

非 金 属 矿 工 业
国内外技术水平资料之六

石膏矿国内外生产技术 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帮助下，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、概 况.....	1
1.资 源.....	1
2.生 产.....	1
3.应 用.....	2
4.供 销.....	3
5.技术经济指标.....	3
二、采 矿.....	4
1.采矿方式和方法.....	4
2.采矿工艺设备.....	4
A、地下采矿.....	4
B、露天采矿.....	5
三、选 矿.....	6
四、国外石膏工业的发展方向和对我发展我国石膏工业的几点意见.....	6

第二部分 国外生产技术水平

一、石膏矿床地质发展水平.....	8
1.关于硫酸钙矿床的成因理论.....	8
2.硫酸钙矿床普查勘探特点.....	9
3.关于硫酸钙矿物学.....	11
二、国外石膏资源，石膏矿床的分布和生产发展水平	12
三、国外天然石膏的应用水平	14

1.天然石膏和硬石膏的应用发展.....	14
2.石膏代用品及其应用.....	18
3.天然石膏产品的规格和价格.....	19
四、国外石膏工业的技术现状和发展动向.....	21
A、技术现状.....	21
B、发展动向.....	24
五、几个国外典型的地下石膏矿	27
1.英国山维世硬石膏矿.....	27
2.西德奥布里希姆石膏矿.....	28
3.法国圣比埃尔地下石膏矿.....	29
4.加拿大BACM 工业有限公司阿马伦斯地下石膏矿.....	29
5.英国不列颠石膏公司福尔特矿.....	29
六、参考资料.....	30

第三部分 国内生产技术水平

一、概 况.....	32
1.资源.....	32
2.生产现状.....	32
3.应用.....	34
4.主要技术经济指标.....	34
二、采矿部分	37
(一)地下开采.....	37
(二)露天开采.....	39
三、选矿部分	42
1.选矿工艺流程.....	42
2.选矿标准.....	42
3.尾矿的综合利用.....	42
四、问题讨论与研究	45
附 表	46

第一部分 国内外生产技术水平对比 及发展趋向

一、概 况

石膏矿床分布广，储量大。石膏在工农业中是一种量大面广的矿物原料。近一、二十年来，石膏大量地应用于建筑业。因而，国外石膏生产的发展在很大程度上取决于建筑业的发展，而且，石膏生产主要地集中在工业，其中包括建筑业比较发达的国家。

1. 资 源

石膏矿床在许多地质年代都有产出，而最常见的是在二迭纪和三迭纪的地层中，几乎都是海、泻湖、盐湖的蒸发沉积矿床。据美国矿业局1975年估计，全世界石膏储量约为20亿吨，远景储量则更为巨大。在可预见的将来，工农业所需的石膏资源是绰绰有余的(见表1)。

各国和地区石膏储量表

表 1

国 别	储 量 (百万吨)	远 景 储 量 (百万吨)	国 别	储 量 (百万吨)	远 景 储 量 (百万吨)
加 拿 大	410	巨 大	非 洲	72.6	巨 大
墨 西 哥	73.5	—	亚 洲	90.7	巨 大
美 国	350	20000	大 洋 洲	54.6	—
南 美	36.4	—	总 计	2000	—
英 国		几十亿	我 国	6300	16300
欧 洲	817	巨 大			

资料来源：美国矿业局《矿物现实和问题》1975年

我国石膏资源十分丰富，石膏矿点几乎遍及全国各省，尤以中南、西南和西北各省为多。已探明储量为63亿吨，远景储量达163亿吨。最大的石膏矿有山东大汶口石膏矿(表内储量6.4亿吨)，南京石膏矿(储量11亿吨)，湖北应城石膏矿(储量2亿吨)等。根据现有资料表明，我国石膏储量居世界首位。我国成矿最有利的时代是中奥陶纪、三迭纪以及老第三纪。以泻湖相、内陆湖泊相沉积为主。

2. 生 产

据美国矿业局统计，目前全世界有62个国家和地区进行天然石膏生产，主要的有美国、加拿大、苏联、法国、伊朗、英国、墨西哥、印度、奥地利和捷克等。近年来，世界每年总产量在6000—6200万吨范围内，其中美国占20%，加拿大占12%，法国占10%，苏联占8%(表2)

我国目前共有四十多个石膏矿进行生产。其中年产一万吨以上的矿山16个，十万吨以上的矿山6个，三十万吨级矿山3个(甘肃景泰、湖北应城、山东大汶口，其中大汶口尚在基建)。这些主要矿山拥有生产工人约七千名，技术人员140名(占职工总数的1.6%)。全国年产总量已超过二

各国近年来石膏产量表(单位:万吨)

表 2

国 别	1973年	1974年	1975年	1976年	1977年
美 国	1229.7	927.7	804.5	1043.1	1260.8
伊 朗	244.9	362.8	489.8	589.6	
加 拿 大	754.3	722.3	567.3	565.0	638.5
法 国	615.9	600.5			
苏 联(估计)	471.6	426.3	453.5	454.0	471.6
英 国	368.8	323.5	295.5	301.5	310.0
意 大 利	350.1			349.0	381.9
西 德	171.3	178.4	161.1	162.7	
墨 西 哥	151.4		113.9	128.2	
印 度	88.3	97.3	74.0	64.5	
世 界 总 计	6079.8	6171.1	5515.9		
我 国 (据建材总局统计)	92.7	87.7	106.6	110.4	

资料来源:美国矿业局《Minerals yearbook 1973》。

英国《Mining Annual Review》1975、1976、1977年。

百万吨,占世界第八位。

3. 应 用

石膏在各国的应用范围较广。在建筑工业中石膏用作胶凝材料、建筑制品和水泥缓凝剂。在化学工业中,主要用于制造硫酸和硫酸铵农业肥料。石膏在造纸、制漆、纺织、杀虫剂、橡胶、食品等工业部门以及艺术制品、医学部门等都有所应用。透明石膏用来作光学仪器、建筑饰面材料和工艺美术品等。石膏在农业中可用作土壤调节剂和肥料。

各国石膏的应用结构随工业发展水平的不同而不同(见表3和表4)。在工业较发达的国家,从五十年代开始,石膏主要用于建筑工业。在第三世界国家,石膏多数用于水泥工业或直接用于农业。近年来,建筑石膏板的生产和应用发展很快,品种有几十种,其石膏用量,在工业发达国家占总消耗量的35%—70%。第三世界国家,如菲律宾、马来西亚等也在发展石膏板生产。综观各国石膏应用情况,发展石膏建筑预制制品将是今后石膏应用发展的主要趋势。此外,水泥和调节土壤肥力用石膏亦在继续增长。

硬石膏在国外主要用途是制造硫酸和水泥熟料以及硫酸铵肥料。近年来,日本、西德和东德等国,试验成功并已推广使用硬石膏生产抹面灰浆。在西德、英国和苏联等,还用硬石膏做矿山井

美国近十年石膏应用结构(%)

表 3

应 用 范 围	近十年平均	1968年	1970年	1973年	1977年
未煅烧石膏	30	31.9	27.0	27.7	27.6
其中:水泥缓凝剂	22	22.7	21.3	20.0	18.2
农业	8	9.2	5.1	7.1	8.6
其它	—	—	0.6	0.6	0.8
煅烧石膏	70	68.1	73.0	72.3	72.4
其中:熟石膏	8	8.6	16.8	} 70.6	3.6
预制建筑制品	60	57.5	56.2		68.8
其它	2	2.0	—	1.7	—

几个国家近年来石膏应用结构(%)

表4

应 用 范 围	法 国	西 德	英 国	日 本	印 度	我 国
水 泥 工 业	25		27	47	40	
农 业	0.3		1	—	60	
熟 石 膏	70	59	35	43	—	
预 制 建 筑 制 品			35			
其 它	4.7		2	10	—	—

下巷道的胶结支护材料。日本对硬石膏的应用开展了一系列的研究,其中包括硬石膏水化,制备石膏制品,硬石膏硬化方法等,开阔了一些新的应用方向,但似乎目前尚停留在实验室阶段,未见有工业应用。总之,硬石膏的应用,目前在海外尚未打开局面,亦无明显的发展趋势。

我国石膏应用结构属于第三世界类型,主要用于水泥缓凝剂,作农肥等;在制造硫酸、制漆、造纸、抹面灰浆、造模型、手工艺品、化妆品、饮食业等方面也有一定的应用。近年来,我国试制成功石膏墙板,北京市石粉厂已在有关单位的协作下建成我国第一条有纸石膏板联动生产线,设计年产量为三百至四百万平方米,将于近期投产使用。据根八年规划的规定,我国将大规模发展石膏板的生产,它将上升为石膏的主要用途,并促进天然石膏生产的大幅度增长。

硬石膏在我国主要用于水泥工业和硫酸生产,目前正在积极研究利用硬石膏生产石膏建筑制品。

4. 供 销

全世界石膏年消耗量同产量大致相平衡,年增长率在2%左右。各国和各地区石膏生产和消费情况不相一致。石膏的国际贸易比较活跃。

美国是世界上最大的石膏消费国,1977年消费量达1931万吨。所需石膏,除本国生产外,尚需大量进口(1977年进口661万吨)。北美的加拿大、墨西哥及多米尼加和牙买加的石膏矿床大部分为美国垄断资本集团所控制,这些国家国内消费有限,绝大部分产品运销美国。法国是欧洲最大的石膏出口国,生产的石膏约15—20%供出口,运销西欧各国。波兰是欧洲第二大出口国,年出口量达50—60万吨,占其产量的70%,主要出口对象是北欧国家。澳大利亚是大洋洲唯一的石膏生产国,每年出口新西兰和东南亚各国约20万吨。在亚洲,除伊朗和印度外,石膏生产规模小,消费少,历年由澳大利亚和墨西哥进口一部分。日本目前每年石膏消费达500万吨左右,主要应用的是化学石膏,天然石膏生产逐年紧缩,1975年仅产十五万五千吨。此外尚由澳大利亚、墨西哥等国每年进口13—20万吨。

我国目前石膏生产基本满足当前应用结构的需要。鉴于今后大力发展石膏建筑制品的趋势,预计石膏生产亦将大幅度全面增长。我国过去没有石膏进出口贸易,自1975年起开始有少量石膏出口,年出口量在14万吨左右。

目前国外无统一的石膏销售价格。据英国《工业矿物》杂志介绍,用于水泥工业的石膏原矿包括保险费和运费在内的价格,在1977年6月至1978年3月为5.88—6.86美元/吨。近年来每年平均涨价1美元,即17—20.9%。

我国各石膏矿的生产成本和出厂价格各不相同。生产成本最低的仅为6.64元/吨(宁夏甘塘露天石膏矿),最高可达25.00元/吨(湖南衡山地下石膏矿)。平均出口价格为12.3美元/吨。

5. 技术经济指标

国外石膏矿的特点是生产能力不大(一般为500—1500吨/日。较大的,如英国三维世硬石膏矿、西德的奥布里希姆石膏矿等,年产亦仅60万吨左右),基本上实现了机械化生产,并注意引进新技术(如液压凿岩、铵油炸药、喷锚支护、无轨运输、工业电视监控、光电选矿等)。劳动生产率较高(见表5)。

我国与几个国家石膏矿全员劳动生产率比较表

表5

矿 山	西 德 平 均 (1976年)	法 国 平 均 (1973年)	法 国 圣比埃尔地下矿	西 德 奥布里希姆地下矿	湖南邵东地下矿 (1977年)	我 国 平 均
全员劳动生产率 吨/人·年	1207	1389	90 吨/工班	87 吨/工班	369	204

我国石膏矿机械化水平低(除个别矿山外,机械化程度平均在10%以内),地质资料不全,生产无长远规划,管理水平低,故劳动生产率较低,1977年劳动生产率全员为204吨/人年,工人为280吨/人年。全国各矿非生产人员占27.9%。原材料,动力消耗为:炸药0.21—1.234公斤/吨,雷管0.17—2.47支/吨,导火线0.13—3.58米/吨,坑木0.002—2.29米³/吨,电力0.10—6.6度/吨。

二、采 矿

1. 采矿方式和方法

目前,国外石膏采矿多采用传统的凿岩爆破工艺,露采、地采兼用。美国、加拿大和南美各国多采用露天开采,而苏联、法国、英国和西德等则以地下开采法为主。硬石膏矿基本上都用地下开采。通常露天开采投资少,投产快,能力大,但一般石膏矿根据供需要求所定的年产量较小,故采用何种方式开采主要是根据矿山的具采矿地质条件而定。地下开采采用房柱采矿法。一般井下都设有二次破碎站。因此允许一次破碎后保留较大的矿石块度,从而提高工作面工效。由于地下采矿引进了无轨采矿技术,各矿采用斜井或平峒开拓,以利于实现井下破碎—转载及井上下联合装运的连续化、自动化工艺,从而提高装运工作总效率,降低生产成本。据介绍,美国13个地下矿中,除少数矿床埋藏很深的矿山外,都分别采用斜井或平峒开拓。国外地下矿山形成的典型生产流程为:凿爆法崩矿—铲运机装运—地下破碎站二次破碎—皮带机或汽车运输—地表贮矿。矿石回收率一般为60—75%。露天矿主要采用螺旋坡开拓,台阶式开采,电铲采装,汽车运输。

我国石膏矿也是露采,地采兼用。地下矿有竖井、斜井、平峒三种开拓方式。竖井用罐笼或箕斗提升矿石,斜井用翻斗式串车或箕斗提升,平峒采用无极绳或电机车运矿。采用的采矿方法主要有房柱法(中厚矿层)和长壁式充填法(薄矿层)。房柱法千吨掘进率4—6米/千吨,采矿工效5—12吨/工班,回收率60—70%。我国很多地区为解决当地对石膏的需要,大力发展县、社两级小型露天矿,小露天矿已占露天矿总数的70%。露天采矿多用台阶式开采,台阶高度一般为10—20米。

2. 采矿工艺设备

A. 地下采矿

凿岩:国外已采用自行式钻车、液压凿岩台车凿岩,(西德、英国、法国各石膏矿)也有用手持式凿岩机的(加拿大BACM公司阿马伦斯矿)。西德汉廷哈姆石膏矿采用蒙塔贝尔塔液压钻

机，钻速达1.6米/分，效率比电动回转式钻机提高70%以上。法国圣比埃尔矿采用液压钻孔，孔径51毫米，孔深3.8米，炮孔利用率超过92%。

我国石膏矿多用气腿式风动凿岩机或支架式电钻凿岩。电钻效率为120吨/台班（邵东石膏矿）。长壁充填法用割岩机掏槽，支架式电钻凿岩。

爆破：国外多用铵油炸药，用机械或手工装药，用火或电爆崩矿。英国三维世石膏矿采用毫秒延发雷管和电容放炮器爆破。

我国各矿仍沿用四十年代的黄色炸药，火或电爆崩矿。

装运：国外地下石膏矿多数采用无轨技术，目前采用柴油动力的装载机、铲运机、拖拉机拖车和汽车等装运设备已十分普遍。西德奥布里希姆石膏矿用汉诺马格13—16型3米³轮胎式装载机装矿，20吨后卸式翻斗车运矿，运距1.5公里，经平峒运出地表。台班工效为1000吨。苏联新莫斯科石膏矿用0.65—1米³履带式正向机铲装矿，自卸车运输，据称效率比耙矿高3倍以上。英国三维世硬石膏矿采用6米³瓦格纳铲运机，工效达230吨/工班。采用1.7米³装载机和10—12.14吨拖拉机拖车装运矿石，装矿工效为1.5分/车，运矿工效100吨/班。

我国石膏矿装运工作还很落后，较大型的矿山，如湖北应城、山西灵石等已采用扒斗式装载机、华一1型装岩机等采装，0.5—0.7米³翻斗式矿车用7吨架线式电机车或TJ-10A型无极绳绞车拖运。多数矿山用人工装车、推车，主要运输平巷则用电机车拖运。坑外运输多用人工装车，4—15吨自卸汽车运输。

浮石处理和支护（房柱法）：采用自行式冲击机清理浮石在国外已很普遍。我国尚用人工处理。在支护方面锚杆支护在国外用得也很普遍，锚杆孔的锚凿和锚杆安装都已机械化作业。我国多数情况尚用木支护，近年来已在湖北应城石膏矿试验成功木锚杆支护技术，目前正在进一步完善和提高。

我国采用充填法的石膏矿山，尚用废石充填，人工操作。

B. 露天采矿

剥离：国外石膏矿一般都实现了机械化剥离表土，所用设备有索斗铲和推土机等。我国较大的矿山也都用电铲和推土机进行剥离。小型矿山则多用人工进行。

穿孔爆破：国外石膏露天矿较为普遍地采用潜孔钻或螺旋钻机。穿孔速度1.5—3.1米/分。由于石膏矿体趋向于吸收爆破力而影响破碎，故炮孔布置比较密集，对于直径在5.1至9厘米的炮孔，炮孔布置一般不超过3.65×3.65米。铵油炸药已得到普遍应用，机械化装药和排干炮孔屡见不鲜。药耗量一般为0.15公斤/1吨矿石。

我国多用SD-1.2瓩/38伏煤电钻或YN-30型内燃凿岩机凿岩，药壶和峒室爆破。小矿山也有用人工凿岩或人工挖矿的。四川大为石膏矿药耗量为0.3公斤/1吨矿石。

装运：国外均已采用机械装运，其一般方式为电铲采装，汽车运输。电铲斗容在1.3米³以上，汽车载重量一般为20—30吨。近年来，有些国家用轮胎式装载机取代电铲进行装矿。如美国内华达州的拉斯维加斯矿，据称改用装载机后效率提高，成本可节省三分之一。

我国部分露天石膏矿已用电铲采装，但一般小矿山多数尚用人工装矿。坑内用0.3—0.75米³翻斗式矿车或手扳矿车装矿，电机车拖运。外运以汽车运输为主，

美国有些矿山，矿体直接出露地表，或埋藏很浅。矿体表面经风化，软而破碎，故采用机械法开采。如美国内华达州帕贝奥石膏矿，全矿只有卡脱D9G型拖拉机加尤克利德S-24型耙矿机一组设备，三人操作。用耙矿机松翻矿石并运矿，每次运矿33吨。开采成本比凿爆法降低了3倍。

三、选 矿

目前,国外对石膏选矿应用得并不普遍。据有关资料介绍,美国68个生产矿,仅有两个矿因原矿含膏率低,才用选矿富集。英国18个石膏生产矿,也只有两个矿进行选矿。采用的方法是重介质选矿法。另外,英国东米特兰的克洛伯威尔皮肖帕露天矿试验成功应用光电分选法分选石膏。其它国家均无这方面的报道。然而,近年来美、英等国的一些石膏公司为节省运输费用和解决资源短缺的问题,趋向于开采本地区邻近的低品级石膏矿床,故重又出现发展石膏选矿的动向。可望不久石膏选矿会得到日益广泛的采用。

重介质分选的介质是60%的磁铁矿和40%的硅铁,比重约为2.46。入选矿石粒度为 $-100+10$ 毫米,含膏率60%左右。介质消耗约为230克/吨。精矿中石膏含量为82%。英国继六十年代中期用索特克期611M型光电分选机干选石膏获得成功(原矿粒度 $-31.8+9.5$ 毫米,原矿含膏率63.1—71.4%;精矿含膏率80%,回收率 $82.7\pm 5.44\%$)后,近年来试用索特克斯811M型光电分选机效果更为理想,准备在近年内投产应用。

我国目前对石膏矿石只进行手工拣选。第一步称为初选,即用手工将采出的石膏矿石中的纤维石膏、泥膏、夹石分开。工效为10吨/人班。第二步称为精选,由工人用尖嘴钢锤剔除矿石上的夹石,工效为4—5吨/人班。

四、国外石膏工业的发展方向和对发展我国石膏工业的几点意见

综观国外石膏工业的发展,可以看出,其基本方向是工业综合化,设备大型化,生产自动化和管理现代化。

工业综合化 目前,美、英、西德等国的石膏公司将石膏开采,选矿,磨矿和制品加工在产地成龙配套,由联合公司统一经营。使加工接近产地,生产就近消费。

设备大型化 近年来,各国石膏矿山都注意设备的更新和现代化。除普遍引进新技术外,各类设备的大型化则是明显的趋势。如英国三维世硬石膏矿,在五十年代应用履带式电动爱姆科621E型机铲装矿,2.3—3.1米³后卸式汽车运矿,台班工效250吨。到1963年,采用斗容1.7米³的尤克里特L—20型中心绞链式胶轮装载机装矿,10—12.14吨拖拉机拖车运矿。装矿工效1.5分/1车,运矿工效达1000吨/班。1967年以后,开始应用6米³的瓦格纳铲机装运矿石。设备不断更新和大型化。

生产自动化 美国、西德等国开始在地下石膏矿山采用自动化的液压凿岩台车。各国地下矿山都逐步改用连续化生产的工艺流程。在选矿方面,开始采用自动化的光电分选机取代人工拣选。

管理现代化 各国重视工人及各级管理人员的技术培养,建立培训中心,配备现代化教学设备,如电视,模拟装置和电影等,提高工人和技术人员的操作水平和管理能力,从而提高劳动生产率,降低成本。

苏联新莫斯科石膏公司开始应用工业电视管理调度生产,为矿山开采全盘自动化创造了条件。目前采用一套带有十个摄像机的ИТТ-24M型有线电工业电视机系统管理运输、提升过程。在井下,试验了ИТТ-101型无线电电视装置。

参考国外石膏矿山的经验,结合我国的具体情况,我们认为,我国石膏矿山在近期内可作下列几方面的工作,以便早日实现现代化。

1. 提高装备水平, 加速实现机械化生产是根本改变我国石膏矿山面貌的当务之急

我国石膏矿山技术装备水平极端落后,手工劳动占了绝大部分,劳动强度大,生产不安全,劳动生产率低。为了迅速发展生产,保证安全生产,必须大力提高装备水平,大搞技术革新、技术革命,在一切可以利用机械的工种和岗位一律使用机械,在短期内全面实现机械化生产。在露天矿山应推广潜孔钻或其它机械穿孔技术,4—6米³机铲或装载机采装,20吨以上的自卸式汽车运输。在地下矿山应广泛采用自动化液压钻车、无轨技术,大容量运输设备。爆破工程要实现机械化。支护作业要推广喷锚技术。辅助作业也应尽可能使用机械。在综合机械化的基础上,逐步发展自动控制技术。

2. 强化开采过程, 发展石膏选矿是适应迅速发展的建筑业需要的重要途径

根据八年规划的规定,到一九八五年水泥工业需要用石膏五百万吨,生产轻板建筑材料需要用石膏五百万吨。此外农业、化工、轻工等部门也都需要大量的石膏。我国现有的石膏生产能力是远远不能满足需要的。为了赶上大干快上的发展形势,必须在不断增建大型新企业的同时,狠抓现有企业的改造挖潜,采用大量出矿的方法和工艺,发展大型采矿设备,全面实现机械化生产。实现露天采矿大型化,地下采矿“露天化”。

应大力发展石膏选矿技术,特别是自动化生产的光电分选技术,以解除大规模强化开采的后顾之忧,大踏步地发展石膏生产。

3. 实行科学管理, 提高管理水平, 实现文明生产是发展石膏工业值得十分重视的问题

我国石膏矿床目前尚存在地质资料不全,资源不清,石膏矿山缺乏长远规划,技术人员数量和水平跟不上需要,生产管理不善,工人技术水平低。致使不少矿山出现乱采乱挖,盲目开采的现象,资源浪费现象严重。有的石膏矿竟把矿石品位在80%以下者均作废石处理,有的石膏矿将块度、直径在15厘米以下的碎矿石白白丢弃。石膏矿要实现现代化,除了工艺、设备要现代化外,矿山的管理水平,工人和技术人员的文化技术水平也都必须迅速大力提高。只有在科学管理和文明生产下,现代化的工艺和设备才能真正发挥现代化的作用,这也是有前车之鉴的。

4. 国外石膏工业综合化是值得借鉴的动向

工业综合化可节省运费,节约原料,提高劳动生产率和降低生产成本。建议我国的石膏矿山试行,在取得经验后进行逐步推广。

此外,我国硬石膏资源丰富,但硬石膏的应用,目前国内外都尚未打开局面,希望积极组织硬石膏应用的研究,在这方面对我国工业的现代化,对人类作出贡献。

第二部分 国外生产技术水平

石膏和硬石膏是硫酸钙的天然产出矿物。矿床分布广，储量大。石膏在工、农业中是一种量大面广的矿物原料。近一、二十年来，石膏大量地应用于建筑业。因而，国外石膏生产的发展在很大程度上取决于建筑业的发展。七十年代以来，主要的资本主义国家经历了经济衰退时期，石膏工业亦随建筑业的起落而波动，但无明显的骤降和猛增。目前，国外经济稍有回升，石膏及其制品的生产亦见增长的趋势。

一、石膏矿床地质发展水平

1. 关于硫酸钙矿床的成因理论

石膏的开发和应用具有悠久的历史。自18世纪以来，各国不断开展对石膏矿床的研究。目前比较成熟的理论认为，硫酸钙矿物是在浓盐水中，在干旱的气候下蒸发和沉淀而形成的。这是由于被隔离的海、泻湖、盐湖水的蒸发造成盐水浓度的增高。当正常海水经过蒸发，盐度达到原来盐度的3.35倍(在30℃时。即海水浓至原来体积的 $\frac{1}{3}$ 多一点)，石膏便开始沉淀。

美国的地质学家认为，地下回流对石膏或硬石膏的形成殊关重要。如果一个海水水体进行蒸发而新的海水又不断加入，即回流，保持这个水体的原有体积，盐水不久就会变浓至一定程度使盐岩沉淀。如果浓化的盐水从水体移出而同时加进新的海水，这就可能使水的浓度保持在一个平衡值上，则只能沉淀石膏。美国地质学者金在研究美国西得克萨斯州和新墨西哥州的二叠纪卡斯梯尔蒸发岩以后认为，回流是通过一个狭窄的海道，由它将海与蒸发盆地联系起来，轻的正常海水由海的表层流入盆地补充由于蒸发而失去的水，盆地中密度大的浓化盐水在轻的海水之下流经狭窄的海道流回海中。而新的海水的地下回流是经过狭窄的水道或海峡从表面流进。当蒸发盆地被完全封闭，则仅由海泉供水。浓化盐水的回流则向下流经蒸发盆地底部及周围的沉积物和岩石。例如东埃塞俄比亚的皮西诺、德萨尔(丹那克尔凹地)，这个盆地原先以高度限制的开口与红海联结着，曾被第三纪和近代的火山岩流所隔绝，并且停止了蒸发盆地的活动。原先这个水体深200米，现在则含有石膏、盐岩以及钾碱矿物。

在渗流地带，新的海水或盐水是从表面流入的，例如一个大浪潮可将海水推到正常出露的海潮平滩上。另外毛细管作用也可将新的盐水引升到渗流地带以补充由于蒸发所失掉的水分。当渗流地带的孔隙中的盐水变浓而饱和度比较高的时候，由于密度比较高，重的盐水下沉、轻的水上升补充由于蒸发和回流而失去的水分。这时底部沉积物和岩石的渗透能力起着重要的作用。如渗透能力高，盐水稍微变浓，即很快下渗移出，就不会达到使石膏沉淀所需要的浓度。如渗透能力低，则盐水的回流就慢，形成高浓度盐水，更多的可溶性盐就将沉积。这就是现代海潮平滩所发现的含有少量盐岩或不含盐岩的石膏的形成机制。

石膏和硬石膏经常紧密相连，很少有一个硫酸钙矿床，仅仅单独含有一种矿物的。

关于为什么沉积的矿物是石膏或是硬石膏的问题，在文献中争论很多。目前尚无定论。一种理论认为，沉积物中的硬石膏是原来沉积的石膏交代而成为硬石膏的。交代成硬石膏时，固体体积将减少38%。当析出的水难于渗出，这就产生很大的压力，造成个别岩层的构造变形。如果析出的水可能渗出，由于流体压力而引起一般流动的盐水，渗入周围非蒸发岩类的沉积物或岩石之中，并沉淀硬石膏。而如果一开始形成的就是硬石膏，则这些现象就无法解释。

然而著名的波斯湾海岸涨潮平滩沉积物的情况又否定了这一理论。在那里，聚集的瘤状硬石膏细晶存在于涨潮平滩碳酸盐沉积之中，在附近及平滩下部发现有硬石膏交代石膏的情况。平滩的最上部石膏交代了早期生成的硬石膏，平滩中部的上层1—2米的沉积物中很少或没有石膏存在。因此，没有足够的证据可以说明硬石膏是次生交代或本来生成的。

另一种理论认为石膏和硬石膏是相互交代变化的。石膏是由硬石膏在一定条件下，通过地表和地下水的的作用转变而成的。从地表到254米以下的深度都能发现水化作用。曾经有过报道，发现在深达1187米的深度有石膏埋藏，而在其以下只有硬石膏出现。一般情况下是上部露头是石膏，到几十米深度后，就过渡到硬石膏。过渡位置的深度取决于岩石的渗透能力以及雨量情况。而石膏又能转变为硬石膏，其主要的影响因素是卤水成分、温度、水压、表土压力、岩层结构、岩性和地形等。没有一种具体情况适用于所有矿床。美国的博斯恩雅克曾试图用试验方法获取硬石膏和石膏的转换温度以及溶液浓度效应的近似值。通过试验他得到这样的结论：如果在30℃时海水蒸发，浓度达到原来体积的3.35倍时便形成石膏，直至浓度达到正常盐度的4.8倍。超过这个浓度则应形成硬石膏。另一名地质学家海地根据实验室试验的结果认为，在低于需要沉淀半水硫酸钙的温度下的任何温度，蒸发海水，只有石膏可以形成。石膏沉淀后，就能被硬石膏慢慢地交代。而在水的参与下硬石膏反过来又能转变为石膏。因此，在地球表面，多数情况下石膏是原始矿物。在地表温度和盐水浓度的极端情况下，本应形成硬石膏，但由于亚稳沉淀作用，普遍产出的是石膏。

石膏也能沿断裂、顺层面或其它可利用的空间沉积。在其中带着由硫化物氧化而得的硫酸铁的地下水同碳酸盐类岩石接触生成石膏。然而这种矿床范围不大，很少具有经济价值。

土石膏矿床通常产出在半干半旱和干旱的气候条件下，由地下水通过对现有石膏矿床的溶解而生成。地下水由于毛细管作用抽出地表蒸发，不溶硫酸盐以含有相当数量杂质的多孔石膏集合体的形式沉积。在少数情况下，由于风蚀对现有矿床的作用，在砂矿床中生成富集的石膏。

2. 硫酸钙矿床普查勘探特点

a) 重视石膏矿床的预测工作，开展石膏地质的科研工作，提高普查勘探的正确性。

各国在执行勘探计划之前，一般都要彻底了解石膏的成因和产状的特点。首先从研究沉积岩地区的柱状图着手，研究是否存在硫酸钙沉积的必要条件——蒸发环境。如果表明有蒸发岩，则从特别成形的露头检定中获得进一步的详细资料，如果没有露头可供参考，可由邻近地区油、气井和水井测井中寻找资料。得到一个地区地层和岩性资料后，可绘制构造图，作为该地区的基础资料。根据这些基础资料一般能予测出硫酸钙产出的可能性、产状、概算含矿区域的可能范围，判断硫酸钙带水化的可能性等。苏联在五十年代全国各大区有用矿物予测工作的基础上，于六十年代初期和七十年代初期又进行了分区地质编年图的绘制工作，预测有用矿物蕴藏的可能性。并在此基础上，制订了进一步勘探计划。苏联在执行分区进一步勘探计划的过程中，发现了不少石膏矿床，并对资源进行了核实，计算出A、B、C₁和C₂级地质储量，对远景储量也进行了估算，增加了大量的储量，已经为建新矿和扩大老矿的生产能力提供了可靠的依据。

b) 研究和发展钻探新技术、新工艺, 提高钻探技术经济指标

石膏矿床主要勘探手段是网格式钻探。网格宽度根据各地区具体地质条件和预测的基础资料而定。如波兰的波尔库夫赫瓦洛维茨石膏矿床采用的是 200×200 米正方形钻探网。

近年来, 国外钻探技术和工艺有了很大的发展, 岩心钻探也相应地获得发展。特别是美国, 岩心钻探的设备机械化、自动化程度高, 仪器仪表向电子化发展。电子计算技术在钻探中逐步应用, 取得较高的技术经济指标。

美、加等国用金刚石钻探多年来已占岩心钻探总工作量的80%, 苏联在1971—1975年期间, 平均占41%。使用的金刚石钻头有单晶, 聚晶, 金刚石微粒与碳化钨粉混合压块等。他们对金刚石采取分级使用, 表面抛光和热处理以及根据发光特性分选金刚石, 根据金刚石不同晶面的硬度特性定向镶嵌方法提高金刚石钻进效率。如美国通用电气公司研制成功在碳化钨胎体上用人造聚晶金刚石压制标准压块, 再制成金刚石钻头, 在砂页岩、盐岩和石膏中进行了三年的试验钻进, 钻进效率比普通钻头提高一倍多。

美国、加拿大等国广泛采用绳索取心、反循环连续取心技术, 达90%左右。在石膏矿层钻进中, 有明显的效果, 岩心采取率可达100%。

在钻探机具方面, 较先进的国家已逐步应用液动冲击回转钻具, 涡轮钻具和螺杆钻具, 电钻等孔底动力机钻探技术。在延长钻头寿命, 提高钻探效率方面都取得了很好的效果。近年来, 苏联研究并推广金刚石高频液动冲击回转钻进, 即在岩心管与钻杆之间安装一个高频液动冲击器, 在回转钻进的同时高频液动冲击器给金刚石钻头施加一个冲击功较小而频率较高的冲击载荷, 可大大提高钻进效率。据称随着岩石硬度的增加, 液动冲击钻进效率可提高30—100%。

在钻探设备方面, 手把式钻机已经淘汰, 主要采用油压钻机, 正开始使用全液压钻机, 并逐步发展和推广全液压钻机。

由于研究和发展了新技术、新工艺, 钻探工作的技术经济指标是比较高的。例如美国台月效率达到600米, 苏联达到470米。每米钻进时间, 美国为0.6—0.75小时, 苏联为1.43小时。每个钻工的平均年进尺, 美国达770米/人年, 苏联达410米/人年。

c) 积极开展物探和化探, 加快勘探速度, 降低勘探成本

在石膏矿床的普查和勘探中, 过去认为地球物理和地球化学方法效果不理想, 极少采用。

近年来, 美国、苏联和英国等积极开展物探, 化探石膏的研究工作。美国利用地球物理方法在勘探油田确定地层构造细部时, 探测蒸发岩富集的盆地或地槽以及蒸发岩沉积后的构造变化, 判断石膏的经济产状。美国还利用地球化学方法, 根据地下水中硫酸盐的浓度, 地面植物种类差异等, 编制硫酸盐类岩层的分布规律图, 为进一步勘探提供有用的线索。苏联目前在石膏矿床的普查和勘探中, 应用地球物理方法大致占4—10%, 总结了一些经验。英国英吉利石膏板工业有限公司在利用地球物理方法研究石膏矿床的圈定, 矿物质量的评定以及应用电阻、辐射和密度技术进行钻孔测井等方面都开展了一系列的工作。据认为, 石膏矿床的物探和化探技术将进一步提高和发展, 它将同其它勘探方法结合起来, 成为石膏矿床普查和勘探各个阶段必不可少的工作手段。

根据苏联的实践经验, 具有工业意义的是赋存在上寒武纪、泥盆纪、二迭纪、晚侏罗纪、白垩纪、老第三纪和晚第三纪的共生和后生的石膏生成。含石膏矿层的特点是它同上覆岩石(通常是粘土、亚粘土和砂岩)相比, 其电阻率要高得多, 前者是250至1000欧姆·米, 后者只有30—250欧姆·米, 在研究大型石膏层状矿体时, 主要的地球物理方法是电法勘探的几种方案, 如垂向电测

深, 对称电测剖面 and 综合电测剖面。在石膏和硬石膏普查中, 由于它们同石灰石和白云石的电阻相差很少, 致使电法勘探判读困难, 因此将石膏和石灰石同归于高电阻岩石类。电法勘探的不利条件是在剖面存在大量不同厚度、不同电阻的夹层, 此外还有表土层电阻不稳定, 地表起伏大等。

在石膏矿床普查中, 经常使用垂向电测深法来确定石膏顶板的埋深和特性, 石膏、石灰石、白云石矿层的沉积状况, 以及研究和近似估算含石膏矿层的喀斯特化情况。通常, 隆起的石膏矿层, 其上覆盖的表土厚度不大于 10—20 米。垂向电测深的电阻很高, 达 500—700 欧姆·米或更高。石膏层的喀斯特化点的视电阻值较低。当含石膏矿层和碳酸盐岩层厚度不大, 上覆岩层是砂岩—砾石生成, 则石膏层在垂向电测深曲线上反映不明显。

对称电测剖面法和综合电测剖面法用于地下喀斯特漏斗和喀斯特带的制图工作。在视电阻综合电测剖面图上, 这些地带表现为曲线的交点; 而在对称电测剖面图上, 它们对应的是低电阻值的区段。

3. 关于硫酸钙矿物学

硫酸钙是蒸发岩矿床的一种主要组分。到目前为止, 在自然界已被发现和已被利用的硫酸钙天然产出矿物有下列几种:

①石膏 $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, 通常产出在硫酸钙矿物露头处, 硬度 2.0, 比重 2.2—2.4, 色白至灰白。纯石膏的主要组分是 CaO 32.6%, SO_3 46.5%, 结晶水 20.9%, 大多数石膏矿石是花岗变晶状的, 粒度同硫酸钙含量有关。通常含有不同杂质, 具有极好的片状劈理, 成为变色(灰色、棕色、红色或粉色等), 共生结晶集合体。由于周围杂岩二次结晶, 生成的结构比纯石膏为粗, 硫酸盐含量提高, 存在不同的结晶粒度。微溶于水, 有显著的耐化学药品和耐火性能。加热到 150℃—165℃, 失去四分之三结晶水, 成为半水石膏, 再加水又能水化为石膏。在高温下煅烧, 失去全部结晶水, 成为硬石膏。

②硬石膏 CaSO_4 。纯硬石膏含 SO_3 58.8%, CaO 41.2%, 无结晶水。通常带兰灰色, 硬度 3—3.5, 比重 2.7—3.0。在显微镜下呈毡条结晶集合体, 在三个相互垂直的方向上均有良好的层理。

③烧石膏 $\text{CaSO}_4 \cdot \frac{1}{2}\text{H}_2\text{O}$ 。是硬石膏和石膏之间的中间相, 仅在 X 光衍射或岩相显微镜下用非常仔细制备的试样才能辩明。烧石膏在通常条件下是准稳定的, 易转变为石膏或硬石膏。

④透明石膏 是透明或半透明的石膏品种。块状、致密、细粒, 与大理石相似, 又称雪花石膏, 是著名的装饰材料。

⑤纤维石膏 是一种二次矿物, 以断裂充填物产出的一种变形应力矿物。具有针状结晶, 针状长边垂直于断裂壁, 带丝状纤维光泽, 也可用于装饰石材。

⑥土石膏 是石膏、粘土和砂子的混合物。

硫酸钙矿床中的杂质很多, 主要取决于矿床形成的条件。大多数石膏矿床含有 10—15% 的杂质。这些杂质大致可分三类:

(1) 不溶或难溶矿物, 诸如石灰石、白云石、硬石膏、无水粘土、氧化硅矿物等。这类杂质在一定程度上能取代石膏, 在使用中降低重水化灰浆的强度, 降低成品熟石膏或墙板的强度。除了作为原生硫酸钙矿床杂物外, 由于构造特征, 诸如紧褶皱或断层, 或由现代侵蚀作用的结果, 也会给硫酸钙矿床带来额外的杂质, 主要是以粘土、砂或砾石的形式出现, 最经常出现在靠近地表的矿床。这类杂质比重较大, 可达 10—15%。

(2)可溶氯化物矿物,诸如石盐、钾盐等。它们是在石膏化过程中由硬石膏排出,经常同粘土矿物连生,吸附在其表面。它们也能同碳酸盐杂质连生,作为流态包体吸附在矿物表面,或包括在无规则的点阵中,此外,它们也能作为微碎充填物产出。这类杂质会影响煅烧温度,灰浆的均匀性和凝固时间。通常不应超过0.02—0.03%。

(3)含水矿物,诸如硫酸盐芒硝和泻利盐以及粘土的蒙脱石类矿物,这类杂质主要影响石膏制品中水分的排除及同其它材料的粘结特性。其含量应限制在0.02—0.03%(硫酸盐矿物)到1.0—2.0%(含水粘土)。

石膏矿床最主要的杂质是硬石膏。在硬石膏中还可能存在痕量的锶和硼,在石膏化过程中能迁移而生成锶和硼的矿物聚结物。

二、国外石膏资源,石膏矿床的分布和生产发展水平

石膏资源分布很广,储量很大。石膏矿床在很多地质年代都有产出,在志留纪到第四纪每一个地质系统中均有发现,而最常见的是在二迭纪和三迭纪的地层中。据美国矿业局1975年估计,全世界石膏储量约为20亿吨,远景储量则更为巨大。(根据其它方面的资料,对石膏储量的报道差异很大)。因缺乏可靠依据,各处数据均按不同的来源引用。在可予见的将来,石膏储量是绰绰有余的。

世界石膏储量估计(美国矿业局1975年)单位:百万吨

	储 量	远 景 储 量
加拿大	410	巨大
多米尼加	9.1	—
牙买加	18.2	—
墨西哥	73.5	—
美国	350	20000
南美	36.4	—
英国		几十亿
欧洲	817	巨大
非洲	72.6	巨大
亚洲	90.7	巨大
大洋洲	54.6	—
总计	2000	

(关于资源的估计,各国的出入很大,无法获得确凿的考证,此处提供的数字仅供参考。)据统计,目前全世界有62个国家生产天然石膏,主要生产国家有美国、苏联、加拿大、法国等。

美国

是世界最大的天然石膏生产国。石膏资源估计为200亿吨,探明储量为3.5亿吨。美国石膏矿床的特点是西部的矿床大,埋藏浅,矿层厚度大,石膏纯度高;东部的矿床小,而埋藏深,矿层薄,且集中在东部工业中心和人口稠密的地区,石膏的纯度亦较差。例如印第安纳和伊利诺斯的石膏矿床,埋深150米,厚1.5—4.5米,纯度80—90%,纽约州的矿床深30—40米,厚

1.2—1.8米。但是由于东部工业区和人口集中，石膏的应用量大，开发东部的石膏矿床，可以节省矿石的运输费用，在一定程度上补偿了由于质量差而产生的较高的生产费用。美国中南部的俄克拉何马州，可采矿层厚3—31米，表土很薄或没有表土，有表土时，大部分是较软的页岩，可直接用耙斗剥离，矿石中石膏含量高，质量好。

石膏矿体一般呈层状构造，厚度最小的仅0.92米，最大的可达30.5米，一般为2.5—4米。围岩主要有页岩、白云岩、石灰岩等，表土一般是冰碛物。各处矿体埋深不一。有的直接埋藏在地表下，对露天开采十分有利，且石膏纯度高，如在环俄明和科罗拉多州，埋藏最深的可达400米，如在弗吉尼亚州的帕拉斯特利奥。得克萨斯和俄克拉何马等州的二迭纪盆地拥有大量石膏矿床，厚度6.1米，纯度高达95%，是美国大多数特殊石膏制品的原料主要来源。

美国石膏生产比较集中，主要产膏州有密执安、加利福尼亚、得克萨斯、衣阿华和俄克拉何马五个州，产量占全国总产量的62%。美国1977年产量估计为1390万吨，超过1973年的历史最高纪录1300多万吨。美国石膏应用量很大，每年超过1800万吨，占世界总消耗量的24%。国内的需求量除由本国生产外，尚需由加拿大、墨西哥、牙买加和多米尼加等国大量进口，每年达600—700万吨。

目前美国在22个州有68个石膏矿，其中露天矿58个，地下矿10个（占15%）。露天矿剥采比为1.6—1。采矿已机械化，采用大容量的设备。地下采矿基本上都采用房柱采矿法。一般不进行选矿，在石膏含量低于65%时，才采用重介质选矿，提高产品品位。

苏联 石膏储量大，据苏联本国初步估计达50亿吨。主要产地是北部阿尔汉格尔斯克省、鲁斯科夫省；中部莫斯科省、高尔基省；北高加索、乌拉尔等地。苏联目前石膏年产约1100万吨，其中500万吨建筑用石膏。石膏产品主要供国内使用。苏联石膏生产露天采矿和地下采矿兼用。生产基本机械化。

加拿大 石膏资源丰富，且比较集中。探明储量为4.1亿吨。主要分布在加拿大东南部南不伦瑞克、北新斯科夏和纽芬兰西南部密西西比纪海洋蒸发岩中。特别是新斯科夏石膏矿区面积达1560平方公里。加东南石膏矿床通常覆盖着冰碛物，厚度可达61米，平均厚度12.2—15.3米。均用露天开采。几家大公司都为美国公司所控制，产品主要（占全加总产量的80%以上）运销美国东海岸的石膏制品厂加工生产建筑制品。其它产地，如安大略，曼尼托巴，不列颠哥伦比亚等地的产量仅占全加产量的20%左右。采用地下和露天开采。产品主要供国内应用。

法国 石膏资源丰富，主要集中在巴黎盆地附近。石膏矿床延展达8000平方公里，矿层厚度可达55米，该区产量占全法总产量的70%。巴黎是熟石膏生产的中心，故熟石膏又称巴黎熟石膏。法国是欧洲最大的石膏生产国和出口国，目前年产量在500万吨以上，出口量在90万吨左右。法国的石膏生产以地下开采为主，生产基本上实现了机械化，并注意引进新型技术装备，如近年来发展起来的液压凿岩机和铲运机等。

英国 石膏和硬石膏分布很广，主要是在英格兰中部以东和北部的二迭纪和三迭纪的岩石中。南部上侏罗纪岩层中也有蕴藏。硬石膏资源至少有几十亿吨。开采的石膏矿层厚度在1.8到4.5米。英国的主要石膏产地有诺丁汉郡（占总产量35%），苏塞克斯（25%），卡莱尔南伊登河谷（22%）等。目前年产量在300—350万吨左右。天然石膏生产露天采矿和地下采矿兼用。地下矿山采深不大（45—180米），一般用平峒或斜井开拓，采用房柱采矿法。实践中通常在顶底板各留0.5米厚的矿层作为额外的预防措施，矿层和矿柱的布置是严格对称的，采出的废石，用于回填矿坑和铺路。硬石膏只用地下采矿。地下采矿回收率达60—75%。矿石粗碎设在地下矿坑。采用无轨设