基于机器视觉的辊压机辊套机器人堆焊系统设计

陈忠华[1,2]
（1.中建材(合肥)粉体科技装备有限公司，安徽　合肥　230051；
2.水泥制造绿色低碳技术安徽省重点实验室，安徽　合肥　230051）

摘要：针对现有辊压机辊套堆焊过程中存在堆焊质量不稳定、过程质量难监控、操作环境恶劣等问题，开发一套智能机器人堆焊系统，可实现辊套智能堆焊和过程质量监测，提高辊套堆焊质量和降低人力成本，有效保证了堆焊辊套质量一致性和实现焊接质量精准溯源。

关键词：辊压机；堆焊辊套；机器人焊接；机器视觉；质量控制

中图分类号：TQ172.632.5　**文献标志码：**B　**文章编号：**1002-9877(2024)05-0035-03　**DOI：**10.13739/j.cnki.cn11-1899/tq.2024.05.010

0　引言

堆焊辊套在辊压机系统中使用广泛，其具有高耐磨性、修复简单的特点，能够满足不同工况下使用要求，综合使用成本相对较低。堆焊辊面采用不同材质焊丝分层堆焊而成，目前堆焊辊套焊接通常采用半自动或者人工堆焊形式，上述方式存在如下缺陷。

(1) 质量一致性难以保证：辊套堆焊工艺复杂，对焊工的经验和技术水平要求高，且焊接过程需多人协作完成，因此焊工能力对焊接质量有较大影响，辊套质量一致性无法保证。

(2) 堆焊过程质量无法控制：在堆焊过程中，焊接质量受环境、操作等多种因素影响，辊套堆焊质量和寿命只能在使用过程中验证。

(3) 生产效率低、操作环境恶劣：半自动堆焊和人工堆焊都依赖人工操作，生产效率低，且在耐磨辊套堆焊过程中，烟尘大，恶劣的工作环境会对工人身体造成物理性和化学性伤害，增加焊工职业病风险。

综合上述问题，设计了基于机器视觉的机器人堆焊系统，堆焊过程自动化程度高，可有效提高堆焊生产效率，焊接过程中对各焊接环节的质量可进行闭环控制，保证了堆焊质量一致性。

1　辊套堆焊要求

堆焊辊套以锻造合金钢作为基体，通过堆焊工艺在基体表面焊接耐磨材料制造而成，由内而外可分为辊套母材、打底层、过渡层、耐磨层、花纹层和硬质点。打底层具有较高的韧性，能提高工件与硬化面层的结合强度，释放焊接应力，有效防止堆焊裂纹向基体扩展。过渡层具有较高的焊接硬度和良好的韧性，具有优异的抗磨损和抗挤压性能。耐磨层比过渡层具有更优异的耐磨性能和抗挤压磨损性能，所用材料的焊接硬度最高，其表面硬度需达到HRC58及以上。菱形、硬质点和耐磨层采用的是同种材质，其作用主要是增加辊套对物料的拉入效果，提高生产效率。堆焊辊套示意见图1。

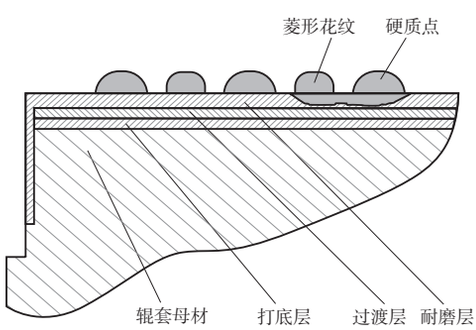


图1　堆焊辊套各层示意

2　智能堆焊系统设计

如图2所示为机器人堆焊系统的示意图，其主要由以下几个模块组成。

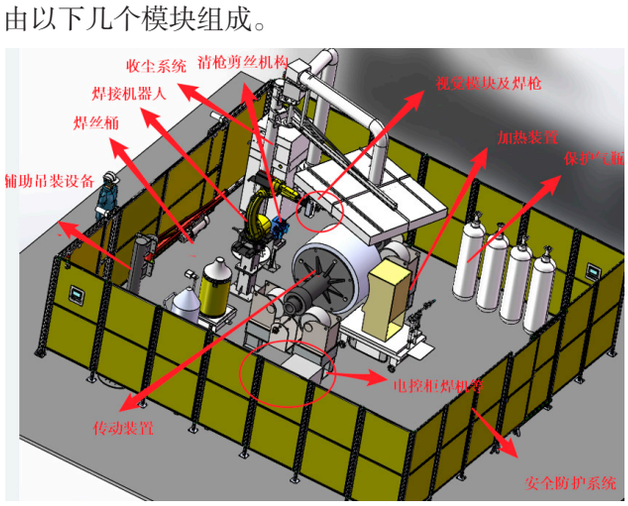


图2　自动堆焊系统示意

(1) 支撑及传动系统：采用了焊接滚轮架作为自动堆焊系统的传动系统，用于实现焊接过程中工件的精准旋转定位等功能，滚轮架上装有顶紧装置，可有效防止焊接过程中的轴向窜动。

(2) 焊接机器人系统：包括焊接机器人、焊枪、焊机等设备，通过机器人离线编程实现焊接路径规划，结合焊枪和焊机实现辊套的自动化焊接。

(3) 视觉系统：包括熔池相机和线激光扫描相机，用于焊接过程中熔池形貌的检测和辊子形貌的检测。

(4) 收尘系统：包括收尘主机和顶吸式防尘罩，用于焊接中焊接烟尘的收集。

(5) 加热系统：为避免待焊辊面温度过低导致焊道产生内裂纹，采用了电阻加热装置用于焊接前的预热和焊接中的层间补温。

(6) 焊丝桶称量装置：包括称量装置和焊丝桶，用于测量焊接过程中焊丝桶内焊丝余量，在余量较低时输出报警。

(7) 数字孪生系统：实时采集焊接过程中机器人运行状态、辊面三维形态、焊接工艺参数等信息并在异常时输出报警信息。

3　系统控制策略

堆焊辊套自动堆焊系统任务复杂，涉及多个系统的控制和联动，因此采用了如图3所示的控制逻辑，主要包含以下主要内容。

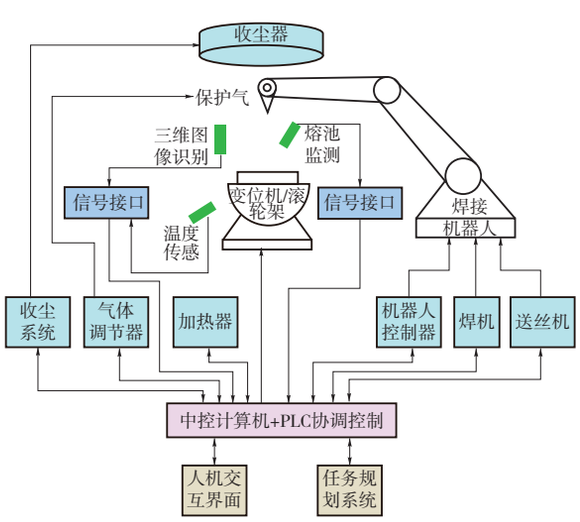


图3　控制逻辑示意图

(1) 智能决策级：由人机交互系统以及智能任务规划系统组成完成整个焊接系统的任务规划等工作。

(2) 协调级：由计算机以及PLC控制系统组成，负责各子系统间的协调及数据的分析处理。

(3) 执行级：包括机器人控制器、焊机、变位控制系统等几大主要模块。

(4) 执行机构：主要是焊接机器人、焊机、送丝机、变位机、加热系统以及收尘系统等。图4为人机交互界面示意图。



图4　人机交互界面

4　焊接质量控制策略

为了实现对堆焊辊套焊接过程中每一层、每一道焊缝的焊接质量的闭环控制，采用了一个CCD相机和一个线激光扫描相机共同构成了本设备的视觉系统。

利用CCD相机实时监测焊接过程中的焊接熔池变化，并基于采集的大量焊接实验数据建立焊接工艺参数量化关系。通过反馈控制对焊接过程中的工艺参数进行实时调节使得在进行焊接时，每一条焊道熔池参数可以始终保持在设定值范围内，保证焊道的一致性。在每一层焊接完成后，线激光扫描相机开始工作。通过对每一层焊道的三维点云建模，并基于内部的缺陷检测算法，快速识别当前焊层可能存在的缺陷，并在存在缺陷时及时输出报警信息提醒操作人员及时进行修复处理。通过上述操作消除焊接缺陷带来的质量隐患，还可以实现辊套焊接过程中的质量问题的精准溯源和对焊接工艺的不断迭代优化。

5　堆焊数字孪生系统建设

基于云平台实时采集焊接工作站各运行参数并构建焊接数字孪生系统，通过监测和分析焊接电源系统各运行参数值和焊接机器人及辊面运行姿态等，可及时发现设备故障和异常情况，提高设备的稳定性和可靠性。另外后台报表自动对焊接机器人工作量、产能、耗材等进行分析，自动生成日、周、月、年等报表。通过移动端界面，焊接机器人的相应管理人员可随时查看掌握焊接机器人各时间段的运行情况，还可通过手机端推送的异常警告信息实现及

基于三维点云的散料料堆实时体积和堆顶位置计算

刘　坤
（唐山冀东水泥股份有限公司，河北　唐山　063031）

摘要：介绍了一种基于激光扫描仪技术的方法，用于实时测量散料料堆的体积和确定其堆顶位置。该方法通过在散料堆场内的斗轮堆取料机的悬臂架前端设置激光扫描仪，实时采集散料堆场表面的三维点云数据，仅依赖于激光扫描仪采集到的三维点云数据，无须额外的辅助设备，具备高度自动化和精确性，适用范围广泛，可用于实时监测散料料堆的状态和体积，具有广泛应用于散料料堆管理和控制领域的潜力。

关键词：原煤预均化堆场；激光雷达；三维点云；实时体积；堆顶位置

中图分类号：TQ172.612；TP391.41　**文献标志码：**B　**文章编号：**1002-9877(2024)05-0037-03　**DOI：**10.13739/j.cnki.cn11-1899/tq.2024.05.011

0　引言

散料堆场广泛存在于水泥厂、钢铁厂、散货码头、发电厂、化工厂等大型工厂，其占地面积较大，给管理和监控料场带来不小挑战[1]。

目前，应用于我国的散料料场管理的测量系统主要有皮带秤直接称重方法和基于光学测量的盘料仪方法[2]。皮带秤直接称重方法在大型料场管理中存在效率低、有误差漂移、需要大量的周转场地等缺点，造成皮带秤并不能满足大型料场的实时管理的需求；基于光学测量的盘料仪方法只能测量固定区域的料堆，存在扫描盲区，容易造成料场实时管理的偏差[3]。

1　项目背景

为了实现散料堆场的自动化改造，唐山分公司二厂采用了如图1所示架构的堆场智能管控系统。其中三维激光扫描仪是为了获取各个散料堆的信息，从而实现对各个库区边界、高度和体积的精准计算[4]。其中，边界和高度存入数据库后，由自动堆取料模型调用，主要用来计算取料时的起止点和耙车的角度；体积数据存入数据库后，由前台数字孪生程序时发现和解决现场异常问题，系统截图见图5。

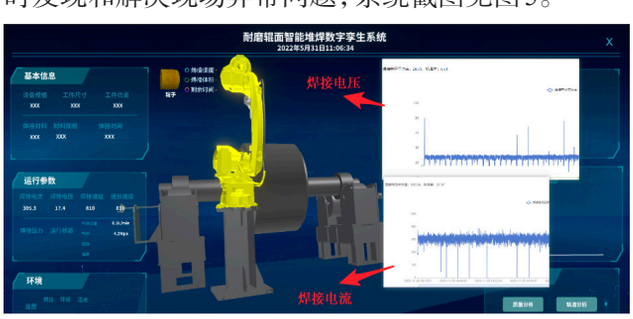
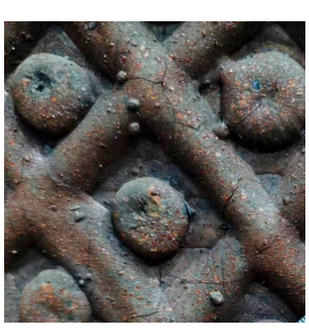


图5　数字孪生系统

6　耐磨堆焊效果

通过对比人工半自动焊接的辊套和采用自动焊接的辊套的局部样貌，我们可以清晰地看到，采用自动焊接的辊套表面裂纹显著减少，同时焊接飞溅也大幅降低，人工与智能焊接对比见图6、图7。这种质量的提升主要归功于自动焊接的精密控制和稳定操作，它可以有效减少人为因素对焊接质量的影响，如操作人员的技能水平、疲劳程度等。



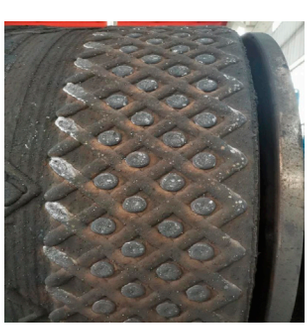


图6　人工焊接辊套局部样貌　图7　智能堆焊辊套局部样貌

7　结束语

本文所设计的机器人堆焊系统和质量控制策略为现有辊压机堆焊辊套生产过程中的问题提供了一种有效的解决方案。通过机器人焊接结合视觉技术实现了堆焊过程的高自动化焊接和过程质量的精准控制，提高了生产效率和辊套出厂质量，同时降低了生产成本，并实现了出厂辊套质量的一致性和可追溯性，为大型零部件的自动化焊接和焊接质量控制提供了新的思路和方法。　（编辑　何　昊）