

高等学校教学参考书

矿山测量激光仪器

〔苏〕В.Я. 安齐波尔 著
陈汉华 王大彰 译

煤炭工业出版社

T-0118
A-642

高等学校教学参考书

矿山测量激光仪器

〔苏〕B.Я.安齐波尔 著
陈汉华 王大彰 译

煤炭工业出版社

内 容 提 要

本书讨论了有关应用激光仪器进行矿山测量工作和研究岩体力学过程的所有问题。阐述了激光指向仪的结构、标定矿山巷道方向的方法和误差预计,分析了光学投影垂球系统图。叙述了井下各水平定向和吊车线路测量的方法、仪器和设备。阐述了矿房测量的精度要求,几何型光学测距仪系统图,激光测角-视距仪的操作规则和技术特征,矿井内和露天采矿场内进行矿山测量的方法。阐述了散斑全息图的获取方法和判读。

本书供在采矿工业矿山测量部门工作的专家们使用。

责任编辑:洪 钺

В. Я. Аяцбор
ЛАЗЕРНЫЕ ПРИБОРЫ ДЛЯ
МАРКШЕЙДЕРСКИХ РАБОТ
МОСКВА "НЕДРА" 1985

高等学校教学参考书
矿山测量激光仪器
〔苏〕В. Я. 安齐波尔 著
陈汉华 王太彰 译

煤炭工业出版社 出版
(北京安定门外和平里北街21号)
煤炭工业出版社印刷厂 印刷
新华书店北京发行所 发行

开本 $787 \times 1092\text{mm}^1/16$ 印张 $6^1/4$
字数140千字 印数1—1,300
1989年9月第1版 1989年9月第1次印刷

ISBN 7-5021-0321-5/TD·300

书号 3136

定价1.45元

译 者 的 话

随着我国社会主义现代化建设的蓬勃发展,采矿工业的技术装备和工艺方法亦日新月异。在这种情况下,为使采矿行业从地质勘探、矿井设计、矿井建设到开采的各个环节的工作都能均衡而又有规律地进行,矿山测量工作起着重要的保证作用。为此,矿山测量仪器和工作方法必须不断的改进和完善。

目前,不论是我国还是其他国家,已经利用激光器制造出一系列的测量仪器,如激光指向仪、矿房测量仪、吊车轨道剖面仪、激光经纬仪、激光水准仪等。

本书阐述了应用激光仪器进行矿山测量工作和研究矿山岩体力学过程等问题。该书对于广大测量工作者,特别是矿山测量人员,以及从事岩体力学研究的人员,都是十分有益的。

本书由陈汉华(前言、第一章、第二章、第三章)王大彰(第四章、第五章、第六章)翻译,由范学理教授审校。

限于译者水平,书中错误与不妥之处在所难免,敬希读者予以指正。

译 者

1988年8月

前 言

根据苏共二十六大通过的《1981—1985年及到1990年期间苏联国民经济及社会发展方向》提出的任务,应保证建立和广泛采用技术设施和工艺,以便从矿石中综合地和更为充分地提取有用矿物和开采贫矿及复杂矿层。在解决这些任务中,采矿企业的矿山测量工作起着相当重要的保证作用。矿山测量工作贯穿于采矿企业的各个环节之中,以保证有节奏地进行工作,即从进行开采准备工作开始,直到最后把合格品位的原料送到选矿场。因此,只有不断地改进矿山测量工作方法,运用全新的高效的矿山测量仪器,才能有效地高质量地完成全部矿山测量任务。解决这个重要问题的途径之一,就是依据光学和电子学的新成就,研究制造新仪器。

金属矿井的矿山测量部门所使用的仪器基本上就是大地测量仪器,这已经成了传统习惯。尽管在井下条件应用这些仪器有其自身的特殊要求和困难性。但直至今日,几乎所有的矿山测量工作,仍然主要是靠这些仪器来完成。

对于仪器的操作原理及结构的要求,应满足在照明困难的狭窄的条件下进行工作的特点。过去,由于不具备制造仪器的先决条件,仪器制造者当时的任务则只是改进已有的矿山测量仪器。今天,由于可见光谱内发生震荡的单色气体激光器的工业性开发,在矿山测量仪器制造领域内,出现了质的飞跃的现实条件。激光光束在介质空间内传播时,发散角度小,能量损失亦不大,较照准(想像的)光束有很多的优点。因此,将它作为可见控制光线,用其可以相当容易地以直线丈量的方法确定各种目标的位置。在苏联和其他国家,已经利用激光发射器制造出一批矿山测量和大地测量用的仪器,如激光指向仪,采场测量仪器,吊车轨道剖面仪,激光经纬仪,激光水准仪。

必须指出,不论是在苏联,还是在其他国家,制造上述仪器有两个方向,即矿山测量专用激光仪器和仪器的附件。很显然,在将来也将是这两个方向。但是,使用专门激光仪器要比使用带激光附件的仪器好得多!

大量的矿山测量激光仪器的应用,证明了它们的有效性。但是,多种原因影响着仪器的大批量生产和它们在生产中的应用,其中主要如下:激光设备比较笨重,缺乏专门的准直设备和准直器与激光器的可靠连接系统,缺乏体积小便于携带的供电装置,激光器使用的可靠性小,价格昂贵。

考虑到矿山测量工作的特点,激光仪器应配备小型的便于携带的供电装置,并保证激光器能连续工作5~6小时。充电设备应保证电池有效充电,且操作方便。

设计某种矿山测量激光仪器的结构时,必须考虑激光发射器的性质和矿井大气的光学性质。这些性质对新设计的仪器的精度参数有决定性的影响。

在苏联,A.C.费多罗夫等许多专家,在制造矿山测量和大地测量用的激光仪器中,做出了很大贡献。在Д.М.卡基卡耶夫等的参加下,全苏矿床排水、特种采矿作业、矿山地质学和矿山测量科学研究设计院研制了许多矿山测量和大地测量用的激光仪器。

到目前为止,我们只讨论了导向激光光束尖端部分应用可能性的问题。应当注意的

是，用散斑全息图确定由于负荷作用产生的变形时，照亮目标所用的单色发散激光光束，亦得到较为有效的应用。全息光学已广泛地应用于机械制造业和建筑力学中。目前，矿山研究院、莫斯科矿业学院、全苏矿床排水特种采矿作业矿山地质学和矿山测量科学研究设计院，运用散斑全息图研究矿床开采所产生的岩体力学过程，均取得某些实际的成果。

尽管现在研究的对象规模不大（岩石的标准样品、模拟井下巷道的不大的模型等），全息光学的应用已经能够深入到地壳内矿床开采所发生的过程中。这种方法的发展，可以在大模型上或者直接在岩体内研究这些过程。

全息光学是一门相当年青的科学，它的发展取决于激光技术。激光技术的现实状况乃是全息光学摄影发展的基本标志。

某些批量生产的激光器，能足够强度地照耀目标的面积达 1 m^2 。这个面积是当前全息光学的极限，尽管不同的方法可将这个面积扩大几倍。

激光技术的进一步发展，使之可能研制出性质方面更新的激光仪器。这些新的激光仪器，将在很大程度上改变和减轻矿山测量人员的劳动。在近期内，全息摄影术可能成为研究岩体力学过程的基本方法之一。

本书评阅者：技术候补博士 Ю. И. 梁波夫（全苏矿山测量科学研究院）。

目 录

第一章 巷道掘进时标定巷道控制方向的激光仪器	1
§ 1 矿山巷道及巷道掘进时的矿山测量工作	1
§ 2 现有的标定直线巷道方向的方法和仪器	1
§ 3 激光指向仪概况	2
§ 4 安全防爆型激光指向仪	3
§ 5 密封型激光指向仪	5
§ 6 大地测量激光仪器	8
§ 7 激光指向仪的检验	12
§ 8 用激光指向仪标定方向的方法	15
§ 9 激光指向仪标定巷道方向的误差预计	17
第二章 标定竖直方向的激光仪器	22
§ 10 配备管状水准器的标定竖直方向的仪器	23
§ 11 配备棱镜稳定器的标定竖直方向的仪器	24
§ 12 具有转动投影光束的标定竖直方向激光仪器结构的特点	27
§ 13 高精度标定竖直方向激光装置	29
§ 14 井下各水平的定向装置	30
第三章 吊车轨道测量用的激光仪器	33
§ 15 吊车轨道的种类及其对安装精度的要求	33
§ 16 吊车线路测量的方法和仪器	34
§ 17 ПЛ-У1.1激光剖面仪	35
§ 18 ПЛ-У1.1装置的主要仪器和部件	37
§ 19 剖面仪的检查	39
§ 20 用ПЛ-У1.1仪器检查吊车线路的方法	40
第四章 测量难以接近的地下空洞使用的激光测角-视距仪	43
§ 21 测量难以接近的地下空洞尺寸所需的精度及对测角-视距仪的要求	43
§ 22 几何型测距仪应用激光可能性的理论基础	46
§ 23 激光投影-目视测距仪的光学系统	49
§ 24 激光投影-目视测距仪主要参数的计算方法	53
§ 25 本身带有定基线和可变视差角的激光测角-视距仪	54
§ 26 附有可变基线和定视差角的激光测角-视距仪	58
§ 27 用激光测角-视距仪进行矿山测量工作的方法	65
第五章 地面上应用激光测角-视距仪可能性的理论与实验的研究	67
§ 28 露天采矿工作中的测量对象、测量方法和测量仪器	67
§ 29 在地面上激光测角-视距仪的工作条件	68
§ 30 在地面上提高激光测角-视距仪有效测程的途径	70
第六章 在地质力学测量中应用全息光学的可能性	73
§ 31 全息光学摄影及其在测量固体变形中应用的可能性	74

§ 32 获得全息图的仪器、设备、材料和条件	79
§ 33 根据两次曝光的三维全息图测定岩石试件的变形性质	81
§ 34 利用散斑全息图测定矿山岩石变形可能性的研究	85
§ 35 判读散斑全息图时参数确定的必要精度的理论研究	87
§ 36 散斑全息图自动化判读的可能性	88
§ 37 利用全息光学摄影研究模型变形过程的可能性	90
参考文献	91

第一章 巷道掘进时标定巷道控制方向的激光仪器

§ 1 矿山巷道及巷道掘进时的矿山测量工作

目前,在建设各种地下设施时,都要掘进很多相当长、用途各不相同的地下巷道:这首先是金属矿和煤矿的采矿巷道、地下铁路线、隧道和水电站的引水渠道等。为了掘进这些巷道,可以采用各种各样的方法。究竟采用哪一种方法,则要取决于巷道的用途、它在空间的位置以及采矿-水文地质条件。

按采矿巷道的用途,可分为生产工艺巷道、运输巷道和专用巷道;按其在空间的布置,可分为水平的、倾斜的和竖直的巷道。

用井工方法开采有用矿物时所掘进的巷道属于生产工艺巷道。它们用于矿物的运输、材料的传送、通风和行人。这类巷道的掘进主要采用打眼放炮方法,巷道掘进要求的精度不高。

用于铁路运输及地铁的隧道属于地下运输巷道。用哪一种方法掘进这类巷道,常常取决于采矿-地质条件,而这些巷道掘进的精度要求却很高。

主干巷道,如排放污水的自流地道、分别或共同敷设不同用途管路的管道,都属于专门巷道。这些巷道对掘进精度的要求,较铁路运输隧道和地铁线路低些,而较生产工艺巷道却高得多。

掘进地下巷道时,矿山测量工作者面临许多专门的任务,其中主要有:确定巷道开凿的位置;标定巷道掘进的方向;传递和固定方向;依据给定的巷道方向、设计断面和支护说明书,监督和检查巷道的掘进。

按所标定的方向掘进巷道,具有特别重要的意义。应当注意,采矿巷道掘进的误差,取决于矿山测量人员标定方向的精度和在水平面内和竖直面内掘进作业的检查效能。

§ 2 现有的标定直线巷道方向的方法和仪器

巷道掘进时标定巷道方向,就是将设计的方向标定在实地,并将其在水平面内和竖直面内固定。

目前,掘进巷道时,在标定和延长巷道方向的矿山测量实际工作中,广泛采用垂球线法、仪器法和光学投影法。

应用垂球线法标定巷道的方向时,垂球线应不少于三根,它们彼此间的距离约为5 m^[1]。随着掘进工作面的向前推进,用垂球线来检查巷道掘进的正确性,并向工作面延长所标定的方向。

当前,在巷道掘进的速度不断加快的情况下,矿山测量人员若用传统的方法标定和检查巷道方向,就很难保证必要的精度。因为,依据现行的规范,必须掘进40~80 m才延长一次方向,而沿垂球线在长达60~80 m的距离上用肉眼定线的误差不会小于30~40 mm。进行仪器检查也相当困难。

为了提高标定方向的精度和便于工作,全苏矿山测量科学研究所*研制出一种光学垂球。在光学垂球的外壳内,有干电池、小电灯泡、锥形透明灯罩。光学垂球间的距离,可以增加至20m。用掩护支架方法掘进巷道时,光学垂球得到有效的应用。在操作台附近固定瞄准装置,而在机器的后面与瞄准装置相同距离处固定光学垂球。当机器向前移动时,必须注意使光学垂球方向线和瞄准装置位于同一竖直面内〔2〕。

用仪器方法对已掘巷道检查和向工作面延长方向线的步骤是安置仪器,在经纬仪导线起点上定向,并用十字丝瞄向工作面,然后固定此方向,并检查巷道的断面。

光学投影方法的实质及优点就在于,标定巷道方向时,安置发射强光束的仪器,使其按需要的方向进行定向,并从光束中心用丈量的方法检查巷道的掘进。由于这种方法仪器作业长度的加大,从而大大地简化了标定方向的工作。在矿山测量实际工作中,光学指向仪和激光指向仪得到了应用。

用普通光源作灯光指向的仪器有,白炽灯泡A-28的灯光指向仪YHC和白炽灯泡ЦИ-118的小型防爆安全指向仪MCY。矿井大气的透明度限制了这类仪器的作业长度。

全苏矿山测量科学研究所研制的YHC-2灯光指向仪,由投影部分和物镜部分组成,其间用螺丝连接。投影部分包括灯泡、调焦装置,物镜部分包括物镜和防护玻璃。工作时,仪器悬挂在巷道的支架上,用三个垂球线将仪器定向,在工作面上投影出十字形的光学标志。用变压器由矿井电网向电灯供电。随着工作面的推进,每经过70~80m,向前移动仪器一次。

§3 激光指向仪概况

用激光器制作而成的标定生产工程方向的仪器,首次验证了激光器在国民经济中应用的可能性。研究工作已经证明应用激光光束作为控制线的有效性。根据这条控制线,能够很容易(与视准线比较)进行直线丈量,从而确定各种目标的位置。

因此,气体激光器的工业性开发引起致力于改进井下巷道指向方法和仪器的工作者们的特别关注,这不是偶然的。激光器重量较轻、尺寸不大、光束能量却相当大,经过不太复杂的组装加工即可作为指向仪。1964~1966年间出现了应用小功率的气体激光器标定方向的最初报道。

由于最初研究这类仪器时,同时应用于地面(工业建设、民用建筑、桥梁、铁路、公路)和地下(掘进矿山巷道、隧道)条件,它们就有着不同的名称。用于地面的激光仪器就被称为“激光瞄准器”,用于井下的仪器就被称为“激光指向仪”〔1,5〕。这里既表明了国内这方面工作的孤立性,又表明了类似仪器设计工作的习惯性。例如,全苏矿山测量科学研究所研制的YHC灯光指向仪〔2〕,依据习惯,把应用激光发射标定方向的仪器称为激光指向仪。全苏矿床排水、特种采矿作业、矿山地质学和矿山测量科学研究设计院,在为自己的标定方向的仪器命名时,同样也保持了这个习惯。

由于本章所讨论的标定方向的仪器,主要是从金属矿井应用的可能性观点出发,因而在下面将它们统称为激光指向仪。

在实际工作中应用激光指向仪的首批成果,就显示出它比应用普通矿山测量方法标定

* 商务印书馆1983年5月出版的《俄汉缩略语词典》称:ВНИМИ现名为全苏矿山地质力学和测量科学研究所,原名为全苏矿山测量科学研究所。考虑到我国矿山测量界的习惯用法,本书中仍用原名——责任编辑。

和检查方向的优越性：缩短了标定和检查控制方向的工作时间；由于掘进机器和设备的停顿时间减少，从而提高了掘进矿山巷道的劳动效率。

观测光学标志既可以用目力，也可以用光学电系统来进行^[3]。

但是，应用激光仪器标定方向的愿望和尝试，证明了新技术形成过程的困难性。这首先是应用条件。如果说在工业建筑物和构筑物建设中应用的第一批激光器的加工量还不大的话，那么，为了把它用于井下条件，就需将其制成防水型的，而用于有瓦斯和煤尘的矿井，就应制成安全防爆型的。因此，不论是在苏联，还是在外国，均出现了大量的用途不同、结构不同的研究方案。毫无疑问，安全防爆型的激光指向仪是最为十全十美的。但是，安全防爆型的激光指向仪由于重量和尺寸的关系，不能用于不太复杂的气候条件。在没有瓦斯、煤尘爆炸危险的金属矿井，防水型的激光指向仪得到广泛的应用。而在露天开采的矿山，则可应用大地测量用的激光仪器。

按最一般的特征，可以将所有的激光指向仪分为标定方向的专门激光仪器和大地测量、矿山测量仪器的激光附件。按激光器和准直系统的配置，可以将激光指向仪分成串联式和并列式两类。

当激光器和准直系统为串联式（光路同轴安装）时，就不必为使光线折射而引入能降低发射能量的光学元件。但是，应用大功率激光器时，为了减小整体系统的主要尺寸，并列式（光路平行安装）更为合适。

§ 4 安全防爆型激光指向仪

在有瓦斯和煤尘爆炸危险的煤矿以及金属矿井，应把电气设备和仪器本身制成安全防爆型的。这样就给仪器设计增加了困难，导致仪器主要尺寸增大，重量增加，使用时也不方便。这些也正是对矿山测量激光仪器的要求和其应具有的特点。

考虑到激光技术发展的前景，全苏矿山测量科学研究院提出了研制适用于有瓦斯、煤尘爆炸危险矿井的激光指向仪的课题。

1968年制造出了标定水平巷道方向的样机。仪器由ЛІГ-56激光器及使光束发散角减小到20''的照准系统、瞄准装置和两块反射棱镜组成。在第二盐城钾盐联合企业进行了样机试验，证明了样机工作的可靠性。应用这种仪器可以减轻矿山测量工作的劳动强度，加快矿山测量工作的速度，提高巷道掘进的精度和掘进队的劳动生产率。

1972年，全苏矿山测量科学研究院实验工厂生产了一批实验仪器ЛІУН-3（图1）*。尽管这些仪器存在着许多明显的缺点（量重、尺寸大），但却指明了进一步研究的必要性和确定了进一步完善安全防爆型激光指向仪的途径。ЛІУН-3仪器的研制是在70年代的初期。ЛІГ-56是当时最好的小型激光器，它致使仪器重、尺寸大。仪器去掉了使外壳升温的电灯泡，并使供电装置现代化。苏联煤炭工业部属的很多矿井应用了这种仪器。试验结果表明，当光束长达1100m时，工作面的光标直径为80mm，激光光斑的亮度由50降到7.5Ix（勒克司），但在巷道全长范围内，光斑均清晰可见，而在光束指示长度范围内，确定光斑中心的中误差为3cm**。

* “斯达罗宾斯基矿区应用光学量子振荡器标定矿山巷道的方向” Ю.И.梁波夫等，《采矿杂志》，1972，№12，第51～52页。

** “激光指向仪在煤矿中的应用”， Ю.И.梁波夫，《煤》，1975，№1，第69～70页。

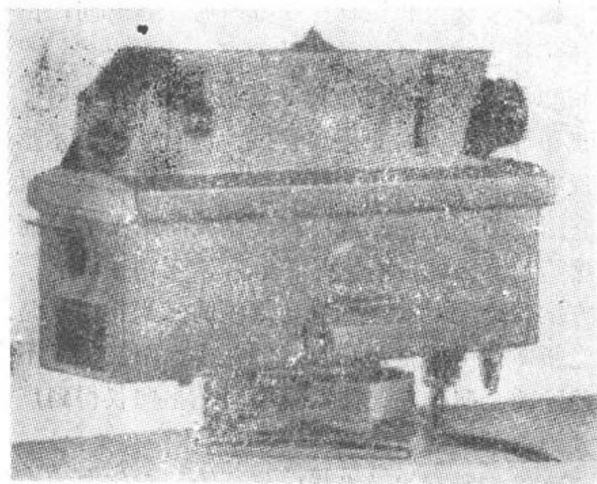


图 1 ЛУН-3激光指向仪

ЛУН-3 技术特征

激光发射功率	0.6mW
激光器类型	ЛГ-56
光束发散角	<20"
发射光束波长	0.63μm
敏感元件的使用寿命	>500h
主要尺寸	
光学投影仪	505 × 250 × 440, mm
稳压器	250 × 200 × 320, mm
重量	
光学投影仪	45kg
电压稳压器	15kg

随着新的小型激光器ЛГ-58、ЛГ-78的工业性开发,出现了制造安全防爆型的体积小的激光指向仪的现实可能性。使用新型激光器,明显地改变了仪器的外观。但是,它要求结构上作一系列的完善。例如,ЛУН-5型试验样机的激光器和准直器光路是同轴安装,在仪器的上面设有安置经纬仪的镜上中心,在仪器外壳的侧面设有照准望远镜。

1977年,全苏矿山测量科学研究院研制了两台ЛУН-7型激光指向仪实验样机〔6〕。同ЛУН-3型仪器相比较,仪器的重量减轻了2/3,高度降低了一半,实现了用光学原件进行仪器的精确瞄准,配备有独立电源。仪器组件中包括把仪器固定在巷道顶板或两帮的装置。

ЛУН-7型仪器(图2)由安置在基座上的指向仪和供电装置组成。圆柱形的防爆外壳上具有在不同条件下(在托架上、在三角架上、在锚栓上或者在支架的横梁上)固定指向仪的螺纹槽。激光器和高压供电装置在外壳内。

如果仅从激光发射来考虑,在准直系统长度最小时,激光光束将少耗费30倍。用20倍的直观式照准望远镜作为瞄准器。仪器配有管状水准器。

仪器的前部配置了两对同步旋转光楔,在标定巷道坡度或者在 $\pm 2^\circ$ 范围内精确瞄准

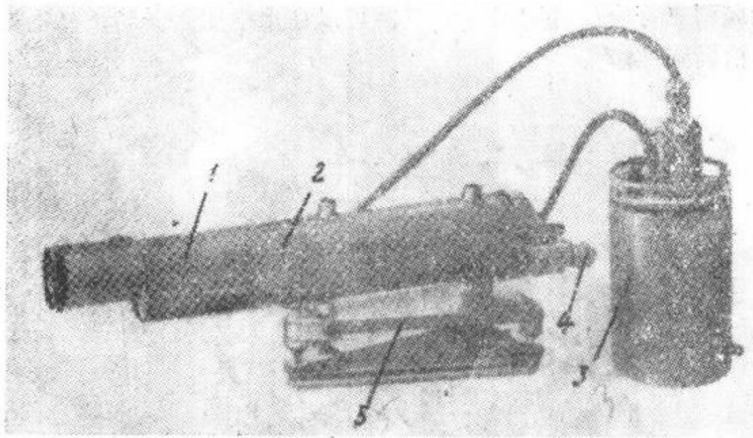


图 2 JYH-7激光指向仪

1—准直部件；2—安全防爆外壳；3—独立电源；4—照准望远镜；5—基座

时，用它在水平面内和竖直面内控制光束。竖直面内的标尺刻度以区段的千分之一给出。

利用转换开关可使仪器进入连续发射或按下述两种规定程序之一（即发射的时间为3分钟或者6分钟，相应的间隔时间为12分钟或24分钟进行工作。这样可使光管的实际工作寿命延长几倍。当然还可以将仪器调至其他工作状态。

标定方向时，在点下安置、对中仪器，以 $1^{\circ}\sim 2^{\circ}$ 的精度使光束初步瞄准预先设置的垂球线，并使其处于水平状态。用光楔系统，将光束精确瞄准垂球线，并按仪器框架上的标尺，使其位于所需的坡度。通过照准望远镜观察光斑的移动。然后，在指定的距离上记录下光束。关闭准直系统，取下瞄准器。同时，将基座固定在专门的外壳内，关严锁好。

目前，哈尔科夫精密仪器制造厂正熟练地生产着JYH-7激光指向仪。

JYH-7 技术特征

激光器发射功率	2mW
光束发散角	20"
发射光束波长	0.63 μ m
有效作用长度	500m
光束长度为500m时的光标直径	5cm
敏感元件的服务期限	5000h
重量	15kg

§ 5 密封型激光指向仪

在金属矿和无瓦斯煤尘爆炸危险的煤矿、以及在掘进隧道、地下铁路线时，有防尘防湿型的激光指向仪（即激光指向仪具有防水型的外壳）就足够了。在这种类型仪器中，全苏矿床排水、特种采矿作业、矿山地质学和矿山测量科学研究设计院与电子工业部一些企业联合研制的YHJ-1、YHJ-2以及YHJ3-Y5的仪器得到了应用〔4〕。

YHJ-1型激光指向仪*（图3），由装有ЛГ-56激光器的圆筒及与其同轴的准直器（TT-5经纬仪的照准望远镜）组成。准直器配有高清晰度的特殊刻划装置，用它可以把

* Ю.В.别朱波夫等参加了仪器的研制工作。

激光光束的光斑调成符合设计的尺寸。仪器可以在水平面内转动，转动量可记录下来。用微动螺旋进行精确瞄准。

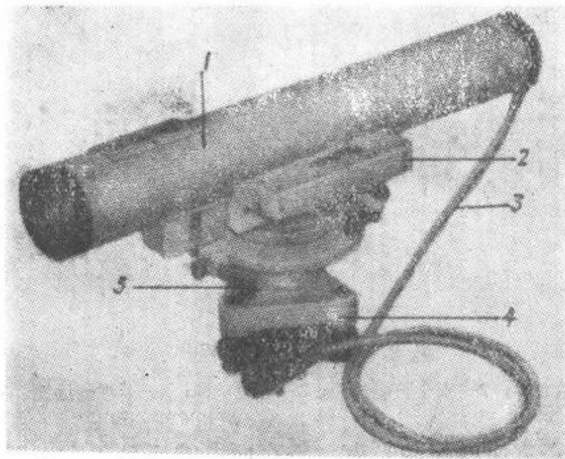


图 3 YHJ-1激光指向仪

1—外壳；2—管状水准器；3—电缆；4—基座；5—微动螺旋

YHJ-1仪器可用管状水准器置平。激光指向仪既可以安置在三角架上，也可以安置在固定于支柱上的专门托架上。用电缆向激光器供电。

YHJ-1 技术特征

发射光束波长	0.63 μ m
发射功率	2mW
光束发散角	24"
出口处光束直径	34mm
管状水准器分划格值	20"
水平面内测角的范围	360°
读数精度	$\pm 30''$
电源电压	220V
重量	
发射器	6 kg
供电装置	5kg
仪器服务期限（不更换气体光管）	500h

YHJ-2激光指向仪*采用激光器与准直器平行安装（图4）。ЛГ-78激光光束经过平面镜系统，方向便改变180°，落到准直器上。借助于专用的旋扭，准直器的调焦光楔可改变自己的位置。这样，调制好的激光束，经过准直器出口小孔出去，进入空间。

YHJ-2仪器的外形及各部件的配置，如图5所示。仪器由瞄准装置或者激光光束投影器和安置部分——支架组成。在仪器的外壳上，配置有管状水准器和圆水准器。仪器安置在插入仪器外壳孔洞的水平轴支架上，能够在竖直面 $\pm 5^\circ$ 范围内作上下摆动。同时，仪器还能在水平面内作360°转动。用微动螺旋可使仪器在水平面内精确瞄准。为将仪器安置在

• Ю.В.别朱波夫等参加了仪器的研制工作。

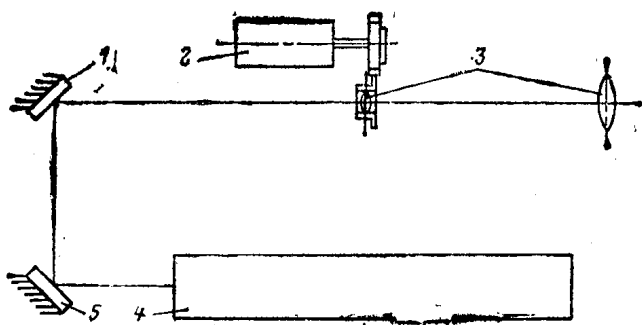


图 4 YHJL-2结构略图

1、5—旋转反射镜；2—发动机；3—聚焦透镜；4—激光器

三角架上，基座的下部作成具有三个脚螺旋的特殊基座。仪器外壳后部设有用于区段控制的仪器换向“线路”开关和调制光束的“调焦”按钮。“地线”接头、电源电缆和区段控制的插销均位于下部。在仪器外壳盖上有用于对中的镜上中心，以便仪器点下对中时使用。

YHJL-2 技术特征

准直器放大倍数	25
发射光束波长	0.63μm
发散角	20.6″
管状水准器分划值	20″
瞄准装置转动角度	
在水平面内	0°~360°
在竖直面内	±5°
仪器重量	15kg
仪器主要尺寸	500×145×265, mm
一般状态下激光器的发射功率	1mW
仪器供电（由具有50Hz频率的交流电网取得）	36V、127V

仪器附有区段控制——激光器开关和准直器对光装置。

激光指向仪YHJL3-Y5采用激光器和准直器光路同轴安装（图6）。照准系统保证光束有较窄的方向性，并保证在200m距离以内光斑的直径不大于20mm。

YHJL3-Y5也可以单独地作为全套仪器（激光水准仪、经纬仪）的附件使用。

仪器配备有外接电源和电池组。由36V、127V、220V交流电作为激光器电源以及蓄电池组充电的外接电源。

YHJL3-Y5 技术特征

发射功率	1mW
激光光束发散角	
无准直系统	618″
有准直系统	20.6″
蓄电池组连续工作时间	4 h
不间断工作时间	750h
平均寿命	3000h

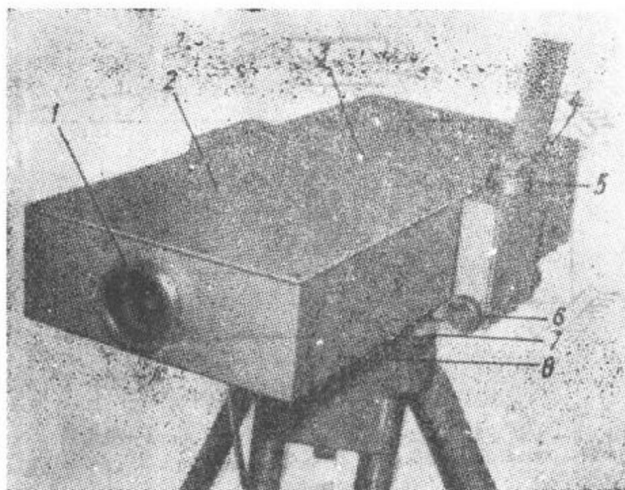


图 5 YHJL-2激光指向仪

1—瞄准物镜；2—盖子；3—定心销；4—管状水准器；5—圆水准器；6—竖直面内瞄准微动螺旋；7—基座；8—外壳

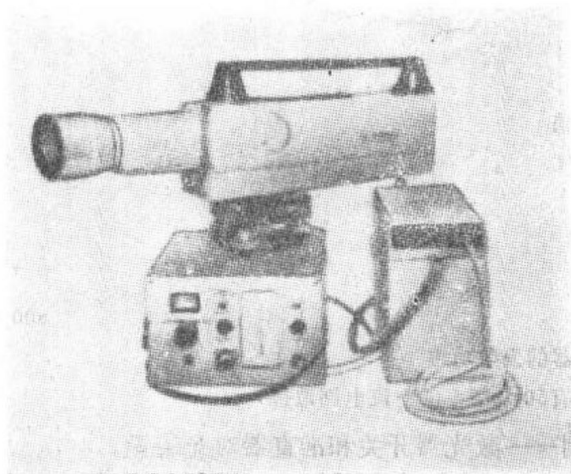


图 6 YHJL3-Y5激光指向仪

消耗功率	60W
基本尺寸	
激光发射器	547×74×122,mm
外接电源	245×200×150,mm
蓄电池组	200×200×130,mm
重量	
激光发射器	5.5kg
外接电源	5.5kg
蓄电池组	6.1kg

§ 6 大地测量激光仪器

激光经纬仪、激光水准仪以及不封闭轻便型专门激光仪器均属于大地测量激光仪器^[3]。

这类仪器的特点是，结构外露、基本尺寸不大、重量轻。最适于大地测量工作的激光仪器是ЛБ-5，ЛБ-5М和ЛБ-78激光瞄准器。

ЛБ(ЛБ-1、ЛБ-2)系列的第一批产品是作为实验样机用于研究能否适于各种大地测量工作(导线定线、安置模板、敷设线路的检查)。这些研究显示了在完成同样工作时激光仪器对光学机械仪器的优越性。目前已经成批生产最新研制的ЛБ-5、ЛБ-5М型仪器。

ЛБ-5М激光瞄准器用于水准测量，也可利用光线和目测的方式给方向，或者利用光电记录的方式记录光束轴与测量标志、水准尺或光感设备的偏差。

ЛБ-5М仪器的外形如图7所示。仪器由光辐射投影仪、瞄准装置、基座和供电装置组成。有两种供电装置(外接电源供电装置和蓄电池供电装置)与仪器配套。

光辐射投影仪由安置在外壳内的激光器、光学瞄准器及带调焦装置的准直器组成。为了在搬运仪器时保护准直器，还设有仪器罩。发射器安置在外壳内的8个校正螺旋上。为了减少激光光束的发散性，并将光束调到目标上，可用T-30经纬仪的望远镜作准直器。套筒有两个孔作为准直器调位装置的通路。在投影器下面有电缆与供电装置联接的配电板。为了便于工作，使电缆穿过空心的仪器竖轴。

瞄准装置主要由下列部件构成：铸造的上盘外壳及其上面两个水平轴支架，竖轴轴系，水平面内及竖直面内发射器的微动瞄准系统。

在上盘外壳内，安置着带有分离轴环的两个轴套，它可以调节水平轴的摩擦，并用固定螺旋将其固定。

竖轴固定在上盘外壳上，并用螺帽压紧以免轴的移动。在外壳内部设有转动限制器，防止受电源电缆扭转而使角度超过 360° 。

在发射器微动瞄准装置中，在水平面和竖直面内，有带压紧弹簧的瞄准杠杆，有由微动螺旋、分岔弹簧卡头螺帽、微动标尺、转动标尺和逆转弹簧组成的微动传递机构。

ЛБ-5М激光瞄准器的水准管，系由带轴套的铸造外壳和安在外壳内的带有目镜放大镜的“接触棱镜”组成。水准管用套筒牢固地固定在发射器的左半轴，并在空心的柱状支架内同发射器一起倾斜。

激光瞄准器的基座，包含有带有固紧装置的外壳、三个升降螺旋和安置平板。

投影器供电电缆端部有接头，以便同任何一种供电装置(外接电源装置和蓄电池供电装置)联接。

蓄电池供电装置安置在密封的外壳内。用扒钩把它固定在仪器支架上，在底面上有合闸倒扳开关、保险器。激光器电缆接头和与蓄电池接通装置接头，用罩盖上，并处于非工作状态。

在ОКГ-13激光器外接供电装置前面的配电盘上，布设有负荷指示器、电压开关、气体光管打火按钮和阳极电流调节按钮。

ЛБ-5М 技术特征

白天时的工作距离	
用肉眼注记	200m
光电法注记	1000m
发射功率	0.25mW
激光束发散角	30"