ICS 31.260
CCS L51

JB

中 华 人 民 共 和 国 机 械 行 业 标 准

JB/T XXXXX—XXXX

工业激光用光纤合束器

Fiber optic combiners for industrial lasers

(点击此处添加与国际标准一致性程度的标识)

（征求意见稿）

在提交反馈意见时，请将您知道的相关专利连同支持性文件一并附上。

XXXX－XX－XX 发布　　XXXX－XX－XX 实施

中华人民共和国工业和信息化部　　发 布

目　　次

前言 IV
1　范围 1
2　规范性引用文件 1
3　术语和定义 1
4　分类 2
4.1　按工作原理分类 2
4.2　按输入光纤数量分类 2
4.3　按波长分类 2
4.4　按偏振特性分类 2
4.5　按输出模式分类 2
4.6　按封装形式分类 2
5　技术要求 3
5.1　外观要求 3
5.2　性能参数要求 3
5.3　结构要求 3
5.4　使用条件要求 3
5.5　环境适应性 3
5.5.1　总则 3
5.5.2　高温工作 3
5.5.3　低温工作 4
5.5.4　高温存储 4
5.5.5　低温存储 4
5.5.6　恒定湿热 4
5.5.7　振动（正弦）（适用时） 5
5.5.8　模拟运输振动（适用时） 5
5.5.9　冲击（适用时） 5
5.5.10　跌落（适用时） 6
5.6　可靠性 6
5.7　安全与防护 6
6　试验方法 6
6.1　一般要求 6
6.1.1　总则 6
6.1.2　环境要求 6
6.1.3　测试仪器及计量要求 7
6.2　外观检查 7
6.3　结构参数测试 7
6.4　性能参数测试 7
6.4.1　反向泵浦信号隔离度 7

6.4.2 插入损耗 8
6.4.3 单臂承受功率 9
6.4.4 总承受功率 10
6.4.5 光束质量恶化率 10
6.4.6 泵浦耦合效率 11
6.4.7 偏振消光比 12
6.5 环境适应性测试 13
6.6 可靠性试验 13
6.7 安全试验 13
7 检验规则 13
7.1 总则 13
7.2 检验分类 13
7.3 检验项目与分类 13
7.4 鉴定检验 14
7.4.1 说明 14
7.4.2 时机 14
7.4.3 规则 14
7.5 交付检验 15
7.5.1 时机 15
7.5.2 规则 15
7.6 例行检验 15
7.6.1 时机 15
7.6.2 规则 15
8 标志、包装、运输和贮存 15
8.1 标志 15
8.2 包装 15
8.3 运输 16
8.4 贮存 16

图 1 合束器的反向泵浦信号隔离度测试原理图 7
图 2 合束器的反向泵浦信号隔离度测试光源原理图 7
图 3 合束器的插入损耗测试光路原理图 8
图 4 合束器的插入损耗测试光源原理图 8
图 5 合束器单臂承受功率测试原理图 9
图 6 合束器总承受功率测试原理图 10
图 7 合束器的光束质量恶化测试光源原理图 10
图 8 合束器光束质量测试恶化测试原理图 11
图 9 合束器的泵浦耦合效率测试原理图 11
图 10 合束器的泵浦耦合效率测试光源原理图 11
图 11 合束器的消光比测试原理图 12

表 1 振动试验条件 5

表 2　模拟运输振动试验条件 5
表 3　冲击试验条件 5
表 4　合束器检验项目、检验要求和试验方法 13

前　言

本文件按照GB/T 1.1—2020《标准化工作导则　第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

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。

本文件由中国机械工业联合会提出。

本文件由全国光辐射安全和激光设备标准化技术委员会（SAC/TC 284）归口。

本文件起草单位：武汉锐科光纤激光技术股份有限公司、武汉华工激光工程有限责任公司、湖南大科激光有限公司、深圳朗光科技有限公司、深圳市荣者光电科技发展有限公司、武汉市飞瓴光电科技有限公司、中科先为激光科技（北京）有限公司、深圳市大族光子激光技术有限公司、江西省检验检测认证总院工业产品检验检测院、湖南大学、华工法利莱切焊系统工程有限公司。

本文件主要起草人：闫大鹏、李婷、郭少锋、杨新荣、陈展鹏、朱超、周小庄、童维军、买一帆、王杏志、查从文、郭开东、胡灿、何彤斌、孔令超、陈聪、张津、李立波、刘晓旭、蒋威、李寒。

工业激光用光纤合束器

1 范围

本文件规定了工业激光用光纤合束器的分类和技术要求，描述了相应的试验方法，规定了检验规则、标志、包装、运输和贮存。

本文件适用于工业激光用光纤合束器的制造。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；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 2894—2025 安全色和安全标志

GB/T 191—2025 包装储运图形符号标志

GB/T 2423.1—2008 电工电子产品环境试验 第2部分：试验方法 试验A：低温

GB/T 2828.1—2012 计数抽样检验程序 第1部分：按接收质量限(AQL)检索的逐批检验抽样计划

GB/T 6388 运输包装收发货标志

GB/T 7247.1 激光产品的安全 第1部分：设备分类和要求

GB/T 10320 激光设备和设施的电气安全

GB/T 15175—2012 固体激光器主要参数测试方法

GB/T 15313—2008 激光术语

GB/T 18311.55—2026 纤维光学互连器件和无源器件 基本试验和测量程序 第3-55部分：检查和测量 偏振保持无源器件的偏振消光比和键位精度

GB/T 27666—2011 制造用激光器光束质量的评价和测试方法

JB/T 12632—2016 光纤激光器

3 术语和定义

GB/T 7247.1 、GB/T 15175-2012、GB/T 15313-2008和JB/T 12632-2016界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

光纤合束器 fiber optic combiner

将多束泵浦光或信号激光高效地耦合到一根或多根输出光纤中，实现泵浦光与信号光合束的器件。

3.2

反向泵浦信号隔离度 backward pump signal isolation, BPI

光信号反向通过光器件时产生的功率损耗值。

注：指对反向传输光束的隔离能力。

3.3

插入损耗 insertion loss

光纤中两个固定点之间损耗的光的度量。

3.4

光束质量恶化率 Beam quality degradation rate

信号光经过器件前后光束质量恶化率。

3.5

单臂承受功率 single-arm power handling

合束器单臂能承受的最大功率。

3.6

总承受功率 total power handling

确保合束器长时间工作时不会因热效应、非线性效应或材料损伤而失效的最大功率。

3.7

泵浦耦合效率 Pump coupling efficiency

合束器泵浦腿的耦合效率。

3.8

偏振消光比 Polarization extinction ratio

保偏信号经过器件前后光沿偏振主态方向分解的两个正交偏振分量之间的强度比值。

4 分类

4.1 按工作原理分类

合束器按工作原理可分为下列三类：

a) 信号合束器：将多路激光信号光合成为一路输出，用于提升激光输出功率，一般为 N×1 结构，输入输出均为信号激光，不引入泵浦光，也叫功率合束器；
b) 泵浦合束器：将多路半导体泵浦源输出的泵浦光合束为一路，输入增益光纤提供粒子反转所需能量，一般为 N×1 结构，全部输入均为泵浦光，无信号光通道；
c) 信号泵浦合束器：一般为(N+1)×1 结构，中心光纤传输信号光，外围 N 根光纤耦合多路泵浦光；同时实现信号光低损耗传输、泵浦光耦合进入双包层光纤内包层，兼具信号传输与泵浦合束双重功能。

4.2 按输入光纤数量分类

合束器按输入光纤数量可分为下列两类：

a) N×1 或(N+1)x1 合束：将 N 根输入光纤的光信号合并到一根输出光纤中；例如 7×1 合束器、19×1 合束器、(6+1)x1 合束器等；
b) M×N 合束器：将 M 根输入光纤的光信号合并到 N 根输出光纤中；适用于多通道合束需求。

4.3 按波长分类

合束器按波长可分为下列两类：

a) 波长不敏感合束器：对输入光的波长不敏感，适用于多波长合束；
b) 波长敏感合束器：针对特定波长设计，通常用于波分复用系统。

4.4 按偏振特性分类

合束器按偏振特性可分为下列两类：

a) 偏振保持合束器：在合束过程中保持输入光的偏振状态；适用于对偏振敏感的应用，如保偏激光和量子力学；
b) 非偏振保持合束器：不特别考虑偏振状态的保持。

4.5 按输出模式分类

合束器按输出模式可分为下列两类：

a) 单模合束器：输出为单模光纤，适用于单模激光；
b) 多模合束器：输出为多模光纤，适用于多模激光或照明系统。

4.6 按封装形式分类

合束器按封装形式可分为下列两类：

a) 模块化合束器：集成在标准模块中，便于安装和维护；
b) 非模块化合束器：无封装模块，直接适用光纤进行合束。

5 技术要求

5.1 外观要求

合束器外观符合下列要求：

a) 合束器外表面应处理干净，涂（镀）层不应由脱落、损伤、起皮、气泡、龟裂、留痕等缺陷，各部位的色泽应一致，不应有明显的损伤和其他影响外观或使用性能的缺陷；
b) 合束器标志应牢固、清晰，激光安全、等级要求标志符合 GB 2894、GB/T 7247.1 的规定；
c) 合束器的两端光纤应牢固、可靠，无松动和脱胶迹象；
d) 合束器螺纹连接部位所用螺钉、螺母和销的大小符合装配规定。
e) 合束器输入输出光纤涂层无杂质破损等缺陷，光纤涂覆层应光滑平整，无气泡，无多余残胶，无严重亮点等异常现象。

5.2 性能参数要求

除非另有规定，在合束器的详细规范中应规定下列有关参数，其参数需经规定的测量方法（见6.3）测量：

a) 单臂承受功率；
b) 总承受功率；
c) 插入损耗；
d) 反向泵浦信号隔离度；
e) 光束质量恶化率（适用时）；
f) 泵浦耦合效率（适用时）；
g) 偏振消光比（适用时）。

5.3 结构要求

除非另有规定，在合束器的详细规范中应包含下列内容：

a) 外形尺寸和安装尺寸；
b) 输入光纤和输出光纤类型、尺寸和长度；
c) 质量（适用时）。

5.4 使用条件要求

除非另有规定，在合束器的详细规范中应包含下列内容：

a) 环境条件：温度、相对湿度、空气洁净度、机械振动、电磁干扰、大气压强等；
b) 冷却条件（适用时）：水质、水流量、温度控制、风量等；
c) 输入光纤和输出光纤的最小弯曲半径（或直径）。

5.5 环境适应性

5.5.1 总则

除非另有规定，合束器应满足以下环境条件，并满足所对应的要求。针对特殊结构的合束器，在不影响测试结果的前提下，测试前可进行适当防护。

5.5.2 高温工作

5.5.2.1 条件

试验环境温度和持续工作时间从以下条件中选取：

a） 环境温度：30℃、40℃、55℃、70℃、85℃；
b） 持续工作时间：2h、16h、72h、96h、168h。

5.5.2.2 要求

在高温工作试验中（适用时）和试验后，按照合束器详细规范要求对合束器性能参数进行检测，检测结果应满足合束器详细规范要求。

5.5.3 低温工作

5.5.3.1 条件

试验环境温度和持续工作时间从以下条件中选取：
a） 环境温度：0℃、-5℃、-10℃、-25℃、-40℃、-55℃；
b） 持续工作时间：2h、16h、72h、96h、168h。

5.5.3.2 要求

在低温工作试验中（适用时）和试验后，按照合束器详细规范对合束器性能参数进行检测，检测结果应满足合束器详细规范的要求。

5.5.4 高温存储

5.5.4.1 条件

试验环境温度和持续存储时间从以下条件中选取：
a） 环境温度：55℃、70℃、85℃；
b） 持续存储时间：2h、16h、72h、96h、168h。

5.5.4.2 要求

高温存储试验结束后，将合束器自然恢复到6.1.2环境要求温度，按照合束器详细规范对合束器性能参数进行检测，检测结果应满足合束器详细规范的要求。

5.5.5 低温存储

5.5.5.1 条件

试验环境温度和持续存储时间从以下条件中选取：
a） 环境温度：-5℃、-10℃、-25℃、-40℃、-55℃；
b） 持续存储时间：2h、16h、72h、96h、168h。

5.5.5.2 要求

低温存储试验结束后，将合束器自然恢复到6.1.2环境要求温度，按照合束器详细规范对合束器性能参数进行检测，检测结果应满足合束器详细规范的要求。

5.5.6 恒定湿热

5.5.6.1 条件

试验环境温度和持续时间应符合以下条件：
a） 环境温度 40±2℃，相对湿度为93^{+2}_{-3}%；
b） 持续时间可选取范围：2d、4d、10d。

5.5.6.2 要求

恒定湿热试验结束后，将合束器自然恢复到6.1.2环境要求温度，按照合束器详细规范对合束器性能参数及外观进行检测，检测结果应满足合束器详细规范的要求。

5.5.7 振动（正弦）（适用时）

5.5.7.1 条件

振动试验条件应满足表1的要求。

表 1 振动试验条件

频率范围	10Hz～100Hz
加速度	50m/s^2(5g)
扫频循环次数	2次
时间	10min
振动方向	三个方向
包装方式	不带包装

5.5.7.2 要求

振动试验结束后，按照合束器详细规范对合束器性能参数进行检测，检测结果应满足合束器详细规范的要求。

5.5.8 模拟运输振动（适用时）

5.5.8.1 条件

模拟运输振动试验条件应满足表2的要求。

表 2 模拟运输振动试验条件

频率	8Hz～100Hz
位移幅值	7.5mm
加速度幅值	20m/s^2(2g)
工作方式	完整包装

5.5.8.2 要求

模拟运输振动试验结束后，按照合束器详细规范对合束器性能参数进行检测，检测结果应满足合束器详细规范的要求。

5.5.9 冲击（适用时）

5.5.9.1 条件

冲击试验条件从表3中选取。

表 3 冲击试验条件

加速度	**持续时间**	**次数**
50m/s^2(5g)	30ms	每1面持续施加3次冲击，6个面共计18

150m/s²(15g)	11ms	次；波形应按照合束器详细规范的规定本试验，带包装进行。
300m/s²(30g)	18ms	
500m/s²(50g)	11ms	

5.5.9.2 要求

冲击试验结束后，按照合束器详细规范对合束器性能参数与外观进行检测，检测结果应满足合束器详细规范的要求。

5.5.10 跌落（适用时）

5.5.10.1 条件

合束器跌落条件应满足：

a) 跌落（自由落体，带出厂包装总质量<=68kg）：
   - 当总质量【0，10）kg，高度76cm；当总质量【10，19）kg，高度61cm；
   - 当总质量【19，28）kg，高度46cm；当总质量【28，45）kg，高度31cm；
   - 当总质量【45，68）kg，高度20cm；一角三棱六面跌落。

b) 跌落（面跌落）：
   - 高度：10cm；
   - 4边，1次/边。

5.5.10.2 要求

无论何种状态和形状的试验样品，都应使试验样品的重力线通过被跌落的面、线、点;实际冲击速度与自由跌落时的冲击速度之差不超过自由跌落时的±1%。冲击试验结束后，按照合束器详细规范对合束器和包装进行检测，检测结果应满足合束器详细规范要求。

5.6 可靠性

在满足使用条件要求（见5.4）下，合束器的平均无故障工作时间（MTBF）和失效判定标准应在详细规范中给出规定。

5.7 安全与防护

合束器的辐射安全与防护应符合GB/T 7247.1的规定。

6 试验方法

6.1 一般要求

6.1.1 总则

除非另有规定，被测合束器在详细规范规定的工作条件下温度工作，并按照详细规范的要求采取必要的保护措施。

6.1.2 环境要求

除非另有规定，试验在以下条件下进行：

a) 大气压：85kPa～106 kPa；
b) 环境温度：15℃～35℃；
c) 相对湿度：30%～70%；
d) 空气洁净度：按照产品详细规范的规定。

6.1.3 测试仪器及计量要求

除非另有规定，测试仪器满足以下要求：

a） 测试仪器量程满足被测合束器参数范围；

b） 符合计量检定要求，且在计量有效期内。

6.2 外观检查

采用目视等方法对受检合束器进行检查。合束器输入输出光纤涂层在暗室环境下通红光或绿光≥20mW，测试背景为黑色，观察器件输入输出光纤涂覆层。

6.3 结构参数测试

采用显微测量、卡尺等方法对结构参数进行测试。

6.4 性能参数测试

6.4.1 反向泵浦信号隔离度

6.4.1.1 测试方法

参照GB/T 15175-2012，采用功率计测试信号泵浦合束器的反向泵浦信号隔离度。具体测试原理如下图所示。

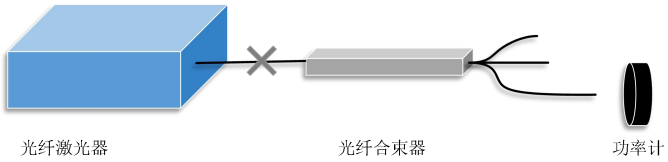

图 1 合束器的反向泵浦信号隔离度测试原理图

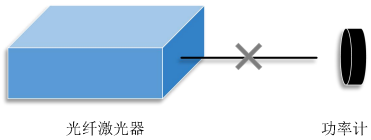

图 2 合束器的反向泵浦信号隔离度测试光源原理图

信号泵浦合束器的反向泵浦信号隔离度测试方法：按照图1所示，将光纤激光器与信号泵浦合束器的输入端信号纤连接，利用功率计及激光器探测信号泵浦合束器泵浦光纤的输出功率P_b。再按照图2所示，将光纤激光器的输出纤保留熔接点对准功率计，测量光源功率P_{in}。重复上述步骤n=5次，按照公式（3）计算反向泵浦信号隔离度BPI，单位为dB。重复以上步骤测试每根泵浦光纤的隔离度。

6.4.1.2 测试条件和设备

信号泵浦合束器的反向泵浦信号隔离度指标测试仪器与设备包括功率计表头和功率计探头。除非另有规定，测量所用的激光功率计的不确定度应优于5%。测量所用的标准计量仪器应经计量机构检定合格。为了保护仪表免受不允许的突然过载，允许在测试设备上采用保护装置，但不影响测量精度。

整个测量系统处于无明显振动、气流、烟尘和杂散辐射影响的环境中，无影响测量结果的干扰。

6.4.1.3 测试流程

反向泵浦信号隔离度测试流程如下：

a） 做好测量准备；

b） 将激光功率计探头对准输出光束，并保持适当距离；

c） 接通激光功率计电源，选择合适量程，并校准其零点；

d） 将被测信号泵浦合束器的输出光纤与光纤激光器的输出信号纤熔接；

e） 将激光功率计探头对准被测信号泵浦合束器的输入泵浦光纤，并保持适当距离；
f） 被测合束器的其他输入泵浦光纤和信号光纤与吸光壳体对准；
g） 打开光纤激光器；
h） 每隔 2 分钟测量并记录一次功率计的读数P_i，重复测量 n=5 次，按照公式（2）计算输出激光功率P_b：

$$P_b=\frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}P_i \quad (1)$$

i） 关闭光纤激光器；
j） 保留熔接点将激光器输出光纤对准功率计；
k） 打开光纤激光器；
l） 每隔 2 分钟测量并记录一次功率计的读数P_i，重复测量 n=5 次，按照公式（1）计算输入光功率P_{in}：

$$P_{in}=\frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}P_i \quad (2)$$

m） 重复上述步骤 n=5 次，按照公式（3）计算反向泵浦信号隔离度 BPI：

$$BPI=\frac{\sum_{i=1}^{n}[10\times log_{10}(P_{in}/P_b)]}{n} \quad (3)$$

6.4.2 插入损耗

6.4.2.1 测试方法

参照GB/T 15175-2012，采用功率计测试合束器的插入损耗。具体测试原理如下图所示。

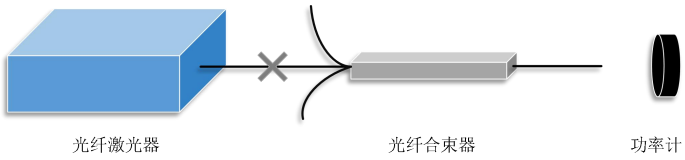

图 3 合束器的插入损耗测试光路原理图

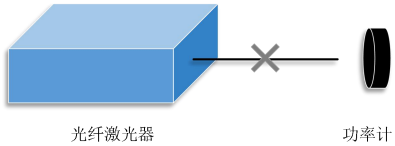

图 4 合束器的插入损耗测试光源原理图

按照图3所示，将光纤激光器与合束器的输入信号臂连接，利用功率计及激光器探测合束器的输出纤芯功率P_{out}。再按照图4所示，保留熔接点，在熔接点后5cm使用光纤切割刀将光纤切断，将输出纤对准功率计，测量保留熔接点下的光源纤芯功率P_{in}，重复上述步骤n=5次，按照公式（6）计算插入损耗IL，单位为dB。

6.4.2.2 测试条件和设备

合束器的插入损耗指标测试仪器与设备包括功率计表头和功率计探头。除非另有规定，测量所用的激光功率计的不确定度应优于5%。测量所用的标准计量仪器应经计量机构检定合格。为了保护仪表免受不允许的突然过载，允许在测试设备上采用保护装置，但不影响测量精度。

整个测量系统处于无明显振动、气流、烟尘和杂散辐射影响的环境中，无影响测量结果的干扰。

6.4.2.3 测试流程

插入损耗测试流程如下：
a） 做好测量准备；
b） 将激光功率计探头对准激光器的输出光束，并保持适当距离；

c） 接通激光功率计电源，选择合适量程，并校准其零点；
d） 打开光纤激光器；
e） 每隔 2 分钟测量并记录一次功率计的读数P_i，重复测量 n=5 次，按照公式（4）计算输入包层光功率P_{in}：

$$P_{in} = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} P_i \cdots\cdots (1)$$

f） 关闭光纤激光器；
g） 将被测光纤合束器与光纤激光器熔接；
h） 将激光功率计探头对准被测合束器的输出光束，并保持适当距离；
i） 接通激光功率计电源，选择合适量程，并校准其零点；
j） 打开光纤激光器；
k） 每隔 2 分钟测量并记录一次功率计的读数P_i，重复测量 n=5 次，按照公式（5）计算输出激光功率P_{out}：

$$P_{out} = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} P_i \cdots\cdots (2)$$

l） 重复上述步骤 n 次，按照公式（6）计算插入损耗IL：

$$IL = \frac{\sum_{i=1}^{n}[10\times log_{10}(P_{in}/P_{out}]}{n} \cdots\cdots (3)$$

6.4.3 单臂承受功率

6.4.3.1 测试方法

参照GB/T 15175-2012，采用功率计测试合束器的单臂承受功率。具体测试原理如下图所示。

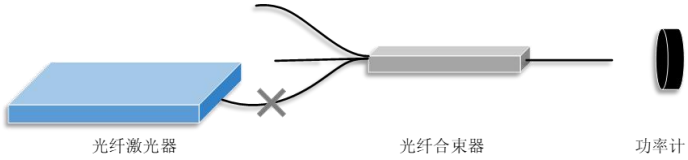

图 5 合束器单臂承受功率测试原理图

按照图5所示，将光纤激光器的输出纤与合束器的其中一条输入臂连接，利用功率计及激光器直接探测合束器的最大输出功率，并维持5分钟，观察被测合束器无异常，以此功率作为单臂承受功率。

6.4.3.2 测试条件和设备

合束器的单臂承受功率指标测试仪器与设备包括功率计表头和功率计探头。除非另有规定，测量所用的激光功率计的不确定度应优于5%。测量所用的标准计量仪器应经计量机构检定合格。为了保护仪表免受不允许的突然过载，允许在测试设备上采用保护装置，但不影响测量精度。

整个测量系统处于无明显振动、气流、烟尘和杂散辐射影响的环境中，无影响测量结果的干扰。

6.4.3.3 测试流程

单臂承受功率测试流程如下：
a） 做好测量准备；
b） 将被测合束器的泵浦纤与光纤激光器熔接；
c） 将激光功率计探头对准被测合束器的输出光束，并保持适当距离；
d） 接通激光功率计电源，选择合适量程，并校准其零点；
e） 打开光纤激光器；
f） 依次增加激光器输出功率，并观察被测合束器是否出现异常；
g） 当测量功率大于指标要求的时候，保持激光器输出状态 5 分钟；
h） 每隔 2 分钟测量并记录一次功率计的读数P_i，重复测量 n=5 次，按照公式（7）计算光纤器件承受功率P_{core}：

$$P_{core}=\frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}P_i \cdots\cdots (7)$$

6.4.4 总承受功率

6.4.4.1 测试方法

参照GB/T 15175-2012，采用功率计测试合束器的总承受功率。具体测试原理如下图所示。

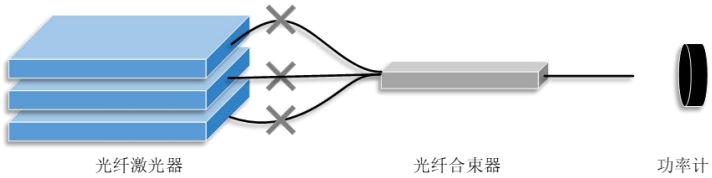

图 6 合束器总承受功率测试原理图

将光纤激光器各个输出纤与合束器的输入臂连接。利用功率计及激光器直接探测合束器的最大输出功率，并维持5分钟观察合束器壳体、根部温度无异常，以此功率作为总承受功率。

6.4.4.2 测试条件和设备

合束器的总承受功率指标测试仪器与设备包括功率计表头和功率计探头。除非另有规定，测量所用的激光功率计的不确定度应优于5%。测量所用的标准计量仪器应经计量机构检定合格。为了保护仪表免受不允许的突然过载，允许在测试设备上采用保护装置，但不影响测量精度。

整个测量系统处于无明显振动、气流、烟尘和杂散辐射影响的环境中，无影响测量结果的干扰。

6.4.4.3 测试流程

总承受功率测试流程如下：

a) 做好测量准备；
b) 将被测合束器与光纤激光器熔接；
c) 将激光功率计探头对准被测合束器的输出光束，并保持适当距离；
d) 接通激光功率计电源，选择合适量程，并校准其零点；
e) 打开光纤激光器；
f) 依次增加激光器输出功率，并观察光纤器件是否出现异常；
g) 当测量功率大于指标要求的时候，保持激光器输出状态 5 分钟；
h) 每隔 2 分钟测量并记录一次功率计的读数P_i，重复测量 n=5 次，按照公式（8）计算光纤器件承受功率P_{core}：

$$P_{core}=\frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}P_i \cdots\cdots (8)$$

6.4.5 光束质量恶化率

6.4.5.1 测试方法

参照GB/T 27666-2011，采用光束质量测试仪测试合束器的输出光束质量。

合束器的输出光束质量测试方法：将光源输出纤与合束器的输入信号纤连接。利用光束质量测试仪探测信号光经过合束器后光束质量M^2的劣化程度。

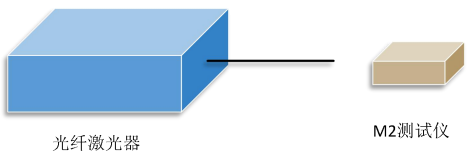

图 7 合束器的光束质量恶化测试光源原理图

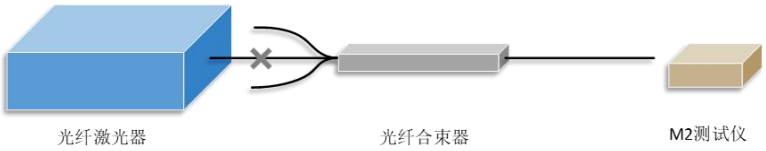

图 8　合束器光束质量测试恶化测试原理图

6.4.5.2　测试条件和设备

合束器的输出光束质量指标测试仪器与设备包括光束质量测试仪。测量所用的标准计量仪器应经计量机构检定合格。为了保护仪表免受不允许的突然过载，允许在测试设备上采用保护装置，但不影响测量精度。

整个测量系统处于无明显振动、气流、烟尘和杂散辐射影响的环境中，无影响测量结果的干扰。

6.4.5.3　测试流程

光束质量恶化率测试流程如下：

a）　做好测量准备；

b）　将光束质量测试仪探头对准光源的输出光束，并保持适当距离；

c）　打开光源；

d）　测量光源光束质量 M^2_{in}；

e）　关闭光源光纤激光器；

f）　将被测合束器输入信号纤与光源光纤激光器熔接；

g）　将光束质量测试仪探头对准被测合束器的输出光束，并保持适当距离；

h）　打开光纤激光器；

i）　测量输出光束质量 M^2_{out}；

j）　重复上述步骤 n=5 次，计算 5 次光束质量恶化系数平均值。

$$M^2_{det} = （M^2_{out} - M^2_{in}）/M^2_{in} \cdot 100\% \tag{9}$$

6.4.6　泵浦耦合效率

6.4.6.1　测试方法

参照GB/T 15175-2012，采用功率计测试合束器的泵浦耦合效率。具体测试原理如下图所示。

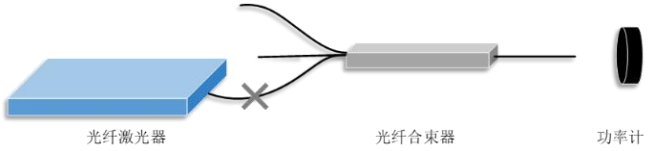

图 9　合束器的泵浦耦合效率测试原理图

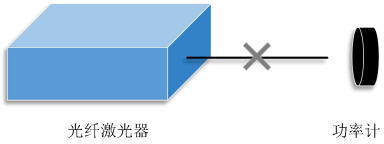

图 10　合束器的泵浦耦合效率测试光源原理图

按照图9所示，将光纤激光器与光纤泵浦合束器的输入信号臂连接，利用功率计及激光器探测合束器的输出功率P_{out}。再按照图10所示，保留熔接点，在熔接点后5cm使用光纤切割刀将光纤切断，将输出纤对准功率计，测量保留熔接点下的光源功率P_{in}，重复上述步骤n=5次，按照公式（12）计算泵浦耦合效率，单位为%。

6.4.6.2 测试条件和设备

合束器的插入损耗指标测试仪器与设备包括功率计表头和功率计探头。除非另有规定，测量所用的激光功率计的不确定度应优于5%。测量所用的标准计量仪器应经计量机构检定合格。为了保护仪表免受不允许的突然过载，允许在测试设备上采用保护装置，但不影响测量精度。

整个测量系统处于无明显振动、气流、烟尘和杂散辐射影响的环境中，无影响测量结果的干扰。

6.4.6.3 测试流程

泵浦耦合效率测试流程如下：

a） 做好测量准备；

b） 将激光功率计探头对准激光器的输出光束，并保持适当距离；

c） 接通激光功率计电源，选择合适量程，并校准其零点；

d） 打开光纤激光器；

e） 每隔 2 分钟测量并记录一次功率计的读数P_i，重复测量 n=5 次，按照公式（10）计算输入光功率P_{in}：

$$P_{in} = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} P_i \cdots\cdots (10)$$

f） 关闭光纤激光器；

g） 将被测合束器与光纤激光器熔接；

h） 将激光功率计探头对准被测合束器的输出光束，并保持适当距离；

i） 接通激光功率计电源，选择合适量程，并校准其零点；

j） 打开光纤激光器；

k） 每隔 2 分钟测量并记录一次功率计的读数P_i，重复测量 n=5 次，按照公式（11）计算输出激光功率P_{out}：

$$P_{out} = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} P_i \cdots\cdots (11)$$

l） 重复上述步骤 n 次，按照公式（12）计算插入泵浦耦合效率：

$$\eta = \frac{\sum_{i=1}^{n} (P_{in}/P_{out})}{n} 100\% \cdots\cdots (12)$$

6.4.7 偏振消光比

6.4.7.1 测试方法

参照GB/T 18311.55-2026，采用消光比测试仪测试合束器的输出光束偏振消光比。

按照图11所示，将光源输出纤与合束器的输入信号纤连接。利用消光比测试仪探测合束器的输出消光比。

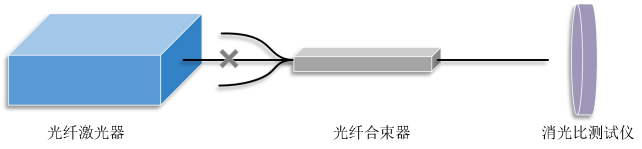

图 11　合束器的消光比测试原理图

6.4.7.2 测试条件和设备

合束器的输出偏振消光比指标测试仪器与设备包括光源、偏振消光比测试仪。测量所用的标准计量仪器应经计量机构检定合格。为了保护仪表免受不允许的突然过载，允许在测试设备上采用保护装置，但不影响测量精度。

整个测量系统处于无明显振动、气流、烟尘和杂散辐射影响的环境中，无影响测量结果的干扰。

6.4.7.3 测试流程

输出偏振消光比测试流程如下：

a） 做好测量准备；
b） 将消光比测试仪探头对准光源的输出光束，并保持适当距离；
c） 打开光源；
d） 测量光源消光比，光源消光比应≥20dB；
e） 关闭光源光纤激光器；
f） 将被测合束器输入信号纤与光源光纤激光器熔接；
g） 将消光比测试仪探头对准被测合束器的输出光束，并保持适当距离；
h） 打开光纤激光器；
i） 测量输出光束质量；
j） 重复上述步骤 n=5 次，计算 5 次消光比平均值单位为 dB。

6.5 环境适应性测试

合束器的环境适应性测试依据下列有关试验方法进行。必要时，测试前可对合束器进行适当防护：
a） 低温存储试验按 GB/T 2423.1 的规定；
b） 低温工作试验按 GB/T 2423.1 的规定；
c） 高温工作试验按 GB/T 2423.2 的规定；
d） 高温存储试验按 GB/T 2423.1 的规定；
e） 恒定湿热试验按 GB/T 2423.2 的规定；
f） 冲击试验按 GB/T 2423.5 的规定；
g） 碰撞试验按 GB/T 2423.6 的规定；
h） 振动（正弦）试验按 GB/T 2423.10 的规定；
i） 模拟运输振动试验按 GB/T 4798.2 的规定。

6.6 可靠性试验

合束器可靠性试验在满足使用条件要求（见5.4）下，合束器的平均无故障工作时间（MTBF）和失效判定标准应在详细规范中给出规定。

6.7 安全试验

合束器的安全试验按照 GB/T 7247.13 的规定进行。

7 检验规则

7.1 总则

除非另有规定，制造方负责完成本文件规定的全部检验。

7.2 检验分类

检验分为：
a） 鉴定检验（见 7.4）；
b） 交付检验（见 7.5）；
c） 例行检验（见 7.6）。

7.3 检验项目与分类

检合束器检验项目、检验要求和试验方法见表4。

表 4 合束器检验项目、检验要求和试验方法

检验项目	检验要求	试验方法	检验分类		
			鉴定检验	交付检验	例行检验

外观		5.1	6.2	√	√	√
性能参数	单臂承受功率	5.2 a)	6.4.3	√	√	√
	总承受功率	5.2 b)	6.4.4	√	√	√
	插入损耗	5.2 c)	6.4.2	√	√	√
	反向泵浦信号隔离度（适用时）	5.2 d)	6.4.1	√	√	√
	光束质量恶化率（适用时）	5.2 e)	6.4.5	√	√	√
	泵浦耦合效率（适用时）	5.2 f)	6.4.6			
	偏振消光比（适用时）	5.2 g)	6.4.7			
结构		5.3	6.3	√	√	√
使用条件						
环境适应性	高温工作	5.5.2	6.5	√	×	√
	低温工作	5.5.3	6.5	√	×	√
	高温存储	5.5.4	6.5	√	×	√
	低温存储	5.5.5	6.5	√	×	√
	恒定湿热	5.5.6	6.5	√	×	√
	振动（正弦）	5.5.7	6.5	√	×	√
	模拟运输振动（适用时）	5.5.8	6.5	√	×	√
	冲击	5.5.9	6.5	√	×	√
	跌落（适用时）	5.5.10	6.5	√	×	√
可靠性		5.6	6.6	√	×	√
安全与防护	辐射安全与防护	5.7	6.7	√	√	√
注：“√”表示检验；“×”表示不检验。						

7.4 鉴定检验

7.4.1 说明

鉴定检验包括合束器设计定型检验和生产定型检验。

7.4.2 时机

有下列情况之一时应进行鉴定检验：

a） 新开发的合束器；

b） 为了全面评价合束器的质量是否达到技术要求和工厂是否具备了批量生产的能力和手段；

c） 合束器正式生产后，入结构、材料、工艺等发生重大变更并可能影响合束器性能。

7.4.3 规则

除非另行规定，鉴定检验的样品不得少于3pcs，其中表4中外观、性能参数、安全与防护项目必须全部检验，环境适应性项目不得少于3pcs样品。按表4“试验方法”栏引用的试验方法进行检验，每项

检验结果均符合表4“检验要求”栏规定的要求，则判定合束器鉴定检验合格。检验过程中，若有1pc样品的一个检验项目不符合要求，则判定合束器鉴定检验不合格。若检验不合格，在查出原因、改进工艺和重新组织生产后，可重新提出鉴定检验。

7.5 交付检验

7.5.1 时机

适用于检验部门对批产的产品交收检验及订货方对供货方的产品交收检验。

7.5.2 规则

将合束器或需要重复检验的荷属按照GB/T 2828.1的要求选定相应数量作为检验样品，对表4“交收检验”栏所选定的检验项目，按表4“检验方法”栏引用的检验方法进行逐项检验。每项检验结果均符合表4“检验要求”栏规定的要求，则判定合束器交收检验合格。检验过程中，若有一个检验项目不符合要求，则判定合束器交收检验不合格。若检验不合格，在查出原因、改进工艺和重新组织生产后，可重新提出交收检验。

经交收检验合格的合束器可入库和交付。

7.6 例行检验

7.6.1 时机

有下列情况之一时应进行例行检验：

a) 合束器停产超过一年，又恢复生产；
b) 正式量产时，定期或积累一定量；
c) 合束器生产场地发生变化；
d) 政府质量监督主管部门提出监督检验；
e) 生产厂家规定的其他例行检验。

7.6.2 规则

除非另行规定，例行检验的样品不得少于3pcs，其中表4中外观、性能参数、安全与防护必须全部检验，环境适应性项目不得少于2pcs样品。按表4“试验方法”栏规定的要求，则判定合束器检验合格。检验过程中，若有1pc样品的一个检验项目不符合要求，则判定合束器例行检验不合格。若检验不合格，在查出原因、改进工艺和重新组织生产后，可重新提出例行检验。

8 标志、包装、运输和贮存

8.1 标志

除非另有规定，在合束器醒目的位置应牢固、清晰地附有下列标志：

a) 商标；
b) 合束器完整名称及型号；
c) 制作日期；
d) 制造方名称及生产地址；
e) 合束器序列号或制造编号；
f) 符合 GB/T 7247.1 和 GB 2894 的激光辐射安全标志。

8.2 包装

包装应符合以下要求：

a) 包装箱内不得有灰尘和异物；
b) 包装箱内应放置产品规格书、装配图、检验报告等文件；
c) 包装箱外表面应清洁，包装箱上的标志符合 GB/T 191 和 GB 6388 的规定。

8.3 运输

经包装检验合格的合束器应适合汽车、火车、飞机、轮船等常规运输工具的运输，在运输过程中应有防潮、防尘、防日照和防撞击等措施。

8.4 贮存

合束器应按下列要求进行贮存：

a) 贮存条件：应保存在温度为-20℃～60℃、相对湿度不大于 80%、干燥通风、无腐蚀性气体的仓库内；

b) 贮存期限：贮存期 2 年。