

AI × 水泥建材 · 应用场景

人工智能与大模型 在中国水泥建材行业的应用场景【2026方案】

以 AI 能力为纲 · 25 个落到矿山、烧成、粉磨、发运各部门的场景 · 效益测算与实施路径

AI 正在改变水泥工厂运行：五种能力，看得见的效率差距

从“能聊天”到“能干活”——视觉盯皮带盯安全、模型调窑配料排产、大模型答工艺写日报，这是本方案 25 个场景的能力基础

01 视觉感知与多模态识别 让工厂与矿山多一双不疲劳的眼睛
安环部 · 设备部 · 生产 / 中控 · 物流发运 · 矿山分厂

02 逻辑推理与问题解决 让机器会调窑、会配料、会排产
中控室 · 生产部 · 质量 / 化验 · 矿山分厂 · 供应 / 销售

03 代码与软件工程 让机器帮信息中心接系统、写工具
信息中心 · 各车间 · 网络安全 · 老系统改造

04 自然语言理解与知识管理 让工艺问得清、检修查得快、报表自己写
生产 / 中控 · 设备部 · 安环 / 碳资产 · 销售 / 物流

05 数据建模与预测预警 让工厂提前知道会出什么事
质量 / 化验 · 设备部 · 能源 / 碳资产 · 安环部 · 销售 / 经营

效果对比 传统方式 → AI 方式（行业参考区间）

熟料强度预测准确率	人工推算 70%	>85%
窑尾温度控制	看火工凭经验	±1℃
吨熟料标准煤耗	一级能效	再降 1%~2%
皮带廊道巡检	人走一遍 2 小时	7×24 无人
矿卡司机（12 台）	每班 12 人	1 人中控
设备故障发现	坏了才修	提前 3~7 天
生产日报编制	每班 1~2 小时	10 分钟
系统数据打通	1~3 个月 / 接口	1~2 周

政策牵引：国家发展改革委等《水泥行业节能降碳专项行动计划》（2024 年 5 月）、工业和信息化部等九部门《原材料工业数字化转型工作方案（2024—2026 年）》及《建材行业数字化转型实施指南》、生态环境部《全国碳排放权交易市场覆盖钢铁、水泥、铝冶炼行业工作方案》（2025 年 3 月）、国务院《关于深入实施“人工智能+”行动的意见》（2025 年 8 月）；可对接智能制造示范工厂、能碳管理中心与“人工智能+建材”行动。

国内外应用场景与案例：头部水泥企业已经把 AI 用在烧成、质量与矿山的日常

以下均为公开报道数据，说明的是方向与量级；本方案的场景与路径与这些标杆一致

海螺集团 × 华为 · 云工大模型 安徽 水泥建材行业首个 AI 大模型，15 类 200 余个场景 - 熟料 3 天 / 28 天强度预测准确率超 85%（±1MPa），人工推算约 70%，从“事后调整”迈向“实时调控” - 烧成全局寻优：标准煤耗在一级能效基础上再降 1%，游离钙标准偏差降 10%，5000t/d 线年减碳 4500 吨以上 - 窑炉参数自动推荐中控劳动强度减 50%；皮带机 28 类场景无人巡检；人员违章、设备异常识别准确率 95% 来源：华为、海螺集团、新浪财经（2025 年 4 月）	华新水泥 · HIAC 智能控制 湖北 黄石万吨线：AI 算法每秒调参 5 次 - 与阿里云 AICS 共建 HIAC 低碳制造智能控制系统，窑尾温度控制精度 ±1℃，两磨一烧大部分时间无需人工干预 - 万吨线全年再减碳 6 万吨、节省能耗成本 2000 万元；燃煤替代率超 40%，综合能耗降 4% - 已在国内 50 余条产线推广，并向海外工厂复制；2022 年建材科技进步一等奖 来源：雷峰网、数字水泥网、湖北日报（2022—2025 年）	槐坎南方 · 卓越级智能工厂 浙江 第二代新型干法水泥智能工厂 - 中国建材南方水泥骨干企业，2025 年入选工业和信息化部卓越级智能工厂名单 “五大智能系统 + 数字化管控平台 + 全生命周期数据中台”，数据筑基、生产提效、运维保障、安环保驾、智能减排五位一体 - 智能化标准化方案已在集团多家工厂落地，百余批同行参观学习 来源：中国水泥网（2025—2026 年）
天津水泥院 / 台泥 · 无人矿卡 山东 / 江苏 水泥灰岩矿山无人运输 - 天津水泥院测算：年产 500 万吨灰岩矿 12 台矿车 36 名司机，无人化后每班 1 名中控 + 2 名维保，减员 75% - 台泥句容矿 14 台纯电无人矿卡 7×16 小时运行三年：零事故、零司机，效率达人工 1.04 倍，累计节省数千万元 - 天山材料 110 座矿山完成数字化，144 座绿色矿山 来源：中国建材集团、艾瑞网、天山股份 ESG 报告（2024—2025 年）	政策与碳市场 · 全国 全国 节能降碳 + 数字化转型 + 碳市场扩围 《水泥行业节能降碳专项行动计划》：2025 年底关键工序数控化率 70%，智能制造示范工厂 25 家，推广窑磨实时优化控制 - 九部门《原材料工业数字化转型工作方案（2024—2026）》：建材关键业务环节全面数字化 55%，实施“人工智能+建材”行动 2025 年 3 月水泥纳入全国碳市场，配额与产量挂钩；能耗与碳排放数据质量成为硬约束 来源：国家发展改革委、工业和信息化部、生态环境部（2024—2025 年）	Heidelberg · Holcim 捷克 / 瑞士 AI 叠加专家系统优化窑系统 - Heidelberg Materials Mokra 厂：Carbon Re AI 叠加 ABB 专家优化器，单位热耗降 2.2%、燃料成本指数降 4.1% - C3S 波动降 33%，燃料碳排放降 2%（4.5kg/t 熟料）；以“一月开、一月关”方式验证 - Holcim Siggenthal 厂 2025 年上线 KILN AlxperT 数字孪生：替代燃料热值波动平衡、熟料质量实时预测 来源：World Cement、Cambridge Enterprise、CemNet（2024—2025 年）

共同规律：先把 DCS、化验、能管数据打通，再从烧成寻优、强度预测、皮带巡检、无人矿卡等最痛的点切入；AI 给建议、中控确认、边用边学，验证达标后再复制到全集团 —— 这也是本方案的路径。

能力一

视觉感知与多模态识别能力

—— 让工厂与矿山多一双不疲劳的眼睛

本章场景

- 1.1 安环部·厂区与矿山作业安全行为 AI 识别（安全帽 / 皮带廊道闯入 / 高温区 / 动火 / 受限空间）
- 1.2 设备部·带式输送机与皮带廊道视觉巡检（托辊异常 / 皮带撕裂 / 跑偏 / 堆料）
- 1.3 生产部 / 中控室·窑头火焰与窑况视觉识别（火焰形态 / 窑皮 / 结圈 / 篦冷机料层）
- 1.4 物流部 / 发运中心·智能发运与无人值守磅房（车牌车型识别 / 装车监控 / 袋装破损 / 防作弊）
- 1.5 矿山分厂·露天矿山无人机巡检与边坡监测（边坡 / 台阶 / 爆堆 / 越界开采）



1.1 安环部·厂区与矿山作业安全行为 AI 识别（安全帽 / 皮带廊道闯入 / 高温区 / 动火 / 受限空间）

高温区闯入、廊道走人、动火无票：**秒级发现、推送到班组**

现状：靠人、靠经验

- 厂区与矿山**几百路摄像头**只在出事后回看，安全员盯不过来
- 窑头、篦冷机、皮带廊道**高温与转动部位**，进入即高危
- 外委检修、装车司机多，**违章靠抓现行**

AI 落地后

- **利旧现有摄像头**，视觉模型识别未戴安全帽、高温区闯入、廊道行走、动火无票、受限空间单人作业，秒级推送安环与班组
- **与作业票系统联动**：无票动火、无监护人即报警，检修区域自动电子围栏
- 自然语言定义新规则**一天上线**：如“停窑检修期允许进入窑头平台”，减少误报



秒级

违章行为发现（原事后回看）

≥95%

违章识别准确率（海螺实绩）

-50%

现场违章次数（3个月内）

落地：利旧摄像头 1~2 个月上线首批规则；与作业票、门禁对接

1.2 设备部·带式输送机与皮带廊道视觉巡检（托辊异常 / 皮带撕裂 / 跑偏 / 堆料）

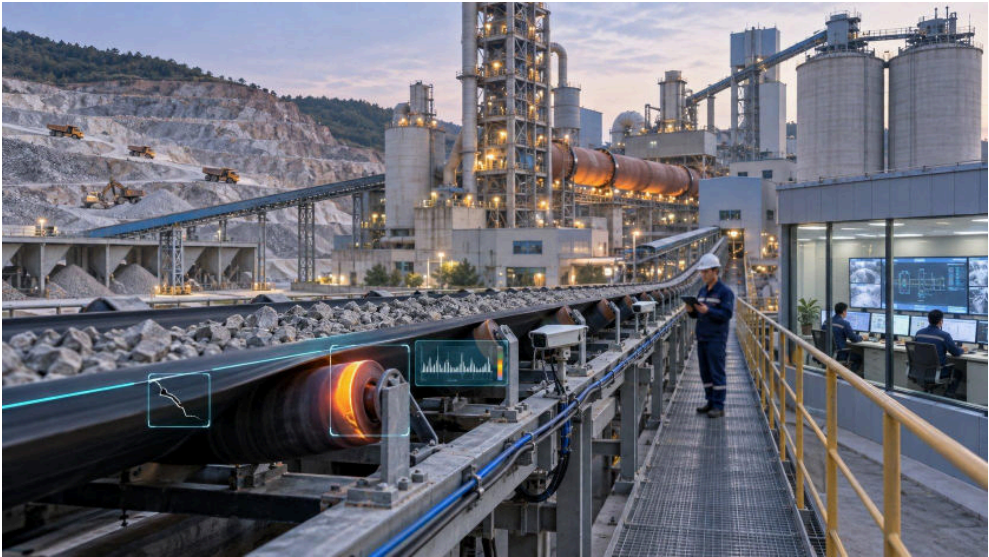
托辊、撕裂、跑偏、堆料：**皮带廊道 7×24 机器巡**，人不再走两小时

7×24

皮带无人巡检（原人走 2 小时）

现场痛点

- 几公里皮带廊道**人工巡检一趟 2 小时**，夜间雨天更难
- 托辊卡死发热、皮带撕裂**发现晚一次停几小时**
- 巡检记录**纸上打勾**，隐患说不清



AI 怎么做 —— 三步

01

廊道摄像头 + 分布式光纤 / 红外，**视觉大模型识别托辊异常、皮带撕裂、跑偏、堆料、异物**
28 类场景

02

异常**自动联锁停机与推送检修**
班，图像留证

03

巡检机器人 / 轨道摄像**覆盖无人区段**，模型边用边学

-60% 皮带非计划停机

-70% 巡检人工工时

落地：补装摄像头与光纤 2~3 个月；先主输送线试点



1.3 生产部 / 中控室·窑头火焰与窑况视觉识别（火焰形态 / 窑皮 / 结圈 / 篦冷机料层）

火焰、窑皮、结圈、料层：**机器看窑况**，看火不再只靠老师傅

现场痛点

窑头看火 靠老师傅 眼睛，人换了判断就变	结圈、塌料、跑生料 发现滞后 ，一次波动损失几小时	篦冷机 料层厚薄靠猜 ，二三次风温不稳
-----------------------------	----------------------------------	----------------------------

AI 怎么做

- 窑头高温摄像 + 视觉模型**识别火焰形态、黑影、窑皮长度、结圈趋势**，量化成指标
- 篦冷机**料层与红河识别**联动篦速、风量建议
- 窑况异常**提前 10~30 分钟预警**，推送中控与工艺

10~30 分钟 窑况异常提前预警	-30% 窑况波动次数	100% 窑况量化留痕
-----------------------------	-----------------------	-----------------------

落地：窑头摄像利旧或补装，1~2 个月；与 DCS 数据联动



1.4 物流部 / 发运中心 · 智能发运与无人值守磅房（车牌车型识别 / 装车监控 / 袋装破损 / 防作弊）

车牌、车型、装车、袋破：磅房无人值守，一车 5 分钟进出

现状：靠人、靠经验

- 磅房人工核单、人工放行，高峰排队一小时
- 冒名提货、磅单作弊查不出
- 袋装破损、散装洒漏到客户才投诉

AI 落地后

- 车牌 + 车型 + 司机识别自动匹配订单，一卡通道放行
- 地磅称重异常、车轮压线、车上留人 AI 识别，防作弊
- 装车口袋装破损、洒漏视觉识别，自动补包与溯源

5 分钟

一车进出（原 20~30 分钟）

-70%

磅房与发运人力

100%

磅单异常自动识别

落地：磅房与装车口改造 1~2 个月；与 ERP 销售订单对接



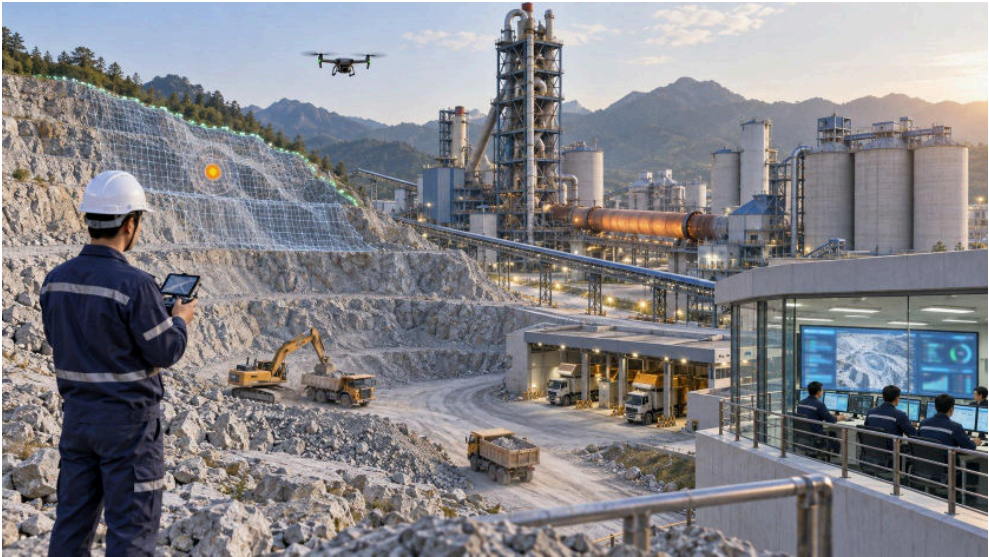
1.5 矿山分厂·露天矿山无人机巡检与边坡监测（边坡 / 台阶 / 爆堆 / 越界开采）

边坡、台阶、爆堆、越界：无人机 + AI 巡矿，隐患提前看见

日级

储量与边坡巡查（原周级）

- 现场痛点
- 露天矿**边坡巡查靠人爬**，雨季更危险
 - 台阶超高、越界开采**核查靠手工测量**
 - 爆堆块度、储量盘点**几天出一次数**



AI 怎么做 —— 三步

- 01

无人机**自主航线巡检**边坡、台阶、排土场，AI 识别裂缝、滑塌、超高、越界
- 02

三维建模**自动盘点储量与爆堆块度**，日更
- 03

边坡雷达 / 位移数据**融合预警**，按等级推送

- 70%

人工巡查工时
- 100%

越界与超高自动核查

落地：无人机 + 航线 1~2 个月；与矿山管理系统对接



能力二

逻辑推理与问题解决能力

—— 让机器会调窑、会配料、会排产

本章场景

- 2.1 生产部 / 中控室 · 烧成系统全局寻优与 AI 自控 (回转窑 / 分解炉 / 篦冷机 / 替代燃料)
- 2.2 生产部 · 生料与水泥粉磨优化控制 (立磨 / 辊压机 / 球磨 · 台时与电耗)
- 2.3 质量部 / 化验室 · 生料配料与水泥配方优化 (原燃料波动 / 率值控制 / 混合材掺量)
- 2.4 矿山分厂 · 矿山配矿与无人矿卡调度优化 (品位搭配 / 运输路径 / 电动矿卡充电)
- 2.5 供应部 / 销售部 · 原燃料采购、库存与错峰生产排产优化 (煤 / 替代燃料 / 库位 / 错峰计划)



2.1 生产部 / 中控室·烧成系统全局寻优与 AI 自控（回转窑 / 分解炉 / 篦冷机 / 替代燃料）

窑、分解炉、篦冷机**全局寻优**：煤耗再降 1%~2%，窑况稳如老师傅

-1%~-2%

吨熟料标准煤耗（海螺 -1%）

现场痛点

- 中**控靠经验调窑**，班班不同、人人不同
- 替代燃料**热值波动大**，窑况一波动就退回人工
- 煤耗、质量、产量三者顾此失彼

AI 怎么做——三步

01

工艺机理 + 专家经验 + 数据驱动建**烧成全局寻优模型**，实时推荐喂料、喂煤、风量、篦速目标值

02

AI 自控闭环：优化结果写入 DCS，中控随时一键切回人工

03

按工况类型**自动匹配最佳操作方案**，替代燃料波动自动补偿

±1℃ 窑尾温度控制（华新实绩）

-50% 中控劳动强度

落地：先建议模式 2~3 个月，达标后闭环；需 DCS 数据与写入接口



2.2 生产部·生料与水泥粉磨优化控制（立磨 / 辊压机 / 球磨·台时与电耗）

立磨、辊压机、球磨**智能寻优**：台时提 3%~5%，电耗降 3%~5%

现场痛点

磨机**振动、压差**靠人盯，保守运行浪费电

物料易磨性一变**台时就掉**

选粉、循环负荷**调一次试半天**

AI 怎么做

- 振动、压差、出口温度、电流建**磨机优化控制模型**，实时推荐喂料与研磨压力
- **台时 - 细度 - 电耗多目标优化**，避开振动区运行
- 峰谷电价时段**磨机运行计划优化**，降电费

+3%~5%
磨机台时产量

-3%~5%
吨水泥工序电耗

-40%
磨机振动停机

落地：对接 DCS，2~3 个月；先一台生料磨试点



2.3 质量部 / 化验室 · 生料配料与水泥配方优化（原燃料波动 / 率值控制 / 混合材掺量）

率值、掺量、配方**机器算**：生料合格率 $\geq 95\%$ ，混合材多掺 1~2 个点

现状：靠人、靠经验

- 原燃料**成分波动大**，配料靠化验滞后调整
- 混合材掺量**不敢多掺**，怕强度不稳
- 配方**只算成本不算碳**

AI 落地后

- 在线分析仪 + 化验数据建**生料配料优化模型**，率值波动自动纠偏
- 强度预测 + 配方优化**：在质量约束下最大化混合材掺量
- 配方**成本与碳排放双目标**，算出每吨最省的方案

$\geq 95\%$

生料三率值合格率

+1~2 个点

混合材掺量提升

-2~4 元/吨

水泥配方成本

落地：对接化验与在线分析仪，2~3 个月；质量部审核



2.4 矿山分厂·矿山配矿与无人矿卡调度优化（品位搭配 / 运输路径 / 电动矿卡充电）

配矿、路径、充电**统一调**：矿卡零司机，品位机器搭

-75%

矿卡运输岗人员（天津水泥院测算）

现场痛点

- 矿卡司机**老龄化**、招不到人，安全压力大
- 配矿**靠调度经验**，高低品位搭不匀
- 电动矿卡**充电与运输窜班**，等车等电

AI 怎么做 —— 三步

01

品位模型 + 运输能力建**配矿与车流优化**，装载点 / 卸料点自动分派

02

无人矿卡调度：路径规划、会车避让、充电窝工最少

03

与破碎站、皮带联动，**矿山—工厂节奏一体**

±1% 入厂石灰石品位波动

+10% 矿卡有效台时

落地：无人矿卡改造或新购，6~12 个月；先 3~5 台试点



2.5 供应部 / 销售部 · 原燃料采购、库存与错峰生产排产优化（煤 / 替代燃料 / 库位 / 错峰计划）

煤、替代燃料、库位、错峰：**采购与排产一张表**，库存不多囤不断供

现场痛点

煤价波动 采购靠感觉 ，多囤一个月压上千万资金	错峰停窑 排产靠开会 ，库满、断货交替	替代燃料 来源不稳 ，掺烧计划难排
--------------------------------	----------------------------	--------------------------

AI 怎么做

- 需求、价格、库位、错峰政策建**采购与排产优化模型**，滚动 1~3 个月
- 窑磨运行计划**与库存、发运、电价联动优化
- 替代燃料**热值与供应预测**，掺烧计划自动排

-15% 原燃料库存资金占用	-30% 库满停机与断货次数	+5 个点 替代燃料掺烧率
--------------------------	--------------------------	-------------------------

落地：对接 ERP 与库存数据，2~3 个月；供销部定口径



能力三

代码与软件工程能力

—— 让机器帮信息中心接系统、写工具

本章场景

- 3.1 信息中心·DCS / MES / ERP / 能管 / 化验系统接口自动适配
- 3.2 信息中心·水泥工厂数据湖与“一线一档、一窑一账”数据治理（能耗 / 碳排放 / 质量）
- 3.3 各车间·零代码班组工具（巡检 / 交接班 / 隐患 / 点检 / 润滑记录）
- 3.4 信息中心·工业控制网与数据安全（DCS 隔离 / 远程运维 / 等保）
- 3.5 信息中心·老系统改造与 AI 编程助手（报表 / 能管 / 化验 LIMS / 国产化）



3.1 信息中心 · DCS / MES / ERP / 能管 / 化验系统接口自动适配

DCS、MES、ERP、能管、化验：**接口周期从 3 个月到 2 周**

现场痛点

厂内**几十个系统、多家厂商**，
接一次谈一次

DCS 点表**几万个测点无标准命名**

接口文档**过期失真**，改一次牵一片

AI 怎么做

- 大模型读点表与接口文档，**自动识别测点与字段语义**（OPC / Modbus / API）并生成映射
- 自动生成**集成平台适配脚本与测试用例**，人工复核上线
- 建**统一测点字典与接口规范**，接口变化自动监测

-60%
接口开发周期

≥95%
测点映射准确率

100%
接口变化自动监测

落地：首期 2~3 个月接入核心系统，是其他场景的前置工程



3.2 信息中心 · 水泥工厂数据湖与 “一线一档、一窑一账” 数据治理（能耗 / 碳排放 / 质量）

一线一档、一窑一账、一吨一碳：工厂数据一致性 ≥98%

现状：靠人、靠经验

- 同一吨熟料在 5 个系统 5 个数，煤耗对不上
- 能耗、碳排放、质量数据各系统各记，碳市场核查拼不起
- 集团要一张多厂对标图要问十几个部门

AI 落地后

- 建主数据与统一编码（产线 / 设备 / 物料 / 客户），规则 + 机器学习合并重复
- 生产、能耗、碳排放、质量数据归到一线一档、一窑一账
- 大模型自然语言查数出图：“本月各线吨熟料煤耗”秒级回答，按角色分权

≥98%

核心数据一致性

-80%

取数出图时间

100%

碳排放数据可追溯

落地：与接口打通同步建设，3~4 个月覆盖核心数据



3.3 各车间 · 零代码班组工具（巡检 / 交接班 / 隐患 / 点检 / 润滑记录）

巡检、交接班、隐患、润滑记录：**一句话生成应用，当天上线**

小时级

应用开发周期（原数周）

现场痛点

- 车间**小需求一堆**（巡检表、点检表、隐患台账），信息中心排不上队
- 纸质记录、微信群**数据沉不下来**，检查前翻本子
- 外购小系统**几万一个**，改个字段等厂家

AI 怎么做 —— 三步

01

低代码 + 大模型：**一句话描述需求**，自动生成表单、流程、看板、提醒

02

手机端即用，支持**扫码、拍照、语音填报**，数据进数据底座

03

大模型**按周自动汇总**隐患整改率、点检完成率

50~100 个 每年新增班组应用

≥90% 纸质记录电子化率

落地：平台部署 1 个月，每车间 1~2 名种子用户滚动推广



3.4 信息中心 · 工业控制网与数据安全（DCS 隔离 / 远程运维 / 等保）

DCS 控制网、远程运维、外联：**先摸清家底**，窑不能因网停

现场痛点

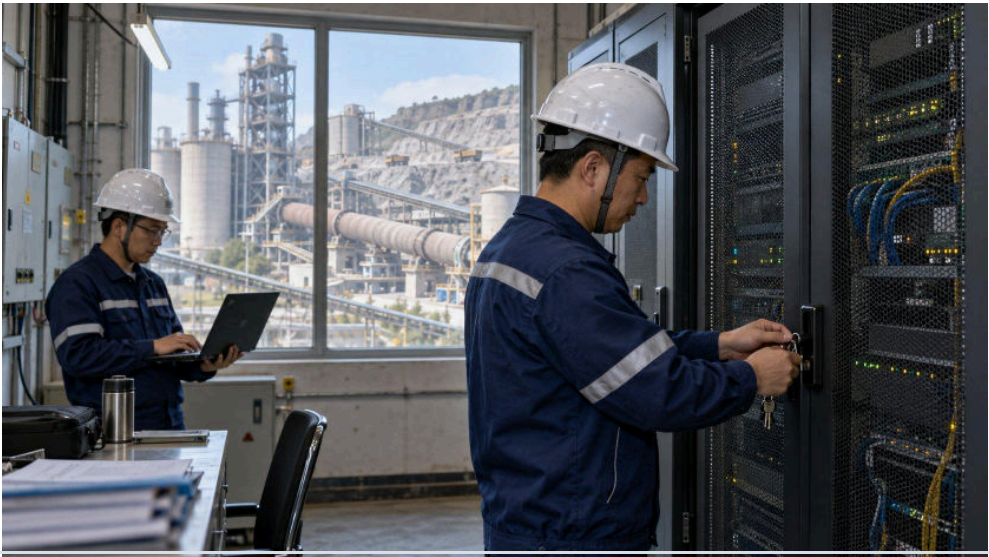
控制网与办公网边界不清，一处中招全厂停窑	厂家远程运维随意接入，暴露面多	等保、关基保护要求趋严
----------------------	-----------------	-------------

AI 怎么做

- 被动监听为主的资产发现与漏洞扫描，不影响 DCS 与生产
- 大模型生成**整改方案与分区策略**：控制网、生产网、办公网、外联区隔离
- 实时监测异常访问**（非工作时间登录、批量导出）并告警

100% 网络与控制资产可视	≥95% 高危漏洞整改率	小时级 安全事件响应（原天级）
-------------------	-----------------	--------------------

落地：先 2~4 周资产摸底，再分阶段整改；配合等保测评



3.5 信息中心 · 老系统改造与 AI 编程助手（报表 / 能管 / 化验 LIMS / 国产化）

老报表、能管、化验 LIMS: AI 编程助手让改造周期缩一半

现状：靠人、靠经验

- 老系统厂商不配合，源码文档缺失
- 几百张报表手工迁移，口径丢失
- 国产化、上云测试工作量大，生产不敢停

AI 落地后

- 大模型解析现有功能与报表逻辑，自动生成改造清单与方案
- AI 编程助手辅助功能补齐、SQL 改写、接口重写，自动生成测试用例与回归脚本
- 改造成果沉淀为组件与规范，多厂复用

-50%

改造周期

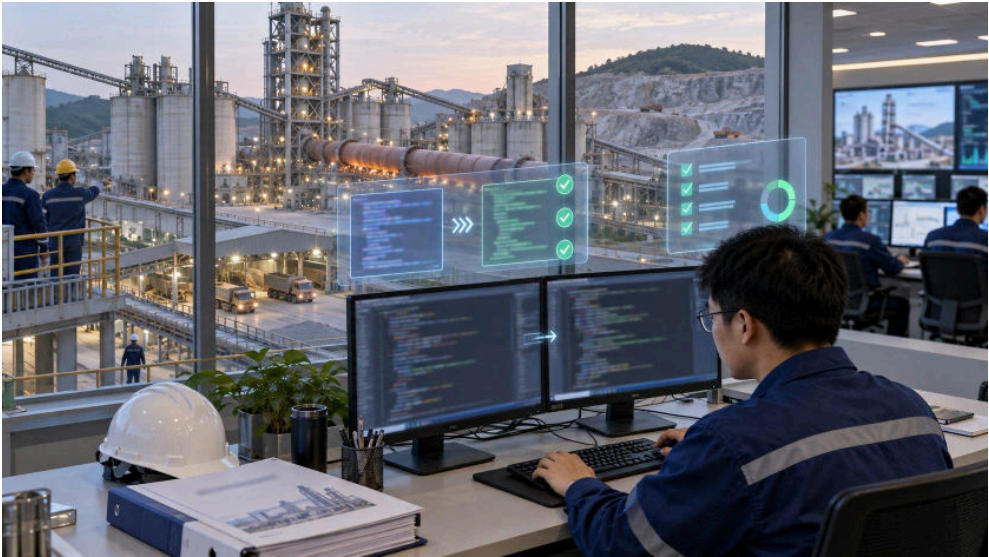
-40%

改造成本

100%

接口自动化回归覆盖

落地：先选 3~5 套非核心系统试点，3~6 个月



能力四

自然语言理解与知识管理能力

—— 让工艺问得清、检修查得快、报表自己写

本章场景

- 4.1 生产部 / 中控室 · 工艺规程、操作规程与窑况异常处置问答（结圈 / 塌料 / 跑生料 / 事故案例）
- 4.2 设备部 · 设备故障知识库与检修方案生成（说明书 / 检修记录 / 备件 / 润滑）
- 4.3 安环部 / 碳资产部 · 环保法规、碳排放核算与报送助手（碳市场配额 / 超低排放 / 排污许可）
- 4.4 中控室 / 生产部 · 生产日报、能耗分析与月度经营分析自动生成
- 4.5 销售部 / 物流部 · 客户与司机智能服务问答（订单 / 发运 / 提货 / 质保书 / 发票）



4.1 生产部 / 中控室·工艺规程、操作规程与窑况异常处置问答（结圈 / 塌料 / 跑生料 / 事故案例）

结圈、塌料、跑生料**怎么处置**：秒级调出规程与案例，新中控敢接班

现状：靠人、靠经验

- 工艺规程、操作规程**几千页**，年轻中控记不住
- 窑况异常处置**靠老师傅电话**，夜班找不到人
- 事故案例**锁在柜子里**，同样的错再犯

AI 落地后

- **私有化大模型 + RAG**：工艺规程、操作规程、事故案例、专家经验，答案带出处
- 结合当前 DCS 数据**推送处置建议**：先查什么、先调什么、何时停窑
- 处置过程**自动归档成案例**，知识越用越厚

秒级

规程与案例查询

100%

答案带出处可追溯

-30%

窑况异常处置时间

落地：导入知识库 2 周，上线 1 个月；工艺部审核



4.2 设备部·设备故障知识库与检修方案生成（说明书 / 检修记录 / 备件 / 润滑）

设备故障问机器：说明书、检修记录、备件秒级调出，修得快修得对



现场痛点

- 回转窑、立磨、辊压机说明书几十本，故障时翻不到
- 检修记录在老师傅脑子里，人走经验走
- 备件型号对不上，等件停机

AI 怎么做 —— 三步

01

设备知识库：说明书、图纸、检修记录、故障树、备件清单，大模型问答带出处

02

报故障后自动生成检修方案：步骤、工具、备件、安全措施

03

检修过程语音记录自动结构化，沉淀为案例

100%

检修方案带依据

秒级

备件与图纸查询

落地：导入设备资料 2~4 周；设备部审核



4.3 安环部 / 碳资产部 · 环保法规、碳排放核算与报送助手（碳市场配额 / 超低排放 / 排污许可）

碳配额、超低排放、排污许可**一问即答**，报送不再熬夜对数

现场痛点

碳市场核算指南、环保法规更新快、条款多	碳排放报告手工拼数，核查一问就露怯	环保、能耗、碳三套报表三套口径
---------------------	-------------------	-----------------

AI 怎么做

- 私有化大模型 + RAG：碳核算指南、超低排放标准、排污许可、地方政策，答案带出处
- 对接能耗与化验数据自动生成碳排放月报与年报，参数来源可追溯
- 法规更新自动比对提示：哪些指标、哪些报表要改

-70% 碳排放报告编制时间	100% 核算参数带来源	秒级 法规条款查询
-------------------	-----------------	--------------

落地：导入知识库 2 周，对接能耗数据 1~2 个月



4.4 中控室 / 生产部 · 生产日报、能耗分析与月度经营分析自动生成

生产日报、能耗分析、经营分析：**说话即成文**，2 小时到 10 分钟

现状：靠人、靠经验

- 中控与统计**每班 1~2 小时**填报表写日报
- 同一数据**填十几张表**，口径不一
- 经营分析**月底熬夜**，领导要的分析出不来

AI 落地后

- 对接 DCS、能管、化验、ERP 数据**自动生成生产日报与能耗分析**，语音补充即成文
- **一数一源**：一次填报多表复用，口径自动统一
- 大模型**生成月度经营分析**：产量、煤耗、电耗、成本、质量异常与建议

10 分钟

生产日报编制（原 1~2 小时）

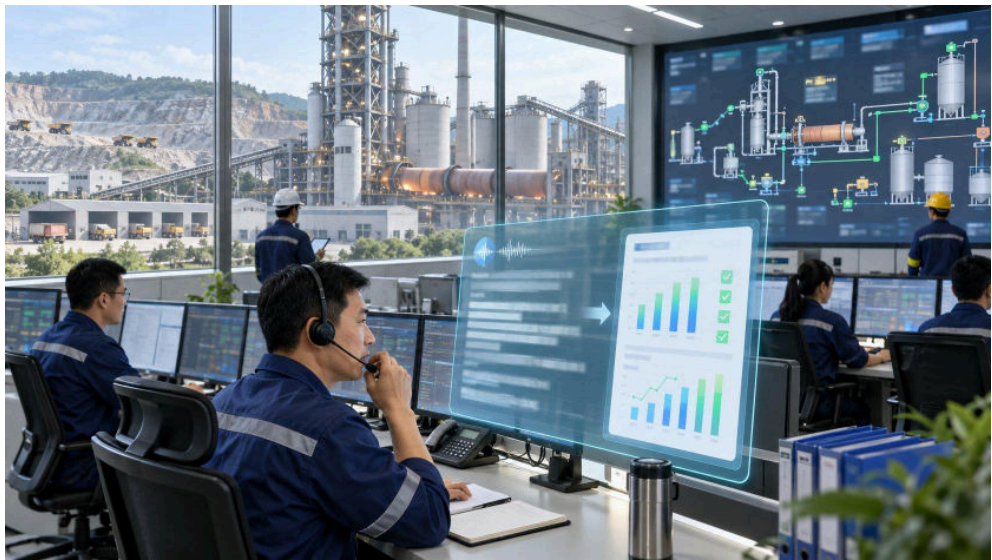
-70%

重复填报

1~2 小时/班

中控与统计释放时间

落地：依赖数据底座，1~2 个月；生产部定模板



4.5 销售部 / 物流部 · 客户与司机智能服务问答（订单 / 发运 / 提货 / 质保书 / 发票）

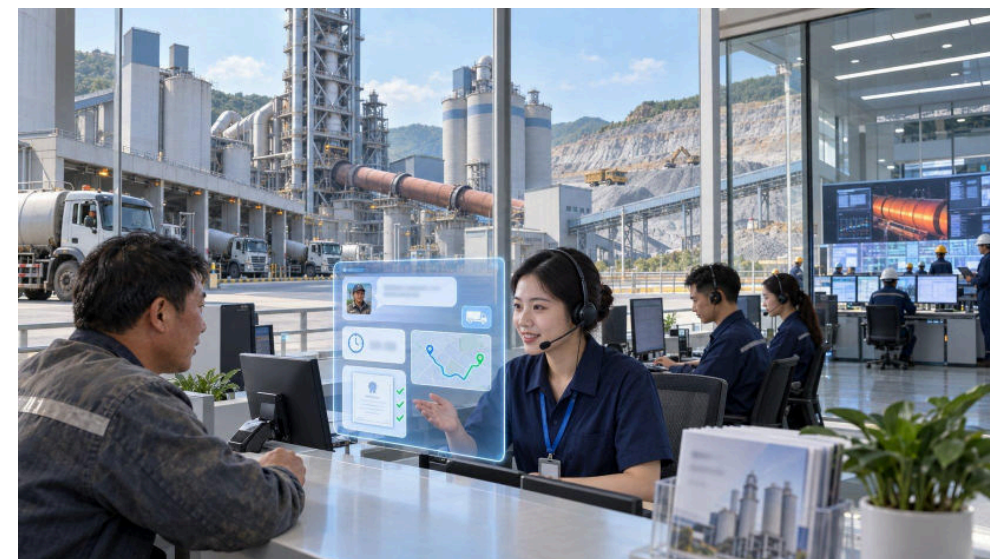
订单、发运、提货、质保书：**7×24 问得明**，客服话务少一半

-50%

人工客服话务量

现场痛点

- 客服电话被打爆：车到哪了、几点装、质保书呢
- 司机排队信息不透明，来了等、等了走
- 夜间、节假日无人应答



AI 怎么做 —— 三步

01

私有化大模型 + RAG：产品、价格政策、发运流程、质保书知识库，答案带出处

02

对接 ERP 与发运系统实时查询订单、排队、装车、发票状态

03

复杂问题转人工并附上上下文，客服效率翻倍

7×24 服务覆盖

≥90% 问题一次解决率

落地：导入知识库 2 周，上线 1 个月；对接 ERP 查询接口



能力五

数据建模与预测预警能力

—— 让工厂提前知道会出什么事

本章场景

5.1 质量部 / 化验室 · 熟料 3 天 / 28 天强度预测与质量预警

5.2 设备部 · 关键设备预测性维护 (回转窑 / 立磨 / 辊压机 / 大型风机 / 电机减速机)

5.3 能源 / 碳资产部 · 能耗、碳排放预测与碳配额管理 (吨熟料煤耗电耗 / 碳市场履约)

5.4 安环部 · 排放预测与超低排放预警 (NO_x / SO_2 / 粉尘 · SCR / SNCR 氨水优化)

5.5 销售部 / 经营部 · 区域需求、价格与库存预测 (错峰生产 / 库满预警 / 发运节奏)



5.1 质量部 / 化验室 · 熟料 3 天 / 28 天强度预测与质量预警

熟料 28 天强度**当天就知道**：准确率 >85%，配料不再等一个月

>85%

28 天强度预测准确率（海螺实绩）

现场痛点

- 28 天强度**一个月后才出**，出了问题一个月的料已经卖了
- 3 天强度**只能参考**，配料调整靠猜
- 质量波动**找不到原因**，窑与磨互相推

AI 怎么做 —— 三步

01

生料成分、烧成参数、熟料化学成分建**强度预测模型**（融合基模型 + 工况模型）

02

预测结果**实时指导配料与配方**，强度偏低当班纠偏

03

质量异常根因分析：定位到工序与参数，推送工艺

-10% 游离钙标准偏差

-50% 质量异常追溯时间

落地：对接化验与 DCS 历史数据，2~3 个月；质量部审核



5.2 设备部·关键设备预测性维护（回转窑 / 立磨 / 辊压机 / 大型风机 / 电机减速机）

回转窑、立磨、风机、减速机：**故障提前 3~7 天预警，非停减 30%**

现场痛点

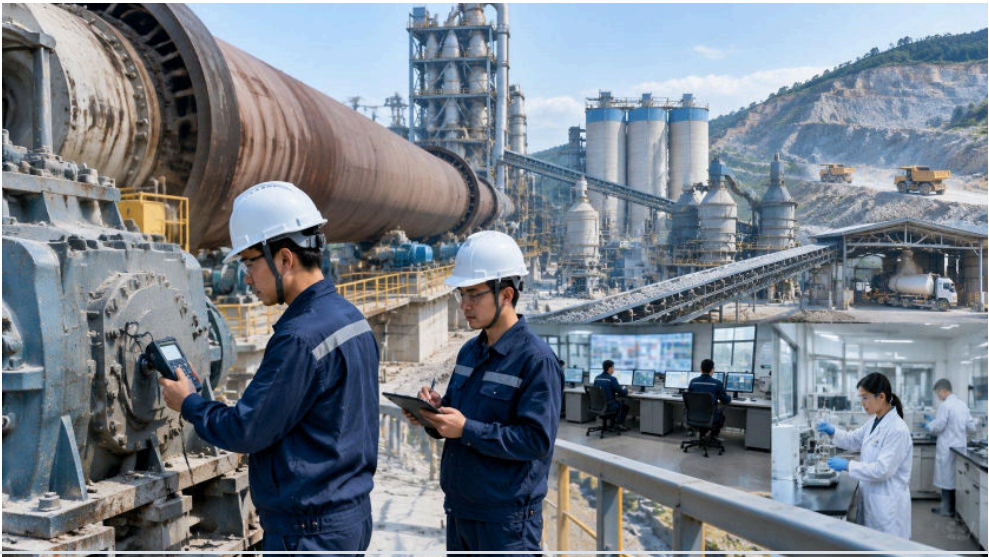
关键设备坏了才修，一次非停损失几十万	定期检修该修的没修、不该修的修了	轮带、托轮、减速机寿命靠经验
--------------------	------------------	----------------

AI 怎么做

- 接入 DCS、振动、温度、油液数据建**健康评估与故障预测模型**
- 预测性维护计划**替代部分定期检修，联动备件与检修班
- 关键部件**寿命预测**，检修窗口与错峰停窑自动对齐

3~7 天 故障提前预警	-30% 非计划停机	-20% 维修费用
------------------------	----------------------	---------------------

落地：对接 DCS 与状态监测，2~3 个月；先窑与立磨试点



5.3 能源 / 碳资产部 · 能耗、碳排放预测与碳配额管理（吨熟料煤耗电耗 / 碳市场履约）

煤耗、电耗、碳排放**滚动预测**：配额缺口提前半年看见

现状：靠人、靠经验

- 碳市场配额**年底才算**，缺口多少不知道
- 吨熟料煤耗、电耗**月底出数**，超了才知道
- 能耗与碳数据**靠手填**，核查风险大



AI 落地后

- 产量计划、工况、原燃料建**能耗与碳排放预测模型**，滚动到月、季、年
- 配额盈缺**提前预警**，联动错峰、替代燃料、交易策略
- 能耗**分线分工序对标**，异常班次自动推送

≤3%

月度能耗与碳排放预测偏差

半年

配额缺口提前预警

-5%

能源成本（对标纠偏）

落地：依赖数据底座与能管数据，1~2 个月



5.4 安环部·排放预测与超低排放预警（NO_x / SO₂ / 粉尘·SCR / SNCR 氨水优化）

NO_x、SO₂、粉尘**预测控排**：氨水少用 15%，超标提前 30 分钟拦住

-15%

氨水消耗

现场痛点

- SNCR / SCR 氨水凭经验多喷，成本高、氨逃逸
- 排放超标报警后才动手，来不及
- 环保数据被动应对检查

AI 怎么做 —— 三步

01

窑况、燃料、风量建**排放预测模型**，提前 30 分钟预警超标趋势

02

氨水喷射优化：达标前提下最小用量，减少氨逃逸

03

排放与工况**自动关联分析**，生成环保日报

30 分钟 超标趋势提前预警

0 次 超标排放事件目标

落地：对接 CEMS 与 DCS，1~2 个月



5.5 销售部 / 经营部 · 区域需求、价格与库存预测（错峰生产 / 库满预警 / 发运节奏）

区域需求、价格、库存**滚动预测**：错峰排得准、库满不停窑

现场痛点

区域需求**靠业务员感觉**，旺季断货淡季爆库

价格波动**联动影响**没人算

经营分析**月底出数**，缺口年底发现

AI 怎么做

- 区域项目、天气、竞品、价格数据建**需求与价格预测模型**，滚动 1~3 个月
- 库满 / 断货预警**联动窑磨运行与发运节奏
- 大模型**生成经营分析报告**：偏差、原因、建议

≤8%

月度销量预测偏差

-30%

库满停机与断货

-70%

经营分析报告编制时间

落地：依赖数据底座，1~2 个月；销售部定口径



技术方案：智能水泥工厂 AI 2.0 · 总体架构

一个工厂数据底座、五类模型、25 个场景应用；标准接口松耦合对接，不替换现有 DCS、MES、ERP、能管与化验系统



安全与合规

- ▶ 私有化部署，数据不出厂，等保达标
- ▶ DCS 控制网与办公网分区隔离，AI 优化经安全网关写入
- ▶ 能耗、碳排放数据分级授权、可追溯
- ▶ 视频数据脱敏、个人信息保护

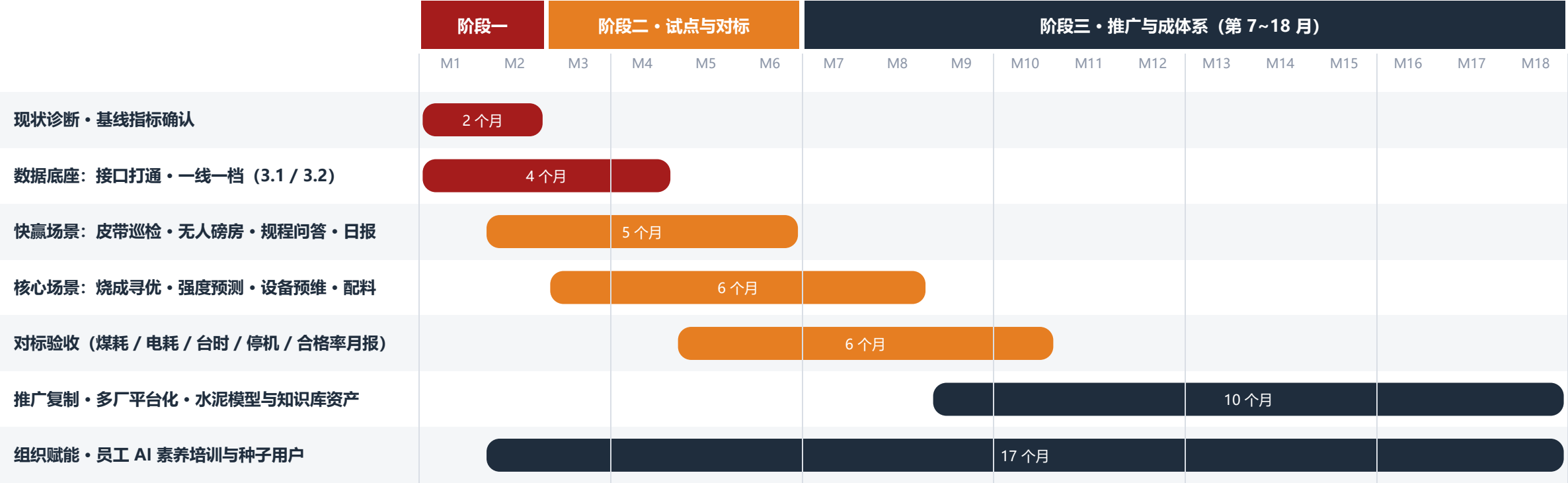
运行方式

- ▶ AI 先给建议 → 中控 / 工艺确认 → 达标后闭环自控
- ▶ 任何时候一键切回人工
- ▶ 每条建议可解释：数据、规则、规程依据
- ▶ 生产 / 质量 / 设备 / 安环骨干参与规则与验收

数据自下而上汇聚、应用自上而下赋能：现有系统不改动，接入层做翻译，数据底座做统一，模型层出结果，应用层给建议、中控与管理人员做决定。

方案常规周期：推进步骤与时间

先打底座、先做快赢、再攻核心场景、最后成体系；每一步都用煤耗、电耗、台时、停机与质量合格率数据说话



我方提供

算法与水泥大模型能力、视觉 / 无人机 / 光纤感知设备生态、数据平台、实施与运维团队、员工培训、行业最佳实践与模型资产

厂方提供

生产 / 中控 / 质量 / 设备 / 安环 / 矿山 / 信息骨干参与、数据接口与权限、试点产线与矿区、现场施工配合、基线数据与验收配合

成果测算

启动前共同确认基线（吨熟料煤耗、电耗、台时、非停、合格率、安全事件等近 1 年实绩）与测算方法；达到约定指标后结算或按效果付费；不达标不进入推广

预期效果评估（一）：生产、质量与矿山类

“典型现状”为新型干法水泥厂常见情况，需以本厂近 1 年实绩为基线校准；“AI 应用后”为试点达标后的参考区间，不构成承诺。

场景	关键指标	行业典型现状	AI 应用后（目标区间）	效益量级 / 备注
中控室·烧成系统全局寻优	吨熟料煤耗 / 窑况	经验调窑，班班不同	煤耗 -1%~-2%，窑尾 $\pm 1^{\circ}\text{C}$	中控劳动强度 -50%
生产部·粉磨优化控制	台时 / 工序电耗	保守运行，人盯振动	台时 +3%~5%，电耗 -3%~5%	振动停机 -40%
质量部·配料与配方优化	合格率 / 掺量	化验滞后，掺量不敢加	合格率 $\geq 95\%$ ，掺量 +1~2 点	配方成本 -2~4 元/吨
质量部·熟料强度预测	预测准确率 / 追溯	28 天后才知道	准确率 $> 85\%$ ，游离钙偏差 -10%	追溯时间 -50%
矿山分厂·配矿与无人矿卡	运输岗人员 / 品位	司机难招，配矿靠经验	人员 -75%，品位波动 $\pm 1\%$	矿卡台时 +10%
矿山分厂·无人机巡矿	巡查周期 / 工时	人爬边坡，周级	日级巡查，工时 -70%	越界超高 100% 核查
生产 / 中控·窑况视觉识别	预警提前期 / 波动	看火靠老师傅	提前 10~30 分钟，波动 -30%	窑况 100% 量化留痕
供销部·采购与错峰排产	库存资金 / 停机	靠感觉采购，开会排产	库存资金 -15%，停机断货 -30%	替代燃料掺烧 +5 点
销售 / 经营·需求价格预测	预测偏差 / 库满	业务员感觉	偏差 $\leq 8\%$ ，库满断货 -30%	经营报告 -70%

预期效果评估（二）：安全、设备与能碳类

“典型现状”为新型干法水泥厂常见情况，需以本厂近 1 年实绩为基线校准；“AI 应用后”为试点达标后的参考区间，不构成承诺。

场景	关键指标	行业典型现状	AI 应用后（目标区间）	效益量级 / 备注
安环部 · 作业行为识别	发现时效 / 违章	事后回看，抓现行	秒级发现，准确率 ≥95%	违章 -50% (3 个月内)
设备部 · 皮带廊道视觉巡检	巡检方式 / 非停	人走 2 小时一趟	7×24 无人，非停 -60%	巡检工时 -70%
设备部 · 关键设备预测性维护	预警提前期 / 停机	坏了才修	提前 3~7 天，停机 -30%	维修费用 -20%
设备部 · 故障知识库与检修方案	MTTR / 方案依据	翻说明书，靠老师傅	MTTR -30%，方案 100% 带依据	备件图纸秒级
能源 / 碳资产 · 能碳预测	预测偏差 / 预警	年底才算配额	偏差 ≤3%，提前半年预警	能源成本 -5%
安环部 · 排放预测控排	氨水 / 超标预警	凭经验多喷，报警后动手	氨水 -15%，提前 30 分钟	超标事件目标 0
安环 / 碳资产 · 法规碳报送助手	报告编制 / 来源	手工拼数，条款记不住	编制 -70%，参数 100% 带来源	法规秒级查询
发运中心 · 智能发运无人磅房	进出时间 / 人力	人工核单 20~30 分钟	5 分钟，人力 -70%	磅单异常 100% 识别
销售 / 物流 · 客户司机问答	话务量 / 覆盖	电话被打爆，夜间无人	话务 -50%，7×24	一次解决率 ≥90%

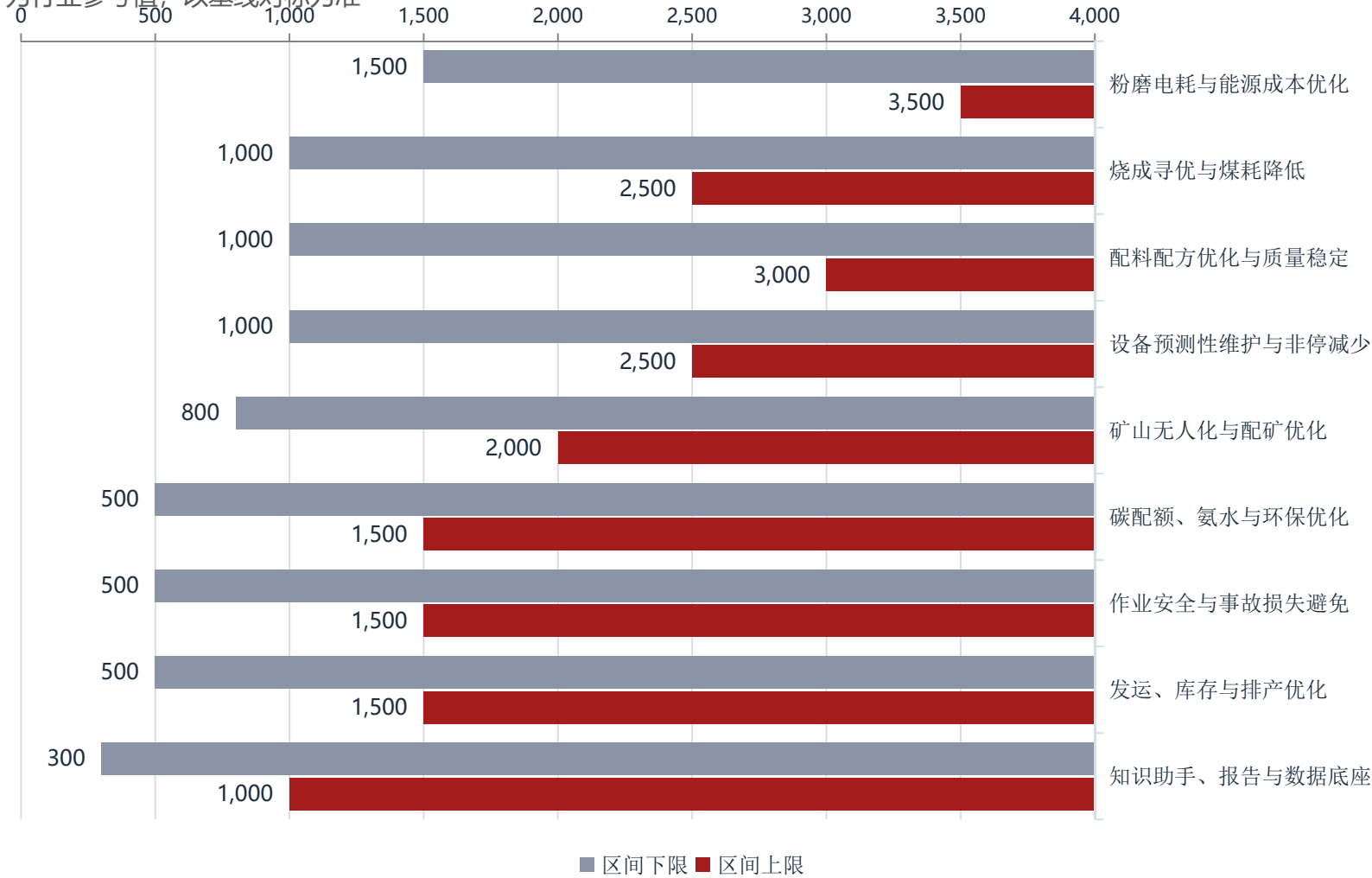
预期效果评估（三）：知识助手与数字底座类

“典型现状”为新型干法水泥厂常见情况，需以本厂近 1 年实绩为基线校准；“AI 应用后”为试点达标后的参考区间，不构成承诺。

场景	关键指标	行业典型现状	AI 应用后（目标区间）	效益量级 / 备注
生产 / 中控 · 规程与工况处置问答	查询响应 / 处置时间	几千页规程，夜班找人	秒级带出处，处置 -30%	答案 100% 可追溯
中控 / 生产 · 日报与经营分析	编制时间 / 重复填报	每班 1~2 小时	10 分钟，重复填报 -70%	每班释放 1~2 小时
信息中心 · 系统接口适配	接口周期 / 映射准确率	1~3 个月，接一次谈一次	周期 -60%，映射 ≥95%	接口变化 100% 自动监测
信息中心 · 一线一档一窑一账	数据一致性 / 取数时间	5 个系统 5 个数	一致性 ≥98%，取数 -80%	碳数据 100% 可追溯
各车间 · 零代码班组工具	应用开发周期	数周 + 外购费用	小时级，每年 50~100 个应用	纸质记录电子化 ≥90%
信息中心 · 工业控制网安全	资产可视 / 漏洞整改	边界不清，暴露面多	资产 100% 可视，整改 ≥95%	事件响应小时级（原天级）
信息中心 · 老系统改造	改造周期 / 成本	厂商不配合，手工迁移	周期 -50%，成本 -40%	接口回归自动化 100%

预期效果评估（四）：年综合效益量级对比

以 5 条日产 5000 吨熟料线（年熟料约 800 万吨、水泥约 1,000 万吨）的水泥企业为例，万元/年，含煤耗电耗节约、质量与配料增效、停机与事故损失避免、人力释放折算；区间为行业参考值，以基线对标为准



合计潜在综合效益（5 条 5000t/d 线企业）

0.7~1.9 亿元/年

吨熟料标准煤耗（工序电耗 -3%~-5%）

-1%~-2%

首年试点可实现比例

20%~30%

海螺云工大模型：熟料强度预测准确率 >85%，烧成寻优使标准煤耗在一级能效基础上再降 1%，中控劳动强度减半。首年建议：2~3 个快赢场景 + 1~2 个核心场景，先把 20%~30% 做实，再复制推广。

方案术语与数据来源

数据来源

- 01

水泥企业与主管部门公开成果

国家发展改革委、工业和信息化部、生态环境部及海螺、华新、南方水泥、天山材料、台泥等在官方渠道与主流媒体公开发布的数据
- 02

国际标杆公开资料

Heidelberg Materials / Carbon Re、Holcim / Aix Process 通过 World Cement、CemNet 等公开发布
- 03

我方工程经验与技术文献

智能水泥工厂项目实施经验、行业技术文献与标准（《建材行业数字化转型实施指南》、水泥单位产品能耗限额、等保 2.0 等）

使用说明 本方案所有效果指标均为行业参考区间，不是对本厂的承诺值；具体项目以双方共同确认的基线数据（近 1 年实绩）、测算方法与验收标准为准，试点达标后再进入推广与结算。

政策依据

- 国家发展改革委等部门《水泥行业节能降碳专项行动计划》（2024 年 5 月）：2025 年底关键工序数控化率 70%、智能制造示范工厂 25 家，推广窑磨实时优化控制与全流程智能质量控制
- 工业和信息化部等九部门《原材料工业数字化转型工作方案（2024—2026 年）》（工信部联原〔2023〕270 号）及《建材行业数字化转型实施指南》；工信部等《建材行业稳增长工作方案（2025—2026 年）》“人工智能+建材”行动
- 生态环境部《全国碳排放权交易市场覆盖钢铁、水泥、铝冶炼行业工作方案》（2025 年 3 月）；国务院《关于深入实施“人工智能+”行动的意见》（国发〔2025〕11 号）

方案术语

- 大模型（LLM）

以海量文本训练的大规模语言模型，能理解生成自然语言与代码；规程问答、检修方案、日报生成的基础
- 多模态大模型 / 视觉识别

同时理解视频、图像、红外、光纤与文字，可用自然语言定义现场识别规则，小样本快速训练
- RAG 检索增强生成

大模型先在规程、说明书、法规库中检索再回答，答案带出处、不“胡说”
- 烧成系统 / 两磨一烧

预热器—分解炉—回转窑—篦冷机为烧成系统，与生料磨、水泥磨合称两磨一烧，是水泥厂能耗与质量核心
- APC 先进控制 / AI 自控

在 DCS 之上用模型实时优化设定值并写回，替代人工频繁调参；AI 先建议、达标后闭环
- 熟料强度 / 游离钙

3 天、28 天抗压强度是熟料质量核心指标；游离钙偏差越小烧成越稳定
- 预测性维护（PdM）

基于振动、温度、油液等数据预测设备故障与寿命，按状态检修替代部分定期检修
- 错峰生产 / 碳配额

水泥行业按政策季节性停窑；纳入全国碳市场后配额与产量挂钩，缺口需购买
- 私有化部署 / 等保

系统与模型部署在厂区机房或集团私有云，数据不出厂；满足网络安全等级保护要求
- 人机协同 / 旁路建议

AI 只给建议、不替中控做决定，经确认后再闭环写入 DCS，任何时候一键切回人工

感谢聆听

期待与您携手，把人工智能真正落到每一条窑线、每一座矿山

联系作者
richard



人工智能与大模型在水泥建材行业的应用场景 | 2026 年 9 月 | 编制人: richard