

华罗庚先生的精神遗产及其工程哲学意蕴

颜基义

(中国科学院大学, 北京 100049)

摘要: 华罗庚先生是我国著名数学家, 他不仅在纯数学上贡献卓著, 而且在投身数学应用上也是我国乃至世界上罕见的重要事件。他在这个过程中留下了宝贵的精神财富。首先分析了他的这份精神遗产与工程哲学的“交集”内涵并据此讨论了数学的功能对工程产生影响的必然性。按照华罗庚先生的理念, 进一步阐释了“造物之难”以及《双法》体现出的生产力和工具性的“双重创新”。作为一位用数学成就工程的领军大师和献身者, 华罗庚先生心怀“国之大者”的思想境界和献身精神将永远激励后人奋然前行。

关键词: 华罗庚; 精神遗产; 工程哲学

中图分类号: G3

文献标识码: A

文章编号: 1674-4969(2021)03-0252-06

引言: 华罗庚先生的精神遗产与工程哲学的“交集”

从表面上看, 一名数学家的精神遗产很难和工程哲学发生关系。其实不然。

首先, 按照李伯聪教授《工程哲学引论》一书^[1]给工程哲学赋予的简明要义——“我造物故我在”而言, “造物”是工程的根本目的, 或者说, 工程的目的就是要建造一个崭新的世界, 一个人工物构成的世界。

华罗庚先生不仅是传奇式的纯粹数学家, 在数学众多领域做出了杰出的贡献; 而且他也是一位非常重视数学应用和工程实践的大师。他对于后者的倾心、热情和投入程度, 在中国, 在世界上都是罕见的。他和他的团队所从事的“造物”, 如果不是实实在在的有形之物, 也是在为通往建造实在之物打开崭新的渠道。在这当中, 蕴含着相当丰厚的工程哲学的理念, 值得后人认真加以梳理和提炼。从中国国情以及当下的情势出发, 这样做的必要性已十分迫切。

其次, 从哲学视角考量, 哲学不能忽视技术,

更不能忽视工程, 因为这两者不仅作为一种经济力量, 而且作为一种文化力量, 都非常重要。鉴于技术和工程之间的紧密关系, 国外学者往往是将这两者的哲学问题重合在一起考虑的。在斯坦福大学“哲学百科”平台上, “Philosophy of Technology”^[2]这一长篇专题文章涵盖了工程哲学的历史沿革、基本课题及相关进展, 认为“分析技术哲学关注工程师所支持的技术实践, 可以被认为等同于工程哲学”。该文明确提出技术包括两个核心或维度, 即工具性和生产力。其实对工程而言, 更是如此。将这些与华罗庚先生在实践中运用的“知识工具”进行对照, 就不难发现, 两者的内涵有相当大的重叠。我国改革开放以来, 发展的势头非常迅猛, 这给工程哲学的研究提供了肥沃的土壤, 并把它的研究推向了前沿, 这是值得赞许的好事情。

华罗庚先生在推广数学应用的过程中, 他实际上体现出了“双面人”的功能: 一方面是数学家; 另一方面也是工程师。不仅如此, 他还很出色地打通了这两者之间的隔阂与界面。这正是华

罗庚先生能取得如此巨大的经济效益，或者说“造物”成效的重要原因。他在日本演讲时，就有听众问道，“那您一定是亿万富翁啊？”华罗庚先生很幽默地回应说，的确是亿万富翁，但是这些钱不是装进我个人的口袋里。因此，华罗庚先生的精神世界，毫无疑问也将是工程哲学里的宝贵财富。

基于以上理由，本文将从如下几个方面展开论述与分析。

1 数学功能之大，影响社会和宇宙的四面八方

数学，乃是一门以数字为载体和形式，来体现和表达功能的学问。由于数学的表达功能特别强大，华罗庚先生于 1959 年 5 月 28 日在人民日报上发表了文章，标题是“大哉，数学之为用”（以下简称《大哉》）。^[3]其中，那“大哉”两个字，特别吸引读者的眼球，极富震撼力。

他在文中说，该怎样和外星人交流沟通呢？最好的办法就是带上如下这几张图就足以说明人类的文明程度了。

图 1 是数字的图式表达，图 2 是用面积原理表达勾股定理，图 3 是用我国古代的“青出朱入图”来表达勾股定理的演变关系。这是我国汉代学者刘徽将大正方形巧妙地切割后，重新拼接成较小的两个正方形，以此证明勾股定理。后人把刘徽的这种方

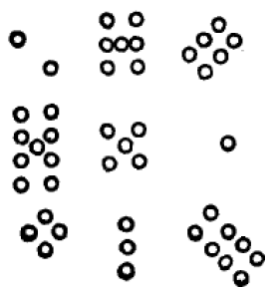


图 1

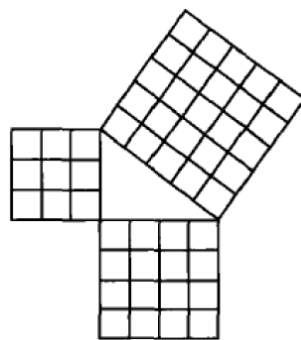


图 2

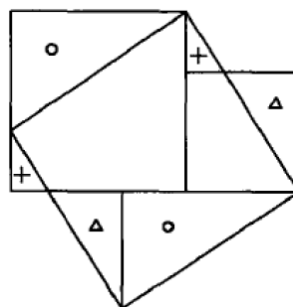


图 3

精度比西方早约一千年。华罗庚先生非常注意弘扬中华文化的精华，由此可见一斑。

“宇宙之大，粒子之微，火箭之速，化工之巧，地球之变，生物之谜，日用之繁，无处不用数学。”他文章中这类语句的魅力，吸引了众多青年学生投身数学领域。当时，笔者正是华先生在中国科学技术大学创办的应用数学和计算机技术系的首届学生，他创新性地打造了人们后来称谓的“华龙教学体系”。这个体系由华罗庚先生亲自设计，打破了各个学科的界限。他还亲自给我们讲授《高等数学引论》，为时长达三年之久。《大哉》一文的思想理念，与他在课堂上的讲授内容，息息相通，令人体味无穷。

《大哉》一文不仅让人看到数学的特殊表达方式，搭建起通向社会和宇宙的四面八方，而且也传递着工程哲学的智慧光芒。在这里，仅提及两个例子。

例如，关于化学工业，在《大哉》一文中专门立起一节，名为“化工之巧”。文中说“化学工业制造出的千千万万种新产品，使人类的物质生

活更加丰富多彩,真是‘巧夺天工’”。对此,他进一步指出“剩下的硫越少,就越难从苯中吸取。这个过程时刻都在变化,吸收过程速度在不断减慢着。……简单易作的过程我们可以用实验去解决,但对于复杂、难作的过程,则常常需要用数学手段来加以解决。”^[3]他所说的数学手段,就包括华先生力推的“优选法”,实践证明这个方法在化工行业的成效特别突出。这段论述告诉我们,在工程实践中,会碰到很多难点,解决这些难点,离不开科学知识的应用。因此,工程问题的解决,既要依靠技术来支撑,也需要科学来化解。

再例如,在《大哉》一文的最末一节“数学的发展”中,华先生强调指出:“我们作如上的说明,并不意味着数学家可以自我陶醉于共性的研究之中。一方面我们得承认,要求数学家深入到研究对象所联系的一切方面是十分困难的,但是这并不排斥数学家应当深入到他所联系到的为数众多的科学之一或其中的一部分。这样的深入是完全必要的。”^[3]“这样的深入是完全必要的”对工程问题更是如此。

他还进一步指出:“应当强调的是,数学之所以重要正是因为其他科学的重要而重要的,不通过其他学科,数学的力量无法显示,更无重要之可言了。”^[3]

这些精辟论述,对于复杂的现代工程而言,意义特别重要。因为这些工程具有多学科深度融合特征,只有每一学科的专家都能深入到该工程问题之中,深谙其结构、运转、互动的状况,相互交流和融通,才能更有效地解决这些难题。

2 造物之难,一点不亚于探物之难

在笔者看来,华罗庚先生关注应用,投身实际,《大哉》一文是其重要的“转折点”。自从1959年以后,华罗庚先生在这方面投入的时间和精力越来越多。

对于实际问题,越是倾心了解和深入投入,也就越发了解其中的困难。他曾这样感慨地说过,

搞应用研究,丝毫不比纯数学研究来得容易。

笔者将解决实际问题的难度,按照华先生的相关论述归纳为以下几个方面。

(1) 发现问题之难

华先生说:“从‘生产实际中找问题’不但不容易,而且还有风险。在书斋中从文献到文献,每年写几篇文章没问题,……”^[3]

1964年我刚刚毕业留校在他身边工作时的一个例子就能很好地说明这一点。有一天,他让我把《十万个为什么》书中关于“蜂房”问题那篇文章看看,并让我好好找一找书中的问题。我立即借到书,书中说“法国学者马拉尔琪曾经测量过蜂窝的尺寸,得到一个有趣的发现,那就是六角形窝洞的六个角,都有一致的规律:钝角等于 $109^{\circ}28'$,锐角等于 $70^{\circ}32'$ 。”

我虽然发现“六角形窝洞的六个角”这句话非常费解,但苦思冥想也没有获得答案。华罗庚先生微笑提示我说,那“窝洞”大有文章啊,那是三个全等的菱形拼接成的“尖底”。华先生还告诉我,光想还不够啊,要到实地看看蜂房。

蜂房是大自然精巧的“工程”,人类想加以还原时,就离不开工程中常采用的逆向方法,在这里,就是要回应“菱形在哪里?”这样的问题。只有了解到蜂房大多是双向双层结构,两面“背靠背”对接起来,才能发现相接部分就是合丝合扣的菱形底部,一般都是看不见的。人们看到的,只是开放的两面的正六角形蜂房。

(2) 寻找关键变量(或主要矛盾)之难

还是以蜂房问题为例。因为大自然造物是很吝啬的,容易让人想到蜂房结构体现了最节省理念。因此,计算出蜂房的表面积就成了解决问题的关键。不几天之后,华罗庚先生告诉我,问题已解决,让我帮助整理一下手稿。这样我才明白华先生找到的关键性变量的高超之处,并不是一般人容易想到的那样:窝洞顶点到六角柱的横截面的投影距离。

后来,华罗庚先生将蜂房问题用作给北京市

中学生数学竞赛第一次报告的内容(图4),地点在中山公园音乐堂,听报告的人坐得满满的,其间掌声和笑声连绵不断。

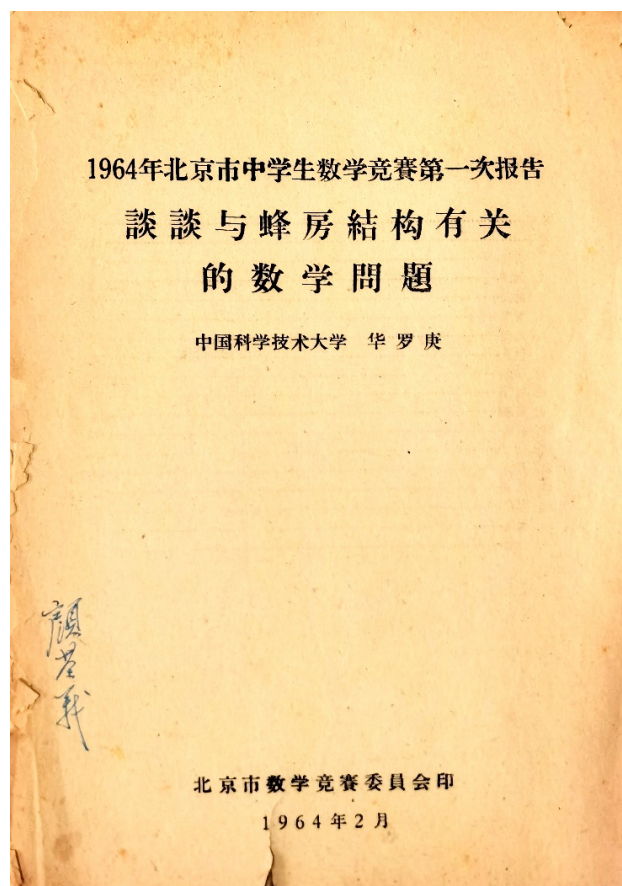


图 4

华罗庚先生的这篇文章以一诗词为楔子作为开篇,各节依次是:一、有趣,二、困惑,三、访实,四、解题,五、浅化,六、慎微,七、切方,八、疑古,九、正题,十、设问,十一、尾声,十二、代数,十三、几何,十四、推广,十五、极限,十六、抽象。

华罗庚先生总结的这 16 个过程,特别是前 11 小节,对于工程问题的解决至今仍具有很强的启示作用。

依据华罗庚先生这些思考,人们就可以较容易地转向为工程问题的实施步骤。对此,我归纳为如下五个方面:

一是设计:包括问题的目标,技术的属性,生命的周期等;

二是求模:包括体现的模式,实施的路径,问题的变形(连续变离散)等;

三是试错:包括可行性的边界,试探的冗余度,优劣的调整等;

四是觅法:包括求解方法,算法设计,数值(或数据)计算等;

五是考量:包括风险考量,事后维持,应用拓展等。

(3) 决策和实施之难

一个工程问题,就是打造置身于社会实在的“存在”,这往往涉及复杂的各方面关系,它们交互纠缠在一起,几乎每前进一步,就是一次决策,与打仗无异。仅列举如下几点。

1) “两难境地”致使平衡难求

工程问题上的决策,都不是完备信息的决策,H·西蒙的“有限理性”充分说明了这一点。不仅如此,工程决策往往是“两难境地”的决策,解决了一个因素的困难,另一个因素的问题就会涌现出来。用华罗庚先生的话语来说,这本质上是寻找平衡的问题。而平衡的本领不是简单地从书本上就能学到手的,除书本知识外,还需依赖于实际经验的积累。此外,还需要工程实施者具有足够的勇气和担当。

2) 把握“度”之艰难

工程问题的求解,并不是追求理想的“最优解”,要的是“适度解”。这当中就有个“度”的把握问题。华罗庚先生经常说,把实际的连续问题离散化处理时,也并非“离散度”越多越好,弄得不好,反而会误差更大,甚至失败。

3) 把握“风险”之艰难

工程的风险,可能来自众多方面,有技术处理不当产生的风险,有操作过程不当产生的风险,有随时间演进新产生的风险,更有外部客观环境带来的风险等。对于重大工程,这些风险更是需要给予特别的关注与对待。每一项风险的处理,都并不容易,让保险系数放大,成本就必然过高,

更何况还有难以预料的“随机因素”。华罗庚先生在《大哉》一文中就明确指出要关注不确定因素。

3 华罗庚的《双法》体现了生产力和工具性的“双重创新”

华罗庚先生精心挑选《优选法》和《统筹法》(以下简称《双法》)^[4]作为数学应用的突破口,这是非常睿智的。就工程哲学的内涵而言,生产力和工具性是两个重要的考量维度,《双法》在这两方面均有卓越的体现。

就生产力而言,就是“生产力涵盖了人类为创造新事物所做的全部努力,这些新事物能以可控和智能的方式做某些事情。”就工具性而言,就是“工具性涵盖了整个人类努力控制他们的生活和他们的环境,以一种工具性的方式干预世界,以一种有目的和聪明的方式使用事物。”^[2]

华罗庚先生的《双法》正是这样做的。在选择工具时下足功夫,选择队伍时下足功夫,选择应用对象时下足功夫。这三类“功夫”无不在“工具性”和“生产力”上深深地打上了华氏品牌的创新印记。

由于斐波那契数列本质上反映了大自然中动物(如兔子繁殖)和植物生长的规律,其前项与后项之比被称为“黄金分割”,近似地取为“0.618”。其在自然世界和人造物世界(如位于纽约城东河边上的联合国大厦的宽与高的比例等)业已广为采用。华罗庚先生便选用它作为实际应用的核心工具,其好处在于,它既非常有效又简单好记,几乎一学就会。再加上华罗庚先生的特殊人格魅力,更是在神州大地掀起了声势浩大的广泛普及和应用行动。这在科学史上是极为罕见的。对此,当美国科学院授予华罗庚先生外籍院士称号时,在授予词中特别提及到这一点。

值得指出的是,在一定意义上,社会上的人何尝不是一个“工具”,这话听起来好像贬低了人格,其实此乃社会进步后职业分工的必然。时至当下,“代理(agent)”一词那么流行,这背后就离不开“工具”的意义。

因此,可以说,华罗庚先生不仅是善于使用技术或知识“工具”的大师,也是善于动员和“利用”人这个最富有创造力的“活工具”的大师。

再就《统筹法》而言,其中的睿智“含金量”对工程哲学理念的启示可说同样硕大。

统筹法的一条要义,就是要抓住一条“主要矛盾线”,它涉及该工程的方方面面,抓住了这条“主要矛盾线”,工程就成功了一半。

统筹法的另一条要义,就是讲究相关事项的“排序关系和安排”,一环扣一环,直至工程的最终目标得以实现为止。“序”的讲究本来是数学中很重要的理念,一旦拿到社会应用上,那可不得了。甚至可以说,“序变,则一切都变”,笔者在过去讲课中,曾将华罗庚先生这些思想加以延伸和发挥,说明了很多问题。这些都深刻地体现在华罗庚先生的“设计”理念之中。

改革开放后,搞工程管理的人,几乎张口不离“项目管理”,其实,华罗庚先生的“统筹法”,就是最典型的“项目管理”,很适合中国国情,比西方早了好些年。

更重要的是,《双法》乃是跨越了“硬工程”和“软工程”的卓越实践。华罗庚先生在《双法》实际应用的基础上,把视线提升到关注我国的经济大系统,并归纳为36字方针:^[5]

大统筹,广优选,联运输,
精统计,抓质量,理数据,
建系统,策发展,利工具,
巧计算,重实践,明真理。

这36字中的“大统筹,广优选”,不就是当今所说的“顶层设计”吗!“建系统,策发展”,不就是当今所说的“系统思维”和“科学决策”吗!“巧计算”不就是当今的算力和人工智能吗!值得特别指出的是,华罗庚先生那样早就看到数据的重要性,如此超前,充分彰显大师的远见卓识。从华罗庚先生的学术轨迹分析,这很可能与受到维纳的影响有关,使得他早早就关注计算机,而且成为我国计算机学科的奠基人。当下,他极力

倡导和推动发展的“算力”，业已成为我国高质量发展的关键性要素与推力，换言之，是重要的生产力。

4 工程的参与者，强烈的影响和激励力量

华罗庚先生在推广《双法》时，作为领军人物，他的视野，他的激情，他的投入，他的献身，也深深地影响了工程本身。因此，当对工程哲学进行全面考量时，不能不研究参与工程的关键人物的影响和作用。这一点，在西方虽也有所体现，但是远不如我国如此突出，这是我国工程哲学独有的鲜明特点。两弹一星的功臣人物是这样，献身普及《双法》的华罗庚先生也是这样。

华罗庚先生曾就此提出“三原则”：为了谁？采用什么技术？如何推广？关于后两条原则，前面已有相关分析。而第一条原则，则在华罗庚先生身上具有特别强烈的体现。

他在赴英留学剑桥前，在上海就这样说：“我现在只想为祖国争光。”^{[6]167}

他后来赴美时，对美国朋友说：“为什么我国的数学总是这样落后呢？我们一定要赶上去，而且，我想我们一定能赶上去。”^{[6]158}

1950年他从美国回国时，发表一封很长的公开信说：“为了国家民族，我们应当回去……，”

“应当选择在为多数人利益的一面。”“梁园虽好，非久居之乡，归去来兮。”^{[6]161}

1979年，华罗庚先生这样表示：“横刀哪顾头颅白，跃马紧傍青壮人，不负党员名。”^{[5]41}

华罗庚先生，在他的晚年时这种为国为民而献身的精神愈发明显，愈发突出。在他去世前一年，他在《抒怀》一诗中的结尾，是这样惊天动地、铿锵有力的字句：“学术权威似浮云，百万富翁若敝屣。为人民服务，鞠躬尽瘁而已。”^{[5]51}

就在撰写这首诗之后的第二年（1985年），华罗庚先生就倒在了神圣的学术讲台上。这样的学术大师，这样一位用数学成就硕大工程的领军人物，令人仰视，日月成诗，其功大矣。

参考文献

- [1] 李伯聪. 工程哲学引论：我造物故我在[M]. 郑州：大象出版社，2002.
- [2] 美国斯坦福大学哲学百科网页. Philosophy of Technology [EB/OL]. <https://plato.stanford.edu/entries/technology/>.
- [3] 华罗庚. 大哉数学之为用[J]. 数学教学, 1959(6): 1-3.
- [4] 杨德庄 编. 华罗庚文集(应用数学卷)[M]. 北京：科学出版社，2010.
- [5] 中国民主同盟中央委员会宣传部 编. 华罗庚诗文选[M]. 北京：中国文史出版社，1984.
- [6] 王元. 华罗庚[M]. 大连：大连理工大学出版社，2020.

Spiritual Heritage of Mr. Hua Luogeng and Its Relevance to Engineering Philosophy

Yan Jiyi

(University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China)

Abstract: Mr. Hua Luogeng was a famous Chinese mathematician. In addition to his outstanding contributions to pure mathematics, he was also a rare leader in China and globally in the application of mathematics. In addition to his mathematical contributions, he left behind a valuable spiritual wealth. This study first analyzes the considerable “intersection” connotation between his spiritual legacy and engineering philosophy and the necessity of the influence of mathematics on engineering. According to Hua’s idea, the author further expounds on the “difficulty of creation” and the “double innovation” of his “selection method and unified planning method” in terms of the productive force and instrumentation as well. Lastly, the author shows that as a leading master in engineering, Hua’s thoughts and dedication spirit have had far-reaching influences.

Key Words: Hua Luogeng; spiritual heritage; engineering philosophy