

城市专用地下管线导线规格设计 (二)

中国兵器工业勘察研究院 田应中

(续上期)

可见1:500, 1:1000图的取值, 相当于或略高于现行城市测量规范中对施测困难地区精度的规定, 以及图解法测绘的规定, 而1:2000图取值与现行规定一致。实践证明, 多年来用图单位并未提出过这方面的问题, 再考虑设计人员使用图上线位时一般还留有1m~2m的富裕量, 即使在一些地方歉宽了, 因为是解析法测绘, 还可以计算出解析数据进行补救, 虽然上述取值是能满足需要的。更何况现行的规定 $\pm 0.5\text{mm}$, 也并不能满足各式各样需要, 有时也要计算出解析坐标数据进行补救或对特征点作解析坐标点的测量, 这早已是工厂建设测量中习惯做法, 随着数字化技术在测量领域的推广应用, 图解精度取值大小将不再引起人们更大关注。

④低图解精度: 在要求不高的局部工程用图或探测条件特别困难地区的普查中使用, 图解法测绘, 普通探测或粗略探测, 1:500图图上点位误差 $\pm 1.0\text{mm}$, 1:1000图为 $\pm 0.8\text{mm}$, 1:2000图为 $\pm 0.6\text{mm}$ 。

(上接第42页)

试验土样分别采用粘土、粉砂夹粘性土及标准中砂。其中粘土、粉砂夹粘性土土样分别取自于“上海彭越浦泵站主泵房场地”下伏的4b层灰色淤泥质粘土层、5a层粉砂夹粘性土土层。标准中砂岩性为灰白长石、石英砂, 粒径皆小于1.0mm, 其中粒径为1.0~0.5mm的颗粒重量占砂样总重的16.5%, 粒径为0.5~0.25mm的颗粒重量占砂样总重的39.4%, 粒径为0.25~0.1mm的颗粒重量占砂样总重的43.4%, 粒径小于0.1mm的颗粒重量占砂样总重的0.7%。4b层灰色淤泥

以图解法测绘为解析法测绘的 $\sqrt{2}$ 倍计, 则1:500图为 $0.7\sqrt{2} \approx 1.0\text{mm}$, 1:1000图为 $0.6\sqrt{2} \approx 0.84\text{mm}$, 1:2000图为 $0.5\sqrt{2} \approx 0.7\text{mm}$ 。

粗略探测, 埋深仍以3m计, 则在1:500图上为

$$m_{\text{总}} = \sqrt{0.4^2 + 0.7^2 + 0.2^2} \approx 0.8\text{mm}$$

1:1000图上为

$$m_{\text{总}} = \sqrt{0.2^2 + 0.7^2 + 0.2^2} \approx 0.8\text{mm},$$

1:2000图上为

$$m_{\text{总}} = \sqrt{0.1^2 + 0.5^2 + 0.2^2} \approx 0.5\text{mm},$$

用普通探测, 埋深以4m计, 则

1:500图上为

$$m_{\text{总}} = \sqrt{0.4^2 + 0.7^2 + 0.2^2} \approx 0.8\text{mm}$$

1:1000图上为

$$m_{\text{总}} = \sqrt{0.2^2 + 0.7^2 + 0.2^2} \approx 0.7\text{mm},$$

1:2000图上为

$$m_{\text{总}} = \sqrt{0.1^2 + 0.5^2 + 0.2^2} \approx 0.5\text{mm},$$

用普通探测, 埋深以5m计, 则分别为 $\pm 0.8\text{mm}$, $\pm 0.8\text{mm}$, $\pm 0.5\text{mm}$

质粘土的有关性质指标为: 天然含水量48.2%, 容重 17.2kN/m^3 , 比重2.75, 天然孔隙比1.38, 塑性指数19.9%, 液性指数 > 1 , 压缩指数0.424, 回弹指数0.052, 原状土样呈饱和流塑状态, 具高压缩性质, 土质较均匀。5b层粉砂夹粘性土的有关性质指标为: 天然含水量35.5%, 容重 18.0kN/m^3 , 比重2.70, 天然孔隙比1.02, 粒径级配D50为0.046mm, 不均匀系数Cu为7.2, 原状土样呈饱和稍密状态, 具中等压缩性质。

试验土样制成饱和扰动土样后, 装入土固结室内, 进行模拟试验。

综合以上推算和分析,取值分别为 ± 1.0 mm, ± 0.8 mm, ± 0.6 mm是可行的。

(三) 结论意见

1.在当前地下管线探测水平达到的精度为

精确探测为 $5\text{cm} + 5\%$ 埋深cm

普通探测为 $5\text{cm} + 8\%$ 埋深cm

粗略探测为 $5\text{cm} + 12\%$ 埋深cm

的情况下,确定管线点点位中误差和管线图上点位中误差时,必须考虑探测的误差影响;

2.分析城市规划、设计、施工和管理的需要,地下管线的平面精度分为高解析精度、解析精度、图解精度、低图解精度等四个等级可覆盖全部的需要,其精度分别为:

①高解析精度,要求点位中误差为 ± 10 cm,用于设计施工净距受严格制约的地段,要采用精确探测的手段并精心探测;

②解析精度,要求点位中误差为 ± 15 cm,用于解析法设计和施工以及普查,采用普通探测方法;

③图解精度,要求图上点位中误差1:500图为 ± 0.7 mm, 1:1000图为 ± 0.6 mm, 1:2000为 ± 0.5 mm,采用普通探测方法和解析法测图,用于解析法设计和施工用图以及普查;

④低图解精度,要求图上点位中误差1:500图为 ± 1.0 mm, 1:1000图为 ± 0.8 mm, 1:2000图为 ± 0.6 mm,用于要求不高图解法设计施工和困难地区用图,采用图解法测图和粗略探测方法。

3.为计算使用方便,计算点位中误差关系式表达

当精确探测时为

$$m = \pm (5 + 2\%h) \text{ cm}$$

当普通探测时为

$$m = \pm (5 + 3.5\%h) \text{ cm}$$

当粗略探测时为

$$m = \pm (5 + 5.5\%h) \text{ cm}$$

式中: h 为埋深,以cm计。

把图上点位中误差关系式表达为

$$m = \pm (0.5 + 0.5M) \text{ mm (解析法测图)}$$

或 $m = \pm (0.7 + 0.5M) \text{ mm (图解法测图)}$

式中: M 为探测中误差以mm计

(注) 1:2000图解法测图时采用

$$m = \pm (0.5 + 0.5M) \text{ mm}$$

二、关于专用地下管线导线的规格

(一) 设置专用地下管线导线的必要性

城市地下管线测量控制的基础,是城市已有各等级控制,根据测区进行测绘工作情况,可分为测图区和非测图区,前者是指已有图根控制或为了随即测图必须布置图根控制的地区;后者是指未进行测图,缺少现成的图根控制或由多种原因已有的图根控制不便和无法使用的地区。在测图区可直接利用已有图根或新布置图根进行地下管线测量,在非测图区布置更适宜地下管线测量的专用地下管线导线是非常有益的。

众所周知,图根点的功能是为测图服务的,它的设计要满足地面测图时图上点位中误差 ± 0.5 mm,也即图根导线中点图上点位中误差 ± 0.1 mm,由通用公式:

$$1/T = f/L = 2KM_m/L$$

式中 T ——导线坐标相对闭合差的分子;

f ——允许导线坐标闭合差;

L ——导线长;

K ——比例系数 $\sqrt{7}$;

M_m ——导线中点点位中误差;

可见导线长度 L 受 M_m 的制约,如1:500测图时图根导线的长度为500m。图根导线的边长又受到测图时视距长度的限制,如1:500测图时图根导线的边长为 $50\text{m} \times 1.5 = 75\text{m}$,其中50m为测站到地物点允许的距离长。

考虑到城市地下管线主干线一般是沿主要道路布置,而主要道路通常认为适当间距为700m~1100m,现行城市测量规范规定的图根导线的长度规格过短,不便地下管线的施测。

其次考虑到各种地下管道不同设备和设施点的设置距离。

排水雨水井	40m~100m
排水排风孔	200m~250m
给水阀	400m~500m
煤气检查管	100m(中压)
	200m(低压)
暖气人孔	300m~500m
电信电缆检查井	150m
电力电缆检查井	120m~150m。

看来,现行城市测量规范规定的图根导线平均边长的规格也明显偏短,如1:500图区的导线平均边长50m~75m。

再从电磁波测距测高的广泛应用,以及地下管线探测技术的发展来看,测量的精度和测程可大大提高和放长。限于探测技术当前一般作业可能达到的精度,而不得不适当放宽地下管线图上点位精度,从而在非测图区充分发挥测量技术的潜力,设置大大长于图根导线长度和平均边长的专用地下管线导线是非常必要和现实可行的,它必将为地下管线的施测带来极大的便利和明显的经济效益和社会效益。

(二)我国现行的城市测量规范和代表性城市对施测地下管线导线规格现状和分析。

1.现行的城市测量规范是1985年11月1日批准执行的,其中涉及到有关施测地下管线控制方面有:

其一是图根导线,因为经常利用它测绘地下管线,在制定时根据理论推算并综合考虑当时生产实践、设备条件和经济效益,对图根导线测量技术要求作了三种规格的规定。

① 正式条文中的规格,其主要特征导线长度和平均边长较短,限定测角中误差不超过 $\pm 30''$,导线方位角闭合差 $\pm 60''\sqrt{n}$, n 为导线边数;

② 注②的规格,即对1:500,1:1000测图时导线长可放长为正式条文中导线长的1.5

倍,限定测角中误差不超过 $\pm 20''$,导线方位角闭合差 $\pm 40''\sqrt{n}$, n 为导线边数;

③ 注④对电磁波测距图根导线按需要自行设计,但精度不得低于“图根点相对于图根起算点的点位中误差,不得大于图上0.1mm”的规定。

这样一些规定当时既可满足图根导线的精度要求,又能比较灵活地适用于全国大、中、小城市和各类地区的作业,是比较适宜的。但从中反映出了正式条文中规定的导线长度和边长偏短以及注④对电磁波测距图根导线技术规定不够具体等问题不利于在某些地区和情况下作业。前者用提高测角精度换取导线长的措施即注②方案解决;后者则受当时电磁波测距使用经验的局限,作原则性的规定。这些处理的方法是符合当时的实际,是可行和在现实的。

其二是关于拨地导线

在现行城市测量规范正式条文中缺少明确的地下管线导线的技术要求,仅在其编制说明中提到市政工程、地下管线和人防工程导线分别套用拨地与图根导线,也未明确地下管线如何具体套用。

拨地导线测量的主要技术要求见下表:

附合导线长度(m)	平均边长(m)	测角中误差(″)	测回数DJ6	方位角闭合差(″)	导线相对闭合差
800	100	± 20	1	$\pm 40\sqrt{n}$	1/3000

并在表下注中说明点位中误差要求为10cm的(即10cm地区)附合导线长度和平均边长可相应适当放长,但最长不应超过上表规定的2倍。

由上表可见拨地导线是为拨地而设计的一种专用导线,它的主要技术要求介于三级导线与图根导线间而更靠近图根导线,仅在导线长度和边长略长于图根导线(注2),导线相对闭合差由1/2000变为1/3000差异甚微,即对5cm地区由750m变为800m的导线长,由75m变为100m的平均边长;对10cm地

区由1500m变为1600m导线长,100m变为200m平均边长,这当然也有利于地下管线施测,但再一次说明现行城市测量规范编制当时不仅遇到了图根导线长和边长短的问题,为适应城市工程测量方面的需要,还建立起拨地的专用导线并引出也有建立地下管线专用导线的必要,是可贵的。

由于现行城市测量规范对专用地下管线

导线缺少明确的具体规定,而所提到的拨地导线也未能从根本上解答前面提到的问题,各城市为了适应各自作业的实际需要,大都分别制订了各自地下管线施测的技术标准,这样既解决了实际急需也为较好的解决这个问题提供了一定的条件和经验。

2.各城市自定的地下管线导线测量的主要技术要求(见表1)。

表 1

地区	等级	测区范围	导线总长(km)	平均边长(m)	测角中误差(″)	方位角闭合差(″)	坐标相对闭合差
北	三	三环内	1.6		±12	±24√n	1/5000
		三环外	3.6				
	四	三环内	1.0		±20	±40√n	1/3000
		三环外	2.2				
京	三	三环外点稀区	4.4(钢尺量距) 6.6(测距)				
	四	三环外点稀区	2.6(钢尺量距) 3.9(测距)				
南京	测距	1:500	1.0	100	±20	±40√n	1/2000
	图根	1:1000	2.0		±20	±40√n	1/2000
沈阳	测距 图根	四级和规划道路	1.0	200	±30	±60√n	1/3000
宁波	串测 测距		1.0	100	±20	±40√n	1/4000
长沙	二 三 图根	1:500	2.4	200	±8	±16√n	1/10000
			1.5	120	±12	±24√n	1/6000
			0.7	75	±30	±60√n	1/2000
上海	图根	1:500	0.5	50	±30	±60√n	1/2000
		1:1000	(0.75) 1.0	(75) 100	(±20)	(±40√n)	(1/2000)

从以上六个城市自订的施测地下管线导线主要技术要求可看出其中四个城市把导线长度与边长放长,而长沙、上海两城市完全采用现行规范图根导线的技术要求,其中长沙还专门规定了当图根导线的长度不能满足要求时采用等级导线施测,可见也遇到了图根导线长度过短的问题,只是提高等级来解决而已,唯独上海没有这方面问题的反映,分析可能与上海市的干道网规划密度高有关(4.0~2.5km/km²),影响干道间距较

短,问题不够突出。而一般城市干道网规划密度仅达2.8~1.8km/km²,而干道间距通常为700~1100m。这从事实上也说明了制订专用地下导线技术要求,势在必行。

(三)专门地下管线导线测量技术要求论证

1 基本原则

①应满足本文前面提出管线点图上点位精度的测绘要求;

②导线长放长到与城市街区干线间距相

适应的长度;

③充分发挥电磁波测距优势把导线的平均边长放长到与各类地下管线的附属设备和设施规定间距相适应的长度;

④尽可能采用现行规范导线技术要求的各项规定。

2 具体技术要求

①设定导线坐标相对闭合差 $1/T = 1/3000$, 求导线长 L , 使用通用公式:

$$1/T = f/L = 2KM_m/L$$

式中 K ——比例系数取 $\sqrt{7}$

M_m ——导线中点平差后的点位中误差

L ——导线长

$1/T$ ——导线坐标相对闭合差取 $1/3000$

为计算 L 方便将上式变换为

$$L = 2\sqrt{7} \times 10^3 M_m = 15.9 \times 10^3 M_m$$

M_m , 根据不同测图比例尺

1:500 为 75 mm

1:1000 为 120 mm

1:2000 为 200 mm

分别代入上式求得

1:500 测区 $L = 1192\text{m}$, 取三级导线长 1200m, 相应平均边长 120m;

1:1000 测区 $L = 1908\text{m}$, 取二级导线长 1800m, 相应平均边长 180m。

1:2000 测区 $L = 3561\text{m}$, 取一级测距导线长 3600m, 相应平均边长 200m;

②设定导线长和平均边长求测角中误差, 采用通用公式

$$m_\beta'' = \frac{2\rho'' M_m}{L} \sqrt{\frac{12n}{(n+1)(n+2)}}$$

式中 n ——边数, 根据不同测图比例尺分别取 10 和 12

L ——导线长, 根据不同测图比例尺分别取 1200m、1800m、3600m。

M_m ——导线中点平差后的点位中误差分别取 75mm、120mm、200mm

代入上式

1:500 测区 $m_\beta = 25.78 \times 0.95 = 25''$

1:1000 测区 $m_\beta'' = 27.50 \times 0.95 = 26''$

1:2000 测区 $m_\beta'' = 22.91 \times 0.95 = 20''$

取图根导线测角中误差 $\pm 20''$

则导线方位角闭合差取 $\pm 40''\sqrt{n}$

③设定导线端点的测量纵向误差, 边数、边长求边长中误差和相对较差

采用常用公式求边长的中误差

$$m_s = \frac{m_i}{\sqrt{n}}$$

式中: m_i 为测量引起导线端点的纵向误差。

因为: $M_m = \sqrt{m_{i(m)}^2 + m_{u(m)}^2 + m'_{i(m)}^2 + m'_{u(m)}^2}$

式中 $m'_{i(m)}$ ——导线起始点误差引起的中点纵向误差;

$m'_{u(m)}$ ——导线起始点误差引起的中点横向误差;

$m_{i(m)}$ ——测量误差引起的中点纵向误差;

$m_{u(m)}$ ——测量误差引起的中点横向误差。

按等影响的原则

$$m'_{i(m)} = m'_{u(m)} = m_{i(m)} = m_{u(m)}$$

$$\text{则 } M_m = \sqrt{4 m_{i(m)}^2} = 2m_{i(m)}$$

即 $m_{i(m)} = M_m/2$

而 $m_i = 2m_{i(m)}$

则 $M_i = M_m$

即可求得 1:500、1:1000、1:2000 地区导线边长的中误差分别为

$$M_s = \frac{75}{\sqrt{10}} = 24\text{mm}$$

$$M_s = \frac{120}{\sqrt{10}} = 38\text{mm}$$

$$M_s = \frac{200}{\sqrt{12}} = 58\text{mm}$$

则较差 $ds = M_s \sqrt{2}$, 分别为 34mm、54mm、82mm,

相对较差分别为

$$1:500 \text{ 地区, } \frac{ds}{s} = \frac{34}{120 \times 10^3} = 1/3571$$

$$1:1000, \quad \frac{ds}{s} = \frac{54}{180 \times 10^3} = 1/3383$$

$$1:2000, \quad \frac{ds}{s} = \frac{82}{300 \times 10^3} = 1/3694$$

分别取现行工程测量规范首级控制图根导线

边长相对较差1/4000;

当使用电磁波测距时均取现行规范测距中误差±15mm。

④各种测区专用地下管线导线测量技术要求汇总如下:

地 区	导线长度 (m)	平均边长 (mm)	测角中误差 "	测距中误差 (mm)	方位角闭合差 "	相对坐标 闭合差	备 注
1:500	1200	120	±20	±15	±40√ <i>n</i>	1/3000	<i>n</i> 为边数
1:1000	1800	180	±20	±15	±40√ <i>n</i>	1/3000	
1:2000	3600	300	±20	±15	±40√ <i>n</i>	1/3000	

钢尺量距相对较差1/4000

3. 在专用地下管线导线点上施测管线点可达到误差的分析

用导线点直接测定管线点的误差主要来源于导线点本身误差(包括测定和展绘误差), 导线点至管线点的量距误差, 方向误差和刺点误差即

$$m_{\text{点}} = \sqrt{m_{\text{测}}^2 + m_{\text{量}}^2 + m_{\text{方}}^2 + m_{\text{刺}}^2}$$

各项误差逐项分析得:

①导线点点位中误差 $m_{\text{测}}$

主要来源于导线点的测定误差 $m_{\text{测}}$, 方格网的绘制误差 $m_{\text{绘}}$ 和导线点的展绘误差 $m_{\text{展}}$, 其中 $m_{\text{测}}$ 根据本文论述相应1:500、1:1000、1:2000测图比例尺分别取图上0.15mm、0.12mm、0.10mm, $m_{\text{绘}}$ 取图上0.1mm, $m_{\text{展}}$ 取图上 $0.1\sqrt{2}$ mm则

$$m_{\text{测}} = \sqrt{m_{\text{测}}^2 + m_{\text{绘}}^2 + m_{\text{展}}^2}$$

分别得出为±0.23mm, 0.2mm, 0.2mm

②导线点至管线点的量距中误差 $m_{\text{量}}$, 取图上±0.1mm

③导线点至管线点的方向中误差

$$m_{\text{方}} = \frac{mr''}{\rho''} S$$

式中 mr'' ——测绘管线点方向中误差角值, 取60"

S ——图上量距长度取150mm

$$\text{得 } m_{\text{方}} = \frac{60''}{\rho''} S = 0.04\text{mm}, \text{ 取 } \pm 0.1\text{mm}$$

④刺点中误差

$$m_{\text{刺}} = \sqrt{m_{\text{尺}}^2 + m_{\text{对}}^2 + m_{\text{截}}^2}$$

式中 $m_{\text{尺}}$ ——比例尺分划误差, 取±0.1mm。

$m_{\text{对}}$ ——测站一端对点中误差, 取±0.1mm,

$m_{\text{截}}$ ——在图截距刺点的中误差, 取±0.15mm,

代入上式得 $m_{\text{刺}} = \pm 0.21\text{mm}$

综上所述代入 $m_{\text{点}}$ 的式子分别得

$$1:500\text{图上为 } m_{\text{点}} = \sqrt{0.23^2 + 0.1^2 + 0.1^2 + 0.21^2} = \pm 0.34$$

1:1000、1:2000图上为

$$m_{\text{点}} = \sqrt{0.2^2 + 0.1^2 + 0.1^2 + 0.21^2} = \pm 0.32$$

考虑在测站点上进行施测取上值的 $\sqrt{2}$ 倍则管线点的点位中误差分别为各类图上±0.48mm, ±0.45mm, ±0.45mm, 均满足图上±0.5mm的规定。

根据证明上述的导线规格的设计是能满足地下管线测绘需要。

参 考 文 献

- 1 城市测量规范(CJJ8-85)主编单位北京市测绘处。中国建筑工业出版社, 1984年
- 2 城市测量规范(CJJ8-85)编制说明。城市测量规范编写组。1984年
- 3 工程测量规范(GBJ50026-93)中国计划出版社, 1993年
- 4 工程测量规范(GBJ50026-93)条文说明中国计划出版社, 1993年