



中学数学课程中的 测量实习

下 册

杭州大学数学系
测量实习编写小组编
上海教育出版社

中学数学課程中的測量实习

下 册

杭州大学数学系測量实习编写小组編

上海教育出版社

一九六三年·上海

中学数学课程中的测量实习

下 册

杭州大学数学系测量实习编写小组编

*

上海教育出版社出版

(上海永嘉路123号)

上海市书刊出版业营业许可证出090号

上海新华印刷厂印刷

新华书店上海发行所发行 各地新华书店经售

*

开本：787×1092 1/32 印张：2 9/16 字数：51,000

1963年11月第1版 1963年11月第1次印刷

印数：1—7,000本

统一书号：7150·1441

定 价：(八) 0.22 元

目 录

平板仪測繪	1
I. 平板仪的构造	2
II. 平板仪的檢驗和仿制	6
III. 平板仪的安置	9
IV. 測繪平面图的基本方法	13
V. 实习作业	18
作业 15 用射綫法測繪场地的平面图	18
作业 16 用射綫法和交会法測繪一个四边形地段的平面图 (其中有一个頂点不能到达)	23
作业 17 用导綫法和射綫法測繪一个建筑物的平面图 (在 现场上各頂点都无法安置平板仪)	24
作业 18 用导綫法和交会法測繪一个四边形地段的平面图 (在现场上四个頂点都不能到达)	26
作业 19 利用平板仪測量底部可以到达的物体的高度	27
水准測量	31
I. 水准測量的意义	31
II. 水准測量使用的仪器	31
III. 自制簡易水准仪的介紹	34
IV. 水准測量的步驟和注意事項	37
V. 实习作业	39

作业 20	测定地面上两点間的高程差	39
作业 21	綫路水准測量	42
作业 22	平整土地的水准測量	44
作业 23	計算土方	48
經緯仪測量		51
I. 經緯仪測量的意义		51
II. 經緯仪构造的示意图		54
III. 經緯仪的仿制		54
IV. 实习作业		54
作业 24	測量地面上有一点不能到达的两点間的距离	55
作业 25	測量底部不能到达的物体的高度	56
作业 26	測量地面上只能看到而不能到达的两点間的距离	59
作业 27	測量地面上两点間的距离 (其中每一点都能够到 达,但是不能由一点看见另一点)	62
作业 28	求桥墩的中心位置	64
导綫測量和細部測量		67
I. 导綫測量		67
II. 細部測量		71
III. 实习作业		76
作业 29	利用导綫測量和細部測量測繪校舍的平面图	76
后記		78

平板仪測繪

平板仪是測繪平面图和作地形测量的工具，利用它的照准尺上的刻度标还可以测量物体的高度。它是最常用的测量工具之一。中学测量实习中用的平板仪，最好是买现成的。我国自制的平板仪构造简单，使用方便，质量也很好。下面我們介紹的就是这一种。

用平板仪測繪平面图的一般原理是这样的：例如要測繪地面上的图形 $ABCDE$ (图 40)。各测点 A 、 B 、 C 、 D 、 E 可以

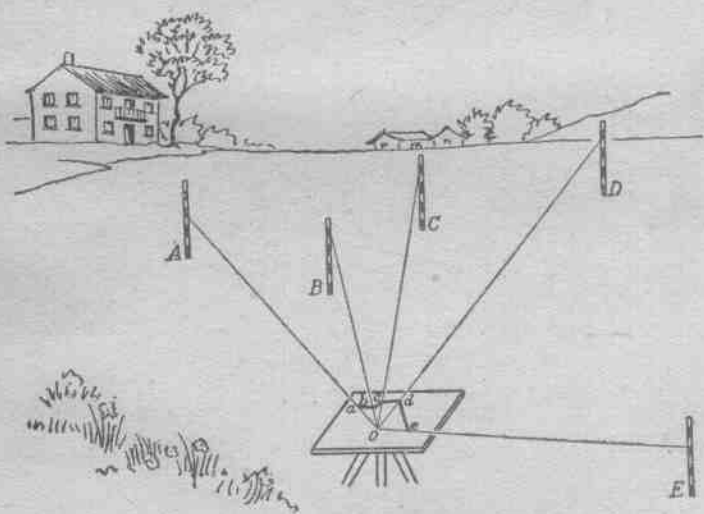


图 40

用木桩（或者測針）标记。測繪時在各測点上各插一根标杆。在地面上選擇适当的一点 O ，把平板仪放在 O 点上。然后在平板上（鋪有白紙）順次作出 oa 、 ob 、……等射綫，并測量綫段 OA 、 OB 、……等的实长，根据相似三角形的对应边成比例的原理，按照一定比例尺在图上定出 a 、 b 、……各点，連結 ab 、 bc 、……，那末多边形 $abcde$ 就是所要画的平面图。

I. 平板仪的构造

平板仪有大平板仪和小平板仪两种。它們的构造基本上

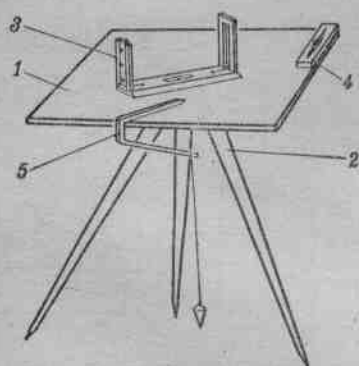


图 41

1. 平板 2. 三脚架 3. 照准尺
4. 罗盘 5. 移点器

相同，但大平板仪上装有瞄准用的望远镜，用在比較精密的測量上。下面只介紹普通的小平板仪（图 41），它由平板、三脚架、照准尺、罗盘、移点器等部分組成。现在分別介紹如下：

1. 平板 平板是用一块矩形的松木板做成的，通常大小是長約 60 厘米、寬約 50 厘米、厚約 2—

4 厘米。正面在測繪時上鋪白紙，用来繪图；背面有銅質凹軸承，用来銜接三脚架头（图 42）。它的中間橫截面的示意图如图 43。

2. 三脚架 三脚架的三个脚可以伸縮，架頂有銅質螺旋

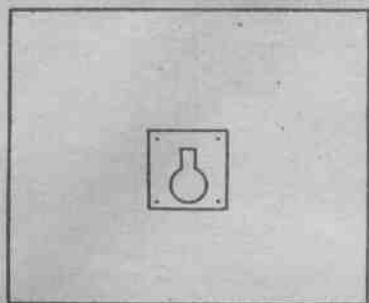


图 42

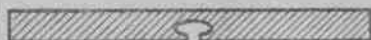


图 43

軸(图 44), 用来咬住平板背面的凹轴承, 使与平板結成一体。开始測繪之前, 必須把这螺旋旋紧, 使平板与三脚架間不致发生相对运动, 所以这螺旋有制动的用处。

有的平板仪的三脚架的基座上装有三个水平螺旋, 用来調整平板水平, 更为方便。

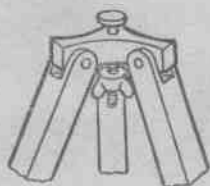


图 44

3. 照准尺 照准尺是描繪方向綫的仪器(图 45), 底尺是木质的, 长约 23 厘米, 上面有 0—15 厘米的刻度, 前端并有余切尺, 在地形測量时作等高綫用。底尺中間裝有水准管, 水准管两端裝有水准校正杆。照准尺在平板上操作时如果有較小的不平, 就用这两个水准校正杆来調整。

底尺的两端分別装置与底尺垂直的分划板和觇孔板, 有鉸鏈与底尺連接。不用时可以折臥而与底尺相貼。分划板是測望时的接物标, 中間有一个长方形空框, 空框中央張一根照准絲(馬尾絲), 作为观测方向的标准。觇孔板是測望时的接

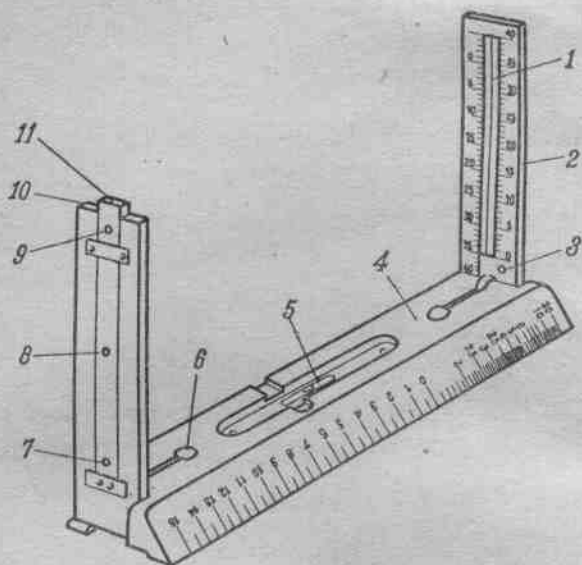


图 45

1.照准絲 2.分刻板 3.覘孔 4.底尺 5.水准管 6.水准校正杆 7.下覘孔 8.中覘孔 9.上覘孔 10.覘孔板 11.伸拔板

目标,有伸拔板可以上下移动。

分刻板的空间左右两旁都有0—40的刻度。刻度单位是分刻板与覘孔板两内侧平面间距离的百分之一。右尺的刻度是从下到上的,而左尺的刻度则是从上到下的。用来测高(测深)时,它的上视(下视)斜度(即仰角 θ 的正切值 $\tan \theta$)可达40%(关于测高的方法见作业19)。分刻板左下方也有一覘孔,用它测高,借助伸拔板上的刻度,上视斜度可达40%—75%。

覘孔板上的覘孔(测望孔)有上中下三个。上孔与分刻板上左尺的刻度0同高,下孔则与右尺的0同高。它们与分刻板

上的刻度配合用来测高(测深)。中视孔只用于测视方向。在视孔板的伸拔板的内侧平面(与分划板相对的一面)上也有从下到上的刻度 40—75。刻度单位与分划板上的相同。把这伸拔板向上拔起,与分划板的下方视孔配合,可以用来测量上视(下视)斜度在 40%—75% 的高度(深度)。

4. 其他附件

(1) 罗盘 罗盘如图 46,磁针装在长方形的木盒里。不使用时,可以用盒边上的螺絲操纵盒里的金属杆,上抬磁针,以减少摩擦。在平板安平磁针指北时,用直尺靠攏盒边就可以画出磁北方向。

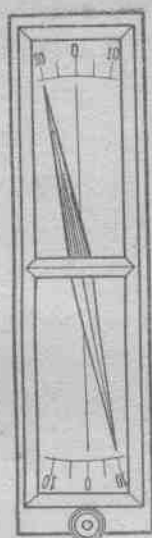


图 46

(2) 移点器 移点器也叫对点器,由金

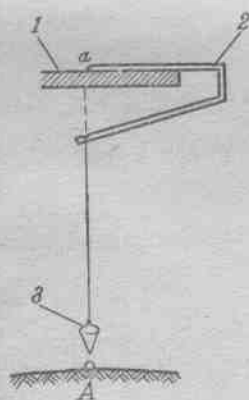


图 47

1. 平板 2. 移点器 3. 垂球

属或木质的垂球臂和垂球组成。垂球臂的上臂末端削尖,用时平置板上。下臂的末端有挂钩,用来悬挂垂球。垂球挂上后,垂球的尖端与上臂的尖端位于同一铅垂线上,用来对准地面上的点 A 与图上的相应点 a (图 47)。

(3) 遮图漆布 平板仪不使用时应当用布复盖平板,以免被灰尘沾污,也可以防止擦伤未完成的图。

平板仪的附件较多,可以自制

分格木盒，把儀器附件連同測繪時需用的鉛筆、圖釘、直尺等裝在盒里，既便于攜帶，也便于檢查。

II. 平板儀的檢驗和仿制

1. 平板儀的檢驗

(1) 平板的檢驗

(i) 平板必須穩定。在旋緊三腳架頂上的制動螺旋後，平板就應當穩定；在測繪過程中，平板與三腳架間不應當有相對運動。要檢驗平板是否穩定，可以先把照準尺對準任意一個目標點，並沿照準尺斜邊輕輕畫出通過這一點的方向綫。再用一手輕按平板的一邊使平板有極微小的轉動（繞儀器的中心軸），也就是說，這時分劃板上馬尾絲和原先的目標點已不再在同一視綫上了。然後把手放開後，再觀察目標，如果分劃板上的馬尾絲仍舊對準原先的目標點，那末表示這平板有足夠的彈性，是穩定的。

(ii) 平板的上表面必須是一個平面。從幾何學我們知道，如果一條直綫的兩點落在一個平面上，那末這直綫上的所有點都落在这平面上。根據平面的這一性質，我們要檢驗平板的上表面是不是平面，可以把照準尺的底邊沿各個不同方向貼在平板的上表面，如果尺的邊緣與平板上表面之間沒有空隙，就表示這平板的上表面確是一個平面。

(iii) 平板的上表面必須垂直於它的旋轉軸。安平平板後，把照準尺放在平板上，使平板繞軸旋轉，如果照準尺的水泡總是居中，就表示平板的上表面垂直於它的旋轉軸。

從立體幾何學知道，如果一條直綫（旋轉軸）垂直於一個

平面(平板)，那末这条直綫一定垂直于这个平面上的任意一条直綫(照准尺)。当平板旋轉时，它上面的照准尺就处在各个不同的位置，如果水泡总是居中，就表示旋轉軸与照准尺它們所在的两条直綫的交角总是相等，而且都是直角。

(2) 照准尺的檢驗

(i) 照准尺的底面必須是一个平面，而它的底尺的斜边必須是直的。检查底尺的底面是不是平面或有无弯曲，可以把底面朝上，用眼睛(一只眼)来观察。如果底面的中部下凹，使用时影响不大；如果中間凸出，就必须修整(可以用砂紙磨平)。

檢驗底尺的斜边是不是直的，可以用削尖的鉛笔沿斜边輕輕画一条綫(与尺同长)，然后把照准尺調头放在这条綫的另一側，过这条綫上任意两点再画一条綫。如果两次所画的綫重合，因为两点决定一条直綫，就知道照准尺的底尺的斜边是直的。

(ii) 照准尺上水准管的軸綫必須平行于底尺的底平面。把照准尺放在平板的中央，調整三脚架使水泡居中，沿照准尺斜边画一条綫，然后把尺調头放在这条綫的另一側，使它的斜边靠紧这条綫，如果这时水泡仍旧居中，就表示照准尺上水准管的軸綫平行于底尺的底平面；否則就应当送仪器制造厂加以調整。

(iii) 觇孔板、分划板都必须和底尺垂直。这个条件可以利用直角三角板来檢驗。

(3) 罗盘的檢驗

(i) 罗盘上磁針的磁性必須良好，轉动起来必須很灵活。

检查时可以把罗盘放在安平平板仪上，使磁针两端对准南北分划线。用小刀或其他铁器去吸引磁针，小刀移开后，如果磁针很快回到原处，就表示磁针的磁性良好，转动很灵活。如果磁性不够强，可以卸开木盒，用磁铁来磨磁针针尖，使恢复磁性。

(ii) 磁针放在安平的平板上必须水平。如果一头高一头低，高的一头可以扎上细铜丝。

(iii) 磁针的针尖必须正直、尖锐。

(4) 移点器的检验

移点器的垂球尖端必须和上臂尖端位于同一铅垂线上。校核时，在安平的平板上把移点器对准测板①上的 m 点（可以先在平板中央任意定一点 m ），并在地面上标出对应于垂球尖的 M 点。然后把移点器放到平板的另一边而使上臂尖仍旧对

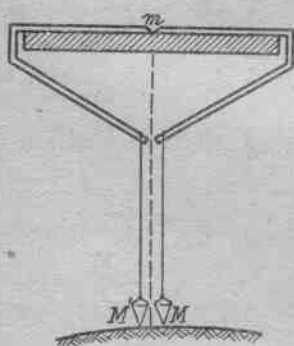


图 48

准 m 点。如果垂球尖仍旧对着 M 点，就表示移点器的垂球尖端和上臂尖端位于同一铅垂线。如果垂球尖对到地面上另一点 M' ，就应把垂球移动 MM' 一半的距离（如图 48 中应向右移）。

2. 平板仪的仿制 我们在上册已说过，平板仪可以用等高仪改装来代替。卸去等高仪刻度

盘中心的活动小钉后，等高仪的支架、刻度盘和照准尺就成为平板仪的三脚架、平板和照准尺。它们的制法和尺寸见上

① 平板铺上图纸后就叫做测板。

册第 3—6 頁。但用等高仪改装成的平板仪不能用来做测高作业(作业 19)，所以不必有类似于分划板或觇孔板等装置。

移点器可以用金属或硬质木料鋸成，它的上臂的长度略大于平板边长的一半。下臂挂垂球用的凹槽(A)与上臂尖端(B)的連線必須和上臂垂直。尺寸如图 49。垂球可以用有尖端的金属块代替。

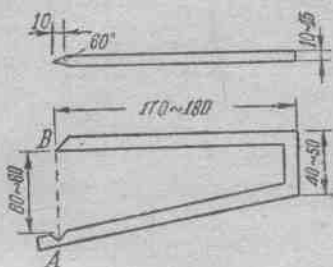


图 49

III. 平板仪的安置

在一个测点上安置平板仪包括定向、整平和对中三項工作。定向是确定平板上某一条定綫段应有什么方向，就是使测板上的直綫与地面上相应的直綫方向一致。整平是使测板水平。对中就是使地面上的测点和测板上的相应点位于同一鉛垂綫上。这三項工作都是相互牵制的，因此不能一次就把平板仪安置好，而需要經過两三次反复調整。安置平板仪的步骤大致如下：

1. 初步安置：用目估計使平板定向。然后移动三脚架的一只脚使平板大致水平，并注意使平板高度便于测望和繪图。再移动整个三脚架使平板大約对中。

在第一个测点上安置平板仪时，图紙上还没有画出可以作为定向和对中根据的任何直綫和点，这时应当为全局考虑，預先考虑选择一个适当的比例尺。比例尺就是繪出的图形与地面上的实际图形这两个相似图形大小的比（例如，比例尺

1:200 就是表示图上 a, b 两点间的距离是地面点 A, B 实际距离的 $\frac{1}{200}$ 。比例尺的选择必须根据国家规定的标准。根

据中华人民共和国国家标准(简称 GB) $GB 123-59$ 规定,常用地图的缩小比例尺是 1:100, 1:200, 1:500。选取时应当注意使按照这个比例尺所画的图形不致因太大而画不下,也不要太小而浪费纸张。

在第一个测点上安置平板仪时,还要考虑平板仪所在的位置和方向,必须使得在这个位置和方向所画出的图形在测板的中央,四周所留的空白约略相同。定向时,还应当尽可能(但不必强求)使图上的方位和一般地图上的方位相同(就是以看图时的正前方为正北)。

在第二个和以后各个测点上安置平板仪时,图上已画有方位线或者另外的适当线段和点,可以作为定向和对中的根据,所以从第一个测点所作的全局考虑将决定以后各个点在图上的位置。

2. 进一步安置: 平板仪按定向、整平和对中的顺序作上述初步安置后,还要按相反的顺序,就是对中、整平、定向的顺序,作进一步安置。

(1) 对中 取移点器验看图上点 a 偏于地面上点 A (测点)的哪一侧,偏了多少距离。轻移平板仪,使 a, A 上下对准(图 47)。如果图纸上还没有画出点,那末在图纸上的适当位置定出对应的点(前面已经提到,确定这点时必须作“全局考虑”)。

(2) 整平 把照准尺放在平板上,使与三脚架的任意两

脚甲、乙的連線尽可能做到平行。移动第三个脚丙（在甲、乙两脚連線方向移动，如图 50 a），使水泡居中；再把照准尺放在与甲、乙两脚連線成垂直的位置（如图 50 b），并移动丙脚（在垂直于甲、乙两脚連線的方向移动），使水泡居中。这样反复进行，直到照准尺在平板任何位置，水泡都居中为止。

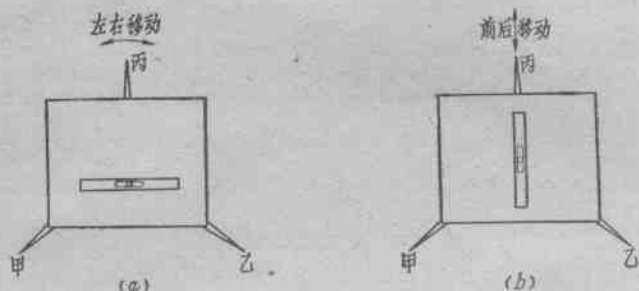


图 50

根据立体几何学里的知識：① 如果一个平面（平板）上的两条相交直綫（照准尺）都和另一个平面（水平面）平行，那末这两个平面平行，可以知道，上述操作可以使平板水平。

在这个操作过程中，照准尺被安放的位置前后两次是互相垂直的。这是因为：如图 51，如果平面 P （平板）与平面 Q

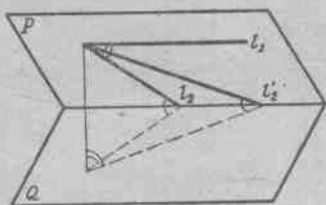


图 51

① 这一段和下一段里所談到的关于操作的几何根据，如果学生已具有这方面的几何知識，这个操作原理就可以由教师讲解，或者在教师启发后由学生自己弄懂；否则，就可以只向学生介紹方法，而不必說明操作的几何根据。

(水平面)不平行,而平面 P 上的直綫 l_1 与平面 Q 平行,那末,对于平面 P 上的直綫 l_2 与 l'_2 ,当 l_2 与 l_1 的交角大于 l'_2 与 l_1 的交角(銳角)时, l_2 与平面 Q 的交角也一定大于 l'_2 与平面 Q 的交角。所以我們在操作过程中把照准尺前后置于互相垂直的位置,也就是使表示这两个位置的两条直綫 l_1 与 l_2 有最大的交角,这时从水泡的位置很容易确定平板是否水平。这就能較快地把平板整平。

(3) 定向 如果在第一个测点上安置平板仪,定向工作就必须注意使所要画的图形位置适中。方向确定后,旋紧制动螺旋使平板固定,然后把罗盘放在测板右上角,使磁针对准南北,把直尺靠攏罗盘盒边画出方位綫(即磁北方向綫)。

如果图紙上已經画有測綫,就可以利用它来定向。例如图 52 里已經有測綫 ab ,在测点 B 定向时,就可以使照准尺斜边紧靠 ba 綫,轉动平板使視綫沿 ba 方向对准 A ,然后固定平板。如果从 b 出发另外还有已知測綫 bc ,那末可以再利用

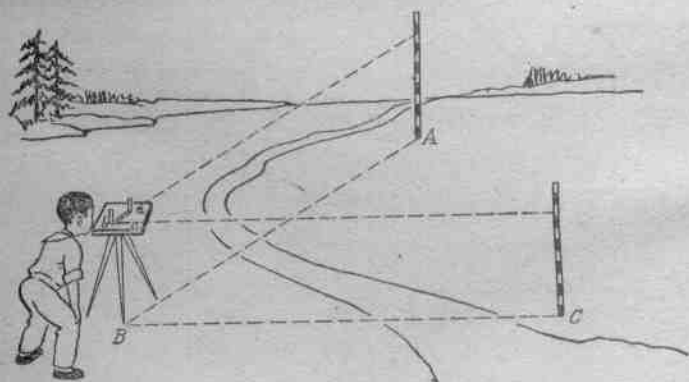


图 52