

对金属性非金属性比较依据的反思

安徽省含山中学 238100 朱庆斌

元素的金属性或非金属性比较是中学化学一种常见题型,教学实践中常会产生一些困惑,如:金属活动性顺序表中Ca在Na前,但Na与水反应更剧烈;金属活动性顺序表中铝在铁前,但氢氧化铝有两性,而氢氧化铁是碱;从反应条件看,与氢气反应时氮气比硫难,但硝酸与硫酸均是强酸;从最高价含氧酸来看,硫酸酸性比碳酸强,但甲烷比硫化氢稳定;等等。这些困惑都源自元素的金属性或非金属性强弱比较,应该怎么解释?问题出在哪里?本文试对中学化学中金属性非金属性比较依据展开反思。

一、正确认识金属性与非金属性

1. 金属性

金属性是指气态金属原子失电子形成气态阳离子能力的性质,大学教材中常用电离能来表示原子失电子的难易程度。一般说来,元素的电离能数值越大,则其金属性越弱。而中学化学比较金属性强弱的常见依据是:(1)金属能否与水或酸反应以及剧烈程度;(2)最高价氧化物的水化物碱性强弱;(3)金属与盐溶液之间的置换反应;(4)周期表中位置;(5)不同金属构成原电池时正负极情况;(6)金属离子在电解池阴极上的放电顺序。然而,这些依据都不是反映电离能大小的直接证据。其中的第(1)(3)(5)(6)条依据实际体现的是金属活动性强弱。金属活动性是指金属单质在水溶液中失电子形成水合离子能力的性质,它是金属的标准电极电势为判断依据的。标准电极电势(主要影响因素是金属单质在水溶液中的焓变)与原子的升华焓、电离能以及气态离子的水合焓等多种因素有关,关系如图1所示。

由此可见,电离能只是其中一个环节的能量变化,因此电离能大小顺序(金属性顺序)与金属活动性顺序自然有可能不一致,如由于锂离子的半径非常小,其水合焓突出地大,导致它是金属活动性最强的元素,I A、II A族金属活动性顺序为Li、Cs、Rb、K、Ba、Sr、Ca、Na、Mg、Be。再如铜和锌



图1

的第一、第二电离能总和接近,水合焓也差不多(半径相近、电荷数相同),但是铜的升华焓要比锌大很多,故金属活动性铜弱于锌;但是因为铜的第一电离能小于锌,所以一般认为铜的金属性强于锌。因此,由于“金属性”与“金属活动性”并非同一概念,虽然金属性强的元素,其金属活动性一般也强,但不可将此规律绝对化。

此外,金属单质与水或酸反应的剧烈程度受动力学因素影响较大,而金属性或金属活动性讨论的却是热力学因素,如铯的金属活动性强于铯,但铯与水的反应显然更剧烈。而且,反应的剧烈程度还受到其他因素的影响,如铝与硫酸反应的剧烈程度就不如锌与同浓度的硫酸反应;再如钙的金属活动性强于钠,但其与水的反应没有钠剧烈,其原因是:

(1) 钠比较软,熔点低,反应时熔化,增大了反应面积;

(2) 钠的密度小于水,浮在水面上,可以快速游动;

(3) 氢氧化钠的溶解度大,生成后以离子形式存在于溶液中,而氢氧化钙微溶,生成的氢氧化钙会覆盖在未反应的钙表面,一定程度上阻碍了反应。因此通过反应的剧烈程度来判断金属活动性或金属性强弱,是非常不可靠的。

金属最高价氧化物的水化物的碱性强弱及是否具有两性,一般认为与金属离子所带的电荷数和离子半径的比值有关,比值越小,碱性越强。但实际上氢氧化物在水溶液中的碱性强弱除了与金属的电子层结构、电荷数和半径有关外还受到溶

剂效应、氢键等因素的影响。甚至还有少数过渡金属的最高价氧化物对应的水化物是强酸,如高锰酸、高铈酸等。因此,根据金属最高价氧化物的水化物碱性强弱来判断金属性强弱,有时也不可靠。

2. 非金属性

非金属性是指非金属原子得电子形成阴离子能力的性质,大学教材常用电子亲和能来表示原子得电子的难易程度。一般说来,元素的电子亲和能数值越大,它的非金属性越强。而中学化学比较非金属性强弱的常见依据是(1)氢化物生成的难易及其稳定性;(2)最高价含氧酸的酸性强弱;(3)非金属与盐溶液之间的置换反应;(4)周期表中位置;(5)非金属阴离子在电解池阳极上的放电顺序;(6)单质与同一变价金属反应,生成物中金属元素价态的高低,如硫、氯气分别与铁反应时生成物的价态。然而,这些依据也不是反映非金属性强弱的直接证据。其中的第(1)(3)(6)条依据,涉及到单质活泼性,而单质活泼性大小显然受到单质分子结构的影响,如氮气的氮氮三键特别牢固,所以氮气与氢气反应较为困难;再如铁分别在氧气、氯气中燃烧时,前者生成四氧化三铁,后者生成氯化铁,并没有体现出氧元素的非金属性强于氯,原因在于氧气分子结构中存在着双键而氯气分子结构中存在的是单键。氢化物稳定性也不只是受元素非金属性强弱的影响,它与分子结构有关,如甲烷分子完美的正四面体结构,导致其稳定性增加。另外,第(3)(5)条依据体现的是非金属单质在水溶液中的活动性强弱,类似于金属活动性强弱,自然也不会完全与非金属性强弱顺序一致。

最高价含氧酸酸性强弱除受中心元素非金属性强弱的影响之外,还受到原子半径、氧化数以及非羟基氧原子数的影响。前文所说的高锰酸、高铈酸也是强酸,但它们是典型的金属,其非金属性显然很弱。因此,根据最高价含氧酸的酸性来判断非金属性强弱,最好只用来判断同一主族元素或同一周期元素,不能扩大化。

二、如何比较更为合理

根据金属性与非金属性的含义,似乎用电离能比较金属性、用电子亲和能比较非金属性最为

合理,但是电离能和电子亲和能都只是分别从一侧面反映原子得失电子的能力,若仅从一个侧面比较必然会有失偏颇,有些元素的原子难失电子,也难得电子,如碳、氢;再如氯原子的电子亲和能大于氟原子,但氟的非金属性强于氯。此外,电离能与电子亲和能还受到半充满、全充满等因素影响,以及元素不都是+1价或-1价,仅考虑第一电离能或电子亲和能,显然也不合理。

金属性非金属性强弱实际阐述的是原子相互化合时得失电子的能力,因此必须把该原子失去电子的难易和结合电子的难易统一起来考虑,而电负性就是综合考虑原子得失电子能力的一种物理量,即按照电负性数值来衡量各种元素的金属性和非金属性强弱,较为合理。一般来说,同一周期从左到右,电负性依次增大,元素的非金属性增强、金属性减弱;同一主族,从上到下,电负性依次变小,元素的非金属性减弱、金属性增强(这种变化规律也存在着个别例外,如Sn和Pb)。当然,电负性数据存在着不同标度,不同标度给出的电负性数据往往不同,其大小顺序也略有差异,如氮和氯,鲍林数据中氯的电负性数值大,而阿莱-罗周数据中氮的电负性数值大(大学教材多采用的是鲍林数据)。但总体来说,中学化学教学中根据电负性数值大小来比较金属性或非金属性强弱还是可靠的。

然而,中学化学涉及到的金属性或非金属性强弱比较,有时是在既不知道电负性数据,也不能借助周期表变化规律的情况下进行的,也就是说,必须用到上述那些“不太可靠”的依据。此时,一定要综合分析各条依据,谨防以偏概全;同时最好还借助一些其他素材来判断,如碳和硫非金属性比较,可以根据 CS_2 中碳为+4价、硫为-2价,从而知道硫吸引电子的能力强于碳,即硫元素的非金属性比碳强(人教版选修3给出的碳和硫电负性数值都是2.5,是因为其数据的精确度不够)。

综上所述,中学化学中金属性或非金属性比较的常见依据,除个别不能运用外(如剧烈程度),大多数只能在一定范围内使用,不能绝对化、扩大化。总体来说,中学化学教学中根据同主族(或同周期)的金属性与非金属性变化规律得出的结论较为可靠。(收稿日期:2014-01-22)