

高层建筑结构施工

王光遐 刘佩衡 施文华 侯君伟
毛凤林 徐祖元 胡世德 顾思新 编著

胡世德 主编

上海科学技术出版社

高层建筑结构施工

王光遐 刘佩衡 施文华 侯君伟 编著
毛凤林 徐祖元 胡世德 顾思新

胡世德 主编

上海科学技术出版社

目 录

绪言	1
第一章 施工测量	4
第一节 准备工作	4
第二节 平面控制网和主轴线测定	12
第三节 标高控制网测定和标高传递	14
第四节 定位和基础放线	16
第五节 轴线投测和竖向偏差控制	20
第六节 沉降观测和竣工测量	27
第二章 施工机具	29
第一节 塔式起重机	29
第二节 井架起重机	42
第三节 混凝土料斗、混凝土泵及布料杆	44
第四节 施工外用电梯	49
第五节 脚手架、挑台与吊脚手	53
第三章 基础施工	62
第一节 基础特点及选型	64
第二节 预制桩基础	66
第三节 灌注桩基础	71
第四节 大直径扩底灌注桩基础	77
第五节 深基础挡土桩	85
第六节 锚杆在深基础工程中的应用	98
第四章 框架结构施工	110
第一节 现浇框架施工	110
第二节 现浇柱预制梁板框架施工	123
第三节 预制框架施工	127
第四节 装配整体式预应力板柱结构施工	138
第五章 滑模结构施工	144
第一节 模板系统与提升机具	145
第二节 滑模装置的设计与组装	151
第三节 墙体滑模施工	158
第四节 水平与垂直度控制	168
第五节 逐层空滑楼板并进施工工艺	173
第六节 先滑墙体楼板跟进施工工艺	177

第七节	先滑墙体楼板降模施工工艺	181
第八节	质量问题处理与技术安全工作	182
第九节	冬期施工	185
第六章	装配式大板结构施工	187
第一节	墙板构件生产	190
第二节	施工准备	193
第三节	施工工艺	200
第七章	大模板结构施工	209
第一节	模板	210
第二节	内墙现浇外墙预制结构施工	213
第三节	内外墙全现浇结构施工	223
第四节	内浇外砌填充墙结构施工	226
第五节	大开间结构施工	229
第六节	底层大空间结构施工	234
第七节	其他模板施工	236
第八章	筒体结构施工	240
第一节	结构特点	240
第二节	结构施工	242
第九章	升板结构施工	247
第一节	劲性配筋现浇柱施工	247
第二节	柔性配筋现浇柱施工	251
第三节	其他方法	252
第四节	施工阶段的稳定性	254
第十章	钢结构施工	256
第一节	历史和现状	256
第二节	结构体系	259
第三节	钢材及其性能	266
第四节	加工制造	269
第五节	吊装和连接	274
第六节	防火保护层	284
第七节	楼板工程	290
第十一章	施工组织管理	296
第一节	施工与设计结合	296
第二节	施工组织设计编制	297
第三节	施工网络计划	299
第四节	施工技术管理	301
第五节	质量、安全和消防管理	302
第六节	施工管理体制	305
第十二章	技术经济分析	306

第一节 分析对象	308
第二节 分析步骤	309
第三节 分析方法	310
第四节 工程实例	311
附表一 国内高层住宅简况	314
附表二 国内高层旅馆简况	316
附表三 国内高层公共建筑简况	319

绪 言

近十年来,我国的高层建筑有了很大的发展,从沿海的少数特大城市发展到遍及全国的许多大中城市,从高层旅馆、办公楼发展到高层住宅和教学、科研、医疗、展览、商业、服务业用房以及高层厂房、仓库,从十多层发展到二、三十层直至五十层以上,结构材料、结构类型和施工方法不断创新,通过大量的工程实践,积累了一定的高层建筑结构施工经验。为了使这些实践经验系统化、科学化,以便从事高层建筑的专业人员特别是施工技术人员参考,我们应上海科学技术出版社之约,编写了本书。

1986年1月在芝加哥召开了第三届国际高层建筑会议,纪念世界第一幢高层建筑诞生一百周年,并展望第二个一百年的发展方向和新技术动向。作为纪念对象的芝加哥家庭保险公司大楼是最先用铁框架和部分钢梁建成的。而作为砖砌筒体,则远在1400多年前,即公元523年就在我国河南登封建造了高10层的嵩岳寺塔,公元9世纪在云南大理建成11层的千寻塔,公元11世纪在河北定县建成11层的料敌塔。

近代高层建筑是城市化和工业化发展的产物,而科学技术的不断前进又为高层建筑的发展创造了物质条件。当今世界的高层建筑首先集中在发达国家,特别是美国、日本、西欧,苏联和东欧各国也兴建了大量高层建筑。在发展中国家,由于旅游、商业和城市发展的需要,也不同程度地建造了许多高层建筑。

我国近代的高层建筑始于1915年前后,解放前集中建在上海外国租界区,由于资本主义经济畸形发展,土地紧缺,地价暴涨,在20年代~40年代曾建成10层左右的建筑约100幢,其中最高的是23层的国际饭店。80%以上为商业性建筑,其余为高层公寓。除上海外,天津于1922年和1923年分别建成12层的海河饭店和11层的现人民大楼,广州1934年兴建了15层的爱群大楼。

50年代在北京、广州、沈阳、兰州等地建成少量八、九层的旅馆、办公楼。1958~1959年的北京国庆工程推动了高层建筑的发展,建成13层的民族文化宫和12层的民族饭店。

60年代广州建成18层人民大厦和27层广州宾馆,北京建成14层的民航大楼,天津建成12层南开大学主楼,香港开始大量兴建高层建筑。

70年代由于外事、旅游和城市住房等迫切需要,在北京、上海、广州、沈阳、天津、南京、武汉、青岛、郑州、无锡、苏州、兰州、南宁、桂林、柳州、长沙等地兴建了一批高层建筑,其中广州1977年建成33层、高115m的白云宾馆。香港1973年建成52层、高178m的康乐大厦。

进入80年代,全国各大城市和一批中等城市普遍兴建了高层建筑。据建设部建筑管理局统计,全国建工系统1984~1986年竣工10层以上高层建筑分别为263万、386万和536万 m^2 ,各占同年房屋竣工总面积的5.1%、6.5%和9.1%,呈迅速上升趋势。北京、上海、广州、深圳等地高层建筑比重更大(北京1986年高层建筑比重为26.0%,其中高层住宅比

重为 37.9%)，这几个城市都已开始建 50 层左右的大厦。深圳 1985 年已建成 50 层、高 160 m 的国际贸易中心。香港 1980 年建成 65 层、高 216 m 的合和中心，1985 年开始建 70 层、高 315 m 的中国银行香港分行。

国内 10 层以上的高层建筑一直以钢筋混凝土作为基本结构材料。主要原因在于钢筋混凝土的骨料可以就地取材，水泥的原材料资源丰富，耗钢量较少，造价较便宜，防火性能和耐久性好。因此包括香港 65 层合和中心和深圳 50 层国际贸易中心在内的绝大多数高层建筑都采用了钢筋混凝土结构。

钢筋混凝土用于高层建筑的不利之处是结构自重大、断面大，层数愈高愈突出。因此，除了要大力提高混凝土的标号、改善钢筋混凝土结构的性能外，还需要在超高层和大跨度的建筑中发展钢结构，或将钢结构和钢筋混凝土结构用于同一建筑的不同部位以发挥各自的优势。近几年已陆续兴建了一批钢和钢-钢筋混凝土结构，如上海的瑞金大厦、静安希尔顿酒店、锦江分馆、金沙江饭店、国际贸易中心，北京的香格里拉饭店、京城大厦、长富宫、国际贸易中心、京广大厦，深圳的发展中心以及香港的中国银行、汇丰银行等。

国内高层建筑的结构选型在 50 年代和 60 年代曾着重发展框架结构。70 年代以来，随着高层住宅和高层旅馆的大量兴建，各种剪力墙体系有了很大发展；在框架中适当设置一部分剪力墙可以提高抗震和抗风的性能，因此框架-剪力墙体系也采用较多。80 年代由于层数的提高，出现了多种筒体结构；由于对建筑多功能的要求，还出现了多种混合体系和一些新的体系，如框支剪力墙、框架筒体以及巨型结构等。

高层钢筋混凝土结构施工工艺，50 年代国内普遍采用现浇，以非定型木模为模板，钢筋在现场成型后人工绑扎，费工费料，拆模后混凝土表面不平整需要抹灰。1958 年经过 12 层北京民族饭店的实践，首次在国内高层建筑采用预制装配框架和整间大的预制楼板，减轻现场工作量，缩短了工期。接着又在 14 层的民航大楼首次采用包括预制挂板在内的全装配式建筑，并首次在国内采用爬塔吊装。1972~1973 年由于 18 层北京饭店东楼的施工，促成了国内首次自己设计制造成批的液压自升塔式起重机，为进一步发展高层建筑提供了性能较好的吊装设备。

1974 年国内开始在高层建筑中采用大模板和滑模两种现浇工业化体系，有力地推动了高层住宅和高层旅馆的大量兴建，例如在 70 年代北京兴建了建国门外的外交公寓和前三门大街等几十幢高层建筑，上海兴建了漕溪北路和陆家宅的高层住宅群。1975 年装配式大板住宅由多层发展到高层，取得较好的技术经济效果。实践说明，采用工业化现浇方法和预制装配方法都可以达到每个标准层 3~5 天的结构施工进度。

进入 80 年代，上海、南京、广州、深圳、北京等地的高层建筑都陆续采用泵送混凝土工艺，利用工厂或现场的集中搅拌站搅拌混凝土，并用搅拌车水平运输，再将混凝土直接泵送到施工部位，加速了结构施工进度，保证混凝土质量，节约施工用地。

高层建筑的发展必须相应地解决深基础施工问题，并且一定要适应当地的地基条件。近年来，除了采用箱形基础、筏片基础和预制桩基础外，各种现浇桩特别是大直径扩孔桩在高层建筑中有了较快的发展。

为保证在场地狭窄地区进行深基础施工，各种挡土桩以及土层锚杆、地下连续墙、沉箱、逆作法等技术有了不同程度的应用。

高层建筑的施工测量和结构施工机具也有所发展，本书作了专门的介绍。

本书最后介绍了高层建筑的施工组织管理和技术经济分析，并选择了一批国内近年兴建的高层建筑，将其主要技术经济特征列表介绍，以供参考。

为了努力反映国内各地高层建筑的实践成果，使读者增加受益，本书引用了一些参考资料，受篇幅限制，未能逐一列举。特对原作者表示谢意和歉意。

本书由胡世德同志主编，各章的执笔者为：第一章，王光遐；第二章，刘佩衡；第三章，施文华；第四章、第八章，侯君伟；第五章，毛凤林；第六章，徐祖元；第七章、第九章、第十一章、第十二章及绪言、附表，胡世德；第十章，顾思新。

第一章 施工测量

施工测量是高层建筑结构各施工阶段的先行工序。它主要包括四个部分: 建筑物各轴线的定位与控制, 各层标高的传递与抄平, 各层结构的位置、标高及墙柱垂直方向的测设与控制, 竣工与变形观测。施工测量是确保高层建筑工程按图施工和工程进度的基本工作之一, 是各项安装工程放线的依据。为此在施工组织设计中, 应列有切实可行的施工测量方案和各主要施工阶段中的测量方法, 在整个施工过程中, 各级有关领导和技术、质检等部门都要对测量放线工作给予应有的重视、指导和检查。

为了及时准确地做好施工测量工作, 测量放线人员在工作中应遵循以下基本准则:

- (1) 明确为工程服务, 对按图施工和工程进度负责的工作目的;
- (2) 遵守先整体后局部(即先测设场地整体控制网, 再以控制网为依据进行各局部建筑物的定位、放线)、高精度控制低精度的工作程序;
- (3) 选用科学、简捷、精度合理相称的施测方法, 合理选择、正确使用、精心爱护仪器, 在测量精度满足工程需要的前提下, 力争做到省工、省时、省费用;
- (4) 严格审核原始依据的正确性, 坚持测量作业与计算工作步步有校核的工作方法;
- (5) 严格执行安全、保密等有关规定, 用好管好设计图纸和有关资料, 实测时要当场做好原始记录, 测后要及时保护好桩位, 一切定位放线工作在经自检互检合格后, 方可申请主管技术部门预检及质检部门验线;
- (6) 紧密配合施工, 尽量利用施工间隙放线, 主动为施工创造条件, 发扬团结协作、不畏艰难、实事求是、认真负责的工作作风。

第一节 准备工作

做好施工测量前的准备工作, 不仅能使开工前的测量工作顺利进行, 而且对整个施工过程中的测量工作都有重要影响。准备工作主要有以下几个方面:

一、检校仪器

测量放线前, 应对所用仪器及钢尺进行检校及检定。

经纬仪先进行水准管轴(LL)垂直竖轴(VV)的检校, 校正至误差小于 $\tau/4$ (τ 是水准管气泡每移动 2mm、水准管轴倾斜的角度, 称为水准管分划值); 再进行视准轴(CC)垂直横轴(HH)的检校, 这是经纬仪检校的重点, 要求校正至 $2e$ (即 CC 不垂直 HH 误差的 2 倍) 小于 $\pm 12''$; 在高层结构施工测量中, 要特别注意横轴(HH)垂直竖轴(VV)的检校, 以保证竖向投测的精度。

水准仪主要检校水准管轴(LL)平行视准轴(CC), 要求校正至 i 角(即 LL 不平行 CC 的误差)小于 $\pm 10''$ 。使用自动安平水准仪时, 也应对其视准轴的 i 角进行检校。

对所用钢尺应检定其实际尺长。钢尺尺长与其刻划、施测时温度及拉力三者有关。一

般规定在温度 $+20^{\circ}\text{C}$ 及 50 N 拉力的标准条件下, 对所用钢尺与标准尺或已知高精度的直线长度做比较, 校尺误差应小于 0.5 mm 。高层结构施工期长, 可用不同的拉力以抵消温差对尺长的影响, 其规律是: 50 m 钢尺温度每变化 $\pm 1^{\circ}\text{C}$, 尺长就变化 $\pm 0.6\text{ mm}$; 断面积为 2.5 mm^2 的 50 m 钢尺, 拉力每变化 $\pm 10\text{ N}$, 尺长就变化 $\pm 1\text{ mm}$ 。例如某高层建筑工地, 有断面积为 2.5 mm^2 的同类型 50 m 钢尺三盘。在相同拉力下, 甲尺比乙尺长 8 mm , 丙尺比乙尺短 9 mm 。经与标准尺检定, 乙尺在温度 $+20^{\circ}\text{C}$ 、拉力 50 N 时, 尺长与标准尺相同。根据钢尺尺长受温度与拉力影响的规律, 列得表 1-1, 表明在不同温度时如何用不同拉力以达到各尺尺长的一致性。

用不同拉力抵偿温度对钢尺尺长的影响

表 1-1

	-5°C	0°C	5°C	10°C	15°C	20°C	25°C	30°C	35°C
甲尺	120 N	90 N	60 N	30 N	-3 mm 30 N	-6 mm 30 N	-9 mm 30 N	-12 mm 30 N	-15 mm 30 N
乙尺	$+6\text{ mm}$ 140 N	$+3\text{ mm}$ 140 N	140 N	110 N	80 N	50 N	20 N	-3 mm 20 N	-6 mm 20 N
丙尺	$+15\text{ mm}$ 140 N	$+12\text{ mm}$ 140 N	$+9\text{ mm}$ 140 N	$+6\text{ mm}$ 140 N	$+3\text{ mm}$ 140 N	140 N	110 N	80 N	50 N

对水准尺应检查零点位置、尺长及接口。

二、熟悉图纸

通过设计交底, 了解工程全貌和主要设计意图, 对于测量放线人员则要着重了解工程现场情况和定位条件、主要轴线尺寸和相互关系、地下地上标高尺寸以及设计对测量的精度要求。

设计图纸送来时, 按目录清点无误后, 在图上注明收图日期。然后先看总说明, 以全面了解工程概况、设计要求。学图纸要先总体后细部逐步深入。首先学习总平面图部分, 了解工程所在位置、周围环境及与原有建筑物的关系, 现场地形及拆迁情况(尤其是地下建筑物和地下管线的情况), 红线桩位置及坐标, 水准点位置及标高, 建筑物的朝向、定位条件、校核条件及 ± 0 的绝对标高(尤其是有几种不同标高的 ± 0 时), 建筑物主要轴线的间距及夹角, 室外地坪的竖向布置(标高、坡度和绿化)及道路、地上地下管线的安排等。其中特别要注意的是定位条件及轴线关系, 现场地形, 拆迁及测量通视情况。然后学习建筑施工图部分, 以对建筑物的平、立、剖面的形状、尺寸、构造有全面的了解。它是整个工程施工放线的依据, 在学习时要特别注意轴线尺寸及各层标高和总图中有关部分是否对应。其次学习结构施工图部分, 这是结构施工测量的主要依据, 要着重掌握轴线尺寸、层高、结构尺寸(如墙宽、柱断面、梁断面和跨度、楼板厚等)等。看图时要以轴线图为准对比基础、非标准层及标准层之间的轴线关系, 还要注意对照建筑图查看相关联部位的轴线、尺寸、标高是否对应, 构造是否合理。设备图要对照和结合土建图一并学习, 尤其要注意某些设备安装, 其精度要求直接受控于结构工程, 或要求结构施工预埋件、预留孔洞等。

在学习图纸的过程中, 要对图上全部尺寸进行核对, 当各单张图纸校核无误后, 对于总平面图要以轴线图为准核对基础、非标准层、标准层的有关尺寸、标高是否对应等。对于测量放线人员还要着重对总平面图和各单幢建筑的四周边界轴线尺寸是否交圈进行核算, 校

算方法可以分以下几种情况:

1. 矩形

核算两对边尺寸是否相符,有关轴线关系是否对应(尤其是纵向或横向两端不贯通的轴线)等。

2. 多边形

先核算其内角和应等于 $(n-2) \times 180^\circ$ (n 为多边形的边数)。再核算其四周长是否交圈,核算方法可用闭合多边形各边长在任意二坐标轴上投影的代数和应等于零;或以任意角顶为极,将多边形划为 $(n-2)$ 个三角形,先从一侧的已知两边一夹角的三角形开始,用余弦定理求得第三边长后,用正弦定理求得其余二夹角,然后依次类推逐个解算各三角形至另一侧,当最后一个三角形推算出的边长及夹角与已知值相等时,此多边形四周边长交圈。

例如某文化交流中心,中心部分为3~4层高的演出厅及报告厅,其顶面为屋顶花园,四周为7~21层的建筑,整个建筑物平面为对称的多边形(图1-1)。建筑物中间为一个 $110 \times 20\text{m}$ 的矩形(1—6—7—12),两侧为对称的六边形(1—2—3—4—5—6、7—8—9—10—11—12)。故只要核算一侧的六边形即可。

先计算六边形内角和($90^\circ + 135^\circ + 135^\circ + 170^\circ + 130^\circ + 60^\circ = 720^\circ$)正等于 720° ,再核算四周边长是否交圈。若用投影和的方法,应先假定一个边的方向,如定1-2边的方位角 $\phi_{12} = 0^\circ$,则可根据各左夹角 β_i ,按下式推算各边方位角 ϕ_{ij} :

$$\text{下一边的方位角 } \phi_{ij} = \text{上一边的方位角 } \phi_{i-1,i} + \text{左夹角 } \beta_i \pm 180^\circ \quad (1-1)$$

一般按下列格式推算各边方位角,以利计算与校核:

$\phi_{12} \dots\dots\dots 0^\circ$	$\phi_{45} \dots\dots\dots 260^\circ$	以下为计算校核
$+ \beta_2 = 135^\circ$	$+ \beta_5 = 130^\circ$	
135°	390°	
$+ 180^\circ$	$- 180^\circ$	
$\phi_{23} \dots\dots\dots 315^\circ$	$\phi_{56} \dots\dots\dots 210^\circ$	
$+ \beta_3 = 135^\circ$	$+ \beta_6 = 60^\circ$	
450°	270°	
$- 180^\circ$	$- 180^\circ$	
$\phi_{34} \dots\dots\dots 270^\circ$	$\phi_{61} \dots\dots\dots 90^\circ$	
$+ \beta_4 = 170^\circ$	$+ \beta_1 = 90^\circ$	
440°	180°	
$- 180^\circ$	$- 180^\circ$	
$\phi_{45} \dots\dots\dots 260^\circ$	$\phi_{12} \dots\dots\dots 0^\circ$	

各边在坐标轴上的投影称为坐标增量,以 ij 边为例(图1-2),其计算公式如下:

$$\left. \begin{aligned} \Delta Y_{ij} &= D_{ij} \sin \phi_{ij} \\ \Delta X_{ij} &= D_{ij} \cos \phi_{ij} \end{aligned} \right\} \quad (1-2)$$

* 此公式通称坐标正算,亦即由极坐标(D, ϕ)换算成直角坐标(Y, X)。用一般函数型计算器均可进行这项计算。具体步骤为:

CA型计算器的计算程序为:

[DEG] D [INV] [] [] ϕ [] [] ΔX [X→Y] ΔY

SH型计算器的计算程序为:

[DEG] D [↓] ϕ [2ndF] [→X/Y] ΔX [↓] ΔY

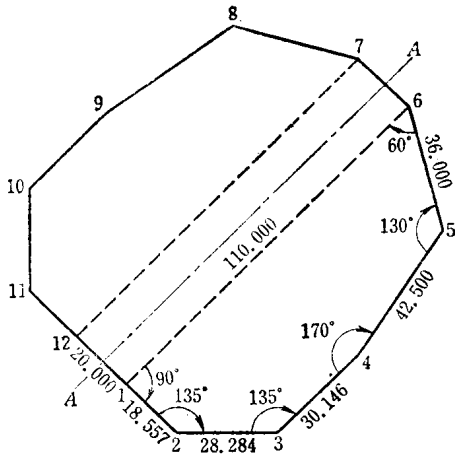


图 1-1 某文化中心平面

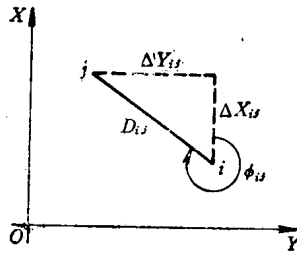


图 1-2 坐标增量图

式中: ΔY_{ij} —— ij 边横坐标增量;
 ΔX_{ij} —— ij 边纵坐标增量;
 D_{ij} —— ij 边边长;
 ϕ_{ij} —— ij 边方位角。

整个校核计算可列表进行(见表 1-2)。由计算结果知各边横向、纵向坐标增量的代数和($\sum \Delta Y$ 、 $\sum \Delta X$)均等于 0, 故此六边形四周边长交圈。

坐标正算表

表 1-2

点 名	左 夹 角 β	方 位 角 ϕ	边 长 D	坐 标 增 量		备 注
				横 向 ΔY	纵 向 ΔX	
1		0°	18.557	0.000	+18.557	假定 1-2 边方位角 $\phi_{12}=0^\circ$
2	135°	315°	28.284	-20.000	+20.000	
3	135°	270°	30.146	-30.146	0.000	
4	170°	260°	42.500	-41.854	-7.380	
5	130°	210°	36.000	-18.000	-31.177	
6	60°	90°	110.000	+110.000	0.000	
1	90°			+110.000 -110.000	+38.557 -38.557	
和 校 核	$\sum \beta = 720^\circ$			$\sum \Delta Y = 0.000$	$\sum \Delta X = 0.000$	

若用划分三角形的方法(图 1-3), 以 1 点为极, 将六边形划分为 $\triangle 123$ 、 $\triangle 134$ 、 $\triangle 145$ 和 $\triangle 156$ 四个三角形。

先从 $\triangle 123$ (已知 1-2 边长 = 18.557 m、2-3 边长 = 28.284 m, $\angle 2 = 135^\circ$) 开始解算: 先用余弦定理求得 1-3 边长 = 43.435 m, 后用正弦定理求得 $\angle 231 = 17^\circ 35' 02''$ 、 $\angle 312 = 27^\circ 24' 58''$; 然后在 $\triangle 134$ (已知 1-3 边长 = 43.435 m、3-4 边长 = 30.146 m, $\angle 134 = \angle 3 - \angle 231 = 117^\circ 24' 58''$) 中解得: 1-4 边长 = 63.255 m、 $\angle 341 = 37^\circ 33' 23''$ 、 $\angle 413 = 25^\circ 01' 29''$; 其次在 $\triangle 145$ (已知 1-4 边长 = 63.255 m、4-5 边长 = 42.500 m, $\angle 145 = \angle 4 - \angle 341 =$

132°26'37")中解得: 1-5 边长=97.139 m、∠451=28°43'13"、∠514=18°50'10"; 最后在△156(已知 1-5 边长=97.139 m、5-6 边长=36.000 m、∠156=∠5-∠451=101°16'47")中解得: 1-6 边长=110.000 m、∠561=60°00'00"、∠615=18°43'13" 均与已知值相等, 说明此六边形四周边长交圈, 结论与上法完全一致。

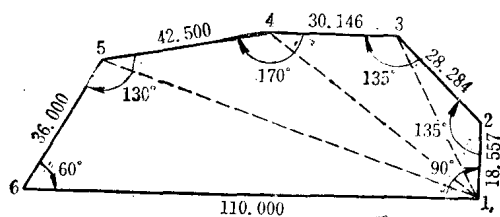


图 1-3 某文化中心部分平面

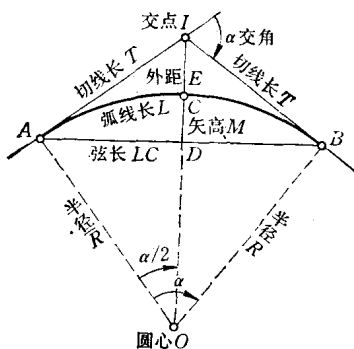


图 1-4 圆曲线各部名称

3. 圆形或扇形

如图 1-4 所示, 要用以下公式核算有关尺寸:

$$\text{切线长 } T = R \operatorname{tg} \alpha / 2 \quad (1-3)$$

$$\widehat{ACB} \text{ 弧线长 } L = R \alpha^\circ \frac{\pi}{180^\circ} = 0.0174533 R \alpha^\circ \quad (1-4)$$

$$AB \text{ 弦长 } LC = 2R \sin \frac{\alpha}{2} \quad (1-5)$$

$$IC \text{ 外距 } E = R \left(\sec \frac{\alpha}{2} - 1 \right) \quad (1-6)$$

$$CD \text{ 矢高 } M = R \left(1 - \cos \frac{\alpha}{2} \right) \quad (1-7)$$

$$\text{计算校核 } T^2 = (E + M)^2 + (LC/2)^2 \quad (1-8)$$

例如北京国际饭店, 主楼 29 层, 其平面形状是以三个圆弧为主组成的对称图形, 如图 1-5 所示 (12-3-45-O-67-8-1), 对其四周边长是否交圈的核算工作, 可分以下几步进行:

(1) 先核算图中所注各段分尺寸之和应等于其总尺寸, 再核算 $\triangle O_1 O_2 O_3$ 与 $\triangle O_1 O_3 O_2$ 的内角和应等于 180° ;

(2) 用勾股定理核算三个直角三角形 $O_1 O O_2$ 与 $O_1 B_3$ 、 $O_2 B_3$ 的边长, 分别满足:

$$(72.697 \text{ m})^2 + (59.661 \text{ m})^2 = (94.044 \text{ m})^2$$

$$(47.022 \text{ m})^2 + (14.264 \text{ m})^2 = (49.138 \text{ m})^2$$

(3) 用公式(1-4)核算:

$$\widehat{12} \text{ 弧长 } L_1 = 0.0174533 \times 35.702 \text{ m} \times 112.5 = 70.101 \text{ m}$$

$$\widehat{45} \text{ 与 } \widehat{67} \text{ 弧长 } L_2 = 0.0174533 \times 36.422 \text{ m} \times 67.5 = 42.909 \text{ m}$$

(4) 用公式(1-5)核算:

$$12 \text{ 弦长 } LC_1 = 2 \times 35.702 \text{ m} \times \sin \frac{112.5}{2} = 59.370 \text{ m}$$

$$45 \text{ 与 } 67 \text{ 弦长 } LC_2 = 2 \times 36.422 \text{ m} \times \sin \frac{67.5}{2} = 40.470 \text{ m}$$

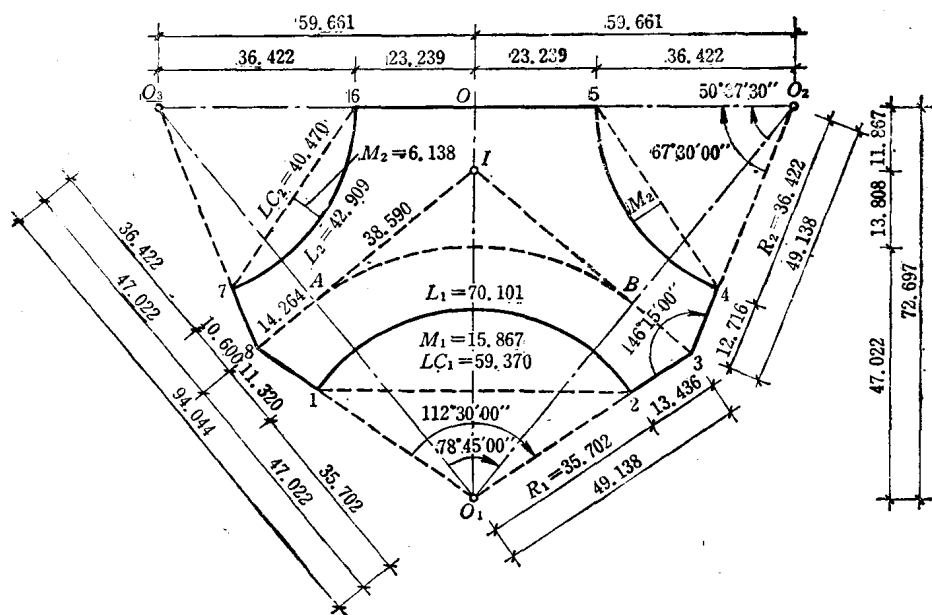


图 1-5 北京国际饭店平面

(5) 用公式(1-7)核算:

$$\widehat{12} \text{ 弧的矢高 } M_1 = 35.702 \text{ m} \times \left(1 - \cos \frac{112^\circ 5'}{2}\right) = 15.867 \text{ m}$$

$$\widehat{45} \text{ 与 } \widehat{67} \text{ 弧的矢高 } M_2 = 36.422 \text{ m} \times \left(1 - \cos \frac{67^\circ 5'}{2}\right) = 6.138 \text{ m}$$

(6) 用公式(1-3)核算:

$$\widehat{AB} \text{ 的切线长 } T = 47.022 \text{ m} \times \operatorname{tg} \frac{78^\circ 75'}{2} = 38.590 \text{ m}$$

用公式(1-6)核算:

$$\widehat{AB} \text{ 的外距 } E = 47.022 \text{ m} \times \left(\sec \frac{78^\circ 75'}{2} - 1\right) = 13.808 \text{ m}$$

(7) 用公式(1-8)对 T 、 LO 、 M 和 E 作计算校核。

通过以上核算,对照图 1-5 中所注尺寸,说明该图四周边长交圈是无误的。

三、校核红线桩与水准点

对甲方提供的由城市规划测量部门测定的建筑红线桩与水准点是建筑物定位与确定标高的依据,使用前均应进行校核。

1. 核算设计图上红线桩的坐标与其边长、夹角是否对应

这项计算称为坐标反算,即先根据红线桩的坐标值,按下式计算各红线边的坐标增量。

$$\left. \begin{aligned} \Delta Y_{ij} &= Y_j - Y_i \\ \Delta X_{ij} &= X_j - X_i \end{aligned} \right\} \quad (1-9)$$

再按下式计算红线边长 D 及其方位角 ϕ 。

$$\left. \begin{aligned} D_{ij} &= \sqrt{(\Delta Y_{ij})^2 + (\Delta X_{ij})^2} \\ \phi_{ij} &= \text{tg}^{-1} \frac{\Delta Y_{ij}}{\Delta X_{ij}} \end{aligned} \right\} (1-10)^*$$

根据各边方位角按式(1-11)计算各红线间的左夹角 β_i 。

$$\text{左夹角 } \beta_i = (\text{下一边的方位角 } \phi_{ij}) - (\text{上一边的方位角 } \phi_{i-1,i}) \pm 180^\circ \quad (1-11)$$

例如某高层饭店的总平面布置如图 1-6 所示,给出了红线桩的坐标、边长及左夹角。校核计算根据公式(1-9)~(1-11)在表 1-3 中进行,核算结果是只有 DA 边长及 D 点左夹角与设计图中所给数字相符合。经与设计单位交涉,设计单位校核了表 1-3 及设计图,发现是设计图上 B 点坐标给错,CD 边长本应 128.173 m,漏写为 128.73 m,经设计单位更正后,所有边长与左夹角均相符合,防止了可能发生的故事。

坐标反算表

表 1-3

点名	横坐标 Y	横坐标增量 ΔY	纵坐标 X	纵坐标增量 ΔX	边长 D	方位角 ϕ	左夹角 β
A	7712.723	+22.980	8770.577	-66.135	70.014	160°50'21"	
B	7735.703	+16.974	8704.442	-5.733	17.916	108°39'45"	127°49'24"
C	7752.677	+104.379	8698.709	+74.387	128.173	54°31'26"	125°51'41"
D	7857.056	-144.333	8773.096	-2.519	144.355	269°00'00"	34°28'34"
A	7712.723		8770.577				71°50'21"
和校核	$\Sigma \Delta Y =$	+144.333 -144.333 0.000	$\Sigma \Delta X =$	+74.387 -74.387 0.000		$\Sigma \beta =$	360°00'00"

2. 实地校测红线边长及左夹角

红线桩位是城市规划测量部门按城市测量规范要求测定的,其精度一般均较高,但常因种种原因桩位被碰动或有误。为了校核桩位和防止误用被碰动的桩位,应会同甲方一起对红线边长及左夹角进行实地校测。当发现错误或误差超限时,应请甲方妥善处理。

3. 校测水准点

用水准仪实地校测甲方所给水准点间的高差,发现问题请甲方处理。

总之,通过核算及实地校测,取得正确的测量起始数据与起始点位,是做好整个施工测量的基础。

四、制定测量放线方案

根据设计要求与施工方案,制定切实可行的测量放线方案,它应包括以下内容:

* 此公式通称坐标反算。亦即由直角坐标(Y, X)换算成极坐标(D, ϕ)。用一般函数型的计算器均可进行这项计算。具体步骤为:

CA 型计算器的计算程序为:

$$\boxed{\text{DEG}} \Delta X \boxed{\text{INV}} \boxed{+} \Delta Y \boxed{=} D \boxed{\text{X} \rightarrow \text{Y}} \phi$$

SH 型计算器的计算程序为:

$$\boxed{\text{DEG}} \Delta X \boxed{\downarrow} \Delta Y \boxed{2\text{ndF}} \boxed{\rightarrow r6} D \boxed{\downarrow} \phi$$

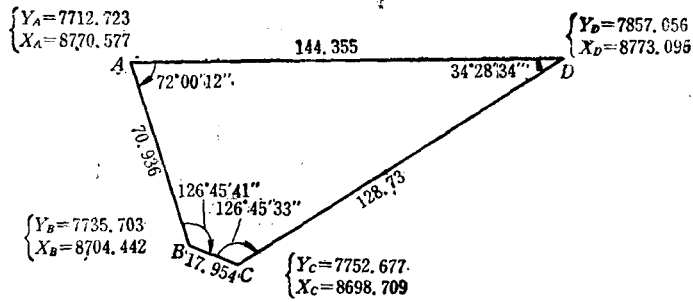


图 1-6 某高层饭店红线尺寸

- (1) 平面控制网的测定与桩位保护;
- (2) 标高控制网的测定与桩位保护;
- (3) ± 0 以下的施工放线工作;
- (4) ± 0 以上的施工放线与高层的垂直方向的测定;
- (5) 变形观测与竣工测量等。

测量放线方案是施工组织设计中的一部分, 经领导批准后, 就应按方案施测。实践证明, 测量放线工作是保证工程质量和进度的重要环节。

五、器材准备

根据高层结构的垂直测量要求, 尤其是在场地窄小的情况下, 所用经纬仪应配有 90° 折光棱镜或弯管目镜(图 1-7), 这样经纬仪在高层建筑的近旁, 即可进行竖向观测。此外还要配备函数型计算器、弹簧秤、记录本、木桩、铁桩、小钉以及伞、斧、锯等。

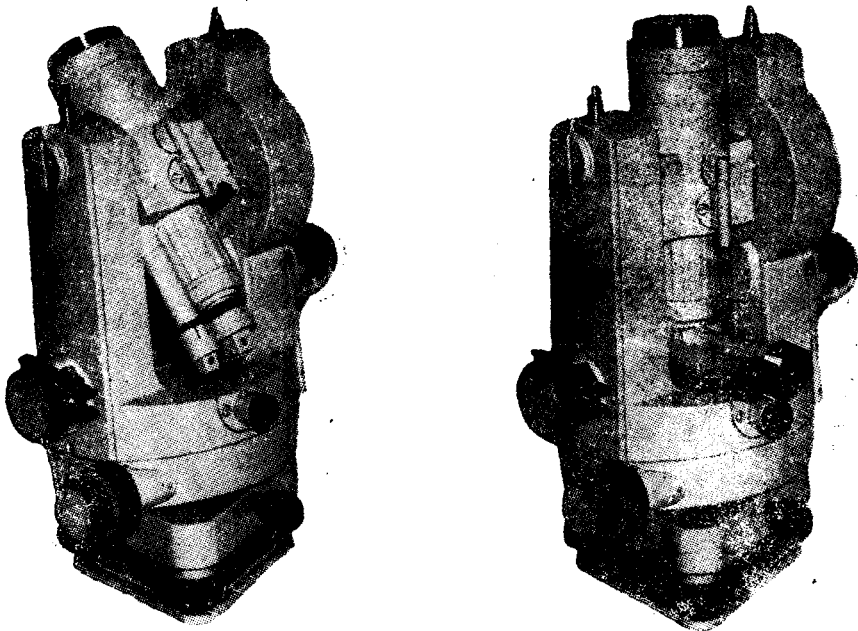


图 1-7 配有 90° 折光棱镜和弯管目镜的经纬仪

第二节 平面控制网和主轴线测定

根据先整体后局部、高精度控制低精度的工作程序,准确地测定与保护好场地平面控制网和主轴线的桩位,是保证场地内各幢建(构)筑物平面定位测量精度的基础。因此,控制网与主轴线的选择、测定及桩位的保护等工作,应与施工方案、现场布置统一考虑确定。

一、网形

网形应根据设计定位条件、建筑物形状、主要点位和轴线尺寸以及施工方案、现场情况等进行全面考虑。要在便于施测、使用(平面定位及高层竖直控制)和长期保留的原则下,尽量组成四周平行建筑物的闭合图形,以便于闭合校核。平面网中的控制线应包括建筑物的主要轴线,其间距以 30~50 m 为宜。常用的网形有以下几种:

1. 矩形网

这是建筑场地中最常用的网形,通称建筑方格网,适用于一般按方形或矩形布置的建

群或大型、高层建筑。图 1-8 是图 1-5 所示国际饭店的场地平面控制网。 $ABCD$ 是建筑红线。 $\angle A = 90^{\circ}00'00''$ 。建筑定位条件是以 A 点点位和 AB 、 AD 方向为准按图示尺寸定位。

图 1-9 为南京金陵饭店的场地平面控制网。小方格尺寸为 7.875×7.875 m。定位条件是由广场中心起沿路中线量 123.300 m,然后转 $90^{\circ}00'00''$ 定 X 轴方向、并量 84.200 m 定 O 点。金陵饭店主楼平面尺寸为 31.500×31.500 m, 37 层高 110.750 m。

2. 多边形网

对于非矩形布置的建筑场地,可按其主轴线的情况,测设多边形平面控制网。网中应尽量包括建筑物的对称轴线及主要轴线,主要圆心点(或其他几何中心点)及直径方向(或切线方

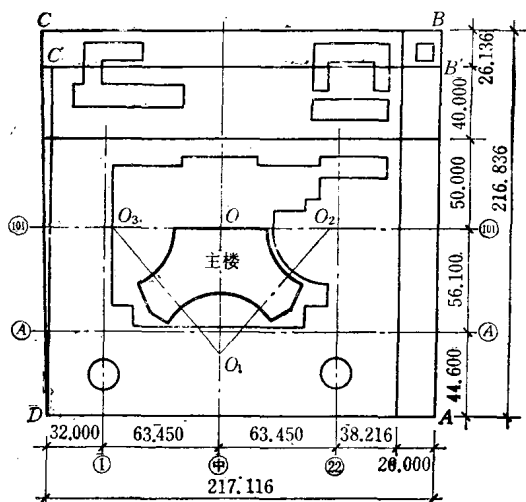


图 1-8 国际饭店场地平面控制网

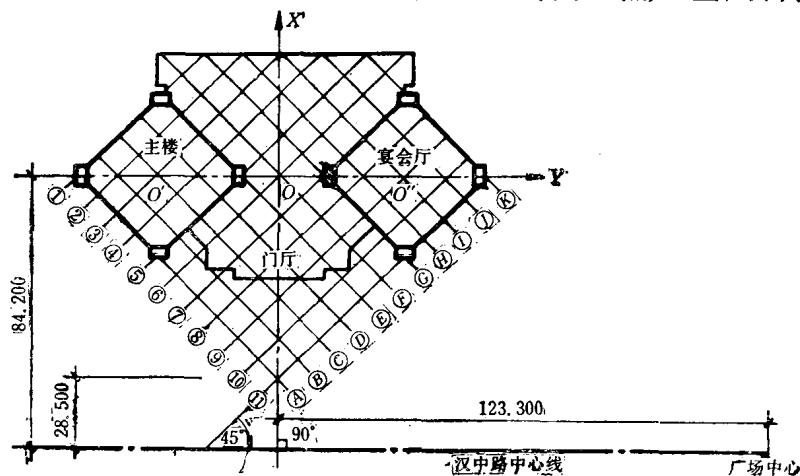


图 1-9 金陵饭店场地平面控制网