

大规模的科学实验工作

中国科学院力学研究所所长 钱学森

毛主席提出阶级斗争、生产斗争和科学实验为建设社会主义强大国家的三项伟大革命运动，这是对当代人类活动作出了最有力的、最精辟的概括。科学实验活动是比较近代的现象，它远远晚于人类的阶级斗争和生产斗争。但是科学实验的范围和科学实验的规模却在日益扩大，而扩大的速度也越来越快；这不但从其人力、物力的绝对量来说是如此，即便从其与生产斗争的对比，从相对量来说也是如此。主席把科学实验提到与阶级斗争、生产斗争并列，是在分析了现代科学技术之后所提出的深刻而英明的论断。

科学实验的范围十分广阔，它包括人们结合生产劳动中的体验，为了改进技术、提高生产所作的多种多样的探索和试验。参加这方面工作的人最多，人民公社的生产队、工厂的车间都在进行着这种小规模的科学实验工作；它是群众性的。这一方面的工作并不一定要用精密的仪器，也不一定需要多少艰深的科学理论作指导；但因它密切联系生产实际，作这项工作的人又是直接参加劳动，深入第一线，最能观察生产过程中的自然规律；所以这种群众性科学实验的作用和效果很大，是科学实验的一个重要方面。

我们也要看到，当代的自然科学即便已经有了高度的发展，理论体系比较完整，可是应该说我们还远没有掌握全部自然界的奥秘，自然界中的物质运动规律没有都为我们的发现。因此，群众性的、不为已有科学理论所束缚的科学实验，倒更能突破框框，能够发现前所未有的东西。我国优秀的农业技术创造者陈永康所发现的水稻高产规律，焊接工人李贵大气切割金属的技术等都是例子。当然这样的发现只能从大量的、从多数人的工作中才会出现，但是一旦发现就是新规律，是人们对外观世界的新认识，也就因此而非常宝贵。所以说，在我们国家里，开展群众性的科学实验还有这一层意义。

在科学技术发展的初期，整个事业的规模很小，从事科学研究的人也很少，他们是专业的科学家和科学家的助手们。那时每项科学研究实验只有几个人参加，使用的设备也比较简陋，同我们现在在中等学校教学用的设备差不多，甚至更简单些；我们可以从保留下来的科学名家实验室或一些科学家工作情况的图

片看到这一点。他们就用这些设备为现代科学技术奠定了基础。为什么他们能用简单的设备而取得那么伟大的成绩？我们固然可以说这些科学名家是有才华的人，但是更重要的是那时的科学还处在幼年，确实比较简单，对自然事物的剖析还不很精细，因此比较简单的工具就能满足要求。即便在今天，除了群众性科学实验在用比较简单的设备和仪器之外，也还有一些很重要的科学理论工作在用很简单的设备。如植物分类学家和动物分类学家，他们在研究中除了纸和笔之外，还需要采集工具和放大镜，以及丰富的标本库；这也不能说是多么复杂的设备。有些甚而可以认为很“尖端”的科学问题，象要确定地球以外或太阳系以外，是否存在象地球上那样的生物。解决这个宇宙生物学问题的一项实验工作是收集从外层空间落到地球上的陨石，然后在很清洁的工作环境中打开陨石，不让陨石内部为地球上的生物物质所“污染”，取出试样，分析陨石内部含不含生物物质的痕迹，有没有由碳、氢、氧、氮等原子组成的有机物的残余。如果有，而且可以保证不是由于陨石落到地球以后才沾染上去的，那就可以说明万亿里外的宇宙空间也可能有象地球上的生物！这样的工作也不需要很复杂的设备。

由此可见，即便是专门的科学工作者，在研究很重要的科学问题时，也不一定非用复杂的设备不可。他们所研究的问题比起科学发展初期的问题是大大不同了，但他们承继了初期研究的物质条件：一两间工作室，简单的工具，一个科学家带几个助手，加上图书馆、资料室。这样工作的科学家们也在辛勤地开拓科学技术的新园地，是科学队伍中的一个重要方面。

但是我们在这里所要特别描述的却不是这种小规模的科学实验工作，而是突出地标志着现代科学技术特征的大规模科学实验工作。现代科学技术实验工作要求精细地剖析自然现象，因此它就必须使用相应的优良工具、仪器及特制研究设备。例如：为了观察远离太阳系的天文现象，研究银河星系、河外星系一直到距离我们一百亿光年的天体，仅有小型的望远镜是不够的，我们需要直径为几米的望远镜，或直径为几十米以至一百米以上的无线电望远镜。这些设备的转动

部分就有几百吨以至上千吨重,有十几层楼房那么高。再如为了研究在原子核内部以及构成物质的基本粒子,也就是尺度为 10^{-14} 厘米的物质精细结构,那就需要高能粒子加速器,粒子能量达到几百亿电子伏,正在设计中的粒子能量上万亿电子伏的加速器。这样的加速器要消耗较大的电能,有的要用上万吨的电力;它也很庞大,要用上万吨钢铁。至于为了研究重氢的受控聚变这个几乎是无穷尽的能源,它所需要的设备,在其复杂程度和规模方面也与高能粒子加速器不相上下。再举个例子:为了研究高速气流作用在物体上的力,也就是研究高速气动力学,就必需建设高速风洞,放置试验物体(也称风洞用模型)的试验段本身的尺寸就从几米到几十米,整个风洞的尺寸比这又大十几倍。风洞所需的电功率可以大到几十万千瓦,等于一个大型水力发电站的功率。我们还可以举出其它的例子,但不论是那种大型研究设备,我们都可以概略地把它比作为一座高度现代化的工厂;建设这样大型研究设备的投资也与建设一个大型现代化工厂的投资相去不远。

现代科学技术的大型实验设备还不只是庞大、复杂、建设投资大,我们尤其应该看到因此而带来的一些变化:由于设备投资大,所以不能重复多建同一种设备,而要尽量发挥一台设备的工作能力,使它“生产”实验的能力最大限度地提高。要求把实验工作组织得象现代化工厂那样严密,要把每个“车间”、每个“工段”专业化,有专门的人员负责。例如,既然大型实验设备要消耗上万吨以至几十万千瓦的电力,那么变电压、变电流和配电就是一项专业工作,需要专业的电力工程师、技术员和工人主管。再如大型实验设备往往包括大量的自动控制装置,那就需要自动装置的技术人员去调整;它也包括许多电子仪器,那也需要电子学技术人员去校准和维修。复杂的电机、机械系统还需要有维修的技术员和工人;也得有维修车间,以便加工必要的零件。就是实验工作本身也不是一个人能作的,要有一个实验组,其中每个成员有一定的专职工作岗位;实验组必需严密的组织起来,在实验中紧密配合,才能作好实验。有时,实验工作是日夜进行的,息人不息设备,四班倒。所有这些都说明大型实验设备的有效运用就要求扩大科学实验的组织规模,从科学发展早期的几个人到几百人,以至千人以上。而且他们是一个“多兵种”的作战队伍,不但包括几种不同特长的实验科学技术人员,而且也包括几种配合实验工作的专业技术人员,他们并不直接参加实验工作,是为研究工作服务的第二线科学技术工作者;在数量上第二线的人员往往超过直接参与实验的第一线人员。

可以看得出来:围绕每一项大型实验设备要有一个拥有几百人或千人以上的专门单位,即所谓专门研

究所;它的组织是严密的,它的工作必需有经过仔细推敲过的年度、季度计划。一句话,科学技术的研究工作已经从手工业式的转变成现代工业式的企业了。

专项现代科学实验的规模还不止于以上所说的几百人或千人以上的研究所,还可以组织几万人参加的非常复杂、非常庞大的专门研究集体。这一组织是为了实现某一具体目标,如重氢聚变能的利用,不光是为了了解和掌握自然,而是更进一步为了按照我们的目的去改造自然。这种研究组织的雏型出现于本世纪初的一些科学技术发达的资本主义国家,“资本家们为榨取更高的利润,已经不能满足于学院中科学家们的那种比较“自由”的工作方式,嫌他们工作得太散漫了,不听资本家的直接指挥,从而设立了私有公司的研究部,专为公司老板搞利润更高的产品。在这里科学技术工作者连形式上的“自由”都没有了,他们必需按老板所规定的研究途径,在规定的时间内搞出新产品;为了保住一个公司某一技术“秘密”,不让公司的竞争对手知道,科学家连人身自由也没有,他们不能离开公司,必需老死在一个公司中。这种私有公司研究部是很讲究工作效率的,有严密的组织,各个部门必需配合,简直是一支为资本家卖命的研究工作“产业军”。为了适应帝国主义侵略政策的需要,这种研究组织在二十世纪四十年代到五十年代有了很大的发展,扩大为有几万人参加的专项研究集体;只不过他们的老板不是某一个资本家,而是代表垄断资本家的政府罢了。法西斯德国的航空、美帝国主义的原子弹和氢弹、洲际导弹的研究与制造等都是这样干的。

是不是因为反对垄断资本家们的罪恶行为,我们就不考虑大规模的具有很强目的性的科学实验活动了呢?这样不加分析地对待问题自然是错误的。我们当然不可能用资本主义世界中人与人的关系来领导管理社会主义制度下的科学实验集体,但是具有一个明确目的的大规模科学实验组织是科学技术发展到现阶段的产物,是符合事物发展的客观规律的,它既可以为帝国主义服务,也可以为社会主义服务。

为什么说大规模的科学实验组织是当代科学技术的产物呢?这是因为围绕一个具体的科学技术目标来组织一支有几万人参加的队伍,我们是在下大本钱,所以对得出结果,必需有很大的把握;而对一项科学技术工作的结果看得那么清楚,在十九世纪、或二十世纪的初年是不大可能的。在那时候,自然科学的理论体系还不完整,我们对物质的基本结构如分子、原子,以及原子核还不十分明确。因此对自然界的事物或多或少地存在着观点不定的困难,不能够把各种自然现象用物质微观结构和微观运动的知識彻底地贯穿起来;也可以说我们对自然界中的道理还没有悟通。但是大约在三十年代,情况改变了,人们对自然界中小至原子核,大至银河星系,在这么广阔的范围内的

物质运动规律已经在原则原理方面搞通了。虽然我们对此范围以外的基本粒子或总星系还不太懂，在将来科学技术还要进一步发展和提高，对我们现在已经知道的东西还会有所补充而更加完善，但这并不妨碍我们对改造物质世界的信心，我们相信现代科学技术的威力足以解决差不多任何前人从未尝试过的课题：要造一条单跨为五十公里的桥吗？要钻入地壳五十公里吗？要到火星上去旅行吗？那都是可能的，可以实现的。当然，这不是说今天就能办到，有现成的答案，而是说通过大规模的科学技术工作，能在不太长的时间内完成这样的课题。也可以说这不是能不能的问题，而是从社会主义建设现阶段的全局来看，需要不需要干的问题。如果需要干，那就可以有条有理地去组织队伍，建立各种相互配合的研究组织，制定工作规划，按部就班地开展工作，最后实现原定的目标。这是组织起来的现代科学技术的巨大力量，又有什么理由不让这种力量为党和人民的伟大革命事业服务呢！

因为象这样的大规模科学实验必需在规定的时期内完成，它的基础是已知的科学原理，而不能靠今天还完全不知道的科学原理。因为探索自然界的未知，或所谓基础理论研究是一件难于预见的事，什么时候能得出结果，或得什么样的结果都难于事先规定。所以具有一定目标的大规模科学实验是从已有科学原理出发，从应用性的理论研究开始，一直作到全套解决原定问题的具体方案，这个具体方案又必需经过实践，证明确实可行。因此如果目标是造一条单跨为五十公里的桥，那就得把这条桥造出来，并经过试用，证明它满足了原定的负荷及其它要求；如果目标是到火星上去旅行，那就得最后把人从地球上送上火星，并又把他接回地球表面，而且要保证他的健康不受过大的损害。因此看来这种科学实验工作实际包括了理论研究、工程设计、大量的试验，以及试制生产。这是工作的深度。又因为最后要通过实物试验，所以必需把问题各个方面都研究一番，不但要解决核心问题，也要解决周围有关的问题。这是工作的广度。所谓规模大，其原因是工作的高度综合性，既深又广，非有庞大的工作队伍和复杂的机构不可。

不论是现代科学实验的复杂和庞大所带来的大型专门研究单位，或大规模科学实验集体，都说明在今天专业科学实验已成为人类社会活动的一个重要组成部分；而且它的比重还将越来越大。有些科学技术先进的国家，专从事科学实验的科技人员（不包括技术工人）在全体科技人员（不包括技术工人）中的比例，在最近二十年内已从十分之一提高到三分之一。对这些国家来讲，也许不要几年专干科学实验的科技人员人数就会超过工农业生产工作中的科技人员人数。如果我们把技术工人和科技人员加在一起计算，因为生产工人的人数要比科学实验的工人人数大得

多，所以从事科学实验的总人数比起从事生产的总人数来要小得多。但是我们也应当看到，在社会主义社会和共产主义社会中，由于生产过程自动化将得到充分的发展，工人总人数将相对地减少。而且在成批生产的工农业生产更容易全盘自动化，在试验性生产的科学实验车间或工厂要全盘自动化有一定困难；所以在将来从事生产斗争的工人人数会相对的减少到比从事科学实验的工人人数多出不太远，那时就会出现干科学实验的人数，几乎等于干生产斗争的人数的情况。当然，现在我们国家的科学技术还比较落后，工业水平也比较低，这个情况不会在短期内出现；但是我们也不能违反事物发展的客观规律，若干年后，终有一天，在我国科学实验的队伍与生产斗争的队伍将会差不多大。这是可以预言的。

当我们认识到科学实验在将来历史发展中的重要意义，我们就应该积极地去研究实验本身规律和组织管理科学实验的正确原则。应该认识到科学实验工作不同于生产斗争，它有它自己的工作和组织规律。如果我们不掌握这一点，用管理生产的方法去管理科学实验，那就会遇到困难，不能很好地推动科学实验。例如定年度计划就是个问题：科学实验必需有计划，但它毕竟不同于定型产品的成批生产，包括许多不能在事先完全肯定的因素，计划得有个较大的幅度，留有一定余地，以便作必要的调整。科学实验工作也不能象生产企业那样上交利润，但有它自己的经济核算方法。此外，有时科学实验需要规模很大的制造车间和工厂，但这是为了加工新的设计，提出试验用的样机，基本上是单件生产；这就要求一套与成批生产定型产品的组织管理方法不同的车间和工厂组织管理方法。

以上，我试图阐明大规模科学实验的内容，它的重要性和特点；由于这是一个比较新近的现象，我自己的体会也不深，这儿的说明一定是很粗浅的。但这是一个非常重要的问题，我们应该作更深入的研究。总之，我们应该很好地学习毛主席关于阶级斗争、生产斗争和科学实验三个伟大革命运动的指示，充分发挥现代科学技术的力量，加速祖国社会主义的建设。

编者按：科学实验是建设社会主义强大国家的三大革命运动之一。今后本刊将陆续发表文章，介绍现代理、工、农、医各学科科学实验的基本知识，以及在科学实验战线上的重要成果和先进人物。我们殷切地希望我国科学技术工作者大力支持，惠寄稿件，帮助我们搞好这方面的宣传报导。

小辞典

高能粒子加速器 这是加速各种粒子（如质子、电子等）达到很高能量，以供原子核物理学等科学技术部门研究之用的巨型仪器，类

型有好些种，用途各有不同。粒子能量以电子伏为单位，一电子伏就是一个电子被电场所加速通过1伏特电位差而具有的能量。