

— 龚益 徐至钧 编著 —

纤维混凝土与纤维砂浆

施工应用指南

XIANWEI
HUNNINGTU
YU XIANWEI SHAJIANG
SHIGONG
SHIYONGZHINAN

中国建材工业出版社

28.572

6

纤维混凝土与纤维砂浆 施工应用指南

龚 益 徐至钧 编著

中国建材工业出版社

图书在版编目(CIP)数据

纤维混凝土与纤维砂浆施工应用指南/龚益,徐至钧编著.

—北京:中国建材工业出版社,2005.6

ISBN 7-80159-910-1

I. 纤... II. ①龚...②徐... III. ①纤维增强混凝土-工程施工-指南②纤维增强复合材料-砂浆-工程施工-指南 IV. ①TU528.572-62②TU521.1-62

中国版本图书馆CIP数据核字(2005)第049462号

纤维混凝土与纤维砂浆施工应用指南

龚 益 徐至钧 编著

出版发行:中国建材工业出版社

地 址:北京市西城区车公庄大街6号

邮 编:100044

经 销:全国各地新华书店

印 刷:北京鑫正大印刷有限公司

开 本:787mm×1092mm 1/16

印 张:14.25

字 数:349千字

版 次:2005年6月第1版

印 次:2005年6月第1次

定 价:25.00元

网上书店:www.ecool100.com

本书如出现印装质量问题,由我社发行部负责调换。联系电话:(010)88386906

前言

水泥混凝土和砂浆是现代建筑结构主体和砌筑不可或缺的重要工程材料。然而也正是因为它们这种不可或缺的重要性,决定了混凝土和砂浆本身的技术指标与质量特性在很大程度上会影响到整个工程结构主体和砌筑的最终质量。

翻开人类文明的历史,可以看到一个值得注意的现象,那就是社会生产的进步首先体现为材料的进步。在刚刚过去的几十年里,在现代科技高速前进的背景之下,人类给自己编织了许多伟大的神话,并对未来充满了光明的预期。计算机技术、互联网技术、生物技术、基因工程,一系列令人瞠目结舌的重大技术纷纷幻化成各种产品而进入了我们的家庭,例如手机和电脑。但是,大凡读过科学发展史的人都会知道,历史上所谓重大的技术发明,几乎无一例外地,总是建立在某种新材料问世的基础之上。最典型的例子,也许是半导体材料性质的发现以及由此而衍生分化出来的一系列发明。如果没有半导体,现代电子计算机的问世几乎是不可能的,更不要说让电脑走近寻常百姓的家庭。

让我们把眼光放得再远些。从原始的石器时代到青铜器时代,再到冶铁技术诞生,高性能新材料的出现和复合化的发展趋势往往就是技术进步和时代变革的标志。以建筑材料中最为广泛应用的混凝土来说,其发展过程从新石器时代的泥结卵石、草筋泥沙浆,经历石灰(石膏)三合土、火山灰石灰混凝土、掺有牛马血、糯米汁等“外加剂”的混凝土,直到近代硅酸盐水泥混凝土、钢筋混凝土、预应力混凝土、自应力混凝土、纤维增强混凝土与聚合物混凝土等,主要遵循的就是复合化的技术路线。水泥混凝土是近现代使用最广泛的建筑材料,也是当前最大宗的人造材料。据不完全统计,世界水泥年产量已超过 15 亿 t,折合成混凝土,应不少于 45 亿 m^3 。早在 1991 年,美国全国混凝土建筑物总值已达 6 万亿美元之巨^[85]。目前混凝土的应用,正向高强度、高性能化的方向发展。作为当今时代最主要的结构工程材料,混凝土材料和施工应用技术的发展正在不断地推动着人类文明的进步。

从经济发展的角度考察,发达国家的进步总是与高性能、高技术建筑材料的广泛应用同步。自 20 世纪 90 年代初开始,合成纤维在改性混凝土中扮演了越来越重要的角色,特别是聚丙烯单丝纤维,在高新技术的生产工艺背景下解决了抗老化和易掺和的工程难题,所以能够在完全不增加施工难度的前提下取得大大改善混凝土性能的显著效果,受到工程界越来越多的注意。早期合成纤维混凝土发展的标志性产品特性,可以美国希尔兄弟化工公司生产的杜拉纤维(Durafiber)为例,由于在材料生产技术方面的重要改进,以及特殊表面涂层的技术的突破,使其具有很好的抗老化能力,对酸、碱、紫外线等都有极高的耐受力。杜拉纤维的化学稳定性使其能够在混凝土中长期保持良好的性能,从而有效控制混凝土塑性收缩和沉降引起的裂缝问题,改善混凝土的抗裂、抗渗性能,提高抗冲击和抗冻能力。在美国、加拿大、澳大利亚、日本、韩国、墨西哥以及东南亚许多国家,杜拉纤维大量用于地下工程防水、工业与民用建筑的屋面、墙体和地面,以及公路及桥梁工程。由于杜拉纤维在混凝土施工中拌合容易、分布均匀、施工简单、效果显著,已经成为深受国外建筑工程界青睐的高科技建筑材料^[42]。

禅房法器,不可或缺,是因其用而重之。如果说早期杜拉纤维在进入中国市场和建筑工程实践方面起到了良好的示范作用,那么后续跟进的各种建筑纤维材料,以及在中国境内生产的很多建筑专用纤维,也都起到了促进中国建筑业技术进步的良好作用。而后续研制、开发、生产的许多纤维产品更加强调其独特的功能指向,甚至包括对钢纤维材料的替代等等。“长江后浪推前浪”,浩浩荡荡,势不可挡。人类社会的发展如此,技术进步也是如此。目前国内出现各种品位、不同品质的建筑用合成纤维,其品牌多多,数以百计。这中间除了国内跟进生产的产品之外,也有不少进口产品。早期杜拉纤维来到中国时,在中国官方统一认可的产品分类目录中,甚至找不到这种产品分类所在的正当位置,说明“建筑用合成纤维”是一种全新的概念。到现在各种纤维品牌百花齐放,说明技术的发展,时代的进步。

随着中国加入世界贸易组织(WTO)各项承诺的逐步落实,许多产品的进口关税都得到减让。根据中国政府的承诺,2005年,中国进口关税的平均水平减至9%。这种态势为世界范围内各种产品的全球采购提供了便利条件,作为建筑用辅助材料的专用合成纤维,当然也会顺势向中国市场突进。中国人对世界经济最大的贡献,是可以提供一个最为巨大的消费市场,没有哪一个商人会放弃向这样一个市场进军的机会。

有消息说,为了适应国内建筑纤维市场日益激烈的竞争形势,许多原来在境外生产的建筑纤维产品已经开始在中国大陆设厂,用产品中国化来对抗纯粹进口产品的高成本、高关税。这种情况的日益普遍,说明建筑纤维产品的工程价值和商品价值已经开始得到更普遍、更广泛的社会认同,是一件可喜可贺的事情。

复合化是各种材料发展的主要途径,混凝土也不例外。新石器时代用泥浆胶结大卵石作为柱基(西安半坡遗址);用草木筋增强黄土与黄土结核(料浆石)泥浆抹墙打地坪;古埃及人用石膏砂浆砌金字塔;古罗马人用火山灰石灰混凝土建筑斗兽场与水渠、桥梁;东汉至今的石灰三合土房基与路基;唐宋以来用桐油、牛马血、糯米汁、羊桃藤汁掺入石灰砂浆中增加密实度,也改善了防水与耐久性;传说古罗马及秦长城已用牛马血外加剂,可以说是引气外加剂的远祖。近代工程实践中出现的各种增强混凝土,掺加混合材料和多种化学外加剂,都是用多种材料复合来改善性能,以达到增强、耐久、经济的目的。复合化带来的超叠加效应,正是高性能混凝土获得其优良性能的主要原因^[41]。

按照当今材料领域的分类,本书所介绍的纤维混凝土和纤维砂浆都属于纤维增强水泥基复合材料(fiber reinforced cement-based composite)。在当今材料领域内,复合化是改进与提高材料性能、开发新材料品种并扩大其应用范围的重要技术途径。纤维增强水泥基复合材料是由纤维(金属的、无机的或有机的)与水泥基材(净浆、砂浆或混凝土)复合制成的,根据所用纤维的材质、性能、外形、尺寸、掺量、取向及其与基材的界面粘结等因素,可使水泥基材的抗裂性、抗拉(弯)强度、韧性、抗冲击性与抗疲劳性等有不同程度的提高。自20世纪70年代以来,纤维增强水泥基复合材料已日益引起材料界与工程界的广泛重视,研究工作不断深入,新品种相继问世,应用领域逐步扩大,已由早期的预制品制作发展到目前大量应用于公路、桥梁、机场、隧道、水利与军事等工程中。多种合成纤维(丙纶、维纶、腈纶、尼龙等)已广泛用于现浇混凝土中,有效地控制混凝土因沉降与塑性收缩引发的裂缝,改善了其抗渗、抗冻与抗冲击等性能,提高了工程的耐久性^[91]。

本书介绍纤维混凝土与纤维砂浆在土建工程中的应用,成书之立意在于普及,尤其希望能够侧重于解决若干实用问题。本书之前言由龚益撰写,全书正文第1章、第2章、第3章、第4

章以及第7章、第8章由徐至钧先生负责组织撰写,参加撰写的人员包括:徐至钧、吕会云、傅细泉、张勇、林婷;第5章由王大辉、龚益、李渊撰写;第6章、第10章分别由龚益和马世强、龚益与沈荣熹合作完成;第9章由徐至钧等与马施龙、龚益、安立同共同完成。附录部分,附录1由徐至钧先生撰写,附录2由马施龙和安立同、赵敏撰写。全部初稿完成后,龚益负责对全书各章加以协调并完成全书;林琼参与全书图表和文本、参考文献的技术处理以及统稿的整理工作。

此外,安立同先生、马施龙先生、赵敏小姐为协助资料搜集、书稿录入做了很多工作,并整理完成了杜拉纤维在国内应用于各种主要工程实例的附录清单。尤其应该提到的是,作为本书写作的前提条件,中国建筑材料科学研究院的资深专家沈荣熹博士、中国铁道科学院徐蕴贤研究员、康哲良高级工程师等诸多师友均在各种专业知识方面提供了不能忽略的帮助。限于篇幅,在此不能一一列举,只能一并表示感谢。在本书撰写过程中,我们得到了北京铸墙集团高级工程师司国权先生、北京同达律师事务所余德和律师、中国建材工业出版社曾怡女士等许多贤士高人的帮助和指教。写作过程中,陆续收集并参考引用了若干纤维生产厂家或经销单位的产品介绍和技术资料,同时参阅了大量文献资料。尽管在使用这些资料时,我们已经注意到尽可能详尽地标引注明其出处,但恐怕还是会有挂一漏万的地方。在此谨向直接或者间接地帮助我们完成本书写作的所有的朋友表示由衷的感激和敬意,并为我们可能存在的疏忽表示歉意。

从某种意义上说,所谓纤维混凝土和纤维砂浆只是现代层出不穷的高新技术建筑材料应用中的一类实例。它既不是惟一的,也不是最后的高科技的结晶,但对改善建筑工程质量、提高混凝土工程的耐久性确有成效。土木建筑工程要求实打实,来不得虚假和空话。本书在行文写作上也力求做到有的放矢。行文简浅显,做事诚平恒,是我们追求的目标。衷心希望本书所介绍的知识能够推进建筑行业的技术进步,并对改善中国土建工程的质量起到一定的作用。如果能够达到这样的目的,那便是我们最大的荣幸了。对于书中存在的不妥之处,还望大家批评。

作者谨识
2004年12月25日

目 录

第一章 纤维混凝土与纤维砂浆的发展前景	1
第一节 纤维混凝土与纤维砂浆	1
一、纤维混凝土与纤维砂浆研究与应用回顾	2
二、纤维混凝土的基本特征	4
1. 纤维混凝土是一种复合材料	4
2. 纤维本身的主要物理力学参数	4
3. 纤维混凝土材料研究	4
第二节 纤维的品种与性能	5
1. 纤维的分类	5
2. 纤维的作用	5
第三节 对纤维产品的要求	7
1. 高耐碱性	7
2. 安全无害	7
3. 自分散性	7
4. 规模生产	8
5. 要有较高的抗拉强度	8
6. 变形能力大	8
7. 粘结强度高	8
8. 粗细适度	8
9. 弹性模量	8
10. 价格合理	8
第四节 聚合物纤维混凝土的研究和应用现状	9
1. 聚丙烯纤维混凝土	9
2. 聚乙烯纤维混凝土	10
3. 尼龙纤维	10
4. 高弹模聚乙烯醇纤维(PVA)	10
第五节 连续纤维补强加固混凝土结构物的发展趋势	10
1. 连续纤维增强塑料(FRP)补强加固工法	11
2. 补强加固用连续纤维的种类及特性	11
3. 国内外开发应用连续纤维(FRP)补强加固材料的现状及发展趋势	11
第六节 合成纤维混凝土的发展趋势与展望	13

第二章 纤维混凝土的作用机理	15
第一节 关于聚丙烯纤维对混凝土性能的影响	16
一、引言	16
二、聚丙烯纤维的阻裂效应	16
三、聚丙烯纤维对混凝土强度的影响	17
四、聚丙烯纤维对混凝土耐久性的影响	18
五、小结	18
第二节 几种主要纤维的物理力学性能	19
第三节 合成纤维在混凝土中的作用	19
一、水泥基体的作用与分类	19
二、纤维与水泥基材的复合作用	21
1. 增强机理	21
2. 临界纤维体积率与临界纤维长径比	23
第四节 低掺率合成纤维在混凝土中的作用机制	24
一、引言	24
二、合成纤维作为混凝土增强材的特点	25
三、低掺率合成纤维在混凝土中的阻裂作用	25
四、低掺率合成纤维在混凝土中的增韧作用	28
五、结论	29
第五节 低掺量聚丙烯纤维在混凝土中的阻裂作用	29
一、理论探讨	30
二、测试结果	31
三、结论	34
第六节 合成纤维在混凝土中的效果和机理综述	34
一、用于增强混凝土的合成纤维种类及性能指标	34
二、合成纤维应用于混凝土中的增强效果和机理	35
三、在混凝土中使用合成纤维注意事项	39
四、结论	39
第三章 建筑物墙体裂缝的成因及控制措施	41
第一节 砖混结构房屋裂缝的诊断	41
一、墙体裂缝产生的原因	42
1. 温度因素	42
2. 湿度因素	43
3. 荷载因素	43
二、控制墙体裂缝的措施	43
1. 设置绝热层	43
2. 提高墙体的抗剪强度	44
3. 设置伸缩控制缝	44
4. 改善墙体的抗裂防水性能	44

第二节 低掺量聚丙烯纤维在混凝土和砂浆中的阻裂作用	45
一、聚丙烯纤维的作用机理	45
1. 聚丙烯纤维的功能	45
2. 聚丙烯纤维的主要适用范围	46
3. 聚丙烯纤维在工程中的应用	46
二、生产效率和经济效益的评价	47
1. 聚丙烯纤维在墙面水泥砂浆抹灰中的应用	47
2. 抗裂、抗渗、抗冲击的试验数据	48
3. 施工说明及成本分析	49
第四章 从混凝土的发展分析控制裂缝的方向	50
第一节 高性能混凝土技术的进展带来的新问题	50
一、预拌混凝土早期裂缝的分析	53
1. 问题的提出	53
2. 基本概念	53
3. 裂缝的形态	53
4. 混凝土结构相关问题	54
5. 预防措施	54
6. 当前存在的主要问题	55
7. 小结	56
二、混凝土的裂缝	56
1. 对裂缝现象的理论解释	57
2. 混凝土材料裂缝的分类	59
3. 从材料角度看裂缝控制	60
第二节 聚丙烯纤维在混凝土中的阻裂作用	61
一、在塑性混凝土中的阻裂作用	62
二、在硬化混凝土中的阻裂作用	62
1. 干燥收缩	62
2. 温度收缩	62
3. 碳化收缩	62
三、杜拉纤维阻裂作用的综合效果	63
第五章 合成纤维用于工程混凝土抗裂抗渗	66
第一节 合成纤维混凝土和砂浆的抗裂机理	66
一、水泥基复合材料的发展	66
二、纤维阻裂机制研究的现状	69
1. 纤维增强水泥基复合材料	69
2. 纤维阻裂理论	70
3. 复合材料理论	71
第二节 建筑用合成纤维的弹性补偿理论	73
一、刚性假设不能完整概括建筑用合成纤维的作用特点	73

二、弹性补偿假说的描述	74
三、弹性补偿假说的工程意义	74
第三节 混凝土和砂浆材料裂缝的测度	75
一、裂缝测度的三维层次	75
1. 裂缝长度	75
2. 裂缝面积	75
3. 裂缝体积	76
二、水重法测度裂缝体积率	76
第四节 合成纤维与其他阻裂技术的比较	76
一、混凝土本体自防水基本原理	76
1. 膨胀密实原理	77
2. 减水密实原理	78
3. 憎水隔绝原理	78
4. 高聚物填充原理	78
5. 纤维阻裂原理	79
二、合成纤维与膨胀剂抗裂作用的比较	80
三、几种刚性自防水措施的比较	81
四、合成纤维与钢筋网片阻裂作用的比较	83
五、杜拉纤维与玻璃纤维混凝土的比较	84
第五节 杜拉纤维对混凝土耐久性的综合改善	88
第六章 纤维混凝土与纤维砂浆的性能	92
第一节 纤维混凝土和纤维砂浆的物理性能	92
一、表观密度	92
二、密实度	92
三、塑性收缩	92
四、混凝土的干缩	93
五、纤维混凝土和砂浆的抗渗性	93
1. 影响混凝土抗渗性的因素	94
2. 杜拉纤维混凝土的抗渗机制	94
六、纤维混凝土的热工性能	95
1. 比热	95
2. 导热系数	95
3. 导温系数	95
4. 热膨胀系数	95
七、合成纤维混凝土的耐火性能	96
1. 混凝土在高温条件下的爆裂行为	96
2. 混凝土遭受高温后的性能衰减特性	98
3. 提高混凝土耐火性能的措施	99
第二节 合成纤维混凝土和砂浆的力学性能	101

一、混凝土和砂浆的强度	101
1. 强度术语的内涵	101
2. 试验结果的差异	101
3. 混凝土的强度等级	102
4. 抗压强度试验结果	102
二、混凝土的三种抗拉强度	106
1. 轴心抗拉强度	106
2. 劈裂抗拉强度	106
3. 弯曲抗拉强度	107
4. 强度指标之间的换算	107
三、纤维混凝土的抗拉强度	107
四、纤维混凝土的弹性模量	108
1. 弹性和弹性模量的定义	108
2. 杜拉纤维混凝土弹性模量的规范设计值	109
五、纤维混凝土的韧性与弯曲剩余强度	109
1. 提高基体韧性指数	109
2. 剩余弯曲强度	109
六、合成纤维混凝土的抗冲击性	110
第三节 合成纤维混凝土和砂浆的耐久性	111
一、抗冻融性	111
二、抗疲劳性	112
三、抗碳化性	114
1. 混凝土的碳化反应	114
2. 加入建材纤维的作用	114
3. 涂敷卫钢宝以保护钢筋	115
四、抗碱 - 骨料反应	116
1. 碱 - 骨料反应的类型	116
2. 碱 - 骨料反应的特征	117
3. 碱 - 骨料反应的治理	118
五、混凝土的耐磨性	118
六、混凝土结构的安全性与耐久性 ^[78]	119
1. 耐久性影响结构的可靠度	119
2. 混凝土结构耐久性的定义	119
3. 提高混凝土结构耐久性的途径	120
4. 结构的安全性与耐久性	122
第七章 纤维混凝土和纤维砂浆的配比和施工操作要点	124
第一节 聚丙烯纤维的材质与性能	124
一、聚丙烯单丝纤维	124
二、杜拉纤维产品的包装	124

三、杜拉纤维产品的主要技术参数	125
第二节 杜拉纤维的表面形貌	125
第三节 杜拉纤维外观尺度的表示法	127
第四节 杜拉纤维在混凝土和砂浆中的掺量	127
第五节 杜拉纤维的功能及作用机理	128
一、有效提高混凝土和砂浆的抗裂能力	128
二、大大提高混凝土和砂浆的抗渗防水性能	128
三、增强抗冲击及抗震能力	129
四、增强抗冻能力	129
五、确保混凝土预制件的质量	129
六、良好的修整性	129
七、利于提高生产效率和经济效益	130
第六节 杜拉纤维的主要用途	130
一、注意事项	130
二、在工业民用建筑中的应用	131
1. 混凝土构件	131
2. 轻质水泥构件	131
3. 混凝土浇筑	131
4. 罩层	131
5. 喷射和泵送混凝土	131
三、在超薄高强白色路面(UTW)中的应用	131
四、杜拉纤维的特殊用途	132
第七节 施工操作与使用说明	132
一、使用步骤	132
二、注意事项	132
第八节 产品质量标准	133
第九节 主要测试数据	133
一、提高抗渗能力	133
1. 美国测试数据	133
2. 中国测试数据	133
二、提高抗裂能力	134
1. 美国测试数据	134
2. 中国测试数据	134
三、提高抗冲击能力	134
1. 美国测试数据	134
2. 中国测试数据	135
四、提高抗冻能力	135
1. 美国测试数据	135
2. 中国测试数据	136

第十节 工程参数	136
第十一节 聚丙烯纤维的质量检验	137
第八章 纤维混凝土和纤维砂浆的质量检测与试验	138
第一节 纤维混凝土和纤维砂浆拌合物的试验	138
一、水灰比分析	138
1. 试样要求	138
2. 试验步骤	138
3. 结果表示	139
二、质量密度试验	140
1. 试样要求	140
2. 主要设备	140
3. 试验步骤	140
4. 结果表示	140
三、稠度试验	141
1. 坍落度法	141
2. 倒置坍落度筒法	141
3. 维勃(VB)稠度法	142
四、含气量试验	143
1. 试样要求	143
2. 主要设备	143
3. 试验步骤	143
4. 结果表示	144
第二节 纤维混凝土硬化体的检测与试验	144
一、表观密度与吸水率试验	144
1. 试件要求	144
2. 试验步骤	144
3. 结果表示	144
二、抗压强度试验	145
1. 立方体抗压强度试验	145
2. 轴心抗压强度试验	145
三、劈裂抗拉强度试验	146
1. 试件要求	146
2. 主要设备	146
3. 试验步骤	146
4. 结果表示	147
四、抗剪强度试验	147
1. 试件要求	147
2. 主要设备	147
3. 试验步骤	147

4. 结果表示	148
五、抗折强度试验	148
1. 试件要求	148
2. 主要设备	148
3. 试验步骤	148
4. 结果表示	149
六、静态弹性模量试验	149
1. 静力受压弹性模量试验	149
2. 抗折弹性模量试验	150
七、动态弹性模量试验	152
1. 试件要求	152
2. 主要设备	152
3. 试验步骤	152
八、弯曲韧性试验	153
1. ASTM 与 CECS 的韧度指数法	153
2. ACI 的韧性指数法	155
3. JCI 的弯曲韧度系数法	155
九、抗冲击性试验	156
1. 冲压冲击试验法	156
2. 弯曲冲击试验法	157
十、抗冻性能试验	158
1. 慢冻法	158
2. 快冻法	159
十一、抗渗性能试验	160
1. 试件要求	160
2. 主要设备	160
3. 试验步骤	160
4. 结果表示	160
十二、收缩性试验	161
1. 试件要求	161
2. 试验步骤	161
3. 结果表示	161
十三、耐磨性试验	161
1. 试件要求	161
2. 主要设备	162
3. 试验步骤	162
4. 结果计算与评定	162
第九章 工程应用实例	163
一、聚丙烯纤维用于国家大剧院工程	163

二、深圳市会议展览中心工程地下室墙体应用杜拉纤维	164
1. 工程概况	164
2. 基础底板和地下室墙的控制开裂措施	164
3. 效果	165
三、广州新机场工程采用杜拉纤维	165
四、石化工程焦炭塔框架大厚板采用杜拉纤维混凝土	166
1. 问题的提出	166
2. 厚板裂缝原因分析	168
3. 焦炭塔框架大厚板采用杜拉纤维	169
4. 小结	170
五、深圳市市民中心工程应用杜拉纤维	170
1. 概况	170
2. 杜拉纤维混凝土配合比的设计	171
3. 杜拉纤维混凝土的生产	173
4. 结论	173
六、内外墙抹灰使用聚丙烯纤维水泥砂浆	174
1. 镇江恒顺·恒华苑	174
2. 宁波雅戈尔东湖花园	175
七、船坞、码头和水利枢纽工程	175
1. 上海江南造船厂一号船坞	175
2. 连云港小塔山水利枢纽工程	175
3. 三峡工程左导墙现场工程实验及泄洪坝特殊部位	176
4. 无锡梅梁湖泵站枢纽工程	176
八、市政设施与公路工程应用纤维混凝土	176
1. 南通市体育看台	176
2. 中国-巴基斯坦高速公路新疆喀什段	177
3. 湖北出版文化城大面积底板	177
4. 天津珠江五星级国际会议酒店	178
九、某工程超大体积纤维混凝土基础及墙、柱、板	178
1. 原材料的选择与质量控制	179
2. 配合比的优化设计	180
3. 混凝土的物理力学性能	180
4. 纤维混凝土的耐久性能	181
5. 杜拉纤维混凝土的施工及应用效果	182
十、内蒙古自治区扎鲁特旗前进灌区干渠修复	182
1. 抗渗材料的发展与施工技术的改变	182
2. 前进灌区浆砌石输水段防渗补强工程背景	183
3. 改进后的设计方案和技术要求指标	183
4. 施工工序及作业要求	184

5. 工程效果与技术经济效益	185
第十章 当前应用纤维混凝土和纤维砂浆要点问答	186
1. 什么是“杜拉纤维”？	186
2. 杜拉纤维的特性如何？	186
3. 杜拉纤维掺入混凝土中起什么作用？	186
4. 杜拉纤维在混凝土中的适宜掺量是多少？	187
5. 选用合成材料建材纤维需要考虑哪些关键因素？	187
6. 是否要用专门的搅拌机来拌制杜拉纤维混凝土？	187
7. 能否在预拌混凝土中参加杜拉纤维？	188
8. 参加膨胀剂或杜拉纤维防裂、抗渗,两者的作用效果有何不同？	188
9. 膨胀剂和杜拉纤维的综合作用效果有什么差异？	188
10. 在混凝土中参加杜拉纤维,是否可以减少混凝土的单方水泥用量？	189
11. 使用杜拉纤维混凝土是否可以适当降低钢筋的配筋率？	189
12. 杜拉纤维能否代替非承力的焊接钢筋网片？其使用效果有何不同？	189
13. 同样都是纤维,杜拉纤维与玻璃纤维混凝土的性能对比如何？	190
14. 能否将杜拉纤维与其他添加剂或复合材料共同使用？	190
15. 杜拉纤维喷射混凝土有何特点？如何配比？	190
16. 杜拉纤维适合用于哪些类型的混凝土工程？	191
17. 从经济角度考虑,在混凝土工程中推广使用杜拉纤维是否划算	191
18. 杜拉纤维在国内都做过哪些工程？	192
19. 杜拉纤维混凝土或砂浆的设计和施工有没有规范？	192
20. 目前国内关于纤维混凝土或砂浆应用与科研的交流活动有哪些？	192
附录一 合成纤维的代号	193
附录二 国内应用杜拉纤维等建材纤维的部分工程项目	194
附录三 杜拉纤维早期在美国应用的部分实例^[65]	205
参考文献	206

第一章 纤维混凝土与纤维 砂浆的发展前景

改革开放,尤其是近十多年来,中国社会经济迅速发展,建设规模日趋宏大,钢筋混凝土结构应用更为广泛,结构形式更趋复杂多样,砂浆与混凝土所用材料及施工工艺也发生了巨大的变化。与此同时,人们对工程质量的要求日益提高,砂浆与混凝土工程裂缝问题备受社会各界人士的关注,也是建设工程科技人员极为关注的课题。

本章首先回顾国际纤维混凝土制品工业 100 多年的发展历程,继而分析该工业的国内外现状。在此基础上,根据可持续发展的准则并结合我国的具体情况,探讨我国纤维混凝土制品工业今后的发展方向。

第一节 纤维混凝土与纤维砂浆

混凝土与砂浆是土木建筑工程最重要的材料。自 1824 年水泥问世及随之诞生的砂浆、混凝土与钢筋混凝土以来,至今已近 200 年的历史。混凝土与砂浆工程技术总是伴随着工程建设的需要和科学技术的发展而进步。在开始阶段,人们使用高流动性混凝土,而获得的强度却很低。后来,配制成塑性和低流动性混凝土,强度和使用性能都有所改善。到 20 世纪中叶,水泥混凝土技术的进步和设备的进一步改进,使混凝土又向干硬性或半干硬性方向转变,配制的强度更高,施工难度也随之增加。由于外加剂技术的进步,混凝土拌合物向塑性和流动性方向发展,混凝土强度和流动度得以兼顾,工程质量和速度同时得到提高。近 10 多年来,人们又把耐久性作为对混凝土追求的主要目标,并引入超细活性掺合料,作为混凝土的重要组分,从而发展了具有高耐久性、高流动性和体积稳定性,并且有一定强度的混凝土,即高性能混凝土。高性能混凝土是 21 世纪混凝土技术发展的重点和方向。

但混凝土与砂浆的固有弱点是因脆性而容易产生裂缝。高强混凝土的抗拉强度与抗压强度之比仅为 6% (当混凝土的强度等级超过 C45 时),脆性显著,塑性明显下降,因为脆性破坏会随时产生,高强混凝土结构的跨度不能增幅太大。当结构受弯时,荷载等于破坏荷载的 15% ~ 20% 时就开始产生裂缝(这时钢筋的应力远小于屈服极限),随着裂缝扩展会造成结构物抗渗性能等的降低,以致使用寿命缩短;在结构设计时因裂缝宽度的限制,高强建筑材料的优越性得不到充分应用。因此,混凝土性能的提高显得十分重要。

其实,现代混凝土除了要达到高抗压、高抗拉等要求外,还要容易施工,并能长期保持高强、高韧性、高抗渗性等性能,这就导致了高性能混凝土(High Performance Concrete,或 HPC)的出现。纤维混凝土是在对混凝土改性过程中应运而生的,目前常用的几种纤维混凝土有:钢纤维混凝土(SFRC)、玻璃纤维混凝土(GFRC)、碳纤维混凝土(CFRC)以及合成纤维混凝土(SNFRC)。