

# 大功率激光光束光斑诊断及其测试原理

李 强 金江华 王智勇 左铁钊

(北京工业大学应用物理系, 国家产学研激光技术中心, 北京, 100022)

摘要: 针对激光加工用大功率激光的特点, 分析了国内外现有的几种大功率激光光束诊断系统的测试原理和性能。详细介绍了一种能对大功率激光光束光斑在线测量的诊断仪。

关键词: 大功率激光 光束光斑 诊断仪

## High power laser beam/ focus diagnostic instrument and its measuring principle

Li Qiang, Jin Jianghua, Wang Zhiyong, Zuo Tiechuan

( Department of Applied Physics, Beijing Polytechnic University, NCLT, Beijing, 100022)

**Abstract:** According to the characteristics of high power laser beams for laser materials processing, several measuring principle and performance of high power laser beams diagnostic instruments are discussed. A diagnostic instrument is introduced in detail, which can be used for high power laser beams and focus on-line measurement.

**Key words:** high power laser beam and focus diagnostic instrument

### 引 言

激光加工技术作为一种有效的加工手段, 在国内外得到了迅速的发展。特别是近十年来, 大功率激光器在工业生产及科学研究中已获得日益广泛的应用, 如激光切割、焊接、表面热处理等。从加工应用的角度, 相应地提出了: 一方面需深入研究光束基本参数对激光与物质相互作用的影响机制, 另一方面要求对激光加工过程中大功率激光束的传输与聚焦质量进行监测, 因为激光功率、光束的模结构与聚焦光斑形态等参数对加工质量都起着决定性的作用。因此, 在激光加工过程中需要对激光光束的质量进行迅速定量的评估。激光光束光斑诊断系统正是为适应这种需求, 能够对大功率激光光束的模结构及其稳定性、聚焦光斑尺寸与功率密度分布进行测量的仪器。以国家产学研激光技术中心引进的 Promotec 公司 UFF100 型大功率激光光束光斑质量诊断仪为例, 对比分析此类仪器的测试原理、功能及其应用。

### 1 光束质量诊断仪的测试原理

光束质量诊断仪经过十来年的发展, 已形成了多种测量大功率激光束功率密度分布的方法, 按其工作原理可分为以下几类:

(1) 分光束法<sup>[1]</sup>。如图 1 所示, 用分束镜或衰减器得到激光束的部分能量, 再通过多边形反射镜扫描盘或直接用线性/ 矩阵阵列探测器等来实现对弱功率光束分布的检测。这类方法的关键是对大功率激光进行均匀衰减, 得到不改变功率密度分布的弱功率激光。由于这类方法

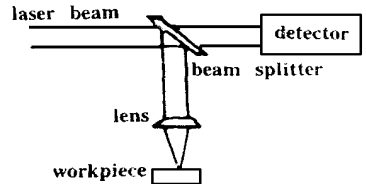


Fig. 1 Principle of division beam

属于间接测量, 存在由于大功率光束本身非线性及分束镜热变形引起的非线性误差; 此外, 这类方法不能对聚焦光斑进行测量。

(2) 实心探针法<sup>[2]</sup>和辐带轮法<sup>[3]</sup>。实心探针法如图 2 所示, 实心探针在垂直于激光光束的平面上转动, 探针不同面上的反射光分别由两个探测器接收。移动测量系统, 测得整个光束截面功率密度分布。辐带轮法如图 3 所示, 辐带轮实心探针扫过光束, 反射光经一

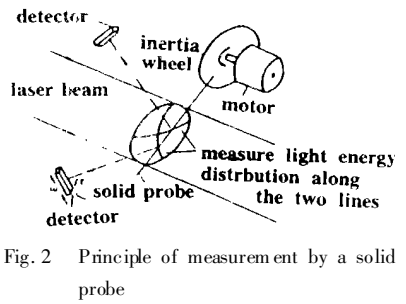


Fig. 2 Principle of measurement by a solid probe

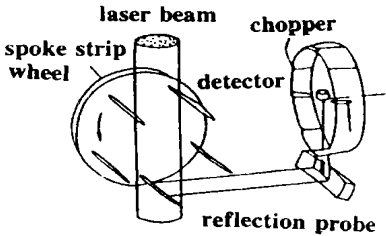


Fig. 3 Principle of measurement by a spoke strip wheel

聚焦镜和一个转动的斩波器由一个探测器接收, 辐带轮快速转动, 测得整个光束截面功率密度分布。这类仪器可以测量大功率激光光束的功率密度分布, 还可以测量聚焦光斑的直径。由于金属探针很细(一般直径小于 1mm), 在扫过光束时, 只挡住极小部分光, 所以, 它可以在激光加工过程中实时在线测量。但是, 由于探针尺寸的限制, 不适于测量分析聚焦光斑的功率密度分布。

(3) 滚筒式激光模式测量仪<sup>[4]</sup>。如图 4 所示, 激光照在带螺旋线分布小孔的圆柱形滚筒, 穿过小孔的

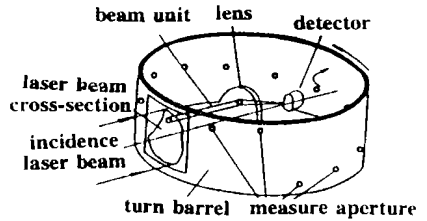


Fig. 4 Principle of measurement by a roller

激光由透镜聚集于光电传感器。滚筒旋转, 可得到多条扫描带, 从而测得整个光束的功率密度分布。这种测量仪可以较准确的测量光束的功率密度分布, 但一般不能用于聚焦光斑, 而且不能在线测量。

(4) 空心探针扫描采样测量法<sup>[5]</sup>。图 5 是 Prom-etc 公司生产的 UFF100 型高功率激光光束光斑诊断仪的工作原理示意图。固定在平动台上的高速

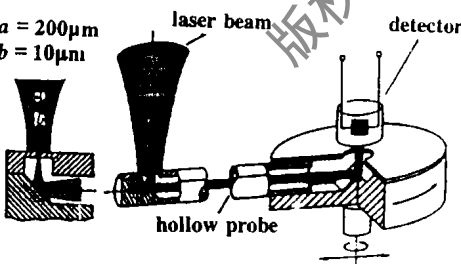


Fig. 5 Principle of measurement by a hollow probe

旋转空心探针扫描激光光束, 同时, 平动台作线性步进平动, 这样可扫描光束的整个横截面。探针的内部是可传输光的空腔, 其两端是可传输光的反射镜, 探针表面能承受高功率密度的激光, 探针前端表面有一微孔, 穿过探针前端微孔的激光, 经探针内部的端反镜及探针内腔, 反射到固定在旋转轴线上的光电传感器, 进行直接检测分析。通过改变探针的旋转速度和平动台的进给步长, 可在相当大的范围内调整检测窗口的大小(0.5<sup>2</sup>~ 60<sup>2</sup> mm × mm); 配合选用带不同直径微孔的空心探针, 既能检测光束又可测量聚焦光斑, 并保证对不同直径的光束或聚焦光斑都有一个恒定的高分辨率。由于空心探针很细(一般直径小于 3mm), 在扫过光束时, 只挡住极小部分光, 且测量时间短, 所以, 可在激光加工过程中实时在线测量。

## 2 UFF100 型激光光束光斑诊断仪的结果显示及应用

该诊断仪可按多种方式对所测激光光束、光斑的形状及功率密度的分布进行数值分析和

显示。图 6 是 TRUMPF 6000W 纵流 CO<sub>2</sub> 激光器光束功率密度分布测量结果的几种显示。图 7 是激光光束经积分镜聚焦后同一光斑测量结果的几种显示。

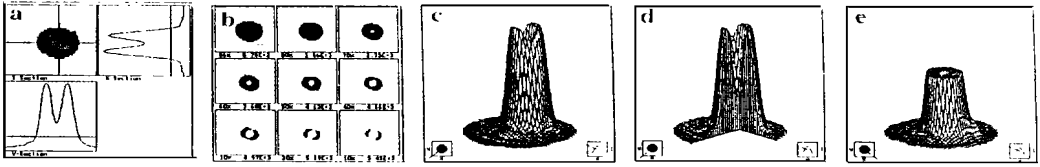


Fig. 6 Measurement of 6000W CO<sub>2</sub> laser beam power intensity distribution.

a—X, Y section,  $\varphi = 13.84\text{mm}$  b—intensity section distribution c—3-D intensity distribution d—3-D section distribution e—3-D intensity cutting distribution

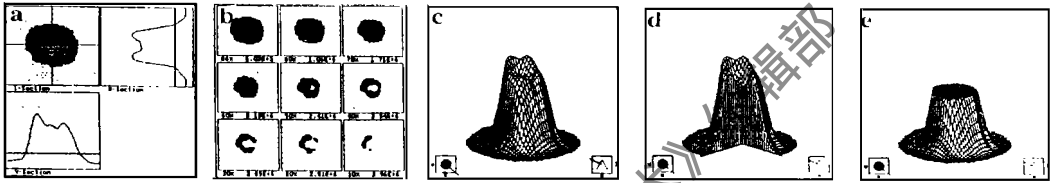


Fig. 7 Measurement of beam focal point after focused by a integral mirror.

a—X, Y section,  $\varphi = 0.568\text{mm}$  b—intensity section distribution c—3-D intensity distribution d—3-D section distribution e—3-D intensity cutting distribution

通过对大功率光束光斑的诊断,能获得大功率激光光束的尺寸、模结构、束腰位置、焦点大小、聚焦光斑形态、强度截面分布等测量参数,能评判激光束的光束质量和稳定性,为制造大功率的激光器及聚光镜、反射镜等光学元件提供基本的检测数据,为进行各种材料的大厚度、长距离的激光快速焊接和切割等大的加工范围激光加工质量的提高提供最基本的数据。

国内激光光束质量诊断仪的研制起步较晚,但已引起重视。近几年来,已开始激光光束诊断仪的研究,采用的方法有分光束法和辐带轮法。这两种测试仪的测量精度较低,不宜对聚焦光斑进行检测,也不能实现在线检测,和国外的仪器相比尚有一定的差距。

### 参 考 文 献

- 1 Ruff J A, Siegman A E. Appl Opt, 1992; 31(24): 4907~ 4909
- 2 Lim G C, Steen W M. Optics and Laser Technology, 1982; 14(3): 149~ 153
- 3 Gilse J V, Koczera S, Greby D. SPIE, 1991; 1414: 45~ 54
- 4 Culoms A, Hodgson H, Reng N. SPIE Proc, 1988; 1024: 791~ 796
- 5 Laserscope UFF 100, product of prometec GmbH, Achen, Germany, 1994

作者简介: 李 强,男,1965 年 6 月出生。副教授。现从事光电技术研究工作。

金江华,男,1973 年 3 月出生。硕士生。现从事激光加工技术研究工作。

王智勇,男,1971 年 7 月出生。博士。现从事激光加工技术及大功率激光光束传输研究工作。