

美国材料研究实验室发展简史

A CONCISE HISTORY OF MATERIALS RESEARCH LABORATORIES IN AMERICA

罗伯特·L·斯普劳尔
莱尔·H·施瓦茨

编者按: 本文是根据美国罗切斯特大学物理教授、退休校长罗伯特·L·斯普劳尔(Robert L·Sproull)和美国前西北大学材料实验室主任,现任美国标准局材料研究所所长莱尔·H·施瓦茨(Lyle H Schwartz)撰写的两篇介绍美国材料研究实验室历史的文章编译整理的。原文收集在美国科学院和美国工程科学院1987年编辑出版的《新型材料的研究》一书中。

1957年10月苏联第一颗人造地球卫星(以下简称Sputnik I)的上天震撼了整个世界,当然也震撼着美国。但美国人在一阵惊呼之后,首先想到的不是用他们富有的金元去向别人买技术,而是秣兵励马,积极组织自己的科学家在最重要的关键领域——材料研究方面迎头赶上;而且有决心有信心在短期内弥补差距,继续保住科学技术的领先地位。

因为1960年美国官办的材料实验室正式组建,至1985年恰好为四分之一世纪,于是美国材料科学家便以25年为时间度量单位,对美国材料研究进行了分段考察。他们往前追溯了三个时间单位,即自1985年往前推了75年。因此这里所说的历史,实际上是从1910年到1985年这段历史。

当然,如果用世界大事件对美国材料研究的影响来划分阶段,似乎更自然些,即把1945年第二次世界大战前划为第一段,1945至1957年Sputnik I上天为第二段,1957年后为第三段。但这样不是突出了苏联的那颗人造地球卫星吗?美国人可能觉得不是滋味。

单个自发研究阶段(1910~1935年)

历史的长河流到1910年时,化学家和冶金学

家对他们在材料研究上的成就已经自豪地高谈阔论了几个世纪。也正是由于他们的努力,材料研究才由一种技艺升格为一门科学;而这种过渡过程显然由于嗣后X-射线的发现而加速了。在此之前物理学家对材料研究的贡献几乎为零。直到20年代后期这种状况才开始有所变化。1927年,博尔(Bohr),施罗丁格(Schrodinger)、海森伯格(Heisenberg)等几位大科学家成功地把量子力学应用于计算所有的物质结构。康登(Condon)、海特勒(Heitler)和伦敦(London)甚至“造”出了氢分子。8年之后,波林(Pauling)把这种计算分子的方法普遍化了。同时冯纽曼(Von Neumann)引入了数学方法。1933年萨默菲尔德(Sommerfeld)和贝蒂(Bethe)参予编写的巨著“物理手册”,为材料研究提供了丰富的原始资料。1931年威廉·休姆-罗瑟里(William Hume-Rothery)发表了“金属状态”论文。大约4年之后他的另一篇文章“金属与合金的结构”脱稿。在这一时期,威尔逊(A.H.Wilson)、皮尔斯(R. Peierls)和内维尔·莫特(Neville Mott)等对推动固体物理的前进做了大量工作。

集体研究思想的萌发(1935~1960年)

1935至1960年这一个(25年)时间单元在美国材料研究史上占有极为重要的地位。这一阶段可以说是由自发研究的单兵作战转变为联合研究的大兵团作战的过渡时期。诱发和促使这一转变的原因有二。一是科学发展本身规律的需要;二是国际政治形势的驱使——第二次世界大战和苏联Sputnik I的发射成功彻底改变了美国对材料的认识和对材料研究的态度。美国朝野认识到了材料问题关系着国家命脉,必须立即拿出钱来,组织力量进行攻坚。

这一时期,化学家利用量子力学这一武器获得了重大成果,冶金学家也从单纯研究奥氏体—马氏体相变中解脱出来,以跃进的姿态向前跨步。塞茨(Seitz)1940年的著述不仅把对材料研究的认识提到了一个新的高度,而且使材料工作者有了共同的语言。1949年肖克利(Shockley)提出的P-n结理论和1951年平面晶体管的产生对后来固态电子管的惊人发展带来了深远影响。人们对固体中的点缺陷开始深入评价和研究,位错理论得到迅速发展。新的聚合物,新的合金和崭新的延性金属钛相继问世。这些新材料对社会带来了重大影响,也造成了巨大冲击。至此,物理学家终于在材料研究领域中显露了不凡的身手,使世人刮目相看;也使化学家和冶金学家感到他们需要物理学家。而刚从象牙之塔走出来的物理学家也深感需要化学家和冶金学家的帮助;因为复杂的实验技术需要人们对物质结构及其缺陷有深入了解。人们深信,在研制诸如复合材料、高温涂层、催化剂等新材料时需要化学家、物理学家和工程师们的通力合作。这个时候客观现实已使人们认识到组织起来的必要性。

第二次世界大战使美国政府认识到了科学技术对国家的重要意义,必须加强对这一工作的组织和领导。因而政府在战后不几个月便作出了三条决定:1.鉴于科学和技术对国家的安全和繁荣至关重要,联邦政府宜拨款支持。2.新一代高级科学家和工程师的造就与联邦政府资助的研究项目必须在同一机构完成。这种机构就是负有研究使命的高等学校。3.有权支配经费的联邦机构及其制订的一套管理办法必须打破战前那种过时的制度,应该为项目承担者们创造一种宽松环境,使研究人员充分发挥其想象力与创造性,以便通过合同双方的非正式相互促进、相互合作而获得更丰硕的成果。

上述三项决定颁发于1946年初。它的一个直接后果应认为是海军研究局(ONR)的组建。这个

局后来成为有类似职能的其他联邦机构的楷模。构成这个楷模的两条要素是非常重要的:1.研究项目的领导人可以是主要研究人员,同样,主要研究人员也可以作项目负责人;2.研究任务说明书应写得尽量笼统概括,为发明创造留出最大机会。众所周知,以后的原子能委员会(AEC)、国家科学基金会(NSF)以及国家航空和航天局(NASA)都原封不动地搬用了这套规则。

二次世界大战的另一个直接结果,是使美国政府认识到,材料问题比以往认识到的更为复杂,而且发展没有止境。例如,原子能委员会发现它不得不与辐射引起的材料脆性和辐射对人体造成的伤害作斗争。国防部必须应付复杂的火箭材料的挑战,而且也萌发出诱人光辉的电子和光学材料所深深吸引。

有组织地进行材料研究这一概念的形成并非一日之功。战后几年中,在美国政府各部门已分别酝酿和萌生了一个个小小的火种——为科研作些事情的思潮和念头。这些火种在Sputnik I的催化下于1960年汇合在一起,于是形成了强大的思想和舆论洪流,为后来美国材料研究的变革奠定了坚实的思想基础和组织上、舆论上的充分准备。对这些火种,斯普劳尔称它们为“华盛顿之光”。我们姑且称之为“华光”,下面就考察一下有哪些“华光”,并出自何处。

第一道“华光”源于原子能委员会。战后不久,美国和平利用原子能的计划受阻,其原因是材料跟不上,而材料落后的原因又在于缺乏合格的科研人才。于是著名数学家冯纽曼积极游说原子能委员会的顾问委员会(GAC)资助大学培养人才。当时任原子能委员会所属冶金和材料顾问委员会主任的塞茨也专门写报告,鼓吹出钱支持各大学建立材料研究机构和培养这方面的研究生。不过这些游说和报告坐了冷板凳,只是在Sputnik I上了天之后,这些报告才被从档案柜里翻了出来并立即受到恩宠。

第二道“华光”来自海军研究局(ONR)。这个局的固体科学顾问委员会头头塞茨和哈维·布鲁克斯(Harvey Brooks)等人恰在Sputnik I上天之前不久提出了鼓吹在大学中开展固体物理与材料研究的报告。

第三道“华光”出自全国科学院1957年的研讨会。该研讨会由空军研究局(AFOSR)主办。会议提出创设国家材料实验室的建议,并论证了开展交叉学科研究的必要性与优越性。但因遭反对而暂被搁浅。

第四道“华光”出自白宫。詹姆斯·基利安(James Killian)于1957年11月7日被任命为总

统科学顾问。总统科学顾问委员会(PSAC)也旋即成立。基利安和另一位总统科学顾问委员会成员威廉·O·贝克(William·O·Baker)坚信,在Sputnik I的冲击浪潮中,材料研究和相应的人才培养是最首要、最急需的任务。作为总统科学顾问委员会行政管理上的左膀右臂,联邦科学技术谘询委员会(FCST)宣告成立,该委员会囊括了各科技机关的首脑。它的第一个高效率办事机构是由各机构主管材料研究的头头组成的材料研究和开发协调委员会(CCMRD),第一任主席是原子能委员会的约翰·H·威廉斯(John·H·Williams),史蒂文斯(Stevens)继后。

最后一道“华光”来自国防部。当时国防部已经认识到,国民经济和国家安全越来越依赖于新技术,而新技术的开发在很大程度上和很多情况下又取决于更多更可靠的新材料。材料研究和开发协调委员会就是基于这种认识由国防部倡导成立的。为了能使这种认识付诸行动,国防部经过努力,于1959年获得了与大学签订每期5年研究合同的权力并很快付诸实施。实践中合同每期4年,但可每年重新签订一次,这就保证了至少有3年可以放手干的黄金研究期。

1959年,材料研究和开发协调委员会建议组建交叉学科材料实验室。联邦科学技术谘询委员会采纳了这一有远见的谋略,并授权远景研究规划局(ARPA)具体实施。于是上述几束“华盛顿之光”终于聚焦于一点,其标志就是1960年7月签订的第一份材料科研合同。这份划时代的合同就是由个体自发研究转向有组织的集体攻关的分野,也就是我们所要讨论的第三个时间单元的起点。

有组织的材料研究阶段(1960~1985年)

1960年7月签订的第一份合同打响了有组织的材料研究的第一枪。此后的3年中,在远景研究规划局主持下相继组建了一批交叉学科实验室(IDLS)。这些交叉学科实验室于1972年为国家科学基金会接管,遂更名为材料研究实验室(MRL)。

前已述及,美国政府曾要求主管科研的机构改变战前的那种旧体制,为科研项目承担者创造宽松的环境。远景研究规划局忠实贯彻了这一意图。这可由远景研究规划局同交叉学科实验室于1960年签订的合同窥见一斑。合同中的任务说明部分是这么写的:

“科研承包者应建立交叉学科材料研究课题,并提供必要的人力物力,俾使材料科学研究得以进行。研究目的在于加深理解影响材料性能的因素,探索客观存在的材料成分、组织和性能间的基

本关系。”

回忆一下60年代初的情况吧!当时美国大学的自然科学各系,很少有“材料科学”的概念,对“材料科学与工程”更是毫无认识。相反,很多系科都是以采矿、金属加工、物理与力学冶金和金属物理为主。材料研究都是分散、孤立进行的。间或发现有些个人涉猎陶瓷,在个别有条件的高级化学课中也捎带点儿聚合物。但交叉学科实验室创建12年之后,到国家科学基金会接管材料研究实验室时已完全是另一番景象了。这时在各主要承担材料研究的大学里材料已发展成为一门独立的科学。材料的身价在科学领域的升级可由表1所列大学科系名称的变化得到旁证。而且现在这股“材料热”正方兴未艾。

表1 美国大学中材料系名称的变化趋势(1964~1985年)

系的名称	系 的 数 目		
	1964年	1970年	1985年
矿业与采矿	9	7	5
冶 金	31	21	17
材 料	11	29	51
其 他	18	21	17
总 计	69	78	90

交叉学科实验室在美国大学校园中的创建不唯是开辟有组织地进行材料研究新风格的第一次尝试,也是为了加速自然科学课程设置改革的进程。

通过联邦基金的一揽子自由拨款,交叉学科实验室的计划取得了圆满成功!房子盖起来了,仪器设备添置了,大批研究生培养出来了,这些研究生反过来又成了各级实验室的生力军。几年的时间内在很多材料领域获得了丰硕的成果。下列统计数字似能帮助说明问题。1969年财政年度给交叉学科实验室项目的一揽子自由拨款是1897万美元,600名正式研究员和2385名研究生参与了此项工作,有360名研究生取得了博士学位,共发表了2 000多篇论文。国家科学院材料科学与工程鉴定委员会(COSMAT)调查了所有材料研究点后写了一份报告,对60年代交叉学科实验室的计划执行情况作了如下评价:

1) 以有组织的方式从交叉学科的角度对材料科学与工程的紧迫问题进行攻关是最好的办法;

2) 证明了一揽子自由拨款方式是适合当前大学情况的;

3) 建立出类拔萃的教授科研小组,树立小组的威信和名声,吸引优秀研究生,从而培养出第一流的材料科学家、物理学家、化学家和其他人才。

4) 教授们省下了写报告、筹集经费的时间; 科研管理机构的官员也省却了大量行政事务, 从而大大提高了效率。

5) 大批学生在良好环境中受到陶冶而获得了高级学位。

国家科学院材料科学和工程鉴定委员会的报告也谈到了交叉学科实验室计划的不足之处。那就是联合发表的文章太少。但必须看到跨学科、跨系科合作共事的种子已经播下, 没有交叉学科实验室这一时期的耕耘和播种, 就没有后来跨学科研究之花的到处开放。

另一个值得讨论的问题是研究生的培养。交叉学科实验室计划的研究生培养在整个60年代增长率为12~13%(图1), 与整个工程类的

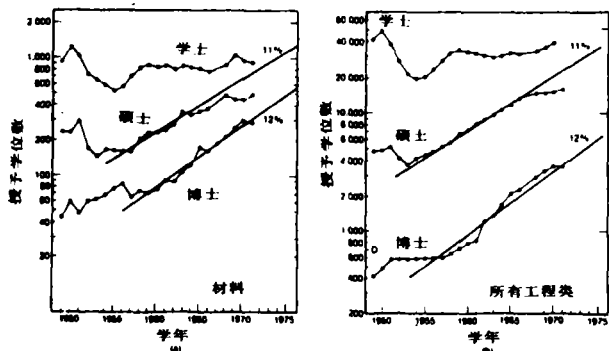


图1 授予学位的数量变化

增长相近, 即从数量上看不出交叉学科实验室计划的优点。但必须看到交叉学科实验室计划培养出来的研究生质量是较高的。原因是在交叉学科实验室的项目下, 教授的数量和专业门类增多, 开设了不少跨学科新课程, 学生们能得到适应新潮流的知识和技能的训练。跨学科新课程的开设, 学生质量的提高, 跨系科、跨部门间合作的实现, 正是材料研究和开发协调委员会所追求的目标。

1972年, 国家科学基金会接管了交叉学科实验室, 并将交叉学科实验室改名为材料研究实验室。为了协调材料研究, 增设了材料研究分部(MRD)。同时其拨款政策也有了很大变化。科学研究素质已不再是材料研究实验室获得拨款的充分条件, 而只是必要条件。拨款之前, 国家科学基金会要判断一个材料研究实验室能否承担交叉学科科研项目, 考察它的成员是否具备两种专业以上的训练。然后再决定是否给钱。

国家科学基金会接管材料研究实验室后, 情况发生了很大变化。接管之初, 12个大学中共有600名正式研究人员, 其中35%是物理学家, 25%

为化学家, 19%为冶金学家或材料工程专家, 16%来自其他工程系, 剩下的5%属其他科学领域。1975年材料研究实验室的研究人员降为532人, 到1985年只剩400人了。而且成份也发生了变化, 物理学家减少, 材料工程人员增多。人员组成的变化正好与强调加工的潮流相违背(表2)。预

表2 交叉学科实验室/材料研究实验室
(1970, 1975, 1985)

研究员类属	年 代		
	1970	1975	1985
材料科学与工程 (包括冶金等)	19%	27%	35%
物理学家	35%	31%	35%
化学家	25%	19%	17%
其他工程技术	16%	23%	12%
其他人员	5%	2%	
总计人数	600	532	400

算资金也从1971年的1 720万美元降为1 210万美元。若以1982年的美元价值为基准来衡量, 自1972年至1984年也呈下降趋势(图2)。

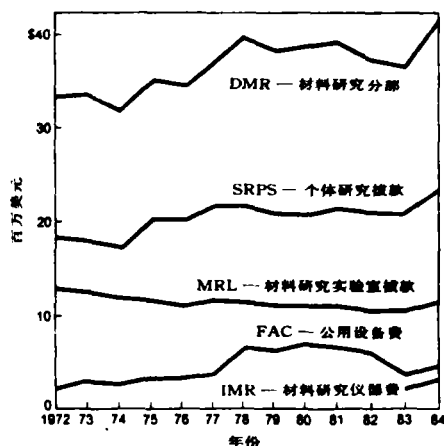


图2 NSF-DMR 1972至1984年
经费变化

谈一谈国家科学基金会材料研究中的攻关小组(Thrust Groups)是很有意思的。当一批科学家面临共同的复杂难题挑战的时候, 或发现有可能获得经费进行攻关的时候, 科学家们往往会自发聚集在一起, 互相切磋琢磨, 互相鼓励和启发, 以图获得创造灵感。这群科学家就是材料研究实验室计划中攻关小组的基础。攻关小组的论证报告往往能给一个材料研究实验室或一个课题定下调子或确定主攻方向。在论证报告的修订过程中还会吸收有创见的其他专家的意见。国家科学基金会-材料研究实验室组建之初, 大部分研究计划出自攻关小组之手。

攻关小组的形式, 带来了某些形式的互助合作。例如, 在同一导师指导下的一般研究生和博

士后合作研究者可能在研究同一课题。一些人研究材料的组织结构,另一些人研究性能,还有一些人专攻理论。在小组会上彼此可交流进展情况并商讨下步计划。仪器设备组内通用。攻关小组创造的学术气氛回异于25年之前,甚至不同于10年之前,那时两人以上的合作非常少见。

总之,1960年至1985年这一时间单元内,国家科学基金会的材料研究完全是有组织地进行的。

材料研究实验室的成就

1960~1985年共向材料研究实验室计划投资4.16亿美元。1985年度的财政预算是2 700万美元,一个材料研究实验室平均可获得大约200万美元。预算的60%用于开拓性研究,30%用于设备购置费,10%用于新项目的可行性论证。一个材料研究实验室的平均人数为30名正式研究员,6名博士后,25名研究生和6名技术员。从1960年开始算起,共培养了约3 000名博士。在1972~1985年间,新成立了5个材料研究实验室,而有7个材料研究实验室自行消亡。

评价材料研究实验室计划必须既考虑数量又考虑质量。一些有影响的舆论工具采用复杂的程序和方法对材料研究实验室的成果进行了评价,其结论是,无论就质量和数量而论,其成果都优于材料研究实验室之外的那些机构。1984年,曾任国家科学基金会材料研究实验室计划10年主席的罗曼·J·沃西刘斯基(Roman J. Wasilewski)总结了材料研究实验室计划的成就。他的总结只列出了最重大的成果(这些成果非材料研究实验室的计划不能完成),而删去了大量的一般成果,因为一般的成果用传统的个体研究方式也能完成。

1. 有机金属:有机金属 TTF-TCNQ (Tetrathiofulvalene Tetracyanoquinodimethane)是宾夕法尼亚大学材料研究实验室的早期成果,这一激动人心的成就是通过合成化学家和固体物理学家的紧密合作取得的。西北大学材料研究实验室及其他研究者也很快获得了类似的新材料。

2. 超低温研究:10多年来康乃尔大学进行了开创性研究,获得了0.001度的超低温。设备和技术建立后观察研究的第一个现象便是不寻常的相变,后来在材料研究实验室计划的支持下,迅速扩大到了冶金领域的相变研究。

3. 低维材料:低维材料研制成功有力地表明,一旦实行跨学科合作,材料研究的进展将是多么迅速。尽管某些液晶和衬垫化合物早为人知,但

起初只是出于好奇,并未涉及科学真谛与潜在用途。只有当哈佛大学的材料研究实验室组织了合成化学家和物理学家的联合攻关才开辟了这个研究的新领域。

4. 表面与界面科学:表面和界面现已发展成独立科学。但初期探索却仰仗于材料研究实验室计划的联合研究。宾夕法尼亚大学和康乃尔大学的紫外线光谱分析和斯坦福大学的同步加速器的应用等都扮演了重要角色。

5. 相变研究:虽然相变理论研究一直为物理学家所重视,但材料研究实验室却开辟了研究某些特殊材料相变的经典方法。统计力学研究聚氯乙烯的结构变化在克西瑞大学(Case Western Reserve University)开发成功并获实验证实。理论计算焊接凝固过程、溶液至凝胶的转变、玻璃抽丝等先进技术也都由材料研究实验室研究成功。

6. 新材料的研制:在研制新材料方面材料研究实验室现居主导与领先地位。已研制成功铈酸锂非线性光学晶体、有机金属、高级复合材料等多种先进材料。

上述六个方面仅是沃西刘斯基根据他个人的判断得出的看法。按照施瓦茨的意见,至少还有下列六个方面应该提及:

1. 金属断裂和金属在高应变速率下的力学行为(布郎大学);金属疲劳和高温下的行为,金属晶间断裂(宾夕法尼亚大学)。

2. 单晶光学纤维的制取(斯坦福大学)。

3. 非晶材料的原理、特性和制备(麻省理工学院、哈佛大学等)。

4. 快速凝固(麻省理工学院)。

5. 聚合物科学——结晶特性与分子量的关系(西北大学);高弹性模量聚乙烯(麻省大学)。

6. 无损探伤技术(斯坦福大学)。

如果仅仅考虑材料研究实验室计划在材料研究方面的重要性还是不够的,这一计划还有更为重大的作用与深远影响。材料研究实验室计划是交叉学科研究的第一例,它的成功为跨学科研究提供了良好榜样;也对大学的经营与管理产生了重大冲击。今后一个大学能否站住脚以及对某一大学的评价,不仅要看它培养学生的质量和数量,还要看它能否对重要的知识和技术进行有成效的研究,这些知识和技术包括:工程设计、城市规划、机器人、教育、艺术和历史等。换言之,材料研究实验室计划为大学机构改革指出了方向。

材料研究实验室计划的实施也为联邦机构对科研经费的拨款提供了楷模。海军研究局就是用

(下转27页)

◆ 分享在更有希望的技术领域中的研究成果。还曾经尝试在市场波动的情况下保证研究项目的连续性。当油价下跌时,美国骤然压缩了代替能源的研究。但是,委员会却保证了在日本继续这些项目的研究而未中断,因为他们要能应付油价再次上涨的偶然事件。

虽然日本的专利政策是为了保护申请者的利益,但和美国相比,日本的政策更着重于得到最大的共同利益,以及将新技术快速、广泛地用于生产。因此在联合研究项目中,专利归政府掌握,贸易工业部官员保证所有参加者都享有专利权。当关键的日本公司希望得到关键的国外技术许可证时,贸易工业部的方法是保证得到许可证的公司有开拓该技术的优先权,并鼓励该公司创造条件使其他日本公司也能利用该项技术。如果外国公司申请了关键技术的专利,而此项专利可能给他们以重要的竞争优势时,贸易工业部可以推迟授予专利,直到日本公司有机会赶上或申请涉及类似技术的专利时再批准。

▲ 日本研究和开发的动力逐渐增长,从仿制到独创,从有指望很快取得成果的项目到长期才能取得成果并有一定风险的项目。和美国相比,日本的研究和开发计划中,开发的成分较多,其推动力更多地来自最终的商业应用。1970年左右,当日本的主要公司首先建立中心研究实验室时,这些研究实验室实际上是产品开发实验室,开发未来5~10年有可能发展的产品。商业目标仍然比较突出,但是研究规模和时间范围扩大了,应用研究和基础研究的划分就比较难。

我从未想过对日本、美国研究和开发的经费作出估量,因为即使在最好的情况下,就其研究和开发工作所作出的精确估量,也是十分粗略的。美国用以估计日本的研究和开发费用的很多数据都是以外币兑换率为基础,而这些兑换率现在要用一个约50%的系数加以修正。教育部的数字只包括那些在科学领域内教课,但不进行研究的教师的薪金。日本研究人员平均年龄比美国的年轻,按国家的资历工资制度,其工资比较低。而且,按照联合研究计划,日本公司尽量避免重复别人的工作。还有,由于参加多得多的国际性研究工作(估计单在美国就有15 000名日本工程师和科学家从事研究和开发工作),和美国人相比,日本人更多地接触国外的研究发展工作。

人们突出的印象是,和美国相比,在商业开发的关键领域内,日本人已进行了更多的研究开发工作。根据我们掌握的数字,1984年日本的研究和开发在国民生产总值中所占比例已超过美国(约占国民生产总值的2.99%),到1990年日本预

期将比例提高到3.5%。若用现行的兑换率(大约150日元对换1美元)计算,1984年日本工业用于研究和开发的费用为350亿美元,比美国的660亿美元的一半略高。根据我们的预测,如兑换率为120日元,那么1990年日本将国民生产总值的3.5%用于研究和开发,此数额将可与美国相比。给人突出的印象是,由于采用合作研究计划和年轻科学家较低的工资,从绝对数字看,和美国相比,日本将进行更多的与商业有关的研究。如果考虑到这样一点,日本研究人员在国外有机会接触美国的研究和开发工作,而且越来越多的美国研究和开发项目由日本人主持,而美国很少追踪日本的研究和开发工作,那么毫无疑问,在与商业有关的研究和开发方面日本将处于领先地位。

或许人们应该持这样的观点:科学是无国籍的,所有的研究和开发成果最终将有益于全人类,其他国家较快地应用科研成果是无关紧要的。即使不关心我国保持贸易平衡和维持高标准生活的能力,而只考虑保持研究和开发,我们维持高水平研究和开发的能力将有赖于我们商业上的成功。如果有人专门追踪日本的发展,我相信他得出的答案不会是关上我们的大门(如果可能的话),也不是简单地研究和开发增加经费,而是建立更好地跟踪世界研究和开发的新制度;扩大研究工作的广泛合作;注意研究和开发成果,特别是生产加工技术的应用;消除经济循环中的周期性起伏,以保持那些需要多年才能取得成果的研究和开发工作的连续性。

(王燕萍译,川丁校)

(上接55页)材料研究实验室一揽子自由拨款方式资助了数个研究中心,其中之一名叫材料研究集团(MRG),材料研究集团在这种拨款的鼓励下提出了下列雄心勃勃的新材料研究计划:

1. 玻璃稳定性的研究。
2. 时效对聚合物混合物理化和工艺性的影响。
3. 化学光电器件用材的人工合成。
4. 化学键合新陶瓷的分子工程。
5. 界面上原子和分子运动规律与人工合成新材料的关系及合成新材料的性质。

一揽子自由拨款的办法最初只是试验性的。试验表明,这个办法是行之有效的,是解决材料研究中复杂疑难问题的有力武器。实行25年之后可以公正地说,国家科学基金会的材料研究实验室计划是成功的,它比以往的任何办法所取得的成就都大得多。

(古宝珠编译)