

石灰在建筑工程中的应用

П·Н·格里高尔也夫著

建 筑 工 程 出 版 社



石灰在建築工程中的应用

黃惟儉 譯

內容提要 本書敘述了石灰的生产和性質，比較詳盡地闡明了如何采用石灰來調制地方膠結材料、未經焙燒的石材、建築砂漿和混凝土等；同時還介紹了石灰的生產成本和应用方法的技术經濟分析。

本書可供設計和施工單位以及建築材料生產企業中的工程技術人員參考。

原本說明

書 名 ПРИМЕНЕНИЕ ИЗВЕСТИ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ
著 者 И. Н. Григорьев
出 版 者 Государственное издательство литературы по
строительству и архитектуре
出版地點 及 年 份 Москва — 1952

石灰在建築工程中的应用

黃 惟 儉 譯

建築工程出版社出版（北京市阜成門外南風土路）

（北京市書刊出版業營業許可證出字第054號）

建築工程出版社印刷廠印刷 · 新華書店發行

書號510 字數33千字 787×1092 1/32 印張 2 3/4

1957年5月第1版 1957年5月第1次印刷

印數：1—3,000册 定價（10）0.44元

目 录

前 言	5
第一章 石灰的国民經济意义	6
第二章 石灰生产簡述	9
第三章 石灰的性質	11
第四章 磨細生石灰	24
第五章 石灰应用概述	32
第六章 用石灰摻入水硬性摻合料制成的地方膠結材料	36
一、石灰砂礫土(硅礫土)水泥	45
二、石灰瀝灰水泥	46
三、石灰燒粘土水泥	47
四、酸性火山岩石灰水泥	49
五、石灰礦渣水泥	51
第七章 石灰在未經焙燒的石材中的应用	53
一、石灰砂制品	53
二、粘土坯件	60
三、泡沫矽酸鹽	62
四、礆化的石灰砂制品	65
五、礦渣混凝土石材	67
第八章 石灰在建筑砂漿和混凝土中的应用	70
一、抹灰砂漿	73
二、砌石用砂漿	79
三、石灰在混凝土中的应用	82

四、磨細生石灰在热活性模板中的应用·····	84
五、石灰在粉白和粉色方面的应用·····	84
第九章 石灰生产的技术經濟指标·····	85
参考書籍·····	88

前 言

作为膠結材料的石灰广泛地应用于建筑中，以及建筑材料工业和其他国民經济部門中。本書的主要目的是要綜合介紹石灰在建筑工程中实际应用的經驗。根据这一点，用很少的篇幅来介紹石灰的制造，以保証主要材料叙述的系統性和彻底性。書中着重叙述石灰在混合膠結材料中以及在未經焙燒的石材和建筑砂漿中的应用。

本書对能影响到石灰在建筑工程中的应用的石灰性質叙述得十分詳細，并且按照斯大林獎金获得者И.В.斯米尔諾夫(И.В.Смирнов)的方法，詳細地研究了磨細生石灰在建筑工程中的应用問題，指出了应用磨細生石灰比应用石灰漿或风化石灰更有效、更合适，并且具有更多的优点。書中同时从理論上說明了磨細生石灰在凝結和硬化过程中所发生的一些現象。

在本書的最后一章中，根据各种技术經济指标，分析了有关石灰价格的非常重要的問題；根据这些指标可以拟定許多进一步降低石灰生产价格和减少石灰用量的措施。

作 者

第一章 石灰的國民經濟意義

还在远古时代人类就已经知道了作为膠結物質的石灰。許多世紀以來，石灰制造工艺一直沒有任何巨大的改進。革命前的俄國，大多用原始的土窯製造氣硬石灰，這種窯需要大量的燃料，但所製得的成品的質量却並不高。只有很少的企業用環式或立式交互裝料窯，但其產量亦很低。立式交互裝料窯主要是建築在制糖廠和制礱廠內，在這些工廠內製造石灰，僅僅是為了滿足生產的需要。

在偉大的十月社會主義革命以後，石灰煅燒工業中的採掘作業中，不論是在原料採掘方面或運輸方面，都已經達到最大限度的機械化；窯內已廣泛地應用機械化裝料與卸料，並建立了生產的技術監督。舊的石灰製造廠已改建過，因而顯著地提高了生產率。在蘇聯五年計劃的年代中，新建了許多巨大的新型的機械化石灰製造廠；在這些廠內都裝置了燃燒各種長焰固體燃料的立式窯。在許多石灰製造廠內已開始採用發生爐煤氣作為立式窯的燃料，這種煤氣可以從當地出產的含熱量低的劣質燃料中取得。此外，為了用小塊石灰岩來製造石灰，石灰工業中的某些製造廠已開始採用水泥工業中所應用的旋轉窯，因為這些小塊石灰岩不能在立式窯或環式窯中煅燒成石灰。

因此，目前蘇聯所有的現代化石灰煅燒工廠的技術裝備都具有高度的水平，這就為繼續改進石灰製造的工藝過程創造了必要的條件。

恰当地配置力量并利用由斯达哈諾夫工作法所挖掘出来的潜力,可以使气硬石灰的生产工艺过程从采掘原料起到工厂生产出制成品为止,都获得最高的生产效率。

虽然气硬石灰有某些缺点(强度低,不抗水),但它仍被广泛地应用于许多工业部门中,因此,它在国民经济中仍具有极大的意义。可以列举出一百种以上的生产,在这些生产中,石灰是一种不能替换的重要原料。石灰可以用来制造许多种化学制品,可以应用于制碱工业、制糖工业和纺织工业中,应用于生产照明用煤气,在农业上用作肥料,并应用于其他很多的工业部门中。

气硬石灰对苏联国民经济的最大意义是在建筑工程和建筑材料工业方面。占我们所需要的石灰全部用量的50%以上的石灰被用作胶结材料,或用作制造各种复杂的胶结材料以及含有石灰的建筑材料和建筑配件的原料。石灰非常广泛地被用来调制砌筑砂浆和抹灰砂浆,在砂浆内掺有大量的石灰和其他气硬性或水硬性胶结材料。

目前,可以采用石灰为主要原料制造很多种类掺有水硬性掺合料的混合胶结材料,如石灰矿渣水泥和石灰火山灰水泥。可以用纯石灰或石灰混合水泥制造很多种未经焙烧的人造石材,这些人造石材经过蒸汽加工或在空气中硬化后即具有强度。

除掉极个别的例外而外,几乎在一切气硬性胶结材料和水硬性胶结材料内部含有石灰,并且为其中的主要成分。石灰有时为胶结物质状态或游离状态,有时为与各种酸性氧化物(氧化矽,氧化铝)化合的状态。下面列举各种最常用的胶结材料中石灰(或更准确地說氧化鈣)含量的百分率,以说明石灰的意义:

- 1) 生石灰中——85-95%；
- 2) 水硬性石灰中——50~65%；
- 3) 矽酸鹽水泥中——60~67%；
- 4) 矿渣矽酸鹽水泥中——40~50%；
- 5) 石灰矿渣矽酸鹽水泥中——20~40%。

从上列数字中可以看出，石灰是許多膠結材料中的重要組成部分。只有水玻璃完全沒有石灰，苛性鎂石灰含量很少（4~5%）。

斯大林獎金获得者И.В.斯米尔諾夫发现了生石灰粉的新性質，使生石灰有可能更广泛地被用作膠結物質，从而为有效地利用石灰制造建筑材料（石灰混合膠結材料、泡沫矽酸鹽等）开辟了广闊的道路。

由于开始进行偉大的共产主义建設，气硬性石灰在苏联的国民經济中便具有特別重大的意义。由于大規模建設的需要，虽然已大大地增加了水泥产量，但仅仅依靠水泥制造廠还是难以滿足建筑工程对膠結材料的需求。

矽酸鹽水泥是最有效的膠結材料，應該只应用于那些在各种变化无常的条件下要求具有高强度、抗水性、抗冻性和耐久性的結構中。在一般情況下对于較次要的構築物可以应用活性較差的膠結材料，特別是石灰混合膠結材料，例如石灰火山灰水泥和石灰矿渣水泥（尤其是以磨細生石灰制成的石灰混合水泥），来代替矽酸鹽水泥，这是很有效的。在不久的将来，这些种类的水泥的需求量必然会大大地增加，因此，應該在建筑工程中更多地应用熟石灰特別是磨細生石灰。

第二章 石灰生產簡述

把石灰岩、白堊、大理岩、介壳石灰岩、凝灰岩、鎂質石灰岩或白云石置于 $1100\sim 1300^{\circ}\text{C}$ 高温下煅燒后即获得气硬性石灰。

在制造气硬性石灰的原料內 不应含有超过 8% 的粘土和砂子等杂质；如这种杂质的含量过多，則获得水硬性石灰。

石灰煅燒工业中所采用的窑有数种。周期作用的土窑生产率低，其成品的質量亦不高，并且需耗費大量的燃料。土窑已逐漸不用，而以結構較完善的窑代替。連續作用的环式窑应用得还比較广泛，但已被机械化装料和卸料的窑所代替。环式窑的横剖面图見图 1。

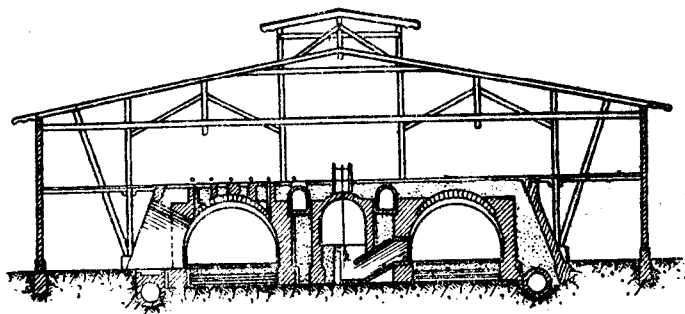


圖 1 燒石灰用环式窑横剖面图

最常用的机械化石灰煅燒窑是立式窑——立式交互装料窑和立式燃燒爐分开式窑；这两种窑的剖面示意图見图 2 及图 3。

燃燒小块石灰岩和白堊系在煅燒水泥等材料所用的旋轉

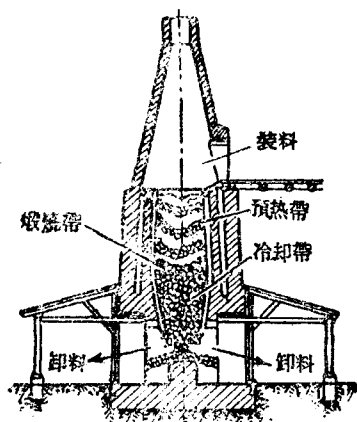


圖 2 煅燒石灰用立式交互裝料密

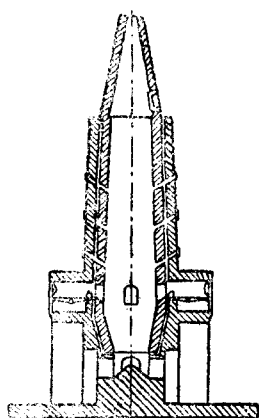


圖 3 立式燃燒爐分式密

窯中進行。

石灰岩煅燒時發生分解而放出碳酸氣；留下的就是主要制成品氧化鈣，氧化鈣內含有一些原來含在原料中的雜質。從窯中取出的煅燒好的石灰為尺寸50到150公厘的塊狀體，經過冷卻後再運往消費地點。

未熟化的石灰塊是一種半制品，為了供應建築工程的需要，它尚需經過加工。通常到最後總是把石灰塊熟化成石灰漿或熟石灰。

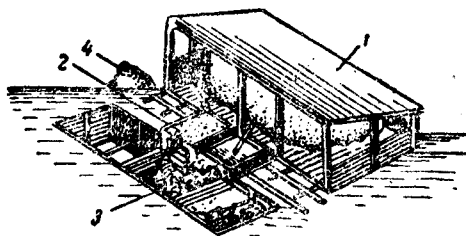


圖 4 用最簡單的方法熟化石灰

在工廠內的特制設備中把石灰熟化成熟石灰，這種設備稱為水化器。石灰利用壓力蒸汽在水化器內迅速而完全地熟化。必須把熟石灰（水化石灰）和大塊的生石灰分開。大塊生石灰必須在磨細以後才能摻入熟石灰中。

可以在石灰熟化槽內，甚至就在復有木板的石灰漿坑中把石灰熟化成石灰漿。圖4所示為用熟化槽製造石灰漿的全視圖。在特殊構造的水化器中熟化石灰是一種較完善的制作石灰漿的方法。

石灰熟化時，經常獲得大量的廢品，這些廢品系由過火石灰塊和欠火石灰塊所組成。如應用輾碎機熟化石灰，可以在熟化石灰時同時磨碎過火石灰塊和欠火石灰塊。磨碎的未熟化石灰粉混入石灰漿內，並且以細粉狀態均勻地散布在其中。圖5所示為這種機械的全視圖。

未熟化的石灰經磨細後，無需預先熟化即可使用（粉末狀）。

第三章 石灰的性質

根據一般的觀點可以把石灰分為兩類：氣硬性石灰和水硬性石灰；這兩類石灰在成分和性質方面都各不相同。

煅燒鎂質石灰岩、白云石或石灰岩（這些岩石所含的粘土和砂子等雜質不多，不超過8%，並且不會顯著地影響石灰的性質）所得的未燒結的制成品稱為氣硬性石灰。

氣硬性石灰中含量最多的和化學活性最強的成分是游離狀態的氧化鈣和氧化鎂。氧化鎂含量超過5%的石灰稱為鎂質石灰；煅燒白云石時可獲得白云石質石灰，其中含有20%到

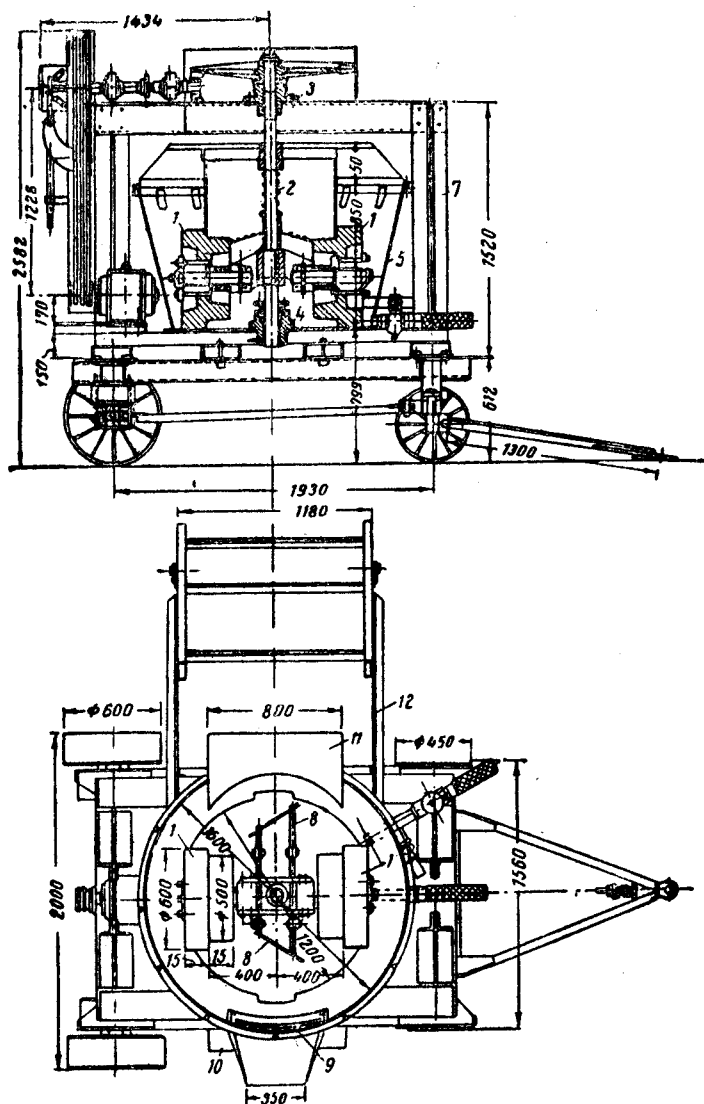


圖 5 柴也可夫斯基式石灰熟化机

41%的氧化鎂。氧化鎂含量不到5%的石灰称为低鎂質石灰。

在不致引起燒結的温度下,适度地煅燒泥灰石灰岩(粘土和砂子等雜質的含量約为8%到24%,)所得的制成品称为水硬性石灰。水硬性石灰的主要成分是游离状态的氧化鈣和氧化鎂,以及矽酸鈣和鋁酸鈣;矽酸鈣和鋁酸鈣的生成是水硬性石灰具有水硬性的先决条件。矽酸鈣和鋁酸鈣含量較少时,也就是游离状态(即非化合状态)的氧化鈣含量較多时,获得所謂弱水硬性石灰;游离状态的氧化鈣含量較少而矽酸鈣和鋁酸鈣含量較多的石灰称为强水硬性石灰。

能急剧地与水反应并放出大量的热是剛煅燒成的石灰的一个最重要的性質。石灰与水相互作用的过程称为熟化,由熟化作用所得的产品称为熟石灰。

如以少量的水(略多于化学反应所需的水量)熟化石灰,則获得白色細粉狀的水化石灰,这种石灰称为熟石灰。如熟化生石灰块时所用的水的重量略大于石灰重量,則获得軟的塑性石灰漿。以大量的水熟化石灰时,則生成白色的悬浮液(悬膠体),这种悬浮液称为石灰乳。

煅燒石灰岩所得的生石灰块,由于在煅燒时放出了碳酸气,故具有較大的孔隙度。因此生石灰块的重量減輕达44%,但其体积較石灰岩仅减少15~16%,因此体积差不多相等的生石灰块总是比石灰岩輕。

生石灰的顏色和它的成分有关:純碎的石灰为白色;含鉄質雜質的石灰呈現各种不同色度的黄色和紅色。

松散的生石灰块的容重与原料的性質以及煅燒条件有关,因为經過煅燒后或多或少地会使材料密实些。例如,以密实的石灰岩(大理岩、矽質石灰岩)燒成的生石灰的容重界于1.45~1.70之間,而由白堊或石灰华燒成的生石灰的容重則

显著地减小,约为0.70~1.10。

石灰的熟化

刚煅烧成的块状生石灰置于空气中会逐渐产生变化:石灰块的表面开始裂开,石灰块崩解,经过一定时间变成白色的熟石灰粉,它是由氧化钙与空气中的水蒸汽起相互作用而生成的氢氧化钙所组成的。这一过程通常称为“石灰的熟化”。

但是,必须指出,当温度高于 100°C 时生石灰不会被空气中的水蒸汽所水化;这就说明了为什么窑内冷却带上煅烧的石灰不会与含有水蒸汽的助燃空气起作用。

石灰能与水化合,这是它的最重要的性质。石灰同水相互作用的快慢与石灰的紧密度有关,或者说与它的孔隙度有关。在真空中煅烧到 700°C 所得的石灰块,因为其紧密度较小,故具有最快的水化(熟化)速度,并且与水急剧地起反应。但在 1500°C 高温下煅烧成的石灰,由于受到高温的作用因而引起了严重的烧结,故水化很慢。

氧化钙与水反应时所发生的热量为15,176卡/克分子,或相当于1克氧化钙发出274卡的热量。石灰熟化成石灰浆时也会同样地升高温度,因而使水沸腾。

按照石灰的熟化速度可以把石灰分为:

- 1) 快速熟化石灰:即能在5分钟内水化的;
- 2) 中速熟化石灰:即能在5~30分钟内水化的;
- 3) 低速熟化石灰:即加水后30分钟以后开始熟化的。

如以少量的水熟化生石灰,所生成的水化石灰的温度将超过 500°C ;在这样的高温下会引起水化物的分解,亦即发生相反的作用,随即生成生石灰。

如熟化石灰时水量不够,將引起所謂石灰的“燒坏”,也就是使留下的未熟化石灰在繼續加水时失掉繼續熟化的能力,或更准确地說,熟化进行得非常緩慢。石灰“燒坏”的原因是:由于在高温时发生凝聚作用,使氧化鈣顆粒表面生成一层密实的膠狀的氫氧化鈣薄膜,因而使水不能滲入顆粒的內层。根据柴夫里也夫的定义,这种現象称为熟化的“自动停止”;显然,当石灰熟化成石灰漿时,若攪拌得不够,也会发生同样的現象。

熟化快速熟化的富石灰时,宜將熟化时所发出的大量的热量排出去。但熟化低速熟化的貧石灰时,則应在不会散发热量的条件下进行,以免水化过程受到破坏或甚至完全停止。

石灰熟化成熟石灰粉时,所得水化物的体积有所增加,較生石灰的体积为大。熟石灰粉体积增加的原因主要是由于熟化时石灰顆粒急剧地分散,因而在其間生成空隙所致。氫氧化鈣本身的比重較小,这一点很容易用簡單的計算来証明。根据B.H. 荣格(B.H. Юнг.)的計算,1公斤比重为3.2的氧化鈣的体积为312.5立方公分,根据理論計算熟化这些氧化鈣所需的加水量为0.32公斤,而其体积則为320立方公分。水和氧化鈣(单独取用)的总体积等于632.5立方公分。所得的氫氧化鈣的重量为1.32公斤,比重約为2.1~2.2,其体积恰等于600立方公分。因此,如以理論上所需的水量熟化氧化鈣时,所得水化物的体积比原有物質体积的总和約减少5%。

石灰漿的体积較石灰块的体积为大,这是由于石灰熟化时吸收很多的水并使表面吸水的石灰顆粒膨胀所致。大家都知道,由生石灰直接熟化而成的石灰漿的体积大于用熟石灰制成的石灰漿的体积;兩者之間的体积比例約为5:3。从下述的例子中可以看出,直接熟化生石灰所得的石灰漿产漿量大于用熟石灰制成的石灰漿产漿量。直接熟化5公斤生石灰約

可得10.6公升石灰漿，但在5公斤生石灰熟化所得的10公升熟石灰內加水后只生成8.1公升石灰漿。

熟化方法不同引起石灰漿產漿量有差別，這是由於熟石灰和石灰漿顆粒粒度不同所致。熟石灰顆粒的平均粒徑約為6微米左右，而由生石灰直接熟化而成的石灰漿的顆粒的粒徑約為1微米。因此，生成熟石灰的氫氧化鈣的顆粒粒徑比石灰漿顆粒的粒徑大5倍。

1克熟石灰顆粒的表面面積總和約為4,000平方公分，而在石灰漿內顆粒總表面面積則達到20,000平方公分，即大4倍。顆粒大小的不同可以用熟化條件來解釋。石灰熟化成熟石灰時，會發生細粒的膠體氫氧化鈣顆粒的凝結作用，並生成較粗的合成物；但石灰熟化成石灰漿時卻不會生成粗粒合成物。發熱量大的、純粹的快速熟化石灰熟化成石灰漿時，生成很細的顆粒，因而就獲得最大的產漿量。發熱量小而熟化緩慢的貧石灰生成粒徑較粗的氫氧化鈣顆粒，其單位表面較小，膨脹較少，因而產漿量較低。用熱水熟化石灰，可以加快水與氧化鈣的反應，使生成的水化物很松散而獲得比用冷水熟化石灰時更細的石灰顆粒。根據這一點，應該認為用熱水或甚至用沸水來熟化富石灰，尤其是熟化貧石灰，是一個十分合理的提高石灰質量的方法。

一般說來，很早以前人們就已經知道用熱水可以加快石灰的熟化，但實際上沒有得到廣泛的應用和承認，因為採用這種方法會使石灰熟化作業複雜化。然而，在冬季施工時，尤其是在冬季熟化貧石灰時，應該認為用熱水熟化石灰是一個完全有效而合理的辦法。

石灰塊和石灰顆粒的大小能影響石灰熟化的速度。無疑地，當其他條件都相同時，石灰塊愈小則氧化鈣水化愈快。因