

高等学校土木建筑专业
|应用型本科系列规划教材|

土木工程测量 实训教程

金芳芳 ◎ 主编 叶德红 ◎ 副主编

TUMUGONGCHENGCELIANG
SHIXUNJIAOCHENG



东南大学出版社
SOUTHEAST UNIVERSITY PRESS

土木工程测量实训教程

(盐城工学院教材基金资助出版)

主 编 金芳芳

副主编 叶德红

参 编 朱兆军 程鹏环



东南大学出版社

·南京·

内 容 简 介

本书系根据土木工程测量教学大纲和土木工程测量课程综合实习大纲内容编写的。全书分为“土木工程测量课堂实验教学”、“野外综合实习测量教学”、“测绘在工程实践项目施工中的应用”三个部分。本书具有较宽的专业适应面,既有较完整的课堂实验和野外实习,又注重工程实用性;既有基本测绘技术与方法,又力求反映当代测量学科的最新技术。

图书在版编目(CIP)数据

土木工程测量实训教程 / 金芳芳主编. —南京:
东南大学出版社, 2014. 5
ISBN 978-7-5641-4936-9

I. ①土… II. ①金… III. ①土木工程—工程测量—
高等学校—教材 IV. ①TU198

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2014)第 095025 号

土木工程测量实训教程

出版发行: 东南大学出版社
社 址: 南京市四牌楼 2 号 邮编: 210096
出 版 人: 江建中
责任编辑: 史建农
网 址: <http://www.seupress.com>
电子邮箱: press@seupress.com
经 销: 全国各地新华书店
印 刷: 南京京新印刷厂
开 本: 787mm×1092mm 1/16
印 张: 15.75
字 数: 402 千字
版 次: 2014 年 5 月第 1 版
印 次: 2014 年 5 月第 1 次印刷
书 号: ISBN 978-7-5641-4936-9
定 价: 32.00 元

本社图书若有印装质量问题,请直接与营销部联系。电话:025-83791830

高等学校土木建筑专业应用型本科系列 规划教材编审委员会

名誉主任 吕志涛(院士)

主 任 蓝宗建

副 主 任 (以拼音为序)

陈 蓓 陈 斌 方达宪 汤 鸿

夏军武 肖 鹏 宗 兰 张三柱

秘 书 长 戴坚敏

委 员 (以拼音为序)

程 晔 戴望炎 董良峰 董 祥

郭贯成 胡伍生 黄春霞 贾仁甫

金 江 李 果 李幽铮 刘殿华

刘 桐 刘子彤 龙帮云 吕恒林

唐 敢 王丽艳 王照宇 徐德良

于习法 余丽武 喻 骁 张 剑

张靖静 张伟郁 张友志 赵冰华

赵才其 赵 玲 赵庆华 周桂云

周 佶

总前言

国家颁布的《国家中长期教育改革和发展规划纲要(2010—2020年)》指出,要“适应国家和区域经济社会发展需要,不断优化高等教育结构,重点扩大应用型、复合型、技能型人才培养规模”;“学生适应社会和就业创业能力不强,创新型、实用型、复合型人才紧缺”。为了更好地适应我国高等教育的改革和发展,满足高等学校对应用型人才的培养模式、培养目标、教学内容和课程体系等的要求,东南大学出版社携手国内部分高等院校组建土木建筑专业应用型本科系列规划教材编审委员会。大家认为,目前适用于应用型人才培养的优秀教材还较少,大部分国家级教材对于培养应用型人才的院校来说起点偏高、难度偏大、内容偏多,且结合工程实践的内容往往偏少。因此,组织一批学术水平较高、实践能力较强、培养应用型人才的教学经验丰富的教师,编写出一套适用于应用型人才培养的教材是十分必要的,这将有力地促进应用型本科教学质量的提高。

经编审委员会商讨,对教材的编写达成如下共识:

一、体例要新颖活泼。学习和借鉴优秀教材特别是国外精品教材的写作思路、写作方法以及章节安排,摒弃传统工科教材知识点设置按部就班、理论讲解枯燥无味的弊端,以清新活泼的风格抓住学生的兴趣点,让教材为学生所用,使学生对教材不会产生畏难情绪。

二、人文知识与科技知识渗透。在教材编写中参考一些人文历史和科技知识,进行一些浅显易懂的类比,使教材更具可读性,改变工科教材艰深古板的面貌。

三、以学生为本。在教材编写过程中,“注重学思结合,注重知行统一,注重因材施教”,充分考虑大学生人才就业市场的发展变化,努力站在学生的角度思考问题,考虑学生对教材的感受,考虑学生的学习动力,力求做到教材贴合学生实际,受教师和学生欢迎。同时,考虑到学生考取相关资格证书的需要,教材中

还结合各类职业资格考试编写了相关习题。

四、理论讲解要简明扼要,文例突出应用。在编写过程中,紧扣“应用”两字创特色,紧紧围绕着应用型人才培养的主题,避免一些高深的理论及公式的推导,大力提倡白话文教材,文字表述清晰明了、一目了然,便于学生理解、接受,能激起学生的学习兴趣,提高学习效率。

五、突出先进性、现实性、实用性、可操作性。对于知识更新较快的学科,力求将最新最前沿的知识写进教材,并且对未来发展趋势用阅读材料的方式介绍给学生。同时,努力将教学改革最新成果体现在教材中,以学生就业所需的专业知识和操作技能为着眼点,在适度的基础知识与理论体系覆盖下,着重讲解应用型人才培养所需的知识点和关键点,突出实用性和可操作性。

六、强化案例式教学。在编写过程中,有机融入最新的实例资料以及操作性较强的案例素材,并对这些素材资料进行有效的案例分析,提高教材的可读性和实用性,为教师案例教学提供便利。

七、重视实践环节。编写中力求优化知识结构,丰富社会实践,强化能力培养,着力提高学生的学习能力、实践能力、创新能力,注重实践操作的训练,通过实际训练加深对理论知识的理解。在实用性和技巧性强的章节中,设计相关的实践操作案例和练习题。

在教材编写过程中,由于编写者的水平和知识局限,难免存在缺陷与不足,恳请各位读者给予批评斧正,以便教材编审委员会重新审定,再版时进一步提升教材的质量。本套教材以“应用型”定位为出发点,适用于高等院校土木建筑、工程管理等相关专业,高校独立学院、民办院校以及成人教育和网络教育均可使用,也可作为相关专业人士的参考资料。

高等学校土木建筑专业应用型
本科系列规划教材编审委员会

前 言

在土木工程测量中,测绘技术的应用比较广泛。如城市规划、给水排水、煤气管道等市政工程建设,工业厂房和高层建筑的建造,在设计阶段,要测绘各种比例尺的地形图,供结构物的平面及竖向设计之用;在施工阶段,要将设计的结构物的平面位置和高程在实地标定出来,作为施工的依据;待工程完工后,还要测绘竣工图,供日后扩建、改建和维修之用,对某些重要的建筑物,在其建成以后,还需要进行变形观测,以保证建筑物的安全使用。又如,在房地产的开发、管理和经营中,房地产测绘起着重要的作用。地籍图和房产图以及其他测量资料准确地提供了土地的行政和权属界址,每个权属单元(宗地)的位置、界线和面积,每幢房屋与每层房屋的几何尺寸和建筑面积,经土地管理和房屋管理部门确认后具有法律效力,可以保护土地使用权人和房屋所有权人的合法权益,可为合理开发、利用、管理土地和房产提供可靠的图纸与数据资料,并为国家对房地产的合理税收提供依据。铁路、公路在建造之前,为了确定一条最经济、最合理的路线,事先必须进行该地带的测量工作,由测量的成果绘制带状地形图,在地形图上进行线路设计,然后将设计路线的位置标定在地面上,以便进行施工;在路线跨越河流时,必须建造桥梁,在造桥之前,要绘制河流两岸的地形图,以及测定河流的水位、流速、流量和桥梁轴线长度等,为桥梁设计提供必要的资料,最后将设计的桥台、桥墩的位置用测量的方法在实地标定;路线穿过山地,需要开挖隧道,开挖之前,也必须在地形图上确定隧道的位置,并由测量数据来计算隧道的长度和方向,在隧道施工期间,通常从隧道两端开挖,这就需要根据测量的成果指示开挖方向等,使之符合设计的要求。

本书根据高等学校土木建筑类各专业测量学教学大纲编写。全书共16章,分为三大部分。第一部分共分为七章,介绍了测量实验基本原理、仪器认识和使用,重点介绍了目前正在工程中广泛应用的测绘先进仪器全站仪和测绘先进技术全球定位系统等。第二部分共分为四章,学生在学习了理论和实验后进行野外的实际训练:地形图测绘,地形图应用,施工放样等小区域控制测量及大

比例尺地形图的测图、识图和用图。第三部分共分为五章,介绍了测绘在工程实践项目施工中的应用:介绍了怎样认识施工图,建筑工程中道路、桥梁、隧道与水利施工测量以及地籍、房产、古建筑测量等内容,各专业可根据需要选用。全书对测量实训力求简单明了,主要以具体实例对测绘加以说明。

本书按照国家最新测量规范编写,力求做到简明、扼要、实用,并较多地融入当前的测绘新技术。尽管我们尽了很大的努力,但书中还可能存在缺点和错误。本书编者希望使用本教材的教师和读者多提宝贵意见。

编者

2014 年 4 月

目 录

第一部分 土木工程测量课堂实验教学

第一章 工程测量基础知识	1
第二章 水准测量	5
第一节 水准测量原理	5
第二节 水准仪及其使用	6
第三节 水准尺、尺垫和三脚架	9
第四节 水准仪的使用	10
第五节 微倾式水准仪的检验与校正	11
第六节 水准测量注意事项	14
第七节 自动安平水准仪	14
第八节 精密水准仪简介	16
第九节 实验项目	18
第三章 角度测量	23
第一节 角度的测量原理	23
第二节 DJ6 型光学经纬仪的构造	24
第三节 DJ6 型光学经纬仪的读数设备	26
第四节 DJ6 型光学经纬仪的基本操作	27
第五节 水平角测量	30
第六节 竖直角测量	33
第七节 DJ6 型光学经纬仪的检验与校正	33
第八节 角度观测注意事项	34
第九节 电子经纬仪的测角原理	34
第十节 实验项目	38
第四章 距离测量与直线定向	43
第一节 钢尺量距	43
第二节 视距测量	47
第三节 光电测距仪	48
第四节 直线定向	49
第五节 实验项目	51
第五章 全站仪及其使用	56
第一节 全站仪测量原理(电子测角、测距原理简介)	56

第二节 全站仪的使用	57
第三节 徕卡 TS02Power-5 教学版介绍	58
第四节 实验项目	67
第六章 全球定位系统 GPS 的定位技术	78
第一节 GPS 全球定位系统概述	78
第二节 GPS 全球定位系统的特点	78
第三节 GPS 系统的组成	79
第四节 GPS 定位方法分类	79
第五节 GPS 定位原理	80
第六节 GPS 的后处理定位方法	80
第七节 华测 GPS 的单基站 CORS 操作说明	82
第八节 GPS 手簿的操作步骤	86
第九节 RTK 在工程建设中的应用	94
第十节 实验项目	96
第七章 地形地籍成图软件 CASS	97

第二部分 野外综合实习测量教学

第八章 地形图测绘	111
第一节 小地区控制测量	111
第二节 导线测量的外业工作	112
第三节 导线测量的内业计算	113
第四节 碎部测量	117
第五节 地形图传统测绘方法	125
第六节 数字化测图	127
第七节 实习项目	133
第九章 地形图应用	138
第十章 施工放样	142
第一节 测设的基本内容和方法	142
第二节 点的平面位置测设方法	145
第三节 实习项目	147
第十一章 野外测量实习基本要求	151

第三部分 测绘在工程实践项目施工中的应用

第十二章 工程施工图认识	156
第一节 建筑工程施工图的认识	156
第二节 建筑工程制图	166
第三节 工程施工测量安全管理	175

第十三章 建筑工程施工测量	178
第一节 民用建筑施工测量	179
第二节 高层建筑物施工测量	181
第三节 沉降测量	184
第四节 位移观测	186
第五节 道路、桥梁、隧道、水利施工测量	188
第六节 建筑施工放样	190
第七节 实习项目	194
第十四章 地籍测量	199
第一节 地籍测量概述	199
第二节 地籍测量	200
第十五章 房产测量	206
第一节 房产平面控制测量	206
第二节 房产图图式	209
第十六章 古建筑测量	217
第一节 古建筑测绘的工具	218
第二节 古建筑测绘的内容	220
附录 实验实习表格	226
参考文献	239

第一部分 土木工程测量课堂实验教学

第一章 工程测量基础知识

一、测量学的概念

测量学是研究地球的形状和大小以及确定地面点之间相对位置的科学。测量工作主要有两个方面:一是将各种现有地面物体的位置和形状,以及地面的起伏形态等,用图形或数据表示出来,为测量工作提供依据,称为测定或测绘;二是将规划设计和管理工作形成的图纸上的建筑物、构筑物或其他图形的位置在现场标定出来,作为施工的依据,称为测设或放样。

测量学包括大地测量学、普通测量学、摄影测量学和工程测量学等四个学科。其中,大地测量学研究测定地球的形状和大小,在广大地区建立国家大地控制网等方面的测量理论、技术和方法,为测量学的其他分支学科提供最基础的测量数据和资料;普通测量学研究较小区域内的测量工作,主要是指用地面作业方法,将地球表面局部地区的地物和地貌等测绘成地形图,由于测区范围较小,可以不顾及地球曲率的影响,把地球表面当作平面对待;摄影测量学研究用摄影或遥感技术来测绘地形图,其中的航空摄影测量是测绘国家基本地形图的主要方法;工程测量学研究各项工程建设在规划设计、施工放样和运营管理阶段所进行的各种测量工作,工程测量在不同的工程建设项目中其技术和方法有很大的区别。

二、工程测量的任务

1. 测图

测图指使用测量仪器和工具,依照一定的测量程序和方法,通过测量和计算,得到一系列测量数据,或者把局部地球表面的形状和大小按一定的比例尺和特定的符号缩绘到图纸上,供规划设计部门使用,以及工程施工结束后,测绘竣工图,供日后管理、维修、扩建之用。

2. 用图

用图指识别和使用图(地形图、断面图等)的知识、方法和技能。用图是先根据图面的图式符号识别地面上地物和地貌,然后在图上进行测量。从图上取得工程建设所必需的各种技术资料,从而解决工程设计和施工中的有关问题。

3. 放样

放样是测图的逆过程。放样是将图纸上设计好的建(构)筑物按照设计要求通过测量的定位、放线、安装,将其位置和高程标定到施工作业面上,作为工程施工的依据。

4. 变形观测

对某些有特殊要求的建(构)筑物,在施工过程中和使用期间,还要测定有关部位在建筑

荷载和外力作用下,随着时间而产生变形的规律,监视其安全性和稳定性,观测成果是验证设计理论和检验施工质量的重要资料。

三、工程测量的原则

测量成果的好坏,直接或间接地影响到建筑工程的布局、成本、质量与安全等,特别是施工放样,如出现错误,就会造成难以挽回的损失。而从测量基本程序可以看出,测量是一个多层次、多工序的复杂工作,在测量过程中不但会有误差,还可能会出现错误。为了杜绝错误,保证测量成果准确无误,我们在测量工作过程中必须遵循“边工作边检核”的基本原则。即在测量中,不管是外业观测、放样还是内业计算、绘图,每一步工作均应进行检核,上一步工作未作检核前不进行下一步工作。

四、工程测量的程序

工程测量时,主要就是测定碎部点的平面位置和高程。测定碎部点的位置,其程序通常分为两步。

1. 控制测量

如图 1-1 所示,先在测区内选择若干具有控制意义的点 A 、 B 、 C 、 $\dots$,作为控制点,以精密的仪器和准确的方法测定各控制点之间的距离 d ,各控制边之间的水平夹角 β ,如果某一条边(图中 AB 边)的方位角 α 和其中某一点的坐标已知,则可计算出其他控制点的坐标。另外还要测出各控制点之间的高差,设点 A 的高程为已知,则可求出其他控制点的高程。

2. 碎部测量

即根据控制点测定碎部点的位置。例如图 1-1 中在控制点 A 上测定其周围碎部点 M 、 N 、 $\dots$ 的平面位置和高程。应遵循“从整体到局部”、“先控制后碎部”的原则。这样可以减少误差累积,保证测图精度,而且还可以分幅测绘,加快测图进度。



图 1-1 碎部测量

上述测量工作的基本程序可以归纳为“先控制后碎部”、“从整体到局部”和“由高级到低级”。

对施工测量放样来说,也要遵循这个基本程序,先在整个建筑施工场地范围内进行控制测量,得到一定数量控制点的平面坐标和高程,然后以这些控制点为依据,在局部地区逐个进行对建(构)筑物轴线点的测设,如果施工场地范围较大时,控制测量也应由高级到低级逐级加密布置,使控制点的数量和精度均能满足施工放样的要求。

五、工程测量的要求

(1) 测量工作中的测量和计算两个环节,无论是实践操作还是计算有错,均表现在点位的确定上产生错误,因此必须做到步步有校核,一定要坚持精度标准,保证各个环节的可靠性。

(2) 测量仪器和工具是测量工作中不可缺少的生产工具,对其必须按规定的要求正确使用,精心检校和科学保养。

(3) 测量成果是集体作业的结晶,要有互相协助、紧密配合的团队精神,以及共同完成测量任务的全局观念。

六、工程测量的作用

建筑工程测量在工程建设中起着重要的作用。建筑用地的选择,道路、管线位置的确定等,都要利用测量所提供的资料和图纸进行规划设计。施工阶段需要通过测量工作来衔接,配合各项工序的施工,才能保证设计意图的正确执行。竣工后的竣工测量,为工程的验收、日后的扩建和维修管理提供资料。在工程管理阶段,对建(构)筑物进行变形观测,以确保工程的安全使用。

所以,建筑工程测量贯穿于建筑工程建设的始终,服务于施工过程中的每一个环节,并且测量的精度和进度直接影响到整个工程质量与进度。

七、工程测量常用单位

工程测量常用的角度、长度、面积的度量单位及换算关系见表 1-1~表 1-3。

表 1-1 角度单位制及换算关系表

60 进制	弧度制
1 圆周 = 360° $1^\circ = 60'$ $1' = 60''$	1 圆周 = 2π 弧度 $1 \text{ 弧度} = \frac{180^\circ}{\pi} = 57.2958^\circ = \rho^\circ$ $= 3438' = \rho'$ $= 206265'' = \rho''$

表 1-2 长度单位制及换算关系表

公 制	英 制
1 km = 1 000 m 1 m = 10 dm = 100 cm = 1 000 mm	英里(mile, 简写 mi), 英尺(foot, 简写 ft), 英寸(inch, 简写 in) 1 km = 0.621 4 mi = 3 280.8 ft 1 m = 3.280 8 ft = 39.37 in

表 1-3 面积单位制及换算关系表

公 制	市 制	英 制
$1 \text{ km}^2 = 1 \times 10^6 \text{ m}^2$ $1 \text{ m}^2 = 100 \text{ dm}^2$ $= 1 \times 10^4 \text{ cm}^2$ $= 1 \times 10^6 \text{ mm}^2$	$1 \text{ km}^2 = 1500 \text{ 亩}$ $1 \text{ m}^2 = 0.0015 \text{ 亩}$ $1 \text{ 亩} = 666.666\,666\,7 \text{ m}^2$ $= 0.066\,666\,67 \text{ 公顷}$ $= 0.164\,7 \text{ 英亩}$	$1 \text{ km}^2 = 247.11 \text{ 英亩}$ $= 100 \text{ 公顷}$ $1 \text{ m}^2 = 10.764 \text{ ft}^2$ $1 \text{ cm}^2 = 0.155\,0 \text{ in}^2$

第二章 水准测量

教学目的

1. 掌握水准测量的原理。
2. 掌握水准仪、水准尺的结构及用法。
3. 学会高差测量及高程计算的方法,掌握水准路线测量的方法。
4. 学会水准仪的检验与校正方法。

教学重点

1. 水准测量原理。
2. 路线校核。
3. 水准仪的检验与校正方法。

教学难点

1. 路线校核。
2. 水准仪的检验与校正方法。

第一节 水准测量原理

水准测量的原理是借助水准仪提供的水平视线,配合水准尺测定地面上两点间的高差,然后根据已知点的高程来推求未知点的高程。

如图 2-1 所示,已知 A 点高程为 H_A ,要测出 B 点高程 H_B ,在 A、B 两点间安置一架能

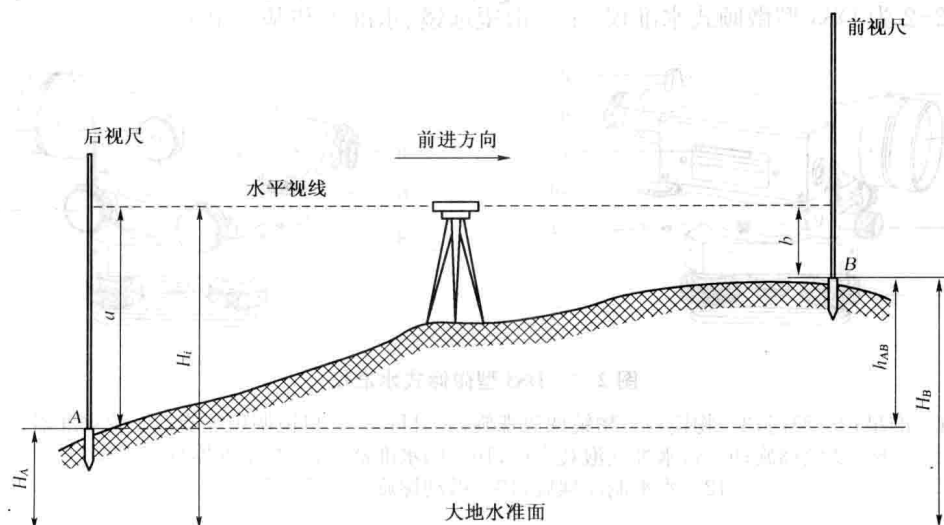


图 2-1 水准测量原理

提供水平视线的仪器——水准仪,并在 A、B 两点各竖立水准尺,利用水平视线分别读出 A 点尺子上的读数 a 及 B 点尺子上的读数 b ,则 A、B 两点间的高差为

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

如果测量是由 A→B 的方向前进,则 A 点称为后视点,B 点称为前视点, a 及 b 分别为后视读数和前视读数,两点间的高差就等于后视读数减去前视读数。如果 B 点高于 A 点,则高差为正,反之高差为负。

第二节 水准仪及其使用

水准仪是提供水平视线来测定高差的仪器,主要有微倾式水准仪、自动安平式水准仪和数字水准仪。通过调整管水准器使气泡居中获得水平视线的称为微倾式水准仪;通过水平补偿器获得水平视线的称为自动安平式水准仪;现代的数字水准仪是利用条码水准尺和用仪器的光电扫描进行自动读数的水准仪,其置平方式也属于自动安平式。微倾式水准仪型号有 DS05、DS1、DS3、DS10 等几种。“D”和“S”是“大地”和“水准仪”汉语拼音的第一个字母,通常在书写时可以省略字母“D”,后续的数字表示每千米水准测量的高差中数的中误差(单位 mm,05 代表 0.5 mm)。如果“DS”改为“DSZ”,则表示该仪器为自动安平水准仪。表 2-1 列出了各水准仪的精度和用途。

表 2-1 各水准仪的精度和用途

水准仪系列型号	DS05	DS1	DS3	DS10
每千米往返测高差中数的中误差(mm)	±0.5	±1	±3	±10
主要用途	国家一等	国家二等及精密水准测量	国家三、四等	工程测量工程及图根水准测量

图 2-2 为 DS3 型微倾式水准仪,主要由望远镜、水准器和基座组成。

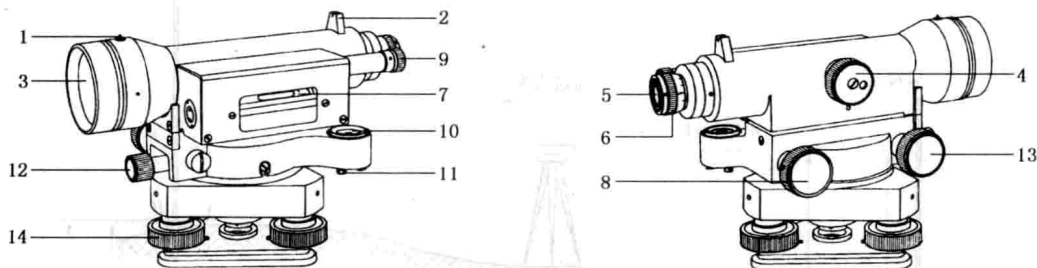


图 2-2 DS3 型微倾式水准仪

- 1—准星;2—照门;3—物镜;4—物镜调焦螺旋;5—目镜;6—目镜调焦螺旋;7—管水准器;
8—微倾螺旋;9—管水准器气泡观察窗;10—圆水准器;11—圆水准器校正螺丝;
12—水平制动螺旋;13—微动螺旋;14—脚螺旋

1. 望远镜

望远镜是用于瞄准远处目标和提供水平视线进行读数的设备。它由物镜、调焦透镜、十