

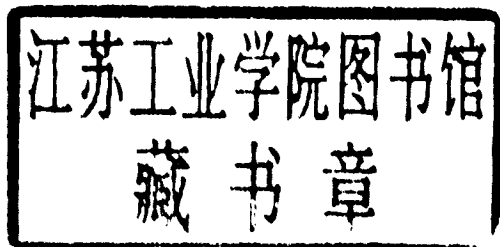
韓廷藻 編著

合理使用水泥和水泥外 摻料的基本知識

上海科學技術出版社

合理使用水泥和水泥外掺料的基本知識

韓廷藻編著



上海科学技术出版社

內 容 提 要

本書包括怎样合理使用水泥及怎样合理使用水泥摻料两部分，参照 1956 年 10 月实行的水泥国家标准，扼要说明水泥的品质标准、标号、种类、特性和应用，防潮要点及受潮的处理；对摻料(塑性附加剂、早强剂、混合料等)及其用法，叙述较詳。

合理使用水泥和水泥外摻料的基本知識

韓 廷 藻 編 著

上海科学技术出版社出版

(上海南京西路 2004 号)

上海市书刊出版业营业许可证出 093 号

上海市印刷六厂印刷 新华书店上海发行所总經售

开本 787×1092 毫米 1/32 印张 2 5/8 字数 56,000

(原科技版印 4,000 册)

1959 年 6 月新 1 版 1959 年 6 月新 1 版第 1 次印刷

印数 1—4,000

統一書号：15119·513

定价：(十二)0.32 元

前 言

水泥是现代主要的建筑材料，随着我国基本建设工程规模的日益扩大，水泥的需要量急剧增加。几年来，我们新建和扩建了若干水泥工厂，扩大了生产量，增加了品种，而且还生产了塑化剂、加气剂等水泥外掺料来适应技术上的要求。

对我们土建工程技术人员来说，水泥的使用，已不象过去单一品种那样简单了。怎样合理应用，才能符合不同工程的技术要求？才能保证工程质量？才能达到最大限度地节约水泥的目的？首先我们必须具有对国内现有水泥品种和水泥外掺料的基本知识。这本书的编写也就是从这一个愿望出发。

本书内容根据国家建设委员会 1956 年 7 月批准实行的几个水泥标准及参考国内试验研究机关的试验资料和建筑工程部门实际应用所积累的經驗而编写。取材尽量结合实用，叙述力求简明。提供现场施工技术人员、材料管理人员阅读，或可作为培训技术干部时的学习资料。由于个人水平、时间的限制，疏漏错误之处在所难免，尚希读者指正。

韓廷藻

1957 年元旦于上海

目次

前言

I 怎样合理使用水泥	1
一、水泥的品质标准	1
(一)物理性質	2
(二)化学性質	5
二、水泥的标号	7
(一)水泥标号的意义	7
(二)水泥标号的规定	7
(三)水泥标号的試驗	9
(四)水泥标号的选择	11
(五)水泥标号按实际活性使用的介紹	11
三、水泥的种类、特性和应用	13
(一)矽酸鹽水泥	14
(二)摻混合材料矽酸鹽水泥	16
(三)其他种类水泥(礬土水泥、膨脹水泥等)	22
(四)无熟料水泥	28
四、水泥防潮要点	33
五、水泥受潮的处理	35
II 怎样合理使用水泥的外摻料	37
一、塑性附加剂	37
(一)加气剂	37
(二)塑化剂	47
二、早强剂	56
(一)氯化鈣	56
(二)鹽酸、碳酸鈉	59
三、混合材料	59
(一)摻用混合材料的要点	59
(二)黃土、粘土混合材料 的摻用	67
(三)其他混合材料(燒白土、尾矿粉、粉煤灰等)的摻用	75
附录	79
一、用 300 号水泥拌制的混凝土在不同溫度下硬化时的相对强度	
二、用 400 号水泥拌制的混凝土在不同溫度下硬化时的相对强度	
三、用 500 号水泥拌制的混凝土在不同溫度下硬化时的相对强度	

I. 怎样合理使用水泥

一、水泥的品质标准

水泥是一种有水硬性的矿物質膠凝材料。制成水泥的基本原料为含有石灰質和粘土質的天然原料。把它們磨細之后，按着适当的成分，加水調成生料漿，放进窑里在 $1,450^{\circ}\text{C}$ 高温下煅燒，燒成象豆子一样大小的顆粒，叫做“熟料”。把熟料加了少量石膏一起磨成細粉，所得的成品就是普通水泥。由于經過煅燒后所化合成的化合物主要为矽酸鹽类的矽酸鈣，所以現在我們以矽酸鹽为水泥的基本名称。

解放后，为适应建筑工程的需要，除了矽酸鹽水泥（就是普通水泥）之外，我們已經生产了在煅燒过程中掺加混合材料（如高炉矿渣、大工厂中用粉煤燃燒后的粉煤渣等）的水泥和特种用途的其他种类水泥。

矽酸鹽水泥和掺有混合材料的矽酸鹽水泥（火山灰質矽酸鹽水泥、矿渣矽酸鹽水泥）应用广泛。关于这三种水泥，我国国家建設委员会已于1956年7月4日批准了建筑材料工业部所提出的“矽酸鹽水泥、矿渣矽酸鹽水泥、火山灰質矽酸鹽水泥标准”（建筑材料标准101—56）把它正式确定下来并規定于1956年10月1日起实施（以下我們簡称三种矽酸鹽水泥标准），同时国家建設委员会还批准了建筑材料工业部所提出的“水泥化学分

析标准方法”(建筑材料标准102—56)和“水泥物理檢驗标准方法”(建筑材料标准 103—56),这些标准,我們应当熟悉。

(一) 物理性質

細度 細度为确定水泥品質主要項目之一。水泥愈細,水化作用愈容易彻底完成,所以凝結愈快,强度也愈高。就制造成本來說,磨得愈細,加工費用愈高,所以水泥以磨至合用的細度为限。我国三种矽酸鹽水泥标准中規定水泥細度,用每平方公分为4,900孔的标准篩篩分的結果,留在篩上的重量(也就是篩余量),不得超过15%。

檢定細度采用每平方公分为4,900孔的篩子来篩。先秤水泥試样約200克,放在干燥箱($110^{\circ}\pm 5^{\circ}\text{C}$)內烘干一小时,然后秤取淨重50克,倒入篩內,一手执篩往复搖动,一手在篩框外拍打。搖动速度,每分鐘約125次。每搖动25次,將篩向一定方向旋轉 60° ,使試样均匀分布在篩布上。將近篩完时,改在紙上篩动,至每分鐘通过篩孔的重量不超过0.05克时为止。秤量篩余物以其克数乘2,即得篩余百分数。

篩余百分数的精密程度須至小数后第一位。細度檢定应作两次,以其平均数为結果。如两次篩余結果相差在1%以上时,須作第三次檢定,而以最接近的两次結果的平均数,作为試样細度的檢定結果。

凝結時間 水泥凝結時間,对于水泥的施工很重要。凝結太快了,影响質量,因为攪拌、运输、澆搗都需要一定的充足時間,如果在澆搗、搗实以前就开始凝結,既不利于操作也影响了混凝土的質量。凝結太慢了,对施工也不利。因为在混凝土搗澆完毕以后,如果不能及早硬化,則將妨碍繼續施工。水泥凝結的現象有两种:一种是凝結的开始,簡称“初凝”;一种是凝結的

終了，简称“終凝”。在工程上对于水泥凝結時間的要求，初凝要緩，終凝要快。我国三种矽酸鹽水泥标准中規定：水泥自加水起至初凝，不得早于 45 分鐘，終凝不得迟于 12 小时。

关于水泥凝結時間的試驗，我国已頒布的“水泥物理檢驗标准方法”中有規定：在工地上仪器設備不齐全的情况下，可采用下列簡易方法，进行初步試驗：

甲、先做水泥标准稠度試驗

(1) 称取 200 克水泥样品，放在不吸水的平板上，加入适当数量的清水(矽酸鹽水泥所需水量約为水泥重量的 23~30% 之間，掺混合材料矽酸鹽水泥可高至 35%)，用鐮刀透彻拌和，時間約为 3~5 分鐘，使成为均匀的淨漿。

(2) 取淨漿的一部分，用手搓成直徑約 5 公分的圓球，把这个圓球在 60 公分的高度墜落到坚硬的平面上，如不生裂縫或不扁于原来直徑的二分之一，那就是标准稠度的淨漿，如果發現裂縫，就表示用水量不够；如果过于扁平，就表示用水量过多。用水量不論过多过少都應該另取水泥样品，变更水量，繼續拌制淨漿，直到試驗結果适合規定为止。紀錄标准稠度时用水量的百分数。

乙、再进行水泥凝結時間試驗

(1) 取 800 克水泥样品加入标准稠度淨漿所需要的水量(即根据标准稠度試驗結果)拌成淨漿，做成直徑約 4 公分的小球 6 个，分別置放在 10 × 10 公分的玻璃板上，然后逐一輕輕震動，使小球坍塌成直徑約 7~8 公分，中間厚度約 1 公分的水泥餅。取出其中一个水泥餅进行凝結時間試驗，其余 5 个作为測定水泥安定性与标号之用，不进行試驗的时候，这些水泥餅用碗或鍋盖好，外面用湿布封牢。

(2) 每隔 5 分鐘用刺刀片在这一水泥餅上輕輕划成凹痕，如果尚未到

达初凝時間，凹痕就会再結合起来，这样繼續划痕，直到凹痕不再結合起来，以及观察痕內并没有光澤反射，即用手指輕輕地敲击玻璃板，如仍不結合起来，就用刀背（鈍的一边）在餅上划一較深的凹痕（長度約 2~3 公分），再輕輕震动，切口仍不結合，則从水泥加水时算起到此时为止，就得到水泥的初凝時間。

(3) 然后繼續試驗，仍用刀切餅，直到不加压力就不能將餅面切开；或用直徑为 2 公厘的平头圓木棒，用手自然的加压力于餅的表面，直到压印深度不到 0.5 公厘时为止（注意加压力时不可用力）。从水泥加水時間算起，就得終凝時間。

安定性 安定性也是确定水泥品質的重要項目之一，主要是决定水泥在水化作用中，是否会发生膨脹，出現裂縫。其发生原因或由于原料成分混合不勻，或煅燒不足，或磨細不够。混凝土中出現裂縫就会減低强度，以致引起漏水、腐蝕等現象，这是混凝土工程上必須避免的。通过試驗，事前能知道所采用的水泥的安定性是否良好，可以避免許多損失。

关于水泥安定性的簡易試驗如下：

(1) 用标准稠度的水泥淨漿做成五个水泥餅（前面已提到可予做凝結時間試驗时多做五个备用）貯藏于溫湿养护箱內，如无养护箱，可复在碗或鍋下，外用湿布封住，經 24 小时取出放清水煮鍋中，經過 4 小时的沸煮，冷却至 $15^{\circ}\sim 25^{\circ}\text{C}$ （水泥餅仍放在水中）。

(2) 然后取出观察水泥餅，如发现放射性裂縫或分碎裂紋（如图 1 甲、乙）或邊緣翹起等情况（如图 1 丙），則証明水泥安定性不好，就不能使用。但如裂縫未达邊緣，而是由于干縮所形成（如图 1 丁），安定性仍算合格。

强度 水泥强度是工程上对水泥物理性能的基本要求。由

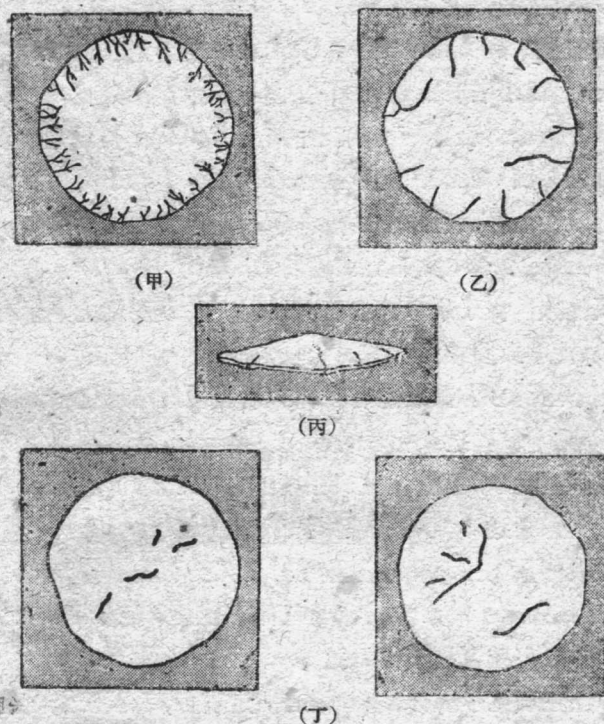


图 1. 水泥安定性試驗

于水泥制造工业的进步, 制造高强度水泥在技术上没有什么困难, 但为了适应各种工程强度的不同要求并降低成本, 我国已生产多种不同强度的水泥。关于水泥强度的具体规定和工地試驗方法, 在下面“水泥的标号”一节中再来说明。

(二) 化学性質

有关水泥品質标准的化学成分可根据燒失量、氧化鎂和三

氧化硫的含量來鑑定。

燒失量 燒失量的多少，表示在水泥中水及碳酸氣含量的多少，水是隨着石膏而帶入的，當儲存時水泥又吸收空氣中的水分。水及碳酸氣會逐漸與水泥中所含有的氧化鎂起化學作用而降低水泥強度。我國三種矽酸鹽水泥標準中對於火山灰質矽酸鹽水泥及礦渣矽酸鹽水泥的燒失量，不作規定。矽酸鹽水泥則規定不得超過 5%，如系立式密製造的，允許達 7%。

氧化鎂 由於水泥原料石灰岩、泥灰岩及粘土中含有碳酸鎂，故水泥中或多或少含有氧化鎂，在煅燒時不與其他成分起反應而幾乎全部以游離狀態存在。以後慢慢地與水化合，而且發生體積膨脹，使經過硬化後的水泥發生龜裂，所以其含量應有限制。我國三種矽酸鹽水泥標準中規定：製造水泥熟料中的氧化鎂含量不得超過 4.5%。

三氧化硫 三氧化硫含量多時日久會引起體積不安定現象，將破壞硬化了的水泥。我國三種矽酸鹽水泥標準中規定：水泥中的三氧化硫含量不得超過 3%。

以上三項化學成分試驗，須有一定設備，手續較繁，需時較長，須取樣送專門試驗機構在化學試驗室中進行試驗。關於水泥試驗，應當由售貨單位按規定標準方法進行試驗，除 28 天強度一項外（應於水泥發出日起 31 天內向購貨單位補報），售貨單位應自水泥發出日起 10 天內，將水泥品質試驗報告寄發購貨單位。如購貨單位有疑問時，可要求售貨單位將當初試驗時所預留封存試樣，提交國家機關重行試驗，作為最後憑証。本節所列各項試驗方法，系結合一般工地試驗條件，為在工地就地進行水泥品質鑑定而提出的簡易試驗方法。

二、水泥的标号

(一) 水泥标号的意义

以标号为建筑材料划分的一项依据,是苏联的先进制度,不只是水泥有标号,它如钢铁、混凝土、砖瓦等都有标号。有了标号,就便于根据工程要求合理选择适当的材料来使用。

水泥是现代建筑工程所不可缺少的一种基本材料,随着祖国工程建设的规模日益宏大,水泥的产量近年来虽也急剧增加,然而水泥的需要量,却总是供不应求,所以水泥的增产节约,在经济上、政治上都具有重大的意义。在解放前我们盲目跟随英美标准,生产的都是高级水泥。不论要用高强度水泥的地方(例如钢筋混凝土行车大料、桥樁等),或者只须用一般强度水泥的地方(例如砌墙、粉刷用的水泥砂浆),都只得采用同一强度的水泥。这样,由于水泥质量不恰当的使用,存在着普遍的、严重的浪费。在苏联早就生产各种水泥,按不同强度自25号直到600号分成若干标号,可按情况选用,切实做到材尽其用,物尽其利。

(二) 水泥标号的规定

我国为了积极提高水泥产量,最大限度地满足建设工程上的需要和技术要求起见,学习了苏联生产水泥的先进经验,向多品种多标号发展。在1952年,就规定了水泥标号。1956年10月1日起实行的三种矽酸盐水泥标准重行规定:矽酸盐水泥分为六个标号:200号;250号;300号;400号;500号;600号。火山灰质矽酸盐水泥和矿渣矽酸盐水泥分为五个标号:200号;

250 号; 300 号; 400 号; 500 号。三种水泥比过去所规定的标号都增加了 250 号一种。

水泥在各龄期的抗压、抗拉强度数值表 (表 1)

水泥标号	矽酸鹽水泥			火山灰質矽酸鹽水泥		矿渣矽酸鹽水泥	
	3 天	7 天	28 天	7 天	28 天	7 天	28 天
抗压强度(公斤/公分 ²)							
200	—	100	200	90	200	90	200
250	—	140	250	110	250	110	250
300	—	180	300	140	300	140	300
400	160	260	400	190	400	190	400
500	220	350	500	270	500	270	500
600	260	420	600	—	—	—	—
抗拉强度(公斤/公分 ²)							
200	—	12	18	11	18	11	18
250	—	12	18	11	18	11	18
300	—	15	22	14	22	14	22
400	15	19	24	18	24	18	24
500	19	23	27	22	27	22	27
600	21	27	32	—	—	—	—

水泥的标号以水泥砂漿的强度代表之,是根据試件 28 天的抗压强度决定的。测定水泥标号的时候,应当按照国家规定的标准方法,做成水泥砂漿的試件,在标准状况下养护 28 天后测定它們的抗压强度。試件抗压强度的数值按水泥标号分級规定作为水泥的标号。譬如,試驗的結果抗压强度为 300 公斤/平方公分,就可决定为 300 号水泥,由于現行水泥标号以 100 号一級划

分(除 250 号一级系以 50 号一级划分外), 如果抗压强度超过 300 公斤/平方公分, 不到 400 公斤/平方公分, 例如 365 公斤/平方公分, 规定也当作 300 号水泥, 直到 400 公斤/平方公分才是 400 号水泥。所以刚出厂的水泥的实际标号, 根据统计大部分高出约 50 号, 随着时间而会逐渐下降, 平均每天下降率为 0.26 %。上表是各种水泥标号各龄期抗压、抗拉强度数值(按规定的标准检验方法试验, 各龄期强度均不得低于上表内所列数值)。

(三) 水泥标号的试验

水泥标号试验的方法有两种: 一为软练法, 另一为硬练法。前者水泥砂浆配合比为 1:2, 水灰比 0.65, 拌制出来的砂浆较湿; 后者水泥砂浆配合比为 1:3, 水灰比要比软练小, 拌出来的砂浆较干。1953 年 2 月前重工业部批准实施的硫酸盐水泥标准草案, 规定以硬练法为标准, 而以软练法为我国确定水泥强度过渡时期的试验法。1956 年 10 月 1 日起实行的三种硫酸盐水泥标准中确定以硬练法为准, 并选定了福建省的平潭县竹嶼和芦洋埔砂区采取的天然海砂, 经过筛选、漂洗、烘干等过程而制成的纯石英砂粒作为我国试验中的标准砂。水泥硬练试验法, 我国已规定有标准方法, 以其必须配备一定器具并须熟练人员来做, 故应当在试验室中进行。由于水泥标号规定在水泥包装容器上必须清楚标明, 售货单位并须在水泥发出 31 天内将正式强度试验报告交购货单位, 对水泥标号无可疑现象时, 工地一般就不做试验。在工地由于水泥受潮等情况, 要检验水泥标号时, 如不送专门机构进行试验, 可根据苏联斯克拉姆塔也夫教授所建议的快速近似试验方法进行试验。

(1)把安定性試驗合格的五个水泥餅，立即逐一进行抗折强度的試驗，試驗仪器很簡單，工地可以自制，主要的为鉄板一块，板中有 25×6 公分的長方形空洞，鉄环一只以及吊桶、鉄块或鉄砂荷重設備。如下图 2，將鉄板架空，水泥餅橫放在鉄板空洞邊緣，鉄环套在水泥餅上（餅面必須与鉄圈緊密貼合），环的鈎上挂一只桶，加入鉄砂或小鉄块直到水泥餅折断为止。

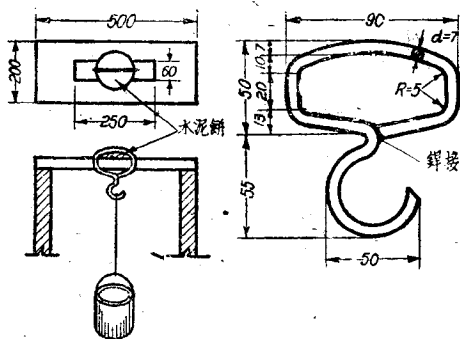


图 2. 水泥餅抗折强度試驗(單位:公厘)

(2)可按下列公式計算水泥餅的抗折强度: 水泥餅抗折强度 = $\frac{9p}{bh^2}$
(公斤/平方公分)

式內 p ——所加荷重, 包括桶和鉄环重量(公斤)。

b ——水泥餅破損处底面的直徑(公分)。

h ——水泥餅中心的厚度(公分)。

水泥餅抗折强度为五个水泥餅的平均值, 求得此值后就可从下列試驗数值大約地測定水泥的标号。

水泥餅抗折强度与水泥标号的关系 (表 2)

水泥餅抗折强度 (公斤/公分 ²)	50	55	60	70	85	100
水泥标号	200	250	300	400	500	600

(四) 水泥标号的选择

各种水泥既明确的规定了不同的标号,我們工程技术人员,就必须善于合理地来选用。水泥标号的合理选择,要从经济上、技术上考虑。用于混凝土及钢筋混凝土工程中的水泥标号可参考下表规定来选择。

选用水泥标号参考表 (表 3)

使 用 情 况	水 泥 标 号
水泥标号与混凝土标号的比例	2 倍混凝土标号 < 水泥标号 < 3 倍混凝土标号
配制高标号混凝土(300 号以上)	水泥标号 ≈ 1.5 倍混凝土标号
钢筋混凝土	不得低于 250 号
耐热混凝土	不得低于 300 号
一般水工混凝土	不得低于 200 号
受一般冰冻作用的混凝土工程	不得低于 300 号
受严重冰冻或受侵蚀兼受冰冻作用的混凝土	不得低于 400 号
公路路面、机场跑道等工程的耐磨擦面层	应大于 400 号

附注: (1) 上表中所指“一般冰冻作用”为最冷月的平均温度在 $-5^{\circ}\text{C} \sim -15^{\circ}\text{C}$ 之间, 且冬季水位变动不大于 50 次者。

(2) 上表中所指“严重冰冻作用”为最冷月的平均温度低于 -15°C 。或冬季水位更动在 50 次以上者。

(五) 水泥标号按实际活性使用的介绍

在前节我們已说明水泥的标号系按国家规定标准试验方法测定其强度来决定。水泥标号的高低意味着水泥活性的高低。目前我国水泥标号除 250 号系以 50 号一级划分外, 其他是以 100 号作为一级划分, 这样在实际使用过程中(特别是在水泥出厂后随即使用的情况下), 混凝土的强度普遍超出设计标号。因

为在水泥厂中虽然实际测得的水泥活性为 399 号或 499 号，但当划分等級时也只能划作为 300 号或 400 号，事实上就有 99 号活性的水泥没有被利用。

根据統計，目前新出厂水泥的实际活性，按出厂时的平均值計算，大部分的水泥活性高出 50 号以上（但也有个别的数值較低），同时水泥的活性也随着時間而降低，平均每天活性的下降率为 0.26%。利用 $M = R(1 - 0.0026)^{N-1}$ 的公式，可以推算出每天水泥的实际活性。上式中： M 为当天使用的水泥标号， R 为最近一次测得的活性，0.0026 为水泥活性的下降率， N 为試驗日起到当天使用日期的天数。为了节约水泥，就提出了水泥标号按实际活性使用的問題并經建筑工程部洛阳建筑工程局的实践証实了在保証质量的前提下达到节约水泥的目的。

洛阳建筑工程局推行水泥标号按实际活性使用的步驟是这样的：

(1) 凡随出厂随使用的情况下，出厂标号为 300 号的，即按 330 号使用，出厂标号为 400 号的，即按 430 号使用，在使用过程中，也按照公式 $M = R(1 - 0.0026)^{N-1}$ 逐日計算水泥的真正活性，加以使用。

(2) 每种新水泥到場时，即取样加以試驗一次，以后每隔 15 天取样試驗一次。第一次水泥活性試驗出来后，即根据此一活性按照水泥每天强度下降率 0.26% 来計算此后 15 天的水泥活性。15 天后第二次活性試驗出来后随即根据連續二次的活性，算出 15 天中每天的平均强度下降率，采用第二次試得的活性及此一强度下降率，使用到下一个 15 天中去。第三次活性試驗出来时，也依此类推。