

无机盐工业技术丛书之三

# 硼化合物的生产与应用

陶连印 郑学家 主编

Production and application of boron Compounds

成都科技大学出版社



061891

161-8  
71

无机盐工业技术丛书之三

TQ128  
7737

# 硼化合物的生产与应用

陶连印 郑学家 主编

成都科技大学出版社

(川)新登字015号

### 内 容 提 要

本书共六篇34章，集中反映了国内硼化合物的生产、发展情况和研究动向，并对国外的硼化合物主要品种进行了适当介绍。较全面、系统地阐述了硼化合物的品种、物化性质、生产原理、方法、采用的主要设备及工业卫生、废物的处置；并介绍了各种硼化合物在国民经济各工业部门的应用情况。反映了我国硼矿加工新水平，为具有中国特色的一本新作。

本书选材新颖，论述有据，具有科学性和实用性，为目前国内较系统地介绍利用各种含硼资源生产硼化合物的一本专著。本书可供从事硼化合物工业生产、科研、设计的工程技术人员、生产管理人员阅读，也可作为高等学校的教学参考书。

### 硼化合物的生产与应用

陶连印 郑学家 主编

---

成都科技大学出版社出版、发行  
四川省新华书店经销  
四川省简阳县美术印制厂印刷

开本：787×1092 1/16 印张：18.25

1992年8月第1版 1992年8月第1次印刷

印数：1—2300 字数：444千字

---

ISBN7-5616-1124-2/TQ·60

定价：12.00元

## 《无机盐工业技术丛书》编者说明

在我国化学工业中，无机盐工业是产量大、品种多、创汇额高、应用广泛、已渗透到国民经济各部门的重要行业。建国30多年来，我国无机盐的产品品种由50年代初的30多种发展到500余种，产量由几万吨增至600多万吨。80年代以来，无机盐产品每年的出口换汇额已居化工各行业前列。目前国内从事无机盐生产的企业已达1000余家。我国无机盐工业取得了长足进步，可是至今还没有一本自己的技术专著，这是一大憾事。

早在80年代初期，我国许多有识之士就曾提出编写行业丛书的建议。人们注意到在世界科技书籍中，仅有苏联的М·Е·Полин教授等人合著《无机盐工艺学》一书，该书从50年代起，就成为我国无机盐行业广大职工的主要参考书。然而，由于我国的资源特点及专业划分范围等与苏联不尽相同，故该书内容无论从广度上或深度上来说，已不能满足我国广大读者的要求。因此，编辑出版结合我国特点，符合我国国情的无机盐工业的技术专著，就显得十分迫切和必要了。

化工部化工司、科技司、规划院、科技总院、情报所、化工部无机盐工业科技情报中心站和《无机盐工业》杂志编辑部的同志有鉴于此，在广大职工的鼓励支持下，决定组织本行业具有较高技术水平和丰富实践经验的专家、学者及工程技术人员，共同努力，逐步编辑出版一套行业技术丛书，以促进我国无机盐工业的发展。

本丛书系按专业分册陆续出版。各专业分册以产品系列（如钙、磷、硼、硅、钡、锶、铬、镁、铝、芒硝、硫化碱……）为范围编写。它们既是本丛书的有机组成部分，又具有相对的独立性。

本丛书系实用性技术专著，有别于教科书和产品手册。其内容主要是对本专业的生产技术和理论进行系统的、总结性的介绍；综合反映本专业国内外的历史和发展动向；具体、详细地叙述产品品种、性质、用途、原料、设备、制造工艺、产品标准、技经指标、环保安全及包装、储运等知识；尤其对先进的、适合国情的、有发展前途的新产品、新工艺、新设备、新技术，尽量收入书中，力求对生产、科研、设计、应用部门都有较高的实用价值。因此，阅读本书，读者不必查阅大量书籍和期刊，就能较全面地了解本专业的概貌和生产知识，了解无机盐工业发展的“跳动脉搏”。

本丛书可供具有一定文化水平和化工专业基础知识的工人、工程技术人员和管理干部阅读，也可供有关院校的师生参考。我们希望这套丛书的出版，将有助于国内从事无机盐工业技术工作的同志掌握和运用书中介绍的经验及科学原理，更好地处理和解决实际工作中遇到的技术问题。

上述各点是我们的编辑宗旨，也是我们的努力方向。但由于无机盐工业是多品种、多

层次、服务面广及配套性强的基本无机化工原料——材料工业，内容十分广泛复杂，又由于我们的编辑水平有限，错误遗漏之处在所难免，恳切希望广大读者给予批评指正。

《无机盐工业技术丛书》编辑委员会

1988年11月

## 《无机盐工业技术丛书》编委会

名誉顾问：陶 涛

顾 问：（以姓氏笔划为序）

方德巍 孟全生 蒋美音 潘裕缙

主任委员：李山高

副主任委员：叶海廷 马 军

编 委：（以姓氏笔划为序）

马 军 王佩琳 乐志强 叶海廷 李山高 李凤云 李定一 张晓钟

姜世光 陶连印

秘 书 长：李凤云（兼）

# 前 言

硼化合物系列产品，是无机盐工业的重要组成部分。广泛应用于农业、轻纺、建材、化工、冶金、国防、尖端科学等领域。目前世界上已生产70多种无机硼化合物，我国已能生产近40种。但是国内尚无系统、全面地介绍利用各类硼资源生产各种硼化合物的专著，为此，我们在《无机盐工业技术丛书》编委会的统一安排和指导下，编写了《硼化合物的生产与应用》一书，并推荐给广大读者。本书对硼化合物生产的基础理论、含硼资源特点，各系列产品共42种的性质、生产原理、生产方法、工艺过程、技术参数、技经指标、主要设备以及硼化合物的应用、典型配方，作了详尽的介绍；另外对27个品种作了简介。力图使读者获得较全面、系统、实用的生产技术知识和应用知识，对废物的处置和综合利用方法也作了介绍。

本书由化工部化工司陶连印任主编；辽宁省化工研究院郑学家任副主编。原《无机盐工业》主编李山高和化工部科技司李凤云负责总审。无锡红星化工厂周慰敏参与了编务工作。

本书共分六篇三十四章。陶连印编写了第一、二、三、四、五、六章；郑学家编写了第十二章中的第二、三、四、七节，第十七章，第二十一章中第一节、第二节，第二十三、二十四章，第二十六章中第三节、第四节、第五节、第六节、第七节、第八节，第二十八、二十九、三十及三十四章；屈晓梅编写了第七章、第八章中第一、二节；宋彭生编写了第九、十三、十四章；陈雨春编写了第八章第三节、第十、十一、十五、十八章；王鉴波编写了第十二章第一节、第十九章、第二十六章中第一、第二节；李山高编写了第十六章；杨曾焜编写了第二十、二十一章第三节、第四节、第五节、第六节、第二十五章；陶芝民编写了第八章第四节、第十二章第五节、第八及第九节、第二十二、三十三章；刘其昌编写了第二十六章中第七、九节、第二十七、三十一、三十二章。此外，黄石市化工厂姜诗超撰写了第九章第三节部份内容，化工部天津化工研究院洪庆义参加了第十二章第一节部份内容的撰写。

本书在编写与出版过程中得到上海嘉定硼砂厂、四川双流县中和硼砂厂、牡丹江市化工二厂、辽阳市冶建化工厂、北京化工八厂、浚河化工厂、黄石市化工厂、张家口市化工厂、营口化工厂、开封化工总厂、无锡市红星化工厂等单位的大力支持，在此一并致谢。

由于编者理论水平有限，实践经验不足，可能有谬误和疏漏之处，敬请读者不吝批评指正。

编 者

1991年12月



# 目 录

## 第一篇 总 论

第一章 硼的地球化学	( 1 )
第二章 硼化合物生产发展简史	( 2 )
第三章 硼化合物在国民经济中的地位和作用	( 4 )
参考文献	( 6 )

## 第二篇 硼资源及其分布

第四章 含硼矿物	( 7 )
第一节 内生矿床	( 8 )
第二节 外生矿床	( 9 )
第三节 含硼矿化水	( 10 )
第四节 硼的工业质量标准	( 10 )
第五章 硼资源及其分布	( 12 )
第一节 中国的硼资源	( 12 )
第二节 美国的硼资源	( 20 )
第三节 土耳其的硼资源	( 21 )
第四节 苏联的硼资源	( 22 )
第五节 意大利的硼资源	( 23 )
第六节 其他国家的硼资源	( 24 )
第六章 我国硼资源的开发利用及前景	( 25 )
第一节 辽—吉硼镁矿资源开发利用	( 25 )
第二节 天然硼砂矿资源开发利用	( 28 )
第三节 伴生硼矿资源的开发利用	( 28 )
第四节 青藏高原盐湖资源开发利用	( 29 )
第五节 井盐卤水开发利用	( 30 )
参考文献	( 30 )

## 第三篇 硼砂的生产

第七章 概述	( 31 )
第一节 硼砂的物理化学性质	( 31 )

第二节	硼砂生产的历史沿革	( 33 )
第三节	硼砂产品规格及分析方法	( 33 )
<b>第八章</b>	<b>辽—吉硼镁矿加工制硼砂</b>	( 35 )
第一节	原料矿石的预处理	( 35 )
第二节	碳碱法制取硼砂	( 42 )
第三节	加压碱解法制取硼砂	( 56 )
第四节	其他方法制硼砂	( 62 )
<b>第九章</b>	<b>青藏高原含硼资源加工制硼砂</b>	( 76 )
第一节	钠硼解石制取硼砂	( 76 )
第二节	贫硼矿选矿及制取硼砂	( 77 )
第三节	从天然硼砂矿提取硼砂	( 80 )
<b>第十章</b>	<b>硼砂生产中的废渣——硼泥的处理</b>	( 82 )
	参考文献	( 86 )

## 第四篇 硼酸的生产

<b>第十一章</b>	<b>概述</b>	( 87 )
第一节	硼酸的物理化学性质	( 87 )
第二节	硼酸生产历史沿革	( 88 )
第三节	硼酸产品规格及分析方法	( 91 )
<b>第十二章</b>	<b>辽—吉硼镁矿制取硼酸</b>	( 92 )
第一节	硫酸法制取硼酸	( 92 )
第二节	盐酸法制取硼酸	( 103 )
第三节	碳氨法制取硼酸	( 107 )
第四节	电解电渗析法制取硼酸	( 113 )
第五节	盐酸分解—溶剂萃取法制取硼酸	( 115 )
第六节	硼砂硫酸酸化或中和法制取硼酸	( 119 )
第七节	硝酸法制取硼酸	( 122 )
第八节	碳酸化法制取硼酸	( 124 )
第九节	多硼酸盐法制取硼酸	( 129 )
<b>第十三章</b>	<b>盐湖卤水制取硼酸</b>	( 134 )
第一节	我国盐湖卤水提取硼酸	( 134 )
第二节	国外盐湖卤水生产硼酸及硼化合物	( 139 )



第十四章 西藏硼镁石制取硼酸 .....	(142)
第十五章 硼酸生产中废渣的处理和利用 .....	(144)
参考文献 .....	(144)

## 第五篇 硼化合物系列产品的生产

第十六章 概述 .....	(146)
第十七章 元素硼 .....	(148)
第一节 晶体元素硼 .....	(148)
第二节 无定形元素硼 .....	(149)
第三节 高纯元素硼 .....	(151)
第四节 硼-10同位素 .....	(153)
第十八章 氧化硼 .....	(155)
第十九章 过硼酸钠 .....	(159)
第二十章 偏硼酸盐 .....	(168)
第一节 偏硼酸钠 .....	(168)
第二节 偏硼酸钙 .....	(171)
第三节 偏硼酸钡 .....	(174)
第四节 偏硼酸铅 .....	(176)
第二十一章 金属硼酸盐 .....	(180)
第一节 五硼酸铵 .....	(180)
第二节 无水硼砂 .....	(181)
第三节 四硼酸锰 .....	(182)
第四节 五硼酸钾 .....	(184)
第五节 六硼酸镁 .....	(186)
第六节 硼酸锌 .....	(189)
第二十二章 专用硼砂、硼酸 .....	(191)
第一节 专用硼砂 .....	(191)
第二节 专用硼酸 .....	(193)
第二十三章 氟硼酸盐 .....	(195)
第一节 氟硼酸 .....	(195)
第二节 氟硼酸钾 .....	(196)
第三节 氟硼酸铵 .....	(198)

第四节	氟硼酸钠	(199)
第五节	氟硼酸亚锡	(200)
第六节	氟硼酸铜	(202)
第七节	氟硼酸铅	(203)
第八节	氟硼酸锌	(204)
<b>第二十四章 硼的卤化物</b>		(206)
第一节	三氟化硼	(206)
第二节	三氟化硼乙醚	(207)
第三节	三溴化硼	(209)
第四节	三氯化硼	(210)
<b>第二十章 硼氢化物</b>		(213)
第一节	硼氢化钠	(213)
第二节	硼氢化钾	(215)
<b>第二十六章 其他硼化合物</b>		(218)
第一节	氮化硼	(218)
第二节	碳化硼	(227)
第三节	硼化铁	(232)
第四节	硼化钛	(234)
第五节	硼化锆	(236)
第六节	钹铁硼	(238)
第七节	乙硼烷	(239)
第八节	硼纤维	(242)
第九节	其他精细硼化物简介	(243)
	参考文献	(248)

## 第六篇 硼化合物的应用

第二十七章	在农业中的应用	(250)
第二十八章	在冶金工业中的应用	(259)
第二十九章	在纺织工业中的应用	(262)
第三十章	在机电工业中的应用	(264)
第三十一章	在国防工业中的应用	(267)
第三十二章	在化学工业中的应用	(270)
第三十三章	在医药工业中的应用	(272)
第三十四章	在轻工、建材工业中的应用	(275)
	参考文献	(280)

# 第一篇 总 论

## 第一章 硼的地球化学

硼以分散状态分布于地球的岩石圈、水圈和陨石圈中，在岩石、海水、盐湖、泉水、火山喷泉、石油水及动植物体中均含有硼。据黎彤1981年的资料介绍，硼在地壳中的含量为10ppm，即每吨岩石中含有10克硼，在自然界中已知的硼的同位素有 $B^{10}$ 和 $B^{11}$ 。

硼矿物几乎在地质旋回所有阶段都可以形成。硼矿属于“多变性”矿床，因为硼在不同的介质中具有不同物化性质，因而有多种多样的分散富集形态，使其工业矿石组合繁多，较之一般金属矿床易于变化。这是由于硼元素具有各种不同的化合价状态，而趋向于分散性所决定的。地壳中硼的来源与岩浆活动有关，在岩浆结晶阶段，硼可以进入斜长石的晶格，呈分散状态，在岩浆结晶晚期硼重新分配，一部份同氟、氢、碳、水等形成挥发性化合物，另一部份参加到伟晶岩浆体内，形成电气石、赛黄晶、斧石等。从岩浆中逸出的化合物，在适当的地质条件下，形成具有工业意义的砂卡岩型硼矿床。在外生条件下，硼属于活泼的元素，以络阴离子〔 $(BO_3)^{3-}$ 、 $(BO_2)^-$ 、 $(B_4O_7)^{2-}$ 〕形式迁移。当其迁移至大陆内部或滨海、浅海的水盆地中时，可形成硼湖或硼泻湖。各种湖泊中硼化合物的沉淀取决于气候条件。溶液的pH值及溶液中钙、镁、钠、钾、铯、锰、硅等硼的沉淀剂是否存在。

硼矿床因其成矿作用特点不同，可分为内生、变质、火山沉积、外生等四个成因组。内生成因组（内生矿床）是由地球内部热能的作用，而形成的各类硼的聚集体，主要是砂卡岩型。变质成因组（变质矿床）是在热变质、区域变质等过程中发生硼的富集，或使原已形成的硼矿床发生变质而形成新的硼的聚集体，主要是变质再造型。火山沉积成因组（火山沉积矿床）为与火山成硼作用有关而形成的各类硼的聚集体。它既包含有内生成因作用，又包含有外生成因作用。外生成因组（外生矿床）主要是受太阳能影响，在地壳表层各种地质作用下，而形成的各类硼矿床的聚集体。

硼是一种分布很广而又非常分散的化学元素，也是地壳中最重要的元素之一，它与锂和铍同属于稀有元素。

## 第二章 硼化合物生产发展简史

中国是世界上最早发现和使用硼化合物的国家。13世纪我国已在西藏北部的班戈湖矿区开采天然硼砂；古代中医就曾以天然硼砂入药制作“冰硼散”。同期马可·波罗才把中国西藏的硼砂晶体带到欧洲开始了与西方贸易交流。1563年西藏建立了加工天然硼砂的手工作坊。1771年意大利在塔斯康热泉中发现天然产出的硼酸，从1827年到1872年它为欧洲市场提供了大量的硼酸和硼砂。1808年为化学科学迅速发展时期，法国和英国几乎同时发现了元素硼。1852年智利发现了硼资源，1864年美国也从盐湖与矿泉中提取硼砂晶体，1884年美国在加利福尼亚州开始生产硼砂，1930年苏联发现印捷尔地区硼矿，并开始建立硼加工业。19世纪末土耳其、阿根廷、秘鲁等国家也相继开发了本国硼资源，一些没有硼资源的国家，则利用进口硼矿为原料相继建立了硼加工工业。从我国建立加工天然硼砂的手工作坊算起，硼化合物生产已有400多年的历史，但是硼化合物的生产达到工业化规模也只有100余年。尤以近50年的发展最为迅速。这是由于第二次世界大战期间随着军事工业的需要，促进了硼合金和金属硼化合物的发展；50年代以后，由于耐高温、耐磨、耐腐蚀材料的问世，使硼化合物开拓了新的应用领域；60年代之后，纺织和玻璃纤维工业的发展又进一步促进了硼砂、硼酸生产发展；进入70年代，随着航空及宇航技术的开发，应用硼化合物生产各种新型材料和复合材料得到迅速发展。目前无机硼化合物品种已有70多种。

我国虽然早在13世纪就发现了天然硼砂，但是由于地理和历史等原因，一直没有形成加工业，真正的硼化合物工业化生产是从1956年开始的。在50年代，硼砂属战略物资，美国对我国实行封锁禁运，我国所需要的药用硼酸、试剂硼砂都要依靠进口。为了自力更生地发展我国的硼工业，以满足国民经济发展需要，1955年我国开始寻找新的硼矿资源，并在辽宁省凤城县发现了品位较高的硼镁矿，进行了小规模露天开采，次年在辽宁省开原县用硫酸法加工硼镁矿制取硼酸，然后用纯碱中和制得硼砂。继开原化工厂之后，营口火柴厂（营口化工厂前身）、丹东木器厂、辽阳冶建化工厂，上海大新化学厂、上海第二泡花碱厂、北京化工三厂、西安沪河化工厂、天津红旗化工厂等都陆续建立起小规模酸法加工车间，自此开始了硼化合物的生产。

1956年化工部组织沈阳化工研究院、上海第二泡花碱厂、开原化工厂、沈阳农药厂等在上海进行碱法加工硼镁矿的技术攻关，1957年起许多企业改为碱法生产，在这一年中，有的工厂由于酸法腐蚀严重被迫关闭，有的改建扩建，使得全国用硼镁矿加工生产硼砂的工厂达20个，初步形成了我国硼工业的基础。此时采用的是常压碱解法工艺。1959年沈阳农药厂与辽宁省化工研究所合作又进行了碳解法试验，于1963年在沈阳农药厂建成了我国第一个年产2000吨硼砂的碳解法生产装置。1960年大连工学院研究了硼矿石焙烧机理，促进了各厂硼矿石焙烧质量的提高。1961年上海第二泡花碱厂开始研究加压碱解法，于1963年获得成功。加压碱解法使硼的分解率提高到90%以上。1963年在全国推广加压碱解法，同时在三年左右时间里，又改进了并推广了硼矿石焙烧技术，改用真空叶片吸滤、气流干

燥等设备，完善了碱法生产硼砂的工艺，独创了我国硼砂生产工艺，分解率指标超过原苏联专家贝尔林(Л·Е·Берлин)教授认为的“碱法工艺加工硼镁矿的分解率不超过70%”的断言，达到了90%。1964年至1966年间是我国硼行业的兴盛时期，各项技术经济指标都创历史最高水平。化工部于1976年在全国开始推广碳解法工艺，到1980年全国基本上采用了碳解法工艺。近十年来，我国在完善碳解法工艺的同时，又研究引进了其它行业的先进设备和技术，如沸腾焙烧、电渗析、箱式压滤机、振动干燥机、密压机等，使我国硼工业的机械化水平又进一步提高。

与此同时，我国广大科技工作者从60年代就开始了硼化合物新品种的开发研究。1960年到1970年研制出硼-10同位素及元素硼，1967年研制出三氟化硼乙醚络合物，1970年研制出高纯元素硼，1980年研制出氟硼酸钠、氟硼酸铵。由于国民经济发展的需要，目前我国已能生产40多个无机硼化合物产品，基本上满足了四化建设的需要。

# 第三章 硼化合物在国民经济中的地位和作用

硼介于金属和非金属之间，既能与金属化合又能与非金属化合生成各种硼化合物。

硼及其化合物是无机盐工业中的重要产品系列。在化工、医药、轻工、纺织、冶金、建材、国防军工、尖端科学、农业等部门已广泛应用。成为绝缘材料、耐高温材料、耐磨材料、阻燃材料、结构材料的重要成分之一。也是农业重要的微量元素肥料。我国是世界上最早发现和使用硼砂的国家，1563年我国已在西藏建立了加工天然硼砂的手工作坊。早在明代《本草纲目》中就有使用天然硼砂制造“冰硼散”的记载。

当前硼化合物已广泛应用于国民经济的下列部门：

**一、玻璃行业：**在光学玻璃、玻璃仪器、耐热玻璃中加入硼砂或氧化硼、硼酸、硼酸钙、硼酸铅，可以改善玻璃的热膨胀性，提高耐温、耐压性能及透光率，同时可缩短熔化时间。在制造暖水瓶胆时加入少量硼砂，可以避免装热水时炸裂。钠硼硅玻璃具有耐温、耐压性能，是有机合成工业的工程材料。

**二、搪瓷陶瓷工业：**硼砂、硼酸、偏硼酸钡、硼酸铝、磷酸硼、硼酸钙、硼酸锂等是搪瓷、陶瓷釉料的重要组份，在搪瓷单层膜静电作用中具有极好的耐热耐磨性，可增强光泽，提高洁白度、坚固性。在墙砖、地板砖用硼硅釉料中，三氧化二硼占21%。日用搪瓷、卫生搪瓷釉料都必须加入硼化物。硼化钛是金属陶瓷的重要组分。

**三、冶金工业：**硼化物是冶金工业的添加剂、助熔剂，也是硼铁、硼钢的原料。硼化钛、硼化锂、硼化镍是冶炼硬度大、耐磨性好、耐热特种合金的添加成份。硼砂作焊药可防止气焊时金属表面氧化。过硼酸钠是镀镍电解液的组分，可防止镀层气泡产生，提高镀件光亮度。硼化钛硬质合金作阴极具有良好的导电性。

**四、轻工和日用化工工业：**硼酸作为杀菌剂用于硼酸皂的生产，过硼酸钠作洗涤剂可提高洁白度和光泽度；硼砂是高级香料的原料。

**五、机械电子工业：**电容器硼砂、硼酸可提高电容效率。碳化硼是金属切削刀具的重要成份，机械渗硼能提高表面硬度，是制造超硬无机材料的重要添加剂。碳化硼可作抛光膏；氮化硼可作耐高温喷嘴、陶瓷装甲、高温润滑和脱模剂；氟硼酸铵是铝铜焊药；硼纤维可作火箭及耐高温结构材料。

**六、医药工业：**硼砂、硼酸可止疼痛和消毒，用于止痛和消毒剂中，如《冰硼散》是口腔溃疡良药；硼氢化物用于维生素和激素的生产；硼酸铵、硼酒石酸、硼酸胺仿等都是生产医药的重要原料。

**七、农业：**硼是植物生长的微量元素肥料，直接关系到糖类的转化、新陈代谢、花粉孕育及抗病能力。施用硼肥可增产10—15%。硼对棉花生产尤其重要，如果土壤缺硼，棉花将发生“蕾而不花症”，即只有蕾不开花不结桃，严重减产。硼对油菜籽、甜菜、柑桔、小麦、大豆有明显的增产作用。目前国内已有10余种硼肥，即硼砂、硼酸、硼镁磷肥、硼

钙镁磷肥、硼镁肥、碱化硼镁肥、硼镁硫酸肥、硼镁氮肥、硼镁氮磷混合肥、硼镁腐肥等。根据土壤成份不同选择适宜的硼肥，对促进农业高产必将起到积极作用。

另外，硼砂可作除草剂；八硼酸二钠可作除莠剂；三氟化硼作烟熏剂；五硼酸钠作杀菌剂。

八、纺织工业：硼酸、硼酸锌可用于防火纤维的绝缘材料，也是很好的阻燃剂；还用作漂洗剂、媒染剂、后整理剂。偏硼酸钠用于织物施浆，过硼酸钠用于织物漂白等。

对于硼化合物在国民经济的许多部门的应用已作了比较全面的叙述，它们的新的应用领域还有待人们开发。为了更方便的综观硼化合物的功用，分别以表格形式进行了归纳，列出了1988年美国硼化合物消费结构和1990年我国硼砂和硼酸的消费结构。又以图的形式表示硼无机系列产品的主要应用情况。

表3-1 美国1988年硼化合物消费结构 (万吨 $B_2O_3$ )

用途	用量	*比例%	用途	用量	比例%
一、玻璃和陶瓷	19.33	54.4	三、合金、金属	2.0	5.6
1. 绝缘玻纤	10.34	29.1	四、农业	1.45	4.1
2. 纺织玻纤	4.54	12.8	五、粘结剂	0.91	2.6
3. 玻璃	3.45	9.7	六、阻燃剂	1.9	5.3
4. 搪瓷、瓷釉	1.00	2.8	七、其他硼化学品	6.8	19.1
二、肥皂、洗涤剂、漂白	3.17	8.97	合计	35.6	100

表3-2 中国1990年硼砂消费结构

用途	比例%	用途	比例%	用途	比例%	用途	比例%
一、化工	19.5	1. 日用玻璃	7.92	三、医药	18.92	1. 建筑搪瓷	1.21
1. 硼酸	17.6	2. 日用搪瓷	17.55	1. 盐水瓶	7.27	2. 釉料	3.69
2. 过硼酸钠	0.6	3. 灯泡	4.19	2. 安瓿瓶	6.12	3. 釉面砖	5.17
3. 偏硼酸钠	1.23	4. 保温瓶	2.3	3. 药用硼砂	1.02	4. 其他	1.36
4. 其他	0.07	5. 玻璃仪器	6.54	4. 其他	4.51	五、其他	11.20
二、轻工	39.02	6. 其他	0.52	四、建材	11.38		

表3-3 中国1990年硼酸消费结构

用途	比例%	用途	比例%	用途	比例%	用途	比例%
一、化工	27.43	1. 玻璃仪器	11.08	三、医药	10.66	四、建材	5.64
1. 硼化物	14.81	2. 玻璃制品	9.14	1. 药用玻璃	3.42	1. 釉料	0.48
2. 其他	12.62	3. 日用搪瓷	1.67	2. 药用硼酸	5.77	2. 釉面砖	5.16
二、轻工	35.30	4. 其他	13.41	3. 其他	1.47	五、其他	20.97

◆ 以上三表中的比例均为质 %比。



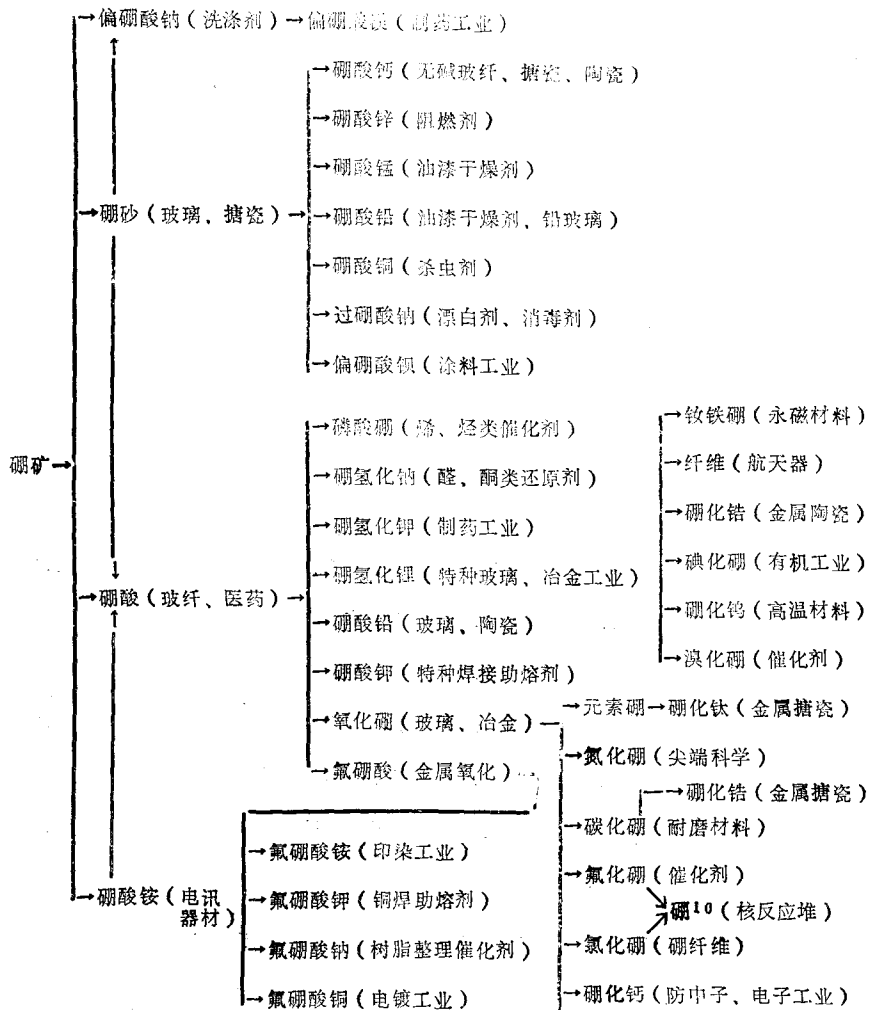


图3-1 硼无机系列产品主要应用情况示意图

由于硼具有特殊性能，在高科技领域里有着重要地位。某些硼化合物既是绝缘材料，又是导电材料，具有半导体的特性，还有电子放射性。氮化硼可做大型集成电路的绝缘保护膜，硼化钛、硼化钨可作电极，磷化硼可做热敏元件及二极管，硼化钛可做发射元件，碳化硼可做原子能反应炉的控制棒材料和核聚变炉的炉衬壁，硼酸和硼酸钙用于生产无碱玻璃纤维，是发电机组的绝缘材料。硼化钨可做高温核反应器中子吸收材料，又是火箭材料的包装物。乙硼烷、戊硼烷、十硼烷都是极好的高能燃料。硼<sup>10</sup>用于核反应堆防护控制。

从上述的应用情况可以看出，硼化合物与国民经济各部门以至人民的生活都有着直接或间接的密切联系，而且随着科学技术的发展，在高科技领域里更需要硼化合物为其服务。

### 参 考 文 献

- [1] 郑绵平 《硼矿床类型与我国找硼方向》(1987)。
- [2] 《硼资源战略分析》(内部资料)(1988)。
- [3] 黎彤 《地质与勘探》1981年第11期。
- [4] 化工部化工司编 《硼砂、硼酸产品行业志》
- [5] 辽宁省化工研究院 《辽宁硼工业大事记》(1985年)。

## 第二篇 硼资源及其分布

### 第四章 含硼矿物

硼是亲石和亲生物元素。在自然界中不存在游离形态的硼。它几乎只是以氧化物，或少量氟化物形式存在。在自然界硼离子为 $B^{3+}$ ，能形成稳定的三次配位的 $(BO_3)^{3-}$ 及四次配位的 $(BO_4)^{5-}$ 络阴离子。此外硼还可以与氟化合成 $(BF)^-$ 或与羟基化合的 $[B(OH)_4]^{2-}$ 、 $B(OH)_3$ 等络合物，形成一系列矿物。

硼是以分散状态分布于地球的岩石圈、水圈和陨石圈中，也含于动植物体内；甚至在空气中也含有极微量的硼。

根据化学加工条件的不同，含硼资源可分为三类：

(1) 易分解的矿物；主要是沉积生成的，如钠、钾、钠—钙及镁—钙的硼酸盐，约有60种。

(2) 难分解的火成岩矿物；如复杂的含硼硅酸盐及硅铝酸盐，约有25种。

(3) 含有硼砂及硼酸的水溶液。

目前在全世界的硼工业中，主要是使用第(1)类矿物，较少量的硼来自第(3)类原料。

硼矿床可按成因分为内生和外生两类。而第三个来源即矿化水是特殊的一类。这几类矿床又按一系列特征性的标志（虽然也是千差万别的），分为若干亚类，亚类之下再分矿床和工业矿石的类型，见表4-1。

表 4-1 工业硼矿床的分类

内 生 矿 床	镁砂卡岩中的硼酸盐矿床	硼镁铁矿石和硼镁铁——磁铁矿石 白云石大理岩和花斑大理岩中的镁硼矿石 硼镁石矿石和硼镁石
	钙砂卡岩中的硼硅酸盐矿床	硅钙硼石矿石和硅钙硼石——赛黄晶矿石
	云英岩、次生石英岩和热液矿脉中的硼硅酸盐矿床	富集的电气石