

国外学者访华报告

怎样做研究工作*

徐拔和

(美国罗格斯大学)

我今天报告的题目是,怎样做研究工作。准备分三个部分讲:(一)一般逻辑;(二)研究方法;(三)阅读文献。

一、一般逻辑

1. 正确选择课题

这个问题是很重要的,往往研究课题选择得恰当,你的工作就算完成了一半。反过来说,如果选择了一个错误的课题,很可能永远做不出结果。譬如说,有人想证明一加一等于三的话,他将几辈子也做不出来。这是一个很简单明瞭的道理,但实际做起来并不容易。因为就土壤科学而言,常常很难辨别某个课题是正确的,某个是错误的。

当我做博士论文时,我所选择的题目是“磷肥的固定”。这项研究工作从1850年开始至今已有一百三十多年的历史,但对磷肥的固定还没有一个肯定的理论。在五十年代流行的“沉淀说”,是一个被公认的理论,认为在酸性土壤中磷肥能生成磷铝石和粉红磷铁矿沉淀;在碱性土壤中能生成磷灰石。我的论文就是以这个理论为出发点。论文完稿后,我的导师杰克逊和我都很满意。我毕业后去加拿大工作,首先便是报告我的博士论文,当时有一位教授问我:你是否在土壤中见到磷铝石和粉红磷铁矿。这个教授认为磷肥在土壤中是被吸附在矿物表面上的,而不是生成磷铝石和粉红磷铁矿沉淀。在做论文时,这个问题我也曾和杰克逊谈论过,我们也知道从未有人在土壤中见过磷铝石和粉红磷铁矿。关于吸附的观点,当时我也是了解的,但因我们受到“沉淀说”的影响,所以没有仔细考虑这个可能。但当其他人重新提出这个问题来,就引起了我们的深思。仔细回想起来,当时做论文时就有些实验结果和现象解释不清,实际上这些都是很重要的。从这个问题来看,我的博士论文是一个很大的失败,失败的原因就在于当时选择的题目是错误的。但对我个人做磷肥的工作而言,这并不是失败,因为通过它我认

识到了错误,从而在磷肥的工作上改变了方向,至今做了二十多年,还在继续。

在选择课题时必须了解个人的力量与环境条件。往往有很多人体会不到土壤问题的复杂性,开始设想得很好,但一做下去,越做越复杂,常常就不可收拾。因而在选择题目时,必须量力而行。

2. 大胆设想,小心求证

这是借来的一句话,目的就是希望大家要有勇气设想新的观点,不要迷信权威。我个人的看法,在土壤科学中,目前很难说什么绝对是对的,或绝对是错的。土壤科学与化学、物理、数学等学科相比,是一门非常落后的学科,到目前为止,我们对土壤的了解仍然非常少,我们还有很多工作要做。过去的工作并不一定完全是对的,所以不要迷信权威的话。这点对于我们中国人来说尤其重要。有些美国人说中国人很会考试,不会做研究工作。我个人认为在这方面确有缺点,但这并不是中国人的个性或本能不如美国人,而是可能与中国人从小受的教育有关。至少在我这一代人从小开始读书时,受到的教育就是听老师话、听父母的话。因而从小思想上便受到束缚。这往往就养成了一种习惯,偏重于读死书,容易迷信于流行的假说和论断,这是很有害的。希望大家要尽量发挥个人的创造性。

美国的小学教育与中国有很大的不同。我最小的孩子在小学三年级时,老师就给他们一个题目,诸如查某一小区域的地理状况或某一地方的历史之类,让他们到图书馆去查文献,写报告。这同我们过去学历史、地理时背中国有几个大城市,长江有多长,喜马拉雅山有多高是截然不同的。这种美国小学教育的优点值得我们参考,因为从小便训练学生观察和思考的能力。

* 本文系徐拔和教授于1982年8月7日在中国科学院南京土壤研究所所做的一次报告。由蒋梅茵、王强根据录音整理。

3. 登山自卑,行远自迩

这是中国的一句古语。有些人正好同那些思想容易受束缚的人相反,他们是眼高手低,希望一篇文章出来就能得到诺贝尔奖金,他们没有耐心一步一步地前进。当我们做一个题目时,我们眼光要看得远,但要一点一滴踏实地去做,不能好高骛远。

4. 百鸟在林,不如一鸟在手

杰克逊常对他的学生讲这么一个故事,一个人捉到了一只鸟,当他经过一片树林时,看到树上有几只非常美丽的鸟,他认为手上的鸟不如林中鸟,就把它放了而去捕捉那些美丽的鸟,结果是两手空空。研究工作的成果是一点一滴积累起来的,那怕是一点点微小的东西,只要你的结果是正确的,那么它总是有价值的。

5. 三个臭皮匠凑成一个诸葛亮

每个研究工作者总是或多或少的带有片面性,这就需要大家进行合作,你从这方面看,我从另一方面看,这样才容易接近真理。

在美国,资本主义成功的一个最大因子就是竞争,竞争就是不合作。在那儿做实验是互相保密的,甚至于达到一种极端的程度。在这里我可以讲一个真实的故事,在一次美国土壤学会的年会报告上,有一个教授的两个学生同时报告。他们是在同一个实验室里,但张三和李四互不知对方做的是是什么,直到报告时,两人才恍然大悟,双方所做的实验乃是密切相关的。从这个例子我们可以看出美国的竞争,在以前,竞争是美国资本主义成功的最大因素,但在当前,竞争成为美国科学走下坡路的一个最大因素,因为竞争,很多力量相互抵消了。

这点对中国来说是很重要的。美国科学家的人数是全世界最多的,它的科研是搞人海战术,这种工作方法并不是很有效的。从前美国的资源较丰富,经费也充足,经得起浪费,可以允许竞争。但是现在已不行了,所以也不允许竞争了。对于中国来说,科学家的人数少,经费有限,要想很快地赶上美国,必须进行合作。

二、研究方法

1. 理论和实际并进

我用图一来说明。我们不论做什么实验,首先脑子里必须有一个想法,有一个理论根据,然后做一个小的实验来求证这个理论根据的正确与否。实验的结果常常和你的理论根据是不符合的。假定你的实验是正确的,当理论符合于实验时,这个理论并不一定正确;但如果这个理论不符合于实验,这个理论可以肯定是有问题。这时,你应该立即修订自己的理论,使理

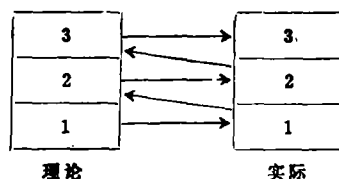


图 1

论能包括实验的事实,然后通过实验进一步求证修改过的新理论,如此循序渐进,最后达到满意的结论。这里我还要强调一点,我们要敢于向自己的理论挑战。往往有些人自己提出一个理论,当别人提出意见时,他常常要替自己辩护,这是不对的,不要等着别人来批评,要自己敢于批评自己。

杰克逊对学生要求很严格。我在杰克逊处受业时,共有六个学生,每个星期都有一个学生做报告。报告要用文字写下来,内容有:实验的目的,所采用的方法,得到的结果,讨论,以及检查结果是否符合目的,如不能符合,下一步你应该怎么做等等。六个星期后,再写一个报告,这时他又要问你,你的实验与当初的设想是否一致。当然,他并不要求你总是得到一致的结果,他这样做的目的是迫使学生去动脑筋。一个人写下来的东西常常和讲的是不一样的,因为黑字写在白纸上,就一定要对这个问题仔细考虑后才能下笔。

2. 实验的数据必须准确

我们刚才说了,有了数据才能有理论,如果数据错了,理论当然不会正确。

十几年前,有一个很有名的分析化学教授,他送了很多水样到十几个大学去分析微量元素的含量,结果表明,分析误差最大的达400%,而这仅仅只分析了几个元素。这是一种极端的情况。土壤中的情况就更为复杂。1963年我在“土壤科学”上发表了一篇测定铝的文章,这个方法对我的实验所涉及到的样品是非常好的,误差在3%以内。后来看到很多人把这个方法用于土壤,但这个方法对土壤并不适用。因为土壤中有很多成分如钙、镁、铁、锌等都会干扰铝的测定,所以这些数据肯定是有问题的。我自己做实验时总习惯从各方面去求证方法和结果是否正确。每个样品至少分析两次,但切忌在同时做。而是今天由张三做,明天由李四做,至少这两次的结果近似,我才认为它可以接受。如果做出的结果不一致,必然在其中存在一些问题。在有些合成实验里各种成分的存在量是知道的,我总要尽可能计算回收率多少。例如做磷素吸附实验,不仅要测定溶液中剩余的磷素,还要测定被吸附的磷素。如回收率不好,必须追究其原因。有时一个分析重复许多次,不要轻易满足自己的数据。不要总是从好的方面想,要多方面去考虑。

3. 实验的重现率

从理论上说,如果两次实验的操作完全相同,结果应当一致。若重现率差,则表明实验的重要因子没有控制好或根本还不知道,当然就谈不上控制了,虽然你认为操作是一样的,但实际上并不一样。最近我花了很多时间做蒙皂石的鉴定方法,其目的是要证明蒙皂石可分为很多种。Harward和Brindley在1966年发表了一篇区分蒙脱石与贝得石的文章,即用甘油蒸汽处理样品,在 100°C 下蒙脱石可膨胀到 $17\sim 17.8\text{ \AA}$,而贝得石不膨胀,仍为 $14\text{ \AA}$ 。为了证明这个实验,我做了很多次,有时能重复他的实验,但有时贝得石也膨胀了,很长时间没有找出原因,最后忽然想到,贝得石不膨胀的实验都是在冬天做的,凡是膨胀的实验都是在夏天做的。在美国,冬天室内有暖气,空气干燥,而夏天空气湿度大。假如贝得石只是部分被甘油饱和,受湿度的影响很大。在湿度高时,甘油和水作用,贝得石就膨胀,但蒙脱石却不受湿度的影响。了解这一现象后,我又用乙二醇做了一些实验,发现同样受湿度的影响很大。叙述这个例子的目的就是想告诉大家,在做研究工作时,常常有些东西一开始是不能意识到的,一旦你发现实验不能重复时,其中必有原因。每一步实验操作过程要详细记录,资料积累多了,事后就能找到原因。

4. 异常的数据常常导致重要的发现

异常的实验结果常是很好的资料,不过一时不易体会它的意义。我的第一个有关氧化铁形成的试验,便是将氢氧化钠加入到氯化铁溶液中,在一天后测定其pH值。按常理,任何溶液在加入碱液后必然pH值上升。但是在我的试验里,有些有氢氧化钠加入的样品,pH值反而下降(图2)。这看起来是一个很荒谬的现象,最初我想一定是操作上有错误,但在重复多次后,

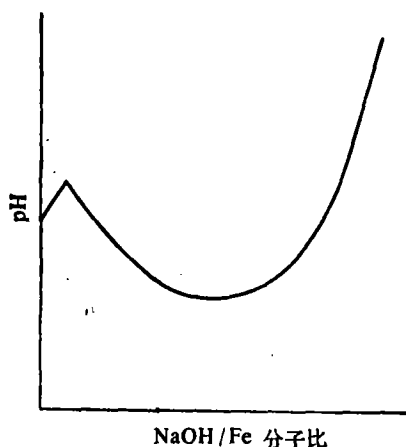


图2

终于肯定试验的结果是正确的。以后我花了很多时间追究其原因,最后终于了解这反常现象是由于碱液的加入促进晶种的生成,因而缩短氢氧化铁生成的诱导期。其实这是决定氧化铁形成重现率不好的主要因子。在试验完毕后,看到Arden在1950年首先观察到这类现象,但他这篇报告很少被人引用,对所观察到的现象自然也被忽视了。做这样一个试验所需要的只是一台pH测定仪,一根滴定管与几只烧杯,我相信很多人都曾观察到这种现象,但为什么不去追究原因?甚至致于不报告观察到的现象?这往往是因为许多人的思想受到传统观念的束缚,对观察到的“异常”现象不予以重视。

5. 不要迷信新式仪器

我并不反对新式仪器,但做实验最重要的还是人的作用,尤其在中国,我们不能因为经费少,没有新式仪器就不能做工作。即使用一些玻璃瓶,我们也能做出点东西。实际上美国学校的设备也是很差的。当你们去参观时,他们总是带你去看好的。你们如果到我的实验室来看看,就会发现我的实验室比你们差得多了,一般的实验室都是如此,虽然有些经费多的学系设备还是很好的。台湾现在的经济情况很好,他们很喜欢买仪器。曾有在美国的教授到台湾去以后,都感到象是“刘姥姥进大观园”,虽然台湾的设备比美国的一些学校要好得多,但台湾却很少做出成绩来,至少在土壤方面。所以设备和成就并不是成正比的。最近美国一份中文报纸介绍一所中国新的土壤测试中心,规模很大,买了许多新仪器,其实许多仪器都是不必要的,这是一个错误的措施。所以我这次特地带来了幻灯片,介绍新泽西州的速测中心,比较一下,你们就会看出差距。我们在那里工作,绝不是靠新式的仪器。

6. 研究课题要力求简单

我们不可能在设计研究时将所有因子都考虑进去。原来看来很简单的研究计划,在工作开展后常常遇到许多没有想到的问题,结果变成一个非常复杂的计划。如果研究计划在开始时就比较复杂,到后来会变得不可收拾。所以在拟定研究计划时务必力求简单,避免目的太大。在工作过程中,需时刻检查进展情况,必要时应设法将研究计划分割成许多小计划,逐一解决。

我在开始研究氧化铁形成时,配制了许多种不同浓度,不同酸度的 $\text{Fe}(\text{ClO}_4)_3$ 液,在不同温度下老化。得到的结果错综复杂,仅仅可以模糊看出,浓度、酸度与温度是相互关联的,但无法下一结论。于是下一个试验铁的浓度都是 0.01 M ,但酸度不等(NaHCO_3/Fe 分子比 $=0,1$ 或 2),然后在室温下老化,仔细分析老化过程中的变化。终于得到一个结论:氧化铁的形成并不象一般化学家所想象的那样复杂,一般人所观察到

的重现率差只是由于：(1) 氢氧化铁聚合体的诱导期因碱液的加入而变；(2) 生成物颗粒体积相差很大。在这一试验结束后，又研究 $\text{Fe}(\text{ClO}_4)_3$ 浓度与酸度的影响，然后又研究 $\text{Fe}(\text{ClO}_4)_3$ 浓度与温度的影响。通过这些个别试验后，再去看第一次试验的错综复杂的结果，就觉得一目了然了。

三、阅读文献

1. 尽信书，不如无书

这是引用孔老夫子的话。因为你从书上或文献上读到的东西，不一定完全是对的，所以阅读文献必须仔细，不能看到什么就盲目相信，应该学会分析。

2. 必须注意试验的方法

有很多作者在写报告时，没有详细介绍所用方法，以致别人在做同样的试验时，不能重复。有时两篇文章中结果不一样，实际上是某些方法的细节不同。所以在阅读文献时，一定要注意所用的试验方法。美国的土壤学杂志一般要求将实验写得较为详细，在这一点上

是走在化学杂志的前面。

3. 仔细消化几篇好报告，胜过浏览许多报告的摘要

有许多人喜欢看摘要，不仔细看内容，这是很犯忌的事。如果是一篇好文章，阅读时就应该仔细的消化，可能常常要花很多时间，而不要一天看很多文章，看后都是一知半解。做指导教师最重要的一点就是介绍好的文章给学生看。从我个人的经验来讲，我常常花好几天时间去看一篇文章，最后发现它是不值得看的。因而我觉得应该给学生介绍：那篇文章是好的，应该详细阅读。那怕花两个星期时间看一篇有用的文章，也不要去看许多没用的东西。

4. 最新的文章未必是最好的文章

在谈话中我们常常可以听到这样的话：“新的文章出来了，旧的东西还有什么必要谈呢？”实际上并不一定如此，很多过去的文章还是很有价值的，新的东西并不一定都是对的。

以上是我的一些看法，希望能给大家一点帮助。

澳大利亚圣诞岛磷矿的利用*

A. R. 米尔乃斯

圣诞岛位于澳大利亚大陆西北面的印度洋中，是火山喷出物形成的岛屿，主要由玄武岩、凝灰岩和石灰岩组成。岛上的磷矿资源，根据其形成的环境条件不同，可分为：A型磷矿、B型磷矿和C型磷矿三种，从地层深处到地表依次分布。A型磷矿主要为磷灰石。C型磷矿是以纤维钙铝石和水磷铝碱石为主的磷矿，分布在近地表的土层中，使地表土壤呈暗红色。B型磷矿则是上述两种磷矿的混合物，分布在上述两者之间的过渡带。

磷灰石(含 P_2O_5 约38%)可以加工成过磷酸钙。但贮量丰富的C型磷矿由于其含磷量低(P_2O_5 在26%左右)，并且多半以植物不能利用的无效状态存在，而使它的利用价值受到限制。因此，如何改变C型磷矿的性状，提高其有效度，使它能更好地为作物提供养料，是澳大利亚磷矿开发利用的一个课题。

圣诞岛C型磷矿以含磷酸铝(铁)为主，其主要化学组成如表1(Gilkes and Palmer)。矿物组成主要是纤维钙铝石[erandallite, $\text{CaAl}_3(\text{PO}_4)_2(\text{OH}) \cdot \text{H}_2\text{O}$]，水磷铝碱石[millisite, $\text{Na}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{F}, \text{OH})$]和针铁矿[goethite, $\alpha\text{-FeOOH}$]，以及少

量磷灰石[apatite, $\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3(\text{OH}, \text{F})$]。

C型磷矿在不同温度下煅烧，其性状会发生一系列变化，磷的有效度也随之而改变。试验结果表明(表2, Milnes, Palmer and Gilkes)，随着煅烧温度的升高，矿石失水，因而全磷含量略有增加。但有效磷量占全磷的百分数(原始矿为5%)，开始时随着温度的升高而增加，于500—650℃时达最高(92%)，继续升温则又再次下降，在1050℃时，有效磷量甚至比原始矿还低。

X-衍射分析结果也表明，C型磷矿经过500—650℃煅烧后，纤维钙铝石和水磷铝碱石结晶峰消失，他们认为这些矿物已完全分解变成无定形物质。但当继续增加煅烧温度时，则又出现白磷钙石[whitlockite, $\beta\text{-Ca}_3(\text{PO}_4)_2$]和刚玉[corundum, $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$]的结晶，根据X-衍射分析结合差热分析(DTA)和热解重量分析(TGA)，他们提出C型磷矿在不同温度煅

* 此文根据澳大利亚专家A. R. Milnes 1982年的访华学术报告由朱荫渭同志整理，并参考R. J. Gilkes and B. Palmer (1981)和B. Palmer and R. J. Gilkes (1981)的研究报告编写而成。