

工业强基

杨晓迎 屈贤明

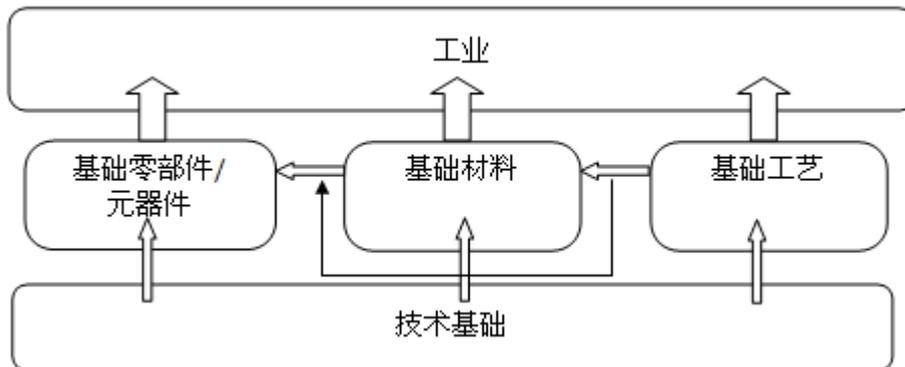
中国工程院战略咨询中心

摘要：基础薄弱是我国制造业和工业走向强国的短板和最大瓶颈，实现工业大国向工业强国的转变，亟需从国家层面加强顶层设计，加大政策扶持力度，加快推进工业强基，夯实基础。中国工程院会同工信部、质检总局在 2014 年 3 月 28 日启动了《工业强基战略研究》，系统研究工业强基，为国家顶层设计、政府政策制定提供了重要依据。本文作者根据该研究成果，重点对工业强基的内涵、构成和加强工业强基的重要性的必要性进行分析，总结苏南和宁波发展“四基”经验，并提出强化工业基础的路径。

关键词：工业强基；路径；四基

引言

工业基础是支撑和推动工业发展的物质技术条件，主要包括基础材料、基础工艺、基础装备、基础零部件/元器件、基础技术和技术基础设施、标准和规范、人才等。当前应特别强调和突出的薄弱环节是其中的基础零部件/元器件、基础材料、基础工艺、技术基础（简称“四基”），是我国工业赖以生存发展的基石。“四基”彼此相互联系、相互支撑、相互促进，是一个国家工业实力的体现。



国家“十三五”规划中强调：全面提升工业基础能力。实施工业强基工程，重点突破关键基础材料、核心基础零部件（元器件）、先进基础工艺、产业技术基础等“四基”瓶颈。

基础薄弱是我国制造业和工业走向强国的短板和最大瓶颈。因此，由中国工程院会同工信部、质检总局在 2014 年 3 月 28 日启动了《工业强基战略研究》，由路甬祥、周

济两位院长为组长，苏波、支树平为副组长。研究工作已在 2016 年 6 月 13 日结束。本文主要取材于该研究成果。

1. 工业基础的内涵和构成

工业基础界定为“制约我国工业发展、受国外限制和具有前瞻性的核心基础零部件（元器件）、关键基础材料、先进基础工艺和重要产业技术基础(以下简称“四基”)”。

1.1 基础零部件/元器件

基础零部件/元器件是指组成工业制成品、具有一定功能、不可分拆的基础性基本单元。

从应用角度可分为通用基础零部件/元器件和专用基础零部件/元器件，其中：通用基础零部件/元器件应用领域广泛，在各类工业产品中得到广泛应用，包括机械基础零部件、电子元器件、仪表元器件；专用基础零部件/元器件，仅在某类工业产品中使用，如数控机床专用的数控系统和功能部件、高铁装备专用的关键零部件和元器件、汽车关键零部件、工程机械专用的零部件等。

1.2 基础材料

基础材料是指工业制成品自身及其生产过程中所使用的量大面广的材料及关键特种优质专用材料，包括结构材料和功能材料。

按应用的对象可分为高端和重大装备用钢材，高端和重大装备用非金属材料，高性能机械基础零部件用特种优质钢材，高性能机械基础零部件用非金属材料，超高强、高韧、耐腐蚀特种铝镁合金材料，高性能铜合金材料，大尺寸高性能稀有金属材料和高纯专用稀有金属材，电子信息产品用材料，高端石化化工材料和基础石化化工材料，储能材料，绿色建筑材料，纺织用材料，复合纤维材料，轻工产品专用材料，新型药材。

1.3 基础工艺

工艺是指生产者利用生产工具对各种原材料、半成品进行增值加工或处理，最终使之成为制成品的方法与过程。基础工艺是指工业产品生产过程中量大面广、通用性强的生产工艺。

基础工艺按应用行业的特点可分为两类，即跨行业基础工艺和行业基础工艺。跨行业基础工艺，将聚焦于装备制造业（包括机械、运载工具、航天设备、航空设备、轨道交通设备、船舶、汽车、能源设备等）的先进制造工艺。跨行业基础工艺按技术特点可分为三类，即成形制造工艺，加工制造工艺和新材料及新成形制造工艺(包含增材制造)。行业基础工艺，是主要面向钢铁、有色金属及化工流程领域，纺织、轻工领域，电子领

域等的基础工艺。

1.4 产业技术基础

产业技术基础是指工业与技术协同发展所需的技术基础设施与创新环境。重点是指基础零部件、基础材料、基础工艺的质量技术基础和技术创新体系。

工业质量技术基础是建立和执行标准、计量、检验检测、认证认可等所需质量技术体制框架的统称，其作用在于为社会各方提供标准、计量、检验检测和认证认可服务，以证明产品和服务符合政府强制性要求和市场要求。包括标准、计量、检验检测、认证认可。

技术创新体系是与基础零部件、基础材料、基础工艺技术创新活动及创新资源配置相关的各种主体在相互作用中形成的组织系统、关系网络，以及保证系统有效运行的机制和制度。包括：技术创新平台、技术服务平台。

“四基”内涵丰富、涉及范围广，为了聚焦突破的重点，按照四个原则确定发展重点：一是大量进口，“卡脖子”的产品和技术；二是特种、专用、关键的产品和技术；三是影响经济安全和国防安全，必须自主研发和产业化的产品和技术；四是单靠市场不能解决，需要政府出手安排解决的产品和技术。

2. 为什么现在要强调加强工业基础

2.1 核心基础零部件/元器件及关键材料依赖进口令人担忧

在我国工业生产和水利、电力、通信、交通等关键基础设施中，大量使用国外工业设备、系统和零部件/元器件，不仅价格高、供货和服务时间无保证，设施安全稳定运行的控制权也基本掌握在他人手中，一旦国外实行禁运，后果难以想象。在信息技术飞速发展的今天，国内需要的芯片 80%以上依赖进口，2013 年用汇 2313 亿美元，超过石油成为第一大宗进口商品；作为现代化武器、重大装备、各种重要信息系统心脏的芯片控制在外国人的手里，我国的经济安全和国防安全从何而谈。近几年我国多种新型军用飞机和民用飞机相继上天，形势喜人，但这些飞机所采用的机载设备、发动机、关键材料和配套件大量进口，特别是作为飞机心脏的高性能发动机面临国外禁运的困局，在这场事关国家军事实力和人民生命安全的国际较量中，我国只能处于下风。以高铁装备为代表的轨道交通装备，是我国极具竞争优势、有望走出国门的佼佼者，但高铁装备所需的轴承、制动装备、轮对、高强度螺栓等核心零部件/元器件却 80%以上需要进口。工程机械是我国具有国际竞争优势的又一个重大装备，但大型工程机械所需要的 30MPa 以上高压泵、阀、马达及控制系统、发动机几乎全部进口。

“四基”发展严重滞后，已成为我国工业走向强国的最大短板。

2.2 “四基”发展滞后是导致工业效益低的主要原因

核心基础零部件/元器件、关键基础材料依赖国外导致进口价格越来越高，而交货期却没有保证，不仅增加了整机的成本，而且屡现受制于人的尴尬局面，产业自主发展受到严重制约，相当一部分整机企业沦为典型的“组装工厂”，也成为竞争对手制约我国发展的手段之一。

仍以工程机械为例，大型装载机等高端工程机械进口核心基础零部件占整机价值量的50~60%，利润的绝大部分也被外商所吞噬。

家用电器是我国具有竞争优势的一个产业，以其中的电热水壶为例，我国企业制造了99%零部件，但就是无法制造出高性能自动跳闸断电的小小弹簧片，而制造100把水壶还不如英国制造一个小弹簧片的利润高。

2.3 零部件/元器件的质量不高影响了主机质量

如国产涡喷、涡扇发动机主轴轴承寿命仅为国外先进水平的1/10；国产通用机械零部件，液压、气动、密封件的寿命只有国外的1/3~2/3。

军用飞机传动齿轮寿命800小时，民用飞机传动齿轮寿命600小时，仅为美国的13%和6%，这导致飞机返修次数过多，国防安全保障能力较差。

2.4 “四基”发展滞后使整机自主创新无“基”而终

如计算机、移动通信整机的升级换代很大程度上取决于芯片、操作系统等核心元器件水平的提升，目前，智能终端芯片、操作系统基本由国外掌控。

光纤光缆生产所需的四氯化硅等关键材料依然严重依赖欧洲和日本企业，我国电子信息制造业只能沦为组装加工，或者进行简单的应用创新。

2.5 解决“四基”发展滞后的顽症必须用重典

第一，造成“四基”滞后的原因是关键基础零部和元器件的设计和制造技术难度大，必须解决数字化集成化的结构设计技术和快速强化试验技术，必须解决微纳制造、单晶铸造、重型锻压、清洁热处理、超精密加工等关键制造技术及多种特种专用材料。这些问题单靠市场、单靠企业、单靠国家的现行政策难以取得实质性突破。

第二，“四基”企业多为中小企业，规模小、利润薄、积累慢，用于研究开发和技改的投入严重不足，而面对的国外竞争对手多为著名大公司，他们的产品已占据甚至垄断了国际及我国的高端市场，已形成了国内主机企业的“进口依赖症”，国内“四基”企业要夺回用户的信任、挤占高端市场难上加难。

第三，政府主管部门和主机生产企业重主机轻基础零部件的倾向已存在多年，积累

的问题多、欠账多，不出组合拳难以见效。

第四，缺乏科学、有效、系统的发展“四基”的战略、路线图、政策和持续的经费支持，对问题的严重性和迫切性及解决的难度缺乏充分的认识。

3. 苏南和宁波发展“四基”的经验

在苏南和宁波考察时看到，有一群企业家，敏锐地认识到发展“四基”的重要性，急市场之所急，不向国家伸手，投入自我积累的大量资金，排除房地产和金融市场所带来的诱惑与干扰，专注于“四基”细分领域，取得了令人振奋的成绩，有望成为龙头企业，并正在向“全球隐形冠军”迈进。使我们看到了强化工业基础的希望及工作的重点，那就是着手打造几万家专精特“四基”企业。

3.1 按照全产业链，引进并组建高水平团队，集中推进目标产品的研发和产业化

燃气轮机高温热部件更被喻为工业制造“皇冠上的明珠”，均采用高温合金定向凝固（等轴、定向、单晶）精密铸造或更先进的陶瓷基材料制造，该技术仅掌握在少数公司手中。江苏永瀚公司独具匠心地利用民企身份花费 2.2 亿元人民币按照全产业链对所有关键环节总共引进 16 位欧洲知名企业的技术精英，从而使企业迅速掌握核心竞争力。公司已着手承担难度较高的高温合金叶片、涡轮盘等军品预研任务，为空军、海军装备的提升提供后备保障，并成为阿尔斯通、安萨尔多的叶片供应商。

3.2 以低端产品高质量赢得下游用户信任，逐步推进高端产品技术突破和市场占有率提升

工程机械领域液压元器件等关键基础产品的进口成本占制造成本的 40%以上，是制约行业创新发展的症结所在。江苏恒立油缸公司坚持二十五年如一日深耕于液压领域，跨越了铸造工艺、研发设计、测试分析、品控管理等四大门槛。企业从油缸起步，立足于行业逐步发展，取得了用户信任，成功打入卡特彼勒、日立建机、神钢建机等欧美日系企业的全球供应链体系。现在恒立又将此经验引向柱塞泵、控制阀等核心液压基础零部件的研制，历经 5 年求索，解决了最为重要的高精密铸件质量问题，产品性能达到并部分超过国际主流水平。

3.3 整合国内科研院所的创新资源，大力推进科技成果工程化、产业化，走自主创新之路

波速公司成立之初从天津大学、四川大学等高校整合了压电陶瓷领域国内最顶尖的研发人才，组建了一支前沿专家团队，并专注于生产工艺的改进。掌握了堆叠式低温共烧压电陶瓷的核心工艺，和国际竞争对手相比，将烧结温度降低 50~70°C；并率先实现以纯银为内电极材料，节约了稀有贵金属钯金，使成本降低 70~90%，竞争优势特别明

显，已供货特斯拉、宝马、大众等客户。

3.4 引进消化吸收国外一流技术，经过再创新实现产品突破和技术领先。

国外厂家凭借技术优势占据我国伺服系统 80%以上的市场份额。宁波菲仕公司，通过与意大利公司合作，引进世界一流伺服技术，并定期派遣骨干人员赴欧洲培训、交流，同时邀请意大利专家定期或长期到公司现场服务指导，对新行业新产品共同研发，使公司形成一支具有丰富经验的研发团队，实现国外先进技术的转移、吸收和再创新，取得多项突破，已成为在运动控制和能量转换等领域国内排名前列、部分产品世界领先的企业。为中科院 4 米直径天文望远镜提供了全套驱动装置（竞争对手是美国的科尔摩根）。

4. 强化工业基础的路径

总结 20 年来我国“四基”发展的经验教训，结合近几年来发展环境的变化，在推进“四基”发展的路径上要不断创新，改变国家计划项目碎片化、投资分散化、成果难以产业化的状况，现提出四条推进“四基”发展的路径。

4.1 “链式”推进（或称“一条龙”推进）

选择一个核心零部件/元器件，以该产品为龙头，集中开展产品设计、专用关键材料开发、先进工艺开发、试验检测平台建设、应用示范和推广，形成“链式”推进的解决方案。也可选择关键基础材料、先进基础工艺为龙头，进行链式推进。

4.2 “一揽子”推进

选定一个重要产业（行业），围绕该行业存在的“四基”问题，集中各方面的优势力量，对核心基础零部件/元器件、关键基础材料、先进基础工艺研究开发和产业化、研发和试验平台建设做出全面安排，提供“一揽子”解决方案。目前先选择轨道交通装备产业进行。

4.3 以培养一大批“专精特”巨人企业，甚至是“隐形世界冠军”为主要抓手

应着力培养一大批竞争力强、高成长性的“专精特”企业。这些企业专注于产品细分市场上的某一产品，满足专门的客户群；具有很强的创新活力和研发能力，掌握核心技术；采用独特的工艺、技术、配方或特殊原料进行生产，使产品拥有区别于其它同类产品的特性，以“专精特”构筑企业的竞争优势。其中的佼佼者，需着力打造成处于世界领先地位的“隐形世界冠军”。

4.4 建设平台，形成持续创新能力

建立一批创新平台、基础数据中心、公共服务平台，培育创新团队，形成可持续发展能力。

* 杨晓迎：硕士，中国工程院战略咨询中心制造业研究室高级工程师，参与中国工程院重大咨询课题“工业强基战略研究”综合课题研究。

* 屈贤明：研究员级高工，国家制造强国建设战略咨询委员会委员，中国工程院制造业研究室主任，工业互联网产业联盟专家委员会委员，高端装备专家委员会主任，原机械科学研究总院副院长，《中国制造 2025》研究和起草人之一。

参考文献：

- [1] 中国制造 2025. 国发〔2015〕28 号，2015-05-19
- [2] 路甬祥. 创新设计与制造强国. 人民政协报，2015-12-16
- [3] 中国工程院. 制造强国战略研究·综合卷. 北京：电子工业出版社，2015
- [4] 中国工程院. 工业强基战略研究. 2015
- [5] 中国工程院. 工业强基·北京：电子工业出版社，2015
- [6] 工业和信息化部关于加快推进工业强基的指导意见. 工信部规〔2014〕67 号
- [7] 工业和信息化部关于开展 2015 工业强基专项行动的通知. 工信部规〔2015〕66 号
- [8] “工信部关于加快推进工业强基的指导意见”解读. 中国信息产业网，2014-02-26