无人行车

为钢铁行业插上数字化之翼

文 | MM 现代制造

从高楼大厦的“骨骼”，到机械设备的“经络”，钢铁工业担当着国民经济的重要“脊梁”。当前，我国虽已建成全球产业链最为完整的钢铁工业体系，但整个产业仍面临产能过剩、效率较低、节能降碳和创新能力不足等挑战。在此背景下，以鞍钢集团为代表的中国钢铁企业，正围绕降本提质增效目标不断提升智能化水平，而无人行车与库区的智能化建设正成为其中极具代表性的场景。

鞍钢股份有限公司鲅鱼圈钢铁分公司（简称“鲅鱼圈分公司”）是鞍钢集团对标具有国际竞争力的领先钢铁样板工厂而建，从创立之初就坚持高端化、智能化、绿色化发展方向，连续 3 年跻身“中国卓越钢铁企业品牌”，获评“首批双碳最佳实践能效标杆示范企业”等，稳居行业第一梯队。

为了解决传统行车作业存在操作人员需求量大、技能参差不齐、缺乏高效调度系统及设备运维复杂度高等难题，鲅鱼圈分公司基于施耐德电气行业领先的 IACS 智能库区及无人行车系统（Integrated Autonomous Crane System），落地了“1580 热轧卷库智能化库区及无人行车改造项目”。该项目自 2023 年 2 月开始改造，2024 年 8 月正式竣工，投运后实现了行车无人化和库区智能化运行，减少吊车操作人员超过 30 名，车间运行的安全性、产品质量和生产效率均大幅提升，其中运行效率较改造之前提升 23%，成为鞍钢集团先进智能制造的示范项目。

传统热轧车间面临效率、质量、安全多重挑战

鲅鱼圈分公司 1580 热连轧工程是一条具有完全自主知识产权的热连轧生产线，可生产 23 个系列、107 个品种、上万个规格的产品。1580 热轧成品库车间共有 4 跨 14 台行车，年产约 400 万 t，具有作业类型多、作业负荷高且流程复杂等特点。

在钢铁生产的关键流程中，热轧成品库是物流衔接和生产节奏控制的重要枢纽。然而，库区管理系统不完善和落后的装备会带来效率、质量与安全等一系列挑战：

图 1 施耐德电气为鞍钢集团鲅鱼圈分公司提供了行业领先的 IACS 无人行车系统

首先，传统的行车吊运操作效率相对较低。一台行车如果要完成一次钢卷吊运，需要一位机组操作员通过对讲机和吊运计划单传递吊运信息，一名行车工操控行车，一名库位工找准库位，存在人员需求量大、信息易丢失、危险系数高等难题。其次，在人员工作强度方面，热轧卷作为非标准化产品，每一卷都有唯一标识的钢卷编号。现场工作人员需要对每一个钢卷进行位置录入跟踪，工作强度大，而且查找钢卷位置的效率较低。与此同时，安全问题始终如影随形。行车在距离地面约 15 m 的位置运行，人员在地面操作，二者频繁交叉作业，存在安全隐患。最后，产品质量问题也亟待解决。人工司机操作行车时，由于吊运精度不高，夹钳容易对热轧卷表面造成划伤或压痕，直接影响产品品质。一旦发生问题，还需将钢卷退回返修，导致资源浪费和客户满意度下降。

鞍钢集团鲅鱼圈分公司钢铁热轧部首席工程师孙伟表示：“面对传统库区管理和行车作业存在的种种挑战，施耐德电气为我们提供了行业领先的 IACS 无人行车系统，它包含面向钢铁行业定制的 WMS 库区管理系统、行车自动化、地面控制和行车运行监控系统四大核心。通过基于 AI 的调度算法和先进的自动化技术，实现跨间资源动态分配，有效帮助我们优化多台行车的协同性，减少冲突作业。”

打造复杂度高系统性能强大的无人行车解决方案

日常运营中，库区需要全流程处理每一个钢卷，作业量巨大，生产效率要

求高。施耐德电气通过先进的调度算法和领先的自动化技术，携手鲅鱼圈分公司打造了目前市面上复杂度高，系统性能强大的无人行车解决方案。

施耐德电气工业自动化钢铁行业经理宋跃辉表示：“无人行车解决方案基于施耐德电气 EcoStruxure 一体化架构，采用 AI 技术制定库区管理策略，在动态堆场资源分配技术，闭环防摇控制技术、实时扫描与 3D 识别技术、动态三轴联动技术、行车路径优化技术和运行中禁吊区避让技术等方面做出诸多突出创新，让钢铁企业的库区运行更加安全、可靠和高效。”

动态资源分配算法担当着整个系统的“核心大脑”。通常而言，库区中每增加一台行车，调度算法的复杂程度都会呈现指数级增长，而该项目涉及 4 跨 14 台行车，多台行车到同一区域交叉作业时存在避让问题。同时，要求极高的单位时间消峰能力。针对于此，先进的动态资源分配算法能够综合考虑生产计划、设备状态、码垛原则、行驶路线等因素，结合库区作业的动态特性及装卸过程，建立库区资源优化分配的数学模型，减少库区内倒库作业，降低库区的装卸作业时间，实现整个作业流程的效率最优。

实时扫描与 3D 识别技术则为库区装上一双“智慧眼睛”。库区的钢卷间距小，且鞍座不规整，要求极高的定位、消摆和识别能力。实时扫描与 3D 识别技术基于安装在行车上的扫描仪来判断钢卷的尺寸、抓取的位置，从而实现更精确的自动抓取、全自动卡车鞍座识别、全流程无人装卸，同时实时 3D 扫描技术能检测钢卷的外形缺陷，如断带，塔形卷等，提高安全系数。

此外，高精度的闭环防摇控制技术能有效减少物料摇摆，实现行车和物料的精准定位，提高行车作业效率；动态三轴联动技术能同时控制纵向、横向及高度方向联动，优化行车作业时间，提升物流效率。施耐德电气用创新的技术和解决方案，引领钢铁行业迈向库区管理的数字化新征程。

图 2 无人行车解决方案基于施耐德电气 EcoStruxure 一体化架构

实现从入库到出库的全流程无人化作业

如今，经过改造的 1580 热轧卷库区实现了从热卷入库到打包、平整、倒运、取样以及钢卷出库的全流程无人化作业，满足单天 1.3 万 t 全流程产能需求。工作人员只需要编制好生产计划、转库驳运计划，系统就能自动分配任务并设定行车行驶路线完成吊运作业，并可 24 h 不间断运行，提高吊运作业的标准化和连续运行作业效率，降低因人为因素造成的停机时间、往返路程、搜寻时间和倒库次数。

入库环节，系统能够依据各跨的实际库容、存储能力以及行车作业情况，在兼顾工序的前提下，进行普通钢卷和特殊钢卷的智能分流：分卷原料智能进平整跨区，缓冷钢卷智能入坑，缺陷钢卷智能标记化。单跨小时下卷能力平均在 16 卷，下卷能力完全满足轧线生产需求。

包装环节，为了充分发挥无人行车连续运行的优势，对包装钢卷包装时间进行柔性调配，并通过提前倒垛、行车协同等功能实现包装钢卷的及时缴库；通过围栏、安全门锁和安全限位等设备的安装并配合安全作业流程、行车自动绕行和安全系统监控等措施，保证打包作业人员的安全。

当作业空闲时，系统还能控制无人行车开启预倒垛功能，按照后续工艺自动对钢卷堆垛进行整理，例如：当分卷步进梁满，行车会自动将原料备到上料区；发货没有发货任务时，按照合同号进行钢卷整理，同时将钢卷吊运至离装车最近的位置，大大提高了分卷备料效率和发货效率。

随着项目正式投运，自动运行率达到 99% 以上。而无人行车的规范化标准化作业，也使得人工操作行车造成的质量问题和安全事故均降为 0。

除了效率的优化、人员的减少以及产品质量的提升，鲅鱼圈分公司的管理模式也由此实现了升级——现在，坐在中控室，管理人员即可通过数字孪生模型查看行车运行情况，以数字化替代传统人工传递和管理信息的模式。

鞍钢集团鲅鱼圈分公司钢铁热轧部生产主任杨玉青表示：“鞍钢 1580 卷库是目前业内作业量最高、流程最复杂的钢卷库之一，我们携手施耐德电气在该钢卷库取得的智能化实践成果，将为钢铁行业的更多复杂库区提供可借鉴、可复制的蓝本。未来，鞍钢集团还将与施耐德电气一起，全方位推进企业数‘智’化转型和绿色发展，打造钢铁行业智能制造新标杆！”MM