

高等学校试用教材

铁道工程测量学

朱成麟 王兆祥 主编

人 民 铁 道 出 版 社

高等学校试用教材

铁道工程测量学

朱成麟 王兆祥 主编

人 民 铁 道 出 版 社

1 9 7 9 年 • 北 京

本书是根据1978年铁道部批准的铁道工程专业教学计划的要求编写的，教学时数为100学时。

本书共十五章，第1~10章主要介绍测量学的基本内容，包括高程、角度、距离和方向等测量方法，误差理论基本知识，导线测量和地形测量；第11~15章主要介绍铁道工程专业测量，包括铁路曲线测设，施工控制测量，铁路线路、桥梁和隧道的施工测量；并在附录中简要地介绍了施工三角网的严密平差。对于现代测量科学发展的新成就，书中也作了简略的介绍。

本书由朱成麟、王兆祥主编，兰州铁道学院宋卓民主审。参加编写的有：北方交通大学朱成麟，张庆珩，谢世德，吴碧霞，魏志芳；西南交通大学王兆祥，卓健成，傅晓村，任国慧；上海铁道学院祝继法，张念椿，潘行庄；长沙铁道学院张作蓉，林世煦，苏思光。

高等学校试用教材

铁道工程测量学

朱成麟 王兆祥 主编

人民铁道出版社出版

新华书店北京发行所发行

各地新华书店经售

人民铁道出版社印刷厂印

开本：787×1092 $\frac{1}{16}$ 印张：18.5 字数：454 千

1979年7月第1版 1979年7月第1次印刷

印数：0001—9,000册 定价：1.90元

目 录

第一章 绪 论	1
1—1 测量学	1
1—2 测量学的发展和现况	2
1—3 测量学的作用	2
1—4 铁道工程测量学的内容	3
1—5 测量工作的特点及要求	4
第二章 水准测量	6
2—1 高程测量的概念	6
2—2 水准测量原理	8
2—3 水准仪 水准尺	10
2—4 水准仪的安置和使用	14
2—5 水准测量方法	15
2—6 水准仪的检验和校正	19
2—7 水准测量的误差	21
2—8 自动安平水准仪简介	24
2—9 精密水准仪及其使用	25
第三章 角度测量	28
3—1 角度测量的一般概念	28
3—2 经纬仪的构造	29
3—3 水平角观测	34
3—4 竖直角测量	36
3—5 经纬仪的检验与校正	38
3—6 仪器误差对水平角测量的影响	43
3—7 角度观测误差	45
3—8 经纬仪的养护	47
第四章 水平距离测量	49
4—1 水平距离测量的概念	49
4—2 地面点的标志 直线定线	50
4—3 用钢尺丈量距离	52
4—4 钢尺的检验与尺长改正	54
4—5 钢尺量距的误差及注意事项	55
第五章 直线定向	57
5—1 直线定向的概念	57

5—2	子午线收敛角	57
5—3	方位角和象限角	58
5—4	坐标方位角	60
5—5	罗盘仪及其使用	61
第六章 测量误差理论的基本知识		63
6—1	测量误差的来源和分类	63
6—2	偶然误差的特性	65
6—3	精度评定的标准	66
6—4	极限误差 相对误差	68
6—5	误差传播定律	68
6—6	算术平均值及算术平均值中误差	73
6—7	用最或是误差 ν 计算观测值的中误差	74
6—8	用双观测值之差求观测值的中误差	76
6—9	误差理论的应用	77
*6—10	不等精度观测值的权	80
*6—11	加权平均值及其中误差 单位权中误差	82
第七章 导线测量		86
7—1	平面控制测量的概念	86
7—2	导线的布置	88
7—3	导线测量的方法	89
7—4	导线坐标的计算	91
7—5	导线测量错误的检查	98
7—6	导线与国家三角点联系测量	99
7—7	导线点的展绘	100
*7—8	高斯投影的概念	102
*7—9	坐标换带	105
*7—10	卫星多普勒定位测量简介	108
第八章 视距测量		111
8—1	视距测量的概念	111
8—2	视距测量的原理	112
8—3	视距计算的工具	114
8—4	视距测量的精度	118
8—5	自计视距仪	120
第九章 地形测量		122
9—1	地形图	122
9—2	用等高线表示地形	128
9—3	地形特征点与等高线的勾绘	132
9—4	地形测量的控制	134
9—5	地形测量的方法	137
9—6	地形图的拼接和整饰	141

9—7	地形图的质量检查及精度规定	142
9—8	地形图的应用	143
9—9	航空摄影测量简介	144
第十章	铁路线路真方位角测量	149
10—1	根据真方位角检查导线角度测量的结果	149
10—2	太阳高度法测定真方位角	150
10—3	陀螺经纬仪测定真方位角	157
第十一章	铁路曲线测设	160
11—1	铁路线路平面组成和平面位置的标志	160
11—2	圆曲线要素计算与主点测设	160
11—3	用偏角法测设圆曲线	162
11—4	用切线支距法测设圆曲线	166
11—5	缓和曲线	167
11—6	圆曲线加缓和曲线的综合要素计算与主点测设	169
11—7	用切线支距法测设圆曲线加缓和曲线	173
11—8	用偏角法测设圆曲线加缓和曲线	174
11—9	偏角法遇障碍时的测设方法	177
11—10	控制点遇障碍的曲线测设	183
11—11	曲线测设的误差规定	186
11—12	长大曲线和回头曲线的测设	186
第十二章	铁路定线测量	189
12—1	中线测量	189
12—2	线路水准测量	195
12—3	横断面测量	202
第十三章	三角测量	205
13—1	三角测量基本知识	205
13—2	三角网的角度观测	209
13—3	基线测量	214
13—4	用电磁波测距仪测量基线	214
13—5	用二米因瓦横基尺测量基线	223
13—6	用因瓦基线尺丈量基线	229
13—7	用普通钢尺丈量基线	230
13—8	三角网的近似平差	232
13—9	三角网边长及三角点坐标的计算	237
第十四章	精密导线测量	239
14—1	工程测量精密导线的概念	239
14—2	精密导线的测量方法	240
14—3	精密导线测量成果的处理和精密导线点的点位误差	242
第十五章	铁路施工测量	246
15—1	建筑物放样的基本方法	246

15—2	铁路线路施工测量	249
15—3	铁路桥梁施工测量	252
15—4	铁路隧道施工测量	260
15—5	施工测量新技术简介	272
附录	三角网的严密平差	275

[注：带 * 号各节可作为课外参考材料。]

第一章 绪 论

1—1 测 量 学

测量学是一门测量地球表面现实形状和大小的科学。

测量学的任务，包括测绘和测设两个方面：

测绘：（1）研究测量某一地区地面的现实形状和大小，包括地面高低起伏的形状和地物的位置、大小及其分类界限，按照一定的比例尺缩小绘制成各种地图、地形图和断面图，以满足国防及国民经济各项建设事业的需要。（2）研究测量整个地球的形状和大小，取得准确的数据为地区测量和有关研究地球的科学提供必要的资料。

测设：研究怎样把在地图、地形图和断面图上设计的建筑物的位置设置到地面上去，即所谓建筑物放样，以满足各项地面和地下施工的需要。

测量学的分类 通常分为大地测量学与普通测量学，近代又建立了航空摄影测量学和工程建设测量学等新的门类。

大地测量学 研究测量整个地球的体形和大小；并研究在广大地面上建立基本测量控制网作为各种测量工作的基础，如建立整个国家的基本测量控制网。在这样广大的地面测绘时，必须考虑地球的曲率；并假设地球的形状为一个接近于实际地球的旋转椭球体。

普通测量学 研究测量地球表面一小部分的现实形状和大小，把它投影到水平面上，绘成平面图；并研究怎样把设计图纸上建筑物的点位测设到地面上去。在这样的一小部分地球表面测量时，不须考虑地球曲率对水平位置的影响，而假设其投影面为一水平面。

航空摄影测量学 近代利用空中摄影方法来测绘地形图的一门测量学。

工程建设测量学 测量科学技术在各项工程建设中的应用，逐渐发展成为各种专业的工程建设测量学，如：铁道、公路、水利、矿山、城市建设及工业与民用建筑等工程建设测量学。

我们所学的铁道工程测量学就是工程建设测量学中的一个重要分支。

四门测量学的关系 大地测量为普通测量、航空摄影测量及工程建设测量提供坚强的大地控制点；普通测量为工程建设测量提供测量、制图的基本知识及技术；航空摄影测量为大地测量和工程建设测量摄制各种比例尺的地形图、基本地图、专业地图及专题地图。四者之间互有关连。工程建设测量工作者除了应熟习本专业的内容外，对其他门类的测量学也应有不同程度的了解。

1—2 测量学的发展和现况

测量学是一门古老的科学。早在纪元前几千年，由于当时社会生产发展的需要，我们中国、埃及、希腊、墨西哥等亚、非、拉美古代国家的人民就开始创造与运用了测量工具进行测量。我国远古时代就发明了指南针；以后又创制了浑天仪等测量仪器；并绘制了相当精确的全国地图。指南针于中世纪由阿拉伯人传至欧洲，以后得到全世界广泛应用，到今天仍然是利用地磁测定方位的简便测量工具。我国古代劳动人民为世界测量学的发展作出了宝贵的贡献。

测量学一开始是用于土地整理，随着社会生产的发展，逐渐应用到社会的各个生产部门。十七世纪发明望远镜后，人们利用光学仪器进行测量，使测量学术迈进了一大步。自十九世纪末发明了航空摄影测量后，又使测量学增添了崭新的内容；现代光学及电子学理论在测量中的应用，创制了一系列的激光、红外光、微波、雷达测距、测高、准直和定位的仪器；惯性理论在测量学中的应用，又创制了陀螺定向、定位仪器。六十年代以来，由于电子计算技术和航空技术飞速发展，出现了自动绘制地形图的航测仪器；特别是人造地球卫星的发射，带来了遥感技术和遥测技术，使航测制图获得了丰富的地面信息；大地测量建立了新的分支——卫星大地测量学，使测量科学技术发生了一场带根本性的革命。无论在速度上或质量上都达到了前所未有的水平。

测量学和其他学科一样，并不是一门孤立的科学，它一直是随着社会生产的发展而发展，并且紧密伴随着数学、天文学、物理学以及金属工艺学等基础科学技术的发展而得到发展；同时它又反过来促进其他科学技术的发展。可以看到，现代测量学正朝着完全自动化、数字化的道路迅猛前进，并将应用到更加广泛的生产及学术领域中去。

我国解放后，党和政府对我国测绘事业的发展极为重视，中华人民共和国成立以后，人民政府立即以国务院总理周恩来的名义发布保护测量标志的法令；成立国家测绘总局；开办新型的测绘学院；设立测绘研究所；生产精密测绘仪器；制定我国测绘科学十二年远景规划；完成了第一期全国基本地图的测绘。在铁路工程测量方面，成立了四个勘测设计院，进行铁路线路勘测；1956年还成立了铁路航空勘察处，进行线路航空勘测工作，勘测了上万公里的线路。我国测绘科学技术事业在党的领导下得到了飞速的发展。这在旧中国简直是无法想象的。可是，由于林彪“四人帮”的干扰破坏，使我国测绘科学技术同世界先进水平本来已经缩小的差距又拉大了。粉碎“四人帮”以后，于1977年9月召开了全国测绘部门工业学大庆会议，号召全国测绘工作者努力当好国民经济建设的尖兵，为实现四个现代化多做贡献，尽快建立我国现代化测绘体系，赶超世界先进水平，我国测绘科学技术事业呈现了一副光辉灿烂的前景。

1—3 测量学的作用

一、测量学在社会主义建设中的作用

在国民经济建设中，社会主义的特点是坚持有计划、按比例发展的原则。无论资源勘探、工矿基本建设、铁路及其他交通线路的修建，水利、电力工程、城市建设规划及农业土

地利用规划等无一不需要进行地形图的测绘,或应用已有地形图在图上设计,然后按图施工,把设计建筑物的位置测设到地面上去。

在国防建设中,我们社会主义国家为了防御社会帝国主义和帝国主义发动的侵略战争,无论是战略部署、军事工程还是作战计划都需要各种地图、地形图、海图;而离不开测量。

可以说,测量是社会主义各项建设的尖兵和先行官;测量学是国家建设必须的一门应用科学,特别是我们国家要在本世纪内实现农业、工业、国防及科学技术四个现代化,把我国建设成为一个社会主义强国,测量学的作用更显得重要。

二、测量学在铁道工程中的作用

铁路线路勘测时,为了确定一条经济合理的铁路线路,必须首先在国家基本地图上找出线路的大致方向,必要时还要到现场去踏勘;或利用卫星像片进行地质、水文等地面信息的解译以确定线路的基本方向;再进行初测,测绘线路平面图(即地形图);在线路平面图上设计铁路中线;最后,根据平面图上的设计进行线路定测,即把设计的铁路中线的位置测设到地面上去。施工时,又需要根据定测的铁路中线进行线路建筑物的放样。线路修筑竣工后还要进行竣工测量。既有铁路的改造、维修、养护也需要对既有线路进行测绘。

铁路桥梁建筑时,首先需要进行桥位控制、桥位地形及水文等测量。施工时,需要进行桥中线长度的测量和桥墩、台中心放样;竣工时,需要进行桥墩、台的竣工测量。既有铁路还需要进行桥梁的测绘,为桥梁的维修、养护收集必要的资料。

铁路隧道建筑时,首先需要在隧道所在地区进行控制测量作为洞内测设铁路中线位置的依据。施工时,需要进行洞内控制测量、指引开挖方向和开挖净空的施工测量。竣工后,还要进行洞内中线、拱圈及洞身的竣工测量。

此外,铁路工厂、站场及其他附属房屋建筑也需要测绘建筑区域平面图,作为设计的依据。施工时需要按照图纸进行建筑物放样。

可以说,在整个铁路工程建设过程中,无论勘测设计阶段、施工阶段及运营阶段都需要测量。

铁道工程技术人员经常需要担负测量工作。因此,铁道工程测量学这一门课在铁路工程专业中是一门重要的技术基础课。

1—4 铁道工程测量学的内容

铁道工程测量学的内容分为基础测量和专业测量两个部分:

基础测量部分 主要研究精确测定地面点的位置和地面形状的基本方法。

在小范围内测量地面点的位置,实质上就是测量地面点位于一直角坐标系的平面直角坐标和高程,如图1—1中地面点1相对于固定点O的平面坐标 (x_1, y_1) 及高程 h_1 (即1点与O点的高程差);或者测量点的平面极坐标和高程,如图1—2中1点在水平面内相对于固定点O的平面极坐标,水平距离 l 和水平角 A ,即 (l, A) 及高程 h_1 。 h_1 又可以用竖直角 α 与水平距离 l 来测定。

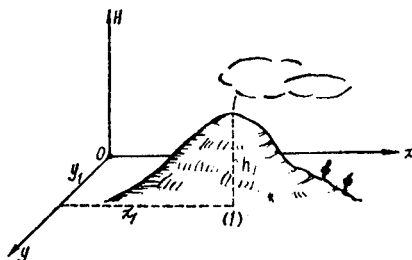


图 1-1

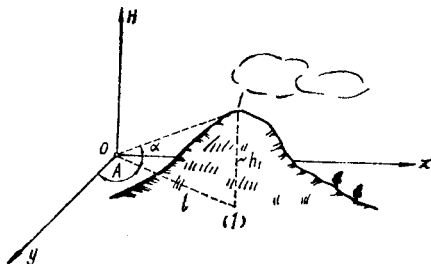


图 1-2

通常用钢尺丈量水平距离 l ，用经纬仪来量测水平角 A 及竖直角 α ；用水准仪来测量高程差 h ，用以测定地面点的点位；而用罗盘仪、陀螺仪或天文观测方法来测定地物的方位。

简单地说，地面高低起伏的测量称为地形测量，其实质是测量地形点（即地形特征点）的平面位置及高程，然后将高程相等的地面点的水平投影连接起来，绘成等高线图，如图 1-3 中水平面 H 上的曲线图。

本书第二至九章叙述的内容即基础测量的内容，包括：水准测量、角度测量（水平角和竖直角测量）、水平距离测量和地形测量等内容。

专业测量部分 主要研究铁道工程的测量问题，即基础测量在铁道工程中的应用问题，包括：铁路线路方位角测量、铁路曲线测设、铁路定线测量、三角测量、精密导线测量和铁路线路、桥梁、隧道施工测量，即本书第十至十五章所叙述的内容。

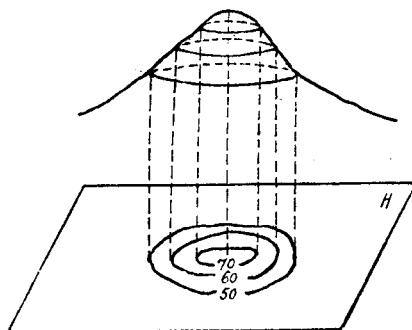


图 1-3

1-5 测量工作的特点及要求

测量工作分为外业和内业

外业及其特点 用测量仪器、工具在测区进行测绘或测设工作，这种在室外进行的测量业务称为外业。外业的基本操作为测量距离，测量水平角、竖直角，测量高程和现地绘图。测绘工作通过外业取得第一手资料，包括原始数据与原图；测设工作通过外业把图纸上设计的建筑物的位置设置到地面上去，作为施工的依据，以实现设计意图。可以说，测量工作的质量好坏直接取决于外业成果。因此，外业为测量工作中最重要的环节。

外业测量的原则 为：先整体，后局部，即先在施测地区建立控制全面的网点，用比较精密的方法，测定其相关位置作为测量的基础，然后再根据这些网点测绘局部地面的地物、地形；或测设建筑物的位置。

内业及其特点 在室内将外业记录进行整理，计算和制图等工作，这种在室内进行的工作称为内业。内业为外业取得的成果加工，在加工中不应损失原始数据和原图的正确性。测

量工作通过内业最后出成果。因此，内业为一项精细的工作，也是测量工作中一个必不可少的重要环节。

测量工作的要求

测量工作是一项以队、组进行的工作。但，每一个人又是全队、组的一分不可缺少的力量，一个人工作的好坏将直接影响整个工作的好坏。因此，测量员之间首先要发扬集体主义精神，团结一致、互相帮助、密切协作才能把工作搞好。

测量工作是一项精细的工作，稍不小心就要产生错误。一处发生错误，将使整个测量结果达不到预期的要求，甚至至于全部返工，造成人力、物力上的浪费。因此，测量员必须具有为人民事业高度认真负责的态度和精细的工作作风。

测量工作又是一项艰苦的工作，由于工作场地在野外，经常要爬山涉水，常常是白天外业，夜间内业，连续工作。因此，测量员必须具有为人民的事业不辞劳苦的崇高品德。

测量仪器对于测量员来说，如同战士的枪一样，必须倍加爱护，特别是现代光学和电子仪器，价值昂贵，是劳动人民辛勤劳动的成果，必须注意不使受到任何损坏。因此，测量员必须具有爱护国家财产的好品德和爱护仪器的好习惯。

测量手簿及图纸是记录测量结果的原始资料，要求正确、清楚、干净。由于它是全体测量队员多日辛勤劳动的产品，又是日后长期利用的宝贵资料，因此，必须妥为保存。

为了保证测量的质量，测量工作必须按照有关单位制订的规范和操作规程进行工作。一旦发现错误或达不到指标时，一定要返工重测，一点也不能含糊、将就。

测量工作不但要求达到一定的精确度；还要求有一定的速度。完成得越快越好。总的来说，测量工作必须高度体现多、快、好、省的原则。

测量学这门科学是随着社会生产力发展而发展起来的。科学理论来源于实践，又转过来为实践服务。为此，在学习测量学时，既要重视理论，也要重视实践；既要弄通理论，也要学会实际操作，只有理论联系实际才能把这门科学学好；而且唯有这样，才能获得独立工作能力和独立钻研的能力，真正学会为人民服务的本领。

测量工作是为实现四个现代化，在本世纪内把我国建设成为一个社会主义强国的领先工作，我们一定要认真对待，为铁路建设工作铺平道路。我们深知，我们所测量的一点一线都关系到百年大计，一点也不能疏忽。

第二章 水准测量

水准测量是测定地面点高程的主要方法。

2—1 高程测量的概念

高程

人们在海岸设置潮汐观测所，长年累月地记录海水面的涨落，取得海水面的平均高度，具有这一高度的海水面称为平均海水面。

地面上一点的高程即这个点沿着铅垂线方向（即重力方向）至平均海水面的距离，通常称为标高，海拔，或叫做绝对高程。

如图 2—1， H_a 就是地面上 A 点的高程。

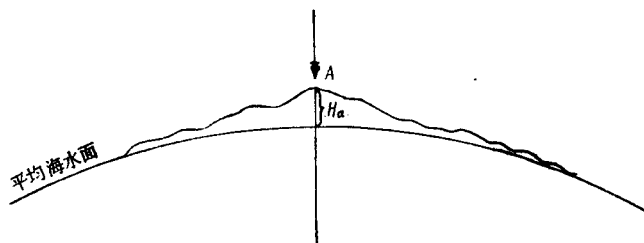
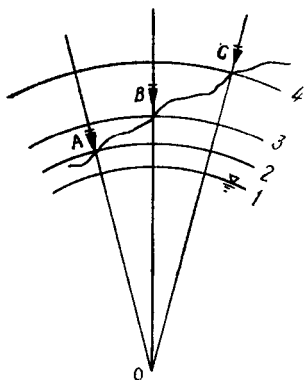


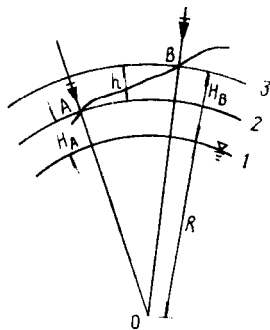
图 2—1

地球上任一高度的水面，处处都与铅垂线相垂直。因此，扩大了就可以看出：这些水面都是一些曲面，在测量学中称为水准面。如图 2—2 (a) 中水准面 2、3、4。



(a)

1——平均海水面；2——水准面 A；
3——水准面 B；4——水准面 C



(b)

1——平均海水面；2——通过 A 点的水准面；
3——通过 B 点的水准面

图 2—2

平均海水面也是一个水准面，由于人们把它作为大地高程的起算面，故平均海水面又称为大地水准面。

在局部工作中，有时可以任意假定一个水准面作为起算面，根据这个起算面求得的高程叫做假定高程。

高程差

地面上两点高程之差即这两点的高程差，简称高差。从几何意义来看，如图2—2(b)所示，通过地面上相隔不远的两个点A、B分别作平行于平均海水面的水准面，则地面上两点之间的高程差也可以理解为通过两点的水准面之间的铅垂距离h。

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

高程测量

测定地面上两点之间的高程差的测量叫做高程测量。其方法有下列几种：

- 一、几何高程测量 即水准测量；
- 二、三角高程测量 即测量竖直角及距离以求定两点之间高程差的方法；
- 三、气压高程测量 即利用气压计测定两点之间高程差的方法。

以上三种方法，以水准测量精度最高；三角高程测量精度较差；气压高程测量精度最差。

水准测量在铁路测量中应用最广，是测定高程最常用的方法。

水准原点

为了建立全国统一的高程系统，我国国家测绘总局在青岛建立验潮站，在近岸一点上利用水位标尺长期记录海水潮汐的水位升降。根据多年的记录求出这个点的平均位置，即平均海水面，作为全国高程系统的起算面，称为黄海平均海水面。

另在附近地面埋设固定标志，用水准测量的方法与验潮站的水位标尺相联系，测定它的高程，作为全国高程的起点，称为水准原点。标志的式样如图2—3所示。为平截锥形花岗石柱4，玛瑙标心3，上加铜盖2保护，铜盖上又加石盖1。

水准点

在地面上埋设的高程标志点称为水准点。

我国按一、二、三、四等不同精度的水准测量建立各级国家水准点，沿河流、交通线路遍布全国。水准点的高程用水准测量方法从水准原点引出，逐级测定。

水准点的密度为每50~80公里埋设一基本标石，其间还适当加密，埋设普通水准标石。其式样如图2—4(a)、(b)所示。

铁路水准点

铁路水准点为铁路勘测、施工、养护时测定高程的控制点。一般约2公里设置一个。300米以上的大河两岸及隧道两端附近各设一个。水准点的高程，规定由附近国家水准点，或已知标高的既有铁路的水准点用水准测量方法测定，纳入全国统一高程系统。铁路水准点的式样如图2—5(a)、(b)所示。

除此之外，根据需要，还在岩石、大树根、桥台或其他固定建筑物基础上设置水准点。岩石上的水准点应凿成凸出球面，外刻凹槽圆圈如“◎”记号，加填红油漆，并在旁边刻划

或写明编号。建筑物基础之顶面或凸边的水准点其表面为坚实、光洁的水平面时，也可以在周围刻成矩形槽加填红油漆，并在旁边刻划或写明编号。

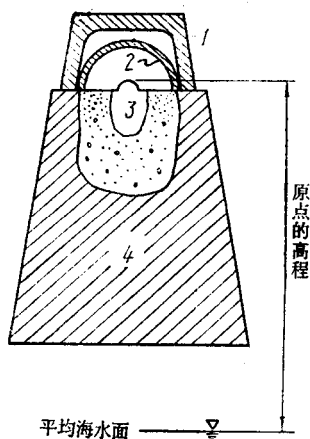
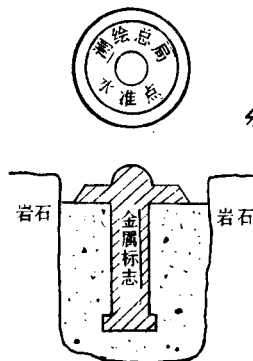
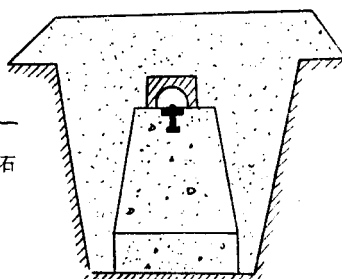


图 2-3

- 1 — 石盖；2 — 铜盖；3 — 玛瑙标；
4 — 花岗石柱

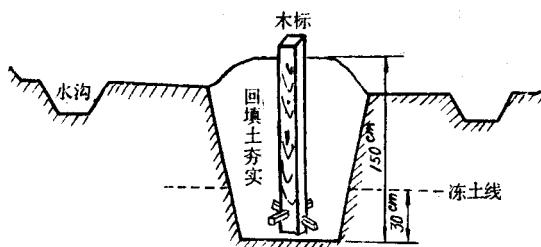


(a) 岩石水准标志

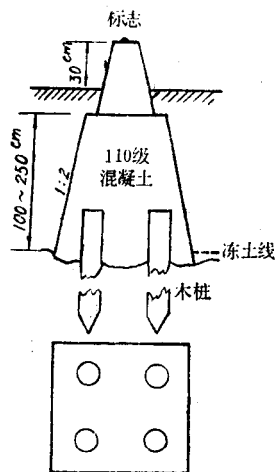


(b) 地下水准标志

图 2-4



(a) 临时水准点



(b) 永久水准点

图 2-5

2-2 水准测量原理

如图 2-6 在测点 A 、 B 上竖立标尺，并在两点之间安置水准仪，利用水准仪的水平视线在前后两标尺上截取读数 b 、 a 。则 B 、 A 两点之间的高程差 h 等于前后两标尺读数之差，即：

$$h = a - b$$

这就是水准测量的原理。

当 h 符号为正时，说明 B 点比 A 点高；反

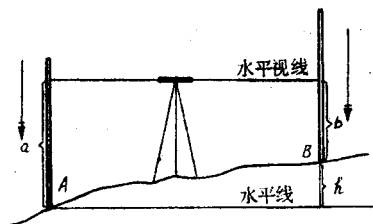


图 2-6

之, 当 h 符号为负时, 说明 B 点比 A 点低。

如 A 、 B 两点距离较远或高差很大时, 测量就要分段连续进行, 如图 2-7 所示, 分为 $A-1$ 、 $1-2$ 、 $\dots\dots(n-1)-B$ 各段。则 A 、 B 两点高程差 ΔH 等于各段相邻两点高程差的总和, 即

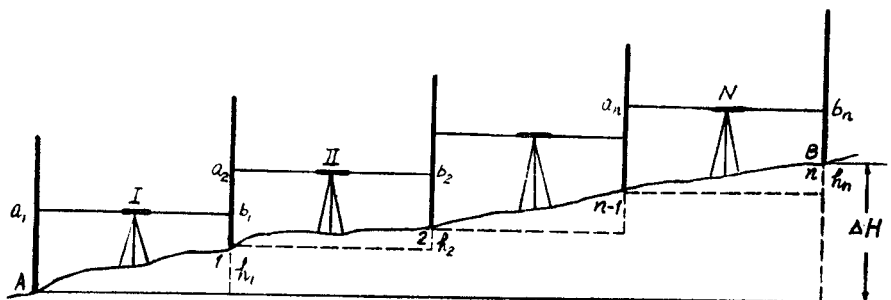


图 2-7

$$\Delta H = h_1 + h_2 + h_3 + \dots + h_n = \sum h$$

设测量前进的方向为 A 至 B 。

每一仪器位置称为一测站, 依顺序编号, 如测站 I、测站 II $\dots\dots$ 测站 N 等。

在每一测站上, 后方标尺读数称为后视读数, 如 a_1 、 a_2 、 $a_3 \dots\dots a_n$, 简称后视; 前方标尺读数称为前视读数, 如 b_1 、 b_2 、 $b_3 \dots\dots b_n$, 简称前视。一般后视点的高程为已知, 前视点的高程为未知。则:

相邻两点之间的高程差

$$h = \text{后视} - \text{前视} = a - b$$

A 、1 两点的高程差

$$h_1 = a_1 - b_1$$

1、2 两点的高程差

$$h_2 = a_2 - b_2$$

$\dots\dots\dots$

$\dots\dots\dots$

$(n-1)$ 、 B 两点的高程差

$$h_n = a_n - b_n$$

可知: A 、 B 两点的高程差 $\Delta H = \sum h = \sum a - \sum b$

即: A 、 B 两点的高程差等于各段后视总和减各段前视总和。

设 已知 A 点的高程为 H_A ,

则 B 点的高程为:

$$H_B = H_A + \Delta H = H_A + \sum a - \sum b$$

中间置尺点 1、2 $\dots\dots$ 及 B 等的高程为:

$$H_1 = H_A + a_1 - b_1$$

$$H_2 = H_1 + a_2 - b_2$$

$\dots\dots\dots$

$$H_B = H_{n-1} + a_n - b_n$$

由此, 也可以逐点将高程传算至 B 点。

这些在 A 、 B 两点之间起传递高程作用的置尺点 1、2、 $\dots\dots$ 、 $n-1$ 等称为转点。

水准测量, 就是通过转点将高程从一已知点传递至最后所求点。这就是水准测量工作的实质。

2—3 水准仪 水准尺

水准仪是水准测量的主要仪器。目前我国生产的水准仪系列按精度级别分为 $S_{0.5}$ 、 S_1 、 S_3 和 S_{10} 四个等级，在铁路工程中，应用最广泛的是 S_3 型水准仪。图 2—8 所示为北京测绘仪器厂制造的 S_3 光学水准仪。

水准仪的作用是提供一条水平视线。根据这一要求，它的构造的主要部分是：望远镜、水准器、基座。

下面简单地介绍各部分的构造：

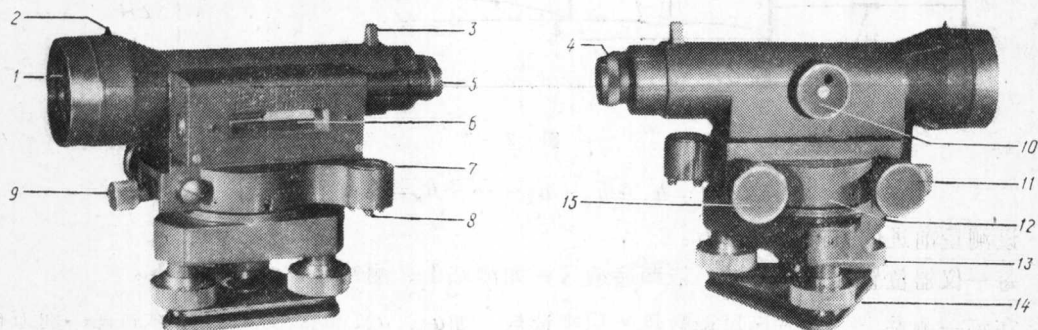


图 2—8

1——物镜；2、3——瞄准器；4——目镜及对光螺旋；5——水准管观察镜；6——符合水准器；7——圆水准器；8——圆水准校正螺旋；9——望远镜制动螺旋；10——物镜对光螺旋；11——望远镜微动螺旋；12——支架；13——基座；14——脚螺旋；15——倾斜螺旋。

一、望远镜

望远镜的作用是用来照准目标，并把目标的影像放大，以便观察。它主要由 物镜、目镜、对光螺旋、十字丝 等部分组成如图 2—9 所示。

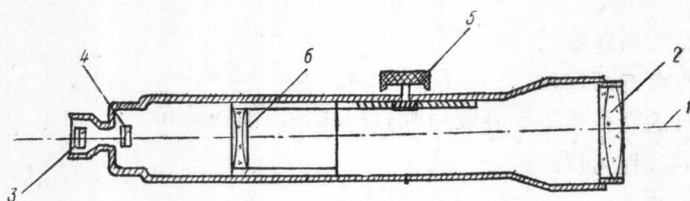


图 2—9

1——视准轴；2——物镜；3——目镜；4——十字丝；5——对光螺旋；6——对光透镜。

物镜的作用是使远处的目标在望远镜内成像；目镜实际上是一个放大镜，它使物像和十字丝一起放大。对光螺旋分为物镜对光螺旋及目镜对光螺旋。调节物镜对光螺旋，使物像清晰，调节目镜对光螺旋，使十字丝清晰，现代的仪器没有单独的目镜对光螺旋，转动目镜即可使十字丝清晰。

十字丝是在玻璃片上刻成的十字线，装在十字丝环上，然后将十字丝环装在望远镜筒内，如图 2—10 所示。

十字丝的作用是照准目标，当十字丝的交点照准目标点时，该目标点即在十字丝交点与物镜光心的连线上。十字丝

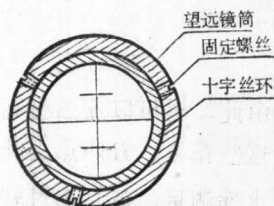


图 2—10