

# 激光准直技术与 铁路线路测量

高春雷 王发灯 何国华 编著



中国铁道出版社  
CHINA RAILWAY PUBLISHING HOUSE

# 激光准直技术与铁路线路测量

高春雷 王发灯 何国华 编著

中国铁道出版社

2012年·北京

## 内 容 简 介

本书以激光准直技术为中心,全面介绍了激光准直基本测量原理和在我国铁路行业内的现状、运用和发展过程。从一维激光准直技术到二维激光准直技术,再到测量铁路线路长波不平顺的激光长弦轨道检查仪,本书对于每一种准直系统都从系统组成、工作原理、主要技术参数、主要构成和构成特点、操作使用、定期校准、电气控制系统调试、零点标定、维修保养、常见故障分析和处理等方面分别进行了详尽描述。

本书可供捣固车作业机组人员和工务段线路测量人员在实际工作中学习参考,也可作为铁路线路管理部门了解高等级线路检测技术的参考书。

### 图书在版编目(CIP)数据

激光准直技术与铁路线路测量/高春雷,王发灯,  
何国华编著. —北京:中国铁道出版社,2012.12  
ISBN 978-7-113-15743-2

I. ①激… II. ①高…②王…③何… III. ①激光准  
直仪-应用-铁路测量-线路测量 IV. ①U212.24

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2012)第 290493 号

书 名:激光准直技术与铁路线路测量

作 者:高春雷 王发灯 何国华编著

策 划:时 博

责任编辑:时 博 编辑部电话:010-51873141 电子邮箱:crph@163.com

封面设计:崔丽芳

责任校对:张玉华

责任印制:陆 宁

出版发行:中国铁道出版社(100054,北京市西城区右安门西街8号)

网 址:<http://www.tdpress.com>

印 刷:北京精彩雅恒印刷有限公司

版 次:2012年12月第1版 2012年12月第1次印刷

开 本:787 mm×1 092 mm 1/16 印张:5.25 字数:128千

书 号:ISBN 978-7-113-15743-2

定 价:29.00元

### 版权所有 侵权必究

凡购买铁道版图书,如有印制质量问题,请与本社读者服务部联系调换。电话:(010)51873170(发行部)

打击盗版举报电话:市电(010)63549504,路电(021)73187

# 序

随着我国列车运行速度不断提高和高速铁路建设的快速发展,对旅客列车的运行平稳性、旅客舒适度的技术标准提出了更高的要求。理论研究和高速铁路的实践充分表明,只有在高平顺的轨道上才能实现高速行车。高速铁路轨道有别于一般铁路的主要特点就是具有高平顺性,从这个意义上讲,高速铁路建设和修理的核心就是解决高平顺性的问题。

国内外研究表明,旅客列车速度提高后,线路的长波不平顺成为影响车辆平稳性与舒适度的主要因素,这就需要建立能够引导捣固车实现自动起、拨道功能的长基准测量系统,以解决线路长波不平顺的问题。而激光具有方向性好、测距长、亮度高、能量集中等特点,因而成为实现长距离准直测量的理想光源的首选。

20世纪60年代,激光问世,主要用于大地测量和工程测量。70年代,激光准直技术首次应用于液压起、拨道机上,进行了有益的尝试。80年代,我国引进奥地利普拉塞公司08-32型捣固车,配置了激光准直系统,其性能良好,工作稳定,但价格昂贵,维修困难。鉴于此,90年代初,铁道科学研究院铁道建筑研究所开始自主研发捣固车激光准直系统。该系统集“光、机、电”诸技术于一体,技术复杂、精度高、难度大。科研人员经过三年不懈努力,研制成功以He-Ne激光管为光源的一维激光准直系统,替代进口产品。针对该系统激光管需要进口且电源较笨重的问题,继而研制了第二代激光准直系统,即以半导体激光器为光源的激光准直系统。为适应高速铁路建设和修理的需要,在一维激光准直系统长期运用、不断完善和提高的基础上,研制成功以自动寻踪为特点的两维激光准直系统,解决了曲线激光测量难题。而“激光长弦轨道检查仪”则是激光准直技术积累和发展过程中所取得的创新成果。目前,激光准直技术已形成高水平的系列产品,不仅为捣固车的准直作业提供了精确可靠的保证,也为线路长波检测作业提供了有效手段。可以说,这个过程中凝聚了三代铁路工务人的心血和信念,充分体现了在事业发展中的创新精神,而这种精神正是推动大型养路机械不断深入发展所不可或缺的。

《激光准直技术与铁路线路测量》一书由浅入深,理论联系实际,在对长期实践所积累的宝贵经验总结的基础上,对激光准直系统的工作原理、技术参数、性

能特点、结构组成、软件功能等方面做了详尽的介绍,并结合现场应用编写了操作使用方法、维护保养及故障处理等内容,为捣固车作业机组人员、工务部门线路检测人员及相关的技术人员提供了一本实用的专业书籍。相信此书的出版,对提高大型养路机械作业水平和高速铁路测量及修理水平将起到不容忽视的作用。

中国铁道科学研究院 宋慧京

2012年9月

# 前 言

改革开放以来,我国铁路经历了前所未有的快速发展,既有线路六次提速、客运专线和高速铁路相继建成通车,列车运行速度大大提高,快速、安全、舒适的铁路运输成为我国交通运输体系中的骨干运输方式。客运专线和高速铁路的发展,对旅客列车的安全性、舒适性、平稳性提出了更高的要求,除了改进车辆走行系统结构外,更重要的是要不断提高轨道线路的几何状态指标。轨道的几何状态测量要素包括:轨向、前后高低、左右水平、轨距、三角坑等。其中,轨向、高低对于线路的平顺性尤其重要。当列车行车速度达到 200km/h 以上时,人们对线路平顺度的要求已不满足于对短波和三角坑的检测,而必须关注对线路长波不平顺的测量。几十年线路的平顺性测量方法经历了人工目测、钢弦测量、激光准直、全站仪定点测量的发展过程。对线路平顺性要求的不断提高,催生了精密的轨道测量技术。激光准直测控技术正是在铁路现代化发展的背景下得到了快速发展与成熟配套。

中国铁道科学研究院铁道建筑研究所自 1991 年开始,坚持自主创新的技术路线,研制成功以激光准直技术为原理的 JZT-A 型激光准直系统,在引进技术国产化生产的 DC-32 捣固车和 DCL-32 连续捣固车上装备使用,对于提高长直线路的精细捣固作业发挥了关键作用。之后,又完成了以半导体激光器为光源的 JZT-B 型激光准直系统的研制,逐步替代 JZT-A 型激光准直系统,现场使用更加简捷方便。2008 年以后,研制成功以自动寻踪为特点的 JZT-C 型二维激光准直系统,陆续装备于 CDC-16 型道岔捣固车和 DWL-48 型捣固稳定车,满足了对平顺性要求更高的客运专线和高速铁路的捣固作业要求。不断完善和发展的激光准直系统将远距离、高精度的激光测量技术广泛应用于铁路新线建设和既有线路的大修、维修施工中。随着高速铁路线路的陆续建成,具有高低、轨向、轨距、超高、三角坑、里程等综合测量功能的 JGJY 型激光长弦轨道检查仪研制成功,开始在高速铁路正线的直、曲线和道岔区的线路的验收和病害检查中发挥重要作用。

激光准直系统在铁路线路中的应用,已经从一维激光发展到二维激光,再到激光小车测量,进入到解决曲线激光测量难题的阶段。可以看出,激光准直在铁路线路中的发展和应用历史就是我国大型养路机械发展史,它为捣固车的准直

作业提供了精确可靠的保证,也为线路长波检测作业的进步提高发挥了巨大作用。

随着激光准直测量技术在铁道线路施工中的推广使用,人们要求了解和掌握激光准直系统的工作原理、性能特点、结构构成、操作使用方法、维护保养内容的呼声愈加迫切,为便于读者了解和熟练掌握本书涉及的三种设备,本书重点介绍 JZT-B 型一维激光准直系统、JZT-C 型二维激光准直系统、JGJY 型激光长弦轨道检查仪的工作原理、技术参数、结构特点和操作方法等。

本书可供捣固车作业机组人员和工务段线路测量人员在实际工作中学习参考,也可作为线路管理部门了解高等级线路检测技术的参考书。

本书主编单位:中国铁道科学研究院铁道建筑研究所。

本书主要编写人员:高春雷、王发灯、何国华、徐济松、牛怀军、游彦辉、周佳亮、吴和山、孙贵菊、陆亦群、常永泉。

由于编写时间仓促,书中难免存在疏漏之处,在使用中如发现需要修改或补充完善之处,欢迎指正。

作者  
2012年9月

# 目 录

<b>1 激光准直技术概述</b> .....	1
1.1 激光测量技术概述 .....	1
1.2 激光准直测量的基本原理及应用 .....	1
1.3 激光准直系统在铁路线路长波测量中的应用及发展 .....	2
<b>2 JZT-B 型一维激光准直系统</b> .....	4
2.1 系统组成 .....	4
2.2 工作原理 .....	4
2.3 主要技术参数 .....	5
2.4 主要部件结构特点 .....	6
2.5 操作方法 .....	10
2.6 定期校准 .....	11
2.7 电气控制系统调试 .....	12
2.8 激光准直系统基准点标定 .....	13
2.9 维护保养 .....	16
2.10 常见故障分析与处理 .....	16
<b>3 JZT-C 型二维激光准直系统</b> .....	18
3.1 系统组成 .....	18
3.2 工作原理 .....	18
3.3 主要技术参数 .....	19
3.4 主要部件结构特点 .....	23
3.5 操作方法 .....	27
3.6 定期校准 .....	29
3.7 电气控制系统调试 .....	30
3.8 线路理论参数的计算 .....	33
3.9 系统软件简介 .....	36



---

---

3.10	维护保养 .....	39
3.11	常见故障分析与处理 .....	40
<b>4</b>	<b>JGJY 型激光长弦轨道检查仪 .....</b>	<b>41</b>
4.1	系统组成 .....	41
4.2	工作原理 .....	41
4.3	主要技术参数 .....	42
4.4	主要部件结构特点 .....	43
4.5	JGJY 软件功能 .....	44
4.6	现场快速测量 .....	57
4.7	数据处理与现场结果分析 .....	61
4.8	常见故障分析 .....	66
	参考文献 .....	69
	附 录 .....	70

# 1 激光准直技术概述

## 1.1 激光测量技术概述

自从 1916 年爱因斯坦(A. Einstein)提出受激辐射的概念开始,到 1960 年美国休斯顿实验室的物理学家梅曼(Maiman)研制出世界上第一台激光器——掺铬的红宝石固体激光器,激光从理论上提出到技术上实现,几乎经历半个世纪。

由于激光具有独特的优点:亮度高、方向性好、单色性纯、相干性好,同时又具有非接触传播、高灵敏度、高精度、三维性、快速性与实时性等特点,所以近几十年来在科学研究、工业生产、工程施工、空间技术、国防技术等领域得到迅速和广泛应用,尤其是在测量领域得到了巨大发展,当今激光测量已经成为测量领域重要的发展方向和分支之一。

所谓激光测量是指通过各种激光测量原理实现对被测物体的测量(计量)。根据不同的激光测量原理,激光测量技术主要有:激光干涉测量、激光衍射测量、激光准直测量、激光多自由度测量、激光视觉三维测量、激光多普勒测速、激光扫描测径以及激光测距等技术,激光准直测量技术只是激光测量技术的一个小分支。

## 1.2 激光准直测量的基本原理及应用

激光准直技术主要是利用激光方向性好、精度高、灵敏度高、快速和实时等特性,将激光作为弦线对被测对象直线度误差加以测量的运用技术。直线度误差是指被测对象的实际轮廓线相对于理想直线的变动量。激光准直具有钢丝弦线测量的直观性、简单性和普通光学准直的精度,并可实现自动控制等优点。目前现有的激光准直测量按照其工作原理可以分为振幅(光强)测量法、干涉测量法和偏振测量法,本书所用激光准直测量原理就是振幅(光强)测量法。

振幅测量型准直仪的特征是以激光束的强度中心作为直线基准,在需要准直的点上用光电探测器接收它,光电探测器一般采用光电池或 PSD(位置敏感探测器)。四象限光电池固定在靶标上,靶标放在被准直的工件上,当激光束照

射在光电池上时,产生电压  $V_1$ 、 $V_2$ 、 $V_3$ 、 $V_4$ ,如图 1—1 所示,用两对象限 1-3、2-4 输出电压的差值就能决定光束中心的位置。若激光束中心与探测器中心重合,由于四块光电池接收相同的光能量,这时指示电表指示零;当激光束中心与探测器中心有偏离时,将有  $V_x$ 、 $V_y$  偏差信号, $V_x = V_2 - V_4$ , $V_y = V_1 - V_3$ ,其方向和大小由电表指示。通过对模拟量电压的分析就可以得知偏移量大小和方向数值。

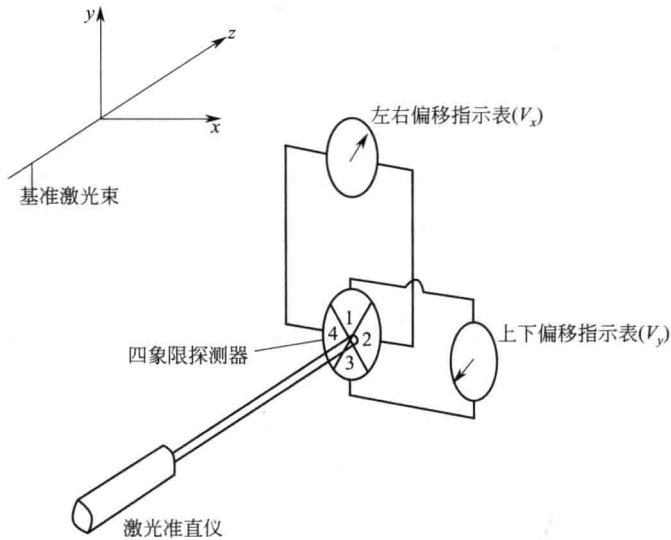


图 1—1 激光准直原理图

激光准直测量具有传统拉钢丝法的直观性、简单性和普通光学准直的非接触、高准确度和高灵敏度的特点,同时还可以实现自动控制,因而激光准直测量技术被广泛应用于航空航天、精密制造安装、船舶制造等工业领域,当然也被大量应用于水利、建筑、交通、铁路等工程领域。

### 1.3 激光准直系统在铁路线路长波测量中的应用及发展

激光准直技术从 20 世纪 80 年代末引入铁路行业以来经历了一维激光准直、二维激光准直、曲线激光准直和激光长波不平顺测量等几个发展阶段。

20 世纪 80~90 年代主要发展了一维激光准直,这个时期开发的相应产品主要是 JZT-B 型激光准直系统,主要运用于早期的大型捣固车上作为前端测量。

进入 21 世纪,随着我国列车运行速度不断提高和高速铁路建设的快速发展,对旅客列车的运行平稳性、旅客舒适度的技术标准提出了更高的要求。国内外研究表明,随着旅客列车速度的提高,线路的长波不平顺成为影响车辆的平稳

性与舒适度主要因素,当速度达到 200 km/h 时,应考虑波长 70~100 m 线路不平顺的缺陷;速度达到 350 km/h 时,则应解决波长 90~120 m 线路不平顺的问题。这就要求铁路线路大型捣固车测量系统弦长至少应不小于 150 m,而捣固车本身测量系统的基准测量弦长度只有 21 m,因此需要建立能够引导捣固车实现自动起道、拨道功能的长基准测量系统,以满足高速铁路长波不平顺的精度要求。

在一维激光准直系统的基础上,相继开发出了两维激光准直系统、曲线激光准直系统,以 JZT-C 型激光准直系统作为代表,主要装配于现有新型大型捣固车,同时开发了激光长波不平顺测量仪,用于解决长波不平顺的测量难题,主要代表产品为 JGJY 型铁路轨道检查仪。该轨道检查仪主要用于高速铁路“晃车”病害快速查找,可以单独作为长波不平顺检查作业,也可以为大型捣固车作业提供指导。

## 2 JZT-B 型一维激光准直系统

### 2.1 系统组成

JZT-B 型激光准直系统适用于 DC-32、DCL-32、CDC-16 型捣固车,在长直线捣固作业时,引导捣固车实现自动拨道功能,主要由激光发射器 1、激光接收器 2、接收跟踪架 3、发射调整架 4 等组成,如图 2—1 所示。

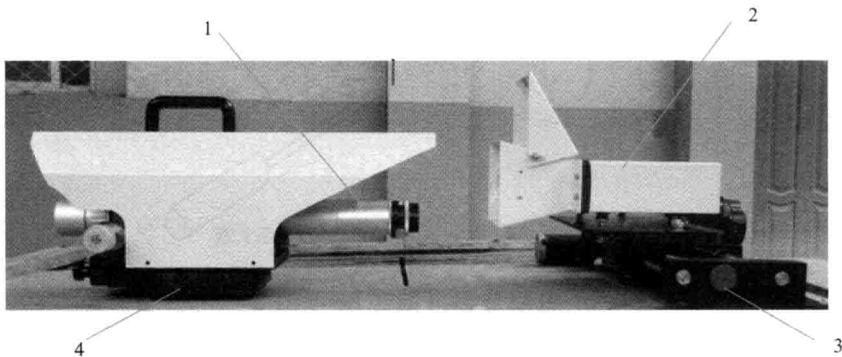


图 2—1 激光准直系统

1—激光发射器;2—激光接收器;3—接收跟踪架;4—发射调整架

### 2.2 工作原理

定位在捣固车前方数百米处的激光发射器,向捣固车前端下方的激光接收器射出一束基准激光束,激光接收器将收到的光信号转换成相应的电信号,经控制电路处理后,指导捣固车的拨道机构进行拨道作业。当激光束准确对准接收器中央时,接收电路处于平衡状态,无任何信号输出;捣固车中位指示灯亮(远距离时,由于激光束在空气中会有规则漂移,捣固车的左右指示灯有节奏地交替闪烁);当捣固车沿着左右弯曲的轨道前进,接收器随之偏离激光束中心,这时接收器立即输出左路或右路控制信号,通过接收控制电路板(见附录 ZS99-02-42-00DY 激光拨道接收板原理图)触发接收跟踪架的伺服电机启动,驱动接收器向激光束中心移动,同时牵动位移传感器,向捣固车拨道控制系统输出相应的

位移值,操纵拨道装置将轨道拨至正确的位置。随着捣固车向前作业,激光接收器自动跟踪基准激光束,拨道装置相应动作,从而实现捣固车自动拨道的先进功能。

## 2.3 主要技术参数

### 2.3.1 系统性能

准直距离:10~600 m

准直精度:水平不大于 $\pm 2$  mm(距离 300 m 内)

工作环境温度: $-10\text{ }^{\circ}\text{C}\sim 40\text{ }^{\circ}\text{C}$

### 2.3.2 激光发射器

工作电压:DC 4.5 V

工作电流:60 mA

激光波长:635 nm

调制频率:17.7 kHz

激光输出功率:2.5~3.5 mW

准直光束(距离 100m 处):高 2 m,宽 16~20 mm

激光电源:3 节 1 号电池

### 2.3.3 激光接收器

工作电压:DC 9.8~10 V

接收频率: $17.7\text{ kHz}\pm 1.5\text{ kHz}$

输出信号:DC 10 V(接收激光时);0(无激光时)

接收灵敏度:不小于 $-60\text{ dB}$

接收指示灯显示:

无激光信号时:所有指示灯均不亮

激光束在中央时:中位指示灯亮

激光束偏右侧时:右灯及中位灯亮

激光束偏左侧时:左灯及中位灯亮

### 2.3.4 发射调整架

水平微调: $0.1^{\circ}/\text{r}$

垂直微调: $0.95^{\circ}/\text{r}$

水平旋转角度： $\pm 20^\circ$

垂直旋转角度： $\pm 2.5^\circ$

发射器左右横移： $\pm 90\text{ mm}$

### 2.3.5 接收跟踪架

接收器左右横移： $\pm 140\text{ mm}$

横移丝杠螺距： $2\text{ mm}$

电机工作电压： $\text{DC } 20\sim 24\text{ V}$

位移传感器电位计：电阻值  $0\sim 5\text{ k}\Omega$

精度： $\pm 0.5\text{ ‰}$

## 2.4 主要部件结构特点

### 2.4.1 激光发射器

激光发射器主要由激光器及光学扩束系统 1、光束调平装置 2、外筒 3、瞄准镜 4、电池 5、连接套 6、尾端控制器 7 等组成，如图 2—2 所示。

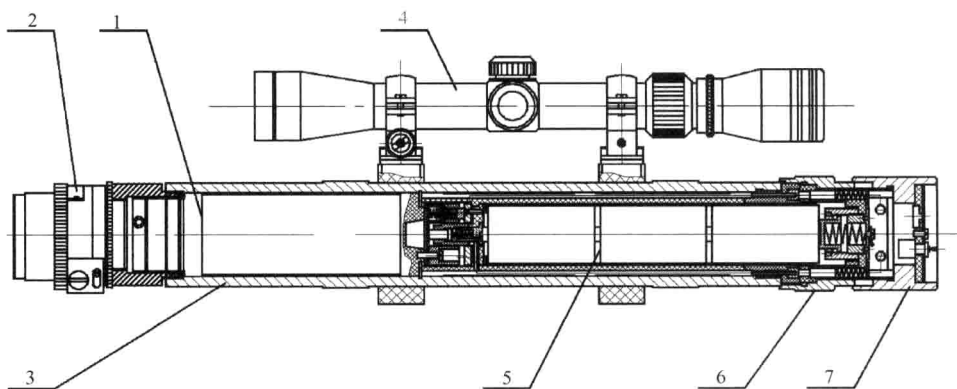


图 2—2 激光发射器

1—激光器及光学扩束系统；2—光束调平装置；3—外筒；

4—瞄准镜；5—电池；6—连接套；7—尾端控制器

#### (1) 激光器及光学扩束系统

光学扩束系统将激光器射出的激光束扩束为直径  $20\text{ mm}$  的平行光束。光学扩束系统与发射器外筒精确同心。

#### (2) 光束调平装置

光束调平装置主要由水平泡 1、柱面镜筒 2、外筒 3、微调旋钮 4 组成，如图 2—3 所示。柱面镜的作用是将由物镜射出的直径  $20\text{ mm}$  的平行激光束扩展成

宽度为 20 mm 的垂直扇形光束(距离 100 m 处光束高 2 m), 满足捣固车在直线(竖曲线)作业中激光接收器的接收需要。

调节微调旋钮可校准扇形光束的垂直状态, 当水平泡处于水平状态时, 扇形光束与地平面垂直。

### (3) 瞄准镜

瞄准镜的目镜中心有一十字丝, 十字丝的垂丝应与激光束重合, 横丝应与激光束中心相交。瞄准镜的作用是寻找目标, 将激光束迅速对准接收器。

如图 2—4 所示, 横丝调整钮 1 与垂丝调整钮 2 用于平移十字丝, 使用时应旋下护盖, 用改锥轻轻转动。

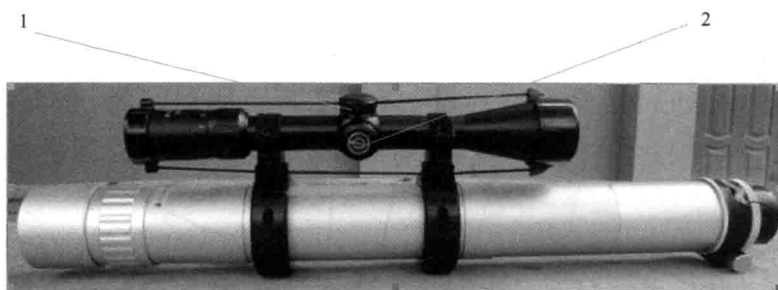


图 2—4 瞄准镜

1—横丝调整钮; 2—垂丝调整钮

### (4) 尾端控制器

尾端控制器如图 2—5 所示, 由电源开关 1、电量指示器 2 组成。

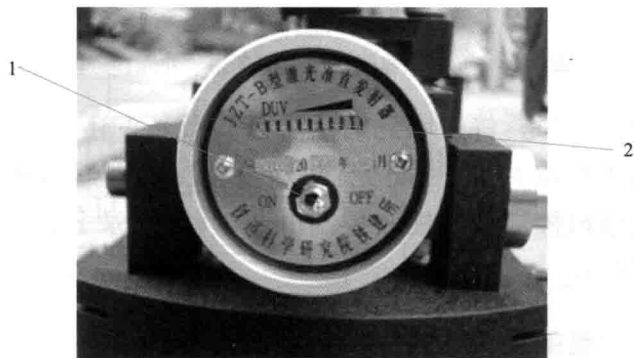


图 2—5 尾端控制器

1—电源开关; 2—电量指示器

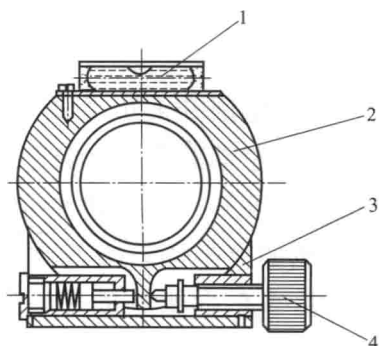


图 2—3 光束调平装置

1—水平泡; 2—柱面镜筒;  
3—外筒; 4—微调旋钮



更换新电池:建议使用超霸、南孚品牌电池。如长期不用应将电池从电池筒中取出。

打开电源开关 1,发射器前端应有红色激光束射出。尾端控制器上的电量显示器 2 左端的第一个红色指示灯为工作指示灯,只要电源开关 1 打开,此灯应常亮。右端第一个绿色指示灯亮,表示电池电量很足;当发射器工作一段时间后,电池的电量逐渐降低,电量指示灯相应向左退移;当左端的第三个红色指示灯亮时,表示电池电量已经降低至警界线,可以更换电池;如继续使用至当左端的第二个红色指示灯亮或所有指示灯亮时,表示电池电量已严重不足,必须更换新电池,此时应关掉电源,逆时针旋开连接套,将尾端控制器取下,取出旧电池,将 3 节 1 号干电池(正极向前)装入发射器电池筒内;将尾端控制器复原(注意对准定位销),顺时针旋紧连接套 6,此时可以继续使用发射器。

### 2.4.2 激光接收器

激光接收器如图 2—6 所示,主要由柱面镜 1、光电接收屏 2、电路盒 3、外壳 4、减震器 5 等组成。

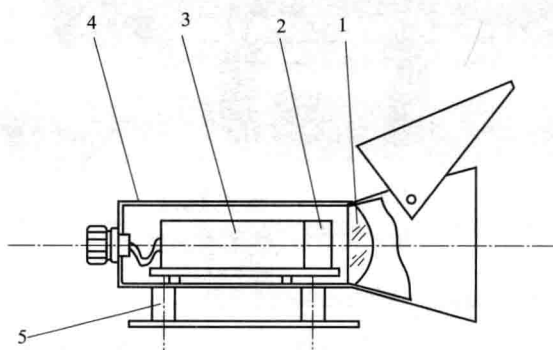


图 2—6 激光接收器

1—柱面镜;2—光电接收屏;3—电路盒;4—外壳;5—减震器

激光接收器的作用是:将接收到的垂直条状激光束还原成圆形光斑,经过窄波滤光镜,投射到光电接收屏上,将光信号转换成电信号,由接收电路板转换成控制电信号,输出给司机室内的接收控制电路板(见附录 ZS99-02-42-00DY 激光拨道接收板原理图)。

### 2.4.3 激光发射调整架

发射调整架支承着激光发射器,可以左右横移、水平横移、水平旋转、垂直旋转,精确调整激光束对准目标,其结构如图 2—7 所示。