

上海交通大学学术出版基金资助项目

20世纪基础科学逻辑检查系列

Series of logic examination on the basic science of 20th century

杨本洛 著

非平衡态热力学和 流体力学形式逻辑分析

*Formal logic analysis upon
non-equilibrium thermodynamics
and fluid dynamics*



上海交通大学出版社
SHANGHAI JIAO TONG UNIVERSITY PRESS

上海交通大学学术出版基金资助项目

20世纪基础科学逻辑检查系列

Series of logic examination on the basic science of 20th century

非平衡态热力学和流体力学 形式逻辑分析

Formal logic analyses upon
non-equilibrium thermodynamics and fluid dynamics

杨本洛 著

上海交通大学出版社

内 容 提 要

作为针对 20 世纪自然科学形式逻辑基础进行重新逻辑审查的系列丛书之三,本书汇集了著者自 2005 年末起开始书写,涉及 20 世纪“非平衡态热力学”的逻辑反思,针对西方主流科学世界近期含蓄提出对“流体力学基本方程”所作反思重新反思的文章。除了注重于形式逻辑方面的分析,指出习惯陈述中实际存在的若干逻辑悖论以外,贯串全书,始终申述这样两个主题:首先,科学陈述必须逻辑自洽,而逻辑自洽的科学陈述就必须符合物质第一性原则,任何缺失“实体论”可靠基础的陈述不仅流于空洞,还必然因为相应缺乏必要的制约而充斥矛盾和悖谬;其次,人类的认识体系永远只可能在“批判性继承和承继性批判”的进程中得以逐步深化,因此,只有努力读懂前人的书,并认真寻找和发现矛盾所在,才可能真正有所创新。本书可供从事基础数学和应用数学、热力学和流体力学基础研究的科学和哲学工作者、教师和大学生参考。

图书在版编目(CIP)数据

非平衡态热力学和流体力学形式逻辑分析 / 杨本洛
著. —上海:上海交通大学出版社, 2013
(20 世纪基础科学逻辑检查系列)
ISBN 978 - 7 - 313 - 08810 - 9

I. ①非… II. ①杨… III. ①非平衡状态(热力学)
②形式逻辑—应用—流体力学 IV. ①0414.14 ②035

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2012)第 165608 号

非平衡态热力学和流体力学形式逻辑分析

杨本洛 著

上海交通大学出版社出版发行

(上海市番禺路 951 号 邮政编码 200030)

电话: 64071208 出版人: 韩建民

浙江云广印业有限公司印刷 全国新华书店经销

开本: 787 mm×1 092 mm 1/16 印张: 23 字数: 538 千字

2013 年 1 月第 1 版 2013 年 1 月第 1 次印刷

ISBN 978 - 7 - 313 - 08810 - 9/O 定价: 98.00 元

版权所有 侵权必究

告读者: 如发现本书有印装质量问题请与印刷厂联系
联系电话: 0573 - 86577317

Brief Introduction

As the third part of the series of books devoted to logic examination upon the formal logic foundation of the 20th century's natural science system, this book collects the articles that reexamine the 20th century's "non-equilibrium thermodynamics", rethink some rethinking upon the fundamental equation of fluid dynamics, which was recently made by the west main current science society in a veiled manner. Permeated through the entire book, besides emphasizing formal logic analysis and pointing some logic paradoxes actually presented in the customary statements, two topical subjects as following are stated: the first, every science statement must be self-consistent in logic while any logic consistent science statement must adhere with the material's first principle, for any statement lacking of support of reliable material foundation not only becomes empty but also fills with contradictions and absurdness along with the necessary constrain absent; the second, human's cognition system can only be deepen step by step in a process accompanying with critical succession and successive criticism and, consequently, it is the prerequisite for us to make creations that we must try to really understand predecessor's books then carefully seek and find any possible mistakes. This book can be read by scientists, technicians, philosophers, teachers and undergraduates in fundamental or applied mathematics, thermodynamic, fluid dynamics, theoretical physics and philosophy.

当研究人员致力于扩展科学的边界的时候,其他的科学家迫切地希望了解脚手架是否真正牢固,那些愈益大胆和愈益复杂的大厦是否有倒塌的危险。和科学发现相比,后一个工作既重要又崇高,意味着必须回到过去。这种批判性的工作本质上具有历史的性质。当其使科学的架构更为清晰和更为严格的时候,不仅能够解释科学中所有偶然和约定的部分,还能打开发明家思维的视野。不完成这种工作,科学不久就会蜕化为偏见的体系,科学原则变成形而上学的公理、教条和新的圣经。

……可惜,绝对事实的绝对崇拜使得某些科学家陷入一种最坏的形而上学——科学的偶像崇拜。

幸运的是,这些发生在特定的变革时期:反响巨大和明显悖谬的发现并存,它促使我们每一个人清楚地知道必须彻底清查我们的知识。我们的确是足够幸运的,能够生活在这样一个危急并充满挑战的时期。

——George Sarton

《科学的生命——文明史论集》

While research workers exert themselves to extend the boundary of science, other scientists are more anxious to ascertain whether the scaffolding is really solid, and whether their more and more daring and complex edifices do not risk giving way. Now the task of the later, which is neither less important nor less lofty than that of discovery, necessarily implies a return to the past. This critical works is essentially of an historical nature. While it helps to make the whole fabric of science more coherent and more rigorous, at the same time it brings to light all the accidental and conventional parts of it, and so it opens new horizons to discoverer's mind. If that work were not done, science would soon degenerate into a system of prejudices; its principle would become metaphysical axioms, dogmas, a new kind of revelation.

……Alas, the exclusive worship of positive facts makes some scientists sink into the worst kind of metaphysics — scientific idolatry.

Fortunately, it happens at certain periods of evolution that resounding and paradoxical discoveries make an inventory and a thorough survey of our knowledge more obviously necessary to everybody. We are fortunate enough to be living at one of these critical and most interesting periods.

——George Sarton

The life of science — Essays in the history of civilization

序

上海交通大学的杨本洛教授与我同属一个生肖。但是，我比他大了整整一轮。作为“文革”后第一批研究生的杨本洛在参加与工程热物理学相关的学术会议时，曾经给我留下了一些印象。对于“涡动力学”曾经共同兴趣，也使我们之间有所了解。但是，真正逐步与杨本洛熟识，应该开始于差不多 20 年前，他刚刚从江苏大学调入上海交大不久，一次由上海交大与高校出版社共同组织，主要由当时担任国家教委工程热力学学科指导委员会委员参加，专门针对杨本洛在热力学方面提出的一些独立见解召开的学术会议。应该说，杨本洛注重于逻辑的独特思想方法，以及在一般人看来可能是异乎寻常的学术观点，引起我以及其他与会同仁的普遍关注。完全围绕一个人的学术观点进行讨论，在国内或许实属一次难得一见的学术会议。记得这次会议连续开了 4 天。一开始，争论十分激烈。不过，最终与会者仍然取得了许多基本共识，形成了一个简要的会议文件，对杨本洛提出的许多主要观点给予了充分肯定。

这次学术会议后，我曾建议他应该向某些国外刊物直接投送自己的文章。

只不过，随着了解到杨本洛研究工作的主要兴趣并不局限于热力学方面，彼此之间也就日渐疏远了，几乎已经没有多少联系。尽管如此，多年来我仍然一直相当关注杨本洛的研究工作。特别是在我仔细研读了他的一些学术专著后，曾经把他的科学观概括如下四句话：

物质第一不唯心
逻辑自洽不矛盾
科学语言无歧义
论域有限无终极

应该说，作为一名长期从事教学和科研的高校教师，我不仅十分理解和赞同杨本洛的科学观，而且总想尽一份力量，切实支持他遵循这一科学观进行的持续探索和深入研究。

从 2011 年起，起因于一个热力学相关问题的探讨，我们之间又重新恢复了来往。恰巧是他的又一部新著，即《非平衡态热力学和流体力学形式逻辑反思》（以下简称《逻辑反思》）一书正在清稿之中。于是，我得以有机会浏览和阅读这本尚未出版的新著，了解如何将以上所述的“科学观”付诸于热力学这门古老学科的探索之中。

众所周知，热力学的灵魂或者难点都是热力学第二定律。不同形式的热力学第二定律表述，往往相应形成不同的热力学体系。此外，有了热力学第二定律的形式表述之后，如何引入或者构造熵的形式定义，成为建构整个热力学体系的另一个关键点。不同的热力学体系有不同的熵的引入方式。有了熵，才能够形成各种后续的概念、原理、定理和理论。

但是，在经典热力学的 C-K-C（卡诺-开尔文-克劳修斯）体系中，无论采用 Kelvin 或者 Clausius 表述方式，最终都是以“不等式”的方式，引入“熵”这个基本热力学量的。于是，在近现代自然科学体系中，这样一种或许应该视作绝无仅有定义“基本概念”的方法，势必造

成“熵”无法具有作为热力学状态参数必须具备的“确定性”意义,并且,最终还导致整个形式系统因为不具“确定性”意义,而在形式逻辑方面隐含着重大缺陷。但是,这本《逻辑反思》,一改以往总是从某一个“基本共设(人为约定)”出发,继而凭此构造“熵”的传统思路。取而代之的是,按照以上所述“科学观”中的第一句话,即遵循“物质第一不唯心”这个自然科学必须严格遵循的基本法则,针对人们需要研究,即希望借助于热力学“状态参数”加以描述的宏观物质集合,首先做出一个“大数粒子系统”的前提认定。正是在这个必须完成乃至本质上唯一需要处理的“前提性”工作基础之上,再参照相关的经验事实,将“功量”和“热量”确认为一般宏观物质与外界实现“能量交换”时两种“独立存在”的形式。据此,并参照如下公式,一个为人们熟知的形式为“功量” W 构造的“形式定义”

$$\delta W \stackrel{\text{def.}}{=} p dV$$

时,人们几乎可以立即“逻辑地”推测,一定需要并允许存在某一个热力学状态参数,同样能够用来为“热量” Q 提供一个在形式上几乎与其完全一致的形式定义。假如将这个新的热力学状态参数记作 S ,则存在

$$\delta Q \stackrel{\text{def.}}{=} T dS$$

当然,此处所说这个新的热力学状态参数 S 就是经典热力学中的熵。但是,随着引入“熵”的方式,或者相关的“逻辑基础”发生了变化,对于整个热力学体系而言,一个重大的变化在于:按照这种方式构造的“熵”,与热力学体系中其他热力学状态参数没有任何本质的差别,它同样需要或者可以被赋予一个恰当形式系统中一切形式量必须满足的“确定性”意义。当然,也仅仅是这一点,按照这种方式构造的“熵”才可能与热力学中的实际计算相合。这就是平权地引入熵,使熵这一科学语言无歧义。《逻辑反思》平权地引入熵,它的物理意义是:对应于温度 T 水平的粒子数。这很好理解,如系统等温 T 吸热 δQ ,则 $\delta Q = T dS$ 。这说明对应于温度 T 水平的粒子数,增加了 dS 粒子数。这是公设。相比于 Clausius 利用 Carnot 定理和任意可逆循环,引入熵的复杂过程,它就自然得多了。注意在这引入过程中,也有一个公设,即 Kelvin 表述或 Clausius 表述。既然都需要一个公设,为何不用简捷自然的方法?

这样做,不仅在形式上改变了以往定义的“熵”不具确定性意义的重大缺陷,而且这个形式定义具有明确的物理意义。事实上,如果对于热力学微过程中发生的容积膨胀功 δW 而言,它几乎以一种显而易见的方式,定义为热力学系统压力 p 与容积改变量 dV 之积,那么,此处为热量 Q 重新构造的形式定义,或者说在重新引入熵 S 这个形式量的时候,这个定义式需要和能够表现的,正是经典热力学通常所说那种“微观形式”的能量交换。按照热力学的统计诠释,熵的微观意义是热力学几率。也就是说,对于一个给定的热力学集合来说,熵的大小与系统一种抽象意义的“粒子数”相对应。因此,如果考虑到温度 T 相当于系统中粒子的平均动能,那么,乘积 $T dS$ 所蕴涵的,自然就是热力学系统伴随“热力学几率”增加的过程中从外界吸收的热量。

如果仅仅从纯粹的“形式表述”角度考虑问题,在国外个别的热力学著述中,应该说也有采取与《逻辑反思》几乎完全类似的方法,直接引入熵的概念。但是,如果从“科学观”的角度重新思考,人们不难发现《逻辑反思》给人们带来许多与经典理论几乎完全不同的新鲜思想。

首先,这样一种引入“熵”的方式,与经典理论 C-K-C 体系中所做的“公设——人为认定”都毫无关系。它的全部依据仅仅是存在一个允许使用若干个“热力学参量”加以描述,本质上不过是“大数粒子系统”的宏观物质对象。除此以外,与经典理论相比,在《逻辑反思》一书的相关讨论中,还格外注重于“形式系统”一系列必须满足的形式特征要求。事实上,根据形式逻辑,任何一个能够称得上“恰当”的形式系统,必须严格遵守“相容性、确定性和完备性”条件。因此,针对此处需要讨论的“热力学”系统,如果能够或者必须将“熵”视作热力学状态参数,那么,它同样需要满足“确定性”要求,不允许超越其他状态参数。反过来,对于整个热力学系统而言,它同样需要满足“完备性”要求。也就是说,热力学“状态参数”空间中某一种形式的“恰当”组合,必须能够对形式系统以内任何一个物理量做出一种形式上“完整”的描述。当然,也只有在形式系统的“确定性和完备性”得以保证的同时,才可能谈得上“相容性”的问题,即我们所说“逻辑自洽不矛盾”的问题。

当然,要保证以上所述诸多“形式特征”能够得到遵守,还需要认真考虑“论域有限无终极”这个相辅相成的命题。正如《逻辑反思》一书曾经反复强调的那样,绝不能将经典热力学看作是一个“放之四海而皆准”的普适真理。其实,经典热力学不仅同样存在“有限论域”的问题,而且这个“有限论域”应该说还相当的苛刻。如果许多虽然真实存在,但已超越“有限论域”的复杂命题,被人们简单引入经典热力学的框架内,则必然会出现矛盾、悖谬乃至种种神话。

此处,或许需要着重指出的是,在注重“形式系统”的整体必须严格遵守“相容性、确定性和完备性”等诸多特征的同时,《逻辑反思》一书还特别注重任何一个“形式量”自身必须满足的“完整性”问题。考虑到“熵”是一个“意义完整”的热力学状态参数,它的逻辑主体只能是作为“大数粒子集合”的宏观物质集合。因此,如果没有宏观物质集合这个逻辑主体的“前提性”存在,又何以谈得上表现其宏观状态的“熵”的存在呢?至于 Prigogine 仅仅从某一个特殊的形式表述出发,完全凭借自己“主观意志”,将作为状态参数“整体”的“熵”的变化,即熵变(entropy change)分拆开来,变做只能视同纯粹形式的“熵流”和“熵产”两个部分,那么,对于这两个随意“创造”出来的形式量,它们的真正“拥有者(逻辑主体)”又应该是什么呢?毫无疑问,Prigogine 经常只是凭借推导某一个物理量的过程中,某一个不具一般意义“过程公式”的某种特殊形式表述,随意杜撰熵流、熵产,乃至它们的倒数之类的物理量,是造成“非平衡态热力学”几乎从一开始就已陷入矛盾和悖谬的根本原因。

在近近年来出版的许多专著中,人们依然可以看到“熵产”和“熵流”这样一些只能视同纯粹“杜撰而得”的不当概念。甚至有一些专著,还出现直接将“熵变(entropy change)”当做“熵产(entropy production)”之类的明显错误。由此可见问题严重性之一斑。正因为这种目前依然普遍存在的紊乱,《逻辑反思》能够按照“科学语言无歧义”的基本原则,使用“逻辑分析和逻辑批判”的工具,针对 20 世纪出现的“非平衡态热力学”进行一次较为系统的反思、批判和梳理,无疑应该视做一件很有必要和有意义的的事情。

既然“熵产”得以存在的“合法性”地位受到了合乎逻辑的冲击,顺理成章,Prigogine 曾经提出的“最小熵产率定理”也理应受到质疑。对此,在《逻辑反思》一书,提出了一种据称仅仅适用于“复杂情况”下的“极小熵增(change or increase)率”基本原理。即使局限于该书特别强调的“复杂系统”,因为这个复杂系统的总熵增量 ΔS 是一个具有确定意义的热力学量,所以复杂系统的总熵增量与 Prigogine 虚构的熵产 P 完全不同。并且,这个称作“基本原

理”的命题,在逻辑上并没有脱离“宏观物质(粒子集合)”的主体,而在 Prigogine 那里,他所说的一切都是与“宏观物质(粒子集合)”相脱离的。此外,对于这个重新构造的“极小熵增率”命题,到底应该将其视作一个基本原理,还是只能当做人造构造的公设,甚至只能当做一种猜想?所有这些,或许都需人们拭目以待。当外界发生了变化,系统原来的平衡态受到了破坏而走向新的平衡态。在经典热力学中,对这种由一个平衡态走向另一个平衡态的不平衡过程,并无交代,或者只能像《逻辑反思》一书所说,因为超出“有限论域”的限制,所以也根本无法做出任何交代。

但是,在《逻辑反思》一书,似乎为人们做了一些补充交代。它认为在外界存在某种较为强烈的“不平衡势”时,宏观物质集合在其驱使下,往往可能出现许许多多不同“途径”的宏观变化,以至于相应发生“解”不具“唯一性”的复杂情况。此时,处于演化之中的宏观物质集合,一方面向熵极大方向演化,另一方面又无时无刻不保持最经济最有效,即最小熵增加率的方式进行演化。我们也可以这样理解:如果考虑的是一个特定的“宏观物质集合”,也就是与热力学通常所说的“闭口系统”相对应的时候,那么,一个“最可能实现(最可几)”的终了状态,一定对应于“熵的极大值”状态;但是,如果考虑的是某一个存在宏观物质运动的“空间域”,也就是热力学通常所说的“开口系统”的时候,那个“最可能实现(最可几)”的运动状态或途径,只能对应于“熵增率最小”的状态或途径。事实上,在《逻辑反思》一书还特别指出,对于这样两种表面上看似互为否定的“判断准则”而言,它们恰恰在“形式逻辑与物理内涵”两个方面,能够与理论物理学中具有普适意义的“最小作用原理”保持一致。也就是说,尽管单纯从“形式表述”的角度考虑,这两个“基本原理”看似几乎完全不同,但是它们却共同告诉人们这样一个基本道理:物质世界只能是自存的,因此物质世界中的任何一个物质集合总会采取一种“最经济或者最有效”的方式,实现属于物质世界自己的运动。

不难看出,对于热力学需要研究的宏观物质而言,正是这两种相反相成的方式,它们在本质上都是最可几的,甚至称得上是最优秀的:给定的“宏观物质”集合在经过复杂运动以后,最终呈现的“极大熵”状态,必然成为一种“静态”的最可几状态,相应消耗的功率最小;而对于任意给定的“空间域”中仍然处于复杂运动和变化之中的宏观物质而言,一个能够与“极小熵增加率”相对应的过程,同样需要当做一种“动态”的最可几过程来对待,此时它消耗的功量同样呈现极小值。这样,正是内蕴于两者之间的辩证统一,人们能够从中窥见物理世界的一个大概面貌。并且,这样两种针对宏观物质“宏观表象”的特例,因为在本质上依然与“最小作用原理”保持一致的推论,必然会否定 Prigogine 仅仅凭借“主观意志”的“耗散结构”理论。

许多年来,杨本洛一直专注于基础科学方面的研究,涉猎广泛而专深,需要较多不同科学分支较为厚实知识基础的支撑,需要付出持续而艰辛的劳动。对于许多一般的科学工作者而言,往往因为条件所限而成为一件力不能逮的事情。可以相信,阅读杨本洛的著述同样需要沉心静气,同样需要花费较大的精力。尽管如此,这样的阅读让人深切感受到一股逻辑的力量,从而同样给人以愉悦。

特于付梓之日,谨致数语向同道和读者推荐此书。

杨东华
于华东理工大学

唾弃“约定论”的 精神蛊惑和思维桎梏

(代前言)^①

许多年前,笔者得以机会参加在北京的香山科学会议。闭幕式上,一位在我国科研部门长期担任主要领导的会议主持者,沉痛而无奈地告诉与会者:虽然在“基础科学研究”方面,我国持续投入巨大的经费,但历经数十年,收效甚微。

痛定思痛。起步中的探索过程,经验教训本不可避免。但如果总是一而再、再而三地出错,找不出甚至不愿意寻找出错的原因,以至于几乎没有人真正看到希望,那么,则需要国人痛下决心,作一番寻根究底的理性反思了。作为长期专职从事基础科学研究,在包括数学、力学、电磁场理论等众多科学分支,取得一系列内蕴逻辑关联独立研究结果的一名普通研究人员,只是出于对人类科学事业特别是中国科学的关切和责任,将一个诚实、严肃而不无沉重和尖锐的思考奉献给大家。

1. 对于 20 世纪自然科学体系现状的准确判断

对于 20 世纪自然科学研究的状况,必须首先做出一种真实而符合理性的判断。反过来说,我们的思维导向之所以一再出错,缺乏的正是这样一种基于理性判断的决策前提。

任何人不会怀疑,人类掌握的“技术”在 20 世纪发生了翻天覆地的变化。但是,技术和科学属于两个涵盖存在本质差异的概念。恰恰源自技术突如其来的巨大发展,一个远比人们习惯想象中要复杂许多的“全新世界”突然呈现在人类的面前,使得“科学认知”与“客观存在”的距离骤然加大。加之于“旧有知识”体系尚有许多人所共知的问题始终没有解决,于是一种“万马奔腾、泥石流下”的景象也就变得在所难免、势不可遏了。

一般而言,技术只要符合于“实用”的目标就可以了。但是,数千年的“文明史”充分说明:技术没有止境,技术发展必须依赖“可靠知识”的有效支撑。事实上,虽然人类建造的飞机早已翱翔蓝天,但不少人知道,迄今为止的流体力学,尚无法提供用作计算飞行器“功率消耗”的公式,以至于无法使用“数值计算”的方法对火箭、飞机、汽车的功率消耗做出预估,不可能考虑如何定义和实现“最佳型线”这个显然具有巨大工程应用价值的重大命题,目前所做始终只是重复使用费用昂贵的“风洞”实验。

同样,符合于“微分方程”理论的“常识性”判断,作为“一阶线性微分方程组”的麦克斯韦方程,在逻辑上是无法当做“泛定方程”使用,进而构造 3 维空间域某个恰当“边值问题”的。

^① 《关于科学本原和科学方法论的若干逻辑反思》和本书原是一本书。只是考虑到篇幅较大、命题也较为发散,出版社建议分两册出版,并要求为本书重新写一个前言。但是,笔者目前的工作中心已经转入其他领域,要求自己的兴奋点一下子重新回到曾经思考过的问题上,其实并不是一件容易做到的事情。故此,笔者选择前些年的一篇文章代作本书前言,望读者见谅。

况且,在麦克斯韦建构经典电磁场理论体系的19世纪中叶,刻画“电磁波”运动的“双旋度算子”,一个在形式上不可缺失的“微分算子”概念尚未出现。它意味着,受限于那个特定年代的人类知识水平,能够用作描述一般电磁波现象的“数学物理模型”根本不可能建立起来。并且,正因为与这个特定微分算子相关的数学基础问题至今没有解决,在面对类似于“3维CT扫描”等无法回避“3维空间域边值问题”的工程实际项目时,必然会出现“电磁场数值模拟”的困难。当然,这不仅是目前“CT扫描”只能停留在“2维切片”之上一个更深层次的原因,还势必成为制约诸多电磁工程技术有效发展的重要瓶颈。

技术发展,并不必然表示“理性认识”的完成。反过来,技术要能够持续发展,却必须得到“基础科学研究”的支撑。因此,在追踪西方国家先进技术的同时,格外需要注重“基础科学”研究。基础科学研究一旦真正有所突破,自然形成“原创性”技术,并成为最终能够跻身世界先进技术行列的唯一道路。

2. 容忍“约定论”的理性自毁与坚持“实体论”和“逻辑原则”之本质冲突

审视科学发展史,20世纪算得上是一个“学术思想”空前活跃、纷繁杂乱的年代。尽管如此,需要形成一种符合于逻辑的前提判断:绝对不是“量子力学”的建构,才使探索中的“微观世界”得以存在或呈现;相反,应该是那个探索中“微观世界”始终自存着,成为检讨“量子力学”是否合理的唯一基础。因此,必须把“量子力学”只允许当做“第一性原理”对待的逻辑倒置重新颠倒过来。更何况,在量子力学建构之初,作为这个陈述系统奠基人之一的Heisenberg就已告诉人们:量子力学的“哲学基础”并没有解决,存在“连续和离散、场和粒子”的矛盾;而作为量子力学“形式系统”创建者的Dirac在故世前不久还没有忘记指出:量子力学中的数学不过是一个“有趣游戏”而已,并再次郑重提出量子力学的基本问题并没有完全解决的告诫。其实,“连续与离散、场与粒子”的矛盾自身,就是“客观存在”的事实,怎么能够由于Dirac所说的“有趣游戏”而消弭呢?

任何一名诚实严肃的科学工作者,只要拿起自己的笔,使用“微分方程理论”的初步知识时,不难验证:从来没有一个人、也没有任何一本著述,使用符合“数学规定”的方法,真正求解过一次Schrödinger方程。相反,人们恰恰需要慎重考虑Schrödinger本人提出“假如必须承认这该死的量子跳跃,就悔不该过问什么量子理论了”的抱怨。其实,既然定义为微分方程,它就必须满足“连续可微”的逻辑前提,也就永远不可能凭借Schrödinger方程推导出表现“量子跳跃”的离散解。反过来,人们为什么如此急切,甚至不惜通过“改变科学语言”的方法,要求探索中的“微观世界”必须服从某一个人建构的理论体系,而不是通过“实验研究”的手段相应积累更多的“经验素材”呢?可以相信,到目前为止,人们尚不真正具有为“微观世界”建构“理论体系”的必要前提和基础,相关研究仍然处于“经验探索”的认知阶段。

面对20世纪众多“科学体系”容忍矛盾存在的反常,人们需要重做严肃思考,为什么西方主流科学社会无视“矛盾意味着自否定”的平常道理,将用作描述“自存”物质世界的知识体系,异化为只能归结于“直觉顿悟——主观意志”启示的人为杜撰呢?显然,从“科学哲学”的角度考虑,20世纪“自然科学体系”的问题最终只能归结为:默认、纵容和煽动形形色色“约定论(公理化体系)”的自欺,与坚持、捍卫和完善自Newton时代起,西方科学先行者为自然科学研究所开创“经验基础”和“逻辑原则”理性传统的根本对立。

必须认识到:20世纪大肆泛滥的“约定论”思潮与“科学本原”格格不入。其结果不仅必

然导致 Kuhn 的“科学范式”理论,出现将自然科学界定为“科学共同体共同意志”这个将“认知与实在”公然颠倒的荒唐,还势必引发 Rorty 一再坚持的“种族中心主义”主张。当然,所有这一切意味着:国人只能接受杨振宁先生的反复告诫,以其所说“震撼心灵的科学宗教”情结,将西方主流科学社会的“共同约定”当做“圣经”顶礼膜拜,做好充其量只能充当“尾随者”二流角色的心理准备。

因此,如果还应该将自然科学回归对“自存”物质世界的描述,那么,当今科学世界需要面对的最紧迫任务就是:批判和唾弃形形色色“约定论”的蛊惑、欺骗和桎梏,坚持和维护自然科学必需的“实体论”基础和必须无条件服从的“逻辑自洽性”原则,重新拿起西方科学世界被迫放弃的“逻辑分析和逻辑批判”武器,针对西方人做出开拓性历史贡献的知识体系作一次“历史性和全局性”梳理。

3. 正视矛盾和遵循科学发展内蕴的“批判性承继与承继性批判”辩证统一规律

从 Newton 的经典力学开始,到 Clausius 热力学、统计力学、以 Navier-Stokes 方程为核心的流体力学、Maxwell 电磁场理论,包括集合论、Gauss 微分几何、张量分析、偏微分方程理论等众多数学分支,直至西方哲学的“认识论”基础,无一不存在许许多多人所皆知的科学疑难和认识疑难。作为科学研究的一种最基本精神,需要首先正视这些问题的真实存在,绝不能够曲意掩饰矛盾,为矛盾的非法存在提供没有实际内涵的无意义辩护。

科学必须建基于“实在东西”之上,才可能成为对“客观世界”一种“条件存在、有限真实,但必须逻辑相容”的恰当描述。任何凭借“约定论”的人为假设,拼凑而成的形式体系就是“伪科学”。目前科学世界普遍接受的 Kuhn“科学范式(paradigm)”理论,其本质只在于抽空科学陈述的“客观实在”内容,否定作为理性常识的“逻辑自洽性”要求。不仅于此,Kuhn 理论还为自己的科学发展模式提出“不可公度性(incommensurability)”和“不相容性(incompatibility)”两个原则,试图为 20 世纪建基于“约定论”之上的众多“伪科学”体系,割裂科学发展历程内蕴“逻辑关联”的反常和独断做出“辩护”。

其实,只要做符合逻辑的严肃思考,不难发现,除了篡改“科学语言”的本来意义,一场以“时空观(主观意识)革命”骗人的闹剧外,Einstein 没有回答如何为 Michelson-Morley 实验揭示的“物理实在”提供合理解释的问题。不仅如此,Einstein 并没有对 Newton 力学提出具有“实质内涵”的任何批判。对于 Leibniz 和 Mach 针对 Newton 力学早已提出的合理质疑和批判,Einstein 没有提供任何符合于逻辑的阐释,无法将 Newton 力学乃至整个近现代自然科学体系从一个显存“循环逻辑”重大失误的“惯性系”概念中解脱出来。

由美国学者 G. Sarton 撰写的《科学的生命》一书在当今世界具有广泛影响,著者曾这样指出:

当研究人员致力于扩展科学的边界的时候,其他科学家更迫切想要弄清楚脚手架是否真正牢靠,弄清楚愈来愈大胆、愈来愈复杂的大厦是否有倒塌的危险。后一个任务和科学发现相比,也是重要的,并不轻而易举,意味着回到过去。这种批判性的工作,从根本上说具有历史的性质。由于这种批判性的工作,才使得科学的全部结构更有条理、更为严格,同时说明其偶然和约定的部分,因而在发明家的头脑中展开新的视野。不完成这种工作,科学不久就会蜕化为某种偏见的体系;其基

本原理变成形而上学的公理、教条,变成新的圣经,并陷入最坏的形而上学——科学偶像崇拜。

应该说,Sarton 强调的“历史性批判”本属科学发展之常态,并没有多少深奥道理。但是,即使是中世纪经院哲学家也不屑一顾的“约定论”主张之所以能够在 20 世纪的西方科学世界横行无忌,除了“崭新物质世界过于复杂”的原因,再一个就是 Sarton 所指,西方人建构的知识体系“脚手架尚远不牢靠”以及西方知识社会长期存在“科学偶像崇拜”的缘故。

为了维护科学之本原,人们需要认真领会贯穿于科学发展的始终,一种不妨称作“批判性承继和承继性批判”的辩证统一特征,并且,将这种“方法论”的规律同样当做“客观真理”来对待。许多卓有成就的科学先行者几乎一致指出,只有带着“怀疑和批判”的态度,才可能“真正读懂”前人的书;只有真正发现经典理论任何可能存在的不足、不当乃至错误,才可能领悟其思维脉络和理论框架,才能承继、发展和完善原有的知识体系。反过来,没有“真正看懂”前人的书,缺失“承继”的必要前提,不具根基的“批判”同样无从谈起。

4. 切实纠正聚焦于“科学人”的不当习惯思维

活跃于 19 世纪末与 20 世纪初的美国著名哲学家 C. Peirce,在面对“实体论”与“约定论”发生或者即将发生严峻冲突的历史时刻,曾经这样告诉人们:

科学的方法,其主要特征是植根于经验的“实在性”基础。只有科学的方法,才可以战胜任何个人的偏见。为了防止任何个人或组织为了自身的利益而改变真理,科学的结论必须是所有科学家都能得出的结论。同样,在信念和真理问题上,应该是每个人都能得出同样的结论。这种经验研究的方法,意味着任何“合法性”的概念,必须具有某种“实在性”基础。

当然,只要确认科学的“实体论”基础,科学陈述就必须也必然独立于源自“主观意志”的偏见,相应被赋予“公众性”特征,绝不允许科学建基于个别人物“直觉顿悟”的本末倒置。

与西方文化传统不同,古老的东方文化更多着力于“人”的研究。或许可以归结于这种历史传承的影响和限制,中国的基础科学研究至今只能算作“探索起步”阶段。中国的知识社会,还没有形成从事基础科学研究一种必需的“平权、平等、平和”意识,在面对如此混沌复杂的形势时,几乎不可能以科学研究不可缺失的“平常心”直面科学问题。整个社会往往显得过分急切与一种相伴而生的浮躁,难以扭转聚焦并盲从“个别有名气科学人物”的思维惯式,长期处于 Sarton 斥之为“最坏形而上学”的“偶像崇拜”迷途,缺失一种因为源自“客观实在”基础所以相对稳定的研究方向,不能直面和严肃考虑如何解决西方科学世界遗留下来的众多“科学疑难”本身,而是“察言观色、跟风而作”的不良习惯蔚然成风,长时间只是充当西方科学世界“尾随者”一个让世人嗤笑的二流角色。当然,这才是我国的基础科学研究“持续投入巨额研究经费,却收效甚微”的根本原因。

或许许多国人应该记得,曾经有一段相当长的时间,我国掀起过一股追随 Prigogine“耗散结构”研究的浪潮。但是出人意料的是,在此热潮如日中天之际,Prigogine 却被“科学共同体”逐出其曾跻身于其中的营垒。于是,中国的“Prigogine 热”骤然销声匿迹。更令人不

解的是：至今无人厘清或指出 Prigogine 理论到底“对在何处、又错在何处”的问题。至于围绕“规范场论”的研究，持续了更长时间，国家投入了大量的人力物力，但同样不了了之，悄悄偃旗息鼓。

其实，电磁场理论众多“规范变换”源自不同人提出的不同人为假设，逻辑上必然处于“对立和互否定”之中。而且，就提出“规范变换”的历史背景考虑，它不过是一个多世纪前，众多科学先行者面对那个时代任何人都无力处理的“双旋度微分算子”命题时，一种不得已而为之的“退让方案”罢了。故此，何至于像“规范场论”所称，可以或必须将描述“无尽大自然”的期待，寄托于一个“既无物理支撑，又无数学证明”并自始至终内蕴矛盾的“人为假设”呢？

科学没有国界。曾被世人尊称为“几何学大师”的陈省身先生，在美国普林斯顿大学的一次大会上曾讲过一段足以振聋发聩的话，他说：“讲有自己一半不懂的题目，那种感觉是很奇特的。”^①人们难以想象，前行者尚且如此自嘲，从事相同研究的后来人只能置身于“盲从”的更大危险中了。众所周知，“广义相对论”的形式基础是 Riemann 几何，但 Einstein 晚年时曾向自己的朋友述说“我不敢相信微分几何是未来进展框架”的担忧。Einstein 的担忧是合理和发自肺腑的，理应成为警醒世人的深刻教训。那么，对于中国的科学工作者，特别是科学研究部门的管理者，是否同样需要认真听一听陈省身、Einstein 的诉说，自觉作一番深刻反思并幡然醒悟呢？

其实，不难做出符合于逻辑的严格证明：随着 Gauss 试图把自己的某些“主观意志”强加于自己研究的二维曲面开始，几何学研究已经隐含逐渐步入歧途的巨大危险。当今西方科学世界，“主义层出不穷、思潮种类繁多。”但归根结底，只能归结为是坚持科学陈述的“客观实在”基础和服从“逻辑自洽性”原则，还是放纵“约定论”泛滥并容忍“矛盾存在”的根本分歧。要做到前者，维护科学之本原，自然远没有那么容易。但是，只要真正符合于逻辑，它又恰恰是朴素和容易为人们理性接受的。与其相比，任何一种源于“主观意志”随意创造，进而将其强加于“物质世界”之上的“独断论”主张，实在是太简单和便当了。然而，只要是“约定论”的，就无异于“理性自毁 (intellectually ruinous)”，无论它怎样动听，曾经如何喧嚣一时和给人以辉煌的印象，总会又一次被智慧人类扔进历史的垃圾堆。

毫无疑问，中国科学要想驶入健康发展轨道，步入世界科学的民族之林，必须彻底摆脱林林总总“约定论”的误导，尽快走出“偶像崇拜”的误区。

5. 严格“科学规范”和重新倡导“求真守实”的科学精神

确认自然科学的“实体论”基础和“逻辑自洽性”原则，领会科学陈述相应内蕴的“公众性”特征，并据此清算 Sarton 斥之为最坏形而上学的“偶像崇拜”心结，所有这些都应该成为贯穿于科学研究始终的一个永恒不变的主题。除此以外，当前还需要人们切实纠正另一种看似对立却同样危险的错误倾向，这就是：在鼓励“自由思想、科学创新”名义下，将基础科学研究寄托于一个称作“民间科学家”群体的一股“大众化”浪潮。其实，这一错误倾向反映的仍然是我国科技管理部门“急于求成、草率仓促”的思维焦虑症，仍然是习惯聚焦于“人”之

^① 陈省身先生的这段话摘自商务印书馆出版于 2004 年，由美国物理学家 A. Pais 所撰写《爱因斯坦传(下册)》的 485 页。

上而不是一切服从“科学命题”自身,这一错误导向的另一种“极端化”呈现。

应该说,仅仅根据“职业取向”不同,做出“主流科学社会”与“民间科学家”的分际首先就是错误的,只能混淆和误导对“真伪科学”的正确分辨。真理面前人人平等。参与科学活动的每一个人,原则上不仅是“平等、平权”的,更应该是“平凡”的。所有人最终都得接受“逻辑”的审查,需要按照“科学规范”约束自己的行为。更何况,在面对“世纪性和世界性”的科学难题时,根本没有“科学权威或科学偶像”可言。

此处的所谓“科学规范”主要指以下方面:①对命题的“科学真伪”属性做出前提性预测。只有建基于“实在东西、经验事实”之上,才可能成为被赋予科学意义的“真”命题。如果允许以纯粹“人为假设”作为科学研究和科学讨论的基础,它就是“假”命题,势必异化为“仁智之见、永无结果”的无聊争论;②捍卫科学语言的“纯洁性”。凭借“篡改语言、杜撰概念”的方法,试图为“矛盾存在”提供依据只能算作“无效”辩护。本应用作描述“自存”物质世界的科学,随着科学语言的篡改,必然异化为无据可依、无理可循的“人文主义”信仰,完全失去科学的本来意义;③使用“逻辑分析、逻辑批判”的工具。科学面前本没有权威,每个人都需要对神秘大自然保持足够的敬畏,接受大自然和逻辑的共同检查和审视。因此,无论希望展示或维护自己的观点,还是试图否定或批判他人的研究结果,只有符合逻辑的“分析和批判”才是至高无上的权威,成为最终辨别“是非真伪”的唯一标准和工具。

当然,一旦对科学活动加以“严格规范”,它意味着必须重新倡导和严格遵守科学研究的“求真守实”精神。如若不然,一方面,公然否定“知之为知之、不知为不知”深刻蕴涵的“认识论”素朴真理意义,洋洋自得于“一半懂一半不懂”的浅薄和浮躁;另一方面,却又以“科学权威”或“偶像”自居,拒绝严肃的科学讨论和科学批判,用那些自己尚未搞明白的东西误导他人,那么,真正意义的科学活动也就荡然无存了。

6. 避免纠缠“约定论”命题的虚耗,直面科学疑难的真实存在、努力使用“逻辑分析和逻辑批判”的工具,为人类科学事业作出一份属于中华民族的实实在在的独立贡献

值得再次强调:出现于20世纪西方科学世界的思维紊乱,被赋予依赖“物质存在”的客观性基础。这就是“无尽物质世界与人类有限认知能力”的永恒矛盾以及“旧有知识体系尚未完善与构建新鲜知识体系面对更大困难”的巨大冲突,在某种特定形势下一种不以人们主观意志为转移的跃变。一旦对这个真实存在的“物质基础”真正形成一种理性判断,那么,如何正确开展和提升中国基础科学研究的问题也就迎刃而解了。

也仅仅因为此,我国学术界需要尽快完成一种“意识和形式”的跃变:改变在讨论严肃科学命题的时候,不允许直接提及某个特定人物特别是某些“华裔人士”的禁忌或陋习,以至于往往变做“长篇大论”却“无的放矢”的空洞议论。其实,如果说国人可以使用严谨的科学态度和严肃的科学语言,议论和评价包括 Newton, Maxwell, Einstein, Hilbert, Bohr 在内的西方科学世界众多领军人物,那么,为什么不能使用同样的语言、遵循同样“严谨求实、追求真理”的精神,议论和评价在中国社会享有崇高威望的陈省身、李政道、杨振宁、邱成桐等华人学者所做的研究工作呢?其实,一旦步入科学舞台,人们的言论、研究、主张已经不再真正属于研究者的个体。不仅如此,如果说需要彻底扭转“科学偶像崇拜”的恶习,那么,同样需要从特殊的“历史场景”出发,采取“理性、客观和尊重历史”的态度,思索、评价和鉴识曾经在“科学发展史”发挥过重要影响的历史性人物的一言一行。

一些历史性人物的言行无论是对还是错,都应该着眼于“历史和时代”的大视角,进行一种符合于“历史唯物主义”科学史观的严肃审视。并且,也仅仅因为此,众多“历史性”人物的言论无论是对还是错,往往同样被赋予 Peirce 所强调一种决定于“物质存在”的“公众性”特征。

早在两千多年前,古希腊的大哲学家 Plato 就曾睿智地指出:可靠的知识必须建基于“实在东西”之上。这是一条素朴但颠扑不破的真理。科学陈述的“实体论”主张,其实还应该是“逻辑原则”的必然归宿。根据逻辑,如果没有 Plato 所说“实在东西”的依托,那么,一切“形式系统”不只是必然流于空洞,而且还因为空洞而势必陷入矛盾重重之中。因此,可以坚信:对于“Einstein 相对论、Riemann 几何、规范场论”等只能建基于“约定论”之上的陈述系统,它们终将退出历史的舞台,被后人渐渐淡忘,尽管可能还需要假以时日。

每一个从事基础科学研究,立志为“民族伟大复兴”事业作出一份切切实实贡献的中国人,目前真正需要做的事情就是:直面近现代自然科学体系中众多西方人无力解决的“基础性”疑难,脚踏实地、坚韧刻苦、严谨求实,拿起西方人被迫放弃的“逻辑分析、逻辑批判”工具,为人类共同拥有的科学事业作出一份属于中国人的独立贡献。

目 录

I 20 世纪“非平衡态热力学”的形式逻辑反思

1 熵增原理和熵增率极小原理的辩证统一

——“非平衡态热力学”研究的一个导引性分析	5
1.1 引言	6
1.2 热力学“有限论域”及其“子域”与宏观意义“复杂现象”的抽象界定	6
1.2.1 热力学描述“有限论域”的界定	7
1.2.2 热力学描述若干“子域”的引出	12
1.2.3 热力学“定态”与宏观表象“复杂现象”以及相关“补充判据”命题的提出	18
1.2.4 宏观表象的“均匀非恒常”过程	25
1.3 热力学第一定律——能量转换与守恒定律的逻辑审查	28
1.3.1 关于如何界定“热力学”的若干前提性反思	29
1.3.2 能量守恒定律的“逻辑基础”考辨	32
1.3.3 能量守恒定律内蕴“普适性”意义的逻辑基础	35
1.3.4 能量守恒定律“有限论域”的变异及其与质能变换关系“无矛盾性”的 阐释	38
1.4 热力学“熵函数”概念的若干必要澄清	40
1.4.1 热力学“熵函数”的重新引入	40
1.4.2 熵的“统计力学”诠释	44
1.4.3 熵函数的引出与“可逆过程”无关	45
1.5 Gibbs-Duhem 方程	52
1.5.1 Gibbs-Duhem 方程的构造	53
1.5.2 Gibbs-Duhem 方程“一般性”意义的重新阐释	59
1.5.2.1 热力学“基本方程”的“普适性”意义	59
1.5.2.2 熵的“不确定性”疑难	61
1.5.2.3 Clausius“熵增原理”的杜撰和热力学体系“确定性”需求的反思	62
1.5.2.4 质疑 Gibbs-Duhem 方程“普适性”意义之思维基础的理性追思	64
1.6 熵的“极大值”原理——热力学系统“复杂恒定状态”的判别准则	69