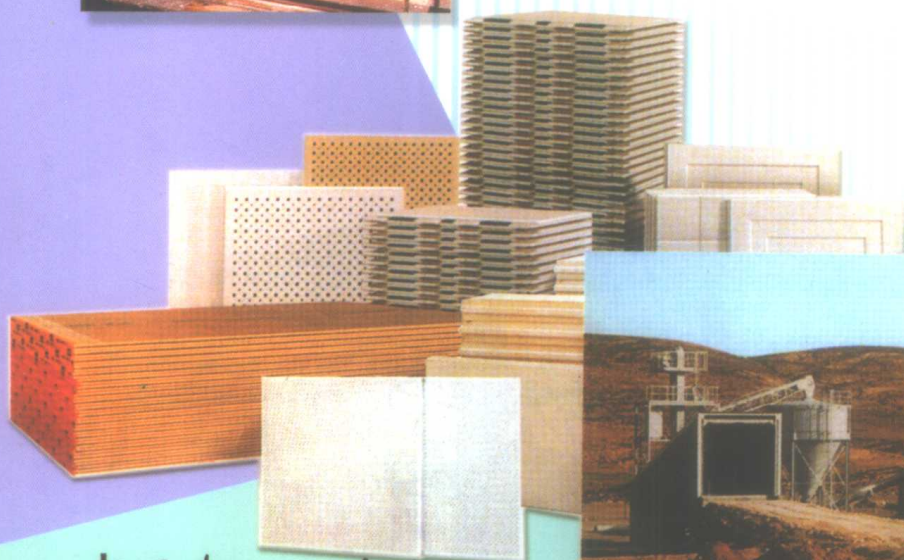


SHIGAO JIANZHU CAILIAO

石膏建筑材料

陈燕 岳文海 董若兰 主编



中国建材工业出版社

石膏建筑材料

陈 燕 岳文海 董若兰 主编

中国建材工业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

石膏建筑材料/陈燕, 岳文海, 董若兰主编. -北京:

中国建材工业出版社, 2003.3

ISBN 7-80159-341-3

I. 石… II. ①陈… ②岳… ③董… III. 建筑材
料-石膏制品-生产 IV. TQ177.3

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2002) 第 108612 号

内 容 提 要

本书包括石膏原料、石膏胶凝材料、石膏复合胶凝材料、石膏建筑制品和附录五个部分。详细介绍了我国天然石膏和工业副产石膏的有关情况;对各种石膏建筑材料从基础理论、原材料要求、生产工艺设备、产品性能等方面进行了较全面、较系统的论述,并介绍了一些国外的有关情况。

本书与 2000 年中国计划出版社出版的《石膏建筑材料施工手册》一起,系统总结了二十多年来我国在石膏建筑材料方面取得的成果和生产应用经验,反映了目前我国石膏建筑材料的水平,是这方面内容较全面、系统的一套专业图书,可供科研、教学、生产设计和施工人员参考。

石 膏 建 筑 材 料

陈 燕 岳文海 董若兰 主编

*

中国建材工业出版社出版

(北京海淀区三里河路 11 号 邮编: 100831)

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

北京鑫正大印刷有限公司印刷

*

开本: 787mm × 1092mm 1/16 印张: 38.25 字数: 979 千字

2003 年 3 月第一版 2003 年 3 月第一次印刷

印数: 1 ~ 3000 册 定价: 68.00 元

ISBN 7-80159-341-3/TU·162

前 言

石膏胶凝材料是传统的三大胶凝材料之一。它的原料可用天然石膏和工业副产石膏，它们的主要成分是二水硫酸钙和无水硫酸钙。生产石膏胶凝材料时只需除去部分或全部结晶水，耗能低，排出的废气是水蒸气，使用的设备简单，建厂投资较少。用烧成的建筑石膏为主要原料制成的各种石膏建筑材料，凝结硬化快，生产周期短，模具周转快，易实现大规模产业化生产，施工期也可大为提前。石膏建筑材料重量轻、防火、并具有一定的隔声、保温和呼吸功能。其制品的安装为干作业，施工文明、快速。因此，石膏建筑材料被公认为是一种生态建材、健康建材。但由于其耐水性较差，最适合在室内使用。

目前许多国家已将纸面石膏板大量用于室内非承重隔墙和吊顶，石膏刨花板、石膏纤维板、石膏砌块的用量也在增长；内墙、顶板抹灰和地面找平也较普遍地采用粉刷石膏和自流平石膏。纸面石膏板的应用范围现已扩大，如用作贴面墙代替抹灰；用于电梯井、天井、烟囱等作竖井墙；用于室内钢梁、钢柱的防火被覆；有些国家还生产 6mm 厚的纸面石膏板用于室内的曲面墙和曲面吊顶等。

我国从 20 世纪 70 年代初开始系统研究开发石膏建筑材料，目前纸面石膏板在公用建筑中已得到较广泛应用；装饰石膏板在中、小城市应用较多；石膏砌块和粉刷石膏的用量日渐增多；石膏刨花板、石膏纤维板等的市场正在开发中。但从总体看，我国石膏建筑材料的用量还不小，用量最多的是纸面石膏板，其生产能力还有一半以上尚未发挥出来。我国天然石膏的储量是世界第一，随着对环境污染治理力度的加大，磷石膏、排烟脱硫石膏等工业副产石膏的排放量还会急剧增长，为了节约能源，减少环境污染，为人们提供更多的健康建筑材料，今后应调整我国的胶凝材料结构，大力发展石膏胶凝材料，让各种石膏建筑材料占领室内这块空间。

本书组织我国长期在石膏建筑材料领域从事科研、教学、设计、生产等方面的知名专家、教授参加了编写工作，内容包括石膏原料、石膏胶凝材料、石膏复合胶凝材料、石膏建筑制品和附录五个部分，它与 2000 年中国计划出版社出版的《石膏建筑材料施工手册》一起构成姊妹篇。这两本书系统总结了二十多年来我国在石膏建筑材料方面取得的成果和应用经验，包括基础理论研究、新产品和新装备的开发、以及各种石膏建材产品生产和应用的情况等；并部分介绍了国外有关情况；反映了目前我国石膏建筑材料的发展水平，是这方面内容较全面系统的一套专业图书。希望这两本书的相继出版能对我国石膏建筑材料的发展起到一定的推动作用。

本书在编写过程中，得到了中国建筑装饰装修协会和吴俊生、刘楠、金诚、黄南樾、赵云龙等同志的大力支持和热情帮助，特在此表示衷心感谢。

由于水平所限，错误在所难免，望读者指正。

编 者

2002 年 6 月于北京

编写人员名单

主编：陈燕 岳文海 董若兰

编写人：

第一篇

第一章 朱松青 伍湘秋 叶立鑫

第二章

第一节 陈靖宇

第二节 卫生

第二篇

第一章 岳文海

第二章

第一节 程 熹 苏兆平 邓学经

第二、三、四节 王 志

第三章 王瑞麟 叶蓓红 李 明

第四章 岳文海 杨新亚

第三篇

第一章 董若兰

第二章 彭 荣 张文才 张增寿

第三章 彭 荣 张文才

第四章 彭 荣

第五章 费慧慧

第六章 董若兰

第四篇

第一章 程 熹 郭建军

第二章 陆熙娴 陈士英 冯兆明

第三章 邓学经

第四章 彭 荣 张文才

第五章 凌晓晖 陈 燕

第六章 凌晓晖

第七章 吴光格 程 熹

附录

汪卓敏 费慧慧

目 录

前言

第一篇 石膏原料	(1)
第一章 天然石膏	(1)
第一节 石膏矿床成因类型和地质特征	(1)
第二节 石膏矿石的主要类型、特征和石膏的分类	(5)
第三节 石膏的用途	(7)
第四节 石膏资源开发和市场剖析	(10)
第五节 石膏质量等级划分和质量检验	(17)
第六节 石膏选矿	(19)
参考文献	(21)
第二章 工业副产石膏	(22)
第一节 磷石膏	(22)
第二节 脱硫石膏	(34)
参考文献	(55)
第二篇 石膏胶凝材料	(58)
第一章 石膏的脱水、水化与凝结硬化机理	(58)
第一节 石膏及其脱水相的结构与特性	(58)
第二节 石膏的脱水转变及脱水相的形成机理	(72)
第三节 石膏脱水相的水化与凝结硬化过程及机理	(81)
参考文献	(85)
第二章 建筑石膏	(86)
第一节 建筑石膏的生产工艺及主要设备	(87)
第二节 建筑石膏的相组成与分析方法	(137)
第三节 影响建筑石膏性能的主要因素	(148)
第四节 建筑石膏的技术性能与检测方法	(150)
参考文献	(157)
第三章 高强石膏	(158)
第一节 α 半水石膏的制作	(159)
第二节 影响 α 高强模型石膏性能若干因素	(172)
第三节 α 高强石膏的技术性能及应用	(178)
第四节 高强石膏暂行检测方法	(185)
参考文献	(189)
第四章 硬石膏	(191)
第一节 硬石膏的组成、结构与性质	(191)
第二节 硬石膏的活化方法	(193)

第三节 硬石膏激发剂的作用机理	(197)
第四节 硬石膏水化硬化过程中的热力学问题	(202)
第五节 硬石膏的应用及检测方法	(206)
参考文献	(220)
第三篇 石膏复合胶凝材料	(222)
第一章 石膏复合胶凝材料的基本配制原理	(222)
第一节 掺合料的应用及其改性机理	(223)
第二节 化学外加剂的应用和作用机理	(234)
第三节 生产工艺技术	(257)
第四节 物理力学性能指标的确定和测试方法	(262)
参考文献	(267)
第二章 粉刷石膏	(269)
第一节 半水相型粉刷石膏	(269)
第二节 II型硬石膏型粉刷石膏	(275)
第三节 混合相型粉刷石膏	(283)
第四节 石膏、石灰混合型粉刷石膏	(291)
第五节 保温型粉刷石膏	(297)
第六节 技术性能	(301)
第七节 检测方法及仪器	(303)
参考文献	(304)
第三章 自流平地面找平石膏	(305)
第一节 原材料	(305)
第二节 生产工艺技术	(307)
第三节 技术性能	(312)
第四节 测试方法及仪器	(314)
第五节 应用技术	(316)
参考文献	(318)
第四章 石膏刮墙腻子	(319)
第一节 原材料	(319)
第二节 生产工艺技术	(321)
第三节 技术性能	(323)
第四节 测试方法及仪器	(324)
参考文献	(327)
第五章 石膏嵌缝腻子	(328)
第一节 嵌缝石膏粉	(328)
第二节 石膏板接缝膏	(343)
参考文献	(349)
第六章 粘结石膏	(350)
第一节 原材料	(350)
第二节 生产工艺技术	(352)

第三节 技术性能	(355)
第四节 测试方法及仪器	(355)
第四篇 石膏建筑制品	(357)
第一章 纸面石膏板	(357)
第一节 原材料	(363)
第二节 生产工艺技术	(372)
第三节 品种、规格、技术性能及再加工制品	(397)
第四节 测试方法及仪器	(406)
参考文献	(412)
第二章 纤维石膏板	(413)
第一节 石膏刨花板	(415)
第二节 纸纤维石膏板	(454)
第三节 其他纤维石膏板(湿法)	(466)
参考文献	(470)
第三章 石膏空心条板	(472)
第一节 增强石膏珍珠岩空心条板性能及改进	(472)
第二节 生产工艺及设备	(473)
第三节 检测方法	(476)
第四章 石膏保温板	(479)
第一节 石膏—泡沫聚苯保温板	(480)
第二节 充气石膏保温板	(491)
第三节 测试方法及仪器	(493)
参考文献	(496)
第五章 石膏砌块	(497)
第一节 原材料	(500)
第二节 生产工艺及设备	(501)
第三节 技术性能	(511)
第四节 国外石膏砌块生产情况介绍	(517)
参考文献	(530)
第六章 装饰石膏板	(531)
第一节 原材料	(538)
第二节 生产工艺及设备	(539)
第三节 技术性能	(543)
第七章 石膏装饰制品	(547)
第一节 原材料	(551)
第二节 生产工艺技术	(552)
第三节 技术性能	(561)
附录 石膏建筑材料的标准目录	(563)
附表 产品性能资料提供单位名录	(604)

第一篇 石 膏 原 料

第一章 天 然 石 膏

天然石膏是自然界中蕴藏的石膏石（含石膏和硬石膏），它是一种重要的非金属矿产资源，用途十分广泛。人类发现和利用石膏的历史悠久，4800 多年前建造的古埃及大金字塔，2000 多年前的我国长沙马王堆古墓，就是用烧石膏作胶结材料砌筑成的。法国巴黎附近盛产石膏，从 7 世纪起到中世纪末期，熟石膏曾广泛用于建筑物的砌筑和墙体抹面，熟石膏粉又称巴黎粉（Plaster of paris）。

从古至今石膏用做中草药，早被人们所熟知。明代李时珍在《本草纲目》中记载，主治“中风寒热，心下逆气惊喘，口干舌焦，不能息，……”生活上用石膏作制豆腐的凝结剂，其他用做粉笔、雕塑、美术工艺品等等，可以说处处都可见到石膏。

新中国诞生后，为石膏工业的发展开辟了广阔前景，经过 50 年的曲折历程，石膏的应用范围逐步扩大。建国初期，全国只有 4 个生产矿山，现已发展到 50 多个大中型石膏矿山，还有 500 多个乡镇集体矿山。1949 年全国石膏产量只有 1.6 万吨，改革开放的 1978 年增加到 357 万吨，1990 年突破 1000 万吨大关。1995 年猛增到 2659 万吨，第一次超过美国，跃居为世界第一石膏生产大国。

随着我国经济建设的发展，石膏已被国家列入重点发展的非金属矿产业之一。石膏已不仅仅是水泥工业配套的原料，在我国墙体材料改革中，石膏建筑制品作为新型内墙材料的主导产品，将起着举足轻重的作用，今后中国石膏工业将为社会主义现代化建设做出更大的贡献。

第一节 石膏矿床成因类型和地质特征

一、硫酸钙矿物的成因理论

关于硫酸钙矿物的成因理论，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。当正常的海水经过蒸发，盐度达到原来盐度的 3.35 倍时，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至关重要。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。因为浓化的盐水从水体移出而同时加进新的海水，要使海水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，轻的正常海水由海峡的表层流入盆地，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经狭窄的海道流回海中。当蒸发盆地被完全封闭，仅由海泉供水，浓化盐水的回流则只能向下流经蒸发盆地底部及周围的岩石。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，经长期的蒸发和化学沉积作用，现在已沉积了很厚的石膏、盐岩以及钾碱矿物层。

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一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，轻的盐水上升补充由于蒸发和回流失去的水分。这时底部沉积物和岩石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的浓度。如渗透能力低，则盐水的回流慢，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的石膏形成的机制。

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，一种理论认为，沉积物中的硬石膏是原来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%。析出的水可以渗出，这就产生很大的压力，造成个别岩层的构造变形。如果析出的水可以渗出，由于液体压力而引起一股流动的盐水，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。

另一种理论认为石膏是相互交代变化的。石膏是由硬石膏在一定的条件下，通过地表和地下水的作用转变而成的。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、岩石结构、岩性和地形等。没有一种具体情况适用所有矿床。

石膏也能沿断裂、顺层面或其他可用的空间沉积。其中也有由硫化物氧化而得的含硫酸的地下水同碳酸盐类岩石接触生成的石膏。然而这种交代矿床范围不大，很少具有经济价值。

土石膏矿床属于风化矿床的一例，通常产于半干旱的气候条件下，由地下水通过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。

二、国外石膏矿床成因类型和地质特征

按照成矿条件、物质来源、沉积环境及岩相古地理特征等，国外石膏矿床划分三个类型：即沉积型石膏矿床、交代型石膏矿床、风化型石膏矿床。

（一）沉积型石膏矿床

此类石膏常见于世界各地大面积的层状沉积岩内，并与石灰岩、页岩、砂岩、黏土岩伴生。

从成矿时代来看，自前震旦纪以来每个地质时代均发现有规模不等的石膏沉积。20 世

纪 60 年代以来,陆续报道了澳大利亚、巴基斯坦、加拿大、南非等地所发现的远古代石膏沉积。迄今已知的最大的前寒武纪石膏沉积在澳大利亚中部马德乌斯盆地内,沉积的石膏、硬石膏厚度达 260m。

前苏联学者 M.A. 日尔科夫于 1978 年利用世界上 97 个地区的 287 个含盐岩系资料,分析了古生代蒸发岩的分布规律。按照他的计算,古生代蒸发岩层绝大部分(达 92%)集中在北半球。从时代来看,硫酸盐的堆积主要集中在泥盆纪至二叠纪末(占 79%)。在古代,地球上石膏沉积的总面积为 15.7×10^6 平方公里。

在世界各国中,工业石膏矿床形成的年代很广,包括寒武纪(前苏联)、志留纪(美国、加拿大)、泥盆纪(加拿大、前苏联)、石炭纪(美国、加拿大)、二叠纪(北美、欧洲)、三叠纪(法国、英国、德国)、侏罗纪(前苏联)和第三纪(前苏联、法国)。

如加拿大的新斯科舍省早石炭纪石膏矿床分布面积达 1624 平方公里。著名的巴黎盆地的第三纪石膏矿床,分布面积 8000 平方公里,石膏层厚 55m。最近在土耳其的东安纳托利亚地区,发现面积为 $250 \times 30 \sim 40$ 平方公里石膏区,时代属第三纪。但在世界上工业意义最大的巨型石膏矿主要形成于二叠纪。例如美国得克萨斯州和俄克拉荷马州二叠纪石膏矿床,分布长 320 公里,宽 32~80 公里,石膏层厚 6m,石膏纯度达 95%。在欧洲西北二叠纪蔡希斯坦统石膏沉积遍布于丹麦、波兰、德国北部、荷兰、英格兰东北部。前苏联乌克兰阿尔捷莫夫二叠纪石膏矿床,埋深仅 75m,石膏层厚 24m,工业储量 5 亿吨,地质储量 10 亿吨。

(二) 交代型石膏矿床

地壳中的硫酸和硫酸盐,与含钙矿物接触可形成石膏。岩浆岩中的硫化物(如黄铁矿)和含硫酸盐的岩石分解后,遇水形成含硫酸的溶液,或者火山活动直接产生的硫酸气,与含钙矿物或岩石(灰岩)交代反应,形成硫酸钙矿物,所以现代可以见到有些石膏矿床产于火山-沉积岩系的接触带中。黏土中黄铁矿分解,导致了硫酸盐反应,常形成黏土中的透石膏。在某些地区,石膏与火山喷气口、温泉和火山硫矿伴生。美国阿拉斯加州的谢普山的侏罗纪火山岩中,产有不规则的石膏层,石膏含量达 50%。

(三) 风化型石膏矿床

原生石膏矿床经机械剥蚀,往往形成石膏砂,被风力搬运和富集在冰碛物及砂丘即成风化石膏矿。最著名的例子是美国墨西哥州的图拉萨沙漠(面积 20×50 平方公里)上的白沙,石膏砂丘高达 10m,复盖面积大于 648 平方公里,砂由 97—99 石膏组成。据计算石膏储量超过 60 亿吨。该地被美国列为国家保护的名胜之地。有时石膏矿床被地表水和地下水溶解,含硫酸钙的溶液流入沉积岩裂隙中,可沉淀而成次生矿床,这往往成为透石膏和纤维石膏。在美国西南部和加拿大西部许多地区分布有未固结的石膏,常与黏土和泥灰岩混杂。这种松软的石膏层出露在附近的洼地及古河道内,其厚度可达 6~7.5m,分布面积数千平方米。这种石膏看来也是循环地下水与硫酸钙接触产生溶解和搬运的结果。

三、我国石膏矿床成因类型和地质特征

中国的石膏矿床按形成地质环境和地质条件《石膏、硬石膏矿床地质勘探规范》(试行)分为三大类型:沉积矿床、次生矿床和热液交代矿床。按已探明的储量计算,沉积矿床的储量占绝大多数,有资料统计占 99%。规范中沉积矿床又分二个亚类:海相沉积和湖相沉积。了解沉积矿床的成因对理解建筑石膏制品的工艺是有益的。

石膏、硬石膏是硫酸盐矿物，是盐类矿物的一种，盐类矿物都溶于水。它生成于广泛存在的地表水体中，浓度较大的称卤水。在地壳发展过程中陆地面积的扩大和海洋面积的缩小，海相、湖相、封闭或半封闭的盐水盆地，经蒸发沉积作用即生成硫酸盐矿床，并常与碳酸盐、石盐和钾盐共生。按溶解度大小依次沉淀，在水平和垂直两个方向上形成不同的岩矿带。蒸发沉积生成的石膏，或称二水石膏 ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$)，在埋藏过程中因温度、压力升高，石膏可脱水转变为硬石膏，或称无水石膏 (CaSO_4)；由于地质构造运动，深部的硬石膏可抬升到浅部地带，被地表水和地下水淋滤又形成石膏。所以石膏、硬石膏常伴生产出又互相转化。“石膏矿床”一词通常泛指石膏、硬石膏矿床。硫酸盐矿床有液态矿床和固态矿床，液态矿床如青海察尔干内陆盐湖是硫酸盐、氯化物卤水矿床，湖北省沙市和潜江赋存于碎屑岩系中的含钠、钾硫酸盐型卤水矿床；固态矿床是已形成的石膏、硬石膏矿床。液态矿床很少，也没有开发，下面仅述固态矿床的开发。与石盐共生的如湖北应城县北部江汉盆地、东北部云应凹陷构造，是我国最重要的纤维石膏矿床，纤维石膏与钙芒硝、石盐互层，纤维石膏层多达 600 多层，而石盐也厚达 230 ~ 910m，二者都在进行开采。

次生矿床是离地表近的原生矿床被水溶解，或由于地表含硫酸盐的盐水沿着层间裂隙或洞穴流入下部岩层的裂隙中再沉淀为次生石膏，有时也随着碳酸盐的溶解而迁移，次生石膏通常是透明石膏或纤维石膏，也有一部分普通石膏。次生石膏规范中分为三个亚类：层间裂隙充填，斜交层理的裂隙充填和洞穴充填。次生石膏矿床含矿率低，工业价值不大，如广西钦州石膏矿。

热液交代矿床，储量更小，就不予阐述了。我国石膏、硬石膏矿床成因类型中的沉积矿床部分见表 1-1-1。

表 1-1-1 我国石膏及硬石膏矿床成因类型表

类	亚类	含矿岩系	赋存层位	矿体形态大小	矿石自然类型	$\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ + CaSO_4 (%)	矿石的矿物组分	矿床规模	矿床举例
沉积石膏、硬石膏矿床	海相沉积	碳酸盐岩-石膏、硬石膏岩（泥灰岩、石灰岩、白云质灰岩、白云岩、石膏岩、硬石膏岩可含少量黏土岩）	三迭系下统，石炭系中统，奥陶系中统	层状、似层状、延长几公里以上，厚度几米至百米以上，单层或多层产出	石膏，硬石膏，白云质（或黏土质）硬石膏，黏土质（或白云质）石膏	65 ~ 95	石膏、硬石膏、碳酸盐（主要为白云石）、黏土矿物，有的含天青石、黄铁矿、个别含杂卤石等	大、中型为主	江苏南京周村，四川渠县，山西太原西山、灵石，江西永新乌石山等地的石膏、硬石膏矿床
		碎屑岩-碳酸盐岩-石膏岩（砂岩、黏土岩、泥灰岩、石灰岩、白云质灰岩、白云岩、石膏岩、硬石膏岩）	三迭系下统，石炭系下统，寒武系下统	层状、似层状、延长几公里以上，单层或多层产出，单层厚度几十厘米至几米	石膏，硬石膏，黏土质石膏，白云质硬石膏	65 ~ 95	石膏、硬石膏、黏土矿物，有的含天青石等	大、中型为主	甘肃天祝景泰，宁夏中卫甘塘，辽宁辽阳灯塔，吉林通化东热等地石膏、硬石膏矿床
		碎屑岩、石膏岩（石英砂岩、砂质泥岩、黏土岩、石膏岩）	二迭系	层状厚度几米，长几百米，单层产出	石膏，黏土质石膏	75 ~ 90	石膏、黏土矿物等	小型	新疆和田布雅石膏矿床

续表

类	亚类	含矿岩系	赋存层位	矿体形态大小	矿石自然类型	$\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ + CaSO_4 (%)	矿石的矿物组分	矿床规模	矿床举例
沉积石膏、硬石膏矿床	湖相沉积	碎屑岩-石膏、硬石膏岩(砂岩、粉砂岩、黏土岩、硬石膏岩)	三迭系下统, 白垩系下统	层状、似层状、长几公里以上, 常多层产出, 单层厚几十厘米至几米	石膏, 硬石膏, 黏土质石膏, 白云质硬石膏	55~90	石膏、硬石膏、黏土矿物、方解石、白云石、石英、长石, 有的含芒硝、钙芒硝等	大、中型为主	湖北应城、云梦, 内蒙鄂托克旗, 宁夏同心, 贺家口子, 湖北武昌五里墩等地石膏硬石膏矿床
		碎屑岩-碳酸盐岩-石膏硬石膏岩(砂岩、粉砂岩、黏土岩、泥灰岩、石灰岩、石膏岩、硬石膏岩)	第四系第三系	层状、似层状, 长几公里以上, 常多层产出, 单层厚度几十厘米至几十米	石膏, 硬石膏, 白云质石膏, 黏土质硬石膏, 巨-伟晶石膏	57~89	石膏、硬石膏、碳酸盐、黏土矿物, 有的含石英、长石、黄铁矿、自然硫、磁铁矿、菱铁矿、芒硝、钙芒硝、沥青等	大、中型为主	湖南邵东, 山东泰安大汶口, 湖北荆门麻城铺, 湖南澧县伍家峪等地石膏、硬石膏矿床

第二节 石膏矿石的主要类型、特征和石膏的分类

一、石膏矿石的类型和特征

石膏矿石的类型和特征见表 1-1-2、表 1-1-3。

表 1-1-2 石膏、硬石膏矿石的主要类型

类 型		矿石的主要矿物成分		备 注
大 类	亚 类	膏矿物	杂质矿物	
石膏 (石膏 ≥ 硬石膏)	纤维石膏	石膏		石膏须经选矿获得
	巨-伟晶石膏	石膏		石膏须经选矿获得或矿石不经选矿
	石膏 ($\frac{\text{石膏}}{\text{石膏} + \text{硬石膏}} \geq 75\%$)	石膏 (+ 硬石膏) 大于 85%		矿石不经选矿
	泥质石膏 (黏土质石膏)	石膏	黏土矿物	
	碳酸盐质石膏	石膏	碳酸盐	
	硬石膏 - 石膏	石膏、硬石膏 (石膏 + 硬石膏大于 85%)		
	石膏 ($\frac{\text{石膏}}{\text{石膏} + \text{硬石膏}} < 75\% \sim \geq 50\%$)	石膏、硬石膏	黏土矿物	
	泥质硬石膏 - 石膏 (黏土质硬石膏 - 石膏)	石膏、硬石膏	黏土矿物	
	碳酸盐质硬石膏 - 石膏	石膏、硬石膏	碳酸盐	

续表

类 型		矿石的主要矿物成分		备 注
大 类	亚 类	膏矿物	杂质矿物	
硬 石 膏 (石 膏 < 硬 石膏)	石膏 - 硬石膏 ($\frac{\text{石膏}}{\text{石膏} + \text{硬石膏}}$ < 50% ~ ≥ 25%)	石膏 - 硬石膏	硬石膏、石膏 (硬石膏 + 石膏大于 85%)	矿石不经选矿
		泥质石膏 - 硬石膏 (黏土质石膏 - 硬石膏)	硬石膏、石膏	
		碳酸盐质石膏 - 硬石膏	硬石膏、石膏	
	硬 石 膏 ($\frac{\text{石膏}}{\text{石膏} + \text{硬石膏}}$ < 25%)	硬石膏	硬石膏 (+ 石膏) 大于 85%	
		泥质硬石膏 (黏 土质硬石膏)	硬石膏	
		碳酸盐质硬石膏	硬石膏	

表 1-1-3 石膏、硬石膏矿物特征

矿物名称	化学成分	晶系	形 态	颜 色	光 泽	解 理	莫氏 硬度	密度 (g/cm ³)
石膏 (又称二水石膏)	化学式: $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ 理论组成: CaO 32.5% SO ₃ 46.6% H ₂ O ⁺ 20.9% 一般含少量的 钡、锶代替钙	单斜 晶系	通常呈 致密块状 或纤维状, 后者称为 纤维石膏	一般为 白色, 因 混入杂质 而染成灰、 红、褐色、 晶体无色 透明者称 为透石膏	常呈玻 璃光泽, 纤维石膏 呈绢丝光 泽, 透石 膏呈珍珠 光泽	平行 {010} 完 全, 平行 {110} 和 {011} 中等	2	2.3
硬石膏 (又称无水石膏)	化学式: CaSO_4 理论组成: CaO 41.2% SO ₃ 58.8% 一般含少量 SiO ₂ Al ₂ O ₃ 等杂质	斜方 晶系	通常呈 致密块状 或粒状	白、灰 白色, 常 微带浅蓝 色, 有时 带浅红色	玻璃光 泽	平行 {010} 完全, 平行 {100} 和 {001} 中等	3 ~ 3.5	2.8 ~ 3.0

二、石膏的分类

石膏的分类见表 1-1-4。

表 1-1-4 石膏的分类

按结构状态分类		按结晶水含量分类		按石膏颜色分类		按矿物组成含量分类	
品名	结 构 状 态	品名	结晶水含量及结构状态	品名	颜 色	品名	矿物组成含量
纤维石膏	纤维状结晶，有绢丝光泽，一般为白色，含少量杂质者呈黄、灰、红……等色	硬石膏	指结晶水含量 $< 5\%$ 者，多埋于深部，色灰黑、灰色或乳白 结构为块状、粒状或大理石状，比较硬，局部见黑色板状晶体并常含泥膏、泥岩粒状	白石膏	白色	石膏	以 $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ 百分比表示
普通石膏	白色者呈致密块状，淡黄色多成板状，此外有针状、雪花状等，晶体大小不一	普通石膏	指结晶水含量 $> 13.6\%$ 者，均埋浅部。是一种颜色、结构均复杂的类型，其他同“左栏”普通石膏结构状态说明	青石膏	青灰色与深灰色	硬石膏	CaSO_4 $\text{CaSO}_4 + \text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O} \geq 0.8$
雪花石膏	细粒块状、白色半透明	混合石膏	指结晶水 $> 5\%$ 、 $\leq 13.6\%$ 者。埋于前两者之间过渡带深度内。此类石膏颇似普通石膏，灰白色致密块状、粒状。其中硬石膏成分较多，结晶程度不及普通石膏，硬度介于前二者之间	黑石膏	黑灰色	混合石膏	CaSO_4
透明石膏	片状结晶、无色透明似玻璃						$\text{CaSO}_4 + \text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O} < 0.8$
土石膏	土状、不凝结或稍凝结，不纯净						

资料来源：《建筑材料手册》

第三节 石膏的用途

随着工业和科学技术的发展，人们在生活中对石膏的需求日益增长。根据石膏的特性和使用方法它的用途大致可以分为两大类：第一石膏不经煅烧而直接使用，主要用于调节水泥凝结，冶炼镍、豆腐凝固、光学器械、石膏铸型等；第二石膏经煅烧变成熟石膏，则用于建筑材料（石膏板、石膏灰泥等）、陶瓷模型、牙科、粉笔、工艺品、研磨玻璃、豆腐凝固等。

我国石膏主要作水泥的缓凝剂，其用量约占总产量的 80%，其他用于建筑石膏制品等。而工业发达国家主要作建筑石膏制品，其用量占产量的 70% 以上，美国甚至达 80% ~ 90%，其次方是作水泥缓凝剂等，这种用途上的差异，一定程度上反映工业水平的差距。石膏的主要用途见表 1-1-5。

表 1-1-5 石膏的主要用途

应用领域	主要用途	
建材工业	水泥工业	普通硅酸盐水泥的缓凝剂
		硬石膏水泥
		石膏水泥
		石膏矿渣水泥
		石膏矾土膨胀水泥
		快凝石膏矿渣水泥
		硫铝酸盐水泥、铁铝酸盐水泥
		其他水泥

续表

应用领域	主要用途	
建材工业	胶凝材料	建筑石膏 高强石膏 无水石膏胶凝材料 石膏复合胶凝材料
		石膏隔墙板复合墙内板、各种复合板
		墙体砌块、空心条板、石膏砖
		装饰石膏板、装饰制品、石膏陶瓷制品
	建筑制品	墙体覆面板（保温、防火、吸音用）天花板
		粉刷石膏、自流平地面石膏、粘结石膏
		石膏刮墙腻子、石膏嵌缝腻子
		其他建筑石膏制品，建筑卫生陶瓷模具，特种石膏板等
化学工业	制造硫酸并联产水泥熟料	
	油漆工艺中的腻子及填充料，塑料工业的填料	
	生产硫酸铵化肥（硫酸铵是重要的速效氮肥）	
农业	可直接供给植物所必需的钙、硫养料、特别是豆类作物需要	
	可促进有机质分解，促使绿肥腐烂分解，增速肥效	
	可用于水稻的施肥使稻苗发棵早，成熟期提前，增产	
	可改良盐碱土	
工业模具和艺术模型 (用高强石膏或配用高强石膏)	齿科用超硬石膏	
	建筑艺术中的装饰工艺、浮雕壁画、雕塑艺术	
	精密铸造模具，金银饰品及铝合金模具	
	飞机、汽车、机床工业中高标准的模具	
	日用陶瓷模具、高级卫生陶瓷模具	
其他	造纸填料、电缆中密封绝缘填料、油毡纸填料、杀虫剂的填料	
	日用化工牙膏、雪花膏等配料	
	药材、轻工食品工业、水的净化、鱼食的骨料	
	牲畜的饲料添加剂（解决饲料的缺硫问题）	

一、在水泥工业中的应用

在水泥工业中，石膏作为水泥的缓凝剂可直接利用，不需经过煅烧，将一定比例的石膏（约占熟料重的3%~5%）与硅酸盐水泥熟料混合，在水泥磨中磨细即成硅酸盐水泥。

水泥中的主要矿物组成有四种，即硅酸三钙、硅酸二钙、铝酸三钙和铁铝酸四钙。其中铝酸三钙凝结非常快，加入石膏后，铝酸三钙即与石膏水化生成难溶的水化硫铝酸钙（钙矾石），在熟料粒子表面形成保护膜，从而延缓了铝酸三钙的水化，达到调节水泥凝结时间的目的。适当的钙矾石还可提高水泥的强度，改善水泥的收缩性和抗腐蚀性。

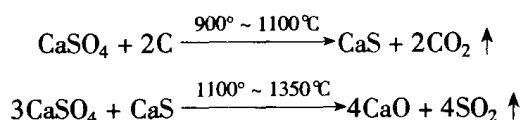
硬石膏也可以代替石膏来调节水泥的凝结，但是硬石膏溶解速度较慢，掺量要求较多一些。一般情况下，掺入适量硬石膏对提高水泥强度是有利的。但是掺硬石膏的水泥在使用木钙、糖蜜等外加剂时，有时会产生凝结异常现象，值得注意。水泥中石膏或硬石膏含量不得超过一定的限度，否则会产生过多的钙矾石，造成水泥有害的膨胀，降低水泥的强度。各个国家、各个不同的水泥品种，石膏的适当加入量都要作试验确定，通常不超过 5%。但特殊水泥，高硫酸盐水泥掺量可达 10% ~ 20%。

我国的水泥产量居世界第一，1998 年水泥产量达 5.3 亿吨，作水泥缓凝剂的石膏用量约占石膏总产量的 80%。最新研究的新型硫酸盐水泥，石膏用量达原材料总用量的 30%，并参加煅烧，使水泥获得了优异的性能。因此，石膏在水泥工业中的应用尚有新的发展领域。

二、制硫酸并联产水泥

用石膏、硬石膏作原料可生产硫和硫酸并联产水泥。此工艺不单满足化工生产的要求，同时其副产品是水泥，也满足建筑材料的需求。

用石膏制硫酸并联产水泥的工艺线需加焦炭及黏土。加焦炭的化学反应方程式如下：



回转窑尾气中的 SO_2 在接触塔内生成干基 SO_3 ，用作制硫酸；回转窑内 CaO 与黏土反应生成水泥熟料。通常这种工艺石膏占 83%，黏土占 10%，焦炭占 7%。2 吨石膏可生产 1 吨熟料和 0.72 吨硫酸。缺点是热耗大，每公斤熟料热耗达 1800kcal，为普通水泥熟料的 2 ~ 3 倍，对石膏的质量要求较高，要求石膏中干基 SO_3 的含量 $> 48\%$ ， $\text{MgO} < 2.5\%$ 。一般只是在缺硫且近煤炭产地，近石膏产地才用。20 世纪 60 年代国外长期缺硫价格上涨，美国开始用石膏制硫酸，前西德和英国则用硬石膏制造硫酸。现在缺硫地区仍然对自然界储量丰富的石膏、硬石膏制硫酸并联产水泥感兴趣。我国在山东北部渤海之滨建立的“鲁北化工”企业，用磷肥厂的副产磷石膏、海水中的盐石膏及天然石膏为原料建立了石膏制硫酸并联产水泥的大型企业。

三、煅烧石膏的应用

石膏经一定温度煅烧或蒸煮后，生成了半水石膏 ($\text{CaSO}_4 \cdot 0.5\text{H}_2\text{O}$)，通常又称 β 粉和 α 粉。 β 粉一般称熟石膏粉又称巴黎粉， α 粉一般称高强石膏粉。此外，还有在更高温度下煅烧成的 II 型无水石膏。这些石膏的脱水相与水泥、石灰并列为三大建筑胶凝材料。

半水石膏胶凝材料应用比较广泛，因它有许多独特的优点，如生产能耗低、质量轻、防火性能好、凝结硬化快、装饰性能好、再加工再制作性能好、隔音保温性能好、可调节空气中的湿度、石膏资源丰富可就地取材等等，它的主要用途：作石膏胶凝材料、建筑石膏制品、工业用模具和艺术模型等。作胶凝材料可配制粉刷石膏、建筑石膏、自流平地面石膏、粘结石膏、嵌缝石膏、厚层抹灰石膏、石膏硅酸盐复合材料、膏渣复合材料等等。作石膏制品可作纸面石膏板、纤维石膏板、石膏条板、石膏砌块、装饰石膏板、石膏保温板、石膏陶瓷制品、石膏刨花板、棕榈纤维石膏制品、玻璃纤维石膏隔墙板、石膏装饰制品等等。作工业模具和艺术模型一般是 β 粉和 α 粉混合使用，有的则完全用 α 高强石膏粉。前者多用于建筑卫生陶瓷的模具、日用陶瓷模具、装饰工艺、浮雕壁画、雕塑艺术；后者用于精密铸造，