

# 北京市高效循环水洗车技术应用研究

王迪<sup>1</sup>, 李薇<sup>2</sup>, 车建明<sup>1</sup>, 高原<sup>1</sup>, 张春玲<sup>3</sup>

(1. 北京市节约用水管理中心, 北京 100142; 2. 北京市水影响评价中心, 北京 100161; 3. 中国水利水电科学研究院, 北京 100038)

**摘要:**在对洗车用水特点及高效循环水洗车技术进行分析的基础上,针对当前洗车行业耗水量大、洗车废水污染环境等问题,结合北京社会发展、水资源状况、节水力度、行业节水推广情况,阐述了基于WR-RO、WR-UF技术的洗车循环用水设备的工艺流程、技术特征、运行工况及处理效果。洗车废水中含有油污、泥砂、表面活性剂及其他可溶性有机物。以超滤为核心工艺处理洗车废水,对浊度、COD、阴离子表面活性剂的去除率分别为98%、68%、69%。高效循环水洗车技术具有可操作性强、处理水质安全、运行成本低、效益可观等特点,应用推广价值高。

**关键词:** 高效循环水; 洗车技术; 节水潜力; 北京

中图分类号: TV213.9; X703

文献标识码: A

文章编号: 1672-643X(2017)02-0057-05

## The application study based on high efficient circulating water technology for washing car in Beijing

WANG Di<sup>1</sup>, LI Wei<sup>2</sup>, CHE Jianming<sup>1</sup>, GAO Yuan<sup>1</sup>, ZHANG Chunling<sup>3</sup>

(1. The Water Conservation Management Center of Beijing, Beijing 100142, China; 2. The Water Impact Assessment Center of Beijing, Beijing 100161, China; 3. China Institute of Water Resources and Hydropower Research, Beijing 100038, China)

**Abstract:** Based on analysis of water utilization and high efficient circulating water techniques for washing car, the efficient-circulation washing technology, In view of the current problems in car washing industries, such as high water consumption and washing wastewater pollution of the environment, the technological process, technical characteristics, running condition and treatment effects of circulating water apparatus for washing car were analyzed based on the WR-RO and WR-UF techniques. Wastewater originated from car washing contains many impurities, such as free oil, oil emulsion, clay sludge, surfactant and other soluble organic matters. By using ultrafiltration as the key treatment process of car washing wastewater, the removal rates of turbidity, COD, and anionic surfactant were 98%, 68%, and 69%, respectively. The high efficient circulating water technology for washing car has the characteristics of strong operability, water quality safety, low running cost and considerable benefit, and has important extension values.

**Key words:** efficient circulating water; washing car; water-saving potential; Beijing

## 1 研究背景

随着社会经济的快速发展和人民生活水平的不断提高,汽车已成为必不可少的家庭用品,我国的汽车化进程也随家庭用车量的增长而突飞猛进。据不完全统计,我国的汽车保有量已突破了亿辆大关,成为全球第二汽车大国,其中私家车成为增长最快的

部分。汽车工业的发展为汽车服务业带来了机遇,同时也带来挑战。北京市的机动车数量和密度均为国内第一位,2014年机动车保有量超过560万辆,全市日均洗车量在20万辆规模,一年洗车用水总量约为 $330 \times 10^4 \text{ m}^3$ ,洗车用水情况备受全社会关注。按照北京市节约用水办法的相关规定:提供洗车服务的用水单位应当建设循环水处理设施。目前,北

收稿日期:2016-09-28; 修回日期:2016-11-18

基金项目:国家重点研发项目(2016YFC04014-08)

作者简介:王迪(1979-),男,北京人,工程师,主要从事节水管理工作。

通讯作者:张春玲(1974-),女,新疆石河子人,博士,教授级高级工程师,主要从事水资源管理研究。

京市洗车店绝大多数配建了循环水洗车设备,但由于处理工艺过于简单,出水水质较差,降低了人们对循环水洗车的认可度。北京市使用小区再生水的比例只占5%,虽然用水成本只有2元/t,但由于小区再生水工程建设不足等问题的限制,推广面较小。

近年随着汽车工业的发展,洗车行业用水量逐年攀升。上海全市范围每天有30万~40万辆车需要清洗,消耗大量的水资源,洗车行业用水量在城市公共生活用水中所占比例逐步升高<sup>[1]</sup>。李涛等<sup>[2]</sup>对西安市建成区洗车状况全面调查,西安市450家洗车点的洗车方式以高耗水的高压喷枪洗车为主,平均洗1辆乘用车用水量约40L。研究数据表明,2014年北京城区洗1辆车的洗车用水量总体平均为23.84L,相比2009年的27L有所下降,洗车行业单位用水效率有所提高<sup>[3]</sup>。北京市2014年洗车的单位用水量较2009年下降了12%,但汽车数量和公共汽车数量却较2009年分别增长了35%、14%,因此,洗车用水总量仍不断上升<sup>[4]</sup>。此外,少数洗车店的单辆车平均用水量远高于23.84L,甚至高达50~60L,浪费水的现象严重,且洗车污水直排现象较为普遍,用水管理严重缺失。尽管北京市水务局出台了《洗车行业用水管理要求》等规范,但对洗车行业的规范程度仍然不够<sup>[5]</sup>。基于此,传统的清洗方式和低端洗车养护产品,不但造成水资源大量浪费,而且会产生洗车废水污染,由此会带来严重的环境问题。为适应高效、节水、循环用水的要求,洗车行业应履行环保要求,运用新型洗车设备,同时建设污水处理设施,实现环保设备与洗车设备一并有效运行。由于新技术的不断研发,从以前的“一桶水+一块抹布”的原始洗车模式,逐渐演变出高压水枪、蒸汽、电脑、微水等洗车新形式<sup>[6]</sup>。洗车废水的主要污染成分为油污、泥砂、灰尘等颗粒物、表面活性剂及其他可溶性有机物<sup>[7]</sup>。洗车废水主要采取超滤、砂滤、混凝沉淀、气浮、膜生物反应器等处理工艺<sup>[8-14]</sup>,但不同工艺的处理效果及投资成本不尽相同。

本文针对城市洗车行业在节水、减排工作中存在的问题,结合北京市社会发展、水资源本底、节水力度、行业节水推广情况,通过现场调查获得北京市洗车行业用水的水量、水价、排水等一手数据,为北京市洗车行业落实最严格的水资源管理制度与节水体系建设提供依据。根据北京市节水管理中心的统计资料以及课题组的相关调查,北京市丰台区和西城区分布的洗车点最多<sup>[15]</sup>。为此,本文基于WR-RO、WR-UF技术特点及在丰台区、西城区的应用

情况进行分析,阐述以超滤为核心工艺的处理洗车废水的关键技术流程,指导洗车行业用水管理从传统粗放型经验管理向量化科学管理转变。

## 2 高效循环水洗车技术应用

在循环水洗车工程的建设向着规范、绿色环保方向发展的背景下,2014年北京市节约用水管理中心会同西城区节水办、丰台区节水办及海淀区节水办建立了4处高效循环水洗车工程示范点,推出WR-UF和WR-RO两种全自动高效循环水洗车水处理设备。WR-UF系列循环水处理设备采用了“多级沉淀-两级砂滤-活性炭-保安过滤-超滤膜过滤-产水回用”的处理工艺,WR-RO系列循环水处理设备则在WR-UF设备的基础上增加先进的反渗透膜过滤手段,进一步去除废水中的表面活性剂和盐分,回用水水质达到工业纯水水平。WR-UF和WR-RO系列洗车循环水处理设备已在北京市西城区、丰台区、海淀区成功应用,水回收率达到80%~90%以上,获得良好效果。

针对洗车行业水资源浪费和洗车废水污染情况,本文提出循环水洗车的绿色理念。循环水洗车可对水资源进行重复利用,不仅可缓解区域水资源短缺所带来的危机,也可节约生产成本。用循环水洗车设备能使用水量降低至原来采用传统工艺的20%。在实际操作中,手工洗车循环设备的使用可以极大地提高用水效率。此外,政府还大力推进有关洗车行业的技术开发,尤其是循环用水、节水方面的新技术,推进“资源节约型、环境友好型”社会的建设。

### 2.1 WR-RO 典型技术

2014年北京市节水管理中心会同丰台区水务局建设第1套洗车循环水处理设备安置于丰台区正阳大桥保时甲洗车点。该站点设有雨水采集管道,将收集的雨水作为主要的洗车用水水源,原水中污染物成分较为复杂。本设备采用WR-RO型设计,具体工艺流程包括复合沉淀、石英砂过滤、活性炭过滤、精密过滤、超滤、反渗透。由于包含反渗透系统,可去除水中表面活性剂及98%以上的盐分,水质可达到工业初级纯水水平。丰台区WR-RO典型技术设备配置现场情况见图1。

### 2.2 WR-UF 典型技术

2014年北京市节水管理中心会同西城区水务局建设第2套洗车循环水处理设备安置于西城区太平街酷宝洗车点。该站点以中水作为主要的洗车用

水水源。采用 WR-UF 型设计,具体工艺流程包括石英砂过滤、中间水箱、石英砂过滤、活性炭过滤、精密过滤及超滤。西城区 WR-UF 典型技术设备配置现场情况见图 2。目前,北京西城区的 81 家正规洗车行里,有 95% 以上都是使用中水洗车,而 95% 的洗车店中 50% 左右的商户使用循环水设备。利用中水和循环水设备洗车,单辆车的洗用水量为 10 L。2015 年底,西城在全区范围内的洗车行推广中水循环使用。



图 1 丰台区 WR-RO 典型技术设备配置现场情况



图 2 西城区 WR-UF 典型技术设备配置现场情况

### 2.3 循环水处理技术

近年来北京市汽车保有量的增加带来了洗车行业的繁荣,但也导致了水资源的严重浪费,因此,加大洗车废水的重复循环利用具有重要的环境和经济效益<sup>[16-18]</sup>。通过对洗车废水进行沉淀、隔油、过滤、分离等处理措施后,实现循环水在一定范围内重复使用,有助于节约用水成本,提高水的循环利用率。基于 WR-UF、WR-RO 技术特点,以超滤为核心工艺的处理洗车废水的技术流程见图 3。

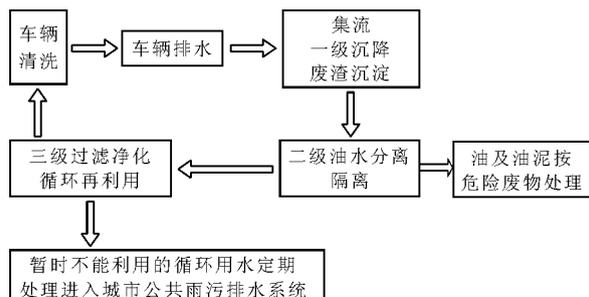


图 3 洗车废水处理流程

超滤处理工艺流程由地下构筑物 and 地上设备构成,地下构筑物包括格网池、沉淀池(一级过滤)和提升水池,定期对格网池和沉淀池进行清理,提升水池内设潜水泵将废水提升至沉淀罐(二级净化过滤),在提升管道上设管道混合器,在管道混合器前使用计量泵向废水中投加混凝剂,沉淀罐出水进入中间水箱,中间水箱出水由离心泵依次打入砂滤罐和外压式超滤膜(三级降解过滤),超滤出水进入回用水箱<sup>[7]</sup>。

在洗车废水处理过程中,混凝剂的选择和添加是影响废水二次处理后水质好坏的重要指标。本文考虑到铁盐的长期使用对超滤设备会造成影响,因而选择聚合氯化铝(PAC)为混凝剂。过滤池分为一级过滤池、二级净化过滤池、三级降解过滤池。每个滤池间用滤管(水管)连通逐级传送经过处理的废水,最后进入蓄水池。基于以上关键技术流程,在 PAC 的投加量为 25 mg/L 的情况下,进水浊度在 80 ~ 120 NTU 的范围内波动时,砂滤单元、混凝沉淀单元、超滤单元的最优出水浊度小于 1 NTU,各个单元的综合去除效率为 98%;在综合考虑砂滤-超滤工艺流程中各个单元对洗车废水中 COD 去除效率的基础上,进水 COD 值在 150 ~ 200 mg/L 范围波动时,砂滤、超滤单元出水中 COD 平均去除率分别为 31.0% 和 39.1%,总去除效率为 68%;在考虑出水中生化需氧量(BOD<sub>5</sub>)、阴离子表面活性剂等指标情况下,处理工艺中表面活性剂的出水值为 0.3 ~ 0.8 mg/L,综合去除率为 69.2%。综上所述,采用混凝沉淀-砂滤-超滤处理后的洗车废水中,浊度、COD、阴离子表面活性剂的去除率分别为 98%、68%、69%。曾斌等<sup>[19]</sup>、王晓泳等<sup>[20]</sup>的相关研究结果也表明,此工艺对 COD、浊度和阴离子洗涤剂具有有效的去除效果。此外,在使用循环再生水进行洗车时,每次首先要把水循环系统内部清理干净,且保证过滤再使用的水保持适当的 pH 和无杂物。

### 3 高效循环水洗车技术效益分析

为大力解决北京市城区洗车行业用水存在的洗车方式粗放、用水超定额难监管、低价使用水资源,公共资源损失、尾水排放超标,影响受纳水体水环境、从业人员节水意识薄弱,缺乏用水数据记录、违规用水现象严重,再生水推广具有难度等问题,本文给出的高效循环水洗车技术包括以下特点:

(1) PLC 可编程程序控制,全触摸屏菜单式操作,全自动运行,免人工维护;

(2)在线监测技术手段,可以实现对设备的实时监控;

(3)可适应自来水、中水、雨水等多种水源,回用水水质直观可视无异味;

(4)针对洗车废水特点,采用多级沉淀、两级砂滤等强化预处理过程,保护后续超滤膜及反渗透膜,使膜正常使用寿命可达3~5 a,耗材更换少;

(5)过滤器的自动冲洗程序设计,无须用户调整;

(6)完善的意外保护功能,高低液位、低压高压自动保护;

(7)设计有紧急旁路,在设备意外故障时,可满足短期用水需求;

(8)系统运行可靠性稳定,连续运行产水水质稳定;

(9)设备占地面积小,易维护。

### 3.1 技术应用综合效益分析

在4个典型洗车站点进行循环水处理设施改造升级后,安装WR-RO系列高效循环水处理设备,设备正常运行后,可保证水的循环使用率达到80%以上,年节约水量可达1 800 m<sup>3</sup>以上,年节约水费超过2.25/28.8万元(再生水/新水)。

本文使用的WR-UF高效洗车循环水处理设备处于稳定运行状态时,水回收率不低于90%。采用自动洗车机洗车时,以每洗一辆车耗水120 L、每年洗车1.8万辆计,单洗车点单设备全年可节约水量2 000 m<sup>3</sup>。按照再生水价格12.5元/m<sup>3</sup>计,每年节省水费约2.5万元;若按照特殊行业用水价格160元/m<sup>3</sup>计,每年节省水费约32万元。WR-RO、WR-UF高效洗车循环水处理效益见表1、表2。

表1 WR-RO技术高效洗车循环水处理效益分析表

指标名称	测算依据	分析结果
产水量	3 m <sup>3</sup> /h(25℃)	
水循环利用率	>80%	
吨水运行费用	①功率:5kW/h ②电价:1.0元/h ③滤料更换费用:0.56元/h	1.85元/m <sup>3</sup>
单车费用	①单车用水量:120L ②日均洗车量:50辆 ③设备运行时间:2h/d ④单车电费:0.2元/辆 ⑤滤料更换费用:0.02元/辆	0.22元/辆
节水量	①单车节水量:97L ②日均洗车量:50辆 ③年洗车量:1.83万辆	1 800 m <sup>3</sup> /年
节水效益	①中水价格:12.5元/m <sup>3</sup> ②特殊行业用水价格:160元/m <sup>3</sup>	2.25万元/年 28.8万元/年

表2 WR-UF技术高效洗车循环水处理效益分析表

指标名称	测算依据	分析结果
产水量	5 m <sup>3</sup> /h(25℃)	
水循环利用率	>90%	
吨水运行费用	①功率:2.5kW/h ②电价:1.0元/h ③滤料更换费用:0.62元/h	0.63元/m <sup>3</sup>
单车费用	①单车用水量:120L ②日均洗车量:50辆 ③设备运行时间:1.2h/d ④单车电费:0.06元/辆 ⑤滤料更换费用:0.02元/辆	0.08元/辆
节水量	①单车节水量:108L ②日均洗车量:50辆 ③年洗车量:1.83万辆	2 000 m <sup>3</sup> /a
节水效益	①中水价格:12.5元/m <sup>3</sup> ②特殊行业用水价格:160元/m <sup>3</sup>	2.5×10 <sup>4</sup> 元/a 32×10 <sup>4</sup> 元/a

注:表中吨水运行费用是指设备每生产1 t水所产生的电费和折合滤料更换的总费用。

### 3.2 技术应用前后节水分析

洗车行业为高耗水行业,本文选择的4个典型洗车站点均采用自动洗车机洗车方式,单车耗水量按行业平均水平计,约为120 L。保守估计按照平均每天洗车50辆计算,每天耗水量为约6 m<sup>3</sup>,年耗水量达

2 200 m<sup>3</sup>。若全部采用再生水洗车,按照12.5元/m<sup>3</sup>的再生水价格计算,每天所需水费为75元,每年水费超过2.7万元;若水源为地下水或自来水,则以北京市特种行业用水160元/m<sup>3</sup>的价格计,每年水费将超过34万元。较高的耗水量及水费限制了洗车价格的

降低,制约了洗车业的发展。高效循环水洗车技术改造前后节水对比分析情况见表3。

表3 高效循环水洗车技术改造前后节水对比分析

情境设置		水回用率/%	耗水量	用水量/ ( $\text{m}^3 \cdot \text{a}^{-1}$ )	节水量 ( $\text{m}^3 \cdot \text{a}^{-1}$ )	节水效益/ ( $10^4$ 元/a)
改造前	设备自动汽车机		120L/辆	2200		
改造后	WR-UF	>90	2200 $\text{m}^3$ /a	200	2000	2.5/32
	WR-RO	>80		400	1800	2.25/28.8

注:表中WR-UF系列以产水量 $5 \text{ m}^3/\text{h}$ 计算,WR-RO系列以产水量 $3 \text{ m}^3/\text{h}$ 计算;电价采用 $1.0 \text{ 元}/\text{kW} \cdot \text{h}$ ;单设备单洗车点日均洗车以50辆计算;节水效益为分别以中水价格 $12.5 \text{ 元}/\text{m}^3$ 和北京市特殊行业用水价格 $160 \text{ 元}/\text{m}^3$ 计算得出。

## 4 结论

(1)本文针对当前洗车行业耗水量大、洗车废水直排污染严重的问题,结合北京市当前经济社会发展、节水力度、洗车行业节水推广情况,阐述了基于WR-RO、WR-UF技术的洗车循环用水设备的工艺流程、技术特征、运行工况及处理效果。

(2)本文给出的高效循环水处理技术保证了洗车用水的良好水质。通过对洗车废水进行沉淀、隔油、过滤、分离等处理措施等,实现循环水在一定范围内重复使用,利于节约用水成本,提高水的循环利用率。

(3)北京市高效循环水洗车技术的应用具有显著的经济效益和社会、环境效益。安装WR-RO系列高效循环水处理设备,可保证水的循环使用率达到80%以上,年节约水量 $1800 \text{ m}^3$ 以上,节约水费超过 $2.25/28.8$ 万元(再生水/新水);利用WR-UF系列高效循环水处理设备,可保证水的循环使用率达到90%以上,年节约水量 $2000 \text{ m}^3$ 以上,节约水费超过 $2.5/32$ 万元(再生水/新水)。

(4)本文提出的高效循环水处理技术保证了洗车用水的良好水质,虽对其他地区具有积极的借鉴意义,但各个地区应针对地域水资源特点、洗车流程、水质状况,采用适宜于本地的处理效果好、造价运行费用低的洗车水循环高效处理工艺。

### 参考文献:

[1] 景哲,杨凯,吴蒙,等.上海城市洗车行业用水现状特征与节水对策[J].净水技术,2014,33(3):30-34.  
 [2] 李涛,张建丰,王向荣,等.西安市洗车用水调查与节水对策[J].人民黄河,2010,32(9):56-57.  
 [3] 李立群,陈远生.北京市洗车行业用水分析及节水对策[J].给水排水,2009,35(z1):218-221.

[4] 丁思洋,马钰琪,陈艳姣.北京城区洗车行业用水现状的调研分析[J].北京水务,2015(6):59-62.  
 [5] 北京市水务局.北京市洗车行业用水管理要求[R].2009.  
 [6] 赵丹,陈永轩,彭凯.国内洗车市场现状研究及前景探索[R].赤子,2015(1):320.  
 [7] 马传军,牟桂芹,郭亚逢,等.基于超滤处理工艺的洗车废水循环利用技术[J].净水技术,2013,32(3):37-40.  
 [8] 崔福义,唐利,徐晶,等.洗车废水回用处理工艺的试验研究[J].哈尔滨工业大学学报,2005,37(3):310-313.  
 [9] 唐利,崔福义,王建玲,等.高锰酸钾强化混凝处理洗车废水的研究[J].给水排水,2005,31(8):65-67.  
 [10] 曹小燕,孙立宁,陈刚,等.机动车清洗废水循环处理装置的研究[J].给水排水,2005,31(8):88-90.  
 [11] 李少林,魏宏斌,周栋.洗车废水回用技术的研究应用进展[J].净水技术,2006,25(2):55-58.  
 [12] 刘国梁,刘飞,白俊智.洗车废水处理新工艺[J].水处理技术,2007,33(1):71-73.  
 [13] 唐利,崔福义,谭学军,等.混凝/砂滤结合GAC/UF法处理洗车废水的研究[J].中国给水排水,2008,24(1):84-87.  
 [14] 王鹤.A/O-MBR工艺处理垃圾填埋场洗车废水及其回用技术[J].净水技术,2012,31(3):40-43.  
 [15] 北京市节约用水管理中心.北京市洗车场所分布及用水情况调查[R].2014.  
 [16] 储金宇,李玉蓉,李宁,等.电絮凝技术处理洗车废水试验[J].工业安全与环保,2012,38(5):18-20+30.  
 [17] 吴武林,蒋仪玲,何秀玲.小型洗车场洗车废水回用处理技术研究[J].广东化工,2011,38(4):188-189.  
 [18] 赵寒涛,王阳.光机电一体化洗车污水回用装置的研制[J].黑龙江科学,2011,2(1):21-23.  
 [19] 曾斌,关卫省,张艳.洗车废水混凝剂的选择[J].江苏环境科技,2006,19(z2):3-4.  
 [20] 王晓泳,卢徐节.洗车废水处理技术现状及发展趋势[J].广东化工,2012,39(4):36+48.