

烷基糖苷对石油增溶作用及其影响因素研究^①

贾少华^{1,2}, 宋存义¹, 栾海波³, 童震松¹, 方 英², 刘 俐^{2*}, 李发生²

(1 北京科技大学土木与环境工程学院, 北京 100083; 2 中国环境科学研究院, 环境基准与风险评估国家重点实验室, 北京 100012; 3 辽河油田金马油田开发公司, 辽宁盘锦 124010)

摘 要:应用生物表面活性剂烷基糖苷在室温下对石油进行增溶, 分别考察了溶液 pH 和无机盐浓度变化对石油溶解效果的影响, 并通过正交实验验证确定最佳条件。结果表明, 烷基糖苷溶液在浓度超过临界胶束浓度时, 表现出明显的增溶特性, 其质量增溶比约为 0.013; 溶液浓度、pH 和无机盐浓度变化均能显著影响增溶作用。实验条件下得到烷基糖苷增溶石油的最佳条件为: 烷基糖苷浓度 39.00 g/L, pH 为 5, 无机盐浓度 0.5 mol/L, 得到最大溶油量 3.99 g/L。

关键词: 烷基糖苷; 石油; 增溶; 影响因素

中图分类号: X13; X53

表面活性剂分子的双亲结构使其既具有油溶性又具有水溶性, 当活性剂水溶液的浓度高于临界胶束浓度(critical micelle concentration, CMC)时, 石油污染物通过分配到表面活性剂形成的胶束内部而提高表观溶解度。生物表面活性剂不仅表面活性强, 而且在酸碱和无机盐环境中性能稳定, 自然环境中易于降解, 不会对环境造成二次污染。烷基糖苷(alkyl polyglucoside, APG)作为由可再生天然脂肪醇和葡萄糖合成的生物表面活性剂, 兼具阴离子和非离子表面活性剂的特性, 易于生物降解^[1], 性能优良且原料来源广泛易得^[2], 与其他表面活性剂相比优势明显。

有研究者研究了烷基糖苷对乙醇、辛醇以及单层脂质体的增溶作用发现, 烷基糖苷对几种物质均表现出良好的增溶效果^[3–5]; 也有研究者利用烷基糖苷进行多环芳烃的增溶实验^[6–7], 毛华军等^[8]还利用烷基糖苷去除土壤中的多环芳烃, 得出烷基糖苷可以高效去除土壤中多环芳烃的结论; 另外, 由于烷基糖苷结构中多羟基糖苷亲水基团使 APG 在 pH>3 时胶束表面带有负电荷^[9–10], 导致溶液 pH 和无机盐浓度变化会影响烷基糖苷的胶束形成和增溶特性^[3]。

石油作为一种成分复杂、难于降解的有机混合物, 一旦进入环境将造成严重污染。本试验通过研究烷基糖苷对石油的增溶特性, 考察烷基糖苷溶液浓

度、pH 和无机盐强度对增溶效果的影响, 寻找最佳的增溶条件, 旨在为土壤中石油污染物的溶解和去除提供参考。

1 材料与方法

1.1 试验材料及仪器

试验所用石油样品采自辽河油田金马油田海一联合站, 表观呈黑色, 流动性差, 石油基本理化性质见表 1。无水硫酸钠(分析纯)购自北京现代东方精细化学品有限公司。氢氧化钠(分析纯)、60~90℃馏分石油醚(分析纯)购自国药集团化学试剂有限公司。盐酸、氯化钠均为分析纯, 购自北京化工厂。试验中去离子水(电阻率为 18.2 MΩ·cm)配制烷基糖苷溶液。烷基糖苷(50% 水溶液, 聚合度 1.4~1.8)购自山东恒佳药化开发有限公司, 烷基糖苷的分子结构如图 1 所示, 式中 R 代表含有 8~16 个碳的烷基链, 是烷基糖苷的亲油基团; 糖苷元上的多个羟基作为亲水基团与水分子形成氢键, 使烷基糖苷具有良好的水溶性; n 为聚合度(1.3~8)。

表 1 石油基本理化性质
Table 1 Basic physical and chemical properties of crude oil

密度(20℃) (g/cm ³)	运动黏度(50℃) (mm ² /s)	凝点 (℃)	碳含量 (g/kg)
0.920 4	109.0	17	858.6

基金项目: 国家自然科学基金项目(41271476)资助。

* 通讯作者(liuli@craes.org.cn)

作者简介: 贾少华(1989—), 女, 河北保定人, 硕士研究生, 主要从事土壤环境研究。E-mail: flysnowjsh376@163.com

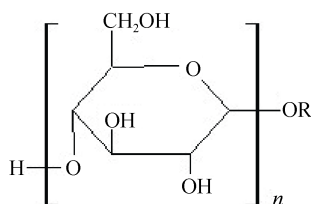


图 1 烷基糖苷分子结构图
Fig. 1 Chemical structure of APG

试验所用仪器分别为 JK99B1 型表面张力仪(上海中晨数字技术设备有限公司); SX₂-4-10 马弗炉(天津市中环实验电炉有限公司); DHZ-DA 恒温振荡器(太仓市实验设备厂); H900 离心机(科库森国产电机株式会社); DELTA320 型 pH 计、SG3 电导率仪(梅特勒-托利多(上海)国际股份有限公司); U-3010 紫外-可见分光光度计(株式会社日立制作所); MILLIPORE Milli-Q 型纯水仪(密理博中国有限公司)。

1.2 表面张力及临界胶束浓度测定

分别配置浓度为 0.01、0.05、0.10、0.20、0.30、0.40、0.50、0.60、0.70、0.73、0.75、0.78、0.80、0.90、1.00、1.10 和 1.20 g/L 的 APG 水溶液。在室温下应用 JK99B1 型表面张力仪, 测定不同浓度 APG 溶液的表面张力, 每个浓度平行测定 3 次。测试前用去离子水冲洗铂金环和仪器配备的玻璃皿, 再用酒精灯灼烧环至微红, 取被测样品将玻璃皿预润湿再进行测定^[11]。测量开始后仪器自动绘制一次测量过程中随时间变化的张力曲线, 并显示测量结果, 取 3 次测定的平均值作为该浓度下溶液的表面张力值, 作张力值-浓度对数曲线, 曲线拐点处溶液的浓度即为表面活性剂的临界胶束浓度^[12-13]。

1.3 烷基糖苷增溶石油的单因素实验

在 50 ml 离心管中分别加入 0.5 ml 原油和 30 ml 表面活性剂溶液, 每组浓度设定两个平行样。将离心管放入恒温振荡器, 在 $(25 \pm 1)^\circ\text{C}$ 以 120 r/min 的速度振荡 24 h(预实验表明 24 h 达到溶解平衡), 再以 3 000 r/min 的速度离心 1 h。分别取 10 ml 下清液移入分液漏斗, 用相同体积的石油醚萃取 3 次, 合并萃取液, 在紫外分光光度计上在 254 nm 处测定溶解的石油量^[14-15]。

分别考察 APG 溶液浓度、溶液 pH 和无机盐浓度变化对增溶作用的影响, 选取 APG 浓度变化值为: 0、0.78、3.90、7.80、15.60、23.40、39.00、62.40、78.00 g/L, 溶液 pH 变化值 5、6、7、8、9、10, 无机盐浓度变化值为 0、0.1、0.2、0.5、1.0、2.0 mol/L。

1.4 正交实验

选择 APG 溶液浓度、溶液 pH 和无机盐浓度为

影响因素, 设计 3 因素 4 水平正交实验, 使用 L₁₆(4³) 正交表, 取前三列安排实验, 并根据单因素实验结果设定各因素的水平值, 实验方法同单因素实验。

2 结果与讨论

2.1 烷基糖苷对石油的增溶作用

以浓度的对数为横坐标, 该浓度的表面张力为纵坐标绘制表面张力曲线(图 2)。随着 APG 浓度对数(lgC)逐渐增大, 溶液表面张力迅速降低; 当浓度达到 0.78 g/L 时, 溶液的表面张力值降低到 27.65 mN/m, 之后随浓度继续增大, 表面张力值不再出现明显的下降趋势, 表明表面活性剂在溶液表面的定向排列完成, 剩余的分子开始在液体内部聚集成胶束, 得到 APG 的临界胶束浓度 $CMC = 0.78 \text{ g/L}$ 。

测定浓度分别为 0、0.78、3.90、7.80、15.60、23.40、39.00、62.40、78.00 g/L 的 APG 溶液的石油溶解量, 以石油的表观溶解量对 APG 浓度作图(图 3)。可以看出随着 APG 浓度从 0 增大到 78.00 g/L, 石油溶解量呈现出先迅速增大后逐渐平缓的趋势, 拐点浓度为 39.00 g/L 左右。Abouseouda 等^[16]利用一种从荧光假单胞菌分离得到的生物表面活性剂增溶多环芳烃萘发现, 表面活性剂浓度在 0.25 ~ 1.50 g/L 范围内

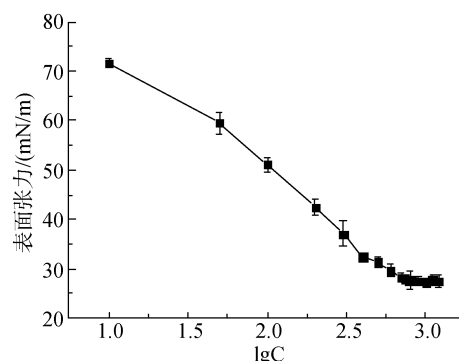


图 2 烷基糖苷表面张力变化曲线
Fig. 2 Surface tension change curve of APG solutions

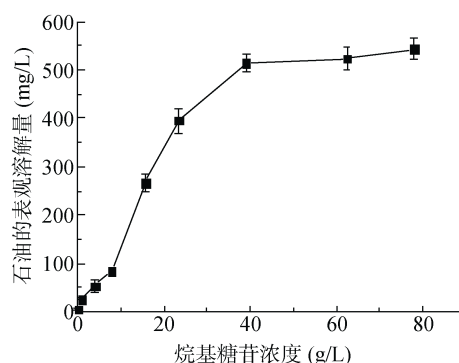


图 3 烷基糖苷增溶石油曲线图
Fig. 3 Solubilization of crude oil by APG

对萘的增溶量急剧增大,而在 1.50 ~ 4.00 g/L 范围内溶解量增幅很小,增溶量的变化过程与本实验相似; Peng 等^[17]在研究 Tw80 和 TX100 对多环芳烃的增溶作用和支银芳等^[18]研究 LAS 和 TX100 对柴油的增溶作用时,也都得到了增溶量随着表面活性剂浓度增大先急剧增加后变化平缓的趋势。

这是因为表面活性剂的浓度超过临界胶束浓度时,溶液内部的离子或分子会形成胶团,由分散状态缔合成稳定胶束,使非水溶性有机物包裹在胶束内部,提高有机物在水中的溶解度^[19-20](图 4)。在一定范围内胶束形成主要受浓度影响,浓度越大形成的胶束越多,胶束增溶的有机物的量也越多。当表面活性剂溶液超过一定浓度时,受空间效应限制,随着表面活性剂浓度增大,形成的胶束不再增多,活性剂分子间的相互作用增强,活性剂分子与被增溶物之间的作用弱于活性剂分子之间的作用,从而限制了进一步的增溶作用。

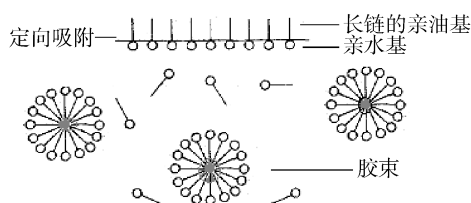


图 4 表面活性剂胶束示意图

Fig. 4 Sketch of surfactant micelle

表面活性剂对憎水性有机物增溶能力的强弱可以用质量增溶比(weight solubilization ratio, WSR)来表示^[21]。计算公式为:

$$WSR = (S_{\text{surf}}^* - S_{\text{CMC}}) / (C_{\text{surf}} - \text{CMC})$$

式中: C_{surf} 为大于 CMC 的表面活性剂浓度(mg/L), S_{surf}^* 和 S_{CMC} 分别表示表面活性剂浓度为 C_{surf} 和 CMC 时有机物的表观溶解度(mg/L), WSR 表示表面活性剂增加单位浓度时,有机物表观溶解度的增大程度,对于特定的憎水性有机物,WSR 越大表示表面活性剂对该有机物的增溶能力越强^[22]。

根据图 3 的增溶曲线,得到 APG 对石油的质量增溶比 WSR 在 0 ~ 39.00 g/L 范围内约为 0.013,在 39.00 ~ 78.00 g/L 范围内只有 7×10^{-4} ,故 0 ~ 39.00 g/L 是增溶作用受活性剂浓度影响最大的范围。Yang 等^[7]在实验室研究 APG 对多环芳烃萘的增溶作用时,得到 APG 对萘的质量增溶比约为 0.025;究其原因,主要是原油的组成和结构较单一的多环芳烃更为复杂,并且含有胶质、沥青等黏性物质,更不易溶解所致^[23]。

2.2 烷基糖苷增溶石油的 pH 和无机盐浓度影响

测定浓度为 23.40 g/L 的 APG 水溶液在不同 pH(5、6、7、8、9、10)条件下的溶油量,控制盐离子浓度在 0.03 ~ 0.04 mol/L 范围内。以溶液 pH 为横坐标,石油的表观溶解量为纵坐标作图(图 5)。

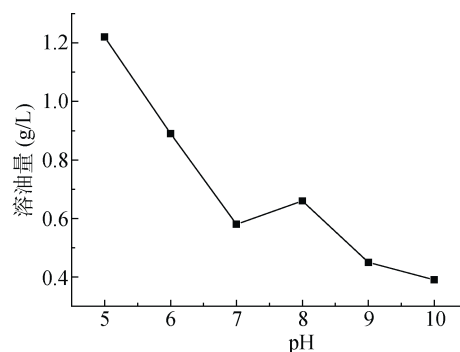


图 5 pH 对 APG 增溶石油作用的影响

Fig. 5 Effect of pH on the solubilization of crude oil by APG

分析不同 pH 条件下的增溶作用发现, pH 在 5 ~ 10 范围内, 23.40 g/L APG 溶液的溶油量基本随着 pH 增大而降低, 在 pH 为 5 左右时 APG 对石油的增溶效果最佳。APG 在水溶液中带有负电荷, 且胶团所带的负电位随着 pH 的增加而增强^[9-10], 表面活性剂分子相互间的排斥力增大, 不利于胶束聚集成更大的聚集体, 可使增溶能力下降^[24]。但是, pH 在 7 ~ 10 范围内, APG 的溶油量下降速度明显减缓, 这是因为活性剂溶液为碱性时, 可以与石油中胶质等酸性物质反应, 促进石油的乳化和分散, 使石油更容易进入水相^[25], 又在一定程度上增加了溶油量。

同理测定浓度为 23.40 g/L 的 APG 水溶液在不同 NaCl 浓度(0、0.1、0.2、0.5、1.0、2.0 mol/L)条件下的溶油量, 控制各溶液 pH 基本相同。以 NaCl 浓度为横坐标, 石油的表观溶解量为纵坐标作图(图 6)。

分析不同盐浓度条件下的增溶作用发现, APG

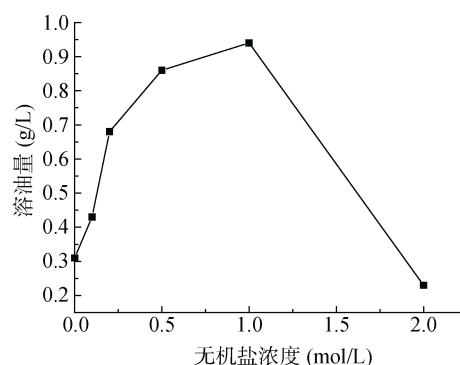


图 6 无机盐对 APG 增溶石油作用的影响

Fig. 6 Effect of ionic strength on the solubilization of crude oil by APG

溶液的溶油量并非随着各盐浓度升高而不断增大,而是在 1.0 mol/L 处出现拐点。随着 NaCl 浓度从 0 增加到 1.0 mol/L,溶油量显著增大;NaCl 浓度从 1.0 增大到 2.0 mol/L,APG 溶液溶油量并未继续升高而是迅速降低。

APG 形成的胶团表面带有负电荷,兼有阴离子表面活性剂的性质,加入适量的电解质会通过压缩双电层使分子间的斥力减弱,使胶束更容易形成^[26-27],而加入过量的无机盐时则可能破坏 APG 头基上羟基与水形成的氢键,破坏溶液的稳定性,甚至造成胶束解体^[28],导致盐浓度超过 1.0 mol/L 时,APG 对石油的增溶量不再继续上升,而是出现下降的现象。Rybinsk 等^[29]研究加入 NaCl 对烷基糖苷表面活性的影响发现,NaCl 浓度在 0~0.85 mol/L 时,加入 NaCl 可以降低 APG 的表面张力和临界浓度,但是由于 APG 分子亲水基含有多个羟基,与水分子形成大量氢键,使反离子不易靠近,导致盐离子超过一定浓度时不能继续提高 APG 的表面活性。吴应琴等^[30]研究了无机盐浓度对 0.1 g/L 腐殖酸增溶葱的影响,发现当无机盐浓度在 6.0~28 mmol/L 时,HA 对葱的增溶强度随着无机盐浓度的增大而增大,当无机盐浓度大于 28 mmol/L 时,HA 的增溶能力却随着无机盐浓度的增大而降低,增溶量随盐浓度的变化过程也与本实验相似。

2.3 正交实验

在单因素实验的基础上,以石油溶解量为实验指标,对活性剂浓度、溶液 pH、无机盐浓度 3 个影响增溶效果的主要因素进行正交实验,各因素的水平值分别为:APG 浓度:7.80、23.40、39.00、62.40 g/L;pH:5、6、7、8;无机盐浓度:0、0.2、0.5、1.0 mol/L。文中分别用 K1、K2、K3、K4 表示各因素 4 个水平的水平均值,R 表示水平均值的极差,即每个因素 4 个水平均值最大值与最小值的差值。实验结果如表 2 所示。

经过正交实验验证,APG 浓度 23.40 g/L 的溶液进行 pH 和无机盐浓度影响实验,所得趋势在实验范围内具有普遍的适应性。实验结果显示,APG 溶液浓度、pH 和无机盐浓度 3 个因素的水平均值最大值分别为 K3、K1 和 K3,即各因素分别取值为溶液浓度 39.00 g/L,pH 5 和 NaCl 浓度 0.5 mol/L 时,得到实验条件下各个因素最佳的实验水平,这与判定溶油量大小所得结果相同。比较各因素的极差,APG 溶液浓度、溶液 pH 和无机盐浓度的极差值分别为 1.501、1.438 和 1.673,说明改变无机盐浓度对实验结果造成的影响最大,APG 浓度次之,改变 pH 造成的影响

表 2 正交实验结果
Table 2 Results of orthogonal experiment

实验号	因素					溶油量 (g/L)
	APG 浓度 (g/L)	溶液 pH	无机盐浓度 (mol/L)	/	/	
1	7.80	5	0	1	1	0.35
2	7.80	6	0.2	2	2	0.46
3	7.80	7	0.5	3	3	0.61
4	7.80	8	1.0	4	4	0.57
5	23.40	5	0.2	3	4	2.59
6	23.40	6	0	4	3	0.89
7	23.40	7	1.0	1	2	1.57
8	23.40	8	0.5	2	1	1.85
9	39.00	5	0.5	4	2	3.99
10	39.00	6	1.0	3	1	1.93
11	39.00	7	0	2	4	0.46
12	39.00	8	0.2	1	3	1.61
13	62.40	5	1.0	2	3	2.56
14	62.40	6	0.5	1	4	2.92
15	62.40	7	0.2	4	1	1.10
16	62.40	8	0	3	2	0.98
K1	0.497	2.373	0.670	1.613	1.308	
K2	1.725	1.550	1.440	1.333	1.750	
K3	1.998	0.935	2.343	1.527	1.417	
K4	1.890	1.252	1.658	1.638	1.635	
R	1.501	1.438	1.673	0.305	0.442	

注:“/”表示空白,即在 5 因素 4 水平正交表中设计 3 因素 4 水平实验,后两个因素空白。

最小。通过方差分析得出(表 3),3 个因素的 F 比值分别为 1.064、0.852、1.083,则各因素对溶油效果的影响大小顺序为无机盐浓度>活性剂浓度>溶液 pH,也与极差分析的结果相一致,验证了实验的准确性。

表 3 方差分析表
Table 3 The analysis of variance

因素	方差来源		
	偏差平方和	F 比	F 临界值
APG 溶液浓度(g/L)	5.809	1.064	3.860
溶液 pH	4.565	0.852	3.860
无机盐浓度(mol/L)	5.696	1.083	3.860

注:F 比表示各因素的平均方差和与误差的平均方差和的比值,该比值的大小反映了各因素对实验结果影响程度的大小;F 临界值用于与 F 值比较,检验实验的水平置信度。

3 结论

生物表面活性剂烷基糖苷在浓度超过其临界胶束浓度(0.78 g/L)时能显著提高石油的表现溶解量,溶油量受烷基糖苷浓度影响最大的范围是 0~39.00 g/L,

在此浓度范围内的质量增溶比 WSR 约为 0.013。另外，pH 和无机盐浓度变化均能显著影响烷基糖苷对石油的增溶作用。经过正交实验验证，各个因素最佳的实验水平为：APG 浓度 39.00 g/L，溶液 pH 5，无机盐浓度 0.5 mol/L，得到的最大溶油量为 3.99 g/L。因此，通过调节合适的溶液浓度、pH 和无机盐浓度可提高烷基糖苷的增溶能力。

参考文献：

- [1] 秦勇, 张高勇, 康保安, 赵郁梅, 周继维. 烷基多苷 (APG) 生物降解性的研究[J]. 环境科学研究, 2003, 16(4): 28-31
- [2] 董万田. 烷基糖苷的性能及应用[J]. 应用化工, 2008, 37(6): 682-684
- [3] Chai JL, Li GZ, Zhang GY, Lou AJ, Zhang J, Zhang Y. Middle-phase microemulsions of green surfactant alkyl polyglucosides[J]. Science in China Series B: Chemistry, 2003, 46(1): 25-34
- [4] Rasika MS, Manohar RS. A Study of the solubilization of polar oily materials by alkyl polyglucoside and sodium dodecyl sulfate in mixed surfactant system[J]. Journal of Dispersion Science and Technology, 2006, 27: 179-184
- [5] Ribosa I, Sanchez-Leal J, Comelles F, Garcia MT. Solubilization of large unilamellar liposomes by alkyl glycosides[J]. Journal of Colloid and Interface Science, 1997, 187: 443-446
- [6] 李果, 毛华军, 巩宗强, 孙翼飞, 周从直, 方振东. 几种表面活性剂对柴油及多环芳烃的增溶作用[J]. 环境科学研究, 2011, 24(7): 775-780
- [7] Yang JW, Lee YJ, Park JY, Kim SJ, Lee JY. Application of APG and Calfax 16L35 on surfactant enhanced electrokinetic removal of phenanthrene from kaolinite[J]. Engineering Geology, 2005, 77: 243-251
- [8] 毛华军, 巩宗强, 方振东, 金京华, 杨辉, 杨琴, 孙翼飞. 多环芳烃污染土壤表面活性剂清洗及生物柴油强化[J]. 农业环境科学学报, 2011, 30(9): 1 847-1 852
- [9] Balzer D. Cloud point phenomena in the phase behavior of alkyl polyglucosides in water[J]. Langmuir, 1993, 9: 3 375-3 384
- [10] Lindman B, Karlström G. Aqueous solutions of nonionic surfactants and polymers[J]. Zeitschrift für Physikalische Chemie, 1987, 155: 199-209
- [11] Kanga SA, Bonner JS, Page CA, Mills MA, Autenrieth RL. Solubilization of naphthalene and methyl-substituted naphthalenes from crude oil using biosurfactants[J]. Environmental Science and Technology, 1997, 31: 556-561
- [12] Daniel EK, Cary TC. Water solubility enhancements of DDT and trichlorobenzene by some surfactants below and above the critical micelle concentration[J]. Environmental Science and Technology, 1989, 23: 832-838
- [13] Edwards DA, Luthy RG, Liu ZB. Solubilization of polycyclic aromatic hydrocarbons in micellar nonionic surfactant solutions[J]. Environmental Science and Technology, 1991, 25: 127-133
- [14] Teschner M, Wehner H. Chromatographic investigations on biodegraded crude oils[J]. Chromatographia, 1985, 20(7): 407-416
- [15] Wang CY, Li WD, Luan XN, Liu QQ, Zhang JL, Zheng R. Species identification and concentration quantification of crude oil samples in petroleum exploration using the concentration-synchronous-matrix-fluorescence spectroscopy[J]. Talanta, 2010, 81: 684-691
- [16] Abouseoud M, Yataghene A, Amrane A, Maachi R. Effect of pH and salinity on the emulsifying capacity and naphthalene solubility of a biosurfactant produced by *Pseudomonas fluorescens*[J]. Journal of Hazardous Materials, 2010, 180: 131-136
- [17] Peng S, Wu W, Chen JJ. Removal of PAHs with surfactant-enhanced soil washing: Influencing factors and removal effectiveness[J]. Chemosphere, 2011, 82: 1 173-1 177
- [18] 支银芳, 陈家军, 杨官光, 尉斌. 表面活性剂溶液清洗油污土壤试验研究[J]. 土壤, 2007, 39(2): 252-256
- [19] Zhu LZ, Feng SL. Synergistic solubilization of polycyclic aromatic hydrocarbons by mixed anionic nonionic surfactants[J]. Chemosphere, 2003, 53: 459-467
- [20] 董亮, 戴树桂. 憎水性污染物在表面活性剂溶液中的增溶动力学[J]. 环境科学, 2000(1): 27-31
- [21] Ramsburg CA, Pennell KD, Abriola LM, Daniels G, Drummund CD, Gamache M, Hsu HI, Pertovskis EA, Rathfelder KM, Ryder JL, Yavaraski TP. Pilot-scale demonstration of surfactant-enhanced PCE solubilization at the bachman road site. 2. system operation and evaluation[J]. Environmental Science and Technology, 2005, 39: 1 791-1 801
- [22] Urum K, Pekdemir T. Evaluation of biosurfactants for crude oil contaminated soil washing[J]. Chemosphere, 2004, 57: 1 139-1 150
- [23] Bordoloi NK, Konwar BK. Bacterial biosurfactant in enhancing solubility and metabolism of petroleum hydrocarbons[J]. Journal of Hazardous Materials, 2009, 170: 495-505
- [24] Zhou WJ, Yang JJ, Lou LJ, Zhu LZ. Solubilization properties of polycyclic aromatic hydrocarbons by saponin, a plant-derived biosurfactant[J]. Environmental Pollution, 2011, 159: 1 198-1 204
- [25] 何泽能, 李振山, 籍国东. 油田污染土壤中石油回收的模拟研究[J]. 应用基础与工程科学学报, 2005, 13(2): 136-145
- [26] Marszall L. Cloud point of mixed ionic - nonionic surfactant solutions in the presence of electrolytes[J]. Langmuir, 1988, 4: 90-93
- [27] 籍海燕, 闵洁. 烷基糖苷水溶液的表面活性以及电解质的影响[J]. 毛纺科技, 2010, 38(2): 12-15
- [28] 史修启, 王红霞, 张剑, 台秀梅. 烷基葡糖苷微乳液中苯乙烯聚合的研究[J]. 应用化工, 2005, 34(4): 209-211
- [29] Rybinski W, Hill K. Alkyl polyglucosides properties and applications of a new class of surfactants[J]. Angewandte Chemie International Edition, 1998, 37: 1 328-1 345
- [30] 吴应琴, 陈慧, 王永莉, 雷天柱, 夏燕青. 腐殖酸对葱的增溶作用及其影响因素[J]. 环境化学, 2009, 28(4): 515-518

Enhanced Solubilization of Crude Oil by Using Alkyl Polyglucoside

JIA Shao-hua^{1,2}, SONG Cun-yi¹, LUAN Hai-bo³, TONG Zhen-song¹, FANG Ying², LIU Li^{2*}, LI Fa-sheng²

(1 College of Civil and Environmental Engineering, University of Science & Technology Beijing, Beijing 100083, China; 2 State Key Laboratory of Environmental Criteria and Risk Assessment, Chinese Research Academy of Environmental Sciences, Beijing 100012, China; 3 Jinma Oilfield Development Company of Liaohe Oilfield Company, CNPC, Panjin, Liaoning 124010, China)

Abstract: Solubilization of crude oil at room temperature by alkyl polyglucoside biosurfactant was studied, the effect of solution pH and salinity on surface activity and solubilization capacity was investigated, and the optimal conditions were also determined by using orthogonal experiment. The results indicated that alkyl polyglucoside showed significant solubilization properties at concentration above its CMC, with a weight solubilization ratio (WSR) of 0.013. The enhanced solubilization of crude oil changed obviously with the change of solution concentration, pH and salinity. The predicted optimal conditions were about 39.00 g/L of alkyl polyglucoside, pH 5, 0.5 mol/L NaCl, while a maximum amount of 3.99 g/L was obtained.

Key words: Alkyl Polyglucoside, Crude oil, Solubilization, Influencing factor