



ERP与生产数据融合的技术探索

Technical Exploration on Data Fusion for ERP & production

•创新 •协调 •绿色 •开放 •共享



中国海洋石油集团公司

王小玲

日期：2017年12月

1 背景概述

2 必要性和意义

3 探索效果

4 问题及思考



背景概述



将数据资产转化为企业洞察力的挑战

指导战略

- “互联网+”行动计划，推动移动互联网、云计算、大数据、物联网等与现代制造业结合，促进电子商务、工业互联网和互联网金融健康发展——2015年3月5日政府工作报告；
- 推进信息化与工业化深度融合，实现人、设备与产品的实时联通、精确识别、有效交互与智能控制。建立完善工业软件集成标准与安全测评体系。——中国制造2025

发展思路

管控原则

云计算

建设统一安全高效弹性的资源云,为集团应用提供资源基础。

集团及二级单位分级管控，统一技术，共享资源。

物联网

建立物联网应用生态圈，统一标准平台，推进信息化与工业化深度融。

统一平台、统一标准

移动应用

统一建设，各自繁荣，为所有应用系统提供移动化访问手段。

统一建设、统一管控、统一技术路线、统一平台

大数据

新兴技术为工具，数据治理和数据分析为抓手，为众多领域提供数据支撑和辅助决策支持。

统一建设、统一管控、统一平台

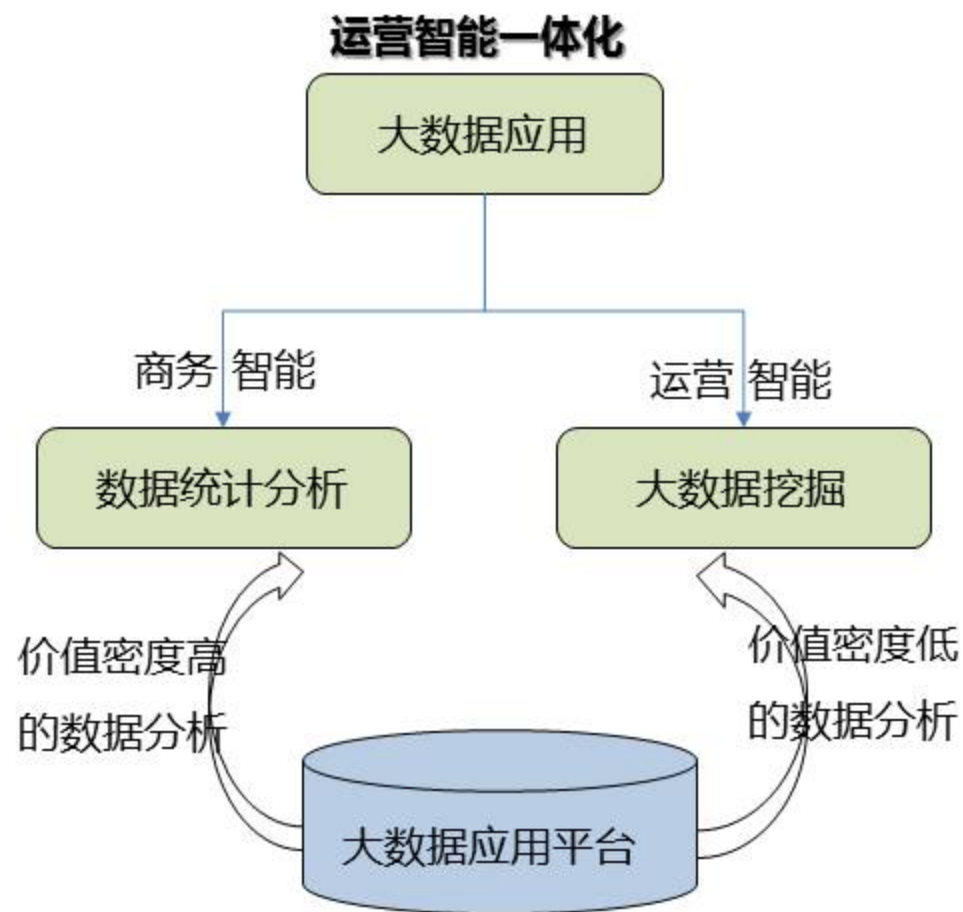
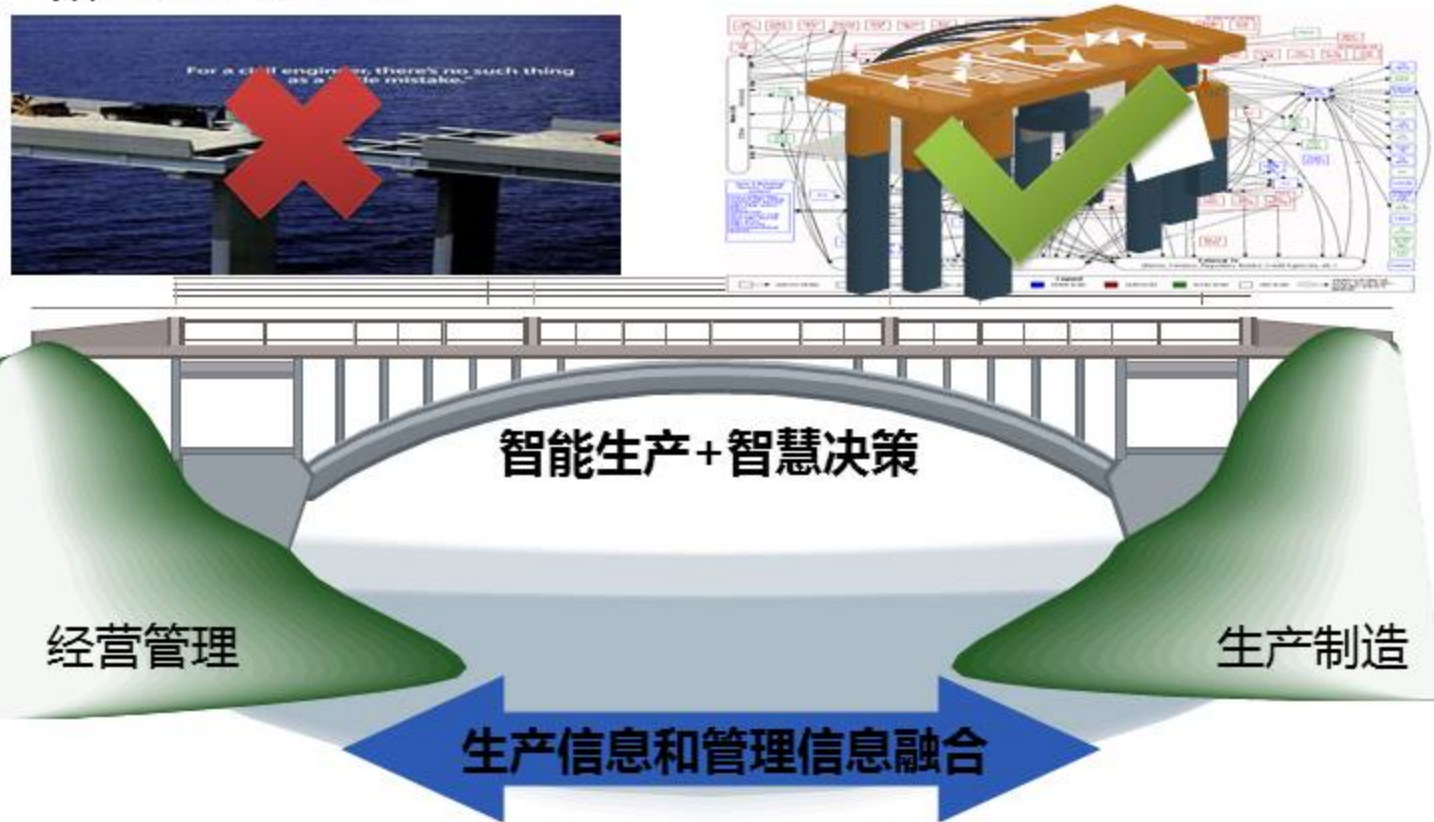
个人生产力

以人为本提升员工劳动效率，改善员工劳动感受。

统一标准

通过企业数据分析平台架起经营管理与生产制造之间的桥梁

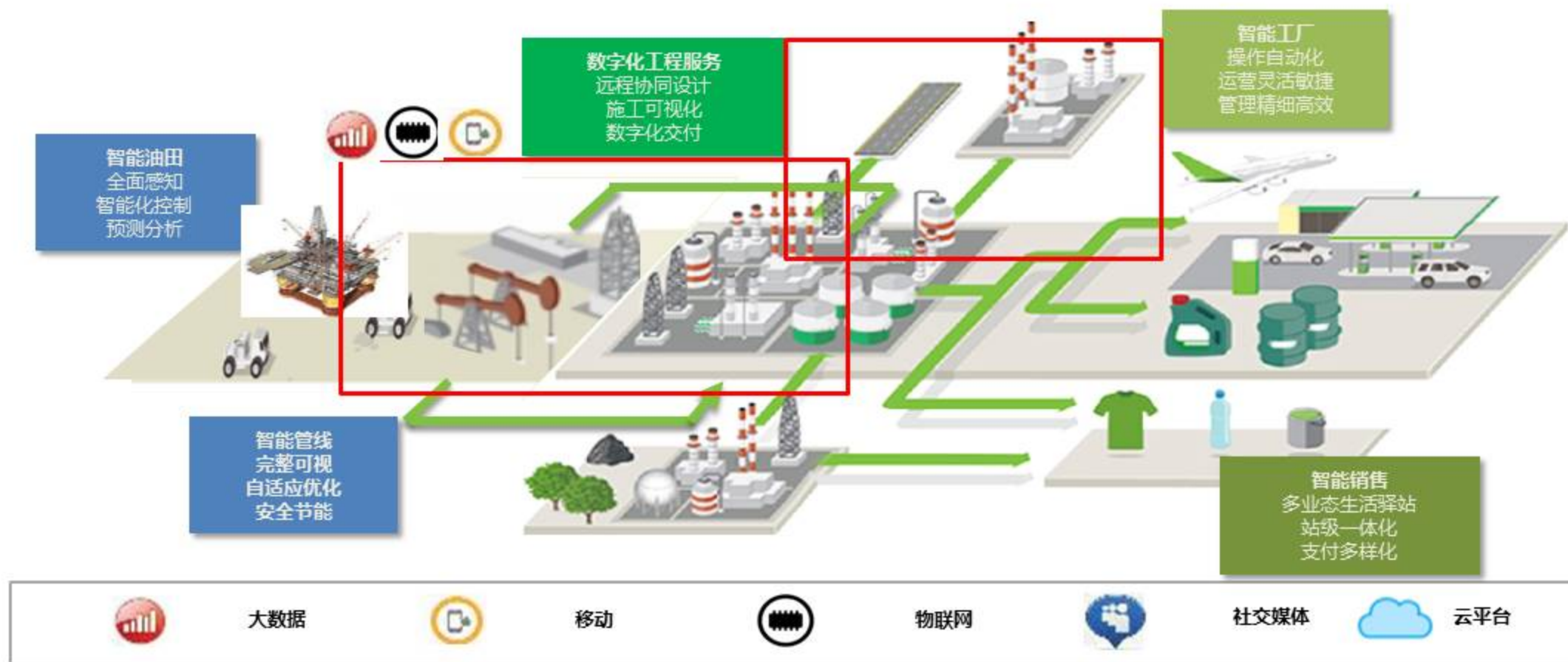
“十二五”期间，作为大数据应用的起步阶段，各二级单位在商务智能、生产实时数据库、大数据内存实时计算等方面进行了积极探索，各项应用蓬勃发展，为后续大数据全面应用和推广奠定了基础。将大数据技术应用到生产制造中，通过大数据驱动的企业生产智慧管理过程控制和优化决策一体化，重点提升企业的供应链协同优化、智能运营、生产过程优化、生产过程综合管理、数字化销售的能力。



融合管理信息和生产信息

快速发展的技术与需求与所能提供的资源 and 能力的挑战

- 我们在大数据应用上，进行了前沿性研究和阶段性试点工作，在生产实时数据集成、生产实时数据与管理数据衔接、生产实时数据向集团公司ERP系统进行工具化输出等三方面，取得了阶段性进展。
- 但是，在大数据飞速发展的整体大环境，如何保持我们大数据平台的领先性和实用性，能快速高效的吸收当前的先进大数据技术并应用于中国海油的现实情况，不管从人力资源和技术资源方面，都面临巨大的挑战。
- 所以我们需要实现推动并采取多种合作方式，联系集团公司和所属单位生产模式及技术管理创新，并为突破产业发展瓶颈打下坚实的基础。采用“点面结合、局部突破”的方式，充分发挥“IT引领”作用，降低成本，提升效益。



在建设具有海油特色的大数据分析平台和大数据内存实时计算研究项目的工作中，接触和调研了不少所属单位的生产人员和信息化人员，也从不同的维度去思考如何完善现有的信息技术架构和数据体系，来支撑集团公司和各所属单位更加广泛和深入的应用需求。这些需求对现有技术架构提出了新的要求。

海油现状

感知

集团公司：管理数据相对齐备，生产实时数据有待补充。

所属单位：主要控制系统基本完备，对关键运行参数进行监控。

传输技术

管理数据的传输通道比较规范，生产数据大多依靠手工汇聚实现。

应用

ERP为核心，管理、统计、分析型应用为主。

所属单位：生产数据采集、过程监控、流程组态、生产统计、数据向集团公司提供（定制开发及手工方式居多）

管理要求

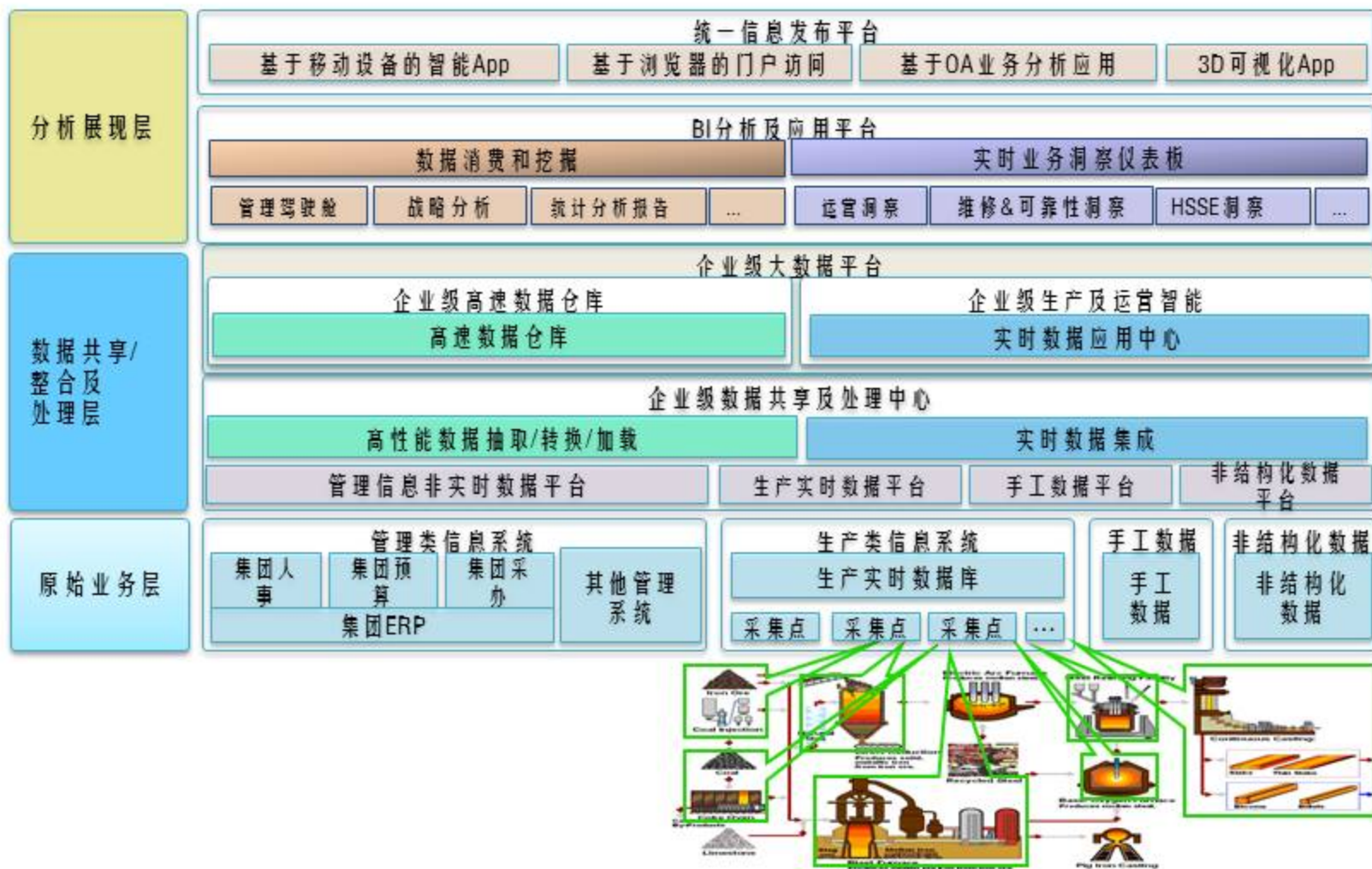
集团公司：将生产实时数据有效的纳入集团公司信息架构和数据体系。

所属单位：传感器改造和新增，提高数据完整性

通过先进的技术手段，将生产实时数据汇聚至集团公司现有的系统。

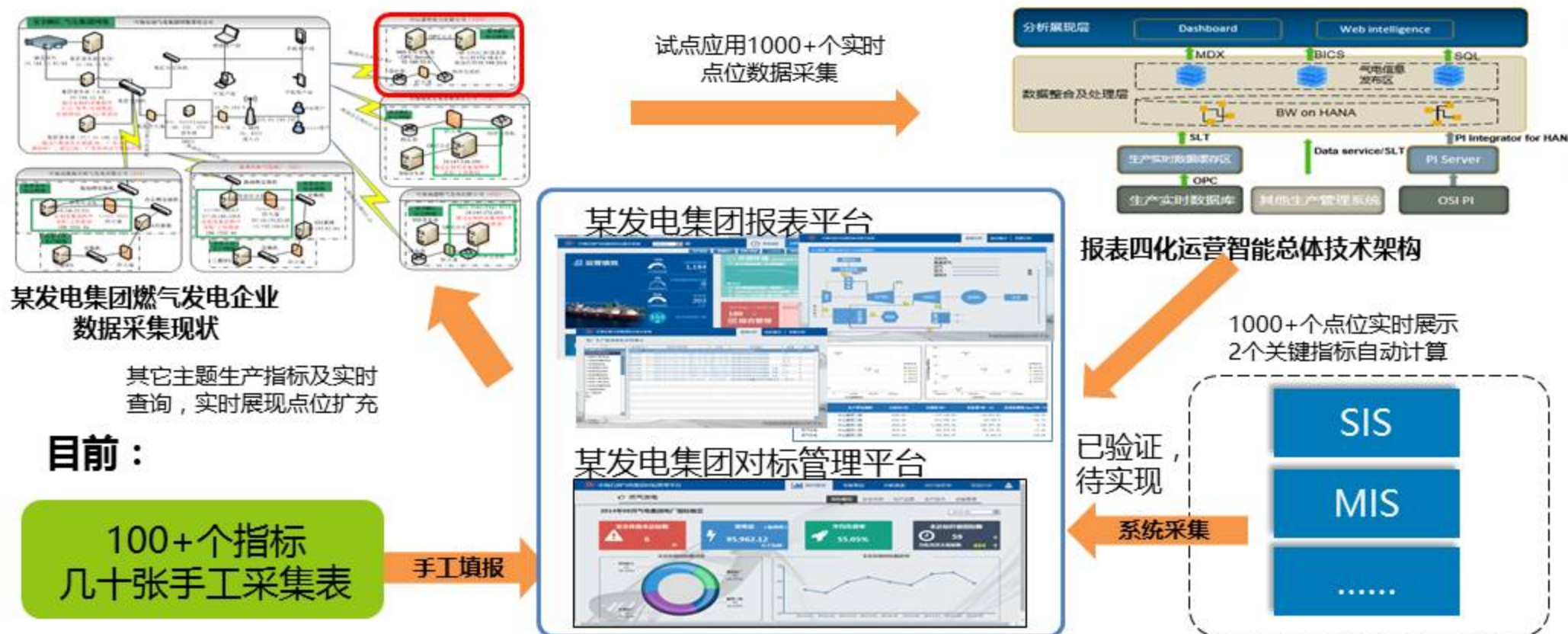
建设物联网环境下的生产运营智能，将BI与OI有效的结合起来，充分发挥集团公司大数据平台的价值，为集团公司和所属单位提供高效的信息技术架构和业务计算分析平台。

- 建立OT系统和HANA大数据分析平台之间的数据通路
- 数据通过实时的方式采集，推送进入大数据平台
- 提升报表系统数据处理性能，达成良好的用户体验效果；
- 解决经营管理系统与生产运营系统之间的“数字鸿沟”，从而实现生产、管理一体化；



生产实时数据应用可行性-电厂能效指标的分析及预测

- ❑ 由于各基层企业自动化程度参差不齐，所以很多生产数据都是通过填报岗的手工填报。虽然解决重复填报问题，但是仍然存在人为干预，无法自动核算指标。
- ❑ 通过前期的运营智能试点项目将某发电集团中山嘉明电厂的SIS及MIS系统数据放入集团数据分析平台，实施并验证生产实时数据从采集到自动计算的技术路线可行性，并完成了生产数据实时、生产能效主题指标的分析展现。





必要性和意义



必要性和意义-发挥规模效应，提升全局竞争力



应用共享

更快更好的决策

- ✓ 即时访问，新的业务体验的方式。
- ✓ 基于实时信息的快速反应。
- ✓ 获取信息时降低对IT技术人员的依赖。



规模共享

创造革新的应用

- ✓ 将海量生产数据与分析数据合并，建立商务智能与运营智能的桥梁。
- ✓ 加速事务操作，实时访问，更佳决策
- ✓ 实时操作数据与分析数据结合，支持计划与预测。



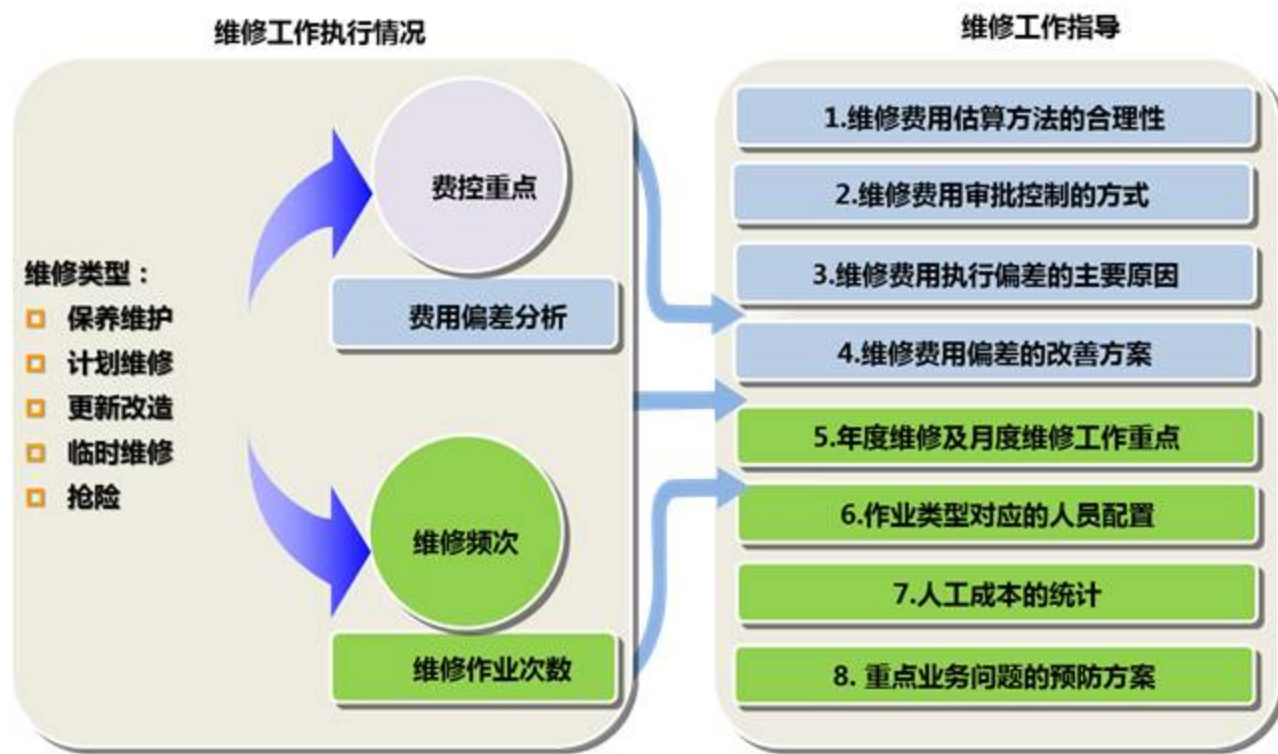
资源共享

降低IT的负担和风险

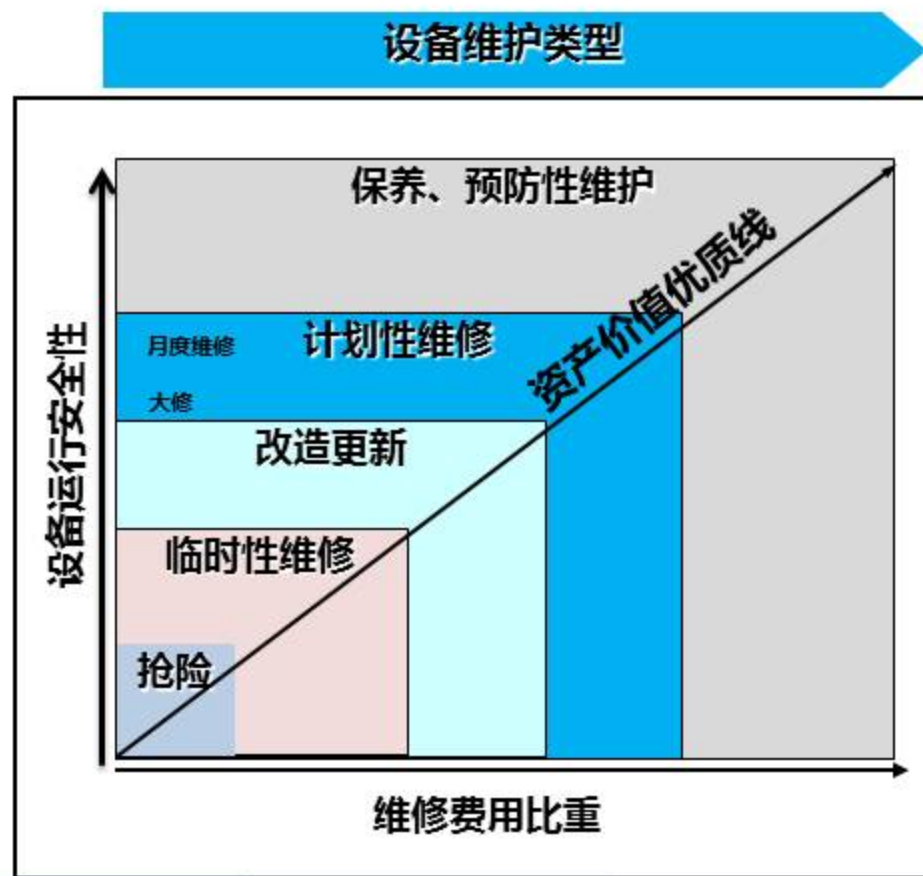
- ✓ 显著减少硬件和维护的成本。
- ✓ 利用海油集团规模的优势效应，充分发挥大数据的规模共享优势。
- ✓ 一致的快速的部署。

□ 维护类型的特点

- 保养、预防性维护：结合了远程自动控制技术、数据分析技术、检测及设备动态数据，具有预测能力维修成本可控。
- 计划性维护：增加了维修计划，增强了任务分配功能，成本核算功能得到加强。
- 改造更新：提升设备性能，提高生产效率；发生费用大，成本可估算。
- 临时性维修：设备安全风险系数增加，影响设备正常运行，成本不可控。
- 抢险：风险系数高，发生后果严重，成本不可控。



企业设备维护业务体系





探索效果



ERP管理信息和生产信息融合场景选择

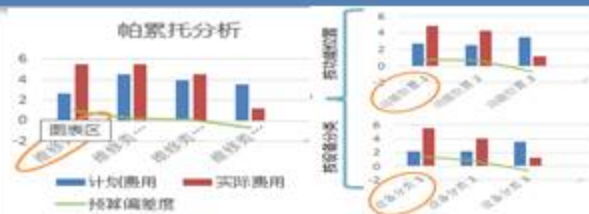


场景一

■ 维修费用偏差率分析与设备完好率分析

以现有ECC和实时数据为基础，通过统计分析方法，进行数据可视化分析和监控，为设备费用计划编制提供参考。
数据完备、方法明确，评估为可以实现。

本次选取



场景二

■ 降低单位能耗

关于降低单位能耗分析能耗不能具体到产线、设备，只能到工厂级，无法测量，无法量化到某个设备上；
关于能耗的影响要素有很多，也无法测量。

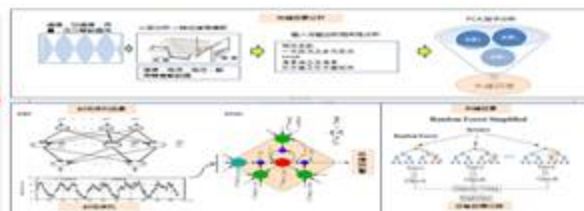


场景三

■ 设备故障预警及类型判别

分析价值大，动设备检测数据相对完备。

本次选取



场景四

■ 设备及关键部件寿命预测

关于设备寿命数据较难获取。



场景五

■ 设备使用寿命延长分析

设备寿命数据参数较难获取，延长期定义较难标准化。



设备管理大数据应用场景（一）

- **设备维修费用管控及优化**：设备维修费用是企业生产经营成本的重要组成部分，企业维修业务的计划维修、临时维修、抢修、保养、改造的维修费用所占比例反应了设备维修的管理现状，有针对地调整维修业务结构，减少整体维修费用发生，提高设备运行效益。
- **提高设备完好率、设备故障分析及运营监控**：实时监控分析设备的运行状态，对潜在故障原因提前预警，以保证设备的正常运行。

现状描述

- 在市场经济激烈竞争的情况下，企业产品低成本化的形式迫切要求设备能够保持最好的作业状态，同时维修工作以最少的维修费用达到最好的维修效果；
- 海油在设备管理和设备运营领域均积累了海量数据，包括ECC PM模块的设备主数据及维修工单业务数据。

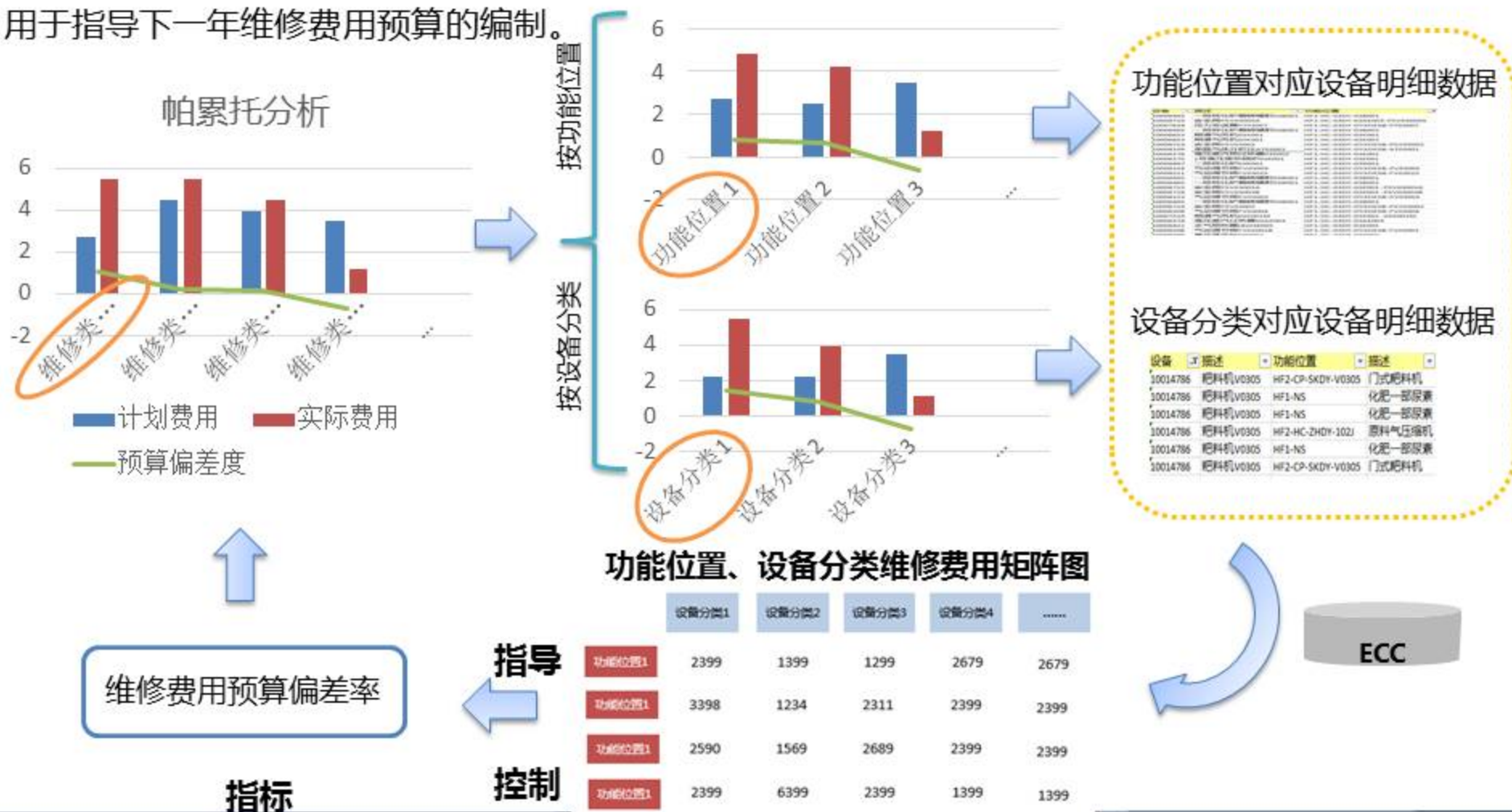
应用场景

- 场景指标：分别选取维修费用预算偏差率和关键设备完好率等指标进行切入分析。
- 帕累托分析：按照维修类型/故障性质进行帕累托分析，然后分别按照功能位置和设备分类进一步溯源；
- 明细数据实时监控：通过逐层分析，得到影响偏差率的明细设备数据，并对故障设备进行实时监控。



设备管理大数据验证场景（一） 维修费用偏差率

场景描述：该场景从设备管理指标维修费用偏差率出发，首先运用帕累托分析找到影响维修费用偏差率较大的维修作业类型，其次分别按功能位置和设备分类进一步溯源，展示出设备的明细数据，最终通过平均计算得到功能位置和设备分类维修费用矩阵图，用于指导下一年维修费用预算的编制。



设备管理大数据验证场景（一）维修费用偏差监控及预警

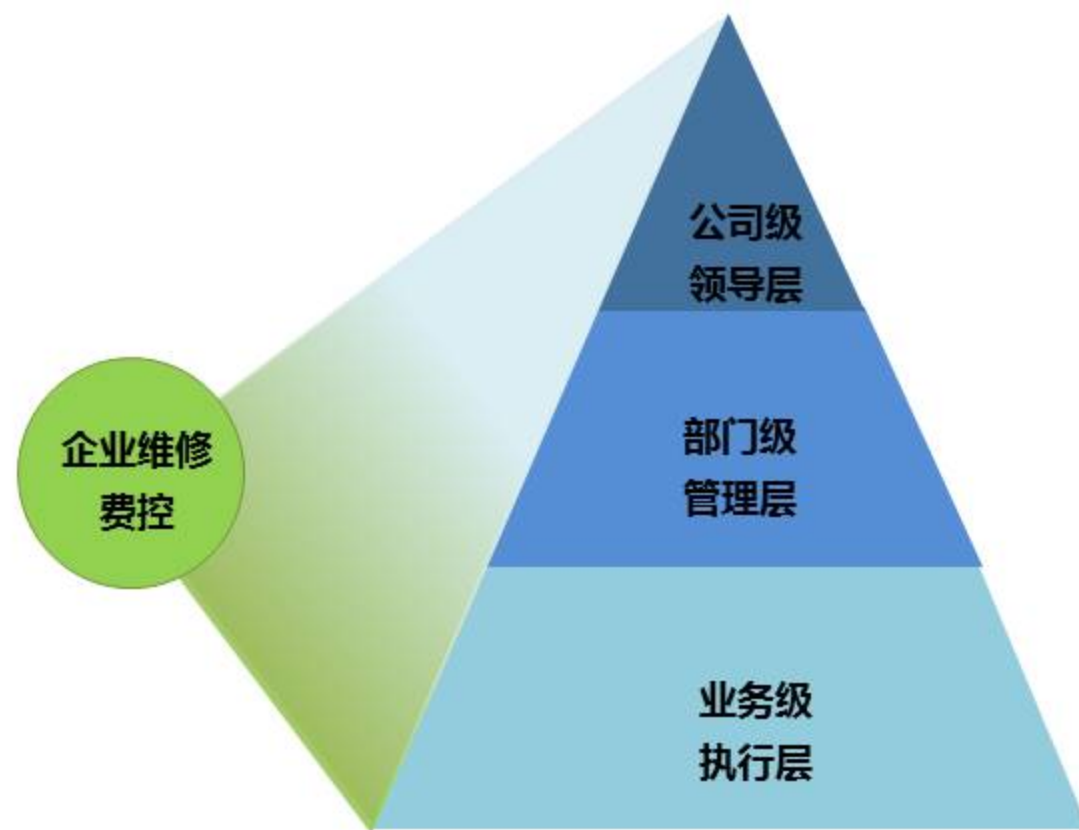
行业费控偏差要求：1、实际费用总额不超过预算

2、单项业务计划费用及实际费用的差异在 $\pm 10\%$ 之内

设备维修业务最优的结构：

保养>计划维修（月度及大修）>更新改造>临时维修>抢修

分析主题	编号	指标	使用者
维修费用分析及预测	1	管理费用总额	公司级领导层
	2	费用监控	部门级管理层
	3	总体差异分析	部门级管理层
	4	维修成本预测	部门级管理层
	5	实际费用发生	业务级执行层
	6	维修班组费用发生	
	7	单个业务差异分析	
	8	功能位置及设备分类分析	
关键设备完好率应用	9	设备运行状态的监控	业务级执行层
	10	设备故障处理情况	
	11	设备类型的故障分析	
	12	设备故障区域分布	



维修费用偏差率-XX公司及各部门

1 2 3 5 6



年份

- ☐ 2017
- ☒ 2016
- ☐ 2015
- ☐ 2014

公司名称

- ☒ 化学一部
- ☒ 化学二部

维修班组

- ☒ 保运部化学计划员组
- ☒ 电仪部技术部
- ☒ 电仪运维一队电气
- ☐ 电仪运维一队仪表
- ☐ 二期空分
- ☐ 二期水厂

中海石油XX公司维修费用偏差率统计

计划维修费用

¥13.74 百万

实际维修费用

¥13.13 百万

维修费用偏差率

4.47%

维修费用偏差率情况（维修班组）



排除“CRTD”状态

业务价值：可以从整体上反映XX公司年度设备维修计划费用、实际费用使用、费用偏差情况。

根据费用管控的要求，如果费用偏差率在+/-10%浮动，对超过10%偏差率的进行控制及根本原因分析，进一步优化维修费用预估方法。

根维修班组进行分析，统计班组实施维修情况。



中海XX公司维修费用偏差率统计

1 2 3 7

年份

- ☐ 2017
- ☒ 2016
- ☐ 2015
- ☐ 2014
- ☐ 2013
- ☐ 2012

PM作业类型

- ☒ 保养
- ☒ 大修
- ☒ 临时维修
- ☒ 领料
- ☒ 抢修
- ☒ 月度维修

计划维修费用

¥64.84 百万

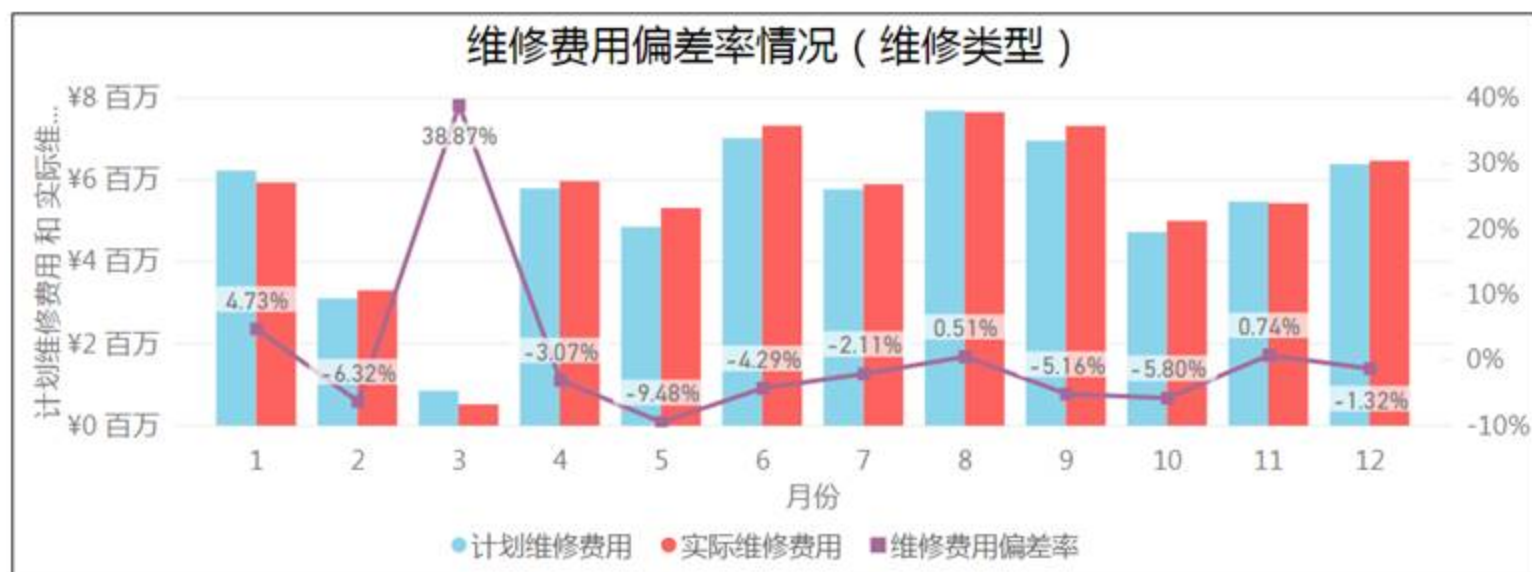
实际维修费用

¥66.11 百万

维修费用偏差率

-1.96%

维修费用偏差率情况（维修类型）



* 排除“CRTD”状态

业务价值：从功能位置及设备分类统计，有利于查找费用估算问题，制定改善措施，控制计划费用预估及实际费用使用；对维修费用较大的系统装置重新进行投资效益评估，为工艺设备改造提供经济效益分析。

维修费用偏差率-维修费用功能位置、设备分类维修费用矩阵

年份

- ☐ 全选
- ☐ 2017
- ☐ 2016
- ☐ 2015
- ☐ 2014
- ☐ 2013

公司名称

- ☐ 化学一部
- ☐ 化学二部

矩阵可以从整体或者宏观反应费用的发生情况。其中红色区域是需要加强重点管控，需要进行更详细的计划管理的

设备类型和功能位置矩阵

8

设备分类	01单元	02单元	03单元	04单元	05单元	06单元	07单元	08单元	09单元	10单元	110KV成套组合电器	11单元
交流电动机	¥91,408	¥65,475	¥44,975	¥54,622	¥46,401		¥16,334		¥63,931	¥94,597		
气动调节阀	¥62,548	¥23,587	¥15,846	¥94,573	¥80,326	¥26,042	¥75,476	¥18,547	¥48,476	¥30,117		¥95,067
立式罐	¥99,783	¥15,476	¥95,150		¥69,679		¥78,866		¥60,491			
管壳式换热类	¥87,522	¥60,853	¥19,379	¥76,395	¥28,181	¥44,235	¥11,310	¥31,086	¥41,549	¥36,527		¥65,504
单级泵		¥51,911			¥76,269		¥20,320		¥41,950	¥63,469		
压力变送器		¥50,411	¥56,346			¥97,176	¥10,282					¥73,418
分离器	¥11,539	¥35,159		¥25,038	¥35,252	¥68,965	¥25,149	¥64,861	¥99,221			
安全阀	¥14,506	¥23,271	¥74,294	¥31,054	¥30,657	¥22,189	¥69,432	¥52,488	¥83,807	¥22,392		
其他容器		¥20,698	¥47,640		¥33,421		¥50,941	¥80,774	¥38,150			
差压式流量计			¥32,125		¥57,959							
单路气体分析仪	¥77,704	¥56,515	¥89,320	¥44,265		¥96,751	¥57,981	¥91,018				¥68,346
单路液体分析仪		¥80,845	¥90,382		¥35,267					¥44,600		
低压开关柜												
电动调节阀			¥79,335	¥14,218	¥51,492		¥59,269					
离心式压缩机	¥29,284	¥42,908					¥79,225		¥87,107			
差压液位变送器	¥19,857							¥65,482				¥14,576
U型管式换热器			¥43,988	¥74,933	¥41,350				¥44,644			
压力变送器(差压)		¥23,519	¥26,377									¥49,317
蒸汽透平	¥70,239						¥23,836		¥61,045			

- 根据工单数据的实际费用结合公司代码，统计XX公司下属各单位历史每年每月的维修费用。
- 利用R语言通过时间序列算法（如：Arima）对未来1~3年每月维修费用进行预测，并且通过和2017年实际费用的对比，不断优化算法，找到最合适的预测模型进行预测。
- 展示XX公司各部门各年度真实费用和预测费用对比。



中国海油

预测年份

- ☐ 全选
☐ 2017
☐ 2016
☐ 2015

预测部门

- ☐ 全选
☐ 化肥一部
☐ 化肥二部

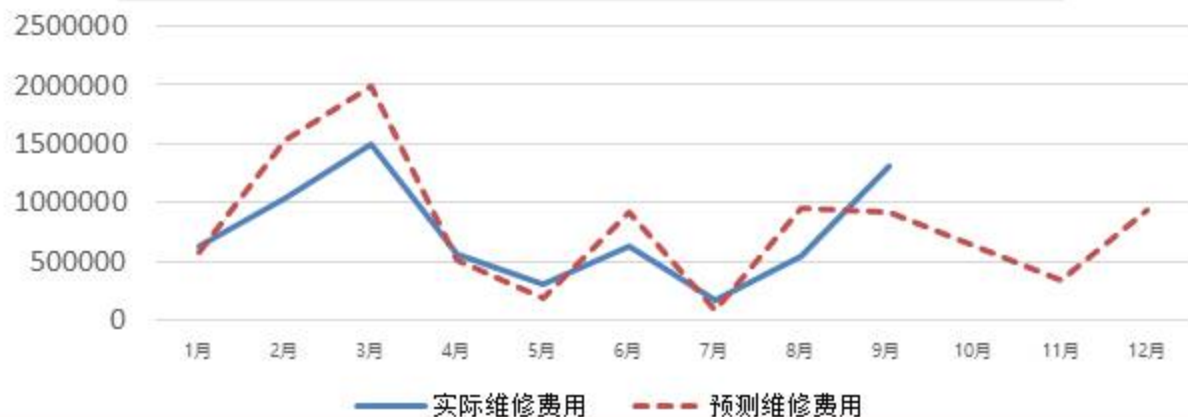
中海石油XX公司维修费用预测

中海石油XX公司维修费用预测是根据XX公司下属单位历史维修费用（实际）情况，采用数学算法模型对未来维修费用进行预测

年度维修费用预测值

14,568

XX公司维修费用预测情况



设备管理大数据验证场景（一） 设备完好率统计方法

□ 根据现有数据，统计XX公司及其下属单位设备完好率，并找出该部门故障数量最多的故障类型，通过分析该故障类型下各种设备类型和功能位置类型的故障数量找出影响设备完好率的重大因素，并对其进行重点关注，用来帮助提高设备完好率。

1 XX公司统计

- 根据设备故障报告数据中的处理状态，并通过设备名称关联设备主数据，统计指定时段内设备完好率（ $\frac{\text{设备总数}-\text{处理中设备}}{\text{设备总数}}$ ）。
- 展示XX公司在指定时间段各部门的设备完好率。
- 展示XX公司故障类型排名。



2 各部门统计

- 根据XX公司统计数据通过设备所属公司数据，进一步计算下属各部门指定时段内设备完好率。
- 统计各部门指定时间段内各种故障类型的数量
- 展示XX公司各下属单位该指定时间段不同故障性质的故障设备数量



3 故障类型统计

- 根据各部门指定时间段内各种故障类型的数量通过故障报告数据的设备名称，进一步关联设备主数据，和功能位置主数据，统计指定时间段内，各种设备类型和功能位置设备故障数量。
- 展示XX公司各下属单位的各故障类型在指定时间段内的TOP设备类型和功能位置故障数量。



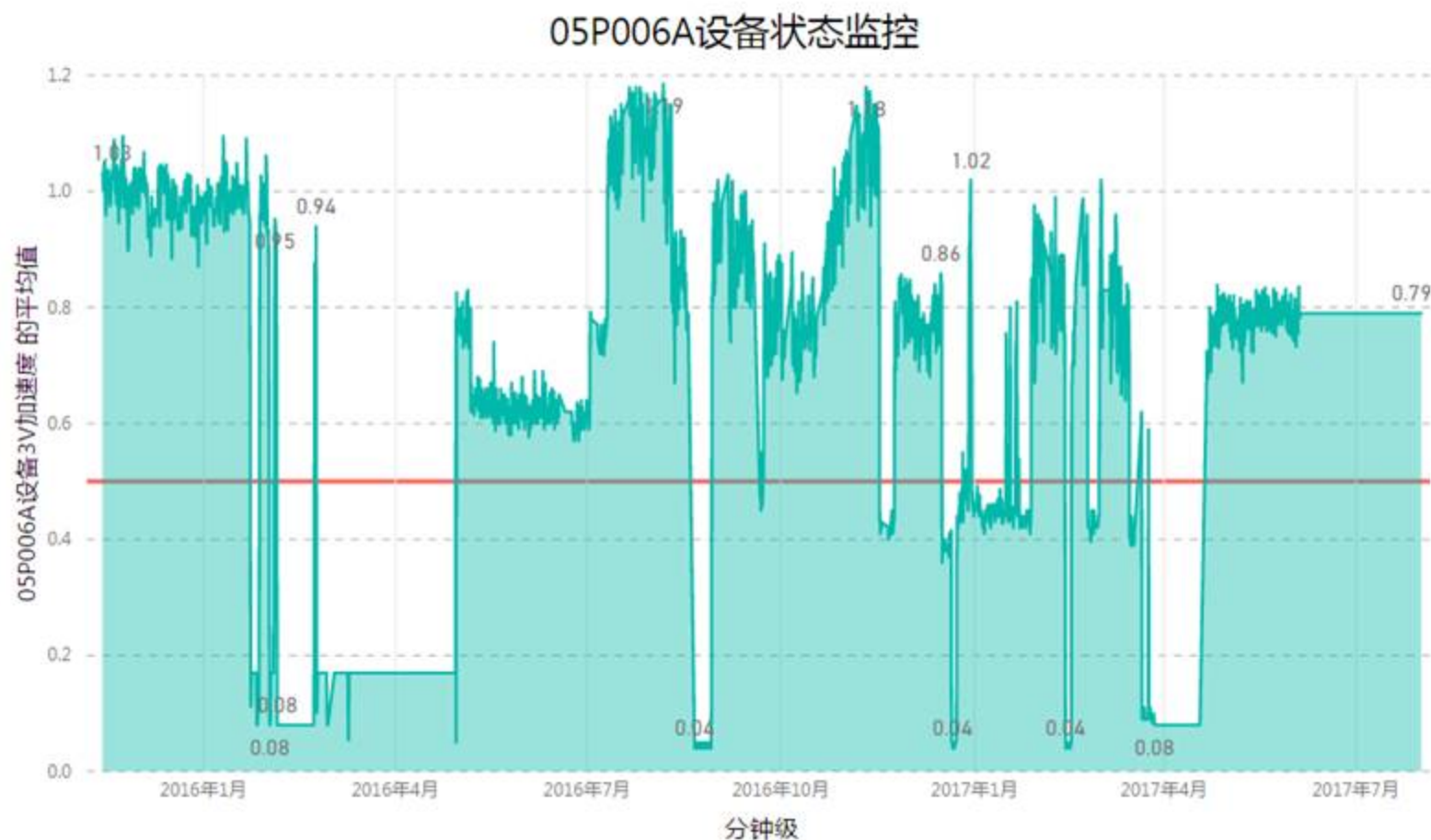


中海石油XX公司-设备实时监控

9

选择日期/时间

2015/11/14 2017/8/1





中国海油

中海石油XX公司设备完好率

10

公司名称

■ 1001

□ 1002

完好设备数量

7204

故障设备数量

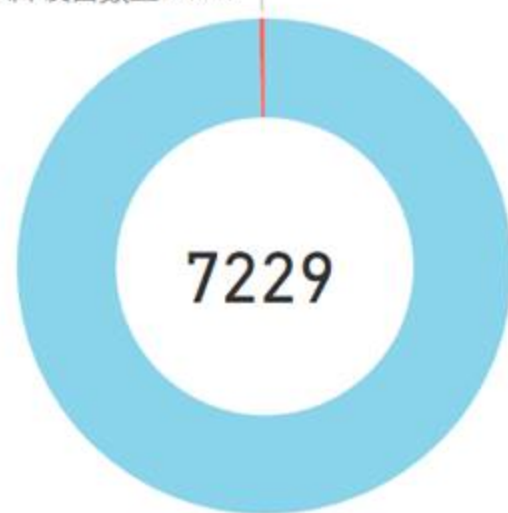
25

设备完好率

99.65%

设备完好率分析

故障设备数量 0.35%



完好设备数量 99.65%

● 完好设备数量 ● 故障设备数量

* 已确认和已转隐患状态为确定为故障设备

□ 业务价值：设备故障处理情况反应公司设备故障后续跟踪情况



中国海油

中海石油XX公司设备完好率-故障分析

年份

☐ 全选☐ 2017☐ 2016☒ 2015

故障性质

☐ 全选☒ 备件质量☒ 操作性故障☐ 腐蚀性故障☐ 其他故障☐ 损耗性故障☐ 天灾性故障☐ 先天性故障☐ 修理性故障

故障已排除

13

已完成

5

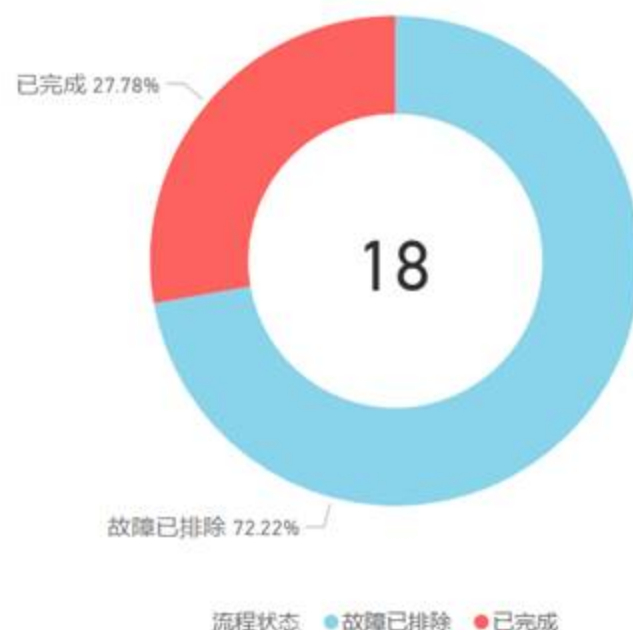
已确认

(空白)

已转隐患

(空白)

故障分析



* 排除审核确认中和已填报状态

□ 业务价值：设备故障性质类型分析更详细分析隐患的类型及解决情况，有利于监控设备完好率，促使改进故障管理的要求。



中国海油

中海石油XX公司设备完好率-故障分析

12

年份

☐ 全选

☐ 2017

☐ 2016

☒ 2015

故障已排除

933

已完成

192

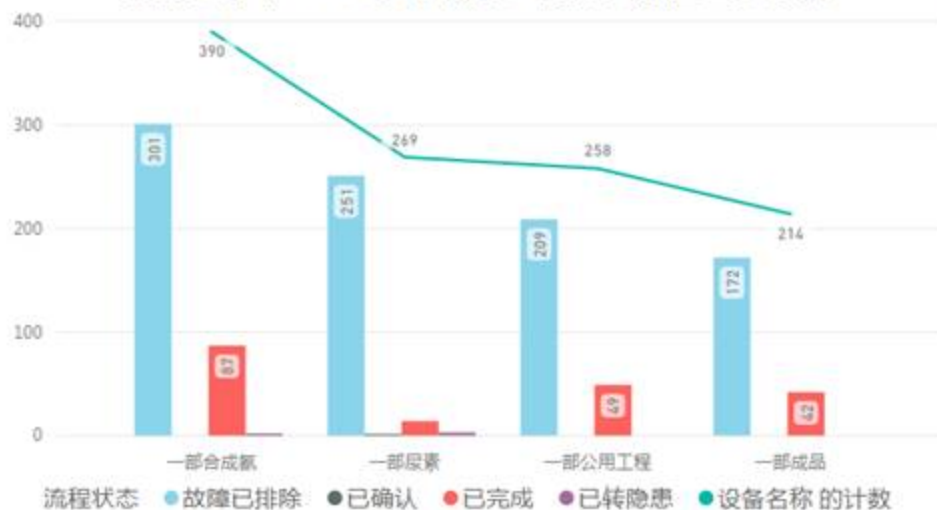
已确认

1

已转隐患

5

设备完好率-故障分析情况（按功能位置分类）



功能位置名称	故障已排除	已确认	已完成	已转隐患	总计
一部合成氨	201	87	2	3	293
一部尿素	251	1	14	3	269
一部公用工程	209	49			258
一部成品	172	42			214
总计	933	1	192	5	1131

故障性质

- ☐ 全选
- ☐ 备件质量
- ☐ 操作性故障
- ☐ 腐蚀性故障
- ☐ 其他故障
- ☐ 损耗性故障
- ☐ 天灾性故障
- ☐ 先天性故障
- ☐ 修理性故障

* 排除审核确认中和已填报状态

业务价值：设备故障区域分布是影响设备完好率的最重要因素，更详细分析隐患的类型及解决情况，有利于监控设备完好率，改进故障管理。



中国海油

中海石油XX公司设备完好率-故障分析

年份

☐ 全选

☐ 2017

☐ 2016

☒ 2015

公司名称

☒ 化肥一部

责任班组

☐ 全选

☐ 化肥一部二队成品

☐ 化肥一部二队电仪

☐ 化肥一部二队公用工程

☐ 化肥一部二队合成

☐ 化肥一部二队尿素

☐ 化肥一部三队成品

☐ 化肥一部三队电仪

故障已排除

973

已完成

222

已确认

1

已转隐患

5

* 排除审核确认中和已填报状态

* 排除审核确认中和已填报状态

故障分析



设备管理大数据应用场景（三）设备故障预警

场景描述

- 随着生产设备的系统化、大型化和复杂化的发展，因设备非计划停工带来的生产损失越来越大，常规体系大多在设备出现问题后进行报警，只能被动降低损失程度，且出现问题后需要花费大量的人力物力进行故障原因排查。

业务价值

- 识别影响设备运行的重要相关要素，对每个相关要素进行趋势分析，当单个或多个相关参数超出正常范围时提前预警，发现故障于隐患时期，防止或规避设备故障的实际发生。
- 当设备故障发生时，判断设备故障类型，通过机器学习的方法实现快速故障排查和定位。

实施方法

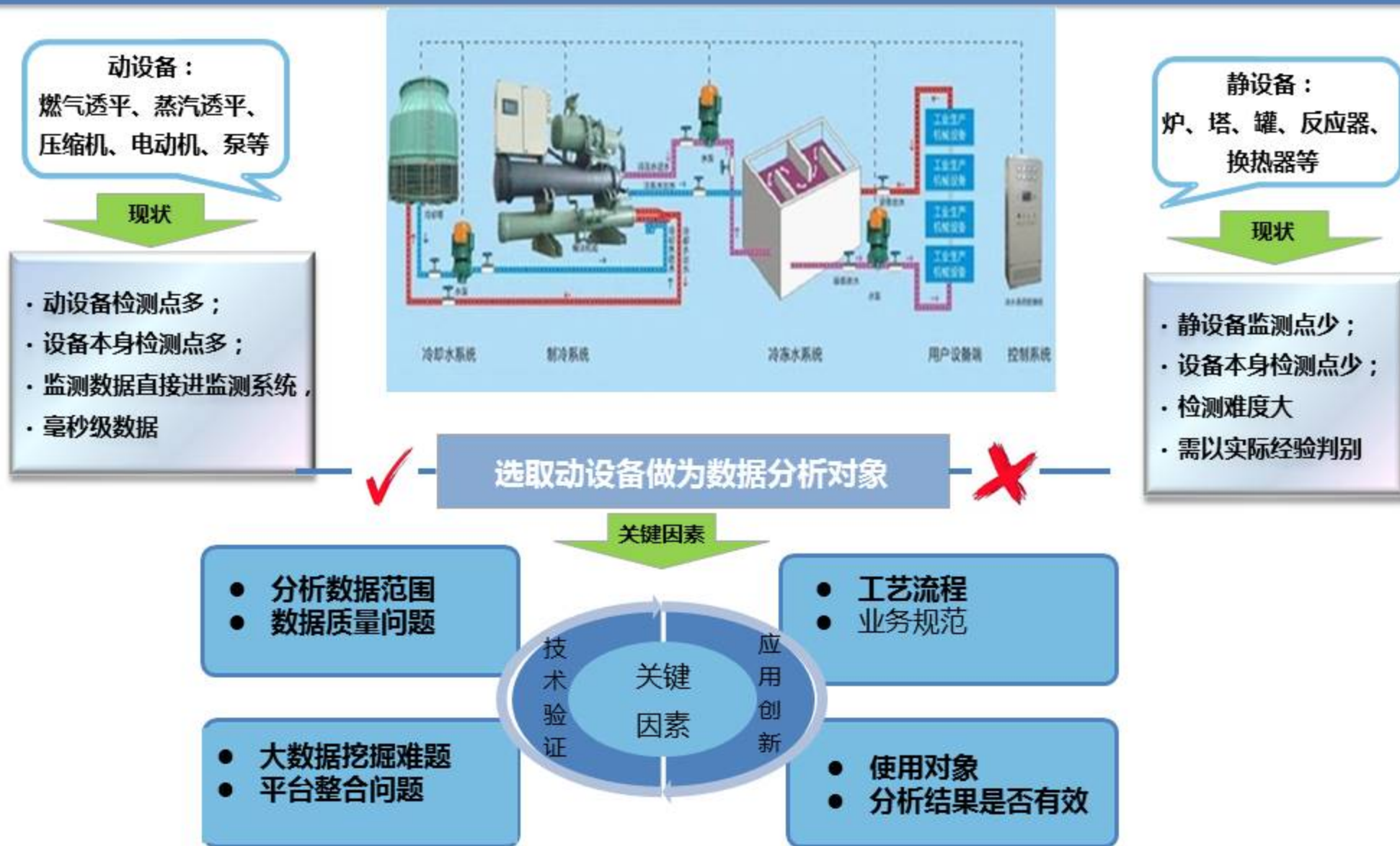
将设备运行参数
与设备故障做相
关性检验

确定与设备运
行故障有较强
相关性的参数

通过机理模型
及逻辑回归判
断故障类型

通过实践序列分
析参数变动趋势，
提前预警

设备管理大数据应用场景（三）选择分析设备对象的关键考虑因素



设备管理大数据应用场景（三） 备选设备清单及监测点



- ❑ 相似度高的设备可以作为同一类监测目标来分析。根据设备发生故障的频次及设备监测测点数据基础，海南基地XX公司设备专家结合设备的实际使用状况，推荐半贫液泵05P006A作为研究对象。
- ❑ 输入数据：5个测点共24个属性，输出数据：设备故障分类。
- ❑ 目标：根据历史测点数据，预测设备未来发生故障的概率
- ① 分析输入与输出的相关性，即哪些属性是影响设备故障的关键因素
- ② 利用历史数据训练LSTM模型，用以预测关键因素的未来趋势
- ③ 利用历史数据训练逻辑回归模型，将关键因素的未来趋势输入模型预测设备未来发生故障的概率



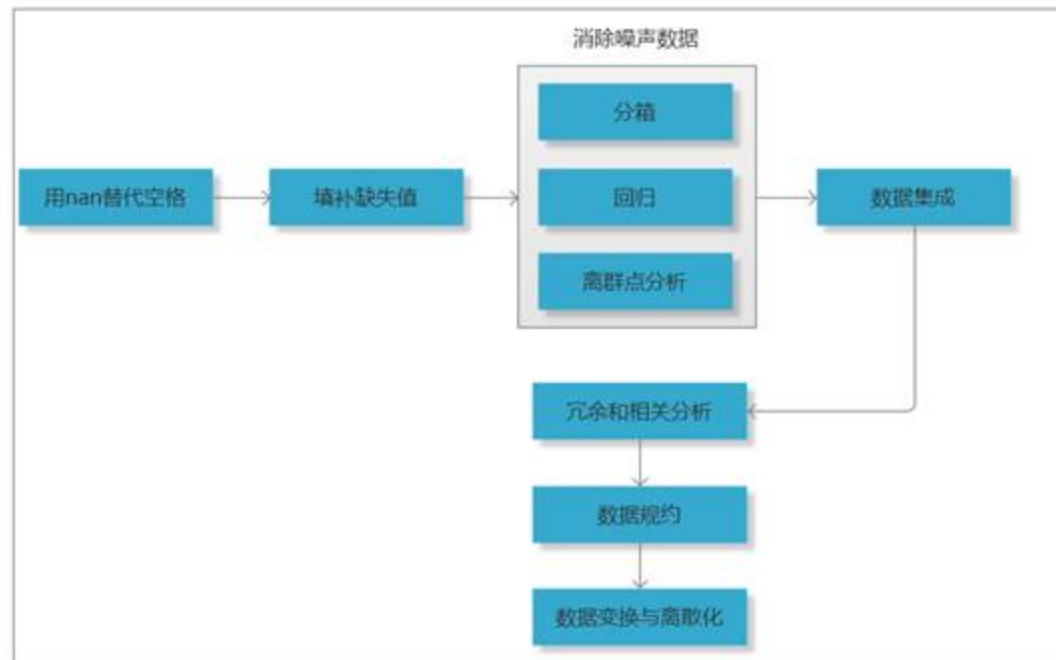
Microsoft Excel
97-2003 工作表



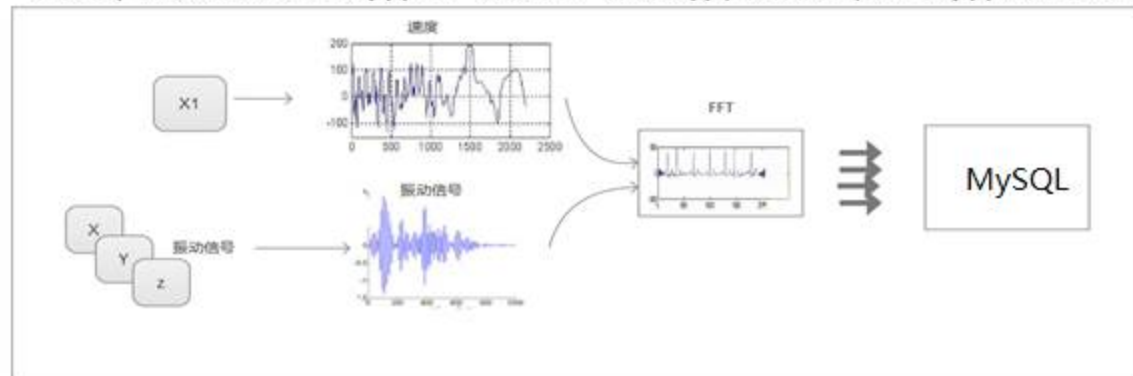
Microsoft Excel
工作表

设备管理大数据应用场景（三） 数据预处理流程

数据预处理基本步骤

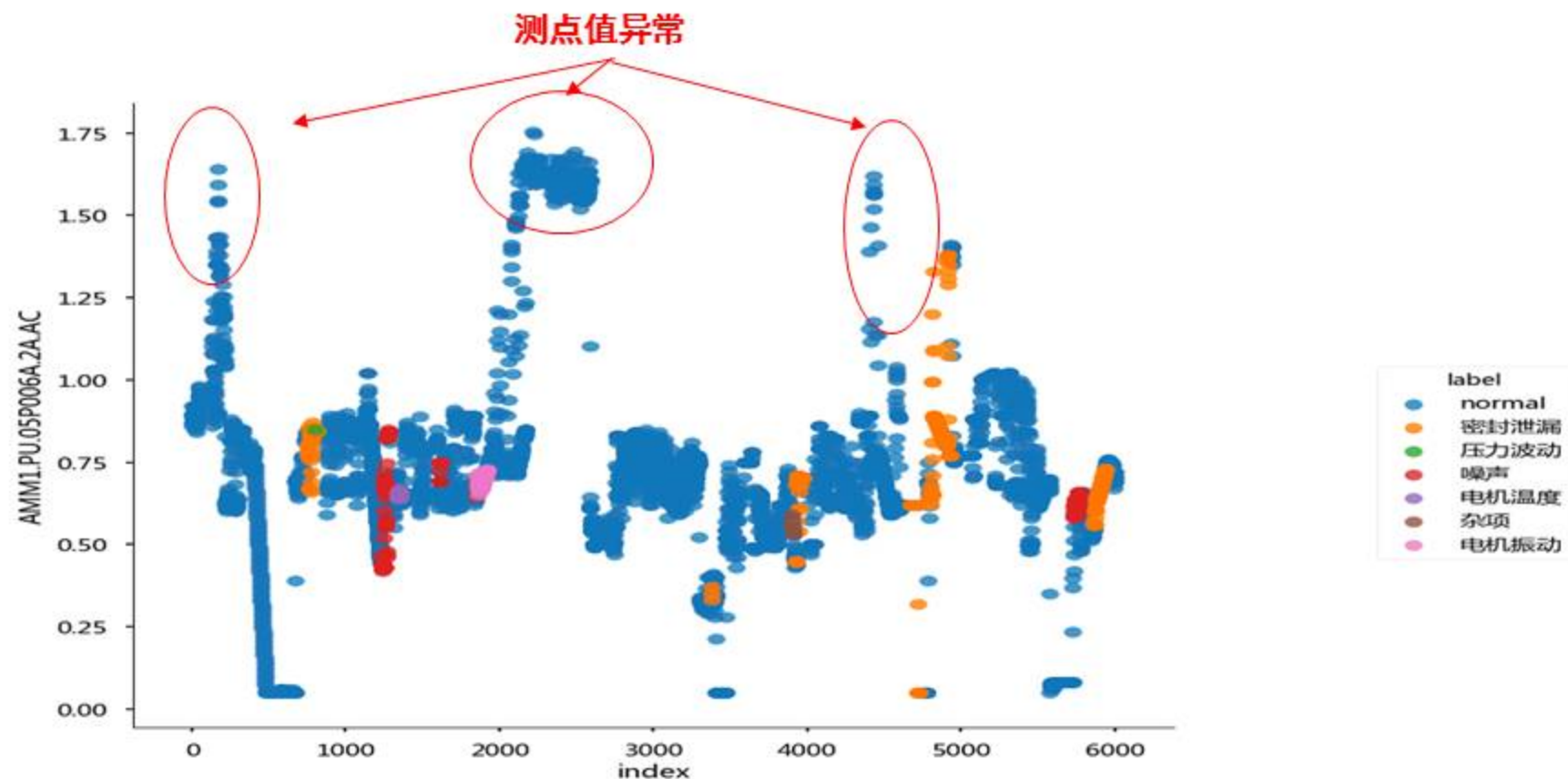


速度，加速度为流式数据。通过FFT提取频域特征，降低数据的维度



设备管理大数据应用场景（三）- 故障散点图

- ❑ 通过对生产实时数据的挖掘分析，在发现设备历史故障发生的特性时，也同时补充了现场维护人员对设备故障数据维护的不及时和不准确的情况。
- ❑ 以下为2017年，以时间为横轴测点2A按照故障类型分类的散点图。图中红色圆圈内的值为异常值。
- ❑ 对近5年海量数据采集的分析，结合设备专家的共同分析，有望能发现设备故障特性规律，从而将故障预测准确率达到85%





📄 | 问题与思考



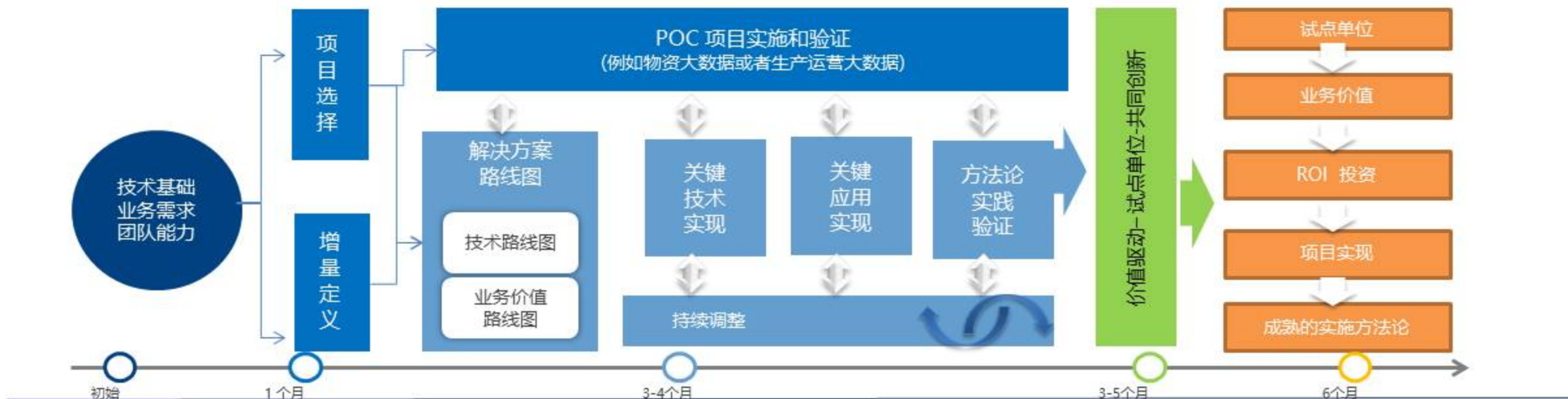
数字化转型和创新是大数据应用成功的基石

□ 数据，特别生产数据，是建设数字工厂，促进生产方式转变的基础。

- ① 数据的梳理和整合是数据管理工作的重中之重。数据的梳理包括对现有生产数据的优化完善。对物（机器）的广泛的感知，就必须在传统的数据收集方面，增加新的数据收集手段，加强物联网技术在生产数据方面的广泛应用。
- ② 生产数据的应用强调数据的广泛性、时效性和可靠性，也就是海量数据能够高效采集，采集后能够高效接收和存储，存储后能够供不同的信息应用系统使用。
- ③ 生产数据的应用特点对信息系统硬件和软件架构都提出了更高要求。硬件强调工控网与办公网的安全高效的融合，关注云计算、云存储的价值体现；软件方面，数据的采集、存储、发布的效能是关键。

□ 在不断探索中找到适合海油的大数据项目实施方法论

由大数据项目管理共同协调驱动、**集团公司大数据团队**管理、试点单位支持的联合大数据创新团队



THANKS

汇报完毕