

城市地下综合管廊 运维管理

郑立宁 杨超 王建 著

中国建筑工业出版社

城市地下综合管廊建设与管理丛书

城市地下综合管廊运维管理

郑立宁 杨超 王建 著

中国建筑工业出版社

图书在版编目(CIP)数据

城市地下综合管廊运维管理/郑立宁, 杨超, 王建
著. —北京: 中国建筑工业出版社, 2017. 6

(城市地下综合管廊建设与管理丛书)

ISBN 978-7-112-20823-4

I. ①城… II. ①郑…②杨…③王… III. ①市政工程-地下管道-管道维修-研究 IV. ①TU990.3

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2017) 第 126085 号

本书共 9 章, 内容包括: 综合管廊及建设情况; 综合管廊运维管理的意义与现状; 运维管理体系及内容要求; 综合管廊土建结构管理; 综合管廊附属设施管理; 入廊管线管理; 安全与应急管理; 综合管廊建设管理模式及经济性分析; 智慧运维技术与应用。本书对城市地下综合管廊的运维管理进行了系统的介绍和总结, 对目前开展的地下综合管廊建设之后的运维管理能提供很好的参考。

本书适用于从事城市地下综合管廊建设与管理的技术及管理人员参考使用。

责任编辑: 范业庶 万 李

责任设计: 李志立

责任校对: 李欣慰 焦 乐

城市地下综合管廊建设与管理丛书

城市地下综合管廊运维管理

郑立宁 杨 超 王 建 著

*

中国建筑工业出版社出版、发行(北京海淀三里河路 9 号)

各地新华书店、建筑书店经销

唐山龙达图文制作有限公司制版

北京鹏润伟业印刷有限公司印刷

*

开本: 787×1092 毫米 1/16 印张: 10¼ 字数: 253 千字

2017 年 7 月第一版 2017 年 7 月第一次印刷

定价: 40.00 元

ISBN 978-7-112-20823-4

(30480)

版权所有 翻印必究

如有印装质量问题, 可寄本社退换

(邮政编码 100037)

序

我国正处在城镇化快速发展时期，地下基础设施建设相对滞后。为了统筹各类市政管线规划、建设和管理，解决反复开挖路面、架空线网密集、管线事故频发等问题，国家正大力推进城市地下综合管廊建设。据不完全统计，2016年以来全国综合管廊新开工建设总里程数超过2000公里，我国综合管廊建设进入了高速发展期。

如此大规模的建设城市地下综合管廊，在世界上绝无仅有，同时建成后长期运维风险也逐渐成为一个关注热点。综合管廊建设期只有几年时间，但运维期却长达百年。如何在漫长的运维周期中，保障城市“生命线”的安全稳定运行必将成为未来城市综合管廊研究领域的重要课题。运维管理的主要内容是负责保障综合管廊内部的监控、防灾、照明、通风、排水、监视等正常实施，担负廊道日常清洁、管廊及附属设施的维护保养、管廊的安保巡查，负责实施管廊风险评估检测、大中型维修、应急抢修等工作。

我国现阶段在城市地下综合管廊运维管理方面尚未形成一个统一的模式，无论是管理的主体还是客体都存在着多种方式。由于管廊内部空间狭小、管线众多、风险源多样、涉及专业广，单纯依靠人工监管的方式效率低、准确性不足。同时，集中汇集在管廊内部的大量市政管线发生事故时的级联灾害风险大幅度上升，这给综合管廊的安全管理提出了更高的要求。管理人员不仅要每种管线的安全风险源进行识别和全方位跟踪管控，同时也需要根据权责范围协调各个管线权属单位的日常工作，以最大化保障城市管线的正常运行，降低突发事件带来的各种次生风险。因此，综合管廊的运维管理迫切需要标准化、规范化，迫切需要引入新技术、新方法以提升管理效率，降低管理成本。而智慧管廊的建设正是解决这一课题的重要途径：城市综合管廊引入信息化监控与管理系统辅助完成管廊的安全与日常运维管理工作；针对日常运维的海量信息，通过大数据技术提供管廊运行的优化策略。

本书结合大量国内外工程实践经验，全面阐述了综合管廊运维管理的意义、体系、内容、方法、标准、新技术等，是我国首部关于综合管廊运维管理领域的技术专著。本书的付梓问世，将为我国今后综合管廊的现代化运维管理提供参考和借鉴，同时对城市管理者及从事该领域的工程技术人员和科研人员均有益处。

中国工程院院士



2017.6.12

前言

传统的市政管线直埋方式虽然工程技术简单、现场实施便捷，但从长期使用情况来看，不仅存在爆管、断线的潜在安全风险，且管线内介质跑冒滴漏及土壤中管材腐蚀所造成的直接经济损失异常严重，同时由于管线维修所至的道路反复开挖等造成的社会间接损失无法准确估量。城市地下综合管廊将各类市政管线集约化地敷设在一起，并进行集中运维管理，不仅能高效利用城市地下空间资源，且可以解决上述管线直埋所造成的系列问题，经济社会效益显著。

近年来，国家高度重视城市地下综合管廊建设，先后颁发了系列政策文件予以大力推动。据不完全统计，全国已开工建设的综合管廊达到数千公里，未来几年大量的综合管廊将集中从建设阶段进入运维阶段，且持续增加。目前，对综合管廊的研究主要集中在规划、设计和施工领域，而对管廊投入使用后的运维管理研究较少。如要充分发挥管廊的综合效能，科学合理的运维管理方法及技术要求至关重要。

综合管廊运维管理的对象主要包括土建结构、附属设施及敷设于其中的部分市政管线，运维管理的方法主要包括日常巡检与监测、维修保养、专业监测及大中修，同时要兼顾安全应急要求。结合 BIM、GIS、大数据、机器人巡检等新兴技术构成的智慧管理平台，能够提高综合管廊运维效率、增加安全保障、降低运维费用。综合管廊运维管理涉及专业面广，技术要求高，为了推动综合管廊运维管理技术进步，提高运维管理水平，撰写了本书。

本书共分为 9 章：第 1 章介绍了综合管廊的组成及国内外建设情况；第 2 章介绍了综合管廊运维管理的意义以及国内外典型管廊项目运维管理现状；第 3 章介绍了综合管廊运维管理体系及内容要求；第 4 章介绍了综合管廊土建结构的管理；第 5 章按专业分类介绍了综合管廊附属设施的管理；第 6 章介绍了入廊管线的管理；第 7 章介绍了安全与应急管理，包括应对各种突发应急事件的响应措施；第 8 章介绍了综合管廊建设管理模式并对管廊经济效益进行了分析；第 9 章介绍了智慧运维关键技术，并以作者独立开发应用的智慧管理平台为例，系统全面地介绍了综合管廊智慧化管理。

在本书撰写过程中，作者对国内部分已运维的典型管廊项目进行了实地调研，系统地总结了国内外综合管廊运维管理方面的相关经验，同时参考和引用了部分书刊、标准、数据等资料。中建地下空间有限公司的王明、罗春燕、田建波、孙蓓、许凯、白镭、高远等参加了相关调研，参与了智慧化管理平台的组件开发及部分书稿的撰写及图表的绘制，对各位的辛苦付出，深表谢意。

本书的主要研究工作得到了国家科技部十三五国家重点专项子课题“综合管廊智能化管理平台开发研究”（2016YFC0802405-5）、住房城乡建设部科技研发项目“综合管廊运营管理技术研究”（2016-K4-022），以及中建股份科技研发项目“城市综合管廊运营管理经济模式分析”（CSCEC-2016-Z-20-14）、“基于 BIM 和 GIS 的城市综合管廊管理平台研究”（CSCEC-2016-Z-20-15）等多个项目基金的资助，在此表示衷心

的感谢。

在本书的出版过程中，得到了中建地下空间有限公司薛国州总经理、田强常务副总经理的支持与鼓励，得到了上海市政工程设计研究总院（集团）有限公司王恒栋副总工、中国建筑股份有限公司技术中心油新华副总工的指导，在此一并感谢。

感谢地下空间领域学术泰斗、中国工程院院士钱七虎为本书作序！

由于综合管廊运维管理涉及专业多、范围广，限于篇幅，部分理论知识和技术方法未能在本书中全面展开与深入，对此作者深表遗憾和歉意。另外，限于作者的学识、水平、时间，书中难免存在错误和疏漏，敬请专家、同行和读者批评指正。

目 录

第1章 综合管廊及建设情况	1
1.1 综合管廊的组成	1
1.1.1 综合管廊的土建结构	1
1.1.2 综合管廊的附属设施	4
1.2 入廊的管线类型	10
1.3 综合管廊的分类	11
1.3.1 按照管线及舱室类型分类	11
1.3.2 按截面形式分类	12
1.3.3 按照主体结构施工方法分类	14
1.3.4 按管廊结构材质分类	15
1.4 国内外综合管廊建设情况	15
1.4.1 国外综合管廊建设情况	15
1.4.2 国内综合管廊建设情况	16
本章参考文献	18
第2章 综合管廊运维管理的意义与现状	19
2.1 国外综合管廊运维管理现状	19
2.1.1 法国巴黎	19
2.1.2 日本	20
2.1.3 新加坡	21
2.2 国内综合管廊运维管理现状	22
2.2.1 广州	22
2.2.2 佛山	23
2.2.3 珠海	24
2.2.4 宁波	26
2.2.5 上海	27
2.2.6 厦门	28
2.3 思考与建议	29
本章参考文献	30
第3章 运维管理体系及内容要求	31
3.1 概述	31
3.2 质量目标与保证措施	31

3.2.1 质量目标·····	31
3.2.2 保证措施·····	32
3.3 组织架构和职能分工·····	33
3.4 管理制度体系·····	35
3.5 管理内容·····	37
3.6 考核管理机制·····	38
3.6.1 监督考核·····	38
3.6.2 内部考核管理原则·····	38
本章参考文献·····	39
第4章 综合管廊土建结构管理 ·····	40
4.1 概述·····	40
4.2 日常巡检与监测·····	40
4.2.1 日常巡检·····	40
4.2.2 日常监测·····	41
4.2.3 综合管廊的保护区管理·····	42
4.3 维修保养·····	43
4.3.1 土建结构保养·····	43
4.3.2 土建结构维修·····	43
4.3.3 管廊渗漏水治理措施·····	44
4.4 专业检测·····	45
4.4.1 专业检测要求·····	45
4.4.2 专业检测内容与方法·····	46
4.5 结构状况评价·····	47
4.5.1 评价方法·····	47
4.5.2 土建结构劣损状况值划分·····	48
4.5.3 健康状况分类及处理措施·····	50
4.6 大中修管理·····	51
4.6.1 大中修的要求·····	51
4.6.2 大中修的内容·····	51
本章参考文献·····	52
第5章 综合管廊附属设施管理 ·····	53
5.1 供配电系统·····	53
5.1.1 日常巡检与监测·····	53
5.1.2 维修保养·····	54
5.1.3 大中修管理·····	56
5.2 照明系统·····	56
5.2.1 日常巡检与监测·····	56

5.2.2 维修保养	57
5.3 消防系统	58
5.3.1 日常巡检与监测	58
5.3.2 专业检测	59
5.3.3 维修保养	59
5.3.4 大中修管理	60
5.4 通风系统	61
5.4.1 日常巡检与监测	61
5.4.2 维修保养	62
5.4.3 大中修管理	63
5.5 排水系统	64
5.5.1 日常巡检与监测	64
5.5.2 维修保养	64
5.5.3 大中修管理	66
5.6 监控与报警系统	66
5.6.1 日常巡检与监测	66
5.6.2 专业检测	68
5.6.3 维修保养	69
5.6.4 大中修管理	72
5.7 标识系统	72
5.7.1 日常巡检	72
5.7.2 维修保养	72
本章参考文献	73
第6章 入廊管线管理	74
6.1 概述	74
6.2 给水管道的管理	74
6.2.1 日常巡检与监测	74
6.2.2 专业检测	75
6.2.3 维修保养	76
6.3 排水管渠的管理	76
6.3.1 日常巡检与监测	76
6.3.2 专业检测	77
6.3.3 维修保养	78
6.4 天然气管道的管理	78
6.4.1 日常巡检与监测	78
6.4.2 专业检测	79
6.4.3 维修保养	79
6.5 热力管道的管理	80

6.5.1 日常巡检与监测	80
6.5.2 专业检测	80
6.5.3 维修保养	81
6.6 电力电缆的管理	81
6.6.1 日常巡检与监测	81
6.6.2 专业检测	82
6.6.3 维修保养	82
6.7 通信线缆的管理	83
6.7.1 日常巡检与监测	83
6.7.2 专业检测	83
6.7.3 维修保养	84
本章参考文献	84
第7章 安全与应急管理	85
7.1 概述	85
7.2 安全生产管理	85
7.2.1 安全生产组织体系	86
7.2.2 安全管理制度保障	86
7.3 应急管理	87
7.3.1 应急工作原则	87
7.3.2 应急组织管理	88
7.3.3 危险源管理	89
7.3.4 应急响应措施	92
7.3.5 应急后期处理	94
7.3.6 应急保障	95
本章参考文献	97
第8章 综合管廊建设管理模式及经济性分析	98
8.1 建设管理模式	98
8.2 费用收取现状及问题	98
8.2.1 我国综合管廊收费现状	98
8.2.2 综合管廊项目收费问题	100
8.3 运营维护费用测算	101
8.3.1 维护费用构成	101
8.3.2 维护费用分摊	102
8.4 保障措施	105
8.4.1 完善收费机制	105
8.4.2 完善法律法规体系	106
8.5 综合管廊经济效益研究	107

8.5.1	管线及管廊的分析对象	107
8.5.2	传统直埋管线成本	108
8.5.3	综合管廊的建设成本分析	111
8.5.4	经济效益对比分析	111
本章参考文献		113
第9章 智慧运维技术与应用		114
9.1	技术背景	114
9.1.1	宏观分析	114
9.1.2	智慧运维关键技术	116
9.1.3	智慧运维技术挑战	118
9.2	智慧运维体系结构	119
9.2.1	智慧运维系统的组成	119
9.2.2	系统总体设计	120
9.2.3	硬件结构	120
9.2.4	软件结构	121
9.3	关键技术实现	122
9.3.1	GIS 和三维可视技术	122
9.3.2	云计算技术	123
9.3.3	大数据分析技术	124
9.3.4	机器人巡检技术	125
9.4	案例应用	127
9.4.1	项目介绍	127
9.4.2	智慧运维系统 C/S 端	128
9.4.3	智慧运维系统 M/S 端	139
9.5	应用效益	141
本章参考文献		142
附录：运维管理工作表单		148
附表 A.1	日常巡检记录表	148
附表 A.2	入廊申请表	149
附表 A.3	入廊登记表	150
附表 A.4	土建结构及附属设施维修记录表	151
附表 A.5	入廊管线维修记录表	151
附表 A.6	管廊内施工现场动火申请书及动火证	152

第 1 章 综合管廊及建设情况

1.1 综合管廊的组成

综合管廊 (Utility Tunnel)^[1], 也称共同沟, 是实施统一规划、设计、施工和维护, 建于城市地下用于容纳两类及以上城市工程管线的构筑物及附属设施。综合管廊作为城市市政工程管线的综合载体, 可以实现各类市政管线的集约化、统一化、标准化的建设与管理, 改变城市地下管线纵横交错、杂乱无章、维修频繁的现状, 有效解决“马路拉链”、“空中蜘蛛网”、交通阻塞、事故频发和环境污染等一系列问题, 对提高城市地下空间的利用效率和地下市政管线的安全水平具有十分重要的意义。

1.1.1 综合管廊的土建结构

综合管廊土建结构包括管廊主体结构、监控中心、供配电室以及地面设施等。

1. 管廊主体结构

管廊的主体结构包括埋设于地面下方的标准段 (图 1.1-1) 与节点部位。管廊节点部位通常包括保证管廊正常运行所需要的人员出入口、逃生口、吊装口、进风口、排风口、管线分支口等, 如图 1.1-2~图 1.1-5 所示。

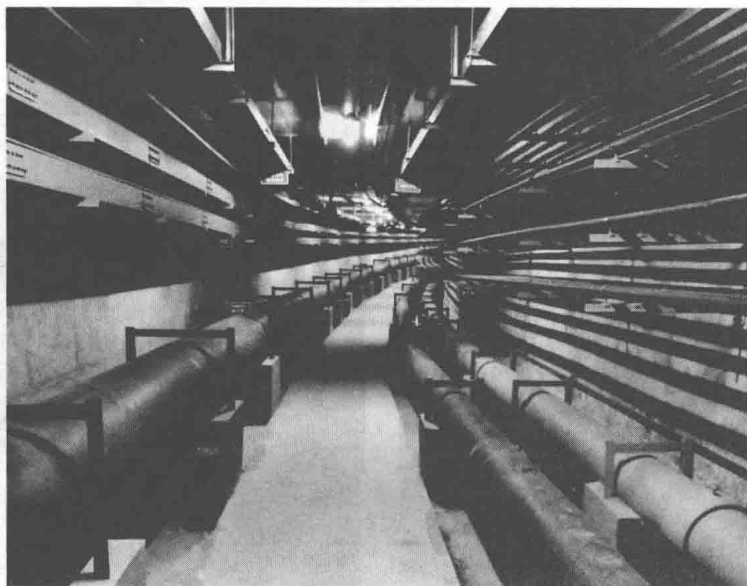


图 1.1-1 管廊标准段



图 1.1-2 人员出入口

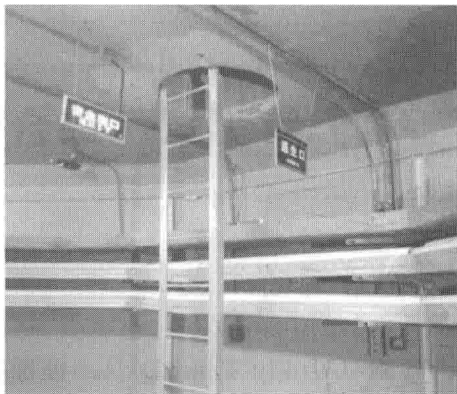


图 1.1-3 逃生口



图 1.1-4 分支口

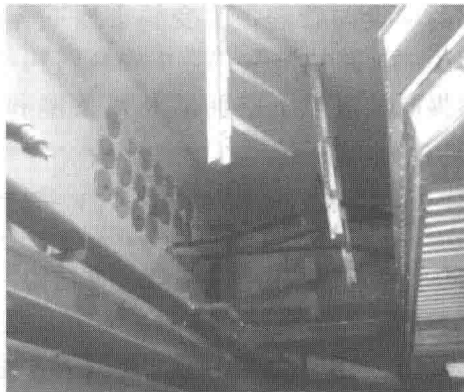
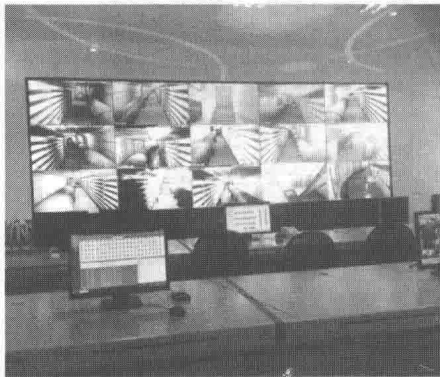


图 1.1-5 电缆分支口

2. 监控中心

监控中心是运维人员办公与活动的场所，监控中心内部一般设有监控室（图 1.1-6）、资料室、备件库房等。



(a) 监控投影屏幕



(b) 备件库房

图 1.1-6 综合管廊监控室

3. 供配电室

一般情况下，综合管廊供配电室和监控中心合建，供配电室内安装有变压器（图 1.1-7）、高压柜、低压柜（图 1.1-8）等供配电设备。



图 1.1-7 变压器

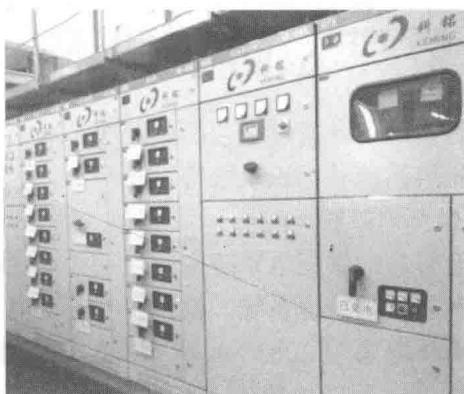


图 1.1-8 低压开关柜

4. 地面设施

地面设施包括露出地面的通风口（图 1.1-9）、人员出入口、投料口等设施。

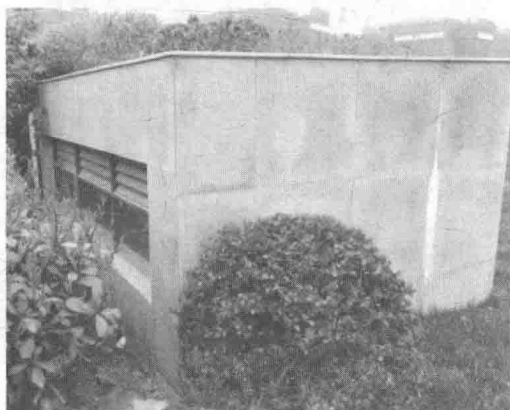


图 1.1-9 通风口

5. 其他设施

其他设施包括管廊内部的管线支架与桥架（图 1.1-10）、支墩、内部的爬梯（图 1.1-11）、栏杆等。

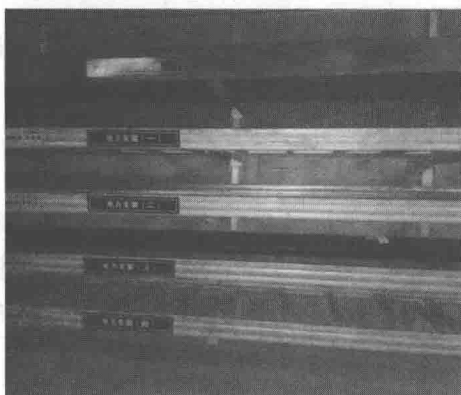


图 1.1-10 桥架



图 1.1-11 爬梯

1.1.2 综合管廊的附属设施

综合管廊的附属设施包括供配电系统、照明系统、消防系统、通风系统、排水系统、监控与报警系统和标识系统等设施。

1. 供配电系统

综合管廊的供配电系统主要包括中心变配电站、现场配电站、低压配电系统、电力电缆线路和防雷与接地系统。根据管廊内用电设备的电压及配电范围，负荷大小和分布情况等，管廊供电采用 10kV/0.4kV 变配电系统供电，主变电所的供电半径一般为 7000m，分变电所供电半径一般为 600~700m。主变电所一般为室内布置，分变电所为箱式变电站（图 1.1-12）或地埋式变压器。



图 1.1-12 管廊沿线箱式变电站

2. 照明系统

综合管廊内的照明系统主要包括：正常照明和应急照明。综合舱、电力舱的照明设备为普通节能型产品，天然气管舱的照明设备均为防爆型产品。

正常照明：由分区照明配电箱供电，为综合管廊内的日常巡检、维护、监控、办公等提供照明，主要采用的灯具为条形灯具。

应急照明：在综合管廊内的正常照明无法工作时，在特殊的区域内还需要保持最低的照明要求，以确保安全操作和人身安全。

3. 消防系统

(1) 防火分隔

现行国家标准《城市综合管廊工程技术规范》GB 50838^[1]规定，综合管廊按照不同的舱室设置防火分隔。天然气管道舱及容纳电力电缆的舱室应每隔 200m 采用耐火极限不低于 3.0h 的不燃性墙体进行防火分隔。防火分隔处的门应采用甲级防火门，管线穿越防火隔断部位采用阻火包等防火封堵措施进行严密封堵（图 1.1-13）。

(2) 灭火系统

现行国家标准《城市综合管廊工程技术规范》GB 50838^[1]规定，干线综合管廊中容



图 1.1-13 管廊内防火门及防火封堵

纳电力电缆的舱室，支线综合管廊中容纳 6 根及以上电力电缆的舱室应设置自动灭火系统，其他容纳电力电缆的舱室宜设置自动灭火系统。综合管廊内的灭火系统按照启动方式可以分为以下两类：

1) 手提式灭火系统

在综合管廊各个舱室均设置有手提式灭火器（图 1.1-14）。手提式灭火器主要包括干粉灭火器、泡沫灭火器和二氧化碳灭火器 3 种。

2) 自动灭火系统

目前，综合管廊中的自动灭火系统主要为超细干粉自动灭火系统（图 1.1-15）、细水雾自动灭火系统（图 1.1-16）两种，并主要设置在综合管廊的电力舱室内。



图 1.1-14 管廊内手提式灭火器

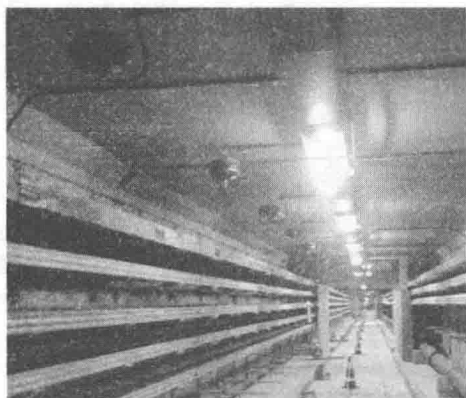


图 1.1-15 超细干粉灭火系统

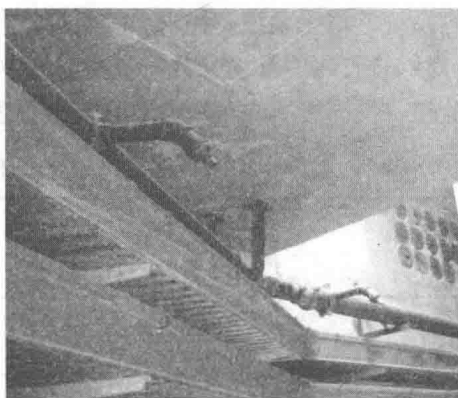


图 1.1-16 细水雾灭火系统

4. 通风系统

综合管廊通风系统（图 1.1-17）主要包括机械排风系统、机械进风系统、自然进风

系统。其中天然气舱内通风系统采用机械送风与机械排风相结合的方式，其他舱室的通风方式采用机械排风与自然进风相结合的方式。

5. 排水系统

综合管廊的人员出入口、逃生口、吊装口、进风口、排风口等节点处存在雨水淋入或流入的可能，综合管廊内部会发生结构渗漏水、表面凝结水等现象，管廊内部灾害事故也会造成给水排水管道的泄漏。管廊内应设置必要的排水设施（图 1.1-18），以排除廊内的积水。排水区间长度不宜大于 200m，区间内设置排水边沟，并在排水区间的低点设置集水坑及排水泵。每个集水坑内一般设置两台潜水排水泵和一套浮球开关，根据集水坑内水位自动启、停排水泵。



图 1.1-17 管廊内通风系统

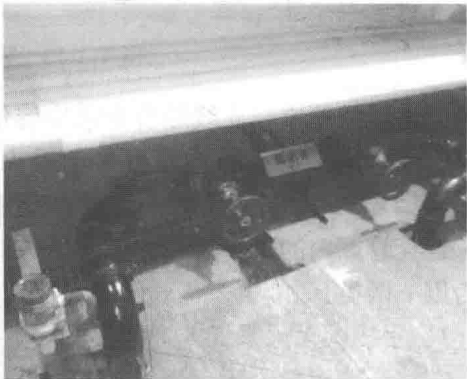


图 1.1-18 管廊内排水系统

6. 监控与报警系统

综合管廊运维管理中监控与报警系统直接关系到整个管廊的正常和安全运行。监控与报警系统可以分为：环境与设备监控系统、安全防范系统、预警与报警系统、通信系统等。

(1) 环境与设备监控系统

综合管廊内部空间相对封闭，为保证管廊内工作人员及管廊内入廊管线的正常运行，在综合管廊沿线布置各种机电设备，可有效监控管廊内环境参数和管理机电设备，形成环境与设备监控系统。根据系统监控对象，对环境与设备监控系统进行分析，其具体功能如下：

1) 对综合管廊内环境参数，包括空气中氧气含量、有毒气体含量、空气温湿度、液位等进行监控，保证管廊内环境参数在一个合理的范围内。管廊内环境监测内容见表 1.1-1。

管廊内环境参数监测内容 表 1.1-1

舱室容纳 管线类别	给水管道 再生水管道 雨水管道	污水管道	天然气管道	热力管道	电力电缆 通信电缆
温度	●	●	●	●	●
湿度	●	●	●	●	●
水位	●	●	●	●	●
O ₂	●	●	●	●	●
H ₂ S 气体	▲	●	▲	▲	▲
CH ₄ 气体	▲	●	●	▲	▲

注：●应监测；▲宜监测。