

关注自动化产业发展的先行者

Automation Panorama

# 自动化博览

2021年05期  
第38卷 总第335期

中国自动化学会 主办

邮发代号：82-466

国内统一刊号：CN11-2516/TP

工业通讯 | 智能装备



## 西门子： 打造领先的工业 边缘生态圈

借助西门子及其边缘生态系统所提供的强力支持，企业和开发者更可将自己的专业知识转化为真正的价值，而客户则能够轻松找出应对生产难题的解决方案。

ISSN 1003-0492



9 771003 049211

定价：人民币 ¥50 月刊



控制网 (www.kongzhi.net)  
&《自动化博览》



工业控制系统信息安全产业联盟



智能制造推进合作创新联盟



边缘计算产业联盟



畅通无阻，永不停歇。



ABB传动官方微信信号

自来水和污水处理厂面临着有效管理漏水和水压，优化水泵性能，提升饮用水质量，降低能耗和二氧化碳排放，降低维护成本等众多挑战。ACQ580水和污水处理行业专用变频器是ABB传动产品家族成员。ACQ580可确保水泵系统以更佳的方式运营，从而降低能耗支出。ACQ580广泛用于水和污水处理行业中，如处理厂，泵站，海水淡化厂，工业废水设施和灌溉。

欲了解更多，请登录[www.abb.com.cn/drives](http://www.abb.com.cn/drives)

**ABB**

# 2021年工业安全系统典型应用案例

## 征集令

为贯彻《工业控制系统信息安全防护指南》、落实“十四五”规划纲要“统筹发展和安全”等政策要求，充分发挥先进典型的引领示范作用，加快提升工业互联网安全防护能力，强化工业互联网安全综合保障能力，进一步推动我国工业安全产业高质量发展，工业控制系统信息安全产业联盟举办2021年工业安全系统典型应用案例征集活动。

### 一、征集范围

广泛征集工业安全系统在电力、水利、钢铁、冶金、石油化工、轨道交通、装备制造、烟草、市政、电子信息、航空航天、医疗、智能制造、智慧城市等行业、领域的典型应用案例、创新解决方案、亟需解决的难点与痛点问题。

建议申报方向：

- 工业控制系统安全
- 工业大数据安全及工业物联网泛终端安全
- IT与OT融合安全
- 5G技术、密码技术与网络安全
- 工业互联网安全
- 区块链安全
- 人工智能安全
- 工业多接入边缘计算（MEC）安全
- 安全态势感知与漏洞分析
- 安全攻防技术与应急响应
- 安全运营与安全测评
- 其他

### 二、征集时间

2021年5月20日~7月30日。

### 三、申报要求

1.申报单位。申报单位包括但不限于工业企业、制造企业、信息技术企业、运营商、设备商、新型网络方案集成商、科研院所等，应在中华人民共和国境内注册，具备独立法人资格（多家单位共同实施的，可联合申报，但最多不超过3家），具有较好的经济实力、技术研发和融合创新能力。

2.项目效益。申报项目建设成效显著、转型升级效益突出、带动效应明显，在技术上具有先进性，在应用上具有新业务、新模式、新业态等创新点，在收益上能创造量化的经济效益或社会效益，能解决行业共性问题，具有可复制性和推广价值。

### 四、材料提交

1.申报材料要求：包括申报书、证明文件和其他相关材料，描述详实、重点突出、表述准确、逻辑性强、具有较强可读性（尽可能结合图、表等形式），包括实践内容、理论剖析等。申报单位需保证案例真实、准确，一经发现虚假信息将取消申报资格。材料需反映申报单位的工业安全系统典型的实践经验和创新模式。

2.申报流程：请下载并填写附件“2021年工业安全系统典型应用案例申报表”，字数为2500~4000字。申报材料电子版请发送至邮箱ICSISIA@kongzhi.net，邮件主题请按“XXX单位-工业安全系统典型应用案例”格式填写。



扫描二维码，下载申报表格

### 联系方式

联系人：胡先芬 13910563232

赵亚楠 18811216169

邮 箱：ICSISIA@kongzhi.net

孙 凝 13910146695

姚 宏 15002160856



## 更薄, 更快, 更稳

新一代FL SWITCH 1000非管理型交换机

- ✓ 超薄式设计, 更加节省柜内空间。
- ✓ 全新一代硬件平台, 处理速度更快。
- ✓ PROFINET、EtherNet/IP等工业以太网协议传输效率更高。
- ✓ 一体化工业级设计, 抗干扰性能更高, 工业环境应用更稳定。
- ✓ 更灵活方便的DIN导轨适配器、PT直插接线, 安装、接线更方便。



扫描关注官方微信

# 菲尼克斯电气

更多信息请访问 [www.phoenixcontact.com.cn](http://www.phoenixcontact.com.cn), 或致电技术热线400-828-1555

**PHOENIX CONTACT**  
INSPIRING INNOVATIONS



## 智能制造 装备先行

当前，智能装备已形成了完善的产业链，包括关键基础零部件、智能化高端装备、智能测控装备和重大集成装备等环节。

制造业作为中国经济的“压舱石”，是立国之本、强国之基。智能制造是新一代信息技术与先进制造技术深度融合的产物，贯穿于设计、生产、管理、服务等制造活动各个环节，具有自感知、自决策、自执行、自适应、自学习等特征，旨在提高制造业质量、效益和核心竞争力的先进生产方式。当前，智能制造日益成为产业智能升级的关键支撑，它也因此肩负着我国核心科技创新突破和制造业数字化转型升级，实现制造强国与网络强国的重要使命。

“十三五”以来，我国智能制造整体推进水平明显提升。制造业由数字化向智能化迈进，网络协同制造、大规模个性化定制、远程运维服务等新业态新模式不断涌现，人工智能、工业互联网、大数据、5G、区块链等新技术不断渗透，催生智能工厂加速构建。与此同时，制造业核心能力显著增强，关键技术装备和软件不断突破，工业机器人、3D打印、智能物流装备、工业软件等新兴产业快速增长。据统计，“十三五”期间，制造业供给能力不断提升，智能制造装备国内市场满足率超过50%。

“十四五”开局之年，智能制造按下加速键。《中华人民共和国国民经济和社会发展第十四个五年规划和2035年远景目标纲要》明确提出，深入实施智能制造和绿色制造工程，发展服务型制造新模式，推动制造业高端化、智能化、绿色化。近日，工业和信息化部发布了《“十四五”智能制造发展规划》，提出以工艺、装备为核心，以数据为基础，依托制造单元、车间、工厂、供应链和产业集群等载体，构建虚实融合、知识驱动、动态优化、安全高效的智能制造系统。

智能装备是智能制造的基础，是指具有感知、分析、推理、决策、控制功能的制造装备，它是先进制造技术、信息技术和智能技术的集成和深度融合，是高端装备制造业的重点发展方向，也是信息化与工业化深度融合的重要体现。当前，智能装备已形成了完善的产业链，包括关键基础零部件、智能化高端装备、智能测控装备和重大集成装备等环节。数据显示，2019年我国智能制造装备产值规模达17,776亿元，经预测，2021年我国智能制造装备产值规模将达22,650亿元，智能装备产业迎来新增长长期。

智能装备产业技术壁垒高、带动能力强，易于形成产业集群，可显著提升一个国家或地区的核心竞争力。近年来，在政策、技术、市场的强力推动下，中国智能装备产业发展势如破竹。

地区推进智能装备战略不断涌现。2021年4月，《成都市智能制造三年行动计划（2021-2023年）》正式发布。根据《行动计划》，成都将突破一批智能制造核心和共性技术，研发一批智能制造关键装备，培育一批智能制造关键装备及核心部件细分领域的单项冠军，智能制造装备产业规模突破500亿元。到2023年底，成都市智能制造发展基础和支撑能力显著增强，智能制造关键技术装备实现新突破，系统集成能力进一步增强。

智能装备不断进行技术演进。2021年4月，华中数控“华中9型新一代人工智能数控系统”产品正式发布，集成AI芯片，融合AI算法，实现数控系统的自主感知、自主学习、自主决策和自主执行，这是新一代人工智能技术与先进制造技术深度融合的典范，为数控机床智能化构筑开放平台，为先进制造的数字化、网络化和智能化开创路径。

智能装备产业是制造业的核心，是智能制造产业的基础，也是保障国家安全的战略性、基础性和全局性产业。大力培育和发展智能装备，有利于提升产业核心竞争力，促进实现制造过程的智能化和绿色化发展。AP



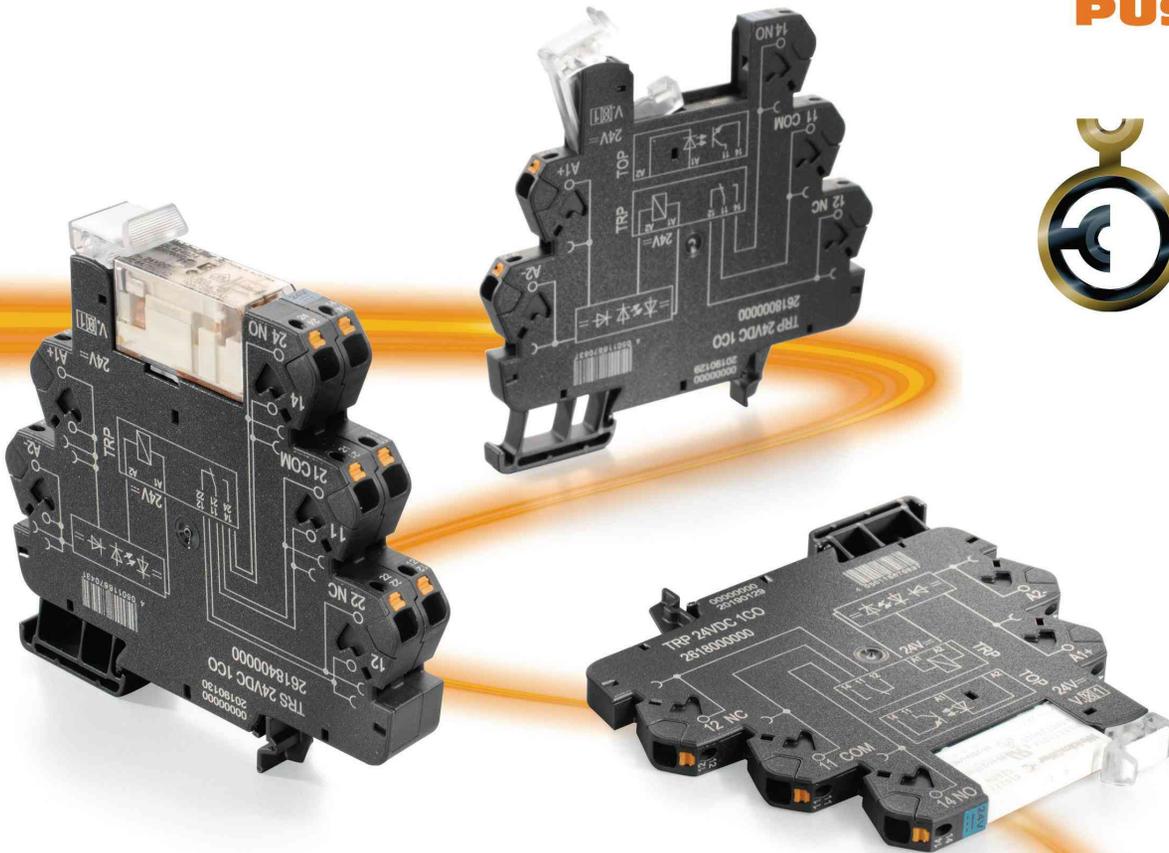
电子邮箱  
zhaoyanan@kongzhi.net

赵彦楠

**PUSH IN**



**GERMAN  
DESIGN  
AWARD  
WINNER  
2020**



## 魏德米勒TERM系列直插式超薄继电器

Let's connect. 携手·共赢

TERM系列直插式联接，使用彩色推钮避免接线错误，显著优化了接线时间。通过搭配横联件实现底座可以联接到每个电位。

- 超薄外观，6mm与12mm两种规格，节省机柜空间
- 通过集成测试孔来简化操作过程中的维护与故障诊断
- 1组转换触点(6A或16A)或2组转换触点(8A)
- 可选触点：AgNi，AgNi+Au，AgSnO<sub>2</sub>以及AgSnO<sub>2</sub>+W
- 符合多种认证和标准：CE、cURus、DNV-GL、RoHS
- 荣获2020年度德国设计大奖

扫一扫  
关注魏德米勒官方微信



Let's connect.

扫一扫  
关注魏德米勒抖音



魏德米勒电联接(上海)有限公司  
电话: 86 21-22195008  
官网: [www.weidmueller.com.cn](http://www.weidmueller.com.cn)

**Weidmüller**

# CONTENTS

2021.05 总第335期

Automation Panorama  
**自动化博览**



## 32

聚集·工业通讯

流程行业工业通讯  
技术发展趋势

## 视野 | Vision

[新闻]

2 短讯·图片新闻·行业新闻

## 业界 | Industry

8 创新 融合，共建数字新生态——领袖企业推动中国  
(新型工业化进程) 高层论坛

16 数据驱动安全，智能成就未来——2021工业安全大会  
在京召开

## 特写 | Feature

[封面故事]

20 西门子：打造领先的工业边缘生态圈 卫岳歌

[访谈]

24 施耐德电气：EcoStruxure™开放自动化平台，开启数  
字工业新未来

## 聚焦 | Focus

[工业通讯]

26 虹科电子：以创新技术加速企业数字化转型

28 贝加莱：工业通信开放生态系统积极推动者

30 力控元通：打造端边云一体化解决方案

32 流程行业工业通讯技术发展趋势 张晓刚

34 砥砺前行20年，不负韶华在智制 张蓉

36 无线Wi-Fi技术在工业通讯中面临的挑战 张晗宜

[智能装备]

38 面向电梯大批量个性化定制的自适应可重构生产  
系统 中国科学院沈阳自动化研究所

41 华中9型新一代人工智能数控系统助力中国机床  
“开道超车” 武汉华中数控股份有限公司

44 EcoStruxure助力OEM企业突围数字化时代  
施耐德电气(中国)有限公司

46 FANUC机器人汽车铝压铸件自动研磨系统  
吕苗苗

49 高效装配的质量守护者——堡盟OX200多功能轮  
廓传感器在装配工件检测中的应用

堡盟电子(上海)有限公司

## 专栏 | Column

[CAA 60 传承科学家精神]

50 传承科学家精神——我国自动化科学技术开拓者  
之一，两院院士陆元九

## 26

聚集·工业通讯

虹科电子：以创新技术加速企业数字化转型





希望森兰 · 节能中国 · 传动世界 · 伙伴天下

## SB71 系列防尘变频器

电压等级：三相 400V级；功率范围：15kW ~ 355kW

- 集成高精度转子磁场定向矢量控制算法，具有290%的瞬时转矩控制能力；
- 独创的多模式PLC运行功能，特别适合管桩制造、工业洗涤设备应用；
- 强大的过程PID功能：两套参数、多种参数过渡方式，多种修正模式；
- 适用的多段速功能：提供编码、直接、叠加和个数选择方式，特别适合暖通行业应用；
- 具有强大的用户可编程模块，灵活满足客户需求；
- 独立散热风道，主器件腔体、接线腔体均为密闭腔体，具有IP50防护等级，可应用于高粉尘，多纤维场合；
- 产品开盖快捷，接线方便；
- 免工具拆卸进风口滤网，易于清理散热风道。

希望森兰科技股份有限公司  
[www.chinavvfv.com](http://www.chinavvfv.com)

地址：四川省成都市西航港经济开发区空港二路二段1599号  
服务热线：028-85964751 市场热线：028-85960127  
传真：028-85962488 Email: markd@chinavvfv.com  
邮编：610207

全国统一服务热线：400-619-6968



希望森兰  
节能中国·传动世界

# CONTENTS

2021.05 总第335期

Automation Panorama  
自动化博览

## 16 业界

数据驱动安全，智能成就未来——2021工业安全大会在京召开



### [边缘计算]

- 54 基于 MQTT 技术云边协同协议的设计  
谢峰 王松林

### [智能制造]

- 60 新智能制造技术应用系列  
第二讲 基于PROFINET通信的PLC与驱动器数据交互  
周庆红 李方园

### [智能交通]

- 64 一种实现地铁AFC系统二维码乘车统一处理方法的研究与应用  
杨小彦 岳真  
70 轨道交通自动售检票线网管理中心方案设计  
宋伟 杨超

### [核电仪控]

- 74 核电DCS系统工厂测试与现场调试逻辑功能验证方案对比分析和研究  
郭旭东 齐敏 宋玉霞  
78 核电DCS物项替代的一种方法研究  
周海 王春伟 周立群 王宝伟  
82 基于非安全级DCS通讯站中链路参数设置分析及研究  
迟宗岭  
88 基于数据可视化的DCS系统日志分析方法研究及应用  
康昭旭

### [数字化电厂]

- 94 基于大数据分析技术的工况寻优系统在燃气电厂的应用  
高岩 成涛 柳泓羽 崔国东

### [智慧系统解决方案]

- 98 高铁下锚补偿装置在线云平台监控系统  
蓝色慧通(北京)科技集团有限公司

## 技术纵横 | Technology

- 100 海外柴油机发电站控制系统设计  
任林 常峥嵘  
104 棒控系统电流故障典型案例分析  
姚伟 彭磊  
108 原水预处理系统全过程智控运行的研究与应用  
陈海文 胡孟文 黄月丽 石磊箭 徐龙魏  
沈陈涛 应润玥 陈斌  
113 工业互联网安全发展成效及思路探讨  
李姗 杜霖 李文  
120 煤粉锅炉负荷控制与燃烧优化技术研究与应用  
张国民 王彦飞 李金  
124 服务器运维和巡检工作之我见  
郑邦甲

# 堡盟 OM70 Ethernet 高性能激光测距传感器



## 优势一览：

- 亚微米级重复精度
- 0.06% 的低线性误差
- 测量结果不受被测物颜色影响
- Ethernet 接口，易于集成

## 性能特点：

- 三角测量原理，测量范围 40-1350mm
- 点激光和线激光类型
- 所有状态及过程数据可视化
- 测量结果稳定，抗环境光干扰性能极佳

## 堡盟电子(上海)有限公司

上海市松江区民强路 1525 号 (申田高科园) 11 幢 (201612)

电话: 021 6768 7095 传真: 021 6768 7098

邮箱: sales.cn@baumer.com

网站: www.baumer.com



官方微信

# Automation Panorama 自动化博览 Zi Dong Hua Bo Lan

创刊于1983

中国学术期刊综合评价数据库统计源期刊  
《中国核心期刊(遴选)数据库》收录期刊  
首届《CAJ-CD规范》执行优秀期刊



主管单位 中国科学技术协会  
主办单位 中国自动化学会  
出版单位 《自动化博览》杂志社  
网络媒体 控制网 (www.kongzhi.net)

顾 问	宋 健	戴汝为	吴 澄	吴启迪		
	吴宏鑫	陈翰馥	郭 雷			
编 委	(按姓氏笔划为序)					
	王庆林	孙柏林	孙彦广	孙自强	毕英杰	刘 鑫
	李少远	李永东	李光华	李 勤	欧阳劲松	杜品圣
	罗 安	周东华	陈兴强	陈明海	侯子良	贾 磊
	徐殿国	黄步余	郭雨春	彭 瑜	董景辰	

名誉主编 戴汝为 (中国科学院院士)  
社 长 石红芳  
执行主编 宋慧欣  
执行副主编 顾 硕  
编 辑 曹银平 顾悦明 赵亚楠 姚宏  
商务部总监 胡先芬  
读服部总监 孙 凝  
编辑部 bjb@kongzhi.net  
服务部 service@kongzhi.net

定 价: 50.00元  
国内发行: 北京市报刊发行局  
邮发代号: 82-466  
订 阅: 全国各地邮局或本刊发行部  
国外总发行: 中国国际图书贸易总公司  
国外邮发代号: BM3241  
刊 号: ISSN 1003-0492  
CN11-2516/TP  
广告许可证: 京海工商广字0092号

地 址: 北京市海淀区上地十街辉煌国际5号楼1416室  
邮政编码: 100085  
电 话: (010) 62669087

### 谨致作者

敬请本刊作者允诺: 稿件中没有侵犯他人著作权或其他权利的内容; 投寄给本刊的稿件(论文、图表、照片等)自发表之日起, 其专有出版权和网络传播权即授予本刊, 并许可本刊在本刊网站或本刊授权的网站上传播。对于上述合作条件若有异议者, 烦请来稿时申明; 未作申明者, 本刊将视为同意。谢谢合作, 并致诚挚敬意。

本刊刊载文章之内容, 纯属作者个人观点, 与本刊立场无关。  
版权所有, 未经本刊同意, 不得转载。



## 恩智浦LS1028A工业应用处理器支持 CC-Link IETSN

恩智浦(NXP)宣布集成式时间敏感型网络(TSN)方案用于工业自动化并支持CC-Link IE TSN协议, 通过将千兆以太网带宽与TSN相结合, 增强工业以太网的时分通信的性能、安全性和功能性。



## CC-Link IETSN 实现「Connected Industries」的世界

CC-Link协会 中国支部

中国自动化学会集成自动化技术专业委员会控制与通信网络CC-Link IETSN工作组  
▶▶ [www.cc-linkchina.org.cn](http://www.cc-linkchina.org.cn)



访问公众号

DPharp **EJA**<sup>TM</sup>

# 全数字智能变送器

# 单晶硅谐振传感器

差压/压力测量精度	可达 $\pm 0.04\%$
长期稳定性	$\pm 0.1\text{URL}/10\text{年}$
最快响应时间	90ms
功能性安全	TÜV和EXIDA认证符合SIL2/SIL3
支持通讯协议	HART、BRAIN、FF、PROFIBUS



## ◆ DPharp数字传感

传感器技术领域的数字革命  
消除模数转换的误差，提高精度和响应速度。

## ▲ 多维稳定性

单晶硅双谐振梁，测量不受温度和静压的影响  
过压保护设计，更稳定更放心。

## ◆ 复合传感

同时测量差压/静压/传感器温度，减少设备配置数量。

## ◆ 有源传感

持续输出信号，迅速检测故障。

## ◆ 信号曲线表征

最高10段信号曲线表征，满足更多测量应用。



网址: [WWW.CYS.COM.CN](http://WWW.CYS.COM.CN)  
技术咨询: 023-63050263

重庆横河川仪有限公司  
YOKOGAWA SICHUAN

<b>A</b>	
ABB	封二、P2、P6、P8
艾默生	P5
<b>B</b>	
百通	P16、P36
堡盟	目录插页3、P7、P49
贝加莱	P28
倍福	P8
<b>C</b>	
CC-Link	目录页侧、P34
<b>E</b>	
Endress+Hauser	P5
<b>F</b>	
发那科	P46
菲尼克斯电气	扉二、P4、P8
<b>G</b>	
国泰网信	P16
广利核	P74、P78、P82、P88
<b>H</b>	
和利时	封底、P8、P16、P54
海得控制	P3
横河川仪	目录插页4
虹科电子	P16、P26
虹润	封三
华中数控	P41

<b>J</b>	
简网科技	P16
<b>L</b>	
蓝色慧通	P98
力控元通	P30
立思辰	P16
<b>S</b>	
360政企安全	P16
施耐德电气	P4、P24、P44
<b>T</b>	
台达   中达电通	P2、P6
<b>W</b>	
网御星云	P16
魏德米勒	目录插页1
<b>X</b>	
西门子	封面、P2、P3、P8、P20
希望森兰	目录插页2、P8
<b>Y</b>	
研华科技	P7
英威腾	P5、P32
优稳	目录插页1
宇电	扉三
<b>Z</b>	
中控	P4、P32

## 4月 幸运读者名单

郑国良	郑州机械研究所有限公司	王利民	汉能控股集团
高鹏超	北京易华录信息技术股份有限公司	柳青	京博农化科技股份有限公司
周利宇	无锡奥世莱科技有限公司	柴昊	中国航天科技集团有限公司
贺川	法雷奥汽车内部控制(深圳)有限公司	向江波	北京首钢自动化信息技术有限公司
李彦刚	中石化销售华中分公司	谈继勇	瀚维智能医疗

以上幸运读者是从参与有奖调查的读者中随机抽取,从本月起将获赠一年《自动化博览》杂志。若要成为幸运读者请填写读者反馈卡发送邮件至: [service@kongzhi.net](mailto:service@kongzhi.net)。

## 短讯

- 2021年5月7日，工业和信息化部办公厅发布《关于组织开展2021年新一代信息技术与制造业融合发展试点示范申报工作的通知》，围绕深化新一代信息技术与制造业融合发展，聚焦两化融合管理体系贯标、特色专业型工业互联网平台、工业信息安全能力提升、中德智能制造合作等方向，遴选一批试点示范项目，探索形成可复制、可推广的新业态和新模式，增强工业信息安全产业发展支撑，为制造业高质量发展注入新动能。
- 近日，西门子公司和谷歌云已签署合作协议，旨在将谷歌云的领先数据云和人工智能/机器学习技术与其工厂自动化解决方案相集成，使制造商能够协调其工厂数据，在该数据之上运行基于云的算法模型，并在网络上部署边缘算法，进一步优化工厂流程并提高车间生产速度。
- 安踏投资15亿建智能物流中心，该项目致力于打造中国鞋服行业自动化立体仓的标杆，将应用轻载堆垛机、多层穿梭车、机器人等先进的自动化物流设备，融入“货到人”“RFID”等先进物流技术，该项目建成后将全面提升安踏集团物流自动化和智能化水平及服务能力，物流整体效率将提升200%。
- 近日，ABB与日立建机签署备忘录，双方将一起探索ABB电气化、自动化和数字化解决方案在日立建机矿用卡车和挖掘机上的应用前景，帮助采矿运营商实现从矿井到港口整个生产运输过程的电气化。



台达LOYTEC基于全网络的物联网（IoT）楼控平台，开放及全IP网络控制架构，同时支持十多种国际标准通讯协议和物联网协议，具备跨系统整合控制能力，可将建筑设备、智能照明、智能安防、门禁等子系统集成于一个平台，实现集中管理与数据分享。

## 西门子收购TimeSeries，助力客户加快数字化转型步伐

西门子数字化工业软件日前签订对TimeSeries的收购协议。TimeSeries是一家领先的独立软件供应商（ISV），也是Mendix的合作伙伴，在开发基于Mendix低代码平台的垂直应用领域拥有广泛的知识与经验。通过收购TimeSeries，西门子将进一步扩大低代码应用范围，提供智能仓储、预测性维护、能源管理、远程监测等新型应用程序，帮助企业加快数字化转型步伐。行业领先的Mendix低代码平台是西门子Xcelerator™解决方案组合的云基础平台。

Mendix首席执行官、联合创始人Derek Roos表示：“TimeSeries的加入能够帮助我们的客户和合作伙伴以更快的速度从低代码应用中获益。我们为企业提供更先进的数字化能力，帮助他们

改善经营方式，打造丰富且高参与度的体验。TimeSeries团队在为广泛的垂直应用开发软件即服务（SaaS）解决方案方面拥有深厚的专业知识，我们非常期待其为西门子带来的协同效应。”

TimeSeries将带来更多功能，帮助全球各地的企业和独立软件供应商充分发挥Mendix平台的作用，加快数字化建设步伐。通过定制化的行业应用程序和最佳实践、模板，以及基于先进技术（包括人工智能、智能流程自动化、多样化体验、最前沿的用户界面设计、多云等技术）打造的可重用零部件，西门子将能够为客户、员工和供应商提供更佳体验。

西门子数字化工业软件总裁兼首席执行官Tony Hemmelgarn表示：“自西门子2018年收购Mendix以来，

我们不断见证这款强大的低代码平台在各行各业的企业中发挥颠覆性作用。TimeSeries的加入将使我们显著提升新应用的开发能力，促进低代码平台在行业内的应用，并实现Xcelerator生态系统的进一步扩展。”

自2012年以来，TimeSeries一直致力于提供行业特定应用程序的开发能力，面向制造、医疗与生命科学、能源以及银行与金融服务等多个行业。其可配置的应用程序模板能够捕捉行业最佳实践，解决重复发生的问题，并根据企业需求轻松快速地进行个性化定制。通过将TimeSeries的应用程序和西门子的行业专长及广泛的市场进行结合，帮助各行各业的客户以更快的速度，发挥低代码和Mendix平台的强大作用。

## 海得控制自主品牌系统新产品上市，助力智能制造

海得以贴近客户需求为导向，不断开拓创新，特推出了EH11系列一体式双CPU双电源冗余PLC、高密度I/O模块；新一代NetSCADA6.0组态软件，新产品自2021年5月8日起接受正常订货。

### e-Control EH11系列PLC

e-Control EH11系列PLC，支持CPU异地冗余、双CPU双电源一体式冗余方式，冗余切换速度达到毫秒级，多达5KB的可配置同步数据（256B×20段）。故障自动切换，可灵活配置主机同步数据段。适用于高速公路、隧道、水处理等高可靠场合。

特点：

- 高主频：800MHz ARM高速处理器；
- 高存储：256M内存+4G存储；



- 高扩展：模块化设计，支持热插拔，I/O 8192点；
- 高速度：指令时间50ns；
- 真冗余：底层冗余方式，ms级切换；
- 安全可控：软硬件自主知识产权，国产化需求。

### NetSCADA6.0 组态软件

海得NetSCADA工业组态软件从2001年研发诞生以来，历经21年的持续开发与应用积累，已在制药、食品、轮胎、太阳能、LED等行业得到了广泛

的应用，成为了制药行业国产SCADA第一品牌。海得基于“立足当下，着眼未来”的应用需求，特推出了全新一代NetSCADA6.0组态软件，除满足深耕制药设备的需求，还将满足于智能产线、智能工厂、智能基础设施等新兴智能制造应用场景。

特点：

- 电子签名：支持单签与双签功能；
- 审计追踪：支持电子记录审计、备份记录审计、数据防篡改；
- 系统安全：支持密码复杂度设置、密码时效性设置、密码审计功能；
- 行业标准：系统设计满足FDA、GMP、GAMP5等标准的要求；
- MES报表：支持多数据源报表引擎可视化配置、呈现。

## 施耐德电气携手南昌大学以产学研合作厚植工业人才土壤



2021年4月30日，施耐德电气与南昌大学签署战略合作协议，将共同开展包括课程教学、产品培训、技巧交流、技术竞赛、实践教学在内的多项产学研合作，在这一办学里程碑上共同开启绿色智能制造人才培养的新篇章。

此次施耐德电气与南昌大学的战略合作涵盖了产学研两方面的合作，施耐德电气作为一家高速成长的科技公司，将为南昌大学提供基于物联网的软硬件一体化产品与解决方

案，绿色智能制造理念与实践，以及实训场景，助力南昌大学的绿色智能制造人才培养。

在产学研合作方面，施耐德电气与南昌大学机电工程学院将共同建设南昌大学-施耐德电气工业互联网综合运用实训室。“在实训室设计过程中，我们与专业老师充分的沟通，确保实训室既能满足机电控制技术、运动控制技术等传统课程，也支持新开设工业网络设计、工业互联网数据接入技术、工业大数据可视化与分析等新课程实训，以支持新专业智能制造工程的人才培养。”施耐德电气校企合作项目负责人陈斌谈到。共建的南昌大学施耐德电气人才培养基地将以就业咨询、专业信息交流、实习就业机会提供等方式进一步扩充工业人才

队伍；此外，相应的技术竞赛、青年教师-企业工程师互培项目、实践教学基地等系列研学举措也将进一步夯实双方相互交流、联合创新的基础。

在产学研合作方面，合作建立的南昌大学-施耐德电气开放自动化应用研究中心将融技术研究与实践赋能于一体，在开展工业领域开放自动化技术应用研究的同时向企业提供基于开放自动化的工程设计、智能化升级等服务。基于开放的IEC 61499标准，以软件为中心的EcoStruxure开放自动化平台（EcoStruxure Automation Expert）作为面向下一代工业未来图景的解决方案，将通过科研与实践的有机结合从多方面加速自动化领域各行业各场景下的数字化转型进程。

## 菲尼克斯电气启动智能远程无人配送系统

近日，菲尼克斯（中国）投资有限公司智能远程无人配送系统（柔性多层穿梭车系统）启动，实现工厂规划生产运营全流程数字化智能化管理。菲尼克斯智能远程无人配送系统目前为国内首家落地项目，技术达全球领先水平，总投资超4000万元。该项目在充分考虑工艺与物流合理分

布的基础上，采用最先进的智能工厂理念，应用无人智能仓储、AGV智能小车、MILKRUN配送方案、条码追溯识别、RFID智能识别等技术，在整个工厂内部建立从入库、供料、生产到出库全流程的高效物流通道。项目从智能工厂整体设计入手，考虑多种智能设备产线、系统集成及互联互通，各空间合理

分布、高效且避免重复路径减少浪费，产线与库房之间通过有轨高速穿梭小车（shuttle）实现内部高效快捷的自动化物流。同时，在整个系统设计中构建了从ERP、MES、设备控制的纵向价值网络的联通，以及智慧化能源和环境监控系统，从而实现生产运营全流程数字化智能化管理。

## 中控技术首套异丙胺装置先进控制项目顺利验收

2021年4月28日，由浙江中控技术股份有限公司承建的浙江建业化工股份有限公司“异丙胺装置APC技改项目”顺利通过验收。

验收过程中，建业化工项目验收组对项目实施过程、实施效果和技术文档严格审查，详细询问和听取了一线操作人员的APC系统使用和操作反馈，一致同意该项目通过验收。本项目的顺利

收也标志着中控技术APC先进控制软件在异丙胺装置首次成功应用。

建业化工异丙胺装置APC技改项目实施范围包括2台反应器与8座精馏塔等设备。中控技术APC团队利用模型预测控制、专家控制等技术，与建业化工二厂和生产技术部密切合作，依次开展现场调研与方案设计、离线建模与控制器设计、DCS切换程序设计与组态调试、APC系统

在线闭环调试与优化等工作，最终完成异丙胺装置先进控制系统的建设。

先进控制系统应用后，控制器投运率达98.58%，装置自控率由原来的32.7%提高至96.4%，关键被控变量波动标准方差降低70%以上，操作频次由原来的4130次/5天降低至5次/5天，大大降低了操作人员的劳动强度；装置单位产品蒸汽消耗降低1.5%，取得了显著的经济效益。

## 艾默生和IMA Active共同开发连续制造软件

艾默生与IMA Active将联合开发用于控制口服固体剂型药品连续生产的新战略和新软件，致力于提高生产质量、生产数量和生产效率，助力制药商采用连续制造，从而加速药品上市。

IMA Active在制定新的控制策略时将利用其在设备设计、机器集成和过程逻辑方面的独特理解，确定重要设备的最佳性能。艾默生将这些新的性能与其先进的可扩展自动化技术与软件结合，打造稳定的过程监测及控制。

IMA Active自动化经理Marco Minardi表示：“我们感谢能够分享自

动化愿景的合作伙伴。一个强大且灵活的平台可以用于预测分析，加快并简化Pharma 4.0生态系统的集成，并同时具有集成广泛数据的能力。我们发现艾默生也有意愿拥有取得这些成果以及提供出色的用户体验，简化连续制造技术的运用。”

连续制药的过程需要精准的过程控制以及对关键参数的可靠性监测，从而确保质量属性，过程分析技术（PAT）测量，分析数据的准确处理以及先进的控制技术。为了更好地管理这些关键变量，制造商将利用自动化技术协调生产。

新的软件解决方案将对不良生产事件的发生进行智能检测、预测和警告，以提高质量并降低风险。艾默生的DeltaV™分布式控制系统作为解决方案的核心，将协调整个口服固体剂型的连续生产线，管理各种设备及子系统的控制与自动化生产线。

艾默生生命科学副总裁Xavier Marchant表示：“IMA Active是口服固体剂型生产过程及设备的专家，我们两家公司将共同开发一个可以更轻松、更迅速地运用连续制造的解决方案，用低生产成本获得高品质。”

## 恩德斯豪斯与惠生工程签署全球采购框架协议



2021年5月12日，恩德斯豪斯（中国）自动化有限公司与惠生工程（中国）有限公司在上海举行高层会议，双方就国内外业务所涉及领域的流量、液位、温度等测量类仪表签署全球采购框架协议。恩德斯豪斯中国总经理张运才与惠生工程行政总裁闫少春亲临现场并签署该协议。

会上，双方高层就国内外市场开拓、资源共享、设备供货、技术合作

及数字智能化业务模式合作等进行了广泛、深入的探讨，双方一致决定今后将更加积极地投入资源，在产品和技术选型标准化、采购模式标准化、数字智能化化工等方面建立全面的战略合作。

恩德斯豪斯作为过程控制仪表和解决方案的领导者之一，提供用于流量、物位、压力、温度、过程分析和数据管理的产品、服务和解决方案，帮助化工、食品与饮料、生命科学、能源与电力、原材料与冶金、石油与天然气以及水和污水等多个行业的客户提高经济效益。惠生工程长期致力于炼油、石油化工、煤化工行业的工程技术服务，在全球拥有超过200多个石油化工项目业绩。惠生在能源化工领域丰富的EPC执行经验与恩德斯豪斯在业内领先的仪表研发生产能力的完美结合，可凭借各自

领域的全球化布局，为客户提供完整的仪表测量解决方案，不断提高工程建设质量，在国内外工程项目建设中，发挥更大的战略优势。

近年来，国内石化领域项目投资的蓬勃发展以及国家“一带一路”政策的大力支持，为中国的工程公司及关键装备制造企业带来巨大的商机和发展机会。恩德斯豪斯在全球范围内与多家实力雄厚的工程公司拥有战略合作伙伴关系，坚信强强联手能带来用户-工程公司-供应商三赢的局面。惠生工程与恩德斯豪斯双方在炼油、石油化工、煤化工、LNG、氢能等领域合作近二十年，本次签约为双方开启了新的历史篇章，标志着双方的战略合作关系未来将更加紧密。

## 台达与浙江海工机械达成战略合作协议 携手发力石材行业



近日，台达与浙江海工机械有限公司（下称“海工机械”）达成战略合作意向，双方将共同深化智能制造的发展，充分运用台达在工业控制领域的先进技术与经验，推动海工机械实现工业

4.0、智能制造产业链各环节的提升。

台达-中达电通机电事业部沪杭大区总监张绍坤表示，海工机械深耕行业40余年，在石材、陶瓷（岩板）深加工、石英石厨卫台面流水线深加工等方面有很深的造诣，近年来面对数字化发展大势，对加工机械精进、设备智能化有非常高的期望；台达身为工业自动化和智能制造的重要推动者，为全球客户提供面向未来的智能制造整体解决方案。此次战略合作，是双方对彼此的认可，更是双方携手进一步深耕石材、陶

瓷行业的良好开端。

浙江海工机械有限公司为一家专注于石英石、岩板、天然石材、陶瓷深加工设备研发与制造的专业高新技术企业，旗下“正大科技”牌红外线全自动桥式切割机、电脑仿形机、磨边机、圆弧机、线条机、抛光机、开孔机等系列产品深受客户青睐和行业认可。此次台达与其达成战略合作后，双方就未来发展中可能应用到的驱动、控制类产品进行深入探讨，台达也将针对化工机械的需求给予相应的产品咨询与技术应用培训。

## ABB一体化充电站加速推动中国电动交通发展

2021年4月22日，ABB在华正式发布集成了快速充电桩和箱式变电站的ABB预装式一体化充电站。该方案创新地融合ABB领先的配电技术和充电技术，在紧凑型箱式变电站上集成了Terra直流充电桩，通过电缆等设备的预置，减少80%土地施工和现场调试的工作，支持客户快速高效的建设充电基础设施，加快推进中国构建面向未来的可持续交通体系。

ABB电气中国总裁赵永占表示，ABB致力于应用创新的电气化、数字化技术加速赋能能源转型，构建绿色智能交通产业链，推动未来可持续发展。从清洁能源发电和并网到智能配电、充电，ABB端到端解决方案能够连接用户、合作伙伴、产品、场景，用多维度、专业的服务满足各方需求，加速中国交通电气化进程。

ABB预装式一体化充电站广泛应用于公共停车场、住宅、酒店、商业建筑等场所，能够与中压配电网进行连接，标准化产品交付，可以放置在常规停车区中，仅占用一个停车位，有效降低土建成本及项目周期。即插即用，经过预先测试的一体化直流充电站解决方案一天时间内可以完成安装。它采用预先设计的模块化基础设施解决方案，业主可以立即投资1或2个充电设施，随着后期更多消费者使用电动汽车时，业主可以随时扩大规模。该方案支持基于云的ABB智能在线监测和远程维护，帮助降低高达55%的运营成本。

活动当天，ABB与江苏文广朱方新能源科技有限公司签署了ABB预装式一体化充电站中国首单。江苏文广朱方新能源科技有限公司总经理蒋峰表示，

受益于新基建和碳中和政策规划，近期全国各地充电站市场发展迅猛。此次与ABB公司展开合作，利用创新技术高效建站，优化电动汽车充电设施布局，提升车主充电便利性，为推动绿色交通快速发展，为中国实现“碳中和”目标贡献力量。

一体化充电方案中的预装式箱式变电站，是一个经过型式试验验证的装配体，包括外壳、中压开关柜、配电变压器、低压开关柜等，用于从中压配电网引入电源并降压后为用户提供低压电源。顺应新基建大潮及碳中和目标，ABB对其预装式变电站家族进行了全面升级，涵盖数字化箱变、预装式一体化充电站、集装箱箱变、GRP外壳箱变及模块化储能系统等解决方案，结构更紧凑，方案更灵活，满足国家标准和当地需求。

## 堡盟IF08系列新增测量范围为3mm的微型电感式传感器

堡盟IF08电感式测距传感器系列新增了小型矩形不锈钢外壳版本，其测量范围达3mm，并可通过IO-Link接口提供多种设置功能，是一款独特、性能出众的电感式传感器。

新款传感器可以带来两大益处：其一，由于尺寸小至24.6×8.8×7.8mm，即使安装空间非常狭窄或安装方案特别有限，该传感器也适用；其二，传感器可以根据普遍的应用要求进行优化调整，因此能更可靠地解决各种应用问题。

传感器可选配多种可设置参数：开关点或开关窗口、测量范围、输出逻辑、开关迟滞、测量值过滤或开/关延迟。其中，测量范围参数提供了从“高速”到“高精度”5种不同的默认测量值过滤选择，用户可以根据具体应用选择快速数字测量值模式或精度可达微米级的高精度测量模式。只需根据具体应用设置参数，使用同一款传感器便能可靠满足两种应用要求。这款传感器不仅尺寸更小，而且还能提高机器和系统设计的灵活性。

带IO Link接口的IF08新型电感式传感器分辨率高达5微米，可以实现精确测量。此外IF08微型电感式测距传感器还有电压输出版本可供选择，包括传感器温度、运行时间和电源电压、启动次数及开关频率在内的多项诊断数据和过程数据均可通过IO-Link接口获取。监控和分析这些数据可提高工厂效率，实现持续的过程优化。



### 本期荐读



#### 《边缘计算2.0：网络架构与技术体系》

雷波 等著

5G+AI时代的到来推进了边缘计算的逐步落地，开启了边缘云的发展，然而当前的网络架构设计并没有充分考虑到边缘计算的特征。边缘计算如果仅依靠当前的网络架构，其性能的实现必定会受到更多限制。目前关于边缘计算的书籍大多停留在对边缘计算本身能力的解读上，在此背景下，边缘计算产业联盟（ECC）策划出版《边缘计算2.0：网络架构与技术体系》，对边缘计算网络进行系统划分、定位。

本书共分为七章。第1~2章介绍边缘计算的技术体系和网络体系中的ECA、ECN等典型特征；第3~4章介绍边缘计算网络关键技术和5G边缘计算网络的体系架构；第5~6章介绍边缘计算场景和网络场景；第7章介绍边缘计算的未来发展及技术展望。全书条理清晰，针对性强，不仅适用于想了解边缘计算、边缘计算网络的用户，也适用于从事边缘计算的人员，更适用于高校相关专业的师生。



领袖企业推动中国（新型工业化进程）高层论坛

# 创新 融合，共建数字新生态

——领袖企业推动中国（新型工业化进程）高层论坛



“2021中国自动化产业年会”之领袖企业推动中国（新型工业化进程）高层论坛以“创新融合，共建数字新生态”为主题，论坛主持人控制网（www.kongzhi.net）&《自动化博览》执行副主编顾硕与和利时科技集团有限公司副总裁何春明，大陆希望集团机电板块总经理、希望深蓝空调制造有限公司总经理、希望森兰科技股份有限公司总经理何建波，ABB（中国）有限公司高级副总裁、ABB

中国过程自动化事业部负责人蒋海波，西门子（中国）有限公司数字化工业集团副总裁、行业销售总经理安晓杰，菲尼克斯电气中国公司行业发展与自动化&智能技术与解决方案高级副总裁彭晓伟，倍福（中国）自动化有限公司执行董事、倍福中国公司创始人梁力强与现场来宾深入分析数字化时代自动化技术变革和产业趋势，探寻自动化产业未来发展之路。

## 探讨“数字产业化、产业数字化”

**主持人：**“十四五”规划进一步强化推进数字产业化和产业数字化转型，传统产业也将在“十四五”期间深入实施数字化改造升级。您对此有何理解？贵公司在“数字产业化、产业数字化”方面如何赋能用户、助力产业发展，从而共建数字新生态？



**彭晓伟**

菲尼克斯电气中国公司行业发展与自动化&智能技术与解决方案高级副总裁

从“十四五”规划看到，把加速数字化和建设数字中国作为努力的篇章，这意味着政府对建设数字强国的决心，菲尼克斯电气作为一家德国传统制造业的隐形冠军，一直致力于推动数字化和产业的融合。在德国，菲尼克斯电气是工业4.0的初创成员之一，也是德国工业4.0标委会的重要成员，德国巴特皮尔蒙特和布隆伯格的数字工厂被评为全球智能制造的灯塔工厂，从技术和产品方面，近两年菲尼克斯电气又推出了基于云边端技术一体的PLCnext，为客户在

数字化方面提供有利保障。

2014年开始，为了推动《中国制造2025》，菲尼克斯电气在中国启动了数字化战略，菲尼克斯电气帮助同济大学建立了第一条工业4.0实验线和第一个工业4.0的实验室，此后又帮助国内20余所高校建立了智能制造的实验线和实验室，并把我们在数字化和智能制造方面的一些经验总结和成果推向市场。未来，菲尼克斯电气会一如既往地数字化和产业数字化的路上一往无前，和大家一起走下去。



**蒋海波**

ABB(中国)有限公司高级副总裁、ABB中国过程自动化事业部负责人

探讨“数字产业化、产业数字化”数字产业化是产业数字化的依托与支撑。反过来，实现数字产业化以后，可以给产业数字化提供非常强劲且持续不断的动力，这是显而易见的。产业数字化可以激发出对数字技术深层次的需求，也会给数字技术的发展带来良好的推动力，所以这是一个闭环。

其二，讨论产业数字化的发展，实际上最近几年，服务业发展比较快，而工业领域的产业数字化还是有很长的路要走，但是，我们看到现在由于企业内部这种需求的增长，以及数字化技术的日新月异，再加之“十四五”期间国家鼓励这方面的转型，所以我相信，此后

工业领域的产业数字化转型升级会加快脚步。

其三，怎么把产业数字化在工业领域做好呢？我认为非常重要的一点是需要理解整个工业领域客户的需求和痛点，再加上数字化的信息技术，这两者相结合，才能开发出非常符合市场需求的数字化解决方案，这才是一个真正能给企业带来价值的过程。ABB公司在这两个领域都深耕多年，所以我相信，未来，在整个数字化转型的过程中，ABB将依托于对流程工艺以及数字化技术的深刻理解，为用户创造更大的价值。

我先谈一下对“数字产业化和产业数字化”的理解：其一，我觉得这两个过程实际上是相互促进的一个闭环。



**何春明**  
和利时科技集团有限公司副总裁

数字产业化要从供给侧和需求侧来看，从供给侧，像和利时这样的信息技术解决方案供应商，要通过持续投入研发创新、构建企业研发体系、推进产学研协同、积极培养人才等方式不断提升自身产品技术实力，持续对工业互联网、大数据、云计算、边缘计算、网络

安全等新技术研发融合，以创新技术提升自身竞争力。从需求侧，要更深刻挖掘用户的内在需求。和利时在项目设计之初即参与技术预研，并借助大数据的洞察力，通过智能化生产、网络化协同、个性化定制和服务化延伸，使自身产品及服务与用户的需求高效匹配。此外，和利时还经常为用户开展产品宣讲和技术培训，配合用户的生产运营需求，真正做到“真诚地为用户设想”。和利时每年都会拿出营收的10%左右用于研发创新，常年保持近千人的研发队伍，参与并主持多项国家标准的制订，承担了数十项国家级重大科研攻关专项及工业强基项目。依托自身强大的技术研发优势，和利时不断探索融合新一代信息技术的智能制造技术，并将其赋能和利时三大核心业务领域，

提升自身方案水平和实施能力，推动现有业务数字化、智能化升级。2019年，和利时提出“智能控制、智慧管理、自主可控、安全可信”战略方针，以“自主可控、安全可信”的业务特点，实现技术和供应链的自主可控，产品和服务的安全可信，围绕“智能控制、智慧管理”的业务核心，积极打造控制的智能化和生产管理的智慧化。通过技术赋能，和利时已成功建设酒泉卫星发射中心、即墨热电厂等智慧电厂项目；中安联合煤化一体化项目、弘润石化芳烃联合装置项目等智慧工厂项目；成功建设京沈、安六、银西等智能高铁线路，北京大兴机场线、呼和浩特地铁等智能地铁线路，宜昭高速等智慧公路线路，全力打造电厂、工厂、交通的数字化、智慧化发展。



**何建波**  
大陆希望集团机电板块总经理、希望深蓝空调制造有限公司总经理、希望森兰科技股份有限公司总经理

作为希望集团在工业领域的代表，我想谈一下这些年在推进工业过程

当中希望森兰是如何做的。这两年流行一个概念——数商，其核心的基础是大数据，产业数字化和数字化的发展，实际上是为产业来赋能，离开了产业的数字化基本上就是空谈。产业数字化、数字产业化，必定是未来发展的大势所趋，我们需要把握这次机遇，相信政府也会出台相关的政策。关于未来怎么落地的问题，我认为这需要政府、企业、研究者三方共同发力，各自做好自己范围之内的事情，之后互相融合，这是第一点。

第二点，对于企业来讲，去年在新冠疫情阴霾下，中国形势严峻，国外的人不愿意到中国来，后来是国际的疫情

反转，中国人出不去。2020年6、7月份，波音欧洲总部工厂的中央空调设备是我们提供的，需要调试，但是疫情影响下希望森兰的工程师没有办法过去。当时通过对现场及整体数据进行分析，基于希望森兰的远程监控平台技术，提出了远程调试方案，远程把波音欧洲总部工厂的设备调试成功，全程没有一个人到现场。我觉得未来这样的事情还会很多，当然也遇到了很多困扰的问题，调试的时间也比较长，但是我觉得这已经是一个很好的开始。所以我个人觉得，未来数字化和产业化的融合一定会加快进行。



安晓杰

西门子（中国）有限公司数字化工业集团副总裁、行业销售总经理

“数字”或者说数据将成为一项重要的资产，在当今这个时代，我们需要挖掘数据的价值，这是我对数字产业化的理解。数字化技术在传统产业上创造的增值和提升的效率是数字产业化最重要的价值。前沿的技术可以帮我们实现

数字产业化，从而推动产业数字化及数据管理。西门子近年来一直致力于以数字化双胞胎技术为核心，融合AI、工业云、边缘计算、工业5G和增材制造等前沿技术，打造数字化企业平台，赋予工业生产巨大潜力。

对于如何推动产业尤其是传统产业的数字化，我想强调的是，数字化需要为企业创造价值，否则毫无意义。先进的技术可以帮助企业实现研发的数字化，运维的智能化，服务的敏捷化，供应链的深度整合等，这些方面都将推动产业的数字化转型。

对于构建数字化生态，一方面，我们致力于实现IT与OT的融合。在IT领域，西门子已经是全球最大的工业软件厂商，借助西门子的Mendix低代码平台，客户可以通过模块化的方式在短时间内快速做出应用程序。在OT领域，西门子有MindSphere工业物联网即解

决方案，今年4月份，MindSphere已经可以支持企业的私有云部署。与此同时，未来的工业互联网发展一定是云边结合的发展趋势，所以西门子也计划推出边缘计算平台，以满足那些不想把数据上传到云端的企业的企业的需求。

另一方面，西门子多年来深耕工业领域，可以提供贯穿评估、咨询、集成实施与优化服务的端到端解决方案。目前，西门子已经为数十个行业的数百家中国企业提供了数字化企业解决方案，对不同规模和发展阶段的企业在数字化转型之路上的痛点和难点有着深刻理解，能够帮助他们将数字化转型落地为实。近期，西门子分别与浙江省台州市以及广东省中山市达成了数字化战略合作，基于西门子提供的先进数字化技术和产品，服务于这些在制造业领域充满活力的地区，提升当地制造业水平，赋能本土制造业企业的成长。



梁力强

倍福（中国）自动化有限公司执行董事、倍福中国公司创始人

聚焦产业数字化，这跟我们关系更紧密，在座的很多都是自动化厂商，我们的任务是怎么样助力企业，尤其是中小企业完成数字化转型。首先对于数字化、智能化、自动化三者之间的关系，我认为，数字化是智能化的落脚点或者重要抓手，自动化是数字化的基础，如果没有自动化，谈不上数字化。所以自动化行业要相信，企业做转型升级，我们责无旁贷，甚至说应该有一种舍我其谁的气概，这不是IT厂家的事，这是自

动化厂商的事。

另外，我注意到，国内外一些大型的自动化厂商都有完整的数字化解决方案，比如西门子、ABB、施耐德电气都在抢占数字化高地。倍福主要专注于工业自动化，注重于控制系统，我也跟大家坦白地说，目前倍福没有一个数字化的完整解决方案。MES系统、智能物流系统都没有，对于精益化的生产管理也是比较生疏的，这种情况下倍福也要做数字化转型升级，我的解决方案是跟合作

伙伴一起，比如说北京的亚控科技，它有很好的MES系统，我可以跟它互补，来找到一个好的解决方案。从另一方面来说，倍福的产品和技术是把自动化技术和信息技术深入融合的一个典范，可以把倍福新的产品和技术用到数字化转型升级上面，把它集成在一起，其实是

完全可以在数字化转型升级当中发挥很大的作用。

举个例子，倍福提供的开放的自动化系统，支持很多通讯协议，可以通过各种各样的通讯接口来打通数据流，把各种设备互联、互通，所谓的纵向集成、横向集成，都可以做到。有了这些

数据后，再利用倍福的分析软件来进行分析，还可以用我们的机器学习的工具分析、研究，然后来优化设备及工艺流程，最后达到帮企业提质增效的结果。总的来说，我们的目标是把倍福基于PC的控制系统的一些优势在数字化转型方面发挥出来，打造我们自己的解决方案。

### 展望绿色发展新机遇

**主持人：**为实现2030年碳达峰，非化石能源将首次成为能源增量的主力军，能耗“双控”、碳交易及绿色金融将是重要的政策抓手。您怎么看这一问题？贵公司在其中看到了哪些新机遇？在技术改造方面能为用户提供怎样的帮助？

#### 彭晓伟

2020年习近平总书记在联合国大会上承诺，在2030年之前，二氧化碳排放要到顶，在2060年之前要达到碳中和，因为这关系到我们人类所有人的命运。菲尼克斯电气在2019年年初，提出了“赋能全电气社会”的概念。它具体的含义是什么？全电气社会的愿景是描述这么一个世界，作为主流能源形式的可再生能源将以我们能够承受的价格供全人类使用，从这个意义上来讲，我们所有的能源都要用清洁能源，都要用可再生能源。所以从这个角度来讲，我们

清晰地意识到绿色清洁能源关键在于两点：第一是清洁能源的生产成本，第二是这个能源的效益转换，也即提高电能的利用率，所以菲尼克斯电气提出“赋能全电气社会”以后，从产品、技术和解决方案的角度，全线推进“赋能全电气社会”的理念。

具体来讲，我们怎么做呢？首先我们聚焦风电、水电、光伏、光热这些所有清洁能源行业，这些都是我们关注的对象。此外，推广菲尼克斯电气的智能楼宇解决方案，这个主要是

为了提升我们建筑的能效，因为任何一座建筑管控好和管控不好，能耗的差别很大。所以在能源方面，我们推出了自己的解决方案。菲尼克斯也推出了电动汽车的充换电解决方案，在安全性、可靠性以及转换效率方面都大幅提升。作为菲尼克斯人，我们在实现所推出的“赋能全电气社会”的路上，给我们所有的客户以及合作伙伴做我们最大的贡献，也希望我们的2060碳中和能够提前实现。

#### 蒋海波

实际上ABB这么多年来，一直非常注重可持续发展，我们的战略是在全价值链上和所有的利益相关者都能因此

而获益，同时我们自己有一个目标，在2030年，实现自身的运营达到碳中和，这是一个大的方向。ABB在清洁能源如

风电、水电、太阳能、氢能、充电桩、等领域不断深入探索，这方面我们在业内也是做得比较好的领域。

另外我想讲一下我们自动化业务如何助力碳中和和碳达峰。第一，我的看法是不要忘了节能，节能是个老话题，已经讲了很多年了，但这又是一个新话题，我们说非化石能源比例在不断加大，这对于整个碳中和是至关重要的。但我们必须清楚地认识到，在未来很长一个阶段里面，现在的化石能源依旧会占比非常高，在这个前提下，节能就变成了一个非常关键的话题。所以说必须要注重节能。

第二，加倍注重制造业的节能，因为在整个能源链上，从上游的能源原料的开采到运输、发电、输配电一直到制造业，进入消费端，每一个环节能源都是有损耗的，叠加以后，制造业在中下游可利用的能源效率实际上已经是比较低的。反过来讲，在中下游的制造业每节省一个单位的能源，反推到能源链的上游，实际上是

成倍增加节能。所以不要忽视在中下游的制造业节能。

第三，制造业节能是个老话题，大家在过去的十几年里，可能听到过很多高效电机、变频器，甚至在消费端有一些高效节能照明，这些都是已经做过很多改进的地方。从某种程度上，非常容易做的这些举措已经或多或少做了很多，留下的空间并不大。但是潜能远远没有发挥出来，所以说再往下怎么做呢？最重要的一个做法是我们不能局限于某个设备的节能，单台设备的节能实际上不是我们目前的重点，我们是要考虑在全流程能源上，全产业链上，全生命周期里面去看这个事情。比方说应该从源头看生产线的配置、工程设计是不是合理。说到数字化，我们想到IT和OT融合，实际上我们还要讲ET融合，工程技术实际上很重要，这是源头。另外，在工艺上是否优化？这是第二点。

第三质量是不是得到提高？我为什么要谈质量？实际上质量如果不好，制造了一个废品的话，能量的损耗其实是巨大的。所有之前做的工作全部费了，消耗的能源非常高，所以质量是否提高，最后服务、维护是不是有效、合理，都是非常重要的。

因此，下一步节能很重要的工作就要依靠先进的数字化技术。ABB在工业行业拥有几十年的经验，在每一个点上怎么节能我们都很清楚。如何提高能效或者生产效率，比如说维护上我们怎么样用最优的方式去维护，包括工程设计等，有深度的理解。现在数据采集上来以后，怎么样利用云计算或边缘计算去赋能于现有的节能需求，这是目前的一个重点。所以只要在每个环节上，我们用数字化的技术去更上一层楼，实际上老的话题就变成了新的机会。

## 梁力强

2030年实现碳达峰，2060年实现碳中和，这是我们国家对全世界做出的庄严承诺，为了构建人类命运共同体所作出的重要战略决策。我认为这样的决策，也是一次能源革命，一定会极大改变现有的能源产业格局，在这种战略下，今后非化石能源的发展肯定会进入快速的发展轨道。这样一种战略，对自动化行业来说，能够带来哪些机会？

我想分三个方面：一是在绿色能源的生产方面，目前来说，倍福确实

光伏、风电领域做得很不错，在中国大概有7万多台风力发动机用的是倍福的系统，市场占有率超过50%。二是在储能和改变人类的能源消费习惯方面，现在提倡采用新能源汽车，新能源汽车里面需要用到锂电池，需要制造锂电池设备，倍福在这方面做了很多工作。三是，风能或光伏的电是不稳定的，它是分布式电源，对电力系统及整个的调度系统是有冲击的，如何把不稳定的电变成稳定的电呢？需要利用大数据、互联

网等对能源进行调节，解决供需矛盾。这对于研究自动化的人来说，原来叫电力自动化，将来可能要研究电力智能化，为此国家提出，要构造以新能源为主体的新的电力系统。

说到未来发展，构造新型的电力系统，需要借助于互联网、大数据对现有的电力调度系统进行改造，我相信自动化厂商应该能发挥更好的作用。最后自动化厂商也可以参与到节能减排领域，以倍福为例，2020年5月

5日，我们公司已经达到了环境中和的目标，并且得到了国际证书，我们是怎么做到的呢？主要有三个方面：（1）

倍福在生产方面所用的电只买绿色的，不买火力的电。（2）在自己公司里面建了很多太阳能发电设备。（3）我们

原来的货物从德国运到中国，都采用空运，将来要改成海运，从而减少能源使用。

## 建言十四五自动化产业发展

**主持人：**“十四五”规划开局，使科技创新与产业升级趋势加速，您认为该如何把握追求制造业高质量发展下的机遇与挑战？在推动新一代信息技术与制造业深度融合的过程中，自动化在其中将扮演什么样的重要角色？

### 何春明

首先，持续自主创新，研发可靠、先进、易用的产品和技术，完善产品产业布局。其次，要加大对工业信息安全技术的重视和投入。随着新一代信息技术与制造业深度融合，工业信息安全问题也越来越严峻。和利时以“内生安全”为核心，构建工业信息安全技术体系和产品，为各行业提供“业务+安全”的完整解决方案，为制造业数字化转型升级提供基石和保障。最后，要注重人才的培养。制造业数字化发展，对人才素质和能力的要求也上升到一个新的高度。2020年，和利时联合南京铁道职业技术学院共建“和利时轨道交通产业学院”，推动学校专业建设与行业企业技术深度融合，并通过实习基地建设、产学研项目

合作等方式，为培养行业人才出力。像和利时一样的自动化企业将是推动新一代信息技术与制造业深度融合的主力军。在工业领域，和利时依托自身丰富的现场经验、强大的技术实力和产品能力，在各行业不断推行着智能工厂战略。在流程工业方面，和利时通过技术赋能，为用户提供具有高附加值的产品和服务，通过智能应用实现控制、操作和管理的闭环，帮助企业实现从自动化生产向自主化生产演变。在离散工业方面，和利时大力推进可信PLC产品体系的研发和推广，为用户提供“智能、安全、自主、可控”的整体解决方案，帮助用户实现信息化、数字化、智能化。在交通领域，和利时依托于自身

系统强大的市场基础和现场经验，近几年大力发展智慧车站、智慧运维、智慧调度等业务，打造轨道交通智慧发展新前景。在医疗大健康领域，和利时对延续了几千年的传统中药调剂、煎煮方式进行现代化改进，将中医药标准化、精准化，保证中药在临床使用的“安全、精准、高效、可控”。通过技术创新驱动，和利时一直走在促进工业、交通、医疗等行业数字化、智能化转型升级的前列。今年，和利时继续承接多项国家重点科技研发计划任务，正在开展“工控系统安全可信关键技术”及“基于边缘计算的智能控制器”等国家重点项目研发，集中攻关突破工业互联网核心技术平台、工业控制信息安全等关键技术。

## 何建波

第一个观点是关于碳中和我的理解，未来要达到碳中和的目标，一方面肯定是需要快速发展新能源产业，另一方面，我觉得储能技术和系统节能特别重要。最近我们在进入节能托管行业，即耗能企业的水电气所有的能源消耗由一个专业的公司来管理，我觉得这才是最好的节能，单纯用某一个设备，某一个控制装置去解决的话，我认为是有问题的。我们调查过一家医院，发现一家3000人左右的医院，每个月大概要用

6000吨水，但从水表上看，每个月只能用4500吨，其中1500吨哪儿去了，跑冒滴漏，用电我们也发现有这样的情况，大量的耗电是在管理中，是在老设备的损耗中。所以新能源发展要和能源托管、储能结合起来。

第二，刚才介绍到ABB、西门子、倍福有非常多成功的经验，在数字化、智能化、信息化方面做了很多工作，但是对于中国的很多的中小型企业来讲，可能需要量力而行，这个我觉得特别重

要。因为当企业还没到一定规模，一定体量的时候，当企业的实力还不够的时候，我们思考的首先是要很好的活下去，而不是被数字化、被产业化搞昏了头，这是我的第二个观点。

第三，我觉得现在正是机遇期、窗口期，我们提供自动化设备的企业，首先要解决自己的问题，其次我们才谈得上怎么样给我们的用户赋能，提供解决方案的问题。解决自己的问题和为用户提供解决方案同样重要。

## 安晓杰

企业数字化要量力而行，要考虑投入产出比的平衡，要寻找到适合自己的数字化转型方案。以我前面提到的西门子与台州市政府的合作为例，西门子推出的“精智数字化套件”，将数字化理念提炼转化为简单易行、低门槛进入并兼具灵活性的数字化转型模式，企业可以根据需求自由选择套件，这样的模式

可以很好地满足当地一些中小企业的数字化转型需求。

另外，实现制造业的高质量发展，人才的重要性毋庸置疑。过去十年，西门子在中国已经与超过90所高校和科研机构就超过770个研发项目开展合作，并通过与政府、高校和客户的合作，将数字化应用延伸到更广泛的领域。

共生共赢，是这个时代赋予我们的机遇，而数字化也使我们与合作伙伴的合作走向了共创的模式。事实上，过去我们很多项目都是和客户一起共创进行的。今天，西门子正以更开放、更多样、更务实的方式打造开放式的生态系统，我们希望这个生态系统中的所有企业都能享受数字化的红利。AP

# 数据驱动安全，智能成就未来

## ——2021工业安全大会在京召开

2021年5月20日，由工业控制系统信息安全产业联盟主办，中国自动化学会、智能制造推进合作创新联盟、边缘计算产业联盟、中国仪器仪表行业协会支持，控制网（www.kongzhi.net）&《自动化博览》、OICT学院承办的“2021工业安全大会（ISSC2021）”在北京召开，共有来自电力、石油化工、能源、水利、轨道交通等行业的用户单位、系统集成商、生产厂商、设计院、大学及科研单位的160余位来宾出席，共同探讨数字经济时代下工业安全领域的前沿技术、创新成果和产业生态。中国科学院院士、中国自动化学会会士吴宏鑫，中国工程院院士沈昌祥出席大会。工业控制系统信息安全产业联盟秘书长、中国电子技术标准化研究院网络安全研究中心主任姚相振，工业控制系统信息安全产业联盟副秘书长孙凝分别担任大会上、下半场主持人。



中国科学院院士、中国自动化学会会士吴宏鑫

吴宏鑫院士在致辞中表示，“十四五”规划首次设立统筹发展和安全专篇，提出实施全方位的国家安全战略，增强对各类风险的应对能力。网络安全技术为维护国家安全、支撑产业转型、服务社会发展、保障公众利益等提供了重要的技术基础和坚实的安全屏障。未来，希望科技界、学术界、产业界都能进一步加强在战略安全、基础设施、科技创新方面的投入，培养更多工业信息安全专业的人才，加快发展具有核心竞争力的优势企业，建立自主可控的产业链体系。

机械工业仪器仪表综合技术经济研究所副所长、教授级高工梅恪在致辞中谈到，在工业互联网发展趋势下，制造生产系统向全过程数字化、全生命周期互联，带来了严峻安全风险问题。我们应该从全局安全视角出发，建立工业信息安全的纵深防御体系，进一步强化安全解决方案的环境适应性评估。期望大家携手努力，通过IT和OT领域协同合作，将过程安全、功能安全和信息安全全面考



机械工业仪器仪表综合技术经济研究所副所长、教授级高工梅恪

虑，实现安全一体化设计和管控，全面保障工业安全。



中国工程院院士沈昌祥

大会特邀中国工程院院士沈昌祥做题为《用主动免疫可信计算筑牢工控系统安全防线》的主题报告，他提出网络空间已经成为继陆、海、空、天之后的第五大主权领域空间，“没有网络安全就没有国家安全 安全是发展的前提”。按照国家网络安全法律、战略和等级保护制度要求，推广安全可信的产品和服务，筑牢网络安全底线是历史的使命。当前，经过长期军民融合攻关应用，我国形成了自主创新安全可信体系，完备的可信计算3.0产品链，将形成巨大的新型产业空间。等保2.0新标准将云计算、移动互联网、物联网和工控等采用可信计算3.0作为核心要求，为筑牢网络安全防线打下坚实基础。

中国电子技术标准化研究院高级工程师李琳带来了《工业控制系统信息安全防护能力贯标》的报告，他依据《工业控制系统信息安全防护指南》等政策文件精神，结合工信部近期工作部署，宣贯《信息安全技术 工业控制系统信息安全防护能力成熟度模型》国家标准，解读工业控制系统信息安全贯标工作流程、平台工具及下一步工作规划布局。



中国电子技术标准化研究院高级工程师李琳



国家信息技术安全研究中心总工程师王宏

国家信息技术安全研究中心总工程师王宏做题为《工业控制系统信息安全风险评估与探讨》的报告，他认为工业控制系统涉及领域广，业务场景丰富，系统类型差异巨大，因此，风险评估工作需在网络安全法律法规和标准要求下，根据工业控制系统实际特点，针对性开展检测评估工作。报告结合典型案例，就测评过程中面临的实际问题和痛点，分享工控系统风险评估工作的经验。



宁波和利时信息安全研究院有限公司方案总监穆雷霆

宁波和利时信息安全研究院有限公司方案总监穆雷霆分享了《控制系统深度融合的工业网络安全主动防御体系》，他表示，工业网络安全应基于可信计算等主动防御技术，通过控制系统内嵌可信计算防护体系，实现主动识别、主动度量 and 主动保护功能，增强自身防护能力。他介绍了和利时主动安全融合技术的突破创新成果与工业网络安全服务能力。基于可信计算3.0的静态启动和动态度量技术相结合，实现全生命周期安全防护，携手合作伙伴构筑工业系统安全可信防线。



360政企安全集团助理总裁兼工业安全事业部总经理李航

360政企安全集团助理总裁兼工业安全事业部总经理李航带来了《数字转型中的工业安全思考》的报告，他认为工业数字化转型带来了新模式，以工业互联网为核心的发展方向已成为业内的共识，我们在自动化技术与数字技术的融合方面仍需探索，其安全的基本理论和方法更需要改变。他介绍了“三位一体”的纵深安全运营防护体系，提出基于数据驱动业务、数据驱动安全的双向发展之下，需要安全成为数字化转型的底座。



西安交通大学网络空间安全学院副院长、教授刘焯

西安交通大学网络空间安全学院副院长、教授刘焯在题为《基础设施信息物理综合安全》的报告中指出现代基础设施中物理系统与信息网络深度融合，在带来极大便利的同时，网络安全（Security）威胁与基础设施的工程安全（Safety）问题结合，产生新的综合安全威胁。报告以电力系统为例，从计算机、自动化和电气工程不同视角，探讨基础设施信息物理综合安全的威胁机理和防御方法。



杭州立思辰安科科技有限公司咨询规划部总经理郭占先

杭州立思辰安科科技有限公司咨询规划部总经理郭占先为大家带来了《工控网络安全“挂图作战”解决方案与最佳实践分享》的报告，针对工控系统特点资产不清晰、通信拓扑不可视、安全运维薄弱等安全问题，他介绍立思辰提出的实时采集资产、流量、通信等信息，采用大数据和人工智能自学习的技术，实现工控网络安全可知、可管，做好常态化日常安全管理及运营，为一体化分析提供可信源基础数据，支撑战略决策、实时防御、指挥协同、信息共享，实现有效的工控网络安全监测-响应-预测-防御体系化工作。



百通赫思曼网络系统国际贸易（上海）有限公司产品经理朱杰

百通赫思曼网络系统国际贸易（上海）有限公司产品经理朱杰在题为《工业自动化控制系统安全的基石——IEC 62443》的报告中表示，IEC 62443标准旨在降低部署和操作IACS（工业自动化控制系统）的风险，其针对最终用户、系统集成商、生产厂商分别有不同角色定位及功能介绍。对负责维护IACS网络安全来说，初次接触IEC 62443时，理解标准的结构以及层次结构如何定义标准大有帮助。最后他从产品制造商的角度概述了IEC 62443系列标准及其重点。



北京理工大学教授胡昌振

北京理工大学教授胡昌振做题为《工业互联网安全：剑指何方？》的报告，他认为工业互联网是一种典型的任务网络，网络凸显使能性，安全防御的最终目标是保证任务成功执行，防御的焦点应该从“聚焦网络”向“聚焦任务”转型。报告围绕在脆弱网络环境下，如何构建可靠的工业互联网安全体系的问题，重点阐述“聚焦任务保证、改变技术模式、转变体系思路”三方面内容。



北京网御星云信息技术有限公司副总裁韩明畅

北京网御星云信息技术有限公司副总裁韩明畅为现场带来了《工业互联网安全运营实践探索》的报告，他表示，随着联网要素越来越多、联网范围越来越大，工业互联网安全隐患也越来越突出。工业互联网安全与传统IT网络安全诉求和模式不同，应贴合实际工业应用场景，以安全运营共生赋能方式，针对多层面安全需求实现工业互联网安全。



水利部机电研究所高级工程师李小龙

水利部机电研究所高级工程师李小龙在《水利工控网络安全建设探讨》的报告中通过回顾工控网络安全经典案例，介绍水利网络安全管理办法（试行）提出的背景、目的及意义，办法的保护对象，全面剖析办法在水利基础设施规划建设阶段及运行管理阶段的主要工作内容，探讨水利网络安全建设过程当中面临的问题，阐述水利网络安全建设方案的探索。



国家工业信息安全发展研究中心标准质量处处长陈雪鸿

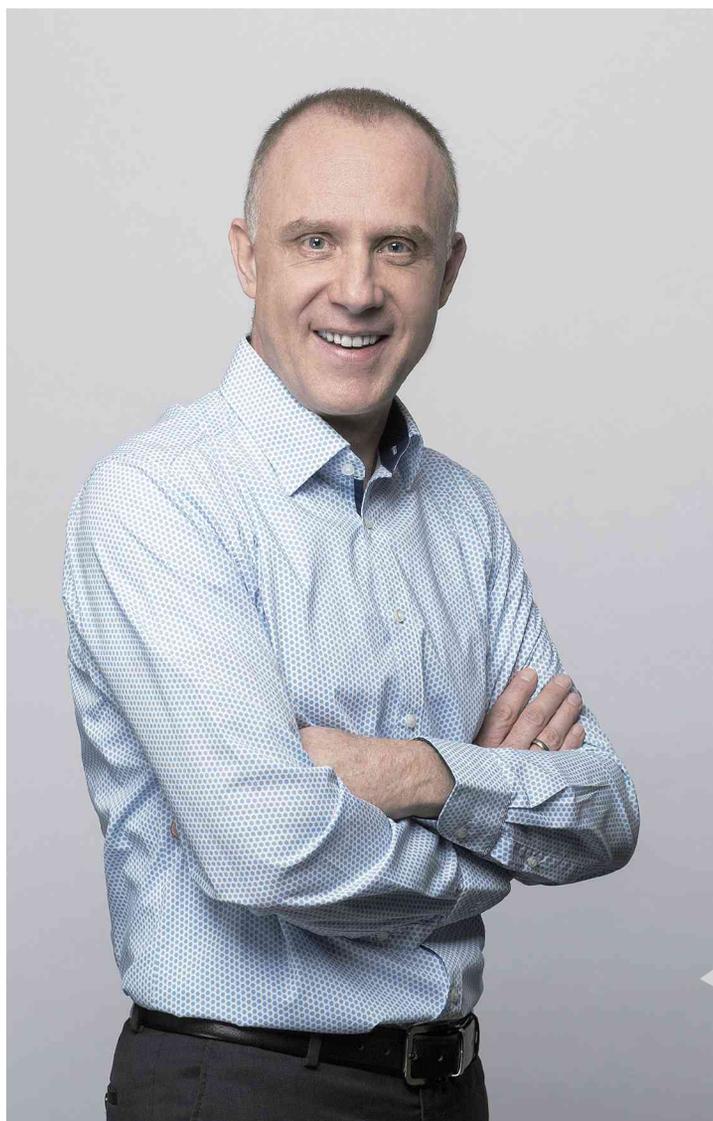
国家工业信息安全发展研究中心标准质量处处长陈雪鸿做题为《工业互联网数据安全分类分级防护与实践》的报告，她认为



# 西门子： 打造领先的工业边缘生态圈

借助西门子及其边缘生态系统所提供的强力支持，企业和开发者更可将自己的专业知识转化为真正的价值，而客户则能够轻松找出应对生产难题的解决方案。

★西门子（中国）有限公司 卫岳歌



全球已经掀起行业数字化转型的浪潮，数字化是基础，网络化是支撑，智能化是目标。通过对人、物、环境、过程等对象进行数字化而产生数据，通过网络化实现数据的价值流动，以数据为生产要素，通过智能化为各行业创造经济和社会价值。

从工业1.0到工业4.0，历史的演进让我们看到新工业革命正在因技术范式的转变引发产业变革，驱动经济发展。这次产业变革的过程就是产业数字化、数字产业化、各行各业如何用新技术来赋能的过程，最后实现由万物互联到万物智能的一种新经济业态。

事实上，数字化的发展创造了诸多经济和社会效益，包括更快速的信息获取、更便捷的全球交流，但同时也给生产制造型企业带来许多新挑战。

为了帮助客户充分利用工业4.0的潜力，西门子提供包含数字化企业核心要素在内的一系列解决方案。借助于这些可扩展解决方案，离散工业及过程工业企业都可阔步迈向工业4.0，实现涵盖整个价值

西门子（中国）有限公司数字化工业集团副总裁兼工厂自动化事业部总经理卫岳歌（Joerg Westerholt）

链的全面数字化。

## 凭借边缘计算处理海量数据

在工业生产的不同控制和监控环节中，每天可产生成千上万的海量数据，但当前只有小部分数据可以获得处理，产生价值。无论是本地生产还是全球制造，网络化程度越高，数据量越大。

生产制造型企业在本地产处理数据时，往往会遇到挑战：比如无法在自动化系统上导入和操作数据处理程序，而跨区域处理也并不现实。云计算确实能够解决这个问题，但也面临诸多困难。虽然云基础设施非常高效，然而越来越多的企业需要在靠近生产现场端对数据进行实时处理以及更高的数据可用性。

长久以来，工业界始终高度关注数据的优化利用——通过边缘计算对于生产中产生的数据进行分布式处理日益成为致胜关键。边缘计算是在靠近物或数据源头的网络边缘侧，融合网络、计算、存储、应用核心能力的分布式开放平台（架构），就近提供边缘智能服务，满足行业数字化在敏捷联接、实时业务、数据优化、应用智能、安全与隐私保护等方面的关键需求。它在云端与工厂中的互联设备之间架起一座桥梁，使智能资产、智能网关、智能系统和智能服务成为可能。换句话说，边缘层融合了IT和OT层，连接着虚拟世界和现实世界。

边缘计算已成为一个重要技术，用于收集、控制和分析网络边缘上的数据。通过计算与数据分析领域中的这种进步，工业领域和过程控制工厂变得更强，足以应对各种挑战并充分利用基于互联网的服务模型。因此，边缘计算正在迅速发展为工业自动化与控制领域中的一个大趋势。

## 工业边缘计算将云计算优势下沉到现场层

Gartner的报告《Exploring the Edge: 12

Frontiers of Edge Computing》显示，到2021年底将有超过50%的大型企业部署至少一个边缘计算应用；到2023年底，50%以上的大型企业将至少部署6个用于物联网或沉浸式体验的边缘计算应用，而2019年这一数字甚至不足1%。

工业的边缘计算将云计算的优势下沉到现场层，我们称之为1+1>2的效益。行业数字化转型，需要云计算与边缘计算的互相协同，两者各有所长。云计算擅长全局性、非实时、长周期的大数据处理与分析，能够在长周期维护、业务决策支撑等领域发挥优势；边缘计算更适用局部性、实时、短周期数据的处理与分析，能更好地支撑本地业务的实时智能化决策与执行。

西门子的工业边缘计算整体服务包括边缘管理、边缘设备和边缘应用程序。在边缘管理方面，我们推出了工业边缘平台，通过提供设备级的数据处理，安全地将高度完善的分析技术和边缘计算引入制造领域，使自动化设备得到进一步扩展。在西门子工业边缘平台上，用户可以使用一系列描述性、诊断性、预测性和决策性的分析应用程序。上云服务可以与来自西门子、第三方供应商或终端用户自己的边缘应用程序结合在一个集成硬件和软件的生态系统中，供自动化组件使用。

凭借工业边缘数字化平台，西门子可帮助用户消减传统本地数据处理与云计算数据处理之间的差距，以满足个性化需求。通过边缘计算，可以实时在本地处理海量数据。西门子向用户提供了广泛的应用程序，包括数据处理、通过Web服务器进行数据可视化、向云或IT基础架构传输数据，以及开发应用程序的快速创新周期。此外，由于预处理了大量数据，只将最终相关数据传输到云或IT基础架构，从而显著减少了内存占用和传输成本。西门子工业边缘不仅支持西门子基于云的开放式操作系统MindSphere的云传输协议也支持消息队列遥测传输（MQTT），使数据传输安全、可靠、高效。

西门子工业边缘的一大亮点在于分布式的数据处理和基于应用软件的数据分析方式，同时可以通过边缘设备如西门子工控机SIMATIC IPC直接集成到自动化设备中。制造业企业可以选择工业边缘解决方案中的硬件和软件组合来提升其灵活性和开放性，并无需担忧数据的安全性。Industrial Edge平台采用通用数据采集标准，用户可轻松地已从有产线和设备中采集数据并使用边缘方案。

## 边缘计算叠加人工智能

边缘计算拥有三类典型应用场景：

### (1) 人工智能与高级功能

- 机器边缘提供数据用于学习的算法训练等；
- 在机器边缘部署AI模型，实现工艺过程控制和优化；

- 应用于：预测性维护，状态监测系统。

### (2) 全球设备集中管理

- 预处理设备数据，并传输到任何云/IT系统；
- 集中管理全球设备，为原始设备制造商(OEM)的全新业务模型(例如 SaaS)奠定基础。

### (3) 数据采集与初步应用

- 如数据可视化，报警、预警等；

目前，西门子已将工业边缘解决方案部署到汽车行业。在人工智能和机器学习领域，西门子正在和用户合作开发一项前景广阔的工业边缘项目。例如，在汽车车身焊接质检工艺中，人工智能技术通常会应用于检测焊枪自身以及在生产过程中的异常参数。利用工业边缘提升并简化这一工艺，将大大降低维护成本，并进一步提高生产效率。工业边缘为某家车企配备了靠近车间的支持实时数据处理的运行环境，同时新增了功能确保在边缘设备上可靠地运行人工智能算法。基于人工智能技术的边缘应用程序可输入、处理和发布数据。同

时，拥有专利技术的机器学习监控系统保证了人工智能预测可信度。这个项目中，人工智能解决方案部署在工业边缘中并可以进行数据的同步处理，结果数据将传输到云端（云端设计期环境与边缘运行期完全集成）。通过这一全新的解决方案可减少人工质检步骤，未来甚至有可能减少车身焊接点。

除此之外，在西门子成都数字化工厂，结合了人工智能与边缘计算技术的视觉检测系统，能够在保证电路板生产质量“零缺陷”的同时降低至少75%的人工复检成本。工业边缘计算叠加工业人工智能后，可以对自动化程度产生大幅度提升，可以实现车间层级更好的智能化应用。

## 引领工业未来

西门子正在努力构建由工业企业、设备制造商(OEM)、应用程序开发者、解决方案供应商，以及工程服务提供商组成的领先生态，为合作伙伴创造价值。边缘应用可由西门子和第三方供应商通过工业边缘应用商店提供，因此，用户和机器制造商也可开发自己的应用程序，并可根据其机器的个性化需求进行定制。这些应用程序涵盖了各行业和各应用场景，比如数据可视化、设备状态监测、工艺参数优化等。已经有多家合作伙伴和工业用户公司加入了西门子工业边缘生态，这为合作伙伴和客户开发新的商业模式提供无限潜能。

我们不难发现，工业边缘可优化现场数据的使用，令一切变得更简单、更灵活、更安全，进一步提高了工厂的生产效率。借助西门子及其边缘生态系统所提供的强力支持，企业和开发者更可将自己的专业知识转化为真正的价值，而客户则能够轻松找出应对生产难题的解决方案。AP

专业 精准  
开放 共享

# 合力打造全资源价值服务平台



## 控制网 & 《自动化博览》

22年·工控网络平台数据资源

38年·自动化平面媒体读者库

秉承“立足自动化、整合营销资源”的企业理念，以“自动化企业信息营销专业解决方案提供商”为目标，服务中国自动化产业，为客户创造价值！

[www.kongzhi.net](http://www.kongzhi.net)



## 工业控制系统信息安全产业联盟

使命与责任 提升核心技术能力 服务工业用户

搭建政府、用户、企业、科研院所、大专院校之间的交流平台，发挥纽带与桥梁作用，共同推进我国工业控制系统信息安全产业发展，保障关键信息基础设施安全稳定运行，支撑中国工业健康可持续发展。

[www.icsisia.com](http://www.icsisia.com)



## 边缘计算产业联盟

引领边缘计算产业蓬勃发展 深化行业数字化转型

搭建边缘计算产业合作平台，推动OT和ICT产业开放协作，孵化行业应用最佳实践，促进边缘计算产业健康与可持续发展。

[www.ecconsortium.net](http://www.ecconsortium.net)



## 智能制造推进合作创新联盟

推进科技成果产业化 推动制造业创新体系完善

以产业技术创新需求为基础，构建共性技术平台，凝聚和培育创新人才，加速技术推广应用和产业化。促进行业内优势资源整合与共享，提高企业创新能力。

[www.impcianet](http://www.impcianet)

# 施耐德电气：EcoStruxure™开放自动化平台，开启数字工业新未来

★本刊记者/曹银平

当前，以数字技术为核心的通用型技术正在全球范围内加速新一轮技术革命和产业变革，随着智能制造、工业互联网、工业大数据不断深入发展，IT和OT的融合被提升到了前所未有的高度。相比日新月异的IT领域，OT领域的开放明显要“落后”很多。至今自动化产品还不能做到像IT产品那样即插即用，万国设备和多种封闭的专有自动化协议使“工业”裹足不前……

在社会与市场大力推进数字化转型、技术高速迭代的当下，“慢性子”的工业自动化将如何应对？身为第三次工业革命的引领者，施耐德电气基于对自动化产品发展、市场转变、客户需求的深刻洞察，从自动化技术演进的角度出发，提出了开放自动化的理念，并推出以软件为中心的全新工业自动化系统——施耐德电气EcoStruxure™开放自动化平台。

## 工业变革箭在弦上，开放自动化正当时

2021年，全球数字经济发展迅猛，加之人工智能、云计算、边缘计算、机器学习等先进技术的进步应用，建构一个基于标准的、开放的、可互操作的工业自动化架构，才能在日益复杂的数字化世界中把握前进方向，从而满足工业用户对敏捷和数字化的需求。

施耐德电气对开放自动化的布局由来已久，其主导的起始于1979年的Modbus开放通信协议，是世界首个工业通信协议；1996年推出的基于TCP/IP以太网的Modbus TCP，现已成为工业网络专用的技术标准；2017年，收购专注于开放自动化开发工具的厂商nxtControl，在其原型软件平台上增添新的IT技术和施耐德电气原有的技术，推出了现在的开放自动化平台……，施耐德电气在技术探索方面，始终领先一步，走在行业前端。

施耐德电气副总裁、下一代工业自动化孵化器团队负责人John Conway谈道：“开放和协作，一直是施耐德电气非常提倡的，此时推出开放自动化平台，主要基于两方面原因，第一，客户需求，诸多行业用户希望能有一个真正开放的平台，可以把目前所用的软件和组件、功能块能够实现可移植性、可复用，从而降低成本，提升效率。第二，市场需要开放的环境，目前市场上有许多先进的技术模块，但始终没有进入大规模生产，其中不同厂商之间自动化系统的专有成性成为主要阻碍因素，所以行业亟需构建一个开放的环境，将软件独立于硬件之上。也正是认识到了开放性带给客户以及行业的诸多益处，施耐德电气决心在开放自动化方面做出更多的努力。”

## EcoStruxure开放自动化平台，颠覆性变革

EcoStruxure开放自动化平台是以软件为中心，基于IEC 61499标准的“即插即用”的全新工业自动化系统，它能够使自动化应用程序以资产为中心、可移植、经验证的软件组件来构建，而无需依赖底层硬件基础设施。这种以资产为中心的方法，可将系统的成本和性能改善至前所未有的水平，为整个行业的发展和升级创造无限机遇。

据施耐德电气工业自动化业务产品管理全球总监张开石介绍，自动化领域的集成、融合跟IT系统不完全一样，主要侧重两个方向，首先横向集成，指一个自动化系统（如EcoStruxure开放自动化平台）与其他自动化厂商的软/硬件的融合，从横向来说分为两方面：（1）与其他满足IEC 61499标准的系统融合，施耐德电气正在与一些厂商沟通，希望通过提供EcoStruxure开放自动化平台的build time（开发环境）和run time（运行时）来达到原生可移植性和互通

性，即按照IEC 61499标准开发的软件或者功能块都可以在平台使用；（2）施耐德电气满足IEC 61499标准的系统和其他满足IEC 61131系统的集成，目前EcoStruxure开放自动化平台已能支持各种工业通讯协议，可在平台上通过“即插即用”的功能模块来极大的减少用户集成不同系统的工程时间。其次，纵向集成，指的是工业系统从OT角度来讲如何跟新的IT技术做集成。比如大数据分析、人工智能、物联网系统等，相比基于IEC 61131的现有的面向单个设备的编程标准，IEC 61499是面向系统级的可执行建模语言规范，相当于将面向部件的控制软件分装成功能块形式的软件组件，通过连接功能块，以图形的方式进行控制算法的建模，通过功能块的标准化实现软件的可复用性，从而使OT和IT的数据交换更加容易。

长远来看，工业领域的数字化将成为未来发展方向，建立全开放、互操作的自动化系统，将是工业自动化的出路，工业自动化走向开放已成为无法阻挡的必然趋势。如今，施耐德电气通过EcoStruxure开放自动化平台将软件与硬件解耦，打破专有系统的限制，在可移植性、可配置性、互操作性等方面达到了全新水平，从根本上提高系统的敏捷性和可扩展性，让工业界探索已久的“开放自动化”愿景逐渐落地生根，无疑给自动化行业带来了颠覆性变革。

## 共建“开放”生态，重塑工业新格局

2021年5月20日，施耐德电气在绿色智能制造创新峰会上发布V21.1版EcoStruxure开放自动化平台，进一步完善了以软件为中心的开放自动化系统。张开石透露：“通过软件的敏捷开发（agile development），现在基本上每三到六个月就有新版本推出，V21.1版本已引进中文版本，可见施耐德电气全球对中国市场的重视。我们在新版本通过增加更多“即插即用”的功能块为快消品、制药和物流行业带来一些立竿见影的效益，目前正在和很多的系统集成商以及终端客户做新方案的调试，后续还会继续增强有关信息安全，诊断、发现和调试功能以及扩展库和语言支持等。此外我们跟剑维软件系统的融合正得到进一步改进，针对EcoStruxure开放自动化平台边缘控制层在做SCADA的一些集成。从内部的分析来看，EcoStruxure开放自动化平台与剑维软件的结合可减少50%以上的工程作业量。”

EcoStruxure开放自动化平台已在多个行业实现成功应用，针对食品饮料和物流自动化两个行业提供了细分的行业库，为总包商、设备制造商、系统集成商和最终用户带来工程

和运营效率的优化。如在乳品行业中，涵盖储存、传送带、灌装等多环节的资产被容纳到一个动态资产模型中，可实现各工程相互的连续性和总体设计的便利化；在物流行业，工程师可利用输送线、移载、转向等行业功能块，快速实现系统的工程设计、测试和调整，缩短系统投入运行所需的时间。施耐德电气位于上海的智慧物流中心借助EcoStruxure开放自动化平台，故障识别和排除的速度提升至原来的四倍，错误率减少了45%，物流中心吞吐量提高了5.3%。



目前，食品加工行业规模最大的技术供应商基伊埃集团（GEA）、工业自动化系统集成商Master Systèmes等都在使用EcoStruxure开放自动化平台。GEA自动化与控制业务负责人Matthias Wiemann表示：“我们采用EcoStruxure开放自动化平台在诸多项目上展开合作，在加快上市速度的同时提升了敏捷性，而这正是食品和饮料以及制药等关键行业所需要的。”Master Systèmes自动化总监Maurice Re表示：“EcoStruxure开放自动化平台先进的工程设计工具将助力我们缩短应用程序的开发时间，并轻松支持各项IT技术的集成，包括预测性维护等，这意味着我们可以在加快上市时间的同时，为客户打造更易于维护的解决方案。”

对施耐德电气自身而言，EcoStruxure开放自动化平台的发布可以说是“自我革命”，但作为自动化行业的创新者与引领者，施耐德电气认为迈出这一步至关重要。John Conway表示：“EcoStruxure开放自动化平台是我们在助力制造商通过数字化方式推动工业自动化，最终实现阶跃式提升过程中的一个重要里程碑，将帮助具备不同自动化基础的企业轻松实现数字化转型，实现效率、灵活性和可持续性的飞跃，达到前所未有的卓越运营水平。施耐德电气希望更多合作伙伴参与到平台各类功能块的开发中，通过应用商店的形式搭建一个开放自动化的生态，集产业与技术之力加速开放自动化的成长，重塑工业新格局，开启数字工业新未来。” **AP**

# 虹科电子： 以创新技术加速企业数字化转型

★ 本刊记者/文晓



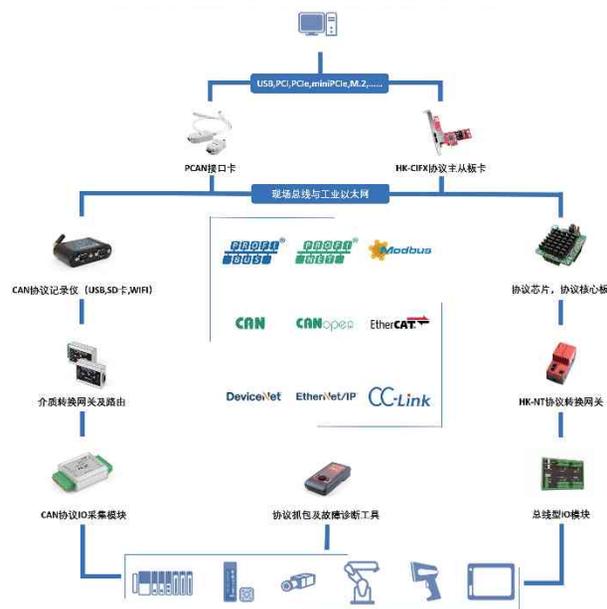
虹科电子工业通讯事业部部长谢晓锋

广州虹科电子科技有限公司是一家涉足工业通讯与物联网、车辆网络与汽车售后诊断、自动化测试、环境监测与生物科技、卫星与无线电通信等多个领域的高科技公司。其中工业通讯事业部提供业内领先的工业总线协议软硬件解决方案，产品类型包含代码、软件、芯片、板卡、模块等，目前已在工业自动化领域积累超过10年的应用经验。

一直以来，虹科电子致力通过不断创新的工业通讯技术满足各行业工业用户的需求。2020年，突如其来的新冠疫情加速了工业4.0的进程，设备互联的需求逐渐增加，工业通讯作为工业4.0的核心技术之一迎来发展良机。虹科电子工业通讯事业部部长谢晓锋表示：“顺应工业4.0的发展需求，虹科电子抓住机遇，提供总线协议转换模块（网关）和技术服务，帮助客户快速解决设备互联的需求。虹科电子提供的CAN接口卡和总线协议板卡顺应当前工业自动化领域PC-Based发展趋势，2020年在

医疗设备、工业机器人、数据采集等领域迎来了装机数量的小爆发。此外，虹科电子还在2020年推出了时间敏感网络（TSN）的开发方案和应用方案，旨在帮助国内企业更快速更简单地引进和使用时间敏感网络技术，加速企业的数字化转型。”

## 虹科工业通讯解决方案



## IO-Link，突破数据采集瓶颈

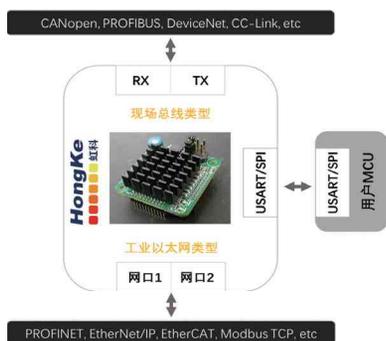
当前，全球新一轮科技革命和产业革命加速发展，随着智能制造模式的推进，工业4.0、工业物联网的更新迭代与不断突破，数据采集变得越来越重要，而工业通讯技术成为了产业发展的关键。但在现有的工业自动化架构中，采集数据类型单一，接线复杂，导致工业4.0与工业物联网的智能化发展面临瓶颈。正如谢晓锋所言：“现有架构中控制器只能获取到现场底层传感器的测量值，但不能获取到大量有用的底层数据，如服务数据、厂家信息、设备状态、信号质量等。因此，急需一项新技术的创新与突破，来打破这样的瓶颈，提供丰富的底层数据。”

为了顺应发展需求，虹科电子引入了IO-Link这项新兴技术，提供源代码和OEM模块两种开发方案，客户可用于开发IO-Link设备。IO-Link是一种创新简单，独立于现场总线，面向底层设备的开放式双向点对点串行通信协议，基于IEC 61131-9标准。它不是现场总线，与现场总线以及实时以太网也并非竞争关系，而是相互补充的关系，IO-Link可以兼容市面上几乎所有的现场总线和实时以太网协议技术，打破传统信号传输过程中的数据隔离、接线复杂等瓶颈，从而迎合物联网的需求。

IO-Link技术提供丰富数据以增加数据可用性、可统一接线以降低布线难度、能精确传输以避免精度损失，同时还具有远程配置和监控、简单设备更换、识别与诊断等功能，为客户创造巨大的价值，也受到行业的青睐。“IO-Link是一种领先的通信技术，具有较高的性价比，目前已经在多个垂直行业中成功应用，获得了巨大的发展动力。”谢晓锋表示。

## HK-OEM通讯模块，加速设备互联

虹科电子在2020年推出了HK-OEM通讯模块，它是一款适用于工业以太网和现场总线协议的嵌入式IC模块，能够使现有设备快速、方便地连接到工业网络中，而不需要进行大量的开发工作。这将大幅节省研发成本，尤其是在引进新产品的开发时间、加快产品上市方面。模块上具备运行协议栈与数据处理所需的组件，包括专用协议芯片、微控制器、内存以及散热器等，因此不会给需要集成工业网口接口的设备带来额外负担。



据谢晓锋介绍，HK-OEM通讯模块预留了三组插脚便于连接到设备控制器与扩展外围硬件接口，包括USAST接口、SPI接口、供电电源、模块复位、网络接口或现场总线接口。该模块作为设备与现场总线之间的“桥梁”，用户可以通过USART和SPI接口与设备控制器交换实时网络数据，报文格式参照Modbus协议。另外该模块还具备32个引脚的数字量IO信号，可以直接满足32个点的数字量I/O设计，这32个I/O引脚可以任意设置成DI或DO。由于采用了通用的针脚分配，虹科电

子提供的任何工业以太网和现场总线通讯模块都可以简单快速地被替换。

HK-OEM通讯模块由于其紧凑的尺寸设计，可以嵌入到小型设备或通信接口空间小的设备，开发各类仪器仪表、传感器、远程I/O、网关等设备，特别适用于工业物联网、仪表传感器行业、数据采集、自动化等领域。

## TSN，实现一网到底

工业通讯协议从诞生之初就在不断地发展与演进，从简单的串行总线，到现场总线，再到现在主流的实时以太网，工业通讯技术朝着更高的带宽、更快的速率、更强的可靠性不断演进。经过多年的发展与竞争，目前市面上诞生出五花八门的各类协议，如PROFINET、CC-Link、EtherNet/IP等。虽然终端客户可以根据自身要求各取所需，但是不同协议的设备之间无法互通，而终端用户的生产系统往往由来自不同企业的设备与系统构成。因此，独立于厂商的协议在智能时代变得更为必要。

在谢晓锋看来，这正是TSN技术横空出世的重要原因：

“TSN是标准以太网在链路层上的一系列补充协议，在链路层上规范了同步（AS）、流量调度（Qav、Qbv、Qch、Qcr等）、可靠性机制（CB、Qci等）、资源管理（Qcc、Qat等）等一系列机制，使得以太网在链路层上实现了可靠的实时传输，而不像目前主流的各类实时以太网，需要链路层到应用层各层进行配合处理达成实时传输的效果。”

但谢晓锋认为这并不意味着TSN与市面上各类实时以太网是竞争或者替代关系，而更像是一种补充和完善。“现有的实时以太网协议只需要将普通链路层替换成TSN链路层就可以升级至TSN，而直接面向用户的应用层则不需要进行修改。如PI、CLPA、ODVA等协议组织都各自推出了协议栈的TSN版本，并发布了初版或数个版本的规范（如CC-Link IE over TSN）。这使各类实时以太网在链路层上实现了统一，不同协议的帧报文得以在同一网络中传输而又不损失各自的实时性。”谢晓锋介绍道。

如今，工业市场的各大玩家都投入TSN领域的布局与研发生产之中，如华为、Intel、MOXA、研华等，先后推出了不同层级的TSN相关产品。虹科电子也在2020年推出TSN IP核的开发方案以及TSN端/桥设备成品的使用方案，致力于帮助国内企业更快速、简单地使用和集成TSN技术。“未来，虹科电子仍将致力TSN及其他工业通讯技术的应用推广和技术创新，助力更多行业领域实现简单易行且高可靠的工业互联，推动工业企业数字化转型。”谢晓锋表示。AP

# 贝加莱： 工业通信开放生态系统积极推动者

★本刊记者/文晓

作为开放自动化的倡导者，贝加莱一直是开放的互联技术的先锋军，致力于工业通信技术的创新研发。早在20世纪90年代就已在控制器中支持CAN总线以及其他主流的现场总线，2001年推出工业实时以太网POWERLINK技术。近年来，贝加莱聚焦于TSN技术与OPC UA融合，致力推动OT和ICT网络互联互通，响应智能制造对于通信的更高效要求。贝加莱工业自动化（中国）有限公司技术传播经理宋华振表示：“目前，贝加莱是业界对于OPC UA over TSN的架构最为积极的厂商之一，通过OPC UA over TSN的连接，可以为未来工业互联提供更为全局的数据交互能力，不仅在机器内部，更将提升设备与设备间、设备与管理系统间的连接能力。”

## 深化OPC UA over TSN 支持应用

据宋华振介绍，在2015年



贝加莱工业自动化（中国）有限公司技术传播经理  
宋华振

IEEE成立时间敏感型网络的工作组时贝加莱即已参与了工作组，并在2016年9月在奥地利与TTTech、Rexroth、FESTO等公司共同发起了TSN的Kick-off会议，在2017年底的SPS展会就已经推出了工程样机构成的演示系统，并参与美国IIC、欧洲LNI的测试床。在2018德国汉诺威工业博览会上，贝加莱与华为等厂商及产业组织一起参与了TSN联合测试床的发布。2019年贝加莱TSN控制器（X20系列）、工业PC。在2020年，贝加莱对OPC UA over TSN的支持进一步深化，在新的Automation Studio软件中，已经可以对OPC UA Pub/Sub机制进行配置和应用，宋华振表示：“这意味着从设备到云端的连接更加方便，使得贝加莱的控制系统可以便利地接入到数据系统中，并成为数据源，而在TSN的支持方面，贝加莱发布了X20的TSN接口CPU以及TSN交换机产品、I/O站。”

贝加莱的X20系列PLC开始支持TSN接口的连接，它可以使

贝加莱目前的控制器的能力延伸到边缘计算端的任务处理，通过TSN网络，周期性地控制任务，以及全局调度所需的信息可以被同一网络传输，实现调度、策略、优化等任务的高速处理，它的应用场景从原来的机器，扩展到机器连接的产线，以及到整个工厂的连接，并且确保高带宽、低延时、低抖动的能力。

TSN接口的PLC作为控制器覆盖贝加莱原有的新能源装备、塑料、印刷、包装装备领域的机器控制，而未来它将继续扩展这些机器的数字化能力，配合OPC UA的信息模型，将生产的质量、设备能耗、机器协同等任务进行集中汇总，实现全局调度优化，OPC UA over TSN主要是降低了设备连接、数据处理，包括仿真协同中的工程成本，并实现更为大范围、更多维度的优化，提升制造企业在生产品质提升、成本下降与加强交付方面的综合能力。

## 打造开放有效生态系统

工业通讯技术一直伴随着IT与OT的融合，随着数字化时代的到来，新型工业制造模式正在推动IT与OT的进一步融合，这无疑对于工业通讯技术提出了新的挑战。在宋华振看来，工业通信包含了网络技术和通信规约的集成，传统的工业通讯是整体的，即网络+通信整体构成了各家公司工业通讯，在ISO/OSI模型中，考虑实时性，通常采用三层架构（物理层+数据链路层+应用层），而未来的工业通信将更强调“模块化”的实现方式。“就像TSN网络，时钟同步、数据流调度、配置可以通过不同的标准实现不同的组合，对于汽车、航空航天、高铁、自动化、医疗等不同领域，可以据此制定行业自身的网络连接与互操作标准，而在应用层，则像OPC UA一样，由基础信息模型与行业信息模型来组

合，这是一个显著的工业通讯标准发展方向。”宋华振谈到。

工业通讯技术在过去，一直由各家公司发起，并形成了不同的技术阵营，而谈及未来发展，宋华振认为这一趋势必然发生改变：“在一个智能与集成的时代，这种各自为营的方式显然不能满足从产线的上下游不同厂商、自下而上或自上而下的连接这种多维度的连接需求，因此，由更开放的技术组织、不同厂商共同参与的标准，如TSN，更具有未来的前景，它突破了企业的利益阵营，实现整个产业的协同。因此，工业通讯不仅是技术问题，也会随着产业环境的变化而发生变化。”

正如其言，工业通讯更多强调生态系统，而不是强调单个产品。在宋华振看来，这正是工业通信与通信业发展的不同：“因为自动化行业的核心竞争力主要在行业Know-How的掌握，而通讯技术只是‘基础设施’，而且，它从来不会成为系统的瓶颈，除非是纯粹仅做工业通讯产品的企业，可能会关注战略落地带来的机会，但是，对于自动化厂商而言，通讯技术只是实现整个解决方案的支撑技术之一，并且，它集成在控制器、驱动系统、I/O站上的接口，对用户来说，这并不存在问题，因为他们并不需要成为通讯专家，仅需配置简单的参数即可。”

正是基于这样的理念，贝加莱对工业通讯一直以“开放”作为战略方向，借助于开放的互联技术，增强自动化系统的连接能力，并与产业的企业共同构建最开放有效的生态系统。而面向未来，宋华振表示：“我们聚焦自身的行业解决方案能力的不断增强，在工业通讯领域，我们对于OPC UA over TSN等开放的技术与标准是完全支持的，包括IT常用的MQTT/AMQP规约也是可以集成到我们的系统中的，贝加莱期待通过开放生态系统的构建，推动工业互联网，助力智能制造的快速落地。” **AP**

# 力控元通： 打造端边云一体化解决方案

★本刊记者/文晓

全球新一轮科技革命和产业变革正蓬勃发展，工业互联网平台在全世界范围内迅速兴起，正在重塑未来制造业竞争新格局，企业面临全新市场环境的挑战，推动广大传统制造业产业转型升级、提质增效和智能制造建设，工业企业“上云上平台”已经成为关键一环。

北京力控元通科技有限公司软件事业部总经理门杰表示：

“力控科技在2020年着手打造基于工业互联网的端边云一体化解决方案，为用户提供基于边缘工业通讯的物联网网关产品，以及基于工业云的远程设备运维解决方案，实现远程无人值守的管控一体化解决方案。其中边缘物联网网关支持传统工业以太网组网模式外，还支持Lora、NBIoT、5G等多种组网模式，支持Modbus TCP、OPC UA德国工业通讯协议及各类工业控制系统PLC协议，经过数据协议转换成MQTT传输到工业云平台，云平台基于物联、人员、管理等多个层面实现对各类设施远程监管，通过



北京力控元通科技有限公司软件事业部总经理门杰

移动端实现对设备远程运维及在线诊断，解决设备远程监管实时性及远程运维人员成本等关键问题。”

## FcloudComm助力云端运维

门杰认为，如何推动企业上云上平台，首先面临的问题是如何解决现场工业设备物联的问题：“现场设备是复杂的，通信协议是多样的，通信协议标准多，国际标准、国家标准、行业标准、企业标准并存。异构数据多样化，传统以太网、串口工业协议已无法满足设备数据上云要求，因此物联网网关应运而生。”

力控科技多年研究工业通讯产品系列，目前最新推出的物联网网关FcloudComm是力控科技研发技术团队，经历多年的经验积累沉淀，针对当前物联网领域互联互通的实际需求而研发的专用物联网网关。它是一款集数据采集、协议转换和智能化物联应用于一体的嵌入式设备。该

产品内嵌工业数据采集和处理系统，具有多种通信规约库，通过多种方式从地理位置分散的业务底层PLC、传感器以及各类智能设备仪表采集数据，同时将采集到的数据经过重新组织后，以各行业标准协议进行转发或推送到相关平台。该产品可以通过力控工业云平台远程对设备进行维护，实时对物联网网关动态数据监测，对网关标识识别，实时监测网关心跳，监测网关在线状态，对网关掉线情况进行报警；对网关在线率进行统计分析，并且记录网关在线时长，记录故障次数等信息；对网关上的工程案例上传或下载以及远程调试，以最低成本解决现场问题。

据门杰介绍，该产品主要面向两大应用领域：

#### (1) 基于物联网云平台的大型设备远程运维

基于物联网云平台对设备厂家售出的、分布在不同地理区域的设备进行综合管理与统一跟踪，设备基本采用不同通讯方式的工业协议，很难满足设备上云的需求。利用FcloudComm物联网网关，对设备不同的通讯方式，通过工业协议采集设备运行参数数据，由物联网网关以MQTT或HTTP物联网协议进行转发，推送到相关云平台中，进行实时监控与管理。

#### (2) 基于工业云的场景设备运维

在物业、楼宇、泵站、变配电管理等场景中的设备运维平台中存在着各种设备或智能仪表，各设备或智能仪表通讯方式或协议不尽相同，造成设备通讯复杂，难以实现云端管理。利用FcloudComm物联网网关，对场景中的设备或智能仪表通过串口，或以太网方式直接采集相关数据，由物联网网关以MQTT协议进行转发，推送到运维管理平台。助力运维单位进行互联网+产业升级，将部署不同城市和位置的相关设施上云，实现远程运营与管理，提升运维水平。

## 5G+工业互联网推动工业通讯技术发展

此外，力控科技还凭借多年经验研发基于OPC-UA协议，通过开发软件协议产品实现基于UA协议工业通信协议之间的透明转换，支持多种有线/无线工业通信规约及特定通信规约驱动程序定制的集成开发框架，实现异构设备/网络的数据集成，模块式加载各种驱动程序，多通道管理、通讯负荷自动调度与优化，实时传输过程数据、状态、诊断信息。

而谈及未来发展，门杰认为工业通讯技术的未来主要体现在5G网络时代：“工业互联网是新一代网络信息技术与制造业深度融合的产物，是实现产业数字化、网络化、智能化发展的重要基础设施，通过人、机、物的全面互联，全要素、全产业链、全价值链的全面链接，推动形成全新的工业生产制造和服务体系，成为工业经济转型升级的关键依托、重要途径、全新生态。5G是工业互联网的主要的通讯媒介，它具备超大带宽、海量数据、超低时延的特性，而工业互联网具有连接工业设备种类繁多、数据类型多样化、数据实时性要求高的特点。”

“工业通讯市场未来围绕着5G技术发展会有较大规模的变化，目前5G与工业互联网融合应用尚处于孵化探索初期，部分应用已逐步走向成熟。在应用发展方面，依据场景设备与5G融合的难度、5G相关终端模组发展的程度、应用场景涉及的工业生产环节等几方面的因素，多类应用目前分别处于不同的发展阶段。目前5G+设备预测性维护、5G+工业远程控制还处于探索期，仍有待进一步的实际验证。”门杰说道。他相信随着5G+工业互联网融合的逐步深入，必将衍生出更多的应用场景，如远程运维、远程工业控制、资产管理、工业智能传感器、生产设备实时监控等。因此，5G契合了工业互联网领域的业务需求，成为工业互联网发展的基础。 **AP**

# 流程行业工业通讯技术发展趋势

★浙江中控技术股份有限公司 张晓刚

流程行业的工业通讯应用分为两部分，第一部分为控制器之上的控制、管理及信息层，第二部分为控制器之下的信息输入输出的I/O层，这两部分由于所处环境、信息量以及面对对象的差异会产生技术应用的巨大差异。控制器之上的部分，可以预见未来极有可能是以基于Windows、Linux等操作系统的以太网+OPC UA构建高速、高效、通用的互连网络。在此，本文重点讨论控制器之下的I/O层的通讯技术。

## 1 流程行业现场层未来需求

流程行业现场层未来发展的六大主要特点分别为：

(1) 现场信号和控制室距离较远，且越来越远

流程行业的装置规模通常较大，大型化工和炼化装置甚至可达1平方公里，现场信号到控制室机柜间有较长的距离需要传输。随着管控一体化的要求和



浙江中控技术股份有限公司现场总线技术总监  
张晓刚

生产安全要求的提高，传统的控制室和机柜间不再布置在装置附近，而是在整个厂区集中放置，这样传统的点对点信号传输必然带来大量的电缆成本。

(2) 管理的要求越来越高，且要求来自现场的信息越来越多

传统的4~20mA已经不能满足未来发展的要求，智能变送器的大量辅助信息需要传送到中央控制室进行集中分析。此外，对于现场的震动、腐蚀、泄露等等，以人工巡查信息的方式将被自动化的方式替代，从而使来自现场的信息成倍增加，对通讯带宽提出更高的要求。

(3) 流程行业现场的防爆要求

流程行业产品或原料通常含有易燃易爆气体、液体或粉尘，安放在现场电子部件要具有防爆的能力，现场要尽量减少动火操作。

(4) 流程行业现场供电不易  
很多装置是露天设备，且有防爆要求，要限制现场220V交流

电使用的频率。

#### (5) 开放性和通用性的要求提高

现场的设备数量和种类越来越多，不仅仅是传统的温度压力流量物位，来自不同品牌、不同功能和特点的特殊设备加大了管理人员对设备配置和管理的难度。各种设备需要具有相对通用的接口和系统，自动识别现场设备并自动加载正确的驱动。

#### (6) 控制器负荷大幅提高

传统的PID控制逻辑已无法满足未来控制系统的运算需求，大量复杂的运算、智慧型分析工作不再依赖于windows的计算机。嵌入式控制器将承担越来越多的工作，与操作员的接口也将不完全依赖于上位机服务器。可靠、低功耗的单机控制器模式也将无法承担繁重的运算任务，控制器集群化会成为未来的趋势。

总而言之，未来的I/O通讯系统将可能是基于控制器集群的，自适应、端到端、高速、可靠的通讯系统。

## 2 流程行业工业通讯技术发展趋势

因而，流程行业工业通讯技术发展需要实现以下几点：

(1) 控制器集群的协作处理能力及多对多的冗余模式。大量控制器协同处理复杂运算逻辑，控制器间自动协调负荷分配并实现多对多的冗余，当部分硬件实体发生异常时其他实体自动接管负荷，所有过程无需人员干预。

(2) 基于双线以太网的高速现场通道和通用接口可使任何设备可以在任何地点接入网络，并实现高速数据传输。

(3) 具备驱动传输能力的通用应用协议。这意味着设备接入网络，系统平台会自动识别到设备并加载合适的驱动。如果系统无法找到合适的驱动，网络协议支持驱动从设备上加载，从而实现设备的



**未来的I/O通讯系统将可能是基于控制器集群的，自适应、端到端、高速、可靠的通讯系统。**



即插即用。

(4) 面向设备名称的扁平化寻址方式。在整个控制区域内对智能设备进行统一寻址，不再依赖于控制站-通讯卡-I/O卡-通道的逐级寻址方式，设备间的访问实现真正的端到端。

(5) 基于MESH网络的信道冗余模式和可靠的数据路由功能。打破原有的1:1冗余模式，通讯的可靠性来自于多路径的可靠数据传输。

(6) 支持各种应用和服务的工业操作系统。设备制造商具有充分的自主权，尽情发挥设备能力。先进的工业操作系统为来自不同供应商的驱动和服务提供展示平台。

【中控技术在现场总线方面的技术研究和产品开发应用已有20余年的历史。1996年承担国家“九五”重点科技攻关项目96-749“现场总线控制系统的开发”，并获国家科技进步奖二等奖；2000年，推出具有自主知识产权的HART协议圆卡；2007年，主持设计的“EPA”正式成为IEC-61158第14种现场总线国际标准；2011年，正式推出全面支持FF总线的DCS产品ECS-700及SAMS资产管理软件，并成为世界上第3个通过最新61b FF主机认证标准的公司。2018年，FCS系统通过中国石油和化工联合会组织的专家鉴定，鉴定认为中控技术的FCS系统性能安全可靠，技术指标先进，满足炼油化工生产应用FF控制系统的要求，达到国际先进水平。】 **AP**

# 砥砺前行20年， 不负韶华在智制

★CLPA中国支部 张蓉

## 1 前言

2021年，CC-Link协会（CLPA）、CC-Link协会中国支部先后喜迎成立20周年里程碑。

伴随着全球制造业的升级，“CC-Link”工业网络技术不断发展，CC-link协会也茁壮成长。从成立初期134家会员，发展到拥有2917家会员、2260种兼容产品、11家全球分支机构（截止2021年2月）的全球性网络技术推广组织。

忆往昔峥嵘岁月稠，回首CC-Link的发展历史，亦是回顾制造业技术与工业通信技术的发展进程。展望未来，可见万物互联的智能制造与融合的工业通信技术发展方向，CC-Link协会与会员携手再出发，一起推进智能制造前进步伐，谱写Connected Industries智慧制造新篇章。

## 2 CC-Link的发展道路亦是制造业技术的发展路程

工业网络通信技术的发展始终伴随着制造业水平的提高，CC-Link网络技术的发展亦是如此。在工业网络技术发展的道路上，CC-Link网络技术诞生于制造现场的需求，并以推动工业网络技术

的发展、以支持制造业技术的前进为己任，洞察产业与周边技术发展方向，勇于研发创新，始终走在工业网络技术发展的前沿。

上世纪90年代后，工厂自动化要求的提高、以及生产线向复杂化的发展，工厂对于连接各种设备的工业网络产生了需求，“CC-Link”由此在亚洲的制造现场中诞生了。1996年，第一代基于串行通信为基础的“CC-Link”网络规范正式发布。

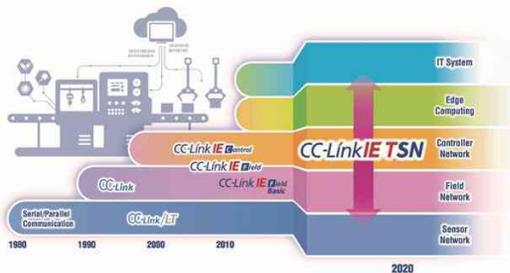
进入20世纪，得益于电子产业的崛起，亚洲的汽车行业、液晶行业的制造实现高度自动化的同时，企业也在全球化扩张。生产现场高度的自动化和“世界工厂”、“全球制造”带来了对各种设备、各地工厂、各种数据采集、传输、收集、分析的需求。CC-link协会洞察全球制造业各行业都将向数据化发展的动向，2008年发布了业内首个基于1Gbps以太网技术的第二代“CC-link IE”网络规范，使采集传输数据量得到了飞跃性的提高，同时将网络的适用范围从生产设备层扩展到了控制器层。

IT技术的发展，再次带来了产业升级发展的可能性。制造业正在寻求通过传感技术、网络技术、云及边缘技术，以及AI技术



CLPA中国支部事务局长张蓉

的使用,实现柔性生产,来满足客户需求的多样性。制造业IT与OT融合的发展趋势对于工业网络通信技术提出了新的挑战,CC-Link协会于2018年发布了业内首个基于TSN(Time-Sensitive Networking,时间敏感网络)技术的第三代千兆以太网“CC-Link IE TSN”网络规范。



### 3 新技术的应用

凝聚了最新技术的CC-Link IE TSN网络,突破了上位的IT系统到生产现场的FA系统的网络层次的束缚,并且在同一网络中实现运动控制、安全控制、普通I/O控制,同时采用了TSN的时间钟优化功能,从而保证了历史数据的追溯、利用的精确性。CC-Link IE TSN实现一网到底,为扩展制造业的各种应用带来了无限可能(2020年5月获得SEMI E54.23认证)。

国内一家锂电池生产自动化设备厂家使用CC-Link IE TSN网络及对应产品成功打造了蓝牙耳机锂电池后端检测分装一体机设备。

此套聚合物锂电池全自动封装一体机专用于在线生产微小型聚电芯,主要用于聚合物软包电芯封装成型工艺。配备功能包含铝塑膜成型、卷芯压整形芯、CCD检测卷芯极耳间距、机器人投入卷芯至成型膜、电芯顶部密封、电芯侧部及角位密封、内阻测试、电芯预切边、CCD检测密封后电芯极耳胶高、电芯喷码、电芯扫码、电芯贴保护膜、机械手把良品电芯装盘至电芯料盘。此外设备要求,铝膜卷料由人工上料,来料卷芯通过吸塑盘投入至设备、人工投入电芯空料盘至本设备、自动进行电芯装料(完成品

电芯)。设备的设计必须便于与前(卷绕机)后(烘烤炉)工序设备连机或成为独立设备,采用伺服电机实现一键



(One Touch)换型功能。

设备厂家要求此设备能有效帮助最终用户提高生产力和产品品质,需要所使用的网络能够在确保实时性的同时,还能连接各种设备,既可以实施高速且准确的控制,也支持向IT系统发送大容量数据,并可重复使用AI以及预测性维护。经过分析比较,最终采用了CC-Link IE TSN网络 and 对应产品。

设备厂家评价,设备使用了MES产品以方便用户能实时掌握设备运行情况,CC-link IE TSN的一网到底方便了运行数据的采集和传输,实现了现场可视化。同时,CC-Link IE TSN可以在一个设备中组合使用高速通信产品(伺服等高速高精度控制)和低速通信产品(状态监控)。用户可以根据不同的产品性能,分别设置最适合的通信周期,从而提高整体设备性能。

### 4 不断前进的步伐

CC-Link网络技术发展的步伐从未停止。从20年前与FA产品制造厂家一起关注如何提高生产现场设备的性能,到今天与IT和网络行业、半导体行业等各种行业解决方案供应商携手关注智能制造的发展。

中国制造业的发展,始终有力推动着CC-Link网络技术的进步。2021年是CC-Link协会中国支部成立20周年,作为中国支部事务局长,笔者衷心感谢中国的456家会员公司、衷心感谢更多的用户和合作伙伴不离不弃支持着CC-Link的成长。

百尺竿头须进步,十方世界是全身。CC-Link协会期待聚合中国会员和用户,立足工业网络技术与各行业合作伙伴继续携手,推动中国制造进入强国阵营的同时,再谱写绚烂的未来20年。AP



# 无线Wi-Fi技术在工业通讯中面临的挑战

★百通赫思曼网络系统国际贸易（上海）有限公司 张哈宜

随着工业物联网的高速发展，无线Wi-Fi技术的应用也越来越普遍，其相关概念近些年成为业届关注热点。虽然，蜂窝移动通讯5G技术也经常被提及，但传统的Wi-Fi技术，不管是从成本角度，或者是从项目实施部署的难易度等方面考虑，无线Wi-Fi与蜂窝5G仍是一个互补的关系，并不能完全取代对方。笔者预测未来五年内，无线Wi-Fi还将会是工业自动化领域中主流的无线通讯方式。

目前无线Wi-Fi典型的应用场景有：仓储物流、大型机械无人化远程控制、自动化工厂（尤其是汽车制造业）的AGV、手持扫码设备，以及变电站、石油化工厂、管廊等行业的无人巡检系统等。部署全厂工业Wi-Fi全覆盖几乎已经成为趋势。

## 无线Wi-Fi技术应用痛点

那么，在部署和使用工业Wi-Fi的时候我们面临的痛点都有哪些？

在当前的自动化行业里，普遍缺乏对无线Wi-Fi应用和技术有深入理解的工程师，即缺乏无线技术背景的人员和知识储备。而一个完整的无线项目，从设计到实施再到后期运维，各个环节都会面临很多的问题和挑战。比如，无线Wi-Fi网络的设计是否合理？应该选择哪些信道？无线带宽设计是否能满足实际应用的需求？天线类型和安装位置是否合理？应该如何优化漫游参数？现场是否有其他无线造成信号干扰？出现断网故障时如何排查？等等。

## 工业无线项目实施建议

那么，我们应该如何做好一个工业现场的无线项

目呢？

前期的“无线现场勘察 Wireless Site Survey”及无线架构设计是决定一个无线项目成败的重中之重，其重要性、关键性甚至要排在无线产品选型之前。

其整个过程可分为如下步骤：

首先，现场无线网络环境勘查，扫描现场无线Wi-Fi在2.4GHz和5GHz频率下，对应各信道的占用情况，找到哪些信道已被占用，是否有信号干扰等。图1和图2是干扰严重的现场和无干扰的现场的无线环境对比。

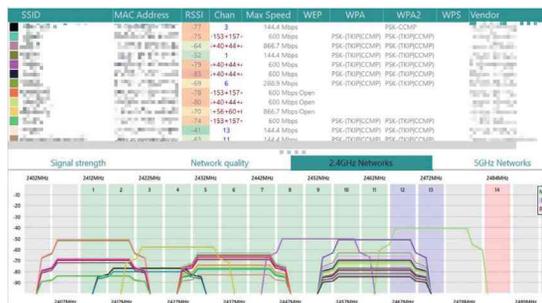


图1 干扰严重的现场



图2 无干扰的现场

其次，分析实际应用对无线的带宽、连接数、传输距离的技术需求，然后结合现场环境选择信道和AP点位并进行实地PoC测试，从而得出符合应用要求的无线设计。因为无线环境并不是一成不变的，新增产线或

设备等情况都会造成物理空间环境的改变，从而影响和改变无线环境，由于这个变量的影响，还需要针对这些变化做相应的调整和优化，使得无线应用环境一直保持一个良好的状态。图3和图4对比了实施无线现场勘察优化前后信号覆盖强度的对比。



图3 优化前

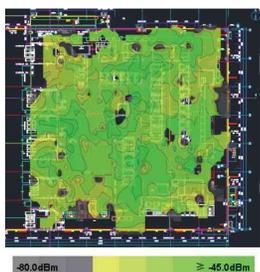


图4 优化后

因此，在选择一款适合的无线产品时，用户要避免陷入一个误区：即过度强调或关注产品的“硬件参数”（这些固然也是很重要的），而忽略了去评估无线厂家在前面提到的那些“软性”技术实力和技术服务的能力。

很多无线用户忽视了在项目招标技术要求中对直接可以反映无线现场使用效果的技术参数做出硬性要求，这些要求如表1（参数来自某汽车客户项目案例）所示。

表1 直接影响无线使用效果的技术参数

Signal strength	Noise strength	SNR	Channel Utilization	Roaming Time	Latency	Packet Loss Rate
>-67dBm	<-90dBm	>30dBm	<35%	<1s	<10ms	<1%

因为接受信号强度、信噪比、信道占用率、漫游时间、延迟、丢包率这些真实反应和决定无线使用效果的参数将最终影响现场无线应用的稳定性，下面列举2个例子：很多用户经常会关心一个AP最多可以连接多少个客户端，根据802.11无线Wi-Fi标准定义的最大AID（Association Identifier）数值为2007，但真实情况下不会有人使用一台AP连接2007个客户端，原因在于无线通讯为半双工，即和我们生活中使用的对讲机

类似：同一时刻只有一个人可以“说话”，因此如果只有1个客户端连接到一个AP，和有100个客户端连接到一个AP，每个客户端能够分到使用信道的机会是完全不同的，所以这里的“信道占用率”就是反应该信道使用繁忙程度的指标；第二个用户关心的常见问题是带宽：事实上无线带宽会由很多因素或参数决定，例如客户端离AP越近带宽越高，越远则带宽会变低。信道绑定、长短帧间间隔、无线调制编码方式等都会影响带宽，这里用户普遍的误区是纠结无线带宽能达到多大，而往往忽视了现场应用需要多少带宽，即应用本身会触发多少流量以及用户数量决定了带宽需求，只有明确了带宽需求，再结合上述提到的那些参数去进行无线设计及调整每个AP连接的客户端数量才能满足实际应用对带宽的需求。

此外关于漫游时间、延迟、丢包率的结果判断也一定要在尽可能“真实”的环境下测试，即测试环境和测试条件要尽量接近生产环境。如：AGV无线测试一定要真正“动”起来，因为“动”起来的AGV才是其真实的运行方式——伴随着AGV在车间不同位置的移动而发生漫游行为。图5是某国外大型汽车厂AGV在“静态”和“动态”情况下的对比测试结果：

Date	Brand	Status	IP Address	Succeed	Failed	Packet lost rate	Average PING time(ms)	Max PING time(ms)	Signal Strength	SNR	Reference file
afternoon		Moving		4442	196	4.23%	19	426	-60~-56	40-44	
afternoon		Moving		4441	197	4.25%	9	424	-60~-56	40-44	
morning		Static		10540	70	0.66%	6	373	-56~-54	44-46	
morning		Static		10544	66	0.62%	4	372	-56~-54	44-46	

图5 “动态”和“静态”测试结果对比

不难看出如果只是将AGV静态摆放不动的情况下去测试无线并不能真实反应出无线性能，因此建议用户一定要尽量接近真实生产环境去做无线测试（图5中“动态”测试丢包率为4%，无法满足实际需求，需要进行优化）。

## 结语

综上所述，无线网络在工业通讯领域中的大规模应用已是大势所趋，用户需要通过定期的技术培训来培养和储备具备无线知识的相关人才，在选择产品时除了关注产品硬件性能之外，更应该关注厂家的“软性”技术服务能力，并且在项目前期做好勘察和无线架构设计，从而使其工业无线网络持续稳定地为工业通讯传输提供服务。AP

# 面向电梯大批量个性化定制的自适应可重构生产系统

★ 中国科学院沈阳自动化研究所

## 1 背景

近年来，为了精确满足用户和消费者的需求，个性化定制产品的需求量飞速提升。2017年习近平总书记在十九大报告中明确指出：“深化供给侧结构性改革”。其中一项重要内容就是“提高供给结构对需求变化的适应性和灵活性，提高全要素生产率”。

但当前的大批量、刚性制造模式难以满足大批量个性化定制生产的需求。其挑战是：批量化、刚性生产系统是针对已知的、既有产品的工艺流程专门设计的，不具有灵活性，停产更新周期长。电梯、航空航天等装备以及电子产品的制造都面临上述挑战。

以个性化定制属性鲜明的电梯零部件装配为例，电梯上坎门头部件共有20多个装配工序，一旦产品设计变更，管理软件的装配工序模型需要增删、修改，导致产线布局变化，20多个控制器的程序和机器人的工步、程序也需要调整，整个系统需要1周以上的离线调整时间。很显然无法满足个性化定制产品小批量甚至单件化定制。因此，电梯行业的零部件装配环节只能依靠大量工人来保证生产线的适应性和灵活性。导致整个行业的个性化定制电梯交付周期都在15天以上，产能难以提高。因此电梯、航空航天等装备的大批量定制都迫切需要软件、控制系统、机械结构高度灵活、快速重构的生产系统来大幅缩短产品交付周期。

## 2 实施与应用

为提高个性化定制产品大批量生产系统的灵活性，中科院沈自所提出一种面向电梯大批量个性化定制的自适应可重构生产系统，主要包括以下3部分。

### (1) 柔性化装配系统

首先，本方案创新性地提出了被拧紧通孔或螺孔精确定位的方法，将这一方法应用于各个装配拧紧工位，有效规避了待装配的零部件外形尺寸一致性差的问题。同时，还自主研发了零部件上料托盘以及拆叠盘机，解决零件自动上料、精确定位的关键问题。在门头板的定位方面，方案同样贯彻对拧紧的孔进行精确定位的思想，同时在关键工位，采用视觉纠正两孔中心连线的角度，并用穿销的方式二次定位（如图1所示），解决门头精确定位的问题，为自动拧紧提供准确、稳定的拧紧条件。



图1 上坎门头柔性装配线的定位与拧紧机构

其次，方案在保证产品质量的前提下对原有的装配工艺进行创新性地调整，采用先分装再总装的装配模式。先将左右挂板进行分装，再将分装好的挂板和门头板组件进行总装，解决挂板上的零件后续装配引起的定位不准确的问题。

第三，在整体物流方式上方案打破了传统的托盘加积放轨道的装配模式，采用独立工作站加机器人的装配模式。通过机器人进行工位之间的流转，以及待装配零部件的上料，解决门头组件在工位之间难于流转、待装配的零部件难于自动上料的问题。

此外，方案还解决了很多生产机构的细节问题：比如螺母的自动上料、未拧紧通孔与螺纹孔的对心问题等。方案自主研发自动化专机共计12套，申请了6项发明专利。这些面向上坎门头的柔性技术都可以在钣金装配行业中进行推广。

## (2) 产品个性化选配、设计、制造一体化软件

针对当前在三维设计（UG等）、MES、ERP、PDM、钣金加工等多套系统间信息孤岛的问题，本方案研究出能够贯穿研发、工艺和制造的产品个性化选配、设计、制造一体化软件（如图2所示），重点攻克了：产品参数化设计、BOM自动编制、工艺路线自动生成等技术，减少人工设计时间和人力成本，使产品设计、制造、交付的周期大幅缩短。



图2 面向电梯大批量定制的3D设计工艺制造一体化平台界面

该软件主要面向电梯行业中个性化定制程度越来越高，设计环节与工艺环节脱节、工艺环节编制工

作量大且随企业订单量增大时，唯有增加人力成本才能满足交期承诺等实际问题，该软件可以完成产品三维参数化设计、EBOM->PBOM->MBOM的自动转化和自动编制、三维图纸向二维图纸的自动转化和二维CAD展开图自动生成、图纸尺寸的快速标注、脚本驱动的专家知识库和模型库构建、套料与机床数据自动对接等功能。

## (3) 管理控制一体化软件

针对产品设计变更后工序工步、控制程序离线调整时间过长的问题，方案自主研发出电梯行业首套管理控制一体化软件（如图3所示）。

首先，针对产品设计变更后工序工步离线调整周期长的难题，方案基于语义技术，将传统的刚性、串行工序工步解耦为最小工序工步单元，构建出上坎门头装配工艺库，当产品设计变更后，由既有的行业知识及深度学习融合起来驱动工艺库自主重构出新的工序工步，并驱动控制程序自动代码生成软件来实现从工序工步到控制程序的一体化转换。

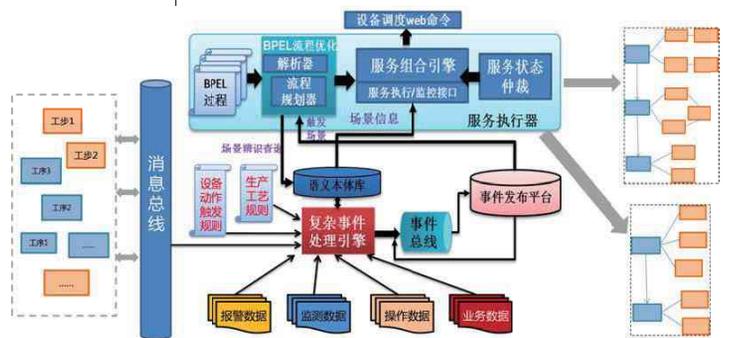


图3 工序工步自主重构的示意图

针对PLC程序在产品设计变更后，离线调整周期过长的难题，本方案基于西门子Openness软件，自主研发出电梯上坎门头自动代码生成软件。该软件能够基于既定工艺环节的软件模板程序，在输入自主重构后的工序工步文件后，自动转换、生成出新的PLC代码，从而大幅减少工程师离线调整时的工作量。

方案基于上述软件构建出电梯行业管理控制一体化软件，能够大幅缩短由于产品设计变更而导致的工序工步、PLC程序离线设计、调试周期等问题，实现个性化定制产品的快速交付。

基于上述柔性装配系统、设计制造一体化软件以及管理控制一体化软件的研发与实施，方案实现了电梯上坎门头组件的大批量个性化定制，使得产能提升1倍以上，交付周期缩短30%以上。大幅提升了电梯行业制造过程的智能化水平和竞争力。

### 3 应用难点及解决思路分析

当前，由于电梯制造行业大批量个性化定制的属性（每一部出厂的电梯尺寸、内饰等均为定制），使得众多部、组件只能依靠人工来适应产品设计的变更，导致交付周期过长、产能难以提高、生产成本较高。针对上述难题，方案的解决思路为：

(1) 首先，以电梯重要的组件上坎门头为首要对象，设计研发出上坎门头柔性装配系统，针对上坎门头近百个零件的高灵活性、难以固定的难题，自主研发出多个工艺环节的二次精确定位机构和自适应工装系统，通过自主研发的软件系统确定产品工艺，明确产品在各个工位需要装配零部件的内容和位置，使各个工位自动调整或切换定位系统以及工装夹具，从而使生产系统能够兼容现有20余种产品及未来新增产品的混线生产；

(2) 自主研发出面向设计、制造一体化的电梯大批量个性化定制设计、制造一体化平台，打通从客户选配、个性化订单生成、产品设计变更到控制系统软件环境的信息孤岛，从而缩短产品设计、制造周期；

(3) 将自主研发的管理控制一体化软件应用于电梯制造环节，使工序工步能够快速重构、控制程序代码能够自动生成，从而缩短当产品设计变更时，生

产系统的离线调整周期，从而进一步缩短产品的交付周期。

### 4 效益分析

面向电梯大批量个性化定制的自适应可重构生产系统已经应用于国内某大型电梯制造公司，打破了目前国内电梯行业在上坎门头组件的装配环节均采用全手工装配，无自动装配工艺单元的局面。对比原来的手工装配线节拍与产能状况，所需工人数量从40人减少为4人，人工成本节约了90%；装配节拍从2分钟/套降为40秒/套，效率提升2倍以上；从设计到制造的订单交付周期从15天降为9天，交付周期缩短了40%。且本方案的应用能够兼容现有20余种产品及未来新增产品的混线生产，大大提高企业的竞争力。

### 5 结语

本方案响应习近平总书记十九大报告中“深化供给侧结构性改革”中的“提高供给结构对需求变化的适应性和灵活性，提高全要素生产率”的重要指示，针对个性化定制属性鲜明的电梯行业装配需求，构建面向电梯大批量个性化定制的自适应可重构生产系统，研制开发一系列具有自主知识产权的软硬件，大幅提升电梯行业产能、节约生产成本、缩短交付周期，极大提升行业竞争力。同时，该工程项目的核心技术和软件还有望应用推广到钣金加工、航空航天、电子等大批量个性化定制属性鲜明的行业，进而缩短上述行业由于产品设计变更而导致的工序工步、控制程序、生产单元离线调整时间过长，交付周期过长等难题，提升大批量个性化定制的灵活性和智能化水平，从而助推我国制造业转型升级。AP

# 华中9型新一代人工智能数控系统 助力中国机床“开道超车”

★ 武汉华中数控股份有限公司

## 1 研发背景

高端机床装备是奠定现代工业基础的工业母机，是制造强国的关键基础、国防安全的战略保障和支撑制造业转型升级的助推引擎，战略意义重大，然而，作为数控机床“大脑”、决定数控机床功能、性能与可靠性的数控系统，却面临着核心技术受制于人，中高端市场绝大部分份额为国外企业所占据的窘境。

目前我国航空航天等重点领域急需的五轴、龙门、精密等高档数控机床，市场长期被欧日企业垄断，进口依赖度高。高档数控机床的核心技术是关键功能部件（数控系统、主轴单元、测量反馈元件、换刀机构等），其性能和质量决定了整机的性能和质量。在这一领域，我国技术基础薄弱，经过这些年的发展，其性能、功能、可靠性虽然有了很大的进步，但是还不能完全满足市场需求。这些技术的落后，严重制约了我国机床工业的发展进步。因此，一方面，这需要我国机床行业咬紧牙关，匠心“苦干”，缩小差距。而另一方面，我们还可以将云计算、大数据、人工智能等新兴信息技术，为机床行业“赋能”，鼎新“巧干”，这将对我国缩小与国外的差距，起到“事半功倍”的作用。

新一轮工业革命的核心技术是智能制造——制造业的数字化、网络化和智能化。作为中国制造业高质量发展的主攻方向，智能制造将新一代信息技

术和制造技术进行深度融合，以推进新一轮工业革命，而机床的智能化程度对智能制造的实施具有重要影响。

## 2 创新技术介绍

华中数控首创基于云计算的数控系统智能化技术，发明数控系统电控大数据的指令域分析方法，成功推出了“华中9型新一代人工智能数控系统”，如图1所示。



图1 华中9型新一代人工智能数控系统

华中9型新一代人工智能数控系统践行“智能+”为机床赋能的创新理念，构筑人（H）-机（P）-信息（C）融合的数字孪生系统（S）（HCPS）。该系统深度融合大数据与人工智能技术，打造了“端-边-云”的智能体系架构，形成了集成AI芯片的智能硬件平台、支持AI算法的智能软件平台、构建智能

App生态的开放平台。

华中9型新一代人工智能数控系统集成AI芯片，融合AI算法，将人工智能、物联网等新一代智能技术与先进制造技术深度融合，遵循“自主感知-自主学习-自主决策-自主执行”新模式，实现了真正的智能化。该系统本质的特征是具备认知和学习能力，与以往产品相比，其独创的指令域大数据分析方法，能形成指令域“心电图”，实现大数据与加工工况的关联映射，可精确预测零件轮廓误差，生成轮廓误差补偿的“i代码”，有效提升零件的轮廓精度，实现机床动态精度的“由丝入微”。

华中9型新一代人工智能数控系统提供了机床指令域大数据汇聚访问接口、机床全生命周期“数字双胞胎”的数据管理接口和大数据智能（可视化、大数据分析和深度学习）的算法库，为打造智能机床共创、共享、共用的研发模式和商业模式的生态圈提供开放式的技术平台，为机床厂家、行业用户及科研机构创新研制智能机床产品和开展智能化技术研究提供技术支撑。

### 3 主要技术特点

华中9型新一代人工智能数控系统遵循“自主感知-自主学习-自主决策-自主执行”的新模式，构建机床数字孪生，探索机床实现智能的新方法。

#### 3.1 自主感知：指令域大数据

独创的指令域大数据分析方法，采集、汇聚数控系统内部电控大数据和外部传感器数据，形成指令域“心电图”，实现大数据与加工工况的关联映射，构建由机床全生命周期大数据描述的数字孪生。指令域大数据分析如图2所示。

#### 3.2 自主学习：融合建模

借助具有“因果关系”的数理模型和具有“关联关系”的大数据模型，独创性地将数理模型与大数据模型进行融合建模，实现对机床动态行为的自学习和认知理解，构建由机床动态模型描述的数字孪生。融合建模图如图3所示。

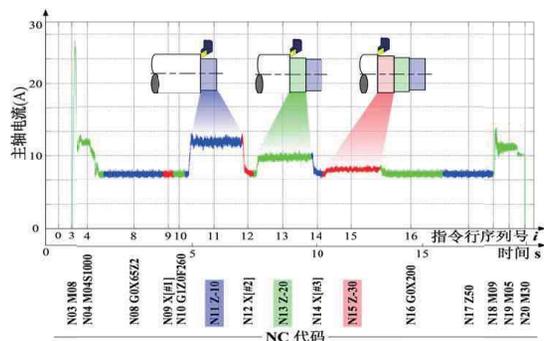


图2 指令域大数据分析方法

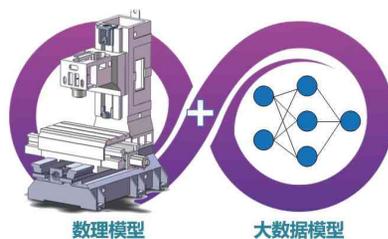


图3 数理模型与大数据模型融合建模

#### 3.3 自主决策：i代码

利用所获得的数字孪生，进行虚拟加工，并预测加工效果。根据预测结果，自动进行多轮优化迭代，最终生成多目标智能优化的“i代码”，实现自主决策。自主决策流程图如图4所示。

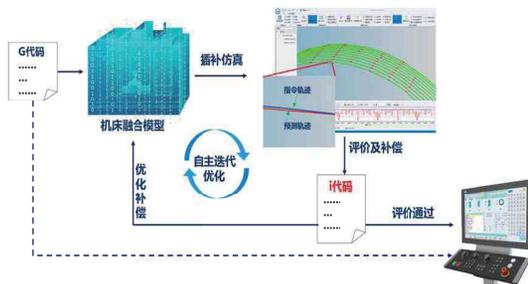


图4 自主决策流程图

#### 3.4 自主执行：双码联控

独创的双码联控技术，让传统数控加工的“G-代码”（第一代代码）和多目标智能优化的“i-代码”（第二代代码）同步运行，实现优质、高效、可靠、安全的数控加工。



# EcoStruxure助力OEM企业突围数字化时代

★施耐德电气（中国）有限公司

作为全球离散和过程自动化领域的领导者，施耐德电气凭借面向工业领域的EcoStruxure平台（该平台全面覆盖工厂及机器设备），使用户能够充分利用数字化带来的机遇，优化资产管理，适应快速变化的业务环境。其中，面向工业物联网和智能设备的数字化解决方案——EcoStruxure机器（EcoStruxure Machine），帮助机械设备制造商和最终用户实现真正的“一网到底”，将机器操作和工艺数据无缝集成，降低数据开放的总体拥有成本，为机械设备制造的全生命周期创造价值。

依托EcoStruxure机器，施耐德电气通过提供互联互通的产品，边缘控制，应用、分析与服务三个层面的解决方案，为客户提供价值：

- （1）在互联互通的产品层：提供全面的、市场最佳的互联互通产品；
- （2）在边缘控制层：提供从机器数据采集及可视化方案，到基于行业的专家级自动化解决方案；
- （3）在应用、分析、服务层：帮助OEM企业为最终用户提供基于云架构的设备数字化服务平台及运维管理。

## 从设备到服务：OEM突围的必由之路

在传统的模式下，企业将机械设备销售给客户后，这笔交易就到此为止。在这种模式下，一旦目

标行业呈现下行趋势，企业势必遭遇行业“天花板”，订单和利润难以为继。而在创新的“从设备到服务”的模式下，向客户交付机械设备并非“结束”，而仅仅是“开始”。出售给客户的设备不仅仅是一件商品，更将成为企业向客户长期提供增值服务的最佳载体，而长期、优质的运营和服务则成为了企业源源不断创造和获取价值的“源头活水”。

以农化包装机械制造商江苏金旺包装机械科技有限公司为例，尽管凭借独特的技术创新赢得了很多国内外中高端农化行业客户的青睐，金旺却力求向领先的全球行业全案服务商转型。在施耐德电气EcoStruxure助力下进行数字化升级改造的全球服务体系，成为金旺实现进一步飞跃的关键。经过数字化改造之后，金旺面向全球的服务团队的服务效率提升了35%以上，成本降低30%以上。

此外，拉链染色设备和服务提供商成都瑞克西自动化技术有限公司也在施耐德电气的助力下成功打造“设备+服务”模式。

瑞克西在拉链染色领域深耕多年，逐渐拥有了自身的技术沉淀。它不但能够提供业内完整的拉链染色生产线，而且在布带定型工艺上还拥有自主核心技术，能够助力拉链企业大幅提升产品品质。基于这样的差异化优势，瑞克西得以开创出不同于传统OEM销售模式的“设备+服务”模式，它不仅为客户提供

拉链染色的全套产线设备，还要到客户车间里进行实地生产，助力客户实现效率提升和节能降耗等改善。这种独树一帜的业务模式，让瑞克西得以同时在制造和运营两个层面，与客户实现长期的价值共赢。

## 数字化机器：从设备到服务的点睛之笔

创新和突破也意味着不同寻常的挑战。在施耐德电气看来，瑞克西既要考虑整套设备的一次性交付，又要兼顾设备未来的长期运营，面临“制造+运营”双重挑战。在这一背景下，施耐德电气的创新数字化机器，成为了支撑和实现瑞克西“从设备到服务”模式的点睛之笔。

施耐德电气为瑞克西提供了完整的EcoStruxure机器解决方案，其中涵盖PLC、变频器、伺服、触摸屏、低压配电产品等在内的硬件系统保证了产线设备的稳定可靠；而包括AVEVA系统平台和工业App EcoStruxure机器顾问在内的软件系统，则为产线的长期运行提供了支撑。

数字化的洗礼，让瑞克西的拉链染色生产线焕然一新：

· 以往，染色生产线必须依靠人工来进行上下料等操作。系统接到订单后，操作员们便会用小推车将纱筒从原料库搬运至绕带机处，每天至少需要上下搬运上百次，不但劳动强度大，而且影响生产效率。此外，工厂在生产运营过程中缺乏数字化系统支撑，导致数据记录靠纸笔，原材料消耗靠记忆，这样粗放的管理方式，常常让管理人员很难实时了解到生产的准确状况。

· 在数字化的改变下，工厂实现了拉链染色从订单到产品的全自动少人化生产，大大提高生产效率、产品合格率和配方管理效率，降低原材料损

耗、员工劳动强度和人为出错率。这一切的背后都离不开“拉链染色调度系统”这位“军师”坐镇中央，统筹全局。

该系统由瑞克西和施耐德电气基于AVEVA系统平台联合开发，得益于AVEVA系统平台良好的开放性和扩展性，系统只用了短短2个月就开发完成。应用施耐德电气的数字化解决方案以来，瑞克西整体生产增效达到10%~20%，生产节能达20%，尽享数字化、智能化带来的高效和便捷。

## EcoStruxure助力OEM打造数字化机器

正是数字化机器以及贯穿全局的大数据和信息流，为瑞克西这类寻求差异化突破的OEM厂商得以实现“从设备到服务”的创新突围。

针对和瑞克西具有类似转型升级需求的广大OEM厂商，施耐德电气同样能够以EcoStruxure机器为基础，通过互联互通的产品、边缘控制和应用分析及服务三层架构，为创新的“绿色智慧机器”提供全方位解决方案和服务。

其中，互联互通的产品包括伺服、变频器、低压配电等器件；边缘控制层包括M262逻辑与运动控制器、M580控制系统、巷道堆垛机电气控制方案等；而应用分析与服务层则包含了AVEVA系统平台、机器顾问、变频顾问等，提供了贯穿整个机器生命周期的服务与支持。

当前，智能制造已经成为了中国制造业的“命题大考”，能否打造出符合市场需求和创新商业模式的数字化机器，成为决定OEM厂商能否突围转型和赢得未来的关键。施耐德电气期待凭借EcoStruxure平台助力更多OEM伙伴实现高效和可持续发展，共赢绿色智能制造未来。AP

# FANUC机器人汽车铝压铸件自动研磨系统

★上海发那科机器人有限公司 吕苗苗

## 1 背景

随着汽车轻量化要求和新能源汽车产量的逐年提高，铝合金材质的零件在汽车上的使用比例逐渐提高，其中铝压铸件占汽车用铝量约80%。随着应用技术的进一步提升，铝压铸件从驱动系统、传动系统、制动系统等零部件位置逐渐延伸至引擎盖、挡泥板、车门、后车厢、车顶、整车身等以冲压焊接件为主的大型部位。

因机器人可以提高工作效率和质量，避免人员作业安全隐患，对这些复杂形状、存在压铸变形的铝压铸件，选择用机器人研磨工艺解决铝压铸成型后零件裂纹、冷隔、凸起、起泡、拉印、凹陷、飞边等表面缺陷问题是客户的首选。本案例项目应用了以2台FANUC R-2000iC/165F机器人为核心的研磨系统对汽车引擎盖内板以及车厢门内板进行去毛刺、打磨、抛光、清洗烘干整套自动化流程。

## 2 项目实施

### 2.1 关键技术

- (1) 湿式打磨，解决粉尘爆炸的隐患；
- (2) 离线编程，高精度的生成打磨轨迹；
- (3) 恒力浮动砂带机、抛光机，保证缺陷均匀去除；
- (4) 研磨适配软件；
- (5) 布局紧凑。

### 2.2 系统说明

系统由2台FANUC R-2000iC/165F机器人、1套上料台、1套卷帘门、1套去毛刺机、2套抛光机、2套湿式砂带机、2套工业防爆除尘器、2套换手台、1套中转台、1套清洗烘干一体机、1套质检台、1套防护房、光栅等安全防护设备组成。自动

化研磨系统及其布局如图1、图2所示。

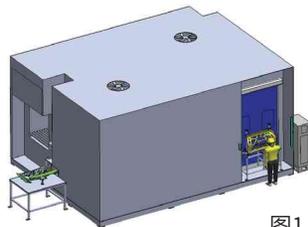


图1 自动化研磨系统

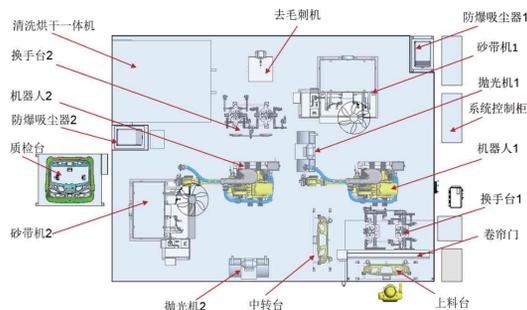


图2 自动化研磨系统布局

系统整体具有以下特点：

- (1) 采用双机器人研磨，提高生产效率；
- (2) 由机器人控制伺服砂带机协同打磨，柔性高；
- (3) 湿式砂带机可以整体伺服旋转，确保机器人以最好的姿态进行打磨；
- (4) 抓手可快速切换，适配多种零件；
- (5) 密闭设计，采用双层铝合金型材，防护全面；
- (6) 湿式打磨，去除粉尘，系统防爆性能好；
- (7) 占地6m×8m，布局紧凑。

### 2.3 质量标准和工艺参数

(1) 打磨质量标准：所有表面不允许裂纹、冷隔；密封面不允许有凸起区，表面粗糙度Rz80；接合面由热裂引起的凸起最大需小于0.5mm，气泡直径小于1mm，凹陷自由表面

深度小于0.2mm,有材料堆积的区域,直径小于5mm,深度小于0.5mm;螺纹接触面和螺栓头接触面凸起区最大Rz30;

(2) 去毛刺机:防爆电主轴,功率4kW,转速8000RPM,输出力矩达到5NM;

(3) 抛光机:功率4kW,设备转速3500RPM,能在30mm的距离内保持0~10kg的恒力浮动;

(4) 砂带机:功率4kW,砂带线速度40m/s,能在30mm的距离内保持0~10kg的恒力浮动;

(5) 砂带机伺服旋转定位精度:≤1弧分。

## 2.4 操作流程

(1) 人员放置未研磨件至上料台;

(2) 机器人1抓取工件,将工件送至抛光机处,对工件正面部分可见面、小部分包边面进行抛光;送至砂带机区域,对工件正面大部分包边面、接触面打磨;

(3) 机器人1将工件送至中转台,机器人2反向抓取;

(4) 机器人2将工件送至去毛刺机位置,对孔位进行去毛刺处理;再依次至抛光机、砂带机区域进行零件反面的研磨作业;

(5) 研磨完毕,将工件送至清洗烘干一体机上料位置,工件进入开始清洗及烘干阶段;

(6) 人员下料并检测工件粗糙度;

(7) 更换零件生产时,机器人在换手台快速更换抓手。

## 2.5 安全与控制系统

由系统总控PLC控制所有设备之间的全部动作逻辑。

所有安全信号采用双回路硬接线方式。当机器人在运行时,卷帘门下降、安全门锁闭合,处于安全防护房之外的操作人员不能进入机器人运行区域,若要进行检查或检修,必须通过区域操作面板上“请求进入”按钮,待机器人停到安全等待位置后按下“开门请求”按钮才能被允许进入。

## 2.6 数据采集及监控系统

项目搭建了SCADA监控系统,对现场生产进行监控。主要功能包括以下两个方面:

(1) 数据采集:采集设备的当前状态、系统报警和生产信息,便于生产统计和故障排查;

(2) 生产及设备监控:主要显示工艺设备数据、操作人员信息。

## 2.7 FANUC R-2000iC/165F机器人性能描述

(1) 6轴关节运动,最大负重165kg,有效范围2.65米,重复定位精度±0.05mm;

(2) 高可靠性、高性价比的万能智能型机器人;

(3) 高可靠性的FANUC伺服系统,实现长久高效的生产;

(4) 更长的维护间隔周期,使用成本更低。

## 2.8 主要设备性能描述

(1) 砂带机:电机为粉尘防爆电机,含四个砂带工位,可以配置不同宽度不同目数的砂带。设计有恒力浮动机构,可以根据设定值自动调节砂带轮的进给量,实现柔性打磨。砂带机带有喷淋装置实现湿式打磨,底部设计有喷淋液自动收集过滤循环系统,能够有效过滤喷淋液中的粉尘。

(2) 抛光机:电机为粉尘防爆电机,双头抛光机,双头位置中间距离可自动调节。

抛光机上安装有3M小旋风千丝轮,对较小凹凸不平区域进行抛光。小旋风可以根据抛光区域宽度选择不同层数。抛光机设计有浮动力调节装置,可实现恒力抛光。

(3) 毛刺机:用于工件顶杆的去毛刺,设备包括电主轴、油冷机、碎屑收集盒和支撑架。收集盒用于收集碎屑,需要人工定期清理。

(4) 工业防爆除尘器:最大体积流量3400L/min,最大真空23000Pa,过滤面积6.318cm<sup>2</sup>。采用防爆软管将吸尘管道连接至抛光机,采用寿命高于通用马达的EC-TEC马达,提供持久的强劲吸尘动力。ABS塑料集尘容器带有防火功能,适用于安全抽吸铝尘。

(5) 机器人手爪:夹爪动力为气动,通过夹钳夹持工件孔位进行夹取;两种夹爪通过换手台实现自动更换;采用断电保持阀以及手抓上的零件传感器保证抓取安全性。

(6) 工作站地板:研磨过程中飞溅的水流进入底板统一收集并从出水口流出,格栅踏板打开可清理。

(7) 换手台:同时安放两款手爪,设计有防尘盖避免粉尘落入快换盘。

(8) 中转台:中转台上设计有通用定位孔销,定位工件,用于零件在两台机器人之间中转。

## 3 应用创新点

通过研究影响研磨质量的因素,项目应用了FANUC开发的辅助软硬件,提高研磨质量和用户体验。

(1) 远程TCP:机器人以固装的工具上某一确定点作为坐标系参考点(TCP),从而机器人获得相对于抓取工件固定的工具研磨路径,通过远程TCP可以将示教过程简化、减少调试点位,当工艺路径为曲线时,使用远程TCP功能可以提升轨迹精度。

(2) 力觉控制: FANUC力觉传感器同时检出施加在机器人工具前端任意方向的外力在XYZ方向上的6个力和力矩的分量,如图3所示,最大检测范围250kg。传感器的仿形功能是以恒定的推压力施加并跟踪目标曲面,将推压方向上施加的力作为控制的目标力而完成曲面的恒力研磨。力传感器仿形功能如图4所示。

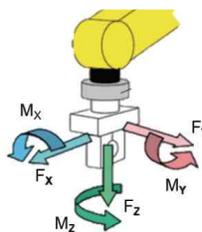


图3 6个力和力矩的分量

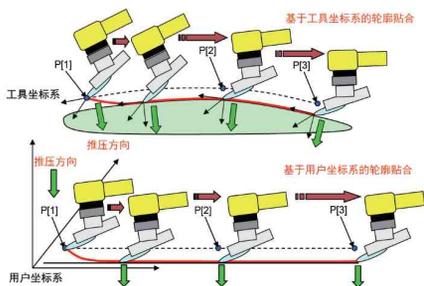


图4 力传感器仿形功能

(3) 力矩监控: 研磨过程中通过软件采集机器人6轴的实时电流,进行数据处理,生成实时的力矩报表,为调试人员不断优化研磨程序提供了方向。力矩监控原理如图5所示。

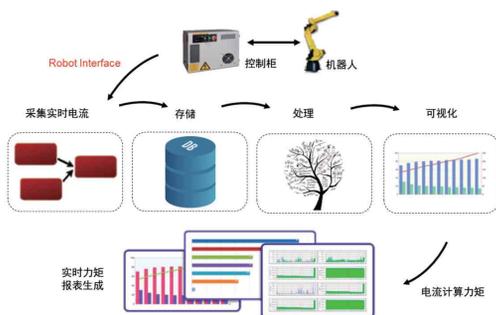


图5 力矩监控原理

(4) 路径恒定功能: 使用恒定路径功能软件,能够让用户以较低的速度倍率对研磨程序进行验证,再进行全速生产,倍率变化后,机器人依然能够保证同样精度的运动轨迹,如图6、7所示。

(5) ROBOGUIDE离线编程: FANUC ROBOGUIDE软件模拟真实的研磨环境,可实现机器人研磨程序的离线生成。它应用三维仿真软件的几何图形功能将产品轮廓生成离线轨迹,相比现场编程能极大提高精度,缩短现场调试时间,使研磨

系统可以快速迭代不同产品,即使是小批量制造也能获利。ROBOGUIDE离线编程如图8所示。

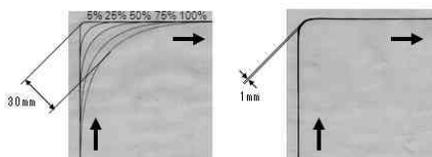


图6 使用前

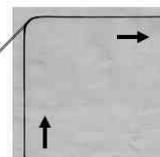


图7 使用后

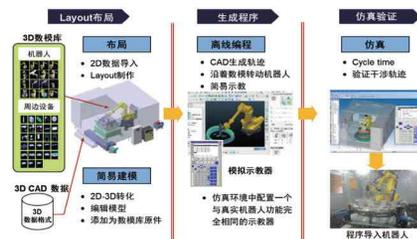


图8 ROBOGUIDE离线编程

## 4 生产效益

研磨作业因粉尘环境对人体的伤害,作业安全隐患以及受经验技术影响较大,该工种薪酬较高,特别因该项目为大件加工,机器人手持工件可以连续进行作业,而人工作业时需大量转运时间,经测算1台机器人的效率等于2~3个人工效率,双班生产,成本回收期为2~3年。

同时,因铝压铸件零件结构复杂、研磨技术含量高,机器人替代人工可以保障产品质量一致性,帮助客户获得下游客户的认可,提高市场竞争力。

现场实际生产如图9所示。



图9 机器人研磨系统

## 5 结语

汽车铝压铸件研磨领域对机器人应用的技术门槛及工艺门槛要求较高,对相关周边设备的集成配套要求也很高。本套FANUC机器人汽车铝压铸件自动研磨系统通过持续的技术优化,具有高灵活性和高可靠性,有效地提高了加工质量和生产效率。AP

### 作者简介:

吕苗苗(1986-),女,甘肃张掖人,工程师,本科,现任上海发那科机器人有限公司技术工程师,长期从事机器人集成系统现场应用及工艺研究工作。

# 高效装配的质量守护者

## ——堡盟OX200多功能轮廓传感器在装配工件检测中的应用

★ 堡盟电子（上海）有限公司

当质检员每天需要检查成千上万个零件时，有时就会对缺陷“视若无睹”，但机器人永远不会。

在大多数的离散制造行业，装配几乎是所有产品生产的必要工艺，也是控制成本和质量的关键环节之一，在制造领域占有重要地位。为了提升装配效率、装配质量和降低成本，越来越多的装配机器人得以应用。



为了实现更准确的高质量装配过程，装配机器人需要借助智能传感器的应用，根据生产标准对工件质量进行快速检测，判断其是否符合生产装配工艺的要求，并进行后续分类和处理。

堡盟OX200多功能轮廓传感器，正在帮助这类机器人装配系

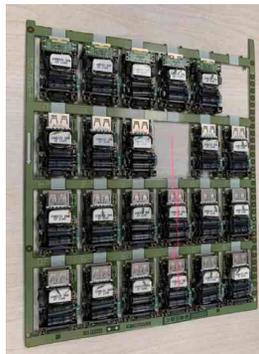
统在降低成本的同时，大大提高系统的运行效率。

### 快速检测，把关质量

工件质量是装配工艺效率和最终装配质量的基本保障，通过传感器的在线检测，可以明显提高装配线的效率、减少误差和降低最终成本。

在装配搬运应用中，机器人手臂在抓取目标物以后，常常需要检测该工件的质量/公差等特征是否符合生产工艺的质量要求，尤其对诸如高度、边缘、间隙、宽度、直径、角度等工件参数的测量。在获得这些测量值之后，控制系统只需要将其与标准工件的参数进行比较，是否有偏差，偏差了多少便可以一目了然。

对于高速自动化装配线而言，工件品种的轮廓和位置特征各自不同，检测实时性要求高，对于



传感器的快速检测和图像处理能力，面对多种工件的灵活配置能力，以及与上位自动化系统的通讯集成能力，都提出了一定的挑战。

### 智能检测，守护质量

堡盟公司为这类应用提供了OX200多功能轮廓传感器，让数据处理变得更加简单。OX200集成了一系列测量功能，操作人员无需具备丰富的图像处理专业技术知识，也能进行高效的在线或离线检测。

通过同时多达7组工件的参数检测，OX200可以在基于轮廓图形的基础上进一步进行智能分析处理，并把处理后结果直接提供给客户，客户无需具备集成能力就能轻松简单地使用该轮廓传感器。

OX200可以集成智能测量功能和图像处理功能，可以连接测量工具以完成各项分析任务，还可以在直观的Web界面中自由配置多达7个测量值，对工件进行实时分析和监测。此外，OX200支持PROFINET、OPC UA等多种主流接口和协议，便于系统通讯和集成。

由于OX200传感器的投资成本低且易于操作，客户可以在更多应用中使用该传感器来提高生产质量，降低总体成本。

在基于机器人的自动化装配应用日益广泛的今天，通过多功能轮廓传感器对装配工件进行质量检测，提升装配质量

和效率并降低成本，是最终提高装配制造企业竞争力的重要环节。堡盟提供的OX200解决方案，堪称高效装配中的质量守护者。AP



**编者按：**

半个多世纪以来，我国自动化学科理论发展、工程研究与实践都发生了翻天覆地的变化，不断取得新的突破，经历一次次腾飞，成为撑起中国工业的脊梁。栉风沐雨六十载，砥砺前行续华章，在中国共产党诞辰100周年和“十四五”规划开局之年，中国自动化学会也迎来了六十周年会庆。值此之际，控制网（www.kongzhi.net）&《自动化博览》开设“CAA 60 传承科学家精神”专栏，秉承尊重历史、以史为鉴、弘扬传承的理念，希望为当代自动化人了解历史，传承老一辈科学家的宝贵科学思想和精神财富提供有益借鉴。

# 传承科学家精神

## ——我国自动化科学技术开拓者之一，两院院士陆元九



陆元九，生于1920年，中国航天科技集团公司科技委顾问，自动控制、陀螺及惯性导航技术专家，国际第一位惯导博士，在几种卫星、导弹的方案论证及飞行实验数据的分析等方面发挥重要作用，中国自动化科学技术开拓者之一，中国科学院和中国工程院院士。

走过了整整一个世纪的陆老，曾在战火纷飞的年代艰苦学习考取赴美第一批公费留学生，曾在新中国建立伊始突破重重阻碍义无反顾求索报国，曾在文革时期卧薪尝胆等待时机一抒拳拳报国之心，也曾在国家航天事业的发展中，作为奠基人之一，引领开拓了中国航天自动化科学技术，培养了一大批航天领军人才。

他是当之无愧的中国航天的“拓路者”。

陆老走过了整整101个春秋，参与、见证、记录了一个世纪的风云变幻；但他又始终保持着年少时的激情和赤子之心。如今，年过百岁的陆老依然精神矍铄，为了保持身体健康，陆老一直打网球，坚持跑步到73岁，航天大院里的人说：“经常见老爷子推个小车，在大院里散步。”

前几年，基层研究人员抱着材料敲开他家门，陆元九依然思维敏捷，帮忙解决技术难题，还到实验室做研究工作。他认为，航天工程是一项国际竞争激烈而又敏感的专业，要与周围同事共同研讨、互教互

学，“坚持学习，不断进步”。

他终其一生都在为国家的航天事业而奔波。

如今在一代又一代的航天人的团结拼搏、努力奋斗下，我国的航天事业跨越过了一个又一个科技高峰，取得了诸多令国人振奋、让世界赞叹的成果。

## 辗转求学，远渡重洋

陆元九出生在安徽滁县，知识分子家庭给了他良好的熏陶。

30年代，中国国力羸弱，陆元九从初中开始就积极参加学生宣传活动和游行请愿。1937年，陆元九报名参加高考，报考的志愿是上海交通大学和中央大学，可上海的沦陷使交通大学开学成为泡影。此时，从南京迁往重庆的中央大学向陆元九发来了入学通知书。在炮火中，陆元九逆江而上。初到重庆，他们在山顶上搭建的平房上上课；为躲避日军飞机的轰炸，他们有时还在防空洞中学习。陆元九和他的同学作为中央大学航空工程系招收的首批本科生，是中国本土第一批系统学习航空技术的大学生。大学四年学习生涯，陆元九学习了发动机专业的必修课，自学了空气动力学、飞机结构设计等课程，为日后深造打下了坚实的基础。毕业后，陆元九留校任助教，他广泛接触航空工程领域，为夯实理论基础。

40年代中期，经过自己的艰苦努力，陆元九如愿以偿地考取了赴美第一批公费留学生，并被分配到麻省理工学院航空工程系。当时，多数留学生通常根据国内的学习基础保守稳妥地选择理论方面的专业，但喜欢尝试挑战、求知若渴的陆元九却毅然地选择了由著名自动控制专家C·S·德雷伯教授开设的仪器学专业，即惯性导航。这项技术十分关键，美国政府将其列为重要军事研究项目。但由于这个专业需要学习新课程，完成论文前还要进行合格考试，重重难度致使

报名者寥寥无几，而陆元九则顺利成为了德雷伯教授的首位博士生，并在这位世界惯性导航技术之父的引领下，开启了前沿技术的探索之旅。

两年内，他一直是这门学科唯一的博士生，导师对这位来自中国的学生也是青睐有加。1945~1949年间，陆元九孜孜求学，凭借扎实的功底，不仅成功获得了博士学位，还先后担任麻省理工学院助教、副研究员、研究工程师，继而任福特汽车公司科学实验室研究工程师、主任工程师，在动态测量仪器及设备、涡轮增压发动机自动控制和自寻最优点控制等方面开展了大量研究工作，成果丰硕。

## 突破困阻，求索报国

新中国建立伊始，百废待兴。陆元九深刻认识到报效祖国的时候已经到来。面对当时一道道横亘在他与祖国之间的重重阻碍，陆元九一边坚持工作，一边积极参加进步组织，为回国作长期的准备。终于，1955年，借中美谈判之机，在著名科学家钱学森返回祖国后，陆元九怀揣了先进技术和对祖国的拳拳赤子心，最终携家人办好了回国手续。在访谈中，陆老回忆到“当他历经重重阻挠回到祖国时，这长达11年的漫漫归国之路才最终划下了句点。”

回国之初，正值中国科学院筹建自动化研究所，陆元九由于研究专长被分配到该所，先后担任研究员、研究室主任和副所长，事必躬亲，无私奉献，对我国的自动化研究起到了开拓性的作用。1958年，在毛泽东“我们也要搞人造卫星”的号召下，陆元九提出：要进行人造卫星自动控制的研究，而且要用控制手段回收它。这是世界上第一次提出“回收卫星”的概念。与此同时，在陆元九和同事们的努力下，我国第一个探空火箭仪器舱模型横空出世。20世纪60年代初，陆元九在中科院、中国科技大学同时负责多项工作，每天都要工作十几个小时。1964年，他的著作《陀螺及惯性导航原理（上册）》出

版，这是我国惯性技术方面最早的专著之一，对我国惯性技术的发展起到重要的推动作用。

正当陆元九准备以更高热情投入到工作中时，十年浩劫开始了。1966年~1978年的12年间，陆元九被剥夺了一切工作。在采访中，陆老对曾经虚度的12年光阴痛心不已，但对挨批斗、蹲牛棚的日子，却只是一笑置之。因此，粉碎“四人帮”之后，陆元九深切表示希望继续从事惯性导航研究工作，争取把“文革”中失去的时间尽可能补回来。在担任北京控制器件研究所所长期间，陆元九积极参加航天型号方案的论证工作，并一直倡导跟踪世界尖端技术。在他的领导下，国家批准建立了惯性仪表测试中心，为我国惯性仪表研制创立了坚实基础。陆元九还充分利用对外开放的机会，多渠道聘请专家，组织国际会议，进行技术交流，引进人才，促进了我国惯性技术的发展。

### 慈父严师，诲人不倦

陆元九多年从事教育工作，十分看重人才培养。在中科院期间，他经常组织科研人员学习研讨；担任航天系统所长期间，在纷繁重压的科研任务之余，仍亲自给中青年科技人员讲授英语和专业技术课。面对当时航天人才断层问题，陆元九积极倡导航天系统培养研究生，在他的推动下成功申请了硕士和博士学位授予权。此后，航天系统自培高学历人才不断涌现，为我国航天事业发展输送了大批高层次人才。

陆元九平易近人，谦和通达，但面对科研却严

谨苛刻、孜孜以求。在科研工作中，对送交他审阅的设计报告、计算数据、研究论文等技术文件，他都以其负责的态度认真审阅。对其中存在的问题，他总是乐于帮助分析和纠正错误。陆老在访谈中反复强调“教书育人，不是‘教’，而是通过反问学生问题，发现分析学生问题所在，启发思路，共同解决研究”。在他的悉心培养和严格指导下，一批求真务实，尊重科学实践，具有良好科研素养的领军人才脱颖而出，肩负起我国航天事业的艰巨重任。

### 学术窘况，发人深省

学术界是公众的大脑，国家的引擎，孵化着推动人类社会演进的科学技术，创造着促进社会发展的科技成果，因此容不得半点虚假和浮躁。然而如今，庄重严肃的学术界却也褪下了昔日“象牙塔”的光环，重回舆论的风口浪尖。

陆老虽然已离开科研岗位多年，但对于学术界的现状仍给予深切关注，如何保护学术这片净土也是他在访谈中多次谈及的话题。陆老回忆在他治学的年代，学术氛围是公开的，交流研讨是热烈的，专家学者会抓住每一次国内外学术会议机会深度沟通，思想的碰撞和学术的火花对于学术创新、学科发展乃至科学技术进步起到至关重要的推动作用。

陆老殷切希望学术研究能重归本位，坚决抵制学术不端行为，严肃肃清学术不正之风。同时，积极为中国和国际学术界搭建零距离交流与对话平台，彰显我国科研实力，从而提升中国学术国际话语权。AP

摘自《中国自动化学会通讯》2021年第1期

# 中国自动化学会

CHINESE ASSOCIATION OF AUTOMATION



中国自动化学会 (Chinese Association of Automation, 缩写CAA) 于1961年在天津成立, 是我国最早成立的国家一级学术团体之一, 是中国科学技术协会的组成部分, 是发展我国自动化科技事业的重要社会力量。学会现有个人会员6万余人, 团体会员200余家, 专业委员会55个, 工作委员会9个, 30个省、自治区、直辖市设有地方学会组织, 基本覆盖了我国自动化科学技术领域的各个层面。

中国自动化学会在改革中求发展, 不断加强学术影响力、社会公信力、会员凝聚力和自主发展能力的建设。近年来, 中国自动化学会重点从学术交流与应用推广、组织建设与会员服务、科技评估与人才评价、课题研究及决策支撑、科学普及与继续教育等几方面开拓创新, 推动中国自动化科学和事业的发展, 成为连接政府、产业、学术、科研、会员的重要纽带, 致力于成为国内外有影响力的现代社会团体组织。

## 学会品牌学术活动

中国自动化大会 国家智能车发展论坛 国家机器人发展论坛 国家智能制造论坛  
世界机器人大会 智能自动化学科前沿讲习班 中国认知计算和混合智能学术大会 新一代人工智能高峰论坛  
钱学森国际杰出科学奖系列讲座 中国控制会议 中国过程控制会议 青年学术年会

## 学会奖级奖项

杨嘉墀科技奖 钱学森奖 CAA科学技术奖励 CAA优秀博士学位论文奖  
CAA高等教育教学成果奖 CAA青年科学家奖 CAA自动化与人工智能创新团队奖  
杰出自动化工程师奖 中国自动化企业创新奖 CAA科普奖

## 学会主办期刊

中国自动化学会通讯 自动化学报 自动化学报(英文版)  
信息与控制 机器人 模式识别与人工智能 电气传动  
自动化博览 计算技术与自动化

| 地址: 北京市海淀区中关村东路95号自动化大厦

| 电话: 010-62522472 传真: 010-62522248

| 邮编: 100190 邮箱: caa@ia.ac.cn

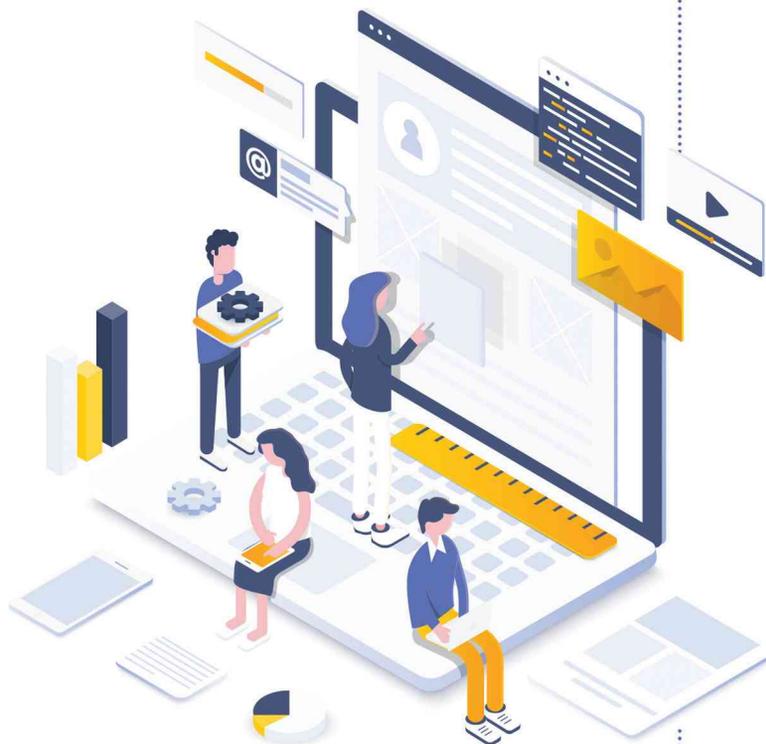
| 网址: <http://www.caa.org.cn/>



CAA官方微信



CAA官方微信





# 基于MQTT技术云边协同协议的设计

Design of Protocol for Cloud and Edge Collaboration Based on MQTT Technology

★北京和利时智能技术有限公司、宁波和利时智能科技有限公司 谢峰, 王松林

**摘要:** 随着云技术在边缘侧的逐步落地, 边云协同的应用场景与需求逐步增多, 云和边之间的协同包括资源协同、数据协同、应用管理协同、业务管理协同、服务协同等。本文提出的基于MQTT技术的云边协同协议, 主要为数据协同提供解决方案, 可实现数据的双向全双工通信, 同时保证传输的安全性。

**关键词:** MQTT; OPC UA; 云边协同

**Abstract:** With the gradual implementation of cloud technology on the edge side, the application scenarios and demands of edge cloud collaboration are gradually increasing. The collaboration between edge and cloud includes resource collaboration, data collaboration, application management collaboration, business management collaboration, service collaboration, etc. The protocol of cloud and edge collaboration based on MQTT technology is proposed in this paper. It mainly provides a solution for data collaboration, which can realize two-way full-duplex communication of data meanwhile ensure the security of transmission.

**Key words:** MQTT; OPC UA; Edge cloud synergy

动化软件层级结构由垂直模式逐渐向水平模式演变, 各设备和系统计算能力差异很大, 尤其物联网技术的融入, 更要求各系统间的通信能够提供一种通用、轻量、高效、安全的通信协议, 为解决边缘设备与云中心互联问题, 本文提出了以MQTT技术为基础的实现方案, 重点阐述协议层的设计原理。

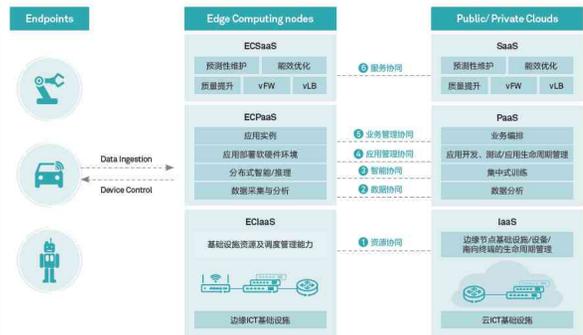


图1 云边协同的应用场景

## 1 引言

当今工业领域, 以云计算为主的ICT技术正在向边缘侧不断渗透, 云与边虽然担任的职责和适用的业务场景有很大差别, 但是它们之间已逐渐变得相互融合、不可分割, 在不同层级有着不同层次的交互, 云和边之间的协同包括资源协同、数据协同、应用管理协同、业务管理协同、服务协同等<sup>[1]</sup>, 如图1所示。另外, 随着自

## 2 应用场景

随着万物互联时代的到来, 边缘侧设备呈爆炸性增长, 以云技术构建起来的大数据中心为装备的智能化提供支撑, 如深度学习、大数据分析等, 但是这些的本源是数据, 如果边缘侧的过程数据如传感器数据、配置数据、多媒体数据等无法接入云中心, 那么智能化就无从谈起, 所以为打通设备与云的数据通道, 必须提供一种广泛适用的应用层协议。

在工业现场，目前涉及比较多的场景是传递四遥数据，此场景要求通信数据量大、数据连续、有一定的实时性、保证数据安全。一方面，云中心可接收和存储设备上传的遥测、遥信数据，实现过程监管和算法调优，另一方面又可从云中心下发一些控制指令和控制策略，要求数据传输必须及时、安全、可靠。

## 2.1 选型

目前工业界的通信协议种类繁多，由于商业利益或技术壁垒，不能作为通用的互联协议连接各个系统，而且传统的工控协议大都运行在局域网内，对于新型的互联网场景不适用，为打破这种困局，势必需要一种既能满足传统工业需求又能融入现代广域网技术的通信协议，这也是当今MQTT协议<sup>[2]</sup>占据物联网协议半壁江山的原因，本文涉及的协议正是基于此技术实现的应用层实现方案，选用MQTT作为底层通信协议主要有以下原因：

- 各种设备的计算能力差别很大，尤其一些过程层的执行设备本身不能支持资源消耗高的通信协议栈。MQTT协议具备轻量的特点，设备很容易支持；
- 与应用层数据无关，仅作为载荷的通道，具有很好的适应性和扩展性；
- 轻量、简洁，占用带宽小，同时又具有Qos特性，满足各种传输需求；
- 基于发布/订阅模式，可使发送和接收端解耦，这是一条非常重要的特性，因为在复杂的互联网环境里，不能保证两者都同时在线；
- 基于中间代理人的机制，发送端和接收端位置透明，这对虚拟化的跨网络环境极其重要；
- 通过消息遗嘱机制，可使通信双方感知对方的状态；
- 目前MQTT已经发布5.0，其提供的安全传输机制能满足信息安全的需求。

## 2.2 方案

MQTT本身与业务无关，它只提供基础的位于应用层的传输通道，如果要想实现边缘设备与云中心的双向传输，还需要在此之上设计业务层的交互协议。本节将以目前各个工业互联网解决方案中都涉及的边缘网关与云中心的互联为场景，描述总体的解决思路，后续章节会具体针对此方案的协议实现。

边缘网关设备的结构如图2所示。

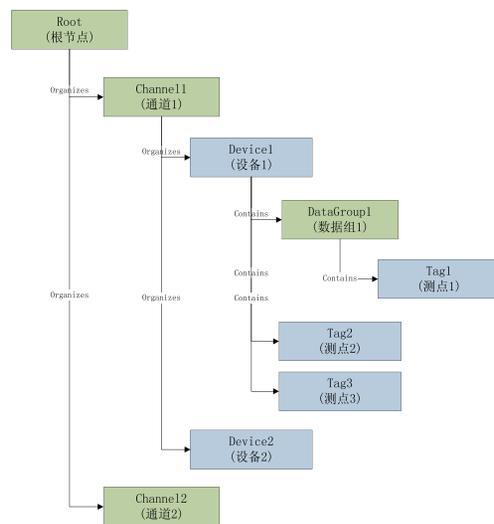


图2 边缘网关的结构图

Root：代表本网关所在设备/站点的位置；

Channel：代表网关与设备所在网络的连接配置，如链路类型（485/以太网等）、连接信息（端口/IP等）等；

Device：代表实际相连的物理设备，以及设备相关的参数，如设备地址、通信参数、通信协议等；

DataGroup：按业务对数据进行组织的文件夹；

Tag：代表实际的测点，包括点名、偏移地址、数据格式等。

如果要建立云和边缘网关的连接，仅仅上传测点信息是不够的，因为云需要对成千上万的设备，首先需要识别这些设备，然后才能组织这些设备，对号入座，但是云所面对的接入设备的规模成千上万，靠预先手动分配和设置是无法完成的，所以这就要求边缘网关能够自描述。关于自描述的问题，可由OPC UA技术<sup>[3]</sup>来解决（本文不对OPC UA的建模技术做描述，可参考相关的OPC UA规范）。

掌握了网关的自描述信息，云侧就可以识别后续上传的数据，这些数据包括过程数据以及过程事件，过程数据是Tag对应设备产生的实时值，过程事件是Device对应的设备产生的过程报警，或网关自身产生的诊断事件，二者在数据格式、数据规模上是不同的，所面对接收者也是不同的。

最后，要求数据传输是双向的，因此必须能够传输遥控、遥调数据，由于涉及安全、权限、可靠性等问题，所以必须在协议层面保证一种机制满足这些需求。



### 3 实现

#### 3.1 总体架构

由于本协议自身基于MQTT实现，所以站在MQTT协议的角度来看，前者属于载荷部分，如图3所示。



图3 云边协同协议与MQTT的关系

协议包括两部分内容：

- (1) Property用于描述message的性质；
- (2) Message为交互的实际内容，该部分内容包括时序信息、模型信息、事件信息，以及其他待扩展信息。

协议使用JSON格式，格式如下：

```
{
  Property : <Property List>,
  Message: <Json Object>
}
```

property格式

```
{
  Messagetype: <string>,
  Target: <string>,
  Session: <string>,
  sequenceId: <UInt>
}
```

- (1) Messagetype: 消息内容类型，通常用于表明message的数据格式；
- (2) Target: 发布到事件总线的名称；
- (3) Session: 发送体的标识信息；
- (4) sequenceId (optional) : 消息编号，该编号从1开始，每新产生一条消息，编号+1；CloudGateway可根据编号来判断是否出现网络异常。

#### 3.2 模型数据

由于可以把边缘网关的各个元素以对象的视角来

对待，我们把它的自描述信息归为模型数据，对于模型数据的定义如下：

```
message格式
{
  namespace: Holi_GatewayId,
  nodes: [ <Model> ],
  version: <UInt or String>
}
```

- (1) namespace: 网关所属的命名空间；
- (2) node: 网关的点表数据（模型信息）；
- (3) version(optional): 工程点表版本。

以站点模型为例，其报文格式定义示例如下：

```
{
  "Uri": "<ns>/Root",
  "Name": "Root",
  "Type": "Root",
  "Description": "根节点",
  "$name": "网关A",
  "$class": "Folder",
  "$root": ""
}
```

- (1) Uri: 节点的唯一全局标识；
- (2) Name: 用于表示通道或设备的英文名；
- (3) Type: 用于表明节点是否是根节点类型；
- (4) Description: 用于表示通道或设备的描述；
- (5) \$name: 用于表示中文名；
- (6) \$class: 用于表示类别信息；
- (7) root: 节点中会包括\$root关键字段，用于表示作为导航起始节点。

#### 3.3 时序数据

时序数据是指现场的过程数据，主要指测点的实时值，它通常包含vst三元组：

- (1) v (value) : 数值，可以是bool、int、float、double、string类型，或者为null；
- (2) s (StatusCode) : 状态码，0x00000000表示Good，0x80000000表示Bad，该字段为optional字段，默认值为0x00000000；
- (3) t (timestamp) : 数据源产生变化的时间。

对于时序数据类型，其Message格式如下：

message格式

```
{
  namespace: Holi_GatewayId,
  values: [ <NodeValue> ]
}
```

(1) namespace: 网关所属的命名空间；

(2) values: 为需要提交的测点数据，数据类型为DataValue（包含VST三元组）型数组。

NodeValue格式

```
{
  id: <string>,
  value: <DataValue>
}
```

(1) id: 用于表示测点ID；

(2) value: 用于表示测点的值。

### 3.4 事件数据

事件数据用于上报日志或报警事件，其主要包含了事件的各个字段信息，其Message格式如下：

Message格式

```
{
  namespace: <string>,
  events: [ <event> ]
}
```

(1) namespace: 网关所属的命名空间；

(2) events: 网关产生的日志或报警。

事件格式

```
{
  EventId: <string>,
  Time: <timestamp>,
  EventType: <string>,
  SourceId: <string>,
  Severity: <UInt>,
  Message: <string>,
  SourceName: <string>,
  ReceiveTime: <timestamp>
}
```

所有事件（包括报警）的基础结构：

(1) EventId: 每条事件的唯一标识；

(2) Time: 事件时间戳，用于表示事件产生的时间；

(3) EventType: 事件类型；

(4) SourceId: 产生事件的事件源ID；

(5) Severity: 事件严重级别，范围从0到1000，按照数值由低到高分6个级别：0 (None)，1~200 (Low)，201~400 (Medium Low)，401~600 (Medium)，601~800 (Medium High)，801~1000 (High)；

(6) Message: 事件信息描述；

(7) SourceName: 产生事件的事件源名称；

(8) ReceiveTime: 用于表示网关接收到事件的时间；通常情况下与Time相等，但如果该事件是网关从底层系统直接采集（SOE）上来的，ReceiveTime则不等于Time的值。

### 3.5 控制数据

控制指令的下发依赖于MQTT的发布机制来实现，云中心将指令下发至MQTT Broker的topic上，再由Broker下发至网关，且可根据具体的场景要求结合MQTT的Qos来实现，下发指令的具体格式如下：

Message格式

```
{
  userId: <string>,
  values: [ <NodeValue> ]
}
```

(1) userId: 用户名称；

(2) values: 需要下置的测点信息（测点名+测点值）。

NodeValue格式

```
{
  id: <string>,
  value: <DataValue>
}
```

(1) id: 需要下置的测点标识；

(2) value: 测点值。

## 4 应用

在为某家电集团实现智能云平台的项目中，通过



关注边缘计算产业联盟  
请扫二维码

将现场的数据采集网关（即边缘网关）接入私有的云中心，通过基于MQTT协议的基础设施实现数据的双向传输，如图4所示，集成方案如下：

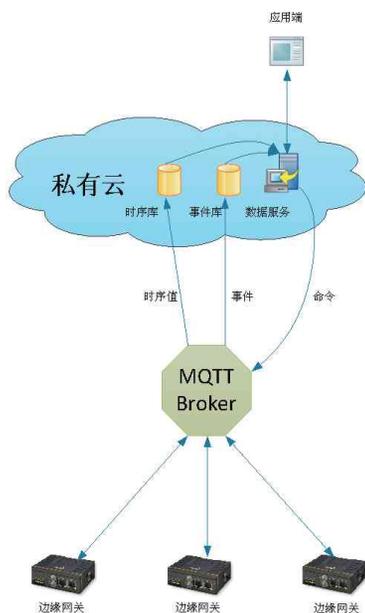


图4 云边协同协议的应用案例

(1) 每一条产线部署一台边缘网关，采集现场的PLC或机器人设备，完成数据采集，并通过MQTT协议将设备的模型、时序数据、事件数据发送至MQTT Broker对应的时序数据主题名、事件数据主题名；

(2) 私有云中心向MQTT订阅时序数据主题名、

事件数据主题名，当有新数据时收到通知，根据具体的数据类型，分别放入时序库和事件库；

(3) 云中心的数据服务器负责为上层应用提供数据查询等业务；

(4) 当需要下发指令时，云中心向下置命令主题名发送置值指令，而作为订阅者的网关设备将会收到下置指令，完成指令下置。

## 5 结论

本文提出的基于MQTT技术的云边协同协议，可实现云、边在数据协同领域的需求，其充分利用了MQTT协议自身的优势，以及OPC UA的建模技术，具有一定的技术先进性，且可作为工业互联网场景下实现数据通道的解决方案。AP

### 作者简介：

谢峰（1982-），男，河南人，中级工程师，硕士，现任北京和利时智能技术有限公司、宁波和利时智能科技有限公司系统设计师，主要研究方向为工业自动化软件。

王松林（1983-），男，山东人，中级工程师，硕士，现任北京和利时智能技术有限公司、宁波和利时智能科技有限公司资深软件工程师，主要研究方向为工业自动化软件。

### 参考文献：

- [1] 边缘计算产业联盟, 工业互联网产业联盟. 边缘计算参考架构3.0[R/OL]. <http://www.econsortium.net/Lists/show/id/334.html>. 2018.
- [2] MQTT Version 5.0 Committee Specification Draft 02 Public Review Draft 02[S].
- [3] OPC Unified Architecture Specification Part 5: Information Model Release 1.04[S].



官方微信



边缘计算

Edge Computing  
CONSORTIUM

# 边缘计算产业联盟

## Edge Computing Consortium

**搭建边缘计算产业合作平台 推动OT和ICT产业开放协作**

**孵化行业应用实践 促进边缘计算产业健康与可持续发展**

**2016年成立**

**目前成员单位300+**

**现诚邀更多单位加入联盟！**

边缘计算作为新兴产业应用前景广阔，产业同时横跨OT、IT、CT多个领域，且涉及网络联接、数据聚合、芯片、传感、行业应用多个产业链角色。为了全面促进产业深度协同，加速边缘计算在各行业的数字化创新和行业应用落地，华为技术有限公司、中国科学院沈阳自动化研究所、中国信息通信研究院、英特尔公司、ARM和软通动力信息技术（集团）有限公司作为创始成员，联合倡议发起边缘计算产业联盟，致力于推动“政产学研用”各方产业资源合作，引领边缘计算产业的健康可持续发展。

**联系我们**

电话：010-62669087

E-mail: [info@ecconsortium.net](mailto:info@ecconsortium.net)

<http://www.ecconsortium.net>



扫码了解入会条件



浙江工商职业技术学院 周庆红, 李方园

# 新智能制造技术应用系列

## 第二讲 基于PROFINET通信的PLC与驱动器数据交互

### Data Interaction Between PLC and Drive Based on PROFINET Communication

**摘要:** 在中小型企业设备中, PLC与驱动器的应用非常广泛, 两者之间的数据交互如采用PROFINET通信后可以更有效地实现资料交换、参数设定及诊断机能。本文主要介绍基于PROFINET通信的PLC与驱动器数据交互。

**关键词:** PROFINET通信; PLC; 驱动器; 数据交互

**Abstract:** In the equipment of small and medium-sized enterprises, PLC and driver are widely used. The data interaction between them, such as the use of PROFINET communication, can more effectively realize data interaction, parameter setting and diagnostic functions. This article mainly introduces data interaction between PLC and driver based on PROFINET communication.

**Key words:** PROFINET communication; PLC; Driver; Data interaction

## 1 前言

PROFINET为自动化通信领域提供了一个完整的网络解决方案, PLC采用PROFINET通信后可以更有效地发挥以太网中每一个独立PLC站点、驱动器、HMI系统等的优势, 弥补智能制造在设备联网中的不足, 增强整个控制系统的处理能力。

## 2 西门子S7-1500 PLC与驱动器的PROFINET通信

图1是西门子S7-1500 PLC与G120变频器的PROFINET通信示意, 按要求设置IP地址及PROFINET设备名称后, 添加报文, 从如图2所示众多的报文协议中选择标准报文1 (standard telegram 1, PZD2/2)。G120变频器组态完成以后, 其I/O地址为IB32-IB35和QB8-QB11, 根据西门子G120标准报文, 如图3所示, 控制字1对应的地址为QW8, 状态字1对应的地址为IW32; 转速设定值 (16位) 对应地址为QW34, 转速实际值 (16位) 对应地址为IW10。

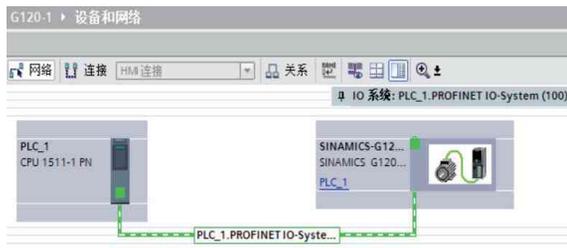


图1 PROFINET通信示意



图2 带标准报文1的G120设备

报文编号	1	2	3	4	7	9	20	
过程值1	控制字1	状态字1	控制字1	状态字1	控制字1	状态字1	控制字1	状态字1
过程值2	转速设定值 16位	转速实际值 16位	转速设定值 32位	转速实际值 32位	转速设定值 32位	转速实际值 32位	转速设定值 32位	转速实际值 32位
过程值3							控制字2	状态字2
过程值4		控制字2	状态字2	控制字2	状态字2		轴位置反馈	轴速度反馈
过程值5			编码器1 位置实际值 32位	编码器1 位置实际值 32位	编码器1 位置实际值 32位		轴位置反馈	轴速度反馈
过程值6							轴位置反馈	轴速度反馈
过程值7							轴位置反馈	轴速度反馈
过程值8							轴位置反馈	轴速度反馈
过程值9							轴位置反馈	轴速度反馈
过程值10							轴位置反馈	轴速度反馈
过程值11							轴位置反馈	轴速度反馈
过程值12							轴位置反馈	轴速度反馈
过程值13							轴位置反馈	轴速度反馈
过程值14							轴位置反馈	轴速度反馈

图3 西门子G120标准报文

PLC与变频器之间建立通信后，只需要在主程序OB1中将DriveLib\_S71500\_V13中的SINA\_SPEED (FB285) 功能块拖拽到编程网络中，并调用DB块，如图4所示。

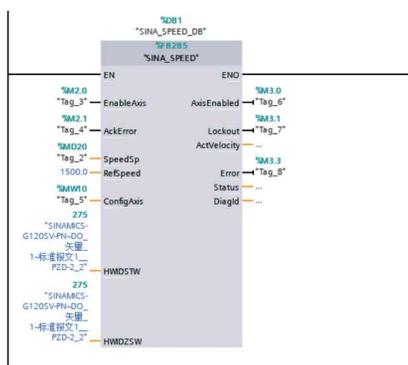


图4 SINA\_SPEED (FB285) 功能块

主要参数说明如下：

EnableAxis: Bool型，电机使能为1时运行。

AckError: Bool型，错误复位。

SpeedSP: Real型变频器的速度。

RefSpeed: Real型变频器的参考速度，这个速度

就是一个基准值，即设置了一个最快的速度参考值。如果RefSpeed设置为1500，SpeedSP设置1500，这就是50Hz的频率。RefSpeed设置为1000，SpeedSP设置1000，这也是50Hz的频率。

ConfigAxis: Word型，这是一个配置参数，里面有一些参数，主要用来控制正反转，一般16#003F为正转、16#0C7F为反转。ConfigAxis每一位的控制说明如表1所示。

表1 ConfigAxis每一位的控制说明

位序号	默认值	含义
位0	1	OFF2停机方式
位1	1	OFF3停机方式
位2	1	驱动器使能
位3	1	使能/禁止斜坡函数发生器使能
位4	1	继续/冻结斜坡函数发生器使能
位5	1	转速设定值使能
位6	0	打开抱闸
位7	0	速度设定值反向
位8	0	电动电位计增速
位9	0	电动电位计减速
位10~15	-	-

HWIDSTW与HWIDZSW: 硬件标识符，用来确定与哪个变频器通讯。

AxisEnabled: Bool型，驱动已使能。正常使能开启后，电机开始运行时这个值会变成1。

LockOut: Bool型，驱动处于禁止接通状态。

ActVelocity: Real型，实际速度 (rpm)。

Error: Bool型，1=存在错误，说明有异常。

Status: Int型，16#7002: 没错误，功能块正在执行；16#8401: 驱动错误；16#8402: 驱动禁止启动；16#8600: DPRD\_DAT错误；16#8601: DPWR\_DAT错误。

DiagID: Word型，通信错误，在执行SFB调用时发生错误。

至于变频器G120端还需要修改相应的报文参数，即P0922 PROFIdrive PZD报文选择<sup>[1]</sup>标准报文1，PZD-2/2。

根据以上方法，还可以实现S7-1500



关注智能制造推进合作创新联盟  
请扫二维码

CPU1511-1 PN通过PROFINET控制V90伺服驱动器完成速度控制。图5为添加V90设备的网络视图。同理，可以在V90 PN的设备视图中设置控制报文为标准报文1，并调用SINA\_Speed (FB285) 功能块实现速度控制。

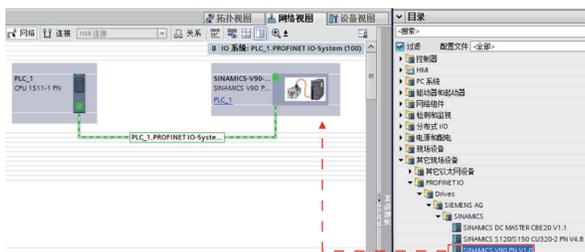


图5 添加V90设备

### 3 西门子S7-1500 PLC与ABB机器人的PROFINET通信

图6是机器人通过PROFINET与S7-1500 PLC通信。当使用PROFINET总线通信时，需要组态第三方设备即ABB IRC5控制器和IRB120机器人，以及确定ABB机器人IRC5控制器是否配置了888-2（使用控制器网口）。



图6 IRB120机器人与S7-1500 PLC的连接

在图7所示的设备与网络窗口中，将硬件目录的前端模块DSQC688拖拽进来，并与CPU 1511-1PN进行以太网连接，形成网络。随后选择设备组态，添加I/O模块，分别为8byte输入和8byte输出，如图8所示。



图7 设备与网络窗口

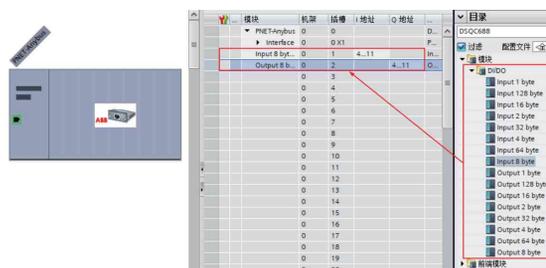


图8 添加I/O模块

图9是PLC主程序，包括PLC输入%IW100对应ABB机器人的输出%QW64等，以及ABB机器人的输入%IW68对应PLC的输出%QW100等。

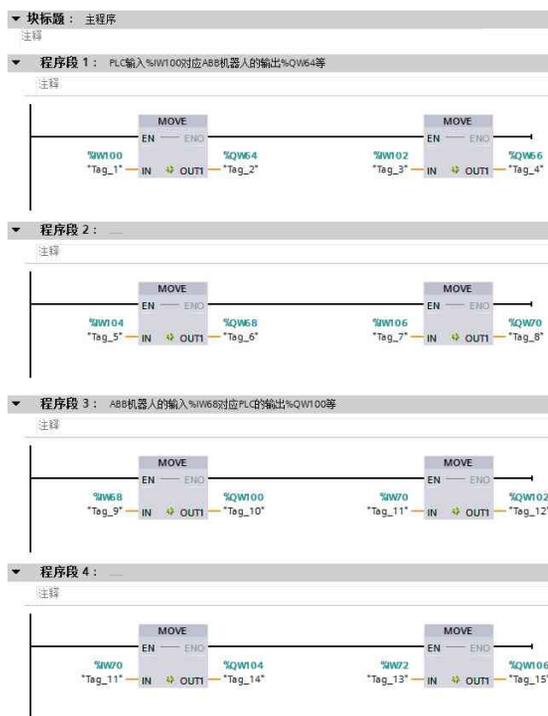


图9 PLC主程序

在机器人操作面板中，选择“控制面板→配置→主题”，然后选择Communication，并设置相应的参数，如图10所示。最后选择“控制面板→配置→I/O System→Signal”，建立通信板卡添加PN从站。



图10 编辑IP属性

设置以上流程后，可以实现PLC与机器人之间的通信。

## 4 结束语

由于现在很多CPU都集成了以太网口，该接口通

过PROFINET可以实现通信网络的一网到底，即从上到下可以使用同一种网络，便于与驱动器等产品的数据交互。有了PLC PROFINET工业通信，就能完成诸如控制机器和整个生产线，监视最新运输系统或管理配电等复杂任务，自然也实现了企业设备的数字化转型。**AP**

★科研项目：浙江省教育厅一般科研项目（离散型中小企业智能工厂建设关键技术研究Y202044566）。

### 作者简介：

周庆红（1976-），女，山西芮城人，讲师，硕士，现就职于浙江工商职业技术学院，长期从事智能制造新技术的研究工作。

李方园（1973-），男，浙江舟山人，副教授，高级工程师，硕士，现就职于浙江工商职业技术学院，长期从事智能制造新技术应用与研究。

### 参考文献：

[1] 李方园. 智能工厂设备配置研究[M]. 北京：电子工业出版社，2018.

# 一种实现地铁AFC系统二维码乘车统一处理方法的研究与应用

Research and Application of A Unified Processing Method for QR Code in Subway AFC System

★ 郑州地铁集团有限公司 杨小彦, 岳真

**摘要:** 随着互联网技术的不断发展,特别是移动互联网技术的不断创新,人们越来越希望快捷、实惠、方便的交通出行以及购票方式,如:手机二维码乘地铁、在线购票等。近几年,国内许多大城市都已经实现了手机二维码乘地铁,但基本都由各线路集成商在闸机系统的上位机进程里实现所有的二维码业务,并由上位机直接对接二维码乘车业务后台,各家集成商对二维码业务处理具有差异性,因此,若要顺利接入二维码乘车业务后台,就需要对上位机进程进行改造,不但工期长且改造成本较高。本文在分析现有技术路线的基础之上,结合国内二维码乘车的发展趋势,提出了一种用于轨道交通闸机二维码乘车的统一处理方法,用以解决现有技术需要对上位机进程进行改造造成的接入二维码乘车业务后台难度大的问题。

**关键词:** 移动支付;二维码;扫码乘车;手机终端

**Abstract:** With the development of Internet technology, especially the innovation of mobile internet technology, people increasingly hope for fast, affordable and convenient transportation and ticketing methods, such as mobile phone QR code, subway, online ticketing, etc. In recent years, many big cities in China have realized the QR code of mobile phone to take the subway, but all the QR code services are basically realized by the line integrators in the process of the upper computer of the gate system, and the upper computer directly connects with the QR code ride service background. The integrators have differences in the QR code service processing. Therefore, if we want to smoothly access to the QR code ride service background, it is necessary to reform the process of the upper computer, which not only has a long construction period, but also has a high cost. Based on the analysis of the existing technology route, combined with the development trend of domestic QR code riding, this paper puts forward a unified processing method for rail transit gate QR code riding, which is used to solve the problem of difficult access to QR code riding business background caused by the transformation of the upper computer process.

**Key words:** Mobile payment; QR code; Scan code and take a bus; Mobile terminal

## 1 二维码技术在地铁AFC系统中使用的优势

随着“互联网+”技术在地铁行业的发展,国内各大城市轨道交通在自动售检票系统中不断研究新型支付技术的应用,一方面这是新技术趋势下必然的选择,另一方面是为方便乘客出行<sup>[1]</sup>。而二维码技术在“互联网+”时代的大背景下,是很多地铁选择的移动支付方式,通过二维码技术实现自动售票机的扫码支付购票、自动检票机的二维码扫码过闸和半自动售票机的移动支付票务处理<sup>[2]</sup>。传统实体票卡向二维码电子票的转变,带来了如下优势:

### (1) 减少设备采购的成本

二维码扫码过闸功能的普及,大大减少了单程票在地铁站里的使用量,大部分乘客不再需要购买车票乘坐地铁,直接通过手机扫码即可满足乘车需要。乘客对单程票和自动售票机需求的改变,减少了前期建设阶段对自动售票机和票卡清洗及编码设备等的采购,同时自动售票机备用纸币、硬币模块及钱票箱等备件减少,节省设备采购成本。

### (2) 减少设备故障率、降低运营维护成本

自动售检票系统的主要故障集中在自动售票机,而自动售票机中的故障主要发生在纸币处理模块、硬币处理模块、纸币和硬币找零模块。互联网业务的推广使用,使自动售票机实现了扫码支付购票的功能,减少了设备中现金模块的使用频次,从而减少了故障处理,节

省了设备维护成本。

### (3) 减轻站务人员工作量

在传统票务运作模式下，正常的运营日，站务工作人员需要处理大量的兑换零钱、充值、售卡、退卡等业务办理，运营日结束后，需要清点大量的票款，给站务人员增加了很大的工作压力，且录入系统的数据准确性得不到保障。二维码电子支付和扫码过闸业务的使用，减少车站现金和车票的使用量，从而减轻站务工作人员的工作量，减少人为错误导致的系统故障，提高数据的准确性。同时，现金量的减少，降低现金在车站周转的安全性。

### (4) 方便运营组织

扫码过闸功能的投入使用，减少自动售票机组旁排队购票和客服中心前排队充值的客流组织压力，提高乘客进出站的速度，减少乘客在站厅付费区和非付费区等待的时间。

### (5) 提高乘客的乘车服务

使用二维码扫码过闸乘车后，乘客无需再花费时间去自动售票机前排队购买单程票，另一方面，乘客通过手机App进行互联网业务的处理，如退票、补票及车票更新等，不再需要通过客服中心处的半自动售票机排队处理票务业务，同时，解决了传统实体票务运作下，先付款再乘车的模式，二维码时代，乘客乘车前不用预先支付乘车费用，待乘车完成后再支付行程费用，很大程度上提高了乘客乘车的体验感<sup>[3]</sup>。

本文讨论的二维码乘车统一处理方法，提供了一种统一的标准化、规范化的方式来进行地铁乘车业务的处理，以实现闸机系统的上位机进程与二维码乘车业务后台之间的数据交互与处理，对上位机进程改造较小，且方便后续二维码乘车业务的升级便利性。

## 2 二维码乘车统一处理方法的整体技术解决方案

### 2.1 设计原理

本文阐述的一种轨道交通二维码乘车的处理方法，是由地铁公司提供统一的闸机终端二维码处理SDK，该SDK负责二维码乘车业务的逻辑判断及与二

码乘车业务后台的通讯，各线路集成商集成该SDK，实现统一的二维码乘车业务处理。二维码乘车业务被独立出来并打包成SDK，提供简洁的二维码乘车业务接口，使轨道交通各线路能使用统一的处理方法，高效、低成本地改造现有轨道交通各线路的闸机终端，快速地实现二维码乘车业务。

该闸机终端的二维码处理SDK程序文件，主要包括闸机API接口、业务处理模块、后台通信模块，如图1所示。其中闸机API接口是闸机和SDK以及二维码乘车业务后台进行数据交互的接口，由闸机上位机程序调用，主要包含SDK初始化、二维码验证和传递闸机状态等功能；后台通信模块主要负责闸机SDK和二维码乘车业务后台之间的底层数据通信，数据传输采用基于TCP/IP协议的SOCKET通讯；业务处理模块负责闸机SDK和二维码乘车业务后台之间的业务功能处理，包括设备信息上传、中心公钥下载、发卡机构编码下载、发码机构编码下载、交易上传、交易审计等。

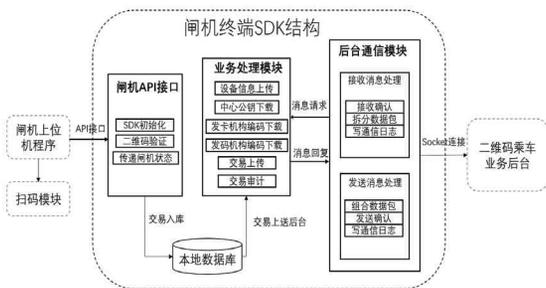


图1 闸机终端SDK结构

### 2.2 二维码交易处理流程

本文阐述的闸机终端二维码交易的信息交互流程，具体如图2所示。图中所示的“闸机SDK”即为处理二维码乘车业务而单独打包成的一个程序，下面结合图2具体说明本文提出的关于闸机二维码交易详细的信息交互方法。

#### (1) 初始化SDK (图2中1-1和1-2)

闸机SDK初始化本地数据库，若本地数据库不存在，则需要创建本地数据库，并生成相关的数据库表结构。本地嵌入式数据库包括系统配置表、中心公钥表、发卡机构编码表、发码机构编码表和交易信息表。系统配置表主要包括数据标识、数据取值等字段信息；中心

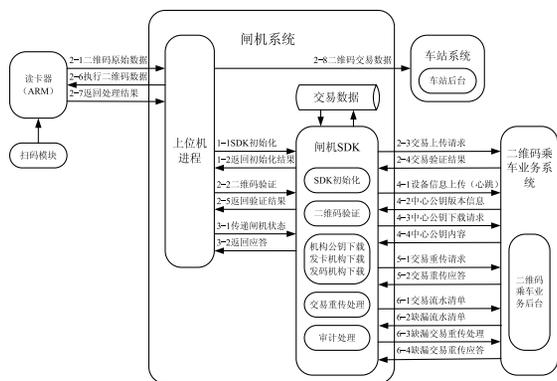


图2 闸机二维码交易的信息交互流程图

公钥表包括二维码类别、机构公钥索引、机构公钥有效期、机构公钥数据等字段信息；发卡机构编码表包括发卡机构编码、发卡机构名、发卡机构有效期等字段信息；发码机构编码表包括发码机构编码、发码机构名、发码机构有效期等字段信息；交易信息表包括上传次数、入库时间戳、是否上传标志、入库日期、交易数据、设备流水号等字段信息。

通过“1-1 SDK初始化”接口，从上位机进程获取闸机配置信息，闸机配置信息主要包括线路编号、车站代码、设备类型、设备编号、日志输出目录、本地交易数据库存放目录、二维码乘车业务后台的IP地址和二维码乘车业务后台的端口号等信息。

判断此时闸机SDK与二维码乘车业务后台是否正常连接，连接正常为在线，连接断开为离线。若为在线，闸机SDK从二维码乘车业务后台获取后台配置信息，后台配置信息包括中心公钥版本号、发卡机构版本号、发码机构版本号、中心公钥、发卡机构编码和发码机构编码，并把中心公钥版本号、发卡机构版本号、发码机构版本号保存到本地嵌入数据库的系统配置表，把中心公钥保存到本地嵌入数据库的中心公钥表，把发卡机构编码保存到本地嵌入数据库的发卡机构编码表，把发码机构编码保存到本地嵌入数据库的发码机构编码表。若为离线，直接从本地获取后台配置信息。

把处理结果通过“1-2返回初始化结果”返回给上位机进程。上位机进程只有接收到初始化处理成功的应

答后，才能调用二维码验证接口。

二维码初始化流程如图3所示。

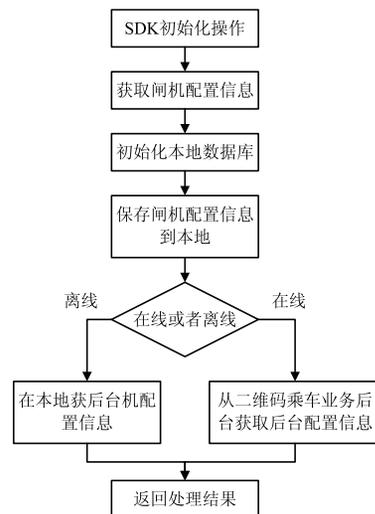


图3 闸机SDK初始化流程

## (2) 二维码验证 (图2中2-1~2-8)

扫码模块通过扫描用户手机展示的二维码图片来采集二维码原始数据，再通过串口把二维码原始数据发送给读卡器。读卡器通过“2-1二维码原始数据”把采集到的二维码原始数据传递给上位机进程。上位机进程通过“2-2二维码验证”接口，把待验证的二维码信息传递给闸机SDK，包括：二维码源串、二维码源串长度、扫码时间戳、交易类型、设备交易序号、运营模式、闸机IP地址、二维码数据结构、二维码签名、发卡机构号、发码平台编号和二维码有效期等信息。闸机SDK收到二维码信息后，进行本机二维码合法性验证和本机防复制验证。其中，验证本机二维码合法性包括：验证二维码数据结构是否符合标准、二维码的签名、发卡机构号、发码平台编号和二维码有效期等。本机防复制验证包括：检查二维码是否重复刷码，相同码在本机当天只能使用一次；相同用户标识在本机3分钟内进站（或出站）只能使用一次，检查用户是否重复刷码；若重复刷码，则返回禁止开门。二维码乘车业务后台收到交易数据A后，进行二维码交易验证，包括全线的行程控制、防复制验证、二维码交易入库等验证处理，再通过“2-4交易验证结果”接口，把二维码交易验证结果返回给闸机SDK。闸机

SDK收到二维码乘车业务后台的二维码交易验证结果后，如果二维码验证通过，则把该次交易数据保存到本地嵌入式数据库的交易信息表。同时，闸机SDK生成标准化统一的符合地铁AFC标准的交易数据B，其内容包括：命令号、交易验证码、交易类型、交易地点、终端代号、操作员号、扫码（刷脸）时间、设备交易序号、设备离线状态、终端订单号、记录生成时间、卡类型、卡子类型、用户ID、支付账户号、应用类型标识、二维码凭证号、发卡机构代码、发码机构代码、交易标识、运营模式、码生成时间、IP地址、城市代码、行业代码和CRC校验码等信息，通过“2-5返回验证结果”接口，通过SDK提供的API接口函数（或TCP数据包），同时在本地进行保存，进而生成符合地铁标准的交易处理结果传递给闸机上位机进程。上位机进程收到闸机SDK返回的验证结果后，若二维码验证通过，则通过“2-6执行二维码数据”接口通知读卡器进行二维码交易处理。读卡器通过“2-7返回处理结果”接口，把交易处理结果返回给上位机进程。上位机进程若收到交易处理成功的结果，则打开闸门放行；再通过“2-8二维码交易数据”接口，把二维码交易数据传递给车站后台。

二维码验证流程如图4所示。

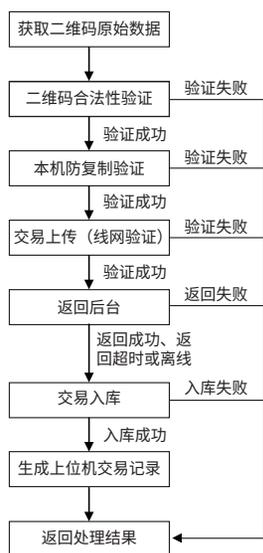


图4 二维码验证流程

(3) 传递闸机状态（图2中3-1~3-2）

上位机进程通过“3-1传递闸机状态”接口，把闸机状态、（进）/（出）码头状态等传递给闸机SDK，以供SDK的其他模块使用。

闸机SDK通过“3-2返回应答”接口，把处理结果返回给上位机进程。

(4) 中心公钥下载（图2中4-1~4-4）

闸机SDK通过“4-1设备信息上传”接口，定时向二维码乘车业务后台发送设备信息，包括本地中心公钥版本号、设备状态更新时间、闸机当天发生的交易总数、闸机当天已上传的交易数量、闸机磁盘剩余容量等设备信息。

二维码乘车业务后台收到设备信息后，再通过“4-2中心公钥版本信息”把后台的中心公钥版本号等信息返回给闸机SDK。

闸机SDK检查本地的中心公钥版本号和二维码乘车业务后台返回的中心公钥版本号是否一致，如果不一致，则通过“4-3中心公钥下载请求”接口向二维码乘车业务后台发送中心公钥下载请求。

二维码乘车业务后台收到闸机SDK的中心公钥下载请求后，通过“4-4中心公钥内容”接口，把最新的中心公钥版本号和中心公钥传递给闸机SDK。

闸机SDK收到最新的中心公钥和中心公钥版本号后，更新本地的中心公钥和中心公钥版本号。

发卡机构编码下载和发码机构编码下载的过程同中心公钥下载，此处不再赘述。

(5) 交易重传（图2中5-1~5-2）

交易重传主要是针对处理成功的进出站交易由于网络故障或其他原因，导致上传失败，要求SDK程序支持定时重传处理，以保证所有交易数据成功上传到二维码乘车业务后台，交易重传的步骤：

闸机SDK通过“5-1交易重传请求”接口，把没有上传成功的二维码交易发送给二维码乘车业务后台；二维码乘车业务后台通过“5-2交易重传应答”接口，把处理结果返回给闸机SDK；闸机SDK收到处理结果后，更新该条交易的上传状态。

(6) 交易审计（图2中6-1至6-4）

闸机在当日运营结束时，先将本地所有未上传或上传失败的交易通过“进出站交易上传接口”进行重

传, 重传尝试次数为三次, 确保都尝试重传后, 进行交易审计, 步骤如下:

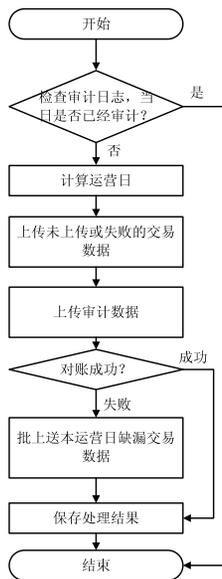


图5 交易审计流程

闸机SDK通过“6-1交易流水清单”接口, 把上一运营日的交易数据的交易流水清单打包上传给二维码乘车业务后台; 二维码乘车业务后台根据收到的交易流水清单检查是否存在缺少的交易流水号, 若存在缺少的交易流水号, 则通过“6-2缺漏流水清单”接口, 把缺少的交易流水号清单返回给闸机SDK; 闸机SDK

收到缺少的交易流水号清单后, 对这部分数据进行重传处理, 重新上传完成则审计结束。

交易审计的流程如图5所示。

### 3 结束语

本文提供的二维码乘车统一处理方法, 具备传统二维码扫码乘车的所有优点, 比如减少TVM设备采购的成本、减少设备故障率、降低运营维护成本、减轻站务人员工作量、提高乘客的乘车服务等。同时, 该方法通过地铁公司提供统一的二维码乘车业务处理方法, 解决了多家集成商各自实现二维码处理业务对系统带来的差异性和必要的改造, 节省了二维码乘车业务接入后台的调试周期和工作量, 降低了改造成本, 此外, 规范、一致的二维码处理业务模块方便运营后期的维护。AP

#### 作者简介:

杨小彦 (1988-), 女, 甘肃天水人, 工程师, 硕士, 现就职于郑州地铁集团有限公司, 主要从事地铁AFC系统建设工作。

岳真 (1992-), 女, 河南信阳人, 工程师, 学士, 现就职于郑州地铁集团有限公司, 主要从事地铁AFC系统建设工作。

#### 参考文献:

- [1] 余乐, 张鹏, 陈园园. 城市轨道交通互联网票务系统二维码乘车码编码方式的研究[J]. 电子技术与软件工程, 2020, (16): 190 - 192.
- [2] 陶克. 二维码技术在AFC系统中的应用研究[J]. 都市快轨交通, 2020, (01): 123 - 126.
- [3] 王大彬. 基于二维码支付的地铁自动售检票系统[J]. 科技视界, 2020, (11): 1 - 4.



工业控制系统  
信息安全产业联盟  
Industrial Control Systems Information Security Industry Alliance

## 使命与责任 提升核心技术能力 服务工业用户

成立时间 **2014年** 理事单位 **120+**  
行业专家智库 **500+** 产业组织合作平台 **80+**  
孵化行业峰会 **80+** 权威出版物 **7+**  
全方位媒体资源 **平面+网络+数字媒体**

.....

### 联盟价值

- 整合业界优质资源，促进联盟会员单位的联合创新、技术推荐、方案孵化
- 与关键行业用户、企业建立合作伙伴关系
- 与领先业内专家交流想法、见解和最佳实践
- 共同推动工业控制系统信息安全相关标准的建立
- 推动工业控制系统信息安全产业上下游的深入合作、产需对接和区域合作，加速技术、产品的应用
- 全方位媒体资源为理事单位关键事件进行深入报道和日常宣传，打造全方位宣传生态链

#### 秘书处

中国电子技术标准化研究院信息安全研究中心  
电话：010-64102378，010-64102379  
邮箱：ICSISIA\_CESI@kongzhi.net  
地址：北京市安定门东大街1号  
邮编：100007

#### 常务秘书处

中国自动化学会《自动化博览》杂志社  
电话：010-62669087  
邮箱：ICSISIA@kongzhi.net  
地址：北京市海淀区上地十街辉煌国际5号楼1416  
邮编：100085



微信：ICSISIA  
网站：www.ICISISIA.com

# 轨道交通自动售检票线网管理中心方案设计

Scheme Design of AFC Line Network Management Center for Rail Transit

★ 北京京投亿雅捷交通科技有限公司 宋伟, 杨超

**摘要:** 本文分析了自动售检票系统 (AFC) 架构精简化的趋势, 基于郑州市自动售检票线网管理中心 (ANCC) 系统的建设, 分析了信息安全、互联网应用、容灾备份、大屏幕系统等功能需求, 进而对系统的网络架构设计、云平台架构设计、双活中心设计、应用层级设计的方案进行讲解说明, ANCC系统采用云平台、双活备份等新技术方案, 为后续城市AFC线网管理中心的设计提供了参考。

**关键词:** 城市轨道交通; 自动售检票系统; 线网管理中心

**Abstract:** Based on the construction of ANCC system in Zhengzhou, this paper analyzes the functional requirements of information security, Internet application, disaster recovery backup and large screen system, etc., and then puts forward the scheme of network architecture design, cloud platform architecture design, dual activity center design and application level design of the system. The ANCC system adopts cloud platform, dual live backup and other new technical solutions. This paper provides a reference for the design of AFC network management center in the future.

**Key words:** Rail transit; Automatic fare collection system; Network management center

## 1 背景

自动售检票系统是基于计算机、通信、网络、自动控制等技术, 实现轨道交通售票、检票、计费、收费、统计、清分、管理等全过程的自动化系统<sup>[1]</sup>。自动售检票系统一般包含清分系统 (ACC)、线路中心系统 (LC/MLC)、车站系统 (SC)、车站终端设备 (SLE) 等。

传统五层架构在中心级的建设、软件开发、维护等方面增加了投资, 各线路独立运营、独立管理、分别独立设置线路中心, 不利于AFC系统线网化运营和权限统一管理<sup>[2]</sup>; 各线路数据分离, 不利于运营企业对数据进行统计分析。此外, 各部室分管业务存在重叠, 设置、查询等工作需要在不同终端之间进行, 增大了运营人员的工作量。

基于此, 衍生出多线路共用AFC线路中心, 如北京、深圳、南京等地, 在一定程度上减少了投资规模, 在线网规模的扩大下, 并未达到理想的效果<sup>[3]</sup>。近年来, 随着AFC系统技术及大数据、云技术的迅猛发展, 在需对既有ACC进行扩容、新建MLC的形势下, 郑州轨道交通率先进行了ACC和多线路中心 (MLC) 合并建设的研究, 建立线网统一的数据管理平台, 形成了线网管理中心 (ANCC)、车站、设备、票卡层的四层架构, 更好地实现资源共享, 降低建设成本<sup>[4]</sup>。本文结合郑州ANCC的建设, 对其方案进行分析, 为后续城市的建设提供参考。

## 2 系统需求分析

ANCC融合了ACC和MLC的功能, 系统建设需从业务功能入手, 采用经过验证的技术/安全体系提升安全性、可靠性、可用性和可管理性, 结合运营最新需求, 确定ANCC的功能需求如表1所示。

表1 ANCC系统的功能需求

序号	主要扩容新增内容名称	功能描述
1	信息安全系统	ANCC系统建设系统暂按安全等级三级考虑。主要由防火墙系统、数据交换平台系统、数据库审计系统、运维审计系统、入侵检测系统、漏洞扫描系统、配置核查系统、安全管理平台、互联网业务安全系统、终端安全管理系统等组成。
2	互联网应用系统	(1) 支付管理子系统实现用户支付需求、用户实名制管理、支付机构接口管理、对账管理等功能； (2) 互联网+AFC业务管理子系统实现互联网+AFC业务，包含互联网售票业务、互联网检票业务、互联网充值业务、互联网异常处理业务等； (3) 公有云平台为云管理平台底层基础平台，提供计算、存储、网络等硬件资源，同时提供数据库、操作系统等软件资源； (4) 安全体系为云管理平台提供全方位的安全保障，包括网络安全、业务安全、数据安全、密钥安全等； (5) 云App为乘客提供互联网+AFC云业务服务功能，包括互联网售票、互联网检票、互联网异常处理等功能； (6) 郑州轨道交通App、微信公众号、支付宝、银联及其它支付等。
3	容灾备份系统	为防止火灾、地震等灾难情况的发生，有必要建设数据级灾备中心系统。
4	大屏幕系统	提供大屏幕系统，实时显示客流及相关预测结果。
5	智能机房系统	提供一个稳定可靠、投资合理、高效方便、舒适安全的机房环境；提供UPS供配电系统监视、精密空调监视、UPS主机监视、温湿度检测、漏水检测等功能。

### 3 系统建设方案设计

#### 3.1 网络设计方案

在保持技术具有先进性、开放性的基础上，本设备网络架构在功能、性能容量、覆盖能力等各方面具有高扩充性和灵活性，从而有效保证整个网络的高可靠性、高性能、高安全性和灵活的扩展性；确保设备、技术的互通和互操作性，支持网络、节点的扩展<sup>[5]</sup>。

郑州市轨道交通自动售票线网管理中心将采用分层设计如图1所示。



图1 ANCC网络设计图

#### (1) 核心层设计

核心层设备的主要功能就是对各个子系统之间的

网络流量提供可靠、高速的带宽管理。核心层可以简化网络的拓扑，提高网络可扩展性。各子系统之间的流量必须通过核心互联，因此核心层是网络通讯的中枢。

#### (2) 汇聚层设计

汇聚层设备的主要功能就是对接入层提供承载服务，为接入层之间的网络流量提供可靠的网络承载。汇聚层是网络通讯的管理和控制策略执行层。汇聚层除了为接入层提供网络的连接外，还需要执行网络的路由管理，流量控制及路由域的隔离和转换。同时提供从接入层进入的网络流量的管理和控制，包含网络路由的隔离、网络安全策略的执行。

#### (3) 接入层设计

接入层向上连接分布层，向下对各个业务子系统提供网络接口。接入层为每个业务子系统提供充足的网络接口，同时将终端系统的流量进行汇聚分布。

### 3.2 云平台设计方案

ANCC系统集成ACC和MLC功能，各线路上的车站SC系统通过线路数据汇聚节点与ANCC连接，由于线网的所有信息都由集中式线路中心系统统一处理，ANCC需要具备较大存储容量和高速处理能力，同时由于集中管理，对集中式线路中心的可靠性也提出较高的要求<sup>[6]</sup>。

云架构可充分提高硬件资源的利用率，节省耗电成本和空间成本，降低工程总体造价，且从可靠性、可用性、安全性、成熟性、先进性、可扩展性的角度看，应采用云平台架构进行建设。云平台应主要由基础设施层、资源池层、云服务层和管理层组成，总体方案如图2所示。



图2 分布式云数据中心总体架构

#### (1) 基础设施层

服务器、存储、网络、安全等物理基础设施，构成数据中心资源池的基础设施。

(2) 资源池层

资源池层可以接入计算（虚拟机池、Baremetal物理机池）、存储（块存储资源池、对象存储资源池）、网络资源池以及桌面资源池、安全资源池等。各种资源池可以根据项目需要进行构建，对不需要的资源池进行裁减。

(3) 云服务区

云服务层作为云服务的管理及运营平台主要包括服务自动化层、服务接入层（服务Console层）及服务门户层。

(4) 管理层

分为运营管理和运维管理两部分。

运营管理，提供运营管理门户，运营管理门户除提供云服务申请和自助服务控制台外，支持包括VDC管理、租户管理、服务目录、服务控制台、计量等运营管理功能。

运维管理，提供运维管理门户，支持对多数据中心的统一运维管理，包括资源管理、告警管理、拓扑管理、性能管理以及统计报表等。

3.3 双活中心方案

信息系统在各种行业的关键业务中扮演着越来越重要的角色，信息系统业务中断会造成巨大经济损失、影响品牌形象并可能导致重要数据丢失，保证业务连续性是信息系统建设的关键，业务系统及数据中心双活解决方案越来越受到业界重视和认可<sup>[7]</sup>。

整个平台建设采用双活的建设原则，整体分主副两个中心。两个中心之间通过数据同步系统进行实时数据同步，当主中心服务器部分异常或者全部异常时可以通过切换控制系统将业务应用切换至备中心，保证业务不间断持续运行。总体架构如图3所示。

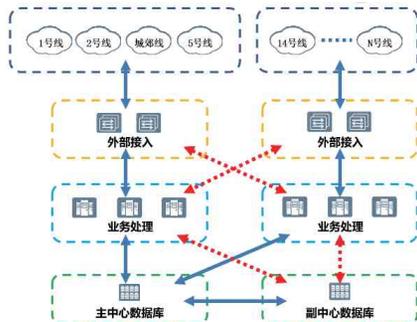


图3 双活中心总体架构

3.4 应用设计方案

ANCC系统是郑州市轨道交通AFC系统网络化运营的管理与服务机构，是连接轨道交通各线路的纽带<sup>[8]</sup>，是实现郑州市轨道交通联网收费的核心系统。

ANCC系统软件从逻辑结构上分为六层，如图4所示。从下至上分别是：

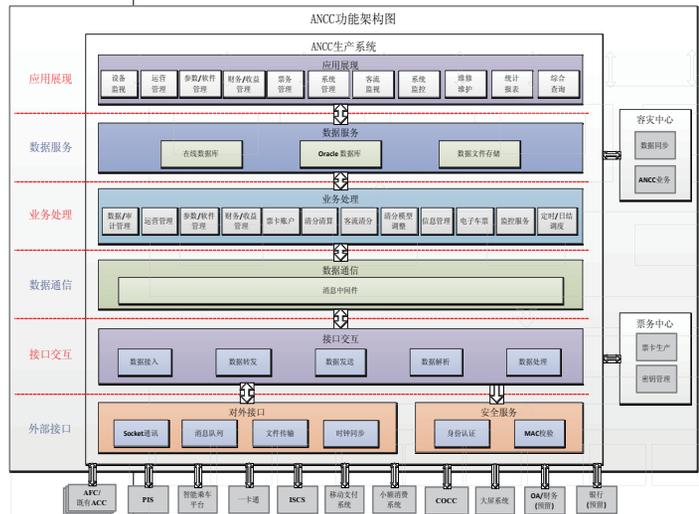


图4 ANCC功能架构图

(1) 外部接口层

外部接口层主要实现ANCC系统与外部系统或独立子系统的数据接口，完成外部系统或独立子系统数据接入、ANCC系统数据对外发送等数据交换功能，支持消息队列（MQ）和文件传输（FTP）两种传输方式，并提供NTP服务。

(2) 接口交互层

接口交互层实现与ANCC系统相关的外部系统或独立子系统间数据转发的服务业务，并提供数据接收后的数据解析与处理，发送给业务管理进行后续处理。接口交互层还实现交易数据的MAC校验。

(3) 数据通信层

数据通信层采用消息中间件，负责系统内部数据的缓存、消息分发。主要包括：

- 数据缓存：数据通信层采用消息中间件，通过队列管理缓存系统内待处理的数据，以实现业务功能之间的数据缓冲。
- 消息分发：通过设定消息标签和队列的绑定关系，设置数据的分发规则，实现业务任务的调度管理和

流程管理。

#### (4) 业务处理层

业务处理层的各业务模块实现业务运算与数据处理,并与数据库交互,完成数据入库和数据提取等工作<sup>[9]</sup>。后台处理业务主要包括:数据/审计管理服务、运营管理服务、参数/软件管理、清分清算功能、财务/收益管理、票卡账户管理、客流清分管理等。

#### (5) 数据服务层

数据服务层实现数据的存储管理和数据库服务,主要包括:后台系统处理过程中的数据文件存储,通信层数据报文的落地备份、管理服务层的数据文件存储和事务文件的集中存储等;数据库服务实现所有业务数据的存储,实现数据业务处理、统计分析等数据处理,提供数据查询、提取、更新、入库等数据服务。

#### (6) 应用展现层

应用展现层是用户和系统交互接口的应用,实现用户对系统的业务处理、信息查询、系统管理等业务,包含设备监视、运营管理、票务管理等。

## 4 结论

城市轨道交通线网级系统采用融合架构,可以有效降低地铁AFC系统建设投资,同时由于系统层级和设备的减少以及数据处理流程的简化,可以有效提供系统性能,减少系统运维人员,降低运维成本。郑州地铁ANCC系统的建设,实现了对轨道交通传统五层架构中ACC层级和LC层级的深度整合,为国内相关工程建设提供可参照的建设经验。AP

### 作者简介:

宋伟(1980-),男,北京人,高级工程师,硕士,现就职于北京京投亿雅捷交通科技有限公司,主要从事地铁AFC系统集成工作。

杨超(1978-),男,内蒙古呼伦贝尔牙克石人,学士,现就职于北京京投亿雅捷交通科技有限公司,主要从事地铁AFC系统集成工作。

### 参考文献:

- [1] 李中浩. 城轨互联网票务系统建设指南[J]. 城市轨道交通, 2019, 37 (03): 25 - 28.
- [2] 赵晗, 陈琦, 高伟, 等. “互联网+”技术在郑州地铁AFC系统中的应用[J]. 都市快轨交通, 2017, 30 (4): 81 - 85.
- [3] 邱华瑞, 张宁, 徐文, 等. 城轨交通自动售检票系统架构体系研究[J]. 都市快轨交通, 2014, 27 (2): 86 - 89.
- [4] 顾洋, 陈青云. 移动支付在轨道交通自动售检票系统中的设计与应用[J]. 都市快轨交通, 2016, (6): 114 - 119.
- [5] 徐淑鹏. 基于云架构的地铁AFC系统顶层规划研究与应用[J]. 轨道交通, 2020, (2): 34 - 38.
- [6] 吕欢. 云计算技术在城市轨道交通AFC领域的应用研究[J]. 现代城市轨道交通, 2016, (3): 104 - 106.
- [7] 湛维昭, 张森. 基于金融标准的移动支付技术在宁波轨道交通的应用[J]. 都市快轨交通, 2017, (1): 106 - 109.
- [8] 何霖, 姚世峰. 城市轨道交通云建设探讨[J]. 都市快轨交通, 2016, (02): 46 - 49.
- [9] 顾洋, 陈青云. 基于双活架构的城市轨道交通自动售检票系统设计[J]. 城市轨道交通研究, 2020, (10): 129 - 133.

# 核电DCS系统工厂测试与现场调试逻辑功能验证方案对比分析和研究

Contrastive Analysis and Research of Logic Function Verification Schemes for Plant Test and Field Debugging of Nuclear Power DCS System

★北京广利核系统工程有限公司 郭旭东, 齐敏, 宋玉霞

**摘要:** 当前国内核电机组的DCS验证采用工厂测试和现场调试独立策划的方式, 国外三代核电(如EPR、AP1000等)的DCS系统采用工厂测试与现场调试总体策划的测试模式。本文借鉴EPR、AP1000的整体策划实践, 通过对核电DCS系统工厂测试与现场调试逻辑功能验证方案进行对比分析和研究, 找出差异, 为核电DCS系统工厂测试与现场调试全范围功能测试实施打下基础, 有利于核电DCS系统工厂测试、现场调试的优化和质量提升, 从而控制工期和成本。

**关键词:** 核电; DCS; 逻辑; 测试

**Abstract:** At present, the DCS verification of domestic nuclear power units is planned independently by DCS factory test and nuclear power factory debugging. The DCS system of three generations of foreign nuclear power plants (such as EPR, AP1000, etc.) adopts the test mode of overall plan of factory test and nuclear power factory debugging. Based on the overall planning practice of EPR, AP1000, this paper compares and analyzes the verification scheme of logic function between plant test and field debugging of nuclear DCS system, finds out the difference and lays a foundation for the implementation of full-range functional test of nuclear power DCS system factory test and field debugging, which is conducive to the optimization and quality improvement of nuclear power DCS system factory test and field debugging, so as to the control of construction period and cost.

**Key words:** Nuclear power plant; DCS; Logic; Test

## 1 引言

核电DCS系统的验证包括工厂测试和现场调试两个阶段, 当前国内核电机组的DCS验证采用工厂测试和现场调试独立策划的方式, 在DCS逻辑功能验证等方面存在交叉<sup>[1]</sup>。国外三代核电(如EPR、AP1000等)的DCS系统采用工厂测试与现场调试总体策划的测试模式, 整体保证逻辑测试完整性, 此方式已在国内的台山项目(EPR堆型)中得到应用, 监管方面对全范围测试

模式给予了一定的认可。借鉴EPR、AP1000的整体策划实践, 广利核公司与中广核工程有限公司调试中心联合开展研究, 通过分析各技术路线的工厂测试体系和调试体系, 探讨和论证全范围DCS功能验证方案。全范围方案有利于核电DCS系统工厂测试、现场调试的优化和质量提升, 有利于控制核电项目工期和成本。

基于此, 以某工艺系统为例, 对核电DCS系统工厂测试与现场调试逻辑功能验证方案进行对比分析和研究, 分析工厂测试与现场调试的测试对象、测试流程和测试内容的异同, 该分析研究为制定全范围DCS功能验证方案提供了基础。

## 2 概述

现场调试是依据HAD103/02-1987核电厂调试程序检查DCS在运输、安装过程没有损坏, 系统上电后能够正常运行且恢复到出厂验收时的状态; 检查由DCS实现的工艺系统监视、控制、保护功能满足设计需求。

工厂测试是依据合同、技术规格书、LD/AD、IO List、Set Point List证明系统的硬件和软件配置的完整性和正确性; 证明工程组态完整、符合CNPDC正式发布的设计输入文件, 如CLD图、定值手册等; 确认DCS的功能和性能符合合同、技术规格说明书等要求。

### (1) 现场调试中工艺系统I&C逻辑功能验证

某工艺系统现场调试的工艺系统I&C逻辑功能验证通过TP09试验(即逻辑控制通道试验)开展。TP09试验目的是检查包括相关继电器等设备、数据处理系统、远程仪表显示和报警、待控制远程设备在内的所有设备

的正确运行。

测试原理：通过模拟触发试验工况（强制相应的逻辑或者操作相应的设备开关），查看报警是否正确触发、相应的设备是否正确发生动作、显示屏上的状态是否与就地命令一致，进而判断设备的功能是否完整且正确执行。

测试路径：强制相应逻辑功能（或者操作相应的设备开关）→系统内部逻辑处理→工况报警触发和设备动作→在盘台和KIC上查看相应报警状态及设备状态显示。

测试方法如图1所示。

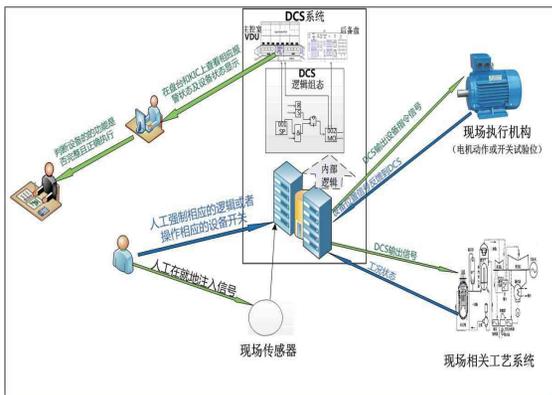


图1 工艺系统I&C逻辑功能验证现场调试方法示意图

## (2) 工厂测试中DCS逻辑功能测试

测试过程中使用自动化测试装置搭建的DCS系统集成环境，模拟现场应用场景、现场信号采集和执行设备。

工厂测试体系把DCS逻辑功能按XXX进行分类，分别设计不同的测试项。

针对TP09（以某工艺001PO为例）对应的工厂测试项包括：专设安全设施设备控制功能测试（L0）、优先级管理功能测试、SCID功能测试、APC功能测试、电厂画面检查、安全级和非安全级接口测试等。

测试方法及路径如图2所示。

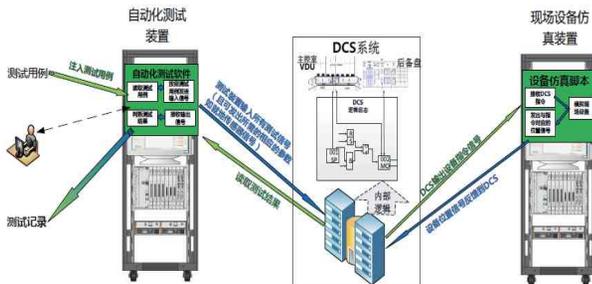


图2 工艺系统I&C逻辑功能验证工厂测试方法示意图

## 3 差异分析比较（某工艺001PO为例）

测试方法比较：现场调试使用人工手动测试方法，以设计输入逻辑功能为核心，测试时在现场实际集成环境下，需进行初始条件设置，同时由于工艺设备已连接DCS系统，需进行必要的设备隔离。工厂测试过程中使用自动化测试装置搭建的DCS系统集成环境，以逻辑组态实现与设计图纸一致性为核心，模拟现场应用场景、现场信号采集和执行设备，实现自动化测试。

测试覆盖完整性比较：以某工艺001PO为例，与该设备相关的逻辑图包括某工艺LD06/07/008/23/35/104/128、某工艺AD07、RRALD50、LHA LD42、KDS LD14/20。该设备逻辑如图3所示。

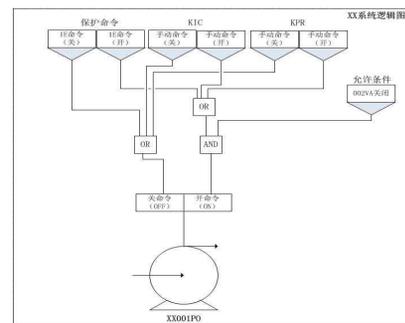


图3 某工艺系统逻辑图

该页逻辑图主要实现的是某工艺001PO的控制功能，包括某工艺001PO通过1E、SR、KDS指令，实现多样性控制。通过人工操作实现手动启停、通过保护逻辑实现自动启停等功能。所有功能在LD/AD逻辑图中均有详细的描述。

对于该设备的测试，现场调试和工厂测试的测试范围如图4和表1所示。

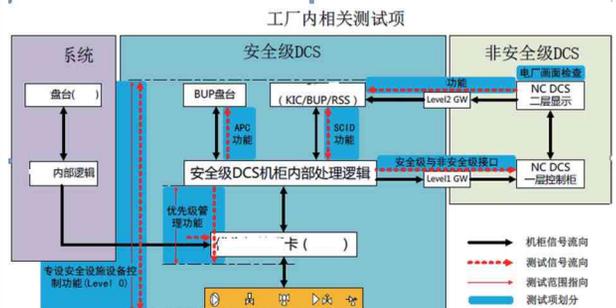


图4 覆盖范围对比图

表1 覆盖范围对比

工艺系统 I&C 逻辑功能	现场调试程序 (TP09)	工厂测试测试项	分析比较
	按照逻辑图及模拟图完成系统功能验证： · 手动控制功能试验； · 自动控制功能试验（不同1E/SR/NC信号通道逐项设计功能模拟验证）； · 报警逻辑及报警通道试验。	专设安全设施设备控制功能测试 (L0)	测试方法：现场调试验证到就地设备实际动作，程序按逻辑图/模拟图设计功能要求为单元进行编制，工厂内通过测试装置模拟现场设备的方式实现，测试用例重点在逻辑组态实现完整性和正确性。 覆盖完整性：工厂测试与调试试验从不同维度和方法进行设计正确性功能验证，范围基本一致。
		优先级管理功能测试	
		SCID功能测试	
		APC功能测试	
		电厂画面检查	
安全级和非安全级接口测试			

工厂测试覆盖分析：

(1) 辑级：图3中的逻辑功能通过专设安全设施设备控制功能（以下简称：L0）测试项进行验证，L0以LD页为基础进行测试设计形成真值表，真值表体现逻辑图中所有的输入输出点、报警点、指示灯状态，覆盖图3上所涉及的全部逻辑信息。图5为测试真值表示意图。

序号	信号来源	信号类型	测试步骤																										
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	
11	1E1-ON	DO	0	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
12		DO	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
13	1E2-ON	DO	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
14		DO	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
15	就地 ON	DO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
16		DO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
17	其他DCS-ON	DO	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
18		CO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
19	DCS-OFF	CO	0	1	1	1	1	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
110		DI	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
111	1E2 SET BYPASS	DI	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
112		DI	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
113	其他DCS TEST PERMISSION	DI	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
01		OUT1	DO	0	1	1	0	1	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
02	DCSC	XDO	1	1	1	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
结果	实际输出与逻辑输出一致则标记“√”，否则“×”																												
备注																													

图5 设备控制功能测试用例

(2) 设备的安全级和非安全级接口：设备的安全级和非安全级接口通过安全级和非安全级接口测试项进行验证测试。

(3) 设备控制功能级：某工艺001PO泵的分级控制通过优先级管理功能测试项进行测试验证。

(4) 设备功能报警级：该设备的1E和SR相关的报警通过专设安全设施设备控制功能测试项和APC功能测试项进行测试验证。

(5) 设备显示功能级：设备显示相关画面通过电厂画面检查测试项进行测试验证。

现场调试覆盖分析：

某工艺系统逻辑控制通道试验调试程序 (TP09) 试验的目的是检查设备的正确运行、在KIC/BUP显示

和设备操作动作正确、系统逻辑功能满足逻辑图和模拟图设计要求。试验时分别在KIC/RSS/BUP对设备进行启停操作，并通过模拟信号或强制信号等方式对设计要求的逻辑功能、联锁逻辑等进行逐项验证。如图6所示。

试验步骤		
序号	试验步骤	预期
1	确认初始状态	1、某系统泵及其出口调门停运；
2	设置某流量**为**t/h,	1、某系统泵及其出口调门停运；
3	请在投入自动时设置某流量**为**t/h 请设置某流量**在15t/h,	1、某系统泵及其出口调门停运；
4	按下启动按钮	1、某系统泵及其出口调门启动；
5	请开始设置注入容积某流量在0	1、某系统泵及其出口调门停运； 2、隔离阀按预期进行调节
6	注入保护关信号	1、某系统泵及其出口调门停运；
6	注入保护开信号	1、某系统泵及其出口调门启动；

图6 某工艺系统试验调试程序

经过上述分析及差异比较，现场调试和工厂测试的测试方法得出的效果对比如图7所示。

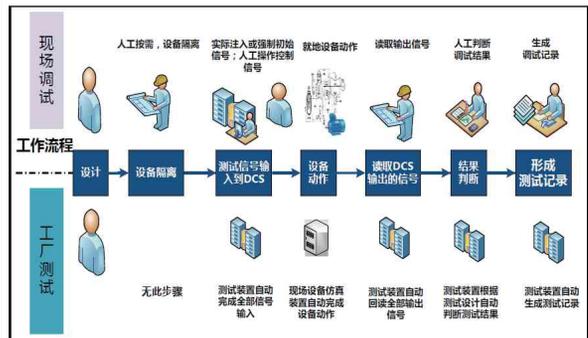


图7 效果对比图

## 4 比较分析结果

现场调试和工厂测试方法得出的分析比较如表2所示。

表2 现场调试和工厂测试方法分析比较

验证内容	现场调试	工厂测试	分析比较
工艺系统 I&C 逻辑功能	以工艺设备操作为主体，以设计逻辑功能为验证项，逐项功能完成试验。	分段交替的方式对相关工艺进行分项验证。	工厂测试与调试TP09试验范围一致。工厂测试项是验证逻辑、设备功能不可或缺的基本测试，在试验覆盖范围和信号工况组合验证方面是优于TP09的。工程测试与调试试验方法不同，前者重在验证逻辑组态的正确性和完整性，后者重在验证设计要求功能实现的完整性和正确性。

			运输及二次安装涉及到DCS机柜及设备的接口部分重新端接或回装,相关接口变化部分需要在现场调试阶段重点验证。
--	--	--	---

## 5 结论

经过上述分析及差异比较,研究得出如下结论:工厂测试与调试TP09试验范围一致。工厂测试项是验证逻辑、设备功能不可或缺的基本测试,在试验覆盖范围和信号工况组合验证方面是优于TP09的。

工程测试与调试试验方法不同,前者重在验证逻辑组态的正确性和完整性,后者重在验证设计要求功能实现的完整性和正确性。

运输及二次安装涉及到DCS机柜及设备的接口部分重新端接或回装,相关接口变化部分需要在现场调试阶段重点验证。 **AP**

### 作者简介:

**郭旭东** (1984-),男,北京人,工程师,学士,现就职于北京广利核系统工程有限公司,主要从事核安全级数字化系统测试验证研究工作。

**齐敏** (1974-),女,河南驻马店人,正高级工程师,硕士,现就职于北京广利核系统工程有限公司,主要从事核安全级数字化仪控系统研究工作。

**宋玉霞** (1974-),女,天津人,工程师,硕士,现就职于北京广利核系统工程有限公司,主要从事核安全级数字化系统测试验证研究工作。

### 参考文献:

- [1] 王怀敬,马吉强.核电站数字化仪控自主化和国产化探讨[J].自动化博览,2006,(05):20-22.
- [2] Enrico Zio, Francesco Di Maio. Processing Dynamic Scenarios from a Reliability Analysis of A Nuclear Power Plant Digital Instrumentation and Control System[J]. Annals of Nuclear Energy, 2009, 36 (9) : 1386 - 1399.
- [3] 刘正升,万程亮,蒋志忠,杨日杰.自动测试系统中新技术的发展及应用[J].中国测试,2009,(04):58-61.
- [4] 刘鹏飞,林萌,侯东,陈智,杨燕华.核电厂DCS系统功能验证工程模拟机研究[J].核动力工程,2009,(S1):48-51.
- [5] 徐细波,徐洪强,宋艳萍.计算机仿真技术与信息处理结合探究[J].中国无线电电子学文摘,2011,(02):253-255.
- [6] Dong Hou, Meng Lin, Zhihong Xu, Yanhua Yang. Development and Application of An Extensible Engineering Simulator for NPP CS closed - Loop Test[J]. Annals of Nuclear Energy, 2010, 38 (1) : 49 - 55.
- [7] 李瑞先,谭德荣,曹雁锋.基于组态王测控系统软件的设计及实现[J].测控技术,2006,(06):57-59.
- [8] 李军.网络环境下软件测试自动化技术的研究与应用[D].西安:西北工业大学,2002.
- [9] 郗永学,支源.核电站数字化仪控系统工厂测试综述[J].自动化博览,2012,(11):50-54.
- [10] 秦立斌,陈东,钱海.负荷通道动态增容专家评估系统研究[J].电源技术,2017,41(02):305-309.
- [11] 白鹭.宁夏电网输电线路动态增容系统研究及应用[D].北京:华北电力大学,2016.

# 核电DCS物项替代的一种方法研究

Research on a Method of Nuclear Power DCS Item Substitution

★北京广利核系统工程有限公司 周海, 王春伟, 周立群, 王宝伟

**摘要:** 随着我国核电事业的不断发展, 核能发电已被人们广泛接受。截至目前, 我国在役运行机组已达到47台。随着机组运行时间的积累, 核电数字化仪控系统设备、部件存在不同程度的故障和性能降低等老化问题, 急需对原始物项进行替代。然而, 国内无论是监管层面还是行业层面, 目前均没有形成一个统一的方法解决在役运行核电厂(NPP)数字化仪控产品的物项替代问题。针对这一情况, 本文结合国内核电厂数字化仪控系统物项替代的实际应用, 对我国能源行业标准及美国EPRI相关的导则、标准进行了研究, 提出适合国内核电行业应用的一种物项替代方法, 对国内核电行业物项替代活动具有很好的借鉴意义。

**关键词:** 核电厂; 数字化仪控系统; 物项替代

**Abstract:** With the development of China's nuclear power industry, nuclear power generation has been widely accepted. Up to now, the number of units in-service has reached 47. With the accumulation of unit running time, the equipment and components of nuclear power digital instrument and control system have aging problems of different degrees, such as failure and performance degradation, so it is urgent to replace the primary items. However, both at the regulatory level and the industry level in China, there is no currently a unified method to solve the problem of item substitution of digital instrument control products for in-service nuclear power plant (NPP). In order to solve this situation, combined with the domestic nuclear power plant item substitution of the actual application of DCS instrument control system, this paper studies the criteria of energy industry in China and the related guidelines, standards of EPRI in America, and proposes an approach of item substitution for China's nuclear industry application, which has the very good reference to item substitution activity for China's nuclear industry.

**Key words:** Nuclear power plant; Digital instrument and control system; Item substitution

## 1 引言

国家能源行业标准<sup>[1]</sup>指出物项替代是在不降低系统和设备的原有设计功能和安全水平的前提下, 用不完全相同的物项替代原始物项的活动。物项替代只涉及所要替代的物项本身, 不改变系统配置, 替代物项的采用不应应对系统的功能与可靠性产生消极影响, 选取的替代品和性能不得低于原设计的要求。物项替代的过程中可能因安装的需要而涉及微小的现场变更, 但不能更改系统的设计基准和要求, 不能变更系统的运行参数, 也不能改变系统的逻辑关系和流程。基于以上要求, 替代物项在被更换到核电厂之前, 需要通过特定的技术论证来证明该替代物项能够完成其现场承担的设计功能。

面对我国在役运行核电机组技术路线广泛、运行堆年差异大的整体特点, 现阶段不同技术路线机组安装设备在执行相同预期功能时, 性能要求不同, 导致替代物项选型存在差异或同一替代物项要经过重复论证; 面对不同在役机组运行堆年差异大的情况, 物项替代活动也将面临着更多设备的首次物项替代, 不利于物项替代经验的积累和借鉴, 不易形成较为统一的物项替代方法。本文结合国内核电厂数字化仪控系统物项替代的实际应用, 对我国能源行业标准及美国EPRI相关的导则、标准进行了研究, 提出一种较为广泛适用国内核电行业应用的物项替代方法。

## 2 原始物项分级

所谓物项分级就是根据设备执行功能的重要性确定不同核电设备等级，以达到核安全与企业利益双赢的目的。核电厂物项的功能分级可分为安全相关物项、质量相关物项和非质量相关物项<sup>[2]</sup>。

安全相关物项，是指该物项执行以下任一功能或由于该物项的故障或瞬态，不能执行以下任一功能的实现。这些功能包括：

- (1) 安全停堆和反应性控制；
- (2) 堆芯余热的排除；
- (3) 控制或缓解事故情况下放射性物质向环境释放。

质量相关物项，是指由于该物项的故障或瞬态，可能导致电厂能力因子、可用率降低，或导致人身安全受到伤害的物项。

非质量相关物项，是指除去安全相关和质量相关物项的其他物项。

确定物项最终应用是确定物项是否物项分级的必要条件。通过审查物项所处系统的系统功能及该物项在支持该系统功能中起到的作用，可以确定该部件的设计功能。根据执行的设计功能，确定原始物项等级。最终确定物项替代活动类别。国家能源行业标准指出，物项替代活动可分为一般物项替代和重要物项替代两类。针对数字化仪控系统，重要物项替代是指安全级电气设备和非安全级中有特殊要求的物项替代工作。

## 3 关键特性识别

针对重要物项替代工作中的物项，为了保证其在执行安全相关功能、质量相关功能能够有效被验证，关键特性的识别至关重要。物项关键特性的数量和类型基于其预定的安全功能、应用要求、复杂性、可信失效模式和影响及性能要求<sup>[3]</sup>。确定物项具体的应用有利于缩小需验证的关键特性范围。关键特性识别方法包含失效模式和影响分析方法、原始设计基准分析方法。在关键特性识别过程中，可以采用其中一种方法

或两种方法的组合方式。具体执行取决于替代过程中获取原始设计基准文件、物项最终应用分析及安全功能相关的信息情况。

### 3.1 原始设计基准分析方法

现有或实际设计信息可用于确定关键特性。如果可以从原始设计文件（包括依据的设计标准）中得到物项充分的技术和质量要求，则可从物项的设计特性中确定出关键特性。对于原始物项，收集其原始设计文件，将文件中对物项充分的技术和质量要求转化为关键特性。因保证分析的完整性是一个物项替代活动的重要前提，所以技术和质量要求应包括硬件、软件、人机接口、可靠性等要求。对于数字化物项替代，除了预期功能和预期失效模式的设计要求之外，确定与未使用的、非预期的或禁止的功能相关的要求也是非常重要的。如果不能获取确定关键特性所需的充分详细的设计信息，可首先确定物项的安全功能，然后使用FMEA分析得出关键特性。

### 3.2 失效模式与故障（FMEA）分析方法

FMEA方法是一种基本的分析方法，其主要功能是考虑系统、部件故障的失效机理，以及故障对系统的影响。物项替代活动过程中，结合物项的自身功能和系统功能及所处环境信息，或其他适当的工程判断，识别零部件的主要失效机理。零部件主要失效机理的影响分析应从部件、系统的设计功能、功能模式和功能分级等方面进行。通过评估零部件失效机理发生后对零部件自身和上一级部件和（或）系统的影响，确定零部件的失效模式。部分失效机理可根据零部件在电站服役的历史记录和行业数据中识别。识别出主要失效机理后，可利用图纸、技术规格书、系统手册、安全分析报告等资料评估其失效影响。故障模式影响到了具体设计功能，便可以确定故障模式相关的特性为关键特性。由失效模式与故障（FMEA）分析方法确认物项关键特性的思路如下：

- (1) 物项的潜在故障是什么？
- (2) 产生这些故障模式的失效机理？
- (3) 故障发生，引起的后果？
- (4) 后果是否影响设计功能？
- (5) 确认与影响设计功能的故障相关的特性是什

么？即为关键特性。

一般用FMEA表完成上面思路的分析，FMEA表也是分析方法的核心<sup>[4]</sup>。常用的FMEA表的格式如表1所示。

表1 FMEA表

序号	物项名称	功能	失效模式	故障原因	对系统的影响	备注
×××	×××	××	×××	×××	×××	—
×××	×××	××	×××	×××	×××	—

## 4 替代物项选型

物项替代选型的基本原则为尽可能选取技术成熟和有相关使用经验的产品；对核安全相关物项，应尽可能选用有核电站使用经验的物项进行替代；对于通用设备应尽可能采用标准化、系列化的产品，尽可能用同一厂家的一个产品系列代替多个厂家的产品，从而减少物料的种类和减小库存管理压力。

替代物项选型一般采用原始物项与替代物项参数对照的方法。依据两种物项技术规格书的对比，确认原始物项与替代物项在参数、制造规范和标准等方面的区别。参数主要是指物项的功能、安装、结构和外形等方面的特性，是可以鉴定和测量的<sup>[5]</sup>。通过正确而全面的比对尽量确保替代物项能满足系统的设计要求。

## 5 等效性验证

替代物项与原始物项的等效性由功能等效性、可互换性、相容性和规范一致性四个方面共同决定<sup>[6]</sup>。

功能等效主要是指替代物项在关键特性参数上与原始物项相近、相同或更优，能够完成原始物项在现场所需要具备的功能。替代物项的性能必须与现有的设计相符，同时不对系统和设备的性能、安全功能等产生不利影响。

可互换性主要是指替代物项在安装上能满足现场要求（和原始物项互换）。

相容性是指给定使用条件下，如果替代物项的设计寿命和可靠性优于或等同于原始物项。则替代物项与

始物项是“相容的”。

规范一致性是指替代物项与原始物项不同的规范或标准来制造，或经不同规范制造下，功能、可靠性无负面影响。对核安全相关物项，必须分析两种规范的不同点对物项安全功能的影响。如果替代规范（或标准）在检验要求方面没有对可靠性产生负面影响的变化，在特殊工艺方面也没有对功能产生负面影响的变化，则替代规范（或标准）的变化是可接受的。

下文阐述实验室验证和核电厂验证两种方法。

### 5.1 实验室论证

依据原始物项的功能分级、基本功能、关键特性，通过功能测试和设备鉴定两种方法进行替代物项的实验室论证。

#### 5.1.1 功能测试方法

依据原始物项的设计功能搭建模拟环境，分析替代物项外形能否满足空间要求，接口、安装方式及尺寸能否和现场进行匹配。接线方式、接线顺序及电缆入口等能否都满足现场接线要求。如果安装不匹配，评估是否需要对接、接线、管线和其它接口等做小改动，满足该替代物项与原始物项是“可互换的”。并对替代物项的基本设计功能、软件等进行测试或验证。

#### 5.1.2 设备鉴定方法

依据对关键特性的识别结果，通过功能试验对替代物项的性能进行验证，确认与现有的设计相符，同时不对系统和设备的性能、安全功能等产生不利影响。

替代物项重量发生改变，也需要评价这一变化对互换性的影响。对核级物项或用于核安全相关设备的物项，还要分析其重量变化对主体设备抗震性能的影响，进行抗震试验<sup>[7]</sup>。对于安装在有抗震要求设备内的零部件的替代，要分析替代重量的变化是否会影响主体设备的抗震性能，进行抗震试验。

对于与核安全相关的非金属材料及有环境鉴定要求的替代物项，如果能证明其环境鉴定结果与原始物项的鉴定试验报告相同或相当，则二者是“相容的”。

### 5.2 核电厂实地验证

核电厂替代物项首次安装使用，原则上只在单一系统上使用并跟踪。对于涉及多个系统，不同安装位

置上使用的替代物项，尽量选择环境条件较差的系统位置上进行首次安装使用并跟踪<sup>[8]</sup>。跟踪期根据物项重要程度分为三个月、六个月或一个换料周期。替代实施完成后，核电厂将对安装、品质再鉴定、功能再鉴定、运行、维修等环节进行全面评价反馈。跟踪期满后，组织物项替代最终评价。

## 6 结论

本文结合国内核电厂物项替代的实际应用，提出了

一种针对核电DCS仪控系统物项替代的方法，对原始物项分级、关键特性识别、替代物项选型、等效性验证各环节进行分析，并给出了解决办法。对国内核电行业物项替代活动具有良好的借鉴意义。**AP**

### 作者简介：

周 海（1985-），男，宁夏石嘴山人，工程师，硕士，现就职于北京广利核系统工程有限公司，主要负责核电厂仪控系统设计工作。

### 参考文献：

- [1] NB/T 20245-2013, 核电厂物项替代[S].
- [2] NB/T 20088-2012, 核电厂安全级电气设备零部件更换要求[S].
- [3] NB/Z 20540-2019, 商品级物项在核电厂安全级电气仪控设备中的应用指南[S].
- [4] GB/T 9225-1999, 核电厂安全系统可靠性分析一般原则[S].
- [5] Revision 1 to EPRI NP-5652 and TR-102260, Plant Engineering : Guideline for the Acceptance of Commercial-Grade Items in Nuclear Safety-Related Applications[S].
- [6] 宇文敏, 徐尧. 我国核电站延寿期间运行设备物项替换探讨[J]. 科技创新导报, 2019, (3) : 66 - 67.
- [7] 王英. 核安全设备鉴定[M]. 北京: 机械工业出版社, 2015 : 29 - 38.
- [8] 任玲妮. 浅谈核电厂物项替代[J]. 中国和科学技术进展报告, 2015, 9 (4) : 32 - 34.

# 基于非安全级DCS通讯站中链路参数设置分析及研究

Analysis and Research of Link Parameters Setting in Communication Station Based on Non-Security Level DCS

★北京广利核系统工程有限公司 迟宗岭

**摘要：**在CPR1000核电项目机组工程中，非安全级核电站数字化仪控系统（NC-DCS系统）应用软件平台采用的是MACS6.2.0系统，涉及到的第三方设备不参与逻辑运算，且只在HMI流程图中显示和报警的数据，均采用通讯站进行数据传输，涉及逻辑运算的则采用硬接线方式直接采集数据。通讯站硬件采用的是一款OAMA01A（或OAMA03A）型工控机嵌入式微型计算机，一款无风扇全封闭嵌入式微型计算机。软件采用的是以Linux-2.6.16.25为蓝本的裁剪版的操作系统，由于Linux系统在工程应用上有许多优点，便于工程师编程和调用程序，同时，也是一款开放性的操作系统，因此受到编程者的青睐。在CPR1000核电机组项目调试和运行过程中，有时发现部分通讯站上传的数据点显示迟缓，刷新频率明显和设计预期不相符。为此本文结合了现场调试经验，分析了数据上传迟缓的原因及后续采取的措施，详细描述了链路参数的设置规则，对由链路参数设置或者操作过程不规范等原因，导致L2层数据显示迟缓的根源进行了总结分析，为后续机组优化参数提供了参考，同时也为同类型机组及今后华龙一号的调试提供借鉴。

**关键词：**通讯站；链路参数；故障

**Abstract:** In the CPR1000 nuclear power project, the digital instrument control system (NC-DCS system) platform for non-safe nuclear power plants uses Macs 6.2.0, which involves third-party equipment that does not participate in logical operations. And only the data displayed and alerted in the HMI flow chart uses communication stations for data transmission, and hard-wired methods for logic operations are used. The communication station hardware uses an OAMA01A (or OAMA03A) industrial control machine embedded microcomputer, a fan-free fully enclosed embedded microcomputer. The software uses a tailored version of the operating system based on Linux-2.6.16.25. Since the Linux system has many advantages in engineering applications, it is easy for engineers to program and invoke programs. At the same time, it is also an open operating system. It is therefore favored by programmers. During the debugging and operation of the CPR1000 nuclear power plant project, it is sometimes found that the data points uploaded by some communication stations are slow to display, and the refresh frequency is obviously inconsistent with the actual scene. In this paper, combined with the field debugging experience, the reasons for the delay in data upload and the measures taken are analyzed. At the same time, the setting rules of link parameters are described in detail, and the link parameters are set or the operation process is not standardized. The root causes of the delay in L2 layer data display are summarized and analyzed, and operational experience feedback is compiled to provide reference for the optimization parameters of subsequent units. At the same time, it also provides reference for the commissioning of the same type of unit and Hualong No. 1.

**Key words:** Communication station; Link parameters; Faults

## 1 前言

在CPR1000核电厂非安全级DCS通讯站调试过程中，有时遇到Level2层（DCS操作监视层）显示数据和实时值不一致，或者刷新频率明显迟缓。本文主要探讨通讯站组态中添加点表和链路表信息，从通讯链路参数以及点表配置、现场维护人员操作等方面对问题进行分析，并且根据分析情况提出处理优化方案。

## 2 通讯站组态

Linux在工程中的优势使其受到了许多DCS系统工程师的青睐，因此，在CPR1000核电站项目工程中也不例外，第三方通讯便采用其作为操作系统。

通讯站主要用于与上层（Level2）、下层（Level0）第三方设备进行数据交互，由于第三方设备的多样性，需要在工程总控组态中对特殊的数据库类型进行组态。正确的数据库组态是通讯站进行正常的关键因素，使用者务必按照组态规则执行。通讯站的主要功能是实现与第三方系统通讯。通讯协议支持Modbus RTU、Modbus TCP、IEC 104。下面对具体的组态过程和注意事项做具体的描述。

### 2.1 添加通讯站

首先，在MACS6.2.0正式平台上，已经建立的工程上，添加通讯站并对其进行组态。

通讯站组态需要按照以下步骤进行：创建新工程，通讯站添加与设置，增加通讯站，设置通

讯站号；定义通讯站变量，选择数据类型，添加变量点数据，添加点表和链路表信息。通讯站的组态流程如图1所示。

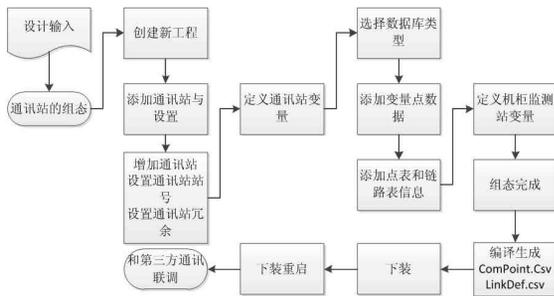


图1 通讯站组态流程示意图

## 2.2 链路参数和点表配置

在添加完成变量点数据后，需要在数据库中添加通讯点（COMTAG）和通讯链路（COMLINK），本文结合现场调试经验，重点描述分析通讯点和通讯链路的配置。

通讯链路（COMLINK）参数和通讯点（COMTAG）表务必按照以下规则进行配置，否则，将会导致通讯异常，链路不通等异常问题出现。

通讯链路（COMLINK）数据组态规则、输入方式及注意事项的主要参数详细设置如表1所示。

表1 链路表参数配置点项说明

名称	组态规则
站号	输入数字
链路号	输入数字
链路类型	0: 保留 1: Modbus RTU 2: Modbus TCP 3: IEC 60870-5-104
子链路类型	输入子链路字符串
链路参数区	按具体格式输入

链路参数区（LP）组态配置顺序和格式说明的主要参数详细设置如表2所示。

表2 链路参数区（LP）组态格式说明

链路类型（LT）	链路参数（LP）配置顺序和格式说明
Modbus RTU协议	(1) 备用站操作模式；(2) 通讯站使用的串口号；(3) 波特率；(4) 数据位；(5) 停止位；(6) 校验位；(7) 读串口超时时间；(8) 读串口等待延迟时间；(9) 字节顺序；(10) 发送帧间间隔；(11) 最大帧长度；(12) 读输入操作失败最多重复次数；(13) 写操作失败最多重复次数。

Modbus TCP	(1) 备用站操作模式；(2) 第三方IP地址；(3) 端口号；(4) 超时时间；(5) 字节顺序；(6) 最大帧长度；(7) 发送帧间间隔；(8) 读输入操作失败最多重复次数；(9) 写操作失败最多重复次数。
IEC 60870-5-104	(1) 备用站操作模式；(2) 第三方IP地址；(3) 建立连接的超时t0；(4) 发送或测试APDU的超时t1；(5) 无数据报文时确认的超时t2 (t2<t1)；(6) 长时间空闲状态下发送测试帧的超时t3；(7) 未被确认的I格式APDU最大数目k；(8) 最近确认APDU的最大数目w；(9) 单命令（类型标识45）执行模式；(10) 设定命令（类型标识49）执行模式。

通讯点表（COMTAG）定义表的主要参数详细设置如表3所示。

表3 通讯点表（COMTAG）定义说明

名称	用途
数据类型	通讯点的源数据类型
数据长度	点在共享内存中存储的空间大小
功能码	Modbus协议中的功能码，IEC 104协议中的类型标识
地址	Modbus协议中的寄存器地址，IEC 104协议中的信息对象地址

## 2.3 建立数据库，设置链路参数，生成CSV表

组态完毕后，经过工程总控编译生成点表ComPoints.csv和链路表LinkDef.csv。然后通过工程总控中的工具，选择通讯站节点号，下装通讯站，即可用于控制的数据通信。

至此，通讯站组态下装完成，正常情况下通讯正常，数据上传L2层显示。

## 3 点表ComPoints.csv对上传数据的影响

当点表（ComPoints.csv）通讯数据地址连续时，进行请求和收发，分帧数据量较少，相反，如果通讯数据地址不连续，分帧数据量较大，导致上传数据延迟。

对于Modbus RTU协议而言，传输速率取决于双方协商的波特率。波特率表示每秒中传送的码元符号的个数，是衡量数据传送速率的指标。在CPR1000项目中，对不同的系统选取的波特率不同，一般为9600bps、19200bps、38400bps。

对于Modbus TCP协议以及IEC 60870-5-104协议而言，采用的是网络传输，传输速率取决于网络传输帧值的大小。网络传输帧值是在一定范围内浮动的，最大

的帧值是1518字节，最小的帧值是64个字节。但在实际应用中，帧的大小是数据量的多少，即设备每次能够传输的最大字节数是自动来确定的。

因为传输协议，传输速率在组态工程中已经确定，对数据上传的影响已经明确，因此，数据地址的连续与否，关系到分帧数据量的多少，数据量的多少将直接影响数据的传输时间长短和更新频率。

## 4 链路表LinkDef.csv数据对上传数据的影响

下文仅对Modbus RTU协议以及Modbus TCP协议中的相关参数进行说明。

对于Modbus RTU协议而言，在链路类型（LT），与上传时间相关的主要参数分别为：第7位读串口超时时间，读串口超时时间（通讯站发出请求召唤帧后，在超时时间内等待从站的回复，单位ms）；第8位读串口等待延迟时间，读串口等待延迟时间（通讯站判断到从站有回复数据后，在延迟时间后，再读串口数据，以保证读取完整的回复数据，单位ms）；第10位发送帧间间隔（通讯站在处理完第三方对上一帧的回复后延迟设置的时间间隔后发送下一帧数据，单位ms）；第12位读输入操作失败最多重复次数（一般设置为3次）；第13位写操作失败最多重复次数（一般设置为3次）；数据上传时间是上述参数时间累计之和。

对于Modbus TCP协议而言，在链路类型（LT），与上传时间相关的主要参数分别为：第4位超时时间（通讯站发出召唤或配置帧后，在超时时间内等待从站的回复，单位ms）；第6位最大帧长度（根据现场组态情况，自己定义，如第三方无特殊要求则应配置为259）；第7位发送帧间间隔；第8位读输入操作失败最多重复次数；第9位写操作失败最多重复次数。

影响通讯联络数据传输延迟的因素很多，如硬件、施工质量、传输协议等技术，软件组态等多种原因。下文仅就通讯链路参数导致的延迟讨论，通讯延迟的总时长主要由单个收发帧平均收发时间和收发帧数的乘积决定。因此，分析数据上传延迟问题，需要

从上述数据中逐项分析，找到问题的根源，从而彻底将问题解决。

## 5 应用案例分析

### 5.1 Level2层显示和现场实时值存在明显偏差

问题描述：

2016年5月30日，在某核电站，2APA202PO泵运行期间，2APA205MV振动高报警（示值8.02，超过H1阈值7.1，维持1.5min左右），与就地不符，L2层刷新数据显示延迟。

问题分析：

分析逻辑组态震动高是第三方数据通过非安全级64号通讯站，上传到计算服务器进行数据处理，然后上传至L2层显示报警。逻辑组态如图2所示。

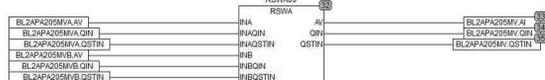


图2 BL2APA205MV报警组态截图

初步分析导致以上现象，有两种可能的原因：

(1) 数据库点项参数配置异常，导致数据上传L2层显示迟缓；

(2) 链路参数配置不合理，引起上传数据刷新延迟。

下文从以上两方面进行问题分析：

首先，分析BL2APA205MVA在ComPoints中点表的参数配置，通过比较分析，结合同类型其它点项分析，初步判断设置正常，如表4所示。

表4 BL2APA205MVA在ComPoints点表配置参数

通信点项名	站号	链路号	设备号	用户自定义数据	数据类型	数据长度	功能码	地址	输入输出类型	点类型
BL2APA205MVA.AI	64	0	2	0	5	4	4	538	0	0

分析BL2APA205MVA在ACI点表配置参数如表5所示。

表5 BL2APA205MVA在ACI点表配置参数

量程上限	量程下限	输入量程上限	输入量程下限	AV输出方式选择	超量程判断选择	超量程恢复死区	超量程限值%	超量程对质量影响	通讯写IO站允许	工程计算属性
20	0	16384	0	1	3	2.5	10	0	0	0

BL2APA205MVA在ACI点表配置参数 (续)

历史收集周期	质量坏输出替代值	质量坏替代	区域号	Retain属性	点名	站号	点说明	点相关图	量纲	输出格式	点类型
4	0	0	2	1	BL2APA205MVA	64	Bearing Vibration Main FWP		mm/s	%8.2f	ACI

BL2APA205MVA在ACI类型点表配置参数中没有异常。为了进一步定位问题的根源,提取报文分析成为解决该问题的唯一途径。

Modbus RTU通讯简介-数据帧结构、功能码、链路参数由64号通讯站报文分析可知:

在2016年05月30日22:05:53:099时刻,点021a(地址为:538),采集数据为19a9(6569),详见以下报文解析。

2016-05-30 Mon 22:05:53:081 (Main)SOCKET/COM 4 RECV 8 bytes: 02 04 02 1a 00 01 11 86

2016-05-30 Mon 22:05:53:099 (Main)SOCKET/COM 4 SEND 7 bytes: 02 04 02 19 a9 36 de

L2层显示=AV:= (AI-AIMD) × (MU-MD)/(AIMU-AIMD)+MD=6569/(16384-0) × (20-0)=8.018=8.02

由报文解析得知,在2016年05月30日22:05:57:179时刻开始打时标,详见下报文。

2016-05-30 Mon 22:05:57:179 (S)Test Information

由报文解析可见,在2016年05月30日22:07:18:731时刻地址538点项开始变位,采集数据为098f(2447),

L2层显示=AV:= (AI-AIMD) × (MU-MD)/(AIMU-AIMD)+MD=2447/(16384-0) × (20-0)=2.987=2.99

由报文解析得知,在2016年05月30日22:07:22:812时刻开始打时标,详见如下描述;

2016-05-30 Mon 22:07:22:812 (S)Test Information.

图3是事件记录的时序图。

由上述分析,可知两次之间数值采集时标之间差值,间隔长达1m25s,时间不符合现场显示要求,HMI画面的刷新频率在250ms左右,查看链路参数,发现LP链路参数区中的发送帧间间隔为1000s,经过和第三方厂家协商,设计院同意修改此参数,后将此参数修改为0,修改后显示符合现场要求。修改前链路参数

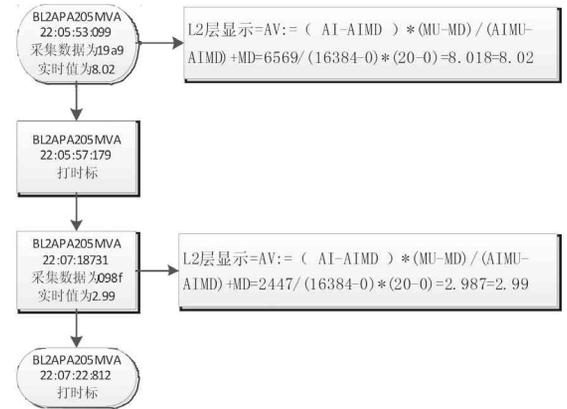


图3 BL2APA205MV报警时序图

如表6所示,修改后链路参数如表7所示。

表6 修改前链路参数配置

通信链路名	站号	链路号	链路类型	子链路类型	链路参数区
BL2DCS_VMS_01	64	0	1	VMISA	0'7'19200'8'2'N'3000'0'1000'5'255'3'3

表7 修改后链路参数配置

通信链路名	站号	链路号	链路类型	子链路类型	链路参数区
BL2DCS_VMS_01	64	0	1	VMISA	0'7'19200'8'2'N'3000'0'0'5'255'3'3

初步分析,链路参数在设计时,没有考虑现场运行人员的实际需求,对相应参数验证不充分,对每个参数的显示没有充分验证。

在现场调试过程中,必须对每一个通讯点的阈值进行测试,以保证在运行时显示正常,给运行人员提供可以信赖的实时数据以及报警。

## 5.2 通讯点表设备号引发通讯周期延长

问题描述:

2015年8月在某核电站现场调试人员发现,机组画面GME002YCD数据刷新时间约8s,但是在调试的其他三台机组相同画面刷新时间为2~3s,显示正常。

问题分析:

常规画面刷新的时长固定为250ms,通讯点值刷新时间实际反应的是和第三方通讯的周期长短有关。数据只要在通讯站采集到的数据有刷新,送到L2画面显示的周期都是固定不变的,不会导致较大的差异。

影响通讯站采集数据周期的因素有如下几项:

(1) 链路参数的影响。某机组的#66通讯链路参数修改(0'1'57600'8'1'N'3000'500'0'10'255'3'3修改为0'1'57600'8'1'N'3000'200'0'0'255'3'3), 减少了帧间间隔时间和读串口等待延迟时间后, 通讯间各数据包的间隔时间和等待时间都减少, 缩短了整个通讯的时间。

(2) 数据量大小的影响。对异常机组数据与正常机组数据的66号站通讯站数据传输点数, 以及每种功能码对应的数据量基本相当, 因此该因素影响数据通讯的可能性极小。

(3) 通讯数据地址是否连续的影响。只有通讯点的地址连续, 数据才会按照连续地址打包, 通讯数据包数量才最少, 相应的通讯速率快, 通讯时间最短, 大大缩短了整个通讯周期时长。如地址不连续, 则拆分的数据包就会增多, 导致通讯时长明显增大。

按照因素(1)的分析, 进行了修改下装, 调整后没有明显的改观, 排除因素(1)的影响。

因素(2)在对比过程中, 数据大小基本一致, 所以也排除。

最有可能的就是因素(3), 下面重点对于因素

(3) 数据地址是否连续进行认真分析与研究。

采用两种方式, 对现场点表进行了重新下装。首先, 通过ftp命令登陆通讯站, 利用put命令将点表和链路参数上传到通讯站MacsRTS目录下, 重新启动主机, 观察数据刷新频率没有任何变化。其次, 在工程总控中, 对数据库进行编译下装, 重启通讯站主机, 观察HMI画面显示刷新正常。

至此现场问题已经基本解决, 初步定位为点表有异常。但是, 问题的根源究竟在哪儿, 需要作进一步分析和判断。

对经过工程总控编译下装后的点表, 通过get命令提取后, 和之前经过编译下装到现场通讯站的数据进行比对发现了问题。

对“ComPoints.csv”的点表进行比对分析发现, 有6个点AA3CEX101KM9.DI、AA3CEX102KM9.DI、AA3CEX201KM9.DI、AA3CEX202KM9.DI、AA3CEX301KM9.DI、AA3CEX302KM9.DI的设备号“DN”虽都是2, 但是在点表中的位置存在差异。如表8所示, 为通过ftp命令直接put到通讯站的数据; 如表9所示, 为通过编译后下装到通讯站的数据。

表8 为通过ftp命令直接put到通讯站的数据

通信点项名	(站号, 链路号, 设备号, 自定义数据, 数据类型, 数据长度, 功能码, 地址, 输入输出类型, 点类型)									
AA3GGR314MT9.DI	66	0	3	0	4	1	4	1023.4	0	1
AA3CEX101KM9.DI	66	0	2	0	4	1	4	1023.5	0	1
AA3GGR321MT3.DI	66	0	3	0	4	1	4	1024	0	1
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
AA3GGR321MT9.DI	66	0	3	0	4	1	4	1024.4	0	1
AA3CEX102KM9.DI	66	0	2	0	4	1	4	1024.5	0	1
AA3GGR322MT3.DI	66	0	3	0	4	1	4	1025	0	1
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
AA3GGR322MT9.DI	66	0	3	0	4	1	4	1025.4	0	1
AA3CEX201KM9.DI	66	0	2	0	4	1	4	1025.5	0	1
AA3GGR323MT3.DI	66	0	3	0	4	1	4	1026	0	1
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
AA3GGR323MT9.DI	66	0	3	0	4	1	4	1026.4	0	1
AA3CEX202KM9.DI	66	0	2	0	4	1	4	1026.5	0	1
AA3GGR324MT3.DI	66	0	3	0	4	1	4	1027	0	1
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
AA3GGR324MT9.DI	66	0	3	0	4	1	4	1027.4	0	1
AA3CEX301KM9.DI	66	0	2	0	4	1	4	1027.5	0	1
AA3GGR325MT3.DI	66	0	3	0	4	1	4	1028	0	1
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
AA3GGR325MT9.DI	66	0	3	0	4	1	4	1028.4	0	1
AA3CEX302KM9.DI	66	0	2	0	4	1	4	1028.5	0	1

表9 为通过编译后下装到通讯站的数据

通信点项名	(站号, 链路号, 设备号, 自定义数据, 数据类型, 数据长度, 功能码, 地址, 输入输出类型, 点类型)									
AA2GME544MV9.DI	66	0	2	0	4	1	4	1022.5	0	1
AA2CEX101KM9.DI	66	0	2	0	4	1	4	1023.5	0	1
AA2CEX102KM9.DI	66	0	2	0	4	1	4	1024.5	0	1
AA2CEX201KM9.DI	66	0	2	0	4	1	4	1025.5	0	1
AA2CEX202KM9.DI	66	0	2	0	4	1	4	1026.5	0	1
AA2CEX301KM9.DI	66	0	2	0	4	1	4	1027.5	0	1
AA2CEX302KM9.DI	66	0	2	0	4	1	4	1028.5	0	1
AA2GSE999MP.AI	66	0	3	0	14	4	4	0	0	1

从表8可以得出，现场调试人员在执行DEN变更过程中，直接在“ComPoints.csv”中进行修改，将这6个点的设备号由3变为2，但未对其点表所在位置进行调整，导致系统通讯设备号（DN）、地址（AD）不连续，设备号2和3之间交替重复，因此数据包增多，从而延长了通讯的采集周期。

正确的操作步骤应该是，在MACS6.2.0平台中的工程总控对通讯点表ComPoints进行修改，如图4所示，然后编译，工程重新生成通讯点表“ComPoints.csv”、“LinkDef.csv”，新的通讯点表在编译过程中位置调整遵从如下规则：COMTAG编译生成ComPoints.csv文件时，是按照输入输出类型（IOT）->站号(SN)->链路号(LN)->设备号(DN)->功能码(FC)->地址(AD)优先顺序排列的。

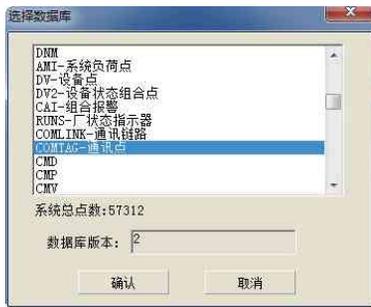


图4 在数据库中添加通讯点

这样就确保设备号顺序排列、地址连续，下装配置文件到对应通讯站后，有关点项才可以正常通讯。

## 5 对今后工作的借鉴与启发

(1) 通讯站通讯点表中任意参数的修改，都要遵

循常规修改方法。在工程总控中修改后，需要编译工程总控，生成新的通讯点表配置文件，然后在现场条件允许时，下装到通讯站，重启后生效。

(2) 由于受现场条件约束，特殊情况需要特殊处理，但是必须要保证“设备号顺序排列”、“地址连续”两点原则。如有个别点的设备号有变动，但是，现场不满足编译的条件时，则需要以文本方式打开（非Excel方式打开），修改设备号后，并将该行剪切到相同设备号的位置，并且保证地址由小到大顺序排列。

(3) 在平台设计过程中，是否有必要考虑一下，在裁剪Linux系统时删除put命令功能，防止通过put命令将点表和链路参数下装到通讯站，仅保留get命令功能，从而保证了下装的唯一途径是通过工程编译后下装，其它途径全部通过技术方式禁用。

## 6 结束语

本文结合在CPR1000项目实施调试第三方通讯站过程中遇到的棘手疑难问题，认真分析问题、剖析根源，最终找到了解决该问题的方法。在核电调试和运行过程中，进行优化和完善，不断在管理和技术上探索有利于项目实施的方法和举措，为后续同类型机组及华龙一号的调试和运行提供技术支持。**AP**

### 作者简介：

迟宗岭（1977-），男，山东茌平人，大专，工程师，现就职于北京广利核系统工程有限公司，主要从事核非安全级数字化仪控系统研究工作。

### 参考文献：

- [1] Sumitabba Das. UNIX Concepts and Applications Fourth Edition[M]. 北京：清华大学出版社，2006.
- [2] 王刚，等.Linux 命令、编辑器与Shell编程[M]. 北京：清华大学出版社，2012.
- [3] James Pyles, Jeffrey L. Carrell, Ed Tittel. TCP/IP协议原理与应用[M]. 北京：清华大学出版社，2018.

# 基于数据可视化的DCS系统日志分析方法研究及应用

Research and Application of DCS System Log Analysis Method Based on Data Visualization

★北京广利核系统工程有限公司 康焰旭

**摘要：**DCS系统是核电站的神经中枢，DCS系统的安全稳定运行对核电站的安全具有重要意义。DCS系统本身具有丰富的自诊断功能，当系统出现异常也会记录大量的在线和离线日志。对于离线日志目前的分析手段比较单一，只能通过人工方式进行日志的提取与分析。本文描述了一种提高离线日志的提取与分析效率的方法，利用Windows自带的API函数，文件传输命令等自动获取DCS系统离线日志并统一收集到指定节点。利用Python语言对收集到的离线日志进行分析，结合DCS系统特点，从离线日志中提取出影响DCS系统稳定运行的信息。这些信息采用JSON异步读取的方式，通过ECharts图表工具将分析结果以html格式进行在线展示，辅助操作员对DCS系统的健康状态进行辅助分析及判断，为DCS的智能化运维提供了理论与技术参考。

**关键词：**Python; ECharts; DCS日志; IIS; JSON

**Abstract:** DCS system is the nerve center of normal operation of nuclear power plant. The safe and stable operation of DCS system is of great significance to the safety of nuclear power plants. The DCS system itself has rich self-diagnosis functions, and a large number of online and offline logs will be recorded when the system is abnormal. At present, the analysis method of offline log is relatively simple, and the log can only be extracted and analyzed manually. This paper describes a method to improve the efficiency of offline log extraction and analysis of offline logs, using the API function and file transfer command of windows to automatically obtain the offline log of DCS system and collect it to the designated nodes. Python language is used to analyze the collected offline logs. According to the characteristics of the DCS system, the information that affects the stable operation of the DCS system is extracted from the offline logs. The information is read asynchronously by JSON, and the analysis results are displayed online in HTML format through Echarts chart tool, which helps operators to analyze and judge the health status of DCS system, and provides theoretical and technical reference for intelligent operation and maintenance of DCS.

**Key words:** Python; ECharts; Log of DCS; IIS; JSON

## 1 引言

核电DCS系统指的是核电数字化控制系统(Digital Control System)，是核电厂的神经系统和大脑，DCS系统本身的健康对整个核电厂的安全至关重要。DCS系统由硬件系统、软件系统及相关网络构成，每一部分出现异常均会记录相应的运行日志，日志分为在线日志和离线日志两个部分。在线日志可以直接在DCS系统的人机界面进行展示，提示操作员对当前实时出现的系统故障进行及时处理。离线日志则是系统运行期间记录在设备本身的运行日志，用于对故障的根本原因进行分析。但是当前离线日志只能手动拷贝，受限于核电现场的特殊性，对设备的操作需要遵循特殊规定，等待时间窗口，时效性大打折扣，往往会出现日志被覆盖的情况。同时，日志信息的分析也只能依靠人工，效率较低，不能满足DCS现场运行的需要。本文基于Windows的API程序接口，结合Python、ECharts等工具实现CPR1000项目非安全级DCS系统日志的自动获取、归集与分析，并将结果以html格式进行展示。

## 2 DCS系统日志系统组成

### 2.1 DCS系统架构

CPR1000项目非安全级DCS系统由三层网络、两级设备组成，分别为监视控制级设备，包括操作站、服务器、工程师站等设备，连接MENT和SNET网络，实现DCS系统设备监视与控制功能；过程控制级设备，包括就地控制柜、网关柜、远程I/O柜等设备，连接CNET网络，实现就地工艺系统设备的控制。如图1所示。

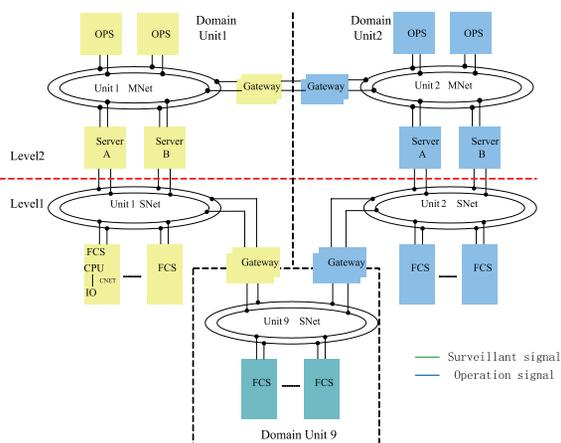


图1 CPR1000非安全级DCS网络结构

## 2.2 DCS系统日志系统

日志系统负责记录和存储核电站DCS系统发生的所有事件和信息，并根据时间类型对日志进行分类，按照时间进行存放。日志分为操作系统日志及平台日志两大类，其中平台日志又分为在线日志和离线日志两大类。在线日志系统记录的信息主要包括开关量和模拟量的值和状态的变化情况、设备故障和恢复信息，以及操作员的操作记录。日志信息可以输出到显示器、打印机，并以文件形式永久保存于硬盘上，这些文件能够导出，并能通过专用工具进行解析。离线日志系统记录的信息主要包括DCS系统各子软件系统的运行状态信息：服务器实时数据管理服务、历史库服务、报警及事件管理服务、内部计算服务、I/O数据采集服务等子进程的运行状态信息（超时、故障、数据对齐等）、操作站在线显示任务运行状态信息、控制器运行状态信息（同步、IEC运算任务、数据同步等）、通讯站运行状态信息（建立连接、数据包收发等）。操作系统日志信息主要针对Windows操作系统，利用系统本身的日志记录功能记录操作系统运行状态信息：如各种服务的启动、运行、关闭等信息，包括系统日志、应用程序日志、安全日志等<sup>[1]</sup>。

## 3 DCS系统日志获取

### 3.1 DCS操作系统日志获取

#### 3.1.1 Windows API接口

应用程序接口（Application Programming Interface, API）是一些预先定义的函数，或指软件系统不同组成部分衔接的约定。<sup>[2]</sup>

API用来提供应用程序与开发人员基于某软件或硬件得以访问的一组例程，通过API函数，应用程序可以很方便地访问

操作系统的各种服务，而无需访问源码，或理解内部工作机制的细节。通过调用Windows系统的API函数即可实现对操作系统日志的获取。

#### 3.1.2 DOS命令

DOS是Disk Operating System的简称，在Windows图形界面操作系统出现之前，DOS系统几乎是人与计算机进行交流的唯一选择。DOS命令分三大类：内部命令、外部命令和批处理命令。常见的ping、copy、dir等都是DOS命令。其中wevtutil命令即为操作系统日志操作命令，通过该命令可以将操作系统日志获取到指定目录，如

```
wevtutil epl System c:\a.evtx.
```

但是该命令有两个应用限制：（1）只有在Windows7及以上操作系统上才支持该命令；（2）导出的日志信息为Windows系统特殊的evtx格式，不便于后续的分析。

#### 3.1.3 方案实现

通过Python语言编程，调用Windows操作系统的API函数，实现操作系统日志的获取，具体实现方式如下（示例）：

```
import win32con
import win32evtlog
import win32evtlogutil #引入API接口库
def SysLogs (server,logtype, logPath):#定义读取函数
    log.write("\n%s Log of %s Events\n" % (server,
logtype))
    log.write("Created: %s\n\n" % time.ctime())
    log.write("\n" + line_break + "\n")
    log.write("Event Date/Time: %s\n" % the_time)
    log.write("Event ID / Type: %s / %s\n" % (evt_id, evt_
type))
    log.write("Record # %s\n" % record)
        log.write("Source: %s\n\n" % source)
    log.write(msg)
    log.write("\n\n") #定义日志记录格式，便于统计分析
if __name__ == "__main__": #调用函数
    server = None # None = local machine
    logTypes = ["System", "Application", "Security"]
    SysLogs (server, logTypes, r'C:\Users\DCS\Desktop')
    运行该程序后，对应节点的三个重要操作系统日志
“系统”、“应用程序”、“安全”即以log格式文件
（localhost_System_log.log）获取至本地C:\Users\DCS\
Desktop目录，文件内容如图2所示。
```

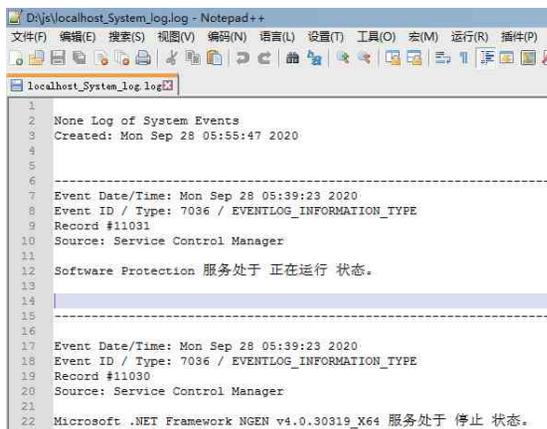


图2 日志文件示例

### 3.2 DCS系统平台日志获取

DCS系统的平台日志均是以文件的格式存储在对应系统设备的硬盘上，直接拷贝该文件即可实现对平台日志的获取。

#### 3.2.1 Windows系统设备

对于Windows系统设备，所有的平台日志均存储在对应设备指定的目录下，结合操作系统日志的获取方式，统一获取方式，通过Python语言调用操作系统的DOS命令，实现日志文件的拷贝，具体实现方案如下：

```
import os #引入操作系统库组件
os.system("xcopy /k /y D:\\HOLLiAS_MACS\\Log D:\\log")
```

执行上述命令，即可将对应节点D:\\HOLLiAS\_MACS\\Log目录下的文件拷贝至本地D:\\log下。

#### 3.2.2 Linux系统设备

对于Linux系统设备（如网关、通讯站），平台日志存储在对应设备指定的目录下，此类设备已经默认开启了FTP服务，可以通过FTP方式将需要的日志文件下载到本地目录。同时也为了统一，依然采用Python语言调用DOS命令的方式实现，具体实现方案如下：

(1) 新建一个批处理文件log.bat,文件内容如下(\*后为注释文字，实际文件中不需要)，并保存在FTP启动目录下：

```
open 128.0.0.65      *远端设备IP地址
administrator      *远端设备的登录用户名
abc                 *远端设备的登录密码
cd /Macrts/log      *切换到日志文件所在目录
get THREAD_TCP_LOG.log *下载日志文件
bye                 *退出FTP
```

(2) 使用Python语言调用FTP命令，实现日志文件的获

取，具体如下：

```
import os #引入操作系统库组件
os.system("FTP-s:log.bat")
```

执行上述命令，即可将远端设备/Macrts/log目录下的日志文件下载到本地使用。

### 3.2.3 嵌入式系统设备

对于嵌入式系统设备（控制站主控），其运行日志采用专有格式存储在设备上，需要通过专门的读取工具进行读取。日志文件无法用常规软件打开，需要专门解析工具进行格式转换后才能打开，目前不考虑使用自动化手段进行读取。

## 4 DCS系统日志分析

### 4.1 运用现有工具

对于操作系统日志，有Splunk、SolarWinds&EventManager等专业工具进行分析，但是对于DCS系统平台日志无现有工具进行统计分析，使用受到限制。

### 4.2 高级语言编程

结合前面日志的获取使用Python语言实现，而Python语言在数据分析方面具有天然的优势。

Python是一种面向对象、解释型计算机程序设计语言，被称为胶水语言，能够和其他语言如C++、Java等结合。它具有语法简洁、数据结构高效等特点，开源且能够跨Windows、Linux、MacOS平台使用<sup>[3]</sup>。因其开源的特性，Python具有十分丰富的第三方库，可以很方便进行调用实现特定的程序功能。如Numpy库（Numerical Python）是一个Python科学计算的基础包。它不但能够完成科学计算任务，而且能够作为高效多维数据容器，存储和处理大型矩阵<sup>[4]</sup>；Matplotlib是一个数学图表库，可以使用其完成数据图表的制作；Scrapy库是一个爬虫库，可以通过它在网络上爬取需要的任何信息。

### 4.3 方案实现

综合前文两种方案的对比，结合DCS平台日志本身的特点，同时能更好地与日志的获取衔接，选择使用Python语言进行日志数据的简单统计与分析。对于操作系统日志，每一个操作系统事件都有唯一的一个ID号代表，采用事件ID号作为统计关键字避免事件信息过长不便于统计的弊端。具体实现方案如图3所示。

(1) 操作系统日志信息分为三大类：信息类信息，如用户登录，系统服务运行等成功操作的信息记录；警告类信息，

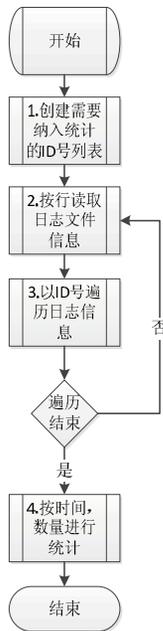


图3 方案实现流程图

不是直接的、主要的，但是会导致将来问题发生的信息记录，如当磁盘空间不足时将会产生一条警告信息；错误类信息，是指需要通知用户知道的重要问题，通常指功能和数据的丢失。并不是所有的信息对DCS系统的健康状态都有意义，因此根据日志对DCS系统重要性，对日志信息进行筛选并创建列表待用。DCS相关ID号（示例）如表1所示。

表1 DCS相关ID号列表（示例）

序号	ID号	描述	备注
1	57	网络适配器硬件出错	提示网络异常，影响DCS网络通讯
2	59	出现了意外的网络错误	提示网络异常，影响DCS网络通讯
3	4202	系统检测到网卡 Realtek...Family PCI Fast Ethernet NIC - 数据包计划程序微型端口与网络断开	提示网络异常，影响DCS网络通讯

(2) 使用Python语言中的文件操作函数对日志文件按行进行读取。

(3) 使用while, for循环语句实现以(1)中的ID号在日志文件中进行遍历。

(4) 对遍历结果进行统计。

实现代码如下（片段）：

```

with open(file,encoding='utf-8') as fileobject:
    lines = fileobject.readlines()
    i = 0
    while i < n:

```

```

for line in lines:

```

```

    if seri["fault"][i] in line.strip() and (sysid[i] in
line.strip()):

```

```

        seri["num"][i] += 1

```

```

    i += 1

```

## 5 DCS系统离线日志可视化展示

### 5.1 可视化展示方案选择

在得到统计数据的基础上，选择合适的可视化展示方案进行数据展示。数据可视化方案繁多，有入门级的Excel，有内容更丰富的D3、Visual.ly，有支持用户互动操作、支持高度个性化定制的ECharts、Hicharts，也有专业级的SPSS、SAS。

Excel自带饼图、折线图、条形图等多种图表，能够很方便地创建图表，但是制作图表对原始数据的排列格式要求较高，需要花费精力进行整理，同时不支持多个显示终端的同时查看。Excel图表示例如图4所示。

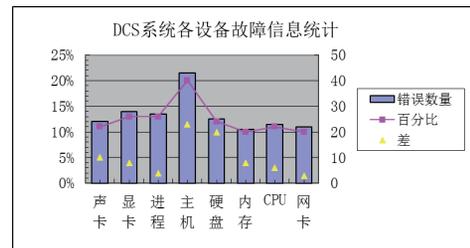


图4 Excel图表示例

SAS工具是专业级的图表绘制工具，可以根据需要绘制各种信息丰富的图表，同时支持强大的编程功能，支持各种复杂的统计分析（回归、生存、方差、多变量分析等）。但是其需要有较强的编程基础才能驾驭，学习成本较高。

ECharts是由百度公司推出的一款可视化图表控件，底层依赖Canvas类库ZRender，可提供直观、交互、个性化定制的数据图表，不但支持柱状、折线、饼图等普通图表，还支持地图、和弦图、数据视图、大规模散点图等特殊图表，主要采用Canvas进行渲染绘图。<sup>[5]</sup>它提供丰富的图表实例，根据实际需要替换其中的数据系列即可完成满足需求的数据图表。同时ECharts能够像普通JavaScript库一样很方便地引用到html代码中实现数据图表的绘制，并可以通过Ajax异步请求的方式更新图表数据，实现图表的动态显示。

Ajax是通过支持异步请求技术的XmlHttpRequest对

象向服务器发异步请求，从服务器获得请求数据，然后用JavaScript操作DOM模型进行交互和动态显示，实现页面数据更新的一种异步通信技术<sup>[6]</sup>。考虑到核电现场使用环境的特殊性、使用成本、部署的便利性，采用ECharts作为可视化工具。

### 5.2 可视化方案介绍

整体数据可视化方案为通过Python语言实现DCS操作系统日志、平台日志的读取并进行数据统计。统计结果由Python语言写入到JSON文件保存。前端采用ECharts工具读取JSON文件进行可视化图表绘制与分析，借用Windows系统本身自带的互联网信息服务（Internet Information Services, IIS）发布在局域网上，从而支持多个终端同时查看。方案架构如图5所示。

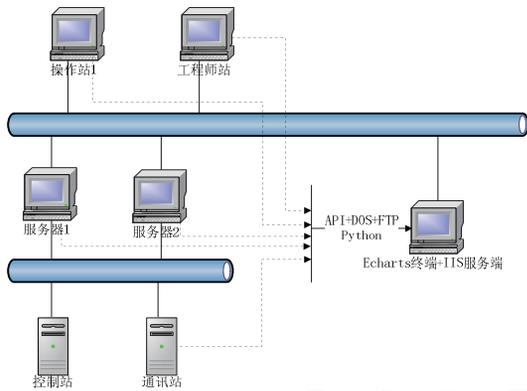


图5 可视化方案架构图

方案详细介绍：

- (1) 选择一台ECharts终端，可根据核电现场实际选择，备份服务器、配置服务器等。
- (2) ECharts终端同时作为网页发布服务器，配置IIS服务，如图6~10所示。



图6 安装IIS服务



图7 创建网络站点

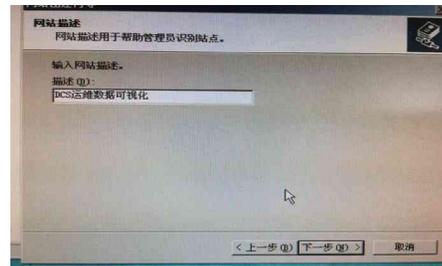


图8 定义网站描述

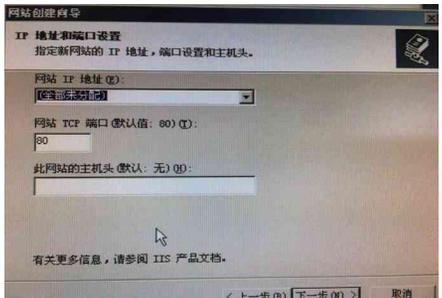


图9 指定网站IP及端口号



图10 指定网页路径

- (3) 将Python语言编写的日志获取、日志分析两部分代码整合并打包为可执行文件放置在ECharts终端，并配置为周期运行，其运行结果为一个包含统计数据JSON格式文件。
- (4) 编辑ECharts代码，引入JSON格式数据，实现数

据的可视化展示, 代码实现如图11、12所示(片段)。

(5) 在显示终端打开IE浏览器, 输入

http://130.0.0.89/omc.html (地址根据实际情况输入), 即可显示可视化图表如图13所示。

```

<!DOCTYPE html>
<html>
<head>
<meta charset="utf-8">
<title>DCS日志可视化展示</title>
<!-- 引入 echarts.js -->
<script src="0:\js\echarts.js"></script>
<!-- 引入 jquery-3.3.js -->
<script src="jquery-3.5.1.min.js"></script>
</head>
<style type="text/css">
#bar,#bar1,#bar2,#bar3{width:900px;height:600px;border:
</style>
<body>
<!-- 为Echarts准备一个具备大小(宽高)的Dom -->
<div id="bar"></div>
<div id="bar1"></div>
<div id="bar2"></div>
<div id="bar3"></div>
<script type="text/javascript">
// 基于准备好的dom, 初始化echarts实例
var myChart_bar = echarts.init(document.getElementById("bar"));
// 指定图表的配置项和数据
var option = {
title: {
text: '故障日志数量'
},
tooltip: {
trigger: 'axis',
axisPointer: {
type: 'cross'
}
}
}

```

图11 代码示例1

```

// 基于准备好的dom, 初始化echarts实例
var myChart = echarts.init(document.getElementById("bar"));
myChart.setOption({
title: {text: '故障日志数量'}, // 图标题
legend: {data: ['数量']}, // 图例
xAxis: {data: []}, // x轴属性
yAxis: {} // y轴属性
// 图属性
series: [
name: '数量',
type: 'bar', // 图类型: 柱状图
color: ['#00FF33'], // 设置图像颜色
data: [] // 图表的数值
}
});
// 使用jQuery中的$.get() 获取data.json文件, 使用done函数;
// done(function(data) 中data表示调用的函数返回的数据
$.get('data.json').done(function(data) {
console.log(data)
myChart.setOption({
xAxis: {data: data.category},
series: [
name: '数量',
data: data.data
}
]
});
});
</script>

```

图12 代码示例2

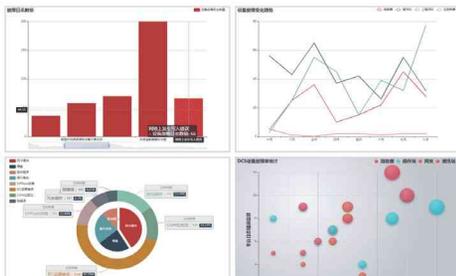


图13 可视化图表

如图13, 左上图: 故障数量统计图, 以柱状图的形式直观展示各种故障的统计数量, 支持鼠标左右拖动。右上图: 设备故障趋势图, 与折线图的形式直观展示各种设备故障数量的变化趋势, 提示维护人员对变化趋势异常的设备提前进行干预。左下图: 故障种类分析图, 内环展示设备种类, 外环展示对应设备故障数量及百分比。右下图: 故障原因气泡图, 纵横坐标分别代表操作系统日志异常数量、DCS平台日志异常数量, 并以气泡面积大小表异常数量总数情况。

## 6 结论

为将DCS运行过程中产生的离线日志进行可视化展示, 辅助操作员对DCS系统的健康状态进行分析。本文采用Python语言调用Windows系统的API接口及批处理命令对DCS系统的离线日志进行自动化读取并进行数据统计。统计的结果以JSON格式进行存储供前端的ECharts进行异步调用, 实现可视化图表的展示。本方案为核电DCS系统离线日志的获取与展示提出了一种可行的方案, 为DCS系统的智能化运维拓展了一个方向。未来还需要在数据分析方面深入研究, 借助大数据分析, 将收集到的日志信息进行多维度、更精细的分析, 由预防性维修向预测性维修转变。同时考虑将现场带有日志记录信息功能的设备日志均自动化地提取出来参与分析, 如控制器、交换机等, 丰富展示结果。AP

### 作者简介:

康昭旭 (1984-), 男, 山东德州人, 学士, 现就职于北京广利核系统工程有限公司, 研究方向是核电数字化仪控系统设计与维护。

### 参考文献:

- [1] 王照文. 基于事件ID的Windows日志集中审计[J]. 中国金融电脑, 2011, (4): 80 - 82.
- [2] 沙晓晨. 应用程序接口版权保护及限制研究[D]. 南京: 南京师范大学, 2017.
- [3] 陈嘉发. Python数据可视化的应用研究[J]. 福建电脑, 2019, (5): 114 - 116.
- [4] 黄琪. 基于Python的数据可视化方法和系统实现[J]. 信息与电脑, 2019, (14): 137 - 140.
- [5] 徐欣威. 基于ECharts的科技统计数据可视化设计与实现[J]. 天津科技, 2019, (3): 66 - 70.
- [6] 赵海国. Ajax技术支持下的ECharts动态数据实时刷新技术的实现[J]. 电子技术 (上海), 2018, (3): 25 - 27.

# 基于大数据分析技术的工况寻优系统在燃气电厂的应用

Application of Operating Mode Optimization System Based on Big Data Analysis Technology in Gas-fired Power Plant

★ 北京京能高安屯燃气热电有限责任公司 高岩, 成涛, 柳泓羽, 崔国东

**摘要:** 应用大数据分析技术对发电机组累积的运行数据进行工况寻优、设备运行状态寻优, 建立设备经济性指标评价曲线, 通过对设备的历史数据进行分析获得设备的运行状态趋势, 可以指导生产人员对运行工况进行及时调整, 提高机组的效率。本文针对燃气电厂汽轮机背压的寻优系统进行介绍, 提出需要解决的问题以及实现方法。

**关键词:** 大数据分析; 背压; 工况寻优

**Abstract:** The big data analysis technology is applied to optimize the accumulated operation data of the generator set and the operation status of the equipment to establish equipment economic index evaluation curve. Through the analysis of the historical data of the equipment, the operation status trend of equipment is obtained, which can guide the production personnel to adjust the operating conditions in time and improve the efficiency of the unit. In this article, the optimization system of back pressure of steam turbine in gas power plant is introduced, and the problems to be solved and the realization method are put forward.

**Key words:** Big data analysis; Back pressure; Operating mode optimization system

## 1 引言

国家鼓励能源企业运用大数据技术对设备状态、电能负载等数据进行分析挖掘与预测, 开展精准调度、故障判断和预测性维护, 提高能源利用效率和安全稳定运行水平。智能制造相关战略中提出要开发已有装备的价值, 让已有的设备变得更加高效、高质量、低成本和低污染, 同时, 利用创新的方法与技术解决未知的问题。本文以大数据分析技术为基础, 将大数据分析技术引入到发电领域, 结合发电企业生产管理的特点, 开发适用于发电企业的大数据分析系统。

## 2 影响凝汽器背压的主要因素及其计算方法

正常运行时, 汽轮机的排汽压力与排汽温度的关系是饱和蒸汽的压力和温度的关系<sup>[1]</sup>。这样, 实际凝汽器内的蒸汽压力可由与其相对应的饱和温度来确定, 而饱和温度 $t_c$ 计算如式(1)所示:

$$t_c = t_{w1} + \Delta t + \delta t \quad (1)$$

式中:  $t_{w1}$ 为循环水入口温度,  $\Delta t$ 为循环水温升,  $\delta t$ 为凝汽器端差。

由上式可知, 影响凝汽器真空的因素有循环水入口温度、循环水温升和凝汽器端差等。下文重点讨论循环水入口温度、循环水温升和凝汽器端差的确定方法。

### 2.1 循环水入口温度

循环水入口温度 $t_{w1}$ 主要与电厂所在地的气候和季节有关。冬季 $t_{w1}$ 低,  $t_c$ 也低, 真空高; 夏季 $t_{w1}$ 高,  $t_c$ 也高, 真空低。

循环水系统布置有冷水塔时, 循环水入口温度 $t_{w1}$ 还与冷水塔的冷却效果有关。在季节和气候一定的条件下, 冷水塔的冷却效果越好,  $t_{w1}$ 就越低; 相反, 如果冷水塔的冷却效果不好,  $t_{w1}$ 就会高。在夏季, 冷水塔的冷却效果对循环水入口温度 $t_{w1}$ 的影响效果比较显著<sup>[2]</sup>。

### 2.2 循环水温升

根据凝汽器热平衡

$$D_c(h_c - h'_c) = D_w C_p \Delta t$$

得到循环水在凝汽器内的温升如式(2)所示:

$$\Delta t = \frac{D_c(h_c - h'_c)}{D_w C_p} \quad (2)$$

式中:  $h_c - h'_c$ 表示1kg蒸汽在凝汽器中凝结放出的汽

化潜热。在较大的凝汽器压力变化范围内,  $h_c-h_c'$  值的变化范围很小, 因此, 一般可以近似将其取为  $2200\text{kJ/kg}$  (小型机组约为  $2300\text{kJ/kg}$ );  $c_p$  为水的比热, 取  $c_p=4.174\text{kJ/(kg}\cdot^\circ\text{C)}$ ;  $D_w$  为循环水流量,  $\text{t/h}$ 。

则上式转换如式 (3) 所示:

$$\Delta t = \frac{2200D_c}{4.174D_w} = \frac{527D_c}{D_w} = \frac{527}{m} \quad (3)$$

式中:  $m = \frac{D_w}{D_c}$  称为凝汽器的冷却倍率, 它表明循环水量是凝结蒸汽量的倍数。m 越大,  $\Delta t$  越小, 真空越高。

由上式可见,  $\Delta t$  主要决定于循环倍率 m, 当  $D_c$  一定时,  $\Delta t$  主要决定于循环水流量  $D_w$ 。  $D_w$  减小,  $\Delta t$  增大, 真空降低。对于定转速离心式循环水泵,  $D_w$  主要决定于循环水泵流量和并联运行的台数。

### 2.3 凝汽器端差

凝汽器端差就是凝汽器内汽轮机排汽压力对应的饱和温度  $t_c$  与循环水出口温度  $t_{w2}$  之差, 以  $\delta t$  表示, 如式 (4) 所示:

$$\delta t = t_c - t_{w2} \quad (4)$$

由凝汽器热平衡式可得式 (5):

$$D_w c_p \Delta t = K A_c \Delta t_m \quad (5)$$

式中: K 为凝汽器总体传热系数,  $\text{kW}/(\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C})$ ;  $A_c$  为凝汽器的冷却面积,  $\text{m}^2$ ;  $\Delta t_m$  为凝汽器中蒸汽与循环水之间的对数平均温差,  $^\circ\text{C}$ 。

实际运行中, 传热端差  $\delta t$  与  $A_c$ 、K、 $D_c$ 、 $D_w$  有关。在实际运行时,  $A_c$  已定, 因此影响端差  $\delta t$  的主要因素是凝汽器总体传热系数 K、循环水流量  $D_w$  和汽轮机的排汽量  $D_c$  [3]。K 越大,  $\delta t$  越小, 真空越高。凡影响 K 的因素, 都将影响  $\delta t$ , 从而也将影响  $t_c$ 。

## 3 大数据分析系统在燃气电厂的应用

发电企业大多采用厂级监控系统 (SIS) 进行设备故障诊断、设备健康状况管理、耗差分析等工作, 这些都是基于设备的机理模型进行分析, 应用多年效果并不理想, 其困境和问题在于: 一是鉴于目前国内的理论计算水平, 发电设备的机理模型往往不够精确, 很难依靠这些机理模型进行故障诊断或者设备性能计算, 测点数据的不足也导致很难使用机理模型进行计算, 假设后的理想机理模型与实际情况往往偏差较大。二是缺少一个实时捕捉设备异常的引擎, 仅仅依靠 SIS 数据进行判

断, 结果常常难以让人信服。三是 DCS、SIS 等系统报警时, 通常不够及时, 故障已经恶化或者没有足够时间处理。

因此, 需要一种先进有效的手段, 在成千上万个变量中找出问题进行预测性分析, 随着计算机计算速度的提升, 大数据分析技术应运而生。大数据分析技术通过以往大量数据的最优集、稳定集、恶化集预测未来的状况、评价当前的生产方式。利用数据推演和条件判断, 基于发电企业长期工艺流程数据的统计学分析和整理, 归纳总结出设备之间、设备与系统之间、系统之间、系统与工艺之间的相互作用关系, 建立了发电厂的大数据分析系统, 实现测点的预测报警、运行操作指导、运行参数优化、生产方式优化。

## 4 工况寻优系统的开发与应用

利用大数据平台工况寻优系统, 对汽轮机凝汽器背压指标开展寻优工作, 如图 1 所示。燃气电厂的循环水系统主要设备由循环水泵、机力塔风机及管道组成。循环水泵及机力塔风机运行方式直接决定循环水入口温度及循环水温升两个重要参数。工况寻优系统通过考虑环境温度、湿度、供热量、燃机负荷, 在综合气耗最小的前提下找到汽机最大负荷下的背压, 这时候循环水泵和机力塔风机组合运行方式是比较好的运行方式, 以背压为评价指标, 在最优背压 (历史最大汽机负荷) 下, 分析循环水泵和机力塔组合运行方式, 给出最佳循环水泵和机力塔风机组合运行方式。



图1 工况寻优系统界面

### 4.1 背压指标展示内容

选择背压, 该指标背景变色, 表示选中。

最优背压: 考虑左边环境温度、湿度, 供热量, 1号燃机负荷和2号燃机负荷等因素, 给出这一状态下最优值。

性能指标：展示背压、汽机最大负荷、循泵和机力塔风机电流和，展示出最优值和实际值，若实际值结果大于最优值，那么实际值显示红色，并在值后面显示向上箭头；若实际值小于最优值，那么实际值显示绿色，并在值后面显示向下箭头。

最佳值要显示详细信息，详细信息包含最佳值出现的日期时间、工况，最佳值按照数值大小进行排列，由上至下数字递增。如最佳值：2.35%。点击“最佳值”数据弹出弹窗，弹窗内显示详细信息：2018年3月1日22:00，1号机、2号机、3号机负荷，供热量。

#### 4.2 对应可调和非可调参数详细信息展示内容

序号	测点中文名	测点KKS码	单位	最佳值	实际值
1	循环泵电流总和	CA0000000000000000	107.0217	106.1773	0.0017
2	机力塔风机电流总和	AF0000000000000000	91.1214	91.0000	0.0000
3	机力塔风机电流总和	AF0000000000000000	-	0.1431	-
4	循环泵电流总和	CA0000000000000000	98.9500	98.2291	0.7208
5	循环泵电流总和	CA0000000000000000	-	0.0000	-
6	机力塔风机电流总和	CA0000000000000000	90.7719	100.1014	0.1066
7	机力塔风机电流总和	AF0000000000000000	-	20.3445	-
8	机力塔风机电流总和	AF0000000000000000	10.1264	10.4024	0.2761
9	机力塔风机电流总和	AF0000000000000000	20.3006	20.1956	0.1050
10	机力塔风机电流总和	AF0000000000000000	-	0.0000	-

图2 可调及非可调参数显示内容

展示需要分析的参数详细信息，如图2所示。具体信息如下：

在详细参数左下角增加切换框：参数重要程度为非常重要、重要、一般。展示在非常重要程度下，分为两部分：一部分循环泵电流总和，一部分机力塔电流总和。

偏离程度大小比较：比较这两部分电流和偏离大小，每部分附带所属设备电流展示。

测点中文名、KKS码。

最优值：显示当前工况下运行参数的最优值。

实时值：显示运行参数的实时值。若实际值结果大于最优值，那么值显示红色，并在值后面显示向上箭头；若实际值小于最优工况范围，那么值显示绿色，并在值后面显示向下箭头。

偏离程度： $(\text{实际值} - \text{最优值}) / \text{实际值} \times 100\%$ 。

#### 4.3 进行工况寻优

展示判断依据及运行建议：

点击“进行工况寻优”弹出弹窗，展示判断依据，并在下方展示给运行人员的建议，如表1所示。

表1 工况寻优判断依据及建议弹窗

原因	.....	.....	.....	.....	.....
建议	.....	.....	.....	.....	.....

如判断依据：实际背压 > 最优背压，循泵电流和大于最优循泵电流，机力塔电流和大于最优机力塔电流。

建议：减少循环水泵或者机力塔风机运行台数。

## 5 结束语

大数据分析技术的发展，为发电企业在设备运维和生产经营方面提供了全新的工具和手段。但是大数据分析技术只是实现和解决问题的工具，需要更多更细致的工作去使用好大数据分析技术这个工具，更好地提升发电企业的安全性、经济性，创造更大的价值。AP

#### 作者简介：

高岩 (1993-)，男，北京人，助理工程师，学士，现就职于北京京能高安屯燃气热电有限责任公司，从事发电厂集控运行工作。

成涛 (1986-)，男，河北邯郸人，工程师，学士，现就职于北京京能高安屯燃气热电有限责任公司，从事发电厂生产管理工作。

柳泓羽 (1989-)，男，北京人，工程师，学士，现就职于北京京能高安屯燃气热电有限责任公司，从事发电厂设备及科技信息管理工作。

崔国东 (1993-)，男，北京人，助理工程师，学士，现就职于北京京能高安屯燃气热电有限责任公司，从事发电厂集控运行工作。

#### 参考文献：

- [1] 付昶, 武学素. 凝汽式汽轮机组背压变化对机组功率影响的研究[J]. 热力发电, 1999, (1): 39 - 42, 47.
- [2] 李勇, 曹丽华, 张欣刚. 汽轮机凝汽器真空应达值的确定方法及其应用[J]. 汽轮机技术, 2002, 44 (4): 207 - 209.
- [3] 周兰欣, 林湖, 胡学武, 郭锦鹏, 张淑侠. 凝汽器传热端差的计算与分析[J]. 华东电力, 2003, (11): 16 - 18.



**38年**，自动化平面媒体读者库

**22年**，工控网络平台数据资源

数十场产业高峰论坛、技术研讨会，大型活动遍及各大行业领域

《自动化博览》由中国科学技术协会主管，中国自动化学会主办，创刊于1983年10月，立足于整个中国自动化产业，坚持“突出实用、面向工程、产学研用并重”的办刊理念，已发展成为中国自动化领域集实用技术与权威信息为一体的专业传媒。

控制网 (www.kongzhi.net) 创立于1999年，作为中国自动化领域的权威旗舰网络媒体，始终秉承“立足自动化、整合营销资源”的企业理念，以“自动化企业信息营销专业解决方案提供商”为目标，服务中国自动化产业，为客户创造价值！



控制网 (www.kongzhi.net)  
& 《自动化博览》



知乎

1. 一点资讯

平面媒体、网络媒体、新媒体优势整合，  
正着力打造中国自动化领域第一综合全媒体平台！

**编者按：**

随着物联网、云计算、边缘计算、移动互联网、大数据、人工智能等新技术的飞速发展，以及IT与OT技术的进一步融合，工业制造、城市交通、电力能源、农业等各大行业领域的智慧化发展已成为必然趋势。推进各领域向智慧化发展是一项复杂而庞大的系统工程，既需要单一技术与装备的突破应用，还需要系统化的集成创新。智慧系统解决方案是推广普及智能化技术的关键手段，是促进各行业智能化水平提升的核心。

为深化智慧产业发展，进一步提升智慧产业各领域系统解决方案应用水平，现由中国自动化学会、智能制造推进合作创新联盟、工业控制系统信息安全产业联盟、边缘计算产业联盟、中国仪器仪表行业协会主办，控制网（www.kongzhi.net） &《自动化博览》承办的2021智慧系统解决方案征集活动已正式启动，面向全行业公开征集智慧系统解决方案。本刊特开设智慧系统解决方案专栏，刊发其中优秀的解决方案以飨读者。



# 高铁下锚补偿装置在线云平台监控系统

★ 蓝色慧通（北京）科技集团有限公司

## 1 目标和概述

高速铁路牵引供电系统中下锚补偿装置的重要性不言而喻，如果超出标准值（极限值），将影响行车安全，对供电系统的安全性造成威胁。补偿装置的高度是一个动态值，一天24小时都会发生变化，特别是遇到外界特殊天气（狂风暴雨、冰冻雨雪等），极有可能导致补偿装置出现问题，如果不及时发现处理，就可能造成恶劣影响。

截至目前，国内外对于下锚补偿装置都是人工定期巡检，查看是否出现超出标准值、卡滞、落地等现象。这种定期巡检最大的缺点就是获取信息不及时，因为在发现问题时，问题已经产生了。为了弥补获取信息的不及时，以及避免人为定期巡检带来的麻烦，公司研发了一种下锚补偿装置在线云平台监控系统，实现24小时不间断实时监测，出现极端情况马上触发报警。

## 2 系统解决方案详细介绍

### 2.1 方案介绍

该系统可以监测下锚装置的高度变化，避免下锚装置出现卡滞、落地等威胁行车安全的情况。该系统通

过太阳能供电，采用GPRS实时数据传输，可充分利用现有资源——中国移动全国范围的电信网络，方便、快速、低建设成本为数据终端提供远程接入部署。云平台不仅可以监测每小时的高度变化，还可以将采集到的数据可视化，有效地传达监测信息。适用于城市轨道交通、高速铁路等领域，尤其在距离远的线路上优势更加明显。

### 2.2 系统组成

该系统主要包括硬件数据采集系统和监测系统，通过传感器实时监测补偿装置的高度，将采集到的外界环境参数比如温湿度、风速等数据一并传到后台服务器，后台通过数据处理，监测平台以统计图表的形式将变量展现出来，可以清楚地看到每个补偿装置的变化率和历史数据，进而有针对性地处理超出标准值或有发展趋势的补偿装置，达到健康管理的效果。

#### 核心设备介绍

- (1) 高精度激光测距传感器
  - 该项目采用高精度的激光测距传感器作为感知单元；
  - 该传感器支持高精度定时位移测距，支持本地LED距离显示；
  - 测量量程：0.3m~30m、80m、200m可选；

- 测量精度：±1cm和±1mm两种精度可选；
- 测量频率：100Hz；
- 自带继电器报警输出；
- 探测角度：1.5°；
- 光源类型：一类安全光源（CLASSI）。

#### (2) 边缘智能数据采集主板

该主板紧贴项目应用需求，采用32位处理器可以在本地实现一定的数据换算和分析功能，具备10种不同的数据接口，支持18位AD采样，具备千分之一的高精度换算分析功能，可同时支持6种不同信号采集形式的传感器，最多可同时处理8个传感器数据，如：位移、温湿度、风力、风速、PM2.5等，该主板还自带一路继电器控制输出功能，可以通过云平台进行远程手动控制，还可根据计算结果实现云端或本地自动控制功能，如声光报警灯、电机、除湿机、排风扇等自动控制。

#### (3) 小型UPS电源管理主板

· 专为传感器数据采集供电设计，支持多种电池类型；

- 提供DC4.2V标准充电接口；
- 支持18V标准太阳能供电；
- 自带一体化户外防水机壳；
- 自带防雷及防水电源开关设计；
- 支持市电供电及备用电池充放电；
- 最大充电电流：2.4A；
- 电池容量：21,000mA·h（一体化设备标准容量）
- 输出电压：DC12V；
- 输出最大电流450mA。

#### (4) 高强度一体化移动导轨

该装置采用高强度国标钢材设计，外表面采用镀锌处理，具备较好的抗氧化能力，设计可移动式轨道槽，可以自由移动传感器的安装位置，并配有紧固装置，方便在不同杆体结构的基础上调整激光传感器的对应角度，该导轨还设计有太阳能固定装置、探测主机固定装置，整体设计牢固美观，适用性强。

#### (5) 数据管理平台

数据管理平台是本次设计的重点环节，该平台采用最新的微服务架构，模块化设计，支持两级授权、三级访问，支持电子地图和GIS地图两种形式，可进行公有云和私有云部署，同时具备大数据分析功能，可以通过历史数据分析每个区段、每个设备的报警数据、故障数

据、隐患排名等，还可以对上传的监测数据进行特征值设置，超过设置值后，系统会自动发出报警提示，并可关联对应的联动装置，及时作出反馈。

### 2.3 系统创新

(1) 下锚补偿装置实时监测系统是国内首例将补偿装置与物联网结合的案例，符合牵引供电系统整体的发展方向；

(2) 利用前沿的智能算法及大数据进行健康管理，预判该补偿装置下一步可能出现的情况，防患于未然；

(3) 该系统的监测平台，通过界面切换和调取数据库可以监控多条线，完全满足城市轨道交通的运营模式和需求。

### 2.4 技术优势

(1) 获取下锚补偿装置信息及时、准确，不受环境影响；

(2) 节省人力和时间，不用现场巡检，通过人机界面可以在PC端实时监测查看，清晰明了；

(3) 信息反应更加直观和立体。不仅可以看到每个下锚补偿装置实时监测值，通过图形反应24小时的变化情况，还能反映出近期每个补偿装置的整体走向，对于超出标准值补偿装置，可以通过告警来获取位置和偏离高度；

(4) 可以挖掘数据，结合历史数据和外界环境因素等利用智能算法分析数据走向，判断该补偿装置下一步的情况，达到健康管理的目的；

(5) 应用范围广，可以应用在高速铁路牵引供电系统，也可以应用在城市轨道交通牵引供电系统中。

## 3 代表性及推广价值

该系统的首套装置已在高铁线路中得到应用，结合采集的数据和曲线图，符合下锚装置一天的动态变化，经过实测，精度误差维持在0.5~1cm，在标准范围内。目前已在44个监测点长期运行采集，该领域目前尚属空白，根据中铁推广计划，全国高铁里程目前已经超过2.9万公里，按照每两公里有4个，至少5.8万个，预计未来市场预期将突破10亿产值，此方案的投入使用，大量降低铁路巡检工作的负担，为铁路运营安全提供可靠的技术保证。AP

文献标识码: B 文章编号: 1003-0492 (2021) 05-100-04 中图分类号: TP273

# 海外柴油机发电站控制系统设计

## Control System Design of Overseas Diesel Power Station

★任林, 常峥嵘 (中机国际工程设计研究院有限责任公司, 湖南 长沙 410007)

**摘要:** 本文介绍了柴油机发电站的类型及其工艺系统组成, 分析了主流柴油发电机组控制系统特点。针对海外项目的特点, 阐述其控制系统设计要点。

**关键词:** 柴油机发电站; 重油; 轻油; 海外; 控制系统

**Abstract:** This paper introduces the classification of diesel power station and its process systems composition, and analyzes the control characteristics of several mainstream brand diesel generator sets. According to the characteristics of overseas project, the key points of control system design are described.

**Key Words:** Diesel power station; Heavy fuel oil (HFO); Light fuel oil (LFO); Overseas; Control system

## 1 引言

一直以来, 在亚非拉等“一带一路”沿线发展中国家和地区饱受电力短缺的困扰, 而近年来石油价格长期在低位徘徊, 屡创新低的状况使这些地区解决用电短缺迎来曙光, 以轻油和重油为燃料, 具有设备可靠性高、单机容量适中、燃油经济性较好和建设周期短等特点的柴油机电站契合了他们的需求, 可为当地人民生活 and 工农业生产临时供电或永久供电。

早在上个世纪90年代中期我国就逐渐淘汰了柴油机发电站, 工程设计相关手册和规范更新基本停滞, 实施过程中处于无规可依的状态。本文根据海外柴油机发电站设计经验, 介绍了柴油机发电站的类型及其工艺系统组成, 分析了主流柴油发电机组的控制系统特点, 并针对海外项目的特点, 阐述其控制系统设计要点, 期望能为参与海外柴油机发电站工程人员提供借鉴。

## 2 柴油机发电站的类型及工艺系统组成

### 2.1 柴油机发电站的类型

柴油机发电站分类方法众多。按选用的柴油机转速, 可分为高、中速柴油机型; 按选用的燃料, 可分为轻油型、重油型、原油型和燃气(天然气和伴生气)型; 按选用的燃料种类数, 可分为单燃料型、双燃料型和多燃料型; 按供电类型, 可分为临时供电型和永久供电型; 按建筑物形式, 可分为箱式型和厂房型; 按建站地址, 可分为陆用型和海用型; 按柴油机冷却方式, 可分为空冷型、直流冷却型和二次闭环循环冷却型。目前, 海外柴油机发电站类型呈现如下特点:

- (1) 陆用居多;
- (2) 临时供电和永久供电占比均等;
- (3) 临时供电多采用集装箱或静音箱式高速柴油机, 永久供电多采用中速柴油机, 布置在厂房内;
- (4) 高速柴油机多采用轻油为燃料, 少量采用燃气为燃料。中速柴油机多采用重油为主燃料, 轻油为备用燃料;
- (5) 以空冷为主, 极少二次闭环循环冷却和直流冷却。

### 2.2 柴油机发电站的工艺系统组成

柴油机发电站与常规电站控制系统设计的区别在于工艺系统差别, 能否熟练掌握不同类型柴油机发电站的工艺系统, 是控制系统能否正常投运的关键。高速柴油机的工艺系统相对较简单, 可参照国内应急柴油机发电项目和冷热电三联供分布式能源项目。本文重点介绍典型的以重油为主燃料, 轻油为备用燃料, 采用空冷布

置在厂房内的陆用中速柴油机发电站工艺系统。

### 2.2.1 燃料系统

通常，重油由汽车运至发电站内，通过重油卸油泵输送至罐区重油储罐储存。首先，重油储罐内的重油经输送泵送到重油中间油罐内，接着重油中间油罐内的重油进入重油分离模块进行分离，然后输送至重油日用油罐。分离出来的渣油用渣油泵输送至渣油罐储存。最后重油日用油罐内的重油进入重油供油模块向柴油机增压模块供油，重油供油模块一般设置柴油置换接口。重油相关的储罐和设备需要蒸汽加热、管道需要蒸汽伴热。

通常，轻油由汽车运至发电站内，通过轻油卸油泵输送至罐区轻油储罐储存。储油罐内的轻油经轻油供油模块向柴油机增压模块供油。若配置黑启动柴油机和启动锅炉，其燃料也由轻油系统提供。

### 2.2.2 润滑油系统

通常，润滑油由汽车运至发电站内，通过润滑油卸油泵输送至罐区润滑油储罐储存。润滑油储罐内的润滑油经润滑油泵向柴油机供油。

### 2.2.3 单元机组（发动机和发电机）辅助系统和设备

单元机组辅助系统主要包括：增压模块、润滑油分离模块、润滑油预供泵、喷嘴冷却模块、预热模块、进排气系统、空冷系统、高低温膨胀水箱和主厂房机组通风器等。上述系统和设备与单元机组本体密切相关，由柴油机厂家提供推荐配置系统图，各品牌柴油机大体类似，但模块划分和细节千差万别。

### 2.2.4 其它公用辅助系统

典型的柴油发电站还配置化水处理系统、生活污水处理系统、油污水处理系统、压缩空气系统、启动锅炉系统、余热锅炉系统、锅炉加药系统、闭式水加药系统、工业水系统、消防水系统和黑启动柴油机等，环境保护要求严格的地区还配置脱硝系统和脱硫系统。上述系统与常规电站项目系统基本相同，不做赘述。

## 3 主流柴油机发电机组控制系统特点

高速柴油机工艺系统简单，机组控制系统集成性好，除公用辅助系统需要简单控制外，基本无额外设

计，本文重点介绍中速柴油机控制系统的特点。

世界主流品牌中速柴油机生产商有曼恩（MAN）、瓦锡兰（Wartsila）和卡特比勒（CAT）等，均在国内有许可生产商或者代理商。其中，曼恩（MAN）有8家；瓦锡兰（Wartsila）有3家；卡特比勒（CAT）有1家<sup>[1]</sup>。海外柴油机发电站普遍采用上述品牌产品，其控制系统特点分别如下：

### 3.1 曼恩（MAN）柴油发电机组控制系统特点

曼恩（MAN）柴油发电机组控制系统由机组控制柜（GCP）、发动机控制柜（ECP）、公用控制柜（CCP）以及机组辅助控制柜（EAP）、空冷控制柜（ERP）和控制网络组成，控制规划图如图1所示<sup>[2]</sup>，图中双向箭头连接线条代表控制或者电源等硬接线，其余连接线条代表通讯。

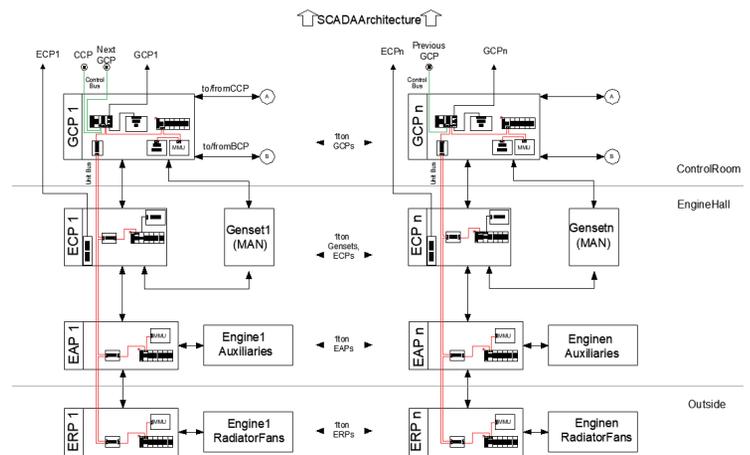


图1 曼恩（MAN）柴油发电机组控制规划图

其中，机组控制柜（GCP）布置在集控室内，柜内设有可编程逻辑控制器（PLC），主要完成对机组及机组辅助系统的控制、保护和监视，同发电机的出口开关、中心点接地开关和全厂监控系统相连，同时，也与公用控制柜（CCP）相连，有时，也将余热锅炉控制柜（BCP）纳入。

发动机控制柜（ECP）布置在机组旁，柜内设有发动机转速控制器和发电机自动电压调节器（AVR），是机组和机组控制柜（GCP）的联络接口，负责采集机组的信号，并向机组发出保护指令，且在紧急情况下，向机组辅助控制柜（EAP）发出急停信号。

公用控制柜（CCP）布置在集控室内，主要完成

组网、公用保护、机组间负荷分配调节等功能。

机组辅助控制柜（EAP）是一面I/O柜，一般布置在电子设备间内。主要完成对2.2.3节中除空冷系统外的单元机组辅助系统和设备的监视和控制。

空冷控制柜（ERP）是一面I/O柜，一般布置在电子设备间内，也可直接布置在距离空冷塔较近的就地电子设备间内。主要完成对2.2.3节中空冷系统的监视和控制。

### 3.2 瓦锡兰（Wartsila）柴油发电机组控制系统特点

瓦锡兰（Wartsila）柴油发电机组控制系统由机组控制柜（Genset control panel）、机组就地控制柜（Genset local control panel）、公用控制柜（Common control panel）、机组辅助控制柜（Genset aux. Control panel）和控制网络组成，其控制规划图如图2所示<sup>[3]</sup>，图中连接线条代表通讯和硬接线。

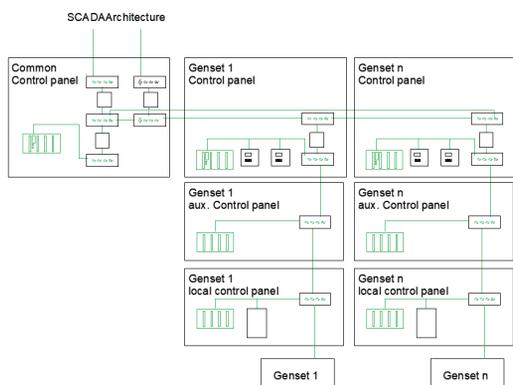


图2 瓦锡兰（Wartsila）柴油发电机组控制规划图  
机组控制柜（Genset control panel）、机组就地控制柜（Genset local control panel）、公用控制柜（Common control panel）的功能分别与3.1节中的GCP、ECP、CCP的功能基本相同，但机组控制柜（Genset control panel）一般不接入余热锅炉控制柜（BCP）。而机组辅助控制柜（Genset aux. Control panel）的功能则包括了3.1节中的EAP和ERP的全部功能。

### 3.3 卡特比勒（CAT）柴油发电机组控制系统特点

卡特比勒（CAT）柴油发电机组控制系统由机组控制柜（GCP）、就地数据柜（LDP）、厂控柜（PCP）和控制网络组成，其控制规划图如图3所示<sup>[4]</sup>。

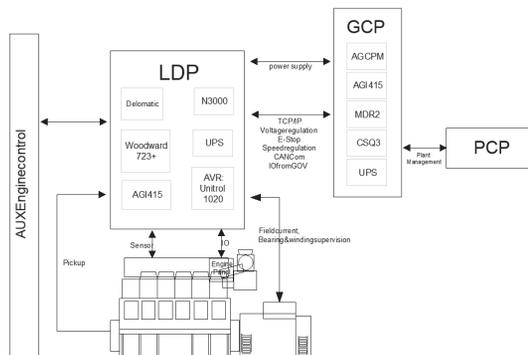


图3 卡特比勒（CAT）柴油发电机组控制规划图  
机组控制柜（GCP）和厂控柜（PCP）的功能分别与3.1节中的GCP、CCP的功能基本相同，但机组控制柜（GCP）一般不接入余热锅炉控制柜（BCP），且PCP囊括的功能更广泛，有全厂监控的功能。就地数据柜（LDP）的功能则包括了3.1节中ECP、EAP和ERP的全部功能。

## 4 柴油机发电站控制系统设计要点

### 4.1 全厂控制系统的选择

分散控制系统（DCS）和可编程逻辑控制器（PLC）已广泛应用于电站全厂控制系统，均能满足柴油机发电站的控制要求，一般柴油发电机组控制系统是PLC。针对海外项目要求设备型号统一、备品备件种类少和备品备件易得的特点，可按如下原则进行全厂控制系统的选择。

（1）如果柴油发电机组成套商提供了全套机组控制柜，除项目有特殊要求外，建议选择与柴油发电机组控制系统同品牌同系列的PLC。

（2）如果柴油发电机组成套商只提供了发动机控制柜/机组就地控制柜/就地数据柜时，可按经济性适用性原则灵活选用DCS或者PLC。

项目经验表明方式（2），设计和调试过程中与成套商全程配合工作量，深入沟通确定的技术细节多，容易出现沟通错误，尤其当机组从国外直接采购时，与外方沟通工作量大效率低，甚至影响项目实施进度。因此，建议采购时尽量选用成套性好的产品，按方式

（1）选择全厂控制系统。

### 4.2 全厂控制系统规划

全厂控制系统规划按工艺保护连锁要求、功能和

位置相近的分区分散集中控制的原则进行。

(1) 2.2.3中系统和设备与柴油发电机组本体一起纳入单元机组控制；

(2) 2.2.1~2.2.2中系统和设备以及2.2.4中油污水处理系统一般布置在油罐区附近，设油系统控制柜；

(3) 化水处理系统设化水系统控制柜；

(4) 生活污水处理系统、工业水系统、消防水系统一般布置在一个区域，设水系统控制柜；

(5) 压缩空气系统、启动锅炉系统、锅炉加药系统、闭式水加药系统一般布置在主厂房区域，设杂项控制柜；

(6) 脱硝系统和脱硫系统分别单独设控制柜；

(7) 余热锅炉系统视情况纳入杂项控制柜或者单元机组控制；

(8) 电气系统设电气控制柜。

上述各系统控制柜组网形成全厂控制网络，控制网络为双冗余，并配置相应的操作员站、工程师站、服务器、打印机等人机接口。

#### 4.3 其它注意事项

(1) 应详细落实项目所在地对控制系统软硬件、自动化水平的具体要求以及运行人员素质和操作习惯等情况，并开展针对性设计。

(2) 部分项目所在地环境条件恶劣，存在高温（低温）、湿度大、高烟雾或者沙尘天气频繁等现象，需要考虑特殊的防护措施。

(3) 全厂装机容量较小时，可不设置工程师室，工程师站和服务器等可与操作员站等布置在集控室内。

(4) 柴油发电机组控制系统的标准化和系列化较成熟，逻辑固化，一般不允许修改。通常，海外项目除机组本体外的其它设备均为国产，须按柴油发电机组控制系统的要求进行设计和采购，如电动机控制，其一般只接受单点控制，即1个DO（启动/停止），2DI（运行，故障）。且对触点常开（NO）常闭（NC）状态有

明确要求；当电动机变频时，其一般只接受1个AI（频率反馈），1个AO（频率指令），其它信号均不能接入。工艺系统中的温度、压力和流量等仪表安装位置和信号类型（模拟量、开关量或者脉冲量等）也有明确要求。

(5) 重油分离模块、润滑油分离模块和增压模块等一般自带小型控制器，硬接点较少，大部分信号以通讯方式传输到全厂控制系统，因此，全厂控制系统需预留足够的通讯接口。

(6) 增压模块与重油供油模块和轻油供油模块之间需设置直接硬连锁，即重油供油模块和轻油供油模块需将运行状态反馈给增压模块，作为其允许启动条件。

(7) 通常柴油发电机组只成套提供控制柜，而不提供连接电缆。其接线图开列电缆均是欧美线规，需选择合适的国标电缆与之对应，进行替代。

## 5 结束语

本文根据海外柴油机发电站设计经验，对柴油机发电站的类型及其工艺系统组成进行了介绍，对主流柴油发电机组的控制系统特点进行了分析，并阐述其控制系统设计要点。实际上每个海外项目情况千差万别，需结合具体项目特点灵活应对，综合考虑技术合理性、经济可行性和可实施性进行柴油机发电站控制系统设计。AP

#### 作者简介：

任林（1981-），男，四川南充人，高级工程师，现就职于中机国际工程设计研究院有限责任公司，主要研究方向是电厂热工控制设计。

常峥嵘（1984-），男，湖南长沙人，工程师，现就职于中机国际工程设计研究院有限责任公司，主要研究方向是电厂工艺设计。

#### 参考文献：

- [1] 吴继英. 海外重油箱式电站和厂房式电站分析对比[J]. 工业工程设计, 2020, (4): 117 - 118, 131.
- [2] Scheme PLC architecture GCP[M], MAN diesel&turbo SE, 2013.
- [3] Automation layout Gas plants (C3) and Oil plants (C2)[M]. Wartsila 2011.
- [4] CAT 9CM32C technical specification, Lei Shing Hong machinery (Shanghai) Ltd. 2017.

文献标识码: B 文章编号: 1003-0492 (2021) 05-104-03 中图分类号: TP206

# 棒控系统电流故障典型案例分析

Analysis for Typical MDP Current Fault in Rod Control System

★姚伟, 彭磊 (福建福清核电有限公司, 福建 三山 350318)

**摘要:** 控制棒是核反应堆堆芯反应性控制的关键设备, 核电厂控制棒驱动采用钩爪步进式磁力提升方式, 棒控系统电源柜MDP模块提供驱动机构线圈的激励电流。为确保两个钩爪按照既定时序正确动作, 当静态电流超限、动态过程电流或调节时间超限, MDP均发出电流故障报警。以钩爪啮合滞后、晶闸管击穿、控制电路故障、霍尔传感回路异常四种典型案例, 结合CRDM运行原理和MDP电流监测机制, 分析电流故障原因, 提供维修建议方案。

**关键词:** 控制棒驱动机构; 电源柜; MDP模块; 电流故障

**Abstract:** Rod clusters control assemblies (RCCAs) are the pivotal equipment for controlling the reactivity of the core of nuclear reactor. The control rod drive of the nuclear power plant adopts the hook and claw stepping magnetic lifting mode, and the MDP module of the power cabinet of the rod control system provides the excitation current of the drive mechanism coil. To verify grippers operating normally as the requested sequences, MDP monitors the measured current in the coils. MDP produces current fault in case that the measured current exceeds standard in static or dynamic condition, and that the transition time exceeds the threshold. In this paper, four typical cases, i.e. hook claw engagement delay, thyristor breakdown, control circuit fault and Hall sensor circuit abnormality, are taken as examples. Combined with CRDM operation principle and MDP current monitoring mechanism, the causes of current fault are analyzed, and maintenance suggestions are provided.

**Key words:** CRDM; Power equipment; MDP module; Current fault

## 1 控制棒系统概述

核电厂通过能够吸收中子的控制棒与可溶硼实现可控的链式核裂变反应, 其中控制棒由Ag-In-Cd合金组成, 其吸收中子能力强、响应快, 因而是核反应堆堆芯反应性控制的关键设备。

棒控与棒位系统 (RGL) 用于驱动控制棒束的运动, 并监测每一棒束在堆芯的高度, 分为控制棒驱动

(以下简称: 棒控) 和控制棒位置监测两部分。M310堆型反应堆芯装配9组 (细分16子组) 共61束控制棒, 福清核电一厂采用法国RRCN公司生产的RGL设备, 系统对应控制棒的16个子组设置16个电源柜。电源柜主要由控制器PLC和保持、传递、提升三个机箱组成, 对应控制棒驱动机构 (CRDM) 的保持、传递、提升线圈与钩爪。每个机箱包含1个电源与相位参考模块ALSYN、4个整流与电流监测模块MDP, MDP选用可控硅作为整流器件, 将三相交流动力供电整流为直流电, 为子组4束棒CRDM线圈提供激励电流。

核电厂控制棒驱动采用钩爪步进式磁力提升方式, CRDM线圈接收MDP模块的激励电流, 通过既定电流时序的电磁感应控制钩爪的啮合和脱开、提升和下落, 从而带动驱动杆及与其相连的控制棒组件运动, 实现控制棒的提升、插入、保持与释放。<sup>[1]</sup>

## 2 整流与电流监测原理

控制棒驱动机构电源系统 (RAM) 产生三相交流260V, 经反应堆停堆断路器送往RGL系统, 作为电源柜动力电源。电源柜PLC根据动棒命令信号, 按照既定电流时序发送大、小或零电流指令, ALSYN提供三相电相位参考信号, MDP控制电路根据电流指令和参考相位计算晶闸管门极触发角, 3个晶闸管组成的可控整流桥对三相260VAC进行整流, 产生大电流、小电流、零电流, 晶闸管呈共阴极连接, 公共端输出到CRDM线圈一端, 另一端接三相电中线形成回路。

MDP不仅产生线圈激励电流, 也实时监测线圈电流大小水平, 以确保驱动机构保持、传递钩爪按照既

定序列配合动作。由于CRDM线圈为感性负载，其电流变化存在一个暂态的调节过程，不仅静态电流超限，动态过程电流超限或调节时间超限，MDP均发出电流故障报警；为减小滑棒、落棒风险，线圈电流异常偏低时，报警的同时MDP还会发出双保持命令，触发保持、传递两个钩爪同时夹持驱动杆。

主电路、晶闸管及其控制电路异常，均可能导致电流故障。MDP两个霍尔电流传感器分别用于整流闭环控制的负反馈、线圈电流监测并供外部测量，霍尔传感器异常也可能引起电流故障。

### 3 四种典型电流故障

#### 3.1 执行机构动作滞后导致的电流故障

##### 3.1.1 报警现象

1号机组第一燃料循环，R1-4棒束保持MDP模块数次在动棒期间发生“大电流低于阈值”电流故障，R1子组进入双保持状态闭锁R棒组动作，影响反应堆回路冷却剂温度的自动调节。

稳态测试大、小、零电流符合预期，表明该MDP模块电流输出正常。结合电流监测原理，分析整个动棒过程CRDM线圈电流波形，确定报警点处于传递钩爪带动驱动杆动棒完成后，保持钩爪重新夹持驱动杆阶段，保持线圈由零电流到大电流调节过程，大电流指令发出后160ms时刻，保持线圈电流低于大电流下限阈值7A。

##### 3.1.2 原因分析

保持钩爪啮合过程，线圈电流由零开始增大，达到动作电流后衔铁向上运行与保持磁极吸合，从而带动钩爪迅速摆入驱动杆环形槽。保持衔铁动作造成钩爪组件磁路变化，负感应电动势产生使保持线圈电流波形出现凹坑，凹坑底部出现时间点与保持衔铁吸合时间点相吻合。<sup>[2]</sup>

如图1所示，R1-4棒束保持钩爪的啮合动作相对滞后。测量R1-3棒束保持钩爪啮合时间约105ms，而R1-4棒束约142ms，导致保持线圈由零到大电流的调节时间长于阈值，引发MDP模块电流故障报警。

即使是故障步序电流波形，保持钩爪啮合完成依然早于传递钩爪脱开，且有足够时间裕量，判定当前CRDM提插性能正常，适度放宽MDP模块监测单元对保持线圈电流动态性能的限制并不影响CRDM正常运行。为减少频繁报警对反应堆操作员的干扰，将零电流

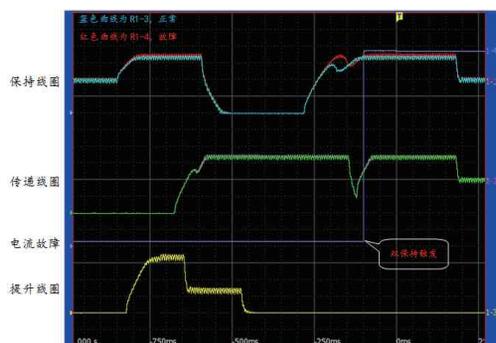


图1 R1-4棒束保持线圈电流故障步序波形

到大电流的时间限值由160ms调整到175ms，实际效果显著。但对钩爪啮合滞后仍需保持高度关注，若动作滞后再次引发电流故障，需重新评估CRDM动作性能。

#### 3.2 晶闸管击穿导致的电流故障

##### 3.2.1 报警现象

2号机组第一燃料循环，SB1子组全部4块保持MDP模块在棒静止状态发出“小电流高于阈值”电流故障，ALSYN同时发出“260V相位故障”报警，子组进入双保持状态。测量结果显示保持机箱4块MDP模块输出电流为零，且保持机箱三相260VAC进线中有两相动力电熔断器熔断。

##### 3.2.2 原因分析

假设单相动力电保险烧毁，该相电流负反馈迅速减小，MDP模块通过调整其余两相晶闸管门极触发脉冲导通角，能够实现小电流正常输出，瞬态调节过程可能出现“小电流偏小”而非“小电流偏大”，更不会引发第二相动力电保险烧毁。从而判定始发故障位于主电路内部，动力电保险烧毁符合电路保护设计。

理想状态晶闸管阴/阳极电阻为无穷大，测量发现机箱第3块MDP模块中有2个晶闸管阴/阳间电阻仅0.4Ω、0.3Ω。晶闸管因反向击穿故障无法截止，下一相晶闸管导通后，整流桥在这两相发生相间短路，PN结电流急剧增大，第二相晶闸管亦被反向击穿，对应的两相动力电保险烧毁，MDP模块监测到“小电流偏大”符合故障分析。

#### 3.3 控制电路导致的电流故障

##### 3.3.1 报警现象

201大修后控制棒初始提升至5步过程，G1子组提升机箱第1块MDP模块发出“小电流低于阈值”电流故障，G1子组进入双保持状态。测量证实线圈稳态电流

输出真实偏低：稳态输出测试状态下，MDP模块复现“小电流偏小”。

### 3.3.2 原因分析

电流波形显示，提升线圈由大电流到小电流调节过程剧烈波动，电流瞬时小于提升线圈小电流下限阈值12A，从而引起MDP模块电流故障。如图2所示，提升线圈红色曲线明显异常，某相电流较其余两相导通时间更长，换流前线圈承受反相电压时间更长，使线圈稳态输出有效值降低，导致动态调节过程电流负向超过大超过阈值。

晶闸管为半控型器件，导通后仅在流经阳极的电流下降到接近零才会关断，于MDP模块而言需要整流桥的下一相晶闸管导通。前一相晶闸管导通时间过长，说明此相晶闸管门极触发脉冲滞后，意味着此相晶闸管门极控制电路存在异常。

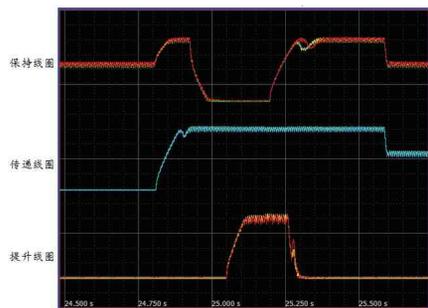


图2 G1-1棒束提升线圈电流故障报警步骤波形

提升线圈大电流使传递钩爪带动驱动杆向上提升一个机械步后，为避免线圈过热烧毁，电流时序中设置小电流来维持传递钩爪的位置，等待保持钩爪再次夹持驱动杆环形槽。提升线圈电流偏小，提升力矩不足以维持载荷，可能造成传递钩爪提前下落致使提升失败。

## 3.4 霍尔回路导致的电流故障

### 3.4.1 报警现象

2号机组第一燃料循环，R2-2棒束保持MDP模块在棒静止状态发出“小电流低于阈值”电流故障，R2子组进入双保持状态闭锁R棒组动作。从MDP模块监测单元霍尔回路测量到0V，而后跳变到2.337V（霍尔电压：线圈电流=1: 2）。

### 3.4.2 原因分析

霍尔回路测量结果跳变，有两种可能原因：线圈实际电流异常；MDP模块霍尔回路异常。通过CRDM线圈实际电压能够快速判定，R2子组小电流状态保持线圈电压与霍尔回路电压如表1所示。

表1 R2子组小电流状态保持线圈电压与霍尔回路电压

R2子组棒束	小电流规定范围 (电流形式)	小电流霍尔回路 (电压形式)	小电流状态CRDM 保持线圈电压
R2-1	3.7A~5.5A	2.356V	66.30V
R2-2	3.7A~5.5A	-0.005V, 2.337V跳变	65.73V
R2-3	3.7A~5.5A	2.341V	63.58V
R2-4	3.7A~5.5A	2.271V	61.53V

由于不同CRDM线圈阻抗稍有不同，线圈电压间存在个体差异为正常现象。线圈电压保持稳定未出现跳变且与其他线圈接近，说明线圈实际电流正常，即MDP模块整流部分正常，而霍尔回路存在异常，导致MDP模块监测单元接收到的反馈为零，超过规定范围下限3.7A，产生电流故障。

## 4 综述

最初几个燃料循环，电力电子设备处于“浴盆效应”早期故障期，设计、材料和制造过程中的缺陷逐步显现。具体到棒控系统，CRDM保持钩爪啮合滞后、晶闸管击穿及动力保险丝烧毁、晶闸管门极触发脉冲控制电路异常、霍尔传感反馈回路故障，均以MDP模块电流故障形式集中出现，严重影响控制棒对堆芯反应性的自动调节，甚至引发非计划停堆事件。

通过线圈电流波形表征的CRDM钩爪动作点，分析判定缺陷原因。针对不同始发因素引起的电流故障，作为插拔式模块化设备，有多种用户级紧急故障处理方案：参数调整、拔插/电子复位、模块更换，本文总结相关维修经验，对于棒控系统的调试、维修工作具备参考意义。**AP**

### 作者简介：

姚伟 (1981-)，男，浙江嘉兴人，高级工程师，学士，现就职于福建福清核电有限公司，从事核电厂维修管理工作。

### 参考文献：

- [1] 李国勇, 张英. 棒控棒位系统手册(RGL) [Z]. 中国核动力研究设计院, 2010.
- [2] 唐向东, 等. 福清1RGL系统CRDM保持钩爪闭合作点滞后问题分析报告[Z]. 中国核动力研究设计院. 2015.

# 工业控制系统信息安全

工控信息安全作为国家安全的重要组成部分，事关经济运行、社会稳定和国家安全。当前，随着物联网、云计算、边缘计算、大数据、区块链、5G、人工智能等新一代信息技术与制造技术加速融合，工控信息安全形势日趋严峻，亟须加快提升工控信息安全保障能力，为工业生产安全和新型基础设施建设发展提供重要支撑，为制造强国和网络强国战略实施筑牢“防护墙”。

为此，工业控制系统信息安全产业联盟全面开展“工业控制系统信息安全”相关专题征文，欢迎相关领域的专家和学者踊跃投稿。

## 征稿方向

- 国内外工业控制系统信息安全的现状比较分析与发展综述
- 国内外工业控制系统信息安全的相关管理规定、政策法规、标准、测试、检测、培训的研究与分析
- 国内工业控制系统信息安全面临的紧迫问题分析
- 工业控制系统信息安全关键技术探讨
- 石化、冶金、电力、轨交等行业工业控制系统信息安全隐患分析
- 工业现场检查安全分析及经验分享
- 工业控制系统信息安全风险管理
- 勒索病毒对工业控制系统的威胁分析与解决方案探讨
- 网络控制系统信息物理攻击监测与安全控制
- 工控信息安全漏洞的威胁与应对策略
- 信息物理攻击下的CPS模型
- 具有信息安全功能的控制系统技术的研究与展望
- 工业控制系统信息安全态势的变化与分析
- 工业物联网及工业大数据安全探讨
- 工业云安全趋势与创新实践
- 工业互联网安全的现状及分析
- 5G、边缘计算、AI、区块链、密码等新技术带来的工业互联网安全新挑战
- 工业互联网安全创新技术跨界融合探讨
- 我国工业互联网面临的网络攻击等新型风险预测及分析
- “新基建”背景下我国工控信息安全的机遇与挑战
- 智能+时代工业安全运营与服务新挑战
- 工业信息安全人才培养研究与展望
- 典型行业的工业安全产品、技术应用及解决方案
- 其它

## 投稿须知

- 优秀稿件将被选登在《自动化博览》“工业信息安全”专栏、工业控制系统信息安全产业联盟微信（公众号：ICSISIA），以及工业控制系统信息安全专刊
- 请将稿件发至ICSISIA@kongzhi.net，邮件主题为：工控信息安全投稿
- 稿件格式：应包含标题、摘要、关键词的中英文；作者简介（应至少包括姓名、性别、出生年、籍贯、职称、学历、单位及研究方向）；参考文献；详细个人联系方式；文章中图形的清晰原图，流程图需提供可修改文件

## 投稿咨询

邮箱：ICSISIA@kongzhi.net

电话：010-62669087



文献标识码: B 文章编号: 1003-0492 (2021) 05-108-05 中图分类号: TP273

# 原水预处理系统全过程智控运行的研究与应用

## Research and Application of Whole-process Intelligent Control of Raw Water Pretreatment System

★陈海文, 胡孟文, 黄月丽, 石磊箭, 徐龙魏, 沈陈涛, 应润玥, 陈斌 (华电浙江龙游热电有限公司, 浙江 龙游 324400)

**摘要:** 为满足燃气-蒸汽联合循环机制水系统运行稳定性和自动调节的需求, 根据系统特点, 设计了一种基于DCS平台的原水预处理系统全自动控制技术, 并根据系统用户需求, 搭建自动统计数据平台, 实现了制水系统电、水、药能耗指标的自动统计功能。试验结果表明, 通过上述改造和研究技术的应用, 系统具备了全过程自动启停、报表自动统计功能。正常运行工况下, 制水系统可实现全程自动控制, 大幅提升了系统运行的经济性和安全性。

**关键词:** 联合循环机组; 原水预处理; 全过程; 智控运行; 可靠性

**Abstract:** In order to meet the requirement of operation stability and automatic regulation of water system for gas-steam combined cycle units, according to the characteristics of the system, an automatic control technology of raw water pretreatment system based on DCS platform is designed. According to the demand of system users, an automatic statistical data platform was built to realize the automatic statistical function of energy consumption index of electric and water medicine in the water making system. The test results show that through the above transformation and the application of the research technology, the system has the function of automatic start-stop statements and statistics in the whole process. Under normal operating conditions, the water system can realize automatic control in the whole process, which greatly improves the economy and safety of the system operation.

**Key words:** Gas-steam combined cycle unit; Raw water pretreatment; Whole process, Intelligent control operation; Reliability

## 1 引言

国内火电机组辅机控制系统主要包括化学制水系统、输煤系统和脱硫系统<sup>[1]</sup>。其中, 化学制水系统包括原水预处理、离子除盐等子系统。传统制水系统采用独立且分散的控制方式, 子系统包含的设备多, 手动操作

量大, 整个系统的风险控制能力低, 需要大量人员操作和维护, 且系统间单独操作存在管理困难, 导致制水设备的制水效率低, 设备易损坏<sup>[2]</sup>。

相比燃煤机组, 基于调峰运行方式的燃气-蒸汽联合循环机组, 其化学制水系统需具备启动速度快、启停频繁的特点保障发电用水, 因此对制水系统的制水效率、稳定性和系统自我调节能力要求更高。

目前, 部分火电厂已经克服传统制水系统控制特点, 实现了FCS平台制水系统一键制水控制<sup>[2]</sup>。我国自20世纪90年代引进DCS以来, DCS在电厂中得到了极大的应用, 但由于诸多原因, DCS只在锅炉、汽轮机和发电机等主机系统得到了完整的应用<sup>[3]</sup>, 而火电厂重要辅助系统如制水系统的控制仍停留在PLC控制模式或PLC与DCS相结合的控制模式上, 不具备协调控制和顺序控制功能<sup>[4]</sup>。

为此, 部分电厂开展了针对燃气-蒸汽联合循环机组制水系统的自动控制方式研究, 通过DCS系统平台, 整合机组系统相关参数, 实现联合循环机组制水系统的全自动控制。

## 2 课题研究背景

### 2.1 现状介绍

某电厂建设有一套STAG209E燃气-蒸汽联合循环机组, 由2台燃气轮机发电机组、2台余热锅炉、1台抽凝式蒸汽轮机发电机组和1台背压式蒸汽轮机发电机组

组成。燃气轮机发电机组和蒸汽轮机发电机组为2拖1分轴布置。

机组水源取自地表水，采用水泵吸水管直接取水形式，从河床内设的取水头部取水。原水预处理系统配置2台取水泵，1用1备。单台取水泵额定流量700立方米/小时；原水升压后送入两座额定出力为350立方米/小时的混合絮凝沉淀池，经絮凝、沉淀处理后分两路出水，其中一路直接供给循环水池补水；另一路经空擦滤池砂滤后进入工业水池，供全厂消防水和除盐系统使用。原水预处理系统采用手动远方控制和就地操作方式。

投产以来，机组主要以日开夜停调峰方式运行，间断性的运行方式对系统设备可靠性、自动化水平、运行监控与统计分析等工作提出了极高的要求，且电厂计划于2020年底前开始除盐水定制服务，日均供水量在机组发电、供热基础上增加至少1000吨。

## 2.2 问题与分析

受制于混合絮凝沉淀池出口管径偏小的因素，混合絮凝沉淀池的实际出力远小于额定出力。制水过程中，因取水泵额定出力相对于混合絮凝沉淀池出力过大且取水泵采用工频设计，只能通过混合絮凝沉淀池进口手动阀节流方式来控制进水流量，造成取水母管节流损失大，取水泵运行经济性不佳。由于机组运行补水需要，取水泵需不定时启动和停运，长期短周期频繁启停运行，对泵体机械和电器设备造成较大冲击损害，从而降低设备使用寿命，增加设备故障率。

混合絮凝沉淀池采用固态混凝剂聚合铝投加方式，配置混凝剂溶液箱2个，每个容积3立方米，通过人工将固态混凝剂聚合铝倒入混凝剂溶液箱，采用全手工操作进水与搅拌机运行方式配成溶液，供混凝沉淀池制水用。机组发电制水期间，平均每天需投加固态聚合铝100千克，操作溶液配比存在不稳定性；若开展除盐水外供定制服务，每天需要投加固态聚合铝达到400千克，人工工作量大幅增加，且由于人工控制精度低，系统运行经济性低，加药系统的可靠运行存在较大隐患<sup>[5]</sup>。

细分原水预处理系统子系统，统计涉及运行操作类设备数量如下：

(1) 取水系统：取水泵2台（远控），混合絮凝沉淀池进口阀2个（手动）；

(2) 混合絮凝沉淀及加药系统：加药泵3台（远控），溶液箱进水阀2个（手动），溶液箱搅拌机2台（就地），溶液箱出药阀2个（手动），混合絮凝沉淀排污阀14个（顺控）；

(3) 出水系统：循环池进水阀1个（远控），空擦池进水阀组9个（顺控）。

综上所述统计操控设备37个，顺控设备23个，远控设备5个，就地手动设备9个。系统远控及自动化程度不高，且未设计相关监督与能耗指标统计。

结合机组调峰运行以及除盐水定制业务的开展，预计原水取用量将由年均45万吨增加至150万吨左右；对提高原水预处理运行经济性，提升原水预处理系统自动化水平，完善系统相关监督、统计数据自动报表，进而实现系统全程智控运行有着重要的意义。

## 2.3 研究意义

原水预处理系统作为火力发电厂用水的源头系统，运用全过程智控理念，实施技术与改造应用，对其他系统的智控应用具有一定实践与借鉴意义<sup>[6-7]</sup>。

项目的研究与应用工作从提升设备远控、自动化应用、完善监督与统计管理等方面着手<sup>[8-10]</sup>，从而提升原水预处理系统的经济运行效益、设备健康状况，减少运行人员操作工作量。

通过DCS系统平台，整合机组系统相关参数，可进一步深入数据的挖掘与分析利用，随着大数据与智控技术的应用发展，项目的研究与实施将有助于推进智慧电厂建设。

## 3 研究与实施

### 3.1 项目研究范围

通过对原水预处理系统现存的问题与分析，研究实现智控运行改造应用，主要范围与内容有：（1）提升取水系统的经济运行；（2）实现混合絮凝沉淀加药系统远控；（3）各系统用水需求信息的数据搭建；（4）系统涉及的电、水、药等能耗数据统计；（5）系

统全过程自动控制的设计与应用<sup>[11-12]</sup>。

### 3.2 方案研究与实施

#### 3.2.1 取水泵变频改造

单台取水泵扬程51米，厂外管道为DN500，设计流速1米/秒，沿程输水管道5.25公里，总损失14米，从取水口水面标高到电厂厂区混凝沉淀池液面的高差35.5米，通过混合絮凝沉淀池进口阀调节来实现恒压与定流量供水；实施取水泵变频改造，可降低取水管路节流损失，实现电机的柔性启停，并将电机电流限制在额定电流内，降低泵的平均转速，延长电机和泵的使用寿命。

#### 3.2.2 混合絮凝沉淀加药系统改造

加药系统的改造主要实现投加液态混凝剂聚合铝功能，范围包含新建一座液态混凝剂聚合铝原液池及加装液位计2个，增设原液泵2台，溶液箱进药电磁阀、进水电磁阀、出药电磁阀各2个，3号加药泵出口电磁阀2个，增加溶液箱搅拌机远控功能，该系统远控与自控功能的实现，为原水预处理全程自动控制奠定基础。

通过加药系统的改造，实现DCS远方操作与监视，通过计算溶液箱液态混凝剂聚合铝原液与进水的配比，可保证混合后的加药品质稳定；通过混凝沉淀池液进水量与进水浊度的关系，可提供加药量与出水浊度提供控制比例的依据。

#### 3.2.3 各系统用水需求信息数据的搭建

原水预处理系统主要为循环水池与工业水池补水，数据搭建的基本原则是实现两个水池液位的区间控制，即液位低工况触发原水预处理系统投运，液位高停运系统。

因循环水池与工业水池用水量存在的不确定性，为实现原水预处理系统投用后的连续运行，减少原水预处理系统启停次数，可对两个用户的用水需求进一步延展性分析，即通过对用户当前与未来用水需求的预判，从而动态调整水池水位定值。

对循环水池用水需求，可分为机组启停阶段、连续运行阶段、停运阶段；工业水池用水需求，主要是除盐水制水需求；当两个用户同时有用水需求时，可设计供水方式互切的功能，减少原水预处理系统短时间的启停次数。

#### 3.2.4 系统数据统计

原水预处理系统数据统计主要包含总量与单耗；其中总量包括取水量、混凝沉淀池排污量、循环水池补水量、工业水池补水量、原液用量、总用电量、取水泵与加药泵运行时间等；单耗包括出水单位电耗、药耗、产水率等指标。

#### 3.2.5 系统全过程自动设计与应用

根据原水预处理系统运行分析，自动设计包含设备级联锁优化与系统启停顺控，内容主要有：（1）取水泵与加药泵全过程联锁；（2）液态混凝剂聚合铝溶液箱配药顺控；（3）产水与加药、混凝沉淀池排污的顺控启停与自动运行；（4）循环水池与工业水池补水的自动耦合。

### 3.3 应用效果

#### 3.3.1 取水泵变频改造效益

电厂2019年度累计取水量为45万吨，按照取水泵正常控制流量400立方米/小时计算，取水泵2年运行时间约1124小时。取水泵运行电流经DCS历史曲线分析为220安培，按低于额定电流240安统计，取水泵年耗用电量14.16万千瓦时，取水吨水电耗为0.32千瓦时。

取水泵变频改造后，按控制流量400立方米/小时，实测电流108安培，按取水量45万吨测算，取水泵年耗用电量6.95万千瓦时，取水吨水电耗为0.15千瓦时。

取水泵变频改造后年均节电量为7.21万千瓦时，开展除盐水定制服务后，产生的效益将更加显著。

#### 3.3.2 混合絮凝沉淀加药系统改造成效

通过混合絮凝沉淀加药系统改造的实施，实现了配药、加药系统的远程监控功能；通过原水全年各典型工况的样水配药小试分析，确定了液态聚合铝配药浓度。

配药系统的改造，大幅降低了人工配药工作量，替代了人工就地操作；应用原液池液位变量、加药泵运行时间统计、溶液箱液位变量的三重配药运行监督程序，可有效保证溶液配比浓度的可靠性与稳定性。

加药泵变频自动，通过引入原水进水流量与浊度，以及混凝沉淀池出水浊度等三个信号，可实现原水

加药流量与浊度模式的自动控制。

### 3.3.3 系统数据统计指标的建设

系统指标分为能源与设备两类。其中能源指标主要分为水、电、药三项变动成本要素，按日、月、年口径分别进行统计。设备类指标的统计，主要为取水泵、加药泵、原液泵运行时间统计，统计时间可为主、备泵的选择，设备的检修周期提供依据。

水类指标分为：取水量、混凝沉淀池排污量、循环水池补水量、工业水池补水量。系统设计有取水泵出口流量与2路混凝沉淀池进口流量，通过历史数据统计对比分析，将3个流量信号进行优选处理，并形成取水量指标；混凝沉淀池排污量根据排污阀开启时间估算排污量，并形成排污总量指标；循环水池与工业水池的补水量遵循水平衡原则，根据补水的路径划分统计，对于循环水与工业水池两路切换期间，各按50%的比例统计。

用电量指标：主要为取水泵系统电耗；基于补水量的划分，可对循环水池、工业水池的补水区分统计。本系统除取水泵房以外的用电设备，均由化学低压厂变提供，纳入除盐水系统电类指标。

用药量指标：主要为液态聚合铝用量的统计，根据溶液箱液位的变量，反推计算得出，该指标的设置，可用于原水品质变化对加药需求的影响关系，可用于实际加药量与理论加药量的偏差监督。

### 3.3.4 全过程自动控制的简述

系统全过程的应用基于循环水池与工业水池补水需求触发。主系统包含三个顺控投切功能，即循环水池补水顺控、工业水池补水顺控、原水顺控。具备原水预处理补水至循环水池、原水预处理补水至工业水池的一对一系统运行工况，与原水预处理补水至循环水池与工业水池的一对二运行工况。当处于一对二运行工况时，根据两个水池的液位高度，自动判断优先顺序。

当满足上述工况触发条件后，先对系统通水管路阀门状态位置进行判断，并顺控执行开阀，满足管路通畅；再对系统加药管路阀门进行判断并开启溶液箱出药电磁阀；然后依次顺控启动预选原水泵、加药泵，完成顺控启动预处理制水流程。在一对二工况运行期间，先开启后需求进水池系统的管路阀门，开启后再关闭先需

求进水池系统的阀门。

补水顺控启动触发后，优先选用高液位溶液箱，即开启该溶液箱出口阀，然后触发低液位溶液箱自动配药顺控；当出药的溶液箱液位低于设置值，开启备用溶液箱出口阀，然后关闭低液位溶液箱出药阀，并启动自动配药顺控。

当补水量满足需求后，触发停运系统顺控，依次停运取水泵、加药泵，关闭溶液箱出药阀、进水池系统阀门，完成顺控停运预处理制水流程。

混凝沉淀池排污阀根据沉淀池累计进水量，触发排污顺控，累计进水量设定，需要根据沉淀池实际运行情况进行设定，定期调整。

取水泵变频自动的设计，主要根据产水单耗与产水品质进行流量定值的人工设定；通常情况下，在原水与出水品质一定可控范围内，较高的流量可降低取水单位电耗。加药变频的自动设计，主要以取水流量为基准值，再根据取水浊度与出水浊度的变化的情况设计相应的前馈与闭环控制。预处理系统画面如图1所示，部分控制逻辑组态如图2所示。

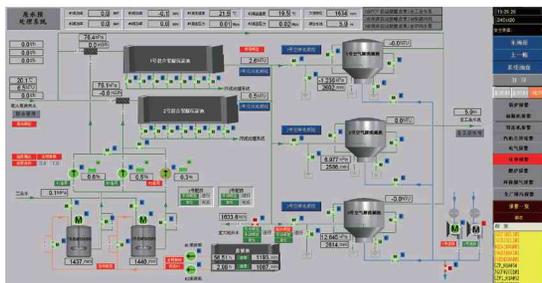


图1 预处理系统画面

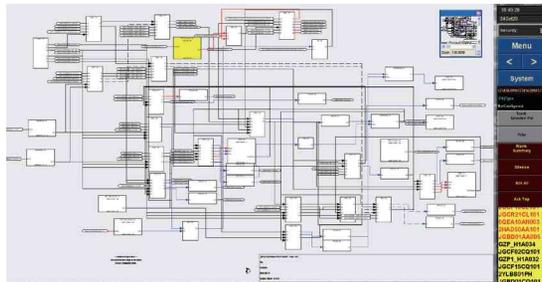


图2 部分控制逻辑组态

## 3.4 应用效果

综上所述，原水预处理系统全过程智控运行的改

造, 主要包括取水泵变频改造、混合絮凝沉淀加药系统改造两项系统改造, 以及全系统的设备监督统计与自动化改造。

通过上述改造的应用, 大幅提升原水预处理系统运行的经济性和可靠性。本项目改造投入约30万元, 按原水年取用150万吨计算, 年节省费用至少10万元, 预计3年可回收成本。正常运行工况下, 可实现就地无人操作, 系统具备全过程自动启停、报表自动统计功能, 后续可根据长周期的运行指标统计, 应用指标偏差自动报警功能。统计指标监督表如图3所示。

	取水变 电量	取水泵 出口	工业水 用量	取水系统 电量	除盐水产 水量	絮凝剂 加药量	原水电耗	原水药耗
今日	0.09 MWh	216.44 t	8.89 t	0.11 MWh	0.25 t	2.63 m <sup>3</sup>	0.42 kWh/t	12.13 mg/t
昨日	0.22 MWh	396.00 t	729.79 t	0.91 MWh	489.15 t	0.00 m <sup>3</sup>	0.55 kWh/t	0.00 mg/t

图3 统计指标监督表

## 4 结束语

本项目是基于水处理系统前端的智控研究与应用, 对其他电厂化学专业相关的制水系统、加药系统的提升具有一定的借鉴意义; 项目的应用, 对机组安全经济运行有较大的提升与保障, 并起到了一定的节能降耗作用。**AP**

### 作者简介:

陈海文(1979-), 男, 浙江杭州人, 高级工程师, 现任华电浙江龙游热电有限公司生产副总经理, 长期从事电厂自动化技术应用研究与生产管理工作。

### 参考文献:

- [1] 贫小波, 王存毅. DCS系统在电厂水网控制系统中的应用[J]. 自动化博览, 2008, 25(9): 64-66.
- [2] 田爽, 曾卫东, 宋美艳. 火电机组外网一键制水集中控制系统[J]. 热力发电, 2016, 45(3): 116-120.
- [3] 许琦, 杨向东, 孙国良, 等. 电厂化学水处理DCS的应用研究[J]. 中国电力, 2005, (7): 61-63.
- [4] 吕玲, 夏明. 火电厂辅助车间集控方案研究[J]. 中国电力, 2009, 42(8): 36-40.
- [5] 葛超. 原水预处理系统的应用与研究[J]. 科技信息, 2011, (35): 22.
- [6] 余丹宁. 火电厂电气监控系统纳入DCS监控的应用分析[J]. 低压电器, 2012, (19): 60-63.
- [7] 曾文华. DCS优化控制系统集成软件平台的研究[J]. 微计算机信息, 2000, (5): 24-26.
- [8] 崔逸群, 景效国. 现场总线控制系统在1000MW机组辅控车间的应用[J]. 热力发电, 2011, 40(2): 72-75.
- [9] 田爽, 宋美艳, 李亚都. 火电机组智能水岛控制系统设计与实现[J]. 热力发电, 2017, 46(12): 24-28.
- [10] 张凯, 刘敏层. 火力发电厂化学水处理DCS控制系统的设计与实现[J]. 计算机与数字工程, 2019, (7): 1841-1846.
- [11] 张春生, 李岩, 赵继阳, 等. 电厂化学水处理DCS的应用与研究[J]. 应用能源技术, 2011, (5): 1-5.
- [12] 韩家新, 高欣. 自动控制系统在化工厂除盐生产中的应用[J]. 计算机工程应用技术, 2016, 12(36): 207.

文献标识码: B 文章编号: 1003-0492 (2021) 05-113-06 中图分类号: TP309

# 工业互联网安全发展成效及思路探讨

Discussion on the Achievements and Ideas of Industrial Internet Security Development

★李姗, 杜霖, 李文 (中国信息通信研究院, 北京 100191)

**摘要:** 实体经济是我国经济的命脉所在, 实现“十四五”发展目标乃至2035年的远景目标, 必须向夯实体经济发力。制造业是振兴实体经济的主战场, 工业互联网作为制造业转型升级的关键支撑, 2017年, 国家提出要深入实施工业互联网创新发展战略。2020年, 党的十九届五中全会再次强调“坚持把发展经济着力点放在实体经济上, 坚定不移建设制造强国、质量强国、网络强国、数字中国”, 为推进工业互联网发展提供了基本遵循, 指明了前进方向。安全是工业互联网三大体系之一, 本文通过总结三年来安全建设成效, 归纳梳理存在的问题及发展现状, 探讨“十四五”期间工业互联网安全建设思路, 为制造强国、网络强国建设提供更加坚实的安全基石。

**关键词:** 工业互联网安全; 十四五; 发展思路; 产业生态

**Abstract:** The real economy is the lifeblood of China's economy. To achieve the development goal of the 14th five-year plan and even the long-term goal of 2035, we must make efforts to consolidate the real economy. The manufacturing industry is the main battlefield of revitalizing the real economy, and the industrial Internet is the key support for the transformation and upgrading of the manufacturing industry. In 2017, the state proposed to deeply implement the industrial Internet innovation and development strategy. In 2020, the fifth Plenary Session of the 19th Central Committee of the Communist Party of China once again stressed that "the focus of economic development should be on the real economy, and unswervingly build a powerful manufacturing country, a powerful quality country, a powerful network country, and a digital China", which provided the basic guidance for promoting the development of industrial Internet and pointed out the direction of progress. Security is one of the three major systems of industrial internet. This paper summarizes the achievements of security construction in the past three years, the existing problems and development status, and discusses the ideas of industrial Internet Security Construction during the "14th five-year plan" period, so as to provide a more solid security cornerstone for the construction of manufacturing power and network power.

**Key words:** Industrial internet security; The fourteenth five-year plan; Development ideas; Industrial ecology

## 1 工业互联网安全发展成效

目前, 我国工业互联网发展进入落地深耕阶段, 政产学研用多方协同的良好局面初步形成。安全作为工业互联网高质量发展的重要前提和保障, 也取得了积极成效。政府指导、部门协同、企业主责的安全管理格局初步形成, 联动感知的安全技术监测服务体系初步构建, 安全产品和服务国内国际不断增强, 监测预警、信息共享、通报处置闭环工作机制初步建立。

### 1.1 国家层面安全顶层设计逐步完善

2017年11月, 国务院出台《关于深化“互联网+先进制造业”发展工业互联网的指导意见》, 明确提出构建网络、平台、安全三大体系。2018年5月, 工业和信息化部会同国家发展改革委、科技部等相关部门印发了《工业互联网发展行动计划(2018-2020年)》, 明确了三年起步阶段工业互联网重点建设目标任务<sup>[1]</sup>。2019年7月, 工业和信息化部联合应急管理部、国资委、国家能源局等十部门印发了《加强工业互联网安全工作的指导意见》, 凝聚各方共识, 构建协同推进、企业主责、政府监管的安全工作体系。2019年12月, 工业和信息化部起草《工业互联网企业网络安全分类分级管理指南(试行)》(征求意见稿), 对企业实施网络安全分类分级管理制度, 集中力量指导重要行业、重点企业加强网络安全能力建设, 夯实企业网络安全主体责任。2020年3月, 工业和信息化部发布《关于推动工业互联网加快发展的通知》, 进一步明确网络、标识、平台、安全等发

展重点。2021年1月，工业和信息化部印发《工业互联网创新发展行动计划（2021-2023年）》，提出11项重点任务，部署四项安全重点工作，进一步强化安全保障能力。四年来，工业互联网安全有关政策，如表1所示。

表1 国家工业互联网安全政策

部门	政策时间	政策名称
国务院	2017年11月	《关于深化“互联网+先进制造业”发展工业互联网的指导意见》
工信部	2018年5月	《工业互联网发展行动计划（2018-2020年）》
工信部	2019年7月	《加强工业互联网安全工作的指导意见》
工信部	2019年12月	《工业互联网企业网络安全分类分级管理指南（试行）》（征求意见稿）
工信部	2020年3月	《关于推动工业互联网加快发展的通知》
工信部	2021年1月	《工业互联网创新发展行动计划（2021-2023年）》

地方层面工业互联网实施政策也在逐步细化。截至2020年底，全国31个省份累计出台近50项属地工业互联网相关政策，江苏、新疆等地更推动出台省级工业互联网安全专门性文件，进一步细化工作任务，山东、浙江、广东、江西等地通过政策引导、资金补贴、规范标准、工程建设等系列措施，率先建设了工业互联网安全监测平台、安全人才培养实训基地等，有力推动了安全能力建设。

### 1.2 国家工业互联网安全监测服务体系基本建立

国家层面系统布局建设了国家、省、企业三级协同联动的工业互联网安全技术监测服务平台。目前，已初步实现全国31省份对接，累计覆盖机械、电子信息、汽车、钢铁等14个重点行业领域，11.2万余家联网工业企业，服务工业互联网相关平台150余个，发现联网设备近900万台套，初步具备工业互联网安全态势感知能力。同时，各地充分发挥区域政策、技术资源优势，不断提升省级监测平台覆盖范围和监测能力。如，江西省制定出台了《江西省地市级和行业级工业互联网安全监测与态势感知平台建设指南》，并利用专项资金支持，启动建设地市级安全平台以及电力、有色等行业级安全态势感知平台，进一步加强了工业互联网安全态势感知体系的监测基础和行业服务能力。

为进一步强化工业互联网领域信息共享及网络安全事件协同应对能力，目前，基于国家、省、企业三级协同的工业互联网安全技术监测体系，行业主管部门、

第三方专业机构、行业企业及安全厂商等政企各方正联合建设贯通网络安全风险监测、信息研判、事件通报、应急处置等能力的闭环工作机制，如图1所示。今年以来，累计研判工业企业及疫情相关企业威胁信息900多例，在疫情防控和复工复产方面发挥了积极作用。



图1 工业互联网安全风险处置闭环

### 1.3 工业互联网安全技术产业蓬勃发展

根据《工业互联网产业经济发展报告》数据显示，三年以来，工业互联网安全产业存量规模由2017年的13.4亿元增长至2019年的27.2亿元，年均增长率高达42.3%<sup>[3]</sup>，展示出强劲的产业发展潜力。在工业互联网安全方面，工业和信息化部与北京市人民政府联合发布《国家网络安全产业园区发展规划》，共同建设北京（国家）网络安全产业园区，湖南长沙网络安全产业园区也揭牌运营。目前，工业和信息化部已遴选出上海、北京、武汉、深圳四个工业互联网产业示范基地，长三角、粤港澳、京津冀、成渝等地区逐步形成安全创新发展高地<sup>[2]</sup>。同时，工业和信息化部连续三年开展网络安全技术应用试点示范，累计遴选工业互联网安全项目51个，快速培育了一批面向能源、交通、水利等重点行业，智慧矿井、自动驾驶、智慧电网等典型场景的安全解决方案，加快了安全技术成果的市场推广、行业转化和企业应用。

### 1.4 工业互联网安全人才队伍快速壮大

国家层面，人社部已将工业互联网安全人才纳入智能制造工程技术人员新工种目录，工业互联网安全人才培养课程、人才教育基金建设逐步拓展。产业层面，持续开展安全评测评估机构和人员审核认定，已累计面向电力、航空、水利等行业培育了55家评测机构、1000余名安全评估人才和近100名安全工程师，壮大了高水平工程师和高技能人才队伍。目前，国家已连续三

年成功举办工业互联网安全大赛，建立多层次的人才培养体系，累计吸引近1.5万支队伍、4万余名技术人员参赛，推动工业互联网工程技术人员列入智能制造新工种目录，成立工业互联网安全相关指导教材编委会，组建工业互联网安全专家库，多举措推进工业互联网安全高技能、复合型、创新人才队伍建设。

## 2 工业互联网安全现实问题与产业发展现状

工业互联网作为信息通信技术与制造业交叉融合的领域，通过全面连接工业体系，带来了智能化制造、网络化协同、个性化定制、服务化延伸、数字化管理等新模式新业态，已经成为驱动制造业以及国民经济高质量发展的关键基础设施。与此同时，工业互联网带来的设备互联互通、海量数据交互、平台广泛应用等面临的风险隐患也逐年提升，勒索病毒、APT攻击等全球性工业互联网安全事件频发，对各国工业网络基础设施、社会稳定运行造成重大安全隐患。

### 2.1 工业互联网现阶段存在的安全问题

#### 2.1.1 工业互联网安全事件频发

工业互联网实现了互联网和工业的深度融合，打破了传统工业领域相对封闭的环境，使原有的安全边界已经不再适合目前的发展情景，将互联网的安全威胁渗透延伸至工业领域。例如，国际来看，2020年5月，委内瑞拉国家电网主干线除首都加拉加斯外遭黑客攻击，2020年6月，巴西一家电力公司遭黑客勒索赎金高达1400万美元。国内来看，安全厂商监测处理的勒索病毒事件广泛涉及了汽车生产、智能制造、电子信息、电力、能源等关键行业领域，不同程度上造成了工业主机蓝屏、文件加密以及生产停工等问题，给企业正常生产经营带来一定的影响。同时，工业互联网一旦遭受网络攻击不仅会造成系统或服务中断、数据泄露等传统互联网安全问题，甚至可能引发生产安全问题，导致污染性物质泄漏、爆炸性破坏、大面积断水断电等公共安全事件。例如，2019年4月份，委内瑞拉大规模停电事件，导致了该国23个州中的至少21

个停电，通讯网络、供水系统、医院等均受到影响，至少20人因停电死亡，引起较大社会动荡。

#### 2.1.2 工业互联网网络安全风险加大

从网络层面看，随着工业系统加入和5G等新型网络技术的发展，工业互联网本身的风险进一步加大。一方面，传统工业控制系统与设备受其内存、处理能力等限制，加上自身安全设计缺陷，防护能力较弱。随着工业控制系统与设备接入互联网，将更多地适用公开协议以及标准化技术架构，极大地降低了网络攻击门槛。另一方面，随着5G、IPv6、SDN、NFV等新技术的应用，不同的标识体系（Handle、OID、Ecode等）将面临拒绝服务攻击（DDoS）、域名劫持风险，在兼容过程中，也会引入新的安全风险挑战。

#### 2.1.3 工业互联网平台和数据安全成为焦点

工业互联网平台作为工业全要素链接的枢纽与工业资源配置的核心，连接大量工业系统、现场设备和网络基础设施，承载系统业务、海量数据以及大量工业App，提供多种API接口，扩大了网络攻击面。目前，基于Android系统和工业微服务架构的工业App在工业互联网中已经得到了广泛的应用，但原生操作系统开发不规范、安全开发能力缺乏、安全开发意识不高，导致工业App安全漏洞和安全问题频发。同时，工业App在设计开发时往往更多关注功能性，而忽略了安全性。据统计，目前国内近60%的工业企业在使用明文密码，平均每个工业应用站点存在5个高危漏洞，平均每个工业App有4个以上安全问题。随着工业领域网络化、智能化的推进，工业App的推广应用范围将会进一步拓展，目前，我国工业App数量高达35万个，预计到2025年工业App将达到百万规模，工业App带来的安全隐患值得各方重视。

另外，与传统工业系统相比，工业数据的采集、汇聚、分析以及应用等日益复杂，安全问题也将凸显。一方面，数据泄漏风险增大，工业互联网承载着事关企业生产、社会经济命脉乃至国家安全的重要工业数据，一旦被窃取、篡改或流动至境外，将带来严重的损失。例如，2019年9月，韩国工业制造商DK-Lok一个数据库被曝出未设置任何身份验证措施，导致该数据库内部

信息可被公开访问,该数据库泄露的信息包括产品竞标价格、客户信息和员工信息等内容。另一方面,企业敏感信息威胁严重,个性化定制、服务化延伸等涉及企业地理位置、经营状态、业务流程等大量企业生产运营信息,在开放环境下,这些信息极易遭到窃取或滥用。

#### 2.1.4 工业互联网相关恶意网络行为此起彼伏

根据国家平台监测数据显示,2020年累计监测发现恶意网络行为高达2157.8万次,涉及多家工业企业。其中,攻击方式以异常流量、非法外联、僵尸网络三类为主,均超过300万次,如图2所示。同时,异常流量中包含大量扫描、嗅探行为,表明当前针对工业互联网的网络攻击大部分处于实施攻击前的信息搜集阶段,安全风险隐患值得各方关注。



图2 工业互联网恶意网络行为

## 2.2 工业互联网安全产业现状

### 2.2.1 安全意识有待进一步提升

企业重发展轻安全的思想仍待改善,安全防护意识不足、安全投入不够、安全责任落实不到位、安全防护能力薄弱等问题依然存在。据网络公开数据显示,2020年美国网络安全预算申请金额为174.35亿美元,占全年IT部门预算比重的18.39%,远高于我国网络安全领域投入情况。同时,随着5G、人工智能等新技术引入,计算能力下沉到边缘,业务上云等导致传统网络安全边界瓦解,工业融合领域安全架构适配不够,缺少新的安全架构指引,工业企业在产品研发、工艺设计、生产制造等网络化、数字化、智能化建设及改造过程中,配套安全能力有待提升,体系化安全管理制度机制仍待健全。

### 2.2.2 关键对象安全防护能力有待提升

联网设备和控制系统越来越多使用公开协议以及标准化的Windows或Linux技术架构,使攻击门槛大大降低,工业互联网平台连接大量工业控制系统和设备,

承载海量工业数据和工业软件,其高复杂性、开放性和异构型增加了安全风险隐患,工业互联网数据种类繁多、流动路径复杂、使用场景多样,数据采集、存储、分析以及应用更加复杂,数据篡改、泄露、滥用等安全问题更为突出。

### 2.2.3 安全关键技术基础研究能力有待加强

针对工业互联网关键要素的安全防护技术储备相对不足,对标识解析体系节点安全认证、可信解析、数据安全交互等技术有待突破。面向工业互联网融合安全、内生安全、主动安全等的技术架构研究不深,工业芯片、工业软件等关键软硬件与工业智能化发展的协调适配能力有待加强,具备内嵌安全功能的工业产品设备以及大流量工业数据采集与分析、高交互工业蜜罐仿真等技术产品有待攻关。

### 2.2.4 安全产业生态供给有待加强

目前,我国工业互联网安全龙头企业尚未形成,缺乏面向工业互联网的体系化、针对性的安全防护产品和解决方案。有关机构相关研究表明,工业互联网安全产业在工业互联网核心产业中的占比仅为0.5%,明显低于国外网络安全产业发展水平,主要存在两方面的问题:一是现有网络安全产品和解决方案同质化严重,针对流程工业、离散工业的差异化特点,以及“5G+工业互联网”等融合创新领域典型场景应用,缺乏针对性的安全产品和解决方案。二是工业互联网安全人才培养、公共服务、评估评测等服务体系还有待进一步健全完善。此外,我国工业互联网应用深度已从基础的实时状态监测扩展到系统性的智能化分析,工业互联网交叉领域高精尖专家人才、创新型技术人才、应用型技能人才等严重短缺。

## 3 工业互联网安全发展趋势展望

随着工业互联网与新一代信息技术的融合发展,产业各方对工业互联网的认知和探索不断深化,加上国家的重大战略引导、系列政策推动、产业投资带动等举措,工业互联网融合业态逐渐丰富。此外,由于日趋严峻复杂的网络安全形势,以及“5G+工业互联

网”等业态的深入应用，工业互联网安全将会呈现如下发展趋势。

### 3.1 工业互联网安全产品和服务体系将面向OT纵深发展

传统的以IT视角为主的安全产品和服务难以满足工业互联网企业的实际需求，工业互联网安全仍需突破IT瓶颈，面向OT纵深发展。根据Gartner统计，2018年，10%以资产为中心的企业采用将传统安全与专业OT安全技术混合部署模式来保护OT环境，这一比例将在2022年达到30%<sup>[4]</sup>。一方面，适用于工业场景的安全产品将不断涌现。工业企业与安全企业联合创新，推出更适用于工业领域的安全产品与解决方案，如工控主机安全产品，结合工业场景的可用性、实时性需求，利用白名单管理机制，降低产品非法运行的程度。另一方面，工业企业的防护需求将引导安全服务不断创新。例如，动态感知、实时监测为特征的工业安全服务将逐级普及应用，安全评估、安全运维、安全咨询、安全集成等体系化安全服务将不断创新，如图3所示。

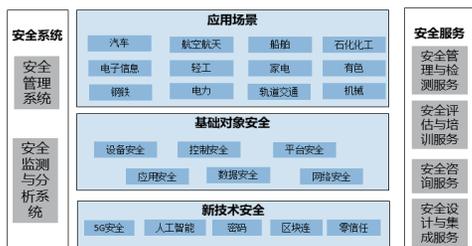


图3 工业互联网安全产业系统布局

### 3.2 内生安全能力为工业互联网安全建设提供重要参考

大型工业企业在建设发展过程中，数据交互的维度和业务范围的广度在持续扩大，为了提供个性化、多样化服务，业务的复杂性也在提升，加上5G、大数据、人工智能等新技术与生产制造各流程的进一步融合，原有的安全边界不能适应工业互联网融合保障需求，需要重建多层次、多维度、多领域的新型安全边界，综合考虑网络基础设施安全、业务安全、平台应用安全、数据安全以及持续性运维安全等多方面的防护需求。传统的防火墙、安全软件、入侵检测等工具方法无法应对日趋复杂的安全场景和形势，而且大中小企业也普遍存在安

全技术手段建设滞后的问题。内生安全理论能够将安全设计根植于系统建设之初，从建设设计开始打好安全基石，靠自身内在构造为各对象提供安全保障<sup>[5]</sup>。因此，需要将安全架构设计、技术手段安全保障以及安全管理等多个维度纳入企业信息化建设考虑范畴，通过建立内生安全框架打造动态防御、纵深防御、精准防御的工业互联网安全防护能力，持续保障工业企业业务安全。

### 3.3 工业互联网安全产业投资持续活跃

随着工业互联网政策的持续利好，网络安全关注度持续上升，工业互联网安全市场投融资高涨，奇安信、启明星辰、六方云等安全企业积极推进工业互联网安全技术研发突破，红杉资本、盈动资本等专业投资机构等相继发力布局。同时，伴随安全事件的复杂性和频率增加，安全投资从威胁防御向威胁检测转变，安全运营中心（SOC）逐渐成为产业投资热点。如，《工业互联网创新发展行动计划（2021-2023年）》明确提出要支持云服务企业、网络安全企业在重点城市联合建设安全运营服务中心，进一步优化工业互联网安全供给服务。根据网上公开信息统计，2020年共有百余起工业互联网行业投融资事件，涵盖工业平台、工业软件、网络安全等六大领域，安全领域投融资规模达35亿元左右。其中工业互联网安全、物联网安全、车联网安全、数据安全、云安全、身份与访问控制等领域成为2020年市场投融资热点。2020年国内网络安全投融资领域分布情况，如图4所示。

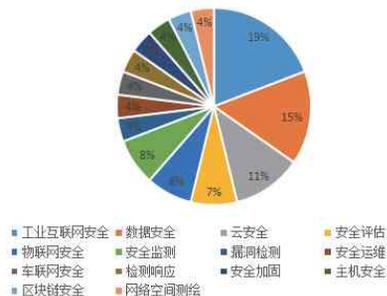


图4 工业互联网安全领域投融资分布图

## 4 工业互联网安全发展思路

聚焦当前和今后工业互联网安全工作存在的问题和难点，强调发展与安全同步，引导产学研用各方协同配

合，共同构建制度更加健全、技术更加先进、政企更加协同的安全保障体系。

#### 4.1 积极构建协同管理工作格局

2021年1月，工业和信息化部发布《关于开展工业互联网企业网络安全分类分级管理试点工作的通知》，明确了首批参与试点工作的15个省份，标志着正式启动工业互联网安全分类分级管理工作，通过自主定级、定级核查、检测评估等方式，提升企业的安全防护意识，加快构建工业互联网企业网络安全分类分级管理制度，加强对重点行业、重点企业的网络安全监管，指导企业更好地落实网络安全主体责任，完善企业网络安全管理制度体系，建设安全技术监测手段，积极落实充分必要的安全防护措施，增强企业抵御和应对网络安全风险能力。同时，依托工业互联网企业网络安全分类分级管理，带动产业形成一批工业互联网典型场景安全解决方案，选拔一批优秀示范企业、培育一批专业服务机构，增强产业的供给服务能力。

#### 4.2 强化技术保障服务能力

国家已基本建成工业互联网安全技术监测体系，但是监测质量和协调服务能力还有待进一步增强。一方面，持续提升国家监测服务水平，扩大监测范围，丰富基础资源库，拓展平台功能，加强企业与省级平台间的协同联动，增强监测预警能力。另一方面，加强对零信任、态势感知、可信技术、威胁情报等技术的探索和应用，打造实时监测、自动响应、智能防御安全技术能力，为工业企业各业务环节提供可持续的安全服务能力。另外，持续开展威胁通报和事件处置并形成长效工作机制，做到安全事件的提前预警和及时发现，最大程度降低企业的网络安全风险和经济损失。

#### 4.3 加快培育高质量产业生态

优化安全产业布局，打造一批具有广泛影响力的安全公共服务平台，深入实施网络安全试点示范，持

续举办工业互联网安全竞赛和教育培训，针对流程工业、离散工业差异化特点，加强“5G+工业互联网”安全创新突破，加快建立安全供应商目录，打造供需资源池，实现资源精准对接。精准提升工业互联网各防护对象安全防护能力，针对PLC、SCADA等关键核心领域，打造具备内嵌安全功能的产品设备。开展重点设备、重要系统、工业互联网平台、工业App、工业互联网数据等动态安全检测评估，以评估促发展，以评估促管理。聚焦工业互联网平台应用，定期开展平台服务安全能力评价，针对平台各层基础设施和业务服务能力开展安全评价，通过评价梯队引导企业加强平台安全建设。此外，网络安全防护是长期动态的系统工程，需要结合实践不断优化完善，联系当前严峻复杂的国际形势，有必要加强工业互联网安全攻防演练，帮助企业理清内部联网设备和资产信息，明晰企业网络安全防护能力，更有针对性地实施网络安全改进措施，以实战演练带动安全培训、实操技能训练、漏洞隐患发现和应急响应等多方能力，从而全面提升企业工业互联网安全保障能力。AP

★基金项目：本文为中国工程院咨询项目“新一代工业互联网安全技术发展战略研究”的研究成果，项目编号：2020-XZ-2。

#### 作者简介：

李 姗（1992-），女，河北衡水人，工程师，硕士，现就职于中国信息通信研究院，研究方向是工业互联网安全、车联网安全。

杜 霖（1990-），女，北京人，工程师，硕士，现就职于中国信息通信研究院，研究方向是工业互联网安全。

李 文（1995-），女，河北沧州人，工程师，硕士，现就职于中国信息通信研究院，研究方向是车联网安全。

#### 参考文献：

- [1] 中共工业和信息化部党组. 坚定不移建设制造强国和网络强国[J]. 求是, 2020 - 11 - 16 (22) .
- [2] 李强, 田慧蓉, 杜霖, 等. 工业互联网安全发展策略研究[J]. 世界电信, 2016, (4) : 16 - 19.
- [3] 工业互联网产业经济发展报告[R]. 北京: 中国信息通信研究院, 2020.
- [4] Prospects for Global IT Services in 2018[R]. America: Gartner Group, 2018.
- [5] 贺倩. 新型基础设施建设发展中的内生安全技术研究[J]. 信息通信技术与政策, 2020, (10) : 84 - 87.

# 征稿 启事



《自动化博览》是由中国科学技术协会主管、中国自动化学会主办的专业性资深期刊，1983年创刊，月刊。作为自动化领域的权威媒体，《自动化博览》已扎根自动化行业数十年，始终活跃在自动化产业的前沿，致力于自动化领域的专业报道，集中代表和反映我国自动化技术发展的整体水平和应用进展。为了使报道更有价值，为了让传播更有力量，本刊面向自动化各领域诚征稿件。

## 稿件方向 |

- \* 智能制造
- \* 工业互联网、工业物联网、工业智联网
- \* 边缘计算、云计算、工业大数据
- \* 工业软件
- \* PLC、PAC、IPC、PC-based及嵌入式系统
- \* RTU、SCADA远程监控系统
- \* 先进控制
- \* 新一代DCS、FCS控制技术
- \* 过程优化
- \* 工业安全（机械安全、功能安全、工业控制系统信息安全）
- \* 机器视觉
- \* 工厂信息化
- \* 仪器仪表、传感器
- \* 变频调速、运动控制
- \* 工业通讯（现场总线、工业以太网、工业无线通讯）
- \* 机器人
- \* 人工智能技术及应用
- \* 区块链、量子计算
- \* 数字孪生、平行智能
- \* 智慧能源、智慧城市
- \* 智能化技术的思考与探讨
- \* 制造企业智能转型策略思考
- \* 自动化企业在工厂自动化领域发展策略思考
- \* 自动化企业在过程工业发展的策略思考

## 稿件要求 |

1. 文章理论与实践并重、产研结合；面向工程、突出实用。
2. 来稿应包括：中、英文标题；中、英文摘要及关键词；作者姓名、单位、简介；参考文献；作者的详细通讯地址和联系方式。
3. 字数要求：论文字数3000~5000字。
4. 图片要求：清晰，分辨率不低于300万像素。
5. 编排要求：word2003以上版本编排正文。

## 投稿方式

邮箱：bjb@kongzhi.net  
电话：010-62669087  
地址：北京市海淀区上地十街辉煌国际5号楼1416



文献标识码: B 文章编号: 1003-0492 (2021) 05-120-04 中图分类号: TP273

# 煤粉锅炉负荷控制与燃烧优化技术研究与应用

Research and Application of Coal Powder Boiler Load Control and Combustion Optimization Technology

★张国民, 王彦飞 (国家能源集团宁夏煤业有限责任公司煤制油分公司, 宁夏 银川 750411)

★李金 (北京和隆优化科技股份有限公司, 北京 100096)

**摘要:** 作为化工企业的动力源, 母管制锅炉的原有控制系统 (DCS) 已无法满足供汽量的快速响应、燃料热值变化自适应控制等多工况智能处理。针对该问题, 煤制油分公司动力站引入先进控制系统 (RASO), 通过煤粉锅炉燃烧优化系统, 实现稳定供汽母管压力, 达到节能减排、减轻劳动强度的目的。

**关键词:** 煤粉锅炉; 先进控制; 负荷控制; 燃烧优化; 脱硫脱硝

**Abstract:** As a power source for chemical enterprises, the original control system (DCS) of the parent control boiler has been unable to meet the intelligent processing of multiple operating conditions such as rapid response of steam supply and adaptive control of fuel calorific value changes. In view of this problem, the advanced control system (RASO) is introduced in the power station of the coal-to-oil branch company. Through the pulverized coal boiler combustion optimization system, the pressure of the steam supply tube can be stabilized to achieve energy saving, emission reduction and labor intensity reduction.

**Key words:** Pulverized coal boiler; Advanced control; Load control; Combustion optimization; Desulfurization and denitrification

## 1 引言

煤制油分公司动力站共有10台煤粉锅炉, 其中1~4号锅炉为带再热系统的600t/h锅炉, 5~10号锅炉为不带再热640t/h锅炉, 均为母管制运行, 管网压力为11.75MPa, 各锅炉未能实现负荷自动协调, 给煤控制、送风控制均为手动操作, 当燃料热值发生变化时, 尤其是掺烧燃料气时, 均靠人工经验调整, 加之脱硫脱硝大部分为手动控制, 无法适应复杂的工况变化, 导致NO<sub>x</sub>浓度及SO<sub>2</sub>浓度控制效果不佳, 环保压力大。基于以上情况, 公司引入了先进控制系统 (RASO), 分别对锅炉、脱硫脱硝系统等进行优化改造。通过煤粉锅炉燃烧优化系统, 实现了锅炉给煤自动控制, 以及风煤比优化运行, 达到提高自控率、降低吨蒸汽煤耗、满足环保考核要求等目的。

## 2 RASO总体框架及功能

RASO优化控制系统是北京和隆优化科技股份有限公司对流程工业优化控制系统平台的简称。针对该项目所开发的大型母管制锅炉群控及其蒸汽管网系统, 是由公司八大核心技术及多种成熟产品集成而得, 系统整体框架如图1所示。

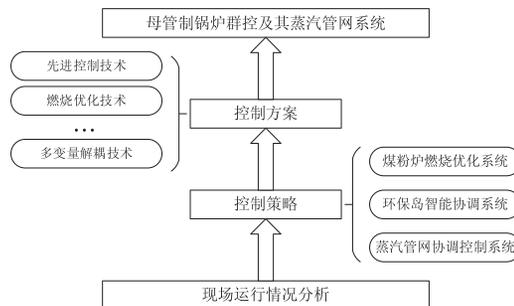


图1 控制方案总体框架

控制系统主要功能:

- (1) 采用煤粉炉燃烧优化技术, 实现单炉燃烧优化, 以适应不同燃料热值的变化, 降低吨蒸汽煤耗;
- (2) 采用环保岛智能协调技术, 实现智能卡边控制, 满足排放要求;
- (3) 采用蒸汽管网协调控制技术, 实现锅炉负荷智能分配, 快速响应热用户负荷变化, 维持母管压力稳定。

本文主要研究煤粉锅炉负荷控制与燃烧优化技术, 因此, 分别从煤粉锅炉先进控制与燃烧优化两个技术点进行阐述说明。

## 3 煤粉锅炉负荷控制策略研究

单炉燃烧系统控制与优化的难点主要在给煤量的控

制与燃烧优化<sup>[1]</sup>。给煤控制系统可由操作人员根据锅炉运行状态,选择单台锅炉控制模式,模式一:压力控制为主,负荷补偿为辅,管网负荷协调为可选前馈;模式二:单炉负荷控制为主,汽包压力前馈抑制外扰为辅,管网负荷SP增量为可选前馈。以上两种模式均分别通过掺烧煤气软测量模型和煤质修正模型,来自适应燃料热值的变化,以满足不同工况下的稳定燃烧。快速升降负荷功能可满足蒸汽管网异常波动情况下,大幅度的快速负荷变化。控制策略示意如图2所示。

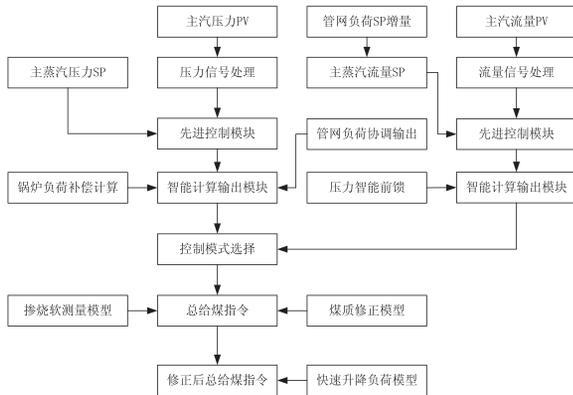


图2 给煤量控制方案

控制器输出的总煤量按跟踪平均分配的方法分配给4台给煤机,即未投自动时,给煤机控制器输出跟踪给煤机手动操作指令,投入自动后控制系统将增减的给料量平均分配给4台给煤机,由控制器自动输出控制指令,实现燃烧优化系统控制下给煤机控制的手/自动无扰切换与控制。

在单台给煤机控制中,操作工可以根据设备情况,选择可以投入自动控制的给煤机将其投自动,RASO系统会根据每台给煤机的手/自动状态,识别投入自动的给煤机,实现总给煤量自动分配调节,不投自动的给煤机由操作工手动操作。

## 4 多变量燃烧优化算法研究

在RASO系统,燃烧优化技术是基于自寻优算法,结合多变量非线性拟合原理,实现对煤量、风量,以及各重要运行参数的同步优化技术,同时,对最佳氧量、送风量、一次风压以及二次风门、燃尽风门等各优化参数进行优化边界限制,且优化边界参数采用不同燃烧负荷状态下的可调整动态边界,使其能在工况稳定的情况下采用小范围稳定调整,变工况条件时采用变工况快速安全调整,以确保整个优化过程的稳定性与快速性。

燃烧优化系统原理如图3所示,关键技术有多变量自寻优算法、锅炉效率计算模型,而优化目标的确定也是该文章研究的主要内容。

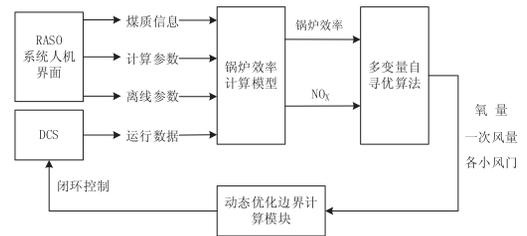


图3 燃烧优化系统原理图

### 4.1 多变量自寻优算法

多变量自寻优算法是实现燃烧优化的核心技术,优化算法执行流程如图4所示。

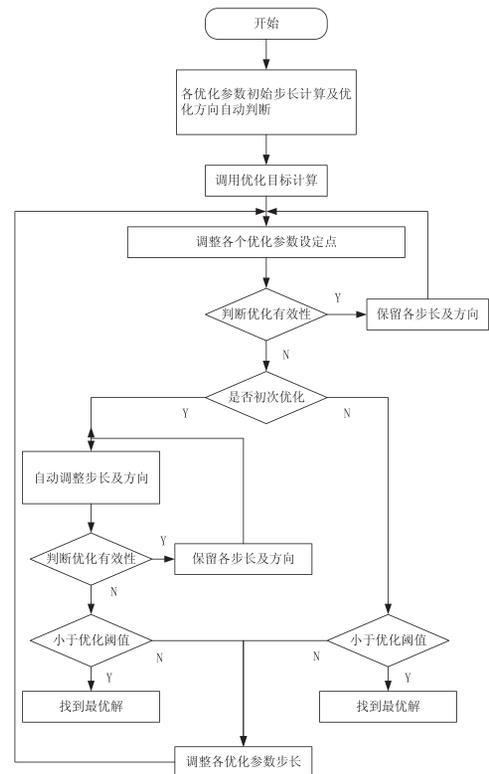


图4 自寻优算法流程图

算法里面还涉及到一些细节处理,如优化陷阱的避免、快速优化与稳定性的协调、测量坏值的自动处理等<sup>[2]</sup>。

### 4.2 锅炉效率在线计算

采用基于简化的反平衡锅炉效率计算模型<sup>[3]</sup>,结合飞灰软测量模型,实现了锅炉效率的在线计算功能,已知锅炉反平衡计算公式如式(1)所示:

$$\eta = 100 - (q_2 + q_3 + q_4 + q_5 + q_6) \quad (1)$$

式中： $\eta$ —锅炉热效率%； $q_2$ —排烟热损失百分率%； $q_3$ —可燃气体未完全燃烧热损失百分率%； $q_4$ —固体未完全燃烧热损失百分率%； $q_5$ —锅炉散热损失百分率%； $q_6$ —灰渣物理热损失百分率%。

简化过程如下：

(1) 原公式中所需的煤质信息，由常用煤质信息代替，且考虑掺烧燃气热值的影响；

(2) 其他离线化验数据，如大渣含碳量、飞灰含碳量等，均采用以往试验数据分析相关性，通过模型简化，得到氧量与各自的对应关系式，以#2锅炉为例，取样26组数据，部分试验数据如表1所示。

表1 部分样本列表

编号	烟气氧量 (%)	飞灰含碳量 (%)	灰渣含碳量 (%)
1	2.81	1.32	0.85
2	2.92	1.15	0.84
3	2.89	1.38	0.65
4	2.82	1.37	0.26
5	2.93	0.96	0.64
6	3.06	0.69	1.1

通过数据分析剔除异常数据组，最终采用20组样本数据进行线性拟合，样本点分布如图5、图6所示。

氧量-飞灰含碳量拟合曲线

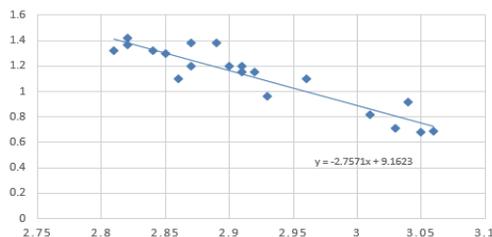


图5 氧量关系拟合曲线

氧量-灰渣含碳量拟合曲线

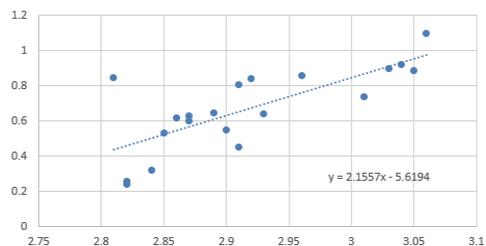


图6 氧量-灰渣拟合曲线

通过线性拟合后，得到氧量-飞灰含碳量关系如式

(2) 所示，其中 $0 < y_1 < 5$ ：

$$y_1 = -2.7571x + 9.1623 \quad (2)$$

通过线性拟合后，得到氧量-灰渣含碳量关系如式

(3) 所示，其中 $0 < y_2 < 3$ ：

$$y_2 = 2.1557x - 5.6194 \quad (3)$$

将(2)、(3)关系式带入至锅炉效率计算公式

(1) 中，不仅弥补了离线化验数据的滞后性，同时，又能满足燃烧特性的正确相关性，达到锅炉效率计算的精度要求。

(3) 其他参数基本来自于DCS运行数据，如环境温度、排烟温度、烟气氧量、实际蒸发量、空预器进口风温等。

通过以上方式处理，计算得到的锅炉效率可作为燃烧优化的基本目标之一。

### 4.3 燃烧优化目标函数确定

当煤量控制能满足负荷、压力，以及燃料热值变化时，风量的合理跟随则是燃烧优化的基本要求，选择合适的燃烧优化目标，是衡量煤粉锅炉送风控制及配风优化的关键环节<sup>[5]</sup>。在建立目标函数时，主要从锅炉的高效率、氮氧化物的低排放、兼顾考虑锅炉的高效率和氮氧化物的低排放量这三个方面考虑，设计优化目标公式如式(4)所示：

$$J_{\max} = a \times \text{eff} + (1 - a) \times (1 - NO_x) \quad (4)$$

式中： $J_{\max}$ 为目标函数； $a$ 为权重， $0 \leq a \leq 1$ ，取决于对锅炉效率和排放物的关注程度； $\text{eff}$ 为归一化后的锅炉效率； $NO_x$ 为归一化后的氮氧化物。

将此优化目标函数带入4.1节多变量自寻优算法中，作为最终的优化目标，以实现长期稳定的燃烧优化调整。

## 5 运行效果分析

在动力站的两种炉型中，分别使用和隆优化的RASO系统后，可以自控率达到90%以上的准无人优化运行，母管蒸汽的波动范围大幅度减小，氧量、 $NO_x$ 、 $SO_2$ 小时均值等参数控制也更加稳定，达到了预期的控制要求，以#3锅炉为例，具体的运行参数曲线对比如图7~10所示。

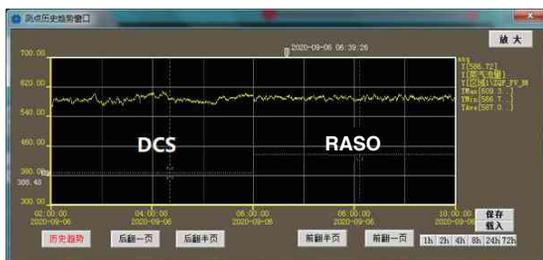


图7 锅炉负荷趋势对比

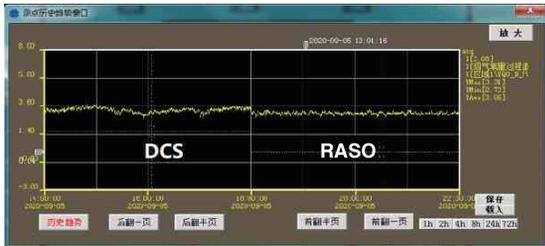


图8 氧量趋势对比

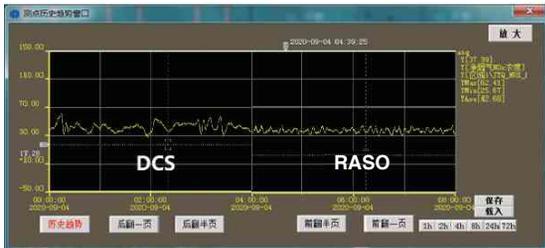


图9 氮氧化物趋势对比

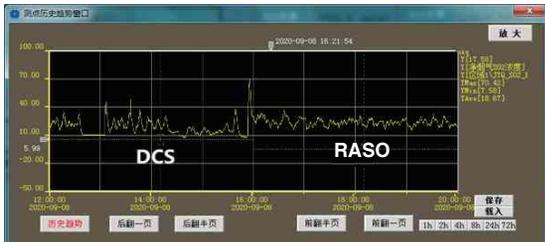


图10 二氧化硫趋势对比

以#2锅炉为例，分别在DCS和RASO系统状态下，重要参数及性能对比如表2所示，采样数据为考核期间任意8小时运行对比值。

表2 主要参数控制性能对比表

序号	参数	单位	DCS控制	RASO控制
1	主汽压力	MPa	±0.2	±0.15
2	锅炉负荷	t/h	±15	±10
3	汽包水位	mm	±30	±20
4	主汽温度	°C	±5	±4
5	烟气氧量	%	±1.5	±1
6	炉膛负压	Pa	±50	±40
7	NO <sub>x</sub> 小时均值	mg/Nm <sup>3</sup>	±5	±3
8	SO <sub>2</sub> 小时均值	mg/Nm <sup>3</sup>	±6	±4
9	吨汽煤耗	kg/t	145	142

#### 参考文献:

- [1] 井佩斌. 母管制电厂锅炉燃烧系统的智能优化控制策略[M]. 哈尔滨理工大学硕士论文. 2016.
- [2] 高瑞峰, 于现军. BCS技术在煤粉炉上的应用[J]. 冶金能源, 2015 (3): 57 - 59.
- [3] 应明良, 吕洪坤等. 基于实时数据库的电站锅炉热效率在线计算方法[J]. 浙江电力, 2019 (7): 92 - 95.
- [4] 丁支平, 刘超等. IGSA-LSSVM软测量模型预测燃煤锅炉NO<sub>x</sub>排放量[J]. 计量学报, 2018 (3): 414 - 419.
- [5] 张亮. 母管制锅炉单炉燃烧优化及多炉协调控制方法研究[M]. 黑龙江大学硕士论文. 2018.

改造后的总体效果如下:

(1) 实现煤粉锅炉长期全自动优化运行，投运率大于98%;

(2) 八台运行锅炉脱硫脱硝控制回路均能投入自动，且NO<sub>x</sub>小时均值均达到R±3mg/Nm<sup>3</sup>以内，SO<sub>2</sub>小时均值达到R±4mg/Nm<sup>3</sup>;

(3) 在考虑煤质的情况下，#2锅炉节能率为2.3%，#6锅炉节能率为1.5%。

## 6 结语

随着工业规模的迅速扩大、行业竞争的日趋激烈，大型化工企业的动力站对设备安全性的要求越来越高，这就要求母管制机组的热电厂对于供给的蒸汽品质要有更高的保证，简单地依靠操作管理人员频繁手动调节蒸汽负荷，既增加劳动强度又无法可靠地保证供热品质，采用北京和隆优化控制系统可以很好地解决多炉多机系统的耦合，解决锅炉之间的互扰，快速响应锅炉汽机以及用户负荷的变化，稳定蒸汽母管压力，提高供热品质，解决母管制机组多年来的困扰，带来经济效益和社会效益。AP

#### 作者简介:

张国民 (1975-)，男，甘肃张掖人，高级工程师，硕士，现就职于国家能源集团宁夏煤业有限责任公司煤制油分公司，主要研究方向是工业自动化。

王彦飞 (1976-)，男，宁夏银川人，高级工程师，学士，现就职于国家能源集团宁夏煤业有限责任公司煤制油分公司，主要研究方向是大型化工厂控制系统优化。

李金 (1986-)，女，陕西西安人，中级工程师，硕士，现就职于北京和隆优化科技股份有限公司，主要研究方向是高级智能控制、优化控制、大系统协调方向。

文献标识码: B 文章编号: 1003-0492 (2021) 05-124-03 中图分类号: TP306

# 服务器运维和巡检工作之我见

## My Opinion on Server Operation, Maintenance and Inspection

★郑邦甲 (上海华谊信息技术有限公司, 上海 200080)

**摘要:** 服务器和相关设备的运维巡检工作是一项综合性很强的工作, 需要服务器运维人员全身心投入, 认真做好各方面的工作。需要关注服务器硬件及软件运维巡检的注意事项, 在巡检过程中发现的故障和问题要及时解决。需要遵循公司为保障运维巡检有序进行而制定的规章制度。服务器运维人员要做好巡检工作, 还必须保持学习。

**关键词:** 服务器; 运维; 巡检

**Abstract:** In order to do a good job in the operation and maintenance inspection of servers and related equipment, the server operation and maintenance personnel need to do a good job in all aspects of the work, which is a highly comprehensive work and requires wholehearted devotion and conscientious completion. Attention should be paid to the precautions of server hardware operation and maintenance inspection. The faults and problems found in the inspection process should be solved in time and the rules and regulations formulated by the unit to ensure the orderly operation and maintenance inspection should be followed. And for the sever operation and maintenance personnel, only through lifelong learning can the inspection work be better completed.

**Key words:** Server; Operation and maintenance; Inspection

服务器巡检是一项非常重要的工作, 是维护服务器、是现代信息行业的基石, 是一切基于其之上服务稳定运行的基本保障。

作为一家为各个企业和一些合作单位提供服务器运维和巡检的计算机企业, 公司有着齐全的计算机设备, 多个机房分布在本市多处。这些都需要运维人员做好对这些服务器的运维和巡检相关的工作。企业离不开服务器, 服务器离不开运维人员。现就服务器运维巡检工作中的几项注意事项, 试与同行进行探讨和交流。

## 1 服务器硬件运维巡检的相关注意事项

服务器硬件是企业对外提供服务所必须的基础设施, 如机房建筑结构上的等电位保护措施、防雷设施、

等电位连接设施、机房防雷装置、机器自身的防雷和防静电接地线等防雷装置, UPS冗余电源和机器自身的双电源甚至更多电源的冗余电源装置, 精密空调和冷风通道、散热风扇和导风条等冷却散热系统, 环境监控系统、视频监控系统, 机房门禁系统和七氟丙烷气体灭火系统等环境、监控、门禁和防火系统等。这些关联在一起, 以保证机房硬件设施的安全稳定。

服务器机房硬件运维和巡检十分重要。当运维人员进入机房以后, 要及时观察机房环境。发现问题或故障要及时记录, 并及时做出响应。

机房环境是否有故障以及故障情况, 运维人员在巡检时要及时填入服务器巡检表格, 以备今后查看和存档。

确认机房安全状态后, 运维人员应及时巡检自己职责范围内的服务器、交换机、路由器等一系列硬件设施, 观察指示灯状况是否正常, 是否有硬盘故障、网线故障、电源故障等, 是否有异响异味甚至其他危险征兆。

出入机房要用门禁卡来验证, 必须做好门禁卡分发和管理的工作, 门禁卡由公司专人负责。外来人员进入机房办事, 必须由负责此项工作的运维人员带领进去并全程陪同, 以保证人员和设备的安全, 离职员工门禁卡权限应当及时注销。

在机房进行运维和巡检时, 运维人员必须要预防触电事故, 尽可能地减少和避免热插拔和非正常关机等非正常操作, 避免不遵守操作规程的做法和行为, 将可能对服务器硬件造成的损伤和破坏降到最低。

硬件巡检看似简单重复, 但必须有强烈的责任心, 专注地做好, 丝毫不能懈怠, 这样才能最大限度地保证机房和服务器设施以及巡检人员自身的安全。

## 2 服务器软件方面巡检的注意事项

运维人员除了负责机房及服务器硬件设施的运维

和巡检，还要远程连接到服务器上进行服务器软件设施等软件方面的运维和巡检。

服务器软件虽然没有实体，但它也在为用户提供服务。本公司的远程巡检原来是通过系统远程登录进行的，只要知道用户名和口令，运维人员就能够轻松登录上去，操作较为方便。但原先在公司以外的外网以及公司内部某些区域是直接通过云桌面或VPN或跳板机来登录的，有一定安全风险。

近年来为保护关键公司的重要数据安全，国家加强了等级保护等措施。笔者所在公司作为重要国企，对这方面的安全进行升级，统一采用堡垒机进行安全登录，实施任何远程运维操作，都必须通过堡垒机作为跳板，而不是远程桌面直连。

堡垒机可以记录下每个用户登录的全部过程，以便在出现问题时进行追溯和理清责任。

运维人员进行在线或机房软件巡检时，应按规定进行，并及时做好记录。

巡检中发现问题，要第一时间和相关负责的同志以及相关领导同事进行沟通交流，如有必要，共同开会研究解决方案。

### 3 在巡检过程中发现的故障和问题要及时处理

运维人员进行服务器硬件设备和软件系统的巡检时，不仅是为了巡检而巡检。更是要带着让系统更安全更稳定和保证系统安全稳定运行的目的去进行巡检。

运维人员在进入机房巡检时，应当全神贯注地注意每个细节。在远程进行服务器软件巡检时，应当注意软件系统的各个细节，如服务器的CPU使用率、内存使用率、磁盘空间使用率、各硬件温度等，一旦发现异常或超出阈值就要及时处理。

在公司的巡检工作过程中，笔者曾多次在第一时间发现服务器系统出现故障，并及时将其解决，以及联系其他同事和领导讨论和启动应急预案解决问题。巡检工作过程中及时发现、及时响应，避免了公司的损失。

在巡检中发现问题，接下来解决这些问题。如发现的是简单的小问题，可以按照惯常的操作方法来解决。如冗余电源和网线亮红灯插拔、机器死机故障重启等，及时做好故障处理记录。

当暂不能解决问题，就需要自行研究解决方法，

尝试排除故障，并且和相关同事或领导等人一起研讨解决方案，紧急处理，持续跟进，直到把问题彻底解决。并记录解决此类问题的方法和过程，以为今后解决同类问题提供经验。

而当遇到超出常规的特殊故障，运维人员会动用应急预案及时进行处理和解决。应急预案规定了各个系统恢复响应所需的时间限额，在这范围内解决故障可以有效保证系统的正常运行，把故障造成的损失降到最低限度。

当运维人员需要和厂商、供货商，以及外单位人员等外部力量来解决问题时，则由运维人员或公司领导联系他们进行确认，说明问题或需求，并通过远程和机房现场连接测试以及现场测试等，对这些故障进行跟进处理。

服务器运维巡检操作如果涉及到对现有配置的修改，在工作时间不得影响用户业务和发生重大事故，对于影响用户业务的操作应遵守如下运维操作纪律和规范：

三个禁止：

- 禁止白天对设备进行中断业务的操作；
- 禁止没有方案下进行中断业务的操作；
- 禁止没有通知上级领导私自进行中断业务的操作。

七个必须：

- 操作必须得到业务组长的确认；
- 操作前必须对当前配置进行记录或备份；
- 操作过程中必须确认操作的准确性；
- 操作后必须进行业务验证和相应测试；
- 操作后必须监控设备运行状态，存在新增告警或异常的需进行记录和分析原因；
- 操作后出现业务中断2小时以上且不能恢复业务的，必须上报领导说明情况；
- 操作后必须及时反馈并记录操作结果。

服务器巡检操作应准备充分，包含以下要求：

(1) 稳定的网络环境：服务器巡检应尽量在公司内网进行，对于中断业务的操作，原则上不可通过VPN进行远程操作；

(2) 被批准的操作方案：对于重大操作影响或中断业务的，方案中应包括应急回退方案；

(3) 登入设备的用户账号和权限：操作前需确保开通登入相关设备的用户账号和相应权限；

(4) 进入机房的权限申请：如有必要，需提前向设备所属物业公司申请进入许可，进入时需携带相关证件；

(5) 其他外部设备：根据业务需要应提前准备相关外设，包含不限于笔记本电脑、U盘、Console连接线、USB-网口转换线、网线测试仪、网线和网线钳等。

除此之外，公司还根据客户需要在多个客户公司派驻了运维人员，并对托管机房的服务器进行巡检。

托管机房所在地常常远离日常工作地点，公司会定期指派工程运维人员定期赶往这些机房进行巡检，由于巡检是在不影响其他工作正常开展的情况下进行，这对外派运维人员的业务能力也有更高的要求。

外派的运维人员一旦遇到无法解决的非常规超常规的问题，必须第一时间和公司其他运维人员以及领导联系，共同解决问题。

运维巡检工作看似简单重复，实际上也会有突发情况。发现问题不但要及时解决，还要和其他人员共同解决，并做好各项记录。

凡事预则立，只有事先做好了应急预案，才能更好地解决突发问题。

处理巡检中发现的故障和问题，维护系统有序运行，是运维人员的职责所在。

## 4 应当遵循公司制定的运维巡检工作相关的规章制度

运维人员开展工作要遵循公司的规章制度。制定和遵循这些规章制度是为了更好、更有条理、更有序地完成企业的工作。

公司已经制订的各项规章制度，有时也会根据业务的变化来进行修改。随着业务的发展，公司的客户数量不断增加，需要新增服务器、新增精密空调，增大精密空调的功率、配电柜的功率，以及增加机柜和机房的数量和容量。这些设备扩容时需要停止部分服务，业务暂时缩减，要拆除服务器或把服务器另做他用。在这些过程中有时需要帮客户搬迁机器，以及搬迁公司自己的机房机器，比如2018年的某企业服务器大搬迁，从吴泾地区搬到了上海金山石化区。

过程中牵涉到机器设备安全、数据安全、人员安全等一系列问题。服务器在搬迁过程中不能受到过大的震动，过大震动会导致硬盘损坏或内存条松动影响开机，甚至丢失用户数据。在搬迁之前要备份部分用户关键数据。这一切都必须遵循公司的规章制度有序开展业务。

公司的机房设备增减以及机房扩容等牵涉到硬件安全、成本的计算、人员的管理等，这都需要一系列制度来进行保障。

服务器机房是一个庞大复杂的系统，它的稳定运行需要严格遵循规章制度的建设来规范人/物等各方面因素，从而推进这些工作的顺利和有序进行。

公司规章制度《信息系统运维管理办法》，其中包括信息系统运维支持组织和职责、信息安全管理、关键岗位管理、账户和权限管理、密码口令管理、网络和访问管理、配置和备份管理、资产安全和备件管理、安全审计等。

## 5 运维人员要做好巡检工作，需要终身进行学习

计算机行业变化发展很快，新技术、新方法、新设备层出不穷，计算机硬件行业的快速发展，也带动了软件行业的快速发展。服务器领域各种设备每隔几年就会更新一代。由于服务器设备的寿命很长，持续使用时间很长，公司里既有老的服务器也随时会增加新的服务器，新老服务器之间协同工作可以达成性能和成本的最佳平衡。服务器运维人员为了做好运维工作，既需要掌握老服务器的运维知识，也需要掌握新服务器的运维知识。

人的年龄在增长，随着终身学习知识和积累经验，运维人员进行运维工作的理论和实践经验只会越来越丰富，从而更好地进行运维工作，把公司的业务做得更好。

服务器运维人员做好巡检工作，需要关注服务器硬件运维巡检的注意事项，软件在巡检过程中发现的故障和问题要及时解决。需要遵循公司为保障运维巡检有序进行而制定的规章制度，还必须终身进行学习。

服务器运维和巡检看似很简单，但实际上却并不容易。维护服务器作为现代信息行业的基石，是一切基于其之上服务稳定运行的基本保障。AP

### 作者简介：

郑邦甲（1984-），男，江苏赣榆人，学士，现就职上海华谊信息技术有限公司，研究方向是计算机。



可修改信号类型, 精度高, 稳定性好, 带HART通讯或485通讯



国家高新技术企业  
国家火炬项目计划



院士专家工作站



国家重点新产品



国家知识产权  
优势企业



国家标准  
主要起草单位



功能安全认证



ISO9001国际质量  
管理体系认证



两化融合  
管理体系认证



CE认证



中国国家  
强制性产品认证



国际HART基金会成员

### 智能温度变送器

[WWW.HRGS.COM.CN](http://WWW.HRGS.COM.CN)

产品品种:

- NHR-213智能温度变送器(圆卡)
- NHR-214隔离智能温度变送器(圆卡)
- NHR-215HART智能温度变送器(圆卡)
- NHR-216/217LCD智能温度变送器
- NHR-218/219LCD(HART)智能温度变送器
- NHR-212线性电阻(磁翻板)变送器
- NHR-211一体化(赫斯曼)温度变送器



产品特点:

- 高精度测量方式:基于高精度AD转换器和低温漂RTC,温度测量精度达0.1%FS。
- 灵活组态方式:设计USB组态接口,可通过PC实现温度测量信号类型、输入量程的在线修改。
- 依据国际工业标准,安装螺丝、弹簧采用半锁状态设计,即可便于用户安装,又满足产品抗震要求,该结构属国内首创。
- 壳体设计方式:采用上下分色,上端为双曲面型设计,下端形似莲花,外形端庄典雅。
- 温度表头配套方式:通过椭圆形安装孔可安装在33-36mm的温度表头上,可实现温度信号传输。
- 灵活多样的传输方式:两线制电流输出、HART(国际HART基金会成员)通讯输出、RS485输出。
- 可靠的工作方式:产品在宽温、宽湿的环境下能连续的正常工作的。
- 较高的防护等级:壳体依照V0阻燃等级设计制造。



# 引领通信变革 精益智控未来

## 和利时光纤总线智能 IO 系统

### 无源光纤传输技术

通过复杂电磁环境信号无衰减，星型网络架构具有故障隔离、灵活可靠、便于维护等特点

### 智能化软件、精益化硬件

多功能 IO 终端现场前置，软件识别多种信号类型 (AI、AO、DI、DO、PI、SOE)

### 符合国际认证与标准

系统符合 CE、IEC、ATEX、G3、IP66 等国际标准支持应用于现场侧危险场所 Zone2

### 多种场景灵活应用

高防护、高可靠智能终端，信号通道路路隔离支持 P+F 防爆安全栅系统性隔离输入输出信号支持高速 HART Modem 协议



30%

仪表总成本  
减少 30% 以上

70%

机柜间面积  
减少 70% 以上

50%

仪表项目周期  
缩短 50% 以上

节省

人力资源  
大量节省

和利时集团

北京经济技术开发区地盛中路 2 号院 邮政编码: 100176  
电话 (Tel): 010 - 58981000 传真 (Fax): 010 - 58981100  
网址 (Web): www.hollysys.com



 HollySys