

当前位置: 首页>期刊文章

【小中大】 【打印】 【关闭窗口】 【PDF版查看】

转载需注明出处

《科学文化评论》第5卷 第6期（2008）：

学术沙龙

现代科学中的还原论与整体论

郝刘祥

摘要 文章试图澄清对还原论和整体论的种种误解。分析表明，尽管还原论纲领确实激励着现代科学的发展，但还原论迄今所取得的成功还是相对有限的；还原论与整体论并不构成对立面，现代科学既不完全支持整体论，也不完全排斥整体论。

关键词 还原论 整体论 系统论 层次论 现代科学

无论是在主流大众媒体上，还是在各式各样的学术讨论中，我们常常会看到或听到这样一种观点：中国的思想是整体论的，而西方的科学是还原论的。我不清楚这种说法源自何处，并且又是如何流传开来的。可每当我听到这种说法，心中自不免纳闷：主张这种观点的人是如何理解还原论和整体论的？在他们的心目中，还原论和整体论有没有清晰的定义？以及，如果有的话，这样说是不是符合实际情况？这里我不打算就该论点发表完整的评论，只想主要就“现代科学是还原论而非整体论”的看法，谈谈自己的理解。

与系统论相对的还原论

世上有一门很有特色的科学，叫做“系统科学”，其子学科包括数学中的动力系统研究、通讯领域中的信息论和工程领域的控制论。系统科学不同于其他学科的地方，是它没有自己专属的研究领域，而是一门所谓的“横断科学”，研究对象无所不包。系统科学里到底是如何阐述系统论的，我不太清楚，但作为“哲学观点”的系统论，我想人人都很明白：系统大于部分之和。不过，虽然人人都知道这句话，它的含义却没几个人能说得清楚。究其原因，是因为这个陈述中“大”与“和”都是在隐喻的意义上使用的，从而可以作无穷多的解释或发挥。换句话说，这不是一个分析式的命题。

姑且不论“系统大于部分之和”这句话是否有确切的意义，我们注意到，不少人确实是在这句话的对立面上理解还原论的，即：客体的性质是由其组分的性质所决定的。我们平常听人说的头痛医头、脚痛医脚，就可以作为该版本的还原论的一个注脚。物理学家温伯格（S. Weinberg）将这种还原论称之为petty reductionism，即狭隘的或庸俗的还原论。^[①]

如果一个人对还原论采取这种狭隘的、庸俗的理解，并且认为科学研究就是遵循这种还原论的指导而进行的，那么我要说这是对科学的一大误解。之所以会造成这种误解，我相信是由于人们将科学对物质结构的探索与对基本规律的探求混为一谈了。可以举一个简单的例子来说明这个问题，这个例子就是儿童玩具气球（理想气体模型）。气球内的组分我们是相当清楚的，即普通空气，包括氧分子 O_2 、氮分子 N_2 、二氧化碳 CO_2 等等，假定这些分子皆服从牛顿第二定律，那么它们的行为我们也是清楚的，但由此我们不能得出气球膨胀的机制。要了解气球会如何膨胀，我们至少必须有气体分子之间如何相互作用的知识，即牛顿第三定律——作用力与反作用力相等这一基本定律。

科学的核心目标是理解物质运动、变化和相互作用的规律。为什么对称性概念在当代物理学中极端重要？因为相互作用的描写方式与对称性及其局域化密切相关。探询物质的基本结构，是科学研究的古老目标，它可以上溯到古希腊的原子论，甚至可以上溯到前苏格拉底时期米利都学派和爱利亚学派哲学家的思想。但我们不能忘记，这个目标是为另一个更基本的目标服务的，这个更基本的目标即理解物质运动和变化的规律，或曰“挽救现象”（to save the phenomena）。古希腊的原子论是如此，牛顿的微粒论也是如此。遗憾的是，从古希腊原子论的提出，到现代化学的诞生，这两千多年人类对于物质结构的认识一直没有多大进展，因而对于物质运动和变化规律的研究一直没有提供多少帮助。



科学文化评论

在19世纪，物理学家和化学家分别沿着自己的研究路线发展出了物理原子论和化学原子论。物理原子论者不可能是庸俗还原论者，否则他们就不会区别物质的气态、液态和固态。水蒸气、水和冰的组分都是水分子，它们之间性质上的差异，正是物理学家需要解释的问题。同样，假如19世纪的化学家是庸俗还原论者，那么他们也不会最终接受分子学说。分子是原子的结构式，其性质自然不是其组成原子之性质的简单外推。化学家普遍接受分子学说是**在1860年**卡尔斯鲁厄国际化学会议之后的事，而在此之前，由于没有区分原子与分子，在凯库勒的《有机化学教程》中仅醋酸就列出了**19种**不同的分子式。

只是到了20世纪，人们对物质结构的探索才开始真正服务于对基本规律的寻求。基本规律即关于基本相互作用的规律。1919年之前我们还只知道自然界中的两种基本相互作用，即引力相互作用和电磁相互作用。关于前者，我们迄今仍然只能在宏观和宇观尺度上进行研究；而对于后者，得益于原子结构的阐明，我们建立了人类历史上最为精确的理论——量子电动力学（QED）。自然界中另外两种基本相互作用，弱相互作用和强相互作用，是我们在探究原子核结构时才发现的，对其规律的研究势必与对核子结构的探索合为一体。事实上，在当今量子场论的框架中，基本粒子与相互作用有时变得难以区分。我们常说，质子是由三个夸克构成的，但这只是一种方便的说法。依据量子色动力学，质子质量的90%以上都不是来源于价夸克。在电子-质子深度非弹性散射实验中，质子呈现出由大量自由运动的“部分子”构成的图像。今年开始运行的大型强子对撞机（LHC），与其说是为了寻找标准模型中的最后一种基本粒子——希格斯粒子，还不如说是检验标准模型的关键环节——希格斯机制。如今，我们对物质结构的研究似乎已走到了尽头，但科学仍将发展下去。

无论是系统论，还是庸俗还原论，都是相当笼统的看法，对于科学的发展不可能起到什么指导作用，而且也确实没有起过什么重要作用。现代科学的成就，既不支持所谓的系统论，也不支持作为其对立面的庸俗还原论。理想气体的压强是其组分气体的压强之和，难道理想气体的温度也是其组分气体的温度之和？系统的性质是不是由其组分的性质决定的，需要看你所探讨的是什么性质。再者，无论是系统论，还是庸俗还原论，都是从系统本身出发来考察系统。我们不能忘记，物理系统的某些性质，必须考虑到该系统之外的因素才能得到说明。举例来说，手机在地下室就无法接听或拨打电话。

与层次论相对的还原论

尽管迄今我们尚无法对复杂性概念给出一个精确的定义，但基于对这一概念的直观理解，我们仍然必须承认，现实世界确实呈现出一种**梯级结构（hierarchical structure）**。从梯级结构的底部，也就是基本粒子层面，逐级而上，经过原子、分子、细胞、机体层面，直至心理和社会层面，系统的复杂性不断增加。所谓层次论，即认为在复杂性的每一个阶梯上，都存在相应的基本理论，高层次的理论尽管与低层次的理论相容，但不可能作进一步的约化。与层次论相对的还原论则认为，所有科学理论原则上都可以约化为关于基本实体之间相互作用的一组定律。为了与上文提到的庸俗还原论相区别，温伯格将这样定义的还原论称作**grand reductionism**，宏伟的还原论。

这个还原论纲领确实是非常宏伟的，因为它在某种程度上就是科学探索的终极目标，即力图将所有科学定律表述成一个公理化体系，就像欧几里得仅仅用五条公理推出三四百条几何定理一样，从而全部自然现象都可以用、并且仅仅用少数几条基本定律来给予解释。为行文方便，下面我将把这样理解的还原论，径称作还原论[2]。

信奉还原论的科学家相信，随着DNA双螺旋结构的发现，遗传理论已经成功地约化为化学理论；作为化学理论核心的价键理论，早在20世纪初就建立在原子的量子理论基础之上；而非相对论的量子力学，又可视作相对论性量子场论的特例。他们相信，量子电动力学差不多可以解释我们日常生活世界中的所有现象，仅有的例外是重力、太阳能或原子能等极少数现象。假以时日，人类的意识终可以用物理学化学定律来加以阐明。

当然，并非所有的科学家都信奉还原论，美国凝聚态物理学家安德森（P. W. Anderson）就是突出代表。按照安德森的观点，当我们沿复杂性的阶梯拾级而上时，随着系统复杂性的增加，对称性不断降低，因此在每一级阶梯上都需要有全新的概念构架。相应于这种梯级结构，自下而上我们依次有基本粒子物理学、凝聚态或多体系统物理学、化学、分子生物学、细胞生物学、……生理学、心理学、社会科学。安德森承认，所有自然现象皆受同一组基本定律所支配，但他并不认为，支配某一级阶梯的概念或理论可以完全约化为支配下一级阶梯的概念或理论。

即使我们同情或向往温伯格的宏伟还原论，我们也必须承认，安德森的论证是强有力的：一个多体系统的态，根本不必具有支配该系统之定律的对称性；换句话说，对称性发生了自发破缺，由此涌现出的全新的性质必定要用全新的概念框架来处理。安德森认为，所有层次上的科学理论都是同样基本的，它们之间的差别只是普遍性有所不同；支配低层次的定律在高层次依然有效，反之则不然。正是本着这个“同样基本”的观点，安德森最终成功地扳倒了温伯格竭力为之辩护的超导超能对撞机（SSC）计划。

还原论的极端形式，就是安德森所批评的建构论（**constructionism**）：一旦我们掌握了基本层次的所有定律，我们就能重建整个宇宙。而层次论的极端形式，则是不可通约论，按此论点，高层次的理论 with 低层次的理论之间没有沟通的桥梁。显而易见，这两个极端的观点都是不能成立的。其实，通常人们所认为的还原，往往并不是真正的还原，而只是在相邻两个层次的理论之间建立起了对应关系。之所以能建立这样的对应关系，是因为我们一方面有高层次的理论，另一方面我们有低层次的理论。

举例来说，在气体分子运动论中，高层次的理论是理想气体的状态方程，低层次的理论是气体分子所服从的经典力学定律，对应理论则将温度解释为分子的平均动能。如果没有理想气体状态方程，无论如何我们也给不出温度与分子平均动能之间的关系。在超导情形中，高层次的理论是序参量理论，低层次的理论是量子电动力学，居间的BCS理论则将作为序参量的玻色子场归结为电子的库珀对，但序参量理论并没有被约化为量子电动力学。在分子遗传学中，高层次的理论是基因理论，低层次的理论是化学键理论，而作为桥梁的DNA理论则将基因归结为碱基对序列。如果我们把一个基因比作一个英文单词，那么一个键就好比是一个字母。即使我们知道如何拼写一个单词，它的含义我们还得去词典中去查。换句话说，我们同样无法仅仅依据化学键理论，运用逻辑推理的方法得出基因理论。

还原论作为一种纲领，或者说作为一种信念或理想，确实对科学的发展起着巨大的推动作用。19世纪初，力学、热学、光学、电学和磁学的研究还是各自为政，正是依靠机械论自然观这一还原论纲领（尽管该纲领最后证明是错误的），到19世纪中叶这些分散的领域才汇聚为物理学这门学科。同样，19世纪生理学也是依据这个还原论纲领才走上正轨的。但另一方面，我们必须承认，还原论的成功还是非常有限的。不同层次的理论之间的所谓“还原”，其实不过是在两个理论之间建立起了桥梁。即使在基本层次

现代科学的发展确实受到了还原论纲领的激励，不过这里的还原论是相对于层次论而言的。可是在不少中文论著的表述中，还原论往往被当成整体论的对立面。何谓整体论？整体论与还原论是对立面吗？现代科学是反整体论的吗？这些问题其实都不是很清楚。

整体是相对于部分而言的，或许正是因为这个缘故，人们往往从“整体”一词的含义来推想“整体论”的含义，进而将整体论等同于所谓的系统论。但我们若是认真考察整体论的用法，就会发现这种理解有些想当然，因为在提到整体论时，我们脑袋里往往会想起天人合一、民胞物与、万物一体等哲学思想。从语用角度可以看出，整体论强调的是万物之间的相互联系和不可分割的特征。那么我们该如何恰当地定义整体论呢？这里我参考美国佛罗里达哲学系刘闯教授的讨论，来给出一个易被人们认可定义，即：客体及其性质，若是脱离该客体所处的整体外部环境，就无法存在，或是无法被定义，因而也就无法理解。

根据这个定义^[3]，我们可以看出，整体论与还原论根本就不是对立面。还原论说的是，一切自然现象都可以用同一组基本定律给出解释，这就意味着，客体的性质可以用、并且只需用一组基本定律来作出说明（这组基本定律显然涵盖了自然界的所有基本相互作用）。还原论既不完全支持整体论，也不完全反对整体论。举例来说，假如我们考察地球表面的一块岩石，岩石下落的行为显然要从外部环境来考虑，但岩石的硬度则取决于其矿物成分和结构。按还原论的观点，前者被归结为引力相互作用，后者被归结为电磁相互作用，那你说还原论是支持整体论还是反对整体论呢？

极端的整体论否认存在相对独立的物理系统，这显然是一种神秘主义的观点。现代科学原则上承认宇宙间的一切事物都处于相互联系之中，但是并不否认存在相对独立的物理系统。客体或其性质离开其所处的外部环境能否独立存在，取决于该客体与外部世界相互联系或相互作用的强度。如果我们不分青红皂白，对一切问题均采用整体论的观点，那么这显然是一种神秘主义的做法，与现代科学本质上是不相容的。

但只要我们不采取这种极端的看法，就不难发现，现代科学并不完全排斥整体论。一位科学家是否采用整体论观点，以及一个科学理论是否体现整体论色彩，取决于具体的科学问题或相应的客观现实。生命和社会科学领域中的整体论并不鲜见，比如，人体细胞的生命特征离开不组织营养，个人买卖股票要考虑企业经营状况和宏观金融环境等诸多外部因素，离开了组织营养或宏观经济环境，细胞的生命特征或个人的投资行为就会变得无法理解。这里我举两个物理学中的例子。

第一个例子来自爱因斯坦创立广义相对论的过程。广义相对论是爱因斯坦凭借宏伟的构想、深邃的洞察和经年的努力而创立的一个极其美妙的理论，该理论的创立在很大程度上得益于马赫原理所发挥的启发作用。马赫原理说的是，一个物体的惯性来自该物体与宇宙间所有物体（包括极其遥远的星体）的相互作用，或者说，惯性取决于宇宙中物质的分布。作为一条关于惯性起源的原理，马赫原理突出了宇宙整体对于局部或个体事物的影响：若是不考虑宇宙整体，惯性的起源便无从解释。爱因斯坦曾一度把马赫原理列为广义相对论的三大基本原理之一。

惯性的起源问题，至今仍然是量子场论中令人头疼的问题。尽管广义相对论最终并不支持马赫原理，但我们仍然期望马赫原理在未来有所发展。量子色动力学已经将质子质量的93%左右归结为色相互作用能，从这个角度讲，马赫关于惯性质量起源的猜想至少已被部分否定了。但问题是，剩下的7%，也就是夸克和轻子的质量从何而来？说它们起源于希格斯机制不过是换了一种说法而已，并不是一种真正的回答。还有，惯性运动的起源问题，很可能与宇宙学原理密切相关。这表明，马赫原理仍然有一个可以期许的未来。但到底有还是没有，最终取决于客观实在。

第二个例子取自量子色动力学——关于强相互作用的量子理论。强子是两夸克或三夸克的束缚态，夸克带有色荷，但我们观察到的粒子皆是无色的，理论对此的解释是色禁闭。由于有色禁闭，我们永远也无法观察到自由的夸克。换句话说，夸克不能脱离它的小宇宙——也就是强子的内部世界——而独立存在，夸克与强子内部的其他夸克以及在夸克之间传递相互作用的胶子共同构成一个整体。

其实，不单是量子色动力学，所有量子场论都带有整体论的色彩。在量子场论中，物质的基本属性，比如质量、电荷、色荷等等，往往是相互作用的耦合常数。电荷不再是电子的固有属性，而是电磁相互作用的耦合系数，会随能标跑动。离开了电子所处的外部环境，电荷就是无法定义的。所谓物理电荷，不过是零动量下的散射几率幅。当然，所有这些问题都还没有解决，量子场论也许最终只是一个有效理论。在未来更为成功的理论中，整体论特色能否继续保留，还是要取决于客观实在。

基于上文简要分析，我们现在可以回答文章开头提出的问题。首先，现代科学是还原论的吗？我们的回答是不尽然。还原论作为一种理想确实激励了科学的发展，但还原论迄今所取得的成功还是相对有限的，而且并非所有的科学家都接受还原论。其二，现代科学是反整体论的吗？我们的回答也是不尽然。科学家是否采取整体论的立场，或是一个科学理论是否带有整体论的色彩，取决于具体的科学问题，并且最终取决于客观实在。最后，还原论是整体论的对立面吗？我们的回答则是否定性的。将还原论理解为整体论的对立面，不仅是对还原论的庸俗理解，而且也是对整体论的片面理解。只要我们不作这种狭隘的理解，那么，还原论与整体论并不是同一个层面上的两个概念。