

【东沙湖论坛】

中国企业从“二次创新”到“原始创新”的 超越追赶之路

吴晓波 李思涵 *

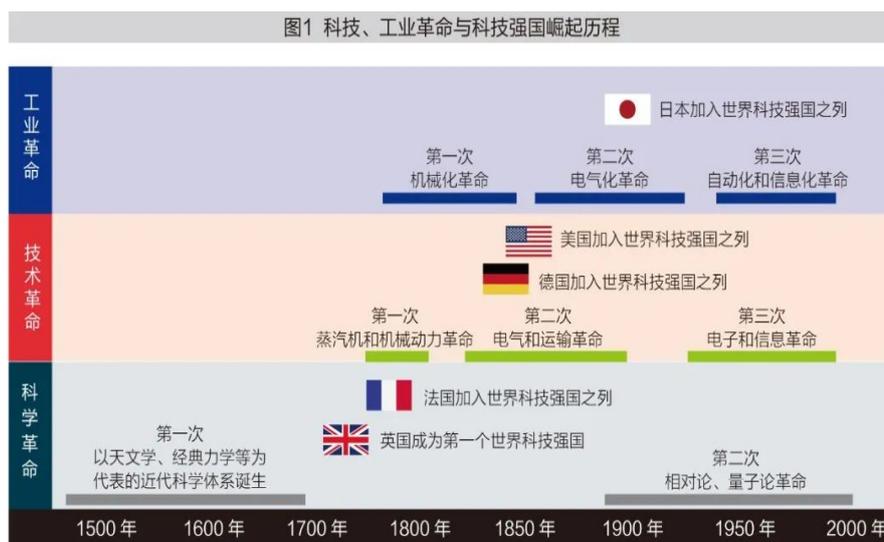
导语

在经济发展水平不同的国家里技术创新过程有各不相同的特征和演化规律。新中国成立七十年来，中国企业充分运用“二次创新”的路径一步步实现由“线性”学习向“非线性”应用，直至“非线性扩展”的过程，逐渐形成面向“无人区”的“原始创新”技术能力。在新的时代背景下，面对全球化制造与第四次产业革命所带来的技术范式转变机会窗口，中国企业已进入从引进利用为主向开放探索为主转进的“超越追赶”阶段，需要运用“超越追赶”的战略新思维发现并抓住新范式兴起的重大机

会，从只关注建立并维系平衡的传统战略思维切换到把握变革动态性和范式转变的非线性的创新战略新思维。

新中国成立七十年来，中国经济持续高速增长，书写了世界经济发展史上的奇迹。1949年，全球经济总量中国经济占比不足5%，在国民人均收入方面，中国是美国的5%；时隔七十年，中国已成为世界第二大经济体，其总量在世界经济中的占比约为16%且高达90万亿元之多。中国曾经历农耕文明时代的强大和工业文明时代的落后，终于再次抓住时代机遇，从“追赶”到“超越追赶”，成就了多个“世界第一”。

图1 科技、工业革命与科技强国崛起历程



图片来源：中国科学院《科技强国建设之路：中国与世界》

* 吴晓波，中国管理科学学会学术委员会副主任委员，浙江大学管理学院教授，浙江大学社会科学学部主任，浙江大学“创新管理与持续竞争力研究”国家哲学社会科学创新基地主任，清华大学技术创新研究中心学术委员会委员；李思涵，浙江大学管理学院博士研究生。

在从无到有，从有到强的奋斗历程中，中国企业通过在引进基础上广泛开展“二次创新”，淋漓尽致地发挥发展中国家的“后发优势”。合理配置全球优势资源，在开放环境中形成自己的竞争力，进而通过基于原始创新技术能力的构建而站在世界的前沿。面对第四次产业革命的强烈冲击，在不断改变的环境下，中国企业需进一步建立“超越追赶”的战略新思维，能够站在全新的全球化制高点之上开启新的征程，为未来带来无限的可持续发展空间和可能。

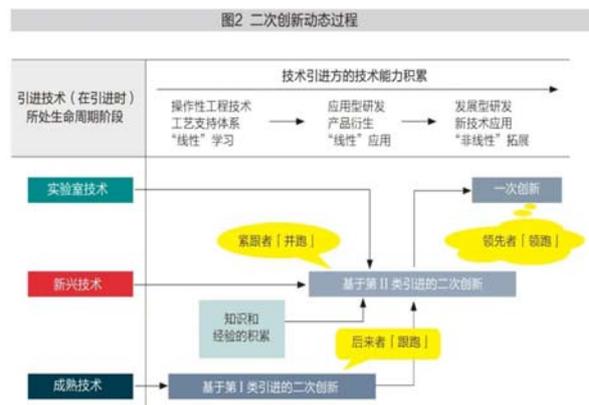
一、中国企业的追赶：二次创新

后发企业（Latecomer）如何更好地发挥“后发优势”实现追赶（Catching-up），一直以来都是学术界和企业界讨论的主要话题之一。美国经济史学家格申克龙（Gerschenkron）教授是最早关注后发型现代化的经济学家，并从理论高度揭示了“后发国家在工业化进程方面赶上乃至超过先发国家的可能性”。由于各个国家的经济发展水平与发展情境不同，其技术创新过程也相应地存在互不相同的特征和演化规律。在经济发达的国家中，技术创新过程多采用“一次创新”为主的模式；而发展中国家的技术创新模式则普遍是以“二次创新”过程为主，即在引进外部先进技术的基础上开展创新活动。

值得关注的是，追赶过程存在较强的情境作用。在欧洲、美国等西方发达国家中，后发企业崛起时处于电气化时代，其面临的情境是完善的技术体制、稳定的政治制度、发达的市场经济，以及尚未形成的全球网络；在韩国、日本、新加坡等新兴工业化国家中，后发企业

所要面临的是狭小的本国市场、被政府主导的追赶行为、日益凸显的全球经济的特殊情境。然而，中国后发企业的追赶则是在“技术机制”日益多元化、“所有制制度”处于转型时期、“全球网络”正在兴起、“市场空间”趋于多层次的“四位一体”的信息化时代情境中进行的。基于中国情境的特殊性，伴随着全球化浪潮企业的竞争边界不由自主地从本国市场扩大到全球市场，全球竞争的新环境决定了中国企业所走的是一条与日本、韩国、欧美等国家（地区）不同的技术追赶道路。

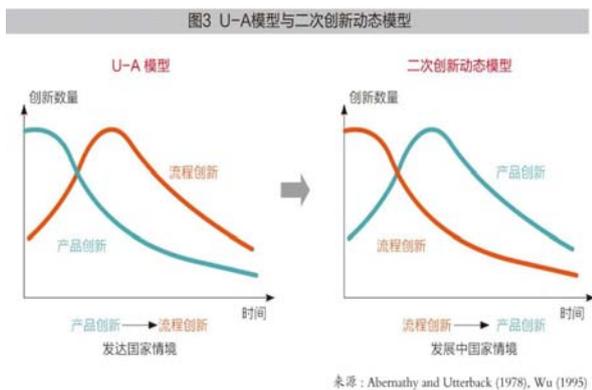
基于对中国企业后发追赶过程的系统性思考，自20世纪90年代笔者建设性地提出有关“二次创新”的概念，并进一步构建“二次创新动态过程模型”（见图2）。二次创新动态过程模型的目的在于描述二次创新过程的一般规律与特点，解释“一次创新”与“二次创新”之间的不同特性与区别，同时映射出发达国家与发展中国家在制度体制、经济水平、科技创新能力等众多方面的差异对技术创新路径产生的深刻影响。“二次创新”过程是在引进技术的基础上，在已有的技术轨迹上持续优化的技术创新过程，而“一次创新”过程是指依赖自主研发，其所遵循的路径为“基础研究-应用研究-技术开发-生产销售”的技术创新模式。



二次创新动态过程模型的核心思想是通过对外部成熟技术与新兴技术这两类技术的引进，充分运用“后发优势”使技术较为落后的后发者从“二次创新”坚定地迈向“后二次创新”、直至一次创新的过程。逐步缩小与领先者的技术差距，真正意义上实现技术的追赶与超越追赶。在二次创新理论框架下，“创新”与“模仿”并非是两个完全割裂的概念，反之，从第 I 类技术引进开始，“创新”便蕴含在“模仿”之中，其思想显著区别于单纯的“引进——消化吸收——再创新”的线性过程。所以“二次创新”意味着企业持续积聚技术且提高创新水平的演化流程，实现由“线性”学习至应用的转变，最终直到“非线性”拓展为止。

需要注意的是，着眼于中国特殊的后发情境，“二次创新”的重要突破在于提出与西方创新管理领域中著名的“U-A 创新动态模型”

（见图 3）所不同的后发企业创新路径。在发达国家的“原始创新”中以产品创新为先导，并进一步伴随流程（工艺）创新的大量增长。然而，由于技术能力的起点具有较大差距，在发展中国家中多是以流程（工艺）创新为先导，并进一步衍生大量的产品创新。该模型突破了以往创新管理研究局限于单一技术创新周期的缺陷，尤其指出有效把握“机会窗口”对于后来者的重要意义。

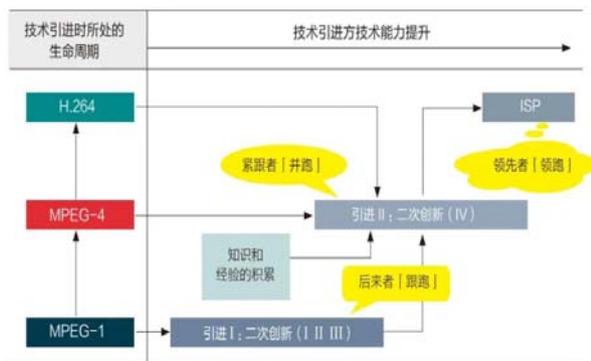


从“引进技术之初就开展创新”的二次创新是发展中国家实现技术追赶的主流形式。它

是在技术引进之初即开展的创新活动，虽然受囿于已有技术范式，并沿既定技术轨迹而发展，却是动态提高创新水平的关键环节。它并非传统意义上封闭的、埋头苦干式地从引进、消化吸收到创新的线性过程。二次创新不仅包括核心技术的二次创新，也包括辅助技术的二次创新。后发企业在成长过程中，要同时利用二次创新发展好两类技术，最大程度发挥资产互补效应。

改革开放以来，从众多实现追赶的企业案例中观察，“二次创新”即是中国多数企业赢得“后发优势”的最大机会和最有效方法。海康威视便是其中典型的案例，海康威视的二次创新过程主要经历了两个阶段（见图 4）。第一阶段的主要任务是引进国际上成熟的技术，初期海康威视没有相关技术知识和先前经验的积累，吸收能力较差，所以海康威视首先采用从国外引进成熟的 MPEG-1 硬压缩方案，之后以“逆向工程”的方式简单模仿国外的产品和工艺，并且将已有的技术结构与引进的技术结构做适配，针对本地市场做改进型创新，成功开发出基于 MPEG-1 标准的视音频压缩板卡。第二阶段的主要任务是引进新兴技术，形成主导设计能力。海康威视通过与专利管理公司签订专利授权许可协议引进 MPEG-4 和 H. 264 两种算法，与竞争对手同时开始研发新一代产品，由于第一阶段已经积累了视音频压缩板卡的互补性技术，技术能力的快速提升促使其引入通用的 DSP 芯片，自主研发核心压缩算法。短短半年海康威视就推出成熟的新一代产品，由于技术性能稳定，产品销量达到全国第一。基于自身技术能力与行业发展考虑，海康威视于 2004 年开始自主研发 ISP 技术，2009 年取得全面突破，推出国内第一款采用完全自主研发 ISP 技术的实时百万像素网络全高清球机，这是海康威视首次实现“原始创新”。

图4 海康威视二次创新动态过程模型图



二、超越追赶：“非线性成长”的创新突破路径

改革开放以来，中国在国际经济舞台上取得了令全世界瞩目的成就，而制造业在其中扮演了极其关键的角色。深究其因，越来越多的中国企业通过“二次创新”模式成功实现“换道超车”，于开放系统中抓住了范式转变期的重大“机会窗口”，实现了从“追赶”到“超越追赶”的成功跨越。如今，中国企业所面临的外部环境再次发生剧烈的变化。全球第四次产业革命重构现有的商业体系，人才红利逐步释放、组织边界趋于模糊、中产阶级迅速崛起等外部环境的变化为中国企业从“追赶”走向“超越追赶”提供了巨大的空间与机会。

新一代新兴技术如大数据、物联网、人工智能、云计算等与制造技术深度融合，知识经济的迅速蔓延，各种科学技术的交叉复合，包括各种复杂技术系统和裂变性创新

（Disruptive Innovation）的兴起，导致世界经济舞台的结构性变革与技术生命周期的大幅缩短。因此，需基于新环境、新形势去重新审视传统管理学中将建立与维系稳定视作企业提升绩效水平的关键命题，技术范式的快速更迭

与环境中不断增强的不确定性，对于“二次创新”等既有追赶模式的研究结论提出了新的挑战。

基于对中国企业从“追赶”到“超越追赶”的创新战略认知和企业创新管理实践的理解，笔者团队进一步总结归纳出“超越追赶”的技术路径。这代表着企业将在更具包容性的环境中利用自身能力和互补者的能力，在研发战略上采取“瞻前顾后”的做法，既通过“利用性创新”满足现有市场需求，又进行“探索性创新”开拓市场的“灰度”管理模式，有条不紊地追赶与超越现有的技术轨迹，摆脱领先者在技术话语权上的控制，以更具前瞻性的技术视野与更加合理的战略布局共同谋求革命性的进阶发展。华为的“红军”/“蓝军”体系与战略战术就是一个典范。蓝军，其原有的意思是指在模拟演习时，专业化地充当假想敌的角色，模仿对手的作战模式和己方部队（红军）进行有的放矢的训练。华为的蓝军代表着各种类型的竞争对手或创新型的战略发展模式，充分利用一切可能的机会来否定红军。蓝军之难更多体现在运用异质思维突破企业的能力陷阱，这是一种“左右手互搏”的二维思维，从而使华为在一次次行业技术范式转变中保持稳定的“战略定力”。

“超越追赶”也需要强调技术体系演化的动态性。海康威视便是典型抓住范式转变的“机会窗口”实现后来居上的典型案例（见图5）。发展初期，行业正孕育着模拟技术范式向数字技术范式转变的契机，海康威视以视音频板卡切入，凭借低成本高质量的优势成为国际

知名品牌代工。2007年起，海康威视敏锐地觉察到安防行业出现的技术、制度、需求三个层面的“机会窗口”。由于海康威视2004年就开始研发高清网络摄像机核心技术，上海世博会重大项目的成功推动了公司快速发展，海外子公司的建立也使得海外市场份额快速攀升并占据国际主流市场。AI与大数据技术的兴起带来了网络范式向智能范式的转变，海康威视也逐渐超越霍尼韦尔公司，营收实现全球第一。海康威视以强大的环境洞察能力为依托，以技术协同能力为基础，有效地把握“机会窗口”，甚至发现和引领新一轮的技术变革。

图5 海康威视技术演变过程



文章来源：吴晓波，李思涵. 中国企业从“二次创新”到“原始创新”的超越追赶之路. 清华管理评论, 2020.

注：本文内容有删减。

【东沙湖论坛】

企业数字化转型与管理创新实践

张晓东 *

世界正迈进数字经济时代，企业数字化转型升级，不仅成为企业战略必选题，也是企业面临的重大机遇和挑战。

企业数字化转型的核心本质是什么？

企业数字化转型究竟“路”在何方？

数字化转型中，数字价值如何叠加商业价值？

企业数字化转型有哪些成功经验可以借鉴？

如何在新时代充分利用数科技？

一、数化：新科技开启新时代

时间倒推，过去一年多以来，新冠疫情肆虐全球，中国防疫取得重大战略成果，向世界传递了抗疫信心，也凸显数科技的动力和数经济的活力；我们在疫情常态防控下开启喜迎新春模式，云春节助推经济热潮和生活热情；全国两会盛大召开，政府工作报告擘画的建设数字中国的宏伟蓝图，更令我们备受鼓舞。

在百年未有之大变局中，唯变不变，“天”、“地”、“人”均演绎着其发展的态势和新的

* 张晓东，中国管理科学学会副会长兼秘书长。

逻辑。“天”下散布雾卡（VUCA），变易、不确定、复杂、模糊等现象常令人惶惶而无所适从，究其本质是作为生产力的技术飞速发展对世界的驱动所致；“地”上全球互联，“世界很小像个家庭”，你中有我、我中有你，一荣俱荣、一损俱损，正如气候变暖、大气污染、生态恶化等无人可以善独。“人”祸如新冠疫情，如暂停键休止和变更了所有国家和整个人类的日常行为。

“变”是最大的“不变”。这让我想起了作家阿兰达蒂·罗伊的话：“从历史上看，大瘟疫迫使人类与过去决裂，想象一个重新开始的世界。这一场流行病也不例外。它是一个Portal（门户），一个连接这个世界和下一个世界的Gateway（入口）。”

回溯历史，大灾难往往催生文明历程的更迭演进。狩猎文明时期，群落（人与人聚合）为主，“人”听天由命，力量主宰一切；农业文明时期，血缘成了“人”、“地”、“天”契合的纽带，因循天时地利；工业文明时期，资源的分工协作，需要人财物结合，人类分工细化，主要体现在契约上；现在，社会进入了数业文明时期，万物互联，数网智融合，三界合一，世界趋于“大同”；未来则是生业文明时期，创生（碳量生整合）是发展关键，人类主动进化，自主和智能特征明显。

万物皆数，人类现在正进入数业社会。毕达哥拉斯曾说“数是万物的本源”。在数业社会，地，天，物，人，全面互联，一切皆数化，包括物质和精神。

具体到数化，则包括科技数化、产业数化、治理数化、生活数化，乃至再细化至今天大家谈及的数字化城乡、数字化社区、数字化企业.....

伴随社会发展出现的新要素、新价值、新产业、新生态，都将走向数据化。数经济无处不在，你我皆身处其中。

那么，究竟什么是数经济？

我们的定义是：今天人们常说的数字经济，我们称作“数业经济”，是继狩猎经济、农业经济、工业经济之后的新经济形态，也可以简称为“数经济”。数经济（数业经济）是以数据作为核心生产要素，算力、算法等为驱动力，以数字科技形成新的生产力，推动传统业态转型，形成现代化数字治理模式，开启人类数化生产生活方式，体现新业态、新生态的经济新范式。

(1) 数业经济的内涵



(2) 数业经济的特征



二、转型：新经济呼唤新企业

我们正处于“数业”大时代，在数业经济下，数化是企业的必由之路。那么企业数字化转型路在何方：为什么要转？转什么？怎么转？这一系列的问题需要每个企业和企业家直面并解答。



1. 数字化转型案例一：海康威视

海康威视的转型围绕三大业务板块：综合安防、大数据服务、智慧业务。从数据管理、行业应用解决方案、综合安防解决方案、体系化的系列产品四个方面，进行了数据化转型，实现了大数据服务和 AI 赋能的智慧应用。



2. 数字化转型案例二：华为

华为数字化转型从五大方面入手，包括转意识、转模式、转组织、转模式、转文化。从思维理念到数化平台的搭建，加速了华为全面数化的进程。



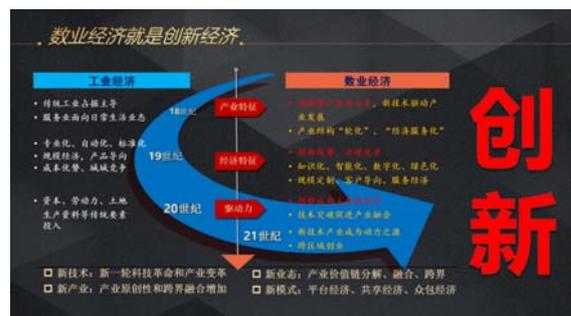
联想的数字化转型，主要是打造了三个数字平台：工业物联网平台、大数据平台和企业级人工智能平台。同时，统一的 AI 平台的建立，通过端到端的数据、算法、算力管理，实现 AI 在企业全价值链的快速落地。



以上分别是产品智能化、业务平台化、服务生态化的企业数字化转型的典型例子，由此我们可以发现数字化转型是企业的价值再造或新创造。



这些价值是数化带来的新价值，可以说数业经济就是创新经济！在工业经济时代，传统工业占据主导，服务业面向日常生活；而在数业经济时代，从工业经济到数业经济，创新型产业为主导，新技术驱动产业发展，呈现产业结构“软化”、“经济服务化”等特征。如下图所示：



三、创新：新阶段需要新管理

创新成为主要驱动力，新技术生产力是动力之源。当前数业创新进入智能时代，IT 1.0、IT 2.0、IT 3.0 在交相演进，不断迭代升级。在科技创新、产业创新、企业创新、管理创新和国家创新下，在世界创新发展中的创新的中国也正推动着世界创新发展。

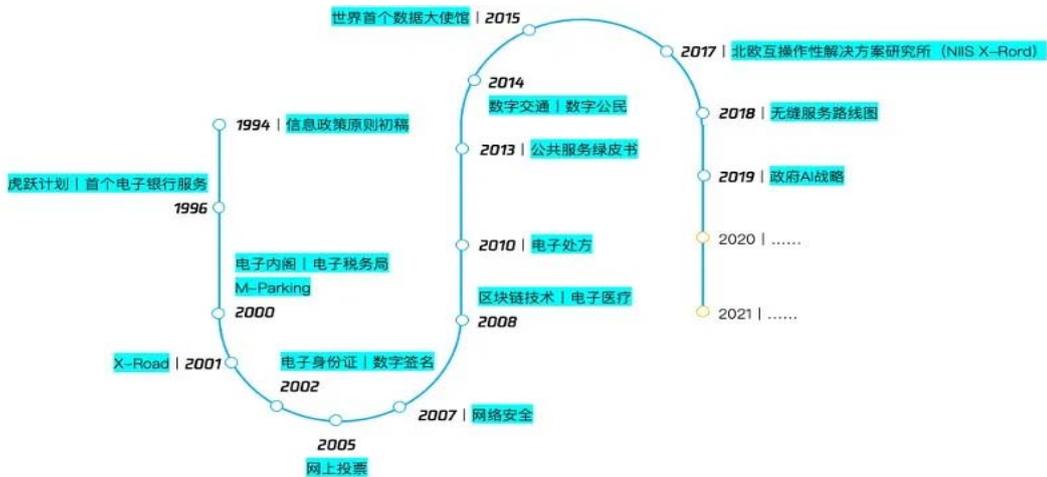
科技创新举例：芯片技术的换道超车；工业软件的融合创新；数据要素价值创新.....

产业创新举例：新网络下的变革，从消费互联网升级为产业互联网，新基建重塑新型供应链；新时空的登场，从全球化到双循环，再到新全球化的不断升级，与深海和太空的直接“对话”，微纳新空间；新制造的焕新出发，云制造、多元生产终端、绿色智造，“全球互联智造”将引领未来智造的方向。

企业创新举例：产品服务的创新、管理模式的创新和战略价值的创新。以海尔、华为、敏捷智库等数化案例来看，不论是华为的开放式创新，还是海尔的人单合一，或者是敏捷智库的数据化战略，都可以为企业的数化转型提供示范和借鉴。

管理创新，“面向对象”重新定义管理：管理是为有效地实现目标，在特定之境（时空条件），围绕经营诸事，规划、配置、组织、协调、控制人、物、数及其相关关系。人、事、物、境的管理，今天都需要数化，未来“数将定义一切管理”。

国家创新，我们可以举一个例子，就是世界上数字化程度最高的国家——爱沙尼亚。通过万物数化，每人一年可节省出 240 小时的工作时间。这就是国家创新的典型案例。



今年两会，政府工作报告提出要建设数字中国，创新驱动“三新”（新阶段、新理念、新格局）发展，数字中国未来可期。

四、智造的未来

未来的世界是共同生产的世界，生产互联下，全球资源互联互通、全球贸易一体化、全球资本动态流动；随着生产方式的转变，全球统一调配资源，我们或将面临更多的多元微小企业、家庭、个体生产单元等，共同迎来全球互联智造的时代。软件定义智造、数据驱动业务、网络无限互联、生产云端分布、组织智能敏捷、模式动态迭代、生态跨界竞合、风险安全可控，这将是“人一机一物一数”深度融合



的全球互联、智能化制造带给人类社会的巨大变化。

这就是智造的未来！也是理想的人类的未来！共同生产、共享财富和平等自由的“英特纳雄耐尔就一定要实现”！

【佐国之谋】

厚植前瞻性基础研究 催生颠覆性创新成果

黄维 *

“实践反复告诉我们，关键核心技术是要不来、买不来、讨不来的”。深入、及时、系统地学习习近平总书记在中国科学院第二十次院士大会、中国工程院第十五次院士大会和中国科协第十次全国代表大会上的重要讲话并落实在行动中，就必须要加强原创性基础研究，催生颠覆性创新成果，坚决打赢关键核心技术攻坚战。

一、基础研究是整个科学体系的源头

改革开放之初，我国经济基础薄弱，使得我们在科技创新方面难以与美、英、德、日等发达国家竞争。从改革开放提出“科学技术是第一生产力”，到党的十八大后提出“创新是第一动力”“全面实施创新驱动发展战略、建设世界科技强国”，科技事业在党和人民事业中始终具有十分重要的战略地位，发挥了十分重要的战略作用。经过改革开放 40 多年的努力，我国科技整体水平大幅提升，夯实了建设科技强国和世界一流大学的强大经济基础，有条件在几乎所有的科学技术前沿领域参与全球竞争。在这里面，核心是要在基础研究方面加大投入。

基础研究是科学之本、技术之源、创新之魂，颠覆性创新是关键核心技术攻关的突破口。加强基础研究是实现科技自立自强的必然要求，也是形成颠覆性创新成果的原始动力。

习近平总书记指出，基础研究是整个科学体系的源头，是所有技术问题的总机关。综观世界各国、各大企业的发展进程，比如以美国为代表的西方发达经济体的企业，像早期的贝尔、杜邦公司，现在的苹果公司等，都在基础研究方面大有作为，这些企业科技的进步，是以扎实的基础理论研究为支撑的。我们应加强“从 0 到 1”的基础研究，开辟新领域、提出新理论、发展新方法。在遵循科学规律的基础上，通过优化总体布局、深化体制机制改革，扎实推进基础研究高质量发展。

实施创新驱动发展战略。科技创新是提高社会生产力和综合国力的战略支撑，必须摆在国家发展全局的核心位置。自党的十八大以来，习近平总书记和党中央高度重视科教兴国战略、人才强国战略和创新驱动发展战略的全面实施，也取得了非常突出的成绩。当前，我国

* 黄维，中国管理科学学会副会长、中国科学院院士、西北工业大学柔性电子前沿科学中心首席科学家。

已经进入创新驱动发展阶段。我们要心怀“国之大者”，瞄准科技关键前沿领域，科学布局、久久为功，努力实现前瞻性基础研究、引领性原创成果的重大突破，提升国家科技创新体系整体效能。

二、发展颠覆性技术具有重要战略意义

习近平总书记指出，我国自主创新事业是大有可为的！我国广大科技工作者是大有作为的！发展颠覆性技术对实现我国科技创新跨越式发展具有重要战略意义。颠覆性技术是一种颠覆了某一行业主流产品 and 市场格局的技术，是一种对已有传统或主流技术途径产生颠覆性效果的技术，可能是全创的新技术，也可能是基于现有技术的跨学科、跨领域的创新应用。它不但是对科学原理的创新性应用，更是跨学科、跨领域的集成创新。开展颠覆性科技创新是我国向世界贡献“中国智慧”、提供“中国方案”的重要路径。当今世界，新一轮科技革命和产业变革风起云涌，柔性电子、人工智能、材料科学、泛物联网、空间科学、健康科学、能源科学和数据科学八大领域，最有可能产生颠覆性创新。由于它们的英文首写字母组合起来的“FAMISHED”有“极度饥饿”之意，我们称其为“饥饿科技”，寓意新时代对创新驱动发展战略加快实施的渴盼。我们应重点围绕“饥饿科技”等科技前沿领域，下好先手棋、打好主动仗，掌握关键核心技术，加快发展根部技术，加速孕育颠覆性技术变革和群体性技术突破，不断催生新经济、新业态、新模式，谋求生产力质的飞跃。

“求木之长者，必固其根本；欲流之远者，必浚其泉源。”习近平总书记提出一个形象而又令人警醒的比喻：供应链的“命门”掌握在别

人手里，那就好比在别人的墙基上砌房子，再大再漂亮也可能经不起风雨，甚至会不堪一击。短板弱项尤其是“卡脖子”的地方，是阻碍科技自立自强的症结。而解决这些“命门”和“卡脖子”问题，关键就要靠科技创新。面向这些最有可能孕育颠覆性创新的领域，我们需要高度重视解决关键核心技术在科学机理上“供给不足”的问题。因此，我们建议着力发展科学研究基础工具的数学科学、以信息科学为代表的 응용科学、以生命科学为代表的前沿科学、以物质科学为代表的基础科学、与自然科学互补共进的艺术科学。它们的英文首写字母组合起来的“MILPA”为“农田”之意，寓意“夯实发展基础”。颠覆性创新往往出现在交叉科学之中。学科交叉是科学、教育发展的必然趋势，同时，也是颠覆性创新的重要途径。大力发展MILPA学科，尽力打破内外部界限，推进学科间的渗透、合作、融合，探索跨学科知识生产模式，促进具有异质性与融合性的知识生产，不断增强知识生产能力。

科技创新具有灵感瞬间性、方式随意性、路径不确定性的特点。颠覆性科技创新更为艰难，既需要皓首穷经的耐心，也需要光彩夺目的天分，可谓“九死一生”，可遇而不可求，唯有久久为功并取得关键性突破，才有可能柳暗花明、渐臻佳境，实现“从0到1”的突破，成就创新发展之辉煌。

坚持科技自立自强，既是我们坚定的选择，也是坚守的使命。一代人有一代人的“长征”，一代人有一代人的担当。没有“挺得起腰”的基础研究，就很难有“站得住脚”的颠覆性创新成果。在新时代的伟大征程上，科技工作者要砥砺“以身许国，何事不可为”的勇毅担当，

激扬“敢为天下先”的创造豪情，以舍我其谁、只争朝夕的姿态，围绕国家急需突破的关键核心技术，扑下身子、攥紧拳头，坚持不懈做下

去，就一定能在科技自立自强的征途上大显身手、建功立业！

【管理前沿】

价值共生——数字化时代的组织管理

陈春花 *

导读：从组织的视角怎么看“躺平青年”？我们需要一种怎样的新世界观、新方式来重构我们的组织？2021年6月5日，在北大国发院MBA主办的“海外高校联合论坛”上，中国管理科学学会学术委员会副主任委员、北京大学国家发展研究院BiMBA商学院院长陈春花教授发表了主题为《价值共生——数字化时代的组织管理》的演讲，为我们当下的诸多困境答疑解惑：

我一直致力于从事教育，去做学习这个概念。我认为人在任何一个阶段都必须有能力发展自己，如果没有能力发展自己，停滞在某一个阶段，你的人生也将因此而停滞，虽然我们有可能活到150岁。但我们今天讨论不是生命的长度，而是生命的意义。

这两天最红两个词，一个叫做“躺平”，另一个叫做“土猪拱城市的白菜”，我其实更喜欢第二个，我觉得我们可能都是一名土猪，无论拱哪里的白菜，我们得去拱，一定不能躺平。当回到现实的生活

当中来，我们真正的寻求是每个阶段的成长，而成长的意义才是最根本的意义。

我们都一起经历了2020，直到今天为止，全球还不能恢复正常的生活，甚至未来一段时间可能都不能恢复。此时，你会发现，如果用原有的方式和理解来面对你的生存，只关注保护自己的利益，只能加大问题不能解决问题。

我们需要一种新的意识，新的世界观、新的方式来重构我们的组织和运行。

一、“躺平青年”出现，重新定义组织管理

数字技术让组织管理的最重要的一些命题改变。组织管理要回答4个最重要的关系：个人跟目标的关系、个人跟组织的关系、组织跟环境的关系、组织跟变化的关系。

在过去的工业时代，要求个人一定要对目标做贡献，如果个人不能服从目标，组织就淘汰你。组织管理的核心命题就是：个人必须对组织目标做贡献。在个人

* 陈春花，中国管理科学学会学术委员会副主任委员、北京大学国家发展研究院BiMBA商学院院长。

跟组织的关系当中，也要求个人要完全服从组织。而在组织跟环境和组织跟变化的关系中，过去组织可以控制，可以自己设一个环境，有能力去超越变化。

但今天，组织跟外部、跟环境的关系，组织自己不能控制了，因为环境变得非常不稳定，变化变得不可预测，它已经超越组织本身。而个人跟目标、跟组织的关系，也有了变化，最大的变化就是组织不仅仅完成自己的目标，还必须得照顾个人。如果组织不照顾个人的目标，强个体可能就不会来。

我常问传统企业家一个新问题：一个人来你这工作3年，然后离开去看看世界，玩2年再回来，你要不要？大部分的传统企业家都说不要，我就跟他说你再没有人了，以后的人都是这么干活的，干3年、玩2年再回来。

所以大家对“躺平”这个词这么敏感，我很惊讶，我认为这其实很正常。我们过去的人一直不肯躺，一直奋斗，认为这才是一个正常的个人状态。

而未来的个体一定是意识到自己的身心变化，一定会关注到他的生活和他对世界的认知，他不会一辈子都在组织里面拼命地干，他也不甘于在一个组织当中平庸。他感受的幸福，一方面组织可以给他，另外一方面自己创造。所以，一定是一个自由的自我选择的状态，如果你不能接受，你真的就找不到人。

发生了这些变化之后，在组织管理当中要关注的基本概念是什么？怎么去重构个人跟组织之间的价值？在无限连接的数字化空间当中组织的价值到底是什

么？组织跟合作伙伴之间、跟顾客之间、跟未来创造的新的可能性之间是什么关系？这是我们要回答的问题。

因此，我想跟大家一起解答：数字技术背景下组织管理的答案。

过去我们通过命令链把信息传递下去，再通过管控的方法，让每个人的目标和行为都跟组织目标保持一致，通过良好的人际互动，让大家感受到组织的温度，用这三个方法把整个组织体系联系起来。过去组织管理的三个关键词是：命令、管控、人际。

来到数字化，这三个词变了，数字化时代的组织价值重构的三个关键词是：赋能、共生和协同。

- 赋能：“赋能场景高低”呈现出不同的组织管理状态；
- 共生：“数字生态共同体”，共生创造价值；
- 协同：组织内外部的协同效率，也就是整体效率最大化。

二、组织既要有绩效目标，也要有意义与灵魂

今天的组织必须要有三个最重要的呈现：

1. 它必须要有成效；
2. 它必须要有灵魂，它不能只是赚钱；
3. 它必须要有意义，让组织跟人实现价值的连同；

当我们讨论灵魂与意义时，有人就会问美好有意义是不是可以不产生绩效？我的回答是：组织的根本核心必须产生绩效，没有成效的组织是没有生命力的。在

组织要有成效的基础上，今天我们还提了两个更高的要求，即意义与灵魂。因此，在这个背景下，组织管理需要有5个根本性的改变：

1. 真正的赋能是给机会、角色和岗位

原有的组织特点，是一个管控的概念。组织管理的第一个原理叫做组织的发展，一个正式组织的发展，一定是约束的，而健康人的个性是自由，两者之间天然冲突。我们要做的就是健康的个性发展和正式组织的责任约束之间找到一条可解决之路。

数字技术给了我们帮助。原因在于正式的组织概念当中，主要讨论的是角色与分工、权利与责任。在组织里面根本没有人，只有角色，你要做的是胜任这个角色。但是为什么从数字化开始管控到赋能变得非常好，这是因为可以给你很多角色。前两天有一个年轻人问我，部门管理岗位非常少，怎么能够留得住人，我说那非常容易，设置各种首席他就不会走，因为他感觉自己很重要。这就是赋能。

很多董事长或者总经理认为赋能就是教你。但真正的赋能是给机会、角色、岗位。从管控到赋能，互联网的技术给了我们最多的可能性是给了很多的机会，有了这些机会之后，我们会有很强的身份认同。

当我们讨论赋能工作场景时，最主要讨论的是，你给他机会，给他资源，更重要的是你得让他成功，这个就叫赋能的工作场景。

2. 必须有能做平台化管理

什么情况下用科层制？什么情况下用平台化？如果你需要有规模、有竞争力、有稳定可靠的品质。我们所有的组织结构是支撑业务，所以如果你的业务依然要规模的，依然要成本、竞争力和品质保障，科层制依然是最好的选择。

今天为什么讨论平台？是因为外部的不确定性，有各种变化和冲击的挑战，我们必须得有一个组织来统合不确定性变化和冲击。把不确定性变化和多样性统合在一起，保持灵活性的方法是平台。平台化最主要解决的是灵活性，然后是整体性和内部复杂性，做简化。

我想给大家一句话，你不一定是一个平台型的组织，但是你必须得有能做平台化的管理。今天所有的企业都得处理复杂性。

3. 打破局限，协同共生

企业已有的能力决定了它的局限性。一个企业的的核心能力，最主要的是看它的价值活动能不能跟上顾客价值的变化。今天为什么必须是从分工到协同共生，原因就在于我们所有的顾客都变成数字行为的顾客。

当你转向数字行为的顾客的时候，很重要的一个调整是能不能让你的价值活动真正跟上变化。而这个价值活动本身的改变，要求你去打破局限。

这里举一个“美的全价值链的共生架构”的例子，美的逐步从内部的能力慢慢转向全价格链的能力。1.0时代，主要驱动业务IT转型；2015—2016，驱动制造效率；2016—2017，驱动制造跟销售的协

同；2017—2018，整个业务链全部数字化驱动；2019年到今天，端到端的全价值链的协同效率。美的数字化转型真正得到的价值是，让全价值链协同共生，从供应商到销售端，大家变成是完全一致的概念。

4. 员工与企业共享价值

过去的组织管理中，只有一个目标，就是绩效，整个工业时代基本就是沿着这个逻辑，但今天我们必须完成另一件事情——让人在组织中有意义。他不愿意成为组织其中的一个螺丝钉，只为组织绩效去做努力，他必须感受到个人的意义。感受个人的意义，需要你从胜任力到创造力的调整。

这个部分的调整，是我们怎么能够提供机会平台，让员工能够真正发挥创造力，展示他的力量，这是很重要的一个要求，而不仅仅是胜任。

在这个背景下，需要员工跟组织之间有一个共享价值的设计，员工与企业共享价值包括三个方面的问题：

• 员工价值定位

很多时候会发现企业比较在意企业的价值定位，但没有在意员工的价值定位。没有办法让他真正感受到在组织中成长的乐趣。

• 员工与企业契约关系

员工跟企业之间的关系，不仅是经济契约劳动合同，还有两个很有意思的契约：一个叫社会契约，一个叫心理契约。

华为跟员工的关系的心理契约非常强大，离开华为的人现在大概有三种形

式：一种形式是去创业；第二种形式是做教练、写书；第三种形式是到别的企业去当 CEO。

这三种形式合起来，都告诉你华为非常强，华为非常好，然后全部人都来学华为，这就叫契约。所以，契约这个概念，不仅是一个劳动合同，某种程度上也是一个心理上的契约。

• 分享设计

最后是分享的设计，财富、权利、机会等等。

5. 唯有知识，可面向未来

这是我在组织管理的课程当中新设计的一部分内容。知识革命和组织学习是今天最重要的一个概念。因为知识已经是生产力要素，创造知识和创造价值变得更重要。知识不再仅是名词，也是个动词，你只有不断地去创造，才会有价值。

唯有知识，可以让我们面对未来。组织学习必然是一个选择，只有通过组织学习，才可以真正让整个组织系统拥有知识的概念。

今天刚好是芒种，我发布新书《价值共生》那天是谷雨。我相信芒种最大的意思在于，你只要愿意播种下去，总是会有所收获，每一个丰盈的收获，都源于你之前的播种。

只要我们适时而作，其实收获必至。只要你愿意播下知识的种子，我相信你一定拥有美好的未来。

【管理前沿】

“十四五”时期“卡脖子”技术的破解：识别框架、战略转向与突破路径

陈劲 阳镇 朱子钦 *

前言：破解“卡脖子”技术问题需要基于全新的识别框架、战略视野与突破路径。在构建识别甄选“卡脖子”技术的“金字塔”模型的基础上，提出以“底线开放思维+全面自主创新内生能力”的平衡战略新视野实现“卡脖子”技术突破的战略引领，实现核心自主可控与对外开放的动态平衡。“十四五”时期破解“卡脖子”技术问题，需要在制度层面以新型举国体制推动整合式创新范式建构，在产业创新生态层面着重深化两个融合重构开放式创新体系，并在微观企业层面着重建设面向“卡脖子”技术联合攻关的“央企+民企”分类主导的创新共同体。

近年来，如何突破关键核心技术的“卡脖子”问题，避免国家的重要战略性新兴产业与微观企业在参与国际市场竞争中利益严重受损，成为政策层面关注的重要现实问题。从现有的研究来看，目前学术界对于“卡脖子”技术的内涵界定、识别机理还缺乏系统性研究，甚至出现关键核心技术与“卡脖子”技术的严重混淆，由此导致对“卡脖子”问题的归因判定失误，进而对解决关键核心技术“卡脖子”

问题的关键主体缺乏基本共识。此外，对于政府与市场力量在破解“卡脖子”技术中的功能定位、主要模式、内在作用机制也缺乏系统性研究。为此，本文区分了“卡脖子”技术与关键核心技术的系统性差异，构建了“卡脖子”技术识别甄选的“金字塔”模型，探讨了解决“卡脖子”技术的全新战略导向，进而从制度优化、产业生态与创新主体三重视角提出了“卡脖子”技术的突破路径。

一、“卡脖子”技术的概念内涵与识别模型

目前，学术界对于“卡脖子”技术的界定尚未达成一致，既有的研究主要从两种视角定义技术的“卡脖子”问题或者“卡脖子”技术。

一种视角是从关键核心技术的技术视角出发，关键核心技术被定义为需要通过长期高投入的研究开发且具备关键性与独特性的技术体系，而“卡脖子”技术必须具备关键核心技术的共性特征，它对于整个产业发展的技术瓶颈突破具有关键意义。“卡脖子”技术不只是单一某项技术，而是一系列关键核心技术的“技

* 陈劲，中国管理科学学会副会长，清华大学经济管理学院教授、博士生导师，清华大学技术创新研究中心主任；阳镇，清华大学经济管理学院、清华大学技术创新研究中心博士研究生；朱子钦，清华大学技术创新研究中心博士后、助理研究员。

术体系”或者“技术簇”，其中基础工艺、核心元部件、系统构架与机器设备都归属于这一体系范畴。“卡脖子”技术之所以能够被竞争对手所利用，是因为关键核心技术本身存在较高的对外依存度，基础工艺、关键材料与设备以及技术路线高度依赖其他企业的供给、其他产业环节的支持或其他国家的出口。企业或者产业在发展过程中，由于技术依存度或对外依存度过高，关键核心技术依然受制于人，便形成了制约一国产业或企业创新发展的“卡脖子”技术。以高端芯片为例，芯片的研发创新过程是基础研究能力与应用开发能力的高度互嵌，需要产学研融通结合，高端芯片的开发与创新过程既需要基础研究，包括数学、物理、化学等多基础学科的综合知识基础，又需要IC设计、晶圆制造、封装和测试过程中的多工序协同，以及基于基础理论的研发创新与基于工艺创新的应用开发创新的双元创新能力，如此方能实现高端芯片的研发生产与创新迭代。

“卡脖子”技术属于核心技术受制于人的范畴，包括短期受制于人与长期导向下未来布局受制于人两种主要类型。

另一种视角是从国家经济战略与科技战略视角界定“卡脖子”技术，认为“卡脖子”技术不只是关键核心技术范畴，更是决定一国科技发展战略与创新能力的关键技术，其关键的特征在于具备战略性，对保障国家经济安全与科技垄断地位具有突出的作用，兼具技术属性与国家安全属性，是一国参与国际经济竞争过程中兼具经济性、安全性与技术性的“耳目”。

本文认为，不论是从关键核心技术视角还是国家经济与科技战略视角定义“卡脖子”技术，都存在一定的局限性。一方面，基于关键核心技术视角定义“卡脖子”技术只能符合关

键核心技术的充分而非必要条件，“卡脖子”技术符合关键核心技术的一般性特征，但是“卡脖子”技术的研究开发与应用周期更长，至少在短期难以通过集体攻关突破或寻找替代方案，且“卡脖子”技术的垄断性更强。因此，“卡脖子”技术很容易被技术供给方或者关键零部件提供方压制，较关键核心技术而言更具技术威胁性质。另一方面，“卡脖子”技术又具备国家战略性特征，能被称为“卡脖子”技术的关键核心技术必定与国家参与国际经济与科技竞争的相关产业链与供应链紧密相关，影响到一国嵌入全球价值链、产业链、创新链与供应链的国家战略性价值，这一战略性价值不仅包括经济价值，而且包括一国参与国际竞争的政治意识形态、科技话语权以及国际经济地位等综合战略价值。

基于上述分析，本文综合上述两种视角，主要从技术差距与技术安全的视角定义“卡脖子”技术。一方面，就技术安全而言，“卡脖子”技术是被其他竞争对手占据的关键性技术要素，能够威胁产业技术安全；且“卡脖子”技术对于保障国家的技术安全以及实现产业技术的整体安全性具有关键性作用；另一方面，就技术差距而言，早期技术差距理论将技术作为第三种生产要素，认为技术差距是国际贸易的直接原因，部分发达国家甚至将技术差距作为衡量国际竞争相对地位与战略安全的重要指标。“卡脖子”技术必定是在国家间科技实力（基础研究与应用开发实力）、产业间发展程度（产业发展早期或成熟期）与企业间创新能力强弱等多重维度下存在系列差距，尤其是从技术的视角来看，关键核心技术存在难以模仿，需要长时间的高强度投入方能突破的技术领

域。因此，“卡脖子”技术是指，关键核心技术长期与其他国家存在较大技术差距，且技术差距难以在短期内被缩小，技术供给方的垄断程度高，依赖国际贸易的跨国、跨链、跨企业合作难以实现技术转移。在国际贸易中，一旦被实行进出口贸易封锁，该类核心技术便成为影响一国产业发展与企业创新生态系统的“卡脖子”技术。

基于此，进一步从技术差距、技术本身的关键程度、产业安全性以及在国家间创新链与价值链之间的战略性等多重维度界定“卡脖子”技术的核心特征，即是否与主要发达国家竞争体存在较大的技术差距、是否是产业发展中的关键核心技术、是否满足产业安全性（是否存在寡头垄断）、是否在全球创新链与价值链中占据关键核心位置以及是否是国家创新发展战略中的关键性技术要素等多维判断准则。根据是否依次满足以上判断准则，建立了“卡脖子”技术的识别筛选框架（见图1）。

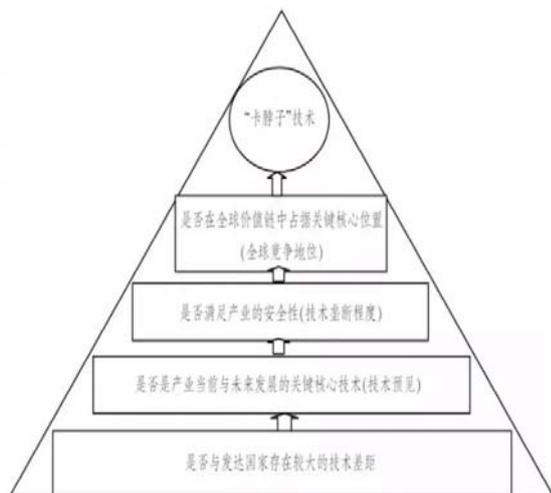


图1 “卡脖子”技术的“金字塔”识别模型

基于“卡脖子”技术的“金字塔”识别模型，依次满足上述标准的则符合“卡脖子”的技术范围。这里进一步基于“金字塔”模型的

判断标准，构建了“卡脖子”技术的评估指标体系（见表1）。

表1 “卡脖子”技术评估指标体系

一级指标	二级指标	三级指标
技术差距	基础研究差距	学术论文的质量与基础学科的学术影响力
	应用研究差距	专利的数量与质量
	实验开发差距	重点实验室的应用开发能力
	产业化差距	成果转化比例
关键核心技术	专利被引次数	专利后续引用频次与年均引用频次
	技术覆盖范围	技术覆盖的产业领域
	同族专利数量	同族专利代表同一件专利在不同国家以及主要竞争国家间获得保护的数量
	相对专利地位	专利的相对增长率
产业安全性	技术自主可控程度	核心零部件的对外依存度
		基础材料的对外依存度
		网络技术的对外依存度
		技术标准的参与程度
国家战略竞争性	全球价值链地位	技术的跨国转移难度
		技术嵌入价值链的程度

二、“十四五”时期面向“卡脖子”技术的战略新视野：“底线开放思维+全面自主创新”的双元动态平衡

近年来，习近平总书记多次就底线思维进行系统论述，使底线思维上升为推进国家治理体系与治理能力现代化的重要思维认知。其中，底线思维的涵盖领域既包括国家核心利益与国家安全的底线，又包括政治建设、经济建设、法治建设、社会与环境治理、党的建设等诸多领域。党的十九大报告在保障和改善民生问题上使用了“坚守底线”，在加强社会保障体系建设上强调要“兜底线”。实质上，底线思维意味着“防微虑远，趋利避害，一定要牢牢把握发展的主动权”的科学认知，也是一种“从最坏处着眼，做最充分的准备，朝好的方向努力，争取最好的结果”的基础认知和工作方法。新时代运用底线思维以及提高底线思维应用能力是全面推动治国理政的全方位和全过程创新的治理智慧，需要将其贯穿于政治、经济、科

技、文化、社会生态、外交、党的建设等各个治理领域。

“卡脖子”技术不同于一般的关键核心技术，其具有国家安全与公共外部性。“卡脖子”技术的追赶与竞争过程不仅涉及市场主体的单一经济竞争，而且涉及整个产业链的安全性以及国家科技安全与民生社会稳定，相较于一般的关键核心技术，其社会属性与国家公共安全属性更强。根据工业和信息化部数据，我国在高档数控系统、芯片、高档液压件和密封件等技术领域长期依赖进口，对外依存度高达80%以上，且长期以来对外依存度居高不下，一些涉及国家经济安全与价值链关键地位的核心技术甚至被发达国家列入限制对我国出口的清单，这些关键核心技术成为制约我国产业转型升级、迈向高质量发展的“卡脖子”技术。在具备国家安全与公共社会属性的前提下，底线思维成为破解“卡脖子”技术的重要思维理念，体现为底线思维在面向“卡脖子”技术攻关与治理领域中的政治底线、法律底线和安全底线。

具体而言，政治底线体现为事关国家发展道路、立场和方向的重大原则性问题。就面向“卡脖子”技术的科技攻关与科技治理体系而言，依然需要坚持以人民为中心的底线要求，以为了人民、服务人民、对人民负责的政治态度推进面向“卡脖子”技术的科技攻关与科技治理体系建设和制度优化，解决“卡脖子”技术所引发的一系列社会民生问题。法律底线意味着面向“卡脖子”技术的科技创新攻关与治理体系建设依然需要坚守依法治国的基本方

略，健全制度环境尤其是法律法规体系，加强“卡脖子”技术联合科技攻关战略谋划和创新人才激励的前瞻性制度布局，优化产业共性技术与新型研发机构的知识产权保护制度体系，基于安全底线思维完善关键核心技术的常态化评估预警机制和监控网络，进而有效评估与识别涉及重大国家经济安全、科技安全与政治安全的“卡脖子”技术。在逆全球化与后疫情时代，需进一步强化“安全畅通”的全新战略理念，建立健全涉及重大危机如技术封锁与经济打压等发生后的科研攻关等方面的指挥与保障体系，提高产业链、供应链化解系统性风险的能力，提升产业链、供应链与价值链乃至产品链的安全性与畅通性。在全球新一轮工业革命深入演化背景下，需高度重视数字信息与智能技术对科技攻关指挥与保障体系的数字化赋能效应，不断提升应对嵌入全球价值链以及外向型开放式创新过程中的科技安全风险的预测、识别、响应与处理能力，确保我国各类市场主体参与国际市场竞争过程中的科技安全。

更为关键的是，“卡脖子”技术在一国产业发展和全球价值链中的地位十分重要。面向“卡脖子”技术领域的技术创新战略必须基于全新的内生自主能力建设的战略视野，推动微观企业的自主创新能力建设。一般性核心技术可以通过技术引进、技术学习、消化吸收等多种手段实现技术的“非对称赶超”。长期以来，在全面深化改革与对外开放的过程中，我国企业在出口导向型的开放型经济制度安排下，一味地通过以市场换技术而非技术驱动市场版图的扩张模式试图实现技术突破，结果导致本土

企业关键核心技术的自主创新能力严重缺失，主要体现在如下方面：在全面对外开放的过程中，外循环主导下基于外资引进的开放战略导致相当一部分的外资企业利用中国的庞大市场实现了技术的反哺效应，占据了国内众多高端价值链、创新链中的核心环节，挤压了本土企业技术创新能力培育与提升所需要的市场空间。长期依赖外向型开放式创新体系下的跨国“开放式”技术创新联盟、研发国际化等技术创新战略，引致内循环体系下的内生式自主创新能力缺失，制约了我国在战略性新兴产业与面向科技强国建设的未来产业的关键技术、关键设备、关键零部件以及核心材料与工艺等方面的自主创新能力提升。因此，破解“卡脖子”技术的关键创新战略抉择是将全面自主创新战略摆在各类创新战略视野全局中的核心位置。全面自主创新战略的实施依然需要从政府与市场主体两个层面予以双轮驱动，尤其是“卡脖子”问题的攻克离不开完备的基础研究能力。就政府层面而言，全面自主创新战略引领主要体现为政府对基础研究的重视与投入。2018年中国的基础研究投入经费首次突破千亿元，但是其总额仍然只占R&D费用的5.5%，远低于欧美发达国家尤其是美国基础研究经费占R&D经费的比重。为此，一方面，在基础研究领域，政府需持续扮演“国家队”的主力军作用，保障“卡脖子”技术的基础研究知识和关键共性技术供给，通过制定一系列面向本土创新机构、创新群体的“强基计划”，强化基础研究知识的“国家队”建设，以面向各类产业的“卡脖子”技术联合攻关的国家创新中心、科学中心、

国家重点实验室与国家新型研发机构为产业共性知识供给主体，支持“卡脖子”技术的基础研究与共性应用技术供给，并构建有效激励和促进各类所有制企业实施全面自主创新的外部制度环境。另一方面，微观市场主体要摆脱过去技术能力外生培养与建构式的创新战略，坚持在参与市场竞争尤其是国际市场竞争的过程中平衡关键核心技术自主可控（自主性）与全球价值链嵌入程度（开放性）的动态平衡，以全新的平衡式自主创新战略而非单一基于开放环境下的非对称创新赶超战略来培育内生式创新能力。

三、“十四五”时期面向“卡脖子”技术的突破路径

基于创新驱动与创新引领战略使我国迈向世界科技强国前列，将成为未来较长一段时期的重要战略转向，而“十四五”时期是我国从科技创新大国迈向世界科技创新强国前列的关键机遇期与战略抉择期。在百年未有之大变局以及“双循环”新发展格局的双重背景下，“十四五”时期破解“卡脖子”技术需要以“宏观战略—中观产业—微观企业”的系统性框架，基于全新的战略视野引领，构建新的产业创新生态与企业技术创新路线图，加速实现颠覆性技术创新与渐进式技术创新的平衡，并从科技体制机制、科技产业发展生态、微观创新主体三方面着力。

四、制度优化：以新型举国体制推动整合式创新范式建构

从制度经济学的视角来看，制度环境是引导经济社会主体的经济性与社会性行为的重要

因素。改革开放 40 多年来，我国与发达国家显著的差异因素在于制度环境的一致性。在探索社会主义市场经济以及推动我国创新驱动发展过程中，不管是政府还是市场主体都面临着较大的不确定性，这就需要发挥集中力量办大事的社会主义制度优势，降低频繁的制度变革与经济转型过程中的不确定性。在渐进式的改革过程中，在我国科技发展从科技弱国走向科技大国最终走向科技强国的发展道路上，显著的制度优势无疑是社会主义制度优势。党的十九届四中全会通过的《中共中央关于坚持和完善中国特色社会主义制度、推进国家治理体系和治理能力现代化若干重大问题的决定》提出，要“加快建设创新型国家，强化国家战略科技力量，构建社会主义市场经济条件下关键核心技术攻关新型举国体制”。举国体制的核心是充分发挥社会主义集中力量办大事的制度优势，基于国家能力与国家目标充分调动、配置、优化各领域的经济性与社会性资源，最终实现既定的国家战略目标的管理结构与治理体制。新中国成立初期的一系列重大科技成就，如“两弹一星”的巨大成功，均与基于社会主义集中力量办大事的举国体制存在直接联系。近十年来我国探月工程与高铁产业的持续性技术创新，亦展现了举国体制的突出核心技术攻关优势。从国际科技发展历史进程来看，举国体制的管理框架同样广泛存在于发达国家的重大科技项目的攻关过程之中。

当前，面对国内国际形势的深刻变化，传统举国体制在新的时代背景、新的政府与市场

关系、新的科技竞争格局下需逐步实现向新型举国体制的变迁。

第一，新的时代背景体现为当前我国正面临百年未有之大变局，中国特色社会主义迈入新时代。在新时代下，新的发展矛盾、新的发展方式以及新的创新驱动发展战略要求传统举国体制下的科技攻关体制向新型举国体制下的新的战略目标、新的治理结构与管理体制转型。尤其是面对关键核心技术自主可控与自主创新能力的突破问题，需要构建新型举国体制，将我国有限的经济社会资源面向关系国家安全与国计民生的重要产业的关键核心技术突破与“卡脖子”技术突破等领域进行充分优化配置，不断创新体制机制及重大科技专项项目的治理，以重大战略性创新工程为抓手，以新型研发机构（国家实验室、国家科技创新中心）为组织载体，引入市场竞争机制，以新型举国体制调动各级政府、全社会、全行业与微观市场组织集中攻关，突破关键核心技术受制于人以及“卡脖子”问题，以新的体制机制实现新型举国体制下各类创新主体的激活效应，实现重大原创性科技成果从 0 到 1 的不断涌现，为当前供应链、产业链与创新链的安全性、引领性、协同性、颠覆性与原创性提供制度支撑与机制支持。

第二，党的十八大以来新的政府与市场关系主要体现为市场在资源配置中起决定性作用，以及更好地发挥政府作用。“有为政府与有效市场”成为新型举国体制运转的突出要求，即需要兼顾市场的决定性作用与更好发挥政府作用。这意味着在基于新型举国体制开展

重大科技项目、进行关键核心技术和“卡脖子”技术联合攻关的过程中，既要发挥市场在资源配置中的决定性作用，通过切实尊重与激发市场各类创新主体（各类企业）的技术创新活力与潜能，优化制度环境与营商环境，尤其是加强面向颠覆性技术创新的知识产权保护制度建设，又要通过功能性产业政策逐步实现对创新环境的系统性优化，实现政策资源与市场主体创新能力的系统性整合。同时，“卡脖子”技术的技术复杂度高、市场研发周期长、不确定性程度大，这就需要政府利用“有形的手”引导各类经济性与社会性资源开展跨部门、跨团队、跨领域、跨学科的联合攻关与合作，出台相关政策（财政政策、产业政策等）引导各类创新主体、各类知识团队与各类创新研究中心开展特定国家战略目标下的“卡脖子”技术的联合协同攻关，实现创新资源、创新链条与产业链条的系统有效整合。

第三，当前科技竞争格局从传统的工业经济时代迈向“数智”时代，数字化与智能化成为“数智”时代的突出技术变革。在新一轮科技革命背景下，由于数字智能技术具有高度的渗透性，科学研究与应用开发的边界日益模糊，新兴领域的颠覆性技术创新与基础研究领域的理论创新之间的融合程度进一步强化，基础研究、应用开发与技术商业化的时空距离进一步缩短，科技成果转化的商业化链条也更加动态便捷。因此，在新一轮技术革命深入演化背景下，需要高度重视数字智能技术的数字化赋能效应，并以数字化、智能化与网络化的新型数

字治理体系为新型举国体制下的科技项目治理提供赋能基础。

五、产业生态：以深化双循环下的两个融合重构“开放式创新”

在高度全球化竞争的知识经济时代，传统企业的封闭式创新难以适应外部高度动态与复杂的竞争环境要求。开放式创新是企业以提升技术创新能力为目标，通过对组织内外部的知识要素与创新资源进行有目的的治理，从而实现企业研发到商业化的一系列过程，最终实现企业创新模式的创新。开放式创新理论吸收、整合与发展了用户创新、合作创新、吸收能力、创新网络等理念，是开放经济与动态竞争环境下的一种全新的创新范式。从开放式创新的主要类型来看，存在两种主导模式：一种是内向型开放式创新模式。内向型开放式创新是企业明确的创新目标导向下，通过持续识别、系统筛选与构建自身的外部创新网络和创新生态系统，实现基于特定目标的知识识别、知识引进、知识利用的一系列活动。内向型开放式创新通过用户参与创新、与供应商合作创新、购买外部知识产权、获取外部技术许可证、构建产学研合作网络、众包、战略联盟等多样化企业间创新方式来实现。既有研究表明，内向型开放式创新能够促进本土企业构建自主式的创新网络，基于创新资源的互补效应开展组织间学习，最终实现企业内生自主创新能力提升。另一种是外向型开放式创新模式。外向型开放式创新则过于注重企业内研发项目的外部化，以及将内部冗余的创新成果快速商业化，快速

实现经济收益，如通过授权许可、开源合作、技术外部转让等方式将公司未能完成或中止的研发项目进行外部化、商业化。从这个意义上讲，外向型开放式创新本质上是为了提升企业的经济价值创造能力，其提升企业自主创新过程中的学习能力与吸收再创新能力的效果则相对有限。内向型开放式创新范式下企业创新过程更加侧重内部既定创新目标下的外部创新合作，而不会陷入外向型创新模式下创新资源与创新主动权受制于人等创新陷阱。

当前，国际国内竞争格局的系统性变化加快。在此情境下，我国提出要构建以国内大循环为主体、国内国际双循环相互促进的新发展格局，这顺应了新时代国内基础条件和国际竞争环境深刻变化的全新时代背景。改革开放以来，尤其是加入WTO以来，我国技术链、产业链与创新链嵌入全球价值链、创新链的进程不断加快，以市场换技术的对外开放红利为我国较长时期的经济中高速增长提供了巨大的制度红利，使我国步入了工业化的中后期阶段。但是，外向型体制下我国关键核心技术在出口导向方面产生的一系列诸如关键零部件依赖进口、核心技术缺失、产业链与供应链安全性低、产业现代化水平低等问题日益凸显。在国际需求萎缩与贸易摩擦加剧背景下，逐步由外循环主导转向以国内大循环为主体、国内国际双循环相互促进的新发展格局，就成为必然选择。在双循环新发展格局下，突破关键核心技术严重受制于人的“卡脖子”问题，需要改变长期以来的外源式资源获取型与外部化的外向型开

放式创新模式，基于内循环主导下的内生型开放式创新模式，提高产业层面的自主创新能力，改变过去过度注重出口效应与低成本主导下的技术引进模式导致的我国创新链与价值链长期处于全球价值链中低端环节的不利局面。在新的国际形势下，产业链动态扩展应以满足国内需要为出发点和落脚点，在产业发展过程中要逐步形成以内循环为主导、外循环为支撑的内生型开放式创新模式，构建内生型的开放式产业创新生态系统。突破“卡脖子”技术问题需要构建以内循环为主体的国内创新链、产业链与价值链，推进“三链”融合，加快突破关键核心技术以及制约产业转型升级中的“卡脖子”技术，最终形成真正意义上的内生性自主创新能力。具体而言，要在内循环主导的产业创新生态系统中，大力发展新型研发机构，有效组织国家工程基础研究院、国家科技创新中心、国家实验室、国家工业技术研究院等新型研发机构，加快科技创新体系与协同创新能力建设，集中联合解决以工业技术能力的提升和产业技术安全的实现为战略目标的“卡脖子”技术问题。

六、创新主体：深化建设面向“卡脖子”技术的“央企+民企”分类主导的创新共同体

不论是在计划经济时期，还是社会主义市场经济时期，中央企业都是政府有效参与经济建设与治理的重要组织载体，是新时代推动国家治理体系与治理能力现代化的重要微观主体。与发达国家相比，中国特色社会主义市场经济制度的一个突出特点是中央企业、国有企

业在整个市场组织中占有较大比重、居于特殊地位，在许多战略性行业以及关系国计民生的重要产业中扮演着龙头企业的重要角色。中央企业作为有效参与科技治理的微观主体，主要体现在中央企业既是具有经济属性的市场组织，又是兼具社会公共属性、承担社会责任的“社会公器”。就经济属性而言，一些中央企业在市场逻辑的驱动下需要承担社会主义市场经济建设中的经济赶超使命，以微观企业层面的高质量发展实现创新引领，带动相关产业乃至整个宏观创新体系的高质量发展。就社会公共属性而言，主要体现为在特殊的国际形势、特定的历史阶段与特定的公共战略导向下，中央企业需要承担契合国家战略性、安全性、民生性的重要产业发展的重大公共创新使命与社会责任。

产业共性技术具有典型的公共产品与公共技术特征，理应成为国家公共使命主导下国有企业公共创新的重要方向。基础性共用性技术创新的状况决定了国家整体的产业技术水平和技术创新的未来前景，培育世界一流企业需要以一流国有企业的共性技术创新能力作为产业共性技术创新与颠覆性技术涌现的底层支撑。当前制约我国信息产业发展的芯片技术作为产业发展的共性技术，需要以中央企业作为共性技术研发与应用创新的主力军，发挥独特的资源集聚优势与基于使命驱动的创新范式进行集体攻关突破。同时，在当前处于百年未有之大变局的时代背景下，就“卡脖子”技术突破与科技治理体系建设而言，依然需要中央企业基

于特殊的使命定位承担关键性、战略性、基础性的共性技术研究，并承担起优化科技创新生态系统等科技治理意义上的社会责任。

与此同时，面向“卡脖子”技术的突破也离不开民营企业。民营企业独特的企业家精神在面向颠覆性技术创新时具备独特的组织优势与动态能力优势。2016年国务院印发的《“十三五”国家科技创新规划》对颠覆性技术进行了长远布局，提出了发展引领产业变革的颠覆性技术的五大重点方向，即以移动互联网、量子信息、人工智能为核心构成的新一代数字信息技术，以增材制造、物联网装备、智能机器人为核心构成的智能装备技术，以基因编辑、干细胞、合成生物、再生医学为核心构成的新一代生命科学技术，以氢能、燃料电池为核心构成的新一代能源技术以及以纳米、碳基新材料、石墨烯为核心构成的新材料技术。要在五大引领未来产业发展的重点方向上，加速颠覆性技术创新，并高度重视民营企业中的“独角兽”的重要作用，发挥民营企业在面向未来产业的颠覆性核心技术创新过程中的主导作用，基于市场导向型的创新创业企业家精神来驱动未来产业的技术迭代升级。在围绕“卡脖子”技术的联合攻关体系中，应以混合所有制改革为契机深入支持民企广泛参与央企、重点高校与科研院所等牵头的关键核心技术联合攻关项目。在部分具备商业化前景的关键领域，大力实施军民融合战略，以项目制的形式推动形成军工央企主导、民营企业参与等融通创新的新模式，组建面向“国有企业+大中小民营企业”的创

新联合体，形成面向“卡脖子”技术的强协同与弱耦合的创新生态圈，最终实现国有企业和民营企业之间的产业链、创新链、价值链的分工协作体系，建构面向多类创新主体、创新要素与创新机制协同耦合的创新共同体。

文章来源：陈劲，阳镇，朱子钦. “十四五”时期“卡脖子”技术的破解：识别框架、战略转向与突破路径. 改革, 2020(12): 5—15.

(注：此版本有删减，且略去了参考文献。)

【学术交流】

当代企业家战略思维研究

刘秉君 *

十八大以来，习近平总书记反复强调领导干部树立战略思维的重要性，在十九大报告中，习近平同志更是将战略思维放在党的领导干部增强政治本领的高度来强调，他指出：“坚持战略思维、创新思维、辩证思维、法治思维、底线思维，科学制定和坚决执行党的路线方针政策，把党总揽全局、协调各方落到实处。”战略思维，不仅是党的各级领导干部的政治本领，也是当代企业家带领企业不断发展壮大的治企本领。纵观当代中国优秀企业家，之所以能够带领企业从胜利走向胜利，皆是正确运用战略思维解决企业发展问题的典范。

战略思维，是指战略主体在进行战略谋划时所特有的，对根本性、长远性、全局性问题的思维过程。战略思维是一种理性的精神活动，是概念、判断、归纳和演绎等抽象思维活动的

综合运用。它意味着在方向与道路维度上的精准把握，在时间维度上的长远谋划，在空间维度上的全面布局。

战略思维作为高级复杂的思维方式，一般具有三大特征，即：

选对方向道路的根本性思维；引领未来发展的长远性思维；体现格局境界的全局性思维。

本文拟结合当代中国优秀企业家代表人物——宋志平、任正非、张瑞敏战略思维个案，深入探讨当代企业家战略思维的规律性特征。

一、选对方向道路的根本性思维

所谓根本性思维是指企业家在进行战略性思维时，对方向、道路问题的思维过程，是企业家谋划战略发展根本大计时必须拥有的思维能力，它需要透过纷繁复杂的各种现象，在把握企业发展的本质和规律的基础上，摆脱枝节

* 刘秉君，中国管理科学学会高级会员，中国企业改革与发展研究会理事、高级研究员。

性问题的困扰，非主要矛盾的纠缠，抓住企业发展主要矛盾的主要方面，进而确定企业发展的方向和道路。一个企业如果方向选择不明确、道路选择不正确，企业就难以迈开战略发展的步伐。纵观当代成功企业家的战略思维，其根本性思维一般都具有明确的方向观和正确的道路观。

（一）明确的方向观

方向原意是指东西南北。在人生实践中，是指人生的理想和追求。对企业而言，方向就是企业的理想和追求。它是引领企业前进的旗帜、航行的灯塔，对企业的前途、命运具有至关重要的作用。

2002年，宋志平担任中国新型建筑材料集团公司总经理之前，营业收入只有20亿，负债就有30亿，在他上任当天，就收到法院冻结企业账户的传票，危机可想而知。面对危局，他静下心来，反复思考企业的战略问题。最后他和班子反复讨论，下定决心果断从规模较小、以装饰材料为主的新型建材行业“突围”，回归水泥等大宗、主流建材领域。2003年春天，去掉了“新型”二字的“中国建筑材料集团公司”正式揭牌，这一标志性事件，正是中国建材企业战略新方向确定的里程碑，为日后打造世界级建材产业集团，进入世界500强奠定了基础。关于中国建材战略方向，宋志平有着清晰的思维，他说：“在大方向上，中国建材集团确定了‘五最’目标，即成为‘中国规模最大、实力最雄厚、效益最好、技术最先进、国际竞争力最强的行业排头兵企业’，之后又调

整为‘建立又强又优、具有国际竞争力的世界一流企业’；在小方向上，确立了‘大水泥’战略，以水泥及相关建材产品为主业并实现快速发展”。正是由于大、小方向的设定，才使中国建材乘着“大水泥”“大基建”的快车，向着世界一流企业的方向阔步前进。

著名管理大师彼得·德鲁克曾经说过：“战略不是研究我们未来要做什么，而是研究今天做什么才有未来。”中国建材正是解决了今天做什么的问题，才找到了企业战略发展的未来。企业家在进行战略方向思维时，既要有对企业理想追求的大方向，知道自己到哪里去，又要有可以把握的小方向，知道自己靠什么去。

因此，只有成为具有方向感的企业家，才能确保企业始终朝着正确的方向前进。正如宋志平所言：“战略解决的是去哪儿的问题……董事长是企业巨轮上那个被绑在桅杆上的瞭望者，要始终站在最高处，时刻为团队瞭望远望，即使风吹浪打也不能遮住他望远的视线……如果判断失误了，再努力再辛苦都无济于事，而且做的越多，距离目标越远。”

（二）正确的道路观

道路，在战略思维上，是指为完成某种理想和目标所遵循的途径。方向确定了，选择什么道路，是实现企业理想和追求的关键所在。

宋志平在谈到实现企业“大水泥”战略的道路时，有“四条道路”的精准论述：“为了实现目标，我们确定了四条道路：走一条突出主业的专业化发展道路，走一条资本运营、联合重组、管理整合、集成创新的发展道路，走一条市场化运作和国际化合作的道路，走一条争取地方资源和为地方做贡献的道路。”对企业

道路的清晰思考，正是宋志平战略思维道路观的清晰体现。假如在“大水泥”战略方向确定后，不是采取资本运作、资源整合、联合重组的道路，而是一味采取依靠自身积累去发展的老路，就难以在短时间内成为行业的“巨无霸”和世界 500 强企业。

方向对了，道路不对，再美好的愿望也难以实现。做企业莫不如此：纵观改革开放几十年来，各类企业的沉沉浮浮，如果归纳总结问题，可以列举很多，很多企业之所以止步不前甚至失败，其领导者选错了方向和道路是最主要的原因。

习近平总书记在纪念改革开放四十年讲话中指出：“方向决定前途，道路决定命运”，深刻阐释方向和道路、前途和命运的关系。企业家在对企业方向和道路问题思维时，可以从以下三个维度切入：一是行业、市场发展空间，二是企业的核心竞争能力，三是企业家的追求精神。唯有达到三者有机统一，方可找准符合企业实际的方向和道路，解决好企业战略中的根本性问题，进而把企业的前途和命运牢牢地掌握在自己的手中。

二、引领未来发展的长远性思维

所谓长远性思维，是指企业家在进行战略思维时，对未来发展可能遇到的问题、发展的走向、应对的策略等进行谋划的思维过程。这种思维要求企业家要站在现实和未来之间，眼前和长远之间，从事物发生、发展的普遍规律着眼，从事物发展的时间轴入手，对企业未来发展过程中可能出现的各种情况，进行分析、判断，进而构想出具有前瞻性的战略思路和举措，以确保企业在做强做大的过程中，行稳致

远。纵观当代优秀企业家，在长远性思维方面，一般具有逻辑推演观和舍近谋远观。

（一）逻辑推演观

逻辑推演就是企业家在进行战略思维时，根据事物发生和发展的逻辑关系，一个步骤一个步骤地推演出事物发生和发展的必然性，从而对今后发展趋势进行预测和制定战略方针的思维方式。

2019年5月17日凌晨，针对美国商务部工业和安全局(BIS)把华为列入“实体名单”的危机，“潜水”多年的华为旗下海思半导体总裁何庭波，向内部员工发信称：“所有我们曾经打造的备胎，一夜之间全部‘转正’！”“备胎转正”一词迅速引起媒体和社会的强烈反响。华为为什么能在美国“制裁大棒”高高抡起的时刻，发出自信的声音呢，这主要源于华为 CEO 任正非所具有的“逻辑推演”基础上的长远性思维。2003年12月，华为曾与世界通信业巨头摩托罗拉签署了一份意向书，摩托罗拉拟用100亿美金收购华为。但意外的是，一周后，摩托罗拉新董事长上任后，否决了这项收购。面对收购突然出现的变化，华为 CEO 任正非和他的团队对十年后可能出现的危机进行了假设：“预计有一天，所有美国的先进芯片和技术将不可获得”，华为如何“可以持续的为客户服务”的“极限生存”状态进行了推演，根据推演所产生的各种可能性，一个战略性的“备胎计划”产生了。2019年5月，任正非接受央视记者采访时对“备胎计划”产生的过程曾轻松、形象的描述道：当时（指2013年12月）我们

认为，“十年以后我们和美国在山头上遭遇。遭遇的时候我们肯定是输家，我们拼不过他们的刺刀，他们爬南坡的时候是带着牛肉，罐头，咖啡在爬坡，我们这边背着干粮爬坡，可能爬到山上我们还不如人家。好，那我们就要有思想准备，那思想准备我们就准备，备胎计划就出来了。”

彼得·德鲁克说：“如果不着眼于未来，最强有力的公司也会遇到麻烦。”常言道，人无远虑，必有近忧。华为今天在危局中之所以能在一夜之间推出鸿蒙操作系统和芯片竞品，就是华为对未来战略储备的一次“亮剑”。而这一次“亮剑”，正是由于任正非和他的团队，在15年前运用逻辑推演法对未来进行的一次生存“极限假设”，才有了今天应对危局的战略主动权。

因此，企业家一定要在企业发展问题上，以“如临深渊，如履薄冰”的谨慎态度，以居安思危的危机意识，以超强的洞察力、远见力，运用逻辑推演的方法，不断预测未来可能出现的变局，并提前制定预案，确保企业在战略发展的道路上行稳致远。

（二）舍近谋远观

所谓舍近谋远观就是企业家在战略思维时，正确处理眼前和长远利益的关系，在眼前利益和长远利益出现矛盾时，敢于舍去眼前的一些利益，而谋求长远性战略利益的思维方式。

在运用“舍近谋远观”处理企业战略发展问题时，许多优秀的企业家都有其独到的思维和做法，中国建材集团前董事长宋志平更是独创了颇有新意的“老母鸡理论”，对指导中国

建材正确处理眼前利益和长远利益产生了积极作用。2006年，中国建材在香港上市后，正式吹响了“大水泥”战略的号角。“第一战”就是在徐州，对手是中国水泥的龙头企业——海螺集团，双方当时在徐州及其周边的价格战是“红海战略”。两家企业卖给高速公路公司的水泥价格都低过成本，而当时徐州海螺有一条万吨生产线，中国建材在徐州有两条生产线，一条是五千吨线，一条是三千七百吨大马拉小车效率很低的线，打到最惨烈的时候，中国建材九个搅拌站客户丢掉了六个半。面对万分危急的局面，宋志平在回忆时说：“怎么办，想来想去只有联合重组”，“因为中联水泥（中国建材旗下水泥企业）的市场集中在徐州枣庄一带，如果徐州市场被海螺占领，枣庄就会沦陷，鲁南也会撑不住。所以从战略上讲，徐州对中国建材全盘的水泥计划很重要。当时对于海螺来讲，是一条水泥线该怎么做的问题，而对于中国建材来讲，则关系到“大水泥”战略能否做下去的问题。基于对企业发展长远的战略考量，宋志平最终下定决心，由中国建材收购徐州海螺。经过多轮谈判，最后基于“战略溢价”的高度，商定以9.6亿元重组徐州海螺。由于几乎拿出香港上市募集到的资金的50%来做这次收购，有人认为中国建材亏了，多付了钱。但具有长远思维的宋志平却用他自己独创的“老母鸡理论”来说服大家正确处理眼前利益与长远利益的关系。他说：重组海螺，当下是多付了一些钱，但“重组会下蛋的母鸡，我们收来之后，可以多给一两个月鸡蛋钱，不能斤斤计较。过一两个月，蛋不就都是我们的了”

吗？”这一看似简单的“老母鸡理论”，其实正是宋志平董事长对眼前利益和长远利益辩证思维的形象化表述，“多给一两个月鸡蛋钱”，就是我们要让出一些眼前利益，“过一两个月，蛋不就都是我们的了吗”就是我们获得的长远利益。如果中国建材不让对方当下获得溢价收入，就很难获得战略性重组的成功。如果战略性重组不能成功，两家必然是鱼死网破。对于海螺而言只是眼前亏损了一条生产线，而对于中国建材则是失去了“大水泥”战略发展的长远未来。事实证明，收购海螺之后，当地的水泥价格恢复性地上涨了30元，仅用半年时间，中国建材就多赚了3亿的利润，弥补了企业收购的溢价，中国建材的H股也从2.75元一路飙升至39元。

古人云：“不谋万世者，不足谋一时。”宋志平正是深刻理解“一时”与“万世”，“舍近”与“谋远”的辩证关系，才会在做出重大决策时放弃一些眼前利益的“舍近”抉择。中国建材通过重组，在获得工厂、技术的同时，更获得了长远的“市场的潜在价值”“大水泥”战略，也由此迈出了战略制胜的第一步。为今后在浙江及东南部收购150多家水泥企业，组建和壮大南方水泥打下了坚实的战略基础，更为以后组建西南水泥、北方水泥从而形成四大水泥集团的战略布局打赢了开局之战。中国建材联合重组，推动中国水泥产业发展的案例，也正式入选美国哈佛大学案例库，走进世界一流大学的课堂。

因此，企业家在处理眼前利益与长远利益，在处理“舍近”与“谋远”关系时，一是在眼

前利益与长远利益起冲突时，要优先“谋远”，考虑长远利益；二是要在长远利益为大前提下，要敢于和善于“舍近”，懂得如何“艺术”地“吃一些‘眼前亏’”；三是要用辩证思维正确处理好“舍近”与“谋远”的关系，并要善于将眼前“舍”的一个个小利益，有机地转化成为服务长远利益的势能，将一个个量变积累，最终演化成战略性的质变，求得企业长远发展的大利益。

三、体现格局境界的全局性思维

全局性思维就是立足本企业，放眼全社会，将自己企业的发展变化与行业、市场、社会、世界、人类发展紧密联系起来，进而达到把自己企业放在更大的外部环境来看的思维过程。全局性思维既是企业家正确处理局部与全局关系能力的体现，更是企业家格局、境界的综合体现。纵观当代优秀企业家，在进行全局思维时，一般采用的方法是微观宏观法和宏观微观法。

（一）微观宏观法

所谓微观宏观法就是企业家在进行战略思维时，从企业微观角度出发，通过由内到外，由小到大，寻找自身与外界宏观世界发展变化需求之间的联系，进而将企业战略设计的局部，融入到外界市场、社会、国家、世界、人类需求的全局之中进行思维，达到微观与宏观、局部与全局之间的有机统一，进而实现企业的战略追求。

作为中国企业家代表的张瑞敏，自1984年担任海尔冰箱厂厂长以来，在38年的企业经营历程中，进行了名牌战略、多元化战略、国际

化战略、全球化战略、网络化战略、生态品牌战略六次战略大转型，基本上是每七年进行一次战略调整，都使企业向更高层面实现了跨越，这在管理史上是非常鲜见的。尤其是2019年启动的生态品牌战略转型，是张瑞敏从做好家电制造这个“微观”到推动制造业工业互联网转型升级这个“宏观”的一次大跨越。2000年起，面对奔涌而来的网络化时代，张瑞敏清醒地提出了“三种颠覆”的观点：“互联网带来的‘零距离’将以企业为中心颠覆为以用户为中心，使大规模制造变成大规模定制，这是对科学管理原理的颠覆；互联网带来的“去中心化”把员工的领导从过去的上级变成了用户，这是对科层制的颠覆；互联网带来的“分布式”意味着资源不局限于企业内部而是来自全球，‘世界就是我的研发部’，这是对企业内部职能再平衡的颠覆。”基于对这“三种颠覆”的深刻认知，张瑞敏以“砸冰箱”的勇气，开始了“砸组织”的管理模式创新，2005年，他从中国传统文化中汲取智慧，融贯中西文化，提出了“人单合一”这一符合互联网和物联网时代的商业模式。“人单合一”的“人”，指员工；“单”，指用户价值；“合一”，指员工的价值实现与所创造的用户价值合一。“人单合一”的基本含义是，每个员工都应直接面对用户，创造用户价值，并在为用户创造价值中实现自己的价值分享。员工不是从属于岗位，而是因用户而存在，有“单”才有“人”。在“人单合一”模式下，张瑞敏将自己亲手缔造的“海尔组织大厦”砸掉，去掉了企业中间管理层，将存在百余年的科层制彻底颠覆，并将企业管理者最重要的“三权”——

用人权、决策权、薪酬权让渡给员工，搭建了一个“人人都有机会成为创业家”的平台，激发了每个员工的创新活力。“人单合一”商业模式提出的17年来，已经经历过1.0版的自主经营体、2.0版的利益共同体、3.0版的小微公司，4.0版生态链小微群，尤其是2019年4.0版的提出，标志着“人单合一”模式再次升华，成为第六次战略转型——生态品牌战略的理论基础。“人单合一”在海尔获得了成功，但张瑞敏没有将这一管理变革成果停留在满足海尔家电制造适应市场层面，他提出：要“让人单合一成为物联网时代引领的商业模式”。为此，海尔将“人单合一”的理论和技術，上升到制定工业互联网国际标准的实践。为了推进“人单合一”在制造业应用落地，海尔推出的具有中国自主知识产权、全球首家引入用户全流程参与体验的工业互联网平台——卡奥斯

(COSMOPlat)，被ISO（国际标准化组织）、IEEE（电气和电子工程师协会）、IEC（国际电工委员会）三大权威标准组织确定为大规模定制模式国际标准制定者。

现在海尔已成为既为市场提供家电产品，也提供智能制造和大规模定制解决方案，实现了从家电制造商到工业互联网制造服务商的转型升级，海尔卡奥斯（COSMOPlat）用户全流程参与的大规模定制模式，已在海尔11个互联工厂成功落地，并孕育出建陶、房车等15类行业生态子平台，同时在全球20多个国家跨文化复制推广，服务全球企业达3万多家。《哈佛商业评论》认为，国际管理术语过去是美式的，

后来是日式的，今后要习惯中国的——Rendanheyi（人单合一）。如果张瑞敏没有从微观到宏观的全局性思维，就没有海尔从制造业到引领世界工业互联网的战略转型升级新局面。

彼得·德鲁克说：“一个企业只能在企业家的思维空间之内成长，一个企业的成长会被其经营者所能达到的思维空间所限制。”一个企业家只有善于从微观到宏观，不断放大自己的思维空间，方能提升自己的全局思维。张瑞敏，正是运用基于让海尔的“人单合一”模式从服务海尔，到服务家电行业，再到服务制造业，进而成为引领物联网时代商业模式的思维理念，正确运用从微观到宏观的全局性思维，放大了自己的思维空间和格局，才使海尔本身的制造管理技术和管理模式成为推动世界工业互联网的引领者，使海尔成为引领青岛、山东乃至中国工业互联网产业的领军企业，海尔也实现了一次物联网时代的战略性跨越。

因此，当代企业家要想从容运用微观宏观法对全局性问题进行思维，就要具有由内向外，以企业为圆心，行业为半径，社会、国家、世界为圆周的思维空间，进而将外部世界的需求、信息转化为对企业战略环境，战略机会的有利要素，实现从微观到宏观，局部到全局的有机融合，这样才能成为具有“胸怀企业，放眼世界”格局和境界的企业家。

（二）宏观微观法

所谓宏观微观法就是企业家在进行战略思维时，从宏观事物变化中，找到宏观全局

态势对局部微观企业的影响和联系，进而确定企业战略思路的思维方式。

谈到“宏观微观法”进行战略思维，许多企业家都是运用的高手，宋志平在《经营方略》一书中曾有这样的描述：“在担任大型央企一把手的这些年来，我琢磨最多的就是战略。作为董事长，我想的不是如何生产水泥、玻璃或建造房屋……，而是想宏观形势，想行业走向，想企业的资源和机会，想企业面临的风险”。这段话“宏观”“行业”“企业”的表达顺序，充分体现了他善于从宏观入手，再到中观、微观进行战略思维的特征。如何确定企业的战略目标，很多企业往往都是按照企业的现有资源和增长幅度来确定未来企业增长目标，而宋志平则从国家经济发展的宏观大势入手，进而再确定企业发展的目标。下面是宋志平在2011年接受《经济观察报》采访时说过的一段话，进一步体现了他从宏观到微观的全局性思维能力。

“据统计，2010年我国GDP是39万亿，如果按照8%的年增长速度，到2015年能达到55万亿，即使按5%的增速，到2020年，也可超过70万亿元。我预测，到2020年，中国前100家企业年平均销售额在3000亿元左右。”按照中国经济发展的规模和速度，以及中国企业发展的规模和速度，再加上他对中国建材行业中水泥占比70%的清醒认识，宋志平在2012年信心满满地确定了中国建材2020年实现5000亿元的战略目标。事实正如宋志平所预测，2018年中国建材已经实现了3500亿元，第八次进入世

界 500 强，跃居世界建材企业第一名，在战略前进的大道上，迈出了由大到伟大的步伐。

中国建材战略举措获得了一个又一个重大成功，然而，宋志平在谈到其成功背后的原因时，不是站在企业本身来看，而是将企业的每一个战略举措都能放在国家经济发展的大背景下来观察，他在谈到“整合优化模式”成功原因时，曾这样表述：“在‘新常态’下，这一模式有其存在的必然性和可行性。

从宏观层面看，‘新常态’的实质是告别过去传统粗放的高速增长阶段，进入高效率、低成本、可持续的中速增长阶段。加快资源整合、实现结构优化、产业升级是必由之路。

从中观层面看，行业结构调整首先是要解决过剩这一主要矛盾，像钢铁、水泥等行业差不多都过剩 30%左右。以水泥为例，‘新常态’下，市场需求大幅减少，过剩加剧，行业已经从高速增长进入平台期，中国水泥需求量将不会再有大的增长。水泥行业进入平台期既是中国经济转型的微观反映，也是行业发展规律的必然结果……

从微观层面看，企业内部也要整合优化。企业要产生良好的效益，必须从市场控制力、企业效益、发展质量出发，做细致的整合优化工作，让重组后的各种资源发挥最大效能……有管理才叫企业，不进行整合优化的产业只相当于一堆工厂，不进行整合优化的企业只相当于一群人。”

毛泽东曾经说过：“没有全局在胸，是投不下一着好棋的。”通过宋志平的案例，我们

可以清楚地看到正是由于他具有了宏观的全局，才下了一盘中国建材这个微观局部战略制胜的好棋。企业家如何才能具备这种思维能力呢？一是要牢固树立以天下为己任的高远境界；二是要培育胸怀天下的宏大格局；三是要通过不断学习政治、经济、科技、文学、哲学、历史等知识，不断对宏观态势进行观察、思考，形成自己厚重的积淀；四是要具有正确的把握和处理国家与行业，行业与企业、宏观与微观等诸多关系的能力和智慧。只有这样，才能取得带领企业从胜利走向胜利的辉煌。

不谋全局者，不足谋一域。企业领导者只有不断培养自己宏大格局和高远境界，提高从宏观到微观，从全局到局部的思维能力，深入探寻外部全局与企业这个局部的有机联系，方可谋好微观企业的“一域”，成为具有“会当凌绝顶，一览众山小”气势的企业大家。

参考文献

- [1] 李锦坤，王建伟. 战略思维. 天津：天津社会科学院出版社，2003.
- [2] 曹俊杰. 跟毛泽东学思维. 北京：西苑出版社，2006.
- [3] 宋志平. 经营方略：升级版. 北京：中信出版社，2019.
- [4] 宋志平. 改革心路. 北京：企业管理出版社，2018.
- [5] 宋志平. 我的企业观. 北京：中信出版社，2014.
- [6] 程东升，陈海燕. 任正非管理日志. 北京：中信出版社，2008.

[7] 刘秉君. 思维的力量. 北京: 中国经济出版社, 2015.

[8] 李小三. 现代领导哲学思维. 北京: 研究出版社, 2009.

[9] 彼得·德鲁克. 创新与企业家精神. 北京: 机械工业出版社, 2009.

[10] 彼得·德鲁克. 管理思想全书. 北京: 九州出版社, 2001.

[11] 华为备胎芯片转正, 何庭波: “科技史上最悲壮的长征”. [https://www.](https://www.360kuai.com/pc/9283c96604257a60e)

[360kuai.com/pc/9283c96604257a60e](https://www.360kuai.com/pc/9283c96604257a60e).

[12] 任正非接受央视采访, 8000 字访谈震撼人心. https://www.cqcb.com/wealth/2019-05-27/1644809_pc.html.

[13] 彭贺, 李天健, 黄思琴. 张瑞敏: 自以为是. 北京: 新世界出版社, 2016.

[14] 张瑞敏论物联网生态下的海尔战略. https://life.dayoo.com/homea/201712/27/154629_52014768.htm.

【学术交流】

中国特色应急文化体系构建理路

张海英 *

习近平总书记在中共中央政治局第十九次集体学习中进一步强调: “应急管理是国家治理体系和治理能力的重要组成部分”, “要发挥我国应急管理体系的特色和优势, 借鉴国外应急管理有益做法, 积极推进我国应急管理体系和能力现代化。” [1]同时指出建设路径, 加强全程精准管理、法律法规修订、安全文化培育, 以及坚持社会共治、创新装备技术供给、加强学科建设与人才培养等。

在应急管理相关研究中, 文化方面的研究一直是一项非常重要又亟待探究的重大课题。应急文化作为一种亚文化, 是指个人、组织(团体)和社会在防范和应对突发事件过程中所体

现出来的思维方式、价值观念和行为规范的和。在建设社会主义文化强国的历史新征程中, 推进应急文化体系培育与构建, 形成应急文化建设的长效机制, 既是总体国家安全观的内在要求, 也是经济社会发展与安全的重要保障, 应急管理能力现代化的题中之义。

一、立足国家安全, 树立应急大文化观

中国特色社会主义进入新时代, 中国特色应急管理事业也进入了新时代。应急文化建设必须从国家安全发展、保护人民生命安全的角度, 基于总体国家安全, 树立应急大文化观。

第一, 遵循文化建设的目标定位。

认真学习和领会习近平总书记关于防范

* 张海英, 中国管理科学学会会员, 中国消防救援学院教授。

风险挑战、应对突发事件的一系列重要论述，加强党对应急管理工作的领导，科学应急，全民应急，生态应急，智慧应急，文化应急，构建人类命运共同体。用社会主义核心价值观统领应急文化体系建设。根据应急管理工作的特点，遵循文化建设规律构建应急文化的核心理念，充分体现社会主义核心价值观核心要素，并以此为约束与规范应急文化体系构建。始终贯彻“中国精神”。始终坚持社会主义先进文化的前进方向，立足本土，从中国传统文化中汲取“防患未然”“一针及时省九针”等应急思想精华，结合新时代发展要求，全面贯彻党的创新理论与成果，使我国应急文化建设与“中国梦”的实现同频共振。

第二，体现生命至上的价值准则。

践行人民至上、生命至上理念，要始终把人的生命放在首位，把保护人的生命安全作为神圣职责。应急文化不仅要满足人民群众自救、互救、逃生能力的生存需求，而且要满足人民群众对生命财产安全的物质需求，更要满足人民群众对社会稳定、追求幸福生活的精神要求。由此，应急文化建设必须坚持总体国家安全观视域下的大文化观和大安全观，应急管理部作为我国最大的应急专业部门，必须充分发挥好“驾辕马车”和“主承重墙”的角色与定位。

第三，立足战略层面的宏观定位。

以大格局大视角切入应急文化体系，从战略层面、全局层面明确应急文化建设的指导思想、总体思路、基本原则、基本方向和建设路径等，为应急文化体系构建把关定向。坚持整体性、系统性思考和统筹规划原则，通盘融合建设涵盖全过程、宽领域、各环节，全方位、多维度的构建理路。各级各类应急管理部门协

同科研机构，尤其是各大高校、科研院所、研究中心担起应急文化体系构建总设计师的责任，把应急文化建设作为“十四五”规划重要内容提到议事日程。

二、发挥制度优势，构建协同联动模式

发挥我国制度优势，构建多元主体协同联动的“铁拳模式”，即在政府主导下将综合性消防救援队伍、专业应急救援队伍、社会应急力量、军队和武警部队，以及志愿队伍等多种力量融合联动，从而形成防范风险挑战、应对突发事件的高效运行模式。我国经过多年的应急管理实践，已经形成“统一指挥，专常兼备，反应灵敏，上下联动”的应急管理体制，其突出优势是决策迅速、施策稳准、出手迅猛、击点重实、应对有力。新冠疫情的高效防控，再次彰显了中国共产党领导和中国特色社会主义制度的显著优势。

第一，坚定党的全面领导。新中国成立以来，党和国家始终高度重视应急管理工作，特别是党的十八大以来，习近平总书记站在实现“两个一百年”奋斗目标，保障中华民族长远发展的全局和战略高度，胸怀中华民族伟大复兴的战略全局和世界百年未有之大变局，针对应急管理工作相继作出的一系列重要论述。习近平总书记关于应急管理的新思想、新判断、新要求，为新时代应急管理事业改革发展指明了方向，提供了根本遵循。

第二，多元主体协同联动。国家综合性消防救援队伍、专业应急救援队伍、解放军和武警部队应急救援队伍、社会应急救援队伍以及国际应急救援队伍、志愿服务组织等协同联动，不同专常的队伍在统一指挥下专业处置不同灾害事故，很好地发挥了专常兼备、专业救援、常规应急处置的职能，快捷高效地控制和

缩减了因突发事件所造成的风险和危害，最大限度地保障人民群众的生命安全。多元主体形成巨大合力共同应对的局面，只有这样才能充分发挥我国应急管理体系的特点和优势。

第三，社会公民理性参与。应急管理与社会应急文化建设依赖理性成熟的公民社会大众的共同参与。社会治理中公民参与与否以及参与的广度和深度，是衡量地方政府、公共部门是否具有公共理性及公共理性程度的重要标尺。政府要进一步更新管理理念，加大民众应急知识培训与能力提升，有序高效拓宽公众参与渠道，大胆放权，给予公众参与突发事件的管理和治理，这不仅是社会民众的共同责任，而且还可以发挥我国基层治理优势，从而有效避免日常生活中各种突发事件的产生、发酵与恶性传染。

三、强化风险意识，推动应急宣教与传播

作为一种事前预防与事后应对并存的文化，应急文化是在长期的应急管理实践中不断创造以防灾、减灾、救灾为目的且被社会广泛认同和遵循的应急思维观念、应急行为方式、应急物质保障、应急法规文本和应急体制机制。应急文化虽然属于“软”实力，却是应急管理的“硬”内核，它既能作用于一个家庭、一个社区、一个单位，也能作用于一个地区、一个民族、一个国家，广泛而高效的宣传教育，有助于人们强化风险意识，主动防灾减灾、备灾救灾，从而减少灾害风险、降低突发事件损害。

第一，推动安全意识“三进入”。广大人民群众尤其是领导干部要有主动应急意识，树立

“大应急”理念，从思想上高度重视应急文化培育。近些年，我国在应急文化建设方面采取了很多积极措施，如设立全国防灾减灾日、全国安全生产月、全国消防日等，以及消防流动车“进社区、进校园、进工作”等，公众的应急安全意识得到了增强，应急技能不断提高。

第二，形成“三全”育人机制。利用现有设备装备、场所场地、社区队站等资源开展突发事件应对知识、常识的普及宣传，加大应急文化标识、符号等文创用品开发使用与张贴，建立应急物资储备和轮换制度、家庭应急物资配备必要性的宣讲等工作，形成全民宣教、全员参与、全程传播的培育机制。

第三，打造培育、传播“组合拳”。推动“平战结合”常态化，打通“报、网、端、微、屏”等各种平台和媒介，注重发挥互联网社交媒体的公众传播优势功能，借力媒体融合提升传播实效。切实形成“居安思危”“防患于未然”和“未雨绸缪”的预防型思维方式和行为习惯，实现从应对文化、预防文化到应急文化的良性转换。

重大突发事件是推动一个国家应急管理实践变革的“机会之窗”。践行人民至上、生命至上的理念，聚焦文化强国，坚定文化自信，我们要充分发挥我国应急管理体系的特点和优势，积极探讨与推进中国特色应急文化体系的培育与建构，在传承中弘扬，守正中创新。

参考文献：充分发挥我国应急管理体系特色和优势 积极推进我国应急管理体系和能力现代化[N]. 人民日报, 2019-12-01.

【学术交流】

基于敏捷模型的移动互联网软件项目管理策略研究

刘文翔 *

摘要：随着移动互联网技术的飞速发展和移动互联网应用的普及，我国许多中小型软件和硬件公司都受到影响。通过对中小企业传统软件开发过程和敏捷开发过程的实践与分析，试图找到融合传统开发和敏捷开发的管理策略，为中小企业移动互联网软件项目的开发提供参考。

关键词：敏捷开发 过程管理

引言：随着市场和投资进展的积极反馈，逐步丰富和完善软件和功能系统的功能和规模。采用传统软件开发模型的中小企业无法适应和满足客户的需求。传统软件开发模型弊端已逐渐显现出来，并没有跟上时代的发展和变化。应对快速变化的需求，敏捷开发应运而生，并成为非常流行的开发模式。敏捷开发与其他开发模型之间的区别是，它强调人在开发过程中的作用，交付产品的价值，并且可以根据开发过程中的变化进行调整，因此敏捷开发已逐渐成为主流开发模型。

一、传统开发方式问题

1. 开发周期问题

很多时候，尽管与客户建立了良好的信任关系，但是开发周期无法满足客户的需求，从

而导致无法达成合同签订。从公司发展计划的分析来看，已经是公司周期控制的极限，计划不能缩短。该公司的产品开发分为四个阶段：预研究、原型、产品定型、生产定型。每个阶段有 36 个过程控制点；公司的所有部门都参与其中，主要包括市场、技术、生产、业务、工程、财务、质量等。文件是核心评估点。根据历史项目经验统计，至少有 50 个最低产品或项目文档。最小项目或产品开发周期不得少于 6 个月。技术部门人员过多参与项目协调实践；在严重的情况下，它们占用了三分之一以上的工作时间。

2. 需求确认问题

相同的软件代码编写时间，传统开发的最小开发周期为 6 个月；敏捷方法可以在 3 个月内为用户提供满意的结果。软件公司的传统开发模式一般要求在项目开始时就确认需求。需求必须完整，缺少需求会影响项目交付时客户的满意度；在开发过程中，需求的变化会导致项目开发的工作量加大，严重时会出现项目延期。但是，实际上，在启动项目时，客户通常无法确定项目的最终需求，尤其是对于创新项目。创新的互联网软件项目通常伴随着模糊的

* 刘文翔，中国管理科学学会高级会员，深圳市大疆创新科技有限公司高级项目管理工程师。

想法。

二、混合式开发方法

敏捷开发并不适合所有软件开发项目，瀑布的发展并不是无用。敏捷开发是移动互联网项目的首选，瀑布式开发是政府和独立基础软件项目的首选。所谓的“混合”开发方法，即“外部瀑布和敏捷内”的开发方法；混合开发中的敏捷开发采用 Scrum 框架组织团队和管理，极限编程思想可用于代码阶段的代码开发。项目采用混合开发方式，总体上符合公司的研发管理机制和流程；开发过程中实施了快速迭代机制，以适应不断变化的客户需求。根据项目的性质，在开发之初，项目经理确定混合程度，确定关键控制节点和文档数量。在大多数业务条件下，客户期望从固定投资中获得最大收益。合同双方很难在项目开始时就要求和最终实施方法达成明确协议；当客户不能接受敏捷开发时，采用敏捷的外部瀑布式项目管理模式可以满足双方的利益。混合开发方法改变了传统开发方法的管理流程，使其适合敏捷方法。

三、敏捷开发管理流程

商务方可以申请由商务方发起的项目任务，业务方可以直接发布公司董事会和总经理的指示，由市场销售部门签订的合同，或者由研发部门自主研发项目的申请，须经副总经理和总经理的批准。

综合部门项目部收到任务建议书后，填写项目申请材料。根据任务的复杂性，邀请公司内外各部门的负责人员或高级专家组成评估小组，通知并组织评估会议。

项目批准申请通过后，项目部将从研发部的总务部、系统部、测试部、市场部等中选拔高级工程师，组成项目敏捷开发团队，确定开发地点并制定方案，项目管理机制。

项目敏捷开发团队与业务部门密切沟通，采用迭代方法，快速确认项目需求，并形成项目可行性分析，需求分析和系统计划，并通过由项目部门组织的审查会议。

通过需求分析和审查后，将根据项目后续开发的难度和工作量来调整项目敏捷开发团队。复杂项目的开发可以包含多个开发团队。

项目敏捷开发团队根据敏捷开发方法通过迭代来完成项目的后续开发。

敏捷开发团队开发完成后运行测试，项目部门组织专家和业务方评审测试结果，评审通过后，敏捷开发团队负责向客户交付项目。

四、管理措施

1. 需要快速确认

众所周知，敏捷开发以用户需求的演变为核心，并采用迭代、渐进的方式进行软件开发。因此，许多敏捷开发人员形成了错误的观点，他们认为，在项目开始时不需要进行详细的需求分析，并且可以在开发过程中使用迭代和重构来匹配客户需求。

敏捷团队将项目开发过程分为两个阶段，即敏捷需求阶段和敏捷开发阶段。每个阶段都是使用 Scrum 框架开发的。

在敏捷需求阶段，鼓励敏捷团队的所有成员参与需求分析，以增进对开发人员需求的理解，并减少产品所有者的工作量和错误，建立需求审查机制。

分析初始用户故事，使用界面工具软件建立软件的用户界面，使用成熟的 APP/Web 框架来实现业务流程的反应，并提交客户体验，根据客户的直觉，对软件功能和操作步骤进行了整理和完善。如果没有合适的工具软件，则可以使用美术师和设计师进行线条图描述。

通过软件用户界面的迭代，力争与客户确

认达到 80% 以上的需求。

2. 分享团队知识

记录团队成员的知识，并在项目中建立 WIKI，以供所有人上传共享的内容。因此 WIKI 不需要设置权限。任何人都可以在公司内随时随地上传自己的内容，还可以更新现有内容。应该要求团队成员每三天提交一个问题解决方案，以鼓励开发人员积极地分享他们的知识。敏捷团队可以获得以下好处：

- (1) 每个项目团队成员之间的信息都可以由整个团队使用；
- (2) 每个项目团队成员都可以查询自己感兴趣的项目经验和知识；
- (3) 技术架构可以重复使用；
- (4) 项目成员可以随时随地发表演讲并提出自己的建议。

出自己的建议。

(5) 评估基于任务的完成，不再评估加班等。

五、结语

在引入敏捷开发的实践中，敏捷开发与企业现有的管理模式和机制相冲突。本文详细分析了软件公司存在的问题，并提出了将敏捷开发与传统开发相结合的项目管理实施策略。通过项目中的应用和实践证明该策略是有效可行的。

参考文献：

- [1] 基于敏捷模型的 D 公司移动互联网软件项目管理策略研究[D]. 中国科学院大学(中国科学院工程管理与信息技术学院), 2017.

【本期关注】

固体废物有价资源机械力化学清洁提取技术的研究进展

李金惠 刘康 刘丽丽 *

有价资源是固体废物循环利用的主要经济驱动力之一，而有价资源的清洁提取一直是固体废物资源化领域的研究重点。本文简述了机械力化学技术的反应原理，通过文献计量形式重点呈现了机械力化学技术在固体废物有价资源

清洁提取方面的研究动态。针对机械力化学技术在多源固体废物，如电子废物、废汽车催化剂、飞灰、含金废渣等有价资源清洁提取方面的研究进展进行了总结和分析，并系统讨论了该技术应用于固体废物有价资源清洁提取的

* 李金惠，中国管理科学学会环境管理专业委员会主任委员，清华大学环境学院教授、博士生导师，循环经济与城市矿产创新团队首席科学家，联合国环境署巴塞尔公约亚太区域中心执行主任；刘康，清华大学环境学院；刘丽丽，巴塞尔公约亚太区域中心。

产业优势和技术限制。结果显示，机械力化学技术适用于固体废物中有价金属的清洁提取与绿色再生，而能量利用及转化问题限制了该技术目前的进一步工业化应用。随着研究的持续深入和配套产业的不断进步，机械力化学技术有望成为新一代的固体废物有价资源清洁提取及绿色再生技术。

固体废物是指人类在日常生活、工业生产及从事社会活动中产生的固态、半固态的废弃物，包括城市生活垃圾、工业固体废物、建筑拆迁垃圾、农林废物等。目前，我国各类固体废物累积量已经达到 $8 \times 10^{10} \text{t}$ ，且随着人民生活水平的提高和城镇化的快速发展，固体废物产生量呈逐年增长态势。^[1]党中央、国务院高度重视固体废物污染防治工作。党的十八大以来，以习近平同志为核心的党中央围绕我国生态环境保护作出一系列重大决策部署，先后开展了大气、水、土壤污染防治行动计划。而固体废物的处置、消纳及资源化与水、大气、土壤污染防治密切相关。^[2-3]因此，开发固体废物处理处置及资源化技术，实现固体废物“减量化、资源化、无害化”尤为迫切。

固体废物的处理方法一般可分为物理法和化学法，其中物理法包含对固体废物的粉碎、压缩、分选、干燥、蒸发等，化学法包含氧化、发酵、分解、吸收、热解、气化等。^[4]考虑到固体废物类型多变、来源广泛、成分复杂等多元属性，需针对多源固体废物中的不同元素族群开发相应的处理技术，设计合理的工艺路线。固体废物中含有多类有价资源，其中最为重要、经济价值最高的是有价金属资源。这类金属资源的回收及循环利用一直都是业界研究的重点，也是固体废物处理处置及资源化的主要经济驱动力之一。^[5]原则上，固体废物内的有价金

属可以被无限循环利用，但实际上，由于自身属性、工艺设计、回收技术与分离热力学的限制，通常回收效率低下。这些限制因素造成了有价金属再生过程中的损耗及流失。^[6]因此，研发清洁、高效、具备成本优势的有价金属资源循环利用技术，以促进固体废物的产业流动是很有必要的。

传统的多源固体废物中有价金属资源的提取技术主要为火法冶金、湿法冶金、生物冶金等。^[7]考虑到多源固废的复杂组成，利用这些传统方法提取有价金属存在诸多限制。例如，火法冶金虽工艺相对简单，但能耗高，燃烧过程会产生有害气体及二噁英；湿法冶金回收金属效率相对较高，但消耗大量酸碱试剂，废液处理可能带来潜在污染；生物法虽成本低、污染小，但耗时长，目前仍处于研究阶段，尚难产业化推广。^[8]基于此，研究新一代、清洁化的固体废物有价资源清洁提取技术，具有重大科学与工程意义。

本文系统梳理了机械力化学技术在固体废物处理处置及资源化领域的诸多应用，通过原理简述、文献检索、实例分析等形式呈现了该技术在多源固体废物有价资源清洁提取，特别是针对稀散的有价金属资源处理领域的研究进展。同时，亦总结了机械力化学技术目前产业化应用的优势和局限性。多维度的研究结果显示，随着研究的持续深入、技术的不断进步及配套产业的继续升级，作为一种清洁、高效、环境友好的有价资源清洁提取技术——机械力化学技术有望成为新一代的固体废物处置与资源化产业再生技术。

1. 机械力化学技术

机械力化学技术(mechanochemical technology/mechanochemistry)，主要是指在

化学反应过程中，通过采用剪切、磨擦、冲击、挤压等技术手段，对固体、液体等凝聚态物质施加多元机械力，进而向反应系统注入机械能，诱导体系内物料材料结构及物理化学性质发生变化，从而激发或诱导发生化学反应^[9]的技术。20世纪90年代初，西澳大利亚大学 HALL 等^[10] 提出采用机械力化学技术处理含卤有机物时发现，当将持久性有机污染物与碱性试剂氧化钙进行球磨处理，反应 12h 后，体系内的有机氯化物全部转化为氯化钙和石墨材料。这一突破发现激发了机械力化学技术的研究热潮。时至今日，机械力化学技术在工程建设、材料合成、化学转化、生物医药及环境催化等诸多领域已有广泛应用，为人类社会的科技发展和研究进步做出了巨大贡献。^[11-12]

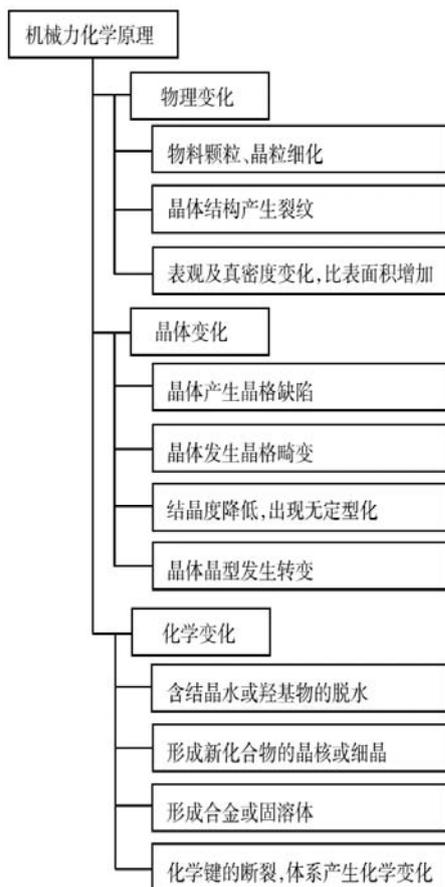


图 1 机械力化学反应的原理

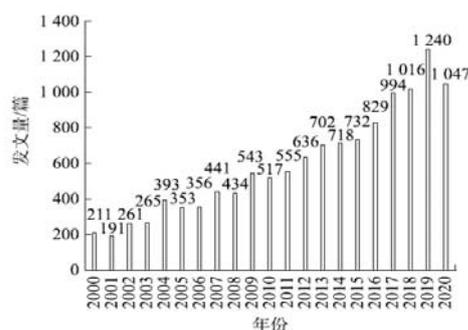
Fig. 1 Summary of mechanochemical reaction principle

机械力化学技术的研究主要通过不同的反应设备，如振动球磨机、滚筒球磨机、行星式球磨机、旋转球磨机等开展。与普通热化学反应不同，机械力化学反应的驱动力是机械能而非热能，因而反应无须高温、高压等苛刻条件即可完成，其反应安全性好和能耗低等优点也是机械力化学技术相比高温热处理的一大优势。^[13]机械力化学技术的原理大致可归结于 3 类：等离子机理、局部升温机理、固态合成机理。其中，部分反应原理已被逐步证实，如图 1 所示。

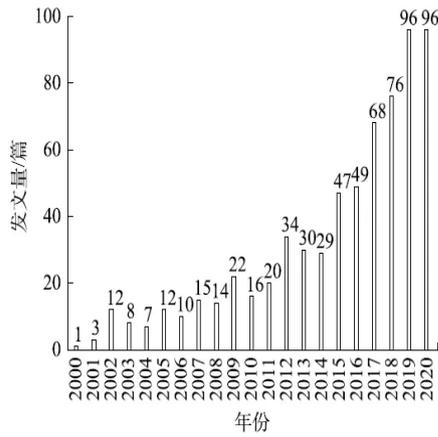
2 机械力化学技术在固体废物处理利用中的应用进展

2.1 外文学术论文统计分析

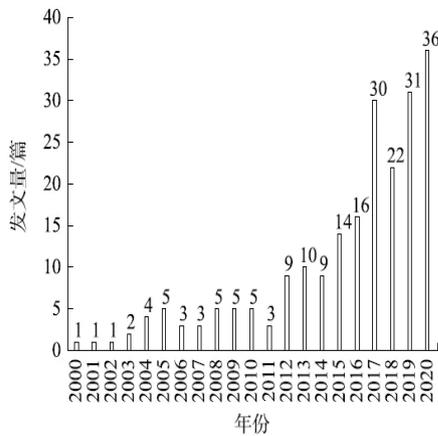
为探索机械力化学技术在固体废物处理处理方面的应用，我们进行了相关的文献数据搜索和研究动态调研。首先在 Web of Science 以“mechanochemical”为关键词进行检索，结果如图 2(a) 所示。当前机械力化学技术方面外文每年发文量约 1200 篇，且呈现逐年递增趋势。以研究方向来划分这些论文后可知：工程技术领域 383 篇，环境科学与生态 202 篇，化学 168 篇，能源燃料 141 篇，材料科学 130 篇等。这表明机械力化学技术已在工程技术领域有较多应用，且多应用于环境保护领域为主。



(a) “mechanochemical”为关键词时查得的文献数量



(b) “mechanochemical + waste”为关键词时查得的文献数量

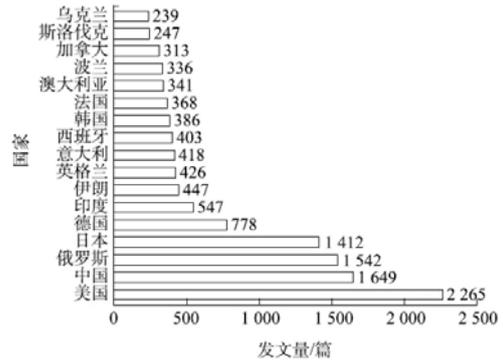


(c) “mechanochemical + waste + metal”为关键词时查得的文献数量

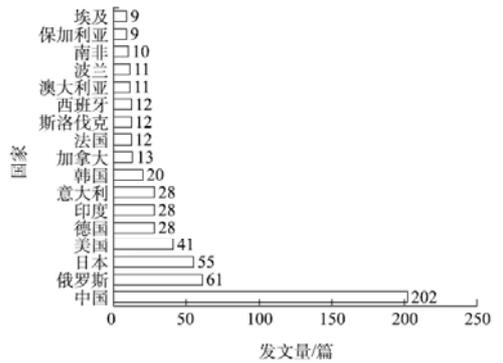
图2 2000—2020年机械力化学技术领域相关文献调研结果(数据源: Web of Science)

再以“mechanochemical+waste”为关键词进行检索,结果如图2(b)所示。当前在“mechanochemical+waste”研究领域外文每年发文量约100篇,且呈现逐年递增趋势。由此可推测,废物的处理处置为机械力化学技术的主要应用领域,约占总研究体量的1/12。

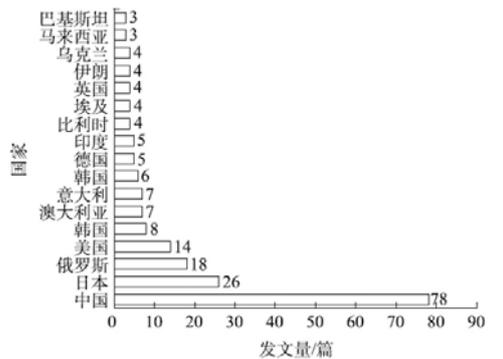
最后以“mechanochemical+waste+metal”为关键词进行检索,结果如图2(c)所示。当前“mechanochemical+waste+metal”研究领域外文每年发文量总计约35篇,且呈现逐年递增趋势。由此可推测,当前废物中金属的提取是机械力化学技术的主要应用领域,约占目前废物处理研究方向体量的1/3。



(a) “mechanochemical”为关键词时查得各国的文献数量



(b) “mechanochemical + waste”为关键词时查得各国的文献数量



(c) “mechanochemical + waste + metal”为关键词时查得各国的文献数量

图3 以“国别”为依据的机械力化学技术领域相关文献调研结果(数据源: Web of Science)

以国家或地区为类别进行文献计量分析,得到的数据如图3(a)所示。当前美国在“mechanochemical”研究方向发文量全球排名第1,而在“mechanochemical+waste”研究领域,我国学者已累计发表相关SCI论文约202篇,排名全球第1(见图3(b))。在这202篇论文中,超过1/3(78篇)的文章是关于应用机械力化学技术提取固体废物中的有价金属的研究(见图3(c))。上述结果表明,机械力化学技术尤为适合从废物中回收金属或者应用于金属

的循环利用,而该技术应用于固体废物处置及金属循环利用的理论研究基础在我国已经相当深厚,具备较好的产业化应用前景和潜力。

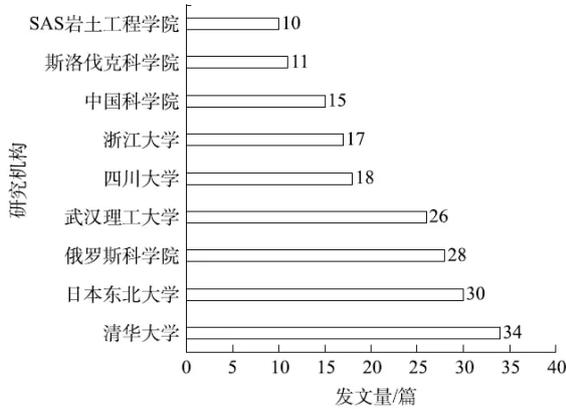


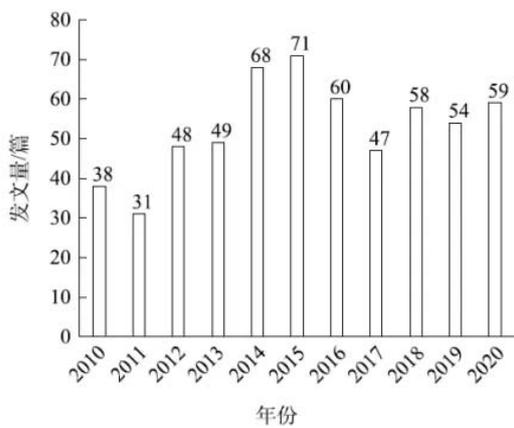
图4 以“研究机构”为依据的机械力化学研究相关文献调研结果(数据源: Web of Science; 关键词: mechanochemical+waste)

当以高校或研究机构为单位统计对外文发文情况的结果如图4所示。由图4可知(检索词 mechanochemical+waste),在众多研究机构中,清华大学的发文量排名第1,共34篇。其中,李金惠教授团队发文17篇,主要聚焦在采用机械力化学技术对有价值资源进行清洁提取;余刚、黄俊教授团队发文15篇,主要涉及将机械力化学技术应用于 POPs 削减和降解的相关研

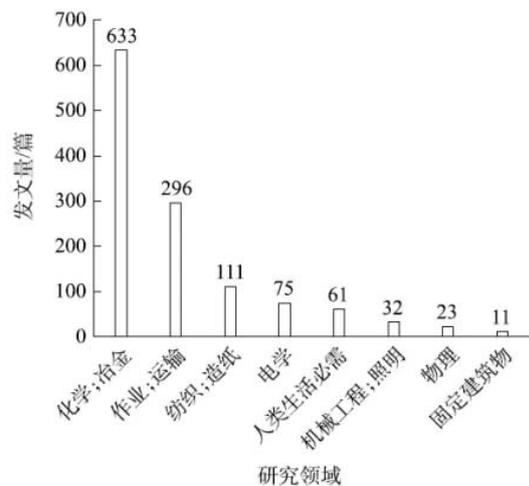
究;而清华大学精密仪器与机械学系发文2篇。^[14]除清华大学外,国内排名前4的还有武汉理工大学、四川大学、浙江大学等高校的废物处理处置研究团队。从这些文章的主要内容可以判断,机械力化学技术应用于我国环境领域的主要研究方向为有价金属的循环利用及有机污染物的降解。

2.2 中文论文/中文专利统计分析

为分析机械力化学技术在我国科研行业的应用基础,在万方数据库中以“机械力化学+废”为关键词进行检索,结果如图5(a)所示。检索发现,该方向每年产生约50篇中文论文,且呈现逐年递增趋势。在该库中以“机械力化学技术+废弃物”为关键词进行专利检索和分析,结果如图5(b)所示。目前,机械力化学技术的主要专利申请领域为化学及冶金方向,累计专利数约为633件。这表明机械力化学技术在我国固体废物处理领域有广泛基础,且该技术极其适合于化学及冶金生产,具有较为广阔的工业化及产业化应用前景。



(a) 中文文献调研结果



(b) 中文专利调研结果

图5 以“机械力化学技术+废”为关键词的文献和专利调研结果(数据源: 万方文献数据库)

3 机械力化学技术在固体废物有价资源清洁提取中的应用进展

3.1 电子废物中有价金属的提取

在多源固废处理技术中，机械力化学技术主要应用于电子废物中有价金属的提取和回收（见图6），如废弃锂电池、废弃线路板、废弃阴极射线管玻璃、废弃荧光灯粉等。^[15]电子废物是有价金属含量和品位较高的废弃物料，而机械力化学技术可以实现对这些物料的回收，并显示出良好的广适性。传统的有价资源回收技术在实际应用中或多或少存在局限性。例如，传统湿法冶金浸出CRT玻璃中铅的效率一般只有不到20%；火法冶金法回收金属时需要1000℃的高温，且工艺过程容易释放铅尘。而机械力化学技术在实际应用中表现出更好的效果。YUAN等^[16]采用机械力化学技术处理废弃CRT玻璃时发现，该技术可破坏废弃CRT玻璃的网络结构体，从而将阴极射线管玻璃中被二氧化硅网格束缚的铅原子释放出来，使得铅在硝酸中的浸出效率和反应速率得以明显提升。WANG等^[17]发现，机械化学技术能够明显加强废弃荧光粉中难浸出的铋、铈和镧的浸出，浸出率由未活化时的不足1%，提高至90%以上；同时，该技术还能明显改善铊和钇的浸出。

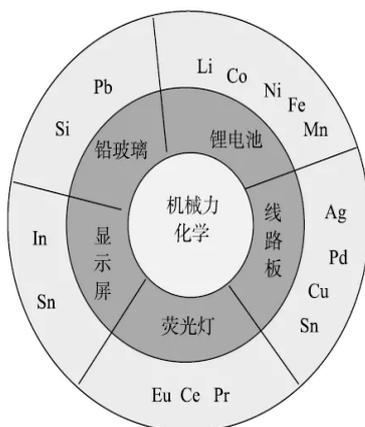


图6 机械力化学法应用于各类电子废物中有价金属的清洁提取

废弃印刷电路板中的铜一般为单质状态，惰性高，酸或碱均难以直接浸出。LIU等^[18]以过硫酸钾为氧化共磨剂实现了废弃印刷电路板中零价铜向高附加值硫酸铜产品的转化。研究结果显示，环氧树脂中的固体氢可以作为过硫酸钾向硫酸氢钾转化的氢供体。该过程摒弃了酸碱的使用，实现了有价金属的清洁提取。

随着新能源汽车产业的发展，如何实现废弃锂电池中有价金属的清洁提取及循环利用已成为汽车行业的难题。WANG等^[19]以乙二胺四乙酸(EDTA)为共磨剂，利用机械力化学技术成功实现了废弃钴酸锂电池正极材料中金属的萃取。上述研究结果证实，机械力作用下EDTA和锂钴的结合效率高达99%以上。FAN等^[20]开拓了其他有机酸络合剂如草酸、柠檬酸等对废弃磷酸铁锂电池中有价金属萃取和回收的机械力化学应用。通过分析机理发现，机械力作用下有机酸和金属的作用包含了3步反应：物料粒径减小、化学键破坏和新化学键产生。在机械力作用下，固体物料的粒径首先被减小，化学键被破坏；颗粒尺寸减小和局部温度的增加，促进了化学反应过程；有机酸配体中的固相氢的作用促使了有机酸配体与金属氧化物的化学结合，并形成新的化学金属产品。

为减少酸碱试剂的使用，LIU等^[21]构建了清洁的废弃磷酸铁锂电池中锂的选择性回收路径。该研究用氯化钠作为无机盐配体共磨剂，以碳酸钠作为浸出溶液中锂的沉淀剂。这一研究表明，在机械力作用下，氯化钠中的钠和磷酸铁锂中的锂可发生同晶置换反应，形成的可溶性含锂化合物仅用纯水即可完成浸出和萃取。密度泛函计算结果显示，钠和锂具有相同的外层电子排布，配位环境类似，在多元机械力作用下，钠更容易取代磷酸铁锂中的锂。

上述研究表明, 针对电子废物中的有价金属, 机械力化学技术不仅可通过机械力化学活化破坏物料固体结构, 促进其中金属的浸出, 还可通过加入不同的共磨剂, 实现复杂组分中稀散金属的针对性清洁提取。

综上所述, 机械力化学技术对电子废弃物中有价金属的提取原理可归结如下: 在机械力作用下, 固体物料的物理性质、晶相结构、表面特征、界面行为发生变化, 最终通过原子扩散发生化学重构及二次组合, 产生新的化学物质。

3.2 废汽车催化剂中有价金属的提取

废汽车催化剂中含有大量的贵金属、有色金属及氧化物, 实现其回收利用可促进汽车产业的可持续性发展。LI 等^[22]发现, 机械力化学技术可作为辅助工艺以实现废汽车催化剂中钼和钒的回收。首先, 通过加入氧化剂和碳酸盐作为共磨剂, 废汽车催化剂中的硫化钼和硫化钒可以通过机械力化学反应转化为钼酸盐和钒酸盐; 而当采用氧化锰和次氯酸钠作为氧化剂时, 后者表现出更强的氧化性, 从而促使反应提前完成。结果显示, 废汽车催化剂中钼和钒的硫化物可借助机械力通过非热反应转化为相应的钼酸盐和钒酸盐。在该工艺中, 机械力化学技术展现出诸多的应用优势, 如易于回收所有金属、不会造成二次污染、分离和纯化步骤简单等。

3.3 飞灰中有价金属的回收

飞灰是煤与城市生活垃圾焚烧的产物, 由于其中含有多种重金属和持久性有机物而被归为危险废物。NOMURA 等^[23]研究了通过采用机械力化学技术对飞灰中的铅进行固化处理及化学转化。

研究表明, 通过球磨的方法对飞灰中的铅进行处理时, 其中的氯化铅在球磨作用下先转化为难溶的四氧化三铅或三氧化二铅, 由于铅物种的相变作用, 铅被固定化, 并阻止了铅物种向环境中的迁移转化。此研究结果证明, 机械力化学技术转化结合粘合作用可阻止 99.9% 的铅浸出, 而 92.8% 的铅固化可归结于机械力化学作用。因此, 机械力化学技术结合粘合作用可明显减少飞灰中铅的浸出, 是回收飞灰的可行方法。

3.4 含金废渣中有价金属的回收

含金废渣中不仅含有稀散的黄金元素, 还包含其他有价金属元素。FICERIOVÁ 等^[24]采用机械力化学技术(在水中研磨+在硫脲溶液中研磨)从含金废渣中浸出金元素, 并对这一过程进行了深入研究。研究表明, 直接在酸性硫脲溶液中只能浸出原始样品中 78% 的金, 而借助机械力化学技术处理后, 在 120min 内可使 98% 和 99% 的金被浸出。相应地, 物料的比表面积也从 $0.6\text{m}^2 \cdot \text{g}^{-1}$ 增加至 $20.5\text{m}^2 \cdot \text{g}^{-1}$ 。此项研究表明, 经过机械力化学技术处理后的物料物理化学性质变化均有利于金的浸出和回收。

4 技术优势与局限性分析

4.1 技术优势

通过文献总结与实践应用分析, 机械力化学技术应用于多源固废中有价资源的清洁提取具备如下 4 点优势(图 7): (1) 机械力化学反应在常温常压进行, 相比火法处理技术, 反应能耗低, 相比湿法处理技术, 反应安全性较好; (2) 机械力化学反应提取固体废物有价资源可通过加入不同的配体设计和构筑清洁、绿色的提取工艺及路线, 减少酸碱试剂的使用, 技术应用场景灵活, 普适性强; (3) 机械力化学反应为固-固反应, 可减少水的使用及废水

的排放,且废气排放可控,不会产生二次环境污染问题;(4)机械力化学反应设备为密封的球磨机,且反应无死角,尤其适合多源固体废物中分散、贵金属元素的选择性提取和回收,对于结构坚固、成分复杂的多源固废中的特定元素的提取选择性强、针对性好。

4.2 技术局限性

目前的研究发现,机械力化学技术的应用限制有2点:(1)机械力化学反应过程中,反应效率取决于反应物活性,如果反应物惰性较强,则需要长的反应时间和高的能量输入,因此,在进行有价金属资源提取过程中需要尽量筛选高活性的配体试剂以减少能量输入,而高活性配体价格通常较高又会减低回收工艺的经济效益;(2)相比湿法提取,机械力化学反应能耗较高,而且反应过程中能量利用效率较低(只有25%的能量能输入反应系统,其他转化为热能逸耗),高的能量输入将导致高的产业成本投入,从而降低回收利润,因此,未来需要寻求新一代的高效清洁能源如风能、核能等作为反应能量供给源,以减少能耗对该技术推广的限制。

5 结语

(1)机械力化学技术已被广泛应用于固体废物的处理处置与资源化。凭借其多方位的应用优势,机械力化学技术尤为适合于从固体废物中提取有价金属资源。通过结合不同的配体,构建多变的应用场景和设计灵活的工艺路线,机械力化学技术有望成为新一代固体废物有价金属资源的产业化再生技术。

(2)能量利用与转化问题成为限制机械力化学技术应用于工业界及产业界的主要限制性因子,如能克服反应过程中能量的输入、使用和转化效率难题,则机械力化学技术将展现

出更广阔的应用空间。随着新能源产业的不断升级和科学技术的持续进步,能耗问题有望在不久的未来被成功克服。

(3)目前,建议先将机械力化学技术应用于固体废物中分散及高值的贵金属(金、银、铂、钯、铑等)、稀有金属的提取。这些高经济价值的有价金属的再生可拓宽经济效益和提升利润空间,从而推动机械力化学技术逐步走向固废处理处置及资源化市场。

参考文献:

[1] 杜祥琬,钱易,陈勇,等.我国固体废物分类资源化利用战略研究[J].中国工程科学,2017,19(4):27-32.

[2] 陈瑛,滕婧杰,赵娜娜,等.“无废城市”试点建设的内涵、目标和建设路径[J].环境保护,2019,47(9):21-25.

[3] 李干杰.开展“无废城市”建设试点提高固体废物资源化利用水平[J].环境保护,2019,47(2):8-9.

[4] 席北斗,刘东明,李鸣晓,等.我国固废资源化的技术及创新发展[J].环境保护,2017,45(20):16-19.

[5] 陈瑛,胡楠,滕婧杰,等.我国工业固体废物资源化战略研究[J].中国工程科学,2017,19(4):109-114.

[6] RECK B K, GRAEDEL T E. Challenges in metal recycling[J]. Science, 2012, 337(6095): 690-695.
doi: 10.1126/science.1217501

[7] ZHANG L, XU Z. A critical review of material flow, recycling technologies, challenges and future strategy for scattered metals from minerals to wastes[J]. Journal of Cleaner Production, 2018, 202:

1001-1025.

doi: 10.1016/j.jclepro.2018.08.073

[8] ZHANG L, XU Z. A review of current progress of recycling technologies for metals from waste electrical and electronic equipment[J]. Journal of Cleaner Production, 2016, 127: 19-36.

doi: 10.1016/j.jclepro.2016.04.004

[9] TAKACS L. The historical development of mechanochemistry[J]. Chemical Society Reviews, 2013, 42(18): 7649-7659. doi: 10.1039/c2cs35442j

[10] HALL A K, HARROWFIELD J M, HART R J, et al. Mechanochemical reaction of DDT with Calcium oxide[J]. Environmental Science & Technology, 1996, 30(12): 3401-3407.

[11] GUO X, XIANG D, DUAN G, et al. A review of mechanochemistry applications in waste management[J]. Waste Management, 2010, 30(1): 4-10.

doi: 10.1016/j.wasman.2009.08.017

[12] NASSER A, MINGELGRIN U. Mechanochemistry: A review of surface reactions and environmental applications[J]. ChemInform, 2012, 44(34): 141-150.

[13] BUTYAGIN P Y. Problems in mechanochemistry and prospects for its development[J]. Russian Chemical Reviews, 1994, 63(12): 965-976.

doi:10.1070/RC1994v063n12ABEH000129

[14] CAGNETTA G, ROBERTSON J, HUANG J, et al. Mechanochemical destruction of

halogenated organic pollutants: A critical review[J]. Journal of Hazardous Materials, 2016, 313: 85-102.

doi: 10.1016/j.jhazmat.2016.03.076

[15] TAN Q, LI J. Recycling metals from wastes: A Novel application of mechanochemistry[J]. Environmental Science & Technology, 2015, 49(10): 5849-5861.

[16] YUAN W, LI J, ZHANG Q, et al. Innovated application of mechanical activation to separate lead from scrap cathode ray tube funnel glass[J]. Environmental Science & Technology, 2012, 46(7): 4109-4114.

[17] WANG M M, TAN Q, CHIANG J F, et al. Recovery of rare and precious metals from urban mines: A review[J]. Frontiers of Environmental Science & Engineering, 2017, 11(5): 1.

[18] LIU K, YANG J, HOU H, et al. Facile and cost-effective approach for copper recovery from waste printed circuit boards via a sequential mechanochemical/leaching/recrystallization process[J]. Environmental Science & Technology, 2019, 53(5): 2748-2757.

[19] WANG M M, ZHANG C C, ZHANG F S. An environmental benign process for cobalt and lithium recovery from spent lithium-ion batteries by mechanochemical approach[J]. Waste Management, 2016, 51: 239-244.

doi: 10.1016/j.wasman.2016.03.006

[20] FAN E, LI L, ZHANG X, et al. Selective recovery of Li and Fe from spent lithium-ion batteries by an environmentally friendly mechanochemical approach[J]. ACS Sustainable Chemistry & Engineering, 2018, 6(8): 11029-11035.

[21] LIU K, TAN Q, LIU L, et al. Acid-free and selective extraction of Lithium from spent Lithium iron phosphate batteries via a mechanochemically induced isomorphic substitution[J]. Environmental Science & Technology, 2019, 53(16): 9781-9788.

[22] LI Z, CHEN M, ZHANG Q, et al. Mechanochemical processing of molybdenum and vanadium sulfides for metal recovery

from spent catalysts wastes[J]. Waste Management, 2017, 60: 734-738.
doi: 10.1016/j.wasman.2016.06.035

[23] NOMURA Y, FUJIWARA K, TERADA A, et al. Prevention of lead leaching from fly ashes by mechanochemical treatment[J]. Waste Management, 2010, 30(7): 1290-1295.
doi: 10.1016/j.wasman.2009.11.025

[24] FICERIOVÁ J, BALÁŽ P. Electrolysis of gold from filtration waste by means of mechanical activation[J]. Acta Montanistica Slovaca, 2012, 17(2): 132-136.

文章来源：《环境工程学报》。



扫码关注公众号

《中国管理通讯》编辑部

地址：北京市海淀区大柳树路2号院8号楼308室（100081）

电话：010-5189 3659

E-mail: cmc@mss.org.cn

网址：www.mss.org.cn

本期责任编辑：强晓洁

发送对象：学会会员和有关单位等