

U212.2/1

1004

此份不外借

铁 路 基 建 施 工 技 术 丛 书

施 工 测 量

薛国光 编



TIE LU JI JIAN SHI GONG JI SHU CONG SHU

中 国 铁 道 出 版 社

铁路基建施工技术丛书

施 工 测 量

薛国光 编

中 国 铁 道 出 版 社

1984年·北京

内 容 简 介

本书主要是为基建施工部门的测量工人而编写的通俗读物，书中介绍了测量工作的一些基本知识和施工阶段的一系列测量工作。全书共分十一章，第一、二、三章主要叙述角度、高程、距离等测量方法及测量所用的仪器；第四、五、六、七、八章，主要叙述铁路曲线、中线、水准、路基横断面及地形测量的方法和测量步骤；第九章主要叙述误差的分类和误差知识的应用；第十、十一章主要叙述铁路隧道及桥梁的定位放样工作的一些基本知识和测量方法及步骤。

铁路基建施工技术丛书

施 工 测 量

薛国光 编

中国铁道出版社出版

责任编辑 李云国 封面设计 赵敬宇

新华书店北京发行所发行

各地新华书店经售

中国铁道出版社印刷厂印

开本：787×1092 $\frac{1}{2}$ 印张：12 字数：272 千

1984年12月 第1版 第1次印刷

印数：0001—15,000册 定价：1.95元

前 言

本书主要是为基建施工部门具有初中数学基础的测工而编写的通俗读物。主要内容是叙述工程测量的基本方法和铁路施工阶段线、桥、隧的测量工作。本书基本上是以1976年版《铁路测量技术规则》(试行本)为依据,以实用为主,并有适当的理论分析,尽量做到通俗易懂。书中选编了一些施工测量中较为行之有效的方法,并有算例;对于一些计算和施测复杂,而且实际工作中而又极为少见的内容,基本上没有编入。

由于编者水平有限,加之调查研究和收集资料不够,书中错误和缺点在所难免,敬请读者批评指正。书中所牵涉到的有关规定,如与现行规范或定型图不相符合者,以现行的规范和定型图为准。

王芝祥、黄祖庆两同志对本书提出不少宝贵意见,特此致谢。

编 者

目 录

第一章 角度测量和角度测量的仪器	1
§ 1—1 水平角测量的原理.....	1
§ 1—2 经纬仪的分类及构造.....	2
§ 1—3 读角方法.....	5
§ 1—4 工程经纬仪的检验和校正.....	10
§ 1—5 经纬仪的使用和保管.....	16
§ 1—6 罗盘仪.....	21
§ 1—7 水平角测量方法.....	23
§ 1—8 竖直角测量原理和方法.....	28
第二章 高程测量和高程测量的仪器	31
§ 2—1 水准仪和水准尺.....	31
§ 2—2 微倾式水准仪.....	34
§ 2—3 高程测量的原理和方法.....	41
第三章 距离测量和距离测量的工具	45
§ 3—1 测量工具.....	45
§ 3—2 距离测量.....	47
§ 3—3 视距测量.....	56
第四章 曲线测量	62
§ 4—1 曲线各部分的名称和符号.....	62
§ 4—2 曲线要素及主要点里程计算.....	63
§ 4—3 曲线测设方法.....	70
§ 4—4 回头曲线的设置.....	86
§ 4—5 曲线侧移中线测设.....	83

第五章 中线施工测量	94
§ 5—1 概 述	94
§ 5—2 直线复测	101
§ 5—3 曲线复测	106
§ 5—4 困难地带曲线测设	110
§ 5—5 曲线移动	116
§ 5—6 站场股道中线测量	123
§ 5—7 中线竣工测量	128
第六章 水准测量	130
§ 6—1 基平测量	130
§ 6—2 中平测量	136
§ 6—3 转点选择和持尺方法	138
§ 6—4 竖曲线测设	140
§ 6—5 高程竣工测量	142
第七章 横断面测量	143
§ 7—1 横断面测量的实施	143
§ 7—2 横断面图绘制和土石方计算	150
§ 7—3 路基施工放样	155
§ 7—4 挡墙放样	161
§ 7—5 断面竣工测量	162
第八章 地形测量	163
§ 8—1 概 述	163
§ 8—2 地形测量的步骤及方法	169
§ 8—3 地形图的拼接和整饰	185
第九章 误差概念	187
§ 9—1 误差分类	187
§ 9—2 衡量精度的标准	188
§ 9—3 误差传播定律	190

§ 9—4	用改正数计算算术平均值中 误差的办法	195
§ 9—5	误差知识应用	199
第十章	隧道施工测量	204
§ 10—1	洞外导线和三角测量	204
§ 10—2	洞外水准控制测量	256
§ 10—3	洞内导线和中线测量	260
§ 10—4	导坑延伸测量	269
§ 10—5	上下导坑中线联测	276
§ 10—6	洞内水准和断面测量	282
§ 10—7	施工放样	287
§ 10—8	贯通误差测定及调整	293
§ 10—9	竣工测量	297
§ 10—10	控制测量中常用图形简略平差	298
第十一章	桥涵施工测量	310
§ 11—1	线路复测	310
§ 11—2	桥轴线长度的测定	311
§ 11—3	直线桥梁墩台定位	316
§ 11—4	单线桥梁在曲线和坡道上的布置	323
§ 11—5	设计资料核对	327
§ 11—6	曲线桥梁墩台定位	343
§ 11—7	施工放样	350
§ 11—8	水准测量	360
§ 11—9	竣工测量	360
§ 11—10	涵洞定位测量	363
附录一	视距计算表	368
附录二	测量常用的计算单位	376

第一章 角度测量和 角度测量的仪器

§ 1—1 水平角测量的原理

什么叫水平角？水平角就是空间任意一个角的两条边在水平面上投影的夹角。

如图 1—1， $\angle ABC$ 为空间任意一个角，通过 AB 和 BC 作两铅垂面，分别与水平面相交于 $A'B'$ 和 $B'C'$ ，则 $\angle A'B'C'$ 就是 $\angle ABC$ 的水平角。

如果我们置一能够测量角度的圆盘，使圆盘中心 O 点和 B 点在同一铅垂线上，则在 A 、 C 两个方向的读数 m 、 n 之差即为 $\angle ABC$ 的水平角。

由上所述，能够用于测量水平角的仪器，必须具备下列条件：

1. 对中设备 用以将仪器中心和地面角顶置于同一铅垂线上；
2. 瞄准设备 用以照准角的两条边的方向；
3. 读数设备 用以读取水平角值。

经纬仪基本上就是根据上列要求制造的。

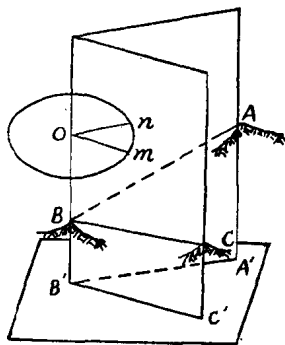


图 1—1

§ 1—2 经纬仪的分类及构造

一、经纬仪的分类

经纬仪按其读角设备可分为游标经纬仪和光学经纬仪。前者是金属度盘，多为一些老式仪器，后者为玻璃度盘，具有体积小，密封性能好，读数清晰、方便、精度高等优点，多为现代仪器所采用。

常用的经纬仪系列有 J_1 、 J_2 、 J_6 、 J_{15} 型，其主要的技术参数见表 1—1。

常用经纬仪的技术参数

表 1—1

仪器系列		J_1	J_2	J_6	J_{15}
主要用途		二等三角和导线测量，特大桥、长隧道控制测量	三、四等三角和导线测量，大桥和隧道控制测量	一般工程和地形测量	简易工程测量
主要技术参数	一测回方向中误差	$\pm 1''$	$\pm 2''$	$\pm 6''$	$\pm 15''$
	物镜有效孔径	58mm	40mm	35mm	30mm
	望远镜放大倍率	24X, 30X, 40X	30X	25X	20~25X
	最小读数	$0'.2$	$1'' \sim 2''$		
	管状水准器	水平			
	角值不大于	垂直			
举 例		JGJ ₁ T ₁ Theo-002	DJ ₂ -1 DJ ₂ -2 T ₂ Th-II	DJ ₆ DJ ₆ -1 CGW-II T ₁	CGW-1 T ₀ Theo-120

二、经纬仪的构造

经纬仪种类繁多，但构造上大体相同，由照准部、度盘、基座三部分组成，如图 1—2 所示。

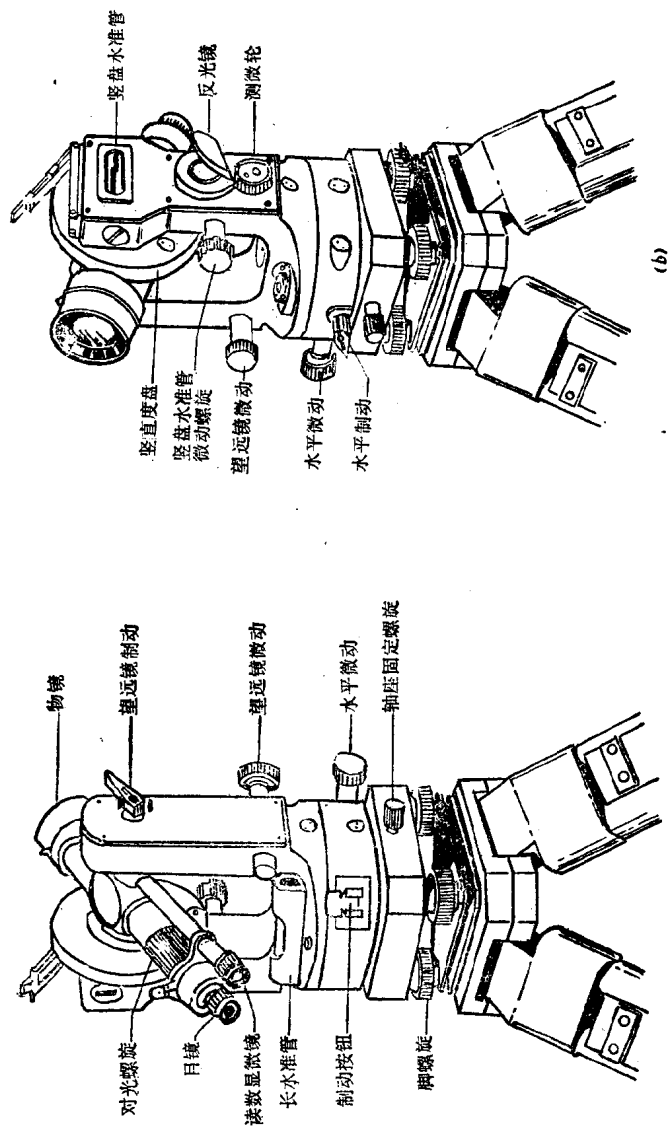


图 1-2 DJ₁-1 型经纬仪

1. 照准部分 主要由望远镜、测微器和竖轴组成。望远镜为内对光，它的主要作用是照准目标。望远镜由物镜、目镜、对光螺旋（用来调整焦距）、十字丝（图 1—3）和镜筒所组成。物镜和对光螺旋是用来将远处目标成象，目镜是将物镜所成的实像再放大成虚像，十字丝是用来精确照准目标的。十字丝的交点和物镜光心的连线叫视准轴，也叫视线。目标在望远镜中的放大倍数叫望远镜的放大率。望远镜和横轴相

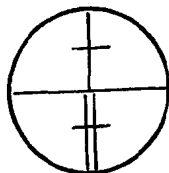


图 1—3 十字丝

固联，放在照准部的支架上，测角时可在竖直面内上下转动。为了控制这种转动，设有望远镜制动和微动螺旋。测微器的分划尺是为了获得水平盘的精确读数的设备，通过棱镜的折光，可在望远镜一旁的读数目镜内看到读数。照准部上设有水准器，用来指示度盘是否水平。其中圆水准器是用来粗略整平用的，它为一球面，其中心称水准器零点；通过零点和球心的连线称圆水准器轴。长水准器是用来精确整平用的，其内为一圆弧，正中的一点称水准管零点；通过零点的切线称水准管轴；水准管上每格所对的圆心角称水准管分划值。照准部下面的竖轴插在筒状的轴套内，可使整个照准部绕它作水平转动。为了控制水平转动，设有水平制动和微动螺旋。此外，为了测量竖直角，在横轴的一端设有竖直度盘。竖盘上设有竖盘水准管，也称游标水准管或指标水准管，它是用来安置竖盘游标或指标处于正确位置的。

2. 度盘部分 主要是一玻璃刻度圆盘，刻有 $0 \sim 360^\circ$ 分划，并按正时针注记。水平盘的作用主要是用来量取水平角。度盘和照准部的离合关系是通过制动按钮（也叫复测手把）来控制的。按钮扳下时，度盘和照准部就结合在一起，

此时松开水平制动螺旋，度盘就会和照准部一起转动；当按钮扳上时，度盘和照准部就离开，此时若松开水平制动扳手，则照准部只是单独转动。

3. 基座部分 基座是支承仪器的底座。主要组成部分有轴座、定平螺旋（三个）和连接板。基座上有一固定螺旋，当它拧紧后可使度盘以上部分固定在基座上。使用时应特别当心，切勿将其松开，以免仪器坠落。为此，使用单位常在固定螺旋上涂上红油漆，以引起人们注意。

将三脚架上的联结螺旋旋进联结板后，仪器就和三脚架联结在一起。三脚架联结螺旋下面可以悬挂垂球，供仪器对中用。所谓对中，就是将仪器的旋转中心（即竖轴中心）和地面角顶置于同一铅垂线上。DJ₆-1型光学经纬仪的对中装置不够理想，对中精度比较低，直接影响到测角的精度。故现在的许多光学仪器上，特别是精度较高的仪器上都是采用的光学对中装置，这样可以大大提高对中精度。

§ 1—3 读角方法

各种经纬仪的读数装置不同，读数的方法也不同，下面将几种常见的读数方法介绍如下：

一、指标读数法

此法为一些低精度仪器所采用。图 1—4 为蔡司 120 经纬仪的度盘分划线在读数显微镜内的呈像，根据指标线在度盘格线上的位置，直接估读出度数来。图中，水平盘读数为 $359^{\circ}30'$ ；竖度读数为 $96^{\circ}06'$ 。

二、分微尺读数法

此法多为 J₆ 级光学经纬仪所采用。分微尺本身是一个标

准器，它以度盘格线为指标线，反过来估计度盘格线落在分微尺上格线间隔的十分之几。分微尺上每一小格为 $1'$ ，工作中可以估读至十分之一格（即 $6''$ ）。图 1—5 为蔡司 030 光学经纬仪读角目镜中之呈像。 H_z 为水平盘； V 为竖直盘。

水平度盘的读数为 215°

$55'.5$ ；竖直度盘读为

$79^\circ 09'.0$ 。蔡司经纬仪

020、我国生产的经 II

型经纬仪、J₆型经纬仪

等的读数方法也和上述

相同。

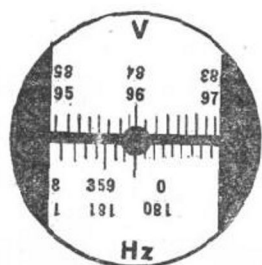


图 1—4

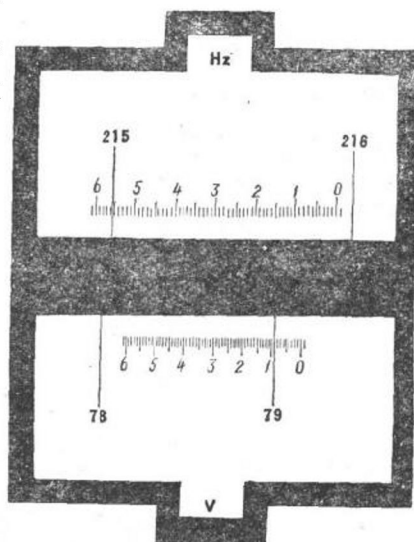


图 1—5

三、光学测微器指标线读数法

此种装置也多为 T_0 级仪器所采用。图 1—6 为 DJ₆₋₁型光学经纬仪在读角目镜中的呈像。这时，我们可以同时看到三个像：上为测微器分划像，每小格 $20''$ ，可估读四分之一格；中为竖直度盘读数窗；下为水平度盘读数窗。读数时，首先转动测微轮，使度盘格线准确的移至双指标线的正中间，然后将度盘窗的读数再加测微器上的读数即可。图中竖直度盘读数为 $92^\circ 16' 20''$ ，而水平度盘读数为 $5^\circ 43' 30''$ 。

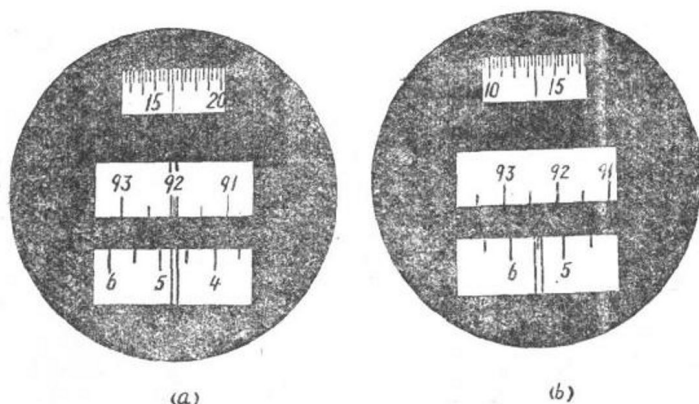


图 1—6

威尔特 T_1 读数方法和DJ₆-1型经纬仪相同。图1—7为该仪器读数窗中的显像， V 为竖盘； AZ 为水平盘。测微器分划线每小格为 $1'$ ，可估读十分之一格。图中竖盘读数为 $87^\circ 22' 4$ 。

四、符合读数法

在读数精度较高的经纬仪上，必须同时读到度盘对径分划的读数平均值，以便消除照准部偏心差、度盘偏心差的影响。凡属此类型读数方法都称为符合读数法。图1—8为蔡司010经纬仪的读数视场，左边大窗内为

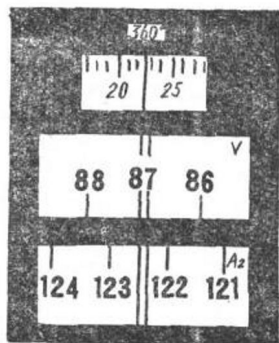


图 1—7

度盘之格像，右边小窗为测微器之格像。读数时，转动测微手轮，可使度盘上下格像（即度盘对径格线像）相对移动，直到上下格线符合。在度盘格线移动的同时，测微器读数窗

内的格像也随之移动。这时我们可以在度盘窗内读得度数和整十分数，在测微窗内读得零分数和秒数。读数的方法是：先在度盘窗内读得左边的整度数，再读上下格线间与此度数相差 180° 之格线间所夹之格数，每格 $10'$ 。测微窗内每小格为 $1''$ ，左边的数字标记为分数，右边的数字标记为 $10''$ 数。将度盘窗内的度数和整十分数与测微窗内的零分数和秒数相加即为度盘读数。图中读数为 $177^\circ 50' 21'' 0$ 。

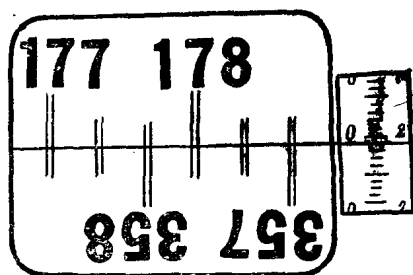
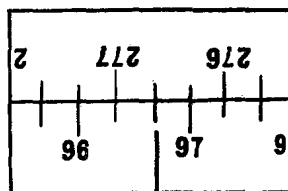


图 1—8

JDJ₂型经纬仪读角镜内显像和蔡司010基本一样，仅测微窗在左，度盘窗在右而已。此种仪器在读数目镜内只能显一个度盘的像，不能同时看到水平盘和竖盘的显像，而是通过换像螺旋来交换显像的。

图 1—9 为 DJ₂-1型光学经纬仪在读数目镜内的显像。上为度盘窗，下为测微窗，左起第一个数为整度数，整十分数的读法有二：一是上下相差 180° 两格线间所夹的格数；一是由指标线在度盘上的位置读出，不过此时每格应为 $20'$ 。图中读数为 $96^\circ 49' 25'' 7$ 。



五、游标读数法

图 1—10所示，度盘上刻有等间格的分划线，相邻分划线在

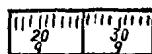


图 1—9

度盘中心所夹的角就是度盘分划值。一般常用的分划值有 $10'$, $20'$, $30'$ 等种, 图中所采用的分划值为 $20'$ 。如果我们在每格之间估读分数和秒数是比较困难的, 所以附上一种游标来读取零数。游标盘紧贴度盘内侧, 和度盘为一同心圆。相隔 180° 设有两个游标, 在游标的零点作一箭头记号, 称作指标。也有以 A 、 B 为记号者。

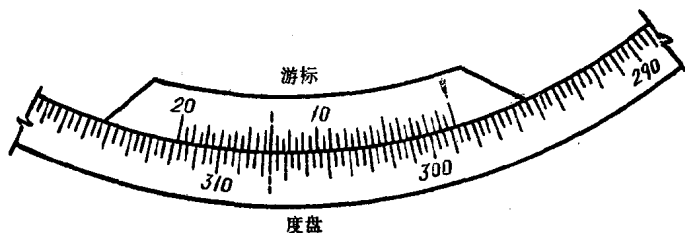


图 1-10

那么是怎样利用游标来进行读数的呢? 游标盘上的 n 格相当于度盘上的 $(n-1)$ 格。如果我们设度盘上每格分划值为 l ; 游标盘上每格分划值为 v 。则

$$(n-1)l = nv$$

$$v = \frac{(n-1)l}{n}$$

令 t 为度盘分划值和游标分划值之差, 则

$$t = l - v$$

$$= l - \frac{(n-1)l}{n} = \frac{l}{n} \quad (1-1)$$

t 称为游标最小读数。由此可知, 游标最小读数等于度盘最小分划值与游标分划格数之比。

图 1-10 中游标的分划格数为 40 格, 度盘最小分划值为 $20'$, 则

$$t = \frac{20'}{40} = 0.5' = 30''$$

即游标每格分划值比度盘每格分划值小 $30''$ 。

设在图 1—10 中, 游标指标线与度盘上某一分划线相重合, 则自指标线之后, 游标盘上之格线和度盘上格线均不重合, 直到第 40 格的格线才和度盘上第 39 格的格线重合。而每格格线相差依次为 t 、 $2t$ 、 $3t$ ……。即从指标线后, 其差值以 t 为公差成等差级数增加。反过来, 若游标盘上第 i 根格线和度盘上某根格线重合, 则指标线与度盘上格线之差值应为:

$$\Delta l = t \cdot i \quad (1-2)$$

例如图 1—10 中, 游标盘上第 27 根格线与度盘上格线重合, 则指示线和度盘上格线的相差值为:

$$\Delta l = 30'' \times 27 = 13' 30''$$

以上就是我们所需解决的问题。因此, 我们可以把游标的读数方法归纳如下:

1. 求出游标最小读数 t ;
2. 找出游标盘与度盘重合之格线, 得游标读数;
3. 读出游标指标线在度盘上的整格数的读数, 再加上游标读数, 即为整个读数, 如图 1—10 为 $298^\circ 53' 30''$ 。

游标经纬仪应读左右两个游标的读数取其平均值, 以消除度盘偏心差。

§ 1—4 工程经纬仪的检验和校正

仪器能否保持各部分之间的正确关系, 这对测角精度影响很大。因此, 我们在测角工作开始之前, 必须对经纬仪各部分之间的几何关系进行一一校正。

校正的内容主要包括以下各项:

- (1) 水准管轴应垂直与竖轴;
- (2) 十字丝竖丝应垂直与水平轴;