

物理学咬文嚼字之三十

载

曹则贤

(中国科学院物理研究所 北京 100190)

只恐双溪舴艋舟,载不动许多愁.

——[宋]李清照《武陵春》

在《荷(hè)》一文中^[1],笔者曾讨论了load, charge, discharge, vector, convection等与承载(卸载)、负担、携带相关的词,当时限于眼界,多有不周全处,一直觉得实在是补充的必要.粗略想来,相关的词汇还有很多,包括carrier, support, bearer, vehicle, atlas,等等,且它们也被广泛地应于物理学和数学等诸多领域.这些词应用语境繁复,意义难免有混淆夹缠的情形,中文词对词的翻译更是难以承载其原有的意思.因此,专门追加几句讨论,庶几有助于消解一些误会(misunderstanding).

物理学第零定律说我们生活在三维空间中¹⁾,但就生活而言,我们大多时候是待在一个二维的曲面上——无时无刻不作用在我们身上的地球引力一直努力要将我们拉向地心,是地表的支撑阻止了地球引力的作用,这使得我们能够安稳地停留在一个局域是平面的闭合二维曲面上.倘若我们往上蹦跶而没有获得支撑的话,最终还是要摔下来的——一切不停蹦跶者都不妨牢记这个令人沮丧的事实.这种对坠落、堕落的恐惧和无奈,使得我们习惯于寻找支撑,有时甚至需要的仅是道德的、哲学上的自我辩解、自我安慰式的支撑.没有支撑的感觉是窘迫的,没着没落的总是让人心里不踏实.董永遇到个送上门的仙女,也会因为“上无片瓦遮身体,下无寸土立足迹”的窘境而畏葸不前(黄梅戏《天仙配》).如何在这个世界上有个立足之处,怕是很多人的焦虑之焦点.物理学家们在构造世界的图景时,也时常会考虑支撑、承载的问题,不如此内心似乎难得安宁.这一点,如果细读物理学史应该能有所体会.

我们安稳地立足于大地,一个紧迫的科学问题是,

大地是如何被支撑(supported)的?在包括中国、埃及、美洲等古老文明的传说中,大地都是立于巨龟之背的.《列子·汤问篇》有“使巨鳌十五,举首而戴之……五山始峙而不动”的说法,而《淮南子·览冥训》则云:“女娲……断鳌足以立四极……”.乌龟之所以成了宇宙最早的唯象模型(phenomenological model),可能是因为龟有圆穹形的背甲和宽平的腹甲,这与古人“天是圆穹形的而地是平的”的观察结果相吻合.大地被置于巨龟之上,可以“峙而不动”了,这让古人多少感到安心.虽然如今人们对宇宙的认识已经深入了许多,但巨龟驮负大地的形象,作为曾经的唯象模型,依然见诸于文献或许多人的脑海之中.在霍金的《时间简史》一书中提到一则轶闻,说是一个著名科学家(有人说是罗素)有一次给公众讲解天文学.他向公众描述了一通地球如何绕着太阳转,而太阳又是如何绕着由大量星星组成的银河系之中心转.讲座结束时,一个小老太太从报告厅的后面站起来,说:“你讲的都是胡扯.世界就是一块驮在巨龟背上的(supported on the back of a giant tortoise)平板.”那个科学家给了个居高临下的微笑,反问道:“乌龟又是站在什么上的?”小老太太回答:“你很聪明,年轻人,非常聪明.(这个世界)一路下去都是乌龟(图1).”可见,光有一个支撑(support)本身是不够的,只有一路无限地支撑下去(数列极限的概念),才会让我们最终感到踏实.这是一个小老太太都知道的道理,或者仅是要面对的诘问.

乌龟的支撑解决了大地稳定性的问题,但是天空呢?想想不时有流星划过、还时不时出现几颗彗星的

1) 存在关于11维时空甚至26维时空的理论,但它们远离经验,更远离我的理解能力,这里不论.——笔者注



图1 小老太太的宇宙观:一路下去都是乌龟

天空,着实让古人平添不少恐惧.天也该是稳定的吧?为了从心理上安慰自己,中国古人的解决方案是认为有八根天柱(擎天柱),在大地的四角将天空撑起.《山海经》云:“昔者共工与颛顼争为帝,怒而触不周之山,天柱折,地维绝.”这里的不周山是天柱之一,其他七根天柱是哪几座山,笔者寡闻,就不得而知了²⁾.古希腊人是勒令一个名叫 Atlas 的巨人(Titan)承载天球(Heaven)(图2).这样,任何肩负重担的人(any person who carries a great burden)就是一位可怜的Atlas. Atlas 一词后来转意指地图集(a book of maps)³⁾,地图集的封面常常是肩扛地球的巨人Atlas 形象.再后来,任何关于某特定主题的 tables, charts, illustration 的集子都叫 atlas,如 an anatomical atlas(解剖图册),the atlas of bird migration(鸟类迁徙地图.单张图,这里似乎不用成册).将 atlas 译成图册(集)、图表册(集)算是勉强合适,但 Atlas 的承载形象在汉译过程中却完全丢失了.

Atlas 支撑天球的形象并不能解除西方人的忧天.天球不会掉下来,但陨石还是时常降落的.那么,离我们很近的行星会掉下来吗?开普勒、牛顿、拉普拉斯等人关于经典力学的工作算是解除了西方人的疑惑:天上的东西,除了一些筋疲力尽的陨石,没什么会掉落到地球上,至少不会故意地、一定要掉落到地球上.偶尔的行星撞击被转化成了碰撞这样的高等问题.有趣的是,西方的忧天开启了经典力学、宇宙学等现代科学,同样是在这块天幕下的杞人的忧虑⁴⁾,在中国却成了今日依然应用于日常表述中的嘲讽,笔者不知如何解释为什么会这样.

上述论及的 Atlas 肩负、巨龟驼负的形象,涉及的支撑、承载的对应英文词为 support. Support,来

自拉丁文的 sub + portare,本意就是从底下往上支撑.作为专用名词,support 出现的一个领域是催化研究,指的是承载催化剂的材料或结构.因为,对催化反应来说,催化剂的表面积是一个重要的参数,而催化剂本身时常是贵重的材料,就算不贵重,我们也希望用尽可能少的量呈现足够大的面积.这时,support 的引入就变得必要了.当然,催化剂载体并不仅仅增加反应面积,像 CeO_2 这样的载体还通过价态改变 $\text{Ce}^{4+} - \text{Ce}^{3+}$ 维持金属催化剂附近的氧压.针对具体的反应和催化剂,设计出合适的support,是材料科学之于催化方面的一个重要应用.此外,support 也出现在数学中,比如 support of a function(函数的支撑(集)),指的是让函数不为零的所有点的集合,或者该集合的闭包.



图2 肩扛天球的巨人 Atlas

英文中另一个表示支撑、承载的动词是 carry,名词是 carrier.上述的催化剂的 support,有时也叫 carrier.当然,承载、携带涉及的对象可以完全是虚的,如“History carries lessons of the past to the future(历史将过去的教训带到未来)”.提到 carrier,人们容易想到的是 aircraft carrier(航空母舰),即

2) 安徽西部有山名天柱山,即皖山,安徽省之简称“皖”就是由此而来.——笔者注

3) 将 map 译成地图是不太合适的. Map 来自拉丁语 mappa,围嘴、布片.小孩的围嘴,或者尿片,其上的图案给了我们地图的最直观的启发. Map 在数学上被翻译成映射.不知 mappa 是否有多片能拼凑(曲面)全局的意思(想象一下孩子一夜尿了两泡),这个意思在微分几何中表现的更深刻.——笔者注

4) 杞人忧天,原文见《列子·天瑞》:“杞国有人,忧天地崩坠,身亡所寄,废寝食者.”——笔者注

航空器的载体、携带者(图3)。正像长途奔袭的航空器需要 carrier 一样,许多物理对象,或实或虚,也都需要一个适当的 carrier;翻检一下物理学史,我们会发现当人们不能为某个现象或概念找到合适的 carrier 时,其因此而承受的焦虑也令人唏嘘(见下文)。



图3 Aircraft carrier, 飞行器的载体

动词 carry 或者名词 carrier 是物理学中的常见词,几乎随处可见。不妨随手摘录几句:“Empty space and time are carriers of coordinate frames (空旷的时空是坐标系的载体)”,“The identification of the quantized energy (momentum, charge, etc.) of the field with the quantized carrier of the field energy (momentum, charge, etc) is still a big question (如何将场之量子化的能量(动量、电荷,等等)同场之能量(动量、电荷,等等)的量子化载体等同起来,这仍然是个问题”,以及“In quantum mechanics, every quantum of electric charge carries with it a complex wave function with a phase... (量子力学中,每一个电荷都携带着一个拥有相位的复波函数...)”,等等^[2]。为了照顾汉语的习惯表达,carrier 或 carry 可能会被翻译成不同的词汇,而这让我们在阅读汉语物理文献时可能会错过原来概念上的关联。

电荷和时空在物理学中都可扮演 carrier 的角色。物理学史上一个奇特的 carrier 是 ether (以太)。Ether 是古希腊时就引入了一种物质概念^[3],到了近代电磁波被发现时,比照连续介质之于声波、水波的角色,ether 被赋予了电磁波的介质或曰载体的意义。其后,电动力学的发展到了狭义相对论出现的阶段,很大程度上是因为爱因斯坦的极具洞见的辩解,以太的概念已经没了寄身之所,只好放弃。以太概念的放弃对于习惯运动要有载体的经典物理学家

来说,无疑是一件让人迷茫若失的痛苦选择(图4)。其实,因为总是渴望为某事物(性质)安排个载体,以太的概念在近代还时不时被人引入物理学的讨论。

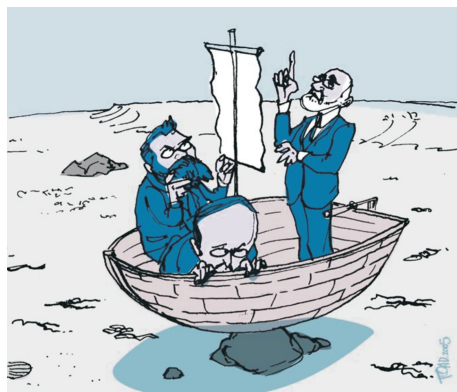


图4 迷失在以大海中的玻尔兹曼、普朗克和洛仑兹。以太海干涸了,老先生们的焦虑神色各异(from Max-Planck Institut für Wissenschaftsgeschichte)

电荷(electric charge)是一些基本粒子的内禀性质,它可被看作是电子、质子等粒子携带(carry)的一种性质;反过来,电子、质子可以看作是 charge carrier。从字面上看,charge carrier 可汉译为载荷子。按说,携带电荷的所有粒子——质子、电子、离子、离化的团簇等——都是 charge carrier,但是这里有一层容易忽略的含意是,charge carrier 是指能移动的(mobile)电荷载体。能移动的电荷能产生电流,我猜测这是 charge carrier 被翻译成载流子的原因。在离子溶液或者熔液中,charge carrier 是以阴离子和阳离子的形式出现的,都对电导有贡献。在固体中,按照能带理论,如果能带是半满的,则只有费米能级附近的一部分电子才是 mobile 的,所以金属中只有电子这样的带负电荷的载流子。若能带是全满的,一部分被激发到导带中去的电子是当然的载流子;而处于价带中的大部分电子因为可挪动的空位的出现(traveling vacancies in the valence-band electron population)也获得了一定的迁移能力。不过由于电子多而空位少,价带中电子的迁移要艰难一些,其对电导的贡献可以等价地看作来自带正电的空位(hole)⁵⁾之迁移。这就是一般固体物理或半导体物理教科书中所谓半导体中存在电子和空穴两种载流子的说法的原因。有趣的是,在谈论固体热性质时,却鲜有提及空穴贡献的说法,大家不妨想想为什么。

载荷子(charge carrier)所携带的电荷是基本电

5) 空位不仅等价地带一个正电荷,而且其波矢和那个缺失的电子也是相反的。——笔者注

荷(电子的电荷)的整数倍. 夸克携带的电荷为 $1/3$ 或 $2/3$ 个基本电荷, 但夸克不存在自由状态, 且都是存在于带整数倍电荷的粒子中的. 关于如何理解夸克带 $1/3$ 或 $2/3$ 个基本电荷的问题, 比如当作一个代数问题, 这个问题笔者不懂. Roger Penrose 似乎知道我们大部分人都不能深入理解这个问题, 所以也只是约略提及. 携带分数电荷的载荷子 (fractional charge carrier) 最早出现在 Laughlin 于 1982 年构造的关于分数量子霍尔效应的理论中, 在过去几年里陆续有实验声称观察到了分数电荷, 除了分母是奇数的, 还有携带 $1/4$ 电荷的载荷子的报导^[4]. 不过, 这里所谓的携带分数电荷的载荷子都是准粒子.

与 carry 意义非常接近的英文动词是 bear. 我们常说的 be born (出生), born 就是 bear 的过去分词. 动词 bear (born) 同生产相联系, 很可能是因为孩子都要在母腹中被随身携带数月而来的一种比照说法, 试比较 fruit-bearing trees (硕果累累的树) 和 women of child-bearing age (育龄妇女). 孩子出生后不妨仍然附在妈妈的身上, 所以 baby-bearing 是怀着孩子还是背着孩子要视具体语境而定, 但 carry a baby 基本上是抱(扛)着孩子的意思. Bear 同 carry 一样, 也常见于物理学文献中, 例如: “Space as the bearer of the reference frame (空间是参照系的载体)”, “Schrödinger. . . . regarded waves as the bearers of the atomic processes (薛定谔把波看作是原子过程的载体)”, 等等^[2].

面目同 carry 相差较大但意义接近的重要科学词汇是 vector. Vector 来自拉丁语 vectus, 动词原形为 vehere, 其本意就是 to carry (携带), 所以 vector 是载体、携带者的意思, 例如 vector biologicus (生物性媒介物) 和 vector mechanicus (机械性媒介物). 像蚊子、苍蝇、臭虫等都是典型的携带病原体的寄主 (disease vectors, 或译媒介, 带菌体), 而 viral vector 则是经改性后能将外来基因物质带入细胞的病毒, 在这些词中 vector 都不失 carrier 的本意. 在数学和物理中, vector 指的是有方向的量, 与标量 (scalar) 相对应. Vector 被当作有方向的量, 可能是因为 vector 也指 compass heading (罗盘上的指向, 其标记方式如 NE (东北), NEbE (东北偏东 11.25°), SbW (南偏西 11.25°) 等), 粗略地指定目标可以用一个 compass heading 和一个距离 (Each step consists of a compass heading and a number of paces). 所谓的 compass heading 形如箭

头, 数学上表示 vector 就用带箭头的 (arrowed) 线段表示, 汉译矢量是相当传神的. 作为矢量的 vector 随处出现在物理学的文献中, 但用汉语“矢量”的理解阅读这些文献的时候, 是不是会损失一些意义呢?

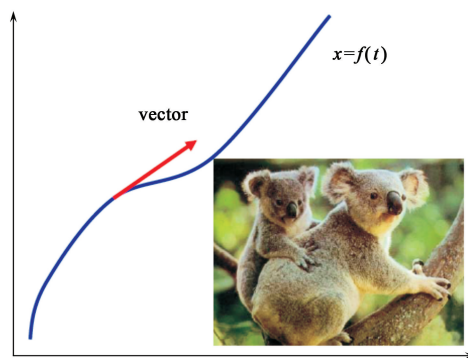


图5 Vector

矢量的引入, 为物理学的讨论配备了一个有力的工具. 但在一些文献中, 矢量的不正确的应用却容易引起误解. 比如, 许多文献说在曲线 $x = f(t)$ 上, t 为时间, 任意一点的切矢量与在该点的速度有关. 这个切矢量在各点上是不同的 (图 5), 给人以速度 (矢量) 不断变化方向的感觉; 而实际情形是, 这条曲线描述的是沿一个方向 (x 方向) 的运动, 速度方向一直就没变. 这与把曲线 $x = f(t)$ 错误地理解为运动轨迹有关.

来自动词 vehere 的英文名词, 除了 vector (vectus) 以外, 还有 vehicle (vehiculum), 一般理解为载体、载具 (车辆) 的意思. 这个词同 vector 一样, 应用广泛, 要从其基本的 to carry 的角度来理解. 各种各样的依据具体情形的汉语翻译 (载体, 载液, 赋形剂, 溶剂) 把它们之间的根本联系给弄丢了. 像糖浆, 药物加入其中供服用, 糖浆就是 vehicle; 色素溶于水或油从而制成漆, 水或油就是 vehicle. 而有时, vehicle 所表示的载具是抽象的, 如 “music as the vehicle for one’s ideas (音乐是思想的载体)”. 有些 vehere 的变形一眼不易看出来, 如 convection, 本意还是 (被) 携带的意思. Convection 作为一种热交换方式, 被错误地译为对流, 实际上它指的是物质从一个地方到另一个地方, 也同时将粒子体系的内能构成带了过去. 这种由具体物质携带着能量而造成的体系间的热传递 (transmitting, 不是交换), 是单向的, 不要求有 “对着流” 的过程. 这一点, 在 “Any conservative substances admixed in a moving fluid is transferred relative to a fixed coordinate system, first **through convection with the fluid**” 一句中比较明显, “**through convection with the fluid**” 就是 “被液体裹挟着” 的意思.

综合本文和此前的《荷(hè)》一文,读者可见在西语文献中表达承载、携带、支撑等意思的词汇很多,相互间也有一定的关联.这些词汇根据其具体的应用语境被翻译成了可能字面上不相关联的汉语词,可能会为正确理解原意带来一定的麻烦,请读者诸君注意.此外,承载物(carrier)与被负载的(charged, geladen)之间,并不就像水与舟那样是截然不同的两种事物,而可能是浑然一体的,不太容易作 ontological 与

epistemological 的切割,在理解基本粒子及其内禀性质之间的关系时尤其应考虑到这一点.

参考文献

- [1] 曹则贤. 物理, 2008, 37: 746 [Cao Z X. Wuli (Physics), 2008, 37: 746 (in Chinese)]
- [2] Cao T Y (曹天予). Conceptual developments of 20th century field theories, Cambridge University Press, 1997
- [3] 曹则贤. 物理, 2008, 37: 534 [Cao Z X. Wuli (Physics), 2008, 37: 534 (in Chinese)]
- [4] Dolev M, Heiblum M, Umansky V *et al.* Nature, 2008, 452: 829

声明 自 2007 年 7 月起,《物理学咬文嚼字》系列至今已经刊出 30 期了. 仰赖诸多学界前辈、学长、同事、朋友的鼓励与帮助,则贤勉力施为,一路踉跄,总算走了过来. 期间得到鼓励时,也曾想继续海阔天空下去甚至出个集子什么的. 然庚齿如秋,始悟敝帚固然可以自珍,但终归不过是敝帚. 再者,一来还要专心糊口,二来也是早呈黔驴之态,则贤思考再三,遂决定辍笔. 三俩素心人士如欲再观则贤文字,等些时日再说.

第 30 期刊出之日,2009 年也已近尾声. 谨向所有曾为《物理学咬文嚼字》系列倾注过心血或表达过关切的人们表示诚挚的谢意,并致新年问候.

2009 年 10 月 17 日曹则贤敬启

审稿人的话 从 2007 年第 7 期开始,《物理》杂志开始设立曹则贤的“物理学咬文嚼字”专栏,至今已两个半寒暑. 在这 30 个月里,《物理学咬文嚼字》以其独特的亦庄亦谐的文风、广博的文字知识和丰富有趣的物理内容为《物理》的读者,特别是青年读者带来了愉快(当然,也听到些不同意见),也为我带来了一场独特的挑战. 因为每个月都得审一篇这样的稿子,“逼”得我要花不少时间学习,有时候还得查多种文字的字典和翻阅专业书籍,生怕自己出错. 现在,曹则贤突然宣布暂时搁笔,我的心情是惋惜与“庆幸”交织. 惋惜者,喜欢《物理学咬文嚼字》的读者暂时要与令他们每月愉快一次的朋友告别,“庆幸”者,我总算解脱了月月审稿的“熬煎”.

则贤的告别词写得有点“悲悲切切凄凄惨惨”,说什么自己的文字是“敝帚”云云,过于自谦,大失本色. 据我所知,许多读者是把他每期的文章当作“快乐源泉”的,你那“敝帚”不在,大家都会想念. 希望你“过些时日”真的重操“敝帚”,扫去大家心里的遗憾. 到时候,如编辑部信任,我仍愿意继续接受翻书查字典的“熬煎”. 至于将这些文章辑集出版,我看那是水到渠成之事,读者自会欢迎. 于淦、郝柏林二位在本刊 1980 年第 9 卷连载的《相变和临界现象》,赵凯华先生在《大学物理》连载 27 期的《定性与半定量物理学》,最后都补充辑集成脍炙人口的名作,便是先例,君其勉乎. 最后,全文公布一份审稿意见(按规矩隐去本人姓名),以示我对曹文的一贯审稿态度.

对曹则贤“物理学咬文嚼字(28)的审稿意见:稿件阅过,写的不错,可以发表. 文中可能有些错、别、漏字,读时顺手已改过,修改处以加红色的方式标出,请转曹一阅,看是否应改过来. 这篇文章有趣,使我想起一件往事. 记得 1959 年北京大学物理系理论物理教研室曾响应党的号召开展了对王竹溪所著《热力学》的批判,批判该书“宣扬唯心主义”,“理论脱离实际”等等. 批判王先生“宣扬唯心主义”的证据之一是在该书序论中的第一段话:“热学这一门科学起源于人类对于热与冷现象的本质的追求. 由于在有史之前人类已经发明了火,我们可以想象到,追求热与冷的本质的企图可能是人类最初对自然界法则的追求之一.”令人敬佩的是,王竹溪先生并未在这种批判面前后退,在 1960 年 1 月出版的该书第二版中,虽然增补、修订了不少内容,上引的那段话竟一字未改,照样放在序论第一段. 曹则贤可能不知此事(那时他可能还没有出生吧?),但他这篇文章体现了王先生这段话的精神,所以我觉得有趣,真理看来是批不倒的. 曹文对“负温度”提法的讽刺挖苦,可能太过,估计当时 Purcell 等人提出这个概念时,并非要“语不惊人死不休”,而是由于 Boltzmann 分布的指数上取了负号,才逼得他们说出“负温度比正温度更热”的话来. 但曹氏之说也有些道理,别有风格,故不必改动,留待引起讨论也好. 附上我改了个别字的原稿,请将这个审稿意见一同转曹.