

物理学咬文嚼字之八十六 导 引

曹则贤[†]

(中国科学院物理研究所 北京 100190)

2017-04-25收到

[†] email: zxcao@iphy.ac.cn

DOI: 10.7693/wl20170510

The unspeakability of nature is the very possibility of language¹⁾.

—James P. Carse in *Finite and infinite games*

文字的力量，我们常常是察觉不到的。

——六神磊磊

摘 要 来自拉丁语动词 *ducere* 的词汇包括 *conduction*, *deduction*, *induction*, *introduction*, *production*, *reduction*, *transduction*, 等等，它们散布于各个学科，各有所指但又不离导引的原意。

1 引子

生命的过程，就是和环境交换物质(如果对植物来说，光也算作物质的话)的过程。物质，包括水、空气和其它概称为食物的东西，在生命体中进进出出，进讲究攫取正确的内容且放到正确的地方，出则要及时通畅。这中间的过程包括物质的重组以及伴随的能量转移(从整体上看，生命总要向环境中放出热量)。有人把生命过程理解为能量交换的过程甚至熵的交换过程，那估计是因为物理学得太多了。生命得以维持，其必须能动地主导物质的进出过程，即加以导引。我们的祖先早就明白了这个道理。汉张仲景的医书《金匱要略》中有“导引吐纳”的提法，道家还发展出了成套的“导引吐纳”功法，其中八卦掌就是将武功与导引吐纳融为一体的武术。导引可逐客邪于关节，参详

痛风发生的机理，始知老祖宗的见识果然不凡。

导引如此重要，关于导引的词汇自然会常见于日常词汇，进而散见于科学文献。有导引意思的一个关键拉丁语动词是 *ducere*, *to lead*, *to guide*。这个词的同源词还出现在当代意大利语中，比如墨索里尼就被称为 *il Duce*，其德国同伴为 *der Führer*，字面上是领路人的意思。汉语一般将之译为元首，是生怕和对应的汉语概念沾上边。前缀加上 *duce* 和 *duct* 构成了很多含有导引意思的英文词汇。比如，*abduct* 和 *adduct*，一个是朝远处引，一个是往其上引，故 *abduct* 生理学上指肢体外展，而 *adductor* 则是内转肌。作为动词，*abduce* 是诱拐、劫走的意思也非常容易理解，*adduce* 可译为添油加醋，如 *The theoretical facts adduced above have been familiar for thirty years* (前述往上缀加的理论事实已为人熟知三十年余)。西文

与导引有关的常见科学术语包括 *conduction*, *deduction*, *induction*, *introduction*, *production*, *reduction*, *transduction*, 等等，因为科学的发展它们也可能被附加上一些新的内容；而汉译则一如既往地难免歪曲和添加。

2 Duct

在现代英语中，由 *ducere* 而来的名词 *duct*，意思就是管、管道。可将名词置于 *duct* 前面构成复合词(拉丁语词根则要连写)，如 *tear duct* (泪管)，*bile duct* (胆管)，*oviduct* (输卵管)，*spermatduct* (输精管)，*viaduct* (高架桥)。若欲强调管道之小，就用 *ductule*。进一步地，由 *duct* 可得形容词 *ductile*，本意是容易被导引、原意服从的，可用来形容人，见于 *a ductile person*。*Ductile* 作为科学概念，形容材料容易延展，名词 *ductility* 就被汉译成延展性。延

1) 自然的不可言说为语言提供了可能性。

展性几乎是材料能否做成线材的指标。Ductile 的反义词是 fragile (脆的)。拉伸一个材料，脆性材料和延展性材料的断口不一样，completely ductile materials (完全延展性材料) 的断口是锥形的(图1)。Ductile materials, 有塑性材料、延展性材料、韧性材料等不同译法，塑性(可成型)可能更贴近 ductile 的原意。

3 Conduct

前缀 con- 的意思是 together。动词 conduce 有 to contribute, to lead 的意思，但一般使用中更接近 to contribute 的意思，比如 “The quiet conduces to thinking about the

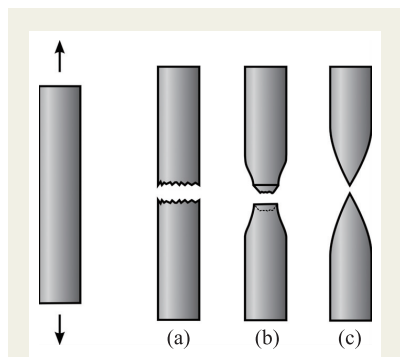
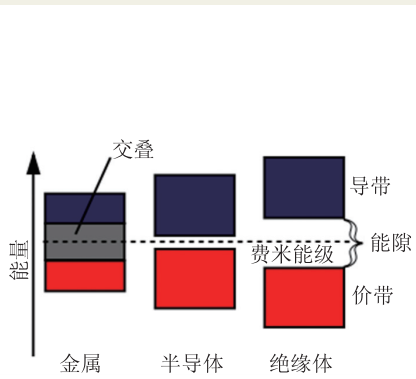


图1 材料拉伸造成的断口 (a)脆性材料; (b)延展性材料; (c)完全延展性材料



图2 Semi-conductor (半吊子指挥) 和 semiconductor (半导体)



2) 金刚石带隙 5.5 eV, 是绝缘体里的绝缘体, 但也偶尔被称为半导体。没办法, 没有严格标准。

darkening future (宁静有益于思考黑暗的未来)。” Conduct 作为动词则是导引、传送的意思，如 The shaggy steed offers to Conduct the prince upon a quest through harrowing trials of fire and flood (毛发蓬乱的坐骑要引导王子踏上去经历血与火之折磨考验的探寻之旅)，copper conducts electricity (铜导电)，to conduct an orchestra (指挥一个乐团)，to conduct research (开展研究)。由 conduct 而来的名词 conductor，意思之一是乐团的指挥，在物理上则是导体，如 thermal conductor (热导体)，electrical conductor (电导体)。与 conductor 相对的是 insulator (绝缘体)。Insulator, 来自拉丁语 insulatus, 和 island, isle (岛)同源，取孤立之意。从能带结构上区分电导体和电绝缘体是量子力学的一个伟大成就。那些能隙不是很大的绝缘体被称为 semiconductor (半导体)²⁾。有人在半导体的教科书里加了一张乐队指挥的漫画，名之为 semi-conductor，估计作为华人的作者是想告诉我们可以把 semi-conductor 当作双关语理解为半吊子指挥吧(图2)。

此外，由 conduce 而来的名词 conduit，就是指各种导管。

4 Deduction & Induction

Deduction 和 induction 两个词是我读文献时最发憊的两个，我一直弄不清楚哪个是归纳，哪个是演绎。前缀 de- 和 in- 分别是往外和往内的意思，那 induction 是归纳应该没错了。Deduction，往外引，汉译为演绎，是否与 evolve (转着往外) 被译成演化有关，未知。绎，抽丝。抽丝剥茧，抽不断，即为连续，所谓络绎不绝是也。绎字见于寻绎，所谓“寻绎义理，理其端绪”。用演绎一词翻译 deduction，应该算是好选择。

Deduction and induction 作为哲学概念，实在不易理解。Metaphysical deduction (形而上学的演绎)，transcendental deduction of the categories (关于类的超越演绎)，inductive logic (归纳逻辑)，这些概念是西文还是中文对我来说都是一头雾水。按照字典的说，induce: to draw (a general rule or conclusion) from particular facts (归纳，从特例得出一个一般性的规则或者结论)；deduce: to infer by logical reasoning; reason out or conclude from known facts or general principles (演绎，通过逻辑推理从已知事实或者一般原则导出事实或结论)。数学家波利亚给我们写过《数学中的归纳与类比》^[1]。阅读此书可以理解数学上 induction 到底如何进行。Deduction 也可以译为推导，如 deduction in geometry (几何里的推导)，automated deduction (自动推导)。

Induction，以及同源的 induce 和 inductance，在物理语境中常被翻译成感应，应该算是个错误。动词

induce 可以用来表示物理的因果律, electric field induces polarization in electrics(电场诱导电解质的极化), 导致了电偶极矩(induced electric dipole moments), 这当然是众多电场诱导现象(electric field induced phenomena)之一。Induction, 谈论的是 induce(诱导)的现象或结果。Induce, 译成诱导, 则知是主动的; 而感应, 强调的是受体, 把 induction 翻译成感应不知不觉中就把叙述对象给调换了。孤立地谈论电磁诱导现象, 理解为感应或许无碍, 但是在整个大的语境中, 诱导当作感应就会造成误解。感应, 响应, 还是用于谈论刺激—响应(stimulus—response)这一基本物理学情景才好。举例来说, induction coils, 感应线圈? 亥姆霍兹线圈包括两个相同的、按同轴构型的线圈, 中间部分沿中心轴的 magnetic filed induction 大致恒常, 因此这是一个产生均匀磁场的常用器件。Magnetic field induction, 不是磁场感应, 人家说的是作为电流诱导结果的磁场! 法拉第电磁感应(诱导)现象是 1831 年发现的, 变化的磁场会诱导出电场(公式为 $E = -\frac{d\Phi}{dt}$, 其中 Φ 是磁通量), 在线圈中会表现为一个 electromotive force(电动势)(图3)。按照英文叙述, a time-varying magnetic field induces an electromotive force in nearby conductors, which is described by Faraday's law of induction, 注意这里动词 induce 是不折不扣的主动式。通电流的这个一级线圈(primary coil)被称为 inductor, 可见 induction, inductance 都是要按主动含义来理解的。自然, mutual induction 强调的也不是互感, 而是互诱!

Inductance 被汉译为感应系数, 也值得商榷。Inductance 当然不只是个系数, 它还是现象本身。如下句首先强调 inductance 是电导体的一种性质: In electromagnetism and electronics, inductance is the property of an electrical conductor by which a change in current through it induces an electromotive force in both the conductor itself and in any nearby conductors by mutual inductance。在公式 $V(t) = L \frac{di(t)}{dt}$ 中, L 和作为原因的电流变化率的乘积给出了诱导得到的电压。在这个式子里, 它是个系数, 但是作为物理量, 它反映的是这个电导体(electric conductor)作为诱导者的角色(inductor)的一种能力。Inductance L 所包含的物理, 远不是一个汉语的系数所能说清楚的。

利用法拉第电磁诱导现象, 两个 induction coils(一般会加个磁芯)就构成了一个 transformer。Transformer 被汉译成变压器, 太随意了些。这个器件首先是为了 transfer the power(传输电力), 它改变电压, 但可不止这些, 相位、频率也是 transform 的对象。倘若 transformer 是变压器, 那如何翻译 constant-potential transformer, 等电势变压器? 第一个 transformer 是 1885 年发明的。

顺便说一下, deduct 有减去、扣除的意思, 正是其本意。与其意思接近的是 subduce (subduct, subduction), 译为扣除、去除, 其字面意思就是从中导出。

5 Introduction

Introduce 是往里导引。一个人 introduce himself 就是要把自己引荐

入别人的圈子(the circle of friends, 朋友圈), introduce a product into a market 是要把一个产品推入市场。严格说来, let me introduce somebody to you 和 I will introduce you to this technique 都是错误表述。把 introduction 汉译成“介绍、引见”会带来误解, 只有“intro-”意味明显的情景才可用 introduction, 如 the rabbit is a relatively recent introduction in Australia(兔子是新近引入澳大利亚的), introduction of impurity atoms into a semiconductor(向半导体中引入杂质原子), 等等。一般书籍的第一章是 introduction, 汉译导论、引言, 其目的是把读者带入该书预设的情境中去, 所谓 set the scene。

6 Reduction

Reduction 的前缀 re- 是 back 的意思。Reduce, 字面上的意思是引回、拿回, 医生 reduce a fracture or dislocation(使骨折或脱臼复位)是正确的用法和译法。当我们把 reduce the rent, reduce the speed 译成减少租金、减少速度时, 要记得其有复原、还原的意思。Reduction reaction, 汉译还原反应。在例如化学反应 $Fe_2O_3 + 3CO \rightarrow 2Fe + 3CO_2$ 中, Fe^{3+} 被还原是说其失去的电子又找补回来了。不过, 化学上似乎是把获得电子的过程一概称为 reduction。见到“be reduced”就译成“被还原”是成问题的。句子“we are therefore reduced to do something……”可不是说我们被还原了, 它的意思是说我们被导引回头且是去面对一个更简单容易的情形。

Reductionism, 还原主义, 在

哲学上可能有不同的诠释，在物理学语境中其内涵则是明确的。还原主义认为存在总有 simpler and more basic(更简单、更基本的)构成，比如物质由原子组成，原子由电子加原子核组成，原子核由质子和中子这样的核子(nucleon)组成，而核子由夸克组成。这个还原主义的链条只有不多的几节，夸克就遭遇了禁闭而不再泄露其下层构成(自然也就无法认定有之)。物质还真不是无限可分的。还原主义还遭遇了 emergentism。Emergentism 这个哲学名词我不知道如何翻译，与其相关的 emergence, emergence phenomenon, 也未有一锤定音的译法。Emerge 意思是突然冒出，可参校的是动词 evolve 是转着冒出来，后者被译为演化。Emergence phenomenon, 我愿意称之为骤生现象，是指个体数量规模到一定程度上体系才会表现出来的性质。其中隐含的思想，就是安德森的名言“more is different (多者异也)。”

逻辑学上，有归谬法或者反证法的说法，并认为是对拉丁语 *reductio ad absurdum* 或希腊语 $\eta \epsilon \varsigma \tau \omicron \alpha \delta \upsilon \nu \alpha \tau \omicron \nu \alpha \pi \alpha \omega \gamma \eta$ 的汉译。实际上，有 *reductio ad absurdum* 和 *argumentum ad absurdum* 的区别，前者若是循着减的过程归而见荒唐的话，后者就是往上加直至结果变得荒唐，这是两种不同的论证操作。

7 Transducer

Transduce 的前缀是 trans-, over

的意思，transduce 就是导引过去。Transducer, 汉译换能器倒不是翻译的错，英文一般也是这么解释的，a transducer is a device that converts one form of energy to another。然而，这个说法是唯能论泛滥的产物，认为能量可以从一种形式变为另一种形式。这种论调当能量在 19 世纪再次被 introduced into science 的时候，很时髦。

其实，不同的运动形式可以总结出个能量来，在运动形式的 induce 或 transduce 过程中可以得出能量(quantity of energy)守恒，但并不可以理解为能量形式的转化。能量是关于物理体系可赋予的一个量，它既不产生也不湮灭。在发光二极管(photo diode)，压电探测器(a piezoelectric sensor)，和热偶(thermocouple)这些所谓的换能器中，仅仅说光能转化成了电能、机械能转化成了电能或者热能³⁾转化成了电能，根本就不足以解释它们的工作机理或表征具体转化过程。当然，明白人还是有的，我们也能读到 usually a transducer converts a signal in one form of energy to a signal in another (transducer 的功能常常是把一种能量形式的信号转换成另一种能量形式的信号)，此为正解。当电信号调制电压驱动簧片振动引起声音时，电能是要被消耗掉的；而声音驱动簧片振动

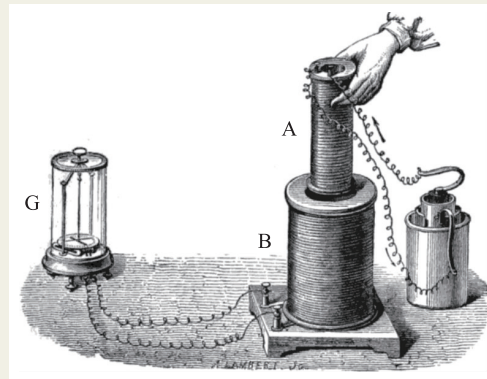


图3 法拉第电磁诱导现象的发现。左侧的电场驱动一个线圈，小线圈在大线圈中上限运动，会产生一个电流

去调制电信号时，电信号的产生所消耗的可能也是电能而非振动对应的机械能，换能的说法并不成立。

8 结语

Ducere 衍生出了大量的科学概念。作为一个中国人，学过归纳法，学过电磁感应现象，当我有一天知道所谓数学的归纳法和电磁感应是同一个 induction，实在是感慨良多。要是早点明白这些纷乱概念的同源性，这什么哲学、数学、物理学的学习应该不会这么难吧？

参考文献

- [1] Polya G. Mathematics and plausible reasoning: Induction and analogy in mathematics. Princeton University Press, 1954

3) 热能，包括热力学中的内能、自由能等，其与光能或者粒子动能更不是同一种意义的量。