

华北地区某加油站地下水土污染调查研究

赵德刚, 赵亮, 田西昭, 梁爽, 单强
(河北省环境地质勘查院, 河北 石家庄 050021)

摘要: 加油站油罐渗漏而污染地下水已成为全球性的问题。通过对华北地区某加油站及其附近区域地下水和土壤中特征污染物现状含量调查, 结果表明: 污染物透过包气带后, 进入到地下水中造成了加油站场地内的浅层地下水及土壤的污染。浅层地下水污染范围主要分布在加油站场区内; 土壤污染范围主要分布在以泄露点中心为圆心 5.0m 为半径的圆形, 向下延伸约 15m 的柱状范围。通过对调查区地下水和土壤污染的风险评价得知, 场地浅层地下水及土壤均超出了人体健康风险水平的上限, 急需对污染场地的水土进行治理。

关键词: 泄露; 地下水污染; 加油站; 地下水; 风险评价

中图分类号: X523 文献标识码: A 文章编号: 1672-643X(2016)05-0093-04

Investigation of soil contaminated groundwater in a gas station in North China

ZHAO Degang, ZHAO Liang, TIAN Xizhao, LIANG Shuang, SHAN Qiang
(Hebei Province Environmental Geological Prospecting Institute, Shijiazhuang 050021, China)

Abstract: Contamination of ground water has become a global problem because of the leakage of oil tanks in gas stations. Through the investigation of the present situation of the groundwater and soil characteristics of the groundwater and soil in a gas station in North china. The results showed that the pollution of the shallow groundwater and soil in the gas station was caused by the contamination of the air through the aeration zone. Shallow groundwater pollution are mainly distributed in the gas station in the field; range of soil pollution is mainly distributed in the relief center point as the center of a circle of 5.0m and the radius of the circle and extends downward column range of about 15m. According to the risk assessment of groundwater and soil pollution in the survey area, the shallow groundwater and soil in the area are beyond the upper limit of human health risk level.

Key words: leak; ground water pollution; gas station; groundwater; risk assessment

1 研究背景

加油站是地下水有机污染的潜在污染源, 已经成为一个世界性的问题^[1-2]。壳牌石油公司调查了其在英国的 1100 个加油站, 发现其中 1/3 已对当地土壤和地下水造成污染^[3]。20 世纪 90 年代初, 美国对约 200 万个地下汽油储罐进行调查, 其中被证实发生泄漏的约有 9 万个^[4]。1970 年以前建设的加油站, 几乎都存在渗漏现象^[5]。根据发达国家的经验, 地下储罐、输油管线一般在 20 年左右因锈蚀和腐蚀而开始渗漏^[6]。美国俄克拉荷马州廷克空军基地的储油罐污染土壤与地下水的调查是场地污

染调查方面最典型的案例, 它对石油烃在土层及地下水中的分布做了系统的调查, 为治理提供了数据支持^[7-8]。加油站油罐泄露主要为有机物污染。有机物是最常见、治理最困难的一类污染物。绝大多数有机物为有毒有害物质, 对人体健康十分不利^[9]。近年来国内加油站成品油泄漏事故屡见不鲜, 对加油站周边的环境带来危害, 2013 年 3 月华北地区发现某加油站内 2[#]罐(93[#]汽油)供油出现减少的情况, 怀疑为油罐泄露。经现场勘查, 明确了该站 2[#]汽油罐泄露而导致加油站周边存在地下水和土壤的污染情况。为了查明加油站漏油事件对所在区域地下水和土壤的污染范围和污染程度并为治理

提供数据支持,对该加油站进行了调查研究。通过地球物理勘查、钻探及采样化验等工作,查明加油站周边含水层分布情况,重点调查加油站场址内地下水及土壤的污染现状及周边居民生活饮用水水井水质现状。通过对加油站及其附近地区地下水和土壤中特征污染物含量的调查,明确调查区地下水环境状况,并进行地下水、土污染健康风险评价,为地下水环境保护及污染治理提供依据。

2 地下水污染调查

2.1 地下水分析测试

调查区共布置地下水取样点 15 个。其中深层地下水取样点 8 个,取深层地下水水样 9 个(1 个平行样),深层地下水取样监测点见图 1。浅层地下水监测点 7 个,取浅层地下水水样 10 个(3 个平行样);另外取现场空白样 1 个。浅层地下水取样监测点见图 2。

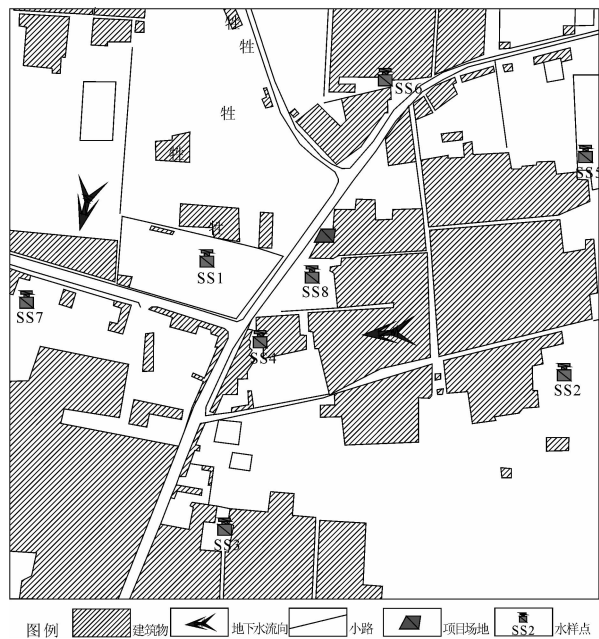


图 1 深层地下水取样监测点布置图

根据对地下水监测点的分布及水质监测结果认为造成调查区内地下水污染的原因主要有两类。其一为区域性的地下水污染。主要根据 SS7、SS2、SS3、SS5、SS6 位于污染场地的上游或较远区域,污染场地不会影响到该区域。但水质化验结果表明:该区域氯化物、氟化物、总硬度、溶解性总固体、 COD_{Mn} 、硝酸盐氮、亚硝酸盐氮、铁、锰和挥发酚类仍存在超过《地下水质量标准》(GB/T14848-93)中 III 类标准限值的现象。其二为加油站成品油泄露事

件影响地下水污染。主要污染因子包括 COD_{Mn} 、亚硝酸盐、铅、甲基叔丁基醚、苯、甲苯、乙苯、二甲苯、石油烃和多环芳烃总量等,其各项污染指标均存在超过相关标准限值的现象。

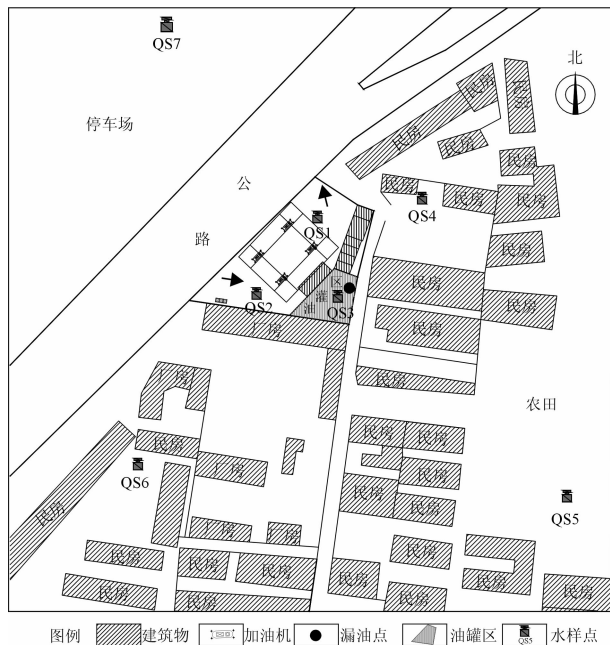


图 2 浅层地下水取样监测点布置图

2.2 污染范围确定

根据水质化验结果,调查评价区内深层地下水和浅层地下水呈现出不同的污染特征。

深层地下水:调查区内深层地下水污染因子以氯化物、总硬度、溶解性总固体、 COD_{Mn} 、硝酸盐、氟化物、铁、锰、铜、挥发酚类、砷、汞、铬(六价)和甲基叔丁基醚、石油烃、多环芳烃总量为主,其中超过相关标准限值的项目为氟化物、挥发性酚类和硝酸盐。

根据深层水水质化验结果可知,调查区内的各种污染因子的浓度最高值均位于加油站场地以外的区域,加油站下游最近处的两眼监测井各种污染物浓度均较低或未出现污染迹象,因此可以说明调查区内深层地下水污染因子的超标的现象与加油站成品油泄露事件无关。

浅层地下水:调查区内浅层地下水污染因子以硫酸盐、氯化物、总硬度、溶解性总固体、 COD_{Mn} 、硝酸盐、亚硝酸盐、氟化物、铁、锰、铜、挥发酚类、砷、铅、锌、汞、铬(六价)甲基叔丁基醚、苯、甲苯、乙苯、二甲苯、石油烃和多环芳烃总量为主,其中超过相关标准限值的项目为氯化物、臭和味、浑浊度、肉眼可见物、总硬度、溶解性总固体、 COD_{Mn} 、硝酸盐氮、亚硝酸盐氮、铁、锰、挥发酚类、甲基叔丁基醚、苯、挥发

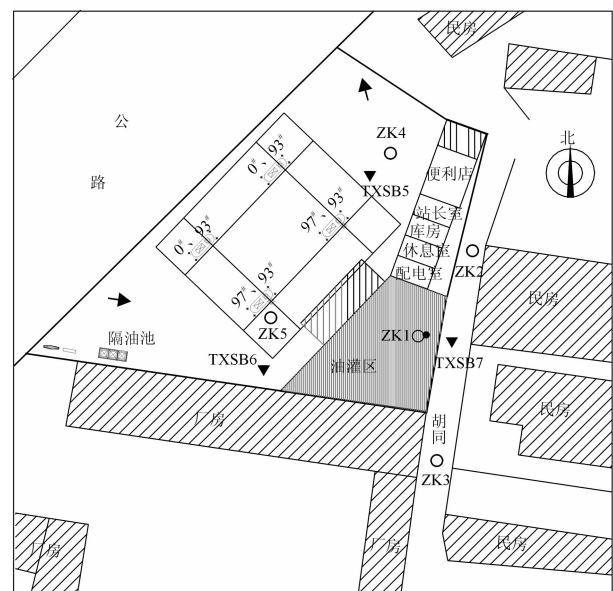
性石油烃和多环芳烃总量。

根据浅层水水质化验结果可知,各类污染因子的污染晕中心均处于加油站站区内,说明调查区内浅层地下水水质超标现象,主要是由加油站成品油泄露事件造成的。其污染范围主要分布在加油站场区内,加油站以外地区影响程度较小。

3 土壤污染调查

3.1 土壤分析测试

本次工作共布置土壤取样点5个,土壤取样监测点见图3。钻探总进尺125 m。其中控制性取样点1个(ZK1),孔深45 m,一般性取样孔4个,孔深20 m。共取原状土样38个,进行了土工试验;取污染土样99个,进行了土壤污染测试;取有机碳样32个,进行了有机碳测试。



图例 ■建筑物 □加油站 ●漏油点 ▨油罐区 ○土壤监测孔 ㊦收集土壤和化验点

图3 土壤取样监测点布置图

将本次土壤污染化验的数据进行统计。总体来看,在加油站内土壤的各项特征污染因子均有检出,其中以多环芳烃总量、甲基叔丁基醚和挥发性石油烃的检出率为最高,分别为25.3%、68.4%和23.2%,其余各项污染因子的检出率均小于20%。

对于本场地内土壤污染最重的ZK1孔,其污染物检出率也是最高的,有环芳烃总量、苈、菲、荧蒹、苯并[a]蒹、屈、苯并[b]荧蒹、苯并[k]荧蒹、苯并[a]芘、二苯并[a,h]蒹、茚并[1,2,3-cd]芘、苯并[g,h,i]芘、芘、挥发性石油烃和甲基叔丁基醚共计16项检出率超过了20%,而对于ZK2、ZK3、ZK4和ZK5各孔内的各种污染因子检出率均小于1%。

3.2 污染范围确定

将本次各种污染因子在土壤中的检出深度数据进行统计。总体来看,在加油站内地表0~45 m范围内各层位均有不同的特征污染因子检出,但具有明显的规律性,主要表现在以下几个方面:

(1)挥发性较强的苯系物检出深度较浅,在深部未检出,但都存在于包气带以内,饱水带含水层土壤中未检出。最大检出深度出现在ZK1孔(9.0 m),在ZK2、ZK3和ZK4未检出苯系物,而在ZK5孔中检出深度仅为2.0 m;

(2)半挥发性萘多环芳烃类检出的深度也较小,在深部未检出,但都存在于包气带以内,饱水带含水层土壤中未检出。最大检出深度出现在ZK1孔(10.0 m),在ZK2、ZK3、ZK4和ZK5空中检出多环芳烃类的深度分别为9.0、4.0、0.6和6.0 m;

(3)甲基叔丁基醚和挥发性石油烃类检出深度较大,在各个层位均有检出,无论是包气带还是饱水带含水层。

同时根据收集加油站土壤污染实验室测试数据可知,在距泄露点3.3 m处,土壤污染在11.5 m深度处有检出,而在19.5 m深度处未检出。距离大于5.0 m的钻孔均未检出各种污染物。结合本次地球物理勘探结果验证,最终确定加油站成品油泄露造成的主要土壤污染范围为:以泄露点中心为圆心,以5.0 m为半径的圆形,向下延伸约15 m的柱状范围。

4 地下水污染风险评价

本次工作地下水污染风险评价因子的选取,参考《污染场地风险评估技术导则》中附录A污染场地风险评估的启动值中规定并在本次工作有检出的因子,分别为甲基叔丁基醚、苯、甲苯、乙苯、间对二甲苯、邻二甲苯、萘、苈、菲、蒹、荧蒹、芘和萘烯共计14项。

将地下水污染健康风险评价模型参数值输入MMSOILS模型中,计算得到场地的地下水污染的健康风险值。调查区不同监测点地下水对该地区产生的健康总风险值在 $0 \sim 3.17 \times 10^{-4}$ 之间,大于美国环境保护署人体健康风险建议值 10^{-6} ,也大于美国环境保护署对污染场地修复时认为所能承受风险水平 10^{-4} 的上限。因此,调查区内部分区域的地下水需立即开展地下水环境修复治理工作。

调查区浅层地下水对该地区产生的健康总风险值在 $8.21 \times 10^{-10} \sim 3.17 \times 10^{-4}$ 之间。其中大于美

国环境保护署人体健康风险建议值(10^{-6})的点位为QS1和QS2点,其全部位于加油站站区内。另外大于美国环境保护署对污染场地修复时认为所能承受风险水平 10^{-4} 的上限的点位为QS3点,也位于加油站站区内。加油站场地以外各点均小于美国环境保护署人体健康风险建议值(10^{-6})。综上所述,调查区内的加油站站区内的浅层地下水亟需开展地下水环境修复治理工作。

5 土壤污染风险评价

本次工作土壤污染风险评价因子的选取,参考《污染场地风险评估技术导则》中附录A污染场地风险评估的启动值中规定并在本次工作有检出的因子,分别为萘、蒽、芴、蒽、荧蒽、芘、苯并[a]蒽、屈、苯并[b]荧蒽、苯并[k]荧蒽、苯并[a]芘、二苯并[a,h]蒽、茚并[1,2,3-cd]芘、苯、甲苯、乙苯、p-二甲苯/m-二甲苯和o-二甲苯共计18项。

将土壤污染健康风险评价模型评价参数值输入MMSOILS模型中,计算得到加油站场地的土壤污染的健康风险值在 $2.4 \sim 1.6 \times 10^{-3}$ 之间,其中ZK1孔处健康风险值最大为2.4,ZK4孔处健康风险值最小为 1.6×10^{-3} 。在实施监测的5个钻孔中,以ZK1钻孔的污染风险为最高,其余各孔各类污染风险程度相对较低。这说明漏油事件对场地内土壤的污染主要集中在漏油点附近,目前对周边土壤的影响较小。

场地土壤污染对该地区产生的健康总风险值最大为2.4,远远大于美国环境保护署人体健康风险建议值 10^{-6} ,也超过美国环境保护署对污染场地修复时认为所能承受风险水平 10^{-4} 的上限。因此,目前污染场地按照致癌风险评价,处于急需环境专项治理的阶段。

6 结论

(1)加油站2[#]油罐出现油品泄漏后,泄露的汽油沿罐区底部未做防渗的部位向下运移污染了包气带土壤。在土壤污染的过程中主要受重力作用的控制,表现为从泄露点处垂直向下运移,造成了泄露点处下部土壤的污染。污染物透过包气带后,进入到地下水中造成了加油站场地内的浅层地下水受到了污染。

(2)项目场地内浅层地下水受到了加油站成品油泄露的污染,其污染因子为甲基叔丁基醚、苯系物、石油烃和多环芳烃类,其污染范围主要分布在加油站场区内,加油站以外地区影响程度较小。加油站项目场地土壤受到了漏油事件的污染,其主要污染因子为多环芳烃、石油烃、苯系物和甲基叔丁基醚。加油站成品油泄露造成的主要土壤污染范围为:以泄露点中心为圆心以5.0 m为半径的圆形,向下延伸约15 m的柱状范围,其主要污染土壤位于加油站场地内油罐区泄漏点处,场地外土壤未受到明显的影响。

(3)通过对调查区地下水和土壤污染的风险评价得知,场地浅层地下水及土壤均超出了人体健康风险水平的上限,急需对污染场地的水土进行治理。

参考文献:

- [1] Koa C M, Prosser J. Evaluation of natural attenuation rate at a gasoline Spillsite[J]. Journal of Hazardous Materials, 2001, 82(3): 275-289.
- [2] 张全林. 加油站用油罐亟待规范[J]. 石油库与加油站, 2003, 12(2): 22-24.
- [3] 何炜, 孙长虹, 陈大地, 等. 加油站埋地储油罐渗漏检测与地下水污染监测[J]. 环境科学与技术, 2012, 35(6): 198-202.
- [4] 杨青, 陈小华, 孙从军, 等. 地下水浅埋区某加油站特征污染物空间分布[J]. 环境工程学报, 2014, 8(1): 98-103.
- [5] Borden R C, Gomez C A, Becker M T, et al. Geochemical indicators of intrinsic bioremediation[J]. Ground Water, 1995, 33(2): 180-189.
- [6] Dharmavaram S, Piskin K, Hoctor T J, et al. A profile and management of the US Army's underground storage tanks[J]. Environmental Management, 1989, 13(3): 333-338.
- [7] 刘雪松, 蔡五田, 李胜涛. 石油类污染场地土壤与地下水污染调查实例分析[J]. 水文地质工程地质, 2010, 37(4): 121-125.
- [8] 石碧清, 李桂玲. 持久性有机污染物(POPvs)及其危害[J]. 中国环境管理干部学院, 2005, 15(1): 42-44.
- [9] 陆海燕, 辛宝东, 孙颖, 等. 北京市平原区地下水有机污染时空分布特征[J]. 水文地质工程地质, 2014, 41(1): 34-40.