

新拌混凝土质量快速 检测技术

《新拌混凝土质量快速检测技术编写组》



地质出版社

1991.9

新拌混凝土质量快速 检测技术

《新拌混凝土质量快速检测技术编写组》

地质出版社

1991.9

(京)新登字095号

内 容 提 要

本书在收集大量文献的基础上,对简单实用、快速方便、可靠度高的国内外新拌混凝土质量快速检测技术,进行了较为系统的介绍。其中包括混凝土强度、单位水泥用量、单位用水量、水灰比、外加剂含量的快速检测方法,并结合工程应用,对国内有关检测技术进行了评述,可供从事建筑施工、工程质量管理的人员参考使用。

新拌混凝土质量快速检测技术

《新拌混凝土质量快速检测技术》编写组

地 震 出 版 社 出版

北京市民族学院南路9号

北京市怀柔县渤海印刷厂印装

新华书店北京发行所发行

全国各地新华书店经售

850×1168 1/32 8.25印张 213千字

1991年11月第一版 1991年11月第一次印刷

印数:0001—4500

ISBN 7-5028-0466-8/TU·35

(839)定价:14.00元

前 言

在混凝土工程施工中，加强混凝土的质量控制，是确保混凝土工程质量的重要环节。但以往一般要在混凝土浇灌后经硬化28天，才能得知混凝土的强度及其它物理力学性能，这无疑对于混凝土施工质量管理是一个严重的缺陷。一些强度不足、质量低劣的混凝土工程，常在施工完成后才能发现，不得不花费很大代价来补强加固，工程报废的事例也并不罕见，针对上述问题，国内外围绕从新拌混凝土中取样，快速检测混凝土的强度、水灰比、配合比和水泥含量等课题，进行了大量的试验研究工作，并取得了一些有实用价值的检测方法，已在工程实践中显示了明显的效果。这对于避免减少混凝土工程质量事故，确保工程质量和节约材料都有重大作用。

为了使广大工程建设者，尤其是现场施工和质量管理人员能全面地了解和掌握新拌混凝土的快速检测方法，提高混凝土质量控制水平，改善混凝土质量管理，我们在系统总结我国多年来积累的较成熟的新拌混凝土质量快速检测方法的基础上，又吸取了日本、美国和英国等国家的有关经验，编写了《新拌混凝土质量快速检测技术》一书。本书的主要内容有混凝土强度的早期快速检测及推定混凝土强度发展的方法；新拌混凝土水灰比、配合比、水泥含量、含气量与外加剂的快速检测方法。并力求较详尽地介绍各种方法的原理、特点、步骤、测试器具、实施要点、计算方法、适用范围及工程应用效果。使用者可从中作出比较，根据不同情况，选择适当的检测方法。

参加本书编写工作的有程良奎、顾直青、肖良钊、牛青山、李虹、李永康、陈风英、程大生、曹红梅、张帆等同志为本书的出版做了许多协助工作。

我们相信，本书的出版，将有助于加强混凝土工程的质量控

目 录

第一章 新拌混凝土强度的快速检测

第一节	概述·····	(1)
第二节	促凝压蒸技术推定新拌混凝土的抗压强度···	(4)
第三节	早期推定混凝土28天强度·····	(26)
第四节	按混凝土早期强度预测任意龄期强度 的方法·····	(41)
第五节	新拌混凝土强度快速检测方法的评述·····	(47)
第六节	日本新拌混凝土强度的快速检测方法·····	(53)

第二章 新拌混凝土水灰比的快速检测

第一节	概述·····	(66)
第二节	炒干法测定新拌混凝土水灰比·····	(68)
第三节	水洗法测定新拌混凝土水灰比·····	(70)
第四节	容量瓶法测定新拌混凝土水灰比·····	(75)
第五节	炒干逆滴定法测定新拌混凝土水灰比·····	(83)
第六节	密度计水中称重法测定新拌混凝土水灰比···	(86)
第七节	密度计法测定新拌混凝土水灰比·····	(93)
第八节	新拌混凝土水灰比快速检测方法的评述·····	(96)
第九节	日本新拌混凝土水灰比的快速检测方法·····	(99)

第三章 新拌混凝土配合比的快速检测

第一节	概述·····	(123)
第二节	新拌混凝土配合比检测的各种方法·····	(123)
第三节	喷射混凝土配合比的测定方法·····	(128)
第四节	硬化混凝土配合比的推定·····	(135)

第四章 新拌混凝土水泥含量的快速检测

第一节	快速分析仪测定新拌混凝土中水泥的含量··	(141)
第二节	英国新拌混凝土水泥含量的快速测定仪····	(149)
第三节	日本新拌混凝土水泥含量的快速检测·····	(158)

第五章 新拌混凝土含水量的快速检测

第一节	波测法及其检测装置·····	(180)
第二节	波测法微型计算机控制系统·····	(187)
第三节	新拌混凝土含水量控制仪·····	(193)
第四节	美国微波反射率和透射量测定法·····	(197)
第五节	日本新拌混凝土含水量的快速检测·····	(204)

第六章 美国新拌混凝土含气量的快速检测

第一节	概述·····	(211)
第二节	重量法·····	(211)
第三节	压力法·····	(214)
第四节	体积法·····	(216)
第五节	其他方法·····	(218)

第七章 日本新拌混凝土外加剂含量的

快速检测

- 第一节 亚硝酸类防锈剂含量测定方法Ⅰ
(判断液滴定法)……………(220)
- 第二节 亚硝酸类防锈剂含量的测定方法Ⅱ
(试纸法)……………(223)
- 第三节 木质素类外加剂含量的测定方法……………(225)
- 第四节 新拌混凝土膨胀剂掺量的测定方法Ⅰ
(李氏测径器法)……………(229)
- 第五节 新拌混凝土膨胀剂掺量测定方法Ⅱ
(速凝无侧限约束法)……………(235)

第八章 日本新拌混凝土氯化物含量的

快速检测

- 第一节 新拌混凝土中氯化物含量测定方法Ⅰ
(试纸A法)……………(239)
- 第二节 新拌混凝土氯化物含量测定方法Ⅱ
(试纸B法)……………(244)
- 第三节 新拌混凝土氯化物含量测定方法Ⅲ
(盐溶液浓度计法)……………(247)
- 第四节 新拌混凝土氯化物含量测定方法Ⅳ
(滴定法)……………(249)

第一章 新拌混凝土强度的快速检测

第一节 概 述

抗压强度是混凝土质量评定与控制的重要指标，它一般在试件标准养护28天后通过试压试验才能知道。这远不能适应混凝土现场浇筑或工厂预制的需要。为确保工程质量，避免或减少工程质量事故，节省水泥、降低造价，必须研制一套简便易行、精度高、速度快的预测混凝土强度的方法。以便使施工人员在混凝土浇筑前或浇筑过程中尽快知道混凝土的潜在强度，发现质量问题后，立即调整混凝土配合比，消除不合格产品。从而提高现场混凝土的质量管理水平。

早在本世纪20年代，美国首先提出了现场混凝土快速测强的试验方法。1974年，美国材料试验学会制定了三种混凝土快速养护的试验方法（ASTM C684-74）。1984年，该学会在原有三种试验方法的基础上进一步充实和确认，确定了以温水法、沸水法和自动控温法三种快速养护测定混凝土强度的试验方法（ASTM C684-81）。

70年代末、80年代初日本和加拿大等国先后研制了一些混凝土快速测强的方法，分别列入专利产品或本国的有关试验标准中。

我国在60年代曾有单位开展过混凝土快速测强方法的试验研究，但发展缓慢，实际应用很少。70年代末和80年代初，先后有交通部公路科学研究所、北京市建筑工程研究所、中国建筑科学研究院以及许多预制构件厂和建筑公司基层单位从事混凝土快速测强方法的研究和应用。

1982年12月,由中国建筑科学研究院等十多个单位提出的沸水法、80℃热水法和55℃温水法三种早期推定混凝土强度试验的方法,通过技术鉴定,1983年列入我国城乡建设环境保护部部颁标准(JGJ15-83)。

交通部公路科学研究所于1980年开始进行快速推定混凝土强度的试验研究。1981年,他们提出了国产专用促凝剂结合家用压力锅为主要设备的“用促凝压蒸技术即时推定混凝土强度试验”,该项技术于1982年通过技术鉴定,随即完善了试验方法,相继研制了定型设备。这些设备具有体积小、重量轻、价格便宜和易于携带等优点,特别适用于生产现场,为更广泛应用提供了有利的条件。1983年,该项试验方法列入交通部部颁标准《公路工程水泥混凝土试验规程(JTJ053-83)》的附节中,为普遍推广促凝压蒸法即时推定混凝土强度技术提供了规程依据。实践证明,该试验方法是控制混凝土质量的有效方法。

混凝土工程中应用早期推定混凝土强度技术可避免工程质量事故,确保工程质量,还可节省水泥用量,这有以下实例为证。

1. 保证工程质量实例

(1)福建泉州大桥工程1983年10月至1984年4月使用C25混凝土。通过对采用促凝压蒸法1小时推定混凝土强度前后两种情况分别抽样组试验结果的比较表明,由于采用1小时强度试验能及时调整配合比,在施工条件不变的情况下,混凝土强度标准离差 σ 从4.5MPa降至3.9MPa;离差系数 C_v 从15.9%降至12.8%;强度保证率 P 从80.8%提高到94.2%。按ACI214-77标准评定,施工控制从合格水平提高到优良水平。

(2)河南郑州黄河大桥工程在大孔径钻孔桩混凝土施工中采用质量控制图,通过1小时强度试验及时掌握混凝土质量,及时调整配合比,混凝土28天强度平均值 $f_{28}=38.4\text{MPa}$, $\sigma=3.1\text{MPa}$, $C_v=8.0\%$,强度保证率和施工控制均达到优良水平。

(3)广西柳州水泥厂扩建工程混凝土施工中以C20混凝土,采

用1小时强度试验控制质量，混凝土28天强度标准离差 $\delta = 1.36 - 1.44\text{MPa}$ ，离差系数 $C_v = 6.1 - 6.9\%$ ，强度保证率和施工控制均达到很高的水平。

2. 节约水泥实例

(1) 黑龙江省第六建筑工程公司构件厂1983年采用1小时推定混凝土强度新技术，由于充分利用水泥活性，一年节约水泥200t，占全年水泥用量的6%。

(2) 北京市第二建筑工程公司混凝土搅拌站1982年开始采用1小时推定混凝土强度，半年生产中节约水泥600多t，约占水泥总量的9.5%。

(3) 广西柳州水泥厂扩建工程1986年1—5月的统计，节约水泥126t，节约率约为10%。

3. 避免质量事故实例

(1) 福州泉州大桥工程在施工中采用快速测强技术，及时发现混凝土质量异常情况，查出一批不合格的325号水泥，避免了一起质量事故。

(2) 柳州水泥厂扩建工程自1985年4月至1986年5月用1小时强度试验及时提供信息，曾先后避免由于配合比计算出错、或由于称量设备失灵等原因造成的质量事故5起。

近年来，许多单位和科研人员对混凝土强度的快速测定又进行多种多样的试验和研究，提出了许多测试方法。这些方法大体可分三大类，即试块加速养护法、促凝压蒸法和混凝土原材料配合比分析法。

试块加速养护法是把混凝土立方体试体放入沸水或给定温度的热水中养护，致使混凝土快速硬化，而后进行抗压强度试验。根据测得的快速养护混凝土强度，按事先已建立的同材料混凝土强度推定式推定标准养护28天龄期的混凝土强度。

促凝压蒸法是在新拌混凝土的湿筛砂浆中加入专用促凝剂，拌和均匀，装模成型后，立即将试体带模放入专用压蒸锅中压蒸

养护，而后拆模，进行砂浆试体的抗压强度试验，根据测得的快硬砂浆强度，按事先已建立的同材料混凝土强度推定式立即推定标准养护28天龄期或其它龄期的混凝土强度。

混凝土原材料配合比分析法是随机抽取混凝土拌合物，用物理的或化学的方法分析出混凝土各组成材料的重量和相互的配合比例。由于混凝土的配合比特别是水灰比，与混凝土标准养护28天的强度有较好的相关性。只要分析出混凝土的配合比或水灰比，就可以推定混凝土标准养护28天的强度。

本章阐述前两种试验方法。混凝土拌合物的水灰比或配合比分析将在第二、三章中叙述。

第二节 促凝压蒸技术推定新拌混凝土的 抗压强度

一、促凝压蒸技术推定混凝土 抗压强度的方法

从现场取有代表性的新拌混凝土3—4kg，用5mm孔径筛筛出混凝土中的砂浆，称取500g砂浆试样倒入搅拌锅，撒入规定的专用促凝剂，拌匀后装模捣压成型。将带模试件放在水已烧沸的压蒸锅蒸屉上，加盖压阀，压蒸养护1小时，然后去阀放气，开盖取出试模，拆模取出试件进行抗压强度试验。按早先在试验室（或现场）按常用不同灰水比配出同材料的28天抗压强度与其对应的混凝土湿筛砂浆促凝压蒸快硬强度关系式，推算出混凝土28天的抗压强度值。

本试验可预测混凝土28天的抗压强度，可用于现场混凝土质量管理及混凝土配合比设计。它能预先知道混凝土的28天强度能否达到要求，以便及时调整，保证工程质量。

进行本项试验，必须同时满足两个条件。一是试验过程中从取样、试验到计算结果，都必须严格按照规定的操作和计算程序进行，操作人员应经过培训。二是试验过程中使用的仪器和工具，都

必须满足规定的要求，凡属计量的仪器、工具或器皿，都要通过计量部门计量。混凝土拌合物中的水灰比与其硬化后的抗压强度成反比关系。本试验从混凝土取样到压蒸完毕的每一个环节都有操作时间的限制，以免混凝土中的水份蒸发，引入误差。又如混凝土湿筛砂浆促凝压蒸快硬试件小，需要精度高的小型破型设备，只有同时满足上述两个条件，这种试验方法才能达到较高的精度。

另外，事先在试验室（或现场）按常用不同灰水比配出同材料的28天抗压强度与其对应的混凝土湿筛砂浆促凝压蒸快硬强度关系式应有足够的精度。

由于计算机的普遍使用，计算过程简便快速。促凝压蒸法1小时砂浆强度 f_{1h} 与标准养护28天混凝土强度 f_{28} 之间的关系式可以是直线式、幂数式，也可以是指数式。即：

$$f_{28} = a + bf_{1h}$$

$$f_{28} = af_{1h}^b$$

$$f_{28} = a^bf_{1h}$$

以回归方程中的相关系数、剩余标准差和离散系数的大小来选定关系式。

二、促凝压蒸法推定混凝土抗

压强度试验的配套设备

进行促凝压蒸法推定混凝土强度试验，必须具备三种设备，即筛分成型设备、压蒸设备和小型破型设备。

小型破型设备选用抗压强度试验机，试验机表盘最大读数不超过20kN，刻度读数不超过20—40N。

压蒸锅采用专用压蒸锅，也可应用24cm双喜牌压蒸锅，锅盖上装有表盘尺寸为55mm、量测范围0—250kPa的压力表，如图1.1。

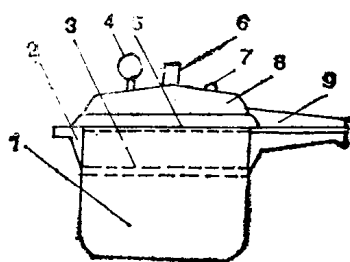


图1.1 压蒸锅

- ①锅体；②小手柄；③蒸屉；④压力表；⑤密封圈；
⑥安全阀；⑦易熔塞；⑧锅盖；⑨手柄

试模为可装卸的三联钢模，组装后内壁互相垂直，如图1.2。
其有效尺寸如表1.1。

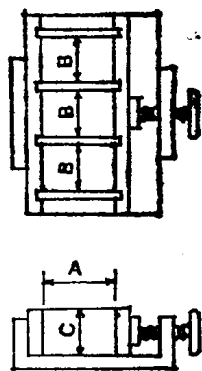


图1.2 试模

表1.1

试模有效尺寸和允许偏差

符 号	制造尺寸 (mm)	磨损后允许尺寸 (mm)
A	50	
B	31.6 - 0.1	31.6 + 0.1
C	31.6 + 0.1	31.6 - 0.1

促凝剂为CS或CAS专用促凝剂，每次用量5g，以塑料袋密封包装。一般情况下用CS促凝剂，当混凝土中掺粉煤灰混合材或缓凝型外加剂时，可用CAS促凝剂。

为解决湿筛工艺和砂浆成型的困难，江苏省无锡县建材设备厂与公路研究所共同研制成混凝土湿筛砂浆振动筛分成型两用机。该机于1985年9月通过技术鉴定。被列为促凝压蒸技术推定混凝土强度试验方法的配套设备。

用促凝压蒸技术推定混凝土强度试验方法所测定的混凝土湿筛砂浆快硬强度值一般不超过20MPa，需配备20—30kN的压力试验机。一些混凝土生产或施工单位缺乏这种小型压力机。为解决应用的需要，上海华光工具厂和公路研究所共同研制成QY型可携式简易压力试验机。它是由手动油泵和带有精密压力表的千斤顶压力机主体两部分组成。该机已于1984年通过技术鉴定。它与其它常用小型压力机及压力环相比，QY型简易压力机具有结构简单、使用维修方便、携带轻便、价格便宜等优点。

由于QY型压力机表盘示值系油缸压力值，使用时须经载荷换算，稍有不便。且手压泵尺寸过大，与机体不相称，整体性不好。为弥补QY型压力机的不足，交通部公路研究所与浙江嘉兴市量具仪器厂共同研制成一种表盘直读式JKN-2型压力试验机。这种压力机的主要特点是表盘直接显示法定计量单位的试验载荷值，而且结构简单、操作方便、体积小、重量轻，是促凝压蒸技

术的专用试验设备。

除了交通部公路研究所等单位研制成了促凝压蒸法推定混凝土强度试验方法的配套设备外，其他部门的研究也获得了成功。例如中建四局科研设计所，研制了以微型压力机为主的混凝土促凝压蒸法测强的配套设备，现介绍如下。

配套设备产品的名称和技术指标

配套设备主要有两用震动台、压蒸设备和 W_1-1500 微型压力机。所有产品都具备设备轻巧、操作方便、便于现场携带等优点。经试验证明，设备的精度能满足试验要求。

(1) 两用震动台。作为成型混凝土试件和振筛混凝土混合物砂浆用。另配有筛盘（筛面尺寸 $22 \times 33\text{cm}$ ，筛孔直径 5mm ，筛孔总数约1150个）和筛底及固定筛子用夹具一套。

震动台主要性能：台面尺寸 $40 \times 40\text{cm}$ ；重量 15kg ；震幅 $0.5 \pm 0.1\text{mm}$ ；频率 $50 \pm 3\text{Hz}$ ；电动机功率 0.37kW ；

(2) 压蒸设备。蒸压养护混凝土湿筛砂浆试件，用于根据蒸压的促凝压蒸砂浆试件强度来计算混凝土28天强度，除高压锅外，还配有 1.5kW 电炉一个，混凝土砂浆三联试模两套，捣棒一根，试模钢盖板等。

高压锅用 24cm 高压锅改装，内有隔板架和隔板各一个，除原高压锅的保险阀装置外，锅盖顶配有温度压力表一个，供控制蒸压试件的锅内压力和温度，蒸压温度为 120°C 。

(3) W_1-1500 微型压力机。我国目前建筑工程用混凝土标号大多为C18—C38等级，相应的促凝压蒸砂浆试件强度约波动在 $200-800\text{N}$ ，考虑到混凝土强度有向高标号发展的趋势，微型压力机表盘读数可供记录 1500N 以内的促凝压蒸砂浆强度。

W_1-1500 微型压力机和低吨位（ 20kN ）普通压力机对促凝压蒸砂浆试件的试压结果一致（误差均在2%以内）。

W_1-1500 微型压力机有如下特点：

①机身构造和一般手摇油压机相似，其油缸和承力架刚度均

能满足一般油压机要求。

②机身结构比较紧凑，重量仅25kg左右。

③油缸活塞截面积与“促凝压蒸砂浆试件”面积相等，压力表盘用一般油压表代替，其精度为0.15MPa级，因此表盘读数即为“促凝压蒸砂浆试件”强度，免除了烦琐的强度计算手续。

④为了控制试件加压速度，设有手摇泵加压进油和手轮微动进油构造。试件加压时先用手摇泵加压进油，使试件很快与微型压力机上下压板接触，然后用微动手轮加压进油直至试件破坏，避免了手摇泵加压进油对试件的冲击。

将 W_1-1500 微型压力机与从德国进口的5t万能试验机作试压精度比较。采用促凝压蒸砂浆试件，分别在两台试验机上作试压比较。对比试验结果列于表1.2。

表1.2 W_1-1500 微型压力机的精度试验

强度	组序数 压力机牌号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	平均
MPa	W_1-1500	5.72	5.11	5.19	5.45	5.77	3.92	4.47	4.73	4.52	5.22	比值
	5t万能机	5.37	5.03	5.23	5.40	5.84	4.25	4.44	4.21	4.64	5.13	
比值	$W_1-1500/5t$ 万能机	1.07	1.02	0.99	1.01	0.99	0.92	1.01	1.12	0.98	1.02	1.01

表1.2说明，两种压力机的精度是相近的，10组对比试件强度比值平均为1.01，只相差1%，10组试件中有7组相对误差在2%以内，虽有三组相对误差达8—12%，并非是压力机造成，这与试件本身离散性或其它因素有关，由此说明 W_1-1500 微型压力机可以满足一般压力机误差2%以内的测量精度要求，作为一种快速试验用压力机是完全可以的。

W_1-1500 微型压力机使用时应注意以下几点：

①虽然表盘读数即为试件破坏强度，但考虑到油压表本身精

度的误差，每台压力机均用压力环校正，附有表盘读数与促凝压蒸试件强度换算表，试件试压后最好查表1.3进行强度换算，这样更为准确。

当从表盘测得“促凝压蒸砂浆试件”三个平均值为6.5MPa时，从纵向“×”项找6.0，横向“×”项找0.5，分别延长相交，查得强度6.53MPa。

②在正常使用情况下，一年或试压3000个试件后应进行校正，制定新的强度换算表。

某工地促凝压蒸砂浆试件用W₁-1500微型压力机试压。30对组试件强度的统计公式为： $f_{2.2} = 15.285 + 2.2575f_{1.1}$ ， $C_v = 4.9\%$ ， $r = 0.899$ 。用统计直线经验公式对现场混凝土强度进行校核，试验不但说明 $f_{1.1}$ 与 $f_{2.2}$ 的相关性好，而且微型压力机W₁-1500使用方便，测值准确。

三、“促凝压蒸法”在多品种水泥 和掺粉煤灰的大体积混凝土 工程中的研究和应用

促凝压蒸法推定混凝土强度技术不仅适用于硅酸盐水泥、普通水泥、矿渣水泥、大坝水泥等拌制的混凝土，也适用于在这些混凝土中掺加木钙、加气剂DH-3，FDN，三乙醇胺等外加剂及掺加料粉煤灰。该方法在广西大化水电工程、山西火电工程、葛洲坝水利工程及商品混凝土搅拌站与构件厂混凝土生产中应用，取得了较好的效果。

混凝土促凝压蒸法快速测强技术虽已较普遍地应用于建筑、路桥和水利等大体积混凝土工程，但有些地区和有些单位还难以开展这项技术。其原因在于：该方法只能用于混凝土的质量的控制，不能作为验收的依据。在混凝土抽样检查中又增加了一套试验项目，控制人员感到麻烦。现场浇筑混凝土的影响因素较多，料场的改变，粉煤灰掺量变化，水泥品种和外加剂的改变，