

# 量子时代科学思维的特征

张旗<sup>1</sup>, 汤军<sup>2</sup>, 原杰<sup>3</sup>, 焦守涛<sup>4,5\*</sup>, 王跃<sup>6</sup>, 王振<sup>6,7</sup>, 刘思晗<sup>8</sup>

1. 中国科学院地质与地球物理研究所, 北京 100029; 2. 长江大学地球科学学院, 武汉 430100;

3. 邢台学院, 河北邢台 054001; 4. 中国地质调查局发展研究中心, 北京 100037; 5. 自然资源部地质信息工程技术创新中心, 北京 100037; 6. 中国地质大学(北京)地球科学与资源学院, 北京 100083;

7. 中国地质科学院地质研究所, 北京 100037; 8. 昆明理工大学, 昆明 650000

**摘要:**以牛顿力学为代表的是近代科学,而相对论、量子力学和复杂性科学代表的是现代科学。确定性思维是近代科学的思维方式,现代科学则使确定性思维让位于不确定性思维。现代科学对应于现代哲学,现代哲学的研究方法主要体现在证伪主义与不确定性理论两个方面。证伪就是试错、反驳、批判。因为,只有经过证伪的理论(猜测,假说)才能上升为理论。任何科学理论都是不确定的,或推测性的,包括相对论。我们在科学研究中必须采用证伪的方法,树立不确定性思维,去创新性预测事物的发展、演化与变异,并采用复杂性科学方法思考问题,这样,我们才能跟上时代的步伐。

**关键词:**量子;近代科学;现代科学;证伪;不确定性

中图分类号:P618;O413 文章编号:1007-2802(2022)04-0854-07 doi:10.19658/j.issn.1007-2802.2022.41.016

## Characteristics of Scientific Thinking in the Quantum Time

ZHANG Qi<sup>1</sup>, TANG Jun<sup>2</sup>, YUAN Jie<sup>3</sup>, JIAO Shou-tao<sup>4,5\*</sup>, WANG Yue<sup>6</sup>, WANG Zhen<sup>6,7</sup>, LIU Si-han<sup>8</sup>

1. Institute of Geology and Geophysics, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100029, China; 2. School of Geosciences, Yangtze University, Wuhan 430100, China; 3. Xingtai University, Xingtai Hebei 054001, China; 4. Development Research Center, China Geological Survey, Beijing 100037, China; 5. Technology Innovation Center of Geological Information, MNR, Beijing 100037, China; 6. School of Earth Sciences and Resources, China University of Geosciences (Beijing), Beijing 100083, China; 7. Institute of Geology, Chinese Academy of Geological Sciences, Beijing 100037, China; 8. Kunming University of Science and Technology, Kunming 650000, China

**Abstract:** The modern science is represented by the Newtonian mechanics, while the contemporary science is represented by the theory of relativity, quantum mechanics and complexity science. The deterministic thinking is the way of thinking in the modern science, while it is given way to the uncertain thinking in the contemporary science. The contemporary science corresponds to the contemporary philosophy whose research methods are mainly embodied in two aspects including the falsificationism and uncertainty theory. Falsification means trial and error, rebuttal, and criticism. This is because only a theory (guess, hypothesis) that has been falsified can be upgraded to the status of a theory. However, all of the scientific theories are generally uncertain or speculative ones, including relativit. In scientific researches, we must adopt falsification methods and establish uncertain thinking to innovatively predict the development, evolution and variation of things, and must use complex scientific methods to think about problems. In this way, we can keep up with the pace of the times.

**Key words:** quantum; modern science; contemporary science; falsification method; uncertainty

收稿编号:2021-193,2021-12-31收到,2022-4-23改回

基金项目:岩石圈演化国家重点实验室基金项目(81300001);国家重点研发计划项目(2018YFC1505501,2016YFC0600510);国家自然科学基金基金项目(41872253);中国地质调查局地质调查项目(DD20221785)

第一作者简介:张旗(1937-),男,研究员,研究方向:岩石地球化学. E-mail:zhangqi@mail.iggcas.ac.cn.

\* 通信作者简介:焦守涛(1988-),男,博士,助理研究员,研究方向:矿床学和地质大数据. E-mail:jshoutao@mail.cgs.gov.cn.

## 0 前言

科学技术的发展日新月异,现在我们已经进入量子时代。量子在改变世界的同时,也在改变着人们的思维方式以及科学和哲学的理论和方法(王东生和曹磊,1995;谢千河和王鹏,2009)。一部科学发展史告诉我们,科学的进步推动了哲学的进步,哲学的进步又反哺了科学的进步,二者相辅相成,交替前行。笛卡尔曾说过:知识好比是大树,哲学是树根,科学则是树枝。海德格尔认为,“科学的基础是哲学”,并强调“这一点适合任何一门科学”。马克思则指出,只有哲学才是批判现实世界的“思想武器”(李晓燕,2020)。

以牛顿经典力学为代表的是近代科学,以量子力学为代表的是现代科学(孙昌璞,2021)。科学发展的速度远远超过了人们的预期,尤其量子纠缠、隐形传态理论的引入,将全球从近代科学带入现代科学这个全新的世界,彻底改变了人们的认知(陈靖卿,2017;张旗等,2019)。因此,科学要与时俱进,跟上时代的步伐,就必须具备现代科学思维。与时俱进是一个不断革新的哲学思想。从地质历史的发展来看,宇宙是加速进化的,社会是加速进步的,科学思维不与时俱进科学技术就必然落后(陈禹,2004;张旗等,2021a, 2021b)。

## 1 传统哲学与现代哲学

英国哲学家波普尔和美国哲学家库恩是两位20世纪具有代表性的科学哲学大师,他们共同推进了科学哲学的革命性进步(董伟,2008;张旗,2021c)。本文将波普尔和库恩的科学哲学思想与波普尔之前的科学哲学理论进行了对比,发现二者之间有明显的不同,遂分别称之为“现代哲学”与“传统哲学”。传统哲学有两千多年的历史,从古希腊开始直至19世纪,包括苏格拉底(公元前470—公元前399)、柏拉图(公元前427—公元前347)、亚里士多德(公元前384—公元前322)、培根(1561—1626)、笛卡尔(1596—1650)、休谟(1711—1776)、康德(1724—1804)、黑格尔(1770—1831)、马克思(1818—1883)尼采(1844—1900)等哲学家的思想,其科学哲学理论涉及演绎法、归纳法、认识论、矛盾论、真善美、唯心与唯物、绝对与相对、因果与相关、局部与全局、个体与全体、特殊与一般、对立统一、量变质变、否定肯定、实用主义、虚无主义、经验主义、物质文明与精神文明等等,以培根和黑格尔为代表(张旗,2021a)。而现代哲学是从20世纪发展

起来的,代表人物是波普尔(1902—1994)和库恩(1922—1996)。当然,也包括波普尔以前与波普尔的哲学思想比较一致或比较接近的哲学思想(如亚里士多德、黑格尔、马克思等)(张旗,2021a)。传统哲学偏重经验哲学和渐进式哲学,主张决定论;现代哲学则强调证伪主义与不确定性理论(谢千河和王鹏,2009;张旗,2021a, 2022)。科学需要现代哲学,只有现代哲学才能推动科学的创新性及跨越式发展。

传统哲学的认识论主要有两种:一是亚里士多德(Aristotle, 公元前384—公元前322)提出的演绎法,二是培根发明的归纳法(卡尔·波普尔,2014b)。演绎法是从一般原理推演出个别结论。演绎推理的主要形式是三段论法,由大前提、小前提和结论三部分组成。演绎法也有局限性,主要取决于大前提是否正确,而大前提是否正确在演绎范围内是无法解决的。归纳法与此相反,是从个别事实概括出一般原理的思维方式,以因果关系作为推理的依据。演绎是从一般到特殊,归纳是从特殊到一般。归纳的前提和结论之间的联系不是必然的,由于归纳不可能穷尽所有的个别,因此,其结论未必正确(卡尔·波普尔,2014b)。

传统哲学遵循的是固定论思维模式,认为一个正确的理论是相对真理的反映,是有确定性的含义的,纵观现在的研究,基本上都是在追求确定性。例如,研究一个地区的玄武岩,我们总是希望能够确定它处于什么环境,于是,研究玄武岩就离不开玄武岩构造环境判别图,将数据投在判别图上,得出一个范围,得到一个认识,就认为研究取得了结果。

培根认为知识的增长是建立在归纳的基础上的,归纳感性的经验,并将其由特殊上升到一般的科学理论(卡尔·波普尔,2003a, 2014b)。培根强烈反对演绎法,认为演绎法不可能带来知识的创新。休谟和波普尔都反对归纳法,认为归纳法不科学,为此,卡尔·波普尔(2003a)提出了与归纳主义相反的证伪主义,即知识增长的新模式。

## 2 证伪主义

卡尔·波普尔(2003a)提出的科学增长的四段图式为:

$$P1 \rightarrow TT \rightarrow EE \rightarrow P2$$

其中,P1代表问题,TT代表试探性理论,EE代表试探性排除错误,P2代表新的问题。如何理解上述四段图式呢?

P1→TT 阶段表明,科学开始于问题,而不是开始于观察。观察离不开理论指导,是在理论指导下进行的,但这并不意味着理论是科学研究的起点。因为有问题,才促使人们不能停留于理论状态,促使人们进一步地思索,从而发现理论,发展科学。一个科学家的创造能力,首先表现在他是否能够提出有价值问题的能力。如果没有“问题”了,似乎什么都解决了,那么,科学就完了,科学家的科学生命也就完了。科学只能以问题开始,又以新的问题结束,从而开始新的发展阶段。因此,“问题”并不是简单的未知,它本身就意味着知识的一定发展阶段,或者说是对其一定的知识的未知。科学的历史可以说就是问题的历史,不断提出新的更加有趣、更加深刻的问题的历史。P1→P2→P3……不是同一层面上的简单循环,而是每一循环都是向着更高阶段的一次跃进(纪树立,1981)。

TT→EE 阶段说明,科学的方法就是大胆地猜测和机智而严厉地反驳。卡尔·波普尔(2003b)认为,要解决问题,必须进行大胆的猜测,猜测越大胆,与背景知识越矛盾,其中包含的信息量就越大。他认为,理论只应来自非理性的大胆猜测,而不应依赖于理性的归纳。但光有大胆的猜测还不够,还应当对猜测进行严格筛选,其办法就是批判。波普尔所说的批判有两层含义:一是理论的和逻辑的批判,即理性的批判;二是观察和实验的批判,即经验的批判。如果一个理论在这个过程中被证伪,就应予以抛弃,否则就暂时“确认”这个理论,把它留给以后的科学发展去证伪(刘晓波和张宇,2003)。

EE→P2 阶段表明,每一次解决问题都会提出新的问题,与原来的问题相比,新的问题更加新颖、深刻。从这个新的问题出发,又开始了一轮新的科学研究和知识增长过程。卡尔·波普尔(2008)强调“我所想到的科学知识增长并不是指观察的积累,而是指不断推翻一种科学理论、由另一种更好的或更加合乎要求的理论取而代之。正是对理论进行批判的审查,才使我们力图检验并推翻这些理论,这又促使我们进一步去做实验,去进行观察。没有理论和对理论进行批判所带来的激励和引导,谁也永远想不到要那样做”。卡尔·波普尔(2003a)指出,上述认识过程并不意味着我们得到的真理越来越多,只是表明我们向真理越来越逼近,科学就是在这无限的循环中得到不断的发展,其逼真度也越来越高。

现在的科学研究基本上都采用实证主义的方法,即归纳的方法,而归纳是得不出全称理论的,因

为,特殊不可能达到一般,证实也不可能得到具有全称陈述的理论,只有证伪才行。实践表明,证伪的研究方法是一个多快好省的研究方法(张旗,2021c)。

### 3 量子理论是证伪的结果

量子纠缠理论很难理解,玻尔和爱因斯坦为此争论了几十年,直到两位大师逝去仍然没有解决。贝尔(Bell J S, 1928—1990)提出的“贝尔不等式”解决了上述分歧(张天蓉,2014a, 2014b, 2015a, 2015b)。这个不等式就是一个极好的证伪方法,量子纠缠也因为这个实验而一举成为科学界最科学、最完美的理论。贝尔设计的这个实验就是希望能够证实爱因斯坦的观点,但是他的实验却反过来证明哥本哈根学派是正确(张天蓉,2015b)。贝尔提出的实验可以得到两种结果:一个是实验遵循贝尔不等式,则证明爱因斯坦是对的;另一个是实验不遵循贝尔不等式,则爱因斯坦错了。克劳泽(John Clauser)完成了这个实验,克劳泽博士虽然不是爱因斯坦的学生,但却是爱因斯坦的崇拜者,他希望用他的实验来支持他心中伟大的导师。而他的实验结果恰恰相反,他重复实验了几千次,每一次的结果都事与愿违。他的实验无可辩驳地说明爱因斯坦错了,而玻尔是对的。克劳泽的实验成功了,但他却高兴不起来,因为他用自己的实验亲手埋葬了爱因斯坦的理论。在他的实验中,量子理论经受住了最严峻的挑战(布鲁斯·罗森布鲁姆和弗雷德·库特纳,2013)。10年后,法国的阿兰·阿斯帕克特(Alan Aspect)又在新的实验中证实了克劳泽的实验。至此,量子力学大获全胜,量子力学经历了千千万万次实验的检验,却没有一次是失败的(布鲁斯·罗森布鲁姆和弗雷德·库特纳,2013)。上述令人惊心动魄的研究历程告诉我们,量子力学是经历了千锤百炼的,是经历了无数次实验的检验的,说明证伪是使科学研究立于不败之地的方法。爱因斯坦的失败正是他坚信决定论的结果,而决定论是与量子纠缠理论背道而驰的。在这个世界上,不确定性才是事物的本质(张旗,2021c)。

量子力学,量子纠缠被认为是世界上最完美、科学的理论,但是,同时它也是世界上争论最激烈的问题,这种情况令人费解。但是,这却是千真万确存在的事实。它说明,一个理论是否完美、科学,与其是否存在争论无关,只要这个理论经过证伪是正确的,它就是一个正确的理论,就是一个逼近真

理的理论(卡尔·波普尔,2003a,2014a)。因此,量子纠缠理论令人折服。你可以不懂量子,但是,你不能否定它,这正是由于它经受住了苛刻的甚至严酷的检验与证伪之故。推而广之,对任何我们不懂的东西均应采取这种态度,因为,在这个世界上,我们不懂的东西太多,不能因为你不懂而认为它不对(张旗和焦守涛,2020)。

## 4 不确定性理论

自古希腊开始,人类就开始对世界的本质进行探索,出现两种哲学见解。一种认为世界是确定的,主张世界是可以认知的,人们追求统一、规律、必然、因果、绝对性等思维,我们称之为“确定性思维”。另一种思维则强调差异、偶然、复杂以及无序等,称之为“不确定性思维”。传统哲学提倡确定性思维,确定性思维一直占统治地位。直到相对论、量子力学、复杂性科学等一系列理论的建立,不确定性思维才逐渐崭露头角。不确定性的内容包括复杂性、随机性、模糊性和不可预见性等(丁祖豪和陈广国,2004;陈靖卿,2017)。进入20世纪以后,随着科学技术的发展,随着人类对微观世界认识的加深,随着相对论、量子力学、复杂性科学等一系列理论的建立,确定性思维失去了其绝对的统治力,正如金吾伦(2000)所指出的:“我们已经走到了确定性思维的尽头”。人们认为世界的不完全可知性才是世界的本质属性,确定性只是宏观低速世界里人类对于世界的片面解读,世界的不确定性和不可完全被认知性才是世界的本来面貌。

从牛顿到拉普拉斯再到爱因斯坦,描绘的都是一幅完全确定的世界图景(谢千河和王鹏,2009;邬焜,2015)。牛顿在1687年发表的“自然哲学数学原理”使人们确认世界是确定的。拉普拉斯说:如果准确的获得了宇宙的完整信息,就能够决定它在未来和过去任意时刻的状态。这意味着我们的宇宙是一个严格按照一个既定轨迹发展的系统,它的过去和未来我们都可以准确通过某种数学表述计算出来(谢千河和王鹏,2009)。20世纪科学的发展推动了科学发展的复杂性、不确定性和非决定论倾向(邬焜,2015)。20世纪以来科学的发展,从各个侧面证明着宇宙的不确定性特征,首先是1905年爱因斯坦提出的相对论终结了绝对时空观,把牛顿的绝对时空论赶下了神坛(卡尔·波普尔,2003b)。

随着科学技术的不断进步,随着人类对微观世界认识的加深,随着相对论、量子力学、复杂性科学等一系列理论的建立,上述确定性思维失去了其绝

对的统治力,不确定性思维逐渐在舞台上崭露头角。不确定性理论的代表人物是德国科学家海森堡(Heisenberg W K, 1901—1976),他在1927年提出的“不确定性原理(或测不准原理)”中指出,当你对于一个微观粒子进行观测时,对于某些物理量(如动量、速度和方位等),我们无法同时准确地测准他们的数值。一个量的数值测的越精确,另一个数值量测的就越模糊。实验中,如果我们测得了一个微观粒子的准确位置,那么我们测得的粒子的动量就变得模糊;如果我们测得了一个微观粒子的准确动量,那么我们就无法知道它的准确位置。海森堡将这种现象引申至客观世界,认为这种困境不是我们认知水平的有限所造成的,而是自然界本身的不确定性所导致的,是自然界的内在本质所造成的。因为自然界本身就是测不准的、不确定性的,这也是量子力学诉诸于统计规律的根本原因。世界的不完全可知性才是世界的本质属性,确定性只是宏观低速世界里人类对于世界的片面解读,世界的不确定性和不可完全被认知性才是世界的本来面貌(王东生和曹磊,1995;谢千河和王鹏,2009)。

1963年,洛伦兹(美国气象学家)提出了混沌理论,混沌理论要求,在获得宇宙的精确描述时,必须无限精确的知道宇宙的状态,否则只要极小的误差都可能导致宇宙向完全不同的方向发展。而海森堡的测不准原理又限制了我们对宇宙的精确的测量,因此宇宙的发展方向是无法确定和预测的(卡尔·波普尔,2014a,2014b)。量子力学和测不准定理消除了关于可控测量过程的牛顿式的梦;相对论消除了关于绝对空间和时间的幻想;不完备定理消除了人类对逻辑分析能力的自信;而混沌理论则消除了拉普拉斯关于决定论式可预测的幻想(谢千河和王鹏,2009;王东生和曹磊,1995)。

混沌理论进一步论证了世界的不确定性。混沌理论的创立不仅引起了物理学、数学及相关学科的革命性变革,而且改变了两千多年来西方以及整个人类形成的世界是有序的、可预见的确定性世界观和方法论,它的产生标志着人类思想的真正革命(吴祥兴和陈忠,2001;丁祖豪和陈广国,2004;陈靖卿,2017)。洛伦茨不仅是混沌论的创立者,他还提出了著名的“蝴蝶效应”理论,蝴蝶效应说的是:南美洲亚马逊热带雨林中的一只蝴蝶偶然扇了几下翅膀,就可能引起两周以后美国得克萨斯州的一场龙卷风(陈中立,1994;李坚,2006;谢千河和王鹏,2009)。这听起来似乎有点荒唐,但却是实实在在的,说明复杂系统中初始条件的细微变化对系统结

果可能造成的巨大影响。诸多的事实告诉我们,不确定性是绝对的,确定是相对的,世界是不确定性与确定性的对立统一体(谢千河和王鹏,2009)。现在,越来越多的科学家相信,不确定性才是这个世界的本质。宇宙的形成、生命的出现、物种的演变,都含有许许多多不确定的因素(谢千河和王鹏,2009;陈宏伟,2020)。

最近,哲学界又提出了一个崭新的理论——突现论(Emergence)。“突现”是一个新名词,笔者也是最近才接触到。“突现”其实并没有多少玄妙之处,如在化学反应中把氨和氯化氢混合在一起,得到的化学反应物是氯化铵,这就是一种“突现”现象。又如C、H、O三个元素混合得到糖,糖有甜味,是C、H、O所没有的,这也是一种“突现”(陈靖卿,2017)。量变到质变,质变即突现。陈靖卿(2017)指出,突现是从一个复杂体系内部突然出现的新的结构或新的性质(例如上述的氯化铵、水和糖),这是早先没有出现过的新特征,在宏观的层面上被定义为突现。这就是一种不确定的、不可预测的机制。复杂性系统中的一些出乎意料的、让人惊奇的现象被描述为突现。如最近新冠病毒猖獗,德尔塔和奥密克戎搅得全球不安。新冠病毒不断变异出新的、很难预防的毒株,实际上这也是一种突现。

突现论是英国哲学家提出来的,只有100多年的历史。他们认为,世界是由层次结构组成的,不同层次是按照事物的复杂性程度不断提高划分的。世界基本上有三大层次,从低到高为物理、生命和心灵。每一大层次中还可再划分为若干小的层次,例如物理层次可进一步划分为电子、原子核、原子和分子等,而心灵的层次又可划分为感觉、知觉与理智等。从一个层次到一个更高的层次的发展被称为突现进化,而每一层次都对应着一门或几门专门的学科。突现规律即跨层阶规律,高层次性质是从低层次性质中突现出来的,它由跨层次的“突现规律”所支配。他们还指出突现具有的4个特征:①突现性是高层次所具有的新性质,高层次B具有低层次A所不具有的性质。高层次性质来源于低层次,那是它的根;②突现具有不可预测的新奇性,也就是说,在突现出现之前,即使我们已经了解了它的组成及规律,也不能预言它的出现;③突现表现为层次间具有不可还原性,高层级性质是从低层级性质中突现出来的,它既然出现了,就不可能再还原为低层级了;④高低层次之间存在因果关系(范冬萍,2005)。

宇宙是由不确定性和确定性构成的矛盾体,所

谓确定性就是规律性、因果性和必然性的表现,确定的必然是可重复的,重复的必然也就是确定的。那么,与重复对立的是变异,变异就是不确定性的表现形式,与之对应的不确定性就是变动不拘、否认因果性、承认偶然性(陈宏伟,2020)。所以,重复和变异是一对矛盾体,既是一种性质,也是一种方法。例如现在的新冠病毒在不断产生变异,这是生物演化的一种不确定性的表现。生物的整体进化过程就是遗传的重复与不确定性的变异发展的统一的过程(谢千河和王鹏,2009;陈靖卿,2017;陈宏伟,2020)。重复和变异发展构成了这个复杂的世界。因此,不确定性是这个世界重要属性,我们必须重视不确定性对世界的影响,不确定性带给了我们一个丰富多彩的世界(谢千河和王鹏,2009)。从方法论的角度,不确定性从根本上改变了人们的思考问题的方式。不确定性思维有利于我们以更加积极的态度来面对未来,有利于我们克服思维上的单一性和片面性,更加客观的看待事物(陈靖卿,2017)。

## 5 地质科学研究中的不确定性

地质科学研究中的不确定性问题很多,其中以矿床学研究的不确定性最多,难度也最大,因为成矿本身就是不确定的。成矿不确定性主要表现在两个方面:一是成矿作用受制约的因素非常多,如岩浆、构造、地层、围岩、蚀变、源区、温度、压力、地下水等等,都能对成矿或不成矿产生影响,且很难确定上述影响的权重分配;二是成矿基本上是一个化学过程,物理变化是次要的(张旗,2021c)。因此,现在所见所获成矿的数据、知识,是含矿热液转变为矿床的产物,早先的含矿热液是个什么情况,几乎是完全不知道的。因此,矿床成矿规律研究的难度不是一般的大,世界上也没有两个完全一样的矿床(张旗,2021c)。在这种情况下,找矿的难度就很大。矿床赋存在哪里,需要研究成矿规律,但是,其中许多是不确定的。成矿条件再好,没有物化探数据异常显示也枉然。有物化探异常,是否与矿有关仍还需要靠钻探来验证(张旗,2021c)。因此,找矿基本上就是一个“黑箱”问题,是不确定性问题。

此外,花岗岩和变质岩的不确定性问题也比较多,而目前的研究大多在追求确定性,追求一个完美的解释。例如一个判别图、一个哈克图解给出的相关信息,一个相图给出的温度压力变化等。花岗岩的不确定性问题很复杂,笔者曾经提出花岗岩研

究需要探讨的 250 多个问题(张旗等, 2008), 其中如花岗岩分离结晶问题、花岗岩分类问题、花岗岩构造环境问题等等, 都是需要探索的。

量子力学理论能否应用于解决地质问题, 也是一个不确定性的问题。量子研究微观, 地质研究宏观, 二者不在一个层面上, 二者如何结合, 切入点在哪里, 都是不确定的。但是, 可以确定的一点是, 量子可以改变地质(张旗等, 2019)。地质从宏观进入微观, 这个趋势是肯定的, 因为宏观世界是由微观粒子组成的。但是, 量子如何改变地质仍然是一个不确定的问题。看来, 量子与地球科学的结合就在确定性与不确定性的不断转换之中。科学研究中创新很难, 难在前面没有人领路, 路在何方不知道, 是具有强烈的不确定性的。跟踪式的研究可以跟在别人的后面亦步亦趋, 有先例可循, 没有风险或风险很小, 此即人们追求确定性的心理反映。量子的一个重要特征就是不确定性, 例如薛定谔的猫, 从确定论的角度, 它要不死了, 要不活着, 二者必居其一; 而量子理论却认为这是一个既死又活的猫。波普尔认为理论具有不确定性, 真理具有不确定性(李坚, 2006), 是深得量子纠缠理论的精华的。地质上的不确定性更加明显, 要求地质给出一个不是即非的答案通常是很困难的, 地质的影响因素太多, 我们有太多不知道的东西。因此, 地质的不确定性应当是地质最基本的规律。正是由于地质的不确定性, 雷援朝(1988)提出了一个“黑箱”理论, 指出地质研究的对象不确定, 地质研究基本上就是一个黑箱, 研究的对象是黑箱, 研究的主体也是黑箱。研究对象现象揭露的不完整加剧了其不确定性。因此, 地质研究基本上处于“瞎子摸象”的状态。由于地质的特殊性, 在地质研究中特别需要注入不确定性思想。我们已经进入现代科学时代, 如果我们的思想, 研究的方法仍然停留在近代科学阶段, 仍然不善于运用不确定性思维思考问题, 我们将愧对于这个时代, 也难于做出创新性的研究成果。

量子力学发展的经历告诉我们, 一门新兴科学发展的道路必定是不平坦的。量子力学理论是普朗克 1900 年提出的, 开始并没有引起学术界广泛的重视, 直到 1935 年爱因斯坦等提出 EPR 佯谬, 引起爱因斯坦与以玻尔为代表的哥本哈根学派的大辩论, 才引起学术界的关注。贝尔不等式是 1964 年提出来的, 克劳泽博士的实验验证了贝尔不等式, 说明爱因斯坦错了, 而直到 1982 年法国阿斯派克特的进一步实验, 才结束了量子纠缠这场旷日持久的大辩论(布鲁斯·罗森布鲁姆和弗雷德·库特纳, 2013;

张天蓉, 2015a, 2015b)。可见一个创新的认识有时需要很长的时间才能得到学术界的认可。回顾量子力学的发展历程, 说明创新是非常重要的, 也是非常不容易的。例如, 我们现在推进的量子地球科学研究, 它是否能够成功? 没有人知道, 也没有多少人关注它, 可能需要很多年以后才有人明白它。因此, 创新不可能一开始就得到广泛的认可, 创新要能耐得住寂寞, 抓前缘基础理论研究要未雨绸缪。

## 6 结语

(1) 以牛顿力学为代表的是近代科学, 相对论、量子力学和复杂性科学的崛起代表了现代科学时代的到来。确定性思维是近代科学的思维方式, 现代科学则使确定性思维让位于不确定性思维。以波普尔和库恩的思想为代表的现代哲学思想以及不确定性理论在科学研究中还没有得到足够的重视, 地质研究基本上还在确定性思维的框架下艰难前行, 这种状况急需改变。

(2) 近代科学强调固定论思维, 认为一切都是可以预知的, 世界是确定的。而现代科学认为世界是不确定的, 量子时代科学思维的特征就是不确定性, 不确定性才是世界的本质。所有的科学理论都是不确定的, 或猜测性的, 包括相对论和量子力学理论。一个正确的理论, 它可以无限接近真理, 但永远不可能达到真理。真理是绝对的, 人们只可能无限地接近它, 而不可能完全认识它。这一点, 与量子力学的不确定性原理是相通的。地质上的许多理论也如此, 如“将今论古”的理论、“就矿找矿”的理论, 都是经验的总结, 都属于猜测, 都是不确定的, 是可以证伪的。

(3) 中国科学需要证伪主义和不确定性理论, 固有的、单一的确定性理论思维方式, 极大地束缚了我们的思维能力。我们必须树立不确定思维的发展观, 去正确看待事物的发展, 去开拓事物的演化与变异, 采用复杂性科学方法思考问题。

## 参考文献 (References):

- 布鲁斯·罗森布鲁姆, 弗雷德·库特纳. 2013. 量子之谜——物理学遇到意识. 向真, 译. 长沙: 湖南科学技术出版社
- 陈宏伟. 2020. 科学技术不确定性引发的风险问题研究. 硕士学位论文. 锦州: 渤海大学
- 陈靖卿. 2017. 论“不确定性”问题的哲学意蕴. 硕士学位论文. 泉州: 华侨大学
- 陈禹. 2004. 科学的发展观和信息产业的地位及作用. 通信世界, (17): 15-19
- 陈中立. 1994. 混沌学与真理论. 中国社会科学院研究生院学报,

(2): 9-19

- 丁祖豪, 陈广国. 2004. 论不确定性. 齐鲁学刊, (1): 125-128
- 董伟. 2008. 知识创新的突现特征研究. 长沙铁道学院学报(社会科学版), 9(4): 18-19, 27
- 范冬萍. 2005. 突现论的类型及其理论诉求——复杂性科学与哲学的视野. 科学技术与辩证法, 22(4): 49-53
- 纪树立. 1981. 科学探索的逻辑——波普尔科学哲学述评. 自然辩证法通讯, (2): 7-15
- 金吾伦. 2000. 生成哲学. 保定: 河北大学出版社
- 卡尔·波普尔. 2003a. 猜想与反驳: 科学知识的增长. 傅季重, 纪树立, 周昌忠, 蒋弋为, 译. 杭州: 中国美术学院出版社
- 卡尔·波普尔. 2003b. 客观的知识: 一个进化论的研究. 舒炜光, 卓如飞, 梁咏新, 译. 杭州: 中国美术学院出版社
- 卡尔·波普尔. 2008. 实在论与科学的目标: 科学发现的逻辑后记 1. 刘国柱, 译. 杭州: 中国美术学院出版社
- 卡尔·波普尔. 2014a. 科学发现的逻辑后记. 刘国柱, 译. 杭州: 中国美术学院出版社
- 卡尔·波普尔. 2014b. 通过知识获得解放: 关于哲学历史与艺术的讲演和论文集. 范景中, 陆丰川, 李本正, 译. 杭州: 中国美术学院出版社
- 李晓燕. 2020. 杜威艺术传播思想研究. 博士论文. 南京: 东南大学
- 雷援朝. 1988. 论地质思维的科学体系. 北京: 地质出版社
- 李坚. 2006. 不确定性问题初探. 博士学位论文. 北京: 中国社会科学院研究生院
- 刘晓波, 张宇. 2003. 试析波普尔科学发展模式的实质. 吉林商业高等专科学校学报, (2): 45-46
- 孙昌璞. 2021. 量子力学诠释与波普尔哲学的“三个世界”. 中国科学院院刊, 36(3): 296-307
- 王东生, 曹磊. 1995. 混沌、分形及其应用. 合肥: 中国科学技术大学出版社
- 邬焜. 2015. 近代以来认识论的研究趋势. 自然辩证法研究, 31(6): 122-128
- 吴祥兴, 陈忠. 2001. 混沌学导论. 上海: 上海科学技术文献出版社
- 谢天河, 王鹏. 2009. 不确定性的哲学发展历程及分析. 内江师范学院学报, 24(9): 59-60, 116
- 张旗, 王焰, 熊小林, 李承东. 2008. 埃达克岩和花岗岩: 挑战与机遇. 北京: 中国大地出版社
- 张旗, 焦守涛, 李明超, 朱月琴, 韩帅, 刘学龙, 金维浚, 陈万峰, 刘欣雨. 2019. 量子纠缠技术在地质学上应用的可能性. 地学前缘, 26(4): 159-169
- 张旗, 焦守涛. 2020. 埃达克岩来自高压背景——一个科学的、可靠的、有预见性的科学发现. 岩石学报, 36(6): 1675-1983
- 张旗. 2021a. 波普尔科学哲学理论简介. 甘肃地质, 30(2): 1-13
- 张旗. 2021b. 学习波普尔哲学, 加快科学研究进程. 甘肃地质, 30(3): 1-14
- 张旗. 2021c. 演绎、归纳、证伪和大数据: 科学研究的方法论. 甘肃地质, 30(4): 1-15
- 张天蓉. 2014a. 走近量子纠缠系列之三: 量子纠缠态. 物理, 43(9): 627-630
- 张天蓉. 2014b. 走近量子纠缠系列之四: 帮倒忙的贝尔. 物理, 43(11): 764-766
- 张天蓉. 2015a. 走近量子纠缠系列之五: 贝尔不等式. 物理, 44(1): 44-46
- 张天蓉. 2015b. 走近量子纠缠系列之六: 纠缠态及实验. 物理, 44(3): 189-191

(本文责任编辑: 龚超颖; 英文审校: 张兴春)