



2017第八届中国数据库技术大会

DATABASE TECHNOLOGY CONFERENCE CHINA 2017

# 微软云计算在风电行业的 智能化实践

刘士君

云计算技术顾问

微软开发体验与平台合作事业部

Microsoft DX

[shliup@microsoft.com](mailto:shliup@microsoft.com)

# 微软的人工智能愿景



//

In a world of near infinite compute power and an exponential growth in data, we are focused on empowering every developer to build applications for this new era of intelligent cloud and intelligent edge

----*Satya Nadella*

//

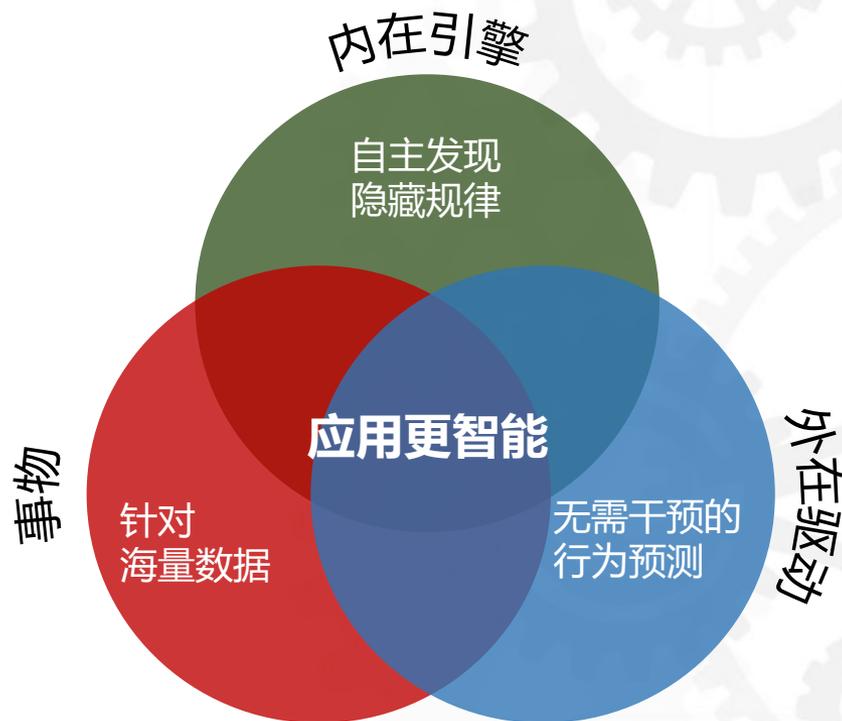
# 机器学习的意义

- **定义**

- 使用计算机运行算法模型
- 从海量数据中发掘隐藏规律
- 预测未来行为和趋势

- **优势**

- 针对海量数据
- 很多问题无法通过显性指令集解决，机器学习可以
- 效率几何倍数提高
- 自我学习，不断提高



# 机器学习的意义

- **定义**

- 使用计算机运行算法模型
- 从海量数据中发掘隐藏规律
- 预测未来行为和趋势

- **优势**

- 针对海量数据
- 很多问题无法通过显性指令集解决，机器学习可以
- 效率几何倍数提高
- 自我学习，不断提高

名字	账单	欺诈
Smith	\$2,600.45	否
Potter	\$2,294.58	是
Peters	\$1,003.30	是
Adams	\$8,488.32	否

名字	账单	颁发地	消费地	年龄	欺诈
Smith	\$2,600.45	美国	美国	22	否
Potter	\$2,294.58	美国	俄罗斯	29	是
Peters	\$1,003.30	美国	俄罗斯	25	是
Adams	\$8,488.32	法国	美国	64	否
Pali	\$200.12	澳大利亚	日本	58	否
Jones	\$3,250.11	美国	俄罗斯	43	否
Hanford	\$8156.20	美国	俄罗斯	27	是
Marx	\$540.00	英国	德国	32	否
Norse	\$7,475.11	美国	俄罗斯	27	否

# 内容安排

## 微软云智能服务介绍

- 微软人工智能平台概述
- Azure Machine Learning Studio介绍
- 计算向边缘化推进

## 风电行业智能化实践

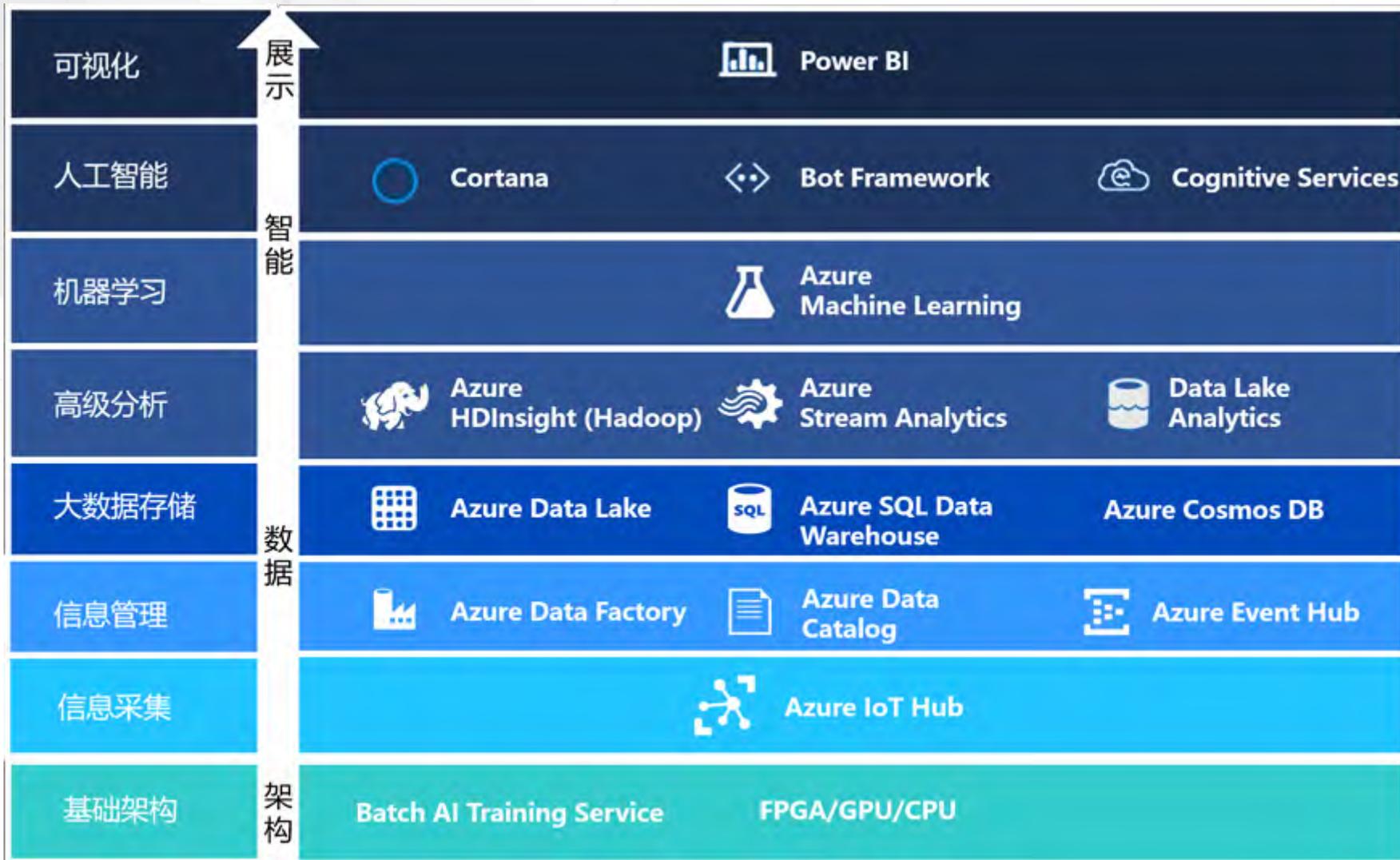
- 风电行业痛点、算法分享
- 基于Azure的风电智能平台-Wind Insight
- 演示

# 第一部分

---

## 微软云智能平台

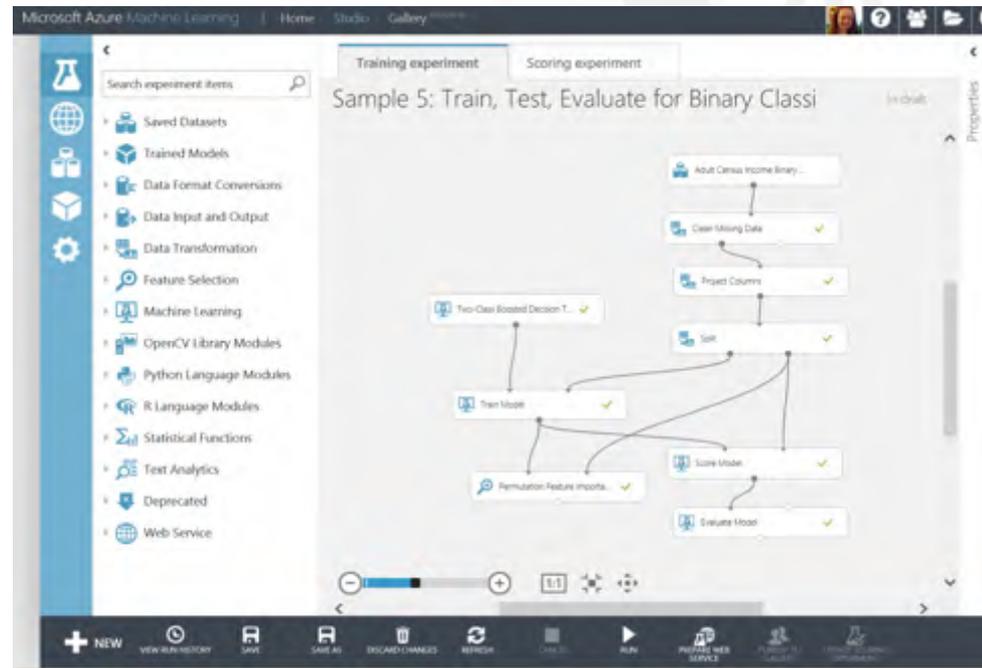
# 微软数据与智能服务



# Azure Machine Learning Studio

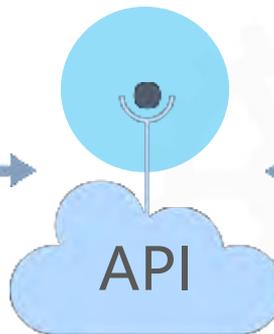
Azure上基于GUI，用于创建和操作机器学习工作流的集成开发环境。

- 通过浏览器访问
- 通过可视化的模块E2E支持数据流
- 提供多种ML算法和模型库
- 支持R和Python扩展;
- 支持Web API快速部署和伸缩



# Azure Machine Learning Studio

数据



客户端



Blobs and Tables

Hadoop (HDInsight)

关系型DB (Azure SQL DB)

机器学习开发环境

可调用的Web服务

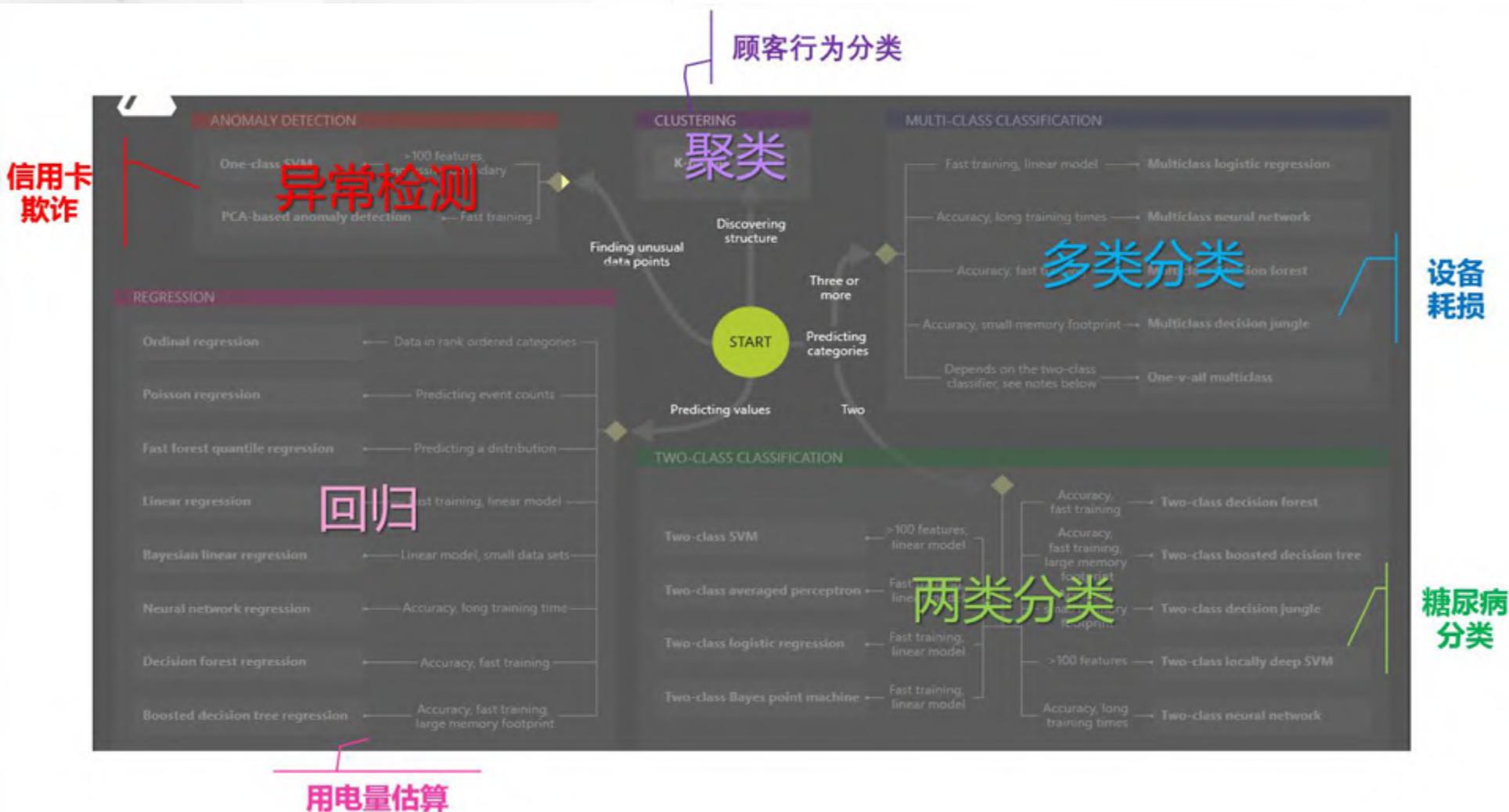


# Demo

---

## Azure Machine Learning

# Azure Machine Learning Studio 算法举例





# 人工智能影响行业



“

AI now has the potential to disrupt every single vertical industry, like banking or retail, and every single business process, from sales and marketing to HR and recruiting.

Along the way, AI also promises to amplify our endless reserves of human ingenuity — to augment our capabilities as people and help us be more productive.

”

----Harry Shum

The logo for DTCC (Database Technology Conference China) features the letters 'DTCC' in a bold, orange, sans-serif font. The letters are stylized with horizontal lines through them, and a thin orange arc is positioned below the text.

2017第八届中国数据库技术大会

DATABASE TECHNOLOGY CONFERENCE CHINA 2017

# 从人工智能到工业智能

## - 风电行业的智能化探索

刘宗长

研发副总裁

北京天泽智云科技有限公司

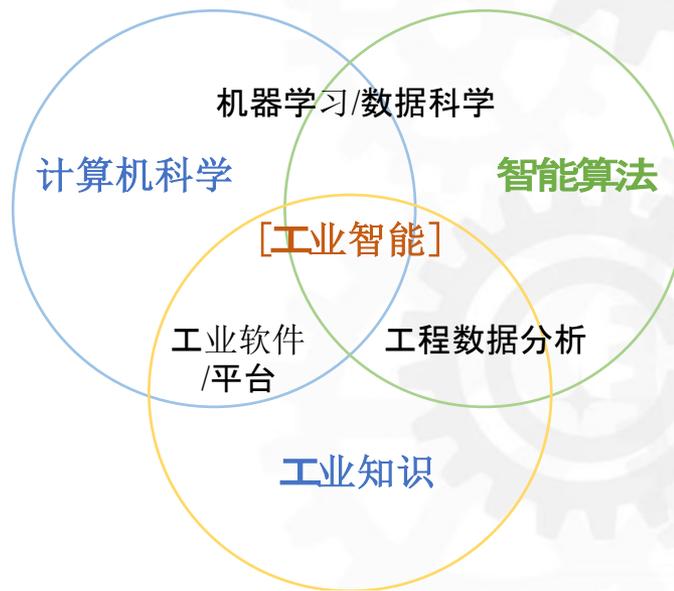
CyberInsight Technologies

zc.liu@cinsigjtech.com

# 人工智能 vs. 工业智能

人工智能技术的突飞猛进，但在工业领域的应用仍处于探索阶段，还有许多问题需要解决：

- 与工业场景中的痛点契合
- 以机理模型为基础
- 对业务场景的深度理解
- 以为客户创造价值为最终目标



# 天泽智云 – 善工善智，让工业无忧



## 我们是谁

IMS中心创始主任李杰教授 领导创建  
NSF智能维护系统中心(IMS)技术孵化企业  
专注于中国制造2025和中国工业智能化转型



## 全球顶尖团队

以IMS机械工程博士 为核心  
核心技术团队具备工业know-how、计算机科  
学、人工智能算法的跨界知识与能力



## 最佳实践经验

15年+专业经验，150+工业项目实践经验  
NSF评估产学合作研究 1:238 投入收益比  
PHM Data Challenge 9年中5年第一



# 风电行业的痛点

## 痛点 1：国内目前对风能限电严重，风机的实际使用率远低于国际平均水平

- 2015年全国平均限电率超过20%，仅限电造成的经济损失高达1500亿元
- 原因：风资源有很大的不确定性，易造成电网的安全隐患
- 解决方案：风功率预测技术+电网调度优化

## 痛点 2：风电的度电成本较高 (0.6-0.8元/度)，为煤电的2倍以上。

- 风电的运维费用较高，占整个度电成本的30%以上。
- 事前维护与事后维修费用差别巨大
- 解决方案：状态监测 + 故障预测性诊断

## 痛点 3：运维难度大，停机造成的损失巨大。

- 风机大多位于偏远山区或是海上，运维资源的调度困难。
- 风机一旦故障停机，每日由于发电损失所造成的损失达1-2万元（2MW风机）
- 解决方案：故障预测性诊断 + 维护及调度排程优化

## 关于Wind Insight :

Wind Insight 是一个利用**预测性分析及AI技术**对风电装备进行**智能化运维管理**的平台，通过对运行过程中多源数据的AI算法建模和预测分析，实现对风电装备的性能评估、预测性诊断、机队管理、调度优化和维护策略优化，从而**实现风场的无忧运营**。

# 天泽智云 Wind Insight 产品功能模块



## 风机性能精确建模

利用SCADA数据对风机发电能力的衰退进行精确量化评估，计算损失的发电量。



## 风机性能衰退评估

对由于健康衰退造成的发电能力衰退进行精确评估，计算损失的发电量。



## 风机集群健康管理

利用集群数据建模，通过同类比较的方法对风机性能和运行风险进行评估和排序。



## 基于CMS的传动链故障预警及诊断

利用CMS振动信号分析，对传动链健康状态进行精确建模、故障诊断、故障定位、和故障趋势预测。



## 风机关键部件健康建模及故障预警

利用SCADA数据对风机的传动链、变桨、偏航、测风仪等关键部件进行健康评估和故障预警



## 风功率预测

对未来超短期、短期、和中长期时间内的风功率进行精确预测，准确率超过90%。



## 维护排程优化

优化维护任务的执行时间，使维护成本及发电损失降到最小。



## 发电调度及控制优化

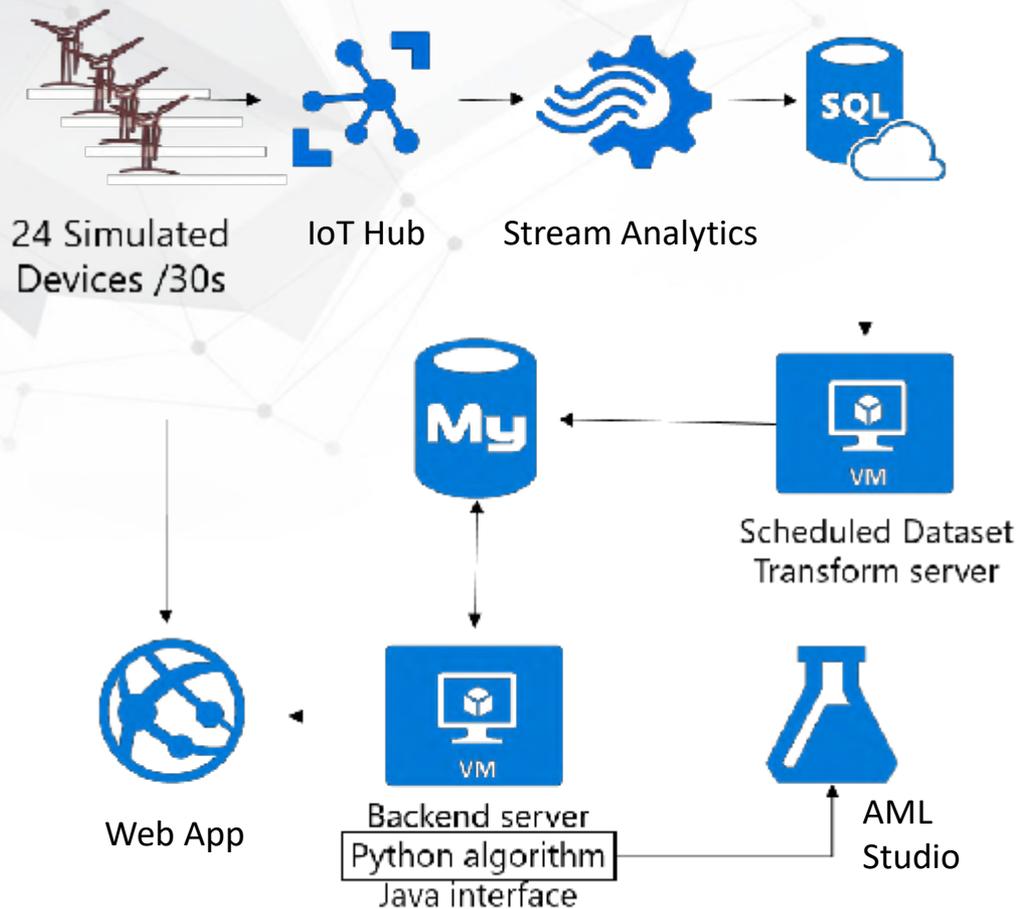
根据风机健康状态与风功率预测信息，优化风场各个风机的发电调度，并实时反馈到每一台风机的控制系统中。



## 根原因分析及优化建议

利用大数据挖掘，分析各类故障的状态转换概率，以及影响故障发生的内外部因素，从根源进行避免

# Wind Insight 在 Azure 平台上的部署架构



数据上传:  
IoT Hub  
Stream Analytics

数据存储:  
SQL Database  
MySQL on PaaS

算法部署:  
Virtual Machine  
Azure Machine Learning  
Studio

可视化网站:  
Web App



# Demo

---

## Wind Insight 风场智能运维平台

# Wind Insight 功能演示

## 1 全风场机监控：快速识别异常事件与风机



- 风场核心KPI管理
- 风机健康状态监测
- 风场生产状态管理

## 4 风机维护决策优化：成本最小的维护策略



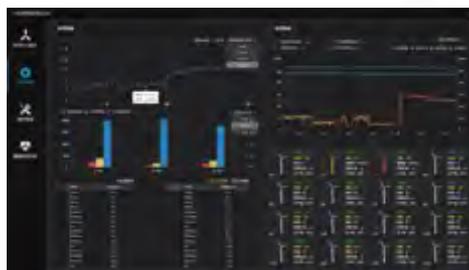
- 基于风速预测、维护需求和维护资源的动态维护排程策略寻优。
- 将维护所造成的发电损失、交通费用、人员费用和资源费用等成本最优化。

## 2 风机状态精确分析：迅速定位异常的原因及影响



- 风机效能分析与发电能力损失预测
- 风机精确健康评估及预诊
- 风机运行风险预测

## 3 风机运行调度优化：基于风机健康的最优负载匹配

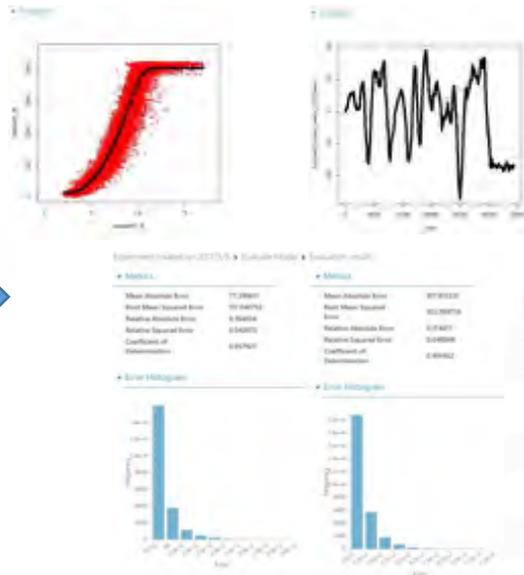
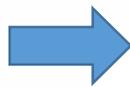


- 基于风功率预测及风机集群健康状态，进行风机智能负载匹配及运行策略优化。
- 对有早期故障的风机在下次维护前进行状态保持。

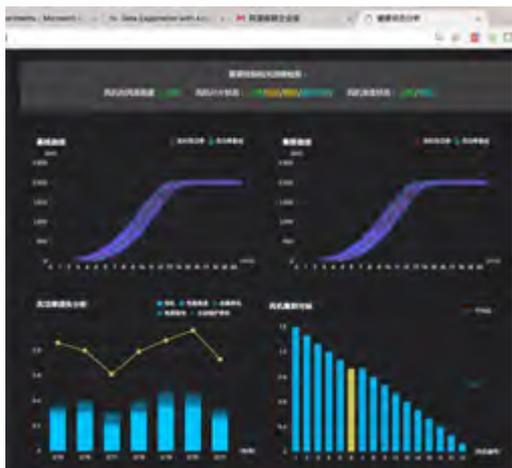
# 用 AML Studio 实现性能分析的建模过程



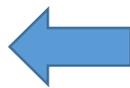
模型开发过程



模型验证过程

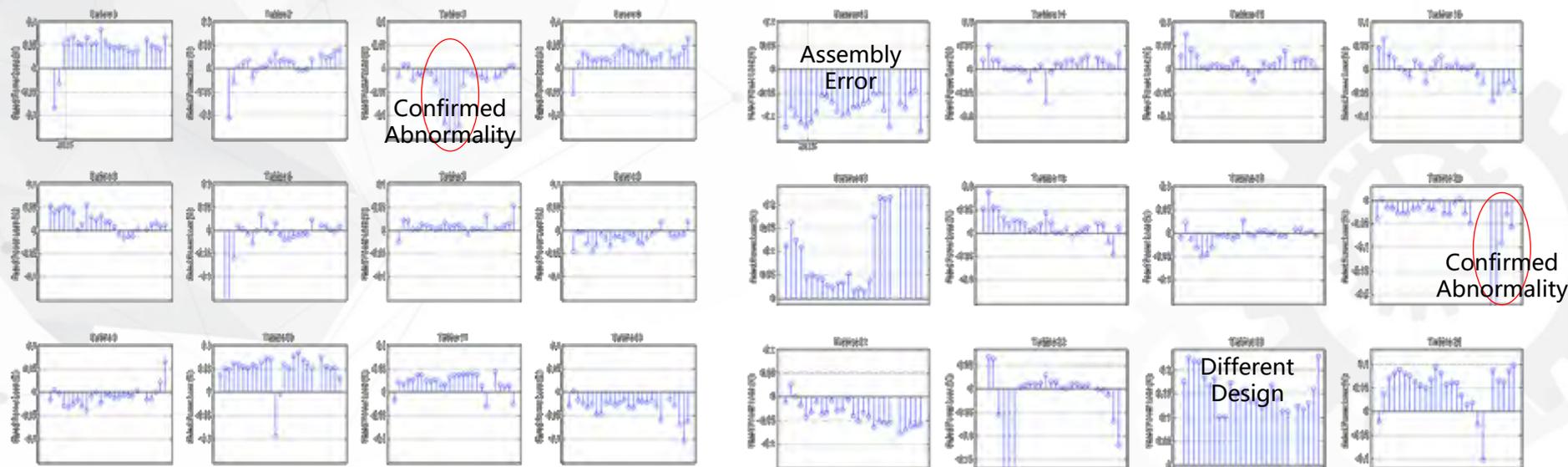


Web Service 发布



Web Service 封装及部署

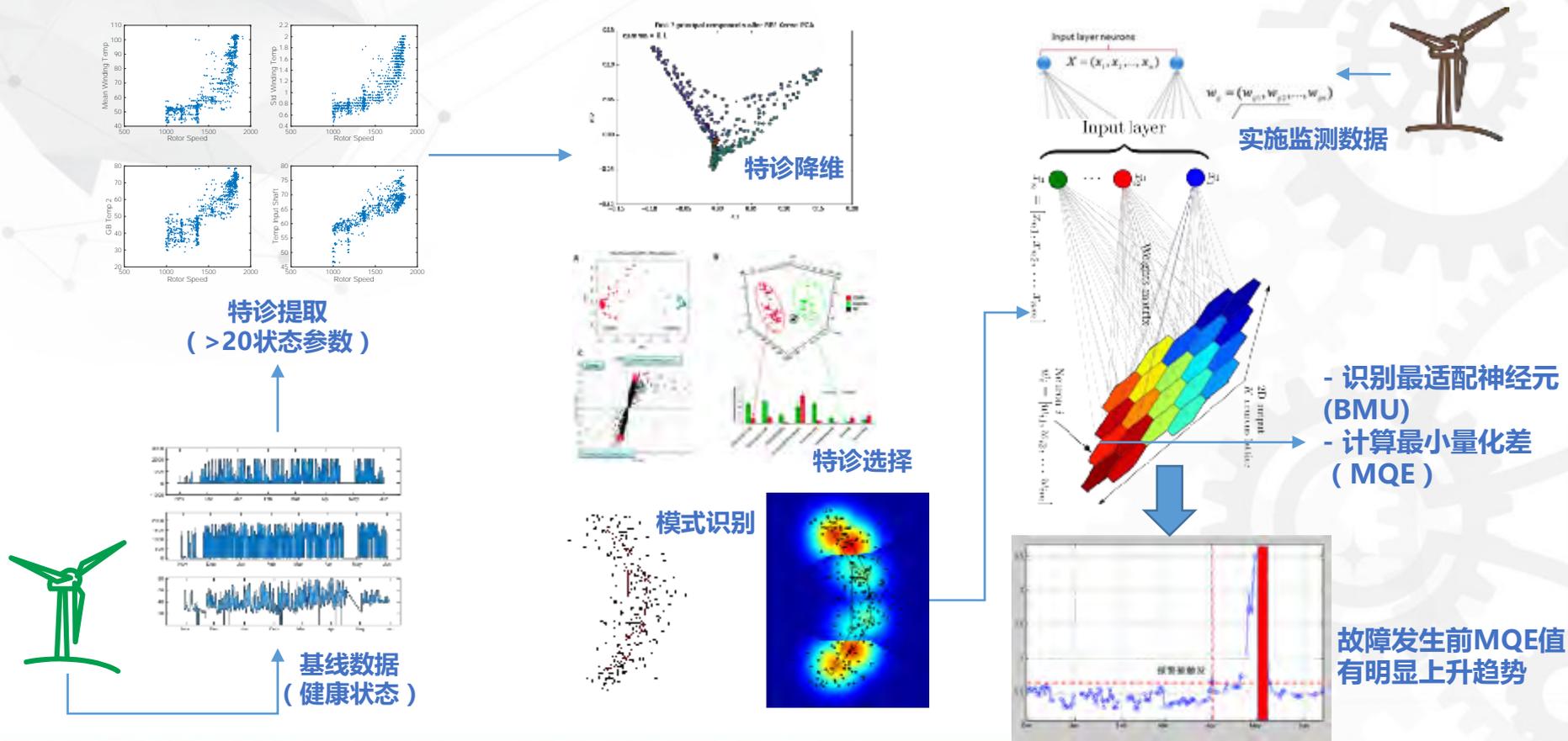
# 用 Azure 进行性能分析验证



- Wind Insight 对某风场24台风机7个月数据进行分析后的洞察：
  - 预测到3号风机出现测风仪松动；
  - 20号风机发电机故障后，更换发电机并没有使风机恢复到故障前的性能；
  - 11号风机性能持续偏低，检查后发现存在传动链装配误差
  - 23号风机采用加长叶片设计改进后，发电性能提升约20%。

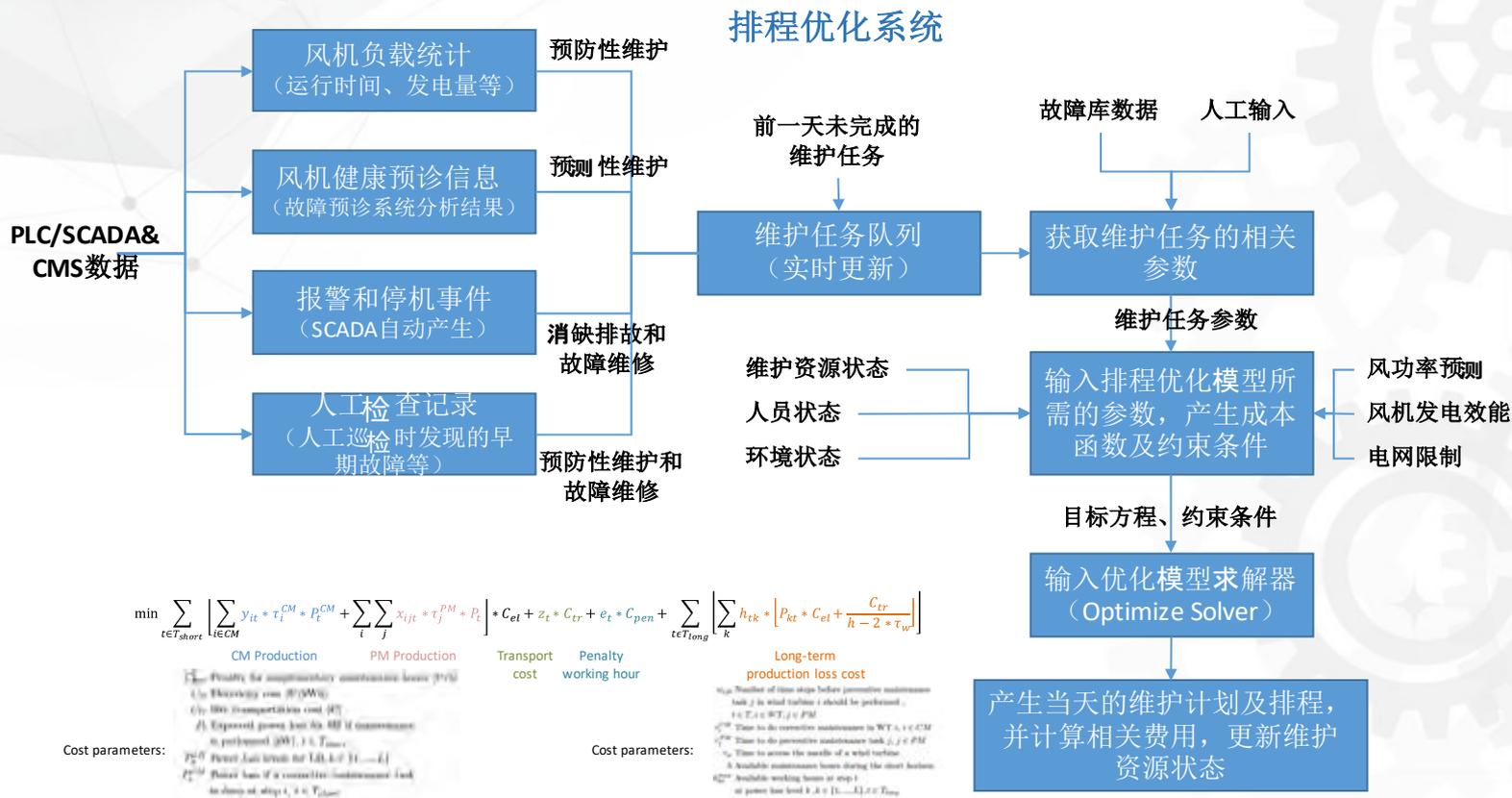
# 风机故障预测性诊断

- 用户的忧虑：风机虽然仍在运行，但是有没有故障风险？如何精确量化？是否该采取措施？
- 传统解决方案：风机状态监测、预警与报警阈值、人工分析状态参数。
- Wind Insight：采用模式识别算法建立故障预测模型。



# 风机维护排程优化

- 用户的忧虑：我知道了风机的健康状态，应该如何去进行维护？怎样安排维护计划使成本最小？
- 传统解决方案：按照故障发生的先后顺序、按照故障的严重程度
- Wind Insight：基于多成本要素的综合优化模型 + 多层遗传算法求解。



# 风机维护排程优化

- 多成本要素的综合建模：
  - 机会成本：功率损失、故障风险
  - 固定成本：维护资源、基础人员成本
  - 动态成本：加班费用、交通成本、租赁成本

$$\min \sum_{t \in T_{short}} \left[ \sum_{i \in CM} y_{it} * \tau_i^{CM} * P_t^{CM} + \sum_i \sum_j x_{ijt} * \tau_j^{PM} * P_t \right] * C_{el} + z_t * C_{tr} + e_t * C_{pen} + \sum_{t \in T_{long}} \left[ \sum_k h_{tk} * \left[ P_{kt}^{level} * C_{el} + \frac{C_{tr}}{h - 2 * \tau_w} \right] \right]$$

CM Production Loss Cost
PM Production Loss Cost
Transport cost
Penalty working hour
Long-term production loss cost

## 目标方程建模：

功率损失	加班成本
$z_t \geq (1 - \sum_{j=1}^n \sum_{i=1}^n x_{j,i,t}) * w_{it}^0$ (2) $z_t \geq (\sum_{j=1}^n \sum_{i=t-p_i}^t x_{j,i,t}) * w_{it}^1$ (3)	$s_t \geq \sum_{j=1}^n \sum_{i=t-p_i+1}^t x_{j,i,t} * \delta_i + C_{ot}(4)$
运输成本	资源成本
$s_t \geq \left( \tau_c - \sum_i a_{i,t} \right) * C_s$ if $\zeta_t = 0$ if $\zeta_t = 1$	$\sum_j C_{RJ} + \sum_{t \in T_{long}, T_{short}} C_B dt + \sum_{t \in T_{long}, T_{short}} C_L dt$



## 优化目标方程：

Minimize:  $\sum_j C_{RJ} + \sum_{t \in T_{long}, T_{short}} C_B dt + \sum_{t \in T_{long}, T_{short}} C_L dt +$   
 $\sum_{t \in T_{short}} \left[ \sum_j \sum_i x_{i,j,k,t} * C_{rj} + \sum_i \sum_{i'} C_v * d_{i,i'} * z_{i,i',t} + e_t * C_p^1 + \right.$   
 $\left. \sum_j \sum_i x_{i,j,k,t} * P_{i,t}^1 * C_{el} \right] + \sum_{t \in T_{long}} \sum_j \left( (P_{i,t}^0 - P_{i,t}^1) * y_{i,j,t} + x_{i,j,k,t} * P_{i,t}^1 \right) * C_{el}$

## 约束条件建模：

维护人员	
$x_{j,i,t} \leq b_{j,i,t} \forall t': t \leq t' \leq t + p_i$ (10)	$b_{j,i,t} - b_{j,i,t-1} \leq \sum_{i'=1}^t \sum_{j'=1}^n x_{j',i,t}$ for $\forall t > 2, i, j$ (11)
$\sum_{i=1}^n b_{j,i,t} + c_{j,t} \leq 1$ (12)	$b_{j,i,t} - b_{j,i,t-1} \leq \frac{a_{i,t-1}}{2} + \frac{c_{j,t-1}}{2} \forall t > 2, i, j$ (13)
船只与运输	
$\sum_i a_{i,t} \leq 1$ for $\forall t$ (15)	$a_{i,t} - \sum_j b_{j,i,t} + \sum_t \sum_j x_{j,i,t} \leq 1$ (17)
$\sum_{i': a_{i,i'} > t} a_{i',t} = 0$ , if $a_{i,t} = 1$ , for $\forall t' > t$ (16)	
任务属性	
Task feasibility:	Task constraints:
$x_{j,i,t} = 0 \forall i, t: \theta_{i,t} = 0$ (6.1)	$x_{j,i,t} \in \{0,1\}$ (7)
$b_{j,i,t} = 0 \forall i, t: \theta_{i,t} = 0$ (6.2)	$\sum_{i=1}^n \sum_{t'=t+p_i}^t x_{j,i,t'} \leq 1 \forall j, t$ (8)
$a_{i,t} = 0 \forall t: \theta_{i,t} = 0$ (6.3)	$\sum_{j=1}^n \sum_{t=1}^T x_{j,i,t} \leq 1$ (9)
$c_{j,t} = 0 \forall t: \theta_{i,t} = 0$ (6.4)	

# Wind Insight + Azure ML 为客户创造价值

## 应用场景广泛

- 面向风电装备运维的健康评估、故障诊断、趋势预测、风资源预测、智能控制和决策优化

## 使用机器学习提升维护效率

- 机械类故障提前28天早期预测
- 巡检效率提升30%以上
- 维护成本降低30%以上

## 基于Azure快速构建整套系统

- 使用Azure IoT服务、数据库服务、机器学习服务
- 缩短产品研发周期80%以上
- 对百万级设备的PB级数据进行实时收集、分析和机器学习





# THANKS

SequeMedia  
威拓传媒

IT168.com

ITPUB

ChinaUnix