

文章编号: 1001-3806(2002)03-0229-02

军用激光器维修性研究

程 勇 孙 斌 王小兵 王古常
(武汉军械士官学校光电研究所, 武汉, 430064)

摘要: 分析了现有激光器维修性差的现状, 给出了一种免调试激光器, 并对该激光器进行了维修性验证试验, 结果平均修复时间由原来的 8.12h 减少到 0.8125h。

关键词: 维修性; 激光器维修性; 免调试激光器

中图分类号: THF45; TN248 文献标识码: A

Military laser maintainability

Cheng Yong, Sun Bin, Wang Xiaobing, Wang Guchang

(Facility for Optoelectronics, Wuhan Ordnance Noncommissioned Officers School, Wuhan, 430064)

Abstract The present status of laser maintainability is not ideal, so an adjust-free laser is put forward and maintainability test experiment has been done on the laser. It shows that the mean time to repair reduces from 8.12h to 0.8125h.

Key words: maintainability; laser maintainability; adjust free laser

引 言

激光器作为现代军事高技术激光武器的核心, 已广泛应用于激光测距及目标指示、激光雷达与制导、激光致盲与光电对抗以及激光武器等装备中, 大大改变了武器装备的性能和作战方式。然而, 现有激光装备在设计时受激光器器件技术水平的限制, 激光器的可靠性往往以牺牲维修性为代价, 导致激光装备在部队使用和维修过程中暴露出一系列问题, 直接表现在激光器维修性差、维修等级高, 部队条件下难以修理。由于维修经费高、维修周期长, 严重影响了部队的战备训练。不能适应装备可靠性、维修性的设计使用要求。

1 维修性分析

维修与维修性具有不同的含义。维修是使用者为保持或恢复其所用系统或装备的可使用状态所采取的行动。维修性则是在系统或装备的研制过程中, 设计者为把增进维修方便的特点结合到设计中去所采取的措施, 是一种便于维修的设计的内在性能^[1]。因故障和后继的维修所花去的使用与保障

费用巨大, 在装备寿命周期内维修费用超过装备购置费的 3~10 倍^[2], 故必须强调维修性。维修性好的产品能保证配备到部队的装备在生产、安装和使用中具有最少的保障费用和最短的平均修复时间。

1.1 现有激光器存在的主要问题

平-平腔激光器在现有军用激光装备中普遍采用, 这种激光器要求两腔镜平行度控制在秒级, 这么高的精度带来了一系列问题: (1) 维修性差: 激光器在生产与维修中其安装调试非常困难(通常一名熟练的技术人员借助专门的工具、设备需要 16 工时才能完成安装调试), 封装固化的激光器装调工艺复杂且无法维修。(2) 可靠性差: 在使用过程中受到震动、冲击、温度变化等影响容易失调, 导致激光输出能量下降、光束质量变差, 严重时不出激光; 激光器难以通过美军标规定的试验要求。(3) 成本高: 激光器结构复杂, 装调工艺复杂, 占用工时多, 粘接固化的激光器件易出现废品, 生产成本高, 维修等级高, 维修费用高。其次, 现有激光器光束质量差, 在大气传输中易出现盲区, 传输能力有限。此外, 激光器失效是难以避免的, 如光腔失调、冷却水污染或阻塞, 泵灯老化或损坏, Q 开关失效, 触发丝折断等。据不完全统计, 激光器故障占装备故障率的 30%, 而其维修费用占装备维修费的 60%。

作者简介: 程 勇, 男, 1961 年出生。高级讲师。现主要从事军用激光器件与技术的研究。

收稿日期: 2001-04-03

1.2 现有激光器的维修性

激光器的维修性是通过对其故障实施修理所需的平均修复时间(MTTR)来衡量的。下面以83式激光测距机中的激光器修理所需的平均修复时间为例,分析其维修性。83式激光器由激光棒、平-平谐振腔、Q开关、氙灯及触发丝、电路等可修件或更换件组成,各可维修元件的平均无故障时间(MTBF_i)、故障率(λ_i)、修复时间(t_i)如表1所示。

Table 1 MTBF_i, λ_i , t_i vs components

components	lamp & trigger	Q switch	cavity	laser material	circuit
MTBF _i /h	1000	500	300	1000	500
λ_i	0.001	0.002	0.0033	0.001	0.002
t_i /h	3	0.5	16	18*	0.5

* 更换激光棒要重新调试谐振腔

由平均修复时间的方程: $MTTR = \sum_{i=1}^n \lambda_i t_i \setminus \sum_{i=1}^n \lambda_i$, 计算得 $MTTR = 8.12h$ 。

可见,83式激光器故障平均修复时间太长,器件维修性差。不能满足光学仪器现场换件修理平均修复时间 $MTTR < 6h^{[3]}$ 的要求,不能适应部队装备靠前、就近、现场换件修理的发展需要。某些军用激光装备中,为提高激光器的抗失调稳定性,采用粘接、封装等固化措施,如85手持式激光测距机、DC9F200型炮兵测地车激光测距机,虽提高了可靠性,但通常为一次性使用,不具有维修性。

2 激光器维修性设计与试验

从表1可看出,导致激光器故障平均修复时间长、维修性差的主要原因是谐振腔。故激光器谐振腔的结构设计是改善和提高激光器维修性的重点。

2.1 免调试激光器结构设计

采用定向棱镜替代普通激光器中谐振腔的全反镜(M₁),将输出镜(M₂)直接镀膜固化在激光棒的一端,由于

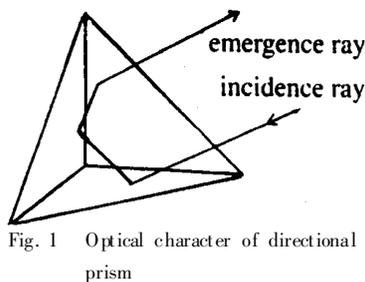


Fig. 1 Optical character of directional prism

定向棱镜具有全内平行反射特性(图1所示),能够自动选择与光轴平行的自发辐射光子优先振荡,其失调角高达 $\pm 2\theta$,中心可偏离腔轴 $D/4$ (D 为激光棒径),在结构上保证了激光器安装后不经调试即可正常运转的免调试功能。其试验装置如图2所示。

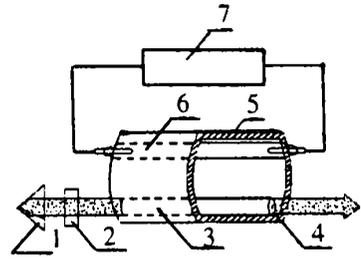


Fig. 2 Experimental setup

1- directional prism 2- Q switch 3- laser rod; 4- plan output mirror 5- focus light cavity 6- pump lamp 7- power supply

2.2 维修性验证试验

将按可维修性设计的免调试激光器分别在83式、85手持式、88式等军用激光测距机中进行试用、环境试验和排故试验。

试用表明,该激光器具有极强的抗失调能力,提高了激光器的可靠性和使用寿命;明显改善光束质量,避免了盲区,提高了测距能力^[4]。

环境试验表明,免调试激光器经振动、冲击、高温($60^\circ\text{C} \pm 2^\circ\text{C}$)、低温($-50^\circ\text{C} \pm 2^\circ\text{C}$)环境试验后,激光斑点、阈值电压、坪区电压范围、输出能量等指标一致性好,符合美军标的检验要求。

排故试验表明,免调试激光器拆装方便,不需借助调试工具、设备,一般人员只需0.5h即可完成谐振腔、激光棒的拆装排故任务,使激光器的平均修复时间由8.12h缩短到0.8125h。

3 结论

免调试激光器的研制成功是激光技术领域的突破性进展,大大提高了军用激光器的维修性和可靠性。生产中,免去了复杂的调试工艺,降低了生产成本;使用中,较好地解决了现有激光器在恶劣环境下使用可靠性差的难题,大大降低了激光器故障率;具有免维护,便于维修的优点,降低了对维修人员的技术要求,节约了大量的维修经费,可实现部队现场修理。在激光测距机中应用明显提高了测距性能。免调试固体激光器容易对相关的激光设备进行改装,不论军用、民用都具有替代现有激光器的应用前景。

参考文献

- [1] MIL-STD-721B. Definition of Effectiveness Terms for Reliability, Maintainability, Human Factors, and Safety, 1966.
- [2] 甘茂治, 戈新民, 贺善得 *et al.* 可维修性工程理论与应用. 北京: 解放军战士出版社, 1983.
- [3] 许芹祖, 汪岳峰, 任宏岩 *et al.* 军用光学仪器战场抢修手册. 石家庄: 军械工程学院, 1999.
- [4] 程勇, 王小兵, 孙斌 *et al.* 激光技术, 2000, 24(3): 182-184.