硼溶液蒸发过程中硼的挥发及硼同位素分馏

肖应凯 王 岚
(中国科学院青海盐湖研究所,西宁,810008 P. R. China)
R. D. Vocke Jr
(Inorganic Analytical Chemical Dvision, National Institute of Standards and Technology, Gaitherburg, MD 20899, U. S. A)
G. H. Swihart Y. Xiao
(Department of Geological Science, Univercity of Memphis Memphis, TN 38152 U. S. A)

摘要 用蒸发实验研究了浓度为10^{-6}级的硼在水和稀HCl溶液蒸发时的挥发度、同位素分馏和甘露醇的影响。结果表明,在溶液中有等摩尔的甘露醇和Cs都存在的条件下,硼才能在蒸发时和蒸干后保持定量回收;硼在不加入甘露醇或Cs的稀HCl溶液中蒸发时也能定量回收,但是不能蒸干;若要蒸干,必须加入等摩尔的甘露醇,才能保持硼的定量回收。

蒸发液和残留液的同位素测定表明,^{11}B优先从近中性和酸性溶液的蒸发中贫化。此结果对于硼需要预富集的过程是非常重要的。

关键词 硼挥发 同位素偏移 同位素分馏

硼在溶液蒸发时的挥发早已引起研究者的注意[1],这是硼同位素研究中的一个严重问题,因为在进行质谱分析前必须进行样品溶液的部分蒸发浓缩。在酸性溶液中加入能与硼形成配合物的物质可减少硼的挥发。Levi和Curti[2]观察到,加入甘露醇可减少蒸发时硼的挥发,这是因为甘露醇与硼形成了甘露醇—硼配合物。所以普遍采用甘露醇来减少溶液蒸发过程中硼的挥发,特别在进行硼同位素研究时。Ishikawa和Nakamura[3]研究了硼在HF和HCl溶液蒸发过程中的同位素分馏,并得出结论,硼的挥发度和同位素分馏随着甘露醇/硼的摩尔比的增加而减少,当甘露醇/硼摩尔比大于1时,可完全抑制硼的挥发。Leeman等[4]也研究了加入甘露醇时硼的挥发,他们发现在甘露醇/硼的比值超过0.5,硼溶液蒸发时没有明显的硼挥发和硼同位素分馏发生,然而在他们的实验中摩尔比为0.2时回收不完全,并有同位素偏移(2.4‰),他们建议,加热蒸发的样品在蒸干后应迅速离开热源,以避免同位素偏移的发生。

Kuwada等[5]的早期研究表明,蒸发时样品中只加入甘露醇不能阻止硼的挥发,若同时加入甘露醇和乙酸钠,硼的损失很少且是恒定的。本实验研究了中性和酸性溶液蒸发时硼的挥发和硼同位素分馏,对不同组合的甘露醇和Cs_2CO_3的影响进行了系列研究。

实 验 方 法

试剂和标准

本实验采用低硼水,即将高纯水通过装有Amberlite IRA743硼特效吸附树脂的离子交换

(C)1994-2020 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki

柱，经甲亚胺－H 比色法测定，低硼水中硼的浓度低于 0.6ng/ml。

浓 HCl（分析纯，杂质硼含量小于 6×10^{-6}）用低硼水稀释至 2mol/ml。重量百分含量为 1.82%的甘露醇溶液亦用低硼水配制。75.3mgCs_2CO_3（99.994%）溶在 5ml 低硼水中，配成 Cs 浓度为 12.3mg/ml 的溶液，在此浓度下，1ml 甘露醇或 Cs_2CO_3 加到含 1mg 硼的溶液中，所得溶液硼和甘露醇或 Cs_2CO_3 的比为 1。石墨（光谱纯，NTST）悬浮液由 80%乙醇：20%水混合而成。本实验采用 NIST SRM951 硼同位素标准样品配制工作溶液，硼的浓度为 1mg/g。

蒸发装置和蒸发过程

所有的蒸发实验都是在净化干燥箱内进行的，干燥箱内温度保持在 60±0.5℃。净化空气经过四张 KOH 浸泡的纤维素纸和 1 张 0.4mm 的聚碳酸纸薄膜组成的净化器，由空气泵送入干燥箱。所有溶液均在聚丙烯管形瓶中制备，每份含有 20 或 48.2μg 硼与 HCl、甘露醇和（或）Cs_2CO_3 的混合物在干燥箱内蒸发，当溶液蒸发至预定体积或蒸干时，立即从干燥箱内移开。用甲亚胺－H 比色法测定溶液中或干燥残留物中硼的含量，并用质谱仪测定硼同位素组成。如样品蒸发时没加甘露醇和 Cs_2CO_3，进行质谱分析涂样前要加入等摩尔的甘露醇和 Cs_2CO_3。图 1 是（能收集蒸汽的）蒸发实验装置示意图，瓶 A 盛有 30ml 含有 50μg 硼的溶液，空气经 KOH 浸泡的 Whatman No.40 滤纸过滤器进入瓶 A。瓶 A 放置在温度为 60± 0.5℃的水浴槽内。瓶 C 置于冰槽内，从瓶 A 出来的蒸汽由瓶 C 冷凝收集，瓶 C 内事先加入 10ml 水，其中含有与期望收集的硼大约等摩尔的甘露醇，以防止硼的二次蒸发。瓶 A 内溶液蒸干后加入 1ml 低硼水溶解残留物。瓶 A 中残留物和瓶 C 中冷凝物的部分用来测定硼的含量，其余溶液加入等摩尔的甘露醇和 Cs_2CO_3 蒸发至硼浓度为 1mg/ml，做质谱分析。

测定过程

硼浓度的测定采用稍做修改的甲亚胺－H 分光光度法[6]，将 1ml 含硼样品溶液、2ml 缓冲溶液〔250gNH_4AC，15gEDTA，125ml 冰乙酸（分析纯，杂质硼含量小于 1×10^{-9}）稀释至 400ml〕、2ml 甲亚胺－H 溶液（0.45g 甲亚胺 H 和 lg 抗坏血酸，溶在 100ml 水中）依次加入石英比色管内；混合均匀后静置 30min，用 Turmer330 分光光度计在 420nm 处测量硼－甲亚胺－H 配合物的吸光值，此法测定精度（2σ）可达 2%。硼的同位素分析由半径为 30cm、90°扇形磁场、NBS 设计的质谱仪测定，测定过程与 Xiao 等[7]报道的相同。

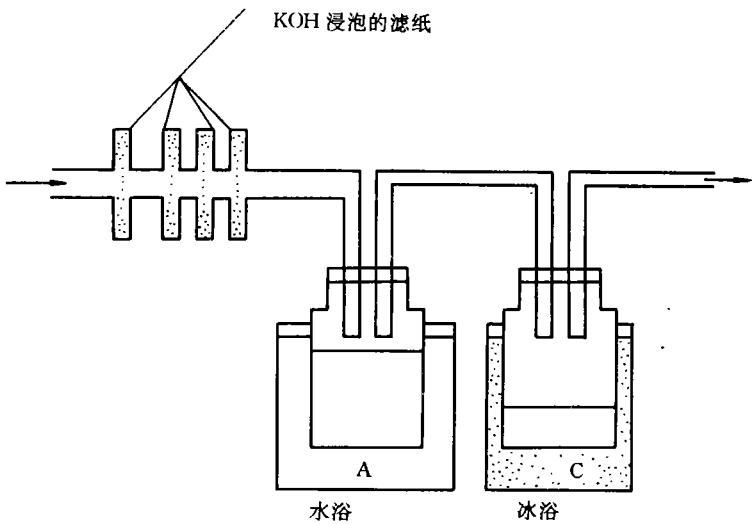

图 1. 实验装置示意图

（测定硼的水溶液、稀盐酸溶液蒸干时的残留物和挥发物的硼同位素组成。）

(C)1994-2020 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki

样品涂在去气的钽带上，首先将 3μl 石墨悬浮液涂在带上接着加上约 1μg 含有等摩尔甘露醇和 Cs(以 Cs_2CO_3 的形式)的样品硼溶液。样品在 1.2A 电流下干燥 5min。NIST SRM951 及所有样品的同位素比值测定内精度均优于 2‰(SD)。样品与相对于 NIST SRM951 H_3BO_3 标准的 $\delta^{11}B$ 值由下式计算：

$$\delta^{11}B(‰)=(((^{11}B/^{10}B)_{sample}/(^{11}B/10^{10}B)_{SRM951})-1)\times 1000$$

同位素分馏因子(α)表示如下：

$$\alpha=(^{11}B/^{10}B)_{vapor}/(^{11}B/^{10}B)_{residue}$$

结果与讨论

近中性、酸性、碱性溶液蒸发时硼的挥发及甘露醇的影响

表 1. 蒸发时硼的回收

编号	溶液 初始 g	溶液 最终 g	硼 μg	加入 甘露醇[1] μl	加入 Cs_2CO_3[2] μl	加入 HCl[3] ml	回收硼 μg	回收硼 %
1—1	10.3	1.49	20.06	0	0	0	20.2	101
1—2	10.0	0.97	20.01	0	0	0	20.7	103
1—3	10.1	0.49	20.10	0	0	0	19.9	99.9
1—4	10.1	0.31	20.03	0	0	0	19.8	98.9
1—5	10.2	0.060	19.93	0	0	0	18.4	92.3
1—6	10.2	0.053	20.08	0	0	0	18.7	93.1
1—7	10.2	0.043	19.99	0	0	0	19.3	96.5
1—8	10.3	0.024	20.10	0	0	0	19.2	95.5
1—9	10.1	0.007	19.93	0	0	0	14.9	74.8
1—10	10.0	0.005	20.06	0	0	0	14.2	70.8
1—11	10.2	刚干	19.54	0	0	0	12.5	64.0
1—12	10.2	干燥 10min	19.57	0	0	0	10.7	54.7
1—13	10.0	干燥 20min	19.56	0	0	0	14.8	75.5
2—1	10.3	1.45	20.05	20	0	0	20.6	103
2—2	10.2	0.96	19.86	20	0	0	19.9	100
2—3	10.2	0.48	19.86	20	0	0	19.6	98.7
2—4	10.2	0.24	19.91	20	0	0	19.5	97.9
2—5	10.3	0.075	19.90	20	0	0	19.6	98.5
2—6	10.0	0.059	19.90	20	0	0	19.1	96.0
2—7	10.0	0.052	19.94	20	0	0	18.8	94.3
2—8	10.2	0.018	19.91	20	0	0	17.8	89.4
2—9	10.3	0.004	19.93	20	0	0	18.8	94.3
2—10	10.4	0.001	19.80	20	0	0	18.8	94.9
2—11	10.1	刚干	19.25	20	0	0	17.7	91.9
2—12	10.3	干燥 10min	19.25	20	0	0	16.9	87.8
2—13	10.2	干燥 20min	19.24	20	0	0	18.4	95.6
3—1	9.9	1.58	19.06	0	30	0	19.0	99.7
3—2	9.9	0.95	19.12	0	30	0	19.3	101
3—3	10.2	0.50	19.16	0	30	0	18.7	97.6
3—4	10.1	0.29	19.03	0	30	0	19.6	103
3—5	10.4	0.084	19.03	0	30	0	18.9	99.3
3—6	10.6	0.055	19.02	0	30	0	19.0	99.9

(C)1994-2020 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki

续表 1

编号	溶液 初始 g	溶液 最终 g	硼 μg	加入 甘露醇[1] μl	加入 Cs_2CO_3[2] μl	加入 HCl[3] ml	回收硼 μg	回收硼 %
3—7	10.7	0.028	19.03	0	30	0	19.0	99.8
3—8	10.6	0.012	19.00	0	30	0	18.9	99.5
3—9	10.3	0.007	19.04	0	30	0	18.8	98.7
3—10	10.3	0.003	19.07	0	30	0	18.5	97.0
3—11	10.1	刚干	19.46	0	30	0	17.9	92.0
3—12	10.4	干燥 10min	19.50	0	30	0	18.6	95.4
3—13	10.5	干燥 20min	19.48	0	30	0	18.4	94.5
4—1	10.4	1.47	19.25	0	0	9.0	19.8	103
4—2	10.3	0.95	19.30	0	0	9.0	19.7	102
4—3	10.5	0.48	19.20	0	0	9.0	19.4	101
4—4	10.4	0.099	9.24	0	0	9.0	19.4	101
4—5	10.0	0.074	19.16	0	0	9.0	18.8	98.1
4—6	10.1	0.056	19.18	0	0	9.0	19.3	101
4—7	10.1	0.029	19.14	0	0	9.0	18.9	98.7
4—8	10.2	0.006	19.12	0	0	9.0	19.5	102
4—9	10.3	0.005	19.16	0	0	9.0	18.9	98.6
4—10	10.4	刚干	19.28	0	0	9.0	17.5	90.8
4—11	9.9	干燥 10min	19.35	0	0	9.0	12.4	64.1
4—12	10.1	干燥 20min	19.43	0	0	9.0	13.4	69.0
5—1	10.3	1.49	19.04	20	30	0	19.1	100
5—2	10.3	0.98	19.04	20	30	0	18.8	98.6
5—3	10.3	0.42	19.02	20	30	0	19.3	101
5—4	10.6	0.24	19.00	20	30	0	19.0	103
5—5	10.3	0.071	19.01	20	30	0	19.5	99.9
5—6	10.3	0.047	19.01	20	30	0	19.0	102
5—7	10.3	0.035	18.97	20	30	0	19.4	102
5—8	10.2	0.009	18.95	20	30	0	19.3	99.2
5—9	9.9	刚干	20.30	20	30	0	18.8	96.6
5—10	10.3	干燥 10min	20.26	20	30	0	19.6	98.7
5—11	10.1	干燥 20min	20.30	20	30	0	20.0	98.4
6—1	10.4	1.48	20.54	20	0	9.0	20.5	99.8
6—2	10.4	0.98	20.04	20	0	9.0	19.6	97.8
6—3	10.0	0.49	20.44	20	0	9.0	20.1	98.3
6—4	10.4	0.30	20.38	20	0	9.0	20.3	99.6
6—5	10.4	0.11	20.04	20	0	9.0	19.9	99.3
6—6	10.5	0.053	20.48	20	0	9.0	19.8	96.7
6—7	10.4	0.030	20.42	20	0	9.0	20.1	98.4
6—8	10.5	0.010	20.50	20	0	9.0	19.7	96.2
6—9	10.1	0.006	20.47	20	0	9.0	19.7	96.2
6—10	10.0	刚干	19.24	20	0	9.0	19.2	99.8
6—11	10.4	干燥 10min	19.29	20	0	9.0	19.5	101
6—12	10.4	干燥 20min	19.29	20	0	9.0	19.6	102

1. 1.82%甘露醇溶液
2. 12.3mg/ml Cs_2CO_3 溶液
3. 0.1mol/l HCl

(C)1994-2020 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki

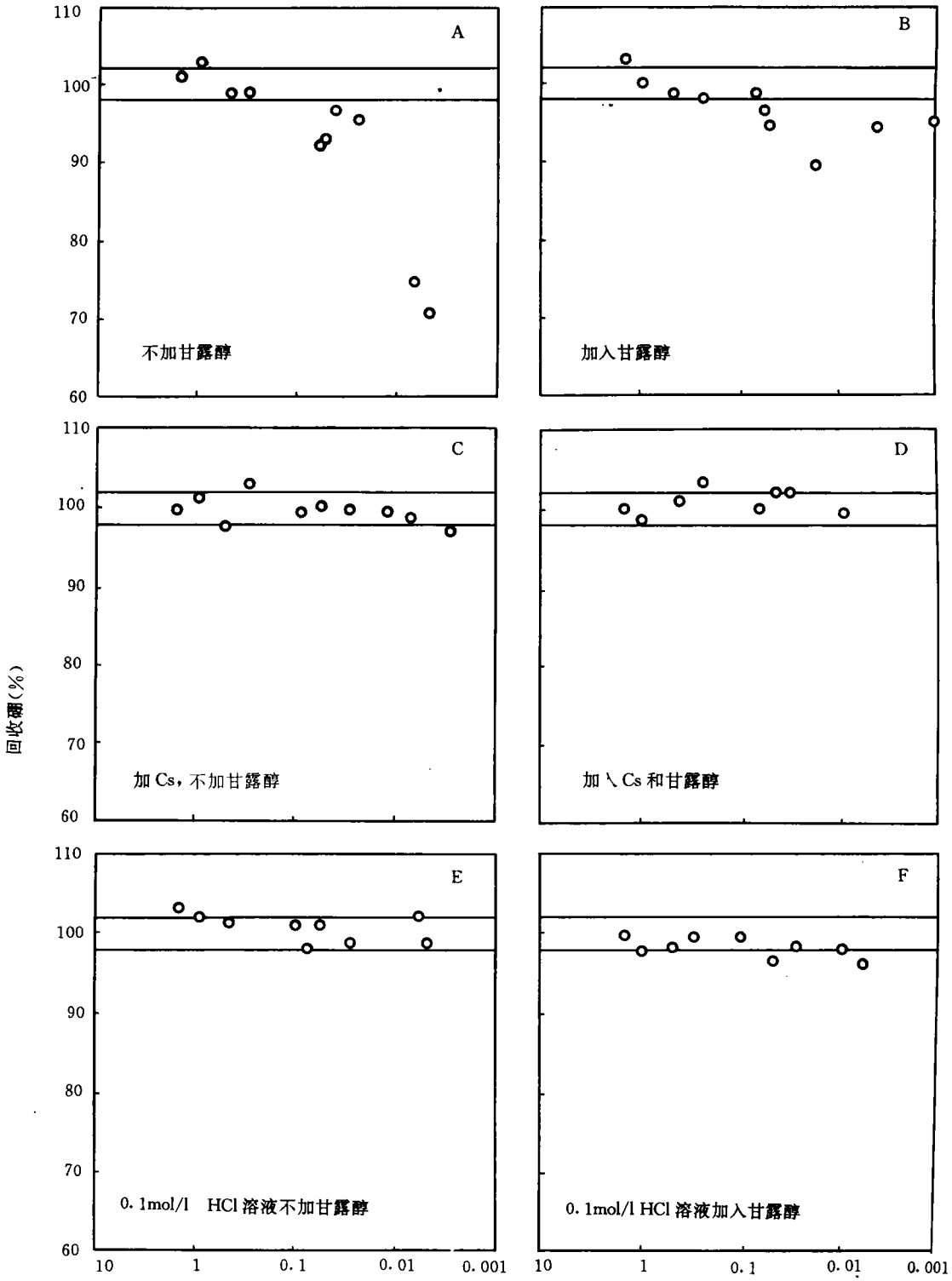

图 2　水溶液、Cs_2CO_3 溶液、0.1mol/l HCl 溶液，在加入与不加入等摩尔甘露醇时的硼回收值比较

（每个数据点的不确定括号反映了测定浓度外精度的 2σ 范围。98—102%间的水平线是 2σ 范围内硼的回收。）

(C)1994-2020 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki

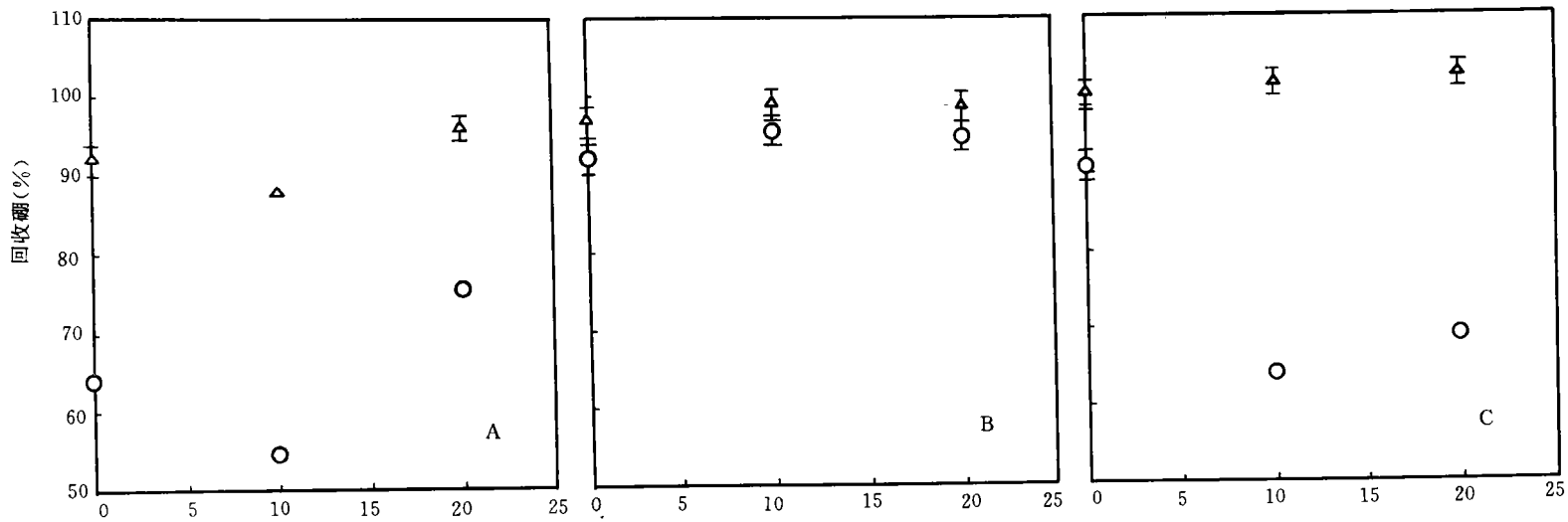

图 3　干燥后继续加热时残留物的硼回收值(蒸发溶液如图 2 的说明)

(C)1994-2020 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki

表 1 列出了不同组合的稀 HCl、Cs_2CO_3、甘露醇的硼溶液在部分蒸发和完全蒸干时硼的回收结果。图 2 为硼回收与蒸发残留液重量的关系曲线。0.1mol/l HCl 溶液中硼的挥发具有特别重要的意义，因为要用 0.1mol/l HCl 把硼从 Amberlite IRA743 硼特效吸附树脂上淋洗下来[8]。从表和图中可以看出：

1)水溶液蒸发时，当残留液重量不少于 0.31g 时，在测定精度内硼的挥发可忽略；加入等摩尔的 Cs 时，溶液可蒸至 0.007g；0.1mol/l HCl 溶液可蒸发至 0.005g；加入等摩尔的甘露醇时，水溶液可蒸发至 0.075g；加入 Cs_2CO_3 和 0.1mol/l HCl 的硼溶液，既是蒸干，硼的挥发也可忽略(图 2，图 3)。

2)不加甘露醇的近中性硼溶液蒸发至小体积时，硼回收低于 0.1mol/l HCl 和 Cs_2CO_3 溶液蒸发时的硼回收(图 2，A、C、E)。后者只有在蒸干时才发现硼有明显的损失。

3)可以看出，甘露醇在上述三种溶液中蒸发至小体积或蒸干时，对硼的回收有利(图 2、图 3、表 1)。在硼的回收方面，Cs 也表现了同样的效果，但不如甘露醇的影响明显(图 3，B)。用 $Cs_2CO_2^+$ 方法分析硼同位素时，Cs 是必不可少的，根据以上的实验观察，建议硼的近中性或酸性溶液蒸发前加入等摩尔的甘露醇和 Cs_2CO_3。

Feldman[1]的数据表明，蒸干的过程中，硼在酸性溶液中比在中性溶液中更易挥发，尤其是在 HCl 溶液中。Ishikawa 和 Nakamura 也指出[3]，蒸干的过程中硼在酸性溶液比在中性或碱性溶液中更易挥发。这种相矛盾的结果很可能是由于 HCl 浓度的不同造成的。Feldman[1]、Ishikawa 和 Nakamura[3]分别用 33%和 6mol/l 的 HCl，硼在浓 HCl 很可能以 BCl_3 的形式挥发，但在稀 HCl(0.1mol/l)中，不会产生大量的 BCl_3 气体。

硼溶液蒸发时残留硼的同位素偏移

残留硼的同位素组成是通过蒸发含 NIST SRM951 硼溶液获得的，数据列在表 2 和图 4。这些数据表明，在所有情况下残留物中均富集^{10}B。不加甘露醇的硼水溶液蒸发时硼同位素变化最明显(−1.3～−1.9‰)，而硼的稀 HCl 溶液只有蒸干时，才观察到硼同位素有较小的变化(−0.4‰)，这些结果与上述硼的挥发是一致的。不加甘露醇时，水溶液中硼的损失较大，而硼从酸性溶液挥发的较少。

表 2　含有 48.2μg 硼的溶液在蒸发时，残留溶液和干燥残留物的同位素组成变化

加　入(ml)						
水	Cs_2CO_3 ($12.3*10^{-9}$Cs)	HCl (0.1mol/l)	甘露醇 (1.82%)	pH	剩留体积 μl	硼同位素偏移 (‰) (2σ)
10	0	0	0	6.3	50	−1.29(8)
10	0	0	0	6.3	0	−1.89(5)
10	0.048	0	0	8.9	50	−0.44(10)
10	0.048	0	0	8.9	0	−1.21(9)
0	0	10	0	1.0	0	−0.37(19)
10	0	0	0.048	6.1	50	−0.21(15)
10	0	0	0.048	6.1	0	0.07(11)
10	0.048	0	0.048	8.5	50	−0.12(15)
10	0	0	0.048	8.5	0	−0.32(13)
0	0	10	0.048	1.0	0	−0.32(11)
0		10	0.048	1.0	0	−0.38(9)

(C)1994-2020 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki

表 3　NIST SRM951 H_3BO_3 溶液蒸干后残留物和蒸汽间的同位素分馏

硼 (μg)	加入 水(ml)	HCl[2] (ml)	酸度	硼含量 残留物 (μg)	硼含量 蒸汽 (μg)	$\delta^{11}B$(‰) (2σ) 残留物	$\delta^{11}B$(‰) (2σ) 蒸汽	α[1]
51.9	10	0	pH6.3	48.9	4.4	−1.48(8)	4.47(10)	1.0064
48.4	0	10	2mol/l HCl	39.9	7.0	−2.21(15)	1.83(16)	1.0040

1. α 同位素分馏因子，定义为：$\alpha=(^{11}B/^{10}B)_{vap}/(^{11}B/^{10}B)_{res}$

2. 2mol/l HCl

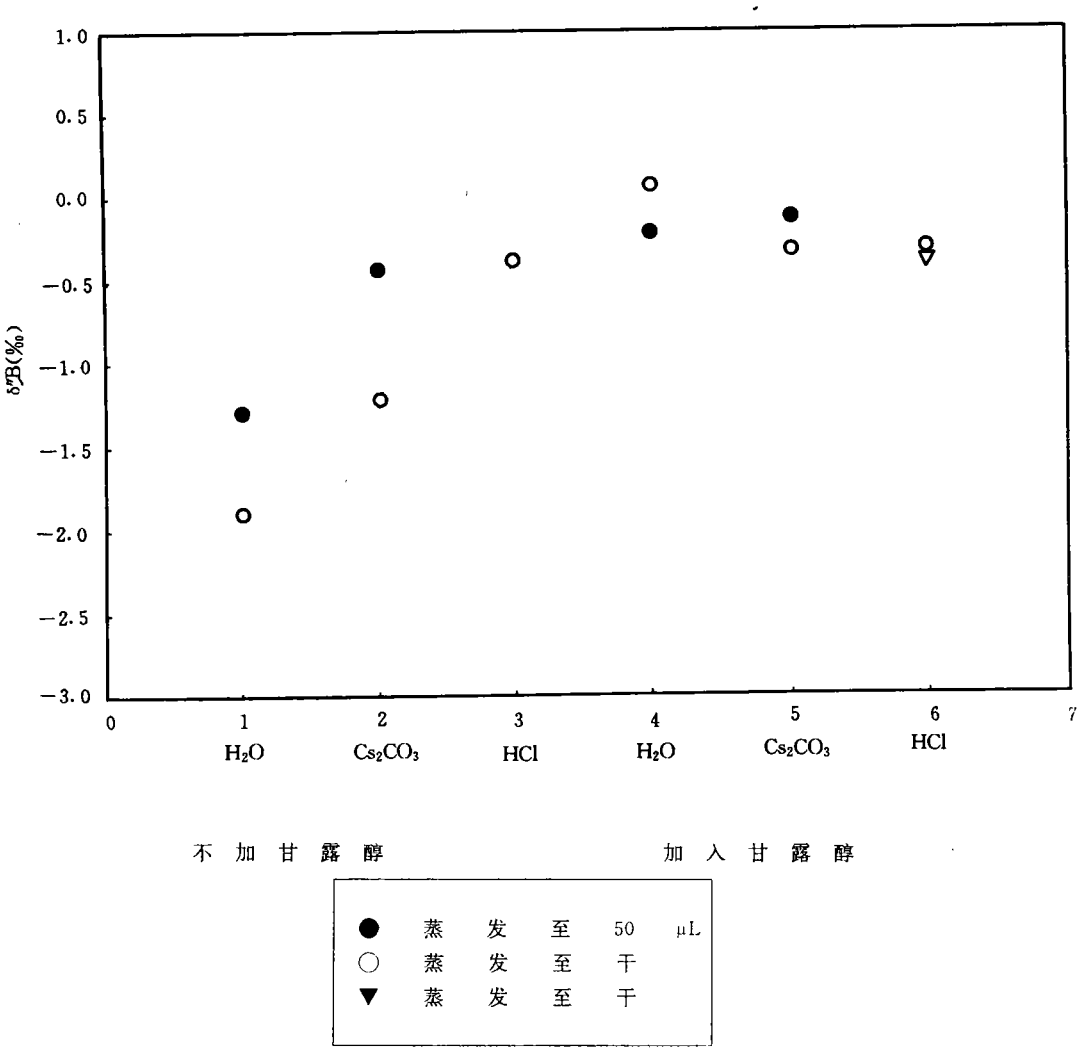

图 4、甘露醇对硼酸溶液蒸发时硼同位素分馏的影响

硼水溶液加入甘露醇蒸发时同位素偏移为−0.2～0.1‰(在同位素测定精度 2σ 范围内)，与不加甘露醇时的硼同位素偏移相比可以忽略。由此可以看出，甘露醇的加入可有效的减少硼

(C)1994-2020 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki

同位素偏移。在硼的 0.1mol/HCl 溶液中加入甘露醇并蒸干，观察到的硼同位素偏移较小（−0.3～−0.4‰）；不加甘露醇时，蒸发含硼的稀 HCl 溶液，比蒸发单纯的含硼水溶液硼同位素偏移小，这表明稀盐酸可减少硼同位素分馏，此结果显然与 Ishikawa 和 Nakamura[3]的观察相矛盾。但如上所述，他们用的是 6mol/l 的 HCl 溶液。稀硼溶液中，硼以 $B(OH)_3$ 和 $B(OH)_4^-$ 的两种形式存在，$B(OH)_3$ 和 $B(OH)_4^-$ 的比由溶液的 pH 值控制。在 pH 为 1 的溶液中，硼几乎全部以 $B(OH)_3$ 的形式存在。因此蒸发过程中即使有硼挥发，〔均以 $B(OH)_3$ 的形式〕也不会导致硼同位素分馏。

表 2 结果表明，溶液中仅加入 Cs_2CO_3，如不蒸干，也可有效的减少蒸发过程中硼的同位素偏移，在溶液中同时加入 Cs_2CO_3 和甘露醇，蒸发至 50μl 或蒸干后，残留物的硼同位素偏移（−0.1～−0.3‰）小于仅含 Cs_2CO_3 溶液的硼同位素偏移（−0.4～−1.2‰），蒸干时影响更明显；在仅含 Cs_2CO_3 的溶液蒸干时，尽管硼的损失小于 5%，但仍可观察到−1.2‰的硼同位素变化。

蒸发过程中残留物与蒸汽间的同位素分馏

含有 NIST SRM951 的溶液在蒸发后残留物与蒸汽相的硼同位素组成列在表 3。表中数据表明，蒸汽相富集 ^{11}B，此结果与 Leeman 等[4]、Ishikawa 和 Nakamura[3]的一致，即酸性溶液蒸发后的残留物中 ^{11}B 被贫化。硼在残留物和蒸汽间的同位素分馏明显与溶液的化学组成有关，水溶液蒸发时的硼同位素分馏大于 2mol/l HCl 溶液蒸发时的硼同位素分馏，这可能是分馏机理的不同所致。

水溶液蒸发时剩留物和蒸汽间的硼同位素分馏是由硼在每相中的三配位体和四配位体相对比控制的。Kakihana 等[10]测定 60℃时，溶液中三配位体和四配位体间的硼同位素平衡常数为 1.0177。本实验测定的溶液和蒸汽间硼同位素平衡常数为 1.0064，大大小于理论值。这表明溶液和蒸汽相中的三配位体、四配位体的比例是不同的。早已指出，稀硼溶液中 $B(OH)_3$ 和 $B(OH)_4^-$ 的比受溶液的 pH 值控制。本实验随着蒸发的进行溶液 pH 在不断变化，这就导致了溶液中 $B(OH)_3$ 和 $B(OH)_4^-$ 的变化。因此无法根据水溶液中 $B(OH)_3$ 和 $B(OH)_4^-$ 的平衡准确计算蒸汽相的硼同位素组成。

Ishikawa 和 Nakamura[3]报导了 3mol/l HF 溶液蒸发时，残留物与蒸汽间硼同位素分馏系数为 1.011。他们认为这种分馏是由瑞利型（Rayleigh－tape）蒸馏控制的。本实验中，硼在 2mol/l HCl 溶液中可能以 BCl_3 的形式挥发，如 Ishikawa 和 Nakamura[3]所描述的，瑞利型同位素蒸馏可用下式表示：

$$\ln R=(\alpha-1)\ln f+\ln R_0$$

R_0 的 R 分别为原始溶液和最终残留物 $^{11}B/^{10}B$ 的比值，是动力同位素分馏系数；f 为硼的回收值。本实验中，$R_0=4.0582$，$R=4.0492$，$f=0.824$。由此计算出残留物与蒸汽间硼同位素分馏系数为 1.011，这与 Ishikawa 和 Nakamura[3]报导的 HF 溶液中的值完全相同。但是测定的硼同位素分馏系数为 1.0040，小于计算值。这表明蒸汽相的硼同位素比还受其他分馏的影响，可能是蒸汽相的硼只有部分被冷凝，或者是硼在冷凝器中发生二次蒸发。

结　论

本实验观测了硼在水溶液、酸溶液、碱溶液蒸发过程中的挥发，结果表明，加入等摩尔的甘

(C)1994-2020 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki

露醇可减少但不能完全抑制硼的挥发，中性溶液不加入甘露醇时残留物中硼同位素组成出现明显的负偏移，含硼的稀盐酸溶液不加甘露醇蒸干时，尽管有硼的损失，但无明显的同位素分馏。加入甘露醇，水溶液蒸发时产生的硼同位素分馏在测量精度内可忽略，稀盐酸和碱性溶液蒸发时，观察到的硼同位素偏移较小。在此研究基础上，为了减少硼的挥发，在把含硼的溶液蒸发浓缩(60℃)前，应加入等摩尔的甘露醇和 Cs.

参考文献

〔1〕 Feldan C. ,Anal. Chem,1991,33:1916－1920

〔2〕 Levi G. H. and Curt. R. Gazz,Chim. Ital. ,1958,68:376－380

〔3〕 Ishikawa T. and Nakamura E. ,Anal. Chem. ,1990,62:2612－2626

〔4〕 Leeman W. P. ,Vocke Jr R. D. ,Beary E. S. and Paulsen P. J. ,Geochim. Cosmochim. Acta. ,1991,55:3901－3907

〔5〕 Kuwaka K. ,Motomizu S. and Toei K. ,Anal. Chem. ,1978,59:1788－1792

〔6〕 Kiss E. ,Anal. Acta. 1988,211:243－256

〔7〕 Xiao Y. K. ,Beary E. S. and Fasset J. D. ,Int. J. Mass Spectrom Ion Proc. ,1988,85:203－213

〔8〕 Xiao Y. K. ,Xiao Y. ,Swihart G. H. and Liu W. G. ,Chin. Sci. Bull. ,1997(在校审)

〔9〕 Cogbill E. C. and Yoe J. H. ,Anal. Chem. ,1957,29:1251－1258

〔10〕 Kakihana H. ,Kotaka M. ,Saton S. ,Nomura M. and OkamotoM. ,Chem. Soc. ,Japan,1977,50:158－163

(C)1994-2020 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki

Boron Volatilization and its Isotope Fractionation during Evaporation of Boron Solution

Y. K. Xiao, L. Wang
(*Qinghai Institute of Salt Lakes, Academia Sinica, Xining*, 810008, *P. R. China*)
R. D. Vocke Jr
(*Inorganic Analytical Chemical Division, National Institute of Standards and Technology, Gaithersburg, MD* 20899, *U. S. A*)
G. H. Swihart, Y. Xiao
(*Department of Geological Sciences, University of Memphis, Memphis, TN* 38152, *U. S. A.*)

Abstract

Evaporation experiments were undertaken to determine the volatility of levels of ppm concentration of boron in water and dilute HCl in the presence and absence of equimolar mannitol and/or cesium. Multiple 10 ml aliquots prepared identically were evaporated to various extents or just to dryness and heated 10 to 20 minutes after reaching dryness under filtered air at 60℃. Boron was only retained quantitatively in water during evaporation and after reaching dryness in the presence of both equimolar mannitol and cesium. Boron was retained quantitatively in dilute HCl solution during evaporation, without mannitol or cesium. But it could be retained when the dilute HCl just reached dryness and thereafter only in the presence of equimolar mannitol.

Isotopic measurements of the evaporation solutions and residues indicate that the heavier isotope, ^{11}B, is preferentially lost from the near neutral and acidic solutions examined. The results are pertinent for procedures requiring preconcentration of boron.

Keywords Boron, Boron volatilization, isotope fractionation, evaporation of boron solution.

(C)1994-2020 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki