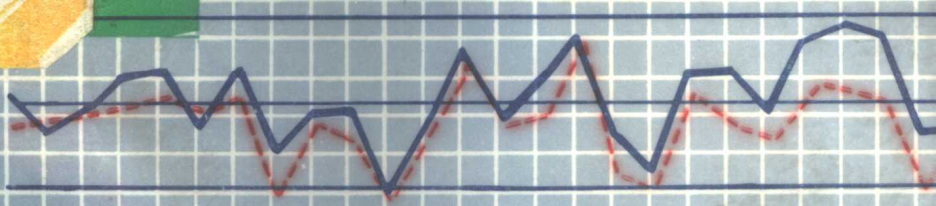




小时推定 混凝土强度新技术

蔡正咏 李世绮 俞瑞堂 编著



人民交通出版社

Yixiaoshi Tuiding Hunningtu
Qiangdu Xinjishu

1 小 时 推 定 混凝土强度新技术

蔡正咏 李世靖 俞瑞堂 编著

人民交通出版社

1小时推定

混凝土强度新技术

蔡正咏 李世绮 俞瑞堂 编著

责任编辑：武崇理

封面设计：彭小秋

插图设计：高静芳

技术设计：张义华

责任校对：戴瑞平

人民交通出版社出版

新华书店北京发行所发行

各地新华书店经售

人民交通出版社印刷厂印

开本：787×1092 $\frac{1}{32}$ 印张：10.5 字数：221千

1987年11月 第1版

1987年11月 第1版 第1次印刷

印数：0001—9,300册 定价：2.65元

前 言

强度是混凝土最主要的质量指标。快速强度试验对于加强质量控制,避免事故,节约水泥有很大意义。采用28天标准养护强度,由于养护时间太长,早已不能满足混凝土现代化快速施工的需要。我国独创的1小时推定混凝土强度新技术,即促凝压蒸法具有试验快速、设备简单、投资少、适用范围广等特点,主要技术经济指标达到或超过了国外专利。

促凝压蒸法是由交通部公路科学研究所(以下简称交通部公路所)和水利电力部天津勘测设计院科学研究所共同研究成功的,1982年8月由交通部科技局和水利电力部水利水电建设总局主持通过鉴定,荣获1982年交通部科技成果一等奖,1984年获国家发明三等奖。1983年经交通部批准纳入交通部部标准JTJ 053—83《公路工程水泥混凝土试验规程》,国家计划委员会列为施工新技术重点推广项目之一。自1983年以来,研制成专用试验机具,为完善试验方法,减轻体力劳动,提高试验精度,更好地推广应用此项新技术提供了有利条件。几年来,应邀先后在许多省市举办近20期培训班和专题讲座,学员约二千余人,迄今已在全国水利水电、火电、交通、建工、铁路、冶金等许多部门的混凝土生产和施工现场得到应用。实践证明,该项新技术已在生产中取得重大的技术经济效益和社会效益。本书系将这几年对该项技术进行科研和实际应用所取得的成果和经验进行比较系统和全面地介绍,以期使该项技术能在混凝土生产实践中进一步推

广应用,并得到发展。此外,还摘要编译了十余篇具有国际水平的混凝土强度快速测定方面的主要文献,以供读者参考。

促凝压蒸法从提出到应用是一个不断完善的过程,其缺陷或不足之处在所难免,有待改进和深入研究的问题仍不少,敬希读者对该项技术和本书内容多加指正,使之更臻完善。

在本课题的研究过程中,课题组全体同志参加大量试验工作,付出了辛勤劳动,有关单位和同志给予热心支持,提供了宝贵的资料,交通部公路科学研究所和水利电力部天津勘测设计院科研所领导和同志们给予热情支持和帮助,唐永义、龙建同志在本书编写过程中参加了部分试验和计算工作,在此一并致谢。

作 者

1987年

内 容 提 要

“1小时推定混凝土强度新技术”1982年获交通部科技成果一等奖，1984年获国家发明三等奖。国家计划委员会将其列为施工新技术重点推广项目之一。

本书全面系统地介绍该项新技术及其在生产中的应用。其主要内容包括：促凝压蒸试验方法，主要试验设备，回归分析和建立的强度经验公式，序贯抽检方案，以及在各种混凝土生产中应用的经验等。此外，还摘要编译了十余篇具有国际水平混凝土强度快速测定的主要文献列于附录中，以供读者参考。

本书可供土木工程各部门工程技术人员及有关院校师生使用参考。

目 录

第一章 促凝压蒸法的试验研究与现场应用	1
第一节 概述	1
第二节 促凝剂和试验参数的优选	5
一、方法简介	5
二、专用促凝剂的优选	5
三、促凝剂中复合 NaOH 的不利影响	6
四、用于矿渣水泥快硬砂浆中促凝剂的改进	7
五、养护温度的影响	8
六、不同压蒸时间的试验	9
七、缩短压蒸时间的试验	13
八、使用促凝压蒸技术遇到的几个问题	14
第三节 影响快硬砂浆强度的主要因素及促凝压蒸 技术的基本原理	16
一、灰水比	17
二、水泥活性	17
三、含气量	19
第四节 快硬砂浆强度、水泥水化度和孔结构的试 验研究	20
一、水泥胶砂促凝蒸养 1h 快硬强度的正交试验	20
二、快硬水泥胶砂的结合水率试验	23
三、快硬水泥胶砂的孔结构试验	27
四、水泥胶砂结合水率、孔结构与快硬砂浆强度的关系	29
五、小结	30

第五节 促凝压蒸法与其它快速测强试验法的比较	31
一、促凝压蒸与促凝蒸养效果的比较	31
二、两种试验法所得快硬砂浆强度经验式的比较	33
三、两种快硬砂浆强度试验法的比较	34
四、促凝压蒸法与我国城乡建设环境保护部 JGJ 15—83 三种标准快速法的试验比较	40
第六节 组内试验误差、多天变异系数和室内经验式的统计分析	42
一、组内试验误差	42
二、多天变异系数	45
三、室内经验式的统计分析	46
第七节 现场验证试验	47
一、关于推定精度的指标与计算实例	47
二、与混凝土 7d 强度推定精度的比较	50
三、现场不同类型经验式拟合精度的比较	50
四、国内外快速强度试验经验式的比较与显著性检验	51
五、现场经验式相关系数偏低的原因	53
第八节 提高推定精度的途径	54
一、进一步完善试验方法, 减少人为误差	54
二、选用拟合精度更好的幂函数式或多元回归混凝土强度经验式, 减少推定误差	56
三、加强生产管理, 分类建立经验式	58
四、采用现场连续平均强度, 大大提高推定精度	59
第九节 技术经济效益	60
一、防止事故	60
二、提高质量	60
三、节约水泥	61
第十节 小结	62

参考文献	63
第二章 试验方法及数据处理	67
第一节 概述	67
第二节 试验方法	68
一、方法摘要及适用范围	68
二、仪器设备及促凝剂	69
三、试验步骤	73
四、试验结果计算	76
五、推定混凝土强度	77
六、试验注意事项	77
第三节 混凝土强度推定式的建立	78
一、建立混凝土强度推定式的方法	78
二、混凝土强度推定式的精度要求	83
三、注意事项	83
四、混凝土强度推定式计算实例	84
五、工程单位和法定计量单位强度推定式的换算	93
第四节 湿筛砂浆快硬强度试验精度的确定	95
一、试验精度指标及对湿筛砂浆快硬强度试验精度的要求	95
二、确定湿筛砂浆快硬强度试验精度的方法	96
三、计算实例	98
参考文献	101
第三章 主要试验设备	103
第一节 混凝土湿筛砂浆振动筛成型两用机	103
一、概述	103
二、结构、工作原理及主要技术参数	104
三、操作方法	105
四、使用效果	106
五、小结	113

第二节 QY 型可携式简易压力试验机	113
一、概述	113
二、结构及主要技术参数	114
三、QY 型压力机的检定方法及载荷换算公式的标定	115
四、QY 型压力机的精度	123
五、与其它类型压力机的比较	125
六、对促凝压蒸技术的实用性	128
七、小结	130
参考文献	132
第四章 促凝压蒸法的强度经验式和序贯抽检方案 ..	134
第一节 北京地区经验式推定精度的调查剖析	134
一、概述	134
二、单次和多次重复试验强度经验式的比较	135
三、北京地区室内强度经验式的比较	138
四、北京地区室内强度经验式的验证	139
五、北京地区室内外强度经验式的比较	140
六、普通水泥与矿渣水泥经验式推定精度的比较	142
七、小结	142
第二节 不同条件下单一经验式与综合经验式的 分析比较	143
一、不同条件下单一经验式的相关性和推定误差	143
二、综合经验式的提出与北京地区经验式的比较	149
第三节 序贯抽检方案	152
一、概述	152
二、序贯抽检方案	153
三、计数序贯抽检方案	153
四、计量序贯抽检方案	158
五、应用举例	165
参考文献	169

第五章 用快速强度控制混凝土质量的管理图法 173

第一节 概述 171

第二节 管理图的原理、作用与分类 172

一、管理图的原理 172

二、管理图的作用 175

三、管理图的分类 176

第三节 管理图的绘制及有关系数的计算 177

一、单值强度 $\bar{R}$ 管理图 177

二、移动平均强度 R_m 管理图 179

三、相邻强度极差 R_s 管理图 181

四、组内移动极差平均 $\bar{R}_s$ 管理图 184

五、极差的偏态分布和系数表 184

六、用相邻两组强度极差的平均值 $\bar{R}_s$ 估计标准离差 185

第四节 管理图的判别方法 185

一、两种错误与检出力 185

二、正常情况的判别 188

三、异常情况的判别 188

参考文献 192

第六章 快速强度用于混凝土配合比的简捷设计和水

泥强度的快速测定 193

第一节 快速强度用于混凝土配合比的简捷设计 ... 193

一、概述 193

二、选择混凝土配合比的一般原则、基本资料和步骤 194

三、选择混凝土配合比的主要公式与参数 195

四、1 h 快速试验选出混凝土配合比的举例 198

五、1 h 快速试验间接推定水泥强度的验证资料 201

第二节 水泥强度的快速测定 204

一、概述 204

二、试验方法简介 205

三、 R_1-R_2 和 $R_1-R_{1.5}$ 推定精度的比较	206
四、北京地区和其他地区合并建立的经验式	206
五、影响试验精度的主要因素及水泥品种的适应性问题	209
参考文献	210
第七章 在混凝土工程和生产中的应用	212
第一节 在桥梁和建筑工程中的应用	212
一、在广东公路桥梁工程中的应用	212
二、在福建 QZ 桥工程中的应用	215
三、在河南 ZZ 桥钻孔桩混凝土中的应用	217
四、广西 LZ 水泥厂扩建工程中的应用	222
第二节 在水工掺粉煤灰大体积混凝土及引气混凝土中的应用	231
一、在广西 DH 水电站掺粉煤灰大体积混凝土中的应用	231
二、在水工引气混凝土中的应用	244
第三节 在预拌混凝土生产中的应用	246
一、在北京市第二建筑工程公司商品混凝土中的应用	246
二、室内试验	247
三、现场试验	248
四、技术经济效果	256
第四节 在混凝土预制构件生产中的应用	261
一、在胜利油田预制构件生产中的应用	261
二、在北京市第二住宅公司预制构件厂生产中的应用	264
参考文献	267
附录 国外混凝土快速强度试验及应用文献汇编	269
一、ANSI/ASTM C684—74(1979)混凝土快速强度试件的制作、养护和试验的标准	

方法	270
二、V.M.马尔霍特拉：加拿大使用改良沸水法的经验	272
三、美国混凝土学会214委员会：快速强度试验的应用	274
四、V.M.马尔霍特拉：快速强度试验是否是承包商解决难题的办法	277
五、美国混凝土学会特刊 SP56摘要：快速强度试验	281
六、K.W.纳泽，R.J.比顿：K-5 快速强度试验机	290
七、池田尚治：混凝土强度即时推定法的研究	292
八、阿部龙介、丸山真佐雄：混凝土强度早期推定法的实用化	298
九、飞坂基夫、岸贤藏：用快硬法即时推定混凝土强度的探讨	303
十、日本混凝土质量早期评定研究委员会：混凝土质量早期评定学术讨论会报告	306
十一、日本 JCI-3推定新拌混凝土硬化后强度的快硬强度试验方法(草案)	310
十二、用快硬法即时推定混凝土强度专利介绍	315
十三、K-5 快速混凝土强度试验专利介绍	317

第一章 促凝压蒸法的试验 研究与现场应用

第一节 概 述

如何快速、可靠地推定混凝土的潜在强度，对于加强混凝土的质量控制、避免事故、节约水泥有很大意义，也是混凝土现代化施工实行全面质量管理必须研究解决的重大课题之一。随着现代化施工速度的加快，要求在混凝土浇筑时必须以尽快的时间知道混凝土的潜在强度。采用可靠的快速强度试验，使施工人员能尽快地调整混凝土配合比，保证消除次品混凝土，从而大大加强现场混凝土的质量管理。

用28d强度试验来控制混凝土的质量是不能满足现代化施工要求的。据美国混凝土学会“公元2000年的混凝土特别委员会”的报告^[1.1]，28d强度试验可能不再需要，各种新的检测技术将在混凝土及其构筑物的质量控制中得到广泛应用。

早在1925~1930年，美国就首创了现场混凝土快速强度试验方法。1974年美国材料试验学会（ASTM）制定了三种混凝土快速养护标准试验方法（C684—74）^[1.2]。1975年美国运输研究局第54届年会专门讨论了混凝土快速试验问题，出版了报告集^[1.3]。1976年美国混凝土学会（ACI）214委员会在墨西哥召开了“快速强度试验”的国际会议^[1.4]。1977

年日本混凝土学会成立了“混凝土质量早期评定研究委员会”，1979年在东京召开了专题讨论会^[1.5]。这次会议认为美国24h强度预测法和英国的洗分析机（RAM）法推定水泥用量作为当前的主流，强烈感到日本目前推广采用的几种方法是超世界水平的。同年，美国混凝土学会214委员会主席V.M.Malhotra指出，ASTM C684—74三种标准方法在北美应用业已成熟，允许采用快速试验作为混凝土质量验收的依据，并列入加拿大规范（CSA），确立了这种快速试验的法定地位^[1.6]。ACI214委员会1981年提出“快速强度试验的应用”报告，希望不久仿效加拿大允许用快速试验作为验收混凝土的选择方案^[1.7]。

ASTM C684—74提出的沸水法或温水法是利用水的湿热作用来加速水泥的硬化过程。湿热作用一方面加速水泥水化和强度的发展，起到加速结构形成的积极作用；另一方面引起各种相分产生不同体积变形和温度应力，造成结构内部的缺陷，起到“结构破坏”的消极作用。这是ASTM C684—74加速养护时间不能更快的主要矛盾。为了解决这一矛盾，1976年加拿大K.W.Nasser教授发明了K-5强度试验机，用特制设备将混凝土试样密封加压至10.3MPa，升温至150℃，使试验时间缩短至5h，列入美国专利（编号3974679）^[1.8]。同年11月，日本池田尚治教授提出70℃“促凝蒸养法”^[1.9]，在混凝土湿筛砂浆中加入专用水泥促凝剂，由于及时促进了水泥砂浆“结构形成”，减少乃至克服了高温蒸养对“结构破坏”的消极作用，不需蒸养静停期，使试验缩短至1~1.5h。1979年，该试验方法列入日本专利（昭54-4924）^[1.10]，1980年列入美国专利（编号4182191）^[1.11]，1981年纳入日本混凝土学会标准^[1.12]。

我国北京市建筑工程研究所和西城区建筑公司研究采用“促凝蒸养法”快速推定混凝土强度，据《北京日报》报导^[1.13]，测定时间从28d缩短到3h，于1981年11月通过鉴定。据报告称^[1.14]，促凝剂采用1%NaOH，成型后在水中升温2~3h，达到90℃恒温3h，降温1h后破型，试验时间共计6~7h。试验表明，掺此种促凝剂与不掺时相比，砂浆强度提高20%左右。

中国建筑科学研究院等单位组织专题研究，提出沸水法(29h)、80℃热水法(7h)和55℃温水法(25h)，1981年12月在南宁通过鉴定。鉴定结论是：这三种方法经过试用证明，达到了国内先进水平。1983年列入我国城乡建设环境保护部标准JGJ 15—83^[1.23]。

以上一些方法存在的主要问题是：(1)试验时间还不够快；(2)日本“促凝蒸养法”用的促凝剂(PR-1、PR-2、PR-3)属于日本商品；(3)日本“促凝蒸养法”的温度不超过80℃，由于蒸养温度不高，湿筛砂浆强度偏低，不利于提高推定精度，适用范围有一定的局限性；(4)设备投资较大，例如加拿大K-5试验机每套售价高达6 000美元，而且试验时间长达5h，不易推广。

1980年我们开始进行快速推定混凝土强度的试验研究。1981年首次提出了国产专用促凝剂结合家用压力锅为主要设备的“促凝压蒸技术”^(1.15)。同日本“促凝蒸养法”相比，“促凝压蒸法”的主要特点如下：

1.制成适于压蒸养护的国产专用促凝剂CS和CAS。日本池田尚治的专利权项认为，促凝剂中必须复合氢氧化钠等强碱试剂，我们研究的结果表明，没有必要复合强碱试剂。我们研制的这种促凝剂无毒，质量稳定，价廉易得，配制简

便，易于推广。

2. 试验设备简单且试验时间更快。日本采用70℃温度、100%湿度的蒸汽养护箱。我们用压蒸锅代替蒸汽养护箱，不仅简单易行，而且由于锅内蒸汽压力增至100kPa，温度可达120℃，从而使试验时间缩短至0.5~1.5h。

3. 适用于掺有矿渣、粉煤灰、火山灰等混合材的水泥混凝土。日本“促凝蒸养法”用于矿渣水泥混凝土时，湿筛砂浆强度发展缓慢，日本有人认为是否要延长养护时间或改变促凝剂，尚有待研究^[1.16]。

现将促凝压蒸法与国外专利主要技术经济指标进行对比示于表1-1。

从表1-1看出，我国独创的促凝压蒸技术具有速度快、设备简单、价格便宜、适用范围广等特点，主要技术经济指标达到或超过了国外专利。

我国促凝压蒸技术与美国、日本专利的对比 表1-1

国家	方法简称	专利及编号	试验时间	养护条件	设备费用	适用范围
中国	促凝压蒸法	国家发明奖	1h	压蒸温度 120℃	约2000多 人民币	用于包括矿渣水泥在内的多种水泥、掺外加剂和粉煤灰的混凝土
加拿大	K-5法	美国专利 3974679	5h	温度150℃， 机械加压， 10.3MPa， K-5强度试验机	约6000 美元（约合 22000元人 民币）	用于硅酸盐水泥及掺粉煤灰和常用外加剂的混凝土
日本	促凝蒸养法	日本特许 公报昭54- 4924，美国 专利 4182191	1~3h	温度70~ 80℃，专用 恒温恒湿养 护箱	约100万 日元（约合 23000元人 民币）	主要适用于波特兰水泥（相当于我国硅酸盐水泥）混凝土