

高职高专院校测绘类系列教材

控制测量

(上册)

主 编：江思义

副主编：韦源生 韦小琪

黄杰品 冯正茂



广西民族出版社

高职高专院校测绘类系列教材

控制测量(上册)

主 编:江思义

副主编:韦源生 韦小琪

黄杰品 冯正茂

主 审:李向民

广西民族出版社

图书在版编目(CIP)数据

控制测量 / 江思义主编. — 南宁: 广西民族出版社,

2006. 8

ISBN 7 - 5363 - 5155 - 0

I. 控... II. 江... III. 控制测量—高等学校: 技
术学校—教材 IV. P221

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2006)第 089159 号

Kongzhi Celiang

控制测量 (上册)

主编 江思义

出版发行	广西民族出版社(地址:南宁市桂春路3号 邮政编码:530028)
发行电话	(0771)5523216 5523226 传 真 (0771)5523246
E-mail	CR@gxmzbook.cn
责任编辑	凌 华
封面设计	周必哲
责任印制	余秀玲
印 刷	南宁市桂川印务有限责任公司
规 格	787 毫米×1092 毫米 1/16
印 张	13.75
字 数	360 千
版 次	2006 年 8 月第 1 版
印 次	2006 年 8 月第 1 次印刷

ISBN 7 - 5363 - 5155 - 0/G · 2055

总定价(上、下册):50.00 元

如发现印装质量问题,影响阅读,请与出版社联系调换

电话:(0771)5523216

前 言

控制测量技术是测绘工作的核心技术,控制测量课程是测量的核心课程。为了满足高职高专教学的需要,我们在总结控制测量课程教学经验,分析已往所编教材的使用情况和目前教材的使用情况,以及未来控制测量技术发展趋势的基础上,参照有关院校的现行教学计划和教学大纲以及生产单位对人才的知识、技能的要求,编写了这套《控制测量》作为高职高专教学用书以及测量技术人员自学用书。这套教材包括上、下册。

本书编写响应国家关于高职高专是培养生产一线实用型科技人才的号召,围绕着培养实用型人才的需要进行编写。现代测量科学技术发展迅速,控制测量经历了原来的常规仪测量(三角网)时代→电子全站仪(光电测量距导线网)测量时代→GPS 测量时代。目前 GPS 静态测量已成为国家高级平面控制测量的主要手段,在工程建设中已逐步取代常规仪器(三角网)测量、动态 GPS RTK 测量和光电测距导线,已成为低等级控制测量和工程测量的有效手段,GPS 测量既省时又省力,既精确又快捷,是高科技的体现,是现代科学技术发展的结晶。但 RTK 还不普及,只是测量队用得较多,在工程单位大多还是用全站仪。故上册为适应目前高职高专人才培养目标——培养生产一线实用型工程技术人才需要,在高程控制测量方面着重介绍满足生产一线高程控制需要的二等水准以及二等以下的水准测量和光电测距三角高程测量;在平面控制测量方面着重介绍光电测距一级、二级、三级导线的内容。下册则着重介绍 GPS 测量技术,使学生学完这门课程后能够真正使用 GPS 测量技术去完成具体的测量工程任务。本书在介绍了一定的理论知识的基础上,着重讲述实践方面的知识,使学生不但懂得基本理论,还懂得具体怎样去操作。除了讲述 GPS 测量技术的基本理论知识,还着重讲述了如何用 GPS 来完成一个具体的测量工程。此外还讲述了从接受测量工程任务到测量的技术设计,外业测量的实施,内业数据处理,直至技术总结以及上交成果资料的详细作业过程。

为了便于学生和工程技术人员自学和扩大知识面,本书取材广泛,论述详细,力求文字通俗易懂,插图形象醒目,计算表格简明直观并且与目前广泛采用的计算器具相适应。

本书的特点是在讲述了一定基础理论知识的基础上,重点突出实践教学,使学生学完后便能够独立工作,直接为生产服务。

本书由南宁天测科技有限责任公司、广州南方测绘仪器有限公司、广西建设职业技术学院、桂林工学院、广西第一工业学校联合编写。充分发挥学校与企业各自的优势,体现了教育服务社会,为社会需要而培养人才的思想。

本书在编写过程中得到了业内同仁和兄弟单位的大力支持,在此一并感谢。本书是利用工作之余,在仓促的时间内编写完成的,加之编者水平有限,恳切希望广大读者对本书提出宝贵的意见。

编 者

2006 年 5 月

目 录

第一章 绪论	(1)
第一节 控制测量学的基本任务和主要内容	(1)
第二节 控制测量的基准面和基准线	(2)
第三节 导线网的布设形式	(4)
第四节 高程网的布设形式	(6)
第二章 精密测角仪器和水平角观测	(8)
第一节 精密测角仪器的基本构造	(8)
第二节 精密光学经纬仪 J ₂₋₂ 的构造和使用	(8)
第三节 双平行玻璃光学测微器的检验	(15)
第四节 双光楔光学测微器的构造及测微原理	(18)
第五节 垂直度盘指标自动归零的补偿原理	(19)
第六节 经纬仪的视准轴误差和水平轴倾斜误差	(20)
第七节 经纬仪的垂直轴倾斜误差	(23)
第八节 精密测角的误差影响	(28)
第九节 方向观测法	(33)
第三章 电磁波测距	(43)
第一节 电磁波测距的基本原理	(43)
第二节 全站仪的使用	(45)
第三节 光波测距成果的归算	(74)
第四节 光波测距的误差来源及精度估计	(84)
第五节 多功能自动测量系统简述	(86)
第四章 平面控制网的技术设计	(89)
第一节 国家平面控制网的布设原则和方案	(89)
第二节 工程平面控制网的布设原则和方案	(92)
第三节 电磁波测距导线网的技术设计	(93)
第四节 导线网的精度估算	(94)
第五节 电磁波测距导线网的外业施测步骤	(99)
第六节 电磁波测距导线的内业平差计算	(100)

第七节 工程实例	(110)
第五章 参考椭球定位和不同坐标系之间的换算	(128)
第一节 建立大地坐标系的基本原理	(128)
第二节 参心坐标系	(129)
第三节 我国大地坐标系	(131)
第四节 不同坐标系之间的变换	(132)
第五节 地心坐标系	(139)
第六节 站心坐标系	(140)
第六章 高程控制测量	(143)
第一节 国家高程控制基准	(143)
第二节 国家高程控制网的布设	(144)
第三节 精密水准仪与水准尺	(147)
第四节 精密水准仪和水准尺的检验	(155)
第五节 精密水准测量的主要误差来源及其影响	(164)
第六节 精密水准测量的实施	(170)
第七节 正常水准面不平行性及其改正数计算	(174)
第八节 水准测量的概算	(181)
第九节 三角高程测量	(185)
第十节 水准测量内业平差软件的使用	(192)
第十一节 水准测量的工程实例	(199)
参考文献	(210)

第一章 绪 论

第一节 控制测量学的基本任务和主要内容

一、控制测量学的基本任务和作用

控制测量学是研究精确测定和描绘地面控制点空间位置及其变化的学科。它是在大地测量学基本理论上以工程建设测量为主要服务对象而发展和形成的,为人类社会活动提供有用的空间信息。因此,从本质上说,它是地球工程信息学科,是地球科学和测绘学中的一个重要分支,是工程建设测量中的基础学科,也是应用学科。在测量工程专业人才培养中占有重要的地位。

控制测量的服务对象主要是各种工程建设、城镇建设和土地规划与管理等工作。这就决定了它的测量范围比大地测量要小,并且在观测手段和数据处理方法上还具有多样化的特点。

作为控制测量服务对象的工程建设工作,在进行过程中,大体上可分为设计、施工和运营三个阶段。每个阶段都对控制测量提出不同的要求,其基本任务分述如下:

1. 在设计阶段建立用于测绘大比例尺地形图的测图控制网

在这一阶段,设计人员要在大比例尺地形图上进行建筑物的设计或区域规划,以求得设计所依据的各项数据。因此,控制测量的任务是布设作为图根控制依据的测图控制网,以保证地形图的精度和各幅地形图之间的准确拼接。此外,对于随着改革开放而发展起来的我国房地产业,这种测图控制网也是响应地籍测量的根据。

2. 在施工阶段建立施工控制网

在这一阶段,施工测量的主要任务是将图纸上设计的建筑物放样到实地上去。对于不同的工程来说,施工测量的具体任务也不同。例如,隧道施工测量的主要任务是保证对向开挖的隧道能按照规定的精度贯通,并使各建筑物按照设计的位置修建;放样过程中,仪器所安置的方向、距离都是依据控制网计算出来的。因而在施工放样之前,需建立具有必要精度的施工控制网。

3. 在工程竣工后的运营阶段,建立以监视建筑物变形为目的的变形观测专用控制网

由于在工程施工阶段改变了地面的原有状态,加之建筑物本身的重量将会引起地基及其周围地层的不均匀变化。此外,建筑物本身及其基础,也会由于地基的变化而产生变形,这种变形,如果超过了某一限度,就会影响建筑物的正常使用,严重的还会危及建筑物的安全。在一些大城市(如我国的上海、天津),由于地下水的过量开采,也会引起市区大范围的地面沉降,从而造成危害。因此,在竣工后的运营阶段,需对这种有怀疑的建筑物或市区进行变形监测。为此需布设变形观测控制网。由于这种变形的数值一般都很小,为了能够精确地测出它们,要求变形观测控制网具有较高的精度。

以上2、3阶段布设的两种控制网统称为专用控制网。

控制测量学在许多方面发挥着重要作用。比如,在国民经济各项建设和社会发展中发挥着基础性的重要保证作用。国民经济蓬勃发展的各项事业,例如交通运输事业(铁路、公路、航海、航空等),资源开发事业(石油、天然气、钢铁、煤炭、矿藏等),水利水电工程事业(大坝、水库、电站、堤防等),工业企业建设事业(工厂、矿山等),农业生产规划和土地管理,城市建设发展及社会信息管理等,都需要地形图作为规划、设计和发展的依据。可以说,地形图是一切经济建设规划和发展必需的基础性资料。为测制地形图,首先要布设全国范围内及局域性的大地测量控制网,为取得大地点的精确坐标,必须要建立合理的大地测量坐标系以及确定地球的形状、大小及重力场参数。因此可以说,控制测量学在国民经济建设和社会发展中发挥着决定性的基础保证作用。

又如,控制测量学在防灾、减灾、救灾及环境监测、评价与保护中发挥着特殊的作用。地震、洪水和强热带风暴等自然灾害给人类社会带来巨大灾难和损失。地震大多数发生在板块消减带及板内活动断裂带,地震具有周期性,是地球板块运动中能量积累和释放的有机过程。在我国以及日本、美国等国家都在地震带区域内建立了密集的大地测量形变监测系统,利用GPS和固定及流动的甚长基线干涉(VLBI)、激光测卫(SLR)站等现代大地测量手段进行自动连续监测。随着监测数据的积累和完善,地震预报理论及技术可望有新的突破,为人类预防地震造福。控制测量还可在山体滑坡、沙漠、泥石流及雪崩等灾害监测中发挥作用。世界每年都发生各种灾难事件,如空难、海难、陆上交通事故、恶劣环境的围困等,国际组织已建立了救援系统,其关键是利用GPS快速准确定位及卫星通讯技术,将难事的地点及情况通告救援组织以便及时采取救援行动。

此外,控制测量在发展空间技术和国防建设中,在丰富和发展当代地球科学的有关研究中,以及在发展测绘工程事业中,它的地位和作用将显得越来越重要。

二、控制测量学的主要研究内容

综上所述,可把控制测量学的基本科学技术内容概括如下:

- (1) 研究建立和维持高科技水平的工程和国家水平控制网及精密水准网的原理和方法,以满足国民经济和国防建设以及地学科学研究的需要。
- (2) 研究获得高精度测量成果的精密仪器和科学的使用方法。
- (3) 研究地球表面测量成果向椭球和平面的数学投影变换及有关问题的测量计算。
- (4) 研究高精度和多类别的地面网、空间网及其联合网的数学处理的理论和方法,控制测量数据库的建立及应用等。

第二节 控制测量的基准面和基准线

一、铅垂线与大地水准面

地球上的任意一点,都同时受到两个力的作用:地球自转的离心力和地心引力,它们的合力称为重力,重力的方向即为铅垂线方向(见图1-1)。

处于静止状态的水面,例如平静的湖泊水面,即表示一个水准面。水准面必然处处与重力方向(即铅垂线方向)垂直,否则水就要流动,处于运动状态。在地球引力起作用的空间范围内,通过任何高度的点都有一个水准面。

观测水平角时,置平经纬仪就是使仪器的纵轴位于铅垂线方向,从而使水平度盘位于通过度盘中心的水准面的切平面上。因此,所测的水平角实际上就是视准线在水准面上的投影线之间的夹角。此外,用水准测量所求出的两点间的高差,就是过这两点的水准面间的垂直距离。对于边长的观测值,也存在化算到哪个高程水准面上的问题。

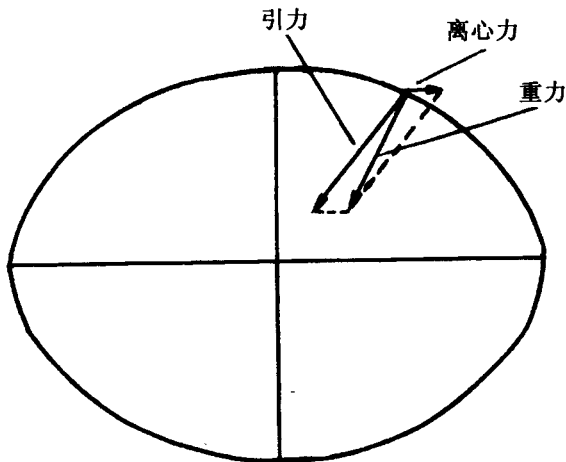


图 1-1

上述三类地面观测值,除水平角外,都同水准面的选取有关,特别是水准测量的结果,更是直接取决于水准面的选择。于是,为了使不同测量部门所得出的观测结果能够互相比较、互相统一、互相利用,有必要选择一个最有代表性的水准面作为外业成果的统一基准。

我们知道,海洋面积约占地球总面积的 71%,从总体上来说,海水面是地球上最广大的天然水准面。设想把平均海水面扩展,延伸到大陆下面,形成一个包围整个地球的曲面,则称这个水准面为大地水准面,它所包围的形体称为大地体。由于大地水准面的形状和大地体的大小均接近地球自然表面的形状和大小,并且它的位置是比较稳定的,因此,我们选取大地水准面作为测量外业的基准面,而与其相垂直的铅垂线则是外业的基准线。

二、参考椭球与总地球椭球

如上所述,虽然大地水准面最适合作为测量外业的基准面,但是控制测量的最终目的是精确定位控制点在地球表面上的位置,为此必须确知所依据的基准面的形状。也就是说,基准面的形状要能用数学公式准确地表达出来。大地水准面是否能满足这一要求呢?研究表明,大地水准面是略有起伏的不规则的表面,无法用数学公式把它精确地表达出来,因而也就不确知其形状。这是由于地表起伏以及地层内部密度的变化造成质量分布不均匀的缘故。例如图 1-2 中,高山的右侧是一片谷地,且山体下部有重金属矿体,因而造成左、右两侧局部质量分布的较大差异,以致左侧引力增加,铅垂线向左偏斜,大地水准面稍微隆起,如虚线所示,呈现出不规则的变化。

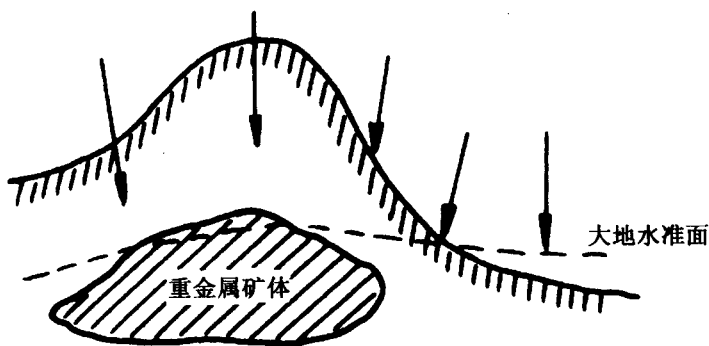


图 1-2

随着科学技术的发展,人类逐渐认识到地球的形状极近于一个两极略扁的旋转椭球(一个椭圆绕其短轴旋转而成的形体)。对于这个椭球的表面,可用简单的数学公式将它准确地表达出来,因而世界各国通常都采用旋转椭球代表地球。它的形状和大小与椭球的长短半径 a 、 b 有关,也可用和这两个量有关的其他量来表示。

随着科学技术的发展,人类逐渐认识到地球的形状极近于一个两极略扁的旋转椭球(一个椭圆绕其短轴旋转而成的形体)。对于这个椭球的表面,可用简单的数学公式将它准确地表达出来,因而世界各国通常都采用旋转椭球代表地球。它的形状和大小与椭球的长短半径 a 、 b 有关,也可用和这两个量有关的其他量来表示。

选好一定形状和大小的椭球后,还不能直接在它上面计算点位坐标,这是因为我们的测量

成果不是以这个表面为依据的,而应该首先将以大地水准面为基准的野外观测成果化算到这个表面上。要做到这一点只选定椭球面的形状和大小是不够的,还必须将椭球与大地水准面在位置上的关系确定下来,这个工作称为椭球定位。

综上所述,我们把形状和大小与大地体相近并且两者之间的相对位置确定的旋转椭球称为参考椭球。参考椭球面是测量计算的基准面。世界各国都根据本国的地面测量成果选择一种适合本国要求的参考椭球,因而参考椭球有许多个。这样确定的参考椭球在一般情况下和各国领域内的局部大地水准面最为接近,对该国的常规测绘工作较为方便。然而当我们将各国的测量成果联系起来进行国际间的合作时,则参考椭球的不同又带来了不便,因此,从全球着眼,必须寻求一个和整个大地体最为接近的参考椭球,称为总地球椭球。

总地球椭球的确定,必须以全球范围的大地测量和重力测量资料为根据才有可能实现。然而由于地球上海洋面积约占地球总面积的71%,因而过去只根据占少数的陆地测量成果推算总地球椭球是不可能的。近年来,由于人造卫星大地测量技术的发展,已根据人造卫星和陆地大地测量的成果求出一些总地球椭球的近似数据供使用。人们最终将会使用总地球椭球。

三、垂线偏差和大地水准面差距

如上所述,无论是参考椭球还是总地球椭球,其表面都不可能与大地水准面处处重合,因而在同一点上所作的这两个面的法线,即大地水准面的铅垂线与椭球面的法线也必然不会重合(见图1-3),两者之间的夹角 u 称为垂线偏差。 u 在子午线和卯酉线上的投影分量通常分别以 ξ 和 η 表示。大地水准面与椭球面在某一点上的高差称为大地水准面差距,用 N 表示。当前者高于后者时, $N > 0$;反之, $N < 0$ 。

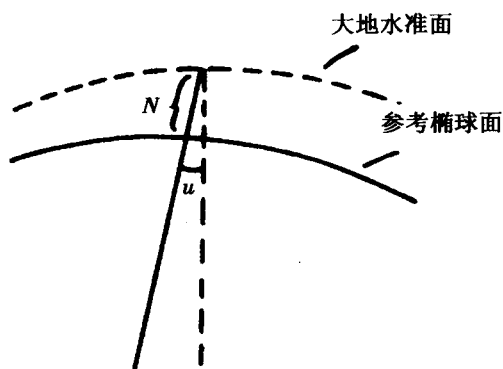
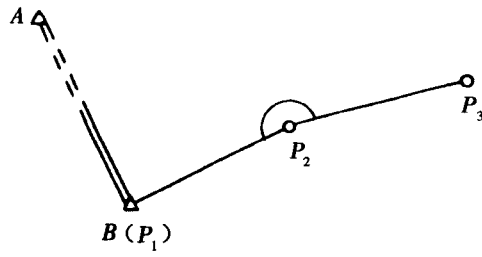


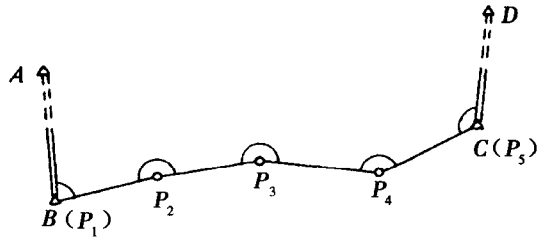
图1-3

第三节 导线网的布设形式

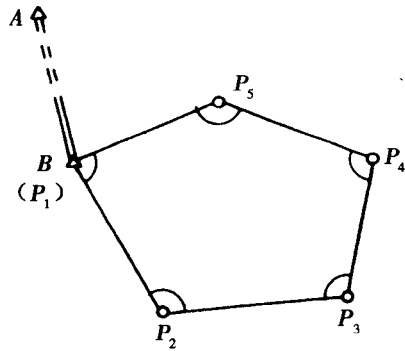
导线网是目前工测控制网较常用的一种布设形式,它包括单一导线和具有一个或多个结点的导线网。网中的观测值是角度(或方向)和边长。独立导线网的起算数据是:一个起算点的 x, y 坐标和一个方向的方位角。导线网的布设形式见图1-4。



(a)



(b)



(c)

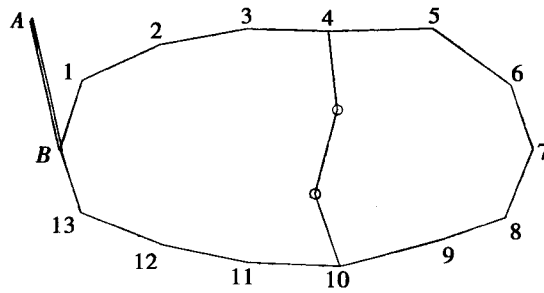


图 1-4 结点网图

第四节 高程网的布设形式

国家高程控制网是用水准测量方法布设的,其布设原则与平面控制网布设原则相同。根据分级布网的原则,将水准网分成四个等级。一等水准路线是高程控制的骨干,在此基础上布设的二等水准路线是高程控制的全面基础;在一、二等水准网的基础上加密三、四等水准路线直接为地形测量和工程建设提供必要的高程控制。按国家水准测量规范规定,各等级水准路线一般都应构成闭合环线或附合于高级水准路线上。

我国国家水准网布设情况分为三期:

第一期,1976年以前完成,以1956年黄海高程系统为基准。

第二期,1976年至1990年完成,以1985年国家高程基准为基准的一、二等水准网。

第三期,1990年后进行的国家一等水准网的复测和局部地区二等水准。

国家一等水准网共布设289条路线,总长度93 360 km,全网有100个闭合环和5条单独路线,共埋设固定水准标石2万多座。

国家二等水准网共布设1 139条路线,总长度136 368 km,全网有822个闭合环和101条附合路线和支线,共埋设固定水准标石33 000多座。



图 1-5

国家一、二等水准网分等级平差,一等水准网先将大陆的进行平差,再求海南岛的结果。二等是以一等水准环为控制进行平差计算的。

一等水准网每隔15~20年复测一次。

三、四等水准,加密,布设成附合路线,并尽可能互相交叉,构成闭合环。

关于工程测量高程控制网的布设方案,《城市测量规范》规定,可以采用水准测量和三角高程测量。水准测量分为二、三、四等,作为工测高程控制网或专用高程控制网的基础。首级水准网等级的选择应根据城市面积的大小、城市的远景规划、水准路线的长短而定。首级网应布设成闭合环线,加密网可布设附合路线、结点网和闭合环。只有在山区等特殊情况下,才允

许布设水准支线。

三角高程测量主要用于山区的高程控制和平面控制点的高程测定。应特别指出的是电磁波测距三角高程测量,近年来经过研究已普遍认为该法达到四等水准测量的精度,也有人认为可以代替三等水准测量。因而《城市测量规范》规定,根据仪器精度和经过技术设计认为能满足城市高程控制网的基本精度时,可用以代替相应等级的水准测量。

第二章 精密测角仪器和水平角观测

第一节 精密测角仪器的基本构造

测角仪器就光学经纬仪的基本构造而言,主要由照准部、垂直轴系统和基座组成,如图 2-1 所示。照准部是观测时的可动部分,可绕垂直轴沿水平方向自由转动,其所属主要部件有望远镜、读数系统、水准器和垂直度盘等。望远镜与垂直度盘固连,可绕水平轴在垂直面内做转动。望远镜视准轴应与水平轴正交,水平轴应通过垂直度盘的刻画中心。读数系统在观测时随照准部一起转动,当望远镜照准方向时,借以精确读取水平度盘读数,也就是照准方向的方向值。照准部水准器的水准轴应与水平轴平行,在观测时借以整平仪器。水平度盘固连在仪器的基座上,是水平角观测量度的标准器。在观测时基座是固定的,不能有任何移动。垂直轴系统是联系照准部和基座的重要组成部分,它对照准部运转的灵活和稳定起着重要作用。

在工程控制测量和精密工程测量中,角度测量主要使用精密光学经纬仪,随着科学技术的发展,电子经纬仪在测量领域的应用已十分普遍了。

按精度等级的高低,我国光学经纬仪的系列分为 J_{07} 、 J_1 、 J_2 、 J_6 等规格。J 是经纬仪汉语拼音的第一个字母,其数字表示仪器的精度指标,即检定时水平方向观测一测回的中误差。例如 J_1 型光学经纬仪,表示该型号仪器检定时水平方向观测一测回的中误差小于 $\pm 1'$ 。

常用的精密光学经纬仪, J_{07} 系列有北京光学仪器厂的 DJ_{07} 和南京 1002 厂的 J_{07} 等; J_1 系列有瑞士 Wild 厂的 T_3 和 Kern 厂的 $DKM3$ 等; J_2 系列有苏州第一光学仪器厂的 J_2 和 Wild 厂的 T_2 等。

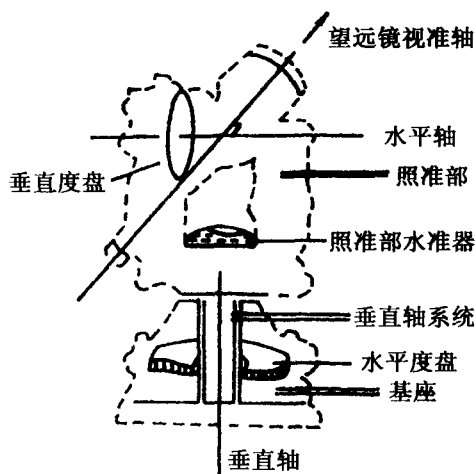


图 2-1

第二节 精密光学经纬仪 J_{2-2} 的构造和使用

J_{2-2} 经纬仪是一种精密光学测角仪器,此种仪器在国防建设、大地测量和工程测量中占很重要的地位。可以广泛地应用于国家和城市的三、四等三角测量。同时亦可用于铁路、公路、桥梁、水利、矿山以及大型企业的建筑,大型机器的安装和计量等工作。

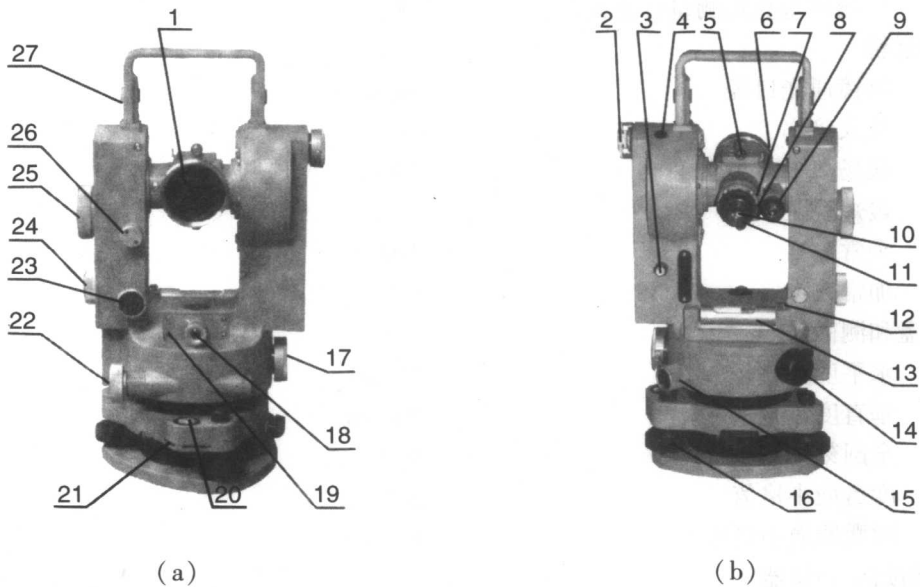
一、仪器主要技术参数

一测回水平方向标准偏差 $\pm 2''$

一测回垂直角测量标准偏差	$\pm 6''$
望远镜	正像
物镜通光口径	$\Phi 40 \text{ mm}$
放大倍率	30^{\times}
视场(1 000 m 处)	24 m
最短视距	2 m
乘常数	100
加常数	0
度盘和测微器	
水平度盘直径	90 mm
垂直度盘直径	70 mm
全圆刻度值	360°
度盘最小格值	$20'$
测微器最小格值	$1''$
自动归零补偿器	
补偿精度	$\pm 03''$
补偿范围	$\pm 3'$
读数显微镜	
水平系统放大率	48^{\times}
垂直系统放大率	62^{\times}
水准器	
长水准器	$20''/2 \text{ mm}$
圆水准器	$8'/2 \text{ mm}$
光学对点器	
放大倍率	3^{\times}
视场角	$7^{\circ}30'$
调焦范围	0.3 m ~ 6 m
仪器重量	
净重	6 kg
毛重	9 kg

二、仪器结构

仪器结构如图 2-2 所示。



- | | | |
|-------------|-------------|---------------|
| 1. 望远物镜 | 10. 望远目镜 | 19. 平盘转象组盖板 |
| 2. 竖盘照明反光镜 | 11. 望远镜调焦手轮 | 20. 圆水准器 |
| 3. 按钮 | 12. 长水准器调螺钉 | 21. 圆水准器调正螺钉 |
| 4. 调校指标差堵孔钉 | 13. 长水准器 | 22. 望远镜水平微动手轮 |
| 5. 光学粗瞄准器 | 14. 换盘手轮及护盖 | 23. 望远镜垂直微动手轮 |
| 6. 望远镜反光拨杆 | 15. 竖轴制动手轮 | 24. 换象手轮 |
| 7. 卡环 | 16. 脚螺旋 | 25. 测微手轮 |
| 8. 调螺丝钉 | 17. 平盘照明反光镜 | 26. 横轴制动手轮 |
| 9. 读数显微目镜 | 18. 光学对点器 | 27. 仪器提手 |

图 2-2 光学经纬仪 J₂₋₂ 的仪器结构

(一) 望远镜

望远镜成正像,采用了双胶合一分离的物镜和对称式目镜。此种结构的望远镜,其成像质量以及大亮度和清晰方面均较好。

望远镜镜筒的上、下两面均装有光学粗瞄准器,以便于在正倒镜观测时均可用其进行粗瞄准,筒内装有反光板,以便于夜间观测时用其照明分划板。

望远镜分划板上附有保护玻璃片,以便于当分划板有污点时,可以清除,而不至于有十字丝脱色和其他损伤现象。

逆时针方向转动卡环(7),可根据用户所需,置换不同倍率的目镜。

(二) 竖轴系

本仪器采用的是半运动式轴系。此种轴系的晃动角比标准式圆柱轴小(在同样参数条件下),轴系中的钢珠和轴套锥面具有自动归心作用,所以间隙的大小对轴的晃动影响不大。

半运动式轴系的优点是摩擦力矩小,耐磨性好。当轴套锥面磨损后,在更换直径不同的钢珠后仍可继续使用。同时温度对其影响也较小。

(三) 读数系统

本仪器采用了对径符合数字读数方式。因此,我们选用了透射式度盘和 1:1 透镜式转象

系统。并用移动光楔测微器作为测微系统。

移动光楔测微器的原理是光线通过光楔时,光线会发生偏转,而在光楔移动后,由于光线的偏转点改变了而偏转角不变。因此,通过光楔的光线就产生了平行位移以实现其测微的目的。

(四) 竖盘指标自动归零补偿器

本仪器采用了悬摆补偿器,它能消除仪器整平后的剩余误差给竖盘读数带来的影响,其原理是当仪器竖轴有一微小倾角时,悬摆平板相应地反向摆转一角度,使得通过平板的光线产生偏移,以此来消除竖轴倾斜时对竖盘读数的影响。支架上的按钮(见图2-3),是用来检查补偿器是否正常工作的。整平仪器后,按一下按钮,竖盘刻线(读数窗中)互相摆开,然后缓慢回复到初始位置,则补偿器工作正常。否则应排除故障。

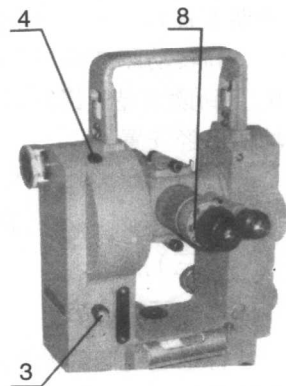


图 2-3

三、仪器的使用方法

(一) 置中

1. 垂球对中

将三脚架架于测站点之上,悬挂垂球于三脚架三角基座下面的中心固定螺旋的弦线上,并使之对准站点中心,压脚架之脚尖入土中,使三脚架稳固。

仪器从箱中取出,一手握扶照准部,一手握住三角基座,小心地放于三脚架头上。转动中心固定螺旋,将仪器轻轻地固定于脚架上,再转动脚螺旋(16),使圆水准气泡(20)居中,将仪器在三脚架上精细地移动,使垂球尖端正确对准测站点,然后拧紧中心固定螺旋。

若对仪器上面的高点定中心,可自该点挂一垂球,当仪器整平和望远镜视准轴在水平位置时,使粗瞄器上的红点对准垂球尖端。

2. 光学对点器对中

精确的对中则使用光学对点器。操作如下:

先旋转对点器(18)目镜,使分划板清晰,再拉伸对点器镜管,使对中标志清晰。

滑动仪器,使测站点居于分划板的小圆圈中央。

将仪器照准部转动 180° 后检查仪器对中情况,然后拧紧中心固定螺旋。

仪器整平后再精细对中一次。

(二) 整平

1. 用水准器整平

转动仪器照准部,使长水准器(13)与任意两个脚螺旋(16)的连接线平行,以相反的方向等量转动此两脚螺旋,使气泡正确居中。将仪器转动 90° ,旋转第三个脚螺旋,使气泡居中。

上述方法反复调整,直到仪器旋转到任意位置,水准气泡最大偏离值都不超过四分之一格值。按三角测量细则规定,观测过程中允许偏离 $1 \sim 1.5$ 格。

水准器必须避免阳光直晒,不然当旋转仪器后气泡位置会发生变动。

2. 用自动归零补偿器整平

本仪器可用自动归零补偿器协助整平。用这种方法把仪器整平到 $\pm 1'' \sim \pm 2''$ 是可能的,