

练好基本功 终身受益

——我的科学生涯(二)

□ 叶大年

我在北京地质学院学习了四年。第一年, 恰逢“大跃进”开始, 开学的第一周, 就是农业大跃进, 深耕密植的农业劳动, 地质学院院墙外临街的“空地”, 一律分给各系一年级新生种小麦。我们翻地两米深, 浇足大粪, 每亩下种一百多斤, 第二年夏天颗粒无收。这次愚蠢的蛮干, 却使我这个城市的孩子得到了终身难忘的知识, 生土是不长粮食的, 华北冬小麦的播种期是寒露和霜降之间……, 这些农业的知识, 使我在后来的野外实习接触农村和农民时, 没有出太多的洋相, 终身不忘, 这是我社会知识的“第一次基本功”训练。紧接着就是“教改”, 为了适应大炼钢铁的需要, 把普通地质学课程改为“综合地质课”, 采取“黄埔军校(训练班)式的教学方法, 即在半年内, 把矿物、岩石、地层古生物、构造地质学都采取“单科独进”授课, 即一门课“连轴转”上两三周, 除了下午有一个多小时的“体育大跃进”外, 连晚上都在“灌输”地质工作中最必要知识。地形测量干脆就搬到香山, 拿着经纬仪和水准仪在现场教学、地质测量(即填地质图)则是通过生产实习承包地质局的任务, 在实践中学习。几十年后, 回过头看, 也许这不是最好的教学形式, 许多同学因为教改功课没有学好, 但是我确实感到这种有蛮干性质的教学方法使我得到野外地质工作的基本训练, 拓宽了

视野。虽然我的专业是岩石矿物, 但是几十年后, 郝怡纯院士对我的古生物和地层的知识还颇有赞许。即使枯燥的地形测量学, 我也是努力去学, 使我懂得了误差的传递和累计、“游标”的设计原理, 均方根误差和最小二乘法的数学原理等等, 就这些不起眼的知识, 让我在之后的显微镜使用和 X 射线结晶学研究中获益。我的综合地质课的老师, 当时并不是讲师教授, 甚至连助教也不是, 是五年级的高班同学, 教矿物岩石是勘探系的陈代演(后来是贵州工学院的教授、世界唯一的独立铀矿床的发现者), 教地层古生物的是石油系的一位女同学章正坤(后来是地质科学院的研究员)、教地质测量的是刚刚毕业的普地教研室的助教潘福林。他们就是我的启蒙老师。

大学四年里我对数理化的基础课学习非常重视, 特别是各种化学课程, 普通化学、分析化学、半微量分析、物理化学和胶体化学、硅酸盐全分析等等。因为我深知, 学地质, 特别是学矿物岩石, 化学知识特别重要。五十多年的科研实践证明扎实的化学基础知识使我终身受益。我的化学基本功, 不但使我在岩石和矿物的科研中受益, 尤其是为我开拓矿物材料研究创造了条件。普通化学(即无机化学)的学时最多, 并由著名的张黯教授讲授。例如用元素的电子构

型来阐明周期表的知识, 使我在研究结构光性矿物学时, 揭示了许多规律。我还有一个博士研究生研究的题目是周期表和离子半径的关系。我在陶瓷釉料和色料的研究者中运用了周期表的知识。物理化学和胶体化学是由张昌明老师讲授的。我学习这门功课特别认真, 认真地做实验。因为张昌明老师特别强调它是理论岩石学的基础知识。基于对热力学、吉布斯相律、相图、平衡常数、分配系数、质量作用定律、亨利定律等等的理解, 我发现和论证了信阳变质带的 C 类榴辉岩、解决铬渣铸石废品原因、硅铝基水泥的水合作用机理、沸石水泥的抗冻融性能的理论解释……, 我能够从事不同领域的研究也是得益于热力学的了解, 因为热力学是最重要的基础知识。最近我们研究所教育处的同志告诉我, 在研究生授课时, 有关岩石热力学没有多少人选修, 选修同学甚至有课上中途退堂的。我想借这个机会向年轻的同行们提个醒, 热力学的知识太重要了, 要使自己的理论水平提高这是不可缺的基础知识。如果说我能在几个领域有看家本事, 靠之能吃饭的本事之一就是热力学的基本知识。热力学可以说是科学哲学, 学了它, 会使自己变聪明, 论证问题的能力加强。我还要借机为张昌明老师说几句话。他是著名的物理化学家黄子卿的门生, 在中国他首先为地质系本科学子开设物理化学和

胶体化学课程,并且力求使教材贴近地质的实际,我认为他的教学活动对中国岩石学研究水平的提高是有很大贡献的。由于身体健康和家庭的原因,在北京地质学院的搬迁中没有随迁,不得不以讲师的身份提前退休,我看是不大公道。

正如大家所知道的那样,矿物的密度是可以通过晶格常数从理论上计算出来的,计算时要用到亚佛加德罗常数。由于我能正确地理解亚佛加德罗常数是联系宏观物质世界和微观物质世界的桥梁,所以在我一生中通过亚佛加德罗常数,揭示出许多重要的规律,如分子体积的可加和性、地球圈层氧离子平均占有体积守恒律、硅酸盐“分子体积”的计算方法以及结构光性矿物学的一系列规律。我想地学界很少有人像我这样“钟爱”亚佛加德罗常数,与亚佛加德罗常数有那么深的缘分。

虽然在大学时期,物理学和数学的课时不多,我自己补了些课,在尔后的科研中仍受益匪浅,我的光学知识使我在陶瓷的研究中如鱼得水。欧拉多面体定律(棱数=顶点数+面数-2)使我得出“富勒烯笼”结构满足的不定方程和结构式的平面表示法。1958年,中国地球化学奠基人侯德封在创建中国科技大学地球化学系时的办学理念中就有加强数理化教育规定。我五十多年的经验,坚信“学好数理化,走遍天下都不怕”是有一定道理的。

我们学校岩矿专业的培养目标是省地矿局实验室主任,普查系的培养目标是区域地质测量队总工程师,因此大多数同学在学习时目的性十分明确,要学会真本事,我要求自己学会当时

实验室主任应该会的每一种技术。因为我立志向陈国达学习,要在大学生时就有所成就,就不能仅仅局限在学点技术能胜任实验室主任,我要当科学家。上个世纪五六十年代,每个人的人生轨迹是“组织”决定的,我深知今后自己的出路是,一到区测队当“建设时期的游击队员”,二到省地质局实验室。当科学家只有留校或分配科学院,这种机会的概率微乎其微,但我仍要力争。大学学习的四年中我要为这三种出路打好专业基本功,我要练就三个层次的基本功才能使自己有真本事,放到哪里都有靠它吃饭的真功夫。前面说过,经过半年的“综合地质”课学习——黄埔军校式的训练班的教学,又经过二年级暑期的生产实习、三年级的毕业论文的生产实习,我学会地质普查的一般方法,可以说是最努力的人之一,例如一年级实习收队了,同学都回家了,我还自愿留在山东省地质局招待所参加绘图工作。二年级实习是在山东蒙阴、临沂和临沭一带找金刚石砂矿,工作极其枯燥,但也是有所收获的,它促使我了解金刚石宝石学、矿物学和砂矿的知识,没想到十多年后,中国最大的一颗金刚石——常林钻石的鉴定任务交给了我。如果说一年级在山东的地质填图实习,使我学会了在富有古生物化石的沉积岩地区和变质岩地区工作的基本方法,熟悉华北地台下古生代的地层层序和标准化石,特别是三叶虫和腕足类化石,头足类化石,五十多年过去了,我至今不忘。那么三年级的生产实习任务是“滦平盆地中生代火山岩地层的岩石学研究”,我当了实习队的队长,对我的野外工作能力是极好的锻炼,

自己独当一面,从踏勘开始、选标准剖面、实测剖面、野外地质素描,计算绘图等等。我的指导老师是孙善平,他是中国最著名的火山岩石学家,他是我的良师益友,也是我一生中亲密接触时间最长的老师之一。在他的指导下,我的毕业论文获得很好的评价,也因此改变了我的人生轨迹。因为我的毕业论文,我进入了系主任池际尚教授关注的视野,以后才有批准报考研究生的事情。实验室基本功那可以说是地质工作者的“绝招”,张本仁老师特别告诫我,要学会单凭肉眼或简单的手段鉴定矿物的本事,他告诉我,苏联专家这样认为,他又说,徐克勤教授认为鉴定矿物要像认人一样,看一眼,听他一句话,就能知道他是谁。因此我很注意这方面基本功的训练。二年级时张本仁老师,给我一块大约 1 cm^3 的标本,要我鉴定,考察我是否有他说的那种本事。我经过一番观察和“测试”,鉴定出来,是彩钼铅矿。其实很简单,用手掂掂,就知道比重极大,目标就锁定在铅矿物,下面的程序就易如反掌。几年后,我到地质所当研究生,导师何作霖给我一个美丽的大晶体,要我鉴定,考察我的能力。如果按照常规鉴定就会损伤晶体,我用了十八世纪的接触测角仪,鉴定出它是符山石,接触测角仪是惠更斯时代结晶学“仪器”,何先生对我的鉴定非常满意。我凭肉眼鉴定矿物的本事是有“两把刷子”的。岩矿专业最重要的实验室的基本功光性矿物学的技能(它包括晶体光学、折射率油浸法测定技术、费多罗夫旋转台技术)和矿物的专门测试技术(它包括X射线粉末法、差热分析和晶体测量),前者是由地质学院才子邱家骧老师和池际尚教授讲

授,后者是由当时已经颇有名气的彭志忠副教授讲授。大学毕业在科学院地质所师从何作霖院士,他有一整套培养和考核岩石矿物学生基本功的程序,这种培训和考核连续进行了半年,我能在这些名师的指点下“学艺”是终身的荣幸。不仅仅是有名师的指点,因为这两种技术太重要,我还读过多部俄文和英文的经典教程,不是浏览,而是细读,有的可以说读到烂熟。至今我还可以说出这些书的精华所在。我的岩矿鉴定基本功也得益于外国名家。例如,我从罗多契尼科夫的名著《最主要造岩矿物》(俄文)一书中知道什么是“罗多契尼科夫色散”,如何观察罗多契尼科夫色散;从塔塔尔斯基的《油浸法》小册子(俄文)学会了实用的换油窍门,而不需要我国国内教程中的繁琐程序;从前美国矿物学会主席布拉斯的《晶体光学》(英文)中知道“贝克线”有色散现象,这本书关于光率体的插图非常直观。二十多年后,我见到布拉斯教授,告诉他,我细读过他的书,后来他还给我寄来再版的新书。X射线粉末法是鉴定矿物最有效的方法之一,我读过英文和俄文的教程就有五六种之多,练习了各种作业,特别是谱线测量、指标化、晶格常数的精确测定、复相样品的鉴定等等。有了这些基本功,日后使我在X射线粉末法鉴定造岩矿物上取得突破性进展,例如单斜辉石的鉴定,斜长石结构状态和成分的同时测定,最后我还出版

了《X射线粉末法及其在岩石学中的应用》一书。

从事科学研究的基本功是什么呢?我以为是发现适合自己研究的课题。前面说过,我要学习陈国达,想在大学本科学习期间就在科学研究上有所收获,所以我从大学一年级起,就在寻找自己能够研究的课题,如果说我后来有些成绩,就得益于有发现课题的能力。虽然我三次投稿没有成功,但是我在大学三年级就为自己选中了研究矿物光学性质与晶体结构之间关系作为“终身的奋斗目标”。特别是钱伟长教授指点我如何选题的要领后,我有一个小本本记录下我发现的“课题”,不时拿出来思考,时机成熟,“先投入战斗,而后见分晓”(拿破仑语),五十多年来,我不断有课题供自己研究,我从不去干别人干过的事情,更不去凑热闹,尤其对那些尚未解决的经典问题特别感兴趣。我一生的梦想是,自己的研究成果能写入教科书中,最高的理想是写入大学本科的教科书里。引以为快慰的是我的有些成果已经写入中英文矿物学名著中,遗憾的是,还未被写入大学本科的教科书中。

科学仪器是非常重要的,尤其是对于一个学校、一个科研单位而言,但是对于个人而言,科学仪器未必是最重要的,我以为最重要的是有没有发现研究课题的能力。我想告诫青年朋友:仪器条件差、甚至没有仪器也不是不能做研究工作的。用X射

线鉴定单斜辉石成分是多年没有解决的矿物学难题,用X射线同时测定斜长石成分和结构状态更是矿物学的老大难问题,都被我解决了,我不是科学的娇子,并没有很好的仪器,可以说我的仪器条件是最差的,差到不能再差了。我发现体积的问题是个“被忽视”的理论问题,在实际中又是特别重要的问题。例如一个矿床,我们理所当然地会注意到它的成因,但很少有人追问它的空间是从何而来的。我把宏观的和微观的颗粒随机堆积问题凝练出来,培养了两个博士研究生,没有花费国家一分钱买仪器设备。谁会相信不用一分钱仪器费、不买任何设备就可以得出惊人的自然规律呢?日本人三宅泰雄发现火成岩平均原子量为21,我和研究生张金民发现地壳岩石的氧离子平均占有体积是 0.021 nm^3 ,接近是个常数!我和研究生董麒发现正四面体的随机堆积最大密度是0.37,并且指出这个数值在水工建设上的意义。时隔二十年,中国数学家宗传明证明正四面体平移紧密堆积的最大密度,也是0.37。宗教授告诉我,正多面体能否堆满空间是2000多年前古希腊哲学家亚里士多德提出的命题,是希尔伯特提出的23个数学问题的第18个。我在这里无意炫耀自己的研究有什么高明,因为物理实验和数学证明不是一回事。正是因为“堆球问题”,我和宗传明教授成了忘年之交。