

·学科进展与展望·

# 纳米技术为我国制造业发展带来的新机遇

董 申

(哈尔滨工业大学精密工程研究所, 哈尔滨 150001)

**[摘 要]** 随着扫描隧道显微镜的发明和应用, 纳米技术得到迅速的发展, 使人类认识世界和改造世界的能力进入纳米尺度。物质在纳米尺度出现很多鲜为人知的奇异特性与现象, 纳米科技对各学科领域都带来极大的影响, 给人类科学技术发展造成不可估量的冲击, 很多科学家预测, 它的发展终将引起新的世界产业革命。这将为我国制造业发展带来新的机遇与挑战, 我国应抓住机遇, 探索新产业革命特点, 采取相应措施, 实现跨越式发展, 在新的产业革命中, 赶上世界先进国家。

**[关键词]** 纳米技术, 产业革命, 制造业

## 前 言

制造技术是创造财富的主要手段之一, 它的生产总值约占一个国家 GDP 的 1/4—1/5。美国曾因一度将制造业看作“夕阳工业”, 致使其失去了世界制造业产品的市场份额, 造成每年 1 600 多亿的贸易赤字, 美国政府请美国麻省理工学院学者对日本、欧洲和美国企业进行调研, 分析原因和提出振兴制造业的策略, 最后形成一份报告: “夺回生产优势”, 其中有一名言, “一个国家要想生活好, 必须生产好”。

我国制造业由于种种原因, 目前远远落后于世界发达国家, 尽管国家已意识到其严重性, 增大对制造业投入和加强用先进技术对传统企业的改造, 但要使制造业赶上发达国家的水平, 困难很大, 路程很长。

回顾世界科技发展的历史, 大约每 100 年会有一次产业革命, 每一次产业革命不仅使人类历史进入一个新的时期, 而且还会造就某个国家成为世界科技发展的中心。18 世纪 60 年代, 英国发明和应用了蒸汽机进行第一次产业革命; 19 世纪 50 年代, 德国发明和应用了内燃机与电力技术进行第二次产业革命; 20 世纪 70 年代, 美国发明和应用了微电子与信息技术进行第三次产业革命。按此规律 21 世

纪中期将会出现新一次产业革命。

20 世纪 80 年代, 随着扫描隧道显微镜的发明与应用, 使人类认识世界和改造世界的能力进入纳米尺度, 物质在纳米尺度出现很多鲜为人知的奇异特性与现象, 随着研究的深入, 纳米技术在各个学科领域都产生了极大的影响, 而且这些纳米尺寸物质的应用前景, 将会给人类造成不可估量的冲击, 正如我国著名科学家钱学森所预言: “纳米和纳米以下结构是下一阶段科技发展的一个重点, 会是一次革命, 从而是 21 世纪又一次产业革命”。既然纳米技术的发展有可能会导致新的产业革命, 而制造业又是产业革命的主力军, 我们就应不失时机地探索新产业革命的趋势与特点, 采取应有的策略, 力争与世界先进工业国家在同一起跑线上进行竞争, 于 21 世纪实现跳跃式的发展, 为在新的世界产品市场竞争中取得优势, 为在本世纪中叶成为世界科技发展的强国之一而出谋划策。

## 1 纳米技术及其对制造业的影响

首先, 纳米是一长度单位,  $1 \text{ nm} = 10^{-9} \text{ m}$ , 或者说 1 nm 相当于人头发粗细的 7 万分之一。纳米技术是研究在纳米尺度上 (0.1—100 nm) 物质的特性及其相互作用与运动, 并利用这些特性为人类服务的科学技术。当物质进入纳米尺度范围, 会出现很

国家自然科学基金资助项目。  
本文于 2001 年 9 月 7 日收到。

多奇异的特性和现象,例如碳纳米管,它实际上是由网状结构石墨薄片卷成直径为一至几十纳米的管,这时它的强度可达钢的100倍,重量只有钢的六分之一。因结构不同,它可具有金属特性或半导体特性,呈金属特性时,有极好的导电性,其电流容量为10亿 A/cm<sup>2</sup>(铜导线电流容量达1 000万 A/cm<sup>2</sup>时会烧断);同时还具有极好的导热性(1万 m/s)。已发现的这些特性有着非常诱人的应用前景。因此纳米技术的影响,首先使材料学科发生变化,纳米材料近10年迅速发展,为制造业从宏观向微观制造发展提供了可能,纳米材料是指在三维空间中至少有一维处于纳米尺度范围或由它们作为基本单元构成的材料。目前纳米粉(即纳米颗粒)、纳米复合材料、纳米结构材料体系,创造了很多新材料,为电子、生物、能源、信息新产品的开发,提供了可能,这就给我们制造业带来了广泛的市场前景,需要制造科学工作者去研究如何发挥新材料的特性,根据市场需求,设计制造出新产品。这也为我国在新的产业革命竞争中提供了机遇。特别是我国纳米材料的研究处于国际先进水平,在某些领域还处于前列。因此,从事制造业的科技工作者的压力和责任就更大。

其次,纳米技术还对制造方法,工艺与手段带来巨大冲击。(1)制造模式。以往是从大向小去做产品,以去除工艺为主,现在有可能从小向大去做产品,不仅可从原子、分子往上做产品,而且可以由纳米尺度往上去做零件或产品;(2)以往是以硬物质为主,现在软物质也占重要地位。如我国已研制出单有机分子存储单元,软物质就是可以以微弱作用力改变其形状与特性的物质,那么这些以微弱力为主的制造方法、工艺与手段应是什么样的呢?(3)生物制造方法。例如:有人用缩氨酸分子对某些半导体晶体的亲合力,通过蛋白质(相当于运送工具)来构筑所需芯片。随着纳米技术在各个领域的深入研究,将会有更多、更新的制造方法、工艺和手段的出现。

最后,制造过程并非只用单一方法,零件也不再会是单一材料所构成,根据使用要求,零件可以设计成由不同特性材料构成,减少了资源浪费,降低成本。这些零件的设计应考虑什么,这些零件的生产制造如何进行,也是今后制造业所面临需要解决的问题。

纳米技术在各个领域研究本身就需要各种仪器、操作器、检测仪器等,这也为制造业带来巨大市场需求。

## 2 振兴制造业的核心是创新工艺和方法的研究

首先是因为新的产业革命是在更小的尺寸上来制造产品,制造产品的材料也发生质的变化,制造不再只是去除,而且可以生长,制造过程不仅可以由大向小去制造,而且可以由小向大去制造,加工所用的能力,可以是以惯性为主,也可以是微弱作用力……。所有这一切必然导致制造方法和工艺的变革,只有有自主创新的工艺和方法,才能保证产品和产业有自己的特色和竞争能力。在新的产业革命竞争中必需发挥我国人民的聪明才智,开展创新工艺和方法的研究,才有可能在新的挑战中争得应有地位,取得振兴我国制造业的可能。

其次是现在有一误区,把计算机的应用作为制造技术的核心,不仅学校、企业,甚至政府决策机关,“863”计划中先进制造技术,也把原有工艺与装备专题取消。制造技术中工艺、装备与计算机应用的关系相当于皮与毛的关系,毛很漂亮、很值钱,但没有皮,毛是不能存在的。纵观我们制造业的状况,关键是没有新产品,新工艺和新的制造方法,或者说我们设计了一些新产品,但由于加工中的关键工艺总是解决不了,而生产不出来,计算机在制造业中的应用很重要,它可更好的提高效率,降低成本,但那是锦上添花。特别是在新竞争中,若还不能正确处理好这一关系,势必造成严重后果,把从事制造技术的科技工作者引入歧途。

纳米技术涉及到几乎所有技术领域,所以制造的工艺和方法也就涉及到各个领域,学科的交叉将会是创新工艺与方法的重要来源。这就要求我们扩大知识面,特别是加强理论基础,这样才有可能创造出高水平的制造工艺与方法,创造出有自主创新的产品,才能在新的微产品产业竞争中取得应有的地位。

## 3 我们应采取的对策

随着纳米技术的迅速发展,各国都对制造技术的未来作了预测,大致估计在2020年左右微产品的产业化不再是实验室的研究问题,而是步入市场竞争的阶段。为迎接纳米技术对制造业带来的机遇与挑战,我们从事制造技术的人应采取什么对策呢?我们提出几点看法。

### 3.1 放正位置,找准需求牵引的目标

制造业是创造财富的主要手段,但它也是服务

性行业,要为某一产品或产业发展而不断地改进和完善自己,使产品或产业取得最好的效益。因此,从事制造业的科技工作者要密切关注市场的动向。特别是纳米电子、信息、生命、材料等学科发展的需求,如何把这些领域的最新成果转化成人类所需的产品,同时为之提供装备与手段。也就是从事制造业的人要十分清楚我们是服务于市场的,若不能放正自己的位置,主动寻找需求牵引的目标,作好产业化前的准备,为新产品的产业化提供制造技术与装备,那就永远只能跟在外国后面爬行,不断引进、吸收和仿制。

### 3.2 理工结合,加强基础

纳米技术涉及的是一个全新的范围,很多现象与规律以前很少涉及或者完全未涉及到,在纳米尺度上,物质不只是具有粒子性,同时还具有波动性,诸如量子尺寸效应、量子相干效应、量子霍尔效应、库仑阻塞等,是以往我们所不熟悉的。原来我们熟悉和使用的经典力学,是与物体尺寸三次方有关的惯性力为主,在纳米尺度上,起主要作用的,是与物体尺寸低次方相关的力:例如表面张力、静电力、表面吸附力、原子间作用力等。而且在纳米尺度上认识世界的过程还在进行,因此,从事制造业的科技人员要重新学习,特别是量子物理、量子化学、量子力学等基础知识。应加强理工结合,主动向理科学习,学习有关基础理论,才能适应需要,开发出创新的制造方法、工艺与装备。

### 3.3 注重学科交叉,培养创新意识

纳米技术涉及几乎所有学科,纳米技术目前还

处于基础研究阶段,它是物理、化学、生物、材料、电子等多种学科交叉的融合点,学科的交叉势必会产生新的创新,谁愈早意识到其重要性,并主动进行学科交叉,谁就能寻找到更多的创新思路,开发出创新的产品。

### 3.4 利用纳米技术对传统企业进行改造

纳米技术很多成果已用于传统产品与企业,例如,服装行业用纳米材料开发出不沾油的面料,随着纳米技术的深入研究,将会对传统产品和产业产生巨大的影响,这需要我们更多的学习和了解纳米技术,把它用在传统产品、产业以及企业的更新换代和改造中,势必会取得巨大效益。

### 3.5 建立新的学科体系,加速人才培养

15—20年后世界将进入新产业革命的竞争时期,为了迎接新的挑战与机遇,人才是最关键的,这些人材需要什么样的基础理论,专业基础和专业知识,能否在3—5年内初步建立人才培养计划,教材体系和相应新学科,以满足在未来新产业革命竞争中对制造业人才的需求,这是我们必须立即要做的;同时,对原有人员要进行再培训,对原有学科进行再改造,才能适应未来人才市场的需求,未来制造业人才需求不仅量大,而且素质要求更高,知识面要求更宽。

抓住机遇振兴我国制造业是一个大课题,需要我国从事制造业的科技工作者共同努力,需要政府有关部门的支持,但更重要的是目标要准确,措施得当,少走弯路,否则就会贻误战机,后果不堪设想。

## NEW OPPORTUNITIES BROUGHT BY NANOTECHNOLOGY FOR THE MANUFACTURAL DEVELOPMENT OF CHINA

Dong Shen

(Harbin Institute of Technology Precision Engineering Research Institute, Harbin 150001)

**Abstract** Thanks to the invention and application of scanning probe microscope, nanotechnology has been rapidly developed to nanometer scale on which people understand and change the world. Much more peculiar characteristics and phenomena people unknew before, which exert great effects on the various academic areas and unpredictable impacts on science and technology, have been emerged from day to day. Many scientists expect that the development of nanotechnology will ultimately bring a whole new industrial revolution around the world. This industrial revolution will be surely bringing new chances and challenges to domestic manufacturing industry. Therefore we should grasp the opportunity and explore the new features of new industrial revolution, adopt corresponding steps and eventually realize the great developments, and achieve the goal of catching up with the advanced countries in this very new industrial revolution.

**Key words** nanotechnology, industrial revolution, manufacturing industrial