

· 成果简介 ·

顶天立地 紧密结合学术前沿及国家目标 齐心协力 充分发扬个性智慧与团队力量

——记浙江大学“工业过程的控制理论与总线技术及其应用研究” 创新研究群体

陈良¹ 夏文莉¹ 毛维杰² 徐巍华²

(1 浙江大学科学技术研究院, 杭州 310058; 浙江大学智能系统与控制研究所, 杭州 310027)

[关键词] 创新研究群体, 工业过程, 控制理论, 总线技术, 浙江大学

浙江大学“工业过程的控制理论与总线技术及其应用研究”团队以国家杰出青年科学基金获得者、长江学者奖励计划特聘教授褚健为学术带头人, 获得国家自然科学基金委员会 2004 年度创新研究群体科学基金资助, 并在 2007 年度获得滚动资助。

一直以来, 浙江大学对研究群体的建设与发展给予了高度重视, 在科研条件和人员配备方面均提供了大力支持, 促进了群体的快速成长。在褚健教授的领导下, 研究群体焕发出蓬勃的科研活力, 涌现了一批在国际上有重要影响的研究成果, 并对产业发展起到了良好的引导作用。

1 面向国家目标, 密切跟踪学术前沿

研究群体以提高我国工业的信息化与自动化水平为己任, 密切跟踪国际学术前沿, 不断调整研究方向并大力整合研究力量, 加强合作, 争取重大项目进行集成研究。其主要特色是面向国民经济主战场, 理论与实际紧密结合, 致力于缩小工业过程控制领域中理论与实际之间的差距, 提高对国民经济具有重大影响的大型工业企业的自动化水平和整体效益。

研究群体主要围绕复杂性工业过程建模、控制与优化理论, 基于 EPA(Ethernet for Plant Automation)的新一代控制系统体系与关键技术, 以及工业过程数据综合利用理论与关键技术等领域的科学问题及面向国家目标的重大关键技术, 大力开展原创性基础研究和应用研究。

针对工业过程中普遍存在的不确定性与干扰、大时滞、非线性以及系统的网络分布性等问题, 研究群体全面深入地进行了过程控制系统分析和综合设计理论与相关方法的研究。在鲁棒控制理论(含时滞)、分布式网络控制理论、离散事件系统建模与控制、预测控制、流程模拟与优化技术等方面取得了一系列重要的研究成果。

在参考并分析国际主流现场总线、实时以太网、高可靠性网络等有关协议和最新动态, 分析工业现场控制的具体特点和要求的基础上, 原创地提出了 EPA 网络通信技术, 在用以太网统一现场设备层、控制层和管理层, 并实现工业企业综合自动化的“E(Ethernet)网到底”方面取得了重要进展。

工业过程生产中会产生大量的数据记录, 包括改进生产、解决瓶颈问题的各类有用信息, 但这些信息存在于多类型、高噪声的海量数据中, 一般很难直接进行利用。为过程工业企业获取高效、准确的和一致的数据提供有效的方法, 是研究群体一直以来的奋斗目标。通过不懈努力, 近年来在“制造执行系统(MES)数据校正技术”方面取得重要进展。

近 3 年来, 研究群体共同承担国家“973”基础研究计划、“863”国家计划、国家自然科学基金项目等各类科研项目 40 多项, 获资助资金共计 4000 余万元; 共发表 SCI 收录论文 103 篇, EI 收录论文 247 篇, 获发明专利 4 项、浙江省科学技术奖一等奖 1 项。

本文于 2009 年 2 月 9 日收到。

2 坚持标准先行,促进科研成果转化

浙江大学控制研究群体一直追求理论研究与应用研究、方法创新与软硬件技术研究、学术研究与促进成果转化的有机统一。经过多年深入、系统的研究和共同努力,近年来取得了多项创新性研究成果,过程控制理论与现场总线控制系统的基础关键技术成果通过技术转让,已成功实现了产业化,在石油、化工、冶金、制药、交通等领域进行了大量的推广应用,部分技术填补了国内空白。

“标准先行”是研究群体的研究重点和目标之一。在现场总线发展之初,中国由于没有拥有自主知识产权的现场总线标准,在现场总线国际标准制定过程中,只能处于“聆听”或获取信息的状态,无法将中国自动化技术发展成果和需求在国际标准化中体现。研究群体创造性地解决了工业以太网通信的确定性、实时性、总线冗余供电、网络安全、互操作性、远距离传输、功能安全、本质安全、网络可靠性和高可用性、基于以太网的大规模控制系统结构设计等十大关键技术,并联合国内其他科研院所、高等院校,制定了我国第一个拥有自主知识产权的现场总线国家国际标准——EPA 实时以太网。该标准已被国际电工委员会 IEC 发布为 IEC/PAS 62409 标准化文件,作为第 14 类型列入实时以太网国际标准 IEC/CDV 61784-2,作为第 14 类型列入现场总线国际标准 IEC/CDV 61158(第四版),成为第一个由中国人自主制定的工业自动化国际标准。

研究群体在已经取得的理论与技术研究成果的基础上,研制开发了先进控制与优化系列工程化软件并积极开展应用实施工作。先进控制与优化及综合集成技术与系列软件经过近 3 年的应用推广,目前已应用 50 余套,在扬子石化、镇海炼化、金陵石化、仪征化纤、茂名石化、安庆石化、荆门石化、新和成、青岛海晶、山东海化、山西天脊煤化工集团、巴陵石化等企业的 180 万吨催化裂化、139 万吨连续重整、50 万吨 PX、10 万吨烷基化、煤化工生产过程等流程工业重大与关键复杂生产装置上得到广泛应用,获得了广大石油化工企业的技术认可,打破了国外同类技术在我国垄断地位,为国家节约了大量外汇,取得了显著的经济效益和社会效益,有效地实现了科研成果向生产力的转化。

研究群体提出了基于贝叶斯网络的高效数据校正方法,依据专家经验选择贝叶斯网络关键结构,基于大量的历史数据,利用其诊断功能实现对调度事件

的实时跟踪,最后建立精简模型,以增强数据校正的可行性。基于该方法的装置校正与物料平衡软件,按照生产管理周期从实时数据库中获取装置侧线原始流量数据,基于装置生产方案产率模型以及侧线计量精度模型,对侧线物流数据进行校正处理,然后基于全流程物料平衡模型进行数据协调计算,提高了企业生产统计数据的准确性和一致性。以该软件为核心的中国石化 SMES 系统,已在中国石化 7 家分公司完成试点应用,降低了油品损耗,产生年直接经济效益 4755 万元(根据《中国石化“石化企业生产执行系统 SMES 研发与应用”效益分析报告》)。目前中国石化 SMES 系统正向中国石化 6 家分公司推广实施。

3 探索团队模式,合力创建创新梯队

研究群体十分重视人才培养和团队建设。褚健教授从 20 世纪 80 年代起就开始从事自动控制的应用基础理论研究。80 年代后期,褚健教授在浙江大学创建了控制理论研究室,此后逐步引进一批具有博士学位的青年教师,于 1999 年成立了先进控制研究所,逐步形成了具有较大规模的稳定研究团队。研究人员在共同承担国家自然科学基金、国家“863”计划和国际科技攻关等纵向科研项目过程中,形成了紧密的研究群体,并达成一致共识——即只有依靠群体的合作与创新,才能形成面向工业过程的理论、技术与应用研究的整体力量,解决工业过程中的控制与实现问题。在群体的发展过程中,不断探索团队绩效考核体系,兼顾团队绩效与个人绩效,对科研资源进行统筹规划和合理共享,吸收并吸引了部分校内相近研究方向的科研人员,以增强群体的研究力量,活跃群体的创新思想。

研究群体十分重视国际国内合作,与国内外著名高校和实验室等研究机构建立了长期稳定的合作关系,如邀请国际知名学者前来访问讲学,经常性地组织学术前沿课题研讨班等活动,积极参加国际学术会议进行交流探讨,选拔优秀青年研究人员出国进修或进行合作研究,以营造鼓励创新、自由讨论、广泛交流的学术气氛和学术环境。尤其在总线的标准化研究中,联合了多家国际性组织,包括 FF 基金会、PROFIBUS 国际组织、P-Net 国际组织、OPC 基金会组织等,同时加入了多家国内学术组织,包括中国工业过程测量和控制标准化技术委员会等,参与国内外各种标准的探讨和制订。另外,鉴于在 EPA 研究中所做的重要工作和突出贡献,冯冬芹教授于 2003 年 3 月被聘为国际电工委员会 IEC/SC65C/

JWG10、WG11 标准起草专家,于 2005 年 3 月被聘为国际电工委员会 IEC/SC65C/WG12、MT9 标准起草专家。

目前,研究群体拥有了一支以褚健教授为团队带头人,拥有教授及研究员 12 人,副教授、副研、高工 16 人,讲师、助理研究员、工程师 7 人为骨干成员的科研梯队。其中国家杰出青年科学基金获得者 3 人,长江学者特聘教授 2 人,浙江省特级专家 2 人,教育部跨(新)世纪人才 3 人,平均年龄 39 岁。团队学风正派、勤奋踏实、团结创新,是一支蓬勃向上、充满朝气活力的年轻队伍。

博士研究生和硕士研究生是研究群体强大而活跃的科研后备军。在培养优秀中青年研究人员的同时,研究群体大力培养研究生,特别注重对研究生创新能力和实践能力的培养。通过每周举办研究生学术研讨会、加强培养研究生的质量管理意识和能力、引导研究生面向学科前沿和工程应用并开展科研工作,使培养的研究生真正具备国家急需的高层次人才所应有的素质。2005—2007 年期间,研究群体所指导毕业的硕士研究生 106 名、博士研究生 33 名、出站博士后 2 名,他们在用人单位均发挥了重要的骨干作用,受到一致好评和普遍欢迎。

**INDOMITABLE SPIRIT AND CLOSE CONNECTION WITH THE ACADEMIC
FOREFRONT AND NATIONAL GOALS A CONCERTED EFFORT TO FULLY
PROMOTE THE INDIVIDUALITY AND INTELLIGENCE TEAM
—“The control theory and bus technology of industrial processes and
related application problem” Group of Zhejiang University**

Chen Liang¹ Xia Wenli¹ Mao Weijie² Xu Weihua²

(1 The Sci-tech Academy of Zhejiang University, Hangzhou 310058; 2 CSC, Zhejiang University, Hangzhou 310027)

Key words the Funds for Creative Research Groups of China, industrial processes, control theory, bus technology, Zhejiang University

· 资料 · 信息 ·

施均仁等提出计算非周期系统电极化的普适贝里相位公式

电极化强度是表征铁电体、压电材料以及最近引起广泛兴趣的多铁材料的重要物性。如何在理论上计算各类材料的电极化性质是一个重要的研究课题。在这一领域的最重要工作是 Resta 和 Vanderbilt 等人发展的电极化的贝里相位理论。这一理论将材料电极化的电子贡献与周期系统中电子布洛赫波函数的贝里相位相联系,从而为从头计算固体材料的电极化性质提供了一个普适的方法。然而,这一理论在最近对多铁材料的研究中却无法应用:多铁材料往往存在与材料本身晶体周期结构非公度的磁结构,而且这些结构有很长的周期。如果为了利用前述的贝里相位理论而使用超元胞方法,计算效率将十分低下,而且不准确。

最近,中国科学院物理研究所/北京凝聚态物理国家实验室的施均仁研究员与美国 University of

Texas at Austin 的牛谦教授等人合作,提出了计算非周期系统电极化的普适贝里相位公式。这一公式适用于计算那些具有大尺度空间结构(如多铁材料中的磁结构)的材料的电极化强度。研究还发现,这一公式确定的电极化强度具有一个以第二类陈示性数表征的拓扑不确定度。这一不确定度与一个由含时非空间周期势驱动的绝热电荷载泵效应有密切的联系。

这一公式的确立为计算多铁材料的铁电效应提供了一个新方法。同时该研究也提供了一个由第二类陈示性数表征的拓扑物理过程,即非空间周期势驱动的量子化绝热电荷载泵效应。文章发表在 Physical Review Letters 102(2009)087602 上,相关研究得到了国家自然科学基金委的资助。

(中国科学院 物理研究所)