

交通运输行业标准
《沥青路面用纤维稳定剂》
(征求意见稿)

编制说明

《沥青路面用纤维稳定剂》编制组
2017年5月22日

目 录

一、工作简况.....	3
1 任务来源	3
2 协作单位	4
3 主要工作过程	4
4 主要起草人及其所做的工作	5
二、标准编制原则和标准主要内容.....	6
1 标准编制原则	6
2 标准的主要内容的说明	6
三、主要试验（或验证）的分析、技术经济认证或预期的经济效果.....	29
四、与国际、国外同类标准水平的比较情况.....	31
五、与有关现行法律、法规和其他强制性标准的关系.....	34
六、重大意见分歧的处理结果和依据.....	34
七、其他应予以说明的事项.....	34

一、工作简况

1.1 任务来源

《公路沥青路面施工技术规范》(JTG F40-2004)中提出可应用三种纤维,即木质素纤维、矿物纤维和聚合物纤维,但是条文中仅规定了絮状木质素纤维技术要求。随着我国沥青路面技术的发展,颗粒木质素纤维、矿物纤维和聚合物纤维应用在不断增加,非常有必要在目前絮状木质素纤维技术标准基础上,增补沥青混合料用新纤维的技术标准,同时对絮状木质素纤维标准进行完善,形成完整的沥青混合料用纤维技术标准体系,促进我国沥青路面技术发展和沥青路面质量的提高。基于此,交通运输部科技司在《交通运输部关于下达2014年交通运输标准化计划的通知》(交科技发[2014]159号)中下达了《沥青路面用纤维稳定剂》标准制定工作,该工作由交通运输部公路科学研究院主持,计划编号:JT 318-2014。



絮状纤维素纤维

粒状纤维素纤维



絮状矿物纤维

束状矿物纤维



聚丙烯腈纤维

芳纶和聚丙烯混合纤维

图 1 沥青混合料纤维类型

本标准立项名称为《沥青路面用纤维稳定剂》，根据调研和专家建议，拟将现标准名称《沥青路面用纤维稳定剂》更改为《沥青混合料用纤维》（理由见“三、标准的主要内容说明”）。

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。协作单位名单如下：

- (1)福建省高速公路建设总指挥部
- (2)瑞登梅尔(上海)纤维贸易有限公司
- (3)长沙北美孚新材料科技有限公司
- (4)长沙理工大学
- (5)北京伦怀科技有限公司

1.3 主要工作过程

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)2014年7月~2014年8月，交通运输部公路科学研究所牵头成立了标准起草组。课题组广泛收集了国内外主要纤维产品，及国家、行业或企业标准等资料，进行了技术分析，提出了标准修订的原则、编写思路及人员分工，编写了标

准制定大纲。

(2)2014年9月~2014年10月,编写组主要人员赴欧美主要国家进行标准、试验方法的调研。

(3)2014年10月~2015年5月,确定试验方案、购置仪器设备,广泛收集国内工程上各类纤维产品,准备试验。

(4)2015年6月~2016年12月,进行大量室内纤维试验,并进行工程上纤维应用情况调研。

(5)2017年1月~2017年6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5月22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 主要起草人及其所做的工作

本标准主要起草人:严二虎、曾俊铖、高晓影、王志军、常嵘、周震宇
邵腊庚、王高超、张仕、冯力、浦永杰、李旭、肖菁、
谢丹

各起草人员主要工作如下:

——严二虎主要负责组织、协调,并参与标准编写工作。

——曾俊铖、高晓影主要负责国内纤维产品的收集,参与聚合物纤维技术标准的编写。

——王志军、常嵘、周震宇负责国内外纤维应用情况调研、技术标准资料的收集和整理,参与絮状纤维素纤维标准的编写工作。

——邵腊庚、王高超、张仕负责纤维标准试验验证工作,提供了大量试验数据,参与束状矿物纤维试验方法的编写工作。

——冯力、浦永杰、李旭负责国际纤维素纤维产品的收集,参与国际纤维技术标准资料的收集,以及粒状纤维素纤维试验方法的编写工作。

——肖菁、谢丹负责收集国际矿物纤维样品,进行纤维标准试验验证工作,

提供了大量试验数据，参与絮状矿物纤维试验方法的编写工作。

二、标准编制原则和标准主要内容

2.1 标准编制原则

①**协调性原则**。做好与相关标准、规范的协调、衔接，保证本标准与现行公路沥青路面施工技术规范等相关行业标准统一性和一致性。

②**可操作性原则**。本标准与公路沥青路面施工技术规范不同，在公路沥青路面施工技术规范中纤维的试验方法规定非常不明确、试验仪器、步骤不明确；为便于工程应用，起草的条文应明晰、规范，试验方法中仪器、关键步骤等内容应详细、明确，可操作性强。

③**成熟性原则**。标准须进行充分技术论证或试验验证，应依据充分，理论正确，验证可信，确保技术成熟性、可靠性。

④**代表性和先进性原则**。标准必须能够满足工程上对纤维产品的基本性能要求，同时也必须考虑试验验证样品的代表性，确保验证样品能够覆盖工程上所采用国内外产品的90%覆盖率，即满足确保国内市场上大部分产品能够满足标准要求；同时能够引导工程上产品的改进、完善，从而有利于行业的持续进步。

2.2 标准的主要内容的说明

本标准为《沥青混合料用纤维》，属于新制定，包括范围，术语和定义，产品分类及标记，技术要求，试验方法，检验规则，以及标志、包装、运输和储存等内容。

本标准借鉴相关技术标准有：

◆《公路沥青路面施工技术规范》(JTG F40-2004)

◆《沥青路面用纤维素纤维》(T/T 533-2004)

◆《公路工程 玄武岩纤维及其制品 第1部分：玄武岩短切纤维》(JT/T 776.1-2010)

- ◆ 《沥青路面用聚合物纤维》(JT/T 534-2004)
- ◆ 《公路水泥混凝土纤维材料 聚丙烯纤维和聚丙烯腈纤维》(JT/T 525-2004)
- ◆ 《水泥混凝土和砂浆用合成纤维》(GB/T 21120-2007)
- ◆ 欧美相关标准

同时部分试验方法借鉴了相关国家标准有：

- ◆ 《造纸纤维长度测定法》(GB 10336-1989)；纸浆 纤维长度的测定 图像分析法》(GB/T 28218-2011)
- ◆ 《羊毛纤维直径试验方法 投影显微镜法》(GB/T 10685)
- ◆ 《塑料 非泡沫塑料密度的测定 第 1 部分 浸渍法、液体比重瓶法和滴定法》(GB/T 1033.1)
- ◆ 《建筑用岩棉、矿渣棉绝热制品》(GB/T 19686)
- ◆ 《绝热用岩棉、矿渣棉及其制品》(GB/T 11835)
- ◆ 《增强材料 纱线试验方法 第 5 部分：玻璃纤维纤维直径的测定》(GBT 7690.5-2001)
- ◆ 《矿物棉及其制品试验方法》(GB/T 5480)
- ◆ 《绝热材料及相关术语》(GBT 4132-2015)
- ◆ 《化学纤维 短纤维长度试验方法》(GB/T 14336)
- ◆ 《纺织纤维 短纤维长度和长度分布的测定 单纤维测量法》(GB/T 16257-2008)
- ◆ 《化学纤维 短纤维拉伸性能试验方法》(GB/T 14337)
- ◆ 《纺织品 卷装纱 单根纱线断裂强力和断裂伸长率的测定(CRE 法)》(GBT 3916-2013)
- ◆ 《化学纤维 短纤维线密度试验方法》(GB/T 14335)
- ◆ 《塑料 非泡沫塑料密度的测定 第 1 部分 浸渍法、液体比重瓶法和滴定法》(GB/T 1033.1)
- ◆ 《塑料 用毛细管法和偏光显微镜法测定部分结晶聚合物熔融行为》(GB/T 16582)
- ◆ 《塑料 毛细管法和偏光显微镜法测定部分结晶聚合物的熔融行为》(GB/T 21783)
- ◆ 《化学纤维 短纤维卷曲性能试验方法》(GB/T 14338)。

(1)关于标准名称

本标准立项名称为《沥青路面用纤维稳定剂》。原申请标准主要针对 SMA 沥青混合料用木质素纤维、絮状矿物纤维等，这些纤维应用到 SMA 沥青混合料中主要起到防止析漏、增加沥青持油功能，主要起稳定剂的作用，同样 OGFC 应用纤维也是起稳定剂的作用，此时往往采用木质素纤维、絮状矿物纤维，因此对于这些纤维可以统称纤维稳定剂。

在标准制定过程中，发现目前工程上纤维不仅仅应用到 SMA\OGFC 中，普通 AC 沥青混合料中束状聚合物纤维、束状矿物纤维应用也日益增加，这些纤维主要起到防裂、抗车辙，因此主要起加强、加筋作用，对于这些行为再成为纤维稳定剂不太准确。

同时，在标准立项申请时，国内纤维在沥青路面工程主要是应用于沥青混合料，但是近些年来发现玻璃纤维等应用到水泥稳定碎石基层、雾封层中应用，此时工程应用的纤维类型、评价指标和方法均不相同，而本标准中并未包含玻璃纤维等。

基于以上原因，经专家建议，拟将原标准名称调整为《沥青混合料用纤维》。

(2)“纤维素纤维”、“木质素纤维”术语

本标准采用“纤维素纤维”代替以前“木质素纤维”。

《公路沥青路面施工技术规范》(JTG F40-2004)、《公路沥青码蹄脂碎石路面技术指南》SHC F40-01-2002 中，称为木质素纤维；《沥青路面用木质素纤维》(JT/T 533-2004) 定义为木质素纤维，plant fiber，一种植物纤维，属于有机纤维，特指针叶木材纤维(coniferous tree fiber 或 conifer fiber)。

木质素纤维对应的英文为 lignin fiber，而欧美文献中找不到 lignin fiber 相应的标准和术语；而在欧美、澳大利亚等则相应称为 cellulose fibers，即纤维素纤维，属于植物纤维，例如 NACT、NCHRP 以及欧盟 EN 标准中均有 cellulose fibers 技术标准。

根据《中国土木工程建筑百科全书》(工程材料 上)中：cellulose fiber 纤维素纤维，某些植物的秆与韧皮经加工后制得的纤维，通常为针叶树、阔叶树作原料，直径为 20-120um，长度 0.5-5mm，抗拉强度 300-800MPa，弹性模量为

10-30GPa。而在该工程辞典中也未见木质素纤维的名词术语。

实际上，植物纤维是由纤维素、半纤维素、木质素和其他少量杂质组成，由于植物纤维的主要化学成分是纤维素，故植物纤维又称纤维素纤维。如棉花的纤维素含量接近 100%；而一般木材纤维中，纤维素占 40~50%，还有 10~30%的半纤维素和 20~30%的木质素。因此原公路工程中木质素纤维的术语是不准确的，应该是纤维素纤维。

(3)矿物纤维定义

《公路工程玄武岩纤维及其制品 第 1 部分：玄武岩短切纤维》(JT/T 776.1-2010)中仅仅规定了玄武岩短切纤维，属于束状矿物纤维。而根据起草组广泛调研，发现国际上絮状矿物纤维应用较为普遍，特别是 SMA\OGFC 沥青混凝土中，而束状矿物纤维应用不常见。本标准中矿物纤维实际上包括了束状矿物纤维和絮状矿物纤维两种类型的矿物纤维，因此在矿物纤维定义上进行了区别。同时我国以往的矿物纤维往往指玄武岩矿物纤维，本次根据我国实际矿物纤维生产和市场情况，将矿物纤维的定义由玄武岩矿物纤维，扩展到玄武岩、辉绿岩等硅酸盐类岩石，或矿渣等矿料。

(4)聚合物纤维定义

关于聚合物纤维的名称，一般有三个名称，聚合物纤维，合成纤维，化学纤维。《公路水泥混凝土纤维材料 聚丙烯纤维和聚丙烯腈纤维》(JT/T 525-2004)将聚丙烯纤维和聚丙烯腈纤维统称为聚合物纤维，《公路沥青路面施工技术规范》(JT/G F40-2004)和《公路沥青码蹄脂碎石路面技术指南》(SHC F40-01-2002)中则称为聚合物化学纤维，包括聚酯纤维(涤纶)和丙烯酸纤维(腈纶)等。《水泥混凝土和砂浆用合成纤维》(GB/T 21120)中称为合成纤维，英文为 synthetic fibre，即人造纤维的意思。《沥青路面用聚合物稳定剂》(JT/T 534-2004)称为聚合物纤维，英文为 polymer fibers。根据美国 NCHRP 等称为 polymer fibers 聚合物纤维或 Synthetic polymer fibers 合成聚合物纤维或人造聚合物纤维。

我国纺织、石化部门，一般称为化学纤维，英文为 man-made fibres 或 man-made staple fibres，实际上是人造短纤维或合成短纤维的意思。如按照《纺织品 化学纤维 第 1 部分：属名》(GBT 4146.1-2009)，化学纤维，英文名称为

man-made fibres, 包括常见的聚酯纤维、聚丙烯纤维等聚合物纤维, 还包括玻璃纤维、陶瓷纤维。可以看出, 化学纤维、合成纤维或人造纤维范围比聚合物纤维广。本标准考虑沥青路面专业习惯, 称为聚合物纤维, 英文 polymer fibers。本标准规定的 5 种聚合物纤维类型, 同时也属于合成纤维、化学纤维, 因此本标准中聚合物纤维定义为, 以合成高分子聚合物为原料制成的化学纤维。

(5)产品分类

本标准包括纤维素纤维、矿物纤维和聚合物纤维, 每种纤维产品又分为不同类型。

纤维素纤维根据形态可以分为絮状和粒状两种。欧盟早期分为絮状、半粒状和粒状, 其中半粒状为不掺加任何结合料、完全通过机械挤压形成的颗粒, 但是运输和投放过程中颗粒破碎严重, 影响投放效果因此逐渐被淘汰。纤维素纤维主要应用到 SMA\OGFC 等开级配沥青混合料起吸油、稳定作用。

矿物纤维主要有絮状和束状矿物纤维两种类型, 其纤维形态、在混合料中的作用均不同, 其施胶也不同, 其中束状矿物纤维主要用于密级配沥青混合料起增强作用; 而絮状矿物纤维应用于 SMA、OGFC 等开级配沥青混合料起吸油、稳定作用, 也可以应用于密级配沥青混合料。

聚合物纤维主要用于密级配沥青混合料起增强作用, 可以提高抗温度和荷载裂缝、反射裂缝及车辙等性能, 近些年其应用整体呈增加趋势。聚合物纤维不仅仅应用于热拌沥青混合料, 也应用于温拌、冷拌和冷补沥青混合料, 主要纤维类型有:

①聚酯纤维(英文 polyester, 代码 PES), 分为“聚对苯二甲酸乙二酯(涤纶 PET)”、“聚对苯二甲酸丙二酯(PTT)”和“聚对苯二甲酸丁二酯(PBT)”三种分子形式, 其中 PET 涤纶应用最多。

②聚丙烯腈纤维(商品名腈纶, 英文 acrylic, 代码 PAN), 分为聚丙烯腈和丙烯腈共聚物两种分子, 其中丙烯腈共聚物应用较多。

③芳香族聚酰胺纤维(商品名芳纶, 英文名 aramid, 代码 AR), 分为对位芳酰胺纤维(聚对苯二甲酰对苯二胺纤维, 代码 PPTA, 产品 1414)和间位芳酰胺纤维(聚间苯二甲酰间苯二胺纤维, 代码 PMIA, 产品 1313)等。

④聚丙烯纤维(商品名丙纶, 英文 polypropylene, 代码 PP)。

⑤聚乙烯纤维(商品名乙纶, 英文 polyethylene, 代码 PE)

⑥聚酰胺纤维(商品名锦纶、尼仑, 英文 polyamide 或 nylon, 代码 PA)

我国沥青路面中应用较多的聚合物纤维主要为聚丙烯腈纤维和聚酯纤维。而美国统计, 聚合物纤维最常用为聚酯纤维、聚丙烯纤维和芳纶纤维, 聚丙烯腈纤维文献报道都非常少; 美国印第安等州有应用聚丙烯纤维, 俄亥俄等州应用聚丙烯纤维、聚酯纤维, 近几年乔治亚州、宾夕法尼亚、得克萨斯州, 爱达荷州等研究应用芳香族聚酰胺纤维和聚丙烯(或聚乙烯纤维)混合纤维较多, 其中 FORTA-FI 公司开发的芳香族聚酰胺纤维和聚丙烯混合纤维在美国、中国及欧洲公路、机场均有广泛的应用, 因此芳香族聚酰胺纤维和聚丙烯混合纤维是一种新的应用趋势。法国、加拿大、巴西均应用聚酯纤维, 西班牙、澳大利亚和新西兰研究应用聚丙烯腈纤维和聚酯纤维; 土耳其、韩国、伊朗、罗马尼亚等研究聚丙烯和芳香族聚酰胺纤维纤维。相对来说, 聚乙烯纤维和聚酰胺纤维应用非常少, 其中美国研究聚乙烯纤维和芳香族聚酰胺纤维的沥青混合料性能。为此, 本标准根据目前应用情况及发展趋势, 规定了前面 4 种聚合物纤维, 以及一种混合纤维, 共 5 种纤维类型。

(6) 纤维素纤维技术要求

① 纤维素纤维来源的要求

SHC F40-01-2002 条文说明中指“木质素纤维是天然木材经过化学处理得到的”。而《沥青路面用木质素纤维》(JT/T 533-2004)要求的木质素纤维, 特指针叶木材纤维(coniferous tree fiber 或 conifer fiber)。根据 JT/T 533-2004, 目前我国很多纤维均达不到要求。我国沥青路面用纤维素纤维实际来源较为复杂, 而且生产工艺不同。我国部分纤维素纤维来源为针叶木材、阔叶木等木材, 部分来源于废报纸等废纸, 甚至部分来源于棉布等破布。因此, 目前我国纤维素纤维质量差异较大, 材料单价差异也非常大。根据我们实验室对全国纤维检测结果来看, 包括进口的纤维产品, 尚没有发现纯的针叶木材纤维素纤维产品。

根据美国、加拿大北美国家, 德国、法国等欧盟国家, 以及澳大利亚、巴西等文献, 纤维素纤维, 最常见的是来源于木材植物, 也有一些来源于回收报纸。欧美, 特别是北美针叶木材资源丰富, 但是路用纤维素纤维仍然很难直接采用原针叶木材纤维, 而是放宽为针叶木材或阔叶木材等木材纤维, 同时也不限于原木

材，可以采用质量较高的报纸、涂布纸等回收纸破碎纤维。

根据研究表明，木材纤维的强度高、耐热性好，其应用性能最佳，特别是针叶木材纤维被广泛应用到公路工程。而棉花等破布纤维，秸秆纤维等由于耐热性差，不宜应用于沥青混合料中。我国针叶木材资源非常紧张，限定针叶木材是不现实的，因此放宽为针叶木材或阔叶木材纤维。我国由于森林资源不足，完全采用原木材纤维更不现实，实际上我国纤维素的原料有 70%来源于非木材资源，因此本标准进一步放宽纤维来源，即纤维可以是原木材纤维，也可以是针叶木材或阔叶木材纤维为主的回收报纸等二等或以上等级的废纸。

②纤维素纤维的筛分

采用筛分试验确定某一筛孔的通过率来间接评价絮状纤维尺寸的分布情况。《公路沥青路面施工技术规范》(JTG F40-2004)中没有纤维的筛分指标，本次编制参考《沥青路面用纤维素纤维》(T/T 533-2004)以及欧美标准，结合我国工程实践，增加了絮状纤维素纤维的筛分指标。由于普通筛分析人工操作困难，试验误差大，本次标准编制未考虑采纳普通筛分析。冲气筛分析试验方法操作简单、试验精度高，在 18 个样品试验结果基础上增补了冲气筛分析 0.15mm 通过率作为絮状纤维素纤维评价指标。

③纤维素纤维的吸油率

吸油率试验间接评价纤维吸收、吸附的能力。还有认为，高的吸油率，说明纤维表面更加粗糙，能够增强纤维与沥青的粘附性。吸油率实际上反应不同长度、直径的纤维分布情况，吸油率越大，则纤维整体偏小；反之，则纤维整体偏粗。因此对于同一种纤维，吸油率可以间接反映纤维的尺寸分布。关于纤维的吸油率，对于纤维素絮状纤维，在美国规定为 5.0 ± 1.0 倍，印度要求不小于 4。我国 JTG F40-2004 和 JT/T 533-2004 规定吸油率不小于 5。美国认为纤维粗细程度不同，性能差异很大，由此有不同的用途；一般认为纤维吸油率不宜太大，否则会吸收过多的沥青，造成不必要的浪费，因此吸油率需要一个范围。

近些年，我国纤维素絮状纤维吸油率鲜有不合格情况，反而是吸油率有增加趋势。本次根据大量试验，规定絮状纤维素纤维吸油率为 5-8 倍，过多吸油率吸收了过多的自由沥青，不经济。

同时，很多工程上对粒状纤维也参照絮状纤维进行评价，要求打散后吸油率不小于 5，这是不合理的，造成很多纤维误判为不合格。这是由于颗粒纤维表面采用沥青等结合料，纤维表面及内部已经吸附了部分沥青，与纯絮状纤维相比较，降低了纤维进一步吸煤油的能力，因此吸油率试验时自然。颗粒纤维吸油率，不仅仅取决于原絮状纤维本身能力，还受结合料类型及掺量的影响，即使打散后测定也不准确。因此，对于颗粒纤维，因在萃取结合料之后的絮状纤维进行直接测定，同时其吸油率按照 4-7 倍进行控制。

④耐热性试验

对于纤维素纤维，很多工程人员担心，纤维素纤维会在高温下燃烧、发脆。如果燃烧掉，则纤维吸油效果会降低；如果纤维发脆，纤维强度等指标会降低，特别是在拌和过程中，受集料的切割变短，纤维的效果会降低。NAPA\NCAT\AASHTO 等美国标准中并没有强调耐热性，也没有相关指标。《公路沥青路面施工技术规范》(JTG F40-2004) 规定纤维应在 250℃ 的干拌温度不变质、不发脆，《公路沥青路面碎石路面技术指南》SHC F40-01-2002 规定纤维应能承受 250℃ 以上的环境温度不变质，但是并没有给出具体的评价方法。《沥青路面用木质素纤维》(JT/T 533-2004) 中提出了在 210℃ 条件下加热 2h 评价纤维素纤维耐热性试验方法，质量损失小于 6%，且颜色、体积基本无变化。按照 JT/T 533-2004 进行试验，发现将颜色、体积变化作为评价指标，而几乎所有典型纤维耐热性前后均产生明显的颜色变化。210℃ 条件下加热 2h，甚至 1h 之后，纤维颜色变深，除了着色纤维外，均成褐色或黄色。同时，加热前后的体积变化情况很难观察。因此，JT/T 533-2004 中将颜色、体积基本无变化作为评价方法，则可能造成所有纤维不合格，因此，此规定是不合适的。同时质量损失 6%，过于严格。起草组进行了大量耐热性试验，发现 210℃ 条件下加热 2h 后，95% 样品质量损失超过 6%，一般在 7%-9%，部分可达 10%-13% 之间。因此，按照 JT/T 533-2004 进行评价是不合理的。但是，耐热性又是一个很重要性能指标，很多单位都非常关心这个方面。

本次编制中，进行了大量试验，重新进行了试验方法调整，并基于新的试验方法对指标进行了论证。

⑤松方密度

松方密度是纤维在蓬松状态下单位体积的质量。松方密度是纤维形态重要参数，能够间接表征纤维的尺寸。在德国，将纤维素纤维根据形态分为三类，絮状、半颗粒状和颗粒状，而松方密度是区分其纤维素形态的重要指标。

⑥粒状纤维素纤维标准

参考欧美相关标准，进行大量试验，新制定了相关标准。粒状纤维标准主要增加颗粒尺寸、颗粒筛分、颗粒抗磨耗性能，其他指标同絮状纤维素纤维。

(7)矿物纤维技术要求

①絮状矿物纤维技术要求

主要在欧美标准中纤维长度、直径、渣球含量指标，以及 JT/T 776.1-2010 含水率、吸油率基础上，增加了 0.15mm 质量通过率、0.15mm 通过率增加值和不同粒径纤维团质量百分率。

絮状矿物纤维与束状矿物纤维不同在于，前者单个纤维长度、直径差异非常大，而束状纤维的单个纤维长度和直径变化非常小。采用冲气筛分析测定 0.15mm 通过率，可以间接评价絮状矿物纤维中不同尺寸纤维的分布情况。

冲气筛分析，方法简单、快捷，不仅仅适合于纤维质量评定，也适合于纤维生产过程中质量控制。

根据美国应用经验，矿物纤维在拌和过程中受高温、集料等磨耗作用下，纤维会断裂、长度缩短。在美国福倍安的产品介绍中也提到这一点。无论是矿物絮状纤维，还是矿物束状纤维，其耐高温、耐磨耗性能影响到其在沥青混合料中应用效果。如果纤维耐高温、耐磨耗性能差，则在拌合楼拌和过程中受集料的高温影响，强度降低，发脆；同时受集料、拌和器等磨耗、切割作用，可能会导致纤维断裂，变短。乔治亚针对矿物纤维耐磨耗性能评价，提出采用微狄法尔湿磨耗模拟混合料拌和过程中的矿物纤维磨耗情况。俄亥俄、佛罗尼达运输部则也采用这个方法评价矿物纤维耐磨性能。为此，本部分在其基础上进行大量试验，提出了磨耗试验前后 0.15mm 通过率增加值作为评价指标。

絮状矿物纤维实际上是由大小不一的松散纤维团组成，这个指标主要反映纤维团的粒度大小，其与纤维团在施工拌和中纤维分散性能相关。根据多年来絮状矿物纤维的实际工程应用实践，不符合此指标要求的矿物纤维分散性不好而导致

工程质量受严重影响。

参考束状矿物纤维吸油率指标，根据工程经验确定絮状矿物纤维相应的吸油率标准。

②束状矿物纤维技术要求

本部分基本参考 JT/T 776.1-2010 进行编写，但结合我国工程实践，就个别指标的标准值进行了调整。

对于束状矿物纤维，主要目标是防裂抗裂作用，其纤维强度对混合料性能有一定影响，同时也是纤维的重要质量指标。因此需要测定其断裂强度和断裂伸长率。在沥青混合料中的集料、纤维、沥青三相来说，沥青的强度非常低，因此沥青混合料中沥青是最低的短板，因此过大强度的纤维在沥青混合料中的作用是有限、是无效强度。矿物纤维生产用原石对矿物纤维的性能影响很大，适当降低矿物纤维的断裂强度指标，可以增加玄武岩、辉绿岩等原石的使用率，从而降低矿物纤维的生产成本。相对于断裂强度指标来说，纤维尺寸、渣球含量是非常关键的指标，这些指标主要与生产单位的技术、工艺和质量管理水平相关。因此，本标准在 JT/T 776.1 基础上适当降低断裂强度。同时沥青混合料受温度、荷载影响变形较大，同时断裂时裂缝变形也较大，束状抗裂性纤维的变形能力应该与之相匹配，因此对于沥青混合料来说断裂伸长率越大越有利，为此本部分规定了矿物纤维的断裂伸长率不小于 2.1%。

JT/T 776.1 中，对于生产短切丝的矿物纤维玄武岩，提出了化学成分要求。矿物化学成分影响矿物纤维的强度、模量等物理性能。其编制说明中提出由于我国的玄武岩纤维生产不配生料生产，而仅使用纯玄武岩碎石，结果便于抽丝用的玄武岩碎石是略偏酸性的，其二氧化硅含量在 53%~60%范围内，这种微酸性玄武岩纤维会与沥青的粘附性不牢。因此，建议将二氧化硅含量降下来，最低为 48%，但是降低二氧化硅含量将增大抽丝生产的难度，即难于抽成连续不断丝的长纤维。表 1~表 2 为玄武岩矿物纤维化学成分情况。可以看出，国内外生产矿物纤维的化学成分差异非常大，无法给出一个范围。为此本标准没有给出化学成分推荐范围，但是在纤维处理中提出要求，对于絮状纤维，必须进行阳离子施胶剂处理；束状纤维必须亲油浸润剂处理。

表 1 玄武岩矿物纤维化学成分含量情况(单位: %)

氧化物类型	JT/T 776.1 规定	国际产品	国产产品
SiO ₂	48-60	34-46	42-56
Al ₂ O ₃	14-19	8-15	6-18
CaO	5-9	15-44	
MgO	3-6	4-15	
Na ₂ O+K ₂ O	3-6		
TiO ₂	0.5-2.5		
Fe ₂ O ₃ + Feo	9-14	0-7	3-16
CaO\MgO\NaO BO ₂ \CrO ₂ \MnO ₂			20-41
其他	0.09-0.13	0-5	0.05-1.5

表 2 国际上主要矿物纤维化学成分含量情况(单位: %)

化学成分	美国矿物纤维			美国矿渣		德国玄武岩纤维
	1	2	3	1	2	
SiO ₂	52.92	47.5	45.54	41	40.58	44.31
Al ₂ O ₃	6.52	13	13.38	11.8	12.52	12.53
MgO	-	-	-	-	-	10.49
CaO	30.28	16	10.8	40	37.5	11.46
FeO	1.01	7	5.75	0.9	1	11.07
TiO ₂	0.51	1.5	1.99	0.4	0.44	2.43
MnO	0.06	0.5	0.24	0.6	0.3	0.2
Na ₂ O	2.29	2.5	2.52	0.2	1.45	3.75
K ₂ O	1.57	1	1.36	0.4	0.3	1.66
P ₂ O ₅	0.15	-	0.06	0.3	0.21	1.17
Fe ₂ O ₃	1.48	0.5	8.22	-	-	-
CaS	-	-	-	-	1.04	-
S	-	-	-	0.4	0.46	-
其他	-	-	-	0.4	-	-

(8) 聚合物纤维技术要求

《沥青路面用聚合物稳定剂》(JT/T 534-2004)和《水泥混凝土和砂浆用合成纤维》(GB/T 21120)中,没有按照聚合物纤维类别进行分类制定标准,而是针对聚合物纤维制定了一个泛泛标准,针对性不强。

对于不同纤维价格差异非常大,其强度、模量及密度等性能差异较大,对沥青混合料性能影响也不同,其适宜掺量也各不相同。采用泛泛指标标准指导性不强,容易造成工程上以次充好。芳纶纤维,抗拉强度最高,其掺量最低,一般掺量 0.0175%左右,聚丙烯和芳纶混合纤维掺量为 0.05%;聚丙烯腈纤维、聚酯纤维,一般掺量为 0.1%-0.3%;而聚丙烯纤维为掺量 0.27%。

聚合物纤维的标准，借鉴国内外相关技术标准，同时充分考虑了目前国内外主要纤维产品质量现状，特别是国产纤维的质量现状，进行制定。

(9)纤维素纤维试验方法

①纤维素纤维的长度

现有的标准中对纤维素纤维的长度测定方法规定不明确，本标准通过试验确定采用显微镜图像分析法进行测定。

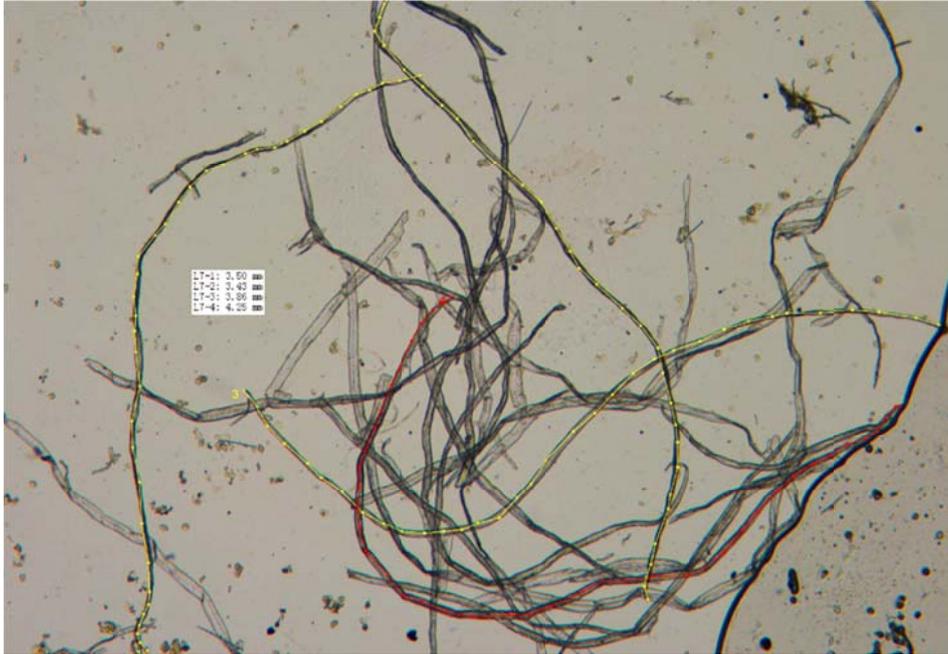


图2 显微镜图像分析法测定絮状纤维素纤维长度

②充气筛分析方法

美国、德国冲气筛试验规定的试验方法各不相同。例如，德国 JRS 规定采用 5g 纤维，压力 2500-3500Pa，持续筛分 3min，筛网一般为 0.5mm、0.3mm、0.032mm，CFF 则筛网一般为 0.8mm、0.3mm、0.032mm。而美国 NCAT、AASHTO 及各州均要求采用 5g 纤维，真空度 75kPa 或 $74.5\text{kPa} \pm 10.16\text{kPa}$ ，持续筛分 14min，筛网一般为 0.15mm，仅 NAPA 要求试验按照冲气筛厂家建议参数进行试验。

起草组在室内试验时发现，Alpine 气分筛 200 LS 真空度根本达不到美国要求的压力条件，根据与 Alpine 厂家咨询，200 LS 负压范围为 0-5500Pa。

选择 18 种纤维，采用 Alpine 气分筛 200 LS-N 型，在 2500-3500Pa，3min、10min 筛分条件下 0.15mm 通过率进行比较，发现随着时间延长，通过百分率明显增加，按照 $70\% \pm 10\%$ 标准，3min 时 14 个纤维达不到要求；10min 时则仅 4 个

纤维达不到要求，且为非沥青混合料用纤维，说明采用 10min 是合适的。

③灰分含量试验

纤维制造过程中都必须喷涂耐高温的涂覆材料，从而在与集料拌和时保护纤维不致被高温破坏。这些涂覆材料一般为高岭土、碳酸钙、硅藻土、提纯的膨胀土等无机材料，如 Interfibe RoadCel 中 $18.25\% \pm 4.50\%$ 天然粘土高岭土；TECHNOCEL 1004 中 10-20% 碳酸钙，而我国一般采用 13%-23% 的硅藻土、提纯的膨胀土等。纤维经高温燃烧，剩下称为灰分，即为涂耐高温的涂覆材料，100-灰分含量实际上就是纤维素纤维含量。纤维中，如果涂覆材料太少，不足以保护所有的纤维素纤维；但是涂复材料太多，妨碍纤维发挥吸收沥青的作用，成为多余无用的成分。因此纤维经高温燃烧剩下的灰分，必须控制在一定的范围内。

NAPA\NCAT\AASHTO 等美国标准，规定灰分试验时，称取 2-3g 纤维样品，放置于清零的坩埚中加热 $595-650^{\circ}\text{C}$ 不少于 2h，将坩埚和灰分放入干燥器中冷却后再次称量。而根据 JRS 等德国标准，则要求称量 5-10g 纤维， 850°C 高温燃烧 4h 以上至恒重，相应的灰分标准为 $15\% \pm 5\%$ 。

《公路沥青路面施工技术规范》(JTG F40—2004) 中均规定 $590^{\circ}\text{C} \sim 600^{\circ}\text{C}$ 高温燃烧后测定残留物质量；《公路沥青码蹄脂碎石路面技术指南》SHC F40-01-2002、《沥青路面用木质素纤维》(JT/T 533-2004) 中均规定 $590^{\circ}\text{C} \sim 650^{\circ}\text{C}$ 高温燃烧后测定残留物质量，其中 JT/T 533-2004 较为明确，要求称量 2g 纤维进行试验。

根据以上分析发现，相对于中美，德国的灰分试验时间长、温度高，因此相应的灰分指标稍低，我国和美国绝大部分标准相应的灰分含量 $18\% \pm 5\%$ ，或者规定不大于 23%；而德国规定相应的灰分含量 $15\% \pm 5\%$ ，或者规定不大于 20%，另外美国的阿拉斯加州、印度也要求不大于 20%，这是由于其测试方法同德国。

同时发现中国，与德国、美国不同在于，我国纤维素灰分试验，往往采用敞开的高温炉进行试验，而德国、美国采用闭式高温炉进行试验。为此，我们进行了不同高温炉灰分试验。敞开式高温炉，需要人员进行温度控制，纤维放入后，进行不断的搅拌，同时由于直接暴露在空气中，纤维更加充分燃烧，理论上来说，其灰分结果应该小于封闭式高温炉测定结果，但是实际测定结果却是相反。这是由于，纤维中的灰分，主要是各种粘土，其在高温条件下与空气中氧气发生化学反应，使得质量增加，因此其测定灰分含量较封闭式灰分测试结果大。

为了确保试验结果的一致性，同时确保试验安全，降低劳动强度，本标准规定采用封闭式高温炉进行试验；同时对于颗粒纤维，需要采用咖啡机打散之后测定，有利于纤维的加热充分燃烧。

④含水率试验

NAPA\NCAT\AASHTO 等美国标准，规定含水率试验时，取 10g 纤维，称量后，放入 121℃ 烘箱中烘 2h；然后将样品从烘箱中取出后立即再次称量质量。德国则是规定 105℃ ± 3℃ 烘箱烘 2h 以上冷却后称量质量。

我国《沥青路面用木质素纤维》(JT/T 533-2004)，借鉴美国标准，规定中 121℃ ± 15℃ 烘箱中烘 2h。而《公路沥青路面施工技术规范》(JTG F40—2004)、《公路沥青码蹄脂碎石路面技术指南》SHC F40-01-2002 均规定 105℃ 烘箱烘 2h 后冷却称量。目前我国公路工程中主要按照此方法进行絮状纤维素纤维含水率的测定。通过我国典型纤维素纤维在不同温度条件下的含水率测定结果比较发现，121℃ 条件下较 105℃ 条件下含水率结果偏大 0.1%-0.5%。本标准根据我国工程习惯，采用 105℃ ± 5℃ 烘干 2h 为试验标准条件，测定各种纤维含水率，包括纤维素纤维、矿物纤维。

⑤吸油率试验

NAPA\NCAT\AASHTO 等美国标准，规定准确称量 5g 样品，在溶剂油中充分浸泡 5 分钟以上。然后放在筛网上，筛孔约 0.5mm(一般采用 0.425mm 筛)，放到摇筛器上开动振动 10min(摇筛器频率 240 次/min，振幅 32mm)。然后，取出筛和纤维，放到清零的盘上称量质量。计算吸收的油与自身质量的倍数。

对于纤维素纤维，《沥青路面用木质素纤维》(JT/T 533-2004)，规定称取烘干的纤维 5g 放入塑料杯中，倒入 100ml 矿物油，并用玻璃棒充分搅拌 15min，然后静置 5min；在测定仪上振筛 10min。而《公路沥青路面施工技术规范》(JTG F40—2004)、《公路沥青码蹄脂碎石路面技术指南》SHC F40-01-2002 均规定用煤油浸泡后放在筛上经振敲后称量，目前我国公路工程中主要按照 JTG F40—2004 方法进行絮状纤维素纤维吸油率的测定。

分析以上可以看出：

- ◆我国 JTG F40—2004)、SHC F40-01-2002 与美国方法基本一致；
- ◆JT/T 533-2004 规定用玻璃棒充分搅拌 15min，此规定与其他方法均有较大

差异；

◆JT/T 776.1-2010 中规定吸油率为纤维及其所吸附煤油的总质量与纤维质量之比，此规定与其他方法均有较大差异，实际测定结果增加了 100%。

鉴于 JTG F40—2004)、SHC F40-01-2002 在我国应用最广泛，因此本标准按照此两个标准进行规定，即不要求玻璃搅拌。

⑥耐热性

按照 JT/T 533-2004 进行试验，发现原试验方法没有要求试验前进行样品干燥处理，导致加热过程中水分挥发也计入质量损失，评价不合理；将颜色、体积变化作为评价指标，而几乎所有典型纤维耐热性前后均产生明显的颜色变化。同时，加热前后的体积变化情况很难观察。因此，JT/T 533-2004 中将颜色、体积基本无变化作为评价方法。

沥青混合料在拌合过程中，集料加热温度一般很难达 210~220℃、且加热时间往往只有几十秒，目前的耐热性试验条件苛刻。但是大量试验发现，如果加热时间缩短，不同纤维质量损失差异在缩小，因此加热时间过短，则不容易区分纤维的质量。根据大量试验确定耐热性试验时加热最佳时间为 60min。

⑦纤维来源的识别

目前市场上絮状纤维素纤维非常混乱，产品参差不齐，其中一个重要原因就是纤维的来源混乱。部分纤维素纤维中掺加棉等破布纤维，耐热性较差，在耐热性试验、甚至施工中出现燃烧情况。



图 3 纤维耐热性试验中纤维燃烧情况

目前纤维的识别有很多方法，如燃烧法、显微镜法、溶解法、含氯含氮呈色

反应法、熔点法、密度梯度法、红外光谱法、双折射率法等，通过对比分析，认为显微镜法较为直接和简单。本标准参考《纸、纸板和纸浆纤维组成的分析》(GBT 4688-2002)、《纺织纤维鉴别试验方法 着色剂法》(GB/T 13787-1992)以及《纺织纤维鉴别试验方法 第3部分显微镜法》(FZT 01057.3-2007)等标准编写。

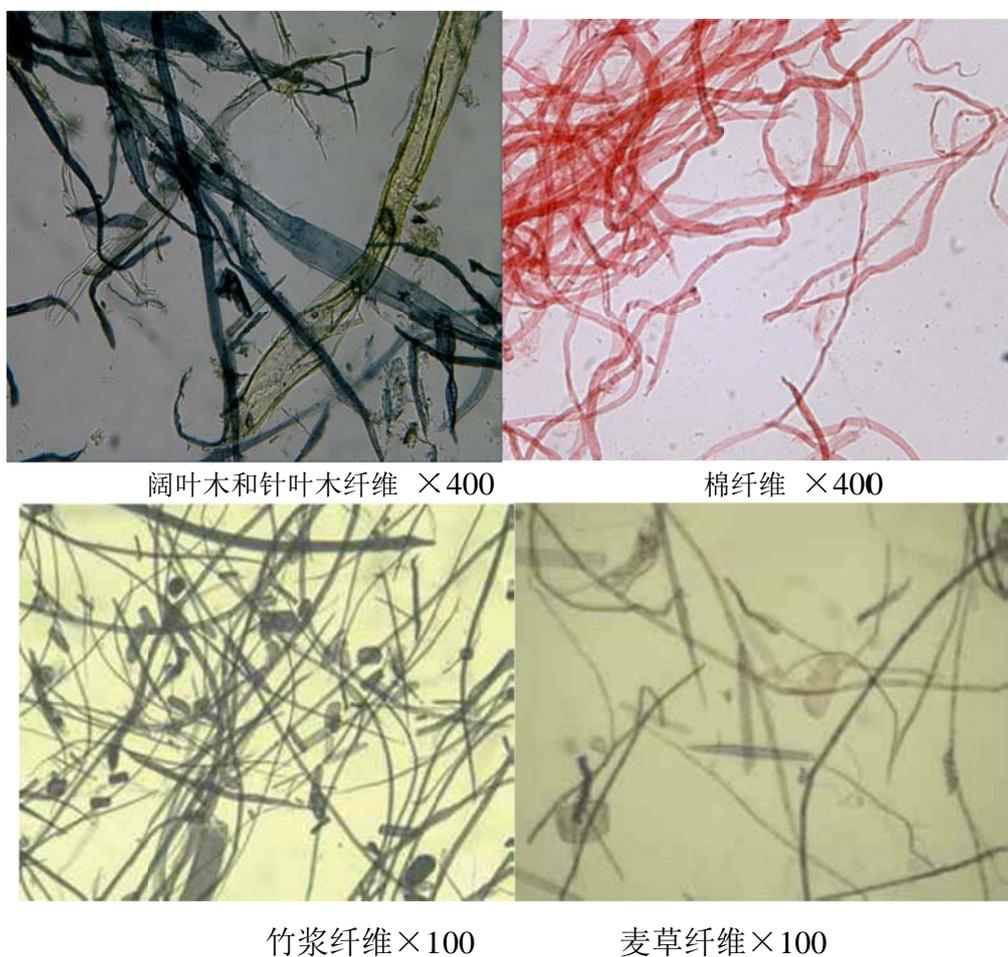


图4 部分植物纤维的显微镜图像

10) 矿物纤维试验方法

① 渣球含量

渣球是指矿物纤维中非纤维物质的总称，其长径比太小，基本不具增强作用的物质，因此在沥青混合料中属于无效成分。渣球含量是纤维中一定粒径以上的非纤维物占纤维总质量的百分比，是衡量矿物纤维产品质量的重要指标，其与纤维平均直径指标一起标志了纤维的生产技术水平。较低渣球的矿物纤维产品在生产工艺过程中更为严格，工序较多。

通过国内文献，了解到渣球含量分为干式研磨法和湿式水洗法。其中干式试验工序复杂，已基本被淘汰，国际标准基本采用湿式方法。我国根据英国 BS 2972、

JIS A 9504、ISO 10635 等，先后制定了《矿物棉及其制品试验方法》(GB/T 5480)、《耐火陶瓷纤维制品 渣球含量试验方法》(GB-T 17911.6)，这些标准均采用湿式水洗法，即利用渣球和纤维在水介质中运动时受到的重力和阻力的差异，使渣球和纤维得到分离，通过烘干、筛分、称重得到渣球质量。其中，GB/T 5480 并没有规定具体的筛分尺寸；GB-T 17911.6 规定 0.075mm 或 0.212mm 两种筛网。我国《建筑用岩棉、矿渣棉绝热制品》(GB/T 19686)、《绝热用岩棉、矿渣棉及其制品》(GB/T 11835)要求按照 GB/T 5480 测定渣球含量，要求粒径大于 0.25mm 的渣球含量不大于 10%。而在摩擦、密封行业，国内外普遍采用 0.125mm 筛，一般要求不大于 5%或 1%。

实际上湿式水洗法渣球含量时仍然存在过程复杂、周期长、纤维回收困难等问题。欧美一般采用干筛分析方法确定渣球含量。对于沥青混合料中矿物纤维，NAPA、NCAT 及美国各州交通运输部标准中相关试验方法规定采用《矿物纤维块、板绝热材料标准》ASTM C 612、《人造岩石、矿渣矿物纤维绝热材料的非纤维含量测定方法》ASTM C 1335。其中 ASTM C 612，规定绝缘材料用矿物纤维的 0.15mm 以上渣球含量不大于 25%，其试验方法指定采用 ASTM C1335。根据 ASTM C1335，称取 10g 纤维，采用 $590 \pm 5.6^{\circ}\text{C}$ 高温灼烧后，采用干筛法，即摇筛机或人工筛分得到各档筛上纤维质量，但是其标准筛孔分别为 0.85mm、0.3mm 和 0.15mm。同时，注意 NAPA、NCAT 及美国各州交通运输部标准中均采用 0.25mm、0.063mm 两种筛孔，与 ASTM C1335 和 C 612 均不相同。在美国，仅美国乔治亚州等则要求采用水洗法分离纤维和渣球，然后回收渣球、烘干、筛分得到各种筛孔下渣球的含量。

干筛分析方法与水洗法相比，步骤简单，检测周期短，渣球无需再烘干；筛下细小纤维可回收，环境污染小。但是本次标准制定中，按照 ASTM C 1335，采用筛分析方法来进行矿渣的试验，发现采用此方法难以分离纤维与渣球，主要是纤维团通过 0.25mm、0.063mm 并不容易，这会将大颗粒纤维误认为是渣球而导致测试结果偏大。

台湾省完全按照 NCAT 中标准进行矿物纤维评价，但是其试验方法和 ASTM C1335 并不相同，而是采用研磨的方法，即通过金属棒进行矿物纤维的研磨，将大纤维状颗粒人工剔除，再筛分，测定渣球含量。但是，本标准制定过程中，仍然发现难以清除混在纤维中的渣球颗粒，误差较大。



图5 研磨、剔除纤维后筛分测定渣球含量

为了解决这一问题，本标准研究采用冲气筛过筛后，进行人工剔除筛上纤维颗粒后，再称重方法确定渣球含量，方法更加简单、数据稳定。

②断裂强度和断裂伸长率

在《公路工程 玄武岩纤维及其制品 第1部分：玄武岩短切纤维》JT/T 776.1中，规定束状纤维的断裂强度、弹性模量和断裂伸长率按GB/T 7690.3方法进行检测，即《增强材料 纱线试验方法 第3部分 玻璃纤维断裂强力和断裂伸长的测定》。但是，其规定存在以下几个方面的问题：

- ①标准中弹性模量，并没有给出计算方法；
- ②标准中给出断裂强度为MPa，但是试验方法中的断裂强度单位为N/dtex
- ③GB/T 7690.3中，规定试验纤维长度一般为250mm的纤维，试验速度200mm/min。而沥青混合料用矿物纤维长度为6-38mm，因此GB/T 7690.3实际是不适合本沥青混合料用束状矿物纤维的测定断裂强度。除非厂家送长丝进行检测，实际是不适合工程上检测。

③吸油率试验

对于矿物纤维，《公路工程 玄武岩纤维及其制品 第1部分：玄武岩短切纤维》JT/T 776.1-2010中规定称取5g纤维浸入煤油中不少于5min，取出后放入由孔径0.5mm筛网做成的滤勺中，再置于臂式颠击上作振幅32mm、频率240次/min的振动。持续颠击10min。除去未被纤维所吸附的煤油。然后，称取纤维及

其所吸附煤油的总质量，以此总质量与纤维质量百分比表示。分析以上可以看出 JT/T 776.1-2010 中规定吸油率为纤维及其所吸附煤油的总质量与纤维质量之比，此规定与其他方法均有较大差异，实际测定结果增加了 100%。为此，本部分将矿物纤维的吸油率试验与纤维素纤维的吸油率试验方法进行了统一。

④纤维尺寸

纤维根据结构形态，可分为絮状和束状。由于形态不同，长度测定方法也有所差异。束状纤维，单根纤维长度较为均一，测定方法相对简单，一般采用长度尺直接测量；而絮状纤维，由于纤维长度的不均一，通常需要测定大量的纤维和用统计的方法计算纤维的平均长度，且纤维难以分离，其长度测定较为复杂。絮状纤维长度，在美国采用鲍尔 (Bauer McNett) 纤维筛分仪法，试验无法直接得到纤维长度。起草组通过大量调研、试验论证，提出采用显微镜图像分析法进行测定。

纤维直径，和纤维长度是纤维的重要形态参数，也是纤维的重要质量指标。纤维直径一般较小，为 μm 级别，直尺直接测定是很难的。在美国 NAPA、NCAT、AASHTO 等相关标准中，对于絮状矿物纤维，有指标和试验方法，但是仅规定采用 PHASE CONTRAST MICROSCOPE 相差显微镜测定 200 根纤维、取平均值，没有试验过程。对于矿物纤维束状纤维直径的测定，欧美公路工程中也没有看到相关资料。在我国公路工程中，《公路工程 玄武岩纤维及其制品 第 1 部分：玄武岩短切纤维》JT/T 776.1 中，规定 GB/T 7690.5 显微镜法进行测定。起草组通过大量调研、试验论证，提出采用显微镜图像分析法进行测定，此方法可以实现将纤维素纤维、矿物纤维及聚合物纤维中絮状纤维的长度和所有形态纤维的直径测量采用同一设备进行。

(1) 聚合物纤维试验方法

表 2 不同标准中聚合物纤维技术指标和试验方法

参 数	JT/T 534 沥青路面 用聚合物 纤维	JT/T 525 公路水 泥混凝土纤维材 料 聚丙烯纤维 和聚丙烯睛纤维	GB/T 21120 水泥混凝土和 砂浆用合成纤 维	FZT 52003-201 4 丙纶短纤 维	GB/T 16602-2008 腈纶短纤维和 丝束	美国
长度	GB/T 14336	单丝 GB/T 14336 网状 GB/T 6673	游标卡尺直接 测定	GB/T 14436	GB/T 14436	不明确
直径	GB/T 10685	网状 GB/T 6672 单丝 GB/T 10685	网状 GB/T 6672、GB/T	-	-	ASTM D1577

			6673 单丝 GB /T 10685			
密度	-	FZ/T 01057.9	-	GB/T 14335(线 密度)	GB/T 14335(线密 度)	ASTM D 792
断裂强度	GB/T 3916	单丝纤维:GB/T 3916 网状纤维:GB/T 13022	附录 A 原理 同 GB/T 3916	GB/T 14337(线 强度)	GB/T 14337(线强 度)	ASTM D 882 D 2256
断裂伸长率	GB/T 3916	GB/T 3916	附录 A 原理 同 GB/T 3916	GB/T 14337(线 强度)	GB/T 14337(线强 度)	ASTM D 882 D 2256
初始模量	-	GB/T 3916	附录 A 原理 同 GB/T 3916	-	-	-
熔点	-	FZ /T01057.7	-	-	-	不明确
卷曲数	-	-	-	GB/T 14338	GB/T 14338	ASTM D 3937
耐热性	加热观察 体积变化	-	-	-	-	-
分散性	-	-	拌和后水洗分 离	-	-	-

①聚合物纤维长度和直径

聚合物纤维的长度较为均匀，因此可以采用测量尺直接测定。而聚合物纤维的直径非常小，目前测量方法非常多，为了与纤维素纤维、矿物纤维的直径测定方法统一，采用显微镜图像分析方法进行测定。图像分析法测定纤维直径时，又分为2种方法：一种是纵向方法，即测量时纤维水平放在载物片上，测定单根纤维纵向两个边缘之间的距离，或者说宽度，即为纤维的直径。在美国 NAPA、NCAT 等，往往称为 thickness，实际上是纤维纵向宽度，也有翻译为纤维厚度。对于大部分聚合物纤维可以采用此方法。另外一种是将横向切断后的纤维用树脂等包裹后垂直放在载物片上，测定垂直于纤维轴的截面的直径；但是对于异形、非圆截面纤维，则是测定面积，换算称为当量直径。对于聚丙烯腈纤维，横截面的形状不是圆形，应采用横向切割的纤维直径，特别是用于纤维拉伸性能试验时必须采用横向切割的纤维直径。

②聚合物纤维密度

密度是纤维重要指标，首先准确测定纤维密度对于混合料的设计中 VMA 等体积指标准确计算非常关键。同时，纤维密度还是分辨纤维质量的重要指标。优质

纤维价格昂贵；而纤维边角料是纤维利用中的废弃物，价格低廉。为了降低成本，一些纤维边角料或在优质纤维中混杂其他劣质纤维应用到工程上。这些纤维中往往有杂质，影响纤维的物理性能和分散性，从而影响沥青混合料性能。而密度是区分纤维纯度的重要指标，对于保证纤维质量非常关键。

目前纺织部门纤维密度，往往采用线密度，一般采用《化学纤维 短纤维线密度试验方法》(GB/T 14335)，其单位为 dtex，是指 10000 米纤维的质量克数。此类方法不适合工程应用。

我国各种纤维密度的测定尚没有统一的国家标准，现常用的测定方法有很多，如密度梯度法、液体置换法、气体容积法、浮沉法和比重瓶法。每种方法都受精度、仪器、装置、人为误差等的限制，互存利弊，大大制约了其使用范围。

我国适合纤维密度的测量方法主要有《纺织纤维鉴别试验方法 第 7 部分：密度梯度法》(FZ/T 01057.9)，《塑料 非泡沫塑料密度的测定 第 1 部分 浸渍法、液体比重瓶法和滴定法》(GB/T 1033.1，等效 ISO 1183-1)、《塑料 非泡沫塑料密度的测定 第 2 部分：密度梯度柱法》(GBT 1033.2，等效 ISO 1183-2)和《塑料 非泡沫塑料密度的测定 第 3 部分：气体比重瓶法》(GB/T 1033.3，等效 ISO 1183-3)，其中浸渍法即为液体置换法，滴定法即为浮沉法，液体比重瓶法即为比重瓶法；而气体比重瓶法即为气体容积法。

ASTM 相关密度测定方法有《液体置换法塑料密度和相对密度测定方法》(ASTM D 792)和《密度梯度法测定塑料密度的试验方法》(ASTM D 1505)，分别对应 ISO 1183-1 A 方法和 ISO 1183-2 方法，但并非完全等效。从文献来看，美国主要应用《液体置换法塑料密度和相对密度测定方法》(ASTM D 792)方法测定聚合物纤维的密度。

一般认为气体容积法，简单、误差小，适合大批量连续试验，但是仪器设备投入大，成本高，密度梯度法准确度高，但是操作步骤繁琐，主要是较难配制线性良好、密度范围合理的密度梯度柱。而液体置换法、比重瓶法操作简便易行，测定值比较稳定可靠，目前市场上纤维密度计、纤维比重计较多，应用较为方便。而沉浮法测定纤维密度，操作较粗略，不适用于细小、轻质的纤维，且试验终点较难判断。

根据公路工程实际情况，选择液体置换法和比重瓶法两种纤维密度测定方法，试验方法针对聚合物纤维的特点，结合 GB/T 1033.1 和 ASTM D 792 编写了相应

试验方法。

③聚合物纤维强度和模量

聚合物纤维强度和模量指标主要包括断裂强度、断裂伸长率和初始模量。《水泥混凝土和砂浆用合成纤维》(GB/T 21120)和《公路水泥混凝土纤维材料 聚丙烯纤维和聚丙烯腈纤维》(JT/T 525-2004)中包含三个强度指标。《沥青路面用聚合物稳定剂》(JT/T 534-2004)中仅包含断裂强度、断裂伸长率；在美国等指标体系中，应用于沥青混合料时均不测定初始模量、断裂伸长率。

对于断裂强度、断裂伸长率，原《沥青路面用聚合物稳定剂》(JT/T 534-2004)和《公路水泥混凝土纤维材料 聚丙烯纤维和聚丙烯腈纤维》(JT/T 525-2004)采用《纺织品 卷装纱 单根纱线断裂强力和断裂伸长率的测定》(GB/T 3916)，但是 GB/T 3916 适合于卷装纱测定，其隔距长度(500mm 或 250mm)过大，拉伸速度(500mm/min 或 250mm/min)过快，根本不适合 6-38mm 短纤维。为了满足测定条件，除非从厂家选择长丝直接进行检测。

《合成短纤维断裂强力及断裂伸长试验方法》(GB/T 14337)则适合短纤维拉伸强度的测定。其与 GB/T 3916 相同，均采用 CRE 拉伸仪，而且其对 15-38mm 短纤维测定进行了详细规定，但是对于 15mm 以下短纤维仅规定采取协议方法确定，没有给出具体试验条件要求。同时，与 GB/T 3916 一样，其测定结果为线断裂强度，即单位为 cN/dtex，这是纺织行业常用单位，不符合工程领域应用习惯。《水泥混凝土和砂浆用合成纤维》(GB/T 21120)附录 A，在 GB/T 14337 基础上，针对 6-38mm 以下短纤维强度进行了详细规定，同时试验强度单位为 MPa，更加适合工程实际。

美国 ASTM 中关于纤维断裂强度，主要试验方法也有 2 个：ASTM D 2256 单根纱线的拉伸性能试验方法和 D 882 塑料薄膜拉伸性能试验方法。ASTM D 2256 基本同 GB/T 3916，单位为 cN/dtex，适合长丝检测，因此一般明确必须厂家送长丝进行检测，实际是不适合工程上检测。另外就是 ASTM D 882，采用工程上短纤维进行直接测量，单位为 MPa。

综合考虑，本标准采用断裂强度、断裂伸长率两个指标，在 GB/T 21120 附录 A 基础上，结合 GB/T 3916、GB/T 14337 和工程实际，制定了聚合物纤维的单根纤维的断裂强度和断裂伸长率测定方法，同时借鉴 GB/T 7690.3 补充了矿物纤

维的单根纤维的断裂强度和断裂伸长率测定方法。

④ 聚合物纤维的熔点

熔点是聚合物纤维重要物理指标，特别是对于聚丙烯纤维，需要测定熔点以控制纤维质量。由于芳纶纤维没有熔点，因此不予测定。

熔点测定方法主要包括偏光显微镜法、毛细管法两种，我国相关试验方法主要有《塑料 用毛细管法和偏光显微镜法测定部分结晶聚合物熔融行为》(GB/T 16582)和《塑料 毛细管法和偏光显微镜法测定部分结晶聚合物的熔融行为》(GB/T 21783)，两者是等效的，同时等效于 ISO 3146。而纺织行业采用《纺织纤维鉴别试验方法 第 6 部分熔点法》(FZT 01057.6)标准，其为偏光显微镜法。目前两种方法均有专门的仪器，试验非常方便。

对于聚合物纤维，更适合采用偏光显微镜法测定。GB/T 21783、GB/T 16582 的偏光显微镜法，和 FZT 01057.6 中的偏光显微镜法，基本相同，但是 GB/T 21783、GB/T 16582 规定更加明确、详细，操作性更强。而 GB/T 21783、GB/T 16582 几乎完全相同，GB/T 21783 为 2008 年首次颁布，而 GB/T 16582 最早 1984 年开始编制，1996 年、2008 年多次修订，其语言更加精炼，故本标准选择 GB/T 16582 作为标准试验方法。

⑤ 卷曲纤维含量

如果纤维容易卷曲，则纤维之间容易打结、纠缠、结团，不利于拌和过程中纤维在沥青混合料中的分散，因此对于沥青混合料用聚合物希望，均严格要求纤维无卷曲。

纤维卷曲特性评价，美国一般采用《人造短纤维卷曲率的标准试验方法》(ASTM D 3937)；而我国一般采用《化学纤维 短纤维卷曲性能试验方法》(GB/T 14338)，这两种方法是等效的。本标准结合工程实际，在 GB/T 14338 基础上制定了卷曲纤维含量试验方法。

三、主要试验（或验证）的分析、技术经济认证或预期的经济效果

3.1 纤维素纤维

通过大量纤维的不同筛分时间下 0.15mm 通过率结果，分析筛分时间是重要试验参数。通过分析确定充气筛分析试验方法关键参数。

表 3 不同纤维在筛分 3min、10min 时间下 0.15mm 通过率情况

纤维编号	3min 条件下的 0.15mm 通过率, %	10min 条件下的 0.15mm 通过率, %	0.15mm 通过率差, %	纤维编号	3min 条件下的 0.15mm 通过率, %	10min 条件下的 0.15mm 通过率, %	0.15mm 通过率差, %
1 号	51	72	21	10 号	66	73	7
2 号	59	75	16	11 号	51	83	32
3 号	59	75	16	12 号	57	69	12
4 号	70	83	13	13 号	58	70	12
5 号	55	62	7	14 号	42	52	10
6 号	40	53	13	15 号	49.2	63.5	14.3
7 号	60	71	11	16 号	61.4	75.6	14.2
8 号	54	62	8	17 号	59.1	70.9	11.8
9 号	52	72	20	18 号	59	66.8	7.8

通过不同高温炉试验发现不同高温炉对试验结果影响较大，根据试验结果确定耐热性试验方法中高温炉的型式。

表 4 不同高温炉灰分测试结果

纤维编号	敞开式高温炉, 615℃ 灰分, %	敞开式高温炉, 560℃ 灰分, %	封闭式高温炉, 620℃ 灰分, %	注	
1#	17.5	-	16.6	絮状纤维	国产同一厂家纤维
2#	19.5	22.8	16.8	颗粒纤维	
3#	17.7	-	15.5	颗粒打散成絮状	
4#	16.2	-	14.4	絮状纤维	进口同一厂家纤维
5#	15.0	-	14.5	颗粒纤维	

通过不同温度下含水率试验，发现温度对含水率有影响，但是影响不大，通过试验分析确定纤维含水率试验温度标准。

表 5 纤维素纤维不同温度下含水率结果比较

纤维编号	105℃条件下含水率, %	121℃条件下含水率, %	含水率差值, %	注
1	4.0	4.6	0.6	颗粒纤维
2	5.3	5.3	0.1	颗粒纤维
3	3.3	3.4	0.1	颗粒纤维
4	4.9	4.9	0.0	颗粒纤维
5	6.9	7.3	0.5	颗粒纤维
6	2.0	1.8	-0.1	颗粒纤维
7	2.3	2.4	0.1	颗粒纤维
9	3.1	3.2	0.2	颗粒纤维
10	3.5	3.6	0.1	颗粒纤维
15#	4.3	4.7	0.4	絮状
16#	3.8	4.2	0.4	絮状
12#	4.4	4.8	0.4	絮状

通过不同纤维的吸油率试验，分析确定纤维吸油率标准。

表 6 不同纤维的吸油率测定结果

纤维编号	吸油率, 倍数	备注	纤维编号	吸油率, 倍数	备注
1号	7.8	絮状	22号	4.65	粒状
2号	9.1	絮状	23号	6.5	粒状
3号	7.72	絮状	24号	5.25	粒状
4号	6.14	絮状	25号	4.95	粒状
5号	7.41	絮状	26号	5.95	粒状
6号	11.15	絮状	27号	6.2	粒状
7号	6.86	絮状	28号	4.66	粒状
8号	9.55	絮状	29号	6.35	粒状
9号	8.79	絮状	30号	5.52	粒状
10号	9.83	絮状	31号	6.9	粒状
11号	6.7	絮状	32号	7.04	粒状
12号	6.82	絮状	33号	6.65	粒状
13号	9.42	絮状	34号	4.77	粒状
14号	7.93	絮状	35号	5.01	粒状
15号	5.71	絮状	36号	6.2	粒状
16号	6.32	絮状	37号	6.83	粒状
17号	6.26	絮状	38号	8.2	粒状
18号	5.95	粒状	39号	5.81	粒状
19号	5.43	粒状	40号	7.07	粒状
20号	5.73	粒状	41号	6.4	粒状

21号	5.81	粒状		
-----	------	----	--	--

进行了不同加热时间下纤维质量损失变化试验，分析发现当加热时间较短时纤维质量损失数据差异性不大，但是 60min 和 120min 之后数据结果较为一致，分析确定了纤维耐热性试验条件。

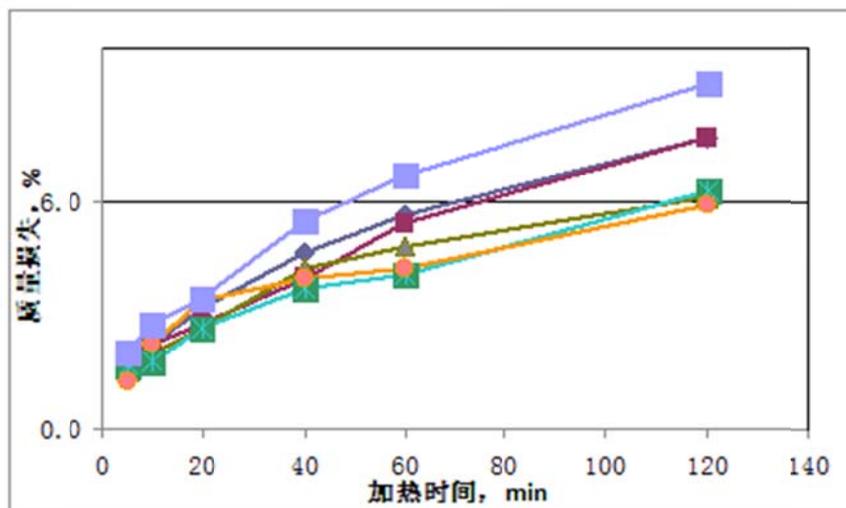


图 6 纤维耐热试验中质量损失随加热时间变化情况

2.矿物纤维

进行了絮状矿物纤维的筛分试验，分析确定了絮状矿物纤维的0.15mm通过率标准和试验方法。

表 7 冲气筛分析试验结果

项 目	样品 1	样品 2	样品 3	气压和筛分时间
0.15mm 筛质量通过率, %	51	52	-	3200Pa, 140s
0.15mm 筛质量通过率, %	62	67	65	2200Pa, 600s
0.15mm 筛质量通过率, %	61	-	64	3200Pa, 600s

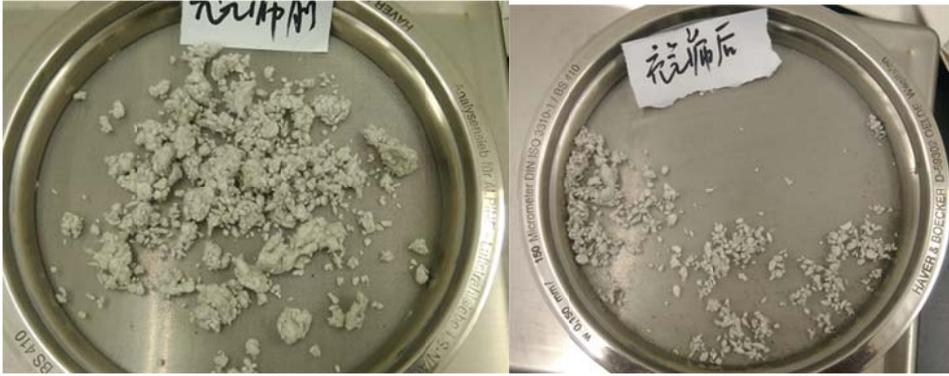


图7 冲气筛分析前后样品对比

通过大量试验，分析评价美国干筛确定渣球含量试验方法的不足，通过试验研究提出了基于冲气筛分析、人工分离的渣球含量测定方法。



0.25mm 筛上物 0.063mm 筛上物
图8 矿物纤维传统干筛后筛上物情况

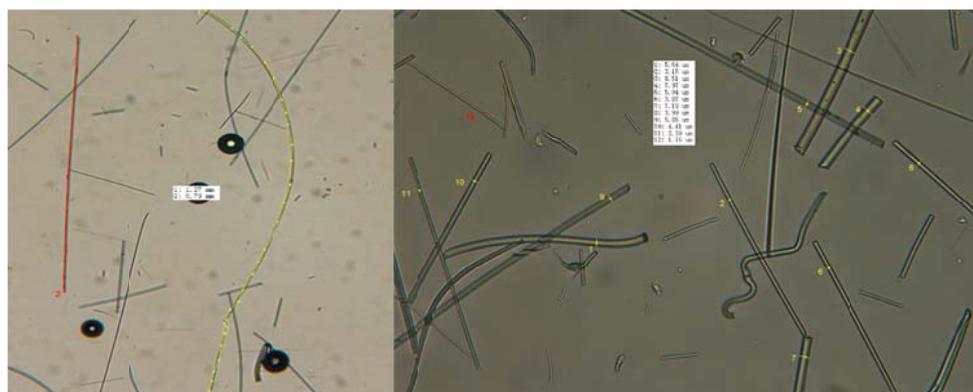


冲气筛后纤维和渣球 人工处理后渣球
图9 冲气筛分法测定渣球含量

表 8 絮状矿物纤维冲气筛法渣球含量测定

样品编号	样品 1	样品 2	样品 3
渣球含量, %	11.9	15.0	13.7

通过显微镜图像分析法进行了纤维长度和纤维直径试验方法论证, 确认了该方法测定絮状纤维素纤维、絮状矿物纤维长度以及所有纤维的直径的可行性和可靠性。



长度测定

直径测定

图 10 显微镜图像分析法测定絮状矿物纤维尺寸

通过不同矿物纤维的吸油率试验, 结合我国工程实践, 分析确定了矿物纤维的吸油率标准。

表 9 不同矿物纤维的吸油率测定结果

纤维编号	吸油率, 倍数	备注
1 号	3.50	絮状矿物纤维
2 号	3.32	絮状矿物纤维
3 号	4.75	絮状矿物纤维
4 号	2.89	絮状矿物纤维
5 号	0.91	束状矿物纤维
6 号	0.76	束状矿物纤维
7 号	1.02	束状矿物纤维
8 号	0.62	束状矿物纤维

四、与国际、国外同类标准水平的比较情况

对于纤维素纤维没有国际 ISO 相关标准, 但是欧盟、美国等有相关国家标准有纤维技术标准, 本标准与国外标准相比较, 絮状纤维素纤维标准中, 吸水率、吸油率、长度、筛分析、灰分含量、PH 值等指标相同, 但是指标值和试验方法

不尽相同，不具有完全等效性；同时，结合我国工程实践，增补了耐热性试验测定的质量损失指标；对于粒状纤维素纤维，借鉴了欧美标准，指标体系比较完善。

对于矿物纤维同样没有国际 ISO 相关标准，但是欧盟、美国等有相关国家标准有纤维技术标准，本标准与国外标准相比较，絮状矿物纤维标准中，渣球含量、纤维直径和长度等指标相同，但是指标值和试验方法不尽相同，不具有完全等效性；同时，结合我国工程实践，增补了 0.15mm 通过率、耐热性试验测定的 0.15mm 通过率增加值、吸油率、纤维团粒径分布等指标，指标体系更加完善。

对于束状矿物纤维，欧美无相关标准。

而对于聚合物纤维也没有国际 ISO 相关标准，但是欧盟、美国等有相关国家标准有纤维技术标准，本标准与国外标准相比较，聚合物纤维标准中，长度、直径、断裂强度、断裂伸长率、密度、熔点、卷曲纤维含量等指标相同，但是指标值和试验方法稍有不同，不具有完全等效性。

五、与有关现行法律、法规和其他强制性标准的关系

本标准为推荐性标准，不涉及有关现行法律、法规和其他强制性标准。

六、重大意见分歧的处理结果和依据

目前本标准处于征求意见稿阶段，尚无遗留的重大意见分歧。

七、其他应予以说明的事项

无。