

《怀疑的 chemist》怀疑什么？

张功耀 余刚

【作者简介】张功耀(1956-)男,中南大学科学技术与社会发展研究所,教授。中南大学,长沙 410083;余刚(1960-)男,湖南大学化学化工学院教授,博士。湖南大学,长沙 410082

【内容提要】对R.Boyle的《怀疑的 chemist》原著进行分析之后发现,R.Boyle实际上是对17世纪60年代以前欧洲的化学思想表示了10个方面的怀疑。其中包括“元素”(或“要素”)概念、化学物质的构成方式、化学分析方法等。正是这些怀疑,推动古老的“黑术”(chymia)走上了科学的道路。

【摘要题】科技史

【关键词】怀疑的 chemist/波义尔/元素/要素

【正文】

(中图分类号)N09 (文献标识码)A (文章编号)1000-0763(2003)04-0062-07

1661年,R.Boyle所著《怀疑的 chemist》在牛津出版。化学史家曾经不止一次地指出过,正是这部著作使古老的“黑术”(古埃及“化学”概念的直译)走上了科学的道路。遗憾的是,341年过去了,我国学者对它的研究一直不多。除了少量文献间接而零星的提及它之外,系统的研究似乎还没有过。因此,《怀疑的 chemist》究竟怀疑什么?实在还是值得我们深入讨论的问题。但愿我们的一孔之见,能够收到抛砖引玉和拾遗补缺的作用。

怀疑之一:在怎样的基础上建立元素说或要素说?

早在17世纪以前,化学家们就把我们周围多样化的世界,限定为由几种最简单的“元素”(elements)或“要素”(principles)构成的世界。对此,R.Boyle首先表示了怀疑。R.Boyle指出:“尽管我在逍遥学派人士的书藉中遇到精微的推理,并在化学家们的实验室里看到美妙的实验,但因我疑犹而迟钝的天性而不禁觉得,如果他们都拿不出比通常拿出的更为有力的论据来证明他们的主张的正确性的话,那么,人们便有足够理由,对于结合物的那些物质组分,亦即一些人要我们称之为元素,另一些人要我们称之为要素的东西的确切数目是多少的问题,保留他们的一些怀疑。”[1](注:R.Boyle著,袁江洋译,“怀疑的 chemist”(中文版),武汉出版社,1993年版,第17页。)

R.Boyle指出,逍遥学派的四元素说,并不是按照实验的要求建立起来的,而是按照演绎的逻辑建立起来的。他们历来不大重视收集实验证据来证明他们的学说。他们仅仅满足于现有的理论,而不希望理论变得更加完美。他们也做实验。但是,他们的实验是为了解释真理,而不是为了证明真理,就像数学家用几何关系,天文学家用天球模型来解释世界一样。

16世纪,医药化学家巴拉塞尔苏斯(Paracelsus,1493-1541)——他被R.Boyle戏称之为“被煤烟熏出来的经验主义者”——最早对这种学说提出了异议。在巴拉塞尔苏斯看来,构成世界的不是土、水、气、火四元素,而应该是盐、硫、汞三要素(principles)。但是,R.Boyle指出,巴拉塞尔苏斯对三要素的证明却带有许多神秘色彩,和一些不易被人识别的神秘工序。“任何一个严肃的人要弄懂他们的意思,就好比去找出他们的万能酞剂一样,简直比登天还难。”[1.p.23]

这就是说,无论是用演绎逻辑,还是用经验主义加神秘主义的方式来建立元素的概念都是错误的。R.Boyle还

指出，逍遥学派和医药化学家通常用“火”作为结合物组成元素的分析工具，也是值得怀疑的。R.Boyle说：“火并不总是仅只对种种元素成分起分离作用，至少有时会对物体的组分起改变作用。”[1.pp.26]就是说，必须对古代元素理论的逻辑基础、神秘主义特点、以及化学实验方法进行重新的审视，才能建立严格科学的化学哲学。由此，R.Boyle很有信心地认为，“我对逍遥学派人士和化学家们为了证明元素的存在和数目所采用的那样鉴定方法进行质疑是有一定道理的。”[2]（注：R.Boyle著，袁江洋译，“怀疑的化学家”（中文版），武汉出版社，1993年版，第27页。此处的“化学家”，实际上也可以翻译成“药剂师”，特指16世纪以巴拉塞尔苏斯和海尔孟为代表的医药化学家。）

怀疑之二：化学家能否创造自然界中先前并不存在的物质？

R.Boyle是一位笃信上帝的基督徒。他认为只有上帝才是自然界独一无二的创造者。化学家的创造是不可能超过上帝的。化学家所创造出来的化合物，总可以被分解成上帝原创的那些物质。化学家并不能创造出上帝所未曾创造过的物质。

为了证明这一点，R.Boyle首先给出四个关于化学微粒概念的表述[1.pp.33~37]。这个表述由四个命题构成。

用我们通常可理解的语言来表达就是：

命题1：所有的化合物都是不同的微粒构成的。

命题2：微粒可以结合成微粒团或微粒簇。

命题3：生命物质（动物或植物）可以用火法分解出少数几种物质。

命题4：构成凝结物的物质就是“要素”或“元素”。

既然构成化合物的微粒就是要素或元素，那么，这些微粒是预存于各种不同物质形态中的基本元素呢？还是化学家们的最新创造？

为了证明基本元素是预先存在的，R.Boyle举了这么一个例子：

金作为一种贵金属，可以与银、铜、锡、铅、锑矿石共生或者共熔。这些共生或共熔后形成的物质，既不是金，也不是任何可以与之共生共熔的其它物质。此外，金还可以融入王水。[3]（注：即今“盐硝酸”

(nitrohydrochloricacid)，它是一种由三分盐酸和一分硝酸组成的黄色混合液，气味浓烈，腐蚀性强。因为它能融化“高贵的金属”（如，金、铂），故称“王水”。）当金被融入王水之后，金的微粒成了王水的一部分，并被王水“掩盖”起来了。如果将融化金的王水蒸发，还可以得到结晶形态的盐（，黄色针状晶体）。

用我们现在的反应式来写就是：

附图

显然，还可以将含金的盐，通过还原重新得到金。类似的实验还可以在其它物质之间进行。这样就很容易形成一个结论，当反应物的金以最初凝结物参与一个化学反应过程时，是以凝结物的整体形式进行的。金作为最小微粒的结合物，仍可以参与构成许多完全不同于金的化合物。而当金参与其它物质的构成时，金本身的性质和结构并没有发生改变。从金到含金盐，再回到金，整个过程都表明了金的某种不变性。从含金盐的升华分解可以证明，所有分解出来的“元素”或者“要素”一定是预先存在着的。所以，化学家并不能创造预先不存在的东西。

怀疑之三：火是万能分析工具吗？

在R.Boyle发表《怀疑的化学家》之前，火一直被当作分析结合物的万能工具。R.Boyle根据自己的化学实践指出，不论平庸的化学家们对此做过怎样的证明，发过怎样的训示，这恰恰是值得怀疑的。

R.Boyle认为，要确定火在化学反应中的作用并不是简单的事。他举例说，将愈创木放在火炉中燃烧，可以使愈创木分离成灰烬与油烟；而在曲颈瓶中蒸馏同样的树木却产生了极为不同的“异质”[4]（注：这是海尔孟化学哲学的一个术语，泛指本质上相异的物质。）物质。可见，火对于直接燃烧某些物质与隔离于密闭容器之中来蒸馏或升华某些物质，其作用方式和作用效果是不相同的。

除此以外，用火来完成一个分析过程，它的作用强度也是不可忽视的。R.Boyle以肥皂的生产为例，当火的强度适当的时候，它可以使盐、水、油或油脂发生共沸使之混合成一体。若对这种混合体再施加更强烈的热的

作用，这一产物又会被分解成一种既含油也含水的成分、一种含盐成分以及一种土状成分。

医药化学家巴拉塞尔苏斯说，万物都是由盐、硫和汞构成的。可是，R.Boyle说：“这种可能却从来不曾被实现过，更不用说要将所有这三要素一起分离出来。” [1.p.43]其中最显著的例子是，无法从金中分离出盐、硫或汞来。从铅银混合熔液、铜锌矿石、威尼斯云母、莫斯科玻璃、骨质项链、或从可熔的纯砂中都分离不出三要素中的任何一种。这表明，尽管火法分析被视为一种惯常的分析方法，但是，火法并不一定能够分析出“元素”来。

另一方面，对于某些化合物，不用火法分析，用另外一些方法反倒能够有效地进行化学元素分析。R.Boyle举例说，将金和银熔炼为一体后，再用火法很难将它们分离开来。而将它们置于镪水[5]（注：即浓硝酸，这是法国人在16世纪合成的一种强酸，当时的法国化学家称它为分离剂。）中却很容易将金和银分离开来。一些含金金属的盐，用火法几乎不能将这些金属分离出来，而将它们置于矾的水溶液就可以沉淀出所要分离的物质来。

由上种种，R.Boyle得出的结论十分明显：“火并不是一切结合物的万能分析工具。” [1.p.56]

怀疑之四：将火作用于某一结合物所得到的物质，是先存于该结合物之中的吗？

17世纪以前的化学家们认为，火只能分离先存于结合物中的物质，却不能改变这些物质。对于这个流行了两千年来的观念，R.Boyle用可以检验的实验得出了一个富有挑战性的结论：“火的运用，实际上往往非但可能将复合物分解成一些微小的成分，而且可能促使这些成分以一种新的方式复合。也许，一些含盐物质、含硫物质、以及具有另一些结构的物体可能是通过这种方式产生的。” [1.p.82]R.Boyle提出一个例子说，“勿须使用任何附加剂，也可以从植物中制得玻璃。” [1.p.83]而且，从植物制取玻璃只能在用火的过程中得到。对此，任何人都没有充分的理由断言，玻璃是预先存在于植物之中的。

诸如此类的实验证明：“火既常能分解物体，亦常能改变物体。我们运用火有可能从结合物中得到并非预先存在于其中的物体。” [1.p.84]

怀疑之五：“元素”（或“要素”）究竟以怎样的方式混合成物质？

亚里士多德曾经举例说，将一滴酒加入到比它多达数万倍的水中，这滴酒会因为受制于水而变成水。R.Boyle认为，这是不可理解的。假若亚里士多德的这个论断可以成立的话，则人们就完全可以将所有的贱金属都变成贵金属。比如，他可以将一块金熔化，然后再象滴酒那样，一粒一粒地加入极少量的铅或者铋，这样累积性的增加下去，所有的铅或者铋就都有可能转变成金了。这显然是荒谬的。

但是，这种被加入的物质与先前已经存在的底物之间，究竟是怎样一种结合方式呢？

第一种关系：并置关系

当一种物体被加入到另一种物体之后，出现了表面上看起来具有整体性相同的性质。比如，铜的颗粒被加入熔炼的液态金之后，就看不到原先的铜了。但是，金和铜却在复合过程中保持着自身的性质。二者只是以并置的关系构成一个整体，表现某种联合而已。并置的混合物所表现出来的性质也是并置的。这好比用白线和黑线相间织成的布那样。虽然，白线和黑线分别保持了它原来的性质不变，但它的整体感观印象却是灰色的。要知道并置混合物的性质，把这些组分拆开就清楚了。这种关系可以解释如下一些化学实验事实：

将三分银与一分金混合，通过熔化使之完全熔融，从而使生成的金属具有新性质。然后，将这种具有新性质的金属投入镪水溶液中。结果，具有新性质的金属会被迅速溶解。其中，银被溶化在镪水溶液中，而金则被沉淀下来。然后，还可以将银从镪水溶液中恢复出来。这就证明，当化学家把金和银熔融成“合金”的时候，金和银两种物体是并置的。

第二种关系：“极其牢固的”结合关系

在R.Boyle看来，结合物的结合，有些是非正常类型的。比如，水与水的混合；将两种不同的酒倒在一起，等等。化学家不必研究这样的结合。化学家所关心的结合，是指两种或多种不同种类的物体通过微小组分而互相结合，如，灰与砂子熔化成玻璃，糖溶于酒和水中，所得到的物质[6]（注：其实这种结合仍包含不同的形式。前者是通过化学反应的结合，后者则是物理的结合。在R.Boyle时代，这样的区别还十分模糊。）。在这

样的结合方式中，结合物中的组分并没有保持着它们原来的性质。因而，也不可能用火法分析从这些“新物质”中分离出原来的组分来。比如，不可能将玻璃再分开为砂子和灰。但这并不否认，在某些情况下，可能实现各种组分的重新分离。但是，这样的分离过程，对于大多数结合物来说是不可能实现的。这表明，大部分的结合物是“极其牢固的”（R.Boyle语）。这些物体既不是“元素物体”（即我们今天所讲的“单质”），也从未有元素被分离出来的可能。

R.Boyle发现不同元素的粒子或粒子团在化合或混合后形成新的物质的时候，可能存在以下三种不同的情形：第一种情形：反应性的粒子之间虽然发生了极为紧密的结合，并已形成了前所未有的新的物质和物质特性，但是，这些粒子却依然保持其作为反应物粒子的基本特性不变。

R.Boyle以金和银溶解后形成合金为例说明了这个问题。即，当金和银以某一适当的比例熔在一起后，利用镪水可使银溶解，而金则原原本本地留了下来。

这里所涉及的是合金问题。总的说来，按照我们今天的化学观点，将不同的金属结合成合金是物理变化，而不是化学变化。这一点不仅R.Boyle时代认识不清，现在也依然容易引起人们的误解。

当我们将不同的金属共同熔炼的时候，不同的比例，不同的熔炼方式和不同的温度条件，会获得不同物理性能的生成物。一种是以金间化合物的形式存在，如，两个金原子与一个钠原子可以形成一种二金钠、一个锡原子与一个铜原子可以结成锡化铜(CuSn)。在这种情况下，电负性较强的一种金属会把电子扔向电负性较弱的另一种金属。它们之间不具备通常的化合价理论所描述的那种结构方式，而只是一种结合倾向。所以，金间化合物的结合不牢固。另一种是以固溶体形式存在的。当两种金属熔化之后，某种金属原子的位置被另一金属原子所挤占，而形成原子位置的置换，或某种金属原子填补了另一金属元素的裂隙。这是合金工艺中出现最多的一种情形。经过这样的原子置换或填隙所获得的产品，比原来各自独立的金属具有更多更好的物理性能和化学性能。合金的第三种形式是两种金属元素的机械混合。这样的机械混合所得到的“生成物”，照样可以获得新的性能。无论是金间化合、固溶体形式的均匀混合，或是机械的不均匀的混合，它们都只是物理变化，或者更倾向于物理变化，而不是完全意义上的化学变化。这也就是R.Boyle所讲的，金属熔炼之后金属粒子“仍有可能保持其自身的性质”的现代解释。当然，这样的解释在R.Boyle那个时代是不可能有的。因为那个时候，还没有对物理变化和化学变化做出区分。

第二种情形：某些粒子团，粒子之间的结合并不紧密，以致于当这些粒子遇到其它种类的微粒时，则倾向与这些微粒发生结合。它使参加结合的两种粒子都丧失其原有的性质而被赋予新的性质。

与上一种情形实质上是物理变化不同，R.Boyle所描述的这一种情形显然是化学变化。他举的例子是，将铜溶于镪水或硝石精中，对溶液进行结晶，可以得到一种很好看的矾（即硫酸铜）。还有，将红铜与浓醋酸一起产生化学反应，结晶后得到的铅糖。这种醋酸被紧紧地固在了铅糖一起。继续对铅糖加热蒸馏，得到的不是原先参加反应的醋酸，而是一点也不酸具有强渗透性的东西[7]（注：袁江洋推测这种“一点也不酸”的东西可能是铅糖受热失水分解后得到的醋酸酐。对此，我们不表示异议。）

第三种情形是，物质发生化学反应之后，实现了更加紧密的结合。

按照并置论的推测，将蓝色的粉末与黄色的粉末相混合，直观上应该得到绿色的粉末。可是，当把红铅与硃砂以适当比例混合后再置于玻璃容器中加热时，原来的砖红

R.Boyle的这些发现开启了人们科学地认识化学物质的结构方式的道路。由之取得的第一个认识成就，是正确区分了物理变化和化学变化。

怀疑之六：造物主究竟用多少种元素创造了世界？

所有的结合物，不多也不少，正好是由三要素（硫、汞、盐）或四元素（土、水、气、火）构成的吗？是否存在这样一种情形，某些物质是由两种元素微粒构成的，而另有一些物质则是由三种、四种、五种甚至更多的元素的微粒构成的？

首先，R.Boyle认为，关于物质构成的三要素说肯定是不能成立的。他问：有谁可以证明，从贵金属中能够分解出盐、硫和汞呢？R.Boyle以打赌的口吻说：“如若有谁声称能够做成这个实验，并甘愿在万一遭到失败之

后赔偿损失的话，我愿意给他提供实验所需的全部材料和资金。” [1.p.105]对于不纯的金子，从中提取出不属于金的杂质元素来是做得到的。R.Boyle说，你把这些提取物叫做“金的酞剂”或“硫”都是无关紧要的。大概，从金中提炼出汞来也是可能的。但是，R.Boyle绝不相信可以从金中分离出盐来。R.Boyle还用威尼斯云母做实验，将其置于强火中灼烧，也没有分离出医药化学家所说的三要素来。这就足以证明，三要素的说法是站不住脚的。

对于某些物质，它不能被分解出三要素；而另一些物质则可以分解出多于三种的组分来。因此，“三”这个数目，并不能代表物体那些普适要素的数目。R.Boyle以葡萄为例，证明粘液和土也是构成结合物的元素。我们没有理由把这两种要素从物质的基本组成要素排斥出去。

因此，自然界的元素究竟有多少？还需要进一步的研究。

怀疑之七：究竟什么样的存在物可以称为元素？

R.Boyle指出，其实，不管是逍遥学派的哲学家，还是医药化学家，他们的“元素”或“要素”都不能反映物质构成的真实情况。他们随意加诸于火法分析产物之上的名称，说明不了任何问题。一个人对自己生养的孩子取什么名字，当然有他的自由。化学家对他们火法分析所得到的产物给以命名，当然也是他们的权利。但是，他们把这些产物理解为一种简单性的存在物，把它们叫做“元素”或“要素”就大错特错了。

R.Boyle指出：“人们正是依据一些微不足道的性质来定义一个个化学要素的。譬如，当人们利用火分解某种复合物时，倘若得到了一种可燃且不溶于水的物质，那么他们便会称之为‘硫’；倘是有味道、可溶于水的物质，则必定被当作‘盐’；而一切固定的、不溶于水的物质皆命之曰‘土’。又，我敢说，不问其构成，只要是挥发性的物质，都会被他们叫做‘汞’。” [8]（注：R.Boyle著，袁江洋译，“怀疑的化学家”（中文版），武汉出版社，1993年版，第134页。从这一段文字，读者不难看出，17世纪以前的欧洲化学家们所使用的硫、盐、汞和土，都不是我们现在化学意义上所指称的对应概念。）而且，当他们定义了“可燃烧，有气味”原始而简单性物质的“硫” [9]（注：此处的“硫”是17世纪以前的化学家曾经作为三要素存在的硫，不是我们今天作为化学元素的硫。）之后，如果有人说，存在一种不可燃的硫。则说这个话的人会被指责为相信“阳光灿烂的黑夜或液态的冰块”那样幼稚可笑。然而，经由火法分析所得到的产物是否都具有上述简单的性质？这是值得怀疑的。

第一，在火法分析中，加入不同的“作用剂”（催化剂或反应剂）同一种物质将会嬗变出性质截然不同的物质。R.Boyle举例说，蒸馏油橄榄所得到的油本身具有很强的腐蚀性和很难闻的气味。如果在这种油中加入医药化学家所讲的那种循环盐进行煮解，即可变成一种很香的油。这就证明，当使用火法分析来判断其组成要素时，其火法分析的产物与添加剂有关。

第二，火法分析可能增加底物的重量。R.Boyle把火理解为“众多的快速运动的微粒”。由于它们十分微小，且可快速运动，因此，它们能够穿过一些最坚固、最密实的物体，甚至穿过玻璃。如此，当人们使用火进行化学分析时，火微粒就可能进入这些物体，并同这些物体发生结合，并导致增重。比如，火作用于生石灰时，就似乎有大量的火微粒相当牢固地被结合到其中去了。

第三，火法分析既不能得到元素，也不能得到复合这种物质的混合成分，而是得到了新的物质。按照R.Boyle的“元素”概念，元素是那些指可以复合成其它物体，而不能由其它物体来复合的完全均一的物质。元素直接结合而生成的物质，R.Boyle称为第一结合物或原始结合物。第一结合物的再次结合生成第二结合物。当然，第二结合物中的某些结合物还可以经再次组合，又可形成第三结合物。如此等等，不一而足。R.Boyle认为，只有弄清了这样一些结合关系，才能理解究竟什么是元素？

怀疑之八：土、水、气、火是元素吗？

四元素说“强有力的证明”基于以下经验事实：

燃烧一节刚砍下来的青橄榄树，冒出来的树汁是水，烟雾状的东西是气，火焰和炭火当然是火，灰烬无疑就是土。不仅如此，用相同的办法还可以进一步地证明，这些被火法分离出来的东西，无不和青枝一样含有四种元素。比如，把树汁收集起来置于火上，会看到沸腾，产生出雾状蒸汽，并感觉到热，从而证明其中含

火，水份蒸腾完毕之后，仍可见或多或少的土。其次，橄榄油本身也象水分一样具有潮湿性和流动性，点燃之后也会产生火焰、雾状的气体，以及存在于烟油、雾气和残渣中的土。即使那残余的土，进一步地用剧烈的火进行燃烧，也还可以烧成象水一样可以流动的物质，变成气体，等等。同样的分析，对于奶汁、羊毛、亚麻种子、丁香、硝石、海盐乃至铋矿石都会有如此结果。

R.Boyle借用卡尼阿德斯的口气反驳了上述“证明”：

首先，把蒸汽说成气是没有道理的。蒸汽可用玻璃瓶收集并发生凝结。它证明，蒸汽始终都不过是无数十分微小的液滴的聚集物。就是说，蒸汽的实质是水，而不是气。

其次，把火看作是存在于橄榄枝等物体中的元素也是可笑的。当人们用火法分析离解某种物体时，这种物体是人外加热源中获得热的。没有外加热源，被离解的木材、粘液或其它什么东西，是不会发热的。R.Boyle解释说，物体所获得的热，要么通过火的直接作用获得，要么就是大量的火原子穿过容器壁上的微孔并迅速扩散到物体的其它部分引起的。所谓物体本身包含了一种“火”元素，并没有充分可靠的证据。

再其次，四元素说把一切流动性的物体都归结到“水”元素的存在。任何一种化学油皆含有这种元素，并且，油的可燃烧性还证明里面含有火。这也是错误的。R.Boyle举例反驳说，高纯度的酒精比油的流动性更好，可燃烧性比油更充分，并且还不象油的燃烧那样，会产生那么多包含“土元素”的油烟和油渣。

最后，四元素说的支持者认为，树木的那种固定盐，在剧烈火的作用下，也会变成蒸汽，从而证明，盐也具有四元素的内秉性。R.Boyle则反驳说，将盐放在烈火上焙烧，所得到的实际上是盐的散发物。若用容器将这些散发物收集起来，不难发现，这些被称作“蒸汽”的东西，仍然保持着盐的本性，而非气体的本性。

又，四元素说的支持者把盐可熔化于水的性质归结为“水”。这也是不正确的。盐能否熔化而成“水”，完全取决于热。是热以各种不同的方式作用于物体的种种微粒成分，并使之运动。这与水元素没有关系。

凡此种种均证明了一个事实，物质的性质是不能用四元素说来进行解释的。而且，R.Boyle十分幽默地指出，只要人们不闭眼就可以发现四元素的缺陷。

怀疑之九：化学家找到元素了吗？

在《怀疑的化学家》第六部分，R.Boyle总结性地给元素下了一个定义：

“而且，为避免误解，你必须事先声明，我现在所谈的元素，如同那些谈吐最为明确的化学家们所谈的要素，是指某些原始的、简单的物体，或者说是完全没有混杂的物体，它们由于既不能由其他任何物体混成，也不能由它们自身相互混成，所以它们只能是我们所说的完全结合物的组分，是它们直接复合成完全结合物，而完全结合物最终也将分解成它们。然而，在所有的那些被说成是元素的物体当中，是否总可以找出一种这样的物体，则是我现在所要怀疑的事情。” [10]（注：R.Boyle著，袁江洋译，《怀疑的化学家》（中文版），武汉出版社，1993年版，第202页。这段话的英文版可见于美国宾夕法尼亚大学收藏的《怀疑的化学家》（1661年牛津版）的第350页。有兴趣的读者可以通过互联网翻看这本书。网址是：

<http://www.library.upenn.edu/etext/collections/science/boyle/chymist/001.html>。）

R.Boyle的这个定义是十分明确的，它包含以下三层意思：

- 1.元素是原始的、简单的、完全没有混杂的物体。
- 2.元素不能由其他物体组成，也不包括元素之间的相互合成。所有由其他物质组成的，或元素与元素相互合成的，都是结合物，不是元素。
- 3.元素是结合物的组分；完全的结合物最终也将被分解成元素。

按照R.Boyle的观点，物质世界是由元素构成的；结合物的分解可以证明元素存在的客观性。但是，所谓的元素，既不是亚里士多德主义的“四元素”，也不是医药化学家的“三要素”。化学家还没有真正找到组成世界的所谓“元素”。

我们认为，这个结论标志着旧的元素概念的终结和新元素概念的开始，从而使《怀疑的化学家》成为化学史上的里程碑。

怀疑之十：上帝必须先造元素后造万物吗？

既然世界是由元素构成的，这是否意味着：上帝在创造世界之前必先创造元素？

这个问题在20世纪的高能物理中已经有了一个十分明确的答案。就宇宙的演化历史而言，是先有元素，后有由元素组合而成的物体。按照伽莫夫的说法，宇宙中的元素起源于一个大爆炸核综合过程。

显然，这样的认识在R.Boyle时代是不可能有的。就17世纪化学和物理学的认识水平而言，要揭示化学元素的起源，化学元素如何结合生成具有独立的分子特征的物体，还十分困难。所以，R.Boyle告诉化学界：“我们并无多大必要说，造物主必须先在手头准备好元素，然后再用元素去造成我们称为结合物的那些物体。”

[1.p.232]

（收稿日期）2002年8月6日

【参考文献】

- [1] R.Boyle著，袁江洋译，“怀疑的 chemist”（中文版），武汉出版社，1993年版，第17页。
- [2] R.Boyle著，袁江洋译，“怀疑的 chemist”（中文版），武汉出版社，1993年版，第27页。此处的“chemist”，实际上也可以翻译成“药剂师”，特指16世纪以巴拉塞尔苏斯和海尔孟为代表的医药化学家。
- [3] 即今“盐硝酸”（nitrohydrochloric acid），它是一种由三分盐酸和一分硝酸组成的黄色混合液，气味浓烈，腐蚀性强。因为它能融化“高贵的金属”（如，金、铂），故称“王水”。
- [4] 这是海尔孟化学哲学的一个术语，泛指本质上相异的物质。
- [5] 即浓硝酸，这是法国人在16世纪合成的一种强酸，当时的法国化学家称它为分离剂。
- [6] 其实这种结合仍包含不同的形式。前者是通过化学反应的结合，后者则是物理的结合。在R.Boyle时代，这样的区别还十分模糊。
- [7] 袁江洋推测这种“一点也不酸”的东西可能是铅糖受热失水分解后得到的醋酸酐。对此，我们不表示异议。
- [8] R.Boyle著，袁江洋译，“怀疑的 chemist”（中文版），武汉出版社，1993年版，第134页。从这一段文字，读者不难看出，17世纪以前的欧洲化学家们所使用的硫、盐、汞和土，都不是我们现在化学意义上所指称的对应概念。
- [9] 此处的“硫”是17世纪以前的化学家曾经作为三要素存在的硫，不是我们今天作为化学元素的硫。
- [10] R.Boyle著，袁江洋译，《怀疑的 chemist》（中文版），武汉出版社，1993年版，第202页。这段话的英文版可见于美国宾夕法尼亚大学收藏的《怀疑的 chemist》（1661年牛津版）的第350页。有兴趣的读者可以通过互联网翻看这本书。网址是：<http://www.library.upenn.edu/etext/collections/science/boyle/chymist/001.html>.