

П.П. 布德尼柯夫 著

樊发家 曾宪靖 高康武 译

石膏的研究与应用

• 中国工业出版社 •

石膏的研究与应用

(增訂第三版)

И.И. 布德尼柯夫著

桑发家 曾宪靖 高康武 译

刘佩衡 校

中国工业出版社

本书是苏联 П.П. 布德尼柯夫 (Будников) 的重要著作。全书分上下两篇。上篇是理论部分, 概述了石膏的通性, 石膏矿床的类型, 石膏的物理化学性质、石膏变体及其生产和应用, 介绍了近代各国学者的研究成果。下篇是实验部分, 系统阐述了作者和他的同事们对石膏、石膏制品进行研究和实验的结果。在此增订第三版中, 著者根据苏联和资本主义国家在研究、应用石膏方面的成果, 作了大量修订和重要补充。

本书论述详尽, 资料丰富, 理论与实践并重, 是石膏生产的科学研究人员及生产技术人员的重要参考书籍。

本书序言、上篇、下篇一至十四节, 由樊发家翻译; 下篇十五至二十四节, 由曾宪靖翻译; 下篇二十五至三十五节, 由高康武翻译。全部译稿由刘佩衡校订, 并经罗寿蓀审阅。

АКАДЕМИК П.П. БУДНИКОВ
ГИПС, ЕГО ИССЛЕДОВАНИЕ И
ПРИМЕНЕНИЕ
(ТРЕТЬЕ ПЕРЕРАБОТАННОЕ И
ДОПОЛНЕННОЕ ИЗДАНИЕ)
ГОСУДАРСТВЕННОЕ ИЗДАТЕЛЬСТВО
СТРОИТЕЛЬНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ
Москва-Ленинград 1943г.

* * *

石膏的研究与应用

樊发家 曾宪靖 高康武 译
刘佩衡 校

*

建筑工程部编辑部编辑 (北京西郊百万庄)
中国工业出版社出版 (北京佟麟阁路丙10号)
(北京市书刊出版事业许可证出字第110号)
中国工业出版社第三印刷厂印刷
新华书店北京发行所发行·各地新华书店经售

*

开本787×1092 1/16·印张22³/₈·插页2·字数514,000
1963年12月北京第一版·1963年12月北京第一次印刷
印数0001—1,160·定价(10-7) 3.15元

*

统一书号: 15165·2158 (建工-296)

中譯本序言

中国蘊藏着极丰富的石膏石。石膏能够广泛地应用于国民經济的各个部門。石膏和硬石膏可加工制成半水建筑石膏、高强石膏（用水化热处理法①）、硬石膏水泥和地板石膏等。所有这些石膏胶凝材料，均可用以生产各种建筑制品和建筑构件。

建筑石膏虽具有凝結和硬化迅速的特点，但由于抗水性差，限制了它在建筑中的应用范围。因此，在半水石膏中掺加碳酰胺树脂稳定水溶液，以提高石膏制品抗水性的研究工作②，是值得重視的。

生产輕质多孔石膏制品（容重 $0.4 \sim 0.5$ 吨/米³），可以大大增加石膏制品的种类。在石膏灰浆中加入松香胶泡沫乳化剂（石膏浆体积的25%），或加入皂根（一种多年生野生針科植物，含有4~13%皂素）③泡沫剂均可制成輕质多孔石膏，但以后一种方法的效果較好。輕质石膏制品用作大型壁板和楼板的填料（填心砖），可起隔热和隔音作用；亦可作楼板的夹层或制作建筑装饰品（如檐头綫脚、吊灯花飾及其它）等等。

石膏胶凝材料还可广泛地和膨胀（泡沫状）珍珠岩或黑曜岩（火山玻璃）配合应用，这种珍珠岩或黑曜岩在中国也許是很多的。这种火山岩在約 $1000^{\circ}\text{C} \sim 1200^{\circ}\text{C}$ 温度下开始軟化，然后迅速膨胀。容重減輕 $5/6 \sim 19/20$ ，为 $50 \sim 300$ 公斤/米³④。膨胀的珍珠岩块是一种很輕的匀质材料，夹有大量閉口气孔（气孔率为60~95%）；膨胀珍珠岩（砂粒状或碎石状）和石膏胶凝材料配合，可用来作隔热抹灰和制取超輕质隔热制品。

石膏可作为矿化剂加入水泥生料（料浆）中（加入量約4~5%），这也是石膏应用上一个很重要的問題。正如我們研究的結果⑤所証明，它可以加速硅酸盐 C_2S 、特别是 C_3S 的生成，使生料的煅烧温度降低到 $1300^{\circ}\text{C} \sim 1350^{\circ}\text{C}$ ，并提高水泥的标号。

用水化热处理方法⑥制得的高强石膏，可用作有色金属和合金精密鑄造用的模子材料。一般都用方石英作为石膏模的填料。为了制得方石英，可在磨細的石英岩（細石英砂）中加入約1%苏打。以150公斤/厘米²压力压过的料块，在 1400°C 下煅烧，并在該温度下保持一段短時間。磨細的方石英必須含30~50%的粒度小于0.09毫米的顆粒；大顆粒粒度不得超过 $0.5 \sim 0.2$ 毫米。方石英在 $230^{\circ}\text{C} \sim 260^{\circ}\text{C}$ 的温度范围内的热膨胀，可以补偿石膏模在浇鑄金属前受灼烧引起的收縮，并可避免金属和蜡模收縮对鑄件尺寸所造成的影响⑦。

石膏及硬石膏可以与粘土配合制取波特兰水泥*和硫酸，或用石膏和粘土（或高炉矿渣）的混合物来制取硫酸铵（用氨和二氧化碳处理悬浮体）和波特兰水泥。

在这篇短短的序言里，著者只是想指出石膏有着多方面应用的可能性。

我非常欢迎“石膏的研究与应用”中译本的出版。如果本书能促进中国石膏建筑材料生产的发展，给中国人民带来益处和幸福，我将感到十分满意。

乌克兰科学院院士

苏联科学院通讯院士

Л. Будников

1961年4月30日

* 即硅酸盐水泥，下同。——译者注

① П.П.布德尼柯夫(Будников)和Б.Б.克雷扎诺夫斯基(Крижановский): “论文集”, “РОСНИИМС”, (莫斯科), №14, 3~19页, 1958。

② М.А.馬特維也夫(Матвеев)和 К.М.特卡欽柯(Ткаченко): “石膏建筑制品的抗水性及其提高”, 莫斯科, 1951 М.А.馬特維也夫: “建筑材料”, №11, 21页, 1960。

③ 皂根浸渍在水中(重量比1:10), 2小时后从溶液中取出, 加以磨细后再用水浸渍, 并煮沸4小时。

④ “布德尼柯夫选集”, 乌克兰科学院出版, 基辅, 1960, 534~545页。

⑤ П.П.布德尼柯夫和И.П.庫茲涅佐娃(Кузнецова): “在門捷列夫化工学院科学报告会上作的学术报告”, 莫斯科, 1960年。

⑥ П.П.布德尼柯夫: “建筑材料科学研究论文集”, 建筑工业出版社, 莫斯科, 1947, 29页。

⑦ Г.А.謝洛娃(Серова): “耐火材料”, №10, 462页, 1959; “莫斯科門捷列夫化工学院论文集” XXII期, 117页。

第二版序言

“石膏的研究”第一版蒐集了我在1918~1928年間的研究論文。这次由苏联科学院印行的第二版，又补充了我在1929~1932年間写的研究報告。这些文章，主要是研究用石膏制造波特兰水泥，以及对硬石膏水泥和无熟料水泥等方面作深入的探討。我早先对石膏和硬石膏的研究結果，为解决制造硬石膏水泥，以及硬石膏白云石水泥的問題，打下了基础。由于这些水泥还用作碱性高炉矿渣的催化剂，因此，我在无熟料水泥方面的研究工作，实际上就是石膏研究工作的繼續。

对我们苏联來說，特別感兴趣的是用石膏制造硫、硫酸和硫酸銨，以及高炉矿渣的利用等問題，因此，我不仅就这方面的某些問題，作了一系列的實驗，而且也大量地补充了最近的文献資料。

我在1929~1932年間的研究工作，是在哈尔科夫化工学院硅酸盐工艺實驗室和乌克兰耐热水泥中心實驗室內进行的，有一部分是在乌克兰硅酸盐工学院內进行的。

我认为，由我們提出进行研究的硬石膏矿渣水泥和无熟料矿渣水泥的試制問題，在很大程度上可以說已經获得解决，研究試驗的結果，为这些水泥的生产上的应用，提供了足够的依据。

著 者 1932年2月

第三版序言

很早以前，石膏就成为許多科学家研究的对象。对石膏的物理化学性质及其转变的研究，促使硫酸鈣各种变体在工业上及工程技术上的应用范围日益扩大。这在石膏蕴藏量丰富的国家里，尤为显著。

在建筑工程中，石膏及其变体被广泛用作天花板、木間壁和簷头綫脚的抹灰材料。由石膏浇制成的石膏块和石膏板，是具有良好的隔音和絕热性能的人造石材。石膏的导热性很低，所以它是一种非常宝贵的屋面保温材料，常用于沒有天花板的屋頂上。石膏能耐火，在这一点上它可以和混凝土媲美。

在整体式结构的建筑物中，石膏之所以不能广泛取代混凝土，主要是由于石膏的抗压强度比較低。采用特殊的煅烧方法，如悬浮煅烧；在不同压力下用蒸汽处理，随后再加以干燥（高强度石膏无需干燥）；在球磨机和电炉（以及其他炉）内同时进行研磨和煅烧*；提高研磨細度；用热水拌和；掺加特殊的掺料（或采用硬石膏水泥）等，均能使石膏的强度提高到普通混凝土所具有的强度。

石膏可以用来制成各种不同的建筑制品和特种的空心砌块；后者适用于需要隔音的大讲堂、礼堂、剧院等建筑。石膏可以用来制造泡沫石膏，也可以用来制作人造大理石。它可以用来把光学稜鏡固定在仪器上，也可以在研磨抛光时用来固定玻璃板。掺粘土的石膏可以用来調制抹灰材料和鑲嵌窗玻璃用的腻子；此外，还可以用来塑造一般的人像、石膏模型和鑄件的石膏模。在鑄工車間、机車庫和化学工厂里，石膏能抵禦二氧化硫的作用，因而可以成功地用作这类建筑物的建筑材料。最近几年来，苏联还开始广泛試用石膏的建筑制品作为外墙飾面和楼板等材料。

在陶瓷工业上，石膏广泛用来制作石膏模，并且用排气法来改良其性能。

在外科医学上，石膏可以用来制作石膏綫帶和矫正畸形的石膏背心；在牙科医学上，可以用来脱型。在化学顏料工业上，石膏用作矿物顏料的附加剂，如制造鉄普魯士紅。在造纸工业上，用石膏可得各种印痕，例如有机残渣的矿物印痕。在冶金工业上，石膏用于鑲矿石的加工。石膏可以用来生产彩色鉛笔。在酿造葡萄酒时，石膏可作为麦芽汁的脱水剂，改善酒的顏色，使其透明而純淨。石膏也可以用来制作顏色膏和其他材料的干燥板。

在研磨波特兰水泥熟料时，掺入未經煅烧的石膏可使水泥緩凝。天然石膏和硬石膏的

* 指石膏在球磨机中粉碎的同时，通以电炉（以及其他炉）的預热空气进行煅烧。——譯者注

碎块还可以用来作为种植三叶草、亚麻和大豆等作物的肥料。

水硬性石膏（地板石膏）和硬石膏水泥的应用范围很广。它们可以用来调制混凝土和砌筑砂浆，制作板材、平板和压花地板，制造空心砖块和人造大理石。硬石膏水泥和石棉屑或废棉掺在一起，还可制成一种优质的绝缘材料。

以石膏及其变体掺入矿渣波特兰水泥或熟料含量少的矿渣水泥中，可以大大提高水泥的质量，即提高水泥的强度和抵抗各种腐蚀水的腐蚀作用。石膏及其变体是制造无熟料水泥用的粒状碱性高炉矿渣的良好活化剂。石膏也是生产粘土石膏水泥和石膏矿渣水泥的原料。最纯净洁白的各种粒状石膏和条状石膏，常常直接用来制作装饰品。纤维石膏经研磨后，即可作为装饰品。

天然硬石膏可用作墙壁材料、粗石块、中标号硬石膏水泥混凝土用的碎石和饰面工程用大理石代用品。用硬石膏饰面时，仍能保持其原有的天然纹理，具有很高的艺术价值。

石膏和硬石膏在化学工业上的应用是极其广泛的。制造硫酸铵需用大量石膏，其方法是以二氧化碳和氨与石膏悬浮液作用。如果在制造硫酸铵时，在石膏中掺加适量的粘土或高炉矿渣，则硫酸铵的滤渣还可以用来制造波特兰水泥。掺粘土（或矿渣）的石膏（硬石膏）混合物可以用来制造硫酸及波特兰水泥或矿渣波特兰水泥。石膏（硬石膏）可以用来制造硫，其方法是先将硫酸钙 CaSO_4 还原成硫化钙 CaS ，再用大家熟知的方法将硫化钙加工，或者在催化剂硫酸二氢的作用下，使其氯化；同时可以得到硫酸和盐酸。用硫酸钙制得的硫化钙可以用来作为氨碱生产中的母液中氨的再生剂。

在第三个斯大林五年计划期间，石膏胶凝材料在推行快速施工方面应该发挥巨大的作用。联共（布）第十八次代表大会的决议曾规定“保证苏联各主要经济地区经济的全面发展……生产……如水泥、石膏……并使其产量足以保证各该地区的需要。”* 这个决议还指出，要大力发展石膏建筑制品的生产。

实际上，在苏联，石膏和硬石膏的蕴藏极其丰富。我们可以举出下列一些蕴藏有大量石膏和硬石膏的地方，如：阿尔条莫夫斯克（尤以东部和东南部的巴黑幕德——斯拉维扬盆地矿床特别好），伏尔加河流域，巴什基里亚苏维埃社会主义自治共和国，高加索，土库曼斯坦，乌兹别克，阿尔汉格尔斯克区，斯大林格勒，费林以及其他地区。因而，可以确信，石膏问题对苏联来说，是有其现实意义的。

本书第一版由苏联科学院于1928年印行，第二版问世于1933年。第三版书名改为“石膏的研究与应用”，其中补入了我在1933~1940年间的研究成果。因此，本书实际上包括了我二十三年（1918—1940）[†]的研究成果。

本书第三版还搜集了苏联和外国最新的文献资料，以及我们在哈尔科夫化工学院硫酸盐工艺试验室和乌克兰科学院内所作出的研究成果，其中有：重水水化硫酸钙石膏晶体的研究；在各种附加剂作用下石膏脱水动力学的研究；石膏在各种温度下煅烧后水化热的研究；掺加少量波特兰水泥熟料和大量硫酸钙的矿渣水泥的研究。

在硬石膏水泥一节里，还补充了实验室和工厂内所得的许多研究成果。在这里，应该提到 С.П. 卓林（Зорин，乌发）、Ф.М. 哈基莫夫（Хакимов，喀山市政工程学院）、А.С. 柯斯捷林（Костерин，阿尔汉格尔斯克）、建筑材料托拉斯中心实验室（莫斯科）、

* 译文见“联共（布）关于经济建设问题的决议”第二辑，229页，人民出版社，北京，1953年。

Б.Г. 斯科拉姆塔耶夫 (Скрамтаев) 和 М.Я. 拉达什 (Латаш, 哈尔科夫)、А.Н. 普济洛夫 (Путилов)、М.Ф. 契普柯夫 (Чебуков) 和 С.А. 塔尼洛夫 (Данилов)、П.П. 彼里維爾席夫 (Переверзев, 喀山市政工程學院)、Р.Э. 西馬諾夫斯卡婭 (Симаногская, 莫斯科, 物理科學研究所)、А.А. 拉津 (Разин, 莫斯科, 中央建築科學研究試驗所) 以及其他同志的工作。在無熟料水泥一節里, 也增加了很多資料, 其中包括這種水泥的工廠生產, 及其在結構、特別是在鋼筋混凝土結構中的試驗方面的新資料。這裡, 應當提一下 А. 斯塔里岑 (Старицын, 斯維爾德洛夫斯克) 同我們按我們的方法以烏拉爾冶金工廠的氧化鋁含量高的礦渣為基礎製造無熟料水泥所進行的研究, 我們在實驗室和工廠 (克拉馬托爾斯克、德聶伯羅彼特羅夫斯克等地) 的條件下, 向熔融礦渣中添加外加物, 制取無熟料水泥所進行的研究。此外, 還闡述了無熟料水泥的生產工藝及其工廠的設計草案。

本書還援引了我們對無熟料水泥腐蝕性方面的研究成果 (這是蘇聯科學院提出的研究項目), 用增加各種不同石膏變體摻量的方法來提高礦渣波特蘭水泥質量的研究報告和製造粘土石膏水泥、白水泥和有色水泥的研究結果。對於化學生產中的廢料——硫酸鈣的利用, 本書亦用相當篇幅予以闡述。

在用硫酸鈣和粘土的混合物生產硫酸、波特蘭水泥和礦渣波特蘭水泥的一章中, 補充了我們的許多實驗資料; 闡述了用氯化法從硫酸鈣中製造硫酸酐及亞硫酸酐, 用石膏 (硬石膏) 和含碳黃鐵礦的混合物製造二氧化硫的方法及其他研究工作。

如果拙著“石膏的研究與應用”的出版, 能對蘇聯石膏工業的發展起推動作用, 那將使我十分高興。

著 者 1943 年於烏克蘭科學院

目 录

中譯本序言..... I	二、煅燒石膏的凝結和溶解速度 ...109
第二版序言..... II	三、 $\text{CaSO}_4 \cdot \text{D}_2\text{O}$ 及 $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{D}_2\text{O}$ 結晶体的研究114
第三版序言..... IV	四、不溶性硬石膏的生成速度119
上篇 理論部分	五、二水石膏在各种温度下的 脫水速度122
一、石膏的特性..... 1	六、石膏脫水动力学125
二、硬石膏..... 2	七、脫水石膏的水化速度131
三、石膏矿床的类型..... 4	八、可溶性硬石膏的合成134
四、石膏的物理性质和化学性质..... 8	九、灰泥石膏的速凝剂和緩凝剂 ...136
五、石膏的变体.....13	十、 CaSO_4 的高温离解.....143
六、灰泥石膏的生产.....27	十一、不溶性硬石膏的水化144
七、脫水石膏的水化.....34	十二、在不同温度下脫水的 石膏的水化热150
八、半水化合物 (灰泥石膏) 的凝結.....35	十三、硬石膏水泥158
九、灰泥石膏的速凝剂和緩凝剂.....40	十四、硬石膏矿渣水泥189
十、石膏的再生.....43	十五、硬石膏烟灰水泥192
十一、可溶性硬石膏.....44	十六、硬石膏白云石水泥193
十二、不溶性硬石膏.....46	十七、人造地板石膏195
十三、不溶性硬石膏的水化.....47	十八、由硬石膏、硫酸化高岭土 和粘土制成的水泥199
十四、地板石膏 (水硬石膏)50	十九、石膏和石膏水泥的显微 化学研究202
十五、提高灰泥石膏和地板石膏 的质量.....57	二十、硫酸鈣作为碱性粒状高 炉矿渣的激发剂203
十六、石膏和石膏胶凝材料的 应用.....60	二十一、燒白云石及各种硫酸鈣 变体作为碱性粒状高炉 矿渣的活化剂229
十七、用石膏和硬石膏制取硫.....73	二十二、硬石膏矿渣 (无熟料) 水泥化学235
十八、用硫酸鈣制取二氧化硫.....77	二十三、采用在熔融高炉矿渣 中掺石膏和其他附加 剂的方法生产无熟料 水泥238
十九、石膏和硬石膏——生产 硫酸銨的原料.....89	二十四、硬石膏矿渣 (无熟料)
二十、在紙-碱生产中, 应用 CaS 再生銨並制取硫.....96	
二十一、硫酸鈣——化学工业生产 的副产品.....97	
下篇 实验部分	
一、石膏的化学分析法106	

水泥的生产工艺及技术条件	246	影响	283
二十五、利用炼铝废渣作为无熟料		三十一、粘土石膏白水泥	290
水泥和硬石膏水泥的活化剂	249	三十二、用石膏(硬石膏)生产波特	
二十六、硬石膏矿渣(无熟料)水泥		兰水泥及亚硫酸酐	299
混凝土的腐蚀	257	三十三、硫酸钙与含碳黄铁矿混合物	
二十七、掺硬石膏和少量波特兰水泥		的分解	320
熟料的矿渣水泥	269	三十四、在高温下某些气态物质对硫酸	
二十八、再生石膏	271	钙的作用	333
二十九、二水石膏和不溶性硬石膏对		三十五、在氯的作用下,从硫酸钙内	
波特兰水泥机械性能的影响	277	提取亚硫酸酐及硫酸酐	337
三十、硫酸钙对矿渣波特兰水泥的			

上篇 理論部分

一、石膏的特性

石膏即含水硫酸鈣，其分子式為 $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ，是自然界硫酸鹽類中分布最廣的一種礦物。石膏屬單斜晶系，其晶形有：頁片狀、柱狀、針狀和纖維狀。石膏的晶體經常形成得很好，且能形成很大的晶塊。石膏通常呈下列簡單形狀的集合體：(010)、(110)、(111)（圖1），只有在某些晶體中是聯合成(011)、(120)、(103)及其它形狀。平行於(010)的解理十分完全，它分成表面發光的薄片。除此之外，還發現其它方向的解理：(111)的解理十分完全（斷口呈纖維狀），(100)的解理不完全（斷口呈貝狀）。解理的岩片屬斜方晶系。

石膏是无色透明的矿物，有的呈白色，有的呈淡黄色、褐色或黑色，很少呈綠色和藍色的。石膏的變體可分為：石膏石，它是粗晶體頁片狀石膏；纖維石膏或透明石膏，它帶有明亮的絲光，絲光越亮，纖維越細，其相互間的結合也越緊密；粒狀石膏（粗粒狀的和細粒狀的）是最純粹的變體，通常稱為雪花石膏；鱗狀石膏；致密石膏，它是帶有鋸齒狀斷口的致密的半透明岩石；腸膜石、蛇紋石，它是呈灰色的多粘土石膏，其中夾雜有蠅虫狀白石膏彎曲細脈；粘土質石膏（葛查——гача）*等。

在沉積岩中常存在有組成很好的无色晶體石膏，有時也存在着具有假菱體解理特征和圓形或板狀的石膏碎塊。此外，還存在有石膏的纖維狀變體，絮狀纖維變體和球粒體。

石膏結晶成柱狀或板狀，并常以燕尾形的大型交錯雙晶和各面都組織得十分整齊的單晶，夾雜在粘土、岩鹽聚合物、各種淤泥沉積物、各種岩石的裂縫和火山熔岩中（圖2）^①。燕尾形雙晶是石膏晶體的特征，它是在岩鹽沉積物的孔洞中生成的。

最著名的類似雙晶岩層的粒狀石膏，盛產於巴黎的蒙馬爾特地方。高爾利斯克雙晶常常彼此連接而形成一種具有晶面(100)的雙晶。所謂巴黎雙晶是沿晶面(101)連生在一起的。帶有彎曲面和圓面的扁豆狀晶體也明顯地表現出石膏的特征。晶體常常或多或少地連合成一塊塊大晶簇（玫瑰石膏）。最有趣的就是肘狀褶皺結晶，它們是在萊茵格勒史勃龍地方附近的丘令根森林中的岩鹽沉積層內發現的。

根據物理性質很容易辨別石膏：硬度不高（2，用指甲即可劃破），晶面(010)的解理十分完全，因而它分成有光澤表面的薄片。用蠟燭灼燒時，會失去水分而變成白色的

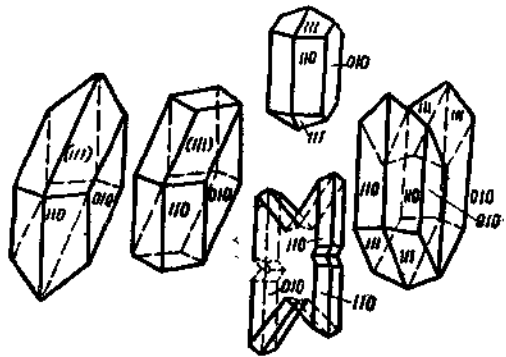


圖1 石膏的完整晶體

* 葛查（гача）是石膏（20—80%）和粘土（80—20%）的天然混合物。——譯者注

不透明体。

① Р.勃拉烏恩斯 (Браунс): “矿物王国” (《Царство минералов》), СПБ, 1906年。



图 2 石膏的变体

1—直长晶体, 双晶 (产于莱茵格勒史勃龙地方附近的丘令根伐尔特); 2—(100) 的解理双晶碎块, 石纹切断面; 它既不能分开断面, 又在双晶缝处形成 $132^{\circ}28'$ 的凹角 (产于别夫卡顿, 瓦尔利斯); 3—类似燕尾双晶的双晶解理块, 双晶面上有被 (010) 晶面间的棱所钝化的 (101) 晶面; 不能分开的圆形晶面 (产于巴黎附近的蒙马尔特尔地方); 4—完全双晶, 它的形成规律与3一样, 完全无色 (产于罗加尔塞德, 西西里岛); 5—完全双晶它的形成规律与3一样, 晶面呈圆形 (产于马依尼茨附近的隧道); 6—肘状褶皱结晶, 它的末端有若干是由于双晶的形成而引起的 (产于莱茵格勒史勃龙地方附近的丘令根伐尔特); 7—褶皱结晶, 它的末端有若干是由于双晶的形成而引起的 (产于莱茵格勒史勃龙地方附近的丘令根伐尔特)

分完全; 它通常是无色的, 但有时被沥青质物质染成灰色、浅蓝色、淡红色和其他颜色。

硬石膏矿体的表面, 经常变为石膏, 但其较深处仍为纯硬石膏; 前者与后者两层之间则为二者的混合物。硬石膏的体积在水化过程中显著增大 (约增大33%) 并延伸 (约延伸10%) ①。硬石膏体积的增大, 就像侵入现象一样, 会引起断层。如果硬石膏生成有规则的岩层时, 则褶皱便在其转变为石膏的过程中出现, 这种褶皱与侧压力所引起的褶皱是很容易区别。

* 意均为硬石膏。——译者注

二、硬 石 膏

自然界也存在着无水硫酸钙 CaSO_4 , 它们通常与石膏矿体伴生。这种矿物定名为硬石膏 (Карс-тенит, мурицит) *, 其化学成分、产状和生成均与石膏相似。

在苏联的巴什基里亚、中亚西亚、乌克兰及其它地方均有巨大的硬石膏矿床。乌克兰的硬石膏矿床是和岩盐层共生的, 它一直延伸到阿尔条莫夫斯克的北面和东北面。在阿尔条莫夫斯克附近发现有厚24米的硬石膏大矿床, 其埋藏深度距地表层仅75米。硬石膏的蕴藏量大致如下:

1) 在阿尔条莫夫斯克和阿尔条姆1号和2号矿场间的地区内约为11,070万米³;

2) 在阿尔条姆1号和2号矿场、沃洛达尔斯基矿场、中央矿场和舍甫琴柯矿场间的地区内约为27,580万米³;

3) 在中央矿场、里勃克年里脱矿场、乌里兹基矿场和舍甫琴柯矿场间的地区约为81,480万米³;

4) 在阿尔条莫夫斯克矿场和阿尔条姆2号矿场间、舍甫琴柯矿场和乌里兹基矿场间的地区约为3200万米³。

各地区总计约为223,400万米³, 或约为60亿吨 [根据 В.О. 卡皮赫 (Габих) 的统计资料]。表1所列的是苏联某些天然硬石膏的化学成分。

硬石膏属于斜方晶系, 其晶体一般较小, 晶面粗糙且有条纹。硬石膏三个相互垂直方向的解理十

苏联天然硬石膏的化学成分 (%)

表 1

硬 石 膏 产 地	CaO	SO ₂	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MgO	H ₂ O
巴什基里亚·							
奥赫列比尼諾,烏斐姆区, 烏发东40里,白河右岸...	39.14— 40.76	55.02— 57.86	0.10—0.48	0.03—3.60		0.1—1.7	2.11—5.46
加拉达什山.....	37.63—39.06	52.70—56.58	微量至0.40			0.18—0.61	0.94—8.79
中亚西亚:							
加姆巴申斯基.....	40.00	58.83	0.48	0.14	微量	0.81	
阿拉伯斯基.....	40.18	59.08	0.30	0.28	"	0.35	
哥尔基斯基.....	40.11	58.90	0.34	0.22	"	0.50	
乌克兰共和国:							
阿尔条莫夫,里勃克涅特 矿.....	39.80	58.15	0.21	0.86	"	0.86	
非晶矿.....	39.68	58.50	0.72	0.28	0.90	0.80	
结晶矿.....	40.21	58.27	0.54	微量	0.24	0.56	

硬石膏常和岩盐共生在一起, 并和岩盐一样是由海水沉积而成。在斯达富尔和列欧波尔特斯加尔地区, 还发现硫酸盐(泻盐)中生成的硬石膏晶体。生成的晶体存于粒状硬石膏中(在阿烏斯謝和別尔赫捷加琴地区发现), 它是岩盐的共生矿物。細粒状的蓝色硬石膏产于佐列茨地区附近、内卡河上游和伏尔比諾地区附近, 及意大利的高地。硬石膏常生在矿脉(恩特列阿斯別尔克、加勒尼克)中和火山融岩流(維苏威火山、圣托里島)中。

完全不含水分的硬石膏在自然界中是很罕見的; 它常常含7%或更多的水, 这就說明了硬石膏正逐漸轉化为二水化合物。化学純的产品含有: 41.2%CaO和58.8%SO₂。硬石膏的比重达2.92~3.10, 它比石膏更难溶于水。它比石膏更硬一些, 其硬度为2.5~3.5。

哥彼-席依列尔^②研究了硬石膏在岩盐矿床中的生成条件。他将含水石膏置于玻璃管内, 放在油槽里加热, 发现石膏晶体在140°C时即变为渾浊状; 以后的測定表明, 石膏仍含有6.47%的水分, 这符合于J.約翰司頓(Johnston)和E.米龙(Millon)得出的关于半水化合物生成的結論。若在石膏中掺加氯化鈉, 則石膏晶体在125°C时即变为渾浊状, 所得产物几乎不含水分(烧失量0.93%)。

F.肖特(Schott)^③研究了硫酸鈣各种变体及其水化物的急剧分解, 并且离析出石膏、半水石膏和硬石膏的三种变体。

列沙捷利叶(Le Chatelier)^④也得出了和米龙同样的結論。他把石膏細粉^⑤置于玻璃管中加热, 并观察了温度升高到128°C和163°C时石膏的状态。当他做了进一步的試驗以測定失去的結晶水量后, 才确定: 石膏在第一阶段(温度128°C时)失水量达四分之三; 温度升高至163°C时, 才失去全部的水。

天然硬石膏可以代替大理石用于飾面工程。用硬石膏飾面时, 仍能保持其具有很高艺术裝飾意义的天然紋理。

Д.В.薩宁(Санин)^⑥把各地硬石膏的飾面特征的資料列举如下:

产地

紋理

胡頓斯克……………由白色到鮮紅色，表面平滑，并带有各种彩色紋理
 薩洛米諾……………紅黃色并带有近于黑褐色的紋理
 貢戈爾斯克……………紅黃色与暗淡的斑斕紋理
 克拉斯諾沃德斯克……………淡玫瑰色紋理
 阿什哈巴德……………綠色紋理
 苏呼米……………白灰色紋理
 高尔基市……………淡青灰色紋理
 古比雪夫……………浅藍色并带有褐色紋理

各地的硬石膏都有波形暈色的細紋理。就其物理机械性能（表2）^⑦言，它完全适合室內飾面的需要。

硬石膏的物理机械性能

表 2

指 标	产 地							
	胡頓斯克	薩洛米諾	貢戈爾斯克	克拉斯諾沃德斯克	阿什哈巴德	阿赫列別尼斯基, 巴什基里亚共和国	高尔基市	古比雪夫
容重 克/厘米 ³	1.5—1.7	1.8—2.0	1.6—1.8	1.6	1.7	2.77—2.9	1.8—2.0	1.9—2.2
吸水率 %	16	34	18	20	17	0.04—0.5	16	19
抗压强度 公斤/厘米 ²	220—300	250	275	220	200	480—1000	360	300—500
莫氏硬度	1.5—2	2—2.3	2—2.5	1.8	1.7	—	2.2	2.5
抗冻性	中	中	中	低	低	良	中	中

① E. Haug, Traité de Géologie. I. Les phénomènes géologiques. 譯自法文，編輯者：B. E. 馬利諾夫斯基 Малиновский, М.—Л. 1938。

② Pogg. « Ann. », 127, 161, 1866。

③ « Dingl. Polytechn. Journ. », 202, 355, 1871。

④ C. R., 96, 1883, 1668。

⑤ Recherches expérimentales sur la constitution des mortiers hydrauliques, 1887。

⑥ Д. В. 薩宁：“用硬石膏飾面代替人造大理石”（《Замена искусственного мрамора облицовкой из ангидрита》），載“莫斯科建設”（《Строительство Москвы》）№4, 1938, 14頁。

⑦ 据我們的实验資料。

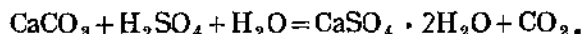
三、石膏矿床的类型

石膏在自然界中的成因是各种各样的。在一些情況下，它是从閉塞的海湾和盐湖的过飽和溶液沉积而成，并和硬石膏及岩盐共生。在另一些情況下，則是在自沉盐湖（普利卡斯比斯克州、埃爾頓湖及死海等地）的沉积层中生成，这种石膏沉积物特別在二迭紀、三迭紀和第三紀时形成最多。苏联拥有丰富的石膏沉积物：如奧卡河和伏尔加河流域、烏克

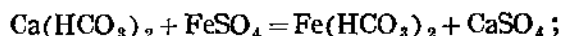
兰、阿尔条莫夫斯克（頓巴斯）^①区，再如卡明涅茨波多尔斯基州、塔尔諾波尔斯基州、利沃夫州和其它許多地区的第三紀沉积物；除此之外，在高加索也有沉积物，其中主要是上侏罗紀和第三紀沉积物。

在有含硫酸鈣的水的地方，水蒸发后就形成了石膏。矿脉中、晶簇中及个别的晶体中，石膏的形成是地壳的許多化学变化过程的结果。在巴尔赫沙漠离表面0.5米深的砂子夹层中，也存在有夹杂着大量砂子的单个或連合成簇的大粒石膏晶体。这种晶体产于中亚西亚一带（錫尔河岸的巴尔赫河漠地区、那烏卡特附近矿山）。相类似的称之为《roses du désert》（沙漠上的玫瑰）的生成物产于康司坦丁省（阿尔及利亚）。

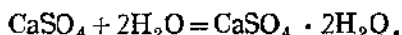
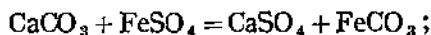
粘土中常含有石膏的晶体、晶簇和大量的石膏包体（例如德聶伯罗彼得罗夫斯克的粘土）。石膏的二次生成物常存在于黄鉄矿或其他硫化物矿的产地。黄鉄矿經氧化（ $\text{FeS}_2 + 7\text{O} + 8\text{H}_2\text{O} = \text{FeSO}_4 + \text{H}_2\text{SO}_4 + 7\text{H}_2\text{O}$ ）后，即生成硫酸，硫酸又和碳酸鈣 CaCO_3 作用，得到石膏：



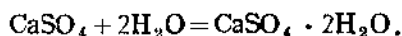
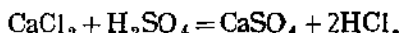
在水中也同样起着变化：可溶性的碳酸氢鈣和可溶性的硫酸盐相互发生作用：



在粘土中：



火山噴浆中的硫酸也可与鈣化物起化合作用而生成硫酸盐：



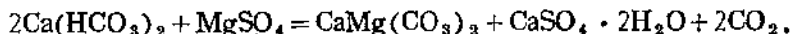
石膏和硬石膏矿体常存在于白云石矿的附近。

如果盆地底部有碳酸鈣沉积，則当盆地的卤水飽和时，硫酸鎂便同碳酸鈣的沉积物发生下列反应：



結果，就在沉积物中生成白云石（或菱苦土）和石膏。这种石膏并不溶于硫酸鎂的飽和溶液中。

还可能产生这样的化学反应：



按照 H.C. 古尔納科夫（Курнаков）的說法，这种反应在自然界有时是大規模地进行的，即湖內的卤液和陆相沉积的碳酸鈣之間起反应，天然的卤液同时变质，并失去硫酸鎂 MgSO_4 。

石膏或硬石膏有时是同岩盐共生的——这就使白云化作用过程发生于含盐度較高的海盆地的結論，有了充分的根据。

硫化氢和石灰石作用（ $2\text{CaCO}_3 + 4\text{H}_2\text{S} + 5\text{O}_2 = 2\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O} + 2\text{S} + 2\text{CO}_2$ ），也能生成石膏。硫化氢是許多东西腐烂后的产物。火山岩漿的二氧化硫和水蒸汽与石灰作用时，也会生成石膏。这种火山噴口称之为硫质噴气孔。某些石膏是由硬石膏水化而逐漸形成的，此时体积显著增大，而且形状独特^②。

石膏是分布极广的矿物，并且是地壳上层部分主要的含硫物质。在欧洲和亚洲，只是

苏联某些产地的石膏的化学成分(%)

表 3

产 地	CaO	SO ₃	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MgO	H ₂ O
乌苏(巴什基里亚)③	29.83—31.88	44.10—46.20	0.32—7.53	0.24—2.28	0.43—3.31	18.31—20.10	
捷真(乌克兰)	32.52—32.60	42.36—46.30	0.70—3.08	0.21—0.31	0.60—1.39	0.20—0.62	19.35—20.22
阿尔桑莫夫斯克(乌克兰)	32.49—32.81	46.12—46.39	0.36—0.58	0.18—0.36	0.21—0.63	0.21—0.63	18.83—19.91
阿尔桑莫夫产地帕脱尼契线(乌克兰)	32.59	45.00	1.10	3.12	0.42	17.88	
乌斯戈里, 巴达尔巴申	32.97	45.03	0.14	0.8	—	21.06	
贾戈尔斯克	32.60—40.92	40.13—46.50 (51.52)	0.28—2.75	0.24—0.45	0.21—0.73	18.52—19.20 (12.26)	
阿尔汉格尔斯克④	32.49	46.17	0.02	0.07	0.11	20.23	
喀山附近的朱基瓦区	31.21	48.04	1.40	0.42	—	19.07	
卡姆-乌斯基茨	31.84—32.85	44.00—46.92	0.04—0.34	0.07—0.78	0.08—0.56	20.58—21.29	
胡顿斯克(格鲁吉亚)	31.01—31.38	44.82—45.02	2.04—2.12	0.61—1.01	微量	20.20	
特克瓦契尔(格鲁吉亚, 乌斯克费桑)⑤	32.05 32.20	45.23 46.20	微量 微量	2.40 微量	— 0.65	20.30 20.81	
卡拉博加兹哥尔湾(中亚西亚)的东北和南部沿海⑥	32.20—33.02	42.83—45.95	微量	0.12—0.34	—	19.80—21.07	
楚霍尔-高亚斯(克里米亚)	29.77—32.01	26.00—41.10	0.10—1.40	1.14—5.99	0.16—1.65	20.40—24.40	
卡明涅茨波多尔斯基: O. 扎瓦列叶(厚度达27米)	32.71	46.18	0.24	0.30	0.03	20.41	
O. 摩特林则	32.61	45.71	0.16	0.12	0.01	20.63	
斯大林格勒⑦	(24.5)30.84 —32.69	(31.80)38.09 —44.79	0.84—5.78	0.21—1.48	0.16—0.45	17.70—19.80	
费林⑧	32.63	46.11	0.13	微量	微量	20.55	