



国家级实验教学示范中心
“土木工程实验教学中心”系列实验教材
西南交通大学“323实验室工程”系列教材

工程测量实习教程

GONGCHENG CELIANG SHIXI JIAOCHENG

主编 陈 强 高淑照 孙美玲

主审 刘成龙

西南交通大学实验室及设备管理处



西南交通大学出版社
[Http://press.swjtu.edu.cn](http://press.swjtu.edu.cn)

TB22
46

国家级实验教学示范中心

“土木工程实验教学中心”系列实验教材
西南交通大学“323 实验室工程”系列教材

工程测量实习教程

主编 陈 强 高淑照 孙美玲
主审 刘成龙



SEU 2386442

保存本

西南交通大学出版社
· 成 都 ·

内 容 提 要

本书是在总结长期工程测量实习教学经验的基础上,参照高等学校测绘学科教学指导委员会关于工程测量课程的教学要求编写而成的。全书共分2篇:第1篇为工程测量基础实习,包括水准仪、经纬仪及全站仪的基本操作技能训练等13个实习课程;第2篇为工程测量综合实习,包括导线测量、地形图及碎部测量、线路中线与建筑物轴线测设、全球定位系统(GPS)测量、全站仪和水准仪的计量检定、建筑物沉降变形监测等14个实习课程。

本书既可作为高等工科院校测绘工程、土木工程、建筑工程、地质工程、交通运输工程等各学科专业的工程测量实习教程,也可供广大工程测量技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

工程测量实习教程 / 陈强,高淑照,孙美玲主编. —成都:西南交通大学出版社,2010.1
(西南交通大学“323 实验室工程”系列教材)
ISBN 978-7-81104-925-1

I. 工… II. ①陈…②高…③孙… III. 工程测量—高等学校—教材 IV. TB22

中国版本图书馆CIP数据核字(2008)第094055号

“土木工程实验教学中心”系列实验教材
西南交通大学“323 实验室工程”系列教材

工程测量实习教程

主编 陈 强 高淑照 孙美玲

*

责任编辑 高 平

特邀编辑 唐 飞

封面设计 本格设计

西南交通大学出版社出版发行

(成都市二环路北一段111号 邮政编码:610031 发行部电话:028-87600564)

<http://press.swjtu.edu.cn>

四川森林印务有限责任公司印刷

*

成品尺寸:185 mm×260 mm 印张:13.5

字数:336千字 印数:1—3 000册

2010年1月第1版 2010年1月第1次印刷

ISBN 978-7-81104-925-1

定价:19.80元

图书如有印装质量问题 本社负责退换
版权所有 盗版必究 举报电话:028-87600562

前言

“工程测量实习”是测绘、遥感、地理信息系统等专业学生必修的一门实践性专业基础课，也是其他学科如土木工程、建筑工程、地质工程、交通运输工程等各专业学生重要的基础实习课程之一。通过系统地参加外业测量实习环节，学生不但可以深刻地理解和巩固测绘理论知识，而且对于培养动手操作能力、分析与解决问题的能力以及严谨求实的工作态度，能起到良好的促进作用。通过工程测量实习环节，学生能基本掌握工程建设常用测绘仪器的操作方法、测量的基本技能，懂得如何采集和处理数据，提高测、绘、算的综合能力，为培养适应现代科学技术的不断进步和国家工程建设（如铁路、公路、航道、建筑等）迅速发展的人才需求打下坚实的实践基础。

参照高等学校测绘学科教学指导委员会关于工程测量课程的教学要求，编写组依照基本测量理论、基本实习技能和综合测绘能力循序渐进的方式编写了本书。在实习内容的安排上，既保留了基本测量原理方面的基础实习，如水准测量、角度测量、距离测量和坐标测设等，又结合现代测绘新仪器和先进测量技术，如数字水准仪、GPS 测量与测设、数字测图等新内容，增加编写了与当前测绘生产紧密联系的数字化仪器和先进测量技术的综合实习。

本书共分为 2 篇。第 1 篇为工程测量基础实习，分为 3 章，包括水准仪及水准测量、经纬仪及角度测量、全站仪及距离坐标测量等 13 个实习课程。第 2 篇为工程测量综合实习，分为 6 章，编写了与工程建设紧密相关的导线测量、地形图及碎部测量、线路中线与建筑物轴线测设、全球定位系统（GPS）测量等 10 个实习课程；为丰富学生的测绘知识和拓宽学生的测量视野，我们还编排了关于全站仪和水准仪的计量检定、建筑物沉降变形监测等 4 个实习课程。

本书由西南交通大学陈强、高淑照、孙美玲主编。具体编写分工为：陈强编写了第 4 章、第 5 章；高淑照编写了第 1 章的 1.6 节、1.7 节、第 6 章和第 7 章；孙美玲编写了第 1 章的 1.1~1.5 节和第 2 章；西南交通大学黄育龙编写了第 3 章和第 8 章；西南交通大学刘成龙编写了第 9 章。

本书是在西南交通大学测量工程系、工程测量实验室实习教学经验积累的基础上编写完成的，它是集体智慧和共同劳动的结晶。西南交通大学实验室与设备管理处、教务处、测量工程系及工程测量实验室为本书的编写提供了物质基础。本书在测量原理的编写方面，引用了王兆祥老师编写的《铁道工程测量》这一课堂同步教材的相关内容。此外，还参考了许多兄弟院校的工程测量教材和部分仪器生产厂家的参考资料，如张正禄老师编写的《工程测量学》，郭祥瑞老师编写的《建筑工程测量实习指导书及习题集》，Nikon 全站仪、Trimble GPS

接收机、Dini 数字水准仪、Leica DNA 数字水准仪和 CASS 数字测图软件等说明书。本书的编写还得到了西南交通大学测量工程系广大教师的大力支持，并由刘成龙和傅晓村两位老师审校全书。在此，谨向上述所有老师、仪器厂家表示衷心的感谢。同时，西南交通大学出版社为本书的编辑也做了大量细致的工作，在此一并深表谢意。

由于编者水平所限，书中难免有疏漏和不足之处，恳请广大读者批评指正。

编者
2009年10月

目 录

第 1 篇 工程测量基础实习

第 1 章 水准仪及水准测量实习	3
1.1 水准仪的基本知识	3
1.2 水准仪的认识和使用实习	8
1.3 水准路线测量实习	12
1.4 水准仪的检验与校正实习	15
1.5 四等水准测量实习	21
1.6 数字水准仪的基本知识	27
1.7 数字水准仪的认识与使用实习	30
第 2 章 经纬仪及角度测量实习	43
2.1 经纬仪的基本知识	43
2.2 经纬仪的认识和使用实习	49
2.3 测回法观测水平角和竖直角测量实习	52
2.4 方向法观测水平角实习	57
2.5 经纬仪的检验和校正实习	59
第 3 章 全站仪及距离坐标测量实习	68
3.1 全站仪的基本知识	68
3.2 全站仪的认识使用与距离测量实习	71
3.3 全站仪坐标测量实习	73
3.4 全站仪坐标测设实习	77
3.5 全站仪三角高程测量实习	80

第 2 篇 工程测量综合实习

第 4 章 导线测量实习	87
4.1 导线测量的基本知识	87
4.2 闭合导线测量实习	89
第 5 章 地形图及碎部测量实习	96
5.1 地形图的基本知识	96

5.2 视距法碎部测量实习	99
5.3 地形图等高线勾绘实习	101
5.4 大比例尺数字地形测图实习	105
第 6 章 线路中线与建筑物轴线测设实习	111
6.1 线路中线测设的基本知识	111
6.2 线路曲线测设实习	117
6.3 建筑物轴线测设实习	119
第 7 章 全球定位系统 (GPS) 测量实习	123
7.1 全球定位系统 (GPS) 的基本知识	123
7.2 GPS 接收机的认识和使用实习	128
7.3 GPS 静态测量与数据处理实习	143
7.4 GPS 动态测量实习	159
7.5 GPS 动态测设实习	166
第 8 章 全站仪和水准仪的计量检定实习	170
8.1 计量和计量检定的基本知识	170
8.2 全站仪计量检定的基本知识	171
8.3 一测回水平方向和竖直角测角标准差的检定实习	175
8.4 全站仪加、乘常数和测距标准差的检定实习	185
8.5 水准仪计量检定的基本知识	189
8.6 水准仪计量检定实习	191
第 9 章 建筑物沉降变形监测实习	197
9.1 建筑物变形及变形监测理论	197
9.2 建筑物沉降观测的基本知识	200
9.3 沉降变形观测实习	207
参考资料	210

第 1 篇

工程测量基础实习

第1章 水准仪及水准测量实习

1.1 水准仪的基本知识

1.1.1 概述

水准仪是进行水准测量的主要仪器，它可以提供水准测量所必需的水平视线，用于测量两点之间的高差。目前通用的水准仪从构造上可分为两大类：一类是利用水准管来获得水平视线的水准管水准仪，称为“微倾式水准仪”；另一类是利用补偿器来获得水平视线的“自动安平水准仪”。此外，还有一种新型水准仪——电子水准仪或称数字水准仪，它使用条纹编码尺，利用数字图像处理的方法，由仪器自动读取条纹编码尺上的读数，并计算出高差和距离，使水准测量逐渐实现数字化和自动化。

我国的水准仪系列标准分为 DS_{05} 、 DS_1 、 DS_3 和 DS_{20} 四个等级。D 是大地测量仪器的代号，S 是水准仪的代号，均取“大”和“水”两个字汉语拼音的首字母。脚码的数字表示仪器的精度，即每 km 往返测高差中数的偶然中误差。其中， DS_{05} 和 DS_1 用于精密水准测量， DS_3 用于一般水准测量， DS_{20} 用于简易水准测量。下面介绍两种不同类型的水准仪。

1.1.2 DS_3 级微倾式水准仪

在一般水准测量中使用较广的 DS_3 级微倾式水准仪，由下列三个主要部分组成：

望远镜——可以提供视线，并可读出远处水准尺上的读数；

水准器——用于指示仪器或视线是否处于水平位置；

基座——用于置平仪器，支承仪器的上部并能使仪器的上部在水平方向转动。

DS_3 级微倾式水准仪各部分的名称见图 1.1。基座上有三个脚螺旋，调节脚螺旋可使圆水准器的气泡移至中央，使仪器粗略整平。望远镜和管水准器与仪器的竖轴连接成一体，竖轴插入基座的轴套内，可使望远镜和管水准器在基座上绕竖轴旋转。制动螺旋和微动螺旋用来控制望远镜在水平方向的转动。制动螺旋松开时，望远镜能自由旋转，旋紧时望远镜则固定

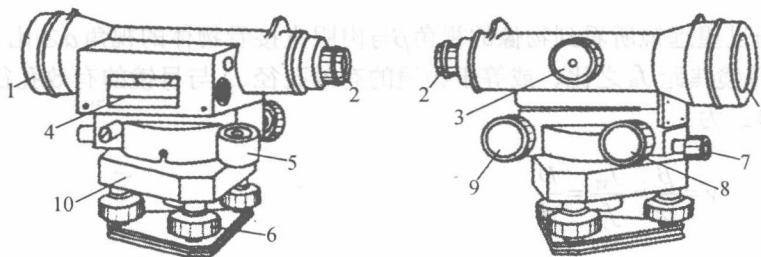


图 1.1 DS_3 级微倾式水准仪

1—物镜；2—目镜；3—调焦螺旋；4—管水准器；5—圆水准器；6—脚螺旋；
7—制动螺旋；8—微动螺旋；9—微倾螺旋；10—基座

不动。旋转微动螺旋可使望远镜在水平方向作缓慢的转动，但只有在制动螺旋旋紧时，微动螺旋才能起作用。旋转微倾螺旋可使望远镜连同管水准器作俯仰微量的倾斜，从而可使视线精确整平。因此，这种水准仪称为微倾式水准仪。

下面说明微倾式水准仪上的主要部件——望远镜和水准器的构造和性能。

1. 望远镜

最简单的望远镜是由物镜和目镜组成。物镜的作用是使物体在物镜的另一侧构成一个倒立的实像，目镜的作用是使这一实像在同一侧形成一个放大的虚像（见图 1.2）。为了使物像清晰并消除单透镜的一些缺陷，物镜和目镜都是用两种不同材料的透镜组合而成（见图 1.3）。

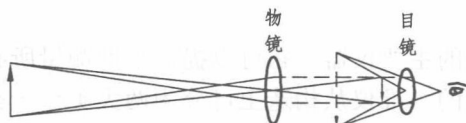


图 1.2 望远镜成像原理

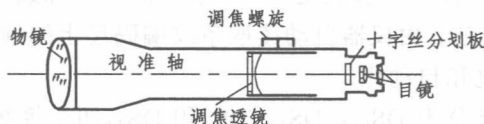


图 1.3 望远镜的构造

水准仪上的望远镜还必须有一个十字丝分划板，它是刻在玻璃片上的一组十字丝，安装于望远镜筒内靠近目镜的一端。水准仪上十字丝的图形如图 1.4 所示，水准测量中用它中间的横丝或楔形丝平分线读取水准尺上的读数。十字丝交点和物镜光心的连线称为视准轴，也就是视线，视准轴是水准仪的主要轴线之一。

为了能准确地照准目标或读数，望远镜内必须同时能看到清晰的物像和十字丝。为此，必须使物像落在十字丝分划板平面上。为了使离仪器不同距离的目标能成像在十字丝分划板平面上，望远镜内还必须安装一个调焦透镜（见图 1.3）。观测不同距离处的目标，可旋转调焦螺旋改变调焦透镜的位置，从而能在望远镜内清晰地看到十字丝和所要观测的目标。

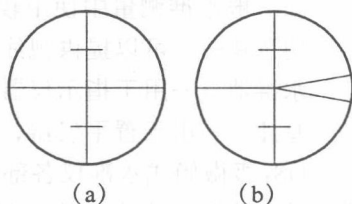


图 1.4 十字丝分划板

望远镜的性能由以下几个方面来衡量：

1) 放大率

放大率是通过望远镜所看到物像的视角 β 与肉眼直接看物体的视角 α 之比，它近似地等于物镜焦距 $f_{\text{物}}$ 与目镜焦距 $f_{\text{目}}$ 之比，或等于物镜的有效孔径 D 与目镜的有效孔径 d 之比，即放大率 v 的计算公式为

$$v = \frac{\beta}{\alpha} = \frac{f_{\text{物}}}{f_{\text{目}}} = \frac{D}{d} \quad (1.1)$$

2) 分辨率

分辨率是望远镜能分辨出两个相邻物点的能力，用光线通过物镜后的最小视角来表示。

当小于最小视角时,在望远镜内就不能分辨出两个物点。分辨率 φ 的计算公式为

$$\varphi = \frac{140}{D} (^{\circ}) \quad (1.2)$$

式中 D ——物镜的有效孔径 (mm)。

3) 视场角

视场角是望远镜内所能看到的视野范围。这个范围是一个圆锥体,因此视场角用圆锥体的顶角来表示。视场角与放大率成反比。

4) 亮度

亮度是通过望远镜所看到物体的明亮程度。它与物镜有效孔径的平方成正比,与放大率的平方成反比。

从以上可以看出,望远镜的各项性能是相互制约的。例如,增大放大率也增强了分辨率,可提高观测精度,但减小了视场角和亮度,不利于观测。因此,测量仪器上望远镜的放大率有一定的限度,一般为 20~45 倍。

2. 水准器

水准器是用以置平仪器的一种设备,是水准仪上的重要部件。水准器分为管水准器和圆水准器两种。

1) 管水准器

管水准器又称为水准管,是一个封闭的玻璃管(见图 1.5),管的内壁在纵向磨成圆弧形,其半径可从 0.2 m 变化到 100 m。管内盛酒精或乙醚或两者混合的液体,并留有一气泡。管面上刻有间隔为 2 mm 的分划线,分划线中点称为水准管零点。过零点与管内壁在纵向相切的直线称为水准管轴。当气泡的中心点与零点重合时,称气泡居中,此时水准管轴位于水平位置。

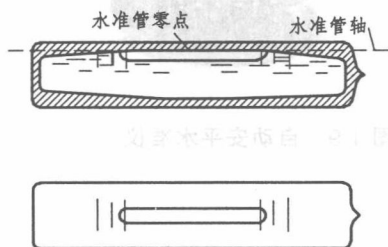


图 1.5 管水准器

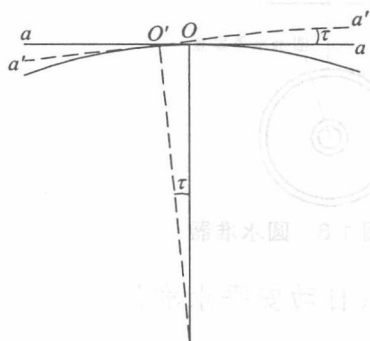


图 1.6 水准管的分划值

水准管上一格 (2 mm) 所对应的圆心角称为水准管的分划值。根据几何关系可以看出,分划值也是气泡移动一格水准管轴所变动的角值(见图 1.6)。水准仪上水准管的分划值为 $10'' \sim 20''$,水准管的分划值越小,视线置平的精度越高。水准管的置平精度还与水准管的研磨质量、液体的性质和气泡的长度有关。在这些因素的综合影响下,使气泡移动 0.1 格时水

准管轴所变动的角值称为水准管的灵敏度。能够被气泡的移动反映出水准管轴变动的角值越小,水准管的灵敏度就越高。

为了提高气泡居中的精度,在水准管的上面安装一套棱镜组,使两端各有半个气泡的像被反射到一起。当气泡居中时,两端气泡的像就能符合,故这种水准器称为符合水准器(见图 1.7)。符合水准器是微倾式水准仪上普遍采用的水准器。

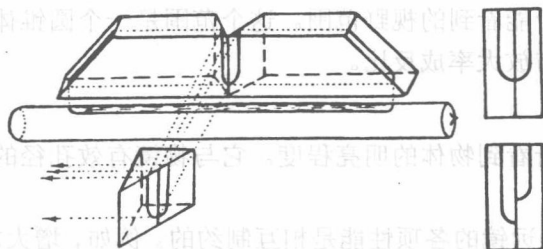


图 1.7 符合水准器

2) 圆水准器

圆水准器是一个封闭的圆形玻璃容器(见图 1.8),顶盖的内表面为一球面,半径可从 0.12 m 变化到 0.86 m。容器内盛乙醚类液体,并留有一小圆气泡。容器顶盖中央刻有一小圈,小圈的中心是圆水准器零点。通过零点的球面法线是圆水准器轴,当圆水准器的气泡居中时,圆水准器轴位于铅垂位置。圆水准器的分划值是顶盖球面上 2 mm 弧长所对应的圆心角值,水准仪上圆水准器的角值为 $8' \sim 15'$ 。

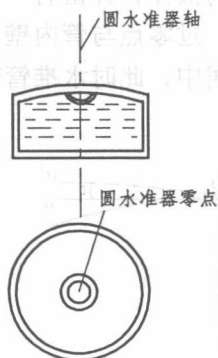


图 1.8 圆水准器



图 1.9 自动安平水准仪

1.1.3 DS₃ 自动安平水准仪

自动安平水准仪是一种不用水准管而能自动获得水平视线的水准仪(见图 1.9)。微倾式水准仪在用微倾螺旋使气泡符合时要花一定的时间,水准管灵敏度越高,整平需要的时间越长。在松软的土地上安置水准仪时,要随时注意气泡有无变动。而自动安平水准仪在用圆水准器使仪器粗略整平后,经过 1~2 s 即可直接读取水平视线读数。当仪器有微小的倾斜变化时,补偿器能随时调整,始终给出正确的水平视线读数。因此,它具有观测速度快、精度高的优点,被广泛地应用在各种等级的水准测量中。

自动安平水准仪自 20 世纪 50 年代初问世以来发展很快,现在各国生产的各种不同构造、不同型号的自动安平水准仪有几十种之多,但其基本原理可归纳为下列 2 种。

1. 移动十字丝的方法

如图 1.10 所示,当仪器水平时,物镜位于 O , 十字丝交点位于 Z_0 , 水平视线读数为 a_0 。若仪器倾斜了一个小角 α , 则十字丝交点将从 Z_0 移到 Z , 读数将变为 a 。如果在望远镜内安装一补偿器 P , 并使补偿器轴线 PZ 能相对于原视线反方向摆动一 β 角, 从而使十字丝交点从 Z 移到 Z_0 。由于 α 和 β 角都很小, 故从图中可得:

$$ZZ_0 = \beta \cdot S = f \cdot \alpha$$

$$\text{故} \quad \frac{\beta}{\alpha} = \frac{f}{S} = v \quad (1.3)$$

式中 f ——物镜的等效焦距;

S ——补偿器到十字丝的距离;

v ——补偿器的放大率。

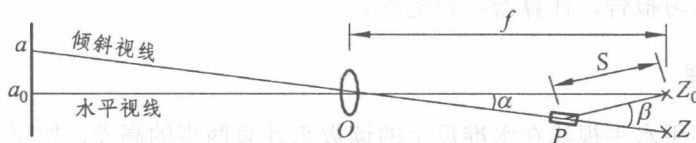


图 1.10 移动十字丝的方法

由图 1.10 和式 (1.3) 可以看出: 只要保持 v 为常数, 就能使水平光线经补偿器后始终通过十字丝的交点, 获得水平视线读数, 从而起到自动安平的作用。

2. 移动像点的方法

按照同样设想, 如图 1.11 所示, 当望远镜倾斜 α 角时, 水平光线通过补偿器后, 能相对于水平线按相同方向摆动一 β' 角, 从而使水平方向上的像点从 Z_0 移到 Z 。故从图中可得:

$$\frac{\beta'}{\alpha} = \frac{f}{S} = v' \quad (1.4)$$

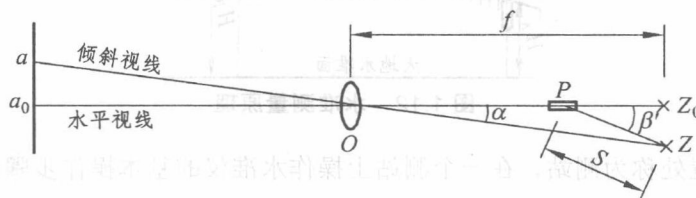


图 1.11 移动像点的方法

因此, 只要保持 v' 为常数, 水平方向上的像点就能通过十字丝交点, 同样起到自动安平的作用。

1.2 水准仪的认识和使用实习

1.2.1 实习目的

- (1) 了解 DS₃ 级微倾式或自动安平式水准仪的基本构造、主要部件和基本功能。
- (2) 掌握水准仪的安置、瞄准和读数的基本技能。

1.2.2 实习内容

- (1) 认识 DS₃ 级水准仪各个部件的名称、作用 and 操作方法。
- (2) 完成水准仪的安置和整平, 操作望远镜并在水准尺上进行正确读数。
- (3) 完成两点间水准高差的测量和计算。

1.2.3 实习组织和实习用具

实习分组: 2 人一组。

实习用具: DS₃ 级水准仪 1 台、三脚架 1 个、记录板 1 块、水准尺 1 把。

每人自备: 实习报告、计算器、铅笔等。

1.2.4 实习原理

水准测量是利用水平视线在水准尺上的读数来计算两点的高差。如图 1.12 所示, 为了求出 A、B 两点的高差 h_{AB} , 在 A、B 两点上分别竖立带有长度分划的标尺——水准尺, 在 A、B 之间安置可提供水平视线的仪器——水准仪。当视线调整水平时, 在 A、B 两点的标尺上分别读取读数 a 和 b , 则 A、B 两点的高差等于两个标尺读数之差, 即

$$h_{AB} = a - b \quad (1.5)$$

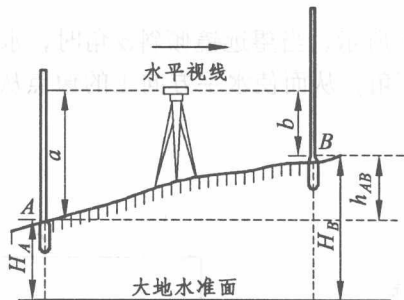


图 1.12 水准测量原理

水准仪的安置处称为测站, 在一个测站上操作水准仪的基本操作步骤如下。

1. 安置水准仪

首先松开三脚架腿的伸缩螺旋, 按需要调节三条腿的长度后, 旋紧螺旋。三脚架的安置应高度适当、架头大致水平。对于泥土地面, 应将三脚架的脚尖踩入土中, 以防仪器下沉; 对于水泥地面, 如特别光滑, 则需采用防滑措施; 对于倾斜地面, 可将三脚架的一只脚安放

在高处，另两只脚安置在低处。

然后打开仪器箱，记住仪器摆放位置，以便仪器装箱时按原位摆放。双手将水准仪从仪器箱中平稳地拿出，放在脚架的架头上，接着一手紧握住仪器，另一手将中心连接螺旋立即旋入仪器基座内，确认已牢固地连接在三脚架上之后才可松手。

2. 仪器的粗略整平

仪器的粗略整平是利用脚螺旋使圆水准器的气泡居中，从而使仪器大致水平。为了快速粗平，对坚实地面，可固定脚架的两条腿，一手扶住脚架顶部，另一手握住第三条腿作前后左右移动，眼睛观察圆水准器气泡，使之偏离中心不远，然后再用脚螺旋粗平。

不论圆水准器气泡在任何位置，先用任意两个脚螺旋使气泡移到通过圆水准器零点并垂直于这两个脚螺旋连线的方向上。如图 1.13 (a) 所示，通过同时移动 1、2 脚螺旋使气泡自 a 移到 b ，可使仪器在这两个脚螺旋连线的方向处于水平位置，然后单独用第三个脚螺旋 3 使气泡居中[见图 1.13 (b)]。在旋转第三个脚螺旋的操作过程中，如果气泡移动的方向偏离垂线方向，则待气泡移至过圆水准器零点与 1、2 两个脚螺旋连线平行的方向上时，停止旋转第三个脚螺旋，然后再通过旋转 1、2 脚螺旋的方法调整气泡，直至气泡位于圆水准器的中心。操作时必须记住以下三条要领：

- (1) 先旋转两个脚螺旋，然后旋转第三个脚螺旋。
- (2) 旋转两个脚螺旋时必须作相对地转动，即旋转方向应相反。
- (3) 气泡移动的方向始终和左手大拇指移动的方向一致。

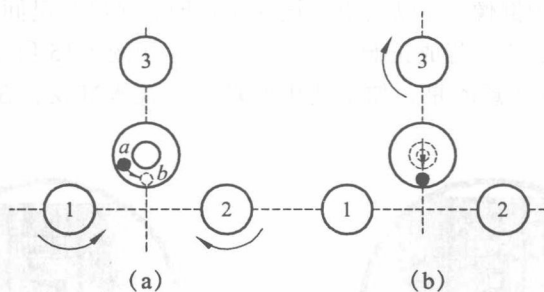


图 1.13 使用脚螺旋整平仪器

3. 照准目标

用望远镜照准目标时，首先调节目镜使十字丝清晰，再利用望远镜上的准星从外部粗略瞄准水准尺，然后旋紧制动螺旋，通过旋转物镜调焦螺旋使尺像清晰，最后用微动螺旋使十字丝竖丝照准水准尺。需要注意的是，有的水准仪只有微动螺旋没有制动螺旋，停止转动照准部后即已制动。为了便于读数，可使尺像稍偏离竖丝少许。当照准不同距离处的水准尺时，需重新调节物镜焦距才能使尺像清晰，但十字丝目镜不再调焦。

照准目标时必须消除视差。观测时眼睛稍作上下移动，如果尺像与十字丝有相对的移动，即读数有改变，则表示有视差存在。其原因是尺像没有落在十字丝平面上[见图 1.14 (a)、(b)]。存在视差时不能得出准确的读数，消除视差的方法是再次轻微旋转调焦螺旋，同时仔细进行观察，直到不再出现尺像和十字丝有相对移动为止，即尺像与十字丝在同一平面上[见图 1.14 (c)]。

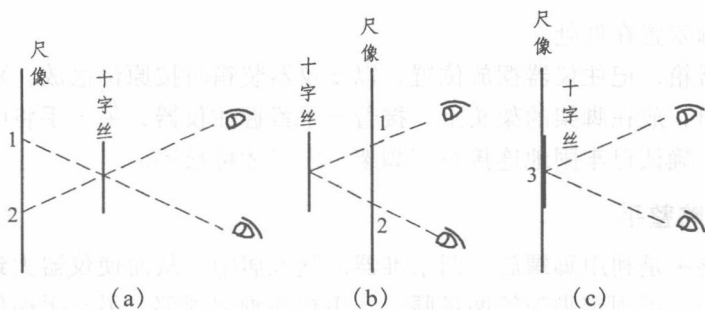


图 1.14 视差的产生与消除

4. 视线的精确整平

由于圆水准器的灵敏度较低, 所以用圆水准器只能使水准仪粗略整平。在每次读数前, 还必须用微倾螺旋使水准管气泡符合, 使视线精确整平。由于微倾螺旋旋转时, 会改变望远镜和竖轴的相对关系, 当望远镜由一个方向转变到另一个方向时, 水准管气泡一般不再符合。因此, 望远镜每次变动方向后, 也就是在每次读数前, 都需要用微倾螺旋重新使气泡符合。如果所用仪器为自动安平水准仪, 则此步骤可省略。

5. 读数并记录

用十字丝中间的横丝读取水准尺的读数。从尺上可直接读出 m 、 dm 和 cm 数, 需估读出 mm 数, 因此每个读数必须有四位数。如果某一位数是零, 也必须读出并记录, 不可省略。由于望远镜成像有正像和倒像, 所以从望远镜内读数时, 读数在尺面上应由小到大的方向读。若仪器成倒像, 从上往下读; 若成正像, 从下往上读。如图 1.15 所示, 读数从左到右依次为 $1.588 m$ 、 $1.531 m$ 。需要注意的是, 如果使用的是微倾式水准仪, 在读数前和读数后都应该检查气泡是否符合。

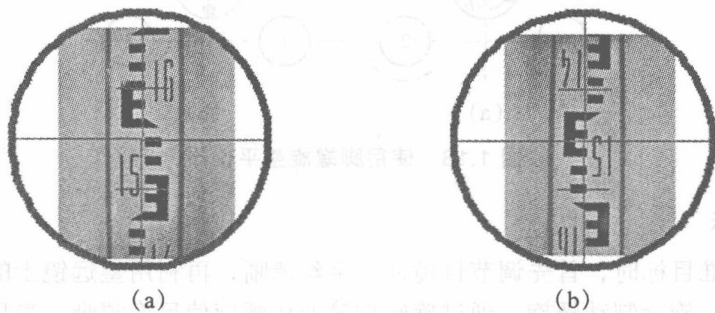


图 1.15 读数示意图

1.2.5 实习步骤和要求

- (1) 各小组领取仪器并签字后, 到室外的测量实习场地。
- (2) 打开三脚架, 保持架头近似水平, 拧紧脚架的伸缩螺旋, 固定三脚架。
- (3) 把水准仪从仪器箱小心地取出, 将脚架架头上的中心连接螺旋拧入水准仪底部的基座内, 确认水准仪与脚架已牢固地连接。
- (4) 认识水准仪各部分的名称、构造、功能和操作方法。