

施工现场业务管理细节大全丛书

测量员

第2版

王红英 主编



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

施工现场业务管理细节大全丛书

测 量 员

第 2 版

王红英 主编

机 械 工 业 出 版 社

本书主要介绍施工现场测量技术管理的细节要求,以及高程测量、角度观测、距离丈量、小地区控制测量、建筑施工测量、市政工程施工测量、房地产开发与规划测量、园林工程施工测量和建筑物的变形观测等分项工程测量员应掌握的最基本、最实用的专业知识和测量细则。

本书可供施工技术人员、现场管理人员、相关专业大中专及职业院校的师生学习参考。

图书在版编目(CIP)数据

测量员/王红英主编.—2版.—北京:机械工业出版社,2010.10
(施工现场业务管理细节大全丛书)
ISBN 978-7-111-31959-7

I. ①测… II. ①王… III. ①建筑测量 IV. ①TU198

中国版本图书馆CIP数据核字(2010)第183413号

机械工业出版社(北京市百万庄大街22号 邮政编码100037)
策划编辑:何文军 责任编辑:何文军 责任校对:陈立辉
封面设计:王伟光 责任印制:杨 曦
北京蓝海印刷有限公司印刷
2011年1月第2版第1次印刷
184mm×260mm·17.5印张·431千字
标准书号:ISBN 978-7-111-31959-7
定价:29.00元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

电话服务

网络服务

社服务中心:(010)88361066

门户网:<http://www.cmpbook.com>

销售一部:(010)68326294

教材网:<http://www.cmpedu.com>

销售二部:(010)88379649

封面无防伪标均为盗版

读者服务部:(010)68993821

第2版前言

《测量员》自2007年出版以来深受广大读者欢迎，对提高测量员素质和工作水平起到了较好的作用。

鉴于国家标准《工程测量规范》(GB 50026—2007)于2008年5月1日实施，原《工程测量规范》(GB 50026—1993)同时废止，还有一些相关测量的标准规范也已做了修订，这样本书第1版的相关章节已经不能适应发展的需要。编者以多年的一线施工经验，对建筑工程测量知识进行重新组织，参照各种相关最新规范，对本书进行了修订，供读者参阅。

由于编者的经验和学识有限，书中难免有疏漏或未尽之处，敬请有关专家和广大读者予以批评指正。

编 者

2010年4月

第1版前言

使人疲惫不堪的不是远方的高山，而是鞋里的一粒沙子。许多事情的失败，往往是由于在细节上没有尽心尽力而造成的。我们应该始终把握工作细节，而且在做事的细节中，认真求实、埋头苦干，从而使工作走上成功之路。

改革开放以来，我国建筑业发展很快，城镇建设规模日益扩大，建筑施工队伍不断增加，建筑工程基层施工组织中的测量员肩负着重要的职责。工程项目能否高质量、按期完成，施工现场的基层业务管理人员是最终决定因素，而测量员又是其中非常重要的角色，是工程项目能否有序、高效、高质量完成的关键。

为了进一步健全和完善施工现场全面质量管理工作，不断提高测量员素质和工作水平，以更多的建筑精品工程满足日益激烈的建筑市场竞争需求。根据国家最新的规范和标准的规定，编写了这本《施工现场业务管理细节大全丛书·测量员》。

本书主要介绍施工现场测量技术管理的细节要求，以及高程测量、角度观测、距离丈量、小地区控制测量、建筑施工测量、市政工程施工测量、房地产开发与规划测量、园林工程施工测量和建筑物的变形观测等分项工程测量员应掌握的最基本、最实用的专业知识和测量细则。其主要内容都以细节中的要点详细阐述，表现形式新颖，易于理解，便于执行，方便读者抓住主要问题，及时查阅和学习。本书通俗易懂，操作性、实用性强，也可供施工技术人员、现场管理人员、相关专业大中专院校及职业学校的师生学习参考。

我们希望通过本书的介绍，对施工一线各岗位的人员及广大读者均有所帮助。由于编者的经验和学识有限，加之当今我国建筑业施工技术水平的迅速发展，尽管编者尽心尽力，但书中难免有疏漏或未尽之处，敬请有关专家和广大读者予以批评指正。

编 者

2007年4月

目 录

第2版前言

第1版前言

1 施工测量组织管理	1
细节: 测量学的任务	1
细节: 测量学的分类及作用	1
细节: 测量学在建筑工程中的作用	2
细节: 地球的形状与大小	3
细节: 测量坐标系统和高程系统	4
细节: 测量工作的基本内容	8
细节: 施工测量	9
细节: 施工测量基本工作	10
细节: 测设的基本工作	12
细节: 测设点位的基本方法	14
细节: 激光定位仪器在施工测量中的应用	16
细节: GPS 全球卫星定位系统在工程测量中的应用	24
细节: 施工测量班组管理	29
细节: 施工测量工作的管理制度	31
细节: 测量放线的技术管理	32
细节: 测量的安全管理	32
细节: 施工测量质量控制管理	33
2 建筑施工测量的基本知识	35
细节: 地形图基本知识	35
细节: 民用建筑构造的基本知识	43
细节: 工业建筑构造的基本知识	47
细节: 市政工程的基本知识	49
细节: 系统误差	53
细节: 偶然误差	53
细节: 中误差	54
细节: 限差	55
细节: 相对误差	55
细节: 误差传播定律	56
细节: 观测值函数的中误差	57
3 水准仪及高程测量	59
细节: 高程	59

细节: 水准测量的基本原理	59
细节: 光学水准仪	60
细节: 电子水准仪	63
细节: 水准尺	64
细节: 水准测量	64
细节: 水准测量的精度要求	66
细节: 水准测量的成果校核	68
细节: 水准仪的一般检验与校正	69
细节: 水准测量误差的分析	71
细节: 精密水准仪和三、四等水准测量	72
细节: 普通水准仪常见故障的检修	77

4 角度观测与经纬仪	79
细节: 水平角测量的基本原理	79
细节: 光学经纬仪	79
细节: 电子经纬仪	82
细节: 水平角的测量和记录	84
细节: 测设水平角和直线	88
细节: 竖直角测法	89
细节: 精密经纬仪的构造和用法	91
细节: 简便测角法	92
细节: 施测中的操作要领	93
细节: 经纬仪的一般校验和校正	94
细节: 经纬仪的保养与维修	98

5 距离丈量 and 直线定线	100
细节: 距离的丈量	100
细节: 钢直尺的性质和检定	100
细节: 钢直尺尺长的改正	102
细节: 钢直尺量距、设距和保养	103
细节: 钢直尺在施工测量中的应用	104
细节: 直线定线——两点间定线	105
细节: 直线定线——过山头定线	106
细节: 直线定线——正倒镜定线	106
细节: 直线定线——延伸法定线	107
细节: 直线定线——绕障碍物定线	107
细节: 丈量的基本方法和精度要求	108
细节: 普通丈量	108

细节: 精密丈量	109	细节: 平整场地中的土石方量计算	152
细节: 斜坡地段丈量	109	8 建筑施工测量	155
细节: 点位桩的测设方法	110	细节: 建筑施工控制测量	155
细节: 丈量中的注意事项	110	细节: 施工控制网的测设	157
细节: 电磁波测距	111	细节: 土石方工程施工测量	161
细节: 光电测距仪的基本构造、工作原理与 标称精度	111	细节: 建筑物的定位放线	165
细节: 光电测距仪的分类与检定项目	111	细节: 一般基础工程施工测量	167
细节: 光电测距仪的基本操作方法、使用与 保养要点	113	细节: 桩基础的施工测量	169
细节: 光电测距三角高程测量	113	细节: 混凝土杯形基础施工测量	170
细节: 视距测法	114	细节: 墙体工程施工测量	170
细节: 水平视线视距原理与测法	114	细节: 高层建筑基础施工测量	172
细节: 倾斜视线视距原理与测法	115	细节: 高层建筑主体结构施工测量	173
细节: 视距测量的误差	115	细节: 工业厂房控制网的测设	175
细节: 视距测量的误差来源及消减方法	117	细节: 工业厂房柱列轴线的测设与柱列 基础放线	175
6 小地区控制测量	118	细节: 工业厂房柱子安装测量	177
细节: 控制网的形式	118	细节: 工业厂房的吊车梁、轨安装测量	178
细节: 坐标系的标准方向	120	细节: 工业厂房的屋架安装测量	179
细节: 测区范围的确定	121	9 市政工程施工测量	181
细节: 布设控制点	121	细节: 市政工程施工测量前的准备工作	181
细节: 控制网的精度要求	122	细节: 线路测量	182
细节: 导线测量的基本方法	122	细节: 管道施工测量	186
细节: 闭合导线的坐标计算	125	细节: 热网施工测量	190
7 地形图测绘	129	细节: 圆曲线的测设	191
细节: 测图的一般规定	129	细节: 道路施工测量	192
细节: 小平板仪的构造	130	细节: 路基放线	194
细节: 平板仪测图原理	131	细节: 桥梁建立施工控制网	195
细节: 平板仪的安置	131	细节: 桥墩中心桩的测设	195
细节: 小平板仪量距测图	132	细节: 桥墩方向桩的测设	196
细节: 小平板仪、水准仪联合测图	133	细节: 隧道施工测量	197
细节: 测站选择与转站测量	134	细节: 隧道洞外控制测量	197
细节: 测图内容的取舍	134	细节: 隧道洞内外联系测量	198
细节: 图面修饰	135	细节: 隧道洞内控制测量	200
细节: 大平板仪的构造	135	细节: 隧道施工测量的任务	202
细节: 大比例尺地形图测绘	135	10 房地产开发与规划测量	204
细节: 地形图应用的内容	149	细节: 房地产开发测量的任务	204
细节: 按设计线路绘制纵断面图	151	细节: 房地产测绘的特点	205
细节: 按限制坡度绘制同坡度线和选定 最短线路	152	细节: 界址点的测量	206
细节: 确定汇水面积	152	细节: 房产分幅图和分丘图的测绘	208
		细节: 分层分户图的绘制	210

细节：原占地面积与土地划拨 面积的关系	211	13 建筑物的变形观测	239
细节：利用图形计算面积	213	细节：建筑物变形观测的意义和特点	239
细节：房屋建筑面积的计算规则	214	细节：建筑物变形观测的内容及技术 要求	239
细节：住宅房屋使用面积的计算	215	细节：建筑物的倾斜观测	240
细节：住宅房屋套内面积的计算	215	细节：建筑物的冻胀观测	241
细节：住宅房屋共用面积的计算	216	细节：建筑物的裂缝观测	242
11 园林工程施工测量	217	细节：建筑物的位移观测	242
细节：园林施工测量施工程序	217	细节：建筑物的滑坡观测	243
细节：园林建筑物定位	218	细节：用三角高程测量法测定建筑物的 沉降变形	244
细节：园林建筑主轴线测设	219	细节：水平位移观测	246
细节：园林建筑基础施工测量	221	细节：用前方交会法测定建筑物的 水平位移	247
细节：堆山与挖湖测设	222	细节：用后方交会法测定建筑物的 水平位移	248
细节：园路施工放样	222	细节：日照变形测量	251
细节：园林植物种植放样	224	细节：风振变形测量	252
12 总平面图的应用	225	14 竣工总平面图的编绘	254
细节：总平面图	225	细节：编绘竣工总平面图的意义	254
细节：图例符号	225	细节：编绘竣工总平面图的方法和步骤	254
细节：等高线	233	细节：竣工总平面图的最终绘制	255
细节：总平面图的坐标系统	233	细节：竣工总平面图的附件	256
细节：总图的方向	234	附录	258
细节：总平面图的阅读	234	参考文献	268
细节：总平面图的应用	234		
细节：坐标的解析计算	236		

1 施工测量组织管理

细节：测量学的任务

工程测量是测量学的一个组成部分。它是研究建筑工程在勘测设计、施工和使用维护阶段所进行的各种测量工作的理论、技术和方法的学科，它的主要任务是：

测绘大比例尺地形图	把工程建设区域内的各种地面物体的位置和形状以及地面的起伏状态，按照规定的符号和比例尺绘成地形图，为工程建设的规划设计提供必要的图样和资料
建筑物的施工测量	把图样上已设计好的建(构)筑物，按设计要求在现场标定出来，作为施工依据；配合建筑施工，进行各种测量工作，以保证施工质量；开展竣工测量，为工程验收、日后扩建和维修管理提供资料
建筑物的变形观测	对于一些重要的建(构)筑物，在施工和使用期间，为了确保安全，应定期对建(构)筑物进行变形观测

总之，测量工作贯穿于工程建设的整个过程，测量工作的质量直接关系到工程建设的速度和质量。因此，任何从事工程建设的人员，都必须掌握必要的测量知识和技能。

细节：测量学的分类及作用

测量学是研究地球的形状、大小，以及确定地面点位的科学。最终目的是为人们了解自然和改造自然服务。它的基本内容包括测定和测设两个方面。测定是指通过各种测量工作，把地球表面的形状和大小缩小绘制成地形图，或者得到相应的数字信息，在国民经济建设的规划、设计、管理和科学研究中使用。测设则是指把图纸上设计好的建筑物、构筑物的位置在实地上标定出来，以进行施工。

假如要研究的只是地球自然表面上一个小区域，则由于地球半径很大，就可以把这块球面当做平面看待而不考虑其曲率。研究这类小区域地表面各类物体形状和大小的测绘科学是地形测量学的范畴。地形测量学研究的内容可以用文字和数字记录下来，也可用图表示。

凡研究的对象是地表上一个较大的区域甚至整个地球时，就必须考虑地球的曲率。这种以研究广大地区为对象的测绘科学是大地测量学的范畴。近年来，由于人造地球卫星的发射及遥感技术的发展，大地测量学又分为常规大地测量与卫星大地测量两部分。

摄影测量学是利用摄影相片来研究地表形状和大小的测绘科学。因获得相片的方法不同，摄影测量学又可分为地面摄影测量学和航空摄影测量学。

城市建设、大型厂矿建筑、水利枢纽、农田水利及道路修建等在勘测设计、施工放样、竣工验收和工程保养等方面的测绘工作，统称工程测量学。这门学科的主要任务有三个方
面，即把地面上的情况描绘到图纸上，把图纸上设计的建筑物桩定到地面上，以及为建筑物

施工过程中和竣工后所产生的各种变化而进行的变形观测。

利用测量所得的资料,研究如何投影编绘成地图,以及地图制作的理论、工艺技术和应用等方面的测绘科学是制图学的范畴。

全球卫星定位系统(GPS)、遥感(RS)、地理信息系统(GIS)(合称3S技术),代表着测绘科学高新技术发展的水平和方向。

测绘工作常被人们称为建设的尖兵,这是由于不论是国民经济建设还是国防建设,其勘测、设计、施工、竣工及保养维修等阶段都需要测绘工作,而且都要求测绘工作走在这类任务的前面。随着科学技术的日益发展和测绘科技的进步,测绘科学在国民经济建设和国防建设中的作用也将日益增大。应用范围也会不断扩大。

在国民经济和社会发展规划中测绘信息是最重要的基础信息之一,各种规划和设计以及土地地籍管理中,首先必须有地形图、地籍图或相应的数字信息。另外,在各项工农业基本建设中,从勘测设计阶段到施工竣工阶段,都需要大量的测绘工作。在国防建设中,军事测量和军事地图是现代战争中不可缺少的重要保障,还有远程导弹、空间武器、人造卫星及航天器的发射,要保证它精确入轨,随时校正轨道和命中目标,除了需要测算出发射点和目标点的精确坐标、方位、距离外,还必须掌握地球形状大小的精确数据和有关地域的重力场资料。在科学实验方面,诸如空间科学技术的研究,地壳的形变、地震预报、灾情监视与调查等各个方面,都要应用测绘资料。即使是在国家的各级行政管理工作中,测量和地图资料也是不可缺少的重要工具。

特别在当今数字时代,提出数字地球、数字中国的宏伟设想,测绘是一项重要的基础工作,将在推进数字化地理空间框架建设中发挥越来越大的重要作用。随着测绘科学高新技术的不断发展和应用,必将为各行各业提供更全面、准确、及时的测绘信息成果和技术服务。

细节：测量学在建筑工程中的作用

工程测量在建筑工程中的工作分为三个阶段。

阶 段	作 用
勘测规划与设计阶段	为了更合理地利用土地资源,恰当布局,满足环保及可持续发展的需要,对各种建(构)筑物都要进行可行性研究、综合分析,然后进行初步设计、详细设计和施工图设计,在这些过程中,都离不开各种比例尺的地形图。地形图是由专门的测绘部门测绘而成,使用单位按需要去索取,但对于个别边远及小地区没有适当的地形图,则要去实地测绘
施工阶段	先要根据具体情况在现场布置控制网,然后是定位放线、土方开挖、主体结构施工、屋面工程、装饰工程以及外围绿化工程等,都需要测量工作配合施工。现代建筑都比较高,形状也十分复杂,建筑面积在几十万甚至上百万平方米的建筑并不鲜见,电视转播塔的高度一般都在400m以上,道路、桥梁、水利枢纽、城市轨道交通系统等工程,施工的每一步都离不开测量工作,既要保证平面和高程位置的正确,又要保证垂直度不发生偏差。在工业厂房的大型构件和设备安装过程中,也需要测量工作配合。所以,测量工作在建筑施工中不仅是一道重要的工序,而且也起着关键的主导作用
建筑完工之后	为了以后的改建和扩建以及维修,需要进行竣工测量,即将建(构)筑物的实际位置如实地测绘出来,作为主要的技术档案之一妥善保管。在建(构)筑物的施工过程及以后的运营阶段,为了保证其安全,检验设计是否合理,还需要进行系统的沉降变形观测,如果发现问题,需立即采取相应的措施

总之,在建筑工程的设计、施工和运营过程中,测量工作起着十分重要的作用。

细节: 地球的形状与大小

测量工作的主要研究对象是地球的自然表面。众所周知,地球表面是极不规则的。研究表明,地球近似于一个椭球,其长、短半轴之差约为 21.3km。地球北极高出椭球面 19m 左右,地球南极凹下椭球面约 26m,如图 1-1 所示。

由于地球的自转运动,地球上每个点都有一个离心力,另一方面,地球本身具有巨大的质量,对地球上每一点又有一个吸引力,使地面上的物体不致自由离散。所以,地球上每一点都受着两个力的作用,即离心力与地球吸引力。这两个力的合力称为重力,重力的方向线称为铅垂线。在图 1-2 中, O 为地面上任意一点,地球对它的引力为 OF ,这点受到的离心力为 OP 。点上所受两种力的合力为 OG ,称为重力,重力的作用线 OG 又称铅垂线。

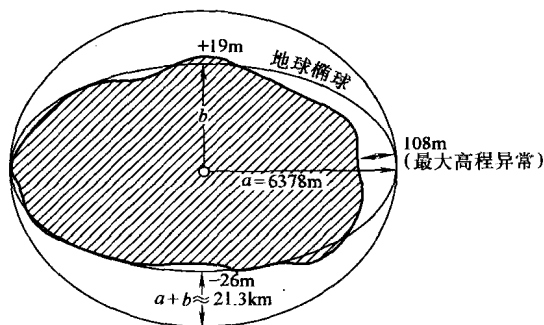


图 1-1 北凸南凹的地球

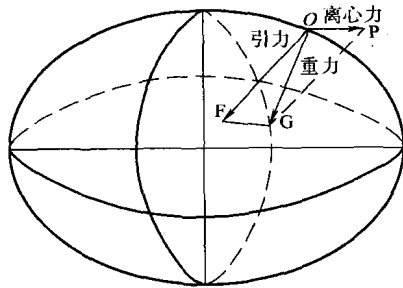


图 1-2 地球上单点的受力图

由于地球的自转,其表面的质点除受吸引力的作用外,还受到离心力的影响。该质点所受的吸引力与离心力的合力称为重力,重力的方向称为铅垂线方向。如图 1-3 所示。

当液体表面处于静止状态时,液面必与重力方向垂直,也就是液体表面与铅垂线相垂直,不然液体是会流动的。这种包围着地球静止的液体表面就是水准面,所以水准面具有处处与铅垂线相垂直的特性。

铅垂线与水准面是测量工作所依据的线和面。因为水准面很多,实际作为基准的面应该选用大地水准面。由于铅垂线的方向取决于地球的吸引力,吸引力的大小与地球内部的质量有关,而地球内部的质量分布又不均匀,引起地面上各点的铅垂线方向产生不规则的变化,因而大地水准面实际上是一个有微小起伏的不规则曲面。如果把地表面的形状投影到这个不规则的曲面上,将无法进行测量的计算工作,因为计算工作必须在一个能用数学表达式表示的规则曲面上进行。这个规则曲面的形状要很接近大地水准面,在测量工作中就是用这样一个规则的曲面代替大地水准面作为测量计算的基准面,并在这个曲面上建立大地坐标系。

经过几个世纪的实践,人们逐渐认识到地球的形状近似于一个两极略扁的椭球,即一个

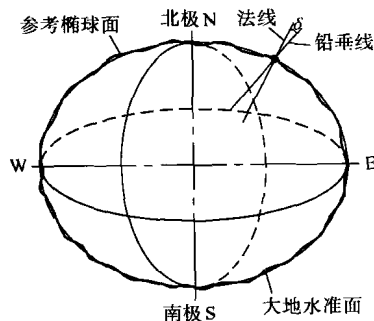


图 1-3 地球上各种面、线之间的关系

椭圆绕它的短轴旋转而成的形体。现在又进一步认识到,地球的南北两极是不对称的,其形状似梨形。椭球面可以用数学式表达,所以采用椭球面作为测量计算的基准面是合适的。

地球的形状确定后,还应进一步确定大地水准面与椭球面的相对关系,才能将观测成果换算到椭球面上。如图 1-4 所示,在适当地点,选择一点 P ,设想把椭球体和大地体相切,切点 P' 位于 P 点的铅垂线方向上,这时,椭球面上 P 的法线与该点对大地水准面的铅垂线相重合,这个椭球体的形状和大小与大地体很相近。在相应位置上与大地水准面的关系固定下来的这个椭球体就称为参考椭球体。

椭球体是绕椭圆的短轴 NS 旋转而成的(见图 1-5),也就是说包含旋转轴 NS 的平面与椭球面相截的线是一个椭圆,而垂直于旋转轴的平面与椭球面相截的线是一个圆。椭球体的基本元素是:长半轴 a 、短半轴 b 、扁率 $\alpha = \frac{a-b}{a}$ 。

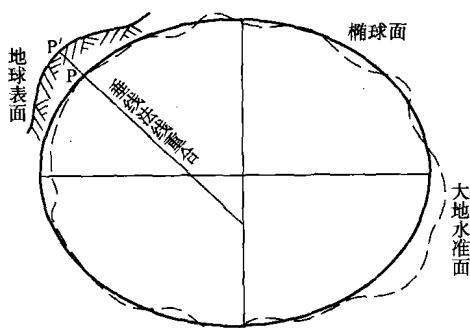


图 1-4 大地水准面与椭球面的相对关系
我国现在利用的参考椭球体元素是:
1954 年北京坐标系

$$a = 6378245 \text{ m}$$

$$\alpha = \frac{1}{298.3}$$

1980 年国家大地坐标系

$$a = 6378140 \text{ m}$$

$$\alpha = \frac{1}{298.257}$$

由于参考椭球体的扁率很小,在普通测量中,可把地球当做圆球看待,其半径为

$$R = \frac{1}{3}(2a + b) = 6371 \text{ (km)}$$

当测区面积很小时,也可以用水平面代替水准面,作为局部地区小面积测量的基准面。

细节: 测量坐标系统和高程系统

测量工作的基本任务是确定地面上点的空间位置,确定地面上点的空间位置需要三个量,即确定地面点在球面上或平面上的投影位置(即地面点的坐标)和地面点到大地水准面

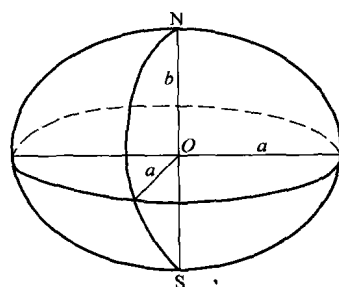


图 1-5 椭球体的形成

的铅垂距离(即地面点的高程)。

1. 大地坐标系

在图 1-6 中, NS 为椭球的旋转轴, N 表示北极, S 表示南极。通过椭球旋转轴的平面称为子午面, 而其中通过原格林尼治天文台的子午面称为起始子午面。子午面与椭球面的交线称为子午圈, 也称子午线。通过椭球中心且与椭球旋转轴正交的平面称为赤道面, 它与椭球面相截所得的曲线称为赤道。其他平面与椭球旋转轴正交, 但不通过球心, 这些平面与椭球面相截所得的曲线称为平行圈或纬圈。起始子午面和赤道面, 是在椭球面上确定某一点投影位置的两个基本平面。在测量工作中, 点在椭球面上的位置用大地经度 L 和大地纬度 B 表示。

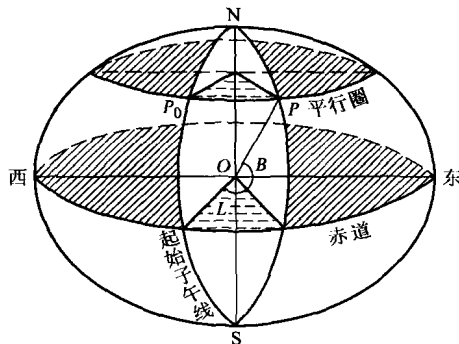


图 1-6 大地坐标系在椭球体上的位置

所谓某点的大地经度, 就是该点的子午面与起始子午面所夹的二面角; 大地纬度就是通过该点的法线(与椭球面相垂直的线)与赤道面的交角。大地经度 L 和大地纬度 B 统称为大地坐标。大地经度与大地纬度是以法线为依据的, 也就是说, 大地坐标是以参考椭球面作为基准面。

由于 P 点的位置通常是在该点上安置仪器用天文测量的方法来测定的。这时, 仪器的竖轴必然与铅垂线相重合, 即仪器的竖轴与该处的大地水准面相垂直。因此, 用天文观测所得的数据是以铅垂线为准, 也就是说以大地水准面为依据。这种由天文测量求得的某点位置, 可用天文经度 λ 和天文纬度 ϕ 表示。

不论大地经度 L 或是天文经度 λ , 都要从起始子午面算起。在格林尼治以东的点从起始子午面向东计, 由 0° 到 180° 称为东经; 同样, 在格林尼治以西的点则从起始子午面向西计, 由 0° 到 180° 称为西经, 地球上东经 180° 与西经 180° 是同一个子午面。我国各地的经度都是东经。不论大地纬度 B 或天文纬度 ϕ 都从赤道面起算, 在赤道以北的点的纬度由赤道面向北计, 由 0° 到 90° , 称为北纬, 在赤道以南的点, 其纬度由赤道面向南计, 也是由 0° 到 90° , 称为南纬。我国疆域全部在赤道以北, 各地的纬度都是北纬。

在测量工作中, 某点的投影位置一般用大地坐标 L 及 B 来表示。但实际进行观测时, 如量距或测角都是以铅垂线为准的, 因而所测得的数据若要求精确地换算成大地坐标则必须经过改化。在普通测量工作中, 由于要求的精确程度不是很高, 所以可以不考虑这种改化。

大地经、纬度是根据大地原点(该点的大地经、纬度与天文经、纬度相等)的起算数据, 再按大地测量得到的数据推算而得。我国曾采用“1954 年北京坐标系”, 并于 1987 年废止。现在采用陕西省泾阳县永乐镇某点为国家大地原点, 由此建立新的统一坐标系, 称为“1980 年国家大地坐标系”。

2. 平面直角坐标系

在小区域内进行测量工作若采用大地坐标系表示地面点位置是不方便的, 通常是采用平面直角坐标系。某点用大地坐标系表示的位置, 是该点在球面上的投影位置。研究大范围地面形状和大小时必须把投影面作为球面, 由于在球面上求解点与点间的相对位置关系是比较复杂的问题, 测量上, 计算和绘图最好是在平面上进行。所以在研究小范围地面形状和大小时常把球面的投影面当做平面看待。也就是说测量区域较小时, 可以用水平面代替球面作为

投影面。这样就可以采用平面直角坐标系来表示地面点在投影面上的位置。测量工作中所用的平面直角坐标系与数学中的直角坐标系基本相同，只是坐标轴互换，象限顺序相反。测量工作以 x 轴为纵轴，一般用它表示南北方向，以 y 轴为横轴，表示东西方向，如图 1-7 所示，这是由于在测量工作中坐标系中的角度，通常是指以北方为准按顺时针方向到某条边的夹角，而三角学中三角函数的角则是从横轴按逆时针计的缘故。把 x 轴与 y 轴纵横互换后，全部三角公式都同样能在测量计算中应用。测量上用的平面直角坐标系的原点有时是假设的。一般可以把坐标系原点 O 假设在测区西南以外，使测区内各点坐标均为正值，以便于计算应用。

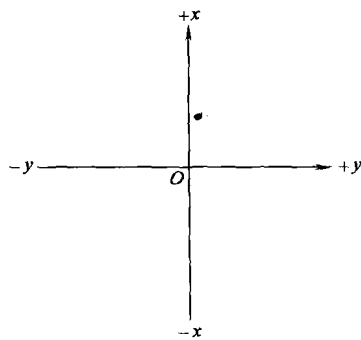


图 1-7 平面直角坐标系

3. 高斯平面坐标系

当测区范围较小，把地球表面的一部分当做平面看待，所测得地面上点的位置或一系列点所构成的图形，可直接用相似而缩小的方法描绘到平面上去。但如果测区范围较大，由于存在较大的差异，不能用水平面代替球面。而作为大地坐标投影面的旋转椭球面又是一个“不可展”的曲面，不能简单地展成平面。这样就不能把地球很大一块地表面当做平面看待，必须将旋转椭球面上的点位换算到平面上，测量上称为地图投影。投影方法有多种，投影中可能存在角度、距离、面积三种变形，必须采用适当的投影方法来解决这个问题。测量工作中通常采用的是保证角度不变形的高斯投影方法。

为简单起见，把地球作为一个圆球看待，设想把一个平面卷成一个横圆柱，把它套在圆球外面。使横圆柱的轴心通过圆球的中心，把圆球面上一根子午线与横圆柱相切，即这条子午线与横圆柱重合，通常称它为“中央子午线”或称“轴子午线”。因为这种投影方法把地球分成若干范围不大的带进行投影，带的宽度一般分为经差 6° 、 3° 和 1.5° 等几种，简称为 6° 带、 3° 带和 1.5° 带。 6° 带是从 0° 子午线算起，以经度每差 6° 为一带，此带中间的一条子午线，就是此带的中央子午线或称轴子午线。以东半球来说，第一个 6° 投影带的中央子午线是东经 3° ，第二带的中央子午线是东经 9° 依此类推。对于 3° 投影带来说，它是从东经 $1^\circ 30'$ 开始每隔 3° 为一个投影带，其第一带的中央子午线是东经 3° ，而第二带的中央子午线是东经 6° ，依此类推。图 1-8 表示两种投影的分带情况。中央子午线投影到横圆柱上是一条直线，把这条直线作为平面坐标系的纵坐标轴即 x 轴。所以中央子午线也称轴子午线。另外，扩大赤道面与横圆柱相交，这条交线必然与中央子午线相垂直。若将横圆柱沿母线切开并展平后，在圆柱面上（即投影面上）即形成两条互成正交的直线，见图 1-9。这两条正交的直线相当于平面直角坐标系的纵横轴；故这种坐标系既是平面直角坐标系，又与大地坐标的经纬度发生联系，对大范围的测量工作也就适用了。这种方法由高斯创意并经克吕格改进的，因而通常称它为高斯-克吕格坐标系。

在高斯平面直角坐标系中，以每一带的中央子午线的投影为直角坐标系的纵轴 x ，向北为正，向南为负；以赤道的投影为直角坐标系的横轴 y ，向东为正，向西为负；两轴交点 O 为坐标原点。由于我国领土位于北半球，因此， x 坐标值均为正值， y 坐标可能有正有负，如图 1-10 所示， A 、 B 两点的横坐标值分别为

$$y_A = +148680.54(\text{m}), y_B = -134240.69(\text{m})$$

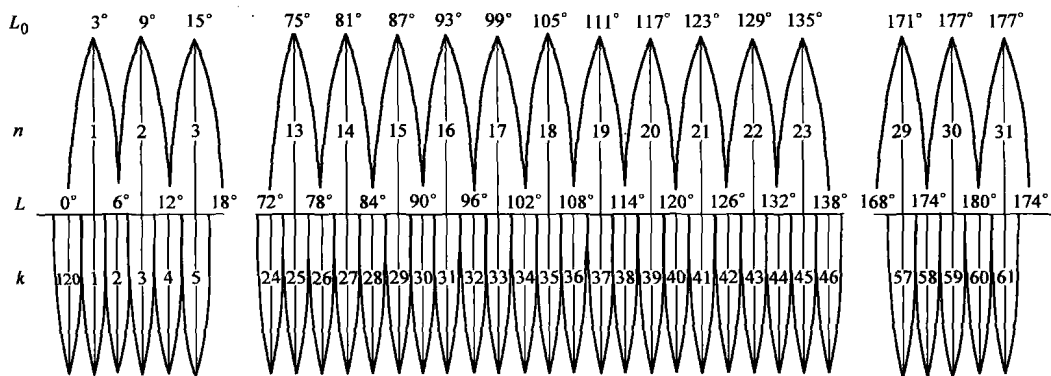


图 1-8 两种投影的分带情况图

为了避免出现负值, 将每一带的坐标原点向西平移 400km, 即将横坐标值加 400km, 如图 1-10 所示, 则 A、B 两点的横坐标值为

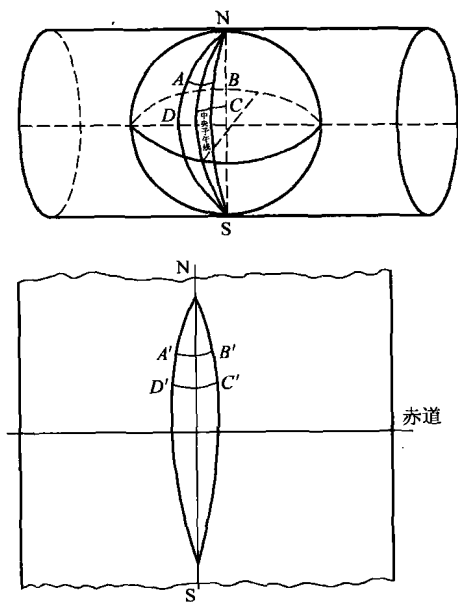


图 1-9 圆柱面切割线正交直线

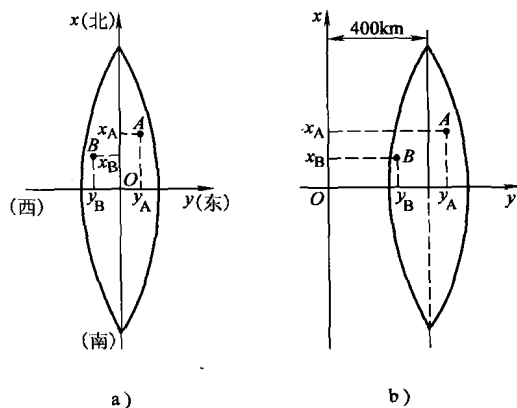


图 1-10 直角坐标系

$$y_A = 400000 + 148680.54 = 548680.54 (\text{m})$$

$$y_B = 400000 - 134240.69 = 365759.31 (\text{m})$$

为了根据横坐标值能确定某一点位于哪一个 6° (或 3°) 投影带内, 再在横坐标前加注带号, 例如, 如果 A 点位于第 22° 带, 则其横坐标值为

$$y_A = 22548680.54 (\text{m})$$

4. 地面点的高程

地面点到大地水准面的距离, 称为绝对高程, 又称海拔, 简称高程。在图 1-11 中的 A、B 两点的绝对高程为 H_A 、 H_B 。由于受海潮、风浪等的影响, 海水面的高低时刻在变化着, 我国在青岛设立验潮站, 进行长期观测, 取黄海平均海水面作为高程基准面, 建立 1956 年

黄海高程系统。其中，青岛国家水准原点的高程为 72.289m。该高程系统自 1987 年废止，并且起用了 1985 年国家高程基准，其中原点高程为 72.260m。全国布置的国家高程控制点——水准点，都是以这个水准原点为起算的。在实际工作中，使用测量资料时，一定要注意新旧高程系统的差别，注意新旧系统中资料的换算。

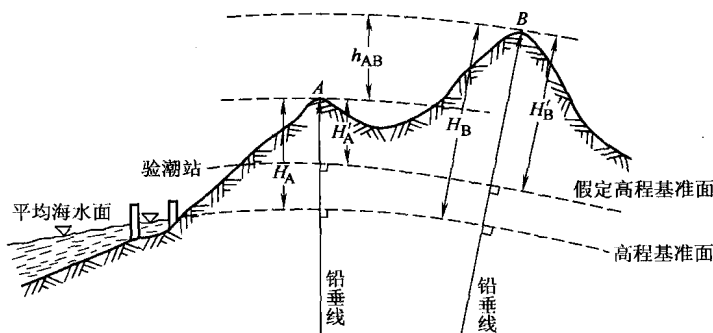


图 1-11 地面点的高程示意图

在局部地区或某项建设工程远离已知高程的国家水准点，可以假设任意一个高程基准面为高程的起算基准面：指定工地某个固定点并假设其高程，该工程中的高程均以这个固定点为准，即所测得的各点高程都是以同一任意水准面为准的假设高程（也称相对高程）。将来如有需要，只须与国家高程控制点联测，再经换算成绝对高程就可以了。地面上两点高程之差称为高差，一般用 h 表示，不论是绝对高程还是相对高程，其高差均是相同的。

5. 空间直角坐标系

由于卫星大地测量日益发展，空间直角坐标系也被广泛采用，特别是在 GPS 测量中必不可少。它是用空间三维坐标来表示空间一点的位置的，这种坐标系的原点设在椭球的中心 O ，三维坐标用 x 、 y 、 z 三者表示，故也称地心坐标。它与大地坐标有一定的换算关系。随着 GPS 测量的普及使用，目前，空间直角坐标系已逐渐在军事及国民经济各部门采用作为实用坐标系。

细节：测量工作的基本内容

地面点的位置，是用它在投影面上的坐标 (x, y) 和高程 (H) 来表示的，如果一个点为已知点，则它的坐标和高程就是已知的。确定地面点的位置，就是用测量的方法来测定地面点的坐标和高程。但是，坐标和高程不是直接测定的，而是测量其他的值，用计算的方法求出来的。

如图 1-12 所示，在测量直角坐标系里，有 A 、 B 、 C 、 D 等点，如果 A 点的坐标和高程为已知，要确定 B 、 C 、 D 点的位置，就得测量 AB 、 BC 、 CD 的水平距离，测量相邻两个边之间的角度，

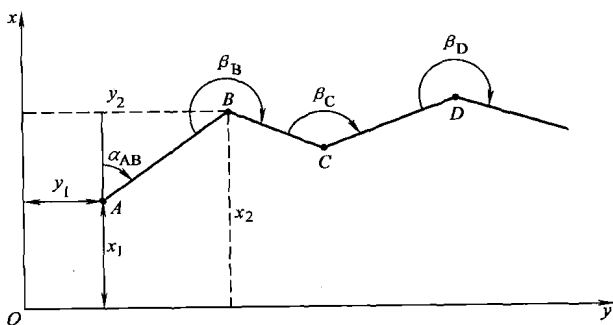


图 1-12 点位的确定

再用水准测量的方法测得相邻两点之间的高差。再如起始边 AB 的方位角 α_{AB} 也已知, 就可以推算出 B 、 C 、 D 点坐标的高程了。

由此可知, 测量工作的主要内容就是水准测量、角度观测和距离丈量, 这三项工作也称为测量的三大要素。

测量工作是各类工程的先导工序, 测量工作的质量直接关系到工程的质量与工期。从事测量工作, 首先要遵守国家法律、法令和法规, 如《中华人民共和国计量法》、《中华人民共和国建设法》、《中华人民共和国计量法实施细则》以及钢卷尺仪器的检验、检定规程。为了保证工程放线定位的准确, 必须遵守有关的测量规程、规范和操作规程, 防止误差的积累, 在测量过程中必须遵守先整体后局部, 高精度控制低精度的原则。

各级测量组织, 必须建立各种健全的规章制度, 如人员培训、仪器使用保管和维修、安全生产、全员责任制、技术资料的保管使用与交接等都要有严格的制度。为提高企业的整体素质, 应将测量管理纳入企业的整体, 按 ISO 9000 系列的要求统一进行管理。

各级测量放线人员应遵循以下的基本准则:

- 1) 认真学习执行国家法令、政策与规范, 明确为工程服务, 对按图施工与工程进度负责的工作目的。
- 2) 遵守先整体后局部的工作程序。即先测设精度较高的场地整体控制网, 再以控制网为依据进行各局部建筑物的定位、放线。
- 3) 必须严格审核测量起始依据(设计图纸、文件、测量起始点位数据等)的正确性, 坚持测量作业与计算工作步步有校核的工作方法。
- 4) 坚持测法要科学、简捷, 精度要合理、相称的工作原则。仪器选择要适当, 使用要精心; 在满足工程需要的前提下力争做到省工、省时、省费用。
- 5) 定位、放线工作必须执行经自检、互检合格后, 由有关主管部门验线的工作制度。此外, 还应执行安全、保密等有关规定, 用好、管好设计图纸与有关资料, 实测时要当场做好原始记录。测后要保护好桩位。
- 6) 紧密配合施工, 发扬团结协作, 不畏艰难, 实事求是, 认真负责的工作作风。
- 7) 虚心学习, 及时总结经验, 努力开创新局面, 以适应建筑业不断发展的需要。

细节: 施工测量

前面已经明确, 测量学是研究运用专门的测绘工具对地面上点的位置进行量度的一门综合性科学。按其涉及的对象和方法手段的不同, 分为大地测量、地形测量、摄影测量和工程测量等许多学科。

在科学技术日益发展的今天, 尽管各学科间互相渗透、互相影响, 但直接为各种工程建设服务的工程测量仍独树一帜, 在城乡建设中有着举足轻重的作用。工程测量在工业与民用建筑, 给水排水, 地下建筑, 建筑学及城市规划等专业的工作中有着广泛的应用, 例如: 在勘测设计阶段, 要测绘多种比例尺的地形图, 供选择厂址和管道线路之用, 供总平面图设计和竖向设计之用。在施工阶段, 要将设计的建筑物、构筑物的平面位置和高程测设于实地, 以便进行施工。施工结束后, 还要进行竣工测量, 施测竣工图, 供日后扩建和维修之用。即使竣工以后, 对某些大型及重要的建筑物和构筑物还要进行变形观测, 以保证建筑物的安全使用。