

建筑施工工程师技术丛书

# 新型混凝土 及其施工工艺

(第二版)

赵志缙 主编



中国建筑工业出版社

建筑施工工程师技术丛书

# 新型混凝土及其施工工艺

(第二版)

赵志缙 主编

中国建筑工业出版社

## 第二版出版说明

建筑施工工程师技术丛书自 1986 年初版发行以来,深受施工生产第一线的建筑施工工程师的欢迎。这些工程技术人员常年担负着繁忙而复杂的工程任务,无暇博览群书。这套丛书帮助他们用有限的时间,学习建筑工程的新技术,更新自己的知识结构,更好地适应现代化建筑施工技术的要求。因此,这套丛书对于在职科技人员的继续教育,起了积极的作用。同时,这套丛书也成为大专院校工民建专业学生的选修教材。

但是,丛书第一版出版至今已经八年。八年来,在改革开放大潮的推动下,我国的建筑事业蓬勃发展,兴建了许多高新建筑,促使新材料、新工艺、新技术不断涌现,并形成了许多新的成套技术。在此期间,国家颁发了新的设计、施工标准规范。这些新的变化,使本套丛书第一版的内容已显得陈旧,难以满足建筑工程技术人员学习和更新知识的欲望。为此,我们组织了本套丛书第二版的修订。

本套丛书第二版,着重补充近几年我国建筑工程施工技术与管理方法的最新成果和成熟的施工经验,以及高新技术在建筑工程中的应用,适当介绍国外的最新技术,并按新颁国家标准、规范的要求进行修订。对第一版中存在的问题,本次修订时也尽可能一一作了订正。

我们希望本套丛书第二版,继续对现场施工工程师们学习新技术有所裨益。同时,我们也欢迎广大读者对本套丛书的内容提出宝贵意见,以便我们改进。

## 第 二 版 前 言

《新型混凝土及其施工工艺》一书于 1986 年出版, 至今已经八年多了。这期间我国的基本建设有了大规模的发展, 科学技术有了长足的进步, 一些特殊型式的混凝土应用规模有了扩大, 科学试验更加深入, 还有些规范、规程进行了修改或重新制订, 这些情况都要求对《新型混凝土及其施工工艺》一书进行改写, 我们就是在这种情况下编写了第二版。

在第二版中, 除增加了“高强混凝土”和“特细砂混凝土”两章外, 对大多数的章节都进行了补充、删除和改写, 使其内容更加完整, 符合当前的发展, 并与当前实行的有关规范、规程吻合。

虽然我们力求改写好这本书, 但限于我们的水平, 再加上时间有限, 相信还存在许多不当之处, 热忱欢迎读者继续给予批评指正。

本书的第二版仍由赵志缙主编, 赵帆参加了一些整理工作。具体编写分工为: 赵志缙——第一、二、三、六、十二、十三、十四、十六、十八章; 林厚祥——第七、八、十七章; 应惠清——第十五章; 赵帆——第十、十一章; 徐蓉——第四章; 吴水根——第九章; 陈慧玮——第五章。

编者

# 目 录

## 第二版前言

|                          |    |
|--------------------------|----|
| 1. 聚合物混凝土 .....          | 1  |
| 1.1 概述 .....             | 1  |
| 1.2 聚合物浸渍混凝土 .....       | 2  |
| 1.3 聚合物混凝土 (树脂混凝土) ..... | 16 |
| 1.4 聚合物水泥混凝土 .....       | 24 |
| 2. 流态混凝土 .....           | 30 |
| 2.1 概述 .....             | 30 |
| 2.2 流化剂及流态化机理 .....      | 32 |
| 2.3 流态混凝土拌合物的性质 .....    | 38 |
| 2.4 流态混凝土的配合比 .....      | 43 |
| 2.5 流态混凝土的物理力学性能 .....   | 50 |
| 2.6 流态混凝土的施工 .....       | 54 |
| 3. 补偿收缩混凝土 .....         | 57 |
| 3.1 概述 .....             | 57 |
| 3.2 混凝土的收缩 .....         | 59 |
| 3.3 膨胀水泥和膨胀剂 .....       | 64 |
| 3.4 限制膨胀率的选定 .....       | 69 |
| 3.5 补偿收缩混凝土的主要性能 .....   | 71 |
| 3.6 补偿收缩混凝土的施工 .....     | 76 |
| 4. 无砂大孔混凝土 .....         | 80 |
| 4.1 概述 .....             | 80 |
| 4.2 无砂大孔混凝土的原材料 .....    | 81 |
| 4.3 无砂大孔混凝土的配合比设计 .....  | 82 |
| 4.4 无砂大孔混凝土的物理力学性能 ..... | 86 |
| 4.5 无砂大孔混凝土的施工 .....     | 96 |

|     |                     |     |
|-----|---------------------|-----|
| 4.6 | 无砂大孔混凝土的试验 .....    | 103 |
| 4.7 | 无砂大孔混凝土的应用开发 .....  | 105 |
| 5.  | 纤维混凝土 .....         | 107 |
| 5.1 | 概述 .....            | 107 |
| 5.2 | 纤维混凝土的增强机理 .....    | 109 |
| 5.3 | 纤维混凝土的物理力学性能 .....  | 113 |
| 5.4 | 纤维和基体的界面粘结分析 .....  | 126 |
| 5.5 | 纤维混凝土的配合比设计 .....   | 129 |
| 5.6 | 纤维混凝土的施工 .....      | 131 |
| 5.7 | 纤维混凝土的工程应用 .....    | 134 |
| 6.  | 防水混凝土 .....         | 136 |
| 6.1 | 概述 .....            | 136 |
| 6.2 | 普通防水混凝土 .....       | 138 |
| 6.3 | 外加剂防水混凝土 .....      | 146 |
| 6.4 | 膨胀水泥防水混凝土 .....     | 163 |
| 6.5 | 防水混凝土的施工 .....      | 163 |
| 7.  | 防射线混凝土 .....        | 166 |
| 7.1 | 防射线混凝土的特点 .....     | 166 |
| 7.2 | 防射线混凝土的原材料 .....    | 167 |
| 7.3 | 防射线混凝土的配合比 .....    | 171 |
| 7.4 | 防射线混凝土的施工 .....     | 173 |
| 8.  | 耐酸混凝土 .....         | 175 |
| 8.1 | 水玻璃混凝土 .....        | 175 |
| 8.2 | 硫磺混凝土 .....         | 183 |
| 8.3 | 沥青混凝土 .....         | 186 |
| 9.  | 轻集料混凝土 .....        | 190 |
| 9.1 | 概述 .....            | 190 |
| 9.2 | 轻集料的性能 .....        | 192 |
| 9.3 | 轻集料混凝土的配合比设计 .....  | 203 |
| 9.4 | 轻集料混凝土的物理力学性能 ..... | 218 |
| 9.5 | 轻集料混凝土的施工 .....     | 224 |
| 10. | 高强混凝土 .....         | 228 |

|      |                         |     |
|------|-------------------------|-----|
| 10.1 | 定义 .....                | 228 |
| 10.2 | 高强混凝土的特点 .....          | 228 |
| 10.3 | 高强混凝土的发展与应用 .....       | 230 |
| 10.4 | 配制高强混凝土的技术途径 .....      | 231 |
| 10.5 | 高强混凝土原材料的选用 .....       | 232 |
| 10.6 | 高强混凝土的配合比设计 .....       | 242 |
| 10.7 | 高强混凝土的物理力学性能 .....      | 245 |
| 10.8 | 高强混凝土的施工 .....          | 249 |
| 11.  | 特细砂混凝土 .....            | 252 |
| 11.1 | 特细砂的特征 .....            | 252 |
| 11.2 | 砂的含泥量对混凝土性能的影响 .....    | 252 |
| 11.3 | 特细砂混凝土的配合比 .....        | 255 |
| 12.  | 水下浇筑混凝土 .....           | 260 |
| 12.1 | 概述 .....                | 260 |
| 12.2 | 水下混凝土(砂浆)拌合物的技术要求 ..... | 261 |
| 12.3 | 水下混凝土(砂浆)配合比设计 .....    | 268 |
| 12.4 | 水下混凝土浇筑方法 .....         | 274 |
| 12.5 | 水下压浆混凝土施工 .....         | 288 |
| 13.  | 泵送混凝土 .....             | 299 |
| 13.1 | 概述 .....                | 299 |
| 13.2 | 原材料与配合比 .....           | 300 |
| 13.3 | 混凝土泵与泵车 .....           | 304 |
| 13.4 | 混凝土泵送计算 .....           | 309 |
| 13.5 | 混凝土泵送施工 .....           | 312 |
| 14.  | 喷射混凝土 .....             | 317 |
| 14.1 | 概述 .....                | 317 |
| 14.2 | 喷射混凝土的原材料与配合比 .....     | 318 |
| 14.3 | 喷射混凝土的物理力学性能 .....      | 332 |
| 14.4 | 喷射混凝土施工 .....           | 335 |
| 15.  | 真空混凝土 .....             | 346 |
| 15.1 | 概述 .....                | 346 |
| 15.2 | 真空混凝土的脱水密实机理 .....      | 348 |

|            |                           |     |
|------------|---------------------------|-----|
| 15.3       | 真空混凝土的施工 .....            | 352 |
| 15.4       | 真空作业制度 .....              | 359 |
| 15.5       | 真空混凝土的性能 .....            | 365 |
| 15.6       | 真空混凝土的检验及试验研究 .....       | 370 |
| 16.        | 造壳混凝土 (S. E. C 混凝土) ..... | 376 |
| 16.1       | 概述 .....                  | 376 |
| 16.2       | 造壳混凝土的增强机理 .....          | 377 |
| 16.3       | 造壳混凝土制备 .....             | 379 |
| 16.4       | 造壳混凝土的性质 .....            | 383 |
| 16.5       | 造壳混凝土的物理力学性质 .....        | 389 |
| 17.        | 太阳能养护混凝土 .....            | 390 |
| 17.1       | 概述 .....                  | 390 |
| 17.2       | 透光材料和罩型的选择 .....          | 391 |
| 17.3       | 经济效果 .....                | 399 |
| 18.        | 磁化水混凝土 .....              | 401 |
| 18.1       | 磁化水和磁化水混凝土 .....          | 401 |
| 18.2       | 磁化水的增强机理 .....            | 402 |
| 18.3       | 磁化水混凝土的物理力学性能 .....       | 403 |
| 18.4       | 磁化水混凝土的经济效果 .....         | 406 |
| 参考资料 ..... |                           | 408 |

# 1. 聚合物混凝土

## 1.1 概 述

大约从 1930 年就开始有人试验将塑料用于混凝土工程中,到 1950 年它的潜在用途引起了人们的重视,开始了一定规模的试验研究。

1975 年 5 月在英国伦敦召开了第一次国际聚合物混凝土会议,首次使用聚合物混凝土这一专业术语。1978 年 10 月在美国奥斯汀召开了第二届国际聚合物混凝土会议,交流了试验研究和应用成果。此后,聚合物混凝土引起一些国家的重视,较大规模地开展了研究工作,并陆续在一定范围内用于生产实践,逐渐积累了一些经验。目前,美、日、德、俄罗斯等国家都很重视这方面的研究工作,我国在该领域也开始了试验研究工作。

聚合物混凝土分为三类:

1. 聚合物浸渍混凝土,简称 PIC。它是将已硬化的普通混凝土放在单体里浸渍,然后用加热或辐射的方法使混凝土孔隙内的单体产生聚合作用,使混凝土和聚合物结合成一体的一种新型混凝土。按其浸渍方法的不同,又分为完全浸渍和部分浸渍两种。

2. 聚合物混凝土,简称 PC。它是以聚合物(树脂或单体)代替水泥作为胶结料与骨料拌合,浇筑后经养护和聚合而成的一种混凝土。

3. 聚合物水泥混凝土,简称 PCC。它是在水泥混凝土搅拌阶段掺入单体或聚合物,浇筑后经养护和聚合而成的一种混凝土。

上述三类聚合物混凝土,其生产工艺不同,物理力学性质也

有区别，造价和适用范围亦不相同。

## 1.2 聚合物浸渍混凝土

所谓聚合物浸渍混凝土 (Polymer Impregnated Concrete)，就是将硬化了的混凝土，经干燥和真空处理后浸渍在以树脂为原料的液态单体中，然后用加热辐射方法或加催化剂，使渗入到混凝土内部微孔隙中的单体聚合，生成一种坚硬的玻璃状聚合物与混凝土结合，聚合成整体混凝土。

事实证明，减少混凝土内部的孔隙，就能提高其强度和改善其他性能。而混凝土在拌制和养护过程中，必然在其中产生毛细孔隙，如果能除掉毛细孔隙中的水分，代之以某些固体物质，就能大大地提高混凝土的强度和耐久性，这就是聚合物浸渍混凝土的基础。聚合物浸渍混凝土是由布鲁克海文国立研究所和美国垦务局于 1965 年在美国原子能委员会的支持下共同开发的。

由于聚合物浸渍混凝土是一种高强、高抗渗、耐腐蚀、抗冻融和耐腐蚀性好的复合材料，强度比普通水泥混凝土提高 2~4 倍，可用于高强构件、水工建筑和耐腐蚀材料，因此很快引起人们广泛的重视。日本、美国、前苏联、德国、英国、意大利、挪威、瑞士、澳大利亚、波兰等国先后开展了研究，取得了一批成果，在工程中亦有试验性的应用。目前应着重研究解决因高分子材料昂贵而导致聚合物浸渍混凝土成本较高的问题，以便向实用化方向迈进。

### 一、聚合物浸渍混凝土的增强机理

普通水泥混凝土经浸渍处理后，聚合物填充了混凝土内的孔隙及水泥浆、骨料中的微裂缝以及水泥浆与骨料界面处的裂缝。利用反光显微镜可以清楚地看到聚合物填充的情况。用高压水银测孔仪测定， $52\text{\AA} \sim 10\mu\text{m}$  范围的孔隙，浸渍后比浸渍前减少了 85% (约由  $0.1203\text{mL/g}$  减少至  $0.0143\text{mL/g}$ )，而  $52 \sim 200\text{\AA}$  的微孔由原来占孔隙的 7.5% 增至 57%。因此浸渍之后，孔隙率大大下降，大孔显著减少，留下的多数为小孔。因此，密实度增加，强度显

著提高，耐久性也得到相应的改善。

总之，混凝土经聚合物浸渍后，混凝土各相间的粘结力大大提高，增加了水泥石单位体积的固相量，使水泥石由原来的多孔体变为较致密的整体，减少了由于孔隙和裂缝的存在而产生的应力集中，必然可提高混凝土的强度和耐久性。

## 二、聚合物浸渍混凝土的原材料

生产聚合物浸渍混凝土的原材料，主要是基材（被浸渍材料）和浸渍液（浸渍材料）两种。另外，根据生产工艺的需要，有时在基材和浸渍液中还需加入适量的添加剂。

### （一）基材

凡用无机胶凝材料与骨料组成的混凝土等材料（水泥砂浆、普通混凝土、轻骨料混凝土、纤维增强混凝土、石棉水泥、钢丝网水泥、石膏制品、陶瓷等），已成型并硬化，皆可用作聚合物浸渍混凝土的基材。

聚合物浸渍混凝土所用基材应满足下列要求：

- （1）有适当的孔隙，能被浸渍液渗填；
- （2）有一定的强度，能承受干燥、浸渍和聚合过程中的作用力，不会在搬动时产生裂缝、掉角等；
- （3）化学成分不妨碍浸渍液的聚合；
- （4）材料结构尽可能是匀质的；
- （5）要充分干燥，不含水分。尺寸和形状要与浸渍和聚合所用设备相适应。

一般情况下，如混凝土的水灰比、空气含量、坍落度、外加剂掺量、砂率等变化不大时，对聚合物浸渍混凝土的强度无显著影响。

养护方法会引起混凝土孔结构的变化，因此对聚合物浸渍混凝土的强度有较大影响。而养护时间长短则无较大影响。

### （二）浸渍液

浸渍混凝土用的单体，系指流体状的能聚合反应的原始分子，称浸渍液。凡能被基体吸收并能在其中聚合的单体均可使用。

常用的浸渍液有：甲基丙烯酸甲酯（MMA）、苯乙烯（S）、丙烯腈（AN）、聚酯树脂（P）、环氧树脂（E）、硫磺、丙烯酸甲酯（MA）、三羧甲基丙烷三甲基丙烯酸甲酯（TMPTMA）、石蜡等。浸渍液可为单一的单体，亦可加入添加剂（稀释剂、阻聚剂、增塑剂、引发剂、促进剂等）。

对浸渍液的要求是：

（1）有适当的粘度，浸渍时易渗入基材，并能达到要求的深度；

（2）有较高的沸点和较低的蒸汽压力，以减少浸渍后和聚合时的挥发损失；

（3）聚合后能在基材内转化为固体聚合物；

（4）聚合收缩率小，聚合后不因水分等作用而膨胀或软化；

（5）聚合后与基材的粘结力好，能使两者形成整体；

（6）聚合物的软化温度必须超过材料的使用温度；

（7）有较高的强度和较好的耐水、耐碱、耐热和耐老化性能。

浸渍液的选择，主要取决于最终用途、浸渍工艺和价格高低。完全浸渍时，应选用粘度较小的单体；局部浸渍则需粘度较大的单体。

常用的单体和聚合物的性能如表 1-1 所示。

### （三）添加剂

常用添加剂的品种及作用如表 1-2 所示。

## 三、生产工艺

聚合物浸渍混凝土的生产工艺过程为：基体（硬化了的混凝土）的干燥→单体浸渍→聚合。

为了获得高强度的聚合物浸渍混凝土，基体的养护方法十分重要。试验表明，混凝土用高压釜养护较好，因为高压釜养护在混凝土内所形成孔隙的形状和大小，对单体浸渍是有利的。

### （一）基体干燥

聚合物是否充满基材的孔隙对聚合物浸渍混凝土的强度和耐久性有很大的影响，为了最大限度地改善基体的性能，必须对基

常用单体与聚合物的性能

表 1-1

| 单体或聚合物名称 | 简称  | 单体性能            |                               | 聚合物性能          |           |                               |                 | 拉伸强度 (MPa) | 抗拉度 (MPa)        | 拉伸性能模量 ( $\times 10^4$ MPa) |
|----------|-----|-----------------|-------------------------------|----------------|-----------|-------------------------------|-----------------|------------|------------------|-----------------------------|
|          |     | 蒸汽压力 20°C (kPa) | 比密度 20°C (g/cm <sup>3</sup> ) | 沸点 101kPa (°C) | 软化温度 (°C) | 比密度 20°C (g/cm <sup>3</sup> ) | 收缩 (mm/m)       | 伸长率 (%)    |                  |                             |
| 甲基丙烯酸甲酯  | MMA | 4.665           | 0.936                         | 100            | 80~120    | 1.18~1.19                     | —               | 2~7        | 77~130           | 75~90<br>3.1                |
| 苯乙烯      | S   | 0.38            | 0.909                         | 145            | 90~120    | 1.03~1.10                     | 0.002<br>~0.007 | 1.5~3.7    | 80~110<br>35~80  | 2.8~4                       |
| 丙烯酸甲酯    | MA  |                 | 0.953                         | 79.9           |           | 1.17~1.20                     | 0.001<br>~0.004 | 2.0~10.0   | 77~130<br>50~77  | 2.4~3.1                     |
| 聚酯树脂     | P   | (24°C)<br>0.93  | 1.13<br>~1.15                 | —              | 60~100    | 1.10~1.46                     | (体积)<br>7       | 1.3        | 92~190<br>42~71  | 2.1~4.5                     |
| 环氧树脂     | E   |                 | 1.12<br>~1.43                 | —              | 300       | 1.15                          | 0.004<br>~0.010 | 1.7        | 110~130<br>65~85 | 3.2                         |
| 丙烯酸腈     | AN  | 11.33           | 0.806                         | 77.5<br>~79.0  | 270       | 1.17                          |                 |            |                  |                             |

聚合物浸渍混凝土常用添加剂

表 1-2

| 添加剂名称 | 作用                                                                           | 主要品种                                   |
|-------|------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------|
| 阻聚剂   | 单体几乎都不稳定,在常温下都有一定程度的自发聚合,故单体中都含有一定量的阻聚剂                                      | 对苯二酚、苯醌等                               |
| 引发剂   | 加热至一定温度时,引发剂以一定速度分解成游离氢,诱导单体产生连锁反应。故加热聚合时必须使用引发剂,引发单体产生聚合。用量为单体重量的 0.1%~0.2% | 过氧化物(二苯甲酰、甲乙酮、环乙酮)、偶氮化合物(偶氮二异丁腈)、过硫酸盐等 |
| 促凝剂   | 用来降低引发剂的分解温度,加快引发剂生成游离氢,促进单体在常温下聚合                                           | 环烷酸钴、辛酸钴、二甲基苯胺等                        |
| 交联剂   | 使线型结构的聚合物转化为体型结构的聚合物                                                         | 甲基丙烯酸甲酯、苯乙烯、二甲酸、二丙烯酯                   |
| 稀释剂   | 降低浸渍液粘度,提高其渗透能力                                                              | 甲基丙烯酸甲酯、苯乙烯等                           |

体进行充分的干燥,消除混凝土内孔隙中的游离水,使聚合物能充分浸渍基体的孔隙。

基体一般采用常压下热风干燥的方法,干燥所用的温度和时间,取决于基体的大小和形状,表 1-3 为试验的结果,因此干燥的温度以 150℃ 左右为宜,因为采用这个温度进行干燥,不但干燥速度快,而且能制作出高质量的聚合物浸渍混凝土。如果基体干燥不充分,单体在基体中的浸渍也就不充分,聚合物浸渍量低,浸渍的改性效果就差。

干燥温度对浸渍率及聚合物浸渍混凝土强度的影响 表 1-3

| 干燥温度(℃) | 浸渍率(%) | 抗压强度(MPa) | 抗拉强度(MPa) | 抗折强度(MPa) |
|---------|--------|-----------|-----------|-----------|
| 0       | 0      | 54.5      | 5.1       | 10.7      |
| 105     | 3.8    | 121.0     | 13.5      | 23.2      |
| 120     | 4.2    | 116.0     | 13.8      | 23.2      |
| 150     | 4.3    | 131.0     | 14.7      | 24.6      |
| 170     | 4.3    | 124.0     | 15.1      | 29.6      |
| 190     | 4.3    | 105.0     | 14.1      | 26.9      |

基体干燥后再进行真空抽气,可使单体易于浸入混凝土中。真空抽气可将阻碍单体渗入的空气从混凝土的孔隙中排除,以提高浸渍速度和浸渍率,避免空气热膨胀。从表 1-4 即可看出真空处理的作用。

真空处理对砂浆的浸渍率及强度的影响

表 1-4

| 单 体        | 处理方式  | 浸 渍 率<br>(%) | 抗 压 强 度 |     | 抗 拉 强 度 |     | 抗 折 强 度 |     |
|------------|-------|--------------|---------|-----|---------|-----|---------|-----|
|            |       |              | (MPa)   | (%) | (MPa)   | (%) | (MPa)   | (%) |
| 80%S+20%MA | 真空处理  | 5.60         | 146.5   | 125 | 9.7     | 126 | 28.2    | 104 |
|            | 未真空处理 | 4.65         | 117.0   | 100 | 7.7     | 100 | 27.1    | 100 |
| 90%S+10%P  | 真空处理  | 5.05         | 138.0   | 147 | 11.0    | 136 | 26.8    | 130 |
|            | 未真空处理 | 4.35         | 94.0    | 100 | 8.1     | 100 | 20.6    | 100 |
| MMA        | 真空处理  | 5.75         | 170.0   | 110 | 13.0    | 102 | 30.5    | 110 |
|            | 未真空处理 | 5.55         | 153.5   | 100 | 12.7    | 100 | 27.7    | 100 |

进行真空处理时,真空度以 6.666kPa 为宜。对高强浸渍混凝土需进行真空处理,对强度要求不高的混凝土及耐腐蚀混凝土等不必进行真空处理。

## (二) 单体浸渍

浸渍即将基材混凝土制品在常压或压力状态下浸渍在单体中,直至浸透为止。

从理论上,可浸渍的微孔隙的直径和浸渍液表面张力的关系,如下式所示:

$$r = - 2\sigma \frac{\cos\phi}{P}$$

式中  $r$ ——孔隙的半径;

$P$ ——作用于孔隙上的压力;

$\sigma$ ——浸渍液的表面张力;

$\phi$ ——被浸渍物孔隙壁面和浸渍液的接触角(湿润角)。

浸渍速度与浸渍液粘度的关系如下式所示:

$$v = \frac{\Delta P r^2}{8\eta l}$$

式中  $v$ ——浸渍速度；

$\Delta P$ ——压力差；

$\eta$ ——浸渍液的粘度；

$l$ ——孔隙的长度。

浸渍有“完全浸渍”和“局部浸渍”两种。

### 1. 完全浸渍

完全浸渍是指混凝土断面完全被单体浸透，其作用主要是提高混凝土的强度及密实度，如构件板、管、柱等。如构件达到完全浸渍，则聚合物浸渍混凝土的强度在很大程度上与基体混凝土强度无关。

完全浸渍常用的单体为：MMA、S、80%S+20%MMA、90%S+10%MMA、80%S+20%MA、90%S+10%MA 等。单体的用量取决于混凝土的孔隙率，孔隙多的混凝土单体用量大，但较易达到完全浸渍。

### 2. 局部浸渍

局部浸渍指混凝土断面被单体浸透到一定深度（一般为10~20mm），其作用主要是封闭混凝土表面孔隙，提高混凝土的耐久性、抗渗性、耐腐蚀性等，又可修补混凝土。常用的单体为90%S+10%P、80%S+20%P、70%S+30%P、90%S+10%E、80%S+20%E、70%S+30%E。由于聚合物浸渍混凝土的强度取决于材料最后的孔隙，因此采用部分浸渍时，未浸渍混凝土的强度则有显著影响。

### 3. 浸渍时间和压力

混凝土浸渍时间，取决于浸渍方法、单体种类、基材种类和尺寸。如水灰比0.45的普通混凝土，构件尺寸为40mm×40mm×160mm，完全浸渍需浸渍4h；如构件尺寸为100mm×100mm×100mm，则需浸渍8h。

浸渍可以在常压下进行，亦可在压力下进行。试验证明，加压浸渍不但能提高浸渍速度（图1-1），而且能提高浸渍量，增强浸渍效果。表1-5为我国以水泥砂浆为基体进行加压浸渍试验的

结果，由此可看出高压下浸渍效果较好。

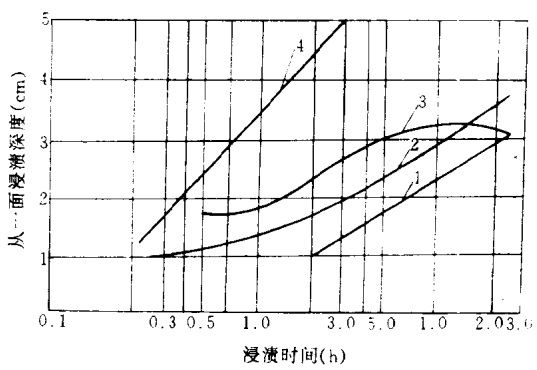


图 1-1 浸渍方法与浸渍速度的关系

- 1—常压下浸渍；2—基体抽真空（2666Pa）后进行常压浸渍；
- 3—压力（0.4MPa）下浸渍；4—基体抽真空（2666Pa）后进行加压（0.4MPa）浸渍

加压浸渍所以能提高浸渍效果，是由于加压浸渍时混凝土中残留空气的影响大幅度下降，基体中墨水瓶状气孔的气堵现象被克服，减少了浸渍剂在聚合时的体积收缩，增大了聚合物与基体间的界面面积，提高了界面间粘结的缘故。

MMA 加压浸渍的效果（未经热处理）表 1-5

| 试 件 类 型                      | 浸 渍 量<br>(重量百分数) | 抗折强度<br>(MPa) | 抗压强度<br>(MPa) | 抗压强度提高<br>倍数 (α) |
|------------------------------|------------------|---------------|---------------|------------------|
| 水泥砂浆基体                       | 0%               | 9.00          | 60.0          | 1                |
| 常压下浸渍                        | 7.5%             | 3.20          | 162.0         | 2.7              |
| 在 25×10 <sup>5</sup> Pa 下浸渍  | 8.3%             | 33.50         | 206.0         | 3.43             |
| 在 50×10 <sup>5</sup> Pa 下浸渍  | 9.0%             | 33.00         | 218.0         | 3.63             |
| 在 100×10 <sup>5</sup> Pa 下浸渍 | 9.1%             | 31.00         | 225.0         | 3.75             |
| 在 150×10 <sup>5</sup> Pa 下浸渍 | 9.1%             | 30.00         | 223.0         | 3.72             |
| 在 200×10 <sup>5</sup> Pa 下浸渍 | 9.2%             | 27.00         | 237.0         | 3.95             |