

教育部高等学校高职高专测绘类专业教学指导委员会“十二五”规划教材

CEHUI YIQI SHIYONG YU JIANCE

测绘仪器使用与检测

主编 吴大江 刘宗波

主审 邹自力



黄河水利出版社

教育部高等学校高职高专测绘类专业教学指导委员会“十二五”规划教材

测绘仪器使用与检测

主 编 吴大江 刘宗波
副主编 栾玉平 柏雯娟
主 审 邹自力

黄河水利出版社
· 郑州 ·

内 容 提 要

本书为教育部高等学校高职高专测绘类专业教学指导委员会“十二五”规划教材。全书系统地阐述了光学水准仪、光学经纬仪、电子经纬仪、数字水准仪、全站仪、陀螺经纬仪、GPS 接收机的原理、使用方法及仪器的检测与维修,同时介绍了测绘仪器的主要故障分析及减弱的措施。

本书适合高等职业院校测绘工程相关专业的学生作为测绘仪器检修教材使用,也可以作为测量技术人员的参考用书。

图书在版编目(CIP)数据

测绘仪器使用与检测/吴大江,刘宗波主编. —郑州:
黄河水利出版社,2012. 8

教育部高等学校高职高专测绘类专业教学指导委员会
“十二五”规划教材

ISBN 978 - 7 - 5509 - 0270 - 1

I. ①测… II. ①吴…②刘… III. 测绘仪器 - 高等
职业教育 - 教材 IV. ①TH761

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2012)第 101431 号

出 版 社:黄河水利出版社

地址:河南省郑州市顺河路黄委会综合楼14层

邮政编码:450003

发行单位:黄河水利出版社

发行部电话:0371 - 66026940、66020550、66028024、66022620(传真)

E-mail: hhsclbs@126. com

承印单位:河南地质彩色印刷厂

开本:787 mm×1092 mm 1/16

印张:15.25

字数:371千字

印数:1—4 000

版次:2012年8月第1版

印次:2012年8月第1次印刷

定价:34.00元

教育部高等学校高职高专测绘类专业教学指导委员会
“十二五”规划教材审定委员会

名誉主任 宁津生

顾问 陶本藻 王 依

主 任 赵文亮

副主任 李生平 李骏元 韩力援

委 员 邹自力 陈传胜 黄华明 邹晓军 张晓东
李天和 靳祥升 薄志毅 全志强 张保民
王根虎 周 园 李青海 赵 敏 张彦东
张东明

序 一

职业教育是为我国国民经济建设和发展作出重要贡献的教育类型。近 20 年来,我国高职高专教育得到了迅速发展,可以说现在已经占据了我国高等教育的半壁江山。特别是近几年来,被定位于“以就业为导向”的职业教育,为国家第二、第三产业的发展培养出了大批技能型高端人才,为国家的经济建设和社会发展,以及为我国建成世界第二大经济实体国家发挥着积极的作用,并作出了重要贡献。其中,我国测绘类高职高专教育及其人才培养同样取得了巨大的进展。为了不断推动测绘类高职高专人才培养工作的建设、改革和发展,2004 年教育部委托国家测绘局组建和管理高等学校高职高专测绘类专业教学指导委员会,并作为一个分委员会隶属教育部高等学校测绘学科教学指导委员会。分委员会成立后即开展了高职高专测绘类专业设置的研制,继而规划、组织了“十五”规划教材的编写,并经过教材审定委员会严格审定后,经协商确定,该套教材统一由黄河水利出版社出版。“十五”规划教材的按期出版和投入使用,满足了高职高专测绘类专业的教学需求,起到了有力的教学保障作用,收到了良好的效果。

2006 年教育部提出,高等学校高职高专专业教学指导委员会(包括测绘类专业)独立设置开展工作,并由教育部高教司直接管理。在此期间,教学指导委员会按照教育部的要求开展了“高职高专测绘类专业规范”和“高职高专测绘类专业教学基本要求”的研制和上报工作。为了适应当前国内外测绘技术的新进展和经济社会发展对高职高专人才培养的新要求,高等学校高职高专测绘类专业教学指导委员会重新规划并组织“十二五”规划教材的编写和出版。新一批成套的规划教材是按照教育部的要求,依据“高职高专测绘类专业规范”和“高职高专测绘类专业教学基本要求”的规定编写而成的,此套教材仍然按照第一批规划教材出版协议,由黄河水利出版社统一出版。希望本套教材能在高职高专测绘类专业的人才培养中发挥更好的作用。借此机会,再次对黄河水利出版社长期给予高职高专测绘类专业人才培养工作的支持表示衷心的感谢!

虽然有“十五”规划教材的基础,也有了 20 年来高职高专测绘类专业人才培养的成绩和经验,但是在高职高专人才培养中仍存在地区和行业的差异,以及其自身的特点。既是规划教材,我们希望有测绘类专业的高职高专院校能在教学中使用这套教材,并在使用中发现问题,提出意见,以便今后教材的修订和不断完善。

教育部高等学校测绘学科教学指导委员会主任委员
中国工程院院士



2011 年 12 月 10 日 于武汉

序 二

近年来,我国高等职业教育蓬勃发展,测绘高等职业教育也随之大发展。目前,已有120余所高职院校设立了测绘类专业,每年有数万名在校生就读,有上万名测绘类专业的高职高专毕业生走向测绘与地理信息生产一线岗位,以及为相关行业部门提供测绘与地理信息保障的服务岗位。测绘类专业应用性技能型高端人才的培养,显现出招生、就业两旺的良好发展态势。

人才培养的教育教学工作,需要有教材的基础支持。早在2004年,教育部高等学校测绘学科教学指导委员会主任委员、中国测绘学会教育委员会主任委员、中国工程院院士宁津生倡导并亲自规划和组织,由教育部高等学校测绘学科教学指导委员会组织落实编写全国第一套测绘类专业高职高专规划教材。教材编写得到了各院校教学一线老师们的积极响应和支持。教材编写出版的整个过程,得到了宁津生院士等老专家的全程关心、支持和帮助。在初稿完成后,由宁津生院士任主任委员、陶本藻教授和王依教授任副主任委员组成的教材编写审定委员会,对初稿进行了一一审查,并提出了修改意见,经主编修改再次审查通过后,经过审定委员会同意后出版。宁津生院士亲自和黄河水利出版社进行了商议,并达成协议,由黄河水利出版社给予支持和帮助,并承担出版任务。经过共同努力,教材按期出版和投入使用。该套在中原大地母亲河边出生的教材成为了我国高职高专测绘类专业整体规划设计的^①第一套教材,为高职高专测绘类专业人才培养发挥了基础性作用,改写了测绘高职高专教育没有成套教材的历史。该套教材受到了各院校的热烈欢迎,并得到了广泛的使用,其中的不少种教材由教育部批准成为了国家级“十一五”规划教材。

近年来,测绘新技术的应用发展迅速,测绘生产技术平台不断提升,需要迅速将测绘新技术引进课堂、引进教材;在教育部的有力推动下,对应用性技能型高端人才培养从实践到教育理论都进行了广泛而深刻的探索,并得到了新的经验。以系统化职业能力构建为本位,以与之相适应的理论知识为基础,走校企合作的道路,用工学结合的模式,以系统化的工作过程和项目为载体,追求实现人才培养的“知行合一”的目标,这样的教育思想得到了广泛的认可,并在人才培养中得到应用。培养出来的高职人才以其对就业岗位较强的切入能力、较好的适应能力和较高的职业发展能力逐渐得到社会的认可。

同时,经济、技术和社会的发展,对高职人才的培养也提出了新的要求。教育部高等学校高职高专测绘类专业教学指导委员会和黄河水利出版社遵照协议,共同商议组织高职高专测绘类专业“十二五”规划教材的编写和出版。在策划和组织的时候,教育部组织研制的专业规范和教学基本要求已经完成,这为教材的编写奠定了基础。教育部高等学校高职高专测绘类专业教学指导委员会期望通过编写团队、专家和出版社的共同努力,立足已有基础,高水平编写并按期出版新的一套规划教材,希望各院校积极使用新编“十二五”规划教材,让教材为促进高职测绘教育的可持续发展发挥积极作用。

衷心感谢宁津生院士、陶本藻教授、王依教授对高职高专测绘类专业人才培养工作一

路走来的支持、关心和帮助！衷心感谢为本套教材的编写付出了心血的每一位老师！感谢黄河水利出版社为本套教材的出版而默默付出的每一位同志！

尽管有了良好基础,但由于地区、装备水平、服务行业等的差异,以及各院校老师对课程教学组织的个性化设计,对教材会有不同的要求,因此希望各院校在教材使用过程中能发现问题,提出意见,以便今后教材的修订和完善。

教育部高等学校高职高专测绘类专业教学指导委员会主任委员

赵 文 亮

2011 年 12 月 6 日 于昆明

前 言

随着我国科技和社会主义生产建设的迅猛发展,测绘仪器也随之日新月异,其规格和型号亦日趋完善。如何正确检校仪器、保证测绘仪器的精密程度、延长仪器的使用寿命,便成为越来越多测量工作者及测绘仪器检修人员十分关注的话题。“工欲善其事,必先利其器。”一个具备较高素质的测量工作者,应对其所使用的测绘仪器的各种性能有较全面的了解和掌握。

本书主要阐述了测绘仪器的结构原理、使用及检修,编写目的在于使读者能够正确检测和维修测绘仪器,发挥仪器的效能,取得更高的测量成果。

本书具体编写分工如下:绪论、第十一章由湖北城建学院文学编写;第一章、第五章由重庆工程职业技术学院吴大江编写;第二章、第十三章由重庆工程职业技术学院柏雯娟编写;第三章、第四章由南京工程高等职业学校贾王军编写;第六章、第十二章由云南能源职业技术学院朱劲松编写;第七章、第八章由沈阳农业大学高等职业技术学院栾玉平编写;第九章由甘肃建筑职业技术学院由刘宗波编写;第十章由四川建筑职业技术学院桂芳茹编写。本书由吴大江、刘宗波担任主编并负责统稿,由栾玉平、柏雯娟担任副主编。

全书完成后,由教育部高等学校高职高专测绘类专业教学指导委员会责成东华理工大学高等职业技术学院邹自力教授进行认真细致的审稿,提出了许多宝贵意见,修改后,通过了教育部高等学校高职高专测绘类专业教学指导委员会“十二五”规划教材审定委员会的审定,作为测绘学科的高职高专院校统编教材,供高等职业教育测绘类专业使用。在此,对邹自力教授和教材审定委员会的各位专家表示感谢!同时对黄河水利出版社为本教材顺利出版给予的大力支持表示感谢!

本书在编写过程中力求做到内容简明扼要,文字通俗易懂,插图清晰明了。书中参阅了大量的文献资料,引用了同类书刊中的部分内容,同时得到了相关仪器厂商的大力支持,在此对大家表示衷心的感谢。

由于编者水平及经验有限,书中若有谬误之处,敬请读者批评指正。

编 者
2012 年 5 月

目 录

序 一	宁津生
序 二	赵文亮
前 言	
绪 论	(1)
第一节 大地测量仪器的分类及系列标准	(1)
第二节 大地测量仪器发展简史及近况	(4)
第一章 测量仪器的光学部件	(5)
第一节 光学基本知识	(5)
第二节 平面光学零件和球面光学零件	(9)
第三节 像 差	(22)
第四节 光 栏	(25)
第五节 测量仪器的光学系统	(27)
小 结	(29)
习 题	(29)
第二章 望远镜	(30)
第一节 人眼的特性	(30)
第二节 望远镜的成像原理	(31)
第三节 望远镜的结构	(32)
第四节 望远镜的主要光学性能	(36)
小 结	(42)
习 题	(43)
第三章 水准器及自动安平补偿器	(44)
第一节 水准器	(44)
第二节 自动安平补偿器	(46)
小 结	(54)
习 题	(55)
第四章 光学经纬仪的测角装置	(56)
第一节 概 述	(56)
第二节 放大镜和显微镜	(57)
第三节 带尺显微镜和单平板玻璃光学测微器	(59)
第四节 度盘对径分划符合读数的原理及测微装置	(62)
第五节 数字化读数结构	(71)
小 结	(73)
习 题	(73)

第五章 测量仪器的机械部件	(74)
第一节 测量仪器机械部件的组成	(74)
第二节 竖 轴	(74)
第三节 横 轴	(77)
第四节 制(微)动机构	(78)
第五节 复测机构、拨盘机构、脚螺旋(安平螺旋)	(81)
第六节 对中结构、三脚架、测绘仪器的稳定性	(84)
小 结	(85)
习 题	(85)
第六章 普通水准仪和经纬仪的维修和检校	(87)
第一节 测量仪器维修的基本知识和常用器材	(87)
第二节 DS ₃ 型水准仪的构造和拆卸	(90)
第三节 水准仪的检验与校正	(95)
第四节 国产 DJ ₆₋₁ 型光学经纬仪的拆卸	(99)
第五节 光学经纬仪的检校	(102)
第六节 测绘仪器的“三防”(防霉、防雾、防锈)	(109)
小 结	(111)
习 题	(111)
第七章 电子经纬仪	(112)
第一节 电子经纬仪概述	(112)
第二节 电子经纬仪的测角原理	(112)
第三节 电子经纬仪竖轴补偿器的补偿原理	(116)
第四节 电子经纬仪的检定	(117)
小 结	(120)
习 题	(120)
第八章 测距仪	(121)
第一节 电磁波测距的基本原理	(121)
第二节 测距仪的检测	(126)
小 结	(128)
习 题	(128)
第九章 全站仪	(129)
第一节 概 述	(129)
第二节 全站仪的测量原理	(133)
第三节 全站仪的检定	(153)
第四节 部分常用全站仪的电子校正方法	(171)
小 结	(186)
习 题	(186)
第十章 数字水准仪	(187)
第一节 概 述	(187)

第二节	数字水准仪的测量原理及特点	(191)
第三节	数字水准仪的测量误差	(194)
第四节	拓普康 DL 系列电子数字水准仪的检定	(195)
小 结		(204)
习 题		(204)
第十一章	陀螺经纬仪	(206)
第一节	陀螺经纬仪的工作原理	(206)
第二节	JT ₆ 陀螺经纬仪的检修及校正	(210)
小 结		(213)
习 题		(213)
第十二章	GPS 接收机	(214)
第一节	概 述	(214)
第二节	GPS 接收机的组成	(216)
第三节	GPS 接收机的检验	(217)
小 结		(223)
习 题		(223)
第十三章	测量仪器的日常保管与维护	(224)
第一节	测量仪器的日常保管	(224)
第二节	测量仪器的日常维护	(225)
小 结		(228)
习 题		(228)
参考文献		(229)

绪 论

第一节 大地测量仪器的分类及系列标准

测绘仪器属精密光学、光电仪器的一个重要分支。大地测量仪器又是测绘仪器的重要组成部分,它发展早,应用也很广泛。目前,大地测量仪器广泛应用于工业、农业、水利、交通、道路、桥梁、园艺、地籍、国防等国民经济建设及国防建设部门的工程建设中。

一、测绘仪器的分类

测绘仪器分类见图 0-1。

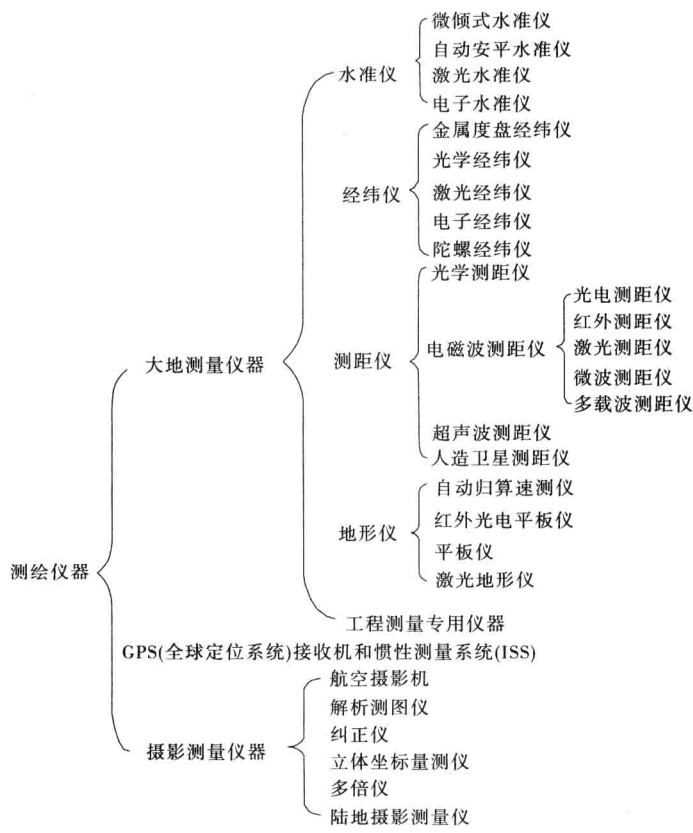


图 0-1 测绘仪器分类

以上测绘仪器根据使用时对精度要求的不同,可大致分为以下四等:

- (1) 高精度仪器:用于国家一、二等控制测量和特别精密的工程测量的测绘仪器。
- (2) 中等精度仪器:用于国家三、四等控制测量及精密工程测量的测绘仪器。

- (3)一般精度仪器:用于等外测量、测图及一般工程测量的测绘仪器。
- (4)低精度仪器:主要用于野外勘察、概略测量及精度要求不高的工程测量的测绘仪器。

二、测绘仪器的系列标准

系列标准是对产品和工程建设的质量、规格及其检验方法等所作出的技术规定。它的作用在于进一步保证产品质量,便利生产、使用和维护,提高通用化水平。它的任务是限定采用合理的主要参数和先进的统一结构,以恰当的、最少的品种最大限度地满足国民经济发展的需要,有计划、有步骤地发展我国的仪器制造事业。

我国从 20 世纪 60 年代初即开展了大地测量仪器的标准化、系列化工作,制定了测绘仪器的系列标准。

在我国大地测量仪器系列化方案中规定:大地测量仪器的总代号为 D,经纬仪的代号为 J,水准仪的代号为 S,平板仪的代号为 P,连起来为 DJ、DS 及 DP。每一类仪器又按精度划分若干个等级。例如,经纬仪的精度指标规定为仪器在野外条件下的一测回方向中误差为 6",用 DJ₆ 表示,简称 J₆ 级经纬仪。

水准仪的精度指标规定为每千米往返高差中误差(即 mm/km)为 ±1 mm,用 DS₁ 表示,简称 S₁ 级水准仪。此外,还有一些派生型号的变型仪器,如矿山经纬仪的代号为 DJK、自动安平水准仪的代号为 DSZ 等。

我国现行的经纬仪、水准仪及光电测距仪系列标准如表 0-1 ~ 表 0-3 所示。

表 0-1 经纬仪系列标准(1983 年 5 月 1 日起实施)

仪器型号			DJ ₀₇	DJ ₁	DJ ₂	DJ ₆	DJ ₃₀
主要参数及尺寸	望远镜放大倍数		30 ^x 、45 ^x 、55 ^x	24 ^x 、30 ^x 、45 ^x	28 ^x	25 ^x	18 ^x
	有效孔径(mm)		65	60	40	35	25
	最短视距(m)		3	3	2	2	1
	水准器角值	照准部	4″/2 mm	6″/2 mm	20″/2 mm	30″/2 mm	—
		垂直度盘指标	10″/2 mm	10″/2 mm	20″/2 mm	30″/2 mm	—
		望远镜	—	—	20″/2 mm	30″/2 mm	30″/2 mm
		圆水准器	8′/2 mm	8′/2 mm	8′/2 mm	8′/2 mm	8′/2 mm
	垂直度盘指标补偿器	工作范围	—	—	±2′	±2′	—
		安平中误差	—	—	±0.3″	±1″	—
	刻划直径(mm)	水平度盘	≥150	≥130	90	90	60
		垂直度盘	90	90	70	70	50
水平读数最小格值(″)		0.2	0.2	1	1	120	
仪器净重(kg)		≤17	≤13	≤6	≤4.5	≤2.5	
主要用途		国家一等三角测量	国家一、二等三角测量及精密工程测量	国家三、四等三角测量及精密工程测量	大比例尺地形测图及一般工程测量	矿山测量及一般工程测量	

表 0-2 水准仪系列标准

仪器型号			DS ₀₅	DS ₁	DS ₃	DS ₁₀	DS ₂₀
每千米往返测高程偶然中误差不大于(mm/km)			±0.5	±1	±3	±10	±20
望远镜放大倍数不小于			45 [*]	38 [*]	28 [*]	20 [*]	15 [*]
望远镜物镜有效孔径不小于(mm)			55	47	38	28	20
水准仪角值不大于	管水准器	符合式普通式	10″/2 mm	10″/2 mm	20″/2 mm	45″/2 mm	45″/2 mm
	粗水准器	十字形式圆气泡	3′/2 mm	3′/2 mm	8′/2 mm	8′/2 mm	15′/2 mm
测微器	测量范围(mm)		5	5			
	最小分划值(mm)		0.05	0.05			
用途			国家一等水准测量及地震水准测量	国家二等水准测量及其他精密水准测量	国家三、四等水准测量及一般工程水准测量	一般工程水准测量	建筑及简易农田水利工程水准测量

表 0-3 光电测距仪系列标准

类别		远程	中程		短程			精密型
型号		DCJ ₅₀	DCJ ₂₅	DCH ₁₀ (DCJ ₁₀)	DCH ₅ (DCJ ₅)	DCH ₂	DCH _{0.5}	DCHJ ₁ 、 DCHJ ₂
主要 参数	测程(km)	50	25	10	5	2	0.5	1(2)
	精度(mm)	±(10+1× 10 ⁻⁶ D)	±(10+2× 10 ⁻⁶ D)	±(10+3× 10 ⁻⁶ D)	±(10+4× 10 ⁻⁶ D)	±(10+5× 10 ⁻⁶ D)	±15	±(0.2+1× 10 ⁻⁶ D)、 ±(2+1× 10 ⁻⁶ D)
	周期误差(mm)	±3	±3	±3	±3	±5	±5	
	平均功耗(W)	72	60	24	24	12	12	12
	主机质量(kg)	20	18	15	13	13	10	13
	工作温度(℃)	-20~+45	-15~+40	-15~+40	-15~+40	-10~+40	-10~+40	-15~+40
	附倾角(°)	-15~+15	-15~+15	-20~+20	-20~+20	-30~+30	-30~+30	-30~+30
结构形式		整体式	整体式	整体式	组合式、 整体式	组合式	组合式	组合式

注:1.表中型号含义:DC—大地测量,J—激光或精密,H—红外。

2. D 为测量的距离。

系列标准是一种法律性的文件,应保持相对稳定,以利于组织产品的设计和生产,不断提高产品质量。

第二节 大地测量仪器发展简史及近况

一、测绘仪器的发展简史

测绘仪器是随着生产实践不断地发展而发展起来的。早在公元前 3 世纪,我国就已使用指南仪器——司南来确定方向。

公元 400 年我国发明了记里鼓车,用以测量距离。

1276 年元代郭守敬创制了多种天文仪器,测定天体的高度和方位。15 世纪,由于航海和地理开发的需要,研究地球形状的科学得到发展;同时,军事和经济建设的需要,使得测图技术有了提高,因而对测量仪器提出了更高的要求。

1608 年荷兰人汉斯发明了望远镜。1667 年法国首先在全圆分度器上安装了望远镜,进行测角。1783 年英国制成了度盘直径为 90 cm、质量为 91 kg 的经纬仪。

17 世纪后期,丹麦天文学家奥拉夫·鲁默尔将测微器和显微镜用于读取度盘读数,大大提高了读数精度。

1858 年意大利工程师波尔勒发明了内对光望远镜,但未推广应用。1892 年减反射涂层的发明,使内对光望远镜的制造逐步得到发展。

1920 年威特等人制成光学经纬仪,定名 TH_1 型,成为世界上第一架光学经纬仪。1923 年生产出 T_2 型经纬仪,为了提高符合精度,度盘采用双线刻划。水准仪上应用棱镜符合水准器,使其构造得到很大变化。1956 年阿斯卡尼亚厂第一次将水准仪的自动安平原理应用于经纬仪的竖盘读数。至此,已廓定了现代光学测量仪器的基本结构。

在我国半封建半殖民地时期,光学仪器制造业极端落后,测绘仪器依赖进口。新中国成立后,建立了各种类型的光学仪器厂。如:上海光学仪器厂、南京水工仪器厂、两安天祥仪器厂、北京光学仪器厂,到了 1966 年,由原国家测绘总局及其他有关单位组织了一次测绘仪器生产会战,在江苏省筹建并扶植了一批生产光学仪器厂,如苏州第一光学仪器厂、无锡测绘仪器厂、徐州光学仪器厂、靖江测绘仪器厂等,而且在全国各地创办了研究所及高等院校。我国现已独立设计制造出了许多测绘仪器,有些产品已有出口。

二、测绘仪器的发展近况

激光是 20 世纪的重大发明之一,它的出现对光学技术发展的影响极其深远。激光测距是激光应用最早且最成熟的一个方面。1960 年贝尔实验室发明了世界上第一台红宝石激光器。1962 年砷化镓半导体激光器又研制成功。在此之后,各类激光测距仪和红外光电测距仪发展极快。据不完全统计,各种型号的测距仪、电子速测仪已有 100 多种。测距精度极高,已达 0.1 mm 量级。由于激光测量仪器的相继出现,引起了测量领域中许多重大变革,因而深受广大测量人员的欢迎。改革开放 30 多年来,我国测量仪器的研制与应用,也取得了显著成绩。各种类型的经纬仪、水准仪及激光准直仪已大批量生产,并跻身国际先进行列。各种测程的激光测距仪均有多种型号产品,但同世界先进水平相比差距较大,今后的测量仪器将进一步吸取其他学科取得的新成果,向多功能方向发展;仪器设计和制造将趋于小巧、精密,式样更加新颖。

第一章 测量仪器的光学部件

第一节 光学基本知识

一、几何光学的特点

光与人类的生产和生活有着十分密切的关系。人类研究光学已有 3 000 多年的历史,对光的研究大致可分为两个方面:一方面是研究光的本性,并根据光的本性来研究各种光学现象,称为物理光学;另一方面是研究光的传播规律和传播现象,称为几何光学。

几何光学是人从无数光学现象及试验结果中总结出来的,发光点和光线是几何光学中的两个基本概念。一个光源或一个本身虽不发光但被光照射时可以把光反射出来的物体,称为发光体。当发光体的面积小到可以忽略不计时,该发光体称为发光点。光线则是表示光的传播方向的几何线,这样研究光传播的问题,就转变为几何问题了,故称为几何光学。

在几何光学中,人们往往把物体看成由无数个发光点组成的发光体,并假设每一个发光点可以发出无数光线。有一定关系的一些光线的集合称为光束。

二、学习几何光学的目的

在测量工作中常用的测绘仪是光学计量仪器的一个分支。人眼也是按照光学原理工作的,极像一个微型照相机。用仪器进行测量时,人眼与仪器构成了一个复杂的光学系统。而所有的测绘仪器都是由许多不同类型、规格的光学零件构成的,其作用原理都是建立在光学基础之上的,所以学习几何光学,了解光线在光学零件中的传播规律,对于了解仪器的结构原理、鉴别仪器的性能特点、分析仪器的误差来源、找出消除与减小每次误差的途径、提高仪器精度、延长使用寿命以及排除仪器故障,具有重要的现实意义。

三、几何光学的四个基本定律

(一)光的直线传播定律

光所通过的物质称为光的传播介质,光在均匀介质中是按直线传播的,这就是光的直线传播定律。

如探照灯的光射向天空,空气就是介质;光射入水中,水就是介质;光射入玻璃中,玻璃就是介质等。当光线通过很小的孔或缝隙时,会改变直线传播的方向而形成明显的绕射(也称衍射)现象。

(二)光的独立传播定律

不同发光体发出的光线相交后,每一光线的颜色及传播方向仍保持不变的特性,称为光的独立传播定律。

如夜晚有两束探照灯的光,在空中相交后仍按各自的方向传播;又如在 J₆ 级经纬仪中,

当望远镜光线和读数系统的光线在望远镜内相交后仍按各自方向传播互不影响等。

(三) 光的反射定律

当光线由一种介质进入另一种介质时,光线在两种介质的分界面上将被分为反射光线和折射光线(见图 1-1)。这两条光线的传播方向将分别由反射定律和折射定律来决定。

入射光线 AO 射到介质分界面上,入射点为 O ,自 O 点起光线分为两支,开始沿不同的方向传播。

OB 为反射光线, OC 为折射光线, ON 为过入射点 O 的分界面法线, i_1 为入射光线与法线的夹角,称为入射角, i'_1 为反射光线与法线的夹角,称为反射角, i_2 为折射光线与法线的夹角,称为折射角。入射光线与反射光线的关系称做反射定律。

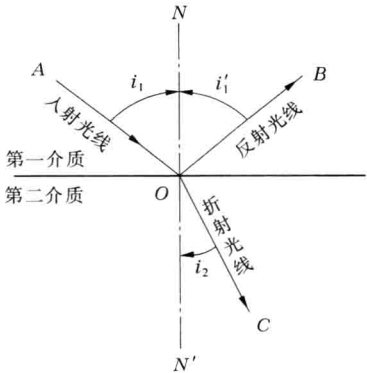


图 1-1 光的反射和折射

(1)入射光线、反射光线与法线位于同一平面内,且反射光线与入射光线分别位于法线的两侧。

(2)入射角 i_1 与反射角 i'_1 大小相等。

由反射定律可推出以下两个规律:

(1)光的可逆性。假定某一光线沿着一定的路径

由 A 点传播到了 B 点,如果在 B 点沿着出射光线相反的方向投射一条光线,则此光线必然沿着同一路径由 B 点传播到 A 点,这种现象就称为光路的可逆性。这将为人们研究光的传播带来许多方便。

(2)乱反射(漫反射)。当许多条平行的光线射到表面非常平整的反射面时,反射光线也互相平行,只是各自的入射点不同而已。若表面粗糙,尽管入射光线彼此平行,反射光线的方向却是乱的,这种现象称为乱反射(又称漫反射)。因此,人们利用光学经纬仪进光窗处的毛玻璃的漫反射,使射入仪器后的光线均匀、柔和,亦可消除进光窗外景物的影像对读数的干扰。

(四) 光的折射定律

当光线穿过两种透明介质时,其中有一部分光线将在分界面处改变其方向而进入第二介质中,这种现象叫做光的折射。这部分折射光线的传播规律,就叫做光的折射定律。

(1)折射光线、入射光线与法线位于同一平面内,且折射光线与入射光线分居法线两侧(见图 1-1)。

(2)入射角 i_1 的正弦与折射角 i_2 的正弦之比,取决于传播介质的光学性质及光的波长,而与角 i_1 和 i_2 的大小无关,即

$$\frac{\sin i_1}{\sin i_2} = \frac{n_2}{n_1} \tag{1-1}$$

常数 n_2 和 n_1 分别为第二介质和第一介质的绝对折射率(简称折射率)。它们的定义为

$$\left. \begin{aligned} n_1 &= \frac{c}{v_1} \\ n_2 &= \frac{c}{v_2} \end{aligned} \right\} \tag{1-2}$$

式中 c ——光在真空中的传播速度;