

可塑性灰浆与混凝土

B. H. 索罗克尔著

曉 聞譯

人民交通出版社

可塑性灰漿与混凝土

В.И.索罗克尔著

晓 聞譯

人民交通出版社

本書主要說明采用混凝土与灰漿塑化附加剂的理論上和實驗上的研究成果，并提出了實用上的建議。对于应用塑化剂时如何節約水泥和提高混凝土質量等問題有特別詳盡的敘述。

本書可供建築工程師、混凝土生产人員、材料試驗所的實驗人員以及科学工作者学习和参考。

譯者在翻譯过程中对一些公式及数字作了修改。

統一書号：15044·2030-京

可塑性灰漿與混凝土

В. И. СОРОКЕР
ПЛАСТИФИЦИРОВАННЫЕ
РАСТВОРЫ
И БЕТОНЫ

ГОСУДАРСТВЕННОЕ ИЗДАТЕЛЬСТВО
ЛИТЕРАТУРЫ ПО СТРОИТЕЛЬСТВУ И АРХИТЕКТУРЕ
МОСКВА 1953

本書根据苏联建筑工程与建築藝術出版社1953年莫斯科俄文版本譯出

曉 聞 譯

人 民 交 通 出 版 社 出 版

(北京安定門外和平里)

新 華 書 店 發 行

公 私 合 營 慈 成 印 刷 工 廠 印 刷

1957年8月北京第一版

1957年8月北京第一次印刷

开本：850×1168毫米

印張：7張

全書：189,000字

印數：1~2,000冊

定價(10) 1.20元

(北京市書刊出版業營業許可証出字第〇〇六号)

前 言

苏联共产党第十九次代表大会关于 1951~1955 年苏联发展第五个五年计划的指示，规定了在城市和工业建筑的范围内更好地利用新的、优良的墙壁材料，增加各种矿渣混凝土大块和普遍混凝土大块、各种新的质量优良的修饰和铺面用的建筑材料，以及厂制的混凝土和钢筋混凝土结构与配件等的生产，同时还要更进一步地提高产品质量和降低其成本。

依照 1953 年 9 月 7 日苏联共产党中央委员会全体大会和苏联最高苏维埃第五次常会的决议“关于进一步发展苏联农业的措施”，必需在农业建筑工程中保证广泛地应用各种钢筋混凝土的结构。

在这五年内，使所有发电站的总能力大约增加到两倍，水力发电站的能力则大约增加到三倍，其先决条件是要建筑体积巨大的混凝土工程，特别是在建筑水工构筑物时。因此，对水工混凝土的质量及其耐用性和经济合理性所提出的许多要求，具有极重大的意义。

对于制造钢筋混凝土制品、房屋用的大块等所用的混凝土，也提出了这些要求；而在减少水泥耗用量的条件下提高这些制品的质量和降低其成本，可以应用各种可塑性混凝土与灰浆来达到。

苏联的一些科学研究院曾经研究出许多质量优良而价格低廉的塑化剂，并且它们所用的原料大多是生产上的废料；这就促进了这些塑化剂在我们建筑工程实践中的广泛利用。不过，要达到这个目的，最严重的困难是缺乏这样的参考书：在其中充分地研讨这些塑化剂的特性，并提出其应用方面的实际建议。这样的资料散见于许多文献中，不常为读者所能得到。

本書系根据各研究院和建筑機構的資料以及作者个人的經驗来創作这种参考書的一个嘗試。对于本書的內容和結構的所有批評意見，請按下列地址寄給出版社：Москва，Третьяковский проезд，дом № 1。

作者对于中央工业建筑科学研究院領導上在进行試驗时給予的协助，深表感謝。試驗的結果在本書有所敘述。

緒 論

混凝土和鋼筋混凝土構築物或制品应当是堅固、耐用而經濟的。這個要求對於鋪砌用的和抹灰用的灰漿也具有同樣的意義；而它首先是和各種高質量的填充料與水泥的應用有關。同時，還必需保證獲得含水量尽可能小的流動混合料。

一般水泥在六個月齡期中結合了達 10 % 的水分，甚至當水泥水化作用完全的時候，所結合的水量也不過達到 20 %〔33〕^①。其實，為了獲得易于澆灌的混合料所需要的水量遠比上述的數值為大。這個水量，按水泥重量的百分數來講，大約為 45 ~ 65 %，根據混凝土混合料的流動性和所用填充料的種類而定。

水泥封固時所含的水分，大約只有 $\frac{1}{4}$ 的數量和水泥發生化學作用。約同樣數量的水分（毛細管的、薄膜的）是和水泥處在物理結合的狀態中。對混凝土混合料的易澆性說來，當混凝土製備時加入其中的水分約需 50 %。

這樣，對於提高混凝土的質量就存在着兩種相矛盾的理論。第一，必需降低混凝土中的含水量，以提高其堅固性和耐用性；第二，為了增加混凝土混合料加工的容易性以保證其能密實的和均勻的澆灌，必需增加水量，從而提高混凝土的質量。解決這個矛盾是混凝土工藝技師們的任務。

可用下述方法解決這個任務：擬定和採取各種適當的措施，以便在用水量最小的情況下獲得易澆灌的混凝土或砂漿混合料。這些措施有：細致地區分各種填充料和選擇混凝土的成分，以及使混凝土混合料的澆灌工作機械化（混凝土搗實作用的加強），澆灌工作主要借助有效力的震搗器來進行。

① 此處和以後在方括弧中的數字均系指附在本書末的參考文獻的序號。

混凝土的真空作业和震捣真空作业，在混凝土混合料浇灌之后将部分多余的水分除去，并将混凝土加以补充的捣实，也是为了同样的目的。

最近几年来，在 П.А. 列宾捷尔院士的参加下，苏联的建筑科学为建筑者们提供了一种促使降低混凝土含水量的新的、经济的药剂。

这种药剂系使混凝土与灰浆混合料发生塑化作用的各种表面活性物质。这些物质叫做塑化剂，而加有这些物质的混凝土与灰浆则称为可塑性混凝土与灰浆。

这些可塑性混凝土与灰浆可有条件地分成两个主要的种类：

属于最普遍的第 I 类的，有这样的可塑性混凝土和灰浆，其中具有足够的胶结料，以便获得易于加工的各种混合料：150 号和 150 号以上的富混凝土以及 50 号和 50 号以上的富灰浆。

这类混凝土与灰浆，其塑化作用的意义在于不增加含水量而能提高水泥料浆的流动性。由于这种料浆的数量足够多、能将混合料的全部空隙填满，所以提高了这种料浆的流动性而使混凝土或灰浆的易浇性得到改善。

对于这一类的塑化作用来说，应该利用那些使水泥料浆流动性急剧增加的表面活性物质。П.А. 列宾捷尔曾建议把这类表面活性物质叫做胶溶剂（第 I 类的塑化剂）。

“胶溶作用”一词的意义，按其过程的特点来讲，是和“凝聚作用”一词密切地相联系着的，后者是表明和前者相反的现象。在物理化学中，许多物质粒子（细碎的扩散物相的粒子）由于它们相互粘着、合并或借其他方法而结合（胶体粒子的扩大现象）的结果以致扩大的那种现象，是包含在“凝聚作用”一词之中的。这样，在凝聚作用时，胶体系统的分散度就发生降低的现象。而和凝聚作用相反的那种过程，也就是胶体系统的分散度发生加强或复原现象的那种过程就叫做胶溶作用。

富混凝土和富灰浆的例子有：水工混凝土和道路混凝土，钢筋混凝土结构用的高标号混凝土，以及耐水灰泥、装配式钢筋混凝土

凝土的接縫等所用的那些特种高标号灰漿。

这种用膠溶剂进行塑化的富混凝土或灰漿混合料，最重要的特点是混合料的需水量降低 10~15%。

在降低需水量的条件下保持混合料的易澆性，就能使可塑性富混凝土与灰漿具有提高的密实度，因而也就改进了他們的耐冻性和不透水性。这些可塑性混凝土与灰漿，在保持指定的强度、密实度和易澆性的条件下，需要較少的水泥耗用量，而这个耗用量的减少几乎是和需水量的降低成比例的。

亞硫酸鹽-酒精殘脚和它的各种衍化物便是这一类塑化-膠溶剂的代表。

水泥耗用量的减少不仅对于膠結料的节省，而且对混凝土成本的降低說来都是重要的。当水泥固化作用时发生体积上变形的水泥石体，和那些稳定的填充料相比起来，是混凝土中最易受到损坏的地方；因此，在保持混凝土和混凝土混合料的指定性能条件下，减少混凝土中水泥石体的含量，是改善混凝土耐用性的一个相当重要的因素。

这些可塑性富混凝土与灰漿的特点，在于它們的流动性显著提高，这就能借助混凝土泵来进行它們的輸送工作。

屬於第Ⅱ类（也是非常普遍的一类）的那些可塑性貧混凝土灰漿，主要是 100 号和 100 号以下的貧混凝土以及 25 号和 25 号以下的貧灰漿。

这一类混凝土与灰漿的制备，至少用去国内所消费的全部水泥的 30%，以及大量的石灰和磨細的矿質附加剂。

在建筑工程中广泛利用 100 号和 100 号以下的低标号混凝土。各种不同的水工构筑物、巨型基础、桥梁的桥台、地坪下的垫底层等等，都是用这些标号的混凝土做成的。

为了获得这些混凝土的規定强度而需要的 100~120 公斤/立方公尺的水泥数量，对于获得混凝土混合料的易澆性說来是不够的。在这种情况下，必需耗用过剩的、在强度方面不必要的水泥，或者除水泥之外，还应用大量各种不同的磨細的矿質附加剂。

各种低标号——在 25 号以下——的灰漿，最常应用在磚石工程和抹灰工程中。这些灰漿的特点是水泥的含量非常少。譬如，对于 10 号灰漿說来，所耗用的水泥总共只有 75 公斤/立方公尺。

这些数量微少的水泥，对于获得各种易于澆灌的灰漿說来是完全不够的。因此，必需补充地加入大量的石灰料漿或粘土料漿，或耗用过量的水泥。

在耗用少量的水泥情况下，获得各种易于澆灌的貧混凝土与灰漿这一件事，对建筑工程的机械化和工程造价的降低是非常重要的。这些可塑性貧混凝土与灰漿使能不用那些使建筑过程复杂而价格昂貴的磨細矿質附加剂、石灰或粘土，并且能提高構築物的耐用性。

第 I 类的塑化剂——膠溶剂——是不宜用在各种貧混凝土中的。在这些貧混凝土与灰漿中，水泥料漿的数量对保証混合料的易澆性說来是太少的，因而这种料漿的塑化作用就不能够使这些混凝土与灰漿变成易于澆灌。在这种情况下，应采用第 II 类的那些表面活性的塑化剂——微沫形成剂。这些塑化剂当和混凝土或灰漿混合料攪拌的时候，主要的作用在于造成許多极微小而稳定的气泡，使这些混凝土和灰漿的混合料发生塑化作用。

在这些貧混凝土与灰漿中，当进行塑化作用的时候，水泥料漿就部分地被稀薄的空气所代替了。

这种貧灰漿可以同大孔混凝土相比拟〔42〕。

ЦНИПС-1 制剂（洗滌过的木柏油脂）是最普遍的一种厂制的微沫形成剂。每 1 立方公尺混凝土或灰漿所耗用的这种微沫形成剂的数量不超过 0.20 公斤。这种制剂大部分是在混凝土或灰漿制备的时候加入其中的。

这些可塑性混凝土与灰漿，不仅每一种都可能具有它原来的性質，而且还可能部分地具有其他种类的性質。有可能得到这样的一些表面活性制剂，即其中膠溶作用和微沫形成作用适当地結合起来的。

上述这两类可塑性混凝土与灰漿，已經在建筑實踐中广泛地

利用了。苏联的建筑科学在这个问题上具有无可置疑的优先地位。

在国外，各种微沫形成剂（费因素^①以及其他等等）大半是专门用来提高混凝土的耐冻性的，而且它们主要是用在各种高标号的混凝土中。

① 原文为 Винсол——译者。

目 錄

前 言	
緒 論	•
第 一 章	塑化剂的分类及其描述..... 1
第 二 章	塑化剂的应用..... 9
第 三 章	塑化作用过程的物理化学原理..... 16
第 四 章	膠溶作用的測定..... 36
第 五 章	可塑性水泥与憎水性水泥的应用..... 49
第 六 章	膠溶性混凝土与灰漿..... 57
第 七 章	可塑性水泥混凝土成分的选择..... 93
第 八 章	当混凝土混合料在工地上加入塑化剂时对普通水泥富混凝土成分的选择..... 122
第 九 章	当混凝土混合料在工地上加入微沫形成剂时对普通水泥貧混凝土成分的选择..... 137
第 十 章	灰漿用塑化剂数量的决定..... 145
第十一章	可塑性混凝土与灰漿的調制..... 157
第十二章	可塑性混凝土与灰漿在建筑工程中的利用..... 178
第十三章	可塑性混凝土与灰漿在国外現場中的应用..... 194
第十四章	混凝土与灰漿应用塑化剂时水泥的节约..... 205
参考文献	 212

第一章 塑化劑的分类及其描述

1. 膠 溶 劑

人們使用亞硫酸鹽-酒精殘脚的濃縮物和它們的各种衍化物作为第I类的塑化-膠溶劑。

通常 这些亞硫酸鹽-酒精殘脚的濃縮物是用亞硫酸鹽法制造纖維和酒精或酵母时的一种廢料。

当用酸性亞硫酸鈣在过剩的硫酸存在下处理木材的时候，木材中所含的木脂就以木脂磺酸的各种鈣鹽形式轉到溶液中去。每1吨乾的纖維可获得4~5立方公尺的所謂亞硫酸鹽-纖維殘脚的溶液。在这种殘脚中平均含有（按重量百分数計算）：

木脂.....	46
和木脂相結合的 SO_2	17
和各种木脂磺酸相結合的 CaO	8
碳水化合物.....	23
油脂.....	5
蛋白質.....	1

亞硫酸鹽-酒精殘脚是一种半扩散性的膠体系統〔37〕。其中只有木脂磺酸鈣是水泥的膠溶劑，所余下的那些組成部分都很少参加到水泥水解作用和水化作用时的各种表面現象中。

各种六碳醣系在酒精車間里从殘脚中蒸餾出来的，并在其中只余下6~10%的各种五碳醣，后者一部分可以在酵母車間中蒸出。

为了获得50%的濃縮物起見，將选取酒精或酒精和酵母之后所得到的殘脚在多效式蒸发裝置中加以蒸濃。这种液态的亞硫酸鹽-酒精殘脚濃縮物(КВЖ)是棕褐色、比重为1.25~1.30的稠粘液体。

这种液体濃縮物系裝在鐵路槽車中由工厂里运送出去。

在某些工厂中，人們將这种液体濃縮物送到特殊裝置中，蒸制成固体的状态，其濃度約为 76~78%。这种成品称为“固态的亞硫酸鹽-酒精殘脚濃縮物”(КБТ)。它是裝在木桶中送发出去的，每桶重 35~40 公斤。在其他的一些工厂中，这种濃縮物系借助接触法的乾燥作用轉变成成为淺棕色的粉末。其中所含乾物料不低于成品重量的 87%(КБП)。这种(КБП)粉末系裝在四层的紙袋中运出，每袋的重量为 16~20 公斤。

許多工厂都生产这种亞硫酸鹽-酒精殘脚濃縮物作为一种商品。

現时，这些亞硫酸鹽-酒精殘脚濃縮物系用作翻砂业的粘合剂，石油井鑽孔时各种粘土液中的扩散剂，以及混凝土塑化作用的附加剂。

液态的和粉狀的濃縮物均易溶解于冷水中，而固态的則易溶于热水中而成为一种膠体溶液，这种溶液具有各种表面活性的性質。

50% 的那种濃縮物每公斤价約 50 戈比。制造 每吨 50% 濃縮物时标准燃料的耗用量約为 1 吨。

沙利卡姆斯基工厂曾制出了許多批試驗性的热法叠合物(粉末)，它們是亞硫酸鹽-酒精殘脚濃縮物經特殊处理后的一种产物。

按照苏联国家标准(ГОСТ 6003-51)，这些亞硫酸鹽-酒精殘脚濃縮物是各种木脂磺酸的鈣鹽，含有許多还原性的和矿物質的夾杂物[19]。这些还原性物質[醣类]的含量應該不大于乾物料重量的 12%，而灰粉的含量則不应大于 20%。

2. 微沫形成剂

采用下列各种制剂作为第Ⅱ类的塑化剂——微沫形成剂：

ЦНИПС-1 制剂(洗滌过的木柏油脂)。制取这种洗滌过的木柏油脂时所用的主要原料，为乾餾各种木柏油时以固态树脂

殘留物的形式而生成的那些闊叶樹和針叶樹的木柏油脂。在乾餾的時候，所發生的不僅是許多揮發油分的餾出和許多含氧酸類的濃集，而且還有水分的脫除和含氧酸酐的形成等作用。

當這種蒸餾作用逐漸進行的時候，可順序獲得下列許多產物：1)輕質的焦油——類似苯的一種液體燃料；2)苯酚油和浮選油；3)抑阻劑油（抗氧劑），供作熱裂操作中的一種固定劑；4)木柏油脂。

這些木柏油脂的特徵為：色暗，大多是黑色的；斷口呈貝殼狀，表示這些木柏油脂的非結晶形結構是一種過度冷卻的液體，化學的活性很小，並且由於時間而發生的變化也很小〔37〕。

中等硬度的針叶樹的木柏油脂，其概略的組成為：

中性的柏油混合物.....	1 %
不能洗滌的部分.....	2 %
酚類.....	8 %
含氧酸類及酐類.....	32 %
樹脂酸類.....	35 %
油酸類.....	3 %
礦質夾雜物.....	1 %

為了制得微沫形成劑ЦНИПС-1 制劑^①，用苛性鈉將木柏油脂加以洗滌處理。

木柏油脂中的含氧酸類、酚類和酚鹽等都要被洗滌去。

余下那些存在於木柏油脂中的高分子有機化合物，不會為苛性鈉所洗滌；不過在鹼液存在的時候，它們就會良好地擴散起來。由於這種擴散作用的而獲得的洗滌過的木柏油脂能溶解於熱水中。

這種洗滌過的木柏油脂水溶液具有各種表面活性的性質，而

① ЦНИПС-1制劑系維特魯茨斯基森林化學聯合企業依照 В. И. 索羅克爾、Л. И. 蔡特維里科夫、Я. Я. 古金、Л. П. 波略科夫諸氏所建議的方法製造的。它是以膏體的狀態產出，按定量包裝在袋子中，每袋淨重 15 公斤，每噸價 1710 盧布。每個袋子上都有商標紙，說明這種塑化劑水溶液的製備方法和它的貯藏方法〔13〕。

成为一种微沫形成剂，同时还具有微弱的憎水性質。

为了制造塑化剂，將熔化好的柏油脂在 200° 的温度下，由树脂蒸餾器中放到具有槳式攪拌机的乳化鍋中去。

当这种熔化的柏油脂温度冷却到 $140 \sim 150^{\circ}$ 时，即將苛性鈉溶液加入到正在操作的攪拌机中。在攪拌終了之后，制成的洗滌过的液态木柏油脂就以加热的状态卸裝在紧密的三层紙袋中。

这种塑化剂应能满足“森林化学工业管理局的暂行技术规范” (BTY—ГЛХ 30-50)。

按照这些技术规范，塑化剂 ИНИПС-1 是一种溶于热水中的黑色膏体。在 1 公升 7% 的塑化剂水溶液中，不溶性部分的含量应该不大于 5 克。塑化剂中不溶性部分的含量，系在 20° 温度下测取 7% 塑化剂水溶液的比重来进行测定的。在工业天秤上称取数量为 75 克的塑化剂，并在攪拌的条件下于 5 分鐘內將它溶解在 1 公升預热到温度不低于 80° 的水中。所得到的溶液比重，借助具有刻度为 $1.00 \sim 1.08$ 和刻度数值为 0.001 的比重計来测定时，其数值应等于 $1.016 \sim 1.018$ 。这种洗滌过的木柏油脂水溶液叫做塑化剂 ИНИПС-1 的标准溶液^①。

比重为 1.017 的这种塑化剂水溶液，其中含有 5% 乾的木柏油脂（按重量計）。

洗滌过的松香酸脂（松香酸鈉）。松香酸鈉是用苛性鈉將松香酸脂中和的方法而制得的。

松香酸脂是无油松香的許多衍化物之一，其主要的成分为氧化的脂酸类 $C_{20}H_{30}O_4$ 和 $C_{20}H_{30}O_6$ 。

这些无油松香产物是由木材提取所得的脂类物質經加工而得到的。在苏联，系將各种針叶树所排出的松节油原料树脂（未經淨化的松节油）来进行加工的。这种松节油原料树脂的主要部分

① 个别情况下，允許运进这样的塑化剂，它所制成的溶液比重是小于 1.016 的。在这种情况下，为了保证溶液的比重不低于 1.016，在貼在包裝上的商标紙中应该說明溶解这个容器或袋中含有物所需用的水量。

为脂酸类。松香酸是当这些脂酸类加热到 200° 和 200° 以上时大量生成的两个或好几个同素异性体的酸类混合物。

松香酸脂的特征是它的熔化温度为 118° ，和它的洗涤系数为 150。

全苏水力发电站科学研究院研制了一种溶解于水中的乾粉状松香酸钠制剂〔44〕。

在工地上进行这种松香酸钠水溶液的制备情形如下：

将树脂打碎成细块，在磨石、轆轤中磨细，或用手工磨细，并用尺寸为 0.3 公厘的孔的筛子过筛。

制备好比重为 1.16 的 15% 苛性钠水溶液，并将它预热到沸腾。

在沸腾的苛性钠溶液中，于强烈的搅拌下将树脂粉末逐渐加入，其数量与苛性钠溶液的数量相等。

不许将树脂大量地加入锅中，因为它会使泡沫很快地形成，而从锅子的边缘溢出，这样可能使管理锅子的工人受到烫伤。

树脂的熬煮操作系在沸腾的情况下进行约 1 小时至树脂完全溶解为止。在熬煮的时候，水分应根据需要进行补充，其数量每 10 公斤树脂不得超过 60 公升。熬煮工作完毕时，在所得到的产物中重新加入一定数量的水分，使得所含树脂的重量为水容量的 5%。

这种水溶液叫做松香酸钠标准溶液，而其特点是比重在 1.015~1.020 范围内。

微沫形成剂 BC。塑化剂 BC 现在还是在工地上制备的〔11〕。任何种类的有机植物质材料，凡是含有蛋白质和碳水化合物的，如艾蒿、向日葵和玉蜀黍的秆、泥煤、乾草、松树的针叶等等，都可供作制备这种塑化剂用的原料。这些植物质材料在熬煮时经过苛性钠的处理，将其中所含的有机油酸类洗去。当制剂熬煮終了时，在液体中加入在 90 号^①筛子上的筛余不大于 15% 的、细

① 每 1 平方公分有 4900 孔。

磨过的、或天然細小而疏松的各种矿質材料（熟石灰、矿渣粉、碎磚末、水泥、石膏等等），以供有机产物的胶体粒子沉降（吸收）在材料顆粒的表面上。

將向日葵、玉蜀黍等的秆用割草机預先切細，然后在磨盤、輾輥、或磨粉机上研磨成細小的纖維或粉末的状态。乾草、泥煤和松树針叶等只要加以細磨即可。

10~12% 濃度的 KOH 或 NaOH 碱水溶液（每 1 公升水用 100~120 克碱），是在熬煮鍋或單独的貯槽中制备的，使用后时溶液系由貯槽溢流到熬煮鍋中去。

当碱完全溶解于水中后，可將預备好的有机原料倒入鍋中，按每 1 公斤乾物料用 3 公升的碱液計算。

如果使用潮湿的有机材料时，必需考虑到其中所含的湿度，而相应地减少水分的耗用量。

將鍋子中的物料加热到沸点时，并令其保持 3~4 小时，物料每經 10 分鐘进行一次攪拌（以免有机物料燒焦）。

在熬煮过程完毕后，即刻將物料加以冷却（在 2~4 小时之内），冷却后再將所得到的生成物在具有强制攪拌的灰漿攪拌机中与吸收剂粉末相拌和。开始时，先將物料加入灰漿攪拌机的轉筒中并进行攪拌 30~45 秒，然后将吸收剂粉末分 2~3 批加入轉筒中，繼續攪拌 3~5 分鐘直到获得均匀的物料时为止。

加入粉末的数量系按 3~4 公斤的总物料中含有約 1 公斤有机物料来計算的。

所获得的这种混合物，潮湿的可在手中揉搓成团的物質，可裝在貯槽或料仓中，并在那里停留 8~12 小时。此后，將它在不高于 100° 的温度下加以乾燥，到湿度不大于 2% 为止。当乾燥时，不可讓物料发生碳化作用。

經乾燥后的物料在球磨机中，在磨盤、輾輥、或磨粉机上加以磨細，直到其磨細度在 90 号篩子上的篩余不大于 15% 时为止。

这样所得到的产物是一种良好的石膏凝固作用的阻滯剂，并