

论马克思的“自然辩证法”思想实验

张云飞

[摘要] 马克思对科学技术和自然辩证法同样给予专门关注，留下了大量“科学笔记”，开展了自然辩证法思想实验。在反对庸俗唯物主义和社会达尔文主义的斗争中，马克思与恩格斯讨论过自然辩证法研究计划。马克思考察了最新科学发现，廓清了马克思主义的科学基础。进而，他在“生态学笔记”中提出了生态自然观的设想，在《数学手稿》中提出了科学数学化的设想，在“工艺学笔记”中提出了技术社会学的设想。马克思同样是自然辩证法的构思者和创始人。

[关键词] 马克思；“科学笔记”；自然辩证法；思想实验

[作者简介] 张云飞：哲学博士，中国人民大学马克思主义学院教授，博士生导师（北京 100872）

在恩格斯生前留下的《自然辩证法》（1873—1882）手稿的基础上，“自然辩证法”成为马克思主义理论体系的重要内容。自然辩证法是马克思主义的自然观、科学技术观、科学技术方法论和科学技术社会学的总称。但是，西方马克思主义早期代表人物认为，自然辩证法只是恩格斯的个人想象，而马克思根本没有这方面的思想。其实，马克思除了在其一系列著作中直接表明了自然辩证法思想之外，还提出了一系列具有思想实验意义的自然辩证法设想。这些设想同样表达了马克思的自然辩证法思想。这里，我们仅从“思想外史”的角度，简略地考察一下马克思自然辩证法思想实验的历史、内容和价值。

一、反对错误科技思潮和讨论“自然辩证法”构想

1871年巴黎公社失败后，不仅各种披着科学外衣的唯心主义、复活康德主义的不可知论、形而上学大行其道，而且庸俗唯物主义、社会达尔文主义、机会主义也蔓延开来。德国医生毕希纳是庸俗唯物主义和社会达尔文主义的代表。由于庸俗唯物主义和社会达尔文主义具有严重的政治危害，因此，当1872年底毕希纳的著作《人及其过去、现在和将来在自然界中的地位》第二版发行时，恩格斯决定写一部批判毕希纳的著作。这就是《自然辩证法》的创作初衷，“《自然辩证法》最初也是作为《反毕希纳论》而构思的”^①。马克思不仅参与了这场斗争，而且与恩格斯持有相同立场。

1867年5月1日以后，马克思在与恩格斯、库格曼等人的通信中多次提到毕希纳及其著作《关于达尔文的物种变异理论的六次演讲》。马克思之所以对其著作感兴趣，就在于它否定细胞是物

^① 戴维·麦克莱伦：《马克思以后的马克思主义》，8页，北京，中国人民大学出版社，2008。

质的原生形态，承认起始点是一种无定形而能收缩的蛋白质团。马克思对毕希纳的错误进行了严厉批判，主要表现在：第一，批判庸俗唯物主义。虽然毕希纳之流也承认物质的客观性，但是，他们将意识看作是从属于物质的东西，认为大脑产生意识就像胆囊分泌胆汁一样。对此，马克思指出，毕希纳的唯物主义是肤浅的，属于庸俗唯物主义。庸俗唯物主义与辩证唯物主义有着本质区别，并且背离了一般唯物主义原则。第二，批判否认辩证法的错误做法。毕希纳之流认为，他们早已把可怜虫黑格尔埋葬了以后，马克思和恩格斯及其他一些人竟还严肃地对待死狗黑格尔，这是不可理喻的；并认为黑格尔辩证法是精神骗局。对此，马克思指出，庸俗唯物主义之所以是庸俗的，就在于他们不懂得辩证法。第三，批判社会达尔文主义。毕希纳之流妄图根据达尔文生存斗争学说解释社会生活，用智力高低来划分阶级和等级。马克思指出，这样一来，全部历史可以纳入“生存斗争”这个“唯一的伟大的自然规律”；把“每一个具体的斗争都变成‘生存斗争’”这句话变成马尔萨斯关于“人口的狂想”就行了。^①可见，社会达尔文主义不仅具有唯心主义性质，而且成为机械主义的典型。显然，马克思参与了“反毕希纳论”的构思。

随着反毕希纳斗争的深入，恩格斯认为有必要从正面集中阐述马克思主义对自然和科学技术的基本看法，这样，就开始了《自然辩证法》的创作。

其实，“自然辩证法”一词并非恩格斯原创。1865年，杜林出版过一部名为《自然辩证法》的著作。杜林是机会主义的代表。由于这种平庸的思想在党内造成了危害，因此，1876年5月25日，马克思致信恩格斯提出，必须展开批判杜林主义的斗争。在马克思建议下，恩格斯不得不放下手头正在撰写的《自然辩证法》，创作了《反杜林论》。反对杜林的斗争暂时中止了恩格斯创作《自然辩证法》的工作。1876年10月7日，马克思谈到，恩格斯正忙于写作批判杜林的著作，这对他来说是一个巨大牺牲，他不得不为此而停写更加重要得多的著作。在马克思看来，《自然辩证法》是比《反杜林论》更加重要的著作。1877年1月21日，马克思向友人提出请求，如果您偶尔见到特劳白博士的时候，请提醒他一下，他曾答应把他已出版的著作目录寄给我，这对恩格斯很重要，他正在写关于自然哲学的著作，并打算比以往任何人更多地指出特劳白的科学功绩。可见，马克思支持恩格斯创作《自然辩证法》的工作，并尽量给予帮助。1882年11月23日，恩格斯在致马克思的信中谈到自己在电学研究方面的收获后提出，“现在必须尽快地结束自然辩证法”^②。这里，恩格斯明确地将自己创作的著作称为“自然辩证法”。不仅如此，马克思直接撰写了《反杜林论》经济学编中的《〈批判史〉论述》一章。可见，马克思也参与了《反杜林论》的构思和部分写作。

完整意义上的《自然辩证法》的创作始于1873年5月30日。这一天，恩格斯写信给马克思，详细地叙述了《自然辩证法》一书的基本思想和构思计划：自然科学的对象是运动着的物质，即物体。同时，恩格斯写下了一段札记，认为“自然科学的辩证法”的对象是运动着的物质。这里，“自然科学的辩证法”或许是恩格斯对《自然辩证法》的最早称呼，物质运动和运动形式是其关注的核心范畴。次日，马克思给恩格斯回信说，我很高兴刚刚收到你的来信。但是，我没有时间对此进行认真思考，并和“权威们”商量，所以，不敢冒昧地发表自己的意见。这里的“权威们”是指肖莱马和穆尔这些投身于无产阶级革命事业的科学家。但是，刚落笔到此，肖莱马到马克思的住处来看望马克思，他阅读恩格斯的来信后在信上几处写下了这样的边注：“很好，这也是我个人的意见。”“完全正确！”“这是最根本的！”^③但是，他不准备发表更详尽的意见。因此，马克思在回信中写道：“肖莱马读了你的信以后说，他基本上完全同意你的看法，但暂不发表更详尽的意见。”^④

① 《马克思恩格斯全集》，第32卷，671-672页，北京，人民出版社，1974。

② 《马克思恩格斯全集》，第35卷，115页，北京，人民出版社，1973。

③④ 《马克思恩格斯全集》，第33卷，85-86、89页，北京，人民出版社，1973。

显然，与肖莱马一样，马克思基本上同意恩格斯的看法。

综上，马克思不仅知晓恩格斯创作《自然辩证法》的过程和《自然辩证法》的名称，而且亲自参与了制定“自然辩证法”的研究计划。

二、关注最新科学发现和廓清马克思主义科学基础

大约从19世纪50年代开始，马克思密切关注自然科学的最新发现，创作了一系列的“科学笔记”。在此过程中，马克思廓清了科学共产主义理论的科学基础。

（一）关注能量守恒和转化定理

1864年8月17日，马克思说：“不久以前我偶然看到自然科学方面一本很出色的书——格罗夫著的《物理力的相互关系》。他证明：机械运动的力、热、光、电、磁及化学性能，其实都不过是同一个力的不同表现，它们互相演化、替换、转化，等等。他非常巧妙地排除了那些令人厌恶的物理学形而上学的胡话，像‘潜热’（不亚于‘不可见光’）、电的‘流质’以及诸如此类为了给思想空虚之处及时找个字眼来填补而采取的非常手段。”^①此外，马克思于1865年两次谈到了丁铎尔的日光分解，认为这是那个时代最卓越的试验之一。

（二）关注细胞理论和生命问题

1864年7月4日，马克思在给恩格斯的信中谈到，自己正在阅读施旺的《用显微镜考察动植物的结构和生长的协调一致》和施莱登的《关于植物起源的资料》。同时，他还阅读了有关生理学、组织学和解剖学的著作。1864年8月31日，马克思在给恩格斯的信中提到了格罗夫的著作，认为格罗夫无疑是英国（甚至包括德国在内）自然科学家中最有哲学思想的科学家；相比之下，“我们的朋友施莱登虽然由于某种误会而发现了细胞，但是他却具有追求庸俗口味的天赋秉性”^②。这样，马克思突出了理论思维对于科学研究工作的重要性。1866年6月9日，马克思在致恩格斯的信中，谈到了以罗班为首的整个新法兰西显微镜生理学派，赞同自然发生的观点。1875年6月18日，马克思谈到了人造细胞的问题，在马克思看来，这还不是天然细胞，因为它们里面没有核。同时，马克思坚持从地球自身物质演化而非地球之外来寻找生命起源。

（三）关注达尔文的生物进化论

1860年11月底至12月19日，马克思阅读了达尔文《物种起源》一书。1860年12月19日，马克思认为，生物进化论为自己的观点提供了自然史的基础。1861年1月16日，马克思指出，达尔文《物种起源》不仅第一次给了自然科学中的“目的论”以致命的打击，而且也根据经验阐明了自己理论的合理意义。这样，就进一步恢复了唯物论的权威。进而，马克思将生物进化论和唯物史观联系起来，认为《物种起源》可以用来当作历史上的阶级斗争的自然科学根据。同时，马克思也清醒地意识到了达尔文的局限性。马克思除了指出其表述方式存在问题外，在1862年6月18日给恩格斯的信中指出，“达尔文在动植物界中重新认识了他的英国社会及其分工、竞争、开辟新市场、‘发明’以及马尔萨斯的‘生存斗争’。这是霍布斯所说的一切人反对一切人的战争，这使人想起黑格尔的《现象学》，那里面把市民社会描写为‘精神动物世界’，而达尔文则把动物世界描写为市民社会”^③。显然，马克思反对达尔文把关于自然界物竞天择、适者生存的规律简单地照搬照抄到人类社会，更反对用生物进化论为阶级社会中的剥削现象辩护。

为了捍卫生物进化论，赫胥黎挺身而出，成为“达尔文的斗犬”。在这场严酷的斗争中，他的

^{①②} 《马克思恩格斯全集》，第30卷，666-667、415页，北京，人民出版社，1975。

^③ 《马克思恩格斯文集》，第10卷，184页，北京，人民出版社，2009。

《人类在自然界的位置》《脊椎动物解剖学手册》《进化论和伦理学》等著作先后出版。这些作品也成为马克思、恩格斯的读物。赫胥黎经常到政府为工人开办的免费夜校去讲课。在19世纪60年代初期，马克思不仅鼓励周围的人去听赫胥黎的演讲，而且他亲自去听讲。1868年11月8日，赫胥黎在爱丁堡作了题为《论生命的物质基础》的演讲。对此，1868年12月12日，马克思严肃地指出：“赫胥黎最近在爱丁堡所作的演讲，再次表现出比近几年更具有唯物主义的精神，但他又给自己留了一条新的后路。当我们真正观察和思考的时候，我们永远也不能脱离唯物主义。但这一切只有运用在因果关系上才是正确的，而‘你们的伟大的同乡休谟’也已经证明，这些范畴与自在之物没有任何关系。因此，你们愿意相信什么就可以相信什么。这正是需要证明的。”^①可见，马克思充分肯定了赫胥黎的唯物主义立场，也严肃地批评了其不可知论。

一般来讲，上述三大科学发现是马克思主义产生的科学基础。马克思既肯定了这些自然科学最新发现对于确立自然辩证法的意义，又批判了这些发现者的唯心主义、形而上学、不可知论和社会达尔文主义等错误，从而廓清了科学共产主义理论的自然科学地平线。

三、创作“生态学笔记”和提出生态自然观的设想

19世纪50年代之后，从资本逻辑批判的高度，马克思研究了影响和制约自然可持续性的社会问题，阅读和摘录了大量与生态学有关的科学文献，形成了“生态学笔记”，在此基础上，马克思同恩格斯一道开启了生态自然观的发展方向。

马克思是以研究自然哲学的方式登上理论研究舞台的。马克思在其《博士论文》中，通过揭示德谟克利特和伊壁鸠鲁在自然哲学上的差别，已确立了物质自我运动的科学原则，初步实现了唯物论和辩证法的统一。马克思在1858年2月22日给拉萨尔的信中，在1864年4月14日给自己的表舅菲利浦斯的信中，再次回到伊壁鸠鲁的论题上，依旧肯定其唯物主义立场。显然，马克思的自然哲学一开始就与黑格尔的自然哲学存在本质差别。

马克思在创立唯物史观和发现剩余价值理论的过程中，在《1844年经济学哲学手稿》中提出了“人化自然”的思想，在《德意志意识形态》中提出了“历史的自然”的思想，在《资本论》及其手稿中集中表达了自己对自然的看法，在《评阿·瓦格纳的〈政治经济学教科书〉》中将人与自然的关系区分为价值、实践和理论三种类型。这样，就勾勒出了辩证唯物主义自然观的总体面貌。

随着资本主义农业的发展，造成了土地不可持续性问题。从1840年以后的30年里，德国化学家李比希开始研究生物化学和农业化学，用实验方法证明，应该施用无机肥料来提高农业收成。从19世纪50年代开始，马克思开始关注和研究土地的可持续性问题。1851年8月至11月，他特别研究了农学和农业化学问题，专门阅读了李比希和约翰斯顿的著作。到60年代，由李比希理论引发的土地肥力递减的辩论进一步激烈。1865年12月，马克思集中精力研究李比希和申拜因有关农业化学的著作。1866年2月20日，他在致恩格斯的信中指出：“由李比希‘发现’并推动申拜因进行他的研究的事实是：土壤上层所含的氮总是比下层的多，虽然，由于植物吸收，土壤上层所含的氮似乎应当少些。这个事实是所有的化学家所公认的。”^②在《资本论》第一卷中，马克思认为，李比希不朽功绩之一在于，从自然科学观点出发阐明了现代农业的消极方面。据此，马克思在起草《资本论》第三卷地租部分时提出，资本主义生产方式造成了人与自然之间物质变换的断裂。

在《资本论》第一卷出版之后，马克思的视野扩展到了李比希之外的科学成果当中。1868年3

^① 《马克思恩格斯全集》，第32卷，213页，北京，人民出版社，1974。

^② 《马克思恩格斯全集》，第31卷，185页，北京，人民出版社，1972。

月25日,马克思在给恩格斯的信中指出,必须认真研究全部近代和现代农业文献。在这方面,物理学派同化学派是对立的。1867年12月下半月,他继续研究有关农业著作。1874年2月至3月初,他对植物生理学和干预土地的人工肥料理论进行研究,阅读了约·奥的《李比希的土壤贫瘠化学说和经济人口论》一书和其他农业化学方面的著述。1875年11月至12月,马克思研究了农业化学,对恩格尔加爾特的《农业化学基础》一书做了详细摘要,还研究了有关物理学和俄国农业问题等方面的著作。1878年5月底至6月,马克思继续研究农业化学和地质学,阅读了朱克斯、约翰斯顿、科佩等人的著作,并做了摘录。在“地质学与农业的关系”这一大标题下,马克思思考了土地种类的产生和可用性问题,考察了劣等的天然不肥沃的土地后来用于耕种的例子。在关于弗·舍德勒的著作《自然,包括物理学、天文学、化学、矿物学、地质学、生理学、植物学和动物学的学说》1852年版的笔记中,也包含同样的内容。在此期间,马克思特别注意到了岩石的风化问题,将地学和农学联系起来。其实,马克思、恩格斯在论述亚细亚生产方式的问题时,已经谈论过气候、土壤、农业和社会制度之间的复杂关系。马克思晚年也谈到了气候条件对土壤的影响,以及气候、土壤对农业的影响。

在研究土地可持续性问题的过程中,马克思偶然阅读到卡尔·弗腊斯的著作。1868年1月3日,马克思在致恩格斯的信中提到:“我想向肖莱马打听一下,最近出版的有关农业化学的书籍(德文的)哪一本最新最好?此外,矿肥派和氮肥派之争现在进行得怎样了?(从我最近一次研究这个问题以来,德国出版了许多新东西。)他对近来反对李比希的土壤贫瘠论的那些德国作者的情况了解点什么吗?他知道慕尼黑农学家弗腊斯(慕尼黑大学教授)的冲积土论吗?为了写地租这一章,我至少要对这个问题的最新资料有所熟悉。肖莱马既是这方面的专家,他也许可以提供一些情况。”^①对此,恩格斯回答说,肖莱马将根据最近几年的年度报告为马克思编写一个索引。至于弗腊斯的书,他不知道。1868年3月14日,马克思谈到,除了阅读毛勒等人的著作外,自己还翻阅了弗腊斯等人关于农业的一些著作。1868年3月25日,马克思在致恩格斯的信中谈到,弗腊斯的《各个时代的气候和植物界,二者的历史》(1847年)一书十分有趣,该书证明,气候和植物在有史时期是有变化的;他是达尔文以前的达尔文主义者,认为物种甚至产生于有史时期。此外,弗腊斯还是农学家。他断定,农民非常喜欢的“湿度”会随着耕作的发展而逐渐消失,最后形成了草原。在这个过程中,耕作的最初影响是有益的,但是,由于砍伐树木等等生态破坏行为,最后会导致土地荒芜。“结论是:耕作——如果自发地进行,而不是有意识地加以控制(他作为资产者当然想不到这一点)——会导致土地荒芜,像波斯、美索不达米亚等地以及希腊那样。可见,他也具有不自觉的社会主义倾向!”^②与李比希相比,弗腊斯在物质变换断裂问题上有着更为成熟的想法。弗腊斯详细地描述了为了经济发展对森林的砍伐已经导致了干旱和大气的变暖,这就浪费了土地并且毁灭了很多文明的形式。李比希试图通过运用适量的化学肥料来解决土地肥力衰竭问题,而弗腊斯提出技术可以充分利用自然的弹力,例如河流的冲击力。作为掠夺式农业的替代,马克思心中已经有了农业依靠自身新陈代谢来恢复的想法。这里,马克思将他对于人与自然物质变换“有意识地控制”问题与气候变化问题紧密相连归功于弗腊斯,认为这比资本主义历史的发展有更长远的目光。在此基础上,马克思在《资本论》第三卷中提出了联合起来的生产者有意识地控制人与自然之间物质变换的思想。

恩格斯在关于弗腊斯上书的札记中写道,“文明是一个对抗的过程,这个过程以其至今为止的形式使土地贫瘠,使森林荒芜,使土壤不能产生其最初的产品,并使气候恶化。土地荒芜和温度升

① 《马克思恩格斯全集》,第32卷,5-6页,北京,人民出版社,1974。

② 《马克思恩格斯文集》,第10卷,286页,北京,人民出版社,2009。

高以及气候的干燥，似乎是耕种的后果”^①。在《自然辩证法》中，恩格斯阐述了同样的思想。

马克思在研究进化论的过程中，遇到了土壤和人种的关系问题。1865年，比·特雷莫的《人类和其他生物的起源和变异》一书在巴黎出版。马克思阅读此书后认为，这是一本好书。1866年8月7日，马克思在给恩格斯的信中，从地质构成与生物进化论、进步和退化等方面揭示了进化的复杂性。在将之运用到历史和政治方面，马克思认为，这比达尔文更有意义和更有内容。但是，恩格斯认为，达尔文等人并没有否认土壤的影响。土壤和人种的关系问题，其实也是一个生态学问题。

在马克思的那个时代，作为一门科学的生态学已经开始了自己的发展历程。1866年，德国学者海克尔提出了“生态学”的概念。在他看来，生态学是研究生物体有机体与其周围环境（包括非生物环境和生物环境）相互关系的科学。海克尔甚至认为，马克思所讲的自然史就是生态学。在这一科学背景中，1875—1876年，马克思仔细阅读了《林业与森林保护，着重论述普鲁士的森林保护立法》（1869年）一书，写作了大量旁注，并在一个笔记本上记下了这一书名。该书作者支持森林经营共同体的思想。马克思还阅读和摘录了《森林的自然选择和干草的利用》（1869年）一书。在这本220页的书中，马克思在193页上写有旁注。这些旁注涉及森林对气候的影响，森林中的干草覆盖层和腐殖质层对新材料，或者对于更大区域的水资源的影响。该书的结束语是，工人越贫穷，森林就越贫瘠。^②

在马克思研究生态学的过程中，最具传奇色彩的是他与雷·兰基斯特的交往。^③兰基斯特是当时最伟大的达尔文主义科学家和英国最坚定的唯物主义生物学家。在马克思晚年，兰基斯特一直是出入马克思家的常客。马克思及其爱女艾琳娜也曾去拜访过他。马克思对兰基斯特关于退化过程的研究很感兴趣。退化的概念表明，进化未必是简单地向前的。马克思试图促使兰基斯特的著作在俄国出版。兰基斯特写信给马克思说，自己被《资本论》这部伟大的著作所吸引，受益匪浅，他是当时最有生态学意识的思想者之一。兰基斯特曾写过一些论述由于人为原因而引起物种灭绝的很有说服力的文章，并且探讨了伦敦的污染问题和其他一些直到20世纪晚期才被发现的生态环境问题。在这种唯物主义传统的影响下，针对20世纪初开始流行的“生态演替”这一生态学中反唯物主义的错误思想，1935年，兰基斯特的学生亚·坦斯利在《植被概念和术语的使用和滥用》的论文中创造性地提出了“生态系统”的概念。这样，在生态学上就宣告了生态中心主义的不可能性。

在生态学问题上，马克思始终坚持尊重自然规律的唯物主义立场。1866年8月7日，他摘录一位科学家的论述，说道，“不以伟大的自然规律为依据的人类计划，只会带来灾难”，“破坏的工作不可能永久继续下去，恢复工作才是永恒的”^④。这样，在突出尊重自然规律的基础上，突出了人类恢复自然的必要性和重要性。1868年7月11日，马克思指出：“自然规律是根本不能取消的。在不同的历史条件下能够发生变化的，只是这些规律借以实现的形式。”^⑤这样，进一步突出了马克思主义自然观的唯物主义性质。

显然，马克思的上述笔记都具有“生态学笔记”的性质，不仅为“人化自然”和“历史的自然”等思想提供了科学说明，而且提出了生态自然观的设想，即要从人与自然关系的角度研究自然观问题，或者说，自然观研究的重心应从自然自身转向人与自然的关系。

① 恩格斯：《自然辩证法》，311页，北京，人民出版社，1984。

② Marx-Engels-Gesamtausgabe (MEGA²), IV/32, S. 203, Berlin: Akademie Verlag, 1979. 参见 G. E. 福尔格拉卡：《马克思论发达的资本主义生产对社会物质变换的逐渐破坏》，载《马克思主义与现实》，2017（1）。

③ John Bellamy Foster. “Marx’s Ecology in Historical Perspective”. *International Socialism Journal*, Issue 96, Winter 2002.

④ 《马克思恩格斯全集》，第31卷，251页，北京，人民出版社，1972。

⑤ 《马克思恩格斯选集》，第4卷，473页，北京，人民出版社，2012。

四、创作《数学手稿》和提出科学数学化的设想

在马克思关于科学的手稿中，有一部主要是研究微积分问题的《数学手稿》。马克思在研究数学的过程中，天才地预测到了科学发展的数学化趋势，创造性地提出了科学数学化的设想。

马克思学习和研究数学与恩格斯的理论研究工作密切相关。恩格斯在与马克思密切合作的同时，专门致力于自然辩证法和军事辩证法的研究，而这二者都离不开数学。其一，自然辩证法研究需要数学。随着唯物史观的创立，确立辩证唯物主义自然观提上了议事日程。但是，“要确立辩证的同时又是唯物主义的自然观，需要具备数学和自然科学的知识。马克思是精通数学的”^①。显然，马克思学习和研究数学，与创立和确立马克思主义自然观直接相关。其二，军事辩证法研究需要数学。1863年7月6日，马克思在致恩格斯的信中说：“有空时我研究微积分。顺便说说，我有许多关于这方面的书籍，如果你愿意研究，我准备寄给你一本。我认为这对你的军事研究几乎是必不可缺的。”^②确实如此，微积分对军事技术的发展至关重要。因此，围绕数学问题，马克思和恩格斯不时展开讨论。1881年，马克思将其写作的《关于导函数概念》一文誊清并寄给了恩格斯。恩格斯仔细阅读后回信说，数学家们要那样顽固地坚持把导函数搞得神秘莫测，是由于其思想方法的片面性造成的。此外，马克思还将《关于微分》的论文，经整理和誊清后，寄给恩格斯，征求意见。1882年11月21日，恩格斯在回信中说：“你的方法和老方法的根本差别在于：你把 x 变为 x' ，也就是使之真正起变化，而其他他人则是从 $x+h$ 出发，这终归是两个量的和，而不是表示一个量在变化”^③。在此基础上，恩格斯对马克思的数学研究成果及其贡献给予了高度评价。

当然，马克思学习和研究数学直接服从和服务于《资本论》的创作。在政治经济学研究中，往往会涉及大量的计算问题，这样，就促使马克思学习和研究数学。1858年1月11日，马克思在致恩格斯的信中指出，在制定政治经济学原理时，计算的错误大大地阻碍了工作，失望之余，只好重新坐下来把代数迅速地温习一遍。进而，马克思认为，高等数学中的许多公式，对自己解决工资问题很有帮助。1868年1月8日，他在致恩格斯的信中表明，“工资第一次被描写为隐藏在它后面的一种关系的不合理的表现形式，这一点通过工资的两种形式即计时工资和计件工资得到了确切的说明（在高等数学中常常可以找到这样的公式，这对我很有帮助）”^④。即，工资计算需要高等数学。在分析经济危机时，同样遇到了数学问题。1873年5月31日，马克思在给恩格斯的信中说：“为了分析危机，我不止一次地想计算出这些作为不规则曲线的升和降，并曾想用数学方式从中得出危机的主要规律（而且现在我还认为，如有足够的经过整理的材料，这是可能的）。”^⑤这样，数学又成为分析和表达经济危机的重要工具。

从19世纪60年代初期到60年代末期，马克思主要学习了微积分，并且研究了微积分的发展史。1882年11月22日，马克思提出：“我未尝不可以用同样的态度去看待所谓微分方法本身的发展过程——这种方法始于牛顿和莱布尼茨的神秘方法，继之以达兰贝尔和欧拉的理性主义方法，终于拉格郎日的严格的代数方法（但始终是从牛顿—莱布尼茨的原始的基本原理出发的）——，我未尝不可以用这样的话去对待分析的这一整个历史发展过程，说它在微分的几何应用方面，即在几何图解方面，实际上并未引起任何实质性的变化。”^⑥这里，马克思将微积分的发展划分为“神秘的微分学”“理性的微分学”和“纯代数的微分学”三个阶段，探讨了微积分发展的规律，是对微积

① 《马克思恩格斯选集》，第3卷，385页，北京，人民出版社，2012。

②③⑤⑥ 《马克思恩格斯文集》，第10卷，206、489、389-390、490页，北京，人民出版社，2009。

④ 《马克思恩格斯选集》，第4卷，467页，北京，人民出版社，2012。

分发展史的科学概括。

从19世纪70年代到1883年，马克思主要进行了一些独立的微积分研究。马克思《数学手稿》中的一些重要的数学论文，大都完成于这一阶段。《数学手稿》主要包括以下内容：一是关于导函数。在马克思看来，“全部微分学本来产生于求任意一条曲线上任何一点的切线的问题”^①。通过研究微积分，他在提出微分是“扬弃了的差”的思想的基础上，揭示了无穷小量实质上不过是无穷小量在矛盾运动中的“0”与“非0”的对立统一关系，并由此把微分也概括为否定之否定的过程。二是关于微分。为了完成这篇论文，马克思专门写了三份比较完整的研究微分的草稿，还写了不少札记和补充片段。三是关于微分学的历史。马克思对微分学发展的每一阶段的代表人物的不同理论和方法进行了比较研究，在对他们进行科学评价的同时，批判了其唯心主义和形而上学。四是关于泰勒定理。为了还原微分学的本来面目，马克思很注意弄清微分学的代数来源问题，写作了《泰勒定理、马克劳林定理和拉格朗日的导函数理论》和《泰勒定理》两篇篇幅很长的重要手稿。五是求曲变形的面积。在这部分手稿中，马克思对牛顿关于积分的论述作了详细的批注。六是关于函数。这部分主要考察了函数概念的来源和数学定义。七是关于初等数学的一些札记。这部分是马克思研究初等数学的札记，主要是对《从最古到最新时代的数学史》一书的摘录，并提及中国的算盘。

据编辑《马克思恩格斯全集》历史考证版第二版的专家卡尔-埃里希·福尔格拉夫等人的考证，马克思甚至产生了“经济学数学化”的设想。^②1861年，马克思相信，自己在“数学上”毫无疑问是正确的。1861年，在“绝对剩余价值”的标题下，马克思加了这样一个评注：“从严谨的数学的角度来看，这里阐述的观点也是正确的。因而，用微分计算，假设 $y=f(x)+C$ ，其中C是不变量。x变为 $x+\Delta x$ ，不会改变C的值。因为不变量不发生变化，所以 $dC=0$ 。可见，不变量的微分是0。”^③这段话是马克思对剩余价值生产的数学说明和数学表达。1862年10月至11月，马克思写下了自己对高等数学的期望：“资本不是简单的数字。它不是简单的商品，而是自乘的商品；不是简单的量，而是量的比例。它是作为本金、作为既定的价值同作为剩余价值的它自己的比例。C的价值（按一年计算）等于 $C(1+1/n)^1$ 或 $C+c/x$ 。正像用简单的计算方法不可能理解或推算出等式 $ax=n$ 中的x一样，也无法理解或推算出自乘的商品，自乘的货币，资本。”^④这一数学公式反映的就是价值为1000英镑的商品作为资本具有1050英镑的价值之类的情况。1864年，马克思在《直接生产过程的结果》这一章中，对如何解释剩余价值作了这样的纲领性的定位：某个价值额所以变成资本，是由于它的量会增大，由于它会转化为一个变动的量，由于它从一开始就是一个会产生流数的流动量。“无论怎样达到这一点，这种x转化为 $x+\Delta x$ 的实际程序决不会使这个过程的目的和结果发生任何改变。当然，即使没有资本主义生产过程，x也可以转化为 $x+\Delta x$ ”^⑤。这里，x转化为 $x+\Delta x$ 的过程的这个目的，表明了研究必须经历的途径。这个式子必须是变量的函数，或者在过程中转化为变量的函数。而问题就在于找出这个组成部分，同时指出通过什么中介过程使原来的常量变为变量。在马克思1846年的一个经济学笔记中，最后连续几页都是各种代数运算；在以后的许多笔记中，也都记有数学公式和几何图形，还有连续几个整页的演算草稿。马克思在为撰写《政治经济学批判大纲》准备材料的笔记中，画了一些几何图形，记录了分数指数和对数的公

① 马克思：《数学手稿》，20页，北京，人民出版社，1975。

② 卡尔-埃里希·福尔格拉夫：《马克思与数学》，载《政治经济学报》，第8卷，北京，经济科学出版社，2017。又见中国政治经济学智库网，http://mp.weixin.qq.com/s/?_biz=MzI3ODUwNTYxMA%3D%3D&idx=3&mid=2247486183&sn=433d5a490499a56a725e2b3f4803b8d0。

③ 《马克思恩格斯全集》，第32卷，192页，北京，人民出版社，1998。

④ 《马克思恩格斯全集》，第35卷，333页，北京，人民出版社，2013。

⑤ 《马克思恩格斯文集》，第8卷，455页，北京，人民出版社，2009。

式。显然，马克思试图用数学公式尤其是高等数学的公式来表达经济发展规律尤其是资本主义经济发展规律。

尽管马克思在研究数学和创作《数学手稿》的过程中，还不了解微积分的真正的理论基础——极限理论，但是，马克思已经科学地预言到了经济学的数学化趋势。他甚至形成了这样一种看法，“一种科学只有在成功地运用数学时，才算达到了真正完善的地步”^①。这样，马克思事实上提出了科学发展的数学化问题，具有重要的科学方法论意义。

五、创作“工艺学笔记”和提出技术社会学的构想

马克思十分重视技术在产业革命和社会革命中的重大作用。1856年4月14日，他提出：“蒸汽、电力和自动走锭纺纱机甚至是比巴尔贝斯、拉斯拜尔和布朗基诸位公民更危险万分的革命家。”^②这是马克思对技术和工艺的社会作用的形象而精辟的概括。

马克思研究技术问题经历了一个较长的时期。1857年9月25日，马克思写信给恩格斯，对恩格斯为一部军事百科全书所写的《军队》这一条目给予很高的评价，同时提醒他注意：“大规模运用机器也是在军队里首先开始的。”^③马克思认为，军队的历史比任何东西都更加清楚地表明，我们对生产力和社会关系之间的联系的看法是正确的。军队在经济发展中发挥着重要作用。由于恩格斯在撰写《弹射器》和《雷管》条目时缺乏材料，马克思为其提供了帮助。1858年2月1日，马克思讲道：“《弹射器》的材料（不多）我已给你准备好。《野营》的大部分也已经准备好了（不过，关于希腊的野营我还需查阅瓦克斯穆特写的《希腊古代》，关于犹太人的野营还需查阅德韦特的著作）。由于必须列举许多各种各样的枪栓等等，《雷管》写得很详细。”^④这表明自然辩证法研究和军事辩证法研究密切相关。

由于机器设备更新的平均时间是说明大工业巩固以来工业发展所经过的多年周期的重要因素之一，因此，在19世纪50年代末期，为了探讨工业再生产的周期，马克思专门研究了机器磨损问题，特别阅读了拜比吉的《论机器和工厂的节约》一书。由于恩格斯在经营工厂的过程中积累有这方面的实际经验，因此，1858年3月1日，马克思写信给恩格斯提出了这样的要求，“你能否告诉我，你们隔多少时间——更新一次机器设备？拜比吉断言，在曼彻斯特大多数机器设备平均每隔五年更新一次。这种说法在我看来有点奇怪，不太可信”^⑤。接到马克思的来信后，恩格斯根据自己的实际经验回复说：“关于机器设备的问题很难作出确切的答复，但无论如何拜比吉是十分错误的”^⑥，“10—12年的时间足以改变大部分机器设备的性能，因而多多少少使它得到更新。”^⑦

在1861—1863年期间，马克思为创作《资本论》第一卷第十三章《机器和大工业》写作了3个笔记本。马克思以《机器。自然力和科学的应用（蒸汽、电、机械的和化学的因素）》来命名这一节经济学手稿的标题。在这一笔记中，马克思摘引了极其丰富的工艺史材料。在此基础上，他对资本主义生产中机器和科学的应用做了精辟而详尽的分析，还论述了科学技术是如何转化为直接生产力的。可将这些笔记称为马克思的“工艺学笔记”。此后，马克思对技术问题给予了持续关注。例如，1866年2月10日，他在致恩格斯的信中谈到，自己从最近的一份《工厂视察员的报告书》中得知，约翰·瓦茨发表了一本《论机器》的小册子，他请恩格斯用马克思的名义要瓦茨寄一本书

① 中共中央编译局编：《回忆马克思》，191—192页，北京，人民出版社，2005。

② 《马克思恩格斯选集》，第1卷，775页，北京，人民出版社，2012。

③ 《马克思恩格斯选集》，第4卷，428页，北京，人民出版社，2012。

④⑤⑥⑦ 《马克思恩格斯文集》，第10卷，145、151、152、154页，北京，人民出版社，2009。

给他。

从技术发明事件来看，马克思关注和研究过一系列重大的技术和发明。19世纪60年代，马克思对中国古代“四大发明”在欧洲的传播情况进行了考察。就其社会作用来看，他认为：“火药、指南针、印刷术——这是预告资产阶级社会到来的三大发明。火药把骑士阶层炸得粉碎，指南针打开了世界市场并建立了殖民地，而印刷术则变成新教的工具，总的来说变成科学复兴的手段，变成对精神发展创造必要前提的最强大的杠杆。”^①马克思在写于19世纪70年代末和80年代初期的《历史学笔记》中，又专门考察了“四大发明”在资本主义生产方式形成和发展中的作用。

马克思注意对纺纱机器革命的考察。马克思和恩格斯早在《神圣家族》中就揭示出了这一点。在写作《资本论》的过程中，马克思再次遇到了这一问题。为了把相关问题弄清楚，马克思把自己的“工艺学笔记”全部重读了一遍，并且去杰明街地质学院听取了韦利斯教授为工人开设的实习课。在此基础上，马克思认为，撇开作为资产阶级发展的必要前提的火药、指南针和印刷术的发明不谈，在从16世纪到18世纪中叶这段时间，即从手工业发展起来的工场手工业一直到真正的大工业这一时期，钟表和磨是在工场手工业内部为机器工业做好准备的两种物质基础。钟表是第一个应用于实际目的的自动机。从水磨发明的时候起，就具有机器结构的重要特征。“工业革命并不开始于动力，而是开始于英国人称为 *working machine* 的那部分机器，就是说，并不是开始于譬如说转动纺车的脚被水或蒸汽所代替，而是开始于直接的纺纱过程本身的改变和人的一部分劳动的被排除，而人的这部分劳动不是单纯的力的使用（譬如踩轮子的踏板），而是同加工、同对所加工的材料直接作用有关的。另一方面，同样没有疑问的是，一旦问题不再涉及到机器的历史发展，而是涉及到在当前生产方式基础上的机器，工作机（例如在缝纫机上）就是唯一有决定意义的，因为一旦这一过程实现了机械化，现在谁都知道，可以根据机械的大小，用手、水或蒸汽来使机械转动”^②。按事物性质来说，人不是从一开始就只作为简单的力起作用的地方，工业革命便开始了。

当然，马克思丝毫没有看轻蒸汽机的革命作用。早在1845年的《德意志意识形态》中，马克思和恩格斯就考察过蒸汽机车产生的必要性和重要性的问题。1853年，马克思考察英国在印度的殖民统治问题时，认为蒸汽机可以打破印度的封闭状态而与世界各地联系起来，从而充分肯定了蒸汽机的建设性作用。在《资本论》中，马克思进一步指出：“随着19世纪最初几十年机器生产的发展，机器实际上逐渐掌握了工具机的制造。但只是到了最近几十年，由于大规模的铁路建设和远洋航运事业的发展，用来制造原动机的庞大机器才产生出来。”^③可见，蒸汽机尤其是蒸汽机车的发明和使用在大工业形成中具有重要的作用。

蒸汽机的发明第一次使广布在英国地下的煤藏具有了真正的价值。这样，就突出了采煤机器的作用。1881年6月6日，马克思提到：“据说有一个美国人发明了一种割煤机，它能使采煤工人现在的大部分作业成为多余（也就是说不需要在掌子面和矿井中‘割’煤了），留给采煤工人的任务只是把煤敲碎和装车。这一发明如果成功——完全有理由这样设想，它将有力地推动美国的发展，并且严重地动摇约翰牛的工业优势地位。”^④在这里，马克思论及新的产业技术的兴起与产业中心转移的问题。

随着电学领域中的革命性进展及其产业应用，引发了第二次科技革命。1850年7月，在英国伦敦展出了一个牵引火车的电力机车模型。对此，马克思认为：“蒸汽大王在前一个世纪中使世界

① 《马克思恩格斯文集》，第8卷，338页，北京，人民出版社，2009。

② 《马克思恩格斯全集》，第30卷，318页，北京，人民出版社，1975。

③ 《马克思恩格斯文集》，第5卷，441页，北京，人民出版社，2009。

④ 《马克思恩格斯全集》，第35卷，187页，北京，人民出版社，1971。

发生了天翻地覆的变化，现在它的统治已到末日，另外一种更大得无比的革命力量——电火花将取而代之。”^①果然，以电机和内燃机为标志的第二次科技革命在19世纪70年代来临。1882年，在慕尼黑举办的一次国际电气展览会上，法国工程师马·德普勒展出了他在米斯巴赫和慕尼黑之间架设的一条实验性输电线路。重病中的马克思十分关注这一实验，请自己的女婿龙格将该实验的报告尽快寄给他，并请恩格斯也注意这个实验并发表意见。1882年11月，马克思还阅读了奥斯皮塔利埃的《电的基本应用》一书。

马克思的“工艺学笔记”揭示出，技术革命会引发产业革命，进而会引发社会革命。当然，只有在未来的劳动共和国中，技术才能真正发挥其作用。这样，马克思就在技术观的基础上提出了技术社会学的设想。

在总体上，包括“生态学笔记”、《数学手稿》、“工艺学笔记”等在内的马克思一系列“科学笔记”包含了马克思关于自然辩证法问题的思想实验，这与《反杜林论》和《自然辩证法》共同构成了自然辩证法的科学构想。因而，马克思同样是自然辩证法的构思者和创始人。当然，自然辩证法的创新发展依赖于科技创新和理论创新的辩证互动，是一个长期的持续的社会系统工程。

On Marx's Thought Experiment of "Dialectics of Nature"

ZHANG Yunfei

(School of Marxism Studies, Renmin University of China, Beijing 100872)

Abstract: Marx also paid special attention to science and technology and Dialectics of Nature, leaving behind massive "Notebooks on Sciences", which carried out the thought experiment of Dialectics of Nature. In the struggle against vulgar materialism and social Darwinism, Marx and Engels discussed the research plan of Dialectics of Nature, examined the latest scientific discoveries, and cleared up the scientific basis of Marxism. In addition, he respectively put forward the assumption of "ecological view of nature" in his "Ecological Notebooks", the assumption of mathematization of science in his "Mathematical Manuscripts", and the assumption of technological sociology in his "Technological Notebooks". Therefore, Marx is also a deviser and founder of Dialectics of Nature.

Key words: Marx; Notebooks on Sciences; Dialectics of Nature; thought experiment

(责任编辑 林 间)

^① 中共中央编译局编：《回忆马克思》，45页，北京，人民出版社，2005。