

浅谈对场的理解 与场理论的跨学科应用构想

张嘉晖 中国科学技术大学化学系
指导老师 秦敢

Index

- [场理论在电磁学中的优越性](#)
- [为什么场理论在电磁学中如此重要](#)
- [场理论的跨学科应用实例——化学场](#)
- 场理论的跨学科应用的构想：
[生态场](#)，[经济场](#)
- [场到底是什么？](#)
- [“场物二象性”](#)

场理论在电磁学中的优越性

费恩曼指出，“电（磁）场是看待电（磁）效应的最方便的途径”。

- 场可以对整个空间进行描述
- 研究问题时我们可以只考察场和所关心的带电体，而不必考虑其他的带电体
- 若不引入电、磁场的概念，则很难解释极化现象
-



为什么场理论在电磁学中如此重要

- 电磁相互作用并不是电荷或电流间直接的作用,而是通过电磁场
- 电能与磁能实际上是储存在电磁场中的
- 电磁学的核心——Maxwell方程组即是建立在场理论上的
-



吉布斯

化学场

定义:在排除了其他外场的影响之后,体系内部仍存在一个保守场,这个场使得自然界的变化都有单向性,这个场即称为“化学场”,它所造成的方向性总是使得体系在一定条件下倾向能量最低的状态。也就是说,化学场中的物质倾向于从化学势高的状态流向化学势低的状态。

也可将化学场命名为“热力学场”。

由此看出,场的概念已不再局限于狭义的“场”,广义的“场”已被提出,由此,场理论的强大可见一斑。



“生态场”的构想

当今生态学中的种种数学模型的核心都在于种群数量随时间的变化或不同的种群的数量之间的相互变化关系。但这种方法并不形象、直观,在处理某些实际问题时也未必是最合适的。我认为,生态系统中种群数量的相对变化也可以理解为是某种相互作用而导致的,所以我试图建立相应的“生态场”理论。

定义

设某一时刻, i 种群总的能量为 E_i (可以理解为该种群个体所储存的全部化学能), 在之后的单位时间内与环境交换的能量为 E_i' 。

定义 i 一个种群在该时刻后单位时间内的生态能为:

$$E_{Bio\ i} = E_i - E_i'$$

设种群数量为 N_i , 定义: i 物种的生态势: $\varphi_{Bio\ i} = \frac{E_{Bio\ i}}{N_i}$ 。

定义 i 物种处生态场强度: $Bio\ i = \sum_j \Delta \varphi_{Bio\ i\ j} \hat{n}_{ij}$,

j 为与 i 存在直接捕食与被捕食关系的物种, \hat{n}_{ij} 是一个由 i 指向 j 的单位向量。

生态能的绝对值是没有意义的, 我们只关心其相对值, 故可以人为规定其零点。

三个基本假设

- 稳定生态系统中生态能守恒。

因为如果生态能不守恒, 那么在一定时间内, 我将看到生态系统的显著变化, 然而生态系统通常情况下的变化都是相对缓慢的, 所以总生态能随时间的变化率十分微小, 我们就不妨认为它是守恒的。

- 生态能自发从生态势高的种群流向生态势低的种群。

实际上, 可将生态势理解为某时间内生态系统对某一物种的不适应程度。

- 两物种生态势相等时, 宏观上两者间无生态能的交换。

生态势的表达式

在环境稳恒时, 某一种群的生态势是该种群的种群数量和与之相关的种群的种群数量的函数, 具体表达形式可以通过对数据的拟合、分析而得。显然, 这是本理论的基础, 但由于笔者不具备执行上述任务的条件, 此处只能从略。但是, 定性上, 通常地, 当一个种群的种群数量很大时, 它的生态势通常很高, 反之则很低; 捕食该种群的另一个种群的种群数量很少时, 该种群的生态势很高, 反之则很低。

生态势的表达式

对于某些简单的生态系统, 则可以通过理论分析得到生态势, 如一个只有一种捕食者和一种被捕食者的生态系统, 采用 Lotka-Volterra 生态学模型处理。设被捕食者的种群为 N_1 , 捕食者的种群为 N_2 , 该理论认为, 被捕食者的自然增殖与自身的多少成正比, 死亡率与其与捕食者相遇的几率成正比, 于是有: $\frac{dN_1}{dt} = a_1 N_1 - b_1 N_1 N_2$ ($a_1, b_1 > 0$) 而捕食者死亡率与其种群成正比, 而增殖率则与其于被捕食者相遇的几率成正比, 于是有:

$$\frac{dN_1}{dt} = a_1 N_1 - b_1 N_1 N_2 \quad (a_1, b_1 > 0)$$

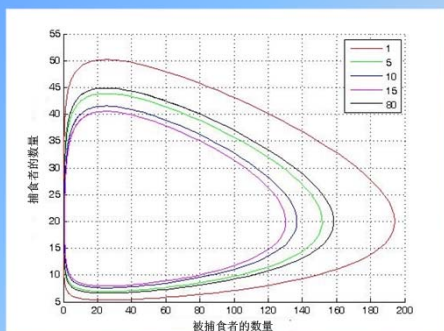
$$\frac{dN_2}{dt} = -a_2 N_2 + b_2 N_1 N_2 \quad (a_2, b_2 > 0)$$

方程组

不含时解为:

$$a_1 \ln N_2 + a_2 \ln N_1 - b_1 N_2 - b_2 N_1 = C$$

生态势的表达式



不含时的 Lotka-Volterra 模型的解, 不同的曲线具有不同的 C 值

生态势的表达式

特别地, $C=0$ 时, 两者的数量便不会相对变化, 即没有生态能的交换, 于是我们便可令

$$\varphi_{Bio\ 1} = a_1 \ln N_2 - b_2 N_1;$$

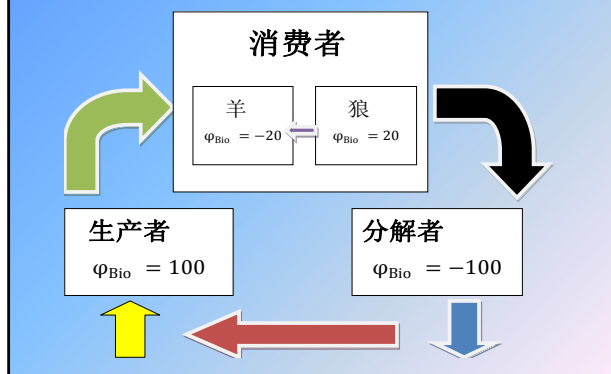
$$\varphi_{Bio\ 2} = b_1 N_2 - a_2 \ln N_1。$$

当然, 这只是一个猜测, 至于是否正确, 尚需验证。

生态场理论的实用性

通过比较不同物种间生态势的高低，可以得出生态能的流向，进而可知种群数量的变化。而生态场强度则反映了生态能传递的趋势大小和传递方向。注意，生态能的传递并不都靠的是捕食，比如当狼的生态势高于羊的生态势时，就会有大量的狼死亡，而羊的生存空间得到扩大，进而其繁衍就会加速，更多的羊出生——其净结果便是生态能从羊流向了狼。

狼和羊的问题图示



对生态黑洞的预言

一个有趣的现象是“生态黑洞”，若一个物种的生态势极低，且随着种群数量的增加，其生态势反而更低（如Lotka-Volterra生态数学模型中的1物种），那么，生态能就会源源不断地流向该种群，导致其他种群数量锐减，而该种群数量急剧增加。



本理论的优越性

生态势可以表示成某些种群数量的函数，而人们对种群数量随时变化已研究的较为透彻，那么，我们就可以得到生态势随时间变化的表达式。我认为，该表达式更能反映一个生态系统的性质，种群的数量上的变化可以看成是其生态势变化所引起的一个结果。



"经济场"的构想

经济学家们认为,在市场经济中,家庭和企业被一只“看不见的手”所指引,并导致了合意的市场结果;而且他们指出,这只“看不见的手”就是价格。

而我认为,更本质地,这只手的主人是一个叫做“经济场”的家伙。



定义

定义经济势： $\varphi_{Eco} = \frac{Val}{Pr}$ ，
 Val 表示价值，
 Pr 表示价格，
 两者均以货币为单位（可以通俗地把经济势理解为“性价比”）。

基本假设

具有价值的事物（如物品，劳动力等）从经济势高的地方流向经济势低的地方，货币的流向则相反。

这个假设是合乎情理的，因为第一，大多数商品的价值随着时间递减；第二，当价值不变时，经济势降低意味这价格的提升——即经过一个经济势降低的交易后人们能赚到钱，而赚钱则是人们的主观意愿；而商品从一处到另一处时，通常是同过货币进行交易的，所以货币的流向是相反的。



经济势的表达式

在较短的时间内，我们可以认为价值是恒定的而经济学家们指出，价格与供应量（s）和需求量（d）有关，那么，就可以把经济势表示成供应量与需求量的函数， $\varphi_{Eco} = \varphi_{Eco}(s, d)$ 。通常有：

$Pr = -\alpha s + \beta d + \gamma$ ($\alpha, \beta > 0$)，故：

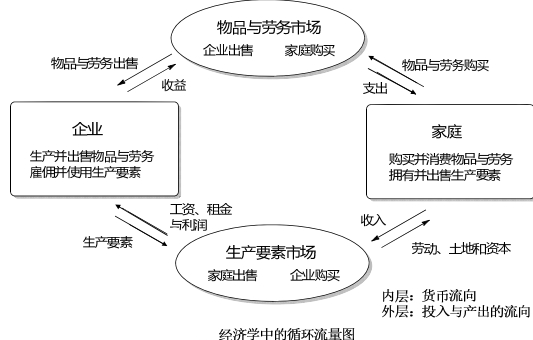
$$\varphi_{Eco} = \frac{Val}{-\alpha s + \beta d + \gamma}$$

经济场理论的应用：如何赚钱

若通过长期的数据分析，得出相应常数，并带入一个评估相对准确的价值，再知道此时该商品的供应量和需求量，就可以算出其经济势。得到了不同商品的经济势后，通过比较，我们只要沿着价值不变时经济势降落最快的那条路径进行“倒买倒卖”，理论上就能赚到最多的钱。



经济场理论的应用：解释经济学循环流量图



经济场理论的应用：解释经济学循环流量图

为了不被细节困扰，我们做一些近似：价值的产生只发生在企业——企业通过合理的调动生产力，或通过科研等活动而创造了新的价值。价值的流逝只发生在家庭——家庭买入生活用品并将它们最终转化为劳动力，但这一过程显然是有耗散的，因为热力学已证明：任何热机效率永远小于100%——而人也可以抽象成一种使用化学能的热机。

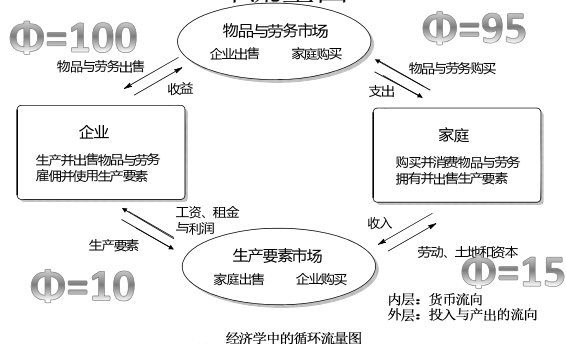
经济场理论的应用：解释经济学循环流量图

我们可以认为企业的输出端的经济势很高——崭新的商品以低廉的价格出售，我们假定此处 $\varphi_{Eco} = 100$ ；而当这部分商品与它们所携带的价值流过物品与劳务市场时，经济势会稍加降低，因为物品与劳务市场就是靠着降低经济势——即低价买入高价卖出的方式赚钱的，但不会降的太低，否则会导致卖出十分困难，不妨假定物品与劳务市场输出端的经济势为 $\varphi_{Eco} = 95$ ；而到了家庭，经济势有了显著的降低，这主要有两个原因，第一，家庭中存在价值的流失；第二，生产要素市场为了吸引家庭来此出售劳动力等生产要素，就需要支付给他们较多的钱，让家庭获利，这从另一个角度解释了为何家庭的输出端，即生产要素市场的输入端为何如此之低，不妨假设此处 $\varphi_{Eco} = 15$ 。

经济场理论的应用：解释经济学循环流量图

最后，企业为了买入生产要素，必须在其输入端把生产要素的价格提高以让生产要素市场获利，所以企业的输入端经济势是最低的比如说， $\varphi_{Eco} = 10$ 。然而，企业却通过某种方式创造了新的价值，所以在其输出端，经济势得到显著提高，这便是个循环。

经济场理论的应用：解释经济学循环流量图



经济场理论的应用：量化企业实力

在以上模型中，企业好比一个电池，家庭好比一个用电器，两个市场好比存在电阻的导线。由此我们又可以仿照电源电动势提出“企业经济效率”这一概念： $Efc = \Delta\varphi_{Eco}$ ，其含义是企业运用单位货币所提升的价值，因为： $\Delta Val = Pr \left(\frac{\Delta Val}{Pr} \right) = Pr \cdot \Delta\varphi_{Eco} = Pr \cdot Efc$ 。当然，企业经济效率越大，意味着企业越成功。

展望

我认为，经济场理论的发展前景是非常广阔的。通过更深的经济理论和数学工具的辅助，经济场理论便会日益完善，届时，人们就可以同过此理论解决众多经济问题，并对市场做出及时的调整，使利益最大化。

经济场的正常与否直接关系到国家的经济命脉，因此，政府对经济场的监控也是必须的。



场到底是什么？

如何判断一个客观事物是否存在？——研究它和已知的事物是否存在相互作用。

如何研究一个客观事物的性质？——研究它和其它事物的相互作用的性质。

场，便是对相互作用的一种描述。电磁场描述的是电磁相互作用；引力场描述的是引力相互作用；化学场描述的是热力学的规律，它也可以理解成这种规律对处于场中的物质的统计性的作用——场不仅可以描述具象的相互作用，还可以描述抽象的相互作用。

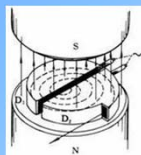
对电磁场的进一步讨论

电荷（或带电体），电场是两个相辅相成的东西。有时候，人们把电荷间的相互作用转化成电荷在电场中的受力，把带电体的能量转化为电场的能量进而简单求解；有时候，人们又通过电荷来描述电场，甚至引入了虚构的电荷（电像法）。

静电学中带电体和电场总是同时存在的，但有时候，我们用场描述，有时候，我们用电荷描述。

对电磁场的进一步讨论

- 某些元件中的电磁场，而不去考虑相应的带电体或电流等。比如回旋电子加速器。



- 当我们研究带电粒子在电磁场中的运动时，我们就不关心它本身的电磁场。

结论

(电、磁) 荷和 (电、磁) 场
是对同一问题的两种描述
但有时用其中一种描述
更加简便



客观事物的“场物二象性”

玻尔：“一些经典概念的应用不可避免的排除另一些经典概念的应用，而这‘另一些经典概念’在另一条件下又是描述现象不可或缺的；必须而且只需将所有这些既互斥又互补的概念汇集在一起，才能而且定能形成对现象的详尽无遗的描述。”——互补原理。

我认为，互补原理也是对“场物二象性”的描述。

电磁场的物质性

电磁场是具有物质性的，它具有能量动量，角动量， $\omega = \frac{1}{2}(\mathbf{E} \cdot \mathbf{D} + \mathbf{B} \cdot \mathbf{H})$; $\mathbf{g} = \mathbf{D} \times \mathbf{B}$;
 $\mathbf{l} = \mathbf{r} \times \mathbf{g}$; 这与我们熟悉的物质(物体)是一样的。

实物的场性

实物与实物之间也存在相互作用，若我们用场来描述这种相互作用，实物的场性便得以展现。

举一个例子，我们不妨考察物体间的弹力。我们可以定义所谓的“弹力场”：

$\mathbf{N} = -k \mathbf{x}$ (k比例系数，x是形变位移) 来表示平整表面，单位表面积上的弹力。

对路径积分，就得到相应的势函数。

刚体则可看成是一个内部势无限大的场。以至于它根本不能发生形变。

一个通俗的例子

用一个通俗的例子来加深对物体具场性的理解：两个人站在地板上，甲说：地板是实实在在的物质，它给我以向上的支持力，恰好平衡了我的重力，所以我站在地板上而不至于掉下去；乙说：地板是一个场，在其内部的势太高，在“掉下去”这一过程中，重力场中我的能量的减少不足以抵消“地板场”中我的能量的增加，所以我掉下去的概率实在太小了，以至于这辈子都不能发生一次。

更深层次上的理解

近代物理中，实物是由费米子构成的，而电磁场是由玻色子构成的，两者存在着较大差异。但我认为，在看待问题时，不应将两者分开——因为玻色子即是传递费米子间相互作用的媒介。离开了作用对象的相互作用是没有意义的，与其他事物不存在相互作用的实物也是没有意义的，因此，任何一客观事物都是两者的某种结合。所以，“场物二象性”是必然的。

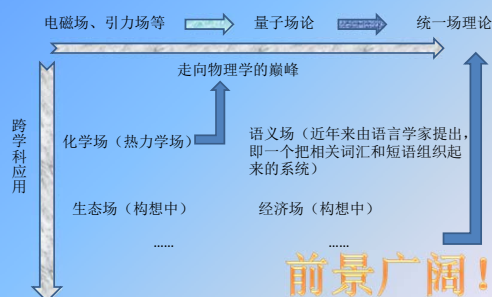
总结

我通过对电磁场的深入思考与查阅相关的资料，了解到了电磁学中场理论的优越性与电磁场的本质。

在深入思考的过程中，我发现，所谓“场”即是对相互作用的一种描述。而相互作用是在客观事物间普遍存在的，所以场的应用十分普遍。

正是这种普遍性使得场理论的跨学科应用成为可能。

场理论的应用展望



参考文献

- 【1】费恩曼等，《费恩曼物理学讲义（第2卷）》，上海科学技术出版社，2005年6月第一版。
- 【2】胡友秋等，《电磁学与电动力学（上册）》，科学出版社，2008年7月第一版。
- 【3】吴大猷，《量子力学（甲部）》，科学出版社，1983年8月第一版。
- 【4】傅献彩等，《物理化学（上册）》，高等教育出版社，2005年7月第五版。
- 【5】范崇正等，《物理化学》，中国科学技术大学出版社，2010年8月第四版。
- 【6】曼昆，《经济学原理》，北京大学出版社，2009年4月第一版。
- 【7】徐克学，《生物数学》，科学出版社，1999年10月第一版。

谢谢大家！

- 欢迎提问
- 如有错误恳请指出