上海交通大学中国质量发展研究院

工作简报

【2024 年 8 月 1 日-2024 年 8 月 31 日】

—— 新闻动态

❶ 中国消费品质量安全促进会二届五次理事会在京召开

❷ 市场监管总局部署开展深化信用提升助力经营主体高质量发展三年行动

❸ 市场监管总局部署开展深化信用提升助力经营主体高质量发展三年行动

❹ 民生领域反垄断执法专项行动暨执法办案推进座谈会在杭州召开

❺ 市场监管总局加快构建信用监管标准体系

—— 工作简讯

❶ 中国质量发展研究院举办“推进新型工业化中的质量和品牌发展路径”专题论坛

❷ 中国质量发展研究院参与举办第四届海洋装备发展战略论坛暨 2024 年第 1 期青年智库学者沙龙

—— 学者声音

❶ 2023 年中国国际服务贸易交易会打击侵权假冒高峰论坛举办

❷ 彭瑜 | 虚拟化，自动化的一个关键趋势

中国消费品质量安全促进会二届五次理事会在京召开

中国消费品质量安全促进会二届五次理事会在京召开-中国质量新闻网

7 月 31 日，中国消费品质量安全促进会（简称中消会）二届五次理事会在京召开。中消会首任理事长，原质检总局党组书记、局长李长江，市场监管总局党组成员、副局长，国家标准委主任田世宏出席会议。中消会理事长张沁荣致辞。

会议指出

中消会成立 10 年来，积极发挥桥梁纽带作用，汇聚广大会员的智慧与力量，开展了一系列卓有成效的工作。单位会员达 800 余家，在汽车及后市场、儿童用品、消费类电器、家居生活、消防、食品、碳中和 8 个领域设立分支机构。连续 10 年承办消费品质量安全“进社区、进校园、进乡镇”消费者教育活动，广泛开展科普宣传，覆盖上千万人次。承担“老年产品”“进出口商品质量”等政府课题项目近 50 个。发布团体标准超过 150 项，举办 100 多场行业交流活动。

会议强调

站在新的起点，中消会要发挥会员单位质量引领、科技创新的优势，在产业研究、标准制定、行业自律、社会监督等方面发挥作用，引导规范消费品第三方测评，号召会员单位主动公开质量承诺，压实企业质量主体责任，推进质量安全社会共治。会议期间，中消会食品高质量发展战略咨询专家委员会正式成立。

市场监管总局部署开展深化信用提升助力经营主体高质量发展三年行动

市场监管总局部署开展深化信用提升助力经营主体高质量发展三年行动

近日，市场监管总局印发《全国市场监管系统深化信用提升助力经营主体高质量发展三年行动方案（2024—2026）》。这是市场监管总局贯彻落实党中央、国务院关于完善社会信用制度决策部署的具体举措，也是加快建设以信用为基础的新型监管机制、营造诚信经营的信用环境、助力经营主体高质量发展的系列政策。

此次专项行动以提升经营主体发展质量为着力点，旨在构建市场监管系统信用服务发展的长效机制，加快建设市场信用环境。《方案》提出，通过开展固本强基、提质增效、开拓创新三个主题年活动，力争到 2026 年底，市场监管系统信用建设长效机制进一步完善，信用监管服务高质量发展能力进一步增强，经营主体诚信意识和信用水平持续提升，“知信、守信、用信、增信”的信用环境基本形成。

《方案》明确 13 项重点任务。一是健全信用修复，规范市场监管信用修复制度，加强信用修复的告知和指导，提供便捷的信用修复服务。二是规范失信惩戒，健全完善经营异常名录、严重违法失信名单管理制度和联合惩戒机制。三是拓展信用风险分类管理，深入推进企业信用风险分类管理，在“双随机、一公开”监管中常态化运用信用风险分类结果，推动实施个体工商户信用风险分类管理。四是推行柔性监管，最大限度实现“无事不扰”，对新产业新业态新模式的经营主体，采取包容审慎监管。五是推

行守信激励，加强市场监管信誉信息公示，不断丰富守信激励在市场监管领域的运用场景，推动企业信用同盟常态化运行。六是完善信用承诺，编制市场监管信用承诺事项清单，完善事前信用承诺与事中事后监管衔接机制。七是深化信用合规，制定信用合规建设指南，利用国家企业信用信息公示系统开展提示服务，鼓励和引导经营主体从多方面加强信用合规建设，提高经营主体信用合规能力和市场竞争力。八是推动标准建设，加快构建经营主体信用监管标准体系，鼓励各地依法依规制定地方标准。九是加强信息归集整理，依托国家企业信用信息公示系统，记录覆盖经营主体全生命周期的信用状况，加强信息归集整理在监管和社会化场景中的应用。十是打造标注体系，建立经营主体标注体系、标注规则，推动经营主体标注体系在重点监管、跨部门综合监管等方面的应用。十一是开展“信用+”服务，拓展市场监管信用工具、信用信息的应用场景，加强部门、机构间信用信息共享合作。十二是助力民营经济发展，持续创新服务民营经济发展的信用机制，建立健全中小微企业和个体工商户信用评级和评价体系，加强大型企业逾期未支付款项情况公示和抽查工作，为民营企业提供发展便利。十三是加强诚信经营文化建设，开展涉及信用建设法律法规的宣贯，常态化组织开展以诚信经营文化、信用助企为主题的宣传活动，加大与社会组织的合作力度，推动信用共建共享共用。

《方案》强调，各级市场监管部门要深刻认识开展深化信用提升三年行动的重要意义，加强组织领导，强化统筹部署，加大探索创新力度，因地制宜细化落实举措。要稳步推进各项任务落地落实，及时总结成效经验，争取形成可复制可推广的工作经验，不断提升信用监管服务水平，助力经营主体高质量发展。

夯实标准计量工作基础 扎实推进碳达峰碳中和进程

专家解读文章之一丨夯实标准计量工作基础 扎实推进碳达峰碳中和进程

近日，国家发展改革委、市场监管总局、生态环境部等三部委联合印发《关于进一步强化碳达峰碳中和标准计量体系建设行动方案（2024—2025 年）》（以下简称《行动方案》），分别从标准和计量两方面对“十四五”后两年碳达峰碳中和标准计量工作作出具体部署，将进一步夯实相关工作基础，为积极稳妥推进碳达峰碳中和提供有力支撑。

一、深刻认识建设“双碳”标准计量体系的重要意义

习近平总书记高度重视“双碳”标准计量工作。2021 年 3 月，在中央财经委员会第九次会议上，习近平总书记指出，要实施重点行业领域减污降碳行动，工业领域要推进绿色制造，建筑领域要提升节能标准，交通领域要加快形成绿色低碳运输方式。要加强应对气候变化国际合作，推进国际规则标准制定，建设绿色丝绸之路。2022 年 1 月，在十九届中央政治局第三十六次集体学习时，习近平总书记强调，要健全“双碳”标准，构建统一规范的碳排放统计核算体系，推动能源“双控”向碳排放总量和强度“双控”转变。

我们要深入学习领会习近平总书记关于“双碳”标准计量工作的系列重要讲话精神，深刻认识建设“双碳”标准计量体系的重要意义。一方面，将有力支撑国内“双碳”工作。当前我国的碳达峰碳中和“1+N”政策体系已构建完成，“碳达峰十大行动”稳步推进，建设“双碳”标准计量体系，有利于将各地区、各部门的政策实践成效推动上升为标准规范，为积极稳妥推进碳达峰碳中和提供稳预期、利长远的重要制度保障，也有利于指导企业有针对性开展节能降碳升级改造，锻造新的产业竞争优势，为经济社会高质量发展提供绿色动能。另一方面，将有效应对国际低碳转型压力。当前全球气候博弈日趋激烈，气候议题与产业、贸易、金融等领域国际机制深度交织，我国相关行业领域发展日益承压。加快建设“双碳”标准计量体系，推动在

碳核算等领域实现标准互认，有利于切实维护我重点行业企业发展权益，保障重点产业持续健康发展。

二、认真领会《行动方案》部署要求

《行动方案》面向“双碳”目标要求，着眼于我国标准计量工作迫切需要解决的问题，系统提出了 16 项具体工作任务，呈现出以下五方面鲜明特点。

一是目标导向明晰。《行动方案》坚持定量和定性有机结合，坚持夯实基础和重点突破相结合，分别从标准和计量两方面提出了今明两年的阶段性工作目标。标准方面，《行动方案》按照系统推进、急用先行、开放协同的原则，围绕重点领域研制一批国家标准、采信一批团体标准、突破一批国际标准、启动一批标准化试点。提出 2024 年发布 70 项碳核算、碳足迹、碳减排、能效能耗等方面的国家标准，基本实现重点行业企业碳排放核算标准全覆盖。到 2025 年基本形成面向企业、项目、产品三位一体的碳排放核算和评价标准体系。计量方面，《行动方案》提出加强碳计量基础能力建设，完善碳计量体系，提升碳计量服务支撑水平。2025 年底前，研制 20 项计量标准和标准物质，开展 25 项关键计量技术研究，制定 50 项“双碳”领域国家计量技术规范，关键领域碳计量技术取得重要突破，重点用能和碳排放单位碳计量能力基本具备，碳排放计量器具配备和相关仪器检定校准工作稳步推进。

二是任务重点突出。根据碳达峰碳中和工作需要，按照需求导向、急用先行的原则，《行动方案》从标准和计量两方面明确了 16 项重点任务。标准方面，分类施策，从企业、产品和项目三个不同层面出发，加快碳排放核算、碳足迹和碳减排量核算等国家标准制修订。急用先行，加快推进重点行业碳排放核算标准规范制修订，服务全国碳排放权交易市场建设。统筹兼顾，修订提高传统高耗能行业能耗限额标准和产品能效标准，源头减碳；研制清洁生产评价系列国家标准，开展回收利用相关标准研制，过程降碳；推动碳清除技术标准攻关，末端固碳。计量方面，夯实基础，加强基础能力建设，布局建设一批计量标准和标准物质，做好计量器具检定校准工作。“软”“硬”兼施，既包括计量标准规范、国家温室气体排放因子计量实测验证平台等软件建设，也包括高精度多组分气体快速分析探测仪、光谱仪、国

产碳排放监测系统等硬件建设。创新突破，布局开展共性关键碳计量技术、重点领域计量技术等的研究。

三是重点领域突出。以火电、钢铁、石化、化工、有色、建材等为代表的传统行业是能源消耗和碳排放的重点领域，也是节能降碳的主战场。《行动方案》明确提出，修订提高钢铁、炼油、燃煤发电机组、制浆造纸、工业烧碱、稀土冶炼等重点行业单位产品能源消耗限额标准，全面提升能效水平。加快氢冶金、原料替代、热泵、光伏利用等关键碳减排技术标准研制，在降碳技术领域采信一批先进的团体标准。紧扣节能降碳重点领域发力，通过科技创新推动传统产业转型升级，《行动方案》提出，加快推进电力、煤炭、钢铁、有色、纺织、交通运输、建材、石化、化工等重点行业企业碳排放核算标准和技术规范的研究及制修订。推动加强火电、钢铁、水泥、石化、化工、有色等重点行业和领域碳计量技术研究。上述内容与“十四五”后两年节能降碳重点领域保持一致，靶向施治、同向发力。

四是注重全过程管理。《行动方案》遵循全生命周期管理理念，提出加强产品碳足迹碳标识标准建设。发布产品碳足迹量化要求通则国家标准，统一产品的碳足迹核算原则、核算方法、数据质量等要求。除了关注加工制造、清洁生产等过程性环节，《行动方案》还着眼末端回收处理和循环利用，提出要制定汽车、电子产品、家用电器等回收拆解标准；开展退役光伏设备、风电设备、动力电池回收利用标准研制；加快研制再生塑料、再生金属标准。这些与当前正在大力开展的大规模设备更新和消费品以旧换新政策有机衔接，将有力推动废旧设备和消费品回收利用等工作。

五是体现国际视野。在全球大力推进绿色低碳发展的背景下，《行动方案》对新能源汽车、光伏、锂电池等“新三样”产品碳足迹国家标准研制进行了部署，开展电子电器、塑料、建材等重点产品碳足迹标准研制。对标国际先进水平，修订升级工业通用设备、制冷和供暖设备、办公设备、厨房电器、照明器具产品能效标准，体现出良好的国际视野。面向国际，《行动方案》提出要充分发挥我国专家在国际计量和标准化组织中关键作用，不断提升我国在应对气候变化领域中的参与度和贡献度。持续开展国际标准适用性分析，在电动汽车、新

型电力系统、生态碳汇等领域提出一批国际标准提案，加强新领域新技术国际合作。

三、扎实做好“双碳”标准计量工作

碳达峰碳中和标准计量体系建设是一项复杂的系统工程，很多工作具有创新性、探索性，需要建立多方面协同机制，统筹推进相关工作。一是加强统筹协调。充分发挥国家碳达峰碳中和标准化总体组、全国碳达峰碳中和计量技术委员会及全国碳排放管理标准化技术委员会的作用，各有关部门加强协同联动，有效形成工作合力。同时，各级财政通过设立专项资金等方式加大对碳计量基础能力建设、基础通用和急用先行标准的支持力度，积极引导社会资本投入，为完善碳达峰碳中和标准计量体系提供充足的资金保障。二是加强宣贯培训。以重点用能和碳排放单位为重点，推动建立碳排放管理制度，设立岗位和人员。开展宣贯培训，在企业形成学标准、用标准的氛围，提升企业懂计量、会计量的意识和能力，为扎实开展标准计量工作提供有力保障。三是加强试点示范。碳达峰碳中和标准计量体系建设涉及面广、难度大，有很多创新性工作没有既往经验可循，需要开展先行先试。《行动方案》提出面向企业和园区开展标准化和碳计量试点，组织经验交流，积累经验后在更大范围推广。

总体看，《行动方案》深入贯彻党的二十大和二十届二中、三中全会精神，认真落实党中央、国务院决策部署，紧密契合碳达峰碳中和工作方向，明确了“十四五”后两年的标准计量工作重点。后续，通过各地区、各有关部门和单位的共同努力，标准计量工作必将稳妥有序推进，助力实现碳达峰碳中和目标，加快经济社会发展全面绿色转型。

民生领域反垄断执法专项行动暨执法办案推进座谈会在杭州召开

民生领域反垄断执法专项行动暨执法办案推进座谈会在杭州召开-中国质量新闻网

8 月 19 日至 20 日，民生领域反垄断执法专项行动暨执法办案推进座谈会在浙江省杭州市召开。

会议深入学习贯彻党的二十届三中全会精神，总结专项行动成效和经验，分析面临的新形势新任务，部署推进专项行动和反垄断执法办案工作。会议强调，今年以来，市场监管系统纵深推进专项行动取得阶段性进展和成效，要紧紧围绕构建全国统一大市场，切实强化反垄断监管执法，以专项行动为抓手，多措并举进一步加大反垄断执法办案力度，完善反垄断制度规则，推动形成更加公平、更有活力的市场环境，助力经济高质量发展，为推进中国式现代化贡献力量。

市场监管总局反垄断总监，总局相关司局、直属单位以及部分省级市场监管部门有关负责同志参加会议。

市场监管总局加快构建信用监管标准体系

市场监管总局加快构建信用监管标准体系

市场监管总局高度重视信用监管标准体系建设，今年 3 月，国家标准委批准《企业信用档案信息要求》等 6 项信用监管国家标准立项；8 月，市场监管总局印发第二批信用监管重点国家标准研制通知，部署《经营主体信用合规建设要求》等 6 项信用监管国家标准研制任务，信用监管标准体系建设进入快车道。

信用监管标准是社会信用体系建设的重要基础性技术支撑，具有统一监管规则、强化业务协同的重要作用。当前信用监管标准化工作还存在一些短板和不足，比如信用信息多头采集、数据交换共享困难、信用评价规则不互认、信用结果表示不统一，影响了信用监管效能的充分发挥。

为解决信用监管领域标准供给不足的问题，今年以来，市场监管总局采取三项措施，推进信用监管标准体系建设，构建支撑全国统一大市场的信用制度规则，发挥标准对提升信用监管水平的引领支撑作用。

开展信用监管标准需求调研。从信用监管业务实际出发，采取问卷调查、实地调研等方式，广泛征求信用监管部门、技术机构、科研院所、企业等的意见建议，了解基层单位对信用监管标准化工作需求，形成标准研制工作清单，明确标准研制路线图。

加强经营主体信用监管标准体系研究。落实《关于推进社会信用体系建设高质量发展促进形成新发展格局的意见》，开展经营主体信用监管标准体系课题研究，形成信用监管标准体系的总体架构，明确包括三大类标准：一是事前信用监管标准，包括信用监管信息的范围界定、信用承诺应用、信用报告应用等标准。二是事中信用监管标准，

包括信用信息记录、信用档案、信用服务等标准。三是事后信用监管标准，包括信用惩戒对象认定、联合惩戒、信用修复等标准。

加快信用监管国家标准研制。组织召开经营主体信用监管标准体系重要标准研制推进会，创新标准研制工作方式，动员有关省市市场监管部门积极参与。先后开展两批次信用监管国家标准研制，其中新制定《经营主体信用承诺实施指南》等 9 项标准，修订《企业信用信息采集、处理和提供指南》等 3 项标准。目前，已形成《经营主体失信信息分类指南》等 6 项信用监管国家标准的征求意见稿，即将向社会公开征求意见，其余 6 项标准研制正在积极推进中。

下一步，市场监管总局将进一步加大信用监管标准化工作力度，聚焦经营主体、基层单位需求，加强信用信息、信用评价、信用管理和信用服务等标准研制，逐步建立经营主体信用监管标准体系，充分发挥标准引领示范作用，以信用赋能经济社会高质量发展。

中国质量发展研究院举办“推进新型工业化中的质量和品牌发展路径”专题论坛

中国质量发展研究院举办“推进新型工业化中的质量和品牌发展路径”专题论坛-新闻动态-新闻中心-中国质量发展研究院

2024 年 8 月 28 日，中国工程院战略研究与咨询项目“推进新型工业化中的质量和品牌发展路径”专题论坛在上海交通大学机械与动力工程学院振华会议室举行。会议由中国质量发展研究院副院长潘尔顺主持。

上海交通大学中国质量发展研究院副院长潘尔顺教授做了“新型工业化下的质量与品牌发展战略”研究报告，中国航空综合技术研究所质量与效益研究中心胡仲骏做了“质量基础设施升级增效模式”的报告，上海市质协副秘书长郭政做了“中国制造高端品牌发展举措”的报告。在交流研讨环节，专家学者们针对课题研究方案与技术路线提供了宝贵建议。

课题组将进一步细化研究方向与内容，同与会专家学者们建立长效沟通合作机制，共同推动课题研究取得新进展。

中国质量发展研究院参与举办第四届海洋装备发展战略论坛暨 2024 年第 1 期青年智库学者沙龙

中国质量发展研究院参与举办第四届海洋装备发展战略论坛暨 2024 年第 1 期青年智库学者沙龙-新闻动态-新闻中心-中国质量发展研究院

2024 年 8 月 28 日，由中国海洋装备工程科技发展战略研究院、上海市船舶与海洋工程学会、上海交通大学中国质量研究院以及中国工程科技发展战略研究学院共同举办的第四届海洋装备发展战略论坛暨 2024 年第 1 期青年智库学者沙龙在上海交通大学（闵行校区）木兰船建大楼 200 号报告厅举行。

与会专家包括：中国工程院院士、上海交通大学原校长、中国海洋装备工程科技发展战略研究院院长、上海交通大学中国质量发展研究院院长林忠钦教授，中国船舶工业协会秘书长李彦庆，上海外高桥造船有限公司党委副书记、总经理陈刚， 中国船舶集团首席专家、第七〇八研究所原副所长陈刚，中国船舶集团首席专家、沪东中华造船（集团）有限公司科技委主任金燕子等。

林忠钦教授在致辞中指出本次会议旨在围绕国家重大战略问题、行业高质量发展的关键问题以及未来发展的创新问题，进行深度思考和思想碰撞，期望聚焦国家高质量发展的迫切需求，形成跨领域、持续性、战略性的思考和认知。

在会上，林忠钦教授做《推进新型工业化 加快建设质量强国》的报告，从国家制造强国、质量强国和新型工业化的宏观战略着手，结合三个具体行业案例，剖析新型工业化背景下优质制造的新挑战、新路径。他认为我国制造业已经处于一个重大的历史时期，有能力、有条件迈向世界最高水平，我们需要抓住科技加速发展的机遇，克服国际环境困难，打破封锁，加速质量强国的建设。

本次会议以“向‘新’而行备高质量发展”为主题，围绕高质量发展中的趋势、路径、成果等，构建广泛交流平台，为海洋装备工程科技创新探索新路径、贡献智慧火花。

彭瑜 | 虚拟化，自动化的一个关键趋势

彭瑜 | 虚拟化，自动化的一个关键趋势

彭瑜 | 虚拟化，自动化的一个关键趋势

原创 彭瑜 知识自动化 2024年08月28日 00:02 北京

全文字数 9500 字

阅读时间 25 分钟

信息技术IT对工业企业的影响力正在日益增长，这使得自动化架构也开始向IT方向转变。IT正在向超融合架构进化，而且几乎所有功能都在软件中实现。同样可见的是，自动化架构正在经历蜕变，从基于硬件的控制系统转向虚拟化。这种趋势最早表现在分布式控制系统DCS和数据采集监控SCADA系统中，而现在也同样深刻地影响着可编程控制系统PLC领域。非时间关键型的软件，早已被整合到服务器或云中。而在通用平台上，虚拟化PLC系统已经被证实可以运用在生产实际当中，而且具备广阔的潜力。在此基础上，即使安全型PLC，也开始大步向虚拟化迈进。

流程自动化系统加速虚拟化进程

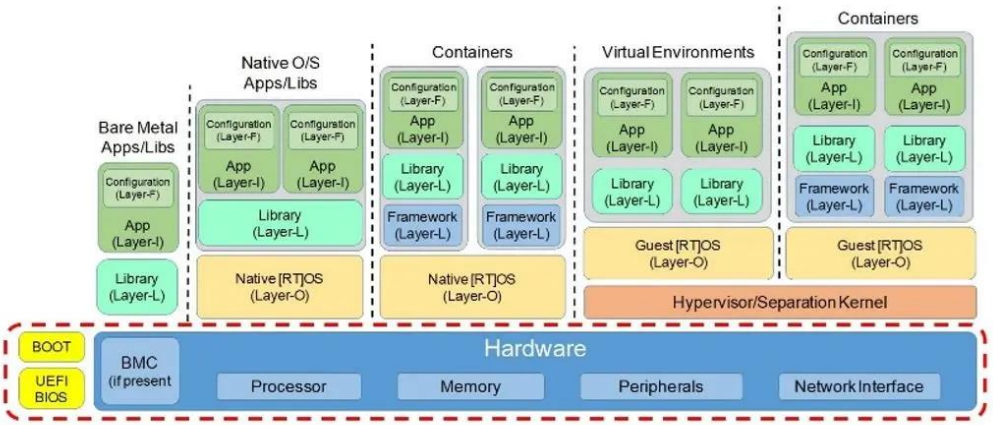
信息技术 IT 对工业企业的影响力正在日益增长，这使得自动化架构也开始向 IT 方向转变。IT 正在向超融合架构进化，而且几乎所有功能都在软件中实现。同样可见的是，自动化架构正在经历蜕变，从基于硬件的控制系统转向虚拟化。这种趋势最早表现在分布式控制系统 DCS 和数据采集监控 SCADA 系统中，而现在也同样深刻地影响着可编程控制系统 PLC 领域。非时间关键型的软件，早已被整合到服务器或云中。而在通用平台上，虚拟化 PLC 系统已经被证实可以运用在生产实际当中，而且具备广阔的潜力。在此基础上，即使安全型 PLC，也开始大步向虚拟化迈进。

流程自动化系统加速虚拟化进程

虚拟化和虚拟机在 DCS 和流程自动化领域的应用并不新鲜。所有主要的 DCS 供应商都允许客户使用虚拟机支持 DCS 的人机界面、工程软件工具和其他应用。采用虚拟机可以替代十几台甚至几十台的 PC 机提供操作界面和其他服务。更大的好处是，它使得

系统在整个生命周期中，都更容易维护和技术支持，因此，采用虚拟技术对最终用户和供应商都有巨大的利益。DCS 向虚拟机的过渡，暂时还没有扩展到 DCS 中的控制器。不过供应商已做好了其他的准备，例如为其控制器软件开发了专门的软件版本用于操作员培训模拟器等应用。直到最近还没有将专用功能 DCS 控制器的纯软件版本实现商业化，其中的症结主要是源自 DCS 控制器严格的高可用性要求。目前供应商的解决方案是通过冗余硬件和专用软件的组合来满足这一点。然而，供应商的犹豫似乎开始瓦解。多家 DCS 供应商现在已经公布了路线图，包括他们未来 DCS 控制器的虚拟化。很明显，未来 DCS 控制器将是物理机和虚拟机的组合。

开放流程自动化论坛 OPAF（Open Process Automation Forum）的成员和非成员，都在大力追求虚拟控制器。OPAF 的 O-PAS 标准在部署选项方面是非常开放的。O-PAS 兼容系统能够采用广泛的实现手段，无论是从专用功能的控制设备，还是完全虚拟化的基于服务器的工业控制器软件。图 1 示出 O-PAS 规范中的软件部署选项有以下 5 类：裸机，配有原生操作系统的计算设备，配有原生操作系统的容器，配有超级管理程序（hypervisor）和隔离内核（separation kernel）的虚拟环境，以及配有超级管理程序和隔离内核的容器。



O-PAS Specification Software Deployment Options
(Source: Open Process Automation Forum)

图 1：O-PAS 规范中五类软件部署选项（图源：OPAF 网站）

如果一个工程师对 O-PAS 技术体系架构的应用程序和服务类型的分级模型 FILO 模型有了解，那么对这种软件部署的选项就会理解更深。为了实现把不同供应商的软件和硬件组件无缝集成，OPAF 尽了很大的努力。不但制定了相应的标准、严格的认证程序，还做了互操作性、互换性、应用程序和组态文件的可移植性的实验及测试。在其技术架构中规定了应用程序和服务类型的分级模型 FILO Model（见图 2）。在 O-PAS 标准中，应用程序是由程序、相关组态和数据组成的不可分割的单个组件，它执行一组相关的协调功能。

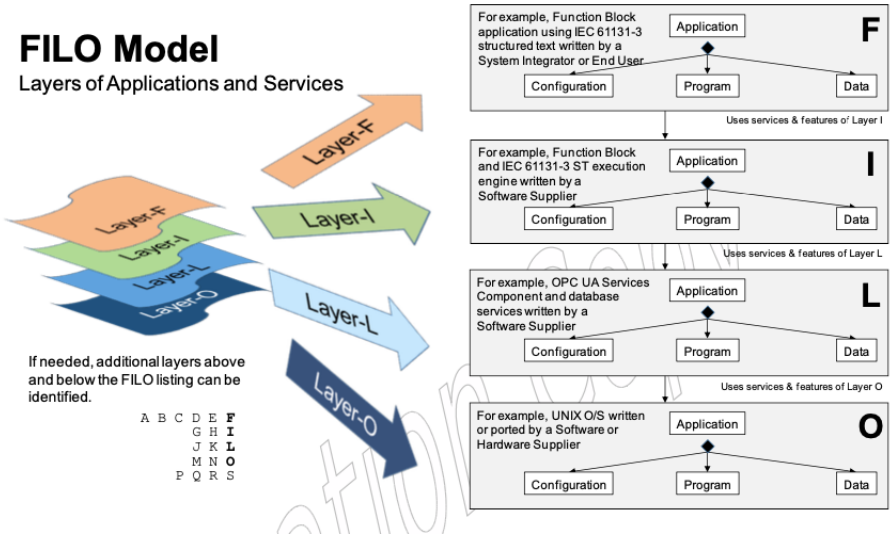


图 2：O-PAS 标准中应用程序类型的分层定义的 FILO 模型（图源：OPAF 网站）

Layer-F 层应用程序是通过 O-PAS 规范定义的 O-PAS 可移植组态规范定义的应用程序。这些包括功能块、报警应用块、IEC 61131-3 程序和 IEC 61499-1 的应用；还包括 O-PAS 标准中定义的基本组态信息。Layer-F 应用程序/组态还包括遵循相同可移植组态结构的 Layer-F 库，例如 Layer-F 应用程序可用的功能块库。Layer-I 应用程序是用典型的 IT 编程语言（如 c#、c++、Python、GO、ADA 等）定义的应用程序，这一层次的应用程序通常对 Layer-F 应用程序和组态信息进行操作。而且这一层次的应用程序通常是平台相关的，因为它们已被编译为针对特定 CPU 体系结构和操作系统的二进制格式。Layer-L 应用程序是用典型的 IT 语言（如 c#、c++、Python、GO、ADA 等）定义的程序库或服务程序，它们为

Layer-I 层的应用程序提供服务。Layer-L 层应用程序通常也是与平台相关的，因为它们已被编译为针对特定 CPU 体系结构和操作系统的二进制格式。Layer-O 层应用程序通常是底层的操作系统，它为 Layer-L 层和 Layer-I 层的应用程序提供操作环境。在 O-PAS 技术体系结构中，这被标识为平台操作系统，或者运行在超级管理程序内核之上的操作系统。

埃克森美孚 O-PAS 现场试验项目由日本横河电机作为系统集成商，在虚拟机和 VMware 软件产品上进行了广泛的试验。2024 年开始在现场部署的系统配置目前尚未正式宣布，然而它可能会广泛使用虚拟化。作为 OPAF 成员的 DCS 供应商 ABB 和施耐德电气，已经与虚拟化软件供应商和 Red Hat（红帽）建立了合作关系。ABB 与红帽的合作关系已经持续了一年多。而施耐德电气与 Red Hat 和英特尔合作，则完整地展示了概念验证系统。两大 DCS 供应商（艾默生和霍尼韦尔）目前在 OPAF 中并不活跃。然而，两家供应商都宣布了控制器虚拟化路线图，并且与 O-PAS 的愿景非常相似。霍尼韦尔已经与 VMware 合作多年，在其 Experion DCS 中实现基于 PC 的工作站的虚拟化。2023 年，霍尼韦尔在其北美用户组会议上宣布，虚拟化将扩展到一些在其 Experion Control HIVE 环境下运行的 Experion C300 控制器。这些控制器将作为 VMware 软件环境中的虚拟设备运行。

流程自动化系统的巨头们，已经开始为进入战场做好了准备。同样在工厂自动化领域，也出现了活跃的力量。

虚拟 PLC 异军崛起

虚拟 PLC 是指在商用现货的服务器上由实时管理程序管理的虚拟机中运行的软 PLC。在软件定义的自动化中，虚拟 PLC 可以用与传统 PLC 相同的方式来控制工业资产设备。位于边缘的服务器可以托管多个虚拟 PLC 来实时控制工业资产设备。虚拟 PLC 可以由云端进行管理和监控。硬件和软件的分离不仅为系统的扩展提供了方便的坚实基础，而且还有助于克服专有 PLC 硬件的供应链挑战。标准服务器硬件的广泛可用性提供足够的资源来共同完成 PLC、人机界面（HMI）和编程终端的功能。

设在慕尼黑以 SDA（Software Define Automation）命名的初创公司，两年前开创了一种软件定义自动化解决方案。它将传统的 PLC 硬件虚拟化，在此基础上对其进行管理；并且投入了工业自动化的现场应用。图 3 是 SDA 公司的虚拟 PLC 的系统结构图。托管虚拟 PLC 的服务器设置在工业边缘端，与车间和作为云端的数据中心通信。在 SDA 公司的方案中，在满足确定性的实时要求设备控制的同时，将云和车间耦合，为进一步实施基于软件的 PLC 操作和数据收集，以及使用先进的机器学习算法提供了前提。

在这个解决方案中，围绕云基的现有 PLC 管理软件（SDA TechOps），由 Git 赋予授权启动的 PLC 代码版本和协同软件（SDA DevOps），以及在边缘服务器上对 PLC 予以虚拟化的软件（SDA Virtual PLC），共同来实施虚拟化的 PLC 系统。经过大量测试确定，上述虚拟化的 PLC 系统实时控制的扫描时间在 5-10 毫秒之间，可以满足除多轴协调运动控制任务之外的大多数的控制任务。虚拟 PLC 通过提供更大的灵活性、更好的资源使用、可扩展性和更低的成本，帮助克服基于硬件的 PLC 的局限性。

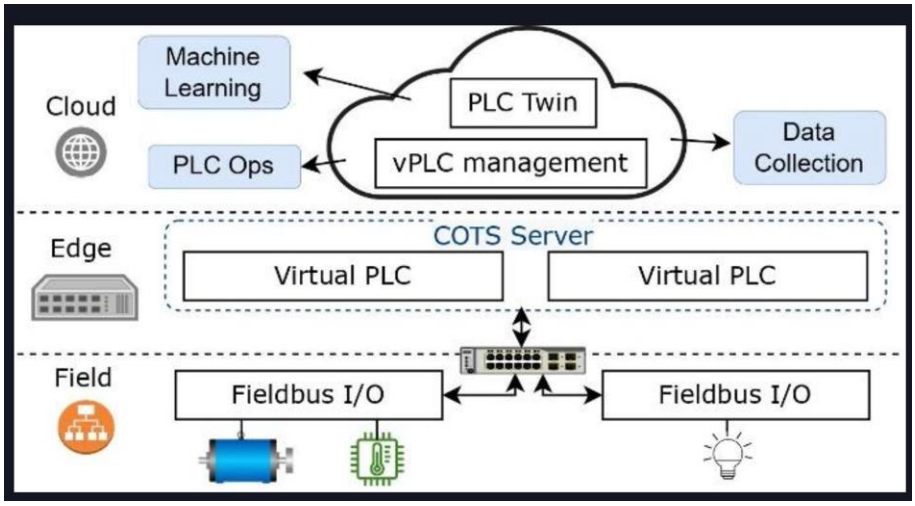


图 3：德国 SDA 公司实施虚拟化的 PLC 系统结构（图源：SDA 网站）

西门子在汉诺威工业博览会上首次展示一个完整的虚拟 PLC。Simatic S7-1500V 扩展了现有的 Simatic 产品组合，并满足特殊市场（例如 PLC 计算的虚拟托管）需求。在未来产品范围内将包括硬件控制器和虚拟 PLC。

新的 Simatic S7-1500V 已成为西门子工业体系 Industrial Operations X 的一个部分。这是一种不断增长的、可互操作的产品组合，面向生产工程、执行和优化。西门子正在将其与数字平台相捆绑，将其添加到西门子 Xcelerator（开放的数字业务平台）的产品组合中。通过 Industrial Operations X，西门子不断将 IT 和软件功能集成到自动化领域，从而加快了从自动化生产向高度适应性生产的过渡。

西门子的战略决心，值得关注。作为传统 PLC 的市场领导者，它推出虚拟 PLC 的重要性不可低估。众所周知西门子从硬件销售中赚取了大量利润，因此一款可以在任何硬件上运行的“软”版控制器必然会对该公司的市场地位产生冲击。然而，虚拟 PLC 不仅仅是纯粹的软 PLC。相反，随着向虚拟化架构的转变，西门子已经感受到了工业自动化领域的变革之风。他们需要为一些用户提供了未来自动化架构的一部分。

这种新的体系结构支持类似 IT 的环境，在这种环境中，自动化软件和硬件像 IT 资产一样集中部署和管理，以便根据不断变化的需求使用数字孪生和资产管理工具快速灵活地配置、监控和更改体系结构。通过虚拟化控制器，重点从控制单个设备资产的任务转移到在广泛网络部署的自动化资产中发挥高效的作用。这正是在动荡的市场、技术劳动力短缺和日益稀缺的资源的大环境下，满足工业企业追求更加灵活地构建自动化生产的迫切需求的有力举措。

在西门子推出其首款虚拟 PLC S7-1500V 的同时，德国菲尼克斯的 PLCnext 也发布了虚拟化 PLC next Virtual Control 的解决方案。这些信息并不足以说明虚拟 PLC 已经被广泛接受。这是因为尽管软件定义的自动化架构有很多好处，不过也出现很多阻力。

一方面许多机器制造商缺乏实现软件定义架构的能力；另一方面虚拟化听起来很有吸引力，但仍然有许多应用更适合于采用控制硬件的场景，其明显的优点是：低成本，不需要复杂的工作，不必过于担心知识产权保护的问题。对于大量的多轴协调运动控制的复杂控制（如机器人、数控机床等），目前虚拟化的解决方

案还不能提供复杂运动控制任务所需的性能；而这些复杂控制恰恰能测试纯硬件 PLC 的性能极限。

按照西门子的说法，S7-1500V 可执行一般的通用运动控制任务，但对于多轴协调运动控制，西门子建议使用传统的 PLC 和专用技术模块(T-CPU)。这就回答了虚拟化 PLC 会不会取代传统的 PLC 的严峻问题：在可预见的未来不会！从长远的视角观察，传统 PLC 和虚拟 PLC 将无限期共存。

那么，什么是虚拟 PLC 的合理的应用场景呢？虚拟 PLC 将如何改变自动化呢？

首先可以肯定的是，虚拟 PLC 不会完全取代传统 PLC 的专用硬件，在今后的智能制造应用中，每当用户决定在最适合的地方部署具体的解决方案时，传统 PLC 和虚拟 PLC 将共存，并各司其责。其次，在容器化的软件环境中，虚拟化的 PLC 在易于部署、可管理性、可扩展性和灵活性等方面比传统 PLC 具有许多优势。然而，只有当用户迁移到真正像 IT 一样的架构，并培训员工来设计和操作它们时，才能实现这些好处。由此可见，这或许是一个渐进的过程。再次，虚拟 PLC 只是自动化体系结构端到端解决方案的一部分，该体系结构还包括基础设施、机器应用程序和第三方的组件等等，对此需要有清醒的认识和评价。

虚拟 PLC 将如何改变工业自动化

虚拟 PLC 的概念，容易引发了很多疑问。值得明确的是，虚拟 PLC 并非经典 PLC 的直接替代品，有许多应用仍将是经典 PLC 的领域。然而，虚拟 PLC 也会创造不少新的机遇。

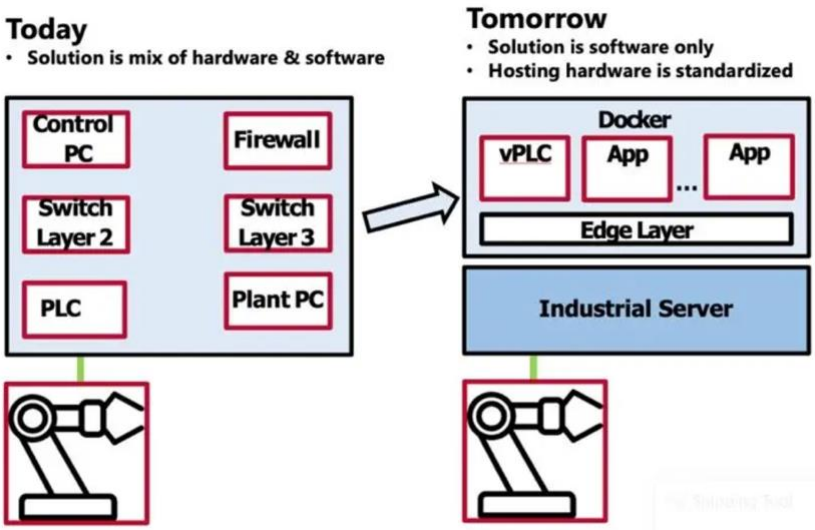


图 4：虚拟 PLC 是未来软件定义自动化架构中的重要使能角色（图源：IEB 网站）

虚拟 PLC 系统最有特色的性能是虚拟部署。用户可以在 APP 商店中购买和下载虚拟 PLC 软件，然后部署在工业边缘的容器中。边缘平台通常支持来自不断增长的产品和解决方案生态系统的应用和设备，包括来自第三方的应用和设备。

工业边缘专用平台（譬如 Siemens Industrial Edge）提供部署和监控自动化资产和服务性能的工具，使应用程序和设备能够轻松地相互通信，同时保持较小的占用空间。传统的 PLC 是手动部署的，通常需要手动设置参数，而虚拟 PLC 则像 IT 资产一样使用通用 IT 工具自动配置、供应和管理资产。这就是所谓的通过“编排”进行部署。自动化应用工程师在学习了一定的 IT 技能后，可以在软件定义和物理设备的混合配置中部署和监控机械设备、生产线和整个工厂的整个控制器。对于可能拥有数百个 PLC 的大型制造工厂，由虚拟 PLC 系统对自动化资产集中管理，其可能节省的潜在成本是巨大的。

虚拟 PLC 运行在服务器上，如果在单台托管服务器上安装多个虚拟 PLC，用户可以降低资本成本。那么一台服务器上可以安装多少个 PLC，有什么限制呢？目前已投用的虚拟 PLC 集群系统中，每台服务器上装有 10 到 20 个虚拟 PLC 的计算集群，这被认为是现实的。这些虚拟 PLC 的控制功能主要是逻辑控制和顺序控制，也可以执行通用运动控制的功能，但不适于执行具有确定性

性能的硬实时多轴协调的运动控制。这种系统的可扩展性和灵活性远远超过经典的 PLC 系统，在需要扩展或改变时只需改变使用的虚拟 PLC 实例的数量，而不是安装或移除硬件。

机器制造商和工业自动化系统的供应商为 PLC 代码开发投入了大量资金。在由经典 PLC 转向虚拟 PLC 时，并不需要重起炉灶，虚拟 PLC 通常支持现有的代码和数据结构，允许用户利用他们现有的知识产权和熟悉的工程工具。例如，Simatic S7-1500V 的配置就像带有西门子 TIA Portal 的传统 PLC 一样，因此用户可以继续使用为几代西门子 PLC 开发的现有代码。这也可以减轻用户由传统 PLC 更改为虚拟 PLC 过程中的风险。同时也支持逐步实施由传统 PLC 更改为虚拟 PLC 的过程。

虚拟 PLC 部署在工业边缘，可以在服务器的公共环境中集中监控应用程序和设备，为 OT 和 IT 的融合以及促进开放性和数据共享带来一系列优势。例如，用户可以使用数据驱动的洞察力来操作和维护制造设备，这些深度的洞察可以帮助优化流程，甚至在意外停机和故障发生之前进行预测。这些功能可以通过运行在同一边缘平台上的其他应用程序进一步增强。

总之，虚拟 PLC 是成熟的离散控制市场的新发展，但虚拟部署控制器的出现是数字化转型中行业更大图景的重要部分。随着越来越多的实际应用，在 IT 环境中部署自动化系统的业务用例将变得更加引人注目。虚拟 PLC 遵循 IT 行业长期以来确定的在软件定义功能的趋势，并将这一趋势应用于关键的实时控制。虚拟 PLC 的重点不是取代传统的 PLC，而是利用现代 IT 工具和开发的所有优势，在数据中心环境中部署和管理 PLC 功能。

安全控制器的虚拟化

以往都是用硬件结构实现符合 IEC 61508 国际标准的功能安全 SIL 3 级别的安全控制器。图 5 表示用硬件实现的功能安全的结构，其中一个通道其独立的 CPU 处理输入操作数，另一个通道其独立的 CPU 处理经过多样化变换（即编码）的输入操作数，这两个独立通道的输出经过比较器的校验，如果结果完全一致，证明处理结果无误，作为输出去执行控制。将安全控制系统抽象为

虚拟 PLC，将会大大降低了购置、调试、扩展、维护和退役的成本。

但是，对于以前需要双通道硬件才能达到 IEC 61508 规定的 SIL3 的功能安全应用能够虚拟化吗？又如何实现虚拟化呢？

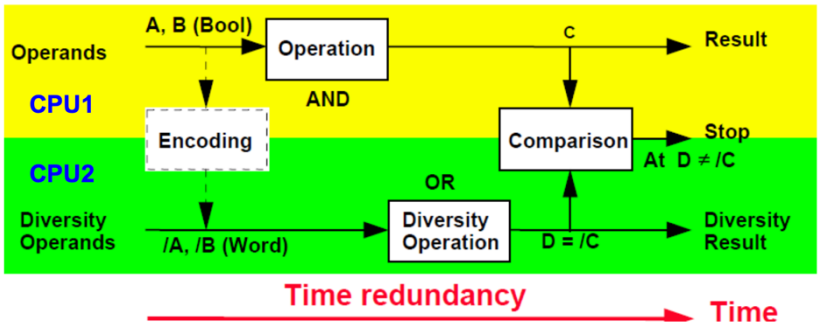


图 5：两通道硬件实现的 SIL 3 功能安全原理图

德国的 SIListra Systems GmbH 公司开创性地解决了这一难题。图 6 给出了其基本的工作原理。在虚拟控制系统中，双通道功能是通过基于编码处理的多样化编码实现的，冗余地检查控制信息，以检测原生程序数据和控制流中的错误。为此，应用软件的处理分为两个逻辑软件通道，第一个通道执行原生的用 IEC 61131-3 编程语言编写安全应用程序，经过编译转换为二进制代码。第二个通道将原生程序经过 SIListra Transformer 变换算法程序（实际上是一种多样化处理的编码）的处理所生成的程序，也经过编译变换为另外的二进制代码。这两个代码执行后生成两个输出结果，经过求和校验以及控制流检查，两个通道的输出被合并产生安全输出。

从软件冗余中可以查看控制信息，检测出程序数据和控制流中的错误。在冗余通道使用编码处理算法执行相同的安全应用程序，与执行原生通道处理安全应用程序，在一个 CPU 内核中的一个进程依次运行，并不断进行自我比较。此外，还可在运行期间对安全应用进行细粒度监控。

SIListra Systems GmbH 的这一创新成果已获得 TÜV 南德意志集团的批准，并已颁发了第一批 SIL3 级产品认证证书。目前正在虚拟 CODESYS 控制器中实施，并在奥迪的工厂运用。CODESYS

将这种成熟的方法与虚拟环境相结合，实施并认证了完全独立于硬件的安全控制系统。

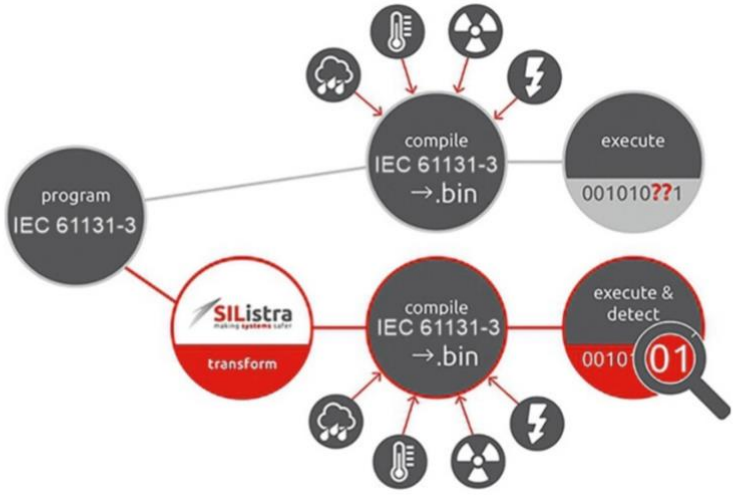


图 6：两通道软件实现的功能安全 SIL 3 虚拟安全控制器原理图（图源：SIListra 网站）

图 7 揭示出从运行时（runtime）的视角看虚拟安全 PLC 在一个的扫描周期中所执行的循环功能，将这些功能划分为三个阶段：输入阶段、多样化处理阶段和输出阶段。输入阶段从输入端口取得的原生输入数据包送入原生通道，此外原生输入数据包经过编码生成输入编码数据包，编码过程无需了解输入数据包的包结构或者协议，但必须对此数据包按字节逐个进行编码。在输入阶段不对输入数据包进行校验，而在多样化处理阶段对两个代码通道完成校验。在多样化处理阶段，两个通道必须相互独立，可以并行运行，也可以顺序运行。输入数据包校验必须在此阶段分别在两个通道进行，如果发现出错立即传递到处于应用级别的输出数据包中。原生通道对原生输入数据包进行计算和检验，计算结果得到原生不完整输出数据包（例如不包括求和校验），仅在双通过的合并阶段才计算最终的完整输出数据包。多样化编码通道对输入编码数据包进行计算和校验，计算结果得到编码完整输出数据包；采用动态的控制流签名（control-flow signature）来检验控制流出错。在输出阶段对这两个通道的输出结果进行合并求和检验，其结果送入输出端口执行（详见图 7）。

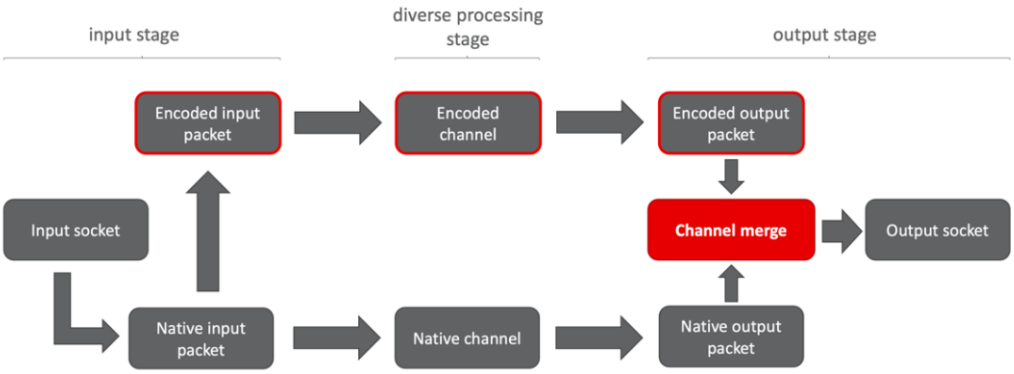


图 7：虚拟安全控制器运行时执行的循环功能（图源：SIListra 网站）

在输出阶段，原生数据输出包和编码数据输出包先各自进行冗余码循环检验（CRC），同时对编码输出数据包进行控制流检查（control-flow check，CFC），然后进行通道合并，这样便可以获得无差错的输出数据包。控制流检查(CFC)是一种监视程序执行流的有效方法，它将程序划分为若干基本块，并为每个块分配预先计算的签名。然后，在程序执行期间获取运行时签名，并比较这两个签名，以确定是否发生了非法跳转。可以通过多种方法生成基本块的签名，例如，在编译时为给定块代码的每个基本块唯一的全局静态签名，然后在程序执行期间重新计算运行时签名。若在程序执行期间发生了一个控制流出错（CFE），导致在基本块内非法跳转，在这种情况下，执行的指令序列与编译时获得的指令序列不同，故在预先计算的和重新计算的签名之间出现分歧。因此，可以通过比较签名在基本块的末尾检测到该 CFE。一般而言，CFE 是由硬件组件(如程序计数器、地址电路或存储器子系统)中发生的瞬态和永久性故障引起的，这些故障将影响处理器中指令执行顺序的正确性和可预测性。

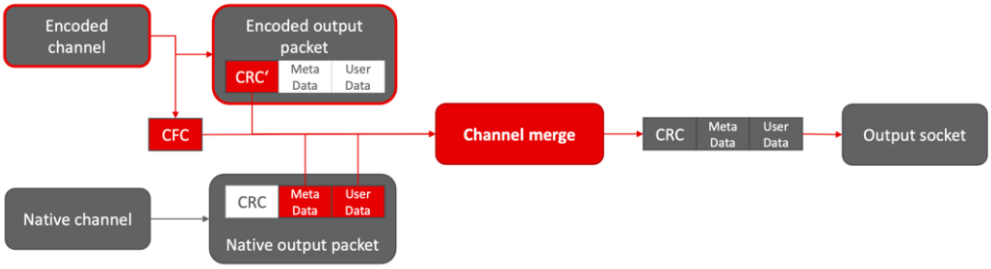


图 8：在通道合并阶段实施求和校验（图源：SIListra 网站）

通过将控制技术抽象化，机器和设备制造商以及此类系统的运营商可以节省大量成本，例如在采集、调试、扩展和维护方面的成本。在基于容器或超级管理程序技术的虚拟控制系统中，软件定义控制功能并提高安全性。欧盟的法规和法律要求采取防范危险的措施（包括设计措施和安全控制技术）来保护人员。后者符合 IEC 61508 等规定的最新技术水平，通常符合 SIL 3 标准。

令人瞩目的虚拟化生产项目

德国奥迪公司选择 Böllinger Höfe 汽车工厂作为其工艺生产全面虚拟化的试点，运用就地服务器集群，凭借高度虚拟化的流程和人工智能解决方案，渴望创造效率、可持续性和工艺的奇迹。对奥迪来说，这个项目关乎未来，它为奥迪及其母公司大众，乃至整个汽车行业展示了一条新的前进道路。

这家工厂生产高质量但量产较少的汽车，如电动奥迪 e-tron GT 和奥迪 R8 运动型跑车，因此说这是奥迪生产实验室高级经理亨宁·洛泽（Henning Loeser））和他的团队创新想法的完美试验台，一点也不为过。团队的目标是在无需实物原型的前提下以创纪录的速度完成从设计到生产的全过程。其中包括从虚拟现实（VR）生产计划，到与思科（Cisco）合作的超融合基础设施和超低延迟网络，将所有的生产资源安全地连接在一起。

虚拟现实原型只是一个开始。在奥迪的基于 IT 的工厂自动化解决方案 Edge Cloud 4 Production(EC4P)的支持下，该工厂的数千台设备包括现有设备（如摄像头、机器人、物联网传感器和现场总线）并不需要进行全面检修改造就能安全运行投入两条产线的量产，并得到思科的关键网络和安全支持。ARC 咨询集团的研究主管 Harry Forbes 评价说，奥迪 e-tron GT 的生产说明了这种新模式的可能性，其结果将成为未来制造业的典范。整个工业自动化行业都在朝着这个方向发展。ARC 认为，奥迪的团队在虚拟化的生产项目上的成功实施，放眼全球也是一骑绝尘，遥遥领先。

思科是奥迪虚拟化生产平台边缘云的关键组成部分。网络是将单个 PLC、HMI、IPC 和其他离散硬件资源迁移到中央超融合环

境的关键。图 9 显示了一个简化的体系结构，它说明了构成的主要组件及其连接性。

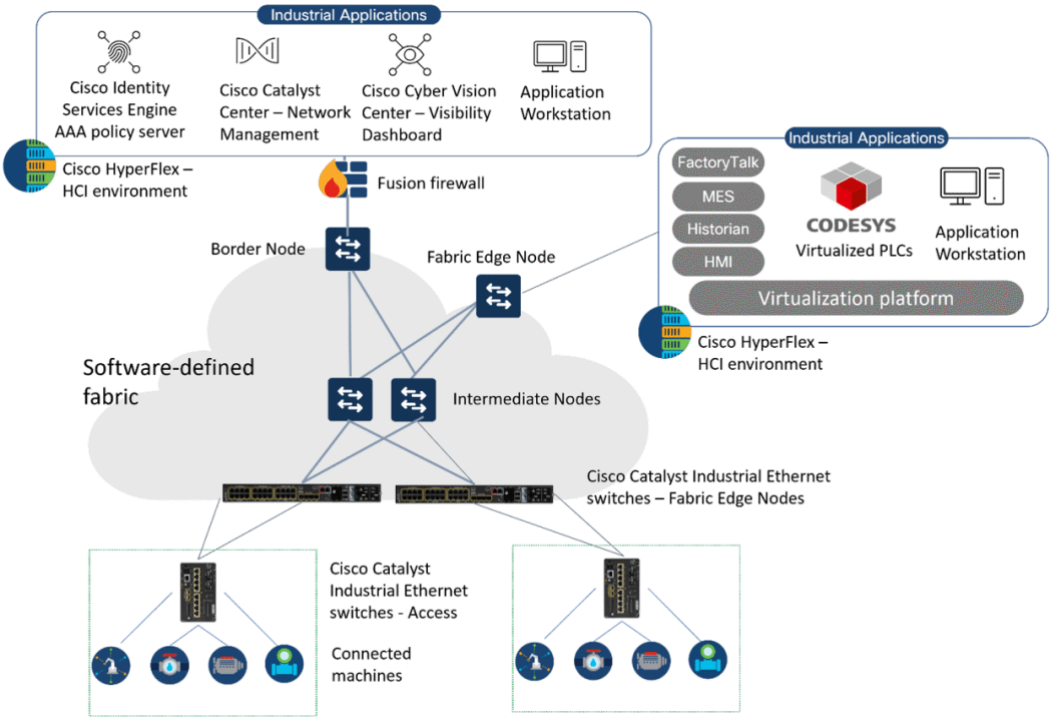


图 9：为工业控制系统虚拟化定义的软件定义网络架构（图源：IEB 网站）

在图 9 的架构中主要的构成部分有：1）提供高容量分组交换和无损韧性的工业以太网交换机，用以实现控制系统应用与受控机器的不间断连接。2）智能网络管理系统，由软件定义结构，并确保网络始终处于就绪状态；对网络的所有功能（从设备接入、初始化组态和持续组态、性能监控、主动排除故障、网络安全策略，以及维护网络性能和安全所需的功能）进行管理。3）AAA 策略存储库和服务器，确保安全的网络访问并执行安全策略；它允许机构控制对其网络的访问和可访问的资源。4）在工业交换机中运行的可见性应用程序，有助于识别连接的资产、识别网络流量和发现安全漏洞；使用这种级别的可见性，可根据 ISA/IEC 62443 定义区域和通道，并使用策略服务器和工业交换机强制执行分段。5）集中式超融合基础设施，将计算、网络和存储集成到一个系统中，为包括虚拟化在内的应用提供算力。6）虚拟 PLC 符合 IEC 61131-3 标准的集成开发环境（IDE），包含各种文本和图形编辑器，用于控制逻辑编程。

由上可知，网络是实现工业控制系统虚拟化的一个关键，为实现有效的虚拟化策略网络需要满足：精确定时，工业协议，弹性和可靠性，安全性以及通信基础设施的可扩可缩等基本要求，这也是实现虚拟化工业控制系统的难点所在。工业控制系统要求具有确定性响应的实时性能，由于系统控制的物理设备一旦因为网络延迟可能导致严重问题，加之虚拟化可能会增加延迟，因此保证网络的确定性是解决这些不可接受问题的基础。传统上，通过 Level 2 工业网络进行工业控制系统与机械设备的通信，Level 2 网络连接的优点是的网络跳数(network hops)少，以及避免路由导致更多的延迟。而在虚拟化的工业控制系统中，用集中的计算环境取代控制器集群必须采用 Level 3 网络，数据包要在机械设备和控制应用程序之间经过路由传送，这就要求 Level 3 网络不仅需要对处于欧 Level 2 的设备直接进行通信，而且还需要满足严格的定时和丢包要求。用路由的 Level 3 网络代替 Level 2 网络，在机器和控制应用程序之间增加了新的链接和网络功能，这使制造过程面临中断的风险。因此网络需要足够的韧性和弹性才能够承受链路和设备故障，确保业务的连续性。随着连接的工业资产越来越多，对网络的依赖程度越来越高，确保虚拟化环境中的操作就需要网络的高度安全性。网络的解决方案还必须提供详细的可见性，能够发现漏洞，对网络进行细粒度分割，并持续监控连接的设备是否存在任何违规行为。此外，网络基础设施应该是可伸缩的，以适应对虚拟化系统不断增长的需求。这包括考虑网络容量、交换机和路由器的可伸缩性，以及根据需要添加、删除和重组态虚拟机的能力等要素。

结语

在工业自动化领域中率先运用虚拟化技术是 DCS 系统，主要应用于人机界面、系统工程工具和仿真培训等方面，近年来开始考虑向实时控制器迁移。而 PLC 系统运用虚拟化技术还是最近这两年的创新，进展很快，已在生产实际中投用，而且 PLC 领域已经普遍认定这是 PLC 一个重要的发展趋势。

形成鲜明对比的是所谓的云化 PLC 却很少能投入实际生产运用中。实际上虚拟化 PLC 和云化 PLC 都是借助于服务器实施的，而主要的区别是在云-边-端的体系结构中实施虚拟化 PLC 安装在边缘端，云化 PLC 则在云端。处于工业边缘的虚拟化 PLC 执行实时控制，还十分方便为 OT 与 IT 和工业互联网进一步深度融合。这一架构已在德国奥迪的 Böllinger Höfe 工厂借助基于 IT 的工厂自动化解决方案 EC4P 让两条生产线投入量产。与此同时，用软件定义的安全 PLC 控制器不但通过了功能安全 SIL 3 等级的认证，还在此工厂中使用。

鉴于虚拟 PLC 运用一台物理服务器实施 10-20 个的虚拟 PLC 的实例，适合于生产线或车间的 PLC 集群控制，也不能满足复杂的多轴协调运动控制的要求，因此有一个基本判断是传统 PLC 的应用将与虚拟 PLC 的应用无限期地共存。还应注意的是虚拟 PLC 的 I/O 需要通过现场网络连接，网络一旦出现 10ms 的停顿或其它故障都会使控制系统发生问题，导致生产运行的非计划停车。

随着越来越多的主供应商的关注，和众多生产项目的跟进，虚拟化越来越成为未来自动化的趋势。新型的工业自动化系统正在以 IT 和 OT 的高度融合，而引人期待。