

关于科研方法的一些体会

■董海山

一、充分发挥眼耳鼻舌身的作用

人的认识来源于实践。怎样从实践中得来的呢?那是要通过眼耳鼻舌身的作用而获得。所以,在实践中,这些器官的作用发挥得好,那么得到的知识就会多而正确;如果发挥得不好,那么得到的知识就会少,或者是错误的。

虽然每个人都长着眼睛、耳朵、鼻子,但不是所有的人都愿意经常用它们的。我们工作中用了许许多多、各种各样的化学药品,但许多同志不愿意用鼻子闻闻是什么气味,不愿意用眼睛仔细观察一下是什么样的晶型;我们有的同志对待试验工作是不够耐心、细心的,只要马边一转,料一加完,自己就看自己的书,甚至离开岗位去干别的事去了,而不注意观察实验现象,不注意观察颜色和物料状态的变化。

对试验采取这样的态度,当然不会得到丰富的感性知识,没有丰富的感性知识,也就不可能得到正确的理性知识。

对于这个问题,我是有过教训的。

这次,我们的造型粉没选上(是指在1965年6月国防工办组织的核武器用第一个塑料粘炸药配方鉴定会。当时有三个小组提出了各自的造型粉配方,董海山小组研制的配方因为安定性问题没有选上。选上的配方是兰化所与上海有机所联合研制的配方,不过这个配方在221厂压制时出现裂纹问题,后来经过董海山在221厂改性后才得以运用),原因是安定性不好,而安定性不好这一概念是从哪儿来的呢?主要是在制备过程中有气味。但是我们工作这么久却从来没有认真地用鼻子仔细闻一闻,到底哪一步有味,有什么味。因而在选型时人家尖锐地提出这个问题,我们就不知所措了。对于这个问题,我的耳朵也没有发挥作用,6月份王院长(王淦昌。1964年2月,二机部九所更名为二机部第九研究设计院,简称九院,王淦昌时任九院副院长)来时提过一次有味的事儿,但自己就没有听进去,因此没引起重视。通过这件事自己的教训是,一定要充分发挥眼耳鼻舌身的作用,一定要时时事事都利用它们,否则,长期不用就会退化。

自己还有一个体会,就是对一个事物还必须多看、多听、多闻,不能认为自己已经看过一次了,就不需再看第二次了。我们许多人都有这个毛病,第一次试验都很细心,从头至尾都仔细观察,所以第一次试验结果都不错。但第二次再做这个试验就不愿意仔细看了,认为现象已经掌握了,不必死盯着在那浪费时间了。这是一个矛盾,要仔细观察试验现象,就要多费一些时间,要想试验过程中抽空干别的事就可能有些现象观察不到。这个矛盾怎样解决要根据具体情况而定。但是应当强调的是,对试验必须进行多次反复的观察。人们在实践中对试验感觉和印象的东西反复了多次,在人们的脑子里才会发生突变,即由感性认识上升到理性认识,因此“反复多次”这几个字要特别重视,只试验一次看来是不可能的。德国人有一句话“一次试验不是试验”也是强调要进行多次反复的试验。一个熟练的炼钢工人,从火焰的颜色就能看出钢炼的好坏,这必须靠多次仔细观察才能做到,只看一两遍就想掌握这样的规律是不可能的。

总之,在科学实践中,必须充分发挥眼耳鼻舌身的作用,这对于学化学的人尤其重要,应当把这个作为一项基本功,一看一闻就应当认出是什么东西。只有掌握了这种感性知识,在进行一个反应或者分析了一个现象时才会得出正确的结论。

二、要善于用脑子,多想出智慧

人最重要的器官还是脑子,在整个认识过程中每一步骤都离不开脑子的活动,所以首先应当充分发用脑子的作用。

凡事应该用脑筋好好想一想,多想出智慧。“好好”两个字和多想的“多”字很重要。如果不是好好想,而是随便想,不是多想,而只是想一两次,那是想不出什么好办法来的。从电影、报刊中我们看到,工人同志完成一项技术革新要费多少脑筋,度过多少不眠之夜;我们组里有些同志,为了想一些技术而达到了废寝忘食的地步。走路想、吃饭想、睡觉想,甚至做梦也想到,想得入了迷,我们应当有这种精神。我自己有个体会,碰到重要问题不要只记在本上,而应当在脑子里挂上号,这样有空就想,碰到什么事情都联想,就最容易想出智慧来,想出好的办法来,如苯环的结构。但是,遇到问题之后,应该怎样想呢?思路从何而来呢?对于这个问题,我认为可以参考一些数学上的方法。

归纳法。遇到问题,首先想想与此问题有关的各种现象和外部表现,然后对这些事实进行去粗取精,去伪存真,由此及彼,由表及里地改造制作功夫,进行分析和总结而得出结论。这叫从实际出发进行分析和归纳。

演绎法。遇到问题首先想想此类问题的一般规律是什么,然后把一般规律和这个问题的具体特点结合起来,进行分析和研究。这叫用一般规律指导特殊。如设计新的合成方法,估计未知化合物的性能等。

穷举法。遇到问题,首先想想各种可能性,把所有可能性,不管好的、坏的、大的、小的都给想出来,然后逐步分析和研究,经过多次筛选而找出办法,如选择路线和配方。

总之,遇到问题要首先掌握事实,从实际出发进行分析和归纳,用一般规律作指导,并想

【手稿写作背景】

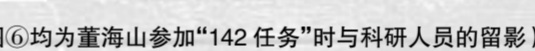
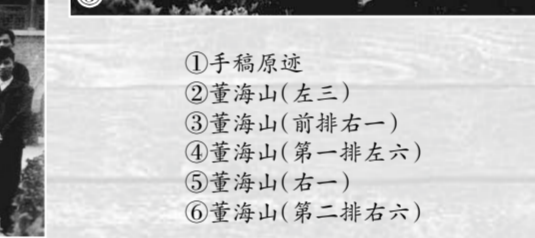
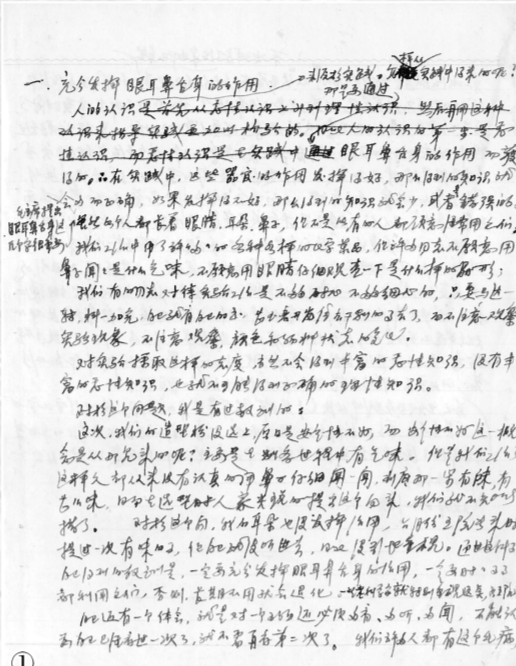
董海山(1932—2011),我国著名的含能材料专家,是我国核武器用高能炸药研制的开拓者和领军人,中国工程院院士。

本文是“董海山学术成长资料采集项目组”(以下简称采集小组)从董海山院士生前留下的一份手稿中整理而成,是董院士关于科研工作的心得体会。

根据手稿内容,这篇文章的写作时间推测为1965年,正值“142任务”的收尾阶段。“142任务”,也称“142会战”,即“全国高能炸药协作攻关”任务。该任务是中央军委和国防科工委于1962年批准实施的一项全国性科技协作攻关任务,目的是尽快研制出满足核武器需要的高能炸药。

1961年,董院士留苏回国后分配至北京九所(九院前身)工作,他向朱光亚、王淦昌、陈能宽等汇报了苏联高能炸药研制的一些情况,引起了九所和二机部的高度重视,后经中央军委和国防科工委批准,于1962年初拉开了全国性的高能炸药协作攻关序幕,即“142任务”。“142任务”的实施地点在西安三所(兵器204前身),时间从1962年初到1965年9月,主要参加单位包括二机部九所、三机部西安三所(三机部于1963年9月进行调整,兵器工业划归到新的五机部)和中科院兰州化学物理研究所,而中科院上海有机所和北京工业学院(北京理工大学前身)也参加了部分工作。董院士全程参与了142任务并担任课题组长。“142任务”合成了1到9号等单质炸药,研制出了我国第一个塑料粘炸药配方。“142任务”是我国核武器高能炸药研制的里程碑,对于推动新中国火炸药科技事业的跨越式发展具有重要的历史意义。

本文是采集小组发现的现存唯一一篇董海山比较系统地谈论科研方法的文章,虽然作于五十多年前(写作此文时董院士33岁),现在读来仍然很有借鉴意义。因此,采集小组特整理出来供广大科技人员和感兴趣的读者学习和参考。



①手稿原迹
②董海山(左三)
③董海山(前排右一)
④董海山(第一排左六)
⑤董海山(右一)
⑥董海山(第二排右六)

(图2)~(图6)均为董海山参加“142任务”时与科研人员的留影)

出所有可能性和方案来进行逐个分析和筛选。

“想”应当注意以下三个问题。

1. 要有革命精神

“革命”二字表现在想什么和怎么想上。想什么,就要敢于提出问题;怎么想,就是要有大胆二字,敢于打破框框,敢于创新。对于我们来讲,就是首先要看最根本的东西,抓主要矛盾。要想方向问题(合成),要想路线问题(对于一个化合物)。例如研究温度,不要一开始就在那几度的范围兜圈子,而应当几十度地变,大刀阔斧地干,找出一个范围后再仔细地研究。要先粗后细,先有个毛坯之后再行精雕细刻,这可以说是一般规律。我们研究混酸成分时有过教训,大范围没有肯定之时就进行精雕细刻,花费了很多时间、人力和物力,结果后来全部给否定了。

2. 不要轻易下结论

正确的认识要通过实践一认识一再实践一再认识的反复过程才能得到,所以即便我们下了功夫好好想了,也不能轻易下结论,认为是真理,必须经过实践的检验。这里所说的实践必须是足够的、大量的、可靠的,不应当只用一二个试验来证明。

3. 要试试看

不管是自己想的,还是别人想的,都不能轻易下结论,都不能轻易给肯定,也不能轻易给否定,把人家好的想法、新的苗头,一棍子给打死,而要试试看,即按照主次和轻重缓急在实践中试试之后再行,只有这样才能促进科学的发展。

三、要重视偶然现象

在化学史上有很多发现都是偶然的。偶然现象实际上就是苗头,它是必然的表现,因此偶然现象应当引起我们的重视。

首先要确信,偶然现象中包含着必然根据。这句话大家都知道,但是碰到具体问题有时就不能信了。例如,在科研工作中,经常出现一些反常现象,得到一些突出的数据或者突出的数据。对待这种情况,我们往往缺乏细致的分析而认为是偶然的,或者是试验出错了,或者是分析错了。实际上,偶然和必然可以说是相对的,当我们没掌握规律时,没找到产生它的条件时,它的出现是偶然的,一旦我们找到了产生它的条件和根据,那么也就成为必然的了。积水潭医院烧伤组(1965年11月28日,人民日报头版发表了郭小川和王日东撰写的报告文学——《为革命会革命——积水潭医院骨科烧伤组的事迹》,在全国引起强烈反响。这也间接证明了董院士撰写本文的时间为1965年底左右)的同志们确信这一点,人家发现了在卫生条件很差的农村中烧伤病人没有受细菌感染这一偶然现象,能够看出来也有必然的根据,结果人家就有所发现。

我们也应当这样,例如精制溶剂的选择,乙酸乙酯的质量不易稳定是由于没找到条件,若找到条件就可以从不易稳定变成容易稳定了。

当然,这里还必须抓住主要矛盾,如果所有的偶然现象都进行详细地追究,都花很多时间,

那就变成烦琐哲学了。

其次,当发现重要的偶然现象时,一定要狠狠抓住不放,只有这样才能找到必然,否则就会让苗头跑掉了。例如四氟乙烯一直被认为是不能聚合的,一次盛四氟乙烯的(钢瓶)压力表降到零了,粗心的就会认为钢瓶漏气而不在意,但是美国科学家下决心把钢瓶锯开后,得到了聚四氟乙烯。从这几个例子也可以看出,要想发现重要的偶然现象,必须细心,粗心大意、马马虎虎的人是不会发现重要苗头的。

杰出的科学工作者,所以能对一个学科和领域起推动作用,就在于他能敏锐地发现偶然现象,发现苗头,并抓住不放,深入分析其规律,然后利用这种现象,从有所发现过渡到有所发明和创造,从而把科学事业推动前进。

最后,抓偶然现象,不仅要抓好的,而且对坏的也要重视,一般人对好的苗头很感兴趣,一般是不易放过的,而对坏的现象和自己胃口不合的现象就不愿意去研究,不愿去解决了,结果就会给工作带来损失。

四、要经常挑毛病

一切事物都是一分为二的,我们的科研工作也是这样。不管你做得多么好,成绩多么大,总还会有毛病,有缺点。所以我们就应当经常把毛病挑出来,把缺点给揭出来,不揭不成,早晚要揭。这个大家都有体会,你自己不揭,到开专业会议时,到要使用的时候,人家也给你揭出来,那个时候,就感觉很被动了,就措手不及了。既然看清了这一点,我们就不应该总打被动仗了,而应当掌握主动权,这就靠我们自己经常认真地挑毛病,因为只有揭露矛盾,才能解决矛盾。

要想做到这一点,我认为在组内就应形成一个风气,就是在题目讨论会上,组长敢于树立对立面,大家敢于在技术上面的反对派,敢想反面意见,敢提反面问题。百花齐放,百家争鸣。在什么时候争?就在题目讨论会上争。你要和他争,提出反对意见,就必须深入思考,提出有力的根据。受到别人反对的人,如果他认为自己的意见正确,他也会想方设法找根据、找理由,这样就不就愈辩愈深,愈愈愈清楚吗?如果在题目的讨论会上,对技术问题展开激烈的讨论,这不是坏事而是好事,这说明学术空气活跃了,说明水平提高了。因此应当欢迎。

当然,这里面有个态度问题,就是以什么态度来争鸣,反对别人的意见时应该以什么态度,讨论会上(别人)作出与自己意见不同的决定时,应当抱什么态度。态度不端正,当然讨论不好,这是个思想问题和思想修养问题。在题目讨论会上,最容易暴露知识分子的弱点:骄傲自满,自以为是,不虚心听取别人意见,不尊重别人,互不服气。但是,这些缺点暴露出来之后,立即克服和纠正,这样就会增进思想意识和修养,把坏事变成好事。

正确的意见能促进科研,错误的意见,只要不占据统治地位,也会促进科学发展,例如M反应(指曼尼希反应,当时的文献也翻译为马尼希

反应)机理问题,他们(应指下文的“京工”的专家)若不强调提出在第一步发生,也就不会刺激我们深入思索这个问题。应该感谢京工(京工为北京工业学院,现在的北京理工大学),所以大家要敢想敢说,不要怕错。意见正确会促进工作,意见错了也会促进工作,那为什么不大胆发表意见呢?

所以,我认为组内应养成学术讨论的风气,要经常挑题目的毛病,到一个阶段还可以开一次挑毛病会。

最后,把毛病挑出来之后,必须马上研究解决。必须狠狠抓,抓而不狠等于不抓,如果不抓不解决,那就把挑毛病的功夫也给白费了。

五、要在“用”字上狠下功夫

认识世界的目的是为了改造世界。科研工作也是这样,搞科研就是为了能把它用上,装备部队,所以也必须在“用”字上狠下功夫。

整个科学的发展就是在“用”字上狠下功夫的过程。研究实用科学的,当然直接为了用,就是研究理论的,也是为了将来用。我们也应当这样,在工作中发现新的现象以后,一定要联想它的应用,想办法应用它。如果有新发现而不在“用”字上下功夫,就不可能有所发明,有所创造,因而也就不可能有所前进,这样就还停留在原来的水平上。

我们也有过一些成功的例子。发现亚硝基化合物,大家把它应用到工艺上,形成亚硝化法,然后又推广。当发现M反应能在强酸介质中进行的现象时,就大胆地研究了简化合成法,简化了工艺。

最近发现升华现象,就把它用来作为提纯的方法,既提高了纯度,又节约了大量溶剂。

废水处理,发现活性炭的催化现象,就联想到用到废酸处理上。

从这些例子可以看出,发现的新现象如果能够应用上,就会实现革新,就会有所前进。不仅在科研过程中,发现一个新现象想到它的应用,就是整个科研工作的安排也要特别重视用字。即便合成出的品号再多,合成方法研究再简单,产率提得再高,就是用不上,那我们的研究成果还会有多大用途呢?所以必须着重解决用的问题。

六、正确处理科研工作中的几个关系

1. 工作与学习的关系
工作与学习间的关系问题在我们这里还是

比较大的。一方面,任务很重,工作需要我们整天做试验。另一方面,很多科研任务都是我们不熟悉的,都是探索的,很多同志又都是改行的,需要多一些学习时间,因此出现了一些矛盾。对这个问题,现在大多数同志基本上都有了正确的认识,特别是积水潭医院烧伤组的公式给我们很大的启发:“服务—提高—服务”,即以为人民服务为目的,为出发点,在服务中提高水平,再以提高的水平更好地为人民服务。这个公式应用到我们这里就是“工作—学习—工作”。

我的体会是,工作与学习是矛盾的,但又是统一的。

(1)工作和试验我们要特别重视,一方面因为它是我们完成任务的主要活动,要想完成科研任务必须有实验数据,必须做试验。另一方面,工作和试验本身也是学习,是更重要的学习。我的体会是在工作中学习的效果最好,自己亲手做的试验、研究的问题,理解最深,记忆最牢,过十来年也不会忘记。而不动手只念书得来的知识,过几个月就可能忘掉了。

(2)学习当然非常重要,这个大家都知道,但是学习的目的是为了用,是为了更好地工作。所以一定是工作需要什么就学什么,这样才是有的放矢,这样的学习效果才最好。我的体会是,如果带着工作急需的东西,亟待解决的问题去学习,效果才最好。读一篇文章,其中哪怕只有一点点有用的东西也能给吸收过来,不会放过。如果去学些与工作无关的东西,例如我们搞合成而你去看量子化学,即使当时记得娴熟,但由于我们不用,过几个月也会全部忘光,学外文也是这样。

2. 实用研究和理论研究的关系
一切科学研究都是为“用”字服务的,我们更是这样。但是,理论研究也很重要,也不能忽视。自然科学中的技术工作也是这样,也总要遵循一定的技术理论,否则,如果无所遵循,那不就是盲目瞎闯了吗?

对于探索性的工作,理论研究就更为重要,因为这是探索未知的,是解决从无到有的。到底合成什么样的化合物能满足指标,应当怎样设计化合物,这就有个方向问题,这就要有指针,这个指针就是理论。我们的工作有两大困难,一个是看不准,一个是做不出。要想看得准,就必须了解各种影响因素,就必须研究速度(爆速)与分子结构的关系。要想把设计出的化合物都能做出来,也必须了解所用反应的一般规律,进行反应的一般方法,而所有这些都是理论。所以不应该把实践和理论研究截然分开,而应结合在一起的。

我们这里对理论研究是重视不够的,有些忽视,原因有二。

(1)认为理论研究不实际,没多大意思,这种看法不全面。脱离工作需要的理论,脱离实际的理论,的确解决不了实际问题,没多大意思,我们也有过这方面的教训,如缩合反应的结构。但工作需要的理论就很容易解决实际问题,就大有意思,如马尼希反应机理的研究,(使)得率提高了一倍。

(2)认为理论研究很神秘,比较难。(搞理论研究)要做很多试验,花费很多人力物力。其实,理论也没什么了不起的,理论就是规律,每个人都可以研究,每个人都可以总结。我们应当也是这样的,并不是要用大量的人力和时间做大量的试验来进行专门性的理论研究,而是结合我们自己的工作总结一下我们自己的数据和文献中的数据,必要时再补充一些试验来寻找一些必要的规律,以便成为我们工作的指针。实际上我们以前进行的一些理论性研究,如马尼希反应的机理、亚硝化反应、安定性与分子结构的关系等问题也没花费很多时间,也没影响主要任务的完成。兰化所就很重视理论工作。我们也要注意学习这种作风,每个人都要养成总结规律的习惯。

3. 集中力量打开歼灭战和准备两手
干什么事情都要从最坏处着想,往最好处努力。这些对科研工作也是行之有效的方法。这两者关系的摆法要看具体条件而定。

当目标没看清,苗头没抓住,人力没有足够多时,就不应当过早集中,孤注一掷,而应当多手准备,广泛探索,寻找苗头。

当目标基本看清,苗头基本抓到,就应当集中优势兵力,力争出尽全力。

(当然也)不能绝对化,在集中力量打开歼灭战时,也可以根据具体情况抽出少部分兵力作其他准备,以应付最坏的情况,在两手准备时也不是平均主义,而可以有所侧重。

对探索性的题目,集中兵力打开歼灭战尤其重要,合成一个化合物,要成功就快点成功,失败也快点失败,这样就能赢得时间,即使失败也有好处,那我们可以很快地选择别的方向。

对探索性的题目,两手准备也特别重要。因为不可能看得很准,若没有第二手准备,当失败时,就不知所措,就会窝工。若有准备,当失败时就可以马上转移到新的方向上去。

(董海山学术成长资料采集小组整理)

【编者按】

1965年“142任务”结束后,主要参与者分别回到各自原单位,而董海山继续留在西安三所进行一些收尾工作,1966年3月返回青岛221厂第二生产部(中物院三所前身)。写作本文时,董海山已经带领课题组完成了主要攻关任务,取得了丰硕的成果,也积累了丰富的科学研究和科研组织管理方面的经验,本文从一个侧面也反映出董海山从一个苏联留学归来的学子到悟得科研真谛的学者的进阶之路。