

在农田水利工程中 如何正确地使用水泥砂浆

水利科学研究院结构材料研究所著

水利电力出版社

內 容 提 要

在全国水利化的高潮中，农田水利工程中日益广泛地使用水泥砂浆。这本小册子介绍了有关水泥和砂浆的一些常識及有关的試驗方法和資料。对于正确地在农田水利工程中使用水泥砂浆和解决目前农村在使用水泥砂浆中存在的問題有着很好的参考价值。

本書可供从事农田水利工程的工作人員参考。

在农田水利工程中 如何正确地使用水泥砂浆

水利科学研究院結構材料研究所編著

*

1888552

水利电力出版社出版（北京西郊科學路二里溝）

北京市書刊出版業營業許可証出字第105号

水利电力出版社印刷厂排印 新华書店发行

*

787×1092 $\frac{1}{32}$ 开本 * 1 印張 * 23千字

1959年3月北京第1版

1959年3月北京第1次印刷(0001—3,080册)

統一書号: .5143·1489 定价(第9类)0.13元

前 言

在总路綫的光輝照耀下，掀起了一个水利化的高潮。在农田水利工程中水泥砂浆的使用日益广泛，如何正确地使用水泥砂浆是兴修农田水利工程的主要問題之一。但目前介紹这一方面知識的書籍还很少。

这本小冊子系介紹有关水泥和砂浆的一些常識，試图帮助解决目前农村使用水泥砂浆中存在的若干問題。本書主要参照苏联电站部全苏水利科学研究院“水工建筑物設計规范。磚砌水工建筑物”，和我們过去所累积的一些試驗資料編写而成的。由于我們經驗和水平所限，錯誤之处在所难免，尙希讀者指正。

这本小冊子可供农田水利工程設計和施工人員参考。

目 录

第一章 水泥常識.....	3
第一节 水泥是什么	3
第二节 水泥的种类及其用途	5
第三节 水泥物理性能	8
第二章 砂浆常識.....	10
第一节 农田水利工程对砂浆的要求	10
第二节 砂浆性能的試驗方法	15
第三节 如何决定砂浆的配合比	18
第三章 使用水泥砂浆的几个問題.....	23
第一节 如何选用水泥和砂料	23
第二节 用高标号水泥拌制低标号水泥砂浆的矛盾和解决的 办法	25
第三节 施工的控制和养护	27
附 录	30

第一章 水泥常識

第一节 水泥是什么

要把一块一块的磚或石砌成一个整体建筑物，必須用胶凝材料把它們粘結起来。胶凝材料是一种粉状物，加水拌和后会凝結硬化并把一块块的磚石胶成一个整体。我們最常見的胶凝材料为石灰和水泥。石灰只能在空气中硬化，属于气硬性胶凝材料。水泥不仅能在空气中变硬，在水中也能变硬，属于水硬性胶凝材料。

我們知道一种粘土煅燒磨細后，并没有水硬性。一种石灰石煅燒后所得的石灰也没有水硬性。可是把石灰石和粘土这两种东西按适当的比例配合燒成的水泥，不但能在水中結硬（即具有水硬性），而且还有很高的强度。这是什么原因呢？要回答这个问题，我們需要知道水泥里面究竟是些什么东西。

水泥的种类很多，它里面的东西也是錯綜复杂的。我們只以一种矽酸盐水泥为例，它的主要化学成分如表1所示：

表 1 矽酸盐水泥熟料的化学成分

化学成分	波动范围
氧化鈣(CaO)	64~67%
氧化矽(SiO ₂)	21~24%
氧化鋁(Al ₂ O ₃)	4~7%
氧化鉄(Fe ₂ O ₃)	2~4%
燒失量(n.n.n.)	小于5%
不溶物	小于0.75%
MgO、SO ₃ 、TiO ₂ 、Na ₂ O、K ₂ O、P ₂ O ₅ 等	1.5~2.0%

根据研究的結果，查明上列氧化物，化合成表 2 中的几种矿物成分。

表 2 矽酸盐水泥主要矿物成分

名 称		含量百分数
矽酸三鈣	$3\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2 (\text{C}_3\text{S})$	37~60%
矽酸二鈣	$2\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2 (\text{C}_2\text{S})$	15~37%
鋁酸三鈣	$3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 (\text{C}_3\text{A})$	7~15%
鉄鋁酸四鈣	$4\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3 (\text{C}_4\text{AF})$	10~18%

在水泥熟料中，除以上几种矿物組成外，尚有游离 CaO 、 MgO 等极少量的物質及一些玻璃体。

从表 2 可以看出，矽酸盐水泥中，主要的矿物是矽酸三鈣，約占水泥的一半，它是水泥結硬的主要因素(尤其是在初期)。制造早强水泥时，就要增加 C_3S 和 C_3A 的百分数。其次是矽酸二鈣，結硬較慢，但后期强度較高，加水后发热較少較慢。在制造低热水泥时，需要提高矽酸二鈣的成分。鋁酸三鈣可使水泥凝結快，水化时发热多而快，早期强度高，对后期强度没有什么影响。含有鋁酸三鈣多的水泥，在海水中容易引起膨脹而松裂。所以制造低热水泥和抗硫酸盐水泥时，都要尽量减少它的含量。鉄鋁酸四鈣，在发热和在海水中的膨脹方面，都比鋁酸三鈣好一些，也就是說水化热小，抗海水浸蝕能力强，但早期强度則較差。制造低热水泥及抗硫酸盐水泥时，可用它来代替部分鋁酸三鈣。

水泥中氧化鎂是个不受欢迎的成分。可是在石灰石中往往或多或少的含有碳酸鎂，使水泥成分中不能避免含有氧化鎂。因为它水化較慢，在水泥已硬化后才进行水化，因此引起体积膨脹，使已硬化的水泥石产生裂紋或潰裂現象。所以，在矽酸盐水泥中，限制氧化鎂含量在 4.5% 以內。

游离石灰也是不受欢迎的成分之一。它会引起水泥石的不安定。

以上把水泥的主要矿物組成及性質簡單的談了一下。現在我們来研究一下为什么水泥和水拌合后会結硬，放在水里，不但不松解，反而愈变愈硬。从实践中我們可以知道，水泥加水拌和后，靜置若干小时，会逐渐凝結硬化。这一过程可分为两个阶段：先“凝結”，后“硬化”。两个阶段合起来簡称“結硬”。

在做水泥的物理性試驗时，用試針插入的方法来測定水泥“凝結時間”，凝結時間分“初凝”和“終凝”。“初凝”表示水泥已开始凝結。“硬化”就是逐渐变硬的現象，也就是强度的增进。水泥强度增长过程很长，在适当的环境下，一直延續数十年。

当水加到水泥中去后，水泥和水的化学反应，就在水泥表面进行，生成的极少量反应物質即刻溶于水中。这样水泥顆粒新的表面又暴露出来和水繼續作用，直到水泥顆粒周圍的溶液，变成反应产物的饱和溶液为止。这时候水泥和水的作用还是繼續进行，只是水泥和水作用生成的产物不再溶解于水中，它們以細分散状态的固体析出，变成胶体状态，生成凝胶。凝胶存在時間是有限的，它逐渐变成晶体。晶体的紧密交錯分布，就使硬化后的物体具有較高的强度。这就是水泥加水后，凝結硬化的过程。

第二节 水泥的种类及其用途

水泥是各項建筑工程的一种重要材料。因为建筑工程的用途是各种各样的，要求也就不一样，所以一种成分的水泥無論如何无法滿足多种多样的要求，因此必須生产很多品种的水泥。现在就我国目前已生产的几种水泥簡單介紹如下：

1. 矽酸盐水泥 也称普通水泥。它的耐冻性較好，但耐蝕

性較差，水化熱也較高，故不宜用于水工建築物水下部分及大體積混凝土工程。在低溫環境中，或要求早期強度較高的情況下，可採用矽酸鹽水泥。

目前，各地都在用土立窖來生產矽酸鹽水泥，解決了水泥供不應求的問題。

2. 無熟料水泥 一般稱為代水泥，它主要有石灰燒粘土水泥、石灰礦渣水泥、石灰火山灰水泥、礦渣硫酸鹽水泥等幾種。它們的通性是：強度較低，尤其是早期強度。用無熟料水泥拌制的混凝土的和易性比普通矽酸鹽水泥要好，蒸汽養護對強度增長有顯著作用。無熟料水泥在空氣中養護時強度增長很慢，早期不能碰水，不宜用于水下施工。無熟料水泥抗凍性較低，在氣候嚴寒或氣溫變化激烈的地區，使用無熟料水泥時，摻用加氣劑，或和矽酸鹽水泥混合使用可改善這些缺點。

3. 火山灰質矽酸鹽水泥和礦渣矽酸鹽水泥 在談這兩種水泥之前，首先要簡單的談一下“混合材料”。所謂混合材料即摻加某種礦物于水泥熟料中，以提高水泥產量，降低成本，改進水泥某些質量。這些礦物有天然生成的和人工製造的二種。天然混合材料如火山灰、凝灰岩、浮石等等。人造的混合材料如煅燒的粘土原料、頁岩灰等等。混合材料中有的屬於水硬性的，它在常溫下能和石灰結合，成為穩定的，具有膠凝性的化合物。另外是一些屬於非水硬性混合材料，它在常溫下不能和石灰起作用生成膠凝性的物質。礦渣是一種水硬性混合材料，但是把它磨細和水後即使不與石灰作用，也具有膠凝性質，這是礦渣與別的水硬性混合材料不同之點。

火山灰質矽酸鹽水泥和礦渣矽酸鹽水泥全是摻混合材料的矽酸鹽水泥。前者是在普通矽酸鹽水泥熟料中，按水泥成品重量均勻加入20~50%火山灰質混合材料；後者是摻入20~85%

的粒状高炉矿渣，磨細而成。这种水泥的优点是在于它硬化时分解出来的游离氢氧化鈣与所掺混合材料中的活性二氧化矽、氧化铝相化合，生成矽酸鈣、鋁酸鈣水化物，且不溶于水。这种水泥对环境水的侵蝕作用的抵抗力尤其是对硫酸盐类侵蝕作用的抵抗力較高。这种水泥硬化时所放出的热量，較普通水泥少。在保持潮湿的环境下早期强度較低，但后期强度增进較大，蒸汽养护时，早期强度发展較快，例如，用400号普通水泥拌制的混凝土，7天强度約为28天强度的55%，而同标号火山灰質水泥拌制的混凝土，7天强度約为28天强度的41%。这种差別，在低温环境下更是显著。例如，在环境温度为1°C时，400号普通水泥拌制的混凝土7天强度約为28天强度的27%，而在相同条件下，火山灰質水泥仅15%。火山灰矽酸盐水泥干縮率較大，耐冻性也較普通水泥差。

根据上面所說火山灰質矽酸盐水泥的性能，它一般用在地、水下，尤其是海水中的工程，以及經常受水压的水利工程。在大体积工程中，因要求发热量較少，因此也常用这种水泥，但它在要求早期强度較高的工程中，以及在經常受反复冻結融化或受潮湿干燥作用的部位，不宜采用。

4. 其他特殊水泥 除以上所講的几种水泥外，尚有早强水泥(早期强度較高)，抗硫酸盐水泥(抗硫酸盐侵蝕較好)，大壩水泥(发热量低，适用于建造大壩)，高鋁水泥，膨脹水泥，道路水泥，塑化水泥等。

这些水泥都具有某些独特的性能，在具有特殊要求的工程中才使用，目前在农田水利工程中不会用到，所以不一一詳細叙述。

第三节 水泥物理性能

無論是生产水泥或者是使用水泥，我們都需要知道水泥的質量好不好，能不能用。下面我們就談一下究竟怎样才算是好水泥，并且介紹水泥的一般物理性能。質量的檢驗方法因限于篇幅，不詳細說明，可參考其他書籍。

1. 安定性 安定性是水泥合格不合格的第一道关口，如果安定性不合格这种水泥就是廢品。所謂安定性是指水泥水化过程中，体积变化是否均匀。

造成水泥不安定的原因很多，主要是由于其中存在有害的化学成分如游离石灰、氧化鎂和三氧化硫等而引起的。

通常将水泥試餅放在水中蒸煮以加速硬化，然后鉴定試餅是否有弯曲和裂潰的現象。如果沒有裂縫，变形，就認為是安定的，否則安定性就不合格，这种水泥絕對禁止使用。

2. 标准稠度 标准稠度試驗是确定水泥淨漿达到一定的稠度所需用的水量。标准稠度試驗結果反应了胶凝材料的需水量。

測定水泥标准稠度是利用一种所謂維卡仪来进行的，維卡仪装有重为 300 克直徑为 10 公厘的平头圓杆，根据圓杆自由沉入水泥淨漿中的距离来确定其标准稠度。規定圓杆自由沉入水泥淨漿中离底面 5~7 公厘时的用水量即为水泥标准稠度的用水量。除了維卡仪之外，还可以用上底直徑 4 公分，下底直徑 6 公分，高 10 公分的截头圓錐筒測定塌落度的办法来測定水泥标准稠度需水量。当塌落度为 1~1.5 公分时的加水量即为水泥标准稠度的需水量。这一方法比較簡單，农村可以普遍采用。

3. 凝結時間 凝結時間对于水泥的使用很重要。水泥的凝結時間無論是过快或是过慢都是材料的重大缺点。水泥凝結太快，施工上发生困难，水泥凝結过慢，延緩建筑速度。因此每

种水泥都得测定它的凝結時間。影响凝結時間的因素很多，如溫度，加水量，石膏的加入量等。

測定水泥凝結時間的方法，也是用維卡儀，不过是用断面積为 1 平方公厘的試針来代替試杆，讓試針每隔 5 分鐘自由插入水泥漿中一次。从加水时算起，至試針沉入淨漿中距离底板 0.5~1 公厘时止，所需的時間为初凝時間。初凝以后每隔 15 分鐘用試針插入水泥漿一次，从加水时起至試針沉入淨漿不超过 1 公厘时止，所需的時間为終凝時間。

4. 細度 細度就是水泥研磨的粗細程度，同一种水泥，顆粒愈細，强度就愈高。因为水泥磨得愈細，水泥顆粒就会增多，水泥顆粒的表面也就随之增大，这样和水接触的表面也大，水泥就容易水化，所以强度就高。通常是用篩子来測定水泥的細度，將較細的顆粒篩下，以留在篩子里的顆粒重量占水泥重量的百分数，来表示水泥的細度。通常所用的标准篩是在 1 平方公分的面积上有 4,900 个孔，孔徑只有 88 微米大小，好象絹一样細。矽酸盐水泥的細度規定 4,900 孔篩篩余百分数不超过 15%，无熟料水泥的細度要求稍微降低些，篩余百分数不大于 20% 即可。評定水泥細度的标准，还有一种叫比面积，就是在一克水泥中，水泥顆粒表面积的总和。

5. 强度和标号 通常水泥的强度是指在单位面积上所承受的最大破坏荷重。当承受的是压力时就叫做抗压强度，是拉力时就叫做抗拉强度（或者叫抗張强度）。水泥的标号是指 1 份重量的水泥和 3 份重量的标准砂拌成水泥砂浆，按标准方法制成 $7.07 \times 7.07 \times 7.07$ 公分的立方体，养护 28 天后进行压力試驗，水泥砂浆每一单位面积所承受的最大压力以公斤/平方公分表示，这就是水泥的标号。如 400 号水泥就是每平方公分面积上，加到 400 公斤的压力才破坏。普通矽酸盐水泥一般分 200 号、

300号、400号、500号、600号等号。不同工程要选用不同标号水泥，以免造成不符合要求和浪费的现象。

第二章 砂浆常识

第一节 农田水利工程对砂浆的要求

1. 砂浆的作用 砂浆是水泥、砂子和水按一定比例拌和而成的混合物，用来填满砖块或石块间的缝隙，当它逐渐硬化之后就使各个砖块或石块粘结成一个整体，保证砌体的强度和耐久性。

2. 砂浆的分类 按照拌制砂浆所用的胶凝材料，砂浆可分为水硬性和气硬性两种。水泥砂浆、水泥石灰砂浆、水泥粘土砂浆(为了提高砂浆的和易性，节约水泥，在水泥砂浆中掺入石灰或粘土的混合砂浆)为水硬性砂浆，石灰砂浆为气硬性砂浆。按照砂浆的用途，又可分为普通砂浆和水工砂浆。普通砂浆用于一般房屋建筑或水工建筑物的水上部分，对于这些建筑物还可以用气硬性砂浆或混合砂浆。水工砂浆是指经常受水流冲刷或受水饱和的，位于水下和水位升降部位的砌体所用的砂浆。水工砂浆与普通砂浆不同，因为砌体经常或定期与水接触，所以砌体砂浆必须具有足够的抗渗、抗冻等性能。

在水利工程中根据砂浆的用途及对它提出的要求可分为三类列如表3。

3. 对砂浆的要求 对砂浆的要求必须考虑到建筑物的使用年限和重要性，以及建筑物所处的环境和施工条件等各个方面，以求达到安全耐久，经济合理的目的。通常砂浆须满足以下三个要求：

表 3

砂 漿 的 種 類	要 求
1. 普通砂浆	强度
2. 不透水砂浆	强度, 不透水性
3. 不透水和抗冻砂浆	强度, 不透水性和抗冻性

(1) 稠度, 是和易性的一种指标, 指砂浆稀稠程度, 也就是表示砂浆施工操作难易的程度, 它是以砂浆抵抗外物插入的相对能力, 和相对的流动性表示。砂浆稠度适中, 可以省工省时, 加速工程进度。稠度过稀, 可能浪费水泥或者造成离析泌水现象, 降低工程质量。稠度过干, 砌筑、抹面困难, 不便于施工操作, 影响砌体的强度和密实性。通常, 为了贪图施工方便, 任意加水, 会降低砂浆强度和耐久性。因此只许加入操作所必须的水, 只要满足施工的要求就可以。

通常砂浆稠度可用以下两者中任一种方法进行测定 (试验方法见后):

1) 用截头小圆锥筒测定砂浆的坍陷度。圆锥筒下端直径 6 公分, 上端直径 4 公分, 高 10 公分。

2) 用重量 300 克高 145 公厘, 底径 75 公厘的圆锥体自砂浆表面沉入, 测定砂浆的贯入度 (即沉入的深度)。

用普通建筑砂拌制的砂浆, 其稠度可大致参照表 4 采用。

应当指出, 表 4 中列举的稠度是一个大致的范围, 必须根据具体施工情况, 适当调整。例如在气候炎热、干燥的情况下, 水分易于蒸发, 砂浆稠度可稍稀一些, 对于吸水较大的砖石砌体, 砂浆的稠度也要稍稀一些。但对于潮湿和密致的砖石砌体, 砂浆稠度就要稍干一些。

表4

測定稠度的方法	砂 漿 用 途		
	振動搗實的砌體	石 砌 體	磚 · 砌 體
截頭圓錐筒的塌陷度 (公分)	0 ~ 1	1 ~ 3	3 ~ 5
300 克重圓錐體的貫 入度 (公分)	1 ~ 3	4 ~ 7	7 ~ 10

為了保證砂漿和易性合乎施工要求，有時單靠上述測定稠度的方法還嫌不夠，例如在施工中放置砂漿或運送砂漿能引起離析和不均勻性時，還須做砂漿分層度試驗。所謂分層度是指砂漿在一定時間內流動性保持不變的能力，通常系以前後相隔30分鐘的兩次貫入度之差來表示：

$$P = K_1 - K_2$$

式中 P ——分層度，公分；

K_1 ——開始時測定的砂漿貫入度，公分；

K_2 ——經30分鐘後去掉上層砂漿，重新拌和余下砂漿測定的貫入度，公分。

分層度可以表示砂漿的保水性。保水性好的砂漿分層度就小。分層大的砂漿在運輸及砌築時，就要發生離析現象，造成不均勻性，降低砌體質量。

保水性最好的砂漿，分層度 P 應等於0，此種砂漿適于夏季施工。分層度為1~2公分時，可用于砌築磚石。天氣干燥時，磚石必須澆水。分層度在2公分以上時，不應使用此種砂漿，應採取適當的技術措施改善砂漿的分層性。

(2) 強度，為了保證砌體能夠承受一定的載荷，必須使硬化後的砂漿在預定日期內達到設計強度。砂漿強度系以 $7.07 \times 7.07 \times 7.07$ 公分的立方體在28天齡期受壓時的最大破壞荷重除

以受压面积，以公斤/公分²表示。由于水利工程承受全部荷重可能在3个月以后，因此可利用90天、180天或根据建筑物开始运用的龄期强度为准，根据水工砂浆的强度分为六种标号，按表5划分：

表 5

砂浆标号	极限抗压强度(公斤/公分 ²)
8	8~15
15	15~30
30	30~50
50	50~80
80	80~120
120	120和120以上

根据农田水利工程的需要，对于内部或填充性砂浆其标号可以采用8~15号，对于外部经常位于水下和水位升降部位的水工砂浆强度一般不得低于50号。如有抗渗、抗冻要求须进行专门试验。如果采用低于50号砂浆时须有一定的试验论证。

(3)耐久性，耐久性是指砂浆抵抗自然界各种破坏作用的能力，也就是表示砂浆砌体正常使用期限的长短。自然界中的破坏作用大致分为三类：

1)风化作用：风化作用包括冻融、热冷、干湿三种作用，其中以冰冻作用的破坏力为最大。

2)化学侵蚀作用：水中或地下含有各种盐类或其它有害化学成分，可能对水泥砂浆起严重的破坏作用，如海水对砌体的侵蚀等。

3)机械力作用：如水流冲刷、磨损、冲击等。

从以上列举的破坏作用看来，水工建筑物可能遇到的破坏作用最多，因为水工建筑物经常与水接触，在水分的强大压力

下需要抵擋水的滲透，在寒冷地區需要抵抗冰凍，在過水部分需要抵抗水流的沖刷等等。因此水工砂漿不同于普通砂漿，而持久性要求較高。

我們知道水工砂漿是指經常或定期與水接觸的砂漿而言，對於砌體內部或不與水接觸的水上砌體部分的砂漿不應列為水工砂漿，這一部分砂漿通常沒有持久性要求。

為了保證水工砂漿具有足夠的持久性，水灰比的最大容許值一般不應超過0.55~0.65，它是根據氣候條件、建築物部位和水泥種類等因素而定。且水泥用量在所有情況下不應低於300公斤/公方。

通常水工砂漿的不透水性、抗凍性、抗沖刷性有如下要求：

a)砂漿不透水性：在有不透水要求的砌體中，宜採用不透水砂漿。砂漿不透水試驗系以2公分厚的砂漿試件在20公尺水頭下（即2公斤/公分²水压）經過24小時試件表面未發現透水或潮濕現象即認為是不透水砂漿。

b)砂漿的抗凍性：建築物地區最冷月平均溫度在零度以上者可以不用抗凍砂漿。當最冷月平均溫度在零度以下者砂漿試件須在-15°溫度下經得住表6中的凍融循環次數：

表 6

建築物地區氣候條件 (最冷月平均溫度範圍)	水位升降部位	建築物其他部位
-15°以下， 严寒	50	30
-5°至-15°， 中寒	30	20
0至-5°， 微寒	15	10

當砂漿經過上表凍融循環後符合下列要求者即認為是抗凍砂漿：

①試件沒有顯著的破壞（裂縫、掉角等）。

②7.07公分立方体試件受冻后与受冻前相比强度降低率不大于25%。

③重量损失不大于1%。

c)砂浆的抗冲刷性:水流对于砌体面层的冲刷,主要取决于水流速度和水中含砂量。抵抗水流冲刷主要是砌体中的石料,砂浆仅用于砌体勾缝,而石料比砂浆的抗冲刷能力高很多。砂浆的抗冲刷性要求目前尚无明确规定,如果工程中流速很大,要求采用抗冲刷性砂浆时,須通过专门仪器进行試驗。

用苏联莫斯科門捷列夫化工学院設計的砂浆抗冲刷試驗仪試驗时,可参考表7指标确定砂浆抗冲刷性:

表 7

砂浆抗冲刷性	砂浆磨損量(公斤/公尺 ² ·小时)
耐久的	小于1.0
中等强度	1.0~1.5
小强度	1.5~2.0
沒有强度	大于 2.0

当水分有侵蚀性时,砂浆須进行抗侵蚀性試驗,必要时应采用防护措施。

第二节 砂浆性能的試驗方法

1.稠度試驗

(1)用截头小圓錐筒測定砂浆塌陷度,截头圓錐筒用白鉄皮制,內面及結縫須完全光滑,上端直徑4公分,下端直徑6公分,高10公分。

圓錐筒放于玻璃板上,砂浆分两层装入,每层用直徑5~8公厘末端为圓形的金屬棒或玻璃棒插搗15次,然后刮去表面多余砂浆使砂浆与圓錐筒齐平,將圓錐筒輕輕提取,用直尺量取