

城市

地下管线普查技术 研究与应用

区福邦 主编



东南大学出版社

城市地下管线 普查技术研究与应用

区福邦 主编



东南大学出版社

内容提要

本书为城市地下管线普查技术专著,共分8章,前3章论述城市地下管线普查的定义、技术方案与工作模式、基本要求,第4章是物探技术方法,第6、7章为城市地下管线普查工程监理与动态管理,第5、8章分别论述了数据采集记录与处理及信息系统。附录还介绍了有关专题的研究报告摘要。

本书内容紧密结合我国城市对开展地下管线普查的要求,可供城市测量、物探等工程技术人员参考,也可作为大专院校有关专业的教学参考。

城市地下管线普查技术研究与应用

区福邦 主编

*

东南大学出版社出版发行

(南京四牌楼2号 邮编 210096)

江苏省新华书店经销 南京五四印刷厂印刷

*

开本 787×1092 毫米 1/16 印张 20 字数 545 千

1998 年 12 月第 1 版 1998 年 12 月第 1 次印刷

印数:1-2500 册

ISBN 7-81050-400-2/TU·46

定价:38.00 元

(凡因印装质量问题,可直接向承印厂调换)

序 言

城市地下管线是城市的重要基础设施,是城市生存和发展的血脉。科学、准确、完整的地下管线现状信息是地下管线安全、高效运营的保障。面对未来的城市,地下空间的开发利用,无疑是城市发展的一个重要方面,而维系地上地下空间,保证其整体运行的基础设施仍是地下管线。所以,为未来充分利用地下空间,规划、建设、管理好地下管线也是重要的基础工作。

城市地下管线普查工作越来越受到国家有关部门和各城市的重视。城市地下管线普查的关键在于准确获取地下管线现状数据和保证地下管线信息的完整性和现势性,并使获取的信息适应现代化管理的要求。90年代中期广州市在探索采用一些新技术进行城市地下管线普查方面进行了研究和应用,取得了许多成功经验。在国内首次提出了:在现况调绘资料的基础上,采用探查、测量和计算机辅助制图,内外业一体化作业,同步建立地下管线数据库和实行动态管理的地下管线普查技术方案。这一技术方案把物探、测绘和计算机应用技术有机地结合起来,应用于城市地下管线普查,实现城市地下管线的现代化管理。其创新之处在于应用物探和测绘的先进技术,保证了数据的准确性;通过探测作业计算机辅助制图与计算机成果监理相结合,实现了同步建立地下管线数据库;对新建立地下管线工程采用竣工测量的方法,实现了地下管线信息的动态管理,确保了地下管线信息的完整性和现势性。具有较高的先进性和科学性。

目前,我国有关地下管线方面的书籍是比较少的,运用高新技术进行勘查也开始不久,本书对城市地下管线普查技术研究与应用的系统论述,对当前国内城市开展地下管线普查具有重要的指导意义和促进作用。

中国科学院院士
中国工程院院士
中国建设部顾问

周干峙

序

广州是具有 2000 多年发展历史的文化名城,是中国经济发展最为活跃的城市之一。历史的沉淀留给我们的宝贵财富,地下文物的出土昭示着广州地下空间蕴藏着的历史价值,地下除了文物,还有与几百万居民生活息息相关的错综复杂的城市生命动脉——城市地下管线。由于历史的原因,我们尚不能科学而有序地把握城市生命脉搏,资料的贫乏容易导致管线建设的盲目性和建设过程的破坏性。广州在经济高速发展的同时,城市建设日新月异,建设中偶有出现地下管线破坏性的严重事故,不仅经济损失惨重,而且威胁着居民生活安全和保障,乃至制约城市建设和经济建设的发展。为此,如何利用和保护地下空间,成为我们迫切需要考虑的问题,地下空间的勘探和资料的收集成为一项急需开展的课题。要求尽快摸清地下管线的实际情况,科学而合理地进行地下管线的规划和管理,成为城市规划主管部门一项重要职能和经常性的工作。

广州市城市规划局在市政府的大力支持下,在各专业管线部门的大力配合下,投入相当的人力和物力,从 1995 年开始对全市全面开展地下管线的普查和信息系统的建立工作。这项工作的意义在于:摸清情况、避免事故、合理开发、科学规划。利用先进技术手段获取完整准确的实地资料并同步建设地下管线信息系统,同时为各专业管线管理部门建立专业管线系统提供数据和技术支持,提高城市管理现代化水平,为合理利用和开发城市地下空间,协调城市空间布局提供科学的决策依据,指导城市建设实施,保护城市生命线的安全运行,为广州市迈入新世纪,建设现代化的社会主义大都市打下坚实基础。

本书是广州市地下管线普查和信息系统建设成功经验及技术研究的成果总结,从主编到各编写人员都是在一线工作的经验丰富的专家与技术人员。希望本书的出版对促进研究合理利用地下空间技术的深入和城市管线普查及信息系统建设在全国的全面开展起到一定的示范作用和积极的推进作用。

广州市政协副主席

中国城市规划协会副理事长

戴建

前 言

城市地下管线是城市基础设施的重要组成部分,随着我国城市现代化建设的迅速发展,城市地下空间开发利用越来越受到各方面重视,建设规模不断扩大、使用功能日趋复杂。同时,与地下各项工程设施的交叉矛盾也日趋突出。因此,城市地下管线现状资料作为地下工程规划设计、施工和运行管理的基础数据,并为合理开发利用地下空间,加强城市地下空间的统一规划管理提供科学依据,便显得尤为重要。建设部的要求:“未开展城市地下管线普查的城市应尽快对城市地下管线进行一次全面普查,弄清城市地下管线的现状。有条件的城市应采用地理信息系统技术建立城市地下管线数据库,以便更好地对地下管线实行动态管理。”城市地下管线普查是一项涉及管线的多权属单位和多学科、多专业的综合性与技术性很强的系统工程。广州市在 1993 年立项,进行技术准备,组织调研试验,编制《广州市地下管线普查技术规程》和《工程监理实施细则》;1995 年市政府成立了以戴治国副市长为组长的普查领导小组,下设办公室(在市规划局内);1998 年完成了包括市中心区近 200km² 范围的普查。普查过程中积累了大量的技术实验数据,提出了值得进一步探讨的问题并组织了包括 10 个专题的《地下管线普查工程问题与对策》科研项目研究。本书根据广州市城市地下管线普查的实践与专题研究成果,系统论述了适于高新科技应用与城市现代化科学管理要求的普查技术方案与工作模式、组织管理、方法技术和地下管线信息系统的建立等内容。

本书由区福邦主编,负责拟定编写大纲,组织编写和全书统稿工作。参加编写的有区福邦(第 1、2 章和第 3 章部分内容),余儿磅(第 3 章),陆正立(第 4 章),储征伟(第 5 章),廖文翰(第 6、7 章),陈顺清(第 8 章)。各课题负责人还撰写了专题研究报告摘要。

本书由同济大学顾孝烈教授、北京地质大学杨旭教授和中国科学院何建邦研究员审稿,并提出了宝贵意见,谨表深切谢意。

编 者

1998 年 8 月于广州市

目 录

1	绪论	1
1.1	城市地下管线普查的定义	1
1.2	城市地下管线普查的意义与目的	2
1.3	传统的城市地下管线普查技术方案与工作模式	3
1.4	广州市地下管线普查的实践与研究	4
2	城市地下管线普查技术方案与工作模式	9
2.1	方案对比分析	9
2.1.1	方案对比	9
2.1.2	方案试验	9
2.1.3	基本精度论证	11
2.2	城市地下管线普查技术方案	14
2.2.1	方案总体设计	14
2.2.2	现况调绘	14
2.2.3	实地探查	14
2.2.4	野外数据采集	14
2.2.5	计算机辅助成图	14
2.2.6	档案与动态管理	14
2.2.7	建立地下管线信息管理系统	14
2.3	城市地下管线普查工作模式	16
2.3.1	普查工作组织	16
2.3.2	普查业务管理	16
2.3.3	普查工程监理	17
2.4	城市地下管线普查施工管理	20
2.4.1	施工作业组织	20
2.4.2	作业质量保证体系	21
3	城市地下管线普查技术方法与基本要求	23
3.1	城市地下管线种类及其设计施工要求	23
3.1.1	地下管线种类	23
3.1.2	地下管线的设计施工要求及敷设方式	34
3.2	城市地下管线普查工作内容与基本精度	43
3.2.1	城市地下管线普查的工作内容	43
3.2.2	城市地下管线普查的精度要求	46

3.3	城市地下管线现况调绘	47
3.3.1	现况调绘任务与工作组织	47
3.3.2	现况调绘的工作内容及提交的资料	47
3.4	城市地下管线探查	48
3.4.1	概述	48
3.4.2	实地调查	50
3.4.3	仪器探查	51
3.5	城市地下管线测绘	57
3.5.1	城市地下管线测量	57
3.5.2	城市地下管线图的编绘	60
3.6	城市地下管线普查成果编制	64
3.6.1	普查成果资料	64
3.6.2	成果表的编制	65
3.6.3	普查工程档案材料组卷	67
4	物探技术应用研究	70
4.1	仪器探测的基本方法	71
4.1.1	常用探测仪器及特点	71
4.1.2	探测前的技术准备和方法试验	72
4.1.3	各类管线的基本探测方法	73
4.2	管线仪的定深方法	75
4.2.1	直读法定深及应用	75
4.2.2	比值法定深及应用	77
4.2.3	在有旁侧管线干扰情况下,比值法与直读法定深精度的比较	85
4.3	复杂情况下的探测技术	86
4.3.1	近间距并行管线的探测	86
4.3.2	电信电缆和电力电缆的探测技术	94
4.3.3	地面和浅部干扰的避免与压制方法	100
4.3.4	大口径管的探测	102
4.4	探地雷达在水泥管探测中的应用	106
4.4.1	水泥管探测的物性前提	106
4.4.2	天线频率和工作参数的选择	108
4.4.3	水泥管异常特征分析	110
4.4.4	水泥管异常的时距曲线特征	111
4.4.5	水泥管异常的定深方法	114
4.5	探查精度衡量与统计分析	117
4.5.1	精度统计指标与计算公式	117
4.5.2	实际探查精度统计分析	118
5	城市地下管线数据采集记录与处理	123
5.1	数据采集与处理技术要求	123
5.1.1	野外数据采集的概念	123

5.1.2	数据处理的技术要求·····	125
5.1.3	野外数据采集、记录、处理工艺与数据流程·····	126
5.2	机助成图软件的功能·····	126
5.2.1	成图软件的基本功能与特点·····	126
5.2.2	地下管线机助成图系统·····	128
5.3	野外测量数据采集记录与预处理·····	132
5.3.1	电子测量系统·····	132
5.3.2	野外数据编码及采集记录·····	134
5.3.3	野外数据处理·····	136
5.4	属性数据文件的获取·····	137
5.4.1	建立属性库软件系统应具备的功能·····	137
5.4.2	建立属性库·····	138
5.5	图库联动修改·····	139
5.5.1	提供图库联动编辑的数据文件生成·····	139
5.5.2	地下管线图编辑软件模块·····	140
5.5.3	管线带状地形图的编辑·····	141
5.5.4	综合地下管线图的编辑·····	141
5.5.5	专业管线图的编辑·····	141
5.5.6	局部放大图的编辑·····	142
5.5.7	横断面图的编辑·····	142
5.5.8	地下管线属性数据与图形数据的连接·····	142
5.6	图表输出与入库文件的生成·····	144
5.6.1	地下管线图的输出·····	144
5.6.2	成果表的输出·····	144
5.6.3	入库数据的整理加工格式要求·····	144
6	城市地下管线普查工程监理 ·····	148
6.1	城市地下管线普查工程监理的意义·····	148
6.2	城市地下管线普查工程监理的任务及工作要求·····	149
6.2.1	普查工程监理的任务·····	149
6.2.2	普查工程监理的工作要求·····	151
6.3	工程合同监理·····	151
6.4	探查作业监理·····	152
6.4.1	探查作业巡视监理·····	152
6.4.2	明显管线点调查监理·····	153
6.4.3	隐蔽管线点探查监理·····	153
6.5	测绘作业监理·····	155
6.5.1	测绘作业巡视监理·····	155
6.5.2	控制测量作业监理·····	156
6.5.3	地下管线图测绘作业监理·····	156
6.6	计算机成果监理·····	158

6.7	档案资料监理	160
6.7.1	档案资料完整性检查	160
6.7.2	档案资料组卷方法检查	160
6.7.3	档案资料质素与规格检查	160
6.7.4	档案资料编目检查	160
6.8	专业验审与成果验收	160
6.8.1	专业验审	160
6.8.2	成果验收	160
7	城市地下管线动态管理	162
7.1	城市地下管线工程规划管理	163
7.1.1	一般要求	163
7.1.2	地下管线设施建设工程申报管理	163
7.1.3	地下管线设施工程设计管理	164
7.2	城市地下管线工程规划验收管理与竣工测量	168
7.2.1	地下管线工程规划验收	168
7.2.2	地下管线工程竣工测量	169
7.3	地下管线数据库更新	169
8	城市地下管线信息系统的建立及应用	171
8.1	城市地下管线信息系统的概念	171
8.1.1	城市地下管线信息系统的特点	171
8.1.2	城市地下管线信息系统建立的意义	171
8.1.3	与普查作业同步建立地下管线的信息系统的技术原理与方法	172
8.1.4	综合性地下管线信息系统与专业性地下管线信息系统	174
8.2	综合性地下管线信息系统的总体结构	175
8.2.1	地理信息系统(GIS)技术与自动制图/设施管理(AM/FM)技术	175
8.2.2	系统目标与总体结构	177
8.3	地下管线的数据分析	180
8.3.1	面向对象的分析与设计方法简介	180
8.3.2	地下管线信息系统的数据组成分析	181
8.3.3	一条管线的定义	182
8.3.4	地下管线的类层次结构分析	183
8.3.5	以管线点为主要属性连接元素的管理方法	183
8.4	综合性地下管线信息系统的应用功能设计与实现	184
8.4.1	计算机监理查错与入库模块	184
8.4.2	管线工程规划审批的办公自动化与竣工测量数据的更新	184
8.4.3	综合查询功能	187
8.4.4	常规 GIS 功能	190
8.4.5	网络分析功能	190
8.4.6	断面分析功能	192
8.4.7	一定智能水平的管线工程规划综合功能	192

8.4.8	一定智能水平的地图综合功能	195
8.4.9	一定智能水平的管线工程辅助设计	195
8.4.10	对外服务功能	195
8.5	地下管线信息系统的应用与发展方向	195
8.5.1	城市地下管线普查与信息系统建立的模式	195
8.5.2	地下管线信息系统的发展方向探讨	199
附录	专题研究报告摘要	209
A	近间距并行管线的探测	209
B	测深方法及其修正方法研究	219
C	探地雷达在水泥管探测中的应用	229
D	应用各类型地下管线仪进行方法试验比分析	233
E	大口径金属管探测	250
F	在地下管线探测中各类干扰的识别与研究	270
G	广州市地下管线数据采集与处理成图系统	282
H	地下管线普查数据处理与综合地下管线信息系统的相互衔接	291
I	探查精度衡量与统计分析	295
参考文献		303

1 绪 论

1.1 城市地下管线普查的定义

地下管线分为地下管道和地下电缆两大类。地下管道包括给水、排水、煤气、热力及工业管道。给水管网根据不同用水对象而有不同的给水系统,此外还按照用水水质要求不同或用户的用水水压要求不同而分别建立有分质给水系统和分压给水系统。排水管道按排水性质分工业污水、生活污水和雨水,不同排水方式所形成的排水系统称为排水体制,又分为合流制和分流制两种类型。煤气管道按压力大小分为低压、中压和高压。从输配系统和布设来说则分为管径规格不同的主干管和庭院管。热力和工业管道主要以其传输材料性质区分,工业管道也按其管内压力大小而有无压(自流)或低压、中压和高压三种。地下电缆包括电力及电信电缆:电力电缆除电气化铁路及电车用低压电缆外,还有供电(输电或配电)用高压或超高压电缆;电信电缆按其功能分为市内电话、长途电话、电报、有线广播和有线电视光纤电缆及其它专用电信电缆等。它们均采用地下管道或直埋的方式铺设。埋设在城市市区内的上述各类管线,包括市政公用管线及其它部门如厂矿铁路、民航、部队等专用管线,统称城市地下管线,是城市赖以生存和发展的血脉。

城市地下管线探测,是指对上述管线进行探查和测绘。探查是对已有地下管线进行现场调查和采用不同的探测方法探寻各种管线的埋设位置和深度。测绘是对已查明的地下管线进行测量和编绘管线图,也包括对新建管线的施工测量和竣工测量。故此地下管线探测可以是对某一区域范围地下管线的探测:如城市的市政公用管线探测,主要根据规划管理部门的要求进行,其范围一般是道路及主干管线通过的区域。厂区或住宅小区管线探测,一般根据工厂或小区管线设计和管理部门的要求进行。也可以是对某项工程特定要求的地下管线探测:如施工场地的地下管线探测,是为了在施工前查明场地的地下管线状况以防止工程施工造成地下管线的破坏,探测的范围一般是工程施工及其可能影响的区域。还有专用管线探测,实际上就是管线工程的设计施工测量。所以,“城市地下管线探测”是一个比较广义的概念,工作内容则比较单一,要求也根据其所服务部门和对象而不同。为此国家行业标准“城市地下管线探测技术规程”把地下管线探测的精度分为三个等级,探测基本地形图比例尺也可以有 1:500 至 1:5000 的选择。

城市建设管理长期以来重视地上,忽视地下,没有一套科学和严格的管理,同时各类管线和管理又权属多门,各司其政,加上历史原因,以致档案资料格式不统一、内容残缺不全。随着城市现代化建设迅速发展,城市地下空间开发利用越来越受到各方面的重视,建设规模不断扩大,使用功能日趋复杂。特别是作为城市公共设施重要组成部分的城市地下管线由单一、简单的形式发展到多类别、多权属和布局复杂的管线网。城市建设高速发展与落后的管理手段之间的矛盾也日益尖锐,例如因管线埋设情况不清而导致地面施工造成损坏的事故不断,因管线建设规划不周而导致重复开挖路面,对社会经济影响都不好。尽早、尽快查清城市地下管线的

现状,全面掌握好有关资料数据以提供城市规划和管理依据,已是亟待解决的问题。因此进行城市地下管线普查,即在一定时期内按照城市规划管理的要求,根据城市具有的技术与经济实力,采取最经济和科学合理的方法,查明城市建成区或城市规划发展区内的地下管线现状,获取准确的管线有关数据,编绘管线图、建立数据库,并在这个基础上做好档案与动态管理,这就是“城市地下管线普查”的目标和含义。从这个意义来说,城市地下管线普查是和城市地下管线探测有着不同的概念和要求的。普查工程是一项既要充分利用已有资料、协调各专业管理权属单位,又要有统一的技术要求、精度及统一的组织实施和管理,涉及多部门、多学科的综合性系统工程,不同于一般工程性的或厂矿工业专用管线的地下管线探测。普查是为了解决城市建设历史遗留下来的欠帐,需要较大的人力、财力的投入。有了普查成果还必须同时解决好普查成果如何应用和跟上对新建管线的规划管理和管线资料数据及时更新的问题。城市地下管线普查对于一个城市来说,在一定时期内必须做而且只能做一次。建设部 1995 年“关于加强城市勘测基础业务工作的通知”明确规定在近期要重点做好的几项工作,其中就提出:“要开展城市地下管线普查工作,保证地下综合管线图的完整性、现势性。”建设部 1998 年“关于加强城市地下管线规划管理的通知”指出:城市地下管线的规划管理(包括定线验线测量)是城市规划部门的重要职责。要求:未开展城市地下管线普查的城市,应尽快对城市地下管线进行一次全面普查,弄清城市地下管线现状。有条件的城市应采用地理信息系统技术建立城市地下管线数据库,以便更好地对地下管线实行动态管理。要强化对城市地下管线探查测量工作管理。严格城市地下管线工程建设的定线和竣工测量制度。

1.2 城市地下管线普查的意义与目的

城市地下管线是城市的重要基础设施,是现代化城市高效率、高质量运转的保证。城市地下管线现状资料是城市规划、建设和管理的基础资料,也是地下管线安全运行的保证。尽快全面系统地掌握地下管线现状,还是为合理开发利用地下空间,为地下工程的规划、设计、施工及运行管理提供完整的基础数据,对制定切实可行、技术先进和经济合理的规划设计与管理方案有着重要的作用。

目前存在的主要问题表现在:由于地下管线资料的缺漏和偏差,对地下管线的分布情况不清,造成盲目施工,地下管线损坏导致停水、停电、停气、通讯中断,甚至引起灾害事故。在规划管理上,对小区详细规划的审批往往只注重用地规模、性质、总平面布置、路网和建筑密度、间距、容积率等规划指标的控制,基础设施及其站点用地规划和地下工程管线综合规划深度不够,未能真正起到对地下管线建设的指导与控制作用,或出于对开发资金投入的考虑只能满足近期目标,使得一些管线的敷设总是落后于建设的发展。据某城市统计,由于缺乏统一规划和管理,致使道路扩建中,仅地下管线的迁改补偿费用就占工程总投资的 30% 左右。其次,由于缺乏地下管线现状分析,有些道路及管线施工中不能按设计施工,不得不在现场修改,覆土前又未进行竣工测量,没有实测成果数据。用报建的设计资料归档及作为管理的依据,造成日后新划用地或新建工程与已有道路和地下管线的矛盾。此外,城市管线资料来源及精度不明确,图文表格不统一,分类统计、检索速度慢且不利于综合分析,存在较多弊端。任何一种管线发生故障都会带来重大损失,造成事故的原因固然很多,但最基本的一个原因是地下管线资料缺乏科学性、准确性以及管理模式的落后。

建设部于 1994 年发出“关于加强城市地下空间规划管理的通知”指出:目前各地城市规划部门对于地下空间开发,有的已纳入正常管理轨道,有的则管理制度尚不健全。为此要求各地城市规划部门,必须加强对规划区地下空间和各地下工程建设(包括人防地下工程)的规划与管理工作,使城市地下空间与地面建设协调配合,构成一个有机整体。因此通过城市地下管线普查,要达到查清地下管线现状,建立城市完整的、准确的、科学的地下管线信息管理系统并实行动态管理的目的;小区详细规划要在管线现状资料分析基础上提出工程管线综合规划和竖向规划。报建图经城市规划管理部门审批后,建设单位必须按照设计进行实地定线后施工,覆土前要先由规划管理部门组织竣工验收测量。通过管线普查获得完整、准确的基础数据,建立地下管线数据库和计算机信息管理系统,系统要具备输入、输出、检索、编辑和综合分析功能及数据实时更新以提供城市地下空间规划管理的依据。总之,建设现代化城市,首先要有科学的城市规划和管理,而只有以准确和及时的基础数据分析为依据,才能实现规划和管理的科学化。

一个城市在决定开展地下管线普查前,首先要按照上述所要求达到的目的来确定自己的具体目标,根据所能具备的条件,选择最经济和科学合理的普查技术方案与工作模式,这是决策的关键。如果仅仅考虑近期目标或方案未认真进行论证便组织普查工作,将会最终导致普查流于形式。在 80 年代末 90 年代初已完成普查的一些城市,由于当时技术条件的局限,有采取专业管线单位各自完成调查工作,然后再统一组织测绘单位进行测绘编制管线图或由专业管线单位各自完成本单位权属管线的探测,然后交档案管理部门归档及编制管线图等做法。从组织者来说,管理简单,投资少。但实际上由于各专业管线单位技术力量及重视程度的不均衡,很难保证探测工作和所提供的资料能够按照统一的技术要求和计划实施,甚至可能提交的资料是未经实地探查测量,仅从已有档案图解数据中提取出来,这就更无精度可言了。即使采用了现场探测数据和机助成图(即计算机辅助制图),但没有及时考虑满足建立计算机信息管理系统的要求,也将仍然不能摆脱传统的管理方式和带来日后建库的困难。实际上有些城市已存在这些问题。城市地下管线普查从组织来说,涉及不同系统的管线权属单位和不同技术水平的普查作业单位;从技术上来说,涉及多学科、多专业,因此是一项综合性和技术性很强的系统工程,需要有一个科学的决策和权威的领导机构来统一领导和组织实施。

1.3 传统的城市地下管线普查技术方案与工作模式

旧有管线的整理测量(简称整测)和新埋设管线的竣工测量(简称新测)在《城市测量规范》中统称为地下管线竣工测量。所谓整测,就是向各专业管线单位收集整理现有旧管线资料,再到实地对照核实调查测绘和编制管线图。实地调查的方法主要是采用下井调查量测和开挖少量样洞,探坑量测为主。测绘方法可以采用解析法或图解法,即根据实地调查确定管线投影到地面的点位,应用常规的测量方法(一般采用导线串连或极坐标法施测)测定管线点的平面位置和高程,或用距离交会法、支距法与小平板设站施测等方法在地形图上标绘或测定管线点,量取管线点的图解坐标、结合收集的管线资料编制综合管线图。我国一些大城市如北京、天津、沈阳、南京等曾在早年便开始城市地下管线整测工作,当时还没有先进的技术和探测仪器,因此,主要还是采用人工作业和管理方式,就用这些实践总结出的方法,逐步掌握了大部分地下管线资料,对当时的城市建设起到了一定指导作用。如北京市,1957 年突击整测历年来埋设的自来水管线,当时唯一的办法是与自来水公司有关人员一起全面收集和分析残缺不全的有

关资料,在现场调查确定管线走向进行大量的开挖,经过两年多时间共开挖了一万多个点位,基本查清了规划路两侧直径 100mm 以上的自来水管线。1965 年又由测绘部门牵头,组织各专业管线单位配合展开综合地下管线整测的第一次大会战,完成了规划路的综合地下管线整测。1976 年进行了第二次大会战,解决了规划路以外的综合管线测量。1986 年进行了第三次会战,此次会战采用了地下管线探测仪探测,完成了远郊区及“文革”期间漏测的地下管线,先后共绘制了各种管线 15000 多公里的地下管线综合图。天津市于 1977 年至 1984 年也完成了各种管线 3000 多公里的 1:500 地下管线综合图。主要是根据各专业管线单位所收集的设计施工资料,对部分地下检修井进行核对后编制而成。近十年来,由于城市建设的迅速发展和现代管理的要求,开始提出了城市地下管线普查,这些较早开展地下管线普查的城市,其技术方案与工作模式大体上可归纳为下列两种类型。

第一种:专业管线调查与测绘成图分步作业。天津市于 1991 年成立了市地下管线普查领导小组,下设办公室负责日常工作。普查工作分为准备、调查、测绘成图、资料整理归档四个阶段,其中调查阶段由专业管线单位承担,按系统由各专业管线单位完成本单位权属的管线调查工作,对管线属性资料和管线空间资料实地核对,对于位置不清部分,再辅之以开挖或探测定位的方法解决,然后将调查结果转绘注记于工作底图上。测绘成图阶段由管线办公室组织测绘单位分区、分期作业,尽可能采用全站仪及电子手簿记录进行解析法测绘和机助成图,并与原有地形图叠加编制综合管线图和各种专业管线图。

第二种:专业管线探测与集中编绘。宁波市于 1990 年成立市地下管线普查领导小组(下设办公室)开展城市地下管线普查。由各专业管线单位自行委托勘测单位分别完成本单位权属管线的探测,明显管线点开井调查,隐蔽管线点采用钢纤直接接触探或管线探测仪探测,解析法测定平面坐标和高程。然后由市管线办公室集中各专业管线单位完成的探测成果统一组织整理编绘。采用微机将管线数据与 1:500(郊区 1:1000)基本地形图数字化形成的图形数据叠加生成综合管线图。由于不同管线的解析数据精度不一及其与平板测图的地形图图形数据又具有不同精度,都将会因精度不匹配产生图上的管线之间和管线和地物之间矛盾要加以人工处理,处理的基本原则是:电力让电信,电信让有压,有压让无压,将两条管线间关系分开至图上 0.2mm 为止,图面矛盾改图不改管线。人工处理后修改原数据库相应数据。

上述两种方案比过去以收集资料为主通过实地调查核实编绘综合管线图的地下管线整理测量进了一步。

1.4 广州市地下管线普查的实践与研究

1992 年 10 月广州市规划局向市建委提出了“广州市地下管线调查测量工作方案设想”的报告。1993 年初批准立项。同年 8 月由市规划局组成普查筹备组进行技术准备。筹备组进行了调研,收集了大量资料,对国内已完成或正开展普查的一些城市所采取的技术方案作了分析比较,归纳了认为有一定代表性和可参考的两种类型的技术方案,但正如上所述,这些方案不能很好适应高新技术应用和现代管理的要求。随着我国地下管线探测技术的发展及全站型电子速测仪和计算机技术在测绘领域的应用,目前已完全有可能以解析法测绘机助成图,建立地下管线信息系统,取代过去图解法测绘和手工管理的落后手段。因此在各城市的普查经验基础上,结合广州市的实际情况和具备的条件,提出了广州市地下管线普查的工作方案;专业管

线权属单位提供现况调绘资料,由探测专业单位采用开井调查与管线探测仪器探查相结合,全站型电子速测仪电子手簿进行解析法测绘和计算机辅助成图一体化作业,一次性组卷归档,同步建立地下管线信息管理系统和实行新建地下管线竣工测量验收的动态管理,即“探测与机助成图内外一体化作业,同步建库和动态管理”的普查技术方案。为适应这一技术方案的要求,建立了统一领导、统一技术要求、统一组织实施及实行在质量保证体系基础上的普查工程监理的工作模式。这个技术方案的特点是把地下管线探测、外业数据采集和将计算机辅助制图技术引进管线测绘全过程。勘测单位在完成内业成图的同时产生符合信息系统要求的数据文件的磁盘,经过计算机监埋程序的查错、数据转换,再经自动入库、符号标准化处理而建立地下管线信息系统。形成了由探测、成图、建库一体化构成的地下管线普查工程的整体。建设部组织编制的国家行业标准《城市地下管线探测技术规程》当时还未正式审批出版,在 1993 年提出的征求意见稿,主要还是按照地下管线整测的传统概念和要求及以全国有关行业对城市、厂矿、地下管线工程探测等为对象的,其中虽有可参照的规定,但缺少有关新技术及计算机信息管理系统的内容。上述工作模式的特点是要求统一领导、统一组织实施、统一技术规程,要有较大的人力、物力的投入。因此在进行方案可行性论证时,不少意见认为从技术上和管理上都有很大难度,不如传统的方案有章可循、有经验借鉴、比较省力。为了弥补这一不足,筹备组于 1993 年 10 月提出了《广州市地下管线普查技术规程》讨论稿(以下简称《规程》)。这个讨论稿是以《城市测量规范》基本原则为依据,参考当时《城市地下管线探测技术规程》送审稿,结合广州市技术方案和新技术应用的要求而编写的。讨论稿在征询了生产作业单位和有关管理部门意见进行修改后完成初稿,并以《规程》初稿为依据,在 1994 年 4 月组织了具有一定代表性和不同场地条件的三个小区共 2.4km² 的地下管线普查试验,通过试验验证方案的可行性及《规程》的实用性。1994 年 12 月市建委组织有规划局及各专业管线权属单位主管领导和专家参加的试验成果评审,对试验成果给予了充分肯定,对所提出的技术方案达成了共识,认为:普查试验针对性强,采用的方案科学合理,技术先进,试验成果齐全,成图精度可靠。为广州市高起点全面开展地下管线普查取得了经验。在此基础上,《规程》做了修改完成送审稿,其内容包括总则,已有地下管线现况调绘,地下管线探查,地下管线测量,地下管线图编绘,普查成果资料检查验收及地下管线数据库建立与计算机信息管理系统等。1995 年 4 月市建委组织专家审定委员会主持《规程》的审定认为:《规程》编制是从实际出发,并正确处理了与行业标准的关系,其实用性和可操作性强;内容丰富全面,采用了地球物理探测技术、数字化测量与计算机辅助成图,建立地下管线信息数据库及动态管理等新技术,使《规程》具有先进性;采用了内外业一体化作业及同步建立数据库的技术方案,加强了它的科学性。《规程》建立了一套完整的技术标准及统一的作业方法,将加速广州市地下管线普查工作和广州市 GIS 工作的开展。因此,认为《规程》是一项具有科学性、先进性和实用性的科技成果,达到国内领先水平。

筹备组完成了上述技术准备后,1995 年 5 月市政府批准成立了广州市地下管线普查领导小组,下设办公室(在市规划局内)。要求进行小区普查试验,侧重解决有关技术方案、标准等问题,并要求解决外业数据采集与处理软件及提供图形数据与文本数据文件应如何满足建库要求,系统应选择怎样的硬件与软件支撑来实现地下管线信息管理等问题。为此,他们先利用普查小区试验成果进行了初步建库试验,并着手进行系统的研制开发。1995 年 12 月完成初步试验,提出了有关图形数据文件名分类、采用格式及数据结构、管线点符号编码等具体规定。同时研究开发了外业勘测数据处理成符合地下管线信息系统所要求的有关数据文件的应用软件系统。其数据处理过程分为数据处理、制图及信息系统连接三部分。第一、二部分可以满足

地下管线普查技术规程要求提供的成果表及各类管线图,第三部分满足建库要求提供的有关图形数据文件与属性(非图形)数据文件,这些数据文件可方便地与国际流行的地理信息系统(GIS)软件或自动制图/设施管理(AM/FM)软件进行连接,例如转换成 ARC/INFO, Mapinfo 的数据文件格式。

为进一步解决有关系统的选择问题(包括系统目标,总体设计,软件及硬件选型,系统的开发应用等),在大力开展普查前,1995年9月先组织了一个面积约为12.5km²的建库试验区普查,以利用这个有一定数据量的普查成果进行有关系统的进一步试验。同时为了保证普查工作的顺利开展和技术规程实施,确保普查工程质量,严格数据质量的监控,由勘测专业单位、建库单位及档案管理部门有关专业人员组成工程监理组在办公室领导下,负责工程质量监督,协助解决作业中有关生产技术问题及成果验收工作。这是在国内目前尚未建立工程勘察监理体制的情况下的又一种新的尝试。通过建库试验区普查的边摸索、边总结过程,制定了《广州市地下管线普查工程监理实施细则》,并于1995年12月发布试行。细则包括了工程合同监督、物探作业监督、测绘作业监督、计算机成果监督、档案资料监督及成果验收等有关规定。

1995年12月中国城市规划协会全国城市勘测信息中心在广州市召开“全国城市勘测地下管线信息处理研讨会”,就城市地下管线普查的数据采集、信息管理系统与动态管理等问题进行了学术研讨,认为广州市地下管线普查的实践“对促进全国城市地下管线普查向高科技方向发展起到了积极作用”。

检查地下管线隐蔽管线点的物探作业质量,仅仅依靠采用开挖验证方法而会由于主干道交通繁忙及水泥板块路面难以开挖等将产生开挖点及其随机性不足的片面性。为了增加检查手段,全面衡量实际精度,促使作业单位进一步提高探查质量,1996年3月组织了“水泥沥青路面下管线探查中采用探地雷达监测的试验研究”。试验结果表明采用探地雷达进行监测是有效的、可行的(特别是对非金属管道)。同时还采用管线仪以剖面法进行监测试验,通过这项试验认为对地下管线探查质量监测应采用开挖验证,仪器重复监测,探地雷达监测等综合方法进行。为此对工程监理实施细则进行了相应补充,进一步完善了物探作业监督的技术方法。1996年8月建库试验区的普查成果数据全部通过各项监督,进入建库试验,由市建委组织的工程验收委员会对建库试验区普查工程进行验收给予了很高评价,认为“技术方案科学,作业方法技术先进,施工全过程实行工程监督、管理严密,达到了国内领先水平”。

城市地下管线的隐蔽性决定了资料的完整、准确及动态管理的重要性,因此管线数据是一个包括平面坐标、高程和时间的四维数据。要在大城市范围内建立这样一个具有数据准确性、现势性、内容详细的、应用广泛和动态管理的地下管线信息系统是非常困难而耗资巨大的工程。有些城市由于资料不全,非数字化基础,使数据质量与更新等问题成为建立地下管线信息系统的瓶颈。广州市地下管线普查一开始就在技术方案上考虑了这个问题,为此,经研究提出和采用的解析法测绘和机助成图一体化作业,以及实行动态管理与同步建库的技术方案,使得一次到位建立面向城市规划、建设与管理的,以GIS的技术为核心的、有准确的、完整的和实时更新的数据源得到保证,从而使普查成图与监督入库结合、全面普查与竣工测量结合、规划审批与现状信息结合的综合管线信息管理系统成为可能。研制开发的广州市地下管线信息系统 GUPIS(Guangzhou Underground Pipeline Information System)正是基于上述这样一个系统目标,并提出了以实现“综合查询、网络分析(包括事故分析)、截面分析及地下管线工程综合”四大功能为主要内容的建立地下管线信息系统的GIS方法。开发环境的选择,与国内外类似系统的开发环境有良好的交流,一般选用 ARC/INFO 或 INTERGRAPH 为基础支撑软件。同时要与广州市城