

（一）聚焦碳中和的胶丝企业数字化转型解决方案

1. 案例概述

随着国家提出碳达峰碳中和“3060”目标，加快推动双碳战略实施落地，以及这三年来全球新冠疫情带来的全球供应链的重新构建的背景下，国家对于制造企业开展数字技术赋能碳中和的大力推广，让制造企业通过数字技术赋能降碳，以工业互联网等新技术为手段实现数字技术与绿色技术融合应用。工业互联网是数字浪潮下工业体系和互联网体系深度融合的产物，是新型基础设施建设的重要组成部分，它着重围绕设备能耗、产品管理、业务和运营优化等业务场景，向传统工业行业渗透融合，在帮助企业降低成本、提高效率、节能减排、等方面成效初显，成为助力制造业通过数字技术赋能降碳的有效途径。



来源：江门市新会区新华胶丝厂有限公司

图 117 新华胶丝厂实景



图 118 PvDF、聚酯扁丝、优质胶丝等产品

新华胶丝厂的企业产品主要分为十大类，PPS 单丝、防静电单丝、柳叶型单丝、耐磨尼龙单丝、耐磨聚酯单丝、抗水解聚酯单丝、低熔点聚酯单丝等，各类产品根据不同的直径细分多种产品种类，年产量超过 2500 吨。在上线本项目前，公司生产模式为接单生产，生产管理主要凭经验，主要通过用友 T6 对企业财务进行管理，通过进销存对企业的物料库存进行管理，以及通过 Office 电子表格及纸质单据对企业计划、生产、工艺、质量、能耗等进行管理。

具体痛点包括：车间内工况复杂，现场生产数据、运行数据采集难度大，生产报告难出，生产任务不透明，无法及时反馈，无法准确评估交期，传统纸质文档和电子文档管理混乱，种类多、核对难，要求生产管理人员有丰富的管理经验，对人员的依赖性较大。

产品质量检验主要通过人工操作质量检测设备，对产品进行质量检验，主要通过纸质表格或检测报告进行质量数据收集。质量数据与生产数据未进行有效的关联，无法形成有效的追溯。

企业仓库通过进销存软件进行管理，智能管理物料库存，无先进先出提醒，无安全库存预警，存在货实不符情况。无法实现库区库位精细管理。在生产计划下发后，无法有效地实现物料划分或分配占用，

影响计划准确性。

企业电能能耗无法准确有效的分摊到销售订单、产品、设备等，只能统计所有加工设备电能，凭经验分摊。物料消耗、废丝等成本无法有效地与人/设备/订单等进行精细化的成本管理。

近年来，随着国家对于能耗管理的要求越来越严格，实现总耗能和单耗的下降，是未来每个企业必须要做的功课。实时的数据采集，即时的运行监测反馈，多维度的能耗分析报表，让员工在机台排产，产品生产排序，以及设备运行是否正常和能耗技改等方面提供扎实有效的数据，也为管理层在日常的生产与销售决策中提供有效数据。

数字化是公司实现碳中和转型的开端，助力工业单丝领域的企业实现绿色转型，通过提升设备、车间管理能力，引进先进的数字化管理系统适应当前的发展形势，以便加快自身发展。同时为了实现国产替代进口的目标，进一步推广国产单丝在造纸行业的高端化应用，新华胶丝厂在 2020 年与中国移动江门分公司、江门云科智能装备有限公司合作上线工厂数字化制造运营系统，实现生产管理流程的上云化，并取得良好的效益，其后在 2021 年与华为云计算技术有限公司、广州博依特智能信息科技有限公司合作进一步推进公司数字化的转型，上线能耗在线监测管理系统。

新华胶丝厂通过上线工厂数字化制造运营系统和能耗在线监控管理系统，实现在品质管控上的进步、管理效率的提升，使公司得到客户的进一步认可，带来了业务量和效益的增长。

2. 应用场景

场景 1：工厂数字化制造运营系统实现设备联网及能耗数据采集

本项目首期工厂数字化制造运营系统建设时间为 2020 年 3 月至 2021 年 2 月，新华胶丝厂联手中国移动通信集团广东有限公司江门分公司、江门云科智能装备有限公司等数字科技企业，实现胶丝厂设备上云、能耗数据采集、生产流程管理等服务模式的数字技术与绿色技术融合，帮助新华胶丝厂初步实现“碳中和”转型升级。

面向场景：工厂数字化制造运营系统首先将新华胶丝厂的生产设备联网，设备运行数据采集及相关工段设备的能耗数据采集，解决设备运行数据孤岛问题，实时掌握设备运行工艺参数、对工艺参数进行监控预警，保证产品生产质量，实时掌握设备能耗情况及全厂各部门能耗情况、对全厂各部门的能耗进行监控管理及统计分析。通过电子看板、统计报表、统计图表等多样的数据呈现方式，可实时掌握设备运行、订单完成、产品质量、料耗、设备能耗、人员绩效等情况，为企业生产管理决策提供实时有效的数据支撑。

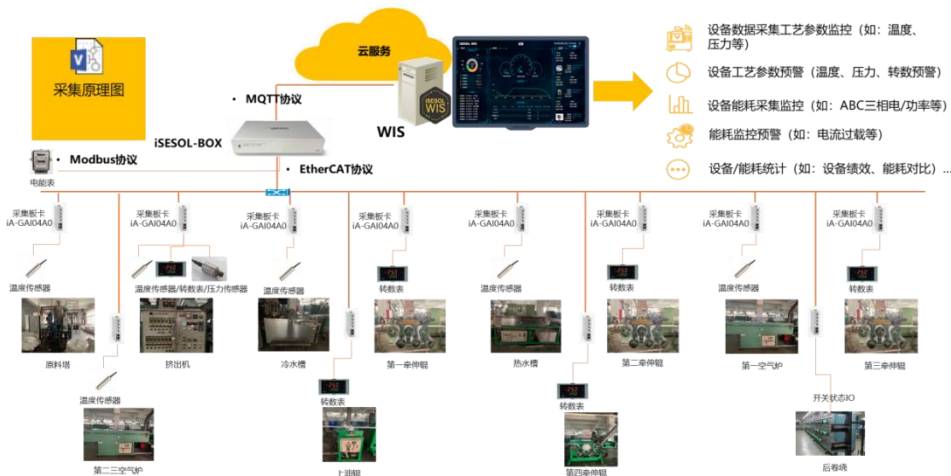


图 119 设备联网及数据采集流程示意图

实施成效：通过实时采集生产现场中各类生产过程数据，包括设

备、物料、人员、工时、工装、刀具、工艺、能耗等相关数据，以车间看板方式实时监控整个车间的生产过程，包括车间设备运行状况、生产进度、产线产量、能耗使用等，实施后减少 2 人在生产设备参数记录方面的耗时，实时的生产设备数据反馈、做到主动到时提醒等预警，使管理人员及时全面地掌握企业的生产情况，满足生产过程各维度需求，保障生产现场作业有序进行，为管理层决策提供数据支撑。



图 120 采集胶丝厂各类生产过程数据

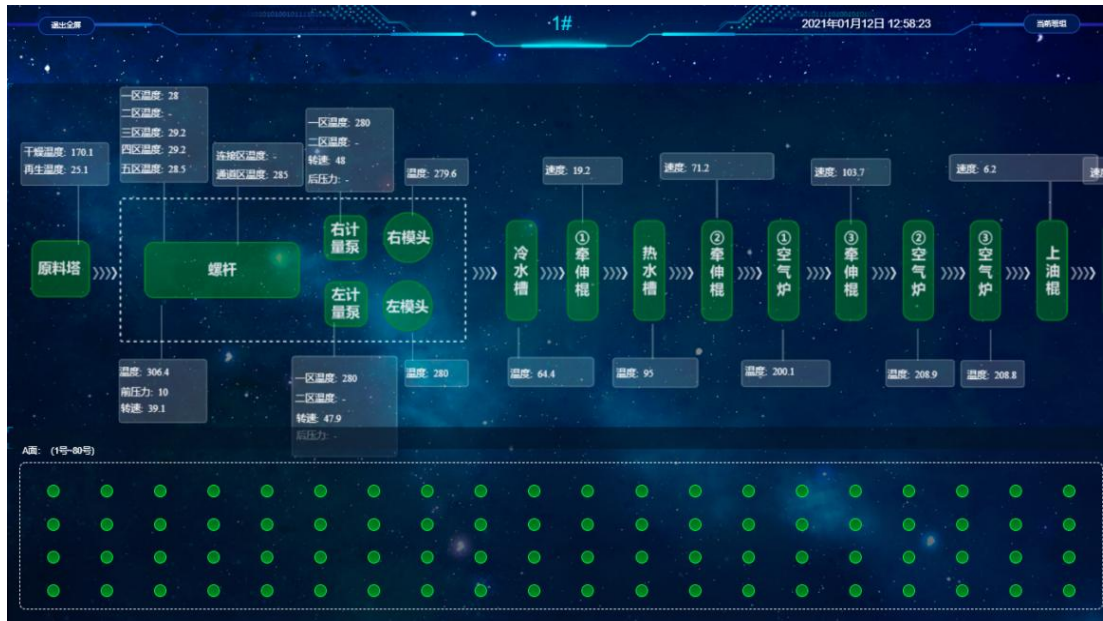


图 121 车间设备看板

通过应用计划排程服务，实现了对生产计划、销售计划、物料计

划合理安排，交货答复准确率显著提高，计划频率按时更新，计划定制更为及时准确，对市场的反应更快，提高企业效益及信息化水平，提高企业综合实力与市场竞争力。具体包括：根据现场实时数据进行排程，让生产计划更精细化更客观，生产作业资源利用更透明、更精确；实时计算有限产能和在制品及库存物料数量，合理安排生产，降低物料库存积压；实时掌控生产计划执行情况，订单浮动时能够快速调整生产策略，满足客户交期。

影响因素	影响级别	时间估算值 (分钟)	操作
主料变更	高	360	编辑
辅料变更	中	360	编辑
喷漆线变更	低	120	编辑

颜色名称	颜色编码	操作	影响因素	影响级别	时间估算值 (分钟)	操作
天湖蓝	SkyLakeBlue	编辑	天湖蓝-天湖蓝	低	120	编辑
橙色	Orange	编辑	天湖蓝-橙色	低	120	编辑
深蓝	DeepBlue	编辑	天湖蓝-深蓝	低	120	编辑
黄色	Yellow	编辑	天湖蓝-黄色	低	120	编辑
绿色	Green	编辑	天湖蓝-绿色	低	120	编辑
红色	Red	编辑	天湖蓝-红色	低	120	编辑
蓝色	Blue	编辑	天湖蓝-蓝色	低	120	编辑
无色	None	编辑	天湖蓝-无色	低	120	编辑
白色	White	编辑	天湖蓝-白色	低	120	编辑
黑色	Black	编辑	天湖蓝-黑色	低	120	编辑
橙色-天湖蓝		编辑	橙色-天湖蓝	低	120	编辑
深蓝-天湖蓝		编辑	深蓝-天湖蓝	低	120	编辑
黄色-天湖蓝		编辑	黄色-天湖蓝	低	120	编辑
绿色-天湖蓝		编辑	绿色-天湖蓝	低	120	编辑
红色-天湖蓝		编辑	红色-天湖蓝	低	120	编辑
蓝色-天湖蓝		编辑	蓝色-天湖蓝	低	120	编辑
无色-天湖蓝		编辑	无色-天湖蓝	低	120	编辑
白色-天湖蓝		编辑	白色-天湖蓝	低	120	编辑
黑色-天湖蓝		编辑	黑色-天湖蓝	低	120	编辑

图 124 生产排产配置

通过应用质量管理服务实现了完整的质量管理流程及质检过程数据采集，正向反向质量追溯，人员、设备、产品良品率实时统计与监控。同时基于多样的质量数据统计（看板、报表等），为质量管理提供决策数据支撑，及时应对控制质量问题，有效提升产品质量，降低产品不良率至 2%。

线号	最大...	最小...	收缩性(%) (180°C×30min)	断裂强度	断裂伸长率
1	0.218	0.217	13.9	33	17
2	0.221	0.22	13.8	34	16
3	0.219	0.218	13.9	33	15
4	0.219	0.218	13.8	34	16
5				33	16
6	0.218	0.217	13.9		
7	0.219	0.218	13.8		
8	0.219	0.218	13.9		
9	0.219	0.218	13.8		
10	0.218	0.217	13.9		
11	0.22	0.219	13.8		
12	0.221	0.22	13.9		
13	0.218	0.217	13.8		
14	0.22	0.219	13.9		
15	0.221	0.22	13.8		
16	0.22	0.219	13.9		

图 126 质检工作台

通过应用仓储管理服务实现了物料仓储管理有序透明, 通过 PDA 扫描进出库, 准确率达到 100%, 能实时物料库存查询, 账目清晰流程规范。同时基于透明供应链的管理思想, 对供应链的物流网络、资源、订单、仓库、运输配送等进行整体计划、协调、操作、控制和优化, 同时实现供应链上下游采购、供应和生产运营的环节的协同, 打造具有互联性、共享性、可视化的透明供应链仓储管理体系。

物料编号	物料描述	物料规格	库存数量	数量单位
BX0291	微光切片	BX0291	7018	千克
BG0407	微光切片	BG0407	460	千克
BG0285	微光切片	BG0285	83	千克
BG0391	有光增粘切片	BG0391	207975	千克

图 128 存放清单

场景 2：能耗在线监测管理系统实现精细化的成本管理

本项目第二期能耗在线监测管理系统建设时间为 2021 年 10 月至

2022 年 3 月，新华胶丝厂联手华为云计算技术有限公司、广州博依特智能信息科技有限公司等数字科技企业，实现生产线的能源运行过程可视化、透明化，对设备能源过程数据随时掌握可追溯，实现在生产过程中能耗出现异常时进行实时告警，将电能能耗准确有效地分摊到销售订单、产品、设备等，实现物料消耗、废丝等成本有效地与人/设备/订单等进行精细化的成本管理以及重点设备做深入的分析和利用，充分调动一线生产管理人的积极性，转变管理思维模式，大幅提升新华胶丝厂的效益，实现绿色发展的转型。

面向场景：打造了一套新华胶丝厂能耗在线监测管理系统平台，具备与 ERP 等上层信息系统，以及一期项目的工厂数字化制造运营系统、现场仪器仪表、设备的集成能力，并将这些实时数据存入本地 MySQL 数据库，为未来企业发展新系统的集成，打下稳定、扩展性的基础。

解决思路如下：



与胶丝厂现场设备仪表进行集成。实现电能数据采集：将车间现场有 holley HL625 的表计和上海卓岚信息科技有限公司的串口服务器，表计具备 RS485 接口，采用通讯一分二模块将表计数据采集数据传输至平台。

实施成效：

第一，打造了新华胶丝厂能源数字工厂。通过能耗在线监测系统实现新华胶丝厂生产过程中能源消耗进行监测和生产批次管理数据对接，实时显示新华胶丝厂4条生产线能耗、单耗等数据，组态化

大屏形式展示关注的能源指标，实现独立灵活自适应，符合各种生产实际场景需求。任意关键数据指标适配；丰富图表、设备组件；配置灵活，即时生效，灵活调整；实时业务指标、视频监控融合。



图 131 新华胶丝厂智能能源管理看板

第二，实现能源精细化管理。能源管理模块是实现能源精细化管理的重要途径，能够实时反映新华胶丝厂能效水平，是深入挖掘节能潜力的重要抓手。通过对能源消耗过程信息化、可视化管理，优化生产工艺用能过程，科学、合理地制定企业能耗考核标准和考核体系，有效提升新华胶丝厂能源管理水平。能源管理包括能源看板、报表统计、能源流向、能效分析、峰谷分析。

1) 能源流向

新华胶丝厂生产能源流向动态监测（全厂→生产车间→生产线→重点耗能设备等）；通过能源流向图，可以查看能源消耗的去向，也可以查看不同区域能源利用比例情况。该能流图能够实时显示生产过程中不同能源的消耗数据。

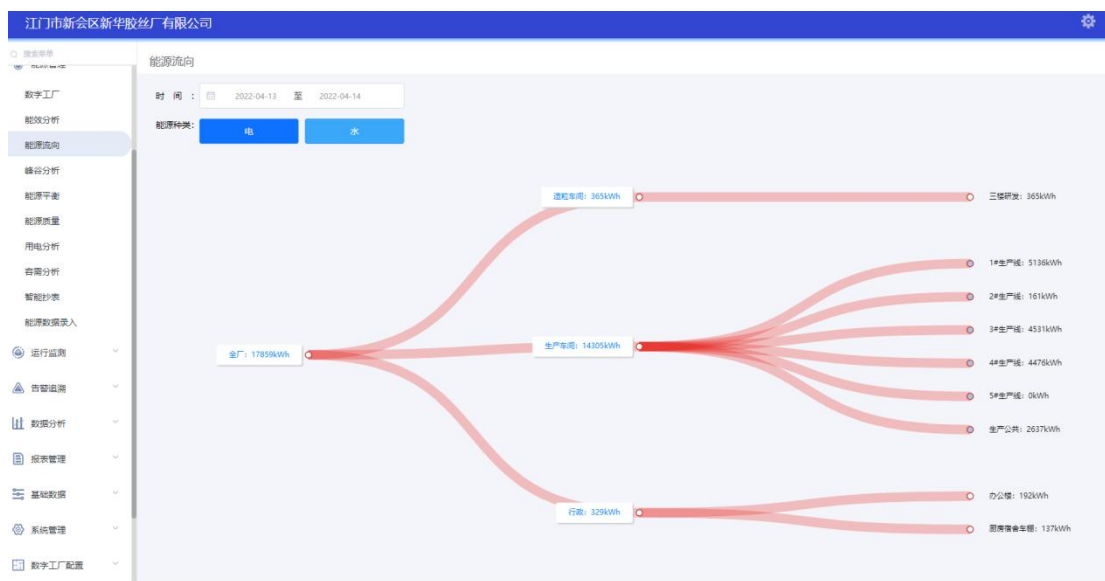


图 132 能源流向：能源去向实时掌握

2) 能源分析

● 能效分析

能效分析主要是从能耗区域（如全厂、车间、生产线、重点耗能设备等）；能源种类（综合能耗、综合单耗、电能耗、电单耗）；班组（全班、早班、晚班）；时间（小时/日/月）等多种维度对能源消耗情况进行实时分析。

新华胶丝厂能效分析具有强大的历史能耗数据追溯和分析功能，多维度分析企业不同生产区域/设备的能耗、能效水平及产量，可随时查看某个区域/设备、时间、班组的能耗、能效、产量波动情况，通过动态的图形显示，快速了解是否有异常情况，从而对生产、管理、工艺及时进行指导和调整，使新华胶丝厂生产过程的单位能耗和能源效率保持在科学、合理水平。



图 133 能效分析：多维度对能耗、单耗、产量情况实时分析

● 峰谷分析

新华胶丝厂生产用电峰谷平数据在线监测，反映企业错峰用电实际状况、错峰用电占比情况。对企业历史用电量及电费（录入）进行统计分析，有助于合理调度高耗能设备启停区间，减少峰电比例，节约生产能源成本。展示各厂峰谷用电的实物量及占比，通过峰谷平用电比例指导车间及工序合理排产，提高用电的效率和经济性。



图 134 峰谷分析：峰谷平耗电分析，峰电占比曲线明确高峰点

● 容需分析

根据新华胶丝厂实际变压器申报情况进行分组配置,通过统计计算变压器分组负载率阈值区间范围,得出最大容量,进行经济效益计算,数据分析得出新华胶丝厂按需申报可以节省的基本电价电费。

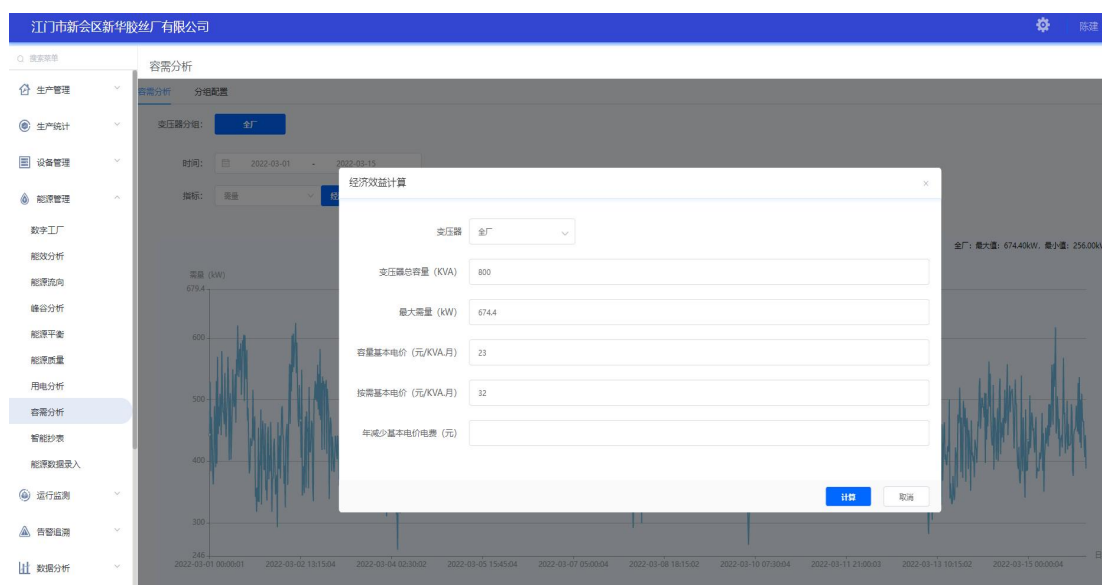


图 135 容需分析：按需申报，降低成本

● 能效对标

能效对标：不同车间/生产线/工序/设备的能源类型的单耗（电单耗/煤单耗/综合单耗）能效对标，形成车间/生产线/工序/设备的能效差异分析。

设备对标：设备之间根据负载率、开机率、有效开机率、停机次数等指标进行设备对标分析，寻找差异性，挖掘设备的节能潜力。

3) 告警追溯

● 告警指定推送

生产过程中的异常告警可以通过告警追溯模块将告警信息发送给负责该区域的指定人员，实现告警信息的指定推送，帮助生产一线

的管理人员，及时发现问题、处理异常，减少设备的异常故障和停机。

序号	告警类型	告警对象	告警开始时间	告警名称	所属工厂单元	分类	告警等级	告警恢复时间	持续时间	处理状态	处理时间	操作
1	指标告警	-	2022-04-14 1...	全厂指标告警	全厂		普通		-	未处理		处理 查看详情 处理详情
2	通讯告警	2#机	2022-04-12 0...	2#机通讯告警...	2#机		普通	2022-04-12 0...	10分钟	未处理		处理 查看详情 处理详情
3	通讯告警	1#机	2022-04-12 0...	1#机通讯告警...	1#机		普通	2022-04-12 0...	10分钟	未处理		处理 查看详情 处理详情
4	通讯告警	5#机	2022-04-12 0...	5#机通讯告警...	5#机		普通	2022-04-12 0...	12分钟	未处理		处理 查看详情 处理详情
5	通讯告警	4#机	2022-04-12 0...	4#机通讯告警...	4#生产线		普通	2022-04-12 0...	13分钟	未处理		处理 查看详情 处理详情
6	通讯告警	3#机	2022-04-12 0...	3#机通讯告警...	3#机		普通	2022-04-12 0...	13分钟	未处理		处理 查看详情 处理详情
7	通讯告警	5#机	2022-04-08 0...	5#机通讯告警	5#机		普通	2022-04-08 0...	9分钟	未处理		处理 查看详情 处理详情

图 136 告警明细：查看各个告警的发生及恢复时间

● 告警追溯

告警追溯模块实现设备运行异常、能耗异常等生产异常实时告警与追溯。所有报警变量及其上、下限新华胶丝厂可以自定义，当发生异常时，对应的工段或者设备以闪烁、改变颜色或发短信等告警形式提醒相关人员。告警晴雨表以厂区拓扑图（工厂模型）的形式直观展示，告警类型包括通讯告警、指标告警、参数告警。

生产运行参数报警：温度、干燥加热温度、加压泵电流、烘缸压力、液位报警等。

4) 报表管理

报表是新华胶丝厂生产数据汇总的主要形式。报表管理模块分为定制化报表和自定义报表两大类，实现自动抄表；能耗报表自动生成；并支持用户进行自定义报表。报表管理模块能够有效解决企业生产报表种类、数据量繁多，统计耗时长，工作量大等问题，同时能够

提高报表数据的准确性和实时性。(报表支持 EXCEL 导出)。

● 能效报表

实现能耗统计自动生成相关报表，自动分类汇总数据，提高数据的准确性和实时性，降低统计员统计工作量，并支持 Excel 表导出。
可统计生产区域的电、蒸汽的能源消耗及对应的单耗数据。

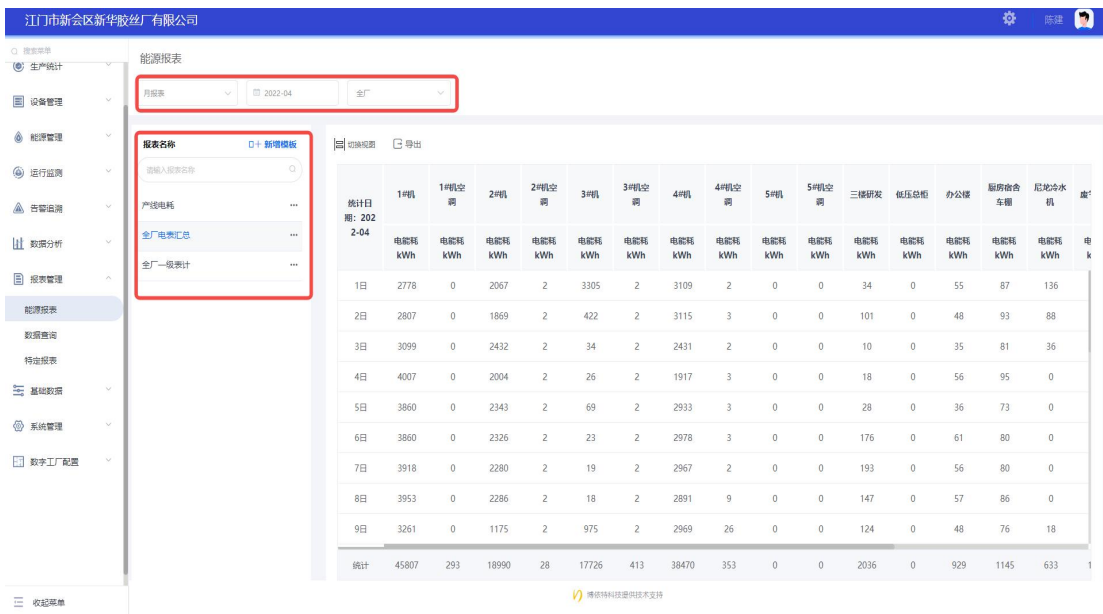


图 138 新华胶丝厂能效报表

5) 数据利用分析

数据分析工具是将复杂的数学分析方法以应用工具的方式呈现，结合系统沉淀的大量生产数据，通过数据分析工具研究人员可以快速得出研究对象的结果。

依据数据采集进系统数据库的数据，新华胶丝厂通过数据分析找到生产过程中影响质量、产量的因素，通过调整相关工艺参数、调度方法进行降本增效，提高质量稳定性及产量，数据分析工具主要包括趋势分析、相关分析、频域分析、聚类分析。

数据利用分析是指从仪表、DCS、PLC、生产业务流程收集起来

的过程数据通过建立相关数据维度、周期关系、函数关系等进行数据价值挖掘。新华胶丝厂可以通过平台提供的通俗、直观数据分析工具找出数据间的规律，进而支撑工艺人员进行工艺数据的调优、缩短换产时间、工艺标准化等操作；生产相关人员也可通过工具进行数据追溯分析，找出设备节能改造的措施。



图 139 借助趋势分析工具，可以对几个相关性的指标进行分析对比

- 关联分析：对所有采集的实时数据进行关联分析，系统支持多组数据进行同一坐标轴进行实时关联分析，有助于企业优化生产操作。工艺部门使用该工具分析工艺参数与产品质量、效率的关系时，能快速找出相关问题点，在优化工艺参数时提供相关支撑依据。可以根据工序、设备，选取特定时间区域内的相关参数进行关联分析对比，自定义选择分析方案。同一坐标轴添加不同参数、指标进行关联分析。可以通过将几个相关的参数在同一段时间进行关联分析，查找关键影响因子，有助于相关人员提前发现生产异常或改进生产工艺。
- 多维分析：从不同时间段、生产品种、生产线等多维度实时

分析生产指标，可辅助生产决策、绩效管理。

- 相关性分析：根据参数时序的对比，找到两个或多个参数的相关性，通过互相关图及散点图等多种方式展示。

- 趋势分析：可以根据区域、工序、设备，选取特定时间区域内的相关参数进行趋势分析比对，自定义选择分析方案。同一坐标轴添加不同参数、指标进行关联分析。可以通过将几个相关的参数在同一段时间进行关联分析，查找关键影响因子，有助于相关人员追溯生产异常或改进生产工艺。

- 频域分析：频域分析法是研究控制系统的一种经典方法，是在频域范围内应用图解分析法评价系统性能的一种工程方法，可以应用于质量、生产工艺参数等重要指标数据的稳定性分析；与相关分析结合能快速找出具体的影响因数因子。

3. 案例总结

提升单位能源利用效率，降低企业运营成本。项目以新华胶丝厂数字化转型为核心，开展数字技术赋能降碳，持续推进新技术、新理念的开发应用，提升企业管理效能，通过数字技术与绿色技术融合应用相关场景，实现提质降本增效。数字化转型解决方案让胶丝厂专注于数据采集的员工数量减少，解放员工，聚焦于品质管控一线，实现公司灵活调度生产安排，有效地利用数字技术，实现对能耗的精细化管理，能源利用效率提升 5%以上，达到降低能耗的目的。解决方案的推广能让行业整体产品品质获得很大提升，日常运营人员效率得到优化，叠加能耗成本的下降，为胶丝厂带来不低于 10%的经营效益提

升。

数字要素价值深度挖掘，为行业双化协同转型提供示范借鉴。数字技术赋能降碳的工业服务模式，本质上基于工业数据进行能源价值挖掘的服务模式，拥有极高的复制推广价值，曾入选工业和信息化部 2020 年企业上云典型案例。基于项目成功应用与实践，胶丝厂联合数字科技企业，打造面向胶丝行业企业尤其是中小企业的数字技术赋能企业碳中和样板，通过典型案例的方式实现在不同企业、不同区域、不同行业内的快速复制和落地，解决制造型中小企业在实际生产中的需求与难点，加速碳中和、数字技术、绿色技术、工业互联网、工业 APP 等理念在行业内的传播和推广，推动行业数字技术与绿色技术融合应用升级。