

非 金 属 矿 工 业
国内外技术水平资料之一

石棉矿国内外生产技术水平 及 发 展 趋 向

全 国 非 金 属 矿 技 术 情 报 网
国 家 建 材 总 局 技 术 情 报 标 准 所

一 九 七 八 年 九 月

前 言

全国非金属矿技术情报网在国家建材总局的指导和支持下，围绕非金属矿生产、科研、设计、教学的需要开展情报服务工作。为了摸清国内外非金属矿生产技术情况，更好地为赶超世界先进水平服务，我们组织全网力量对非金属矿工业国内外技术水平及发展动向作了一次较广泛的调查研究工作。在国家建材总局指导下，在全网十二个正副组长单位党委的重视和支持下，在网内成员单位的紧密配合下，共同努力编写出石棉、云母、金刚石、石膏、石墨、滑石、高岭土、非金属矿地质等八种国内外技术水平及发展动向的综合性技术情报资料，共计四十余万字。

这些资料的国内部分由网内七个专业组分别按矿种收集编写；国外部分由武汉建材工业学院，总局第一、第二、第三非金属矿山设计研究院，总局情报标准所按矿种分工进行收集整理编写。最后参加综合整理审稿的有：国家建材总局非金属矿局，武汉建材工业学院，总局建设公司地质处，总局第一、第二、第三非金属矿山设计研究院，旅大金州石棉矿，总局情报标准所等八个单位。

系统地编写非金属矿工业国内外技术水平及发展动向这还是第一次，由于时间紧，资料收集不够全面，加上缺乏经验，水平有限，一定还有不少缺点错误，敬请读者批评指正。

全国非金属矿技术情报网
国家建材总局技术情报标准所

一九七八年九月

目 录

第一部分 国内外生产技术水平对比及发展趋向

一、资源与生产	1
(一)矿床分布及工业储量	1
(二)产量情况	1
(三)成本与售价	2
(四)劳动生产率	2
二、采矿技术	3
(一)开采方式及采矿方法	3
(二)采矿工艺	3
(三)典型矿山经济技术指标比较	4
三、选矿技术	6
(一)选矿方法	6
(二)选矿流程、设备、厂房建筑、新技术	6
(三)成品检验	8
(四)环境保护及控制技术	8
(五)尾矿的综合利用	9
(六)主要技术经济指标	9
四、国内外发展趋向及建议	9
(一)国内外发展趋向	9
(二)今后建议	10

第二部分 国外生产技术水平

一、概 况	12
(一)世界石棉产量情况	12
(二)世界石棉储量情况	15

(三)世界石棉的进出口情况	15
(四)世界市场的石棉价格	16
(五)劳动生产率	17
(六)关于石棉的应用情况	18
二、国外石棉工业技术发展情况	19
(一)采矿工艺和设备	19
1.开采方式及特点	19
2.露天开采	20
3.地下开采	23
(二)选矿工艺和设备	24
1.选别方法	24
2.工艺流程	26
3.选矿厂设备	27
4.储矿设施	30
5.质量标准与控制	30
6.自动控制	31
7.配置	32
(三)环境保护及控制技术	32
1.环境的卫生控制标准趋于严格	32
2.关于灰尘曝露指标的研究	33
3.灰尘控制技术的历史发展	33
4.国外石棉选矿厂灰尘控制的主要技术措施、参数和技术经济指标	35
5.矿区环境的灰尘控制措施	36
6.灰尘控制技术发展动向	36
(四)资源的综合利用动向	37
三、国外石棉的科研情况和技术发展趋向	37
(一)苏联的研究机构及其研究内容	37
(二)加拿大、美国的研究机构及其研究内容	38
(三)国外石棉工业技术发展趋向	39
四、典型矿山介绍	40
(一)苏联乌拉尔石棉联合企业	40
(二)加拿大杰弗雷矿	49
五、主要参考资料	57

第三部分 国内生产技术水平

一、概 况	60
(一)资源概况	60
(二)生产现状	60
(三)应用情况	63
(四)主要技术经济指标	65
二、石棉矿山的开采技术状况	65
(一)露天石棉矿的开采技术状况	65
(二)地下石棉矿山的开采技术状况	67
三、石棉矿山的选矿技术水平	70
(一)选矿方法	70
(二)选矿工艺流程	71
(三)选矿设备	72
(四)选矿技术经济指标	73
(五)执行的标准及检验方法	73
(六)石棉选矿厂的除尘	74
(七)石棉尾矿的综合利用	75
四、典型矿山简介	75
(一)新康石棉矿	75
(二)茫崖石棉矿	77
(三)四川石棉矿	79
(四)金州石棉矿	82
五、存在问题及发展趋向	85
(一)存在问题	85
(二)今后发展趋向	88
附全国石棉矿山情况一览表	86

第一部分 国内外生产技术水平 对比及发展趋势

一、资源与生产

(一) 矿床分布及工业储量

世界温石棉资源是丰富的，其储量估计在 8 亿吨以上。世界各国统计的资料出入很大，据林柯尔 (B.Lincoln) 1975 年 8 月在第三届石棉物理化学国际会议上发表的论文指出，世界温石棉的纤维储量为 32900 万吨。

我国地质勘探所提交的温石棉储量为 5732 万吨，其中，工业储量为 2620 万吨。仅次于加拿大和苏联，居世界第三位。

世界石棉矿产，分布于世界各洲，主要产石棉的国家有：加拿大、苏联、中国、南非等。世界温石棉绝大多数产自超基性岩型矿床中，白云岩型的占极少部分。世界角闪石石棉矿床，也是丰富的，主要产于南非、澳大利亚等国。

我国温石棉矿床两种工业类型都有。超基性岩型矿床在我国西南、西北地区蕴藏丰富，是我国石棉的主要产区；白云岩型石棉矿床在我国东北、华北等区分布较多，储量占温石棉的 8.5%，石棉矿按个数统计有 35% 是白云岩型的矿床。我国石棉品种多，除温石棉的两种类型均有外，还蕴藏有丰富的角闪石石棉。主要有纤铁兰闪石石棉(兰石棉)、透闪石石棉、直闪石石棉及阳起石石棉等。

(二) 产量情况

世界上生产石棉的国家约有 30 多个，其中产量超过 10 万吨以上的有苏联、加拿大、南非、意大利、罗德西亚、美国及中国等国家。世界上比较重要的石棉矿山约有 150 多个。1975 年世界石棉产量 373.4 万吨。其中苏联 135 万吨，占首位，其次加拿大 109 万吨、南非 35 万吨，这三个国家占世界总产量的 76%。从 1960 年到 1974 年的 15 年间全世界石棉产量大约以 6% 的速度递增。

我国石棉生产，自建国以来的 28 年间，石棉产量平均增长率 18.5% 左右。虽然发展速度比国外快二倍，但由于建国初期产量太低，所以现在的产量仍只有世界产量的 3% 左右。

七十年代国外主要生产石棉的国家历年的产量与我国比较如表 1。

加、苏、中石棉产量比较表

表 1

国 家	加 拿 大	苏 联	中 国	我国与加拿大相比	我国与苏联相比
76年石棉产量(万吨)	138.9	229	11.9	差12倍	差19倍
77年石棉产量(万吨)	139.8	231	12.54	差11倍	差19倍

注：76、77年石棉产量即按已知矿山石棉产量之总和。

加拿大石棉矿山有12个。其中：露天矿10个，地下矿2个。最大的露天矿年产石棉为60万短吨，最小的露天矿年产量为8万短吨，地下最小矿年产量5.5万短吨。苏联石棉矿山有4个，全部是露天矿，最大的露天矿年产量154万吨(包括7级以下短棉)，最小的露天矿年产量20万吨。

我国已开采的县办以上石棉矿山有45个，最大矿山年产量2.6万吨，最小矿山年产量才100吨。我国所有石棉矿山的总产量仅是加拿大杰弗雷矿产量的五分之一。所以国外石棉矿山数量少、规模大、产量高；而我国石棉矿山数目多，但规模小，产量低。

(三) 成本与售价

国外石棉成本由于直接涉及到资本主义利润，并且矿山与选厂都是独立单位，所以总成本很难统计。国外矿山的采矿成本为0.399~0.572美元/吨。

国内石棉采选生产成本为400~1000元/吨，采矿成本4~6元/吨矿石，选矿成本为147~360元/吨纤维。

在国际市场上，由于石棉的需求大于供应，各类各级石棉的价格一直上涨，从1970年到1978年上涨了1.4倍。

国外石棉出口价格，一般以加拿大魁北克省各矿出口价格为参考。现将加拿大魁北克省1978年1月发布的各级棉离岸价格如表2。

(单位：加元/短吨) 表2

级 别	块 棉 1 级	块 棉 2 级	机 选 3 级	机 选 4 级	机 选 5 级	机 选 6 级	机 选 7 级
价 格	3621	2165	965—1501	642—945	323—501	307—311	107—213

国内石棉销售价格各矿不一。现将川棉与金棉价格列如表3。

(单位：元/吨) 表3

级 别	特 1	特 2	机 1	机 2	机 3	机 4	机 5	机 6
四川石棉矿销售价格	6500	5000	4200	2850~2400	2000~1850	1400~1290	870	
金州石棉矿销售价格	—	—	3000	2200	1600	1000	750	400~200

(四) 劳动生产率

国外石棉工业的全员劳动生产率是很高的。主要是采用大型高效设备，自动化控制和非生产人员很少的缘故。我国与国外全员劳动生产率及典型矿山的劳动生产率如表4。

中、加全员劳动生产率比较表

表4

国 家	加拿大 (1969 年)	中国 (1977 年)	我国现在与加拿大六十年代末相比
石棉工业总人数(人)	7424	26000	多 2 倍
石棉总产量(万吨)	144.83	12.54	差 11 倍
全员劳动生产率(吨/人·年)	191	4.5	差 41 倍

二、采 矿 技 术

(一)开采方式及采矿方法

国外石棉矿山大部分是露天开采，石棉产量中露采产量约占85%。

我国也以露天开采为主，露采产量占总产量的70%。

国外露天矿多为凹陷型，采用汽车运输。世界上最深的露天矿是加拿大杰弗雷矿，现在已采到308米深，而且逐渐加深。

我国都是山坡型露天矿，仅茫崖矿由山坡型向凹陷型过渡。加之复土层薄，所以我国石棉露天开采的自然条件比国外优越得多。

国外地下矿山较少，规模也比露采小。因为国外凡有露采条件的都尽量采用露采。国外地采矿山大部分用竖井或斜井开拓，采矿方法是崩落法。为防止夹杂物混入石棉纤维中，所有矿山不允许使用木材支护。一般用钢网加喷射砂浆或水泥加强锚杆支护。

我国地采矿山大多数为平峒开拓，其数目占地采矿山的70%以上，仅有个别矿山用竖井或斜井开拓。采矿方法有崩落法、留矿法、充填法等。在支护上大部用木支护，有的大型矿山开始用锚喷支护。

(二)采矿工艺

1. 穿 爆

国外露采矿山穿孔设备主要采用 $\varnothing 190 \sim 250$ 毫米牙轮钻机，在少部分中型矿山使用 $\varnothing 100 \sim 140$ 毫米潜孔钻机，穿凿倾斜炮孔。

国内除个别石棉矿用 $\varnothing 150$ 毫米潜孔钻机外，大部分中小矿山仍采用浅孔风动凿岩机凿岩，甚至手工打眼。

国内外潜孔钻机穿孔效率比较如表5。

表 5

矿 山 名 称	加 拿 大 杰 弗 雷 矿	我 国 茫 崖 矿	我 国 现 在 与 加 拿 大 75 年 相 比
穿孔效率 (米/台班)	91.5~152.5	16—40	差 4.7~2.8 倍

国外广泛使用浆状炸药和部分铵油炸药。

国内一般使用硝铵炸药。

国外装药都采用5~100吨的装药车机械化装药。国内仍为人工装药。

国外采用多排孔微差爆破，一次爆破量为10~80万立方米。

国内用单排孔爆破，一次爆破量为2千立方米。有的矿山用峒室爆破，一次爆矿量为1千立方米。

国内外爆破效率及炸药消耗比较如表6。

国外二次爆破采用履带式轻型钻机打眼放炮，或用落锤式碎石机进行破碎。

国内二次爆破用人工手持式凿岩机打眼放炮。

2. 采 装

国外采装用4—11.5米³单斗电铲和4~8米³前端式装载机装矿。

表 6

矿 山 名 称	加 拿 大 杰 弗 雷 矿	我 国 茫 崖 矿	我国与加拿大(75年)相比
一次爆破量(万米 ³)	10—80	0.2	差 49 倍 以 上
炸药消耗(公斤/吨)	0.183	0.25	多 0.4 倍

国内采装用 1 米³单斗电铲，而大部分中、小型矿山仍然用人工装矿。

由于电铲斗容不同，在生产量和人工利用上都有很大差距，杰弗雷矿用大斗容电铲15台（包括备用的）完成3900万吨的采剥矿岩量，如果用 1 米³电铲需要150台，加上备用的需要近200台。这样设备多，维修量大，需要十几倍的司机和维修人员。新康矿年采剥矿岩量275万吨，如用 4 米³电铲 8 台就可以了，既节约设备又可减少人员。

国内外电铲效率比较，如表 7。

表 7

矿 山 名 称	加 拿 大 杰 弗 雷 矿	苏 联 巴 热 诺 夫 矿	中 国 茫 崖 矿	我国与加拿大(75年)相比	我国与苏联(75年)相比
电铲斗容(米 ³)	4—11.5	4—10	1	差 3—10 倍	差 3—8 倍
采装效率(万吨/米 ³ ·台年)	37	31.5	26	差 0.4 倍	差 0.2 倍

3. 运 输

国外露采矿山运输配用汽车为 27~200 吨位自卸式汽车，其中60吨以上采用电动轮自卸汽车运矿。

国内露采矿山运输用3.5~15吨位的自卸式汽车，而 8 吨以上汽车均为进口汽车。

4. 辅助设备

国外露天公路整修，全部采用机械化设备，其辅助设备有推土机、平路机、洒水车等。另外有设备检修车、加油车等。

国内露天公路维护，还停留在手工阶段，只有较大矿山有推土机、洒水车、压路机等。

(三)典型矿山经济技术指标比较

1. 露天矿山经济技术指标比较如表 8。

表 8

指 标	加 拿 大 最 大 矿 山	苏 联 最 大 矿 山	我 国 最 大 矿 山
矿山名称	杰弗雷石棉矿	巴热诺夫石棉矿	新康石棉矿
开采方式	露天凹陷型	露天凹陷型	露天山坡型
开拓方法	公路汽车运输	场内汽车运输	公路汽车运输
矿石品位(%)	8	2—4	2.39
剥采比	3.3	2.6	0.7
露天采场境界(长×宽×深)(米)	1980×1830×308	1200~4000×1000~1600×170	
年采剥矿岩量(万吨)	3900	12600	275
年采矿量(万吨)	900	3500	160
年剥离废石量(万吨)	3000	9100	115

续表 8

指 标	加 拿 大 最 大 矿 山	苏 联 最 大 矿 山	我 国 最 大 矿 山
剥离运输方法	汽车运输	汽车运输	汽车运输
穿孔设备	BE-40R 牙轮钻 3 台 R-DC30 牙轮钻 2 台 PR-143 潜孔钻 2 台	2СБШ-200 牙轮钻 2СБШ-200H 牙轮钻 СБШ-250MH 牙轮钻	yQ-150 型潜孔钻 7655 型凿岩机
平均穿孔效率(米/台班)	牙轮钻: 80 潜孔钻: 91.5		潜孔钻: 22 潜孔钻: 40
最高穿孔效率(米/台班)	潜孔钻 152.5		
装药方法	装药单	装药车、封泥机	人工
炸药种类	浆状炸药	铵油、浆状	硝铵炸药
爆破方法	多排孔微差爆破	多排孔微差爆破	峒室爆破
炸药消耗(公斤/吨)	0.183		0.40
二次穿爆方法	落锤式碎石机	落锤式碎石机	7655 凿岩爆破
装载设备	4.6—11.5 米 ³ 单斗电铲	4—10 米 ³ 单斗电铲	1—2 米 ³ 单斗电铲
电铲台数(台)	15	107	9
装载效率(万吨/米 ³ ·台·年)	37	31.5	26
汽车规格	35—200 吨自卸式	27—40 吨自卸式	8—15 吨自卸式
汽车总台数(台)	70	83	49
汽车总吨位(吨)	6340	2241	359
汽车完好率(%)	80—90		60
运距(公里)	14.4	约 3	2
采矿效率(矿岩)(吨/人·年)	16000	14600	700

2. 地下矿山经济技术指标比较如表 9。

表 9

指 标	加 拿 大 地 下 矿 山	我 国 地 下 矿 山	我 国 与 加 拿 大 相 比
矿山名称	金·贝维尔石棉矿	金州石棉矿	
开拓方式	竖井	竖井	
采矿方法	阶段崩落法	干式充填法	
矿石产量(万吨/年)	100	20	小 4 倍
成品棉产量(万吨/年)	6	1	小 5 倍
职工总人数(人)	240	1350	多 5 倍
矿石品位(%)	6—7	5	
采矿回收率(%)	80	83.3	
采矿贫化率(%)	0	11	
炸药消耗(公斤/吨)	0.25	0.5	多 1 倍
出矿设备	50 马力电耙	50 千瓦电耙	
支护方式	钢丝网喷浆	一般不支护	
采矿工作面工效(吨/工班)	72	12.5	低 5 倍
采矿全员工效(吨/工班)	14	0.6	低 22 倍
全员石棉劳动生产率(吨/人·年)	250	8	低 30 倍

三、选 矿 技 术

(一)选矿方法

国外石棉选矿方法以风选为主，其他方法在试验探索。我国除风选法外，尚有独创的无风密闭即反流筛选矿法。

传统的以吸选法为主的石棉风力选矿法，在国外已有将近半个世纪的历史。因此法技术成熟，生产稳定，所以，在国外石棉选矿方法中占优势。但由于此法存在空气消耗量大，空气设施复杂，污染严重，工序繁多等缺点，因此，国外正在试验探索许多方法，以求改进。有的方法已取得工业性试验成果并用于生产。这些方法是：重介质选矿及其他湿式选矿——试图提高分选效果，同时也相应地解决了环境污染问题。磁选、拣选——用于原矿初步富集，即主要选别作业前的预选，籍以提高原矿的入选品位。电选——多用于短纤维的回收。

我国基本上也是用吸选法，部分矿山同时也使用反流筛选矿法。反流筛法分选长纤维矿石，其精矿质量好，富矿比大，尾矿品位低，作业回收率高。用于分选三级以上的长棉，其效果优于吸选。但设备结构复杂分选短纤维效果差，矿石性质波动对分选效果影响大。这些缺点尚须进一步研究，使之臻于完善。

湿式选矿法只在四川宝兴石棉矿初步使用。该矿采用了水力旋流器、沉淀池、格筛等设备、设施对石棉矿石进行水洗。

对超基性岩型石棉矿石原矿的磁选富集，我国曾做过一些研究工作。经研究发现：矿石中磁性物分布规律不明显，富矿比很小，精、尾矿不分明，分选效果很差。

电选、光电选、拣选、重介质分选等方法在我国尚未进行试验。

(二)选矿流程、设备、厂房建筑及新技术

国外石棉选矿总的特点是流程多系列化，设备大型化，专用设备多，厂房高层化，部分作业自动化，因而年产量高，劳动生产率高；我国则是流程系列少，设备小，专用设备少，厂房低，无自动化作业，所以年产量少，劳动生产率低。

加拿大杰弗雷矿5#选矿厂和苏联乌拉尔石棉联合企业选矿厂的选矿流程都多达20个系列。多系列的流程生产能力大，基建投资相对较少，设备便于配置，生产便于管理，有利于实现自动控制。

国外石棉选矿设备向大型发展。设备大型化以利于提高效率，增加产量，减少操作人员，降低经营管理费用。如杰弗雷矿6#选矿厂的粗碎旋回破碎机规格为72"，给矿口宽为1800毫米，生产能力为4000吨/时，中碎圆锥破碎机圆锥直径为84"，生产能力为700吨/时。

国外在根据石棉选矿的特殊需要，很有针对性的制造了许多专用设备，在生产中发挥了重要的作用。如带有吸棉滚筒的旋回筛，它取代平摇筛用于吸棉后，不仅显著地减少了空气需要量，还提高了选别效果。为了有效的细碎揭棉和开棉，国外研制了诸如立式锤式破碎机、拳式破碎机、鞭子式开棉机、风扇式开棉机等不下十种细碎设备，用于揭发短纤维和处理中矿，很有效果。在精选方面，使用空气振动除砂机、比重分选机等除砂效果都很好。以上设备其构造都不十分复杂，也不很大型，常常又不是大量生产的定型产品，但却很“专用”。国外能根据生产中的特殊需要，设计这些专门的行之有效的设备。

厂房向高层发展，以尽量实现物料自流，大大减少提升运输设备。如杰弗雷6#厂有10层，高62米。乌拉尔6#厂高达75米。

自动化方面，加拿大石棉选矿中的电机已全部实现就地或集中自动控制。给料机和沸腾干燥炉的自动调节，已试验成功。苏联则在运输机和降棉筒工作的检查以及破碎机的润滑，选矿车间矿石装满情况等方面实现了自动化。

国外石棉选矿，由于有以上特点，所以选矿厂生产能力大，劳动生产率高。如加拿大仅杰弗雷矿的6#选矿厂1977年就生产成品棉64.5万吨，全厂职员和工人才580人。

与国外相比，我国石棉选矿流程的系列很少，最多才2个系列。设备也比较小，最大的粗碎设备是四川石棉矿粗选站的900×1280型的颚式破碎机，给矿口宽仅900毫米。选矿的专用设备方面，除部分矿山自制有少数专用设备外，大部使用常规的破碎筛分吸选设备，这种常规的设备不可能同时满足粗选和精选的需要，也不可能同时适应原矿性质的波动，因而破碎揭棉和选别效果往往很差。

厂房建筑最高的为四层，全国石棉选矿厂无自动化作业，故年产量小，劳动生产率低。

1977年全国石棉产量仅12.5万吨，成品棉劳动生产率最高的矿山只达11吨/人·年。

在一些具体作业、具体设备方面，国外的特点和我国与国外的差距，有如下一些方面：

(1) 国外重视原矿的预选

通过筛分富集、磁选、拣选等方法来提高入选矿石的品位，籍以减少矿石的处理量，简化流程，减少设备的磨损和材料燃料的消耗。据载，不列颠加拿大矿用磁选富集，预选丢弃的尾矿量占原矿量的30%。我国除用筛分方法稍能富集入选矿石外，尚未采用任何手段对原矿进行预选，因而将大量废石几乎全部通过了全流程，这在技术和经济上都是不合理的。

(2) 干燥设备

国外立式炉与卧式炉都在使用，但以立式炉占优势。干燥工艺多采用分级干燥，以立式炉干燥细粒级水分高的矿石，卧式炉干燥粗粒级水分低的矿石。流态化沸腾干燥工艺在加拿大已用于工业生产。国外干燥石棉矿石的燃料构成，苏联有由固态燃料向液态燃料过渡的趋势。加拿大则是多数矿山烧油，部分矿山烧天然气。

我国石棉矿山的干燥设备绝大多数使用卧式炉，只有来源石棉矿和新康石棉矿凉桥选矿厂使用了立式炉，但都反映干燥效果不好。新康矿的立式炉仅起予热作用，尚须用卧式炉继续干燥。我国石棉选矿厂的干燥工艺多为不分级干燥，加之普遍使用的卧式炉较之于立式炉又有许多明显的缺点，所以干燥能力小，效果差。全国用于干燥石棉矿石的燃料都是煤。

在干燥新工艺方面，流态化沸腾干燥不久前已初步试验成功，目前尚未用于生产。

(3) 细碎揭棉开棉设备，国外用兼有冲击和磨剥作用的设备行之有效；国内尚无有效的设备，细碎不得不用碾子。

在石棉选矿中，细碎揭棉是很重要的作业。这个作业效果的好坏，关键在于细碎设备。因此，各国都很注意细碎设备的研究。加、苏等国都成功的使用了立式锤式破碎机和鞭子式开棉机等细碎揭棉开棉设备。这些设备的工作原理是以冲击作用为主，兼有冲击和磨剥两种作用。冲击作用有利于对矿石进行选择破碎，充分地揭棉；磨剥作用有利于对针状棉和成束纤维的松解，充分地开棉。这些设备的处理能力大，揭棉程度高，增棉系数小，破碎比大，耗电量小，是一种较理想的细碎揭棉设备。

国内在细碎揭棉，特别是在开棉方面还没有有效的设备，因此，许多矿山不得不使用处理能力很低，破碎比小，耗电量大，很原始的碾子。我国也仿制了PCL1000-4型立轴锤式破碎机，但多数矿山还未用于生产。

(4)国外新的破碎方法在试验；兼有破碎和选别作用的设备在研制。

美国专利施奈德减压破碎法用于破碎石棉矿石已获得成功，七十年代初已制出样机，目前已进行一些小规模的工业试验。施奈德法是利用矿石抗拉强度比抗压强度小得多的特点设计的。用于破碎石棉矿石，此法最大的优点是既有选择性破碎，又能保护纤维。但由于设备构造复杂，技术要求严格，虽然这个专利已发表二十余年，但至今仍未用于生产。但此法可取之处是，它的工作原理超出了各国沿用的挤压和冲击的传统概念，为寻求新的破碎原理，采用新的破碎方法，给人们以启示。

我国石棉矿石的破碎设备尚少这方面的创新。破碎——选别联合设备的研制也是如此。美国专利介绍了一种新型的破碎机，这种破碎机兼有破碎和选别作用。即在破碎机上部安有抽风装置，矿石经破碎，纤维一旦解离出来即被风抽走，避免了纤维再遭破碎折损。这种破碎——选别一体化的联合设备，应该认为是石棉选矿发展的一个方向。国外已研制成功，国内尚未进行这方面的研究。

(5)粗选、精选

我国基本上是用筛吸法进行石棉矿石的粗选和精选，所用设备为平摇筛，吸棉嘴，降棉筒等，生产中风量通常是固定的，不能随便调的。在吸风量固定的情况下，操作中可调参数很少，很不适应不同作业(粗选、精选)及原矿性质变化的需要，因而成品棉质量差。国外选矿方法多(吸选、空选机选及其他选矿方法)，设备种类多，可调参数多，可以根据不同的作业和不同性质的原矿，采用不同的选矿方法、设备和参数，所以精矿质量好。

(6)生产成品棉

加拿大和加拿大人在海外设计的石棉选矿厂，在流程中生产的是不同长度的纤维，而我国沿用苏联的办法是生产不同牌号的成品棉。前者生产流程简单、灵活，不同长度的纤维可以任意搭配，能满足用户多方面的需要；后者流程复杂烦琐，生产中不易同时满足对主体纤维和砂尘含量的要求。且对不合格的产品再加工时也难于做到合格。

(三)成品检验

国外(尤其是加拿大)，成品棉的检验项目很多，包括筛析、粘性，吸油性，抗拉强度等多达17项，而且检验速度很快，因此，对厂内能及时指导生产；对厂外能提供充分的数据，满足用户多方面的要求。我国的检验项目仅限于纤维筛余量、砂尘含量及水分等4~5项，而且检验速度慢，常常不能及时指导生产，更难满足用户对石棉性能多方面的要求。

(四)环境保护及控制技术

干式风选石棉的过程也是产生灰尘的过程。选矿厂大规模的生产，所产生的大量灰尘将对车间内外大气的污染，给人体健康带来极大的危害，对设备也将造成严重的磨损。所以国内外都很重视石棉选矿厂的环境保护。国外在这方面的特点是①环境卫生标准要求越来越严格，含尘标准订得很低。生产车间含尘的极限允许浓度，西德订为0.15毫克/米³，美、英、加订为2MPPCM(每立方米空气含百万个尘粒)；②布袋除尘器成为最主要净化空气的设备。因为布袋除尘器较之于旋风除尘器、湿式收尘器等有多方面的优越性，因此，加、苏在新建和新近改建的石棉选矿厂几乎都采用此设备收尘。用真空吸尘系统进行清扫地面和设备上的积尘，以减少二次扬尘。

国内石棉选矿厂的环境控制问题，党和国家非常重视，设有专门机构管理此事。但多数选矿厂环境保护问题没有得到彻底解决，车间及周围空气含尘浓度仍很高，距国家规定的卫生标准(2毫克/米³)相差甚远。据八个大中型石棉选矿厂的测定，车间含尘量平均都在100毫克/米³左右。

和国外相比，这个数字是很惊人的。这是因为有的选矿设备质量较差，常出故障，操作人员必然要打开密闭防尘罩进行检修而造成灰尘外逸。另外，国内不少石棉选矿厂的装包、缝包、下料等作业还是人工操作，粉尘浓度难于降低。还有一个相当重要的原因是有关人员除尘意义认识不足，管理不善造成。

(五) 尾矿综合利用

国外从超基性岩型石棉尾矿中提取铂、镍、铬等贵金属元素，很早就有试验并已获得成功。美、苏、加等国并用电选方法从尾矿中回收大量的短纤维石棉。大量的废弃尾矿，经筛分分级后则用于铁路道渣、铺公路等各种用途的建筑材料。

国内个别矿山利用白云岩型石棉尾矿制碳化砖，用于民用建筑。有的矿山曾将超基性岩型石棉尾矿制造钙镁磷肥。国内对从尾矿中提取贵金属元素和回收短纤维都未进行过研究，而将每年排出的数百万吨的石棉尾矿弃置山沟、河谷甚至农田周围，污染空气、水源，影响农业生产。

(六) 主要技术经济指标

据国内八个大中型石棉矿山统计，我国石棉原矿品位一般为2—4%，尾矿品位为0.5~1%，总回收率一般只有60—70%，电耗200~400度/吨棉，煤耗200~1000公斤/吨棉，选矿成本200~300元/吨棉，选矿劳动生产率一般为50吨/人·年，采选综合劳动生产率4—11吨/人·年，1977年全国石棉产量为12.5万吨。

国外的石棉产量，1975年苏联为135.2万吨，加拿大为109万吨，南非为35.4万吨，罗得西亚为24万吨。1972年加拿大全国平均采选劳动生产率为242吨/人·年。

从上可知，我国与国外资料相比，石棉生产，无论是产量或是劳动生产率都是低的，和工业发达的国家差距很大。相当一部分原因是设备能力低，效率低，大部分矿山机械化水平还很差，没有使用任何自动化控制和电子技术，企业管理水平也远不如先进国家科学、严密、合理，这些都是需要改进的。

四、国内外发展趋向及建议

(一) 国内外发展趋向

国外石棉工业今后仍将发展，但产量的年增长率估计不会超过6%。这是因为开采加深，剥采比增大，大幅度的增产有较大的困难。但苏联由于竞争的需要，在石棉工业上有利可图，将采用高效的工艺技术，今后产量还会有较大的提高，仍居世界首位。有人预测到1985年世界石棉产量将达到576.8万吨(不包括7级以下短棉)。

我国的石棉工业，随着国民经济的发展和实现四个现代化对建筑材料的大量需要，国家把建筑材料工业置于先行地位，必然会得到更大的重视和发展。

国外石棉工业的应用技术不断提高，石棉的应用有广阔前景，尤其短纤维的利用将得到更大发展。

国外石棉工业今后发展的动态主要着重以下几方面：

在采矿设备方面，穿孔设备广泛使用牙轮钻机，装载设备使用大斗容全液压单斗挖掘机和前端式装载机，运输设备主要是发展大吨位电动轮汽车，辅助设备主要是装药车、振动式平路机、斜角推土机、设备检修专用车等。

在回采工艺方面，国外研制间断——连续或全连续的生产作业线，加速实现矿山开采高效率 and 自动化程度。

在采选生产管理方面，用电子计算机来指导和监测，发展全自动化的管理系统。

选矿方面，仍会坚持风力吸选的方向，在若干年内，吸选法尚不会被其他方法所代替。细碎揭棉开棉设备将更日益专用化，使之有效的用于生产。国外石棉生产先进的国家，选矿已全部实现机械化，而自动化仅限于部分作业部分设备，而工艺(如粗选、精选)都还未实现自动化，这是一个薄弱环节，必然影响自动化的进程。可以预料，国外石棉选矿厂今后自动化的重点将会转移到粗选、精选，分级和产品质量控制这方面来。

短纤维的回收和利用将进一步扩大。环境保护控制技术将更受到重视和完善。

国内石棉矿山今后将向机械化和半机械化的方向发展，并重视新技术的应用推广和提高生产管理水平，适当引进外国的新工艺、新设备，并与本国情况相结合创造出适于我国情况的高效采选设备。

(二)今后建议

根据国外先进的技术水平和我国存在的差距，今后应着重解决如下问题，从而使我国石棉工业迅速发展。

1.地质勘探工作必须加强和做到先行

当前地质勘探技术水平和装备比较落后，勘探时间长，质量低，不适应当前发展的需要。应大力加强石棉地质勘探工作，摸清石棉地下资源和工业储量，为我国有计划的发展石棉矿山提供设计依据。

2.装备非金属矿山提高生产能力

积极研制并组织成批生产采选的通风设备和专用设备是提高机械化水平和提高产量的重要措施。我们非金属矿山比较落后，没有或者很少有定型的通用设备和专用设备。多增加一些采矿设备是生产单位迫切愿望，也是当前矿山的主要问题。国外很注意和重视老企业的更新改造，使产量成倍的提高。我国石棉矿山多，条件好，潜力大，而且能投资少，见效快。

3.重点建设一批大型骨干企业，改变石棉工业的落后面貌。

在全面发展石棉矿山的同时，应结合我国的石棉资源分布特点，着重对储量大，条件比较好的地区，下定决心建设一批骨干企业，增加几个年产十几万吨乃至几十万吨的大型矿山。采用大协作、大会战，集中力量打开灭战办法及早收效，使我国石棉工业有个大发展，达到全面开花，广结硕果。从根本上改变我国石棉生产的落后面貌。

4.重视新技术的推广、使用、加快赶超速度。

非金属矿山比国内的冶金、有色和煤炭等兄弟矿山落后10年至20年。首先领导重视，下决心，才能加速新技术的推广、使用。要研究高效的地下开采方法，尤其松软的厚矿体的采矿方法，提高资源回收率和劳动生产率，研究并推广、使用新型支护，如钢丝网喷射混凝土和加强锚杆等，以取代木材支护，防止纤维污染。推广YQ-150潜孔钻机，取消峒室爆破，研究大型矿山使用牙轮钻机的可能性。加强铵油炸药及防水浆状炸药的研究制造并逐步推广应用，要研究多排孔微差爆破技术，提高爆破效率，在回采工作中研究对长纤维的保护及工作面的手选机械化等问题。

5.搞好矿山的正规开采，必须加强生产技术管理。

在露天开采中，必须坚持剥采分开，拉出台阶，矿岩分别开采。在地采中要采掘分开，有一定的采矿方法，坚持采掘并举，掘进先行的方针。在新建、扩建和设备更新的矿山中要大力加强青年工人的技术培训工作，以提高操作水平，保证大型设备的效率发挥。要建立大型设备的计划检修制度，充分提高设备利用率和完好率。大力提高国内大中型石棉矿山的生产技术管理水平，研

究电子计算机在生产管理中的应用。大大减少非生产人员的比例。

6. 石棉产品标准应当统一和提高

石棉产品标备目前有三种：部颁标准、企业地方标准、“无标准”混合棉。部颁标准是按苏联标准套下来的，而苏联早在73年就已对原有标准进行了修订，可是我们仍然沿用苏联五十年代的旧标准。执行部颁标准的仅有五个矿山，其他均为企业标准和混合棉。由于产品不统一，给石棉制品厂造成困难，又要重新加工一次。一个产品两套加工设备和两套人员是非常浪费的，对资源的充分利用也是不利的。建议按用户的要求和生产现有的技术条件，修订石棉产品质量标准使之统一，取消“混合棉”的生产。

7. 加强石棉选矿专用设备的研制。应根据我国具体情况，有针对性的研制行之有效的专用设备，当前应重点研制细碎揭棉开棉设备和选别设备。

8. 下大力气解决国内石棉装包机械化的问题。装包这一作业是目前劳动强度比较大，劳动条件比较差的作业之一，如能实现机械化将大大减轻体力劳动强度，同时易于控制车间粉尘浓度。这一环节应与检验机械化和快速检验相配合，及时掌握产品质量，指导生产，顺利装包。

9. 重视防尘工作，增加防尘设备，加强防尘管理，应采取一切办法在短期内把我国石棉选矿厂各车间的含尘浓度降下来。

10. 应充分重视原矿的预选，采取多种选矿方法进行富集，尽早从流程中弃去废石。这在技术和经济上都是不容轻视的。

11. 建议我国建立石棉试验基地，在这个基地进行采选新工艺的试验和新设备的研制，并承担有关石棉矿的矿石可选性试验和研究。

第二部分 国外生产技术水平

一、概 况

石棉按其矿物成分和化学成分的不同，可以分为两大类，即蛇纹石石棉和角闪石石棉。蛇纹石石棉，又称温石棉，它是最重要的一种石棉，占世界石棉总产量的 93.4%⁽¹⁾。角闪石石棉中，又分为青石棉(又称兰石棉)、铁石棉、直闪石石棉、透闪石石棉和阳起石石棉五种，但其中只有青石棉和铁石棉是具有工业意义的矿床，而其它三种的产量是微不足道的。在世界石棉的总产量中，青石棉占 4%，铁石棉占 2.6%⁽¹⁾。

(一)世界石棉产量情况：

据报导⁽²⁾，世界上生产石棉的国家约有三十余个，其中年产量超过 10 万吨(指短吨——下同)的有：苏联、加拿大、南非、意大利、罗德西亚、美国和中国。其中苏联、加拿大、南非三国占世界总产量的 76%左右⁽³⁾(苏联的产量包括 7 级以下短棉)。

世界的石棉产量，从 1877 年有纪录的年产 50 吨(块棉)起，直到 1950 年才第一次超过百万吨大关(1950 年世界石棉产量为 106.5 万吨)⁽⁴⁾。

但 50 年代以后的增长非常迅速，1960 年的世界石棉产量为 220.6 万吨，1970 年为 347 万吨，1975 年达到 411.6 万吨⁽¹⁾⁽³⁾。有人预计，到 1985 年世界石棉的总产量将达到 576.8 万吨。从 1960 年到 1974 年的 15 年间，全世界石棉产量的年平均递增率大约是 6%左右⁽¹⁾。

1975 年世界各国的石棉产量情况见表 1⁽³⁾。

上表所列的各国石棉产量中，除了南非生产青石棉和铁石棉外(南非 1975 年的 39 万吨产量中青石棉约占 18 万吨，铁石棉约占 13 万吨，温石棉约占 8 万吨)，其余均为温石棉产量。(但有的报导说：^{(10)，(1)}世界的直闪石石棉总产量为 8500~10000 吨，产于南非、莫桑比克、芬兰、埃塞俄比亚、美国、苏联等国)。

据不完全统计⁽⁵⁾，全世界比较重要的石棉矿山约有 150 多个，其中苏联、加拿大、南非、美国四个国家占 62 个。

国外主要的石棉生产公司、矿山名称及所在位置、成品棉生产规模、矿山开采方式等，见表 2。

单位(吨) 1975年世界各国石棉产量 表 1

国 家	1975年石棉产量
澳大利亚	45350
巴 西	69839
加 拿 大	1090000
中 国	118000
塞浦路斯	【30800
印 度	10000
意 大 利	150000
日 本	20000
罗得西亚	239000
南 非	354000
斯威士兰	37000
美 国	90700
苏 联	1360000
西 德	100000
南斯拉夫	10000
其它国家	10000
全世界合计	3733000

说明：1. “其它国家”包括保加利亚、土耳其、芬兰、朝鲜、阿根廷、墨西哥、法国等国家

2. 苏联的产量不计 7 级以下的粉棉，因为其它国家的统计数字都不计此部分