



中华人民共和国国家标准

GB/T 15972.34—2021
代替 GB/T 15972.34—2008

光纤试验方法规范 第 34 部分:机械性能的 测量方法和试验程序 光纤翘曲

Specifications for optical fibre test methods—
Part 34: Measurement methods and test procedures for mechanical
characteristics—Fibre curl

(IEC 60793-1-34:2006, Optical fibres—Part 1-34: Measurement
methods and test procedures—Fibre curl, MOD)

2021-04-30 发布

2021-11-01 实施

国家市场监督管理总局 发布
国家标准化管理委员会

目次

前言 III

1 范围 1

2 规范性引用文件 1

3 方法概述 1

4 装置 1

5 样品制备 2

6 程序 2

7 计算 2

8 结果 2

附录 A（规范性附录） 方法 A——用侧视显微技术测量光纤的翘曲 4

附录 B（规范性附录） 方法 B——用激光束散射法测量光纤的翘曲 8

附录 C（资料性附录） 光纤翘曲圆模型的推导 10

前 言

GB/T 15972《光纤试验方法规范》由若干部分组成,其预期结构及对应的国际标准为:

- 第 10 部分:测量方法和试验程序总则(对应 IEC 60793-1-1);
- 第 20 部分~第 29 部分:尺寸参数的测量方法和试验程序(对应 IEC 60793-1-20 至 IEC 60793-1-29);
- 第 30 部分~第 39 部分:机械性能的测量方法和试验程序(对应 IEC 60793-1-30 至 IEC 60793-1-39);
- 第 40 部分~第 49 部分:传输特性的测量方法和试验程序(对应 IEC 60793-1-40 至 IEC 60793-1-49);
- 第 50 部分~第 59 部分:环境性能的测量方法和试验程序(对应 IEC 60793-1-50 至 IEC 60793-1-59)。

其中 GB/T 15972.3×由以下部分组成:

- 第 30 部分:机械性能的测量方法和试验程序 光纤筛选试验;
- 第 31 部分:机械性能的测量方法和试验程序 抗张强度;
- 第 32 部分:机械性能的测量方法和试验程序 涂覆层可剥性;
- 第 33 部分:机械性能的测量方法和试验程序 应力腐蚀敏感性参数;
- 第 34 部分:机械性能的测量方法和试验程序 光纤翘曲。

本部分为 GB/T 15972 的第 34 部分。

本部分按照 GB/T 1.1—2009 给出的规则起草。

本部分代替 GB/T 15972.34—2008《光纤试验方法规范 第 34 部分:机械性能的测量方法和试验程序 光纤翘曲》。本部分与 GB/T 15972.34—2008 相比,主要技术变化如下:

- 修改了旋转光纤的步幅(见 A.3.3、B.3.3,2008 年版的 6.2、A.3.2、B.3.2);
- 修改了偏离量的计算方法名称,修改了计算方法中傅里叶拟合法的计算公式(见 A.4.1、A.4.2,2008 年版的 A.4.1、A.4.2);
- 增加了激光束散射法测量光纤翘曲的中间参量 S_A 的计算过程(见 B.4.1、B.4.2);
- 增加了激光束散射法测量光纤翘曲的公式推导过程(见 C.2)。

本部分使用重新起草法修改采用 IEC 60793-1-34:2006《光纤 第 1-34 部分:测量方法和试验程序 光纤翘曲》。

本部分与 IEC 60793-1-34:2006 相比结构变化如下:

- 由于按照我国标准的编排格式和表述要求,增加了“第 3 章 方法概述”,致使国际标准第 3 章、第 4 章、第 5 章章编号顺延为第 4 章、第 5 章、第 6 章;
- 将国际标准 5.3 调整为本部分第 7 章;
- 将国际标准第 7、8 章内容合并为本部分第 8 章。

本部分与 IEC 60793-1-34:2006 的技术性差异及其原因如下:

- 关于规范性引用文件,本部分做了具有技术性差异的调整,以适应我国的技术条件,调整的情况集中反映在第 2 章“规范性引用文件”中,具体调整如下:

- 用修改采用国际标准的 GB/T 15972.10 代替 IEC 60793 (所有部分)。

- 增加了“方法概述”一章,并将国际标准第 1 章部分内容纳入该章(见第 3 章);

- 修改了图 B.1 中线传感器的位置标识,将 ΔZ 纠正为 ΔS ;

- 将公式(C.5)和公式(C.10)中 ΔZ 纠正为 Z_G ,将公式(C.13)中 $\Delta Z \omega_1^2$ 纠正为 $Z_G \omega_1^2$;将公式

$$(C.13) \text{ 中 } \Delta Z \frac{Z_G^2}{r_c^2} \text{ 纠正为 } \frac{Z_G^3}{r_c^2};$$

- 将附录 C 中公式(C.13)、(C.14)、(C.15)、(C.16)中“=”修改为“ \approx ”。

本部分做了下列编辑性修改：

——为与现有标准体系一致，将标准名称改为《光纤试验方法规范 第34部分：机械性能的测量方法和试验程序 光纤翘曲》。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别这些专利的责任。

本部分由中华人民共和国工业和信息化部提出。

本部分由全国通信标准化技术委员会(SAC/TC 485)归口。

本部分起草单位：烽火科技集团有限公司。

本部分主要起草人：刘骋、王冬香、胡古月、魏忠诚、胡鹏、胡国华。

本部分所代替标准的历次版本发布情况为：

——GB/T 15972.34—2008。

光纤试验方法规范 第 34 部分:机械性能的 测量方法和试验程序 光纤翘曲

1 范围

GB/T 15972 的本部分给出了测量未涂覆光纤翘曲或固有曲率半径的试验方法,规定了试验装置、样品制备、程序、计算、结果的统一要求。

本部分适用于 A1、A2、A3 类多模光纤和 B 类单模光纤。

2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件,仅注日期的版本适用于本文件。凡是不注日期的引用文件,其最新版本(包括所有的修改单)适用于本文件。

GB/T 15972.10 光纤试验方法规范 第 10 部分:测量方法和试验程序 总则(GB/T 15972.10—2021, IEC 60793-1-1:2017, MOD)

3 方法概述

在使用无源对准熔接机或有源对准批量熔接机时,光纤翘曲度是影响接续损耗的一个重要参数。附录 A 和附录 B 分别给出了测量未涂覆光纤翘曲(或曲率半径)的两种试验方法:

- 方法 A:侧视显微技术;
- 方法 B:激光束散射技术。

两种方法都是通过确定未支撑光纤端头绕纤轴旋转时产生的偏离量来测量未涂覆光纤的曲率半径(翘曲)。方法 A 是用图像或数字视频方法确定偏离量,而方法 B 是使用线传感器去测量一个激光束相对参考激光束的最大偏离量。

通过测量光纤绕着固定轴转动的偏离量,并理解测量装置的几何含义,光纤的曲率半径就可以通过一个简单的圆模型进行计算得到,推导公式参见附录 C。

方法 A 是基准试验方法(RTM),用作仲裁试验。

试验的环境条件应满足 GB/T 15972.10 的规定。

4 装置

4.1 原理

将未涂覆光纤一端安放在光纤夹具中,并使该端自由伸出夹具外一个规定的悬空距离,典型悬空距离一般为 10 mm~20 mm。如果装置中悬空距离设计大于典型悬空距离,应考虑避免因旋转和重力导致的过度影响。旋转光纤并测量悬空点位置相对参考位置的偏离量来获得曲率半径 r_c 。

与两种方法有关的详细描述在附录 A 和附录 B 中给出。装置的共同技术要求在 4.2~4.5 中给出。

4.2 光纤夹具

使用一种合适的夹具,保持光纤在一个恒定的轴上并允许光纤旋转 360°。夹具可以由一 V 型槽如

真空卡盘或一光纤套筒组成。若使用套筒,为减小测量偏离的易变性,需要保证内径与光纤外径的配合公差足够小。

4.3 光纤旋转器

采用一旋转夹具夹住光纤一端,并能提供将试样旋转 360° 的精确方法。该装置可以手动操作,或靠步进电机驱动。

4.4 偏离量测量装置

偏离量测量装置分别见附录 A 或附录 B。

4.5 计算机(可选)

可以用一台计算机进行过程控制、数据采集和计算。

5 样品制备

使用一段适合装置设计长度的未成缆光纤。一端除去足够长度的涂覆层,使其能安装在光纤夹具中并有一定的悬空距离。过长的悬空距离会导致结果劣化,因此悬空距离不宜过多地超出这种要求(见 4.1)。

6 程序

6.1 概述

每一种方法的详细程序分别见附录 A 和附录 B。通用程序描述见 6.2 和 6.3。

6.2 安装光纤

将光纤安放在光纤夹具中,使剥除涂覆层端头伸出夹具外适当的悬空距离以便于测量,典型悬空距离是 10 mm~20 mm。试样另一端固定在旋转装置上。

6.3 旋转光纤

按照附录 A 或附录 B 中的程序进行。

7 计算

使用附录 A 或者附录 B 中的算法,完成光纤翘曲度 r_c 的详细计算。

注:尽管计算过程中的中间参数使用的单位常用微米,光纤翘曲度 r_c 一般以米为单位。

8 结果

8.1 试验结果报告应包括下列内容:

- 试样名称;
- 试样识别号;
- 光纤曲率半径;
- 相对湿度和环境温度;

——测量日期和操作人员。

8.2 根据要求报告中也可包括下列内容：

——用于确定翘曲的方法；

——设备的描述；

——标定日期；

——应用程序中出现的任何偏差；

——失效或可接受的判据；

——要报告的其他资料。

附录 A
(规范性附录)

方法 A——用侧视显微技术测量光纤的翘曲

A.1 原理

本方法通过确定未支撑光纤端绕纤轴旋转时产生的偏离量来测量未涂覆光纤的曲率半径。已知光纤最大偏离量和从光纤夹具到测量点的悬空距离,用一个简单的圆模型就能计算光纤的曲率半径,推导在附录 C.1 中给出。典型的试验装置见图 A.1、图 A.2 及图 A.3。

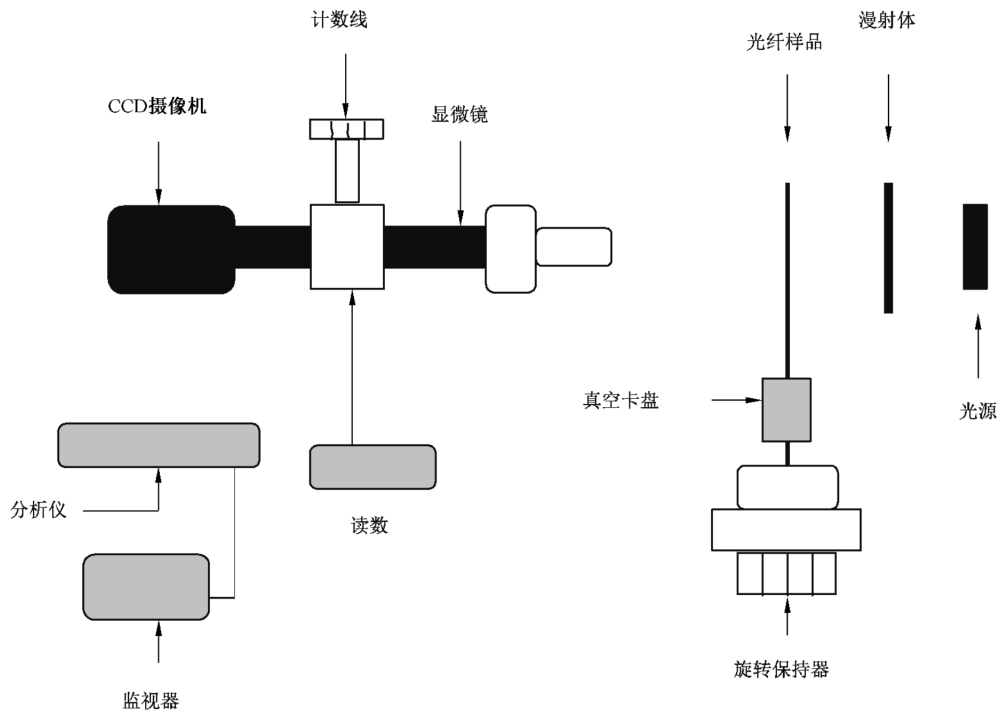


图 A.1 采用光学显微镜测量光纤翘曲装置的示意图

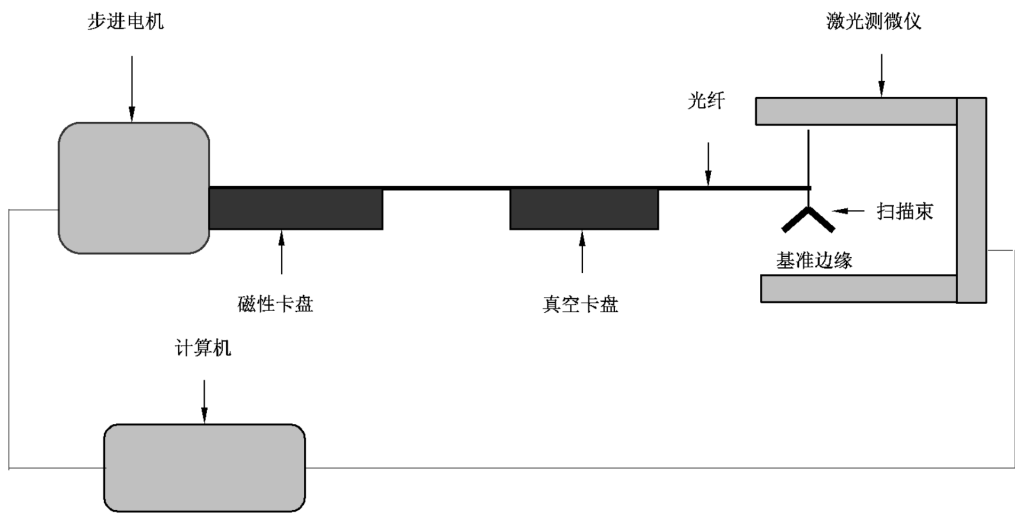


图 A.2 采用激光测微仪测量光纤翘曲装置的示意图

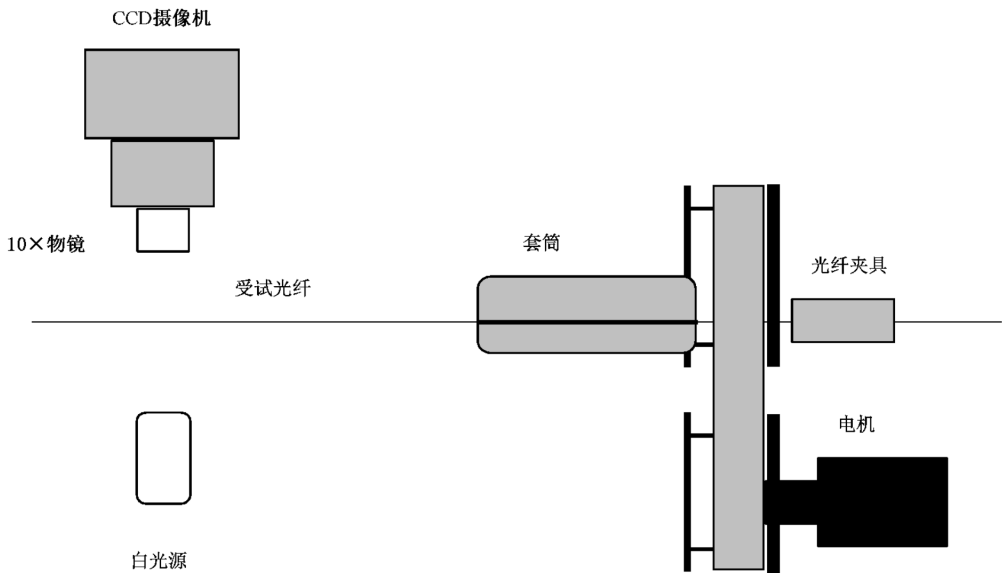


图 A.3 试样夹持在套筒中测量光纤翘曲装置的示意图

A.2 装置

A.2.1 偏离量测量装置

提供一种测量光纤旋转 360°时偏离量的装置。该装置可由可视显微镜或如激光测微器类的光学测量仪器组成。若采用可视显微镜,要提供允许精确测量光纤偏离的方式,例如测微目镜或图像分析系统。

A.2.2 摄像机和监视器

摄像机和监视器可用于增强手动或自动操作的可视系统功能。

A.2.3 数字图像分析系统(可选)

数字视频分析仪可以提供比测微目镜更精确的偏离量定位。这个分析系统可包含一个模拟或数字视频摄像机,一个图像采集卡以及相关软件,以实现在光纤旋转时对悬空处光纤位置的定位。

A.3 试验程序

A.3.1 概述

本程序给出了两种收集数据和计算光纤偏离量 δ_f 的方法。方法 1 是极值法,但精度受到限制,它可以确定极限偏离;方法 2 是傅里叶拟合法。

A.3.2 极值法测量程序

旋转试样直到偏离读数是在一最大位置,记录此时的偏离值为 D_{\max} ;再旋转试样约 180° 直到偏离读数是在一最小位置,记录此时的偏离值为 D_{\min} 。

A.3.3 傅里叶拟合法测量程序

记录试样在初始位置的偏离值 D_1 和角度值 θ_1 。以均等角度步幅旋转样品 360° ,记录每个步幅下的偏离值 $D_{2,\dots,n}$ 和角度步幅位置 $\theta_{2,\dots,n}$ (注意不要将初始位置的数值复制为最后一个角度的数据)。典型的角步幅是 $10^\circ \sim 30^\circ$ 。

A.4 计算

A.4.1 极值法计算

由公式(A.1)计算光纤偏离量 δ_f :

$$\delta_f = \frac{D_{\max} - D_{\min}}{2} \dots\dots\dots (A.1)$$

式中:

D_{\max} ——最大偏离值,单位为微米(μm);

D_{\min} ——最小偏离值,单位为微米(μm)。

A.4.2 傅里叶拟合法计算

计算一阶傅里叶系数如公式(A.2)和公式(A.3):

$$I_c = \frac{2}{n} \sum_{i=1}^n D_i \times \sin \theta_i \dots\dots\dots (A.2)$$

$$R_c = \frac{2}{n} \sum_{i=1}^n D_i \times \cos \theta_i \dots\dots\dots (A.3)$$

δ_f 为一阶傅里叶分量值的幅值,计算如公式(A.4):

$$\delta_f = \sqrt{R_1^2 + I_1^2} \dots\dots\dots (A.4)$$

用最小二乘法拟合参数 θ_i 和 D_i 的集合可作为备选方案。上述傅里叶拟合法和最小二乘法中的幅度和相位值在数值上是相等的。

A.4.3 光纤翘曲计算

光纤翘曲(或曲率半径) r_c ,当采用圆模型时(参见附录 C),如公式(A.5)表示:

$$r_c = (Z_m^2 + \delta_f^2) / 2\delta_f \quad \dots\dots\dots (A.5)$$

式中：

Z_m —— 光纤悬空距离；

δ_f —— 光纤偏离量。

注：虽然偏离量典型地是以微米为单位表示，但曲率半径值典型的是再换算成以米为单位表示。

将测得的光纤偏离量 δ_f 和悬空距离 Z_m 代入公式(A.5)，即可计算出曲率半径 r_c 。

附录 B
(规范性附录)

方法 B——用激光束散射法测量光纤的翘曲

B.1 原理

通过确定未支撑光纤端绕纤轴旋转时产生的总偏离量来测量未涂覆光纤的曲率半径(翘曲)。方法 B 通过测量已知间距的两个激光束的差分偏离量,运用测量装置的数学模型,推导过程在附录 C.2 中给出。典型试验装置见图 B.1。

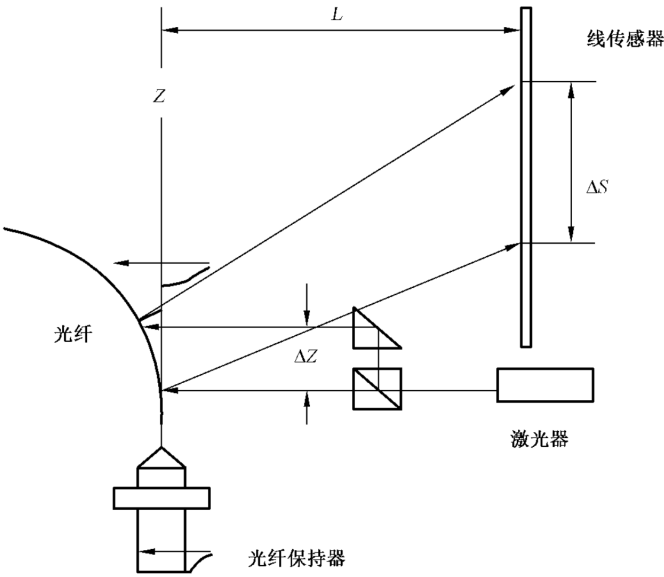


图 B.1 用激光束散射法测量光纤翘曲装置的示意图

B.2 装置

B.2.1 光源

采用分离的 He-Ne 激光束作光源。

B.2.2 检测器

采用图像传感器(CCD)等线传感器作检测器。

B.3 试验程序

B.3.1 概述

获得反射束距离 ΔS 有两种方法。第一种是极值法,这种方法受偏离量极限值的精度限制。第二种方法是傅里叶拟合法。

B.3.2 极值法测量程序

旋转试样光纤直到偏离量最大,并记录最大反射束偏离距离值 ΔS_{\max} 。

B.3.3 傅里叶拟合法测量程序

记录试样在初始位置反射束距离 ΔS_1 和角度位置 θ_1 。用相等的步幅,典型是 $10^\circ \sim 30^\circ$,旋转样品 360° 。在每个步幅下,由线性传感器读出反射束距离 ΔS_i 并记录下来(注意不要将初始位置的数值复制为最后一个角度的数据)。典型的试验装置见图 B.1。

B.4 计算

B.4.1 极值法计算

S_A 的定义见公式(B.1):

$$S_A = \Delta S_{\max} - \Delta Z \quad \dots\dots\dots (B.1)$$

式中:

ΔZ ——入射束距离;

ΔS_{\max} ——最大反射束距离。

B.4.2 傅里叶拟合法计算

计算一阶傅里叶系数如公式(B.2)和公式(B.3)所示:

$$I_1 = \frac{2}{n} \sum_{i=1}^n S_i \times \sin \theta_i \quad \dots\dots\dots (B.2)$$

$$R_1 = \frac{2}{n} \sum_{i=1}^n S_i \times \cos \theta_i \quad \dots\dots\dots (B.3)$$

S_A 为一阶傅里叶分量幅值,公式计算如公式(B.4)所示:

$$S_A = \sqrt{R_1^2 + I_1^2} \quad \dots\dots\dots (B.4)$$

用最小二乘法拟合参数 θ_i 和 $(\Delta S_i - \Delta Z)$ 的集合可作为备选方案。上述傅里叶拟合法和最小二乘法中的幅度和相位值在数值上是相等的。

B.4.3 计算光纤翘曲

光纤翘曲计算见公式(B.5):

$$r_c \approx \frac{2L \Delta Z}{S_A} \quad \dots\dots\dots (B.5)$$

式中:

L ——光纤和线传感器间的距离;

ΔZ ——入射束距离。

附 录 C
(资料性附录)
光纤翘曲圆模型的推导

C.1 侧视显微技术公式推导

用侧视显微测量光纤翘曲的几何模型见图 C.1。

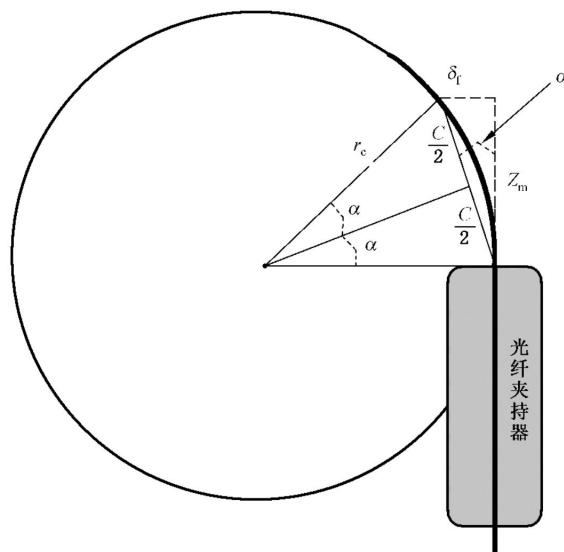


图 C.1 用侧视显微测量光纤翘曲的几何模型

图 C.1 中定义如下：

Z_m —— 悬空距离；

δ_f —— 离夹具 Z_m 距离处光纤的偏离量；

C —— 由 Z_m 、 δ_f 和 C 组成的直角三角形的斜边。

所以得到公式(C.1)：

$$C = (Z_m^2 + \delta_f^2)^{\frac{1}{2}} \quad \dots\dots\dots (C.1)$$

C 又与从圆心延伸的边 R 组成等腰三角形，从等腰三角形中平分 C ，则形成两个直角三角形。新形成的直角三角形的角 α 等于 Z_m 、 δ_f 和 C 组成的直角三角形的角 α 。

因此

$$\sin\alpha = \frac{\delta_f}{C} = \frac{(C/2)}{R} \quad \dots\dots\dots (C.2)$$

将公式(C.1)代入公式(C.2)就可得到公式(C.3)：

$$R = (Z_m^2 + \delta_f^2)/2\delta_f \quad \dots\dots\dots (C.3)$$

C.2 激光束散射法公式推导

用激光束散射法测量光纤翘曲的几何模型见图 C.2。

同样,角度 ω_2 也可以用下面不同的方式表述,如公式(C.11)和公式(C.12)所示:

$$\sin\omega_2 = \frac{Z_G + \Delta Z}{r_c} \dots\dots\dots (C.11)$$

$$\sin 2\omega_2 = \frac{Z_2 - \Delta Z}{L + (\Delta Z + Z_G) \tan \frac{\omega_2}{2}} \approx \frac{Z_2 - \Delta Z}{L} \dots\dots\dots (C.12)$$

因 ΔS 不会随着光纤的入射角改变而改变,两光束间的偏离量易于测试。当光纤翘曲半径显著大于测量装置几何模型中的几何参数 $L, \Delta Z, Z_G$ 时,我们可以小角度近似法可以得到不同结果。

假定 ω_1 和 ω_2 满足如下条件:

$$\sin\omega \approx \omega$$

$$\tan \frac{\omega}{2} \approx \frac{\omega}{2}$$

$$\tan 2\omega \approx 2\omega$$

那么我们可以改写公式(C.4)为公式(C.13):

$$\Delta S \approx 2L(\omega_2 - \omega_1) + (\Delta Z + Z_G)\omega_2^2 - Z_G\omega_1^2 + \Delta Z \dots\dots\dots (C.13)$$

同时,代入公式(C.9)和公式(C.11)(小角度忽略不计),可以得到公式(C.14):

$$\Delta S \approx \frac{2L\Delta Z}{r_c} + \Delta Z + \frac{(\Delta Z + Z_G)^3}{r_c^2} - \frac{Z_G^3}{r_c^2} \dots\dots\dots (C.14)$$

观察公式(C.14)中有两个立方项。如果假定在一个实际装置,该装置载有小翘曲光纤($r_c=1$ m),且让 Z_G 和 ΔZ 值为 0.01 m(1 cm),那么我们可以看到这些立方项值相对前两项非常小,那么可得到公式(C.15):

$$\Delta S \approx \frac{2L\Delta Z}{r_c} + \Delta Z \dots\dots\dots (C.15)$$

最终得到公式(C.16):

$$r_c \approx \frac{2L\Delta Z}{\Delta S - \Delta Z} \dots\dots\dots (C.16)$$

对于实际光纤和测量装置,上述所有近似值产生的误差都不会超过万分之几。对于光纤曲率半径超过 5 m 的光纤,这些误差甚至会更小。

中 华 人 民 共 和 国
国 家 标 准
光纤试验方法规范 第 34 部分：机械性能的
测量方法和试验程序 光纤翘曲

GB/T 15972.34—2021

*

中国标准出版社出版发行
北京市朝阳区和平里西街甲 2 号(100029)
北京市西城区三里河北街 16 号(100045)

网址: www.spc.org.cn

服务热线: 400-168-0010

2021 年 4 月第一版

*

书号: 155066 · 1-66470

版权专有 侵权必究



GB/T 15972.34-2021