



• 城镇给排水 •

应对水源由类物质泄漏事故的自来水厂应急净水技术研究

张晓健¹ 瞿强勇^{1,2} 陈 超¹

(1 清华大学环境学院, 北京 100084; 2 成都环境集团兴蓉环境股份有限公司, 成都 610000)

摘要 油类产品是由多种化合物组成的混合物, 各组成化合物有其自身的溶解和被去除的特性。为应对饮用水水源的突发油类物质泄漏事故, 对柴油、汽油、原油、润滑油、食用植物油等 8 种油品, 分别测定了原始油品、含乳化油或溶解油的水样和只含有溶解油的水样的化合物组成, 得到了油类产品在水中的乳化和溶解特性, 并重点确定了对油类产品溶解成分的应急净水技术。研究结果表明: 在水体受到柴油、汽油或原油污染时, 除了可能形成细小分散的乳化油颗粒, 还会产生油品的溶解污染问题。柴油、汽油或原油溶解在水中的化合物主要是芳烃类化合物, 化合物的种类很多, 单项化合物的浓度可达每升几十微克。对于受柴油、汽油或原油泄漏事故污染的水源水, 除了在取水口设置拦截浮油设施外, 还需要在自来水净水处理工艺流程中投加粉末活性炭, 用以吸附这些溶解的芳烃化合物, 并能增强对乳化油的去除效果。对于受润滑油或食用植物油泄漏事故污染的水源水, 由于这些油品基本上不发生乳化, 也不含溶于水的成分, 自来水厂只需增加拦截浮油的设施即可有效应对。

关键词 油类污染物 泄漏 柴油 汽油 原油 润滑油 自来水厂 应急

中图分类号: TU991

文献标识码: A

文章编号: 1002-8471(2019)05-0011-06

DOI: 10.13789/j.cnki.wwe1964.2019.05.002

Study on emergency drinking water treatment technology against oil spill accident in water source

Zhang Xiaojian¹, Qu Qiangyong^{1,2}, Chen Chao¹

(1. School of Environment, Tsinghua University, Beijing 100084, China;

2. Chengdu Environment Group, Chengdu 610000, China)

Abstract: Oil products are made up by many chemical compounds, which have their own soluble and removal characters. In order to against oil spill accident for water supply, eight kinds of oil and grease products, including diesel oil, gasoline, crude oil, lubricating oil and vegetable cooking oil, were studied in the paper. The emulsification and solubility was determined by analysis of the chemical compositions in the sample of original product (representing floating oil), water sample with emulsified and dissolved oil, and water sample with dissolved oil, respectively. Removal tests were carried on for dissolved chemicals from oil pollution. The results showed that in addition to emulsified oil pollution, soluble chemicals from oil spill might result in serious pollution problem for water supply. For diesel oil, gasoline or crude oil, the main chemicals dissolved in water were many kinds of aromatic compounds, with the concentration in several dozens of micrograms per liter for a single compound. Therefore, for oil spill accident of diesel oil, gasoline or crude oil, powdered acti-

基金项目: 国家水体污染控制与治理科技重大专项(2017ZX07201002)。



vated carbon should be added with coagulation to adsorb dissolved aromatics and enhancing removal of emulsified oil, along with the installation of floating oil barriers at water intake. For oil spills accident of lubricating oil or vegetable cooking oil, due to their poor emulsification and not containing soluble component, a response of floating oil barriers at water intake is capable of dealing with this kind of oil spills.

Keywords: Oil and grease pollutants; Spill; Diesel oil; Gasoline; Crude oil; Lubricating oil; Water supply plant; Emergency

0 前言

当油类产品在运输和储存中发生泄漏事故时会引发严重的油类污染,以江河为水源的自来水厂需要考虑应对水源油类物质突发污染的净水技术。事实上,油类产品都是由多种化合物组成的,但已有的研究多是把油类物质作为整体,以对油含量的去除为指标来研究的,对油类污染物的成分,特别对其溶解成分的特性与去除技术的研究不足。

为此,在国家“十三五”水专项研究中开展了专题研究^[1,2],研究的技术路线是:①对多种油类产品,分别测定它们在水中不同形态(浮油、乳化油)下的化合物组成;②根据不同形态的油的化学组成,特别是其溶解成分,确定针对性的去除技术。

1 材料与方法

本研究中,根据油类物质在水中的存在形态,对3种样品进行了检测:原始油品(代表浮油)、含乳化油和溶解油的水样、含溶解油的水样。

(1)原始油品。共8种,包括:柴油(国五标准0#车用柴油)、汽油(国五标准95#汽油)、原油(2种:轻质原油(产地大庆油田)和重质原油(产地辽河油田))、润滑油(2种:真空泵油(巩华牌)、扩散泵油(华特牌))、食用植物油(2种:大豆油、菜籽油)。以上油品除原油样品外均从市场上采购获得。需要说明的是,食用植物油按照化学成分应属于脂类(英文:grease),不是油类(英文:oil),这里按照污染物的分类,将其作为油类污染物(英文:oil and grease pollutants)进行研究。

(2)含乳化油和溶解油的水样,即受到油类污染但不含浮油的水样。先在烧杯内的自来水中加入一定量的油品。对于柴油、汽油和原油,每1.5 L水中的加油量为70 mL;对于润滑油和食用植物油,每1.5 L水中的加油量为20 mL。然后在300 r/min条件下搅拌30 min,搅拌后再静置5 min让油颗粒

上浮(经试验对比,5 min已经完成浮油分离),然后取出浮油下面的1 L水样。该水样中含有乳化油(细小的胶体颗粒态油)和溶解油(溶解成分)。

(3)含溶解油的水样,即对含乳化油和溶解油的水样进行混凝沉淀过滤处理,去除乳化油后仅含油的溶解成分的水样。混凝烧杯试验条件为:每个烧杯内加入1 L乳化油水样,混凝剂聚氯化铝3 mg/L(以Al计),快速混合1 min,100 r/min搅拌10 min,50 r/min搅拌10 min,静置15 min后用0.45 μm滤膜抽滤。所得滤后水样即为含有溶解态油的水样。需要说明的是,“溶解油”只是一种俗称,准确的表述应是“油的溶解成分”,因为溶解的化合物的组成(种类与比例)与原始油品差别很大,已经完全不同原来的油了。测试方法如下:①油类样品的成分测定方法。固相萃取—气相色谱—质谱仪。固相萃取条件:C18小柱,先用正戊烷和Cl₂CH₂活化。对于油样,用注射器把油样0.1 mL直接滴入萃取柱。对于水样,把500 mL待测水样以1 mL/min速度进萃取柱,再用高纯氮气把柱吹干。然后用正戊烷和Cl₂CH₂洗脱并定容。对于食用植物油,在色谱质谱分析前还需先进行甲酯衍生化处理。气相色谱—质谱仪:型号7890A—5975C,美国安捷伦公司。②样品中各成分的占比。在总离子流色谱图中,先对所有的峰的总面积进行积分,再扣除柱流失的峰面积,作归一化处理。各成分的峰面积与扣除柱流失后的总的峰面积的比值,即为各组分的占比。此峰面积占比可以近似代表质量占比,可参见石油化工有限公司《中间馏分烃类组成测定法(质谱法)》(SH/T 0606—2005)^[3]。③样品中成分的大类占比统计。总体上分成链烷烃、环烷烃和芳烃3大类。链烷烃:质荷比为99的离子是含碳原子数大于等于7的链烷烃(—C₇H₁₅)在质谱图中共同含有的离子,因此提取离



子 99 后可得到链烷烃的总离子流色谱图。环烷烃：环烷烃的出峰时间主要在 1~17 min 内,并且一半以上的环烷烃的质谱图中都含有质荷比为 81 的离子 ($-C_6H_9$),因此先提取含质荷比 81 的离子再加上其他的环烷烃就得到环烷烃的总离子流色谱图。芳烃：芳烃的出峰时间主要在 4~16 min 内,并且 2/3 以上的芳烃的质谱图中都含有质荷比为 91 的离子 ($-CH_2C_6H_5$),因此先提取含质荷比 91 的离子再加上其他的芳烃就得到芳烃的总离子流色谱图。④ 各化合物的定量分析。研究中采购了 14 种链烷烃和 7 种芳烃化合物的标准品,确定了对这些化合物的 GC-MS 的定量分析工作曲线。对于四氢萘和 5-甲基四氢萘这 2 种物质,由于没有买到合适的标准品,故使用面积法估算其浓度。

2 柴油

2.1 柴油的溶解特性与化学组成

柴油的原始样品为北京某加油站购得的国五标准 0# 车用柴油。柴油的含乳化油和溶解油的水样的 TOC 为 3~20 mg/L,与加油量与搅拌强度有关,水样有强烈的柴油气味。对柴油的含溶解油的水样,尽管乳化油已经基本去除了,但是水样仍有轻微的柴油气味,在扣除了自来水的原有的 TOC 后,柴油在水中溶解组分的 TOC 为 1~1.5 mg/L。

图 1~图 3 分别是不同形态柴油(原始油品、乳化态+溶解态、溶解态)的色谱-质谱测定的总离子流色谱分析。把各种组分按照链烷烃、环烷烃、芳香烃和其他组分分成 4 大类,汇总在表 1 中。

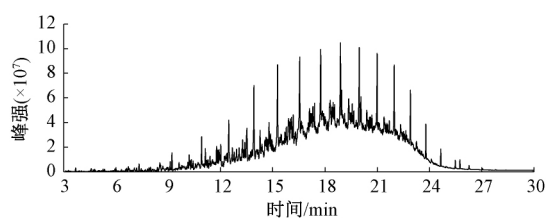


图 1 柴油的原始样品色谱-质谱测定的总离子色谱分析

Fig.1 Ion chromatogram for the sample of original diesel oil

不同形态柴油的组分特性:柴油的原始样品中按含量大小的顺序为链烷烃(66.86%)、环烷烃(16.48%)、芳香烃(11.98%)和其他成分(4.88%),该组分占比情况与对柴油成分检测的文献资料^[4,5]相符。在含乳化油和溶解油的水样中,链烷烃的比重下降(42.29%),环烷烃的含量极少(1.83%),芳

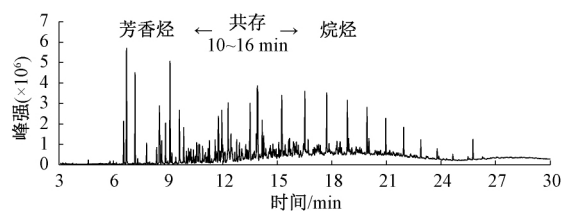


图 2 柴油的含乳化油和溶解油的水样色谱-质谱测定的总离子色谱分析

Fig.2 Ion chromatogram for the sample of emulsified and dissolved diesel oil

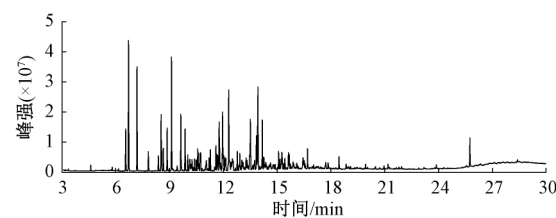


图 3 柴油的含溶解油的水样色谱-质谱测定总离子色谱分析

Fig.3 Ion chromatogram for the sample of dissolved diesel oil

表 1 石油类产品油类不同形态的化学组分构成

Tab.1 Chemical components of oil samples in different forms

油类物质	组分类别	样品 /%	乳化油+溶解油 /%	溶解油 /%
0# 柴油	链烷烃	66.86	42.29	7.87
	环烷烃	16.46	1.83	1.63
	芳香烃	11.98	50.33	87.15
	其他	4.88	5.55	3.35
95# 汽油	链烷烃	11.85	2.85	0.68
	环烷烃	12.72	0.81	0.40
	烯烃	29.77	0.91	0.62
	芳香烃	23.59	77.85	94.18
	其他(含抗爆剂)	22.07	15.48	4.12
轻质原油 (大庆油田)	链烷烃	71.76	46.12	19.72
	环烷烃	12.49	14.36	27.90
	芳香烃	7.22	35.98	44.66
	其他	8.53	3.54	7.72
重质原油 (辽河油田)	链烷烃	33.65	28.65	16.95
	环烷烃	35.14	36.77	2.62
	芳香烃	17.23	25.69	73.76
	其他	13.99	8.89	6.66
真空泵润滑油 (巩华牌)	链烷烃	37.16	85.54	ND
	环烷烃	56.93	0.71	ND
	芳香烃	0.08	0	ND
	其他	5.83	13.75	
扩散泵润滑油 (华特牌)	链烷烃	15.82	96.23	ND
	环烷烃	79.65	0.27	ND
	芳香烃	0.03	0	ND
	其他	4.50	3.51	

注:ND 为未检出。



香烃的比重大幅上升(50.33%),其他成分为5.55%。对于柴油的溶解油水样中,链烷烃(7.87%)和环烷烃(1.63%)比重很少,基本上都是芳烃(87.15%),其他成分为3.35%。表2列出了在柴油的含溶解油水样中占比在前面的十种化合物,主要是烷基苯、萘、茚满与四氢萘等。

表2 柴油的含溶解油水样中的部分化合物

Tab.2 Parts of chemicals in the sample of dissolved diesel oil

化合物名称		含量 /%
中文	英文	
对二甲苯	p-Xylene	6.19
间二甲苯	Benzene, 1,3-dimethyl	5.64
四氢萘	Naphthalene, 1,2,3,4-tetrahydro	5.26
连三甲苯	Benzene, 1,2,3-trimethyl	4.85
4-甲基茚满	4-Methylindane	4.37
1-乙基-3-甲基苯	Benzene, 1-ethyl-3-methyl	4.13
5-甲基四氢萘	Naphthalene, 1,2,3,4-tetrahydro-5-methyl	3.71
6-甲基四氢萘	Naphthalene, 1,2,3,4-tetrahydro-6-methyl	3.30
1-甲基-1-丙烯基萘	Benzene, (1-methyl-1-propenyl)-, (E)	2.96
萘	Naphthalene	2.65
1-乙基-2-甲基苯	Benzene, 1-ethyl-2-methyl	2.44
2-乙基-1,4-二甲苯	Benzene, 2-ethyl-1,4-dimethyl	2.24
2-甲基萘	Naphthalene, 2-methyl	2.03
1,2,4,5-四甲基苯	Benzene, 1,2,4,5-tetramethyl	1.86
丙基苯	Benzene, propyl	1.79
1,2-二甲基-1-丙烯基萘	Benzene, (1,2-dimethyl-1-propenyl)	1.79

对于柴油中链烷烃溶解特性的测定反映出以下特性:①在含乳化油与溶解油水样中,链烷烃的浓度与水样的加油量和搅拌条件有关;②在含乳化油与溶解油水样中,各种链烷烃组分的浓度远超过各自的溶解度(正十四烷:实测 200 $\mu\text{g/L}$,溶解度 2.2 $\mu\text{g/L}$;正十六烷:实测 600 $\mu\text{g/L}$,溶解度 0.0875 $\mu\text{g/L}$;正二十烷:实测 450 $\mu\text{g/L}$,溶解度 7.8E-4 $\mu\text{g/L}$);③含乳化油与溶解油的水样再经过截留相对分子质量 30 000 的滤膜压滤(孔径 0.007 μm)或是孔径 0.45 μm 滤膜抽滤,链烷烃化合物基本上都被去除了,滤后液中的浓度很低。以上特性表明,在受柴油污染但不含浮油的水中,链烷烃主要以乳化的细小颗粒状态存在,真正溶解在水中的链烷烃的量极少。

对于柴油中芳烃溶解特性的测定反映出以下特性:①对于含溶解油的水样,主要的溶解成分是芳烃;②在溶解试验中,继续提高搅拌速度或延长搅拌时间,溶解态的芳烃各组分含量只略有提高;③随着在 1.5 L 水中的加油量从 1 mL 增加到 5 mL,溶解的芳烃的含量快速增长,但在加油量从 5 mL 到

100 mL 的范围内,各种溶解态芳烃化合物的浓度基本稳定,只略有增长,见图 4;④溶解态的各种芳烃化合物的浓度在 30~100 $\mu\text{g/L}$ 范围,远低于这些化合物在水中的溶解度(几十至一百多毫克每升)。例如,对二甲苯:实测 90 $\mu\text{g/L}$,溶解度 162 mg/L ;连三甲苯:实测 42 $\mu\text{g/L}$,溶解度 55 mg/L 。尽管加入水中柴油样品中这些芳烃化合物的量已经远远超过溶解度,但实际中溶解的芳烃浓度远没有达到饱和溶解度。对此现象原因的推测是:没有溶解的链烷烃和环烷烃在水相上方形成了有机相,根据相似相溶原理,芳烃在有机相中的比例要比水相中大的多,大部分芳烃仍然溶在有机相中,只有少量溶解进入了水相。

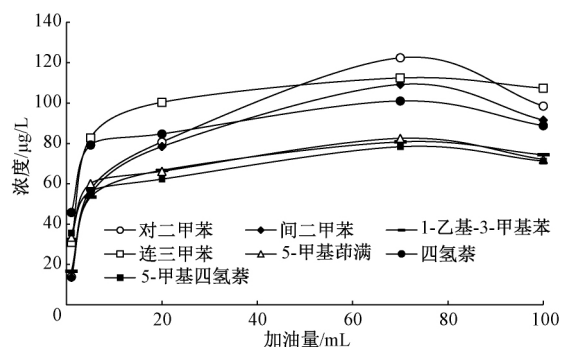


图4 在 1.5 L 水中加入不同量柴油的溶解态芳烃化合物的浓度变化情况

Fig.4 Concentration of dissolved aromatics with different diesel oil amount in 1.5 L water

以上结果显示,柴油中所含的化合物在水中的分布情况与柴油各组分的分散与溶解特性有关,柴油的乳化油的组成已经与原始油品的组成有着很大差异,而柴油的溶解性成分主要是芳烃类化合物。即对于受柴油泄漏污染的水,需要去除柴油的漂浮油、细小分散的乳化油颗粒和溶解的芳烃化合物。

2.2 不同形态柴油的适用去除技术

对于浮油,主要的去除手段是物理隔离,如采用拦油栅和吸油毡等,可以取得很好的效果。对于乳化油,由于铝盐或铁盐混凝剂对表面带有负电荷的油类胶粒颗粒有很好的凝聚作用,自来水厂在常规处理中通过强化混凝(增加混凝剂投量)可以有效去除乳化油。但是对于柴油的溶解成分,主要是芳香烃化合物,混凝沉淀过滤的效果很差,需要采取针对性的去除措施。

本研究中对于严重乳化、含油量较大的柴油污染水样,测定了粉末活性炭与混凝联用的处理效果,混凝剂聚合氯化铝的投加量 5 mg/L(以 Al 计),粉末活性炭的投加量分别为 20 mg/L 和 50 mg/L,粉末活性炭与混凝剂同时投加,试验结果见表 3。对于芳烃化合物,通过活性炭的吸附,粉末活性炭与混凝联用有很好的去除效果。对于链烷烃,由于试验中最后的过滤采用的是 0.45 μm 滤膜抽滤,孔径较大,仍有部分未能被混凝凝聚的细小乳化油颗粒通过了滤膜。结果显示,对于高度乳化含有较多细小乳化油颗粒的水,应加大混凝剂的投量,以提高对乳化油的絮凝去除效果。此外,投加的粉末活性炭也可以通过吸附作用,增强对链烷烃的去除。

表 3 粉末活性炭与混凝联用处理柴油污染水样(含乳化油和溶解油)的试验结果

Tab.3 Removal of component for diesel oil polluted water sample with emulsified and dissolved oil by combination of coagulation and powdered activated carbon

组分	初始浓度 / $\mu\text{g/L}$	去除率/%	
		混凝+粉末炭 20 mg/L	混凝+粉末炭 50 mg/L
壬烷	981	48.1	85.2
十一烷	630	15.6	61.1
十三烷	433	24.9	65.6
十四烷	188	31.2	77.7
十五烷	199	46.4	70.8
十六烷	665	88.2	93.3
十七烷	1118	94.5	97.2
十八烷	972	87.6	95.5
十九烷	829	94.8	97.3
二十烷	401	81.8	93.2
二十一烷	606	98.0	100
对二甲苯	109	13.6	71.4
间二甲苯	66	67.2	87.0
1-乙基-3-甲基苯	23	59.0	87.0
1,2,3-连三甲苯	195	57.6	86.7
4-甲基茚满	217	53.8	86.8
四氢萘	98	48.4	84.0
5-甲基四氢萘	45	55.4	88.0

研究中还用纯水配水分别测定了活性炭对 7 种芳烃化合物单独吸附时的吸附等温线,见图 5。又对溶解性柴油水样中活性炭对这 7 种芳烃化合物的吸附量,按分子质量换算加和后计算得到对这 7 种化合物总体吸附的吸附等温线,其特性与各组成化合物单独吸附的吸附等温线基本相似,也标注在图 5 中。结果显示,由于各个成分的芳烃结构和被吸附的特性基本相似,且各自浓度很低,而活性炭的

投加量很大,因此吸附各化合物时的相互竞争作用较小,属于平行吸附,吸附特性可以用溶解芳烃化合物的总量来表示。

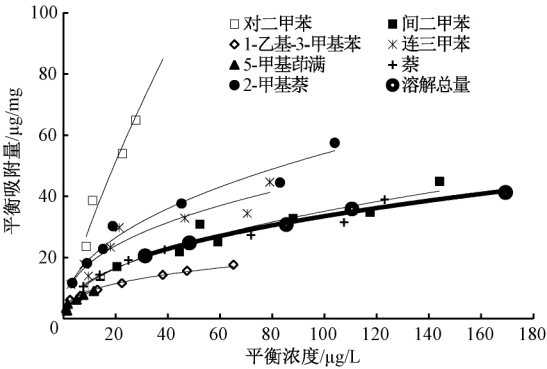


图 5 粉末活性炭对柴油的主要芳烃组分和溶解油总量的吸附容量
Fig.5 Adsorption isotherms for aromatic chemicals and total dissolved oil in diesel oil polluted water sample

3 汽油、原油、润滑油

汽油的成分与柴油相比,含有更多的芳香烃,国五汽油标准中芳烃含量限值是不大于 40%。本研究中的测定结果是,95# 汽油样品中芳烃含量为 23.59%,而在溶解水样中,芳烃含量占比达到了 94.18%。因此,对于受汽油泄漏污染的水,更要重视对溶解态芳烃化合物的去除。

原油的成分与柴油相比,链烷烃中长链的组分更多,同时也含有一定量的芳烃。重质原油比轻质原油中的长链组分所占比重更多。原油也会有一定的乳化和溶解,但程度比柴油要弱一些。

润滑油产品要求有很强的抗乳化性,以避免润滑性能下降,因此润滑油的主要成分是具有在水中不易乳化特性的环烷烃。本研究对两种润滑油的测定结果是:环烷烃的占比为 56.93%和 79.65%,链烷烃的占比为 37.16%和 15.82%,芳烃占比仅为 0.08%和 0.03%。测试中,润滑油的乳化程度很低,少量的乳化成分主要是链烷烃,占比为 85.54%和 96.23%。润滑油在水中的溶解性也很低,在本研究的色谱质谱分析中,溶解态润滑油的各组分均低于检出限。

汽油、原油、润滑油的不同形态的组分分析结果也汇总在表 1 中。对其中各组分的去除特性与柴油相似,不再赘述。



4 食用植物油

食用植物油的主要成分是甘油三酯。本研究对市场采购的大豆油和菜籽油的甘油三酯中的脂肪酸成分进行了测定,主要包括棕榈酸、油酸、亚油酸和硬脂酸,菜籽油中还含有芥酸,见表 4。

表 4 大豆油和菜籽油中脂肪酸的组成测定

Tab.4 Components of fatty acids in soybean oil and

rapeseed oil (in percent)

甘油三酯中脂肪酸组成	大豆油/%	菜籽油/%
亚油酸甲酯	43.40	10.01
油酸甲酯	34.42	78.66
棕榈酸甲酯	12.21	4.60
硬脂酸甲酯	6.46	2.45
芥酸甲酯	—	4.07
其他	3.51	0.21

其溶解特性的测试是:在 1.5 L 自来水中加入 20 mL 植物油,先搅拌再静置分层后在下层水样中油含量的测定结果是:大豆油 2.8 mg/L,菜籽油 0.33 mg/L,而经混凝后两者的溶解油含量均低于检出限。即,食用植物油的乳化性很弱,且基本不溶于水。

5 结论

本研究对多种油类产品,分别测定了原始油品、含乳化油和溶解油的水样和只含溶解油的水样的化合物组成,根据油类物质的乳化溶解特性,确定了针对性的应急净水技术。

对于受柴油、汽油或原油泄漏污染的水,需要去除浮油、乳化油和从油中溶解到水里的芳烃化合物。自来水厂的应急净水对策是:取水口设置拦截浮油

的设施,水厂内粉末活性炭与混凝联用去除乳化油和溶解的芳烃化合物。当取水口距水厂有一定距离时,粉末炭最好在取水口处投加,以加大吸附时间;无条件只能在水厂内投加时,应增加粉末炭的投加量。此外,为加强对乳化油的去除效果,混凝剂的投加量也应适当增加。

对于受润滑油或食用植物油泄漏污染的水,由于油品的乳化性很弱,且不含溶于水的成分,自来水厂在常规处理的基础上,只需增加拦截浮油的设施即可有效应对。

参考文献

- [1] 清华大学. 国家“十三五”水专项“常州市太湖流域水源饮用水安全保障技术与应用示范”课题中“任务 4—1 突发污染风险污染物的应急净水技术研究”的技术报告[R]. 2019.
- [2] 瞿强勇. 水中油类物质突发污染处置技术研究[D]. 北京:清华大学, 2018.
- [3] SH/T 0606—2005 中间馏分烃类组成测定法(质谱法)[S].
- [4] 张滢. 气—质联用仪在国Ⅲ车用柴油分析中的应用[J]. 青海石油, 2013, 31(3):97—102.
- [5] 蔡智鸣, 张俊勇, 杨科峰, 等. 色谱—质谱测定市售 0 号柴油成分[J]. 同济大学学报(自然科学版), 2002, 30(1): 124—126.

○ 通讯处:100084 北京市海淀区清华大学环境学院

电话:(010)62781779

E-mail:zhangxj@tsinghua.edu.cn

收稿日期:2019-02-20

南宁今年将建 102 个农村生活污水整治项目

4 月初,南宁市印发《2019 年“美丽南宁”乡村建设农村生活污水整治项目实施方案》,将有序开展农村生活污水整治项目建设,巩固提升“美丽南宁·清洁水源”活动成效。

2019 年,南宁市计划建设农村生活污水整治项目 102 个(至少覆盖 40 个未建设农村生活污水整治项目的行政村)。项目优先支持南宁市饮用水水源保护区环境问题整治涉及的村屯、建成区外 18 条内河沿线存在污水直排情况且目前尚未建成或者无规划建设污水处理设施、污水市政管网的村庄,同时向重点贫困县倾斜,确保重点贫困县所得项目数占到总数的 10%以上。

通过实施一批农村生活污水整治项目建设,使项目所

在村庄生活污水处理率 80%以上,村庄环境明显改善,群众饮水安全得到保障,农村环境管理体制机制初步建立,农村环保管理能力得到加强。

南宁各县(区)、开发区制定项目实施方案后,10 月所有项目全面开工建设。11 月底前项目主体工程全面建成,逐步进入设施调试和试运行。12 月底前市“清洁水源”办组织有关部门将对部分项目主体工程建设情况进行抽查核验。各县(区)、开发区于 2020 年 1 月底前组织相关部门完成项目初步验收工作,并将验收报告、项目实施情况书面报市“清洁水源”办审查。市“清洁水源”办组织相关部门按照不低于 40%的比例进行抽查验收,3 月底前完成项目验收工作。