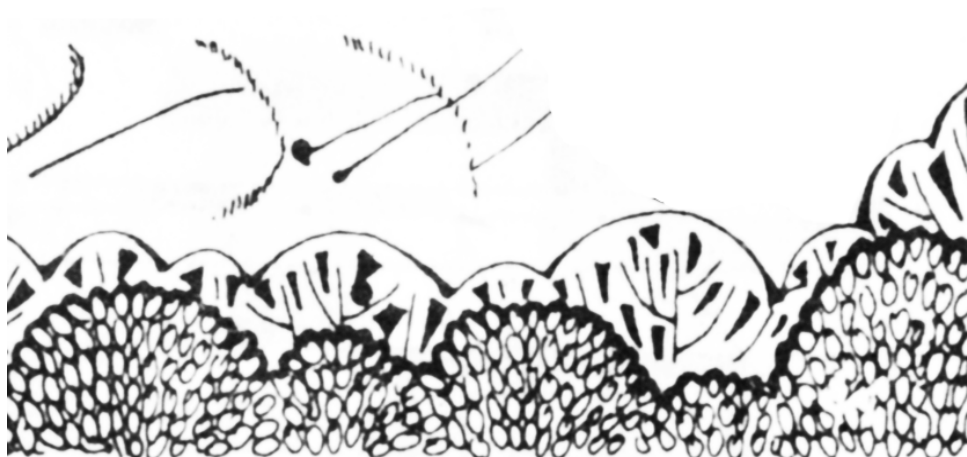


# 化学概览

## (三)

文强 编著



# 目 录

化学发展论 .....	1
化学发展的结构模式 .....	1
化学发展动力 .....	10
化学发展分期 .....	19
化学经济 .....	24
化学经济的对象 .....	24
化学与经济的联系 .....	33
化学研究的经济效果评价 .....	41
化学文化 .....	47
化学文化的界定 .....	48
化学文化的流动 .....	57
化学文化的社会融合 .....	67
化学文化的价值判断 .....	78
化学人才 .....	86
化学人才的分类 .....	87
化学人才的素质 .....	94
化学人才的作用 .....	100
化学人才的成长 .....	107
美国化学的发展 .....	112
英国化学的移植 .....	112
早期的实用化学特征 .....	119
振兴美国化学的途径 .....	122
美国化学优势地位的确立 .....	126
西欧化学的发展 .....	139
英国化学的发展 .....	140
法国化学的发展 .....	148

德国化学的发展 ..... 155

## 化学发展论

化学发展论是关于化学科学演化的理论体系，主要包括两方面的内容：一是关于化学发展的本体论理论；二是关于化学发展的认识论理论。前者是关于化学发展过程的特点与规律的理论，主要探讨化学发展的规律、模式、动力、分期，以及化学社团的作用和化学人物的评价等问题；后者是关于化学发展的认识特点、规律和方法的理论体系，主要探讨化学发展研究的目的、任务、功能以及化学发展研究最终成果的表达方法与编纂方法等问题。

## 化学发展的结构模式

化学科学经过三百余年的演化和进步，已经发展成为具有独特结构的复杂系统。从系统论的观点看，化学的发展就是化学系统内部结构的重组、增生和外在功能优化的过程。化学科学这一演化过程经过科学的抽象后再作出形式化的表述，就得到了化学发展模式。化学发展模式不仅是对化学发展进程特征的记录和描绘，而且更是从内在机理和本质特征上对化学发展规律的反映。或者说，它是对化学演化机制和化学发展规律的一种模型化和图式化的解答。

化学的多层次结构、多方面品格、多样化形象，决定了人们可以从不同的角度、不同的层次去考察、理解

和描述化学。化学发展的结构是把化学作为一个动态的过程(包括相对静止和显著运动两种状态)来考察。通过描述化学的静态特征,可以得到化学模式;通过描述化学结构关系的变化可以得到对化学发展特征和内在机理的认识,进而得到化学发展的结构模式。

### 一、化学的逻辑结构模式

化学史的研究表明,化学科学的发生主要来自两方面的渊源和动力。第一,来自古代化学工艺生产中工匠们所积累起来的操作经验,以及炼金家的实际操作技术,在此基础上形成了近代化学的实验技术和实验方法;第二,来自古代自然哲学家借助思辨所提出的关于物质的组成、结构和转化的思想。这些思想成为近代化学理论建构的概念基础。近代化学革命之所以把化学最终确立为科学,就在于它把古代彼此孤立发展的这两个过程有机地结合到了一起,即建立了化学的实验部分和理论部分的相互依存和共同推动的耦合关联机制。这种机制的必然要求是,化学理论必须是构造型的,即必须满足可证伪性和预见性的要求。这两个特点把化学理论同化学实验紧密地联系在一起:化学先立足于依靠实验积累的事实归纳出某些结论,然后化学家提出理论去解释它们,并预言其它结论,进而再由实验来检验(证实或证伪)这些结论或推论。而化学实验必须是受控性质的实验,即是在严格控制条件下进行的,而不是以不可控制的偶然因素起作用的实验。这就保证了任何人、在任何地方、用同样条件和方法做同一实验都具有可重复性、再现性,可以得出同一实验结果。这就进一步保证了实验结果对理论检验的有效性和可靠性。化学理论向构造型的过渡和化学实验的受控性的实现,是化学发展的基本前提。

近代和现代化学的发展正是在这两个基本方面的相互作用中实现的。因此,化学实验和化学理论的各自特征及其相互关系的演变就成为建构化学发展模式,探讨化学发展规律的基本线索。

### 1. 化学实验

化学实验是人们根据一定目的,运用一定物质手段,在人为控制和变革客观对象的条件下,通过观测获取化学事实,以探索物质的化学本质和规律的方法。

化学的发展实际上是人们的认识逐渐接近客观真理的过程。为此,首先人们必须具备一定的技术手段,以便对认识对象输入变革,进行控制,并对认识对象的输出信息进行观察和记录,了解变革的结果。由此可见,在任何化学实验过程中,人们都必须碰到两类基本的变量。一类是可控制变量,表示主体对客体的控制和改造;另一类是可观察变量,表示主体对客体的感觉和观察。化学实验同一般的科学观察的区别就在于它能够通过人为的控制和干预,使人们对某些复杂的或转瞬即逝的自然现象进行实验研究。由于化学实验较之化学生产具有规模小、周期短、再现性强的特点,就使它具备了生产实践所无法比拟的优越性。科学的化学之所以能够确立,就是起步于化学实验。它使化学从一般的科学观察中游离出来,从生产实践中分化出来,成为一种独立的社会实践活动。化学实验方法的应用,首先就使化学家能够源源不断地从自然界获取所需的各种信息,从而为理性思维提供丰富的感性材料。其次,又使化学家能够在理性思维过程中对所出现的偏差和谬误进行及时的校正。因此,化学实验的基本功能就在于一方面为理论、假说的提出和创立提供思想材料;另一方面又为理论的确立、

完善和突破提供证实或证伪的依据。

## 2. 化学理论

化学理论是系统化了的的知识体系。它用概念、判断、推理的形式为较完整地反映客观对象的本质及其规律。

化学理论的提出必须依据实验事实，在此基础上，还须接受化学实验的检验。然而，在化学史上，却常有人依据确凿的实验事实却得出错误结论的情况，或者从不甚准确的事实出发却得出了相对正确结论的情况。这说明人们在搜集和取舍材料，以及在对材料进行概括抽象时往往会出现失误和偏差。这些失误或偏差能够得到纠正的关键就在于化学同其它自然科学一样，总结出了建构化学理论所必须遵循的最基本方法。作为这种方法的结果和缩影的化学理论必须具备以下特征：

第一，化学理论必须建立在一定的经验或实验事实的基础上。化学家在对实验事实进行筛选的基础上通过归纳和分析提出一种逻辑构造型的假说体系，作为理论框架。

第二，化学假说和理论必须具有逻辑的明晰性。它导出的结论不仅符合逻辑，而且必须可以用经验或实验来检验。由于化学认识主体的个性差异，使得他们即使对相同材料的抽象和概括，也可能得出种种不同的结论，这些不同的结论只有通过实验事实的比较才能鉴别其真伪。

第三，化学理论作为一种规范，必须能够推导出超越建构理论时所依据的经验或实验事实范围之外的结论。这就是化学理论的预见性。它可以促使化学家在新的理论背景下，在新的范围内去组织新的材料，从而建构更新的理论。这就使化学发展能够从实验到理论，再

从理论到新的实验，以及从新的实验到新的理论之间的循环不断地加速进行。

## 二、化学的动力学结构模式

化学系统的逻辑结构是从共时态的角度对化学系统组成要素的分析，然而，现实的化学系统总是不断演化、进步着的，因此，化学系统的共时性分析必须满足动态性的要求。所谓动态性的要求，就是要能够通过结构关系的演变刻画出化学实验和化学理论相互作用的机制，进而阐明化学系统进化的动力学问题。一门科学之所以有存在的价值和发展的契机，正是因为它保持并不断完善着这种机制。因此，要在探讨化学逻辑结构的基础上，建构起化学的动力学结构。

化学系统的发展并非是化学实验的进化和化学理论的生长的简单叠加。化学实验的进化和化学理论的生长都不是仅靠自身的内在驱动，而是依靠它们之间的相互作用才构成了化学系统发展的主要推进动因。当我们从静态的逻辑结构上把化学系统作了二元的分解之后，就为进一步研究化学系统的动力学结构埋下了伏笔。

在建构科学发展的模式时，关于科学的起点问题是令科学哲学家十分棘手的问题，也是科学哲学界歧义最多的问题之一。应当看到，科学始于问题和科学始于观察的观点都从不同侧面反映了科学发展的真实历程，然而，如果固执一端，并使之绝对化，那只能使科学哲学对科学发展(或发现)过程的重建远离科学发展的实际。因此，当我们从化学实验和化学理论的角度探讨化学发展模式时，应在承认化学实验需要一定的理论背景为其导向的同时，又要注意到实验对理论的提示和检验作用。这样，二者之间的相互作用就成为我们研讨的重点，而

暂不论争何者在先的问题。

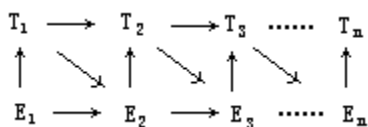
从实验的结构和功能上看，化学家在实验中掌握的可控制度量越多，他们变革化学对象的能力就越强；掌握的可观测变量就越多，他们对自然界的了解也就越深入。从理论上讲，实验过程中可供选择的变量可能有无穷多个，那么，化学家如何做出正确的选择，使实验观察找到正确的聚焦点呢？化学史的研究表明，变量的选择往往受到实验目的的支配。也就是说，可控制变量和可观测变量的选择常常是由最初的理论模式决定的。理论模式为人们的实验提供一个既定的方向，选择一个可以深入下去的侧面。正确的理论背景所形成的构想和假说，往往起到类似晶核的作用。它使人们正确地选择可控制变量和可观测变量，从而使理论的增生和建构过程不断地得到来自实验的负反馈，实现从实验到理论、再由理论到实验的反复循环。

从化学发展的总体进程上考察，由理论的构想到实验的设计和完成，只是发展的一个环节，它还需过渡到下一环节才能形成一个完整的发展周期。这下一个环节就是从实验到理论的上升。实验对理论的作用主要表现在两个方面：第一，对在背景理论提示下所作出的推论和建立的假说予以证明或反驳；第二，对新理论的建立起直接或间接的指令作用。就理论的产生和成长机制来说，实验对理论的证明、反驳或提示，往往不是一劳永逸地最终判定或裁决。化学家最初赖以建构理论的实验事实常常是不完备、不全面的，他们最初提出的理论也常常是有缺欠的。然而，这种实验的不完备和不全面所以能够得到完善和补充，理论的缺欠和错误所以能够得到克服和修正，就在于从实验到理论、再由理论到实验

的循环能够反复地进行。

实际上，化学系统的发展不能仅仅从化学实验和化学理论的相互作用中寻找求解程序。化学理论一旦形成，就可借助自身的逻辑力量获得独立发展的能力，并对未知领域的探索提供指导。化学理论的这种自我发展能力主要是通过不同理论之间的论争和辩难，以及化学认识主体对理论自身的逻辑基础和美学特征的反思与批判实现的。这就是说，理论的生长受到自身的逻辑力量和实验的检验与提示的双向驱动，而实验的设计和实施受到自身水平和理论导向双重因素的制约。因此，能更为全面地反映化学系统内在进化机制的模式应如下页右上图所示。

其中 T 为化学理论，E 为化学实验。这个图式的最大优越之处就在于它较明了、直观地反映了化学实验与化学理论的相关耦合机制，又体现出理论自身的进化和实验的自我完善过程。这就为探讨和解释化学发展的动力提供了基础，也为从社会文化背景下建构化学发展模式提供了内在依据。



### 三、化学的社会文化结构模式

这里，我们对化学系统动力学结构的重建还只是囿于认识论的范畴。实际上，任何科学发展模式的合理建构如果只停留在认识论的水平上，而不将其纳入社会文化的总体结构，也就难以全面地反映科学发展的实际和发挥科学应有的社会功能。因此，就需要在动力学结构的基础上，进一步探讨化学的社会文化结构。

化学是在一定的科学背景和社会文化氛围中产生和发展起来的，因此，其发展不能不受到自然科学的其它分支和社会文化整体的其它构成要素的制约与影响。化学的发展是通过化学家的认识活动来实现的，而任何科学认识活动都要按一定的方式进行。我们把化学理性认识活动的方式叫化学思维方式。当我们把化学放在社会文化的背景下考察其社会运行时就会发现，社会文化因素首先通过整个自然科学的思维方式这个中介来影响化学认识主体的思维方向和进程。一定时代的科学思维方式使科学家按照一定的习惯模式进行思考，从而形成一定的思维定势和思维惯性。这种思维定势和惯性制约着科学家选择和接收信息的方向和范围、加工、处理信息的途径和方法。拉瓦锡和普里斯特列虽都发现了氧气，然而，提出氧化说的之所以是拉瓦锡而不是普里斯特列，根本原因就在于他们是按照不同的方式处理同一实验事实。拉瓦锡接受了建立在牛顿力学基础上的近代科学的思维规范。牛顿力学表明，重量和质量是两个等价的范畴。牛顿力学建立在质量不变的假设之上，而这个假设又由于牛顿力学的巨大成功而不容置疑。因此，臆造一种与其它物质在性质上根本不同的物体是不必要的。由于参加化学反应的物质应是与牛顿力学相符的物理实体，所以质量不能为负。正是这种思维方式和精神定向，使拉瓦锡一开始就对燃素说采取了怀疑和批判的态度，并立意通过实验找到使燃烧物增重的实体，直到提出新的理论框架去解释燃素说无法容纳的事实。科学史家辛格指出，牛顿对于物体在同一地点重量保持恒定的清晰证明，揭示了一个简单而有效的检查数量变化的标准，从而给化学的合理性一种特殊的动力。

任何化学认识活动都是化学认识主体为了达到某种目的和满足某种需要而展开的目的性活动。认识主体需要的产生和目的的选择不仅只来自化学发展的内在逻辑，而且还往往受到社会价值观的深刻影响。一定社会的价值观念制约和影响化学认识主体的目的、意图、方向、态度，并导致某种信念的产生。主体的需要越强烈，价值观念越确定，则认识外部世界中同主体需要和价值观念有关的对象的定势也就越稳定、越显著。拉瓦锡所生活的时代，启蒙运动正席卷欧洲大陆，荡涤着一切陈腐的观念，怀疑、批判、探索的精神贯穿于启蒙大师们的一切著作中。正是这种革故创新的价值观才铸就出了拉瓦锡的理性批判精神，并使他成为化学发展史上划时代的人物。

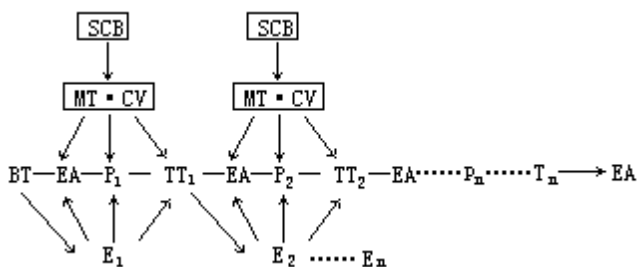
社会文化因素影响化学发展的具体机制，必须在化学的动态模式中得到表述。这样，就需要在动力学结构中实验——理论逻辑通道的基础上，找到化学的内在逻辑与社会的文化结构的契合点和对应处，进而揭示出在化学发展的不同时期，化学与社会文化对流与互动的真实内容和具体形式。为此，必须把化学系统的动力学结构再做进一步的分解。

在化学动力学结构这两个层次中，理论层次更接近社会文化结构。社会价值观念和思维方式的变革通过化学认识主体的建构活动反映或折射到化学假说、理论的提出、检验、修改、完善和突破等诸环节中。从化学理论的生长机制上看，人们首先从原有的理论或假设系统出发，去发现、辨别、设定具体问题并表述它们，而这些问题一旦确定就预示了理论建构的方向和它的基本雏型。这预设的理论经实验的反复检验一旦现实化，就是

某一解决问题过程的结束，而在新理论的作用下，又会激发新的问题，并提示、引导理论的进一步建构。所以问题和理论的相互作用始终伴随着解决问题和激发问题两个过程，其具体机制可表述如下：

BT EA P<sub>1</sub> TT<sub>1</sub> EA P<sub>2</sub> TT<sub>2</sub> EA.....P<sub>n</sub>.....T<sub>n</sub> EA  
A

其中 BT 为背景理论，EA 为认识评价，P 为问题，T 为尝试性理论。如若把化学理论视为一个解决问题的动态过程，则势必要涉及到该动态系统的偏差校正机制。这种机制就是实验检验。它是通过认识和评价的中介，规定和影响问题的设置和理论的建构。而社会文化中的思维方式（MT）和价值观念（CV）是通过认识评价、问题设置、尝试性理论的提出等环节影响化学系统的理论层次的。我们把以上解析的结果，同社会文化结构（SCB）的两个要素做整合的处理，就得到上页的图式。



以上模式不仅展示了化学发展的内在逻辑，也反映了化学发展的社会运行。它有助于人们从结构关系的变化上进一步探讨化学发展动力，把握化学发展规律。

## 化学发展动力

认识化学的整体结构和建构化学发展的模式是为了

更好地认识化学发展规律 科学地预见化学发展的未来，从而更有效地推动化学的进步。为此，必须在建构化学发展模式的基础上，进一步探讨化学发展推进动因的问题。

从已建构起的化学发展模式可以看出，从化学内在逻辑的意义上说，化学的发展实质上就是化学问题和理论假设之间的变换和转化过程。若使这个过程能够高效的运行，需要两方面的动力：一个是化学系统内部理论层次和经验层次矛盾运动的推力；一个是来自于社会经济结构和文化结构的拉力。这两方面的动力一方面保证着每一环节都能有效地完成自己的职能；另一方面使各个环节之间的动作趋于协调，即保证上一环节的输出能够成为下一环节所要求的输入。如果仅有内在的推力或外在的拉力，那么充其量只能保证其中的一条，而不能同时满足两条。下面仅从化学系统内外各种矛盾运动的分析入手，探讨一下化学发展的动力。

### 一、化学系统内部的矛盾运动

从化学发展的内在逻辑上看，主要存在三个层次的矛盾运动。第一层次是实验事实与化学理论之间的矛盾运动；第二层次是化学理论之间的矛盾运动；第三层次是化学认识主体的美学追求同化学理论体系自身逻辑基础的完备性和表达形式的完美程度之间的矛盾运动。

#### 1. 实验事实与化学理论之间的矛盾运动

在化学科学的演化与进步史上，化学家从事实验的理论动机有时并不十分明确。他们据以建构理论的实验事实也常常不甚准确。化学家所以能够在自己的工作中避免使偏差或错误放大和膨胀，就在于他们在自己的实践中形成了一套有效组织材料、修正理论的规范、程序

和方法。这些规范、程序和方法的有效运用是通过化学实验这个环节来保证的。波义耳所以成为近代化学的奠基者，就在于他把严密的实验方法引入了化学，并吸收了笛卡儿的理性演绎法和把它同实验归纳法结合起来，实现了化学方法的伟大变革。由此，化学才真正成为科学。

化学理论与化学实验的矛盾运动从两个方面展开，一方面是化学实验为理论的提出、修改、突破、重新建构提供实验依据；另一方面表现为理论对实验的能动指导。化学理论体系越是趋于成熟，自我改进的机制越是完善，对实验的指导作用也就越强。19世纪60年代，门捷列夫根据人们对已发现的63种元素的实验研究，发现了元素周期律。元素周期律并非同当时的所有实验事实相符合，门捷列夫也并未因有大量的“反常”，而让新发现的科学定律去迁就“事实”。他依据元素周期律，用逻辑方法修正了铍等6种元素的原子量，在此基础上预言了15种未知元素，并推断出它们的性质，这些理论推论均得到了实验的证实。

## 2. 化学理论和化学理论之间的矛盾运动

在化学发展史上，常常出现学说林立、理论纷争的局面。不同的理论、学说间的论争与辩难，一方面推动着理论自我改进和更新；另一方面也丰富着实验研究的内容和形式，从而保证着实验-理论循环加速机制的高效运行。

在化学发展史上，19世纪是一个在实验发现和理论建构方面均取得空前成就的世纪，化学曾一度成为整个自然科学的带头学科。化学认识主体的思想碰撞，相互竞争的化学理论之间的论争，是化学全面发展的主要动

因之一。19世纪上半叶,传统二元学说对新生一元学说的驳斥和抨击非但没有使年青的罗朗放弃自己的理论而服从权威,而是为他进一步设计、实施实验,修改、完善自己的理论提供了思想材料。

在化学系统的进化过程中,对立的理论、学说之间的论争与辩难,使化学系统内部不断地发生着思想的对流和观点的碰撞,这些对流和碰撞启迪出批判的灵感,激发出创造的火花,化学大厦也就会因此而永不停息地构建着。

3. 化学认识主体的美学追求与化学理论体系自身逻辑基础的完备性和表达形式的完美程度之间的矛盾运动

化学理论体系的存在与发展,一方面由于外部经验事实的证实或证伪而得到推动;另一方面,也受到理论自身的逻辑完备性和表达形式的美学特征的制约和影响。化学所研究的自然界本身所固有的秩序、和谐、对称等特性,要求化学认识主体通过化学所特有的美学形式将其表达出来。同任何科学理论一样,化学家在其理论建构活动中,把对简单、明晰、统一、和谐、守恒、对称的追求视为化学理论研究的最深层动力。“完成了科学史上的一个勋业”的门捷列夫早在青年时代就怀有世界和谐统一的科学信念。正是这种信念使他感到应做出一种把元素的原子量与其特性联系起来的广泛概括,以把化学认识导向哲学的认识,建立化学和物理学之间的联系,寻求对化学过程的合理解释。这种崇高的科学信念,使他勇于摆脱狭隘经验论和归纳万能论的束缚,不是盲目地、不加分析地去追随实验而成为片断事实的奴隶。他对于作为和谐、对称、统一的自然界的反映形式的元素周期表中出现的间断和空缺,深知它们并非是自

自然界所固有的或是人类理性能力所不及，而只是人类至今尚未能通过实验去发现和弥补而已。为此，他用逻辑方法第一次讨论修正了某些元素原子量的错误，并对未知元素作出了准确的科学预言。在本世纪初，正是出于对科学定律的美学特征的追求，才赋予科学家狄拉克以科学创造的原动力，从而建立了反粒子理论，使数学形式的“美”，变成了物理与化学世界的“真”。

相信自然界的有秩序性，从而可以把表面上的混乱现象归结为一种井然有序，可以理解的格局的这种信念，从古希腊人开始就成为科学发展的原动力。以科学美为内在动力的研究传统是整个古希腊科学的特征。这种信念和传统在近、现代科学中得到了继承和发展。对世界的结构方式及其数学表达形式的简单性的追求，驱使着近代的道尔顿创立了原子论；可能是来自于对更高层次的美学追求的激励，又驱使普里戈金能站在更高层次上考察可逆与不可逆、对称与破缺、存在和演化、有序和无序的对立统一，创立了耗散结构理论，从而在自然科学和人文科学之间架起了联系的桥梁。

## 二、化学系统与社会环境的相互作用

一切科学理论都是为解决人和自然的矛盾服务的，也就是为人类自身生存和发展的需要所从事的认识、利用和改造外部世界的活动服务的。因此，揭示外部世界和人自身活动的客观规律是一切认识活动的根本目的，也是一切理论的起点和开端。如果说，从化学发展内在逻辑的追索中，可以得出化学认识的内在动力是来自于主体的求知渴望所推动的结论，那么，化学社会运行的考察则使我们认识到，化学的发展还有来自社会环境的外在推动。这就是人们对化学的实利性或有用性的追求。