

# 重视工程科学的基础研究

## ——从材料科学的几个实例谈起

严东生\*

**【摘要】** 工程科学研究大多有它们的应用背景,对推进经济发展起着更为直接的作用。然而工程科学的基础研究仍以探讨这些学科门类的科学问题为其主要目标。通过对它们的内在规律的了解,推动与促进它们的应用,以至发展成为新兴工业。

本文以近年来在材料科学中出现的几个突出实例,如马氏体相变对脆性陶瓷材料的增韧作用,光信息处理中的材料科学问题,以及近年来的热门研究课题——陶瓷高温超导体的研究等,可以充分说明工程科学及应用科学基础研究的广度和深度,以及它们对技术的革命性变化和发展新兴产业的强大推动作用。

工程科学及应用科学的基础研究是以探讨这些门类的科学问题的内在规律为其主要目标,虽然有些应用前景是潜在的,或并不是能预见得很清楚的,但大多有其应用背景。另外,在应用科学领域时常会出现一些新的发现,然而对这些发现的深入理解,则有赖于随之而进行的基础研究。通过对它们的内在规律的了解,无疑会加速这些发现的发展、完善,促进它们的应用,以至发展成为新兴工业。

以高性能陶瓷为例,近一二十年来正在发生着“质”的变化,科学家们不断发现具有优异特性的新材料,从而发展并支撑着一批新兴技术。如氧化物马氏体相变增韧是14年前(1975年)被发现的,从此相变增韧机制的基础研究便成为陶瓷材料科学家与固体力学家共同关注的热门课题。现今,人们对这种增韧机制已获得相当深刻的了解,并引发出对其他脆性材料的增韧机制的浓厚兴趣和更为广泛而深入的研究。很显然,一旦改善了高性能陶瓷材料的最大弱点——脆性,则其在性能上所具有的多种优势——耐高温、高强度、低蠕变、抗氧化、耐腐蚀、耐磨损等等,就能充分发挥运用,使其大大超过现有的高温、高强材料,从而为开发一代崭新的高性能热机而开辟一个非常引人入胜的前景(在其他领域的应用姑且不论);并以其低能耗、高热效率、低污染等优异性能,将使汽车以至航天工业产生革命性变化。这不仅可能带来几百、几千亿美元的市场效益,更重要的是对加强一个国家的国际竞争力、增加就业率以至提高国民生产总值(GNP)等都将带来巨大的影响。在这里,基础研究、应用研究与开发工作是相辅相成、相互促进的。没有人会低估基础研究的重要指导作用,然而新材料、新技术的开发与应用正是整个链条持续转动、加速的重要动力。

第二例子是光信息处理材料、器件、系统的发展和兴起。电子信息处理已是当代相当庞大的产业,渗透到各个新技术和传统技术领域。其发展趋势则是从电子信息处理向光子信息处

\* 中国科学院、学部委员

理过渡,特别在高技术领域,这种趋势尤为明显。而当前所处的状态是电子—光子混合处理,电子、光子信息交互转换的处理系统已相当广泛地得到应用。实现光信息处理的一个重要关键是材料和器件。作为低损耗光信息传输介质——光导纤维是约20年前出现的,当时的一个重要突破是光纤传输损耗下降了几个数量级,达到20分贝/公里,人们看到了长距离光通讯的曙光。然后,由于材料的基础研究与开发的高速进展,在不长的时间里使光纤损耗又下降了两个数量级,于80年代中期达到0.2分贝/公里,接近于高纯氧化硅的理论损耗值。因此,光通讯比人们预测地要快得多,成为年产值上百亿美元的大型新兴产业。在这方面,人们可以记述出许多基础研究与应用、开发工作和谐前进的故事。

作为光信息处理,还需要一系列具有波导、调制、倍频、存储及显示等功能的材料和器件,其中较为重要的是若干非线性光学薄膜及晶体材料。不论是对材料的探索和制备,还是器件的设计、超微细加工,或是对整个系统功能的优化,都需要开展具有相当广度和深度的基础研究。

第三例是陶瓷(氧化物)超导材料的发现。约在4年前,A-15化合物一直是主要的研究对象,超导临界温度很难超过 $30^{\circ}\text{K}$ 。因此 $T_c$ 达 $46^{\circ}\text{K}$ 的氧化物超导体的发现,的确是理论家们所未曾估计到的。然而,看看Müller和Bednorz在他们获得诺贝尔物理奖之前,于《科学》杂志上发表的文章,可以了解他们坚持在这个方向进行研究的由来。他们长期从事钙钛矿型化合物的系统研究,当国际上几个重要实验室认为氧化物作为高温超导体没有多大希望而放弃研究的时候,他们都仍然坚持进行。作为IBM在苏黎世的一个研究中心,这当然是一着闲棋,但却支持这类工作,不能不说有他们的远见。而Müller和Bednorz凭借着在科学研究上的功底与某种直觉,在坚持中终于获得突破性的发现,并从此使高温超导研究改观。这几年在这个领域的蓬勃气象是大家都看到的。更由于高温超导的重要性和广阔应用前景,因此极其大量的基础研究与应用研究在世界上众多的实验室交互开展进行。到目前为止,人们对陶瓷超导材料的研究日益深入,认识日益深化。应用工作也在大量开展,而应用前景有近、有远、尚难作出准确的预测。理论工作则还等待着新的突破。

从以上几例,可以看出工程科学的基础研究是新技术、新材料获得突破性进展的引导和支撑。同时新材料、新技术、新系统的发展又反过来对基础研究提出更进一步的要求。可以比较清楚地看到,基础研究、技术进步与经济发展在工程科学领域相互依存、相互促进的关系。关键是我们如何充分认识它们之间的辩证关系,并能按照我们的国情、国力,为我国的经济建设和科学发展做出最大的贡献。

国家自然科学基金委员会在这方面已经做出了很有成效的工作,得到全国科学家们的支持,今后在总结已有经验的基础上,大有可为。

## DUE EMPHASIS ON FUNDAMENTAL RESEARCH IN ENGINEERING SCIENCES —A FEW CASE STUDIES IN MATERIALS SCIENCES

Yan Dongsheng

*(Chinese Academy of Sciences)*

### Abstract

Most of the researches in engineering sciences have implications in application, no matter they are near-ranged or long-ranged, and have, thus, more direct impetus to economic development. However, the main objectives of fundamental research in engineering sciences are still to uncover and understand their basic internal relationships. Such understandings will usually lead to fully utilizing their potentials and may even further help establishing brand new industries.

The main theme of this paper will be illustrated by a few examples in materials science research. They are: martensitic transformation for the toughening of brittle ceramics, material problems in photonic information processing, and the hot topic on high temperature ceramic superconductor research. From these case studies, one can fully visualize the breadth and depth of fundamental research in engineering sciences and their capability to generate revolutionary changes in technology development.