



容器内壁射流清洗效果的评价与优化

卢晓江, 杨庆凯, 黄 君
(天津科技大学机械工程学院, 天津 300222)

摘要: 以清洗面图像的平均灰度值为指标,对清洗效果进行评价,从而达到对容器内壁清洗进行研究和分析的目的;以固定式清洗球作为产生射流的基本元件,通过改变流体的压力、清洗的时间、清洗球的位置等方式来研究清洗效果的影响因素,对容器内壁射流清洗的参数进行优化.实验表明:在某一水平高度上,如果要得到较好的清洗效果,清洗球应置于中心位置;清洗球水平居中,变换其竖直位置,置于容器顶部时的清洗效果最好.

关键词: 容器内壁;水射流;在线清洗;平均灰度值

中图分类号: TQ051.1 文献标志码: A 文章编号: 1672-6510(2013)03-0056-04

Evaluation and Optimization of Jet Cleaning of the Inner Wall of Containers

LU Xiaojiang, YANG Qingkai, HUANG Jun

(College of Mechanical Engineering, Tianjin University of Science & Technology, Tianjin 300222, China)

Abstract: In order to determine the influencing factors in jet cleaning for the inner wall of containers and optimize the parameters of jet cleaning, three parameters were considered: the pressure of the fluid, the cleaning time, and the cleaning ball position. A fixed cleaning ball was to produce jet original water jet; the mean gray value was selected as the standard for the cleaning effect. Results show that, no matter at what height, for the sake of cleaning uniformity of the wall, the best position of the cleaning ball is in the center. When the cleaning ball is horizontally centered and vertically at the top, the best cleaning effect can be obtained.

Key words: inner wall of container; water jet; CIP; average gray value

随着我国工业技术的迅速发展,各类容器被广泛运用于化工、食品、生物制药等行业.水射流清洗属于物理清洗,具有清洗成本低、速度快、洗净率高、应用范围广、不损坏被清洗物、不污染环境等优点.水射流清洗能克服化学清洗对环境的污染,在很多大中型企业中起着主导清洗作用,拥有巨大潜在市场和发展前景^[1-2].

随着工业生产要求的不断提高以及人们作业安全意识的增强,储罐容器清洗技术也在逐步地完善和改进.而水力清洗作为主要清洗方式,相关研究已取得很大的进展.1995年, Jepsen^[3]研发了一种用于罐体内部清洗的液体喷头,该液体喷头能够进行各个方向的转动以及任意角度的摆动,从而能有效地清洗到

罐体内部各个部位.1994年, Manabe^[4]发明了一种特殊的喷头罐体清洗技术,该技术可以保持罐体清洗过程中喷头的喷射压力,从而保证了良好的清洗效果;1992年, Rehtzigel^[5]研发出可以两端同时喷射进行容器清洗的高压喷头,很好地提高了清洗效率.泰福德(Toftejorg)技术公司研制的BLABO罐体自动清洗系统及日本大凤工业株式会社推出的COW罐体自动清洗技术^[6]则是可以实现清洗过程的模块化、自动化、专业化、便捷化以及密闭化的自动化容器清洗系统.

为了取得更好的射流特性,引入了很多评价参数,其中应用较多的参数包括射流流量、流量系数、输出功率、打击力及射流雾化分布状况等,在不同的

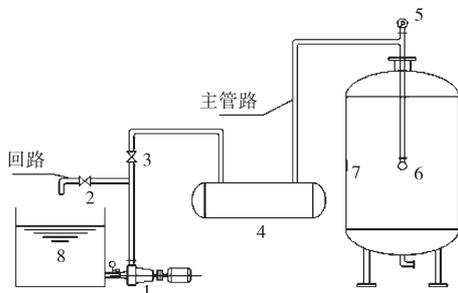
场合所要求的侧重点也不一样^[3]. 就工程实际应用中的最常见的连续水射流而言,人们最关心的只是射流的基本特征,即射流压力、流量、功率和反冲力等动力学特性以及射流起始段长度、射流宽度、射流雾化程度等结构特性.

以往人们评价清洗效果一般采用称重法和观察法. 称重法就是通过称取清洗前后清洗板质量,通过比较清洗板质量变化来评判清洗效果的好坏,但是直接称量误差较大,而且无法观察清洗的均匀程度,效果并不理想;观察法人为干扰因素较多,也会导致观察结果存在较大误差^[7].

本文引入平均灰度值的概念,采用 Matlab 计算平均灰度值,根据平均灰度值变化,从清洗程度和清洗均匀度两方面评价影响水射流清洗的因素,探讨清洗球位置等对于特定容器清洗效果的影响.

1 实验装置与方法

本实验在 1 000 L 不锈钢标准储罐内进行清洗研究,喷头的位置可以进行不同位置变换来满足实验的要求,实验装置流程图如图 1 所示.



1. 离心泵; 2. 3. 阀门; 4. 稳压罐; 5. 压力表; 6. 清洗球;
7. 不锈钢薄板; 8. 水箱

图1 实验装置流程图

Fig. 1 Chart of experimental setup

清洗的对象为不锈钢薄板(检测片), 40 mm × 50 mm. 实验前将洁净的检测片用黑色广告色均匀涂黑,在 25 °C 的环境下自然干燥 1 h.

清洗实验时将检测片搁置在容器壁上的固定夹上. 对于每一种清洗压力清洗 12 min,每隔 1 min 取出检测片拍摄图像,加上未清洗的图片一共得到清洗照片为 13 张. 考虑到检测片自身边缘效应的影响,把图像周边剪切掉,只取检测片中心处的清洗效果图,得到 800 像素 × 800 像素的图片.

为了较好地避免外部光源对实验的影响,所有拍

照都在暗室内进行(摄影光源:LED-1200, 80 W). 另外保证数码相机(佳能 IXUS 510 HS,有效像素 1 010 万,最大分辨率 3 648 × 2 736)的位置和镜头不变,检测片的摆放位置也固定在同一个位置上,有效地排除了人为因素差异对拍摄图片的影响. 这样可近似地认为拍摄的外界条件均衡,每张拍摄图片除了由于检测片自身特性引起图片效果不同外,其他均认为相同.

采用平均灰度值对清洗效果进行评价,平均灰度值 = 灰度和/像素数量. 清洗表面的灰度值反映了表面的反光程度,即清洗效果. 污染的表面随着污物被清除,灰度值将提高. 图 2 给出了不同情况下检测片的拍摄图片及其对应的平均灰度值 N .

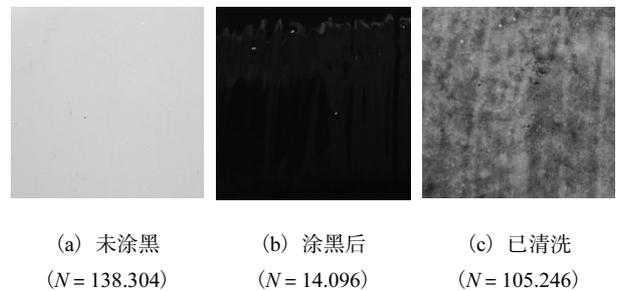


图2 拍摄图片及其平均灰度值

Fig. 2 The picture and the average gray value of the picture

通过平均灰度值的大小来评价容器内壁清洗效果,主要从两方面进行实验研究和分析:第一,在清洗球安装位置不变的情况下,改变清洗压力和清洗时间,观察清洗效果的变化规律;第二,在给定清洗压力条件下,变换清洗球的安装位置和改变清洗时间,观察清洗效果的变化. 图 3 给出了清洗球布局的位置变化和监测点位置布局图.

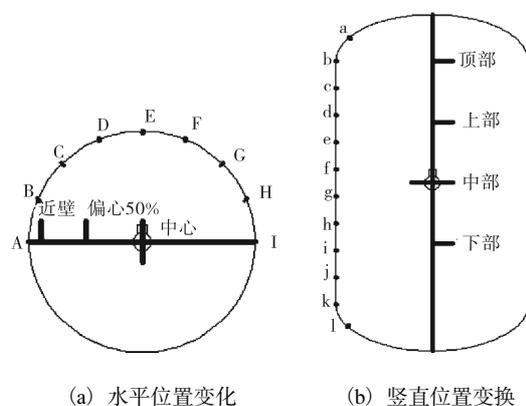


图3 实验装置布局示意图

Fig. 3 Chart of layout of the experimental device

2 实验结果与分析

2.1 系统压力和清洗时间对清洗效果的影响

清洗时首先需要考虑的就是清洗的压力,这关系到系统的配置,其次是清洗的时间,这关系到清洗效率的高低.清洗球被置于容器内部中心位置,检测片置于与清洗球同高位置处进行清洗.通过实验得出不同情况下的平均灰度值如图 4 所示.

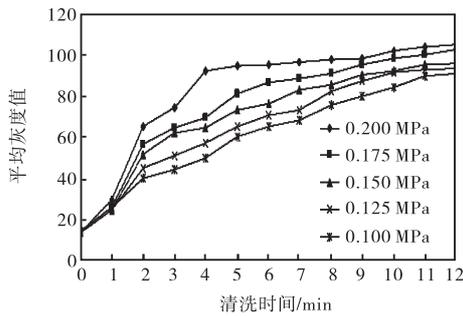


图 4 不同清洗时间下的清洗效果

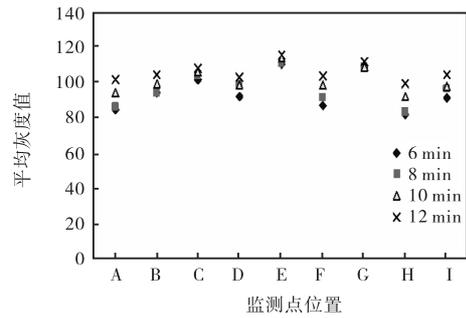
Fig. 4 Cleaning efficiency within different time

由图 4 可知:随着压力的增大,平均灰度值越高清洗效果越好;并且在每个压力条件下都有有效清洗时间段,当压力越小,有效清洗时间越长,并且清洗的程度越低.例如:对于 0.2 MPa,6 min 即达到较好的清洗效果,12 min 后清洗效果不再加强.对于 0.1 MPa,12 min 才达到较好的清洗效果.

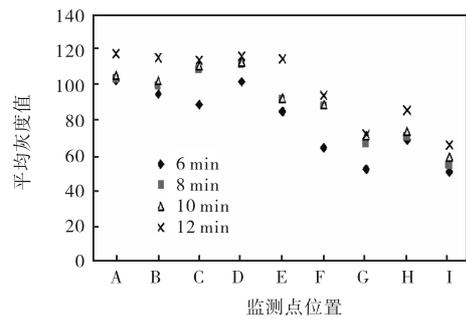
2.2 清洗球水平位置变换对清洗效果的影响

实验对比了清洗球在居中、偏心 50%、近壁 3 处位置的清洗情况,系统压力为 0.2 MPa.由图 5(a)可见,清洗球在中心位置时,不同监测点位置上的平均灰度值各不相同,但整体上都在 80 至 110 之间变化.由图 5(b)可见,清洗球在偏心 50%位置时,监测点 A—E 的平均灰度值较高,为 100~120,而监测点 F—I 的平均灰度值都较低.由图 5(c)可见,仅监测点 A、B、C 的平均灰度值较高,而监测点 D—I 的灰度逐渐减小.

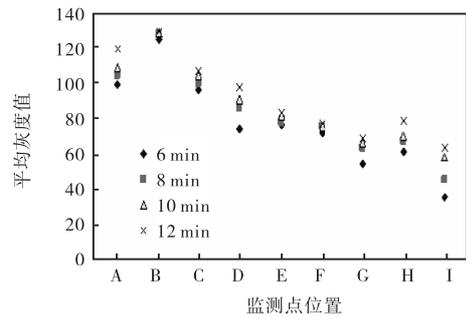
综上所述:清洗球水平位置的变换对清洗效果影响很大,放置在中心位置时的壁面清洗均匀度最好;放置在偏心 50%位置时,对靠近清洗球一侧的清洗程度加强 10%左右,对远离清洗球一侧的清洗程度减小 20%,并且均匀度变差;放置在近壁位置时,仅在近壁处清洗的效果最好,整体的均匀度更差,不适合工程应用.



(a) 中心位置



(b) 偏心 50%位置



(c) 近壁位置

图 5 清洗球在水平位置变化时各监测点的清洗效果
Fig. 5 Cleaning efficiency of each monitoring point with the cleaning ball in different horizontal positions

2.3 清洗球竖直位置变换对清洗效果的影响

分析清洗球竖直位置变换时的清洗效果变化,系统压力为 0.2 MPa,结果如图 6 所示.由图 6(a)可见,清洗球在下部时,监测点 h 的清洗效果最好,其两侧的清洗效果逐渐变差.由图 6(b)可见:清洗球在中部时,监测点 d、e、f、g 的平均灰度值为 90~100,清洗效果较好;监测点 a、b、c、h、i、j 的平均灰度值为 60~80,清洗效果较差.由图 6(c)可见,清洗球在上部时,与清洗球同高度的监测点 d 的平均灰度值最高,在其两侧监测点的平均灰度值有所减少.由图 6(d)可见,清洗球在顶部时,除了监测点 j、k、l 外其他位置被清洗的程度接近,平均灰度值在 80 左右.

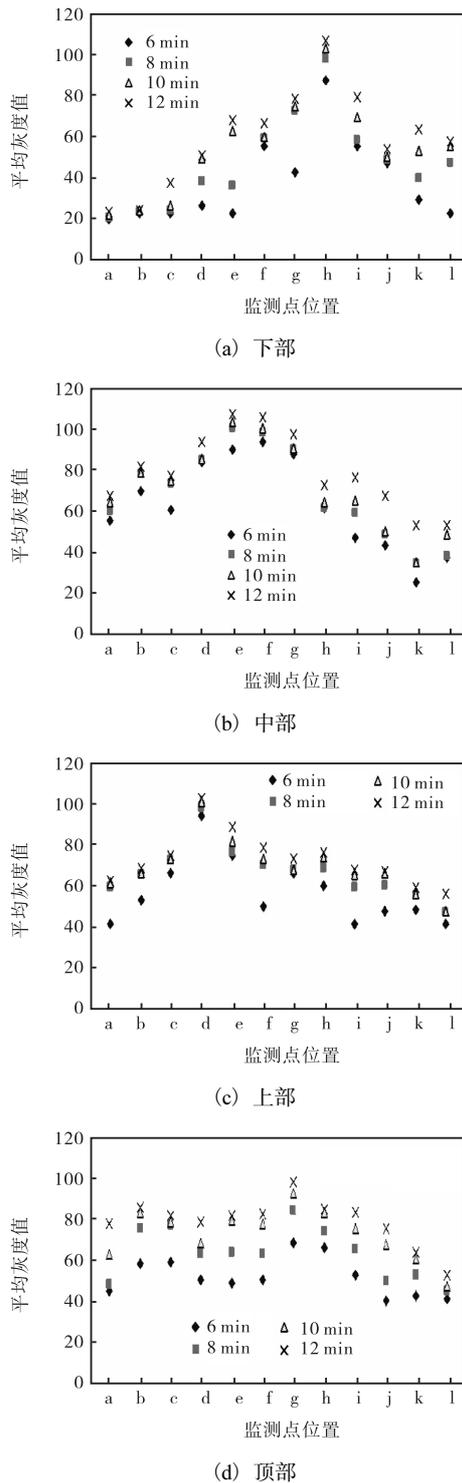


图6 清洗球在竖直位置变化时各监测点的清洗效果
 Fig. 6 Cleaning efficiency of each monitoring point with the cleaning ball in different vertical positions

分析可得: 将清洗球放置在顶部, 清洗的均匀度最好; 放置在上部或中部, 容器清洗的均匀度变差, 但是与清洗球同一高度的壁面附近的清洗效果却最好; 清洗球放置在下部对整个容器的清洗效果极差, 均匀度更差, 应避免这种情况。

3 结论

(1) 利用平均灰度值可以很好地评价水射流清洗的效果, 不仅避免了人为因素带来的误差, 还可以更好地评价清洗均匀度。

(2) 清洗球水平位置变换影响容器圆周壁面上的清洗均匀度。放置在中心位置对壁面清洗的均匀度最好, 放置在偏心 50% 的位置对靠近清洗球的一面清洗程度加强 10% 左右, 而对远离清洗球的一面清洗程度减弱 20%, 并且清洗的均匀度也变差, 放置在近壁位置, 仅在近壁处清洗的效果好, 整体的清洗均匀度非常差, 不适合工程运用。

(3) 清洗球在竖直位置的变换过程当中影响整体的清洗效果, 置于容器的顶部能够对容器进行均匀的清洗, 清洗的效果也最好。

参考文献:

- [1] 庞鸿宇, 薛建明. 化工设备在线清洗技术发展[J]. 清洗世界, 2010, 26(12): 28-32.
- [2] 俞晓慧, 邱运仁. 化工设备清洗技术进展[J]. 广东化工, 2005(7): 28-30.
- [3] Jensen E L. Method and apparatus for the cleaning of closed compartments: WO, 9521033[P]. 1995-08-10.
- [4] Manabe N. Liquid jetting apparatus for cleaning interior of oil tank: EP, 0619148B1[P]. 1994-10-12.
- [5] Rehtzigel A. Method and apparatus for cleaning a petroleum storage tank: US, 5087294[P]. 1992-02-11.
- [6] 康维. 国内外清洗技术纵横[J]. 工业水处理, 1993, 13(3): 11-12.
- [7] 周新超. 清洗与中国清洗行业近十年发展的几个特征[J]. 清洗世界, 2010, 26(9): 21-25.

责任编辑: 常涛