

建筑材料工业信息中心文件

建材息综发〔2024〕18号

关于发布水泥、平板玻璃行业数字化转型 技术指南的通知

各有关单位：

为贯彻落实《原材料工业数字化转型工作方案（2024-2026年）》《建材行业数字化转型实施指南》，全面掌握建材行业数字化技术应用水平和转型实效，挖掘转型难点、薄弱点，加快推动行业数字化转型升级，受工业和信息化部原材料工业司委托，建筑材料工业信息中心牵头开展了水泥、平板玻璃行业数字化转型“解剖麻雀”专题研究，联合行业协会、科研院所、试点企业等有关单位，编制完成了《水泥行业数字化转型技术指南》和《平板玻璃行业数字化转型技术指南》，现予以发布。

附件1：《水泥行业数字化转型技术指南》

附件2：《平板玻璃行业数字化转型技术指南》

建筑材料工业信息中心

2024年9月10日



附件 1:

水泥行业数字化转型技术指南

建筑材料工业信息中心

2024 年 9 月

课题组

组长：江 源

成员：韩冬阳 胡雅涵 谭东杰 寇贞贞
袁英敏 孙 愚 万佳艺 李安朋
孙泽华 叶凌滔 修 瑞 张成伟
辛佳乐 姜龙兴 王 真 王秋富
朱建军 钱志福 吴 彤 辛 琪
陈泽洋 冯 浩 刘 伟 肖晓选
卢叔敏 叶明虎 张 爽 王昭动
韦 鹏 白云峰 俞利涛 余 意
何申中 王恒兵 徐 铭 胡义宏
陈 洋 束正华 杨小兵 徐 达
王超华 王书信 王 涛 许 青
王炎飞

专家组

蒋白桦 于美梅 王孝红 范永斌
张卫伟 许 越 王有科 刘素敏

前 言

本课题为工业和信息化部原材料工业司委托的专题研究项目，由建筑材料工业信息中心牵头组织成立了“建材行业数字化转型‘解剖麻雀’专题研究课题组”，成员涵盖科研院所、行业协会的专家学者及试点企业相关人员。

为做好专题研究工作，在工业和信息化部原材料工业司的指导下，课题组赴冀东水泥铜川有限公司、安徽海螺水泥股份有限公司白马山水泥厂、合肥南方水泥有限公司开展调研。通过实地考察、座谈交流等方式，课题组分为管理数字化和工艺数字化组分别对企业数字化转型及数字技术应用情况进行了详细调研，了解了企业转型难点、薄弱点与政策需求，研判了试点企业数字化转型潜力，并就下一步技术改造方向提出建议，最终形成了水泥行业数字化转型技术指南。

本项目参与单位及人员：

建筑材料工业信息中心：江源、韩冬阳、胡雅涵、谭东杰、寇贞贞、袁英敏、孙愚、万佳艺、李安朋、孙泽华、叶凌滔。

济南大学：王孝红。

中国水泥协会：范永斌。

中国建筑材料工业规划研究院：白云峰。

中国建材集团有限公司：张卫伟、修瑞。

北京金隅集团有限公司：王有科。

唐山冀东水泥股份有限公司：刘素敏、辛佳乐、姜龙兴。

安徽海螺水泥股份有限公司：许越。

南方水泥有限公司：王真、王秋富。

合肥南方水泥有限公司：朱建军、钱志福、吴彤、辛琪、陈泽洋。

冀东水泥铜川有限公司：冯浩、刘伟、肖晓选。

安徽海螺水泥股份有限公司白马山水泥厂：卢叔敏、叶明虎、张爽、王昭动、韦鹏。

中材国际智能科技有限公司：张成伟。

中才邦业（杭州）智能技术有限公司：俞利涛、余意。

安徽海博智能科技有限责任公司：何申中。

安徽智质工程技术有限公司：王恒兵、徐铭、胡义宏、陈洋、束正华、杨小兵、徐达。

安徽海螺信息技术工程有限责任公司：王超华、王书信、王涛、许青。

安徽海螺中南智能机器人有限责任公司：王炎飞。

本指南得到了国家智能制造专家委员会委员蒋白桦、于美梅等专家的指导和帮助。工业和信息化部原材料工业司领导高度重视指南编制工作，建材处有关负责同志参与调研，并对专题研究工作提出要求。安徽省经信厅原材料处负责同志参与相关企业调研。

目 录

一、总体要求	1
二、遵循原则	1
三、现状分析	2
四、主要目标	2
五、水泥行业数字化转型技术清单	3
六、水泥行业数字化转型技术路径及预期效果	5
(一) 数字化基础	5
(二) 数字化研发	5
(三) 数字化运营	6
(四) 数字化生产	8
(五) 数字化供应链	13
七、水泥企业数字化转型技术改造提升建议	13
八、未来水泥企业数字化转型展望	20
(一) 打造行业 AI 大模型，推动产业变革	20
(二) 加快数字孪生应用，驱动管理变革	20
(三) 建设“零员工”工厂，推进制造变革	20
(四) 延伸数字化服务链条，实现模式变革	21

水泥行业数字化转型技术指南

为深入贯彻党中央、国务院关于加快数字化发展的战略部署，落实《原材料工业数字化转型工作方案(2024-2026年)》《建材行业数字化转型实施指南》，聚焦新一代信息技术与建材行业融合发展，全面推进水泥企业实施数字化转型，实现高质量发展，特制定本技术指南。

一、总体要求

以习近平新时代中国特色社会主义思想为指导，深入贯彻党的二十届三中全会精神，推进新型工业化，以加快建设数字中国为统领，以高质量发展为主线，坚持企业为主体、需求为导向、创新为动力，挖掘水泥行业数字化转型技改潜力，突出系统规划，聚焦转型重点，加快新理念、新技术、新模式应用，助力企业降本增效，推动建材行业整体实现转型升级，助推新质生产力发展。

二、遵循原则

坚持需求导向，聚焦重点。从水泥企业决策管理和业务发展数字化需求出发，突出靶向施治，着力解决一批影响企业数字化转型的卡点堵点问题，以重点突破带动整体推进。

坚持因企制宜，分类施策。针对不同管理模式、不同数字化阶段的企业提出不同的发展方向，引导企业结合实际需

要和既有条件，精准有序推进数字化转型。

坚持顶层推动，全局规划。引导企业从全局高度出发，整体部署、系统谋划数字化转型，确保企业全局性、全价值链、全要素统筹和协调推进数字化转型工作。

三、现状分析

水泥工业是国民经济发展、生产建设和人民生活不可缺少的基础原材料工业，水泥产量连续 38 年位居全球第一。近年来，在国家数字化相关政策的指引与支持下，水泥行业以自动控制、工业机器人为代表的关键技术装备应用取得巨大进步，智能装备和工业软件在行业内不断普及，低碳全流程智能化生产线成为水泥企业新标配。

课题组选取了我国水泥行业三大集团的 3 家典型水泥企业，作为水泥行业数字化转型“实验田”，开展“解剖麻雀”式的专题研究，选取三条生产线，其中两条为新建线、一条为老线改造，日产能覆盖 5000-10000 吨熟料，在水泥行业具有一定的代表性、典型性，为本指南提供了主要的基础数据和数字化转型技术路径支撑。

四、主要目标

到 2026 年，水泥行业数字化水平明显提升，关键工序数控化率达到 70%以上，关键业务环节全面数字化比例达到 55%以上，生产设备数字化率达到 60%，数字化转型成熟度 3 级

及以上企业达到 20%，数字化转型基础不断夯实，人工智能、大数据、5G 等新一代信息技术深化应用，新型能力建设成效显著，数字化发展水平大幅提升。

五、水泥行业数字化转型技术清单

表 1 水泥行业数字化转型技术清单

序号	技术名称			
1	数字化基础	网络与物联感知基础		
2		数据与算力基础		
3		工业互联网平台基础		
4	数字化研发	高仿真三维建模技术		
5		三维工艺流程组态技术		
6	数字化运营	数字化运营管控	全成本分析管控技术	
7			业财一体化管理技术	
8			智能决策技术	
9			数据管理技术	
10		数字化安全环保	云端监视及预警技术	
11			AI 智能安全行为识别技术	
12			环保智能管控技术	
13		数字化能源管理	智慧能源管理技术	
14			双碳平台	
15		数字化生产	原料制备	行车无人值守技术

16	产	数字化	堆场三维建模技术
17			堆取料机智能控制技术
18			生料智能配料技术
19			原料粉磨智能优化控制技术
20		烧成数字化	回转窑专家优化控制系统
21			热生料分解率在线检测技术
22			窑头看火视频实时温度识别技术
23		水泥制备数字化	水泥烧失量在线检测技术
24			水泥磨专家优化控制技术
25			水泥智能配料技术
26			水泥粉磨在线粒度检测技术
27		包装储存数字化	水泥智能包装技术
28			出厂水泥全自动存取样技术
29		物流运输数字化	智慧物流管理技术
30			进出厂物流无人值守技术
31			袋装水泥智能发运技术
32			散装水泥智能发运技术
33	设备管理数字化	设备全生命周期管理技术	
34		设备预测性维护技术	
35		设备智能巡检运维技术	
36	质量管理	全流程智能质量管理技术	

37		数字化	全自动化实验室
38			熟料游离钙在线检测技术
39			生料在线粒度检测技术
40			物料平衡系统
41		数字化供应链	供应链协同平台
42			电商平台

六、水泥行业数字化转型技术路径及预期效果

（一）数字化基础

技术路径：（1）网络与物联感知基础：持续优化升级企业网络基础、物联感知基础，强化网络安全、数据安全防护能力。（2）数据与算力基础：制定统一的数据标准，建立数据质量机制，合理规划建设数据中台与算力中心。（3）工业互联网平台基础：推进工业互联网平台建设，赋能企业生产经营多场景。

预期效果：企业数字底座不断夯实，网络安全防护能力提升，数据标准的制定为系统集成与数据互通奠定基础。

（二）数字化研发

技术路径：（1）高仿真三维建模技术：利用倾斜摄影、高仿真三维建模等数字化设计工具，对水泥生产流程进行三维建模和仿真分析。（2）三维工艺流程组态技术：建立三维工艺流程组态图，直观展示设备、管道、阀门等组件的空间

布局和相互关系，实现高度的工艺流程可视化。

预期效果：远程掌握生产现场情况，实现工艺过程的可视化、智能化，优化设备布局和工艺流程，提高生产效率。

（三）数字化运营

1. 数字化运营管控

技术路径：（1）全成本分析管控技术：建立知识库模块，调度各业务系统数据，动态结算每日营销、生产成本及管理费用等，实现全成本分析与智能管控。（2）业财一体化管理技术：打通企业的业务系统和财务系统，实现业务数据与财务数据的无缝对接和实时共享，通过业财一体化实现企业提质增效。（3）智能决策技术：从水泥生产管理需求出发，建立资源、生产、质量、能源、成本等多维度的综合运营管控平台，将各子系统数据互联互通，结合人工智能、大数据分析等技术实现智能决策。（4）数据管理技术：基于数据湖仓技术、工业 AI 大模型等，完成数据采集、数据处理、数据分析、数据呈现的可视化、即时化，充分挖掘、利用数据价值，推动数据赋能智能决策。

预期效果：实现数据的实时监控与报表的按需获取，实现数据动态集中、全局可视、层层可控，提高经营管理效率。

2. 数字化安全环保

技术路径：（1）云端监视及预警技术：通过安全生产预警系统实现“日常监管、提前预警、事中救援、事后提高”，

包含日常安全管理、隐患排查治理、教育培训、应急救援、事故处理、预警指数报告等安全管理全过程。(2) AI 智能安全行为识别技术: 使用人工智能计算机视觉技术对视频图像进行智能分析, 充分利用已建的高清网络摄像机, 识别出关键目标物, 并自动分析、抽取视频源中的有效信息, 实现 24 小时不间断的智能值守。(3) 环保智能管控技术: 建设环保智能管控系统, 对水泥生产现场环境数据进行采集、传输、统计分析与预警, 确保环保受控, 支撑超低排放一体化管控要求。

预期效果: 系统代替传统的人工监控, 节省大量人力资源, 保障安全生产, 大幅提升环保管控水平。

3. 数字化能碳管理

技术路径:(1)智慧能源管理技术: 建立能源管理系统, 针对水泥现场的载能介质(煤、水、油、电、汽、气), 采用自动化、信息化技术和集中管理模式, 对能源系统的生产、输配和消耗环节实施集中扁平化的动态监控和数字化管理。

(2)双碳平台: 实现产品全生命周期碳足迹核算监控、碳管理, 以及减碳控碳策略制定。

预期效果: 改进和优化能源利用效率, 实现系统性节能降耗, 碳排放浓度及总量得到有效控制。

（四）数字化生产

1. 原料制备数字化技术

技术路径：（1）行车无人值守技术：利用行车无人值守系统实现移料平料、卸料全过程自动化。（2）堆场三维建模技术：利用雷达扫描料堆模型，实时计算堆料质量，建立堆场三维模型，实现料堆数字化，指导矿山开采及后续配料。（3）堆取料机智能控制技术：对堆料机及取料机工作状态及数据信息的远程监测和控制，实现实时监控、智能调度、三维建模等，实现堆场内物料智能堆取。（4）生料智能配料技术：根据设定的控制目标值、出磨生料荧光检测结果、石灰石和原煤堆场三维堆场取料面实时数据，结合 DCS 各配料秤下料量，通过算法自动计算优化配比，自动写入 DCS 实现配比智能调整，替代人工进行生料配料。（5）原料粉磨智能优化控制技术：采集生料粉磨系统主机电流、磨机差压、出磨生料细度等生产过程及质量数据，结合智能算法，构建生产控制模型，对生产过程进行实时分析计算，实现喂料、选粉机、研磨压力、阀门等操作参数智能控制与自适应优化调整。

预期效果：降低人工巡检劳动量，全天综合作业效率大幅提升，系统能耗和维护成本降低；提高石灰石控制指标的精确度，实现对复杂矿山指标的极限控制；生料工序电耗明显降低，效率大幅提升，生料率值合格率提升 15%以上。

2. 烧成数字化技术

技术路径: (1) 回转窑专家优化控制系统: 采用先进过程控制 APC+大数据 AI 算法协同控制, 部署 AI 算法矩阵, 对生产过程实时分析, 实现窑喂料、风机转速、窑转速、窑头煤等操作参数自动控制, 在保证熟料质量合格、系统稳定运行的情况下, 实现自设定、自寻优。(2) 热生料分解率在线检测技术: 通过高温取样器对热生料样品实现自动取样、冷却、称量、灼烧、计算, 实现热生料分解率的在线检测。(3) 窑头看火视频实时温度识别技术: 基于图像识别及工艺机理构建 AI 算法模型, 实现窑头看火视频实时温度识别, 精准判断烧成带温度变化趋势, 输出烧成带温度及飞砂识别, 实现窑系统智能控制。

预期效果: 减少员工劳动强度, 降低安全风险, 生产效率与产品质量可明显提升。

3. 水泥制备数字化技术

技术路径: (1) 水泥烧失量在线检测技术: 配置烧失量检测设备对出磨水泥样品自动称量、灼烧, 实现烧失量的在线检测。(2) 水泥磨专家优化控制技术: 采集水泥磨系统稳流仓仓重、辊压机循环斗提电流、主机电流、细度、比表等生产过程及质量数据, 通过智能控制算法及模型构建, 对生产过程进行实时分析计算与智能调整。(3) 水泥智能配料技术: 根据设定 SO_3 和 CaO 控制目标值及出磨水泥荧光检测结果,

结合 DCS 各配料秤下料量，通过算法计算优化配比，实现配比自适应优化调整。（4）水泥粉磨在线粒度检测技术：通过在线激光粒度分析系统，将传统化验室人工取样检测的离散质量数据，转变为在线连续数据，实现水泥粉磨生产线控制水平的提升，可进一步与 APC 系统配合部署，将低频率大幅度的人工操作，转变为高频率小幅度的自动调整。

预期效果：提升检测频次，减少员工劳动强度，提高产品质量的稳定性。

4. 水泥包装储存数字化技术

技术路径：（1）水泥智能包装技术：包装系统集成机器人码垛系统、袋重控制系统、自动插袋及高精度包装系统及收尘系统等，实现袋装水泥包装智能化。（2）出厂水泥全自动存取样技术：全自动存取样系统与智能运维系统、物流系统对接，对样品进行过筛、缩分、封存，实现样品信息确认、防错、溯源的智能化。

预期效果：可解决水泥发运环节用工难、安全风险大及职业健康等问题，实现出厂水泥无人化管理和产品质量追溯的标准化管埋。

5. 物流运输数字化技术

技术路径：（1）智慧物流管理技术：构建智慧物流平台，连接货主、个体司机，将运输监控、调度运营、对账结算等货物运输全链条有机整合，优化配置物流资源，降低物流成

本并提供管理运输业务。(2)进出厂物流无人值守技术:打造原料采购、产成品销售及厂内物流的统一智能管控平台,实现在无人干预的情况下完成客商平台自助下单、自动排队、门禁出入厂控制,地磅无人值守称重、袋装装车控制、散装装车控制、车辆离厂全过程的无人值守。(3)袋装水泥智能发运技术:将插袋机与装车机器人采用通讯方式连接,实现与包机联动,自动调整包装数量和包机转速,达到最高装车效率,实现从客户网上订单、派车、办票、装车、结算等全过程智能化。(4)散装水泥智能发运技术:根据车型大小和额定载重量自动控制装车量,实时显示装车状态,可减少过磅时间,提高装车速度,同时避免超载,保障运输安全,有助于管理人员进行远程监控与控制。

预期效果:实现产供销业务的集成管理,从包装、插袋、机器人装车到发运的全流程智能化管控,保障装车精确,防止产品错发,减少复核车辆,提高物流效率。

6. 设备管理数字化技术

技术路径:(1)设备全生命周期管理技术:采用设备管理系统,集成在线监测、点巡检管理、润滑管理、运行维护、视频监控、固定资产、设备档案、管理报表、知识库等功能,实现专业管理过程无纸化,优化设备管理线上模式。(2)设备预测性维护技术:实时采集关键设备振动温度数据并进行频谱分析智能诊断及后台专家诊断,对设备故障隐患进行早

期预警，预测劣化趋势，指导现场制定相关检维修策略。(3) 设备智能巡检运维技术：智能巡检通过平台集成视频系统、DCS 数据、现场测温测振等数据，巡检人员在大屏前即可执行常规巡检。同时，智能润滑管理系统基于设备真实的运行时间来计算润滑周期，做到精准润滑，防止因为设备润滑不及时、不正确而减少设备使用寿命。

预期效果：实现设备人机巡检的有效互补，避免监控盲点，减少常规巡检造成的人力资源浪费，利用系统对数据进行客观的统计、分析，提供迅速、准确、科学的依据。

7. 质量管理数字化技术

技术路径：(1) 全流程智能质量管理技术：建设质量管理平台，将质量管理知识、方法和经验模型化、平台化，深度挖掘质量数据价值，实现从原燃料进厂、生产过程、成品出厂全过程的基于大数据的质量分析、控制与改进，汇集质量、物流、销售以及运输等信息，实现质量信息、物流信息、销售信息的集成统一。(2) 全自动化实验室：实现生料、熟料、水泥、煤粉样品取样、送样、制样、检测、配料、留样等全流程无人化和智能化。(3) 熟料游离钙在线检测技术：应用全自动游离氧化钙测量设备，实现熟料自动取样、送样、自动检测（包括自动加药、自动萃取、自动滴定等）、自动生成检测结果、数据自动上传，检测数据传输给 DCS 系统，用于烧成系统工艺参数动态优化控制。(4) 生料在线粒度检测技术：

出磨生料配套在线激光粒度仪实时检测细度，检测结果自动采集到质量管理系统，参与过程质量控制及密磨智能控制。

预期效果：过程产品实验频次提升 100%，过程关键质量指标合格率提升 15%，人员用工优化率达 40%。

（五）数字化供应链

技术路径：（1）物料平衡系统：采集包含原燃材料和主要产品（包含中间产品）的进厂、存储、使用的过程数据，通过物料平衡系统建立工序产品计算模型，使用动态平衡算法平衡水泥生产流程中物料关系，实现库存自动盘点与智能平衡。（2）供应链协同平台：包括合同签订、信息管理、质量管理、物流发运等功能，为上游供应商、下游客户及企业自身业务人员提供供应链综合信息服务，实现信息共享和业务协同，提高供应链数字化水平和管理效率。（3）电商平台：通过建立电商平台，包含线上支付、订单管理和售后服务等功能，简化交易流程，提高交易效率，结合大数据分析技术和智能营销工具，帮助企业优化销售策略、提升市场竞争力。

预期效果：实现订单、运输、库存、生产进度等数据互通共享，保证最优库存和即时供货，降低企业生产和运营成本，实现供应链的全过程管理和上下游协同。

七、水泥企业数字化转型技术改造提升建议

本指南基于试点企业调研分析提出数字化转型技术方

案，各水泥企业可根据其管理方式的不同、数字化水平的差异进行个性化的选择，以达到数字化转型的目标。指南中列举的数字化转型技术方案仅为基础建议方案，水泥企业在实际应用中可根据具体情况选择使用。

（一）不同管理模式企业数字化转型技术改造建议

1. “区域管理+工厂生产”模式

由于水泥区域销售的特殊性，大型集团企业往往配备区域销售公司负责区域内所属水泥企业的管理运营和供应销售，水泥企业则只负责生产管控。对于此类管理模式，区域公司数字化转型应侧重于深化数据应用、提升管理数字化水平，水泥生产企业则应注重主要工艺环节的数字化技术改造与生产智能化控制。

2. 管理生产于一体模式

对于管理、生产于一体的企业，企业可基于不同的数字化水平，选择适宜的技术措施。

（二）不同数字化水平企业数字化转型技术改造建议

按照企业数字化转型能力的不同，分为一级、二级、三级，对于一级企业，其数字化转型尚处起步阶段，其数字化技术改造重点在于数字化基础的夯实、重点场景的数字化赋能；对于二级企业，已经具备了一定的数字化基础，其数字化技术改造重点在于全业务流程数字化管理的畅通和先进数字化技术的应用；对于三级企业，此类企业一般已建立了

智能工厂、实现了全业务流程的数字化，其数字化技术改造重点则在于新一代信息技术的多场景深化赋能、引领性数字化技术难点突破和模式创新。

表 2 不同数字化水平企业采取的技术措施

序号	技术名称		一级	二级	三级	
1	数字化基础	网络与物联感知基础	✓	✓	✓	
2		数据与算力基础	✓	✓	✓	
3		工业互联网平台基础		✓	✓	
4	数字化研发	高仿真三维建模技术			✓	
5		三维工艺流程组态技术			✓	
6	数字化运营	数字化运营管控	全成本分析管控技术		✓	✓
7			业财一体化管理技术	✓	✓	✓
8			智能决策技术		✓	✓
9			数据管理技术			✓
10		数字化安全环保	云端监视及预警技术		✓	✓
11			AI 智能安全行为识别技术	✓	✓	✓

12			环保智能管控技术	✓	✓	✓	
13		数字化能碳管理	智慧能源管理技术	✓	✓	✓	
14			双碳平台			✓	
15	数字化生产		原料制备数字化	行车无人值守技术	✓	✓	✓
16				堆场三维建模技术		✓	✓
17				堆取料机智能控制技术	✓	✓	✓
18				生料智能配料技术	✓	✓	✓
19				原料粉磨智能优化控制技术	✓	✓	✓
20			烧成数字化	回转窑专家优化控制系统	✓	✓	✓
21				热生料分解率在线检测技术	✓	✓	✓
22				窑头看火视频实时温度识别技术	✓	✓	✓
23			水泥制备数字化	水泥烧失量在线检测技术	✓	✓	✓

24			水泥磨专家优化控制技术	✓	✓	✓
25			水泥智能配料技术	✓	✓	✓
26			水泥粉磨在线粒度检测技术	✓	✓	✓
27		包装储存数字化	水泥智能包装技术	✓	✓	✓
28			出厂水泥全自动存取样技术		✓	✓
29		物流运输数字化	智慧物流管理技术			✓
30			进出厂物流无人值守技术	✓	✓	✓
31			袋装水泥智能发运技术	✓	✓	✓
32			散装水泥智能发运技术	✓	✓	✓
33		设备管理数字化	设备全生命周期管理技术		✓	✓
34			设备预测性维护技术		✓	✓
35			设备智能巡检运维技术	✓	✓	✓
36		质量管理数字化	全流程智能质量管理技术		✓	✓

37			全自动化实验室		✓	✓
38			熟料游离钙在线检测技术	✓	✓	✓
39			生料在线粒度检测技术	✓	✓	✓
40	数字化供应链		物料平衡系统		✓	✓
41			供应链协同平台			✓
42			电商平台			✓

八、未来水泥企业数字化转型展望

（一）打造行业 AI 大模型，推动产业变革

水泥行业大型企业联合高等院校、科研院所、行业协会等相关单位合力开展面向水泥生产运营、质量、装备、安全、财务等领域的具备自学习、自感知、自认知、自决策的 AI 大模型，并推动 AI 大模型在水泥生产工艺参数寻优、设备智能维护诊断、质量预测优化、资源调度与产能匹配等场景的示范应用。

（二）加快数字孪生应用，驱动管理变革

通过数据实时采集和工厂数据建模等方式，在虚拟场景中完成物理场景映射，全面、形象地展示水泥厂各区域建设、运行情况、安全配备及动态环境及各生产环节全流程作业过程。随着数字孪生技术的深入发展，逐步实现虚拟工厂与物理工厂的同步联动，构建虚实结合、知识驱动、动态优化、安全高效的生产制造体系和管理体系。

（三）建设“零员工”工厂，推进制造变革

水泥企业通过建立高度自动化的生产线、高效的运行管理体系、智能的分析决策体系，综合应用数字化、自动化、网络化控制技术，研究应用能够自学习、自适应、自寻优的智能化生产控制系统，落地从原料端到产品端的智能闭环管理，实现从原料进厂到产品出厂全过程运行自动化、全层级

协作数字化、全维度决策智能化，满足生产一线“零员工”标准。

（四）延伸数字化服务链条，实现模式变革

由头部水泥企业先行先试，探索基于产品和需求的增值服务，由传统制造业向“制造+服务”转型，形成差异化市场服务竞争力，大型企业带动中小企业协同发展，推动行业整体数字化水平提升。构建面向互联网服务的水泥供应链资源协同云平台，将高效、便捷、智能的服务辐射至产供销财全供应链，实现全新商业模式和运营生态变革。

附件 2:

平板玻璃行业数字化转型技术指南

建筑材料工业信息中心

2024 年 9 月

课题组

组长：江 源

成员：韩冬阳 胡雅涵 谭东杰 寇贞贞
袁英敏 李安朋 孙泽华 叶凌滔
杨沛强 崔家玮 王德民 张钦林
梁序舵 张继刚 王晓立 吴 坤
刘 群 范国欣 臧德水 管青龙
余昊臣 陈天科 刘宝林 谭继珍
付威威 陈昭翰 林荣茂 陈凌涵
陆敏强 贾立彬 王 超 潘 弘
吴华亭 刘 海 何崇光 仲玉爽
王 永 曹 国 张明杰 毕立陈
王启峰

专家组

蒋白桦 于美梅 朱恺真
朱毅明 邢宝山 贾朝心

前 言

本课题为工业和信息化部原材料工业司委托的专题研究项目，由建筑材料工业信息中心牵头组织成立了“建材行业数字化转型‘解剖麻雀’专题研究课题组”，成员涵盖科研院所、行业协会的专家学者及试点企业相关人员。

为做好专题研究工作，在工业和信息化部原材料工业司的指导下，课题组赴河南省中联玻璃有限责任公司、绍兴旗滨玻璃有限公司、山东金晶科技股份有限公司开展调研。通过实地考察、座谈交流等方式，课题组分为管理数字化和工艺数字化两组，从不同维度对企业数字化转型及数字技术应用情况进行了详细调研，了解了企业转型难点、薄弱点与政策需求，研判了试点企业数字化转型潜力，并就下一步技术改造方向提出建议，最终形成了平板玻璃行业数字化转型技术指南。

本项目参与单位及人员：

建筑材料工业信息中心：江源、韩冬阳、胡雅涵、谭东杰、寇贞贞、袁英敏、孙愚、李安朋、孙泽华、叶凌滔。

凯盛科技集团有限公司：邢宝山、贾朝心、杨沛强、崔家玮。

金晶（集团）有限公司：王德民、张钦林、梁序舵。

旗滨集团：张继刚、王晓立。

耀华集团：吴坤。

河南省中联玻璃有限责任公司：范国欣、臧德水、管青龙、余昊臣、陈天科、刘宝林、谭继珍、付威威、陈昭翰。

绍兴旗滨玻璃有限公司：林荣茂、陈凌涵、陆敏强、贾立彬。

山东金晶科技股份有限公司：王超、潘弘、吴华亭、刘海、何崇光、仲玉爽、王永、曹国、张明杰、毕立陈、王启峰。

中控技术股份有限公司：刘群。

本指南得到了国家智能制造专家委员会委员蒋白桦、于美梅、朱恺真、朱毅明等专家的指导和帮助。工业和信息化部原材料工业司领导高度重视指南编制工作，并对专题研究工作提出要求。山东省工信厅原材料处、淄博市工信局等地方工信部门负责同志参与相关企业调研。

目 录

一、总体要求	1
二、遵循原则	1
三、现状分析	2
四、主要目标	2
五、平板玻璃行业数字化转型技术清单	3
六、平板玻璃行业数字化转型技术路径及预期效果	5
(一) 数字化基础	5
(二) 数字化研发	5
(三) 数字化运营	5
(四) 数字化生产	7
(五) 数字化供应链	12
七、平板玻璃企业数字化转型技术改造提升建议	12
八、未来平板玻璃企业数字化转型展望	17
(一) 深化数据赋能，打造玻璃工业大脑	17
(二) 基于云边协同，建设数字孪生工厂	17
(三) 探索“AI+”应用，推进工艺优化变革	17
(四) 创新服务模式，搭建工业互联网平台	18

平板玻璃行业数字化转型技术指南

为深入贯彻党中央、国务院关于加快数字化发展的战略部署，落实《原材料工业数字化转型工作方案(2024-2026年)》《建材行业数字化转型实施指南》，聚焦新一代信息技术与建材行业融合发展，全面推进平板玻璃企业实施数字化转型，实现高质量发展，特制定本技术指南。

一、总体要求

以习近平新时代中国特色社会主义思想为指导，深入贯彻党的二十届三中全会精神，推进新型工业化，以加快建设数字中国为统领，以高质量发展为主线，坚持企业为主体、需求为导向、创新为动力，挖掘平板玻璃行业数字化转型技改潜力，突出系统规划，聚焦转型重点，加快新理念、新技术、新模式应用，助力企业降本增效，推动建材行业整体实现转型升级，助推新质生产力发展。

二、遵循原则

坚持需求导向，聚焦重点。从企业决策管理和业务发展数字化需求出发，突出靶向施治，着力解决一批影响企业数字化转型的卡点堵点问题，以重点突破带动整体推进。

坚持因企制宜，分类施策。针对不同管理模式、不同数字化阶段的企业提出不同的发展方向，引导企业结合实际需

要和既有条件，精准有序推进数字化转型。

坚持顶层推动，全局规划。引导企业从全局高度出发，整体部署、系统谋划数字化转型，确保企业全局性、全价值链、全要素统筹和协调推进数字化转型工作。

三、现状分析

平板玻璃行业是我国国民经济发展的重要基础原材料产业，主要用于建筑领域、汽车行业、光伏电子行业等。近年来，国家对平板玻璃行业数字化转型的政策支持力度不断加大，鼓励平板玻璃企业进行数字化技术改造和产业升级，平板玻璃企业聚焦工艺过程，不断改进技术指标，推动行业向高端化、智能化、绿色化方向发展。

课题组选取了我国玻璃行业三大集团的3家典型平板玻璃企业，作为平板玻璃行业数字化转型“实验田”，开展“解剖麻雀”式的专题研究，选取3家企业共8条生产线，日产能覆盖600—1200吨，在平板玻璃行业具有一定的代表性、典型性，为本指南提供了重要的基础数据和数字化转型技术路径支撑。

四、主要目标

到2026年，平板玻璃行业数字化水平明显提升，关键工序数控化率达到60%以上，关键业务环节全面数字化比例达到50%以上，生产设备数字化率达到55%，数字化转型成熟度

3 级及以上企业达到 15%，数字化转型基础不断夯实，人工智能、大数据、5G 等新一代信息技术深化应用，新型能力建设成效显著，生产制造、经营管理数字化能力不断提升。

五、平板玻璃行业数字化转型技术清单

表 1 平板玻璃行业数字化转型技术清单

序号	技术名称		
1	数字化基础	网络与物联感知基础	
2		数字化集中控制室	
3		5G 技术	
4		云平台	
5	数字化研发		配方管理技术
6	数字化运营	数字化运营管控	成本精细化管控技术
7			业财一体化技术
8			风险可视化管理技术
9			数据管理技术
10		数字化安全	安全行为识别与监测技术
11		环保	环保数字化管控技术
12		数字化能碳	能源管理数字化技术
13		管理	碳排放管理平台
14	数字化	原料和配料	原料配料控制系统
15	生产	控制数字化	在线测水仪

16			物料跟踪系统
17			3D 盘库技术
18			智能上料系统
19		熔化工序数	工艺参数数据库
20		字化	熔窑热工智能控制技术
21		浮法成型工 序数字化	在线测厚仪
22			锡槽摄像系统
23			锡槽热工智能控制系统
24		退火工序数	退火窑智能控制系统
25		字化	拉引量反馈控制系统
26		冷端控制数 字化	在线缺陷检测技术
27			优化切割系统
28		进出厂物流	地磅无人值守技术
29		数字化	智能仓储技术
30		设备管理数 字化	设备全生命周期管理技术
31			设备预测性维护技术
32		质量管理数 字化	全过程质量管理与追溯技术
33	数字化供应链		产供销存协同管控技术
34			电子采购平台

六、平板玻璃行业数字化转型技术路径及预期效果

（一）数字化基础

技术路径：（1）网络与物联感知基础：持续优化升级企业网络基础、物联感知基础，强化数据采集能力。（2）数字化集中控制室：建设集中控制室，进行生产线生产控制、安全视频监控、脱硫脱硝集中控制，中控室建有显示大屏，为智能工厂可视化提供显示终端。（3）5G 技术：使用 5G 网络，划分专属 DNN 切片隔离，保障数据安全，依托 5G 大带宽、低时延特性，实现数据高速传输功能。（4）云平台：推进各业务系统上云、设备上云，进行集中管控与模型训练。

预期效果：企业数字底座不断夯实，综合管控能力提升，数据资源得到充分利用，云化基础设施打造数字基石。

（二）数字化研发

技术路径：配方管理作为精细化研发的核心，系统通过加密实现配方的计算及导入导出，配料工段通过调整数据、调整料方，配方可追踪、可回溯。

预期效果：通过数字化手段确保配方研发的高效、保密、安全。

（三）数字化运营

1. 数字化运营管控

技术路径：（1）成本精细化管理技术：构建全面的成本绩效管理思维，执行日成本管控，将成本精细化管理细化到

每条产线、每种产品。(2)业财一体化技术：统一核算方式，统一物料编码，将主要业务与财务过程有机连接，实现客户、合同、采购、计划、调度、发运的数字化管理，实现物流、信息流与资金流的有效整合，实现业财一体化管理。(3)风险可视化管理技术：通过动态风险四色图、隐患分布图等可视化手段及信息化工具，实现生产现场安全风险隐患动态管理的直观展现。将风险的变化重大危险源报警、人员行为异常、作业异常、环境异常等信息关联，使得风险四色图能够准确体现当前厂区风险水平。(4)数据管理技术：基于数据湖仓技术、工业 AI 大模型等，完成数据采集、数据处理、数据分析、数据呈现的可视化、即时化，充分挖掘、利用数据价值，推动数据赋能智能决策。

预期效果：提高企业运营管理效率，改造原有业务流程，提高工作效率，降低成本和风险水平。

2. 数字化安全环保

技术路径：(1)安全行为识别与监测技术：利用前端固定摄像机，通过后端智能分析，实现人员脱岗睡岗、劳保着装不规范、违规闯入首先区域、人员聚集、明火烟雾等违规行为、异常行为识别、报警和记录，对重大安全隐患区域，监控实时捕捉。(2)环保数字化管控技术：对平板玻璃生产现场环境数据进行采集、传输、统计分析与预警，通过 OPC 和网络协议分别传输至数据集采平台和环保局网络系统，实现环保数据的实时受控。

预期效果：系统代替传统的人工监控，节省大量人力资源，保障安全生产，大幅提升环保管控水平。

3. 数字化能碳管理

技术路径：（1）能源管理数字化技术：通过安装智能仪表和传感器，实时采集电力、燃气、水等各类能源的数据，并传输至数据中台进行处理和分析。通过挖掘数据可以预测能源需求、能耗异常等情况，并及时发出警报。根据能源消耗的实际情况和预测结果，制定合理的能源调度策略。（2）碳排放管理平台：搭建碳排放管理平台，实现产品全生命周期碳足迹核算监控、碳管理，以及减碳控碳策略制定。

预期效果：通过对能源供应和需求进行优化匹配，实现能源的高效利用，实现系统性节能降耗，碳排放浓度及总量得到有效控制。

（四）数字化生产

1. 原料和配料控制数字化技术

技术路径：（1）原料配料控制系统：利用原料配料控制系统实现原料配料、混料、输送、窑头布料全流程无人值守，操作工在窑头中控室电脑操作配料和布料；在称量配料控制室、窑头中控室分别设操作电脑，均可完成配料所有操作。

（2）在线测水仪：采用微波测水，配方中的湿剂量可以自动进行换算。（3）物料跟踪系统：针对原料管理，自动为每批物料生成二维码或条形码，通过移动终端扫描即可获得原料

名称、厂家、使用数量、生产线、库存量、使用天数等信息，掌握原料实际库存和使用量，实现原料的精细化管控，同时便于技术质量部取样化验，并为采购高效化管理提供指导。

(4) 3D 盘库技术：针对盘库环节，在料仓内安装激光探测雷达、料位计等设备，对料仓内物料进行扫描，形成 3D 全息影像，并对料仓储量实时在线监测，实现料面可视化、数据分布式存储和远程监控，减小测量数据与实际库存量之间的差异。(5) 智能上料系统：针对上料环节，由系统判定拟上料原料名称及重量是否与预定值匹配，并将上料命令发送至相应设备，避免认为失误导致的上错料情况发生。

预期效果：系统的应用减少了生产线的员工总数，降低生产成本，增加生产效率，提高了生产质量。

2. 熔化工序数字化技术

技术路径：(1) 工艺参数数据库：对历史数据进行分析，针对不同拉引量、不同产品缺陷制定不同工艺参数标准，寻找最优工艺参数。(2) 熔窑热工智能控制技术：提高熔化全工序工艺参数自动采集，融合应用仿真技术模拟熔窑内温度场、玻璃液对流等，借助产品质量在线自动检测数据智能分析平台，形成熔化工艺参数与成品质量间智能闭环控制，建成具有自诊断、自优化功能的智慧熔窑。

预期效果：通过标准化控制，对温度、窑压、液面、泡界线等关键工艺参数进行分级管理，对指标的控制要求、工

艺变更的流程进行严格管理，确保熔化过程的稳定和智能化调整。

3. 浮法成型数字化技术

技术路径：（1）在线测厚仪：快速及时对玻璃的温度、厚度、板宽、厚薄差、拉引量等数据进行测量。当检测到产品厚度超标时，操作人员及时调整工艺参数。（2）锡槽摄像系统：采用内窥式高温电视监控系统与外窥式高温电视监控系统相结合的设计模式，具有对玻璃带在锡槽内部的相对位置、拉边机运行情况等生产过程进行实时监控的功能，直接从中央控制室根据摄像系统所显示的锡槽玻璃带工况操作推棒和导向板，确保生产运行稳定。（3）锡槽热工智能控制系统：根据产品规格要求及拉引量数据，通过人工智能算法设定拉边机转速、角度、位置和咬合深度等参数，并通过数字潜望镜采集拉边机机头位置图像，运用图像处理技术在线识别玻璃板边、压印等数据，实时反馈拉边机拉引状态，实现动态反馈调节。

预期效果：提高生产效率、降低成本、提升产品质量。

4. 退火工序数字化技术

技术路径：（1）退火窑智能控制系统：能够及时检出热平衡状态的参数变化：温度、速度、板宽和厚度。根据专家库自主给出不同的温度制度的设定和不同的控制策略。（2）拉引量反馈控制系统：将系统采集的数据反馈至上游锡槽热工智能控制系统，稳定拉引量。

预期效果：及时准确可靠地获得温度、速度、板宽和厚度等数据，实现退火窑热工的智能控制。

5. 冷端控制数字化技术

技术路径：（1）在线缺陷检测技术：通过视觉检测系统实时高速对玻璃熔化及成型过程中滴落物、气泡、玻筋、光畸变等缺陷的自动在线监测，并对小缺陷进行分类。（2）优化切割系统：基于优化算法，配合缺陷在线检测系统，能够根据玻璃板材的尺寸和要求进行准确的优化排版，最大限度减少切割浪费。

预期效果：系统的应用提升了切割精度、保证产品质量的同时提高了产量。

6. 进出厂物流数字化技术

技术路径：（1）地磅无人值守技术：系统自动采集毛重、皮重信息、车辆称重图片、自动统计净重、自动进行打印，实现数据和图片的实时监控，磅单的查询可以关联图像信息，并实现原材料从入库到出库的自动统计和分析，磅秤全流程无人一卡通式管理。（2）智能仓储技术：结合 5G 技术、AGV 等智能物流装备，实现货位精准定位、自动出入库等收货、上架、拣货、移库、补货、发货过程的智能化。

预期效果：有效减少 90% 的人工操作，平均每单业务流程时间缩短 70%，综合效率提升 60%。

7. 设备管理数字化技术

技术路径：（1）设备全生命周期管理技术：实现数据采集、设备状态实时监测、故障预测、维修保养、设备健康预警等功能，运用“物联网+算法模型”建立设备数字孪生，根据设备的运行状态、保养维护记录等对关键重要设备定期自检、自动评估、实时预警。（2）设备预测性维护技术：以工厂生产设备维修记录为数据源，建立设备维修知识图谱，基于设备运行数据和知识图谱进行问题定位与维修操作指导、维修任务规划、生成自适应维修方案。基于工业大数据，不断迭代优化故障诊断算法，优化设备预测性维护系统。

预期效果：实现了设备的全生命周期智能化管理，提高设备的使用效能和生产效率。

8. 质量管理数字化技术

技术路径：全过程质量管理与追溯技术通过建立产品质量标识，为每张玻璃建立“身份证”，实现产品的一体化跟踪，实现从生产过程到客户手中全过程的质量追溯。每班产品质量记录数据进行系统存档，产品经过在线检测系统判别缺陷依据大小进行对缺陷分级，切割系统依据质量标准进行落板分级判等，客户经系统反馈质量问题后，查找生产记录并现场抽检初步分析判断。

预期效果：实现产品质量的全过程管理与可追溯。

（五）数字化供应链

技术路径：（1）产供销存协同管控技术：通过生产管理系统实现产品条码化管理模式下的“一品一码”，使产品拥有唯一的身份标示，通过条码将产品原材料投料、生产工艺指标、生产组织过程、产品质量、产品包装、产成品储运、客户行为以及财务信息全部集成起来。（2）电子采购平台：包括供应商管理、招议标管理、竞价管理、合同档案管理、交易数据、对账与结算等，解决采购管理制度落地，规范了采购业务和提升采购效率。

预期效果：实现订单、运输、库存、生产进度等数据互通共享，保证物资专用，提高生产效率，降低企业生产和运营成本。

七、平板玻璃企业数字化转型技术改造提升建议

本指南基于试点企业调研分析提出数字化转型技术方案，各企业可根据其数字化水平的差异进行个性化的选择，以达到数字化转型的目标。指南中列举的数字化转型技术方案仅为基础建议方案，企业在实际应用中可根据具体情况选择使用。

按照企业数字化转型能力的不同，分为一级、二级、三级，对于一级企业，其数字化转型尚处起步阶段，其数字化技术改造重点在于数字化基础的夯实、重点场景的数字化赋能；对于二级企业，已经具备了一定的数字化基础，其数字

化技术改造重点在于全业务流程数字化管理的畅通和先进数字化技术的应用；对于三级企业，此类企业一般已建立了智能工厂、实现了全业务流程的数字化，其数字化技术改造重点则在于新一代信息技术的多场景深化赋能、引领性数字化技术难点突破和模式创新。

表 2 不同数字化水平企业采取的技术措施

序号	技术名称		一级	二级	三级	
1	数字化基础		网络与物联感知基础	√	√	√
2			数字化集中控制室	√	√	√
3			5G 技术		√	√
4			云平台		√	√
5	数字化研发		配方管理技术	√	√	√
6	数字化运营	数字化运营管控	成本精细化管控技术	√	√	√
7			业财一体化技术	√	√	√
8			风险可视化管理技术		√	√
9			数据管理技术			√
10		数字化安全环保	安全行为识别与监测技术	√	√	√
11			环保数字化管控技术	√	√	√

12		数字化能碳管理	能源管理数字化技术	√	√	√
13			碳排放管理平台			√
14	数字化生产	原料和配料控制 数字化	原料配料控制系统	√	√	√
15			在线测水仪	√	√	√
16			物料跟踪系统		√	√
17			3D 盘库技术		√	√
18			智能上料系统	√	√	√
19			熔化工序数字化	工艺参数数据库		√
20		熔窑热工智能控制技术		√	√	√
21		浮法成型工序数 字化	在线测厚仪	√	√	√
22			锡槽摄像系统	√	√	√
23			锡槽热工智能控制系统		√	√
24		退火工序数字化	退火窑智能控制系统	√	√	√

25			拉引量反馈控制系统	√	√	√
26		冷端控制数字化	在线缺陷检测技术	√	√	√
27			优化切割系统	√	√	√
28		进出厂物流数字化	地磅无人值守技术	√	√	√
29			智能仓储技术		√	√
30		设备管理数字化	设备全生命周期管理技术		√	√
31			设备预测性维护技术		√	√
32		质量管理数字化	全过程质量管理与追溯技术		√	√
33	数字化供应链		产供销存协同管控技术		√	√
34			电子采购平台		√	√

八、未来平板玻璃企业数字化转型展望

（一）深化数据赋能，打造玻璃工业大脑

平板玻璃企业就生产过程、节能降耗、环保安全、技术与工艺优化、管理提升、供应链协同等各个环节，对各项数据进行开发利用，深挖数据价值，打造各业务场景小模型，进而打造玻璃工业大脑，实现数据功能由“展示型”向“穿透型”的转变。

（二）基于云边协同，建设数字孪生工厂

平板玻璃企业以企业私有云接入行业公有云的云边协同为基本架构理念，基于数字孪生应用，运用沉淀的工厂基建期模型和数据进行玻璃工厂数字化建模，完整体现整个工厂设备的组成、产品、工艺及生产管理逻辑，构建虚拟化的数字工厂，为生产执行、模拟仿真奠定基础。

（三）探索“AI+”应用，推进工艺优化变革

平板玻璃企业联合有关科研院所、系统解决方案供应商将工业机理模型与智能算法相结合，探索 AI+平板玻璃工业场景的智慧应用，通过对复杂的物理化学过程进行模拟和优化，将人工经验固化为模型等方式，形成可规模化复制的资产，实现系统自动调整，协助企业优化决策和智能控制。

（四）创新服务模式，搭建工业互联网平台

平板玻璃龙头企业通过构建“智能单元-智能工厂-智能平台”的架构体系，打造工业互联网平台，创新“平台+解决方案”赋能模式，服务产业链上下游企业，为平板玻璃行业企业数字化转型和高质量发展，提供一站式、平台化的数字化解决方案与服务，加速平板玻璃工业由“流程制造”向“流程智造”转变。