



“十三五”国家重点图书出版物出版规划项目

Introduction to Planning
and Construction for
Utility Tunnels

彭芳乐 杨 超 马晨骁 编著

地下综合管廊规划 与建设导论



同济大学出版社
TONGJI UNIVERSITY PRESS

“十三五”国家重点图书出版物出版规划项目
同济大学学术专著(自然科学类)出版基金项目

地下综合管廊规划与建设导论

彭芳乐 杨 超 马晨骁 编著



同济大学出版社
TONGJI UNIVERSITY PRESS

内 容 提 要

本书共分为7个章节,包括“绪论”“地下综合管廊的规划”“地下综合管廊的设计”“地下综合管廊的施工”“综合管廊建设与管理模式”“综合管廊项目的市场化运作与创新投融资模式”和“综合管廊发展新趋势”,贯穿了综合管廊建设全周期的各个阶段和各个方面,包括了综合管廊的规划、设计、施工、投融资、运营维护和未来发展等多个角度,涵盖了作者多年来的项目实践经验和研究进展,梳理并分析了国内外最新的综合管廊建设案例和投融资管理模式。

本书适合从事城市地下空间规划与设计、市政基础设施或综合管廊相关领域的研究人员和专业技术人员阅读参考,也可作为高年级本科生、研究生的学习参考用书。

图书在版编目(CIP)数据

地下综合管廊规划与建设导论 / 彭芳乐,杨超,马晨骁编著. —上海:同济大学出版社,2018.3

ISBN 978-7-5608-7744-0

I. ①地… II. ①彭… ②杨… ③马… III. ①市政工程—地下管道—管道工程 IV. ①TU990.3

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2018)第 025541 号

“十三五”国家重点图书出版物出版规划项目
同济大学学术专著(自然科学类)出版基金项目

地下综合管廊规划与建设导论

彭芳乐 杨 超 马晨骁 编著

责任编辑 高晓辉 助理编辑 宋 立 责任校对 徐春莲 封面设计 陈益平

出版发行 同济大学出版社 www.tongjipress.com.cn
(上海市四平路 1239 号 邮编:200092 电话:021-65985622)

经 销 全国各地新华书店
排 版 南京新翰博图文制作有限公司
印 刷 常熟市华顺印刷有限公司

开 本 787 mm×1 092 mm 1/16

印 张 17

字 数 424 000

版 次 2018 年 3 月第 1 版 2018 年 3 月第 1 次印刷

书 号 ISBN 978-7-5608-7744-0

定 价 68.00 元

本书若有印装质量问题,请向本社发行部调换 版权所有 侵权必究

前言

截至2017年底,我国城镇化率已达58.52%,城镇人口突破8亿,在东部沿海和中部地区形成了多个国家级城市群和大型都市圈。城市规模的扩大与人口的聚集推动了城市经济的高速发展,同时也给城市基础设施带来巨大压力。作为现代城市的“生命线”,市政管线设施安全与否直接影响着城市功能的正常运转,其防灾和抗灾能力也关乎城市安全和城市韧性。目前,我国常见的管线敷设方法仍以直埋或架空为主。虽然在建设时可以满足使用之需,但在未来管线扩容和维护保养阶段很可能对城市交通及正常的市政服务造成影响,也极易受到各类自然或人为灾害的破坏。因此,为了提高城市基础设施的服务内涵,改变城市发展“只重面子,不重里子”的现状,有必要采用更为现代且更为安全的市政管线敷设方式——地下综合管廊。

地下综合管廊是一种现代化、集约化和高效化的市政基础设施。它将两种以上的市政公用管线(如电力、通信、燃气、给排水、热力管线等)敷设于同一地下人工空间内,通过专门的投料口、通风口、人员出入口和监测报警系统保证各设施的正常运营,实现市政工程管线的统一规划、统一建设和统一管理。建设地下综合管廊有助于提高道路地下空间综合利用的水平,彻底解决了路面反复开挖、架空线网密集、管线事故频发、市政管线扩容困难等问题,提高了城市生命线的防灾和抗灾能力,保障城市安全与正常运转。

2013年9月,国务院发布《关于加强城市基础设施建设的意见》,提出“要开展城市地下综合管廊试点工作;新建道路、城市新区和各类园区地下管网应按照综合管廊模式进行开发建设”,标志着综合管廊在我国全面推广的开始。2015年8月,国务院办公厅发布《关于推进城市地下综合管廊建设的指导意见》,明确提出“城市规划区范围内的各类管线原则上应敷设于地下空间。已建设地下综合管廊的区域,该区域内的所有管线必须入廊”,表明国家对综合管廊发展的高度重视。随着我国城市规模的扩大和城市人口的增加,城市对于市政管线的依赖性大大增强,地下综合管廊已经成为城市现代化发展的必然选择和评判城市现代化建设水平的重要标准。截至2016年12月20日,全国147个城市28个县已累计开工建设城市地下综合管廊2005 km,建设和近期规划总长达到13640 km,我国已进入地下综合管廊建设的高速发展阶段。因此,如何正确理解推进地下综合管廊发展的作用和意义、如何科学可持续地建设地下综合管廊设施是现阶段我国城市现代化建设过程中的一个重要问题和研究方向。

本书内容共分为7章,内容涵盖综合管廊的概念、规划、设计、施工、运营管理、投融资模式和未来发展趋势。全书梳理并分析了国内外最新的综合管廊建设案例和投融资管理模式,结合作者在综合管廊规划和设计上的经验,全面介绍了综合管廊的各个组成部分和建设阶段,便于读者快速建立宏观概念,并借此“抛砖引玉”,让读者在日后的学习或工作中进

一步思考和研究综合管廊的有关问题。

本书由同济大学彭芳乐负责总体策划并统筹安排各项工作,由彭芳乐、杨超负责大纲编写、组织协调和定稿等工作。其中,第1章和第2章由彭芳乐、杨超编写;第3~7章由彭芳乐、马晨骁编写。在全书成稿过程中,马晨骁负责搜集和绘制书中的插图和示意图,同济大学乔永康、赵祥、张慧以及南京大学王睿参与了前期资料的收集和整理工作,在此深表感谢。

书中参考和引用了国内外大量文献资料和规划案例,所引用的文献和插图尽量做到一一标注出处,但难免存在疏漏。引用和理解的不当之处敬请谅解,在此对这些文献和插图的原作者表示衷心的感谢。

本书的部分理论研究成果和案例来自于“十二五”国家科技支撑计划课题(课题编号:2012BAJ01B04)和国家重点基础研究发展计划(973计划)课题(课题编号:2015CB057806)。此外,衷心感谢同济大学学术专著(自然科学类)出版基金对于本书出版提供的赞助。

由于笔者水平有限,书中难免存在疏漏乃至错误,敬请读者批评指正。

彭芳乐

2018年1月

目 录

前言

1 绪论	001
1.1 综合管廊发展史	001
1.1.1 国外综合管廊发展经验	001
1.1.2 国内综合管廊发展经验	009
1.2 综合管廊的定义与分类	027
1.2.1 定义	027
1.2.2 分类	028
1.3 我国综合管廊建设的必要性	034
1.3.1 城市土地集约化利用的必然要求	034
1.3.2 城市管网设施更新升级的必然需求	035
1.3.3 城市环境和谐发展的必然要求	035
1.3.4 城市“生命线”安全运营的必然选择	036
1.4 综合管廊的建设效益与建设时机	037
1.4.1 建设成本与效益分析	037
1.4.2 建设区域和建设时机	040
1.5 我国综合管廊发展的现状问题	042
1.5.1 综合管廊实施和管理主体不明确,缺乏相关法律法规支撑	042
1.5.2 综合管廊投融资模式创新不足,采用 PPP 模式仍存在很多问题	043
1.5.3 综合管廊建设缺乏科学系统性规划,规划执行力度有限	044
1.5.4 综合管廊设计施工技术偏传统,老城区建设成本过高	044
1.5.5 运营管理水平落后,管理成本偏高	045
1.6 我国综合管廊政策环境和建设前景	045
1.6.1 政策环境	045
1.6.2 建设前景	047
参考文献	047
2 地下综合管廊的规划	049
2.1 综合管廊规划的基本概念	049
2.1.1 综合管廊规划的编制依据	049

- 2.1.2 综合管廊规划的编制内容和成果 049
 - 2.1.3 综合管廊规划的基本原则 051
 - 2.1.4 综合管廊规划的总体过程 052
- 2.2 基础资料调研 053
 - 2.2.1 地形调查 053
 - 2.2.2 地质调查 054
 - 2.2.3 环境调查 054
 - 2.2.4 用地类型调查 054
 - 2.2.5 地下建(构)筑物及既有管线调查 055
 - 2.2.6 交通流量调查 055
 - 2.2.7 施工条件的调查 055
 - 2.2.8 其他经济、人文背景的调查 055
- 2.3 入廊管线分析 056
 - 2.3.1 管线收容的原则 056
 - 2.3.2 管线收容的具体要求 057
 - 2.3.3 管线兼容性分析 060
- 2.4 综合管廊需求量预测 061
- 2.5 综合管廊路网规划 062
 - 2.5.1 案例分析法 064
 - 2.5.2 专家访谈法 064
 - 2.5.3 两阶段规划法 064
 - 2.5.4 规划案例分析 069
- 2.6 线型和断面形式选择 072
 - 2.6.1 平面线型规划 072
 - 2.6.2 纵断面线型规划 072
 - 2.6.3 断面规划 073
 - 2.6.4 综合管廊与其他设施共同建设的规划 075
 - 2.6.5 基础形式和施工方法的初步选择 075
- 2.7 特殊段规划 076
 - 2.7.1 概述 076
 - 2.7.2 干线综合管廊特殊段规划 077
 - 2.7.3 支线综合管廊特殊段规划 078
 - 2.7.4 缆线综合管廊特殊段规划 078
- 2.8 综合管廊系统安全规划 078
 - 2.8.1 抗震设计 078
 - 2.8.2 防洪规划 079
 - 2.8.3 防侵入、盗窃及破坏规划 079
 - 2.8.4 防火、防爆规划 079

2.8.5	管道内含氧量及有毒气体监测规划	080
2.9	附属设施规划	080
2.9.1	附属设施规划及基本项目	080
2.9.2	附属机电设施规划	080
	参考文献	084
3	地下综合管廊的设计	085
3.1	基本设计内容	085
3.2	管廊线型设计	085
3.2.1	线型设计概述	085
3.2.2	平面线型设计	086
3.2.3	纵断面设计	089
3.3	标准断面设计	092
3.3.1	标准断面形状	093
3.3.2	断面净尺寸与人行通道	094
3.3.3	管线布置原则	095
3.3.4	管线(管道)的间距要求	096
3.3.5	管线(管道)的设计要求	100
3.4	特殊段断面设计	102
3.4.1	综合管廊交叉部位	103
3.4.2	管线引出部位	107
3.4.3	通风口	110
3.4.4	材料投入口	115
3.4.5	人员出入口	118
3.5	结构防水设计	120
3.5.1	防水设计概述	120
3.5.2	结构自防水	122
3.5.3	结构附加防水层	124
3.5.4	管廊细部构造防水	131
3.6	附属设施设计	141
3.6.1	排水系统	141
3.6.2	通风系统	143
3.6.3	电气系统	148
3.6.4	消防安全系统	152
3.6.5	监控和报警系统	166
3.6.6	标识系统	174
	参考文献	175

4 地下综合管廊的施工	177
4.1 施工前计划	177
4.1.1 道路交通维持计划	177
4.1.2 工地安全和卫生管理设施计划	178
4.1.3 废弃渣土堆放计划	178
4.1.4 既有地下管线或埋设物的保护和迁移计划	178
4.1.5 邻近建(构)筑物的保护计划	179
4.1.6 监控测量计划	179
4.1.7 施工进度计划	179
4.2 施工方法	180
4.2.1 综合管廊按施工方法分类	180
4.2.2 综合管廊施工方法的选择原则	181
4.2.3 综合管廊的施工工法	183
4.2.4 其他施工问题	198
参考文献	198
5 综合管廊建设与管理模式	199
5.1 建设管理流程	199
5.2 建设管理模式	199
5.2.1 政府或国有企业全权负责模式	200
5.2.2 政府与专业管线单位联合负责模式	202
5.2.3 政府和民间资本组建股份制公司模式	204
5.2.4 特许经营权模式	205
5.3 运营维护管理	206
5.3.1 组织架构	207
5.3.2 管理内容和流程	208
5.3.3 管理费用构成及收费机制	211
5.3.4 信息化管理方法	217
5.4 相关法律法规体系建设	221
5.4.1 法律法规体系概述	221
5.4.2 国内外法律法规体系现状	222
5.4.3 国内外法律法规体系的比较与建议	228
参考文献	229
6 综合管廊项目的市场化运作与创新投融资模式	231
6.1 综合管廊的基本经济属性	231
6.1.1 投资量大、生命周期长	231
6.1.2 自然垄断性	231

6.1.3	外部性	231
6.1.4	准公共物品属性	232
6.1.5	准经营性属性	232
6.2	综合管廊的主体分析	233
6.2.1	综合管廊项目的发起人——政府部门	233
6.2.2	综合管廊项目的使用者——管线单位	233
6.2.3	综合管廊项目的受益者——社会大众	233
6.2.4	综合管廊项目的投资参与者——民间资本	234
6.3	综合管廊项目的投融资理论及现状	234
6.3.1	项目投融资的基本概念	234
6.3.2	综合管廊项目投融资现状	236
6.3.3	综合管廊项目投融资的市场化运作	237
6.4	综合管廊项目的投融资方式创新	242
6.4.1	政府和社会资本合作(PPP)模式	242
6.4.2	发行综合管廊相关债券	250
6.4.3	设立综合管廊产业投资基金	251
	参考文献	253
7	综合管廊发展新趋势	254
7.1	构建完善的城市地下空间信息平台	254
7.2	在综合管廊建设中采用 BIM 技术	256
7.3	综合管廊与城市地下空间的结合设计	259
7.4	综合管廊与海绵城市的结合设计	262
	参考文献	262

1 绪 论

1.1 综合管廊发展史

1.1.1 国外综合管廊发展经验

1.1.1.1 法国

城市地下综合管廊的建设起源于 19 世纪的欧洲,法国是世界上第一个建设综合管廊的国家。19 世纪中叶,工业化带动城市人口急速增长,然而,城市基础设施的建设却严重滞后。在巴黎,由于下水道设施的不足与破败,人们习惯于将污水直接排放至塞纳河中,又直接从塞纳河取水使用,最终于 1832 年爆发了严重的霍乱疫情。为了改善居民的饮水卫生,阻止疾病的蔓延与发展,巴黎政府决定于第二年(1833 年)在市区内兴建大型地下排水系统。1851 年,由奥斯曼男爵(Baron Georges-Eugène Haussmann)主持进行“巴黎改造计划”,进一步推动了巴黎庞大的地下排水系统的建设(图 1-1)。该系统除了用于排放污水

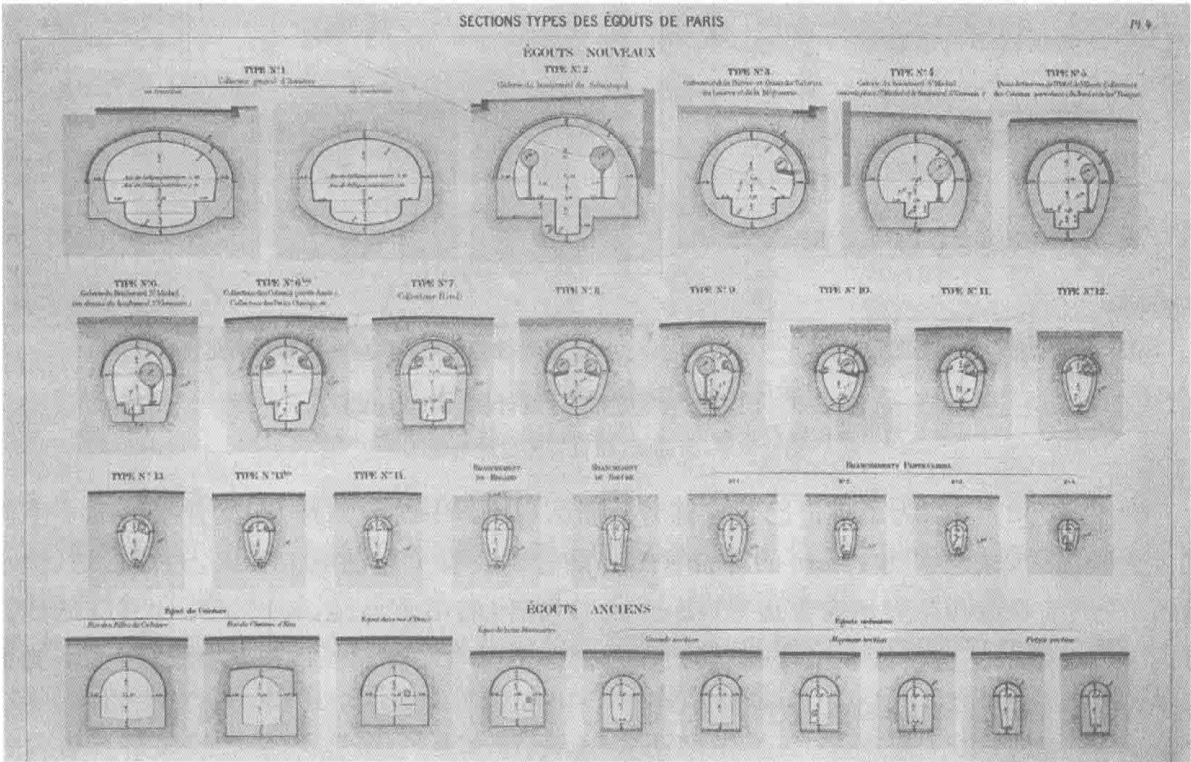


图 1-1 法国巴黎综合管廊设计图纸(19 世纪中叶)

图片来源:上海市政工程设计研究总院《国内外综合管廊工程建设背景》

外,利用下水道内的富裕空间收容包括自来水管、通信管道、压缩空气管道和交通信号电缆等管线。由于该地下给排水系统的功能复合性较强,创新性地收容了当时几乎所有的市政管线和管道,因此也被后人认为是全球最早的城市综合管廊系统,如图 1-2 和图 1-3(a)所示。

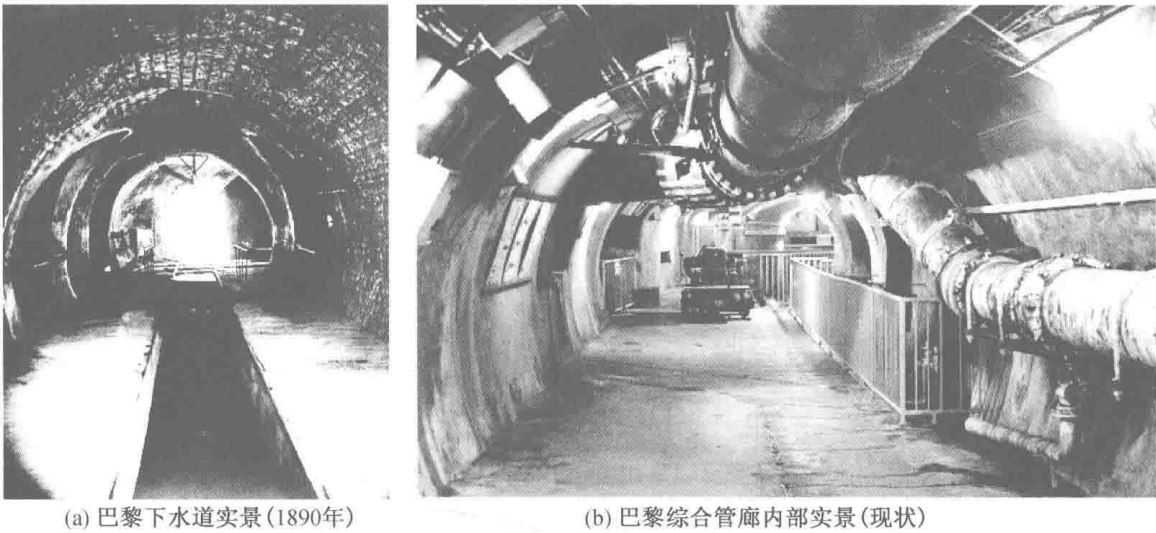


图 1-2 法国巴黎综合管廊内部实景

图片来源:上海市市政工程设计研究总院《国内外综合管廊工程建设背景》

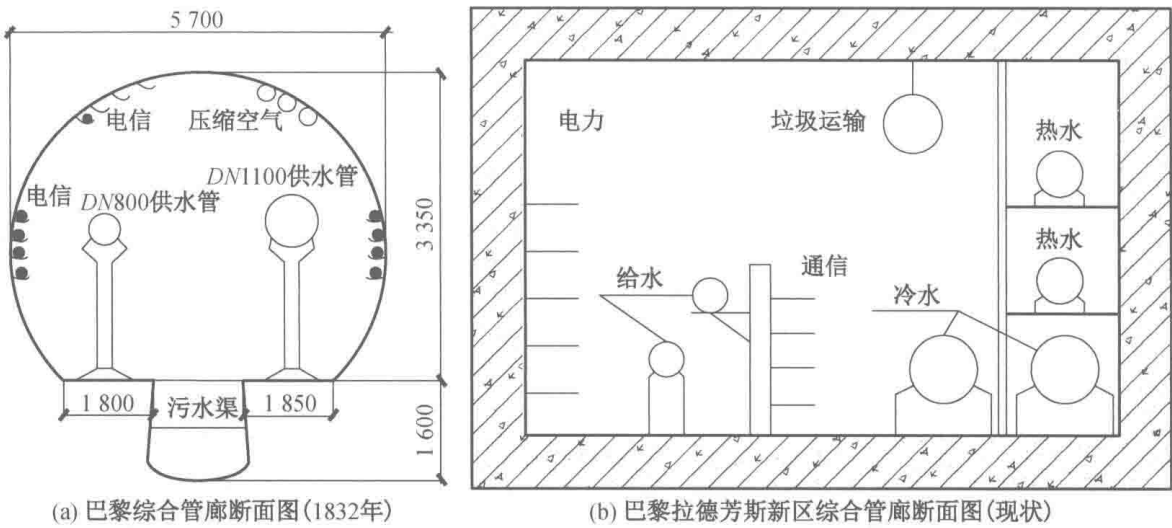


图 1-3 巴黎综合管廊断面设计图(单位:mm)

图片来源:李德强《综合管沟设计与施工》

20 世纪 50 年代,为了推进巴黎拉德芳斯新区(La Défense)的开发,配合新区地下空间的大规模建设,兴建了约 11 km 的综合管廊。该管廊收容了包括电力管道、通信管道、给水管、冷热水管道和垃圾运输管道等(图 1-3(b))在内的市政设施,将巴黎综合管廊的建设推向了一个新的历史阶段。至今,巴黎市区及郊区的综合管廊总长度已达到 2 100 km,为世界城市综合管廊里程之首^[1]。

1.1.1.2 英国

英国于 1861 年在伦敦市区兴建综合管廊,采用宽 4 m、高 2.5 m 的半圆形综合管廊(图 1-4)断面,收容的管线除了煤气管、自来水管、污水管外,还设置有连接用户的供给管

线,包括电力及电信电缆等(图 1-5)。迄今为止,伦敦市区已建设有 22 条综合管廊。英国伦敦的综合管廊主要具备以下几点特色:

- (1) 综合管廊主体及附属设施均为市政府所有;
- (2) 最初容纳有燃气管,考虑到管廊通风、安全等问题,自 1928 年起不再纳入;
- (3) 综合管廊管道的空间出租给各管线单位。

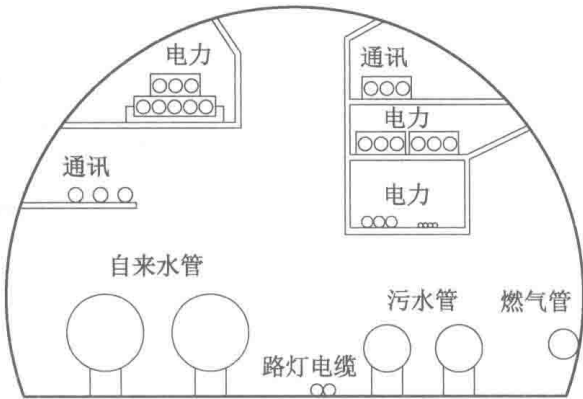


图 1-4 英国伦敦综合管廊断面图(1861 年)

图片来源:李德强《综合管沟设计与施工》



(a) 伦敦综合管廊兴建



(b) 伦敦综合管廊内部实景

图 1-5 英国伦敦综合管廊实景图

图片来源:上海市市政工程设计研究总院《国内外综合管廊工程建设背景》

1.1.1.3 德国

德国汉堡于 1893 年兴建综合管廊,其长度约为 455 m,位于 Kaiser-Wilhelm Straße(道路)两侧的人行道下方。管廊内容纳了自来水管、通讯管道、电力管道、燃气管、污水管道、热力管道等市政公用管道,并与路旁的建筑内用户直接相连,在当时获得了很高评价(图 1-6)。1959 年,德国布佩鲁达尔市(Buperudal)又建设了约 300 m 长的综合管廊,用以收容煤气管和自来水管。1964 年,原民主德国的苏尔市(Suhl)和萨勒河畔哈勒市(Halle an der Saale)开始建设综合管廊实验工程,至 1970 年,共建设并营运了 15 km 以上的综合管廊。20 世纪 60—80 年代,原民主德国进行了大范围的综合管廊建设(图 1-7),在

此基础上制定了《综合管廊建设总则》，并在 1988 年和 1991 年进行了修订和补充。

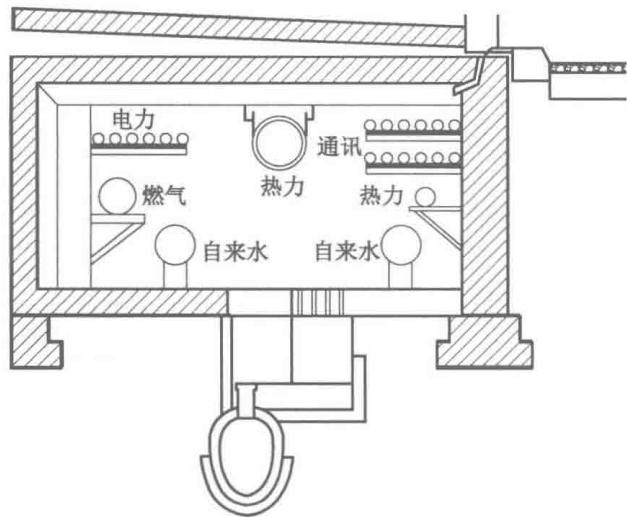


图 1-6 德国汉堡综合管廊断面图(1893 年)

图片来源:上海市市政工程设计研究总院《国内外综合管廊工程建设背景》

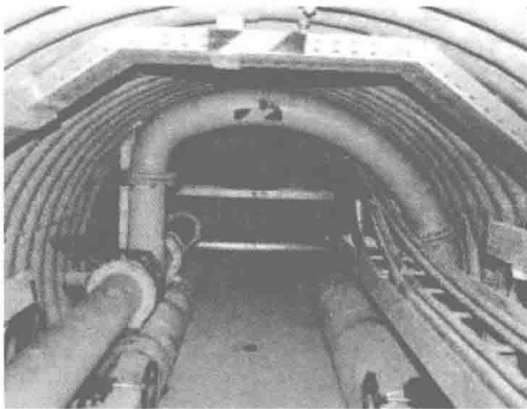


图 1-7 德国莱比锡综合管廊内部实景(现状)

图片来源:上海市市政工程设计研究总院《国内外综合管廊工程建设背景》

1.1.1.4 日本

综合管廊在日本又称为“共同沟”。由于日本国土狭小,城市用地紧张,因而也更加注重地下空间的综合利用。

1911 年,日本内政部开始调查研究当时在欧洲已开始流行的综合管廊,并于 1919 年正式提出“共同沟”的建设规划,计划在东京地下建设长达 509 km 的综合管廊。由于该规划成本巨大,因此并未得到落实。直到 1926 年,日本关东大地震后,日本开始实施东京都复兴计划。为了减少地震灾害对“城市生命线”的破坏,在东京开展了三处综合管廊试点项目:①九段阪综合管廊,位于人行道下净宽 3 m,高 2 m,干管长度 270 m,采用钢筋混凝土箱涵构造;②滨町金座街综合电缆沟,设于人行道下;③东京火车站至昭和街综合管廊,设于人行道下,净宽约 3.3 m,高约 2.1 m,容纳电力、电信、给水、燃气等管线。但是,当时由于各方对管廊建设费用的分摊机制缺乏共识,且政府对管线单位无适当的补助制度,又因大地震发生不久,经济萧条,城市基础设施处于修复和重建状态,没有因管线无序铺设带来的“拉链路”问题,因此没有继续推动综合管廊的建设。

1955 年后,由于汽车交通快速发展,城市路网不断扩大,道路下埋设的管线种类也越来越繁杂。为了避免经常挖掘道路影响交通,日本政府于 1959 年,再度在东京都淀桥旧净水厂及新宿西口启动综合管廊建设;1962 年,日本政府宣布禁止随意挖掘道路;1963 年 4 月制定《关于建设共同沟的特别措施法》,确定了管廊建设费用的分摊办法,拟定国家综合管廊长期发展计划。在综合管廊的专项法律公布后,日本政府首先在尼崎地区投入建设 889 m 的地下综合管廊,同时在全国各大都市拟定综合管廊五年期的连续建设计划。1991 年成立综合管廊管理部门,明确了政府在综合管廊建设中的主导地位及相应的实施和管理主体。综合管廊作为道路的一个附属工程,建设资金由政府提供,管理由交通运输省下属专职部门管理。1993—1997 年为日本综合管廊的建设高峰期,至 1997 年日本已完成干线综合管廊建设 446 km,其中比较著名的有东京银座综合管廊、青山综合管廊、麻布综合管廊、幕张

副都心、横滨 MM21 新城综合管廊、多摩新市镇综合管廊(设置垃圾输送管)等。此外,东京 23 区(612 km²)规划建设 162 km 的综合管廊,截至 2015 年已完成 126 km,管廊密度达到 0.20 km/km²。截至 2016 年年底,日本全国的综合管廊建成公里数已从 1992 年的 310 km 增长到 2 057 km,如图 1-8 所示。

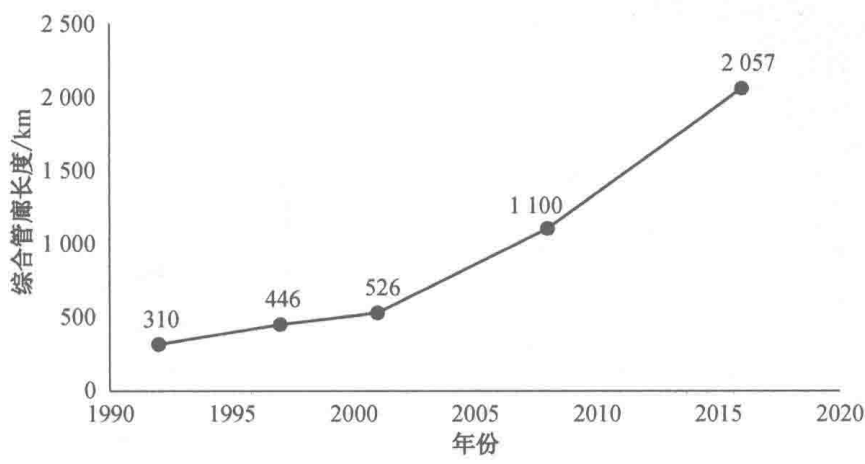


图 1-8 日本综合管廊发展建设情况

东京临海副都心综合管廊系统是日本最为典型的综合管廊项目^[2]。该管廊总长度 16 km,埋深 10 m,宽 19.2 m,高 5.2 m,各管道间均留有 1~2 m 的净空,方便工作人员的巡视和维修,工程建设历时 7 年,耗资达 3 500 亿日元,是目前世界上规模最大、功能最齐全、最充分利用地下空间将各种基础设施融为一体的建设项目(图 1-9、图 1-10)。

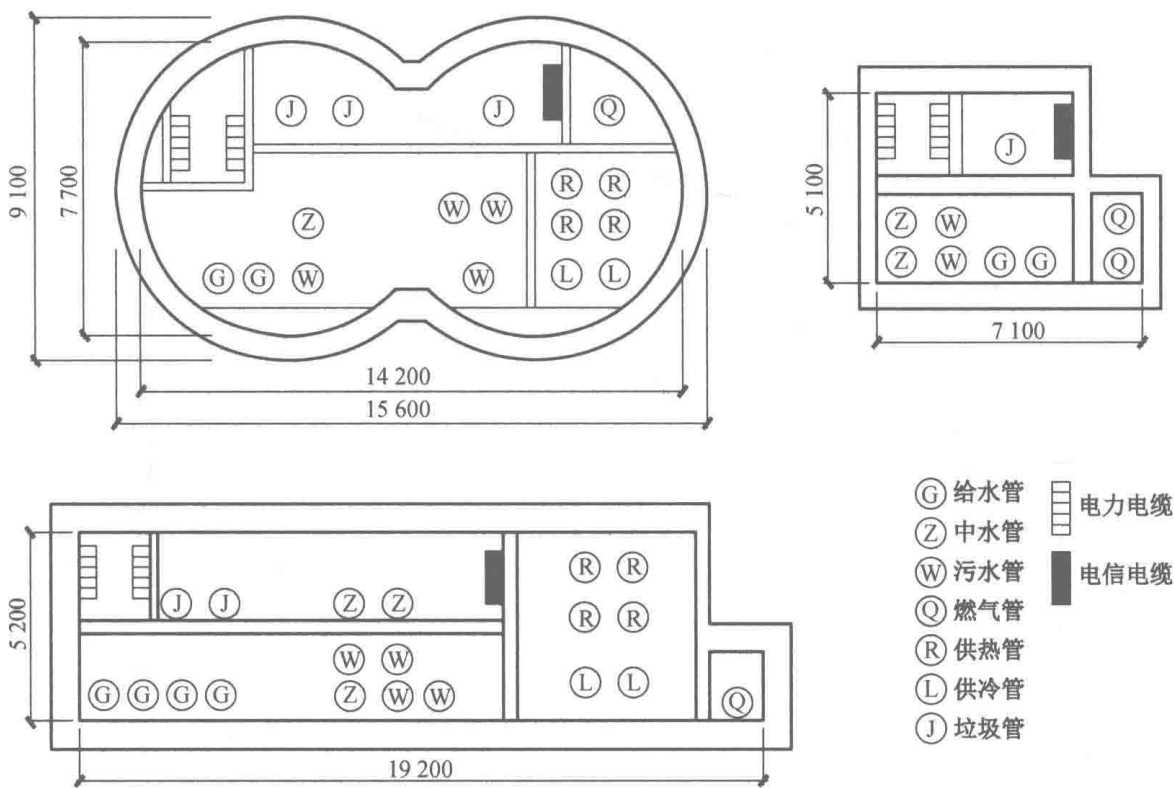


图 1-9 日本临海副都心综合管廊标准断面图^[2](单位:mm)

图片来源:朱思诚《东京临海副都心的地下综合管廊》

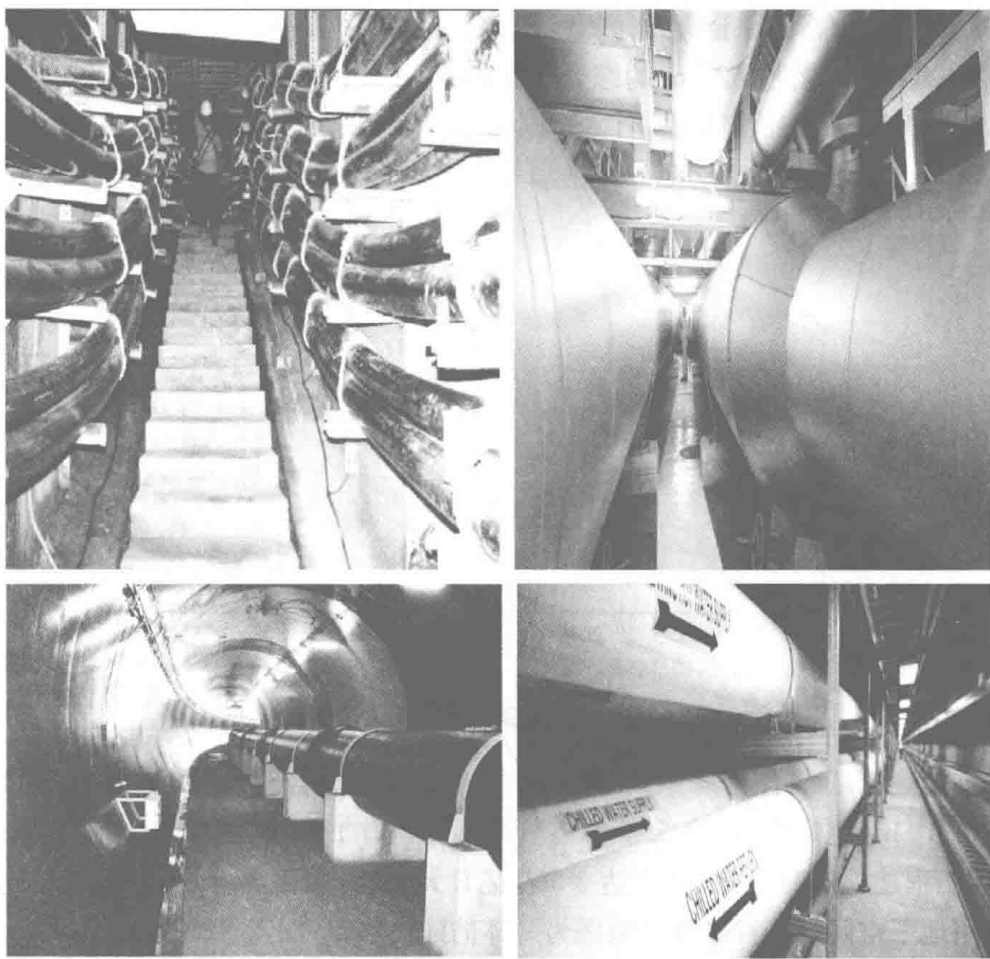


图 1-10 日本东京临海副都心地下综合管廊内部实景

图片来源:日本东京都港湾局网站 <http://www.kouwan.metro.tokyo.jp/zh/waterfront/security/>

对新的城市规划区域来说,该综合管廊已成为现代城市基础设施建设的理想模式,其主要有以下几个方面的特点:

- (1) 收纳包括上水管、中水管、下水管、煤气管、电力电缆、通信电缆、通信光缆、空调冷热管、垃圾收集管等 10 种城市基础设施管道,为了防止燃气泄漏而引发的火灾爆炸等情况,将燃气管单独敷设于一个管廊舱内,科学、合理、高效地利用了城市地下空间;
- (2) 该综合管廊内的中水管是将污水处理后再进行回用,有效节约了水资源;
- (3) 空调冷热管分别提供 $7^{\circ}\text{C}\sim 15^{\circ}\text{C}$ 和 $50^{\circ}\text{C}\sim 80^{\circ}\text{C}$ 的水,使制冷、制热实现了区域化;
- (4) 垃圾收集管采取吸尘式,以 $90\sim 100\text{ km/h}$ 的速度将各种垃圾通过管道送到垃圾处理厂;
- (5) 综合管廊采用信息化管理,设置有大量传感器,可以探测是否有异常人员侵入或者管线异常泄漏等,排水系统和通风系统会根据实际情况自动运转,并有相应的安全应急预案保证管线和工作人员的安全;
- (6) 为了减小地震带来的影响,各管线均采取了防震措施,采用了先进的管道变形调节技术和橡胶防震系统,管道接口均为柔性接口且在管线固定的位置都留有一定的震动余量。

在综合管廊的建造技术方面,早期(20 世纪 60 年代)的管廊施工时,其围护结构采用现场浇筑,施工周期长,影响道路交通和居民生活出行,市政管线在综合管廊的交叉口敷设时

存在较多困难。经过近 30 年技术进步和发展,自 20 世纪 90 年代初,日本千叶市采用预制砌块施工,进一步推行了包括综合管廊标准段、分岔部位、引出部位等特殊段在内的构件模块标准化的施工工法,大大降低了施工难度与对道路的侵占时间,如图 1-11 所示。

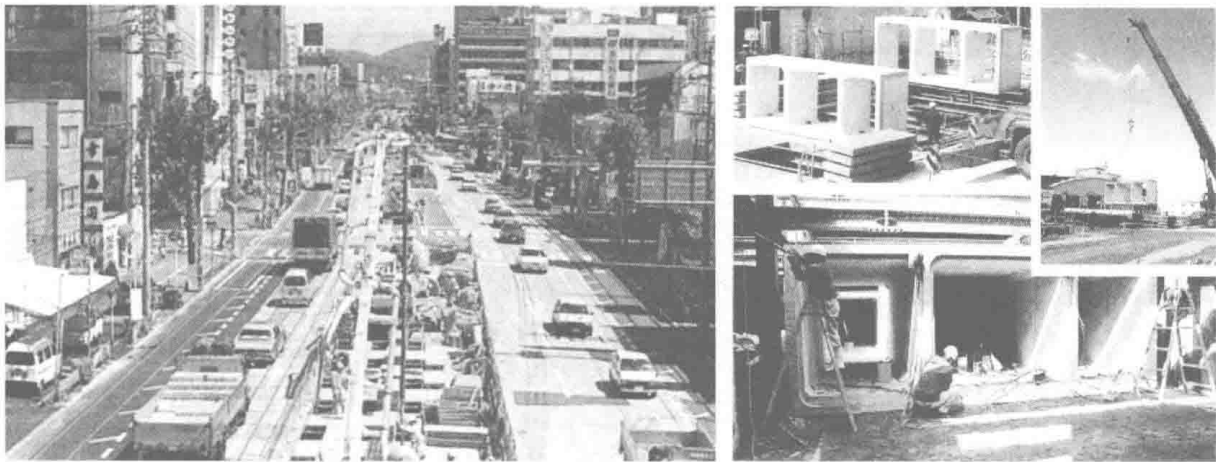


图 1-11 日本综合管廊施工现场

图片来源:网络 <http://www.toki-sa.co.jp/untitled9.html>

1.1.1.5 俄罗斯

1933 年,苏联首先在莫斯科进行综合管廊的建设,之后在圣彼得堡和乌克兰基辅等地,借助新建或改建街道计划陆续兴建综合管廊。截至 2015 年,莫斯科地下已建成约 130 km 的综合管廊系统,管廊密度达到 0.12 km/km²,收容除煤气管外的其他各种市政管线(图 1-12)。莫斯科综合管廊的最大特点就是采用预制拼装结构,是全球最早使用预制装配工法的综合管廊。但是由于建设年代较早,管廊的内部空间较小,内部通风条件设计不足。

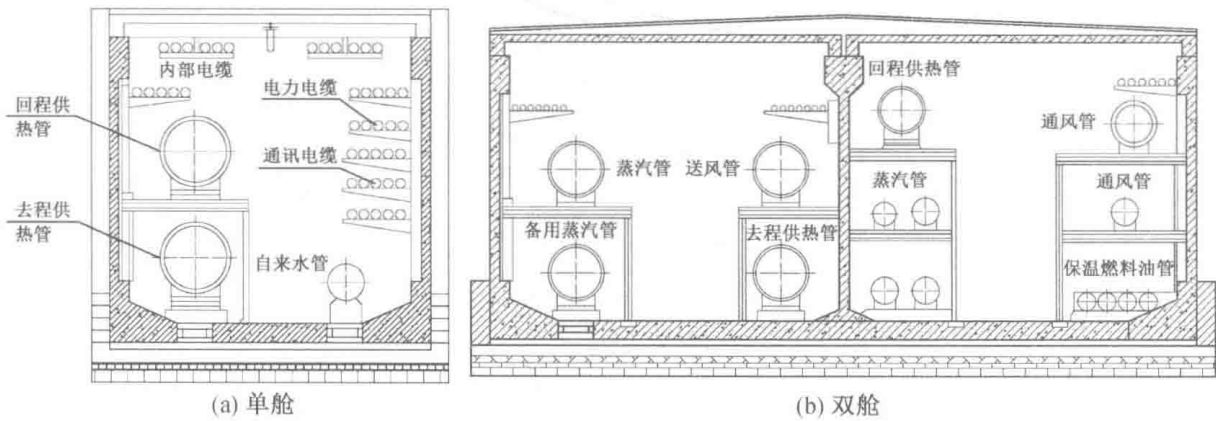


图 1-12 莫斯科综合管廊断面图

图片来源:李德强《综合管沟设计与施工》

1.1.1.6 西班牙

西班牙的综合管廊建设计划始于 1933 年,直到 1953 年马德里首先开始进行综合管廊的建设,当时称为服务综合管廊计划(Plan for Service Galleries),而后演变成目前广泛使用的综合管廊系统。截至 2015 年,马德里已建成综合管廊约 100 km,管廊密度达到