

公路工程测量员 实用读本

GONGLU GONGCHENG CELIANGYUAN SHIYONG DUBEN

张保成 主编



人民交通出版社

**Gonglu Gongcheng Celiangyuan
Shiyong Duben**

公路工程测量员实用读本

人民交通出版社

内 容 提 要

全书共九章,第一、二、三章介绍普通测量的基本知识与技能;第四、五、六章介绍公路平、纵、横测量方法;第七章介绍公路施工放样方法;第八章介绍高等级公路路线测量方法;第九章是公路测量新仪器、新技术简介。

本书可供公路工程技术人员和测量中、高级工学习使用,也可作为测量技工的培训教材。

图书在版编目(CIP)数据

公路工程测量员实用读本/张保成主编. -北京:人民交通出版社,2000.6

ISBN 7-114-03629-9

I. 公… II. 张… III. 道路测量 IV. U412.24

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2000)第 23500 号

公路工程测量员实用读本

张保成 主编

责任印制:杨柏力 正文设计:王秋红 责任校对:尹 静

人民交通出版社出版发行

(100013 北京和平里东街10号)

各地新华书店经销

北京牛山世兴印刷厂印刷

开本:850×1168 1/32 印张:8 插页:3 字数:210千

2000年6月 第1版

2004年4月 第1版 第5次印刷

印数:13501~16500册 定价:16.00元

ISBN 7-114-03629-9

前 言

《公路工程测量员实用读本》是为具有测量基本理论知识和应用能力的中、高级测量技术工人编写的适用性参考书。该书淡化理论,注重实际操作,不强求系统性。本着先进、实用和可操作的原则,力求做到概念清楚,文理通顺,通俗易懂,符合当前公路工程勘测测量、施工放样的实际做法,可起到技术工人的“测量手册”之功效。

本书由呼和浩特交通学校张保成高级讲师任主编,徐能化讲师任副主编。参加编写的还有呼和浩特交通学校的孙恒工程师和四川省交通学校的陈烈老师以及河南省交通学校的王平安老师。书中插图由呼和浩特交通学校的高占云和徐能化老师描绘。

由于作者水平有限,书中错误与不妥之处在所难免,诚恳欢迎读者批评指正。

作 者

1999年7月20日

目 录

第一章 基本知识与技能	1
第一节 公路测量的一般知识.....	1
第二节 水准仪及技术操作.....	8
第三节 光学经纬仪及技术操作	22
第四节 距离测量与直线定向	34
第二章 导线测量	54
第一节 概述	54
第二节 导线点坐标计算	57
第三节 导线与国家三角点联系测量	68
第三章 地形图的测绘与应用	72
第一节 概述	72
第二节 视距测量	79
第三节 地形点位置的测定	81
第四节 地形图的应用	83
第四章 公路中线测量	89
第一节 中线测量的组织与工作内容	89
第二节 交点和转点的测设	90
第三节 转角测定和里程桩设置	96
第四节 圆曲线测设.....	101
第五节 缓和曲线测设.....	110
第六节 复曲线测设.....	125
第七节 回头曲线测设.....	132
第八节 困难地段的中线测量.....	137
第九节 中线测量成果整理与展绘.....	140

第五章 公路纵断面测量	144
第一节 基平测量方法	144
第二节 中平测量方法	149
第三节 纵断面图	153
第六章 公路横断面测量	156
第一节 横断面方向测定	156
第二节 横断面测量	161
第三节 横断面图绘制	163
第七章 工程放样方法	167
第一节 放样的基本方法	167
第二节 平面点位的放样	172
第三节 路线施工测量	176
第八章 高等级公路路线测量	187
第一节 高等级公路路线测量简介	187
第二节 高等级公路中线测设数据的计算	191
第三节 全站仪三角高程测量	198
第四节 高等级公路中线测设与纵断面测量	200
第九章 公路测量新仪器、新技术简介	205
第一节 日本宾得 PENTAX PIS—V 系列全站仪的 基本操纵简介	205
第二节 南方 NTS—202/205 全站仪的基本操作简介	222
第三节 GPS 定位技术简介	231
第四节 大比例尺地面数字测图简介	242

第一章 基本知识与技能

第一节 公路测量的一般知识

一、测量的基准面

实际测量工作是在地球的自然表面上进行的,而地球自然表面是很不规则的,有陆地、海洋、高山和平原,通过长期的测绘工作和科学调查了解到,地球表面上海洋面积约占 71%,陆地面积占 29%。人们把地球总的形状看作是被海水包围的球体,也就是设想有一个静止的海水面,向陆地延伸而形成的一个封闭的曲面。我们把这个静止的海水面称为水准面,其特性是面上任意一点的铅垂线都垂直于该点的曲面,如图 1-1a)所示。

水准面在小范围内近似一个平面,而完整的水准面是被海水包围的封闭曲面。这样的封闭曲面由于海水有潮汐,所以不同高度的水准面有无数个,其中最接近地球形状和大小的显然是通过平均海水面的那个水准面,这个惟一而确定的水准面叫大地水准面。大地水准面就是测量的基准面,如图 1-1b)所示。

由于地球内部质量分布不均匀,导致地面上各点的铅垂线方向产生不规则的变化,因而大地水准面实际上是一个有微小起伏的不规则曲面。如果将大地控制网投影到这个不规则的曲面上,将无法进行大地测量计算,为此必须用一个和大地水准面的形状非常接近的数学形体,来代替大地水准面。在测量上是选用椭圆绕其短轴旋转而成的参考旋转椭球体面,作为测量计算的基准面,如图 1-1c)所示。

目前我国所采用的参考椭球体是 1980 年国家大地测量坐标

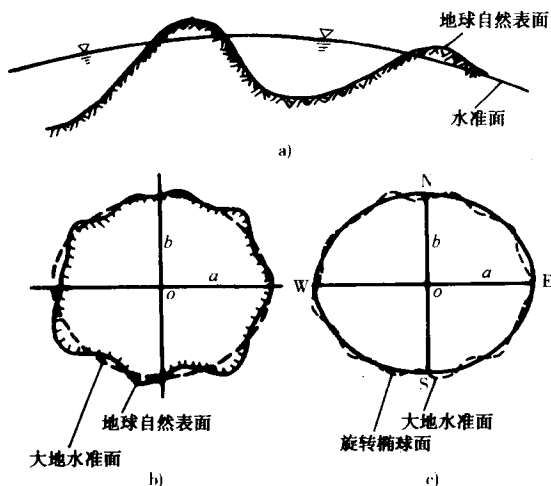


图 1-1

系,其椭球元素为:

长半轴	$a = 6378\ 140\text{m}$
短半轴	$b = 6356\ 755.288\text{m}$
扁率	$\alpha = (a - b) / a = 1:298.275$

当测区范围不大时,可以把地球参考椭球体当作圆球看待,取其半径为 6371km。

二、地面点的测量坐标系统

地面点在投影面上的坐标,根据具体情况,可选用下列三种坐标系统中的一种来表示。

1. 大地坐标系

在大地坐标系中,地面点在旋转椭球面上的投影位置用大地经度 L 和大地纬度 B 来表示,如图 1-2 所示。

P 点的大地经度就是通过该点的子午面与起始子午面的夹角用 L 表示,从起始子午面算起,向东自 $0^\circ \sim 180^\circ$ 称为东经;向西自 $0^\circ \sim 180^\circ$ 称为西经。

P 点的大地纬度就是该点的法线(与椭球面垂直的线)与赤道面的交角,用 B 表示。从赤道面起算,向北自 $0^\circ \sim 90^\circ$ 称为北纬;向南自 $0^\circ \sim 90^\circ$ 称为南纬。

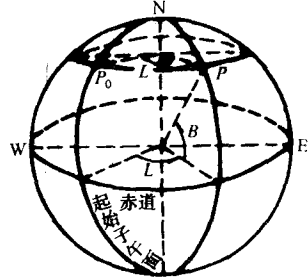


图 1-2

2. 高斯平面直角坐标系

在研究大范围的地球形状和大小,必须用大地坐标表示地面点的位置才符合实际。但在绘制地形图时,只能将参考椭球面上的图形用地图投影的方法描绘到纸的平面上,这就需要用相应的地图投影方法建立一个平面直角坐标系。我国从 1952 年开始采用高斯投影作为地形图的基本投影,并以高斯投影的方法建立了高斯平面直角坐标系。由于投影具有规律性,因而地面点的高斯平面坐标与大地坐标可以相互转换。

高斯投影是地球椭球面正形投影于平面的一种数学转换过程。为说明简单起见,可以用下面形象的投影过程来解说这种投影规律。

如图 1-3a)所示,设想将截面为椭圆的一个圆柱横套在地球椭球外面,并与椭球面上某一条子午线(如 NDS)相切,同时使圆柱的轴位于赤道面内并通过椭球中心。圆柱面与椭球面相切的子午线称为中央子午线。若以椭球中心为投影中心,将中央子午线两侧一定经差范围内的椭球图形投影到圆柱面上,再顺着过南、北极点的圆柱母线将圆柱面剪开,展成平面,如图 1-3b)所示,这个平面就是高斯投影平面。

在高斯投影平面上,中央子午线投影为直线且长度不变,赤道投影后为一条与中央子午线正交的直线,离开中央子午线的线段投影后均要发生变形,且均较投影前长一些。离开中央子午线愈远,长度变形愈大。

为了使投影误差不致影响测图精度,规定以经差 6° 或更小的经差为准来限定高斯投影的范围,每一投影范围叫一个投影带。

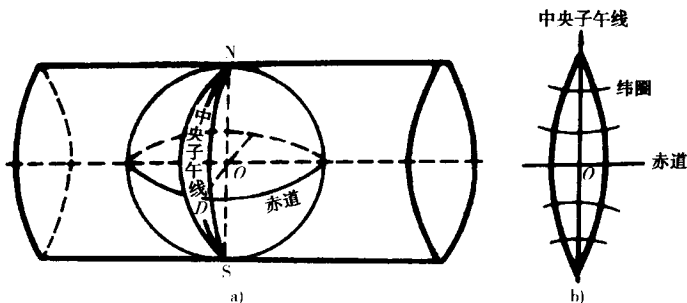


图 1-3

如图 1-4a) 所示, 从起始子午线开始, 将整个地球划分成 60 个投影带并顺次编号, 叫做高斯 6° 投影带 (简称 6° 带)。6° 带中央子午线经度 L_0 与投影带号 N_6 之间的关系式为:

$$L_0 = N_6 \times 6^\circ - 3^\circ$$

对于大比例尺测图, 则需采用 3° 带或 1.5° 带来限制投影误差。3° 带与 6° 带的关系如图 1-4b) 所示。

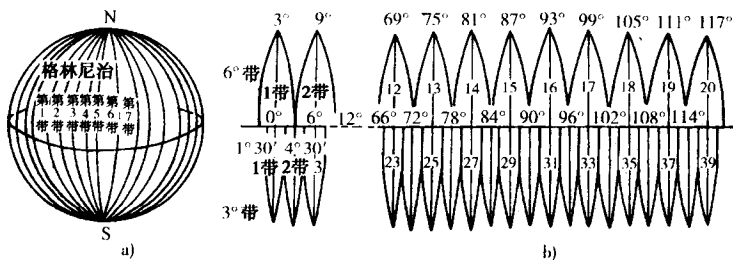


图 1-4

采用分带投影后, 由于每一投影带的中央子午线和赤道的投影为两正交直线, 故可取两正交直线的交点为坐标原点, 中央子午线的投影线为坐标纵轴 (x 轴), 向北为正; 赤道投影线为坐标横轴 (y 轴), 向东为正, 这就是全国统一的高斯平面直角坐标系。

我国位于北半球, 纵坐标均为正值, 横坐标则有正有负。如图 1-5a) 所示, $y_a = +148\ 680.54\text{m}$, $y_b = -134\ 240.69\text{m}$ 。为了避免横坐标出现负值和表明坐标系所处的带号, 规定将坐标系中所有点

的横坐标值加上 500km(相当于各带的坐标原点向西平移 500km),并在横坐标前冠以带号。如在图 1-5b)中所标注的横坐标为: $y_a = 20\ 648\ 680.54\text{km}$, $y_b = 20\ 365\ 759.31\text{m}$ 。这就是高斯平面直角坐标的通用值,最前两位数 20 表示带号,不加 500km 和带号的横坐标值称为自然值。

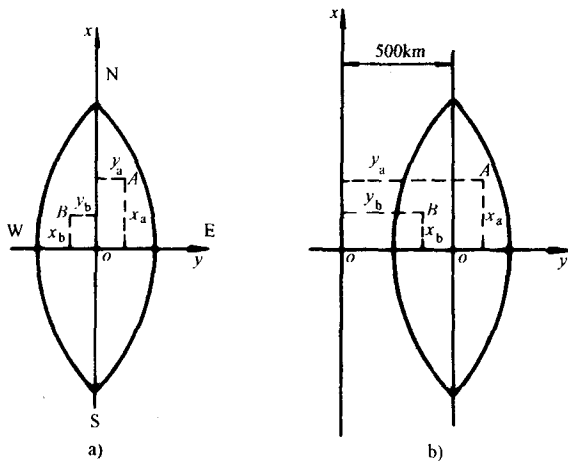


图 1-5

高斯平面直角坐标系的应用大大简化了测量计算工作,它把在椭球面上的观测元素全部变化到高斯平面上进行计算,这比在椭球面上解算球面三角形要简单的多。在公路工程测量中也经常应用高斯平面直角坐标,如高速公路的勘测设计和施工测量就是在高斯平面直角坐标系中进行的。

3. 平面直角坐标系

当测量的范围较小时,可以把该测区的球面当作平面看待,直接将地面点沿铅垂线投影到水平面上,用平面直角坐标来表示它的投影位置,如图 1-6 所示。

测量上选用的平面直角坐标系,规定纵坐标轴为 x 轴,表示南北方向,向北为正;横坐标轴为 y 轴,表示东西方向,向东为正。坐标原点可假定,也可选在测区的已知点上。象限按顺时针方向

编号,测量所用的平面直角坐标系之所以与数学上常用的直角坐标系不同,是因为测量上的直线方向都是从纵坐标轴北端顺时针方向量的,而三角学中三角函数的角则是从横坐标轴正端按逆时针方向计量,把 x 轴与 y 轴互换后,全部三角公式都能在测量计算中应用。

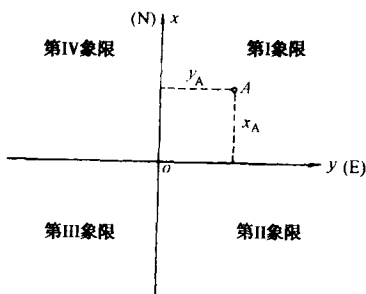


图 1-6

三、地面点的高程系统

地面点到大地水准面的铅垂距离,称为该点的绝对高程或海拔,简称高程,它与地面点的坐标共同确定地面点的空间位置。在图 1-7 中地面点 A 、 B 的高程分别为 H_a 、 H_b 。

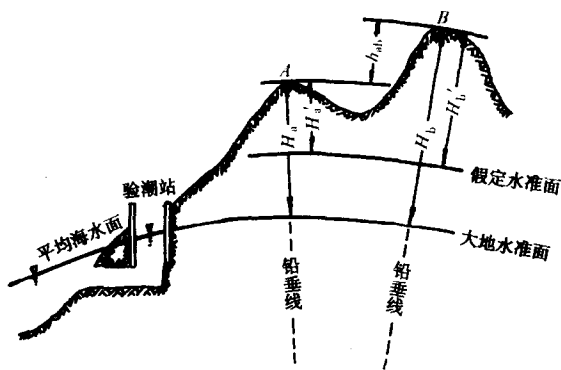


图 1-7

国家高程系统的建立通常是在海边设立验潮站,经过长期观测推算出平均海水面的高度,并以此为基准在陆地上设立稳定的国家水准原点。我国曾采用青岛验潮站 1950 ~ 1956 年观测资料推算黄海平均海面作为高程基准面,称为“1956 年黄海高程

系”，并在青岛观象山的一个山洞里建立了国家水准原点，其高程为 72.289m。由于验潮资料不足等原因，我国自 1987 年启用“1985 年国家高程基准”。它是采用青岛大港验潮站 1952~1979 年的潮汐观测资料计算的平均海面，依此推算的国家水准原点高程为 72.260m。

当在局部地区进行高程测量时，也可以假定一个水准面作为高程起算面。地面点到假定水准面的铅垂距离称为假定高程或相对高程。在图 1-7 中，A、B 两点的相对高程为 H_a' 、 H_b' 。

两点高程之差称为高差，如图 1-7 中，A、B 两点间的高差为：

$$h_{ab} = H_b - H_a = H_b' - H_a'$$

四、测量工作的原则和方法

在进行某项测量工作时，往往需要确定许多地面点的位置。假如从一个已知点出发，逐点进行测量和推导，最后虽可得到欲测各点的位置，但这些点很可能不正确的，因为前一点的量度误差将会传递到下一点。这样积累起来，最后可能达到不可允许的程度。因此测量工作必须依照一定的原则和方法来防止测量误差的积累。

在实际测量工作中是递循“从整体到局部，由高级到低级，先控制后碎部”的原则，也就是在测区整体范围内选择一些有“控制”意义的点，首先把它们的坐标和高程用高精度的仪器和方法精确的测定出来，然后以这些点作为已知点来确定其它地面点的位置。这些有控制意义的点子组成了测区的测量骨干，称之为控制点。

采用上述原则和方法进行测量，可以有效的控制误差的传递和积累，使整个测区的精度较为均匀和统一。

五、控制测量的概念

为了测定控制点的坐标和高程所进行的测量工作称之为控制测量。它包括平面控制测量和高程控制测量。

控制测量是整个测量过程中的重要环节,它起着控制全局的作用。对于任何一项测量任务,必须先进行整体性的控制测量,然后以控制点为基础进行局部的碎部测量。例如大桥的施工测量,首先建立施工控制网,进行符合精度要求的控制测量,然后在控制点上安置仪器进行桥梁细部构造的放样。

在国家广大的区域内,测绘部门已布设了高精度的国家平面控制网和国家高程控制网。国家基本的平面和高程控制按照精度的不同,分为一、二、三、四等,由高级到低级逐级布设。

由于国家基本的平面和高程控制点的密度(如四等平面控制点的平均间距为4km)远不能满足地形测图和工程建设的需要,因此,在国家基本控制点的基础上还须进行小区域的平面和高程控制测量。

第二节 水准仪及技术操作

一、水准仪的构造

1. 微倾式水准仪的构造

如图1-8所示,微倾式水准仪主要由望远镜、水准器和基座组成。水准仪的望远镜只能绕仪器竖轴在水平方向转动,为了能精确地提供水平视线,在仪器构造上安置了一个能使望远镜上下作微小运动的微倾螺旋,所以称微倾式水准仪。

2. 自动安平水准仪的构造

如图1-9所示,自动安平水准仪不需要水准管和微倾螺旋,只有一个圆水准器。安置仪器时,只要使圆水准器的气泡居中后,借助一种“补偿器”的特别装置,使视线自动处于水平状态。因此使用这种自动安平水准仪不仅操作简便,而且能大大缩短观测时间,也可把由于水准仪整置不当、地面有微小的振动或脚架的不规则下沉等影响视线水平的因素,都可以被“补偿器”作迅速的调整,从而得到正确的读数值,提高水准测量的精度。

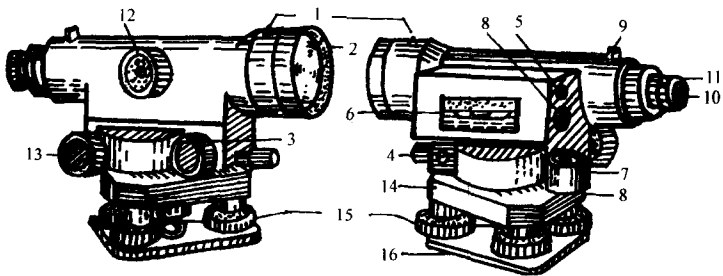


图 1-8

1-准星;2-物镜;3-微动螺旋;4-制动螺旋;5-符合水准器观测镜;6-水准管;7-水准盒;8-校正螺丝;9-照门;10-目镜;11-目镜对光螺旋;12-物镜对光螺旋;13-微倾螺旋;14-基座;15-脚螺旋;16-连接板

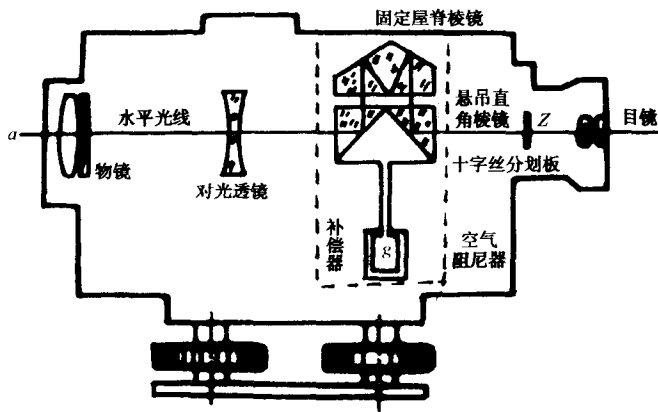


图 1-9

二、水准仪的使用方法

在水准仪的使用过程中,应首先打开三脚架,使架头大致水平,高度适中,踏实脚架尖后,将水准仪安放在架头上并拧紧中心螺旋。当地面倾斜较大时,应将三脚架的一个脚安置在倾斜方向上,将另两个脚安置在与倾斜方向垂直的方向上,这样放置仪器比

较稳固,见图 1-10。

然后按以下四个步骤进行:粗平、瞄准、精平、读数。

(一) 粗平

粗平就是通过调整脚螺旋,使圆水准气泡居中,并使仪器竖轴处于铅垂位置,视线概略水平。具体做法是:用两手同时以相对方向分别转动任意两个脚螺旋,使气泡居中,气泡移动的方向和左手大拇指旋转方向相同,如图



图 1-10

1-11a)所示。然后再转动第三个脚螺旋使气泡居中,如图 1-11b)所示。如此反复进行,直至在任何位置水准气泡均位于分划圆圈内为止。

在操作熟练后,不必将气泡的移动分解为两步,视气泡的具体位置而转动任两个脚螺旋直接使气泡居中,如图 1-11c)所示。

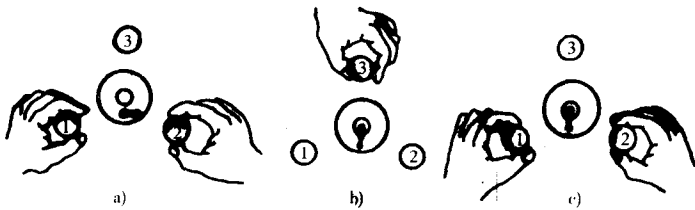


图 1-11

(二) 照准

照准就是用望远镜照准水准尺,清晰地看清目标和十字丝。其做法是:首先将望远镜对向明光背景,转动目镜对光螺旋使十字丝清晰。然后松开望远镜的制动螺旋,转动望远镜,利用照门和准星瞄准水准尺,瞄准后要旋紧制动螺旋,转动对光螺旋使尺像清晰,再转动微动螺旋,使十字丝的竖丝照准尺面中央。在上述操作过程中,由于目镜、物镜对光不精细,目标影像平面与十字丝平面未重合好,当眼睛靠近目镜上下微微晃动时,物像随着眼睛的晃动

也上下移动,这就表明存在着视差。有视差就会影响照准和读数精度,如图 1-12a)所示。消除视差的方法是仔细且反复交替地调节目镜和物镜对光螺旋,使十字丝和目标影像共平面,且同时都十分清晰,直到没有相对移动的现象为止,如图 1-12b)所示。

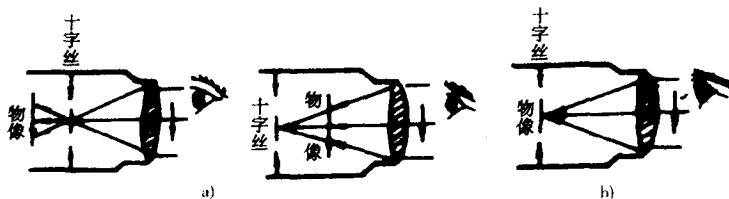


图 1-12

(三) 精平

精平就是转动微倾螺旋将水准管气泡居中,使视线精确水平。其做法是:慢慢转动微倾螺旋,使观察窗中符合水准气泡的影像符合。左侧影像移动的方向与右手大拇指转动方向相同。由于气泡影像移动有惯性,在转动微倾螺旋时要慢、稳、轻、速度不宜太快。

必须指出的是:具有微倾螺旋的水准仪粗平后,竖轴不是严格铅垂的,当望远镜由一个目标(后视)转瞄另一目标(前视)时,气泡不一定完全符合,还必须注意重新再精平,直到水准管气泡完全符合,才能读数。

(四) 读数

读数就是在视线水平时,用望远镜十字丝的横丝在尺上读数,如图 1-13 所示。读数前要认清水准尺的刻划特征,呈像要清晰稳定。为了保证读数的准确性,读数时要按

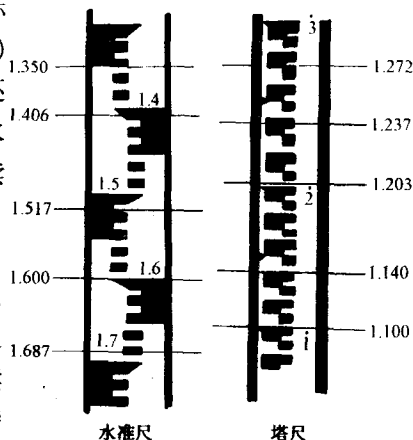


图 1-13