

交通运输行业标准
《公路工程水泥混凝土用纤维》
(征求意见稿)

编制说明

《公路工程水泥混凝土用纤维》起草组

2017年09月

目 录

一、工作简况.....	1
二、标准编制原则和标准主要内容.....	2
三、预期的经济效果、社会效果及环境效果分析.....	30
四、标准的先进程度.....	31
五、与有关的现行法律、法规和强制执行标准的关系.....	36
六、重大分歧意见的处理经过和依据.....	36
七、其他应予说明的事项.....	36

一、工作简况

1.1 任务来源

交通行业标准 JT/T 524-2004《公路水泥混凝土用纤维材料 钢纤维》、JT/T 525-2004《公路水泥混凝土用纤维材料 聚丙烯纤维、聚丙烯腈纤维》的出台使得纤维混凝土和钢纤维、聚丙烯纤维、聚丙烯腈纤维的生产工艺等都更加规范发展，截止 2017 年，该标准已经实行了 13 年，生产厂家、建设单位以及科研院所对钢纤维、聚丙烯及聚丙烯腈纤维的生产和使用已经与之前制定该标准时有了更新和发展，更值得关注的是，很多工程及研究文献还应用了除这 3 种纤维以外的其他种类的纤维，例如聚乙烯醇纤维，玻璃纤维等材料，及时对公路水泥混凝土用纤维材料标准进行修订，对规范产品生产、提高工程质量、促进行业进步有重大意义。为此，交通运输部以交科技函〔2016〕506 号《交通运输部关于下达 2016 年交通运输标准化计划的通知》的形式下达了《公路水泥混凝土纤维材料 钢纤维》（计划编号：JT 2016-133）、《公路水泥混凝土纤维材料 聚丙烯纤维和聚丙烯腈纤维》（计划编号：JT 2016-134）交通行业标准修订任务。

1.2 协作单位

在本标准的修订过程中，开展了广泛的调研和大量的试验验证工作，得到了相关单位的支持、协助，取得了大量试验数据和标准制定建议，保证了标准的修订质量。

本标准编制的主要起草单位为交通运输部公路科学研究院、清华大学、北京新桥技术发展有限公司。

1.3 工作过程

交通运输部公路科学研究院接到标准修订计划任务后，立即着手进行标准修订工作，主要工作过程如下：

(1)2015 年 1 月-10 月 交通运输部公路科学研究所牵头成立了标准起草组。广泛调研国内外纤维混凝土用纤维标准，调研国内代表性的纤维生产企业名录，总结纤维的使用单位以及高校主要研究纤维混凝土的项目组。制定详细工作计划及人员分工。

(2) 2015 年 11 月-2016 年 12 月 编写组对比国内外纤维混凝土用纤维标准，

对纤维进行分类，就纤维的性能需求广泛咨询纤维混凝土使用单位，主要包括建设单位、施工单位、大专院校等单位，获得纤维需求一手资料；对国内外主要纤维生产厂家进行调研，了解纤维生产工艺流程；分析整理调研资料，完成初稿。

(3)2016年12月-2017年10月 整理数据，编写标准征求意见稿初稿，进行标准起草组内部的讨论和初稿完善；2017年9月4日，全国交通工程设施（公路）标准化技术委员会组织专家进行标准审查；根据审查意见进行修改完善，并形成标准征求意见稿。

1.4 人员分工

标准主要起草人：路凯冀、刘兆磊、魏亚、于蕾、张国庆、李征、陈雷。

各起草人主要分工如下：

——路凯冀主要负责组织、协调，整体把关标准的修订质量。

——刘兆磊主要负责水泥混凝土用纤维品种的调研，参与标准的编写工作。

——魏亚主要负责掺纤维水泥混凝土试验数据的提供，参与纤维在混凝土中的分散性和抗压强度比的编写工作。

——于蕾主要负责国内外水泥混凝土用纤维标准的调研，技术资料的收集整理，参与标准的编写工作。

——张国庆主要负责国内纤维产品指标的厂家调研，参与标准的编写工作。

——李征主要负责标准格式的调整，标准中相关指标的校核工作，参与标准的编写工作。

——陈雷主要负责纤维调研和试验验证工作，参与标准的编写工作。

二、标准编制原则和确定标准主要内容

2.1 标准编制原则

2.1.1 纤维在水泥混凝土中的发展概况

有关纤维混凝土的研究始于20世纪初，这种材料最早并不是由于公路工程所需而产生的，它最初源于工民建对于抗震结构的需求：如果结构具有足够的延性，以非弹性变形耗散地震能量，当遭受较大的地震波时，结构虽有较大的变形和一定程度的破坏，却可以避免坍塌。

在纤维水泥混凝土研究中，以钢纤维在混凝土中的应用与研究为最早，有关尼龙纤维混凝土、聚丙烯纤维混凝土和碳纤维混凝土等合成纤维混凝土的研究到 20 世纪 60 年代才逐步加速。美国 ACI 委员会 544 标准、英国的工业建筑地面设计建议以及我国的相关国家行业标准和地方标准，也提出了关于纤维混凝土的一些常用设计指标，如弯拉强度、弯曲韧性系数指标。目前，美国所用混凝土总量中合成纤维混凝土约占 7%，超过先期研究的钢纤维混凝土 3%。

从 20 世纪 90 年代初，随着我国自主研制的价格低廉、性能优良的合成纤维的大量出现，合成纤维在我国混凝土中才开始越来越广泛的应用，我国对合成纤维混凝土的研究历史也才不到 20 年时间。

2.1.2 公路工程水泥混凝土用纤维应用现状

公路工程中，用到纤维的水泥混凝土工程主要包括：桥梁梁板预制或现浇、梁底锚喷加固、桥墩维修、桥面铺装、桥梁湿接缝、隧道管片预制、隧道衬砌等。聚丙烯纤维是最早应用在桥面铺装和隧道衬砌中的合成纤维材料，目前也有不少工程建成通车，起到了较好的工程应用效果。

横贯加拿大的 104 高速公路在萨门河上修建的混凝土桥梁的桥面板中掺入体积掺量为 0.055% 的聚丙烯纤维，起到了控制裂缝的作用；武汉长江二桥桥面铺装层维修、桥墩维修时掺入了 $1.36\text{kg}/\text{m}^3$ 的聚丙烯纤维，江苏润扬长江公路大桥桥墩施工时掺入了 $0.9\text{kg}/\text{m}^3$ 的聚丙烯纤维，增强了混凝土的抗裂性能。

巴东长江公路大桥用聚丙烯纤维和膨胀剂掺入水泥混凝土修建的桥面铺装，使得弯拉强度提高了 17.8%，耐磨强度提高了 36.1%，冲击韧性提高了 46.2%， I_5 提高了 23.2%。

三浙高速高桥 1 号大桥、马沟口 1 号大桥和杨家庄大桥桥面铺装均使用了聚丙烯粗纤维，体积含量 0.9%，室内试验研究表明该种纤维混凝土的 7d 韧性指数 I_{20} 是不掺纤维混凝土的 9.89 倍，韧性提高了 209%，56 天疲劳寿命（0.7 应力水平）提高了 46%。

四川雅泸高速公路科技示范工程中，连家湾桥、舰槽沟桥、南瓜大桥、流沙河大桥、喇嘛溪沟大桥等和广南高速公路 5 座桥梁，总长约 10km，采用混掺 $0.8\text{kg}/\text{m}^3$ 聚丙烯腈纤维， $40\text{kg}/\text{m}^3$ 钢纤维直接取代钢筋网修筑桥面铺装，通过测

试,新铺装断裂韧性指数 I_{30} 是老铺装的 11 倍,抗折强度提高了 52%,疲劳性能提高了 2 倍,延长了初始裂纹发生的时间到 14d,初始裂缝宽度仅为老铺装的 8%,磨耗值由原来的 $3.28\text{kg}/\text{m}^2$ 下降到 $2.16\text{kg}/\text{m}^2$,磨耗性能提升了 43%。

济祁高速公路淮河特大桥为钢混组合梁桥,全部桥面板采用 PVA 纤维混凝土预制拼装成型,PVA 纤维混凝土梁板良好的抗弯韧性不仅减小了桥面铺装的厚度,减轻了梁体自重,同时也增加了梁板的抗裂性能,提高了桥梁的使用寿命。

广陕高速楼房沟特大桥,应用了聚丙烯腈纤维混凝土铺装桥面铺装,纤维掺量 $1.0\text{kg}/\text{m}^3$,抗折强度提高了 12.2%。

夷陵长江大桥在桥面铺装中应用了聚丙烯纤维混凝土,纤维掺量 $0.9\text{kg}/\text{m}^3$,抗折强度提高了 10.7%。聚丙烯纤维混凝土在石川大桥桥面铺装修复中掺量为 $1\text{kg}/\text{m}^3$,抗折强度提高了 7.4%。

研究与工程实践均表明:纤维掺入混凝土后对混凝土的抗压、抗拉和抗折强度改善作用不显著,但却能显著提高混凝土抗冲击和抗疲劳等动力学性能,改善混凝土的抗动载能力。纤维的掺入对混凝土的耐久性也有好处,它可以有效抑制混凝土早期开裂及微裂纹进一步扩展,减少混凝土收缩裂纹,特别是能有效抑制贯通裂纹的产生,降低混凝土孔隙率,提高混凝土的密实度和防水性能。

2.1.3 标准的编制目的和意义

本标准编制目的主要是为了满足公路工程纤维混凝土发展的需要、规范产品的需要以及引导行业发展的需要。

1) 公路工程纤维混凝土发展的需要

虽然我国纤维混凝土应用于公路工程的历史不过几十年,但已经有不少地方用到纤维水泥混凝土,包括桥梁梁板预制或现浇工程、梁底锚喷加固工程、桥墩维修工程、桥面铺装工程、桥梁湿接缝现浇工程、隧道管片预制、隧道衬砌锚喷工程等。这些工程将纤维掺入在水泥混凝土中的目的大致可以归为两类,一类是在水泥混凝土凝结硬化过程中预防塑性收缩裂缝,另一类是在设计时考虑其作为结构性补强材料改善构件的延性,提高整体结构的使用寿命,简单描述就是抗裂和增韧两个作用。公路工程建设单位在采购纤维时,主要参考的规范是 JTJ524-2004《公路工程水泥混凝土纤维材料 钢纤维》和 JTJ525-2004《公路工

程水泥混凝土纤维材料 聚丙烯纤维和聚丙烯腈纤维》行业规范，但这两本规范已实行 14 年之久，部分技术指标已无法满足实际工程的需要，例如，原规范并没有给出纤维掺加在混凝土中分散性的规定，而分散性却是纤维产品最先需要满足的指标，其次，纤维作为一种杂质，对抗压强度有没有衰减所用，这种衰减所用具体控制在什么程度，原规范都没有涉及。在调研纤维生产厂家时，他们也不能给出所供应纤维掺入混凝土中对其影响程度，他们认为这是使用单位该测试的指标，和他们没有直接关系，而使用单位调查结果认为，他们就是按照厂家掺量掺的，具体能不能达到防裂增韧作用，达到程度如何，他们也不能给出统计数字。

而且，通过公路工程所采用的纤维种类调研、纤维生产厂家调研、美国 ASTM 以及 ACI 有关纤维混凝土及纤维产品规范调研、ISO、欧洲、英国、德国、法国以及日本水泥基用纤维标准调研，当今应用于水泥混凝土中的纤维已经不局限于钢纤维、聚丙烯单丝、聚丙烯网状、聚丙烯腈纤维，其他种类纤维，例如玻璃纤维、碳纤维、矿物纤维、聚乙烯醇纤维、聚酰胺纤维、改性聚酯纤维等也已经被应用于公路工程水泥混凝土中，鉴于纤维种类的发展及实际应用情况，有必要将新的纤维产品纳入本次标准的修编之中。

总之，鉴于当今纤维混凝土在公路工程中的发展，需尽快对公路工程水泥混凝土纤维材料产品标准进行修编，以便正确引导建设单位、设计单位、施工单位选择满足公路工程需要的纤维产品，从而提高建设工程质量。

2) 规范产品的需要

由于国内对纤维的表面处理工艺与国外相较有差距，各单位生产的纤维彼此之间也有差别，甚至同一单位生产的不同批次的纤维性能也有差别，造成掺入混凝土中的纤维质量参差不齐，导致成型后的纤维混凝土性能良莠不齐；特别对于需要增韧的构件或工程，相同掺量的聚丙烯纤维，有的纤维自称能提高韧性，但即使掺加了推荐最大掺量也仅仅起到了抗裂作用，并不能起到抗弯增韧作用。实施统一标准进行公路工程水泥混凝土用纤维的生产、检验和使用后，生产厂家将根据本标准提高纤维质量和技术水平，淘汰不满足公路工程所需纤维要求的产品供应商，使得纤维供应市场更加规范。

3) 引导行业发展的需要

“十三五”开局，起步不凡。2016 年交通运输部印发的关于公路转型发展

的 3 个重要文件，向公路建设行业释放出提升品质、追求卓越的信号。《关于打造公路水运品质工程的指导意见》明确指出工程设计要以工程质量安全耐久为核心，强化工程全寿命周期设计，明确耐久性指标控制要求。积极推广应用“四新技术”，大力推广性能可靠、先进适用的新技术、新材料、新设备、新工艺，淘汰影响工程质量安全的落后工艺工法和设施设备，推动工程技术提升。

纤维混凝土自重轻，韧性高，抗疲劳性和抗冲击性能优越，恰好满足了公路工程特别是桥梁工程、隧道工程长期以来对水泥混凝土材料求而不得的要求，纤维混凝土材料的使用可以延缓和减少结构裂缝，这对于大面积暴露在外界环境中的桥梁、隧道工程来讲，裂缝发生的时间被延缓了，裂缝减少了，环境中有害粒子侵入水泥混凝土内部的通道就减少了，这无疑增加了结构的耐久性；纤维混凝土良好的抗弯韧性还可以增强梁板等构件的弯曲韧性，使其承载力更高，不容易发生弯折脆性破坏，从而大大提高结构使用寿命，也降低了后期养护维修的费用。十三五提出了绿色公路建设就是要进行全寿命周期统筹考虑，长寿命才是最大的绿色，从这个角度来讲，纤维混凝土材料是当之无愧的绿色优质材料。

随着纤维混凝土在公路工程中的使用经验越来越多，行业对其使用目的也越来越明确。但目前的调查资料显示，公路工程建设单位对纤维混凝土的使用还大多处于试用阶段，对纤维混凝土材料的认知也还停留在掺就比不掺好的定性认知阶段，为了引导公路工程行业发展，响应交通部十三五号召，有必要对公路工程水泥混凝土用纤维进一步明确，使得该种绿色材料可以更好的在公路工程行业中发挥优势。

2.1.4 本行业执行的标准名称及编号

表 2-1 列出了目前我国现行的掺入水泥混凝土用纤维相关的标准汇总。

表 2-1 掺入水泥混凝土用纤维相关标准汇总

序号	标准名称	标准编号
1	水泥混凝土和砂浆用合成纤维	GBT 21120-2007
2	水泥混凝土和砂浆用短切玄武岩纤维	GBT 23265-2009
3	聚丙烯腈基碳纤维	GBT 26752-2011

4	公路工程水泥混凝土纤维材料 钢纤维	JTJ 524-2004
5	公路工程水泥混凝土纤维材料 聚丙烯纤维与聚丙烯腈纤维	JTJ 524-2005
6	公路工程 玄武岩纤维及其制品 第1部分：玄武岩短切纤维	JTT 776.1-2010
7	混凝土用钢纤维	YBT151-1999
8	玻璃纤维短切原丝	JCT 896-2002
9	纤维混凝土应用技术规程	JGJT 221-2010
10	纤维混凝土结构技术规程	CECS38-2004

表 2-2 列出了美国、欧盟涉及混凝土用纤维的标准。

表 2-2 国外掺入水泥混凝土用纤维相关标准汇总

序号	标准名称	标准编号
1	Standard Specification for Fiber-Reinforced Concrete	ASTM C1116-2010a(R2015)
2	Standard Specification for Steel Fibers for Fiber-Reinforced Concrete	ASTM A820-16
3	Standard Specification for Alkali Resistant (AR) Glass Fiber for GFRC and Fiber-Reinforced Concrete and Cement	ASTM C1666-2008(R2015)
4	Standard Specification for Polyolefin Monofilaments	ASTM D3218-2007(R2012)
5	Standard Specification for Cellulose Fibers for Fiber-Reinforced Concrete	ASTM D7357-2007(R2012)
6	Report on Fiber Reinforced Concrete	ACI 544.1R-96(R2009)
7	Fibres for concrete- Part 1: Steel fibres-Definitions, specifications and conformity	EN 14889-1-2006
8	Fibres for concrete- Part 2: Polymer fibres-Definitions, specifications and conformity	EN 14889-2-2006
9	Precast concrete products-Specification of glassfibres for reinforcement of mortars and concretes	EN 15422-2008

2.1.5 标准的编制原则

(1) 本标准积极借鉴国外标准对混凝土用纤维的分类规则，指标取值范围主要

以国标或交通运输部行业标准为主，同时考虑目前产品供应市场实际情况；

(2) 促进技术进步，规范应用过程，提高产品质量；

(3) 符合用户要求，保护消费者利益，有利于新材料新技术的推广应用；

(4) 覆盖面广泛，充分调研。综合全国范围内混凝土用纤维生产单位及应用单位的第一手资料，并通过讨论调研和总结完成本标准。

2.2 标准的主要内容

2.2.1 标准名称

本标准将原标准 JT/T 524-2004《公路水泥混凝土用纤维材料 钢纤维》、JT/T 525-2004《公路水泥混凝土用纤维材料 聚丙烯纤维、聚丙烯腈纤维》合并成一部，主要是考虑旧标准实施 13 年来，纤维种类和性能指标均有了更新和发展，除了以前的 3 种纤维，又出现了其他种类的纤维可应用于水泥混凝土。因此，本标准在合并原标准的基础上，又补充了目前用于水泥混凝土中的其他几种纤维。且本标准发布后将替代原来这两部标准。

本标准名称暂定为《公路工程水泥混凝土用纤维》，去掉之后的某某种纤维的具体分类。理由如下：由于本标准纳入所有可用于掺入水泥混凝土的纤维，因此在名称中不再具体陈述纤维种类，而是在对应章节标题中加以区分，题目简洁且具有概括性。

2.2.2 标准适用范围

本标准规定了公路工程水泥混凝土用纤维的产品分类、型号和标记、技术要求、试验方法、检验规则，以及标志、包装、运输及贮存的要求。

本标准适用于公路工程水泥混凝土用纤维的生产、检验和使用。

2.2.3 标准框架结构

标准的结构及主要内容分为前言和正文（共九章）。标准规定了公路工程水泥混凝土用纤维的分类方法和型号标记；规定了纤维的外观质量、物理性能、混凝土掺入性能的技术要求；规定了纤维外观，物理性能以及掺入性能的试验方法；规定了纤维产品的检验规则；规定了纤维产品的标志、包装、运输、贮存规则；

最后规定了交货所提供的质量证明书必须涵盖的产品信息内容。

2.2.4 术语和定义

修改了“当量直径”的定义；删减“钢纤维、等效直径、长径比、纤维单丝当量直径”定义，增加了“分散型短切原丝、集束型短切原丝、短切率、熔程、耐碱残留强度”的术语和定义。本标准中所出现的其他术语均可在规范性引用文件中找到定义，本标准不再赘述。

2.2.5 分类

美国 ASTM1116，纤维混凝土分为钢纤维混凝土、玻璃纤维混凝土、合成纤维混凝土和天然纤维混凝土。对应的产品标准有 ASTM A820-16、ASTM C1666-2008(R2015)、ASTM D3218-2007(R2012)、ASTM D7357-2007(R2012)。美国 ACI 在 1996 年报告（2009 年已重审批通过）也就该 4 种纤维混凝土的原材料、性能给予阐述。先参考美国 ASTM1116 以及对应产品标准，将用于纤维混凝土中的纤维按照材料组成分为钢纤维、玻璃纤维、合成纤维、天然纤维。这里的钢纤维、玻璃纤维、合成纤维在我国标准规范里均有所涉及，但天然纤维用于水泥混凝土，我国还处于研究阶段，尚没有规范可依。

这里说的天然纤维包括植物纤维和动物纤维，动物纤维比如蚕丝，羊毛等一般不用做水泥混凝土内掺料，而作为纺织工业用原料。天然纤维在美 ACI544.1R 与 ASTM C1116 规范中，实际单纯指的是植物纤维，由于纤维本身的化学组成由多糖，木质素，提取物和矿物质组成，木质素是这种纤维的最重要组成部分，所以也叫做纤维素纤维。天然纤维一般用纤维的植物来源命名，目前典型的天然纤维包括椰子、剑麻、甘蔗、竹子、黄麻、亚麻、象草、水芦、车前草、芭蕉、木纤维（牛皮纸浆）、龙舌兰、棕榈树。我国对于植物纤维应用于水泥混凝土尚处于研究阶段。因此本规程不对植物纤维做规范，待植物纤维在我国成熟应用后再修订规范。

玻璃纤维根据用途有很多种类，包括电绝缘性的，耐化学侵蚀的，良好介电性的等等，但由于水泥混凝土呈碱性，无论是美 ASTM 标准，国标，以及正在制定中的国标《水泥混凝土和砂浆用耐碱玻璃纤维》，均公认用于水泥混凝土的

玻璃纤维应该是耐碱玻璃纤维。因此，本规程规定用于道路工程中的玻璃纤维是指耐碱玻璃纤维。

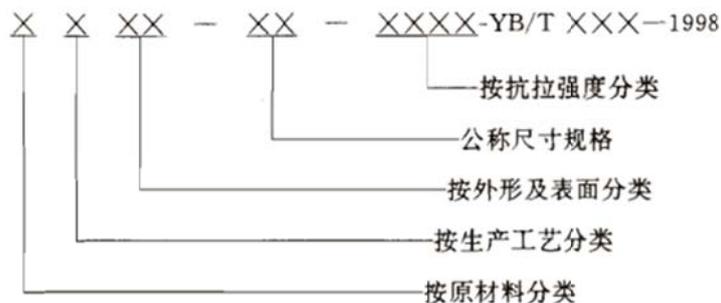
合成纤维在美国混凝土协会 ACI 544.1R 中主要是根据基质分类的：丙烯酸、芳香族聚酰胺、聚丙烯腈基碳、沥青基碳、聚酰胺、聚酯、聚乙烯和聚丙烯。可以看出，美国把碳纤维归为了合成纤维，而我国合成纤维并不包括碳纤维。我国国标合成纤维是指聚丙烯纤维、聚丙烯腈纤维、聚酰胺纤维、聚乙烯醇纤维，需要指出，GB/T 21120 特别规定不适用于聚酯纤维。这主要是因为最初聚酯纤维不改性，只适用于无碱的沥青混凝土。当今聚酯纤维已经可以经过改性用于水泥混凝土中。

而关于碳纤维，还要说明它的制备方法更有助于产品分类的理解，实际碳纤维的制备方法是用聚丙烯腈或沥青经脱氢、氧、氮后形成的，确实是一种合成纤维，这也是美国把碳纤维归为合成纤维的主要原因之一。但碳纤维实际又不同于我们普遍意义上的合成纤维，合成纤维一般认为是聚丙烯、聚乙烯醇等有机高分子材料，碳纤维是一种无机高分子材料，日本是碳纤维输出量最大的国家，世界 80% 以上碳纤维都是从日本进口的，他们把碳纤维单独作为一类纤维专门制定了高达 28 套规范。在我国国标里，也特别有碳纤维系列的国标，不同于合成纤维标准。考虑碳纤维是无机材料，不同于有机高分子材料，本标准把碳纤维单独作为一类，并不与聚丙烯纤维等有机高分子纤维放在一起。

综上所述，参考美国 ASTM 标准、美国 ACI 土木工程协会报告、ISO、欧盟以及日本对水泥混凝土用纤维的分类，参考 ISO 与 GB 对矿物纤维的定义以及对矿物纤维的实际形貌调研，再结合我国公路工程对各类纤维的使用状况，本标准把水泥混凝土用纤维分为 5 类：钢纤维、玻璃纤维、合成纤维、碳纤维。

2.2.6 型号标记

YB/T 151-1999 对钢纤维的型号标记如下所述：



标记举例：

A) 低合金钢铣削纤维,外形为纵向扭曲两端有锚尾,有一个粗糙表面,抗拉强度大于 700 MPa,长度为 32 mm,其标记为：

AMi04-32-600-YB/T 151-1999

B) 碳素钢钢丝切断纤维,外形为纵向平直,两端带钩,表面光滑,长度 25 mm,抗拉强度大于 700 MPa,其代号为：

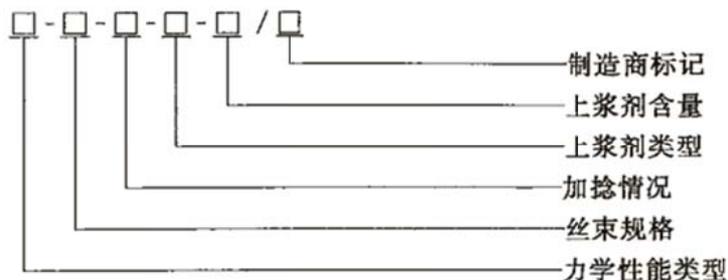
CW03-25-600-YB/T 151-1999

图 2-1 YB/T 151-1999 对钢纤维的型号标记

JC/T 896-2002 玻璃纤维短切原丝 对玻璃纤维的型号标记, 举例为: 纤维公称直径 $9\ \mu\text{m}$, 原丝线密度 48tex, 短切长度 6mm 的无碱玻璃纤维短切原丝表示为 EC-48-6mm。

GB/T 21120 规定, 合成纤维产品标记应由材料组成、用途、公称长度、当量直径、外形、断裂强度、断裂伸长率和标准号组成。示例: 用于混凝土的防裂抗裂纤维、长度 15mm、当量直径 $20\ \mu\text{m}$ 、断裂强度大于 380MPa、断裂伸长率不大于 15%的聚丙烯单丝纤维, 标记如下: PPF-HF-15/20-M-380/15 GB/T21120-2007。

GB/T 26752 聚丙烯腈基碳纤维 对碳纤维的产品标记如下所示：



示例: 表示 XX 公司生产的高强型有捻碳纤维, 其拉伸强度大于 3 500 MPa、拉伸弹性模量在 (220~260)GPa 之间、上浆剂含量在 (1.0%~1.5%) 之间, 上浆剂适用于环氧类树脂, 丝束中单丝为 3 000 根的牌号标记为：

GQ3522-3K-1-1-1/XX

图 2-2 GB/T 26752 聚丙烯腈基碳纤维对碳纤维的标记

这些型号标记有共性, 首先第一位的是纤维种类, 然后是结构形式, 再然后是尺寸规格参数, 强度参数, 最后是参考的标准编号。通过这几种规定, 可以表征纤维的特征。

2.2.7 钢纤维

(1) 钢纤维分类

对于钢纤维的分类，不同标准分类不同，如下表所示。

表 2-3 混凝土用钢纤维分类

	A820/A820M	BS EN 14889-1	YBT151-1999 (06 确认)	JSCE
生产工艺	I-冷拔金属丝、II-切片、III-熔化提取、IV-铣削、V-改性冷拔金属丝	I-冷拔金属丝、II-切片、III-熔化提取、IV-改性冷拔金属丝、V-铣削	钢丝切断、薄板剪切、熔抽、铣削	/
原材料	/	/	碳素、合金、不锈钢	
形状	直、异型	直，异型	普通型、异型	
抗拉强度	/	/	380、600、1000	
截面形状	/	/	/	方形、圆形、月牙形

美国 ASTM A820 与英国 BS EN 14889-1 标准中的冷拔金属丝和改性冷拔金属丝在我国指的是钢丝切断性钢纤维。美国 ASTM 产品标准并没有就钢纤维原材料进行分类，但在 ACI-544.1R-96 ((R2009)) 报告的 2.1.1 节中指出，按照钢纤维组分通常包括碳钢纤维（或低碳钢纤维，有时有合金成分），或不锈钢纤维这两种，并指出在不同应用情况下，需要不同的钢纤维组分，在第 2.2 节中指出在特殊环境下，比如高温耐火应用，就必须用不锈钢纤维，不同等级的不锈钢纤维，暴露在高温和潜在腐蚀环境下会表现出不同的性能，用户在设计使用钢纤维来增强性能时，应该考虑到所有这些因素。鉴于公路工程水泥混凝土长期暴露于外界环境作用下，会收到干湿循环，氯盐侵蚀，碳化，冻融等多种环境因素的侵蚀，在钢纤维选择时，建议选择不锈钢纤维，或者对碳钢纤维或合金钢纤维做防锈处理后使用。

经厂家调研,用于混凝土中的钢纤维从生产工艺角度可以分为冷拉钢丝切断型、薄板剪切型、钢锭铣削型、钢丝削刮型和熔抽型钢纤维,其中的熔抽型钢纤维经厂家调研确认已经很少生产,因此,本规范中删除原熔抽型钢纤维。从钢纤维形状上,可以划分为平直型或异形,异形钢纤维又可分为压痕形、波纹形、端钩形、大头形和不规则麻面形这几种。目前性能最稳定的钢纤维类型是冷拉钢丝切断型;薄板剪切型钢纤维原材料来源不稳定,因此同一批产品也可能存在规格不同的情况;钢锭铣削型钢纤维目前我国生产厂家只有上海哈瑞克斯一家,由于该种纤维的生产受设备限制,国际范围内规格都比较固定,产量性能稳定;钢丝削刮型纤维的原材料来源充裕,性能也可以保持稳定。

钢纤维的生产工艺和形状均会影响其在混凝土中的粘结性能,而钢纤维的化学成分会影响其在混凝土中的耐久性,因此,本规范对钢纤维的分类,主要从化学成分,生产工艺,形状这3个方面进行。

(2) 钢纤维按抗拉强度等级分类,目前已经基本不生产 380 等级钢纤维,平均水平在 600、1000 等级,1000 等级以上的钢纤维目前较常见的在 1200MPa 左右,大于 1200MPa 的比较少,有一种铜镀丝钢纤维是用铜线剪短而成,能达到 2800MPa,但一般用于强度大于 100MPa 的超高强混凝土中,公路工程水泥混凝土一般很少达到这个等级。本规范将钢纤维分为 600、1000 和 1300MPa 这 3 个等级,删除原 380MPa 等级,增加 1300MPa 等级。

(3) 钢纤维外观质量要求与 YB/T 151 相同。

(4) 钢纤维尺寸

YB/T 151 并没有就钢纤维的具体尺寸给予规定,只给出长度、直径偏差,长径比算法。不同标准对钢纤维的规格尺寸规定也不同,统计如下表所示。

表 2-4 钢纤维尺寸

	长度 mm	偏差%	直径 mm	偏差%	长径 比	偏差%
ACI 544.1R	6.4-76	/	/	/	20-100	/
ASTM A820	/	±10	/	±10	/	±15
BS EN 14889-1	>30	单根±10, 平均 ±5	>0.3	单根 10, 平均 5	/	单根 ±15

DIN EN 14889-1	≤30	单根 10, 平均 ±1.5mm	≤0.3	单根±10, 平均 ±0.015mm	/	平均 ±7.5
JG/T 3064	15-60	±10	0.3-1.2	±10	30-100	±10
YBT151	/	±10	/	±10	/	±15

本规范还根据产品市场供应情况以及实际工程应用的钢纤维尺寸,给出了钢纤维尺寸规格指标的通用范围。尺寸偏差值参考 YB/T 151。

ACI 544.1R-96 中第 2.2.1 节纤维的物理性能中指出,粘结性主要依赖于钢纤维的长径比,典型的长径比范围从 20-100,长度范围从 6.4 到 76mm,并未规定直径。虽然长径比是由长度/直径计算而来,但如果只保留其两个值而删除第三个值并不合适,比如我国钢纤维长度从 15-60mm 不等,直径是 0.3-1.2mm 不等,如果不规定长径比,钢纤维直径 0.3mm,长度 60mm,也满足长度和直径要求,但长径比达到了 200,这无论在国际还是国内,都是不能用于混凝土中的。因此,本标准建议保留长度、直径、长径比这三个指标而不是其中两个。

钢纤维形状及强度等级的选用宜根据钢纤维混凝土抗拉强度或弯拉强度以及韧性和耐久性的设计要求经试验确定,并应满足拌合物和易性与施工要求。用于喷射钢纤维混凝土时,钢纤维的抗拉强度等级不应低于 1000MPa 级,长度不宜大于输料软管及喷嘴内径的 0.7 倍,且不应小于最大骨料粒径的 2.5 倍;钢纤维长度宜采用 20mm~35mm,直径宜采用 0.3mm~0.8mm,长径比宜为 30~80。

调研钢纤维生产厂家,产品供应平均长度在 20-60mm,直径 0.3-1.2mm。

综上所述,本规范拟规定钢纤维长度 20mm~60mm,直径或等效直径宜为 0.3mm~1.2mm,长径比宜为 30~100。

(5) 钢纤维的物理性能

物理性能包括抗拉强度及其最小值,密度。对于抗拉强度,ASTM A820 规定用于混凝土的最小抗拉强度 345MPa,日本 JSCE 规格要求用于混凝土的最小抗拉强度是 552 MPa。我国 JGJ 221《纤维混凝土应用技术规程》对不同等级钢纤维抗拉强度最小值规定分别是 342 MPa、540 MPa 和 900 MPa。根据产品市场调研,规范中要求的最低指标都能够达到。本规范之所以还规定最小值,主要考虑控制产品的生产质量,而且根据技术规程,混凝土对钢纤维抗拉强度有最小需求,本规范在产品分类调整后仍然保留了钢纤维的最小值抗拉强度指标。

2.2.8 耐碱玻璃纤维

(1) 水泥水化生成物含有 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ，特别是掺加粉煤灰，矿渣等掺合料的水泥混凝土，后期强度的增长要靠 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 来激发，因此，如果玻璃纤维不耐碱，与 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 发生反应，不仅不利于水泥混凝土强度增长，还会破坏混凝土本身的碱性环境，造成内部空洞，腐蚀。因此，玻璃纤维必须选择耐碱玻璃纤维。在 JC/T 1057 中对原材料的规定 4.1.2 节也直接要求用耐碱玻璃纤维。耐碱玻璃纤维分类参考 JC/T 572。

经厂家调研，目前应用在混凝土中的耐碱玻璃纤维根据在水中的分散性可以分为分散型短切原丝和集束型短切原丝，而纤维在水中的分散性会影响其在混凝土中的分散性，有必要就这两种玻璃纤维型式进行分类。

(2) 玻璃纤维外观质量参考 JC/T 896。

(3) JC/T 896 将短切纤维长度分为 3 类，小于 3mm，3-10mm，大于 10mm，如果掺加在水泥混凝土中，玻璃纤维长度不宜过长，搅拌时容易卷曲结团，也不宜过短，过短起不到桥接作用，通过市场调研，研究文献查阅，用于水泥混凝土中的玻璃纤维短切长度一般为 3-50mm，单丝直径一般为 8-30 微米。长度偏差及直径偏差参考 JC/T 896。

表 2-5 玻璃纤维尺寸

	长度或长度偏差%	直径偏差%
ASTM C1666	±3	/
EN 15422	3-50mm	/
JC T 896	<3 ±0.5 3≤d<10 ±1.5 d≥10 ±2.0	±15

目前市场应用过程中，最小的纤维长度为 3mm，最大的纤维长度为 36mm，考虑到今后市场需求中会出现更大的纤维长度要求，同时，在 EN 15422 中纤维长度范围是 3-50mm，综合以上因素，将纤维长度控制在 3-50mm。

为了更加严格的控制玻璃纤维长度，本规范按照不同长度区间，分别进行长度的规定，使得纤维生产供应更加规范。

为避免理解偏差，玻璃纤维集束可以用单丝直径来表达，经调查，单丝直径一般在 8-30 微米，偏差平均水平±20%。

(4) 关于玻璃纤维抗拉强度，ASTM C1116 中规定 1000-1700MPa，JC/T 572 规

定断裂强度不小于 0.26N/tex，按密度 2.68g/cm³，最小直径 8 微米，换算强度不小于 700MPa，作为产品标准，应该对纤维抗拉强度最小值做规定，最大值可没限制，本规程规定玻璃纤维抗拉强度不小于 700MPa。调研玻璃纤维的弹性模量在 70GPa 以上。断裂延伸率不大于 3.1%。

(5) 玻璃纤维密度 ASTM C1116 中规定 2.68±0.3 g/cm³，百度百科调研耐碱玻璃纤维密度 2.6-2.7g/cm³，含有大量重金属的高弹玻璃纤维密度可达 2.9 g/cm³，本规程延用 ASTM C1116 规定。

(6) 玻璃纤维的耐碱性在水泥混凝土中很重要，该指标在我国 JC/T 572 标准中只控制了二氧化锆的含量，但该含量不足以证明纤维长期浸润在碱性环境下抵抗腐蚀的能力，在 ASTM C1666 和 EN 15422 中，除了规定了二氧化锆的含量，还规定用耐碱强度保留值来衡量耐碱玻璃纤维的耐碱性能，具体的试验方法见 ASTM D4963 或 EN 14649，二者形式一致。本规范认为很有必要就该指标进行检测，检测方法沿用 EN 14649，为方便用户使用，采用附录 B 的形式翻译给出。

(7) 玻璃纤维不吸水，但对含水率有规定，玻璃纤维含水率在 ASTM 中没有规定，我国 JC/T 572 规定短切纤维含水率不应大于 0.20%，JC/T 896 规定含水率应不大于 0.20%。

(8) 有关玻璃纤维 ZrO₂ 含量，在 JC/T 572 中，按照玻璃成分中的 ZrO₂ 含量高低，分成 L 类（低锆）和 H 类（高锆），第 5.2 节规定低锆类玻璃纤维 ZrO₂ 含量大于等于 14.0%，高锆类的 ZrO₂ 含量大于等于 16.0%；在 JC/T 1057 中 4.1.2 节规定，当采用硅酸盐水泥时，耐碱玻璃纤维中的 ZrO₂ 含量不应低于 16.5%，ASTM C1666 规定 ZrO₂ 的最小含量为 16%，由于硅酸盐水泥或水泥混凝土制品水化碱含量较高，而且长期处于碱性环境中，本规范规定用于公路工程水泥混凝土中的玻璃纤维 ZrO₂ 含量大于等于 16%为宜，至于是否用硅酸盐水泥需要大于 16.5%，是设计规范的指标范畴，从产品规范上讲，用于水泥混凝土中的玻璃纤维最小 ZrO₂ 含量应该不小于 16%。

(9) 根据百度百科及厂家调研，玻璃纤维没有固定的熔点，只有熔程；玻璃纤维基本不燃烧并具有一定的阻燃性，因此本规范不对燃点做规定。

2.2.9 合成纤维

(1) 关于合成纤维的分类，不同标准分类不同，现把不同标准对于合成纤维的分类以及产品市场的供应情况列表如下：

表 2-6 混凝土用合成纤维分类

	D7508/D7508M	GBT21120	CECS-38	JGJ/T 221	产品市场
原材料	聚烯烃	聚丙烯、聚丙烯腈、聚酰胺、聚乙烯醇等	聚丙烯腈、聚丙烯、聚酰胺、改性聚酯	聚丙烯、聚丙烯腈、聚丙烯粗、聚酰胺、聚乙烯醇	聚丙烯单丝、聚丙烯网状、聚丙烯粗聚丙烯腈、聚乙烯醇、聚酰胺、改性聚酯
粗细	粗、细、混杂（粗细混、长短混、粗细长短混）	单丝、膜裂网状、粗			
用途		防裂抗裂、增韧			

本标准是产品标准，究竟产品是用于抗裂还是用于增韧，是设计标准需要考虑的内容，因此，本标准合成纤维种类是以产品供应市场、公路工程水泥混凝土工程实践以及研究文献普遍应用到的纤维为准，分为以下类别：聚丙烯单丝、聚丙烯网状、聚丙烯粗、聚丙烯腈、聚乙烯醇、聚酰胺、改性聚酯。代号参考 GB/T 21120 以及常规代号。

(2) 聚丙烯单丝、网状，聚丙烯腈纤维外观质量根据厂家调研并参考原 JT/T 525 制定，聚丙烯粗纤维、聚乙烯醇纤维、聚酰胺纤维、改性聚酯纤维外观质量来自于厂家调研。

(3) 对于合成纤维的尺寸及偏差规格分类，

美国 ASTM D7508/D7508M 按直径和是否混杂分为 5 类：

- a) 粗聚合物纤维：线密度 ≥ 580 denier(当量直径 $\geq 0.3\text{mm}$)
- b) 超细聚合物纤维：线密度小于 580 denier(当量直径 $< 0.3\text{mm}$)
- c) 混杂纤维：粗纤维和细纤维的组合。
- d) 多长纤维：由各种长度的短切纤维组成

e) 级配纤维：由多种长度和多种线密度的纤维组成。

英国 BS EN 14889-2 与德国 DIN EN 14889-2 将合成纤维按照粗细分为：

I 级：超细纤维，当量直径 $d \leq 0.3\text{mm}$ ；II 级，粗纤维，当量直径 $d > 0.3\text{mm}$ ，并指出 II 级纤维一般用于有残余弯曲强度要求时。

我国国标 GBT21120 中按照外形，长度和当量直径进行分类，如下图所示：

表 2-7 合成纤维的规格

外形分类	公称长度/mm		当量直径/ μm
	用于水泥砂浆	用于水泥混凝土	
单丝纤维	3-20	6-40	5-10
膜裂网状纤维	5-20	15-40	-
粗纤维	-	15-60	> 100

注：经供需双方协商，可生产其他规格的合成纤维

表 2-8 不同标准的合成纤维尺寸

标准	长度 mm	偏差%	直径 μm	偏差%	长径比	偏差%
ASTM D7508/D7508M	3-50 12-65	± 10	$d < 0.3\text{mm}$ $d \geq 0.3\text{mm}$	± 10	/	/
BS EN 14889-2 DIN EN 14889-2	> 30	单根 ± 10 ，平 均 ± 5	$> 0.3\text{mm}$	单根 ± 50 ， 平均 ± 5	/	单根 ± 50 ，平均 ± 10
	≤ 30	单根 10，平 均 $\pm 1.5\text{mm}$	$\leq 0.3\text{mm}$	线密度 单根 ± 10 ，平均 ± 10		
GBT 21120	单丝 6-40 网状 15-40 粗 15-60	± 10	单丝 5-100 网状/ 粗 > 100	± 10	/	/
JTT 525	PAN 6-18 PP 6-30	± 10	PAN 13 PP 单 20-50 PP 网 100	PAN ± 10 PP 单 ± 10 PP 网 ± 50	/	/

本标准考虑为产品标准，英国德国都按照粗细对纤维进行的规格划分。本标准还是在借鉴 GB/T 21120 的基础上，参考厂家调研，对不同种类的合成纤维分

别规定长度，直径等指标。因为只有粗纤维涉及长径比，粗纤维长径比对水泥混凝土的桥接性能有影响，细纤维可忽略不计。本标准的聚丙烯粗纤维长径比参考厂家调研，其他种类纤维均是细纤维，不涉及长径比指标。

(4) GB/T 21120 认为直径大于 0.1mm 的纤维为粗纤维。对纤维的物理性能按照增韧和抗裂作用进行的规定，并未具体划分纤维种类，也就是说，不管何种纤维，只要满足抗裂指标就可以用于抗裂，只要满足增韧指标就可以用于增韧，而且国标对纤维掺入水泥混凝土中的抗渗能力，韧性指数，抗冲击均作了规定。

欧盟 EN 14889-2-2006 混凝土纤维.纤维聚合物.定义、规范和合格性，根据物理形式将聚合物纤维划分为：

I a 级 超细纤维： $d \leq 0.30\text{mm}$ ；单丝纤维

I b 级 超细纤维： $d < 0.30\text{mm}$ ；有原纤维组织的纤维

II 级 粗纤维： $d > 0.30\text{mm}$

注：II 级纤维一般用于有残余弯曲强度要求时。

从欧盟标准对聚合物纤维分类可以看出，只有粗纤维才用于增韧。美国 ACI 也是按照纤维种类分别进行规定，并没有一概认为增韧纤维需要怎样，抗裂纤维需要怎样。国标不管纤维品种，只单纯规定抗裂和增韧两种用途的指标，不利于区分合成纤维的种类，例如，产品供应商可能将高模量的聚丙烯腈基纤维按照聚丙烯纤维卖给用户，也满足增韧纤维标准，产品供应会变得混乱。因此，本标准认为从产品标准的角度不应将纤维简单按照增韧和抗裂分类，这是设计标准该解决的问题，而应就每种纤维具体区分性能指标。因此，本标准将纤维物理性能按照纤维种类分别进行归类，防止产品供应厂家将纤维种类替代供应。下面分别详述制定依据。

① 聚丙烯单丝纤维

关于抗拉强度、弹性模量、断裂延伸率，耐碱性，不同标准规定不太一样，列表如下：

表 2-9 聚丙烯单丝纤维抗拉强度的规定

标准名称	抗拉强度值 MPa	弹性模量 MPa	断裂延伸率，%	耐碱性，%
原 JT/T 525	≥ 350	≥ 3500	8-30	≥ 99

GB/T 21120	防裂抗裂要求 ≥ 270 增韧要求 ≥ 450	防裂抗裂要求 ≥ 3000 增韧要求 ≥ 5000	防裂抗裂要求 ≤ 40 增韧要求 ≤ 30	≥ 95
ACI.544.1R	20-100 ksi (折算后 138-689MPa)	500-700 ksi (折算后 3447-4826 MPa)	15	/
CECS 38	276-650	3790	15-18	

根据研究资料显示,由于聚丙烯单丝纤维比较细,一般不用于混凝土的增韧,只用于塑性收缩阶段的防裂作用,对其抗拉强度值要求可以参考 GB 和 CECS 标准,在 270MPa 以上即可,调研目前聚丙烯单丝产品供应市场,抗拉强度普遍都能达到 450MPa 以上,而且聚丙烯单丝抗拉强度强于网状强于粗纤维,是由于生产工艺确定的,对粗纤维规定大于 450,对单丝规定大于 270,与实际生产情况矛盾,因此本规范采取厂家调研平均水平,抗拉强度大于等于 450MPa;弹性模量满足防裂抗裂要求 3000MPa 以上,断裂延伸率参考厂家调研结果 15-50,国标规定抗裂纤维 40,增韧纤维 30,聚丙烯单丝一般用于防裂抗裂,本规范参考厂家调研水平与国标要求,取 15-40;聚丙烯纤维由于本身原材料属性,耐碱性良好,厂家调研均能达到 98% 以上,因此,本规范采取厂家调研水平。

关于吸水率与含水率,这里需要着重解释,以下合成纤维种类均适用。

本标准对于纤维的物理性能指标,除了含水率的指标,还给出吸水率指标,纤维含水率受其生产工艺限制,有些纤维不可能完全脱水,因此含有少量的水是正常的;但掺加在混凝土中的纤维本身应该具有憎水性,放入水泥混凝土中最好不吸水,目前,有些纤维本身具有憎水性,比如钢纤维,就没必要规定吸水率,但有些纤维需要通过表面处理才能达到掺入水泥混凝土中不易吸水的要求。

关于含水率与吸水率,二者的区别见下表:

表 2-10 含水率与吸水率的区别

项目	含水率	吸水率
适用场合	在空气中吸收水分	在水中吸收水分
吸收水量	与空气中水分平衡通常小于吸水率	达到饱和

当材料在空气中吸水达到饱和时,其含水率与吸水率应该相等。

美国 ASTM 规定了纤维吸水率,GB/T 21120 既没规定吸水率也没规定含水率,CECS38 和 JGJT 221 只规定了含水率。本标准既规定了含水率也规定了吸水

率，吸水率比含水率大一些，主要是考虑这两个都是区分厂家生产纤维优劣的指标。

由于纤维贮存条件要求干燥，纤维暴露于干燥的空气中吸湿性并不显著，但掺入在混凝土中，湿度相当于 100%，纤维表现得就不一样了。如果只规定含水率，不规定吸水率，有些厂家生产的纤维虽然含水率合格，但本身表面处理工艺问题，例如未经过表面处理或表面处理不合格，导致纤维掺入混凝土后，纤维把水泥砂浆裹附在其周围，粗骨料没有水泥砂浆包裹而被分离出来，对水泥混凝土和易性能产生非常不利的影响，造成混凝土拌合物粘聚性、保水性差。因此，本规范对纤维吸水率进行规定是很有必要的。

如果只规定吸水率不规定含水率，则在空气中受潮的纤维可能也满足吸水率要求，也能正常供货，厂家可能通过增加单位重量降低产品价格的方式打价格战，不利于纤维产品供应市场的发展，规定含水率是必要的。

吸水率参考 JGJ221 和 CECS 38，均规定聚丙烯纤维吸水率小于 0.1%，ACI 规定不吸水。

我国规范中并没有对含水率做规定，含水率制定的目的主要是为了控制厂家产品供应的干燥程度，纤维含水率过高不利于水泥混凝土水灰比的控制，也不利于保水性，根据厂家调研结果，聚丙烯单丝含水率一般小于等于 0.5%。

聚丙烯纤维密度 ACI 规定是 0.9-0.91，CECS38 是 0.91，JGJ/T221 是 0.90-0.92，产品市场调研是 0.9-0.91，因此，本标准规定聚丙烯纤维密度 0.90-0.91 更为合适。

ACI 规定聚丙烯纤维熔点是 330 华氏度，折合 165℃，百度查聚丙烯纤维熔点是 165-173℃，厂家调研基本范围也是 165-173℃。

ACI 规定聚丙烯纤维燃点 1100 华氏度，折合 593℃，百度文库查阅文献显示聚丙烯纤维燃点 590℃，厂家调研基本情况在 590℃。

② 聚丙烯网状纤维

ACI、GB、JGJ/T221，CECS38 均未对聚丙烯网状纤维单独做说明，只规定了聚丙烯纤维。因此本标准根据对厂家的调研，以及原规范，制定了网状纤维的抗拉强度，弹性模量和断裂延伸率范围。对于密度等指标，鉴于原材料属性与聚丙烯单丝一致均为聚丙烯，故参考制定即可。

③ 聚丙烯粗纤维

在 JGJ/T 2213.2.5 中出现粗纤维，但并未给出具体指标值，EN 14889-2 规定直径大于 300 微米的为粗纤维，经市场调研，我国合成纤维产品市场，一般仿钢纤维直径均在 0.6mm-1.8mm 之间，我国 GB 21120 规定直径大于 100 微米的为粗纤维，本规范结合国标及厂家调研，确定粗纤维直径为 0.1-1.8mm。

粗纤维抗拉强度厂家调研平均水平 350MPa 以上，我国 GB21120 要求增韧纤维抗拉强度最小值应不小于 450MPa，本规范调查聚丙烯纤维生产工艺，表明平均水平下，聚丙烯粗纤维抗拉强度<聚丙烯网状纤维<聚丙烯单丝纤维，本规程将粗纤维抗拉强度规定为不小于 350MPa，既兼顾了其作为抗裂纤维的用途，也考虑了其生产工艺限制。弹性模量厂家调研平均水平在 3800MPa-7500MPa，GB21120 规定增韧纤维弹性模量大于 5000MPa，本规范考虑粗纤维常被用于混凝土增韧，本规范规定弹性模量大于等于 5000MPa；断裂延伸率 GB21120 规定增韧纤维不大于 30%，按弹性模量越高，断裂延伸率越低的趋势，粗纤维最小断裂延伸率可下放到 3%。

④ 聚丙烯腈纤维

表 2-11 聚丙烯腈纤维一般规定

标准名称	抗拉强度值 MPa	弹性模量 MPa	断裂延伸率，%	耐碱性，%
原 JT/T 525	≥910	≥17100	>15	≥99
GB/T 21120	防裂抗裂要求≥270 增韧要求≥450	防裂抗裂要求≥3000 增韧要求≥5000	防裂抗裂要求≤40 增韧要求≤30	≥95
ACI.544.1R	水泥混凝土中不用聚丙烯腈			
CECS 38	500-910	7500-21000	11-20	/

聚丙烯腈纤维由于其不耐碱，因此如果不做表面处理不能用于水泥混凝土，由于聚丙烯腈现为本身抗拉强度和弹性模量都高于聚丙烯纤维，而高抗拉强度和弹性模量对水泥混凝土的增强作用有益，故保留原行标的值不变，但断裂伸长率要求在一定范围内，通过厂家调研，以及结合国标，规定在 3-30 之间。

聚丙烯腈吸水率，CECS38 和 JG/T 221 规定小于 2%。本标准沿用该指标值。

聚丙烯腈纤维密度，CECS38 为 1.18，JG/T 221 规定 1.16-1.18，百度文库显示 1.16-1.18，调查厂家资料，基本聚丙烯腈纤维密度分布在 1.16-1.18 之间。

在化工文献里，聚丙烯腈纤维没有明确的熔点，只是一个熔化的临界点。JGJ/T221 第 3.2.5 节规定聚丙烯腈纤维熔点在 190-240℃之间，CECS 38 规定 240℃，百度百科显示聚丙烯腈熔点 317℃。聚丙烯腈起火点百度查阅 500℃。

⑤ 聚乙烯醇纤维

各个规范里没有就聚乙烯醇纤维的抗拉强度，弹性模量，断裂伸长率，耐碱性作规定，只在国标里有对所有纤维抗裂或增韧的一个最小值。参考厂家调研和研究文献，如下所示：

表 2-12 常用纤维参数比较

纤维种类	相对密度 g/cm ³	抗拉强度 MPa	弹性模量 GPa	直径 μ m	极限延 伸率%
低碳钢纤维	7.8	400-1500	200	300-800	3.5-4.0
不锈钢纤维	7.8	2100	154-168	300-800	3.0
抗碱玻璃纤维	2.7	1400-2800	70-90	8	2-3.5
聚丙烯单丝	0.91	40-650	5-8	43	18
尼龙纤维	1.16	900-960	4-6	30	18-20
聚乙烯单丝	0.96	2850	73.9	35	10
聚乙烯醇纤维	1.2	1600-2500	40-80	39	6
碳纤维	1.76	2450-3150	205	7-8	1

表 2-13 厂家调研均值

纤维名称	密度 g/cm ³	直径 μ m	抗拉强度 MPa	杨氏模量 GPa	极限延伸 率%
高强高模 PVA 纤维	1.3	12	1428	37.9	6-8
改性维纶 纤维	1.3	12-13	800-900	14-16	11-12

聚乙烯醇纤维抗拉强度基本在 800MPa 以上，弹性模量在 3500MPa 以上，断裂延伸率在 6%以上。耐碱性为方便用户使用，参考国标制定并编入本标准。吸水率参考 JGJ 221。含水率百度搜索小于等于 1%，参考厂家调研确定。

密度经百度搜索和厂家调研在 1.2-1.3 之间。

百度搜索及厂家调研，聚乙烯醇纤维热分解分度为 200-220，熔点在 225~230℃，JGJ/T 221 规定聚乙烯醇纤维熔点在 215-220℃。百度聚乙烯醇着火点 520℃。

⑥ 聚酰胺纤维

表 2-14 聚酰胺纤维一般规定

标准名称		抗拉强度值 MPa	弹性模量 MPa	断裂延伸率, %	耐碱性, %
GB/T 21120		防裂抗裂要求 ≥ 270 增韧要求 ≥ 450	防裂抗裂要求 ≥ 3000 增韧要求 ≥ 5000	防裂抗裂要求 ≤ 40 增韧要求 ≤ 30	≥ 95
ACI 544.1R	普通	425ksi(2828MPa)	9000ksi(62055MPa)	4.4	/
	高模量	340ksi(2344MPa)	17000ksi(117217MPa)	2.5	/
	Nylon	140 ksi(965MPa)	750 ksi(5171MPa)	2.8-5.0	/
CECS 38		600-970	4000-6000	15-20	/

根据厂家调研，如下表所示：

表 2-15 聚酰胺纤维厂家调研平均值

抗拉强度值 MPa	弹性模量 MPa	断裂延伸率, %	耐碱性, %	含水率%
≥ 600	4000-6000	15-20	95	3

考 JGJ/T 221 为小于 4%，ACI 普通聚酯吸水率 4.3% 和高模量聚酯吸水率 1.2%；含水率参考厂家调研，百度查 nylon 66 在温度 20 摄氏度，相对湿度 65% 时之含水率为 3.4~3.8，nylon 6 则为 3.4~5.0。燃点 ACI 显示 High，百度百科查在 449-499℃ 会发生自燃；百度熔点 280℃ 左右，ACI 熔点 900 华氏度（482℃），JGJ/T221 熔点 215℃-225℃。

2.2.10 碳纤维

碳纤维分为 PAN 基、黏胶基、沥青基碳纤维，沥青基和黏胶基纤维横向剪切力很差，因此目前最常用的是 PAN 基碳纤维。黏胶基碳纤维在欧美和我国很少生产，以俄国生产较多。世界范围内，日本是生产 PAN 基碳纤维最多的国家。目前，对碳纤维的分类，除了以基质划分，下一步就是以强度指标划分，可划分

为 T 系列和 M 系列，T 系列是高抗拉强度系列，M 系列是高模量系列，目前也有生产 TM 系列碳纤维，也即高强高模碳纤维。

(1) 由于我国碳纤维目前只有聚丙烯腈基碳纤维有标准可依 (GB/T 26752)，对沥青基还没有规范。美国 ACI 将碳纤维划分入合成纤维，并将碳纤维分为四类，高模量聚丙烯腈基碳纤维 (PAN-HM-C)、高抗拉强度聚丙烯腈基碳纤维 (PAN-HT-C)、通用型沥青基碳纤维 (Pitch-GP-C) 和高强高模型沥青基碳纤维 (Pitch-HP-C)。日本是碳纤维出口大国，日本的东丽公司、东邦公司、三菱公司的碳纤维生产出口份额占全世界的 80% 以上，本研究也调研了包含这三家公司在内的多家碳纤维生产厂家的具体指标。

(2) 碳纤维外观质量参考 GB/T 26752。

(3) 碳纤尺寸及维物理性能

ACI 对碳纤维指标归纳如下表所示：

表 2-16 ACI 对碳纤维规定

纤维种类	抗拉强度 MPa	弹性模量 MPa	断裂延伸 率, % ≤	吸水 率, %	密度 g/cm ³	熔点或熔程 °C	燃点 °C	直径/ μm
PAN-HM-C	360-440ksi (2483-3034)	55100ksi (379901)	0.5-0.7	nil	1.6-1.7	752 (400)	High	7.62
PAN-HT-C	500-580 (3447-3999)	33400 (230285)	1.0-1.5	Nil	1.6-1.7	752 (400)	High	8.89
Pitch-GP-C	70-115 (483-793)	4000-5000 (27579-34474)	2.0-2.4	3-7	1.6-1.7	752 (400)	High	9.9-12.9
Pitch-HP-C	220-450 (1517-3103)	22000-70000 (151685-482633)	0.5-1.1	nil	1.80-2.15	932 (500)	High	8.89-17.78

在论文《碳纤维的性能、应用及相关标准》中，也按照 ACI 规定将碳纤维分为 4 类进行指标归纳。如下表所示：

表 2-17 碳纤维的规格与性能

规格	高强型 HT	高模型 HM	通用型 GP	高强高模型 HP
直径/ μm	7	5~8	10-13	9~18
强度/ ($\times 10^3 \text{Mpa}$)	2.5~4.5	2.0~2.8	0.78~1.0	3.0~3.5
模量/ ($\times 10^6 \text{Gpa}$)	2.0~2.4	3.5~7.0	3.8~4.0	4.0~8.0

伸长/%	1.3~1.8	0.4~0.8	2.1~2.5	0.4~0.5
比重/(g/cm ³)	1.78~1.96	1.40~2.00	1.76~1.82	1.9~2.1

表 2-18 聚丙烯腈基厂家调研结果

厂家	抗拉强度 MPa	弹性模 量 GPa	断裂延伸 率, %	密度 g/cm ³	电阻率 欧. cm	碳含 量, %	切断长 度, mm	直径, um
中德新 亚	3800	228	/	1.75	1.0-1.6	96	1-80	7
江苏恒 神	3530-5880	221-304	1.5-2.20	1.78-1.81				
威海拓 展	3530-5490	230-436	0.70-2.0	1.76-1.84		93		5、7
吉林神 州	3500	220	1.6	1.76				
吉林方 大江城	3800-5100	230-270	1.60-2.10			95-97		
德国西 格里	4000	240	1.7	1.80	1.5		6	7
美国卓 尔泰克	4137	242	/	1.81	1.55	95		7.2
日本东 丽	2450-6370	230-558	0.5-2.2	1.73-1.93				
日本东 邦	3240-5790	235-610	0.6-2.1	1.74-1.95	0.67-1.5			4.3-7
合集	2450-6370	220-610	0.7-2.2	1.75-1.95	0.67-1.6	93-97		4.3-7

表 2-19 沥青基碳纤维

厂家	抗拉强度 MPa	弹性模 量 GPa	断裂延伸 率, %	密度 g/cm ³	电阻率 欧. cm	碳含 量, %	切断长 度, mm	直径, um
日本三 菱	2620-3800	620-935	0.4-0.58	2.12-2.21	1.9-6.6			10-11
Amoco公 司	2200-2700	20-32	0.5-1.0	1.6			9-18	18
SGL公司	600-3000	160-800	0.4-2.5	1.6-2.1	10-40			10-12
合集	600-3800	20-935	0.4-2.5	1.6-2.1	1.9-40			10-18

本标准对碳纤维的分类主要参考美国 ACI 规定的分类, 以及厂家调研结果制定各个指标的取值范围。

(4) 燃点, 碳纤维着火点在 1000 度以上, 一般条件是不会着火的, 加工温度在 800 度到 1500 度的是高强度碳纤维, 加工温度在 2000-3000 度的是高弹性碳纤维。因此, 本规范不规定碳纤维的燃点。

2.2.11 混凝土的掺入性能

不同标准有不同规定，列表如下：

表 2-20 混凝土的掺入性能

标准名称	掺入性能指标
GB/T 21120-2007 混凝土用合成纤维	分散性相对误差，裂缝降低系数，抗压强度比，渗透高度比，韧性指数，抗冲击次数比
GB/T 23265-2009 混凝土用玄武岩纤维	分散性相对误差，裂缝降低系数，抗压强度比，（抗渗性提高系数，韧性指数，抗冲击次数比）括号里为可选指标
YBT151 钢纤维	无
JT/T 776.1 公路工程用短切玄武岩纤维	无
JC/T 896 玻璃纤维短切原丝 JC/T 572 耐碱玻璃纤维无捻粗纱	无
GBT 26752 聚丙烯腈碳纤维	无
JT/T 524 公路工程混凝土用钢纤维 JT/T 525 公路工程混凝土用聚丙烯纤维	无
ASTM A820 混凝土用钢纤维	无
ASTM C1116 混凝土用玻璃纤维	无
ASTM D3218 混凝土用聚合物纤维	无
ASTM D7357 混凝土用纤维素纤维	无
BS EN 14889-2 混凝土用聚合物纤维 BS EN 14889-1 混凝土用钢纤维	对稠度的影响，对强度的影响，混合方式（干混还是湿混）

上表所示，GB 对合成纤维和玄武岩纤维在混凝土中的影响做了规定，英国聚合物纤维和钢纤维对混凝土的稠度和强度做了规定。其他标准并没有就纤维掺入在混凝土中的作用做规定。本标准考虑是纤维的产品标准，只要求分散性好，对抗压强度的影响小即可，不再对纤维对混凝土的增强作用做特殊规定，如果需要，可以查阅纤维混凝土的设计标准或纤维混凝土的技术规程来选择适宜的增韧或抗裂纤维。纤维分散性相对误差及抗压强度比参考国标制定。

2.2.12 原材料要求

参考相关规范。

2.2.13 外观质量

检查试验方法，钢纤维参考 YB/T151。玻璃纤维、合成纤维，碳纤维采取自然光线下目测和手感检查。

2.2.14 纤维物理性能检验

需要说明的是直径和当量直径这一项。对于圆形截面，纤维直径按 GB/T 10685 检测；但对于异性截面纤维，有研究对比了 3 类异型纤维，分别用线密度法和 GB/T 10685 进行检测，研究表明，对于异型截面，用 GB/T 10685 检测当量直径的试验结果波动范围较大，因为 GB/T 10685 采用的是显微镜投影法测试纤维直径，当光线照射到异型纤维时的投影是相邻叶片的最大宽度，而且纤维位置不同，投影结果也不一样，因此导致试验结果波动范围较大。线密度法与实际纤维截面差异很小，因此对于异型截面细纤维，建议在测试线密度后换算成当量直径更准确。

美标里，线密度 *denier* 代表纤维细度，换算成当量直径公式为：

$$ED = \sqrt{\frac{T_1}{\pi\rho 10^4}} \times 2 \quad (1)$$

式中：ED——单丝当量直径，单位为 mm；T1——单丝的线密度值，单位为分特（dtex）； ρ ——单丝的密度值，单位为克/立方厘米（g/cm³）。

从线密度与当量直径的换算公式可以看出，线密度与当量直径通过密度可以换算。与密度不同，密度是材料的固有属性，例如材料一定，直径越大，线密度越大，纤维越粗。细的钢纤维与粗的聚丙烯纤维可能具有相同的线密度。既然线密度最终是表示纤维粗细程度的指标，那么用当量直径直接表示更直观，且在计算纤维抗拉强度时也方便用峰值拉力除以纤维截面积的计算。因此本规范参考英国德国和国标，仍然采用当量直径作为划分纤维规格的指标，只是纤维当量直径测试方法稍作调整。

2.2.15 抗拉强度、弯曲性能、弹性模量和断裂伸长率

参考相关规范。

2.2.16 纤维吸水率

吸水率是影响合成纤维水泥混凝土和易性的重要指标,如果纤维吸水率过大,容易导致水泥混凝土拌合物粘聚性不好,需要在产品供应时就予以控制。

关于纤维的吸水率,短切纤维还没有标准可依。有研究将纤维自由分散在一定量的水中,30min后用非织造布过滤收集至不滴水,由于纤维自身的团聚作用,很容易将非织造布上的纤维收集起来,转移到天平上并称取纤维湿重,再按式[吸水倍率=(吸水后纤维的质量-吸水前纤维的质量)/吸水前纤维的质量],计算纤维吸水倍率。(董振,丁志荣.超吸水纤维吸水倍率的测试方法研究.合成纤维.2009(1): 14-16.)。另有研究称取等量纤维,放入水中,让水与纤维充分接触,静置24h后,用篦子捞出纤维,用滤纸沾干表面,称取吸水后纤维重量,计算吸水率方法同上。这两种测试方法原理相同,主要区别在于静置时间不同,考虑纤维保水需要一定的时间,为了测得纤维饱水后的吸水率,建议吸水时间足够充足。

2.2.17 含水率、熔点或熔程、耐碱性能、短切率、耐热性、碳含量、混凝土掺入性能

参考已有规定进行。

2.2.18 检验规则

(1) 关于组批

组批涉及到纤维抽检频率,不宜太频繁,也不能太少达不到质量监控的目的,本规程规定的纤维使用在水泥混凝土中,因此,与每立方米混凝土的掺入量有关,与掺入根数有关,下表给出了与组批相关的几个重要指标,为方便计算,体积掺量取最大掺量,密度,直径取中值,长度取最通用长度。

表 2-21 组批相关指标

纤维种类	单位体积最	中值密度/	中值直径	长度	每立方米根数
------	-------	-------	------	----	--------

	大掺量	g/cm ³			
钢纤维	5%	7.8	0.8mm	15mm	6.6x10 ⁶
玻璃纤维	1.5%	2.65	20 μ m		3.2 x10 ⁹
合成纤维	1%	1.1	50 μ m		3.4 x10 ⁸
碳纤维	1%	1.8	11 μ m		7.0x10 ⁹

从上表看出，单位水泥混凝土中，钢纤维所掺根数最少，其次是合成纤维，玻璃纤维，碳纤维；玻璃纤维、碳纤维根数在一个数量级，合成纤维一个数量级，钢纤维一个数量级，本着用的根数多的多检一些，根数少的少检一些的原则，玻璃纤维、碳纤维每 10t 一个检验批，合成纤维每 5t 一个检验批，钢纤维本身每 5t 一个检验批。

(2) 关于抽样与判定，钢纤维，合成纤维有抽样规定，碳纤维和玻璃纤维只有对原丝的规定，也就是卷轴长丝进行了抽样规定，不适用于短切纤维。考虑短切纤维用于水泥混凝土，玻璃纤维和玄武岩纤维都为矿物纤维，可以参考玄武岩纤维行标进行，短切碳纤维可按照合成纤维标准进行。

(2) 以备复合和查验，本标准在抽样中增加了留样复查规则。

2.2.19 标志、包装、运输和贮存

为了规范厂家供应产品的可靠性和准确性，也为了档案存储和查验的便捷性，本标准在包装中增加了交货时质量证明书的内容。

2.2.20 附录

增加了纤维吸水率、耐碱残留强度、纤维分散性、抗压强度比的测试方法。

三、预期的经济效果、社会效果及环境效果分析

本标准在参考国内外纤维产品标准及水泥混凝土用纤维产品标准的基础上，结合国内外纤维水泥混凝土技术规程中对纤维要求，在大量产品调研数据分析以及国内外参考文献调研的基础上，将公路工程水泥混凝土用纤维进行合理划分，进而分别规定了每种纤维的外观要求，尺寸规格，物理性能指标要求，规范了公路工程水泥混凝土用纤维的生产和检验，为公路工程水泥混凝土用纤维的选择把

好产品关。本标准的制定预期产生的经济效果、社会效果及环境效果分析如下：

3.1 经济效果

本标准通过规定公路工程水泥混凝土用纤维的产品要求，使得建设单位在选择纤维原材料时有据可依，避免了不满足要求的产品供应，节约了采购成本、检测成本，同时也节约了大量的时间成本，良好的产品供应也避免了因材料不良导致的返工情况，节约了工程建设成本；建成后，良好的材料还能保证结构的耐久性，节省养护维修费用；良好的材料建设的品质工程给用户提供了良好的使用体验，节约了用户使用成本。

3.2 社会效果

良好的工程质量是获得民众良好口碑的前提，而优质材料供应又是获得良好工程质量的前提，有效的产品规范又是优质材料供应的前提。本标准通过规定纤维产品一系列指标，淘汰一批市场上鱼目混珠的纤维产品，肯定了精益求精的纤维生产厂家的产品质量，有利于纤维产品市场的规范；良好的纤维原材料产品供应也为下一步配制品质优良的纤维水泥混凝土打好基础，优良的纤维水泥混凝土材料保证了公路工程建设质量，从而保证了结构耐久性，为公路工程设施的长寿命打下了坚实基础。

3.3 环境效果

本标准的制定规范了纤维产品供应市场，进一步压缩了劣质纤维的供应的生存空间，有利于优质纤维材料的生产，减少不满足要求的纤维供应的同时也就减少了生产，减少了因纤维生产产生的废物排放，减少了环境污染。

综上所述，新规范的实施使公路工程水泥混凝土用纤维的生产和检验的技术水平得到有效提升，市场管理得到进一步规范。

四、标准的先进程度

4.1 主要国家、地区及国际组织相关标准

本文数据库选择国外标准数据库、美国实验材料协会国际标准数据库、标准网、中国标准服务网及中国知网标准数据库，利用主题词和关键词对纤维、水泥、混凝土标准进行检索。通过对几个数据库采集结果的综合整理得到相关标准共计 79 项，并在此基础上对标准的国别、层级、年代、标准号、类别、中英文名称

等信息进行对比分析，并以此对混凝土用纤维的全球发展情况做出判断。

国际标准化组织对增强纤维进行相关标准制定的有 ISO 和 EN，其中 ISO 相关标准达 15 项、EN 达 21 项；而制定纤维增强相关标准的国家中：美国 14 项、英国和德国参考欧盟标准，日本 15 项，法国 6 项，中国国家标准和行业标准各有 3 项和 7 项，分列如下表所示：

表 4-1 ISO 标准

标准号	英文名称	中文名称
ISO 10119-2002	Carbon fibre - Determination of density	碳纤维密度的测定
ISO 10548-2002	Carbon fibre - Determination of size content	碳纤维尺寸的测定
ISO 11566-1996	Carbon fibre - Determination of the tensile properties of single-filament specimens	碳纤维 单长丝试样拉伸性能的测定
ISO 11567-1995	Carbon fibre - Determination of filament diameter and cross-sectional area	碳纤维 长丝直径和横截面积的测定
ISO 13002-1998	Carbon fibre - Designation system for filament yarns	碳纤维 长丝纱命名体系
ISO 137-1975	Wool; Determination of fibre diameter; Projection microscope method	羊毛 纤维直径的测定 投影显微镜法
ISO 1888-2006	Textile glass - Staple fibres or filaments - Determination of average diameter	纺织玻璃纤维.短纤维或长丝.平均直径的测定
ISO 1973-1995	Textiles fibres - Determination of linear density - Gravimetric method and vibroscope method	纺织纤维 线密度的测定 称重和振动法
ISO 2076-1999	Textiles - Man-made fibres - Generic names	纺织品 人造纤维 属名
ISO 22306-2007	Fibre-reinforced cement pipe, joints and fittings for gravity systems	重力系统纤维增强水泥管、接缝和管件
ISO 2695-1976	Fibre building boards; Hard and medium boards for general purposes; Quality specifications; Appearance, shape and dimensional tolerances	建筑用纤维板 一般用途硬质和中质板:质量规范 外观、形状和尺寸公差
ISO 3340-1976	Fibre building boards; Determination of sand content	建筑用纤维板 含砂量的测定
ISO 3546-1976	Fibre building boards; Determination of surface finish (roughness)	建筑用纤维板 表面光洁度(粗糙度)的测定
ISO 769-1972	Fibre building boards; Hard and medium boards; Determination of water absorption and of swelling in thickness after immersion in water	建筑用纤维板 硬质和中质板:浸水后吸水性和厚度膨胀的测定
ISO 390-1993	Products in fibre-reinforced cement; sampling and inspection	纤维增强水泥制品 抽样和检验

ISO 标准涉及到纤维增强水泥或混凝土材料的标准里，多是规定纤维增强水泥管或板材的规范，这些构件不含有粗骨料，与公路工程水泥混凝土掺加粗骨料差别较大，但是，对于掺加在水泥中的纤维，由于其良好的耐碱性，也可以掺加在水泥混凝土中，只是不一定能起到增韧作用。由于本标准是产品标准，因此，可以借鉴掺加在水泥中的产品种类指标，从 ISO 标准规范来看，用在水泥中的纤维主要是天然纤维和人造纤维。碳纤维多用于纤维增强塑料中，没有用在水泥混凝土中的规范。

表 4-2 欧盟标准 (EN)

标准号	英文名称	中文名称
EN 14889-1-2006	Fibres for concrete- Part 1: Steel fibres-Definitions, specifications and conformity	混凝土用纤维-第 1 部分: 钢纤维-定义, 规格与一致性
EN 14889-2-2006	Fibres for concrete- Part 2: Polymer fibres-Definitions, specifications and conformity	混凝土用纤维-第 2 部分: 聚合物纤维-定义, 规格与一致性
EN 15422-2008	Precast concrete products-Specification of glassfibres for reinforcement of mortars and concretes	预制混凝土产品-用于增强砂浆和混凝土的玻璃纤维规格
EN 14649-2005	Precast concrete products-Test method for strength retention of glass fibres in cement and concrete(SIC TEST)	预制混凝土产品-水泥和水泥混凝土中的玻璃纤维强度残留值试验方法
EN 12971-1-1999	加强材料 纺织玻璃纤维碎丝规范 第 1 部分: 名称	Reinforcements- Specification for textile glass chopped strands - Part 1: Designation

EN 12971-2-1999	加强材料 纺织玻璃纤维碎丝规范 第2部分: 试验方法和一般要求	Reinforcements - Specification for textile glass chopped strands - Part 2: Test methods and general requirements
EN 12971-3-1999	加强材料 纺织玻璃纤维碎丝规范 第3部分: 特殊需求	Reinforcements - Specification for textile glass chopped strands - Part 3: Specific requirements
EN 13002-2-1999	碳纤维纱 第2部分: 试验方法和通用规范	Carbon fibre yarns - Part 2: Test methods and general specifications
EN 13003-1-1999	聚酰胺纤维丝线 第1部分: 名称	Para-aramid fibre filament yarns - Part 1: Designation
EN 13003-2-1999	聚酰胺纤维丝线 第2部分: 试验方法和通用规范	Para-aramid fibre filament yarns - Part 2: Methods of test and general specifications
EN 13003-3-1999	聚酰胺纤维丝线 第3部分: 技术规范	Para-aramid fibre filament yarns - Part 3: Technical specifications
EN 14020-1-2002	增强物 纺织玻璃纤维纤维粗纱的规格 第1部分: 命名	Reinforcements - Specification for textile glass rovings - Part 1: Designation
EN 14020-2-2002	增强物 纺织玻璃纤维粗纱的规格 第2部分: 检验方法和一般要求	Reinforcements - Specification for textile glass rovings - Part 2: Methods of test and general requirements
EN 14020-3-2002	增强物 纺织玻璃纤维粗纱的规格 第2部分: 特殊要求	Reinforcements - Specification for textile glass rovings - Part 3: Specific requirements
EN 14118-1-2003	增强 纺织玻璃纤维垫规范(短切原丝薄毡和连续纤维薄毡) 第1部分: 名称	Reinforcement - Specifications for textile glass mats (chopped strand and continuous filament mats) - Part 1: Designation
EN 14118-2-2003	增强 纺织玻璃纤维垫规范(短切原丝薄毡和连续纤维薄毡) 第2部分: 一般要求和试验方法	Reinforcement - Specifications for textile glass mats (chopped strand and continuous filament mats) - Part 2: Methods of test and general requirements
EN 14118-3-2003	增强 纺织玻璃纤维垫规范(短切原丝薄毡和连续纤维薄毡) 第3部分: 特殊要求	Reinforcement - Specifications for textile glass mats (chopped strand and continuous filament mats) - Part 3: Specific requirements
ENV 1170-8-1996	玻璃纤维增强水泥试验方法 第8部分: 循环风化类型试验	Test method for glass-fibre reinforced cement - Part 8: Cyclic weathering type test
prEN 13002-3-1998	碳纤维丝线 第3部分: 技术规范	Carbon filament yarns - Part 3: Technical specifications
prEN 13978-2-2000	预制混凝土产品 预制混凝土车库 第2部分: 钢纤维混凝土车库, 产品性能及使用情况	Precast concrete products - Precast concrete garages - Part 2: Steel fibre concrete garages; Product properties and performances
prEN 1445-2000	纤维水泥管道 现场压力试验	Fibre-cement pipelines - Field pressure testing

欧盟标准里, 用于水泥混凝土中的纤维有钢纤维和聚合物纤维, 玻璃纤维主要制作增强水泥毡和管道, 没有用于含有粗骨料的混凝土中的相关规范。德国标准和英国标准基本照搬欧盟标准, 这里不再赘述。

表 4-3 美国标准 (ASTM)

标准号	英文名称	中文名称
ASTM C1116-2010a(R2015)	Standard Specification for Fiber-Reinforced Concrete	纤维增强混凝土标准
ASTM A820-16	Standard Specification for Steel Fibers for Fiber-Reinforced Concrete	纤维增强混凝土用钢纤维标准
ASTM C1666-2008(R2015)	Standard Specification for Alkali Resistant (AR) Glass Fiber for GFRG and Fiber-Reinforced Concrete and Cement	纤维增强混凝土用耐碱玻璃纤维标准
ASTM D3218-2007(R2012)	Standard Specification for Polyolefin Monofilaments	纤维增强混凝土用聚烯烃纤维标准
ASTM D7357-2007(R2012)	Standard Specification for Cellulose Fibers for Fiber-Reinforced Concrete	纤维增强混凝土用纤维素纤维标准
ASTM D 6685-2001	Standard Guide for the Selection of Test Methods for Fabrics Used for Fabric Formed Concrete	纤维制混凝土用织物的试验方法的选择的标准指南
ASTM C 1399a-2007	Standard Test Method for Obtaining Average Residual-Strength of Fiber-Reinforced Concrete	获得纤维增强混凝土的平均残余强度的标准试验方法
ASTM C 1550-2005	Standard Test Method for Flexural Toughness of Fiber Reinforced Concrete (Using Centrally Loaded Round Panel)	纤维增强混凝土挠曲韧性的标准试验方法(利用中心负载圆形板)
ASTM C 1609/C 1609M-2006	Standard Test Method for Flexural Performance of Fiber-Reinforced Concrete (Using Beam With Third-Point Loading)	纤维增强混凝土的弯曲性能的标准试验方法(用三点支梁负荷法)
ASTM C 995-2011	Standard Test Method for Time of Flow of Fiber-Reinforced Concrete Through Inverted Slump Cone	通过翻转的坍落度筒测定纤维增强混凝土流动时间的标准试验方法
ASTM C 1228-1996	Standard Practice for Preparing Coupons for Flexural and Washout Tests on Glass Fiber Reinforced Concrete	玻璃纤维增强混凝土的挠性及冲洗试验用试样的制备标准实施规程

ASTM C 1229-1994	Standard Test Method for Determination of Glass Fiber Content in Glass Fiber Reinforced Concrete (GFRC) (Wash-Out Test)	玻璃纤维增强混凝土中玻璃纤维含量 测定的标准试验方法(冲洗试验)
ASTM C 1230-1996	Standard Test Method for Performing Tension Tests on Glass-Fiber Reinforced Concrete (GFRC) Bonding Pads	玻璃纤维增强混凝土焊接区的拉伸性能试验的标准试验方法
ASTM C 1399-2004	Test Method for Obtaining Average Residual-Strength of Fiber-Reinforced Concrete	纤维增强混凝土平均剩余强度获取的试验方法

美国标准关于纤维增强混凝土有技术规程,有相应的产品规范,用于水泥混凝土中的纤维主要有钢纤维、玻璃纤维、聚合物纤维、纤维素纤维。碳纤维主要用于增强塑料,没有用于水泥混凝土中的规范。

表 4-4 法国标准

标准号	英文名称	中文名称
NF P19-829-2-1998	Precast concrete products. Test method for glass-fibre reinforced cement. Part 2 : measuring the fibre content in fresh GRC, "Wash out test"	预制混凝土产品.玻璃增强混凝土的试验方法.新 GRC 清洗出法对纤维含量的测定
NF P19-829-3-1998	Precast concrete products. Test method for glass-fibre reinforced cement. Part 3 : measuring the fibre content of sprayed GRC.	预制混凝土产品.玻璃增强混凝土的试验方法.喷雾 GRC 纤维含量的测定
NF P19-829-4-1998	Precast concrete products. Test method for glass-fibre reinforced cement. Part 4 : measuring bending strength, "Simplified bending test" method.	预制混凝土产品.玻璃增强混凝土的试验方法.简化弯曲实验法对弯曲强度的测定
NF P19-829-5-1998	Precast concrete products. Test method for glass-fibre reinforced cement. Part 5 : measuring bending strength, "Complete bending test" method.	预制混凝土产品.玻璃纤维增强水泥的试验方法.第 5 部分:弯曲强度的试验.完全弯曲试验方法
NF P19-829-6-1998	Precast concrete products. Test method for glass-fibre reinforced cement. Part 6 : determination of the absorption of water by immersion and determination of the dry density.	预制混凝土产品.玻璃纤维增强水泥的试验方法.第 6 部分:干密度测定和浸入法水吸收的测定
NF P19-829-7-1998	Precast concrete products. Test method for glass-fibre reinforced cement. Part 7 : measurement of extremes of dimensional variations due to moisture content.	预制混凝土产品.玻璃增强混凝土的试验方法.第 7 部分:随潮湿含量尺寸变化的极限测量

从法国标准可以看出,玻璃纤维既用于水泥混凝土中,也用于水泥板中。没有涉及碳纤维标准。

表 4-5 日本标准

标准号	英文名称	中文名称
JIS A1191-2004	コンクリート補強用連続繊維シートの引張試験方法	混凝土加筋用纤维增强聚酯(FRP)薄板材的拉伸特性的试验方法
A1192-2005	コンクリート用連続繊維補強材の引張試験方法	混凝土加筋用纤维增强聚酯(FRP)棒材和栅网的拉伸特性的试验方法
A1193-2005	コンクリート用連続繊維補強材の耐アルカリ試験方法	混凝土加筋用纤维增强聚酯(FRP)棒材和栅网的抗碱性的试验方法
A5350-1991	強化プラスチック複合管	玻璃纤维增强的塑性胶砂管
JIS A5422-2002	窯業系サイディング	纤维增强水泥护墙
JIS A5430-2004	繊維強化セメント板	增强纤维水泥板
JIS A5440-2003	火山性ガラス質複層板	火山硅酸盐纤维增强多层板
JIS E1203-2007	合成まくらぎ	合成钢轨枕.由纤维增强泡沫聚氨酯制造
/	/	碳纤维增强塑料系列试验规范 28 项
JIS L0204-1-1998	繊維用語(原料部門) — 第 1 部:天然纖維	纤维用术语汇编.第 1 部分:天然纤维
JIS L0204-2-2001	繊維用語(原料部門) — 第 2 部:化学纖維	纤维用术语汇编.第 2 部分:人造纤维
JIS L0204-3-1998	繊維用語(原料部門) — 第 3 部:天然纖維及び化学纖維を除く原料部門	纤维用术语汇编.第 3 部分:天然和化学纤维之外的材料
JIS L1015-1999	化学纖維ステーブル試験方法	人造短纤维的试验方法
JIS L1069-2002	天然纖維の引張試験方法	天然纤维的抗拉强度试验
JIS L1913-1998	一般短纖維不織布試験方法	非机织人造短纤维的试验方法

分析上表可知,日本将聚酯纤维作为一种加筋材料制作板材、棒材和栅网,未见作为纤维混凝土掺和料;玻璃纤维可用于制作水泥管和水泥板,未见用于含

有粗骨料的水泥混凝土中；日本规范里涉及到火山硅酸盐纤维制作水泥板，火山硅酸盐纤维与玄武岩纤维本质相同，同属矿物纤维；日本将碳纤维用于增强塑料，其系列规范达 28 项之多，没有用于水泥混凝土中作为增强纤维的规范。值得一提的是，日本把纤维分为天然纤维、人造纤维、除天然纤维和人造纤维之外的纤维 3 大类。

序号	标准名称	标准编号
1	水泥混凝土和砂浆用合成纤维	GBT 21120-2007
2	水泥混凝土和砂浆用短切玄武岩纤维	GBT 23265-2009
3	聚丙烯腈基碳纤维	GBT 26752-2011
4	公路工程水泥混凝土纤维材料 钢纤维	JTJ 524-2004
5	公路工程水泥混凝土纤维材料 聚丙烯纤维与聚丙烯腈纤维	JTJ 524-2005
6	公路工程 玄武岩纤维及其制品 第 1 部分：玄武岩短切纤维	JTT 776.1-2010
7	混凝土用钢纤维	YBT151-1999
8	玻璃纤维短切原丝	JCT 896-2002
9	纤维混凝土应用技术规程	JGJT 221-2010
10	纤维混凝土结构技术规程	CECS38-2004

表 4-6 中国

我国标准用于水泥混凝土中的纤维有钢纤维、合成纤维、玄武岩纤维，有规范可依，玻璃纤维也用于制作水泥瓦板，没有用于水泥混凝土的规范，水泥混凝土技术规程里目前也只涉及钢纤维和合成纤维，没有玻璃纤维、玄武岩纤维和碳纤维。

综上标准还可以看出，ISO、EN、ASTM、JIS、NF 以试验方法标准为主，他们更偏重用试验来检测纤维的性能，比如纤维多长这个指标，在 ASTM 混凝土用纤维产品标准里并不给定具体范围，只给出测量方法，给出偏差范围，然后在美国混凝土协会对纤维混凝土的专题报告中，会给出纤维直径，弯拉强度等具体指标。我国对于纤维原材料的规定以行业标准为主，且我国产品标准和技术规程标准比试验方法类标准多，一定程度上是因为标准管理机制不同造成的，我国试验方法类标准同一系列的被整理为一本标准出版，比如 GB/T 50080-2016 普通混凝土拌合物性能试验方法标准，里边涵盖坍落度、稠度、泌水、含气量等一系列试验方法，但在美国 ASTM 中每种方法都单独是一个试验方法标准。

4.2 本标准与主要国家、地区及国际组织同类标准的对比

本标准定位为纤维产品标准，对纤维指标的规定包括尺寸指标：纤维长度、直径或当量直径、长径比；物理性能指标：抗拉强度、弹性模量、断裂伸长率、密度、含水率、吸水率、熔点或熔程、燃点、耐碱性指标。与美国 ASTM，EN 对于纤维的规范区别，详见 2.2.8-2.2.12 节内容。

五、与有关的现行法律、法规和强制执行标准的关系

本标准 of 公路工程水泥混凝土用纤维产品标准，只规定可能用于公路工程水泥混凝土中的纤维尺寸规格，物理性能，并对其在混凝土中的分散性和对抗压强度的削减作用给予限定，并不对纤维掺加在混凝土后的抗裂、增韧等增强属性做规定；纤维各项指标的试验方法均执行我国现行的法律、法规和强制执行标准，符合国标的基本要求。

六、重大分歧意见的处理经过和依据

无

七、其他应予说明的事项

建议本标准实施后废除原标准。