

# 工科物理教师可以到交叉学科领域开展科学研究

曹天守

(华东冶金学院,马鞍山 243002)

当前的工科物理课程缺乏与工程结合的特色,亟待改革。工科物理教师可以到交叉学科领域开展科学研究,既可优化教师本身的知识结构,提高物理课的教学质量,又能直接为经济建设作贡献。作者通过10年的科研实践证明,达到上述目的是可能的。

## 一、形势逼人

工科物理教学面临又一次危机已不是危言耸听的推测,而是活生生的现实:学时一再减少;与物理有关的不少专业招收研究生时不考物理学;选修课开出率每况愈下;学生对物理课程兴趣淡漠;部分教师和干部也认为开设物理课作用不大;物理教师实际收入低下,其子女考大学时普遍不愿报考物理专业……。

“文革”期间那次危机的原因是急功近利,全盘否定基础学科的重要性。而这一次,除了急功近利思潮回升外,另一个原因是工科物理本身缺乏与工程的结合,是理科模式。

现代科技的特点之一是多学科的交叉组

况和功能没有变化或不受影响的分析被认为是无损检测。由于表面分析以检测激发探针与表面作用产生的粒子为基础,探针与表面作用是少不了的,它会对表面产生一定的影响,因此表面分析不是绝对的无损检测。

XPS使用X射线作为探针,因为光子作用截面较电子与离子小,所以在上述表面分析仪器中,XPS表面损伤效应小。

在SAM分析中,电子对表面的损伤效应主要表现为表面的脱附、吸附、氧化物分解等。

SIMS所检测的粒子是离开表面的表面物质产生的离子,同时表面还有中性粒子溅出,与SAM和XPS相比,SIMS对表面的损伤最大。

在分析不良导体时,存在两个问题:其一是散热不好,其二是表面电荷积累,可能使样品

合,未来的工程师应首先具备对这种形势的适应能力和知识更新能力。然而,我国的物理教学一直缺乏能力培养的特色,缺乏新技术应用的特色,教材内容的陈旧性和封闭性导致学生高分低能,使后续课程教学感到不得力。因此,冲破框框,走出课本,深入社会,了解科学技术的现状成了很多物理教师共同的愿望。

## 二、我们的科研实践

1982年夏天,我们教研室成立科研小组,开展社会调查,到工厂参加义务劳动,在实践中选题。本着扬长避短的原则,我们选择了颗粒动力学这个不算时髦的课题,并获得院自选题的“点火费”。在文献检索的基础上,决定主攻

表面与样品台之间形成较大的电势差。这些均可能带来不良后果,在分析中应注意消除电荷积累,加强散热措施。

## 参 考 文 献

- [1] C. R. Brundle, in *Industrial Applications of Surface Analysis*, Eds. by L. A. Ceper and C. J. Powell, American Chemical Society, (1982), 13.
- [2] A. Benninghoven, *Appl. Phys.*, 4-1(1973), 3.
- [3] A. Benninghoven, *Surface Science*, 53(1975), 596.
- [4] 陆家和、陈长彦等编,表面分析技术,电子工业出版社,(1987), 174, 213.
- [5] 谢希德,自然杂志(增刊),(1981), 28.
- [6] G. Ertl et al., *Low Energy Electrons and Surface Chemistry*, Weinheim, Verlag Chemie, (1974), 1, 7.
- [7] 许振嘉、陈维德,真空科学与技术, 5-5(1985), 45.
- [8] 范垂祯、余镇江,真空科学与技术, 5-4(1985), 22.
- [9] 范垂祯、陈丹,真空科学与技术, 10-1(1990), 22.
- [10] 范垂祯、陈丹,真空科学与技术, 7-4(1987), 226.

“颗粒分级”。经两年多的研究,完成了“碳化硅微粉溢流分级优化工艺及设备”的项目。该项目1986年初经安徽省科学技术委员会组织国内同行专家鉴定为“国内首创”,获省级重大科学技术成果证书和科技进步奖。1987年11月,课题主论文《硬材料微粉的颗粒分级》(Size Separation for Hard Microparticles)被选入第三届国际硬材料科学大会,并赴美国到大会宣读,引起国际上同行专家的关注,几位主要的大会负责人纷纷向本人表示祝贺,合影留念。1988年底,此文被选入荷兰 Elsevier 科学出版社出版的杂志《材料科学与工程》专辑 [Materials Science and Engineering, A105/106 (1988), 571—576]; 设在英国牛津的分社寄来的论文评价称此文“是一个很好的思路,提出了一个简明而又实用的数学模型,在材料工业上有广泛的应用。”几年来,美国、英国、意大利、瑞士、印度、南朝鲜等国同行专家一直与笔者保持着学术往来。

1991年夏天,国际知名学者“*Journal of Hard Materials*”主编、“1991年第四届国际硬材料科学大会”主席、英国 Hull 大学 C. A. Brooks 教授连续三次给笔者来信,邀请本人参加会议并为杂志约稿,还热情地将笔者的工作介绍给英国“全欧产品有限公司”。该公司旋即寄来专函联系合作事宜。

上海一家大厂还与我们合作研制了一套“人造金刚石微粉颗粒分级设备”,目前正在调试当中。1990年底,我们的“粉体沉降规律及其在粒度分级中的应用研究”项目获准国家自然科学基金3.5万元的资助。在院系领导的支持下,我们已初步建成了一个小型的科研基地。与此同时,我们在颗粒学等方面与国内同行也建立了较密切的联系网。

### 三、交叉学科需要基础物理教师

#### 1. 交叉学科与物理学

物理学作为一门基础科学总是不断地向人类的智慧提出挑战的。无论是生物物理学还是现代化学,也无论是地球物理学还是现代天文

学,无不由物理学的新发现所诱发。即使是工程技术的新进展,也与物理学有着密切的渊源关系。例如,微电子学、光技术、传感器技术、能源工程,环境科学、现代医学等,都是近年来发展起来的基础物理学的直接结果。因此,基础物理教师介入交叉学科是历史的必然。

#### 2. 材料科学与物理学

材料科学既是一门基础科学,同时又是一门应用科学,它涉及到物理学的各个领域。以冶金学为例,现行的炼铁工艺基于高炉还原,离不开烧结、炼焦等附属工艺,能源浪费严重。生产性试验表明,用低温等离子体物理学原理对矿粉进行直接还原是可行的。特别是现代化冶金设备的投入运行,强化了工程技术人员对基础物理学继续学习的欲望。Co 60 辐射技术,快离子导体测氧技术,等离子焰加热技术等,越来越被工程技术人员所青睐。

#### 3. 物理教师在交叉学科大有用武之地

我们所参与的粉体技术,涉及到颗粒动力学、表面形态学、粘滞流体力学、统计力学和电磁学等。这些学科的交叉应用对于厂矿甚至研究所来说,都是很棘手的。即使是多年从事专业研究的人员,也往往被约束在固有的思路之中,难以作出大跨度学科交叉的决策,在这种情况下,从事基础物理教学的教师反而能够做到思路开阔,以“移植”、“组合”、“推理”、“抽象”、“假设”等思想方法开辟新的天地。

我们研究粉体颗粒分级的手段是流体分级法中的所谓“单级溢流分级法”(The Single-stage Overflow Classification)。这种工艺要求流体始终处于恒压恒流状态。我们将 LC 滤波电路的原理移植到工程上,设计了“二阶式恒压水箱”、环形供液网络和闭路循环自控系统,使许多同行专家连声称赞“构思巧妙”。

分级工艺中要用很多大面积的自然沉降池,不仅占地面积大,而且产品容易被污染。我们在检索固液分离资料当中,发现多层斜板式沉淀器有移植价值。这种设备近20年来发展很快,主要用于水处理和尾矿收集,但如何用在微粉成品收集上,却没有一份文献或专利可参

考,势必要亲手试验。然而,实验室小试验效果并不理想。轻易地放弃这个方案我们还有点不甘心,经过连续几天的科学分析,发现前道工序的溢流设备工作状态很差,是因为小容器受室温影响严重,器壁的比表面积又大,温度梯度明显,加上流量太小,受表面张力影响严重。于是,我们就大胆地提出中试方案。我们设计了一套生产规模的中试设备,使流体的温度和表面张力对工艺参数的影响相对下降,果然效果极好。“移植”终于成功,使参加鉴定的专家感到“耳目一新”。

“移植”对于物理教师来说并不陌生,无论是电学的开山鼻祖 Coulomb,还是敲开量子力学大门的 de Broglie,都是我们的先导。

#### 4. 交叉学科需要物理教师的数理基础

长期从事普物教学的教师未必能在某些专题研究上一下子超越专业研究人员,但把物理过程归纳为简明的数学模型还是可能做到的。特别是一些“三不管地带”,对于“学院式研究人员”来说,以为没有“骨头”可啃,对于工程人员来说却感到高深莫测,物理教师正好可以涉足其中。我们就是基于这种想法而在颗粒动力学方面跨出一步的。

在交叉学科从事科研,光靠技术革新之类的成果是不够的,因为这方面物理教师远不如工程技术人员在行,可谓“强手如林”。但在数理推导方面,他们有可能做出一些在工程技术人员看来是“头痛”的成绩来。一位从事颗粒分级研究多年的老专家在鉴定我们的成果时,不无感慨地说:“这项成果体现了高等院校的作用。”

### 四、物理教师在交叉学科中 寻求自我解放

#### 1. 科研容易起步

在交叉学科从事科学研究,对于物理教师来说,比较容易起步。物理教师有自己的优势,那就是“全方位”研究能力,概念清,知识面广,思想活跃,框框少,有联想能力,此为长处;然而,物理教师也有自己的弱点,那就是对工程不

物理

熟悉,连常规设备都很生疏,甚至看不懂稍为复杂一点的图纸,此为短处。在交叉学科从事科研,正好可以扬长避短。

#### 2. 促进自身的知识更新

我们这些“普通”的物理教师往往把计算机看得很神秘,但科研是很难离开计算机的。数以万计的数据等待处理,我们被迫“上了梁山”。开始时参加教师扫盲班听课,两个月以后大胆地买了一台小型个人机,边请教、边摸索,不断巩固。现在课题完成了,我们几个人都初步学会了编程,有的软件还获过奖,甚至应聘到省级会议上报告。有的老师已将微机运用于物理实验教学。不难设想,如果不是科研“逼迫”我们,是不能取得这种效果的。

通过国际终端进行文献联机检索,这在科研之前,对我这个“普通”的物理教师来说是不可思议的。科研当中,在较全面手检的基础上终于“被迫”迈出了这一步。这虽然与初步掌握计算机原理是分不开的,但更重要的原因是科研的“压力”。

传感器是标志一个国家科学技术水平的显示器,由于工作需要,我们到一些高等院校和研究单位进行调研,了解到国内外的概况,并在专业教师的协助下,初步接触到了超声、扩散硅、霍耳集成片、钎钴合金片等器件,从而在某些方面缩短了普通物理与新技术之间的距离。以霍耳效应为例,物理课上只介绍原理,物理实验上只用单一霍耳片,给学生的感觉是实用性差。实际上,我国已能批量生产霍耳集成电路,其伏安特性有线性式的,有开关式的,电流输出达数十毫安,足以带动小型继电器,几元钱就可买一只,无需放大。特别是开关式霍耳集成电路,用作无触点开关用途很广。配套的钎钴合金只要花几角钱就能买一块。掌握这些技术,对讲活物理课很有用处。

#### 3. 教改新思维

在交叉学科从事科学研究,接触到的设备多,扩大了自己的知识视野,诱发了教改的新思维。

我国工科物理教材的一个缺陷就是过分拘

泥于理想模型。这种“自成体系”的结构必然导致教材的封闭型。这一点，我们通过科研实践有深切的体会。

我们课题的中心内容是颗粒在流体中的等速沉降规律和粉体按粒径分布的统计规律。等速沉降规律不仅在我们的课题里是基本规律，而且在科学技术和日常生活中也是普遍存在的。在冶金行业，无论是选矿工程、流态化冶金、水模试验、粉料输运、粉尘治理等，都有等速规律的运用。在化工、水文粉体测试等许多场合也具有等速规律。甚至在跳伞的电影电视上，无论是开伞前，还是开伞后，加速过程只有一瞬，精采的表演在于等速过程，在那样的屏幕上，人们立即想到的是伽利略相对性原理，而不是牛顿的第二定律。甚至连雨点打在汽车玻璃上也是斜线，而不是明显的抛物线。教师为什么不把这个原理交给学生呢！如果把自由落体和抛物线运动的内容删去，节约下来的课时用于等速沉降研究，不但深化了基础理论，同时也缩短了物理课与实践过程的距离，必将提高物理课的新颖性和实用性。粉体按粒径分布的统计规律也给了我很大的启示。我们平常在讲解统计规律时，开口理想气体，闭口还是理想气体，看不见，摸不着，学生感到难以捉摸，而粉体的显微照片用幻灯放映出来就活龙活现了。

科学技术在发展中，学科界限逐渐淡化，相互交叉组合的特色越来越明显，物理教学也应该适应这种形势的要求。就拿毕奥-萨伐尔定律来说，我们总习惯于把它捆在磁学的柱子上，作为“名门闺秀”来欣赏。科研中我从一本美国的流体力学书中发现了它。开始时感到很奇怪，但仔细一看，恍然大悟了。原来，毕奥-萨伐尔定律本质上是一个矢量场定律，而流体力学与电磁学都是经典场论这个“大家庭”的成员，不仅在物理规律上有共性，而且许多研究方法（例如，力线、等值面等）也雷同。这时，我才体会到费因曼在麦克斯韦方程之后紧接着介绍粘性流体力学的奥妙了。这种大跨度的交叉思想如果能传授给学生，人才的后劲必然增大。

场的梯度概念也是一个典型例子。普通物

理学通篇介绍匀场，而我们在科研中接触到的几乎都是非匀场。例如，高梯度的磁设备到处可见。诚然，工科学生不学张量，那么我们为什么不能在定性上开拓一点，在定量上控制一点呢？

我想，大学的物理学应该充分利用（而不是重复）中学物理内容，让学生“一步到台口”，使他们领悟到物理学的新颖性和实用性，提前步入工程师的征途。

“只能教书”的传统观念使得基础课教师教学任务特别繁重。为了克服没有时间搞科研的困难，我们采取了相对集中工作量的办法，就是将一年的工作量集中到一学期完成，具体做法是“交叉排课”。所谓交叉排课，就是物理课的第一学期按系排课，全部为大班课，与高等数学课同步；第二学期将所有的大班打散，重新组合，使每个新的大班的几个小班都来自不同的大班。实践两年多以来，从未发生接课矛盾。

为了减轻教学上的劳动强度，也为了提高教学效果，我们提出建设物理专用教室的立项申请。由于科研和教学手段建设均有一定基础，我们的立项申请很快得到院领导的理解和支持，在全院压缩设备经费的情况下，拨专款筹建了专用教室。该专用教室具有高亮度投影、遥控幻灯、无反馈扩音、当场制投影片及演示仪器陈列等功能，经一年多使用，效果很好，受到院内外同行专家的称赞。此外，还组织部分教师制作了有关习题和例题等方面的教学软件，使任课教师的备课、讲课和批改作业等环节的劳动强度大大降低，为集中安排教学任务，从而也为物理教师挤出时间搞科研提供了条件。

几年来的实践告诉我们：工科物理教师一定要开展科学研究，也一定能开展科学研究；要搞科学研究，最好到交叉学科去找题目。通过科研，教师的自身素质提高了，教学质量也随之提高了，还能直接为经济建设作贡献。我们深信，如果物理教师搞科研蔚然成风，工科物理课程定会迎来曙光，而不是怨天忧人，关在校门内坐等“危机”的到来。