

石灰

[西德]E·席勒 L·W·贝伦丝 著

陆 华 武洞明 译

SHI HUI

中国建筑工程出版社

石 灰

[西德] E·席勒 L·W·贝伦丝 著

陆 华 武洞明 译

中国建筑工业出版社

本书比较全面地介绍石灰石的开采,生石灰和熟石灰的性质、生产工艺和检验方法,叙述石灰煅烧窑炉和有关生产设备,以及影响生产技术和产品性质的各种因素。此外,还论述石灰的广泛用途,附有大量图表和文献来源。

本书可供建材、建工、化工、冶金、农林等部门从事石灰生产和应用的科技人员参考。

本书经朱振德校阅。

KALK

Herstellung-Eigenschaften-Verwendung

E. Schiele L. W. Berens

DÜSSELDORF 1972

* * *

石 灰

陆 华 武洞明 译

*

中国建筑工业出版社出版(北京西郊百万庄)

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

中国建筑工业出版社印刷厂印刷(北京阜外南礼士路)

*

开本: 850×1168毫米 1/32 印张: 17¹/₄ 字数: 464 千字

1981年4月第一版 1981年4月第一次印刷

印数: 1—5,700册 定价: 2.10元

统一书号: 15040·3847

前 言

这本《石灰》（《石灰——煅烧、性能和应用》）第一次用德文为专业技术人员全面地阐述石灰石的现代开采、运输和制备的方法，还介绍煅烧生石灰和熟石灰的各种设备。

此外，对于化学和物理技术人员来说，书中还有石灰石、生石灰及其制品的物理和化学性质的新理论。书中叙述了这些制品的广泛用途，无疑对生产中每天使用石灰石和石灰的专业人员也是有用的。

石灰制品的使用人员将会看到，从石灰石的开采和加工直到制成生石灰的过程中，为了将天然的因而是非匀质的原料石灰石变成优质匀质的工业制品，其间路途十分艰辛。无怪乎早在中世纪就有“烧制石灰艺术”一说了！

第二次世界大战以来，生石灰的质量有了重大改进，特别是能满足用户对煅烧度和均匀性的要求。此外，对于烧制石灰和精制石灰的物理和化学过程的认识，也有进一步的深度和广度。这些新的发展都已收入本书中。其中主要有西德一家大石灰企业的技术水平和所做的试验结果，另外还有石灰工业与钢铁、化工、建材、建筑和农业等用户进行合作所取得的经验。

作者通阅了大量文献，当然书中所列约一千种参考文献条目，不能说是已经十分完全。

书中关于窑炉、机械、设备等说明，仅为典

型例子，当然并不意味着所选者为优，未选者为劣。

在石灰的煅烧和使用方面还有许多问题有待解决。我们很欢迎读者提供生产和使用中的最新研究成果和发展动向。

对于在收集文献、修订章节、通审全稿时曾给予大力协助和支持的许多专业人员，兹此表示谢忱。

还有许多企业的专业人员无私地提供了自己的经验，在此特表感谢。

我们希望此书对所有专业人员和研究人员在工作中都有良好的帮助。

E·席勒 L·W·贝伦丝

一九七二年十月于多那普

目 录

第一章 历史概述	1
第二章 意义和分类	6
第三章 石灰石的形成	15
一、概述	15
二、石灰石的化学机理和矿物岩相特征	16
三、石灰岩的类型	20
1. 化学生成的石灰岩	20
2. 有机生成的石灰岩	22
3. 碎屑生成的石灰岩	24
4. 灰石质沉积物的成岩作用	24
四、德国的主要石灰石矿	27
第四章 石灰石的开采和制备， 生石灰和熟石灰的制造	35
一、概述	35
二、石灰石的开采和制备	37
1. 石灰石矿的勘探	37
2. 石灰石矿的开采	40
3. 石灰石的制备	71
三、生石灰的制造	99
1. 概述	99
2. 石灰石的分解	100
3. 石灰窑	107
4. 煅烧条件对生石灰某些性能的影响	166
5. 生石灰的进一步加工	176
四、熟石灰的制造	180

1. 生石灰的消化	180
2. 熟石灰的工业制造	189
五、石灰石、生石灰和熟石灰的贮运	195
六、安全技术和环境保护	203
1. 安全技术	203
2. 环境保护	203
七、发展中国家的石灰工厂	207
八、特种石灰	209
第五章 石灰石、生石灰和熟石灰的性质	211
一、石灰石的性质	211
1. 物理性质	211
2. 化学性质	221
二、生石灰的性质	223
1. 物理性质	223
2. 化学性质	239
三、熟石灰的性质	243
1. 物理性质	243
2. 化学性质	251
四、其它性质	253
1. 生石灰和熟石灰的流动性状	254
2. 可塑性及和易性	254
3. 产出量	255
4. 沉降体积	257
5. 均匀性	257
第六章 石灰石、生石灰和熟石灰的应用	259
一、概述	259
二、钢铁工业	259
1. 概述	259
2. 用氧化钙脱硫和脱磷	261
3. 炼铁	267
4. 炼钢	285
5. 钢水再脱硫和再脱磷	325

三、化学工业	327
1. 概述	327
2. 无机化工	328
3. 有机化工	338
4. 其它用途	346
四、建材工业	367
1. 概述	367
2. 灰砂砖工业	375
3. 加气混凝土工业	386
4. 硅酸钙混凝土工业	392
五、建筑工业	400
1. 制取抹面灰浆	400
2. 制造水磨石	416
3. 制造混凝土	416
4. 筑路	429
六、农业和林业	448
1. 石灰肥料	448
2. 钙作为有机体的组成部分	459
3. 消毒剂和防腐剂	460
七、其它用途	463
1. 耐火衬	463
2. 矿山	471
3. 有色金属的制备	472
4. 酸洗	473
5. 水泥	474
6. 硅灰石	474
7. 石棉-石灰	477
8. 塑料和橡胶	478
9. 颜料和油漆	478
10. 石油	479
11. 其它用途	479
第七章 检验方法	482
一、概述	482

二、取样	484
三、化学成分	489
四、物理性质	495
1. 一般方法	495
2. 特殊检验方法	500
五、质量要求	514
1. 钢铁工业	514
2. 化学工业	514
3. 建材工业	515
4. 建筑工业	515
5. 农业	516
参考文献	517

第一章

历史概述

目前考古学家认为，最初将石灰石烧成石灰是一个偶然的发现。史前时代，覆盖和围砌火堆时，无意地拣取一些看来合适的石块，其中一部分石块受热后失去强度，遇水后碎裂成为白色粉末。

就这样，人类祖先便将石灰石烧成石灰并消化成氢氧化物，而并不知其所以然。至于何时知道了石灰从空气中吸收二氧化碳后的固化作用，已无从查考。

但关于石灰的知识最迟也在建造第一批石灰窑时就已认识到了。从考古知道，最早的石灰窑于公元前约二千年时建在美索不达米亚的乌尔城附近^[1]，即幼发拉底河与底格里斯河之间人类最古老的文化地带。

在使用生石灰之前，建筑上已先应用了石灰石。埃及的齐阿普斯金字塔除墓室外均由方块石灰石筑成^[2]。至于美索不达米亚的石灰石建筑物还要早，如公元前四千年前的乌尔墓^[3]。克里特岛上的克诺萨斯宫以及同时期的许多其它建筑物，都是由或多或少经过加工的石灰石条石筑成。维苏威山脚下的罗马古城海格勒姆的主要街道是由石灰石板石铺就^[4]。

罗马人和希腊人在雕刻石像时常用大理石和石灰石。图1所示为安条休斯一世（统治时间公元前69～34年）墓碑上的泰基女神头像^[5]，即为一例。

古代还使用石灰石作为手镯装饰品及其它观赏物。

如果说用不易风化的硬石灰石作为建筑材料，还是容易的话，那是因为在建筑中使用生石灰却需要一定的知识才行。



图1 安条休斯一世墓碑的一部分，
泰基女神头像^[5]

目前认为，几乎所有古代文明民族，如埃及人、中国人、印第安人，以及希腊人、罗马人都懂得烧制石灰，并用在建筑中^[1]。

烧制和使用石灰的知识很快从美索不达米亚传播到东方，乃至在建筑特洛耶和迈西尼城时使用了石灰浆。在旧约全书中亦有用石灰作为粉刷料的记载^[7]。

这种知识逐渐传到希腊，显然是通过频繁的贸易传播的，继而希腊人又将它传给罗马人，使石灰的烧制和使用技术达到了完善的程度。

在古代，和我们今天建筑工业中的情形相似，石灰主要用作灰泥，当然也用于粉刷墙壁和顶棚。从至今尚存的罗马建筑物中可看到那时建筑的高超水平（图2）^[4]。

在罗马时代，烧制石灰是一种很受尊敬的行业。出土的许多祭祀碑上有“烧石灰师傅”的称呼，即为一证（图3）^[8]。

M·V·波立奥^[9]在其巨著中介绍了罗马时代的建筑艺术，书中详细地谈了“浇注建筑”，乃是一种生石灰、白榴火山灰、砖瓦块和砂子的混合物。

日耳曼人从罗马人那里学会了烧制石灰，最初仅限于罗马人

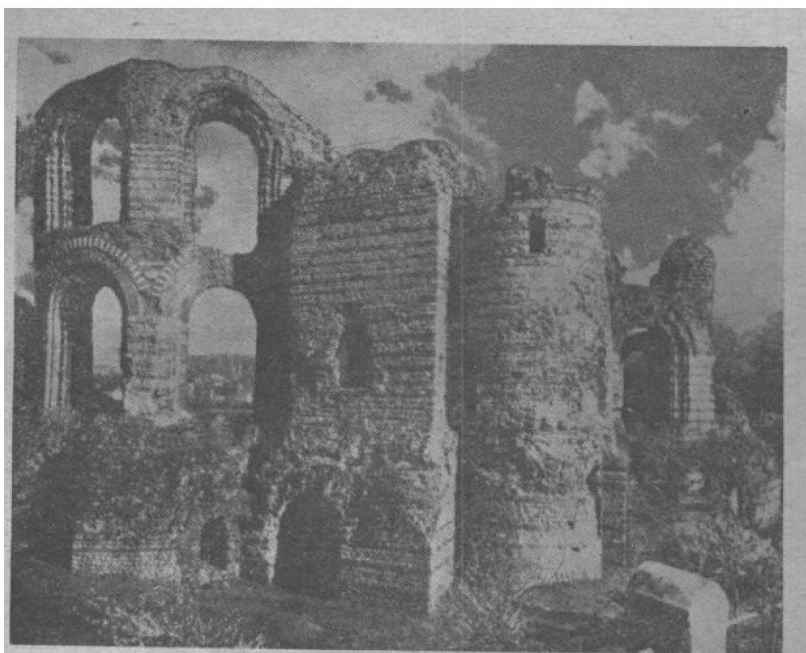


图 2 建于公元四世纪^[4]的特里尔皇帝温泉浴场

占领的地区，后来便向东传播开。

最近才在斯普雷河中的一个岛上发现了一座日耳曼人或文德人使用过的石灰窑遗址^[1]。

秘鲁印加人的建筑物基本不用灰泥，相反墨西哥的托尔蒂克人从大约七世纪以来就使用石灰泥，以此为坚固可靠。

R·柯德威^[10]曾说过，在巴比伦，甚至有过用石灰和砂石制成的人造石块，简直可与我们现在的灰砂砖比美。

这种人造石的强度肯定很低，因为形成强度所要求的硅酸氢钙需要在100°C以上的温度下进行湿热处理。使人想到的是，这种方法直到上世纪末才发现^[11]。时至今日，在许多发展中国家中，如印度尼西亚，还是采用类似古代的方法制砖。

石灰的另一新用途是稳定地基，罗马人修筑道路^[12]，中国建造的西藏佛教塔和万里长城都已加以应用^[13]。



图 3 某一“烧石灰师傅”献给智慧女神的祭祀碑（公元225~270年）

发现于德国明斯特附近

这样介绍一下使用石灰石和生石灰的历史概况，似乎并不完全，至少还应该再简述一下古代已知的其它用途。

除埃及人外，还有克里特人、迈西尼人、伊特拉斯坎人等古老民族，都知道使用石灰作为染料。希腊人和罗马人在绘画中进一步发展了石灰的用途。于是在各个历史时期都不仅有华丽的壁画，而且还有用石灰颜料绘制的成套餐具、花瓶和观赏物。

在化妆中，也早就利用了生石灰的特性。日耳曼妇女长时期来用生石灰浸染头发，使之

呈现出闻名的淡红色。

此外生石灰在古代也做药用。

罗马人知道用石灰作为肥料。普利纽斯对此有报导^[14]。埃及人在制革中使用石灰。古代的染坊中也已使用了石灰水。罗马人用石灰和有机物（油、脂、蛋白）混合制成油灰和粘合剂。

令人惊叹的是阿西利亚人早就在玻璃配方中提到了石灰，而这种用途直到中古时期才又被发现。

至于石灰石，古代的另一用途是作为陶瓷中的瘠化剂。在约900°C的温度下，石灰石转化成生石灰，因而可以在较低的温度下烧制此类陶瓷制品^[15]。

古老文化民族的石灰知识，到中古时代又被忽视，几近湮没。人们接过古代的一种理论，即以为生石灰是由石灰石加火焰形成的，并用这一错误的但却行之有效的理论制造烧夷药，用于战争。氧化钙转化为氢氧化钙时放出的热量早在远古时代就被中国人用于战争中。

G·阿格里克拉^[16]在十六世纪的著作中才开始详细地叙述了冶金业使用石灰的情形，当然还有更早的文献简短地提到石灰的此种用途。

近代，对石灰及其性质和各种钙化合物的理论逐渐增多。其中有许多错误理论和相互矛盾的说法。直到上一世纪初期，随着钙元素的发现，以前的各种猜想才差不多归于结束。

本世纪，石灰的制造和应用有了很大进步，重要标志是石灰厂的现代化，特别是已过渡到新的煅烧方法，正因为如此，才可生产出煅烧均匀及轻烧制品。

第二章

意义和分类

自古以来，石灰石、生石灰和熟石灰在许多行业中都是不可缺少的。这些基本材料的用途如今已十分广泛，乃至不可能尽数无遗。按其重要性而言，一般有下列工业部门是主要的使用者：

- a. 钢铁工业；
- b. 化学工业；
- c. 建材工业；
- d. 建筑业；
- e. 农业。

在钢铁工业中，冶炼时加入石灰，结合不需要的伴生元素，如硅、铝、硫和磷，而生成碱性炉渣。没有氧化钙载体，现代冶炼过程是不堪设想的。

在化学工业中，有大量各式各样的流程都需要石灰制品。其中，有些石灰制品为最终产品的组成部分，如玻璃、碳化钙等，有些仅仅在生产工艺过程中用作辅助剂，如制糖、制苏打等。工业废水和生活废水的净化处理主要用石灰做沉淀剂，特别在发达的国家中，有利于日益重要的环境保护。

建材工业使用生石灰，主要用来制造灰砂砖和加气混凝土。这类制品在许多国家中已成为最重要的建筑材料。此外，石灰石作为掺合料还用于混凝土砌块、水磨石板和类似的其它建筑材料中。

从古至今，石灰在建筑行业是砂浆、抹墙泥和粉刷浆的最重要的原料。另外，石灰石在筑路中用作碎石和填料，在建筑中作为水泥混凝土骨料，用途很多。在修筑简易道路以及对重荷载道路的路基进行加固时，都在粘性土质中加入生石灰或熟石灰，

使路基稳固化。

在农业上，石灰可防止土壤的酸化，而且是一种很好的肥料。在钙质饲料中，以碳酸钙加入的钙有利于骨骼的生长。

石灰石、生石灰和熟石灰这些基本材料的用途列于表1^[18]，当然这并不是全部用途。此外，在表中还列入了未煅烧、已煅烧和已消化的白云石的用途，因为许多情况下不可能将石灰石制品和白云石制品严格区分开来。

石灰石、生石灰和熟石灰品种繁多，再加上使用部门广泛，因此对于各种未煅烧、已煅烧和消化制品的叫法也互不统一。如H·波尔纳^[19]所说的，单就生石灰粉一样东西就另有八种叫法，即苛性石灰、建筑苛性石灰、建筑筛分石灰、研磨块灰、砌墙石灰、粉刷石灰、袋装石灰和筛分石灰。

按一般的说法，石灰一词既指石灰石也指生石灰和熟石灰。而正确的理解，石灰一词仅指煅烧制品而言。苛性石灰主要指氧化钙，但和苛性钠（NaOH）一样，也用来指氢氧化钙。为了避免误解，下面将一些主要钙化合物，分为碳酸盐、氧化物和氢氧化物的最常用的名称列出并略加说明。

最重要的钙化合物

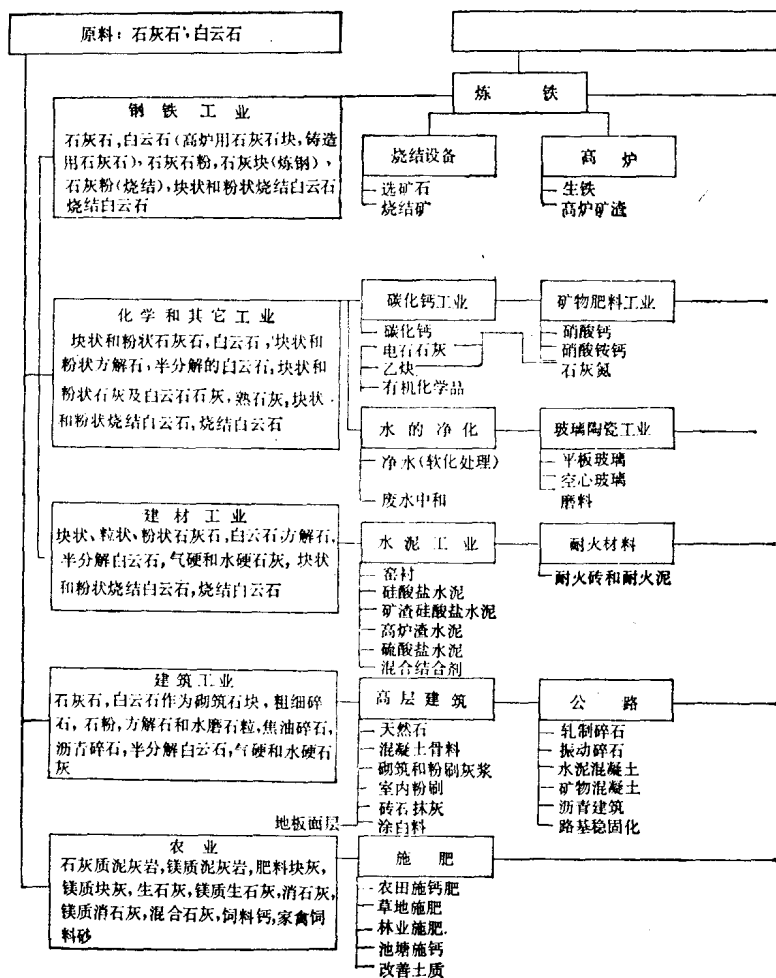
1. 碳酸盐

霏石 CaCO_3 的一种形式，在自然界中很少成岩，为无色、白色、黄色或灰色的斜方晶体，加热到400°C时，变成方解石^①。

方解石 三方晶碳酸钙，成岩，晶体为无色透明或透光，易于解理，为小至微观大至数米高的斜方六面半面体。含有少量铁、锰、钴杂质时，呈灰、黄、红或褐色。方解石是碳酸钙最稳定最多见的晶形。大理石和大多数石灰石都由或多或少的细方解石晶体组成^①。

① 详细说明见第五章第一节。

石灰石和



碳酸氢钙 双碳酸钙 $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$, 将碳酸钙溶于含碳酸的水中即可得到。碳酸氢钙只有在溶液里才是稳定的并形成水的碳酸盐硬度。

碳酸钙 CaCO_3 , 是石灰石的主要成分, 分子量为100.09, CaO 占56.03%, CO_2 占43.97%。