

# 马克思主义中国化是一个“化学反应”——基于化学键和分子轨道理论的抽象类比分析

■ 李后强

**[摘要]**“马克思主义中国化”作为一个科学命题,有着丰富的内涵。它的思想实质就是把马克思主义基本原理同中国具体实际相结合,包括同中国的实践、中国的历史传统、中国的民族文化相结合。中国化的过程,只是理论对象、表现形式、实现途径的变化,基本原理特别是立场、观点、方法没有变化,主要特征是产生了新理论(“新物质”),这就是毛泽东思想和中国特色社会主义理论体系,同时伴随着革命运动、生产建设、科技创新和改革发展等外在现象。因此,马克思主义中国化是一个“化学过程”,不是“物理混合”。我们从化学反应的本质特征出发,基于类比方法,应用化学键、分子轨道理论,研究了中国化的过程和机理,提出了中国化的条件和要素。

“马克思主义中国化”作为一个科学命题,其思想实质就是把马克思主义的基本原理同中国的具体实际相结合,从而解决中国的问题,推动中国社会的发展,同时进行新的理论创造,形成“中国化的马克思主义”**[1]**。 “基本原理”是指马克思主义思想体系中那些最主要、最重要和最核心的东西。“实际”有两种含义:一种是指真实的情况,即事实;一种是指人们的行动,即实践。党的早期领导人李大钊、陈独秀、李达、恽代英、张太雷、蔡和森等,在他们的著作中都曾经有过要研究怎样把马克思列宁主义应用到中国革命的实践中的思想**[2、3]**。在1945年4月党的六届七中全会通过的《关于若干历史问题的决议》,其中指出“中国共产党自1921年产生以来,就以马克思列宁主义的普遍真理和中国革命的具体实践相结合为自己一切工作的指针”。毛泽东明确提出“马克思主义中国化”这个命题,虽然是在1938年10月党的六届六中全会上所作题为《论新阶段》的报告中,但是他关于要把马克思主义的理论同中国的实际相结合的思想早已有之**[4、5]**。

我们知道,马克思主义诞生在欧洲,十月革命一声炮响,来到了中国。马克思主义基本原理与中国具体实际相结合,就是中国化,由此诞生了毛泽东思想和中国特色社会主义理论体系**[6]**。人们会问,中国化是实质的还是表面的?如果是实质的,就应该是“化学反应”,有“分子”变化。如果是表面的,就应该是物理混合,没有“分子”变化。当然,这是一种现象类比和形象说法,只是便于我们深刻理解中国化的内涵和特征,更好地掌握中国化的马克思主义和发展着的马克思主义的实质。只要具备中学化学知识就会懂得化学反应与物理混合的差别。化学反应必然产生新物质,而物理混合没有新物质产生。例如,氢气与氧气反应产生水,2H2+O2=2H2O,就是化学反应。通常可以用公式,A+B=C(新物质)表示,这里A和B是反应物,可能是多个物质。C是生成物,也可能是多个,如还有D、E、F、G等。化学反应也可多重反应,有一些不稳定的中间过渡态产物,其过程必然伴随物理反应,还有一些外观的变化。我们从化学反应基本概念出发,再运用分子轨道理论来抽象地类比分析马克思主义中国化问题,目的是希望更深刻揭示“中国化”的内在本质,更好地为继承和发展服务。可能会引起学术争鸣或讨论,我们认为这种探索或“冒险”是值得的,因为符合建设创新型国家的要求。

## 第一个问题：化学反应与马克思主义中国化的唯象类比

我们知道,物质是由分子构成(有的金属是直接由原子组成),分子由原子构成,原子由原子核和电子构成,原子核由质子和中子构成,质子和中子由基本粒子(如夸克)构成。有几个公式需要记得,如质子数(Z)=核电荷数=核外电子数=原子序数;质子数(Z)=阳离子的核外电子数+阳离子的电荷数;质量数(A)=质子数(Z)+中子数(N)(忽略电子质量)等。分子和原子的根本区别是分子在化学变化中可以再分,而原子不能。

化学反应的本质是分子发生变化,而原子核没有变化,如果原子核发生了变化就是核反应,如原子弹爆炸。主要特征:一是有新物质产生;二是可能有光、热、色、体变化,放出气体、生成沉淀等。在化学反应中,分子破裂成原子,原子重新排列组合生成新物质,电子分布发生了变化,判断一个反应是否为化学反应的依据是反应是否生成新的物质。化学反应一定伴随着物理反应,而物理反应中则未必有化学反应。化学反应是由反应物变成生成物的过程(绝大多数化学反应是可逆反应),通常伴随着能量的释放或吸收。

马克思主义中国化,就是将马克思主义基本原理同中国具体实际相结合。简单地说,就是把马克思主义的基本原理和中国革命、中国建设、中国改革、中国历史、中国文化结合起来,使马克思主义在中国实现民族化、本土化和具体化**[7]**。总之,马克思主义中国化就是用马克思主义来解决中国的实际问题,同时又使中国的实践经验上升为理论,形成具有中国特色、中国作风和中国气派的中国化的马克思主义理论。马克思主义中国化的过程,只是理论对象、表现形式、实现途径的变化,基本原理特别是立场、观点、方法没有变化,主要特征是:一是产生了新理论(“新物质”),这就是毛泽东

思想和中国特色社会主义理论体系;二是伴随着革命运动、生产建设、科技创新和改革发展等外在现象。基本原理主要是历史唯物主义和辩证唯物主义,包括政治、经济、社会、党建等理论,特别是马克思主义立场、观点和方法。

用数学集合概念表述,化学反应 H={新物质、光、热、色、体},分子 F={原子{原子核、电子},原子核{质子、中子}}。在化学反应中,电子数量和性质没有变化,但运动范围变化了。在中国化中,“电子”应该是思想观念,其质量几乎为零,但没有它什么都干不成。尤其是在化学反应里,本质上是电子运动空间的拓展,进入其他原子的领域。因此,在化学反应中,只是原子核没有变化,电子运动范围变化了。按照系统分解原理,马克思主义理论体系是“分子”水平A,马克思主义理论是“原子”水平={政治、经济、文化、社会、党建等具体知识},“原子核”={历史唯物主义、辩证唯物主义等立场、观点、方法}。中国实际情况是“分子”水平B,中国具体问题是“原子”水平={中国革命、建设、改革、发展等实际问题},中国“原子核”={优秀传统文化、自然物质资源、民族生物特质等个性问题}。马克思主义中国化的过程会有新理论、革命、建设、改革等产生,新理论 C={毛泽东思想、邓小平理论、“三个代表”重要思想、科学发展观…}。

马克思主义中国化就是“化学反应”: A{马克思主义原理}+B{中国具体实际}=C(中国共产党人创造的新理论) 换句话说,就是共产主义思想,特别是历史唯物主义和辩证唯物主义,包括政治经济学和哲学的基本原理,与中国的革命、建设、改革、发展问题的结合,就产生了毛泽东思想和中国特色社会主义理论体系。因此,中国化的马克思主义,其内核是马克思主义的立场、观点和方法,而不是某个具体的个别的论述。由于地域和历史的限制,对马克思主义在中国的应用不能生搬硬套,必须实事求是,一切从实际出发。但是,也不能偏离马克思主义基本原理,否则就不是马克思主义政党,就是忘了“老祖宗”,忘了根,忘了本。国外一些号称马克思主义的政党,由于受西方政治思潮影响,其价值观发生了质变,偏离了马克思主义立场、观点和方法,实际上不再是真正的无产阶级政党。中国就是一个庞大的“实验室”,中国共产党组织就是“反应容器”,外部力量和内部力量就是催化剂。可以看到,中国化与化学反应二者抽象形式非常类似。从时间轴上讲,C有多个中间层次的过渡产物,经过实践慢慢完善定型,比如毛泽东思想的丰富完善,具体的如农村包围城市、武装夺取政权、统一战线、党的建设等。从层次上讲,“基本原理”就是原子核,这个不能变,如果基本原理改变了就不是马克思主义,而政治、社会、经济、文化等层次的具体知识可以变化。中国化中可能出现群众运动、武装斗争等,相当于光热、能量的释放。马克思主义中国化是多重多重反应,产生了多个新物质如毛泽东思想、邓小平理论、“三个代表”重要思想、科学发展观等,每个理论都有马克思的基本元素,但又不是原物质。当然,这纯粹是一个形象和唯象的类比。

## 第二个问题：中国化程度的化学键分析

从抽象角度看,马克思主义中国化应该是典型的“化学反应”,理由是马克思主义基本原理与中国具体实际相结合产生了多种新思想和新理论。当然,中国化有阶段性和层次性。目前在中国至少有四个“产物”,即毛泽东思想、邓小平理论、“三个代表”重要思想和科学发展观,这四者之间是一脉相承的,核心是马克思主义基本原理没变,因此有共同性、传递性和一致性。化学变化的实质就是不同物质的分子中的原子进行重新结合,原子核不变。中国化就是马克思主义基本原理深入到中国具体问题的各个领域。中国是一个具有悠久历史的文明古国,曾经创造了举世公认的东方文明,有着独具特色的历史传统和深厚的文化传统。马克思主义中国化,就其本质来说,就是依据时代要求和实践需要,运用马克思主义基本原理深入研究和回答中国革命、建设、改革面临的实际问题,寻求和不断开拓有中国特色的革命、建设和发展道路,因此赋予马克思主义以强大的生命力。

中国化的产物是“化合物”而不是“混合物”,应该相当稳定,化合物中包含中国元素和马克思主义元素,其结构因产物而不同。如“三个代表”重要思想,主要涉及人民利益、先进文化、先进生产力等层次。科学发展观主要涉及发展的本质、方法和要求。中国化的程度是指马克思主义基本原理与中国具体实际融入的程度,可以用数学方法定量描述。如抽样统计调研、网络测评、专家评审、热力学的熵变(ΔS)、吉布斯自由能函数增值(ΔG)等来判断。热力学函数主要反映系统的有序性、扩散性、传播力和影响力,只能作为参考。熵增ΔS>0,系统无序性增加,熵减ΔS<0,系统有序性增加。吉布斯函数G是系统的广延性质,表示变化范围、领域、边界,与外部环境有密切关系,具有能量的量纲。当体系发生变化时,G也随之变化,增值ΔG只取决于变化的始态与终态,而与变化的途径无关。作为判据应用时,

ΔG<0 正向自发,ΔG>0 正向非自发;升温至某温度时,ΔG由正值变为负值,高温有利于正向自发;降温至某温度时,ΔG由正值变为负值,低温有利于正向自发**[8]**。所以,温度对化学反应的作用在不同情况下是不同的,应该区别对待。当然,对于马克思主义中国化,这不是一个简单的问题,还要具体深入研究,但可以推测,熵增和吉布斯函数都是对中国化稳定性、生命力、传播力的生动刻画。化学反应需要催化剂、温度、压力、溶剂等,催化剂降低活化能、温度激化能量,压力增加密度,溶剂有利于溶解,这些都是有利于化学反应顺利进行的条件**[9]**。那么对于马克思主义中国化,这些都是外在条件,如国际国内经济、政治、军事形势,最关键

是民心所向。 分子是由原子构成的,单质分子由相同元素的原子构成,化合物分子由不同元素的原子构成。由两个原子构成的分子称双原子分子,例如氧分子(O2)和一氧化碳分子(CO):一个氧分子由两个氧原子构成,为同核双原子分子;一个一氧化碳分子由一个氧原子和一个碳原子构成,为异核双原子分子。由两个以上的原子组成的分子统称多原子分子。分子中的原子数可为几个、十几个、几十个乃至成千上万个。中国化的理论应该是异核多原子分子,至少是双原子分子。中国化的紧密程度,就是A与B结合的程度,可以用化学键的键能、键长、键级等参数来表征。键长——指两个成键原子的平衡核间距离,是了解化学键强弱和性质的参数,通常键长值小,键强。键长可以试验测定。键级——表示化学键的牢固程度,定义是:键级=(成键轨道上的电子数-反键轨道上的电子数)/2,键级可以描述共价键的稳定性,键级越大,共价键越稳定。键级也可以是分数。一般说来,键级愈高,键愈稳定;键级为零,则表明原子不可能结合成分子。键能——通常指在标准状态下气态分子拆开成气态原子时,每种键所需能量的平均值。例如,下面四种共价键的键能(kJ/mol)分别是H-H436,C-H413,C-C347,N≡N945,等等**[9、14]**。键角——就是键和键的夹角,如果已知分子的键长和键角,则分子的几何构型就确定了**[12]**。化学键有多种,我们只讨论共价键。它是由两个或多个原子共同使用它们的外层电子,其本质是原子轨道重叠后,高概率地出现在两个原子核之间的电子与两个原子核之间的电性作用**[10]**。

我们先讨论共价键的形成。A、B两原子各有一个成单电子,当A、B相互接近时,两电子以自旋相反的方式结成电子对,即两个电子所在的原子轨道能相互重叠,则体系能量降低,形成化学键,亦即一对电子则形成一个共价键。形成的共价键越多,则体系能量越低,形成的分子越稳定。因此,各原子中的未成对电子尽可能多地形成共价键。这点表明,马克思主义理论要尽可能多的与中国多方面的实际结合,形成更多的“共价键”中国化才稳定。共价键有一些特征,如,饱和性:在共价键的形成过程中,因为每个原子所能提供的未成对电子数是一定的,一个原子的一个未成对电子与其它原子的未成对电子配对后,就不能再与其它电子配对,即,每个原子能形成的共价键总数是一定的,这就是共价键的饱和性。例如:O有两个单电子,H有一个单电子,所以结合成水分子,只能形成2个共价键;C最多能与H形成4个共价键**[11]**。方向性:各原子轨道在空间分布是固定的,为了满足轨道的最大重叠,原子间成共价键时,当然要具有方向性。

在中国化问题中,“电子”相当于有共产主义觉悟的积极分子或共产党员,其本质就是一种思想或观念,是一种理想信仰,人只是一个载体。“键长”就是心灵距离。“键级”就是支持率,可以用支持的人与反对的人来表示键级,反对的人越多(反键数越多),键级越小,键长越大,越不稳定。“键能”是马克思主义元素与中国元素结合的稳定性,正能量的大小;“键角”表示马克思主义理论切入角度及分布状态、传播广度和深度。在中国化问题,“饱和性”指同一种理论在一个特定地区,只能形成一个党派,一个党派只能有一种指导思想,不能搞指导思想多元化,表示绝对忠诚和唯一性。在中国化问题,“方向性”表示理论切入的方向,为哪个阶级、为哪个阶层服务,方向就是道路和旗帜,决定着宗旨和稳定性。中国共产党的宗旨就是全心全意为人民服务。诺贝尔奖得主莱纳斯·鲍林(L.Pauling)还提出了轨道杂化理论,认为中心原子能量相近的不同轨道在外界的影响下会发生杂化,形成新的轨道**[9、10]**,简称杂化轨道;杂化轨道在角度分布上,比单纯的原子轨道更为集中,因而重叠程度也更大,更加利于成键;参加杂化的原子轨道数目与形成的杂化轨道数目相等,不同类型的杂化轨道,其空间取向不同**[13、14]**。对于中国化问题而言,“杂化轨道”相当于多个思想的混合,这就是马克思主义从德国古典哲学、英国的经济学和法国革命理论中吸收了营养,形成了辩证唯物主义和历史唯物主义,所以,马克思主义也是多个元素的“化合物”。在化学键中,配位键是一种特殊的共价键,它的特点在于共用的一对电子出自同一原子。形成配位键的条件是一个原子有孤电子对,而另一个原子有空轨道。配位化合物,尤其是过渡金属配合物,种类繁多,用途广泛,现已形成配位化学。在中国

化问题中,这相当于所有的马克思主义理论都由国外输入,国内一片空白,只是一个受体,在任何国家的初期都是这样,知道和了解马克思主义的人几乎没有,都从国外进入。

## 第三个问题：中国化条件的分子轨道理论分析

1932年,美国化学家 Mulliken RS和德国化学家 Hund F提出了一种新的共价键理论——分子轨道理论(molecular orbital theory),即MO法**[15]**。这是处理双原子分子及多原子分子结构的一种有效的近似方法,是化学键理论的重要内容。它认为分子中的电子围绕整个分子运动。该理论注意了分子的整体性,因此较好地说明了多原子分子的结构,是原子轨道理论对分子的自然推广。其基本观点是:物理上存在单个电子的自身行为,只受分子中的原子核和其他电子平均场的作用,以及泡利不相容原理的制约,因此假设**[16]**:

1. 原子在形成分子时,所有电子都有贡献,分子中的电子不再从属于某个原子,而是在整个分子空间范围内运动。在分子中电子的空间运动状态可用相应的分子轨道波函数ψ(称为分子轨道)来描述。分子轨道和原子轨道的主要区别在于:(1)在原子中,电子的运动只受一个原子核的作用,原子轨道是单核系统;而在分子中,电子则在所有原子核势场作用下运动,分子轨道是多核系统。(2)原子轨道的名称用s、p、d…符号表示,而分子轨道的名称则相应地用σ、π、δ…符号表示。

2. 分子轨道可以由分子中原子轨道波函数的线性组合(linear combination of atomic orbitals,LCAO)而得到。有几个原子轨道就可以可组合成几个分子轨道,其中有一部分分子轨道分别由对称性匹配的两个原子轨道叠加而成,两核间电子的概率密度增大,其能量较原来的原子轨道能量低,有利于成键,称为成键分子轨道;同时这些对称性匹配的两个原子轨道也会相减形成另一种分子轨道,结果是两核间电子的概率密度很小,其能量较原来的原子轨道能量高,不利于成键,称为反键分子轨道。还有一种特殊的情况是由于组成分子轨道的原子轨道的空间对称性不匹配,原子轨道没有有效重叠,组合得到的分子轨道的能量跟组合前的原子轨道能量没有明显差别,所得的分子轨道叫做非键分子轨道。

3.原子轨道线性组合的原则(分子轨道是由原子轨道线性组合而得的)。(1)对称性匹配原则——只有对称性匹配的原子轨道才能组合成分子轨道,这称为对称性匹配原则。(2)能量近似原则——在对称性匹配的原子轨道中,只有能量相近的原子轨道才能组合成有效的分子轨道,而且能量愈相近愈好,这称为能量近似原则。(3)轨道最大重叠原则——对称性匹配的两个原子轨道进行线性组合时,其重叠程度愈大,则组合成的分子轨道的能量愈低,所形成的化学键愈牢固,这称为轨道最大重叠原则。在上述三条原则中,对称性匹配原则是首要的,它决定原子轨道有无组合成分子轨道的可能性。能量近似原则和轨道最大重叠原则是在符合对称性匹配原则的前提下,决定分子轨道组合效率的问题。

4. 电子在分子轨道中的排布也遵守原子轨道电子排布的同样原则,即Pauli不相容原理、能量最低原理和Hund规则**[10]**。具体排布时,应先知道分子轨道的能级顺序。目前这个顺序主要借助于分子光谱实验来确定。

概括起来,分子轨道理论的四个主要观点就是**[9]**,电子在分子整体或原子系统中全域分布,性质相同(正负号、对称性)才能成键结合,能量(能级)相近容易结合,结合(重叠)越多越稳定。换句话说,原子轨道在线性组合时,遵守“对称性匹配原则”、“能量相近原则”、“最大重叠原则”;电子在分子轨道中排布时,遵守“能量最低原理”、“泡利不相容原理”、“洪特规则”。我们知道一个轨道最多可以容纳2个电子,“泡利不相容原理”说的是在一个轨道里所容纳的2个电子自旋方向必须相反,这样能量最低、更舒服,自旋相同的2个电子是填不进去的,容易“撞车”,使系统能量增高。“洪特规则”指的是,对于几个能量相同的轨道(不是一个轨道),电子尽可能占据不同的轨道,并且自旋相同,这样不占道,各走各的路,能量最低。泡利不相容原理适用于2个电子填同一个轨道的类型,洪特规则适用于多个电子填多个等价轨道时的情况。分子轨道理论能解释一些价键理论无法解释的现象。

这些观点对我们研究马克思主义中国化具有很强启发性和参考价值。如果我们把“原子轨道”作为基本原理和具体问题,把“能量”作为观点层次和社会地位,把“电子”作为有理论观点的共产主义者(实质是思想、信仰)、“自旋”相当于左右取向,把“对称性”作为阶级性质(敌我矛盾,如无产阶级与资产阶级),“轨道重叠”是认识的交集(共识)或公约数,那么就可以认为,马克思主义基本原理与中国具体实际结合,首先是阶级性质相同,不同阶级不可能结合(对称性匹配原则);二是共识越大(最大公约数),认识越深入,融合程度越大,结合越紧密,新物质越稳定(轨道最大程度重叠原则);三是在工人阶级中有共产主义觉悟的人越多,或党员越多,接受马克思主义的愿望越强烈,热情和激情越

高(能量近似原则),马克思主义基本原理在整个党派或国家传播(离域分子轨道、电子遍及整个分子)越迅速、越广泛;四是在同一党派(轨道)只能接受一种指导思想,如果硬要加入两种(自旋相反),能量就抵消。在不同党派(轨道)可以有不同的指导思想(自旋相同),能不会抵消。这就是说,在任何情况下,同一政党的指导思想都只能是唯一的,一元化的,想搞指导思想多元化在科学上没有根据。

马克思主义为什么不能在世界所有国家都生根开花结果?但中国为什么能接受西方的马克思主义?原因之一,在于有一大批先进分子如李大钊、陈独秀、毛泽东等,这相当于活跃的“电子”,同时中国共产党是中国革命的领导力量,其理论基础就是马克思列宁主义;原因之二,在于中国是一个半封建、半殖民的国家,幅员辽阔,各地差异性很大,这就给马克思主义传播留下了很大空间,为武装割据提供了条件;原因之三,在于中国优秀的传统文化就是民为本,把老百姓的生存看得很重;原因之四,在于鸦片战争后,中国苦难深重,人民都急切翻身解放,走向光明。因此,中国有马克思主义输入的条件和土壤。

## 第四个问题：结论与讨论

这是一篇探索性很强的文章,把无形的意识形态研究与有形的自然科学研究类比,得出马克思主义中国化是“化学反应”的结论,估计会引来一些争议或质疑,因为很多学者会认为社会科学与自然科学不能简单类比,各自特点不同。但是,科学发展到今天,学科界线已经不明,交叉与融合趋势很强,已经出现计算社会学、社会物理学、计量政治学、计量反腐学等。特别是在大数据时代,通过云计算等手段,使人文社会科学研究视野大大拓展。社会科学研究应该走向定量化、计算化,否则很难成为真正的科学。

本文带来的几点启示是:马克思主义中国化是一个“化学反应”,产物是“多核分子”,是“化合物”不是“混合物”;中国化过程是“多重反应”,有多个中间过程或产物;中国化的稳定性可以定量表示,如键能、键级、熵增等;中国化的过程可以用分子轨道理论阐述,有效的中国化必须满足一些条件,才能水土相符,落地生根,开花结果,比如满足“对称性匹配原则”、“能量相近原则”、“最大重叠原则”,遵守“能量最低原理”、“泡利不相容原理”、“洪特规则”,否则就是无效的努力。换句话说,必须与具体实际相结合。核心的问题是党派的理论基础和指导思想必须是一元化的,并且要与马克思主义基本原理符合。中国能接受西方的马克思主义,原因在于,中国共产党是中国革命的领导力量,理论基础就是马克思列宁主义。(在本文写作中得到电子科技大学马克思主义教育学院李单晶、罗大明、吴满意同志的帮助,许多观点和创意是他们的贡献,在此特别致谢!)

(作者李后强,四川省社会科学院党委书记、教授。)

### 参考文献

- 郭记中,马克思主义中国化的鲜明特点,《人民日报》2002年05月28日
- 许全兴,全面准确地理解马克思主义中国化的内涵,毛泽东邓小平理论研究,2006年4期15-17
- 王健,马克思主义中国化的科学内涵,安庆师范学院学报(社会科学版)2010年5月29卷5期,1-5
- 何继陆,马克思主义中国化问题的研究,北京,中国社会科学出版社,2006,2-8
- 汪青松,马克思主义中国化与中国化的马克思主义,北京,中国社会科学出版社,2005,4.
- 陈红娟,内在与超越的统一性存在——马克思主义中国化的本质解读,社会科学家2008,3
- 陈占安,“马克思主义中国化”的科学内涵,思想理论教育导刊,2007年第1期(总第97期)
- Enrico Clementi,Giorgina Corongiu.,《化学通报》,2008年第71卷,563~573
- 莱纳斯·卡尔·鲍林,卢家锡译,《化学键的本质》,上海科学技术出版社,1966年
- Langmuir, I. ,1919., J. Am. Chem. Soc. ,1919 ,41 :868~934 , quotation from p. 926
- Levine,Ira N.,1991,Quantum Chemistry,Englewood Cliffs,New Jersey: Prentice Hall,455~544
- J.C.Slater. Phys. Rev., 1951, 81: 385~390
- F.Hermann , S.Skillman . Atomic Structure Calculations , Prentice-Hall New York,1963
- .E.Clementi . J . Chem . Phys .,1964 ,41:295~314
- .Daintith, J. (2004). Oxford Dictionary of Chemistry. New York: Oxford University Press,15~18
- .Licker, Mark, J. (2004). McGraw-Hill Concise Encyclopedia of Chemistry. New York: McGraw-Hill,38-48