

智者的旋律

——提高科研效率的要诀

吴声功 编著

上海人民出版社

(沪)新登字 101 号

责任编辑	顾兴业
封面装帧	刘树华
美术编辑	王晓阳

智者的旋律

——提高科研效率的要诀

吴声功 编著

上海人民出版社出版、发行

(上海绍兴路 54 号)

新华书店上海发行所经销 南通二甲印刷厂印刷

开本 787×1092 1/32 印张 7.75 字数 165,000

1993 年 9 月第 1 版 1993 年 9 月第 1 次印刷

印数 1—2,500

ISBN 7-208-01599-6/G·237

定价 6.35 元

目 录

绪 言	1
№1 课题的选择与确定	6
1.1 课题的选择与科研效率	6
1.2 课题选择的原则	12
1 选题的需要性原则	12
2 选题的科学性原则	22
3 选题的创造性原则	27
4 选题的可行性原则	36
№2 科研的规划与程序	47
2.1 科研规划与科研效率	47
2.2 科研程序与科研效率	49
№3 继承与创新	54
3.1 继承、创新与科研效率	54
3.2 批判地继承	59
3.3 创造性地想象	63
3.4 凿开封闭你思维的“枷锁”	74
№4 材料的搜集与加工整理	83
4.1 材料的搜集与科研效率	83
4.2 理论思维与科研效率	89

№5 假说的提出与检验	96
5.1 假说与科研效率	96
5.2 科学假说的提出方法与发展规律	100
5.3 假说经过检验才能上升为理论	110
№6 思维效率与思路	121
6.1 思维效率与科研效率	121
6.2 思路的鉴别、转向与科研效率	124
6.3 案例	137
1 反向思维与科研效率	137
2 爱因斯坦的思路开放与狭义相对论的创立	146
№7 方法的掌握与运用	157
7.1 方法与科研效率	157
7.2 方法举要	165
7.3 案例	180
1 达尔文创立进化论的研究艺术	180
2 耗散结构理论创立的诀窍	188
№8 科研环境的改变与利用	202
8.1 科研环境与科研效率	202
8.2 从逆境中奋起	208
№9 科研人员的素质与知识结构	211
9.1 科研人员的素质与科研效率	211
9.2 知识结构与科研效率	216
№10 竞争与合作	229
10.1 公平竞争与科研效率	229
10.2 科研合作与科研效率	233

绪 言

一百多年前，马克思在其著作中明确提出了科学技术是生产力这一思想观点；并且，马克思把科学看成是最高意义上的革命力量，是推动历史的有力杠杆。本世纪以来，科学技术有了突飞猛进的发展，既加速度前进，又全方位开拓，既高度分化，又高度综合，既纵向深入，又横向交叉。一系列新兴科学和技术已经突破和即将突破，对当代产业结构、劳动方式、生产方式和生产管理带来了深刻变化，科学技术成为现代生产中最有力的支撑力量。邓小平站在时代与历史发展的高度，以其敏锐的战略眼光，非凡的气魄和胆识，不仅重申了“科学技术是生产力”这一马克思主义的基本观点，而且创造性地作出了“科学技术是第一生产力”的科学论断。

1992年年初，邓小平在南方巡视期间，再次告诉人们：“科学技术是第一生产力”。经济发展要快一点，必须依靠科技进步。“要提倡科学，靠科学才有希望”。邓小平关于科学技术是第一生产力的精辟表述，深刻揭示了科学技术在现代社会中的作用，我们应该从科学革命、技术革命、产业革命的高度，从当代科技发展中科研、科技开发、生产、应用及组织管理的一体化趋势，从世界各国经济发展与综合国力的提高等多维角度，来理解邓小平关于科学技术是第一生产力的论述。这里，仅从发达国家国民生产总值增长中的科技进步因素看，在六十年

代之前，发达国家国民生产总值的增长主要靠扩大资本和劳动力；六十年代之后，它的国民生产总值有66%以上是靠采用新技术而获得的。最近研究表明：资本对生产率的贡献为18%至40%；劳动力的贡献为10%至18%；技术的贡献最低为44%，最高达80%。由此可见，科学技术对发展生产力的贡献是巨大的，它是名符其实的第一生产力。

然而，在过去相当长的一段时间里，我国却主要是靠拚人力、拚体力、拚设备、拚资源来发展经济。八十年代，我国为改变这种状况，作了很大努力并取得了一些成绩，但从目前的实际情况看，质量差、成本高、效益低问题，还远远没有从根本上得到解决。同时，现实情况也清楚地告诉我们：光靠大量增加资金，继续重复引进来支持经济增长是不行的；而再靠过度消耗原材料和能源来维持增长，则是没有前途的。由于科学技术具有“投入少、产出多”的特点，因此党中央和国务院一再强调“经济建设必须依靠科学技术”。

科学技术对国民经济的发展有如此巨大的贡献与作用，那么，我们如何为发展第一生产力，加快我国科学技术发展的步伐？这里不仅仅有一个拼搏问题，还有一个如何拼搏的问题。对于科研人员与准备投身于科技事业的青年朋友来讲，更有一个在科研工作中如何提高科研效率的问题。这个问题，大有文章可做，足以创立一门新学科：科研效率学。但要创立这一新学科，涉及到的问题很多。就对科研效率问题的研究本身而言，也有个怎么提高研究效率的问题。毛泽东在《实践论》里给我们提供了一个研究问题的思想方法：分阶段进行法，即由感性认识到理性认识，由浅入深，循序渐进，逐步深化。按照这一思想方法，我认为，不妨先搞一些阶段性研究。我撰写

这本书,就是针对上述问题,进行阶段性研究的一种尝试。

无论探讨什么问题,虽说都不能在概念上兜圈子,但概念含糊不清往往会模糊我们的认识。就科研效率的研究而言,诸如科研、效率、科研效率以及与此相关的一些基本概念,是有必要搞清楚的。先说科研,学术界一般认为,科学研究指的是人类认识自然、改造自然的一种活动,是人类揭示未知的一种认识过程,其主要类型有:基础研究、应用研究和发展研究。从科学研究的过程看,我们不难发现,它有两个显著的特点:一是探索性。科学技术发展史上的无数史实表明:若没有探索,就不可能有科学发现与技术发明。二是创造性。科学研究的创造性是人类智慧的结晶。

至于效率,科技界认为:它是用来确定技术-动力诸过程的效果的,即是用于确定有效工作、动力与为获得动力所耗费的其他工作、动力之间的对比关系的。经济学界认为:效率即有效的比率,或称有效的程度,它通常是用成果与消耗之比或者产出与投入之比来表示的。美国经济学家奥肯在《平等与效率》一书中就是这样讲的:“效率,意味着从一个给定的投入量中获得最大的产出。”在《辞海》中,对效率的释义有二:“①泛指日常工作中所消耗的劳动量与所获得的劳动效果的比率。②一种机械(原动机或工作机等)在工作时输出能量与输入能量的比值。一定原有的总能量(机械能或它种能)通过某种设备转化为有效的能量时,部分能量恒被摩擦、阻抗、辐射或其他原因所消耗,从而使有效能量(输出能量)比原有能量(输入能量)为低。”效率常用百分率表示:

$$\text{效率} = \frac{\text{有效能量}}{\text{原有能量}} \times 100\% = \frac{\text{输出能量}}{\text{输入能量}} \times 100\%$$

由上所述可见，虽然学术界对效率一词表述不一，但释义大致相同。我不再就此赘述。与效率相关的一些基本概念有效益、效用、效果等。我认为，在科研领域，效用即科研成果的使用价值或有用性；效果，是由科研人员的行为所产生的有效结果，即成果。至于效益，则须以效率为基础。没有效率的效益则是无源之水、无本之木。

搞清楚了科研、效率这两个基本概念，再讲科研效率，就容易理解了。因为，科研效率即科学研究的效率。与科研效率密切相关的是科研效益。毫无疑问，科研人员的一切科研活动都应该提高科研效益。但是，真正的科研效益应该建立在提高科研效率的基础之上。只有提高了科研效率，科研人员才能以最少的消耗获得较大的科研成果。

从经济学角度讲，效率在任何时候都不可能等于1（或100%）。但是，用于科研上的效率这一术语，则具有相对性，它不仅能等于1，而且可以大于1。许多科学家与科研机构所创造的效益，仅在经济方面就要比社会所付出的科研费用高出10倍，20倍甚至100倍……。过去，有人用这样一个公式来表明科技的重要性：

$$\text{生产力} = (\text{劳动者} + \text{劳动工具} + \text{劳动对象}) \times \text{科技}$$

前不久，国家科委常务副主任朱丽兰同志讲：对高科技来说，乘还不够，得放在指数的位置上。中国科学院学部委员、中国科协副主席吴阶平教授也认为：科技的能量用上述公式表示已经不够了，新的公式应该是：

$$\text{生产力} = (\text{劳动者} + \text{劳动工具} + \text{劳动对象})^{\text{高技术}}$$

就是说，科技对生产力的劳动者、劳动工具、劳动对象这三要素所起的作用，不只是用乘法按倍数计算，而是按几何数量增

值,呈指数增长。我认为,上述两个公式不仅仅是讲的科技的重要性与科技的能量,实际上也是讲的科研效率问题。因为,科技的发展是通过科研人员的科研途径得以实现的。

再就本书来讲,首先,如前所述,我将这本书确定为“科研效率学”的阶段性的研究成果;以后,我将围绕“科研效率学”发掘新的课题,继续研究下去。其次是将这本书的侧重点摆在自然科学的研究效率上,中心确定为:科研人员应选择什么途径、采取什么方法和措施,才能提高自己的科研效率?或者说,怎样才能以最小的代价、最少的消耗,获取较大的科研成果?再次是围绕这一问题,从何处着手进行研究?由于这个问题涉及到较广的领域和各个方方面面的问题,比如:科研项目的经济核算,经济效益与社会价值的评价,科研人员的实际研究能力、条件,等等。我们的研究,不可能面面俱到。我经再三斟酌,反复权衡,确定了:从科研人员的科研选题到科研项目的研究成功这一过程入手,通过对科研课题的选择与确定、规划与程序、继承与创新、材料的搜集与加工整理、假说的提出与检验、思维效率与思路、方法的掌握与运用、科研环境的改变与利用、科研人员的素质与知识结构、竞争与合作这10个影响科研效率的因素的剖析,进行探讨。

书中,3·1继承、创新与科研效率中的“1.继承是创新的前提”、6·3案例2.爱因斯坦的思路开放与狭义相对论的创立,是请陈勇同志撰稿的。其余各篇均由我撰写。

在本书的写作过程中,曾得到我校财经学院副院长张文贤教授的鼓励与支持。为了写好这本书,我们参考、引用了许多书刊杂志与报纸上的资料、文章和通讯报道等等。因受篇幅限制,未一一注明出处。在此,谨作说明,并致以诚挚的谢意。

№1 课题的选择与确定

1.1 课题的选择与科研效率

万事开头难。课题的选择是科研工作的起点，带有战略性的重大措施，它直接维系着科研工作的成败。选题正确，定向对头，科研工作势如破竹，节节胜利，硕果累累；反之，选题不当，匆促上阵，轻则使科研工作步步被动，收效甚微，重则事倍功半乃至一事无成。因此，科研人员要提高科研效率，首先必须选准选好科研课题。

何谓科研课题？笔者认为，科研课题，即科学研究领域中尚未认识与解决的问题。科研人员从自己所探索的领域内发现、提出和形成一个有科学意义的问题，本身就是一个了不起的成就。十九世纪末，荷兰杰出的理论物理学家洛仑兹由于导出“洛仑兹变换”取代“伽利略变换”，以及其他成就，已经走到了新物理学的边缘。遗憾的是，他未能摆脱牛顿以来的绝对时空观的束缚，始终未能提出新的问题，再迈出决定性的一步。爱因斯坦的高明之处，正是在于他能敏锐地“提出新的问题、新的可能性，从新的角度看旧的问题”。他根据已有的实验事实和理论成就（包括洛仑兹的成就），抛弃了机械唯物论的绝对时空观，提出了相对时空观，从而成为相对论的真正创始人。数学大师希尔伯特认为：“某类问题对于一般数学的进

展的深远意义以及它们在研究者个人的工作中所起的重要作用是不可否认的。只要一门科学分支能提出大量的问题，它就充满着生命力；而问题缺乏则预示着独立发展的衰亡或中止。”^①他本人在1900年8月举行的国际数学家代表会上，曾一口气地提出了23个数学问题。虽然他自己没有解决这些问题，但这些问题的提出，却强烈地吸引和推动着后人去探索和研究，使得不少数学家为之贡献了毕生的精力。而已经解决的问题，则形成一个又一个数学分支，创立了一个又一个数学新方法。因此，许多科学家都非常重视提出问题。爱因斯坦曾经在评论伽利略最先提出光速有限，并第一个进行光速测量却因实验设计不当而失败、未能解决光速测量问题时说：“提出一个问题往往比解决一个问题更重要。因为解决一个问题也许只是一个数学上的或实验上的技能而已。而提出新的问题，新的可能性，从新的角度去看旧的问题，却需要有创造性的想象力，而且标志着科学的真正进步”。^②这是这位伟大科学家数十年科学生涯的经验总结。控制论的创始人维纳也认为：“只要科学家在研究一个他知道应该有答案的问题，他的整个态度就会不同，他在解决这个问题的道路上几乎已经前进了一半。”^③这里，爱因斯坦与维纳都提出了一个非常重要的有关科学研究评价标准的观点：提出问题比解决问题更重要。这一观点，现已为大多数科学家所接受。比如，诺贝尔奖金评委会就肯定了这一观点。1987年12月，诺贝尔奖金

① 《数学史译文集》，上海科学技术出版社，1981年版，第60页。

② A·爱因斯坦、L·英费尔德：《物理学的进化》，上海科学技术出版社，1962年版，第66页。

③ 诺伯特·维纳：《人当作人来使用》，《维纳著作选》。

评委会将该年度诺贝尔物理奖评给了瑞士的超导专家缪勒和柏诺兹，却没有授给美国的朱经武和中国的赵忠贤，尽管朱经武最先研制出了98K的超导材料，赵忠贤最先研制出了100K的超导材料，而缪勒和柏诺兹则最早研制出了30K的超导材料。这是什么道理？就是因为缪勒和柏诺兹第一个打破了几十年一直在金属良导体和合金中寻找超导材料的传统，首先用金属氧化物研制成了新的超导材料，使超导温度提高；于是，进展缓慢、徘徊多年的超导研究，一下子获得了重大突破。其他人都是在他俩的启发下扭转寻找超导材料的路线，才接二连三地获得突破的。也就是说，缪勒和柏诺兹获得的超导温度虽然不高，但他们的贡献属于“提出问题”，而朱经武、赵忠贤虽然获得了高得多的超导温度，但其贡献也只是属于“解决问题”而已。而科学研究中的选题与决策则在很大意义上就是提出问题、决定问题。因此，万千学问家不仅非常重视如何选择科研课题，而且很讲究从何角度选题。

控制论的创始人维纳曾经深有体会地说，只要我们没有提出正确的问题，那么我们就永远也不会获得对问题的正确答案。量子力学的创始人之一海森堡也讲过：提出了正确的问题，等于解决了问题的大半。

科研选题与科研效率的关系，具体说来，有这样几个方面：

第一，科研课题的正确选择，是提高科研效率的前提和基础。

1895年11月8日，这一天晚上，德国维尔茨堡大学校长、物理学家伦琴为了探明阴极射线的性质，与当时世界上许多物理学家一样，正在实验室内进行反复的实验。他为了防止

外界对放电管的影响，不使管内的可见光线漏出管外，便用黑纸板把放电管完全包了起来，房间也是完全遮光的暗室。他用的放电管是克鲁克斯管。当他离开实验室，忽然想起忘了切断电路，急忙赶回这间暗室，就在他正要截断电流，“立起荧屏，作决定性实验的时候，突然在离放电管一码处的一个小工作台上看到闪烁的微光，……它好像是一道由感应圈来的，被一个镜子所反射的光线或微弱的电火花。……伦琴极为兴奋，划了一支火柴看看究竟，使他大为震惊的是，这个神秘光线是由工作台上的亚铂氰化钡小屏上发出来的”，“显然从希托夫——克鲁克斯放电管发射出来的某种东西会在放得更远的荧屏上发生效应”，“这个结论确实与有关阴极射线的一般知识相矛盾，尤其是与自己的经验（就是阴极射线绝不可能穿过数厘米以上的空气）相矛盾，他专心致志地要解释这种奇怪的现象”。^①于是，他连续几个星期进行实验，并在理论上进行探索。他推想，当阴极射线撞击玻璃壁时，是否会形成一种未知的射线呢？这种新射线可以穿透玻璃，通过整个房间，而当撞击在化学药品上时便发出荧光。他还发现，当厚块金属置于管子与涂有铂氰化钡的屏之间时，便会发生投射阴影，表明这种射线穿透不过去；而当平时不透光的轻质物体（如铝片、木片、纸张等）置于这两者之间时，几乎没有投射阴影，表明这种射线能穿透这些物质。而且，射线被吸收的数量与吸收体的厚度及密度大致成正比。由于骨骼的密度和厚度比肌肉大，因此用这种射线照射人体时，便留下骨骼的阴影。这年的12月22日，当他的夫人来到实验室时，伦琴便为她拍摄了一张带

① 《伦琴》，原子能出版社，1980年版，第27—29页。

着戒指的左手的照片。这是历史上第一张X光片。考虑到这种射线的性质很神秘，一时难以确定，他就用未知数X来命名它。后来，人们为了纪念伦琴，又称X射线为伦琴射线。

在伦琴之前，虽然世界上已有许多科学家在作有关阴极射线的实验，并且，英国物理学家克鲁克斯早在1879年做高真空放电管试验的时候，曾发现在管子附近的照相底片有模糊阴影；美国费城的古德斯密斯也曾在1890年2月22日无意中拍摄了一张X射线的照片。虽然，克鲁克斯、古德斯密斯与伦琴同样观察到这个事实，但他们却将这个观察到的事实看作是实验失败。伦琴则由此提出了新问题，并以此为研究课题，作了孜孜不倦的探索，从而获得成功。X射线的发现，引起了许多物理学家的极大兴趣，很快又导致了法国物理学家于1896年发现了铀天然放射性这一新现象。这一新现象，又向人们提出了这样的问题：既然铀有放射性，还有没有其他元素也有放射性呢？放射性元素放射出的射线到底是什么呢？前一个问题激起了居里夫人的研究热情，经过数年的艰苦努力，终于导致了钋、镭等新的放射性元素的发现，使她成为世界上第一个获得诺贝尔奖金的女性。后一个问题则吸引了卢瑟福的巨大注意，通过深入探索，于1902年提出了元素蜕变的假说，解释了放射性现象的本质。

由此可见，在探索未知的科研过程中，人们要解决问题，就必须以发现问题和提出问题为前提。只有提出了问题，选定了课题，才知道该做什么，不该做什么，使研究工作沿着既定的方向前进。如果没有课题，就不会有探索目标和方向，就无从进行研究。所以，选择和确定研究课题，既是科研的起点，也是能否提高科研效率的前提和基础。

第二,科研课题的选择,在一定程度上决定着科研过程中使用的方法和手段。

方法、手段是为目的、任务服务的。不同的研究课题要求使用不同的方法和手段。例如,分析经济形式既不能用显微镜,也不能用化学试剂;而细胞学研究则离不开显微镜,化学定性分析则离不开试剂。

第三,科研课题的选择,是科研工作中带有根本性、战略性的环节。

英国科学哲学家波普认为,为了获得一种理论,首先必须了解这种理论被设计出来解决的问题。然后用试探性理论看看是否比任何明显的解答为好,再通过证伪找出这一理论的可否定性和可反驳性,进而创造一个新的理论。对于科研人员来讲,只有提出了问题,选定了课题,才能有目的有计划地调整自己的知识结构,如补修那些新课程,学会那些新技能,以适应研究工作的需要;对于科研管理机构和管理干部来讲,只有提出了问题,选定了课题,才能合理地配置科研力量,形成一个最佳的科研梯队。总之,科研课题的选择与确定,是科研工作中带有根本性、战略性的环节。它作为科研的起点,影响着科研工作全局,规定着科研工作的总任务、总方向和进展速度。

第四,有创见的科研课题的提出,对于科学本身的发展会产生深远的影响。

好的科研课题抓住了客观世界某一问题的症结,反映了学科发展的必然趋势。因此,它一旦为某一科学家提出,便会对其他科学家或迟或早产生巨大的吸引力,造成连锁反应,最终导致新的学科或学科分支的建立,引出无数新的学科

链条。

由上所述可见,课题的选择与确定,在科研工作中具有十分重要的意义。无数科研工作者的实践证明,探索提高科研效率的途径,应从科研课题的选择入手。

1·2 课题选择的原则

提高科研效率必须从选题入手,那么,怎样才能选好课题呢?从提高科研效率角度讲,课题的选择必须遵循一定的原则。课题选择必须遵循哪些原则呢?虽然选题作为一种创造性的思维活动并不存在某种固定不变的模式,但是概括科学家们进行科学研究的实践经验,笔者认为,至少应遵循下述四条原则:

1. 选题的需要性原则

所谓需要性原则,是指选择科研课题必须面向社会实践、经济建设与科学自身发展的实际需要。需要性原则体现了科研的目的性,是提高科研效率的首要环节,是科研人员正确选题所必须遵循的一条首要的基本原则。

(1) 按需要选题有利于获取最有效的科研成果

恩格斯曾经指出:社会上一旦有技术上的需要,则这种需要就会比十所大学更能把科学推向前进。科研人员只有把选题的焦点聚集在社会需要上,才能使自己的才华燃成熊熊的成功之火,推动科学不断发展。古代,由于丈量土地的需要几何学得以产生和发展。近代,欧洲的生产迅速发展,刺激和推动了自然科学的发展。比如,发展工业要解决动力、机械、材料、市场等问题,这就推动了力学、物理学、化学、地质学的发

发展。蒸汽机的发明与改进推动了热力学的发展。漂洋过海发现新的市场与工业基地的需要推动了天文学的发展。精确地描述力学与物理运动过程的需要推动了变量数学的产生与发展。在近代科技发展史上，建树了功勋的许多科学家都是从生产实践出发，发现了生产实践上的需要，从而抓住了科学技术进一步发展的课题。譬如，法国著名的微生物学家巴斯德就是从生产实践等社会的实际需要出发来选题的。当时，在法国北部的工业城市里尔，酿酒业比较发达。人们在酿制葡萄酒与啤酒的时候，都使用酵母，可是对发酵的原理并不明白。有一次，里尔城制酒作坊里发生一件怪事，一批批酿好的葡萄酒与啤酒变酸了，也不知道为什么。因为酒变酸，卖不出去，所以酒坊老板就给城里大名鼎鼎的科学家巴斯德写信，求他帮忙解决这个难题。根据这一生产实践的需要，巴斯德就确定了这一研究课题。他花了许多时间，进行各种试验。后来，他通过显微镜发现，在正常发酵的过程中，有一些很小的圆形酵母细胞在活动，但当发酵起了变化的时候，就有杆状微生物在活动，他亲眼看到了这种杆状微生物在发芽、繁殖，证明了酒变酸就是由这种杆状微生物引起的。原因找到后，他就把酒坊老板们叫来，告诉他们酒为什么会变酸。老板们开始不信他讲的这一套，就都回酒坊拿来各种各样的酒，请巴斯德试一试看。巴斯德便将试验做给他们看，使得这些老板们都服气了。他们就向他求教，怎样才能使葡萄酒与啤酒不再变酸。巴斯德告诉他们：只要把酒加热到一定温度，把微生物全部杀死就可以了。回去后，他们就照巴斯德的办法，用加热灭菌法处理葡萄酒与啤酒，果然不再变酸了，并保持着浓郁香甜的气味。这种方法就一直沿用到今天的“巴氏消毒法”。