

左手画圆 右手画方

邓 耿 著

清华大学出版社
北京

版权所有，侵权必究。侵权举报电话：010-62782989 13701121933

图书在版编目（CIP）数据

左手画圆 右手画方 / 邓耿著. — 北京：清华大学出版社，2019

ISBN 978-7-302-52314-7

I. ①左… II. ①邓… III. ①科学研究—文集②京剧—文集 IV. ①G3-53②J821-53

中国版本图书馆CIP数据核字（2019）第028339号

责任编辑：宋丹青

封面设计：傅瑞学

责任校对：王荣静

责任印制：杨 艳

出版发行：清华大学出版社

网 址：<http://www.tup.com.cn>，<http://www.wqbook.com>

地 址：北京清华大学学研大厦A座 邮 编：100084

社 总 机：010-62770175 邮 购：010-62786544

投稿与读者服务：010-62776969，c-service@tup.tsinghua.edu.cn

质量反馈：010-62772015，zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn

印 装 者：

经 销：全国新华书店

开 本：170mm×240mm 印 张：16.75 字 数：236千字

版 次：2019年10月第1版 印 次：2019年10月第1次印刷

定 价：58.00元

产品编号：081748-01

感谢清华大学教育基金会

对“清华学生原创优秀作品出版支持计划”的大力支持！

序

彭刚（清华大学副校长、历史系教授）

还记得去年初秋的一个傍晚，在京郊凤凰岭下，与几位同事在山间漫步片刻，新认识的清华化学系博士生邓耿也在其间。忘记了具体在谈到什么话题时，我提到在一个有关清华校史的微信公号上看到的评论。邓耿的神情突然变得有些腼腆，告诉我那是他的个人公号。我在抓紧时间表达了“粉丝”偶遇“偶像”的欣喜之情的同时，也吃了一惊：因为那些文章中文字的质地和见识的老到，很难让人把它们与如此年轻的面孔再加上如此的专业背景联系在一起。

这本文集中所有的文字我都仔细看了一遍，对于邓耿兴趣之杂、涉猎之广，有了更多的了解。“广谱杂食”不难，难的是在自己下过功夫的地方，他绝不满意于浅尝辄止，而总是能够别有意会。集中的格律诗，我曾见到一位从事古典文学研究的朋友评论说，“虽置之古人集中不能辨也”。虽然，坦白地说，比之邓耿自身后来见解更加高明、文字更为精纯的一些文章，这里面的一些篇章还稍显稚嫩；但这位曾送给我一本自己写的化学教科书的年轻学人，在“左手画圆，右手画方”的时候，的确做到了圆是圆、方是方。

偶尔碰到邓耿，能够闲聊几句时，总能找到些有趣的话题。昨天碰面时，谈到一所大学如何给学生最好的教育。我说，可以用研究虚拟历史的

方式（比如假设一下，倘若不是德国人在“一战”后期将列宁一路送到了圣彼得堡的芬兰车站，20世纪初的人类历史将会有些什么样的变化），来设想一下这样的情形：假如进入清华的某些学生际遇有所不同，比如碰到了一个或几个既有亲密接触，其智识境界和人格魅力又能让学生追慕不已的老师，上过更多门在自己内心中留下深刻印记的课程，他们后来的成长轨迹应该会有些什么样的变化。邓耿则谈起他那一班同学少年的当初和现在，谈起张希院士的存在对于他这样的化学系学生意味着什么。跟邓耿见得不多，但他总有办法让我期盼着他的下一篇文章，还有下一次与他的闲聊。

一所好大学，总会有很多流传下来的故事和成为传奇的人物。一个生机勃勃的校园，也总在不断产生这样的人物和这样的故事。邓耿是讲述这些故事的好手，对故事的肌理和走向也有着非同寻常的敏感。我心里其实还暗自期望，他自己也会成为这些故事中的一部分。

2018年7月24日于清华园

目录

◎ 科学·评论	001
说说化学史上的“异端”	002
贵族时代的光荣与挽歌	006
“手性”的起源	009
从《哥本哈根》到《马兰花开》	012
科学与权威	017
我们为什么没有离开科学	023
当化学邂逅厨房	027
Bomb Pulse Science	
——核试验炸出来的科学	029
著书有风险 “入坑”需谨慎	039
谁最可能获得诺贝尔化学奖	045
批评科学的尺度	049
疫苗、公权力与科学技术	057
化学的终极问题	059
为什么生命科学领域质疑与“造假”频发	069

乌托邦母题如何走进科幻小说	073
科学技术是现代社会的掘墓人吗	077
渴望永生的人总是试图预言未来	084
化学需要什么样的理论	088
就算佛学大师等在山顶也无损科学的光辉	094
为什么可见光是“可见”光	102
 ◎ 文化·艺术	 113
钱江桥魂	114
大筛子	122
院士和博士关于“迷梦”的对话	127
旧思无因	134
从京剧《捉放曹》谈起	150
《搜孤救孤》与《赵氏孤儿》	153
英雄之死	156
漫谈京剧《文昭关》	160
地心引力	164
战白城	168
烧皇陵	174
别罗翰	181
战河间	187
挑黑龙	201

◎ 旧韵·新曲	209
和韦杰咏春诗	210
自京赴旅大口占古风	210
会友有感	211
鹧鸪天二首	211
春来诗兴	212
徒然	212
无端	213
自嘲二首	213
游西安赋得同韵三绝句	214
夏夜起兴	214
清吟	215
在美记梦联诗成二十韵	215
和韦杰五律二首	217
发沪前月台口占	217
辞京前作	218
春来偶感	218
夜读晏氏父子	218
忆秦娥·残秋月	219
走马	219
如梦令	220
菩萨蛮	220
鹧鸪天	221

五绝五首	221
碎章	222
送范瑞希之美利坚	223
七绝四首	225
送老范兼怀旧友	226
清华第八年	226
知行学长归国幸蒙召见慰谈因感远近往事反复思 之不已成诗记之	226
《物理有机化学》出版后题诗	227
访鬼	227
题化学系学生代表大会常务委员会历任 秘书长合影	228
学诗习作	229
断简	231
五月的气息	232
沉默	234
冰河	235
我将走遍世界,然后孤独终老	236
情人	237
闰	238
河流	239
野草里的秘密	240
天眼	240

捧花姑娘	241
陌生的脸	242
不要在拥抱时仰望星空	242
黑夜里的猫都是黑色的	244
地火	244
等待	245
那时候你还小	246
 ◎ 参考文献	 248
◎ 跋	255

科学·评论

说说化学史上的“异端”

本文和接下来的两篇《贵族时代的光荣和挽歌》和《“手性”的起源》都是为化学系报纸《清风化语》写的。《清风化语》的主要内容是化学系新闻和化学学科的介绍,因此也包括一些化学史内容。

“异端”本来是一个儒家称其他持不同见解的学派的词汇,强调的是与正统意见不相符合的主张或教义。不过在科学发展的历史上,“异端”倒并不一定是贬义词。很多时候,最后代表真理的往往是早先被公认的“异端”思想。科学进步的关键之一就在于提出问题。如果没有怀疑精神和独创思维,科学理论和科学思想都将裹足不前。在我们接受教育的过程中,鼓励奇思妙想、保护异质思维也一直是一个正面观点。然而由于历史和现实的原因,社会往往很难形成真正重视、包容“异端”思想的环境,更有许多伪科学打着“异端”的旗号混迹其间混淆视听。这都使得那些正确观点被遗憾地忽略以至于压制。

19世纪初,化学刚刚走出炼金术的摇篮,并开始成为一门严谨的自然科学。法国生物学家拉瓦锡通过精密的实验和逻辑推理,彻底消除了旧的炼金术残余理论在化学中的影响力。化学家们开始依据他的方法系统地研究元素及其化合物的组成规律和结构性质。英国化学家、物理学家道尔顿提出的

新原子论,无疑是化学进入一个崭新时代的标志。通过元素的归类和原子观念的重新建立,化学家们建立起宏观世界的物质同微观世界的组成之间的联系,打开了认识化学反应过程的大门。而新原子论的重要证据之一就是化合物的定组成定律。1799年,法国化学家普鲁斯特在研究了不同合成方式得到的碱式碳酸铜之后得出结论,其中各元素的组成质量比都固定不变(Proust, 1799)。这就是定组成定律的最早形式。

定组成定律提出之后,立即遭到了另一位著名法国化学家贝托雷的反对。贝托雷是拉瓦锡的同事和合作者,他在自己的《化学亲和力定律研究》(Berthollet, 1801)一书中阐述了亲和力观点下的化合物形成过程。他认为,亲和力就像重力一样存在于化学物质之间,主要受参加反应的物质用量调控。像碱式碳酸铜这种盐类之所以结晶成为具有固定比例的化合物完全是由于溶解度等特殊因素的影响。大多数化合物应当没有固定的化学组成。普鲁斯特同贝托雷进行了近十年的论争。他指出,贝托雷使用的许多化合物都未经提纯,带有不可控制含量的杂质。最终普鲁斯特通过精湛的实验技术测定了其他许多定组成的化合物成分,并以实验证据说服了贝托雷。定组成定律的建立对于新原子论的推广是具有积极意义的。

但是故事并没有结束。在对许多复杂晶体的研究中,人们逐渐发现了许多特殊的晶体并不满足定组成定律。不同条件下形成的这些晶体组成的确如贝托雷所言,与生成它们的物质用量有关。贝托雷的观点实际上是提前揭示了定组成定律本身仍然是满足某些限制条件下的近似规律。实际上,各种非整比化合物和可变组成化合物具有更加独特的性质。为了纪念贝托雷的先见之明,现在也将合金和其他成分可变的化合物命名为“贝托雷式化合物(berthollides)”(Naoe et al., 1982)。

更加重要的是,贝托雷提出的“亲和力受到参加反应的物质用量调控”观点,实质上是质量作用定律的一种雏形。他在自己的著作中阐述道:“当一种物质作用于某一化合过程时,……该过程不仅与这些物质相应的亲和能的大小有关,而且也 and 这些物质的数量多少有关。”(Leicester, 1971)但是

由于化学界对于定组成定律的认同,贝托雷的这些观点同时也被束之高阁,没有得到应有的重视。这导致数十年内化学家们热衷于静态化合物的合成、性质的研究,却忽视了动力学领域的研究。直到物理化学建立之后,经典的化学动力学才逐渐发展起来。真正的质量作用定律的提出已经是 19 世纪六七十年代的事情了。

站在历史的角度重新审视这场争论,对于双方的功绩都应当充分肯定。无疑地,今天如果还抱着一切化合物都应当满足定组成定律的观点,将会无助于化学研究的进一步深入。但是必须正视的是,在刚刚完成化学革命、初步建立起现代元素化合物等一系列概念的 19 世纪初期,贝托雷的思想过于超前了。人们后来发现,有意抑或是偶然地,普鲁斯特选择的化合物都是合成简单、易于提纯、在当时实验条件下不容易发生晶体掺杂的物质。他用来说服贝托雷的也是这些证据。对于道尔顿的新原子论来说,它需要的正是定组成定律这样简单明了的支持。而贝托雷的观点只能让新原子论一开始就建立在难以定量的窘境中,不利于这一理论赢得更多人的支持。因此化学家们选择支持普鲁斯特不是盲目的。

然而由于争论失败后贝托雷的观点被大众(甚至是贝托雷自己)长期忽视,化学家们在非整比化合物和化学动力学的研究上延误了半个多世纪。同时代也有如此遭遇的著名例子就是阿伏加德罗的分子假说理论。为了解释盖·吕萨克的气体定律同道尔顿原子论里假设的单原子气体之间的矛盾,阿伏加德罗提出分子才是组成单质和化合物的基本单元这一假说(Avogadro, 1811)。但是由于当时无法解释两个相同原子通过何种作用力相互结合起来,亲和力学说又被抛弃,分子假说长时间被认为是失败的理论。杜马针对磷、砷,尤其是汞蒸气的研究没有发现多原子分子的有效证据,凑巧的是汞蒸气恰恰就是单原子气体。这一实验结果给化学家造成的错觉严重阻碍了分子假说被化学界承认的进程。如果争论双方不是轻易的否定对方的全部观点,而是对其中的合理成分进行仔细审慎的理解,或者至少保持更大的宽容度,对于早期原子理论的完善和原子量测定工作无疑是具有更大的

积极意义的。

化学史上的主流将“贝托雷们”视为新原子论建立过程中的“异端”思想人物,但同时历史也对他们的先见之明给予了充分肯定,“贝托雷式化合物”就是一个例子。这让我们对科学发展过程中的自我纠错能力有了新的认识。“异端”思想如果确系真理,总会有合适的时间和环境让其成长为世人公认的科学原理。对于科学文化的这种自我纠错机制,我们要抱有充分的信心。当然,这个过程可能是十分漫长而曲折的,有时候甚至是几代人的迂回前进才最终看到真理的曙光。不过这也可能是科学另一个令人着迷之处——通过对相对真理的不断扬弃而逐渐接近绝对真理的光华。

定稿于 2011 年 11 月 24 日

发表于《清风化语》2011 年 11 月第 8 期 B2 版

贵族时代的光荣与挽歌

所谓《创世纪^①的第八天》，当然是套用了《圣经》中上帝花费七天时间创造世界的神话故事。书名把 20 世纪的分子生物学革命推崇为上帝创造世界之后最重要的事件，以至于应当列到创世纪的第八天中去，作者的苦心经营可见一斑。

这是一部通俗的科学史，又是一部严谨的畅销书。对于一般作家而言，科学史总是创作历程中的畏途，而当代科学史尤甚。这不仅是因为现代科学和人文之间的分野越来越大，而且是因为当代科学已经发展到了这样一种状态：随着知识总量的爆炸式增长，从前那种天才人物单枪匹马建造科学大厦的传统已经消失，取而代之的是众多研究者以及他们的博士生通过辛勤地添砖加瓦和频繁地相互交流完成巨大的科学拼图。这种状态导致了几乎没有人能够对自然科学甚至是它的某一分支一览无余，进而从历史的高度认识和分析科学车轮的前进轨迹。

巧合的是，20 世纪的分子生物学革命，既是旧时代的最后一次“英雄”行动，又直接开启了生物学崭新的研究范式。霍勒斯·贾德森，这位眼光老到

① “创世纪”意为《圣经》第一章 Genesis，一般应当译作“创世记”，但原文书名 *The Eighth Day of Creation: Makers of Revolution in Biology*，暗用 Genesis 的意思但没有明用。《创世纪的第八天》翻译时定名为“创世纪”，所以书评中也就一因其旧了。

的专栏作家,的确看准了这段科学史具有的黄金价值。提出 DNA 双螺旋结构的沃森和克里克,无疑是这个时代的天才人物。如果对比一下沃森的《双螺旋》和这本书,我们很快就会发现,沃森笔下的分子生物学革命更像是现实版的戏剧,而《创世纪的第八天》才更像真实的历史。究其原因,即使是功成名就的大师巨匠,都会有自己的偏见和盲点,也难怪他们笔下的科学史总是互相抵牾。而贾德森作为科学研究的局外人,通过大量真实的访谈和调查,并进一步条分缕析、娓娓道来,用研究社会科学的严谨办法为我们呈现了更加鲜活的历史事实。

更加重要的是,《创世纪的第八天》没有满足于将事实按照时间顺序呈现出来,而是将材料精心编排成科学发展历程的化石图谱。展卷读来,能让读者深刻的体悟到这场革命的来龙去脉,身临其境地认识和熟悉在这场革命中科学研究范式的保存和转变,并进而对现代生物学的发展方式建立起具体而微的了解。围绕着中心法则的三个核心问题(DNA、RNA 和蛋白质的结构与功能),作者从让人眼花缭乱的人名和众说纷纭的事实细节中逐步归结出分子生物学前进的主流方向,同时不忘那些值得关注的支流。当你潜在在作者潜心构筑的文本中漫游时,一幅分子生物学革命的画卷就在你的脑海中形成了。

作为一本畅销书,《创世纪的第八天》吸引那些非学术圈子的读者的原因也许是其中丰富的“非学术”和“半学术”细节,满足了大众对于神秘的学术圈子的窥探欲。在贾德森的笔下,原本应当端坐在科学史的画像中不苟言笑的科学家们化身为一个个活生生的普通人,科学本身在这种人情世故的润滑中也变得不那么面目呆板了。作为一名记者,贾德森对于学术文化和科学风气的观察,有时候比身在局中的科学工作者还要深刻。他将现代生物学研究领域的师徒关系、人际圈子、社会地位乃至学术交流的“潜规则”一一挖掘出来,呈现在读者面前,对于有志于从事这一方向科学研究的青年人来说不啻为绝佳的导游图。

然而,作者也有一些遗憾。当现代生物学进一步前进的时候,分子生物

学革命时代的彬彬有礼和绅士风格逐渐让位于更大规模的唯利是图和急功近利。《创世纪的第八天》力图展现一个错落有致、精细文雅,能够良性发展的科学社会,并且在很大程度上尽力保护这种科学文化。但知识的飞速积累势必将原先发轫于科学精英的革命推广到普罗大众,而这就无法避免对于贵族式的科学文化的破坏。对此,作者是有着悲观主义情绪的。

定稿于 2012 年 3 月 11 日

发表于《清风化语》2012 年 3 月第 10 期 B4 版

“手性”的起源

手性起源无疑是化学和生物学共同的世纪难题之一,有人甚至认为这将是一个比宇宙起源中的对称性破缺(一个跨物理学、生物学、社会学与系统论等学科的概念)更加难解的问题。但其实“手性”一词的起源同样曲折神奇,从一个侧面揭示了立体化学的发展历程,不妨简单回顾一二。

“手性”英文作 *chirality*,词源上来自希腊文词干 $\chi\epsilon\iota\rho$,意思是“手”。这个词最早是由大名鼎鼎的开尔文勋爵引入科学领域的,用以描述不能同自身镜像完全重合的空间结构。今天我们普遍使用“手性”一词描述那些可以具有天然旋光性的分子、晶体或者其他化学结构,“手性”的定义仍然遵从“不能同自身镜像完全重合”这一描述。

说到“手性”,就不能不把它同立体化学中其他两个相似名词进行比较:“不对称性”和“旋光性”。从严格意义上说,“不对称性”这种说法并不成立。我们知道分子根据其空间结构不同可以归属于各种分子点群,不同点群的阶数不同体现了对称性的高低;但即使是最低阶的 C_1 点群,由于具有 C_1 对称轴,仍然可以说具有一定的对称性。而我们常常认为的那些“不对称分子”,其实都有可能具有某些高阶对称性,也不仅仅只有 C_1 点群的分子才可能是不对称分子。下文还将继续说明它和“手性”之间的关系。“旋光性”则是一个实验性质,取决于实验条件、溶液浓度甚至是时间,与作为结构性质

的“手性”有着明显不同。分子不具有旋光性,不代表没有手性;反过来,具有手性的分子也需要在适当的条件下才能表现出旋光性。

但是人们认识“手性”的历史,却是同刚才讨论的过程恰好相反:首先是“旋光性”,然后是“不对称性”,最后才是“手性”。1815年,法国科学家比奥首先发现了某些有机物的水溶液能够使圆偏振光的偏振方向发生旋转,成为最早明确发现旋光现象的人。1848年是立体化学史上具有里程碑式意义的一年,法国科学家巴斯德成功地从显微镜下拆分了外消旋酒石酸铵钠盐的两种晶体,从而把分子旋光性同化学结构联系到了一起,揭示了旋光性的产生具有结构上的根源。

巴斯德把分子旋光性同晶体的空间不对称性联系在一起,并且认为这种旋光性是由于分子结构或晶体排列中存在一些“不对称的螺旋结构”或者“不对称的四面体结构”导致的。在这种思维方式的指导下,1874年,范霍夫和勒贝尔提出了碳原子的四面体结构学说,建立了立体化学。在他们的体系中,连接了四个不同基团的碳原子具有不对称性,因此是产生旋光性的根源。碳原子的空间结构这一革命性概念在当时解决立体化学问题中发挥了巨大作用。

但是随着研究的深入,人们逐渐发现所谓的“不对称性”和“旋光性”之间的关系并不是严格的对应关系。最初化学家们认可的不对称分子是指不含对称面和对称中心的分子,但有一些不含有对称面 and 对称中心、但具有 I_4 或者更高阶映轴的分子,按照定义应当是不对称分子,却是没有旋光性的。而具有旋光性的一些分子,例如酒石酸,同时又具有 C_1 对称轴,把它们归入“不对称分子”似乎也并不合理。为了解决这类问题,人们又提出了不对称 (asymmetry)、非对称 (dissymmetry) 和对称 (symmetry) 这一系列概念,可是问题被这些概念变得更加复杂了。

就在化学家们在立体化学问题上大打笔墨官司的时候,“手性”一词已经由开尔文勋爵在1884年的一次讲座中提出来了。开尔文勋爵给出了我们今天通用的“手性”的定义,并且深刻地预见到这一几何学特性将在物质结

构的描述中具有重大作用。但是直到 1904 年出版他的文集时,这次讲稿才公之于世,而开尔文勋爵本人 1907 年的逝世又使得这一概念再次埋没。直到 20 世纪 50 年代,人们才逐渐认识到,决定分子旋光性的根本因素正是分子能否同自身的镜像重叠,之前对于分子对称性的讨论完全可以通过引入“手性”这一概念加以解决。英国化学家怀特在《自然》杂志上发表两篇通讯,大力提倡“手性”一词的使用。

于是到了 1966 年,有机化学家英格尔德等人在德国《应用化学(国际英文版)》上发表了一篇划时代的论文,详细阐述了分子旋光性的来源,提出了手性绝对构型的 R/S 标记法。他们的工作迅速被 IUPAC 采纳为国际命名标准。此后,有机化学和立体化学领域的主要教科书都开始采用“手性”代替之前的“不对称性”。经历了一个半世纪的“手性”发现和定名过程至此才画上了句号。

虽然“手性”一词为化学家们接受了,但围绕着“手性”的科学争议一直没有结束。人们至今还不能彻底解释清楚从分子结构上的“不能与镜像重合”如何导致宏观尺度上的旋光性,也不能很好地定量预测未知“手性”分子的旋光性能。甚至有些人还把“手性”上升到哲学层次进行讨论。围绕着“手性”,还有很多科学话题有待探究。

定稿于 2012 年 3 月 30 日

发表于《清风化语》2012 年 3 月第 10 期 B2 版

从《哥本哈根》到《马兰花开》

《马兰花开》是清华大学话剧队 2013 年重点推出的话剧，演出期间赢得了全国范围内的声誉。但在 2013 年校庆期间上演之初，校内也有不少批评的声音。适逢类似话题的《哥本哈根》由国家话剧院来清华上演，特写下了这篇文章。

2013 年 4 月份，国家话剧院来清华演出《哥本哈根》，巧合的是《马兰花开》也正在这时首演。在前者演出的蒙民伟音乐厅和后者上演的新清华学堂之间，隐隐产生出一种张力。因为这两部剧有一个共同的话题：作为一个有道义、有良知的科学家，是否应当从事原子弹实用爆炸的研究？

当然，无论从话剧艺术的表现力和作品主题的深刻性来看，《哥本哈根》都要胜过《马兰花开》。前者反复追问的那些宏大思辨命题：科学与人类命运的关系、科学家与所属社会的关系、个人存在的终极意义，在后者中都被催人泪下的剧情和抑扬顿挫的演讲赶到了舞台之外。“原子弹”只不过作为一个抽象的泥塑木雕存在于后者，似乎是为了召唤前来献祭的生命，并让信众为之顶礼膜拜罢了。不过我们本也不应对后者要求过高，所以上面的苛责并不是本文的主旨。

巴斯德有一句名言：“科学是无国界的，但科学家是有祖国的。”人们常

常引用这句话来为科学家为国效力的行为作注脚。在巴斯德的时代,科学与政治之间并没有建立起紧密联系,它们之间的相互影响是通过各种微妙而间接的方式进行的。科学家的世俗身份和学术身份在这时候是分离的,科学研究无关乎政治立场的判断。因此巴斯德能够义愤填膺地拒绝波恩大学的名誉学位,并用上面的话为自己辩解。

但核武器改变了这一切。原子弹从开始在物理学家的脑海中形成构想的那一刻起就震撼了学术与政治间的秩序,并彻底改变了政治与学术的关系。从前的政治家们可能是科学院的施主,可能是学术界的票友,也可能是研究者的研究对象。但在原子弹诞生之后,科学家第一次成功改变了世界政治的游戏规则和话语体系。他们迫使政治家们重新认识战争、和平和世界的概念。核爆炸的阴影直接让存在与终极毁灭的问题摆在每个人面前,无论国籍、无论信仰。潘多拉盒子里的幽灵们一旦飞向人间,就再也不能收回来了。

海森堡在 1941 年有没有想到这一切,我们不得而知,但在《哥本哈根》中,这一点被凸显了出来。海森堡对玻尔说,“现在我们说了算”。掌握了制造原子弹秘密的人,就掌握了战争的胜负、世界历史的走向和人类社会的命运。这在此后的历史中一再被证明。学术与政治的界限模糊了:此刻学术的最高成果就是政治家手中的王牌武器。从那以后,各国政府,无论是专制的还是民主的,无论是自由主义的还是共产主义的,都必须紧紧依靠科学才能迈步前进。

现在再回到这个中心话题上来:作为一个有道义、有良知的科学家,是否应当从事原子弹实用爆炸的研究?毫无疑问,邓稼先的回答是肯定的。但在《马兰花开》中他给出的理由是一个杂糅了个人价值与国家需求的情绪化答案:人的个人价值要在实现国家目的中体现出来。这种解读如果用在人造卫星或杂交水稻上或许是可信的,但用在原子武器的研究上是失之肤浅的。很难想象,在 20 世纪 40 年代后期系统接受过美国教育的邓稼先不理解原子武器诞生对人类社会的历史意义,将他的心路依旧解读为个人与国家命运的选择,要么是削弱了剧本的说服力(假设邓稼先明知原子武器的威力),要么是

矮化了邓稼先的形象（假设邓稼先并不清楚）。

海森堡的回答是什么呢？在《哥本哈根》中，这种回答掩藏在种种闪烁其词和支离破碎的回忆中。他想要维持战争双方的均势，想要通过一个君子协定把这恶魔锁在潘多拉的盒子中。他像个幼稚的学生一样向玻尔说：“我们可以一起停下来！”殊不知人性并非是他想象的那般善良真诚，他的昔日朋友们也不可能相信他的真诚，今天的我们甚至都不能确定他的话到底是天真的提议还是老谋深算的计谋。人类求知的脚步不可能因为这样的偶然事件阻挡下来，即使他们达成了暂时的协定，总有一天会有人解开这种封印，恶魔就会逃出牢笼。

玻尔的回答是现实的。他对自己的学生怀有戒心，并没有说实话。但他参加“曼哈顿计划”的行动说明了他的回答。正如他的老对头爱因斯坦说的那样，“我们所以把这种武器交到美国 and 英国人民手里，因为我们把他们看作是全人类的信托者，是和平自由的战士”（1945年12月的演讲）。尽管与此同时，爱因斯坦还怀着另外的担忧，“要是我知道这种担忧是没有根据的（指德国的原子弹计划），当初我就不会插手去打开这只潘多拉盒子。因为我对各国政府的不信任，不仅限于对德国政府”（1955年3月致劳厄的信）。物理学家们希望，真正尊重自由、维护正义的人们能够束缚住恶魔的手脚，让它不致为祸人间。

但事实说明，物理学家们在政治上是不成熟的。第一颗和第二颗原子弹在战争行将结束的时候分别在广岛和长崎爆炸，既震垮了大日本帝国的斗志，也种下了东西方分裂与猜忌的种子。苏美两国迅速开始了军备竞赛，而这其中，原子武器是至关重要的一环。核试验、核讹诈和核威慑迅速成为国际政治中举足轻重的王牌，冷战对峙中的人们时刻生活在原子弹的阴影之中。

基于对人类命运的深切担忧，“二战”后在科学家中迅速兴起了反对原子战争、呼唤世界和平的大规模运动，而尤以那些参加过原子弹研究的物理学家们为甚。1949年成立的保卫世界和平委员会选举居里夫人的女婿，发

现人工放射性的法国人约里奥－居里担任主席。1955年4月，罗素与临终前的爱因斯坦签署了著名的《罗素－爱因斯坦宣言》，在宣言上签字的11人都是著名的科学家。

“搞一点原子弹、氢弹，我看有十年功夫完全可能”，这句话曾经被视为中国核计划发轫的标志。这种定位下的邓稼先，便以响应国家号召、为国奉献青春的形象出现在《马兰花开》中。但事实上，从《哥本哈根》走出的和平主义运动，与《马兰花开》之间的确有着深刻的联系。

1951年，居里夫人的学生杨承宗学成回国。他带回国的，不仅仅是玛丽·居里亲制的10克碳酸钍标准放射源，还有约里奥－居里让他转告毛泽东的口信。这位保卫世界和平委员会主席、核物理学家这样对他说：“……请转告毛泽东，你们要保卫和平，要反对原子弹，你们必须自己有原子弹；原子弹也不是那么可怕的，原子弹的原理不是美国人发明的；你们有自己的科学家……”杨承宗的话通过钱三强很快就转达到毛泽东的耳边。

如果人们相信杨承宗的人品和约里奥－居里谨慎的话，那么这样的忠告事实上反映了走出《哥本哈根》的物理学家们开始思考如何与核武器这个恶魔在世界上相处，而不是像海森堡那样企图把它关回盒子中去。核均势和核威慑无疑是人们发现的一个维持核武器不被滥用，避免人类毁灭的方法。苏联原子弹计划的成功，很大程度上是物理学家们维持核均势的一次成功尝试。

由此我们似乎可以看到，为什么一穷二白的中国会成为世界上第五个掌握核技术的国家；为什么20世纪五六十年代的中国军工科技始终有条不紊地开展，人才的回归、技术的开发、基地的建设，最终都百川归海似的为“两弹一星”服务；为什么中国政府的核政策会包括“绝不首先使用核武器”的承诺……物理学家手中蘑菇云的阴影，投射在中国前进的道路上。

我想，假如《马兰花开》中的邓稼先能够站在历史的高度审视中国核计划的历史地位，或许更加深刻，也更加震撼人心。杨振宁先生在上海听到他的口信时的喜极而泣，也许不仅仅是对中国人自主完成这一事业的感动，可

能还凝聚着数代物理学家在原子武器问题上的彷徨、惊惧、怀疑,最终超脱的复杂感情。再回到开始的话题上来,“作为一个有道义,有良知的科学家,是否应当从事原子弹实用爆炸的研究?”从《哥本哈根》到《马兰花开》,不过短短的四分之一个世纪,科学家们却转过了整整一个轮回。

定稿于 2013 年 4 月 30 日

发表于人人网日志

科学与权威

这是笔者为自然辩证法概论课程提交的论文,当时正值袁隆平院士因转基因问题陷入舆论旋涡的时候。

2013年年末,著名主持人崔永元自费前往美国调查转基因农业问题,使得早已沸沸扬扬的转基因问题再次发展为公共议题。著名科学家、中国工程院院士袁隆平公开声明自己早已开展转基因水稻研究,并认为“我们现在正在把玉米的碳四基因转到水稻上面来,提高光合效率,提高产量。这样的转基因有什么吃不得,玉米不是照样吃吗?我们现在吃的大豆,四分之三是进口美国豆,也是转基因”。此言一出,非但没有因为袁隆平的权威效应消解公众心中的疑虑,反而引来一片质疑与炮轰,攻击他“叛变”“沦陷”。

转基因食品安全问题从一个单纯的科学问题演化为公共事件,背后固然有种种原因,本文不作述评。以这一事件为契机,却可以观察公众对于科学权威的态度。从常识出发,对于转基因问题最有发言权也最享有公信力的正是袁隆平这样的科学家。一个正常的故事本来应当是:技术发现、公众质疑、专家辟谣、风波平息。可在转基因事件中,袁隆平院士的卷入非但没有平息公众的疑虑,反而被质疑了他的权威。由此我们不禁要问:在科学问题上科学家的权威地位到底来自何处?与社会关系如何?是利是弊?下面将就科

学与权威的问题作一简单讨论。

科学权威的形式和来源

所谓权威 (Authority),指的是社会中存在的“正当使用权力的权利”,马克思主义经典作家对权威问题是很重视的 (恩格斯,1872)。马克斯·韦伯也曾将权威分为来自传统习俗的传统权威、领袖魅力的魅力权威和理性制度的理性法定权威 (Weber,2009)。科学中的权威问题早就为研究者们所重视 (顾昕,1987;李醒民,2010),这种权威不仅存在于科学界与普罗大众之间,也存在于科学界内部。在大众看来,科学问题上科学家具有公信力和发言权,同时对于科学事业具有主导力,是大众认识科学问题的权威。在科学家内部,富于声望、成就卓著的科学家相对其他科学家而言具有更高的学术地位和领导能力,也就具有更大的权威力量,有人将其进一步细分为知识权威、导师权威和管理权威 (刘崇俊等,2010)。大众面前科学界的权威与科学界内部科学精英的权威,是科学权威的两种形式。

科学权威产生有其必然性。首先,科学本身的智力要求决定了并非人人都能参与到科学事业的发展和进步当中。人们常常说,“真理掌握在少数人手中”,在科学领域绝对不能搞民主投票:因为真正的真理只有智力拔群的极少数人才能发现并理解。只有具有一定智力、体力和其他合适条件的人才能通过科学人才培养的层层选拔,经受住来自世俗社会的种种诱惑,忍耐住在科学研究进程中伴随着的困难艰苦,最终成为科学事业的一员,也就是社会俗称的科学工作者,或者科学家。在古代,从事科学研究的人往往是来自贵族的高级知识分子。近代以来,科学知识和科学教育得到普及,但科学事业的发展依然只限于极少数科学家群体,大众只是享受到科学发展的成果而对其来源不甚了了。现代科学的发展更加迅猛,科学家群体内部已经严格分工化,大同行甚至小同行之间都有着很大差异,更不可能让公众对科学发展的全貌有一准确认识。在这种情况下,科学家成为公众的科学知识权威是理所

当然的。这是科学权威第一种形式的主要来源。

其次,个人参与科学事业的路径是权威导向的,来自权威的引导和管理,造成的也是新的权威。从某种意义上说,科学是一项十分功利化的事业:唯成果是从。科学研究的重要特征之一是其可证伪性,这也就为科学事业建立了客观的评价标准。科学家参与科学事业,就是参与发现、分析和解决科学问题的过程,在此过程中可能提出理论、进行实验、验证假说、调整设想,其总目的是得出新知。从科学人才的教育过程开始,年轻科学家们就被灌输这样的观念:科学研究要回答科学问题,解决重要的科学问题才是重要的科学家。重要的科学问题从哪里来?来自科学权威人士的观察与思考。投奔名师(权威引导),在科学大家的氛围中学习工作(权威管理),研究和解决重要的科学问题(个人的权威导向),最终养成的是新一代的科学权威。而在此过程中,不能得到权威体制认可的人被逐渐排斥和淘汰在科学共同体之外,失去了参与科学事业发展的机会。这是科学权威第二种形式的主要来源。

最后,科学事业的发展需要权威力量保证其可靠性和稳定性。虽然在科学史上常常有“科学革命”这样的说法,但科学思想方法以及其知识体系并不总在发生突变,而是在一代代科学家的推动下进化演变。在这一进程中,科学权威的存在保证了科学知识的纯粹可靠,他们监督着科学知识积累过程的学术道德和诚信问题,防止滥竽充数、粗制滥造的“私货假货”在科学知识中也占据一席之地。正是由于科学知识的复杂性,才使得大众认可这种方式不仅不能在大众与科学界间使用,也不能在科学界内部使用,只能委托给科学精英构成的权威力量对科学人才的优劣和科学知识的价值进行判断,并推进科学事业在这些精心挑选过的科学人才和知识积累的基础上朝着正确的方向发展。这对科学权威的两种形式都有促进作用。

科学权威与社会的互动

科学权威与社会之间存在着多样化的联系。作为社会的一员,科学权威首先来自于他生存的社会,具有特定时空下的历史局限性,受到所在社会的影响。这种影响可能是来自于社会的积极促进作用,也可能是来自于社会的消极打击作用。当社会提倡科学与理性、尊重学术自由和学术价值时,科学的权威得到保护,科学权威得以顺利成长起来,科学事业的发展也往往得到促进。当社会充斥非理性的思考、忽视学术自由和学术价值时,科学的权威受到践踏,科学权威也就一落千丈,科学家们成为在“文化大革命”中人人喊打的“反动学术权威”,科学事业这时很难发展。

科学权威反作用于社会,可以带来多种效应。作为大众信任的科学知识发现者和传播者,科学权威承担了宣传科学、普及科学的社会功能,在必要时还需要化解大众对科学的疑虑。科学由于其特有的知识难度特点,不可能让大众像科学家一样准确认知。而现实生活中大众又确有了解科学知识以规避风险、提高文化、扩展理性的必要。这时候信托的科学权威就成为完成科学知识从象牙塔中走入社会的重要一环。对普罗大众而言,尊重科学权威,并不是迷信盲从,而是正视自己的无知。他们不需要自己对科学有多么精深的认识,而讲这种认识交给自己信托的科学权威,由后者予以完成,并对大众宣传普及。当科学发展与大众的普遍认知、道德、伦理产生冲突的时候,科学权威依靠其对科学知识的了解,就可以对大众进行回复和辟谣,树立科学的正面形象,为社会全面正确地认识科学事业的发展提供有利条件。

科学权威作用于社会的隐性方式是通过科学成果对社会领域的入侵改变相应领域的行动方式。量子力学和相对论的先驱们当时可能没有意识到,他们提出的原子物理和核物理定律,日后竟然会成为核武器的物理基础。更让人们始料未及的是,核武器的出现深刻地改变了世界政治和军事格局,核相关的国家政治军事战略已经成为 20 世纪后半叶国际政治军事发展的主要方面。在这一历史变迁中,科学权威扮演的就是非主动的潜在角色:他们通

过自己的科学研究入侵到社会的某一领域（政治、军事），并进而改变了这一领域的行动方式。与之类似的，现代三次工业革命给我们带来了生活方式、交流方式、思考方式的巨大变革，其来源仍然大多数是科学权威。这里的科学权威，更多的是科学家与大众相比的权威，而非科学家内部不同层次间的权威。

科学权威的价值和风险

从功能主义角度出发，科学权威具有的社会互动角色就体现了其社会价值。当社会遇到科学相关问题时，不得不求助于科学权威从科学角度给予解决。1986年，美国“挑战者”号航天飞机失事之后，著名物理学家理查德·费曼旋即受命领导调查这一事件的原因，并在美国国会上用橡胶和热水向公众演示失事原因。这可以说是科学权威参与社会事务的消极价值：接受并完成社会求助。此外，科学权威基于自身的社会责任感和价值观，也可能主动参与社会运动，从而在其中发挥较为关键的作用。1940年，当物理学家们得知纳粹德国正在研究原子弹时，爱因斯坦等科学家就向美国总统罗斯福呼吁，民主国家应当在纳粹德国之前研究出原子武器。在罗斯福的支持下，“曼哈顿计划”启动，并最终研制出原子弹，彻底改变了战后世界政治军事格局。这可以说是科学权威参与社会事务的积极价值。

但正如一些研究者已经指出的那样，科学权威自身也是社会的一部分，在社会中会发生异化变质，带来权威滥用的风险（赵万里等，2009）。一方面，在科学共同体内部，当科学权威缺乏自律时，科学本应当遵守的学术道德规范就可能被其执行者——科学权威所践踏，从而导致学术自由的消失和学术风气的沦丧，这对于科学事业的发展是极其不利的。苏联生物学界在20世纪40年代受到米丘林-李森科学派的影响，在政治干预下强行驱逐了孟德尔-摩尔根学派的思想，结果导致苏联生物学研究的长期停滞和倒退。另一方面，在科学家与社会发生接触的过程中，如果科学权威没有正确认识科

学可能的风险,或者没有向大众传达全面正确的信息,就有可能误导大众错误地认识科学,造成社会对学术的误解和疑虑。更严重的是,学术权威与社会中存在的不良元素相互利用,给人类生活造成严重威胁。著名的化学家哈伯在第一次世界大战中发明毒气弹,就是一个反面教材。

回到本文开头的例子中,在转基因问题上,公众之所以对科学权威抱有怀疑态度,未尝不是源于科学权威自身存在的一些社会风险。因此我们必须正视科学权威存在的事实,全面认识科学权威的社会地位和社会价值。大众在科学问题上做出判断,必须依靠科学权威,而不能靠民主意见。否则,不仅科学的权威性得不到保护,学术自由和学术发展也会失去正确的方向,最终只能导致科学事业的停滞与倒退。

定稿于 2014 年 1 月 12 日

发表于微信公众号“听石先生的文字”

我们为什么没有离开科学

2012 年秋天到 2013 年春天,笔者和陈石、李婕、王昱佳等同学一同制作了一部访谈纪实片——《十年》。该片关注的是化学系化学生物学基础科学班从 2003 年成立起的学生发展情况。本文可以看作在《十年》拍成一年之后,笔者对自己科学道路的反思。

春天到了,我把衣柜稍稍整理了一下,换上一套春装,精神也随之焕发起来。春光明媚,繁花似锦,走在路上格外的逍遥快乐。

到了晚上组会的时候,听着报告,思想却开了溜,就想起当年买这身衣服的细微缘由来,不禁叫人哑然失笑。那些琐碎私密的细节和念头,虽然还因为其结果的存在而对我们今朝的生活发生着影响,自身却早就消失在时空的另一头,永远也回不来了。

《此间的少年》里面有段情节,穆念慈和她的女伴上完邱处机的竞赛课,互诉学习物理化学之苦。她的女伴决意退出,还要去吃冰火岛庆祝自己解放。穆念慈则因对杨康的一点念想,一直坚持了下来。到后来进入汴京大学发生的种种变故,原本也不是她当时所料可及的。

回想我们自己当初选择自然科学这条读书道路的动机,恐怕也都各异其趣。我记得那时文理分科刚刚结束,我还在为没有机会在历史学上深造而感

到遗憾的时候,就迷迷糊糊地参加了竞赛班的选拔考试。出榜的那天,公告栏附近人头攒动,我也随着人流挤过去看,却没想到自己竟是化学学科的第一名。从那时到现在,中间又发生了不知多少徘徊和选择,才最终来到现在这个地方。

经常有人问我,为什么来到化学系?我知道有个答案在某些人听起来会觉得虚伪,但无论如何这确实是当初我的真实想法:我喜欢化学。这就是那种质朴的,渴望求知,对客观规律饱含向往的喜欢。记得在八天七夜的留守日子里,我主要的消遣就是在几乎空无一人的12号楼5楼宿舍里面读 *The New Chemistry*,还把 R. Hoffmann 的序言抄在笔记本上。现在读来,不知几多滋味。

前不久与同学聊天,我们提到涨落和自由意志的问题,他更倾向于后者,而我或许更接受前者。毕竟人的见识视野和信息量总是有限的,任何一种当下最优解都不过是贪心算法的结果。虽然贪心算法不失为一个好的解决方案,但毕竟不能将人的奋斗凌驾于客观未知之上。与其患得患失地考量本就模糊不清的利弊关系,倒不如将之付之其他更简单的决断方法(例如穆念慈式的),而将自己的精神和智力解放到科学本身上。

观看了施一公院士最近的获奖视频,对其中一句话印象很深:“施一公啊,你长大以后,一定要给咱们驻马店人争光。”施院士确实做到了这一点。但如果要问,这是他从事科学的目的吗?恐怕在潜意识里面,这是他走入科学殿堂的最初动机,但却不是科学本身所望于科学家的目标。科学的目的不是名声,也不是大众的生活,更不是国家乃至种族的命运。

有人会问,科学难道不是正在逐渐走进大众的生活吗?怎能将科学与大众割裂开来呢?科学作为一种系统地认识自然的学术活动集合,有它自己专门的话语、仪式、偶像和祭坛,非经长期专门的培养训练和较高的科学天分,一般人不可能进入科学界,更不可能进行真正意义上的科学活动。科学产出的一次成果,乃是知识,而知识可以通过记忆习得,其门槛远比科学研究要低。因此科学活动的大众化与科学知识的普及完全是两回事。人人都知道

海王星的存在,可即使二百多年后接受了高等教育的我们,也没有多少人能够推演引力方程,从而求出摄动星体的轨道来,这就是科学活动与科学知识的区别。

打个比方,科学家的培养有点像绝地武士的选拔,开始需要通过一些试炼找到那些对原力掌握(科学技能的习得)有特殊天赋的孩子,这其中可能就通过炫目的绝地本领(科学知识)或者其他绝地拥有的世俗名利来吸引涉世未深的年轻人投身到艰苦的训练之中。但随着训练的深入和任务的复杂,这个过程会产生人员的大量淘汰。最终能够走进绝地议会会的,只有少数机会、天分和努力都超越平凡的人。正因为这一过程的专门性,人们不得不将其置于权威人士的监督和保障之下,而绝不能以多数人的浅见掩盖智者的真知。智者们通过世代交替传递了代代积累的科学研究方法和科学活动过程,在此过程中向社会贡献出科学知识,供工程学科采用。

这样来看,科学本就与它的产物没有什么目的关系。科学活动乃是科学共同体基于智力水平和共同兴趣的演化产物,这种活动的结果可能对于大众产生某些实际功效,甚至在某些时候影响到现实政治经济生活,但仍然只是科学自己并不关心的副产物罢了。用费曼的话来说,“Physics is like sex: Sure, it may give some practical results, but that's not why we do it. (物理就像性爱:它可能给出某些实用的结果,但这并不是我们从事于此的原因。)”这当然不是说科学家就不能涉足现世,但这与他作为科学共同体的一部分毫无关系,这只是他作为社会人活动的体现。哈伯制造毒气,爱因斯坦呼吁建造原子弹,大概都是这种例子。因果联系的薄弱,在这里又得到了体现。

对于个人而言,问自己为什么选择了科学,倒不如问自己为什么还能坚持在科学领域内工作或学习。因为自己选择科学的那些初始诱因,大都简单朴素,甚或荒诞无稽。经过了这么多年的科学培养,理应在科学共同体中学到科学更重要、更本质的东西。习得之后,要么放弃此道、转投他处,要么继续向前、探索未知,这就是科学人才成长发展的正途,而不必也不应将自己的坚持归结到当初那些朴素、荒唐的穆念慈式细节上去。

时问问自己是否要离开科学,不仅对于学生时代适用,恐怕在一切时候都是有必要的。在博士毕业、博士后出站、拿到教职、当上院士或是获得诺贝尔奖后,都可以随时退出科学领域。只不过这些退出有些体面光荣,有些灰头土脸罢了。一个人为科学做了多少贡献,肯定不在于他当初如何选择了科学,而取决于他在什么时候退出了科学事业。对于个人而言,从事科学与否,在社会生活中本没有什么特殊的荣誉,也没有什么特殊的恶意。退出对自己的折磨,也是一种解放,值得采取去“冰火岛式”的方法庆祝一下。

若要现在问我,为什么没有离开科学?我或许会回答:因为科学还没有抛弃我,它还需要我为它做些哪怕是墙角砌砖、檐头加瓦的事情。当然,我不否认存在那么微乎其微的可能——我还能进一步登堂入室,在科学活动中多留下几步。归根到底,或许可以说是科学选择了我以及其他同道中人,而不是我们选择了它。我们不离开它,是因为我们不愿意辜负爱我们的事物,也愿意带着我们对它的爱继续前行。

定稿于 2014 年 4 月 4 日

发表于人人网日志和科学网博客

当化学邂逅厨房

2014 年开始,化学系 2013 届本科生张倬瑞、李维唐、陈文锬等人主办了系内刊物《学堂化学志》,并邀请笔者为他们供稿。本篇和下一篇《Bomb Pulse Science——核试验炸出来的科学》都曾在《学堂化学志》上发表。

2014 年夏天,我在香港的时候从书店淘到一本有趣的书:*The kitchen as laboratory* (直译作《厨房就像实验室》)。封面照片是电磁炉煮着烧杯中的食材,一股 geek 的气息扑面而来。这本书是由研究食物化学和物理的诸多专家合著的通俗读物,用科学的手段一本正经地研究厨房中涉及的种种问题,诸如咀嚼薯片时的声音大小与薯片结构的关系、用冷冻电镜观察蛋糕内部的微米级孔隙结构、打发蛋清液时蛋白 / 蔗糖浓度与泡沫体积间的关系等脑洞大开的话题,图表、文献一应俱全,读来趣味十足。

化学与厨房的联系,自然比这本书要久远得多。如果把炼丹术士们也算作化学家的话,那么这种联系足以上溯到两千多年以前:传说豆腐就是西汉时期淮南王刘安炼丹的副产品。时至今日,在大众眼中,化学家和厨师仍然具有天然的相似之处。他们整天都与瓶瓶罐罐和其中盛放的奇怪固体或液体打交道,离不开对配方、气味、颜色的细致把握,更有趣的是都与加热的灶台日夜为伴。“我今天煮了一釜”“下午还要再开一锅”,听到这样的话,旁人

很难判断这是化学专业的研究生还是厨师学校的学徒说的,更不用说“一锅法”(One-pot)这种词汇早已经登堂入室成为有机化学的专业名词了。

然而化学在经历了科学革命之后脱离了炼金学的桎梏,成为一门有自己研究体系和方法的自然科学,厨房中的厨艺却至今还停留在经验描述和口传心授的阶段。这一方面与烹饪这门学问研究的体系太过复杂有关,另一方面也要考虑到美食的评价标准是难以统一的。随着工业化大生产的浪潮兴起的快餐工艺,虽然在食品科学家们的大力支持下取得了长足进步,却仍然不能代替传统厨房在人们家居生活中的地位。尽管在现代厨房的很多角落里已经渗透进了科学元素,真正的厨艺依然被认为是依赖于经验而不是依赖于实验事实和理论总结的。

事实上,在厨房这个领域中,化学工作者是大有可为的。今日高分子科学的发展已经使得我们可以有效地研究和理解那些与我们的饮食紧密相关的大分子:淀粉、蛋白和纤维素。烹饪中应用的溶剂(脂肪和水)、离子(盐)、添加剂(糖和醋)以及微量的香料都已经被现代化学揭示了其结构和主要功能。更进一步,人们追求的食材颜色、气味和口感特征如果能够被结构表征和性质测定手段一一规范化,那么厨艺成为科学的一部分就为时不远了。

上述这些并非是不切实际的空想,而是正在发生的现实。1988年,英国物理学家 Nicholas Kurti 和法国物理化学家 Hervé This 一同提出了“分子与物理美食”的理论,其后更简称为“分子料理”(Molecular gastronomy,法语 Gastronomie Moléculaire)。他们宣称,通过对食材进行分子层面的研究和重新组装,不仅可以将传统厨艺的精华保留,还可借由此种方式探索开发出全新的食物体系。从那时起,“分子料理”声名鹊起,受到主流厨艺的关注和认可,以“分子料理”为招牌的新型餐馆迅速涌现,带动了美食界的新风尚。当厨房邂逅化学,新的世界正在为我们打开。

定稿于 2014 年 11 月 29 日

发表于《学堂化学志》2014 年第 7 期

Bomb Pulse Science

——核试验炸出来的科学

政治与科学之间存在着相互交织的联系网络。20 世纪给科学与政治间的关系遗留的最重要遗产无疑是核能。原子物理和核化学的发展催生了核武器,改变了 20 世纪后半叶的国际政治规则和格局,并使得科学发展与国运盛衰前所未有地紧密连接在一起。而伴随而生的核能开发、核工业与核战略研究,又是现实政治交给科学界的重要课题,推动了相关基础理论与应用技术的发展。但除了这些宏大叙事之外,在科学的其他地方,政治以令人匪夷所思的方式介入学术研究中,并出人意料地扮演了推动科学进步的角色。原本是政治和军事行为的地面核试验,就在它们发生几十年后炸出来一系列科学发现。

1945 年 7 月 16 日,美国在新墨西哥州的荒漠中爆炸了人类第一颗原子弹 “The Gadget”,这也是有记载的人类第一次核武器试验。早期的核武器试验以及两次核武器投入实战都是在大气层中进行的,截止到 1960 年,美、苏、英 3 个掌握核技术的国家已经进行了超过 200 次核试验,总爆炸当量超过人类之前所有战争释放的 TNT 当量之和。科学家们很快就发现,大气层核试验造成了严重的生态后果。一般大气层核试验的引爆地点包括地面靶标、高塔顶部、飞机投掷、气球悬挂和火箭发射等,高度从地面到对流层不等。爆炸产生的放射性残留物不仅落在当地,还随着大气环流进入全球环境中,造成

世界范围内的放射剂量的上升。为了避免进一步军备竞赛和大气层核试验造成更严重的放射性污染,1963年8月,美、苏、英三国在莫斯科签订《部分禁止核试验条约》,禁止了除地下核试验之外的一切核试验。这一条约遏制了大气层中放射性物质的增长,但法国和尚未爆炸原子弹的中国并未签字。1974年法国停止了大气层核试验,1980年中国结束了最后一次大气层核试验,标志着人类大气层核试验的结束,此后各国只进行地下核试验。1996年,各主要有核武器国家签署《全面禁止核试验条约》,此后除了印度、巴基斯坦和朝鲜在国际社会强烈抗议下分别进行了数次地下核试验之外,人类核试验基本停止。世界范围内曾发生核爆炸地点的如图1所示。

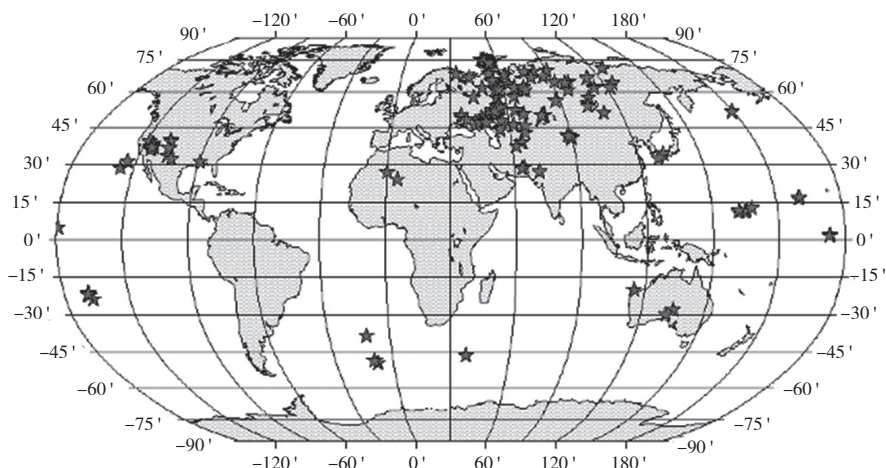


图1 世界范围内曾发生核爆炸的地点 (Yang等,2003)

大气层核试验的一个重要后果是使得放射性同位素在世界范围内的丰度显著上升。放射性同位素的来源主要包括三个方面:核试验的原料如 ^{238}U 、 ^{239}Pu 等核素;核裂变的产物如 ^{140}Ba 、 ^{137}Cs 等核素;核聚变的产物如 ^3H (T)、 ^{14}C 等核素。一方面由于大气环流的运行;另一方面由于主要核试验场地位于世界各地,南北半球、沙漠海洋都有分布(美国在内华达沙漠和马绍尔群岛,苏联在新地岛和哈萨克斯坦的塞米巴拉金斯克试验场,英国在澳大利亚和圣诞岛,法国在阿尔及利亚,中国在罗布泊),核试验产生的放射

性同位素很快扩散到全球。以 ^{14}C 为例,国际原子能机构(IAEA)根据联合国关于原子辐射影响的科学委员会(UNSCEAR)报告估计,核试验释放的 ^{14}C 给全球总计带来的放射性活度高达 $2.2 \times 10^{17} \text{ Bq}$ (Gonzalez, 1998)。对比中国国家标准《食品中放射性核素通用行动水平》中规定,每千克一般食品中 ^{14}C 的放射性活度不能高于 10^4 Bq (武权等, 2012),可见核试验释放的 ^{14}C 放射性水平已经相当可观。

由于碳元素的特殊重要性,在 1940 年发现 ^{14}C 后不久,对环境中的 ^{14}C 自然本底含量及其历史水平的研究就已经开始。天然本底的 ^{14}C 主要通过宇宙射线带来的中子被高层大气中的 ^{14}N 吸收产生,并以 $^{14}\text{CO}_2$ 等形式迁移到大气层底部,并进而进入生物圈、水圈和岩石圈。近一万年以来, ^{14}C 的产生与衰变长期随宇宙射线通量涨落在一定范围内涨落 (Damon 等, 2000)。进入工业革命时代后,大气层中 ^{14}C 的含量呈现下降趋势,这是由于人类大量燃烧化石燃料造成的 Suess 效应:来自远古生物遗体的化石燃料距今年代远超过 ^{14}C 的半衰期,其中的 ^{14}C 已经基本衰变消失,因此化石燃料燃烧后释放的 CO_2 相当于稀释了大气中原本含有的 $^{14}\text{CO}_2$ (Tans 等, 1979)。到 1950 年,大气中 ^{14}C 的含量相对于 1850 年的平均含量已经下降了 2.0%。但很快,核试验积累的 ^{14}C 就造成大气层中 ^{14}C 含量的急速上升。从 1950 年到 1963 年全面停止大气层核试验期间,对流层中的 ^{14}C 含量增加了将近一倍,造成了一个非常显著的峰值,这被称为 ^{14}C 含量的“Bomb Pulse”(核爆突跃),如图 2 所示。此后,由于大气层核试验的停止和生物圈、水圈以及岩石圈的吸收, ^{14}C 在大气层中含量以指数形式减少,半衰期约为十一年 (Hua 等, 2004)。

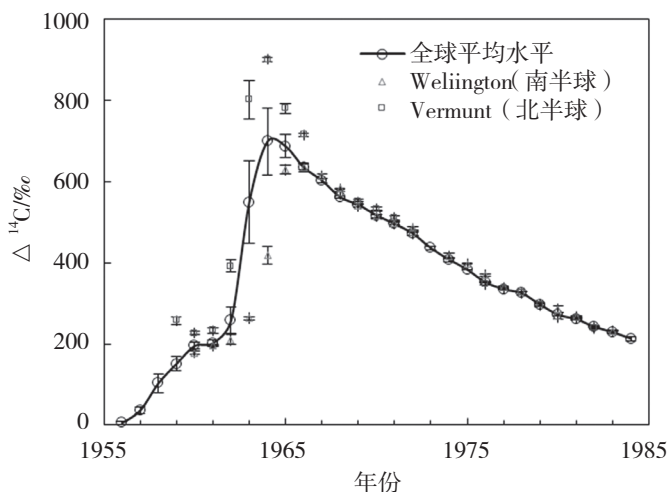


图2 1955—1985 年全球夏季大气层中 ^{14}C 含量相对天然本底增高比例图

注:由于受到季节、大气环流和生物活动的复杂影响,不同季节、不同地点的 ^{14}C 含量存在差异。图中显示将全球 32 个观测点的夏季观测数据加权平均得到的全球夏季平均值,以及以新西兰的 Wellington 代表南半球和以奥地利的 Vermont 代表北半球的夏季观测数据。数据来自 Hua 等(2004)。

大气层中 ^{14}C 的产生自然导致海洋、陆地和生物体内 ^{14}C 含量的升高。这种升高来自于地球碳循环导致的积累。进入大气层的 ^{14}C 并非因衰变而逐渐减少(^{14}C 的半衰期是 5730 年,远远大于上述事件的时间尺度),而是由于海洋和生物对 $^{14}\text{CO}_2$ 的吸收或交换而发生的减少。海洋以碳酸或碳酸盐的形式将 $^{14}\text{CO}_2$ 固定在深海中,植物通过光合作用将 CO_2 固定为碳水化合物,动植物还可以通过呼吸作用与大气层交换 $^{14}\text{CO}_2$ 。实验和模型证实,大气层核试验产生的 ^{14}C 首先在平流层积累,之后通过大气环流和对流交换扩散到对流层,进而在大洋和生物圈中富集(Levin 等,2000)。20 世纪 50 年代以来对世界各地的树轮进行逐年 ^{14}C 含量测定的结果显示,树轮中显示的 ^{14}C 含量增高的比例和趋势基本与大气层中的比例和趋势一致(Hua

等,2004)。对人类头发和血样的 ^{14}C 分析也给出同样类似的结果(Nydal等,1971)。

对传统放射性碳元素测年法而言,大气层和生物圈内的 ^{14}C 含量的异常升高对测年准确性是不利的。根据 ^{14}C 衰变一级反应的动力学积分方程 $\ln(c/c_0) = -k\Delta t$ (其中 c 是生物样品在测定时的 ^{14}C 丰度, c_0 是其停止与环境碳交换时的环境 ^{14}C 丰度, k 是速率常数, Δt 是样品距今的时间)不难发现, ^{14}C 含量的异常升高造成实际 c_0 值的异常升高。然而,也正因为这一异常升高的存在,使得 ^{14}C 定年法可被用于过去无法应用的一些场合。这是因为,大多数生物的正常寿命远远小于 ^{14}C 的半衰期,这使得利用 ^{14}C 标记生命体的年龄和发育基本上是不可能的。但如果环境给生物体造成一个 ^{14}C 含量的突增和随后的弛豫过程,并且这一突增和弛豫的时间尺度与研究对象的时间尺度可以比拟,就可以利用这一过程的表观动力学行为分析此类问题。“Bomb Pulse”正是满足条件的环境扰动,它造成生活在1955年之后的不同年龄的生物样本具有不同的 ^{14}C 丰度(Geyh,2001),从而为确定这些样本的年代提供了条件。根据 ^{14}C 衰变的方程计算得到的北半球不同年份的生物样品中 ^{14}C 含量随年份变化如图3所示。计算结果说明, ^{14}C 衰变的慢弛豫使得样品保存了它与环境停止碳交换时的 ^{14}C 含量信息,而后者可以依据监测数据精确标定,这实际上相当于标定了样品的年代。不仅如此,由于 ^{14}C 来自环境本底的自然增加,这一标记对生物样品完全无损伤、无干扰,忠实反应了真实情况下的生命现象,研究者只需要借助诸如加速器质谱(AMS)之类的快速高分辨质谱分析手段,辅之以适当的数学建模(Bernard等,2010),就可以解决问题,有人将这类研究命名为“Bomb Pulse Biology”(Falso等,2013)。

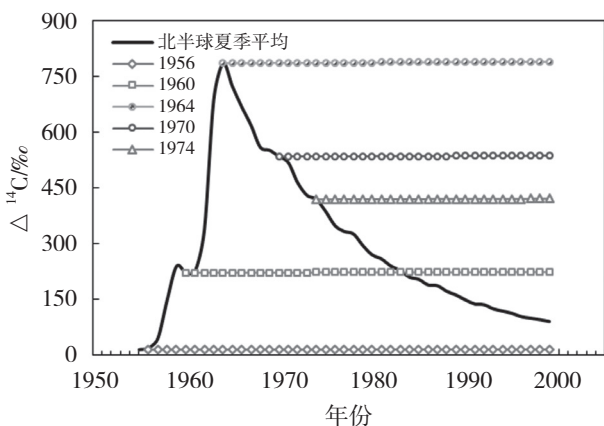


图3 北半球不同年份的生物样品中 ^{14}C 含量随年份的变化

注:图中计算了样品在1956年、1960年、1964年、1970年、1974年等5个代表年份停止与环境碳交换之后的 ^{14}C 含量衰变情况,假设样品初始时与北半球夏季大气中 ^{14}C 含量保持一致。由此可见在测量时(设为2000年) ^{14}C 几乎没有衰变,记录了样品形成时的 ^{14}C 含量信息。

最早应用这一方法的研究工作可能是1983年Druffel等人研究胆结石形成年龄的工作(Druffel, 1983)。随后的20年中,可能是由于生物学家的知识所限,只有零星的报道涉及这一方法(Campana等, 2002)。直到十多年前,这一方法才又重新进入人们的视野。2005年,瑞典卡罗琳斯卡学院的Jonas Friséen课题组在*Cell*上发表文章*Retrospective Birth Dating of Cells in Humans*(《人类细胞的可追溯定年法》),并被选作该期封面,如图4所示,首次系统地建立了利用 ^{14}C Bomb Pulse 测定人类细胞年龄的方法。人们知道,在不分裂的真核细胞中,细胞核中DNA分子不再复制和更新,因此细胞核中DNA分子中的同位素丰度水平与这个细胞从分裂中产生时的环境同位素丰度水平是一致的,记录了细胞产生的时间信息, Friséen等人在文章中称之为“时间胶囊”(Time Capsule)。通过生物化学方法分离细胞核中的DNA,再利用AMS精确测定其中 ^{14}C 的相对含量,就可以通过前述的定年方

法确定细胞的年龄。过去使用 5- 溴尿嘧啶（5-BrdU）标记的方法需要志愿者口服相应药物,耗费的时间和成本很大,并且也存在潜在风险,而同位素法完全没有这些问题。Frisén 等用这一方法测量了成年人大脑皮层中神经细胞的年龄,结果与个体年龄一致,支持了出生后大脑皮层细胞不再分裂的观点。同年 9 月,他们更在 *Nature* 上发表了一篇一页纸的短通讯 *Age Written in Teeth by Nuclear Tests*（《年龄被核试验写在了牙里》）,报道了使用牙齿中的 ^{14}C 含量确定人类年龄的方法,引起广泛关注。

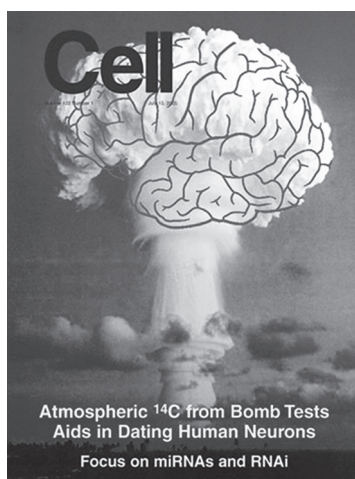


图 4 *Cell* 封面

测定细胞年龄最直接的用途便是研究组织、细胞或生物分子在天然条件下的自发更新（turnover）。如果细胞年龄显著小于人体年龄,则可以判断细胞在发育形成之后存在更新现象;反之,如果细胞年龄接近人体年龄,则说明从细胞诞生以来基本上不存在更新现象。更进一步地,由于测得的细胞中 ^{14}C 含量是参与细胞更新的细胞（与新合成时的环境 ^{14}C 含量一致）和不参与细胞更新的细胞（与出生时的环境 ^{14}C 含量一致）的平均值,利用数学方法分析此值可以得到细胞更新的频率。Jonas Frisén 及其课题组的 Kirsty L. Spalding 等人利用这一方法对诸多人类组织进行了研究。他们发现,传统上认为难以在出生后继续更新的心肌细胞和海马体神经元细胞都有更新现象:

心脏在人的一生中会更新不到一半的心肌细胞,更新速率从 25 岁时的每年 1% 逐渐降到 75 岁时的每年 0.45% (Bergmann 等, 2009);而海马体每年会更新 1.75% 的细胞,成年人每天都会有 700 个新神经元细胞在海马体中产生 (Spalding 等, 2013)。这两项发现对于心脏疾病的治疗和人类高级神经活动机制的研究具有重要意义。

在超重与肥胖问题上,他们还开展了系统性的工作。过去人们发现,脂肪细胞的数量在成年后没有明显增多。但他们通过细胞定年方法发现,每年大约有 10% 的脂肪细胞被更新,只是由于新生和凋亡的数量大致相同才维持了其数量的平衡 (Spalding 等, 2008)。进一步研究发现,脂肪细胞中的脂肪 (以甘油三酯为代表) 在脂肪细胞平均十年的寿命中会更新六次,并且其代谢情况与脂肪细胞的代谢密切相关。超重人群的脂肪产生速率不变,而消耗速率减缓,导致脂肪累积;而脂肪产生和消耗速率的同时减慢则会导致脂肪细胞分流脂肪能力的降低,导致高血脂症 (Arner 等, 2011)。这些结果说明,肥胖来自于脂肪细胞成长时期的脂肪积累,这种积累与调节脂肪细胞中脂肪消耗的基因和酶有关。也就是说,那些一吃就胖的人,他们的脂肪细胞很可能代谢脂肪能力不足;而那些脂肪细胞消耗脂肪速率很高的人,怎么吃都吃不胖。他们的研究有助于建立靶向性的减肥疗法。近几年来,其他课题组陆续有类似方法的工作发表,诸如研究胰腺中分泌胰岛素的 β 细胞的更新 (Perl 等, 2010)、研究跟腱组织的自愈 (Heinemeier 等, 2013) 等工作。相信随着这一方法的广为人知,利用 ^{14}C Bomb Pulse 研究生物问题的工作将会越来越多。

除了在生物领域之外, ^{14}C Bomb Pulse 还给地球化学中研究自然界碳循环问题提供了重要工具。通过对大洋深处 ^{14}C 含量在 1950 年到 1990 年间的监测和模型拟合分析,人们发现实际结果比原先的预测少 25%,说明原先的工作高估了大洋吸收 CO_2 的能力 (Hesshaimer 等, 1994)。在全球变暖和碳排放日益增多的话语体系下,这种高估无疑削弱了人们对限制碳排放的迫切感。另一个非常有趣的例子是 ^{14}C Bomb Pulse 定年法在法庭证物中的作

用。过去人们难以确认近百年中有机物质的生产时间,使得在某些案件中确定罪证变得十分困难,而利用 ^{14}C Bomb Pulse 就可以相当精确的确定有机物的生产时间。对 1958 年到 1997 年间的红酒中的乙醇进行 ^{14}C 含量分析进而确定生产年份,其精确度可以达到 1 年以内,如图 5 所示。而对于 1992 年到 1995 年间生产的可卡因进行类似分析也可以达到相似的精度 (Zoppi 等, 2004)。由于碳元素分布的广泛性,这一定年方法相比其他同位素来说具有独特优势。

由 Bomb Pulse 所产生的放射性同位素至少还有 30 余种,理论上它们都可以在适当的条件下被用作标记研究生物圈和其他地球化学问题。早在 20 世纪 50 年代,核爆炸产生的 ^{185}W 就已经被用于研究平流层气象学了 (Feely 等, 1960)。到今天,核爆炸留给我们的这一份放射性同位素遗产仍然是某些科学发现的产出来源。

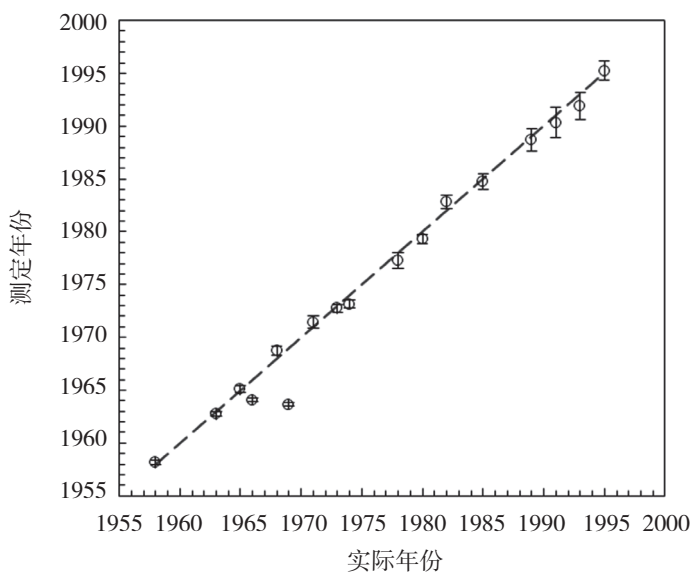


图 5 对红酒中的乙醇进行 ^{14}C Bomb Pulse 定年
分析的测定值与实际值关系

注:虚线表示测定年份等于实际年份的参考线。数据来自 Zoppi 等 (2004)。

地面核试验无疑是人类在冷战时代的疯狂行为之一,它造成的局部环境污染和全球生态效应可能在今后的很多年中还需要人类自己为之付出代价。但没有什么事情是有百害而无一利的,Bomb Pulse 及其带来的放射性同位素定年法就是一例:原本与之毫不相干的生物现象和人类健康问题,却可以利用核爆炸来提供解答。站在科学发现的立场上,人们或许会这么怀疑:到底是政治利用了科学,还是科学利用了政治呢?

定稿于 2015 年 4 月 11 日

发表于《学堂化学志》2015 年第 4 期

著书有风险 “入坑” 需谨慎

自 2013 年起,笔者长期担任本科生“物理化学”课程的助教,积累了不少心得体会,并参与到系里的课程改革中去。本文即是相关生活的一点体现。

傅献彩主编的《物理化学》第五版(2005)第 300 页上有一幅硫酸铵-水的水盐相图(图 1),对相图略有所知的读者都会知道,这是形成简单低共溶物的二组分体系代表相图。但这幅图上有两条线(PY 与 PX)很奇怪,明明不可能是相分界线,却被标成了粗实线,正文中也找不到一处解释的文字。这学期学生前来答疑时,有人问到这一点,引起了笔者索隐的兴趣。

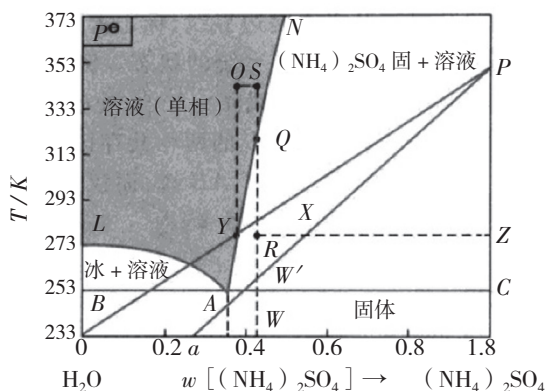


图 1 《物理化学》(第五版)水盐相图

我手里就有该书的第四版（1990），这版中也有这张图（图2），不过显然与第五版的图面貌相差较大。《物理化学》2005年重版时全部改绘了套色插图，旧版中的线描图都舍弃了。第四版显然正确地将这两条线标记为点划线，暗示这是用来说明问题的辅助线（如图中其他虚线一样）。但正文中也没有说明这两条线的用处。此外，第四版的许多细节与第五版不同： x 、 y 、 z 点都是用小写字母标记的（而第五版是大写字母）； y 与 R 点之间存在一段虚线（而第五版中没有这段线）； x 点的位置更接近60%处。后面我们将看到，这几个细节是重要的。

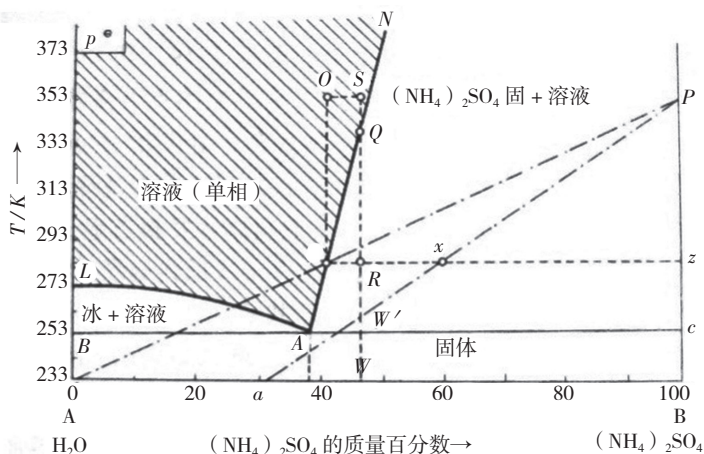


图 2 《物理化学》(第四版)水盐相图

为了查考辅助线的准确意义,我又去图书馆借来该书的第一版(1961)、第二版(1965)、第三版(1979)参看。第三版的正文和图与第四版基本一致(除了纵坐标为摄氏温标外)。第一、二版则在正文中多出一段文字,揭示了这两条辅助线的用处:用来从图上直接读出两相区的成分比例。设 x 点为硫酸铵质量分数为60%的点,则根据杠杆规则, y 、 z 两点分别是两相组成,线段 xy 和 xz 的长度之比是 z 与 y 对应的组分的质量之比。那么根据相似三角形的规则,先从0点过 y 作直线交右坐标轴于 P 点,再延长 Px 线到横坐标轴上的 a 点,则 a 点对应的横轴值(约31%)就是 z 代表的硫酸铵固体在

两相混合物中所占质量。第一版和第二版的主要区别是第二版将第一版手绘的图（图3）改成了印刷版线描图。

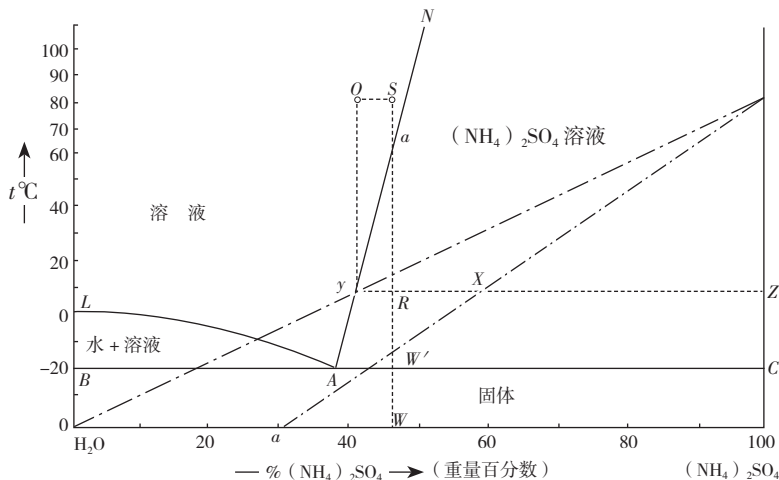


图3 第一版水盐相图的手绘图（复制）

到此回顾,就可以看出该书此图的流变过程:第一版首先引入了插图和图示读出杠杆规则的方法,但图表略显简陋;第二版沿袭并改绘成印刷版线描图;第三版删去了正文文字,但此图仍然没有改绘;第四版保持了第三版的内容,只是做了国际单位制的矫正;第五版本应利用全部改绘的机会修正这个错误,但修订者已经对此图来源缺乏了解,结果导致了错误的扩大。前面我们提到了第五版和第四版该图的细节不同,现在看来都正好反映了绘图者的误解:小写字母标记各个点是为了与图上其他用大写字母标记的另一套点区分; y 与 R 点之间没有虚线会使得辅助线完全无法理解; x 点的位置也是固定的而不是随意的。

该书之所以形成了这样的流变过程,与其历史有关。1961年第一版时正值“三年困难”时期,印刷精度有限,纸张都是泛黄、粗糙的。加之书成众手(虽然以南京大学的讲义为底稿,但还有北大、复旦、吉林、北师大等学校参与,不乏陈懿、江元生、刘若庄等后来的院士),不可能面面俱到。第二版由傅献彩先生为主修订,弥补了第一版的缺憾。第三版是在“文化大革命”后

1979 年教材出版高峰中诞生的,增删内容较多,时间也较紧,有小的疏漏是难免的。第四版仅在第三版基础上稍作修改,编者疏忽了这一点。本来第五版重绘插图,是修正这张图的机会,但可能傅先生自己已经不能亲力亲为每个细节,而重绘者又对此图来源认识不清,反而导致了进一步错误的产生。

到此,该书引起的困惑已经被解决了。下面有两个附带的问题:第一版的图是有所借鉴的吗?这个相图的真实情况又如何呢?在深入研究中,这两个问题也得到了解决。经过对清华图书馆所藏相图相关书籍的爬梳,我在 1946 年出版的由 F. F. Purdon 和 V. W. Slater 所编的 *Aqueous Solution and the Phase Diagram* (《水溶液及其相图》)一书中找到了这张图的原图(图 4)。该书第二章图 2-1 就是硫酸铵的水盐相图,其相关文字描述与傅献彩书中基本一致,连各点所标的字母符号也都基本符合,使人猜测这应是第一版书中的图的来源。此书绘制这张相图所用的溶解度数据引自 Landolt-Bornstein 手册,这是一个建立于 1883 年的化学数据库,现属 Springer 集团。

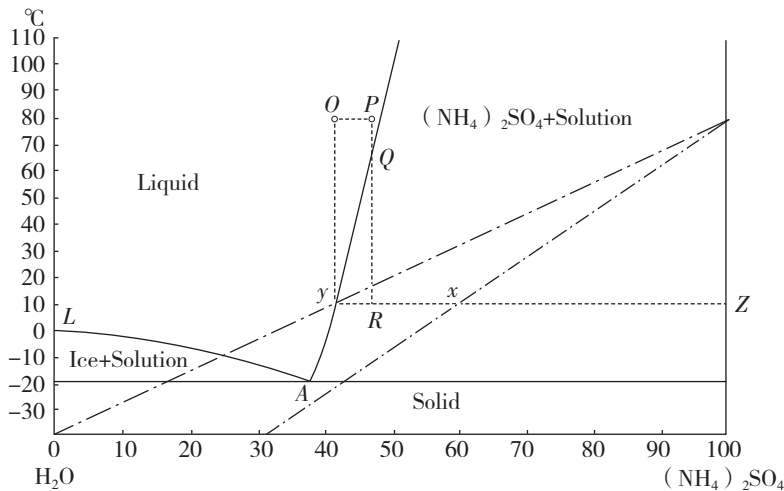


图 4 《水溶液及其相图》中的原图

另一个问题也很有趣。硫酸铵的水盐体系相图仍然持续被人们关注,最近仍有报道。2007 年, K. D. Beyer 等人在 *Journey of Physical Chemistry A* 上发表文章,报道了他们用 DSC (差示扫描量热) 和 FTIR (傅立叶变换红外

光谱)实验测定硫酸铵-硫酸-水三元体系相图的结果(*J. Phys. Chem. A*, 2007, 111, 479-494)。该文中给出了新的硫酸铵水盐体系相图(图5),说明在固相区还存在着硫酸铵从顺电性(p^-)到铁电性(f^-)的二级相变过程(图中以虚线显示)。

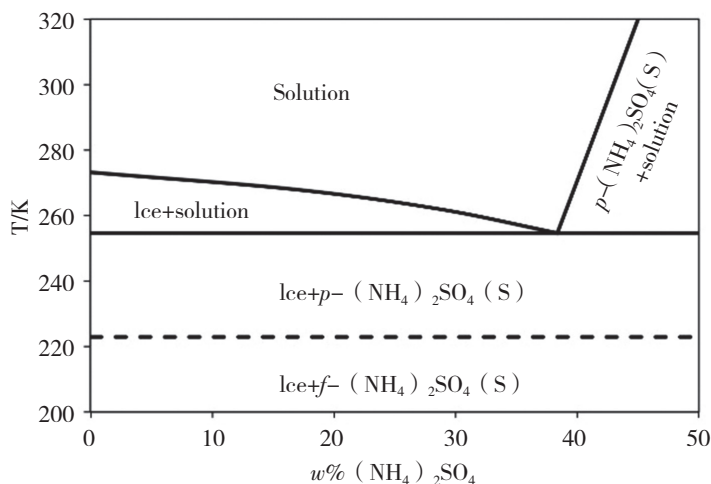


图5 新的硫酸铵水盐体系相图

这个小小的问题,引起几点反思,值得提几句。尽信书不如无书,经典教材也要带着批判眼光阅读。尤其是中文世界里流传了数十年的教材,其取材、结构、文字和图片细节,都可能在版本流变中发生复杂的变化。傅先生的《物理化学》,总的看来还是第三、四版较好,前两版受时代约束较大,第五版已经非作者原意。这就让我想到当时学习有机化学时,胡跃飞老师执意要用胡宏纹先生那套《有机化学》第二版而不是最新版的事情来。

有人讥之为陈陈相因、了无新意,称国内化学类中文教材落后国际数十年。从内容上说,确实有问题,并且很多教材都没有及时标注参考文献的习惯,这与西方现代教科书还有很大差距。但现在认真写教材的人已经不多,大部分都是书成众手,一锅杂烩而已。少数有心者,又难免陷入自大的陷阱。结合自己的写作经历,对写书中间要碰到的各种问题更有体会,

因此对编书者的这些错误也多了一份理解与包容。著书有风险,“入坑”需谨慎。

但虽说如此,目前国内教材也确实面临着断代问题。仅就物理化学这个二级学科而言,现时还没有一本中文经典教材能够跟上当代物理化学发展的趋势。彭笑刚的《物理化学讲义》有心做引路者,但目前看来还需要继续打磨。前不久读了诺贝尔奖得主 I. Prigogin 与人合写的 *Modern Thermodynamics* 一书,其深入浅出的风格和深刻全面的内容都让人眼前一亮。希望在不久的将来,能够看到这个领域优秀的中文教科书生产出来。

定稿于 2015 年 5 月 28 日

发表于微信公众号“听石先生的文字”

谁最可能获得诺贝尔化学奖

科学界历来关注诺贝尔奖的归属,有不少好事者以预测诺贝尔奖为乐。本文即是从学科分类角度对诺贝尔化学奖的一种推测。

诺贝尔奖已经发了 100 多年,表面上看来,谁拿奖谁不拿奖没什么规律,实际上仍是有潜在规则可循的。记得施一公院士在“生命科学的逻辑与思维”课上说过:“在生命科学领域,做细胞的每七年拿一次诺贝尔奖,做免疫的每九年拿一次诺贝尔奖,做神经的每十五年拿一次诺贝尔奖,但做结构生物学的每三年就会拿一次诺贝尔奖。”言下颇为自得。在诺贝尔化学奖上,是否存在着类似的“潜规则”呢?统计数据会告诉我们答案(图 1)。

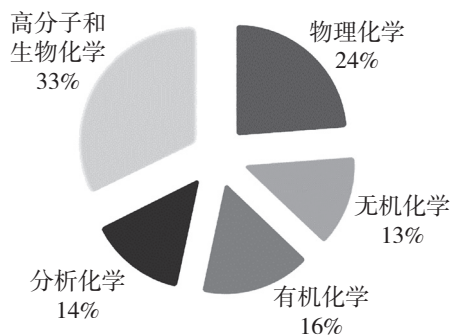


图 1 化学各学科获诺贝尔奖的统计数据

粗略地从化学的 5 个二级学科角度对诺贝尔化学奖发奖原因进行分类,其情况如图 1 所示(生物化学归入高分子化学一类)。高分子和生物化学独占 1/3 的奖项,而物理化学也占了将近 1/4 的奖项,这可能与欧洲化学传统重视理论有关。令人有些意外的是无机化学竟然比分析化学所占比例还小。事实上,无机化学可能是诺贝尔化学奖最不喜欢授予的领域之二。为了进一步分析得奖来源,更具体的学科分类及获奖次数统计如图 2 所示。

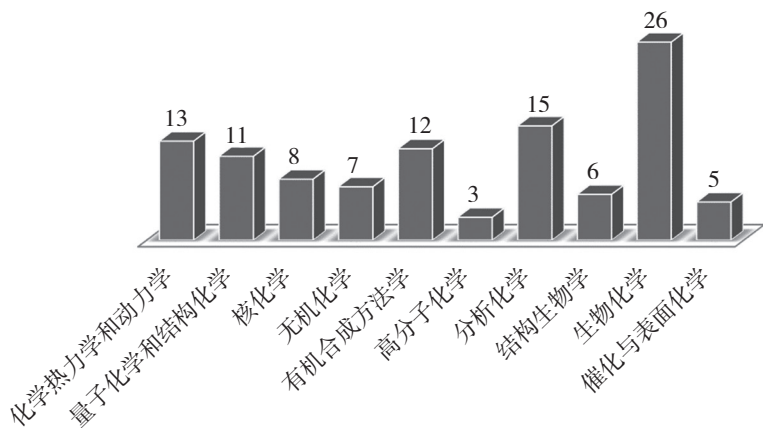


图 2 学科分类与获奖次数统计

从图 2 可见,高分子化学仅仅获过 3 次奖(1953 年的 Staudinger、1987 年超分子化学和 2000 年的导电高分子),即使把 1975 年的 Flory(高分子的物理化学理论,被归入化学热力学)加进来也只有 3 次。它和无机化学一道成为诺贝尔化学奖最不青睐的领域。之所以该二级学科一枝独秀,完全是生物化学(占 26 次之多)和结构生物学(6 次)的功劳。

无机化学自己的获奖次数实质上只有 7 次,另有 8 次是核化学家发现元素的贡献。最近一次获奖是 2011 年(准晶),离上一次无机化学获奖(1996 年富勒烯)已经过去了 15 年,而在 1913 年的 Werner(配位理论)和 1983 年的 Taub (无机反应机理)之间几乎没有真正的无机化学家获得诺贝尔

奖。不过,2010年和2014年的物理学奖分别颁给了石墨烯和LED,无机化学家们或许在这个领域还能赢得诺奖的青睐。

物理化学的3个主要分支热力学、量子化学和表面化学都有可观的表现,一共获得29次诺贝尔奖,体现了评委会对理论的重视。但这其中包括了部分物理有机化学获得的诺贝尔奖(归入结构化学名下),例如,1969年(构象学说)、1976年(硼烷结构)和1994年(非经典碳正离子)。除去这些本来算在有机化学学科中的奖项,有机合成方法学依然获得了13次奖项,这与分析方法获得的15次奖项一道,说明合成与表征在化学学科中占的地位是十分稳固的。

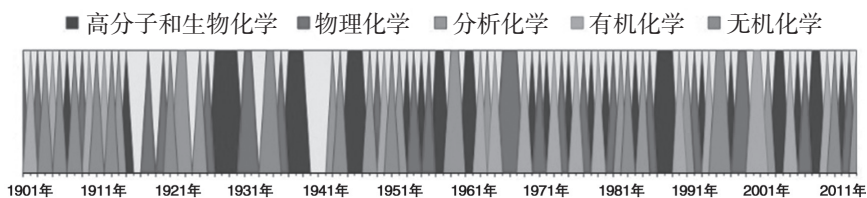


图3 化学奖的发奖时间规律统计

现在我们再来看看,化学奖的发奖时间有什么规律。统计数据(图3)表明,评委会很注意各个二级学科之间的平衡,“连庄”情况是极少的。平均起来,近年来获奖频率最高的是生物化学和结构生物学,每3~4年就会有一次得奖。其后是有机合成方法学(平均7年)。物理化学也是平均7年左右会得到一次,其中量子化学自从1954年Pauling得奖以来平均每10年就会得到一次。分析化学在20世纪前半叶表现不俗,但近年来也要平均12年才能得到一次。无机化学和高分子化学的获奖频率都在20年以上,但如果考虑到无机化学还有物理奖以及近年来材料领域的发展,可能无机化学行情上涨的趋势还要略胜高分子化学一筹。

谁最可能获得诺贝尔化学奖?从数量上看,最佳回答还是生物学家。因此,开头引用的话就应该加一个补充:结构生物学家拿的大多都是诺贝尔化

学奖,就像张新荣教授调侃的那样,“结构生物学家本质上都是分析化学家”。不过,如果在“纯”化学领域的话,物理化学家和有机化学家才是更稳健的选择。

定稿于 2015 年 6 月 13 日

发表于微信公众号“听石先生的文字”

批评科学的尺度

科学是否是不容公众不信的？或者说，我们是否应当尊重那些不相信科学的公众？本文围绕着一桩公共事件进行了一些讨论。

《纽约时报》著名记者安东尼·刘易斯（Anthony Lewis）曾写过一本畅销书《批评官员的尺度》，借1964年“纽约时报诉沙利文”案讨论公众和舆论批评政府官员的言论自由问题。言论自由无疑是最基本的人权之一，各国宪法都予以保护，美国宪法第一修正案就旨在保护言论和出版自由。那么当批评言论的对象是科学时，言论自由的限度和边界又在何处呢？

某电视台因播放“我们恨化学”广告而陷入舆论旋涡之中。该广告原系某化妆品公司制作的宣传天然成分产品的广告，经电视台播出后激起化学学术界的强烈反应，不仅北京大学教授周公度先生公开发表声明要求电视台撤播致歉，就连中国化学会还正式致函电视台，要求其公开致歉并弥补损失。事发后，该广告已经停播，后续风波尚在进行之中。

但在义愤填膺之后，冷静分析起来，简单封杀这则广告，并不能真正解决它背后反映的问题。

第一，严格来说，“我们恨化学”是价值判断而非事实判断，人人都有选择其价值观的自由，这与认识真理是两码事。就像有的评论问的那样，“你

可以爱化学,我就不能恨化学?”(《北京青年报》2015年11月23日)广告商借此宣传的是其所谓“纯天然”的理念,与学科形象、化学教育等大问题本没有直接联系。

第二,“化学”一词,确实包括了人工合成化学物质的含义,将其与“天然”对立起来,责之用词不当则有之,但如果要究其是否以虚假语言欺骗观众,尚需要仲裁机构进行判决,因为对方并没有说“不含任何化学物质”这类明显错误的话。退一步说,如果广告中说的不是“我们恨化学”,而是“我们恨人工合成”,难道从事人工合成研究的科学工作者也要群起而讨之吗?

第三,电视台确实为这一广告提供了一个广泛传播的平台,但其实际影响究竟如何,青少年是否会将广告的话作为个人行动指南?他们是否会因为某个明星的一句“我们恨化学”而从此产生对化学学科的憎恨,还有待于调查、研究和实证分析,不是空言“影响将如何如何”能够代替的。

第四,“我们恨化学”并没有针对任何个人或者团体进行攻击或诽谤,它针对的是“化学”这个概念。而即使是中国化学会也并无资格代表“化学”本身。如果要举证,则应当指出这一广告对中国化学会或者其他机构抑或个人造成了现实而直接的利益损失。

笔者指出这些,并不是为这个广告“翻案”,而是试图说明在我们抨击它的同时,还需要考虑一些其他问题。更进一步地,“世上决没有无缘无故的爱,也没有无缘无故的恨”(毛泽东,1942)。“我们恨化学”之所以被写进广告词,反映了社会上广泛存在的对化学学科、化学工业的某种负面认识。不可讳言,目前中国存在的环境污染、化学品滥用等问题与化学工业的发展存在着一定联系,公众对于化学工业和化学品抱有疑虑和批评也是可以理解的。不仅是化学学科,随着中国近年来科技水平的上升和经济建设的发展,公众对于科学话题的参与度也日渐提高,集中表现为对若干相关科学技术问题的怀疑情绪。例如,内地和沿海各地核电站修建所遇到的抗议活动、媒体和科学界围绕转基因食品安全问题的争论,还有已经在全国引发多次民众集

会抗议事件的PX工厂建设问题等。在这些问题上,科学家甚至科学本身都被抛到了民众言论的对立面,成为批评、指责甚至谩骂的对象。

值得指出的是,这些批评、指责和谩骂,无论其是否无端,都不会因为对此类言论的简单抑制而消失,也难以在主流媒体大规模进行科学普及之后彻底绝迹。笔者在2014年曾经关注和部分参与过清华学生在网络平台上自发宣传、科普PX有关化学工业知识的事件。作为对茂名PX事件的回应,当时的主流媒体进行了大规模报道(《人民日报》,2014年4月6日)。然而时隔一年之后,福建古雷PX工厂发生爆炸,竟然还有网友在微博上直接向笔者发起追问。这显然不是个案。批评科学的言论应当如何界定自由与非法的尺度,科学工作者在其中又应当扮演何种角色,值得深入思考。

提到言论自由,最让人耳熟能详的格言莫过于伏尔泰的“我不同意你说的每一个字,但我誓死捍卫你说话的权利”^①。但这并不意味着言论自由没有任何限制。在被公认为言论最自由的美国,仍有一些言论不受到宪法第一修正案的保护。1919年,美国联邦最高法院霍姆斯(O. W. Holmes)大法官在“申克诉美国案”的判决意见中提出了是否具有“明显而即时的危险”(clear and present danger),作为判断言论自由是否危害国家安全的标准,随后又在“艾布拉姆斯诉美国案”的反对意见中为其进一步加上“迫在眉睫”(imminent)和“刻不容缓”(forthwith)两个限制条件。对于可能涉及诽谤和攻击的言论,1964年,布伦南(W. J. Brennan)大法官在“纽约时报诉沙利文”案的判决意见中提出了“真实恶意原则”作为判定诽谤存在与否的标准,即“明知消息是错误不实的或有意不去查证它是不是错误的”(knowledge that the information was false or with reckless disregard of whether it was false or not),才可作为真实恶意存在的依据。这些可以看作是公众言论自由的一般尺度。

具体到科学这一对象上,是否应当制定更加严格的尺度以避免无端的

① 事实上,这并不是伏尔泰的原话,而是 Evelyn Beatrice Hall 在为伏尔泰所作传记中概括出来的话,但后来广为流传。

批评和污蔑出现？诚然，科学共同体内部，必须贯彻“有组织的批判态度”（organized criticism）这一原则（默顿，1942），科学家之间相互提出批评以及对以往的观念提出批评，都必须遵循学术规范和道德自律，从而保证科学的良性发展。但对于公众而言，他们既没有足够的科学知识作为背景，也没有经过学术道德规范的训练，如果以此作为要求公众批评科学的言论尺度，那么只会造成公众在科学话题上的失声。而事实上，从公众视角来看，批评科学问题与批评行为艺术、批评体育运动没有本质的区别，都是对社会生活中某些现象的意见表达。如果他们没有对科学共同体构成明确迫切的利益损害，没有抱以对其中的机构或个人的直接恶意，那么就不应当被强制沉默。在此处，如果科学共同体将自己遵守的行为规范过度延展到社会空间，就会导致自身与公众的冲突。

掌握真理的科学共同体不可忽视的是，公众的无知本身并不构成他们的错误，更不必然导致违法甚至犯罪。可以教育、批评他们，但不能禁止他们发言。更重要的是，公众对于科学的质疑、批评和抨击，其原因并不仅仅是公众对科学的无知。社会调查结果说明，过去人们相信的、科学技术知识的多少与公众对科学技术的态度呈正相关的“缺失模型”（Deficit Model）并不可靠，科学知识水平越高，对科学支持程度反而不高（李大光，2006）。默顿曾经总结了五种可能导致公众对科学产生敌意的原因：当科学知识的应用产生了并非是人们所希望的社会结果时；当科学家的怀疑态度直接触及其他制度的基本价值观时；当政治的或宗教的或经济的权威扩展限制了科学家的自主性时；当反智主义对科学的价值和完善提出疑问时；当人们对科学研究的适当性提出非科学标准时（默顿，1938）。当下较为突出的公众－科学冲突来源中，公众对科学技术潜在风险的担心、对科学知识和科学传播被权力或资本操纵的担心以及由于固有习惯对科技变革的抵触，都在这五条里有所涉及。有人批评说，把公众与科学间的冲突都归咎于公众的无知，实际上意味着科学共同体的“屈尊俯就”心态（李正伟等，2003）。有鉴于此，传统的科普运动——“公众理解科学”（Public Understand Science，PUS）正在向“公

众参与科学”转变（王大鹏等，2015）。

来自公众的质疑和批评，即便是尖锐甚至错误的，对于科学发展总是有意义的，不能因为它们看起来荒谬而予以简单消灭。在讨论言论自由的经典著作《论自由》里，约翰·密尔（John S. Mill）详细分析了四点需要允许反对意见的依据，即：我们不能假定自己的不可能错误性，我们所持的真理并不能保证为普遍真理，未经详细争论的普遍真理缺少理性依据，从而使得普遍真理有沦为教条的危险。真理越辩越明，如果科学掌握了真理，那么与错误意见的辩论不但不会损伤它的正确，反倒有利于增加真理本身的光辉。贝克莱嘲弄牛顿的微积分是“无穷小的幽灵”，但这一质疑也推动了极限概念的严格化。科学史告诉我们，重要的科学成就，几乎无一不是从与公众和传统的争论中成长起来的。

对于科学共同体而言，来自公众的批评之声，还有助于自身反思科学在社会中所处的地位，避免陷入狭隘的唯科学主义的泥淖，也有助于正确认识科学、技术与社会的关系。科学本身并无善恶，但科学衍生的技术就是一把双刃剑，社会经济生活中科学技术的应用更是既能行善也能作恶。久为公众关注的克隆技术、基因编辑技术，在生物学中早已不是技术瓶颈，但其相应的伦理问题并不能靠科学或技术解决。再如核电站和大型化工厂的建设，不仅涉及与这一工业本身相关的科学技术，也涉及区域经济布局、环境保护评估和管理、行业发展战略等复杂的社会经济问题，更不是科学家单独所能解决。在这些问题上，公众的批评与质疑显得尤为重要。

反过来，容纳公众对科学的批评，并不是说科学自己就不发声。正如前面所说，真理越辩越明，科学本身对于批评意见，正要借助积极回应来消解质疑、容纳异见。当公众对科学的意义和价值进行批评质疑时，科学共同体不应当只从科学的社会功能角度回应说，科学技术的发展对社会作出了重大贡献，探寻未知的科学对于社会进步具有潜在意义。因为一旦涉及科学与社会的互动，风险就与功能是并存的。技术发展带来的重大贡献，也有可能潜藏着巨大风险。人们在回想科学技术史的时候，不会忘记 DDT 作为农药杀

虫剂对于提高粮食产量、保障人类生存作出的贡献,也不能忘记其造成的生态灾难。另一个著名的例子是汽油添加剂四乙基铅,地质学家帕特森(C. C. Patterson)耗费了自己的后半生说明了这种汽油防爆剂对美国造成的铅污染。单单列举科学的功劳,不足以让公众相信科学的不可替代性。

在现代社会中,科学本身就具有不可替代的价值,无须借助它的社会贡献来为自己正名。马克斯·韦伯在《以学术为业》中指出,在人类从古代社会向现代社会转变的“祛魅(disenchantment)”过程里,科学的进步是最重要的理智化过程,它将过去诉诸巫术、经验或宗教的一概摒弃,以科学的理性推动了人类认识世界的进程,从而打开了现代社会的大门。科学包含的理性与实证精神,构成了现代社会物质文明和精神文明的重要基石,不仅在器物层面上大有其用,在法律、经济、文化、教育、军事等社会生活的各个方面都有渗透。更值得让公众了解的是,科学共同体本身具有开放与自我更新的机制,能够主动发现错误、修正科学知识、防止风险的扩大。

存在着公众对科学不客观的批评声音,从某种意义上说也是科学界缺少主动引导舆论能力的表现。在如今传统媒体手段日益丰富、自媒体平台日新月异的情势下,科学共同体以及科学工作者值得主动向公众传播科学知识、科学精神和科学文化,进而建立属于科学工作者自己的舆论平台。在公众话语空间中补上科学共同体缺位的一环,无疑也是有利于化解公众对科学的疑虑的。

必须说明的是,在适当情况下,科学共同体和科学工作者也要采取法律手段捍卫科学和自身利益。如果公众的批评言论触犯到其他法条,则言论自由就不能再作为它的保护伞,应当另当别论。例如,如果“我们恨化学”的广告被裁定具有虚假广告或不正当竞争等情节,那么就应该接受相应法律的制裁。但如果没有法律仲裁机构的判决,无论是权力、资本还是其他压力的运作,都不应当剥夺其发声的权利。

科学是求真的学问,真理自有其力量,不应惧怕批评、质疑甚至谩骂,就像过去不曾惧怕宗教、政治和传统的霸权一样。科学共同体对待公众对科学

的批评,不能走当年宗教裁判、剥夺科学自由发声的老路。公众批评科学的尺度,不妨放得大一点,只要不违反国家法律,不触犯公俗良序,科学共同体都应当正视其存在。要做的是,拿起言论作为武器,发出属于科学的声音。

定稿于 2015 年 11 月 26 日

发表于微信公众号“知识分子”

附:

对拙文《科学界应当如何面对批评》的一点说明

拙文《科学界应当如何面对批评》(原标题《批评科学的尺度》)被公众号“知识分子”发布后,引来许多回应。诚惶诚恐之余,我想需要写几句,对其中一些地方加以说明,希望能够更清晰地表明自己的想法。

首先,拙文并非为所谓广告正名之作,文中已经多处说明,“指出这些,并不是为这个广告‘翻案’”“如果‘我们恨化学’的广告被裁定具有虚假广告或不正当竞争等情节,那么就应该接受相应法律的制裁”。周公度先生是我十分敬仰的一位大学者,他的《结构化学基础》《高等无机结构化学》哺育我们学子多年,《结构与物性》更是启蒙还是高中生的我走进化学学科大门的难忘之书。而周先生从事化学学科科普事业也是卓有成就的。就事论事而言,我确实十分支持对这则广告的抨击与反对,尊敬周先生的义举。然而,拙文主要是以此为话题,展开对批评科学言论的讨论,并不针对此事。

其次,拙文也提到我自己的一些经历,从某种意义上说,我和很多其他人一样,也是那些讽刺、攻击科学的言论所波及的一员。对于公众的不明真相、民粹言论的泛滥、愚昧言行的危害,我也因此略有所知。但我想,如果宣传科学的自己都没有完全明白言论的准则何在、“群己权界”何在,那么,要么我们就和那些极端言论掉到同一个泥坑中互相攻击,最后无结果可言;要么我

们就让他们暂时被沉默,但这种沉默并不意味着相关立场的消失,一旦有朝一日发生反噬,其结果可能是更大的民粹灾难,就如清朝颜元所谓“一是文衰而返于野,则天下厌文之心必激而为灭文之念,吾儒与斯民沦胥以亡矣”(《存学编》卷四),这种历史离我们并不遥远。当我们都参与到积极构建自由而理性的话语空间中来之后,相信绝大多数公众最终会选择科学,这样,民粹观点才能真正消亡。

因此,拙文写作的初衷之一,也是试图“激发”更多的人参与到科学传播中去,正视批评和刁难,拿起言论作为武器,主动引导与科学有关的舆论。我爱化学,不希望“我们恨化学”这种言论再出现在公众媒体上,但单单禁音只是治标,依靠更多的化学工作者为化学宣传、辩诬,才能让此类广告在大众中失去市场,从源头上阻止它们的产生。年轻识浅,文辞错漏自当负责,如果拙文能为推动上述问题的解决起到一点微不足道的作用,那就将是十分有幸的了。

定稿于 2015 年 11 月 29 日

发表于科学网博客

疫苗、公权力与科学技术

本文的写作背景是山东疫苗事件。2016年3月,山东警方破获案值5.7亿元非法疫苗案,疫苗未经严格冷链存储运输销往24个省市。疫苗含25种儿童、成人用二类疫苗,引发公众恐慌和讨论。

福柯曾经指出,现代国家的卫生防疫职能是其基于人口控制的公共权力体现。古代集权国家早已无意识地认识到控制大规模瘟疫是其权力的来源之一。《水浒传》开篇便是洪太尉到龙虎山请张天师作法祛瘟,没想到误走了一百零八个妖魔。这一暗喻提示着人们关注瘟疫与战乱在剥夺个体生命上的同质性,进而引出在对疫情的恐慌面前赋予政府更大权力的经典命题。

疫苗的发明与广泛应用和公权力对社会生活的渗透紧密相连。最早的疫苗雏形——天花的人痘产生于中国,至迟在乾隆年间便已列入官方医书《医宗金鉴》。19世纪初年,在琴纳发明了更安全的牛痘疫苗之后,英国经历了长达一个多世纪的疫苗强制接种是否有损公民权利的议会辩论和民间争议。直到2016年的美国大选,是否应当强制推行麻疹疫苗注射仍是辩题之一。社会民主色彩浓厚的民主党候选人希拉里和桑德斯都支持,而偏右的共和党人大多持反对态度。

尽管1978年天花的消灭被视为疫苗学的巨大成功,但公众对疫苗自身

安全及其潜在风险仍长期抱有疑虑。一个广为人知的例子是艾滋病病毒的脊髓灰质炎疫苗来源假说。1955年,美国的索尔克(J. Salk,现在还有以他命名的生物研究所)发明了脊髓灰质炎病毒的减活疫苗。20世纪60年代初期,一个美国研究组将经过恒河猴动物细胞培养的疫苗送到刚果进行小儿麻痹症防疫。有猜测指出,正是在这时黑猩猩携带的HIV病毒进入人群中,并且疫苗接种时间与非洲AIDS疫情暴发的时间相吻合。尽管数年前*Nature*曾刊文否定这一假说,但其暗示的社会风险并没有从公众视野中消失。

对疫苗的控制力度与政府的公权力大小有相关性,它指示着现代政府掌控下人口之生命的能力。在欧陆国家(例如笔者曾居的法国),这种控制甚至远及短暂旅居的外国人,其形式是严格的筛查和众多疫苗的选择接种,以保护国民的健康安全。这种严格当然是以侵占了部分个人自由和健康隐私为代价的。但其另一面就是公权力在治下的涣散会导致疫苗控制力的下降,进而衍生出疫苗制造、储运和接种过程的混乱。这一结论看似与中国现状矛盾,实则反映了政府的基层控制力下降,并在基层结构上首先暴露了权责分离的社会矛盾根源。

作为科技进步的产物,疫苗及其推广无疑是科学参与社会实验和权力运作的极佳实践例证,完成了科学与权力的共谋,用二分的恐惧与利益选题取代相应的生命自由。从某种意义上讲,在接种疫苗思想已经深入人心的今天,保持对疫苗质量风险的警惕甚至是恐慌反而有助于公权力在相关领域的扩张,并借助此类新生权威得到更多。对疫苗本身风险的警惕才是削弱这种权力之举。

科学一直走在社会前列,技术也是一样。从尼罗河泛滥、天狼星上升到大禹治水,蒙昧时代的权力来源便已是如此。然而在可期的未来,是否会出现依靠公权力无法抗衡的恐惧?其结果要么是科技将我们埋藏,要么是社会政治结构发生重大变化。或许一个新时代的契机,就隐藏在今天的LIGO或AlphaGo身上。

定稿于2016年3月23日

发表于微信公众号“听石先生的文字”

化学的终极问题

一段时间以来,化学界以及相关专业学生群体对于化学的意义认识有着很大分歧,本文试图在这方面给出一些参考意见。

笔者常常听到身边有人提到这个观点:化学没有“终极问题”,甚至有人以此为据否定化学的一级学科地位。物理学的终极问题是“*How did He create the world*”,生物学的终极问题是“*How did He create us*”,那么化学呢?与其他自然科学相比,可能化学的终极问题确实并不那么人尽皆知。但如果化学家自己都觉得化学没有终极问题,这就有些尴尬了。事实上,化学的终极问题应当是通过对分子层面的操纵创造新物质,如果用类似于物理和生物的句式来表达的话,那就是“*How to create the world as Him*”。

化学史的主题是创造新物质

化学的历史,有别于认识世界的天文、地理、生物和理解世界的物理,其主题是创造新物质。历史学的常识告诉我们,对金属的发现、使用和冶炼是文明断代的标志,石器时代、青铜时代和铁器时代是人类文明发展的标准分期,而其中核心科技——冶金无疑是化学问题,青铜与钢铁都是人类创造的

新材料,其中孕育了早期的化学知识。除了冶金之外,酿酒和发酵工艺是原始的食品化学工艺,药物发现和提纯工艺是早期药物化学,这些都是各文明共有的化学萌芽。



图1 南昌海昏侯墓出土的青铜蒸煮器

注:2015年江西南昌海昏侯墓出土的青铜蒸煮器(约公元前60年)。本器是该墓中体型最大的青铜器,具有复杂的内外双层结构和类似蒸馏头的部件(图中右上角),被发现时其中尚有芋头和栗子等淀粉类食物残余。专家猜测其可能是早期发酵与蒸馏酒的器具,这将把蒸馏酒的历史提前一千年。也有人提出可能是一种水钟。无论如何,这件复杂精巧的青铜器本身就说明了冶金技术的发达(照片摄于首都博物馆)。

中世纪的炼金术尤其体现了化学的创造新物质特点,以至于其名称 Alchemy 成为现代化学一词 Chemistry 的来源。科学革命以后,化学成为一门科学,其中一个不可割裂的贡献来自于炼金术的研究范式。炼金术将经验事实与客观规律结合起来,超越了冶金、食品、药物等领域纯技术的限制,试图从实验事实中发现某种客观规律,并以之指导新的实践。炼金术士们追求的、能够点铁成金的“哲人石”(Philosopher's stone,拉丁文作 lapis

philosophorum) 固然是不经之谈,但他们在炼制哲人石的过程中使用的思维范式构成了化学科学的部分基础。他们提出的一些基本概念,例如元素、酸碱、溶剂,仍在化学领域中使用,甚至他们总结的某些规律(例如“相似相溶”,拉丁文作 Similia similibus solvuntur)仍具有一定现实意义。将化学称为现代“炼金术”,不是完全没有道理的。

近代以来,合成与创造新物质更是化学发展的主线。氧气的制备(J. Priestley, 1774)为推翻燃素说奠定了基础。尿素的合成(F. Wöhler, 1828)开创了有机化学。进入现代以来,合成化学在无机、有机、催化、高分子和超分子等领域得到了蓬勃发展,其产物在现代社会的各方面获得广泛应用。徐光宪院士曾经在长文《21世纪是信息科学、合成化学和生命科学共同繁荣的世纪》中有过详细的论述:

“报刊上常说20世纪发明了六大技术:(1)信息技术;(2)生物技术;(3)核科学和核武器技术;(4)航空航天和导弹技术;(5)激光技术;(6)纳米技术。但却很少有人提到包括合成氨、合成尿素、合成抗生素、新药物、新材料和高分子的化学合成(包括分离)技术。

上述六大技术如果缺少一二个,人类照样能够生存。但如果没有 Haber 在 1909 年发明的用铁作催化剂的高压合成氨技术,世界粮食产量至少要减半,60 亿人口有 30 亿要饿死……

如果没有合成各种抗生素和大量新药物的技术,人类不能控制传染病,无法缓解心脑血管病,平均寿命就要缩短 25 年。如果没有合成纤维、合成塑料、合成橡胶的技术,人类生活要受到很大影响。信息技术的核心是集成电路芯片,这是化学合成硅单晶片上经过光刻生产的,计算机的存储器材料也是化学合成的,其他部件用了大量合成高分子材料。又如核电站的关键是核燃料,而核燃料铀、钚等的生产和后处理、废水处理等都是化学工业。激光、航空、航天、导弹和纳米等技术无不需要化学合成的高新材料。所以如果没有化学合成技术,上述六大技术根本无法实现。这些都是无可争辩的事实。”(徐光宪, 2003)

化学理论与实验的关系

作为一门科学,只有经验和技术是不够的。化学的主题是创造新物质,并不是说化学不需要理论,而是在创造新物质的过程中理解、丰富和更新理论,并用理论指导创造新物质的过程。这里的理论指的是对于化学领域的实践有指导意义的科学原理,并不完全等价于所谓“理论化学”。基于物理和数学方法的计算化学本质上是一种数值实验,它与化学理论还有不同。

真正的化学理论不能完全还原为更低层次上的物理(例如量子力学),这是由复杂系统的特点决定的。从某种意义上说,化学理论可以是看作粗粒化的物理理论。现代化学研究的分子以及超分子体系固然在量子力学讨论的范畴之内,但并不是量子力学原理的简单应用,其原因是分子组成、结构、构型、构象的复杂性使得原子的量子性质被分子整体的性质“遮蔽”了,而分子的量子性质,特别是大分子和超分子,现在还难以得到可靠的从头计算结果。这并不是说分子的结构与运动没有规律,但这种规律是在底层原子组合的基础上涌现出来的规律,可以脱离量子力学的语言独立存在,这就是“粗粒化”的物理理论的含义。

化学键理论是上述“粗粒化”理论的一个很好例子。早期化学家并没有量子力学的指导,但他们已经独立得出了化合价(J. J. Berzelius, 1803)、分子立体结构(L. Pasteur, 1848; van't Hoff, 1874)、共价键与八隅体(G. N. Lewis, 1916)等概念和理论。在量子力学的发展推动下,20世纪的化学家深入了解了共价键的本质(图2)。但这并不意味着化学家从此就一定要使用物理语言描述化学行为,事实上这也被证明是烦琐而困难的。化学家采用自己的理论和语言,例如杂化、共轭、前线轨道等方式解释和预测化学键的行为。这些理论之所以能够成立,根本原因是量子化学的细节在分子层面上可以被忽略,而新的规律自然涌现出来。

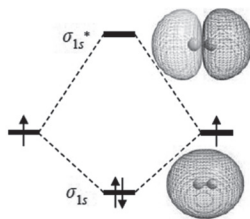


图2 氢分子的分子轨道图形和能量关系

注：化学家使用 $\text{H}-\text{H}$ 表示这根共价键，这并不妨碍化学家对共价键、对氢原子化学性质有更深入的理解。

上面的讨论并不是证明化学理论可以离开物理而发展，而是说明化学理论的发展需经过一个“归纳—演绎—再归纳”的历程。在化学领域中也存在其他许多经验理论，它们来自化学经验的总结，在特定情形下具有一定指导意义。这并不意味着我们要满足于此，而是要通过努力建立其与物理本质的关系，之后再行抽象，才能真正认识这些规律。这方面一个著名的例子是软硬酸碱理论（Hard-Soft-Acid-Base theory），1963年 R. G. Pearson 最初提出 HSAB 理论时（Pearson, 1963），它是一个纯粹经验的规律。1968年，G. Klopman 提出了解释 HSAB 理论的量子力学模型（Klopman, 1968），在此基础上，1983年 Pearson 从分子能量与电子数的关系角度定义了严格的化学硬度（Parr et al., 1983），得到了 HSAB 序列的最佳解释。如今，HSAB 理论（图3）已经不再是一个经验规律，而是有严格量子化学基础的可靠理论，并衍生出最大硬度原理等化学理论。

1963年 硬亲硬、软亲软

1968年
$$\Delta E = \frac{-q_a q_b}{R_{ab} \epsilon} + 2 \sum_m \sum_n \frac{(c_a^m c_b^n \beta_{ab})^2}{E_m - E_n} + \Delta E_{\text{sol}}$$

1983年

$$\eta = \frac{1}{2} \left(\frac{\partial^2 E}{\partial N^2} \right)_Z$$

图3 HSAB 理论的发展历程

化学理论与实验的关系是交相促进的。理论指导实验的例子很多,而实验也能有助于理论。化学家研究化学理论的独特方法是合成新物质。在有机化学发展的早期,确定未知物质结构的方法之一就是采用已知化学过程和立体化学的路径将该未知物质合成出来,开创了今天的全合成(Total Synthesis)学科。20世纪中期,围绕碳正离子经典与非经典展开了长期争议,问题的解决是靠 G. A. Olah 等人用超强酸在低温下得到降冰片正离子的方法,2013 年的 *Science* 上报道的合成出低温非经典碳正离子 $[\text{C}_7\text{H}_{11}]^+[\text{Al}_2\text{Br}_7]^-$,并得到了它的晶体结构(Scholz et al., 2013),为这一问题画上了句号。

如果将化学理论与实验的发展比作“摸着石头过河”的话,那么石头是理论,河就是创造新物质的实验。大部分时间里理论与实验的发展程度不相符合,化学的发展靠两条腿走路:有时候理论走在前头,要靠实验验证;有时候实验走在前头,要靠理论配合。没有摸清楚河里的石头就过了河,下次再过的时候就不好办。光顾着摸石头而忘了过河,又会失去了化学创造新物质的本意。化学理论与实验的关系应当是互相支持、互相进步的。

创造新物质的导向

前面已经说明,只要涉及分子层面的操纵而创造新物质的研究都是化学。如果我们不囿于传统学科分类,那么实际上有大量的科学领域都是化学,例如,合成生物学、一部分凝聚态物理学、材料和纳米科学的很多部分等。更广义一点,创造新物质、创造有利于“创造新物质”的物质以及创造“创造新物质”的方法,或者说对合成、合成方法和合成条件的研究都应当属于化学。

什么样的合成研究才是好的化学?当然从最直接的角度来看,合成的物质是新物质的才是化学,否则就是技术与工程。那么,新物质一定要是从未有过的物质吗?不一定。如果从统计力学角度做一极端思考,任何物质组成

都可能在宇宙中涨落出来过,例如,为人熟知的 Boltzmann 大脑。化学家要合成的新物质或探索的新方法是改变物质在现实世界中的布局,让我们想要的时候它就有,想不要的时候它就没有。当然后者更难。前者的具体表现是各种合成化学工业,而后者一个现实应用是环境污染的治理。

新物质一定要有用吗? 2015 年, P. Ball 在 *Nature* 上发表的 *Why Synthesize* (Ball, 2015) 一文中讨论了这个问题。首先,有必要厘清一下什么是“有用”。具有现实的社会经济效益是有用,具有验证理论或挑战理论的意义也是有用。有用的创造自然重要,但没用的也不是不重要。如果有趣,也是值得尝试的。“有趣”与“有用”是两个不同的概念,不应当也没有必要用未来可能有用来为现实的有趣寻找意义,可能有的东西就是只有有趣的意义。有趣反映了化学家的审美取向和智力高度,就像新奇的建筑设计一样,有趣本身就具有意义。

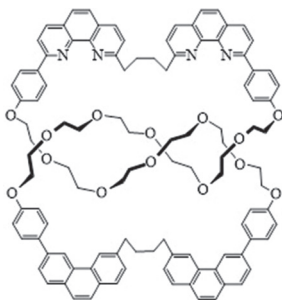


图 4 具有空间拓扑手性的三叶结分子

注:具有空间拓扑手性的三叶结 (Trefoil knot) 分子 (Dietrich-Buchecker, et al., 1989), 一个有趣而没有明显现实意义的化学合成实例。

谈到建筑,那么建筑是不是化学? 答案当然不是,因为建筑虽然也是创造新物体,但没有分子层面的变化。然而诸如纳米粒子合成、超分子组装等化学家研究的过程也可能没有分子的变化,它们是化学研究吗? 答案应当是肯定的,因为纳米粒子的合成和超分子的组装本身需要从分子层面予以操纵。那么一个自然的问题是,会不会出现不需要分子层面的操纵,又能“合

成”出某种新物质的学科？当然有可能，比方说纳米粒子之间的组装可能就会有这样的效果，但目前实践似乎证明，其自组装仍然与分子层面的调控有关（Shaw, 2013）。这里化学规律的“湮灭”和更高层次上规律的涌现一如量子化学规律在原子和分子层面上的演化。如果新物质的尺度已经大到分子层面的调控失去意义，那么这正是将分子“粗粒化”的结果。其结果有可能进入的是宏观领域，也有可能进入的是其他未知领域，它们都会有适用于自身的规律。我们不将其称为化学，因为化学规律已经不再适用，但它们仍然可以是创造新物体的科学。

面向创造新物质目标的化学研究与教育

化学科研的模式是近两个世纪之前 J. von Liebig 创造的。学徒－导师制符合当时的化学发展需求，但过去化学家依靠经验和天才单枪匹马创造新分子的时代已经落幕，今天的化学界面临许多挑战。

- 绝大多数一线化学研究人员是硕士生或博士生，导师很少亲自参与，而这些研究生毕业又大量不再从事研究工作，而是进入技术领域工作，实际上造成了学术研究训练的无意义：既没有显著提升化学学科研究的人员素质（要么不再继续研究，继续研究的也很少自己亲自从事研究），也没有提升研究生自己的职业竞争力。

- 研究者集中在高校和研究所，研究内容常常脱离实际需要，而需要化学研究的企业和市场反而没有足够科研实力进行研究，在发展中国家尤甚，而恰恰是这些地方的企业需要深入开展化学研究。

- 学术交流方式仍然是传统的期刊、会议等，评价标准单一，存在潜在风险。同行评议制度在化学领域可能导致匿名剽窃或抄袭，不正当竞争尤其常见。期刊论文的质量也因此存在隐忧。

- 跨领域、跨学科的学术合作日益增多，这不只是化学家们相互合作主观行为，而常常是所研究课题的客观要求。随着专业知识的爆炸，具有专门

知识的人才越来越多,而具有综合知识的人才越来越少。

以上问题当然不仅仅是化学学科的问题,但在化学领域中不能不正视。近年来,化学研究领域里一些新的趋势正在显现。首先是一些独立研究机构的出现。例如,纽约的 D. E. Shaw 领导的 DE Shaw Research,在计算化学领域做出了大量原创性工作(<http://www.deshawresearch.com/index.html>)。这类独立研究机构的重要特点之一是招募富有经验的研究生从事研究工作,有利于开展大规模项目的研究,为科研人才的培养和发展提供了新的思路。引进市场化机制,还会有助于减少学术界对政府的依赖。将基金来源部分地社会化的有趣之处是,市场本身具有导向性,对学术研究的成果能够从有用性的角度进行筛选;但同时市场也具有长尾效应,小众的学术问题和兴趣也有希望获得合于预期的经费支持。



图5 DE Shaw Research 在纽约市中心的工作地点(图片来自其招聘广告)

在学术出版和交流方面,数学和物理领域很早就普及了预印本方式(arxiv.org),最近由冷泉港实验室主导的生物预印本 BioRxiv 也得到了快速

发展 (biorvix.org)。但化学领域的预印本交流模式始终没有建立起来。类似预印本的在线学术交流方式将学术发明和发现率先公布到学术共同体中,应当有利于提高交流效率,减少不当竞争,同时提高审稿可靠性。此外,搭建其他在线信息交流平台,也是跨学科交流和合作的重要方式。例如,2015 年为了解决化学生物学研究中抑制剂和探针分子的文献数据质量问题,数十位化学生物学家联合倡议 (Arrowsmith, et al., 2015) 建立交流网站 Chemical Probes (<http://www.chemicalprobes.org/>),以提供可靠规范的数据来源。

20 世纪后半叶的化学理论和实验都有很大发展,但化学专业高等教育的内容还没有完全体现这些发展。例如,前文所提的软硬酸碱 HSAB 理论,至今还有大量化学工作者认为这是一个经验规律,以至于被作为化学缺乏严格理论的反面例证。在基础教育中值得全面整理现有理论,重新审视各部分的物理意义和化学意义,改变重科研轻基础的风气,对学生的发展和综合素质的养成应当是长远有利的。

“哲学家们只是用不同的方式解释世界,而问题在于改变世界”(马克思,1845)。化学作为自然科学的一个重要组成部分,其核心技术和终极问题就是创造新物质,过去化学发展的历程说明了这一主题的持久性,未来化学自身的发展、化学研究模式的转变也应当围绕着这个主题展开。化学的终极问题不会有确定的答案:因为新物质永无止境,化学的未来永不停歇。

物理学家通过认识世界来成为造物主,
化学家通过成为造物主来认识世界。

定稿于 2016 年 7 月 3 日

发表于微信公众号“听石先生的文字”

为什么生命科学领域质疑与“造假”频发

生命科学的造假问题由来已久,近年来多起学术不端事件(例如日本的小保方晴子、中国的韩春雨等)再次将这一问题送到大众视野。本文试图从学科逻辑角度对这一现象进行一些分析。

2016年7—8月间,生命科学圈内又被新一轮质疑与“造假”疑云笼罩,这次的主角是前不久轰动一时的NgAgo基因编辑技术。主流媒体曾将其视为CRISPR/Cas9的一个颇具竞争力的挑战者,如今其重复性经过超过100个实验室检验后仍显得不够稳定可靠。更有质疑者已经进一步开始怀疑其作者提供的数据是否可靠,并翻出作者的其他文章寻找作伪的可能证据。为什么生命科学领域内的质疑与“造假”看起来如此频发呢?

统计数据表明,生命科学领域的文章撤稿量显著高于其他学科(表1)。根据M. Zhang等人2012年对从1980年到2011年Web of Science上各学科发表文章及撤稿情况的统计(Zhang et al., 2012),属于生命科学领域的生物化学和分子生物学贡献了最多的撤稿量,并且其撤稿率(文中用“每十万篇文章撤稿数”来衡量)也与同属生命科学的药物化学一道高居前列。唯一比其撤稿率高的是晶体学领域,而这主要是因为有中国井冈山大学的钟华和刘涛一次性造假70篇、被*Acta Cryst. E*撤稿的“贡献”。

表 1 生命科学领域的文章撤稿量数据统计

	撤稿数	发稿数	每十万篇文章撤稿数
晶体学	136	184,948	74
药物化学	67	192,417	35
生物化学和分子生物学	419	1,597,361	26
电化学	18	145,883	12
生物化学技术	29	237,186	12
物理化学	89	766,563	12
有机化学	54	478,479	11
分析化学	44	429,229	10
聚合物科学	31	326,969	9
应用化学	20	221,241	9
原子分子物理与化学物理	31	369,624	8
一般化学	95	1,208,172	8
无机化学与核化学	22	304,329	7
化学工程	33	519,290	6

他们还对撤稿数多于 15 篇的杂志进行了统计 (Grieneisen et al., 2012), 共计 22 份杂志,除去综合性杂志 *Nature*、*Science*、*PNAS* 和 4 份其他领域杂志 (物理的 *Appl. Phys. Lett.*, 化学的 *J. Am. Chem. Soc.*, 晶体的 *Acta Cryst. E*, 以及材料的 *J. Hazard Mater.*) 之外,其他 15 份都是生命科学相关期刊。被撤稿数最多的 15 个作者 (他们占了总撤稿数的 52%) 中有 10 个从事生命科学或医学研究。这些数据表明,生命科学领域的质疑与“造假”频发,并非是错觉,而是事实。

撤稿的主要原因是什么? F. C. Fang 等人对 PubMed 上 2047 篇被撤稿文章进行了统计 (Fang et al., 2012),发现 43.4% 的撤稿是由于作伪欺诈或涉嫌欺诈,14.2% 是由于重复,9.8% 是由于抄袭,21.3% 是由于错误和误差,其他占 11.3%。也就是说,六成以上的撤稿都是人为因素造成的,而其中作伪欺诈又是主要的学术不端形式。这说明,主观的学术不端行为构成生命科学领域质疑和“造假”频发的主要来源。

一般认为,学术不端行为有多种诱因 (Fanelli, et al., 2015)。例如,科学研究政策和导向使得急功近利思想产生,不同社会文化对造假和抄袭宽容度

不同(例如,欧美以造假为主,东方以抄袭为主),同行评议阶段的不公平现象,科学工作者的职业生涯需求等,甚至性别都可能是影响因素,例如,有研究认为生命科学领域内男性比女性更容易造假(Fang, et al., 2013)。以上多是针对一般学术不端进行的讨论,还不足以充分解释生命科学领域为何存在着如此显著的造假情况。

生命科学领域的根本问题是缺少系统可靠的理论体系,从而缺少明确有效的证伪方法。在纯数学和理论物理领域,伪造数据和过程几乎是不可能的,其原因是每一步都可根据严密逻辑保证其可证伪性。实验物理和化学则相对更宽松些,对实验偶然性的依赖也更大些,但目前理论的进步和分析手段的提高也使得人们能够较为明确地判断真伪。而在生命科学领域,不同的通路和逻辑都有可能成立,这是由于生命系统的复杂性而产生的,因此在其学术研究上往往是发现比发明更重要、更显著。反过来,如果某种发明是以他提出的发现为基础的,那么一般很难直接质疑这种发明的可靠性。

例如,耐高温 DNA 聚合酶是 PCR 技术的基础,但人们长期没有开发出这样的酶,直到在黄石公园的火山口中发现了耐高温生物嗜热菌(*Thermus aquaticus*)才得到了 Taq DNA 聚合酶。这里,PCR 技术就是依赖于发现的发明。再以基因编辑为例,CRISPR/Cas9 建立的方法只是提供了基因编辑的一种进路,却不能排它。如果有人声称发现了具有类似作用、但不是这一系统的某种或某几种神奇酶,评审者很难判断它们是否真实存在,一般只能接受作者的陈述。

一旦进入这样的思维范式中,作为评判者的审稿人就只能诉诸两点来判断:一是自身逻辑链条的完整性;二是实验数据的真实性与可靠性。如果文章能够自圆其说,又没有发现明显的实验数据编造情形,那么多数情况下都应当认定为真。接下来的问题是所谓的“自身逻辑链条”能否完整。生物学家赖以生存的众多凝胶电泳实验手段实际上都只能提供间接证据,因为它们并不能反映蛋白或其他大分子的真实结构和组成,只是一系列间接比较的信息。直接的逻辑链条现在还只能来自于结构生物学等十分“Solid”的科

学门类。更重要的是,生命科学目前的数理逻辑水平并不高,一般都没有办法给出特定体系的排他性逻辑进路,常常将相关性、因果性和时间先后出现的顺序混为一谈,对回归分析、数值分析等的正确运用场合不甚了了,这些都使得所谓的“自身逻辑链条”可能本身就存在先天不足,因此评审人的意见也要受到很大程度的约束。这是大量生命科学研究的次品甚至赝品也能够 在学术期刊上占据一席之地的内在原因。

从外部考虑,生命科学研究的对象与普通大众、与每一个人都息息相关,因此生命科学研究的进展最容易吸引大众的眼光与市场,突破性的进展往往给发现者带来社会地位和社会价值的极大提升,以至于已经达到了可以诱人铤而走险的地步。而生物学术圈内竞争的激烈程度又加剧了这种两极分化,从而进一步激发个别人的一些不良欲望,这与前面分析的学术不端可能来自职业政策要求和急功近利思想是一致的。

自然,在生命科学研究中也存在着话语权竞争和市场化运作的成分。例如,现有生物技术的既得利益者往往会通过质疑和挑战打击新生生物技术,以维持自身地位。而新生技术也可以反过来质疑旧技术,从而达到扩大市场的目的。这些利益关系与一些特定问题的联系可能尤其紧密。不少人呼吁让科学评判只由科学家来做,在涉及现实利益划分的时候就显得过于天真了。基因编辑如今已经是走向商业化的生物技术,涉及它的争论,尤其是非学术期刊、同行评阅发表的言论,都值得以这种视角来进行重新观察。

以上分析可能有坐井观天之局限,但生命科学研究中的这一现象是不可否认的。解决这一问题的根本之道,既不是简单地号召大家提高道德修养,也不能只依靠改革管理体制和期刊发表体系,而应当是通过将生命科学目前的研究逻辑化、规范化,来建立可靠、系统、全面的可证伪思维方式,这样才能从源头上减少生命科学“赝品”研究出现的可能。

定稿于 2016 年 8 月 2 日

发表于微信公众号“听石先生的文字”

乌托邦母题如何走进科幻小说

乌托邦与科幻小说有着显著的共生关系。本文对乌托邦母题在科幻小说中的不同表现形式进行了一些讨论。

2016年8月21日,“80后”女作家郝景芳凭借《北京折叠》获得第74届雨果奖最佳中短篇作品奖,成为《三体I》之后第二个获得雨果奖的中国科幻作品。不过,与《三体》相比,《北京折叠》收获的评论并不算高,针对其文字和文学水平、科幻内核和人文关怀层次的批评一直不断。《北京折叠》的主线是用城市的折叠这一意象将社会阶层的分裂现实进行物化,颇为类似于《雪国列车》的设定。从这一点上看,它是典型的乌托邦小说。

科幻小说与乌托邦小说有着密切的关系。科幻产生于某种基于科学技术因素的幻想,这与乌托邦小说有着相通之处(刘宁,2014)。某些激进的马克思主义批评家(如Darko Suvin)甚至认为,乌托邦小说应当被算作是科幻小说的社会政治亚类(黎婵等,2013)。不过按照历史而言,乌托邦小说比科幻小说的源流要长远得多,其最早的文化胚胎可能来自圣经神话的伊甸园和柏拉图的理想国。文学批评意义上的乌托邦文学是从1516年莫尔的《乌托邦》开始的,“乌托邦”(Utopia)也因这部作品而得名。

早期的乌托邦小说主要讨论社会政治文化问题,涉及的科幻元素很少。

但随着 19 世纪以来科学技术对社会生活产生的巨大影响,乌托邦小说也开始有意识地使用科学元素。而以儒勒·凡尔纳为代表的现代科幻小说类型也在那时发展成熟。进入 20 世纪之后,科幻小说和乌托邦小说开始了互相影响、互相渗透直到彼此包纳的发展历程。著名的乌托邦小说《1984》《美丽新世界》都有着重要的科学技术元素,一度被归为科幻小说进行研究。而一些优秀的科幻小说也触及传统上乌托邦小说的写作范围,讨论社会变革与人性演变,例如,阿西莫夫的《基地》系列小说。

乌托邦母题的科幻小说一般都围绕着科学技术对文明的影响展开,并且这种影响既可能是有益的,也可能是有害的。在它们的乌托邦中,科学技术元素发挥着决定故事主题和走向的作用。按照以上定义的科幻,实际上近似等同于一般意义上的硬科幻,除此之外的科幻小说在最严格意义上只可视为具有科学元素的幻想小说,而不能称其为科幻小说。当然这种分界线在某些时候可能是很模糊的。

在乌托邦小说的发展历程中,有一组十分重要的概念,即乌托邦 Utopia、恶托邦 Dystopia 和反乌托邦 Anti-utopia (欧翔英,2009)。恶托邦专指与理想美好的乌托邦社会相反、具有残酷黑暗性的幻想社会,而反乌托邦还包括彻底否定任何形式乌托邦存在的小说设定。不过也有不少人将后两者视为同一个概念。

乌托邦与反乌托邦文学的发展,与历史学界对近代史“长 19 世纪”和“短 20 世纪”的划分有着紧密关系。在 19 世纪,乌托邦文学占主导地位,空想社会主义作家和早期科幻小说作家(如凡尔纳等)都对未来充满信心,构建了众多美好乌托邦。而 20 世纪逐渐兴起的反乌托邦小说在“一战”与“二战”之间成为乌托邦文学的主流,著名的“反乌托邦三部曲”(扎米亚京的《我们》,乔治·奥威尔的《1984》和赫胥黎的《美丽新世界》)就产生于这段时期。

乌托邦与反乌托邦小说的演化历程,受到 19 世纪到 20 世纪人类历史前所未有的巨变冲击。19 世纪是进步时代,社会朝气蓬勃,辉格式热情在知识

分子中尤其明显。但在 20 世纪,经历了两次世界大战和国际共产主义运动的动荡硝烟之后,知识分子思想开始变化,保守主义和共产主义思想抬头,而自由主义步步后退。这种与社会进程的紧密联系反映了乌托邦主题小说特有的社会价值:映照、指引与警示。早期的乌托邦小说意在指引当时不够完美的现实社会走向理想状态,而后期的反乌托邦小说则意在警示:如果我们应对失当就可能跌进恶托邦的深渊。

科学技术元素在现代乌托邦小说中具有重要的地位。这不仅仅是因为科学技术对现代社会产生的巨大影响,还与科学技术天生具有的客观性有关。科学技术遵从某种自然规律,不以人的意志为转移,与模糊多变又追求自由发展的人性之间存在着对立的张力。由于这种属性,科学技术天然带有某种亲近极权和暴力的倾向,以至于在反乌托邦小说中,科学技术大多作为反面势力出现,用它们残酷的客观性约束甚至消灭人性与自由。

因此,具有乌托邦母题的科幻小说最主要的特征就是围绕着如何解决理性与人性,或曰必然与自由(应然)的矛盾展开,因为其故事的内核必须基于科学技术元素,而这与故事中的人物本身存在冲突。以刘慈欣的《三体 III》为例,罗辑和维德就是科学技术元素的理性代表,而程心则是人性的代表。正是这对矛盾构成了该书的主线。

不同科幻作者和科幻作品对上述基本矛盾的解决方案是不同的。大致归纳起来,有四种最典型的解决方案:取消人性;取消理性;人性和理性最后化归到一起;人性和理性最后都归于荒谬。《三体 III》虽然没有明确给出作者的取向,但读者的观感大都倾向于取消人性(即否定程心),因为遵从人性、背弃理性最终导致了大悲剧的结局。而阿西莫夫的《永恒的终结》则是典型的取消理性、拥抱人性的主题。阿西莫夫的其他一些作品,例如,《基地》系列中的心灵史学和《神们自己》的回环结构,则主张人性与理性在某种意义上能够统一。荒谬主题的最著名代表则无疑是道格拉斯·亚当斯的《银河系漫游指南》系列。

中国科幻小说同样大多具有乌托邦小说的特征,但在发展历程上与西方

科幻小说有很大区别。研究者指出,中国科幻小说的乌托邦想象与社会现实关系极大(宋明炜等,2015)。20世纪初,以梁启超《新中国未来记》为代表的早期科幻小说中的乌托邦,类似于西方19世纪的理想乌托邦,包含着当时国人迫切希望改变命运的追求。此后,乌托邦小说在中国沉寂良久。直到20世纪90年代以来,受中国崛起和改革神话的影响,以韩松和王晋康等人代表的科幻作家继续开始创作乌托邦小说。这些小说大多设定中国崛起为恶托邦,对极权与技术的结合进行抨击和反思。

一部优秀的乌托邦母题科幻作品,应当关注科学技术对人性的影响,关注人性在科技下的选择,而不是用科技作为已存在的人性问题的背景,那就离科学幻想越来越远了。因此,温情脉脉、屈尊俯就式的阶级观察不能替代科幻作品对理性与人性恒久矛盾的审问,也难以赋予这样的科幻作品以深刻的人文关怀内涵。作者如果满足于使用科幻元素构建出阶级分裂的未来模型,而忽视了乌托邦小说应有的指引或警示内涵,那就降低了作品的格调和档次。

要让乌托邦母题走进科幻小说,不是用社会问题取代科技主题,而是将科技主题推向乌托邦社会、思考科技与人性的冲突。作家如果关心现实社会中的阶层分裂、司法不公、贫富差距,大可直接创作现实主义作品,那样也远比借用科幻小说的框架来得自然。如果缺失了科学技术元素的冲突主题,科幻作品也就不称其为科幻了,这无疑是买椟还珠之举。

定稿于2016年9月4日

发表于微信公众号“听石先生的文字”

科学技术是现代社会的掘墓人吗

2016年美国大选是一个标志性的历史事件。信息技术在其中扮演了令人难忘的角色。本文基于这样的时代背景做了一些讨论。

特朗普刚刚当选之后的2016年11月10日,英国《卫报》就刊发了一篇通讯,把特朗普的当选“归功”于Facebook上云集的假新闻以及其推送模式。文章提出,由于Facebook推送的新闻和信息是基于用户之前点赞结果分析得到的用户喜好信息,导致用户不断得到自己支持观点的正反馈信息,而看不到反面信息,从而将民众意见迅速极化。假新闻和族群隔阂产生的原因不是别的,正是Facebook面向用户需求的运营模式。这篇文章代表了不少传统媒体对社交网站在这次美国大选中扮演角色的看法。

11月13日,扎克伯格在自己的Facebook主页上贴出长状态,对近日愈演愈烈的批评进行回应。他一方面坚称,“Facebook上人们看到的99%内容都是真实的”(Of all the content on Facebook, more than 99% of what people see is authentic);另一方面他也在强调Facebook在大选中扮演的信息传递角色,“如果没有Facebook,(有关大选的)大量对话都不会发生(A lot of that dialog may not have happened without Facebook)”。最后他陈述了自己对于民众意见的支持,“在我的经验中,人民总是好的,即使你今天可能不这

么看,但长期来看,相信人民总能走向更好的结果”(In my experience, people are good, and even if you may not feel that way today, believing in people leads to better results over the long term)。

批评 Facebook 引导选民投给特朗普的西方媒体似乎忘记了,就在数年前,他们还在褒扬 Facebook 和 Twitter 在阿拉伯之春和“颜色革命”中扮演的角色。这一次,同样的情形发生在美国,而斗争的双方变成了民粹和精英。事实上,整个硅谷的企业家,除了冒天下之大不韪的 Peter Thiel,2016 年几乎一边倒地支持民主党。Facebook 即便不支持民主党,也不会明目张胆地为特朗普张目。

问题并不出在 Facebook 的个别技术偏好,而是出在社交网站作为信息传播渠道本身固有的属性上。社会学家十分熟悉的一个模型是, Benedict Anderson 在其名著《想象的共同体》中勾画了在现代国家形成过程中,人民是如何通过报纸、出版物等公共平台形成“想象的共同体”,并进而升华出“民族主义”。今日的社交网络和新闻媒介传播速度、广度与深度,更有甚于昔日的报纸、书籍,而观点和价值的趋同路径,又在用户喜好导向的技术推动下远远快于过去民主政治所习惯的社会节奏。因此,在北非、中亚和东欧发生的革命与在美国发生的新闻,实质上都是现代信息技术参与下选边站队迅速完成、族群对立迅速建立的不同例子而已。

毋庸置疑,过去的十年是现代通信方式和社交网络向全社会各个年龄段、各种职业迅速普及和渗透的十年,无论是在美国、欧洲和中国,还是在中东、非洲或中亚,都是如此。广播电视时代的主流媒体在这十年中节节败退,表面上依然维持着话语权,实际上早已在普通民众中失去了信息来源的垄断地位。不少媒体依然使用“沉默的大多数”概括支持特朗普得胜的民众力量,恐怕是盲目自信和掩耳盗铃。笔者曾在某篇文章中写过:

网络社会最初吸引青年人的方面也许是其全面的交互性和新鲜感,但最终将他们的思想和行为加以影响和改变的往往是那些能够引起他们共鸣的

事物。这种共鸣又会通过不断地主动寻访相关信息和被动接触其他侧面而被强化,而此过程中接触到的其他事物则会由于缺乏共鸣或共鸣不足而不被关注,进而逐渐被边缘化。由这种正向的反馈就使得服从这一假设的人形成了某种政治观念……在这样的诱导下,我们的信息来源看似数量日益增多,而实际上范围越来越窄。因此,尽管网络信息都有着自己的衰减规律,但是这些信息的序列组成的信息流在接触者的主动选择下就有了流动方向。在这其中,当然有许多偶然的因素促使这种反馈向着某些特定方向雪崩式地发展,但从极大数量的群体角度来考虑,这种涨落就显得只具有统计意义。(《网络社会与青年政治思想的形成》,2011年3月)

这种分化令人生畏之处在于,不仅民众本身会因此而发生分化、改组和族群对立,掌握话语和知识的知识分子同样会因此而失去对真实民意的认知,陷入自说自话的困境。过去承担着对民众进行知识普及和意见归纳功能的媒体和公共知识分子,一旦在社交网络上进入上述自我封闭的奇异吸引子,就只会收获视野附近拥趸和朋友的正反馈,而难以发现视野远处已经走向对立的民众,以至于失去了普及和归纳的作用,造成了民众与精英的割裂。轰轰烈烈的科学普及和传播运动在中美进行多年,却始终收效甚微,就是上述过程的最好注脚之一。

奇异的是,社交网络 and 现代通信本来是社会扁平化的技术工具,推动的是社会平等和信息流动,但实际上却造成了信息实质上的流动失序和社会对立。这种矛盾并非和技术传播信息的能力不够,而恰恰是技术高估了人们接收信息的能力。设想有人具有足够快速的信息处理能力和足够广泛的信息获取渠道,他自然能够从现代信息技术中收益并建立全面客观的观点。但现实中的民众既不可能具有赶上机器和网络的信息处理速度,也不可能获取足够丰富的信息渠道,至少在现阶段如此,那么信息流的高速和巨量能起到的效果,就是缩短了意见归一、族群形成的时间,加深了价值观念冲突的程度。这恐怕是技术发明之初所始料未及的。

在信息技术行业从业者中间,对上述问题的认识甚不统一。Wikipedia 的联合创始人之一 Larry Sanger 曾在 2011 年写过一篇引起广泛讨论的博文《存在一种新的 Geek 反智主义吗》(*Is there a new geek anti-intellectualism*),正式提出了“Geek 反智主义”的概念。Sanger 在 2002 年退出了自己创办的 Wikipedia 之后,一直对其采用的公共编辑方式和知识理念保持怀疑,认为这种百科模式实际上存在导向民粹主义和反智主义的可能。他在上述博文中对 Geek 反智主义给出了以下 5 条特征:

- 知识不由专家确定,而是由民主确定的;
- 书刊报纸等纸媒是过时的信息工具,只有数字化媒介才是现代媒介;
- 纸媒传递的知识和价值体系也已经过时;
- 一切知识的数字化意味着人不需要记忆任何知识;
- 成功的典范是建立广受欢迎的网站或软件,而不是获取和创造知识。

认同上述原则的 Geek 们反对 Sanger 将他们归入反智主义,他们或者认为 Sanger 只是没有认识到技术和文明发展的趋势,或者认为 Sanger 夸大了极客与传统知识分子的对立。而 Sanger 则认为,这种反智并非危言耸听。他在文章结尾说,如果在未来 5 年中有人凭借类似的文章或观点赢得了严肃媒体的认真关注,就意味着 Geek 反智主义已经成为了一种主流意识形态。不巧的是,5 年后的今天,不是 Geek 反智主义赢得了关注,而是更甚于此的结果:反智主义利用 Geek 构建的平台赢得了美国社会发展的主导权。

人们心中的 Geek 形象常常是不修边幅、专注技术的码农们,类比于工业时代中辛勤劳动在流水线上的卓别林式工人。事实上,美国码农的生存状态远胜于传统的工人阶级,他们享受高薪以及居住大房子,具有灵活工作时间,所在公司和地区尊重他们千奇百怪的个人兴趣和行为方式。大部分码农或多或少都抱有一定程度的行业优越感,对自己从事的信息技术引导下自身、社会和人类的未来具有信心。这是当今时代的历史机遇给了他们独特的生

活地位,也使得他们更加支持社会精英。不过谋求改变自身命运的华裔又另当别论。但信息技术内蕴的反智主义倾向却将他们支持的社会理念推向了社会反面。

应当为反智主义负责的不仅仅是信息技术。人类社会自古以来的信息传播革新,都伴随着科学技术的发展,也由此打开了社会动荡的可能。在东方,造纸术的发明使得知识得以普及,随后的科举制度维持了阶级流动的空间,早熟的信息传播模式导致了僵死的传统社会。而近代欧洲印刷术的发展使得自由言论得以广泛传播,与火药和指南针一齐构成了瓦解封建社会的三大技术。现代以来,广播电视等媒介陆续登场,其社会影响有目共睹。而在这些信息相关技术的背后,是基础科学的快速进步造就了每一次重大发明。

时至今日,我们使用的各种数字化设备有赖于物理学特别是电子学的进步,而它们使用的金属、半导体和塑料等材料又是来源于化学和材料科学的发展,通信与网络工程依靠相关数学和系统科学理论,整个社会的能源和信息网络的构建更是跨学科合作的结果。科学精英们自然不愿意承认自己是反智主义,也不愿意让自己的成果成为反智主义的平台,但客观事实却是随着科学技术发展的专门化和精细化,其相关知识本身越来越远离于民众,而成果却越来越普及。民众对科学并不那么“感恩戴德”,相反,他们手持技术的成果反对发明技术的精英,这是屡次为我们所目击的现实。科学技术在造就现代社会的物质基础的同时,遭遇了深刻的自我否定。

技术内蕴的反智主义与传统的反智主义相比更加隐蔽,也更加危险。其表现不是反对知识本身,而是反对人对知识的掌控,或者支持那些客观上导致人失去掌控知识能力的主张。知识的彻底数字化、民主化、市场化,是其主要表现。这种主张的初衷,可能是对民众控制信息能力的盲目乐观和对自由主义价值观念的理想化,但结果却总是传统意义上由精英和专家审慎确定的知识信息被金钱、大众和数字代表的知识信息取代,导致知识的荒漠化、庸俗化和逐利化。

上述反智主义发展的最坏结果是现代社会的发展停滞乃至崩溃。因为知识的话语权从精英转移到民众手中之后,其创新的源动力就失落了。民众最欢迎的知识总是大多数人愿意接受、能够接受的水平上的知识。而创新的知识一定是超前的、从少数人手中转移到大多数人手中的,期间一般都经历了巨大的斗争。当精英不再控制知识时,技术发展实际上就已经停滞了,而技术发展的停滞就会负反馈于民众的信息获取和分析能力,从而进一步导致民众知识的衰落。这种恶性循环最终会导致社会落入平庸化的陷阱。

其实对于智识阶层而言,上述停滞带来的更深层次的恐惧是对被技术操纵的未来或被技术控制者们操纵的未来的恐惧。那些在技术停滞的苗头出现初期把握了信息传递方向和动员民众能力的人,实际上有很大可能掌握了未来历史发展的走向。他们的决定或阴谋,是我们的社会向着何种渠道演化的重要因素。如果我们回想《1984》中老大哥借助无孔不入的广播和监视设备控制国民,就不难理解技术控制者们可能把我们导向的社会是什么样子的了。

即使没有具体的人来充当这样的技术控制者,真的实现了知识的彻底数字化、市场化、民主化,那么这样的社会也意味着人已经把掌控知识的能力从自己手中移交到机器手中。从某种程度上说,现代社会的网络媒介已经完全可以做到控制民众在某些方面的思考空间。而当技术真的发展到个别人工智能产生的时候,人类自身的生存危机也就不远了。

科学技术是实现自由的方式,不是奴役自由的工具。应用技术的人不应当满足于技术内蕴的前景,而应当把技术作为进步的阶梯。如果技术蜕变为我们迎合民意、唤醒欲望、获取短期利益的工具,那么我们就很有可能在长期的社会演化中落入上面所述的某一种反智情形,进而导致现代社会在科学技术的作用下发生停滞和崩溃。在这个意义上,科学技术就有可能就是现代社会的掘墓人。如果借用 Russell 和 Haldane 在 20 世纪 20 年代对科学与人文关系的著名争论作一比方的话,失控的科学技术乃是背负羽毛靠近太阳的

Icarus,而我们应当选择做 Daedalus,放弃对太阳光辉遥不可及的追求,规避科学技术发展中可能的误区。^①

信息技术所能推动现代社会进步的方向,显然不止在于把信息数字化和市场化方面。信息交流的速度和深度被信息技术提升,首先有利于构建众包和分散知识创造过程,实现资源的高效整合,这一方向在最近数年中已经得到初步发展。在资源整合和知识众包的基础上,信息流动将有能力推动工业时代固化的社会分工被打破与重构,从而将生产力的提升与个人劳动的解放联系起来。而在公共政治领域,信息技术亦可保障反向信息流的出现(而非促进视野中的话语趋同),在降低传统媒体话语权的同时真正实现每个个体视域的话语权平等,减小集体讨论和决策成本,探索社会组织新形式。

社会历史发展的真正大势总不是在当时所能看清的。智识阶层既不要盲目服从于民众组成的洪流,忘记了自身坚持的批判和创新本色,也不要刻意反潮流和标新立异,失去了继续发展的物质根基。历史是由人民书写的,但同时智识阶层正是这些写历史的人民中交稿最多的。我们引导的方向如何,关乎历史,关乎未来,值得深思。

定稿于2016年11月13日

发表于微信公众号“听石先生的文字”

① Daedalus 和 Icarus 是希腊神话中的工匠父子,被克里特岛的米诺斯王囚禁于岛上修建迷宫。Daedalus 设计了蜂蜡粘接羽毛的翅膀,绑在身上可以飞行,带领儿子逃离囚禁。中途 Icarus 试图飞近太阳,结果温度升高蜂蜡融化,翅膀被损坏无法飞行, Icarus 坠落大海, Daedalus 则回到希腊半岛。

渴望永生的人总是试图预言未来

以色列学者尤瓦尔·赫拉利近年来因其《人类简史》和《未来简史》声名鹊起。本文是对后者的书评。

对预测未来的渴望时常萦绕在历史学和物理学研究者心头,前者依靠对社会结构的先知式断语试图成为新时代亚瑟王的梅林,后者则追求终极理论以无限接近斯宾诺莎的上帝。而当如作者这样的历史学家开始以物理学家的口吻讨论未来时,我们每次都能看到康德和马克思的幽灵在他们的字里行间复活。

事实上,赫拉利对马克思确实褒奖有加,他在全书多处对马克思对历史走向给出终极解释的努力点头认可,并且为他的预言没有实现做了一番基于信息和反馈系统的辩解:正是由于共产主义精准地指出了资本主义的根本危机,才使得资产阶级警醒起来,采取了必要的预防措施。但这马上就带来另一个吊诡的结论:先知如果不能把预言默存心中而是宣之于世,那么几乎可以肯定这一重大信息扰动总会让历史偏离预言。赫拉利在《未来简史》第1章提到了这一悖论:

知识如果不能改变行为,就没有用处。但知识一旦改变了行为,本身就

立刻失去意义。我们拥有越多数据,对历史了解越深入,历史的轨迹就改变得越快,我们的知识也过时得越快。(赫拉利,2017,第51页)

显然作者没有过分在意这段的自指,否则也不会有《未来简史》的后面10章。但开头的这番议论无意中提醒了读者:本书到底是未卜先知的上帝账簿还是凡人僭越的大胆卦辞?

就其主要内容而言,本书的基本观点(数据时代和人工智能是智人未来演化的方向)没有超出维纳和香农为信息时代设下的愿景,可以视为一部分硅谷精英的社会理想代言。维纳早有一本十分通俗而又异常深刻的著作《人有人的用处——控制论与社会》,其中的预言读来丝毫不逊色于《未来简史》。

当个体人被用作基本成员来编织成一个社会时,如果他们不能恰如其分地作为负着责任的人,而只是作为齿轮、杠杆和螺丝钉的话,那即使他们的原料是血和肉,实际上和金属并没有什么区别。作为机器的一个元件来利用的东西,事实上就是一个元件。不论我们把我们的决策委托给金属组成的机器抑是血肉组成的机器(机关、大型实验室、军队和股份公司),除非我们问题提得正确,我们绝不会得到正确的答案的。肌肤骨骼组成的猴掌就跟钢铁铸成的东西一样没有生命,瓶装妖魔作为描述整个团体的综合形象时,就跟惊心动魄的邪法一样可怕。

时已迟矣,善恶抉择之机已经迫在眉睫了。(维纳,1978,第153页)

如果考虑到维纳此番话乃是近70年前的古物,我们不禁要为赫拉利感到遗憾。维纳的科学素养,无疑高过赫拉利太多,《未来简史》中多处科学事实不过是道听途说,而《人有人的用处——控制论与社会》中的大量科学实例则是维纳亲历甚至亲自创造的。虽然不能苛求于历史学家出身的赫拉利,但这对《未来简史》的可信度是大有影响的。

他们之间更大的不同之处是,在维纳那里,法西斯或摩尼教所倡导的进步主义世界观、光明黑暗二元论,是破坏科学界的信仰自由、从而阻断信息通信而导致社会混乱的来源,他甚至把苏联的贝利亚和美国的麦卡锡并称为当代(1950s)实行“女巫迫害”的代表人物。而赫拉利则对自由主义抱有谨慎怀疑,却对马克思主义崇尚理性与控制的思维方式颇有同情。在《未来简史》第7章末尾他写道:

100年前有些是最先进的社会主义国家,没有跟上新科技。苏联前领导人勃列日涅夫和古巴前总统卡斯特罗坚守着马克思和列宁在蒸汽时代构思的想法,未能理解计算机和生物科技的力量。反观自由主义,适应信息时代的能力高出许多。这也就能够部分解释,为何赫鲁晓夫在1956年的预言从未实现,为何最后竟是自由主义导致了苏联解体。如果马克思重回人世,他可能会劝他的追随者,多花点时间研究互联网和人类基因组。(赫拉利,2017,第249页)

言下之意似乎是,如果社会主义国家研究清楚了互联网和基因组,或许就能战胜资本主义。

赫拉利没有明说这一点,但最后一章“信数据得永生”几乎就是列宁“苏维埃加电气化等于共产主义”公式在信息时代的翻版,并且将芸芸众生推到了历史舞台之下,让他们成为维纳口中的元件、社会主义话语中的螺丝钉,而让抽象的数据成为神人。数据自然不可能自己成为神人,掌握数据的人或公司才是那个虚拟时代的神人,而他们是谁,我们早已耳闻目睹,并且在把他们推向神人的道路上都花了不少力气。这恐怕与今日硅谷精英普遍支持桑德斯有着密切的联系。

或许社会结构的集中和秩序确实有利于人类整体的前进,但如果这种前进是以牺牲个体自由为代价的,尤其是如果掌握资本和权力的人明知道这种前进要付出代价,那么前进本身是否应当通过这种途径得以实现,就值得怀

疑了。荷尔德林的警句“总是使一个国家变成人间地狱的东西,恰恰是人们试图将其变成天堂”,在自由主义话语中可能是人们耳熟能详的,今日却已经退化成某种教条而被渐渐忽视。

与此同时,新兴的掌握话语权和资本流的信息产业阶级们正在试图用一套新的进步主义价值体系包装其背后的野心:获得永生。但这种永生,势必是只有个别神人才能专享的,而绝大多数智人都将因此被甩下历史的列车,正如赫拉利自己多次比喻的那样。“所有动物生而平等,但有些动物比其他动物更平等。”(奥威尔《动物庄园》)《未来简史》中提到多处,硅谷的亿万富翁们投入毕生财富,研究延长生命、提升幸福、控制心灵和社会的科技,可为注脚。

只有渴望永生的人才格外希望能够预言未来。《未来简史》未必对未来作出了准确的预言,毕竟它没有也不可能轻易跳出预言扰动历史的悖论;但它作为一本畅销书,再一次集中阐述了数据主义和信息技术至上论者的社会期望和勃勃野心,无论对于其支持者和反对者而言都是具有教育意义的。

定稿于 2017 年 2 月 2 日

发表于“豆瓣读书”《未来简史》书评条目

化学需要什么样的理论

化学一直被视为一门实验科学,直到近年来,化学家才重视理论的重要性。本文是对化学理论的一些想法。

前不久应知乎邀请,给“理论化学”话题整理了索引,随之触发了一个思考已久的问题:化学需要什么样的理论?

什么是化学的理论

科学采用可证伪的逻辑方法研究知识,把我们的认识上升为逻辑和规律。科学的内容总是包括来自直接认识的知识(实验)和来自系统总结的知识(理论)两大部分,后者来自对前者的正确归纳,又可以演绎得到前者,并对未知知识给出可证伪的预言。科学发展的过程一般是从实验得到知识,对知识进行正确归纳得到理论,再由理论指导实验发现新知识。这种科学研究的方法论是从 Francis Bacon 在 1620 年发表的 *Novum Organum* (《新工具》) 开始发展至今的,并一直显示出其强大的生命力。

人作为自然界的臣相和解释者,他所能做、所能懂得的只是如他在事实

中或思想中对自然进程所观察到的那样多,也仅仅那样多;在此以外,他是既无所知,亦不能有所作为(Bacon,1984)。

研究自然世界而非人类社会的科学是自然科学。由于科学发展历史的原因,自然科学依其研究领域不同被划分为数学、物理学、化学、生物学、天文学、地理学等门类。但究其本质,自然科学各门类之间是紧密关联的,只有一个自然界,因此也应当只有一个统一的自然科学。其中化学是研究不同物质的组成、结构(从原子尺度到宏观尺度)、性质及其变化规律的自然科学。

因此,依照化学的研究内容,化学的理论部分应当包括物质组成理论、物质结构理论、结构-性质关系理论和化学反应理论,其研究方法主要是数学和物理学理论。由此也可见,理论化学这一学科(主要是量子力学和部分统计力学)并不等于化学理论的全部。

对化学理论的意义有不同理解

历来在化学工作者中,对化学理论有何意义存在着很多不同意见,有些还影响很大。

第一种观点,主流化学教育从一开始就强调这样一种观点:“化学是一门以实验为基础的科学。”把这一命题推向极端,便是一种非常典型的化学理论观:化学不需要理论,有实验积累的知识就够了。

第二种观点相比而言稍微弱一些,他们认为化学家的主要工作不是研究理论,而是研究合成和实验,研究理论是物理学家的事情。换句话说,化学理论即使有意义,但对于化学家而言仍是可有可无的。

第三种观点持有者可能更多,他们认为化学理论是有存在必要的,化学界也需要研究理论,但不是每个化学家都要来关注理论,那些做一般无机和有机的化学家只要关注实验就可以了,“初中数学和物理足矣”。

第四种观点再让一步,他们支持化学理论的意义,也认为化学家都有必

要关注理论,但化学的主要任务是在实验中应用和验证理论,而不是发展新理论。

第五种观点则另辟蹊径,他们指出化学理论需要化学家来研究,但化学理论具有不同于物理理论的特征,不能使用(或者至少不能完全)数学和物理方法,而要发展化学自己的逻辑和话语。

化学家不能回避化学理论

没有理论不成科学。正如前面阐述过的那样,科学的发展固然离不开实验知识的积累,但仅有实验知识也无法让一门自然科学成立起来。化学不可能脱离理论而存在,如果只有实验知识的积累,它将很快变为纯粹的博物学。事实上,化学学科得以建立,就是来自于化学理论的重大突破。近代化学成为严格意义的自然科学,肇始于 Lavoisier 建立的燃烧学说和质量守恒定律,把燃素说等中世纪迷信的残留赶出化学界;完成于 Dalton 的新原子论,让化学有了自己的理论架构和话语体系。那种化学不需要理论的观点显然是错的。

对于当代的化学家而言,化学理论也并非是有可有无,而是不可或缺的。理论高度决定了化学家对实验知识的理解深度,直接导致他们的创新工作落入不同的档次。当化学家缺少必要的理论视野时,即使极有意义的实验事实放在他们面前,他们也不能从繁芜丛杂的现象中提取出重大发现来。例如人们早就观察到各种具有五次和十次对称花样的晶体衍射结果,但大都囿于传统和知识缺乏,不能给出合理解释,或者将其归因为孪晶等因素。直到 Shechtman 历史性(同时也是极具争议性)地发现准晶之后,各种后知后觉的报道才迅速涌现出来。

即使是从事基础合成工作的无机和有机化学家,足够的理论高度也会帮助他们提升工作层次和效率,并将合成的苦工上升为科学知识。众所周知的例子是有机合成大师 Woodward 同时也是理论有机化学家。如果像不少人

错误以为的那样,基础无机和有机领域的发现只能依赖运气,那么这个行业势必将成为劳动密集型而非知识密集型的工种,这样的化学也就难免被贬低为“伪科学”了。

化学理论并不特殊

科学界的共识之一,是我们只有一个统一的自然界。自然科学的各科目之间也没有先验的区别,不存在几种独立的自然观。对于化学学科而言,除了其研究对象具有专门性之外,它的逻辑、思维、方法不可能与其他自然科学尤其是作为自然科学理论基础的数学和物理学有着本质区别。

我们都知道 Rutherford 的名言,“All science is either physics or stamp collecting”(一切科学,要么是物理学,要么是收集邮票)。因此从某种意义上说,化学理论本就是物理学的一部分。承认这句话或许会在不少化学工作者心中引发轩然大波。事实上,我们没有必要用一种狭隘的沙文主义维护化学作为一门自然科学学科的独立性,这种潜意识除了人为制造出学科间的鸿沟,以致自然科学整体发展受损之外,别无长处。

历史上,化学的理论本就与物理学紧密相连。Lavoisier 的《化学基础论》中把光和热都归入化学元素的范畴, Dalton 的《化学哲学新体系》花费了大量篇幅讨论气体和热学问题。最伟大的物理化学家 Gibbs 至今在物理学界仍有着巨大影响,以致人们认为 20 世纪大部分的统计力学都是在为 Gibbs 作注脚。承认他们是化学家还是物理学家,对于科学本身来说毫无意义,要紧的是他们为化学学科的发展提供了理论基石,指引了正确的方向。后来者要做的不是汲汲于门户之见,而是起而继之。

需要补充说明的是,化学理论确实也有其特殊性,但这种特殊性是建立在化学研究的体系之上的,而不是在认识世界的思维模式上与物理学或者其他学科有着本质不同。量子力学适用于原子,自然也应当适用于分子和超分子体系,但物理学家对后者并不感兴趣,这时化学家接过了这一工具,发展自

己的理论。量子化学自然不会完全等同于量子力学的结论,但并不意味着化学因此有了自己的独立理论体系(事实上也没有必要有)。

我们自当在化学领域内发展数学和物理学方法,使之更适合化学研究的对象,但不是闭门造车,搞化学自己的“化学逻辑”。一个失败的例子是 Lewis 结构式。在它 1916 年诞生的时候,化学界还不清楚物理学界正在突飞猛进地发展量子力学和相对论,因此 Lewis 只能使用来自经验的八电子稳定规则来构建他的学说。但很快量子力学就证明,物理学可以更好、更准确地解答分子结构的问题, Lewis 结构式就落后于时代了。独特的“化学逻辑”终究可以通过理论的发展归化入自然科学整体的框架之内,这本身就是化学理论应当完成的任务。

化学需要什么样的理论

近半个世纪以来,化学学科在科学事实领域积累了大量知识,而在理论上则没有更大的突破,学科知识体系尚未发展到完善的地步,至少体现在以下几方面上:

- 从空间尺度上看,对分子及其结构认识已经比较完善,但对于分子间、大分子、超分子和纳米尺度的物质结构认识还很不完善。对固体、晶体的结构认识比较清楚,非晶体、液体结构认识还不清楚。
- 从时间尺度上看,受制于对分子运动和分子所处环境运动(扩散、分离与碰撞)的不了解,传统唯象理论和统计理论都有缺陷,还没有一个足够完善的化学动力学基本理论。对于化学过程的时间尺度的从头预测精度还不能与热力学平衡能够准确从量子力学和统计力学出发计算相比。
- 结构与能量、空间与时间的基本关系不够满意,热力学与动力学间的关系没有深刻阐明,二者本应当是某个更一般的理论(能够处理含时和不含时的体系)的组成部分。

在这种困难下,已经造成了化学及相关学科发展的一些不平衡、不协调情况。

- 有机化学以及一些简单的高分子化学一枝独秀,学科逻辑和理性较完备,而无机化学、超分子化学等领域多还停留在探索与发现阶段。其原因是,有机化学对象是分子,研究得比较清楚;而无机、超分子等体系的结构与性质关系尚不完全明确。

- 无机晶体材料、分子材料(功能主要依赖于分子功能的材料)发展迅速,非晶体材料和软物质发展缓慢。对一些基本科学问题,如水的微观结构,目前还没有可靠答案。

- 生命科学的化学本质未完全阐明。生物化学的静态部分,尤其是结构生物学发展迅速,但动态部分还在摸索,复杂生化通路之间的相互作用尚待深入研究。

上述问题只列出了化学理论发展的一部分,门类和方向都很不全面,但也足以看出化学理论并非成熟,而是充满问题和挑战的。化学家应当明白的是,化学理论不可能等待物理学家或者其他什么人来解决,因为化学的体系只有化学家自己才最了解、最关心,因此其相关理论也最好是由化学家来发展。具体到每个化学工作者身上,对化学理论的贡献可大可小,但这种意识的广泛传播和实践势必推动化学学科整体的更大进步。

功利一点来说,充满问题与挑战的化学理论也是化学学科自身发展的一片空间,意识到化学界还有这么多课题可做,也免得有识之士与青年才俊自己都会怀疑化学有无发展前途。可不要忘了,把物理学以外的科学都归为集邮的 Rutherford,自己都没有得到诺贝尔物理学奖,拿的偏偏是化学奖。

定稿于 2017 年 3 月 13 日

发表于微信公众号“听石先生的文字”

就算佛学大师等在山顶也无损科学的光辉

2017年上半年,中国科学院院士朱清时先生的“量子佛学”“科学家千辛万苦爬到山顶时,佛学大师已经在此等候多时了”等论点,引发舆论讨论。李森教授的文章《量子世界观和佛教世界观是否相似?量子力学是否支持人类灵魂的存在》从科学角度批评其观点。这引发笔者从人文方向的思考,因此写作本文。

把现代科学的最新进展(如量子力学)同传统宗教经典中的某些观点联系起来,进而得出“自然科学与某某宗教殊途同归”的结论,并非是朱先生首创,所谓“量子佛学”的名词也不是他首先提出的。近代以来,随着自然科学的社会影响日益扩大,佛教、基督教、伊斯兰教都有过援引科学事实解释宗教教义的实例,甚至面相学、占星术等领域也有引科学以自重的趋势。这种思维方式一般是:科学研究得到的事实,我们(宗教)早就通过自己的方法得出了,现在我们站在山顶上以逸待劳,等着你们(科学)从山下来殊途同归。

这个问题的要害,并不在于宗教与科学到底是不是“同归”,而在于是不是“殊途”。一般而言,“殊途”是显然的,支持宗教的人士大多数也认同,宗教与科学遵循着不同的理论。于是科学界反驳的焦点,常常放在了“同

归”上,力图说明宗教并没有真正揭示出科学结论或者科学结论不同于宗教断言。但宗教经典文本常常晦涩模糊,解释方式多种多样,而科学事实又始终处在新陈代谢之中,执此衡彼,难免有刻舟求剑的危险,令观者陷入新的困惑。其实,科学工作者就算承认了“殊途同归”,也无妨于科学本身的地位。

我们姑且假设“同归”成立。以量子力学与佛学的关系为例,“同归”可以认为量子力学中波函数随观测发生的坍塌与佛学中的原理是等价的,量子信息也就是佛学中说的灵魂。那么我们马上可以问这样一个问题:既然佛教经典和教义中早就包括了量子力学的基本原理,那么为什么没有佛教大师根据佛经做双缝干涉实验、研究分子光谱?它们可是量子力学成立的最早、最经典、最直接的实验证据。

答案很简单:因为佛教大师也不知道到底哪一句佛经揭示的是量子力学的真理,只有到量子力学被科学家建立起来之后才恍然大悟。看过《西游记》的大概都知道,神话故事中的佛经分三藏:“法一藏,谈天;论一藏,说地;经一藏,度鬼。三藏共计三十五部,该一万五千一百四十四卷”(《西游记》第八回“我佛造经传极乐 观音奉旨上长安”)。事实上,仅汉文化地区历代递修的大藏经就不止一藏之数。宋代《开宝藏》共 5048 卷,金代《赵城金藏》共 6980 卷,清代《乾隆大藏经》共 7168 卷,现代的汉文《中华大藏经》仅正、续二编就已经超过 23000 卷,字数则在 4 亿以上。如此繁重的卷帙,势必令人难以把握要旨。

更麻烦的是,佛教徒对教义经文的理解各有不同,甚至对经文的真伪也有争议。整个佛学体系,大的方面分为大乘、小乘两部分,大乘讲求解脱众生、证悟般若,小乘讲求证得阿罗汉果位。大乘佛教里面主要又分中观和瑜伽两大法脉支流,它们对意识的有无就意见不同,“中观则俗有真空,体虚如化;瑜伽则外无内有,事皆唯识”(义净三藏法师《南海寄归内法传》)。也就是说,中观一支否定一切俗有存在,非无非有;瑜伽一门则认为一切世相乃是阿赖耶识变现所成。但不论如何,建立证信基础都要从“破我执”出发,勘破物我皆空、世相皆幻的真谛,以达到“无我相无人相无众生相无寿者相”

(《金刚经》第十四品“离相寂灭分”)的境界,所谓“一切有为法,如梦幻泡影,如露亦如电,应作如是观”。至于唯识宗所强调的阿赖耶识,与人的意识并非是同一范畴,而是人的各种感官和意识的种子。

在此基础上,中土大乘佛教又演化出十余个宗支,其中代表者有禅、净、密、律,所奉的核心经典不同,教义也各有不同。例如,最广为人知的禅宗语录,“菩提本无树,明镜亦非台,本来无一物,何处惹尘埃”(《六祖坛经》“行由”第七节),显然否定了人的主观意识和灵魂是真实存在。即以《楞严经》义而言,乃是世尊开示破魔修法的殊胜之道,先破除六凡三圣之种种世相妄想,然后破我法二执、以显真如,进而达到如来甚深三密不可思议的境界。“性觉必明,妄为明觉”云云,乃是佛陀说法破除妄想的一句话头,经由此要达到的真正甚深般若是“不可思议”无上法门,恰恰是不能通过意识层面的“思议”去想象的,与量子力学中的意识和测量毫无关系。所谓“意识造成了物质世界的存在”,本来是佛陀批判的妄想境界。^①

由此可见,单单从浩如烟海的佛教文献和教义中找出一两句只言片语,将其与量子力学比附起来,只可能是今天我们认识了量子力学原理之后的“马后炮”,不能证明佛教已经开创了量子力学,更无助于历代佛教徒们研习和应用这一“量子佛学”。我们就算承认了“殊途同归”,承认那只言片语确实是佛陀当年领悟了量子力学后的开示,这种知识也是毫无实证效力的:既不能够解释物质世界,也不能指导精神世界。而佛教讲求的就是要在世相流转甚至是外道邪魔的诱惑中证悟佛法,否则即使开悟的信仰也不能够坚牢。非要引用佛法来解释量子力学,反倒真有可能入了佛门的外道。

那么科学与宗教的“殊途”体现在何处呢?在近代自然科学的发展史上,有一条一以贯之的主线,即弗兰西斯·培根在其著作《新工具》开创的实证主义传统:“人作为自然界的臣相和解释者,他所能做、所能懂得的只是如他在事实中或思想中对自然进程所以观察到的那样多,也仅仅那样多;在此

① 《楞严经》的真伪,至今尚有争议,不能确定其是否为佛陀所述。

以外,他是既无所知,亦不能有所作为。”科学的内容总是包括来自直接认识的知识(实验)和来自系统总结的知识(理论)两大部分,后者来自对前者的正确归纳,又可以演绎地得到前者,并对未知知识给出可证伪的预言。科学发展的过程一般是从实验得到知识,对知识进行正确归纳得到理论,再由理论指导实验发现新知识。这就把抽象的思辨和实证关系颠倒了过来,使得自然科学发展有了坚实的基础。

科学的实证主义要求科学知识应当遵从奥卡姆剃刀原则:“如无必要,勿增实体”,后来卡尔·萨根把这一原则通俗化成了“车库里的喷火龙”:如果说我的车库里有一条隐形的喷火龙,但不管用什么实验手段都无法检测出来,那么我们只能说这条龙并不存在。实证主义的原则是,我们只能承认和相信那些经过实证检验的事实,而非经实证检验的只能暂时不信,即使它们有可能是正确的。“佛观一钵水,八万四千虫”,^①但在显微镜发明之前,我们常人谁也不能用肉眼看见水中的虫,即使佛陀确实开了佛眼,看见了小虫,但对我们常人而言,这“八万四千虫”就是车库里的喷火龙。一般人可以怀疑水中是否有虫,自然也可以相信佛陀的开示认为水中确实有虫,但科学的态度是不相信那些未经实证证明的假说。

有人或许会争辩说:“列文虎克不是通过显微镜看到了水中的微生物了吗?这不就证明了佛陀的天眼是真实的吗?科学不也有先猜想后证明的发现吗?”这样的疑问混淆了先验判断和科学假设。先验判断并非是从其他业已为实证证明的知识出发做出的逻辑推论或合理归纳,而是基于先验知识——非经实证获得的知识——的一种断言。例如,佛陀所说“一钵水中有八万四千虫”,这既不是佛陀研究了一般天然水中的微生物分布密度后计算得到的结论,也不是佛陀用显微镜观察计数的实验结果,而是佛陀用无上般

^① 此偈语来自《毗尼日用录》中所载的“饮水偈咒”:“佛观一钵水,八万四千虫。若不诵此咒,如食众生肉”,也不能确定为佛陀所说。此外,“八万四千”本是佛经中常见的大数,并非精确所指,而只是略指其数目之多。例如,《大乘本生心地观经》“厌身品第七”有“亦如大肠,八万四千虫所住故”,又如《贤劫经》“诸度无极品第六”有“以能具足度无极,便已备悉八万四千众要上业,八万四千诸总持门自然达矣”的记载。

若观照客观世界的结果,从科学的角度看,这就是先验判断。而科学假设则不然,其出发点是其他业已为实证证明的理论或实验结果,得出它的方式是演绎或归纳逻辑。例如,列文虎克利用光学原理发明了显微镜,又用显微镜观察了身边各种水样,都发现了其中存在各种各样的微生物,于是他可以假设道:“微生物广泛存在于一切水体中”,这是从实验出发、运用不完全归纳法得到的科学假设。

先验判断和科学假设都可能被实验证实或证伪,只要这样的判断是一个陈述完备的命题。例如,只要我们界定明白了“一钵”的体积、“水”的来源、“虫”的计数标准,就可以用显微镜检验一钵水中是不是真的有八万四千虫。反之,如果我们在某地送来的水样中没有观测到微生物存在,也可以证伪“微生物广泛存在于一切水体中”这样的科学假设。但这并不意味着二者在科学知识中的地位相同。因为先验判断来自于非科学知识,是自外而内进入科学知识体系中的,在被实证证实之前它始终不是科学知识的一部分,最多只能称其为“元科学”或者“潜科学”。即使科学实证证实了先验判断,也只是将先验判断的命题本身变成了科学知识的一部分,而不能由此得出先验判断的来源也是科学知识的结论。还以“八万四千虫”为例,我们即使证实了水中有八万四千虫,也不能由此得出佛陀确有佛眼神通的实证结论,因为前者只是后者的必要条件而非充分条件。事实上,“水中有八万四千虫”这条科学知识,在实证科学体系中,无须佛陀的佛眼,就能从其他科学理论和实验知识得到。

科学假设的来源则是业已经过证实的科学原理或实验结果,例如,爱因斯坦根据迈克尔逊实验得到的“光速不变”这一实验知识,提出光速不变原理,构成狭义相对论的基础之一,并进而得到质能方程 $E = mc^2$,后者在核聚变和裂变实验中得到了证实。这种来自科学知识的假设实际上应当被称为科学预言,是科学知识体系的逻辑结果之一。科学预言可以被证实,也可以被证伪,而后者对科学发展而言可能更加重要。因为假设被证伪乃是挑战既有原理、进而完善科学的进路。迈克尔逊之所以要进行光速测定,就是为了

证实 19 世纪流行的“以太假设”,但他的实验结果恰恰证伪了“以太假设”,这就给了相对论登上历史舞台的机会。

科学是由科学家们研究的,但科学家并不等于科学,并不是科学家提出的所有命题都是科学假设。例如,“人的意识来源于大脑中的量子纠缠”这个命题,虽然其中有不少科学名词,但它过于模糊,目前不能称之为科学假设,至少不能称之为一个表述完整的科学假设。要令其完整,首先我们要明确这个命题中各个名词的内涵和外延,然后进而建立一套可实证的实验方法对其中所谓“量子纠缠”与“意识”的关系细节进行深入研究:何为“意识”?如何判断意识的存在与否?是什么样的原子/分子在大脑中发生量子纠缠?以什么方式进行量子纠缠?如何从实验上说明量子纠缠与意识存在关联?等等。科学家的确不能从自己的先验经验出发否定这个命题,有可能在未来它就成为了新的科学真理,但在实证证实之前,我们也不能选择相信这个命题。

由此,还可以看出科学不同于宗教的另一个重要之处:科学从不自视为终极真理,总是“从真理走向谬误”(萧伯纳语),而宗教始终自命为终极真理、不可更改。当科学假设被实验证伪时,科学原理便要随之调整,旧的科学真理为新的科学真理所代替,使得人类的实证认识不断逼近客观真理。而当宗教的先验判断被证伪时,支持宗教的人士不是变更宗教的教义,而是为之发掘种种辩解的方案。例如,佛陀所说娑婆世界由四大部洲组成,与现代天文地理知识不合,便有人说佛陀是随缘开示,当时大众不能理解深刻精微,后世流传又有文字错讹,从而难免会偏离真相。总之,教义永远正确,错误的是诠释。而科学则不然,它永远在自我完善的道路上。

有趣的是,科学的这种新陈代谢发展进程反而也会被宗教或其他非科学思想利用来否定科学。他们的逻辑常常是:“科学事实也在不断变化当中,牛顿的那一套,不是被爱因斯坦用新的一套代替了吗?随着科学发展,谁知道真理会不会早已掌握在教义手中了呢?”这种观点利用了科学不能承认自己是终极真理的谦虚,来鼓吹宗教的盲目自信。的确,即使从实证主义的角度

度讲,这样的假设也并非完全不能成立,有那么一种可能,未来的科学会发现,宗教或者其他什么思想揭示的确实是这个世界的真谛,即使这种可能性十分微小。

但承认这种假设对人类认识真理并无助益:因为这种思维方式将认识真理的方法从实证变成了思辨,而后者在宗教中被进一步垄断为法王教主、高僧大德的特权——肉眼凡胎的芸芸众生是看不见水中的八万四千虫的,只有大神通的佛陀才能看到。但是,基于实证的科学则不然。只要发明了显微镜,只要是视力正常的人都立即能够实证水中存在的微生物。科学实验的现象和结果不因观察者的身份、地位、思想境界高低而改变,任何人都可以经过循序渐进与切实可行的科学训练去理解科学、认识世界。更重要的是,科学带来的各种技术发明能够实实在在地普惠众生,让即使不懂科学的普通人也能享受科学带来的便利,获取到那些本来在神话传说中才能获得的神通大能:日行千里、万里传音、呼风唤雨、腾云驾雾,等等。

实证科学最大的社会意义,就是将被宗教大师、迷信祭司垄断的解释自然、操纵自然的能力解放出来,交给任何一个普通人,这过程不需要任何慧根高低、灵性禀赋作前提,即使他们不理解科学的精深细节,也可以按图索骥。通过实证,科学把历来被宗教和其他前现代意识形态神秘化的世界重新改造为人人可以认知、理解、改造的客观存在,即对世界的祛魅。通过科学实证完成的祛魅,是人类社会向现代性演化的动力之一,打破了大众与传统精英之间的知识和能力壁垒。在宗教那里只有大师们才能登上山顶的崎岖小道,被科学改造成人人可以阔步前进的坦途。

当然,宗教自有其社会价值、理论体系和信众教团,原本也不需要科学为它站台。我们并不否认,宗教有可能在很多方面都走在科学前面。我们甚至可以允许假设,科学真理发展到尽头就是宗教揭示的世界本质,尽管这种可能性现在看起来很渺茫,但这并不是用科学支持宗教的理由。即从佛教自身道理而论,科学不过是研究六道轮回中的世谛俗法,佛法才是教人解脱生死、跳出轮回的出世真谛,用科学来解释佛法,反倒是把微妙精深的佛法庸俗化