

普通化学

(初 稿)

第八分册

南开大学无机化学教研室申泮文編著

高等教育出版社

本書系天津市广播函授大学化工专业用的試用教材，由天津南开大学无机化学教研室申泮文編写。

全書共分二十章，前十章为理論部分，后十章为叙述部分，以分册出版。本書系第八分册，書中主要叙述周期系第三族和第二族諸元素。

本書除供函授大学化工专业用作为教材外，还可供业余学校、半工半讀学校有关专业以及自学者参考。

普 通 化 学

(初 稿)

第 八 分 册

南开大学无机化学教研室申泮文編著
高等教育出版社出版 北京宣武門内承恩寺7号
(北京市書刊出版业营业許可証出字第054号)
人民教育印刷厂印装 新华书店发行

統一書号 13010·670 开本 850×1168¹/₃₂ 印張 17/16
字數 34,000 印數 3,501—9,500 定价 (6) ¥ 0.14
1959年7月第1版 1959年9月北京第2次印刷

第八分册目录

第十五章 周期系第三族	329
§ 1. 硼	331
§ 2. 铝	339
§ 3. 镓分族	345
§ 4. 铟分族	347
§ 5. 镧系元素	349
§ 6. 锕系元素	354
第十六章 周期系第二族	359
§ 1. 铍、镁和碱土金属	359
§ 2. 锌分族	366

鑷系元素的出現(电子充填到 $4f$ 軌道), 使 72 号元素后面的元素的性質受到了很大的影响, 而鈷系元素和鑷系元素相类似的理論(鈷系理論)揭露了門捷列夫周期律在近代發展中的最光輝的新的一頁。

硼、鋁与鎵分族元素的通性 在本族中, 由硼的表現为非金屬到鋁的表現为活潑金屬, 显有突变的特点, 这是由于它們的原子半徑有相当大的差別而决定的。就是由于处于非金属向金屬过渡的特殊位置, 硼和第四族的硅在化学性質上很相近, 同样鋁和第二族的鋁很相似。

本族元素因为畢竟靠近中間的第四族, 所以仍然保持有一定的共价性。这表现在硼、鋁、鎵、銻的卤化物一般具有揮發性(除了 AlF_3 、 GaF_3 和 InF_3), 而且形成二聚分子 $(MX_3)_2$ (除了卤化硼)。另一方面, 硼能形成和硅类似的几种共价型揮發性的氢化物, 鋁、鎵也能生成共价型的氢化物, 而銻和鉈則不能生成稳定的氢化物。

表 52. 硼、鋁与鎵分族元素的一般性質

性 質	硼	鋁	鎵	銻	鉈
符号.....	B	Al	Ga	In	Tl
原子序数.....	5	13	31	49	81
原子量.....	10.82	26.98	69.72	114.82	204.39
电子結構.....	2, 3	2, 8, 3	2, 8, 18, 3	2, 8, 18, 18, 3	2, 8, 18, 32, 18, 3
价的表現.....	0, 3	0, (+1), +3	0, +1+3	0, +1, +3	0, +1, (+3)
电离势, 电子伏特	8.296	5.984	6.00	5.785	6.106
原子半徑, Å	0.80	1.248	1.245	1.497	1.549
M^{+3} 离子半徑, Å	0.20	0.50	0.62	0.81	0.95
金屬性.....	→ 增强				
$M(OH)_3$ 的酸性...	弱 酸 性	两 性	两 性	两 性	弱 碱 性
电極电位, 伏特					
$M = M^{+3} + 3e \dots$	-0.73	-1.67	-0.52	-0.34	0.719
	(H_3BO_3)				$Tl = Tl^{+} + e$
					-0.34

这些性質也都表現了由硼到鉈的金属性的逐漸增强。

本族元素的一般性質列在表 52 中。

由电極电位的数据可見，本族元素除了鉈以外， $M = M^{+3} + 3e$ 都显有負电位，表示它們都容易給出 3 个电子而呈 +3 价，但由 Al 至 Tl 这种傾向减弱，鉈則趋向于出現 +1 价。

硼的化合物都是共价的，只有在与强金屬的化合物如 Mg_3B_2 ——簡單硼化物中，才以 -3 价的形态存在。不过这种硼化物是很少的。硼能形成許多有机化合物，硼的有机化学現已逐漸形成独立的化学分支了。

§ 1. 硼

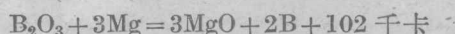
在自然界中的分布和我国的資源 硼在地壳中的原子百分含量約为 $5 \times 10^{-4}\%$ ，在許多复杂的岩石中往往含有微量的硼。集中出現的矿物沉积則有火山区的硼酸 H_3BO_3 ，盐湖的硼砂 $Na_2B_4O_7 \cdot 10H_2O$ ，以及硼鎂石 $MgHBO_3$ 、硼鎂鉄石 $MgO \cdot Fe_2O_3 \cdot FeO \cdot xB_2O_3$ 等岩石矿物。

我国是富有硼的国家。概括來說，我国的硼資源包括四个方面的来源：(1)东北辽宁和吉林沿着鴨綠江的鳳城、寬甸、恒仁、輯安地带的硼鎂鉄矿，仅鳳城一地就有矿点二十多个，現在已經大規模开采。(2)四川井盐鹵中含有硼砂，現已經常正式生产。(3)柴达木盆地盐湖的硼資源很丰富，这个盆地被誉为我国的硼庫。例如現在正在積極勘探和开发的大柴旦湖和小柴旦湖，湖水的含硼量很高，而且鑽探發現湖底儲积有丰富的鈉硼解石 $Na_2O \cdot 2CaO \cdot 5B_2O_3 \cdot 16H_2O$ 。湖边的淤土中含 B_2O_3 的量也达 1%。此外，整个盆地有硼的地区很多，可能盆地內还有大量的硼矿。(4)西藏硼砂湖。西藏有許多高原湖，藏名称为“錯”，很富有硼砂。最著名的有班戈湖，經估計最高可能儲 B_2O_3 一亿吨。据文献記載，产硼砂的錯还有十几个之多。过去由于西藏反动集团的阻撓，对这些丰

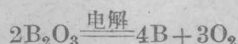
富資源尚未着手開發。1959年3月，西藏反動集團的反革命叛變被平定了，藏族人民真正獲得解放而開始了社會主義的新生命。這些富源不久就可以指望大規模勘探和開發，為祖國的社會主義建設事業服務了。

我國的硼資源在社會主義陣營中是最豐富的，因此負有發展硼的化學和供應社會主義兄弟國家以大量硼化合物原料（硼砂與硼酸）的光榮責任。硼砂和硼酸在今天是最重要的化工基本原料之一。

單質硼 自由的硼是由硼酸酐 B_2O_3 製備的。重要的製備方法有二：第一種方法是用鎂還原，即將 B_2O_3 與鎂粉共熱，然後用鹽酸洗去生成的氧化鎂，得到棕色的無定形硼。



第二種方法是新發展起來的電解法，即在石墨電解槽中將 B_2O_3 溶在熔化的氟硼酸鉀 KBF_4 與氯化鉀的混合物中，用銅棒為陰極，石墨坩堝為陽極，進行電解，在陰極上就得到很純的結晶狀元素硼。



無定形硼是棕色粉末，晶狀硼是黑色的六角片狀有光澤的晶體。元素硼的晶體為原子鍵型的，每個硼原子以 120° 的鍵角和另外三個硼原子相聯，成為正六邊形的結構。

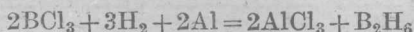
元素硼在常溫下很不活潑，但無定形硼在高溫下，不但可以和 O、Cl、Br、S、N 化合，而且可以從 P_2O_5 、 CO_2 與 SiO_2 中將相應的元素替代出來。也可以用硼和金屬氧化物在高溫下作用來製備某些金屬。金屬也可以和硼共熔來製備金屬硼化物，例如將硼與鎂燒到 950° 可以制得 Mg_3B_2 。

在赤熱的溫度下硼還能和水蒸汽作用，生成硼酸和氫， $2B + 6H_2O = 2H_3BO_3 + 3H_2$ 。硼不溶于稀酸，但能被濃硝酸氧化： $B + HNO_3 + H_2O = H_3BO_3 + NO$ 。在有氧化劑存在下，硼和強鹼共熔

則得到硼酸盐： $2B + 2NaOH + 3KNO_3 = 2NaBO_2 + H_2O + 3KNO_2$ 。

元素硼是制造二元硼化物的原料，更重要的是，硼在近代技术中是无机高能燃料，将它混合在石油中，在喷射机中燃烧，能产生很高的热能，是可能的火箭燃料之一。

硼的氢化物 硼不能和氢直接化合，但能間接地得到好几种硼的氢化物——硼烷。由于硼烷在今天是最重要的火箭高能燃料之一，許多国家都对于硼氢化合物进行紧张而秘密的研究工作，将卤化硼如 BF_3 或 BCl_3 蒸气和氢气的混合物在加热下通过活泼金属，可以制得乙硼烷 B_2H_6 。



乙硼烷是制备其他硼烷的母体，将它在不同的温度下热解，可以得到不同的硼烷。各种硼烷的化学式和性质列在表 53 中。

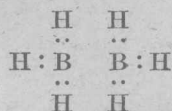
表 53. 硼的氢化物

名 称	分子式	熔 °C	沸 °C	室温下存在状态	水解情况	稳定性
乙硼烷.....	B_2H_6	-165.5	-92.5	气 体	很快水解	100°以下 稳 定
丁硼烷.....	B_4H_{10}	-120	18	气 体	較 慢	不 稳 定
稳定戊硼烷.....	B_5H_9	-45.6	65	液 体	不易水解	很 稳 定
不稳定戊硼烷...	B_5H_{11}	-120	60	液 体	不 明	自行分解
己硼烷.....	B_6H_{10}	-65.1	110	液 体	不易水解	緩慢分解
癸硼烷.....	$B_{10}H_{14}$	99.6	213	固 体	室温下較慢 加热較快	極 稳 定

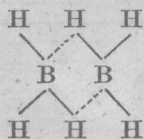
硼烷的燃烧热極高，例如 B_2H_6 的燃烧热是 17800 千卡/公斤， B_5H_9 是 15340 千卡/公斤， $B_{10}H_{14}$ 是 15310 千卡/公斤。一般高能燃料的热值須在 12000 千卡/公斤以上才能适合于火箭动力的需要。 B_5H_9 和 $B_{10}H_{14}$ 有較高的稳定性，所以这两个硼烷或它们的有机衍生物是有希望的火箭燃料。

除了硼烷的合成是无机化学中的一项重要任务之外，它們的

結構也一直是化學中多年來討論不絕的問題。硼的外層有 3 個電子，即一對 $2s$ 電子和一個 $2p$ 電子，經雜化成 sp^2 的分布，可以形成 3 個共價結合，因此它和氫應該有最簡單的氫化物 BH_3 (甲硼烷)，同時高級硼烷應該是 B_2H_4 , B_3H_3 等等。但一直到目前還沒有得到過這些化合物。最簡單的化合物是乙硼烷 B_2H_6 。從結構上看，如果氫是和硼作共價結合的話，硼與硼原子之間缺乏互相結合的價電子，即這個化合物是缺電子化合物。

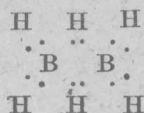


關於這個化合物的結構，曾有許多化學家提出不同的假設，最後被普遍接受的是蘇聯學者 Б. Б. 涅克拉索夫在 1940 年提出的橋狀結構：



在這個結構式中，有兩個氫原子，各同時和兩硼原子相結合，這種結合的鍵（上式中用虛線表示的）稱為氫橋。這種氫橋的

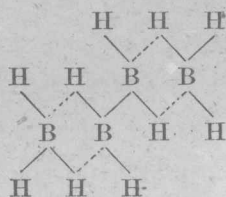
形成是由於 $H : \overset{\overset{H}{\vdots}}{\underset{\underset{H}{\vdots}}{B}}$ 是電子不飽和的化合物，是電子的接受體，它就傾向於吸引另一 BH_3 分子中的電子，使分子中的一個氫原子成為電子的給子體。這樣就取得了如下的電子結構而形成 BH_3 的二聚分子：



這樣在 $B-H-B$ 的結合中，結合成鍵的共只有 2 個電子，換句話

說，只有两个电子把 $B-H-B$ 三个原子鍵合起来，这种鍵被叫做三中心鍵。这个三中心鍵的观念是美国化学家彼采尔在 1945 年提出的。

了解了这种桥状結構，其他硼烷的結構不久也一一被闡明，并且也都經結構实验的結果証实了。例如 B_4H_{10} 的結構是：



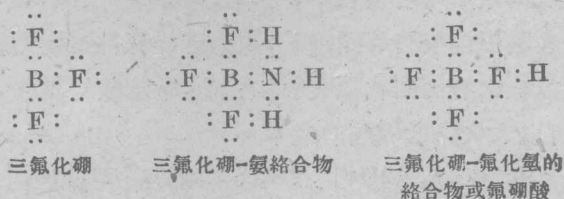
其余的硼烷結構較复杂，这里不一一作介紹。

硼的卤化物 硼能直接和卤素化合形成三卤化硼，它們的性质列在表 54 中。

表 54. 三卤化硼的性质

性 质	BF_3	BCl_3	BBr_3	BI_3
室溫下(25°C)存在状态	气 体	气 体	固 体	固 体
熔点, °C.....	-129	-108	-47	+43
沸点, °C.....	-101	+12.8	+91	+210
生成热, 千卡/克分子...	273	104	70	—

在这几个卤化硼中以 BF_3 和 BCl_3 为最重要。由于 BF_3 中的硼原子是强的电子接受体，它容易和給电子集团形成絡合物，例如它和氨或氟化氢的加合化合物如下：



在氟硼酸中,硼原子与氟化氢中的氟离子紧密加合,把氢原子推向外界,即 $\text{H}[\text{BF}_4]$,而显有强酸的性质。就是由于这种性质,在许多化学反应中,特别是有机化学反应中, BF_3 成为广泛应用的催化剂。

三氯化硼是制备硼烷和硼有机化合物的原料。

硼的含氧化合物 硼的最大特征是它的生成含氧化合物,包括氧化物、硼酸和硼酸盐。

三氧化二硼 硼在高温下燃烧,即生成三氧化二硼,称为硼酸酐:



三氧化二硼的很高的生成热,是它能从许多氧化物中取代相应元素的根本原因。在实际工作中三氧化二硼是从硼酸脱水而制得的:



在高温下脱水得到的 B_2O_3 是无色玻璃状物,而在低温减压下脱水得到的是粉末状多孔性的 B_2O_3 。

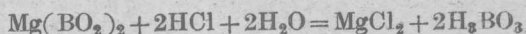
三氧化二硼是制备元素硼和许多硼酸盐的原料,它和 BeO 、 Li_2O 制成的玻璃能很好地透过 X-射线,用为 X-射线管上的透射窗。三氧化二硼很容易吸水变为硼酸,又可以用作干燥剂。

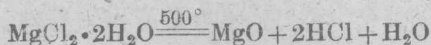
硼酸 硼酸有天然的矿物沉积,在工业上一般是用酸来分解硼矿而制得的。例如,用硫酸分解硼镁矿,可以得到硼酸和硫酸镁:



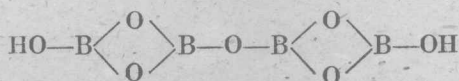
硼酸在酸性溶液中溶解度很小,可以过滤分离。

著者建议用盐酸分解硼镁矿,因为这样可得到氯化镁和硼酸,氯化镁可以经水解而回收盐酸(见第十一章盐酸的制法)。如操作得适当,可以大大降低硼酸的成本。





硼酸是一个弱酸。它还能存在为多酸 $x\text{B}_2\text{O}_3 \cdot y\text{H}_2\text{O}$ 的形式。其中最主要的是四硼酸 ($x=2, y=1$)。四硼酸 $\text{H}_2\text{B}_4\text{O}_7$ 的结构式如下:

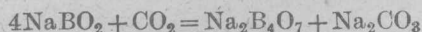
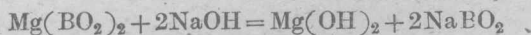


四硼酸的酸性比硼酸强得多。硼酸加热脱水时,先生成偏硼酸 HBO_2 ,然后变成四硼酸,最后才变成三氧化二硼。

硼酸是制造一切其他硼化合物的原料,在医药上用为消毒剂和防腐剂。硼酸可以代替硼砂用于搪瓷和玻璃工业中。

硼酸盐·硼砂 在硼酸盐中除了活泼的一价金属的盐之外,一般不溶于水。重金属的盐都有特征的颜色,可用于鉴别重金属的化合物。硼酸盐中最重要的是硼砂——四硼酸的钠盐 $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$,它是大块的无色晶体,容易风化,在水中的溶解度相当小。

在工业上硼砂是用烧碱来分解硼矿石,先制得偏硼酸钠。然后用二氧化碳通入偏硼酸钠溶液中降低溶液的碱性,即可得到硼砂:



硼砂是一种非常重要的基本工业原料,在搪瓷和陶瓷工业中用于制造瓷釉。在玻璃工业中用于制造化学性能稳定的化学仪器玻璃和光学玻璃。由于它有熔解金属氧化物的本领,在金属烧焊工艺中用为焊药,又是制造各种电焊条的原料。此外,它还可以用为防腐剂、用于肥皂工业和造纸工业等等。

硼砂和重金属盐在一起熔烧,可以形成玻璃状物,其中含有重金属的偏硼酸盐,依重金属离子的不同而具有特征的颜色。这个

特点是檢驗重金屬離子的有名硼砂珠試驗的基礎。例如，用白金絲蘸了硼砂，在煤氣燈焰上熔燒成玻璃球狀物，然後沾一些金屬鹽溶液，例如鈷鹽溶液，再放在火焰上熔燒，可以得到寶石藍色的硼砂珠，其中含有 $\text{CoO} \cdot \text{B}_2\text{O}_3$ 或 $\text{Co}(\text{BO}_2)_2$ 。這樣，鈷鹽就被証實其存在了。

二元硼化物 利用金屬和元素硼的直接化合反應，或是用金屬鋁(或炭)還原金屬氧化物和三氧化二硼的混合物，可以制得金屬的硼化物。這些化合物，特別是難熔金屬的硼化物，具有高熔點、高硬度、高的熱穩定性和化學穩定性等，使它們有可能成為高能技術(例如超音速噴氣飛機，宇宙火箭，原子動力機等)中的結構材料。除了少數金屬與硼的類鹽型化合物如 Mg_3B_2 之外，一般硼化物都不是按正常原子價化合起來的，它們的結構大都是很複雜的。表 55 中彙列了各族元素的已知的硼化物。

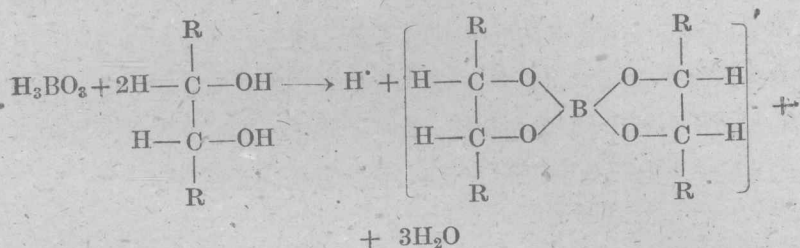
表 55. 各族元素的硼化物

族 次							
I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
Cu_3B_2	Mg_3B_2	AlB_2	CB_4	VB	CrB	MnB	Fe_2B
	MgB_2	$\text{AlB}_{1.5}$	SiB_3	VB_2	CrB_2	MnB_2	FeB
	CaB_6	YB_6	SiB_6	NbB_2	Cr_3B_2		Co_2B
	SrB_6	LaB_6	TiB	TaB_2	MoB_2		CoB
	BaB_6	CeB_4	TiB_2		Mo_3B_4		CoB_2
		CeB_6	ZrB		WB		Ni_2B
		PrB_6	ZrB_2		WB_3		Ni_3B
		NdB_6	Zr_3B_4		UB_2		NiB_x
		SmB_6	HfB		UB_4		Pt_2B
		GdB_6	HfB_2		$\text{UB}_{1.5}$		
		ErB_6	ThB_4				
			ThB_6				

硼的分析化學性質 硼酸鹽在酸性溶液中總是形成硼酸，有甲醇 CH_3OH 存在時，很容易形成有揮發性的硼酸三甲酯

$B(OCH_3)_3$ 。这个化合物燃烧时显有美丽的綠色火焰，这个反应被利用来檢驗硼酸盐。也可以利用 $B(OCH_3)_3$ 的揮發性使硼酸盐从酸溶性的矿物中分离出来。

硼酸虽然是一个弱酸，但它能和多元醇如甘露醇 $C_6H_8(OH)_6$ 、甘油 $C_3H_5(OH)_3$ 等形成螯合物而显为一元强酸，可以被标准碱溶液定量地滴定。



这个反应被用为硼酸盐的定量分析的基础。元素硼或硼化物都可以先溶于硝酸中形成硼酸后，再依上述反应进行测定。

§ 2. 鋁

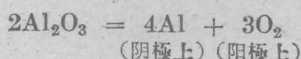
在自然界中的分布和我国的資源 鋁是地壳中含量最多的金屬，丰度占第四位(前面三个分布量最广的元素是氧、氢和硅)。它在地壳中的原子百分含量約为 5.5%。存在的最主要形式是复杂鋁硅酸盐。重要的矿物有粘土 $Al_2O_3 \cdot 2SiO_2 \cdot 2H_2O$ 、冰晶石 $Na_3[AlF_6]$ 、矾土 $Al_2O_3 \cdot nH_2O$ 等。

我国的鋁矿十分丰富，鋁矾土和矾土頁岩的儲量約占全世界总产量的十分之一以上。矾土矿以福建漳浦和海南島的为最著名。矾土頁岩仅以山东一省而論，儲量就达到 80 亿吨，以博山地区最为丰富。

我国的明矾石也占有世界地位，产区遍于浙江、安徽、福建、四川、甘肃、新疆等省。其中以浙江平阳矾山鋪的明矾石矿为最大，是世界最大的矾矿，估計儲量約有十亿吨。其次是安徽廬江的矾

矿，儲量也在四亿吨以上。这种明矾石矿对于煉鋁和提煉鉀肥，都是很重要的資源。

金屬鋁的冶煉，我国大跃进中的煉鋁工业 現在金屬鋁是将氧化鋁熔化在熔融的冰晶石 $\text{Na}_3[\text{AlF}_6]$ 中进行电解而制得的：



电解时用大塊石墨为阳極，电解槽的石墨襯里为阴極。电解溫度約为 1000°C 左右，电極間的电压为 5—8 伏特。氧在阳極放出，因为氧会使阳極燃燒而逐漸变短，所以应不断地将阳極下降。液态鋁在阴極上放出，聚集在槽底，按定时将熔态鋁放出鑄錠，同时补充 Al_2O_3 于电解槽中。圖 68 是电解鋁設備的示意圖。

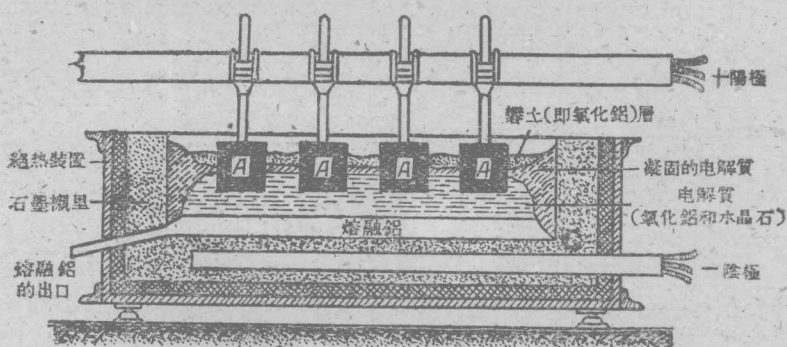
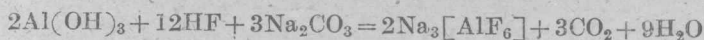
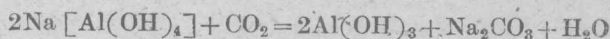
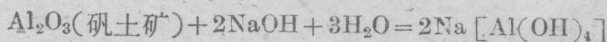


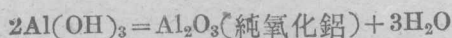
圖 68. 煉鋁電爐。

用电解法制鋁时須用極純的原料。所用冰晶石是人造的，是将 $\text{Al}(\text{OH})_3$ 和純碱同时溶解在氢氟酸中来制备的：

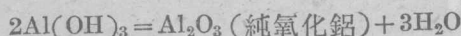
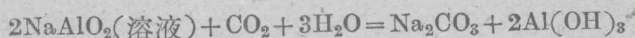
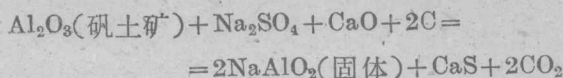


氧化鋁是如下制备的：先用碱溶液处理天然矾土矿，制得鋁酸盐；然后在溶液中通入 CO_2 气体，得到 $\text{Al}(\text{OH})_3$ 沉淀。烘干脫水即得 Al_2O_3 。





我国东北有較多的和成本低廉的水力發電，所以煉鋁工业有很好的發展，在吉林、撫順都有很大的煉鋁厂，我国用鋁基本上自給。在 1958 年社会主义建設事业的大跃进中，国务院曾在 9 月 24 日發布关于广泛建立銅鋁冶煉工业的指示。为适应大跃进的要求，东北工学院有色輕金屬教研室和国营氧化鋁厂都先后發展了土法提煉氧化鋁的方法^①，在这个方法中不用氫氧化鈉，而是用价廉的硫酸鈉和石灰来焙燒矾土矿，然后用水浸取，得到鋁酸盐溶液，最后通入 CO_2 来沉淀 $\text{Al}(\text{OH})_3$ 。反应式如下：



此外，中央冶金工业部在北京設立了一所小型实验煉鋁厂，电解槽不用鋼鉄材料而用磚石結構，这样就打破了关于煉鋁工业非大規模企业和高級設備不可的迷信。今后这种应用簡易設備的煉鋁过程将会大力推广，而使我国的鋁产量获得更大的增長。

鋁的物理性質和用途 鋁是銀白色有光澤的金屬，比重 2.7，是一种輕金屬。熔点 660°C ，沸点 2060°C 。它具有很好的延展性和导电性。在近代电工艺中在制造電綫、高压電綫、發电机等电气設備中鋁代替了一部分銅。

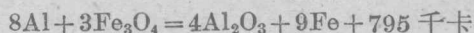
鋁虽然是很活潑的金屬，但它的表面上被一層很密致的氧化鋁膜所遮盖，使鋁不致进一步氧化或和水作用。因此金屬鋁表現了很高的稳定性，能广泛地用来制造日用器皿。

鋁的主要用途之一是制造輕合金，例如耐鋁（俗称鋼精，近似組成 94% Al、4% Cu、其他 Mg、Mn、Fe、Si 共占 0.5%）是一种最

① 見冶金工业出版社出版：土法生产氧化鋁，第一、二、三輯。

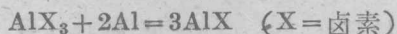
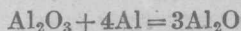
重要的鋁合金，因為它的牢固性幾乎和鋼相似，而重量只有鋼的 $1/3$ 。這種合金廣泛地應用於運輸機械中，如飛機身、貨車車身等。鋁在近代工業中是僅次於鋼鐵的重要金屬。

鋁的化學性質 把鋁粉在空氣中加熱時，它會劇烈燃燒，生成氧化鋁。這個反應放出大量的熱： $4\text{Al} + 3\text{O}_2 = 2\text{Al}_2\text{O}_3 + 798$ 千卡。由於氧化鋁有高的生成熱，它被用來和其他金屬氧化物作用使相應的金屬還原出來（鋁熱法）。並且在許多這樣的反應中，反應熱達到相當高的程度，以致可以使所產生的金屬和熔渣都被熔化，借比重不同而分層。這樣就可以得到整塊堅實的金屬，雖然其純度不會很高。由鋁和粉末狀的四氧化三鐵組成的混合物被叫做**鋁熱劑**，經引燃發生反應後鐵被熔化了，可以讓它流出來熔接電車軌道。



鋁和硫在高溫也劇烈反應，生成 Al_2S_3 。鋁在常溫下就能和 F 、 Cl 、 Br 作用，但和碘作用須在高溫。純鋁在酸中溶解得很慢，但一般工業用鋁很易溶於稀酸中。在濃的 HNO_3 和 H_2SO_4 中鋁不溶解，因為發生了所謂“表面鈍化作用”。這種鈍化作用的原理現在還不很清楚，可能是由於生成堅實的氧化物把金屬保護起來了。鋁能溶於鹼溶液中，生成鋁酸鹽和氫。鋁的電位序在 Mg 和 Zn 之間。鋁的化學反應概括在表 56 中。

鋁的一價化合物 鋁的化合物和金屬鋁在一起加熱時，能生成有揮發性的一價鋁化合物



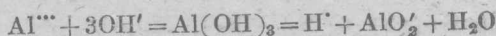
這些反應需在 1000°C 以上才進行，而且是可逆的，在低溫時反應向左進行而仍然生成原來的實物。曾有人建議用這個反應來提煉純鋁。到目前僅在高溫下獲得了一價鋁的氧化物、硫化物和鹵化物等少數幾個化合物，而且在常溫下它們是不存在的。

表 56. 鋁的化学反应

反	应	附	注
$4\text{Al} + 3\text{O}_2 = 2\text{Al}_2\text{O}_3$		稀盐酸和稀硫酸	
$2\text{Al} + 6\text{H}^+ = 2\text{Al}^{+++} + 3\text{H}_2$			
$2\text{Al} + 2\text{OH}^- + 2\text{H}_2\text{O} = 2\text{AlO}_2^- + 3\text{H}_2$			
$2\text{Al}(\text{汞齐}) + 6\text{H}_2\text{O} = 2\text{Al}(\text{OH})_3 + 3\text{H}_2$		在稀硝酸中产生 NH_4^+	
$\text{Al}(\text{汞齐}) + 4\text{H}^+ + \text{NO}_3^- = \text{Al}^{+++} + \text{NO} + 2\text{H}_2\text{O}$			
$2\text{Al} + \text{Fe}_2\text{O}_3 = \text{Al}_2\text{O}_3 + 2\text{Fe}$		許多金属氧化物和硫化物有类似反应	
$2\text{Al} + 3\text{X}_2 = 2\text{AlX}_3$		X = 卤素	
$4\text{Al} + 6\text{S} = 2\text{Al}_2\text{S}_3$		在高温下始反应	
$2\text{Al} + \text{N}_2 = 2\text{AlN}$		在高温下反应缓慢进行	
$6\text{Al} + 3\text{CO} = \text{Al}_4\text{C}_3 + \text{Al}_2\text{O}_3$		在高温下反应	

氧化铝和氢氧化铝 Al_2O_3 是难熔的白色粉末，不溶于水，經强燒的 Al_2O_3 也不易溶于酸。天然的剛玉是几乎純的 Al_2O_3 ，有很高的硬度，常用来作磨蝕剂。人工制成的高温熔結的 Al_2O_3 叫做人造剛玉，被用来制高温耐火器皿，例如高温爐管和反应坩堝，可以耐溫到 1800°C 。这种高熔剛玉不能耐抗强碱或焦硫酸盐(含有多余的 SO_3)，因为这样可以将 Al_2O_3 轉变成可熔的鋁酸盐或硫酸盐。

在鋁盐溶液中加入 NH_4OH ，可以沉淀出体积蓬松的白色 $\text{Al}(\text{OH})_3$ 沉淀。它是两性物，既溶于酸也溶于碱，但它的酸性和碱性都很弱。它在水溶液中的离解平衡如下：



在有鋁盐存在时 $\text{Al}(\text{OH})_3$ 可以被 NH_4OH 定量地沉淀出来。氢氧化鋁是治疗胃溃疡的内服藥剂。 $\text{Al}(\text{OH})_3$ 溶于碱而生成的鋁酸盐很容易水解，只在很强的碱溶液中鋁酸盐才是稳定的。可以用氧化鋁与固态碱共熔的方法来制备固态的鋁酸盐。

卤化物 金属鋁和卤素或卤化氢气在高温下作用，可以得到