

■ 湖北省“十一五”图书重点出版规划项目

高功率横流CO₂ 激光器及其应用

High Power Transverse Flow CO₂ Laser and Its Applications

唐霞辉 编著



华中科技大学出版社
<http://www.hustp.com>

■ 湖北省“十一五”图书重点出版规划项目

高功率横流CO₂ 激光器及其应用

High Power Transverse Flow CO₂ Laser and Its Applications

唐霞辉 编著



华中科技大学出版社
<http://www.hustp.com>

图书在版编目(CIP)数据

高功率横流 CO₂激光器及其应用/唐霞辉 编著. —武汉:华中科技大学出版社,
2008 年 9 月

ISBN 978-7-5609-4631-3

I. 高… II. 唐… III. 二氧化碳激光器-研究 IV. TN248.2

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 086541 号

高功率横流 CO₂激光器及其应用

唐霞辉 编著

策划编辑:杨志锋

责任编辑:熊彦

责任校对:朱霞

封面设计:范翠璇

责任监印:周治超

出版发行:华中科技大学出版社(中国·武汉)

武昌喻家山 邮编:430074 电话:(027)87557437

录 排:华中科技大学惠友文印中心

印 刷:武汉中远印务有限公司

开本:787mm×960mm 1/16

印张:18.25

字数:342 000

版次:2008 年 9 月第 1 版

印次:2008 年 9 月第 1 次印刷

定价:49.80 元

ISBN 978-7-5609-4631-3/TN·119

(本书若有印装质量问题,请向出版社发行部调换)

作者简介



唐霞辉，男，1963年11月生，湖南省桃江县人，华中科技大学光子科学与工程学院激光工程系主任、教授、博士生导师，激光加工国家工程研究中心副主任。主要从事高功率气体激光器及其应用的研究开发，承担国家、省部级科研项目10多项以及重要横向科研课题近50项。获省部级科技进步一、二等奖各一项。发表论文50多篇，获发明专利3项，出版专著《激光焊接金刚石工具》。

内 容 提 要

本书系统地介绍了高功率横流 CO_2 激光器的发展动态、原理、结构、单元技术及器件、系统集成,以及其在深熔焊接、表面改性等方面的应用。

全书共分 10 章,包括 3 部分内容:前 5 章介绍高功率横流 CO_2 激光器国内外最新发展动态、激光器的结构原理、气体流动与热交换、气体放电与激励电源、光腔结构与光束质量等;第 6、7 章介绍高功率横流 CO_2 激光器及其加工系统中的主要光学元器件、光束传输与聚焦、高功率激光焊接系统、专用及多功能五轴、六轴、七轴激光表面改性系统;第 8、9、10 章介绍高功率横流 CO_2 激光加工技术及其工程应用——包括激光深熔焊接基本原理及其在金刚石工具、汽车齿轮、汽车安全气囊气体发生器等焊接中的应用,激光表面淬火与熔覆工艺及其在钢铁轧辊表面熔凝淬火、石油化工零件表面修复等方面的特殊应用。

本书反映了作者单位 30 多年来从事高功率横流 CO_2 激光器的理论研究、技术开发、工程应用等方面的成果,对高功率 CO_2 激光器的发展起到承前启后的作用。本书可供从事激光器的研究开发、工程应用的研究人员和相关工程技术人员阅读,也可以作为相关专业的教师、博士生、硕士生、本科生的参考书。

前 言

目前,工业用高功率 CO_2 激光器主要有横流、纵流和扩散冷却板条三种类型。其中,横流 CO_2 激光器具有输出功率大、光电转化效率高、单位功率造价低等特点,主要应用于材料表面改性和深熔焊接,是材料加工中使用最广泛的激光器之一,在我国激光加工产业中具有重要的地位。为了能给从事高功率横流 CO_2 激光器研究开发及工程应用人员提供一本系统的参考书,华中科技大学激光加工国家工程研究中心总结 30 多年在横流 CO_2 激光器的理论研究、技术开发、工程应用等方面的成果,并参考国内外有关文献资料,特编写此书,以期对横流 CO_2 激光器及其应用发展有所帮助。

全书共分 10 章,主要包括横流 CO_2 激光器、光学元器件与激光加工系统、激光焊接与激光表面改性应用等 3 方面内容。

第 1 章主要介绍高功率横流 CO_2 激光器的国内外发展动态,重点介绍了我国高功率横流 CO_2 激光器技术研究和产业化历史、现状与发展趋势,以及横流 CO_2 激光器在先进制造技术中的应用。第 2 章介绍了高功率横流 CO_2 激光器的基本结构、工作原理、信号检测与系统控制、输出特性及参数模拟计算,以及横流 CO_2 激光器新结构与新技术。第 3 章介绍了横流 CO_2 激光器工作气体的成分和作用、气体流动、热交换及冷却系统。第 4 章分析了横流 CO_2 激光器直流放电特性,介绍了高频激励、无声放电、射频激励、微波放电特点及国内外发展动态,重点介绍了开关电源的结构、脉冲放电特性以及脉冲波形参数。第 5 章介绍了横流 CO_2 激光器增益区分布及检测,分析了横流 CO_2 激光器光腔设计的基本原理,综述了单腔、V 形折叠腔、U 形腔、N 形三折腔、五折腔、七折腔等光腔结构。第 6 章介绍了光学元器件材料、镀膜工艺、高功率 CO_2 激光器光学镜片选择方法,重点介绍了目前高功率 CO_2 激光器谐振腔镜片以及光束传输、变换、聚焦的光学元器件。第 7 章分析了高功率 CO_2 激光加工系统的光束传输过程及其影响因素、光束传输与聚焦单元器件,重点介绍了三工位横流 CO_2 激光焊接系统和大型金属零件表面激光改性加工系统。第 8 章分析了激光深熔焊接原理与特点、粉末冶金材料激光焊接机理,重点介绍了横流 CO_2 激光器在金刚石工具、汽车齿轮、汽车安全气囊气体发生器等焊接中的应用。第 9 章主要介绍了横流 CO_2 激光表面淬火技术及其应用,包括熔凝淬火基本工艺及淬火金相组织、轧辊表面激光强化处理的应用和其他激光表面淬火应用。第 10 章介绍了横流 CO_2 激光熔覆基本工艺、熔覆缺陷分析、常用粉末和典型工程应用。

全书由唐霞辉教授统一编写。秦应雄老师主要参与编写。柳娟、彭浩、邓前松等老师协助编写。李家镕教授提供技术支持。王汉生、程愿应、朱国富、石裕友、胡德全、何建平、彭战非、方汉生等教授及工程技术人员为本书提供相关技术资料。钟如涛博士参与了第6章、第7章的部分编写。博士研究生李根参与了全书整理、校对、绘图等重要工作。博士研究生肖瑜及硕士研究生杨卫红、夏芳、武建强、张扬、张焱等参与本书部分章节的资料收集与整理工作。

感谢华中科技大学光电子科学与工程学院、武汉光电国家实验室(筹)、激光加工国家工程研究中心的相关领导对本书出版给予的支持和鼓励。

衷心感谢李再光教授、丘军林教授、李家镕教授、程祖海教授、陈清明教授等横流激光资深专家审阅了全书,提出了许多宝贵意见,尤其是丘军林教授对本书提出了非常详细的修改补充意见,使作者受益匪浅。感谢朱晓、曾晓雁、王又青等教授给予的支持鼓励。感谢中国光学学会激光加工专业委员会主任邓树森研究员和南京东方邓鸿林总工程师对本书出版给予的鼓励。

本书参考了华中科技大学、上海光学精密机械研究所等国内外有关单位及同行专家的相关文献和书籍,引用了 Rofin-Sinar 公司、II-VI 公司、KUGLER 公司以及国内相关科研机构与企业的技术资料。作者在此一并致以衷心感谢!

由于作者水平有限,书中难免有欠妥和错误之处,敬请广大读者批评指正。

编者

2008 年 6 月

CONTENTS

目 录

第 1 章 横流 CO ₂ 激光器国内外发展动态	(1)
1.1 横流 CO ₂ 激光器国外发展动态	(1)
1.2 横流 CO ₂ 激光器国内发展动态	(5)
1.2.1 横流 CO ₂ 激光器技术发展	(5)
1.2.2 横流 CO ₂ 激光器的产业化	(7)
1.3 横流 CO ₂ 激光器在先进制造技术中的应用	(13)
参考文献	(16)
第 2 章 横流 CO ₂ 激光器工作原理及结构	(17)
2.1 横流 CO ₂ 激光器的工作原理	(17)
2.2 横流 CO ₂ 激光器基本结构	(19)
2.2.1 放电盒	(19)
2.2.2 谐振腔结构	(23)
2.2.3 气体流动系统	(23)
2.2.4 冷却系统	(25)
2.2.5 激光电源	(27)
2.3 横流 CO ₂ 激光器信号检测与系统控制	(28)
2.3.1 信号测控	(29)
2.3.2 高功率 CO ₂ 激光功率测量	(34)
2.3.3 横流 CO ₂ 激光器集成控制系统	(37)
2.4 横流 CO ₂ 激光器输出特性及参数模拟计算	(40)
2.4.1 输出特性	(40)
2.4.2 横流 CO ₂ 激光器特性参数计算	(42)
2.5 横流 CO ₂ 激光器新技术及特殊结构	(44)
2.5.1 旋流 CO ₂ 激光器	(44)
2.5.2 约束放电激励 CO ₂ 激光器	(45)
2.5.3 高频激励 CO ₂ 激光器	(47)
参考文献	(48)

第3章 横流 CO₂激光器工作气体	(50)
3.1 气体成分及其对激光输出的影响	(50)
3.1.1 气体成分及其作用	(50)
3.1.2 混合气体对激光器输出特性的影响	(52)
3.1.3 无 He 运行及气体优化	(54)
3.2 气体流动	(56)
3.2.1 风机设计	(57)
3.2.2 离心式风机气体流动实验及性能曲线	(63)
3.3 气体热交换计算	(69)
3.3.1 翅片管式热交换器计算	(69)
3.3.2 流道温度测试	(75)
3.4 横流 CO ₂ 激光器冷却系统	(77)
参考文献	(78)
第4章 气体放电及激励电源	(80)
4.1 横流 CO ₂ 激光器直流放电特性	(80)
4.1.1 直流辉光放电原理	(80)
4.1.2 针板式放电等值电路及其分析	(81)
4.1.3 气体放电稳定性机理	(84)
4.1.4 放电稳定性影响因素及改善方法	(86)
4.2 工频直流激励	(89)
4.2.1 CO ₂ 放电特征时间及激励电源分类	(89)
4.2.2 工频-直流激励电源	(90)
4.3 开关电源激励	(96)
4.3.1 开关电源电路原理与结构	(96)
4.3.2 开关电源放电特性	(100)
4.4 高频激励及射频激励	(110)
4.4.1 无声放电	(111)
4.4.2 高频放电	(112)
4.4.3 射频激励	(115)
参考文献	(119)
第5章 横流 CO₂激光器光腔技术	(121)
5.1 横流 CO ₂ 激光器增益区	(121)
5.1.1 增益区分析测量	(122)
5.1.2 光轴位置	(124)
5.2 横流 CO ₂ 激光器光腔结构	(127)

5.2.1 光阑限模稳定腔	(127)
5.2.2 折叠腔基本设计	(130)
5.2.3 横流 CO ₂ 激光器折叠谐振腔	(133)
5.2.4 圆锥面反射镜谐振腔	(151)
5.2.5 平面-直角内圆锥面激光谐振稳定性分析	(156)
参考文献	(160)
第 6 章 高功率 CO₂激光光学元器件	(162)
6.1 光学元器件材料及工艺	(162)
6.1.1 基体材料	(162)
6.1.2 镜片镀膜材料及工艺	(165)
6.2 高功率 CO ₂ 激光光学镜片选择	(169)
6.2.1 激光器谐振腔镜片	(169)
6.2.2 透射式聚焦镜片	(172)
6.2.3 平面反射镜及反射聚焦镜	(176)
参考文献	(188)
第 7 章 横流 CO₂激光加工系统	(189)
7.1 高功率 CO ₂ 激光加工系统的光束传输	(189)
7.1.1 光束传输的影响因素	(189)
7.1.2 光束传输与聚焦单元器件	(191)
7.2 横流 CO ₂ 激光焊接系统	(196)
7.2.1 三工位激光焊接系统	(196)
7.2.2 自动金刚石薄壁钻头激光焊接系统	(198)
7.3 横流 CO ₂ 激光表面改性系统	(202)
7.3.1 专用激光改性成套系统	(203)
7.3.2 多功能激光加工系统	(206)
参考文献	(211)
第 8 章 横流 CO₂激光深熔焊接及应用	(212)
8.1 激光深熔焊接机理及特点	(212)
8.1.1 光致等离子体对入射激光的影响	(212)
8.1.2 光致等离子体控制	(213)
8.1.3 激光深熔焊小孔效应	(217)
8.2 横流 CO ₂ 激光焊接粉末冶金材料及金刚石工具	(220)
8.2.1 激光焊接金刚石刀头过渡材料及基体材料	(220)
8.2.2 激光焊接工艺特点及工艺参数	(222)
8.2.3 激光焊接气孔缺陷分析	(224)

8.2.4 基于神经网络的粉末冶金材料激光焊接工艺优化	(227)
8.3 横流 CO ₂ 激光焊接在汽车工业的应用	(234)
8.3.1 汽车变速箱齿轮的激光焊接	(235)
8.3.2 汽车安全气囊气体发生器的激光焊接	(236)
参考文献	(238)
第 9 章 横流 CO₂ 激光表面淬火技术及其应用	(239)
9.1 熔凝淬火基本工艺及淬火金相组织分析	(239)
9.1.1 激光熔凝淬火工艺及特点	(239)
9.1.2 常见轧辊熔凝淬火显微组织和性能分析	(243)
9.1.3 轧辊表面激光强化缺陷分析	(253)
9.2 轧辊表面激光强化处理的应用	(254)
9.2.1 轧辊表面强化效果分析	(254)
9.2.2 实际应用举例	(258)
9.3 激光表面淬火其他应用	(261)
参考文献	(262)
第 10 章 横流 CO₂ 激光熔覆技术及其应用	(263)
10.1 激光熔覆的基本原理及工艺	(263)
10.1.1 激光熔覆的传质过程	(263)
10.1.2 激光熔覆合金粉末	(266)
10.1.3 激光熔覆质量控制	(271)
10.2 横流 CO ₂ 激光熔覆工程应用	(274)
10.2.1 实用化激光熔覆自动送粉器	(275)
10.2.2 激光熔覆应用实例	(277)
参考文献	(280)

横流CO₂激光器国内外发展动态

CO₂激光器具有输出功率高、光电能量转换效率高等特点,它所发射激光的波长正好适于在大气中传输。在材料加工中,CO₂激光器仍然是目前应用最广泛的一种激光器。目前,工业用高功率 CO₂激光器主要有横流、纵流和扩散冷却板条三种类型。横流 CO₂激光器制造和运行成本低、输出功率高,主要用于表面改性和焊接。本章将系统地介绍横流 CO₂激光器的国内外发展动态及其在先进制造技术中的应用。

1.1 横流 CO₂激光器国外发展动态

德国、美国、日本三国的激光技术及产品代表了当今世界在该领域的发展趋势。世界激光产业中市场分布为:美国及北美其他地区约占 54%,欧洲约占 27%,日本约占 19%,其中,德国的工业激光处于世界领先地位。国外工业激光技术发展特点之一是,以高光束质量、高稳定性、高效率 CO₂激光器及集成化为代表的先进制造技术得到迅速发展。

横流技术从 20 世纪 60 年代末发展起来。第一代 CO₂激光器大部分都是采用直流放电激励(DC)的方法。随后发展成具有预电离的直流维持放电的技术,其利用了电子束、脉冲或高频预电离源。针板式直流放电激励横流 CO₂激光器实现了 30 kW 功率输出,其电光效率达 16.5%。美国光谱物理公司、德国 Rofin-Sinar 公司主要生产 1.5~6 kW 高功率横流 CO₂激光器;联合工艺公司主要生产 5~30 kW 高功率横流 CO₂激光器;燃烧工程公司生产 1 kW、5 kW 和 10 kW 高功率横

流 CO₂ 激光器(以色列 MLI 公司的专利)。

70 年代后期开始发展了高频电激励的 CO₂ 激光器,被称为第二代高功率 CO₂ 激光器。日本和德国的科学工作者进行了高频(HF)、射频(RF)、微波(MW)激励工业用 CO₂ 激光器的研究和开发。高频(HF)激励或称无声放电(SD)高功率 CO₂ 激光器,激励频率为 30~200 kHz,可获得 1~5 kW 的激光功率。

20 世纪 80 年代激光技术高速发展,射频激励横流 CO₂ 激光器达到 1~10 kW 的输出水平。德国 Laser Innovation 公司发展的射频激励横流高功率 CO₂ 激光器,采用 Al₂O₃ 陶瓷覆盖电极^[1],电源频率为 13.56 MHz,输出功率为 1~3 kW。德国 Rofin-Sinar 公司则开发出 1.5~10 kW 射频激励快轴流高功率 CO₂ 激光器,射频激励频率分别为 13.56 MHz 和 27.12 MHz。微波激励的 CO₂ 激光器的激光功率为 0.5 kW 和 1 kW,并发展了 8 kW 的振荡-放大系统,激励频率为 2.45 GHz^[2]。

德国 Rofin-Sinar 公司是世界上最大的高功率气体激光器制造商^[3],其年产量约占世界同类产品的 1/4,其横流激光代表产品是 HF860 型 6 kW 高功率 CO₂ 激光器。世界上较早生产高功率横流 CO₂ 激光器的公司较多,各有其特点,美国光谱物理公司产品的额定功率分为 1.2 kW、1.25 kW、2.5 kW 及 5 kW 四种,其性能指标见表 1-1。表 1-2 为美国、日本各公司开发生产的高功率横流 CO₂ 激光器^[4]。

表 1-1 美国光谱物理公司的四种型号横流 CO₂ 激光器性能指标

型 号		820 型	971 型	973 型	975 型
连续输出功率/kW		1.2	1.25	2.5	5
稳定性		±5%	±5%	±5%	±5%
光束直径(全功率)/mm		24	24	46	46
气体消耗 (L/h)	CO ₂	2.4	2.3	4.2	8.5
	He	52.4	51	56.6	113.3
	N ₂	11.3	11.3	25.5	51.0

表 1-2 美国、日本各公司生产的高功率横流 CO₂ 激光器一览表

制 造 厂	激光功率/kW	放电腔形式	光束模式
美国 AVCO	10、15	三轴相互垂直型(电子束预电离)	环形模
美国 Spectra-Physics	1.2、2.5、5.0	三轴相互垂直	多模
日本三菱电机	1.0、3.0、5.0、10.0	三轴相互垂直型	多模
日本东京芝浦电气	1.5(1.0)、1.2	两轴相互垂直型	准单模
	3.0(1.5)、5.0	两轴相互垂直型	多模

德国 Rofin-Sinar 公司生产的 1.5~6 kW 高频激励横流 CO₂激光器的结构如图 1.1.1 所示,气流通过放电盒,采用折叠光腔,光束质量和激光功率适合大部分焊接设备。图 1.1.2 为 8 kW 横流 CO₂激光器(ROFIN 880HF)外观图。

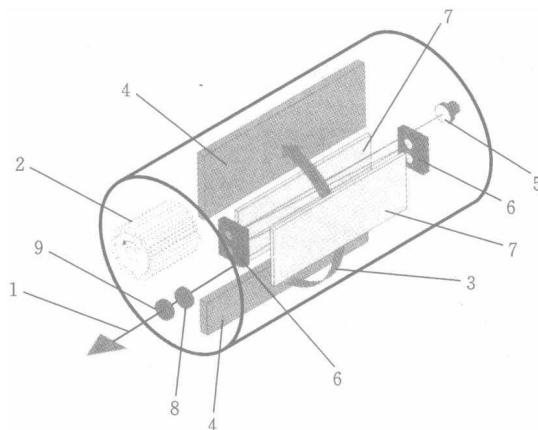


图 1.1.1 Rofin-Sinar 高频激励横流 CO₂激光器结构示意图

- 1—激光光束;2—风机;3—气流方向;4—热交换器;5—尾镜;
6—折叠镜;7—高频电极;8—输出镜;9—输出窗口

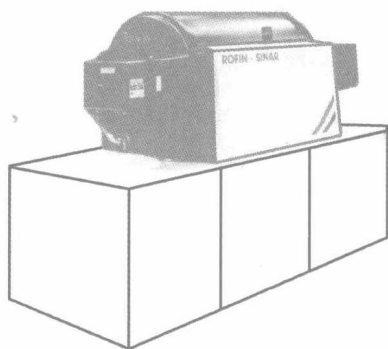


图 1.1.2 Rofin-Sinar 8 kW 横流 CO₂激光器(ROFIN 880HF)

Rofin-Sinar 公司将横流 CO₂激光器应用于单工位大齿轮焊接系统,采用 RS840HF 型 4 kW 高频激励激光器;双工位大齿轮焊接系统采用 RS830HF 高频激励激光器。

RS800 系列产品的功能近乎完美,比如结构紧凑,6 000 W 的设备(含电源与控制器)占地仅 2.235 m×1.441 m;性能稳定可靠,适合各类工业环境;采用微机控制、带自诊断系统;光腔自准直,更换光腔内光学元件无须准直;阴极免清洗。RS800 系列有 1 500 W、3 000 W、4 000 W、5 000 W、6 000 W 和 8 000 W 等九种功率输出机型,主要用于焊接与材料的表面处理,如热处理、涂敷、合金化和重熔。

除可以焊接 8 mm 厚的低碳钢外,还特别适合焊接钛合金、锆合金和铝合金。

以色列生产的 2~10 kW 系列横流 CO₂ 激光器如图 1.1.3 所示。文献[5]介绍的 ML-108 横流连续 CO₂ 激光器,能长时间连续工作,输出稳定、可靠的高功率激光光束,可作为生产线的加工设备。较适宜用作激光焊接、表面热处理,表面合金化和表面涂覆等材料加工用途,特别是用于激光深熔焊。

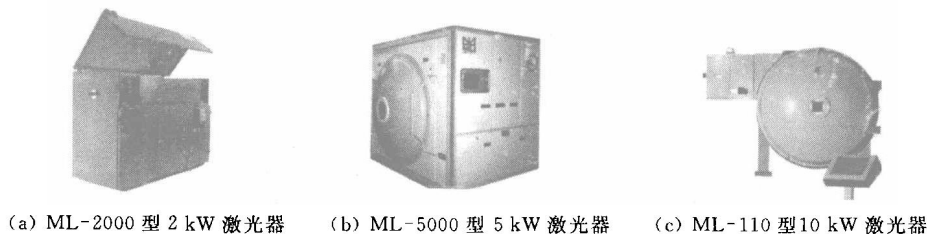


图 1.1.3 ML 系列激光器

ML-108 横流 CO₂ 激光器采用高频高压交流电在激光谐振腔内辉光放电,并采用空心选模镜选模和维持光束的连续振荡,优选和输出光路外侧光强度高的低阶模光束,得到 TEM₀₁ 环形低阶模光束。经选模镜选模后穿过输出窗口,输出空心圆环形激光光束,经光束处理器进行输出功率检测、恒定功率闭路循环调整、光束模式检测和模式闭环调整,最后由反射式聚焦镜聚焦成为加工用光束。

ML-108 横流 CO₂ 激光器有如下特点:①输出功率高(可达 7 kW),光束质量好,输出模式和功率等性能稳定,可长时间连续工作;②采用先进的交流高频气体激励技术,消除了闪弧失效和电极损耗;③采用方形折叠式光学谐振腔,克服了因存在沿气流方向的气体温度梯度引起的光束倾斜和失真及光强不均匀性;④具有稳定的光学设计,采用了温度稳定的、对称性及尺寸稳定性好的铝质悬挂式光学支承机构,有效地消除高速冷却风机等机械和人为因素引起的振荡对谐振腔的光学结构的影响。

美国“AVCO Everett”及“联合技术工业”研制的横流电激励 CO₂ 激光器^[6],具有体积小、功率高、运转成本低的特点,输出模式均为多模和低阶模。美国 AVCO Everett 实验研究所设计的 HPL 型工业用 CO₂ 激光器,最大输出功率为 15 kW,输出功率可由计算机自动控制,误差保持在 3% 以内,改变时间只需 0.1 s。

我国从国外进口的高功率横流 CO₂ 激光器主要分为两类:一类是多模横流激光器(单腔、直流激励、无脉冲功能),主要从以色列 MLI 公司、德国 Heraeus 公司及前苏联进口,功率为 2~9 kW,仅能作表面处理;另一类是光束质量较好的横流器件(光路七折腔、高频激励、有脉冲功能),如德国 Rofin-Sinar 公司的 RS-850 型 5 kW 器件,国内用于汽车同步齿轮的焊接,美国 Spectra-Physics 公司的 SP820 型

1.5 kW 横流器件(光路七折腔、直流激励、无脉冲功能、输出低阶模光束)主要用于切割。

1.2 横流 CO₂激光器国内发展动态

1.2.1 横流 CO₂激光器技术发展

20 世纪 60 年代末,我国已开始了高功率 CO₂激光器的发展及其应用的研究,我国有关部委一直都把激光技术列入了发展计划,也取得了一大批有水平的科研成果。

从 70 年代末开始,华中理工大学(华中科技大学)、上海光学精密机械研究所、沈阳机电研究设计院、中国科学院力学所和北京机电设计院等单位均先后研制成功千瓦级横流 CO₂激光器,并在 80 年代初先后通过样机鉴定。在此基础上,1983 年由原国家科委高新技术司提出了“六五”科技攻关项目“激光热处理成套设备的研制”,将 2 kW、5 kW 横流 CO₂激光器、激光热处理工艺、激光功率计等都纳入了国家科技攻关计划,华中理工大学(华中科技大学)、上海光学精密机械研究所相继研制成 1~2 kW 横流 CO₂器件。在“六五”完成的基础上,又提出了 10 kW 横流 CO₂激光器、1 kW 无 He 横流 CO₂激光器及几条激光热处理生产线的“七五”科技攻关计划。到 80 年代末期,上海雷鸥激光设备有限公司、华中理工大学(华中科技大学)开始生产 1~5 kW 的横流 CO₂激光器,大恒公司开始生产激光热处理成套设备。这些工作为 90 年代的激光材料加工的发展奠定了坚实的基础^[6-8]。南京 772 厂于 1986 年引进美国 Spectra-Physics 公司 SP820 型横流激光器样机进行仿制。该机是在 Salvania 单光路腔改进成七折腔的基础上制成的,可直接进行近 2 kW 的低阶模输出,适合于作切割及焊接用。广西工学院、沈阳机电研究设计院、湖南大学等单位都研制了高功率横流 CO₂激光器^[9]。

中国科学院上海光学精密机械研究所承担的 6 kW 横流 CO₂激光器研究项目^[10],是国家科委下达的“九五”国家重点科技攻关计划,适应了我国激光加工应用的发展。当时冶金、汽车等行业的激光加工迫切需要输出功率大于 6 kW 的 CO₂激光器,进行大型轧辊等部件的深层激光淬火,材料的合金化、熔覆等工作。其激光最大输出功率为 6 kW,一次充气连续工作时间大于 8 小时。在原有横流 CO₂激光器的基础上采用两台 3 kW 激光器串接的方案,并提出一种“双针”增强型预电离技术,解决了大体积、高气压下放电的均匀性和稳定性的难题,增加了输入功率。

在激光技术研究工作方面,湖北省历经几代人的奋斗,已经成为我国激光技术研究、激光产业和激光专业人才培养的重要基地之一,具有较强的技术和产业优势。通过整合省内激光资源,在国内率先提出了建立“武汉·中国光谷”的建议。在激光技术和产业化领域,湖北省具有完备的学、研、产国家级基地。作为湖北省乃至我国工业激光技术重要源头的华中科技大学(原华中理工大学),于70年代初在我国率先开展激光技术研究,拥有光电国家实验室(筹)、激光技术国家重点实验室、激光加工国家工程研究中心,是我国工业激光技术实力最为雄厚的单位之一。该校长期从事横流 CO₂ 激光器的研究及产业化工作,研制出 2 kW、5 kW、10 kW 横流 CO₂ 激光器并于 1988 年进行了万瓦激光器鉴定(如图 1.2.1 所示),开创了针板式横流 CO₂ 激光器的一个流派,是我国横流 CO₂ 激光器重要的技术源头单位。他们结合市场需求研制出焊接、切割、热处理、熔覆等多种激光加工成套设备和工艺,在全国推广高功率横流 CO₂ 激光器及成套加工设备 100 多台套,取得显著的经济效益和社会效益,获国家级、省部级成果奖 10 多项,各种专利 50 余项,部分获奖成果如表 1-3 所示。

科研成果鉴定证书	
编号: (87) 教技鉴字 037 号	
项 目 名 称	
针板式万瓦横流 CO ₂ 激光器	
研究试制单位: 华中工学院激光研究所	
组织鉴定单位: 国家科学技术鉴定中心	
鉴 定 日 期: 一九八八年一月十五日	

图 1.2.1 “针板式万瓦横流 CO₂ 激光器”鉴定成果证书