

工业数据智能

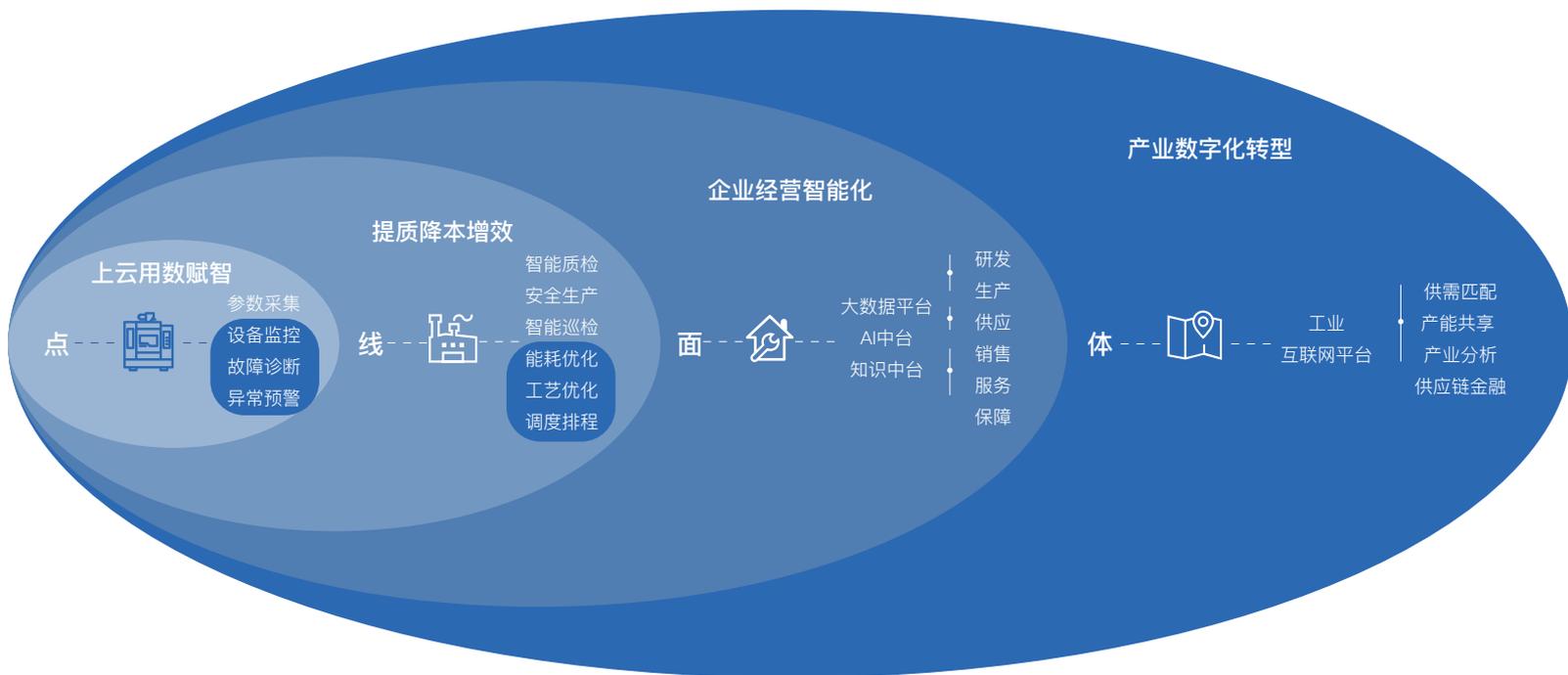
为制造强国贡献AI力量



“开物”点线面体， 全方位打造AI+工业互联网-工业数据智能

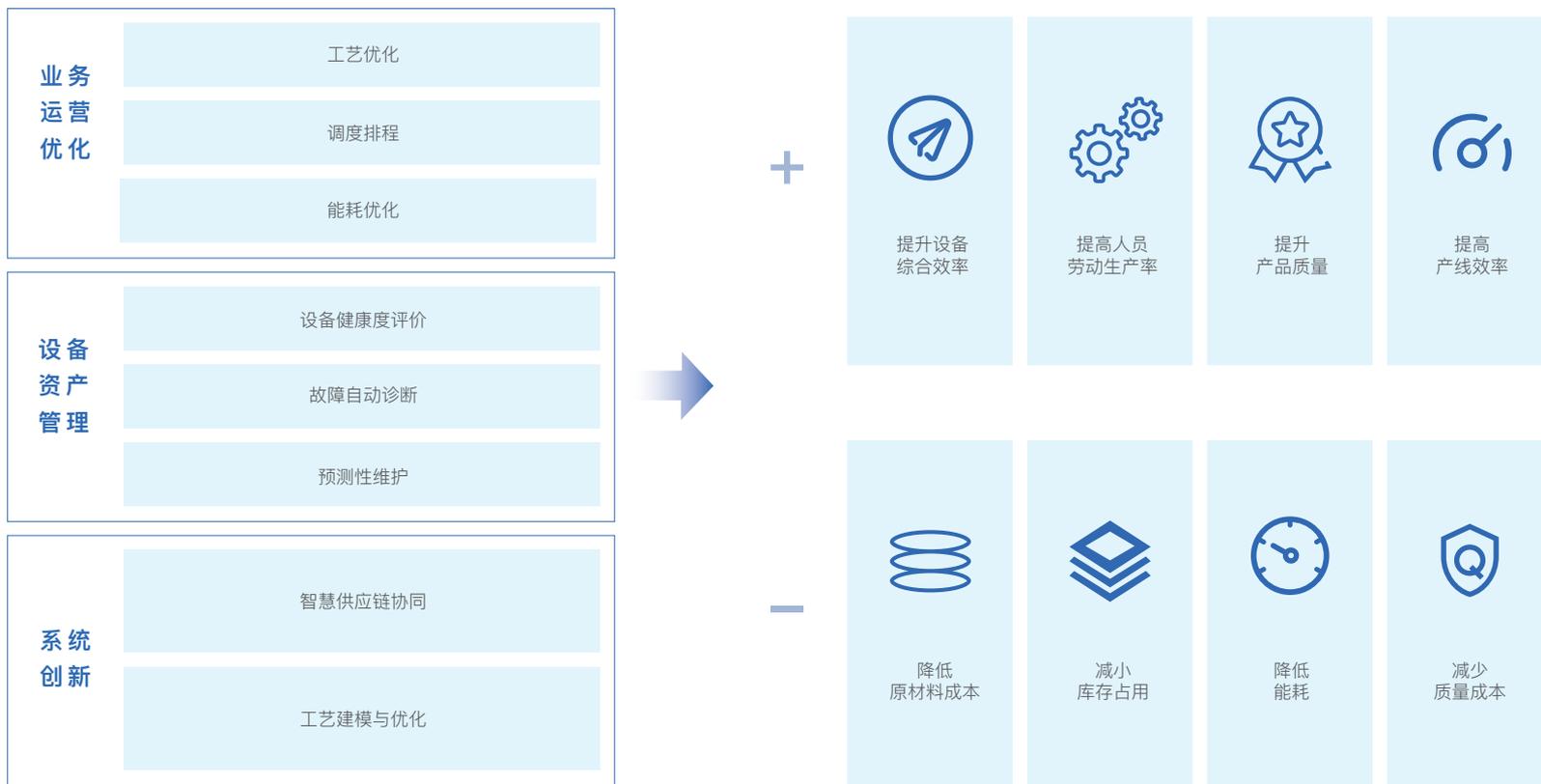
以“开物”为名，寄明智万物之义。百度智能云开物，依托百度强大的互联网基础和领先的全栈人工智能技术，为制造、能源、电力、水务等工业企业、产业链和区域产业集群提供AI+工业互联网和智能制造整体解决方案，帮助企业以低门槛利用新一代信息技术实现降本提质增效、产业链供应链协同、助力区域产业实现数字化，智能化升级。

我们愿意与行业伙伴同行——以“开物”成“智造”。



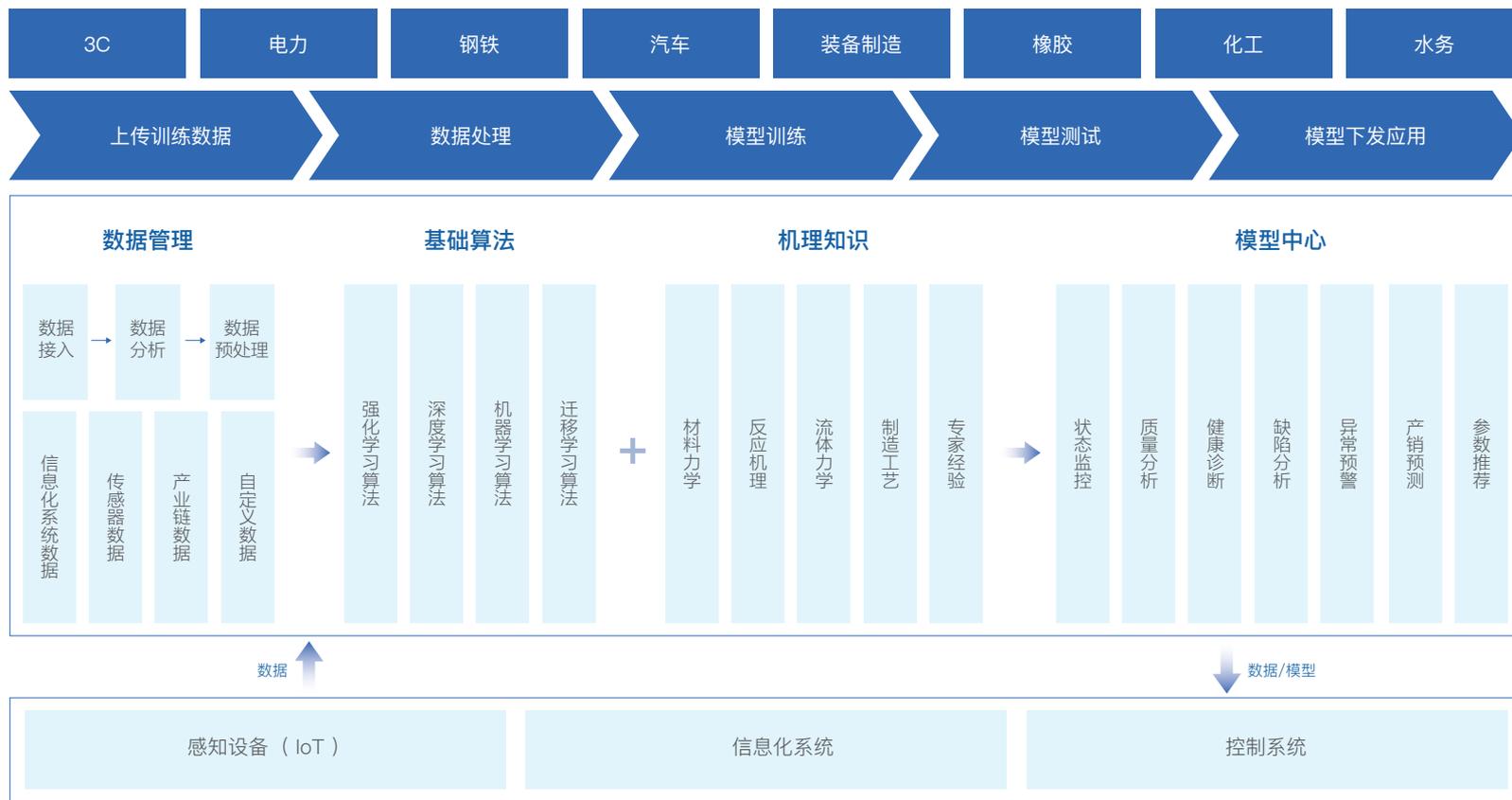
工业数据智能助力企业实现降本增效

百度智能云开物工业数据智能基于海量数据沉淀经验，萃取工业知识，运用模型对工艺流程和生产资源进行智能化管理，满足灵活上云、工艺优化、预测性维护、智能排产调度等多方面应用。在不同细分领域，唤醒生产全生命周期的数据，将数据、模型、专家经验与机理知识有机结合，融合人工智能+工业机理助力工业企业提质、降本、增效、节能。



工业数据智能平台介绍

工业数据智能平台是一款专注于工业领域，以数据、机理和知识混合建模为核心的工具型模型训练/服务平台，面向设备预测性维护、工艺优化和排产调度等复杂场景，提供描述类、诊断类、预测类、决策类模型生产能力。



数据智能主要应用场景

工业大数据+AI在供应链、工艺、能耗、质量等方面进行优化，给客户带来可量化ROI提升。



设备智能应用实现对设备的智能监控、预警、管控、维护，保障高效稳定生产



客户痛点

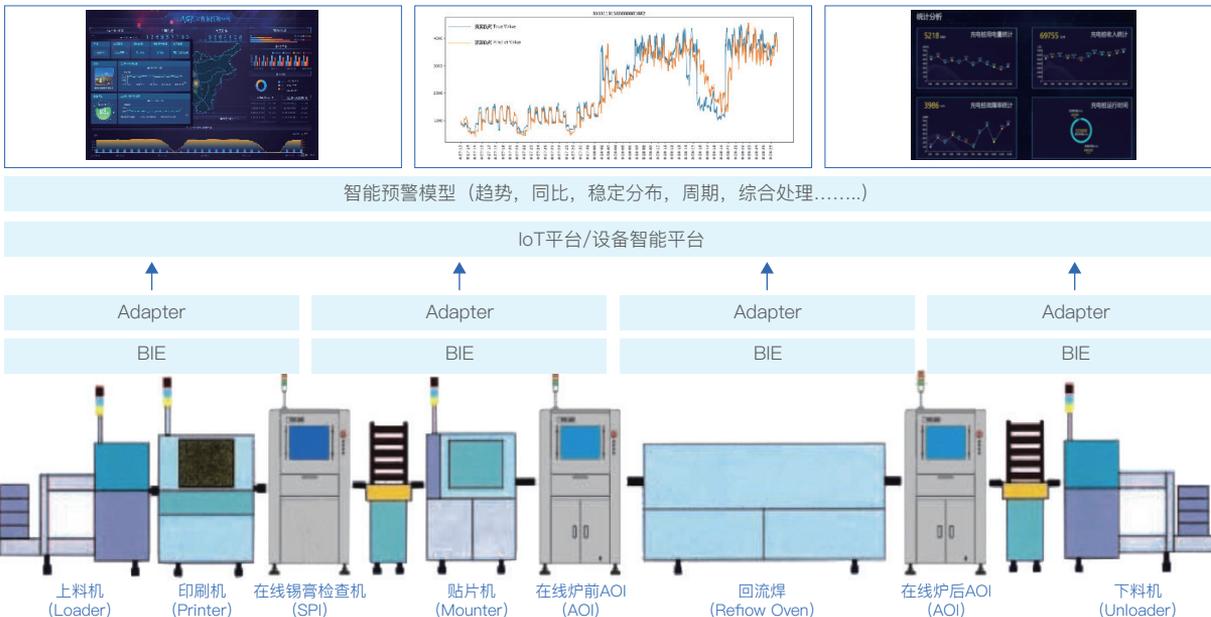
对工厂产线来说，生产设备参数和质量监测指标众多，工作人员查看工作量大，无法做到及时预警。

设备或质量异常可造成批量产品出现问题，甚至导致工厂被迫停工等情况。

寻找缺陷成因难：不同类型残次品，由不同参数和因素影响，无法及时找到根因。



预测与诊断
解决方案



方案价值

依据海量实时数据，第一时间进行异常预警，及时止损。

分析异常原因，尽早定位问题、可避免批量问题产品出现。

减少工厂生产中成本和时间上的浪费。

设备智能案例：车辆异响检测



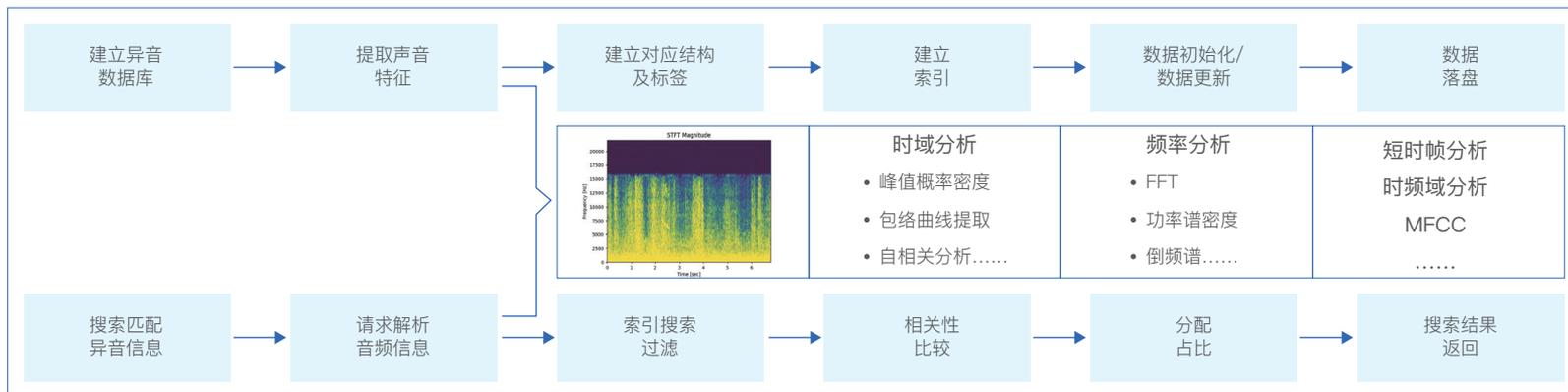
某知名汽车品牌售后商

客户现有一套车辆诊断平台，提供了异响监测的框架，现需要搭建异响检测的算法模型，与前端拾音系统对接，解决人工检测听不准、听不清的痛点。



解决方案

构建大数据搜索，接收音频，对音频进行特征值提取（基音、共振峰、声压等），根据车型、设备、音频特征等信息，与异响数据库进行匹配，给出异响匹配的故障分类与该故障可能的概率。



建设效果

95%

故障分类准确率

根据用户端接收的音频信号，更准确、更稳定地定位异常故障位置

节约售后人员故障定位的时间，节省人力成本

设备智能案例：设备预测性维护



某大型制造厂商

滚动轴承作为旋转设备关键且易损坏的零部件，在持久的运转过程会出现磨损、剥落、变形等情况，从而导致设备故障。传统的设备维修中主要通过观察监控指标或趋势变化来对轴承进行诊断，该方法不仅耗时，且易受数据噪音干扰，同时无法对故障类型和剩余寿命进行预测。



技术方案

采用数据驱动方法，采集振动、位移、温度等设备状态参数，经过时域、频域等特征分析和构造后，采用支持向量机、神经网络等人工智能算法对设备剩余寿命和故障分类进行建模和分析。

业务应用

设备监控

预测性维护

故障分类

异音识别模型库

XX设备

XX型号

压缩机

AI模型构建

模型训练

模型测试

模型发布

模型管理

声音矫正

数据标注

标注校验

数据标注

CNN

SVM

阈值分析

AI算法库

数据预处理

数据存储

信号处理

特征分析

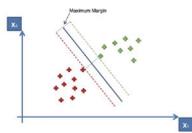
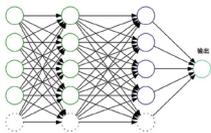
数据采集

麦克风阵列

位移传感器

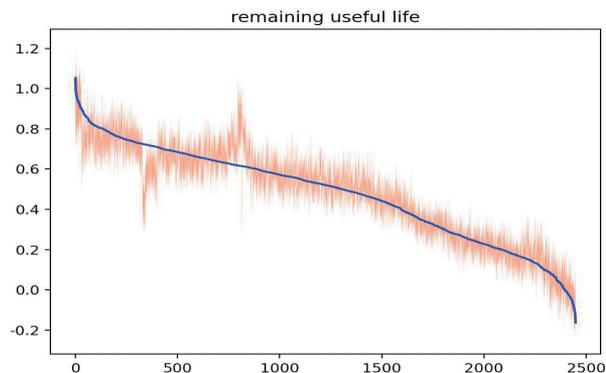
振动传感器

设备预测性维护方案技术架构



建设效果

建立以数据为核心的模型训练服务平台，借助信号处理和人工智能算法，实现设备的信号采集、运营状态的智能判断和预警功能，达到设备的实时监控和管理、重大事故发生预防的效果，可以给出提前预测出轴承故障的类型和剩余寿命。



88.3%

故障分类准确率

85.1%

剩余寿命预测准确率

工艺优化应用沉淀经验、萃取工艺知识，优化工艺、提升制造效率



工艺优化案例：水厂能耗优化



泉州水务集团有限公司
QUANZHOU WATER AFFAIRS GROUP CO., LTD.

无法对用水的峰平谷进行预测，水平衡模型建立存在误差，数据不准确，难以做到实时调控水泵的频率，以恒压的方式供应，从而造成能源浪费。



解决方案

以区域用水智能预测为切入点，根据用户需求量及历史数据，通过AI模型学习，在保证安全、稳定供水的前提下，实现能耗的节约；AI模型分析泵组实际运行工况，进行智能化调压控制，给出开/停机、频率等控制参数推荐值。

水量需求预测

```

Algorithm 1: Exact Greedy Algorithm for Split Finding
Input:  $I$ , instance set of current node
Input:  $d$ , feature dimension
 $gain \leftarrow 0$ 
 $G \leftarrow \sum_{i \in I} b_i$ ,  $H \leftarrow \sum_{i \in I} h_i$ 
for  $k = 1$  to  $m$  do
   $G_L \leftarrow 0$ ,  $H_L \leftarrow 0$ 
  for  $j$  in sorted( $I$ , by  $x_j$ ) do
     $G_L \leftarrow G_L + g_j$ ,  $H_L \leftarrow H_L + h_j$ 
     $G_R \leftarrow G - G_L$ ,  $H_R \leftarrow H - H_L$ 
     $score \leftarrow \max(score, \frac{G_L}{H_L} + \frac{G_R}{H_R} - \frac{G^2}{H^2})$ 
  end
end
Output: Split with max score
  
```

出口压力推荐 机理模型（能量守恒）



泵组运行状态推荐

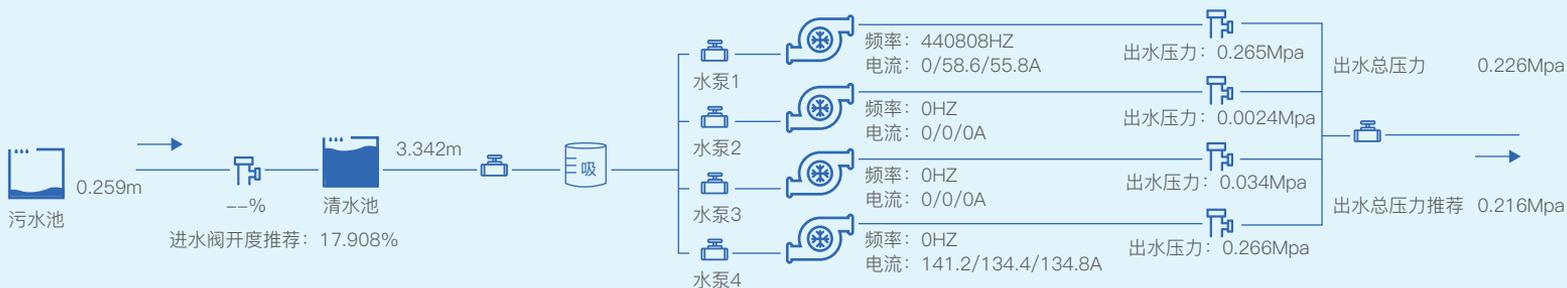
机理模型 + 强化学习算法

State: 【每个泵的当前状态，每个泵的故障情况】
Action: 【每个水泵的启动/停止，变频变频切换】
Reward: 【变频按照额定功率运行，在满足额定功率的情况下，需要做的功，对每天的真实情况做控制，如果出现流量供应不足的情况，会有很大的负向reward】



建设效果

保证泵机高效运行，减少了泵机损坏比例，初步预估比人工规则情况下节能5%以上



工艺优化案例：火电冷端优化

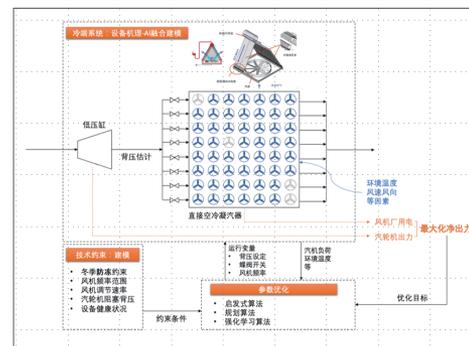
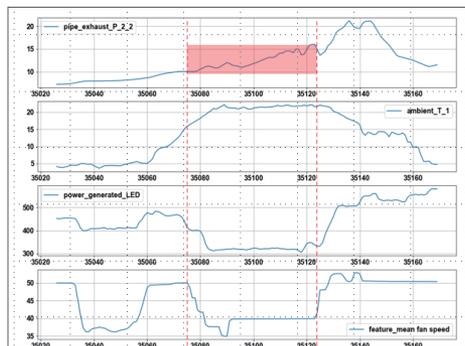


某火力发电厂商

空冷岛的冷却能力受气温、风速和负荷等因素的影响很大，存在夏季机组背压高，负荷受限、冬季散热管束易冻结的现象。同时，空冷风机能耗高，造成机组供电煤耗高。因此，火力发电厂商需要对冷端进行优化，从而提高机组运行效率、减少碳排放。

解决方案

在汽轮机、直接空气冷凝器等设备的安全运行边界内，综合考虑环境温度、风速、风向、气压、汽轮机出力等因素，结合现场运行历史数据，基于机理、机器学习建模和强化学习等方法，优化空冷岛风扇的起停及转速。



建设效果

冷端系统仿真

优化模型建立

优化策略实施

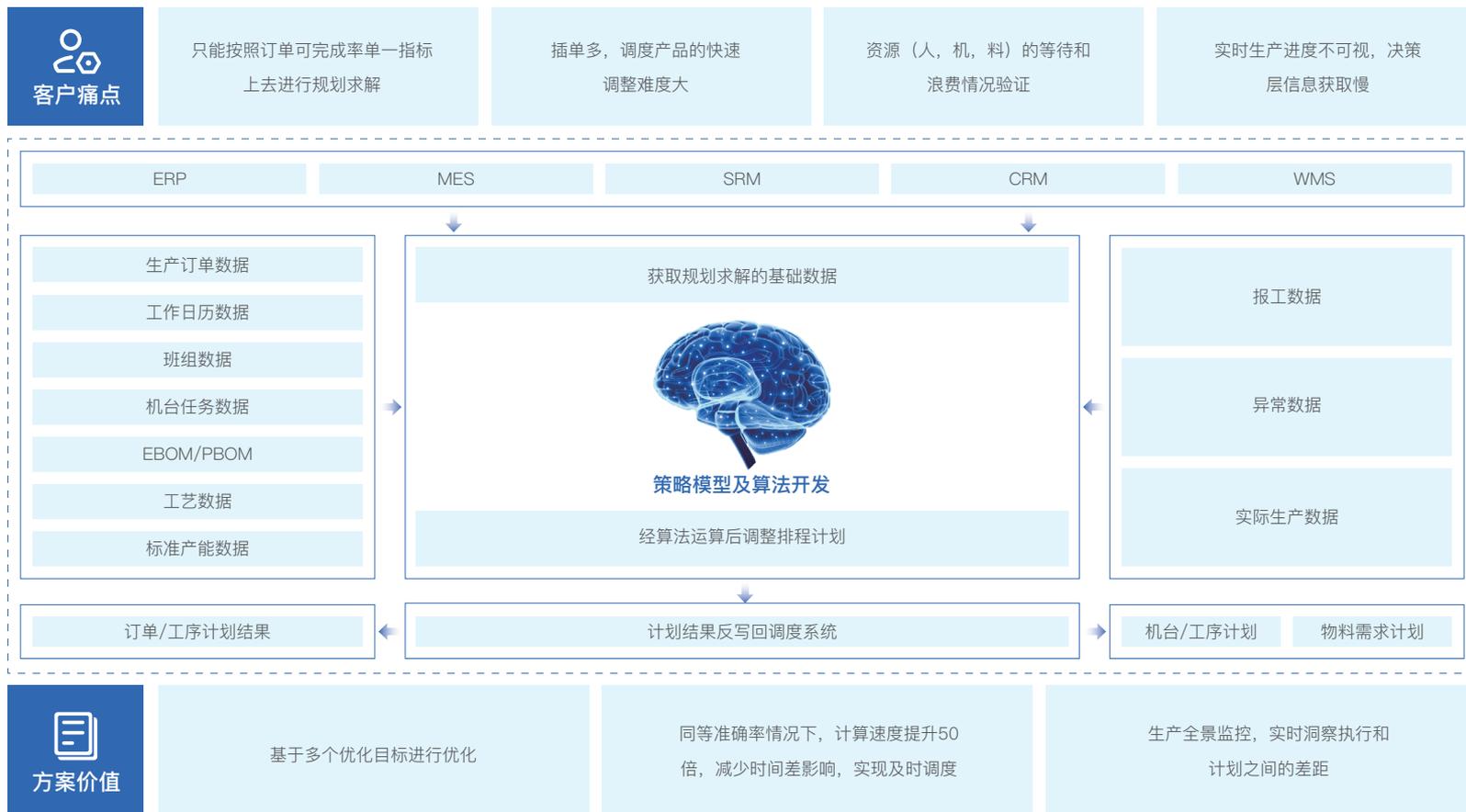
~1.55 g/kWh

供电煤耗降低

600万吨CO₂/年

全国保有空冷岛年化碳减排潜力

调度优化应用实现快速、准确、稳定的输出排产计划， 动态的调度资源



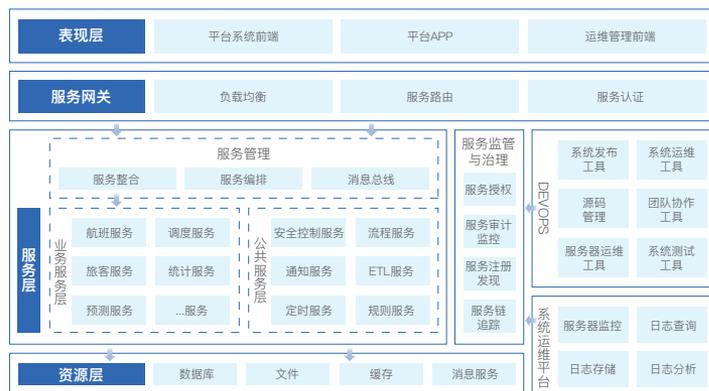
调度优化案例：机场地勤人员排班



目前机场地勤人员排班主要依靠人工计算，容易出现错误安排、地勤人员工作量过饱和的情况，导致机场整体运行效率较低，地面保障任务的实现有较大风险，且静态计划无法随着航班情况的变化而动态调整。

解决方案

以调度规则、人员资质、上班时段等为条件约束，以最大任务量覆盖、最大工时均衡、最少双机保障、最少进出港不同人数等为优化目标；采用运筹学方法、决策变量降维和问题转化等技术进行问题求解。



系统架构图

$$\min p_1 \times \eta + p_2 \times \sum abv_{ij} + p_3 \times \sum C_i X_{ij} + p_4 \times (\text{SHORTFLIGHTNUM} - \sum \sum ST E_{ij} Y_{ij})$$

$$\eta = H - \sum (M_i + 1) X_{ij}$$

$$\sum Y_{ij} = X_{ij}, \sum Y_{ij} = X_{ij}$$

$$\sum X_{ij} \leq 1, \forall j \in \{1, \dots, N\}$$

$$\sum Y_{ij} = 1, \sum Y_{i(N+1)} = 1, \forall i \in \{0, \dots, K\}$$

$$\sum Y_{i0} - \sum Y_{ij} = 0, \forall i \in \{0, \dots, K\}, \forall j \in \{1, \dots, N\}$$

$$W_k = \sum \sum E_{ij} (1 - ST F_{ij}) Y_{ij} + \sum D_j X_{ij}, \forall k \in \{0, \dots, K\}$$

$$T_i = FW_i - BW_i - BT_i, \forall i \in \{0, \dots, K\}$$

$$Q_k = \frac{W_k}{T_k}, \bar{Q} = \frac{1}{K} \sum Q_k, \forall k \in \{0, \dots, K\}$$

$$abv_{ij} \geq Q_k - \bar{Q}, \text{abv}_{ij} \geq Q_k - \bar{Q}, \forall k \in \{0, \dots, K\}$$

$$Y_{ij} (a_j + (1 - ST F_{ij}) E_{ij}) \leq s_j, \forall k \in \{0, \dots, K\}$$

$$Y_{i0} = 0, \forall k \in \{0, \dots, K\}$$

$$Y_{i(N+1)} = 0, \forall k \in \{0, \dots, K\}$$

$$Y_{ij} = 0, \forall k \in \{0, \dots, K\}, \forall i, j \in \{N+1, \dots, N\}$$

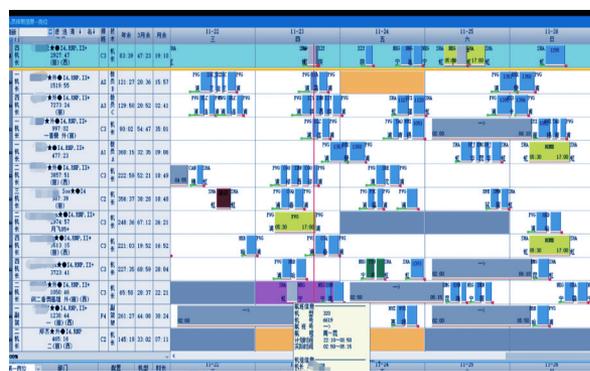
$$\sum X_{ij} + \sum Y_{ij} \leq 1$$

$$\sum X_{ij} + \sum Y_{ij} \leq 1, (i, j) \in DM$$

算法示例图

建设效果

围绕智慧机场建设，利用算法模型，根据航班计划对应的地面保障任务分布情况，完成某机场地面保障相关人员的自动排班，根据航班动态变化，实现对地服人员的智能调度。以智能化手段实现资源的优化配置，提升机场整体运行效率。



求解时间 **900s vs 1200s**
百度 友商

未覆盖任务数 **20个 vs 40个**
百度 友商

调度优化案例：铁路调度



某铁路运营公司

随着国家经济快速发展，高铁承运量日益增加，在某些繁忙线路上出现供需不平衡的难题。但铁路调度目前仍主要依靠人工计算为主，计算时间长、难以给出最优的调度计划，无法满足铁路运营公司提高运输效率和乘客出行的需求。



解决方案

问题抽象

明确高铁运营计划和调度的优化目标，并抽象时间、空间、安全等约束条件

计划

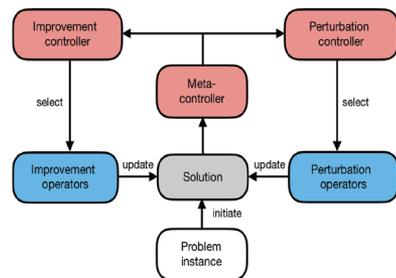
将大规模问题分解成列车时刻等子问题；对子问题，使用启发式、并行计算等大规模问题的优化技巧

调度

使用强化学习+规划模型的方式，快速获得效果较好的可行解

最小进站出站间隔

$$\begin{aligned} \sum_{k \in D(i)} \sum_{t \in (t', t' + h_{out})} d_{i,1}^t(k) &\leq 1, \forall i, t' \\ \sum_{k \in A(i)} \sum_{t \in (t', t' + h_{in})} a_{i,1}^t(k) &\leq 1, \forall i, t' \\ \sum_{k \in P(i)} \sum_{t \in (t', t' + h_{pp})} d_{i,1}^t(k) &\leq 1, \forall i, t' \\ a_{i,1}^t(k) + \sum_{k' \in P(i)} \sum_{t' \in (t, t + h_{ap})} a_{i,1}^{t'}(k') &\leq 1, \forall i, t, k \in A(i) \\ d_{i,1}^t(k) + \sum_{k' \in P(i)} \sum_{t' \in (t, t + h_{dp})} d_{i,1}^{t'}(k') &\leq 1, \forall i, t, k \in D(i) \\ a_{i,1}^t(k) + \sum_{k' \in A(i)} \sum_{t' \in (t, t + h_{pa})} a_{i,1}^{t'}(k') &\leq 1, \forall i, t, k \in P(i) \\ d_{i,1}^t(k) + \sum_{k' \in D(i)} \sum_{t' \in (t, t + h_{pd})} d_{i,1}^{t'}(k') &\leq 1, \forall i, t, k \in P(i) \end{aligned}$$



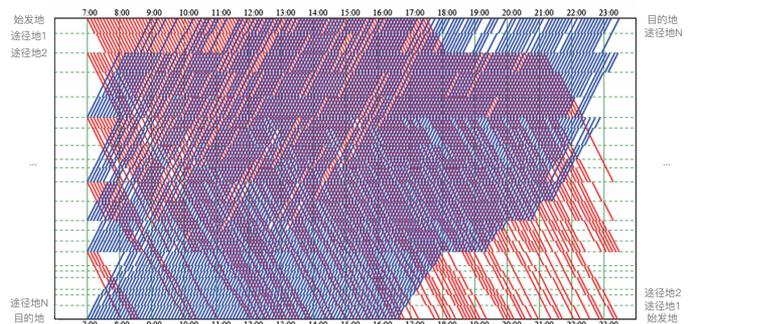
建设效果

对于列车时刻表问题(TTP)，通过优化建模的方式将变量规模以及约束规模从 10^{11} 量级降低到 10^6 量级

对于列车进路问题(TPP)，通过并行计算将30多个站点同时独立进行求解

计划问题求解时间从5小时降为20分钟，求解时间1小时内可以在现有的299辆列车基础上额外增开5辆车

某城际火车时刻计划表



调度优化案例：车间订单排产



某客户生产调度系统

客户目前是手工EXCEL排产，强度大、排产效率低，生产过程变化因素多，人脑难以全局优化，无法量化方案优劣；对于插单、改单、计划调整，无法准确快速答复客户进度，生产计划无法平衡资源、产能、订单，订单存在延期交付风险；缺乏有效预警机制，生产价值链上下游无法有效协同。



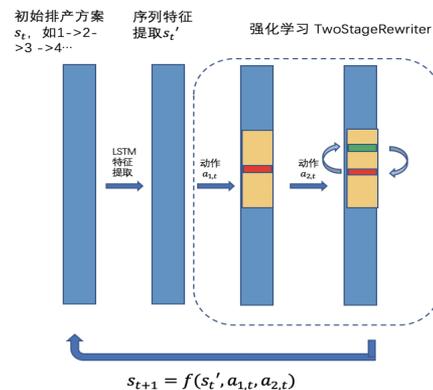
解决方案

多目标整体优化：需综合考虑订单按时交付率、产线空闲时间短、人员/设备均衡等

同步考虑各项约束条件：工艺路径、设备产能、物料齐套、设备维保等

技术路线

- 数学规划+scip精确求解
- 启发式初始解+TwoStageRewriter强化学习
- 使用百度自研的PARL并行加速，训练时间3.5天提升至0.75天



建设效果

86% → 100%

订单按期交付率
单一产线

71% → 94.19%

订单按期交付率
多产线

20min → 5s

排产耗时

调度优化案例：板材开料优化



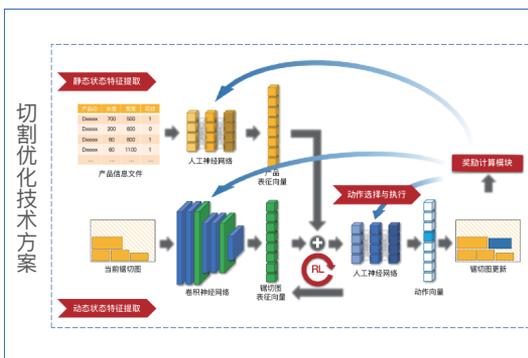
某家居制造企业

客户主营橱柜生产业务，生产中需要按照订单要求将板材裁切成指定规格的多个小板。目前切割机自带的算法不能充分利用板材，产生较多废料。并且切割过程中叠板率低，旋转次数和总体的切割刀数也不是最优，影响效率。



技术方案

百度基于客户的具体需求和切割机的工作特点，搭建了一套算法框架，并基于板材利用率与切割效率等需求重构评价函数，通过大规模并行和计算集群快速收敛，形成了智能化的板材切割解决方案。加工时，系统将自动读取加工要求，并控制切割机采用最优方案进行加工。



建设效果



单批次利用率提升
1%以上

叠板率
提升29.3%

切割刀数
减少8.7%

模拟锯切时间
减少 9.4%



改造前

改造后

调度优化案例：集分柜优化



顾家家居

目前客户生产的家居产品主要通过人工的方式进行集/分柜，然而由于手工排配耗时较长，易产生疏漏，且客户生产的多为定制化的非标产品，难以获得准确的体积数据，所以常常出现空柜、褶皱、剩货的问题，导致发货延期与客户索赔。



技术方案

将历史订单、发货单、产品参数、集分柜规格等数据作为训练集，建立自动集/分柜模型，通过溢装判断等函数提高产品包装体积估算的准确率和集装箱柜利用率，并将算法服务与客户的CRM系统集成。



建设效果

实现了集/分柜的半自动化排配。

在产品体积数据不准确的情况下达到与人工集柜/分柜相同的准确率，并可随训练集数据不断累积逐步攀升。

集柜/分柜平均耗时

6 min

纯人工

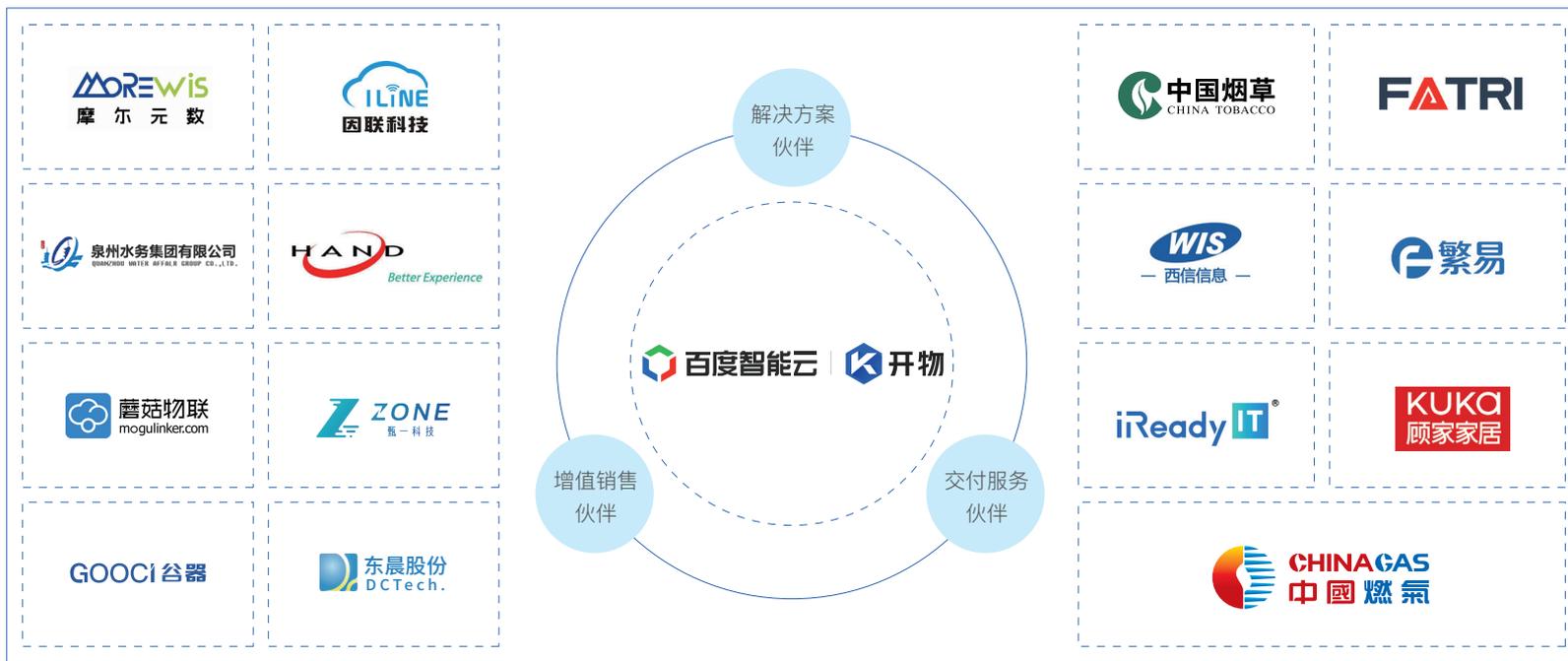
1 min

自动+少许人工调整

平均装箱利用率

提升5%

工业数据智能已应用于丰富场景



百度工业智能获得业界认可



入选2021特色专业型
工业互联网平台



工业互联大赛（杭州站）
能源行业领军组二等奖



ITPUB2020年年度
最佳创新产品奖



中国工业互联网大赛
全国百强



中国工业大数据竞赛
二等奖



中国工业互联网大赛
西部赛区 三等奖



入选工业互联网产业联盟工业
智能实验室



获评福布斯“2021年度
中国十大工业互联网企业



中国工业数字化建设
优秀解决方案



入选AI联盟2020年
工业智能应用案例



扫一扫，了解更多

邮箱 aim_cues@baidu.com

客服热线 4008-777-818