

再论物理工作者和高新技术开发¹⁾

宋菲君

(中国大恒公司,北京 100080)

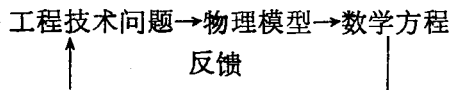
作者通过自己的亲身经历,指出物理工作者在高新技术开发和工程部门中的最大优势,在于把工程和生产中的问题进行加工、提炼,建立物理-数学模型,从而在更高的层次上解决问题。作者分析了目前我国企业部门人才结构的问题和物理学人才的不合理分布,并讨论了物理工作者在上述行业中不能充分发挥作用的内在原因和社会原因。

我于1966年毕业于北京大学物理系。毕业后在北京的一个光学仪器厂工作了十多年,后来又在北京的一个从事光学仪器开发的研究所工作了八年,从1988年起,在中国科学院中国大恒公司担任副总工程师兼光电子研究实验室主任。在工厂和研究所期间,曾担任技术革新组组长、设计科副科长、研究室主任、研究所副所长等工作,担任过30余个新产品和研究开发项目的主任设计师和课题组长,先后被评为国家级和北京市有突出贡献的中青年科技专家,并录入《英国剑桥国际名人传记》(第10版)。我从北京大学物理系毕业以来,一直从事工程技术工作。回顾我上大学和参加工作以后的经历,以及我的许多同学、朋友的经历和遭遇,我是百感交集的。十年前我曾在“物理学人才作用研究报告会”上作过题为《物理工作者与新技术开发》的报告,并在物理杂志上发表。这十年来,由于改革开放,由于计划经济向市场经济过渡,我国的经济形势、体制和产业结构都发生了深刻的变化。许多新技术试验区在建立,一大批高新技术企业在崛起,竞争机制逐步形成。单位、企业中的科技人才从“稳态”向“动态”转化,大专院校本科生和研究生的毕业分配从统一分配一种模式向统一分配和双向选择两种模式演变,这一系列巨大而深刻的变革,无论对于物理系毕业生,还是对于各个领域的物理学工作者,既是严峻挑战,又是天赐良机。我觉得有必要再度讨论物理学工作者和高新技术开发的问题。

一、再谈物理工作者的优势

物理工作者受过系统、严格的科学研究训练,对科研程序比较熟悉,他们的数理基础好,适应性强。在企业中,在工程技术部门,物理工作者的优势突出地表现在认识问题和解决问题的能力上。

在高新技术开发中,在技术革新和引进先进技术使之国产化的过程中,在设计、工艺和检测过程中,常常会出现一些关键技术问题,这些问题的解决,往往是取得成功的关键。一个工程技术问题的提出和解决的全过程,可以用下面的公式表示:



其中第一步是把实际问题经过抽象思维、提炼,建立物理模型;第二步是根据物理模型列出数学方程;第三步是解方程,得到影响工程问题的主要参数;第四步是反馈,回到工程技术领域,指导生产或解决问题。在这个全过程中,最困难同时也是最关键的一步是从实际问题中提炼出物理模型。在工程技术和生产过程中,时时刻刻都有问题发生,需要既有工程知识又有物理基础的人去发现问题,建立物理模型。我举

1) 本文是根据作者在1993年6月2日召开的“物理学人才问题”座谈会上的发言整理而成。

几个亲身经历的例子。

我曾在北京一个生产显微镜的工厂中担任光学设计。该厂每年生产几千台显微镜。物镜的成像质量好坏是显微镜最重要的性能指标。显微物镜用“星点法”检测，就是用人眼来判定一个小孔通过显微物镜成像的能量集中程度、对称性等等。这一方法具有主观性和不确定性。我是主任设计师，常常要在检验人员和装配车间工人之间充当“仲裁”，这就使我下决心解决这个问题。

从物理的角度来看，传统的星点法是在 x 表象中检测系统的“脉冲响应”。由于显微物镜是小像差系统，在 x 表象中检测误差很大。于是想到在 f 表象中去检测，前者是“空域”，后者是“频域”。我提出了用“等效带宽”来衡量通过物镜的通频带的宽度，以此来作为判定物镜质量的标准。等效带宽越大，通过物镜参与成像的信息越丰富，失真越小，成像质量就越高。

建立这样一个物理模型后，接下来就是列方程。成像关系可以用一个 Fredholm 齐次积分方程来描述。对于一个像差校正得比较好的物镜，方程所对应的算子是自伴的。又因为显微物镜的视场有限，所以算子的谱是分立谱。我用量子力学中简并态的微扰方法解出了方程，得到了算子的本征函数和本征值，从而计算出等效带宽。根据上述模型研制成功的“显微物镜像质评价仪”能快速、准确地给出数字化的成像质量评价指标，获北京市科技进步二等奖。该装置经改进后在国家检测中心继续使用。

再举一个例子。最近，我们接受一家外国公司的委托，研制“大规模集成电路管脚偏差快速检测系统”，用投影方法获得器件管脚的像，再用 CCD 及数字图像处理方案来测量管脚的偏差。这个装置将来要用到大规模集成电路流水线上，要求快速、准确、可靠。测量的关键是要准确地算出管脚的边缘坐标，因此，有必要首先建立“边缘”的物理模型。由于我们测量的是边缘的投影而不是边缘本身，它具有弥散的特点。在北京大学物理系赵凯华教授的指导下，我们建立了边缘的近似模型：0 级近似是一个 step

函数，透光处为 1，不透光处为 0。这个模型虽然简单，但它没有充分利用边缘弥散的灰度值信息，准确性、抗干扰性均比较差。一级近似是把边缘看成是 0, 1 之间的一条倾斜的直线，这样一来，边缘就用一个过渡层来描述，过渡层是由衍射、散射、非平行光照明和光学镜头的像差所引起的。一级近似模型与 0 级近似相比，准确度和抗干扰性都有很大的提高。为了更加准确地反映过渡层的缓变的特点，我们又提出了二级近似模型：用函数 $\tanh(ax)$ 来逼近边界过渡层，该函数在 $+\infty$ 和 $-\infty$ 处分别趋于 +1 和 -1，中间有一个平滑缓变的过渡带， $x=0$ 为边界点， $1/a$ 为变化的斜率。该模型更加准确地模拟了实际的边界投影像。

我所经历的高新技术开发的实践表明，实际问题一旦经过提炼，建立正确的物理模型，列出数学方程，并求得正确的解后，就能在较高的高度和深度上认识事物的本质，反馈到实际工作中去，所得到的结果就越符合实际，产生的效益就越显著。

上面曾讲过，我担任过几十个产品和项目的主任设计师和课题组长。我的能力主要表现在两方面：首先是知识覆盖面广，具备抓总体的能力；其次是认识问题和解决问题的能力。相比之下，我觉得自己的主要贡献还在于上面所讲的建立物理模型、求解数学方程的能力上，直到现在，建立物理模型和求解数学物理方程的工作主要还是由我来做，或由我来组织实施，请中国科学院物理研究所、北京大学物理系的研究员、教授共同探讨，建立合理的物理模型。如果没有当年在北京大学物理系所接受的系统教育和训练，我就不会具备这样的能力，在许多问题面前就会束手无策。

有一种颇为流行的说法，认为理科大学生在工厂无用武之地，认为四大力学、数学物理方法在这些地方根本用不上。然而 20 多年的工作经历告诉我，上述说法是片面的。物理系开设的基础理论课和理论课的内容，是自然界物质运动规律的高度抽象的普遍理论。生产活动本身是复杂的物质运动。如果不满足于肤浅

地、表面地、就事论事地解决重大关键问题，而是寻根究底，研究一般规律，力求在一定的深度上解决问题，就必然离不开上述理论的指导。参加工作后，我又自学了大学阶段没有学或学得不够的课程，包括信息论、积分方程、群论、泛函分析等。“书到用时方恨少”，我还后悔大学阶段学的理论课太少。

原国家仪表总局的一位副局长在看了我的工作后，曾非常感慨地说：“过去我们在要人问题上有一个失误，就是物理系的毕业生要得太少了。”

二、我国工业部门人才结构的现状

我不可能、也不打算去详细、全面地讨论我国工业部门的人才构成，只想探讨一下目前工业部门技术进步较慢、科研成果“物化”困难的情况，并谈谈技术骨干构成的一个缺陷。

一方面，中国科学院各研究所和大专院校每年都有大量科研成果达到国际、国内先进水平，在国际会议和刊物上，中国人发表的论文所占的比例越来越大。但另一方面，相当大的一部分工厂企业仍然在使用落后的设备，运用落后的技术和工艺，生产落后于国际水平一代、两代的产品。这个反差非常大。它至少说明，许多科研成果停留在样机、样品阶段，甚至论文阶段。值得一提的是研究生的科研工作。研究生阶段是一个科技工作者的黄金时代，这个阶段最有新思想，最易出成果。但我国研究生的研究成果真正用于实际的为数也不多。这不能不说，这是一项巨大的看不见的浪费。

工业企业吸收新技术和运用新技术的能力差，这有体制上的问题，也有人才结构上的问题。我们通常把课题组长、主任设计师、室主任这一级的科技人员称为科技骨干。在工厂的科技骨干中，缺少既具有较强的理论基础，能够了解本领域发展前沿，又熟悉技术、工艺，具备抓总体能力的“技术带头人”（相当于大专院校、研究所的“学术带头人”）。

再看看国外的情况。美国、西欧、日本等国的物理系毕业生不一定搞物理。最近我去美国

发现加州一带有许多大小公司的经理、主任工程师是南加州大学、加州理工学院、斯坦福大学等名牌大学的博士。许多公司每年定期到这些大学去物色对象，一旦找到合适的人选（研究生），就出钱资助他们的工作，毕业后这些研究生就去公司任职，其中物理系或物理类系科占的比重不小。与这些公司的技术骨干一交谈，就发现他们的物理基础很好，许多人年年在SPIE, CLEO 这些大型学术会上发表论文。公司通过资助研究生的研究工作，不仅获得了科研成果，还得到了他们所需的人才。往往是今年在学术会上发表的最新成果，明年就在公司里看到产品。科研和工业之间形成良性循环。国外的情况值得借鉴。

三、为什么物理人才现阶段不能充分发挥作用

1. 认识问题——物理工作者是否只能搞物理？

物理系毕业生有许多优势，然而他们身上也有许多不足，首先是认识问题。现在比较多的物理系毕业生、物理工作者把“物理”看得太重太重，他们只对看文献、推理、计算、研究各种物理效应有兴趣，觉得只有这些才是自己的正业，“我的工作就做到出论文为止”。比较少考虑如何把这些知识和成果应用到实际中去，产生经济效益。亦即只关心成果本身，并不关心它的“物化”及物化后产生的效果。也有少数物理系学生和研究生认为只有四大力学才是至高无上的理论，看不起也不愿参加设计、工艺、测试、装配等工程性工作。我想这一方面是学生本身的思想境界比较窄，另一方面，大学的教学也有缺陷，这些缺陷是形成学生的这些偏见的重要原因。

物理系本科生和研究生毕业后到何处去？大概在十年前，我曾经去问过北京大学物理系的甘子钊教授。他对我说：“你是从物理系出去的，已经做出了成绩，你不要再回到北京大学物理系来”。他给我打了个比方：“现在物理学好比是一点点奶油，好多只猫”。这就是说，物理学作为一门基础学科已相当成熟。在物理学

领域内要作出创造性的工作已经很难。当然，在物理学的基础研究中应当保持一支精干的队伍，但大部分的物理工作者，可以在其他领域作出贡献。高新技术开发部门正是物理人才能够发挥作用的地方。

2. 能力问题——只有打好“开局”，才能发挥“后劲”

物理系毕业生的长处是数理基础好，逻辑推理能力强，受过系统的科学研究工作的训练。但物理系毕业生也有短处，那就是工程设计的能力相当差。物理系过去不开机械制图等工程专业的的基础课。后来听说开了选修课，但学生学习的兴趣不浓。这样一来，物理系毕业生到了工厂或产业部门以后，第一个感觉就是不适应，强烈的不适应，看不懂图纸，与工程技术人员、工人的共同语言很少。我分到工厂的第一天，工厂的一位技术员给我看一张双目体视显微镜的总装配图。这张图对我来说就像天书一样。许多物理系毕业生到工厂后，本来是一心想做好工作的，就是不知从何下手。我们常说物理系毕业生有“后劲”。但开局打得不好，就谈不上发挥后劲。久而久之许多人就萌发了“归队”的念头。

我自己是怎么过来的？我是1966年的毕业生。我在上大学期间一天也没有想过毕业后去工厂，只想留北京大学物理系，或到中国科学院物理所。是历史的潮流把我推上了一条陌生的道路。当时没有“归队”的可能，我只能下决心学工程。在一年时间内，我学会开车床、铣床和刨床，学会了工程制图。后来又自学了《光学设计》、《应用光学》等工科大学光学专业的基础课和专业课，培养了工程设计的能力，与技术人员、工人有了共同的语言。我自己常常说，从此以后，我又有了两条腿，变成两条腿走路了。在一些课题中，我不但担任光学系统设计，还担任过机械设计。这样一来，我的知识覆盖领域就从物理、数学开拓到工程、技术中去，使我具备了担任总体设计的能力。

事实上，在科学技术日新月异高速发展的时代，补课、继续教育是所有科学技术人员的共

同任务。传统技术不断更新，新兴学科不断形成，每个科技人员的专业方向、业务范围、工作岗位都只有相对的稳定性。物理学工作者的数理基础比较好，素质比较高，学习新课程和掌握新技术可以说是得天独厚。只要下决心，就可以较快适应新的工作。而一旦有了好的开局，后劲就会发挥出来。

3. 社会问题

物理工作者的作用发挥得不好，除了自身的原因以外，还有很深刻的社会根源。许多人事部门的干部、厂长、经理和总工程师，对物理人才的了解甚少，不少人误认为物理系毕业生的唯一出路是教物理。少数有幸分配到工程部门的学生，在这里很难发挥作用。物理工作者有自己熟悉的一套工作方法，例如看文献，做综述，进行理论计算等，这些方法常常得不到理解和支持。在一些工厂中，似乎技术人员的本职工作就是“趴图桌”（指画工程图），物理工作者的工作方法被视为“左道傍门”。他们对于工作条件的起码要求，例如建立实验台、实验室等，常常得不到满足。进修、出国的机会又太少。于是，这些单位的物理系毕业生就想方设法调回高等院校和科研单位，其结果是物理工作者仍然过多地集中在高等院校和科研单位。在物理人才本应发挥作用的工厂企业，仍然缺乏基础好、开拓能力强的技术带头人。

近年来，随着改革开放形势的发展，上述情况已发生了一些可喜的变化。一方面，大专院校的物理系和应用物理系的师生已开始重视科研成果的物化，有的教授、副教授已在从事科研成果产业化的工作。在深圳、东莞，在中关村新技术试验区，在四通集团、北大方正集团、联想集团、大恒公司、三环公司等许多高新技术企业中，物理工作者担任了总工程师、经理、主任工程师，有的担任高级科技顾问。由此可见，情况正在发生变化。我希望，通过这次物理学人才问题座谈会，通过社会各界的理解和物理工作者的自身努力，最终使物理人才从读书、毕业分配到参加工作、发挥作用等各个环节之间形成良性循环。大家都期待这一天的到来。