

对爱因斯坦的判断不服气,北京邮电大学教授纪阳给出新结论:

# 中国古代有系统的实验科学理论和方法

■本报记者 陈彬

不久前,在北京邮电大学校园内,一场特殊的“答辩”正在进行。不大的会议室里,“答辩方”——北京邮电大学信息与通信工程学院教授纪阳正侃侃而谈,面前的“评审方”却是一群社会科学领域的学者。表面上看,“答辩方”与“评审方”的学术背景完全不同。他们之所以能坐在一起,“牵线人”是我国古代的一位先贤——春秋战国时期的著名思想家墨子。借助墨子,纪阳想和“评审专家”一起探讨,爱因斯坦在70年前说的一句话“是不是错了”。

## 墨家实验理论仅是“萌芽”?

爱因斯坦的话出自他于1953年写给朋友的一封信,“西方科学的发展是以两个伟大成就为基础:希腊哲学家发明形式逻辑体系(在欧几里得几何中),以及(在文艺复兴时期)发现通过系统的实验可能找出因果关系。在我看来,中国贤哲没有走上这两步是用不着惊奇的,做出这些发现是令人惊奇的”。

“从这封信中可以得知,爱因斯坦认为中国古代是没有系统的实验科学思想以及方法论的。”接受《中国科学报》采访时,纪阳表示,该结论自得出以来,几乎未被有力地质疑过,即便国内许多学者也已经默认实验科学的系统理论最早出自西方。

中有很多实验的记录和分析,这是前所未有的。因此,可以认为中国古代实验科学的萌芽产生于《墨经》。

此外,也有学者认为墨家在教学中创造了一些实验科学方法,但在具体内容方面,却仅提到其《贵义》篇中的“以取验名”一句。

“这句话的意思是检查概念(即名)正确与否的办法是实践(即取),而科学实验也属于‘取’,这就为科学实验提供了理论依据。”纪阳说。但问题在于,相较于墨家丰富的工程、科学实践以及斐然的实验成果,仅一句“以取验名”的概括是否太过单薄?

这个问题促使纪阳一头钻进了墨家经典的研究中。

“老实说,我从一开始就对爱因斯坦的那句话不服气,爱因斯坦很可能是错的。”教了几十年工程和实验的纪阳笑着说。

## 用墨学方法“拆汽车”

在诸子百家的典籍中,《墨经》是最令人费解的典籍之一,有人形容其难似“天书”,但就在这样一本“天书”中,纪阳找到了很多有关实验科学理论的“蛛丝马迹”。

“墨家研究事物认知的理论与方法主要集中在《墨经》中,通过对其中某些语句的整理,可以梳理出一套完整的实验方法体系。”由于“偏”“去”二字在相关论述中出现频率颇高,纪阳将这套体系称为“偏去实验法”。

“墨家理论中,‘兼’指整体,‘体’指部分。我们研究事物时,需要将其各部分逐一去掉,去掉的部分叫作‘偏体’,留下的则是‘损体’,去掉‘偏体’的操作被称为‘偏去’。”纪阳说,正如《墨经·经说上》中所言,“损,偏去也者,兼之体也。其体或去或存,谓其存者损。”

如何理解这段话?纪阳打了一个很“现代”的比方。

“有一辆小汽车,其完整状态便是‘兼’,墨家对于小汽车本质属性的探索方式,便是一步步拆解这辆车。”他说,比如拆去车门,剩余部分是否仍可称为“汽车”,如果再拆掉车灯,还算不算?如果可以算,被拆去部分即为“偏体”,剩余部分则为“损体”,这一过程被称为“偏去”。

在“偏去”过程中,墨家会逐一考察去掉“偏体”前后事物的性质变化,从而建立“部分”与“特征”间的对应关系。即《墨经·经说下》中所说,“一与,一亡,不与,一在”(遵梁启超校改)。



纪阳在“答辩会”上。受访者供图

“这就是一种单步对照受控实验。”纪阳总结说,至于这样的“偏去”要“去”到哪一步——“当你拆到发动机时就不能再拆了,因为如果再拆,小汽车便不再是小汽车了。”

这段话表述即《墨经·经下》中所说的“偏去莫加少,说在故”,意为采用偏去法,逐步减少与事物各特征相对应的偏体,直至一个“莫加少”的临界点,此时适合探讨事物的本质要素“故”。

纪阳表示,在墨家看来,“故”是指事物得以成为该事物的根本因素。在“偏去莫加少”的临界点,应该不是无物可分,而是即便有可分之物,也不能再轻易去分。因为如果继续分解,事物的根本成因就会被破坏。

不难看出,墨家的探索方式是一套研究事物成因或本质的实验方式,适合于工匠研究工程制品,更像是“工程试验”,而非“科学实验”。

那么,墨家有“科学实验”吗?

## 从“工程”到“科学”

研究中,纪阳发现在实行“偏去实验法”的过程中,墨家十分强调将从现象中提炼出的特征进行系统归类,正是归类研究和偏去实验法的结合,使得墨家走向了“科学实验”的道路。

“归类研究与归纳法在内在机理上是一致的。不断细分的归类使墨家的关注点从具体事物到同类事物,再从同类事物到普遍现象。”他说,从“有以同,类同也”和“归类之难,说之在大小”的说法看,墨家尝试过不同颗粒度的归类方式。

《墨经》中有8条关于光学现象及其原理的记载,比如光影关系、小孔成像等,这便是著名的“光学八条”。而这些与实验有关的经文是紧跟在偏去法句群之后出现的。在纪阳看来,此类实验应该是类别普遍化方向上的研究产物。

《墨经》中与“科学实验”有关的内容还包括实验验证理论,证据之一就是《墨经·经说下》中的一句“假必悖,说在不然”,即假命题必然与真实现象相悖。如果能通过实验证明某命题表述的现象为非,则意味着该命题可被证明为假。

此外,墨家还可能建立了一套文实典籍体系,并采用了规范化的实验记录方法来管理实验记录。

纪阳解释说,当观察到“偏体-特征”对应现象后,墨家弟子需要查阅文实典籍,看是否有与该偏体对应的“实”。如果文实典籍中存在,就按典籍中的表述加以记录;如果典籍中没有记录过类似的“实”,该偏体则是没有名谓的,应进行上报。

“这意味着墨家已建立起一套知识库管理流程,以使几十万乃至几百名墨家弟子同时进行实验研究时有章可循,不至于出现命名混乱问题。在当时,这是非常先进的。”他说。

事实上,上述内容也只是墨家相关理论中的一部分。根据纪阳的考察,墨家的实验科学理论是一个以偏去法为核心,涵盖系统构成理论、功能评价理论、根因判断方法、实验检验理论、单步受控对照实验、知识库管理等的完整理论体系。

## 墨子 VS 培根

时间再回到之前的那场“答辩”。这场“答辩”有一个正式的名字——墨家实验科学理论体系专题研讨会。之所以将其比喻成“答辩”,纪阳解释说,自己的研究能否被专家接受还不得而知,有待更多讨论。

至少从“答辩”现场看,他的研究还是被肯定的,与会专家总体上认同“墨子学说中已有完整实验科学理论”的论断。

比如,长期从事墨学研究的山东省教育科学研究院研究员张幼林表示,“偏去实验法”系统理论说明墨家具有把系统概念、系统试验方法和逻辑思维进行融通应用的思想 and 实操能力。这是墨家能成为“独特学派”的根本原因之一。

“该理论早于西方实验科学理论近2000年。”张幼林说,它填补了科学史研究的空白,为全球科学哲学史提供了非西方文化的实验科学理论案例。

在西方科学理论体系中,17世纪英国学者弗朗西斯·培根被认为是现代实验科学理论的奠基人。前期研究中,纪阳团队没有进行过墨家和培根在实验法理论方面的对比。但就在此次研讨会前,有专家提议他们做一些尝试。“后来,我们发现这更是一种很好的对标,能够增加墨家有实验法科学理论的说理力。”

会上,纪阳将这一对比进行了说明。“在著作《新工具》中,培根曾介绍过一种被后人称为‘科学归纳法’的实验方法。”纪阳说,这套方法主要针对单纯性质进行研究。比如要研究热,就要尽可能搜集所有与热有关的事物——火焰、烧红的铁棒、太阳……从中归纳其共性特征,再利用对照实验提炼普遍规律。

“相比之下,墨家理论则是从复合物体开始,再到单纯性质,次序和培根有所不同——后者的起点是寻找同类事物进行归纳,而墨家偏去法是分解复合物体,在获得单纯性质后,再针对同类别的单纯性质进行规律研究。”纪阳说,墨家偏去法既适合关注复合物体的工程研究,也适合关注

单纯现象的科学研究。

更重要的是,从科学史资料看,培根仅提出了理论,几乎未进行过任何实验,更谈不上通过实验获得科学发现。但墨家却真实地完成了实验,除了成体系的光学八条实验外,墨家文献中还涉及杠杆原理实验以及相关的发明创造。

“墨家实验科学理论的提出不但远早于培根,还有丰富的实践,他们的功绩应该被保留在人类思想发展史的记忆中。”纪阳说。

对此,中国科学院自然科学史研究所研究员姚大志表示,通过对墨家经典著作的系统研读,纪阳在学界已有研究基础上,进一步对墨经中有关实验科学的方法和理论进行了探索,其研究成果有助于从不同视角加深对科学实验方法的认知。

“研讨会上,我们一直鼓励专家‘大胆逼刀子’,但似乎没有收到特别有力的‘攻击’。”纪阳笑着说,“科学哲学界的老师一般都比较严谨,让他们从学理上而非从感情上认同中国古代有实验法,且领先西方2000年,这是一个巨大的挑战。这次研讨会让我们获得了信心。”

## 挖掘古代理论的现代意义

事实上,“刀子”还是有的。

比如在研讨会现场,有学者提出在当前时代背景下,对墨子实验科学理论的挖掘除了提升民族自豪感外,是否具有现代意义。

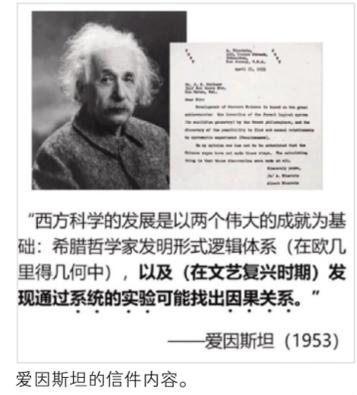
“墨家实验科学理论无疑是我国古典文明的瑰宝,对其挖掘的历史意义无须赘言。”纪阳说。对于其现代意义,纪阳举例说,目前我国教育体系一直提倡实验教学,但其中大量实验并不是“探究性实验”,而是“验证性的机械重复”,即学生在学完相关理论后,仅通过按部就班的规范化实验,对所学理论进行验证,这种实验完全无法锻炼学生的科学探索精神以及相关能力。

“我们每个人都有过随意‘捣鼓’一些东西的经历。”捣鼓”就是探索。墨家偏去法实质上就是规范化、体系化的“捣鼓”,是一步步拆解组合事物并观察变化的探索型方法。”纪阳说。

从多年前开始,纪阳就鼓励本科生,特别是大一学生在科研探索中学习知识。目前,纪阳团队已经在探索将偏去法实验理论应用于现代工程教育和科学教育中,并积累了一些经验。“有一部分已经在和人工智能赋能工程教育结合在一起,取得的初步效果令人满意。”他说,未来他们还将在这个方面作进一步探索,甚至尝试进行一些国际性交流。

纪阳心中,更大的计划是创立现代墨工学、复兴墨子学。

“事实上,偏去法实验科学理论也只是墨子学理论体系的基石之一,其它的基石还包括墨子七知、墨子四疑、墨子双故等理论,这是一个完整的体系。”他表示,近几十年来,无论是科学中心主义视角,西方中心主义视角还是中国传统哲学视角,中国古代工匠的智慧都被“完美地忽略”了。“我们亟须重估古代工匠的创新文化及其价值,这对于我国实现传统文化的创新型发展极为重要。”



爱因斯坦的信件内容。

但事实确是如此吗?纪阳告诉记者,在我国古代诸多思想流派中,墨家最重视工程实践。通过对墨家经典《墨经》文本的解读,人们发现了许多与光学、力学有关的实验记录,比如“小孔成像”实验。对此,李约瑟等科学史家评价颇高。但李约瑟并没有找到墨家的实验科学理论,于是便认为“不能把实验科学理论归功于中国人”。

“关于墨家实验科学理论的发展水平,目前中国学界倾向用‘萌芽’一词描述。”纪阳说,比如华南师范大学教授黄世瑞就认为,《墨经》

量子力学诞生100周年——

# 哥廷根:不仅是起点,更是反思之地

■刁珊

3月27日,德国哥廷根大学博物馆“知识论坛”推出的纪念量子力学诞生100周年哥廷根特展开幕,展览将持续至10月5日。笔者于7月初参观了该展览。有意思的是,特展名“Was zum Quant?!”其实是玩了一个德语中的文字游戏,带着比较戏谑通俗的语气,类似“量子啥玩意儿”。笔者根据中文习惯译为“量子知多少”。

100年前,位于德国的哥廷根在塑造我们今日所知的量子物理学中扮演了核心角色,为量子力学的兴起提供了肥沃土壤,如今又以这一展览展示了其在科学史中的独特地位与贡献,使人们了解到百年来发生在哥廷根的故事。

该展览作为德国“量子2025”(Quantum 2025)系列活动的重要环节,由知识论坛的策展人拉莫娜·德林与克里斯汀·纳瓦策划组织,合作单位包括哥廷根大学物理系以及该校多个档案部门。德国物理学会担任该展览的名誉赞助方。

## 量子思维的萌芽

展览的第一部分从20世纪初开始,那是一个经典物理学逐渐显现局限性的时代。光的性质、原子的结构、光与物质的相互作用等问题无法通过经典物理学的连续性观念得以解释。1900年,德国物理学家马克斯·普朗克提出能量量子化的概念,为之后的量子理论打开了一道新的大门。

展览通过照片、手稿及原始实验器材等,还原了这一理论突破自1900年以来的酝酿历程。其对20世纪10年代至20年代哥廷根物理及数学学科发展的描绘,对马克斯·玻恩、维尔纳·海森堡、帕斯夸尔·约尔丹等人开创性工作的梳理,把观众带到了哥廷根高度活跃的科学氛围中。此外,展览还通过动画视频、互动实验、粒子模

型等多种方式,介绍了量子、光的波粒二象性,测不准原理,量子跃迁等基本原,有很强的科普性。

展览不仅展示了各项前沿理论的诞生,也揭示了这些理论背后所依存的制度基础与组织支撑。例如,通过展示数学家大卫·希尔伯特的发表作品、指导的诸多毕业论文、签署的文件及其关系网络,突出了他在学术上的卓越成就,及他作为科学组织者在量子力学的形成中发挥的关键作用。他继承并发展了费利克斯·克莱因的事业,致力于将哥廷根大学打造为世界数学及自然科学重镇。作为沃尔夫斯凯尔奖项委员会的主席,希尔伯特积极物色优秀学者。丹麦物理学家尼尔斯·玻尔正是通过这一奖项的资助得以短期赴哥廷根大学任教,从而加强了与德国学界的互动。

1922年4月,玻恩被任命为哥廷根大学教授。他不仅在理论研究方面建树颇丰,更擅长组织与管理。他通过一系列谈判与协调,在人员编制与研究资源方面极大地增强了哥廷根大学的物理学实力。由此,哥廷根大学物理系形成了4个主要研究机构:物理学家罗伯特·维查德·波耳领导的第一实验物理研究所、物理学家詹姆斯·弗兰克主持的第二实验物理研究所、玻恩主导的理论物理研究所、电学教授马克斯·赖希领导的应用电力研究所。

1922年,数学与自然科学院正式成立,为跨学科研究提供了更为坚实的组织平台。这一系列制度性安排,不仅为量子力学的兴起提供了土壤,也奠定了哥廷根作为世界自然科学中心的地位。

## 知识的群体生产

展览的第二部分聚焦于量子力学理论诞生的社会条件及科学家群体的科研生活。主办方用意明显,伟大的科学不是天才个人的孤立创造,而是嵌

人在具体社群、制度与文化实践中的集体成果。

人们通常会认为,像海森堡1969年记述的那样,他在黑尔戈兰岛上阅读歌德的作品时灵光乍现,一举提出了矩阵力学的框架。但海森堡从黑尔戈兰岛度假回来后,在写给沃尔夫冈·泡利的一封信中呈现了回来关于汉勒效应的讨论。海森堡度假前后的科研生活的记录表明,矩阵力学的许多灵感源于科研日常中与同行的交流和碰撞。

一张当时的地图直观呈现出希特勒、玻恩、克莱因、埃米·诺特等科学家比邻而居,他们的住所与数学系、应用数学与力学研究所、图书馆等研究机构都聚集在方圆两公里之内的地方。展览中的几张照片展示了弗兰克、玻恩等人一道骑自行车回家的场景。

乒乓球活动、海滩日光浴、博士毕业聚会、音乐沙龙等,详实图像与多媒体资料展示了那个年代哥廷根物理学界的日常。这些看似与科研无关的日常活动,实则成为思想交流、灵感涌现提供了自由的空间。

观众们很容易发现,展示的合影中经常有露西·门辛、玛丽亚·格佩特-梅耶两位女性的身影,包括几张她们的特写照片。这是展览有意为之——强调量子力学的诞生亦有女性科学家的参与。这打破了量子力学的诞生有赖于少数男性天才的叙述偏见,呈现出女性物理学家的贡献。

门辛获得博士学位后,前往哥廷根,与玻恩和约尔丹合作,共同完善矩阵力学体系。其间,她重点研究了双原子分子的旋转振动光谱——这是继泡利对氢原子的研究后,新量子力学在物理系统中的首批实际应用之一。

格佩特-梅耶于1930年在玻恩的指导下,完成关于双光子吸收的博士论文,第一个从理论上解释了双光子吸收过程。此后,她发展了解释原子核



展览海报。MI Göttingen/摄

壳层结构的数学模型,并于1963年与德国物理学家约翰内斯·汉斯·丹尼尔·延森、美籍物理学家尤金·保罗·维格纳共同获得了诺贝尔物理学奖。

## 动荡时代中的道德选择

展览上,一张科学家的逃亡路线图引起了笔者的注意,1933年后不少世界顶尖的学者被迫离开哥廷根,逃往世界各地避难。历史迈入了至暗时刻。展览的第三部分聚焦于纳粹时代对德国科学界的冲击,特别是对犹太科学家的迫害与驱逐。

玻恩因其犹太身份失去了教职职位,不得不流亡英国。展览呈现了他的流亡生活记录以及与同行的通信,这是一位科学家在政治高压下的坚守与挣扎。但是,也有学者选择了妥协或沉默,玻恩的助手约尔丹持右翼保守主义政治立场,并于1933年加入纳粹党及冲锋队,通过报刊文章宣扬纳粹意识形态。海森堡则刻意与政治保持距离,1937年,他被党卫军归类为“不政治的学者”,同时他的民族主义情结使他多次拒绝美国多所大学的邀请。

这些学者的不同姿态成为展览中极具批判性的部分。科学家的社会角色应当如何定位?在真理与意识形态的夹缝中,科研还能保持中立

吗?展览未作道德评判,只是提供丰富的史料与多维度的观察视角,引导观众反思知识生产与政治现实之间的复杂互动。

## 量子革命的现实图景

量子力学从一开始就是一门“反直觉”的理论,但它带来的技术变革却极为具体、可感。展览的第四部分通过丰富多样的实例以及概念图,带领观众走进量子科技的当下与未来。

三块电子屏依次展示了量子理论推动的多项关键技术:晶体管与半导体的诞生使计算机走进日常生活;激光广泛应用于医疗、通信、军事等领域;核磁共振仪成为医院诊断的必备工具;量子计算、量子加密通信、量子雷达等技术更预示着新一轮科技革命的到来。观众可通过点击屏幕上的任意一项技术发明以获得更具体的讲解。

展览靠近出口的部分还设置了多个互动体验区,观众可以通过虚拟实验理解“叠加态”“纠缠态”等基本概念,还可以通过放置的威尔逊云室直接观察放射性粒子的痕迹。由青少年创作的游戏化、戏剧化的装置以及艺术作品,让观众在展览中深入探索量子世界。这种方式吸引了各年龄段的观众,也体现了主办方为跨界融合及互动化、游戏化作出的努力。

笔者花了近3个小时参观展览,在多件展品及介绍前驻足良久。该展览不仅是一堂量子物理的通识课,更是一面镜子,照见了科学的社会根基与文化维度。从学术圈的对话、科学家的生活方式,到政治制度的干扰与技术应用的延展,量子力学百年发展的脉络被细致地编织为一张知识与社会相互交织的网络。该展览不仅是一次对量子力学发展的纪念,更是一场关于科学何以可能、为何重要的深度反思。

哥廷根,这座曾经聚集了普朗克、玻恩、海森堡、格佩特-梅耶等顶尖学者的大学城,通过这个展览,再次提醒人们,科学并非抽象的天国,而是一种嵌入社会与文化中的实践。在今日科技深刻重塑世界秩序的背景下,展览带给人们一个现实的启示:我们需要的不仅是更快的技术,更是对科学、社会与人类命运之间关系的深刻理解。(作者单位:中国科学院自然科学史研究所)