

综合管廊工程装配式 全流程一体化技术指南

油新华 等编著

施工工艺

构件预制

防水体系

质量验收

典型工程案例

非
外
借



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

综合管廊工程装配式 全流程一体化技术指南

油新华 中国奎 郭建涛 袁 梅 胡 跃
李海青 高洪刚 周 冲 李 文 郭志鹏 编著
田子玄 张楸长 尚昌华 马程昊



 **机械工业出版社**
CHINA MACHINE PRESS

本书从综合管廊的建设背景、发展形势入手,重点分析了目前国内预制装配综合管廊的技术发展现状,聚焦于明挖条件下的结构预制装配施工技术,依托国内已经出现的预制装配工程案例,详细论述了各种预制装配技术的定义,各种预制装配结构的设计要点、施工工艺、构件预制、防水体系和质量验收,并给出了典型工程案例,力求为全国的综合管廊从业者提供一套综合管廊工程装配式全流程一体化的技术指南。

本书可供从事城市综合管廊建设的技术人员参考使用。

图书在版编目(CIP)数据

综合管廊工程装配式全流程一体化技术指南 / 油新华等编著. —北京:机械工业出版社, 2019. 1

ISBN 978-7-111-61910-9

I. ①综… II. ①油… III. ①市政工程—地下管道—管道工程—指南
IV. ①TU990.3-62

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2019) 第 021733 号

机械工业出版社(北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

策划编辑:关正美 责任编辑:关正美 高凤春

封面设计:张静 责任印制:张博

责任校对:刘时光

河北鑫兆源印刷有限公司印刷

2019 年 4 月第 1 版第 1 次印刷

169mm × 239mm · 12.75 印张 · 223 千字

标准书号:ISBN 978-7-111-61910-9

定价:59.00 元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

电话服务

服务咨询热线:010-88361066

读者购书热线:010-68326294

网络服务

机工官网:www.cmpbook.com

机工官博:weibo.com/cmp1952

金书网:www.golden-book.com

教育服务网:www.cmpedu.com

封面无防伪标均为盗版

前言

FOREWORD

我国的城市综合管廊建设，从1958年北京市天安门广场下的第一条管廊开始，经历了概念阶段、争议阶段、快速发展阶段、赶超和创新阶段，截至2015年年底我国已建和在建管廊1600km，2016年一年完成开工建设2005km，2017年的计划指标是2000km，以后一直到“十三五”期末每年都是以2000km的规模发展，最终将达到12000km左右的规模，我国即将成为名副其实的城市综合管廊超级大国。

但是，在综合管廊本体结构施工方面仍是常规的模板散支散拼的混凝土全现浇施工技术占主导地位。这一方面是因为这种技术已经非常成熟，技术难度也比较低；另一方面是因为施工技术人员由于工期太紧，无暇研究新的技术。这种全现浇技术存在很多问题，如混凝土外观质量较难控制，模板、脚手架和人工等资源投入太多，侧墙和顶板一起浇筑后由于顶板拆模时间的问题无法形成快速作业。

鉴于这种情况，结合环保、工期和建筑工业化的总体要求，我们在城市综合管廊的预制装配方面进行了大量的探索和实践，形成了预制装配成套技术，以适用于不同条件下的预制装配施工。目前预制装配的项目越来越多，规模也越来越大。

地下工程的预制装配按照施工条件可分为明挖预制装配、暗挖预制装配和盖挖预制装配三种形式。其中，明挖预制装配最为常见，也是目前研究的重点，又可分为节段预制装配、半预制装配、分块预制装配、叠合预制装配、组合预制装配等形式；暗挖预制装配最成熟的一种技术就是盾构，也有将初支和二衬进行预制的案例；盖挖预制装配主要体现在将地连墙和结构内墙合二为一进行预制装配，目前还没有实际工程案例。

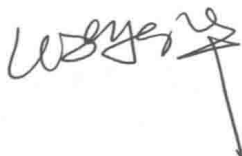
本书从综合管廊的建设背景、发展形势入手，重点分析了目前国内预制装配的技术发展现状，聚焦于明挖条件下的结构预制装配施工技术，依托国内已经出现的预制装配工程案例，详细论述了各种预制装配技术的定义，各种预制装配结构的设计要点、施工工艺、构件预制、防水体系和质量验收，并给出了典型工程案例，力求为全国的综合管廊从业者提供一套

综合管廊工程装配式全流程一体化的技术指南。

参加本书编写的人员主要有（按章节顺序排列）：油新华、中国奎、郭建涛、袁梅、胡跃、李海青、高洪刚、周冲、李文、郭志鹏、田子玄、张楸长、尚昌华和马程昊。

在本书的编写过程中，得到了中国建筑股份有限公司科技部蒋立红总经理的大力支持，也得到了各位编写人员在繁忙的工作之余的全力支持，在此一并表示真诚的感谢！

因为很多预制装配技术都是一线从业者积极主动的创新和探索，还没有足够的案例供理论分析和系统总结，加之作者的水平有限，因此书中难免存在不妥和疏漏之处，敬请专家、同行和读者批评指正，以便我们在后期再版时进行修改完善。



目录

CONTENTS

前言

第1章 概述	1
1.1 城市综合管廊的基本概念	1
1.2 城市综合管廊的建设背景	2
1.3 城市综合管廊的建设意义	3
1.4 国内外城市综合管廊的建设现状	4
1.5 城市综合管廊的技术发展	7
第2章 城市综合管廊预制装配技术	8
2.1 预制装配技术概述	8
2.2 预制装配技术的背景	8
2.3 预制装配技术的意义	10
2.4 预制装配技术的内涵	10
2.5 预制装配技术的分类	11
2.6 预制装配技术的演变	12
第3章 节段预制装配技术	13
3.1 节段预制装配技术概述	13
3.2 节段预制装配结构的设计要点	19
3.3 节段预制装配结构的施工工艺	26
3.4 节段预制装配结构的构件预制	34
3.5 节段预制装配结构的防水体系	39
3.6 节段预制装配结构的质量验收	41
3.7 节段预制装配结构的典型案例	42
第4章 半预制装配技术	47
4.1 半预制装配技术概述	47

4.2	半预制装配结构的设计要点	47
4.3	半预制装配结构的施工工艺	48
4.4	半预制装配结构的构件预制	50
4.5	半预制装配结构的防水体系	52
4.6	半预制装配结构的质量验收	54
4.7	半预制装配结构的典型案例	58
第5章	分块预制装配技术	64
5.1	分块预制装配技术概述	64
5.2	分块预制装配结构的设计要点	64
5.3	分块预制装配结构的施工工艺	65
5.4	分块预制装配结构的构件预制	73
5.5	分块预制装配结构的防水体系	79
5.6	分块预制装配结构的质量验收	83
5.7	分块预制装配结构的典型案例	97
第6章	叠合预制装配技术	107
6.1	叠合预制装配技术概述	107
6.2	叠合预制装配结构的设计要点	107
6.3	叠合预制装配结构的施工工艺	115
6.4	叠合预制装配结构的防水体系	120
6.5	叠合预制装配结构的质量验收	128
6.6	叠合预制装配结构的典型案例	130
第7章	组合预制装配技术	132
7.1	组合预制装配技术概述	132
7.2	组合预制装配结构的设计要点	145
7.3	组合预制装配结构的施工工艺	147
7.4	组合预制装配结构的构件预制	150
7.5	组合预制装配结构的防水体系	154
7.6	组合预制装配结构的质量验收	156
7.7	组合预制装配结构的典型案例	158
第8章	上下分体组合预制装配技术	162
8.1	上下分体组合预制装配技术概述	162

8.2 上下分体组合预制装配结构的设计要点	164
8.3 上下分体组合预制装配结构的施工工艺	168
8.4 上下分体组合预制装配结构的构件预制	173
8.5 上下分体组合预制装配结构的防水体系	181
8.6 上下分体组合预制装配结构的质量验收	183
8.7 上下分体组合预制装配结构的典型案例	186
后记	192
参考文献	194

第 1 章 概 述

1.1 城市综合管廊的基本概念

地下综合管廊，又称共同沟（英文为“Utility Tunnel”），就是指将两种以上的城市地下管线（即给水、排水、电力、热力、燃气、通信、电视、网络等）集中设置于同一隧道空间中，并设置专门的检修口、吊装口和监测系统，实施统一规划、设计、建设，共同维护、集中管理，所形成的一种现代化、集约化的城市基础设施，如图 1-1 和图 1-2 所示。在城市中建设地下管线综合管廊起源于 19 世纪的欧洲，它第一次出现在法国。自从 1833 年巴黎诞生了世界上第一条地下管线综合管廊系统后，英国、德国、日本、西班牙、美国等发达国家也相继开始兴建综合管廊工程，迄今已有将近 186 年的发展历程。然而对我国来说，城市地下综合管廊仍是一个全新的课题。我国的第一条综合管廊于 1958 年建造于北京天安门广场下，比巴黎约晚建了 125 年，国内管廊的规划设计、施工技术、运营管理、规范、法律法规等还处在快速发展的阶段，目前综合管廊仍存在很多的问题亟须解决。

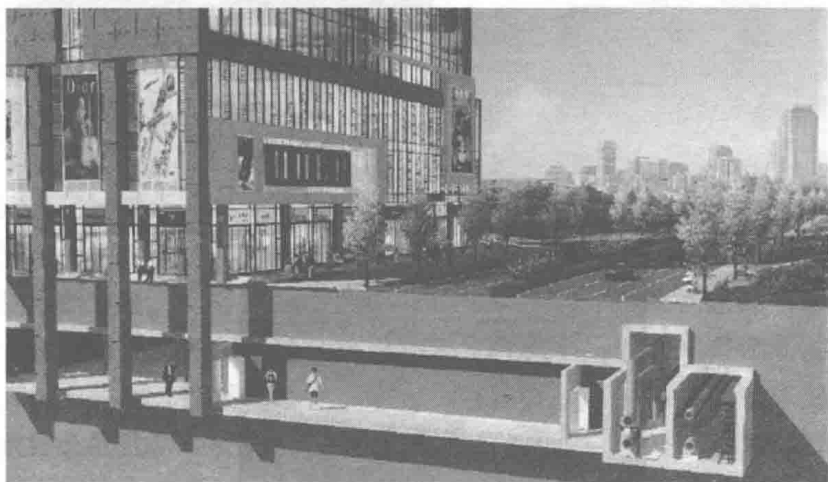


图 1-1 综合管廊示意图

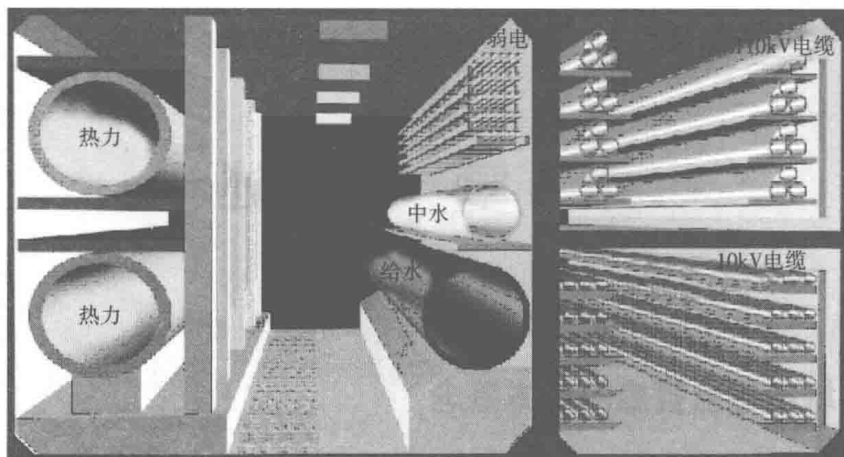


图 1-2 常用矩形综合管廊

1.2 城市综合管廊的建设背景

城市市政公用管线是城市正常运行的生命线。随着城市建设的开展，城市基础设施网络化管网体系建设中遇到的问题随之而来，如因管线增容、扩容和维修而反复开挖形成“马路拉链”，严重影响了市民交通和安全。采用架空管线、空中蜘蛛网影响城市市容，且带来很大安全隐患。地下管线安全事故频发，仅媒体报道的地下管线事故平均每天约高达6起，每年由于路面开挖造成的直接经济损失高达2000亿元（图1-3和图1-4）。在这种背景下，综合管廊作为有效解决城市基础设施建设矛盾的新模式，逐步得到认可与推广。

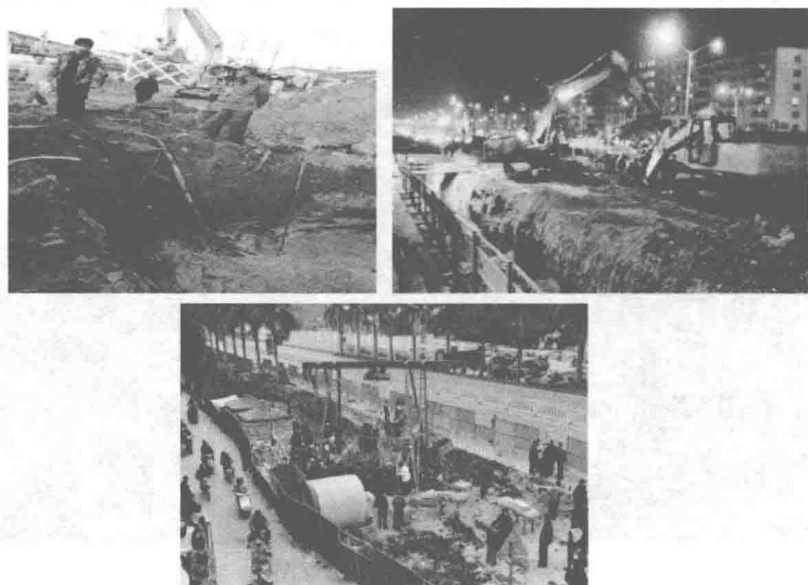


图 1-3 马路拉链

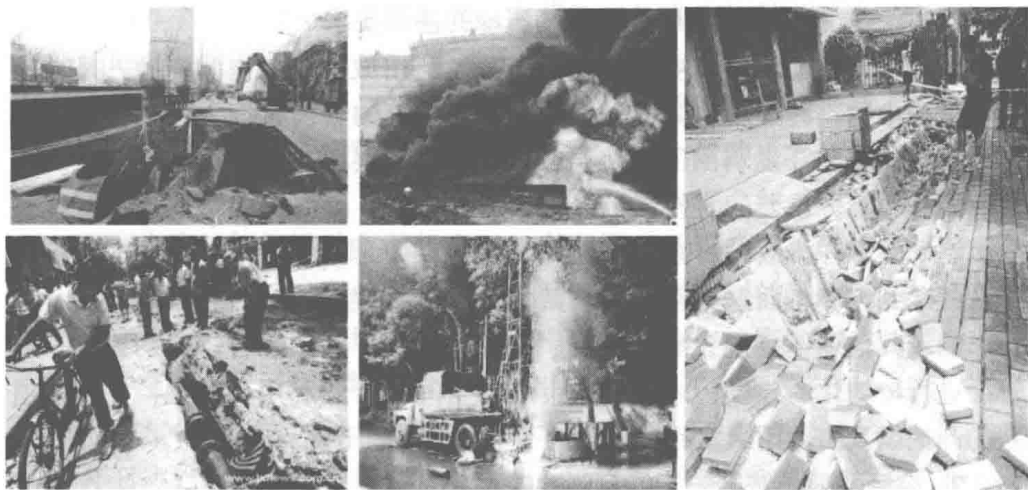


图 1-4 灾害频发

综合管廊是指设置于地面以下用于容纳两种及以上市政管线，设有专门的检修口、吊装口和监测系统，实施统一规划、设计、建设和管理的构造物及其附属设施，是目前城市地下空间开发的重要形式之一。综合管廊建设具有综合性、长效性、可维护性、安全性、环保性、低成本性等优势，是实实在在的民生工程，也是实现供给侧改革、缓解经济增长压力及打破行业和部门垄断的重要措施之一。

1.3 城市综合管廊的建设意义

城市综合管廊是城市经济发展的必然要求，其可以合理利用城市地下空间资源，提高城市的防灾功能，具有美化城市环境的作用。此外，城市综合管廊还具有重要的建设意义。

1. 综合管廊是城市经济发展的客观要求

道路交通是现代城市发展最根本的基础之一，以巨额的资金和巨大的空间资源为代价构筑立体化的城市交通系统，要保证城市交通的畅通、促进城市经济的不断发展。而经济的发展促进城市化水平的提高，进而引起城市规模的扩大和城市土地利用强度的提高，各种城市管线又必须日渐扩容，当采用传统直埋方式时，管线扩容将导致道路的反复开挖，并引起城市交通的阻塞，造成巨大的社会经济损失。综合管廊由于利用人工空间进行管线的敷设，能够在根本上解决管线扩容、维修等引起的对道路反复开挖的问题，是城市经济发展的客观要求。

2. 综合管廊是开发利用地下空间资源的客观要求

国内外城市建设成功经验说明,开发利用城市地下空间资源,是城市发展过程中的一种必然趋势和必然结果,而传统的管线直埋方式则构成了城市地下空间资源开发利用的最浅层——市政管线层,并对城市地下空间的开发利用有着十分重要的直接影响。根据查阅资料,上海市的某些道路管线重叠多达8层,并排敷设的管线多达50种,道路下部管线层地下空间的容量几乎已经达到饱和,而这些管线的管龄长,不仅直接影响今后管线的更新,而且影响着其他地下空间设施的布局、埋深及造价。利用综合管廊的模式,对管线进行集约化的建设,才能使城市地下空间的开发利用有序化,并降低道路的开挖以及由此而引发的对其他地下空间设施的干扰。

3. 综合管廊是城市防灾的客观要求

城市中的各种管线是城市的生命线工程,不仅对维系城市平时功能的正常运转有着十分重要的作用,而且对城市的防灾救灾能力的提高,意义更加重大。1995年,日本阪神大地震的灾后调查表明,该地区灾后停水断电的受灾用户多达百万户以上,为此政府投入了巨大的财力、物力,历时2个月才基本恢复,而在所有直埋管线受损的情况下,唯独综合管廊内收纳的管线完好无损,这表明了综合管廊对城市生命线工程的保护具有良好的作用。采用地下综合管廊敷设管线时,在本质上是对管线增加了一层钢筋混凝土的保护层,所以与传统的直埋方式相比,管线战时灾时的防灾抗毁能力也得到了很大的提高。此外,地下综合管廊还能有效地减少邻近地区施工对管线的破坏,以及管线施工、维修对其他管线的破坏。

4. 综合管廊是改善城市环境的客观要求

随着经济的不断发展,人们对城市环境提出了越来越高的要求,城市环境不仅包括城市的生态环境,而且包括城市的景观环境,而各种架空缆线严重影响了城市景观,国外有的国家甚至通过立法的形式,确定城市重要景观轴线地区必须利用电缆沟敷设管线。另一方面,管线的直埋方式极易引起道路的反复开挖,是对城市景观和城市环境的严重破坏,而唯有采用综合管廊的形式敷设各种城市管线,才能形成高品位的城市环境。

1.4 国内外城市综合管廊的建设现状

早在19世纪,法国(1833年)、英国(1861年)、德国(1890年)等就开始兴建地下综合管廊。到20世纪,美国、西班牙、俄罗斯、日本、匈牙利等也开始兴建地下综合管廊。

虽然日本很早就开始建造地下综合管廊（如关东大地震后，为复兴首都而兴建的八重州共同沟），但真正大规模地兴建地下综合管廊，还是在1963年日本制定《共同沟法》以后。自此，地下综合管廊就作为道路合法的附属物，在由公路管理者负担部分费用的基础上开始大量建造。管廊内的设施仅限于通信、电力、煤气、上水管、工业用水和下水道六种。随着社会不断发展，管廊内容纳的管线种类已经突破6种，增加了供热管、废物输送管等设施。日本筑波科学城建立的一整套垃圾管道运送和焚烧处理系统，输送管道就布置在地下公用设施的地下综合管廊中。地下综合管廊的建造首先在人口密度大、交通状况严峻的特大城市展开。现在已经扩展到仙台、冈山、广岛、福冈等地方中心城市。到1982年，日本拥有地下综合管廊共计156.6km，至1992年日本已经建造地下综合管廊310km。日本建设省的目标是在21世纪初叶在全国80个城市的干线公路下建成约1100km的地下综合管廊。建造地下综合管廊的费用，一部分由预约使用者负担，另一部分由道路管理者负担。其中，预约使用者负担的投资额占全部工程费用的60%~70%。

欧洲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。地下综合管廊的发源地就在欧洲。早在1833年法国巴黎有系统地规划排水网络的同时，就开始兴建地下综合管廊。1861年，英国伦敦修造了宽12英尺（1英尺=0.3048m下同）、高7.6英尺的地下综合管廊。1890年，德国也开始在汉堡建造地下综合管廊。瑞典斯德哥尔摩市有地下综合管廊30km，其建在岩石中，直径8m，战时可作为民防工程。

之后，在巴塞罗那、赫尔辛基、伦敦、里昂、马德里、奥斯陆、巴黎以及瓦伦西亚等许多城市都研究并规划了各自的地下综合管廊网络。巴塞罗那的地下综合管廊网以环状布置为特色，马德里则规划了总长100km的筛形网络。北欧利用地下空间的特点是：充分发挥基岩坚硬、稳定的优势。如同所建的核防空洞那样，既可用于防御又保护了环境。由于基岩坚固，开挖时很少使用辅助措施。由于机械化程度不断提高，在许多情况下，城市基础设施建在地下比建在地上还要便宜。

北美的美国和加拿大，虽然国土辽阔，但因城市高度集中，城市公共空间用地矛盾仍十分尖锐。他们都在上个世纪逐步形成了较完善的地下综合管廊系统。美国纽约市的大型供水系统完全布置在地下岩层的综合管廊中。加拿大的多伦多和蒙特利尔市，也有很发达的地下综合管廊系统。

俄罗斯的地下综合管廊也相当发达。俄罗斯规定在下列情况敷设综合管廊：在拥有大量现状或规划地下管线的干道下面时；在改建地下工程设施很发达的城市干道下面时；需同时埋设给水管线、供热管线及大量电力电缆的

情况下；在没有余地专供埋设管线，特别是敷在刚性基础的干道下面时；在干道同铁路的交叉处等。莫斯科有 130km 长的地下综合管廊，除煤气管外，各种管线均有，只是截面较小，内部通风条件也较差。

我国台北市的综合管廊建设是在吸取其他国家综合管廊建设经验的基础上，经过科学的规划而有序发展起来的。在建设模式上非常重视与地铁、高架道路、道路拓宽等大型城市基础设施的整合建设相结合。我国台北市综合管廊建设能够有效地推进，得益于 1992 年设立的非营业循环的综合管廊建设基金，该基金主要用于诸如综合管廊规划、政策研究、综合管廊防洪等课题的研究，从而使得综合管廊建设步入了科学化的轨道。

1958 年，在北京天安门广场改造时，敷设了一条约 1km 长的地下综合管廊。1994 年建成的上海市浦东张杨路综合管廊，总长度 11.125km，被称为“中华第一沟”，容纳了给水、电力、通信和燃气四种管线，配套较为齐全的安全设施和中央计算机管理系统。但从 1958 年到 2000 年的 42 年间，国内修建的综合管廊总长度不到 23km。

2015 年可谓是国内大规模开始地下综合管廊建设的元年。从 2015 年 8 月 3 日国务院办公厅下发《关于推进城市地下综合管廊建设的指导意见》开始，国家政策层面对城市综合管廊的推进和支持力度不断加大。2015 年 8 月 31 日，确定包头等 10 个城市为试点城市，计划 3 年内建设地下综合管廊 389km，总投资 351 亿元。根据测算，未来地下综合管廊需建 8000km，若按每千米 1.2 亿元测算，投资规模将达 1 万亿。截至 2017 年年底，开工及已建设的总里程已达到了 5600km。计划截至国家“十三五”期末，综合管廊最终里程将达到 12000km，我国将成为综合管廊建设的超级大国，如图 1-5 所示。

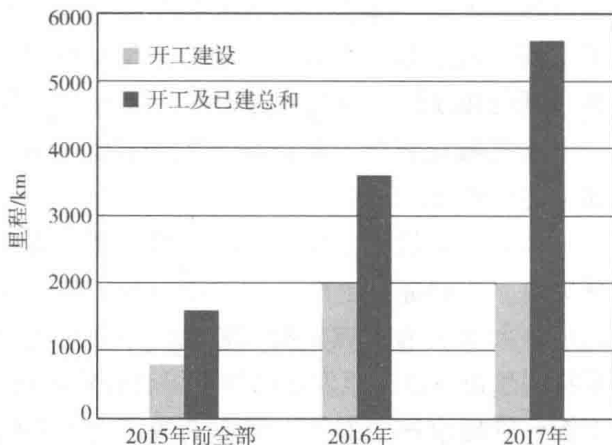


图 1-5 国内综合管廊建设趋势统计

1.5 城市综合管廊的技术发展

随着管廊建设规模不断增大,综合管廊施工技术也呈现出多样性,尤其是综合管廊出现了多种结构形式及施工方法,如图1-6所示。例如,现浇法出现了滑模现浇,预制结构出现了全预制拼装管廊、半预制拼装管廊、纤维混凝土管廊、钢制波纹管管廊、装配式方拱形钢结构管廊等。尽管目前综合管廊施工技术多样,但从国内整体的应用情况看,目前主要还是以传统的明挖满堂红模板支架混凝土现浇、暗挖顶管与盾构为主要的施工形式。



图 1-6 综合管廊结构形式及施工方法

城市地下综合管廊施工技术呈现出多种形式,其中很多的技术创新主要集中在综合管廊结构的设计和施工方面。这些施工技术的发展有利于降低综合管廊施工成本,缩短工期,具有良好的经济效益和社会效益。随着国内绿色建造理念的不断倡导,这些新的施工技术应用将会越来越多。

第2章 城市综合管廊预制装配技术

2.1 预制装配技术概述

所谓综合管廊预制装配技术，是运用现代工业手段和现代工业组织，对综合管廊生产的各个阶段的各个生产要素通过技术手段集成和系统的整合，达到预制装配综合管廊的标准化。简而言之，就是指在明挖、暗挖或盖挖等施工条件下，将综合管廊的结构主体分块或分节段在工厂预制，然后运到现场进行拼装的一种快速绿色施工技术。要求这种预制拼装的综合管廊具有两个特征：一个是构成综合管廊的构件是预制的，另一个是预制构件的连接方式必须安全可靠。

2.2 预制装配技术的背景

随着人口红利的消失，人口老龄化逐年加剧，劳动力出现短缺，甚至出现招工难的情况，导致劳动成本不断攀升，这将会给劳动密集型的建筑业带来挑战。为了应对这些问题，减少现场作业需要的工人，提高效率，节能环保，规范作业，确保质量和安全，预制装配工业化建造是较好的应对方法。

目前综合管廊现浇施工主要以现场建造为主，该方法主要存在以下几方面的问题：

- 1) 在现场建造效率低下。
- 2) 资源浪费、能耗大。
- 3) 工程品质难以保证。
- 4) 现场产生粉尘、泥浆、噪声影响较大。
- 5) 工程垃圾等对环境的影响较大。

预制装配技术具有建造效率高，资源浪费少，工程质量易保证，现场污染小，很少产生建筑垃圾等特点，具有良好的经济效益和社会效益。与此同时，预制装配工业化建造是国家倡导绿色建造发展的趋势。国内综合管廊预

制装配技术发展背景还要考虑外在条件和内在需求两个方面。

1. 城市综合管廊绿色建造的外在条件

目前国内综合管廊市场，几大央企占据垄断地位，但各央企之间的竞争也十分激烈，如图 2-1 所示。基于目前的形势，各单位大力研发绿色建造技术，以便快速、低成本地完成建设，更好抢占市场。与此同时，PPP 综合管廊项目投标时的费率优惠越来越大，这更加剧了单位之间的相互竞争，也加快了预制装配技术的发展。

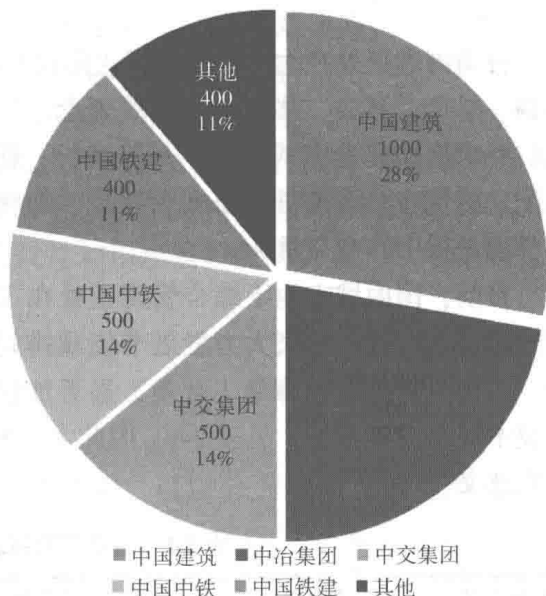


图 2-1 施工企业的市场占有率

2. 城市综合管廊绿色建造的内在需求

目前，国内综合管廊投资类型大体可分为 PPP 模式、施工总承包以及 EPC 模式三种。其中，国内综合管廊 PPP 项目占据绝大比例，而且比例越来越大，如图 2-2 所示；PPP 项目规模越来越大，投资越来越高。PPP 项目的特点要求规划设计、施工、运营一体化，这些均有利于预制装配综合管廊技术的发展。

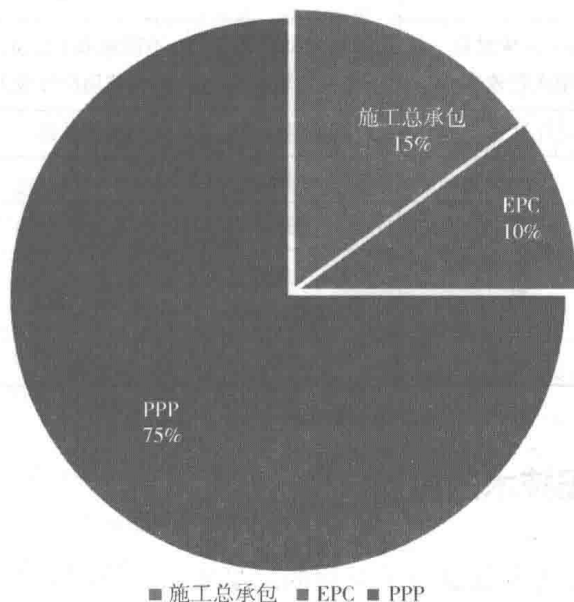


图 2-2 综合管廊项目投资类型