隐蔽性和滞后性,尤其是滨海石化项目,其污染种类多、环境风险大、保护目标难确定,因此前期的地下水环境影响评价尤为重要。文章对滨海石化项目地下水环境影响评价中保护目标的确定、评价标准的选取、污染源的估算和保护措施的选择进行了探讨,并结合珠江入海口某大型石化项目的地下水环境影响评价,进行了案例分析,为类似地区的石化项目地下水环境影响评价提供可参考的经验。

关键词: 地下水; 环境影响评价; 滨海; 石化; 评价标准

中图分类号: P641.8

文献标识码: A

文章编号: 1000-3665(2010)03-0097-05

为了更好地贯彻《中华人民共和国环境保护法》等相关法律法规,由国家环境保护部提出了《环境影响评价技术导则—地下水环境(征求意见稿)》^[1],目前向社会征求意见。表明国家对地下水环境污染问题非常重视,今后的地下水环境影响评价也将更加规范。

迄今为止,地下水环境影响评价是整个建设项目环境影响评价中较薄弱的一个环节^[2],其主要原因有:(1)地下水环境影响的隐蔽性:由于地下水环境受污染隐于地下,人们不能直接观察到,即使污染程度已经很严重,还是很难被发现;(2)地下水环境影响的滞后性:从地下水环境污染发生到显现危害需要经历漫长的历程,有可能建设项目已经结束,地下水的危害才突显出来;(3)地下水环境影响评价任务的艰巨性:查清地下水环境耗资大、专业性强、技术复杂,在项目论证阶段实施难度大。由于滨海地区地下水、地表水以及海水之间的水力联系密切且复杂,评价中执行标准不易选择;石化项目的易燃易爆设施多、风险大、污染物种类和数量难以确定,因此滨海石化项目是地下水环境评价中的难点。这类项目地下水环境评价研究较少,预测其对地下水环境的影响较难^[3],故目前可参考的文献非常有限。

沿海城镇运输便利,运营成本相对较低,是经济高速发展的活跃区,适宜建设大中型石化项目,然而其地下水开采量大,不同程度的存在海水入侵问题,目前我国

内较严重的地区有大连、秦皇岛、青岛、烟台、福州和广州等城市^[5]。滨海区海水入侵使其地下水中 Cl^- 浓度增高^[4],这是滨海区地下水水质的特点,尤其是吹沙造田区。如果用《GB/T14848-93 地下水质量评价标准》^[6]评价这一地区的地下水环境,仅 Cl^- 浓度一项就可定其为劣 V 类,即使其他指标优于 III 类标准也无济于事,因此采用国家颁布的哪个标准^[1,6-8]来评价建设项目对滨海区的地下水环境影响,成为一个难题。

滨海区的地下水环境是特定自然与人类经济活动两大因素叠加影响的结果^[9],因此,在滨海区进行地下水环境影响评价时,在评价标准的选取、保护目标的确定、地下水保护措施选用等方面需要充分考虑特殊的水文地质条件和人类活动的影响。本文以拟建在珠江入海口某大型石化基地项目(含 $1500 \times 10^4 \text{t/a}$ 炼油、 $100 \times 10^4 \text{t/a}$ 乙烯生产及储运)为例,旨在探讨滨海区地下水环境影响评价中存在的 key 问题。

1 研究区概况

拟建的大型石化基地位于广州市最南端,珠江入海口,为人工围垦填海造田形成,地形较为平坦。濒滨南海,属亚热带海洋性季风气候带,年平均降水量为 1650 mm。区域水资源的主要特点是本地水资源量少,过境水资源丰富;鱼塘、莲藕塘等水面较多;河网交错,多自西北流向东南。上源为西、北二江,流经的主要河道有蕉门水道、洪奇沥和狮子洋水道,入虎门、蕉门、洪奇沥出海(图1)。

案例区位于华南褶皱系(一级构造单元)湘桂粤褶皱带(二级构造单元)粤中拗陷(三级构造单元)的南端。场址所在地及其周边 50km 内未见活动断裂构造通过,地壳基本稳定。地层从上到下依次为:人工填

收稿日期: 2009-05-06; 修订日期: 2009-11-14

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(40773055)

作者简介: 左锐(1981-),男,博士研究生,主要从事地下水污染控制方向研究。

通讯作者: 王金生, wangjs@bnu.edu.cn

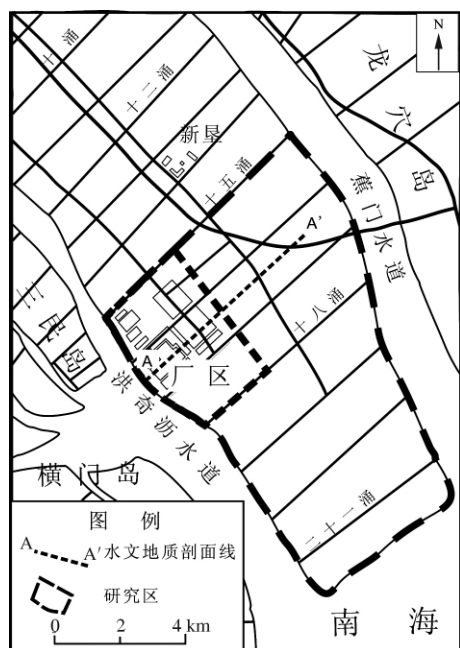


图1 研究区区域位置图

Fig.1 Schematic map of the study area

土,主要由粘性土(耕植土)、粉细砂(素填土)组成,土质不均匀,埋深5~15m,最大厚度不超过15m;第四系全新统海相沉积土,厚10~50m;第四系上更新统海陆交互相沉积土,厚10~40m;下部为燕山期花岗岩。

该区地下水类型主要为松散类孔隙水,水位埋深一般小于1.5m,具有弱承压性;含水层以中细砂、亚粘土为主,一般钻孔单位涌水量小于0.5L/s,水质以微咸水和淡水为主(图2)。

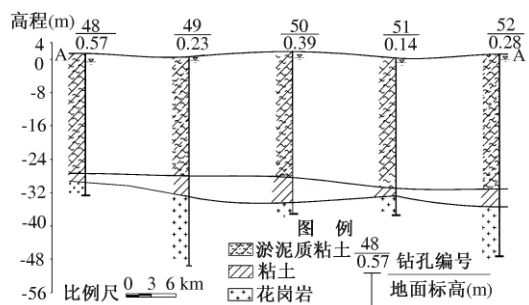


图2 研究区水文地质剖面图

Fig.2 Schematic hydrogeological profile of the study area

含水层主要由第四系全新统海相沉积土(Q^m)淤泥、淤泥质土组成,场区均有分布,厚14~50m。弱透水层为第四系上更新统海陆交互相沉积土(Q^{mc})粘土,透水性差,基本不含水。研究区地下水位受大气降雨、蒸发、地形地貌条件影响明显,同时受潮汐的影响。地下水补给来自大气降水与侧向地下径流,主要排泄

方式为向海排泄和蒸发蒸腾。

2 评价目标、评价标准和源项的确定

针对此类地质、水文地质条件的区域,进行石化项目地下水环境影响评价过程中,需要重点考虑的问题有以下几个方面。

2.1 地下水保护目标的确定

保护目标是指在建设项目施工和营运过程中,需要重点保护避免受其影响破坏的特定对象。一般建设项目,地下水影响评价中最常见的保护目标包括饮用水源地、生态湿地、河流、地下水水库、泉等环境敏感区。而沿海地区,尤其是滨海区,降水量大,地下水埋深浅,一般都在几米以内,而且地表水系分布广泛,沟渠交错,地表水、地下水和海水三者形成了复杂的水力联系。对于这类地区,除上述地下水常规保护目标外,还需要关注两个重要的方面:

(1)与地下水、地表水、海水都有密切水力联系的单元。如湖泊、养殖鱼塘、农业耕作区等,由于这三类水体密切的水力联系和共同作用,建设项目对地下水造成的污染危害可能会在很短的时间内通过水力传导造成其水体以及产业的污染和受损。

(2)地下环境中包气带的生态健康和含水层的地质安全。因为沿海地区可能已经存在着一定程度的海水入侵,建设项目必须考虑在项目实施后,对海水入侵等危害的叠加作用,必须确保不破坏包气带的生态作用和含水层的地质安全功能。例如,在珠江入海口开展的建设项目环境影响评价中,地下水的保护目标确定为“项目影响区的地下水含水层,以及地下水排泄影响的周边水域、养殖区和湿地”。

2.2 地下水环境评价中执行标准的选取

地下水环境现状评价一般是通过实地取样和监测,结合《地下水质量评价标准》中的单项指标限值和评价方法对区域地下水环境进行评价,目前采用最多的是单项指数评价方法。环境质量评价执行标准一般是根据文献[6]进行分类,根据建设项目所在地区地下水实际情况和用途来确定评价执行的标准级别,将选定标准等级的各项指标的限值作为项目实施后必须执行的红线。

滨海区的地表水、地下水和海水相互混合,成分非常复杂,选用单独的标准评价标准均不能客观反映当地实际的地下水水质情况,用案例说明如下。

在案例区40km²的区域内,2008年7月,采集了40个地下水样品,测试项目包括:pH值、K⁺、Na⁺、

Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 、 NH_4^+ 、 HCO_3^- 、 CO_3^{2-} 、 Cl^- 、 SO_4^{2-} 、 F^- 、 NO_3^- 、铁、矿物油、亚硝酸盐、化学耗氧量、游离二氧化碳、总硬度、总碱度、总酸度、溶解性总固体等21项。地下水质量现状评价结果显示:各单项指标评价结果除 Cl^- 、 SO_4^{2-} 、溶解性总固体和总硬度4项因子超出了《GB/T14848-93 地下水质量评价标准》V类水质标准外,其他指标均满足该标准III类水质的要求,超标的4项因子的浓度空间分布规律几乎相同。究其原因,由于本区周边地表水域与海水联系密切,北部河流、东侧入海水道、西侧入海水道和南部南海区均与海水直接连通,水的咸度高,而且本区地下水受降水入渗的影响大,上部边界接受降水补给,水质为淡水,而靠地表水域和海域越近(如东、西两水道和南海区)水质越差。从超标物质特征来看,其海水特征明显,因此,可以判定海、淡水在地下的混合造成了本地区这一地下水客观水质现状。

鉴于上述情况,本次地下水环境影响评价确定的执行标准灵活处理了地下水、地表水和海水混合作用地区的地下水水质评价执行标准,具体是:

受海水影响,项目所在区地下水的质量现状为: Cl^- 、 SO_4^{2-} 、溶解性总固体和总硬度4项因子已超过《GB/T14848-93 地下水质量评价标准》V类标准,但特征污染物石油类、酚类、COD均达到《GB3838-2002 地表水环境质量标准》^[8]的三类标准要求。

根据项目所在区水文地质条件,地下水环境评价标准确定为:与海水联系密切的 Cl^- 、 SO_4^{2-} 、溶解性总固体和总硬度等4项因子与现状相比,项目实施后不能明显变差。地下水其他常规项目执行《GB/T14848-93 地下水质量评价标准》III类标准。

根据项目的实际情况,项目可能产生的特征污染物主要是苯、石油类、酚类、COD等没有列入《GB/T14848-93 地下水质量标准》,因此本次评价的特征污染物参照《GB3838-2002 地表水环境质量标准》三类标准执行。

上述评价执行标准选用的特点表现在:(1)考虑了当地地下水质量中的实际情况,先抛开个别超标因子的约束,要求整体水质满足III类地下水水质标准,可确保项目实施后的地下水质量;(2)针对受海水影响的几个因子,虽然其范围已经远远超出标准的最低要求,但没有笼统地将地下水质量现状定义为劣V类,而是对这几个超标的单项因子进行单独约束,不因为建设项目的实施,造成其浓度值产生恶化趋势;(3)考虑了建设项目实际可能产生的特征污染物,结合地

下水、地表水和海水质量标准进行交叉评价,使其具有可操作性。

2.3 污染源的估算

石化生产项目产生污染源的随机性很大,不确定因素也非常多,因此,估算拟建石化项目正常工况下可能泄漏进入地下水环境中的污染物的地点、规模、种类和数量,或发生事故时可能产生的污染物的泄漏量非常困难。

本研究对石化项目污染源的突出估算原则为:(1)保守性:源项估算,尽可能地采取保守值,对可能产生跑、冒、滴、漏和事故泄漏量,根据具体情况按装置不同,分别采用保守值;(2)全面性:由于石化建设项目产生跑冒滴漏和事故风险的装置众多,需要对其进行全面的分析,针对不同生产工艺和不同装置,逐个分析其可能产生泄漏的污染物和污染量。

在本次污染源估算中,苯或原油浓度主要参照某石化炼油厂事故爆炸案例,结合项目可研的设计,采用上述原则,估算的污染源简述如下:

(1)乙烯装置区发生废碱液泄漏,泄漏物中含COD、油和酚等污染物,泄漏量为1t,浓度分别为11000,1000,50mg/L;

(2)污水处理单元区,污水收集和储存设施某一单元发生含油污水泄漏,泄漏物中主要含COD、油和氨氮等主要污染物,泄漏量为5t,浓度分别为:1200,800,35mg/L;

(3)原油储罐某一单元发生原油渗漏,泄漏量为5t,组分为100%石油;

(4)苯储罐某一单元发生苯渗漏,泄漏量为1t,组分为100%苯;

(5)项目厂区至油库管道某一单元发生柴油渗漏,泄漏量为5t,组分为100%柴油。

2.4 保护措施的选择

地下水保护措施是地下水环境影响评价的落脚点,措施的有力程度决定了建设项目最终对地下水的影响程度。

鉴于滨海区水文地质条件的特殊性,地下水环境保护措施重点关注有效性和可操作性。为了保护项目区的地下水环境,保护措施的选择主要依据地下水基本原理,重点减缓携带污染物地下水渗流速度,出发点是降低污染物迁移途径介质的渗透系数和水力坡度。

本案例拟在正常生产工况和事故情景下,提出了区域防渗、地下截渗墙及单元事故储水池等措施,具体如下:

(1) 厂区表层防渗措施。在场区底部铺设低渗透的粘性土或土工防渗膜等,来消减污染物的入渗速率,可有效地防止地表泄漏液携带的污染物进入地下水环境。本案例具体设计为将厂区场地垫高 2~3m。垫升的地面可以增加包气带的厚度,采用的垫高介质可以增加对污染物的吸附性,有效控制污染物的入渗速率。垫高层的介质分为上下两层:上层为过滤层,下层的防渗层。

(2) 重点地段截渗墙防渗措施。在厂区地下水上游方向高水头区选用截渗措施,将泄漏的污染物控制在一定的区域范围内,不会对外界地下水环境造成影响,这是一种被动的防污控污手段,即在泄漏发生的情况下,可以通过这一措施避免场区外界的地下水环境受破坏,并且为集中处理在控制区内的污染物赢得了时间。

案例中,在厂区地下水水头较高的北侧和西侧设置垂直截渗墙,深度达到相对隔水层。使用近年来经济成本相对较低的自凝灰浆地下连续墙施工措施,主要施工方式是成槽灌注固化灰浆形成防渗墙,防渗系数可达到 $n \times 10^{-7} \text{ cm/s}$ 。

(3) 建设多单元储水(污)池。对于液态污染物,建立储水(污)池是有效的预防应急措施之一。由于炼化项目大多产品是液态污染物,跑、冒、滴、漏的可能性较大,如果发生爆炸和大面积的泄漏,储水(污)池可以起到应急纳污、防止污染物直接入渗到地下。

储水池设立多个单元,包括雨水收集、污水收集等。正常条件下,利用自然坡度和工程措施收集雨水,适当处理后用于生产;当污染事件发生时,可以迅速排空水池来接纳污水,统一收集,集中处理。此外,除建造集中储水纳污的储水(污)池外,还在各个可能出现泄漏处设置一个小型的泄漏储水池,一方面可以收集雨流冲刷汇集的污水,另一方面在出现少量的跑、冒、滴、漏等情况时,可以单独收集与处理。

事故发生时启动应急预案,装置区小型储水池和厂区集中大型储水池联合使用,将收集到的污水统一输送到污水处理厂进行集中处理,这既可以灵活地接纳事故污水,又最大程度地发挥了储水池的功能。

3 结论

(1) 鉴于滨海区水环境存在明显的地表水、地下水和海水混合特征,研究提出的滨海区石化项目地下水的保护目标为:项目影响区的地下水含水层,以及地下水排泄影响的周边水域、养殖区和湿地。

(2) 调查表明:受海水影响,案例区地下水中的 Cl^- 、 SO_4^{2-} 、溶解性总固体和总硬度 4 项污染因子已超过《GB/T14848-93 地下水质量标准》V 类标准,石化项目的特征污染物石油类、酚类、COD 满足《GB3838-2002 地表水环境质量标准》的三类标准,因此,地下水环境影响评价标准要综合考虑地表水、地下水和海水。

(3) 确定的滨海区石化项目地下水环境评价的标准为:要求滨海石化项目实施后,地下水环境中的 4 项超标因子与现状相比不能明显变差;地下水其他常规项目执行《GB/T 14848-93 地下水质量标准》III 类标准;特征污染物苯、石油类、酚类、COD 等指标参照采用《GB3838-2002 地表水环境质量标准》三类标准。

(4) 石化项目地下水环境污染源估算要考虑产生污染源的地点、规模、种类和数量,以及事故条件下污染物种类和释放量。其污染源估算要强调保守性和全面性原则,分别估算乙烯装置区、原油储罐、苯储罐、输油管道、污水处理单元区的污染物的种类和数量。

(5) 地下水环境保护要突出提出的措施的有效性和可操作性,保护措施的选择依据是地下水运动的基本原理,重点是减缓携带污染物的地下水渗流速率,降低污染物迁移途径中含水介质的渗透系数和地下水的水力坡度。研究提出了厂区表层防渗、重点地段截渗墙防渗以及建设多单元储水(污)池等地下水环境保护措施。

参考文献:

- [1] 环境影响评价技术导则:地下水环境(征求意见稿)[S]. 北京:国家环境保护部,2008[2009-05-06]. http://www.zhb.gov.cn/info/bgw/bbgth/200812/t20081204_131981.htm.
- [2] 朱学愚,钱孝星. 地下水环境影响评价的工作要点[J]. 水资源保护,1998(4): 48-53.
- [3] 王延亮. 石油天然气田开发项目地下水环境影响评价的几点认识[J]. 长春工程学院学报:自然科学版,2002,3(3): 27-29.
- [4] 郭占荣,黄奕普. 海水入侵问题研究综述[J]. 水文,2003,23(6): 10-15.
- [5] 左锐,王金生,滕彦国. 滨海区石化项目的地下水环境保护措施研究[J]. 北京师范大学学报:自然科学版,2009,45(5/6): 647-653.
- [6] 国家技术监督局. GB/T 14848-93 地下水质量标准[S]. 北京:中国标准出版社,1993.
- [7] 国家环境保护局. GB 3097-1997 海水水质标准[S]. 北京:中国标准出版社,1997.
- [8] 国家环境保护总局,国家质量监督检验检疫总局.

GB 3838 - 2002 地表水环境质量标准[S]. 北京:
中国标准出版社, 2002

[9] 丁玲, 李碧英, 张树深. 海岸带海水入侵的研究进展[J]. 海洋通报, 2004, 23(2): 82 - 87.

Key problems of the groundwater environmental assessment for petrochemical projects in littoral zones

ZUO Rui, WANG Jin-sheng, YANG Jie, TENG Yan-guo, WANG Rui

(College of Water Science/Engineering Research Center of Groundwater Pollution Control and Remediation of the Ministry of Education, Beijing Normal University, Beijing 100875, China)

Abstract: Owing to the concealment and retardation of groundwater contamination, especially for the petrochemical projects with the pollution characteristics as multi-type, high environmental risk, illegible protect-object, the assessment of original groundwater environment is important. Based on the analysis of the large-scale petrochemical project on the littoral zone of the Pearl River Delta, this paper gives the exploratory-discussion of the determination of the protect-object and assessing standard of groundwater environment, estimation of the contaminating sources and protecting measures. Some credible experience is also offered for the similar groundwater environmental assessment.

Key words: groundwater; environmental assessment; littoral zone; petrochemistry; evolution standard

责任编辑: 汪美华

(上接第 86 页)

Quantization research and project application of roughness coefficient of a rigid structure plane

Ji Feng

(State Key Laboratory of Geohazard Prevention and Geoenvironment Protection, Chengdu University of Technology, Chengdu 610059, China)

Abstract: The theoretical formula method is an important and effective method in intensity parameter research. The JRC-JCS method of Barton is one of the most frequently used method. However, the results of the Barton method vary with each individual since it is influenced by the roughness coefficient JRC and it is difficult in quantization. Through the quantitative analysis of JRC, a large number of structure undulating curve and standard curve that Barton recommends is analyzed with the vector, and the concept of expected value to reflect the roughness JRC of undulating curve of the structure plane is utilized. Empirical formula on JRC value and height and slope of the undulating curve is set up, thus sufficient conditions in predicting intensity parameter of theoretical formula method are offered. The prediction achievement of the theoretical formula method and test achievement are compared and analyzed.

Key words: hard structural plane; roughness coefficient; quantization study; project application

责任编辑: 张若琳