

## 环保型水基油墨清洗剂的研究

刘腾<sup>1</sup>, 郑元林<sup>1</sup>, 武军<sup>2</sup>, 葛纪者<sup>2</sup>, 杨伟栋<sup>2</sup>, 张朝忠<sup>2</sup>

(1.西安理工大学 印刷包装与数字媒体学院, 西安 710048; 2.永发印务(东莞)有限公司, 东莞 523831)

**摘要:** **目的** 制备一种适用于胶版印刷机的环保型水基油墨清洗剂。**方法** 以吐温-80、十二烷基二甲基甜菜碱为表面活性剂, 碳酸钠为碱性助剂复配达到清洗目的, 去离子水和乙醇为溶剂, 三乙醇胺为抗再沉积剂, 苯并三氮唑为缓蚀剂, 尿素为增溶剂, 氯化钠为电解质, 研究环保型油墨清洗剂的合成条件。通过单因素变量法对影响产品性能的各种因素进行考察。**结果** 得到了最终优化的配方, 水为 70 g, 乙醇为 15 g, 十二烷基二甲基甜菜碱为 6 g, 吐温-80 为 12 g, 碳酸钠为 3 g, 尿素为 2 g, 苯并三氮唑为 1 g, 三乙醇胺为 1 g, 氯化钠、消泡剂适量。在此条件下合成的产品为透明、无沉淀、无分层液体, 净洗力为 99.8%。**结论** 产品综合性能良好, 适用于胶版印刷机的油墨清洗。

**关键词:** 清洗剂; 表面活性剂; 碱性助剂; 尿素

中图分类号: TQ314.24 文献标识码: A 文章编号: 1001-3563(2019)07-0107-05

DOI: 10.19554/j.cnki.1001-3563.2019.07.016

## Environment Friendly Water Based Cleaning Agent for Printing Ink

LIU Teng<sup>1</sup>, ZHENG Yuan-lin<sup>1</sup>, WU Jun<sup>2</sup>, GE Ji-zhe<sup>2</sup>, YANG Wei-dong<sup>2</sup>, ZHANG Chao-zhong<sup>2</sup>

(1.School of Printing and Packaging Engineering, Xi'an University of Technology, Xi'an 710048, China;  
2.Wing Fat Printing (Dongguan) Co., Ltd., Dongguan 523831, China)

**ABSTRACT:** The work aims to prepare an environment friendly water-based ink cleaner suitable for offset printing press. Tween 80 and dodecyl dimethyl betaine were used as surfactants and sodium carbonate as an alkaline auxiliary to achieve cleaning effect, and deionized water and alcohol were used as solvent, triethanolamine as anti-redeposition, benzo Triazole as rust inhibitor, urea as solubilizer and sodium chloride as electrolyte to study the synthesis conditions of environment friendly ink cleaner. The factors affecting the product properties were investigated by univariate variable method. The optimal formula was obtained: 70 g water, 15 g alcohol, 6 g dodecyl dimethyl betaine, 12 g Tween 80, 3 g sodium carbonate, 2 g urea, 1 g benzo Triazole, 1 g triethanolamine, appropriate amount of sodium chloride and defoamer. The product which was synthesized under this condition was transparent and clarified with cleaning rate of 99.8%. The comprehensive performance of the product is good and the product is suitable for cleaning the ink of the offset printing machine.

**KEY WORDS:** cleaning agent; surfactant; alkaline additive; urea

21 世纪以来, 环境问题已经成为全球关注的焦点。随着印刷包装行业的迅猛发展, 每年油墨消耗量高达上万吨<sup>[1-2]</sup>。伴随而来的是油墨清洗剂的大量

使用。传统油墨清洗剂是使用有机溶剂制成, 如汽油、煤油和芳烃类溶剂等, 这些成分都有不同程度的毒性, 并会对人体造成一定的危害<sup>[3-5]</sup>。

收稿日期: 2018-11-22

作者简介: 刘腾(1995—), 女, 西安理工大学硕士生, 主攻环保型油墨清洗剂研发。

通信作者: 郑元林(1976—), 男, 西安理工大学副教授, 主要研究方向为印刷色彩复制理论及其应用。

为了解决汽油挥发带来的巨大危害,人们研究了传统型油墨清洗剂的替代品。主要有混合溶剂型、乳液与微乳型油墨清洗剂,在一定程度上克服了传统油墨清洗剂易燃易爆、毒害环境的缺点<sup>[6-9]</sup>,但是该类油墨清洗剂仍然含有一定量的汽油、煤油,没有从根本上解决环境污染的问题<sup>[10]</sup>。

目前,水基油墨清洗剂完全摒弃了矿物油的使用<sup>[11-15]</sup>,其具备安全、环保、节能三大优点。李高峰<sup>[16]</sup>采用无水偏硅酸钠、聚三元羧酸酯、羧酸胺缓蚀剂、苯并三氮唑、聚丙烯酸(PAA)、低泡表面活性剂 WP171 以及抑泡剂等药品研制了一种低泡水基印刷油墨清洗剂,实验表明所研制的油墨清洗剂在 5℃ 下可去除金属表面多种油污。到目前为止水基油墨清洗剂仍然有着较差的去污效果以及防锈性能,因此文中根据无毒无害的需求,选择对环保型水基油墨清洗剂进行研究。为了达到高净洗力的目的,文中采用两性表面活性剂、非离子表面活性剂和碱性助剂复配,并与防锈剂苯并三氮唑、增溶剂尿素、抗再沉积剂三乙醇胺等试剂反应,制备绿色环保、净洗力强、腐蚀性弱、各项性能稳定的环保型水基油墨清洗剂。

## 1 实验

### 1.1 试剂和仪器

试剂:吐温-80,工业级,天津广成化学试剂有限公司;十二烷基二甲基甜菜碱,工业级,山东临沂亿群化工有限公司;三乙醇胺,分析纯,富宇精细化工有限公司;氯化钠、乙醇,分析纯,天津市大茂化学试剂厂;尿素,分析纯,天津市福晨化学试剂厂;苯并三氮唑,分析纯,无锡市亚泰联合化工有限公司;无水氯化钙、硫酸镁,分析纯,天津博迪化工股份有限公司。

仪器:电子数显搅拌机,上海欧河;HH-1 型数显恒温水浴锅,金坛市白塔新宝仪器厂;磁力加热搅拌器,美国 TALBOYS;分析天平,艾德姆;精密鼓风干燥箱,上海恒科学仪器有限公司。

### 1.2 油墨清洗剂的制备过程

1) 向三口烧瓶中加入 70 g 水、10 g 乙醇,水浴加热至 80℃。

2) 温度达到 80℃ 后,边搅拌边加入 8 g 吐温-80、2 g 十二烷基二甲基甜菜碱、3 g 无水碳酸钠。转速为 1300 r/min,搅拌 10 min。

3) 将磁力加热搅拌器温度调至 60℃,依次加入 5 g 乙醇、1 g 三乙醇胺、1 g 苯并三氮唑、2 g 尿素,搅拌至溶解,制成助剂。

4) 将助剂加入步骤 1) 中的三口烧瓶,加入微量氯化钠。转速为 1400 r/min,搅拌 15 min 即可出料。

### 1.3 方法

在其他成分用量不变的情况下,改变某一成分用量的质量,采用单一因素变量法配制多种水基油墨清洗剂以及质量分数为 3% 的清洗剂试液(去离子水配制,含无水氯化钙 0.165 g/L,硫酸镁 0.247 g/L)。根据 QB/T 2117—1995《通用水基金属净洗剂》,用 1.4 节所列的方法对油墨清洗剂进行性能测试。净洗力是衡量油墨清洗剂的重要指标,而表面活性剂配比、抗再沉积剂用量、尿素用量、pH 值等因素对该指标又有重要影响,因此文中对表面活性剂配比、pH 值、尿素、三乙醇胺、苯并三氮唑等变量对油墨清洗剂的净洗力的影响进行了实验探究。同时进行腐蚀性、泡沫性能以及稳定性的实验,用以测试产品合格性。

### 1.4 性能测试

因为油墨清洗剂暂无标准检验方法,所以根据水基油墨清洗剂的技术特点和使用要求分别检测。

1) 净洗力的测定。依据 QB/T 2117—95 进行测试,将试液用 250 mg/L 硬水(含无水氯化钙 0.165 g/L,硫酸镁 0.247 g/L)按 3% 的质量分数配制。把试片放入(40±2)℃的干燥箱中 30 min,冷却后称量,质量记为  $m_0$ 。将普通液态油墨涂覆于试片表面,擦去多余油墨。其中油墨是南通迪爱生色料有限公司的单张纸用平版黑色油墨。放入(40±2)℃的干燥箱中 30 min,冷却后称量,质量记为  $m_1$ 。最后将试片放入配制溶液中摆洗,干燥后质量记为  $m_2$ 。净洗力  $X_1$  按式(1)计算。

$$X_1 = \frac{m_1 - m_2}{m_1 - m_0} \times 100\% \quad (1)$$

2) 腐蚀性的测定。依据 QB/T 2117—95 测试,将试片置于(40±2)℃烘箱中 30 min,冷却称量并记为  $m_3$ 。之后让试片浸入温度为(80±2)℃、质量分数为 3% 净洗剂水溶液中,2 h 后取出试片,在沸腾的蒸馏水中摆洗 10 次,用无水乙醇脱水,热风吹干后进行外观检查。再将试片放置在(40±2)℃烘箱中 30 min,冷却后称量并记为  $m_4$ 。腐蚀量  $X_2$  按式(2)计算。

$$X_2 = m_3 - m_4 \quad (2)$$

3) 泡沫性能的测定。根据 GB/T 13173—2008 测试,将所配得试液用 250 mg/L 硬水按 3% 的质量分数配制,在(40±0.5)℃的温度内,在滴液管中注入 200 mL 试液,将滴液管放置在含有 50 mL 试液的刻度量管上方(滴液管梗管下端与刻度量管 90 cm 刻度齐平)。打开滴液管的旋塞,使溶液流下,当滴液管溶液流完后,立即读取泡沫高度,在 5 min 末再一次读取数据,测量得到的泡沫高度作为该样品的发泡力。

4) 高、低温稳定性的测定。依据 QB/T 2117—95 进行测试,将清洗剂分别放入温度为(-5±2)℃的环

境下 24 h、(60±2) °C 的环境下 6 h, 取出, 待其恢复至室温, 观察是否有分层和沉淀等现象。

## 2 结果与讨论

### 2.1 表面活性剂配比对产品净洗力的影响

表面活性剂都是由 2 部分组成, 即极性基团与非极性基团。极性基团对水的亲和力很强, 例如羟基、羧基等; 非极性基团对油的亲和力强, 例如脂肪烃基-R 等。表面活性剂溶于水后, 亲水基进入水相, 憎水基进入油相, 在两相界面上形成分子膜, 进而降低了水的表面自由能, 因此表面活性剂具有乳化、增溶以及强有力的去油污作用。

离子型表面活性剂与非离子型表面活性剂复配可在溶液中形成混合胶团, 大幅度降低表面活性剂的临界胶束浓度, 因此文中选用两性离子表面活性剂十二烷基二甲基甜菜碱以及非离子型表面活性剂吐温-80 进行复配来作为油墨清洗剂的重要组成部分。实验首先固定水用量为 70 g、乙醇为 10 g、无水碳酸钠为 3 g、三乙醇胺为 1 g、苯并三氮唑为 1 g、尿素为 1 g、吐温-80 为 12 g、pH 为 9, 考察了这 2 种表面活性剂的配比对水基油墨清洗剂净洗力的影响, 结果见图 1。

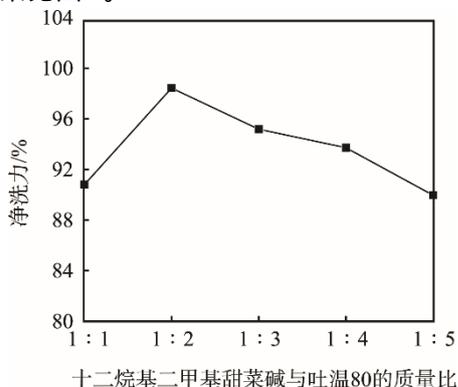


图1 十二烷基二甲基甜菜碱与吐温-80 的质量比对净洗力的影响

Fig.1 Influence of mass ratio of dodecyl dimethyl betaine to Tween-80 on net washing rate

由图 1 可知当十二烷基二甲基甜菜碱与吐温-80 质量比为 1:1 时, 净洗力较差, 随着十二烷基二甲基甜菜碱用量的减少, 质量比为 1:2 时, 净洗力达到最大。这是因为吐温-80 为非离子型表面活性剂, 其亲水基具有一定数量的含氧基团, 比十二烷基二甲基甜菜碱在水中和有机溶剂中都有更好的溶解性, 在溶液中稳定性高, 不易受强电解质无机盐、酸、碱的影响, 因此吐温用量多于甜菜碱时, 油墨清洗剂的净洗力会增加。进一步减少十二烷基二甲基甜菜碱的用量, 净洗力又下降了。这是因为吐温与十二烷基二甲基甜菜碱的复配会使原离子表面活性剂离子头基之

间的斥力减弱, 容易产生胶团, 进而降低溶液的临界胶束浓度。当十二烷基二甲基甜菜碱的用量减少时, 则会减弱降低溶液临界胶束浓度的效果, 所以导致净洗力下降。故而, 选择十二烷基二甲基甜菜碱与吐温-80 的最佳质量比为 1:2, 质量分别为 6, 12 g。

### 2.2 pH 值对产品净洗力的影响

仅以表面活性剂为主的油墨清洗剂存在着许多不足, 因此实验里在油墨清洗剂中加入碱性物质, 其能对油污起皂化作用。碱性物质与表面活性剂的复配, 使得油墨清洗剂具有良好的去污效果。文中选用碳酸钠作为碱性助剂, 再通过质量分数为 3% 的氢氧化钠以及质量分数为 10% 的稀盐酸调节溶液的 pH 值, 以此考察 pH 对油墨清洗剂性能的影响, 结果见图 2。

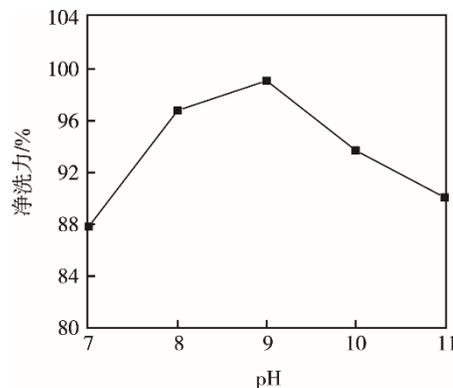


图2 pH 值对净洗力的影响  
Fig.2 Influence of pH on net washing rate

由图 2 可知, pH 对水基油墨清洗剂的净洗力影响较大, 随着 pH 的增加, 清洗剂的净洗力呈上升趋势, 当 pH 超过 9 后, 净洗力开始下降。这是因为在碱性环境下, 清洗剂对脂肪酸等墨垢分解能力更强, 而且碱性物质和表面活性剂的配伍可降低溶液的表面张力, 但是当碱性过强时, 表面活性剂的溶解度开始降低, 因此考虑油墨清洗剂的净洗力后, 选择 pH 的最佳值为 9。

### 2.3 尿素、三乙醇胺、苯并三氮唑对产品净洗力的影响

尿素作为增溶剂加入后能增加有机物质在水中的溶解度。同时其自身加入水中后也是一种表面活性剂, 有利于提高清洗力度。用量对增溶剂的效果有很大影响。用量不足, 可能起不到增溶效果; 反之, 用量过多, 既不节省成本, 又影响油墨清洗剂的净洗力。

三乙醇胺对墨垢的亲和力较强, 把墨垢粒子包围起来, 使之分散在水中, 防止了墨垢与金属的吸附接触。在油墨清洗剂中合理地加入三乙醇胺可有效地改善产品的综合性能, 提高清洗剂的清洗效力。

苯并三氮唑是一种优良的缓蚀剂。在印刷车间使

用油墨清洗剂时必然会接触到金属,清洗剂中有大量的水,会对设备造成腐蚀,因此加入苯并三氮唑是十分重要的。

文中考察了尿素、三乙醇胺以及苯并三氮唑的用量对油墨清洗剂的净洗力的影响,结果见表格1。

表1 尿素、三乙醇胺、苯并三氮唑在不同用量下的净洗力变化

Tab.1 Change of net washing rate under different dosages of urea, triethanolamine and benzotriazole %

质量/g	尿素	三乙醇胺	苯并三氮唑
1	93.713	93.713	93.713
1.5	93.886	93.514	93.168
2	97.524	93.836	93.157
2.5	92.039	93.943	93.67
3	92.87	94.949	93.081

由表1可知,其他成分质量不变时,增加尿素的用量,净洗力有一定的增大。在添加量为2g时,净洗力达到最大,继续增加后,净洗力开始下降。三乙醇胺对于油墨清洗剂的清洗力度有一定影响,当增加其用量时,净洗力有轻微的上升,但是增长幅度很小。三乙醇胺作为一种抗再沉积剂,带有较多的负电荷,能吸附在污垢粒子表面,从而提高污垢在清洗剂中的分散性和悬浮稳定性,因此添加一定量的三乙醇胺会改善油墨清洗剂的清洗效果。苯并三氮唑的用量对于油墨清洗剂的净洗力几乎没有影响。综合净洗力以及实际成本的问题,选择尿素的最佳质量为2g、三乙醇胺为1g、苯并三氮唑为1g。

### 3 产品性能测试

经过上述一系列实验,确定了环保型水基油墨清洗剂各成分的用量,并且形成了最终产品,其配方见表2。

表2 水基油墨清洗剂配方

Tab.2 Formula of water based cleaning agent for printing ink

物质	质量/g
水	70
乙醇	15
甜菜碱	6
吐温-80	12
碳酸钠	3
尿素	2
苯并三氮唑	1
三乙醇胺	1

### 3.1 水基油墨清洗剂对印版及橡皮布的腐蚀性测试

为了使研发的水基油墨清洗剂更具现实使用价值,文中测试了水基油墨清洗剂对印版及橡皮布的腐蚀性。结合QB/T 2117—95中的测试方法,裁取尺寸为5cm×5cm的PS版以及4cm×5cm的橡皮布材料,置于(40±2)℃烘箱中30min,冷却后称量。之后让样品分别浸入温度为(80±2)℃、质量分数为3%净洗剂水溶液中,2h后取出样品,在沸腾的蒸馏水中摆洗10次,用无水乙醇脱水。再将试片放置在(40±2)℃烘箱中30min,冷却后称量并且观察外观变化。

印版与橡皮布在测试前称量分别为1.8422g和4.0951g,在测试后称量分别为1.8420g和4.0948g。质量的变化分别为0.2mg和0.3mg,几乎无变化。再从实际中可观察到印版与橡皮布表面无变化,没有被腐蚀,实验说明文中研制的水基油墨清洗剂对印版及橡皮布不具腐蚀性。

### 3.2 产品合格性检测

根据QBT 2117—1995《通用水基金属净洗剂》对产品进行各项指标检测,检测结果见表3。

表3 油墨清洗剂指标检测合格

Tab.3 Index test qualification of cleaning agent for printing ink

编号	项目名称	标准规定	产品性能
1	外观	均匀,无分层、沉淀和异物	均匀,无分层、沉淀和异物
2	pH值	7~11	9
3	净洗力	≥90%	99.8%
4	泡沫性能	0 min高度≤80 mm, 5 min高度≤20 mm	0 min高度=11 mm, 5 min高度=0
5	腐蚀性	≤2 mg	0.5 mg
6	高温稳定性	均匀,不分层	均匀,不分层
7	低温稳定性	均匀,不分层、无结晶、无沉淀	均匀,不分层、无结晶、无沉淀

依据测定标准,对试验所得油墨清洗剂进行了外观、pH、净洗力、泡沫性能、腐蚀性以及高低稳定

性的测试。由表3可知在泡沫性能测试中,测量得到的泡沫高度为11mm,5min后泡沫高度为0,皆在

标准数值范围内。腐蚀性测试测得产品腐蚀量为 0.5 mg, 低于最高限制 2 mg。将成品置于温度为 $(-5\pm 2)^\circ\text{C}$ 的环境下 24 h,  $(60\pm 2)^\circ\text{C}$ 的环境下 6 h, 都没有出现分层、沉淀以及结晶等现象, 因此可以判断产品符合国家标准所规定的各项指标。

## 4 结语

文中以水、乙醇为溶剂, 吐温-80、十二烷基二甲基甜菜碱为主剂, 碳酸钠为碱性助剂, 苯并三氮唑为缓蚀剂, 三乙醇胺为抗再沉积剂, 尿素为增溶剂, 对环保型水基油墨清洗剂进行了研究, 制成了绿色、无毒害的新型清洗剂, 其配方: 水为 70 g, 乙醇为 15 g, 十二烷基二甲基甜菜碱为 6 g, 吐温-80 为 12 g, 碳酸钠 3 为 g, 尿素为 2g, 苯并三氮唑 1 为 g, 三乙醇胺 1 为 g, 氯化钠、消泡剂适量。文中研发的水基油墨清洗剂原料易得, 溶剂采用的水与乙醇安全无污染, 其他助剂也都采用对人体无害化学物, 操作及工艺简便, 能满足国家标准所规定的项指标, 具有现实意义和应用价值。

### 参考文献:

- [1] 姚瑞玲. 4 种环保油墨的应用现状[J]. 广东印刷, 2017(5): 51—52.  
YAO Rui-lin. Application Status of Four Environmentally Friendly Inks[J]. Guangdong Print, 2017(5): 51—52.
- [2] 张黎丽. 印刷油墨废气先进治理技术对比研究[J]. 资源节约与环保, 2018(4): 20.  
ZHANG Li-li. Comparative Study on Advanced Treatment Technology of Printing Ink Waste Gas[J]. Resources Economization & Environment Protection, 2018(4): 20.
- [3] LEE S M, LEE J Y, YU H P, et al. Synthesis of Environment Friendly Nonionic Surfactants from Sugar Base and Characterization of Interfacial Properties for Detergent Application[J]. Journal of Industrial & Engineering Chemistry, 2016, 38: 157—166.
- [4] HUANG G, BROOK R, CRIPPA M, et al. Speciation of Anthropogenic Emissions of Non-methane Volatile Organic Compounds: a Global Gridded Data Set for 1970—2012[J]. Atmospheric Chemistry & Physics, 2017, 17(12): 1—36.
- [5] 杨淑武, 樊兴虎, 丛龙康, 等. 环保型油墨清洗剂的研制进展[J]. 包装工程, 2017, 38(3): 73—77.  
YANG Shu-wu, FAN Xing-hu, CONG Long-kang, et al. Research Progress of Environmental Ink-Cleaner[J]. Packaging Engineering, 2017, 38(3): 73—77.
- [6] 苏向荣. 阴离子-非离子复配微乳液(O/W)清洗剂的制备及性能研究[D]. 西安: 陕西科技大学, 2015.  
SU Xiang-rong. Study on the Preparation and Property of Remixed Anionic-Nonionc(O/W) Microemulsion Deterent[D]. Xi'an: Shaanxi University of Science & Technology, 2015.
- [7] 郭辉, 梁文耀. 一种微乳液型清洗剂及其制备方法: 中国, 105238578 A[P]. 2016-01-13.  
GUO Hui, LIANG Wen-yao. Microemulsion Type Cleaning Agent and Preparation Method Thereof: China, 105238578 A[P]. 2016-01-13.
- [8] 冯远. 微乳液的应用研究进展[J]. 中国洗涤用品工业, 2016(6): 50—56.  
FENG Yuan. Progress in the Application of Microemulsion[J]. China Cleaning Industry, 2016(6): 50—56.
- [9] 何有良. 浅谈 D-柠檬烯清洗剂的优势[J]. 中国设备工程, 2016(6): 83—84.  
HE You-liang. Lightly the Advantages of D-limonene Cleaner[J]. China Plant Engineering, 2016(6): 83—84.
- [10] 赵建红. 低泡无泡型工业清洗剂的研究[J]. 中国洗涤用品工业, 2018, 207(5): 44—49.  
ZHAO Jian-hong. Study on Low Foam and Non-foaming Industrial Cleaning Agent[J]. China Plant Engineering, 2018, 207(5): 44—49.
- [11] 何东宁, 陈富强, 陈显义, 等. 水基低泡环保金属清洗剂的研究[J]. 广州化工, 2016, 44(19): 55—57.  
HE Dong-ning, CHEN Fu-qiang, CHEN Xian-yi, et al. Study on Water-based Low Foaming Environmentally Friendly Metal Cleaning Agent[J]. Guangzhou Chemical Industry, 2016, 44(19): 55—57.
- [12] 胡小强. 一种环保型水基金属清洗剂的实验研究[J]. 清洗世界, 2016, 32(8): 30—33.  
HU Xiao-qiang. Experimental Study of an Environmentally Friendly Aqueous Based Cleaning Agent[J]. Cleaning Word, 2016, 32(8): 30—33.
- [13] 郭艳萍, 胡丁. 环保型水基清洗剂及应用: 中国, 105331179A[P]. 2016-02-17.  
GUO Yan-ping, HU Ding. Environmentally Friendly Water-based Cleaning Agent and Application: China, 105331179A[P]. 2016-02-17.
- [14] 蒋冬艳. 一种环保印刷油墨清洗剂及其制备方法: 中国, 107141877A[P]. 2017-09-08.  
JIANG Dong-yan. Environmentally Friendly Printing Ink Cleaning Agent and Preparation Method Thereof: China, 107141877A[P]. 2017-09-08.
- [15] 李波, 满瑞林, 秘雪, 等. 水基型清洗剂的研究现状及发展趋势[J]. 清洗世界, 2017, 33(6): 30—38.  
LI Bo, MAN Rui-lin, MI Xue, et al. Research Status and Development Trend of Water-based Cleaning Agents[J]. Cleaning Word, 2017, 33(6): 30—38.
- [16] 李高峰. 低温低泡水基金属清洗剂的研制[J]. 电镀与涂饰, 2017(12): 626—631.  
LI Gao-feng. Preparation of Low-temperature and Low-foam Water-based Metal Cleaning Agent[J]. Electropating & Finishing, 2017(12): 626—631.