附件1：T/CSOE 标准立项申请表

<table>
<tr><td>建议项目名称（中文）</td><td>中长波红外光纤非线性系数测试方法：Z扫描法</td><td>建议项目名称(英文)</td><td colspan="2">Test method of nonlinear coefficient for mid-and-far infrared fiber： Z-scan method</td></tr>
<tr><td rowspan="2">项目类型</td><td colspan="4">☑标准体系 □单项标准</td></tr>
<tr><td colspan="4">□产品设计和制造 □产品试验和检验 □关键材料 □试验和检测装置
□管理类 ☑方法标准 □术语标准 □符合标准
□过程标准 □服务标准 □其他</td></tr>
<tr><td>相应标准体系状况</td><td colspan="4">☑尚无 □编制中 □已有，但需修订 □已有，无需修订</td></tr>
<tr><td>制定或修订</td><td colspan="2">☑制定 □修订</td><td>被修订标准编号</td><td></td></tr>
<tr><td>采用程度</td><td colspan="2">☑IDT □MOD □NEQ</td><td>采标编号</td><td></td></tr>
<tr><td>国际标准或国外先进标准名称(中文)</td><td></td><td>国际标准或国外先进标准名称(英文)</td><td colspan="2"></td></tr>
<tr><td rowspan="3">牵头单位</td><td colspan="2">单位名称：北京工业大学</td><td rowspan="3">计划起止时间</td><td rowspan="3">2025年2月-2027年2月</td></tr>
<tr><td colspan="2">联系人：李平雪</td></tr>
<tr><td colspan="2">联系方式（电话，email）：</td></tr>
<tr><td>参加单位</td><td colspan="4">宁波大学、吉林大学、北京航空制造工程研究所、中国电子科技集团第十一研究所、北京强纤激光科技有限公司、杭州长波红外科技有限公司</td></tr>
<tr><td>立项背景</td><td colspan="4">中长波红外光纤非线性系数测试标准的制定，旨在提供一个统一、准确的测试方法和评估指标，以确保不同实验室、不同设备以及不同时间点的测试结果具有可比性和一致性。这有助于科研人员和企业更好地理解和利用中长波红外光纤的非线性特性，推动相关技术的研发和应用。中长波红外光纤非线性系数测试标准制定的意义在于确保光纤激光系统中激光的产生、传输与非线性频率变换的稳定性，推进中长波光纤在激光传输、红外探测及量子信息等领域的发展和应用。中红外光纤的非线性系数是衡量光纤在高强度光信号传输下产生非线性效应的重要参数。测试标准的制定，首先能够提供一个统一、准确的测试方法和评估指标，用于量化光纤的非线性性能。这有助于科研人员和生产商在设计和制造过程中，更好地控制和优化光纤的非线性特性，从而提高光纤激光系统的稳定性和传输效率。其次，测试标准的制定对于推动中红外波段新型光子器件的研发具有重要意义。随着中红外光纤技术的不断发展，其在医疗、传感、通信等领域的应用日益广泛。通过制定测试标准，可以规范中红外光纤非线性系数的测试流程和方法，为相关器件的研发提供可靠的技术支撑和参考依据。此外，测试标准的制定还有</td></tr>
</table>

	助于提升整个行业的技术水平和竞争力。通过统一的测试标准和评估方法，可以促进行业内不同企业和科研机构之间的技术交流与合作，推动技术创新和产业升级。 目前，国内外暂无中长波红外光纤非线性参数测试国标方法，但是对传统石英光纤非线性系数测量的研究已经有一定历史。ITU-T在2001年的第15研究组会议上介绍了美国和日本非线性系数测试的结果比对，IEC在2005年以研究报告(TR)的形式发布了光纤非线性系数测试的推荐方法。由于中长波红外光纤非线性系数测试与传统石英光纤不同，因此本标准测试技术上主要参考光纤非线性系数测量技术的最新研究成果和实践经验。在以往的非线性折射率的测量中，人们已采用了多种方法，例如干涉法、三波混频法、光束畸变法、椭圆偏振法、双波耦合法、光克尔门、四波混频法、单光束Z扫描法等，这些方法都可以用来直接或间接测量材料的非线性极化率或非线性折射率。干涉法由于测量精度较低、光路调节较复杂，现在已少有人使用；三波混频法和椭圆偏振法因实验装置较复杂使用较少；光束畸变法实验装置简单，然而此法只适应于透明介质，并且对激光束的质量要求较高，无法广泛应用；双波耦合法虽然实验装置简单、测量准确，然而该方法只适用于测量具有极大非线性复折射率的共振饱和吸收体，无法测量非共振的三阶非线性折射率；光克尔门法只适用于测量液体样品的非线性折射率实部；四波混频法不仅可以研究非线性极化率的大小，也可以研究非线性响应时间，而且灵敏度高，是目前研究材料非线性性质的一种较为普及常用的方法，然而该方法无法分辨介质的非线性吸收和非线性折射，且该方法最大的缺点是对实验条件要求较为苛刻。以上七种方法只能给出非线性折射率n_2的大小，不能给出其正负，并且属于非线性测量中最普遍的多光路结构，实验装置较复杂。近年来，人们不断地研究Z扫描法，从实验和理论分析上提出了改进，使得Z扫描法的灵敏度有了很大的提高，且实验装置简单，操作方便，能同时测量材料的非线性折射和非线性吸收系数、给出非线性折射的符号，应用的范围也越来越广，已成为目前最常采用的方法。 本标准在制定过程中参考了多项国内外相关标准和规范，如TIA TSB62-23-2001《Measurement of the Nonlinear Coefficient of Single-Mode Fibers》、IEC TR 62285:2005《Application guide for non-linear coefficient measuring methods》、ITU-T G.650.2-2005《单模光纤和电缆统计，非线性相关特征的定义和测试方法》、IEC TR 61282-4:2013 《Fibre optic communication system design guides-Part 4: Accommodation and utilization of non-linear effects》等。这些标准为本标准的制定提供了重要的技术支持。 本标准《中长波红外光纤非线性系数测试方法：Z扫描法》的制定，旨在建立一套科学、合理、实用的中长波红外光纤非线性系数的测试方法，以适应当前中长波红外光纤技术与中长波红外激光技术发展的需求，为中长波红外光纤的设计、生产和应用提供技术支持。通过广泛收集资料、深入调研、多次实验验证和专家评审，本标准在技术内容和操作方法上具有较高的科学性和实用性。标准的实施将极大地提升中长波红外光纤非线性系数的评估能力，促进相关产品的研发与优化，降低研发成本和生产成本，提高产品的市场竞争力。同时，标准的实施还将推动中长波光纤与激光技术的发展，带动相关产业的经济增长，促进红外激光技术以及红外光谱学研究的深入发展。希望本标准的发布和实施能够为我国中长波红外光纤激光技术的发展提供有力的技术支撑。

范围和主要技术内容	一、范围 本文件规定了用于评价中长波红外光纤非线性系数的测试原理、测试条件、测试方法、测试报告等。本文件适用于锗酸盐光纤、碲酸盐光纤、氟化物光纤、硫系光纤等中红外软玻璃光纤的非线性系数测试。 二、标准的主要技术内容 （一）规程的编制原则 1.科学性 标准的制定基于科学的理论和方法，确保各项测试内容和技术指标的合理性。 2.实用性 标准具有实际操作性，能够指导中长波红外光纤非线性系数的测试工作，满足实际应用的需求。 3.先进性 标准反映了当前光纤非线性参数测量技术的最新进展，具备一定的前瞻性和引领作用。 4.可操作性 标准简洁明了，易于理解和执行，便于广大用户掌握和应用。 （二）确定规程主要内容的依据 1.国内外相关标准与规范 本标准在制定过程中参考了多项国内外相关标准和规范，如TIA TSB62-23-2001《Measurement of the Nonlinear Coefficient of Single-Mode Fibers》、IEC TR 62285:2005《Application guide for non-linear coefficient measuring methods》、ITU-T G.650.2-2005《单模光纤和电缆统计，非线性相关特征的定义和测试方法》、IEC TR 61282-4:2013《Fibre optic communication system design guides-Part 4: Accommodation and utilization of non-linear effects》等。这些标准和规范为本标准的制定提供了重要的参考依据。 2.光纤非线性系数测量技术的研究成果与实践经验 项目组在广泛调研的基础上，总结了光纤非线性系数测量技术的最新研究成果和实践经验，确保标准内容的科学性和实用性。 3.行业专家的意见与建议 在标准的制定过程中，项目组多次组织专家评审会，听取了多位业内专家的意见和建议，对标准内容进行了多次修订和完善。
工作内容与实施方案	1.主要工作步骤、内容 （1）成立编制组，制定工作计划 2025年2月，项目正式启动。成立了标准起草编制组，明确了项目的目标、任务和时间安排。 （2）工作调研及资料查询 2025年2月，根据相关规定，项目组进行了广泛的资料收集和文献调研，包括国内外相关标准、技术文献、研究报告等，全面了解了中长波红外光纤技术最新进展和测试方法的现状。选定配合实施的合作单位组成标准编制小组，对中长波红外光纤非线性系数测试内容、测试方法、数据处理方法等方面进行了讨论，优化了标准制定的原则。 （3）研究确定标准基本思路 2025年2月，标准编制组对传统石英光纤非线性系数测试方法进行实验比对

	后，经初步讨论、分析、比较，确定了标准制定的技术路线，起草了标准的总体框架，明确了主要思路和任务分工，制定了编制工作方案。 （4）编写标准草案和编制说明 2025年2月，编制组根据相关单位意见对标准进行了讨论、编写与修改完善，并组织了相关单位、企业对标准编制内容进行座谈与咨询，最终形成申请立项标准草案。 （5）标准立项及修改 暂未开展。 （6）征求专家意见并修改 暂未开展。 （7）征求意见收集整理并形成送审稿 暂未开展。 2.拟建工作组情况 中国光学工程学会将成立标准推广工作组，负责标准的宣传与培训工作。工作组将定期组织培训班、研讨会等活动，提高广大用户对标准的理解和应用能力。 3.主要工作方式及各参加单位的作用 （1）主要工作方式 1）组织分工 由中国光学工程学会牵头成立标准编制组，下设技术组（负责技术方案）、起草组（负责文本编写）、专家组（负责技术评审）。 2）技术路线 第一阶段：调研国内外相关标准及行业现状，形成技术框架；第二阶段：起草标准草案，组织试点单位验证关键技术指标；第三阶段：公开征求意见并修订，提交专家组评审。 3）协作机制 每月召开1次线上进度会议，每季度召开1次线下研讨会；通过标准化协作平台共享文档，实时更新修订内容。 4）意见征集 通过中国光学工程学会官网、行业论坛发布征求意见稿，为期30天；召开2次行业座谈会，吸纳高校、企业代表建议。 （2）各参加单位的作用 本标准《中长波红外光纤非线性系数测试方法：Z扫描法》由北京工业大学负责起草，本标准的起草过程中得到了多家单位的支持与合作，主要包括宁波大学、吉林大学、北京航空制造工程研究所、中国电子科技集团第十一研究所、北京强纤激光科技有限公司、杭州长波红外科技有限公司。这些单位在中长波红外光纤及激光技术领域具有丰富的研究经验和实践基础，为标准的制定提供了重要的技术支持和理论依据。 4.标准研制经费预算及筹措方式 标准研制经费预算通常涵盖标准（或标准体系）立项、起草、检测验证、技术审查、发布出版、宣贯培训、认证推广等一系列必要事务费用。这些费用是确保标准研制工作有序进行的重要保障。

	在筹措方式上，标准研制经费的筹集遵循多元化原则。一方面，可以通过学会或相关组织自筹资金；另一方面，牵头编制单位或参编单位也需要自筹部分资金。此外，政府资助、单位和个人赞助等也是重要的资金来源。例如，在中国光学工程学会团体标准制修订经费管理办法中，就明确规定了标准经费的筹集方式，包括学会自筹、团标牵头编制单位或参编单位自筹、单位和个人赞助以及政府资助等其他来源。多元化的筹措方式也为标准研制提供了稳定的资金支持。 5.具体实施方案（含时间计划） （1）组织措施 1）成立标准推广工作组 中国光学工程学会将成立标准推广工作组，负责标准的宣传与培训工作。工作组将定期组织培训班、研讨会等活动，提高广大用户对标准的理解和应用能力。 2）建立沟通机制 学会将建立标准实施的沟通机制，及时收集用户反馈和建议，解决标准实施过程中遇到的问题。 3）开展合作交流 学会将积极与国内外相关机构开展合作交流，分享标准实施的经验和成果，推动标准的国际化进程。 （2）技术措施 1）编写详细的测试操作手册 学会将组织编写详细的测试操作手册，指导用户正确使用标准。手册将详细介绍各项测试方法的操作步骤、注意事项和常见问题的解决方法。 2）开发配套的测试软件 学会将开发配套的测试软件，提高测试效率和准确性。软件将提供便捷的操作界面和自动化的测试流程。 3）提供技术支持 学会将设立技术支持团队，为用户提供全方位的技术支持和服务。技术支持团队将解答用户在标准实施过程中遇到的技术问题，提供解决方案和改进建议。 （3）过渡办法 1）设定合理的过渡期 学会将设定合理的过渡期，允许现有产品逐步过渡到新标准。在过渡期内，企业可以根据实际情况逐步调整产品设计和生产工艺，确保顺利过渡到新标准。 2）提供技术支持 在过渡期内，学会将提供技术支持，帮助企业理解并适应新标准的要求。技术支持团队将定期走访企业，提供现场指导和技术咨询。 3）组织培训活动 在过渡期内，学会将组织多次培训活动，帮助用户掌握新标准的内容和要求，增强用户的标准化意识和应用能力。 6.标准发布后的宣贯和应用计划 本标准《中长波红外光纤非线性系数测试方法：Z扫描法》的制定，旨在建立一套科学、合理、实用的中长波红外光纤非线性系数的测试方法，以适应当前中长波红外光纤技术与中长波红外激光技术发展的需求，为中长波红外光纤的设计、

	生产和应用提供技术支持。通过广泛收集资料、深入调研、多次实验验证和专家评审，本标准在技术内容和操作方法上具有较高的科学性和实用性。标准的实施将极大地提升中长波红外光纤非线性系数的评估能力，促进相关产品的研发与优化，降低研发成本和生产成本，提高产品的市场竞争力。同时，标准的实施还将推动中长波光纤与激光技术的发展，带动相关产业的经济增长，促进红外激光技术以及红外光谱学研究的深入发展。希望本标准的发布和实施能够为我国中长波红外光纤激光技术的发展提供有力的技术支撑。
牵头单位：北京工业大学 （签字、盖公章） 年　　月　　日	
CSOE团体标准化技术工作委员会意见 （签字、盖公章） 年　　月　　日	

中长波红外光纤非线性系数测试方法：Z 扫描法
编制说明

北京工业大学

2025 年 2 月

中长波红外光纤非线性系数测试方法：Z扫描法

编制说明

一、工作简况

（一）任务来源

为贯彻落实《中华人民共和国国民经济和社会发展第十四个五年规划和2035年远景目标纲要》中关于“强化国家战略科技力量，加快关键核心技术攻关”的部署，以及《智能检测装备产业发展行动计划（2023-2025年）》等文件对高端光学检测技术发展的要求，需重点突破红外光纤材料性能评价的关键技术瓶颈。中长波红外光纤作为激光传输、红外探测及量子信息等领域的核心材料，其非线性系数是表征材料光传输特性的关键参数，直接影响光纤器件的设计精度与系统性能。当前，我国在红外光纤非线性系数测试领域缺乏统一标准，制约了国产高端光纤材料的研发与应用，亟需通过标准化手段填补技术空白，支撑科技强国战略的实施。

本标准《中长波红外光纤非线性系数测试方法：Z扫描法》由中国光学工程学会提出，并由北京工业大学负责起草。本标准的任务是建立一套科学、合理、实用的中长波红外光纤非线性系数测试方法，以适应当前中长波红外光纤技术发展的需求，为中长波红外光纤的设计、生产和应用提供技术支持。目前国内外尚未发布针对中长波红外光纤非线性系数的专用测试标准，现有方法多基于实验室自研方案，存在设备依赖性强、操作流程不规范等问题。高精度中长波红外光纤非线性系数数据是优化光纤传输系统性能、提升光谱分析能力的关键依据，标准化测试方法将直接支撑相关装备的国产化进程。因此，制定一套全面、系统的中长波红外光纤测试标准显得尤为必要。

（二）协作单位

本标准的起草过程中得到了多家单位的支持与合作，主要包括北京工业大学、宁波大学、吉林大学、北京航空制造工程研究所、中国电子科技集团第十一研究所、北京强纤激光科技有限公司、杭州长波红外科技有限公司。这些单位在中长波红外光纤及激光技术领域具有丰富的研究经验和实践基础，为标准的制定提供了重要的技术支持和理论依据。

（三）主要工作过程

1. 成立编制组，制定工作计划

2025年2月，项目正式启动。成立了标准起草编制组，明确了项目的目标、任务和时间安排。

2. 工作调研及资料查询

2025年2月，根据相关规定，项目组进行了广泛的资料收集和文献调研，包括国内外相关标准、技术文献、研究报告等，全面了解了中长波红外光纤技术最新进展和测试方法的现状。选定配合实施的合作单位组成标准编制小组，对中长波红外光纤非线性系数测试内容、测试方法、数据处理方法等方面进行了讨论，优化了标准制定的原则。

3. 研究确定标准基本思路

2025年2月，标准编制组对传统石英光纤非线性系数测试方法进行实验比对后，经初步讨论、分析、比较，确定了标准制定的技术路线，起草了标准的总体框架，明确了主要思路和任务分工，制定了编制工作方案。

4. 编写标准草案和编制说明

2025年2月，编制组根据相关单位意见对标准进行了讨论、编写与修改完善，并组织了相关单位、企业对标准编制内容进行座谈与咨询，最终形

成申请立项标准草案。

5. 标准立项及修改

暂未开展。

6. 征求专家意见并修改

暂未开展。

7. 征求意见收集整理并形成送审稿

暂未开展。

（四）标准起草人

本标准主要起草人：李平雪、姚传飞、任国川、王训四、王荣平、王煜泽、秦冠仕、张亦卓、韩隆。

二、标准编制原则

1. 科学性

标准的制定基于科学的理论和方法，确保各项测试内容和技术指标的合理性。

2. 实用性

标准具有实际操作性，能够指导中长波红外光纤非线性系数的测试工作，满足实际应用的需求。

3. 先进性

标准反映了当前中长波红外光纤技术的最新进展，具备一定的前瞻性和引领作用。

4. 可操作性

标准简洁明了，易于理解和执行，便于广大用户掌握和应用。

三、标准主要内容的确定

（一）确定规程主要内容的依据

1. 国内外相关标准与规范

本标准在制定过程中参考了多项国内外相关标准和规范，如 TIA TSB62-23-2001《Measurement of the Nonlinear Coefficient of Single-Mode Fibers》、 IEC TR 62285:2005《Application guide for non-linear coefficient measuring methods》、ITU-T G.650.2-2005《单模光纤和电缆统计，非线性相关特征的定义和测试方法》、IEC TR 61282-4:2013《Fibre optic communication system design guides-Part 4: Accommodation and utilization of non-linear effects》等。这些标准和规范为本标准的制定提供了重要的参考依据。

2. 中长波红外光纤技术的研究成果与实践经验

项目组在广泛调研的基础上，总结了中长波红外光纤技术的最新研究成果和实践经验，确保标准内容的科学性和实用性。

3. 行业专家的意见与建议

在标准的制定过程中，项目组多次组织专家评审会，听取了多位业内专家的意见和建议，对标准内容进行了多次修订和完善。

（二）主要试验（验证）情况分析

根据测得的光纤纤芯包层尺寸、材料的非线性折射率 n_2、光纤有效模场面积参数 A_{eff}，得到中红外非线性光纤的非线性系数γ。具体步骤为：利用 Z 扫描实验平台测得 n_2，并利用商业软件 COMSOL 模拟计算出光纤有效模场面积 A_{eff}，基于与 n_2、A_{eff} 的关系公式计算得到非线性系数γ。

1．光纤有效模场面积参数 A_{eff}

光纤导模的有效模面积由下式给出：

$$A_{eff} = \frac{\int\int_{-\infty}^{+\infty} |E(x,y)|^2 dxdy}{\int\int_{-\infty}^{+\infty} |E(x,y)|^4 dxdy}$$

有效模场面积是一个重要的参数，与光纤非线性效应紧密相关。其中，E 为电场强度，A_{eff} 为光纤的有效模场面积，单位为 μm^2。此公式通过计算电场强度的平方和与四次方和的比值，来准确反映光纤中光波模式的实际分布，计算过程采用商业软件 COMSOL 模拟计算出光纤有效模场面积 A_{eff}。

2．材料非线性折射率 n_2

实验采用 Z 扫描法测量玻璃的非线性折射率 n_2，测量原理图如图 1 所示。

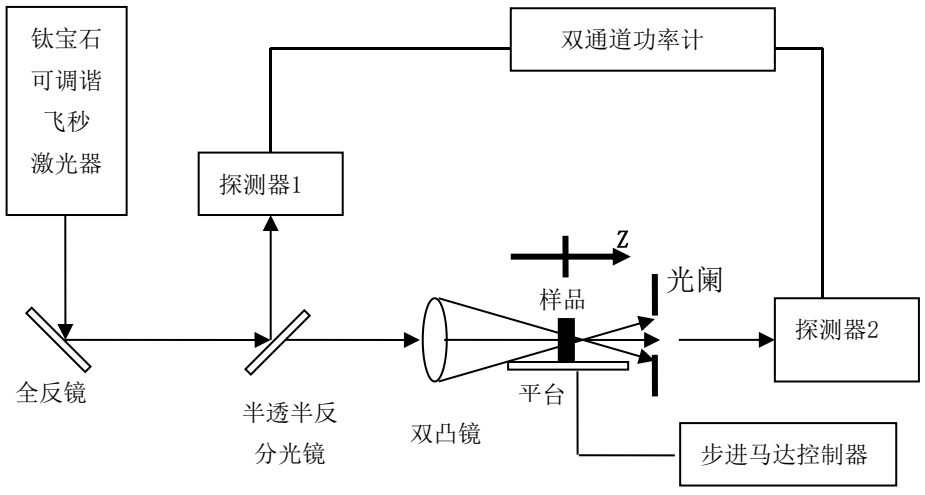


图 1 Z 扫描实验的装置简图

测试设备：包括钛宝石可调谐飞秒激光器、分光镜、凸透镜、功率计、光阑、步进马达控制器等。

测试步骤：

a）钛宝石脉冲激光器泵浦的激光被半反半透镜（BS）分为大小相等且方向垂直的两束激光，一束激光照射到探测器 1，该探测器直接和双通道功率计一个接口连接，记录激光束的实际功率，该光束作为入射功率的实时取样。

b）透射激光经过双凸透镜聚焦并照射到测试样品，样品置于步进马达电机控制的一维光学平台上，利用步进电机使样品在焦点 Z=0 附近左右移动以得到不同位置的透过率，透过光束经远场处小孔光阑后另外一个探测器 2 接受，探测器 2 和双通道功率计另外一个接口连接。

数据分析：

探测器 1 和 2 中所测得的数据通过计算机，经过程序处理后直接得出透射能量随样品位置 Z 坐标变化的曲线,经过归一化得到 Z 扫描实验曲线。为消除材料本身由于非线性吸收对 Z 扫描测量引起的非线性系数计算上误差，我们进行了闭孔（S<1）和开孔（S＝1）两种情况下 Z 扫描测试，先测得闭孔(S<1)情况下的归一化 Z 扫描曲线 $T_1(z)$，再测得开孔（S=1）情况下的归一化 Z 扫描曲线 $T_2(z)$，最后求两个实验数据的比值，得到修正的归一化曲线 $T(z)= T_1(z)/T_2(z)$。

运用以下公式对上述获得的曲线进行拟合：

$$T = 1 + \frac{4ax}{(x^2 + 9)(x^2 + 1)}$$

式中：

T ——透射实验曲线；

a ——根据不同实验所测得的常数；

x ——样品离开焦平面的相对位置;

$$x = \mathrm{z}/\mathrm{z}_0$$

式中：

z ——样品离开焦平面的实际距离，单位为微米（μm）;

z_0 ——为聚焦高斯光束的Rayleigh长度，单位为微米（μm）;

$$z_0 = \frac{\pi\omega_0^2}{\lambda}$$

式中：

ω_0 ——入射激光在透过透镜后的束腰半径，单位为微米（μm）;

λ ——泵浦激光波长，单位为微米（μm）;

玻璃材料的非线性折射率n_2的计算方法为：

$$n_2 = a\lambda/(2\pi I_0 L_{eff})$$

$$\Delta T_{(\rho-v)} = 0.406(1-S)^{0.25}|a|$$

式中：

n_2 ——三阶非线性折射率，单位为m^2/W;

I_0 ——焦点处光强，单位为GW/cm^2;

$\Delta T_{(\rho-v)}$ ——Z扫描修正的归一化曲线T中波峰与波谷的归一化透过率之差;

L_{eff} ——样品的有效长度，单位为米（m）;

S ——光阑小孔的透过率;

其中，样品的有效长度：

$$L_{eff} = [1-\exp(-\alpha L)]/\alpha,$$

L ——样品厚度，单位为米（m）;

α ——样品线性吸收系数;

光阑小孔的透过率：

$$S = 1 - \exp(-2r_a^2/\omega_a^2)$$

r_a ——小孔半径，单位为微米（μm）；

ω_a ——入射激光在透过透镜后的束腰半径，单位为微米（μm）；

中长波红外光纤的非线性系数γ的计算方法为：

$$\gamma = \frac{2\pi n_2}{\lambda A_{eff}}$$

γ ——非线性系数，单位为$W^{-1}km^{-1}$；

λ ——激光波长，单位为微米（μm）。

（三）综述报告

Z扫描技术不但实验装置简单，操作方便，灵敏度高，而且能同时测量材料的非线性折射和非线性吸收系数、给出非线性折射的符号，成为目前研究材料非线性性质的最重要方法。通过大量实验验证，本标准的光纤非线性系数测试方法能够准确地测量中长波红外光纤的非线性系数，适用于不同中红外光纤材料、不同波长下的测试。测试结果表明，该方法具有较高的准确性、可靠性和重复性，能够满足实际应用的需求。

（四）技术经济论证

1. 技术可行性

本标准的技术内容基于科学的理论和方法，经过多次实验验证，证明了其可行性和可靠性。标准的各项测试方法均具有较高的准确性和稳定性，能够满足实际应用的需求。

2. 经济可行性

本标准的实施将极大地提升中长波红外光纤非线性参数的评估能力，

促进相关产品的研发与优化，降低研发成本和生产成本，提高产品的市场竞争力。同时，标准的实施还将推动中长波红外光纤与激光技术的发展，带动相关产业的经济增长。

（五）预期的经济效果

1. 增加标准供给

本标准的制定有助于解决行业标准缺失的问题，为中长波红外光纤的制造端与应用端提供及时且有效的指导。

2. 推动产业发展

本标准的实施能够规范中长波红外光纤技术行业秩序，建立技术规则，推动中长波红外光纤与激光技术的进步。

3. 降低研发成本

通过标准化的测试方法，企业可以更高效地进行产品研发和质量控制，降低研发成本和生产成本。

四、与国际、国外同类标准水平的对比情况

目前，国内外暂无中长波红外光纤非线性参数测试国标方法，但是对传统石英光纤非线性系数测量的研究已经有一定历史。ITU-T在2001年的第15研究组会议上介绍了美国和日本非线性系数测试的结果比对，IEC在2005年以研究报告(TR)的形式发布了光纤非线性系数测试的推荐方法。由于中长波红外光纤非线性系数测试与传统石英光纤不同，因此本标准测试技术上主要参考光纤非线性系数测量技术的最新研究成果和实践经验。

在以往的非线性折射率的测量中，人们已采用了多种方法，例如干涉法、三波混频法、光束畸变法、椭圆偏振法、双波耦合法、光克尔门、四波混频法、单光束Z扫描法等，这些方法都可以用来直接或间接测量材料的

非线性极化率或非线性折射率。

干涉法由于测量精度较低、光路调节较复杂，现在已少有人使用；三波混频法和椭圆偏振法因实验装置较复杂使用较少；光束畸变法实验装置简单，然而此法只适应于透明介质，并且对激光束的质量要求较高，无法广泛应用；双波耦合法虽然实验装置简单、测量准确，然而该方法只适用于测量具有极大非线性复折射率的共振饱和吸收体，无法测量非共振的三阶非线性折射率；光克尔门法只适用于测量液体样品的非线性折射率实部；四波混频法不仅可以研究非线性极化率的大小，也可以研究非线性响应时间，而且灵敏度高，是目前研究材料非线性性质的一种较为普及常用的方法，然而该方法无法分辨介质的非线性吸收和非线性折射，且该方法最大的缺点是对实验条件要求较为苛刻。以上七种方法只能给出非线性折射率n_2的大小，不能给出其正负，并且属于非线性测量中最普遍的多光路结构，实验装置较复杂。

近年来，人们不断地研究Z扫描法，从实验和理论分析上提出了改进，使得Z扫描法的灵敏度有了很大的提高，且实验装置简单，操作方便，能同时测量材料的非线性折射和非线性吸收系数、给出非线性折射的符号，应用的范围也越来越广，已成为目前最常采用的方法。

五、与国内相关标准的关系

本标准在制定过程中参考了多项国内外相关标准和规范，如TIA TSB62-23-2001《Measurement of the Nonlinear Coefficient of Single-Mode Fibers》、 IEC TR 62285:2005《Application guide for non-linear coefficient measuring methods》、ITU-T G.650.2-2005《单模光纤和电缆统计，非线性相关特征的定义和测试方法》、IEC TR 61282-4:2013《Fibre optic communication system design guides-Part 4: Accommodation and utilization of

non-linear effects》等。这些标准为本标准的制定提供了重要的技术支持。

六、重大分歧意见的处理经过和依据；

标准编制过程中无重大分歧意见。

七、贯彻标准的要求和措施建议

（一）组织措施

1. 成立标准推广工作组

中国光学工程学会将成立标准推广工作组，负责标准的宣传与培训工作。工作组将定期组织培训班、研讨会等活动，提高广大用户对标准的理解和应用能力。

2. 建立沟通机制

学会将建立标准实施的沟通机制，及时收集用户反馈和建议，解决标准实施过程中遇到的问题。

3. 开展合作交流

学会将积极与国内外相关机构开展合作交流，分享标准实施的经验和成果，推动标准的国际化进程。

（二）技术措施

1. 编写详细的测试操作手册

学会将组织编写详细的测试操作手册，指导用户正确使用标准。手册将详细介绍各项测试方法的操作步骤、注意事项和常见问题的解决方法。

2. 开发配套的测试软件

学会将开发配套的测试软件，提高测试效率和准确性。软件将提供便捷的操作界面和自动化的测试流程。

3. 提供技术支持

学会将设立技术支持团队，为用户提供全方位的技术支持和服务。技术支持团队将解答用户在标准实施过程中遇到的技术问题，提供解决方案和改进建议。

（三）过渡办法

1. 设定合理的过渡期

学会将设定合理的过渡期，允许现有产品逐步过渡到新标准。在过渡期内，企业可以根据实际情况逐步调整产品设计和生产工艺，确保顺利过渡到新标准。

2. 提供技术支持

在过渡期内，学会将提供技术支持，帮助企业理解并适应新标准的要求。技术支持团队将定期走访企业，提供现场指导和技术咨询。

3. 组织培训活动

在过渡期内，学会将组织多次培训活动，帮助用户掌握新标准的内容和要求，增强用户的标准化意识和应用能力。

八、废止现行有关标准的建议

无废止现行有关标准的建议。

九、其他应予以说明的事项。

本标准《中长波红外光纤非线性系数测试方法：Z 扫描法》的制定，旨在建立一套科学、合理、实用的中长波红外光纤非线性系数的测试方法，以适应当前中长波红外光纤技术与中长波红外激光技术发展的需求，为中长波红外光纤的设计、生产和应用提供技术支持。通过广泛收集资料、深入调研、多次实验验证和专家评审，本标准在技术内容和操作方法上具有

较高的科学性和实用性。标准的实施将极大地提升中长波红外光纤非线性系数的评估能力，促进相关产品的研发与优化，降低研发成本和生产成本，提高产品的市场竞争力。同时，标准的实施还将推动中长波光纤与激光技术的发展，带动相关产业的经济增长，促进红外激光技术以及红外光谱学研究的深入发展。希望本标准的发布和实施能够为我国中长波红外光纤激光技术的发展提供有力的技术支撑。