

第1章 序 言

1.1 提出这个命题的原因

“建设具有中国特色的社会主义”，这是一项崇高的战略目标，也是全中国人民宏伟世界观的体现。因此，结合我国科学技术的现状，加深认识和理解发展“具有中国特色的科学技术”的内涵也是十分重要的。为此，需要首先用辩证的理念，从国际环境和国内科学技术现状的评估开始，进行必要的分析和讨论。

1.1.1 全球化形势的需要

目前，全球化科学技术大形势的浪潮正在各个领域中涌现，大科学、大经济、大组合等正在成为世界的主流。政治、经济、科学技术、文化、生活等方面都在发生深刻的变化，在以下四方面更表现出一定的严峻性和紧迫性。

- (1) 国际间合作与竞争的机制并存，但基本规律是优胜劣汰、适者生存，形势逼人。
- (2) 科学技术已经演变为重要的战略性因素之一。
- (3) 信息、物质、能量作为事物的三大要素已成为客观矛盾的源头。
- (4) 科学思维和科技政策所体现的智慧和正在发展成为国家潜在的“软实力”。

以上四方面均涉及科学技术的有关内容，因此世界各国都十分重视研究有关的科技策略和实施方案，以适应形势的变化与发展，并力求取得更大的成就。

1.1.2 国内科技现状有待提升

改革开放以来，我国科学技术飞速发展，推动了国民经济、国防建设、人民生活水平的进步，特别是在科学技术、社会和经济等领域都取得了举世瞩目的成就。但是，在科学技术领域的发展中也有几个深层次的问题和必须加速解决的问题，值得重视。

(1) 单纯重视量的发展和短期成果的问题。重视量的发展是市场经济初期发展的表现，但内涵不足。表现为中、低档次的产品不断增长，但高品位的、具有国际名牌的产品有限，经济效益相对低下。

因此，我国在国际合作与竞争的过程中处于劣势，并为此付出的代价也是很可观的。

实际上，这是“质和量”矛盾的一种表现形式，也反映出短期规划与持续发展的差异。事实是，缺乏技术含量的论著或产品不仅品位低下，而且生存周期短，其实用性、竞争性和经济性也是很有限的。当前，国内的劳动密集型产品在市场仍占有相当比例，这不仅使得社会效益、经济效益有限，而且对科学、文化、环保也带来许多值得关注的问题，特别是影响国民经济和国防产品中“质和量”的问题，它涉及国家发展中的战略性的内涵与前景，也是必须提升产品的科学内涵和实际经济效益的重要指标。

(2) 实践与理论的结合问题。这里有两层意思：其一，单纯由实践经验进行技术决策，其成

效是有限的、片面的,甚至是错误的。事实是,任何重大决策或方案,原则上既要得到科学基础的支撑,也要取得哲理的认定。没有与理论协同的实践可能是低层次的,而代价却会较大。其二,强调在“行业”范畴中研究“行业”问题,基本上是基于实践性的成果而言的,是一种明显的保守理念。专家决定一切的科技体制也是不完整的,事实证明:任何专业理论或方案都有“个性”,也一定有“共性”,多门学科、多种科技的协同本身都具有开放性、科学性和有效性。

“外行”或其他学科有时提供的理论是决定性的,特别是哲理和数学方面的理论指导,是值得特别关心的大事。本书在以后各个章节中会引入案例来说明有关的问题。

(3)引进和仿制不能替代发展和创新。从市场经济发展的开始阶段,引进和仿制的策略的确是有效的,但发展到智能型经济阶段,生产力的提升要依靠技术革新来实现。德国世界报认为:生产力的提高中有四分之一是依靠革新和创新来实现的。

仿制与创新的问题,从时间通道上考察,仿制属于“被动尾随”,但其效益有限,而且,当时代列车转弯时,被“甩出轨道”的风险是巨大的。创新则属于“主动牵引”,有预见性和引导功能,是发展的要素。但创新一般是投资较大,而成功概率却较小,困难是比较大的。据报道,发达国家创新的成功概率约为60%,而发展中国家一般低于35%。但创新是科学技术的突破,是发展的前奏,更是民族精神的升华,须臾不可少。

(4)国外对国内有关政治、经济、人权和体制等问题,经常发表评论,但大部分得到国内“有理有节”的评价和“回敬”。国外关于国内的科学技术的评价的内容也很多,诸如科学理论问题、产品问题、管理问题、经济来往的人文问题等,有的甚至是“贬低”和“讥讽”,但国内很少有反评论的理论文章,是默然,还是理不直、气不壮?我们认为:主要是科学理念淡薄以及科学理论基础不够深厚,而最根本的内因是没有重点研究“中国特色”科学技术的内涵和应用,成果有限。因此,本书希望用科技案例来回答这一严肃的问题,希望得到大家的评论。

(5)科学研究和生产过程中,国内企业出现重大的、长期的和实际的科技问题,需要尽快地解决。例如,某大型企业的产品由于达不到指标,8年都不能出厂;有的产品存在有潜在的缺陷,几十年都没有统一的结论;有的企业的第一代大型产品不合格,于是开展了局部的“改进”工作,第一项、第二项、第三项都有所收获,于是领导部门决定:在原系统的基础上吸收三项成果重新设计一台新产品,一般认为这似乎是“合理的”,有利于“提升”产品质量,但事与愿违,新产品的试验结果还远不如原产品的质量,全厂哗然,痛苦至极;有些产品难度较大,但几十年仍无法处理,令人心急如焚。事实是,所有这一切的难题,都可以从“中国特色”的聪明和才智中得到答案。

面对以上所提到的国内外两方面的形势和问题,恩格斯认为:一个民族要站在科学的最高峰,就一刻也不能没有理论思维。事实上,国内外对于我国科学技术的现状已有多方面的建议和评论,但我们的认识则应着重在“中国特色”的基础上,认真地对我国的历史背景和文化积累、现实发展条件以及未来前景开展的展望等,从战略的高度、科学的可行性和民族的夙愿等几个方面进行探讨和分析,落实“中国特色”科学技术的战略内涵和规划,前景一定是乐观的,未来的成果也会是独树一帜,出类拔萃的。

总之,问题和困难的解决是十分紧迫的,必须尽快地强化“中国特色”的内涵,提升我国的科学理念,以中国人独有的聪明才智和创新的实践,理直气壮地进入世界科学技术的洪流,发挥独有的优势和才华,为中国和世界的发展做出贡献。

1.2 中国特色科学技术的内涵

当前,科学技术在全球范围内蓬勃发展,日新月异。从全局上统计,虽然研发和创新仍是主流,但从各国的实际情况分析,则是各有特色,各显其长。改革开放使我国有机会重新大力发展各项事业,特别是科学技术。但是,要立足于世界之林,则必须有自己的特色,这才可能参与世界的合作与竞争,被接受为世界的“因素”。从各国的特点考察科学技术,除了社会条件和历史过程之外,其共同之处,大都是围绕民族文化和教育之“根基”而延续的。

结合我国的古典人文史和教育史以及近百年来的社会变化过程,中国特色至少有以下三点是非常突出的。

1.2.1 哲理的传承

我国经历了数千年古典哲理的积淀(包括整体观、知行观、本质观、名实观、道德观等),也研究和接受了部分现代哲学的沐浴、熏陶和实践(辩证哲学,包括物质观、时空观、运动观等)。它们共同的特征是高瞻远瞩、言简意赅、深入浅出、言近旨远、发人深省。但二者由于社会经历、文化教育、道德理念等的差异,在人生观、世界观、道德观、方法论等方面还是有所不同。为了博采各方面的理论思维的成果,结合科学技术领域的实际,在本书中特泛称为“哲理”。

哲理的成果是认识和分析客观事物的理论思维。在我国,哲理与科学技术正在不断地协同和结合,形成一种新的“机制”,并在世界上逐步地“独领风骚”,构成了具有中国特色科学技术的一个方面。

哲理虽不能替代科学技术,但可以辅助和催化科学技术。这有利于开阔视野,形成更高层次面上的科学理论思维;有利于批判和克服传统偏见和保守思想;有利于从单纯技术范畴中解脱出来;有利于坚持科学发展和转化的理念;有利于升华和创建新的科学理论;这些变化必将有利于提高我国科学技术领域中高瞻远瞩的软实力。

1.2.2 高智商

智商即智力商数。我国人民智商高,已被许多国家和友人所推崇,其原因有三:

(1)哲理理念的广泛传播与普及,促进智慧思维的广泛交流,且为人民所好。以色列教授 E. Labrisky 曾谈到:“中国人智商(IQ)高,因为他们国家沉积的哲理深刻而广泛。”哲理本身既是智慧的源泉,也是反思、批判和创新的内涵,它们都是智商的有机成分。

(2)在人文理念方面,人们注重群体、和谐、妙趣、机智等,因此人们在语言、文化、生产、伦理、道德等诸方面均不断发挥才智,并卓有建树。

(3)我国近百年的坎坷历史,不断地激发人民群策群力、发挥智慧、克服困难、处理矛盾的决心与实践,并为此付出了沉重的血与泪的代价。哲理表明:“多难兴邦”,但也极大地提高了人民的智商。

发挥高智商潜力是时代的客观需求。拥有智慧,拥有知识,则拥有明天。发扬智慧,它有利于扩大科技民主,集思广益;更有利于从市场经济、知识经济转向智慧经济。在科技领域中数学是体现高智商的学科代表,它也是大多数科学技术的基础。哲学界特别指出:世界要走向“数学化”。事实是,没有用数学阐明的科技成果,难以摆脱缺乏科技内涵的阴影。而高智商的

中国人更偏爱数学,乐于学数学、用数学、发展数学。正如数学大师陈省身所讲:“中国人研究数学没有问题”。钱学森大师在研究和发展“两弹一星”时,曾多次指出“系统学”的重要性,他们都是提醒和鼓励人们用数学的理念来支撑科学技术的发展,这将有利于提高科学技术的品位,促使我国科技事业走向质的飞跃,也是高智商中国科技工作者的愿望。无疑,高智商正在衍生为“中国特色”高品位的内涵。

1.2.3 勇于实践,善于实践

中华民族不屈不挠,艰苦奋斗,群策群力,乐于协同,善于运筹,勇于实践的传统深入人心。从历史上看,我国的医学、兵法、工艺、四大发明等都是在实践中诞生的。三十多年改革开放的成果,更充分证明了中国人善于学、勤于用、乐于改、勇于创的品格。当前,我国在科学技术领域比较重视理论与实践相结合的客观规律,已形成了一种科学的运行机制,并努力在实践中认识世界、改造世界,也提高自己。但是在坚持实践与理论相结合的过程中,特别需要重视哲理和科学理论指导下的实践,减少盲动;认真把握从“世界工厂”跨过“世界实验室”走向“世界创新室”的升华过程,努力将工程实践与社会科技发展的高指标同步。

上述三方面的特点在科学技术上的反映,就形成了具有中国特色科学技术的主要内涵。其特征相当于哲理、数学和人文等协同的“科学大平台”,这将充分地展示我国科技领域的发展潜力和优势。坚持不懈地发展具有中国特色的科学技术这个十分重要的课题,一定能够实现。我们国家必将以智慧型科技强国屹立于世界,这也是整个中华民族的夙愿。

1.3 中国特色科学技术的实际内容

综合以上分析,可以认为中国特色科学技术的实际内容是以科学精神和人文精神为基础,由哲理、系统科学、工程技术和数学等为主体,形成中国独有的科学大平台(System 系统科学, Philosophy 哲理, Engineering 工程技术, Mathematics 数学, 即 SPEM)。它将充分地展示我国科学技术有着巨大的发展潜力和优势,并以“大气磅礴,包罗万象,兼容并蓄”的风格与世界先进科学技术接轨,即重视西方科技的优势,学习他们的有关科学理论、系统项目发展、大型设备生产,特别是创新理念、精细的科研和教育体制等的优势和成果。其间,当然也必须进行深入的分析 and 评估,学而不泥,去伪存真,择优而从之。中国“科学大平台”的理念和内涵,将在世界科学技术领域中融合各方面的优势,改善差异、协同并进,振兴全局,为国家、为人类做出应有的贡献。

1.3.1 为什么强调哲理

在围绕用中国特色发展科学技术的起始阶段,需要特别强调“哲理”的功能,这也是多年来较少提到的问题。一些科技工作者甚至认为“有没有哲理无关大局”“西方没有提到用哲理,照样发展科技”,这显然是片面的。

科学史证明:哲学的对象包容整个世界,是“大理”,世界的变化中充满哲理。哲学不限于各门具体学科对于世界的解释,而是宏观地研究自然界和社会的统一规律,因此它代表着最高层面认识和理解世界的能力,并不断地完善和发展。

但是哲学或者哲理也有自己的特点,哲理无法用证实的方法直接证明它自己的结论,其真

理性最终是根植于实际,主要依靠客观事物长期实践和发展来证实。大量的事实已经证明,哲理进入科学技术领域,不仅具有战略性,而且具有现时性。事实也证明:一些科学技术界的难题多年得不到解决,最终是依靠哲理的“点拨”,才取得登上科学大殿的资格。正如辩证法所指出的:“不管自然科学家们高兴采取怎样的态度,他们总还是在哲学的支配之下”。以下将补充说明重视哲理的理由,并且举出几个典型的案例加以讨论。

(1)哲理(包括古典哲学、人文科学、近代哲学等)是具有智慧型理念的综合。既要关心各部门具体知识对于客观事物变化的解释和说明,也要站在更高的、宏观的层面上对于社会实践、科学理论、文化进展、人文信念等进行概括和归纳,提炼共性,获取客观世界变化中最本质、最普遍的规律。显然,这些统一性的理论对于各分支文化,包括科技文化在内都具有重要的指导和催化作用。已经证明:国内外一些科技理论和策略,单纯就技术层面考虑似乎是可行的,但是用哲理来评定则有可能是狭隘的、有缺陷的甚至是错误的。从理论上讲,所有的科学技术理论最终要归结到哲理上。事实上,任何理论、方案等必须有两个依据,即哲理的和科学的。

(2)科学技术是“人为的”,也是“为人的”。脱离人文精神、单纯的科学技术是抽象的。科学技术需要人文精神和科学精神的支撑,前者主要表现为世界观、历史观和科学理念的结合,其构成了科学技术能够快速并持续发展的基本内在素质。

(3)追求智慧是人类共同的一种愿望,也是全球化竞争的必然过程。几百年的市场经济转换到几十年来的知识经济正在走向智慧经济,而哲理则是智慧之源(土壤)和汇(集成),哲理进入科学技术领域必将带来新的风尚——智慧的决策、科学的严谨、超越的气魄、知识的重组和过程的实效等。随着智慧经济而来的是知识教育体系正在转化为智慧型教育体系。而哲理的智慧将承担起造就一批具有战略素质的智慧型人才,去承担发展科学技术的历史重担。

(4)科学技术发展的轨迹如果用三维坐标来描述,最佳坐标的选择应该是硬件、软件、时间。在这个三维空间中,科技的走向、速度、轨迹皆一目了然。而哲理在软件坐标中是以“广义软件系统”的身份出现。科学史一再证明,哲理参与科技运作的这种体制具有最佳的科学性、社会性和经济性。

(5)科学技术发展的标志之一是创新,就是在理论、体制、管理、生产等方面推陈出新。其中论著、专利、新产品、新系统都是创新一种表征,而创新的思维本身即是哲理的内在属性。德国哲学家卡尔·雅思贝尔斯讲过:“哲学就意味着追寻,对哲学来说问题比答案更加重要”。哲理对智慧和客观规律的不断追求,集中表现为质疑、研讨、批判和创新几个层面,它构成了哲理创新的思想基础和策略。

总之,科学技术和哲理相辅相成,相得益彰。科技需要从代表各种文化形态整体的哲理中吸取普遍性规律的内容,而哲理也重视从各个文化分支中,获取科技特殊性的内涵作为发展的积淀。但是,要把握好“度”,科学技术既不能哲学化,哲学也不能科技化。

可以想象,部分人士对哲理兴趣不大,认为那是政治家的事情,或认为没有哲理科学技术照样发展得很快,而且基础也很扎实;也有人认为哲理是抽象的概念,枯燥无味,距离科学实际问题太远,用处不大等。为此,文中将采用实际案例的过程和结果,证明哲理是科学技术领域不可缺少的重要因素。

1.3.2 为什么要强调数学

科学技术的集中表现之一是工程的实现。而工程与数学同为历史悠久的两位“巨人”,在

人类经济生活与科学文化的进步中创建了丰功伟绩,并继续以快速的步伐推动着历史的进程。然而,在大多数人们的心目中二者不是十分融洽的。正如美国前国家研究委员会主席普雷斯(F. Press)所讲的:“大家知道,美国的许多目标,特别是国家安全、经济实力和生活水平,愈来愈有赖于近代科学发展带来的新兴技术,然而,数学作为多种学科的基础,它的发展刺激了许多不同领域中科学的进步,这一点却没有被人们充分地认识。”的确,这种“不充分地认识”是存在的,不过对于这个问题的认识也正在扩大与深化。

为什么在科学技术中要重视数学呢?概括地分析,至少有以下5条理由。

(1)从数学的内部特征因素上考查,它有着鲜明的抽象性、精确性、逻辑性和应用的广泛性。比如阿瑟·杰弗教授写的《数学的作用——整理出宇宙的秩序》。一位逻辑学家说过:“数学的光荣,便在于它现有的一切证明方法都是脉络绵密、层次分明,就像天衣无缝,出不了差错的”。恩格斯讲过:“数学是辩证的辅助工具和表现形式……是一种研究思想事物的抽象的科学”。狄拉克物理大师1979年在普林斯顿纪念会上发表的《我们为什么信仰爱因斯坦理论》时提到:“爱因斯坦推崇这种思想:凡是在数学上是美的,在描述基本物理学方面就有可能是有价值的。这实在是比以前任何思想都更加根本的思想……”大量的事实表明,数学既支撑了科学技术和工程项目的发展,也强化了数学的“内功”。

(2)21世纪高新科技和产品将是代表发展的主流。它可以表现为超小型、超大型、超轻型、高速、高能、高智能、多功能等特性,但核心和隐含的成分之一就是数学的内涵。工程技术的跨越和延拓更离不开数学的支持。但这绝不意味着工程对数学只是索取。事实上,数学的发展也依托于工程的进步。例如,网络通信工程的飞速发展、驱动着数学界去研究一些问题,如:网络保密问题(Cryptography)、通道负荷平衡问题(Load Balance)、网络配置问题(Model Checking)。其他还有翼型设计,激波运动,数据存储磁盘,原子反应堆,半导体集成电路,导航和制导系统等的产品研制中,都用到复杂的数学的设计和计算方法。数学已经成为开拓和发展科学和工程的理论基础。

(3)“量”的计算和估计是反映“质”的内容。缺乏量的指标,对质的描述只能是模糊的。凯尔文(Kelvin)和马克思都认为:一门科学如果不是定量的,就不能算是科学。但是,如果把数学仅仅理解为“量”的语言,那就是不全面的了。孰知,辩证法是被当作关于一切运动的最普遍的规律的科学来把握的,而数学不仅表明状态,而且也表明过程,即运动。

(4)数学和技术培育了计算机系统,而计算机又宛如一股旋风席卷了整个数学领域和科技领域,处理了许多难题,产生了难以估量的思维和成果。事实是,仅计算机仿真正以新的面貌出现在世纪科技潮流之中。如果说过去数学经常被定义为数与形的科学,正如恩格斯在《反杜林论》中把数学称为“研究客观世界数量关系和空间形式的科学。”数与形的科学基础在于几何与分析,而现代数学的广泛性已经远超过了这个定义。数学既表现为理性思维的典型,又是打破传统学科界限的生力军。数学正在不断地融合数、形、科学、新技术和计算机等的内容构成新的体系模式,以崭新的面貌来研究和分析复杂的客观世界中的运动规律和发展问题,它正在成为科学技术界一支开拓与创新的生力军。

(5)数学是“软实力”的重要因素,而“软实力”已是当前全世界关注的问题。纵观世界各国科学技术的概况,我国最大的软肋之一就是计算机软件开发的能力和品位的问题。因为计算机的功能和应用取决于软件的功能和潜力,直接关系到一个国家的素质和权威。“软实力”涉及政治、文化、教育、道德、科技等多个方面,但主要的基础之一是数学基础的深度和广度。

1.3.3 为什么要强调系统学

系统就是指由相互作用、相互依赖的若干部分结合而成的具有特定功能的有机整体。而系统学的学科性质是关于一切系统的一般理论属于基础科学。科学大师钱学森在研究哲学和自然科学与社会科学的结合点上,创新地提出了系统工程和系统科学是一门崭新的学科的概念。在这里,系统工程是组织管理系统的规划、研究、设计、制造、试验和使用的可行性方法,是对所有系统都有普遍意义的科学方法。而系统科学则侧重于理论研究,包括工程控制、运筹学、信息论、方法论等属于一般性基础理论。

系统工程和系统科学相结合,将对中国科学技术的发展有着不可估量的功效。“两弹一星”的历史再一次彰显其潜力和远景。

当前主要的内容应集中在运用系统论的理念,研究如何将控制论的因素用于工程实际,其中包括线性系统、非线性系统的建模、分析、优化、稳定性处理等。

对科技工作者而言,哲理、数学、系统科学三者的结合是充实个人的科学内涵,提升科学品位的必要内容。困难是有的,但对于中国科技工作者来讲在科学精神的鼓舞下一定会取得丰硕的成果。

1.3.4 东西方文化的差异

西方科技界有许多优势和成果。实践上强调开放、发展和创新,重视实验技术、工程质量和产品自动化;理论上特别重视逻辑学和数学的发展及应用;等等,值得人们关心和学习。但是在科学思维方面却存在一定的差异。正如前面已经提到的,美国前国家研究委员会主席普雷斯(F. Press)所讲的:“大家知道,美国的许多目标,特别是国家安全、经济实力和生活水平,愈来愈有赖于近代科学发展带来的新兴技术。然而,数学作为多种学科的基础,它的发展刺激了不同领域中多种科学的进步,这一点却没有被人们充分地认识。”在这里,他们过分地强调了数学,但不旁及哲理。还有其他一些有关数学的论点也可以参考。例如,据参考消息报道,印度软件产业规模已达到每年500多亿美元,出口额度居世界第二,而中国仅约为其规模的1/10。他们认为:主要原因是印度科技界重视数学教育,认为:“数学是力量的源泉”。竞争气氛伴随着危机感,就连美国科学院国家研究委员会写的报告也惊呼:“如果不学习用数学解决问题的方法,将来有可能被世界淘汰”。这绝非危言耸听。

数学既是表现理性思维的典型,又是打破传统学科界限的生力军。所以,林家翘教授在谈论应用数学时讲到:“以数学为工具来打破传统科学学科界限的欲望和能力,或许是应用数学家独具的特点。”但如果数学与哲理协调,其功能则不可估量。美国埃克森石油公司开发部总裁爱德华也讲“很少人认识到当今如此广泛称颂的高技术在本质上是一种数学技术。”世界计算机先锋比尔·盖茨(Bill Gates): I am good at Math. Reading and Math., do these two things, the sky's limit. (我爱好数学。阅读和数学,做好这两件事,就可以天马行空了)。这是比尔·盖茨的信条,也值得称赞。

但是,令人感到“奇怪”的是,他们对于“哲理”似乎是不甚“关心”。为此,我们曾专门询问过获得哲学博士学位的几位美国学者,What is your PH(Ph. D)in U. S. A? 回答是,我们只关心“博士”。以后只是在一次美国的学院会议上,系主任给出了解释:哲学博士的哲学,是来自牛顿出版物中有关于数学的哲学原理的论述。

国外科技界正式出版的科学技术论著中,有关哲理的内容很少见,即使在美国语录(American Quotation)数千条语录中 也只有十几条无关紧要地涉及哲理的内容。

事实是,他们科学技术在世界上领先,有许多创见,但却不强调哲理,因此,已经在理论上、工程中均表现出一些不完善的甚至是错误结论,这是必然的结果,因为数学是很重要的,但是,其成果也要取得哲理的认可。这是不同层次的理论和差异的问题。

例如:西方教材中认为:大于三支点的静力学系统“无有精确解”(Indeterminate System)。但这个结论是错误的。它延续了近百年并延误了几十代学子,令人遗憾。最小二乘方的算法认为:无法处理系统“点估计”的问题,但哲理认为,它完全可以处理系统参数估计和辨识的问题;在工程方技术面也有类似的问题,技术上似乎可行,但水平有限,不宜借鉴和推广。例如,导弹发射会引起发动机熄火的问题,西方采取了二者分离的办法,其实也有一些缺点,如此等等。

1.4 结 论

数十年来我们在考察、分析东、西方科技理论的“差异”时,人们有一种泛泛的概念——西方的科学技术高明,这种概念似乎掩盖了一切。但经过多年来对于“中国特色”科学技术的分析、研究、创新和应用,大量的科学理念和工程实践证明:“中国特色”科学技术是科学技术界的一大创举,其科学性、可行性、社会性和经济性是中国独有的,其潜在的内涵及其深厚的科学概念和策略,不仅可以处理国内的科学技术问题,而且可以论证、评价和处理西方科技界的科学理念和成果。

本书将以大量的科技案例来表现和证明,“中国特色”科学技术将继续拓宽、创新和完善,并将以“出类拔萃”的面貌出现在世界,为中国和世界服务。

第2章 用中国特色的科学技术大平台评价西方的一些科学理论之一

改革开放以来,我们在引进、合作和交流中,接触到西方科学技术的一些内容,包括科学理论、产品设计、工程实现、创新和管理等方面的科学思维和实际的成果。有些成果品位较高,科学理念也比较深厚,值得重视和学习。但也有一些理论则存在有保守倾向,或是片面的,甚至是错误的。这些问题一般仅仅依靠数学是解决不了的,因此在世界上延续了很长的时间,特别在教育系统中流传得比较广泛,影响了很多学子的思维,是有历史责任的。但是用“中国特色”的科学技术的理念和策略来处理则是十分有效的。本章将用案例的形式来分析和处理有关问题,同时也希望读者们讨论与评价。

2.1 案例一 评论静力学中四支点框架静不定(Indeterminate)的理论问题

四支点的静力学系统,按常规静力学提供的算法是无法解决的问题,确实是属于静不定的系统,即它无确定性的解。为了深入讨论,特拟出如图 2.1 所示的一个正方形框架,支点在 A,B,C,D, 负荷 P 在 P 点,在这里试讨论求解各点支反力的算法。

设定各杆件的分段比例均为 1:1,这是一个很简单的问题,可以从建立静力学方程起步,求解各支反力 R_A, R_B, R_C, R_D 。

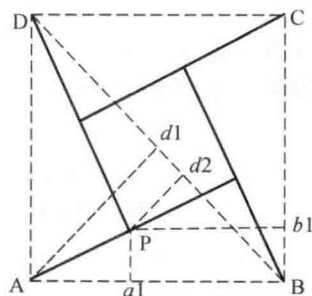


图 2.1 四支点框架

1. 计算各线段的长度

因为

$$\overline{AB} = \overline{BC} = \overline{CD} = \overline{DA} = \sqrt{5}$$

所以

$$Pa1 = \frac{\sqrt{5}}{5}, \quad Pb1 = \frac{3\sqrt{5}}{5}, \quad Ad1 = \frac{\sqrt{10}}{2}, \quad Pd2 = \frac{\sqrt{10}}{5}$$

2. 按静力学建立力矩方程

分别对应各个轴线 AB, BC, BD, DC 等建立力矩方程,可以得出以下 4 组方程,即

$$\begin{cases} \sqrt{5}R_D + \sqrt{5}R_C = \frac{P\sqrt{5}}{5} \\ \sqrt{5}R_A + \sqrt{5}R_D = \frac{3P\sqrt{5}}{5} \\ \frac{1}{2}\sqrt{10}R_A - \frac{1}{2}\sqrt{10}R_C = \frac{\sqrt{10}P}{5} \\ \sqrt{5}R_A + \sqrt{5}R_B = \frac{4\sqrt{5}P}{5} \end{cases}$$

但是,其中只有3个方程是独立的。当然还可以建立更多的力矩方程,但是,独立的只有3个,系统解的组合有无限多。因此,按照各国静力学教材所讨论的算法,这种系统是静不定的,或者讲,精确解不存在。

返回到以三支杆框架为例加以讨论。图2.2所示为一个正三角形(不失一般性)的框架,负载 W 在 P 点。因为它本身只有3个支点,因此存在有精确解。以下讨论两种都是有效的算法,可以初步证明其可行性。

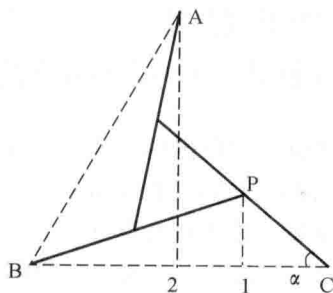


图 2.2 三支杆框架

设各杆的比例均为1:1,求A点的支反力 R_A 。

(1) 常规算法。找出围绕BC线P-1的力矩和 R_A -2的力矩,令其平衡,则可得出结论。由图2.2可知:

$$\sin\alpha = 2\cos(\pi/6 + \alpha)$$

故

$$\alpha = 0.713\ 724\ 379\ 1$$

$$L = BC = \cos\alpha + 2\cos(H/3 - \alpha) = 2.645\ 751\ 311$$

$$R_A = W\sin(\alpha)/(L\sin(\pi/3)) = 0.285\ 714\ 285\ 8W$$

(2) 动态协同算法(论证见后)。

$$R_A = (1 + 1/8 + 1/64 + 1/512 + \dots)W/4 = 2W/7 = 0.285\ 714\ 285\ 8W$$

二者的结果完全相同。这是由中国特色的科学技术的理念和策略解决的。以下讨论这个问题的实质。

2.1.1 四支点结构的问题

四支点结构无解的关键问题是:平面系统只能建立3个独立的方程,经过仔细分析和研究,原来的“问题”是静力学中的“静”字限制了一切。

静力学、运动学、动力学的划分已经数百年了,但哲理不认可绝对的界限,因为“静中有动,

动中有静”是符合辩证法的。动的系统在一定的条件下可以按照“静”的方法加以处理,静的系统也可以在一定的条件下,按“动”的方法加以处理。这样一来,我们的计算问题就转化为“寻找多支点系统动特性”的问题了。

实际上“静、动”之差,主要表现为时间之差,而时间之差又可以表现为作用力到着力点距离之差。

对照图 2.2 可以发现,这里的 3 个支点有着“协同”的关系,即

设想各支杆是重叠在一起的,即 A 杆压着 B 杆,B 杆压着 C 杆,而 C 杆又压着 A 杆。它们之间有一定的顺序,有时间差,表明这种系统是具有动态性质的系统,而不是简单的静力学系统。

同理,在点 P 的作用力 W 是按照距离的远近依次传递的,在本例中它首先传到 C 点,再到 A 点,然后到 B 点,最后返回 P 点,形成一个“正反馈”作用力系,这种现象实际上是“准运动学”,是“静中有动”的实际表象。“正反馈”是系统学中最基本的关系,即 W 最后“增值”到虚拟作用力 K , $K=W/(1-T)$,其中 T 是传递系数。在本例中 $T=(1/2) \times (1/2) \times (1/2)=1/8$, $K=8W/7$ 。因此,由 P 点传到 A 点的力(即 A 点的支反力)应为 $K/4=R_A=2W/7$,即

$$R_A=(1+1/8+1/64+1/512+\cdots)W/4=2W/7=0.285\ 714\ 285\ 8W$$

该结果与常规算法的结果完全相同。说明动态分析与协同算法都是有效的。

2.1.2 解算图 2.1 四支杆框架的支反力

采用协同算法:

$$T=(1/2) \times (1/2) \times (1/2) \times (1/2)=1/16$$

$$K=P/(1-T)=16\ P/15$$

$$\text{故 } R_A=8P/15, \quad R_B=4P/15, \quad R_C=2P/15, \quad R_D=P/15$$

$$R_A+R_B+R_C+R_D=P$$

验证:

以 AB 为基线建立力矩方程,得出

$$\sqrt{5}R_C+\sqrt{5}R_D=P(Pa1)=P\sqrt{5}/5$$

以 CD 为基线建立力矩方程,得出

$$\sqrt{5}R_A+\sqrt{5}R_D=P(Pb1)=3P\sqrt{5}/5$$

以 BD 为基线建立力矩方程,得出

$$R_A(Ad1)-R_C(Ad1)=P(Pd2)=P\sqrt{10}/5$$

结论:算法是正确的。

2.1.3 解算任意的四支杆框架

例一 图 2.3 所示为一种比例尺变化较大的四杆结构,作用力为 P ,求各点的支反力。

解 由图可见,其传递系数为

$$T=(1/2) \times (7/10) \times (1/2) \times (6/10)=21/200$$

总合力为

$$K=P/(1-T)=(200/179)P$$

则各支反力分别为

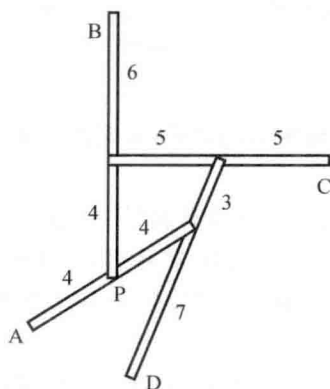


图 2.3 四杆结构

$$R_A = (100/179)P, \quad R_D = (30/179)P$$

$$R_C = (35/179)P, \quad P_D = (14/179)P$$

验证计算:

(a) $R_A + R_B + R_C + R_D = P$

(b) 放大图形采用图算法, 首先实际测量有关尺寸, 然后以 CD 为基线, 求得其力矩方程数值, 即支反力矩为

$$69R_A + 114R_B = 8\,496$$

外力 P 的力矩为

$$47.2P = 8\,448$$

其中 69, 114, 47.2 均为在放大图形中实测的力臂长度。结果表明: 两组数据十分近似, 表明这种算法是可行的。

例二 图 2.4 所示为一种具有多个外力位置的静力学结构, 求支反力。

其中, 各杆的长度比为 1 : 1, P1 点在 C 杆 1/4 的位置上, P2 点在 A 杆的中部。各自的重量均为 W。(注: 接近 AB 的两段虚线仅是为校核时使用的。)

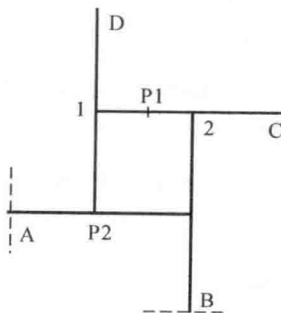


图 2.4 具有多个外力位置的静力学结构

(1) 分别计算 P1, P2 (重量均为 W) 产生的支反力。

对 P2 而言, 有

$$R_A = 8W/15, \quad R_B = 4W/15, \quad R_C = 2W/15, \quad R_D = W/15$$

对 P1 而言,可以分为两个部分,分别计算,其中

对点 1 而言{重量为 $W/2$ },有

$$R_D=4W/15, \quad R_A=2W/15, \quad R_B=W/15, \quad R_C=0.5W/15$$

对点 2 而言{重量亦为 $W/2$ },有

$$R_C=4W/15, \quad R_D=2W/15, \quad R_A=W/15, \quad R_B=0.5W/15$$

按线性叠加方法,可以得出最终结果:

$$R_A=11W/15, \quad R_B=5.5W/15, \quad R_C=6.5W/15, \quad R_D=7W/15$$

(2)校核。

$$R_A+R_B+R_C+R_D=P1+P2=2W \quad (\text{总重量})$$

以 A 点的虚线为基线建立力矩方程,得出

$$2R_B+3R_C+R_D=37.5W/15=2.5W, \quad W+1.5W=2.5W$$

左右两端相等。

以 B 点的虚线为基线建立力矩方程,得出

$$R_A+2R_C+3R_D=45W/15=3W, \quad W+2W=3W$$

左右两端相等。

证明理论及计算无误。

2.1.4 小结

(1)静力学、运动学、动力学的划分已经数百年了,但哲学不认可绝对的界限,因为“静中有动,动中有静”才是符合辩证法的哲理,动的系统在一定的条件下可以按照静的方法加以处理,反之亦然。

(2)这个错误的结论已经跨越百余年了,但是迟迟不能解决,因为,它不单是力学的问题,而且包含有哲理的问题,没有哲理的介入和评审,这个问题是不可能解决的。

(3)协同算法简单而有效,在一次计算后,可得出各个支点的受力状况。

(4)主要适应于平面框架,其他形式的结构尚需研究。

(5)协同算法并不限于“四杆结构”,也不限于平面结构,尚待拓宽。

2.2 案例二 创建非线性化理论(Non-linearization)

2.2.1 背景

20 世纪 80 年代,在一次科学报告会上,谈到大系统简化问题,即,大系统降维(Model Reduction)的问题。由于线性系统降维理论的局限性,因此效果不佳。核心问题是难于实现较大范围的“降维”比例,因此限制了对于系统的分析和优化,特别是造成了数字控制系统的功能无法实现。

在美国访问和讲学期间,主要的研究内容是与非线性系统有关的问题。有一次,联想起过去的事情,忽然“灵感一现”——为什么只采用线性理论,而不考虑用非线性理论来处理降维的问题?也想起了德国哲学家卡尔·雅斯贝尔斯讲的话:“哲学意味着追寻。对哲学来说,问题比答案更重要,并且每个答案又成了一个新的问题”。是的,提问是必要的,偶然性的思维也可

能包含有必然性,但是,一个严肃的问题必须回答。因为任何科学思维或理论存在的条件有二,即,哲理的依据和科学的论证。

正如辩证法所讲:不管自然科学家们高兴采取怎样的态度,他们总还是在哲学的支配之下。辩证法又提示:其实“本质上一切都是相对的”(例如,正与负,它们只有在自己相互的关系中间才有意义,而每一个对自己说来是没有意义的)。因此,有线性化理论“必须”有非线性化理论,这是哲理的提示和认可。下一步则是要探索非线性化理论的数学内容。

1. 发扬科学民主,集思广益

为此,在美国高校 Virginia Tech. 时,曾约请了在研究数学和自动控制方面,有名望的几位美国友人,希望讨论一下“非线性化”这个想法,并希望听到他们的一些建议和评论。但结果是他们完全持反对意见,理由有以下几方面。

(1)线性化的出现是为了简化,即在系统的局部“位置”处可以取得清晰的结论和概念。而非线性化过程只能是复杂化,一般美国人不会研究这类问题,估计近 30 年,在美国的文献中没有类似的提法,也不值得再去研究这类问题。因为这个命题脱离实际,只是“海阔天空”的思维,不值得讨论。

(2)文献中从未有过“非线性化”这种提法,估计在理论范畴或工程实际方面,更不会得到重视,也不会有什么大用处,因为美国工程人员不愿意采用计算困难的方法去解决工程问题。

(3)全世界字典上也没有 Non-linearization(非线性化)这个词。由于哲学观点差异太大,看来几位美国朋友仍然未摆脱形而上学(Metaphysic)的影响。事实上,对立事物必须共存并相互转化,转化的模式则要取决于时间、地点和条件。至于字典上没有那个非线性化的“词”,我们也是可以创造的嘛!但这些想法不宜直白,因为这可能引起哲学观点的争辩。当时我想了一个简易的办法,就是举起双手,表明两个大拇指必须是对称的,并讲:如果人们的两个大拇指,生来是朝着一个方向,那么问题就大了,大家一笑了之。个别友人微笑了一下,表示,“那么,你就继续研究吧!”,其余尽在不言中。

但是通过这次讨论,感觉到“创新”是有困难的,但却更坚定了进行研究的信心,坚定不移,不怕困难,因为中国人必须发挥多年来哲理的积淀和启示,在理论上做出应有的贡献。

2. 非线性化的内容和条件

非线性化从本质上分析,就是函数逼近论的一个分支。但它和一般的条件的函数逼近有所不同,它必须满足以下的条件。

(1)降阶模型系统的“阶数”,可以任选 2 阶、3 阶等,这与线性系统降阶的模式不同,在本章的案例中,模型系统暂时是以二阶模型为主体进行分析的。

(2)降阶模型系统须保持原系统的稳态特征,即稳态输出与外扰力成比例;正反向对称。

(3)降阶模型的过渡曲线与原系统的过渡曲线接近,按误差进行核算。

(4)降阶模型大范围稳定。

(5)对初值不甚敏感。

这些特殊条件,决定了建造数学模型的复杂性。

2.2.2 建立非线性化数学模型

数学模型是非线性化的基本形态,实际上,它是逼近线性系统的非线性函数。但是它必须

是由原系统的稳态结构,与非线性的过渡段结构相结合的模式,是一种复合型的数学模型。这是与一般非线性的理论不同之处。

1. 非线性化的必要条件

(1)模型结构是复合型的,即非线性模型=拟合用的非线性段函数+原系统的线性段函数,后者用以保证稳态输出与外扰成比例。

(2)模型响应曲线具有正反向的对称性。

(3)该数学模型需要有广泛的适应性。

如图 2.5 所示,显示了一种非线性模型在参数变化后的各种响应图形。其中有快速型、振荡型、时延型、平稳过渡型等,表示了该模型具有一定的适应性,可以较好地逼近线性系统的响应图形。

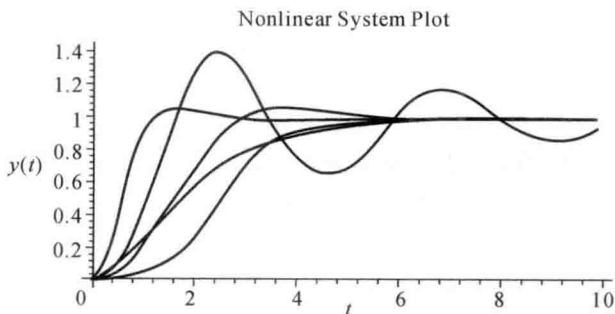


图 2.5 非线性模型

(4)高阶函数的系数必须是多参数的,以便适应系统响应曲线的需要。

(5)模型结构应紧凑,减少计算工作量。

(6)模型大范围的稳定性。

2. 模型结构的选定

经过计算、对比和各项指标的考核,选定的数学模型为“变质量”的二阶非线性函数,(详细过程暂略)。计算和仿真表明:这一类变质量系统可以基本满足以上的要求,也是一种较紧凑的模型,便于引用和计算。例如典型的变质量系统:

$$\left(\frac{1}{a + b |y(t)| + cy(t)^2} \right) \frac{d^2 y(t)}{dt^2} + p \frac{dy(t)}{dt} + qy(t) = f(t) \quad (2.2.1)$$

其中, a, b, c, p, q 等为实参数。其他变结构系统还可有多种,但本文不再赘述。

在选定的模型中, a, b, c 为二阶函数的系数,皆是实常数,而其中的绝对值项目则是系统对称性的需要。

3. 模型稳定性的证明

系统要求是稳定的,而且必须是大范围稳定的。证明如下:

设变质量系数为(见式(2.2.1))

$$M = \frac{1}{a + b |y(t)| + cy(t)^2}$$

(1) 设自由运动的数学模型为

$$\ddot{y}(t) + f(y)\dot{y}(t) + g(y) = 0 \quad (L1)$$

$$\left. \begin{aligned} f(y) &= a + b |y(t)| + cy^2(t) \\ g(y) &= S_0 y(t) + S_1 |y(t)| y(t) + S_2 y^3(t) \end{aligned} \right\} \quad (\text{L2})$$

$$\text{令} \quad F(y) = \int_0^y f(x) dx, \quad G(y) = \int_0^y g(x) dx \quad (\text{L3})$$

$$\text{又取 } z(t), \text{ 令} \quad \dot{y}(t) = z(t) - F(y)$$

$$\text{故} \quad z(t) = \dot{y}(t) + F(y)$$

$$\dot{z}(t) = \ddot{y}(t) + \frac{d}{dt} \int_0^y f(x) dx = \ddot{y}(t) = f(y) \dot{y}(t)$$

$$\dot{z}(t) = -g(y)$$

这样便形成了与方程(L1) 等价的方程组, 即

$$\dot{y}(t) = z(t) - F(y)$$

$$\dot{z}(t) = -g(y) \quad (\text{L4})$$

其平衡点为

$$y = z = 0 \quad (\text{L5})$$

为校核系统稳定性, 特选定李亚普诺夫方程, 即

$$V = z^2(t)/2 + G(y) \quad (\text{L6})$$

计算其导数, 得出

$$\dot{V} = z(t) \dot{z}(t) + g(y) \dot{y}(t)$$

$$\dot{V} = z(t) \dot{z}(t) + g(y) [z(t) - F(y)] = -g(y) F(y)$$

稳定的充要条件为

$$V > 0, \quad \dot{V} < 0$$

(2) 因为方程有绝对值项 $|y(t)|$, 因此需要分别讨论 $y(t) > 0$ 和 $y(t) < 0$ 的情况。

当 $y(t) > 0$ 时, 有

$$f(y) = a + by(t) + cy^2(t) \quad (\text{L7})$$

$$g(y) = S_0 y(t) + S_1 y^2(t) + S_2 y^3(t) \quad (\text{L8})$$

若 a, b, c, S_0, S_1, S_2 为正值, 则 f, g, F, G 亦均为正。系统在平衡点的邻域是渐进稳定的。

当 $y(t) < 0$ 时, 则由方程(L1) 得出

$$f(y) > 0, \quad g(y) < 0 \quad (\text{L9})$$

显然, 由方程(L2) 可以得出

$$f(y) = ay(t) - by^2(t)/2 + cy^3(t)/3 \quad (\text{L10})$$

$$g(y) = S_0 y^2(t)/2 - S_1 y^3(t)/3 + S_2 y^4(t)/4 \quad (\text{L11})$$

若 a, b, c, S_0, S_1, S_2 为正值, 则其解为

$$y(t) = 0, \quad \dot{y}(t) = 0$$

即该系统属于全局渐进稳定。

(3) 稳定性算例。将方程(2.2.1) 分解为两个一阶方程组, 并设 $a=1, b=0.3, c=0.1, p=0.2, q=0.65$, 得出[eq1, eq2], 即

$$\text{eq1: } = \frac{d}{dx} y(x) = z(x)$$

$$\text{eq2:} = \frac{d}{dx}z(x) = -(1 + 0.3 |y(x)| + 0.1y(x)^2)(0.2z(x) + 0.65y(x)) \quad (2.2.2)$$

设定初值为 $[50, 50]$ 和 $[-50, -50]$, 则可以直接绘制系统的相图, 如图 2.6 所示, 该相图可以表征系统在大范围内是稳定的。

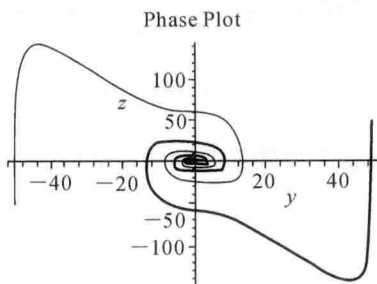


图 2.6 稳定性相图

4. 大系统“降维”的仿真实例

仿真实例一

设系统为八阶系统, 其传递函数为 eq, 与其连接的“延迟环”传递函数为 eq1, 则

$$\text{eq:} = \frac{10(0.5s + 1)}{(s^2 + 2s + 5)(s + 3)(s^3 + 2s^2 + 2s + 1)s} \quad (2.2.3)$$

$$\text{eq1:} = \frac{1 - 0.25s}{1 + 0.25s} \quad (2.2.4)$$

前二者方程组合成公式 eqq, 有

$$\text{eqq:} = \frac{10(0.5s + 1)(1 - 0.25s)}{[(s^2 + 2s + 5)(s + 3)(s^3 + 2s^2 + 2s + 1)s](1 + 0.25s)} \quad (2.2.5)$$

eqq 方程的时域解为

$$\begin{aligned} \text{ans:} = & -1.0417e^{(-1.1t)} - 0.10417e^{(-3.1t)} + 0.039448e^{(-4.1t)} + \\ & 0.62130e^{(-0.50000t)} \cos(0.86605t) - 1.1786e^{(-0.50000t)} \sin(0.86605t) + \\ & 0.6667 - 0.18158e^{(-1.1t)} \cos(2.1t) - 0.023299e^{(-1.1t)} \sin(2.1t) \end{aligned} \quad (2.2.6)$$

选定模型的非线性系统方程为

$$\text{eq5:} = M\left(\frac{d^2}{dt^2}y(t)\right) + p\left(\frac{d}{dt}y(t)\right) + qy(t) = 1 \quad (2.2.7)$$

其中

$$M: = \frac{1}{a + b |y(t)| + cy(t)^2}$$

选定 $a = 0.05, b = 0.5, c = 3, p = 0.9, q = 1.5$, 即

$$\frac{\frac{d^2}{dt^2}y(t)}{0.05 + 0.6 |y(t)| + 3y(t)^2} + 0.9\left(\frac{d}{dt}y(t)\right) + 1.5y(t) = 1 \quad (2.2.8)$$

当初值为零时, 其解曲线图如图 2.7 所示。