

中国自动化学会通讯

COMMUNICATIONS OF CAA

第 1 期

2022 年 01 月

第43卷 总第220期

主办：中国自动化学会 <http://www.caa.org.cn> E-mail: caa@ia.ac.cn 京内资准字2020-L0052号



扫描二维码
关注官方微信

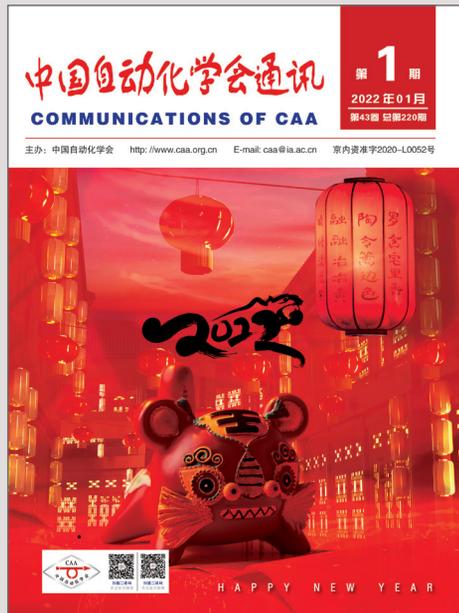


扫描二维码
关注官方微博

H A P P Y N E W Y E A R



中国自动化学会通讯
Communications of CAA



主管单位 中国科学技术协会
主办单位 中国自动化学会
编辑出版 中国自动化学会办公室



关注官方微信



关注官方微博

主 编 | 郑南宁 CAA 理事长、中国工程院院士、西安交通大学教授

副 主 编 | 王飞跃 CAA 监事长、中国科学院自动化研究所研究员

杨孟飞 CAA 副理事长、中国科学院院士、中国空间技术研究院研究员

陈俊龙 CAA 副理事长、欧洲科学院院士、华南理工大学教授

编 委 | (按姓氏笔画排列)

丁进良 王 飞 王占山 王兆魁 王庆林
王 坛 邓 方 石红芳 付 俊 吕金虎
乔 非 尹 峰 刘成林 孙长生 孙长银
孙彦广 孙富春 阳春华 李乐飞 辛景民
张 楠 张 俊 陈积明 易建强 周 杰
赵千川 赵延龙 胡昌华 钟麦英 侯增广
姜 斌 祝 峰 高会军 黄 华 董海荣
韩建达 谢海江 解永春 戴琼海

刊名题字 | 宋 健

地 址 | 北京市海淀区中关村东路 95 号

邮 编 | 100190

电 话 | (010) 8254 4542

传 真 | (010) 6252 2248

E-mail: caa@ia.ac.cn

http: //www.caa.org.cn

印刷日期 | 2022 年 1 月 30 日

印 数 | 3000 册

发行对象 | 中国自动化学会会员及自动化领域科技工作者

本刊声明

◆ 为支持学术争鸣, 本刊会登载学术观点彼此相左的不同文章。来稿是否采用并不反映本刊在学术分歧或争论中的立场。每篇文章只反映作者自身的观点, 与本刊无涉。

主编的话



郑南军

岁月不居，时光如流。回首 2021，欣逢盛世，我们迎来了中国共产党成立 100 周年，也迎来了中国自动化学会事业发展承上启下、继往开来的甲子之年。这一年，虽有疫情不定期“打扰”，但学会依旧稳步推进各项工作有序开展，收获满满。在此，首先向长期以来关心和支持《中国自动化学会通讯》发展的编委、学者、读者，以及广大会员和各界人士，致以诚挚感谢和美好的祝福。

既有岁月可回首，亦有前程可奔赴。时代大潮翻腾涌动，站在 2022 年岁首，眺望前方的光明征程，科技追梦人的脚步永不停歇。科技是国家强盛之基，创新是民族进步之魂，中国梦连着科技梦，科技梦助推中国梦。为进一步满足科技工作者获取前沿科技的需求，致力为学界搭建高质量的学术成果展示和交流平台，《中国自动化学会通讯》将于 2022 年起由双月刊改为单月刊，并以线上 + 线下的方式，为读者奉上更佳阅读体验。

新的一年，《中国自动化学会通讯》将以更加昂扬的姿态，与广大作者、读者紧密协作，凝心聚力办好品牌期刊，让我们汇聚奋斗的磅礴力量，坚定信念，叩问初心，凯歌以行。值此新春佳节之际，衷心祝愿大家万事如意、阖家幸福！



新年贺词 / New Year Message

- 004 国家主席习近平发表二〇二二年新年贺词
- 006 中国自动化学会理事长郑南宁院士发表二〇二二年新年贺词
- 008 中国自动化学会监事长王飞跃教授发表二〇二二年新年贺词

领袖企业 / Leader Enterprise

- 009 依托技术创新，深耕产业发展，布局企业未来——专访和利时集团副总裁何春明

会员成就 / Members Achievement

- 013 中国自动化学会监事长王飞跃担任 IEEE 智能车汇刊 TIV 主编

- 014 中国自动化学会多名会员入选第二批“全国高校黄大年式教师团队”

观点 / Viewpoint

- 015 智能控制五十年回顾与展望：傅京孙的初心与萨里迪斯的雄心 / 王飞跃
- 042 中国科研团队提出大胆设想——全方位立体探测太阳 / 张佳星
- 044 控制系统中的隐私安全 / 张纪峰

科普园地 / Science Park

- 048 4 大亮点看科技如何助力北京冬奥 / 郑金武
- 049 北京冬奥村：让科技蕴含温度 / 华凌
- 051 科技冬奥：“冰丝带”冰面温差最终控制在 0.5 度以内 / 马爱平





学会动态 / Activities

- 052 中国科协王进展书记一行赴中国自动化学会调研指导工作
- 054 常州市科协一行来访中国自动化学会
- 055 中国自动化学会青年菁英系列活动（长江中游地区）圆满召开
- 060 中国自动化学会成功举办“数字化工厂智能评测系统”项目鉴定会
- 061 开封大学阀门学院到访中国自动化学会智能建筑与楼宇自动化专委会进行交流对接
- 062 中国自动化学会青年工作委员会“走进高校系列研讨会”（第16期）暨CAA-ADPRL专委会青年论坛活动在长沙举行



形势通报 / Voice

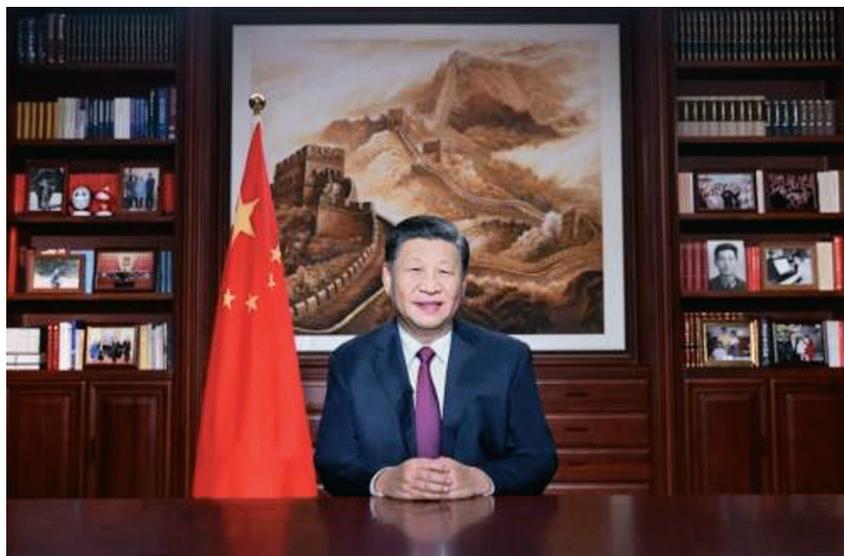
- 064 国务院印发“十四五”数字经济发展规划
- 065 工信部等八部门发布《“十四五”智能制造发展规划》
- 066 中国科协关于新时代加强学会科普工作的意见

党建强会 / Party Building

- 068 习近平在省部级主要领导干部学习贯彻党的十九届六中全会精神专题研讨班开班式上发表重要讲话
- 071 中国自动化学会线上参加中国科协党史学习教育总结会议



国家主席习近平发表二〇二二年新年贺词



新年前夕，国家主席习近平通过中央广播电视总台和互联网，发表了二〇二二年新年贺词。全文如下：

大家好，2022年即将到来。我在北京向大家致以新年祝福！

回首这一年，意义非凡。我们亲历了党和国家历史上具有里程碑意义的大事。“两个一百年”奋斗目标历史交汇，我们开启了全面建设社会主义现代化国家新征程，正昂首阔步行进在实现中华民族伟大复兴的道路上。

从年头到年尾，农田、企业、

社区、学校、医院、军营、科研院所……大家忙了一整年，付出了，奉献了，也收获了。在飞逝的时光里，我们看到的、感悟到的中国，是一个坚韧不拔、欣欣向荣的中国。这里有可亲可敬的人民，有日新月异的发展，有赓续传承的事业。

七月一日，我们隆重庆祝中国共产党成立一百周年。站在天安门城楼上感慨系之，历史征程风云激荡，中国共产党人带领亿万人民经千难而百折不挠、历万险而矢志不渝，成就了百年大党

的恢宏气象。不忘初心，方得始终。我们唯有踔厉奋发、笃行不怠，方能不负历史、不负时代、不负人民。

党的十九届六中全会通过了党的第三个历史决议。百年成就使人振奋，百年经验给人启迪。我曾谈到当年毛主席与黄炎培先生的“窑洞对”，我们只有勇于自我革命才能赢得历史主动。中华民族伟大复兴绝不是轻轻松松、敲锣打鼓就能实现的，也绝不是一马平川、朝夕之间就能到达的。我们要常怀远虑、居安思危，保持战略定力和耐心，“致广大而尽精微”。

大国之大，也有大国之重。千头万绪的事，说到底是千家万户的事。我调研了一些地方，看了听了不少情况，很有启发和收获。每到群众家中，常会问一问，还有什么困难，父老乡亲的话我都记在心里。

民之所忧，我必念之；民之所盼，我必行之。我也是从农村出来的，对贫困有着切身感受。经过一代代接续努力，以前贫困



的人们，现在也能吃饱肚子、穿暖衣裳，有学上、有房住、有医保。全面小康、摆脱贫困是我们党给人民的交代，也是对世界的贡献。让大家过上更好生活，我们不能满足于眼前的成绩，还有很长的路要走。

黄河安澜是中华儿女的千年期盼。近年来，我走遍了黄河上中下游9省区。无论是黄河长江“母亲河”，还是碧波荡漾的青海湖、逶迤磅礴的雅鲁藏布江；无论是南水北调的世纪工程，还是塞罕坝林场的“绿色地图”；无论是云南大象北上南归，还是藏羚羊繁衍迁徙……这些都昭示着，人不负青山，青山定不负人。

这一年，还有很多难忘的中国声音、中国瞬间、中国故事。“请党放心、强国有我”的青春誓言，“清澈的爱、只为中国”的深情告白；“祝融”探火、“羲和”逐日、“天和”遨游星辰；运动健儿激情飞扬、奋勇争先；全国上下防控疫情坚决有力；受灾群众守望相助重建家园；人民解放军指战员、武警部队官兵矢志强军、

保家卫国……无数平凡英雄拼搏奋斗，汇聚成新时代中国昂扬奋进的洪流。

祖国一直牵挂着香港、澳门的繁荣稳定。只有和衷共济、共同努力，“一国两制”才能行稳致远。实现祖国完全统一是两岸同胞的共同心愿。真诚期盼全体中华儿女携手向前，共创中华民族美好未来。

我同外国领导人及国际组织负责人电话沟通、视频连线时，他们多次赞扬中国抗疫和为全球疫情防控所作的贡献。截至目前，中国累计向120多个国家和国际组织提供20亿剂新冠疫苗。世界各国风雨同舟、团结合作，才能书写构建人类命运共同体的新篇章。



再过一个多月，北京冬奥会、冬残奥会就要开幕了。让更多人参与到冰雪运动中来，这也是奥林匹克运动的题中之义。我们将竭诚为世界奉献一届奥运盛会。世界期待中国，中国做好了准备。

新年的钟声即将敲响。我们的三位航天员正在浩瀚太空“出差”，海外同胞仍在辛勤耕耘，使领馆、中资企业等海外派驻人员和广大留学生仍在勇毅坚守，无数追梦人还在奋斗奉献。大家辛苦了，我向大家致以诚挚的新年问候！

让我们一起向未来！祝福国泰民安！

来源：新华社

中国自动化学会理事长郑南宁院士发表 二〇二二年新年贺词



律回春暉漸，萬象始更新。惜別砥礪奮進的 2021，笑迎满怀激情的 2022。值此一元復始、萬象更新的美好時刻，我謹以個人名義，向自動化、信息與智能科技領域的相關學者、工程技術人員的各界同仁，致以新年最誠摯的祝福和問候，向學會所屬各分支機構、期刊編輯部、省級自動化學會以及關心學會事業發展的科研院所、企事業單位、媒體等社會各界人士表示由衷的感謝！

2021 年，是中國共產黨建黨

100 周年，中國自動化學會成立 60 周年。學會始終秉承服務廣大科技工作者的初心使命，以六十周年會慶為契機，聚焦提升學會組織凝聚力、學術引領力、社會公信力、國際影響力，積極傳承弘揚老一輩科學家精神，奮力推進中國自動化事業高水平自立自強，學會各項工作高質量發展再上新台階。先後斬獲 2021 年世界一流科技社團評價五星級社團、中國科協特色一流學會建設項目一類資助、民政部“全國先進社會組織”等榮譽稱號。

栉风沐雨六十載，砥礪前行續華章。2021 年，學會迎來了甲子之年，開啟了“花開六十載、九州同歡慶”系列慶祝活動。發布出版紀錄片、紀念畫冊，形象系統梳理了學會六十年光輝歷程；收到來自五湖四海的賀信、題詞和視頻達 500 余份，各分支機構、理事單位也以不同形式開展會慶活動，“紫冬花”開遍祖國大地；走訪與學科建設、學會發展息息相關的十多位老一輩科學家，追憶學會崢嶸歲月；尤其是學生

日當天發布的《少年》MV，將會慶推向了新的高潮。一筆一劃、一言一語、一聲一念都深深承載着社會各界對學會的祝願與期冀！

2021 年，我們立根鑄魂，堅持政治引領，增強組織凝聚力。學會理事會黨委多次開展黨史教育、知名科學家講黨課、重溫錢學森入黨申請書等活動；學會辦事機構黨支部進行系列主題黨日活動、依托 CAA 學習平台常態化黨史學習、發布 CAA 黨建專題片，以實際行動慶祝中國共產黨成立 100 周年。這一年，學會獲評 2021 年“黨建強會計劃”優秀組織獎和“中國科協黨建工作先進學會”，極大增強了對各類科技工作者的引領吸納，實現會員數量增長 31%。

2021 年，我們堅守學術本源，筑牢品牌意識，大力提升學術引領力。團結帶領分支機構、省級學會以及期刊編輯部等線上線下舉辦千余場學術交流活動，線下覆蓋人數達 5000 余人次，線上觀看人數高達百萬人次，交流論文



5000 余篇。十余个品牌学术活动连续 4 年被中国科协《重要学术会议指南》收录。创设 CAA YeS 青年菁英系列活动，在京津冀、东北地区、长三角、西北地区、西南地区等开展学术活动，将九州同欢庆推向高潮。深耕 CAA 云讲座，邀请 50 余位专家，开展 32 期讲座，30 余万人次线上观看。在学科建设方面，学会所属期刊再创辉煌，《自动化学报》最新综合影响因子 3.163，比去年提升 14.52%；《自动化学报》（英文版）是谷歌学术计量自动化学科 TOP20 出版物中全球最年轻的英文刊、唯一中国主办期刊，连续五年入选“中国最具国际影响力学术期刊”。此外 2021 年学会编制《中国控制科学与工程学科史》，出版《自动化学科发展路线图》、《智能控制：方法与应用》等教材，启动《智能控制导论》，积极发挥学科战略引领作用，预判学科发展趋势，推动自动化学科快速发展。

2021 年，我们秉承专业精神，立足本职，社会公信力再迈

新台阶。学会发挥专业价值，组建智能产业和智能机电产业科技服务团，汇集 200 余位专家，深入苏州、深圳、柳州、咸宁、台州、襄阳等 10 余个城市，走访企业 50 余家，挖掘 117 项技术需求，成立 2 个学会服务站，形成 3 份调研报告，编制 2 份地方发展建议报告，开展 27 项科技成果鉴定工作，有力地提升了公共服务能力。创新形式开展科普工作，重组以科研院所、媒体及企业为主体的普及工作委员会，组建“智向未来”科普百人专家团，实施“青少年人工智能核心素养模型及测评”、全国高校青年“自动化与人工智能”知识普及志愿活动。

2021 年，我们坚持开放合作，扩大国际“朋友圈”，国际影响力开拓新局面。推荐 15 位学会会员在国际自动控制联合会（IFAC）、国际模式识别协会（IAPR）、电气电子工程师学会（IEEE）、亚洲控制协会（ACA）等国际学术组织担任重要领导职务；有序承接举办 IEEE 数字孪

生和平行智能国际会议、IEEE 第十届数据驱动控制与学习系统会议等在华国际学术会议，被中国科协授予“2021 年开放合作品牌创建学会”。

受国内疫情影响，历经一年筹备期的 2021 中国自动化大会延期举办。但延期不言弃，跨年贺会庆，待到春花烂漫时，共赴雁栖赏美景。

旧岁已展千重锦，新年再进百尺杆。当前，自动化已成为推动工程科学与技术发展的不可替代的基础性核心技术，我们要把握好“十四五”时期的新发展阶段，坚持战略性需求导向，确定创新方向和重点，重视学科交叉融合，寻找新的学科增长点，团结带领广大科技工作者，高质量推进新时代自动化事业开启新辉煌！

新的一年，衷心祝愿伟大祖国山川锦绣，欣欣向荣！祝愿广大会员和自动化、信息与智能科学领域的科技工作者万事胜意，新年快乐！

中国自动化学会监事长王飞跃教授发表 二〇二二年新年贺词



天不言而四时行，地不语而百物生。在这新元肇启、天仪再始的美好时刻，我谨以个人名义，向自动化、信息与智能科技领域的相关学者、工程技术人员的各界同仁，致以节日问候和诚挚祝福，向学会所属各分支机构、期刊编辑部、省级自动化学会以及关心学会事业发展的科研院所、企事业单位、媒体等社会各界人士表示由衷的感谢。

2021年，是中国自动化学会继往开来、开拓创新的重要一年。在习近平新时代中国特色社会主义思想的指引下，在中国科协、民政部等上级部门的关怀和指导下，在各地地方学会、会员及相关单位的密切配合与大力支持下，在全体理事、各分支机构的共同努力下，学会以60周年会庆为抓手，立足自动化、信息与智能科学技术发展潮头，充分发挥广泛联系自动化和相关技术领域

科学技术工作者的枢纽作用，大幅提升组织凝聚力、学科引领力、社会公信力和国际影响力，在促进学科发展、开展决策咨询、推进科学普及、培育人才成长等方面取得了突出成绩。

完善内部治理机制，强化重大决策部署落实。学会坚持党的领导与依法依规自主办会相统一，改革决策机构与执行机构运行机制，深化民主选举、民主决策和民主管理，线上线下召开5次正副理事长工作会议、8次正副秘书长工作会议、2次常务理事会、1次理事会，共形成决议30余项，推进学会治理体系和治理能力现代化，逐步形成科学规范、运行有效的制度体系。

完善评价考核机制，提高分支机构服务水平。学会加强分支机构的管理与评估工作，改版分支机构管理系统，完善年度考核和评优机制，严格按照“秘书长工作会议—常务理事（学术组）常务理事会”三级创建审核流程，加强对新申请成立分支机构考核工作。2021年新成立分支机构3个，筹备成立8个，截至目前，学会共有58个专业委员会，9个工作委员会，30个省级自动化学会。

夯实业务主责，全面提升“四服务”能力。学会始终将服务广大科技工作者作为宗旨和要务，以学术、科普、智库为核心，全面提升为科技工作者服务、为创新驱动发展服务、为提高全民科学素质服务、为党和政府科学决策服务，实现会员数量增长31%，荣获“世界一流科技社团评价五星级社团”、“中国特色一流学会建设项目（一类）”、民政部“全国先进学会组织”等诸多荣誉，向过去的一年交上了圆满答卷。

回首2021年，我们心怀感恩；展望2022年，我们笃定前行。春华秋实六十载，砥砺奋进谱新篇。新的一年，是中国自动化学会新一甲子开篇之年，让我们面向“十四五”和更远的未来，把握新发展阶段，贯彻新发展理念，融入新发展格局，在新的起点上高质量推进中国特色一流学会建设，为推进我国自动化事业高水平发展，为使我国真正成为世界自动化和人工智能强国做出更大的贡献！

新的一年，祝愿伟大祖国繁荣昌盛！祝愿广大会员和自动化、信息与智能科学领域的科技工作者新年快乐！幸福安康！

依托技术创新，深耕产业发展，布局企业未来

——专访和利时集团副总裁何春明

导
语

为全面助力我国自动化、信息与智能科学技术发展，记录在中国自动化史上涌现的领袖企业和优秀人才，中国自动化学会特别打造“领袖企业”系列访谈栏目，描绘我国自动化企业的创新与发展、自动化人的匠心与坚守，为当代自动化领域企业的创新发展提供有益借鉴。

本期学会专访的是和利时集团副总裁兼研究院院长、中国自动化学会常务理事何春明。何春明，教授级高级工程师，工学博士，主要从事轨道交通自动化及智能制造相关的研究与开发工作，负责或参与了大量轨道交通及智能制造相关标准、规范的制订工作，发表多篇论文和著作，先后获得国家科技进步二等奖等众多奖项。何春明立足中国自动化产业发展，作为主要技术带头人，带领团队打造面向各领域应用的工业互联网平台，在进一步促进智能制造解决方案落地应用方面，作出了突出贡献。

CAA：在铁路与城市轨道交通自动化技术方面，请您大致分析一下目前国内外存在的差距？

何春明：我国近十年来在高铁尤其是地铁方面取得了高速发展，我认为我国在轨道交通自动

控制领域，应该说与国际水平是旗鼓相当的，基本达到了一个国际同类的先进水平。

在具体高铁技术方面，我国还具有领先优势。比如我们在时速 350 公里高铁上实现了自动驾驶，走在了世界领先的水平，这也是我国率先实现的。在城市轨道交通领域，我国自动化控制系统也是与国际齐平的。

未来，我们还要在创新上加大力度，提出新的创新理念，进一步发挥自身优势，达到引领发展的目标。通过加大在前瞻性、基础性研究方面的投入，确保我们在整个行业，甚至在世界范围内都处于领先水平。

CAA：近些年，中国轨道交通发展迅速，和利时作为国内城市轨道交通自动化控制系统的主力供应商，在其中作了哪些贡献？可以给我们分享下和利时在铁路

与城市轨道交通领域的成功应用案例吗？

何春明：和利时是我国列车控制系统的一个主要的参与者。2003 年，铁路部门提出要建设中国列车控制系统，就是现在的 CTCS 列控系统，和利时参与起草制订了 CTCS 技术规范总则和 CTCS-2 级系统技术标准，我有幸也是其中的主要成员。2005 年，和利时与外方合作开发首批 CTCS-2 级列车的列控车载系统设备。2007 年，中国铁路第六次大提速，首次开行的数十列动车组几乎全部使用了和利时供货的 CTCS2-200H 型列控系统车载 ATP 设备。2008 年，在开启的时速 350 公里的高铁建设过程中，和利时也有幸作为技术的实现方和国产化方，承担了其中两个平台的技术引进和国产化的工作，应该说为铁路尤其是高速铁路的发展作出了我们的一些贡献。


中国自动化学会领袖企业系列访谈

和利时集团



何春明

何春明，和利时集团副总裁兼研究院院长，教授级高级工程师，工学博士，主要从事轨道交通自动化及智能制造相关的研究与开发工作，负责或参与了大量轨道交通及智能制造相关标准、规范的制订工作，发表多篇论文和著作，先后获得国家科技进步二等奖等众多奖项。何春明立足中国自动化产业发展，作为主要技术带头人，带领团队打造面向各领域应用的工业互联网平台，在进一步促进智能制造解决方案落地应用方面，作出了突出贡献。



记录领袖企业发展，喜迎学会六十华诞

际机场线上，推动了中国地铁无人驾驶技术发展。

此外，近两年来和利时还着手开展地铁智能化转型相关的研究开发工作，比如在呼和浩特做的基于云平台的综合自动化系统，以及近期实施的一些智慧车站等项目等等。总之和利时一直致力于推动地铁控制智能化的发展。

于工业等方面，投入大量的研发经费和资源，进行新技术转型前期的研究和布局，重点研究新兴技术如何与我们服务产业相结合，寻找契合点，解决用户现实中的难题和困难。

此外，和利时是做三大传统产业的支柱业务，包括工业、交通、医疗，我们积极与用户共同探讨业务场景的应用问题。好的技术更需要有好的应用场景，解决用户的痛点需求，也只有深入地挖掘需求，才能找到运用这些新技术的场景，才能快速地推动这些新技术落地、产生实际价值。

在这个过程中，和利时于2019年提出了新的十六字战略方针——智能控制、智慧管理、自主可控、安全可信。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，打造控制的智能化和生产管理的智慧化，积极推进大型企业客户数字化转型和中小企业客户服务平台建设，从而提升整个行业的智能化水平。未来，和利时，也会沿着这样一个战略方针去进一步地深入落实我们的产业和业务布局。

CAA：您刚才提到人才的需求是比较旺盛的，对于您个人来说，不管是在和利时也好，还是在其他方面都获得了诸多奖励，如中国铁道学会科技一等奖、自

当然近几年，和利时将主要精力放在了自主化的研发系统以及时速350公里高速铁路自动驾驶的研究中，目前也取得了重大的进展，已陆续在一系列的高铁线路上应用。

在城市轨道这一领域，和利时也做出了一些开创性的成就，比如说地铁综合监控系统，和利时是首先在国内提出将其投入实际应用的企业。应该说我们对这个业务的开拓作了自己独特的贡献。2014年，和利时又首次提出了以行车指挥为核心的综合自动化系统，并将其与无人驾驶相结合，在北京地铁燕房线首次运用，2019年更是应用到了北京大兴国

CAA：近几年，“智慧交通”、“智慧城市”、“新基建”等热词频频出现，在这样的环境下，作为“老基建”项目自动化系统的深耕者，及“新基建”中数字化、智能化的早期布局者，和利时准备如何应对全球范围的新技术变革带来的挑战及机遇？未来有怎样的发展规划？

何春明：近几年，和利时也充分认识到了中国整个社会智能化转型升级所带来的重大历史机遇，这对企业来说是一个难得的发展机会，而且我们也承担着一一定的社会发展责任。因此，和利时较早地在工业互联网平台、工业信息安全、人工智能技术应用



自动化领域的年度人物奖等等，您认为作为一个普通的科技工作者也好、企业的管理者也好或者是研发人员也好，怎样可以成为一个更加优秀的人？

何春明：一是要有脚踏实地、坚持不懈的精神，要耐得住寂寞，熬得住枯燥的时间，勇于承担开拓创新的任务。

二是要始终保持一颗开放、学习的心态。任何知识都是在不断的更新换代，尤其是科技成果需要不断运用新的技术，科技工作者只有永葆一颗学习之心，才能在技术进步和转型升级中，保持住自己的优势。

CAA：2020年是中国企业社会责任事业发展的重要历史节点，

在抗击疫情、脱贫攻坚、防汛抗洪战役中许多企业承担起了他们的社会责任，和利时对在疫情防控中起到重要作用的核酸提取仪进行迭代升级，开发了适用于更多场景、满足更多样化需求的系列产品。社会责任是企业提升核心竞争力的重要手段，也是实现企业持续成长、快速发展的重要保证。对于企业如何更好地承担起社会责任，何总您有什么独到地见解？

何春明：一是创新技术研发，承担国家技术专项。作为高科技企业，和利时始终肩负自己的社会责任，加大创新研发投入力度，多次承担国家重大科技攻关项目、高科技产业化专项及工业强基项目，同时也参与制订了行业、国

家的标准规范，引领行业的发展，为国家解决重大科技问题贡献力量。作为企业来说，我们在发展自身的同时也为国家的发展奉献我们的一份力量。

二是加强人才培养，促进产学研融合。和利时作为企业始终致力于推动人才的培养，不仅可以满足企业自身发展的人才需要，更重要的是为行业、用户提供产业人才，以对整个行业的长期健康发展能够起到支撑作用，这也是国家战略转型，尤其是向智能化转型升级提供的一个人材保障。和利时一直注重校企联合培养人才，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”，共同培养行业人才。

三是重视工业信息安全。和利时做了大量的控制系统，解决的都是涉及到国计民生的重大工程，这些重大工程在实现数字化、智能化后，不可避免地会带来一个新的问题——工业信息安全。近几年，和利时也不断加大在信息安全方面的投入力度，致力于解决控制系统包括智能化系统信息安全的问题，这是我们作为企业来说的一个重要责任。

CAA：对于未来学会会企合作新模式的意见和建议？

何春明：学会自身天然的优势，专家资源广泛，可以搭建平台，连接产学研用各方面资源。未来学会可以在以下方面加深工作，一是解决企业技术创新的需求问题，由学会搭建平台，组织产学研用专家，实现

和利时集团简介

和利时始创于1993年，始终走在自动化与信息技术解决方案供应商前列，业务聚焦于工业自动化、交通自动化、医疗大健康三大领域，以“用自动化改进人们的工作、生活和环境”为宗旨，致力于为客户提高生产效率、提升产品品质、保障生产安全和改善工作环境。依靠核心技术优势，和利时承担了数十项国家级的重大科研攻关专项，参与并主持多项国家标准的制订，获得国

家发改委颁发的“国家高技术产业化十年成就奖”。和利时在研发自主技术的过程中创造了多个国内第一，替代进口垄断，确保国家产业安全，是国家产业安全的保驾护航者，智能制造的领军者，中国核电、中国高铁等国家名片的建设者。多年来，和利时坚持以创新科技推进自动化加速向新兴行业的纵深挺进，助力中国企业数字化、智能化转型升级，在中国自动化领域具有引领作用。

产业对接；二是加大人才培养力度，科技兴国人才需求是最大的制约点，学会在人才培养和培训方面，既要重视学术型人才的培

养，也要关注产业化人才的培养。三是充分调动分支机构等单位资源，发挥学会穿针引线 and 协调组织的作用。○



中国自动化学会监事长王飞跃担任 IEEE 智能车汇刊 TIV 主编

中国自动化学会监事长王飞跃自 2022 年 1 月起担任 IEEE Transactions on Intelligent Vehicles (IEEE TIV) 主编, 这是全世界第一份智能车专业学术期刊, 10 年前由时任 IEEE TITS 主

编的王飞跃倡议并推动创立, 目前已被 SCI 收录。IEEE TIV 将大大缩短审稿周期, 并计划自 2023 年试行月刊。欢迎从事者积极投稿, 并申请加入 Editorial Board。

IEEE TIV 由 IEEE 智能交通

系统学会 (ITSS) 管理, IEEE 机器人与自动化学会 (RAS)、车辆技术学会 (VTS) 和控制系统学会 (CCS) 协办。IEEE TIV 将深化与中国自动化学会的合作, 推动智能车的研发与应用。○

王飞跃教授简介



王飞跃教授, 1990 年获美国伦塞利尔理工学院 (RPI) 计算机与系统工程博士学位。1990 年起在美国亚利桑那大学先后任副教授、副教授和教授, 机器人与自动化实验室主任, 复杂系统高等研究中心主任。曾任中国科学院自动化研究所副所长, 现为中国科学院自动化研究所复杂系统管理与控制国家重点实验室主任。

王教授是智能控制、智能机器人、无人驾驶、智能交通等领域早期开拓者之一。自上世纪 80 年代起, 师从机器人和人工智能领域开拓者 G. N. Saridis 和 R. F. McNaughton 教授, 开展智能控制、机器人、人工智能和复杂系统的研究与应用工作, 提出并建立了智能系统的协调结构和理论、语言动力学理论、代理控制方法、复杂系统的 ACP 方法等。现已完成 “Advanced Studies of Flexible Robotic Manipulators: Modeling, Design, Control and Application”、“Autonomous Rock Excavation: Intelligent Control Techniques and Experimentation”、“Advanced Motion Control and Sensing for Intelli-

gent Vehicles”、“Advances in Computational Intelligence: Theory and Applications”、《社会计算》、《智能汽车》、《智能轮胎》、《区块链理论与方法》等十多本学术专著, 皆为相关领域的首部学术著作。自二十一世纪初, 发起并开拓了社会计算、社会制造、平行智能、平行控制、平行管理、平行艺术、知识自动化等新的研究领域。

王教授现任智能科学与技术学报、IEEE 智能车汇刊 (IEEE Trans. on Intelligent Vehicles) 主编, 指挥与控制学报名誉主编。1996 创办 Int’l J. of Intelligent Control and Systems 和 World Scientific Series on Intelligent Control and Intelligent Automation,

2019年创办《智能科学与技术学报》。曾任IEEE计算社会系统汇刊（IEEE Transactions on Computational Social Systems）、自动化学报、IEEE/CAA Journal of Automatica Sinica（自动化学报英文刊）、IEEE智能交通系统汇刊（IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems）、国际智能控制与系统杂志和IEEE智能系统（IEEE Intelligent Systems）主编及多份IEEE以及其它国际期刊主编、副主编或编委。曾任IEEE智能交通系统学会主席（2005—2007年）、旅美科协主席（2005年）、北美竺可桢教育基金会会长（2007—2008年），中国自动化学会副理事长兼秘书长（2008—2018年）、IEEE射频识别理事会（IEEE Council on RFID）主席（2019—2021）、IEEE SMC学会副主席。现任中国自动化学会监事长。2003年起先后当选IEEE、INCOSE、IFAC、ASME和AAAS等国际学术组织Fellow。2007年获国家自然科学基金二等奖和ACM杰出科学家称号，2014年获IEEE诺伯特·维纳奖。

学会秘书处 供稿

中国自动化学会多名会员入选第二批“全国高校黄大年式教师团队”

为引导广大教师持续向黄大年同志学习，教育部发布《关于开展全国高校黄大年式教师团队创建活动的通知》，决定2017年年底认定200个“全国高校黄大年式教师团队”。近日，

教育部正式公示了第二批“全国高校黄大年式教师团队”认定结果，共有200所高校的教师团队入选。热烈祝贺中国自动化学会多名会员入选该名单！（按照姓氏首字母排序）

- 戴琼海 中国自动化学会会士、副理事长、常务理事，清华大学
- 杜文莉 中国自动化学会常务理事，华东理工大学
- 乔俊飞 中国自动化学会会士、理事，北京工业大学
- 宋爱国 东南大学
- 王成山 中国自动化学会理事，天津大学
- 徐胜元 中国自动化学会理事，南京理工大学
- 严浙平 哈尔滨工程大学
- 张承慧 中国自动化学会会士、常务理事，山东大学
- 周 军 西北工业大学

来源：教育部

智能控制五十年回顾与展望： 傅京孙的初心与萨里迪斯的雄心

文 / 中科院自动化所 王飞跃

摘要：本文从智能的起源与目标开始讨论，重新梳理人工智能史前的历史进程。在此背景之下，回顾智能控制从学习控制到平行控制的演化过程，进而展望未来的控制智能从平行智能到知识自动化的可能发展途径。前事不忘，后事之师，谨以此文纪念傅京孙与萨里迪斯教授开创并推动“智能控制”这一多学科交叉研究领域五十周年和二位开拓者诞辰九十周年。

关键词：智能控制 / 学习控制 / 平行控制 / 人工智能 / 平行智能 / 知识自动化 / 自动机 / 控制论

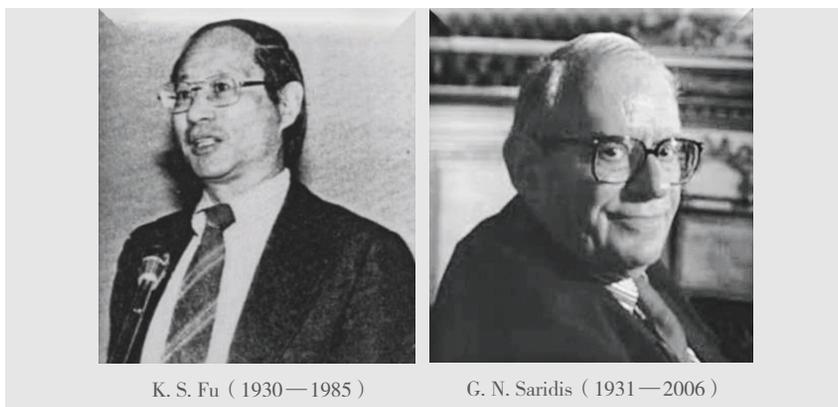
五十多年前，美籍华人傅京孙教授（见图1）在IEEE自动控制汇刊上发表长文^[1]，全面深入地综述并展望了学习控制的现状与未来。之后，他意犹未尽，于1971年初又补充了一篇短文^[2]“学习控制系统与智能控制系统：人工智能与自动控制的交叉”，进一步讨论人工智能方法与技术在控制和自动化中深入且系统化的

应用之途径。就是这篇短文，正式开启了“智能控制（Intelligent control）”这一崭新的多学科交叉研究领域。

尽管在文献^[2]之前，已有许多人提出将人工智能与自动控制结合，甚至已有“人工智能控制（Artificial intelligence control）”的说法出现^[3]，特别是在机器人系统的研究方面，控

制理论与人工智能更是早已被密切地联系在一起^[4-6]。但在科学文献上，是傅京孙第一次提出“智能控制”一词并给出清楚的定义，认为人工智能与控制工程的有机结合，必将导致从学习控制到智能控制的自然延伸和发展。傅京孙的远见和愿景，激发了研究人员对智能控制的广泛兴趣，成为推动此领域研究的催化剂。

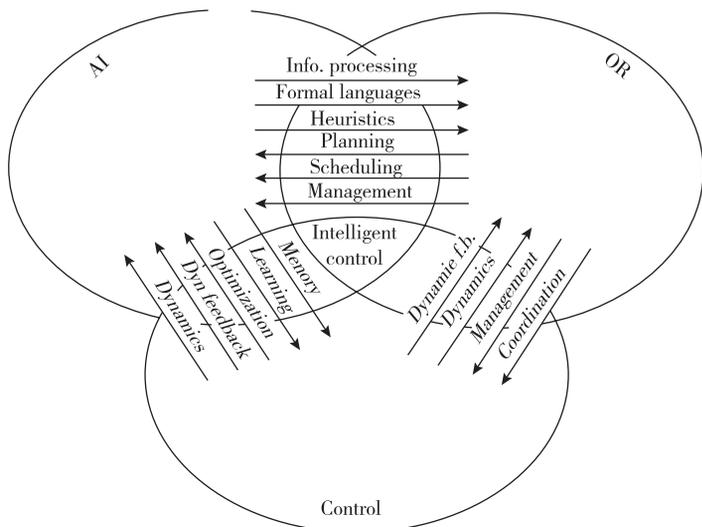
随后，从70年代初直到90年代中期，傅先生的同事萨里迪斯教授（见图1）及其学生以信息论中的熵概念为核心，引入运筹学和决策论，提出了智能控制系统的分层递阶结构和学习算法，阐述了传统控制、学习控制、自组织控制、自适应控制、机器人控制和智能控制之间的天然联系（如图2所示），并组织相应专业学会、



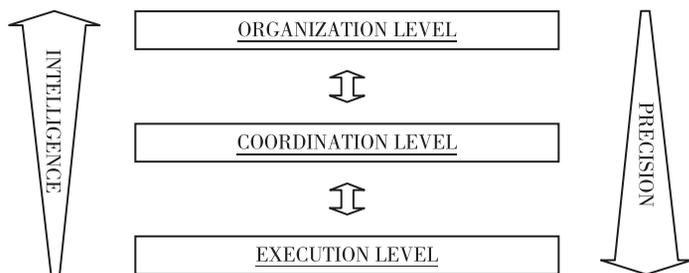
K. S. Fu (1930—1985)

G. N. Saridis (1931—2006)

图1 智能控制之父傅京孙与萨里迪斯



(a) 智能控制定义



(b) 智能控制框架

图2 智能控制学科的定义与框架

研讨会、国际学术会议与期刊，为这一新兴领域的早期发展与成长壮大作出了重要贡献^[7-15]。

实际上，智能控制与人工智能同根同源，是智能方法走向应用进而完成其最终改造世界之使命所必不可少的一个重要且关键性环节^[16-17]。同人工智能一样，关于智能控制的原始思想和实践可以追溯到人类发展历史的早期，因为探索智能并利用相关成果去认识和改造世界是人的天性。上世纪30年代提出的图灵机和随之

兴起的自动机研究热潮，加之维纳的控制论及其伴生的人工智能，特别是学习机器和学习控制的理论普及和应用深入，促使人工智能控制、智能自动机、移动自动机等概念和原型系统应运而生，最终形成了智能控制这一独立的研究应用领域。

今天，深度学习^[18]、宽度学习^[19]、对抗学习^[20-21]、平行学习^[22-23]等新智能算法已将人工智能的研究与应用推向了一个新的历史水平，引发世界范围的关注

与兴趣。针对这一重大发展机遇，为了确保创新型国家和科技强国的建设，中国国务院于2017年7月20日发布《新一代人工智能发展规划》，明确提出许多智能控制的研发要求，包括自主协同控制、优化决策、平行控制与管理等^[24]。一方面，智能控制的发展可以极大地促进我国新一代人工智能发展进程；另一方面，智能控制的研发是实现智能制造、建设制造强国之根本。无论是流程工业智能化、离散过程智能化、网络化协同制造智能化，还是生产全生命周期活动管理智能化，智能控制都是其从信息化和自动化迈向智能化的基础和核心，是实现智能工厂企业和智慧社会的必要条件。

值此智能控制50周年华诞之际，本文将基于个人的经历和认识，对人工智能和智能控制的早期历史加以梳理，并对其未来的发展予以展望，以期促进这一领域的进一步发展和更加繁荣昌盛。

1. 智能起源： Being vs. Becoming

本质上，人类的文明史就是人类智能的演化历史。古代中国《诗经》的赋、比、兴之文学表现手法，古希腊柏拉图《对话录》的文法、逻辑、修辞之哲学辩证方法，都是人类智能知识化的早期展现。在人类发展的第一轴心时代(Axial age)，人类经历了

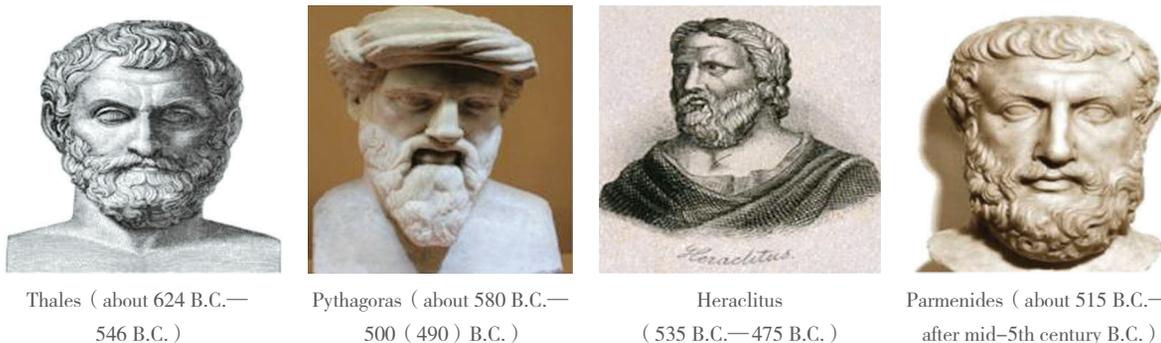


图3 古希腊哲学与科学思想的起源

自己的人性大觉醒，哲学由此而兴^[25-26]。中文的“哲”字之基本释义就是“智慧”，而古希腊哲人更是直截了当地把“爱”与“智慧”的组合作为“哲学”一词的定义及哲学作为一门学问的目的。显然，智能的研究与哲学的探索同根同源，同为热爱与追求智慧而生。

在西方文明的语境中，古希腊的“七贤之首”泰勒斯（见图3）是“哲学和科学的始祖”、“古希腊第一位数学家”，提出了“世界的本原是什么？”之问题和“万物源于水”之回答，还是物理、天文、几何、逻辑推理等的开启者。作为唯物主义传统的开创者，泰勒斯认为“水是最好的”、“万物有灵”。其学派传人赫拉克利特开创了朴素的辩证思想，但相信“万物源于火”。毕达哥拉斯认为“万物皆数”，赫氏由火引申出“万物皆流”与“万物皆动”，而且“对立统一”、“和谐”一致，使“变化（Becoming）”成为哲学的第一个核心理念。赫氏强调

变化，而且“斗争是产生万物的根源”，由此成为最早的“过程哲学家”。另一学派的巴门尼德（见图3）创造了基于“逻各斯”的形而上学论证形式，认为世界的本原是单一不变的，开启了唯心主义的传统，并使“存在（Being）”成为“Becoming”后的另一个核心且更基本的哲学理念。他认为，存在，即 Being，才是“真理之道（The way of truth）”；变化，即 Becoming，只是“观点之道（The way of opinion）”。因为，只有存在（Being）才是永恒、不动、连续不可分、唯一的

真实，只有这样的抽象理念才可以被思想；而变化（Becoming）涉及感性世界的具体事物及其改变，是不真实的存在，是假象，所以不能被思想。巴门尼德坚信没有存在之外的思想，被思想的东西与思想的目标是同一的，这与近代哲学家笛卡尔的“我思故我在”几乎同出一辙，开启了唯物与唯心、逻辑与计算、Being 与 Becoming 的哲学之争。实际上，这一哲学论争，自始至终贯穿在智能研究的历史之中^[27-33]。

在这些思想的影响下产生了“希腊三贤”（见图4），即苏格

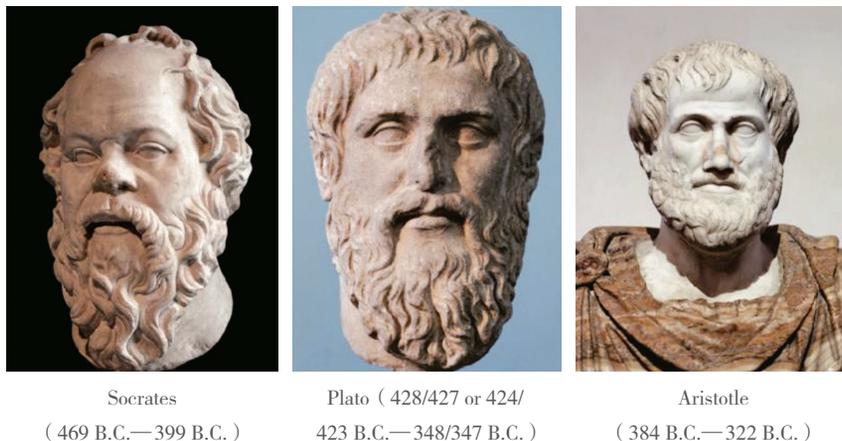


图4 希腊三贤：第一轴心时代西方哲学和科学的奠基者



René Descartes
(1596—1650)

Baruch De Spinoza
(1632—1677)

Isaac Newton
(1643—1727)

Gottfried W. Leibniz
(1646—1716)

图5 第二轴心时代西方哲学与科学奠基者

拉底、柏拉图和亚里士多德，师生三代相承奠定了西方哲学和科学的基石。首先，柏拉图将苏格拉底身体力行的对话辩证方式记录下来，发明了书写形式的辩证方法，而且认为宇宙是由实体的永恒真实之理念世界（Ideals, theory of forms）及其影子的暂时变动之物质世界组成，开启了后来世界由“物质实体”和“精神实体”构成的二元论和客观唯心主义哲学。其次，亚里士多德将柏拉图的虚实二体一体化，并以“三段论”将其辩证法抽象为形式逻辑，不但成为现代逻辑的基础，更是现代人工智能和智能科学的基石，开创了科学逻辑推理的理性传统和唯物辩证法的哲学思想。其格言“人类是天生的社会性动物”与马克思“人是一切社会关系的总和”之观点一致，是未来智能科学特别是系统化智能科技发展的指南。

在第二轴心时代，欧洲文

艺复兴，人类理性大觉醒，产生现代科学。首先是以笛卡尔、斯宾诺莎和莱布尼茨（见图5）为代表人物的理性主义哲学之兴起，其次是以伽利略、牛顿（见图5）和莱布尼茨为主要开拓者的物理数学之现代化进程的开始。特别是牛顿与莱布尼茨之间，差不多是柏拉图与亚里士多德之间关系的相反，不但共同发明微积分，而且都是计算主义者。莱布尼茨还坚信思维和逻辑推理也可以计算，认为存在（Being）中“万物皆数”还不够，还必须在变化（Becoming）里“万理可推”。为此，他试图将其发明的二进制与中国古代的阴阳八卦相联系，并认定古中国的原始象形文字与其创造的“普适语言（Universal characteristic）”在思想上一致，希望由此发明“理性逻辑者的微积分（Calculus ratiocinator）”，而不只是普通的微积分。这些努力最后成就

其“精神的原子”Monad之理念，然而却“不幸”被后人演化成“单子论（Monadology）”的哲学。有幸的是，在人工智能兴起的前夕，范畴（Category）数学出现，Monad继而成为这一新数学的核心理念，将来或许成为面向智能科技的新一代数学之基础^[27-30]。

此后，以德·摩根、巴贝奇和布尔为代表的“英国三杰”（见图6）以“三位一体”的方式大大推进了计算逻辑和思维之机械化、数字化和形式化的进程，为后来希尔伯特（见图7）的新几何观及其数学纲领、图灵的自动机和弗雷格的数理逻辑理论奠定了基础和进一步提升的台阶。特别是布尔于1854年发表的《思维定律》，集亚里士多德到莱布尼茨的逻辑思想于大成，由二进制衍生出布尔代数，开启了符号和数学逻辑的现代化进程，为现代电路和计算机设计、信息化和智能化提供



Charles Babbage
(1791—1871)

Augustus De Morgan
(1806—1871)

George Boole
(1815—1864)

图6 现代计算、逻辑和智能科学的开拓者

了理论和方法基础^[32-33]。

2. 人工智能：自动机与控制论

20 世纪的第一年，德国数学家希尔伯特怀着确立德国数学世界地位的历史使命，在巴黎举行的第二届数学家大会上提出影响至今的“23 个问题”。然而，影响更加深远的却是会上作为形式主义代表的他与直觉主义代表的法国数学家庞加莱（见图 7）之争，不但改变了数学的历史，而且无意之间播下了人工智能这一学科

的种子，这就是希尔伯特数学机械化的思想。

希尔伯特相信，整个数学体系都可以严格公理化。而且，整个数学是完备的：其中每一个数学命题都有一个数学证明；整个数学又是一致的：导出的每一个数学命题在不会自相矛盾的同时，整个数学还是可决策或可判定的，就是所有的数学命题都可以利用有限次正确的数学步骤进行判定，因此存在通过有限程序最终判定一个数学命题对错的“算法”。简

言之，就是整个数学具备“都有、都对、都行”的三大保证：告之公理、予之定理，一个不剩，一个不错，并且可以机械化进行。这就是后来称之为“希尔伯特纲领”的宏大愿景。

从人工智能的角度来看，希尔伯特希望得到的，远超过今天信仰通用人工智能之人士的梦想，准确地反映了刻在其墓志铭上的钢铁般意志：“我们必须知道，我们必将知道”。相当程度上，希尔伯特与庞加莱之争，反映了后来人工智能研究中基于符号的逻辑智能与基于认知的计算智能两条路线之争。当时，庞加莱认为：除了逻辑、推理之外，人的作用，特别是人的直觉，在数学中具有不可动摇的地位。但希尔伯特的观点，让当时的许多数学家，特别是年轻人“热血沸腾”，激辩之余，更激动万分，他们的口号是：“打起你的背包，到哥廷根去！”，投入这场数学革命，构造新世纪



Henri Poincaré
(1854—1912)

Alfred Whitehead
(1861—1947)

David Hilbert
(1862—1943)

Bertrand Russell
(1872—1970)

图7 人工智能的数学推动力

宏伟的数学大厦。或许，希尔伯特的学生外尔的描述更加生动准确：“希尔伯特吹响了他的魔笛，成群的老鼠纷纷跟着他跃进了那条河”。问题是哪条河？什么河？

罗素就是这些年轻数学家中最杰出的代表之一。听到希尔伯特报告之前，他一直担心数学大厦即将倾倒，认为是建在危险的地基之上，这就是后来被称之为“罗素悖论”的集合论矛盾。在从巴黎大会返程的船上，罗素就开始同自己的老师怀德海（见图7）策划，如何为希尔伯特的想法构造坚强的逻辑基础。罗素坚信亚里士多德的原始逻辑定义：逻辑就是“新”和“必须”的推理，“新”在于逻辑让我们学到未知的，“必须”是因为其结论是不可避免的。

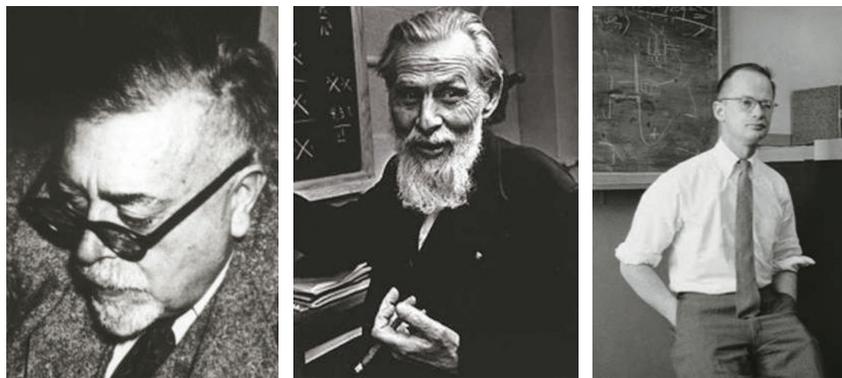
结果就是罗素和怀德海费尽十年心血成就的三卷本《数学原理》，书名与牛顿的不朽之作自然哲学中的《数学原理》同名。或

许在罗素心里，牛顿的《数学原理》把一个机械的世界化为按物理定律运行的数学世界，这次他们要把这个数学世界再化回由算法控制的机械世界，形成一个完美的闭环世界，就是今天我们追求的智能世界。

《数学原理》的问世，改变了当时许多学者的研究生涯特别是在科学相对不算发达的美国，反响更大。维纳、麦卡洛克、皮茨（见图8）就是当时三位因此书而改变命运并走到一起研究智能的美国学者。维纳原本对生物研究感兴趣，读博士时开始研究哲学，读了《数学原理》后专攻数理逻辑，毕业后赴剑桥随罗素进一步深造，后多次赴欧与数学家哈代和希尔伯特学习合作，并因此在上世纪20年代中期就结识了希尔伯特的助手冯·诺伊曼和邱奇等年轻学者。麦卡洛克大学时就潜心学习《数学原理》，认为大脑最顶层的神经元之间相互连接的

方式同《数学原理》中描述的逻辑关系一致，自己还从心理学转行专门研究大脑，后来在耶鲁勾画了世界上第一张大脑皮质的机能解剖图，并赴芝加哥建立大脑实验室。皮茨更是传奇般地因为《数学原理》而从社会底层的一个连小学都没有毕业的少儿一跃成为罗素和麦卡洛克的朋友，最后成为维纳的博士生，一起制造了智能科学发展史上一段令人感叹、使人心碎的历史悲剧。

维纳从1925年开始与布什合作研究计算机，并在布什的帮助下招收李郁荣（见图9）为他的第一个博士生可能也是唯一的工程博士，一起展开各种模拟网络的研究^[34]。然而，与布什不同，维纳认为计算机应当基于数值而非模拟信号，二进制而不是十进制，但布什对此不太确信，二人之间因此产生分歧。在李郁荣的帮助下，维纳对于反馈，特别是负反馈和电路网络中的循环因果现象产生了极大的兴趣。除了两人一起发明了李-维纳网络并由此延伸成为现代通信技术的基础，还萌生了“受负反馈和循环因果逻辑支配的有目的性的行为”是实现智能之本质的思考，成为后来创立控制论的重要因素。维纳曾希望在清华大学研究计算机，因向MIT采购器件的建议被布什否决而作罢，但他仍把自己于1935年—1936年在清华大学与李郁荣

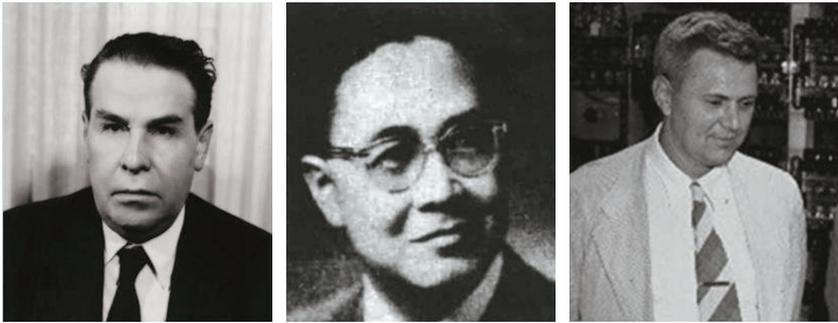


Norbert Wiener
(1894—1964)

Warren McCulloch
(1898—1969)

Walter Pitts
(1923—1969)

图8 计算智能与人工智能的“金三角”



Arturo Rosenblueth
(1900—1970)

李郁荣
(1904—1989)

Julian Bigelow
(1913—2003)

图9 维纳的朋友圈：生理、通信、认知

合作这一时期视为控制论的创立时间，正是这一情况的反映。回美之后，维纳在冯·诺伊曼家里住了4天，介绍了他同布什关于计算机的合作和他在清华大学的工作，并推荐冯·诺伊曼赴清华大学访问，却因卢沟桥事变未能成行。维纳后来回忆：“在我的职业生涯中，如果说有一个分界线，标志着从科学学徒到一定程度上能独当一面的大师，那么我认为那是1935年的中国之行。”

麦卡洛克是1942年5月在

梅西基金的一个交叉学科研讨会议上，从维纳的好友罗森布鲁斯（见图9）博士了解到维纳和他的团队关于循环因果的思想和研究，立即意识到这种新的因果关系不但支配着生物和机器的有目的性行为，而且还为解决一直困惑他的神经元模型中时间表示问题提供了思路。实际上，循环因果对他再自然不过，因为大脑中的神经元只能首尾相连，所以在他眼里也只能因果循环。梅西会后回到芝加哥，他立即同皮茨讨

论，在维纳、罗森布鲁斯和维纳助手毕奇洛（见图9）三人于著名的《科学哲学》上发表目的论（Teleology）的短文^[35]后不久，他们也共同发表了关于人工神经元的“McCulloch-Pitts”模型^[36]。1943年的这两篇文章，分别开启了认知科学和神经网络的研究，是计算智能的奠基性工作，更是今天我们有深度学习和AlphaGo技术的原因^[37]。

与其在美国的影响效果相反，《数学原理》在欧洲大陆唤起了三位年轻的数学天才，结果却使希尔伯特宏图轰然坍塌。先是1930年哥德尔（见图10）把研究《数学原理》作为博士论文课题，在希尔伯特发表“我们必须知道，我们必将知道”退休演讲两天之前的同一会场，宣布其“不完备定理”，用罗素和怀德海的逻辑体系证明希尔伯特的数学不可能完备又一致，而且人类真的在数学



Kurt Friedrich Gödel
(1906—1978)

John Neumann
(1903—1957)

Alonzo Church
(1903—1995)

Alan Turing
(1912—1954)

图10 逻辑智能的数学之源

上有不可知的东西^[38]。紧接着，1936年图灵在哥德尔工作的基础上提出图灵机，在不可推理之后定义了可计算问题，顺手解决了希尔伯特关于决策的第十问题^[39]。后来发现，在图灵之前，邱奇解决了同样的等价问题，不过用了递归函数和 λ -Calculus的概念^[40]，一时难以让人了解其真正意义，这就是后来图灵由剑桥赴美随邱奇攻读博士学位的原因。真正了解并向世人介绍和帮助哥德尔和图灵及其工作的第一人就是冯·诺伊曼，他为哥德尔在普林斯顿高等研究院谋得一席之地，推荐图灵获得奖学金成为普林斯顿的研究生。

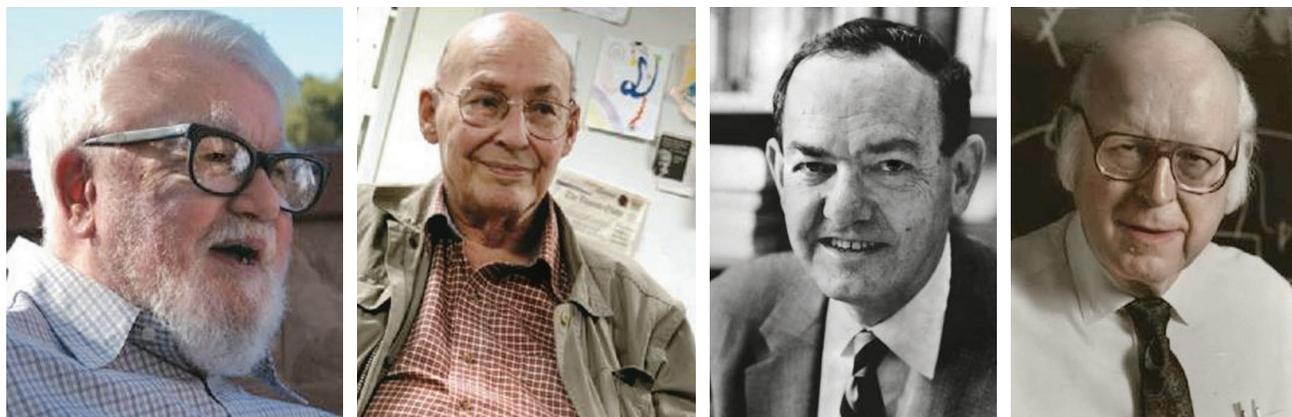
哥德尔的不完备定理，深刻地揭示了人类理性有限的本质，后来人工智能的4位主要创始人之一的司马贺（见图11）不但获得计算机的图灵奖，还因在经济和管理中倡导“有限理性

（Bounded rationality）原理”获得诺贝尔奖，再次说明哥德尔工作的重要意义。由此，人类意识到其进一步的发展，必须突破自身理性的有限性，这就是人类智性的大觉醒，开发数据等人工世界资源的宏伟事业开始了，智能科学与技术涌现并兴起，人类进入了第三轴心时代^[25-26]。

二战期间，弹道计算与曼哈顿原子弹项目，特别是其推动的蒙特卡洛方法，使冯·诺伊曼认识到算力和计算机的重要性。二战结束前夕，他又了解了军方制造现代计算机的决心，因此把兴趣和精力开始向计算机转移，重新开始了同维纳的交往。1944年12月，由维纳起草，冯·诺伊曼和哈佛数学家、研制Mark计算机的负责人艾肯共同签名的邀请信发给了由维纳亲自挑选的学者，因为三人认为一场伟大的技术革命即将来临。因此，信中写

到：……“感兴趣的人搞个聚会是件非常值得做的事情”。紧接着来了第二封信，三人提议为即将开展的宏大科学探索界定主题，就是维纳的“目的论新原则”，未来团队名称也定为“目的论学会”，就是围绕“通信工程，即计算机工程、控制设备工程……神经系统的通信和控制”展开研究：“一方面致力于研究目的是如何在人和动物的行为中得以实现的，另一方面研究如何通过机械和电子的方法模拟目的”^[41]。

1945年1月6日至7日，“目的论学会”在普林斯顿高等研究院开会，维纳对此兴奋不已，用MIT副校长基利安秘书的评论就是，维纳“可真的是春风得意”^[41]。他和冯·诺伊曼成了会议的主角，但这场革命的企图完全是在维纳的影响和科学思想启发下进行的。从某种意义上来说，这是1956年达特莱斯人工智能会议



John McCarthy
(1927—2011)

Marvin Minsky
(1927—2016)

Herbert Simon
(1916—2001)

Allen Newell
(1927—1992)

图11 人工智能之父

之前关于智能与计算最严肃的一场学术研讨，其“失败”与“目的论”这个古怪哲学的名称直接相关。如果名字合适、不如此奇异，或许人工智能这一学科就会从1945年开始算起。实际上，就智能科学史而言，这是一个十分值得研究的课题。

普林斯顿会议之后，出现了两个戏剧性的转折。一是维纳试图劝诱冯·诺伊曼到MIT工作，担任数学系主任，有自己的实验室，全力推动计算机和目的论研究。二是冯·诺伊曼一方面让维纳感到其挖人计划即将实现，并使维纳得力助手毕奇洛成为自己研究计算机的主力工程师，但随即于1945年6月30日推出自己关于电子计算机宏大的新计算机设计方案。这就是沿用至今的“冯·诺伊曼结构”。虽然这个方案的报告中只引了被当时主流神经和心理学家所忽视的麦卡洛克和皮茨的论文^[36]，但实质是冯·诺伊曼清理了维纳计算机构想中的目的论成分，仅保留机械电子的操作流程而已。

实际上，维纳于1940年就向当时负责战时研发的布什书面提出研制现代计算机的“五项原则”，但没有得到回应。按照冯·诺伊曼自己的说法，其计算机就是第一台“将维纳提交给布什的五条原则整合为一的机器”。然而，此时冯·诺伊曼与维纳个

人之间的关系已进入不自然状态，加上1947年首次世界计算机大会之后，维纳一度成为计算机界的“公敌”，因此他更愿把计算机的功绩归于邱奇和图灵的思想，而不是维纳，因此成为“邱奇-图灵命题 (Church-Turing thesis)”的积极倡导者，这就是为何美国军方和学界有人认为“冯·诺伊曼结构”应该称为“维纳-冯·诺伊曼结构”的原因^[34]。

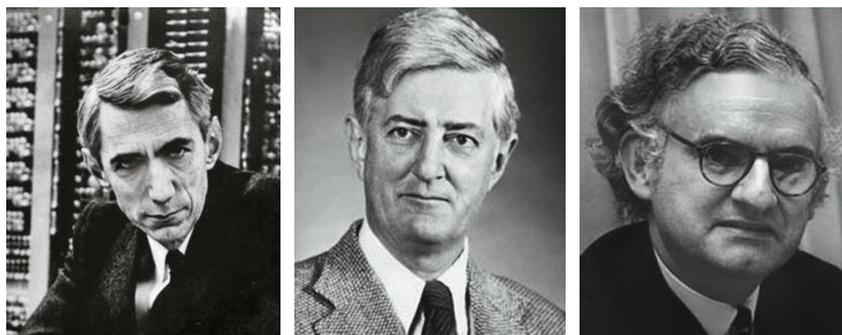
维纳对此似乎没有十分介意，可能因为其希望并关注的，已经变为能够产生智能行为且受“目的论”指导的智能机器。在麦卡洛克的大力支持下，1946年起维纳的主要兴趣已转移到梅西基金专为他资助的系列会议，由此偶然地创作了《控制论》一书，居然再次成为世界名人，引发世界性的控制论热潮，维纳的团队也成为世界关注的中心^[41]。

然而，当过了几年麦卡洛克赴MIT加入维纳和早已成为维纳博士生的皮茨之后，维纳在没有任何公开迹象的情况下突然宣称永远断绝与二人的一切关系，使麦卡洛克和皮茨陷入绝境，一蹶不起，不久就从学术研究的世界消失。智能与认知研究的“金三角”顿失，这就是曾使许多人不解并远离维纳及其控制论的原因。

相当程度上，维纳留下的学术真空造就了“人工智能之

父”麦卡锡（见图11）。麦卡锡是1948年在加州理工读大学时从冯·诺伊曼关于认知和维纳研究的讲座中了解控制论的，从而产生了兴趣。后赴普林斯顿数学系攻读博士，1951年毕业。三年后，明斯基也在同系获得博士学位，论文就是关于随机神经网络SNARE的研究^[42]。当时数学系有些教授认为明斯基的工作不是数学研究，还是冯·诺伊曼的一句话为他解了围：“今天不是，或许将来就是了”。

毕业后一段时间，麦卡锡热衷于自动机的研究，并与香农（见图12）合作编辑了自动机研究论文集。当时，关于可认知和可思维的智能机器之研究主要围绕控制论和自动机展开。在麦卡锡眼里，控制论太泛，又与维纳脱不了干系，而自动机太窄，过于数学化，不利于推广。因此，在1955年向洛克菲勒基金会申请研讨经费的建议书中，他选择了“人工智能 (Artificial intelligence)”一词来定义智能机器这一新兴的研究领域。人工智能会议于1956年夏天在麦卡锡任助教的达特茅斯学院举行，最初计划10人，包括维纳的前助手毕奇洛和学生Selfridge（见图12），但后来有近50人声称参加过这一长达8周的会议，有可信证据的就有20余人（部分见图13）。其中，4人被认为是“人



Claude Shannon
(1916—2001)

Oliver Selfridge
(1926—2008)

Michael Lighthill
(1924—1998)

图 12 人工智能历史上的重要人物



图 13 重逢于纪念 50 周年人工智能

工智能之父”：麦卡锡、明斯基、司马贺和纽厄尔（见图 11）。香农与会的原因，除了他与麦卡锡的个人关系之外，很大原因是希望利用他的影响力以及他与维纳因通信和信息论成果归属问题而产生的矛盾，使人工智能远离维纳的影响。会上，司马贺一度希望说动大家把名字改为“复杂信息处理（Complex information processing）”，认为人工智能会让人有“欺骗”不实的感觉。幸好这一建议未被采纳，否则如此学究且难引注意的名字，或许这

一领域就不会有今天的局面，遭受与“目的论”同样的命运。在此之后，一切都是大家熟知的人工智能历史。

达特茅斯会议之后，麦卡锡和明斯基前后都去了 MIT，致力于人工智能研究，并开始了军方资助的 MAC 项目。麦卡锡还将邱奇的 λ -Calculus 开发成 Lisp，成为人工智能的第一语言，被公认为人工智能数理逻辑学派的领军人物。后与明斯基产生分歧，麦卡锡赴斯坦福创立新的人工智能实验室，并与尼尔森一起成为

逻辑智能的主要开拓者和捍卫者。今天的云计算技术，就是源自麦卡锡当年开拓并发展的分时系统。明斯基后来执掌 MIT 人工智能研究，除了因对感知机的偏见而对神经网络研究造成了负面影响之外，他从认知科学的角度推动人工智能的发展，贡献巨大，特别是他在 1986 年提出的智能体代理的思想，依然是今天多智能体和群体智能研究的基础^[43]。相当程度上，明斯基沿继了维纳的思想，是计算智能的引路人和开拓者。

1992 年，美国人工智能协会（AAAI，现改为国际人工智能促进会，缩写一样但内容已改）在加州硅谷举办首届机器人竞赛，我因自己的三位研究生是竞赛的志愿者而一同驱车参会，顺便访问斯坦福和伯克利的同事与朋友。与麦卡锡和尼尔森见面时，当麦卡锡知道我来自 RPI 和亚利桑那的机器人与自动化实验室时，半幽默半严肃地告诉我：他选择人工智能一词而不是自动机或控制论，因为 AI 也是智能自动化（Automation of intelligence）的缩写。我的回应是：作为人工智能的 AI，主要是分析和认知世界，是“软”智能；作为智能自动化的 AI，如智能机器人，是“硬”智能，其实这是当时许多研究人员的认识和共识。

在我的眼里，尼尔森是把人工智能从“文学”推向“科学”



图 14 2015 年尼尔森与王飞跃于俄州梅德福

的最大功臣，尽管生前其成就没有得到充分的认识和承认。本人就是在读他人人工智能的文章和著作中才真正了解和认识这门学科的^[44-45]。我曾力主尼尔森进入第一批“AI’s Hall of Fame”，尽管他是其中唯一一名没有获得图灵奖的学者。在其退休之后，我曾多次去他家拜访，并邀请他于 2015 年共同创办智能科学与技术学会（Association for intelligent science and technology, AIST），并翻译了他最后的一本著作^[46]，留下珍贵纪念（图 14）。

3. 智能控制：从学习控制到人工智能控制

实际上，在傅京孙于文献^[2]中提出“智能控制”一词之前，Leondes 和孟德尔（Jerry Mendel）于 1969 年在纪念维纳

去世的文集中就发表了题为“人工智能控制”的章节^[3]。许多人据此认为智能控制应以此文算起，把 1969 年作为智能控制的起点。然而，细读文献^[3]不难看出，虽然文章名为人工智能控制，内容却完全是学习控制，主要是自组织学习控制和基于模式识别的控制，与后来发展起来的参数识别自适应控制更加相关。此外，尽管 Leondes 是此文的第一作者，但实际并没有参与其写作，完全是当时年轻的孟德尔自己的研究工作。孟德尔 1963 年从纽约 Brooklyn 工学院博士毕业后，一直在麦道公司研发航空航天控制技术，是一位十分活跃且杰出的青年学者。1968 年，在为 Leondes 主编的系列丛书“控制系统进展：理论与应用（Advances in Control Systems: Theory and Applications）”写

了一章关于人工智能在控制中的应用之后，孟德尔引起 Leondes 的注意。Leondes 告诉孟德尔，他被邀为纪念维纳的专著写一章，希望孟德尔执笔，但他必须是共同作者，最好是第一作者，结果就是文献^[3]。然而这完全是孟德尔自己的工作，因为他后来回忆：“Leondes did absolutely nothing!”。

一定意义上，文献^[1]是学习控制第一篇也是最后一篇全面深入的综述文章，因为之后学习控制就消融于自适应控制、自组织系统和模式识别决策的不同研究方向之中。令人感叹的是，文献^[2]总结的 5 种范式：1) 基于模式识别器的可训练控制器，2) 强化学习控制系统，3) 控制中的贝叶斯估计与学习方法，4) 随机逼近方法，5) 随机自动机模型，以及展望中提出的学习之分层递阶结构与学习控制之模糊逻辑方法，今天又重新出现在主流的机器学习、模式识别和人工智能研究方法之中^[16-17]。

在总结展望学习控制的过程中，傅京孙一定意识到更多的人工智能在控制中的应用场景，并可能形成新的研究领域。因此长文^[1]之后，立刻补充了短文^[2]，旗帜鲜明地提出智能控制一词，认为人工智能与自动控制的交融，必然导致从学习控制到智能控制的发展。傅京孙把智能控制系统

大体分为三类：1) 具有人类操作员的系统；2) 具有人机交互控制器的系统；3) 自主机器人系统，强调离线模式识别和在线参数识别对于复杂情景下智能控制的重要性，希望其短文能够成为“激发在这一领域更多兴趣和研究的催化剂”^[2]。十多年后，他的愿景获得巨大成功，智能控制终于成为一门生命力强盛且应用广泛的年轻学科。

仔细研读文献^[2]，可以认为其核心理念是建立以人为模式的控制系统之思想，先是模拟人的控制行为和过程，然后由机器部分取代人的功能，最后完全以机器人替换人的作用。这一设想在当时过于宏伟，缺少具体的理论与技术。提出智能控制的概念之后，直到突然去世之前，傅京孙的主要精力和时间都放在模式识别的理论及其应用，特别是语法语义模式分析上，并主导创办了国际模式识别学会(IAPR)、电气和电子工程师学会(IEEE)、模式分析与机器智能汇刊(IEEE T-PAMI)，几乎没再直接涉足智能控制的工作。

实际上，从20世纪90年代初直到90年代中期，在智能控制的早期发展和成长壮大阶段中发挥主导性作用的是傅京孙的普渡同事萨里迪斯。萨里迪斯将分层递阶系统的结构框架和运筹学与决策论引入智能



James Albus
(1935—2011)



Alex Meystel
(1935—2010)



Harry Stephanou
(1950—2013)

图15 智能控制早期的开拓者和组织者

控制，提出了历史上深具影响的“组织-协调-执行”三层结构和相应的“智能增加，精度减少”的分层设计原理，提倡以信息论的熵概念及其测度来统一智能控制理论中的不同方法与体系(见图2)。当时关于智能控制系统的实际应用案例很少，萨里迪斯大力推动其在交通、机器人、空间探索和计算机集成制造等方向的应用，并在美国自然科学基金(NSF)创设相关资助机构，在IEEE推动成立机器人与自动化学会(RAS)和智能控制委员会(CIC)，在Stephanou、Meystel和Albus(见图15)等协助下创办系列的IEEE智能控制研讨会(IEEE ISIC)，并在美国宇航局(NASA)建立空间探索智能机器人系统中心(NASA/RPI CIRSSSE)，这些活动使智能控制的研发在80年代末90年代初，形成了一个国际高潮。

在此期间，孟德尔依然活跃在学习控制和智能控制领域，并

与傅京孙和萨里迪斯合作，推动相关研究。后来在其中国博士生王立新和伍冬睿等帮助下，在模糊逻辑和控制，特别是二型模糊系统方面取得了一系列成果。

王浩、麦克诺顿(见图16)、尼尔森等人在自动机和形式语言方面的工作，也从理论计算机和人工智能的角度推动智能控制的发展。王浩一直希望用自动机将定理证明的逻辑推理过程形式化，并与伯克斯(见图16)等合作，开展了大量的研究工作，激发了当时学者对利用机器实现智能控制的向往与热情。特别是麦克诺顿和他的学生合作证明了有限状态自动机(Finite state machine, FSM, 一种最简单的自动机)与正则语言(Regular language, 一种最简单的形式语言)完全等价后^[17](即著名的麦克诺顿引理，今天许多教科书已将有限状态自动机直接作为正则语言的定义，很大程度上掩盖了这段发展历史)，使人们对利用机



王浩 (1921—1995) Robert McNaughton (1924—2014) Arthur Burks (1915—2008)

图 16 形式语言与自动机理论的开拓者

器处理自然语言产生了相当高的期望。由于智能与人类语言的紧密关系，这项工作加强了大家对建立智能控制系统的信心和兴趣。在此背景下，许多人工智能的创始人和早期开拓者，如明斯基和尼尔森等，都开始了利用自动机进行自动智能机 (Intelligent automata) 和移动机 (Mobile automata, 主要指移动机器人, 如 Shakey 等) 的研究^[17]。显然, 这些工作在智能控制的早期发展中发挥了十分重要的启蒙作用。

实际上, 1990 年之前关于智

能控制的工作多数是概念性、示意性研究, 解析性和具体算法设计很少, 也没有多少研究人员。例如, 机器智能与人工智能之间的区别与结合 (如图 17 所示) 就是一个泛泛的“哲学式”问题^[47]。当时的一个迫切任务就是如何将智能控制的探索转为针对具体场景的“解析型”研究, 建立可实现、可检验、有效的智能控制理论和方法体系。从 1985 年到 2016 年期间, IEEE

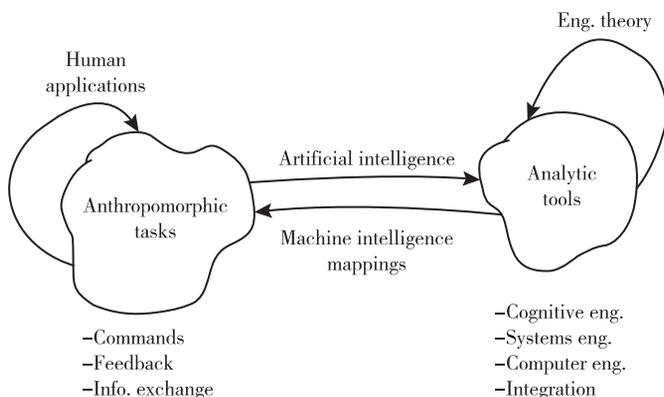


图 17 机器智能与人工智能

ISIC 研讨会在智能控制的发展史上起到了主要作用 (其早期封面见图 18)。鉴于目前对智能系统的时代需求, 希望 ISIC 能以 IEEE ICIC 形式重新复活。

从 1985 年到 1989 年, 本人的主要工作围绕: 1) 智能控制的体系结构与过程, 2) 如何从结构过程到算法设计, 3) 如何从算法生成到系统实现等三个方面展开, 并在航天、外空探索、计算机集成制造等领域进行具体应用。图 19 给出本人建议的将基于智能控制的智能机器视为可自动产生高级语言, 并可自动编译为可执行的机器指令, 然后通过与执行器相连的实时嵌入式操作系统完成控制功能的智能

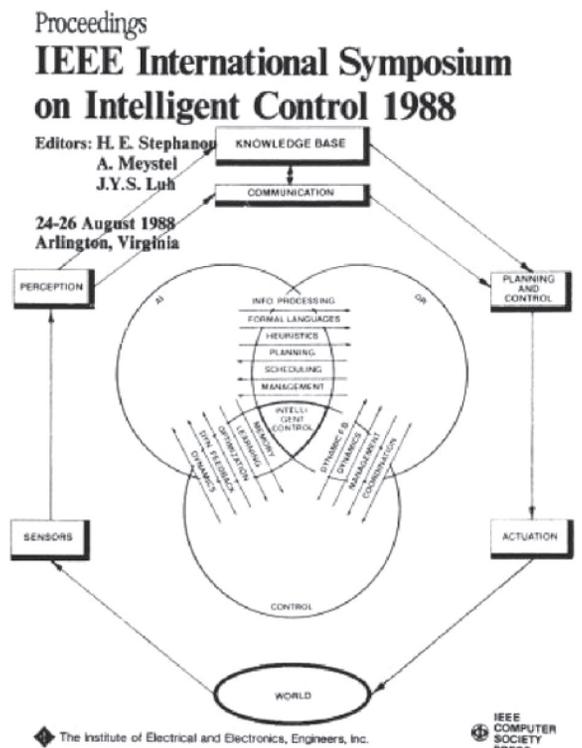


图 18 早期智能控制研讨会论文集封面

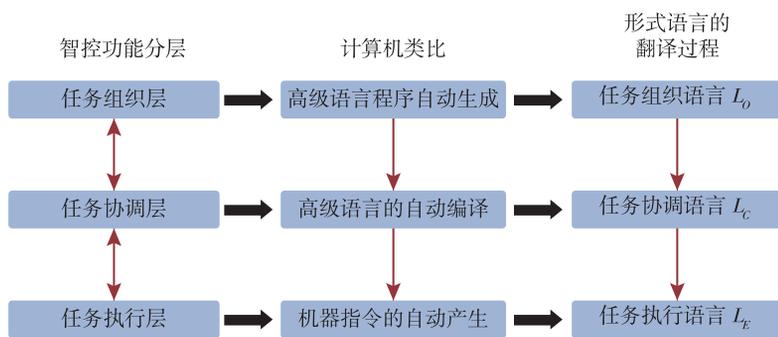


图 19 智能机器与计算机

系统。为此，提出 Petri 网络翻译器 (Petri net transducers, PNT)、PNT 形式语言、协调结构 (Coordination structures)、调度器 (Dispatchers)、控制总线 (Control buses) 等概念及

其数学模型；同时，引入博弈论和机器学习算法，在执行过程中不断改进策略优化控制，并用于 NASA 实验空间站的检验和组装研究^[13-15, 48] (如图 20~ 图 22)。其中，PNT 的引入，将智能控制

任务状态的表示复杂性从原来基于有限状态机 FSM 的指数级降为多项式级，有效地解决了相应的“组合爆炸”问题。这是后来 Petri 网被广泛用于制造自动化的内在原因，麦克诺顿教授在这项工作中给予本人极大的引导和帮助。然而，值得指出的是，有限的 Petri 网络一般伴随无限的可达状态树空间，因此，PNT 的复杂性降阶只是将表示复杂性转移至决策复杂性而已，实际上并没有减少复杂性。然而，由于决策复杂性一般都是指数级的，因此这并不是一个问题。

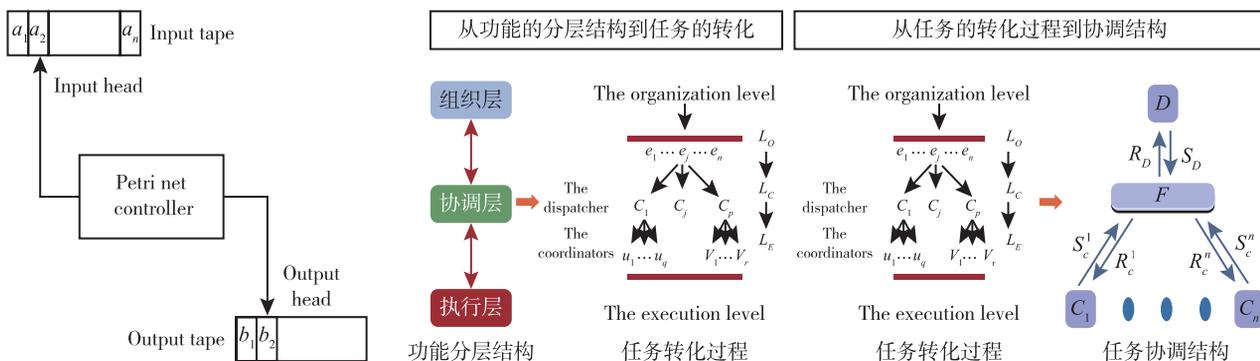


图 20 Petri 网络翻译器及其翻译过程

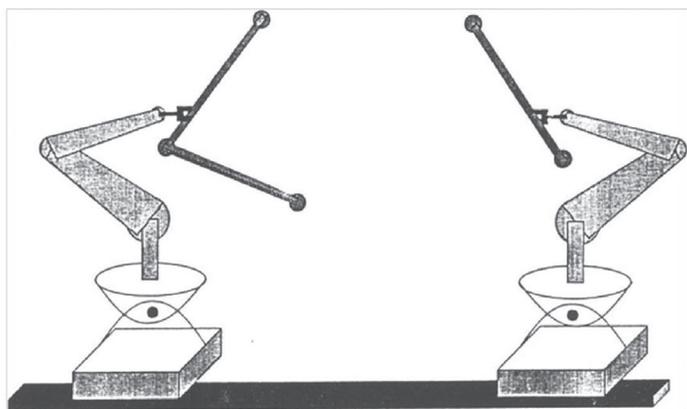


图 21 NASA 机器人空间站组装平台原型

1995 年，在萨里迪斯、Meystel 和 Albus 的帮助下，本人创办《智能控制和智能自动化丛书》以及《国际智能控制与系统》杂志 (International Journal of Intelligent Control and Systems, IJICS)，成为该领域的第一份学术丛书和期刊 (见图 23)。后由于与出版社意见不一致，杂志一度停刊，2021 年在

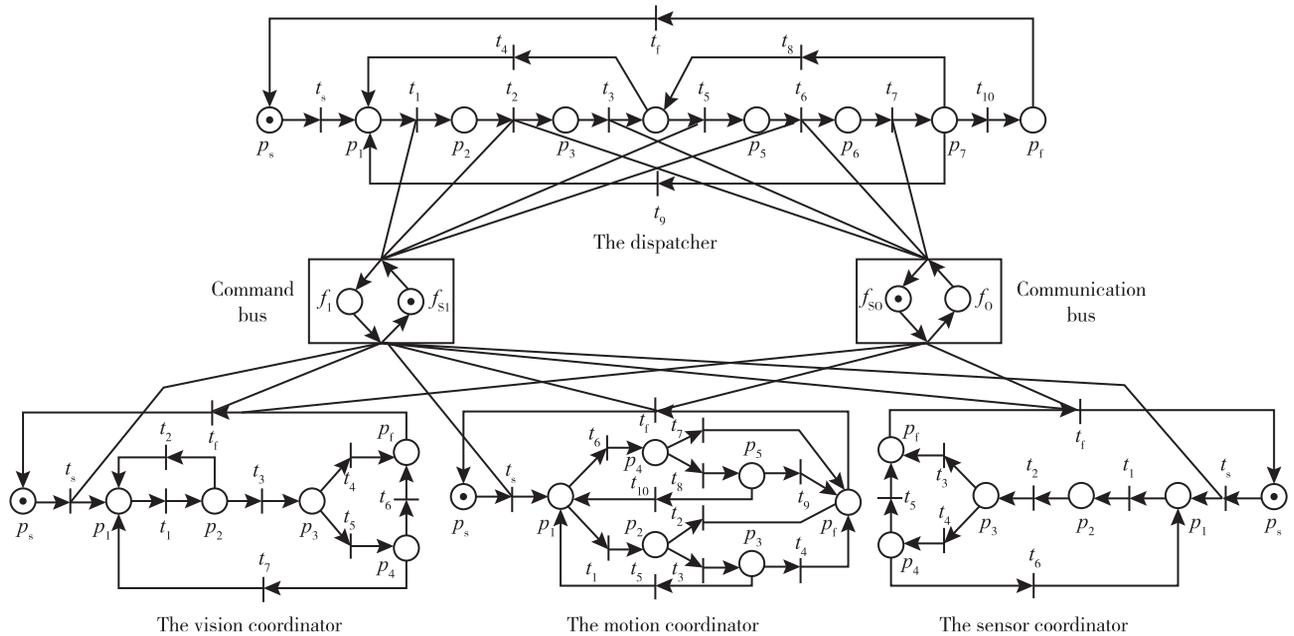


图 22 一个智能机器人的协调结构

国自动化学会的支持下, IJICS 重新出版。

在中国, 清华大学的一些学者在 80 年代初就提倡研究智能控制理论与应用, 并于 1991 年在清华大学举办了第一次全国智能控制专家研讨会。在这次会议上, 发起了每年举行一次全国性的智

能控制与智能自动化会议的倡议。1993 年, 清华大学举办了首届全球华人智能控制与智能自动化大会, 本人有幸帮助此会邀请海外相关专家并借此机会第一次回国参观学习。1995 年, 中国自动化学会批准成立智能自动化专业委员会, 进一步地推动了这一领域

的研究与应用。中国智能控制的历史值得系统深入地研究, 这应是未来的一项重要工作^[49-50]。

这就是 20 世纪智能控制主流发展史上的萌芽期(1950 年—1970 年)、形成期(1970 年—1980 年)和成长期(1980 年—2000 年)之缩影。然而, 从 90 年代起, 以模糊控制为代表的智能控制算法大量涌现, 并与神经网络控制、遗传演化控制等计算智能控制方法合流, 逐渐成为智能控制研发的主流方向, 而关于智能控制系统结构等方面的工作相对减少。进入 21 世纪后, 智能控制随着数据、算法和计算机软硬件的大力提升而日新月异, 已进入了一个崭新的历史发展阶段, 特别是近年来深度学习的巨大成功和人工智能的兴起热潮, 更为智能控制

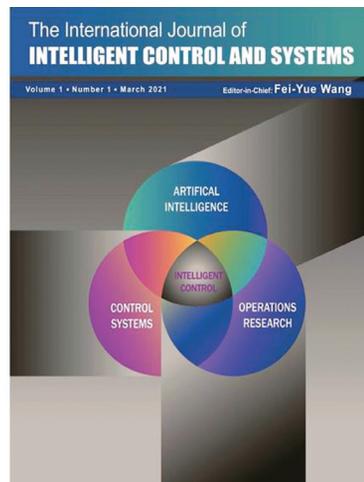
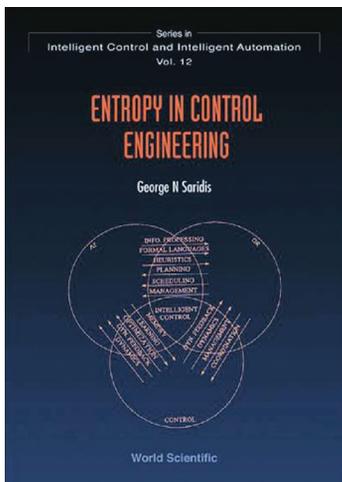
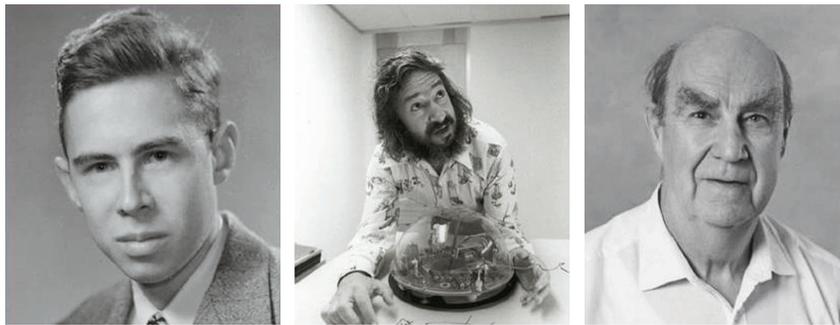


图 23 《智能控制和智能化丛书》与《国际智能控制与系统》



Frank Rosenblatt
(1928—1971)

Seymour Papert
(1928—2016)

Longuet-Higgins
(1925—2016)

图 24 计算智能和认知科学的开拓者

的深入和普及提供了难得的发展空间和机遇。毫无疑问，智能控制将成为智能时代控制理论和自动化进一步发展的基石和开路先锋。

4. 计算智能：认知、行为、机制

在人工智能的前 50 年里，主要是两种路线，即以人性行为为主的计算智能方法和以理性推理为主的逻辑智能方法，也就是所谓的“纯净派”与“邈邈派”^[44]。尽管以目的论、人工神经网络、控制论为核心的计算智能起步稍早，但在前 30 年的发展历程里，以数理逻辑、逻辑编程、Lisp 和 Prolog 为代表的逻辑智能主导了人工智能的发展，在哲学上，这与存在 (Being) 和变化 (Becoming) 这两个核心理念的形成过程十分一致。

尽管神经网络是达特茅斯研讨会建议发展的人工智能 6 个方向之一，但由于对 1957 年罗森布拉特 (见图 24) 的神经元感知

机初始成功^[51-52]的过度宣传，加上明斯基和 Papert 于 1969 年出版的《感知机》对其的分析，用一个简单的 XOR 逻辑运算就证明其功能十分有限，并放大其结论、全面否定感知机；再加上 1971 年罗森布拉特意外的死亡事故所引发的神秘感和扩大的影响力，很快使人工神经网络的研究陷入几乎无人问津的十年黑暗期。实际上，此前许多的研究成果，如尼尔森的学习机器方法^[53]和 Widrow 的基于单程 Adaline 的多层网 Madeline^[54]，早已确定了多层神经网络具有通用的逼近和学习功能。这一事件说

明，媒体的传播和影响力使用不当，有时会对正常科研产生十分负面的冲击。2004 年 IEEE 计算机智能学会设立 IEEE Frank Rosenblott 奖，以纪念他在神经网络研究上的开拓贡献。

对人工智能更大的冲击随之而来：1973 年 Lighthill 报告问世，认为人工智能经过 25 年的发展 (英国人认为人工智能从 1947 年图灵的技术报告开始) 并没有产生任何许诺的重要贡献，并对其许多核心技术前景持悲观态度，成为英国政府停止支持许多大学和机构的人工智能研究的依据。为此，麦卡锡专赴伦敦与 Lighthill (见图 12) 公开辩论，称人工智能就是基于图灵机的自动机，但依然无法挽回局势。由此，从英国到美国，人工智能的研究经费被大大缩减，进入了长达十年的艰难时期，这就是其最长最严峻的一个“严冬”。严冬之中，计算智能的另外两个核心方法，扎德的模糊逻辑和 Holland 与 Fogel (见图 25) 的遗传算法



Lotfi Zadeh
(1921—2017)

Lawrence Fogel
(1928—2007)

John Holland
(1929—2015)

图 25 模糊逻辑与遗传算法的开拓者

得到了成长与发展的机会。

危机之中有转机, Lighthill 在其报告中认为人工智能的一些研究在一些领域中可能有用, 其高中的朋友 Longuet-Higgins 将其归结为 4 点, 并合为一体, 称为“认知科学”。随即, Longuet-Higgins 同其博士生辛顿 (Geoffery Hinton) 和其他从事心理、神经、生物学研究的同事开始相关工作。实际上, 在参加了 1956 年夏季的达特茅斯人工智能会议之后, 维纳的学生 Selfridge 立即在 MIT 组织举办了第一次较为正式的认知科学研讨会。人工智能与认知科学本应从一开始就相互依存, 共同发展。1986 年, 认知科学蔚然成势, 著名的 PDP 三卷本出版后, 辛顿利用 BP 算法的多层神经网络重新获得关注, 相关研究走上正轨。20 年后, 辛顿的工作演化为深度神经网络和深度学习, 以此为基础的 AlphaGo 获得巨大成功, 终于使人工智能技术得到社会的广泛认可。AlphaGo 之后, 时代的 IT 不再代表信息技术, 那已是旧 IT 了, 而是代表智能技术 (Intelligent technology), 这就是新 IT。

从 1990 年到 2000 年期间, 本人在计算智能和智能控制的结合上主要围绕 6 个方面展开^[15, 55-77]: 1) 提出“当地简单、远程复杂 (Local simple,

remote complex, LSRC)” 的网络化系统的设计理念, 以及远程现场可编程设备的概念与原型设计; 2) 实时嵌入式系统的组织与设计, 以及特定专用操作系统 (Application specific operating systems, ASOS) 和可编程片上系统 (Systems on programable chips, SoPC); 3) 基于代理的控制系统 (Agent-based control, ABC) 和相应的基于代理分布式集中控制系统 (Agent-based distributed control systems, aDCS) 及网络控制器, 主要是受明斯基代理 (Agent, 或称智能体) 理念的启发; 4) 自适应动态规划 (Adaptive dynamic programming, ADP), 这是我在 1984 年利用变分法处理非线性滤波和控制近似最优解的想法, 后用于随机非线性动态系统的次优解设计, 最终在许多人的共同努力下发展成为 ADP, 复杂系统管理与控制国家重点实验室的刘德荣和魏

庆来目前已成为引领 ADP 研究的权威^[78]; 5) 如何将基于模糊逻辑的决策规则与基于神经网络的学习方法结合, 首先是让人的经验和直觉推理数字化解析化, 其次是利用语言知识训练神经网络并在网中嵌入知识结构, 使其可解释可理解, 为此推出九层模糊神经网络 (Neuro-fuzzy networks) 结构 (见图 26), 为 LSRC 系统提供远程学习和边缘计算的途径; 6) 语言动力学系统 (Linguistic dynamic systems, LDS), 试图像数模/模数 (Digital to analog, analog to digital, DA/AD) 转换一样, 实现词数/数词 (Word to number, number to word, WN/NW) 转换 (见图 27), 成为词计算最早的工作之一。实际上, 1990 年开始的第一项新研究是大脑的数学建模, 可惜当时条件不足, 不久就转向模糊神经网络的研究。十分有幸的是, 我们得到了在金融、健康、矿山、交通、无人驾驶、工业制

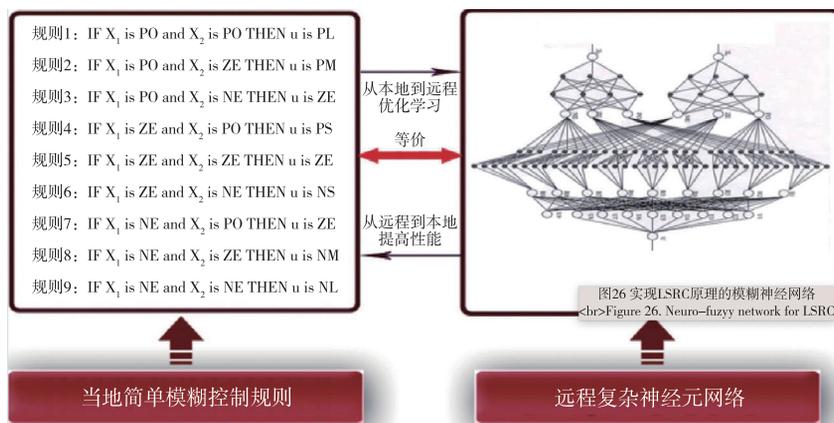


图 26 实现 LSRC 原理的模糊神经网络



图 27 广义语言动力学系统

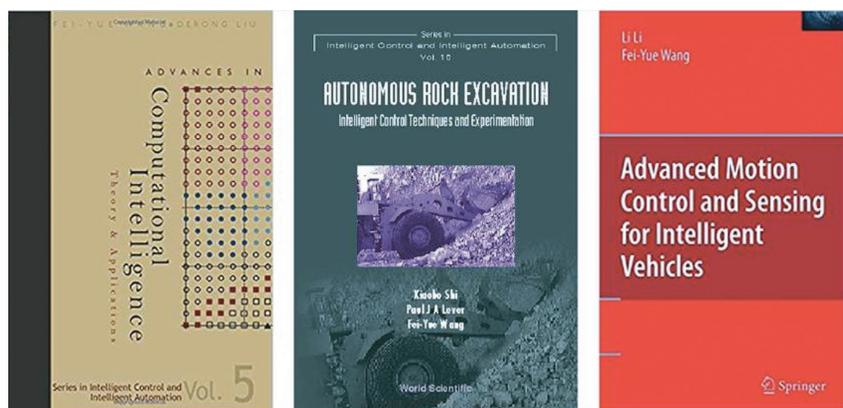


图 28 代理控制、无人矿山和智能车专著

造、过程控制、机器人与自动化、军事安全等领域应用这些技术的机会，并完成了多部相关方向的学术专著，如无人矿车与机器人挖掘、月球/火星采矿智能车的传感与控制、基于代理的网络化计算智能等（见图 28）。

5. 平行控制：ACP 与 CPSS

上世纪 80 年代，本人的主要研究工作是协助萨里迪斯构造基于智能控制的智能机器解析理论与方法。然而，我们之间的学术观点有时非常不一，特别是在关于熵的概念和方法如何在智能控

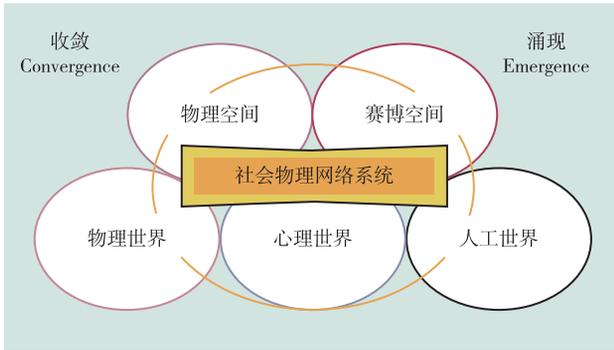
制中有效应用的问题上争论异常激烈^[79-82]。但是，无论从学术上还是生活上萨里迪斯都给了我极大的关怀与支持。90 年代独立工作后，在萨里迪斯的大力支持下，我决心开始自己的学术道路，重新选择应用场景和具体的方法及算法研究，这就是矿山、交通、无人车、健康、经济、复杂系统等领域，以及相应的 LSRC、ASOS、SoPC、DCS、Neuro-fuzzy、LDS、影子系统、范畴和 Monad 等工作^[57-58, 63, 65-66, 83-86]。

进入 21 世纪，本人的核心研究就是针对复杂系统的平行理念

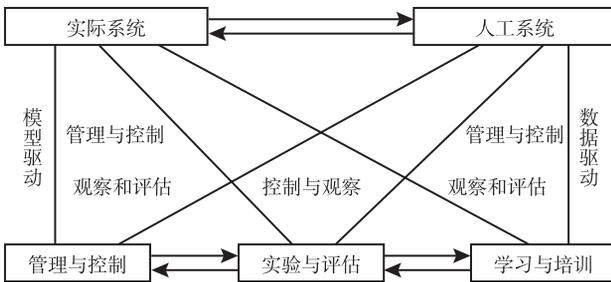
及其相应的概念、理论、方法和算法。从智能交通系统开始，因为人、路、车构成一个完美的工程复杂性与社会复杂性参半交织的开放复杂系统，然后是赛博网络空间中的舆情问题，并很快转向安全与国防^[87-93]。但是，平行用于控制、特别是复杂系统的控制，是我内心念念不忘的课题，这就是我选择《控制与决策》发表自己第一篇平行系统与平行智能文章的原因^[94]。

图 29 给出平行思想的基本构成和方法基础，即 CPSS（Cyber-physical-social systems，赛博物理社会系统）和 ACP 方法（Artificial societies, computational experiments, parallel execution，平行方法）。相比图 2，智能控制从“三环三框”到“五环五框”，目的就是针对复杂性问题，将模型从系统分析器还原为数据生成器，使复杂系统可计算、可实验、可验证，使复杂控制量化、解析、可视。图 30 给出平行控制在控制理论中的位置和相应的基本框架。

最初，平行控制是针对复杂系统，特别是涉及人与社会的复杂系统，如图 31 所示。此时，开源信息和社会计算是平行控制的主要特色，是传统控制没有关注的内容，同社会学、心理学、管理学，特别是社会治理密切相关。然而，平行控制在传统控制中也



(a) CPSS框架



(b) ACP方法

图 29 平行控制的 CPSS 和 ACP 方法

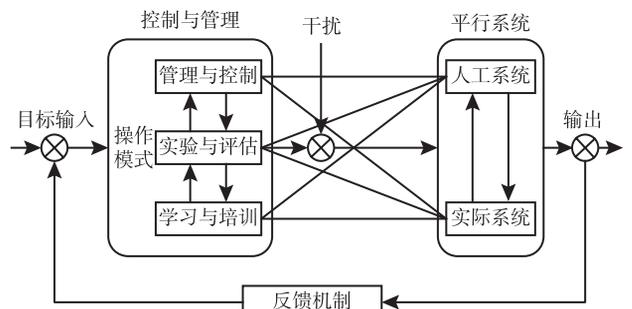
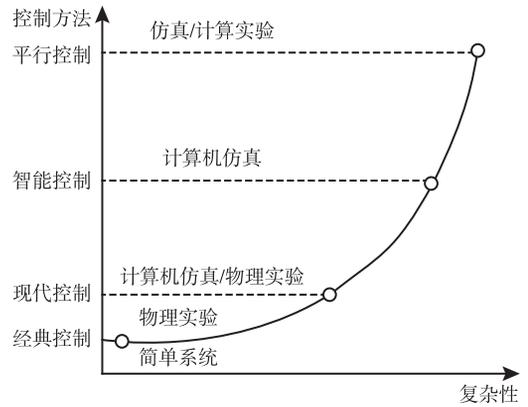


图 30 系统复杂性和平行控制器

有重要作用，如图 32 所示，简单而言就是对控制求导，将被控系统

面一定有意义重大的广泛应用。

实际上，可从数学上证明，当实际系统与人工系统相似时，图 30 所示的一般的平行控制系统等价于图 32 所示的简单平行控制，其方程如下。

受控系统的状态方程：

$$x' = f(x, u) \quad (1)$$

主控系统的控制方程：

$$u' = g(x, u) \quad (2)$$

传统上，对控制向量 u 求导既无物理意义，又无分析上的明显作用。因此，除了在传统的传递函数分析时作为过渡使用外，

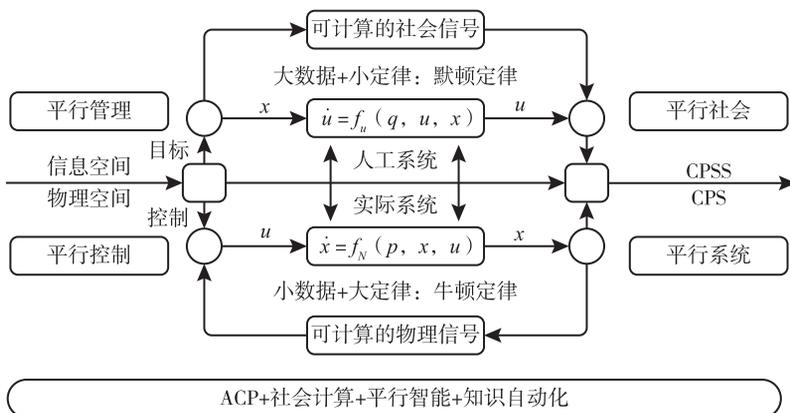


图 31 平行控制和并行管理

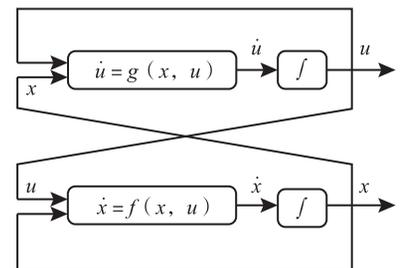


图 32 平行控制的基本方程

并不进一步讨论和研究。而且，求导意味着放大噪音，提高对硬件的要求，所以更是无人问津。

然而，近期的理论研究表明，平行控制具有如下意义^[95-99]：

1) 使控制系统与被控系统在形式上对称，它们不再一个是代数方程、一个是微分方程，而是两个对等的微分方程，从而使二者从形式到内容在数学上完全一致。这是实现拟人控制和傅京孙以机器人实现智能控制设想的基础。

2) 控制器不再是根据状态即时地决定控制量，而是根据状态决定控制的变化量，进而决定控制量本身。这为控制回溯历史、预测未来和引导未来提供了数学基础，扩展了决定控制的信息空间。同时，为以新的方式引入控制与被控角色的博弈对抗打下了基础，机器学习、人工智能等方法也更加有效地融入控制理论。

3) 经典控制的方程可被视为平行控制方程的特殊情况。实际上，经典控制可被视为控制的变化率和状态的变化率成比例的一种特殊的平行控制。经典控制的各种问题及相应的研究结果，都可以在平行控制的新视角下重新进行分析。

4) 平行控制可被重新写成一个自治的微分方程，但是系统函数未知待求，否则许多关于自治方程的分析结果可被直接利用。对于实验来说，这也为求解平行

控制问题，特别是非线性平行控制问题提供了新的途径，是一个十分值得关注的方向。此外，这也为平行控制与基于核函数的神经网络方法建立了一种天然联系，人们可以利用最佳格点集和最小二乘方法，直接用神经网络求解非线性平行控制方程^[100-101]。

5) 平行控制为“边缘简单，云端复杂”的云控制提供了一条新的途径。简言之，控制的变化率可以在云端实施，控制的输入量可以在边缘设备上实现，而且边缘和云端的被控模型可以不完全一致，边缘模型一般应为云端模型的简洁式或简化版，而且云端的控制向量可以作为边缘端的控制向量的指令或设定目标 (Set points)。这在一定程度上解除了对控制向量之时间导数的物理意义与负面作用的顾虑，因为云计算可以是物理模型之外的计算，其本身并非必须具有物理规则的基础。

综上，平行控制是智能控制向控制智能转换的有效途径，值

得深入研究。

6. 控制智能：从平行智能到知识自动化

马克思曾说：“哲学家们只是用不同的方式解释世界，而问题在于改变世界”^[102]。同理，人类要可持续发展，人工智能必须发展成为控制智能和管理智能，成为人类可持续发展的利器与途径。借助工业自动化，人类社会走到今天，但人类的明天必须依靠知识自动化，这就是控制智能的历史使命。

如图 33 所示，控制智能必须融复杂性控制与自动化、跨学科控制与自动化、体系化控制与自动化为一体，将控制小数据 (Small data) 扩展成为控制大数据 (Big data)，再深化成为控制智数据 (Smart data)，使 What IF 和 IF Then 的思维习惯量化智能化，从多学科到学科交叉，再到跨学科，最后成为针对具体问题的“超”学科，如图 34 所示。

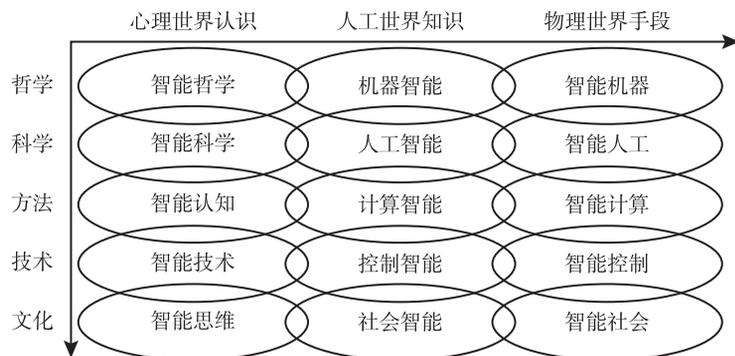


图 33 控制智能与学科交叉和融合

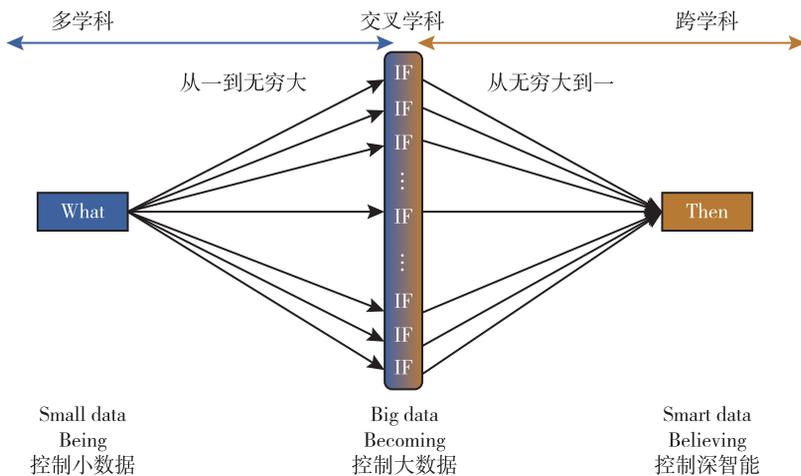


图 34 控制智能：小数据、大数据、智数据

平行智能将在这一进程中发挥重要作用，加速智能控制向控制智能的发展，推动智能自动化的切实落地与普及深入。平行的理念源自非欧空间平行线相交这一数学事实对我们的冲击，特别是这一突破在创立相对论和量子力学理论过程中的重大贡献，让我们有了现代科技和今日的产业繁荣。然而，产生平行方法的种子，却是源于1982年在浙江大学力学系研究设计断裂力学的金属平板断裂拉伸实验。当时，这种实验费时费钱，一个研究生无法承担。无奈之下，我想起蒙特卡罗方法：既然此法为核实验的计算方法而生，为何不可为我的断裂实验而用？由此，有了关于利用计算机进行裂缝计算实验的建议报告和相关的研究^[103-104]，并理所当然地被否定。

然而，我依然相信这种方法的价值，并天真地认为这可

以使《1984》中影子般的“Big Brother”从负面角色转为有效企业和社会管理的正面角色——数字工作者（上班无时无刻不在，督促各项工作的落地），可惜当时的技术无法支持这种想法。几年后，我参加了NASA国际空间站自动组装的研发以及月球火星无人工厂的设计与控制，再次面临既无数据又无“真”可仿的“仿真”问题，这就是1994年提出“影子系统”的背景与动因^[83]，是文献^[103]思想的直接延长，与今天的“数字孪生”不谋而合，思想完全一致，可惜后来只是应用于90年代末的大电网系统的分析^[105]。这些想法的进一步延伸，就是21世纪初正式提出的平行智能和平行系统^[94, 105]。

平行的理念其实很简单，就是用智能科技的方法，让实的变虚，让虚的变实，然后充分利用知识自动化让虚实对立统一，实

现虚实空间之间的实时反馈，形成虚实空间之间的控制闭环。平行理论由人工体系、计算实验、平行执行三大部分构成（即ACP方法），每一大部分依据系统复杂性又分为三个层次：A）数字孪生、软件孪生、虚拟孪生；C）Simulation, Emulation, Imitation; P）决策生成、决策推荐、决策支持。因此，共计有27种不同的基本形态。按照通俗的话来讲，平行系统的简单形态就是影子系统或数字孪生，复杂形态就是镜像世界或元宇宙^[106-107]。2004年，平行智能理论文章公开发表之后，立即引起国防与安全相关人员的关注，并于2005年开始展开相关工程的研究。

然而，我们必须清醒地认识到：智能时代单凭智能技术远远不够，新时代要求与之相适应的新思维和新哲学，并创造相应的社会新范式。但问题是智能时代的新哲学是什么？新在哪里？

本人认为，必须把西方哲学的两个核心理念Being和Becoming扩展，加入第三个“B”——Believing。这一想法源于波普尔的三个世界现实观：从物理世界、人工世界、心理世界以及对应三个世界的三种知识，自然延伸到相应的三种哲学，从而引入新的平行哲学，如图35所示。由此，进入图36揭示之“在、信、思”“3B”哲学和相应的循环因

三个世界	世界1 物理世界	世界2 心理世界	世界3 人工世界
三种意识	存在 Being	变化 Becoming	信念 Believing
三种哲学	显像哲学 Phenomenographical philosophy of BEING	过程哲学 Process philosophy of BECOMING	平行哲学 Parallel philosophy of BELIEVING
三种知识	描述知识 Descriptive knowledge	预测知识 Predictive knowledge	引导知识 Prescriptive knowledge

图 35 平行哲学与三个世界



图 36 平行哲学与循环因果

果：我在故我信，我信故我思，我思故我在。

数学上，就是在实际系统中建立牛顿方程，在虚拟系统中创立默顿方程，形成平行对偶方程，使之相互纠缠、平行相交。

实的牛顿方程： $N^\circ = S(N, M, R)$

虚的默顿方程： $M^\circ = T(M, N, V)$

其中，S 和 T，N 和 M，R 和 V 分别为实与虚的状态函数、状态变量和输入变量。在云边计算框架下，一般情况下实在边缘，虚在云端。平行控制，是其特例。由此，以解析的方式走向控制智能，迈向知识自动化。

7. 展望

七十多年前，类似“在、信、思”的循环因果论思想催生了维纳的控制论和基于人工神经网络的计算智能原型。今天，希望这一认识能在交织的三个平行世

界里得到更加深入的发展，从而有序有效地推动智能科学与技术的发展。令人高兴的是，在人工智能正式启动之前，数学家就开始为我们准备了循环因果智能变革的数学工具，把哲学的理念变成数学概念，形成范畴的数学理论，把哲学单子“Monad”变成数学“智子”Monad，并成为面向对象的程序语言的设计基础。而且，这一切也是源自推动智能研究的数学家希尔伯特。相当程度上，代数几何开启了描述知识的时代，微分积分开启了预测知识的时代，而范畴表示则开启了引导知识的时代，合起来形成了构建智能时代的完整数学体系。

我们相信，以“新 IT”智能技术为代表的智能科技将开创开发人工世界的新纪元。平行哲学将人们的常规思维对象从系统和平台引向生态体系，将三个世界的自然生态、社会生态、知识生态融为一体，走向虚实互动的平行生态和联邦生态^[108-111]，把

人类发展推向“6S”新境地：物理世界安全 Safety，网络世界安全 Security，整体发展可持续 Sustainability，保障隐私和个性化个体发展的 Sensitivity，全面服务的 Service，智慧社会的 Smartness。

“忆往昔峥嵘岁月稠，看今朝旖旎风光秀”。五十年来，智能控制已形成众多成熟、成体系的算法与平台，并在工业、农业、交通和航空航天等许多领域得到了广泛而深入的应用。传统和现代控制在工业自动化过程中发挥了极其重要的作用，使我们的社会发展到目前的工业化水平。相信在从工业化向智能化进军的征程中，特别是在完成碳中和的历史任务中，智能控制会发挥更加重要和关键的作用，成为社会智能化的新技术——智能技术的核心与支撑。

致谢

本文从个人的经历对智能

控制进行简要的回顾与展望。作者有幸从化工和力学背景进入机器人、计算机、运筹学、人工智能和智能控制等领域，研究生期间得到导师 G. N. Saridis 和 R. F. McNaughton 教授的无私指导，获得计算机与系统工程博士学位，从事相关交叉研究与应用四十余年。在此，对自己的同事和学生深表感谢，特别是自 1990 年随我起步研究柔性机器人、脑模型与计算、模糊神经网路最初的三位博士生美国

光、Jeffrey Russell 和 H. M. Kim，以及后来陆续在美国和中国毕业的 100 多名硕士生和 100 多名博士生，他们在我的学术生涯中给予自己极大的精神和智力上的支持。同时，感谢浙江大学，包兆龙包玉刚基金会，NASA，NSF，DOE，NIST，New York State，Arizona State，AT & T，IBM，ABB，BHP，Caterpillar，中国科学院，国家自然科学基金委，中国科协，科技部，工信部，科龙，徐工集团，

慧拓，迪巨等中美机构与组织对自己研究的支持。特别感谢办公室工作人员宋平、李艳芬，博士生丁文文、郑文博、张文文为本文整理资料和录入手稿。

追往思远，我们不可忘记开拓智能控制的先驱，谨以此文纪念傅京孙教授（1930 年—1985 年）和 G. N. Saridis 教授（1931 年—2006 年）九十周年诞辰与将临的 R. F. McNaughton 教授（1924 年—2014 年）百年诞辰。○

来源：自动化学报

参考文献：

- [1] Fu K S. Learning control systems—review and outlook. *IEEE Transactions on Automatic Control*, 1970, 15 (2): 210–221 doi: 10.1109/TAC.1970.1099405
- [2] Fu K S. Learning control systems and intelligent control systems: An intersection of artificial intelligence and automatic control. *IEEE Transactions on Automatic Control*, 1971, 16 (1): 70–72 doi: 10.1109/TAC.1971.1099633
- [3] Leondes C T, Mendel J M. Artificial intelligence control. *Survey of Cybernetics: A Tribute to Dr. Norbert Wiener*. London: Iliffe Books, 1969. 209–228
- [4] Minsky M L, Papert S A. *Research on Intelligent Automata, Status Report II*, Project MAC, MIT, USA, 1967
- [5] Nilsson N J. A mobile automaton: An application of artificial intelligence techniques. In: *Proceedings of the 1st International Joint Conference on Artificial Intelligence*. Washington, USA: SRI, 1969.
- [6] Rosen C A, Nilsson N J. An intelligent automaton. In: *Proceedings of the 1967 IEEE International Convention Record, Part 9*. New York, USA: IEEE, 1967.
- [7] Saridis G N, Stephanou H E. Hierarchically intelligent control of a bionic arm. In: *Proceedings of the 1975 IEEE Conference on Decision and Control Including the 14th Symposium on Adaptive Processes*. Houston, USA: IEEE, 1975. 99–104
- [8] Saridis G N. *Self-organizing Control of Stochastic Systems*. New York: Marcel Dekker, 1977.
- [9] Saridis G N. Toward the realization of intelligent controls. *Proceedings of the IEEE*, 1979, 67 (8): 1115–1133 doi: 10.1109/PROC.1979.11407
- [10] Saridis G N, Lee G C S, Graham J. An integrated syntactic approach and suboptimal control for manipulators and prosthetic arms. In: *Proceedings of the 18th IEEE Conference on Decision and Control Including the Symposium on Adaptive Processes*. Fort Lauderdale, USA: IEEE, 1979. 257–262

- [11] Saridis G, Lee C S G. Computer-controlled manipulator with visual inputs. In: Proceedings of the 1979 Image Understanding Systems and Industrial Applications I. San Diego, USA: SPIE, 1979.
- [12] Saridis G N, Stephanou H E. A hierarchical approach to the control of a prosthetic arm. IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics, 1977, 7 (6): 407-420 doi: 10.1109/TSMC.1977.4309737
- [13] Wang F Y, Saridis G N. A Coordination Model for Intelligent Machines, NASA Report, USA, 1988
- [14] Wang F Y, Saridis G N. A model for coordination of intelligent machines using petri nets. In: Proceedings of the 1988 IEEE International Symposium on Intelligent Control. Arlington, USA: IEEE, 1988. 28-33
- [15] Wang F Y, Saridis G N. A coordination theory for intelligent machines. Automatica, 1990, 26 (5): 833-844 doi: 10.1016/0005-1098 (90) 90001-X
- [16] 王飞跃, 魏庆来. 智能控制: 从学习控制到平行控制. 控制理论与应用, 2018, 35 (7): 939-948 doi: 10.7641/CTA.2018.80325
- [17] 王飞跃, 陈俊龙. 智能控制方法与应用. 北京: 中国科学技术出版社, 2020.
- [18] Goodfellow I, Bengio Y, Courville A. Deep Learning. Cambridge, MA: MIT Press, 2016.
- [19] Feng S, Chen C L P. Broad learning system for control of nonlinear dynamic systems. In: Proceedings of the 2018 IEEE International Conference on Systems, Man, and Cybernetics (SMC). Miyazaki, Japan: IEEE, 2018. 2230-2235
- [20] 王坤峰, 苟超, 段艳杰, 林懿伦, 郑心湖, 王飞跃. 生成式对抗网络 GAN 的研究进展与展望. 自动化学报, 2017, 43 (3): 321-332
- [21] Wang K F, Gou C, Duan Y J, Lin Y L, Zheng X H, Wang F Y. Generative adversarial networks: Introduction and outlook. IEEE/CAA Journal of Automatica Sinica, 2017, 4 (4): 588-598 doi: 10.1109/JAS.2017.7510583
- [22] Li L, Lin Y L, Zheng N N, Wang F Y. Parallel learning: A perspective and a framework. IEEE/CAA Journal of Automatica Sinica, 2017, 4 (3): 389-395 doi: 10.1109/JAS.2017.7510493
- [23] 李力, 林懿伦, 曹东璞, 郑南宁, 王飞跃. 平行学习-机器学习的一个新型理论框架. 自动化学报, 2017, 43 (1): 1-8
- [24] Zheng N N, Liu Z Y, Ren P J, Ma Y Q, Chen S T, Yu S Y, et al. Hybrid-augmented intelligence: Collaboration and cognition. Frontiers of Information Technology & Electronic Engineering, 2017, 18 (2): 153-179
- [25] 王飞跃. 智能科技与新轴心时代: 未来的起源与目标. 后机器时代. 北京: 中信出版集团, 2018. 3-17
- [26] 王飞跃. 新 IT 与新轴心时代: 未来的起源和目标. 探索与争鸣, 2017 (10): 23-27
- [27] 王飞跃. 平行哲学与智能科学: 从莱布尼茨的 Monad 到区块链之 DAO. 模式识别与人工智能, 2020, 33 (12): 1055-1065
- [28] 王飞跃. 平行哲学: 智能产业与智慧经济的本源及其目标. 中国科学院院刊, 2021, 36 (3): 308-318
- [29] 王飞跃. 平行哲学与智能技术: 平行产业与智慧社会的对偶方程与测试基础. 智能科学与技术学报, 2021. (查阅所有网上资料, 未找到本条文献信息, 请联系作者确认)
- [30] 罗素 [著], 马元德 [译]. 西方哲学史. 北京: 商务印书馆, 2011.
- [31] 贺麟. 现代西方哲学讲演集. 上海: 上海人民出版社, 2012.
- [32] Wang F Y. Artificial intelligence hall of fame. In: The 2016 Memory and Celebration, AI World 2016. Beijing, China: 2016
- [33] 王飞跃. 人工智能名人堂: 纪念与欢庆. 中国计算机学会通讯, 2017, 13 (3): 62-66
- [34] 王飞跃. 维纳的悲剧: 时代的叛徒, 未来的使者. 知识分子, 2021. (查阅所有网上资料, 未找到本条文献信息, 请联系作者确认)
- [35] Rosenblueth A, Wiener N, Bigelow J. Behavior, purpose and teleology. Philosophy of Science, 1943, 10 (1): 18-24 doi: 10.1086/286788
- [36] McCulloch W S, Pitts W. A logical calculus of the ideas immanent in nervous activity. The Bulletin of Mathematical Biophysics, 1943, 5 (4): 115-133 doi: 10.1007/BF02478259
- [37] Wang F Y, Zhang J J, Zheng X H, Wang X, Yuan Y, Dai X X, et al. Where does AlphaGo go: From church-turing thesis to AlphaGo thesis and beyond. IEEE/CAA Journal of Automatica Sinica, 2016, 3

- (2): 113–120 doi: 10.1109/JAS.2016.7471613
- [38] Gödel K. Über formal unentscheidbare Sätze der Principia Mathematica und verwandter Systeme I. Monatshefte für Mathematik und Physik, 1931, 38 (1): 173–198
- [39] Turing A M. On computable numbers, with an application to the entscheidungsproblem. Proceedings of the London Mathematical Society, 1937, s2-42 (1): 230–265 doi: 10.1112/plms/s2-42.1.230
- [40] Church A. An unsolvable problem of elementary number theory. American Journal of Mathematics, 1936, 58 (2): 345–363 doi: 10.2307/2371045
- [41] 弗洛·康韦, 吉姆·西格尔曼 [著], 张国庆 [译]. 维纳传: 信息时代的隐秘英雄. 北京: 中信出版社, 2021.
- [42] Minsky M L. Theory of Neural-analog Reinforcement Systems and its Application to the Brain-model Problem [Ph. D. dissertation], Princeton University, USA, 1954
- [43] Minsky M. The Society of Mind. New York: Simon & Schuster, 1986.
- [44] 王飞跃. 建立人工智能的数学体系——介绍《Logical Foundations of Artificial Intelligence》. 计算机科学, 1989 (2): 77–78
- [45] 王飞跃. 科学与信念. 高科技与产业化, 2017 (4): 18–20
- [46] 尼尔斯·尼尔森 [著], 王飞跃, 赵学亮 [译]. 理解信念: 人工智能的科学理解. 北京: 机械工业出版社, 2017.
- [47] Saridis G N, Valavanis K P. Analytical design of intelligent machines. Automatica, 1988, 24 (2): 123–133 doi: 10.1016/0005-1098 (88) 90022-2
- [48] Wang F Y, Saridis G N. Task translation and integration specification in intelligent machines. IEEE Transactions on Robotics and Automation, 1993, 9 (3): 257–271 doi: 10.1109/70.240195
- [49] 罗公亮, 秦世引. 智能控制导论. 杭州: 浙江科学技术出版社, 1997.
- [50] 辛斌, 陈杰, 彭志红. 智能优化控制: 概述与展望. 自动化学报, 2013, 39 (11): 1831–1848 doi: 10.3724/SP.J.1004.2013.01831
- [51] Rosenblatt F. Principles of Neurodynamics: Perceptrons and the Theory of Brain Mechanisms, Technical Report, Cornell Aeronautical Lab Inc., USA, 1961
- [52] Rosenblatt F. The perceptron: A probabilistic model for information storage and organization in the brain. Psychological Review, 1958, 65 (6): 386–408 doi: 10.1037/h0042519
- [53] Nilsson N J. Learning Machines: Foundations of Trainable Pattern-classifying Systems. New York: McGraw-Hill, 1965.
- [54] Widrow B, Lehr M A. 30 years of adaptive neural networks: Perceptron, Madaline, and backpropagation. Proceedings of the IEEE, 1990, 78 (9): 1415–1442 doi: 10.1109/5.58323
- [55] Wang F Y. A Coordination Theory of Intelligent Machines [Ph. D. dissertation], RPI, Troy, USA, 1990
- [56] Wang F Y. Building knowledge structure in neural nets using fuzzy logic. Robotics and Manufacturing: Recent Trends in Research, Education and Applications. New York: American Society of Mechanical Engineers Press, 1992. 361–369
- [57] Wang F Y, Liu D R. Advances in Computational Intelligence: Theory and Applications. New Jersey: World Scientific, 2006.
- [58] 王飞跃, 吴朝晖. ASOS: 嵌入式操作系统的发展趋势. 计算机世界, 2000–11–20 (B02)
- [59] 王飞跃, 赖关丕, 艾云峰, 李乐飞, 黄锋. 嵌入式系统的组织与设计——基本方法与应用. 菲蒙: 西潮出版社, 2005.
- [60] Wang F Y, Zhang H G, Liu D R. Adaptive dynamic programming: An introduction. IEEE Computational Intelligence Magazine, 2009, 4 (2): 39–47 doi: 10.1109/MCI.2009.932261
- [61] 王飞跃, 王成红. 基于网络控制的若干基本问题的思考和分析. 自动化学报, 2002, 28 (S1): 171–176
- [62] Wang F Y. ABCS: Agent-based Control Systems, SIE Working Paper, University of Arizona, USA, 1998
- [63] Wang F Y. ADCS: Agent-based Distributed Control Systems, PARCS Technical Report, University of Arizona, USA, 1999
- [64] Wu Q L, Wang F Y, Lin Y T. A mobile-agent based distributed intelligent control system architecture

- for home automation. In: Proceedings of the 2001 IEEE International Conference on Systems, Man and Cybernetics. Tucson, USA: IEEE, 2001. 1599–1605
- [65] Wang F Y. Agent-based control for fuzzy behavior programming in robotic excavation. IEEE Transactions on Fuzzy Systems, 2004, 12 (4): 540–548 doi: 10.1109/TFUZZ.2004.832522
- [66] Wang F Y. Modeling, analysis and synthesis of linguistic dynamic systems: A computational theory. In: Proceedings of the 1995 IEEE International Workshop on Architecture for Semiotic Modeling and Situation Control in Large Complex Systems. Monterey, USA: IEEE, 1995. 173–178
- [67] Wang F Y, Kim H M. Implementing adaptive fuzzy logic controllers with neural networks: A design paradigm. Journal of Intelligent and Fuzzy Systems, 1995, 3 (2): 165–180 doi: 10.3233/IFS-1995-3206
- [68] Wang F Y. Outline of a computational theory for linguistic dynamic systems: Toward computing with words. International Journal of Intelligent Control and Systems, 1998, 2 (2): 211–224
- [69] 王飞跃. 词计算和语言动力学系统的基本问题和研究. 自动化学报, 2005, 31 (6): 844–852
- [70] 王飞跃. 词计算和语言动力学系统的计算理论框架. 模式识别与人工智能, 2001, 14 (4): 377–384 doi: 10.3969/j.issn.1003-6059.2001.04.001
- [71] 莫红, 王飞跃. 基于词计算的语言动力系统及其稳定性. 中国科学 F 辑: 信息科学, 2009, 39 (2): 254–268
- [72] 莫红, 王飞跃. 语言动力系统与二型模糊逻辑. 北京: 中国科学技术出版社, 2013.
- [73] 王飞跃, 莫红, 赵亮, 李润梅. 二型模糊集合与逻辑. 北京: 清华大学出版社, 2018.
- [74] Wang F Y, Saridis G N. Suboptimal control for nonlinear stochastic systems. In: Proceedings of the 31st IEEE Conference on Decision and Control. Tucson, USA: IEEE, 1992. 1856–1861
- [75] Saridis G N, Wang F Y. Suboptimal control of nonlinear stochastic systems. Control Theory and Advanced Technology, 1994, 10 (4): 847–871
- [76] Wei Q L, Wang F Y, Liu D R, Yang X. Finite-approximation-error-based discrete-time iterative adaptive dynamic programming. IEEE Transactions on Cybernetics, 2014, 44 (12): 2820–2833 doi: 10.1109/TCYB.2014.2354377
- [77] Wang F Y, Jin N, Liu D R, Wei Q L. Adaptive dynamic programming for finite-horizon optimal control of discrete-time nonlinear systems with ϵ -error bound. IEEE Transactions on Neural Networks, 2011, 22 (1): 24–36 doi: 10.1109/TNN.2010.2076370
- [78] Liu D R, Wei Q L, Wang D, Yang X, Li H L. Adaptive Dynamic Programming With Applications in Optimal Control. Cham: Springer, 2017.
- [79] Saridis G N. Entropy in Control Engineering. New Jersey: World Scientific, 2001. 1–148
- [80] Saridis G N. Entropy as a Philosophy [Ph. D. dissertation], National Inst. of Standards and Technology (MEL), USA, 2004
- [81] Saridis G N. Analytic formulation of the principle of increasing precision with decreasing intelligence for intelligent machines. Automatica, 1989, 25 (3): 461–467 doi: 10.1016/0005-1098 (89) 90016-2
- [82] Saridis G N. Stochastic Processes, Estimation and Control—The Entropy Approach. New York: John Wiley and Sons, 1995.
- [83] Wang F Y. Shadow Systems: A New Concept for Nested and Embedded Co-simulation for Intelligent Systems, RAL Technical Report# RAL-11-27-94, NASA/UA Report, SERC, University of Arizona, USA, 1994
- [84] Wang F Y. Modeling and Specification of Complex Economic and Social Systems: Categories, Functors, and Natural Transformations, Technical Report# PARCS-05-03-99, Program for Advanced Research in Complex Systems, University of Arizona, USA, 1999
- [85] Wang F Y. Parallel emergency: Social renormalization via monads and computational social systems. IEEE Transactions on Computational Social Systems, 2020, 7 (2): 286–292 doi: 10.1109/TCSS.2020.2982026
- [86] 王飞跃. 复杂经济社会系统分析与管理的新的数学框架, TR#08-17-2009, 中国科学院自动化研究所, 中国, 2009

- [87] 王飞跃. 关于复杂系统研究的计算理论与方法. 中国基础科学, 2004, 6 (5): 3-10 doi: 10.3969/j.issn.1009-2412.2004.05.001
- [88] 王飞跃. 社会计算——科学、技术与人文的数字化动态交融. 中国基础科学, 2005, 7 (5): 5-12 doi: 10.3969/j.issn.1009-2412.2005.05.002
- [89] 王飞跃, 王珏. 情报与安全信息学研究的现状与展望. 中国基础科学, 2005, 7 (2): 24-29 doi: 10.3969/j.issn.1009-2412.2005.02.005
- [90] 王飞跃. 面向赛博空间的战争组织与行动: 关于平行军事体系的讨论. 军事运筹与系统工程, 2012, 26 (3): 5-10 doi: 10.3969/j.issn.1672-8211.2012.03.002
- [91] 王飞跃. 指控 5.0: 平行时代的智能指挥与控制体系. 指挥与控制学报, 2015, 1 (1): 107-120
- [92] 王飞跃. 情报 5.0: 平行时代的平行情报体系. 情报学报, 2015, 34 (6): 563-574 doi: 10.3772/j.issn.1000-0135.2015.06.001
- [93] Zheng X L, Zeng D, Li H Q, Wang F Y. Analyzing open-source software systems as complex networks. *Physica A: Statistical Mechanics and its Applications*, 2008, 387 (24): 6190-6200 doi: 10.1016/j.physa.2008.06.050
- [94] 王飞跃. 平行系统方法与复杂系统的管理和控制. 控制与决策, 2004, 19 (5): 485-489, 514 doi: 10.3321/j.issn:1001-0920.2004.05.002
- [95] Wei Q L, Li H Y, Wang F Y. Continuous-time linear parallel control. In: *Proceedings of the 2020 Chinese Automation Congress (CAC)*. Shanghai, China: IEEE, 2020. 1605-1608
- [96] Wei Q L, Li H Y, Wang F Y. Parallel control for continuous-time linear systems: A case study. *IEEE/CAA Journal of Automatica Sinica*, 2020, 7 (4): 919-928 doi: 10.1109/JAS.2020.1003216
- [97] Wei Q L, Wang L X, Lu J W, Wang F Y. Discrete-time self-learning parallel control. *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics: Systems*, DOI: 10.1109/TSMC.2020.2995646
- [98] 王飞跃. 平行控制与数字孪生: 经典控制理论的回顾与重铸. 智能科学与技术学报, 2020, 2 (3): 293-300
- [99] Lu J W, Wei Q L, Wang F Y. Parallel control for optimal tracking via adaptive dynamic programming. *IEEE/CAA Journal of Automatica Sinica*, 2020, 7 (6): 1662-1674 doi: 10.1109/JAS.2020.1003426
- [100] 王飞跃, 王景美, 谢贻权. 最佳格点集在最小二乘法中的应用. 浙江大学学报, 1988, 22 (3): 33-43
- [101] 王飞跃, 谢贻权. 最小二乘加权残值方法的速进算法. 见: 第三届全国加权残值法会议论文集. 成都, 中国: 西南交通大学出版社, 2003. 312-316
- [102] 卡尔·马克思. 关于费尔巴哈的提纲. 1845.
- [103] 王飞跃. 用计算机模拟疲劳试验的设想, 浙江大学力学系报告, 中国, 1982
- [104] 王飞跃. 累积疲劳损伤破坏的可靠性准则, 浙江大学力学系报告, 中国, 1982
- [105] Wang F Y. Parallel intelligence: Belief and prescription for edge emergence and cloud convergence in CPSS. *IEEE Transactions on Computational Social Systems*, 2020, 7 (5): 1105-1110 doi: 10.1109/TCSS.2020.3029855
- [106] Wang F Y. Back to the future: Surrogates, mirror worlds, and parallel universes. *IEEE Intelligent Systems*, 2011, 26 (1): 2-4 doi: 10.1109/MIS.2011.24
- [107] Gelernter D. *Mirror Worlds: Or the Day Software Puts the Universe in A Shoebox ... How it Will Happen and What it Will Mean*. Oxford: Oxford University Press, 1993.
- [108] 王飞跃, 王艳芬, 陈慧竹, 田永林, 齐红威, 王晓, 等. 联邦生态: 从联邦数据到联邦智能. 智能科学与技术学报, 2020, 2 (4): 305-311
- [109] 朱静, 王飞跃, 王戈, 田永林, 袁勇, 王晓, 等. 联邦控制: 面向信息安全和权益保护的分布式控制方法. 自动化学报, 2021, 47 (8): 1912-1920
- [110] Wang S, Ding W W, Li J J, Yuan Y, Ouyang L W, Wang F Y. Decentralized autonomous organizations: Concept, model, and applications. *IEEE Transactions on Computational Social Systems*, 2019, 6 (5): 870-878 doi: 10.1109/TCSS.2019.2938190
- [111] Liang X L, Ding W W, Hou J C, Rouabeh Y, Wang X, Yuan Y, et al. The state of the art and future trends of decentralized autonomous organizations enabled by blockchain and smart contracts. *International Journal of Intelligent Control and Systems*, 2021, 1 (1)

中国科研团队提出大胆设想

——全方位立体探测太阳

文 / 科技日报 张佳星

“如果能够尽快立项，我国的太阳立体探测系统真正建成可能要到2035年。”在几天前的香山科学会议上，中国科学院院士、嫦娥五号探测器总设计师、中国空间技术研究院研究员杨孟飞提出一个大胆设想——立体探测太阳！

如果想对太阳进行全方位探测，还需要部署立体探测体系。“在空间探测太阳方面，中国还没有成体系的项目立项。”杨孟飞说，但正是由于起步较晚，更应该勇于迎接挑战，抓住后发优势带来的机遇。

全方位立体探测太阳，亘古未有！

人类发射空间探测器探测太阳已有60多年，随着航天技术和载荷的发展，各国的太阳探测已经从日地连线为主的探测升级为太阳抵近或双视角等多种探测方式。通俗点理解就好比逐步实现了给太阳“拍”近景、用双镜头“拍”太阳等目标。

但要实施对太阳的全方位立体探测，迄今未有。

何为立体？根据立体探测系

统方案，我国将在黄道面和极轨的5个点上分别部署探测器，对太阳实现“环抱”观测。尤其是极区探测器，需要5年的时间才能飞行到位。啥概念？就是在地球和月亮之间跑上180多个来回。这给航天器控制、数据传输等方面都带来极大的挑战。

既然这么难，为什么非要进行立体探测？杨孟飞告诉科技日报记者，要引领人类刷新对太阳的新认识、做出重大的原始创新成果、在国际上产生影响力，就要有一个全新的探测方式。中国有自己的体制机制优势，能够凝心聚力办大事。

中国已具备超远飞行的技术实力

深空的超远飞行是航天科技实力的巅峰：不仅要征服超远距离、复杂温变环境、太阳风暴……还要从容应对数亿公里漫长旅程中随时出现的危机。

勇于攀登、敢于超越、抢占科技制高点，对太阳进行立体探测是中国航天人以航天精神为指引，再一次凭借实力与底气定下

的新目标。

根据设想，我国将在2035年前后，通过两次发射任务（分别为一箭三星、一箭两星），构建起环绕黄道面（地球绕太阳公转的轨道平面）、太阳极区的全方位立体探测体系，实现对太阳全球和日地空间的立体探测。在设想提出前，团队对现有技术实力、实现路径、具体方案等进行了充分的论证。

以一箭三星为例，通过分析对比运载直接入轨、天体借力入轨的不同，目前确定了借助天体引力改变轨道方向和轨道能量的方案。飞行将分为3阶段，运载火箭完成第一段路程，后两段路程通过借力飞行和深空机动完成。

“通过探月工程和‘天问一号’的实施，我们有很好的技术基础。”杨孟飞表示，中国科研人员已掌握了让飞行器借力飞行的全新方法。

据介绍，5个飞行器需要飞行2年至5年不等的时间到达指定位置。现已掌握的全新技术实现重大突破，大大缩减了此前方案的飞行时间。

杨孟飞透露，立体探测的每组探测器质量大约为 3500 公斤，有效载荷约 400—600 公斤。利用多天体借力技术、高效推进舱、电推进技术等航天技术，中国有能力实现探测器的超远飞行和准确入轨。预计发射后 3 年，太阳立体探测系统将具备太阳中低纬度区域全覆盖、连续观测能力，发射后 5 年具备太阳全方位立体探测能力。

立体探测势在必行

从最早的先驱者号到比水星还靠近太阳的太阳轨道器，国际上已经开展了多项对太阳的探测任务。中国曾开展太阳空间望远镜的预先研究，也曾对“追日”的“夸父计划”进行过预研，其探测器设计轨道在距离地球百万公里的位置。

当前的形势发生了新变化，

国际任务已经触达新深度、带来新认知，例如帕克号太阳探测器，是有史以来最接近太阳的人造物，并首次实现了距离日心约 9.5 个太阳半径处的抵近探测。

与会专家认为，我国开展立体探测势在必行。

一方面，它将给太阳物理的研究和空间天气预报提供高质量的数据。在研究了 40 多年太阳的中国科学院院士汪景琇看来，太阳物理仍然存在一系列重大前沿科学问题。

科学研究的原始创新不存在第二名。“要实现全面、准确、及时、有效的空间天气预报系统，对太阳立体探测亦提出了更加迫切的需求。”中国科学院院士王赤表示。因此，要开展太阳物理中前沿科学问题以及空间天气预报的研究，中国必须构建自己的立

体探日系统。

另一方面，整个项目可带动外围支撑技术和体系的发展。例如，我国的太阳探测仪器与国际先进水平存在差距，数据处理方面也存在一些短板。倘若以目标为导向、以任务为指引，15 年至 20 年的努力将有望实现高性能有效载荷的突破，同时也可以多条腿走路，倒逼技术路线创新、数据处理方法创新等。

“太阳立体探测项目将是融合空间科学、空间技术、空间应用的系统工程。”杨孟飞说，它的建立将促进太阳物理科学研究、空间天气预报应用和航天技术等学科的交叉与融合；解决太阳物理前沿科学问题、提高太阳活动和空间天气预报能力；推动我国太阳空间探测领域实现跨越式发展。○

来源：科技日报

杨孟飞简介

杨孟飞，中国科学院院士，中国自动化学会会士、副理事长，中国空间技术研究院研究员。湘阴县岭北镇人，1962 年 10 月出生。1982 年从西北电讯工程学院（现西安电子科技大学）毕业后，考入中国空间技术研究院北京控制工程研究所空间计算机应用专业，获硕士学位。

1985 年留所工作后，历任该所星载计算机研究室副主任、主任、所长助理、副所长、所长及中国空间技术研究院（航天五院）副院长。

1993 年被评为中央国家机关百优青年、全国新长征突击手，1994 年被评为部级有突出贡献中青年专家，1996 年被评为国家级有突出贡献中青年专家，2000 年获总装备部载人航天工程第一

次飞行试验突出贡献奖。2015 年，当选国际宇航科学院终身院士。2017 年 11 月，当选中国科学院院士。2019 年 12 月任西安电子科技大学计算机科学与技术学院名誉院长，西安电子科技大学星载计算机与电子技术联合实验室主任。现任“嫦娥五号”探月工程三期探测器系统总指挥、总设计师，十三届全国政协文化文史和学习委员会委员。

控制系统中的隐私安全

文 / 中科院数学与系统科学研究院 张纪峰

控制系统中的隐私问题越来越受到大家的关注。近年来，信息技术和人工智能技术在物联网^[1]、云控制系统、智能建筑、自动驾驶、5G网络等新兴应用中得到越来越多的应用。这些技术的广泛应用为攻击者获取敏感信息提供了更多途径（例如，窃听通信通道、侵入信息处理中心或与系统参与者串通），增加了隐私泄露的风险。例如，交通监控系统通常使用位置传感器从用户的智能手机收集信息，并发布聚合信息，以使用户可以规划自己的路线。然而，这也可能会透露用户的位置轨迹，并进一步披露有关其驾驶行为和经常访问的地点（例如，住所和工作地点）的详细信息。此外，控制系统中隐私泄露的后果有时是无法忍受的。2010年，震网病毒（Stuxnet）入侵伊朗核浓缩基础设施，获取历史运行信息，并进行重放攻击欺骗监控系统，致使伊朗离心机“被杀”，使伊朗核项目被大大推迟^[2]。因此，隐私安全对于现代控制系统至关重要。

控制系统的敏感信息

控制系统通常由控制器、被控对象和传感器组成。系统的控制输入、状态、输出和动态参数在应用中有时是非常敏感的，需要防止隐私攻击。

隐私安全的一般定义

为了刻画控制系统中的隐私问题，首先需要明确四个要素：系统的动态特性、攻击者的能力、敏感信息和公开信息。系统的动态特性决定了敏感信息和公开信息之间的关系，在隐私保护机制的设计中起着非常重要的作用。攻击者的能力是指计算能力（在时间和存储资源方面，具有有限或者无限计算能力）和攻击方式（被动攻击者和主动攻击者）。被动攻击者又分半诚实的攻击者和窃听者两种类型。半诚实的攻击者是指遵守规定协议但试图了解他人敏感信息的系统参与者，而窃听者是指只在通信通道上进行窃听的外部参与者。主动攻击者可以任意行动（例如，必要时改

变传输信息）来学习敏感信息。而敏感信息和公开信息则分别描述了哪些信息是需要保护的，哪些信息是对手可以获得的。

我们现在就系统隐私安全给一个一般性定义：在给定公开信息的情况下，当且仅当攻击者不能区分敏感信息的真实值和其候选值时，系统被称为隐私安全的。一个敏感信息的候选值指这样一个量，它与真实值对应着相同的公开信息。对于一个给定的敏感信息，其所有候选值组成的集合在下文中将简称为该敏感信息的候选集。这是个深刻且具有启发性的定义，且有助于定量刻画隐私保护的程度。例如，如果考虑候选值个数的多少，可以利用候选集的维数来量化隐私安全性^[3]；如果考虑执行这种区分过程的困难性，可以引入计算安全和完全安全，并分别应用于具有有限计算能力和无限计算能力的攻击者；如果考虑敏感信息与公开信息的对应关系，可以引入互信息来度量隐私泄露情况。

如何在控制系统中实现隐私安全

目前在控制系统领域，已经提出了一些实现隐私安全的方法，大致有如下几类：

基于系统结构的技术。该技术基于状态重构的标准可观测性和输入再辨识的输入可观测性。所有可能的敏感信息的候选集构成了在标准加法运算下整个欧氏空间对不可观测子空间的商空间。不可观测子空间的维数或基数越大，攻击者就越难识别出真正的敏感信息。换言之，通过将敏感信息空间中的多个元素映射到公开信息空间（即，所有可能的公开信息的集合）中的一个元素来实现系统的隐私安全。一般来说，如果系统不可观，则不需要额外的努力来实现隐私安全。尽管在许多情况下，系统的结构是固定的，但仍有一些特殊情况，可以“柔和地”改变系统的结构。例如，通过引入一个虚拟状态，文^[4]中提出的算法将每个个体的状态分解为两个子状态，从而得到一个抵御被动攻击者的安全结构。

基于确定性变换的技术。变换是从敏感信息空间到另一个数学空间的映射，这个数学空间可以是同一个敏感信息空间。隐私安全是通过防止对手知道确切使用的映射来实现的。敏感信息的

候选集是映射到相应公开信息的所有可能变换的原像。从这个角度看，攻击者重建敏感信息并不比确定使用哪种变换容易。常用的方法包括同构（线性或仿射）变换、同态加密方案（如 RSA、ElGamal 和 Paillier）和时变变换^[5]。尽管一些加密方案，如 Paillier 和 ElGamal，可以通过选择不同的随机参数将一个明文转换（加密）为不同的密文，但是反转换（解密）会将这些密文再次映射回相同的明文。因此，这些基于密码学的方法本质上是确定性的。基于密码学的方法通常需要大量的计算。其他基于变换的方法计算量小，但只适用于特定的系统。在实际应用中，同态加密方案显示出巨大的潜力，近年来得到了广泛的应用，因为它可以使密文在不解密的情况下进行某些类似针对明文的算术运算（如加法或乘法）。许多研究都是用这种技术进行的。例如，在^[3]中引入同构变换，解决了基于云的最优控制系统的隐私问题。Paillier 加密方案已用于隐私保护分布式优化^[6]和系统识别^[7]。

基于随机混淆或扰动的技术。这种方法给系统引入了随机性。将敏感信息和公开信息之间的关系视为一个映射，可以通过将精心设计的噪声乘以或加到其象空间或原象空间中的元素中来引入随机不确定性。这样一来，敏感

信息和公共开信息之间的对应关系即使原来可能是一一对应的，但在扰动后就不再是确定性的了。这不仅扩展了与公开信息相对应的给定敏感信息的候选集，而且为其赋予了某种概率，从而减少了敏感信息与公开信息之间的互信息，提高了系统的隐私安全性。然而，引入随机性会降低系统性能。因此，在实际应用中，在使用该技术时需要考虑四个关键问题：在哪里引入扰动、使用什么样的扰动、能产生多大的隐私保护力度以及对系统性能带来什么影响。差分隐私是随机扰动技术中最流行的方法之一。隐私安全度通过隐私预算来量化，隐私预算是一个描述在概率意义上区分产生相同公开信息的相邻敏感信息难度的指标。差分隐私在数学上概念简单，对后处理（post-processing）有免疫性，因此已成功应用于解决控制系统的隐私问题，如隐私保护下的状态估计^[8]和分布式趋同^[9]。

其他技术。控制系统的其他隐私保护方法包括秘密共享、乱码电路和不经意传输协议。从本质上讲，其中有些方法可以看作是转换和混淆处理技术的结合。

实际上，每种技术都在使用各自的方法来保证候选集的存在，并尽可能地将其扩展。基于系统结构的技术和基于变换的技术通常对系统的稳定性要求不

高，而随机混淆技术往往要求系统具有足够的稳定性来抑制扰动的影响。

控制系统隐私安全面临的挑战

尽管控制系统中的隐私保护方法，特别是基于密码学的方法和基于差分隐私的方法已经出现，但是仍然面临着巨大挑战，有许多值得研究的问题。

提高现有基于密码学的方法的效率。现有的研究多采用半同态公钥加密方案来解决控制系统中的隐私问题，该方案计算量大、耗时长。因此，如何对现有算法进行优化，设计高效的同态加密方案，设计保护隐私的外包计算机制是亟待解决的问题。

应用更多密码学工具来处理控制系统中的安全计算。其他基于密码学的方法，如全同态加密

和函数加密，为安全计算提供了新的实现途径。全同态加密同时支持同态加法和同态乘法。函数加密支持有限制的密钥特性，使密钥持有者只能得到关于加密数据的特定函数的计算结果，得不到关于数据的任何其他信息。这些工具在解决控制系统的隐私问题方面有着广阔的前景。

平衡隐私安全和系统性能。基于密码学方法的量化误差和基于随机混淆处理方法引入的随机性都会在增强隐私安全性的同时降低系统性能。然而，加强隐私安全不应该牺牲太多系统的原始性能。因此，需要进一步研究这些误差与系统性能，特别是系统稳定性之间的关系，以设计性能更好的隐私保护机制。这还需要更好的隐私安全的度量方法或扰动方法（例如，minibatch 方法）。

实现主动对手存在的情况下的隐私安全。现有的大多数研究都假设攻击者是被动攻击者。然而，对手可能是理智且主动的，可以选择任何有效的策略进行恶意攻击，同时保持不被发现。如何对主动攻击者的攻击进行数学建模并设计相应的隐私保护策略值得进一步研究。例如，可以考虑基于博弈论的方法。

协同设计隐私保护算法和相应的软件、硬件。隐私保护方法的计算复杂性和及时性限制了其实际应用。设计专用的硬件 / 软件来有效地实现隐私保护算法，有助于扩展工业应用，促进隐私安全的研究。为隐私保护算法开发专用集成电路（ASIC）和专用函数库可能是未来的一个好选择。○

来源：中国科学杂志社

参考文献：

- [1] Shen S Q, Zhang K, Zhou Y, et al. Security in edge-assisted Internet of Things: challenges and solutions. *Sci China Inf Sci*, 2020, 63: 220302
- [2] Langer R. To kill a centrifuge: a technical analysis of what Stuxnet's creators tried to achieve. The Langner Group, 2013. <https://cyber-peace.org/wp-content/uploads/2013/06/To-kill-a-centrifuge.pdf>
- [3] Sultangazin A, Tabuada P. Symmetries and isomorphisms for privacy in control over the cloud. *IEEE Trans Autom Control*, 2021, 66: 538 - 549
- [4] Wang Y Q. Privacy-preserving average consensus via state decomposition. *IEEE Trans Autom Control*, 2019, 64: 4711 - 4716
- [5] Altafini C. A system-theoretic framework for privacy preservation in continuous-time multiagent dynamics. *Automatica*, 2020, 122: 109253
- [6] Lu Y, Zhu M H. Privacy preserving distributed optimization using homomorphic encryption.

Automatica, 2018, 96: 314 - 325

- [7] Xu C B, Zhao Y L, Zhang J F. System identification under information security. In: Proceedings of International Federation of Automatic Control, Toulouse, 2017. 3756 - 3761

[8] Ny J L, Pappas G J. Differentially private filtering. IEEE Trans Autom Control, 2014, 59: 341 - 354

- [9] Liu X K, Zhang J F, Wang J. Differentially private consensus algorithm for continuous-time heterogeneous multiagent systems. Automatica, 2020, 122: 109283

张纪峰简介



张纪峰，中国自动化学会会士、副理事长，中国科学院数

学与系统科学研究院研究员、系统所所长。1985年本科毕业于山东大学数学系，1991年博士毕业于中国科学院系统所。研究方向为随机系统、有限信息系统、多自主体系统的分析与控制等。曾两次获国家自然科学基金二等奖，现为欧洲科学与艺术学院院士，IEEE、IFAC、CAA、CSIAM等的会士。先后任国务院学位委员会系统科学评议组召集人，国际自动控制联合会

技术局副局长，中国自动化学会、中国数学会和中国系统工程学会等的副理事长，Science China Information Sciences, International Science Review, IEEE Trans. on Automatic Control, SIAM Journal on Control and Optimization 等十多个期刊的主编、副主编或编委，是科普期刊《系统与控制纵横》的创刊主编。先后主持国家杰出青年基金项目、以及科技部重点研发项目等。

中国自动化学会荣获第四次“全国先进社会组织”荣誉称号



1月12日，民政部发布《关于表彰全国先进社会组织的决定》（民发〔2021〕111号），决定表彰281个全国优秀社会组织、社会服务机构和基金会。中国自动化学会经中国科协推荐，有关部门资格初审、专家评审答辩等程序，荣获“全国先进社会组织”荣誉称号。

近年来，中国自动化学会坚持政治引领，以党建促会建，深化学会改革，强化自身建设；坚守学术本源，引领学科发展，服务国家大局，树立良好社会形象，坚持开放合作，积极打造建设自动化科技工作者之家，成为发展我国自动化科技事业的重要社会力量。先后荣获“五星级社团”、“2018-2020年度中国科协党建工作先进学会”、“2021年开放合作创建学会”、“全国学会科普工作优秀单位”等称号。

2022年北京冬奥会将于2月4日—2月20日举行，冬奥会是展现国家形象、促进国家发展的重要契机，既是助推对外开放、推动构建人类命运共同体的重要舞台，也是向世界传播中华优秀传统文化的重要载体。“科技冬奥”是2022年北京冬奥的主要特色之一，本期“科普园地”栏目，为大家分享的是在《中国科学报》刊登的“4大亮点看科技如何助力北京冬奥”和《科技日报》刊登的“北京冬奥村：让科技蕴含温度”、“科技冬奥：“冰丝带”冰面温差最终控制在0.5度以内”三篇文章。

4 大亮点看科技如何助力北京冬奥

文 / 中国科学报 郑金武

日前，北京市第十五届人民代表大会第五次会议举行新闻发布会。记者从会上了解到，截至目前，在北京冬奥场景先后测试和使用了200多项技术，涉及信息工程与软件工程、公共安全、高清视频、5G和新能源等领域，适用智慧、绿色、安全、防疫等60多个细分应用场景。这些技术中，已确定赛时应用的有70余项，其中20余项在技术先进性和应用展示度方面极具代表性。

科技支撑疫情防控

科学防疫是办好北京冬奥会的重要前提。“我们通过组织科技防疫技术攻关、专家论证、现场测试等，在体温监测、环境消毒、病原体检测等环节，推进多项技术成果应用，全力保障赛事安全。”北京市科学技术委员会、中

关村科技园区管理委员会二级巡视员王建新说。

据介绍，北京市相关单位研发了公共空间气溶胶新冠病毒检测系统，可实现场馆内空气的病毒监测预警和快速检测，检测灵敏度比传统检测手段提高了3倍，同时在国家速滑馆、冰立方等场馆进行了相关测试。还有单位研发了基于开源芯片、边缘计算等技术的多体征感知设备，现已在多个场馆完成测试。

科技支撑绿色低碳

绿色办奥是北京冬奥会一直秉持的理念。王建新介绍，围绕场馆建设、场馆运行、交通物流等方面，北京积极推动绿色低碳技术研发攻关，用技术力量助力实现举办绿色低碳冬奥会的目标。

北京支持相关单位开展了绿

色智慧场馆建造与低能耗运行技术与攻关，建立了数字孪生和智能化集成管理平台，并将这项技术运用到速滑馆的建设当中，节省主体结构工期两个月、钢材近3000吨，在国家冬季运动训练中心建成环境精准控制平台，形成场馆“能源总管家”，日能耗降低10%以上。

此外，北京还支持相关单位构建了冬奥会山地赛区生态环境保护定量评价模型，指导延庆赛区生态修复工程建设施工。

科技支撑赛会安全

冬奥会有一个复杂的运行体系，安全是办好冬奥会的重要保障。北京围绕冬奥会食品、工程施工、运行保障等环节，部署了多项技术应用研发攻关，支撑冬奥会运行安全。

“我们建立了以区块链技术为核心的冬奥食品安全保障平台，实现了对冬奥会食品的可追溯；研发了冬奥场馆岩土构筑物灾害早期识别及自动预警系统，围绕延庆冬奥会场地建设工程，设置预警监测点，实时采集斜坡、崩塌、边坡土质松散和路侧危岩等方面的灾害信息，为冬奥会场地施工提供实时监测及灾害早期预警。”王建新介绍。

科技提升观赛体验

“前沿科技的使用可以促进更多公众参与到本届冬奥会观赛中来。”王建新介绍，“我们围绕赛事报道、赛事转播、现场导览等方面，积极推动人工智能、高清显示、虚拟现实（VR）等新技术应用，不断提升冬奥会观赛新体验。”

比如，北京支持研发了国内首台套5G+8K转播车并投入使用，将为公众提供优质的非现场观赛服务。以“悟道2.0”超大规模预训练模型为底层核心技术，北京研发手语播报数字人系统，方便残障人士收看赛事报道。

“我们还研发了基于三维空间重建技术的冬奥虚拟导览系统，实现场景展示、VR导览等服务功能，为运动员、观众等带来全新体验。”王建新说。○

来源：中国科学报

北京冬奥村： 让科技蕴含温度

文 / 科技日报 华凌

走进北京冬奥村（冬残奥村），只见以奥运五环旗帜为首，由几十个国家和地区的旗帜组成的队列，在冬日和煦的阳光下迎风招展。

据介绍，北京冬奥村总建筑面积约33万平方米，包括居住区、运行区、广场区三大功能区域。赛时，预计接待来自54个国家和地区代表团参加冰球、冰壶、花样滑冰、短道速滑、速度滑冰、自由式滑雪（大跳台）和

单板滑雪（大跳台）7个项目的1670名冬奥运动员及随队官员；冬残奥会期间，预计接待来自20个国家和地区代表团参加残奥冰球、轮椅冰壶项目的534名冬残奥运动员及随队官员。

“北京冬奥村（冬残奥村）公寓设计充分遵循‘以运动员为中心、可持续发展、节俭办赛’三大理念，本着对运动员和随队官员生命健康高度负责的态度，在坚持疫情防控的基础上，为每



北京冬奥村（新华社记者 张晨霖 摄）

一位居住者营造温暖的‘家’，打造冬奥健康家园。”北京市重大项目办城区场馆建设处副处长宋嘉业表示。

那么，如何从科技层面，提升北京冬奥村的人文关怀？

“围绕居住服务生活需求，北京市建筑设计研究院有限公司（北京建院）开发了冬奥村无障碍便捷智能管理平台及智能终端设备。居住者可通过手机 App 或面板实现客房灯具、空调、窗帘的智能控制。运动员及随行人员可用手机实时查看餐厅用餐情况，引导错峰就餐，节省等候时间。残疾人运动员可在村内进行无障碍路线导航，查看无障碍设施使用情况并进行预约。”1月11日，北京建院首席总建筑师、北京冬奥村总设计师邵韦平向科技日报记者介绍。

据了解，在冬奥组委和中国残联的支持下，从2019年起，科技部国家重点研发计划“科技冬奥”重点专项启动“无障碍、智慧生活服务体系构建技术与示范”项目课题，其中子课题之一，即“冬残奥村无障碍便捷智能管理平台及智能终端设备”，为冬残奥村等冬奥会相关运动场馆和服务设施进行体系化的策划和研发。

据了解，北京冬奥村利用先

进的智能化技术和建筑信息模型技术，结合无障碍的理念和技术体系，以人为本，为无障碍需求人士提供便捷周到的生活服务体系。采用北京建院的“北京市建筑高效与城市生态工程技术研究中心”“北京市信息化建筑设计与建造工程技术研究中心”两大市级平台、多年的无障碍研究基础以及百余项工程建筑信息模型技术的应用经验，构建基于数字孪生的运维平台，并配合使用集成研发的多项基于物联网的智能终端设备，满足无障碍需求人士的各类基本生活需求。

如何将这一科研成果落地实施？北京建院数字工作部部长梁楠介绍说：“我们在北京冬（残）奥村项目设计和建设过程中，对各类资料进行梳理，先建立与物理现状一致的北京冬（残）奥村项目建筑信息模型，标识出无障碍需求人士需要使用的设施、设备的地理位置、信息参数以及实时状态等信息。利用智能化系统，将各类设备点位采集的信息挂载到平台上，为实际需求的实现提供数据基础。同时，智能运维管理平台采用了三维仿真模型进行空间展示，与文字反馈、平面图示意的展示形式相比，降低了识图定位难度，更方便人员精准定

位、快速反应。”

在工作人员的演示下，只见平台瞬间显示出整个冬奥村无障碍卫生间、无障碍坡道、盲道等无障碍设施信息，并对起点至各目的地之间、满足无障碍要求的路线进行最优计算，将结果推送给无障碍需求人士进行导航。目前，平台可提供中英文双语，便于各国运动员及随队官员使用。

值得一提的是，为满足疫情防控需求、缓解人员聚集，提高运动员尤其是冬残奥期间运动员服务舒适度，北京建院还开发了公共空间人流分析功能，在不侵犯隐私的前提下，对运动员餐厅等人员集中的公共空间进行实时的人流量统计和分析，通过平台反馈给管理人员、运动员及随行官员，便于人流疏导，引导错峰用餐，减少等候时间。

为提升紧急服务效率和品质，北京建院还研发了智能呼叫胸牌，以实现一键呼叫、通话及平台精准定位。为冬奥村内一线服务人员建立良好的沟通机制，实现网格化管理和无死角服务覆盖，达到人员定位可视化、三维化，进一步优化村内服务体系，提高服务效率。○

来源：科技日报

科技冬奥： “冰丝带”冰面温差最终控制在 0.5 度以内

文 / 科技日报 马爱平

2022年北京冬奥会北京主赛区标志性场馆国家速滑馆，又称“冰丝带”，是本届赛事唯一新建冰上竞赛场馆。

冰面是场馆运行的关键设施。2019年，中粮工科北京院接到为国家速滑馆制冰任务后，在进行大量调研工作后认为，主流制冷剂氟利昂对环境破坏极大，制冷行业势必面临一场绿色改革，决定采用二氧化碳跨临界制冷技术铺设冰面。不过，这一技术绿色环保，但尚未在冰雪比赛中广泛使用。

国家速滑馆制冰系统设计负责人、中粮工科华商国际工程有限公司副总工程师马进表示，纯二氧化碳是在保证绝对安全的前提下，是最环保、最绿色的。国际上做二氧化碳跨临界直冷技术标准冰场有30*60，1800平米的冰场。但像一万多平米这样“超



国家速滑馆内景（新华社记者 鞠焕宗 摄）

大的”，没有采用这种系统。这个方案世界没有先例。甚至国际同行质疑中国人搞不成，实现不了。

但经过科研团队的不懈努力，2021年1月，在经专业测试之后，终于成功，实现了近零排放。当月，国家速滑馆顺利完成首次制冰，次月，国家速滑馆成功举办了“相约北京”冰上测试活动的速度滑冰比赛，“冰丝带”的冰接受了实战考验，冰面温差可控制在0.5度以内，有利于运动员创造好成绩，同时二氧化碳跨临界直冷制冰技术的绿色属性也在实践中得到了证明。这一科技创新成果，为我国以及国际冰雪产业的绿色低碳可持续发展发挥了引领和示范作用。

马进介绍，这一技术可体现为三大亮点：

一是高效环保。二氧化碳跨临界制冷制冰技术是当前冬季运动场馆最先进、最环保、最高效的制冰技术之一。据马进介绍，“冰丝带”采用了环保性和安全性最佳的自然冷媒——二氧化碳制冷剂，其ODP（破坏臭氧层潜能值）为0，GWP（全球变暖潜能

值）为1，并且无异味、不可燃、不助燃，是可持续性最好的冷媒之一。与传统制冷系统比，能效提升20%以上。

二是智慧节能。通过场馆的智能能源管理系统，还能够把制冰过程产生的废热用于除湿、冰面维护、场馆生活热水等。全冰面模式下每年仅制冷部分就能节省200多万度电（粗略的估算就是家里的电冰箱能用上8000多年），相当于约120万棵树实现的碳减排量，整个制冷系统的碳排放趋近于零，这一显著的节能环保效果，对于国际冰雪产业发展具有较强的示范引领作用。

三是制造了滑起来最快的冰。很多速滑比赛的记录都是在高海拔地区创造的，因为高海拔地区空气稀薄阻力小，但北京海拔不高。

“那我们就追求另一点。”马进表示，团队的设计思路是，控制温差是关键，这将决定冰面的平整度和硬度尽可能的均匀。经过努力，冰面温差最终控制在0.5度以内，低于奥组委提出的1.5度的标准。○

来源：科技日报

中国科协王进展书记一行赴中国自动化学会 调研指导工作

1月18日，中国科协党组成员、书记处书记王进展，中国科协国际合作部国际组织处处长尹霖，中国科协办公厅干部张珩旭

等一行3人到中国自动化学会调研指导工作。学会理事长郑南宁院士，副理事长王成红、侯增广，秘书长张楠，副秘书长张俊、王

坛及学会各部门负责人以线上线下方式参加座谈会。王成红副理事长主持会议。

在调研座谈会上，郑南宁理事长对王进展书记一行的到来表示热烈欢迎，他表示在中国科协的正确领导和大力支持下中国自动化学会不断锐意进取，综合实力日渐雄厚，未来面对新形势，站在新起点，学会将紧紧团结带领广大科技工作者，始终坚持“四个服务”，持续发出中国最强音，为推进我国自动化事业高水平发展，为使我国真正成为世界自动化和人工智能强国作出更大的贡献。

随后，侯增广副理事长从学会的历史传承和责任使命两个方面介绍了学会基本情况和主要业务活动。他指出，中国自动化学会自1961年成立至今，各项事业均得到了蓬勃发展，尤其是在党建引领、学术引领、产业牵引、科学普及、开放合作方面不断迈上新台阶。张楠秘书长聚焦学会六十周年会庆，从群众组织力、学术引领力、战略支撑力、文化传播力和国际影响力等五个方面



与会领导合影



中国科协王进展书记发言



郑南宁理事长线上致辞



王成红副理事长发言

汇报了2021年重点工作；张俊副秘书长从国际交流、国际会议、国际组织与国际成就等方面线上汇报了2021年学会具体外事工作情况。

王进展书记对学会近年来取得的成果给予了充分的肯定。并表示中国科协作为科技工作者之家，是服务科技工作者、服务全国学会的组织，通过与全国学会建立紧密联系机制，真正做到为

学会解难题、办实事，共同谋划推动未来发展，也希望学会能够始终坚持党的领导，注重学术引领，发挥自身特色优势，为推动高水平科技自立自强贡献智慧和力量。

座谈会上，双方围绕学会科技奖励、外籍会员吸纳、参与国际科技事务、开展决策咨询、提升公共服务能力等方面面临的困难与挑战进行了深入研讨。

中国自动化学会将以此次调研为契机，进一步提高社会公共服务和科学决策水平，进一步优化学会人员组成，进一步强化科技赋能，促进科技经济融合，充分发挥科技社团社会责任和使命担当，做强长板，补齐短板，为行业发展和科技强国作出更大贡献。○

学会秘书处 供稿



侯增广副理事长介绍学会情况



张楠秘书长汇报学会2021年重点工作

常州市科协一行来访中国自动化学会

2022年1月12日，常州市科协党组书记、主席任洪兴，常州市科协党组成员、副主席周维华，溧阳市科协党组书记、主席朱立峰，常州武进区科协党组书记、副主席陶春健，常州国家高新区科技局党组成员、科协主席张俊，常州市科协学会部副部长张海根一行6人来访中国自动化学会，中国自动化学会秘书长张楠、副秘书长王坛及秘书处相关负责同志进行接待并会谈，双方就会地合作展开深入交流。

学会秘书处从发展背景、党建强会、学术品牌会议、系列赛事、产业牵引、社会责任、国际合作等方面对学会的整体情况进

行了详细介绍。

随后，任洪兴主席简要介绍了常州产业发展情况，指出近年来常州市以智能制造为引领，大力发展工业互联网和能源互联技术，助力产业转型升级，希望中国自动化学会将品牌学术会议落地常州，以“科创中国”为抓手，以学会专家企业行等形式，提升产业发展动力，促进当地科技经济融合。

会议最后，学会秘书长张楠在讲话中对常州市科协一行的来访表示热烈欢迎，并表示中国自动化学会将以此次座谈会为契机，充分发挥学会优势，找准发力点，加强交流合作，有针对性地开展

好服务活动，为常州提供人才智力支持，助力常州市产业发展。

本次座谈交流促进了学会与常州市科协的相互了解，也为双方后续开展深入合作奠定了良好的基础。未来，中国自动化学会也将继续贯彻落实中国科协“科创中国”品牌精神，集聚优势专家资源，开拓会地合作新模式，搭建供需对接新平台，加速促进技术转移和成果转化，实现人才集合、技术集成、服务聚力，赋能产业链集群化发展，充分发挥中国自动化学会在科技经济融合中的作用。○

学会秘书处 供稿



与会人员合影



座谈会现场

中国自动化学会青年菁英系列活动 (长江中游地区) 圆满召开

为了推进机器人与自动化等领域的学术交流,由中国自动化学会主办、湖南大学机器人视觉感知与控制技术国家工程研究中心等承办的主题为“机器人智能控制与自主学习”的CAA YeS论坛于2022年1月8日—9日于线上/线下混合形式圆满召开。中国工

程院院士,中国自动化学会会士,常务理事,湖南大学机器人视觉感知与控制技术国家工程研究中心主任王耀南院士担任本次论坛主席,湖南大学电气与信息工程学院缪志强副教授担任本次论坛组织主席,湖南大学机器人学院张辉教授担任本次论坛共同组织

主席。论坛邀请了25位来自国内外知名高校和企业的优秀科技工作者做主题报告,共同研讨机器人智能控制和自主学习理论和应用等方面所面临的机遇及挑战,线上总参会人数达500多人次。

论坛主席王耀南院士致开幕词,对本次论坛进行了隆重介绍,



活动合影

并预祝本次论坛活动圆满举办。组织主席缪志强副教授对参会嘉宾进行了介绍，并对各位与会的专家学者、老师和同学表示热烈欢迎，希望本次论坛能够促进在机器人智能控制与自主学习领域等方面的交流与进步。

第一位报告人为来自中国科学技术大学的李智军教授，报告题目为“面向人机合作混合智能的可穿戴机器人控制理论与方法”。报告中，针对老龄化、心脑血管或神经系统疾病和意外伤害造成的肢体损伤患者，李教授对可穿戴机器人的控制理论与方法展开了长期攻关，解决了如下四大科学问题：操作主体的运动意图认知、人机技能传递机理与变刚度控制、人在环中的人机强耦合控制优化以及面向控制安全的操作主体人机验证。

第二位报告人为来自国防科技大学的徐昕教授，报告题目为“机器人自学习优化控制理论与技术的研究进展”。报告中，徐昕教授分析了机器人和无人系统由于动力学模型复杂性和不确定性带来的优化控制问题，介绍了机器人自学习优化控制技术的若干研究进展，包括结合近似策略迭代的自学习PID控制方法、多核在线学习控制方法、学习型预测控制方法等；特别是针对学习型预测控制，分别讨论了基于模型学习的预测控制和基于强化学习的

预测控制研究进展。针对地面无人系统的优化控制问题，给出了有关自学习优化控制的仿真和实验结果，最后对未来的研究方向进行了分析和展望。

第三位报告人为来自沈阳自动化所机器人学国家重点实验室的刘连庆研究员，报告题目为“仿生肌肉驱动外骨骼设计与个性化实现方法”。报告中，刘连庆研究员以脑卒中外骨骼康复训练为背景，从生命科学出发，发展了一种基于肌肉解剖学的上肢外骨骼设计方法，模拟人体上肢肌肉驱动方式，并利用运动生物力学与肌肉骨骼分析的方法，将人体自身高维、复杂、冗余的肌肉运动系统进行等效简化，实现了外骨骼对人体运动系统的仿生降维全驱动。在此基础上，为了实现外骨骼个性化运动辅助的目的，

建立了符号与网络耦合模型，基于已学习个体模型先验知识，通过模型迁移，加速新个体模型学习，实现个体维度与同一个体时间维度上的个性化辅助。

第四位报告人为来自华中科技大学的黄剑教授，报告题目为“气动柔性驱动的康复辅助机器人及其智能控制”。报告中，黄剑教授介绍其团队设计了气动肌肉驱动的上下肢功能康复机器人，针对气动肌肉存在很强的非线性和时变特性，造成精确控制困难的问题，其团队结合非线性干扰观测器、回归神经网络、鲁棒滑模控制、预测控制等智能和鲁棒控制方法，实现了机器人外骨骼的高精度轨迹跟踪控制。此外，基于新型柔性驱动器件还设计了面向偏瘫患者的辅助机器人系统，可帮助他们实现双手协调操作。



王耀南院士致辞

第五位报告人为来自中国科学院沈阳自动化研究所的何玉庆研究员，报告题目为“面向高海拔科考的特种机器人及其自主性技术”。报告中，何玉庆研究员介绍近几年我国高原科考机器人的研制现状及其面临的关键科学与技术问题。报告重点介绍团队研制的空中/地面科考机器人系统，自主定位/导航、人机交互/协同等自主性和智能性技术，以及面向我国第二次青藏科考的典型应用案例。

第六位报告人为来自山东大学的宋锐教授，报告题目为“机器人复杂任务作业技能研究”。报告中，宋锐教授主要围绕近年来国内外机器人复杂任务作业技术研究现状，从机器人操作技能学习出发，探讨规划面临的主要科学挑战和关键科学问题并结合部分研究成果，探讨有感当前和未来机器人复杂任务作业面临的挑战和发展愿景。

第七位报告人为来自中国科学院深圳先进技术研究院的吴新宇研究员，报告题目为“人机融合外骨骼机器人”。报告中，吴新宇研究员主要介绍了四个方面的内容：(1) 基于脑机接口的穿戴者运动意图识别方法—提高人-机认知交互的信息传递效率；(2) 复杂行走环境下的多模感知与步态模式规划模型；(3) 下肢外骨骼机器人自主决策机制—提高机器人系

统的自适应能力；(4) 以人为本的人-外骨骼-环境融合决策机制。重点介绍了如何提高人机智能融合系统在复杂环境中的适应性，拓展外骨骼机器人的应用场景。

第八位报告人为来自西安交通大学的兰旭光教授，报告题目为“基于视觉推理与学习的机器人自主作业”。报告中，兰旭光教授介绍了机器人在智能方面的进展和面临的挑战，特别是人机协作中机器人对非结构场景的自主理解、学习和作业的难点。针对这些问题提出了一种基于视觉推理与学习的自主作业方法。在部分可观测场景下，将学习与规划(POMDP)进行交互迭代，使得机器人能够对动态非结构场景进行理解并完成特定物体的作业。报告同时还将介绍机器人自主学习等方面的进展，提出了基于经验回放的信赖域策略优化方法，提升了稀疏奖励下机器人自主学习的性能。

第九位报告人为来自北京化工大学的曹政才教授，报告题目为“智能移动机器人感知-规划-控制”。报告中，曹政才教授在报告中指出，从扫地机器人到快递物流机器人，智能移动机器人已渗透到我们生活的方方面面。机器人的智能主要体现在自主定位与导航，目标识别与运动控制等方面，报告从移动机器人的智能行为出发，为大家讲解机器人的

环境感知，路径规划与运动控制的关键技术。

第十位报告人为来自上海大学的蒲华燕教授，报告题目为“医工结合中的智能机器人研究与应用”。报告中，蒲华燕教授团队将智能机器人技术与生物学工程相结合，实现单细胞五个生物物理特性指标的并行检测，以及细胞内导航及亚细胞生物物理特性测量。

第十一位报告人为来自北京航空航天大学的董希旺教授，报告题目为“集群系统协同控制理论及在飞行器集群中的应用”。报告中，董希旺教授主要针对集群系统协同控制中的分布式时变编队控制技术、编队跟踪控制技术以及编队-合围控制技术进行分别介绍，并结合在无人机集群上的系列飞行试验对所提出技术的有效性进行演示验证，最后以所参加的空军“无人争锋”智能无人机集群系统挑战赛密集编队穿越竞速的比赛为例进行应用展示，并对未来的可能发展方向进行概述。

第十二位报告人为来自华南理工大学的杨辰光教授，报告题目为“机器人技能学习与仿人控制”。报告中，杨辰光教授着重从遥操作和人机协作两方面介绍人机共享控制的实际应用场景以及效果，从实时避障、神经网络优化、动态补偿以及肌电信号利用等多个方面对人-工业机器人以

及人-移动机器人的新型共享控制技术进行探索与应用。

第十三位报告人为来自上海交通大学的王贺升教授，报告题目为“机器人视觉伺服”。王贺升教授在报告中指出，随着机器人能力的提升，其应用范围已经从固定的结构化场景过渡到更广泛的非结构化环境。视觉传感已经成为机器人感知环境的重要手段，如何利用视觉控制机器人在非结构化环境下工作对机器人具有重要意义。报告针对非结构化下的视觉伺服问题，系统的介绍一系列相关解决方案。从点特征入手，推广的更广泛的通用图像特征，并给出完整的理论分析。分别针对视觉伺服的镇定和跟踪问题，并结合包括机械臂、移动机器人、无人机、软体机器人等机器人系统进行研究与应用。

第十四位报告人为来自同济大学的汤奇荣教授，报告题目为“多机器人协同搬运与装配关键技术研究”。报告中，汤奇荣教授主要围绕多机器人的协同搬运、装配、大规模异构机器人集群扩展障碍突破，以及在面向复杂使役环境时的协同操作与技巧学习，从运动学、动力学建模出发，到与目前机器训练类方法的对比，再到多（群）机器人基于局部动力学伺服的集群控制、非直接通信、和群平台创制和应用等。

第十五位报告人为中国国自

动化学会理事、北京科技大学的贺威教授，报告题目为“协作机器人智能控制”。报告中，贺威教授首先围绕协作机器人高精度跟踪控制问题，介绍多约束条件下不确定机器人智能控制算法；其次聚焦机器人与环境物理交互问题，分析复杂环境下协作机器人阻抗控制策略；进一步考虑多机器人协同作业和人机协作场景，提出几类协作机器人的协同控制方法，并介绍基于以上智能控制策略研发的智能分拣系统、人机协作系统等，最后对相关研究领域进行展望。

第十六位报告人为来自新加坡南洋理工大学的胡国强教授，报告题目为“Coordination and Control of Multi-Robot Systems”。报告中，胡国强教授首先简要回顾多机器人系统，然后介绍了多机器人协调的分布式算法和控制方法的一些最新研究成果和相关应用情况。

第十七位报告人为来自广东工业大学的吴元清教授，报告题目为“自主无人系统群智控制”。吴元清教授在报告中表示，随着自主无人系统的应用环境与任务要求进一步多样化、复杂化与智能化，现有的自主无人系统建模与控制方法已经无法满足日趋复杂多变的任务需求。针对自主无人系统存在的科学问题，设计了自主无人系统的机械设计、加工

制造、电路板设计、集成组装 4 个流程，并将算法应用于智能无人巡逻车及机械狗。其团队自主研发了智能无人巡逻车及机械狗的电控系统、通讯系统、定位系统，视觉处理系统、上位机系统和群智控制系统这 6 个主要系统，实现了智能无人巡逻车及机械狗的电机驱动与控制、信息采集与信息传输、室内外定位、视觉图像获取与处理、远程控制与数据分析，群智协同控制与平台搭建。

第十八位报告人为来自吉林大学的王健教授，报告题目为“全栈式无人矿山运输解决方案”。报告中，王健教授介绍了“愚公”全栈式无人矿山运输解决方案，包括：调度系统、仿真系统、应急系统、车辆系统、协同系统、路侧系统。同时介绍目前国内主要的露天和井下应用案例。

第十九位报告人为来自北京理工大学的方浩教授，报告题目为“严格时序-空间-信息约束下的多机器人自主协同行为规划与控制”。报告中，方浩教授在回顾了现有多机器人协同技术的基础上，针对实际协同任务中的严格时序-空间-信息约束，从信号时序逻辑约束下的协同行为规划，空间-能量约束下的分布式协同优化控制，弱化信息条件下的动态自适应编队控制等方面分别介绍了多机器人自主协同行为规划与控制的最新研究进展，分

析了自主协同的技术内涵，凝练出制约其技术突破的若干关键问题，并给出具有创新性的解决之道。最后对多机器人自主协同行为规划与控制的发展趋势做出预测，以期对相关研究起到借鉴和引导作用。

第二十位报告人为来自华南理工大学的刘屿研究员，报告题目为“精密制造装备中轴向驱动结构的智能控制”。报告中，刘屿研究员以 SMT 中轴向驱动结构的振动主动抑制为例，讨论其动力学建模、自适应振动主动控制以及视觉检测算法，通过对加工产品的实时检测，在线修正振动主动控制算法，提升控制性能，进而提升精密制造装备的加工精度。

第二十一位报告人为湖南睿图智能科技有限公司的周博文总经理，报告题目为“精密显微成像技术及其在智慧医疗上的应用”。报告中，周博文总经理在报告中详细阐述智慧医疗新技术，通过显微成像技术，对细胞进行快速检测和识别，用于体外辅助诊断、病理诊断等。

第二十二位报告人为来自中国科学院自动化研究所的王宇研究员，报告题目为“面向自主作业的水下仿生机器人”。报告中，王宇研究员详细阐述了水下机器人的广泛应用，及其系统设计、控制等方面面临的许多亟待解决的难题，并提出相比于螺旋桨推

进的潜器平台，综合水下仿动物推进模式的优点而设计的新型潜器平台将为解决 UVMS 系统的悬停、水动力干扰等难题提供新的研究思路、方案和路线。报告主要围绕水下目标的精准作业控制问题，具体介绍水下机器人的仿生设计、自主环境感知、运动控制和抓取作业控制等方面研究工作。

第二十三位报告人为来自浙江大学的王越副教授，报告题目为“移动机器人自主导航的端到端学习”。报告中，王教授以导航中的核心环节——定位对象，介绍课题组基于端到端学习的解决方案，包括地点识别、位姿估计、融合定位等模块。并重点介绍如何在这些模块中将传统方法和端到端方法相结合，从而有效提升学习模型的可解释性和泛化性。报告还展示了相关技术在实际系统中的测试和应用，验证和探索可行性。

第二十四位报告人为来自南昌大学的熊鹏文副教授，报告题目为“机器人力触觉感知技术研究”。报告中，熊教授介绍了四个方面的主要研究：（1）机器人 FBG 力觉传感器与多模态触觉传感器研制—解决传统力触觉传感器感知局限性等问题。（2）基于跨模态学习的机器人多模态数据生成与检索方法研究—机器人在缺乏视觉或触觉感知能力时，通过生成或检索操作赋予机器人

缺失的感知能力。（3）基于多模态混合融合的机器人材料识别方法研究—提高机器人在多种异构混合测量模态下的材料感知能力（4）基于小样本耦合稀疏编码的机器人物体感知研究—提高机器人在缺乏充足样本数据环境下的物体感知能力。

第二十五位报告人为来自湖南大学的缪志强副教授，报告题目为“受限条件下多自主机器人系统协同控制”。报告中，缪教授针对复杂环境下多移动机器人和无人机协同控制问题，主要介绍两类受限条件下的协同控制方法：视觉反馈控制和无速度反馈控制。最后，对多机器人协同控制系统的未来研究方向和发展趋势进行了展望。

本次论坛共 25 个主题报告，涵盖了机器人仿生设计、自主导航、智能控制、自主学习、自主作业和集群协同等领域前沿理论，以及在工业、物流和医疗等行业的应用，体现了理论创新与实际应用的紧密结合。栉风沐雨六十载，砥砺前行续华章，作为中国自动化学会成立六十周年主题活动之一，本次论坛促进了机器人智能控制与自主学习领域相关技术的交叉与融合，为从事机器人技术研究的青年才俊提供了前沿交流平台，促进了机器人与自动化等领域的学术交流与合作。○

学会秘书处 供稿

中国自动化学会成功举办“数字化工厂智能评测系统”项目鉴定会

2022年1月13日，由中国自动化学会组织的“数字化工厂智能评测系统”项目鉴定会，以线上线下相结合的方式在青岛成功举办。

会议邀请了中国工程院院士、中国自动化学会监事、海军航空大学教授何友，中国自动化学会会士、IEEE Fellow、青岛大学

教授侯忠生，齐鲁工业大学（山东省科学院）副校长、教授，山东省自动化学会副理事长曹茂永，以及山东省自动化学会相关专业方向的副理事长、泰山学者、泰山产业领军等共7位领域专家，对项目进行了现场资料审查和应用运行查看，并经质询答疑，认为，项目针对以橡胶轮胎行业的

制造过程数字化应用，整体达到了国际先进水平。

该系统以双星工业4.0智能化工厂为基础，采用工业互联网架构和工业大数据应用等技术，面向人、机、料、法、环等生产过程全要素，集成数字化装备、数字化双高模具、全流程物流解决方案及软件，实现了生产过程数据的自动采集、工业各要素的数据实时在线，并经过数据分析，以影响控制结果的过程要素的测评为手段，反向动态调整优化生产过程，研发了智能硫化机模具和成型机智能控制系统，有效提高了轮胎整体硫化时间的同步性和轮胎产品动平衡、均匀性、合格率等关键质量、效率指标，将传统的结果控制，改变为对结果影响因素的控制，以实现过程数据和知识应用的增值。○



鉴定会会场

学会秘书处 供稿

开封大学阀门学院到访中国自动化学会智能建筑与楼宇自动化专委会进行交流对接

2022年1月5日上午，应专委会主任贾克斌教授邀请，开封大学阀门学院副院长吕玉湖、技术部主任/热能动力工程博士徐灵峰赴智能建筑与楼宇自动化专委会进行技术与业务交流。

专委会本次参会人员有：主任委员贾克斌教授、秘书长孙中华、办公室工作人员李哲博士、黄学慧女士。会议在北京工业大学科学楼640室召开。

会议期间，专委会秘书长孙中华首先介绍了中国自动化学会

(CAA)的工作宗旨、CAA年度主要活动，以及CAA为广大会员提供的服务。接下来，孙中华介绍了智能楼宇专委会2021年的主要工作，专委会在智能楼宇领域中企业合作情况以及2022年智能楼宇专委会主要活动。

开封大学阀门学院吕玉湖副院长介绍了阀门学院的办学情况、社会服务情况等。吕院长代表开封大学阀门学院朱俊峰院长表达了对中国自动化学会的合作期望，并介绍了阀门行业与智能建筑、

智慧园区产业的合作展望。

开封大学阀门学院技术部主任徐灵峰博士介绍了各类阀门产品的技术发展情况，希望可以 and 自动化领域展开合作，挖掘阀门产品在生产、安装以及行业使用过程中的新技术。

贾克斌主任向吕玉湖院长介绍专委会服务企业情况，并欢迎开封大学阀门学院在自动化领域与智能楼宇专委会展开深入合作。○

CAA 智能建筑与楼宇自动化专委会 供稿



与会人员合影

中国自动化学会青年工作委员会“走进高校系列研讨会”（第16期）暨CAA-ADPRL专委会青年论坛活动在长沙举行

2022年1月15日，中国自动化学会青年工作委员会“走进高校系列研讨会”（第16期）暨CAA自适应动态规划与强化学习（ADPRL）专委会青年论坛活动在长沙佳兴世尊酒店隆重举行。本次会议联合湖南省自动化学会年会共同召开，为人工智能与自动化领域专业人员带来了一场学术盛宴。会议由中国自动化学会主办，CAA青年工作委员会、CAA自适应动态规划与强化学习专委会和湖南师范大学信息科学与工程学院共同承办。

中国工程院院士、中国自动化学会会士、常务理事、湖南大学王耀南教授，中国自动化学会常务理事、华中科技大学曾志刚教授，中国自动化学会会士、理事、中南大学阳春华教授，国防科技大学徐昕教授，北京大学喻俊志教授，中国自动化学会理事、北京科技大学贺威教授，中国自动化学会理事、中科院自动化所魏庆来研究员，北京航空航天大学李阳教

授，华南理工大学张智军教授，浙江大学杨秦敏教授，湖南大学刘敏教授，南京信息工程大学葛泉波教授，国防科技大学侯臣平教授，湖南大学张辉教授，西南大学王欣教授，中南大学罗彪教授，湖南师范大学代建华教授，国防科技大学刘新旺教授等近400人线上线下受邀参加了此次会议。

本次研讨会组织主席、湖南师范大学肖林教授主持开幕式，并对参加研讨会的专家学者表示热烈的欢迎和衷心感谢。湖南师范大学信息学院院长代建华教授、CAA青工委主任贺威教授、CAA-ADPRL专委会副主任徐昕教授分别代表三个主办单位或机构致辞发言，介绍了此次研讨会的有关主题背景和前期组织工作，对研讨会重点关注的类脑智能、机器学习、智能机器人和人机混合智能等前沿领域进行了分析和展望，并期待全体线上线下参会的专家老师们在此次会议中博采众长、增进交流、开拓视野、收获友谊。

中南大学自动化学学院院长阳春华教授主持了第一场学术报告，由华中科技大学的曾志刚教授主讲。以“联想记忆研究的一点思考”为起点，从生物学方面讲述了过去联想记忆的相关实验内容。主要介绍了基于忆阻联想记忆网络设计的相关内容，让人受益匪浅。在曾教授团队过去的工作中，实现的功能更仿生、处理的任务更复杂，实现了学习与遗忘、分化与泛化以及联想记忆。

湖南大学电器学院副院长刘敏教授主持了第二场和第三场学术报告。第二场学术报告由国防科技大学的徐昕教授主讲，以“人机协同驾驶系统的预测与学习控制技术”为落脚点，介绍了智能汽车的现状和发展趋势以及现阶段智能车辆学习预测控制的研究进展。详细讲解了“危险事件触发的智能车辆人机共享控制”和“基于行人轨迹预测学习和DRL的人机协同驾驶”模型，让人受益匪浅。

第三场学术报告由北京航空航天大学李阳教授主讲，做了主题为“脑机交互与类脑智能”的报告，主要针对脑科学的发展进行了讲解。李阳教授也提到，脑疾病的死亡率较高、临床诊断难、给患者带来的负担重，因此对于这方面的研究是具有巨大的现实意义的。现阶段李教授团队在类脑人工智能、脑认知以及脑疾病诊疗等方面，取得了系统性创新成果，同时在中国康复研究中心、北京航天自动控制研究所、北京宣武、天坛等三甲医院进行验证与应用。

ADPRL专委会副主任、浙江大学杨秦敏教授主持了第四场学术报告，由华南理工大学的张智军教授主讲。张教授对关于“智能机器人的变参神经动力学统一解析策略”进行了详细介绍，报告提出了使用神经计算方法用于时变复杂环境的高精度、高效率、高鲁棒的机器人优化控制方案。从飞行器机器人到智能情感交互类机器人，再到针对于残疾人的交互式智能控制机器人，以及针对于疫情而研究的智能口罩机器人，张智军教授展示了实验室的丰硕研究成果，将科研工作与社会需求进行了有机结合。

北京科技大学贺威教授主持了第五场学术报告，由北京大学喻俊志教授主讲。喻俊志教授是机器人方面的专家，主要针对于“微小型仿生机器鱼设计与跨介质

运动初探”进行了展开。喻俊志教授提到，他的研究是使用仿生的思想，来为人工智能系统的研究提供新的设计思想和

新的控制理念。喻教授以自然界鱼的运动为引，全面、详细地介绍了微小型仿生机器鱼和跨介质仿生机器鱼的相关研究，并表示“仿生技术学习自然，最终希望能超越自然”。

第六场学术报告由南京信息工程大学葛泉波教授主持，由中科院自动化所的魏庆来研究员主讲。魏庆来教授以“非线性系统有限时间伪线性自适应动态规划最优控制”为主题，提出自适应动态规划是一个非常有效的求解最优控制问题的方法，重点介绍了该模型的计算推导过程，并表示欢迎感兴趣的老师与同学进行更深一步的交流。

中南大学罗彪教授主持了第七场学术报告，由国防科技大学侯臣平教授主讲。报告的主题是“融入标签先验信息的分类方法初探”，主要是机器学习方面的一些基础研究内容，从标签先验信息和标签分类噪声这两个方面展开，从数学的角度，分享了很多最新的理论分析方法，并且举了许多



现场专家合影

生动的例子，让报告更易于理解。

第八场学术报告由西南大学王欣教授主持，由湖南大学张辉教授主讲。报告以“面向工业场景的机器人视觉异常检测的关键技术”为主题。针对于各行各业的检测需求，张教授在深度学习的机器人视觉异常检测技术上，结合科研成果，在高端医用和精密电子行业等方面展开了一场精彩的报告。这场报告既有理论的深度，又具有很强的实用性。

中国工程院王耀南院士为本次会议做了最后总结。王院士表示，这次研讨会探讨了人工智能与自动化前沿领域技术，具体涵盖了人工智能、机器人、机器学习，智能控制、模式识别的前沿，相信本次研讨会的成功举办会对我们国家自动化学科的发展起到积极作用。最后，王院士对此次会议的成功举办表示了祝贺。

本次会议全程线上直播，线上线下近 400 人参加了本次研讨。○

CAA 青年工作委员会 供稿

国务院印发“十四五”数字经济发展规划

新华社北京1月12日电 国务院日前印发《“十四五”数字经济发展规划》(以下简称《规划》),明确了“十四五”时期推动数字经济健康发展的指导思想、基本原则、发展目标、重点任务和保障措施。

《规划》以习近平新时代中国特色社会主义思想为指导,全面贯彻党的十九大和十九届历次全会精神,立足新发展阶段,完整、准确、全面贯彻新发展理念,构建新发展格局,推动高质量发展,统筹发展和安全,统筹国内和国际,以数据为关键要素,以数字技术与实体经济深度融合为主线,加强数字基础设施建设,完善数字经济治理体系,协同推进数字产业化和产业数字化,赋能传统产业转型升级,培育新产业新业态新模式,不断做强做优做大我国数字经济,为构建数字中国提供有力支撑。

《规划》明确坚持“创新引领、融合发展,应用牵引、数据赋能,公平竞争、安全有序,系

统推进、协同高效”的原则。到2025年,数字经济核心产业增加值占国内生产总值比重达到10%,数据要素市场体系初步建立,产业数字化转型迈上新台阶,数字产业化水平显著提升,数字化公共服务更加普惠均等,数字经济治理体系更加完善。展望2035年,力争形成统一公平、竞争有序、成熟完备的数字经济现代市场体系,数字经济发展水平位居世界前列。

《规划》部署了八方面重点任务。一是优化升级数字基础设施。加快建设信息网络基础设施,推进云网协同和算网融合发展,有序推进基础设施智能升级。二是充分发挥数据要素作用。强化高质量数据要素供给,加快数据要素市场化流通,创新数据要素开发利用机制。三是大力推进产业数字化转型。加快企业数字化转型升级,全面深化重点行业、产业园区和集群数字化转型,培育转型支撑服务生态。四是加快推动数字产业化。增强关键技术创

新能力,加快培育新业态新模式,营造繁荣有序的创新生态。五是持续提升公共服务数字化水平。提高“互联网+政务服务”效能,提升社会服务数字化普惠水平,推动数字城乡融合发展。六是健全完善数字经济治理体系。强化协同治理和监管机制,增强政府数字化治理能力,完善多元共治新格局。七是着力强化数字经济安全体系。增强网络安全防护能力,提升数据安全保障水平,有效防范各类风险。八是有效拓展数字经济国际合作。加快贸易数字化发展,推动“数字丝绸之路”深入发展,构建良好国际合作环境。围绕八大任务,《规划》明确了信息网络基础设施优化升级等十一个专项工程。

《规划》从加强统筹协调和组织实施、加大资金支持力度、提升全民数字素养和技能、实施试点示范、强化监测评估等方面保障实施,确保目标任务落到实处。○

来源:人民日报

工信部等八部门发布《“十四五”智能制造发展规划》

2021年12月28日，工业和信息化部等八部门联合对外发布《“十四五”智能制造发展规划》(以下简称《规划》)，明确提出“两步走”，即到2025年，规模以上制造业企业大部分实现数字化网络化，重点行业骨干企业初步应用智能化；到2035年，规模以上制造业企业全面普及数字化网络化，重点行业骨干企业基本实现智能化。

到2025年的具体目标为：转型升级成效显著，70%的规模以上制造业企业基本实现数字化网络化，建成500个以上引领行业发展的智能制造示范工厂。供给能力明显增强，智能制造装备和工业软件市场满足率分别超过70%和50%，培育150家以上专业水平高、服务能力强的系统解决方案供应商。基础支撑更加坚实，完成200项以上国家、行业标准的制修订，建成120个以上具有行业和区域影响力的工业互联网平台。

“作为制造强国建设的主攻方向，加快发展智能制造，对巩固实体经济根基，建成现代产业体系，实现新型工业化具有重要作用。”

工业和信息化部装备工业一司司长王卫明表示，智能制造是发展壮大战略性新兴产业，加快形成现代产业体系的重要手段，可以带动工业机器人、增材制造、工业软件等新兴产业发展，在全球范围内推动产业的协同合作和优化升级，提升产业链供应链现代化水平。

《规划》中提到“推进智能制造，要立足制造本质，紧扣智能特征，以工艺、装备为核心，以数据为基础”。国家智能制造专家委员会主任、中国工程院院士李培根在回答《经济参考报》记者提问时表示，智能是手段、工具，即使再先进的智能，也需要融入制造实体才能发挥效能，否则智能只会是空中楼阁。若没有数字化、网络化、智能化技术的强力支撑，制造的质量、效益和核心竞争力也很难大幅提升，高质量发展的目标不可能实现。此外，发展智能制造，数据是基础，数据是血液。需要特别关注数字孪生技术和理念的应用。而推进数字孪生的基础是孪生数据，包括采集、融合、分析等。

《规划》从创新、应用、供给和支撑4个方面，提出了“十四五”推动智能制造发展的主要任务。其中明确深化推广应用，开拓转型升级新路径。聚焦企业、行业、区域转型升级需要，围绕车间、工厂、供应链构建智能制造系统，开展多场景、全链条、多层次应用示范，培育推广智能制造新模式。加强自主供给，壮大产业体系新优势。依托强大国内市场，加快发展装备、软件和系统解决方案，培育发展智能制造新兴产业，加速提升供给体系适配性，引领带动产业体系优化升级。

在深化推广应用上，《规划》专门部署了“智能制造示范工厂建设行动”，推动“场景-车间-工厂-供应链”的智能化改造。工业和信息化部装备工业一司副司长汪宏表示，“十四五”时期将支持基础条件好的企业，围绕设计、生产、管理、服务等制造全过程开展智能化升级，建设一批智能工厂，推动跨业务活动的数据共享和深度挖掘，实现对核心业务的精准预测、管理优化和自主决策。(记者 郭倩) ○

来源：经济参考报

中国科协关于新时代加强学会科普工作的意见

科技创新、科学普及是实现创新发展的两翼，要把科学普及放在与科技创新同等重要的位置。党的十八大以来，学会科普工作取得显著成效，打造活动品牌，搭建工作平台，发展工作队伍，设立科普专项，开展科普奖励，建设科普阵地，在团结服务科技工作者促进科技创新、开展科学普及、提升全民科学素质等方面发挥了不可替代的重要作用。进入新时代，需要进一步提高对学会科普工作的认识，明确学会科普工作的职责定位，完善服务体系，加强条件保障，充分调动广大科技工作者参与科普工作的积极性，推动学会科普工作高质量发展，营造良好创新生态。为加强学会科普工作提出如下意见。

一、指导思想

以习近平新时代中国特色社会主义思想为指导，深入贯彻党的十九大和十九届历次全会精神，坚持党的全面领导，践行社会主义核心价值观，弘扬科学精神和科学家精神，把科学普及放在与

科技创新同等重要的位置，完善学会科普服务体系，促进学会科普工作高质量发展，团结引领广大科技工作者在服务全民科学素质提升中建功立业。

二、工作内容

（一）履行新时代学会科普工作的重要使命。科普工作是学会主要业务工作之一，一流学会必须要有一流科普。积极普及推广科研成果，开展公益科普服务，为本专业领域发展营造良好氛围。树立大科普理念，把科普融入学术交流和智库建设，完善品牌、平台、队伍、专项、奖励、阵地“六位一体”的高质量学会科普服务体系。

（二）强化学会科普工作职责。进一步明确科普工作职责，制定科普工作规划、计划，将科普工作纳入重要议事日程和重点工作安排，确保学会科普工作有研究、有谋划、有部署、有考核。

（三）彰显科普价值引领作用。大力弘扬科学精神和科学家精神，深入开展科学道德和学风

建设宣讲活动，着力宣传优秀科技工作者成长经历与成就。加强科普内容政治性、科学性审核把关，营造崇尚科学的良好社会氛围，提升社会文明程度。

（四）打造特色科普品牌。充分发挥学会组织优势、人才优势和动员优势，开发本领域科普资源，丰富优质科普供给，打造科普品牌，推动学会科普工作进学校、进乡村、进社区、进机关、进企业、进家庭。聚焦国家战略需求，开展“双碳”、食品安全及“双减”、应急、乡村振兴等科普工作。积极开展科学辟谣，回应社会关切。

（五）搭建科普工作平台。注重采用新媒体科普形式，建设线上线下结合、传统新兴融合的学会科普工作平台。充分利用年会、交流研讨会、论坛等同步开展科普工作。围绕“四个面向”以及社会热点和重大科技事件开展科普工作。组织科技工作者积极参与“科技工作者日”“全国科普日”等活动。充分利用“科普中国”平台，提升学会科普工作传

播力和影响力。依托现代科技馆体系，组织科技工作者参与展览设计和展教活动。用好科创筑梦·全国青少年科技创新服务云平台，拓展学会服务青少年科普的渠道。积极与其他学会联合开展科普活动、共享资源及平台。

（六）发展壮大科普工作队伍。有条件的学会设置独立的科普工作部门，增加专职科普人员配备，设立科普工作专门委员会。学会理事长（会长）、秘书长带头开展科普工作。建设科普专家库、科普专家团队、科普专家工作室等，凝聚团队智慧、发挥传帮带作用。加强科技志愿者队伍建设，规范科技志愿者管理。

（七）组织实施学会科普工作专项。有条件的学会设立科普专项经费，加大重点科普项目及科普能力建设投入，促进科普经费持续增长。在学术活动中统筹安排科普工作、列支科普经费。积极探索通过多元主体筹集科普经费，争取社会资金、公益机构等支持学会科普工作。

（八）加大科普表彰奖励力度。根据国家有关规定，有条件的学会开展科普表彰奖励，完善科普动员激励机制。推荐优秀团

队、个人以及科普成果参加国家、地方表彰奖励。

（九）抓好科普阵地建设。加强科普教育基地建设，发动会员单位开放科技基础设施、建设科普场馆和网上展馆，配套开展科普活动。择优推荐科普教育基地创建全国科普教育基地。

（十）加强科普规范化建设。研究和制定各专业领域科普宣传大纲、科普工作指南等，分级分类制定科普产品和服务的标准规范，开展本领域标准规范宣传贯彻工作，探索开展科普成效评价。积极承担第三方科普评估任务。

（十一）开展科普国际及港澳台交流合作。充分发挥科学共同体优势，利用国际及港澳台交流合作机制，拓展科普交流渠道。聚焦卫生健康、能源安全、灾害风险、气候变化等领域开展科技人文交流。不断扩大科普领域交流合作，讲好中国故事。

三、保障措施

（一）加强对学会科普工作的指导和服务。要将学会科普工作纳入科协整体科普工作中，同谋划、同部署、同推进。设立学会科普工作专项，动员社会力量支

持学会和科技工作者开展科普工作，促进学会科普工作深入发展。将科普作为一流学会建设的重要内容纳入工作考核，开展学会科普工作年度考核。

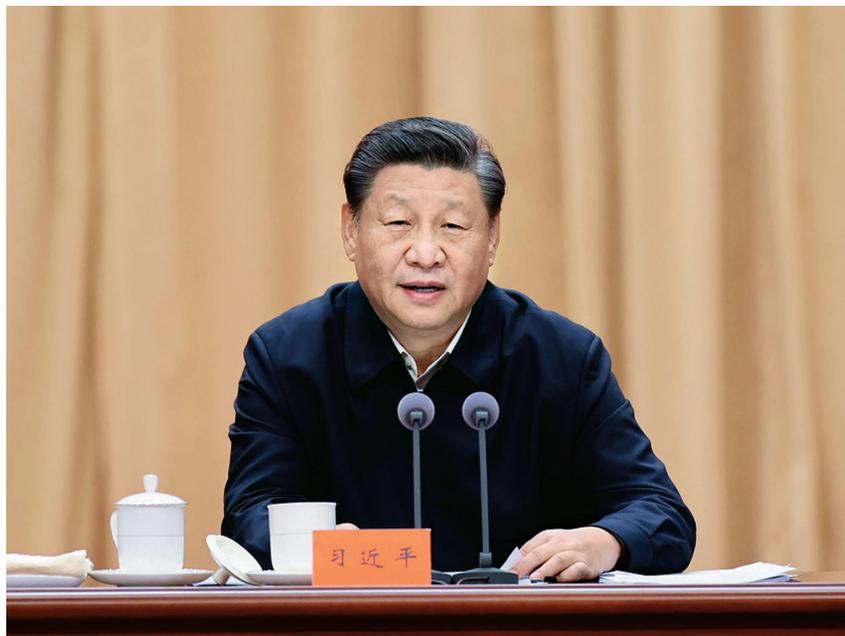
（二）依托学会开展相关领域的高质量科普工作。与学会共建科普培训平台，指导和培育科技工作者开展科普创作，加大优质科普内容供给。主动联系对接学会，充分利用科普工作会、交流会、培训活动等，搭建科协与学会交流的平台，引导学会优质资源服务基层。围绕“双碳”、食品安全、心理健康、青少年科技教育等重点领域，充分依托学会力量，共同推动科普工作。

（三）加大对科普工作成效突出学会的宣传力度。开展学会科普工作示范与试点工作，建设科普特色学会，积极选树学会科普工作先进典型，加大宣传推广力度，激发学会和广大科技工作者投身科普工作的内生动力。

（四）各地方科协结合本地区、本单位实际情况支持所属学会开展科普工作。○

来源：中国科协

习近平在省部级主要领导干部学习贯彻党的十九届六中全会精神专题研讨班开班式上发表重要讲话



1月11日，省部级主要领导干部学习贯彻党的十九届六中全会精神专题研讨班在中央党校（国家行政学院）开班。中共中央总书记、国家主席、中央军委主席习近平在开班式上发表重要讲话（新华社记者 王晔 摄）

新华社北京1月11日电 省部级主要领导干部学习贯彻党的十九届六中全会精神专题研讨班11日上午在中央党校（国家行政学院）开班。中共中央总书记、国家主席、中央军委主席习近平在开班式上发表重要讲话强调，党中央举办这次专题研讨班，目的是深入研读和领会党的十九届六中全会精神，继续把党史总结、学习、教育、宣传引向深入，更好把握和运用党的百年奋斗历史

经验，弘扬伟大建党精神，增加历史自信、增进团结统一、增强斗争精神，动员全党全国各族人民坚定信心、勇毅前行，为实现第二个百年奋斗目标而不懈努力。

中共中央政治局常委李克强主持开班式，中共中央政治局常委栗战书、汪洋、王沪宁、赵乐际、韩正，国家副主席王岐山出席开班式。

习近平在讲话中指出，一个民族要走在时代前列，就一刻不

能没有理论思维，一刻不能没有正确思想指引。中国共产党为什么能，中国特色社会主义为什么好，归根到底是因为马克思主义行。马克思主义之所以行，就在于党不断推进马克思主义中国化时代化并用以指导实践。这次全会决议对百年奋斗历程中党不断推进马克思主义中国化时代化作了全面总结。注重分析研究和总结党在百年奋斗历程中对马克思主义的中国化时代化，是贯穿全会决议的一个重要内容，我们一定要深入学习、全面领会。马克思主义为人类社会发展进步指明了方向，是我们认识世界、把握规律、追求真理、改造世界的强大思想武器。同时，马克思主义理论不是教条，而是行动指南，必须随着实践的变化而发展。马克思主义能不能在实践中发挥作用，关键在于能否把马克思主义基本原理同中国实际和时代特征结合起来。面对快速变化的世界和中国，如果墨守成规、思想僵化，没有理论创新的勇气，不能科学回答中国之问、世界之问、人民之问、时代之问，不仅党和国家事业无法继续前进，马克思

主义也会失去生命力、说服力。当代中国正在经历人类历史上最为宏大而独特的实践创新，改革发展稳定任务之重、矛盾风险挑战之多、治国理政考验之大都前所未有，世界百年未有之大变局深刻变化前所未有，提出了大量亟待回答的理论和实践课题。我们要准确把握时代大势，勇于站在人类发展前沿，聆听人民心声，回应现实需要，坚持解放思想、实事求是、守正创新，更好把坚持马克思主义和发展马克思主义统一起来，坚持用马克思主义之“矢”去射新时代中国之“的”，继续推进马克思主义基本原理同中国具体实际相结合、同中华优秀传统文化相结合，续写马克思主义中国化时代化新篇章。

习近平强调，党的百年奋斗历程告诉我们，党和人民事业能不能沿着正确方向前进，取决于我们能否准确认识和把握社会主要矛盾、确定中心任务。什么时候社会主要矛盾和中心任务判断准确，党和人民事业就顺利发展，否则党和人民事业就会遭受挫折。这次全会决议对党善于抓住社会主要矛盾和中心任务带动全局工作作了全面分析。注重分析和总结党在百年奋斗历程中对我国社会主要矛盾和中心任务的研究和把握，是贯穿全会决议的一个重要内容，我们一定要深入学习、全面领会。面对复杂形势、

复杂矛盾、繁重任务，没有主次，不加区别，眉毛胡子一把抓，是做不好工作的。我们要有全局观，对各种矛盾做到了然于胸，同时又要紧紧围绕主要矛盾和中心任务，优先解决主要矛盾和矛盾的主要方面，以此带动其他矛盾的解决，在整体推进中实现重点突破，以重点突破带动经济社会发展水平整体跃升，朝着全面建成社会主义现代化强国的奋斗目标不断前进。

习近平指出，战略问题是一个政党、一个国家的根本性问题。战略上判断得准确，战略上谋划得科学，战略上赢得主动，党和人民事业就大有希望。一百年来，党总是能够在重大历史关头从战略上认识、分析、判断面临的重大历史课题，制定正确的政治战略策略，这是党战胜无数风险挑战、不断从胜利走向胜利的有力保证。这次全会决议对百年奋斗历程中党高度重视战略策略问题、不断提出科学的战略策略作了全面总结。注重分析和总结党在百年奋斗历程中对战略策略的研究和把握，是贯穿全会决议的一个重要内容，我们一定要深入学习、全面领会。战略是从全局、长远、大势上作出判断和决策。我们是一个大党，领导的是一个大国，进行的是伟大的事业，要善于进行战略思维，善于从战略上看问题、想问题。正确的战略需要正

确的策略来落实。策略是在战略指导下为战略服务的。战略和策略是辩证统一的关系，要把战略的坚定性和策略的灵活性结合起来。各地区各部门确定工作思路、工作部署、政策措施，要自觉同党的理论和路线方针政策对标对表、及时校准偏差，党中央作出的战略决策必须无条件执行，确保不偏向、不变通、不走样。

习近平强调，在百年奋斗历程中，党领导人民取得一个又一个伟大成就、战胜一个又一个艰难险阻，历经千锤百炼仍朝气蓬勃，得到人民群众支持和拥护，原因就在于党敢于直面自身存在的问题，勇于自我革命，始终保持先进性和纯洁性，不断增强创造力、凝聚力、战斗力，永葆马克思主义政党本色。这次全会决议对百年奋斗历程中党高度重视管党治党、不断推进自我革命作了全面总结。注重分析和总结党在百年奋斗历程中对自我革命的研究和把握，是贯穿全会决议的一个重要内容，我们一定要深入学习、全面领会。在新的历史条件下，要永葆党的马克思主义政党本色，关键还得靠我们党自己。在为谁执政、为谁用权、为谁谋利这个根本问题上，我们的头脑要特别清醒、立场要特别坚定。全党同志都要明大德、守公德、严私德，清清白白做人、干干净净做事，做到克己奉公、以

俭修身，永葆清正廉洁的政治本色。自我革命关键要有正视问题的自觉和刀刃向内的勇气。现在，反腐败斗争取得了压倒性胜利并全面巩固，但全党同志要永葆自我革命精神，增强全面从严治党永远在路上的政治自觉，决不能滋生已经严到位的厌倦情绪。党风廉政建设和反腐败斗争永远在路上，一刻也不能放松，要以抓铁有痕、踏石留印的坚韧和执着，继续打好党风廉政建设和反腐败斗争这场攻坚战、持久战。不论谁在党纪国法上出问题，党纪国法决不饶恕。

习近平指出，这次全会决议对百年奋斗历程中党注重进行党史学习教育作了全面总结，强调全党要坚持唯物史观和正确党史观，从党的百年奋斗中看清楚过去我们为什么能够成功、弄明白未来我们怎样才能继续成功，从而更加坚定、更加自觉地践行初心使命，在新时代更好坚持和发展中国特色社会主义。这是六中全会提出的一项重要政治任务，我们要继续抓好落实。党的第三个历史决议体现了我们对党的百年奋斗历史的新认识，这方面更要深入学习领会，以利于更好认识和把握党的百年奋斗重大成就和历史经验。要认真总结这次党史学习教育的成功经验，建立常态化长效化制度机制，不断巩固拓展党史学习教育成果。全党要

以学习贯彻党的十九届六中全会精神为重点，深入推进党史学习教育，进一步做到学史明理、学史增信、学史崇德、学史力行，教育引导全党同志学党史、悟思想、办实事、开新局，更好用党的创新理论把全党武装起来，把党中央决策部署的各项任务落实下去。要原原本本学习全会决议，学懂弄通党百年奋斗的光辉历程，学懂弄通党坚守初心使命的执着奋斗，学懂弄通党百年奋斗的历史意义和历史经验，学懂弄通以史为鉴、开创未来的重要要求。要用好党委（党组）理论学习中心组制度，推动领导班子、领导干部带头学党史、经常学党史。要用好干部教育培训机制，继续把党史作为党校（行政学院）、干

部学院必修课、常修课。要用好学校思政课这个渠道，推动党的历史更好进教材、进课堂、进头脑，发挥好党史立德树人的重要作用。要用好红色资源，加强革命传统教育、爱国主义教育、青少年思想道德教育，引导全社会更好知史爱党、知史爱国。要用好“我为群众办实事”实践活动形成的良好机制，推动各级党组织和广大党员、干部满腔热情为群众办实事、解难事，走好新时代党的群众路线。

李克强在主持开班式时指出，习近平总书记的重要讲话，深刻阐述了推进马克思主义中国化时代化、正确把握社会主要矛盾和中心任务、重视战略策略问题、永葆党的马克思主义政党本色、



1月11日，省部级主要领导干部学习贯彻党的十九届六中全会精神专题研讨班在中央党校（国家行政学院）开班。中共中央总书记、国家主席、中央军委主席习近平在开班式上发表重要讲话。李克强、栗战书、汪洋、王沪宁、赵乐际、韩正、王岐山等出席开班式（新华社记者 王晔 摄）

党史学习教育常态化长效化等五个问题，强调要深入研读和领会党的十九届六中全会决议，更好把握和运用党百年奋斗历史经验，弘扬伟大建党精神，为实现党的第二个百年奋斗目标而不懈努力，有很强的政治性、理论性、指导性，对于全党深刻认识“两个确立”的决定性意义，进一步增强“四个意识”、坚定“四个自信”、做到“两个维护”，具有十分重要的意义。要把思想和行动统一到讲话精神上来，统一到党中央决策部署上来，真抓实干，以实际行动迎接党的二十大胜利召开。

中共中央政治局委员、中央书记处书记，全国人大常委会委员副委员长，国务委员，最高人民法院院长，最高人民检察院检察长，全国政协党组成员副主席以及中央军委委员出席开班式。

各省区市和新疆生产建设兵团、中央和国家机关有关部门、有关人民团体主要负责同志，军队各大单位、中央军委机关各部门主要负责同志参加研讨班。各民主党派中央、全国工商联及有关方面负责同志列席开班式。○

来源：新华社

中国自动化学会线上参加中国科协党史学习教育总结会议

1月6日上午，中国科协以“众心向党 自立自强——团结引领科技工作者赓续伟大建党精神，奋力开启全面建设社会主义现代化国家新征程”为主题，在京召开党史学习教育总结会议，总结宣传科协系统开展党史学习教育的创新做法和生动实践，巩固拓展学习教育成果。中国科协党组书记、分管日常工作副主席、书记处第一书记、党史学习教育领导小组组长张玉卓作总结讲话。中央党史学习教育第二十五指导组组长段余应出席会议并讲话。中国科协党组副书记、党史学习教育领导小组副组长徐延豪主持会议。中国自动化学会党委委员、党支部书记、学会秘书长张楠以及党支部全体党员、入党积极分子和办公室全体工作人员线上参会，深刻领会会议精神。



中国科协党史学习教育总结会议现场

会议简要回顾了自开展党史学习教育以来，中国科协在中央党史学习教育第二十五指导组的悉心指导和支持帮助下，党史学习教育的创新做法、生动实践和取得的学习教育成果，有关单位部门在会上作党史学习教育亮点工作和典型案例交流介绍。

会议认为，在全党开展党史学习教育，是党中央立足百年党史新起点、着眼开创事业发展新局面作出的一项重大战略决策。中国科协党组把党史学习教育作为践行“两个维护”的重大政治任务，坚决扛起政治责任，强化统筹部署，坚持“一体两翼”协同，突出分类指导，层层压实责任，做到机关直属单位、全国学会、地方科协同部署同推进，推动党史学习教育全覆盖、活起来、沉下去，确保党史学习教育取得预期成效，科协系统广大

党员干部经受了一次全面深刻的政治教育、思想淬炼、精神洗礼。

会议强调，学史，为明理、为增信、为崇德、为力行，归根结底是为人民。中国科协坚守为民情怀，

聚焦急难愁盼，按照“为科技工作者办实事”“组织科技工作者为基层群众办实事”“为身边干部职工办实事”三个维度开展“我为群众办实事”实践活动。科协系统聚焦“一老一小”等重点群体，聚焦破解“硬骨头”问题，聚焦服务高质量发展，为科技工作者服务基层搭建平台，两翼并举全面提升团结服务效能，为群众办实事3900余项，解决人民群众“急难愁盼”问题1万余项，创造性开展了一大批学党史悟思想的特色活动，形成很多办实事典型案例，切实推动学习教育成果转化成为民服务的生动实践。

会议要求，将党史学习教育作为党组织的永恒课题和党员的终身任务，深入学习领会习近平总书记重要讲话和批示指示精神，以永不懈怠的精神状态巩固拓展党史学习教育成果。要持之以恒立根铸魂，强化党的创新理论武装，不断增强在百年未有之大变局中推进群团发展理论创新、实践创新能力，团结引导科技工作者听党话、跟党走，夯实党的执政基础。要持之以恒凝心聚力，充分发挥科技人才第一资源作用，把实现科技人才价值作为科协组织最大的价值，把党的关怀送到科技工作者中去，送到人民群众中去，充分发挥科技工作者的主体作用，千方百计激发科技工作者的创新活力。要持之以恒服务中心，以科技自立自强支撑构建



中国自动化学会线上参会

新发展格局，不断提升“科普中国”“科创中国”“智汇中国”平台服务能力，做实做强科普、学术、智库主业，发挥组织优势、人才优势，聚集战略、规划、政策资源，融入和服务新发展格局，打造高水平科技自立自强的战略支点。要持之以恒推进自我革命，奋力开创科协工作高质量发展新局面，坚持眼睛向下、大抓基层，坚持以信息化新理念建设智慧科协。切实把党的百年奋斗的智慧经验转化为解决实际问题的能力水平，以改革的精神研究问题、以创新的实招破解难题，推动科协系统组织治理、系统改革、党建工作迈上新的台阶，建设更有灵魂、更高质量、更加开放、更具未来感的科协事业，不断增强对高水平科技自立自强的支撑力、贡献度。

段余应在讲话中充分肯定中国科协开展党史学习教育的做法和成效，要求认真贯彻落实习近平总书记最新指示批示精神及党史学习教育总结大会要求，以学习贯彻党的十九届六中全会精神

为重点，建立健全党史学习教育和为群众办实事的常态化、长效化制度机制，将巩固拓展党史学习教育成果与绘好同心向党同心圆、推动实现高水平科技自立自强结合起来，团结引领广大科技工作者从党史中汲取智慧和力量，坚定信心、砥砺前行、顽强拼搏，以优异成绩迎接党的二十大胜利召开。

中国自动化学会自开展党史学习教育以来，不断创新形式，纵深推进，以党建促会建，深入学习贯彻习近平总书记在党史学习教育动员大会上的重要讲话精神，从党的百年奋斗历程中汲取继续前进的智慧和力量。下一步，中国自动化学会将认真学习领会、切实贯彻落实好此次总结会议精神和要求，切实发挥学会优势，团结引领广大自动化、信息与智能科技领域科技工作者更加紧密地团结在党中央周围，加快建设科技强国的步伐，高质量推进新时代自动化事业开启新辉煌！

学会党支部 供稿



中国自动化学会

会员服务（具体请参见中国自动化学会官方网站）

·个人会员

1. 免费或优惠获得自动化领域学术刊物；
2. 免费或优惠参加学会及学会分支机构主办的学术活动；
3. 发布个人所获奖励奖项或其他荣誉等成就；
4. 优惠参加学会提供的继续教育培训；
5. 在符合条件的情况下，优先推荐作为学会各类奖项和评选的候选人；
6. 高级会员、会士有向本学会推荐高级会员及会士的权利。

·团体会员

1. 在学会会刊及相关宣传媒介发布专利、项目成果信息；
2. 优先获得学会提供的技术咨询服务，产品展示、技术培训服务；
3. 优先获得学会提供的成果鉴定、项目验收、奖项申报服务；
4. 优先获得学会提供的人才推荐、宣传和推广服务。

会费标准

·个人会员

1. 预备会员：一次性收取注册费50元
2. 普通会员、高级会员、会士：200元/年

·团体会员（只缴纳其中一项，以最高标准为准）

1. 事业单位、科研院所、高等院校、社会团体等
 - A. 团体会员单位：5000元/年
 - B. 理事单位（常务理事单位、副理事长单位）：10000元/年
2. 企业(公司)等
 - A. 团体会员单位：10000元/年
 - B. 理事单位：30000元/年
 - C. 常务理事单位：50000元/年

加入我们

1. 进入中国自动化学会官方网站：<http://www.caa.org.cn/>，在会员专区进行注册
2. 登陆会员系统<http://member.caa.org.cn/>直接注册



扫码进入CAA官网 扫码进入CAA会员系统



中国自动化学会

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。学会现有个人会员近8万人,团体会员200余个,专业委员会58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,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,不断加强群众组织力、学术引领力、社会公信力和国际影响力。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、课题研究与决策支撑、科学普及与继续教育等方面开拓创新,推动中国自动化科学和事业的发展 and 壮大,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 ·中国认知计算与混合智能学术大会
- 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
- 青年菁英系列活动 ·智能自动化学科前沿讲习班 ·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

学会奖励奖项

- 钱学森奖 ·杨嘉墀科技奖 ·CAA科学技术奖励 ·CAA优秀博士学位论文奖
- 中国自动化与人工智能创新团队奖 ·CAA高等教育教学成果奖 ·CAA青年科学家奖
- 企业创新示范单位 ·杰出自动化工程师 ·小微创业示范单位 ·智慧系统创新解决方案示范单位

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



官方微信



官方微博

地址:北京市海淀区中关村东路95号自动化大厦

网址:<http://www.caa.org.cn/>

电话:010-62522472

传真:010-62522248

邮箱:caa@ia.ac.cn

邮编:100190