

盐湖及相关资源开发利用进展 (续二)

宋彭生

(中国科学院青海盐湖研究所, 青海 西宁 810008)

摘要: 对近年来国内外盐湖资源开发利用的进展情况加以介绍,也涉及到国外钾、锂、镁、硼、碘等相关产品的生产、消费、价格等情况。还对资源开发的可持续发展以及我国盐湖及相关资源开发的某些问题加以讨论。

关键词: 盐湖资源; 综合利用; 钾盐; 锂盐

中图分类号: TD871.1 文献标识码: A 文章编号: 1008-858X(2000) 00-0044-18

南美也是世界重要的硼矿和硼酸盐产区。早在 1852 年就在智利发现了硼酸盐,位于智利 Tarapaca 地区阿斯科坦干盐湖 (Salar de Ascotan) 南纬 15°到 18°之间的多火山地区埋藏着含钙钠的硼酸盐。在阿根廷、秘鲁、玻利维亚及智利的安底斯山区有大约 35 个盐湖已知是含有硼酸盐的。但是那里气候条件恶劣,海拔 4600m 左右,以及缺少地下水,开采条件是相当艰苦的。

阿根廷是世界上仅次于美国、土耳其的第三大硼矿生产国。大约在 150 年以前,在阿根廷萨尔塔 (Salta) 省西北的安底斯山脉地区的 Salines Grandes 发现了硼矿,如今该省成为阿根廷硼盐生产的中心。阿根廷有几家矿山在开采硼矿。它是南美市场硼酸钠产品的重要来源。阿根廷近年来硼矿的产量列在表 31 中。

表 31 阿根廷硼矿的产量 (10⁴t)^[85]
Table 31 Production of boron by Argentina

年 代	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997
产 量	144. 0	115. 6	125. 0	146. 3	215. 0	244. 9	342. 2	422. 6

阿根廷硼砂 (Borax Argentina) 公司也是澳廷托集团的一部分,它是南美最大的硼酸钠生产者,在阿根廷最为重要。进入本世纪以来,阿根廷硼砂公司一直处于阿根廷安底斯地区硼酸盐开发的前哨。如今公司在萨尔塔省和胡胡伊省开采着三种不同的硼矿:

Tincalayu (霍姆布勒姆尔托盐湖,萨尔塔省)——天然硼砂矿;

收稿日期: 2000-02-22
基金项目: 本工作部分得到青海省科委科研项目资助 (97- K- 603)
作者简介: 宋彭生 (1937-),男,青海省人大常委会副主任,中科院青海盐湖研究所研究员。主要从事盐湖卤水物理化学、盐湖资源开发工艺基础、软科学等研究。

Sijes(Pozuelos 盐湖附近 ,萨尔塔省)—— 硬硼钙石或水方硼石和硬硼钙石;
Porvenir(Cauchari 盐湖 ,胡胡伊省)—— 钠硼解石年生产能力如表 32所列

表 32 阿根廷硼砂公司硼矿生产能力^[86](t)
Table 32 Capacity of Borax Argentinay boron mine

矿 山	Tincalayu- 天然硼砂		Sijes- 水方硼石 - 硬硼钙石		Porvenir- 钠硼解石	
	矿山	工厂	矿山	工厂	矿山	工厂
生产能力	477000	85400	108120	35000	14000	8000

Tincalayu矿是阿根廷最大的露天矿。从 1976年起开始采矿,矿坑目前约有 1.5km 长,800m 宽,100m 深。该矿位于延伸进入霍姆布勒姆尔托盐湖的一个半岛上,在那里开采天然硼砂。矿石品位在 16%~ 22% 间变化,根据加工厂的需要,选择性地开采不同品位的硼矿。表层粘土平均有 50m 厚,覆盖在 30~ 40m 的矿石之上。表层剥离和矿石开采都用液压风镐来完成,由公司的员工而不是承包商进行操作。原来是采用爆破法,为了安全起见才改变过来的,后来发现现在的方法更经济。

矿石先经初碎至 101.6mm 以下,然后在堆矿场混料至稳定的 18% B₂O₃ 的矿泥。废粘土返回干盐湖,清液进入加工厂。水洗并分级后的矿石再经过多级震动筛和摇床,分成四种产品流。加工的程度取决于矿石品位,矿石的杂质主要是泥沙。富集过的精矿 B₂O₃ 的品位 28%,在堆集场脱水,装卡车运往 120km 以外 Pocitos 的铁路终点站。

在 Sijes 阿根廷硼砂公司有一个水方硼石矿,由一个露天矿生产硬硼钙石矿和水方硼石矿。表层土厚 25~ 26m,覆盖在 27~ 29m 厚的矿石上,矿石平均品位约 34% B₂O₃。像在 Tincalayu 矿一样,粉碎混料—— 这里是控制 34% 的 B₂O₃ 品位。经粉碎、筛分 10~ 17 目的矿粉连续通过三段高强度的磁分离系统(1997 年新安装使用的)。水方硼石以两种粒级出售: 10~ 17 目的和 100 目的,而硬硼钙石则以 100 目产品出售。大部分产品都在原地包装好,然后直接发往南美和西班牙陶瓷工业顾客手中。

钠硼解石的开采是在胡胡伊省南部 Porvenir 附近 Cauchari 干盐湖的湖面上进行。少量的钠硼解石装袋直接发给消费者,大部分运往 Porvenir 的筛分粉碎厂,钠硼解石精矿则用卡车运到 Campo Quijano 的选矿厂和加工厂进一步处理。Campo Quijano 的加工厂生产四种产品,产品种类及其年生产能力 (t) 如下:

天然硼砂	43250
十水硼砂	8000
五水硼砂	19000
无水硼砂	4500
熔融钠硼解石	13500

阿根廷硼砂公司销售产品的最终用途是: 釉料 (陶瓷和搪瓷): 63%; 玻璃: 14%; 玻璃纤维: 13%; 农业: 1%; 其它: 9%。

除阿根廷硼砂公司外,阿根廷还有其它几个硼酸盐生产者。其中最新的一个是 Procesadora de

Boratos Argentinos S. A. 简称 PBA,为 Ferro Corp. (通过它的阿根廷子公司)和加拿大的 JEM Resurces 共同所有。他们由原来的所有者巴巴多斯 S. R. 矿物有限公司 [S. R. Minerals (Barbados) Ltd.] (加拿大煤炭生产者 Smoky River Coal Ltd, 的联营公司)的手中购买来的。Ferro Corp. 可能是世界最大的陶瓷釉料和搪瓷釉料的生产者。它们明确作出决定 ,投资于硼酸盐采矿业是确保长期供应所需关键原料的最好途径

S. R. 矿物有限公司于 1996年在胡胡伊省开发了 Loma Blanca 硼矿。该矿山的主要矿石是天然硼砂、钠硼解石和板硼石 ,矿石的平均品位为 16% B₂O₃。在矿山经磁选和其它机械过程初步加工的精矿品位超过 30% B₂O₃。然后再被运至胡胡伊省圣萨尔瓦多附近 Palpala 的一个加工厂 ,经进一步的磁选、转窑煅烧生产三种产品:

- 以天然硼砂为原料: LBT-55,煅烧过的硼酸钙钠 ,含 53% B₂O₃;
- 以钠硼解石为原料: LBU-60,煅烧过的硼酸钠、硼酸钙 ,含 60% B₂O₃;
- LBU-55,煅烧过的硼酸钠、硼酸钙 ,含 53% B₂O₃

该公司还生产肥料级的产品。将煅烧过的硼酸盐磨碎到顾客要求的规格 ,以 50kg 的小包或 1000kg 大包装袋

1996年的生产仅仅是中试厂规模的 ,是次年 1997年 5月商业运营的一期工程。其后扩建工作逐步开展 ,并且 PFB在使其选矿厂和煅烧厂现代化上进行了实质性投资。它们宣布在 1999年 6月产量将达到 4000t /月 ,产品将销往全世界 ,但主要是巴西和西班牙。

表 33 Ulex S. A. 水方硼石和硬硼钙石精矿的典型分析结果^[85]

Table 32 Typical analysis result of fine deposit boron

w %	水方硼石	硬硼钙石
B ₂ O ₃	≥ 37	≥ 40
Fe ₂ O ₃	0. 4~ 0. 7	0. 3~ 0. 7
SO ₃	1. 8~ 2. 8	0. 3~ 0. 8
As ₂ O ₃	300× 10 ⁻⁶ ~ 600× 10 ⁻⁶	300× 10 ⁻⁶ ~ 600× 10 ⁻⁶
SiO ₂	10~ 14	5~ 9
Na ₂ O	0. 2~ 0. 4	0. 1~ 0. 3
K ₂ O	0. 2~ 0. 4	0. 2~ 0. 4
MgO	5~ 7	0. 8~ 1. 7
CaO	13~ 16	21~ 24
Al ₂ O ₃	0. 8~ 1. 2	0. 8~ 1. 2
TiO ₂	0. 05~ 0. 09	0. 05~ 0. 09
粒度	1~ 6mm	≥ 98% 通过 100目

阿根廷第三个主要的硼酸盐生产企业是 Ulex SA。该公司从它在萨尔塔省 Pastos Grandes 的矿山开采硬硼钙石和水方硼石。以普通的露天开采法采矿 ,矿石先在采矿场经破碎、分选 ,然后被运往设在萨尔塔的选矿厂 ,再经顺流洗涤、磨矿、筛分和空气干燥 ,生产出硬硼钙石和水方硼石精矿。

1997年每种精矿约生产了 10000t, 1998年生产了硬硼钙石精矿 15000t,水方硼石精矿 12000t 目前该公司的钠硼解石产量还很少,但公司正在对扩大生产和销售进行可行性研究 从长远来看,这可能包括建设一个硼酸厂. 该公司也在对市场机遇 硬硼钙石和水方硼石的用途以及与萨尔塔大学合作进行 R& D评估 实际上, U Iex S. A. 的产品是全部出口到世界各地的消费者手中. 目前硬硼钙石的市场有陶瓷 玻璃 阻燃剂 生产硼酸的原料及肥料用 近年来作肥料用表现出明显的增长 公司的水方硼石产品也被广泛地用作微量养份和阻燃剂

阿根廷还有一个 Norquimica 公司,它是经过严格的环保条例检查后剩余的寥寥无几的硼酸生产厂之一. 该公司从萨尔塔的一个盐湖上收集钠硼解石矿,摊在矿场上晒干后运至公司在萨尔塔的加工厂. 再经破碎 筛分,然后在滚筒筛中洗涤 再磨矿 干燥 将得到的精矿作为硼酸厂的原料用,经与硫酸反应生成硼酸溶液和废石膏泥渣 这种泥渣的处理就是硼酸生产厂的主要环保问题 近年该公司硼酸的年产量在 5000t左右,大部分出口至南美洲的其它国家 除硼酸外, Norquimica 公司还生产钠硼解石,并将水洗过的钠硼解石直接销往巴西的农业消费者

智利有 11个干盐湖蕴藏有硼酸盐矿石 其生产历史较长,在 30年代以前智利一度曾是世界硼酸盐的主要供应国 现在智利硼产品的生产仍然集中在 Tarapaca地区的几个干盐湖上,例如 Salar de pintados, Salar de Caricimas及 Salar de Quillagua等 目前最著名的硼酸盐生产厂家是 Quiborax,他们在智利北部的 Suire盐湖开采一个储量很大的矿床 由于海拔高和潮湿的冬季气候恶劣,采矿工作只能从四月末到十月末进行 在这段时间内,每年公司大约可开采到 200000t钠硼解石原矿,用卡车运至 Afica以北 70km的加工厂.

一些钠硼解石空气风干后即出售,另一些水洗后出售,还有的与硫酸反应生产硼酸 硼酸的年生产规模大约 $2.5 \times 10^4 \sim 3.0 \times 10^4$ t吨 Quiborax 公司的少量产品在智利出售作肥料用,大部分产品出口 智利还有其它几个小公司(如 Sdad Boroquimica Ltda),他们主要是从智利北部 1区和 2区的盐湖上开采钠硼解石 智利硼矿和硼产品年总产量变化很大,如表 34所列

表 34 智利近年硼酸盐的产量和出口量^[83]

Table 34 Volume of production and export of borate by chile in recent years

产量 ($\times 10^4$ t)	1991年	1992年	1993年	1994年	1995年
1区	8. 6924	18. 8503	9. 7910	6. 0108	18. 0329
2区	1. 0211	1. 4213	1. 9162	2. 5827	3. 0983
合计	9. 7135	20. 2716	11. 7072	8. 5935	21. 2312
出口量 ($\times 10^3$ t)					
硼 砂	0. 350	0. 465	0. 234	2. 424*	0. 253
硼 酸	20. 298	26. 867	22. 641	27. 445	30. 084

* 原文如此,恐有误

智利 SQM 公司在智利北部阿塔卡玛盐湖上的综合利用项目近年发展迅速, 1998年 1月 SQM(当时为 M INSAL公司)的 20×10^4 t硼酸厂投产 这就使得智利——也使得南美硼酸的生产

能力又有所增加,使南美安底斯山区矿产资源的开发加快了步伐

玻利维亚的情况与智利类似,它的硼酸盐生产主要是由许多小的矿业公司和农民的小合作矿场进行。他们从政府那里获准在 Altiplano 的乌尤尼 (Uyuni) 干盐湖周围开采钠硼解石。开采的原矿售给总部设在拉巴斯的库尔班有限公司 (Corban SA), 后者在它的 Oruro 的工厂生产干燥的钠硼解石和煅烧的钠硼解石,也少量生产十水硼砂。Cia Minera Tierra 公司拥有从靠近智利边界处大片区域开采钠硼解石的特权,它们生产干燥的钠硼解石和水洗的钠硼解石矿出口。玻利维亚钠硼解石矿的产量列在表 35 中。

表 35 玻利维亚近年钠硼解石矿的产量 ($\times 10^4\text{t}$)^[45]

Table 34 Volume of ulexite production by Bolivia

1991 年	1992 年	1993 年	1994 年	1995 年
7. 932	18. 131	11. 990	10. 433	6. 891

秘鲁大规模开采硼酸盐产品是由 Cia Minera Ubinas SA 和 Quinica Oquemdo SA 开始的,这两家公司都是在印加硼集团 (Inkabor Grorp) 的名义下,相互有联系。印加硼集团是一家为意大利集团 Colorobbia Group 所有的公司

Cai Minera Ubinas SA 在 Arequipa 以东 80km 的 Laguna Salinas 开采钠硼解石矿。每年在 6 至 7 个月时间内由露天矿开采出 $15 \times 10^4\text{t} \sim 18 \times 10^4\text{t}$ 的钠硼解石矿。他们建有一个很大的储矿场,以应付气候反常的漫长冬季。原矿或经水洗生产钠硼解石精矿,或供给 Quimica Oquendo SA 生产硼酸。公司在利马附近的工厂年产 $1.2 \times 10^4\text{t}$ 硼酸,同时还有高品位的钠硼解石 $1.5 \times 10^4\text{t}$ 也有少量煅烧过的颗粒级的钠硼解石作肥料销售。实际上印加硼集团所有的产品全部出口外销

此外,墨西哥也蕴藏有硼矿,主要是硬硼钙石或软硼钙石。

一直到 20 世纪 30 年代,前苏联都没有加工过自己的硼矿资源。事实上也只在 Booy 一个工厂生产过硼酸,使用的硼矿原料和设备都是进口的。后来在哈萨克斯坦发现了英捷尔 (Inder) 地区工业硼矿藏。矿床位于 Guryevskiy 地区外喀尔巴阡低地中,矿种是硼镁石 $[\text{MgBO}_3(\text{OH}) \text{ 或 } 2\text{MgO} \cdot \text{B}_2\text{O}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}]$,还伴生有水方硼石 $[\text{CaMgB}_6\text{O}_{18}(\text{OH})_6 \cdot 3\text{H}_2\text{O}]$ 硅硼钙石 $[\text{CaBSiO}_4(\text{OH})]$ 。前两种矿物的 B_2O_3 含量都比较高 (分别为 41.4% 和 50.5%),但由于所含杂质较多,富矿中 B_2O_3 理论含量为 25% ~ 26%,贫矿低至 7% 以下。前苏联主要的硼矿资源就集中于英捷尔,在该地区还发现过硬硼钙石、纤维硼镁石、钾硼石等。英捷尔湖水中硼含量也很高,苏联科学家在湖滨还发现几种新的硼酸盐矿物,例如多水硼镁石 $[\text{Mg}_2\text{B}_6\text{O}_{11} \cdot 15\text{H}_2\text{O}]$ 其名称就叫作 Inderite (可译为英捷尔石),以纪念英捷尔这一具有历史意义矿产地的发现。前苏联的化学家曾对硼酸盐的化学做过大量研究工作,尤其关于水溶液中硼酸盐的合成方面研究工作在世界领先,并出版有多本专著

1946 年在俄罗斯,1955 年在塔吉克斯坦又相继发现了两个大型硅硼酸盐的矿床——Primorje 地区 Dalnegorsk 地方的硅硼钙石和帕米尔地区的 Badakhshan 的 AK- Arkhar 赛黄晶—硅硼钙石。由于这些硼矿的发现,使得前苏联成为世界硼资源大国,截止 1990 年其硼资源占世界总量的 10%。Dalnegorsk 的硅硼钙石矿主要含有硅硼钙石、硅灰石、石榴石、石英、方解

石等。B₂O₃ 含量不高,在 6% 到 16% 之间变化。但矿藏储量很大,约占世界总储量的 3%。

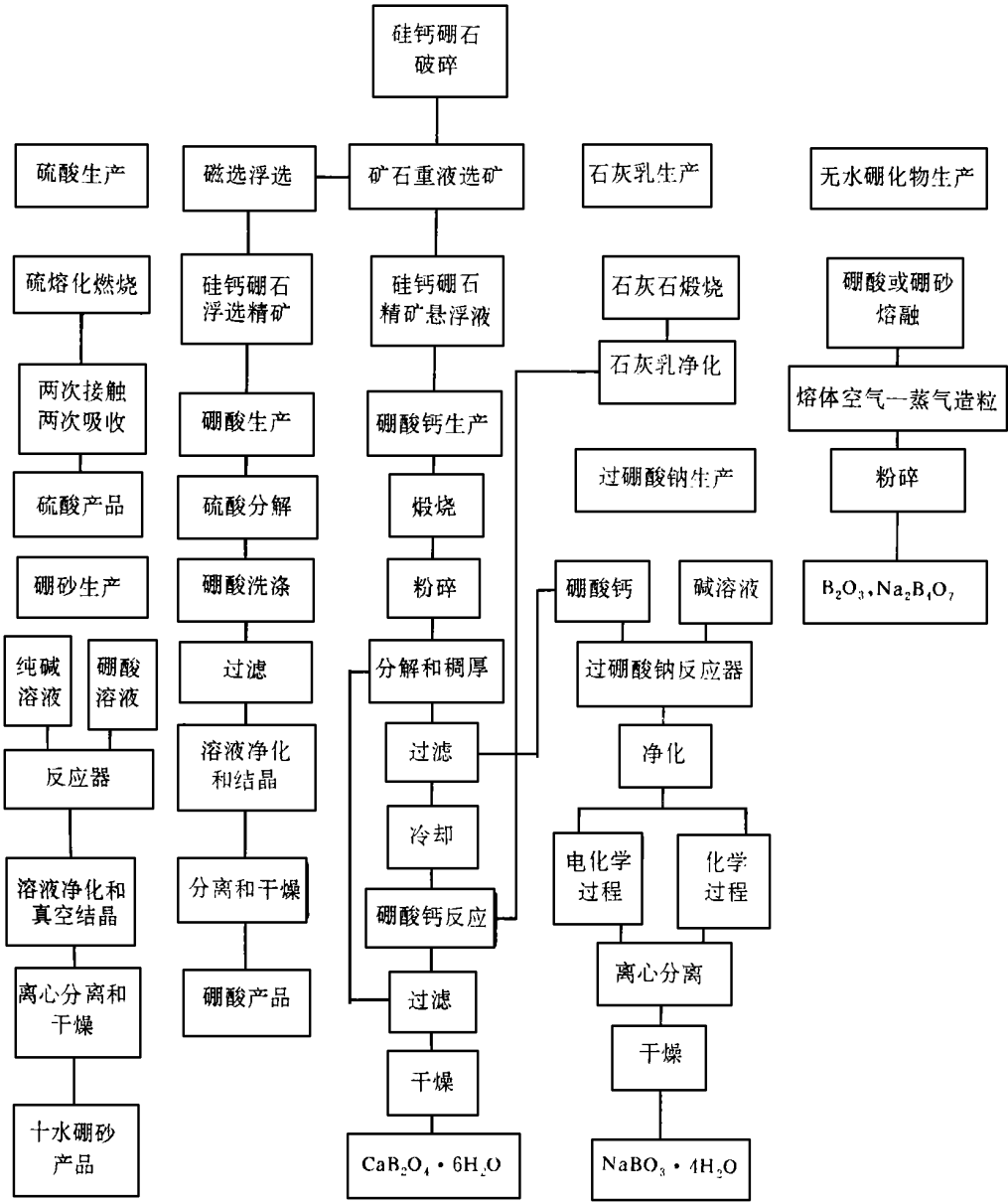


图 3 JSC Bor公司的硼产品工艺流程图
Fig. 3 Flow chart of boron product by JSC Bor.

这个巨大的硅硼钙石矿床由俄罗斯的硼联合股份公司 [Joint Stock Company (JSC) Bor 开 发。公司的主要产品是硼酸和硼酸钙,后者再加工成硼化合物——过硼酸钠、硼砂和硼酐。公司于 1961 年开始在 Khabarovsk 地区 Komsonosk 的一个硫酸厂由硅硼钙石精矿生产硼酸,于 1966 年 公司又在 Dalnegorsk 的工厂生产硼酸。直到 1990 年独联体硼酸的年产量约 22×10^4 t,其中俄罗斯

硼酸产量占 90%,而 JSC Bor 产量又占俄罗斯硼酸产量的 90%。图 3 给出了 JSC Bor 的主要工艺流程,包括了硼化合物 硼酸 硼砂 过硼酸钠 硼酸钙等的生产,此外还有辅助工程——石灰乳及硫酸的生产等^[87]。

在上述生产工艺过程中,偏硼酸钙的生产特别值得注意。偏硼酸钙 $\text{CaB}_2\text{O}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ (或 $\text{CaO} \cdot \text{B}_2\text{O}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$) 也叫二硼酸钙具有一些特殊性质,用在无碱玻璃纤维 阻燃剂 防锈涂料等的制造中,属于精细化工产品。一般多采用工业合成方法生产。通常,从硼矿生产的基本硼产品是硼酸和硼砂,其它硼酸盐和各种硼化物大多由它们再加工生成。JSC Bor 利用他们的硼矿原料本身含钙的特点,由硅硼钙石精矿直接加工获得了 $\text{CaB}_2\text{O}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$,其生产成本应该是经济合理的。产品偏硼酸钙含 $45\% \sim 46\% \text{ B}_2\text{O}_3, m(\text{B}_2\text{O}_3): m(\text{CaO}) = 1: 1.033$,杂质 Al Fe Si 的氧化物含量很低。

我国的硼矿资源主要集中在东北的辽宁—吉林一带。矿种是内生硼矿——硼镁矿。近年在河北 山东 湖南等地也发现了一批不同种类、不同储量的含硼矿物。目前全国有 13 个省、自治区发现了硼矿,有工业利用价值的矿种有四种。丹东地区的硼矿主要蕴藏在凤城 宽甸中部和东北部山区,硼矿系纤维硼镁石 ($2\text{MgO} \cdot \text{B}_2\text{O}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$) 为主,伴生有蛇纹石、白云石、方解石、橄榄石等。矿石加工制取硼砂通常都要经过前处理过程,包括选矿、焙烧和粉碎。然后再进行化学处理,前后采用过常压碱解、加压碱解、碳碱法等工艺制取硼砂。我国大多数的硼矿加工厂都用辽宁的硼镁矿生产硼砂。也有少数厂家由硼镁矿用酸法制取硼酸。

对于含 B_2O_3 高的富矿,例如美国和土耳其的天然硼砂、硬硼钙石,加工方法多采用物理操作:水洗、粉碎、分级或者加热溶解、冷却结晶等相对简单的方法,很容易获得用途广泛的基本硼产品硼砂或者硬硼钙石精矿。而硬硼钙石是含钠和钙的硼酸盐,它可以直接用于玻璃、釉料等工业。对于含镁硼酸盐矿物,特别是 B_2O_3 品位较低的贫矿,情况就完全不一样。例如我国的硼镁矿,以碱法生产硼砂过程会产生工艺废料——一种被称为“硼泥”的废渣,主要含有碱式碳酸镁、碳酸镁、碳酸钙、氧化铁及未反应的硼矿等。虽然硼泥并非是具有很大毒性的物质,但对环境还是有不利影响,尤其数量较大或堆放日久时。我国有关单位积极开展硼泥的再利用,例如生产各种硼镁肥或氢氧化镁等。这样既避免了环境污染,又获得另一种有用物质,还有一定的经济效益。

在我国青藏高原的盐湖区域,湖底或湖滨沉积有多种固体硼酸盐矿物,而盐湖卤水中硼的含量也很高(参见表 26)。矿物中具有工业价值的主要是天然硼砂、钠硼解石、柱硼镁石和水硼镁石等。青藏高原常见硼酸盐矿物列在表 36 中,其中三方硼镁石、章氏硼镁石、水碳硼石都是我国科技工作者在盐湖考察过程中发现,并经国际上确认的。后来才在世界其它地方陆续被找到。

青藏高原的钠硼解石品位较高,而钠硼解石又属于易加工矿物。从 20 世纪 60 年代起,在青海和西北其它的一些工厂开始对其进行加工,生产硼砂。加工工艺多为常压或加压碱解,也有采用 CO_2 碳化法加工。此外,在大柴旦盐湖湖滨有相当数量的贫硼矿,如直接按上述方法加工经济和技术都不可行。为此,中国科学院青海盐湖研究所等单位曾开展过大柴旦贫硼矿的选矿研究。西藏的库水硼镁石矿品位高并且易于加工,20 世纪 80 年代中期即被利用来作为制造无碱玻璃纤维的原料。青海化工厂和西安产河化工厂利用硫酸法加工西藏硼镁矿制造硼酸^[22]。

表 36 青藏高原盐湖的硼酸盐矿物

Table 36 Borates minerals in Qinghai- Tibeteau plateau salt lake

名 称	化 学 式	$w(B_2O_3) \%$	相对密度 $d_B / (kg, L^{-1})$
硼砂	$Na_2 B_4 O_7 \cdot 10H_2 O$	36. 51	1. 69~ 1. 76
三方硼砂	$Na_2 B_4 O_7 \cdot 5H_2 O$	47. 80	1. 83
斜方硼砂	$Na_2 B_4 O_7 \cdot 4H_2 O$	51. 02	1. 91
钠硼解石	$Na_2 CaB_5 O_9 \cdot 8H_2 O$	42. 95	1. 65~ 1. 95
柱硼镁石	$Mg B_2 O_4 \cdot 3H_2 O$	42. 46	2. 29
库水硼镁石	$Mg_2 B_6 O_{11} \cdot 15H_2 O$	37. 32	1. 845
多水硼镁石	$Mg_2 B_6 O_{11} \cdot 15H_2 O$	37. 32	1. 78~ 1. 79
三方硼镁石	$Mg B_3 O_{10} \cdot 7. 5H_2 O$	54. 36	1. 85
章氏硼镁石	$Mg B_4 O_7 \cdot 9H_2 O$	40. 77	1. 70~ 1. 73
水方硼石	$CaMg B_5 O_{11} \cdot 6H_2 O$	50. 53	1. 90~ 2. 17
水碳硼石	$Ca_2 Mg B_2 O_4 (CO_3)_2 \cdot 8H_2 O$	15. 70	2. 105
板硼石	$Ca_2 B_6 O_{11} \cdot 13H_2 O$	37. 62	1. 88
诺硼钙石	$Ca B_3 O_{10} \cdot 4H_2 O$	61. 98	2. 09
多水氯硼钙石	$Ca_4 B_8 O_{15} Cl_2 \cdot 22H_2 O$	29. 21	1. 83

青藏高原盐湖卤水富含硼是众所周知的。在盐田日晒过程中,硼不会结晶析出,而富集在母液中。分离掉其它盐类后的氯化镁饱和卤水中,硼可以富集十倍以上。无疑从这种卤水中提取硼化合物,应该更经济。对此,中国科学院青海盐湖研究所曾进行过氯化镁饱和卤水酸法提取硼酸的小试和中试研究。

2. 4. 3. 硼产品及应用领域

美国硼化物公司有 20 多家,日本也有 10 多家。美国的含硼产品较为齐全,已达 150 多品种,日本也有 100 种之多。我国在 1997-1998 两年分别生产 $22.7 \times 10^4 t$ 、 $23.2 \times 10^4 t$ 硼砂。硼产品的品种有 30~40 个^[88]。从下列几张表所列美国、西欧和日本的硼产品消费构成,可以了解到硼产品主要的消费领域。由此能够看出,现在硼产品在高科技领域中的应用与日俱增,硼产品已不是昔日一般原料的角色,它们已经进入了材料工业领域,而这都是由于硼产品本身所具有的某些优异的特殊性能造成的。对于这样具有特殊性能的或具有特定组成要求的硼产品,往往不是采用传统的化工生产操作制造的,而是用合成的方法生产的。因此,硼酸盐的合成已不仅仅是实验室制备纯化合物的方法,它已成为生产特殊硼酸盐和高纯硼酸盐的工业方法。目前,硼酸盐的工业合成是国外硼酸盐行业先进厂家的普通生产技术。

表 37 1995 年美国硼化学品消费构成 (单位: $\times 10^4 t B_2O_3$)

Table 37 Composition of boron chemicals consumed by U. S in 1995

产 品	绝缘玻 璃纤维	纺织玻 璃纤维	玻璃	陶瓷 和釉	阴燃剂	肥皂及 清洁剂	农用	其它
产品量	99	54	28	8	30	28	15	35
百分比 %	34	18	9	3	10	9	5	12

注: 消费总量 $29.7 \times 10^4 t$ (以 B_2O_3 计)

表 38 1995年西欧硼化学品消费构成

Table 38 Composition of boron chemicals consumed by West Europe in 1995

产 品	绝缘玻 璃纤维	纺织玻 璃纤维	玻璃	陶瓷 和釉	肥皂及 清洁剂	其它
百分比 %	16	11	11	25	29	8

注:总消费量 $37.3 \times 10^4 \text{ t}$ (以 B_2O_3 计)

表 39 1995年日本硼化学品消费构成(单位: $\times 10^4 \text{ t B}_2\text{O}_3$)

Table 39 Composition of boron chemicals consumed by Jopan in 1995

产 品	绝缘玻 璃纤维	纺织玻 璃纤维	玻璃	陶瓷 和釉	冶金	其它
产品量	12	20	14	8	4	7
百分比 %	18	31	22	12	6	11

注:总消费量 $6.5 \times 10^4 \text{ t}$ (以 B_2O_3 计)

硼硅酸盐玻璃的应用是硼酸盐化合物最重要的用途之一。它们约占氧化硼总需求量的 40% 以上。硼硅酸盐玻璃产品包括绝缘纤维玻璃、玻璃炊具、连续纺织玻璃纤维、仪器玻璃和药用玻璃等。其它大的应用领域有肥皂、洗涤剂、釉料和陶瓷。另外硼酸盐还有 300多种其它的工业用途和特殊用途,包括农业、防腐、木材保存、昆虫控制、阻燃剂和金属拉丝。

表 40 作为阻燃剂使用的硼化合物

Table 40 Boron compound used as fire resistant material

硼化合物	分子式
氧化硼	B_2O_3
硼酸	H_3BO_3
硼砂	$\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$
五水硼砂	$\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$
无水硼砂	$\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7$
八硼酸二钠四水合物	$\text{Na}_2\text{B}_8\text{O}_{13} \cdot 4\text{H}_2\text{O}$
四硼酸铵	$(\text{NH}_4)_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$
五硼酸铵	$(\text{NH}_4)_2\text{B}_{10}\text{O}_{16} \cdot 8\text{H}_2\text{O}$
硼酸锌或硼酸钡	$2\text{ZnO} \cdot 3\text{B}_2\text{O}_3 \cdot 3.5\text{H}_2\text{O}$

硼产品作为阻燃剂也是它的重要应用领域。常用的硼化合物阻燃剂列在表 40中^[89]。硼化合物本身当然具有一定的阻燃性能,但在阻燃剂中主要是利用了它们的协同阻燃作用。由于在火焰中熔融并包裹住物质表面使氧气不能与燃烧表面相接触,从而降低燃烧性能。虽然硼化合物不如氧化锑那样有效,但是它们比较廉价也更常用。图 4是各种硼化合物用途的简介^[22]。

由于美国在卫生保健方面对硼酸盐的需求,1998年内其价格在北美提高了 4% 到 9%。在欧洲

硼酸盐的价格保持稳定,在亚洲虽然经济低迷硼酸盐的价格仍然坚挺 对硼的需求估计会在长时间内保持强劲 增长主要集中在硼硅酸盐玻璃、洗涤剂和农业市场方面 看来,硼酸盐工业生产能力的扩大,会随着时间的推移逐渐被市场需求的增加和地区生产优化进行的调节而达到新的平衡

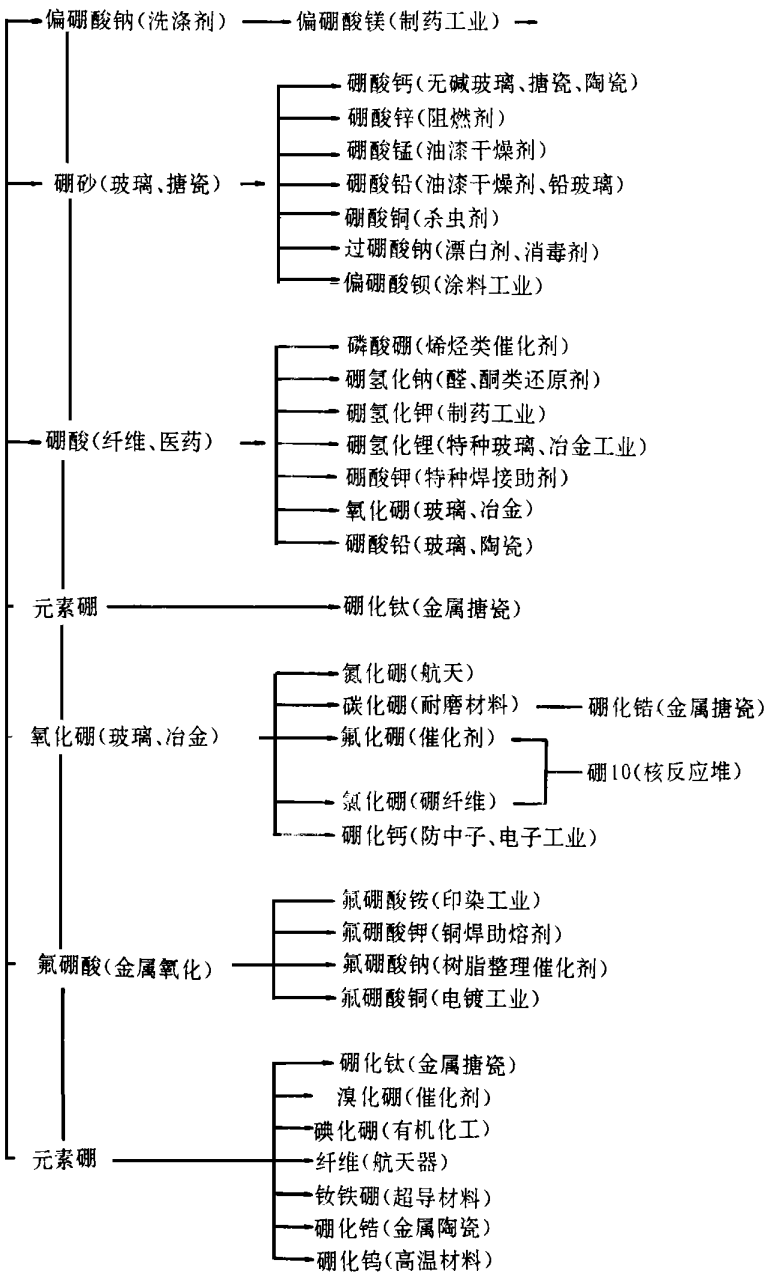


图 4 主要硼化合物的应用领域

Fig 4 Main application fields of boron compounds.

2.5 溴、碘、铯及其衍生化学产品

2.5.1 溴及其化学品

溴是常温下呈液态存在的唯一的非金属元素。由于在海洋水中含有一定量的溴,通常人们认为溴资源是极其丰富的。海水中约含有 $65\times 10^{-6}\text{g/L}$ 的溴,而某些卤水溴含量可达 $1\times 10^{-2}\text{g/L}$ 以上。由于溴具有较高的化学活性,在自然界中它仅以化合物形式存在。含溴矿物没有工业意义,仅有科学价值。事实上,大部分的商品溴是由北美的地下卤水或死海富含溴的卤水中回收的。由于汽油中使用铅急剧减少,抗震剂的消耗锐减。溴生产者在汽油添加剂方面失去了它的主要市场,但是工业中的其它应用,例如塑料制品的阻燃剂、水处理化学药品等方面仍在继续增长。

表 41 某些卤水的溴含量

Table 41 Content of bromine in certain brine

卤水产地	溴浓度 $\text{d}/(\text{g/L})$
阿肯色州——油田水	5000×10^{-6}
密执安州——地下卤水	$1300\times 10^{-6}\sim 500\times 10^{-6}$
死海	$5000\times 10^{-6}\sim 10000\times 10^{-6}$
死海老卤	$12000\times 10^{-6}\sim 13000\times 10^{-6}$
海水	$60\times 10^{-6}\sim 65\times 10^{-6}$

世界溴的生产能力大约为 $69.2\times 10^4\text{t}$ 。其中大约一半是美国生产的,另外 1/3 由以色列生产。而且整个生产几乎由三大公司掌握,美国的两个公司——阿尔贝玛勒公司 (Albemarle) 和大湖化学品公司 (Great Lakes Chemicals) 及以色列的死海溴公司 (Dead Sea Bromine)。实际上产量在万吨级以上的公司也只有 8 个,其中包括我国山东的莱州湾的制溴厂。世界主要溴生产国近年溴的产量列在表 42 中。美国和以色列两国溴产量之和占世界溴总产量的 80% 以上。

表 42 近年世界各国溴产量 (t)

Table 42 Volume of products by countries in recent years

国	家	1993 年	1994 年	1995 年	1996 年	1997 年	1998 年	占总量的 (%)
阿	塞 拜 疆	4000	3000	2000	2000	2000	2000	0.40
中	国	24600	31400	30000	30000	31000	31000	6.17
法	国	2290	2190	2260	2024	2000	2000	0.40
印	度	1400	1400	1500	1500	1500	1500	0.30
以	色 列	135000	135000	135000	180000	180000	180000	35.85
意	大 利	300	300	300	300	300	300	0.06
日	本	15000	15000	15000	15000	20000	20000	3.98
西	班 牙	200	200	200	200	100	100	0.02
土	库 曼 斯 坦	100	100	100	100	102	130	0.03
乌	克 兰	5000	4000	3500	3000	3000	3000	0.60
英	国	27423	33800	26200	28000	28000	28000	5.58
美	国	177000	195000	218000	227000	247000	234000	46.61
合	计	392313	421390	434060	489124	515002	502030	

如果按大公司来看,以色列的死海溴公司 (Dead Sea Bromine) 1998年产量已达 25×10^4 t,是世界最大的溴生产者。再加上美国阿肯色州的两家公司阿尔贝玛勒公司、大湖化学品公司,已占据全世界溴生产能力的一半。按公司计,溴的生产能力列在表 43中。

表 43 世界主要溴生产公司的生产能力 (t)
Table 43 Capacity of the main bromine manufacturers

公 司	所 在 地	公司产量	国家产量
美国			301000
Albemarle	Magnolia, 阿肯色州	140000	
Great Lakes Chemicals	El Corado和 Catesville, 阿肯色州	152000	
Ambar	Manistee, 密执安州	9000	
中国			30000
莱州湾制溴厂	山东省	30000	
法国			15900
Atochem	Port- de- Bouc	13600	
Mines de potasse d'Alsace	Mulhouse	2300	
阿塞拜疆			5000
Neflechala Bromine plant	Baku	5000	
土库曼斯坦			9600
Nebitag iodine plant		3200	
Cheiken Chemical plant		6400	
乌克兰			3000
Perekopskry bromine plant	Krasnoperckopsk	3000	
印度			1500
Hindustan Salts	Jaipur	-	
Mettur Chemicals	Met tur Dam	1500	
Tata Chemicals	Mithapur	-	
以色列			250000
Dead Sea Bromine	Sdom	250000	
意大利			900
Soc. Azionaria Ind.	Marghrita	900	
Bromo Italiana	de savoia		
日本			20000
Toyo Soda Manufacturion	Tokuyama	20000	
俄罗斯			24000
Government		24000	
西班牙			980
Derivados del Etilo	Villanicos	900	
英国			30000
Associated Octel	Amlwch, 威尔士	30000	
合计			691000

以色列是由盐田生产光卤石结晶以后的老卤中提取溴的。由结晶池采收光卤石后剩余的“废卤水”含有 $1\times 10^{-3}\sim 12\times 10^{-3}\text{g/L}$ 甚至更高达 $13\times 10^{-3}\text{g/L}$ 的溴,它是工业上最富的提溴原料。DSW 公司每年收集大约 $22\times 10^4\text{t}$ 这种富含溴的卤水,卖给它的伙伴公司死海溴有限公司。在制溴工厂,这种卤水被预热器和热交换器加热至 90°C 左右,然后进入吹出塔——反应器中。由盐田蒸发第一阶段采收的石盐电解产生的氯气作为氧化剂通入塔中,卤水中的溴化物离子被氧化成元素溴,再使用水蒸气将溴从塔中带出至冷凝塔中,冷凝后的液体溴与水在其后的分离器中分离,再经一次蒸馏、冷凝,得成品溴。平均每 1kg 的氯能生产出 $2\sim 2.2\text{kg}$ 溴。

DSB是一个高度完整化的企业。在白沙瓦以南的 Ramat Hovav 的工厂中生产各式各样溴的下游化学品和中间产品。1995年死海溴的总产量约为 $13.5\times 10^4\text{t}$, 1996年扩大到 $18\times 10^4\text{t}$,其生产能力已达 $25\times 10^4\text{t}$ 。

DSB从 DSW 中分出来的第一年(1995年),其销售额近 4.2亿美元,使其成为以色列化学、矿业和制药行业中第四大营业公司。其产品的 90% 以上用于出口,占世界溴和溴衍生物国际贸易额的 60%,供应世界 100多个国家。它们在美国、荷兰、英国、日本、巴西、南非都设有办事处。最近 DSB 又与美国 Albemarle 公司签订了一项时限为 20 年的合同,每年 DSB 向对方供应 $2\times 10^4\text{t}$ 溴。DSB 还与约旦的阿拉伯钾盐公司合作,进一步开发死海的溴资源。

美国的三家公司除在本土阿肯色州和密执安州生产溴外,还在海外从事溴化物的生产。Albemarle 公司在法国运营一家溴衍生物生产厂,而 Great Lakes Chemicals 则在英国有一家海水制溴的联合公司 Octel。此外,Albemarle 还与阿拉伯钾盐公司和约旦死海工业公司签订合作协议,拟在约旦建立一个溴与溴衍生物联合企业。计划 1999 年开工,投资总额为 1.2 亿美元。

溴及溴的衍生物具有广泛的用途。最重要的应用领域包括:阻燃剂、农业用、石油添加剂、卫生制剂、油田化学品等。溴和溴衍生物应用领域的变化可从 20 世纪 70 年代以来溴的消费分布中看出。由于环保方面的要求,含铅汽油的使用越来越少。作为汽油抗震剂的二溴乙烯的用量大为减少,而阻燃剂用溴化学品明显增加。1998 年美国国内溴消费的分布中,溴系列阻燃剂消耗的溴已达 27%,为最大用户。

表 44 近年世界溴的消费 ($\times 10^4\text{t}$)

Table 44 Consumption of bromine across the world in recent years

	1970年	1976年	1980年	1985年	1990年
汽油抗震剂	25.0	15.5	9.5	7.5	5.8
阻 燃 剂	-	2.5	6.0	8.0	11.7
农 业	7.5	5.0	7.5	7.0	8.4
钻 井 用	- 1.5	2.0	4.0	4.1	
其 它	5.0	4.0	6.0	8.5	11.7
合 计	37.5	28.5	31.0	35.0	41.7

溴和溴化学品的主要市场是制造溴系列阻燃剂,它们具有在低浓度下有效阻燃的优点。四溴双酚-A(TBBA)是用途广泛的含溴阻燃剂,它既可以作为反应型阻燃剂使用(主要用于环氧树脂、聚胺酯、聚碳酸酯),又可作添加型阻燃剂使用(主要用于聚苯乙烯、聚乙烯、ABS树脂、酚醛树脂)。

十溴联苯醚是重要的添加型阻燃剂,应用于聚乙烯、ABS树脂、聚苯乙烯、聚硅酸酯等。还有四溴邻苯二酸酐(用于环氧树脂、聚酯)、六溴环十二烷(用于聚苯乙烯、聚丙烯、聚丙烯纤维)等。八溴三甲基-2,3-二氢化茛则是一种新引入的代替十溴化物的专用的阻燃剂。

表 45 美国 1998年溴消费的市场分布

Table 45 Market distribution of bromine consumption by U. S in 1998

类 型	占百分比 (%)
阻 燃 剂	27
农 业	15
石油添加剂	15
钻 井 液	10
卫 生 制 品	5
其 它	28

其它溴化物包括溴化铵、七溴二苯基氧化物、十溴苯基氧化物等。此外还有一些这类的溴的化合物,当与三氧化锑、五氧化锑或硼酸锌一起作阻燃剂使用时,它们具有协同效应。

在其它市场方面,溴化钙,以及稍逊些的溴化锌、溴化钠用作高密度无固相钻井液,被用于深层、高压油气井中,此时常规钻井液会发生堵塞作用。

溴化钙在医药上还用作镇静剂,在照相及有机钙化合物生产中都被应用。溴化锌还被用于矿物重液分离上。乙基溴化物用于染料、香精、维生素和药物的制造。有机溴化物广泛地被用作农业化学产品、杀虫剂和水处理中;有机供溴化合物如溴化乙内酰脲用作游泳池和冷水系统的杀菌剂。

我国 20 世纪 80 年代中期溴的产量只有 4000t 左右,其后不断加快发展,到 1995 年时产量已达 3.29×10^4 t,其中山东省产量达 2.8×10^4 t,占全国的 85% 以上。其次为天津、河北、江苏、辽宁。特别是在莱州湾南岸,蕴藏有丰富的浅层地下卤水,溴含量很高。全国 40 多家生产溴的工厂中,半数集中于此^[90,91]。

目前我国最大的溴化物生产厂是山东海化集团潍坊中以溴化物有限公司。它是山东海化集团与以色列死海溴集团在中国的一项合资项目。一期工程投资 3000 万美元,双方各出资一半。共同开发十溴二苯醚等八种高附加值溴化物。预计年销售收入将达 4300 万美元^[92]。

2.5.2 碘及其化学产品

在前文关于阿塔卡玛盐湖开发利用的介绍中,已经提及碘的一些情况,这里只稍加补充。

碘在地壳中的总含量为 $10^{14} \sim 10^{15}$ t,其丰度在各元素中占 47 位。自然界中没有以单质形式存在的碘,而是以碘酸盐、碘化物或其它化合态形式存在。富含碘的资源是天然卤水,如我国四川自贡井卤(黑卤含碘 15.1mg/L)、美国俄克拉何马州安纳达科盆地的某些地下卤水(含碘高达 1.4g/L)、日本千叶县的天然气咸水(含碘达海水的 2000 倍)等^[11]。碘在海水中为 0.05×10^{-6} g/L,但某些海生植物可以吸收海水中的碘并在体内聚积。如海带燃烧后的灰烬含碘化物 1.4%~1.8%。智利硝石的碘以碘钙石形式存在,含碘量一般在 0.05%~1% 之间。这些都用作工业上生

产碘的原料

世界上碘的主要生产国是智利、日本和美国。根据美国地质调查所统计^[93], 1998年世界碘生产量约为 1.37×10^4 t, 各国生产量列在表 46 中。日本从 1888 年开始由海带提碘, 1934 年起主要由天然气咸水生产碘。所以日本的碘生产随天然气工业而起浮。据 MINSAL 公司的材料可知, 智利 SQM 公司碘的生产能力已达 8000 t, 1997 年产量为 6750 t。

碘和碘化合物在国民经济各部门有着广泛的用途。碘用来制造合成染料和其它色素、烟雾灭火剂、照相材料加速感光乳剂。碘也被用在高纯锆、钛、钎、锆和硅的提炼过程。某些碘酸盐单晶具有特殊的光学性能, 可用来制造电子仪器的棱镜、光学仪器的偏光镜等。碘及其化合物作为催化剂在许多有机化合物的生产中获得了广泛应用。碘也是松香、妥尔油等的稳定剂。加碘盐用于消除人类的碘缺乏症, 是碘的最重要的用途之一。碘酒作为消毒剂使用已有 160 年以上的历史。碘还用于制造各种药物、杀菌剂、消毒剂、脱臭剂、镇痛剂、放射性物质解毒剂。碘的同位素¹³¹I 被用在医疗中。碘也用于制造农药, 作牲畜饲料添加剂, 既可以防止各种疾病又能增加牛奶和蛋的产量。

表 46 1997~ 1998 世界粗碘的生产 (t)

Table 46 Raw iodine production across the world between 1997~ 1998

国	家	1997 年	1998 年
智	利	5000	5600
日	本	5500	5500
美	国	1320	1340
中	国	500	500
阿	塞 拜 疆	300	300
土	库 曼 斯 坦	260	260
俄	罗 斯	150	150
印	度 尼 西 亚	80	80
合	计	13100	13700

我国有些地区的地下卤水富含碘。例如著名的四川自永井卤中碘含量为: 黑卤 15.1 mg/L, 无钡黄卤 10.8 mg/L, 有钡黄卤 10.8 mg/L, 岩盐卤 0.9 mg/L。井卤经制盐及制硼钾后得到进一步富集, 如硼酸糊母液中的碘含量可达 400 mg/L。而我国贵州某些地下卤水碘含量高达 480 mg/L^[94]。某些磷矿中也含有碘, 如我国四川的磷矿中含碘约 0.01%^[95]。

在我国地处黄河三角洲的东营地区, 有丰富的石油和天然气。同时地下埋藏有盐矿床和深层地下卤水。盐矿埋深 2990~ 4400 m, 面积达 600 km², 地质储量 6000×10^8 t。地下卤水发育在盐矿上部及四周, 埋深 2500~ 3000 m, 面积达 800 km²。有些卤水层与油气共生。这些卤水属氯化钙型原生卤水, 一般浓度在 150~ 250 g/L 间, 最高达 353 g/L。初步推算卤水储量 30×10^8 m³。卤水比前述莱州湾浅层卤水含有较高的碘、溴、锂、钙、铷、铯等。由于这一地区的油田已经开发多年, 已有报废井多口。有的井甚至可以自喷, 日产卤水 300 m³。卤水碘含量从十几毫克到二十几毫克不等, 卤水晒盐后的母液含碘量更高, 开发前景十分广阔^[96]。

我国四川自贡井卤碘的生产始于 20 世纪 50 年代。1956 年兴建第一座碘车间, 1957 年投产^[97]。20 世纪 70 年代后期沿海地区由海带浸泡液提碘有所发展, 并开展了各种新工艺、新流程的研究^[98]。此外, 湖北江汉油田的地下卤水也富含碘, 并进行过小规模开发^[99]。

2.5.3 天青石及锶化合物^[100, 101]

锶的化合物应用极其广泛, 特别是在高新技术发达的今天。锶化学品除了被应用在电视机和计算机屏幕中, 它还广泛应用于陶瓷铁氧体、烟火、电解锌精炼、脱敏牙膏、防腐蚀油漆、荧光发光材料、荧光和磷光油漆、高科技用陶瓷如半导体、压电陶瓷等。

自然界中锶矿资源主要是天青石和菱锶矿, 而以天青石为生产锶盐的主要原料。高品位的大型天青石矿床主要蕴藏在墨西哥、西班牙和土耳其。

根据美国地质调查所的数据, 1998 年世界天青石产量约为 $30.6 \times 10^4 \text{ t}$ 。几个主要生产国是墨西哥、西班牙、土耳其、伊朗、阿尔及利亚、阿根廷等。在加拿大、中国、德国、日本、韩国、墨西哥、波兰、美国及前苏联都有锶化物或金属锶的生产。

表 47 近年天青石主要生产国的产量 (t)

Table 47 Volume of celestite of main countries in recent years

国家	1988 年	1989 年	1990 年	1997 年
西班牙	45631	35134	80352	100000
土耳其	55800	86375	73790	30000
英国	25553	20885	24734	—
阿尔及利亚	5400	5400	5400	5400
伊朗	13000	25000	30000	20000
墨西哥	38794	37841	40130	145000
阿根廷	2241	1198	1200	4000
巴基斯坦	941	956	1799	—

主要的天青石生产厂家有比利时的 Slova y $7.2 \times 10^4 \text{ t}$ 、西班牙的 Bruno SA $5 \times 10^4 \text{ t}$ 、土耳其的 Barit Maden Turk AS $3 \times 10^4 \text{ t}$ 、 $5 \times 10^4 \text{ t}$ 、墨西哥的 Minera La Roja SA $3.6 \times 10^4 \text{ t}$ (以上皆为 1997 年产量)。

几乎所有的天青石都用于生产碳酸锶, 只有不足 1% 的天青石被直接用作填料。碳酸锶及其它锶盐主要用在以下的几大领域:

1) 玻璃: SrCO_3 具有较强的吸收 X—射线的能力, 因此它被加到电视机和阴极射线管的玻璃中以阻止 X—射线逸出, 并能改善玻璃的质量使图像清晰。美国生产彩电显像管平均每只需用 SrCO_3 1.29~1.43kg。这是碳酸锶的最大消费领域。其它如声呐和雷达屏幕、控制仪表盘等, 也都

耗用碳酸锶 此外, SrCO_3 也用于瓷釉中。

2) 陶瓷铁氧体: 10% ~ 15% 的 SrCO_3 与氧化铁晶体成长阻滞剂一起混合, 煅烧可以生成铁酸锶, 它有很高的矫顽力和热阻与电阻, 可用于永久陶瓷铁氧体, 制造特殊刹车系统, 小的直流马达, 磁性阀门及附件, 扬声器等。

3) 烟火制造: 锶盐在燃烧时会发出特定波长的明亮的红光, 锶的化学品包括碳酸锶被用于烟火制造, 曳光弹, 军事信号弹, 海事求救信号, 报警装置, 烟火等。

4) 冶金工业: 电解生产锌过程中, 碳酸锶被用来除铅, 因为它能生成难溶的 $\text{SrCO}_3 / \text{PbSO}_4$ 沉淀, 从而将 Pb 除掉。

5) 络酸锶 (锶络黄) 具有独特的耐热性能和防锈性能, 因此用于制造防锈耐高温涂料, 线圈涂膜, 耐高温涂层, 硫化锶用于制造发光油漆。

6) 医药工业: 氯化锶用于制造脱敏固齿药物牙膏, 能降低牙龈疾病, 乙酸锶用于生产驱虫药, 硝酸锶也用在医药中。

表 48 1997 年美国碳酸锶的消费分布

Table 48 Consumption distribution of strontium carbonate of U. S in 1997

电视机玻璃	76%
陶瓷磁性材料	10%
烟 火	5%
其 它	9%

虽然世界碳酸锶生产能力过剩且仍在增加, 价格也走低, 但对碳酸锶的需求仍然很强劲。在玻璃和陶瓷铁氧体磁性材料方面预计需求会增加 3% ~ 5%。尽管电视机和计算机荧光屏更倾向于大屏幕平面显示型的, 它们采用等离子体装置, 而无需射线防护。但由于这类电视价格太高, 在相当长时间内还难以替代现行的阴极射线管电视机。从长远来看 SrCO_3 的需求还会增加。特别是在磁性材料, 冶金, 新型玻璃等方面。

我国天青石资源丰富, 江苏、四川等地均有埋藏。从 80 年代后期开始碳酸锶及锶盐的生产发展迅速。碳酸锶产品大量出口, 销往亚洲、欧洲、大洋洲等许多国家, 其中对日本出口最多。

随着我国高新技术和家电产业的发展, 我国对碳酸锶及各种锶盐产品需求不断增加, 仅我国电视机玻壳生产每年就需要数万吨碳酸锶。至于磁性材料, 焰火鞭炮以及冶金工业的需求也不在少数。据估计, 我国每年碳酸锶的需求量在 $5 \times 10^4 \text{t}$ 以上。从目前我国碳酸锶生产来看, 产品质量档次较低, 影响产品出口价格。我国已有超细粉 SrCO_3 生产, 但某些指标还与国外有差距。有些高新技术所需的高质量锶盐产品仍需进口。青海省柴达木盆地中蕴藏着丰富的天青石资源, 为我省发展锶盐系列产品提供了坚实的物质基础, 开发前景广阔。表 49 给出西班牙产碳酸锶样品的分析结果, 包括粒度分布, 以供参考。

表 49 碳 酸 锶 产 品 的 成 分
Table 49 Composition of stronsium carbonate products

化 学 组 成 <i>w F%</i>		粒 度 筛 析	
(Sr+ Ba) CO ₃	95. 00	目 数	粒 度
BaCO ₃	1. 30	+ 50	0. 42
CaCO ₃	1. 40	100	1. 96
MgCO ₃	0. 10	140	30. 62
Fe ₂ O ₃	0. 03	200	31. 56
Al ₂ O ₃	0. 01	230	29. 34
Na	0. 50	270	2. 24
Pb	0. 00	325	1. 70
水溶物	0. 30	400	1. 04
酸不溶物	1. 80	– 400	1. 12

西班牙 Oromotora de Industria Sur产品 (1997年)

Comprehensive Utilization of Salt Lake and Related Resources
(Continuation 2)

SONG Peng–sheng
(*Qinghai Institute of Salt Lakes, Chinese Academy of Sciences, Xining 810008, China*)

Abstract Progress in comprehensive utilization of salt lake and related resources in recent years is reviewed in the paper. Production, consumption, and prices of some salts are also concerned. And then, sustainable development and exploitation of the resources are briefly discussed.

Key words Salt lake resources; Comprehensive; Utilization; Potash salt; Lithium salts