

目 录

对汞的早期认识	(1)
发现氧气	(9)
异想天开发现了磷	(13)
三元素组和八音律	(17)
氯气的故事	(20)
元素凶神	(25)
认识化学结构	(29)
几代人辩论的定律	(33)
质量守恒定律	(37)
钾与钠的发现	(44)
元素周期表	(51)
发现分子	(58)
惰性气体	(63)
原子序数就是质子数	(69)
探究电子排布的秘密	(75)
破译化学密码	(78)
月亮元素	(82)
钾盐治病	(85)
从一个小气泡说起	(88)
碱金属名称的由来	(92)
有发现才有发展	(96)
解开元素天书之谜	(99)

元素的身份证	(103)
原子核的加法	(107)
填补空白	(110)
铀不是最后的元素	(115)
继续追寻	(117)

对汞的早期认识

金属汞和汞的化合物具有特殊和奇妙的化学性质，曾经对化学知识的萌芽产生过极大的影响。这种化学元素及其性质对于古代的人曾有过很强的魅力，尤其是在炼金术方面，在他们那些建立在空想主义基础上的“点石成金”的幻想中，汞曾经扮演了一个非常重要的角色。在古代，汞及其化合物也曾被看作是带有神秘色彩的治百病的良药，甚至还被描绘成能够炼制长生不老的仙丹。然而除了个别的例子（如我国商代曾经利用汞的化合物治癫疾）以外，很少有记载能用这种良药治好疾病的例证，相反，汞及其化合物含有剧毒性却常有书记载，用汞来当成药治死人的传说倒是时常有的。

我国是最早使用汞及汞的化合物的国家之一，除了商代用汞的化合物治癫疾以外，根据《史记·秦始皇本纪》记载，在秦始皇墓中就灌入了大量的水银，以为“百川河”，可见当时就已经掌握了水银的提炼方法。我国著名的炼丹家葛洪进行过有关硫化汞的试验，而辰砂（天然硫化汞矿物，也称朱砂）也在很早的时候就被我国民间用做红色颜料。

埃及和希腊也是最早利用汞的国家之一，在发掘出来的公元前的埃及古墓中，曾发现有水银的存在，它是由考古学家希拉曼发现的。在古希腊的文字中，也已经有“液态的银”这个说法。亚里士多德则称汞为水银。

从现存的拉丁文著作中，发现对金属汞及其化合物研究

和记载得最为详细的古代科学家当首推希腊的维特鲁维夫斯和普里尼，他们为我们提供了一些最早的有价值的资料，他们描述了如何从矿物中提取金属汞的方法，这就是：

“铅丹（当时的人常常把辰砂误认为铅丹，因为辰砂 HgS 和铅丹 Pb_3O_4 都是红色的）是一种矿物质，人们在采掘这种矿石时，贮存和聚集在矿石缝隙间的水银便会一滴一滴地流下来。另外，由于开采出来的矿石都比较潮湿，需要先把它们投入到炉子中用火烘干，如果将从矿石中蒸发出来的蒸汽冷凝，这时就会发现有水银的液滴，而且当人们将烘干以后的矿石取走以后，便会在炉子的底部发现残剩的水银小液滴。它们是如此的细小，甚至无法收集起来，但是却可以将它们冲刷到一个盛水的容器中，这时，水银就能聚集起来成为一体。”这说明了水银的一个基本性质即水银比水要重很多。

维特鲁维夫斯曾经特别记录了一些有趣的关于水银密度的实验：

“首先将水银放在一个容器内，然后把一块重量为 50 千克的石头放在水银的上面，这时，石头只是漂浮在水银的液面上，而没有沉到水银液体的底部，这充分说明了水银能够承受 50 千克石块的重量，而石块既不会把液体压缩，也不能将液体排开。如果将石块从水银中取出，再放进很少量的黄金，这时黄金却不会在水银的液面上漂浮，而是下沉到容器的底部。这两个实验充分地证明了，放进盛有水银的容器中的各种物体之后所发生的现象并不取决于物体的大小和重量，而是与物体的性质有关。”

这个实验曾是物理学中的一个著名的实验，它使人能够深入地了解什么是“密度”的科学定义，这是有史以来，第

一次记载的关于质量与重量之间的区别。

维特鲁维夫斯还是第一个描述汞能和金相互起化学反应以及汞可以用来提取金子的科学家，他对于汞齐作了十分生动有趣的描述，他写道：

“水银可以有多种用途，没有它，就无法在银和黄铜的表面上镀金。另一方面，当金作为某些器皿的装饰外表已经变得陈旧和没法使用时，可以把这层金箔剥下来，然后放在泥钵中熔炼，再将熔炼后所得到的渣子倒入盛有水和汞的容器中，并将渣子捣碎研磨。这样做了以后，便能使渣子中的金子全部与汞化合，便于把金子都收集起来。然后，把水倒掉，将水银和金的化合物残渣装在一个布袋内，用水挤压使水和汞都通过布的细孔流出来，布袋内便会留下金渣。”

在公元前就已经发现过金汞齐，在我国出土的战国时代的鍍金器物即已说明当时人们已经学会了汞齐的制作方法，而古希腊和古罗马时代也已经用汞齐加工装饰性的包皮。在埃及，曾发现一本被称为“莱顿纸草”的古书，这一点有力地证明了古代已经制得过数量可观的各种类型的汞齐，有的制作简单，有的却很复杂，在这些秘方里，其中记载金汞齐的制作方法是：

“金子液体的制备方法：先将金叶和水银放在臼（研钵）内，然后把它们捣碎，这样就制得金液（即金汞齐）。”

在这些原始资料的秘方中并不曾记载过银汞齐的制法，而且从后来的记载中也确知，古代人并没有掌握银汞齐的制法。但是铜与汞能够很好地化合却是早已被古人所掌握的，这种秘方是这样的：

“铜的覆盖法——假若你想要使铜器具有银子的颜色，则

只要先将铜器经过纯化（表面纯化）后，放入汞和白铅溶液中，最后只有水银单独地完全地将铜器的表面覆盖了起来。”

当时，锡汞齐也是一种众所周知的化合物，关于它的制备古书中曾这样记载过：

“使铜制的物件具有银白色的外观——用 2drachmas（古希腊的一种重量单位）的锡棒，2drachmas 的汞和 2drachmasbo Chios 土，先将锡熔化后，倒入压碎的土中，然后加入水银，用铁棒搅拌，最后就可将生成的锡汞齐装饰在器具的表面上。”

在这本古书的许多秘方中，还记载着汞与两种或两种以上的金属化合所生成的汞齐，它们可以用来装饰各种物件，使之成为银或琥珀金（金与银的合金）的仿制品，从种类繁多的制作汞齐的方法来看，说明在古代已经具有了制备汞齐的良好工艺。

普里尼关于汞和辰砂（硫化汞矿物）的描述也是很详细的：

“在银的矿脉中人们发现有一种矿石，用它能够产生出一种液体，这种液体被人们称为水银。水银对于我们来说，是一种剧毒药，它能够穿透我们的脉管，并通过脉管对我们起着毒害作用。”

“除了金子以外，所有其他物质都只漂浮在水银的液面上，金子这种物质能被水银所吸引，因此水银是用于精制金子的一种最好的物质。当我们将水银和金子同放在一个陶罐中使劲摇动，水银便能够将混杂在金子中的所有的杂质都除去。”

“当水银把金子中的这些多余的杂质都清除掉以后，剩下

的事情就是如何将水银和金子分开。为此，人们把汞和金子的混合物倾倒在一个经过很好地鞣制过的皮囊中，然后使水银像一种分泌物那样通过皮囊的细孔渗透出去，最后皮囊里面便留下了纯净的金子。”

很显然，在普里尼所处的时代，汞齐化作用已经是一种人们非常熟悉的科学方法了。从普里尼的描述中，我们可以发现古代的人们已经掌握了用过滤的方法作为分离物质的一种手段，像普里尼所描述的把水银放在皮革里面，施以很大的压力，迫使水银穿过皮革的细孔渗透出去。

普里尼还介绍了从矿石中提取水银的方法，一共有两种：

“一种是从劣质的铅丹（即辰砂）中提取水银的方法，这种方法便是将矿石和醋放在臼中，然后用黄铜做的杵捣碎并研磨，就会产生汞。”

第二种方法是：

“将矿石放在一个陶罐中，上面加盖上一个杯形的盖子，然后再在它的上面放一个铁锅，接着用陶土将这一套装置完整地密封起来。准备完毕以后，便在陶罐底下点火，为了使火焰持久一些，还需要借助于风箱。在操作过程中产生出来的蒸汽需要特别小心地清除掉（因为其中包含有毒的水银蒸汽）。待反应完毕以后，等陶罐冷却再把盖子打开，这时会发现颜色像银子一样的，而且具有流动性的物质沾附在盖子上，这些液体很容易聚集成小球而被收集起来的。”

据记载，这种方法最早可能是由达可赖斯发明的，而他所采用的这种最原始的蒸馏方法恐怕也是有关蒸馏操作的最早记载。

在汞的化合物中，唯一为古人所熟悉的汞盐是辰砂（天

然的硫化汞矿物)。在古代，辰砂曾广泛地被用作颜料（涂料）使用，同时也是制取金属汞的原料。辰砂以其鲜艳的颜色吸引着原始人类的注意力。维特鲁维夫斯用了大量的篇幅介绍怎样利用辰砂来达到装饰（涂料）的目的，通常，人们把这种颜料与蜡混合在一起，用于室内的墙壁装饰。

对于现今的化学家来说，有些历史非常让人感兴趣，像其中记载的有关鉴别辰砂这种颜料是否掺假的方法（当时有些人将辰砂和白垩混合起来作颜料，而白垩是一种白色的土，并不像辰砂那样稀有和珍贵）：

“为了识破这种假的骗局，人们便将这种矿物放在一块灼热的铁片上，如果铁片上的矿物由原来的红色转变成黑色，并且当这种被加热了的黑色物质冷却以后，它又重新恢复到原来的颜色（红色），那么我们就能够确信辰砂内没有掺假（即掺入白垩）。”

维特鲁维夫斯解释了这种变化：

“因为将纯的辰砂加热得不是很厉害的话，它就会转变成黑色的物质，然而当它冷却以后，它又会恢复原来的颜色即由黑色转变成红色，尤其是将它磨成粉末以后，红色便更为明显。”

而掺了假的颜料在加热后发生的变化便是这样的：

“在辰砂中如果掺进了白垩，加热以后同样也会变成黑色，然而在冷却后，虽然颜料大部分能恢复原来的红色，但其中的白垩却留下了永远不会变化的黑色的痕迹。”

用现代的化学知识来说明其中发生的反应，乃是因为掺在辰砂里的白垩（氧化钙）受热后与硫化汞发生反应，于是生成了氧化汞，它再受热后又分解产生单质的汞，而在这种

条件下生成的单质汞却是黑色的颗粒，而并不像一般的水银那样是银白色的液体。虽然，古代的化学知识很缺乏，人们无法剖析其中的化学原理，但是从现代化学的角度看来，他们判断辰砂颜料是否掺假的方法是完全合乎科学道理的，并且是十分有效的，从这点也可以看到古代人们的智慧非常了不起。

普里尼对于辰砂矿的来源进行了研究，并有过不少记载：

“人们在银矿中可以发现辰砂矿，它是一种当时在人们心目中评价很高的颜料。早期，罗马人就曾经使用辰砂作为寺庙等建筑物的涂料，大多用于满足宗教上的需要。在埃塞俄比亚这个古国里，辰砂矿曾受到了更高的崇拜，因此人们养成了一种习惯，即用辰砂来为人体染色。

“按照美洲土著的说法，辰砂是卡尔马尼亚的矿产，另一个产地是埃塞俄比亚，这两个地区出产的辰砂曾经输出到罗马和西班牙。”

普里尼详细地描述了汞的毒性，并介绍说古代人早已认识到这一点：

“辰砂矿是有毒的，这个事实早已被人们普遍接受，我认为介绍汞的化合物用作药物的所有秘方都具有非常大的危险性。”

普里尼还详尽的叙述了在生产辰砂颜料的工场里，工人们是怎样防止尘土的毒性的：

“在制备辰砂颜料的工场里，雇工们为了保护自己的脸部，使用宽大的膀胱做成皮囊，以作为防护面罩，它要求透明得足以能够看到周围的东西便可以了。”当时工人们就是利用这种既简单却是很有效的方法，使他们避免吸入这种非常

有害的尘土。而普里尼所描绘的面罩可能是一种最古老的防毒面具，是近代的防尘防毒气工具的先驱。

今天，人类已经进入到 20 世纪科学的时代，化学这门科学已经相当发达了，然而当我们回顾古代关于汞的知识时，便能够发现，古代人们所积累的化学知识，仍然是我们今天的知识宝库里不可缺少的部分，现代化学是建立在古代化学知识基础上的，是总结前人的宝贵经验，吸取前人血的教训，才建立起来的一个日趋完善的学科。

发现氧气

中学生学习化学，课堂上第一个看到的大型实验，就是各种物质在氧气中的燃烧。他们在课堂上，从未见过如此精彩、光辉夺目的现象。老师在实验时，那一瓶瓶的氧气是用什么方法收集到的呢？世界上又是谁最先发现了氧气？

大约在3亿年前，在地球表面的空气中，就含有跟现在浓度相似的氧气了。虽然地球上有很多的动物呼吸，及人为的和自发的燃烧都在一直不停地消耗氧气，但是又有更多的植物在进行光合作用，往空气中补充新鲜的氧气，因此空气中所含氧气的总量及其相对浓度，并没有减少。

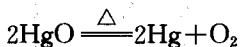
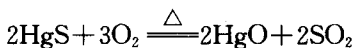
氧气是无色、无臭、无味的气体，它在空气中的含量估计约有 1.15×10^{15} 吨，它还取不尽，用不完的总在我们身边存在着，只要你随手拿起一个空瓶，其瓶中就含有占体积21%的氧气，但要收集到老师在实验时瓶中氧气的浓度，那就不是一件简单的事了。在很久以前曾经是一件很不容易办到的事。

空气不像水、火那样有形有力，常常不容易引起人们的注意，它又是那样的看不见、摸不着，很长一段时间人们都没去研究它的成分，更不知道其中含有氧气这种东西。虽然物理学家们早就用空气做过很多著名的实验，证明物体在空气中运动会受到一定的阻力，证明空气的体积会随压强增大而按一定的规律缩小，证明大气压强的存在，大气压强加在

我们身上的力量大得惊人，等等。能够正确的说出空气中都包含有哪些成分，并能把这些成分分开，这却是 18 世纪后半期以后才相继做到的事。

氧气的化学性质在高温条件下是非常活跃的。氧气能够跟很多种物质发生化学反应，并生成各种氧化物或含氧化合物。一些氧化物和含氧化合物在一定条件（如高温或加催化剂）下，又会释放出氧气等等。

在我国封建社会初期，最迟在公元前 2 世纪，就已经开始流行炼丹术。炼丹术士用一些天然的矿物，经过神秘的加工，制成丹丸，企图让人吃了长生不老，然而这其中大多丹丸含有对人体有毒害的元素，如砷、汞、铅、硫等。人们对矿物加热，这时空气中的氧气必然参与反应，甚至有的还是反应过程中起主要作用的，但是炼丹时，他们只能看到固体的、液体的以及似气非气的烟、雾，却总是忽略了无色、无臭又无形的空气，因此人们也就意识不到空气的存在和变化了。我国古代比较有名的炼丹术家葛洪（284 年～364 年），曾经在他的著作《抱朴子》中记载有“丹砂烧之成水银，积变，又还成丹砂”的说法，“丹砂”就是硫化汞，加热到它变成水银，要经过两个反应，即：



实际这两个反应是在同一容器内一次性完成的，又可简化为 $\text{HgS} + \text{O}_2 \xrightarrow{\Delta} \text{Hg} + \text{SO}_2$ ，但葛洪在著作中没有说必需气体参与，可见他的观察不细致，也许他用了铁的容器来盛丹砂，就会有如下的反应： $\text{HgS} + \text{Fe} \xrightarrow{\Delta} \text{Hg} + \text{FeS}$ ，这时确实跟

气体无关，但由于当时的生产技术，不可能做出完全不透气的密封容器，也不可能控制温度。对于当时的情况，他只用简单的一句话来作结论，是不严谨不科学的，然而要求他有重大的科学发现也是不现实的。

传说在公元 8 世纪，我国有一个叫马华（译音）的人，著有一本叫《平龙认》的书，书中记载到了燃烧和空气有关，并把空气中的成分分为阴气和阳气，这是由于我国古代流行“阴、阳”之说。马华指出，属阳的金属、硫、木炭等燃烧后，和大气中阴的成分结合。这就很难确定他发现氧气是个十分明确的事实，在很大程度上可能是和实际巧合。

在国外，早期也有很多人碰到过类似的情况，做过类似的解释，有的还的确制出并收集到了氧气，但由于思想上受到“燃素说”的束缚，因而把已经得到了氧气叫做“火气”或叫做“脱燃素空气”，并没有人真正的认识它，瑞典的舍勒和英国的普利斯特利，便是如此。他们虽然都发现了氧气，但由于受“燃素说”的影响，因而没有能够正确地认识它。

发现氧气的关键，在于首先要明确氧是一种元素，这一认识是法国人拉瓦锡确定下来的。

舍勒及普利斯特利和拉瓦锡都是同时代的人，他们的共同成就，都已被载入了化学史册，他们用化学方法（加热氧化汞、硝酸镁等物质）制出了氧气，拉瓦锡又用实验方法精确地测定了空气中有五分之一的体积是氧气，并用氧气和别的物质发生了化合反应。最后在 1777 年确定下来，氧是一种元素。拉瓦锡给氧起名叫“Oxygene”。氧气的发现，并被明确为一种元素，这是化学发展史上一个很重要的里程碑。在理论上，因此彻底推翻了错误的燃素说，建立了包括燃烧在内的氧化学

说,为后来的氧化、还原理论,奠定了实践基础。在科学上为人们深入研究大气的成分开辟了道路,使当时化学界很多错误的看法,也得到了纠正。

氧气是一种极为普遍的气体,并且在地球上已存在了数百亿年,而它被科学家们认定,却是非常不平凡的,从而引起了如此巨大的震动,不能不说是一个惊人之举。

异想天开发现了磷

我们所说的化学元素磷，原文的意思叫做“冷光”。民间传说中的“鬼火”，就是一种磷的氢化物产生的自然现象，自然界中的这种磷的氢化物是由人及动物的尸体腐烂分解而形成的，它是一种气体，当遇到空气，就会自动地燃烧起来。我国古代又把鬼火叫成磷火，因此我国就把叫做“冷”光的物质叫做“磷”。由于磷是非金属元素，常温下单质为固态，于是又把原来的“火”字旁改为“石”字旁，写成“磷”。这也是用中文汉字对化学物质命名的一大特色。

令人感到有趣的是，最早发现的磷是从尿液中提炼出来的。

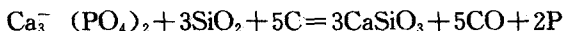
在那时，谁也不知道人和动物的尿液里到底含有什么东西，而当时有一个想发财的商人，千方百计地寻找生财之道，偶尔听人说，从人的尿液里可以制造出黄金或是能够点石成金的宝贝。于是他就偷偷地收集了大量的尿液，一点一点的慢慢蒸干后，又胡乱的加上各种各样的东西，今天用煮的办法，明天又用烧烤的办法，一次又一次地干下去。终于有一次，他发现了一种在黑夜中能发出萤光的物质。这就是他初次得到的磷，一小块白色柔软的白磷（磷的一种单质）。这是1669年的事，这个人的名字叫波兰特，是德国汉堡人。

尿液的成分，除了绝大部分水之外，主要的是尿素。此外还有一些新陈代谢的废物，其中便含有极少量的硫、磷等

元素，而且是以极其复杂的有机化合物的形式存在的，只有在经过长时间的发酵蒸发后，才能变成磷酸盐。

磷原来以多种形式的化合状态，遍布于人及动物体内，主要的有各种酶及促使营养成分发生同化作用，为生理需要提供活力机制的，含磷的有机化合物。另外磷也存在于骨骼和牙齿中。平常，我们所吃的食物里，都普遍的含有磷。同时由于饮食情况的不同，排泄物中所含磷的量也有所不同。

磷可以形成各种各样的化合物，要用磷的化合物来制取单质，都需要经过复杂的化学反应。工业生产上，经常是用磷矿石 $[\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2]$ 为原料，加上石英和焦炭，在电炉中经过 1500°C 的高温，而产生的磷蒸汽（实际是 P_4 分子），在隔绝空气的状态下，冷疑到凉水中，成为固体的白磷。化学方程式可以表示为：



真是无巧不成书，波兰特经过几十次的改变配方，更换方法，他居然在一次将尿渣、砂子和木炭放在米中加热时，用水冷却产生的蒸汽而得到单质磷。这种十分巧合的事，实在是很少有的。

当制出奇怪发光的宝物时，波兰特真是惊喜若狂，他想如果要发财，制法就要十分保密。他得到磷的消息在外界传开以后，人们只知道他是用尿做实验，于是便有很多人也想碰运气的做了起来。德国人孔柯尔居然在 1687 年，也从尿渣中制出了磷，其做法跟波兰特的方法如出一辙。1680 年英国的化学家波义耳和他的助手德国人亨克维茨，独立地从尿中制出了磷，并对制法加以改进，大量生产使其成为商品。1775 年瑞典化学家舍勒，又从骨头中制出了磷。磷从此有了正式

的名称，叫“发光体”。

这一段离奇的故事，说的并非是一个不学无术的人，只知道原料是尿，就能从中把磷提制出来。当时之所以能成功的人，都是接触或是研究化学的。波兰特本人的职业就是医生，西方的医生并不像中医那样，以本草为生。他们在配药的同时，还兼做化学实验，有些医药学家也同时是化学家，所以他们头脑里都有一定的化学知识，并且又有动手能力，能够解决一些问题。波兰特及其同时代的人，能从尿里提取磷，都有他们本人的职业特长，首先是波兰特的惊人毅力，几年如一日的把实验坚持做下去，仅此一点就很值得后人敬佩。

波兰特制磷的配方，既可以认为是巧合，也可以认为其中存在着必然。因为沙子、术炭等是他们的常用之物。只要某物中含有磷元素，经过多种氧化还原反应，加之收集方法得当，是会得到磷的化合物甚至是磷的单质。像这样的情况，在化学实验中，曾经出现过多次。

白磷被发现以后，又大量投入生产并成为商品出售，它到底有什么用途呢？它在最早时期，除了供应实验室用及制造磷头火柴之外，几乎没有其他的用途。磷头火柴是当时使用最方便的引火工具。然而白磷有剧毒，又极易着火，很快就被较安全的火柴所代替。我们现在所用的安全火柴也要用磷，那就是涂在火柴盒两侧酱紫色的东西，它的主要成分是红磷。红磷跟白磷互为同素异形体，但红磷的着火点比白磷要高得多，而且毒性也极小。现在生产的白磷主要用于合成含磷的农药，这类农药有极强的毒性，使用时要特别小心。

磷是一种化学性质很特别的元素，它的单质及化合物有的含有剧毒，有的几乎没有毒性。它还是动植物体内必需的