

DOI: 10.13652/j.spjx.1003.5788.2023.80977

蒸发罐自动清洗机设计与实现

王明娟¹ 梁繁贵² 姜 愉³

(1. 北部湾大学电子与信息工程学院, 广西 钦州 535011; 2. 钦州市华成自控设备有限公司, 广西 钦州 535011;
3. 广西海洋工程装备与技术重点实验室, 广西 钦州 535011)

摘要: [目的] 解决煮糖蒸发罐人工清洗效率低、清洗质量差, 存在烫伤风险等问题。[方法] 研发一种可在加热管阵上方定位和行走的煮糖蒸发罐自动清洗机, 该清洗机携带有可喷射高压水流的喷头, 喷头可伸至管内不同深度完成对罐室内各加热管内壁的全面清洗。根据清洗机的结构及工作流程, 设计了加热管中心检测及路径规划程序、硬件控制系统, 并根据不同规格蒸发罐的需求, 完成了单、双清洗机构清洗机样机。[结果] 单清洗机效率高于人工清洗, 加热管均匀分布时, 双冲洗机构样机效率可达到单冲洗机构样机 2 倍。[结论] 该清洗机工作效率高、清洗效果好、运行安全平稳, 满足自动清洗作业要求。

关键词: 加热管阵; 煮糖蒸发罐; 喷头; 清洗机; 路径规划

Design and implementation of an automatic cleaning machine for evaporation tanks

WANG Mingjuan¹ LIANG Fangui² JIANG Yu³

(1. College of Electronics and Information Engineering, Beibu Gulf University, Qinzhou, Guangxi 535011, China;
2. Qinzhou Huacheng Automatic Control Equipment Co., Ltd., Qinzhou, Guangxi 535011, China; 3. Guangxi
Key Laboratory of Ocean Engineering Equipment and Technology, Qinzhou, Guangxi 535011, China)

Abstract: [Objective] In order to solve the problems of low manual cleaning efficiency, poor cleaning quality, and the risk of burns. [Methods] An automatic cleaning machine for boiling sugar evaporation tanks which could be positioned and walked above the heating tube array had been developed. This cleaning machine was equipped with a spray head that could spray high-pressure water flow, and the spray head could extend to different depths inside the pipe to complete comprehensive cleaning of the inner walls of each heating pipe in the tank room. Based on the structure and workflow of the cleaning machine, a heating tube center detection and path planning program, hardware control system, and a single and double cleaning mechanism cleaning machine prototype were designed according to the requirements of different specifications of evaporation tanks. [Results] The efficiency of a single cleaning machine was higher than that of manual cleaning. When the heating pipes were evenly distributed, the efficiency of a dual flushing mechanism prototype could reach twice that of a single flushing mechanism prototype. [Conclusion] The cleaning machine has high work efficiency, good cleaning effect, safe and stable operation, and meets the requirements of automatic cleaning operations.

Keywords: heating tube array; sugar boiling evaporation tank; spray head; cleaning machine; path planning

蔗糖是中国重要的农产品, 产量占食糖总量的 90% 以上, 涉及 2 000 多种食品工业产品。全程自动化制糖, 可大幅度提高蔗糖生产效率、降低人力成本, 同时可有效降低食糖进口量、促进内循环^[1]。甘蔗制糖过程包括甘蔗压榨、蔗汁清洗、煮糖、蒸发罐清洗等工序^[2], 其中甘蔗压

榨、蔗汁清洗环节已实现自动化作业^[3-4], 煮糖环节主要采用间歇性自动煮方式完成^[5-6]。蒸发罐清洗工序至今仍主要采用人工方式, 由清洗人员手动操作高压水枪对附着在蒸发罐内各加热管路内壁的钙盐和硫酸盐积垢进行反复冲洗。高水雾的工作环境影响清洗者的视线和工

基金项目: 广西自然科学基金资助项目(编号: 2020GXNSFAA297233)

通信作者: 姜愉(1982—), 男, 北部湾大学副教授, 硕士。E-mail: wdjiangyu@126.com

收稿日期: 2023-09-29 改回日期: 2024-02-28

作状态,存在清洗遗漏、清洗不均、耗水量大,工作效率低等问题^[7]。

蒸发罐加热管数量多、分布密集,需精确定位各加热管中心位置,然后将清洗管插入加热管内不同深度进行冲洗。现有的高压水射流清洗方式具有不损伤物体、清洗范围广、成本低等特点,但配套设备尚不完善^[8-9]。研究拟设计开发一种蒸发罐加热管内壁自动清洗机,该清洗机可安装于蒸发罐中央的机架上,通过旋转架上的摄像头拍摄的加热管俯视图识别加热管轮廓坐标并规划清洗路径,喷洒头可喷射高压水流冲击管壁清除钙盐和硫酸盐积垢,喷洒头可伸至管内不同深度完成对罐室内各加热管的清洗,可避免手工作业的缺陷,有效提高工作效率和工作质量。

1 工作原理及流程

1.1 结构和原理

清洗机结构如图 1 所示,主要由旋转架、伺服旋转平台、冲洗架、行程开关、收放卷机构、高压水管、喷洒头、行程开关、同步带、摄像头等部件组成。

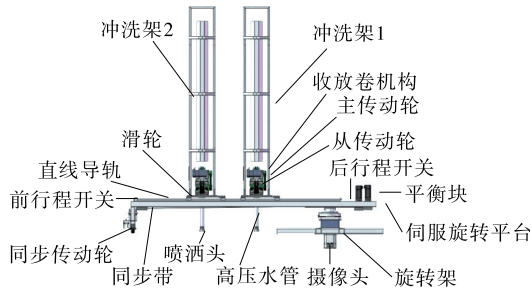


图 1 清洗机结构示意图

Figure 1 Structure diagram of the cleaning machine

该机的旋转架可在伺服电机控制下完成 360° 旋转。伺服旋转平台上的冲洗架可在电机控制下移动至直线导轨上的任意指定位置,前、后行程开关分别用于实现两路冲洗架回零。收放卷机构可带动高压水管对蒸发罐内加热管进行清洗,冲洗架内护栏用于防止冲洗作业时高压水管弯曲和摆动。摄像头可拍摄伺服旋转平台下方俯视图。

伺服电机控制旋转架带动伺服旋转平台至指定角度,冲洗架在直线导轨中行至加热管位置,收放卷机构带动高压水管进入加热管进行清洗。

1.2 工作流程

- (1) 将旋转架安装于蒸发罐中央的机架上。
- (2) 通过旋转架上的摄像头拍摄加热管阵图片,识别所有加热管中心坐标并规划清洗路径。
- (3) 清洗机控制系统根据加热管管孔坐标值输出驱动信号,通过旋转架的分度转动及冲洗架的径向移动,将

高压水管精准运行到达加热管的管孔中心位置。

(4) 收放卷机构带动高压水管向下运动,将高压水管伸入至对应的加热管管孔内,对加热管内部进行反复清洗。

(5) 该加热管清洗完毕后,收放卷机构带动高压水管向上运动离开该加热管,按规划路径对下一个加热管进行清洗,直至完成所有加热管的清洗。

(6) 清洗过后通过高压水管向蒸发罐内引水,冲洗蒸发罐中清洗时遗留的残渣。

(7) 将旋转架从蒸发罐体中央的机架上拆除。

2 系统总体设计

2.1 清洗路径规划

由于加热管呈圆形,拍摄所得图像为多圆孔图。首先对图像进行预处理,包括 RGB 图转灰度图、轮廓增强^[10]、空间域和邻域滤波去噪^[11-12]、阈值分割^[13]、形态学处理^[14]。其中阈值分割将孔轮廓和背景平面素点值分别置 255 和 0;进行腐蚀运算减少图像中高亮区断开狭窄的链^[15],进行膨化运算使轮廓变得光滑,然后按如下步骤完成各加热管中心坐标提取并清洗路径规划。

步骤 1:提取加热管俯视图轮廓。从左上角开始逐行扫描,发现像素值为 255 的点后,为防止重复扫描将该点像素值改为 254,然后以该点作为中心点,以其左上角为起点,顺时针取其 8 个邻域的像素点。如发现像素值为 255 的点,则继续重复上述操作,直至回到第一个中心点,完成一个加热管的轮廓扫描。按上述方法继续逐行扫描,直至完成整幅图片的扫描。扫描过程中将轮廓点坐标存储在数组 $M(n, x, y)$ 中,其中 n 用于表征扫描到的加热管个数,初始值为 1,每完成 1 个加热管的轮廓扫描后 $n+1$, x, y 是轮廓点的横、纵坐标。

步骤 2:提取各加热管中心点坐标。由于加热管为圆孔,利用其轮廓上任意 4 点互连成两直线,分别求两直线的中垂线,两中垂线的交点即为圆心。考虑轮廓提取中可能存在识别错误,需验证。因此,另取其轮廓上任意 4 点组成两线,分别求取中垂线。如 4 条中垂线交于同一点,则该点为该加热管中心,如 4 条中垂线未交于同一点,则重新选取 8 点,重复上述操作,直至 4 条中垂线交于一点,存储圆心坐标。该方法涉及加热管轮廓上 8 点和 4 条中垂线,简称“八点四线法”,然后以同样方法完成全部加热管中心坐标的提取。

具体实现过程如图 2 所示,对于第 n 个加热管,首先在其轮廓上选取 4 点 $A(A_x, A_y), B(B_x, B_y), C(C_x, C_y), D(D_x, D_y)$,则直线 AB 和 CD 的中垂线方程分别是:

$$y = \frac{B_x^2 + B_y^2 - A_x^2 - A_y^2 - 2(B_x - A_x)x}{2(B_y - A_y)}, \quad (1)$$

$$y = \frac{D_x^2 + D_y^2 - C_x^2 - C_y^2 - 2(D_x - C_x)x}{2(D_y - C_y)} \quad (2)$$

$$x_n = \frac{(C_x^2 + C_y^2 - D_x^2 - D_y^2)(B_y - A_y) - (A_x^2 + A_y^2 - B_x^2 - B_y^2)(D_y - C_y)}{2[(B_x - A_x)(D_y - C_y) - (B_y - A_y)(D_x - C_x)]} \quad (3)$$

$$y_n = \frac{(A_x^2 + A_y^2 - B_x^2 - B_y^2)(D_x - C_x) - (C_x^2 + C_y^2 - D_x^2 - D_y^2)(B_x - A_x)}{2[(B_x - A_x)(D_y - C_y) - (B_y - A_y)(D_x - C_x)]} \quad (4)$$

从 $n=1$ 开始,按上述过程依次完成各加热管中心坐标的提取,并将各加热管中心点坐标存储在数组 $O(n, x_n, y_n)$ 中。

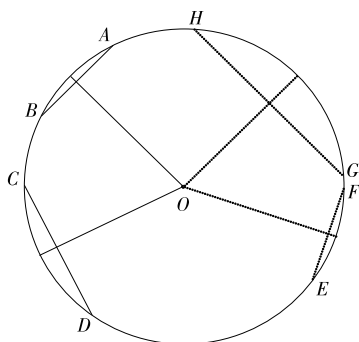


图2 加热管中心提取方法

Figure 2 Extraction method for heating tube center

步骤3:加热管清洗路径选取。将所有加热管中心坐标转换为极坐标后,先按极角由小到大排列后,同极角的加热管中心坐标按极径从小到大排列,得出所有加热管中心坐标的清洗次序。如图3所示,从极点出发,依次向外径清洗,清洗完成该角度内的加热管后,逆时针方向,调至下一角度,按上述方法依次完成所有加热管的清洗。

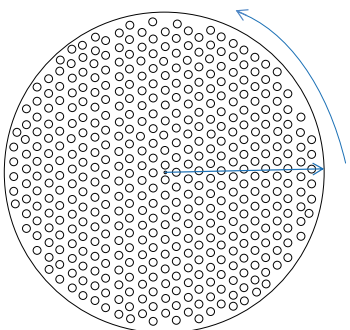


图3 加热管清洗路径

Figure 3 Heating tube cleaning path

2.2 控制系统设计

如表1所示,该清洗机可分为分度机构、行走机构、冲洗机构三部分。

分度机构由X轴伺服电机控制,实现伺服旋转平台的角度旋转功能。旋转架安装在蒸发罐中央的机架上上

求取两中垂线交点,可得该加热管中心坐标 (x_n, y_n) ,其中:

表1 电机控制关系

Table 1 Motor control relationships

机构名称	控制电机	组成部件
分度机构	X轴伺服电机	旋转架、伺服旋转平台、平衡块、摄像头
行走机构	Y轴伺服电机1、2	直线导轨、滑轮、同步带、同步传送轮、前行程开关、后行程开关、位置传感器
冲洗机构	Z轴伺服电机1、2	冲洗架、收放卷机构、主传动轮、从传动轮、高压水管、喷头

方,通过内置伺服电机控制伺服旋转平台转动。伺服旋转平台后端装有平衡块,使其在清洗作业过程中始终处于水平状态。旋转架长度与蒸发罐半径一致,覆盖所有加热管。摄像头安装于旋转架下方,用于拍摄加热管阵俯视图并将图像数据传输至上位主机。

双行走机构由Y轴伺服电机1、2控制,用于将冲洗架径向移动至指定位置。滑轮安装于冲洗架下方的直线导轨上,同步带的上层带体固定在直线导轨表面,同步带的下层带体与同步传送轮连接,形成闭环。伺服电机的输出连接同步传送轮的转轴,通过同步带控制冲洗架在导轨上径向移动。直线导轨的前端和后端分别设有行程开关,用于防止两路冲洗架走出罐体外而脱离直线导轨。

双冲洗机构由Z轴伺服电机1、2控制,用于实现加热管阵的冲洗功能。主传动轮和从传动轮用于控制收放卷机构夹持高压水管上下运动。冲洗架用于固定高压水管,架内护栏用于防止高压水管在上、下运动时弯曲以及前、后和左、右摆动。高压水管选用能承受80~100 MPa水压的复合多层橡胶管,上端与进水管相连,下端装有喷头。喷头位于高压水管末端,用于喷射高压水清洗加热管。

该清洗剂硬件结构连接关系如图4所示,分度机构上的摄像头采集图像信息并发送至上位主机;上位主机运行加热管中心检测及路径规划程序后将结果发送至主控芯片;主控芯片按规划路径上各加热管孔口位置坐标依次输出驱动信号,控制分度机构和行走机构精准运行至指定坐标位置,冲洗机构的主传动轮和从传动轮带动高压水管进行冲洗。其中位置传感器用于获取两路清洗架位置信息,触摸屏用于显示清洗坐标、故障报警、保存数据。

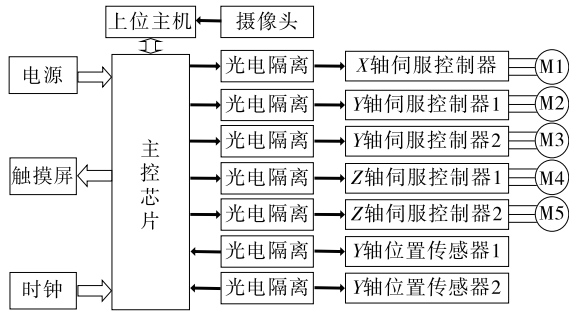


图4 清洗机控制系统框图

Figure 4 Control system block diagram of cleaning machine

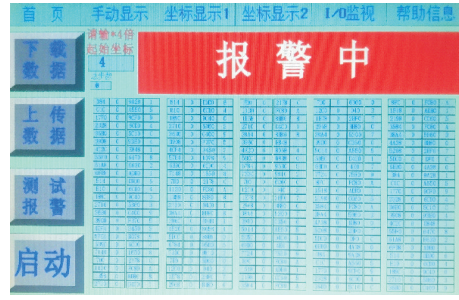


图6 触摸屏显示界面

Figure 6 Touch screen display interface

3 清洗机系统实现

3.1 系统软件开发

上位主机运行的加热管中心检测及路径规划程序采用C语言编写,VC6.0环境编译,主控芯片采用Touchwin软件编写,控制硬件平台完成清洗动作。上位主机与主控芯片间通过RS485串口通信,运行流程如图5所示。

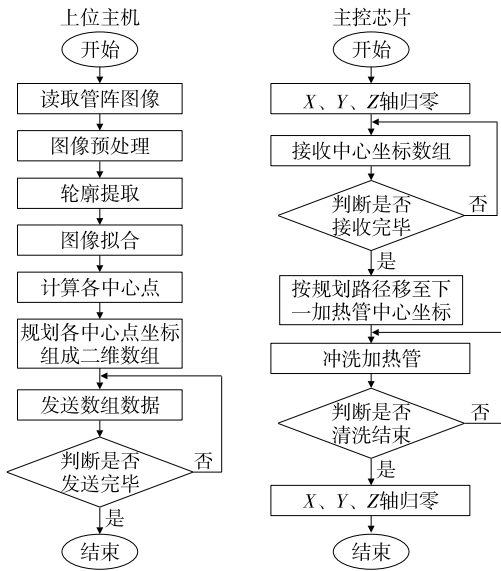


图5 清洗机程序运行流程

Figure 5 Cleaning machine program operation process

上位主机发送的数组数据是按规划算法排序后的各加热管中心坐标组成的二维数组,主控芯片直接按数组中元素顺序依次完成所有加热管的清洗任务。单清洗机构模式采用单二维数组按规划顺序存放所有加热管中心坐标。双冲洗机构模式采用两个二维数组分别存放,分别控制两路并行清洗。

触摸屏显示界面采用Touchwin开发,运行界面如图6所示,可显示各加热管中心点坐标、已完成清洗点坐标及当前清洗点坐标,并可随时上传数据至上位主机。在冲洗架位置超量程、电机过载等异常状态时显示报警信息。

3.2 样机硬件实现

为满足不同尺寸规格的蒸发罐,分别研制了单路蒸发罐清洗机和双路蒸发罐清洗机。样机冲洗架尺寸为0.5 m×0.6 m×2.5 m,旋转架尺寸为2.5 m×0.5 m,其他主要器件型号如表2所示。伺服分度盘可实现任意角度,定位精度小于1 mm,满足作业需求。

表2 清洗机样机主要器件型号

Table 2 Main component models of the cleaning machine prototype

部件名称	型号
X轴伺服电机	SMC130D-0150-20AAK-4LXP
Y、Z轴伺服电机	SMC80S-0075-30AAK-3LKN
X轴伺服控制器	FD432S
Y、Z轴伺服控制器	FD422S
主控芯片	LPC1778FBD144
行程开关	HCSW144
减速机构	CR120

4 系统测试与分析

4.1 轮廓检测分析

以常用蒸发罐为例,拍摄的加热管阵俯视图如图7所示,运行检测程序,提取加热管阵轮廓,如图8所示。对比可知,该检测程序可准确识别所有加热管轮廓,满足实际需求。

4.2 清洗机性能分析

以100孔、2.5 m深蒸发罐为例,作业8 h后分别采用自动方式和人工方式对加热管内壁进行清洗,清洗速度为5 s/管。为保证清晰,选取蒸发罐局部俯视图,其中清洗机自动清洗效果如图9所示,人工方式清洗效果如图10所示。

对比可见,清洗机自动清洗后,各加热管内壁表面光洁;人工方式少数加热管内壁有细微残渣需补充清洗。经测试,人工方式需6 s/管才能达到自动清洗的同等效果,性能对比如表3所示。

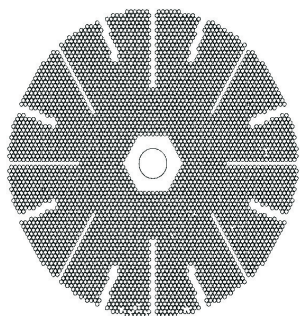


图7 加热管阵俯视图

Figure 7 Top view of heating tube array

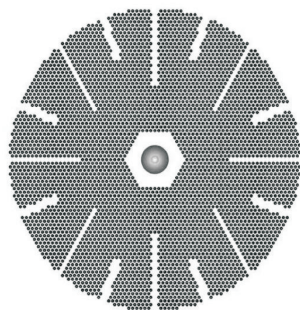


图8 加热管阵轮廓识别结果

Figure 8 Recognition results of heating tube array contour



图9 清洗机自动清洗效果

Figure 9 Automatic cleaning effect of the machine



图10 人工方式清洗效果

Figure 10 Effects of manual cleaning

表3 加热管清洗性能对比

Table 3 Comparison of cleaning performance of heating pipes

清洗方式	冲洗速度/(s·管 ⁻¹)	清洗效率	冲洗质量
人工方式	6	较低	表面光洁
单冲洗机构	5	中等	表面光洁
双冲洗机构	5	较高	表面光洁

由于人工清洗时需避免手部触碰高温罐体而影响清洗速度,因此冲洗机构的清洗速度优于人工方式。而且在加热管数量显著增加时,受肌肉疲劳和高水雾环境影响,人工方式的清洗速度和清洗效率都会进一步降低。双冲洗机构方式下直线导轨划分为长度相等的两段,由两个冲洗机构各负责其中一段内加热管的清洗任务。因此,同角度上加热管中心点的位置分布会影响双冲洗机构的清洗效率。在各角度时加热管都在直线导轨上均匀分布的理想情况下,双冲洗机构效率可达到单冲洗机构2倍,适合多加热管蒸发罐使用。

5 结语

研究设计了一种可按规划路径自行完成清洗作业的煮糖蒸发罐自动清洗机,并根据不同规格蒸发罐的需求,分别制作完成了可实现单路冲洗和双路冲洗的清洗机样机。经验证,设计的识别算法可准确识别各加热管中心坐标,硬件机构能精确完成冲洗任务,速度和效率均满足实际需求。后续考虑结合图像识别技术,根据蒸发罐内各加热管壁积垢程度分别设定清洗时长,进一步提高清洗效率。

参考文献

[1] 刘晓雪,曹付珍,李凯,等. 全球蔗糖产业竞争力比较及中国提升路径探讨:基于巴西、澳大利亚、泰国、印度的比较分析[J]. 价格理论与实践, 2021(12): 12-17, 138.
LIU X X, CAO F Z, LI K, et al. Comparison of global sugar industry competitiveness and exploration of China's improvement path: a comparative analysis based on brazil, australia, thailand, and india[J]. Price Theory & Practice, 2021 (12): 12-17, 138.

[2] 许文婷,王周,陈国强,等. 澄清脱色技术在甘蔗制糖中的应用[J]. 食品与机械, 2022, 38(9): 234-238.
XU W T, WANG Z, CHEN G Q, et al. The application of clarification and decolorization technology in sugarcane sugar production[J]. Food & Machinery, 2022, 38(9): 234-238.

[3] 李冰,李欣欣,毛汉领,等. 基于多孔介质的甘蔗压榨流固耦合分析[J]. 机械工程学报, 2017, 53(12): 192-200.
LI B, LI X X, MAO H L, et al. Fluid solid coupling analysis of sugarcane squeezing based on porous media[J]. Journal of Mechanical Engineering, 2017, 53(12): 192-200.

- [4] MENG L D, LI K, LI J B, et al. Understanding the pathways for ir-reversible aggregate clusters formation in concentrated sugarcane juice derived from the membrane clarification process [J]. *LWT-Food Science and Technology*, 2021, 151: 112204.
- [5] 潘泽锴. 蔗糖结晶过程控制节点设计与研究[J]. *食品与机械*, 2016, 32(7): 89-92.
PAN Z K. Design and research on control nodes for sucrose crystallization process[J]. *Food & Machinery*, 2016, 32(7): 89-92.
- [6] 梁贤慧, 骆荣贞. 自动煮糖技术在糖厂的应用及展望[J]. *广西糖业*, 2021(2): 18-22.
LIANG X H, LUO R Z. The application and prospects of automatic sugar cooking technology in sugar factories[J]. *Guangxi Sugar Industry*, 2021(2): 18-22.
- [7] 于括, 葛昕. 自动化高压水清洗应用方案探讨[J]. *制造业自动化*, 2020, 42(2): 150-152.
YU K, GE X. Discussion on application solutions for automated high pressure water cleaning[J]. *Manufacturing Automation*, 2020, 42(2): 150-152.
- [8] 谢勇君, 林泽楠, 李海建, 等. 有轨电车线路槽型轨自动清洁系统研究[J]. *城市轨道交通研究*, 2022, 25(3): 61-65.
XIE Y J, LIN Z N, LI H J, et al. Research on the automatic cleaning system for trough rail of tram lines[J]. *Urban Rail Transit Research*, 2022, 25(3): 61-65.
- [9] 李守忠, 李海涛, 刘平义, 等. 对流室炉管外壁清洗机设计与试验[J]. *北京理工大学学报*, 2020, 40(5): 507-511, 580.
LI X Z, LI H T, LIU P Y, et al. Design and testing of a cleaning machine for the outer wall of convection chamber furnace tubes [J]. *Journal of Beijing University of Technology*, 2020, 40(5): 507-511, 580.
- [10] PENG C, XIA M, FU Z, et al. Bilateral false contour elimination filter-based image bit-depth enhancement[J]. *IEEE Signal Processing Letters*, 2021, 28: 1 585-1 589.
- [11] 王一, 李辉, 宋宝根. 能量分布识别相位畸变的自适应双域滤波方法[J]. *激光与红外*, 2019, 49(7): 905-912.
WANG Y, LI H, SONG B G. Adaptive dual domain filtering method for energy distribution identification of phase distortion [J]. *Laser & Infrared*, 2019, 49(7): 905-912.
- [12] 吴俊威, 焦吾振, 郑河荣. 邻域自适应的三维点云滤波算法[J]. *小型微型计算机系统*, 2021, 42(1): 191-195.
WU J W, JIAO W Z, ZHENG H R. Neighborhood adaptive 3D point cloud filtering algorithm[J]. *Small Micro Computer Systems*, 2021, 42(1): 191-195.
- [13] ZHAI W, GAO T, FENG J. Research on pre-processing methods for license plate recognition[J]. *International Journal of Computer Vision and Image Processing*, 2021, 11(1): 47-79.
- [14] 孙梦迪, 孙忠贵, 孔旭, 等. 针对多模态图像的自适应引导形态学设计[J]. *计算机应用*, 2023, 43(2): 560-566.
SUN M D, SUN Z G, KONG X, et al. Adaptive guided morphological design for multimodal images[J]. *Computer Applications*, 2023, 43(2): 560-566.
- [15] XIA D H, SONG S Z, QIN Z B, et al. Review-electrochemical probes and sensors designed for time-dependent atmospheric corrosion monitoring: fundamentals, progress, and challenges [J]. *Journal of The Electrochemical Society*, 2020, 167: 037513.

(上接第 75 页)

- [4] 李鹏倩, 郭曼. 食品安全行政法律责任刍议: 以食品企业行政责任承担为视角[J]. *经济视角(下)*, 2012(6): 152-153.
LI P Q, GUO M. On the administrative legal responsibilities in food safety: from the perspective of administrative responsibility bearing by food enterprises[J]. *Economic Vision (Next Trimonthly Publication)*, 2012(6): 152-153.
- [5] 赵存喜, 陶芳标, 孙效敏. 食品安全领域企业法人违法行政双罚制可行性探讨[J]. *中国食品卫生杂志*, 2011, 23(1): 81-84.
ZHAO C X, TAO F B, SUN X M. Discussion on the feasibility of double punishment system for enterprise legal person in the field of food safety[J]. *Chinese Journal of Food Hygiene*, 2011, 23(1): 81-84.
- [6] 杨东升. 单位行政违法双罚制实证分析: 以《医疗器械监督管理条例》为例[J]. *东北农业大学学报(社会科学版)*, 2022, 20(2): 89-94.
YANG D S. An empirical analysis of double penalty system for administrative violations in enterprises: taking the regulations on the supervision and administration of medical devices as an example[J]. *Journal of Northeast Agricultural University (Social Science Edition)*, 2022, 20(2): 89-94.
- [7] 陈子君. 论从宽处罚背景下企业合规完善路径: 以双罚制为切入点[J]. *行政法学研究*, 2024(2): 84-94.
CHEN Z J. On the improvement path of enterprise compliance under the background of lenient punishment: starting from the dual penalty system[J]. *Administrative Law Review*, 2024(2): 84-94.
- [8] 袁佳音. 论单位犯罪的刑事责任: 以“单位犯罪双罚制”为视角[J]. *湖北经济学院学报(人文社会科学版)*, 2020, 17(2): 75-78.
YUAN J Y. On the criminal responsibility of unit crimes: from the perspective of the "dual punishment system for unit crimes" [J]. *Journal of Hubei University of Economics (Humanities and Social Sciences)*, 2020, 17(2): 75-78.
- [9] 王能武, 马荣春. 再论单位犯罪双罚制的根据[J]. *人民论坛*, 2014(29): 106-108.
WANG N W, MA R C. Revisiting the basis of the double punishment system for unit crimes[J]. *People's Tribune*, 2014(29): 106-108.
- [10] 辉黎明. 试论行政双罚制度[J]. *行政与法*, 2001(1): 32-34.
HUI L M. On the administrative double punishment system[J]. *Administration and Law*, 2001(1): 32-34.