

道路标志线的超高压水射流清洗质量控制研究

傅建¹, 陈波², 赵不赅¹

(1. 江苏大学 电气信息工程学院, 江苏 镇江 212013;

2. 南京大地水刀股份有限公司, 南京 211300)

摘要: 超高压水射流道路标志线清洗是目前最有效的标志线清洗工艺, 然而研究发现目前国内超高压清洗公司凤毛麟角, 清洗参数设置更是毫无依据; 文章介绍了超高压水射流道路除标系统, 对超高压水射流道路除标质量的影响因素进行了研究, 采用图像处理软件 Halcon 计算出清洗率, 以此作为清洗质量的评判标准; 针对我国目前 1 mm 厚度的标准道路标志线, 研究分析了水射流压力、靶距、执行机构移动速度 3 个因素对清除标线效果的影响规律, 得出结论: 在移速 330 m·h⁻¹ 时, 射流压力 90 和 110 MPa 时的最优靶距大约为 27 mm, 这对提高清洗效率、清洗效果、节约能源和水资源有着重要的意义。

关键词: 道路标志线; 清洗技术; 参数匹配; 超高压水射流

Cleaning Quality Control Research about Using Ultra-high Pressure Water-jet Remove Marker

Fu Jian¹, Chen Bo², Zhao Buhui¹

(1. School of Electric and Information Engineering, Jiangsu University, Zhenjiang 210013, China;

2. Nanjing Dadisuidao Co., Nanjing 211300, China)

Abstract: Ultra-high pressure water jet cleaning marker is the most effective cleaning technology about removing marker. However, the study found that company about ultra-high pressure cleaning is extremely rare in China. Cleaning parameter settings is also no basis. So, this paper introduces the system of ultra-high pressure water-jet cleaning marker, and researches on influence factors of ultra-high pressure water-jet cleaning marker. We use professional image processing software - Halcon to calculate the rate of cleaning as cleaning quality criteria. According to 1 mm normal road marker in our country, the experiment makes a study on three factors which influence cleaning quality - the water jet pressure, target distance, movement speed. It will benefit to improve the efficiency of cleaning, cleaning effect, saving energy and water.

Keywords: road marker; cleaning technology; parameter matching; ultra-high pressure water-jet

0 引言

一直以来, 人们总是把水做柔软, 把岩石做坚硬, 然而“水滴石穿”却体现了在人们眼中秉性柔弱的水的潜在威力。水射流技术的应用最早始于 19 世纪中叶, 到 20 世纪 50 年代开始应用于采煤, 60 年代大量高压柱塞泵和增压器的问世推动了水射流技术的飞速发展。80 年代中期传入我国, 目前水射流切割和水射流清洗技术已逐渐得到了工业界的普遍认同和重视。

超高压水射流清洗道路标志线和清洗机跑道是近年来超高压水清洗应用的新领域, 但对清洗质量的分析主要是根据经验定性判断。本文提出了通过图像处理的方式, 对超高压水清除标志线质量进行定量分析和评判, 从而为超高压水射流道路标志线清洗的在线动态自适应控制提供了基础。

1 超高压水射流道路除标系统

超高压水射流道路除标系统主要由超高压清洗装置、执行机构以及控制系统构成^[1]。系统主要参数的选定如表 1 所示。

表 1 超高压除标系统主要参数

参数	数值
系统额定压力	280 MPa
额定流量	38 L·min ⁻¹
柴油机额定功率	275 kW
空压机功率	15 kW
空压机额定压力	0.8 MPa
空压机流量	1.68 m ³ ·min ⁻¹

本试验所采用超高压清洗装置原理如图 1 所示, 整个系统动力是由美国 Jetstream 6068TF150 型号柴油机提供的, 采用轮带传动方式驱动超高压泵、离心泵、空压机。离心泵是超高压泵的前水处理装置, 其主要目的是为超高压柱塞泵提供有压进水, 由于柱塞泵的吸入能力比较差, 特别是对超高压大功率泵必须以相应流量的增压来提供强制吸入以保证流体的连续泵送, 避免出现流量波动^[2]。空压机经过启动三联件一方面给马达提供动力; 另一方面通过两位四通电磁阀来控制高压水

收稿日期: 2014-01-26; 修回日期: 2014-04-02。

基金项目: 江苏省重大科技成果转化资金项目(BA2009001)。

作者简介: 傅建(1989-), 男, 江苏如皋人, 硕士, 主要从事控制理论与控制工程、PLC 方向的研究。

开关。

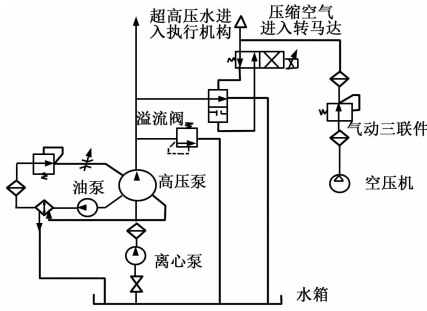


图 1 超高压水射流清洗装置原理图

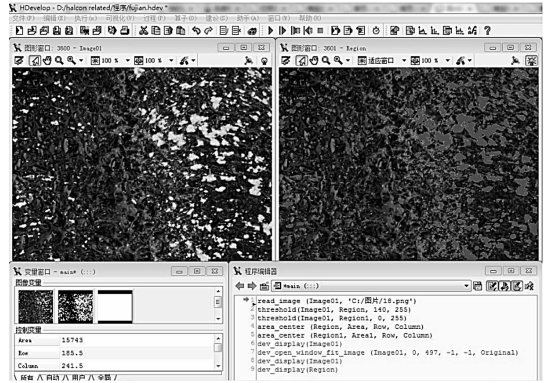


图 3 Halcon 图像处理界面

2 清洗试验设计

2.1 试验设计

由于在标志线清洗试验中，影响清洗效果的最重要参数是水射流压力、执行机构速度和靶距^[3]，每一参数的改变将导致不同的清洗效果，所以采用了改变清洗参数进行多组试验的方法来研究清洗参数与清洗效果的关系。试验所设的水射流压力 50~150 MPa。执行机构速度为 180~330 m·h⁻¹。清洗靶距从 17~37 mm。根据上述清洗参数，分别采用不同的参数配置方案来进行试验。不同参数下的清洗效果如图 2 所示。

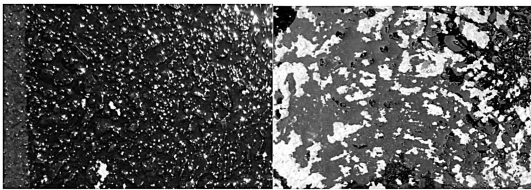


图 2 不同参数下清洗效果图

2.2 质量评判指标

在道路除标过程中，质量评判指标有多个，包括除标后的洁净程度、除标效率以及除标所消耗的能量等指标。在这些指标中，最重要的是除标后路面的洁净程度，只有在好的除标效果条件下，才可以考虑其它指标是否达到要求。为了方便分析，这里我们使用清洗率 η 参数^[4]来表示路面除标的效果。清洗率的定义为：路面除标后干净的区域与射流总的除标区域面积的比值。如式 (1) 所示：

$$\eta = \frac{S_c}{S} = \frac{S_c}{l \times \omega} \quad (1)$$

其中： ω 为平均标志线宽度， l 为标志线采样长度， S_c 为清洗干净的区域面积。

3 清洗质量分析

3.1 Halcon 图像处理方法

机器视觉软件 Halcon^[5]是德国 MVTec 公司研发的高性能通用图像处理算法软件包，由 1 400 多个图像处理算子和多种交互式开发工具组成。

Halcon 包含了一套交互式的程序设计界面 HDevelop，可以在其中直接用 Halcon 程序代码编写、修改、执行程序。本实验中主要使用 HDevelop 完成对图像处理过程的演示和计算结果的输出，如图 3 所示。

分析结果：

图片分辨率：484 * 372；总像素：180048；白色像素：15743；百分比：8.74%；

3.2 清洗率和清洗压力之间关系

为了研究清洗率和压力之间的关系，通过固定射流的靶距为 27 mm，改变清洗压力和移动速度的方法，进行路面除标试验。首先固定喷嘴的移动速度，然后改变清洗压力，得到一组试验结果，然后改变移动速度，得到另一组试验结果，试验使用的压力、移动速度以及清洗率如表 2 所示。

表 2 清洗率与压力的试验数据

速度 /(m·h ⁻¹)	压力 /MPa	清洗率 试验值	速度 /(m·h ⁻¹)	压力 /MPa	清洗率 试验值
180	70	0.89	280	70	0.85
180	90	0.96	280	90	0.92
180	110	0.98	280	110	0.97
180	130	0.99	280	130	0.99
180	150	1.00	280	150	1.00
230	70	0.89	330	70	0.81
230	90	0.94	330	90	0.89
230	110	0.98	330	110	0.95
230	130	0.99	330	130	0.99
230	150	1.00	330	150	1.00

从表 2 的试验结果看出，清洗率随着清洗压力的增大而增加，图 4 给出了试验数据的折线图，图中分别给出了射流移动速度 $v=180/230/280/330$ m·h⁻¹ 时，不同压力下的清洗率。可以看出，在压力 70 MPa 情况下，不论射流移动速度多少，除标效果最多只能达到 89%。由此可知，存在一个发生清洗的阈值压力，只有当清洗压力大于该阈值时，才能得到较高的清洗率。由图 4 可知，当清洗率要求 95% 时^[6]，压力不得低于 90 MPa；反之，同样存在最大阈值压力，当超过该值时，在一定移动速度范围之内会破坏路面，由图可知压力应低于 120 MPa。

3.3 清洗率和射流移动速度之间关系

根据上面的试验结果，固定靶距为 27 mm，以压力作为常量，得到射流移动速度与清洗率之间的关系。试验数据点折线如图 5 所示。

从图 5 可以看出，随着压力的不断增加，在 180~330 m·h⁻¹ 之间的移动速度对清洗效果的影响越来越小，当压力达到

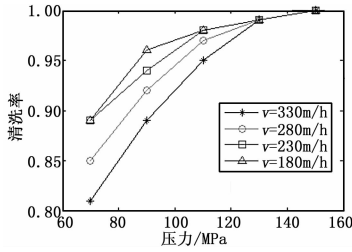


图 4 清洗率和压力的关系折线图

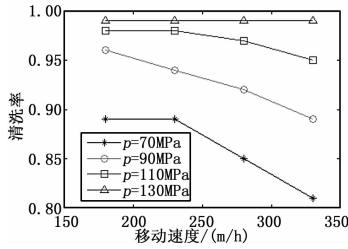


图 5 清洗率和移动速度的关系折线图

130 MPa 时, 该范围的移速已不影响清洗效果, 而且试验证明, 此时路面已经遭受一定程度的损坏。

3.4 清洗率和清洗靶距之间关系

清洗率和靶距之间的关系, 采用固定移动速度为 330 m · h⁻¹, 改变压力情况下, 测量各个靶距值的清洗率。清洗率和清洗靶距之间的关系如图 6 所示。

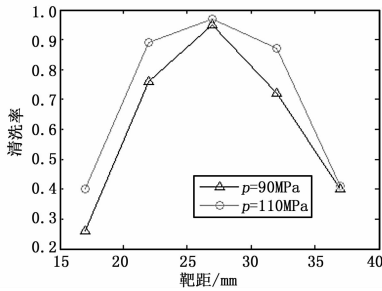


图 6 清洗率和靶距的关系折线图

从图 6 可以看出, 随着靶距的加大, 曲线呈现先升高后下

降的趋势, 即存在一个最优靶距。这是由超高压水射流特点所决定的, 如图 7 所示, 靶距越小, 喷射直径越小, 从而标志线的剥离面积越小; 当靶距越大时, 喷射直径变大, 但是压力骤减, 从而导致清洗效果变差, 因此形成了最优靶距, 该试验中, 在移速 330 m · h⁻¹时, 射流压力 90 和 110 MPa 时的最优靶距大约为 27 mm。

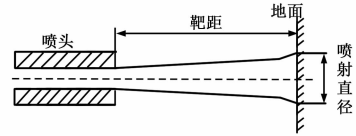


图 7 超高压水射流基本结构

4 总结

本文通过试验研究使用超高压水射流对标志线除标时, 清洗参数对除标效果的影响, 采用清洗率的概念来评价清洗效果的参数, 通过一系列实验, 研究清洗率和典型参数包括压力、执行机构移动速度和靶距的关系。实验结论如下:

- 1) 清洗率与压力之间存在发生清洗作用的阈值压力。
- 2) 清洗率与移速的关系跟压力有关, 压力越大, 移速影响越小。
- 3) 存在最优靶距, 在此靶距下清洗效果最好。

参考文献:

[1] 薛胜雄, 王乐勤, 彭浩军, 等. 超高压水射流除锈机理实验研究 [J]. 中国机械工程, 2004, 20 (15): 1792-1793.

[2] 张佳福, 高善兵, 畅通, 等. 基于高压水射流清洗技术的研究 [J]. 机电产品开发与创新, 2011, 24 (5): 24-26.

[3] 高道明. 高压清洗车路面清洗性能与参数优化研究 [D]. 上海: 上海交通大学, 2006.

[4] 古 曦. 车载式超高压水射流船舶除锈系统集成及控制 [D]. 大连: 大连海事大学, 2012.

[5] 金 贝. 基于 Halcon 的机器视觉教学实验系统设计 [D]. 北京: 北京交通大学, 2012.

[6] 刘化胜, 王友仁. 车辆视觉导航系统中的实时道路检测 [J]. 计算机测量与控制, 2004, 12 (10): 901-904.

(上接第 2462 页)

[4] Frank, Marcum. Evaluation of image-type glide slope performance in the presence of snow cover [J]. IEEE Transactions on Aerospace and Electronic System, 1998, 34 (1): 71-83.

[5] 赵修斌, 戴传金. 进近着陆系统多径效应仿真设计与实现 [J]. 系统仿真学报, 2006, 11 (8): 3376-3319.

[6] 赵修斌, 王永生, 姜恒乐. 进近着陆系统电磁环境仿真研究 [J]. 空军工程大学学报, 2005, 6 (2): 11-14.

[7] Thain A, Estienne J P, Robert J, et al. A Solution for ILS Disturbance Due to a Building [A]. 6th European Conference on Antennas and Propagation [C]. (EUCAP) 2011: 2392-2395.

[8] Redlich W, Gorman T. Disturbance of ILS localizer signals by re-

flections from large hangers [J]. IEEE Transactions on Aerospace and Electronic System, 1969: 1001-1002.

[9] 航空无线电导航设备 (第 1 部分): 仪表着陆系统 (ILS) 技术要求 [S]. 中华人民共和国民用航空行业标准 MH/T 4006. 1-1998.

[10] 林雪原, 谭学者. GPS/SINS 组合导航系统与实现 [J]. 计算机测量与控制, 2007, 15 (12): 1798-1800.

[11] 秦永元, 张洪钺, 汪叔华. 卡尔曼滤波与组合导航原理 [M]. 西安: 西北工业大学出版社, 2012.

[12] 杨朝斌, 牛强军, 徐其东. 气压高度表增强 GPS 组合导航系统数据融合 [J]. 四川大学学报 (工程科学版), 2012, 44 (1): 127-131.