



# 从DCS到ICS-工业控制系统技术的 智能化发展及应用

报告人：黄焕袍博士

(现任国家能源集团北京国电智深控制技术有限公司 党委书记、  
副总经理

曾任中国电力科学研究院电厂自动化所副所长)

**目录**  
*Contents*

**01 分散控制系统 (DCS) 的发展**

**02 智能控制系统 (ICS)**

**03 工控信息安全**



国家能源集团  
CHN ENERGY

Part 1

# DCS

- 1-1 自动控制装置和技术的发展
- 1-2 DCS发展历程
- 1-3 DCS体系结构
- 1-4 DCS功能特点

# 自动控制装置(系统) 和技术的发展



DCS(Distributed Control System)是集通信(Communications)、控制(Control)、显示(CRT)、计算机(Computer)等“4C”技术为一体的多级计算机控制系统，实现生产过程分散控制和集中监控，被广泛应用于电力、石化化工、冶金等各工业领域。

## 第一代DCS

- 第一代DCS是指从其诞生的1975 - 1980年间所出现的第一批系统，控制界称这个时期为初创期或开创期。1975年美国Honeywell公司推出TDC-2000系统，标志第一代DCS的诞生。这个时期相继推出的第一代DCS还有日本Yokogawa（横河）公司的CENTUM系统、Foxboro公司的Spectrum系统、Bailey公司的Network 90系统、Kent公司的P4000系统、Siemens公司的Teleperm M系统、东芝公司的TOSDIC系统等；
- 特点：注重控制功能的实现，分散控制，集中管理；
- 缺点：人机界面功能弱 通讯能力差 互换性差 成本高；
- 组成：分散过程控制装置、操作管理装置、数据通信系统

## 第二代DCS

- 第二代DCS是在1980到1989年前后推出的各种系统，其中包括HONEYWELL公司的TDC-3000，TAYLOR公司的MOD300，BAILEY公司的Network-90，西屋公司的WDPF，ABB公司的MASTER，西门子公司的TELEPERM - Me，美国利诺（LEEDS &NORTHROP, L&N）公司的MAX1000 (PLUS) 等。
- 特点：引入了局域网（LAN）作为系统骨干，按照网络节点的概念组织过程控制站、中央操作站、系统管理站、网关（Gate Way，用于兼容早期产品）系统功能扩大，控制算法扩充，常规控制与逻辑控制、批量控制相结合；
- 缺点：各制造厂商的通信系统各自为政，不同制造厂之间通信存在问题；

## 第三代DCS

- 第三代DCS是在进入20世纪90年代后推出的各种系统，其中包括HONEYWELL的公司带有UCN 网的TDC-3000，西屋公司的WDPF II，西门子公司的TELEPERM XP.BAILEY公司的INFI-90，美卓（Metso，原L&N）公司的maxDNA等。
- 特点：系统网络通信功能增强，各不同制造厂商产品能进行数据通信，第三方应用软件也能在系统中应用，控制功能增强，增加了应用现代控制理论的各种自适应或自整定的控制算法；
- 应用：广泛应用于电力、冶金、石化等重工业领域，同时DCS的价格也开始下降；

## 第四代DCS (数字化、信息化、集成化)

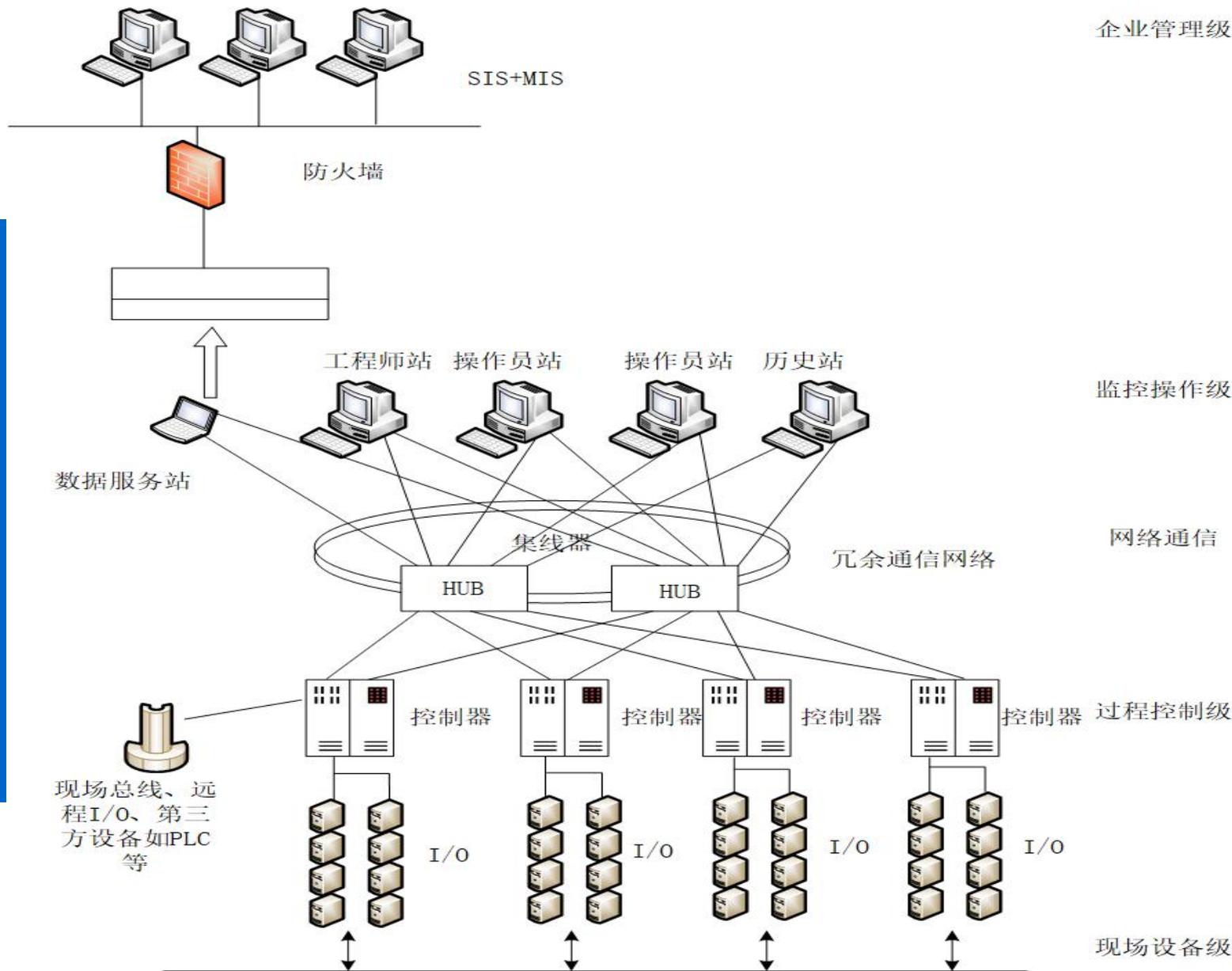
- 到了20世纪末21世纪初，DCS的发展进入了第四阶段，其主要产品有 HONEYWELL公司的EXPERION PKS (过程知识系统)、EMERSON 公司的OVATION (原西屋)、FOXBORO公司的 A2、横河公司的 R3 (PRM——工厂资源管理系统)、ABB公司的 Industrial IT Symphony 系统以及西门子基于 PCS7技术的SPPA T3000。
- 特点：充分发挥信息管理功能的综合平台系统，实现功能和产品的集成，体系结构主要分为四层：现场仪表层、控制装置单元层、工厂层和企业管理层，DCS开放性更加全面，服务更专业化；
- 优点：信息传输通道更快更多，优化生产过程，提高了整个工厂的效率；

## 新一代DCS-智能控制系统 (ICS)

- 以DCS为基础，融合应用新一代信息技术、人工智能技术、泛在感知信息、先进智能控制技术，形成智能控制系统 (Intelligent Control System,简称“ICS” ) ，实现生产过程的智能控制与运行、智能监测和故障诊断预警报警、智能安全，达到减员增效、高效环保、灵活、主动安全管控的目标。
- **特点：** 工业控制从自动化向智能化转变，体现泛在数据集成，大数据分析挖掘，深度学习，智能控制，设备智能诊断与预警，工控网络信息安全；

# DCS体系结构

企业管理级



## 火电机组分散控制系统

### (DCS) 的结构组成

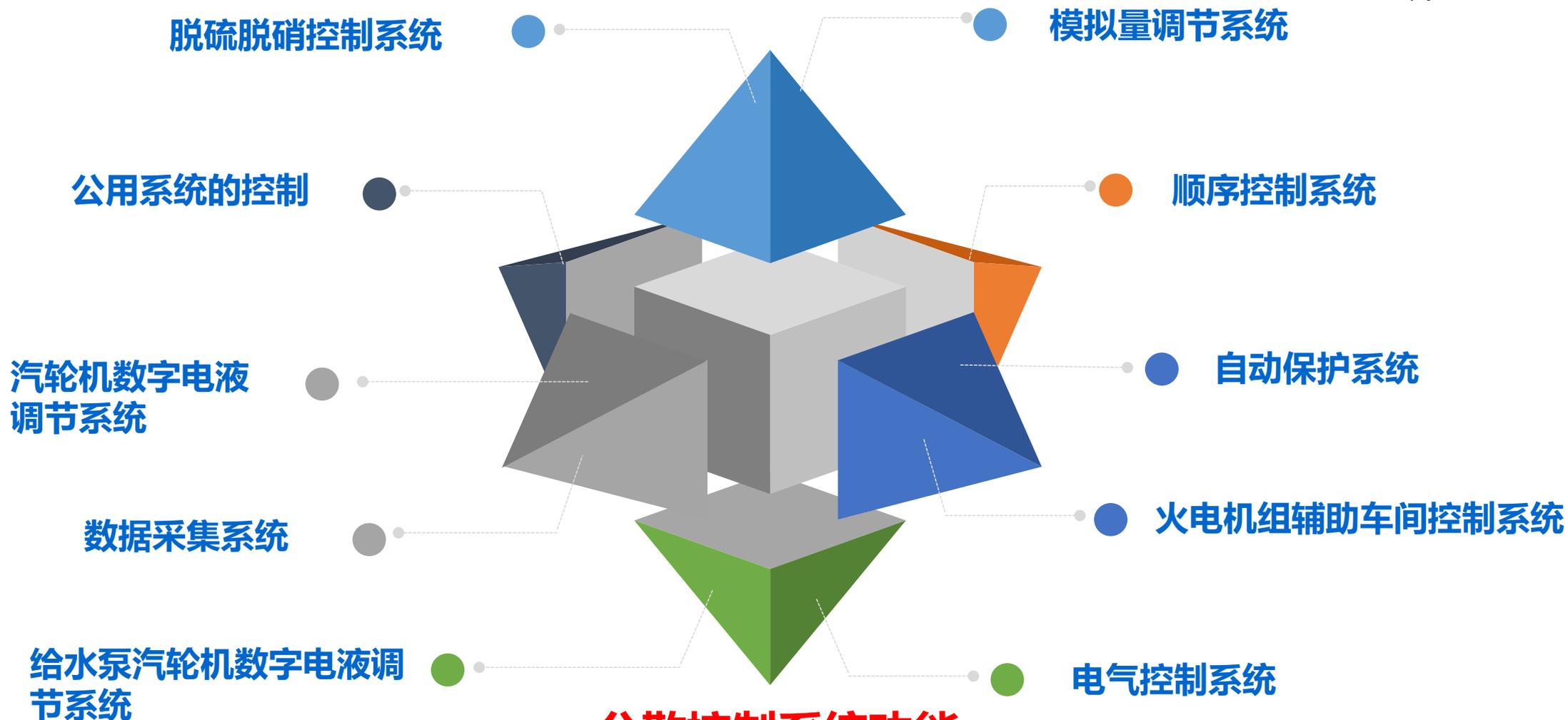
按功能划分为:

- ◆ 网络通信子系统
- ◆ 过程控制子系统
- ◆ 人机接口子系统

# DCS功能特点



# 火电机组DCS监控范围



**分散控制系统功能  
覆盖的范围越来越大**

# 我国DCS技术的发展应用



1

我国工业自动化控制系统技术经历了学习借鉴和自主创新的发展历程。

2

上个世纪80-90年代，我国工业领域尤其电力行业DCS主要引进应用国外8大品牌DCS (FOXBORO, Mesto, Westinghouse, ABB Bailey, Honeywell, Simens, 日本横河等)；

3

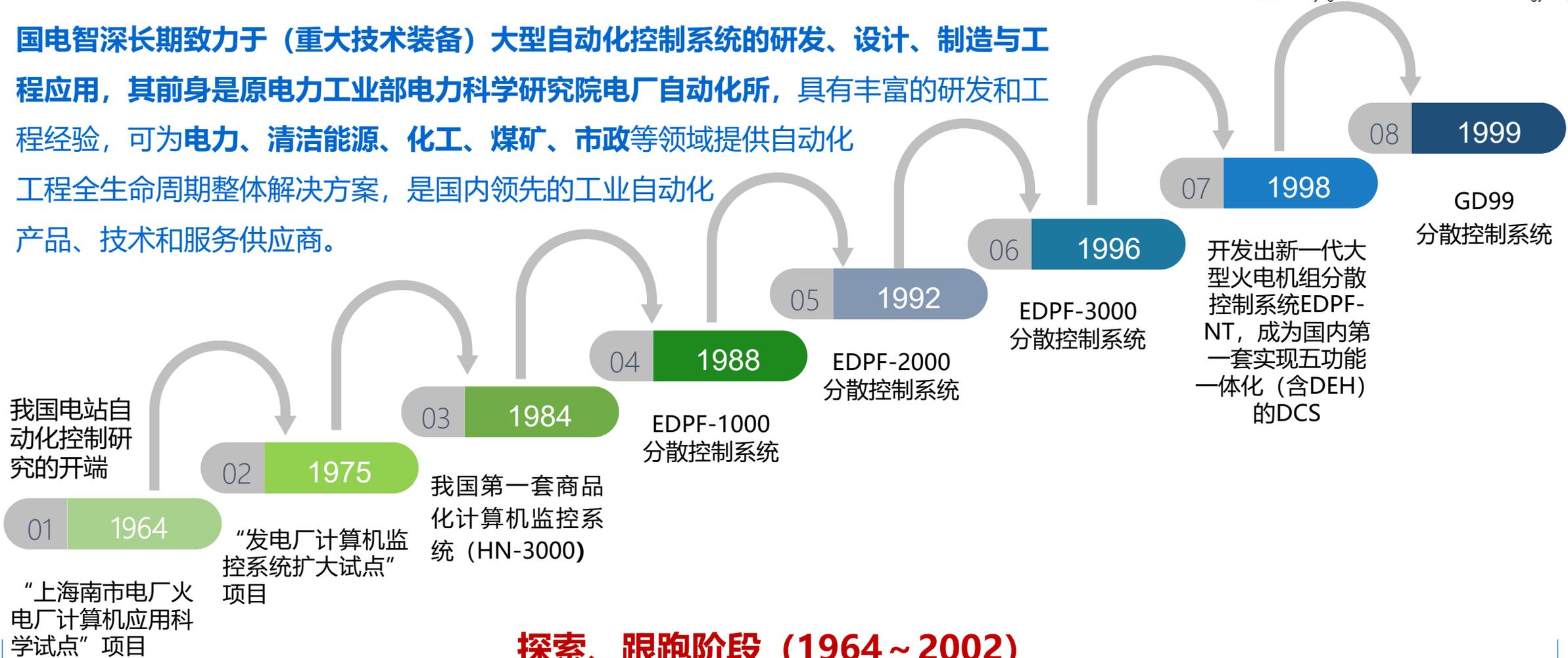
同时，国内从上个世纪80年代后期开始开展自主DCS的研发，并在90年代实现应用，到本世纪初不断发展成熟，此后打破国外DCS的垄断，逐渐实现国产控制系统大规模应用。

4

我国DCS技术发展实现从跟跑到并跑再到领跑的跨越。

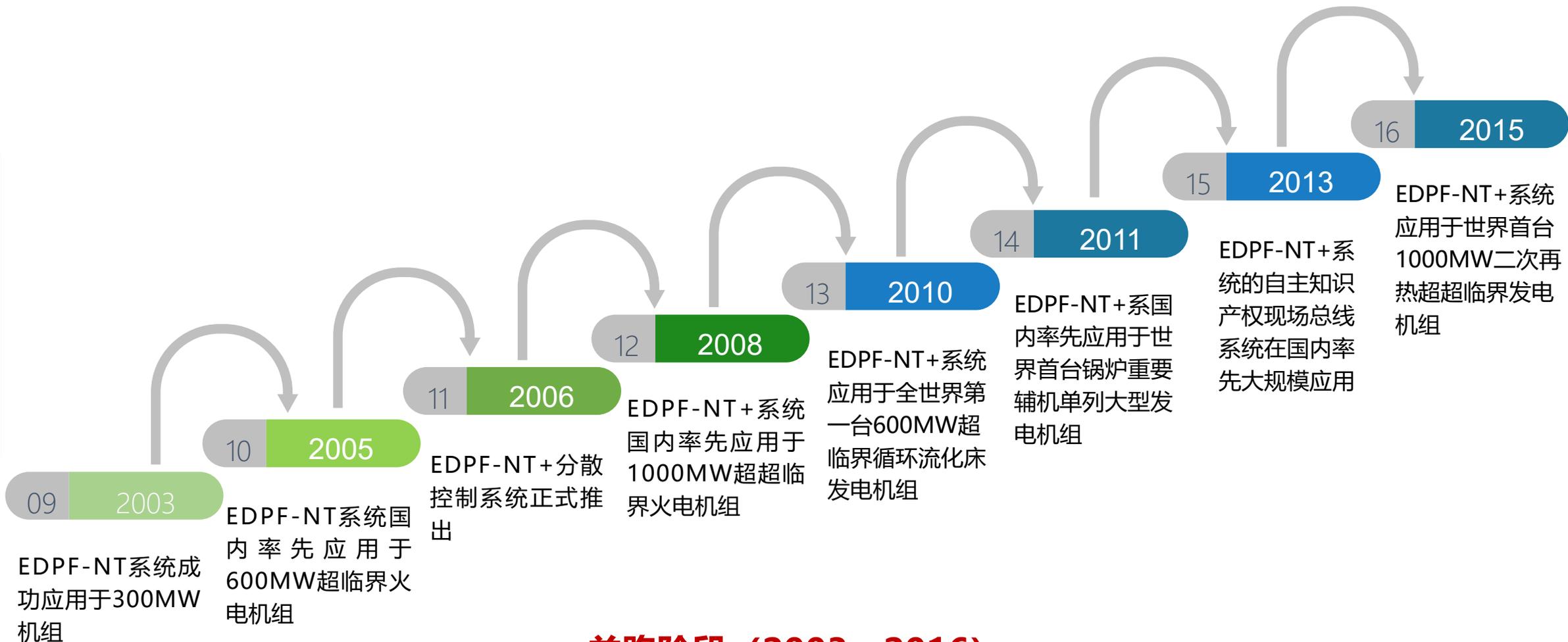
# 国产自主DCS发展历程-- (以国电智深DCS产品为例)

国电智深长期致力于（重大技术装备）大型自动化控制系统的研发、设计、制造与工程应用，其前身是原电力工业部电力科学研究院电厂自动化所，具有丰富的研发和工程经验，可为电力、清洁能源、化工、煤矿、市政等领域提供自动化工程全生命周期整体解决方案，是国内领先的工业自动化产品、技术和服务供应商。



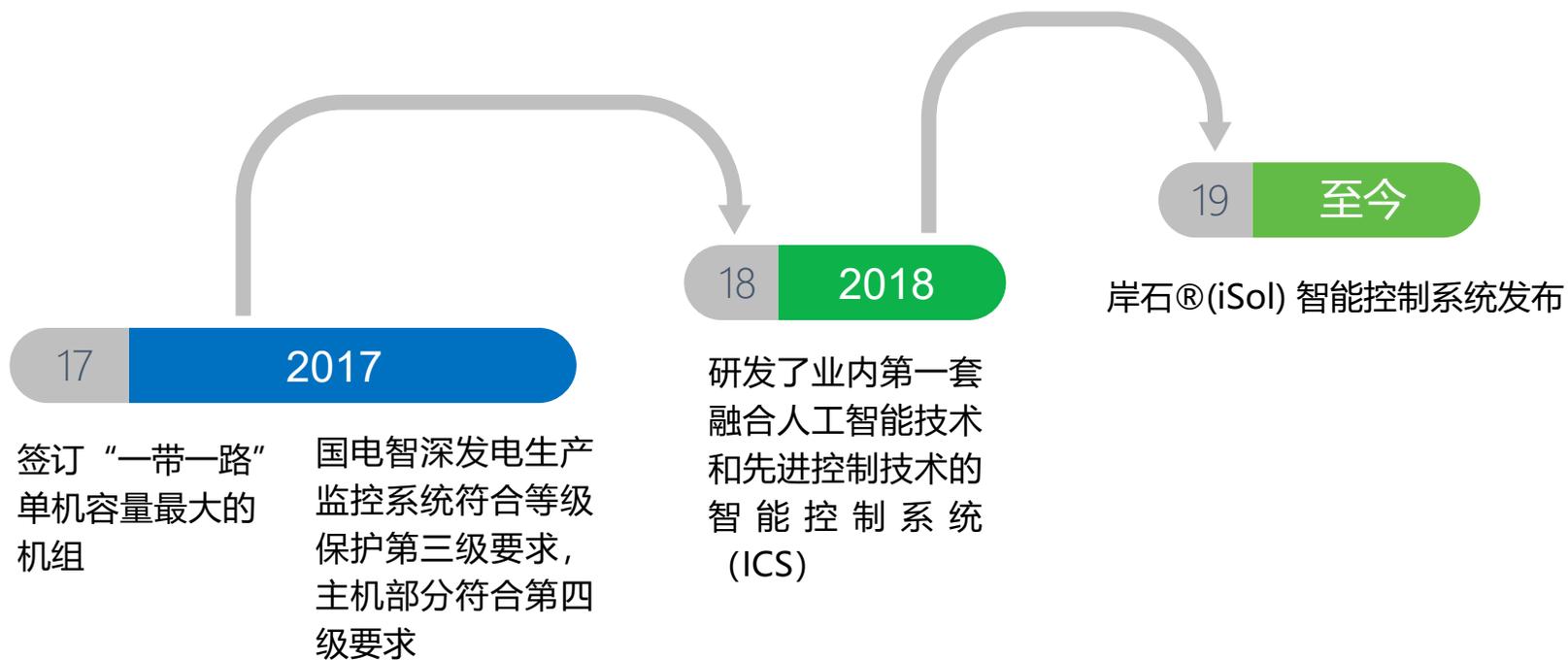
**探索、跟跑阶段 (1964 ~ 2002)**  
**潜心自主研发、自主控制系统不断迭代、完善**

# 国产自主DCS--EDPF NT系统



**并跑阶段 (2003 ~ 2016)**  
**300MW-1000MW火电机组广泛应用**

# 国产自主DCS--EDPF NT系统



**领跑阶段 (2017 ~ 现在)**  
**DCS信息安全平台、岸石智能控制系统 (ICS) 率先推出**

# EDPF NT系统-应用情况

国电智深具有完全自主产权、进入国际先进行列的EDPF系列控制系统产品和技术，广泛应用于**电力、清洁能源、化工、煤矿、市政**等领域。其中，涉及电力装机容量累计达**2.5亿**千瓦。



大型火电机组DCS市场份额占比约22%，具有重要的市场影响力。



国家能源集团  
CHN ENERGY

Part **2**

**ICS**

2-1 工业控制智能化需求

2-2 ICS系统概况

2-3 ICS应用效果



1

2016年2月国家发改委发布了《关于推进“互联网+”智慧能源发展的指导意见》，明确指出促进能源和信息深度融合。



2

智能发电的核心是第四次工业革命大背景下发电技术的转型革命，2014年，我国相继提出了“中国制造2025”。2018年，出台《国家智能制造标准体系建设指南》。



3

当前，国内各发电集团均在积极开展智能发电、智慧企业建设。



保证生产  
安全、稳定  
运行

## 硬件平台 升级

高性能服务器 (微型集群架构, 高强度数据挖掘计算)  
高性能控制器 (运算性能提升10倍)  
高级应用服务网 (千兆网络实现海量历史数据传输)

## 软件环境 升级

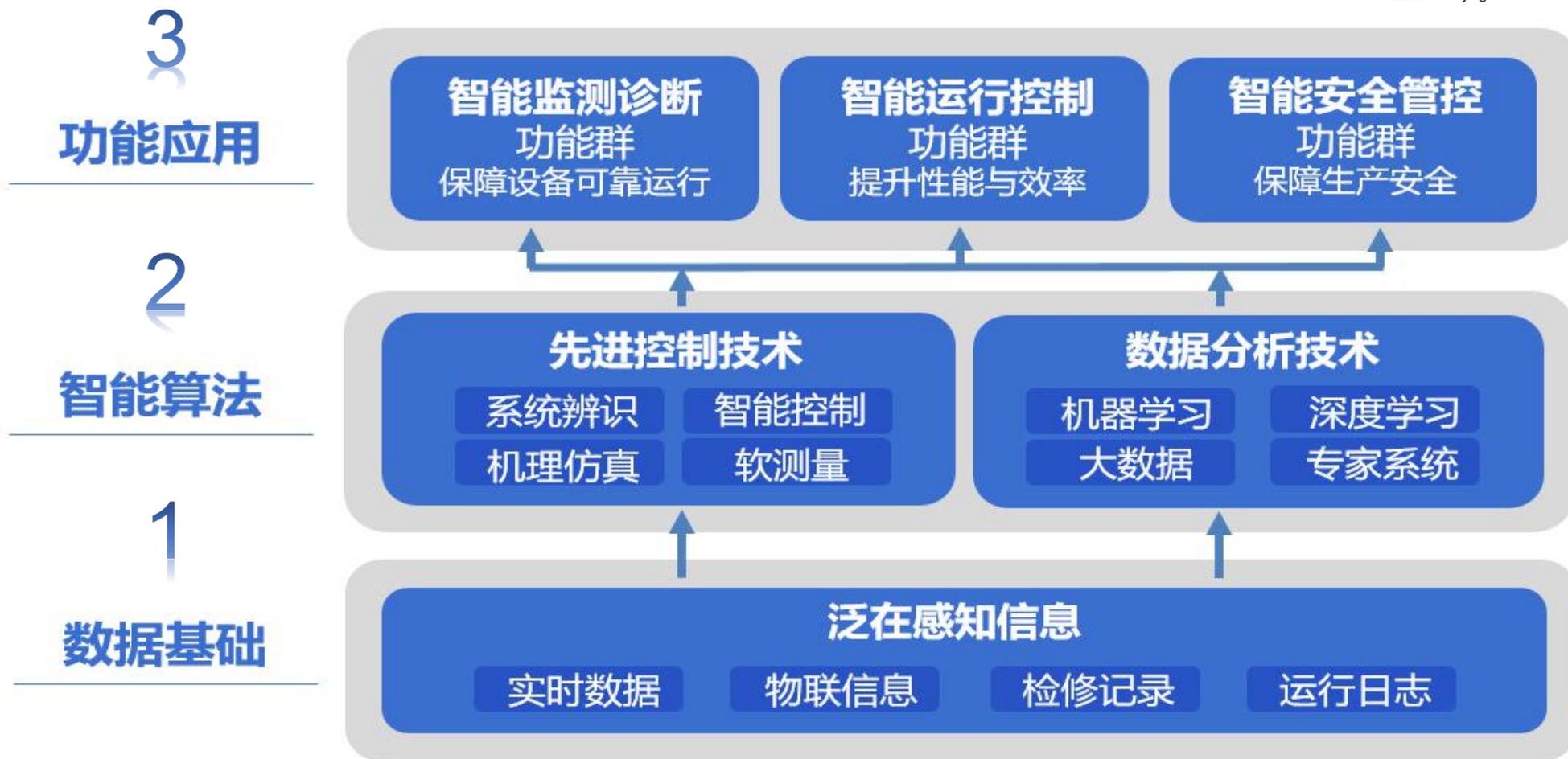
能效分析计算环境 (机理分析算法>50种)  
智能算法运行环境 (人工智能算法>20种)  
数据模型训练环境 (数据一键抽取、清洗、训练)

## 数据库系 统升级

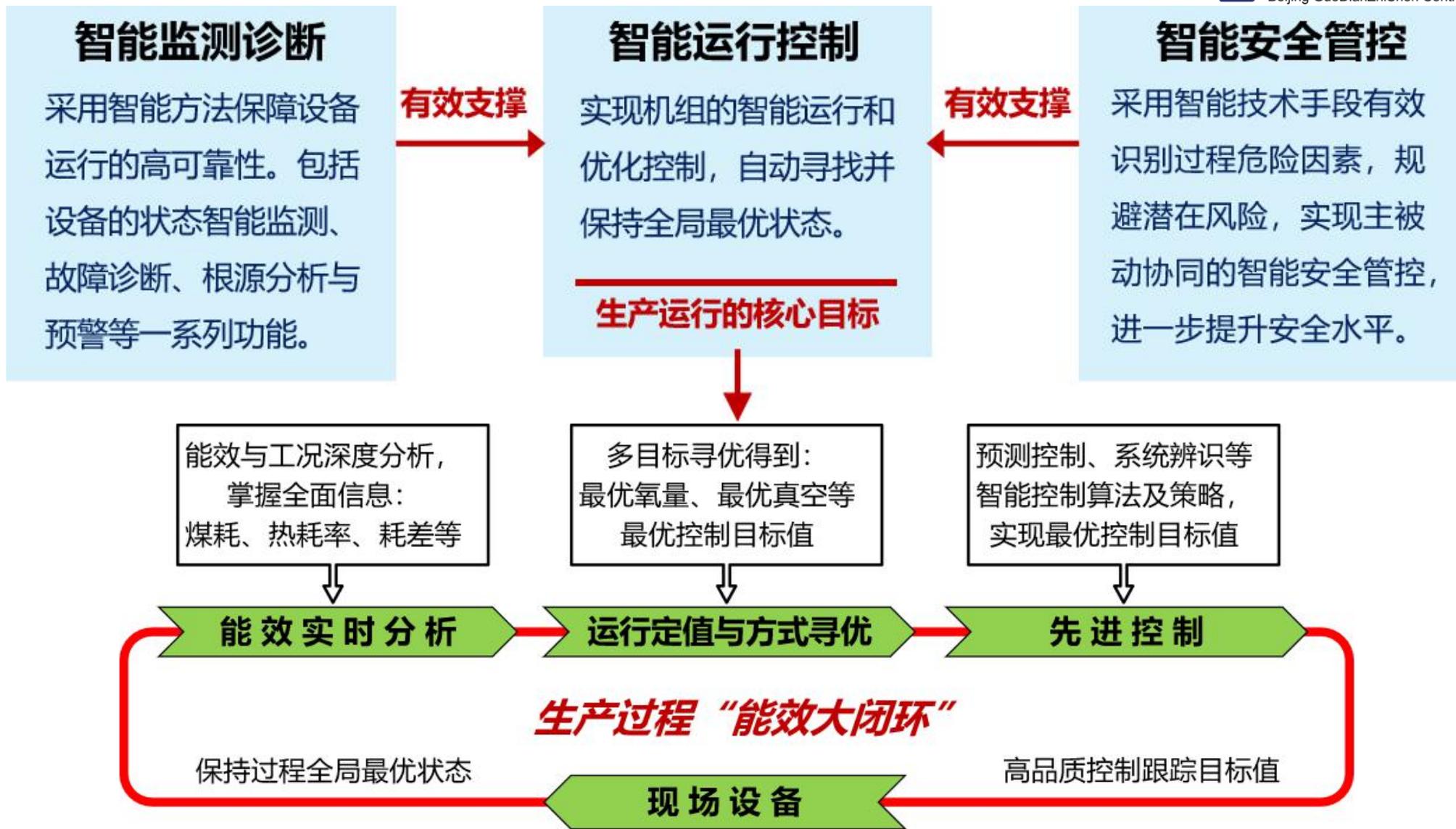
数据高速调用 (百万级别实时读取和写入)  
高级压缩与索引 (分布式架构, 存储规模扩大10倍+, 检索速度提升20倍)



高性能控制  
高效率运行  
超前感知  
主动干预

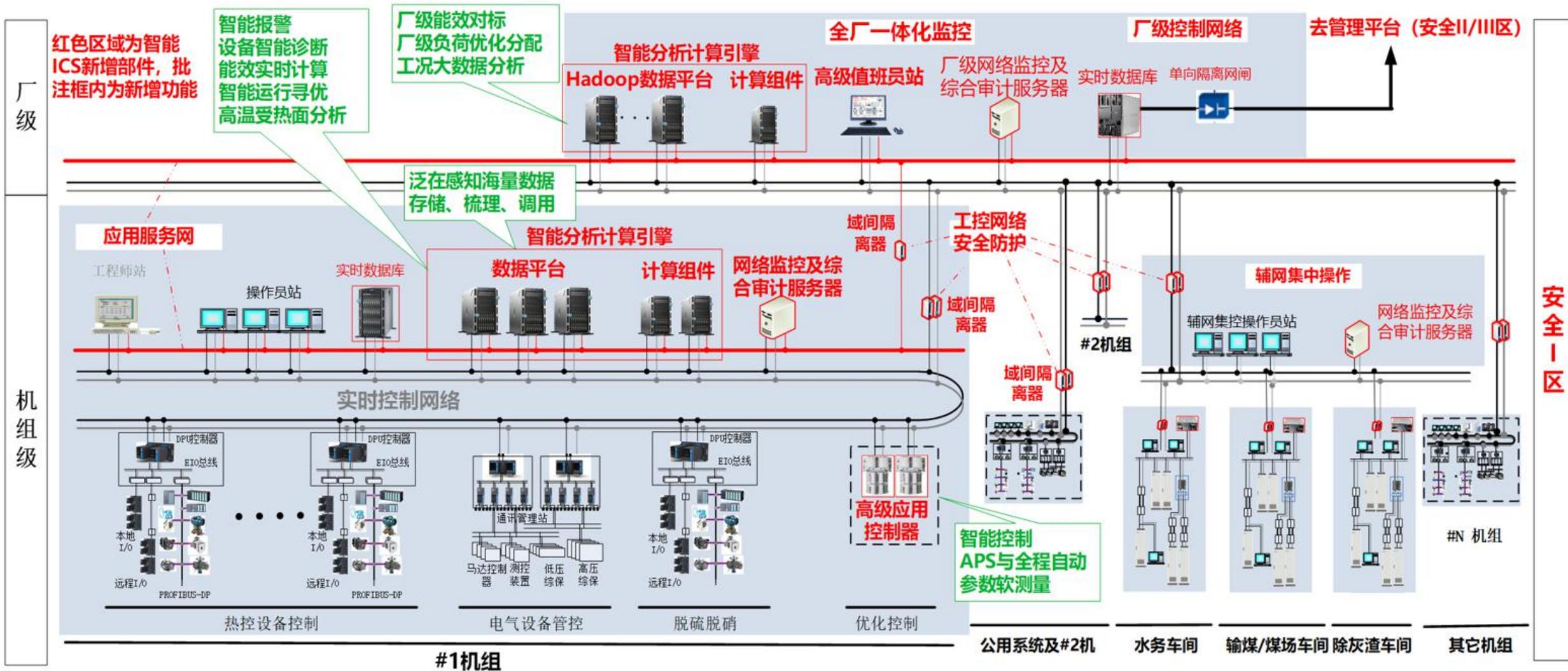


**一套全集成数据、两大技术引擎、三大功能群组**



# ICS系统概况--网络架构

## 智深公司岸石®(iSol)智能控制系统架构



## 岸石<sup>®</sup>智能控制系统

深耕数据 激发智能  
畅通协同 共创价值



# ICS系统概况--功能特点

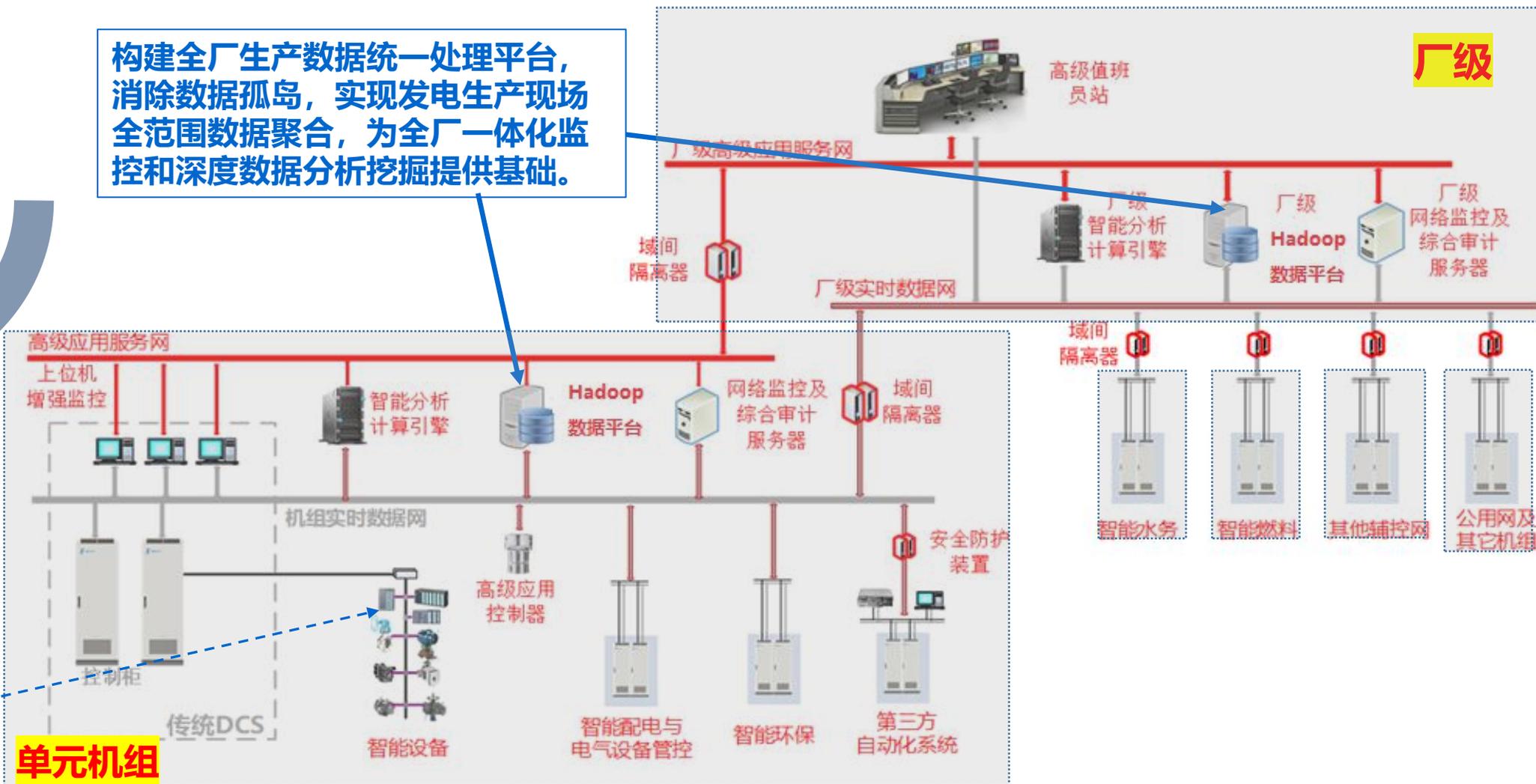
01

生产信息  
全集成

泛在感知

构建全厂生产数据统一处理平台，  
消除数据孤岛，实现发电生产现场  
全范围数据聚合，为全厂一体化监  
控和深度数据分析挖掘提供基础。

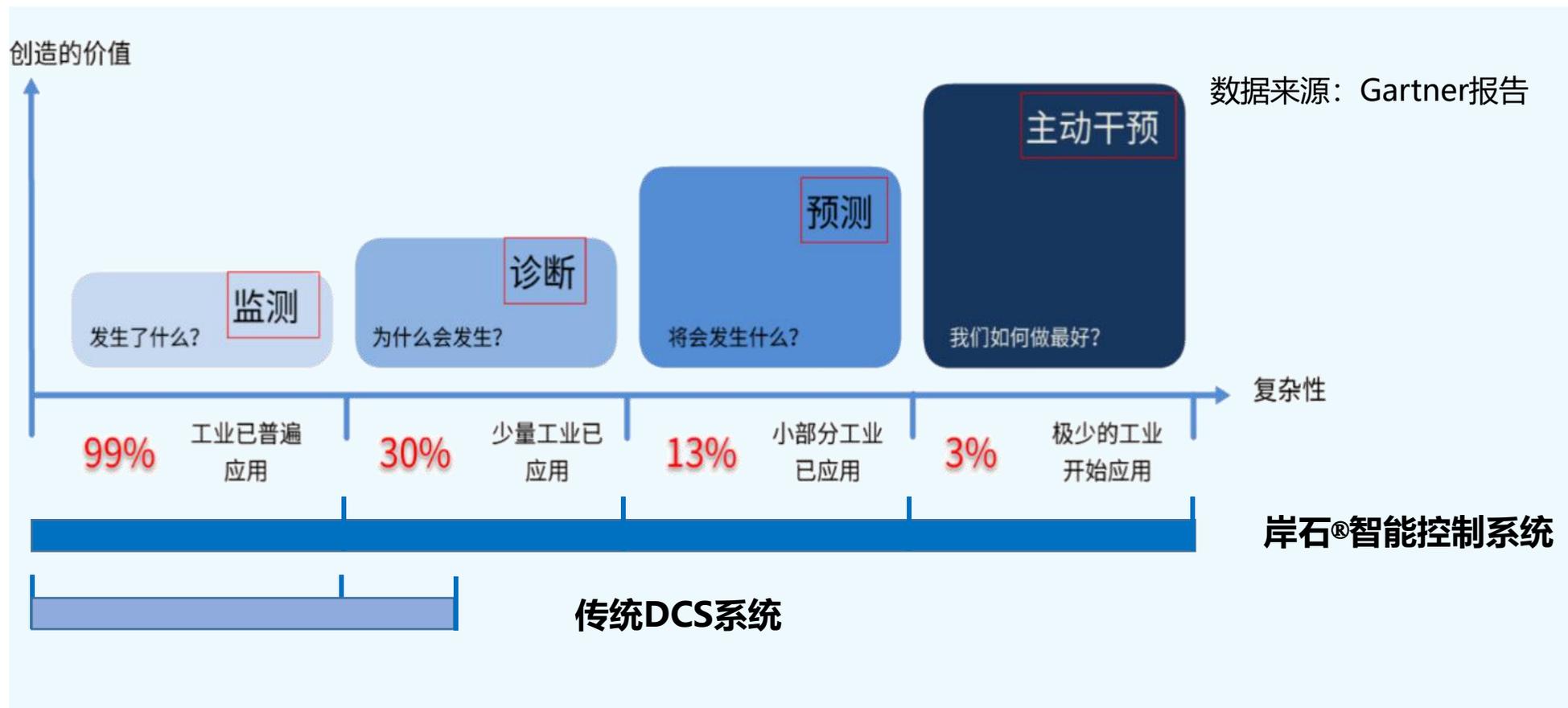
现场总线设备、  
智能设备接入，  
实现泛在物联、  
泛在感知。



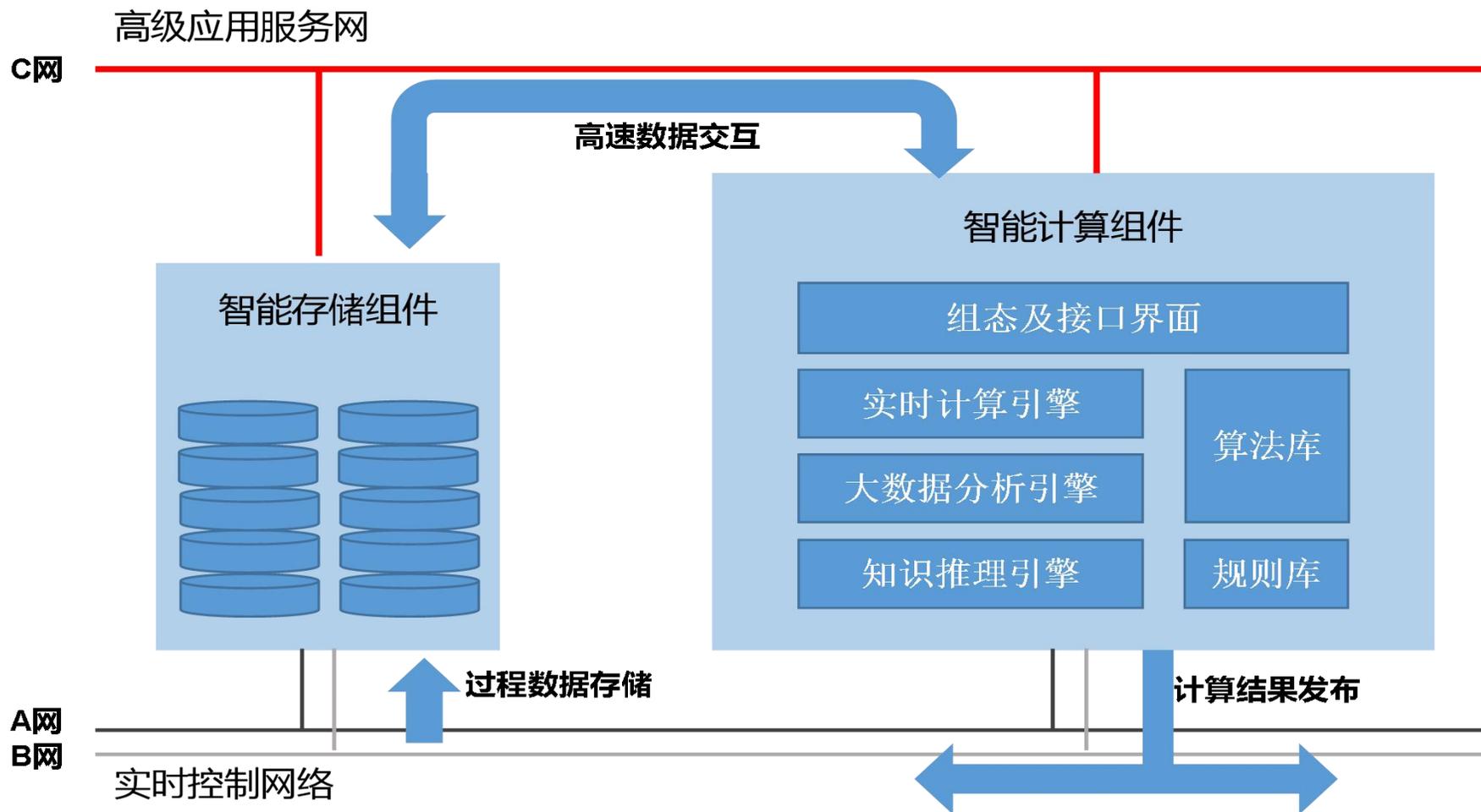
首次将大数据分析技术融入控制系统，实现人工智能与生产运行控制紧密融合。

## 深度分析

工业大数据  
分析环境



# ICS系统概况--功能特点



- 提升机组运行能见度
- 提升运行数据价值
- 支撑全流程优化运行

岸石<sup>®</sup>智能控制系统工业大数据分析环境

# ICS系统概况--功能特点

丰富的先进控制、运行优化算法，包括软测量算法库、性能计算算法库、运行优化算法库和智能控制算法库，可以实现智能控制和全程自趋优运行。

## 智能算法群

提供组态、调试、运行环境

## 实时组态计算引擎

提供数据基础

## 生产实时数据

广义预测控制

能效分析算法

自抗扰控制

运行优化算法

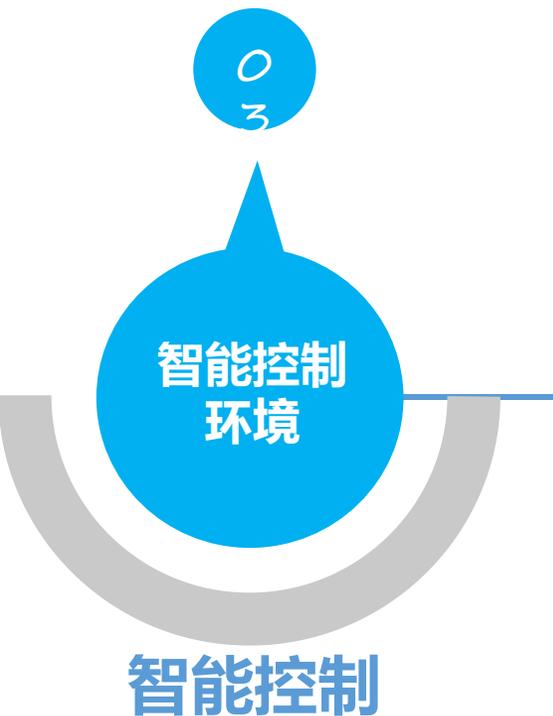
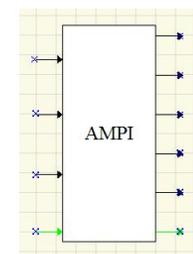
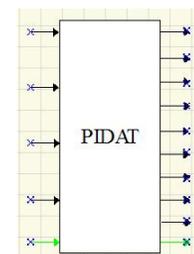
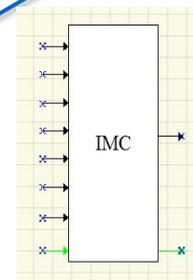
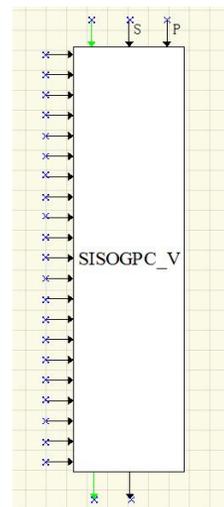
状态观测器

统计计算算法

系统辨识算法

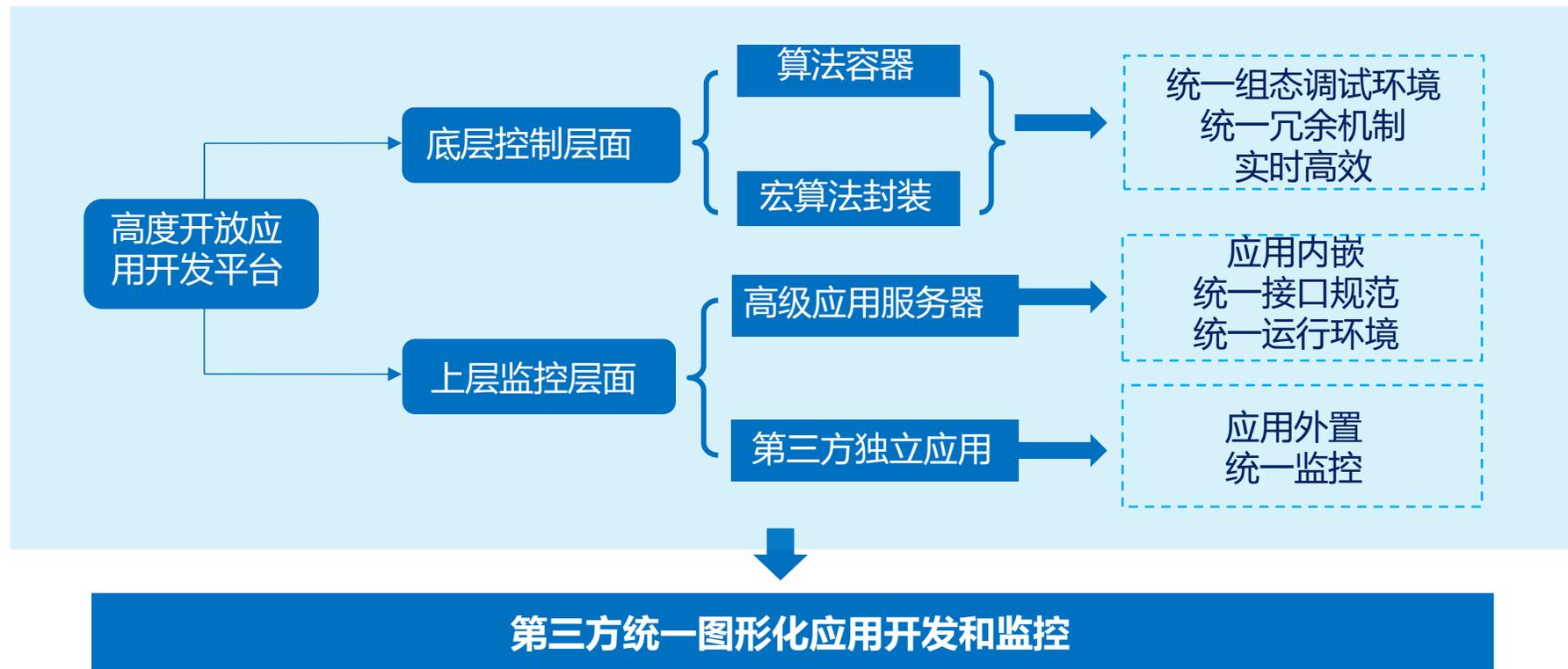
软测量算法

系统内置先进控制、运行优化算法



## 协同开放

高度开放  
应用开发环境



使第三方专注于其专业技术核心功能的实现，并充分保护其知识产权，推动先进技术研究的良好发展。

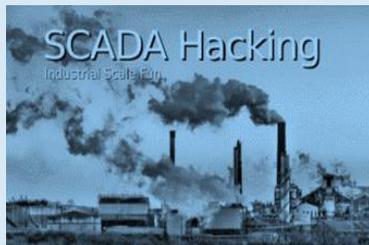
# 3 工控网络信息安全技术



伊朗震网病毒  
安全事件



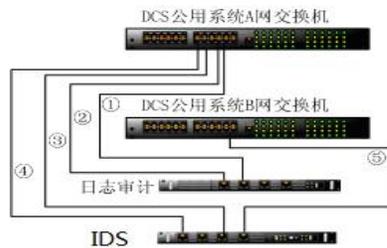
委内瑞拉停电  
事件



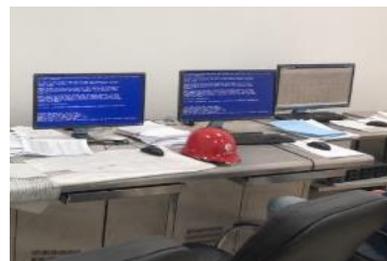
挪威铝业勒索  
病毒

- 2019年《信息安全技术网络安全等级保护》2.0系列国标
- 2016年《中华人民共和国网络安全法》颁布
- 2015年能源局36号文《关于印发电力监控系统安全防护总体方案等安全防护方案和评估规范的通知》
- 2014年发改委第14号令《电力监控系统安全防护规定》
- 电力行业等保测评系列标准
- 2005年电监会5号令《电力二次系统安全防护规定》

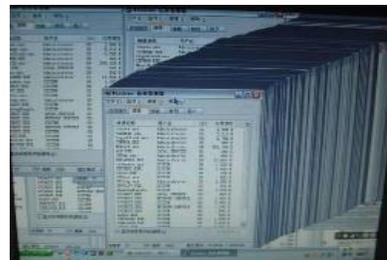
## 检查及整改



接入审计导致跳机



操作站死机



软件不兼容

- 重边界、轻内网，纵深防御能力不足
- 多层次安全防护和毫秒级实时监控不平衡问题
- 缺少自主知识产权的发电控制系统安全防护体系



- 自研开发，具有完整的方案，完全可控
- 跨平台，同时支持Windows和Linux
- 可按需设置，实现从内核到边界，从主机到网络的主动管控
- 系统整体通过公安部“等保三级”认证，其中主机安全防护达到“等保四级”
- 该成果适用于各自动化控制领域，已有数十个应用业绩

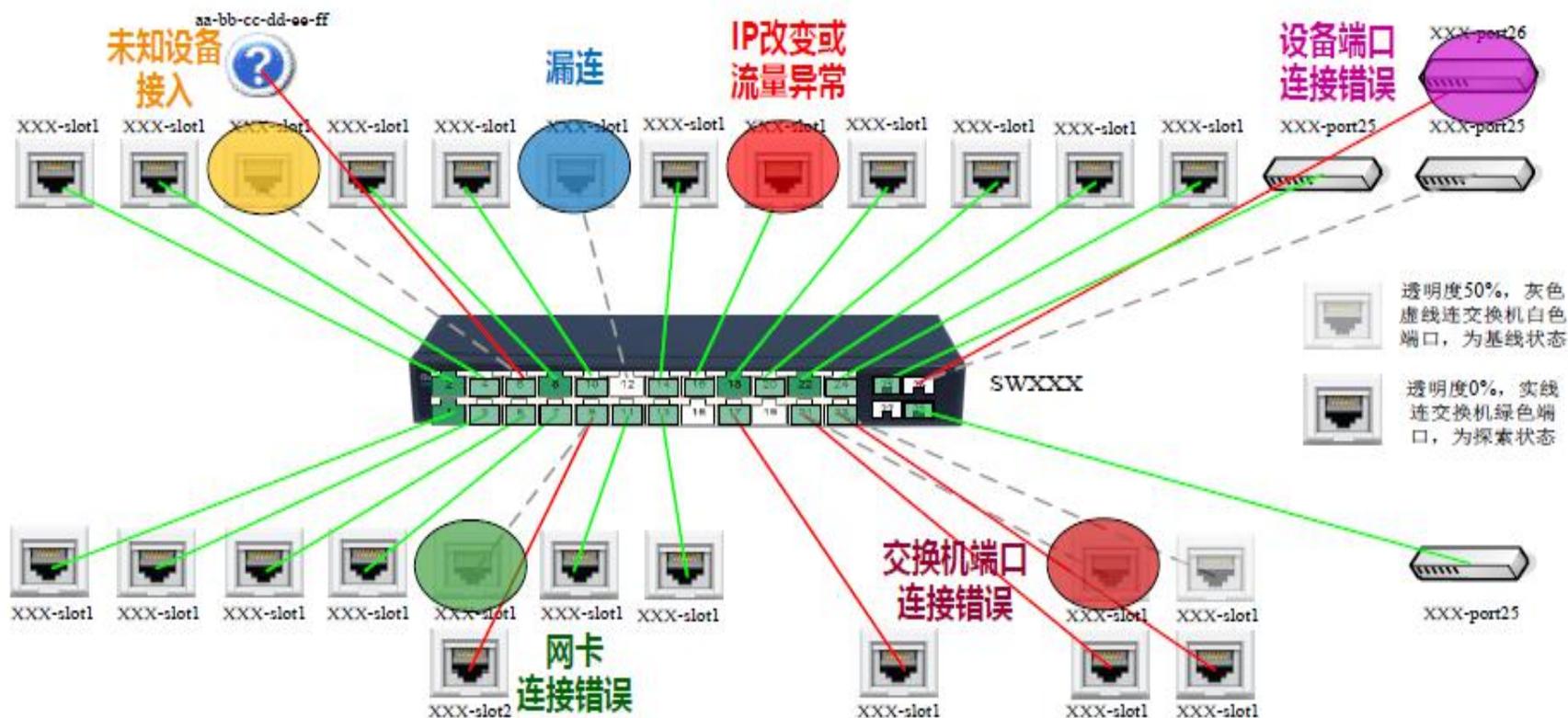
# 工控安全关键技术-基于可信度量的windows主机加固软件

- 采用可信计算和白名单管控技术，对文件加载执行的监控，抵御主机应用层攻击。
- 提出基于可信的自动免疫技术，将主机加固策略与工控系统业务应用进行一体化融合，达到电力信息安全等级保护三级要求。



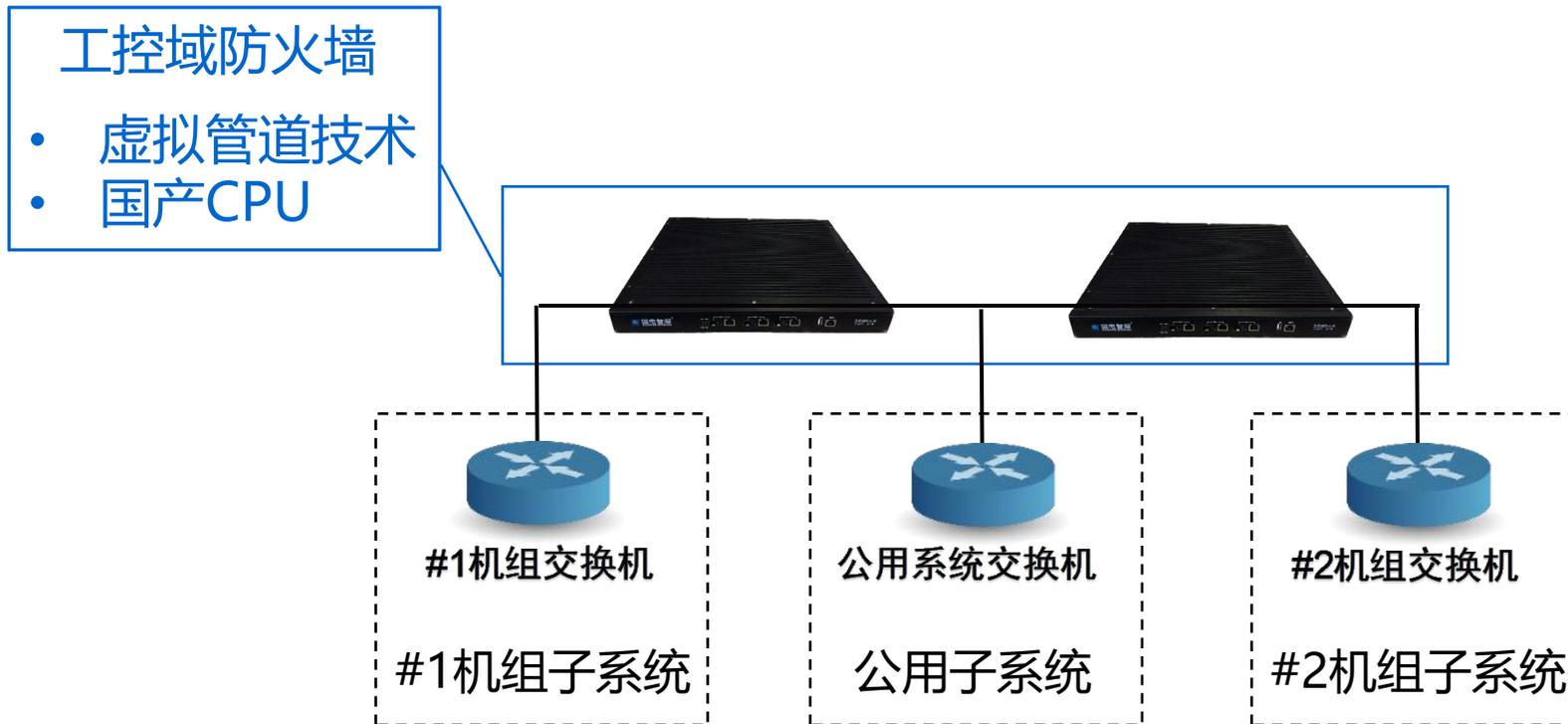
主机加固功能设计图

- 提出了工控网络基线概念，结合网络拓扑技术，实现了网络物理结构和节点状态的直观展示。
- 异常节点自动处理，实现主动防御。



网管平台交换机视角效果图

- 基于虚拟管道技术，开发了更适用于工控系统柔性域间隔离的工控域防火墙。
- 提出白名单VLAN安全隔离机制，通过建立上下行策略非对称的网络通路，实现多个工控子系统间实时数据流的高细粒度管控。



子系统间隔离技术示意图



工控系统的自主可控已越来越得到国家的高度重视，只有自主可控，才能保障能源安全 and 经济运行安全。

谢谢大家！