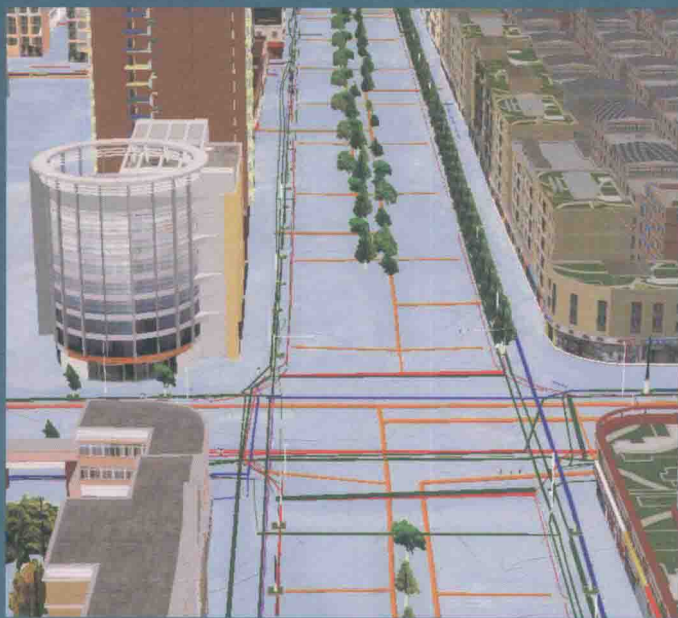




地下管线监测与 城市发展适应性分析

王泽根 陈 勇 甄 艳 唐翼德 / 著



科学出版社

地下管线监测与城市发展 适应性分析

王泽根 陈 勇 甄 艳 唐翼德 等 著

科 学 出 版 社

北 京

内 容 简 介

本书以第一次地理国情普查工作为契机,以城市发展适应性理论为支撑,阐述地下管线空间布局安全性、地下管网承载力和地下空间资源利用状况与城市发展的相互关系,以地理国情普查成果数据、地下管线普查数据、管线权属单位专业数据以及基础地理信息数据为基础,分析各类数据处理技术,采用 GIS 空间分析方法、系统综合评价方法,建立地下管线监测与城市发展适应性分析指标体系与评价模型,搭建地下管线监测与城市发展适应性分析辅助系统,为实例分析提供辅助支撑,最后是实例分析,选择试点区域开展地下管线空间布局安全性、地下管网承载力和地下空间资源利用状况分析工作。

本书可供城市规划、地下空间资源评估与利用、城市安全和地下管线安全风险评估研究等方面的技术人员及高校师生参考使用。

图书在版编目(CIP)数据

地下管线监测与城市发展适应性分析/王泽根等著. —北京:科学出版社, 2017.3
ISBN 978-7-03-052029-6

I. ①地… II. ①王… III. ①市政工程—地下管道—监测 IV. ①TU990.3

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2017)第 047558 号

责任编辑:张 展 罗 莉 / 责任校对:邓利娜
责任印制:罗 科 / 封面设计:墨创文化

科学出版社出版

北京东黄城根北街 16 号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

四川煤田地质制图印刷厂印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2017 年 3 月第 一 版 开本:787×1092 1/16

2017 年 3 月第一次印刷 印张:14 3/4

字数:350 000

定价:118.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换)

序

国家主席习近平在中央城市工作会议上指出：改革开放以来，我国经历了世界历史上规模最大、速度最快的城镇化进程，城市发展波澜壮阔，取得了举世瞩目的成就，我国城市发展已经进入新的发展时期。在城市规划、建设发展的同时，也存在一些问题：近年来，我国地下管线建设规模不足、管理水平不高等问题凸显，一些城市相继发生大雨内涝、管线泄漏爆炸、因漏水造成的路面塌陷等事件，严重影响了人民生命财产安全和城市运行秩序。为解决这些问题，提高城市地下管网的规划、建设、管理水平，2014年，国务院办公厅下发了《国务院办公厅关于加强城市地下管线建设管理的指导意见》（国办发〔2014〕27号），明确要求合理编制地下管线综合规划，加强城市地下管线建设管理，显著降低管网事故率，避免重大事故发生；并建成较为完善的城市地下管线体系，使地下管线建设、管理水平适应经济社会发展需要，大幅提升城市应急防灾能力，保障城市安全运行。

然而，城市地下管线普查是一项阶段性工作，是摸清地下管线现状的手段，也仅仅是地下管线管理的开始，如何维护、应用好普查成果，才是后期的工作之重。当前，我国已完成第一次全国地理国情普查工作，地理国情将转入常态化的监测阶段，这为地下管线普查数据的深入应用提供了良好契机。地理国情监测需要综合利用多种数据，综合运用空间统计分析、时空数据挖掘与知识发现等技术进行地理国情时空特征的综合分析、时空变化评估与趋势预测。结合地下管线普查数据，开展地理国情监测工作，将推动测绘工作从静态测绘服务向地理国情动态分析、从被动提供向主动服务、从后台服务向前台服务、从单一测绘数据向多类地理国情数据的转变，与此同时，也将为加强城市地下管线建设管理提供有力工具，进一步推动地下管线管理工作的精细化、科学化，促进城市功能完善、集约高效和转型发展，为切实做好城市地下综合管廊建设工作提供服务。

《地下管线监测与城市发展适应性分析》首先从理论上介绍了城市发展适应性的内涵，系统分析了城市与城市地下空间发展、城市与地下管线发展的协调关系，引入与地下管线监测和城市发展相关的概念，探寻地下管线与城市的耦合点，为地下管线监测和城市发展适应性分析提供理论支撑。其次，构建了地下管线监测与城市发展适应性评价体系，综合运用基础地理信息、地理国情监测、地下管网、城市规划等数据，以AHP层次分析法、综合指数法、GIS空间分析为基本方法，研究建立了地下管线监测与城市发展适应性分析系列模型，设计开发了地下管线监测与城市发展适应性分析辅助系统。以某市试点区域为例，验证了评价体系的有效性。

《地下管线监测与城市发展适应性分析》是开展基础地理信息数据等空间数据深度应用的良好开端，也是地理国情监测的深度尝试，是实现测绘地理信息事业转型的开拓性工

作。该著作的出版发行以及相关成果的推广应用必将对推动我国地理空间信息服务在城市规划、建设和运营管理的深入研究和推广应用产生良好的示范作用。

唐凯

2017年2月于北京

前 言

近年来,我国地下管线建设规模不足、管理水平不高等问题凸显,一些城市相继发生大雨内涝、管线泄漏爆炸和因漏水造成的路面塌陷等事件,严重影响了人民群众生命财产安全和城市运行秩序。2014 年国务院办公厅下发了《国务院办公厅关于加强城市地下管线建设管理的指导意见》(国办发〔2014〕27 号),明确要求“2015 年底前,完成城市地下管线普查”。各地相继开展了地下管线普查工作,提供了丰富的地下管线数据。

地理国情监测是了解国情、把握国势、制定国策的重要支撑,是推进国家现代化治理体系建设和提高治理能力的有力武器,是加快生态文明建设、美丽中国建设的必然选择,也是测绘地理信息事业转型的重要支撑。通过开展地理国情监测与综合统计分析工作,形成一系列监测成果和分析报告,为各级政府决策提供科学依据,同时为地理国情信息常态化监测与服务提供理论、技术方法与人才队伍支撑。根据四川省多点多极支撑、两化互动统筹城乡、创新驱动的“三大发展战略”需求,以及《四川省地理国情监测与综合统计分析指南》的要求,将地理国情普查和地下管线普查数据结合起来,开展地下管线监测与城市发展适应性分析,为城市规划发展与安全应急服务,符合国家测绘地理信息局提出的“边普查、边监测、边应用”的总体要求,是地理国情普查成果更好地为有关行业、政府部门和人民群众服务的具体体现,为人民群众生命财产安全和城市的可持续发展提供保障,具有显著的社会效益和经济效益。

地下管线监测与城市发展适应性分析为城市规划提供基础支撑,以 GIS 技术为主要手段,来实现对城市地下空间资源的有效配置与合理安排,是一种可持续的、适应城市发展变化的有效方法。目前,我国城市地下空间设施规划决策仍然处于粗放阶段,感性判断的成分较重,模糊性较大。开展地下管线监测与城市发展适应性分析工作,构建地下管线空间布局安全性、地下管网承载力、地下空间资源利用状况综合分析,指导城市地下空间设施规划与建设,提高城市规划、建设的科学性、合理性,可有效避免城市地下空间设施规划与建设的盲目性以及无序的高强度开发。

地下管线监测与城市发展适应性受多种因素影响,本书从城市地下管线空间布局安全性、地下管网承载力,以及城市地下空间资源利用状况三个方面开展深入研究。地下管线空间布局安全是城市发展的重要前提和保障,本书运用管线占压、管线净距、管线排列顺序、管线空间布置、管线埋设深度、管线穿越等指标进行了地下管线空间布局安全性评价研究。地下管网承载力关系到城市未来的发展,也影响到周边地区能否顺利实现可持续发展的目标,本书针对不同管网构建了不同的承载力指标体系,地下管网承载力是各类管网承载力的综合评价结果。地下空间资源利用状况是城市土地资源集约化使用与城市可持续发展的重要影响因素,本书从地下空间资源开发限制分区和资源容量等方面进行了地下空间资源利用状况研究。

本书从理论研究到实例验证,基本内容分为三大部分。第一部分(第1~3章)属于基础理论研究部分,是后续章节的研究基础;第二部分(第4~7章)是地下管线与城市发展适应性评价体系,包括评价所需的数据资源及其处理技术、基本评价方法、评价模型和辅助分析系统;第三部分(第8~9章)为应用案例,结合试点区域进行地下管线监测与城市发展适应性的实例分析,验证了本书评价方法的有效性。本书由王泽根提出内容框架,并完成统稿工作,由陈勇、甄艳和唐翼德共同完成审稿工作。各章撰写工作如下:第1~2章由王泽根完成;第3章由甄艳完成;第4章由陈勇、李晓静完成;第5章由唐翼德、徐万明完成;第6章由李胜、胡本刚完成;第7章由吴思、杜凯完成;第8章由陈勇、刘琦完成;第9章由王泽根、陈勇、甄艳、唐翼德完成。此外,王明洋、陈小平、张金花、张芳、何露露、杨艳梅、高颖、罗洁滢、王云、毛世科、邓才华、邓勤、王海旭、冯春森、仲明建、刘国、刘建勋、陈济才、彭伟、杨巍、丁登榜、强力、陈刚、张帆、方涛为本书的数据处理、技术试验与分析、图表处理等方面做出了不同程度的贡献。

本书为地下管线监测与城市发展适应性评价建立了一套系统的方案,为其他学者进行相关研究提供思路和借鉴,希望为城市地下管网规划决策、建设、运营维护和改造提供技术支持与帮助。本书的相关研究工作,是地理国情监测的深入开展及其数据综合应用的探索,希望将测绘地理信息在城市规划、建设、运营、管理的应用引向更深入的层次中。由于作者理论和技术水平所限,所提方案未必严密、有效,也未必能达到预期的目标。如果能够通过作者的工作,引发部分科技人员对测绘地理信息动态化应用、地理国情监测深入应用的思考和研究,就是作者之大幸了。

本书得以成稿,首先感谢《地下管线监测和城市发展适应性分析》项目组所有成员的辛勤劳动,没有他们的付出和协同工作,难以完成本书的撰写。还要感谢四川省测绘地理信息局、国家测绘地理信息局地下管线勘测工程院、四川省地理国情与资源环境承载力监测工程技术研究中心、西南石油大学、成都市规划信息技术中心、武汉市测绘研究院、青岛市勘察测绘研究院对本书相关研究给予的大力支持。感谢地下管线专家陈法勇高级工程师对本书稿提出的宝贵意见和建议。本书的出版也感谢科学出版社罗莉编辑的无私帮助。

目 录

第1章 绪论	1
1.1 城市与城市地下空间发展	1
1.1.1 城市与城市化	1
1.1.2 城市容量与城市空间	3
1.1.3 城市地下空间及其发展	4
1.1.4 城市地下空间开发利用约束条件	10
1.2 地下管线监测与城市发展适应性分析的必要性	12
1.2.1 城市地下管线监测的内涵	12
1.2.2 地下管线监测是城市可持续发展的客观需求	15
1.2.3 地下管线监测是地理国情监测的重要内容	15
1.2.4 城市发展适应性评价	17
1.3 城市地下管线信息化	18
1.3.1 城市地下管线信息化建设的必要性	18
1.3.2 城市地下管线信息化发展与现状	20
1.3.3 城市地下管线信息化发展趋势	21
1.4 地下管线监测与城市发展适应性发展现状	22
1.4.1 地下管线监测发展现状	22
1.4.2 城市发展适应性研究现状	26
第2章 城市发展适应性理论基础	29
2.1 城市结构及其特性	29
2.1.1 城市结构	29
2.1.2 城市系统特性	31
2.2 城市可持续发展	36
2.2.1 集约节约利用土地	37
2.2.2 节约能源和水资源	39
2.2.3 缓解城市发展中的矛盾	40
2.3 城市发展适应性评价	46
2.3.1 适应观的思想基础	46
2.3.2 适应性及其测度	46
2.3.3 适应性城市评价的方法基础	48
2.3.4 传统城市建设的适应性因素	51
2.3.5 城市发展适应性评价的基本要素	55

第3章 地下管线与城市发展适应性	61
3.1 地下管线空间布局安全性	61
3.1.1 城市地下管线空间布设原则和要求	62
3.1.2 城市地下管线空间布局特点	63
3.1.3 地下管线空间布局安全隐患	64
3.1.4 地下管线空间布局安全性与城市发展的相互作用	66
3.2 地下管网承载力	67
3.2.1 地下管网承载力基本概念	68
3.2.2 地下管网承载力特征	69
3.2.3 地下管网承载力与城市发展的关系	70
3.3 地下空间资源利用状况	71
3.3.1 城市发展对地下空间的需求	72
3.3.2 地下空间资源的特征	72
3.3.3 地下空间资源开发与城市发展适应性的关系	73
第4章 地下管线与城市发展适应性评价数据资源及处理	75
4.1 数据源	75
4.1.1 数据分类	75
4.1.2 数学基础	82
4.1.3 数据分类利用	85
4.2 数据模型	87
4.2.1 对象模型	88
4.2.2 场模型	89
4.2.3 网络模型	90
4.3 数据获取与融合	90
4.3.1 坐标转换	90
4.3.2 投影转换	91
4.3.3 格式转换	94
4.3.4 尺度变换	94
4.3.5 数据的提取与融合	96
第5章 地下管线与城市发展适应性评价基本方法	103
5.1 GIS 空间分析方法	103
5.1.1 空间量算	103
5.1.2 空间分析	107
5.1.3 空间统计分析	113
5.2 系统综合评价方法	114
5.2.1 综合指数法	114
5.2.2 层次分析法	114
5.2.3 主成分分析法	117

5.2.4 人工神经网络评价法	118
5.2.5 灰度关联度评价法	119
5.2.6 模糊综合评价法	121
5.2.7 小结	122
5.3 评价指标体系建立方法	122
5.3.1 基本原则	122
5.3.2 指标构建及筛选	123
5.3.3 指标标准化处理	125
5.3.4 加权系数的确定	127
第 6 章 地下管线与城市发展适应性评价模型	128
6.1 地下管线空间布局安全性评价	129
6.1.1 占压分析	129
6.1.2 净距分析	130
6.1.3 顺序分析	131
6.1.4 空间布置分析	132
6.1.5 埋深分析	133
6.1.6 穿越分析	134
6.1.7 地下空间布局安全性综合评价	135
6.2 地下管线承载力评价	135
6.2.1 给水管网承载力评价	135
6.2.2 燃气管网承载力评价	139
6.2.3 排水管网承载力评价	142
6.2.4 供电管网承载力评价	145
6.3 地下空间资源利用状况评价	147
6.3.1 地下空间资源开发利用适宜性分级	148
6.3.2 地层深度对地下空间利用的影响	150
6.3.3 地面现状划分	150
6.3.4 地下空间开发利用状况评价指标	152
第 7 章 地下管线监测与城市发展适应性分析辅助系统	154
7.1 设计目标	154
7.2 系统设计原则	154
7.3 系统总体架构	155
7.4 基础平台选择	157
7.5 数据库设计	158
7.5.1 数据库总体结构	158
7.5.2 数据库概念设计	159
7.5.3 数据库表结构设计	160
7.6 地下管线监测与城市发展适应性分析辅助系统功能设计	168

7.6.1 数据编辑与处理子系统	168
7.6.2 地下管线空间布局安全性分析子系统	171
7.6.3 地下管网承载力分析子系统	171
7.6.4 地下空间资源利用状况分析子系统	173
7.6.5 成果展示与输出子系统	173
第8章 地下管线监测与城市发展适应性分析应用	175
8.1 试点区域基本情况	175
8.1.1 试点区域概况	175
8.1.2 试点区域地下管线概况	176
8.1.3 试点区域数据源	176
8.1.4 数据处理	178
8.2 地下管线空间布局安全性分析	182
8.2.1 占压分析	182
8.2.2 净距分析	186
8.2.3 顺序分析	189
8.2.4 空间布置分析	196
8.2.5 埋深分析	200
8.2.6 综合分析	203
8.3 地下管网承载力分析	207
8.3.1 给水管网承载力分析	207
8.3.2 燃气管网承载力分析	209
8.4 地下空间资源利用状况分析	210
8.4.1 地面现状划分	211
8.4.2 地下空间开发限制分区	213
8.4.3 地下空间资源容量估算	216
8.5 试点区域地下管线与城市发展适应性结果	217
8.5.1 地下空间布局安全性	217
8.5.2 地下管网承载力	218
8.5.3 地下空间利用状况	218
第9章 结束语	219
9.1 主要结论	219
9.2 研究展望	219
主要参考文献	221

第1章 绪 论

1.1 城市与城市地下空间发展

1.1.1 城市与城市化

1. 城市

城市也叫城市聚落,是以非农产业和非农业人口集聚而成的较大居民点。人口较稠密的地区称为城市,城市一般包括住宅区、工业区和商业区。城市具备行政管辖功能,可能涉及较其本身更广泛的区域,包括居民区、街道、医院、学校、公共绿地、写字楼、商业卖场、广场、公园等公共设施。

城市是“城”与“市”的组合词。“城”在古代是指为了防卫并且用城墙等围起来的地域。《管子·度地》中提及“内为之城,内为之阔”。“市”则是交易的场所,“日中为市”。这两者都是城市最原始的形态,严格来讲,都不是真正意义上的城市。从城市的起源来讲,有因“城”而“市”和因“市”而“城”两种类型。因“城”而“市”就是先有城后有市,市是在城的基础上发展起来的,这种类型的城市多见于战略要地和边疆城市,如天津起源于天津卫。因“市”而“城”则是由市的发展而形成的城市,即先有市场后有城市,这类城市比较多见,是人类经济发展到一定阶段的产物,实质是人类交易、聚集中心。城市的形成,无论多么复杂,都不外乎这两种形式。

城市是人类文明的主要组成部分,是伴随人类文明与进步而发展起来的。人类在农耕时代便开始定居,城市就逐步出现了,但其作用是军事防御和举行祭祀仪式,并不具有生产功能,只是消费中心。因为周围的农村可提供的余粮不多,城市的规模很小。每个城市及其控制的农村,构成了一个小单位,相对封闭,自给自足。真正意义上的城市是工商业发展的产物,如13世纪的地中海沿岸、米兰、威尼斯、巴黎等,都是重要的商业和贸易中心,其中,威尼斯在繁盛时期,人口超过20万。工业革命之后,城市化进程加快,农民不断涌向新的工业中心,城市获得了前所未有的发展。第一次世界大战前夕,英、美、德、法等国绝大多数人口都已生活在城市,这既是富足的标志,也是文明的象征。

2. 城市化

城市化是现代化进程中社会结构不断演变的普遍动态过程,是人类生产、生活和居住方式的一种重大变迁,其表现包括农业人口向非农产业转移并向城市集中,城市在空间数量上增多、在人口规模上扩大,城市生活方式向农村扩散等。狭义地讲,城市化指农业人口不断转变为非农业人口的过程;广义而言,城市化是社会经济变化过程,包括农业人口

非农业化、城市人口规模不断扩张,城市用地不断向郊区扩展,城市数量不断增加,以及城市社会、经济、技术变革进入乡村的过程。

城市化本质上是经济社会结构变革的过程,加快城市化进程的本质并不是处处都出现城市,而是要使全体国民享受现代城市的一切成果并实现生活方式、生活观念、文化教育、素质等的转变,即实现城乡空间的融合发展——产业融合、就业融合、环境融合、文化融合、社会保障融合、制度融合等,真正实现城市和农村人民群众共同富裕、发展和进步。

从世界范围看,英国的城市化发生最早且发展最为广泛,历时超过 130 年,1760~1851 年,英国城市人口比重率先超过了 50%,至 19 世纪末已超过 70%,如今英国全国城市人口比例已达 90%以上。伴随工业化的扩展,城市化波及全球,首先是北美地区,然后是亚洲和非洲。美国的城市化进程始于 1840 年,到 1970 年,美国城市化率达到 73.6%,城市化基本完成。而在亚洲最先开始城市化的国家是日本,明治维新后,日本开始城市化进程,到 1955 年,日本城市化率达到 56%;至 1970 年,日本城市化已基本完成。

联合国最新报告显示,全球人口“城市化”进程还在不断加速,且地区差异大,大城市人口数量过大。在 1950 年,全球城市人口比例仅为 30%,2014 年,全世界共有 38.4 亿人生活在城市,城市化率为 53.47%,北美地区城市化率为 81%,拉美地区为 80%,欧洲为 73%,大洋洲为 71%,亚洲为 48%,非洲为 40%。北美是全球人口城市化比例最高的地区,超过 80%的人住在城里。而非洲则是城市化比例最低的地区。全球近 50%的城市总人口数不到 50 万,而全球每 8 个城市人口中,就有 1 个人住在全球最大的 28 个超级大城市中,日本的东京地区城市居民人口达 3800 万,是全球人口最多的城市。2011~2025 年,这些超级大城市的人口增长率都在 15%以上。

如表 1.1 所示,新中国成立以来,我国城市化进程可以分为以下几个阶段。

(1) 起步阶段(1949~1957 年)。1949 年,我国城市仅有 132 个,人口城市化率仅为 5.1%。在国民经济恢复阶段和“一·五”建设时期,随着 156 项重点工程建设的开展,出现了一批新兴的工矿业城市。与此同时,还对武汉、成都、太原、西安、洛阳、兰州等一批老工业城市进行了扩建和改造,加强发展了鞍山、本溪、哈尔滨、齐齐哈尔、长春等大中城市。到 1957 年末,已发展到 176 个城市,非农业人口的比重上升到 8.4%(王宇,2011;童玉芬等,2013)。

(2) 波动阶段(1958~1965 年)。城市发展呈现出由扩大到紧缩的变化过程,三年“大跃进”后,全国城市由 1957 年的 176 个增加到 1961 年的 208 个;1962 年开始,我国陆续撤销了一大批城市,到 1965 年底只剩下 168 个,比 1961 年减少了 40 个,城市人口出现负增长,人口城市化率也由 1961 年的 10.5%减少到 1965 年的 9.2%。

(3) 停滞阶段(1966~1978 年)。此期间城市只增加 25 个,人口城市化率在 8.5%左右。

(4) 快速发展阶段(1979 年至 2014 年末)。改革开放促进了我国城市的发展。根据国家统计局 2015 年 1 月发布的数据显示,截至 2014 年末,我国总人口近 13.68 亿人,有城市 653 个,城镇常住人口 7.49 亿人,城镇人口比重为 54.77%。

根据世界城镇化发展普遍规律,我国仍处于城镇化率 30%~70%的快速发展区间,据《国家新型城镇化规划(2014~2020 年)》的规划,到 2020 年我国常住人口城镇化率将达到 60%左右^①。

表 1.1 我国城市人口发展统计^②

年份	全国总人口/万人	城镇人口/万人	城镇人口所占比例/%
1949	54167	5765	10.64
1955	61465	8285	13.48
1960	66207	13073	19.75
1965	72538	13045	17.98
1970	82992	14424	17.38
1975	92420	16030	17.34
1980	98705	19140	19.39
1985	105851	25094	23.71
1990	114333	30195	26.41
1995	121121	35174	29.04
2000	126743	45906	36.22
2005	130756	56212	42.99
2010	134091	66978	49.95
2014	136782	74916	54.77

1.1.2 城市容量与城市空间

城市容量是指一个城市在某一时期容纳人口、人类活动以及与人类活动有关的各类设施(建筑物、道路等城市设施)的能力(陈立道等,1997)。这种能力是综合性的,包含人口、建筑、交通、环境容量等。城市容量是动态发展的,其大小取决于城市用地面积、条件、社会经济技术发展程度等因素。在其他条件不变的情况下,用地面积的大小和社会经济技术发展程度的高低与城市容量的大小成正比。

城市容量会因为某一种或几种因素的改变而改变,拓展城市容量的第一步是保持城市功能的协调发展。城市容量必然要落实到城市空间,所以,拓展城市容量的根本方法是开发城市空间(陈立道等,1997)。

城市空间可划分为上部、地面和地下空间三大部分。从城市空间的一般开发顺序来看,首先开发利用地面空间,然后是上部空间,最后才是地下空间。这与经济技术条件和人们的生活习惯有关。也有例外情况,如我国西北的黄土高原,从古至今一直以窑洞(地下空

① 中共中央、国务院下发的《国家新型城镇化规划(2014~2020 年)》。

② 数据来源于国家统计局发布的《中国统计年鉴(2015)》。

间)为主要起居空间。

城市空间的拓展一般可以分为外延式水平方向扩展和内涵式立体方向扩展两种方式。其中,前者是地面发展,即以增加城市用地为主,后者则在不增加城市用地的前提下,通过向上和向下发展进行空间拓展。在城市发展过程中,这两种方式并不排斥,既可以独立存在,也可以两者并用。

1.1.3 城市地下空间及其发展

1. 城市地下空间

地下空间(underground space)是指在岩层或土层中形成或经人工开发形成的空间,包括天然形成的地下空间和人工开发的地下空间。目前,我国的地下空间开发主要集中于城市及其周边。

《城市地下空间开发利用管理规定》(1997年10月27日住房和城乡建设部令第58号发布,2001年11月20日住房和城乡建设部令第108号修正)中所称的城市地下空间,是指城市规划区内地表以下的空间。因此,可以将地下空间理解为地表以下的空间,是主要针对建筑方面来说的一个名词,它的范围很广,比如地下商城、地下停车场、地铁、矿井、人防、军事、隧道、城市地下管线等建筑空间。

1981年,联合国自然资源委员会正式将地下空间确定为“人类重要的自然资源”。1991年,东京国际会议中讨论城市地下空间资源利用达成如下共识:19世纪是桥的世纪,20世纪是高层建筑的世纪,21世纪将是人类开发利用地下空间的世纪。

如表1.2所示,按照地下空间的用途可以将其分为七种类型。

表 1.2 地下空间按用途分类^①

用途	介绍
交通空间	迄今为止是城市地下空间利用的最主要类型之一,包括地下铁道、地下轻轨交通、地下汽车交通通道,地下停车库和地下步行街等地下空间
商业、文娱空间	包括地下商业街、影剧院、音乐厅和运动场等
业务空间	包括办公、会议、教学、实验和医疗等各种社会业务空间
物流空间	指各种城市公用设施的管道、电缆等所占的地下空间,以及处理设施,如自来水厂、污水处理厂和变电站、综合管廊(沟)等
生产空间	某些轻工业、手工业生产空间,特别是对于精密生产的工业,地下环境更为有利。
仓储空间	粮食、食品、油气类、药品、水、冰等地下储库
其他	防灾、居住、埋葬等空间

如表1.3所示,按照开发利用深度,可以将地下空间分为浅层、中层和深层空间三大类。

^① 资料来源:前瞻产业研究院地下空间行业研究小组整理。

http://baike.qianzhan.com/detail/bk_c2664679.html。

表 1.3 地下空间按开发深度分类^①

开发深度	介绍
浅层空间 (0~30m)	主要用于商业空间、文娱空间及部分业务空间
中层空间 (-30~-100m)	主要用于地下交通、城市污水处理厂以及城市水、电、气、通信等公用设施
深层空间 (≤-100m)	可用于快速地下交通线路、危险品仓库、冷库、贮热库、油库等,此外,还应考虑采用新技术后,为城市服务的各种新系统和新空间

2. 发达国家城市地下空间的利用情况

从 1863 年英国伦敦建成世界上第一条地铁开始,地下空间发展的历史已超过 150 年,地下空间开发利用从大型建筑物向地下的自然延伸发展到复杂的地下综合体(地下街)再到地下城(与地下快速轨道交通系统相结合的地下街系统),地下建筑在旧城改造、城市再开发中发挥了重要作用。同时,地下市政设施也从地下供、排水管网发展到地下大型供水系统、地下大型能源供应系统、地下大型排水及污水处理系统及地下生活垃圾的清除、处理和回收系统等。北美、西欧及日本在进行旧城改造及历史文化建筑扩建的同时,建设了相当数量的大型地下公共建筑,包括公共图书馆和大学图书馆、会议中心、展览中心以及体育馆、音乐厅、大型实验室等,而且地下建筑的内部空间环境质量、防灾措施以及运营管理都达到了较高的水平。地下空间利用规划从专项规划开始,逐步形成系统的规划,其中,以地铁规划和市政基础设施规划最为突出。一些地下空间利用较早和较为充分的国家,如芬兰、瑞典、挪威、日本、加拿大等,已经从城市中某个区域的综合规划走向整个城市和某些系统的综合规划。不同国家的地下空间开发利用各具特色,了解其特色和经验,对我们具有重要的参考价值。

1930 年至今,日本东京上野火车站的地下街已从单纯的商业街演变为多功能的,由交通、商业及其他设施共同组成的相互依存的地下综合体。据统计,日本已至少有 26 个城市建造地下街,如横滨的港湾 21 世纪地区(新建),又如名古屋大曾根地区(旧城改造)、札幌的城市中心区都规划并对地下空间进行开发利用。日本在地下高速道路、停车场、综合管廊、排洪与蓄水的地下河川、地下热电站、蓄水的融雪槽和防灾设施等市政设施方面,充分发挥了地下空间的作用。

美国和加拿大虽然国土辽阔,但为解决城市高度集中带来的城市问题,仍然大规模地进行地下空间开发。纽约地铁线路在世界诸多大都市中堪称最长,共有 26 条地铁线,总长为 1142km,自市中心曼哈顿发散并覆盖了纽约 5 个行政区的绝大部分区域,490 个地铁站散布全市,24 小时运行^①。在曼哈顿,70%的区域在小于 500m 半径范围内必有一个地铁站或火车站。纽约中心商业区有 80%的上班族采用公共交通、地铁和四通八达不受气候影响的地下步行道系统到达目的地,很好地解决了人、车分流的问题,缩短了地铁与公共汽车的换乘距离,同时把地铁车站与大型公共活动中心以地下道的方式连接起来,

^① 资料来源:前瞻产业研究院地下空间行业研究小组整理。

http://baike.qianzhan.com/detail/bk_c2664679.html。

突出了地铁经济、方便、高效等特点。此外,美国地下建筑单体设计在学校、图书馆、办公楼、实验中心、工业建筑中也成效显著,既较好地利用了地下空间满足功能要求,又合理解决了新、老建筑结合的问题,并为地面创造了宽敞的空间。如美国明尼阿波利斯市南部商业中心的地下公共图书馆,哈佛大学、加州大学伯克利分校、密歇根大学、伊利诺伊大学等的地下、半地下图书馆,既保持了与原馆的联系,又保存了校园的原有面貌。美国纽约市的大型供水系统完全布置在地下岩层中,石方量达 130 万 m^3 ,混凝土达 54 万 m^3 ,除一条长 22km、直径为 7.5m 的输水隧道外,还有几组控制和分配用的大型地下洞室,每一级都是一项复杂的大型岩石工程。

加拿大的多伦多市和蒙特利尔市,也有很发达的地下步行道系统,以其庞大的规模、方便的交通、综合的服务设施和优美的环境享有盛名,保证了在漫长的严冬中,各种商业、文化及其他事务交流活动得以顺利进行。多伦多地下步行道系统在 20 世纪 70 年代已有 4 个街区宽、9 个街区长,还连接着市政厅、联邦火车站、证券交易所、5 个地铁站和 30 座高层建筑的地下室。这些城市的地下步行道系统在改善交通、节省用地、改善环境、保证恶劣气候下城市繁荣的同时,也为城市防灾提供了条件。

北欧地质条件良好,是地下空间开发利用的先进地区,特别是在市政设施和公共建筑方面。瑞典南部地区的大型供水系统全部在地下,埋深 30~90m,隧道长 80km,靠重力自流。瑞典的大型地下排水系统,无论在系统数量方面还是污水处理率方面,在世界上都处于领先地位,仅斯德哥尔摩市就有大型排水隧道 200km,拥有大型污水处理厂 6 座(全在地下),处理率为 100%。在其他一些中、小城市,也都有地下污水处理厂,不但保护了城市水源,还使波罗的海免遭污染。瑞典还是首先试验用地下管道清运垃圾的国家,于 20 世纪 60 年代初就开始研制空气吹送系统。芬兰赫尔辛基的大型供水系统,隧道长 120km,过滤等处理设施全在地下。芬兰的地下空间利用包括众多的市政设施、发达的文化体育娱乐设施,临近赫尔辛基市购物中心的地下游泳馆,内设体育馆、草皮和沙质球赛馆、体育舞蹈厅、摔角柔道厅、艺术体操厅和射击馆。挪威的大型地下供水系统,其水源已实现地下化,在岩层中建成大型贮水库,既节省土地又减少水的蒸发损失。此外,北欧地下空间的利用与民防工程的结合是其一大特点。

巴黎地下建有 83 座地下车库,因此节约了大量土地。巴黎的地下空间利用为保护历史文化景观做出了突出的贡献,市中心的卢浮宫是世界著名的宫殿,在无扩建用地、原有的古典建筑必须保持的情况下,设计者利用宫殿建筑外围的拿破仑广场下的地下空间容纳了全部扩建内容。巴黎的列·阿莱地区是旧城再开发充分利用地下空间的典范,把一个交通拥挤的食品交易和批发中心改造成一个多功能、以绿地为主的公共活动广场,同时将商业、文娱、交通、体育等多种功能安排在广场的地下空间中,形成了一个大型地下综合体。

俄罗斯也是地下空间开发利用的先进国家,其地铁系统相当发达,莫斯科是世界上地铁客运量最大的城市,每年达 26 亿人次,以高质量运营闻名于世。

德国城市地下管网的发达程度与排污能力处于世界领先地位。以柏林为例,其地下水道长度总计约 9646km,其中一些已有 140 年历史,管道多为同时处理污水和雨水混合管道系统。郊区主要采用污水和雨水分离管道系统,以提高水处理的针对性,并提高效率。