

主编的话

2020 年自疫情发生以来，中国自动化学会严格贯彻落实中央和中国科协决策部署，第一时间积极响应，成立疫情防控小组，努力推进疫情防控质量提升。

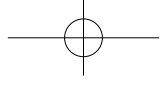
中国自动化学会充分发挥自身专业技术优势，结合自动化技术，为广大科技工作者积极搭建在线服务平台，开展“抗击疫情·CAA 在行动系列讲座”。自“云讲座”开讲以来，已陆续邀请了十余位专家学者进行在线报告分享，从科学与美到社会物联网，从智慧教育到多智能体，从回声状态网到疫情对行业影响，累计上千人次参与了线上直播与互动。学会通过“云讲座”方式，力图突破学术交流活动受制于空间和时间的困境，为广大科技工作者提供一个更加便捷和直观的在线交流平台。

本期通讯专刊关注的主题是“CAA 云讲座”，分享了渤海大学伦淑娴教授《回声状态网络改进及其应用》、美国罗文大学唐瑛教授《基于智能学习的人工智能教育与教育中的人工智能》、浙江大学赵春晖教授《基于数据解析的大范围非平稳工业过程监测》、华东理工大学和望利教授《浅谈几类多智能体系统分布式协同控制方法》以及中国西电西高院智能制造工程设计所史亚斌所长《疫情对制造业数字化转型的影响和思考》等文章。

在此向贡献稿件的各位专家学者表示衷心的感谢！我们相信，在社会各界的驰援助力下，在全国人民的万众一心下，在各种新技术的助力下，疫情终将过去，我们终将迎来明媚的春天。



郑南宇



【目录】CONTENTS

特稿 / Special

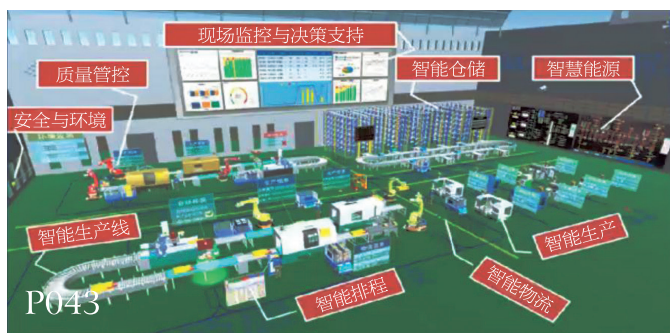
- 004 我永远都是快乐的牛虻
——纪念爱尔兰女作家艾捷尔·丽莲·伏尼契
逝世 60 周年 / 杨庆华



P004

云课堂 / Cloud Classroom

- 008 回声状态网络改进及其应用 / 伦淑娴
016 基于智能学习的人工智能教育与教育中的人工智能
/ 唐瑛
021 基于数据解析的大范围非平稳工业过程监测
/ 赵春晖
031 浅谈几类多智能体系统分布式协同控制方法
/ 和望利
042 疫情对制造业数字化转型的影响和思考 / 史亚斌



P043

观点 / Viewpoint

- 052 新冠肺炎疫情对制造业的影响与应对策略
/ 王飞跃、熊刚、王晓、于立平、毛延峰
055 新冠疫情对制造业影响的思考 / 张文林
058 新型冠状病毒肺炎对制造业的影响与应对策略
/ 吴冈



P059



P057



P061

学者风采 / Scholars

- 060 我们和祖国站在一起！
——郑南宁院士团队的科研抗疫攻坚

科普园地 / Science Park

- 063 新型冠状病毒防控与各类化学消毒剂的安全使用
067 疫情终究会过去，如何接纳内心的不安全感？

学会动态 / Activities

- 069 中国自动化学会致函多个国际学术组织，互通疫情防控情况



P069

- 070 抗击疫情，CAA 人工智能技术与工业应用专委会在行动
071 疫病无情人有情
——抗击疫情，厦门市自动化学会在行动
072 CAA 人工智能与机器人教育专业委员会致人工智能教育科研工作者和企业家倡议书

形势通报 / Voice

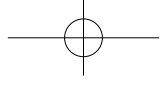
- 073 中国科协再次倡议：让科学家精神光耀时代
让科技创造新的价值
074 用一流的业绩报效祖国和人民
——致全国女科技工作者的一封信
075 2020 年中国科协学会学术工作要点
078 加强“从 0 到 1”基础研究工作方案



P070



P071



2020年是爱尔兰女作家艾捷尔·丽莲·伏尼契逝世60周年，她的作品《牛虻》在俄罗斯和中国家喻户晓。除此作品外，伏尼契还和著名英国数学家乔治·布尔以及深度学习巨擘杰弗里·辛顿有着千丝万缕的关系。伏尼契是乔治·布尔的第五个女儿，生于在爱尔兰的科克市，父亲去世时，她才七个月；杰弗里·辛顿是深度学习三巨头之一，因其在深度学习方面做出的理论创新 and 努力实践，使得人工智能又迎来了第三次浪潮，而杰弗里·辛顿曾祖父就是布尔。

为纪念伏尼契逝世60周年，本期特设“特稿”专栏，刊登杨庆华撰写的《我永远都是快乐的牛虻——纪念爱尔兰女作家艾捷尔·丽莲·伏尼契逝世60周》一文，以飨读者。

我永远都是快乐的牛虻

——纪念爱尔兰女作家艾捷尔·丽莲·伏尼契逝世60周年

文 / 杨庆华



《牛虻》中国青年出版社出版

今年是爱尔兰女作家艾捷尔·丽莲·伏尼契逝世60周年。伏尼契的小说《牛虻》影响了中国几代读者。上个世纪五六十年代，牛虻成为无数中国青年的偶像。

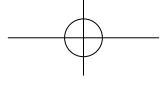
肖斯塔科维奇为电影《牛虻》谱曲

1889年，伏尼契在英国开始创作《牛虻》。1897年，小说《牛虻》在纽约出版。同年9月，《牛虻》在伦敦出版。后来，《牛虻》在苏联和中国拥有了数以亿计的读者。奥斯特洛夫斯基创作《钢铁是怎样炼成的》就受到了《牛虻》的影响，中国的读者最早是从《钢铁是怎样炼成的》里知道了牛虻的名字。

1953年7月，《牛虻》的第一个中译本由中国青年出版社出版，译者李俚民。李俚民译本扉页背后的《内容提要》如此阐述：“十九世纪的意大利民族解放运动

曾产生了很多的爱国志士，这本小说就是拿那些志士的故事做题材的。作者通过小说的主角‘牛虻’这个形象，把当时那些志士的爱国精神和革命热情深刻地表现了出来，使这部作品浸透着革命的英雄主义。其中描写牛虻为意大利人民忍受苦难和英勇牺牲的部分，可说是这部小说最优秀也最动人的篇幅。”1953年，《牛虻》中译本印数超过50万册，至1959年，先后发行100多万册。

1955年，苏联列宁格勒电影制片厂将小说《牛虻》搬上银幕。列宁格勒电影制片厂是苏联最重要的电影厂之一，曾经荣获列宁勋章。作曲家肖斯塔科维奇为电影《牛虻》创作《牛虻组曲》



(The Gadfly Suite, Op.97a)。《牛虻组曲》中的《浪漫曲》(Romance)是最著名的乐章。《浪漫曲》在影片中出现了两次。第一次出现是在影片的开头,亚瑟坐在神学院的图书馆里。蒙太尼里神父目光中充满了慈爱:

蒙太尼里:你听我说,亚瑟。你还年轻,你的能力还薄弱。不过你的心倒很热,很纯洁。我祷告天主愿你永远不要消失对不幸的人的那种关怀。这就是说对一颗破碎的悲痛的心不要拒绝。

亚瑟:神父,我跟你在一起总是觉得很快乐,我亲爱的神父。你知道我在家里很孤独,我不喜欢我的哥哥,尤其是嫂子。我的母亲死了之后,你是我在世界上唯一的亲人了。

蒙太尼里:你知道我在世界上除了你也没有别的人了。我把你当作儿子一样。你是我的光明,我心里快乐的源泉。

电影中的这个场景也是小说《牛虻》第一章的内容。亚瑟和蒙太尼里的情感线贯穿了全书。电影结尾,蒙太尼里到监狱劝说牛虻,表现父子之爱,肖斯塔科维奇的《浪漫曲》再次出现——电影的细节比小说更浪漫、更戏剧化。

“牛虻”是怎样炼成的

1955年,上海电影制片厂翻译片组(上海电影制片厂翻译片组是上海电影译制厂的前身——

作者注)完成电影《牛虻》的配音译制。当时,在我国翻译的外国故事片中,苏联电影所占比重最大。1955年,我国拍摄故事片23部,翻译外国故事片46部,其中苏联影片就占了28部。精心译制的《牛虻》在中国的影响是巨大的,影片中的经典台词成为了观众里的流行话语:“为了上帝和人民,始终不渝。”

“为了上帝和人民,始终不渝”,这是小说《牛虻》中“青年意大利党”的口号,也是革命党人的接头暗号。亚瑟在卡尔狄神父前忏悔的时候,听到卡尔狄说出这句口号,以为卡尔狄是同路人,就把党内的秘密说了出来。亚瑟被捕后醒悟到卡尔狄利用神父的职权从事间谍活动,但为时已晚。走出监狱的亚瑟见到他所热爱的琼玛。琼玛把亚瑟当作叛徒:

“琼玛,你不明白!”他突然迸出一句话,一面凑近她去,但她发出一声尖叫急忙避开了。

“不要碰我!”

亚瑟猛的一下抓住了她的右手。

“听我说,看上帝的面上!这不能怪我;我——”

“放开,放开我的手!放开!”

随即,她的指头从他手里挣脱了,而且就用她脱空了的手打了他一个耳光。

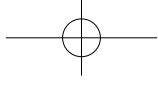
一阵雾也似的东西遮住了他的眼睛。一时他除了琼玛那张惨白而绝望的脸和她那双在衣裙上



译制版电影《牛虻》海报

狠命揩擦的右手之外,什么都感觉不到。后来,白天的光亮恢复了,他四面一看,发觉他一个人留在那儿。

《牛虻》全书贯穿着一条反教会的线。亚瑟制造自杀的假象离家出走,流亡海外13年后回到意大利参加推翻意大利专制政权的斗争,化名范里斯·列瓦雷士,绰号“牛虻”。小说作者通过牛虻之口,说出除奥地利侵略者之外,天主教会就是他最大的敌人。在苏联,小说《牛虻》是对青年人进行爱国主义教育的工具。但根据《牛虻》改编的同名影片则对小说结尾做了改动,让蒙太尼里跪伏在牛虻的尸体上失声痛哭,发狂地说:“我的儿子,我的儿子,我的儿子,这就是对我罪孽的报应。我没有儿子了!我一个人站在荒漠中,我从染着鲜血



【特稿】SPECIAL

的大地上，抬起眼睛望着那空虚的天空，你在哪儿啊，天主？在哪儿？你是没有的！”

小说《牛虻》中的蒙太尼里和亚瑟互相热爱，但是这种爱是有限度的。在亚瑟和上帝之间，只能二者选其一的时候，蒙太尼里选择了上帝，递交了通知同意举行军事审判枪决他的儿子。电影《牛虻》却让蒙太尼里喊出了“天主？在哪儿？你是没有的！”1958年，苏联文学界人士到美国纽约伏尼契的寓所拜访作者，并架设放映机，为伏尼契放映电影《牛虻》。伏尼契如何评价这部影片，我们不得而知。

上个世纪五十年代至七十年代，由于国内外严峻复杂的形势，或许也受到小说《牛虻》的影响，我国拍摄的国产反特故事片，只要里面出现教会，那些教士几乎都是披着宗教外衣的间谍和特务。1954年的《斩断魔爪》、1958年的《古刹钟声》和1978年的《斗鲨》就是其中的代表作。

作为一部脍炙人口的名著，《牛虻》在艺术上的成功，不仅仅表现在描写牛虻忍受苦难、英勇牺牲的部分，也表现在描写牛虻和蒙太尼里的父子之情以及牛虻和琼玛的男女之爱。牛虻和琼玛的爱情悲剧是全书最打动人的篇幅：

琼玛手里拿着信，默默地站了一会儿，然后在敞开的窗子旁

边坐下来读信。信是用铅笔写的，写得很挤，有些地方而且还难以辨认。但是，信的抬头儿几个字非常清晰，是用英语写的：

“亲爱的琼，”

信中的字迹忽然变得模糊不清，像一片迷雾。她又一次失去了他——又一次失去了他啊！

这是小说的结尾部分。琼玛泣不成声地读着牛虻临刑前写给她的信。信的末尾写着他们小时候坐在一起念过的一首小诗：“无论我活着，或者是死亡，我永远都是，快乐的牛虻。”

1981年2月，天津人民出版社翻译出版了《牛虻在流亡中》，译者张仍荪、顾治洲。《牛虻在流亡中》是伏尼契创作的第二部关于牛虻的小说，首版于伦敦，时间是1910年。这部作品英文原名为《An Interrupted Friendship》（《中断了的友谊》）。小说《牛虻》第一卷结束时写到亚瑟离家出走，时间是1833年5月。第二卷开始的时间是1846年7月，副标题是《十三年之后》。《牛虻在流亡中》讲述了亚瑟离家出走后流亡十三年的生活，讲述了多愁善感的亚瑟怎样变成了坚强无畏的牛虻。

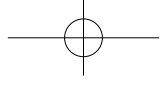
与伏尼契的孙辈做邻居

伏尼契晚年在纽约定居。1955年，中国青年出版社辗转寄给伏尼契一笔五千美元的稿费，伏尼

契回信表达了由衷感谢。1960年7月27日，伏尼契在纽约去世，享年九十六岁。伏尼契本人无缘踏上中国的土地，但是她的孙辈韩丁、寒春在1940年代就先后来到中国，将他们的一生献给了中国革命和社会主义建设事业。

1966年，寒春和丈夫阳早从西安草滩农场回北京。寒春到对外文委工作，阳早到中国电影发行公司做翻译。从1966年到1972年，寒春、阳早和他们的三个孩子住在朝阳区三里屯东区三号楼一单元201和202，和我们做起了邻居。笔者当时住五号楼，经常能见到寒春和阳早。笔者的三个小学同班同学陈欣、孟承光、李朝晖和寒春阳早夫妇住在同一栋楼同一个单元。据陈欣回忆：我家住501。有一次，我从五层楼梯上摔下来，摔得很重。寒春和阳早用他们的车把我送到医院。每次去医院治疗都是坐他们的车。寒春和阳早品德高尚，和街坊四邻相处得非常好。我的姥姥是湖北人，经常在家自己做米酒，把做好的米酒送给邻居，也送给寒春和阳早。

寒春和阳早是外国专家，他们本来可以住九层大楼（九层大楼指坐落在东三里屯的外交公寓——作者注），但他们愿意和中国老百姓住在一起。现在是中国国家博物馆研究员的孟承光当年住在寒春家的楼上。孟承光回



忆说：“寒春和阳早家的卫生间是铺花砖的，有陶瓷洗手盆。经常去他家玩儿、吃糖果。每年9月30日，楼下停着外交部接他们去参加国庆招待会的上海牌小轿车。他们是好人，中国话说得非常好。”

1972年，寒春和阳早离开了三里屯，到北京红星公社从事他们热爱的畜牧业。阳早和寒春分别于2003年和2010年在中国逝世，他们将毕生的精力都献给了中国的奶牛事业，我们至今怀念着这两位儿时的邻居。

今年是艾捷尔·丽莲·伏尼契逝世60周年，我想起了《牛虻》，想起了牛虻临刑前写给琼玛的那封信，还有信的末尾的那首小诗：“无论我活着，或者是死亡，我永远都是，快乐的牛虻。”

来源：北京晚报

延伸阅读

杰弗里·辛顿，他背后不可思议的家族

杰弗里·辛顿生于英国，后移居加拿大，在深度学习领域，辛顿的贡献是开创性的。他最先把反向传播用于多层神经网络，还发明了玻尔兹曼机，这些成果直接导致深度学习的实用化科研教学一体化。

辛顿的父亲，霍华德·辛顿是英国著名的昆虫学家。霍华德堂弟和堂妹，中文名字分别叫韩丁和寒春，是著名的马克思主义者。

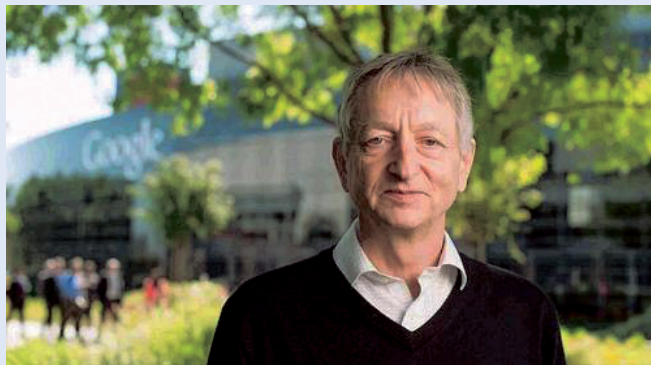
20世纪40年代，韩丁在中国亲身经历的土地改革运动，写下了《中国一个村庄的革命纪实》；而韩春是著名的核物理学家，在美国曾参与曼哈顿计划制造原子弹。

韩春和韩丁的父亲叫巴斯蒂安行，职业是律师，业余时间发明了儿童用的攀爬游乐设备。

杰弗里·辛顿的曾祖父名叫查尔斯·霍华德·辛顿，他不但是个知名的数学家，还是最早的科普和科幻作者之一。查尔斯·辛顿的妻子叫玛丽艾伦，玛丽艾伦的父亲叫乔治·布尔，是英国著名的数学家、教育家、哲学家和逻辑学家。

乔治·布尔的五个女儿，也个个都是精英，大女儿是马利，亚纶是杰弗里·辛顿的曾祖母。

二女儿叫玛格丽特，她的儿子杰弗里泰勒是流



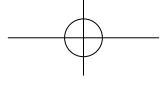
体力学的鼻祖人物，曾被英国派到美国参加曼哈顿计划。

三女儿艾希艾丽·西亚维斯，对四维几何作出过重要贡献。

四女儿露西艾弗勒斯是英国第一个化学女教授。

五女儿是伏尼契，她曾写了一本流行于中国大江南北的长篇小说《牛虻》。

就是这样一个从伟大的乔治·布尔到今天深度学习的三巨头之一辛顿。短短200年的时间，数学和计算机科学就取得了如此的伟大成就。毫无疑问，今天的精彩纷呈的人工智能，又将是一代又一代大师级人物共同缔造的人类最为辉煌的科技成果，人类的发展就是科技不断进化的结果。



“抗击疫情 CAA 在行动·云讲座”是中国自动化学会在疫情期间推出的公益活动，面向广大科技工作者免费开放。“云讲座”自开讲以来，共邀请了十余位报告人为大家带来精彩的线上分享。从科学与美到社会物联网，从智慧教育到多智能体，从回声状态网到疫情对行业的影响，共计千余人次参与了线上直播与互动。本期栏目为大家分享历次“云讲座”报告人的精彩内容，以飨读者。

回声状态网络改进及其应用

文 / 渤海大学 伦淑娴

导读：3月8日，渤海大学工学院院长伦淑娴做客“抗击疫情 CAA 在行动·云讲座”，为大家带来一场题为“回声状态网改进及其应用”的精彩报告。报告主要就回声状态网的原理、特点、应用和存在的问题等进行讨论，并讲授了回声状态网目前的改进情况，最后介绍了团队在回声状态网改进和应用中的一些工作。

一、回声状态网络及其特点

回声状态网络是人工神经网络的一种，2001年由德国 Bremen 大学的 Jaeger 教授提出。人工神经网络是通过模拟人类大脑的组织结构和思维方式以构建类脑的智能信息处理模型，具有强大的自适应和自学习能力，已广泛应用于模式识别、智能控制与优化、大数据处理、复杂系统建模、知识发现与推理等多个领域。特别是 Alpha Go、Alpha Zero 以及深度学习的出现，让人工神经网络的名字家喻户晓，迎来了神经网络发展的又一次浪潮。人工神经网络与人类具有一定的相似性，都是通过从外界环境中学习以获取知识，并利用神经元的连接权重值存储获取知识。网络的结构决定着网络的功能，神经网络按

其结构划分为两大类，分别是前馈神经网络和递归神经网络。

前馈神经网络（见图1）：当前层各神经元只接受前一层的输入信息，并将计算结果输出到下一层中，网络中没有反馈环节，如多层感知器网络、径向基函数、自组织映射等。前馈神经网络更适合实现非线性系统输入到输出的静态映射。

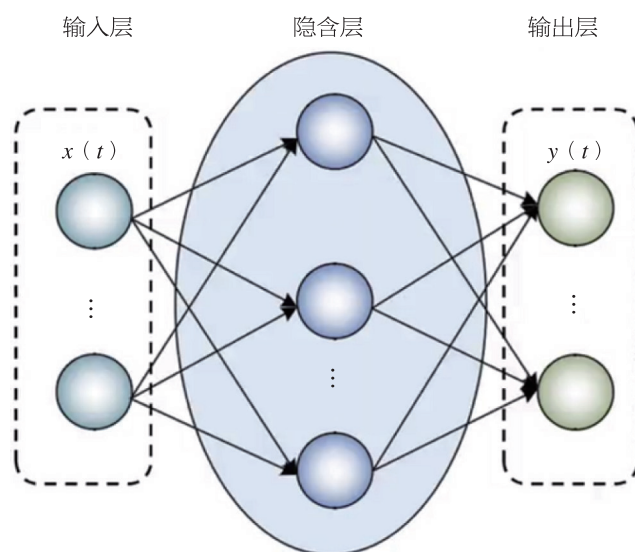


图1 前馈神经网络

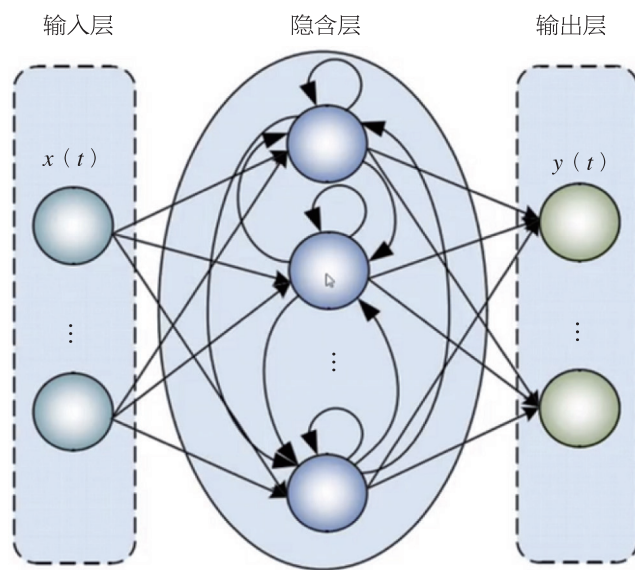
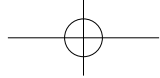


图2 递归神经网络

递归神经网络（见图2）：网络内部存在反馈环节，使得网络中当前 t 时刻的输出状态不仅与 t 时刻的输入信息有关，同时也受到 t 时刻历史信息的影响。如 Hopfield 网络、Elman 网络、Jordan 网络等。递归神经网络在结构上也更接近于生物神经网络，能更好地体现生物神经网络的短时记忆能力、联系记忆、稳定性等特性，具有一定的动力学特性，更适用于处理复杂动力学系统建模和时间序列问题。RNN 在实际应用中存在的不足：学习算法复杂，而且得到的精度水平通常较低；它很难搜索一个更具有合适隐含层单元个数的网络结构；它必须训练所有的权重；由于利用梯度下降法来优化参数，它很容易落入局部最优。

对上述存在的问题，有效

的解决方法之一是回声状态网络（Echo state Network, ESN）。

1. 回声状态网络结构

ESN 作为一种新型的递归神经网络（如图3），也由输入层、隐含层（即储备池）、输出层组成。储备池是一个具有很多神经元组成的稀疏网络，通过调整网络内部连接权值的特性达到记忆数据的功能。储备池具有如下的特点：1）包含数目相对较多的神经元（与经典神经网络相比）；2）神经元之间的连接关系随机产生，生成后不再调整；3）神经元之间的连接具有稀疏性。ESN 训练的过程，就是训练隐含层到输出层的连接权值 W^{out} 的过程。

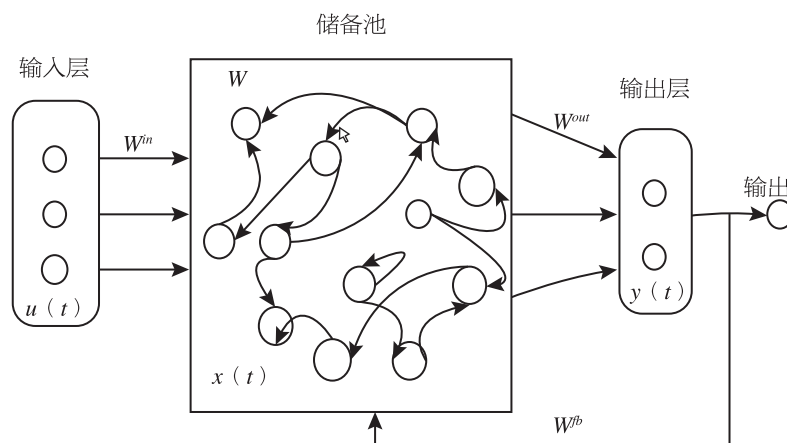


图3 回声状态网络

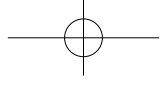
回声状态网储备池连续状态更新方程为：

$$\dot{x} = f(W^{in}u + Wx + W^{fb}y) \quad (1)$$

$$y = g(W^{out}[x; u]) \quad (2)$$

其中， $f(\cdot)$ 是储备池神经元的激活函数，如 sigmoid 函数，双曲正切函数等； $g(\cdot)$ 为输出神经元的激活函数，一般选取恒等函数（解决分类问题时选用符号函数）； W^{in} ， W^{fb} ， W 均随机生成，如其元素可由均匀分布在 $[-1, 1]$ 的随机数构成，并且在学习和测试过程中保持不变；在学习过程中唯一需要调整的是输出连接权值 W^{out} 。

储备池离散化状态更新方程如下：



【云课堂】CLOUD CLASSROOM

$$x(n+1)=f(W^{in}u(n+1)+Wx(n)+W^by(n)) \quad (3)$$

$$y(n)=g(W^{out}[x(n);u(n)]) \quad (4)$$

其中 n 表示离散时刻。

(3) 式可以写成:

$$x(n+1)=f(s^{in}W^{in}u(n+1)+\rho Wx(n)+s^{b}W^by(n)) \quad (5)$$

其中, s^{in} 是输入缩放因子, ρ 是 W 的谱半径, s^b 是输出反馈的缩放因子。

2. 回声状态网的回声状态特性

稳定性是递归神经网络必须考虑与分析的基本问题。传统递归神经网络, 需要构造不同的 Lyapunov 泛函, 并利用 La Salle 原理获得全局稳定性判据或指数稳定性判据。不同于传统递归神经网络, ESN 在训练过程中储备池连接权值是固定不变的, 仅调整网络的输出连接权值。因此, ESN 可通过初始设定储备池连接权值保证网络内部状态的稳定性, 即保证它的回声状态特性。回声状态特性是指网络不再受初始状态影响, 其储备池的内部状态仅由网络的历史输入和输出唯一确定, 内部状态达到渐近稳定状态。ESN 满足回声状态特性的充分条件, 见如下定理:

定理 1: 设 $f(\cdot)$ 为 sigmoid 函数, 当储备池神经元连接权值矩阵 W 的最大奇异值小于 1, 则网络的内部状态是稳定的。

说明: 定理 1 是 ESN 内部状态稳定性的充分条件。满足该条件相对比较严格, 在实际应用中, 只要保证 ESN 的储备池神经元连接权值矩阵 W 的谱半径小于 1, 即 $\rho(W) < 1$, 就认为网络具有回声状态特性 W 在初始化设定后保持不变, 且在网络的训练过程中不会调节 W , 进而就不会影响网络的内部状态稳定性。特别值得一提的是, 定理 1 推导中假定 ESN 的输出反馈矩阵为 0 矩阵, 即没有考虑输出反馈。

为了获得 W^{out} , 通常采用线性回归方法和递归最小二乘法 (Recursive Least Square, RLS)。线性回归方法求解 W^{out} 是离线学习算法, 常用的有伪逆法、岭回归法、奇异值分解法。递归最小二乘法是在线训练算法, 通过求解最小化目标函数的极小值获得 W^{out} 。

在训练过程中, 需要从某一时刻开始收集内部状态变量, 构成矩阵 M , 同时相应的输出样本数据 $y(n)$ 也被收集, 并构成一个行向量 Y : (注意: 为了消除任意初始状态对系统动态特性的影响, 总是从某一时刻后才开始收集。)

$$M = \begin{pmatrix} x_1(1) & \cdots & x_1(N_s) \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ x_N(1) & \cdots & x_N(N_s) \end{pmatrix} \quad Y = [y(1) \cdots y(N_s)]^T$$

其中, N_s 是训练样本的个数, N 是储备池神经元的个数。那么根据输出方程 $y(n) = w^{out}[x(n); u(n)]$ 求解 W^{out} , 可看作是一个线性回归过程。 W^{out} 通过线性回归求解方法如下:

(1) 伪逆法

$W^{out} = M^+ Y$, $M^+ = (MM^T)^{-1}M^T$, M^+ 是 M 的 Moore-Penrose 逆矩阵

(2) 岭回归法 (Edge Regression, RR) 或称为正则化技术

在违逆法中加入正则化项, 则输出权值矩阵:

$$W^{out} = M^+ Y, \quad M^+ = (MM^T + \lambda I)^{-1}M^T, \quad \lambda > 0,$$

(3) 奇异值分解法 (Singular Value Decomposition, SVD)

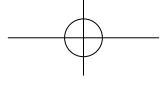
将矩阵 M 进行 SVD 分解, 即 $W^{out} = VS^{-1}U^T Y$

3. 回声状态网的评价指标

回声状态网可采用均方误差 (MSE)、均方根误差 (RMSE) 或标准均方根误差 (NRMSE) 进行网络建模精度评价。

4. 回声状态网的关键参数

(1) 储备池规模。指储备池中神经元的个数, 储备池规模的选择与训练样本的个数有关。储备池规模越大, ESN 能够表示的动态系统可能越复杂。储备池规模越大可能会引起过拟合问题, 过拟合导致模型对测试数据的泛化能力下降。通常选择原则是逐步增加储备池规模, 直到网络的对于测试样本的处理能力 (比如分类错误率、预测误差) 变坏为止。



(2) 稀疏度。表示储备池中神经元之间的连接情况,是储备池中相互连接的神经元占总的神经元数的百分比。

(3) 输入缩放因子和输出反馈缩放因子。不是将输入信号直接加到储备池,而是通过一个缩放因子,即对输入信号进行一定的缩放。需要处理的任务的非线性越强,那么输入缩放因子越大。通过输入缩放因子,将输入变换到的神经元激活函数相应的范围,其非线性程度不同。

(4) 谱半径。谱半径决定了 ESN 的记忆能力。当谱半径值过小时,储备池的记忆能力越弱,导致网络对期望信号逼近能力变差。当谱半径过大时,储备池的状态在迭代计算过程中会不稳定。谱半径需满足回声状态特性。

5. 回声状态网解决问题的思想

通过使用大规模随机稀疏网络(储备池)作为信息处理媒介,将输入信号从低维的输入空间映射到高维的状态空间,在高维的状态空间采用线性回归方法对网络的部分连接权(输出权值)进行训练,而其它连接权随机产生,并在网络训练过程中始终保持不变。

6. 回声状态网的特点

与传统的递归神经网络相比,ESN 具有如下显著特点:(1) ESN 由随机稀疏链接的神经元组成储备池作为隐含层。储备池的

生成过程独立于 ESN 的训练过程,保证了 ESN 在训练过程中的稳定性。

(2) ESN 采用线性回归或最小二乘法训练储备池至输出层的权值,使网络的训练过程得以简化,保证了权值的全局最优性。因此,ESN 在系统辨识、动态模式识别、滤波或者控制、预测等领域获得成功应用。

7. 回声状态网存在的问题

(1) ESN 的储备池神经元的连接是随机的,具有很大的盲目性,可能导致网络性能及其性能稳定性较差。

(2) ESN 的储备池状态更新方程具有固定的形式,不能根据输入信号特征变化和预测性能要求动态进行修改。

(3) ESN 在训练过程中常存在不适定问题,特别是当网络存在近似共线性问题时,易产生病态解,导致网络的泛化能力降低。

(4) ESN 的参数优化通常采用批量梯度下降法,该方法是解决无约束优化问题的基本算法,因此在参数优化时没有考虑参数满足回声特性(不等式约束条件)。从某种意义上说,得到的参数值不是最优解。

二、回声状态网络的改进

问题一:回声状态网络的储备池构建

ESN 具有一个由随机稀疏连接的神经元组成且固定不变的储备池,但这个储备池通常不是最优的。储备池是决定 ESN 性能的关键因素。一个好的储备池,需满足如下特性:1) 储备池参数必须保证回声状态特性条件;2) 储备池神经元动态丰富,能够表征分类特征或逼近复杂动态系统;3) 储备池神经元耦合连接最简;4) 避免出现过拟合或欠拟合现象。储备池规模越大,所表现出来的系统越复杂。

1. 研究如何使得储备池产生复杂多样的动态

(1) 通过修改激活函数来提高回声状态网络的性能。

储备池的激活函数通常假定为一个 S 型函数($\tanh$ 函数)。我们在含有泄露积分神经元的 ESN(称 Leaky-ESN)上进行了改进。Leaky-ESN 储备池状态方程离散形式:

$$\begin{aligned}x(n+1) &= (1-a)x(n) + f(W^in u(n+1) + Wx(n) + W^by(n)) \\y(n) &= g(W^{out}[x(n); u(n)])\end{aligned}$$

使用双激活函数的加权和来代替式中原有的单一储备池激活函数,称为 DAF-ESN 模型。

$$\begin{aligned}x(n+1) &= (1-a)x(n) + \lambda_1 f_1(W^in u + Wx + W^by) + \lambda_2 f_2(W^in u + Wx + W^by) \\y(n) &= g(W^{out}[x(n); u(n)]), |\lambda_1| + |\lambda_2| \neq 0\end{aligned}$$

DAF-ESN 模型的本质及利用不同类型的激活函数的加权和代替原有的单一的 sigmoid 激活函数，相当于单一储备池变成多储备池。如激活函数分别选取小波基函数和 sigmoid 型函数，这相当于储备池变成由两类子储备池和一个加法器构成，一类储备池是由标准 ESN 的 sigmoid 神经单元构成，每个神经元的激活函数可以是不同的小波基函数。储备池神经元采用不同激活函数，实际上丰富储备池神经元动态的复杂多样性。当然选用不同的 sigmoid 函数，也可以是相同 sigmoid 函数，即变成了 Leaky-ESN。DAF-ESN 的输出权值仍然采用正则化计算公式。利用李普希兹条件获得 DAF-ESN 需要满

足回声特性的充分条件。

(2) 构建多子储备池，每个子储备池是由不同功能神经元构成。

每个子储备池相当于大脑的每个局部功能区，是实现同一功能的网络，同一子储备的神经元属性和功能近似或相同，选出其中一个神经元作为这个子储备池的代表，称为主神经元，不同子储备池之间的信号交互，就通过主神经元的连接来表达，如果依然采用稀疏连接方式，实际上相当于增加了一个虚拟的子储备池。不同子储备池的神经元可以分别由 sigmoid 型神经元、小波神经元、脉冲神经元等构成，如图 4 所示。

多储备池神经网络的特点：
1) 不同子储备池之间的信息交互，是通过主神经元之间的连接

完成，大大减小了不同子储备池神经元之间的耦合连接，降低信息的冗余；2) 主神经元之间采用稀疏连接方式，减少了不同子储备池之间的相关性；3) 通过主神经元之间的稀疏连接，构成了一个虚拟的子储备池，实质上相当于整个储备池神经元的数目增加了，增加的个数等于主神经元数，且增加的神经元之间差异性大。因此，在子储备池数目大，且每个子储备池神经元数目少的情况下，却能够获得相当庞大的储备池神经元数目和神经元状态相异性，将提高回声状态网的估计和预测精度，大大减少了计算量。4) 同一子储备池神经元属性和功能相同，不同子储备池神经元属性和功能不同，各子储备池动态稀

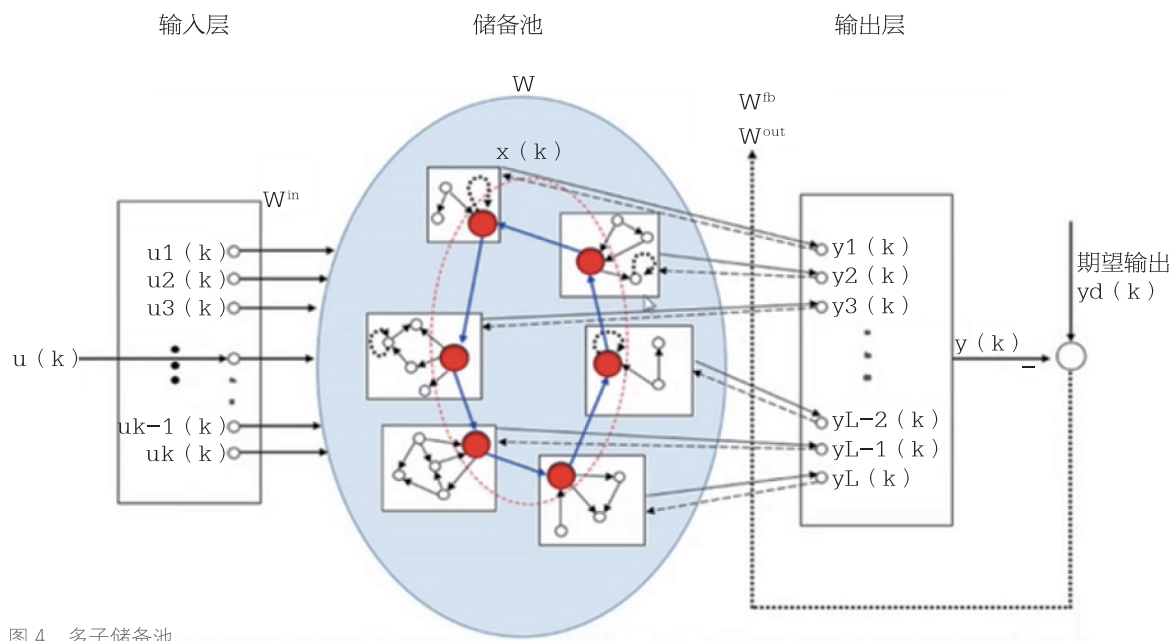
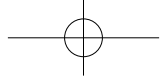


图 4 多子储备池



疏连接,丰富了网络的动力学特性,使其更接近真实的生物神经网络。

2. 研究如何动态改善回声状态网络的记忆能力

针对不同的学习任务,ESN 不会自适应调整储备池的结构及其稀疏连接方式,因此其记忆能力是固定的。这使得 ESN 面对不同时间尺度的复杂动态系统建模时,其逼近精度是很难满足要求。一个性能优良的 ESN 有限的时间内,特别是极短的时间内,根据输入信号特性和预测性能要求,能够动态调整储备池神经元的短期记忆能力(即包含延迟神经元),短期记忆能力可以由输入信号的自相关特性来决定。储备池状态更新方程被修正如下:

$$x(n+1) = a_1 x(n) + a_2 x(n-1) \cdots a_p x(n-p+1) + f(W^u u(n+1) + Wx(n) + W^y y(n))$$

3. 研究如何让储备池对外源性噪声具有更强的鲁棒性

ESN 的储备池状态更新是采用迭代学习方式,当训练数据中包含较多噪声时,会存在误差积累问题,使得 ESN 的可靠性就会大大降低。提出扩展卡尔曼滤波 ESN(EKFESN)模型,即利用扩展卡尔曼滤波算法的状态空间描述代替标准 ESN 储备池的状态空间描述,这种思想来源于 EKF 具有与 ESN 类似的结构形式。优点如下: EKFESN 模型的状态更新方程中引入单步延时状态,更适合含有慢变状态系统; EKFESN 模型含有观测噪声和干扰噪声,因此一定程度上避免了 ESN 权值矩阵的病态问题; EKFESN 模型是对实际输出与期望输出的误差进行闭环反馈,优于 ESN 对实际输出部分的直接反馈,使得状态迭代中的噪声得到有效抑制;不需要考虑回声特性问题,即稳定性问题; EKFESN 模型的全局参数是优化得到的,而 ESN 的全局参数是任意指定的; EKFESN 模型将 ESN 的 sigmoid 激活函数变为关于滤波增益的线性函数。

4. 研究如何采用自下而上方式动态构建储备池

现有的 ESN 及其改进模型通常指定储备池神经元数目,然后采用自上而下的储备池生成模式,而不是采用自下而上方式动态生成储备池,获得储备池神经元数目及其拓扑结构。提出一种新型 ESN,即嗅感受 ESN,简称 OFESN。OFESN 是由多个子储备池构成,子储备池个数对应分类个数。首先,子储备池是由神经元和其延迟神经元构成,这些神经元统称为姊妹神经元。然后,利用信息熵衡量自下而上动态生成各子储备池的规模。最后,从每个子储备池,挑选出一个神经元,称为主神经元,利用小世界网络构建主神经元之间的稀疏连接,即构建了子储备池之间的稀疏连接。

问题二: 回声状态网络的适定性

ESN 是利用线性回归或 RLS 算法获得的输出权值,很多情况会

遇到病态解,即输出权值大,使得 ESN 的适定性(泛化能力)和稳定性变差。当 ESN 输入与训练样本稍有偏离,将会获得输出相差很大的预测结果。当输入信号和输出信号一旦被噪声污染,使得 ESN 不能给出精度高的预测结果。有文献提出了奇异值截断方法,仅保留伪逆求解中大于某一阈值的部分奇异值,这是以存在一定的逼近误差为代价来克服不适定问题。同时,提出利用正则化方法计算输出权值,即在逆伪矩阵的求解中,添加正则项,控制输出权值幅值,提高泛化性能,但正则化系数通过交叉检验的方法确定,计算代价大。

提出采用改进稀疏非负矩阵分解方法将储备池状态矩阵分解为两个低秩矩阵的乘积,这两个低秩矩阵的元素非负数,且他们的条件数远小于原状态矩阵的条件数。利用这两个低秩矩阵逆的乘积代替原状态矩阵的逆,进行输出权值求解。避免采用正则化方法带来的求逆误差。实质上,这等价于通过改进的稀疏非负矩阵分解方法提取储备池内部连接权矩阵的主要成分,降低储备池神经元之间的相关性,去除储备池全体状态向量之间的冗余信息,得到输入数据更稀疏的表示。这将提高 ESN 的适定性(泛化能力)和稳定性。

问题三：确保回声状态网络的稳定性

对于标准 ESN 来说，在 ESN 训练开始，随机产生储备池的初始连接权矩阵，并且要求满足谱半径小于 1，即回声特性，这是保证 ESN 训练过程的稳定性。实际上，这是通过忽略 ESN 反馈连接部分，确定了储备池单元的内部连接权矩阵所满足的约束条件，即内部连接权矩阵谱半径小于 1。这等价于，ESN 在训练时忽略了输出反馈部分，变成了输入输出前馈神经网络结构。ESN 训练完毕后，又变成了含有输出反馈的递归结构模型。因此，ESN 训练阶段与应用阶段的网络动态模型是不一致的，特别的，当 ESN 的输出权值很大时，为 ESN 的可靠应用埋下了很大的隐患。

在考虑含有输出反馈连接情况下，提出将输出权值矩阵分解为状态相关矩阵和输入相关矩阵，然后计算储备池中同一时刻的任意两个状态变量之间的欧式范数，通过利用李普希兹条件，获得满足回声特性的充分条件。这个充分条件与储备池神经元的激活函数、输出神经元激活函数有关，如与它们各自的李普希兹常数有关，与储备池内部连接权矩阵、反馈连接权矩阵，与状态相关的输出连接权矩阵的最大奇异值均相关。进而，分别获得输出神经元激活函数是一个李普希兹函数、一致有界函数、一个有界的线性映射函数时，ESN 满足回声状态特性的充分条件。

问题四：回声状态网络全局参数的优化

ESN 的全局参数包括储备池

处理单元个数、内部连接权矩阵谱半径、输入伸缩因子、储备池稀疏程度、泄漏率、输出权值等。由于回声特性条件要求，ESN 的全局参数需要满足一些非线性不等式约束条件。如果根据经验选取和试错法选取参数，对 ESN 的性能发挥会产生很大影响。因此，提出利用扩展卡尔曼滤波、罚函数内点法优化 ESN 及其改进 ESN 的全局参数。

三、回声状态网络的应用

(1) 基于回声状态网络的光伏发电在线短期预测

传统的数值天气预报分为白天黑夜两个时段，目前我国已启动逐六小时精细化天气预报，传统采用相似日原理的发电预测方法不适用天气突变复杂、天气等

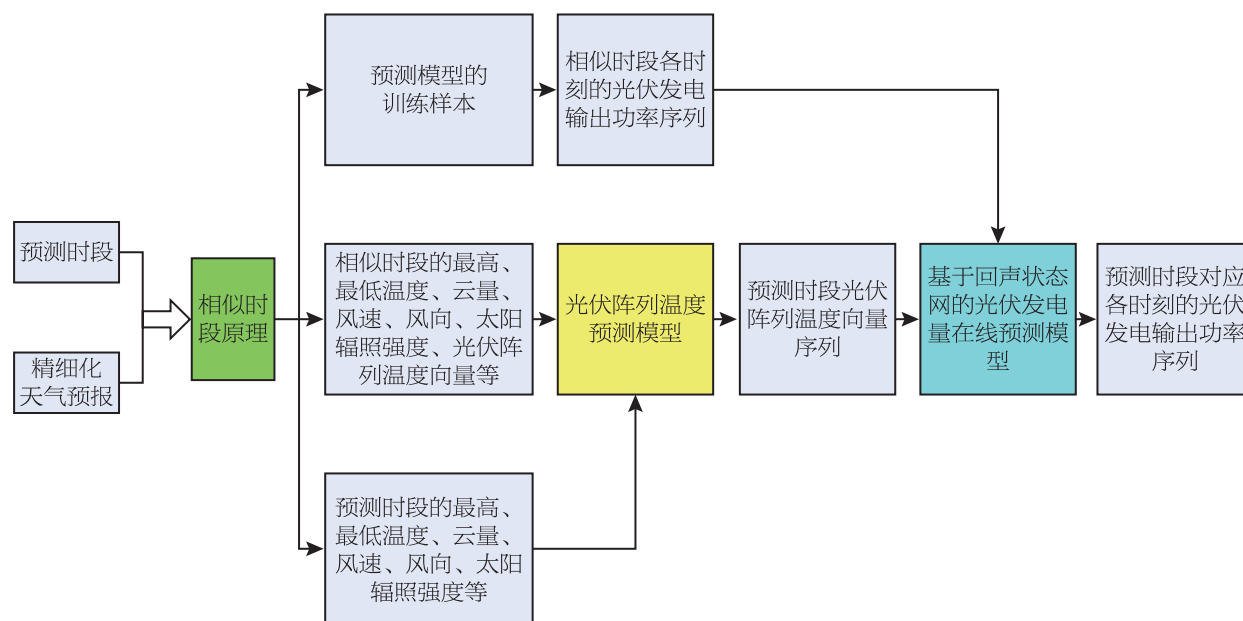
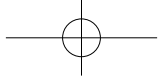


图6 基于 ESN 的光伏发电在线短期预测架构



情况。因此提出利用相似时段原理，确定训练样本。具体实现过程：仿照相似日原理，利用时段的最高气温、最低气温、光伏阵列温度向量、云量和风速等特征，确定与预测日时段最大的历史时段作为相似时段。选取历史相似时段各时刻的发电输出功率序列和光伏阵列温度向量作为输入量。时变 ESN 的输出为预测时段的各时刻发电输出功率序列，时间尺度为未来的十五分钟至二十四小时，利用历史相似时段的训练样本，训练 ESN。而且，每隔一定周期，在线重新生成训练样本，修正 ESN 模型，如图 6 所示。

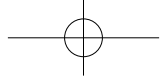
(2) 基于回声状态网络进行光伏发电系统故障诊断与故障预测

光伏电池组件存在的主要故障为短路、开路、老化、热斑等现象。这些故障可以看作不同程度的阴影，对光伏阵列的输出电压电流特性、电压功率特性都有影响。分析这些不同故障对应的输出特性，ESN 的输入可以是每个电池片的光照强度、温度、电流、电压，输出量为电池片的个数，每一个输出量，利用不同数值范围代表电池片的各种故障类型，数值大小表示故障严重程度。○

作者简介



伦淑娴，教授，博士，二级教授，渤海大学工学院院长。是中国自动化学会第二届青年科学家奖获得者，教育部新世纪优秀人才，中国自动化学会理事，中国自动化学会能源互联网专委会常务理事、中国自动化学会技术过程的故障诊断与安全性专业委员会委员、中国自动化学会信息物理系统控制与决策专业委员会委员，辽宁省特聘教授，辽宁省优秀科技工作者，辽宁省三八红旗手，辽宁省职业道德建设标兵。是国家科学技术奖励评审专家，国家科技部项目评审专家，国家自然科学基金评审专家，辽宁省光伏发电控制与集成工程技术研究中心负责人。曾在锦州汉拿有限公司挂职副总经理、锦州市第十三届政协委员，锦州市第十四届政协常委，锦州市党外知识分子联谊会副会长。发表学术论文 80 余篇，著作 6 部，发明专利 10 项。获中国自动化学会自然科学二等奖 1 项。主持国家自然科学基金面上项目 3 项，省部级项目 18 项，横向课题 2 项。作为项目执行负责人参与茂名石化的乙烯生产过程的平行控制与管理系统项目，被《科学时报》《新浪》等多家媒体进行报道；在车用发电机数学建模方面取得重大成果，并在锦州汉拿电机有限公司与德国大众的项目合作中得以应用；目前正在研制新能源汽车动力电池管理系统。



基于智能学习的人工智能教育与教育中的人工智能

文 / 美国罗文大学 唐 瑛

导读：3月11日，美国罗文大学教授唐瑛老师做客“抗击疫情CAA在行动·云讲座”，为大家带来一场题为 *New Frontiers for AI-empowered Learning and Learning for AI* 的精彩报告。

随着技术日新月异的发展，许多新的概念、基础设施、技术和设备不断涌现，可以支持我们创新教学方式，随时随地教学。所有这些带来了全新的教育定义，即信息—物理—社会教育（CPSE），它在各个层面增强下一代数字公民的能力。教育、科技和人构成了一个健康的教育生态系统，这就要求我们的教育不仅要跟上技术发展的步伐，还要继续培养下一代人工智能人才。唐教授在报告阐述了CPSE的观点，着重介绍了平行智教的内容和虚拟现实赋能的平行智教，展示了AI如何改变教学方式，探讨了如何理解人工智能、如何教授学生人工智能，并介绍学习人工智能的模式，最后展望了人工智能教育的未来。

一、人、教育、科技的关系

人工智能作为当今社会的热门研究方向，对生活以及教育有着深远的影响。人工智能技术改变了教育的形式，同时教育也为人工智能培养了人才。那么教育和科技、教育和人有着怎样的关系呢？人、教育和科技是一个生态链，如图1所示。科技的日新月异很大程度上改变了今天的的生活和工作，同时也让教育呈现了不同的形式，让学习变得更加有效率。教育为科技输送人才，这些人才不仅仅能理解高新技术，还能把技术应用到工作和生活中，推进社会的发展。而教育人，则是要保持这个教育生态链的平衡。

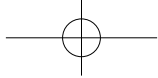
二、教育的首要问题和挑战

中国是以教育为本的大国。从政治、政府导向一直给教育提出了以下三个问题：到底培养什么样的人才？如何培养这样的人才？为谁来培养？需要培养的人才不仅仅是了解知识，理解现代技术，更重要的是能够应用技术解决不断呈现的问题，来推动整个社会的前进。怎样来培养此类杰出人才呢？美国工程教育网站提出了教育的14个挑战，排名第一的是个性化教学（advance personalized learning），怎样实现个性化教学是现在首要解决的问题。

学习不仅源于学习者的独立



图1 教育生态链



探索知识结构，还源于他们的文化和社会互动。教育家 Jean Piaget 博士认为学习实际上是一个自我探索的过程，过程中遇到了困难，在解决困难的过程中就建立了知识结构，在这样的过程中不断学习。社会学家 Lev Vygotsky 博士认为学习不仅仅是个人的行为，更多的是社会行为，是在与人交往的过程中，通过看别人怎么做从而让自己学的更多。结合 Jean Piaget 的认知发展理论和 Lev Vygotsky 的社会文化理论，唐教授指出教育的新定义在于三个“E”：探索（exploration）、合作（engagement）、卓越（excellence）。教育需要为下一代卓越人才提供足够的自我探索和协同合作的学习空间。

未来，学生在社会中、课堂上的行为都可以通过数据反映，这些反馈信息可以帮助我们更好地提供个性化服务，帮助教师选择合适的方式进行教学。同时，反馈信息又具有一定的差异性和独特性，所以如何区别理解 A 学生和 B 学生的行为，从而真正做到个性化教育，建立起由物理空间、网络空间、物理世界、心理世界、人工世界一体的网络—物理—社会系统，是教育系统的不断转变的需求。

社会物理信息系统（Cyber-Physical-Social Systems，

CPSS）是在信息物理系统（Cyber-Physical-Systems，CPS）的基础上，进一步纳入社会信息、虚拟空间的人工系统信息，将研究范围扩展到社会网络系统，它包含了将来无处不在的嵌入式环境感知、人员组织行为动力学分析、网络通信和网络控制等系统工程，使物理系统具有计算、通信、精确控制、远程协作和自治功能，注重人脑资源、计算资源与物理资源的紧密结合与协调，在智能企业、智能交通、智能家居、智能医疗等领域将得到多方面应用。它通过智能化的人机交互方式实现人员组织和物理实体系统的有机结合，使得人员组织通过网络化空间以可靠的、实时的、安全的、协作的方式操控物理实体，如图 2 所示。

三、平行智教

在青岛智能产业技术研究院王飞跃院长的平行概念里，两条平行线不仅有交集，而且互帮互助。平行智教体系共有三个系统：平行管理系统、平行实验与评估系统、平行学习与培训系统，如图 3 所示。教育系统不仅仅是物理层面在课堂上的学习，同时也有一个匹配的虚拟空间的学习，它们之间相辅相成。把学习放在线上，当每个学生和线上系统交互的时候，我们能捕捉的信息就比物理层面更多，而这些信息能够帮助我们更好的了解学生，做到个性化。

1. 平行智教的内容和模式

多学科融合的内容（ISTREAM）+ 创新实践综合培养模式（ICDIO），如图 4 所示。多

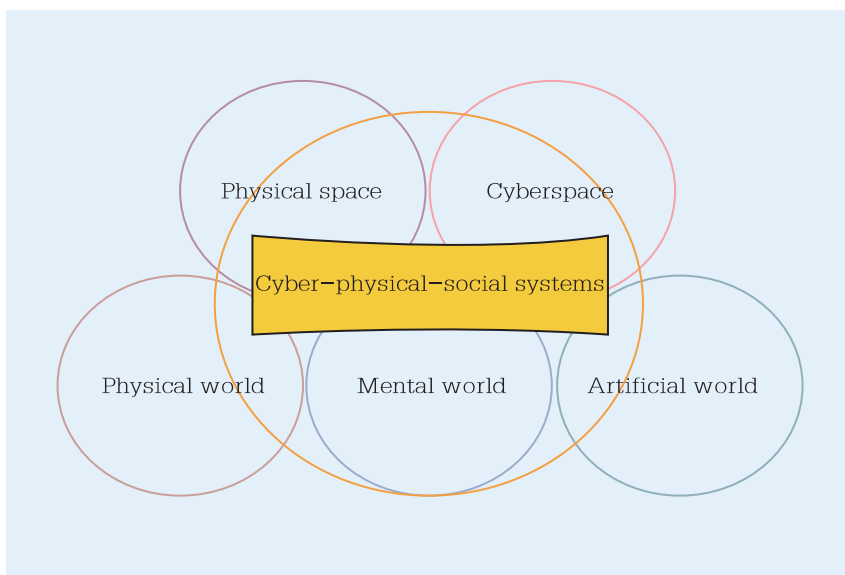


图 2 社会物理信息系统

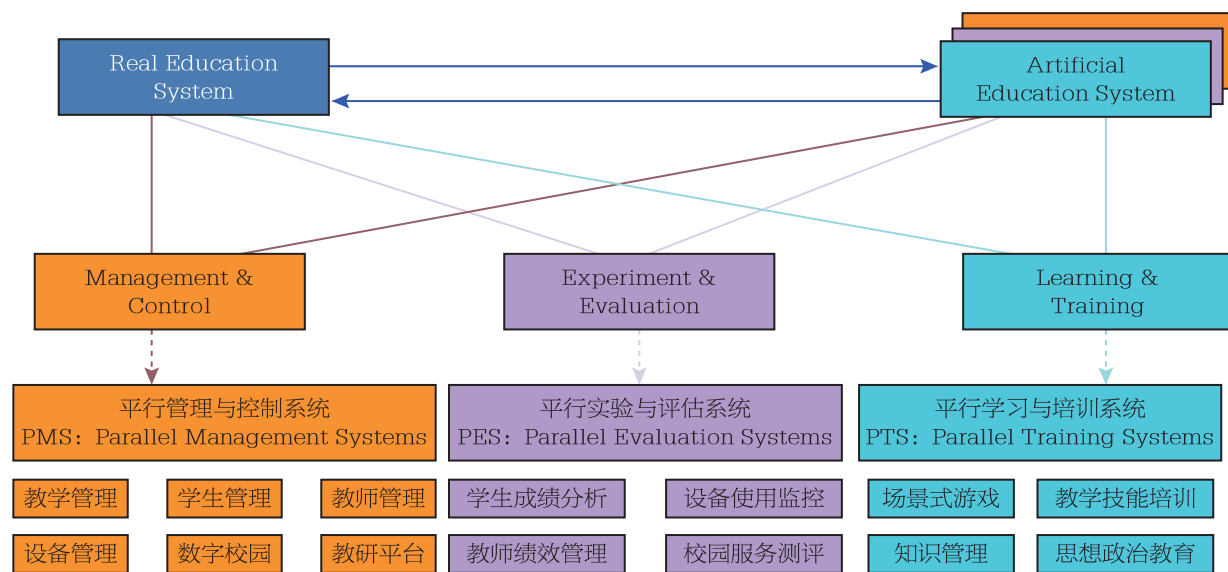


图3 平行智教框架

学科融合的内容包括：I：人工智能-intelligence；S：科学-science；T：技术-technology；R：机器人-robotics；E：工程-engineering；A：艺术-art；M：管理-management；创新实践综合培养模式包括：I：人工智能-intelligence；C：构思-conceive；D：设计-design；I：实施-implement；O：运营-operate；S：服务-service。达到在学习创造，在创造中学习的目的。学习来源于生活，最终回馈给生活。

2. 平行智教中虚拟学习空间的架构

a. 机器人教师：通过大数据、人工智能技术，集合了物理空间中优秀教师实践经验的所有智慧和优势，升华而成的虚拟教

师；b. 合作机器人：共同学习中的合作伙伴，也可能是其竞争对手；c. 描述性机器人，是一个拥有概念、事实、和规则，能够对学习者现有的学习状态做描述的机器人；d. 预测性机器人：与学习者互动，实时监控其学习行为，并征求学习反馈，对学习者下一

个学习状态做预测的机器人；e. 引导性机器人：为学习者提供个性化学习引导，为其不正确的学习行为提供修正的建议。

3. VR+ 人工智能赋能的平行智教的优点

a. 提供交互式、沉浸式的学习环境和丰富的学习资源，让原本

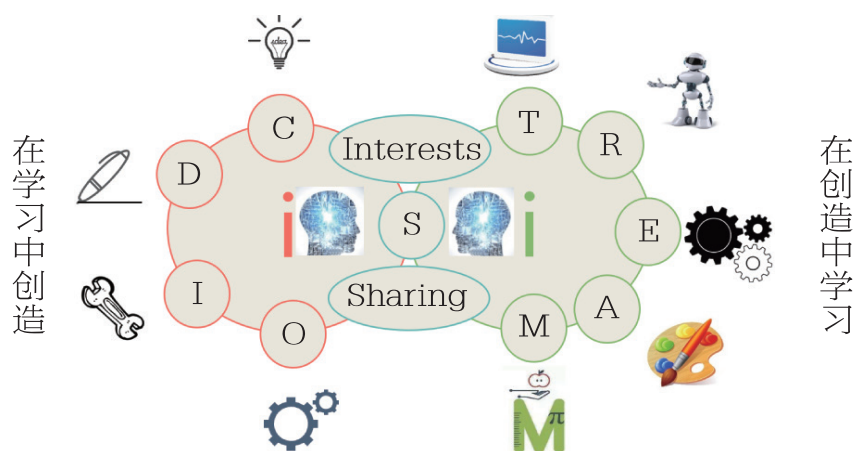
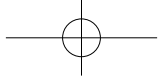


图4 多学科融合的内容+创新实践综合培养模式



枯燥的学习生动有趣；b. 实时跟踪学生的学习行为，并提供及时准确的测评和个性化的引导；c. 学习不再受时间和地域的限制，为协作式终身学习提供可能。

报告中，唐教授以其研发的名为 Sustaincity 虚拟学习游戏授导系统为例，介绍了五种基于社会认知理论的探寻方法，来有效观测学习者的学习行为：a. 在游戏中设计并穿插一系列的问题，自动检测学习困难的迹象，问询学生知识掌握情况；b. 时间管理：学生花在解决问题上的时间大大超过平均水平，这表明他们遇到了技术难题或时间不足，此时机器会自动与学生交互，询问是否需要帮助；c. 及时提供错误提示和修正；d. 情感检测；e. 功能性近红外线光谱感应专注力检测（FNIR）。

四、人工智能教育前景

如果教育不能跟上科技发展的速度，那么科技发展的明天也

会停滞不前。2016 年教育部制定的《教育信息化“十三五”规则》中指出，有条件地区要积极探索信息技术在众创空间、跨学科教育（STEAM 教育）、创客教育等新的教育模式中的应用。2017 年国务院颁布《新一代人工智能发展规划》，2019 年教育厅公布《教育信息化和网络安全工作要点》，2020 年全球教育行业规模有望达到 20 万亿人，教育的市场规模约达到 7 万亿人民币，产业在全球范围内蓬勃发展。

五、人工智能

什么是人工智能？如何教人工智能？人工智能是模拟人类智慧的机器，如图 6 所示。要做好人工智能教育，让孩子真正学习人工智能知识，就是要深入诠释人工智能学习三部曲：收集信号、分析信号、预测决策信号。

通过感知世界来收集信号，理解世界来分析信号，最终用预

测决策信号参与创作世界，将学习的知识与方法应用到真实世界中，动手动脑参与创造人工智能世界。报告中，唐教授介绍了青岛智能产业技术研究院研发了一系列探索人工智能的课程并以此为案例。如图 7 所示，课程倡导人工智能学习模式是通过知识运用的场景将知识点情景化引入，然后再在场景中公布任务，对这个项目展开实施，在实施中测评能力成果，进而思考和创新。课程基于真实问题的跨学科虚拟与现实双情境沉浸式教育，以物联网平台为核心帮助学生直观感知、感受、理解物联网世界的数据传输与工作模式，以 PBL 项目式学习为主要教学模式为学生提供系统化多维度的物联网知识教学。

六、平行智教的未来

未来教育生态应是平行智能 + 教育，是集信息、物理、社会教



图 6 人工智能

育为一体的生态平衡链。知识是重要的，但不是全部，我们开发的工具和资料需要让学生更好地应用知识、掌握方法，给学生提供问题，利用他们的知识结合方法，来解决社会和生活中的问题，在这种教育中，我们教授的不仅仅是知识，更多的是一种能力，所以说对于每个学生来说，教育是一个终生学习的过程。○

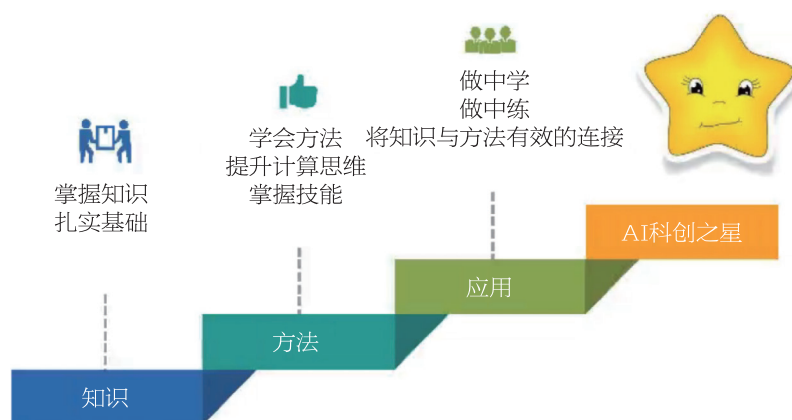


图7 平行智教的未来

作者简介

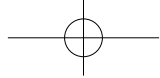


唐瑛，1996年获东北大学仪器仪表系学士学位；1998年获东北大学自动控制系统硕士学位，并于同年赴美学习深造。2001年获美国新泽西理工大学计算机工程博士学位。唐瑛是美国罗文大学（Rowan University）电子和计算机系的教授，终身教职。同时，她是青岛智能产业技术研究院特聘高端人才，现任副院长兼其智慧教育所所长，以及大连海事大学讲座教授和博导。唐瑛教授是离散系统建模、分析和

优化控制，可持续生产服务，人工智能，虚拟与增强现实等领域的国际知名专家及学术带头人。其工作得到了美国国家自然科学基金、中国国家自然科学基金、美国海军、美国交通部等政府部门、多个基金会和公司的资助。拥有美国专利一项，发表160多篇高水平的学术论文，其中包括48篇期刊论文（SCI检索34篇），6篇Book Chapters及2篇编著的书等。其许多论文中的概念，模型和方法多属首创，研究成果在工业界与学术界都产生了重要影响，并多次在报刊杂志上报道，包括最近接受IEEE女工程师杂志的特访。

唐瑛教授是电气和电子工程师协会高级会员。她积极参与各种学术活动，成为一些著名学术组织和团体的领导人。

她现任和曾经担任很多杂志的编委，包括 *IEEE Transactions on Computational Social System*, *International Journal of Intelligent Control and Systems*, 和 *IEEE Transactions on Automation Science and Engineering* 的副主编，以及 *International Journal of Remanufacturing* 国际编委会委员。她2019年创办了IEEE Systems, Man, and Cybernetics Society 人类感知可持续智能系统专业委员会并担任其主席；2012年创办了IEEE Robotic and Automation Society 的可持续发展性生产和服务自动化专业委员会并担任其主席。她是IEEE Systems, Man, and Cybernetics Society 秘书长和理事会成员。



基于数据解析的大范围非平稳工业过程监测

文 / 浙江大学 赵春晖

导读：3月8日，浙江大学赵春晖教授做客“抗击疫情CAA在行动·云讲座”，为大家带来一场题为“基于数据解析的大范围非平稳工业过程监测”的精彩报告。现代工业生产往往具有大范围非平稳运行特性，如间歇工业过程、宽负荷发电过程等。由于其大范围非平稳运行特性，对工业过程的安全可靠运行提出了新的挑战，并已成为人们关注的焦点。报告从传统的间歇过程讲起，提出了广义间歇过程的概念，分析大范围非平稳工业过程的具体特性，总结介绍了基本的过程监测技术以及前人、作者在该领域的研究工作，对其中存在的具体问题与解决办法作了分析。报告将传统间歇过程数据解析与建模方法进一步拓展推广到具有大范围非平稳运行特性的工业过程中，并简单介绍了所提出的方法在不同领域中的推广应用。

一、背景

现代化制造业的重要生产方式是连续过程和间歇过程（批次

过程）。连续过程是指在特定操作条件下，原料输入到制品输出的连续生产过程；间歇过程是指原料按预定加工顺序转化为一个（或一批）产品，并通过过程重复获得多种产品的生产过程。

首先，针对间歇过程进行阐述。间歇过程在塑料制品生产、集成电路制造、生物制药、食品加工、精细化工产品生产等领域

广泛应用，如图1所示。

间歇过程的本质特性为大范围非平稳特性，总结为多重时变特性[1-2]，包括：多样产品、重复运行、时序切换、变换指标，如图2所示。多重时变体现为三个维度上的变化：时间变化、批次变化、产品变化。

2001年法国图卢兹市AZF化工厂爆炸，造成31人死亡，

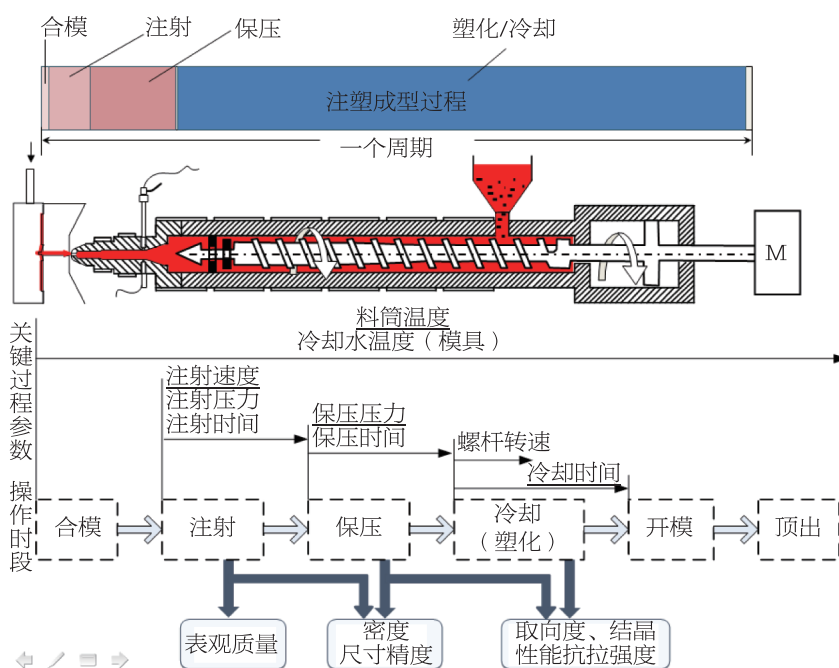
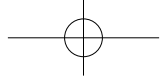


图1 间歇过程：注塑成型过程



【云课堂】CLOUD CLASSROOM

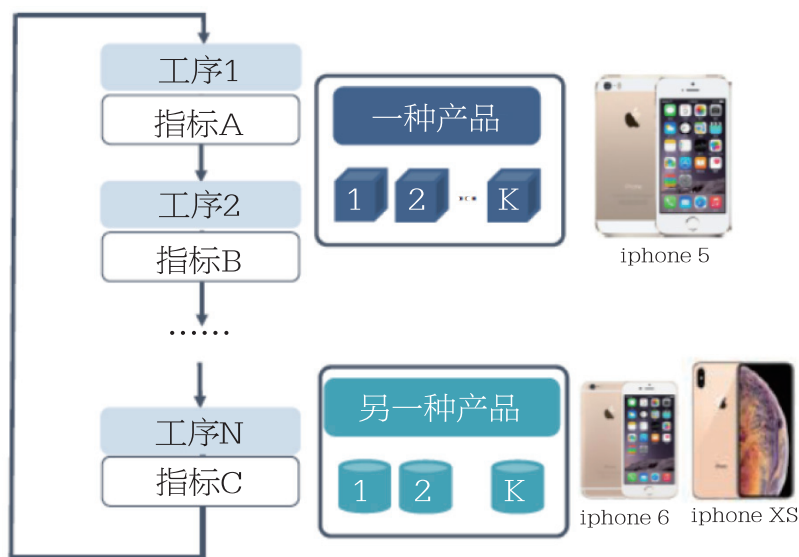


图2 间歇过程多重时变特性

2500人受伤；2010年南京市南京塑料四厂爆炸事故，至少22人死亡，直接经济损失4784万元；2017年三星全球最大规模手机召回事件，直接经济损失超过200亿；2017年美光半导体华业科技生产故障导致6万片晶圆报废，收入减少约三四十亿元。因此，有必要紧密围绕间歇过程的本质特性对数据进行深入解析，有效应对产品生产的频繁切换，及时发现生产异常、分析产品质量，保障间歇过程高效运行。

其次，针对连续过程进行阐述。电力工业是我国最重要的基础能源产业和经济发展战略重点。但我国缺油少气，煤炭资源丰富，

煤电成为我国主要的电力来源。《中国电力发展“十三五”规划（2016–2020）》表明：2020年，煤电装机占比55%，在电源结构中仍占主要地位。我国提倡大力发展智能发电技术，攻关高效燃煤发电机组，推广应用在线监测、状态诊断、智能巡检系统。热力系统是百万千瓦超临界机组能量转换的主要场所：包括锅炉、汽轮机以及三大风机、磨煤机、给水泵、循环水泵、凝结水泵等辅助设备，能量转换过程如图3所示。设备之间的耦合性、系统的复杂性，以及高温、高压、高速旋转的特殊工作环境，导致高故障率（非停原因占比65–70%）

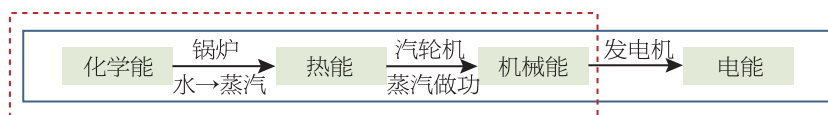


图3 能量转换过程

和高危害性。因此，热力系统安全可靠运行是高效燃煤发电的关键，状态监控与故障诊断技术是热力系统安全可靠运行的重要保障。百万千瓦超超临界机组具有典型的大范围非平稳运行特性[1–2]。

二、间歇过程监测

在常见的间歇过程统计建模和在线监测方法中，三维矩阵通常按照建模的需要被展开成二维矩阵。

John F. MacGregor 教授提出了间歇过程多元统计检测方法（Multiway方法）对数据进行特征提取。相比时间方向，批次方向上波动更趋向于服从正态性。但是也存在数据维度高，难以抽取关键信息，难以获取过程中的批次内特性等问题。

间歇过程的多工序生产方式决定了其本质上具有多时段特性（时间驱动），例如，注塑过程：合模→注射→保压→塑化→冷却→开模；发酵过程：菌体培养期→指数生长期→静止期→死亡期。为了获得理想的产品质量，每个操作阶段都有其特定的控制目标和控制方案，有不同的主导操作变量，呈现不同的动态特征[3]。

基于对多时段间歇过程的以下认知：1）间歇操作过程变量间的相关关系跟随过程操作进程或过程机理特性的变化发生规律性的

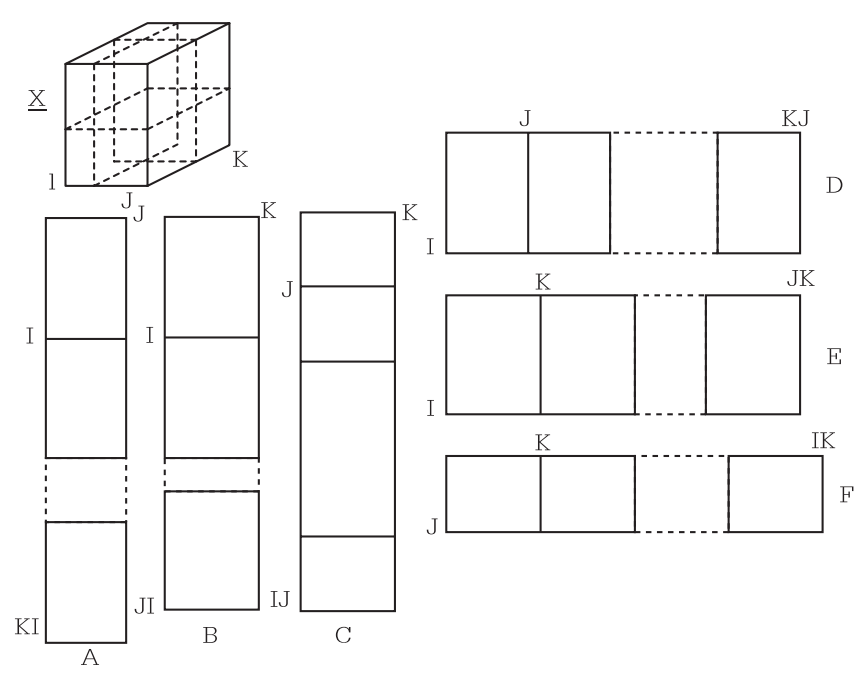


图4 二维展开方法

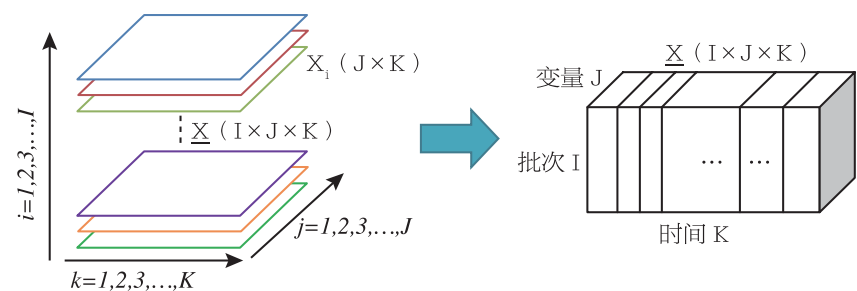


图5 数据特征

改变，呈现出分时段性；2）可以由过程统计特征的变化来推断内部运行机制的变化将其划分为若干子时段；3）同一子时段内变量相关特性保持近似一致，不同的子时段体现出显著不同的相关性[4-6]。对时段划分方法进行总结，如表1所示。

时段划分与检测分为四个阶段：1）提取每个时间片中数据的多元统计特征（负载矩阵）；2）通过相似性与模型解释能力分析，确定可用统一模型代表的时间片集合（即时段）；3）建立相应的多元统计模型——统一的子时段模型结合时变的过渡模型；4）在线匹配相应模型，实现实时过程监测与质量预测，如图6所示。

三、连续过程监测

以燃煤发电为例，探索连续过程监测的研究。百万千瓦超超

表1 时段划分方法总结

划分方法	划分依据	优点	缺点
过程机理法	过程反应机理或物理操作单元的不同	算法较为简单	对于一个复杂、陌生的工厂生产过程，很难获取过程知识
特征分析方法	过程变量或某些代表性的特征信号沿时间方向上的发展轨迹	算法较为简单	并不是每个工业过程中都存在这样的“指示”变量
Sub-PCA 方法	针对相似性度量进行聚类方法归类	无需过程先验知识	没有考虑间歇过程时段运行的时序性，要求复杂的后续处理
MPPCA	分析尝试各划分时间点得到的局部模型是否改善数据解释性能	无需过程先验知识条件，时段时间连续	易陷入局部最优，导致时段划分结果不能更好的反应过程特性变化
步进有序时段划分 (SSPP) [7]	按照运行时序，评估时段划分对监测统计量的影响	无需过程先验知识条件，兼顾了过程的时序性	具有一定的时间延迟，对时段过渡模式缺乏深入分析。

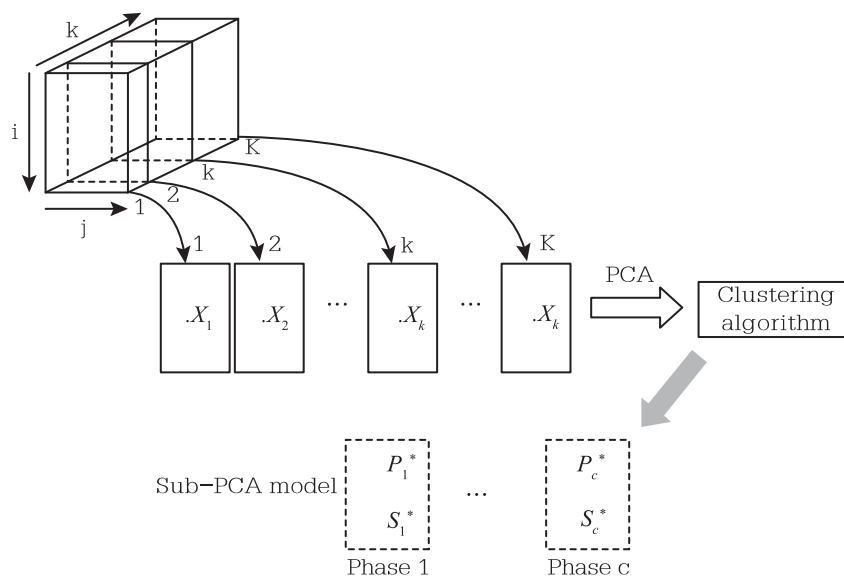


图6 建模时段与实际物理操作时段区别

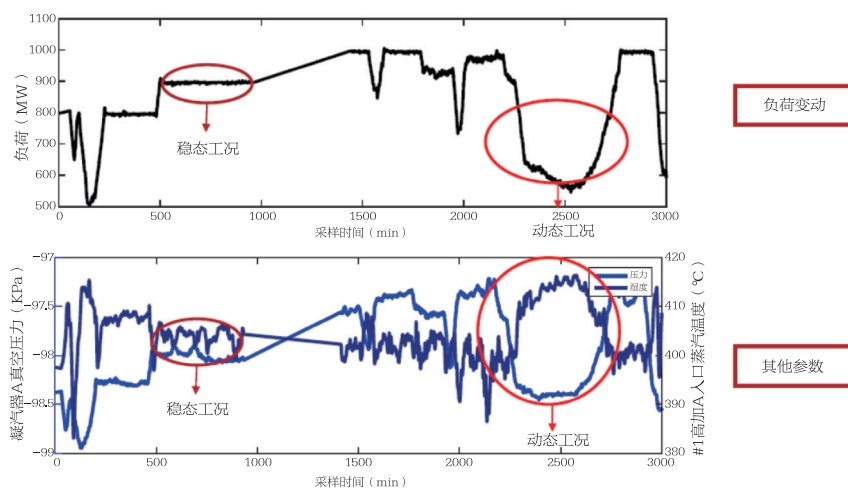


图7 某电厂百万千瓦超超临界机组

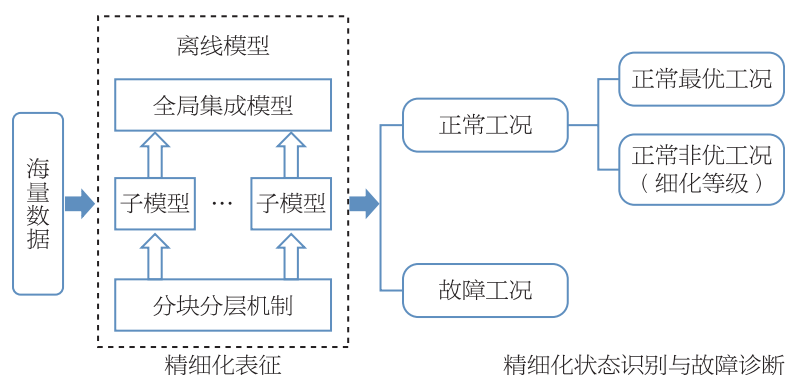


图8 问题总结

临界机组存在机组频繁深度调峰,过程特性动态多变,大范围变负荷非平稳运行等变工况问题,如图7所示。

那么,机组规模庞大、工况复杂多变,参数众多关联性强,如何快速精准感知状态变化?机组故障频发、数据缺失、故障表征复杂耦合,故障因果不清、不确定性强,如何实现故障源的精确隔离?

实际过程中故障信息非常宝贵,很难获得故障信息用来建立诊断模型。传统分类方法不能实现在线诊断,同时过程的非平稳性为故障检测和故障变量的隔离带来困难(故障信息易被淹没于正常非平稳信号中),如图9所示。

问题一、如何处理非平稳特性?

协整分析(Cointegration Analysis, CA)[2]由诺贝尔奖得主经济学家Granger于1987年提出。协整分析自提出以来已经被应用在生物学,统计学以及工程领域。针对非平稳变量 $X(N \times J) = [X_1, X_2, \dots, X_J]$,协整分析的目的是建立协调模型通过非平稳变量的线性组合得到平稳的序列,该序列可以反映出非平稳变量间长期均衡关系: $\gamma = b_1X_1 + b_2X_2 + \dots + b_NX_J = Xb$,其中 b 为协整向量, γ 为平稳的序列[1]。如果一个非平稳变量 X_i 经过 d 次差分后变为平稳的,那么该变量被称为 d 阶单

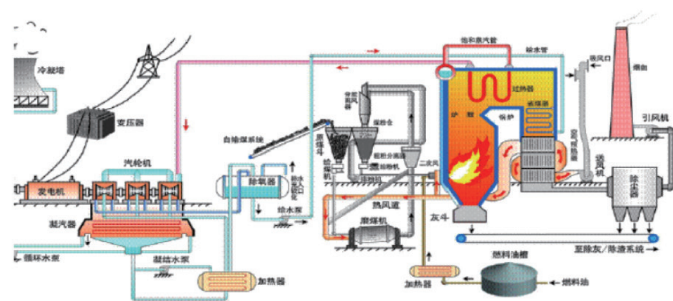
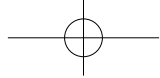


图9 深度变负荷下的大范围非平稳特性

非平稳特性
故障类型复杂
历史信息稀少

实时检测、诊断难!

$$L(\Gamma, \Pi, \Omega) = -\frac{Tq}{2} \ln(2\pi) + \frac{T}{2} \ln|\Omega| - \frac{1}{2} \text{tr} \left((Y - X\Gamma - Z\Pi)^T \Omega (Y - X\Gamma - Z\Pi)^T \right)$$

其中, $\Omega = \Sigma^{-1} Y = (\Delta_{p+1}, \dots, \Delta_{y_T})^T X = (\Delta_{x_{p+1}}, \dots, \Delta_{x_T})^T$, $x_i = (\Delta y_{i-1}^T, \dots, \Delta y_{i-p+1}^T)^T$

$$\Gamma = (\Gamma_1, \dots, \Gamma_{p-1})^T \quad Z = (y_{i-1}, \dots, y_{i-1})^T$$

统计量

$$\gamma_t = B^T X_t \quad \text{均衡误差}$$

$$T^2 = \gamma_t^T \Lambda^{-1} \gamma_t \quad \text{异常的发生将打破这种协整关系}$$

其中, $\Lambda = (B^T X) (B^T X)^T / (N-1)$

图10 求解过程公式

整, 记为 $X_t \sim I(d)$ 。极大似然估计求取协整向量使得获得的变量线性组合(即均衡误差)尽可能平稳[8], 求解过程公式如图10所示。

问题二、如何针对大规模过程实现精细化监测?

基于稀疏分析的迭代非平稳变量分组稀疏协整分析得到稀疏协整向量, 如图11所示。具体分为以下六个步骤: 1) 得到稀疏协整向量, 非0系数指示密切相关

的非平稳变量; 2) 获得残差序列; 3) 利用 ADF 检验衡量每个残差序列的平稳性, 并记录相应的检验统计量; 4) 将检验统计量排序, 其中统计量最小的稀疏协整向量中非零元素对应的变量被分成一个子组; 5) 将子组中的变量从原始数据集中移除; 6) 重复(1-5)直到原始数据集中的变量全被分到不同的子组中。

针对底层监测, 变量根据协整关系的强弱被分到不同的子组

$$L_p(\Gamma, \Pi, \Omega) = \frac{1}{T} \text{tr} \left((Y - X\Gamma - Z\Pi)^T \Omega (Y - X\Gamma - Z\Pi)^T \right) - \ln|\Omega|$$
$$+ \lambda_1 P_1(B) + \lambda_2 P_2(\Gamma) + \lambda_3 P(\Omega)$$

图11 基于稀疏分析的迭代非平稳变量分组

中, 大大降低了大规模过程的复杂程度。在每个不同的子组中, 若干非平稳变量具有密切的协整关系, 基于协整向量建立底层监测模型如图12, 其中, B_i 为每个子组中得到的协整向量矩阵, 下标 i 表示第 i 个子组。

$$\gamma_{i,t} = B_i^T X_{i,t}$$

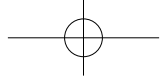
$$T_i^2 = \gamma_{i,t}^T \Lambda_i^{-1} \gamma_{i,t}$$

图12 基于协整向量建立底层监测模型

针对顶层监测, 通过底层监测可以得到每个子组的监测结果, 为了有效衡量每个子组间的关系建立顶层监测模型, 利用 ADF 检测从每个子组 $\gamma_{i,t}$ 中选择出最平稳的残差序列并组成数据集 $H = [h_1, h_2, \dots, h_z]$ 。

问题三: 如何针对大规模过程实现在线故障诊断?

提出稀疏重构的在线故障诊断策略: 自动隔离多个故障变量, 不需要任何故障历史信息。并非所有变量都被故障影响——故障变量的稀疏特性, 故障样本



【云课堂】CLOUD CLASSROOM

$$\begin{aligned} \gamma_{i,t} &= \mathbf{B}_i^T \mathbf{X}_{i,t} \xrightarrow{\text{ADF 检验}} \mathbf{H} = [\mathbf{h}_1, \mathbf{h}_2, \dots, \mathbf{h}_z] \\ \mathbf{T} &= \mathbf{H}\mathbf{P} \\ \mathbf{H} &= \mathbf{T}\mathbf{P}^T + \mathbf{E} = \mathbf{H}\mathbf{P}\mathbf{P}^T + \mathbf{E} \end{aligned} \quad \begin{cases} T^2 = \mathbf{T}\mathbf{\Lambda}^{-1}\mathbf{T}^T \\ SPE = \mathbf{E}\mathbf{E}^T \end{cases}$$

图 13 对 $\mathbf{H} = [\mathbf{h}_1, \mathbf{h}_2, \dots, \mathbf{h}_z]$ 数据集建立 PCA 上层监测模型 [9]

$\mathbf{X}_f$ 可以被分解为 $\mathbf{X}_f = \mathbf{X}_f^* + \mathbf{U}\mathbf{e}$, 其中, $\mathbf{X}_f^*$ 可为无故障部分, $\mathbf{U}$ 表示故障方向, $\mathbf{e}$ 表示故障等级信息 [10]。基于协整分析, 建立重构模型, 如图 14 所示。其中, $\boldsymbol{\psi} = \mathbf{U}\mathbf{e}$, $\|\cdot\|_1$ 表示一范数, $\mathbf{B}$ 为协整向量矩阵, μ 为常数 [11]。

$$\begin{aligned} \min (\mathbf{x}_f - \boldsymbol{\psi})^T \mathbf{B}\mathbf{\Lambda}^{-1}\mathbf{B}^T (\mathbf{x}_f - \boldsymbol{\psi}) \\ \text{subject to } \|\boldsymbol{\psi}\|_1 \leq \mu \end{aligned}$$

图 14 稀疏重构模型

将目标函数转化为 LASSO 形式, 如图 15 所示。

令 $\mathbf{\Lambda}^{-1} = \mathbf{Z}\mathbf{Z}^T$ 则

$$\begin{aligned} \min (\mathbf{y} - \boldsymbol{\eta}\boldsymbol{\psi})^T (\mathbf{y} - \boldsymbol{\eta}\boldsymbol{\psi}) \\ \text{subject to } \|\boldsymbol{\psi}\|_1 \leq \mu \end{aligned}$$

其中, $\mathbf{y} = (\mathbf{B}\mathbf{Z})^T \mathbf{x}_f$, $\boldsymbol{\eta} = (\mathbf{B}\mathbf{Z})^T$

图 15 LASSO 形式

目标函数的输出为系数 $\boldsymbol{\psi}$, 其中非零项即为选择的故障变量。去除故障变量的影响后重新计算的 T^2 统计量回到控制限以下。Ctr 为 T^2 统计量的控制限。直接针对故障样本建模, 不需要任何故障历史信息, 同时选择出多个故障

变量, 如图 16 所示。

$$(\mathbf{x}_f - \boldsymbol{\psi})^T \mathbf{B}\mathbf{\Lambda}^{-1}\mathbf{B}^T (\mathbf{x}_f - \boldsymbol{\psi}) < \text{Ctr}_T$$

图 16 故障样本模型

四、广义的间歇思想——燃煤发电 (连续过程)

当协整关系不满足 (同阶单整), 如何处理?

案例一: 磨煤机

从时间轴上看, 数据不平稳变化, 没有规律可循; 从条件轴看, 磨煤机运行特性随着给煤量呈现规律性的改变。

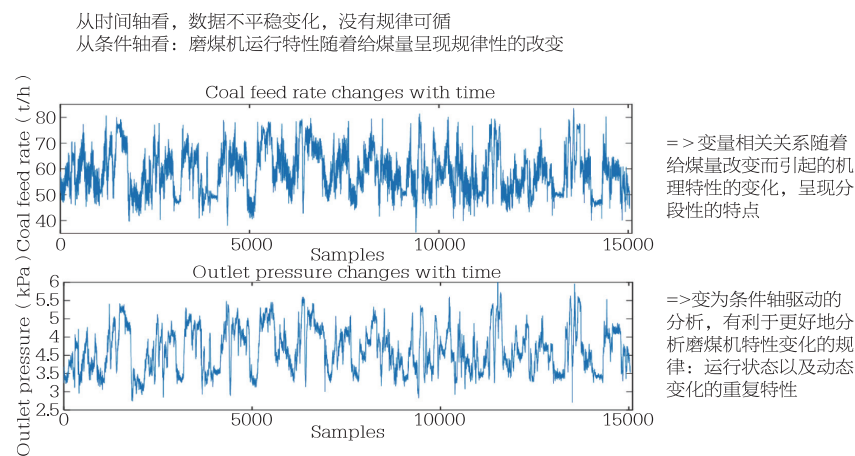


图 17 基于时间轴驱动的分析难以揭示磨煤机变化规律

运行特性随条件改变, 在相同的条件下过程特性重复。寻找子状态变化规律, 区分设备运行不同工况, 精细刻画运行状态。从时间驱动到条件驱动进行数据重组, 如图 18 所示。

得到以下结论: (1) 尽管过程特性随时间驱动非平稳变化, 但过程在条件驱动下可能遵循某些关系; (2) 尽管运行条件随时间发生变化, 但潜在的变量相关性在相同的条件模态下相似, 根据变量相关性是否随条件变量的变化而改变, 过程可以被分为多个条件模式。 (3) 考虑到过程的瞬态特性, 动态信息对于区分不同的过程变化非常重要。过程可能在不同的时间, 处于不同的运行条件下, 但显示出相同的过程动态特性。另一方面, 尽管它们可能处于相同的运行条件下, 过程可能沿时间方向显示不同的动态特性。

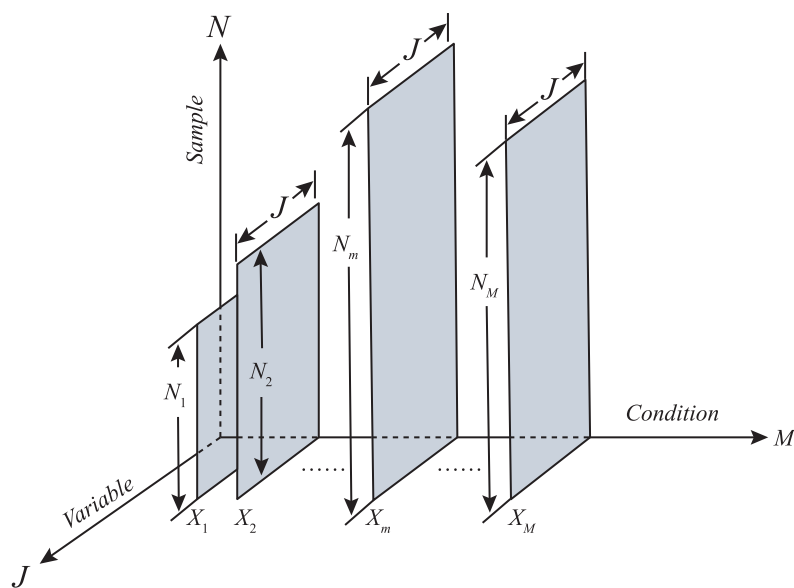
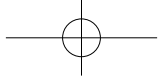


图 18 重组结果

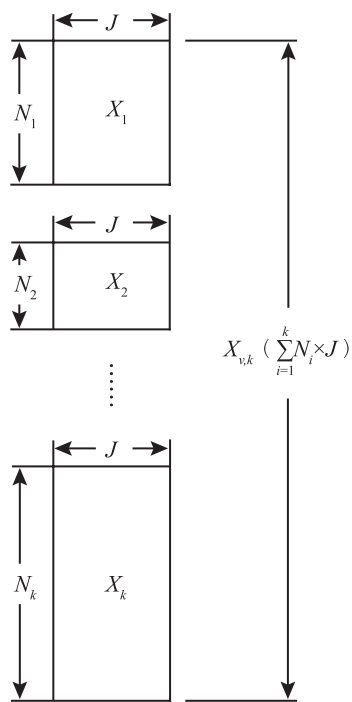


图 19 条件段

从条件片所表征的过程特性变化中挖掘规律，相聚成群，得到不同的条件段，如图 19 所示。

将时间上非平稳过程转变为条件驱动的平稳过程，对异常测

试集进行监测得到以下结果，如图 20 所示。

其他相关研究工作介绍如下：

(1) 基于线性评估的分布式过程监测 [12]

· 针对复杂过程的线性与非线性混合变量相关性，提出线性变量组划分思想。

· 提出分层建模和监测策略，

对线性与非线性特征分别进行建模和监测。

· 有效区分了线性与非线性特征，提高模型精度，提高监测性能。

✧ 创新点：提出过程线性与非线性的度量方法，建立了线性变量组自动划分思想。如图 21 所示。

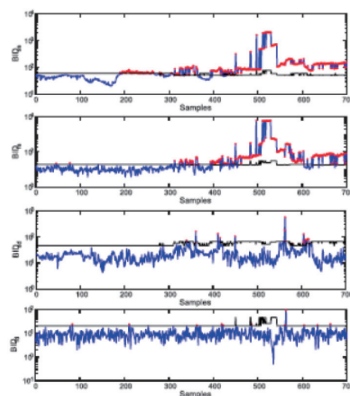
(2) 非平稳动态过程的条件识别与健康度评估

· 针对非平稳动态过程的健康度评估问题，提出了基于广义条件段划分的健康评估，即通过判断所处条件段，进一步解析获取不同运行条件下的健康水平；

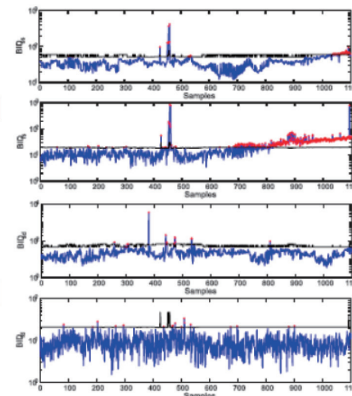
· 提出动静协同的健康评估信息与基于概率的判断准则，用来判断等级。

✧ 创新点：克服了传统评估方法的平稳运行约束条件，动静协同能够更好地区分不同状态变化，准确实现对磨煤机的健康评

异常测试1监测结果:



异常测试集2监测结果:



静态监测

动态监测

图 20 异常测试监测结果

线性变量识别

$$\mathbf{t}_g = \arg \max \sum_{j=1}^J (\mathbf{X}_j^T \mathbf{t}_g)^2 \longrightarrow \mathbf{X} \mathbf{X}^T \mathbf{t}_g = \lambda \mathbf{t}_g$$

$$s.t. \quad \mathbf{t}_g^T \mathbf{t}_g = 1$$

$$\mathbf{b} = \arg \min \|\mathbf{t}_g - \mathbf{X} \mathbf{b}\|_2^2 + \lambda_1 \|\mathbf{b}\|_1 + \lambda_2 \|\mathbf{b}\|_2^2$$

分层建模

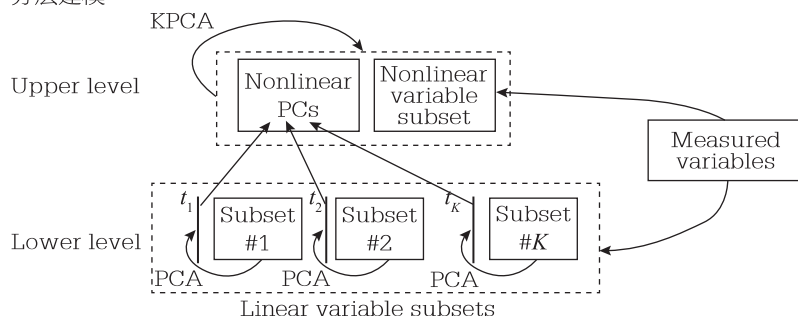


图 21 线性变量识别与分层建模

$$\Pr \left[\mathbf{g}_t^{n,m} \mid L^{n,m} \right] = \exp \left\{ -\frac{\mathbf{g}_t^{n,m}}{\mathbf{g}_{\lim}^{n,m}} \right\}$$

$$\Theta_t^s = \Theta_t^{T_z} \cap \Theta_t^{T_e}$$

$$\Theta_t^d = \Theta_t^{D_z} \cap \Theta_t^{D_e}$$

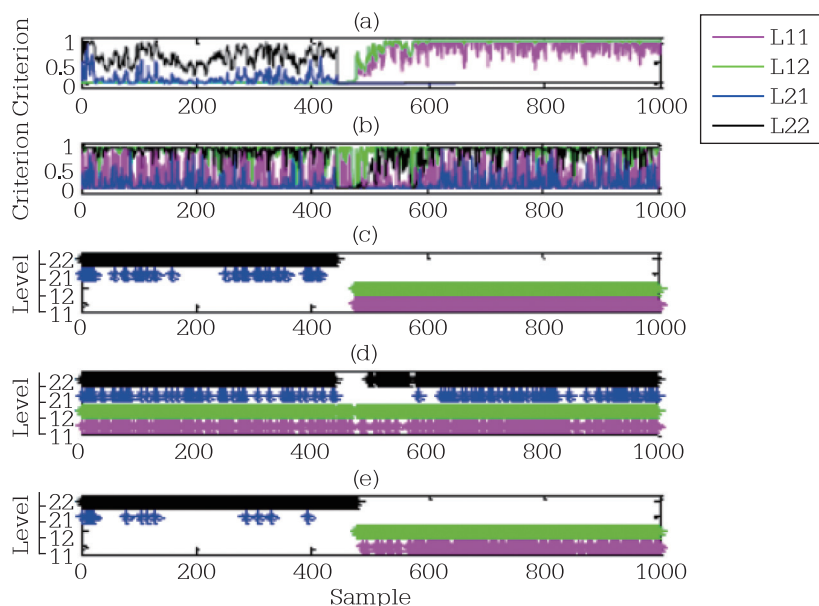


图 22 判断所属健康度水平等级

估。如图 22 所示。

(3) 基于分布特征的微小故障检测与诊断

· 针对非平稳过程的微小故障检测问题, 提出一种新的故障检测指标, 即数据波动分布用于检测微小扰动。

· 提出基于故障模式分析与概率的故障分类和基于稀疏重构的故障定位方法, 用来实现故障分离。

· 基于百万千瓦超超临界机组磨煤机运行数据进行了验证。

❖ 创新点: 针对汽轮机辅机, 所提方法解决了数据驱动的非稳态系统微小故障检测与诊断问题。如图 23 所示。

(4) 基于关键演化信息分析的故障趋势实时预测

数据波动分布分析

$$\partial = \arg \min_{\partial} (CtrD - D^*)$$

$$= \arg \min_{\partial} \left(CtrD - \frac{4}{\partial} \sum_{j=1}^{\partial} (\lambda_{r,j} - 0.5)^2 \right)$$

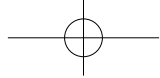
$$s.t. \quad CtrD - \frac{4}{\partial} \sum_{j=1}^{\partial} (\lambda_{r,j} - 0.5)^2 > 0$$

稀疏重构

$$\hat{\theta} = \arg \min_{\theta} \|\mathbf{t}_g - \mathbf{X}_g \theta\|^2 + \lambda_1 \|\theta\|_1 + \lambda_2 \|\theta\|_2^2$$

Fault#	所提方法		DISSIM-based contribution method		Reconstruction-based contribution method	
	故障变量个数	MRR (%)	故障变量个数	MRR (%)	故障变量个数	MRR (%)
Fault #1	2	0	4	0	4	0
Fault #2	6	0	8	10	8	10
Fault #3	5	0	9	8	7	0

图 23 算法模型与方法对比



故障演化关键信息提取

$$J(\mathbf{w}) = \max \left(\frac{\mathbf{w}^T \mathbf{S}_b \mathbf{w}}{\mathbf{w}^T \mathbf{S}_n \mathbf{w}} + \frac{\beta \mathbf{w}^T \mathbf{S}_j \mathbf{w}}{\mathbf{w}^T \mathbf{S}_n \mathbf{w}} \right)$$

稳定性因子指标

$$SF = \frac{\max_i(\bar{x}_{w,i}) - \min_i(\bar{x}_{w,i})}{K - WL + 1} \times 100$$

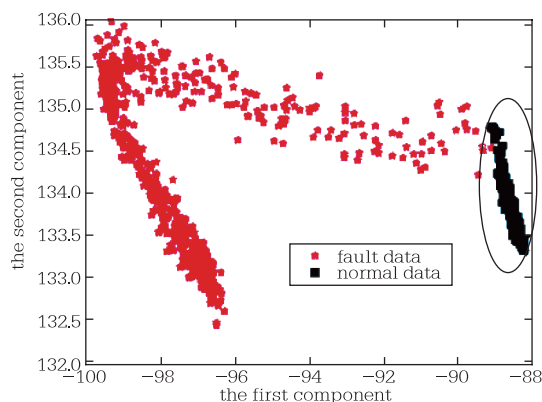


图 24 算法模型与仿真结果

· 针对非平稳过程的故障预测问题，提出一种新的故障演化指示指标，即提取缓变故障变量和波动信息用于预测故障。

· 提出基于关键故障演化信息提取与向量回归的故障预测方法，用来判断分析故障演化趋势。

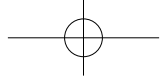
◇ 创新点：克服了传统故障预测方法中无法区分真正故障演化信息与其他正常非平稳波动的问题，排除了非关键演化信息影响。如图 24 所示。

总结：1) 面向间歇过程研究的是时间驱动的批次间波动分析。

2) 连续过程与间歇过程二者沟通的桥梁：从时间驱动分析转向条件驱动分析。3) 非平稳动态性的精细解析与状态识别有利于保障生产安全和高效运行。4) 广义间歇思想可推广应用于具有非平稳动态特性的工业系统。○

文献综述：

- [1] Zheng Chai, Chunhui Zhao, Enhanced Random Forest with Concurrent Analysis of Static and Dynamic Nodes for Industrial Fault Classification, IEEE Transactions on Industrial Informatics, 2020, 16 (1), 54–66.
- [2] 《工业过程运行状态智能监控：数据驱动方法》赵春晖，王福利，化工出版社，2019 年 2 月出版。
- [3] 赵春晖，余万科，高福荣，非平稳间歇过程数据解析与状态监控——回顾与展望。自动化学报. <https://doi.org/10.16383/j.aas.c190586>.
- [4] 《间歇过程统计监测与质量分析》赵春晖，陆宁云，科学出版社，2014 年 10 月出版。
- [5] Chunhui Zhao, Fuli Wang, Ningyun Lu, and Mingxing Jia. Stage-based soft-transition multiple PCA modeling and on-line monitoring strategy for batch processes. Journal of Process Control, 2007, 17 (9), 728–741.
- [6] Chunhui Zhao, Youxian Sun, Step-wise sequential phase partition (SSPP) algorithm based statistical modeling and online process monitoring. Chemometrics and Intelligent Laboratory Systems. 2013, 125, 109–120.
- [7] Shumei Zhang, Chunhui Zhao, Slow feature analysis based batch process monitoring with comprehensive interpretation of operation condition deviation and dynamic anomaly, IEEE Trans. Ind. Electron., 2019, 66 (5), 3773–3783.



【云课堂】CLOUD CLASSROOM

- [8] Chunhui Zhao, Biao Huang, A Full-condition Monitoring Method for Nonstationary Dynamic Chemical Processes with Cointegration and Slow Feature Analysis, *AIChE J*, 2018, 64 (5): 1662–1681.
- [9] Wanke Yu, Chunhui Zhao*, Sparse Exponential Discriminant Analysis and Its Application to Fault Diagnosis. *IEEE Transactions on Industrial Electronics*. 2018, 65 (7), 5931–5940.
- [10] He Sun, Shumei Zhang, Chunhui Zhao, Furong Gao, A sparse reconstruction strategy for online fault diagnosis in nonstationary processes with no priori fault information, *Industrial & Engineering Chemistry Research*, 2017, 56 (24), 6993–7008.
- [11] Wanke Yu, Chunhui Zhao, Online Fault Diagnosis in Industrial Processes using Multimodel Exponential Discriminant Analysis Algorithm. *IEEE Transactions on Control Systems Technology*, 2019, 27 (3), 1317–1325.
- [12] Wenqing Li, Chunhui Zhao, Furong Gao, Linearity evaluation and variable subset partition based hierarchical process modeling and monitoring, *IEEE Transactions on Industrial Electronics*, 2018, 65 (3), 2683–2692.
- [13] Chunhui Zhao, He Sun, Dynamic distributed monitoring strategy for large-scale nonstationary processes subject to frequently varying conditions under closed-loop control, *IEEE Transactions on Industrial Electronics*, 2019, 66 (6), 4749–4758.
- [14] Shumei Zhang, Chunhui Zhao, Biao Huang, Simultaneous static and dynamic analysis for fine-scale identification of process operation statuses, *IEEE Transactions on Industrial Informatics*, 2019, 15 (9), 5320–5329.
- [15] Chunhui Zhao, Furong Gao, Critical-to-fault-degradation Variable Analysis and Direction Extraction for Online Fault Prognostic, *IEEE Transactions on Control Systems Technology*, 2017, 25 (3), 842–854.

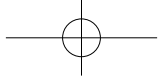
作者简介



赵春晖, 浙江大学控制学院教授、院长助理。主要研究工业数据解析与应用, 包括化工、能源以及医疗领域等。已

发表国际知名期刊 SCI 论文 125 篇。出版专著 2 部, 授权发明专利 24 项。近年已主持 10 余项科研项目, 包括国家自然科学基金优青、重点、面上以及省杰青、省重点研发、省青年拔尖、企业合作课题等。先后获得省部级多项奖励, 包括教育部自然科学一、二等奖各一次、CAA 自然科学一等奖、浙江省科技进步二等奖等。曾获全国百篇优博提名、教育部新世纪优秀人才、首届中国自动化学会青年女科学家奖、过程控制

青年奖等, 现为 IEEE senior member。先后 10 余次获得控制领域会议的优秀论文奖等。担任国际 SCI 期刊 *Journal of Process Control* 的 Senior Editor、SCI 期刊 *Control Engineering Practice* 与 *Neurocomputing* 的 AE、两家国内期刊《控制与决策》与《控制工程》的 AE 等, 担任国际自控联化工过程控制以及 Safeprocess 技术委员会委员、中国过控专委会常委与故障诊断专委会委员等。



浅谈几类多智能体系统分布式协同控制方法

文 / 华东理工大学 和望利

导读: 3月12日, 华东理工大学和望利教授做客中国自动化学会“云讲座·女神周特别活动”, 为大家带来了题为“浅谈几类多智能体系统分布式协同控制方法”的报告, 近400人线上观看了此次直播。报告中介绍了几类分布式控制算法, 包括采样控制、脉冲控制、事件触发控制以及弹性控制, 涉及到线性系统 and 非线性系统, 并且在仿真环境下将算法成功应用到图像保密传输以及多机器人的编队。

智能体 (Agent) 一般是指一个具有自主活动的物理或者抽象的实体, 它能感知到自己所处的环境, 并能够通过自身所具备的能力, 对环境做出相应的反应。多智能体是由多个智能体及其相应的组织规则和信息交互协议构成的, 能够完成特定任务的一类复杂系统。多智能体系统不仅具有资源共享、协调性好、分布性高、自主性强等特点, 而且其个体能够通过协调合作来解决大规模的复杂性问题。例如, 生态领域中的鸟群、蜂拥、鱼群, 社交网络, 工程领域中的机器人群、无人机编队飞行、车联网等都属

于多智能体系统。

作为人工智能领域的一个典型问题, 多智能体系统的协同控制受到越来越多学者的关注。多智能体系统协同控制领域的研究重点: 一致性问题、编队控制、群集效应、蜂拥理论、空间聚集、分布式滤波与优化。集体行为的基本规则是什么呢? 人们可以仅使用局部信息设计适当的控制协议来实现某些特定的集体运动吗? 一致性问题, 或称之为状态一致, 是一项重要的基础研究。一致性问题的核心目标是如何设计合适的控制协议或者机制使得网络中的所有节点的状态能够达到一致。

把实际问题转化为科学研究的范畴, 离不开系统建模。把多智能系统抽象为点和边构成的网络系统, 每个节点就代表实际中的每个智能体, 智能体通过相互

连接所构成的网络系统, 体现智能体间的连接作用。无领导者网络的含义是智能体通过彼此之间的信息交互实现协同, 如图1所示。 $A=(a_{ij})_{N \times N}$ 是加权邻接矩阵, 如果智能体 j 可以收到智能体 i 的信息, 那么 $a_{ij} > 0$, 否则 $a_{ij} = 0$ 。 c 是耦合强度, 表示智能体之间的连接紧密程度, 与 c 的值成正比。拉普拉斯矩阵 $L=(l_{ij})_{N \times N}$ 被定义为 $l_{ij} = -a_{ij}$, $l_{ii} = \sum_{j=1, j \neq i}^N a_{ij}$ 。一致性在数学上表示为, $\lim_{t \rightarrow \infty} \|x_i(t) - x_j(t)\| = 0, \forall i, j = 1, 2, \dots, N$, 当时间趋于无穷大时, 状态趋于0。

在领导者跟随网络中存在领导者智能体, 系统的调控目标是使得跟随者智能体和领导者智能体实现一致, 如图2所示。与无领导者网络相比多了 d_i 参数, d_i 表示领导者的信息反馈在系统的动力学行为上。当且仅当存在从领导者到第 i 个节点的有向路径

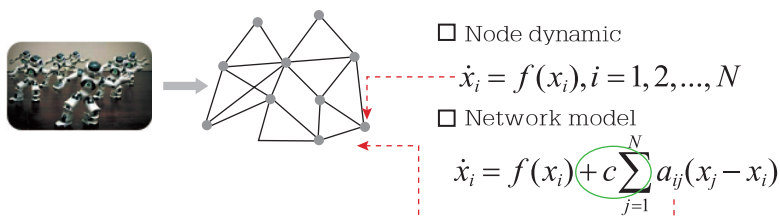


图1 无领导者网络

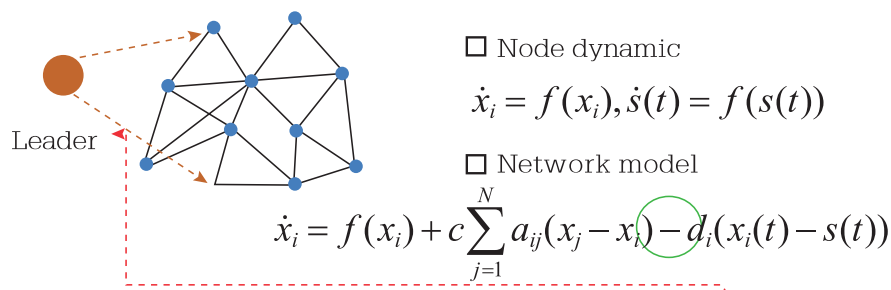


图2 领导者跟随网络

时 $d_i > 0$ 。节点 i 称为牵制节点或受控节点。其目的是通过控制少量的追随者，即牵制控制，来驱动追随者与领导者同步，公式化为 $\lim_{t \rightarrow \infty} \|x_i(t) - s(t)\| = 0, \forall i = 1, 2, \dots, N$ 。

影响智能体群体行为的因素主要包含：智能体自身动力学，网络拓扑，即智能体之间连接，通讯机制三个方面，如图3所示。阴影部分就称之为分布式控制协

议。我们的目标是设计高效的分布式协同控制协议，尽可能多的减少智能体之间的通信，且保持系统性能。

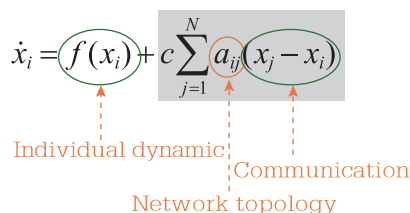


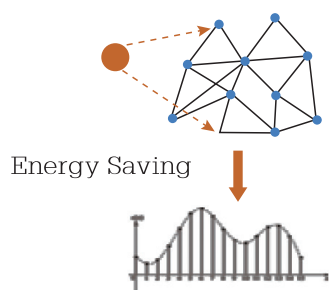
图3 分布式协同控制三要素

高效的分布式控制协可分为

时间触发机制和事件触发机制两种。时间触发机制包括分布式采样控制和分布式脉冲控制；事件触发机制包括分布式事件触发控制；此外还有恶意攻击下的弹性控制。

一、分布式采样控制^[1]

1. 随机采样模型



■ The leader

$$\dot{s}(t) = As(t) + Bf(s(t))$$

■ The follower agents

$$\dot{x}_i(t) = Ax_i(t) + Bf(x_i(t)) + u_i(t)$$

■ The controller

$$u_i(t) = -c \sum_{j=1}^N l_{ij} x_j(t_k) - ck_i(x_i(t_k) - s(t_k)) \quad t \in [t_k + \tau_k, t_{k+1} + \tau_{k+1}),$$

The sampling sequence with $\{t_k\}_{k=1}^{\infty}$ satisfies $0 < t_1 < t_2 < \dots < t_k < \dots \lim_{k \rightarrow \infty} t_k = \infty$

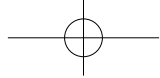
■ Stochastic sampling

The sampling period $\{t_{k+1} - t_k\}$ is allowed to randomly switch between two different values p_1 and p_2 with $0 < p_1 < p_2$.

$$\Pr \{p = p_1\} = \beta, \Pr \{p = p_2\} = 1 - \beta$$

where $\beta \in [0, 1]$ is a given constant.

图4 随机采样模型



2. 随机采样模型转化

$$\begin{aligned} u_i(t) &= -c \sum_{j=1}^N l_{ij} x_j(t_k) - ck_i(x_i(t_k) - s(t_k)) \\ &\quad \downarrow d(t) = t - t_k \\ u_i(t) &= -c \sum_{j=1}^N l_{ij} x_j(t - d(t)) - ck_i(x_i(t - d(t)) - s(t - d(t))) \\ &\quad \tau_k \leq d(t) < t_{k+1} - t_k + \tau_{k+1} \\ &\quad \downarrow e_i(t) = x_i(t) - x_0(t) \\ u_i(t) &= -c\alpha(t) \left(\sum_{j=1}^N l_{ij} e_j(t - \tau_1(t)) + k_i e_i(t - \tau_1(t)) \right) \\ &\quad - c(1 - \alpha(t)) \left(\sum_{j=1}^N l_{ij} e_j(t - \tau_2(t)) + k_i e_i(t - \tau_2(t)) \right) \\ &\quad \text{with } \tau \leq \tau_1(t) < p_1 + \tau \text{ and } p_1 + \tau \leq \tau_2(t) < p_2 + \tau \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Pr ob}\{\tau_k \leq d(t) < p_1 + \tau_{k+1}\} \\ &= \beta + \left(1 - \frac{p_2 - p_1}{p_2 + \tau_{k+1} - \tau_k} \right) (1 - \beta) \\ \text{Pr ob}\{p_1 + \tau_{k+1} \leq d(t) < p_2 + \tau_{k+1}\} \\ &= \frac{p_2 - p_1}{p_2 + \tau_{k+1} - \tau_k} (1 - \beta). \end{aligned}$$

$$\alpha(t) = \begin{cases} 1, & \tau \leq d(t) < p_1 + \tau \\ 0, & p_1 + \tau \leq d(t) < p_2 + \tau. \end{cases}$$

图5 随机采样模型处理

3. 一致性结论

问题 1: 随着智能体数量 N 的增加, 大规模网络如何求解? 解决方式如图 6 所示, 将领导者-跟随一致性问题转化为一个领导者和两个跟随者的问题。

$$\begin{aligned} L: \dot{x}_0(t) &= Ax_0(t) + Bf(x_0(t)) \\ F: \dot{x}_i(t) &= Ax_i(t) + Bf(x_i(t)) - c \sum_{j=1}^N l_{ij}(x_j(t_k) - x_i(t_k)) \\ &\quad - ck_i(x_i(t_k) - x_0(t_k)), \quad \forall t \in [t_k + \tau, t_{k+1} + \tau) \end{aligned}$$

A leader-following consensus

$$\begin{aligned} M: \dot{x}_0(t) &= Ax_0(t) + Bf(x_0(t)) \\ S: \dot{x}_i(t) &= Ax_i(t) + Bf(x_i(t)) \\ &\quad - m_i(x_i(t_k) - x_0(t_k)), \quad \forall t \in [t_k + \tau, t_{k+1} + \tau) \end{aligned}$$

A leader and two followers

图6 随机采样一致性结论

问题 2: 如何设计网络实现领导者-跟随一致? 解决方式如图 7 所示, 将领导者-跟随一致性问题转化为一个领导者和一个跟随者的同步问题, 寻找 m 的上下界设计网络。

$$\begin{aligned} L: \dot{x}_0(t) &= Ax_0(t) + Bf(x_0(t)) \\ F: \dot{x}_i(t) &= Ax_i(t) + Bf(x_i(t)) - c \sum_{j=1}^N l_{ij}(x_j(t_k) - x_i(t_k)) \\ &\quad - ck_i(x_i(t_k) - x_0(t_k)), \quad \forall t \in [t_k + \tau, t_{k+1} + \tau) \end{aligned}$$

A leader-following consensus

$$\begin{aligned} M: \dot{x}_0(t) &= Ax_0(t) + Bf(x_0(t)) \\ S: \dot{x}_1(t) &= Ax_1(t) + Bf(x_1(t)) \\ &\quad - m(x_1(t_k) - x_0(t_k)), \quad \forall t \in [t_k + \tau, t_{k+1} + \tau). \end{aligned}$$

A leader and one follower

$$\lambda_{\min}(L + K) \searrow m_1 \quad m_1 \quad \searrow \quad m_2$$

图7 随机采样一致性网络设计

4. 案例分析

案例 1: 4 个智能体 1 个领导者。

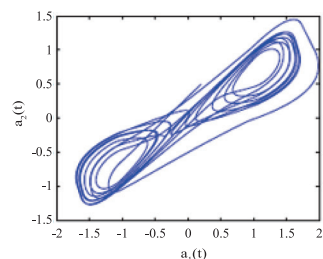
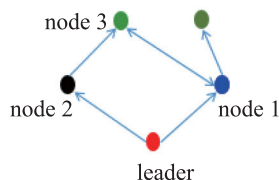


Fig.1 the trajectory of the leader
(A cellular neural network)

	Determined sampling	Stochastic sampling
The maximal sampling period (with transmittal delay)	0.018	0.05
The maximal sampling period (with transmittal delay)	0.034	0.098

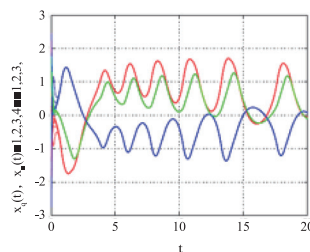


Fig.2 Three state variables of four followers and the leader with control in Example 1.

图8 随机采样与固定采样对比

案例 2: 100 个智能体和 1 个领导者。

一个普通的最近邻网络有 100 个节点, 40% 的智能体作为牵制节点

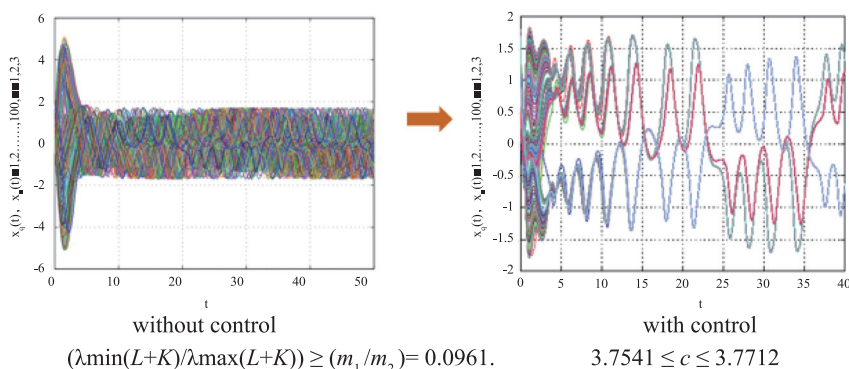


图9 随机采样仿真验证

二、分布式脉冲控制^[2-3]

1. 分布式脉冲控制模型及原理

文献 [2] 的目标是使得异质网络与领导者通过分布式脉冲控制实现拟同步 (有界同步) 。

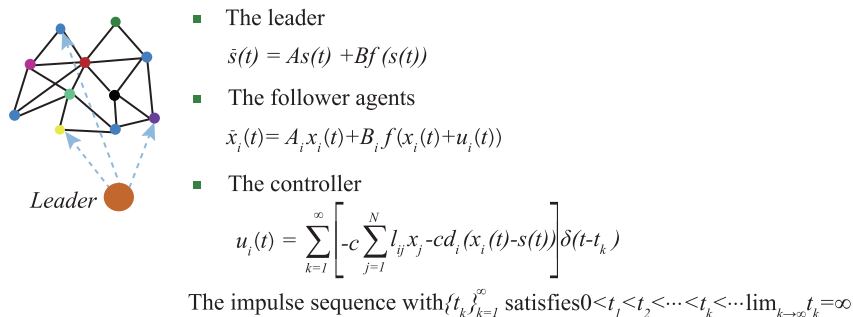
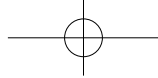
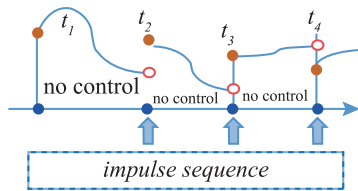


图 10 分布式脉冲控制模型



$$\begin{cases} \dot{x}_i(t) = A_i x_i(t) + B_i f(x_i(t)), t \neq t_k \\ \Delta x_i(t_k) = -c \sum_{j=1}^N l_{ij} x_j(t_k^-) - c d_i (x_i(t_k^-) - s(t_k)) \end{cases} \quad (1)$$



$$\begin{aligned} \Delta x_i(t_k) &= x_i(t_k^+) - x_i(t_k^-), \\ x_i(t_k^-) &= \lim_{h \rightarrow 0^-} x_i(t_k + h), \\ x_i(t_k) &= x_i(t_k^+) = \lim_{h \rightarrow 0^+} x_i(t_k + h) \\ x_i(t_k) &\text{ is right-hand continuous at } t=t_k \end{aligned}$$

- The control input only be applied at $t=t_k$
- No control input when $t \in (t_{k-1}, t_k)$

图 11 脉冲控制

2. 问题描述

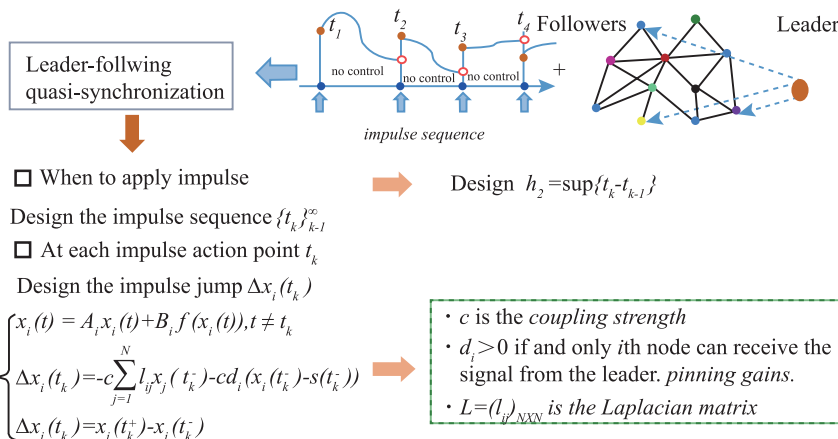


图 12 异质网络分布式脉冲控制

• The eigenratio • Scale function

$$R = \frac{\lambda_{\min}(L+D)}{\lambda_{\max}(L+D)} \quad \beta(h_2) = \frac{1 - e^{-\frac{ah_2}{2}}}{1 + e^{-\frac{ah_2}{2}}} \Rightarrow \text{Two key indices which we use to define and also to evaluate impulse pinning controllability.}$$

Sufficient Condition

$$\frac{\lambda_{\min}(L+D)}{\lambda_{\max}(L+D)} > \frac{1 - e^{-\frac{ah_2}{2}}}{1 + e^{-\frac{ah_2}{2}}} \quad \frac{1 - e^{-\frac{ah_2}{2}}}{\lambda_{\min}(L+D)} < c < \frac{1 + e^{-\frac{ah_2}{2}}}{\lambda_{\max}(L+D)}$$

The lower the $1/R$ and h_2 , the more easily the network is impulse pinning controllable

图 13 脉冲可控性

(1) 如何精确的估计拟同步误差上界?

(2) 如何设计耦合强度, 选择牵制节点, 确定脉冲间隔, 优化误差上界?

(3) 应该牵制多少个节点以及选择哪些节点?

在脉冲间隔没有限制的情况下, 如果网络连通, 则仅牵制一个节点是有效的; 如果网络不连通, 牵制节点的最小数目是网络的连通分支数目, 与连续反馈牵制控制的结论吻合; 耦合强度有上界, 不能太大, 较小的更合适。

(4) 在给定的误差水平下, 如何设计耦合强度, 选择牵制节点, 确定脉冲间隔?

3. 脉冲牵制可控性

给定一个网络, 根据实现准同步所需的耦合强度 c , 控制矩阵 D 和脉冲间隔 d 的值来定义脉冲牵制可控性。用两个关键指标来定义和评估脉冲可控性。 $1/R$ 和 h_2 越低, 网络的脉冲牵制就越容易控制。

4. 网络化分布式脉冲控制

若采用远程控制方案如图 14 所示, 则分布式控制协议的设计需要考虑网络延时的影响, 系统模型如图 15 所示, 通过对比发现, 网络延时对一致性的实现起着负作用, 将会增大牵制矩阵的控制比率, 意味着需要牵制更多的节点, 如图 16 所示。

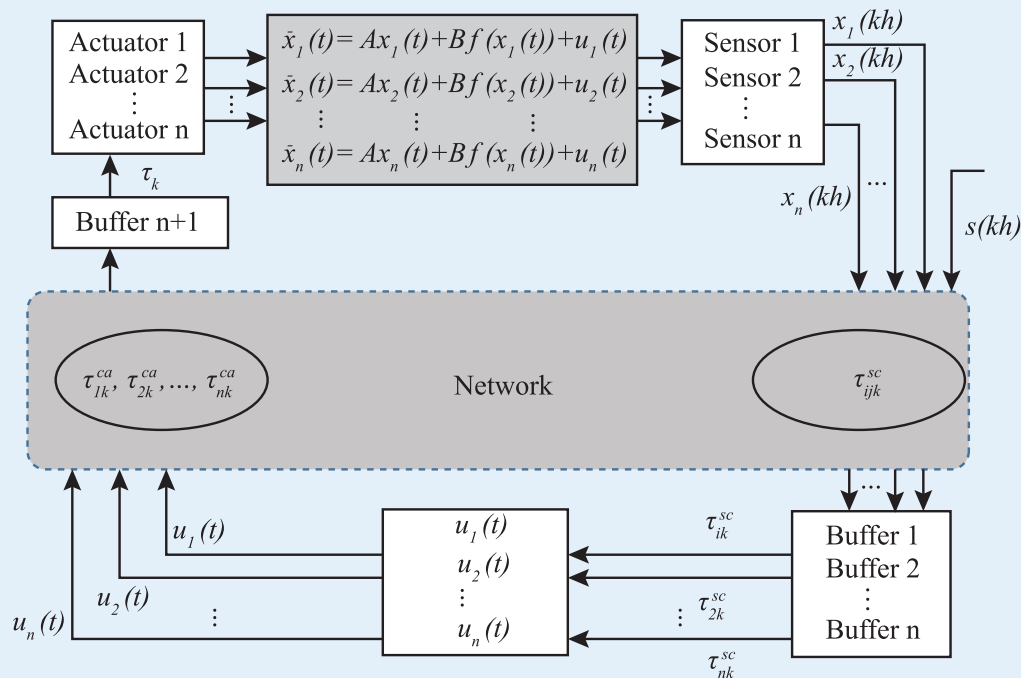
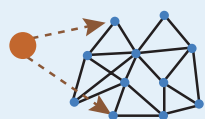


图 14 网络化控制



- The leader

$$\dot{s}(t) = As(t) + Bf(s(t))$$

- The follower agents

$$\dot{\bar{x}}_i(t) = Ax_i(t) + Bf(x_i(t)) + u_i(t)$$

- The controller

$$u_i(t) = \sum_{k=1}^{\infty} \left[-c \sum_{j=1}^N l_{ij} x_j(t_0 + kh) - cd_i (x_i(t_0 + kh) - s(t_0 + kh)) \right] \delta(t - t_k)$$

$$\text{where } t_k = t_0 + kh + \tau_k$$

图 15 网络化分布式控制的数学模型

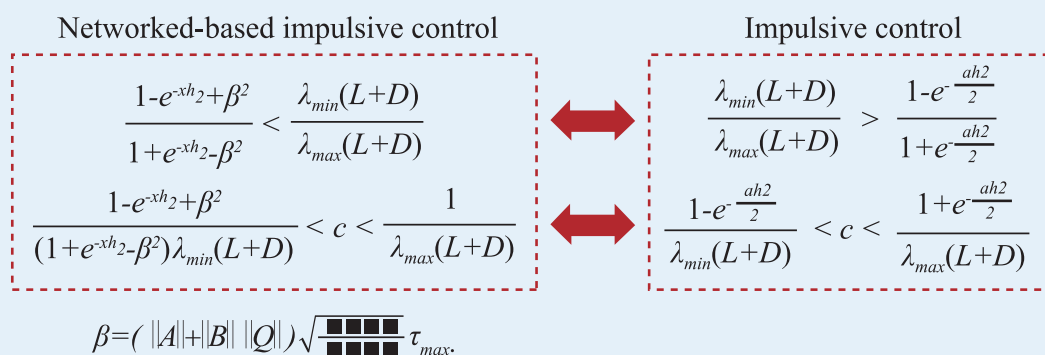
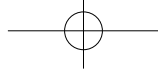


图 16 分布式脉冲控制与网络化分布式脉冲控制结果对比



5. 案例分析

案例 3: 一个异质网络

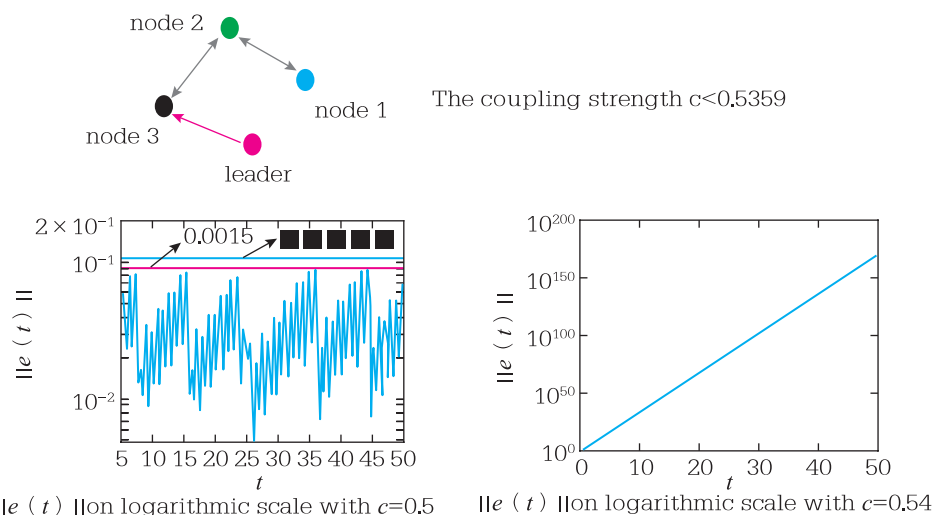
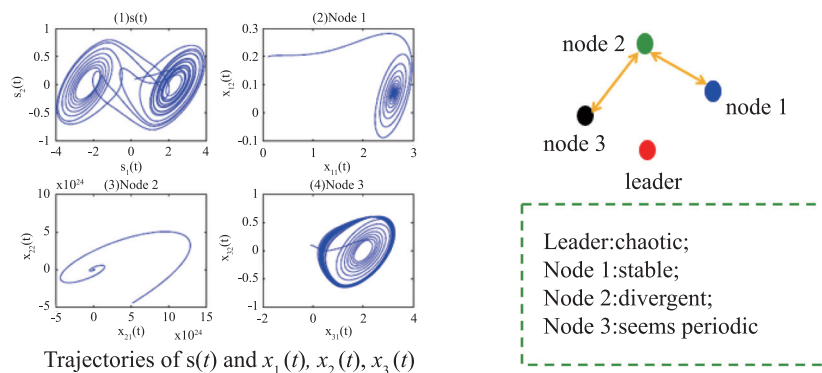


图 17 异质网络的分布式脉冲控制仿真结果

三、事件触发机制^[4]

事件触发机制优点: 节省网络资源, 延长网络寿命并合理分配资源; 减少智能体的能耗并延长其使用寿命。

1. 量化机制

原始测量由于数字通信而进行量化处理。

➤ Uniform quantizer

$$q_u(x) = \delta_u \left\lceil \frac{x}{\delta_u} \right\rceil \quad |q_u(x) - x| \leq \frac{\delta_u}{2}$$

➤ Logarithmic quantizer

$$\Gamma = \{\pm u(i) : u(i) = \rho^i u(0), i = 0, \pm 1, \pm 2, \dots\} \cup \{0\}, \\ 0 < \rho < 1, u(0) > 0.$$

$$q_l(x) = \begin{cases} u(i), & \text{if } \frac{1}{1+\sigma} u(i) < x \leq \frac{1}{1-\sigma} u(i) \\ 0, & \text{if } x < 0 \\ -q_l(-x), & \text{if } x < 0 \end{cases} \quad \sigma = \frac{1-\rho}{1+\rho}$$

$$q_l(x) - x = \Delta x \quad \exists \Delta \in [-\sigma, \sigma), \forall x \in \mathbb{R}$$

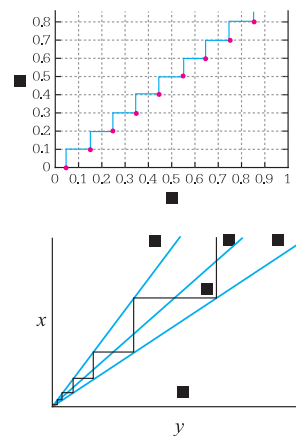
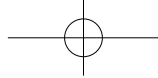


图 18 量化机制



【云课堂】CLOUD CLASSROOM

2. 问题表述

➤ Master:
$$\begin{cases} \dot{x}(t) = -Ax(t) + Df(x(t)) + I \\ Z_M(t) = Cx(t) \end{cases}$$

➤ Slave:
$$\begin{cases} \dot{y}(t) = -Ay(t) + Df(y(t)) + Bu(t) + I \\ Z_S(t) = Cy(t) \end{cases}$$

➡ Assumption1: $\mathcal{N}(\cdot)$ is a Lipschitz-type nonlinear function.

➡ Assumption2: The master system is bounded.

➡ Assumption3: B is a full column rank matrix and C is a full row rank matrix.



Objective: Design an effective event-triggered condition and a quantized controller to synchronize the slave system with the master system

图 19 基于信号量化的主从同步数学模型

3. 事件触发条件

➤ Controller without ETC: $u(t) = K[q(z_S(t)) - q(z_M(t))]$

➤ Controller with ETC: $u(t) = K[q(z_S(t_k)) - q(z_M(t_k))], t \in [t_k, t_{k+1})$

Measurement error

$$\xi^q(t) = [q(z_S(t_k)) - q(z_M(t_k))] - [q(z_S(t)) - q(z_M(t))], t \in [t_k, t_{k+1})$$

The triggering function

$$\begin{aligned} t_0 &= 0 \\ t_{k+1} &= \inf_{r > t_k} \{r \mid h(\xi^q(t), \varphi(t_k)) \geq 0, t \in [t_k, r)\} \quad \text{a dynamic threshold} \\ h(\xi^q(t), \varphi(t_k)) &= \|\xi^q(t)\|^2 - \eta^2 \|q(z_S(t_k)) - q(z_M(t_k))\|^2 - \sigma^2 e^{-pc} - \tau \end{aligned}$$

图 20 基于量化信号的事件触发条件

4. 安全图像通信应用

如图 21 所示, 结合图像传输机制, 设计安全图像保密通信机制; 以 Lena 图像为例, 图 22 展示了原始图像、加密图像、恢复图像的仿真结果, 可以看出: 事件触发降低图像的恢复效果, 与相似度指标一致; 而量化程度高同样会降低图像的恢复效果, 如图 23 所示。

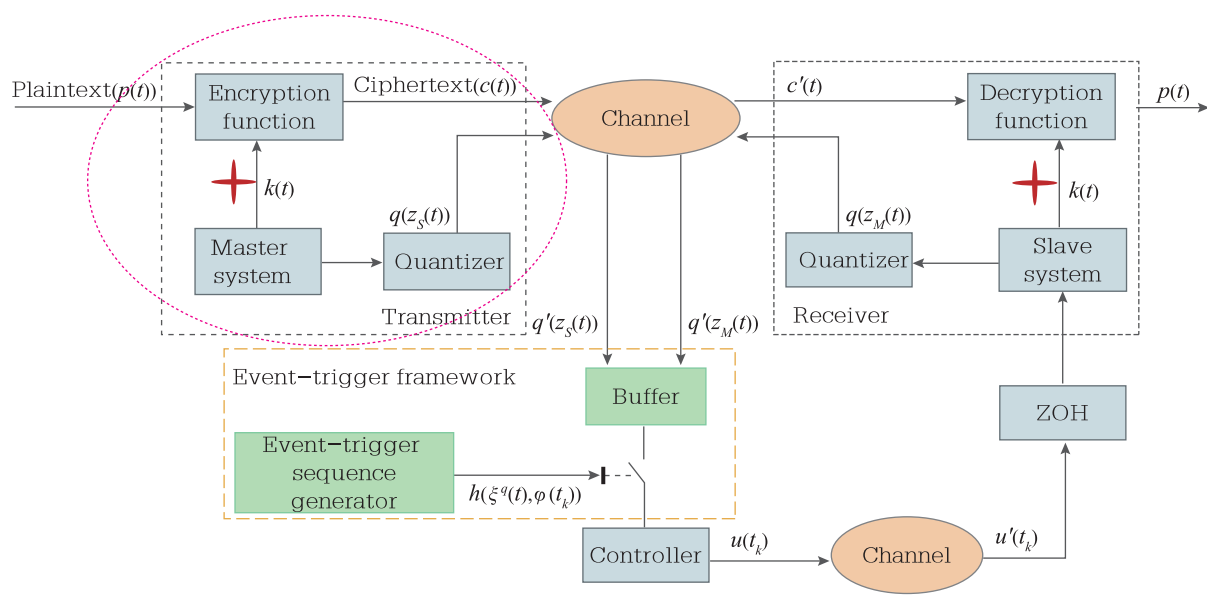
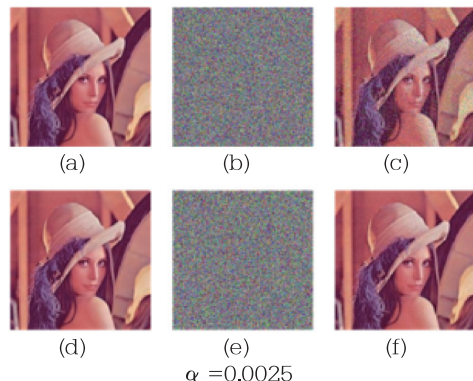


图 21 安全图像保密通信机制



Similarity

Control strategy	Similarity (52)	
	Ciphertext	Recovered-text
With ETC	0.0011	0.8644
Without ETC	0.0021	0.9942

- $corr=1$ or -1 means that two images are exactly the same.
- $corr=0$ implies that two images are completely irrelevant.

(a)–(c) Plaintext, ciphertext, and recovered plaintext with ETC, respectively.
(d)–(f) Plaintext, ciphertext, and recovered plaintext without ETC, respectively.

图 22 仿真结果

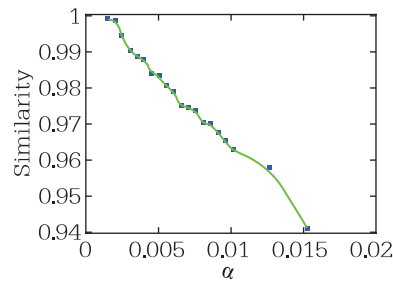


图 23 量化参数对保密传输的影响

四、分布式事件触发控制^[5]

若事件触发阈值随着时间的演化而变化，且系统的耦合强度同样具有一定演化规律，这个机制称为分布式自适应事件触发一致性协议。动态事件触发协议将系统演化特性反映在变化率里，在上一个触发时间相同的情况下，应用动态事件触发机制，总体会增大触发间隔。

1. 分布式自适应控制

$$\dot{\hat{x}}_i(t) = Ax_i(t) + Bu_i(t), i = 1, 2, \dots, N.$$

► Distributed adaptive event-triggered consensus protocol

$$u_i(t) = \hat{c}_i(t) K \sum_{j \in N_i} a_{ij} (\hat{x}_j(t) - \hat{x}_i(t)), \quad K = B^T P$$

$$\dot{\hat{c}}_i(t) = \text{Proj}(\dot{\hat{c}}_i(t)) = \begin{cases} 0, & \text{if } \hat{c}_i(t) \geq \bar{c}_i \\ \gamma_i q_i^T(t_k^i) \Gamma q_i(t_k^i), & \text{if } \hat{c}_i(t) < \bar{c}_i \end{cases} \quad 0 < \hat{c}_i(t_0) < \bar{c}_i$$

Assumption1: The network topology of MAS is undirected and connected;

Assumption2: The pair(A, B) is stabilizable.

图 24 分布式自适应控制

2. 动态事件触发机制

The triggering function

$$t_1^i = 0$$

$$t_{k+1}^i = \inf_{t \geq t_k^i} \{t : \theta_i^T(e_i^T(t) \Gamma e_i(t) - \sigma_i \beta_i q_i^T(t_k^i) \Gamma q_i(t_k^i)) \geq \eta_i(t), \forall t \in (t_k^i, t_k^i + I]\},$$

$$\dot{\eta}_i(t) = -\rho_i \eta_i(t) + \xi_i [\sigma_i \beta_i q_i^T(t_k^i) \Gamma q_i(t_k^i) - e_i^T(t) \Gamma e_i(t)]$$

$$q_i(t_k^i) = \sum_{j \in N_i} a_{ij} (\hat{x}_j(t) - \hat{x}_i(t)) \quad e_i(t) = \hat{x}_i(t) - x_i(t), \quad t \in [t_k^i, t_{k+1}^i)$$

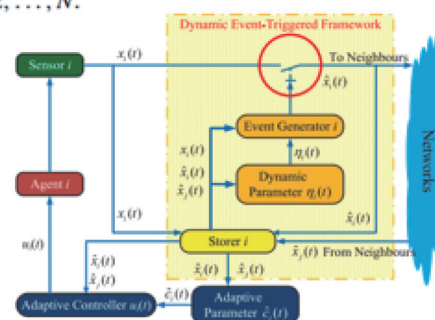
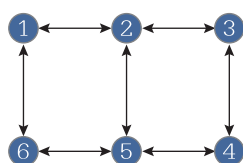


图 25 动态事件触发机制

3. 案例分析

案例 4: 6 个移动机器人



$$\begin{cases} \dot{\bar{x}}_i(t) = v_i(t) \cos(\varphi_i(t)) \\ \dot{\bar{y}}_i(t) = v_i(t) \sin(\varphi_i(t)) \\ \dot{\varphi}_i(t) = \omega_i(t) \end{cases}$$

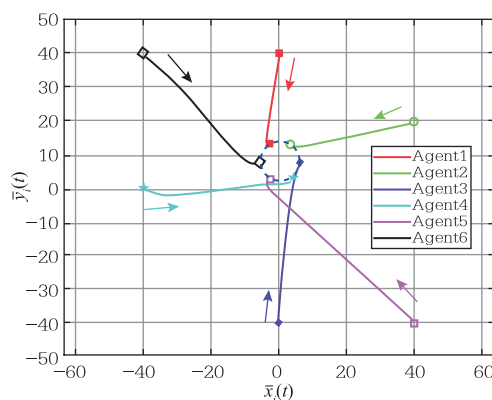


图 26 移动机器人编队

五、弹性控制^[6]

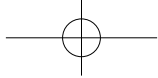
弹性控制 (Resiliently Control)

是指对网络攻击具有一定的容忍度且能够自我恢复的控制策略, 控制策略能够适应组织内部条件

与外部环境的变化, 具有灵活性。基于时间或者事件触发的控制方法大多考虑的是确定性时间序列,

Agent		1	2	3	4	5	6
0~5s	DETS	33	33	31	31	37	33
	SETS	117	81	97	64	80	89
5~10s	DETS	17	24	21	19	31	20
	SETS	459	411	261	288	461	312
10~15s	DETS	24	44	30	22	36	27
	SETS	2438	2308	2123	2122	2290	2142

图 27 动态事件触发机制和静态事件触发机制对比



实际中攻击序列具有很大的随机性, 如何处理随机攻击时间序列的场景? 文献[6]提供了一种具有随机脉冲攻击序列的系统稳定性的分析方法。○

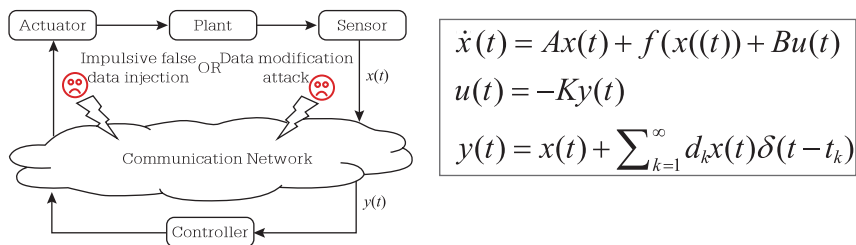


图 28 随机脉冲攻击序列系统模型

文献综述:

- [1] Wangli He, Biao Zhang, Qing-Long Han, Feng Qian, Jürgen Kurths, Jinde Cao. Leader-following consensus of nonlinear multi-agent systems with stochastic sampling. *IEEE Transactions on Cybernetics*, 2017, 47 (2): 327-338
- [2] Wangli He, Feng Qian, James Lam, Guanrong Chen, Qing-Long Han and Jürgen Kurths, Quasi-synchronization of heterogeneous dynamic networks via distributed impulsive control: error estimation, optimization and design. *Automatica*, 2015, 62: 249-262
- [3] Wangli He, Guanrong Chen, Qing-Long Han and Feng Qian, Network-based Leader-following consensus of nonlinear multi-agent systems via distributed impulsive control. *Information Sciences*, 2017, 380: 145-158
- [4] Wangli He, Tinghui Luo, Yang Tang, Wenli Du, Yu-Chu Tian and Feng Qian. Secure communication based on quantized synchronization of chaotic neural networks under an event-triggered strategy. *IEEE Trans. Neural Networks and Learning Systems*, DOI: 10.1109/TNNLS.2019.2943548
- [5] Wangli He, Bin Xu, Qing-Long Han, Feng Qian. Adaptive consensus control of linear multi-agent systems with dynamic event-triggered strategies. *IEEE Transactions on Cybernetics*, DOI: 10.1109/TCYB.2019.2920093
- [6] Wangli He, Feng Qian, Qing-Long Han, Guanrong Chen. Almost sure stability of nonlinear systems under random and impulsive sequential attacks. *IEEE Trans. Automatic Control*, DOI: 10.1109/TAC.2020.2972220

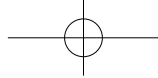
作者简介



和望利, 华东理工大学教授, 博士生导师, 国家优秀青年科学基金项目, 中国科协

“青年人才托举工程”、上海市青年科技启明星计划、上海市教育系统“三八红旗手”获得者。主要研究领域包括网络系统的分布式控制与优化、信息物理系统的安全控制等。受邀出访澳大利亚中昆士兰大学、香港大学机械工程系、香港城市大学混沌与复杂网络中心、德国波茨坦气候影响研究所、日本首都大学东京从事访问研究。在 IEEE 汇刊重要学术刊物和会议上发表 60 多篇学术论文, 主持国家重点研发计划子课题、国家自然科学基金等 10 余项, 获得上海市自

然科学奖一等奖(终评通过), 曾担任 IEEE 工业电子学会网络控制系统与应用专业委员会主席(2018-2019)、首都大学东京客座副教授(2015-2017), 第三届先进计算智能和智能信息国际研讨会的出版主席、IEEE 工业电子学会旗舰会议 2018ISIE、2019ICIT 分组程序委员会主席。目前为 IEEE 高级会员, *IEEE Trans. Neural Networks and Learning Systems*、*IEEE Access*、*IEEE Journal of Emerging and Selected Topics in Industrial Electronics* 副编辑。



疫情对制造业数字化转型的影响和思考

文 / 中国西电西高院智能制造工程设计所 史亚斌

导读：3月13日，中国西电西高院智能制造工程设计所所长，西安智能制造与数字经济产业联盟常务副理事长史亚斌博士做客“抗击疫情 CAA 在行动·云讲座”，为大家带来了题为“疫情对制造业数字化转型发展的影响与思考”的报告。

2020年突如其来的疫情对经济发展与社会生产了很大影响，经济遭受冲击。疫情是行业危机，而数字化转型则是企业之机。疫情加速了智能工厂建设与制造业数字化转型进程，互联网+人工智能赋能制造业的新时代已经到来。报告首先概述了疫情后企业数字化转型与发展的趋势、制造业数字化转型的关键技术与应用价值探索，重点介绍了电力装备智能工厂建设实践应用的案例，最后对中小企业疫情过后转型升级之路应对策略给出了建议。

一、疫情后企业数字化转型与发展的趋势

2020年初突如其来的新冠肺

炎疫情对中国的经济发展与社会生产造成了巨大影响。经济遭受冲击，根据wind、万博新经济研究院的数据可得全社会采取的反应模式，疫情尤其对聚集性行业，比如旅游、餐饮、酒店、交通运输、地产等冲击较大。与此同时，也有一部分行业也在受益，比如医药、在线娱乐和在线办公等，但是占比总体比较低；相比传统行业，电商受此次新冠肺炎疫情的影响相对较小；重构趋势，机器人、智能制造、智慧城市等新兴科技领域需求显著上升。

疫情中，口罩等防疫物资非常紧缺，除传统制造口罩生产企业以外，先后有富士康、格力、比亚迪等知名企业也都加入到制造口罩的队伍中。由此疫情防控对企业智能化生产带来了一个启发，什么样的企业能够如此柔性生产？能够生产口罩的企业一定具有高度自动化的生产线，能够应对未来此类突发事件。这对企业、制造业来说，就要有一种柔性生产的适应能力，人工智能赋能制造业的新时代正在到来。

国家统计局从2015年至2019年的统计数据显示，中国劳动年龄人口连续下滑。迎接疫情的冲击，对整个制造业的复工复产、劳动力短时间内紧缺问题无疑是雪上加霜。不过，疫情也加速了智能工厂建设与制造业数字化转型进程，互联网+人工智能赋能制造业的新时代也已到来。

疫情之前，制造业面临的挑战和机遇主要有以下几个方面：1）制造方式发生改变。新技术与制造业深度融合，机器换人势在必行。2）重构商业模式。面向客户，定制化、服务化转型。3）未来竞争核心与格局。智能、物联、生态化成为趋势（数据、智能制造、互联、融合）。产业革命催生数字经济，未来工厂由人、机器、数据重新定义。由数据驱动、软件定义、柔性生产的智能化工厂顺势而生智能制造重塑企业发展新动能，其价值在于：研制周期缩短：协同研发、基于MBD设计、BOM传递及转换；生产效率提高：智能化装备、精益生产、虚拟仿真优化、设计制造协同、

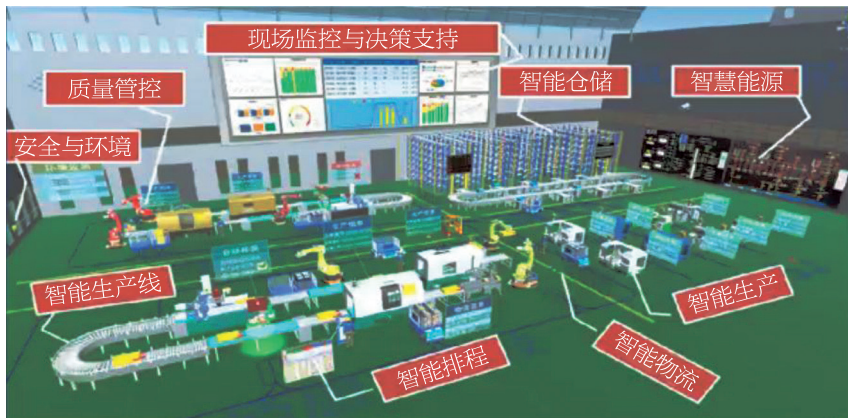
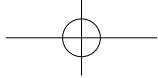


图1 电力装备数字化转型实践

制造执行与监控；产品不良品率降低：质量数据采集、质量知识库、质量大数据分析；能源利用率提高：能耗数据采集、能源精细化管理；运营成本降低：物流、财务流、信息流多维闭环控制；生产经营精细化、透明化管控。

“中国制造 2025”中指出，到 2025 年，制造业整体素质大幅提升，创新能力显著增强，全员劳动生产率明显提高，工业化和信息化迈上新台阶。“互联网 + 先进制造业”中表明以推进供给侧结构性改革为主线，结合实施“中国制造 2025”和“互联网 +”，加速建设和发展工业互联网。高质量发展，数字化转型。15 部委支持制造业与服务业融合。创建“中国制造 2025”示范方阵，因地制宜建设“中国制造 2025”试点示范城市（群）和智能制造示范区，择优创建一批“中国制造 2025”示范区，支持政策和制度上先行先试。实施《国家创新驱

动发展战略纲要》，形成一批品牌形象突出、服务平台完备、质量水平一流的优势企业和产业集群。智能制造成为趋势，智能制造装备、产品、服务、市场规模预计五年内达到 6000 亿。

疫情是行业之危，数字化转型是企业之机。人人相关，顺势而为。ABB、西门子、GE 等跨国公司很早就开始未雨绸缪。ABB 公司从 1900 年、1950 年、1980 年、2015 年开始四代转型，包括机械转型、电气化转型、软件化转型、数字化转型，与工业 1.0—4.0 的步伐基本一致。同时国内企业也在积极进行数字化、智能化的战略布局，包括中国航天科工集团（典型的国有企业、军工企业）、阿里、三翼、海尔等公司，也推出了自身的工业互联网平台。有些行业是在做自身行业转型，有些龙头企业、典型企业在赋能万物行业，他们除了积极地推进自身行业数字化，也在为相关行

业提供数字化服务。

如何顺势而为？应对策略是依托信息化管理、数字化研发设计、智能制造、智慧服务为目标 的 2025 智能制造推进战略。实现从产品技术领先到制造过程领先和服务水平领先等综合供应商。具体措施包括规划智能化设计、制造、运维、产业培育和人才培养五个方面。以信息化系统和软件作为中枢神经系统，以精益运营专业能力为头脑，以自动化和人作为执行的四肢，通过实施解决方案支撑落地。

二、数字化关键使能的技术与价值的探索

数字化关键使能的技术已较为成熟，尤其是 5G 技术、人工智能技术、工业机器人、工业互联网、大数据等，如图 2 所示。

使能技术里的智能化工厂的顶层规划是整个智能工厂的心脏、大脑。数字使能技术怎样运用到工厂的各个应用场景里面提质增效，节约降本呢？图 3 是储备电厂的一个智能化工厂体系架构示例。

数字化车间设计。数字化柔性总装线由自动输送系统、各装配工位平台、装配设备以及助力吊装。

工厂虚拟仿真技术。在虚拟环境下建立了一个和物理实体一样的数字化车间，在不花费更多



图2 数字化关键使能技术



图3 电气智能化工厂



图4 设备运行状态监测系统建设

资源、人力的条件下，在虚拟环境下对生产节拍、物流、排程等进行仿真建设，可以提前发现问题、预测问题。

在线监测系统技术。在线监测系统在智能工厂里的应用大大地提高了整个质量管控水平。过去监控要通过工人师傅、车间主任，层层报表，往往是发现问题后造成了较大的损失。现在通过 SCARDA 系统对生产设备、工艺设备、云服务设备进行远程实时在线监测，可以做到事前预测、事中及时干预、事后马上追溯，这样大大地提高了工厂的生产效率。

三维工艺系统技术。在设计环节和工艺环节引入三维工艺系统，这种工艺系统的应用大大地减少了设计人员和工艺人员的工作流程，提高了工作效率和准确率。

数据系统。过去主要通过二维系统进行工艺方面的工作，装备时也是通过工人的经验等。现在通过三维工艺系统大大地提高了效率，利用三维装配、三维作业指导书使技术人员成长的速度得到了提高。主数据系统的搭建就像一个中间件，它把 SCARDA 系统、大数据分析系统、MAX 系统等不同的系统串联起来，通过主数据系统的搭建把数据进行规划、管理，从而打破了过去研发、设计到生产实



图5 三维工艺设计与仿真平台建设

品的质量和实效的数据、报表，建立产品质量的关联关系，得出整个产品的大数据分析模型，通过模型就可以把产品的缺陷和原因进行很好的学习、训练，就可以从根本上提高产品的质量。

智慧能源管理系统。高耗能企业通过建设智慧能源管理系统，很好地把能源使用率大大地提高。

这是一个智能制造新模式的例子。通过以上技术综合运用，对传统工厂改造完后，取得了非常明显的效果。某工厂智能制造新模式后的应用价值如图9所示。

验、制造再到服务的各自为阵的鸿沟。

质量大数据分析技术。质量

大数据分析系统就是大数据技术在生产质量管控场景里的一个非常典型的应用。通过梳理分析产

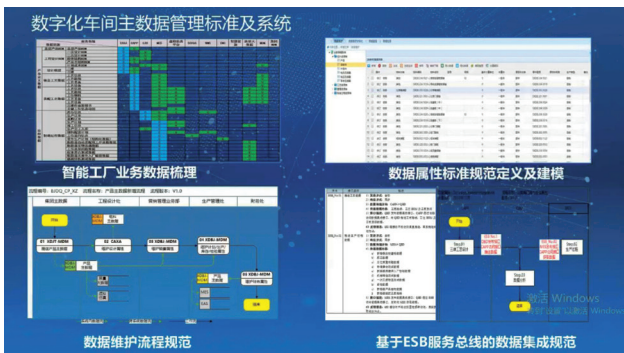


图6 数字化车间主数据管理标准及系统



图7 质量大数据分析系统



图8 智慧能源系统建设



图9 工厂智能制造新模式后的应用价值表

三、电力装备行业、智能工厂建设实践应用

下面结合一些智能工厂与专项建设项目的技术应用实践进行分享，如图 10 所示。

西安的一家电力装备民营企业，通过智能制造总体蓝图设计搭建智慧工厂，新模式的构建以后，整个企业的提质增效和柔性生产得到了一个非常明显的改善，同时这家企业也得到了省智能制造专项的 300 万



图 10 智能制造建设实践应用

的资金支持。

一家生产航天用的温州四缸的军工配套企业，进行了智能工厂的顶层规划设计、工艺设计、数据系统建立。该企业过去生产主要是依靠手工、工人师傅的经验，通过智能制造规划打造出了集产品、设计、制造、质量检测全生命周期的智能工厂示范中心，在细分行业里效能得到了明显提升。该企业在 2019 年获得了西安市智能制造专项支持。

一个传统工厂怎样通过智能化的产线、智能工厂的设计成功跨界转型成为一个制造口罩的工厂？一个生产普通机械厂，通过对它的设备参数设计、产线的规划布局等成功在疫情期间生产口罩，跨界转型，通过智能化的设计进行了柔性生产。

图 12 是西电开关制造的大型企业智能制造数字化车间。大型企业的架构图更为细致，搭建了主数据管理系统、智能决策分析系统、质量管控系统、PRM

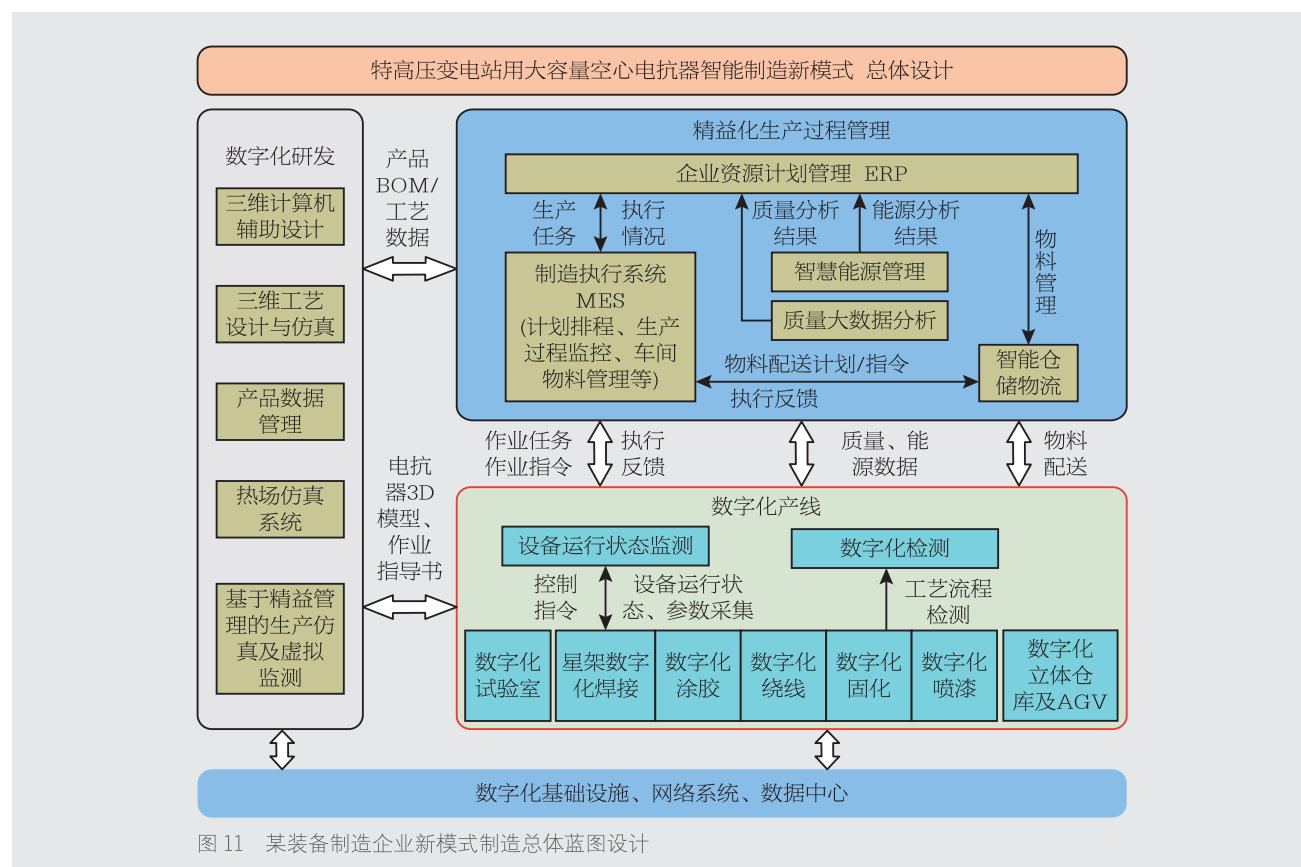


图 11 某装备制造企业新模式制造总体蓝图设计

系统以及基于企业信息化总线的ESB、工业互联网。具备智能工厂雏形的开关数字化车间，最终搭建出一个GIS自动化装配线，如图13所示。

通过搭建中低压输配电装备试验验证平台虚拟仿真系统，对整个中低压行业进行了产线仿真，

如图14所示。该系统不是孤立的，它可以进行一个交互式漫游，在虚拟环境下遍历整个系统。虚拟仿真平台也可以应用在一些工作环境比较危险的行业，比如石油勘探行业、煤矿行业等，通过虚拟环境下进行仿真建设，能够展示整个生产过程中实际的动态变

化，如图15所示。

同时，也搭建了SCARDA系统、MAX系统、ERP系统等进行深度集成融合，获取生产的进度和计划，如图16所示。

通过中低压输配电智能化工厂仿真系统的搭建，可以看到通过虚拟仿真系统的搭建，建立了



图 12 智能制造数字化车间



图 13 GIS 隔离开关自动装配线

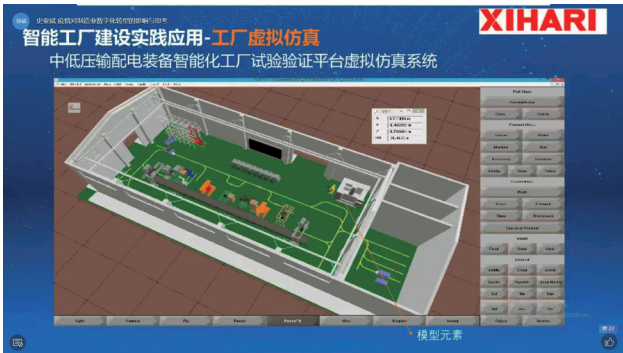


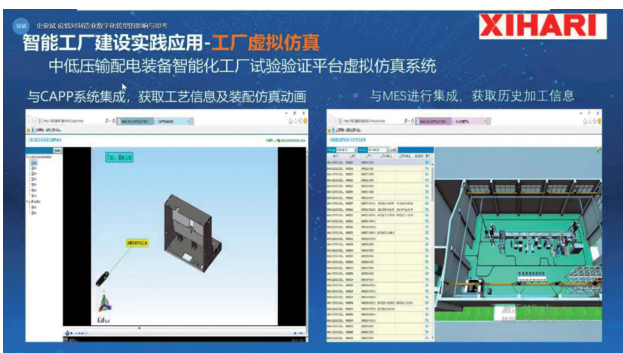
图 14 中低压输配电装备智能化工厂试验验证平台虚拟仿真系统



图 15 智能化工厂试验验证平台虚拟仿真系统



图 16 中低压输配电装备智能化工厂试验验证平台虚拟仿真系统



和物理车间一致的双胞胎模型进行生产计划、物联网配送、分析生产的瓶颈和物流堵塞,为生产线改造提供了重要的决策数据。不仅仅是在中压,在高压、超高压、特高压里面也运用了相关技术,车间在运用仿真系统时,变压器的体积非常大,那么生产节拍、物流就显得尤为重要,所以在虚拟环境下进行车间仿真建设,大大地节省了资源,提高了效率。如图 17 所示。

过去的三维装配可能是应用场景相对比较具体一些,现在三维装配行业包括烟草机械装配、医疗、电力很多场景都可以看得

到。一些比较特殊的行业可以在三维装配的指导下现场进行作业,如图 18 所示。建设基于 MBD 的三维工艺设计和仿真平台的建设,通过搭建平台快速派生出钣金工艺,以及三维装配详细工艺的编制,如图 19 所示。

MES 系统实现了销售、计划、生产、物流一体化计划体系;实现了供应、质检、生产全面质量管理;强调了车间/产线间的协同制造,实现了设计与制造一体化作业指导。

大数据技术不仅是在生产制造环节,在实验、运维环节中也有比较重要的应用。图 21 是基于

大数据开关设备状态和城市电网的应用,通过大数据分析系统可以预测寿命评估、电网关键变电站的停电模型。通过海量数据进行预测,调整检修计划。

同样,物流传送系统也是智能工厂的重要内容,如图 22 所示。

在制造过程中,SCARDA 系统的应用,如图 23 是与中亚厂家做的一个制造设备的在线监控系统,包括车间环境的监测、温湿度、加工任务的监测、设备状态监测以及特殊工位的详细信息监测,每个设备的实时运行状态,以及工位运行的信息,包括故障预测和查询的信息,针对它的单



图 17 某电气企业虚拟生产仿真平台建设



图 18 工厂三维虚拟装配技术



图 19 基于 MBD 的三维工艺设计与仿真平台建设



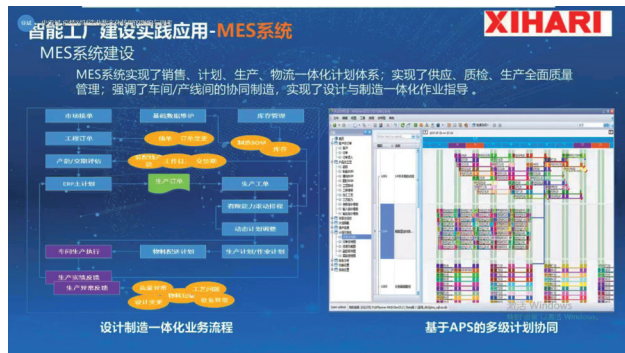


图 20 MES 系统建设

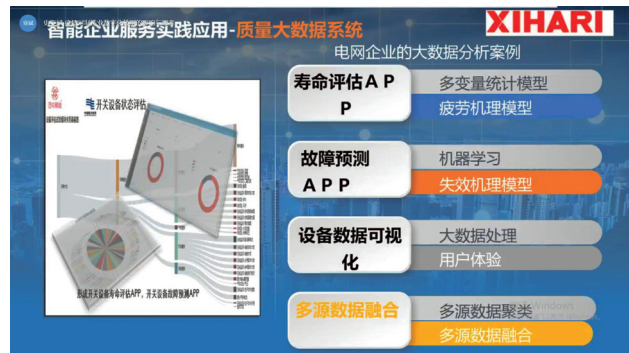


图 21 质量大数据系统—电网企业的大数据分析案例



图 22 制造过程在线监测系统

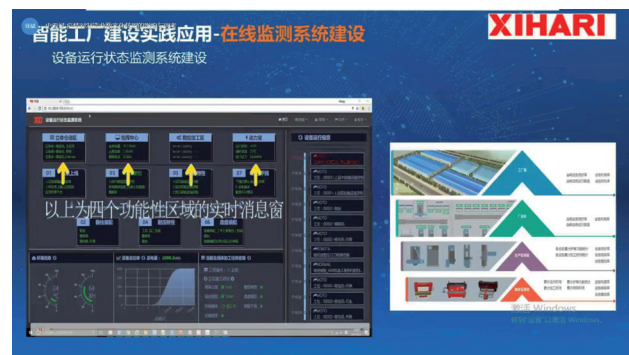


图 23 设备运行状态监测系统建设

体设备、生产车间层、厂房层、工厂层进行统一的规划。同时也对产品在智能化方面进行远程监测。

在三峡、向家坝等重点工程运用了在线监测系统后，专家在西安、常州、北京就可以给三峡

上的设备进行远程诊断、解决问题，如图 24 所示。所以现在的产品逐渐地在向智能化、远程诊断系统发展。

智慧能源管理系统使工厂、车间层面用能效率达到提高。配电网的智慧能源管理系统的建

设会考虑高耗能的企业，企业建设智慧能源管理系统的迫切性非常强。如图 25 变压器生产企业搭建了智慧能源管理系统，企业一年的能耗就节约了将近两千多万，同样企业的人员人数降低了，企业的人员巡检、工矿的环境也大



图 24 在线监测和远程诊断系统—智能化产品—智能制造



图 25 智慧能源系统建设

为改善。通过智慧能源管理系统的搭建以后，也把很多工艺师傅解脱出来，工作环境也得到了明显改善。

通过智能工厂建设，显著提升了公司生产效率、产品质量和成本控制，全方位提升公司在超高压、特高压开关产品的研发、制造、服务能力，市场竞争力和盈利能力大幅度提升。

智慧工业园区以智能工厂为内核，包括现在数字化生产线、数字化实验室、智能化检测设备、工业互联网、智能立体仓库、机

器人等智特征、元素。智慧工业园区以商务办公区为主体，建立楼宇智能、绿色建筑、智慧安防、大型会议室共享等公共设施。同时，未来的智慧化园区也要体现出智慧的特征，整个的理念、文化也要跟上。围绕“工业互联网+协同制造”一条主线；夯实“建设一个智慧工业园区（数字化、网络化、智能化）”一个基础；通过“世界领先的整体解决方案+制造技术”和“世界领先的工业生态+生产服务”两翼齐飞；实现“数字化创新工业集团向转型

升级”一个目标。国家也组织了大量的企业、行业院所制定通用性标准，如图 26 所示，企业通过国家制定的标准、草案可以很好地评价自身工厂的坐标，也会指导下一步建设智能工厂的参考。

标准制定也需要实验验证平台的搭建，来验证标准的正确性，如图 28、29 所示。国家希望通过标准的制定来引导整个行业的健康稳定的发展，通过标准的参考使掉队的企业进行坐标评价和下一步制定智慧工厂方案的参考。像中电压输配电厂家里面，它一



图 26 智能制造行业标准

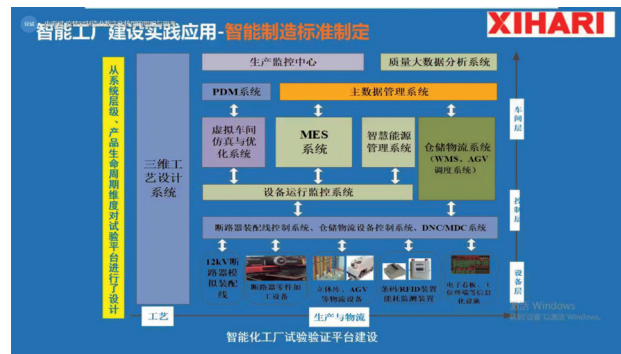


图 27 智能化共生产试验验证平台建设

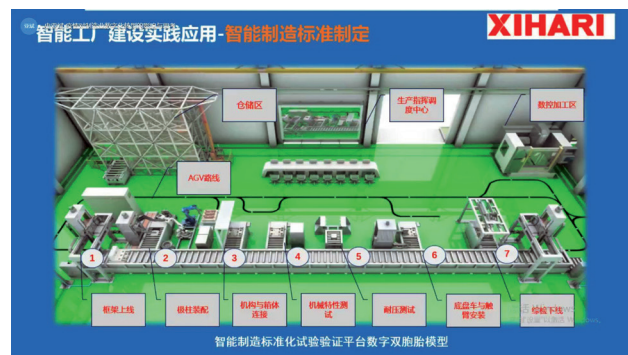
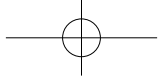


图 28 智能制造标准化试验验证平台数字双胞胎模型



图 29 西电宝鸡电气验证现场



共有 16 个工艺选取大概 7 个工艺，框架上线、集中装配、机构箱体连接、实验和重点下线的工艺部分，以及体验智能工厂的仓储区、数控加工区和生产指挥调度中心。

图 28 为西电宝鸡电气验证现场，通过标准和实验验证专项的建成，指导了“中低压输配电装备智能制造新模式”项目的实施和建设；是相关标准草案进行验证的集成平台；作为具有先进性的实验室环境，支持对行业的智能化共厂乃至智能制造的持续研究探索和对外展示，为后续智能制造技术的研究、标准制定、应用实施等提供试验环境，指导智能化工厂建设，最后试验验证平台为起点，为智能化工厂在行业的示范建设和复制推广奠定基础；作为实际案例，为智能制造新模

式提供样板，并不断的更新优化，融合智能制造的新理念、新技术，不断提升智能领域的核心技术水平，积极响应国家智能制造 2025 的号召，带动西部地区的制造业快速发展。

四、中小企业转型应对策略建议

中小企业占到市场企业的 80% 以上，所以中小企业如何数字化转型是关系到未来制造业发展的重要方向，中小型企业需要明确数字化转型意识。中小企业有资金、人才、建设周期长等短板，很难和大型企业同台竞争，它需要的不仅仅是技术人才，还需要很多管理知识。不过中小企业机制灵活、意识强，拥抱未来的数字化信心十足。

中小企业转型应对策略需要做到以下四点：1) 规划设计：做好智能制造顶层蓝图规划，结合行业特征和企业业务自身，进行统筹规划，视情况分步实施。2) 务实高管：求实务实是适合企业自身的发展，制定高度定制化的方案规划，走出误区。3) 关注政策标准：标准是服务和带动行业创新发展的关键，一开始就多关注、参考和通用行业的智能制造标准指南。4) 人才实践：数字化与发展的方向是增强人的技能，进行人机协作，培育适应未来工厂人才。建立工厂人才培养体系，培养精益管理人才、高技能人才、智能制造人才。建立专业化精益管理体验式培训中心，提供精益管理人才培养服务。○

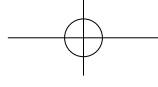
作者简介



史亚斌，博士，中国西电西高院智能制造工程设计所所长，西安智能制造与数字经济产业联盟常务副理事长。中国电机工程学会人工智能委员会委员，工信部智能制造专项负责人，陕西省政府决策委改革组秘书，中国通信工业协会专

家委员，中国智能制造百人会专家委员。

主持完成 3 项国家智能制造专项，制定多项行业智能制造应用标准；参与多个行业制造产业规划、陕西省及西安市装备制造业发展规划；智造百强 2018 “创新人物”。



新冠肺炎疫情对制造业的影响与应对策略

文 / 王飞跃、熊刚、王晓、于立平、毛延峰

一、此次疫情给我国制造业带来哪些影响，促进制造业实现哪些变革？

此次疫情期间，“中国制造”全产业链几乎停摆。由于国际、国内交通受阻，制造业复工面临缺少原材料、缺少工人、缺少客户等重重困难。中国制造业在突发事件（非正常事件）下的应急能力显得非常脆弱，严重影响了中国制造业的发展前景和国际竞争力。而且，疫情引发西方社会层面对中国制造的经济技术因素之外的思考，客观上加大加强了中国制造进一步发展的困难和阻力。上述负面影响，证明中国制造业亟需进一步变革，充分利用疫情强加给我们的巨大损失所带来的经历和经验，下大力气和决心，真正实现产业升级。比如：以不同以往的真正创新形式，加快“新一代智能制造系统”的研发和推广应用。

具体来讲：

（1）此次疫情对不同规模企业影响的方面及影响程度不同。

首先是对企业员工的影响，对于人员密集型的行业或者企业

的关键人员缺位对企业运营的影响最大，机器人、智能制造、管理知识自动化都是解决的途径。

其次，企业运营资金也严重影响企业的生存，中小企业影响最大。

再次，生产所需的原材料及物流，大型企业一般都有存货的安全储备，但如果超过一定时间或者对于没有储备的小型企业，无法采购也将影响生产；产业链条的紧密程度越高，一旦一个环节出现问题就影响整个产业链。

（2）此次疫情将会促进广大制造企业，大大加强员工的健康、安全与环境的管理，强化灾难预警机制。如果在企业中员工之间因密切接触而导致交叉感染，对于企业将可能成为灭顶之灾。

疫情也会促进生产相关医疗物资和医疗器械的制造企业更加注重推进柔性自动化生产线的应用，构建智能工厂，减少对人工的依赖。有些场景，必须认真考虑全流程无人操作，加速测试与试点推广。

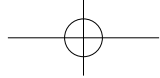
提升物流供应链的智能化，提升供应链的抗风险能力。

员工在线办公。由于爆发性

增长的海量服务难以响应，几个中国主流的互联网公司的在线协作平台都出现了一些问题。这也体现出企业对数字化技术的现实需求。可以预见，制造企业会对远程协作的任务管理、项目管理、工作流管理等软件提出迫切的需求。

二、智能制造是制造强国建设的主攻方向，此次疫情给智能制造带来哪些变革和挑战？

2009年，中国科学院李国杰院士等专家在中科院2050科技发展路线项目中总结出“人机物三元计算是信息技术大趋势”，并在2013年出版专门的“信息科技：加速人-机-物三元融合”研究报告。2010年左右，中国科学院王飞跃研究员率先提出，各类CPS都需要拓展成为社会物理信息系统（CPSS）。2016年12月，潘云鹤院士提出了人工智能2.0，其本质原因是世界正从原来的二元空间进入新的三元空间。2017年，周济院士代表中国工程院提出智能制造系统，正在从“人-物理系统”演变成为新一代的“人-信息-物理系统”



HCPS”。最本质的特征就是它的信息系统发生重大变化。上一代的信息系统当中，主要只有感知、分析和决策和控制的功能，现在增加了新的认知和学习功能，这个功能是从人给到信息系统，因此信息系统不仅具有强大的感知计算分析和控制能力，更加具备了学习提升和产生知识的能力。在这样一个阶段，新一代人工智能技术使“人－信息－物理系统”HCPS发生质的变化，形成新一代HCPS，即新一代智能制造系统。由此可见，通过新一代智能制造系统，即制造业人－信息－物理系统，可以把人类的体力劳动工作逐步转移给物理系统，把人类的脑力劳动工作逐步转移给信息系统，人类作为“生产者”的角色逐步弱化，人类作为“指挥者、消费者”的角色逐步加强，这将极大地中国制造业在发生突发公共安全事件（如地震、台风、疫情等）时的应对能力。

具体方面：数字化技术的深层次应用，可以帮助企业提高员工的协作效率，提高生产与运营的透明度，帮助企业更高效地应对市场需求的波动，缩短新产品上市周期，乃至创新商业模式，由卖产品转向卖产品使用的服务。在此疫情之后，制造企业会更加重视对BI、大数据分析和AI等技术的实际应用，并对数据分析师提出迫切的需求。

三、“后疫情”时期，制造业应当做出哪些调整与改变？

国家层面，要加强要加快新一代智能制造系统基础理论、共性关键技术和平台的研发，在典型制造业的应用示范。各类制造业，要加强智能制造系统等的研发与应用，逐步实现数字化制造、数字化网络化制造，数字化网络化智能化制造等各个发展阶段。努力实现制造业为客户定制生产全流程的自动化、信息化和无人化。

制造企业，要加强生产自动化设备、工业机器人、物流自动化等的研发与应用，不断减少制造业所需的体力劳动者。加强产业研发信息化、工厂自动化、企业管理信息化、物流信息化、消费者服务信息化、制造业全产业链数字孪生系统（平行制造系统）等的研发与应用，实现“社会化制造”“无人化制造”，不断减少制造业所需的脑力劳动者和服务业劳动者，减少制造业产业链中对人的依赖。增加智能化生产，更灵活对待不同社会事件的冲击，加强企业抗风险力度。

四、为应对突发的公共安全事件（如地震、台风、疫情等），企业应做好哪些应急准备？

大型企业应当建立信息预警的机制，对于影响企业的突发因

素能够全面分析对企业的影响、快速反应。

其次，根据政府的指导建立突发的公共安全事件应对预案；可以减少损失，或者在特殊时期对社会的作出贡献。

加强制造企业供需链建设，增加原材料、备品备件和产品的库存，防患于未然。

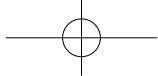
加强制造业自动化建设，减少体力劳动者的依赖。

加强新一代智能制造系统建设，减少脑力劳动者和服务业劳动者的依赖。

我们还需要注意：

此次疫情还充分暴露出对于应急的手段不够及时和缺乏。虽然我国具有集中优势办大事的体制，但在这次冠状病毒的袭击中明显应对迟缓甚至一度压制舆论，造成很大的恶果。花大价钱建立起来的预警体系形同虚设，后面要痛定思痛，专业人做专业事，应该由专业人士来进行预警，并且收集和建立相关应急物资系统的企业名录，成立物资库，可以利用区块链技术使局部保密与全局公开实现利益平衡，从技术上促进真实信息的畅通可用，一旦非常规突发事件发生，可以立刻进入战时状态。

此次疫情还表明，已推进多年的智慧城市、智慧家居和智慧交通在许多地方基本上还是停留在表面。如何能够快速、准确地



【观点】VIEWPOINT

定位每一个疑似的新冠病毒肺炎患者、疑似感染者和密切接触者？

显然，物联网技术与云端智能方法的结合及平行操作应该能够发

挥出更大的作用。○

来源：控制网

王飞跃

单位：中国科学院自动化研究所

个人简介：国防科学技术大学军事计算实验与平行系统技术研究中心教授和主任，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研究员和主任，国家特聘专家，主要研究方向为智能系统和复杂系统的建模、分析与控制。

熊 刚

单位：中国科学院自动化研究所

个人简介：博士，中国科学院自动化研究员，主要研究方向为复杂系统的平行控制与管理、智能交通、智能制造。

王 晓

单位：青岛智能产业技术研究院

个人简介：青岛智能产业技术研究院常务副院长，中国科学院自动化研究所副研究员，主要研究方向为社会计算、知识自动化、社会网络结构分析及其内容挖掘、人工智能。

于立平

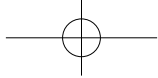
单位：青岛智能产业技术研究院

个人简介：北京大学理学硕士、加拿大滑铁卢大学电子工程硕士，美国电子及电气工程师协会 IEEE 会员、加拿大安大略省专业工程师协会（PEO）会员，曾就职于加拿大黑莓公司。

毛延峰

单位：青岛智能产业技术研究院

个人简介：高级会计师、中国注册会计师非执业会员、税务师、国际内部审计师，曾在具有证券期货审计资质的会计师事务所工作、担任过上市公司高管。



新冠疫情对制造业影响的思考

文 / 华为技术有限公司 张文林

一、此次疫情给我国制造业带来哪些影响，促进制造业实现哪些变革？

1. 短期内，防疫管控和隔离打破了正常的生产和物流运作，影响全球供应的连续性和客户需求的正常满足，很多企业面临订单违约的问题

国内制造和物流企业较长时间停工，产能恢复速度也不一致。新冠肺炎疫情下，由于各城市的封城和人员隔离，节后的返程和出勤受到影响，导致生产线无法有效开启，补充招聘也很困难。

也可能因为防疫物资调拨以及配套基础设施保障不到位而无法开工。不同地区的疫情轻重不同，管控力度不一致，也导致了整个产业链上下游复工的不匹配，部分企业准备好开工了，但供应商可能无法复工。

国内跨省 / 跨城市和海外物流被隔断，即使上下游企业都开工了，也可能收不进来，发不出去。部分区域封闭，部分道路加强进出管控，以及部分国家海关的限制，原材料配送和成品发货的物流受到较大影响。企业生产需要完整的产业链支持，即使有少数非关键物料

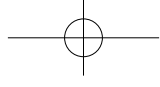
(如包材) 欠料，也会导致最终产品无法有效产出和交货。

越是劳动密集型企业，受冲击越大。疫情防控的隔离措施首先是限制人的流动，因而越是依赖人力的企业越被动，但自动化程度高的工厂，可以依靠几个人就运转起来，因而复工的难度较小。

越是布局集中的产业，受冲击越大。如全国光芯片 / 光器件的研发和制造高度集中在武汉，受到疫情影响开工不足。光电产业很多下游企业都依赖于武汉的供应商，在其他地区并无备份，这



中国自动化学会通讯 第41卷 第2期 总第209期 2020年4月



【观点】VIEWPOINT

些企业严重欠料的现象普遍。

2. 中长期可能会调整对中国制造竞争力的评估方式，加大中国制造业的外迁和降低全球份额占比，但也会提升中国制造业的连续性风险应对能力和产业链管理水平

此次疫情会成为制造行业产业链布局评估的一个重要风险，影响中国制造业的优势。一方面，疫情持续时间不确定，存在部分制造企业在疫情期间快速将制造业务转移到东南亚低成本国家的风险，如果在当地稳定生产，形成产业链，将加速成本敏感型制造企业流出中国。另一方面，海外客户在供应商布局中可能会加大公共安全事件的影响要素，避免将采购量过于集中在中国，而在其他地区有意培养备份或替代者，在选择国内供应商时也会更强调风险应对和灾后恢复能力。

促进产业链布局的调整。重新评估中心城市中制造业的定位，大城市传播疾病的速度更快、交通拥堵、房价地价高企等都不利于制造业的发展，制造业可能会受到疫情影响加速向全国不同地区（包括工业欠发达地区）分散布局，进一步优化产业链，提升竞争力。

推动制造企业对数字基础设施与技术的价值及现实意义形成共识。远程办公、协同研发、自

动物流和仓储、可视化 / 远程操控生产、AR 虚拟营销、在线培训等数字基础设施与技术将加速制造企业数字化转型的进程。

二、智能制造是制造强国建设的主攻方向，此次疫情给智能制造带来哪些变革和挑战？

1. 疫情对智能制造的影响更多是正面的促进作用，疫情期间自动化生产的优势显现，会加强产业界对于工业 4.0 和智能制造发展必要性的共识，扩大自动化 / 数字化 / 智能制造是必然趋势

生产的少人化、自动化、柔性化诉求更加强烈，对智能机器人与协作机器人等技术会有更正面的认识。

生产过程的远程管控，生产设备的远程诊断和维护需求增加，对于硬件开发的平台化 / 组件化、生产运营的 IT 化 / 数字化有更大的诉求。

制造业物流会受到疫情影响，有产业升级压力。未来走向无人物流的动力会加大，可以避免跨供应链工厂间的传染，同时也能降低物流成本。

2. 促进制造业工作方式的改变，大大增强制造业的数字化、信息化、智能化水平，提升对人才的吸引力

部分岗位向线上远程办公转变，如软件模块化 / 异地同步开发，基本不受疫情影响。这部分

更接近于互联网、软件等行业，员工管理方式也会由现场考勤转向责任结果制。

远程办公、在线支持将承载更多的业务类型，如通过视频进行设备和产品诊断，将进一步提升对物联网、5G 等技术的需求。

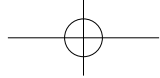
产业链上下游的远程协同和沟通需要跨企业的统一通信平台（如华为的 WeLink），可能会加速区块链 / 智能合约、VR/AR 等技术的应用落地。

3. 智能制造发展面临的挑战

智能制造技术还需要进一步提升。当前智能机器人、5G、大数据等技术处于发展阶段，应用场景还需要进一步适配。同时，数据底座和知识资产还需要进一步积累，发挥大数据挖掘的更大价值，实现智能化的生产、预警和维护。

人才转型需要长期过程。一线技工向技师转变、二线制造工程技术人员新增“数据科学家、AI 专家”，需要持续的能力培养，才能实现转变。

组织和流程的保障。技术的开发、人才的转型和管理模式的转变需要提前在政策上做好规划和保障，新技术的应用也需要有新的组织形式和流程机制进行有效的整合，并应用到相应的环节，发挥价值。



三、“后疫情”时期，制造业应当做出哪些调整与改变？

1. 疫情的应对和管控，需要制造行业企业与政府进行良好的对接和匹配

当前国内制造企业多属于劳动密集型，是疫情管控的重点对象。行业及企业需要适配“后疫情”时期的公共政策，完善相应的管理制度和沟通机制，协助政府快速识别并隔离出风险人群，在确保疫情可控的情况下，尽量减少对制造行业的影响。

2. 把业务连续性作为制造产业链布局的重要考量因素，弱化集中制造，而适当分散布局，提升产业链抗风险能力

制造企业自身要考虑分散制造，如自制外包相结合，同一产品有不同的制造点备份，或适当在内地较发达地区建立备份。制造产业链也要避免过于集中，形成相对分散且每个区域有较为完整和齐套的产业链。

3. 进一步加大对工业 4.0/ 智能制造的投入

产业链的韧性和上下游高效协同对抗风险，需要在自动化技术、ICT 技术、人才、组织 / 流程等多维度协同发展，促进制造产业从劳动密集型向知识和技术密集型转变，通过自动化降低对人的依赖，通过 ICT 技术提升产业链的协同效率。

四、为应对突发的公共安全事件（如地震、台风、疫情等），企业应做好哪些应急准备？

1. 制造行业公共安全事件的应急响应是一个产业链的系统工程，需要有面向全产业链的业务连续性预案

每一个类型的事件都应有完备的预案，建设具备公共安全事件处理的专业队伍，日常做好能力提升和定期演练，以提升风险响应速度和风险应对能力。在救灾、医疗、通讯等设备上，要有相应的应急调配机制和安全储备，如本次疫情下的口罩、消毒用品、测温计等，确保异常发生时能迅速到位和迅速应对。

2. 匹配政府的公共安全政策，完善企业日常的风险监控和预警，并建立程序化的响应和上报机制，确保预案的执行

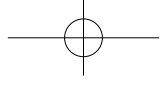
可以通过 ICT 技术（智慧城市、智能安防、传感器、大数据和云等）进行风险的网格化在线监控和后台实时分析，将风险触发条件数字化、透明化，一旦达到阈值，就自动升级、避免决策延误，同时尽可能将周边社区、上下游企业也纳入统一平台。○

来源：控制网

报告人简介



张文林先生，自 2012 年 7 月起至今担任华为公司战略部总裁，目前负责华为公司战略、技术战略和标准产业发展相关工作。张文林先生也曾在华为公司的研发和 Marketing 部门承担重要职责，历任欧洲区大客户 Marketing 部长和中国区 CMO；张文林先生在标准和技术领域经验丰富。自 1999 年加入华为公司，从无线研发工程师做起，逐步晋升为系统工程师、项目经理、无线标准部副部长等；在 2005 年到 2007 年曾担任 3GPP 标准组织架构组副主席。



新型冠状病毒肺炎对制造业的影响与应对策略

文 / 黑龙江省科学院智能制造研究所 吴 冈

一、此次疫情给我制造业带来哪些影响，促进制造业实现哪些变革？

此次疫情造成制造业企业物流中断和防控措施引发的产业链、供应链中断带来的冲击，面临工人短缺、材料短缺、部件短缺的问题，整个工业制造业原材料、零部件及其产品销售如因物流跟不上而停下来，不仅损失巨大，还将对整个上下游带来灾难性影响。航空航天、轨道交通、海洋工程等高端装备制造领域市场主体主要是行业领军企业现金流健康、原材料库存充足、抗风险能力较强，且大部分均已实现柔性化、智能化、信息化生产，在基本未受疫情影响的同时也为疫情防控工作作出了贡献。中小企业在停工减产的情况下仍需承担员工薪资、水电房租、还款付息等必要性支出，企业面临的资金存续压力加大。同时，受限于劳动力和原材料短缺以及物流等问题影响，部分中小企业仍未全面复工复产。

由此造成供应链不顺畅、产业链不协同的被动局面，导致供应链向外转移扩散。针对疫情对企业造成的停工停产问题，企业应用好信息技术手段和信息化工具，增强软件应用能力，创新思路和方法，用两化融合提升生产管理水平，助力企业尽快复工复产。

二、智能制造是制造强国主攻方向，此次疫情给智能制造带来哪些变革和挑战？

推动制造企业与信息技术企业合作，深化工业互联网、工业软件（工业APP）、人工智能、增强现实/虚拟现实等新技术应用，推广协同研发、无人生产、远程运营、在线服务等新模式新业态，加快恢复制造业产能。发挥大型平台企业和行业龙头企业的作用，通过工业互联网平台保障供应链的完整，做好生产协同和风险预警。对于可能停产断供的关键环节，提前组织柔性转产和产能共享，以信息化手段管控好供应链安全。

三、“后疫情”时期，制造业应当做出哪些调整和改善？

后疫情应该给制造业企业带来深刻的思考和变革，增强应对突发事件和抵抗风险的能力。做好线上线下的协同和互补，加快线上办公软件应用，尤其是能够实现个体协同的办公软件，是未来的趋势，工作不再受地理空间限制。各种物流配送平台和上门服务平台，开展电商、短视频、游戏、线上教育、知识付费等线上项目，线上可以彻底改造线下，从而彻底走上上下融合。大力推动产融结合，加快发展基于生产运营数据的企业征信和线上快速借贷，推广应用供应链金融、知识产权质押等融资方式，保障企业的资金需求，防止出现资金链断裂。支持互联网交通、物流、快递等生产性服务企业率先复工复产。工业电子商务企业和物流企业应高效协同，运用互联网、大数据、区块链等技术完善智慧物流体系，打通生产生活物资流

通堵点，保障生产资料和生活用品有效供给。

四、为应对突发的公共安全事件（如地震、台风、疫情等），企业应做好哪些应急准备？

应对突发公共安全事件，企业应做好供应链管理，尤其涉及材料、物流、人员等方面，避免造成上下游的断链。发展线上线下同步协同，非接触生产等。在涉及公共安全事件的医疗、劳保、消防等物资的储备和迭代更新。运用云计算大力推动企业上云，重点推行远程办公、居家办公、视频会议、网上培训、协同研发和电子商务等在线工作方式。围

绕 5G、人工智能、区块链、工业互联网等引领新一轮科技革命和产业变革的关键核心技术，加强应用场景建设，率先在农业、制造业、能源等领域试点推出一批应用场景工程，深化相关技术在重大活动、重大工程和重点行业的示范应用，激发新技术新业态新模式的诞生，推动产业数字化、集群化、国际化，培育新消费增长点，促进形成强大国内市场。○

来源：控制网

报告人简介



吴冈，研究员、中国自动化学会理事、《自动化技术与应用》杂志主编、黑龙江省科学院自动化研究所所长、国务院特殊津贴专家。

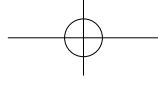
中国自动化学会 2019-2021 年度青年人才托举工程项目评选结果公告

根据中国科协相关文件的要求与部署，中国自动化学会于 2019 年 3 月 26 日采用视频会议的方式召开了 2019-2021 年度青年人才托举工程评审会议，共入选 2 名青年人才，评审结果于 2020 年 3 月 25 日至 3 月 31 日在中国自动化学会官方微信公众号和官方网站公示，无异议。

现将评审结果公告如下：

序 号	姓 名	出生年月	职 称	工作单位	推荐专家
1	雷金龙	1989.02	研究员	同济大学	陈翰馥 陈 杰 洪奕光
2	袁小锋	1988.10	副教授	中南大学	桂卫华 李少远 丁进良

中国自动化学会
二零二零年四月一日



我们和祖国站在一起！

——郑南宁院士团队的科研抗疫攻坚

2020年1月，国内新型冠状病毒感染肺炎疫情爆发后，针对疫情防控和治疗中的痛点问题，西安交通大学郑南宁教授以高度的政治责任感将疫情防控作为科研主战场，迅速着手联系团队成员。正值春节假期，团队成员中的博士生和硕士生分散全国各地。在确保大家能够在家健康开展工作的前提下，郑南宁教授远程组织和指导团队成员于1月28日全部进入工作状态，开展疫情发展与传播规律的智能预测、智能化疾控系统等抗疫科研攻关工作，其中包括5名教授和副教授、40余名硕、博士研究生。

博士生陈仕韬：我想跟国家站在一起

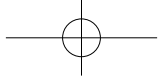
郑南宁：我支持你

陈仕韬是西安交通大学郑南宁教授的一名博士生，作为“先锋号”无人驾驶智能车队队长率领车队于2018年和2019年连续夺得“中国智能车未来挑战赛”高架快速道路测试和城乡道路环境测试的总分第一名，并获选2019年中央电视台新闻频道特别节目“壮丽70年奋斗新时代，共和国发展成就巡礼—陕西篇”现场直播。从2019年年底开始，就在美国加州大学伯克利分校进行学术合作研究。得知郑

老师的团队要开展科研抗疫的消息，远在美国的陈仕韬在前期无人驾驶智能车工作积累的基础上，积极参与疫情防控恶劣环境下无人移动平台的科研攻关，但他感觉时差影响科研进度，于是决定马上回国，投身到攻关现场中。

2月12日，他给郑南宁老师写了一封长信，信中写道：“从我个人的角度来讲，我希望能够尽快回国。虽然我知道，也许我们现在去做一些研发或者开发内容，不一定能够对这次疫情有所帮助和贡献。但是，如果我们不做，就一定不会有贡献。我们做了之后，至少是无愧于心的。我

从小接受的教育是在国家有需要的时候，应该奋不顾身地去做出自己的贡献。而这次国家遇到危难的时候，我却不能留在国内，跟国家站在一起，跟课题组的老师和同学站在一起，我心里极端自责。我真的很想回去，我觉得我们现在所研究的内容和所做的工作，是有可能对这次的疫情有所帮助的。对课题组来讲，面对这次疫情，可以把危机转化为契机和动力，同学们可以团结在一起，更有动力、义无反顾地把研究工作做好，在最需要的时候发挥最大的作用。余姚市目前形势还比较好，舜宇等企业都已经开工复工。我们可以在余姚研究



院和舜宇的相关人员开展一些工作。”

郑南宁老师第一时间回复了他：“我支持你的想法，也感到非常欣慰。把这次我们国家面临的危机转化为科技创新的契机和动力，大家团结起来，在国家最需要的时候做出我们应有的贡献，这是我们义不容辞的责任。”

有了导师的支持后，陈仕韬火速与国外的研究团队交接好了手头的科研工作，着手购买回国的机票。受疫情的影响，当时中美之间几乎所有的航班都被取消，好几天才能有一趟合适的航班。陈仕韬最终毅然选择2月15日取道加拿大转机回国。正常情况下，从美国飞回国内要花费十几个小时。因为要从加拿大转机，他的回国路用了24个小时，几乎是平时的两倍。

2月16日下午，陈仕韬乘坐

的飞机降落在上海浦东机场。他一刻没停，想法设法赶到了位于浙江余姚的西安交通大学—舜宇集团（宁波余姚）人工智能研究院，和前期已经赶到这里的陈佩、周卓礼等人汇合，依托这个校政企联合研究院平台，针对当前疫情防控和治疗等复杂环境和场景，开展“疫情防控恶劣环境下无人移动平台的关键技术及实现”的研究工作，目前科研工作进展顺利。

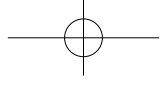
师生携手开展抗疫科研 书写 爱国奋斗新篇章

当前，新型冠状病毒感染肺炎的疫情防控形势依然复杂严峻。面对突如其来的疫情，郑南宁教授迅速调整研究策略，将疫情防控作为科研主战场，积极远程组织和指导课题组开展疫情发展与传播规律的智能预测、智能化疾控系统等科研攻关，为支撑抗击疫情做贡献。郑南宁教授说：“这是我们义不容辞的责任”。

整个团队具体的科研工作从两个方面入手。一是带领杜少毅教授和汪建基副教授组建课题组，开展“应用人工智能分析和预测疫情的发展和传播规律”的研究。由于此次疫情初期的发展极不规律，给疫情预测带来极大的挑战，需要找到一种更加精确的预测模型。他们在考虑防控措施、关联新闻报道、人口迁移等因素等因

素对疾病传播影响的基础上，综合分析各种因素与传染率的关联性，构建基于疫情数据的改进SIR（Susceptible, Infected, and Resistant，即易感者、感染者、康复者）传染病模型，并利用预训练自然语言处理模型提取全国和各省市的新闻信息特征，结合长短期记忆网络模型（Long short-term memory, LSTM），构建一种混合模型来分析和预测疫情的发展与趋势，为疫情数据分析和预测提供新的思路。

二是联合浙江舜宇光学集团开展“疫情防控恶劣环境下无人移动平台的关键技术及实现”的研究工作。主要针对当前疫情防控和治理等复杂环境和场景，在原有智能感知、建图定位、路径规划、智能控制等成果基础上，重点攻关智能体自主无依托精准定位关键技术，实现无人移动平台的大范围即时定位和地图构建（LSD-SLAM），解决制约移动机器人应用范围与安全性的重要难题，并提供可快速部署的移动智能体云端信息处理平台，可实现移动机器人在更复杂、动态的室内外大场景中的精准定位、环境感知与作业，解决疫情防控恶劣环境下医院和社区的无人物资搬运、医药配送、病人运送、消毒清洁等疫情防控和治理中的痛点问题，进而构建可避免人员间的



【学者风采】SCHOLARS

交叉感染、保障医护人员在疫情恶劣环境下安全、高效地工作的智能化疾控系统。

强大凝聚力激发坚定的科研抗疫力量

目前，受疫情影响，科研团队大部分成员还分散在全国各地。博士生张唐一可和张崧翌在西安、夏超在渭南、简志强在江西、杨涛在云南、张贺在山东、崔文婷在天津，而硕士生沈艳晴在河北、詹钧翔在福建、闫欣蕊在西安、康子健在武汉、迟玉婷在山东、龙红在商洛、娄斌在湖南，其他人分别在安徽、新疆等地。但无论他们身在何方，当郑南宁教授和辛景民教授发出倡议的时候，大家毫无怨言、纷纷积极响应，1月29日就完成了线上“集结”，2月1日，带领团队全员义无反顾走上科研抗疫之路。

陈仕韬说：“这次疫情让我们看到了我们所研究的无人智能系统的广泛应用价值，它确实能在很大程度上对社会的生产生活起到重要作用。对科研工作者来说，

这是我们的机会，能够在社会和国家的重要需求下，加紧研究与开发进程，做出能够为国家和社会贡献实际价值的科研成果。”最近几天，陈仕韬和课题组的伙伴们与舜宇集团以及其他合作伙伴，反复商讨交流，他们都希望能够尽快将团队的技术积累转化为能够服务国家、服务社会的成果与产品。

团队研发的各种自主移动机器人平台包括智能消毒机器人系统、室外水陆两栖自主移动平台（可搭配巡检安防载荷），室内智能移动平台，轮式自主移动平台（有效任务载荷2吨），履带式全地形自主移动平台（巡检安防），无人驾驶商务接驳车（巡检安防），无人驾驶乘用车平台。如果这些机器人系统投入防疫工作，将极大减轻抗议一线的工作压力和疫情防控压力。由于疫区环境复杂，不确定因素多，如何使机器人快速而准确地建立对复杂环境的理解，是团队科研工作的一大难点；另外，基于云端构建智能、易用的人机交互系统也是难点之一。

张唐一可说：“目前我们正在进行机器人底盘的控制测试，车载消杀设备和传感器目前正在进行测试，相关算法的开发和测试也都在同步进行。”

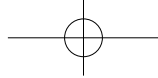
陈仕韬说：“我这几天做了一些评估，其实无论是做自动化的消毒清洁机器人，还是做能够和云端信息系统联动的配送机器人，我们都有充分的技术积累，能在短时间内把这样的需求满足并且做好。”

整个团队计划用一个月到一个半月的时间完成满足灾区防疫需求的机器人平台的开发工作，尽快将研究成果投入灾区防疫使用。

“我从本科开始就读于西安交通大学。‘胸怀大局、无私奉献、弘扬传统、艰苦创业’的西迁精神教育，让我和团队所有的科研人员都明白自己身上应该有担当，要到祖国最需要的地方去做事情，要能够排除万难，做有利于国家的事情。”陈仕韬说。○

来源：陕西传媒网





新型冠状病毒防控与各类化学消毒剂的安全使用

新型冠状病毒来势汹汹，但是它依然可防可控。采取有效的措施预防，戴口罩、勤洗手，给自己居住、生活的环境消毒，都是非常行之有效的方法。

冠状病毒是一类具有包膜的 RNA 病毒，当包膜被消毒剂破坏后，RNA 也非常容易被降解，从而使病毒失活。由于有这个包膜，冠状病毒对化学消毒剂敏感，75% 酒精、乙醚、氯仿、甲醛、含氯消毒剂、过氧乙酸和紫外线均可灭活病毒。

针对近期公众对消毒剂使用需求的急剧上升，今天，我们将为大家介绍各类化学消毒剂的使用方法及其注意事项。

关于化学消毒剂

化学消毒剂是指用于杀灭传播媒介上病原微生物，使其达到无害化要求的制剂，它不同于抗生素，它在防病中的主要作用是将病原微生物消灭于人体之外，切断传染病的传播途径，达到控制传染病的目的。常用的消毒剂产品按照成分可分为 9 种：含氯消毒剂、过氧化物类消毒剂、醛类消毒剂、醇类消毒剂、含碘消毒剂、酚类消毒剂、环氧乙烷、双胍类消毒剂和季铵盐类消毒剂。

消毒剂本身是具有一定危险性的化学品，必须严格按照说明选用。消毒剂不是浓度越高越好，过度使用会带来其他风险。如过氧乙酸是一种强氧化剂，可以轻易地将微生物杀灭，常用于衣物、

地面、墙壁、房屋空间等的消毒，但使用浓度过高时可刺激、损害皮肤黏膜，腐蚀物品。同时，长期大量使用同一种消毒剂、灭菌剂，会使微生物产生抗药性，灭菌效果大大降低。为避免致病菌产生耐药性，可以轮换使用不同消毒剂。部分消毒剂一定度可以在功能上相互替代，但各类消毒剂消毒原理不同，使用和禁忌事项也各不相同，必须慎重选用，才能做到安全消毒、有效消毒、绿色消毒。

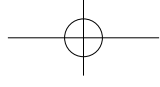
常见化学消毒剂及其安全使用注意事项

1. 醇类消毒剂

常见的醇类消毒剂是乙醇和异丙醇。95% 的酒精能将细菌表面包膜的蛋白质迅速凝固，并形



成一层保护膜，阻止酒精进入细菌体内，因而不能将细菌彻底杀死。如果酒精浓度低于 70%，虽可进入细菌体内，但不能将其体内的蛋白质凝固，同样也不能将细菌彻底杀死。只有 70%—75% 的酒精即能顺利地进入到细菌体内，又能有效地将细菌体内的蛋白质凝固，因而可彻底杀死细菌。因此，WHO 推荐含量 70%—75% 的乙醇作为手消毒剂。酒精不适宜用于大面积消毒。



【科普园地】SCIENCE PARK

安全使用注意事项

酒精是易燃易爆挥发的液体，当空气中的酒精含量达到 19%，温度等于或大于 13℃ 以上时，遇到火星就会闪燃，使用时切记远离火种。使用前彻底清除周围易燃及可燃物，使用时不得接触明火或靠近明火。

使用后必须将容器上盖封闭，严禁敞开放置。使用过的毛巾等布料清洁工具，在使用完后应用大量清水清洗后密闭存放，或放通风处晾干。

家中需要酒精消毒时，可购买小瓶装酒精（≤ 500 毫升）使用。家中不要囤积酒精。酒精容器必须有可靠的密封，严禁使用无盖的容器。存放时远离火种、热源，温度不宜超过 30℃，防止阳光直射。

酒精着火灭火简易方法。湿布盖火，断氧是最靠谱扑灭酒精起火方法。在实际操作中，有条件时，最好事先将覆盖物浸湿。最好使用覆盖面较大的湿布，灭火时不能有快速拍打动作。一旦被烧伤，第一要紧的事情，当然是灭火。伤者正确的应对措施应当包括以下几点：第一，立即脱去衣物。衣物沾上酒精，已经成为燃烧物，以最快速度去除衣物，脱离热源，可以最大限度的减轻损伤和后果。第二，避免高声喊叫。在头面部已经被火焰包围的情况下，喊叫会引起严重呼吸道

烧伤。而呼吸道烧伤，是烧伤患者三大死亡原因之一。第三，设法灭火。应当就地打滚压灭火焰或至少压制火势，减轻损伤。

2. 84 消毒液

84 消毒液属于含氯消毒剂，是以次氯酸钠（NaClO）为主要有效成分的消毒液，适用于一般物体表面、白色衣物、医院污染物品的消毒。NaClO 具有强氧化性，可作漂白剂，能够将具有还原性的物质氧化，使其变性，因而能够起到消毒的作用。84 消毒剂有致敏作用，具有腐蚀性，可致人体灼伤，该品放出的游离氯有可能引起中毒。该物品不燃。



安全使用注意事项

84 消毒液有一定的刺激性与腐蚀性，必须稀释以后才能使用（按照说明书），使用时应戴手套，避免接触皮肤。

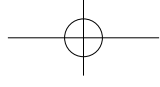
84 消毒液的漂白作用与腐蚀性较强，可腐蚀金属，对织物有漂白作用。必须用于衣物的消毒时浓度要低，浸泡的时间不要太长。

84 消毒液是一种含氯消毒剂，而氯是一种挥发性的气体，因此盛消毒液的容器必须加盖盖好，否则会很快失效，达不到消毒的效果，宜现用现配，一次性使用，勿用 50℃ 以上热水稀释。

不要把 84 消毒液与其他洗涤剂或消毒液混合使用，因为这样会加大空气中氯气的浓度而引起氯气中毒。尤其是洁厕灵（一般都含有盐酸）与 84 消毒液千万不能一起使用，否则会引起化学反应，产生有毒气体（氯气），轻者可能引起咳嗽、胸闷等，重者可能出现呼吸困难，甚至死亡。因此，清洁马桶时，应将这两种物品分开使用。可以先用洁厕灵刷一遍，用水冲干净后，再用稀释后的 84 消毒液冲一遍。

3. 过氧乙酸

过氧乙酸属高效过氧化物类消毒剂，过氧乙酸的气体和溶液都具有很强的杀菌能力，能杀灭细菌繁殖体、分枝杆菌、细菌芽胞、真菌、藻类及病毒，也可以破坏细菌毒素，其杀菌作用比过氧化氢强，杀芽胞作用迅速。过氧乙酸又名过醋酸，无色透明液体，易挥发，有刺激性气味，为强氧化剂，具有强腐蚀性，有漂白作用，性质不稳定，易分解。过氧乙酸水解产物为醋酸和过氧化氢。因此，过氧乙酸为混合水溶液，除含主要成分过氧乙酸，另含过氧化氢、醋酸、硫酸等。



过氧乙酸可通过浸泡、喷洒、喷雾、擦拭的方式对物品进行消毒。市售过氧乙酸为加有稳定剂的过氧乙酸水溶液，浓度一般为20%，消毒前稀释至使用浓度。另一种剂型为二元包装型：将加有催化剂硫酸的冰醋酸装于一瓶，将过氧化氢装于另一瓶，两瓶配套出售。临用前，将两瓶液体混匀，静置2h以上，即可产生预定浓度的过氧乙酸。



安全使用注意事项

确保使用浓度。因过氧乙酸溶液不稳定，应贮存于通风阴凉处，或随时使用随时配制，用前先测定有效含量；用蒸馏水或去离子水配制稀释液，稀释常温下保存不宜超过两天。

不可用于地面消毒。过氧乙酸对大理石和水磨石等材料地面有明显损坏作用，切忌用其水溶液擦拭地面。

过氧乙酸对金属有腐蚀性，配制消毒液的容器最好用塑料制品，配制过氧乙酸时忌与碱或有机物混合，以免产生剧烈分解，甚至发生爆炸。金属器材与天然

纺织品经浸泡消毒后，应尽快用清水将药物冲洗干净。

高浓度药液具有强腐蚀性、刺激性，使用时谨防溅到眼内，皮肤上。如不慎溅到应立即用水冲洗。

在这里需要提到的是，空气消毒在呼吸道传染病控制中效果有限，在确诊病例或疑似病例转走后的终末消毒时有意义，建议由专业的卫生人员在无人状态下使用过氧乙酸或者过氧化氢处置或移动式紫外线消毒处理。空气消毒不能阻挡病人随时排出的病毒飞沫传给近距离接触的易感人群，所以个人防护也很重要。

4. 双胍类和季铵盐类消毒剂

双胍类和季铵盐类消毒剂都属于阳离子表面活性剂，这类化合物可以改变细菌细胞膜的通透性，使菌体胞浆物质外渗，阻碍其代谢而起到杀灭作用。双胍类是一类低效消毒药物，对细菌的繁殖体杀菌作用强大，但不能杀灭细菌的芽孢、分枝杆菌和病毒。用于皮肤和黏膜消毒，也可用于物体表面消毒。常用的有氯己定（洗必泰）、皮可洗定。

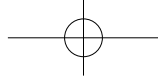


双胍类和季铵盐类消毒剂常与其他消毒剂复配以提高其杀菌效果和杀菌速度，将其溶于乙醇中增强杀菌效果，用于医院里非关键物品与手部皮肤的消毒。如氯己定-醇消毒药物是一种常用的皮肤、黏膜消毒药物，因具有杀菌范围广、合成简单、毒性小、成本低、性能稳定、加热不易分解、使用方便等特点，现得到广泛的应用。

5. 含碘消毒剂

含碘消毒剂包括碘酊和聚伏酮碘等。碘酊工艺简单，易于制作，是早期主要的消毒剂，但由于其刺激性与腐蚀性，已逐渐被稳定性好、刺激性小的碘伏替代。碘伏是碘与表面活性剂的不稳定络合物，当其与细胞、细菌接触时可以释放游离的碘元素，游离的碘能迅速穿透细胞壁，依靠元素碘的沉淀作用和卤化作用，与蛋白质氨基酸上的羟基、氨基、烃基结合导致蛋白质变性沉淀，发生卤化，从而失去生物活性。





【科普园地】SCIENCE PARK

碘酊的常用浓度为 2%，聚伏酮碘的使用浓度为 0.3%~0.5%，它们可卤化病原体蛋白并导致其死亡。含碘消毒剂可杀灭细菌的繁殖体、真菌和部分病毒，多用于皮肤与黏膜的消毒，医院常用于手部皮肤的消毒，但是与含醇的消毒剂一样，它无法杀死病菌或者细菌芽孢。

6. 醛类消毒剂

醛类消毒剂主要包括甲醛和戊二醛等。此类消毒剂为一种活泼的烷化剂，可作用于病原体蛋白质中的氨基、羧基、羟基和巯基，从而破坏蛋白质分子并导致其死亡。

甲醛和戊二醛可杀灭各种病原体，由于它们对人体皮肤与黏膜有刺激、固化作用并可使人致敏，所以不可用于空气、食具的消毒。制药企业常采用甲醛熏蒸法来进行洁净区的环境消毒。因其对人体有致癌作用，易造成皮肤上皮细胞死亡而导致麻痹死亡，近年来，有些企业已采用过氧化氢蒸汽（VHP）消毒法来代替甲醛



熏蒸法。

7. 酚类消毒剂

酚类消毒剂已有 100 年的历史，曾经是医院主要消毒剂之一，为预防和控制疾病的传播起过重要作用。酚类化合物是芳烃的含羟基衍生物，在高浓度下，酚类可裂解并穿透细胞壁，使菌体蛋白凝集沉淀，快速杀灭细胞；在低浓度下，可使细菌的酶系统失去活性，导致细胞死亡。



酚类消毒剂是酸类化合物，呈弱酸性，一般都具有特殊的芳香气味，在环境中易被氧化，因此在使用过程中应注意避免与碱性物质接触。其代表产品有苯酚、煤酚皂溶液、六氯酚、对氯间二甲苯酚等。常用的煤酚皂又名来苏尔，其主要成分为甲基苯酚。卤化苯酚可增强苯酚的杀菌作用，例如三氯羟基二苯醚作为防腐剂已广泛用于临床消毒、防腐。

8. 环氧乙烷

环氧乙烷又名氧化乙烯，属于高效消毒剂，对金属不腐蚀，无残留气味，可杀灭细菌（及其内孢子）、霉菌及真菌。它的穿



透力强，常将其用于皮革、塑料、医疗器械、医疗用品包装后进行消毒或灭菌，而且对大多数物品无损害。如用于精密仪器、贵重物品的消毒，尤其因为对纸张色彩无影响，常被用于书籍、文字档案材料的消毒。

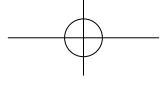
环氧乙烷具有毒性、致癌性、刺激性和致敏性，属于易燃易爆化学品，因此并不常见于日常生活消毒。一旦意外与人体接触需立即处理。

皮肤接触：应立即脱去污染的衣着，用大量流动清水冲洗至少 15min，就医。

眼睛接触：立即提起眼睑，用大量流动清水或生理盐水彻底冲洗至少 15min，就医。

吸入：迅速脱离现场至空气新鲜处。保持呼吸道通畅。如呼吸困难，给输氧。如呼吸停止，立即进行人工呼吸。呼吸心跳停止时，立即进行人工呼吸和胸外心脏按压术。○

来源：中国化学品安全协会



疫情终究会过去，如何接纳内心的不安全感？

抗击新冠肺炎疫情进入最吃劲的关键阶段，城市的防控正在升级。为了确保社会经济的稳定发展，在疫情不严重的地区人们正在陆续复工上班。这条路并不平坦，疫情的威胁可能更多表现在心理层面。怎样排解复工过程中的担忧和恐惧，调试好自己的心理状态，成为广大上班族的必须。

我们需要习惯与病毒或各种细菌等生物共存的生活，它们无处不在。这实际上已经成为生活的常态。就像有人说过的那样，我们深爱的地球其实就是一颗病毒星球。医学的高度发展容易让人产生一种错觉，好像传染病已

经离我们很远，但其实传染病一直在我们中间寻求机会，因为病毒始终都在。

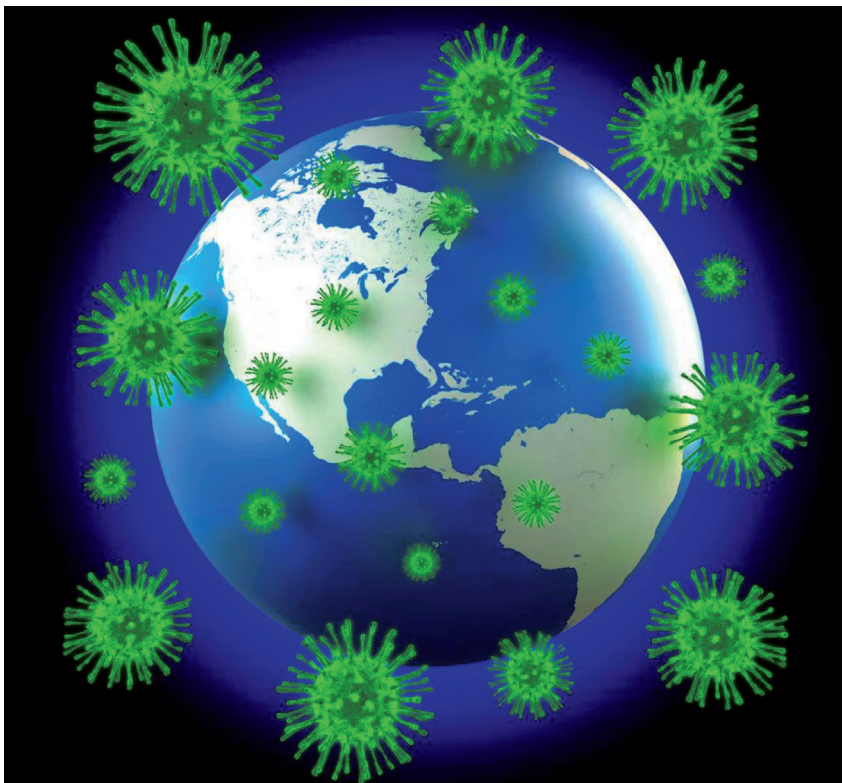
绝大多数情况下它们与人类和平共处，但是不时也会兴风作浪。最近一期《中国热带医学》的回顾性文章显示，2014—2018

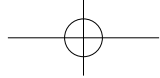
年期间仅发生在广州市学校里的传染病突发公共事件就为 198 起，占全市突发公共卫生事件的一半。算下来，平均每年将近四十起。

也要认识到，这种不安全的情形，也是一种常态。人类生来就与这种不安全的情形相伴，这里不仅仅是病毒和疫病的威胁。交通事故、战争、自然灾害和各种疾病，几乎在我们这颗星球上无时不在，其实就是我们的日常。

回望 2003 年公众感受中最威胁安全感的事件，非典大概率会是很多人的重要备选。来势汹汹的非典给许多人留下了惨痛的回忆，以至于成为千千万万人的共同创伤。但是，也要看到，如果仅以生命损失数量来衡量，其实非典的影响并不突出。比如，在同一年，交通事故仅在我国就夺走了 10.4 万人的生命，是非典的一百多倍。

这些意外或灾害事件，有些能引起大众的关注，比如 NBA 巨





【科普园地】SCIENCE PARK

星科比的逝世；有些离个人更近一些，比如某个熟人罹患的疾病或者朋友圈里常能见到的疾病筹款信息。重点在于，风险一直都在。它们不仅仅属于这个时代，也不仅仅属于新冠肺炎。不是吗？

人们对上班感染疫病的过分担忧，实际上很有可能是内心缺乏安全感的投射。此时此刻，内在的不安终于找到了一个实实在在的理由。因此，应对的第一步，就是**认清不安全感是一个正常体验，不必过分去放大**。如果过分关注内心不安的部分，就会把这种不安全感放大。

如果按照专家的指导，做好充分的防护，还是觉得上班的路上充满风险，并为此内心充满恐惧。不妨静下心来问问自己，此前有没有类似的恐惧感，那段时间经历了什么。非常可能，内心深处很可能也有过类似的不安全感，甚至比现在更甚。

不必刻意地去寻求安全感。正如不少婚姻的问题就与“Ta 不

能给我安全感”有关。无论当时多么的信誓旦旦，山盟海誓，实际上谁也没法直接给谁更多的确定性和安全感。如果站在原地消极等待，就约等于放弃了自己的成长和人格的进一步完善。和谐的婚姻中，彼此都是支撑。一个人如果总是需要另一个人去“撑”，那么这样的关系中彼此都不会感到满足。面对疫病，其实也是如此。**一些刻意追求安全感的行为，往往会给自己和周围的人带来困扰**。安全感本身却是很内在的，更多地依赖于个人的阅历积攒。安全感本来就是不断成长过程中自己给予自己的礼物，发现自己内在的力量是应对不安全感的最重要的元素。

心理学上认为，**人的一生都在成长，总有特定阶段的任务与之相伴。疫情终究会过去，但是接纳我们内心的不安全感，可能是我们终身都会面临的任务。没有一段经历是没有价值的，经过防控新冠肺炎疫情的洗礼，希望**

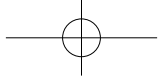
每个人最终都会获得内在的成长。

这样过程中，还要善于发现积极元素。其实，**潜在的风险应对从生活中折射出来，可能也就成了爱的样子**。比如，在孩子刚刚学会走路，每次经过红绿灯的时候，父母会指着红绿灯，让孩子跟自己念“红灯停、绿灯行”；孩子大一些的时候，父母会给他们更多的自由。可以沿着人行道小跑，但是以马路口为限，到那里必须停下来等待；再后来，虽然可能不牵手，但过马路的时候，父母和孩子都还是会跟得比较近，彼此呼应心安。这个过程，就是应对风险的过程，也满满包含着爱的勇气和力量。逆行的医护人员和志愿者给了我们那么多感动，原因就在于此。

在这个并不是绝对安全，不完美的世界中，谨慎可以有，但不必反应过度，应对新冠肺炎疫情，同样如此。○

来源：科学大院





中国自动化学会致函多个国际学术组织， 互通疫情防控情况

当前，全国新型冠状病毒肺炎疫情的防控工作正处于关键时期，全国上下众志成城。中国自动化学会积极响应中国科协的号召，向国际自动控制联合会与亚洲控制协会致函问候，并通报了目前我国疫情防控情况。

学会在致函中指出，自疫情爆发以来，习近平总书记针对疫情防控阻击战进行全局考量，亲自指挥、亲自部署，为疫情防控工作指明方向；在中国政府的坚强领导下，各党政军群机关和企事业单位等紧急行动、全力奋战，广大医务人员无私奉献、英勇奋战，广大人民群众众志成城、团结奋战，打响了疫情防控的总体战，全国形成了全面动员、全面部署、全面加强疫情防控工作的局面，并取得了显著成效。

此外，在中国科协的积极组织下，中国自动化学会及时响应，号召相关二级学会及会员单位，全力投入科研攻关、会员服务和科学传播等疫情防治相关工作，切实充分发挥科技在辅助疫情研判、创新诊疗模式、提升服务效率等方面的支撑作用。理事长郑



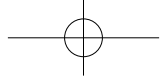
南宁院士率队于1月28日开始积极远程组织和指导课题组，开展“应用人工智能分析和预测疫情的发展和传播规律”和“疫情防控恶劣环境下无人移动平台的关键技术及实现”相关的研究工作；二级学会及会员单位为抗击疫情捐款捐物，提供自动化、人工智能相关技术支撑及保障服务。

同时，加强学会会员精准服务力度，主要包括：心系疫区会员单位，捐赠防疫口罩，为抗击疫情尽绵薄之力；官方微信公众号开辟疫情服务专栏，以双语形式第一时间通报疫情发展、加强防范意识；搭建在线服务平台，开放往期会议报告视频资源；整

合期刊开放资源，通过学会微信公众号公开发布，供广大会员疫情期间科研、交流；举办线上直播活动；整合相关单位招聘需求及毕业生就业需求等。

截至目前，学会陆续收到IEEE RFID协会主席、IEEE ITSS协会主席等来函，代表国际组织对中国政府和科协所做的努力给予了高度赞赏，对学会积极响应疫情防控所作的工作给予了认可与肯定，并在表达战胜疫情的坚定信心的同时，向学会广大科技工作者和会员表达了诚挚的问候。○

中国自动化学会 国际部
2020年2月28日



抗击疫情，CAA 人工智能技术与工业应用专委会在行动

抗击新冠病毒疫情是一场需要全民参与的战斗，CAA 人工智能技术与工业应用专委会发挥人工智能技术赋能效用，参与到疫情防控物资保障等工作，为疫情防控提供有效支撑。

当前，新型冠状病毒感染肺炎疫情防控进入关键时刻。习近平总书记多次作出重要批示，2月14日主持召开中央全面深化改革委员会第十二次会议时特别指出，“鼓励运用大数据、人工智能、云计算等数字技术，在疫情监测分析、病毒溯源、防控救治、资源调配等方面更好发挥支撑作用。”人工智能技术与工业应用专委会发挥人工智能技术赋

能效用，参与到疫情防控物资保障等工作，为疫情防控提供有效支撑。

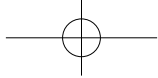
在疫情防控工作中，通过健康体征检测来筛查疑似病例和高危人群是疫情防控的重要手段。人工智能工业与应用专业委员会秘书处组织委员单位，针对目前广泛存在的健康体征检测系统和设备标准不统一、智能化水平低导致结果不准确等问题，深入分析基于 AI、大数据、非接触式超宽带无线技术、非接触式红外体动及脉搏波监测等信息技术的多参数多模态新一代健康体征检测及数据采集方案的局限性，以及现行标准中对数据智能化分析处

理和决策等重要内容的缺失问题，提出相应意见建议报政府主管部门，以更好地应对重大公共卫生事件的需求。

同时，大规模通用场景下生命体征监测系统和设备由于存在标准不统一、自动化和智能化水平低导致结果不准确、相关产品标准的滞后或缺乏等原因，在抗击疫情的工作中暴露出来了疑似对象筛查结果不准确、手段单一导致误检和漏检等问题，潜藏传播隐患。人工智能工业与应用专业委员会秘书处组织委员单位，从人员密集场所体温等健康指征测量与后台 AI 数据处理技术、健康指征监测系统标准体系等角度，深入分析现有基于“测量数据自动获取+AI 智能分析”的解决方案的局限性，以及现行测量设备中数据智能化处理等重要内容的缺失问题，提出相应的意见建议报政府主管部门，以更好地实现个体实时追踪，提升公共卫生应急响应能力。○

人工智能技术与工业应用专委会
供稿





疫病无情人有情

——抗击疫情，厦门市自动化学会在行动

2020 开年，新冠病毒袭来。我们不是医护人员，无法奋战在抗疫一线；我们不是解放军，无法星夜驰援；我们不是病毒、医药专家，无法研发疫苗和药物；我们也没有基建经验，无法援建雷神山、火神山……但被保护着的我们也纷纷以自己的方式，竭尽所能，向病毒宣战。来看厦门市自动化学会的抗疫行动！

每天关注疫情动态成为习惯，被各种事迹感动的热泪盈眶，微信收藏夹似乎要满仓。可我内心还是感觉荒凉，奈何自己帮不上忙。心想作为一个普通民众，一名党员，除了在家不出门，还能做些什么？这不，还没等我付诸行动，我厦门市自动化学会的同仁已经护航。远在美国访学的刘云龙理事通过各种渠道采购了 80 个 3M 的 N95 口罩捐赠给厦门大学航空航天学院。美国也有流感肆虐，你在那边也不一定就很安全，却还心系同仁，惦记疫情，这就是一颗拳拳赤子之心！

厦门市自动化学会会员大多是教育工作者，虽没有医生和护士可以奔赴抗疫前线，但这阻挡不了大家贡献力量的殷切之心。这不，党支部一声号召，大



家立刻在各自社区进行党员双报道，志愿协助社区开展防疫工作，坚持站好入门检测这班岗！学会荣誉理事彭侠夫教授、理事余臻、洪文兴、李铁军、杨帆、仲训昱、邵桂芳等积极请战，“我接受任何志愿工作，有安排请随时通知我！”不负“我志愿加入共产党，…积极工作，…随时准备为党和人民牺牲一切，永不叛党”的铮铮誓言！抱歉，我要给你一“枪”，还要问你从哪里来，到哪里去，让你毫无秘密，这就是学会党员在社区的行动！

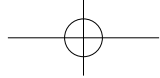
学会会员大多为高等教育者，疫情发生后，平时比较矜持严肃的老师们，在网上展开了暖情攻势：“同学们，好久不见，甚是想念，你在家乡是否安全？”临近开

学，每位老师也做好了当主播的准备，十八般武艺（雨课堂、腾讯课堂、钉钉、微信、QQ）现学现卖，还得到了同学的好评。你看，学会刘敬东理事长为了站好第一班网络教学岗，技术服务、助教 8 人大团队齐上阵。为避免网络拥堵影响学生上课，提前分解课件，对着空气讲解录制视频，从一开始的不适应，到后面的侃侃而谈，每位老师都做到了对着屏幕激情昂扬的授课！

学会常务理事郑伟峰博士作为计量检测人，为支持厦门市体温计检测任务，在家人生病住院的情况下，义无反顾在大年初四就早早走上工作岗位，并配合市场监管局计量处下基层。只因前路有光，背后有爱，便无所畏惧！

我们不为别的，只为安心，祖国是每一个人的，你们奋战前线，我们后方支援。只因我们懂得独木难成林，滴水汇成河，众人拾柴火焰高。无论道路多么艰难险阻，我们亿万炎黄子孙共同驻守，武汉加油，中国加油，期待樱花烂漫时节我们再牵手。○

厦门市自动化学会 供稿



CAA 人工智能与机器人教育专业委员会致人工智能教育科研工作者和企业家倡议书

尊敬的人工智能教育科研工作者和企业家：

新春快乐！

当前，全国上下正万众一心、众志成城，团结奋战抗击新型冠状病毒感染的肺炎疫情。为坚决贯彻习近平总书记研究加强新型冠状病毒感染的肺炎疫情防控工作的重要指示精神和中央政治局常委会议精神，全面落实教育部发布的《关于2020年春季学期延期开学的通知》，阻断疫情向校园蔓延，确保师生员工生命安全和身心健康，以信息技术与教育教学深度融合的教与学改革创新，尽量降低疫情对全体师生课程教学的影响，我们做出如下倡议：

切实增强“四个意识”，团结一心、抗击疫情。坚定“四个自信”，做到“两个维护”，坚定学

习贯彻习近平总书记重要指示精神的自觉、政治自觉、行动自觉，认清肩负的责任使命。在疫情面前，我们要做到不造谣、不信谣、不传谣。

贯彻实施教育部“停课不停学”的精神和离校不离教的现实需求，从事人工智能和机器人教育的专家和企业应运用新一代人工智能技术，丰富网络课程资源，完善在线学习平台，指导学生克服困难，因地制宜开展学习和科研活动，为教育教学，生产和工作提供无人化服务的技术支持和机器人系统。

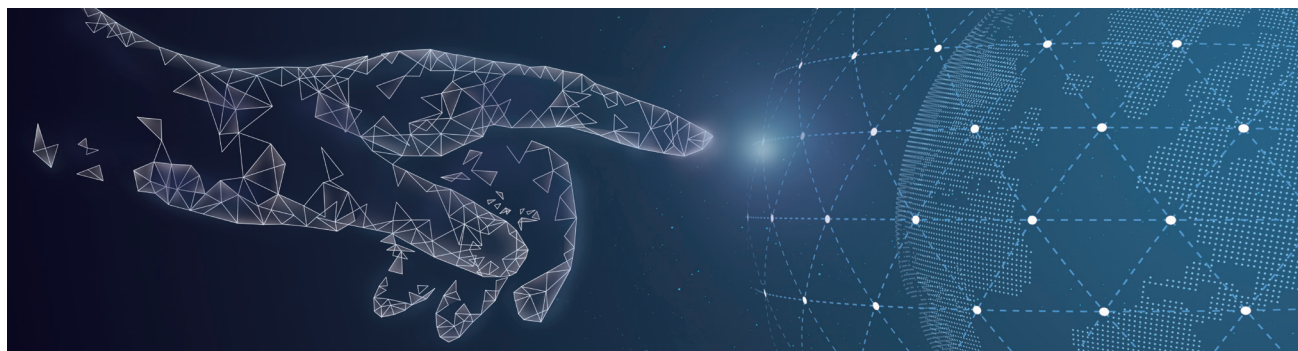
关注疫情期间学生的身心健康，开展疫情防护知识、心理健康辅导、寓教于乐的在线学习，配合大中小学和幼儿园做好疫情防控工作，加强在线课程平台教

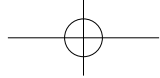
学解决方案的支持服务。帮助广大教师和学生适应新型教育教学环境、掌握在线教学/远程实验技能、提高在线教学效果。

值此特殊时期，特建立“[人机教育工作组](#)”[微信群公共服务平台](#)，征集来自全国各地的大中小学在线课程平台、校内网络学习空间、人工智能精品课程，欢迎广大从事在线教育、机器人教育的企业踊跃加入，进一步整合公共课程服务平台和教育教学资源，贡献自己的力量。

让我们众志成城、共克时艰，齐心协力、听从指挥，为打赢疫情防控阻击战贡献自己的力量！

CAA 人工智能与机器人教育专委会
2020年2月5日





中国科协再次倡议：让科学家精神光耀时代 让科技创造新的价值

新冠肺炎疫情发生以来，科技界坚决贯彻落实习近平总书记重要指示精神，在党中央、国务院坚强领导下，紧急行动、全力奋战、众志成城，为打赢疫情防控阻击战提供了强有力的科技支撑。为夺取疫情防控和实现经济社会发展目标的双胜利，中国科协向全国学会（协会、研究会）、各级科协组织和广大科技工作者再次倡议：

一、砥砺学风，勇担重任。斩断疫情，科技铸剑。振兴经济，科技当先。广大科技工作者要坚守“心有大我、至诚报国”的光荣传统，坚定信心，实事求是，尽出所学，各展所长，汇聚成共度危机、共谋发展的科技志愿服务大军，让知识服务社会，让科技支撑发展，让科学家精神光耀时代。

二、问题导向，需求牵引。聚焦企业复产的关键领域，精准

把握产业发展的痛点堵点，破解发展瓶颈，攻克“卡脖子”问题，在协同攻关中提升自主创新能力。以数字化网络化智能化重构生产、经营、管理流程和模式，提升产品服务能力，在解决实际难题中彰显科技力量，在推动高质量发展中成就科技价值。

三、产学研融合，创新发展。协同解决重点领域、重点产业的关键短板问题，推动企业转型升级、提质增效。引导龙头企业以技术优势辐射中小企业，形成规模效应，推动形成产业集群和产学研跨界机制，帮助中小企业渡过难关。激发创新创业创造生机与活力，释放产业转型发展新动能。

四、平台支撑，精准施策。充分发挥科技智库作用，为产业发展、生态优化和治理现代化提供有效政策建议。搭建跨学科供需对接平台，实施精准服务，推

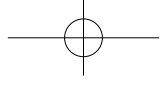
动企业高质量发展。有效开展“百城千会万企”助力行动，组建“科技服务团”，为企业成长和区域经济振兴提供解决方案。

五、开放团结，合作共赢。科学无歧视，发展无止境。增强跨越国界的相互理解、相互信任和相互支持，深化国际间科技合作，秉持开放共享，凝聚发展共识，尊重知识产权，助力企业融入全球创新网络。

战“疫”必将胜利，发展时不我待。国家和人民的需要就是科技界的集结号。希望广大科技工作者大力弘扬爱国、创新、求实、奉献、协同、育人的科学家精神，躬行社会责任，把论文写在祖国大地上，让科技在经济社会发展中创造新的价值。○

中国科学技术协会
2020年2月23日





用一流的业绩报效祖国和人民

——致全国女科技工作者的一封信

全国女科技工作者：

在“国际劳动妇女节”来临之际，中国科协常委会女科技工作者专门委员会谨向奋斗在各条战线上的广大女科技工作者，特别是战斗在抗击新冠肺炎一线的女科技工作者，致以节日的诚挚问候和美好祝福。

习近平总书记3月2日在北京考察新冠肺炎防控科研攻关工作时高度强调了科技支撑的重要性，充分肯定了科技工作者拼搏奉献的优良作风和严谨求实的专业精神，为科研攻关指明了方向，提振了科技工作者的士气和信心。希望每位女科技工作者深刻领会习近平总书记重要讲话精神，积极响应党中央号召，勇做排头兵。

1. 胸怀家国，心系人民

在抗击新冠肺炎疫情防控阻击战中，李兰娟、陈薇、乔杰等女科学家和一批女医护工作者逆风而行，在国家和人民最需要的时候，舍身奋斗在最危险、最艰

难的第一线，是“国有召、召必应”的最佳诠释。广大女科技工作者要以她们为榜样，牢记“创新科技、服务国家、造福人民”的初心，把爱国奉献的热情转化为创新创造的不竭动力，把人生理想融入到实现中华民族伟大复兴中国梦的不懈奋斗中。

2. 勇于创新，攻坚克难

广大女科技工作者要以女性特有的孜孜以求、严谨细腻、坚韧不拔的品格，急国家当务之急，把工作的“主战场”前移到疫病救治、科研攻关、生产研发一线和田间地头，勇于开拓创新，敢于啃硬骨头，努力在平凡的岗位做出不平凡的业绩，书写不平凡的人生。

3. 团结合作，协同攻关

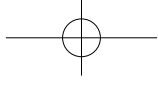
广大女科技工作者要发挥善于协调、长于合作的性别优势，围绕疫苗研发、公共卫生、应急管理等方面的突出问题，以及信

息、交通、材料、能源等重点领域关键核心技术、“卡脖子”问题，积极参与集中攻关，掌握更多具有自主知识产权的核心科技，研发更多硬核产品，在解决关乎国家“燃眉之急”和“心腹之患”的重大问题中实现个人价值、成就人生梦想。

希望广大女科技工作者大力弘扬“爱国、创新、求实、奉献、协同、育人”的科学家精神，只争朝夕、不负韶华，把论文写在祖国大地上，真正让有影响、用得上的科技创新成果造福人民，为打赢疫情防控的人民战争、总体战、阻击战，决胜全面建成小康社会、决战脱贫攻坚提供强有力的科技支撑，创造无愧于祖国和人民的一流业绩。

衷心祝福每位女科技工作者节日快乐、健康平安！

中国科协常委会女科技工作者
专门委员会
2020年3月8日



2020 年中国科协学会学术工作要点

2020 年,中国科协学会学术工作坚持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二中、三、四中全会精神,紧扣决胜全面小康、决战脱贫攻坚,围绕“合作发展”年度主题,以加强学术引领广泛凝聚人心,以深化学会治理增强服务效能,以促进科技经济融合推动高质量发展,加快世界一流学会建设、世界一流期刊建设,为全面打赢新冠肺炎疫情防控人民战争、总体战、阻击战,实现全年经济社会发展目标任务,推进科技创新治理体系和治理能力现代化,加快建设创新型国家做出新的贡献。

一、积极推进学会治理能力现代化

加强党对学会工作的全面领导,把学会治理摆在更加突出的位置,探索学会治理现代化的标准与路径,打造具有中国特色的世界一流科技社团。

1. 强化全国学会的政治引领作用。推动把“习近平新时代中

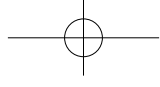
国特色社会主义思想”“党的建设”和“社会主义核心价值观”等内容载入学会章程,提高政治站位,强化政治引领。完善学会党建工作领导体制和工作机制,明确全国学会理事会党委职责,实现党的领导和学会治理有机统一,引领学会健康发展。充分发挥科技社团科学家精神传承与弘扬的独特优势,组织开展“百年学会百名大家”科学家精神宣讲活动。稳步推进青年人才托举工作,推动学会建立青年工作专委会,搭建青年科学家交流平台,提升对青年科技工作者的影响力、吸引力和凝聚力。

2. 制订全面加强全国学会治理改革的意见。围绕增强会员服务能力、创新发展能力、支撑社会治理能力、服务高质量发展能力,确立新时代学会创新发展的目标任务,引领学会向着世界一流科技社团迈进。加强学会治理政策体系研究,明确学会改革发展所需的根本制度、基本制度和重要制度,为学会深化改革提供理论支撑。加强对全国学会的分

类指导,探索建立适合中国科协组织特色的学会发展模式。

3. 深化学会治理结构与治理方式改革。发布世界一流科技社团排行榜,为中国特色的世界一流学会建设提供参考。制订科技类社团章程示范文本,从党的建设以及决策、监督、执行等方面进行规范,出台全国学会监事会工作指导意见。逐步推进秘书长专职化。有序推进列入行业协会商会脱钩的全国学会治理改革。加快全国学会国际化改革,扩大外籍会员吸纳,提升全国学会参与全球科技治理的能力和水平。

4. 持续打造科技为民服务的学会品牌。联合国家标准委共同支持学会开展团体标准化工作,推动团体标准研制、认证、推广、出版等工作的国际化,服务中国方案、中国技术和中国人才“走出去”。遴选 10 家左右学会开展科技奖励国际化提升行动,吸引国际顶尖科技成果和科技人才参与奖励提名和推荐,持续扩大会奖项的国际知名度和影响力。完善学会联合体运行管理机制,



【形势通报】VOICE

促进面向大学科领域或全产业链的学会集群发展,鼓励学会联合体在生命科学、信息科技、智能制造、生态环境等领域持续发布科技进展。

5. 提升学会数字化建设能力。完善学会学术信息化服务体系,构建智能便捷、全面高效的一站式学术资源与社交服务平台。打造服务企业创新发展、促进产学研用深度融合的协同创新平台,形成共建、共享的线上科技创新生态圈。持续优化全国学会组织管理信息平台。启用全国学会干部培训平台,开发学会干部职业化课程,全面提升学会干部专业化职业化水平。

二、大力加强世界一流科技期刊建设

贯彻落实《关于深化改革培育世界一流科技期刊的意见》,以“中国科技期刊卓越行动计划”为统领,全力打造领军期刊,精心培育优秀梯队,全面提升我国科技期刊的国际影响力和话语权。

6. 集中力量打造领军期刊。组织领军期刊召开开题汇报会,一刊一策制定发展规划,明确年度重点建设任务。定期评估期刊发展状况,为改进办刊策略提供参考。支持期刊举办重要国际学术会议、展会论坛,建立海外分支机构,增强组稿约稿能力。建立全媒体传播网络,对领军期刊

及其代表性成果进行重点宣传推广,扩大国际影响。

7. 试点推进中外期刊同质等效。遴选15家全国学会试点发布高质量期刊分级目录,对试点成果进行应用推广。联合教育部、科技部等部门,选取若干高校、科研机构试点推进中外期刊同质等效,对国内优秀期刊特别是中文期刊给予充分认可。遴选推介国内科技期刊发表的优秀论文,引导高水平成果在本土期刊集聚。围绕期刊建设、评价改革等重要问题开展跨部门联合调研和政策研究。

8. 大力提升办刊规范化水平。精心培育卓越计划期刊方阵,塑造品质优良的刊群形象,发挥示范引领作用。完善主管期刊三审三校、社会效益考核等管理制度,全面落实意识形态工作责任制,强化学会期刊建设。办好第三届世界科技期刊论坛、第十六届中国科技期刊发展论坛,继续出版《中国科技期刊发展蓝皮书(2020)》。开展期刊编辑海外研修和同行评议专题培训,打造专业化、高水平办刊队伍。与国际重要期刊数据库建立选刊推荐机制,协同国际出版界加强科研诚信联防联控。

9. 着力增强数字出版服务能力。对接国际标准,同步推进数字生产运营传播平台建设,引导国内期刊免费试用,不断优化用

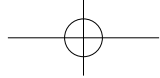
户体验。积极推进集群化改革,提升刊群规模质量,完善数字资源体系,推进自有平台建设。开发科学出版数据汇交仓储和应用服务平台,加强科学数据资源的规范管理和共享使用。

三、强化跨界交流合作

以提升学术引领能力为主线,聚焦跨界交叉融合,服务国家战略决策,促进全球科技创新合作共赢,服务人类命运共同体建设。

10. 迭代重构科学技术前瞻研判体系。瞄准世界科技前沿和共同关切,打造重大科学问题难题研判、科学技术服务可持续发展研判和学科发展研判三大品牌,形成高质量建议与可持续有效机制,全面提升学术引领能力。着眼未来科技发展趋势,前瞻布局前沿科技领域与方向,探索联合国际组织共同发布20个重大科学问题与工程技术难题。关注全球可持续发展重点领域,发布年度人类社会发展十大问题。充分发挥学术共同体独特作用,创新全国学会学科发展研究发布机制。

11. 全面提升科技会议品牌国际影响力。凝聚全球共识,策源创新思想,深化开放合作,继续办好世界科技与发展论坛,以科技创新推动可持续发展。助力黄河流域生态保护和高质量发展战略,服务海洋强国建设,与山东省共同办好第二十二届中国科



协年会。推动全国学会、学会联合体打造一批国际高端会议品牌,联合地方政府打造一批综合性学术活动品牌,支持地方科协举办一批服务地方经济发展的“政产学研用”学术论坛。搭建青年科技工作者与学术前辈交流对话平台。发布重要学术会议指南。

12. 推动协同攻关关键核心技术。组织全国学会、高校、科研院所和产业界高层次专家,围绕疫苗研发、公共卫生、应急管理等方面的突出问题,以及信息、交通、材料、能源等重点领域关键核心技术、“卡脖子”问题开展跨界调研和研讨,形成具有战略性、前瞻性的对策建议。引导学会联合体瞄准国家重大紧迫需求汇聚学术资源,组织集中攻关。打造有影响力的中国科技会堂论坛品牌。

四、促进科技经济深度融合

落实中央统筹推进疫情防控和经济社会发展重要部署,抓住产业链重构升级的难点与需求,加快推动经济发展产业化、数字化、智能化进程,为国家现代化经济体系建设提供科技支撑。

13. 服务重点区域创新发展和产业转型升级。突出京津冀协

同发展、长江经济带发展、“一带一路”建设、粤港澳大湾区建设、长三角一体化发展、黄河流域生态保护以及东北振兴和中西部地区脱贫攻坚绿色发展需求,着力开展创新驱动助力“百城千会万企”行动。发挥“一体两翼”组织优势,突出专业化、多领域、多学科融合组织赋能,建设10支左右重点产业科技服务团,链接全国学会资源,带动各级地方科协,开展多层次、多模式、重实效的科技志愿服务。加大科技资源向定点扶贫县基层下沉力度。

14. 完善科技与经济深度融合长效机制。研究创设技术服务交易基金,开展技术交易服务区域综合试点,在重点区域实施全链条专业化技术服务,实施国际技术贸易促进行动,聚焦信息产业、生物医药、智能制造等重点领域,促进创新资源共享平台(“绿平台”)和“问题库”“成果库”“专业人才库”一体化转型,积极推动绿平台分中心建设。建设科技经济融合国际化智库,筹建科技经济融合专业学会。

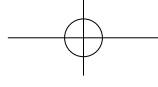
15. 强化对企业和企业科技工作者的引领覆盖。强化对省级科

协和副省级城市科协的指导,推动企业科协数量快速增长。创新联系服务机制,加快企业科协联合会、园区科协、中小企业科协建设,指导联系一批中央企业、冠军企业和活跃科技企业,鼓励支持各类新型协同创新组织建设。推广企业科协工作手册,提升基层组织负责人创新服务能力。联合有关部委和地方政府举办系列产学研科技融合论坛、中国创新方法大赛。

16. 打造创新创业创造群团特色服务。落实国务院部署,突出新时代特色,联合国家发展改革委等举办全国双创活动周,集中展示国家创新创业最新成果,打造中西部创新地标。举办面向国际的海外活动周,举办面向基层的“创响中国”巡回展示,发布科技创业数字地图等系列公共服务产品,持续打造有科协特色的创新创业创造服务品牌。支持50个以上科协组织参与核心项目遴选推介,承担重大活动任务,形成一批有广泛影响的服务模式、服务平台和服务资源,充分释放发展潜力和动能。○

来源:中国科协





加强“从0到1”基础研究工作方案

为贯彻落实党的十九大精神和《国务院关于全面加强基础科学研究的若干意见》(国发〔2018〕4号),切实解决我国基础研究缺少“从0到1”原创性成果的问题,充分发挥基础研究对科技创新的源头供给和引领作用,制定工作方案如下。

一、总体考虑

当前,新一轮科技革命和产业变革蓬勃兴起,国际竞争向基础研究竞争前移,科学探索不断向宏观拓展、向微观深入,交叉融合汇聚不断加速,一些基本科学问题孕育重大突破,可望催生新的重大科学思想和科学理论,产生颠覆性技术。加强“从0到1”的基础研究,开辟新领域、提出新理论、发展新方法,取得重大开创性的原始创新成果,是国际科技竞争的制高点。“从0到1”原创性突破,既需要长期厚重的知识积累与沉淀,也需要科学家瞬间的灵感爆发;既需要对基础研究进行长期稳定的支

持,也需要聚焦具有比较优势的领域,进一步突出重点,有所为、有所不为。

(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,面向世界科技前沿、面向国家战略需求、面向国民经济主战场,围绕重大科学问题和关键核心技术突破,以人为本、深化改革、优化环境、稳定支持、创新管理,强化基础研究的原创导向,激发科研人员创新活力,努力取得更多重大原创性成果,为建设世界科技强国提供强有力的支撑。

(二) 基本原则。

突出问题导向。围绕基础前沿领域和关键核心技术重大科学问题,坚持需求导向和前瞻引领。从国家战略需求出发,强化重点领域部署,鼓励跨领域、跨学科交叉研究,形成关键领域先发优势。

坚持以人为本。遵循人才成长规律,创新人才评价制度,深入实施人才优先发展战略,注重青年人才和创新团队的培育,激

发青年人才创新活力。不唯帽子、不唯名气、不唯团队大小。

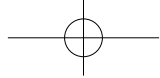
注重方法创新。适应大科学、大数据、互联网时代科学研究的新特点,注重科研平台、科研手段、方法工具和高端科学仪器的自主研发与创新,提高基础研究原始创新能力。

优化学术环境。遵循基础研究的规律与特点,推动基础研究分类评价,探索支持非共识项目的机制。鼓励自由探索,赋予科研人员更多学术自主权。弘扬科学精神,营造勇于创新、敢于啃硬骨头和学术民主、宽容失败的科研环境。

强化稳定支持。优化基础研究投入结构,依托国家重点实验室和国家科技计划等,对关系长远发展的基础前沿领域加大稳定支持力度,努力取得重大原创性成果和关键核心技术突破。

二、优化原始创新环境

(三) 建立有利于原始创新的评价制度。一是推行代表作评



价制度。对人和创新团队的评价，注重评价代表作的科学水平和学术贡献，让论文回归学术，避免唯论文、唯职称、唯学历、唯奖项倾向。二是建立国家重点实验室新的评价制度。坚持定期评估和分类考核制度。将完成国家任务情况和创新效能作为重要的评价标准，建立以创新质量和学术贡献为核心的评价制度。三是建立促进原创的基础研究项目评价制度。基础研究项目重点评价新发现、新原理、新方法、新规律的创新性和科学价值，注重评价代表性成果水平；应用基础研究项目重点评价解决经济社会发展 and 国家安全重大需求中关键科学问题的效能和应用价值。在高校、科研院所开展评价试点。

（四）支持高校、科研院所自主布局基础研究。高等学校与科研机构结合国际一流科研机构、世界一流大学和一流学科建设，遵循科研活动规律，自主布局基础研究，扩大高等学校与科研机构学科布局和科研选题自主权。鼓励科学家围绕重要方向开展长期研究，不追热点，把冷板凳坐热。鼓励和支持科学家敢于啃硬骨头，敢于挑战最前沿科学问题，在独创独有上下功夫，努力开辟新领域、提出新理论、设计新方法、发现新现象。推动科教融合，围绕重大科技任务加强科研育人。

（五）改革重大基础研究项目形成机制。根据改革完善科技计划项目形成机制的有关要求，完善国家重大基础研究项目形成机制，在指南编制方式、有效竞争、开放性、项目评审机制、评审专家队伍建设等方面完善基础研究项目形成方式和管理方式。充分重视科学研究过程的灵感瞬间性，对原创性课题开通项目申报、评审绿色通道，建立随时申报的机制。对于在重大原创性突破研究过程急需解决的关键问题实行滚动立项。国家重点研发计划对港澳机构开放，国家自然科学基金进一步研究向港澳特区科研人员开放基金项目申请的具体方案并逐步实施。

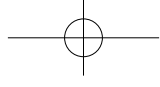
（六）深化国际合作与交流。深化政府间科技合作，建立国际创新合作平台，联合开展科学前沿问题研究。加大国家科技计划开放力度。鼓励国际科研合作交流，积极参与国际大科学计划和重大科学工程。

（七）加强学风建设。提倡学术自由和学术民主，坚持严谨、求实的良好作风，力戒浮躁张扬之风，树立诚信、严谨的正确导向，弘扬爱国奉献、诚实守信、淡泊名利的科学精神。加强科研活动全流程诚信管理，对违背科研诚信要求的行为责任人开展失信惩戒，加大对科研造假等学术不端的惩治力度。

三、强化国家科技计划原创导向

（八）强化国家自然科学基金的原创导向。稳定支持各学科领域均衡协调可持续发展，加强对数学、物理等重点基础学科的支持，稳定支持一批基础数学领域科研人员围绕数学学科前沿问题开展基础理论研究，夯实发展基础。坚持自由探索、突出原创，科学问题导向和需求牵引并重，引导科学家将科学研究活动中的个人兴趣与国家战略需求紧密结合，实现对科学前沿的引领和拓展，全面培育源头创新能力。坚持学科建设的主方向，推进跨学科研究，强化学科交叉融合，培育新的学科发展方向。稳定支持面上项目、青年科学基金项目 and 地区科学基金项目，鼓励在科学基金资助范围内自主选题。为原创项目开辟单独渠道，采取专家或项目主任署名推荐、不设时间窗口接收申请，探索实施非常规评审和决策模式，着重关注研究的原始创新性，弱化对项目前期工作基础、可行性等要求，优化完善非共识项目的实施机制。

（九）国家科技计划突出支持重要原创方向。坚持全球视野，把握世界科技前沿发展态势，在关系长远发展的基础前沿领域前瞻部署。在重大专项和重点研发计划中突出支持基础研究重点领域原创方向，持续支持量子科学、



【形势通报】VOICE

脑科学、纳米科学、干细胞、合成生物学、发育编程、全球变化及应对、蛋白质机器、大科学装置前沿研究等重点领域，针对重点领域、重大工程等国家重大战略需求中的关键数学问题，加强应用数学和交叉研究，加强引力波、极端制造、催化科学、物态调控、地球系统科学、人类疾病动物模型等领域部署，抢占前沿科学研究制高点。创新“变革性技术关键科学问题重点专项”的组织模式和机制，加强变革性技术关键科学问题研究，支持我国科学家取得原创突破、应用前景明确、有望产出具有变革性影响的技术原型，加大对经济社会发展产生重大影响的前瞻性、原创性的基础研究和前沿交叉研究的支持，推动颠覆性创新成果的产生。

（十）国家科技计划突出支持关键核心技术中的重大科学问题。面向国家重大需求，对关键核心技术中的重大科学问题给予长期支持。重点支持人工智能、网络协同制造、3D 打印和激光制造、重点基础材料、先进电子材料、结构与功能材料、制造技术与关键部件、云计算和大数据、高性能计算、宽带通信和新型网络、地球观测与导航、光电子器件及集成、生物育种、高端医疗器械、集成电路和微波器件、重大科学仪器设备等重大领域，推动关键核心技术突破。

四、加强基础研究人才培养

（十一）建立健全基础研究人才培养机制。要创新人才培养、引进、使用机制，真正选对人、用好人。加快培养一批在国际前沿领域具有较大影响力的领军人才，赋予领军人才技术路线决策权、项目经费调剂权、创新团队组建权。重视培养基础研究领域的青年人才，对青年人才开辟特殊支持渠道，重点支持淡泊名利、献身科学、潜心研究的优秀青年人才。推动教育创新，改革培养模式，把科学精神、创造能力的培养贯穿教育全过程。重视素质教育养成，加强基础研究人才创新能力的教育培养，培育一批具有基础研究创新能力的人才。支持高校、科研院所、企业多方引才引智，广聚天下英才。

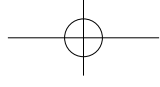
（十二）实施青年科学家长期项目。统筹利用现有渠道，聚焦重点研究方向，准备支持一批30—40岁具有高级职称或博士学位、有志于长期从事科学研究的优秀青年科学家，瞄准重大原创性基础前沿和关键核心技术的科学问题，在数学、物理、生命科学、空间科学、深海科学、纳米科学等基础前沿领域和农业、能源、材料、信息、生物、医药、制造与工程等应用基础领域开展基础研究。按方向选人，按人定项目。青年科学家人选由一线科

学家推荐。被推荐人根据确定的重点方向提出项目。项目负责人自主确定研究内容和技术路线。对项目进行全程跟踪、服务。承担单位对项目团队成员可实行年薪制等灵活分配方式。

（十三）在国家科技计划中支持青年科学家。抓住中青年时期这一实现原创性突破的峰值年龄，依托国家科技计划培养青年人才。在重点研发计划中加大对35岁以下青年科学家的支持。国家自然科学基金加强对“青年科学基金项目”“优秀青年科学基金项目”“杰出青年科学基金项目”等资助计划的支持，鼓励青年科学家自主选题，开展基础研究工作，构建分阶段、全谱系、资助强度与规模合理的人才资助体系，加大力度持续支持中青年科学家和创新团队。加大对博士后的支持力度，积极吸引国内外优秀博士毕业生在国内从事博士后研究。

五、创新科学研究方法手段

（十四）加强重大科技基础设施和高端通用科学仪器的设计研发。聚焦空间和天文、粒子物理和核物理、能源、生命、地球系统与环境、新材料、工程技术等世界科技前沿和国家战略急需领域，布局建设一批重大科技基础设施。依托重大科技基础设施开展科学前沿研究，解决经济社会发展重大科技问题。充分发挥设



施的集聚作用,吸引国内外创新资源,促进科技交叉融合,形成国际顶尖科研队伍。培育具有原创性学术思想的探索性科学仪器设备研制,聚焦高端通用和专业重大科学仪器设备研发、工程化和产业化研究,推动高端科学仪器设备产业快速发展。

(十五) 大力支持科研手段自主研发与创新。加大力度支持科研平台、科研手段、方法工具的创新,提升开展原创研究的能力,大力加强实验材料、数据资源、技术方法、工具软件等方面的创新。着力开展高端检测试剂、高纯试剂、高附加值专用试剂研发和科研用试剂研究,加强技术标准建设,完善科研用试剂质量体系。完善科技资源库(馆)的建设和运行管理机制,提升科技基础资源整理加工、保藏鉴定以及对科技创新和经济社会发展的支撑保障能力。鼓励研发国产高端设计分析工具软件,保证研发设计过程自主安全可控。在重大研发任务中加大对高端试剂、可控软件研发和基础方法创新的支持。

六、强化国家重点实验室原始创新

(十六) 发挥国家重点实验室的辐射带动作用。发挥国家重点实验室创新平台作用,作为国家重大科技任务的提出者和组织者,牵头组织全国相关领域的科技力

量,发挥集群优势,开展协同攻关,承担起行业领域的辐射带动作用。探索建立国家重点实验室作为独立责任主体申请和承担国家科技任务的机制。

(十七) 支持国家重点实验室长期积累。支持国家重点实验室围绕孕育重大原始创新、推动学科发展和解决国家战略重大科技问题,在特定优势领域长期持续开展科技创新,在重点学科领域和关键技术领域形成持续创新能力。强化国家重点实验室的独立性和自主权,鼓励国家重点实验室在重要领域开展前沿探索,提出新方向,发展新领域。加大对国家重点实验室稳定支持力度,聚焦前沿、长期积累、突出原创。

七、提升企业自主创新能力

(十八) 推动企业加强基础研究。鼓励企业面向长远发展和竞争力提升,前瞻部署基础研究。鼓励企业与高等院校、科研机构等基础研究机构合作,共建各类研究开发机构和联合实验室,加强企业实验室与高校、科研院所实验室紧密衔接和实质性合作,促进基础研究、应用基础研究与产业化对接融通,提高企业研发能力。重视企业内部创新环境建设,鼓励企业引进高层次人才,与高等院校和科研院所共同培养基础研究人才。发挥国家科技计划的导向作用,在重大专项、重

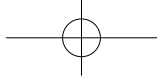
点研发计划论证和实施过程中,组织企业家、产业专家和科技专家共同凝练来自生产一线、关系经济社会发展的关键重大科学问题,支持企业承担国家科研项目。

(十九) 引导企业加大投入。切实落实企业研发费用按75%比例税前加计扣除等财税优惠政策。在具备条件的企业建设国家重点实验室,衔接基础研究和应用需求。做强国家自然科学基金企业创新发展联合基金,推动科研院所与高等院校围绕企业技术创新需求,解决企业发展中面临的重大科学问题和技术难题。

八、加强管理服务

(二十) 加强组织协调和统筹实施。组建基础研究战略咨询专家委员会,加强基础研究顶层设计和统筹协调,研判基础研究发展趋势、凝练基础研究重大需求,在推进重大工作部署中发挥战略咨询作用。建立部门间沟通协调机制,统筹各类科技计划支持基础研究的资助政策与管理机制。强化中央和地方协作联动。发挥知识产权制度激励作用,推动知识产权权属改革,加强知识产权运用和保护。

(二十一) 加大中央财政的稳定支持力度。中央财政加大对基础研究的稳定支持力度,建立健全稳定支持和竞争性支持相协调的投入机制。探索实施中央和地



【形势通报】VOICE

方共同出资、共同组织国家重大基础研究任务的新机制。

（二十二）加大地方政府和社会力量对基础研究的投入。鼓励和支持地方政府结合自身优势和特色，制定出台加强地方基础研究和应用基础研究的政策措施，加大对基础研究的支持力度。探索共建新型研发机构、联合资助、慈善捐赠等措施，激励企业和社

会力量加大基础研究投入。北京、上海、粤港澳科技创新中心和北京怀柔、上海张江、合肥、深圳综合性国家科学中心应加大基础研究投入力度，加强基础研究能力建设。

（二十三）改进管理部门工作作风。科技管理部门要提高站位、做好统筹，坚持“抓战略、抓规划、抓政策、抓服务”，进一步

推进政府职能转变和“放管服”改革。科研院所和高等院校的科研管理部门全面提升微观管理服务水平，在放权上求实效，在监管上求创新，在服务上求提升，努力营造有利于基础研究的科研生态。○

来源：科技部

