

建筑工程施工测量

刘强



四川大学出版社



前 言

中国水电七局高级技校是首批国家重点技工学校、国家级重点中等职业学校，是教育部、人社部和财政部批准的国家级中等职业教育改革发展示范校建设单位。为积极推进教育内容创新，以人才培养对接用人需求、专业对接产业、课程对接岗位、教材对接技能为切入点，组织教学经验丰富的骨干教师与行业、企业的一线技术能手，共同编写了建筑专业《工程测量》一书。

工程测量课程是目的性与操作性都较突出的课程。本书针对岗位技能要求的变化，结合“新知识、新技术、新工艺、新方法、新设备、新材料”，按照“先进性、综合性、开放性”的建设要求，以就业为导向，以职业能力为主线，本着“以实用为主，够用为度”的原则，进行了内容编排。

本书总共由七章组成，主要教学内容分为六个教学模块，每一模块又分成若干个任务，教师可按任务驱动法实施教学。本教材重点突出实训教学，突出对基本知识的掌握和对基本技能的训练，让学生掌握测、算、绘的基本方法，提高操作技能。

本书在编写过程中，得到了中国水电七局有限公司科研设计院、一分局、二分局、三分局测绘中心，中国水电七局大岗山、溪洛渡、梨园、白鹤滩等项目部测量队技术人员的大力支持，在此表示衷心的感谢。

由于编写时间仓促，编者水平有限，定会存在不尽如人意之处，敬请专家、读者批评指正。

中国水电七局高级技工学校建筑施工专业部

2014年2月

**中国水电七局高级技工学校
国家中职示范校重点支持建筑施工专业建设教材
编审委员会**

主 任 黄 健

副主任 代 军 崔 超

委 员 王益会 姜荣东 张 秀 苏广鑫 王 涛

秘 书 陈建华 吴 蔚 陈 敏 郭忠明

目 录

第一章 绪 论	1
第一节 测量学的研究对象及建筑工程中的任务	1
第二节 地球的形状和大小	1
第三节 地面点位的确定	2
第四节 测量工作概述	5
第二章 水准测量	7
第一节 水准仪的操作与使用	7
第二节 附和导线水准测量	16
第三节 闭合水准测量	23
第四节 水准仪的检验与校正	25
第三章 角度测量	34
第一节 经纬仪的操作与使用	34
第二节 测回法观测水平角	44
第三节 方向观测法观测水平角	48
第四节 竖直角观测	53
第五节 电子经纬仪的使用	57
第四章 距离测量	60
第一节 实施钢尺量距	60
第二节 视距测量	65
第三节 全站仪的认识与使用	68
第五章 控制测量	77
第一节 平面控制测量	77
第二节 高程控制测量	98
第三节 三角高程测量	104
第四节 GPS 卫星测量	107
第六章 地形图识读及应用	116
第一节 识读地形图	116
第二节 经纬仪测绘地形图	128
第三节 全站仪数字化测绘地形图	135



第四节 地形图的应用	139
第七章 施工测量及放样	150
7.1 施工测量基本知识	150
第二节 建立施工控制网的方法	154
第三节 建筑细部点测设	156
第四节 测设圆曲线	167
第五节 浅基础施工测量	171
第六节 高层建筑轴线测设和高程传递	173
参考文献	175



第一章 绪论

第一节 测量学的研究对象及建筑工程中的任务

测量学的研究对象是地球整体及其表面的地物，研究任务是对地球表面地物的地理空间分布信息进行采集、处理、管理、更新和利用。现代意义上的测绘学包含范围比较广，分支较多，主要有工程测量、大地测量、地理信息与工程、摄影测量与遥感、GPS全球定位等。

其中工程测量的实质就是定位，即确定点位之间的关系。

对于点位之间关系的确定通常有两种情况：一种情况是已知点位在地面上的位置，而不知其与其他点位之间的具体关系，通过测量得出这些点位的坐标（X，Y，H）或将这些点用图表示，这个过程叫测绘；另一种情况是点位的坐标已知，或在图上的位置已知，但在地面上的位置未知，通过一定的方法将这些点位在地面上的位置测量出来，这个过程叫测设（或施工放样）。

在测量中由于点位要求的精度不同，采用的方法不同，测量学又分为：

大地测量学：在广大区域布设高精度的控制点，考虑地球曲率的影响。

地形测量学：在小区域测量大比例尺地形图，不考虑地球曲率的影响。

摄影测量与遥感：利用各种传感器所获得的影像绘制地形图。

工程测量学的任务是在工农业建设、各类土木工程建设中，研究勘测设计、施工及运营等阶段中的测量工作，即地形测图、施工放样，同时还包括一些变形监测等。

第二节 地球的形状和大小

地球表面的构成：71%是海洋，29%是陆地。最高峰是珠穆朗玛峰，高8844.43 m；海洋最深处是太平洋西北的马里亚纳海沟，深11022 m。

水准面：设想有一个静止的海水面，向陆地延伸而形成一个封闭的曲面，曲面上每一点的法线方向和铅垂线方向重合，这个静止的海水面称为水准面。

大地水准面：平均高度的水准面称为大地水准面，测量工作中常以这个面作为点位投影和计算点位高度的基准面。

旋转椭球体：由于地球内部质量分布不均匀，地面上各点所受的引力大小不同，从而使得地面上各点的铅垂线方向产生不规则的变化，因此大地水准面实际上是一个有微小起伏的不规则曲面。在实际工作中，常选用一个能用数学方程表示并与大地水准面很接近的规则曲面，这样一个规则曲面就是椭球面。如图1-1所示。



参考椭球体定位：如图 1-2 所示，在适当地面上选定一点 P（P 点称为大地原点），令 P 点的铅垂线与椭球面上相应 P_0 点的法线重合，并使该点的椭球面与大地水准面相切，而且使本国范围内的椭球面与大地水准面尽量接近。这项工作称为参考椭球体的定位。

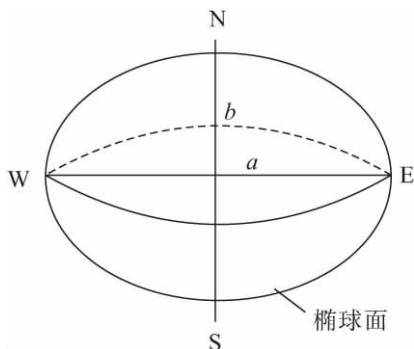


图 1-1 旋转椭球体

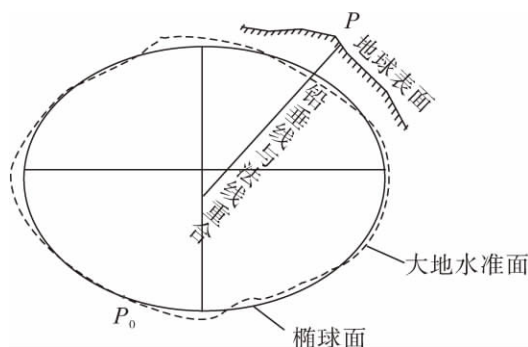


图 1-2 大地水准面和旋转椭球体

我国坐标系的建立：1954 年建立了北京坐标系，后通过重新计算，将坐标原点定在设在陕西省泾阳县境内，根据该原点推算而得的坐标，称为“1980 年国家大地坐标系”。

第三节 地面点位的确定

一、坐标

1. 地理坐标

地面点在地球面上的位置用经纬度表示，称为地理坐标。

2. 高斯平面直角坐标

高斯平面直角坐标是采用横圆柱投影的方法将球面坐标和平面坐标相互联系的坐标系。

横圆柱投影方法：设想把一个平面卷成一个横圆柱，套在圆球外面，使横圆柱的轴心通过球的中心，并使横圆柱与球面上的一条中央子午线 NOS 相切（如图 1-3），将球面上的图形投影到横圆柱面上，然后将横圆柱面沿南北极的 TT' 和 KK' 线切开并展成平面，即可得投影到平面上相应的图形。此时，中央子午线长度保持不变，赤道与中央子午线为相互垂直的直线（如图 1-4）。

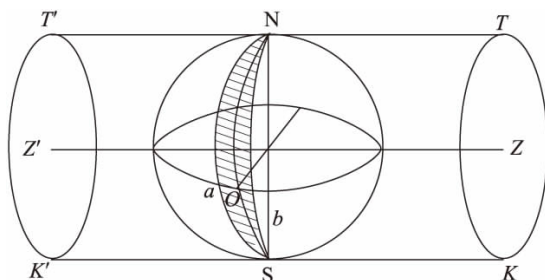


图 1-3 横圆柱投影

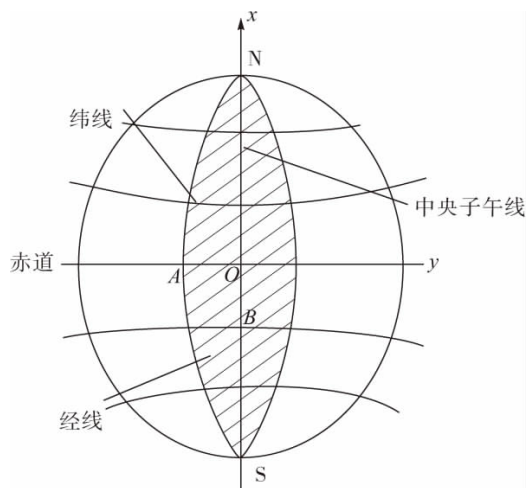


图 1-4 高斯投影展开图

投影带：根据投影宽度的不同，分为 6° 投影带和 3° 投影带。 6° 带是从格林威治子午线算起，格林威治子午线的经度为 0° ，自西向东，经度每 6° 为一带，中间的一条子午线，即为该带的中央子午线。依此类推，把地球分成 60 个投影带。而 3° 带是从东经 $1^\circ 30'$ 开始，每隔 3° 为一带，第一带的中央子午线是 3° ，依此类推，把地球分成 120 个 3° 带。

高斯-克吕格坐标：每一带中央子午线的投影为平面直角坐标系的纵轴 x ，所以也把中央子午线称为轴子午线，向上为正，向下为负；赤道的投影为平面直角坐标系的横轴 y ，向东为正，向西为负，两轴的交点 O 为坐标原点。

我国坐标的规定：规定将每一带的坐标原点西移 500 km（如图 1-5），即每带的坐标原点为 $x=0$ km， $y=500$ km，同时将该点所在的投影带带号加在横坐标前。

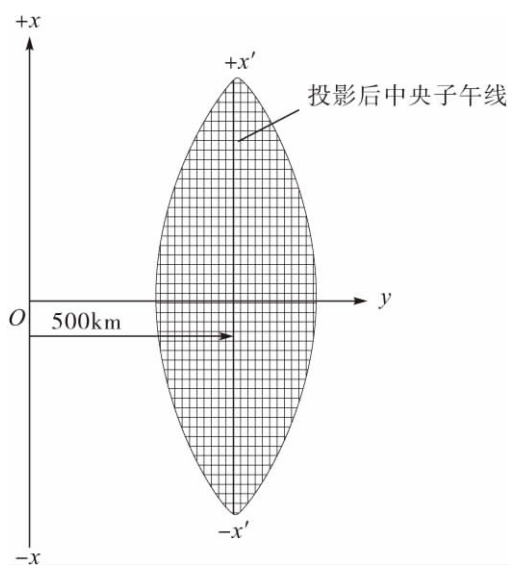


图 1-5 坐标纵轴西移



3. 平面直角坐标

当测区范围较小时（半径不超过 10 km），可把该部分球面视作平面，即直接将地面点沿铅垂线投影到水平面上。平面直角坐标规定见图 1—6。

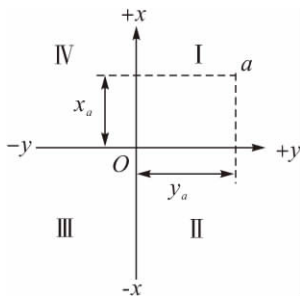


图 1—6 平面直角坐标

二、高程

1. 绝对高程

地面点沿铅垂线方向至大地水准面的距离称为该点的绝对高程或海拔，用 H 表示。

2. 相对高程

地面点沿铅垂线方向至某一假定水准面的距离称为该点的相对高程，亦称假定高程，用 H' 表示。

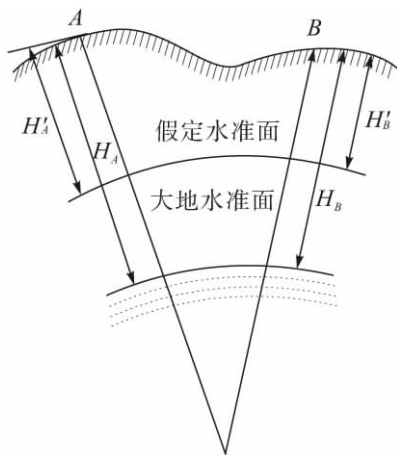


图 1—7 高程示意图

我国高程基准：1956 年黄海高程系统，1985 年国家高程基准。其中，1985 年国家高程系统中的高程为 72.260 m；1956 年黄海高程系统中的高程为 72.289 m。



第四节 测量工作概述

一、测量的基本工作

在测量工作中，水平距离、水平角及高程是确定地面点相对位置的三个基本几何要素。所以测量地面点的水平角、水平距离及高程是测量的基本工作。在测量工作中有时用水平面代替水准面，会产生如下影响。

1. 对水平距离的影响

一般来说，在半径为 10 公里的圆范围内可以不考虑地球曲率。

2. 对高程的影响

由表 1-1 可知，用水平面代替水准面，当距离为 200 m 时，高差误差约为 3 mm，这对高程测量来说影响很大，因此在进行高程测量时，即使距离很短也要顾及地球曲率的影响。

表 1-1 用水平面代替水准面对高程的影响

D (m)	100	200	500	1000
Δh (mm)	0.8	3.1	19.6	78.5

3. 对角度的影响

由表 1-2 可知，用水平面代替水准面产生的角度误差是很小的。在一般地形测量中，测角仪器的精度远大于 1000 km² 面积产生的角度误差。因此在几百平方公里的小面积地形测量中可以不考虑角度误差的影响。

表 1-2 用水平面代替水准面对角度的影响

面积 P (km ²)	10	100	1000	10000
角度误差 $\Delta\alpha$ (")	0.02	0.17	1.69	16.91

二、测量工作的基本原则

无论是测绘地形图还是施工放样测量，要在某一点上测绘该地区的所有地物、地貌或测绘建筑物的全部细部是不可能的。所以测量工作必须按照一定的原则进行，即在布局上“由整体到局部”，精度上“由高级到低级”，工作次序上“先控制后细部”。另外还有一个原则，即“前一步工作未作检核，不进行下一步工作”。

本章习题

- (1) 测量学的研究对象是什么？
- (2) 测量学在工程建设中的任务是什么？
- (3) 测量中常用的坐标有哪些？数学上的平面直角坐标与测量上的平面直角坐标有何不同？



- (4) 什么是水准面和大地水准面？什么是绝对高程和相对高程？
- (5) 测量的基本工作是什么？
- (6) 测量工作应遵循的原则和程序是什么？



第二章 水准测量

第一节 水准仪的操作与使用

学习目标

- (1) 能够知道水准测量的基本原理;
- (2) 能够认识 DS_3 型微倾式水准仪、自动安平水准仪、水准尺和尺垫的构造特点及作用;
- (3) 能够使用水准仪, 测出两点间的高差。

学习任务

普通水准测量实习。

任务实施

1. 计划与设备

- (1) 实训时数安排 12 学时, 实训以小组为单位;
- (2) 每个实训小组配备水准仪一台 (含附件);
- (3) 实训场地安排在水工实训区, 各组在练习仪器安置、整平、瞄准、精平读数的基础上, 每人观测几次水准尺的读数, 并分别记录在实训报告的表格中;
- (4) 实训结束时, 每人交实训报告一份。

2. 方法与步骤

- (1) 安置仪器, 了解仪器基本构造、各部件名称和作用。
 - ①安放三脚架。选择坚固平坦的地面张开三脚架, 使架头大致水平, 高度适中, 三条架腿开度适当, 如果地面松软, 则将架腿的三个脚尖插牢于土中, 使脚架稳定。
 - ②安置仪器。打开仪器箱用双手将仪器取出, 放在三脚架架头上, 一手握住仪器, 一手旋转脚架中心连接螺旋, 将仪器牢固地连在三脚架架头上。
 - ③熟悉仪器。仔细观察仪器的各个部件, 熟悉各螺旋的位置、名称和作用, 试着旋拧各个螺旋以了解其功能。如图 2-1, 在图框中写出各部件的名称及作用。

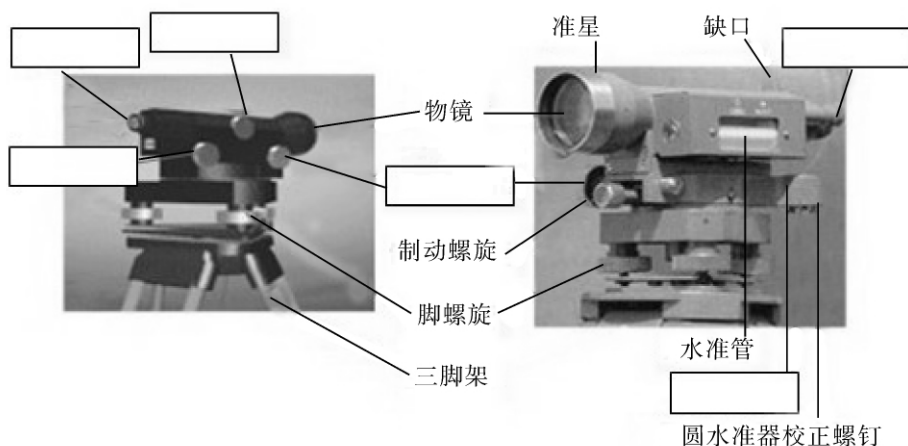


图 2-1 水准仪组成及作用

(2) 水准仪的使用。

水准仪的操作步骤：

①安置仪器。

高度适中，架头大致水平，固定仪器。

②粗略整平。

目的：使圆水准气泡居中，视准轴粗略水平。

③瞄准水准尺。

目的：使目标和十字丝成像清晰。

方法：初步瞄准（用准星对准目标）；

目镜调焦（使十字丝清晰）；

物镜调焦（使目标成像清晰）；

精确瞄准（使纵丝对准目标）。

注意：瞄准时应消除视差。

视差：当目镜、物镜对光不够精细时，目标的影像不在十字丝平面上，以致两者不能同时被看清。

消除方法：仔细进行目镜、物镜调焦。

④精确整平。

目的：使水准管气泡居中，视准轴精确水平。

方法：调节微倾螺旋，使气泡影像符合。

⑤读数。

十字丝横丝对应的数为所测数据，按从小到大的方向读数，读取米、分米、厘米、毫米（估读数）四位数字。

(3) 测站水准测量练习。

在地面上选定两点分别作为后视点和前视点，放上尺垫并在其上立尺，在距两尺距离大致相等的点上安置仪器，瞄准后视尺、精平、读数，然后瞄准前视尺、精平、读数。若水准尺为



双面尺，还应按同法读取水准尺红面读数。记录数据并计算高差。

换一人重新安置仪器，进行上述观测，直至小组所有成员全部观测完毕，小组各成员所测高差之差不得超过 $\pm 5\text{ mm}$ ；每个人的黑面中丝读数加上水准尺常数减去红面中丝读数应不超过 $\pm 3\text{ mm}$ 。

(4) 一个测站的水准测量工作。

如图 2-2 所示：

①安置仪器于 A、B 之间，立尺于 A、B 点上；

②粗略整平；

③瞄准 A 尺，精平、读数 a，记录 1 568 m；

④瞄准 B 尺，精平、读数 b，记录 1 471 m；

⑤计算： $h_{AB} = a - b = 1\,568 - 1\,471 = 0\,097\text{ m}$ ，

即 B 点比 A 点高 0 097 m。

$h_{BA} = -h_{AB} = -0\,097\text{ m}$ ，即 A 点比 B 点低 0 097 m。

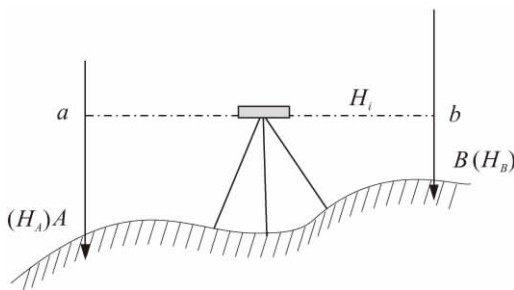


图 2-2 水准测量示意图

注：(1) 当视线水平时，在 A、B 两个点的标尺上分别读得读数 a 和 b，则 A、B 两点的高差等于两个标尺读数之差。即： $h_{AB} = a - b$ 。

(2) 如果 A 为已知高程的点，B 为待求高程的点，则 B 点的高程为：

$$H_B = H_A + h_{AB}$$

(3) 视线高程：

$$H_i = H_A + a = H_B + b$$

读数 a 是已知高程点上的水准尺读数，称为“后视读数”；b 是待求高程点上的水准尺读数，称为“前视读数”。高差必须是后视读数减去前视读数。高差 h_{AB} 的值可能是正，也可能是负，正值表示待求点 B 高于已知点 A，负值表示待求点 B 低于已知点 A。此外，高差的正负号又与测量进行的方向有关。

(4) 注意事项：

①水准仪安放到三脚架上必须立即将中心连接螺旋旋紧，严防仪器从脚架上掉下摔坏。

②在读数前，注意消除视差；必须使符合水准器气泡居中（微倾式水准仪水准管气泡两端影像符合）。

③注意倒像望远镜中水准尺图形与实际图形的变化。



(5) 记录数据:

将观察到的数据记录在表 2-1 中。

表 2-1 记录水准尺上读数

读数	A 尺	B 尺	C 尺
第一次			
第二次			
第三次			

(6) 计算:

① A 点比 B 点 (高、低) _____ m, A 点比 C 点 (高、低) _____ m, B 点比 C 点 (高、低) _____ m。

② 假设 C 点的高程 $H_C =$ _____ m, 则 A 点和 B 点的高程 $H_A =$ _____ m, $H_B =$ _____ m, 水准仪的视线高程 $H_i =$ _____ m。

考核与评价

考核 姓名	仪器安置 25 分	读数 20 分	计算 10 分	测量方法 15 分	精度 10 分	工具设备使用 维护 20 分	总评 100 分

相关知识

一、水准测量原理

原理: 利用水准仪提供水平视线, 读取水准尺的读数, 测定两点间的高差, 由已知点高程推求未知点高程, 如图 2-3 所示。

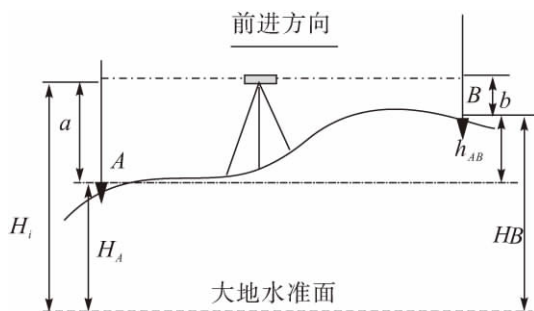


图 2-3 水准测量原理



有两种计算高程的方法。

高差法：利用高差计算高程（安置一次仪器测定一个前视点高程时采用）。

$$h_{AB} = a - b$$

$$H_B = H_A + h_{AB}$$

视线高法：利用视线高计算高程（安置一次仪器测定多个前视点高程时采用）。

$$H_i = H_A + a$$

$$H_B = H_i - b$$

当 $a > b$ 时， h_{AB} 为正，B 高于 A；

当 $a < b$ 时， h_{AB} 为负，B 低于 A。

通过水准测量的基本原理我们知道：为了进行水准测量，必须要有一个能通过水平视线的水准仪和有刻度的水准尺。此外，可能还需要尺垫。

二、水准仪

1. 水准仪的型号

水准仪的型号有 DS_{05} 、 DS_1 、 DS_3 、 DS_{10} 、 DS_{20} 。

其中：D——大地测量仪器；

S——水准仪；

数字——仪器的精度，即每公里往、返测得高差中数的中误差（mm）。

2. DS_3 型水准仪的构造

图 2-4 为 DS_3 型微倾式水准仪构造图。

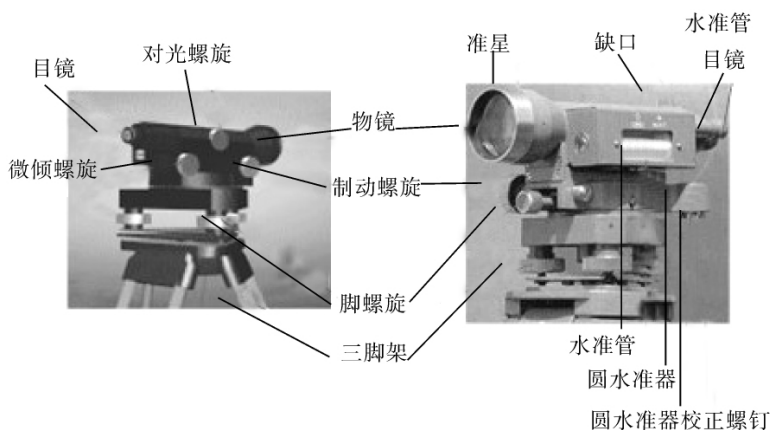


图 2-4 DS_3 型微倾式水准仪

望远镜：包括物镜、对光透镜，十字丝分划板、目镜。

水准器：包括管水准器（水准管）、圆水准器。

托板：通过微倾轴与望远镜连接。

底座：包括轴套、脚螺旋。



DS₃ 型水准仪涉及的基本概念:

十字丝分划板有上丝、下丝、中横丝、竖丝,如图 2-5 所示,用来瞄准和读数。

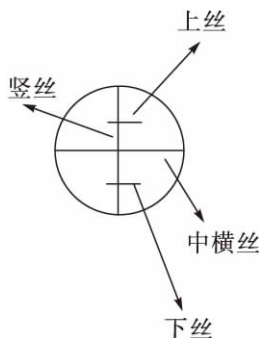


图 2-5 十字丝

视准轴: 十字丝的交点和物镜光心的连线称为望远镜的视准轴,是用来瞄准和读数的视线。

望远镜的作用: 提供一条瞄准目标的视线; 将远处的目标放大, 提高瞄准和读数的精度。

水准管: 示意图如图 2-6。

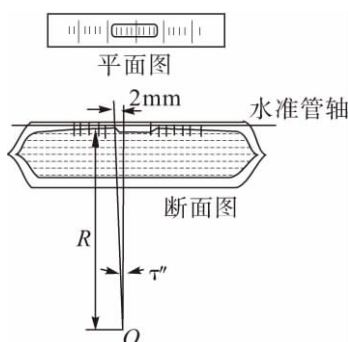


图 2-6 水准管

水准管分划值: 水准管上相邻两分划 (即 2 mm) 间的弧长所对的圆心角值。DS₃ 型水准仪的水准管分划值一般为 $20''/2 \text{ mm}$ 。水准管分划值是水准管灵敏度的指标, 水准管分划值越小, 水准管灵敏度越高。

为了进一步提高水准管的灵敏度和方便测量, 安装了符合水准器, 观测符合水准窗口, 会有有水平和不水平两种情况 (图 2-7):