

CHSH

导线测量

顾孝烈 杨子龙 编著
都彩生 陆剑鸣

测绘出版社

城市导线测量

顾孝烈 杨子龙 编著
都彩生 陆剑鸣

测绘出版社

内 容 提 要

本书系统地介绍城市及工矿地区的三、四等和一、二级导线的设计、施测和计算的理论和方法。在导线的测量方法中,除了介绍常规的测角、测距方法以外,重点介绍光电测距的方法。在平差计算和精度估算中,除了介绍常规的平差方法和估算方法以外,还提出适合于编制电算程序的严密平差方法;并利用这种方法和电算程序,估算导线网中的点位误差椭圆,研究导线网中的误差传播规律,进行精度分析,据此探讨导线测量的精度要求和布网方案等问题。

城市导线测量

顾孝烈 杨子龙 编著
都彩生 陆剑鸣

测绘出版社出版

测绘出版社印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行·各地新华书店经售

开本 787×1092 1/16·印张 28 ·插页 1 ·字数 646千字

1984年9月第一版·1984年9月第一次印刷

印数 1—12000册·定价 5.10 元

统一书号: 15039·新 296

前 言

随着光电测距仪和电子计算技术的普遍应用，以导线方式布设城市及工矿地区的基本平面控制网将会得到很大的推广，有关城市导线网的布设方案、精度分析、施测方法、技术规定、各项改正、平差计算和精度评定等方面都应有所修正、补充和发展。目前国内很多城市和工程测量单位正在进行这方面的实践与探讨。为促进我国城市测量的发展，有利于“四个现代化”的建设，总结这方面的实践经验，并进行理论分析以进一步指导实践，就显得十分迫切。本书就是希望能有助于达到这方面的目的而编著的。

编著者在历年来参加城市导线测量生产实践和工程控制网专题研究的基础上写作本书。全书共分九章，另加一些附录。第一章、第二章、第八章、第九章及附录由顾孝烈编写，第三章、第五章由杨子龙编写，第四章、第六章和第七章由陆剑鸣和都彩生编写，虞润身同志审阅了第六章有关光电测距内容。本书由顾孝烈负责主编。

本书初稿承北京市测绘处有关同志进行了详细的审阅和提出改进意见，谨此表示感谢。

由于我们的理论水平有限，实践经验不多，缺点和错误在所难免，敬请读者批评指正。

编著者

1982年5月

目 录

第一章 绪 论

- § 1-1 概述 (1)
- § 1-2 城市和工程建设地区平面控制网布设的基本概况 (2)
- § 1-3 城市和工程建设地区导线测量的内容和特点 (4)

第二章 导线施测前的工作

- § 2-1 导线网布设的方案设计 (6)
- § 2-2 踏勘选点 (9)
- § 2-3 埋石造标 (11)

第三章 角度测量

- § 3-1 概述 (16)
- § 3-2 光学经纬仪的构造和读数方法 (16)
- § 3-3 经纬仪的仪器误差及其对测角的影响 (28)
- § 3-4 经纬仪的检验和校正 (33)
- § 3-5 强制归心设备、光学对中器和照准觇牌 (43)
- § 3-6 水平角观测方法及成果处理 (47)
- § 3-7 测站归心与目标归心 (53)
- § 3-8 水平角观测的误差分析 (60)
- § 3-9 垂直角观测和三角高程测量 (62)

第四章 钢尺量距

- § 4-1 钢尺量距的方法及成果处理 (72)
- § 4-2 钢尺检定 (75)
- § 4-3 钢尺量距的误差分析 (79)
- § 4-4 间接量距及其误差分析 (82)

第五章 横基尺视差法测距

- § 5-1 横基尺 (86)
- § 5-2 视差法测距的误差来源 (87)
- § 5-3 视差角的测角方法 (90)
- § 5-4 横基尺的检定 (94)
- § 5-5 各种视差环节的施测方法和误差分析 (96)

第六章 光电测距

- § 6-1 概述 (105)
- § 6-2 光电测距的基本原理 (106)
- § 6-3 红外光电测距仪的性能和使用方法 (117)

§ 6-4	红外光电测距仪的检验	(130)
§ 6-5	城市导线的光电测距方法及成果处理	(144)
§ 6-6	光电测距的误差分析	(160)
第七章 导线与高级控制点的连接		
§ 7-1	连接测量的方法	(169)
§ 7-2	连接测量的精度要求与施测的 注意 事项	(172)
§ 7-3	连接图形的平差计算	(175)
§ 7-4	坚强方向角的传递	(181)
第八章 导线和导线网的平差		
§ 8-1	导线测量成果的归算	(183)
§ 8-2	导线测量错误的检查	(193)
§ 8-3	导线测量观测值的 精度 评定	(196)
§ 8-4	单导线按条件严密平差	(205)
§ 8-5	导线网按附有未知数的条件严密平差	(232)
§ 8-6	导线和导线网按坐标变量法平差	(271)
§ 8-7	导线和导线网分别平差法概述	(288)
§ 8-8	单导线分别平差	(290)
§ 8-9	导线网按多边形法分别平差	(294)
§ 8-10	导线网按结点法分别平差	(308)
§ 8-11	导线网按等权替代法分别平差	(332)
第九章 导线网的精度分析和设计		
§ 9-1	概述	(342)
§ 9-2	导线测量的误差传播	(342)
§ 9-3	附和导线中点点位误差与端点点位误差的关系	(369)
§ 9-4	起始数据和导线测量的精度要求	(374)
§ 9-5	导线网精度的初步分析	(379)
§ 9-6	用点位误差椭圆分析导线和导线网的精度	(392)
§ 9-7	城市及工程建设地区三、四等和一、二级导线网的布网方案和 主要技术要求	(411)
附录一	导线网按坐标变量法平差电算程序	(422)
附录二	参考椭圆柱卯西曲率半径(N)、子午曲率半径(M)、平均曲率半径 (Rm)及 f 值表	(434)
附录三	直伸等边导线平差 a'' 、 b'' 系数表	(436)

第一章 绪 论

§ 1-1 概 述

建国以来,我国测绘事业得到了迅速的发展,取得了显著的成绩,根本改变了旧中国测绘事业十分落后的面貌。现在我们已经在全国范围内建立了大地控制网,统一了全国测量坐标系统和高程系统;测绘了国家基本用图,出版了各类地图集;在许多城市和工程建设地区建立了城市 and 工程控制网并测绘了大比例尺地形图。这些成果已为我国的社会主义建设作出了贡献。

随着我国四个现代化建设的进展,在城市建设和各项工程建设中,将对测量工作提出更多、更高的要求,需要测绘更多、更好的地形图,进行大量的、精密的工程建筑物的施工放样等工作。

为了测绘地形图和进行工程建筑物的施工放样,必须先进行控制测量,建立测量控制网。测量控制网是各项测量工作的基础。对于测图而言,保证各幅地形图具有一定的精度,并能互相拼接成为一个整体,以满足各方面用图的需要。对于工程施工而言,可以控制工程的全局,使各建筑物、构筑物的轴线位置和高程位置在一定精度范围内保持正确的关系,以满足工程设计的要求。

为了限制测量误差的积累,建立控制网时采用分级布网和逐级控制的原则。

测量控制网分为高程控制网和平面控制网两大部分,其中每一部分又有基本控制与图根控制之分。基本控制为图根控制的基础,它应能满足各种比例尺测图时布设图根控制的需要,并且也可以作为一般工程施工放样的基础,因此需要有较高的精度。图根控制为测绘某一种比例尺地形图时所专用,只需要具有该种比例尺测图所要求的精度。

国家大面积的基本高程控制网为一、二、三、四等水准网,城市及工程建设地区一般按其面积大小,依次为二、三、四等水准网。图根高程控制网为图根水准网和三角高程网。

国家大面积的基本平面控制网主要用一、二、三、四等三角网来建立,个别地区采用相应等级的导线网。图根平面控制网则以三角网或导线网的形式加密到能保证 1:10000 比例尺的国家基本用图测绘的需要。城市和工程建设地区由于需要测绘 1:5000~1:500 的大比例尺地形图以及进行大量的工程建筑物、构筑物的施工放样,因此需要有更密的平面控制网。一般建立城市二、三、四等三角网或相应等级的导线网,以下再用一、二级导线加密,作为基本平面控制网。然后才能布设大比例尺的图根控制网,以及满足工程施工的需要。

本书讨论有关城市及工程建设地区布设各个等级导线网时的方案设计、踏勘选点、埋石造标、角度和距离测量、成果整理、平差计算和精度分析等问题。

§ 1-2 城市和工程建设地区平面控制网布设的基本概况

我国城市及工程建设地区的平面控制网在过去的五十年代和六十年代中,大范围内总是以三角网为主,导线网只是在四等三角网以下作为加密基本控制点用。这是和当时精密量距的困难,以及相对来说测角仪器有较高的精度等情况联系在一起的。特大城市包括郊区在内的测区面积达几千平方公里,首级三角网(主网)一般为城市二等全面网,以下布设城市三、四等插网或插点。然后在较空旷的郊区布设一、二级小三角网,在市区布设各级导线网,直至满足郊区 1:2000 比例尺测图和市区 1:1000~1:500 比例尺测图的布设图根控制网的需要为止。大、中城市包括郊区在内的测区面积从几十平方公里至几百平方公里,一般以三等或四等三角网作为首级网,然后在四等三角网下用各级导线网加密。对于中、小城市一般以四等三角网作为首级网。只有面积在 10 平方公里以下的小城镇或工业建设地区才采用小三角网或一、二级导线网作为首级控制。当时这种布网情况和 1959 年开始试行的《城市测量规范》(草案)●相适应。

《城市测量规范》(草案)对各等城市三角网的边长和密度在建筑区的一般规定如表 1-1。

1959 年《城市测量规范》中关于城市三角网的边长和密度的规定

表 1-1

三角网等级	二等		三等		四等	
	主网	加密网	主网	加密网	主网	加密网
一般边长 (km)	6~13	4~9	3~8	2~6	2~5	1~3
概略的平均边长 (km)	9		5		2~3	
三角点的概略密度 (平方公里/点)			4~6			

为了满足城市及工程建设地区最大比例尺测图 (1:500 或 1:1000) 和工程建筑施工放样的需要,平面控制点的布设必须达到一定的密度。四等三角网的边长虽已缩短至 2~3 km,还只能在 4~6 km²中有一点。据统计,在市区 1km²中平均要布设 15~20 个各级导线点才能满足布设图根导线及市政工程施工放样的需要。因此导线点的加密是大量的,城市三角网基本上是为布设城市各级导线而建立,三角点的精度与密度基本上决定于建立导线网时的需要。

《城市测量规范》(1959 年)将城市导线分为一、二、三级。一级导线通常作为大城市建成区内四等三角网下的首级导线网;二级导线通常作为中等城市建成区内的首级导线,或作为一级导线的加密;三级导线通常作为小城市内建成区的首级导线,或作为一、二级导线的加密。施测各级导线的规格要求●如表 1-2。

随着光电测距仪的发展和推广,我国从六十年代末开始,城市三角网的基线网逐步以

● 建筑工程部综合勘察院及城市设计院合编,1959 年出版。

● 1959 年《城市测量规范》(草案)第二章第 42 节

1959 年《城市测量规范》中关于一、二、三级导线测量的规格要求

表 1-2

导线级别	测角中误差	最 大 相对闭合差	导线最大长度 (km)		平均边长 (m)	最短边长 (m)
			点位中误差 要求为 5 cm	点位中误差 要求为 10 cm		
一	5"	1/12000	3	—	250	100
二	8"	1/8000	2 —	— 3	200 250	80 100
三	12"	1/5000	1 —	— 2	80 160	50 80

光电测距仪测定的基线边来代替。由于光电测距的基线边可以按需要来布设，首级网也比较多地采用边长较短的全面三角网，使有可能减少控制网的层次和提高精度。四等三角网的边长缩短至 2 公里左右，以下的城市导线有可能减少为两个等级。

1979 年试行的《工程测量规范》中，平面控制网的划分依次为二、三、四等三角，一、二级小三角或一、二级导线。三角测量和导线测量的主要技术要求●如表 1-3 和 1-4。

1979 年《工程测量规范》中关于三角网（镇）的主要技术要求

表 1-3

等级	平均边长 (km)	测角中误差 (")	起始边边长 相对中误差	最弱边边长 相对中误差	测回数			三角形最 大闭合差 (")
					J ₆	J ₂	J ₁	
二等	9	1	1/250000	1/120000			12	3.5
三等	4.5	1.8	1/150000 (首级) 1/120000 (加密)	1/70000		9	6	7
四等	2	2.5	1/100000 (首级) 1/70000 (加密)	1/40000		6	4	9
一级小三角	1	5	1/40000	1/20000	6	2		15
二级小三角	0.5	10	1/20000	1/10000	2	1		30

注：(1)若四等三角及一、二级小三角为加密网时，其相邻点相对点位中误差或相对于高级点的点位中误差，不应超过 5cm。

(2)当测区测图的最大比例尺为 1:1000 时，一、二级小三角的边长可适当放长，但最长不应超过上表规定的 2 倍。若为加密网时，则其相应的点位中误差不应超过 10cm。

1979 年《工程测量规范》中关于一、二级导线测量的主要技术要求

表 1-4

等级	附合导线 长度 (km)	相对闭合差	平均边长 (m)	测角中误差 (")	边长丈量较 差相对误差	测回数		方位角 闭合差 (")
						J ₆	J ₂	
一级	2.4	1/10000	200	6	1/20000	4	2	$12\sqrt{n}$
二级	1.2	1/5000	100	12	1/10000	2	1	$24\sqrt{n}$

注：(1)n 为测站数。

(2)当测区测图的最大比例尺为 1:1000 时，二级导线的附合长度可适当放长，但最长不应超过表中规定的 2 倍。

● 冶金工业部主编，1979 年出版《工程测量规范》第二章，第 7 条和第 11 条。

七十年代的中期，随着短程光电测距仪的发展和推广应用，我国在城市导线测量中开始采用光电测距。起先是一、二级导线，以后又以四等导线（又称精密导线）来代替四等三角，并且开始显示出它的优越性。城市一、二级导线一般总是沿道路敷设，白天在车辆过往频繁、行人拥挤的街道上，开展钢尺丈量或视差法测距往往会遇到困难，而不得不改为夜间作业。此时光电测距不但有速度和精度方面的优点，而且利用升高仪器与反光棱镜的脚架的办法，可以顺利地通过白天的闹市。光电测距也使导线穿过不平坦的地段、导线与三角点的连接等成为轻而易举。城市环境的特点是建筑物林立、存在工厂区和绿化区等大量通视上的障碍物。以普遍采用的城市四等三角网为例，三角网的图形结构往往与下级导线的布网要求发生矛盾。在一、二级导线需要有起始点的地方设点，可能会使三角网的图形变坏而影响精度，有时甚至因通视困难而无法设点，或需要建造高标。如果代之以导线，则选点就会灵活方便得多，基本上可以按照布设下级网的需要来设点，可以使上下级控制网之间配合得更紧密，而导线的图形在线路不超过规定长度的条件下，基本上不影响精度。因此有条件使用光电测距仪时，在城市地区以四等导线代替四等三角，往往会显得更为经济和合理。同样，在建立三等三角网有困难的地区，以三等导线来代替也是行之有效的。

随着测量仪器与技术的改进，逐步改变传统的布网方式，使之提高精度和降低经济指标，是必然的趋势。1979年《工程测量规范》的第10条已经提到“各等级三角网（锁）均可采用相应精度的电磁波测距导线代替”。由于当时还缺少以城市或工程建设地区的二、三、四等光电测距导线代替二、三、四等三角的实践经验，因此在规范中除了对测定三角网起始边及一、二级导线边有一些具体规定之外，还没有能够总结和归纳出二、三、四等导线的主要规格和技术要求。电磁波测距仪的发展在近年来非常迅速，各种类型的短程红外测距仪的出现以及仪器的小型化和自动化，尤其适合于城市及工程建设地区的各等级导线测量，使这方面的实践迅速开展。因此总结这方面的实践经验和进行理论分析，显得十分迫切。在本书有关“光电测距”、“平差计算”和“精度分析”等章中，将对城市三、四等和一、二级光电测距导线进行探讨。

§ 1-3 城市和工程建设地区导线测量的内容和特点

城市和工程建设地区的导线测量（简称城市导线测量）的内容包括：方案设计、踏勘选点、埋石造标、角度和距离测量、连接测量、成果整理和平差计算等。

方案设计是城市导线测量中的一个重要环节，因为城市导线测量是城市和工程建设地区布设平面基本控制网的主要组成部分，它布置得合理与否，直接影响到以后的测图和工程放样等测量工作的进展速度和质量；另一方面，因为城市导线测量需要用到较精密的仪器，测量人员需要较高的技术水平，建立测量标志和埋设导线点要花较高的代价，总之测量成本较高。良好的设计可以节约人力和物力。方案设计分为初步踏勘、图上规划、精度估算、拟定施测纲要等几个步骤。为了使方案设计能做到因地制宜、经济合理和保证质量，必须特别重视到实地进行调查研究，并收集和分析已有的测绘资料。为了使导线点的

点位精度能满足预定的要求,对设计的导线网需要作精度估算,并根据仪器设备条件拟定施测纲要。

踏勘选点是实施设计方案的第一步。实地选点时应考虑点位的保存、导线的施测和今后使用的方便等。由于城市导线点大量地需要埋设在道路路面、高建筑物的顶上等处,因此选点时必须与有关单位协商解决,必要时签订点位的保管委托书等。根据选点的结果,对建立导线网所必需的物资材料、使用仪器、人员配备、交通运输等经费开支编制预算。

埋石造标是导线测量中的基本建设工作,占整个导线测量费用的很大一部分。城市导线的标志和点位大部分和城市的建筑物、构筑物结合在一起,除了考虑导线点本身的保存和使用以外,还要不影响这些建筑物、构筑物的使用和美观,因此城市导线的觐标和标石往往需要专门设计。

导线的施测工作包括角度测量和距离测量两部分,而距离测量又随着仪器设备条件的不同,分为钢尺量距、横基尺视差法测距和光电测距等。在城市和工程建设地区等比较复杂的环境中进行精确的角度和距离测量,无疑会遇到一些困难。从城市和工程建设地区的具体条件出发,分析测角和测距中的各种误差来源,拟定施测纲要和某些特殊的观测方法,精细地做好仪器的检验和校正工作,进行必要的改正,使观测成果能满足预定的要求。

由于城市各等三角点和三、四等导线点大多位于自然地形的制高点上或高建筑物上,而城市一、二级导线往往沿道路敷设。因此导线点与高级控制点的连接也是专门需要研究的内容。主要有坐标传递网的建立、施测与平差计算等。

导线测量的观测成果需要经过内业整理,经过各种必要的改正,评定观测值的精度,最后把角度和距离观测值归算至城市或工程建设地区平面控制网的统一投影面上,然后才能计算导线的闭合差和进行平差计算。如果导线是首级平面控制网,则事先还有选择好投影带和投影面的问题。

导线的平差计算随着导线等级的提高而要求采用比较严密的方法。因此需要用到简略平差法、分别平差法以及严格按最小二乘法的条件平差和间接平差。导线的精度分析为城市导线及工程导线的设计所必需,而比较严格的分析还需要通过导线实测数据或模拟数据平差后的精度评定。电子计算技术的发展和推广应用,解决了比较复杂的导线网的严密平差及精度评定问题,因此也为导线的精度分析提供了有力的工具。

本书将依次讨论上列这些有关城市和工程建设地区的导线测量内容,并将导线设计的理论根据和详细方法列于本书的最后。这是因为介绍这部分内容时需要有角度和距离测量的精度分析、导线和导线网的平差计算和精度评定以及导线的误差传播规律等预备知识。

第二章 导线施测前的工作

§ 2-1 导线网布设的方案设计

导线网布网方案设计的目的在于合理地规划导线网的分级布设, 决定以某一等级导线作为首级网, 并在首级网的全面控制下, 分几个等级进行加密; 或者在某一等级三角网的控制下, 以导线进行加密。然后拟定各等级导线的线路走向、间距和结点的大概位置等, 据此可以进行精度估算和拟定施测纲要。

在方案设计前, 必须广泛地收集与设计直接有关的资料, 如原有控制测量的资料、地形图资料、城市和工程建设地区的近期和远期规划等。此外还要收集一些与以后工作有关的资料, 例如气象资料有助于今后的工作安排; 冰冻线及地下水位的深度、路基路面的结构和地下管线埋设情况等资料可以作为导线点的选点和埋石时参考。

方案设计时必须进行实地踏勘, 因为关于地形、地物、植被等的实际情况, 道路的交通频繁程度等只有经过实地调查, 才能得到详细的了解。原有三角点和导线点的标石保存情况, 点与点之间的通视问题等也只有通过实地踏勘之后才能确定。

在完成资料收集与实地踏勘的基础上, 可以进行导线网布设的图上设计。设计三、四等导线时, 可利用 1:50000~1:10000 比例尺的地形图; 设计一、二级导线最好能利用 1:10000~1:5000 比例尺的地形图。将原有三角点和导线点标绘在图纸上, 然后在图上设计各个等级的导线线路。

关于城市一、二级导线的设计标准可以参照已经试行的规范——《城市测量规范》(1959年)和《工程测量规范》(1979年)的有关章节。本书在光电测距的精度分析和导线测量误差传播理论的基础上, 建议一、二级和三、四等光电测距导线的设计标准和主要技术要求列于第九章的表9-27。

为了在测区内建立一个统一的、能长期使用的平面基本控制网, 设计应从控制整个测区的首级网开始。如果利用原有三角网作为首级网, 则应按三角网的精度(等级)和密度, 设计下一级的导线网。如果布设单条导线, 则计算其长度有否超过规范的规定; 如果布设成导线网, 则其长度可适当增加。如果重新建立三角网作为导线的控制, 则三角点的点位除了考虑利用地形和建筑物等制高点及三角网的图形强度外, 应顾及点位能充分为下级导线所利用, 点位的密度应使布设下级导线没有困难。如果以导线网作为首级控制, 也应遵循同样的原则。上一级导线网的设计线路的间距应顾及下一级导线网布设的容许长度, 并尽可能留有余地, 直至最后一级平面基本控制网(一般为二级导线网)下能布设预定的最大比例尺测图的图根导线为止。

以某城市三、四等三角网下布设一、二级导线为例。图 2-1 为三等全面网, 按布设一级导线的需要, 用四等插点进行加密。图中虚线框内的一、二级导线的布设情况如图 2-2。

一级导线的线路沿主要道路敷设，大部分为单导线和单结点导线网，少数为双结点或三结点导线网。二级导线的网形则更简单一些。最后使一、二级导线网的线路间距大约为500m左右，为布设1:500比例尺测图的图根导线打好基础。

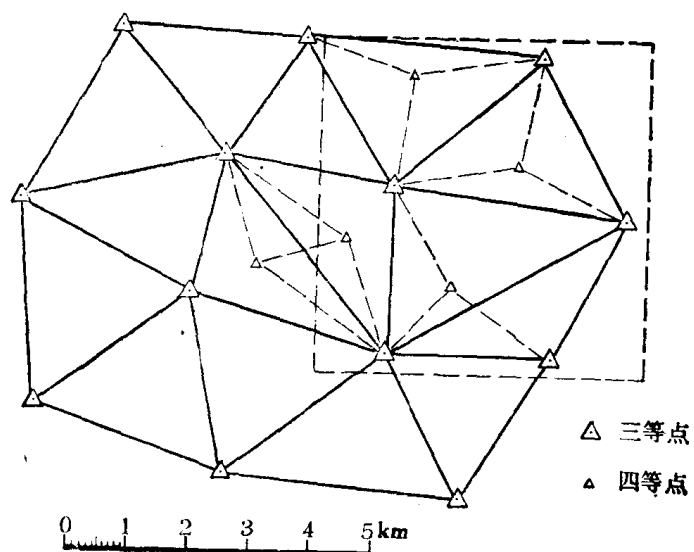


图 2-1 城市三、四等三角网

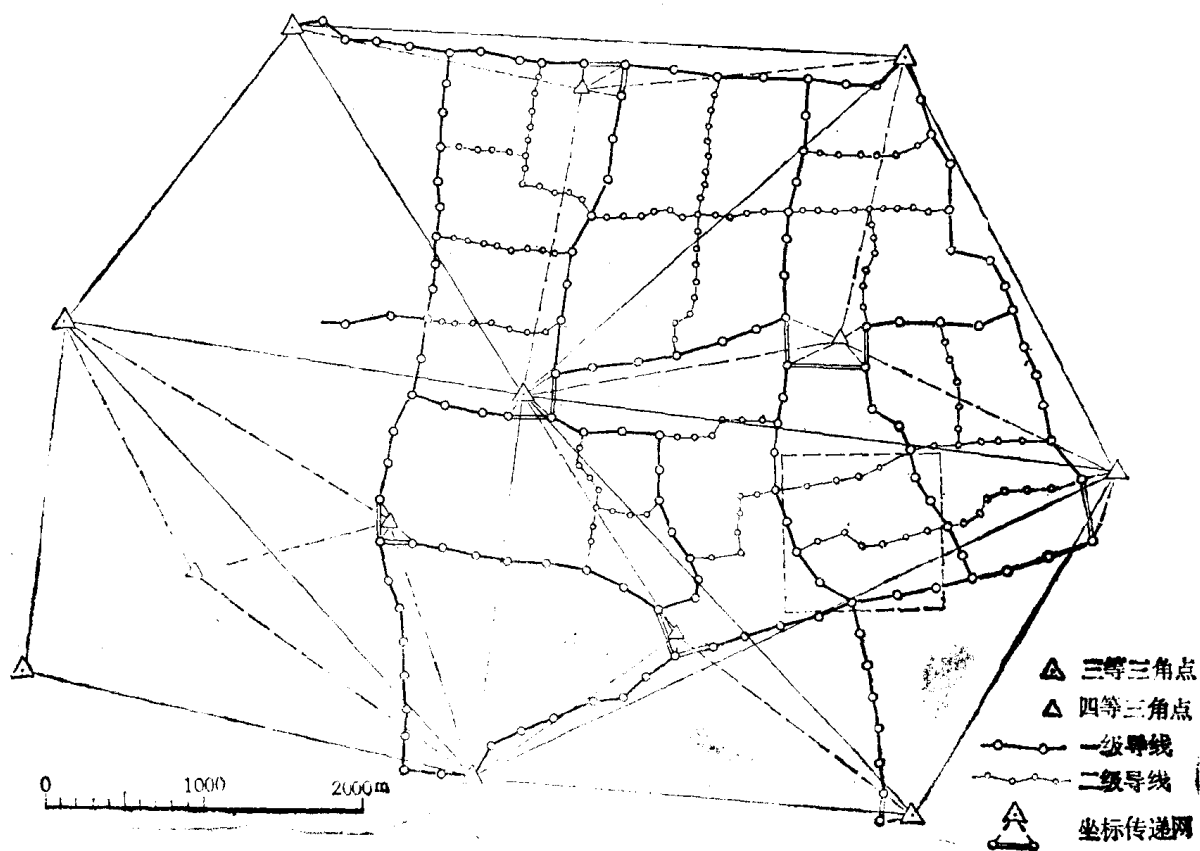


图 2-2 城市一、二级导线网

在图 2-2 中, 面积为 1 平方公里的虚线框内的一、二级导线及图根导线如图 2-3。图中矩形格网为 1:500 比例尺测图的图幅, 在实地为 $250\text{m} \times 200\text{m}$ 。图根导线容许作两次附合, 即第一次附合在一、二级导线点上, 然后在图根导线点之间再作一次附合。少数图根点的布设可以采用支导线形式, 但最多不超过 2 点。在每一幅图中, 有少数图根点埋设永久性标志, 以便于今后图幅的修测。

从图 2-1、2-2、2-3 中可以看到城市三、四等三角网, 一、二级导线及 1:500 比例尺测图的图根导线网的分级布设和逐级控制的概况。

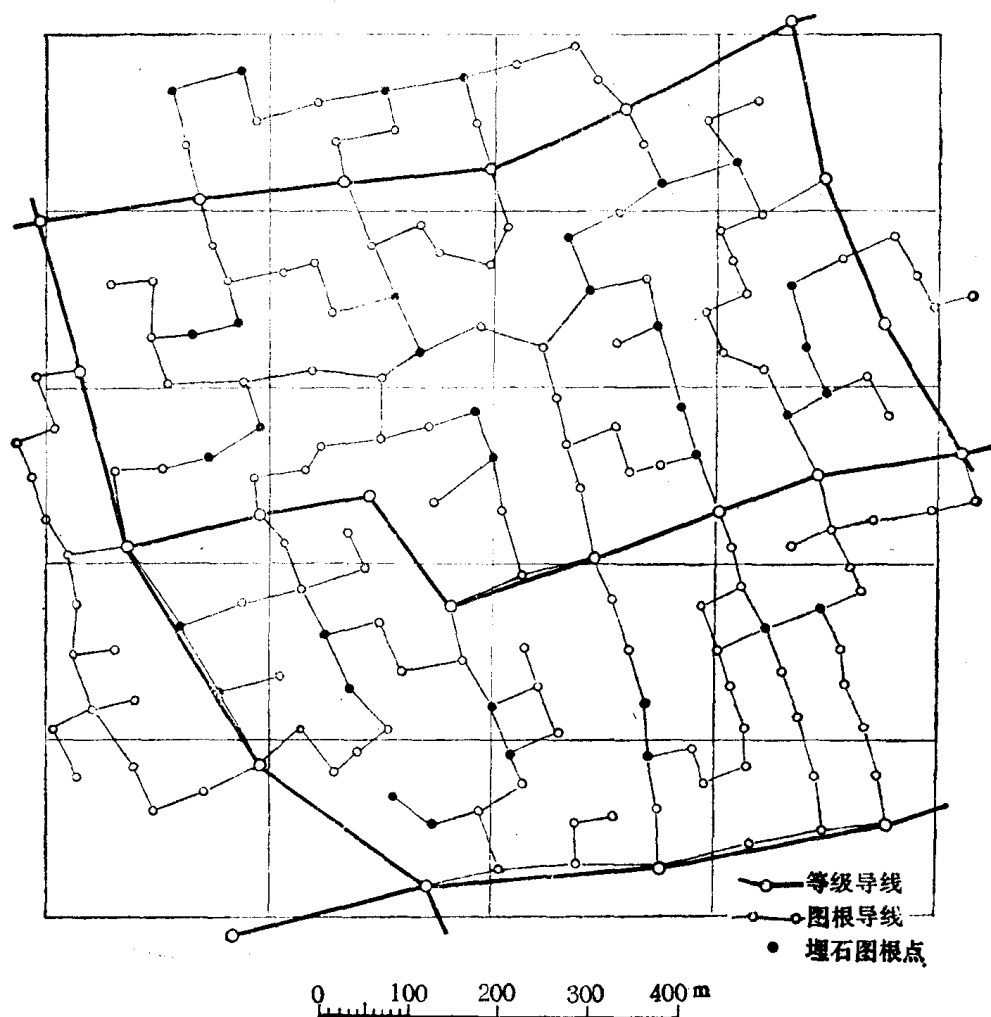


图 2-3 1:500比例尺测图的图根导线

关于导线网布网方案的设计原理以及导线和导线网的精度估算问题, 由于需要用到导线测量的精度分析和导线的误差传播理论, 因此把这部分内容放在本书的最后一章——“导线网的精度分析和设计”中来讨论。

根据导线的等级、现有的仪器设备及精度估算的结果, 拟定导线的施测纲要, 即规定测量的方法、观测的测回数、观测的限差要求等。

在设计城市导线网时, 经常会遇到原有测绘资料的利用问题。城市是逐步发展形成

的。在现有的城市中，过去一般都具有或多或少的测绘资料，这些资料曾作为城市建设的依据，因此必须加以利用。这样不但可以减少测绘工作量，而且这些资料也往往是改造旧城市时所需要参考的。但是原有的测绘资料往往质量较差、系统不一，而且部分控制点的标志可能已遭破坏或已经移动。因此对于这些资料往往需要整理和改造才能加以利用。分析原有的测绘资料，作出评价并决定如何改造和利用它们，这也是控制网设计工作的内容之一。

利用原有的导线测量资料可以分为下列几种情况：(1)对于观测精度合乎要求而且标志保存完好的导线点，必须全部加以利用，组成新网的一部分。为此需要进行一些必要的联测工作，使原有导线和新的高级控制点相连接。利用原有观测数据和新的起始数据，重新计算导线点的坐标。(2)原有导线施测精度较差，但标志保存完好，可根据现行规范降级处理，例如把原有的一级导线作为二级导线加以利用。(3)对于标志保存不全的导线，则补点后组入新的导线网，重新施测和计算。

用于特种工程建设中的工程导线的布网形式和精度要求，按工程需要来决定。其设计原理与精度估算的基本理论同城市导线。

§ 2-2 踏勘选点

按照导线网的设计方案，通过现场踏勘，选定导线的点位是一件十分重要的工作。它决定今后施测条件的好坏、点位是否能长期保存和便于使用，从而决定导线点的实际价值。选点者要有导线布网方案的全局在胸，充分了解导线点的用途和要求，并且要有导线的角度和距离测量的实际经验，才有可能正确处理选点时可能遇到的各种问题。

城市三、四等导线网是代替三、四等三角网而布设的，其作用是在大范围内建立精度较高的平面控制，作为城市一、二级导线的起始数据。因此对三、四等导线点的要求和三、四等三角点的要求是相同的。点位一般要求设立在自然地形的制高点上或者高建筑物上，远和近的通视范围都要求宽广。不但要求本级导线的导线边方向的通视条件良好，使在测角和光电测距时能避免旁折光的影响，而且还要考虑下级导线连接时的通视条件。如果下级导线的连接需要布设坐标传递网，即根据高处的点位用连接图形测定平地上若干副点（又称落地点）的点位，则选点时应同时选定坐标传递网的点位。对位于高层建筑平顶上的高级导线点，该建筑物的选定是由本级导线及下级导线的布网要求来决定的，可是导线点位应该设立在建筑物平顶上的什么部位，则主要根据下级导线连接时的通视条件来决定。对于三、四等导线点，在选点时应同时考虑该点适合建立何种形式的觐标。

沿道路敷设的导线，例如城市一、二级导线，在踏勘时首先应全面了解导线线路上的情况，作为选定每个导线点的具体点位时的参考。例如根据踏勘时了解的道路路面情况、绿化情况等，决定导线点位选择在道路的哪一侧；道路比较宽阔时，导线点也可以沿道路的中线布设。为了便于埋设和保存，导线点应避开地下管线，否则埋设导线点标石时可能会破坏地下管线而造成损失，甚至发生工作人员的生命危险，而且埋设后的标石也可能因翻修管线而遭到破坏。在市郊行人稀少的道路上，导线点大多埋设在路面旁边或两侧

的人行道上。所有在交通线上的导线点都应考虑在导线施测时不致严重地影响交通，或因交通而影响测量工作。为了便于导线点的使用，导线点应尽可能选在十字路口、丁字路口、大工厂企业的入口，以及其它较开阔的地方，以便于下级导线的连接、测图和市政工程施工建设的施工放样。

沿道路敷设的导线，选点时应考虑导线施测的方便和有利于观测的精度。导线点之间应有良好的通视条件，便于进行角度和距离测量。如果用钢尺量距，则沿线地面要比较平坦。为了减少大气折光对角度和距离测量的影响，点位之间的视线应高出地面 1m 以上，离开墙面 1.5m 以上，离开树木、电线杆 0.5m 以上。如无法避开某些障碍物时，则选点时应考虑好偏心测角或偏心测距的观测方案。选点时应该尽量使相邻导线边的长度相接近（尤其对于边长较短的一、二级导线），避免在测量导线的转折角时瞄准第二个目标望远镜需要重新调焦。因为测量望远镜的调焦透镜不可能十分严格地沿视准轴移动（如图 2-4 中 a 移至 a' ），瞄准两个目标改变调焦，使视准轴变动，造成精密测角中不能容许的误差。相邻导线边长度的容许差别，可以从望远镜成象的原理来进行讨论。

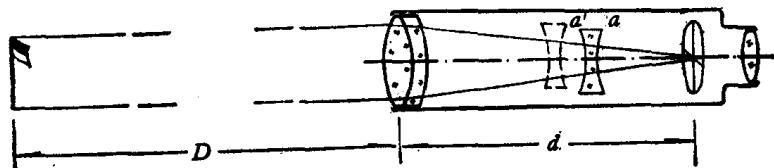


图 2-4 测量望远镜的调焦

望远镜的物镜成象符合下列定理：

$$\frac{1}{D} + \frac{1}{d} = \frac{1}{f} \quad (2.2-1)$$

式中： D 为物镜至目标的距离，即物距； d 为物镜至十字丝平面的距离，即象距， f 为组合物镜的焦距。当物距改变 ΔD 时，如果不改变调焦，则象距相应地改变 Δd ，即

$$\frac{1}{D + \Delta D} + \frac{1}{d + \Delta d} = \frac{1}{f} \quad (2.2-2)$$

(2.2-1) 式减去 (2.2-2) 式，得

$$\frac{\Delta D}{D(D + \Delta D)} + \frac{\Delta d}{d(d + \Delta d)} = 0 \quad (2.2-3)$$

当 Δd 与 d 相比较显得很小时，上式左边第二项分母中的 Δd 可以忽略不计。由此得到

$$\Delta D = -\frac{D^2 \Delta d}{d^2 + D \Delta d} \quad (2.2-4)$$

在导线的水平角观测时，设两相邻导线边的长度相差 ΔD 。如果瞄准一个目标后，不改变调焦再瞄准另一个目标，则后一个目标的象将不落在十字丝平面上而离开它一小段距离 Δd ，这时瞄准就会产生视差。视差太大会影响瞄准精度。设 $d = 0.3\text{m}$ ，如果认为 $|\Delta d| \leq 0.2\text{mm}$ 时，视差的影响尚可忽略，以 $d = 0.3\text{m}$ ， $\Delta d = \pm 0.0002\text{m}$ 代入 (2.2-4) 式，求得 ΔD_1 ($\Delta d = +0.0002\text{m}$) 和 ΔD_2 ($\Delta d = -0.0002\text{m}$)，则 $(D + \Delta D_1) \sim (D + \Delta D_2)$ 之间的一

切目标瞄准时可以不改变调焦。根据上述数据,用不同的 D 值代入(2.2-4)式,得到的 ΔD_1 和 ΔD_2 值列于表2-1,表中的数值以米为单位。

表 2-1

D	ΔD_1	ΔD_2	D	ΔD_1	ΔD_2
100	-18	+29	500	-263	$+\infty$
200	-62	+160	1000	-690	$+\infty$
300	-120	+600	1500	-1154	$+\infty$
400	-188	+3200	2000	-1633	$+\infty$

由此可见,对于较短的导线边,相邻边的长度之差不可过大;对于长的导线边,允许的长度差别就大得多。因此对于城市一、二级导线的选点,应注意不要使相邻边长度相差过大;而对于城市三、四等导线,一般可以不考虑这个问题。

根据现场的具体情况,考虑上述的选点基本要求,在实地反复比较各种埋设导线点的可能位置之后,才能选定最合适的点位。点位选定以后要进行编号,画下点位草图,记下一些寻找时的必要数据。在郊区或其它松软的土地上,可打一小木桩以标明点位;在道路路面或高建筑物上,则用油漆标明点位,便于在埋设导线点时寻找。

§ 2-3 埋石造标

埋设于土壤中的导线点由标志(又称标心)和标石所组成,埋设于建筑物上的导线点一般只有标志,在现场用混凝土和建筑物固连在一起。导线点的标志一般用不易腐蚀的金属制造(图2-5 a、b、c),或用磁质标心(图2-5d)。标志要具有半球形的或略为突起的顶面,便于测定其高程。顶面上要有表示点位中心的十字形槽或线条,或在标志中心钻小圆孔,便于仪器的对中。

导线点的标石一般用混凝土预制而成,顶面中心浇埋标志。标石可以有各种不同的形式,但要求结构牢固、造型稳定,并且具有一定的高度,使埋设时具有一定的深度。

埋设于野外土壤中的三、四等导线点的标石如图2-6。埋设时在土坑底铺一层夯实碎石,上用混凝土填平。标石顶面应低于地面10~20cm,不进行观测时在标石顶上覆土保护。

与道路路面或地面齐平埋设、使标志露于地面的标石如图2-7。这种标石适合于埋在土路、碎石路、市郊道路的人行道或市内交通不太频繁的街道上。埋设时标石底下要加夯实的碎石垫层,标石四周用土捣实。

在市区高级路面上埋设的导线点宜采用有铸铁盖子的导线标志,如图2-8。埋设时用铁锤、钢凿、钢钎、丁字镐等在路面打洞。挖至一定深度后,洞底铺碎石填层,夯实后浇上混凝土,放入铸铁标志,使标志顶面大约低于路面10cm,然后四周用混凝土浇灌。铁