
中国工程建设标准化协会标准

T/CECS ×××:2020

装配式钢结构地下综合管廊工程技术规程

Technical specification for prefabricated steel structure of
underground utility tunnel engineering

(征求意见稿)

(2020年02月23日)

2020-××-××发布

2020-××-××实施

目次

前言.....	V
引言.....	VI
1 总则.....	1
2 规范性引用文件.....	1
3 术语和符号.....	3
3.1 术语.....	3
3.2 符号.....	6
4 基本规定.....	7
4.1 一般规定.....	7
4.2 结构或构件变形的规定.....	8
5 材料.....	9
5.1 主体材料.....	9
5.2 配套材料.....	11
6 结构上的作用.....	12
6.1 一般规定.....	12
6.2 荷载.....	13
6.3 地震作用.....	13
6.4 荷载组合.....	13
7 总体设计.....	14
7.1 一般规定.....	14
7.2 空间设计.....	15
7.3 断面设计.....	15
7.4 节点设计.....	17
8 结构设计.....	18
8.1 一般规定.....	18
8.2 计算方法.....	19
8.3 连接与节点设计.....	23

8.4 地震作用设计.....	26
8.5 基础设计.....	26
8.6 构造要求.....	26
8.7 密封设计.....	37
9 防腐设计.....	42
9.1 一般规定.....	42
9.2 热熔结环氧粉末 FBE 涂层防腐.....	42
9.3 阴极保护.....	45
9.4 热浸镀锌防腐.....	45
10 制作与运输.....	46
10.1 一般规定.....	46
10.2 构件制作.....	46
10.3 构件检验.....	47
10.4 吊运、堆放、防护及运输.....	47
11 施工与安装.....	48
11.1 一般规定.....	48
11.2 地基基础工程.....	49
11.3 廊体拼装工程.....	49
11.4 防腐工程.....	52
11.5 回填工程.....	52
12 质量验收.....	53
12.1 一般规定.....	53
12.2 基础工程.....	54
12.3 结构拼装工程.....	54
12.4 防水密封工程.....	55
12.5 防腐工程.....	55
12.6 回填工程.....	57
13 管理与维护.....	57
13.1 建设管理.....	57

13.2 维护管理.....	57
13.3 资料管理.....	59
附录 A.....	60
附录 B.....	61
附录 C.....	63
附录 D.....	64
条文说明.....	65

前言

本标准按照 GB/T 1.1—2009 给出的规则起草。

本规程由中国工程建设标准化协会（CECS）地下综合管廊分会归口管理，由上海市政工程设计研究总院（集团）有限公司和南京联众工程技术有限公司负责具体技术内容的解释。本规程在执行过程中，如有意见和建议，请将意见或相关资料寄送至上海市政工程设计研究总院（集团）有限公司（地址：上海市中山北二路 901 号，邮政编码：200092），以供今后修订时参考。

本标准主编单位：上海市政工程设计研究总院（集团）有限公司、南京联众工程技术有限公司。

本标准参编单位：东南大学、同济大学、国家海洋腐蚀与防护工程技术研究中心、应急管理部天津消防研究所、苏交科集团股份有限公司、北京市市政工程设计研究总院、中冶京诚工程技术有限公司、天津市市政工程设计研究总院、中国市政工程西北设计研究院有限公司、中国市政工程华北设计研究总院有限公司、中国城市规划设计研究总院、湖北省城建设计院股份有限公司、上海市城市建设设计研究总院（集团）有限公司、深圳市市政设计研究院有限公司、北京首钢国际工程技术有限公司、中铁四局集团建筑工程有限公司、中铁十七局集团有限公司、北京京投城市管廊投资有限公司、河南省城乡规划设计研究总院有限公司、南京市江北新区公共工程建设中心、南京城建隧桥经营管理有限责任公司、中国电建市政建设集团有限公司、中交第一公路勘察设计研究院有限公司、北京城建设计发展集团股份有限公司、河北省建筑科学研究院、安徽省交通规划设计研究总院股份有限公司、中国建筑股份有限公司技术中心、北京市政建设集团有限责任公司、济南市市政工程设计研究院有限责任公司。

本标准主要起草人：王恒栋、战福军（以下按姓氏笔画排列）

万磊、马连军、王长祥、王勇、王根杰、孔恒、卢明、刘新、许大鹏、李志来、李祖鹏、杨涛、肖燃、吴立、汪胜、宋奇叵、宋欣欣、张渊、陆长兵、陈亮、陈晓峰、欧阳康淼、周杨军、郑明万、油新华、胡翔、侯宝荣、姚红志、姚学同、徐大军、徐连云、黄俊、盛富强、彭夏军、童立元、戴文涛。

本标准为首次发布。

引言

根据中国工程建设标准化协会《关于印发〈2018 年第一批协会标准制定、修订计划〉的通知》（建标协字[2018]015 号）的要求，为加快发展、推广装配式钢结构地下综合管廊的应用，确保环保节能、安全可靠、集约化、工厂化生产、优化利用钢产能资源，指导和规范装配式钢结构地下综合管廊结构设计、制造、施工以及质量验收，特制定本标准。

在本规程编制过程中，编制组经过广泛调查和深入研究，认真总结了国内外钢结构综合管廊的应用实践和科技创新成果。开展了相关专题研究，并以多种方式广泛征求了设计、施工、验收和生产等相关单位及专家的意见，经过反复讨论和修改完善，审查定稿。

本规程涉及的专利信息披露见下表：

序号	专利申请号/ 专利号	专利名称	专利权人/ 专利申请人	申请日/ 优先权日
1	201610649976.0	具有周向钝角连接的箱型管道	战福军	2016.08.09
2	201710128205.1	钢结构综合管廊的角部连接结构	战福军	2017.03.06
3	201720683332.3	管廊抗大推力支架结构	战福军	2017.06.09
4	201820258300.3	钢结构地下综合管廊的纵向接缝的密封结构	战福军	2018.02.13
5	201821065394.9	钢结构投料舱	战福军	2018.07.05
6	2019205089382	钢结构管廊的装配式抗浮装置	战福军	2019.04.15
7	2019211669629	箱型钢波纹板结构管道或容器的角部连接结构	战福军	2019.07.24
8		地下钢结构通道的纵向与环向交汇接缝的密封结构	战福军	2020.02.15
9		地下钢结构通道的抗浮结构	战福军	2020.02.15

涉及专利的具体技术问题，使用者可直接与本规程的主编单位协商处理。本规程发布机构不承担识别这些专利的责任。发布机构对该专利的真实性、有效性和范围无任何立场。

该专利持有人已向本文件的发布机构保证，他愿意同任何申请人在合理且无歧视的条款和条件下，就专利授权许可进行谈判。该专利持有人的声明已在本文件的发布机构备案。

相关信息可以通过以下联系方式获得：

专利持有人姓名：战福军

地址：江苏省南京市溧水开发区柘宁东路 331 号

请注意除上述专利外，本文件的某些内容仍可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别这些专利的责任。

装配式钢结构地下综合管廊工程技术规程

1 总则

1.1 为规范装配式钢结构地下综合管廊工程的设计、施工及验收，在城市综合管理建设中充分发挥装配式钢结构的先进性，促进市政工程建设产业现代化进程，做到安全适用、经济合理、技术先进、保证质量、节能减排、便于施工和维护，制定本规程。

1.2 本规程适用于新建、扩建、改建的装配式钢结构地下综合管廊工程、城市地下通道工程、输水倒虹吸管道工程、排水箱涵工程以及公路涵洞和通道工程的设计、选型、制造、施工、验收和维护管理等。

1.3 装配式钢结构地下综合管廊工程的设计、施工、验收和维护管理，除应符合本规程外，尚应符合国家现行有关标准的规定。

2 规范性引用文件

下列文件对于本标准的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件，仅所注日期的版本适用于本标准。凡是不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本标准。

GB 50007 建筑地基基础设计规范

GB 50009 建筑结构荷载规范

GB 50010 混凝土结构设计规范

GB 50011 建筑抗震设计规范

GB 50017 钢结构设计规范

GB 50021 岩土工程勘察规范

GB 50046 工业建筑防腐蚀设计规范

GB 50108 地下工程防水技术规范

GB 50168 电气装置安装工程电缆线路施工及验收规范

GB 50202 建筑地基基础工程施工质量验收规范

GB 50204 混凝土结构施工质量验收规范

GB 50205 钢结构工程施工质量验收规范

GB 50208 地下防水工程质量验收规范

GB 50223 建筑工程抗震设防分类标准

- GB 50217 电力工程电缆设计规范
- GB 50300 建筑工程施工质量验收统一标准
- GB 50497 建筑基坑工程监测技术规范
- GB 50661 钢结构焊接规范
- GB 50666 混凝土结构工程施工规范
- GB 50838 城市综合管廊工程技术规范
- GB/T 1.1 标准化工作导则 第1部分：标准的结构和编写规则
- GB/T 700 碳素结构钢
- GB/T 706 热轧型钢
- GB/T 709 热轧钢板和钢带的尺寸、外形、重量及允许偏差
- GB/T 1231 钢结构用高强度大六角头螺栓、大六角螺母、垫圈技术条件
- GB/T 1591 低合金高强度结构钢
- GB/T 2518 连续热镀锌钢板及钢带
- GB/T 3274 碳素结构钢和低合金结构钢热轧薄钢板和钢带
- GB/T 12467.1 金属材料熔焊质量要求
- GB/T 21246 埋地钢质管道阴极保护参数测量方法
- GB/T 21448 埋地钢质管道阴极保护技术规范
- GB/T 34567 冷弯波纹钢管
- JB/T 3223 焊接材料质量管理规程
- JT/T 710 公路桥涵用波形钢板
- JT/T 791 公路涵洞通道用波纹钢管(板)
- FB/T 0001 海洋工程重防腐无溶剂环氧涂料及涂装
- T/CAS 2.2 团体标准涉及专利处置指南 第2部分：专利披露
- T/CAS 2.3 团体标准涉及专利处置指南 第3部分：专利运用
- YD 5102 通信线路工程设计规范
- 国标委联[2019]1号 团体标准管理规定

3 术语和符号

3.1 术语

3.1.1 综合管廊 utility tunnel

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。

3.1.2 装配式钢结构地下综合管廊 prefabricated steel structure utility tunnel

综合管廊的承重结构系统为采用预制钢结构墙体部件集成装配建造而成。

3.1.3 装配式钢结构地下综合管廊结构系统 prefabricated steel structure utility tunnel Structural system

在装配式钢结构综合管廊中，将构件通过各种可靠的连接方式装配而成，用来承受各种荷载或者作用的空间受力体。

3.1.4 装配式钢结构地下综合管廊预制部件 prefabricated component

在工厂或现场预先制作完成，构成综合管廊结构的钢结构件或其他结构钢构件的统称。

3.1.5 干线综合管廊 trunk utility tunnel

用于容纳城市主干工程管线，采用独立分舱方式建设的综合管廊。

3.1.6 支线综合管廊 branch utility tunnel

用于容纳城市配给工程管线，采用单舱或双舱方式建设的综合管廊。

3.1.7 缆线管廊 cable tunnel

采用浅埋沟槽道方式建设，用于容纳电力电缆和通信线缆等管线的小型综合管廊。浅埋沟道槽设有可开启盖板和工作井供管线出入及敷设，其内部空间可不考虑人员正常通行要求，不设置通风、消防等附属设施。

3.1.8 城市工程管线 urban engineering pipeline

城市范围内为满足生活、生产需要的电力、通信、广播电视、给水、排水、热力和燃气等市政公用管线，不包括工业管线。

3.1.9 通信线缆 communication cable

用于传输信息数据电信号或光信号的各种导线的总称，包括通信光缆、通信电缆以及智能弱电系统的信号传输线缆。

3.1.10 舱室 compartment

由结构本体或防火墙分割的用于敷设管线的封闭空间。

3.1.11 管线分支口 junction for pipe or cable

综合管廊内部管线和外部直埋管线相衔接的部位。

3.1.12 集水坑 sump pit

用来收集综合管廊内部渗漏水或管道排空水的构筑物。

3.1.13 安全标识 safety mark

为便于综合管廊内部管线分类管理、安全引导、警告警示等而设置的铭牌或颜色标识。

3.1.14 波纹钢板主板 corrugated steel board

平钢板经专用设备制成带有波纹截面的钢结构件，其波纹纹路为相互平行的直线状态或拱形状态，拱形的圆心轴线垂直于波纹纹路。

3.1.15 波纹钢结构墙板 corrugated steel plate section

由波纹钢板主板、纵向法兰、平板法兰以及加强筋等集成的钢结构部件，作为装配式钢结构综合管廊的顶板、底板和侧板。

3.1.16 波距 wave pitch

相邻两个波峰之间的距离。

3.1.17 波高 wave depth

波峰与波谷之间的垂直高度。

3.1.18 壁厚 plate thickness

波纹钢板件的板厚。

3.1.19 波峰 crest

在一个波长的范围内，波幅的最大值。

3.1.20 波谷 trough

在一个波长的范围内，波幅的最小值。

3.1.21 转角半径 fillet radius

波峰、波谷处内圆半径。

3.1.22 拱腋 haunched

装配式钢结构顶板靠近纵向法兰部位。

3.1.23 拱冠 arch crown

装配式钢结构顶板拱顶。

3.1.24 腋角 axillary angle

矩形或似矩形断面结构壁相交处的斜角。

3.1.25 内跨度 within the span of

方拱形内部顶板或底板与两侧板交角之间的距离。

3.1.26 内高度 in highly

方拱形内部侧板与顶板和底板交角之间的距离。

3.1.27 净跨度 net span

方拱形内部八边形（含腋角）断面跨度值，对应纯矩形管廊的内部使用净跨度。

3.1.28 净高度 net height

方拱形内部八边形（含腋角）断面高度值，对应纯矩形管廊的内部使用净高度。

3.1.29 计算跨度 calculation of span

结构强度计算所采用的跨度值。

3.1.30 波纹式纵向法兰 vertical corrugated flange

法兰为波纹板状结构，用于每节管廊的上下左右四块波纹钢结构墙板之间的连接。

3.1.31 型钢式纵向法兰 longitudinal steel flange

法兰为型钢结构，用于每节管廊的上下左右四块波纹钢结构墙板之间的连接。

3.1.32 平板环向法兰 ring to the flat flange

法兰为平板结构，用于管节与管节之间的连接。

3.1.33 纵向接缝 longitudinal seam

沿管廊纵向方向将墙板栓接成闭合截面的拼接缝。

3.1.34 环向接缝 ring to the seam

管节与管节连接拼接缝。

3.1.35 多联孔垫板或压板 multigang orifice plate or clamp

由两个或两个以上螺栓共用的连体垫板或压板，以防止螺母拧紧时与钢结构表面摩擦而损坏涂层。

3.1.36 补漏密封结构 stop leak sealing structure

出现泄露时，二次修复密封的结构。

3.1.37 非全长式支架 the total length of timbering

支架主杆的上着力点位于型钢式纵向法兰折边螺栓孔或波纹式纵向法兰加强筋螺栓孔，下端着力点位于波纹钢板主板中部预焊的支耳上的支架。

3.1.38 全长式支架 total length of timbering

支架主杆着力点位于上下型钢式纵向法兰折边螺栓孔或上下波纹式纵向法兰加强筋螺栓孔的支架。

3.1.39 FBE 涂层 fusion bond epoxy coating

先将金属结构工件表面处理达到一定的粗糙度和锚纹深度，再将工件加热到 200℃以上，静电喷涂无溶剂环氧粉末，使粉末在高温下熔结凝固后附着在金属表面，防止金属锈蚀的涂层。

3.1.40 缩略语清单

序号	原术语	缩略语
1	装配式钢结构地下综合管廊	钢结构管廊
2	装配式钢结构地下综合管廊结构系统	钢结构管廊结构系统
3	装配式钢结构地下综合管廊预制部件	钢结构管廊预制部件
4	多联孔垫板或压板	多联孔垫板

3.2 符号

3.2.1 几何参数

p ——波纹钢板件的波距；

d ——波纹钢板件的波高；

t ——波纹钢板件的壁厚；

r ——波纹钢板件波谷内侧半径；

D_h ——结构水平尺寸 (m)；

D_v ——结构侧部起拱点至顶板拱冠的尺寸。

3.2.2 计算系数及其他

M_D ——拱冠和拱腋中由恒载产生的弯矩标准值之和 (kN·m/m)；

k_1 、 k_2 ——用于计算恒载弯矩的系数；

κ ——用于计算拱冠和拱腋弯矩的拱冠弯矩系数；

γ ——土壤的重度 (kN/m³)；

H ——填土厚度 (m)；

M_{CD} ——拱冠中由恒载产生的弯矩标准值 (kN·m/m)；

M_{hD} ——拱腋中由恒载产生的弯矩标准值 (kN·m/m)；

k_R ——结构拱腋弯矩折减系数；

k_3 ——用于计算活载弯矩的系数；

L_L ——活载的等代线荷载 (kN/m)；

M_L ——拱冠和拱腋中由活载产生的弯矩标准值之和 (kN·m/m)；

M_{cL} ——拱冠中由活载产生的弯矩标准值 (kN·m/m)；

M_{hL} ——拱腋中由活载产生的弯矩标准值 (kN·m/m)；

M_{cf} ——拱冠总弯矩标准值 (kN·m/m)；

M_{cL} ——活载引起的拱冠弯矩标准值 (kN·m/m)；

M_{hf} ——拱腋总弯矩标准值 (kN·m/m)；

γ_G ——恒载系数；

γ_D ——活载系数；

A ——单位长度管截面的面积 (mm²/mm)；

c ——中性轴到最外边缘距离 (mm)；

I ——单位长度管壁的惯性矩 (mm⁴/mm)。

4 基本规定

4.1 一般规定

4.1.1 钢结构管廊工程建设应以综合管廊工程规划为依据。

4.1.2 钢结构管廊可用于容纳满足生活、生产需要的电力、通信、广播电视、给水、排水、热力和燃气等城市工程管线。

4.1.3 当遇到下列情况之一时，宜采用钢结构管廊：

- a) 软土地质；
- b) 重烈度地震地区；
- c) 交通运输繁忙或地下管线较多的城市主干道以及配合轨道交通、地下道路、城市地下综合体等建设工程地段；
- d) 城市核心区、中央商务区、地下空间高强度成片集中开发区、重要广场、主要道路的交叉口、道路与铁路或河流的交叉处等；
- e) 重要的公共空间。

4.1.4 城市新区主干路下管线宜纳入钢结构管廊,管廊应与主干路同步建设。城市老(旧)城区钢结构管廊建设宜结合地下空间开发、旧城改造、道路改造、地下主要管线改造等项目同步进行。

4.1.5 钢结构管廊工程设计应包括结构设计、防腐、防水设计以及施工和验收等,纳入钢结构管廊的工程管线应进行专项管线设计,工程管线设计应符合综合管廊总体设计的规定及国家现行相关管线设计标准的规定。

4.1.6 钢结构管廊应同步建设消防、供电、照明、监控与报警、通风、排水、标识等附属设施。

4.1.7 钢结构管廊节点设计时,吊装口、通风口、逃生口、人员出入口、管线分支口等应统筹考虑,宜集中设置。

4.1.8 钢结构管廊工程防水等级不应低于现行国家标准《地下工程防水技术规范》GB 50108 规定的二级标准。

4.1.9 钢结构管廊主体结构应采取可靠的防腐措施,以满足结构的耐久性设计。

4.1.10 钢结构管廊耐火设计应采用疏导法,采用埋地钢结构管廊周围回填土吸收发生火灾时传递到钢结构体上的热量,无需涂刷防火涂料。

4.2 结构或构件变形的规定

4.2.1 钢结构管廊结构或构件变形的容许值应符合现行国家标准《冷弯波纹钢管》GB 34567 的规定。当有实践经验或有特殊要求时,可根据不影响正常使用和观感的原则对上述标准附录 E 中的构件变形容许值进行调整。

4.2.2 计算结构或构件的变形时,可不考虑螺栓孔引起的截面削弱。

4.2.3 横向受力构件应设置预拱度,预拱度的大小应视实际需要而定,可取恒载标准值加 1/2 活载标准值所产生的挠度值。

4.2.4 钢结构管廊廊体结构在轴向和侧向最大变形容许值应符合表 4.2.4 的规定:

表 4.2.4 廊体结构轴向和侧向最大变形容许值

纵向法兰结构	轴向每 10 延米变形量 (mm)	侧向每 10 延米变形量 (mm)
波纹式纵向法兰	100	125
型钢式纵向法兰	0	15

5 材料

5.1 主体材料

5.1.1 为保证主体结构的承载能力和避免出现脆性破坏,应根据结构的重要性、荷载特征、结构形式、应力状态、连接方法、钢板厚度和工作环境等因素综合考虑,选用合适的钢材牌号和性能。

5.1.2 主体结构的钢材宜用碳素结构钢、低合金结构钢、耐大气腐蚀钢、碳钢与不锈钢复合的不锈钢复合钢、耐土壤腐蚀专用钢等,应采用低合金结构钢 Q355、Q390 或 Q420 等,其尺寸、外形及质量等均应符合现行国家标准规定,其中,不锈钢复合钢的不锈钢层厚度可作为结构厚度计算。

5.1.3 进行抗震设计的钢结构管廊,其钢材的质量等级应符合下列规定:

- a) 当工作温度高于 0°C 时,其质量等级不应低于 B 级;
- b) 当工作温度不高于 0°C 但高于 -20°C 时, Q355 钢不应低于 B 级, Q390 和 Q420 钢不应低于 C 级;
- c) 当工作温度不高于 -20°C 时, Q355 钢不应低于 C 级, Q390 和 Q420 钢不应低于 D 级。

5.1.4 结构件以及连接法兰采用碳素结构钢材质的型钢时,其尺寸、重量及允许偏差应符合现行国家标准《热轧型钢》GB/T 706 规定。

5.1.5 钢结构管廊的波纹钢板主板的波形尺寸参数,包含波距、波高、壁厚、内弧半径(如图 5.1.5),各波形尺寸参数所适用的断面口径范围应符合表 5.1.5-1 和表 5.1.5-2 的规定。

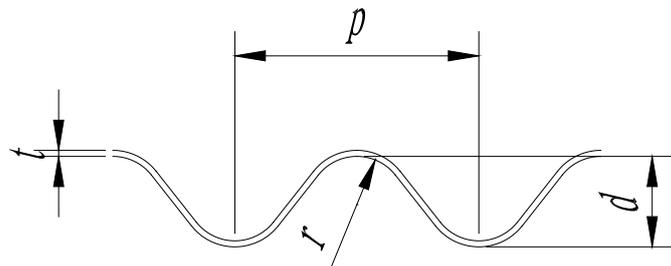


图 5.1.5 波纹钢板主板波形示意

表 5.1.5-1 钢结构管廊标准段波纹钢板主板的
波形参数、适用断面口径范围以及板材壁厚范围

分类	波距 p (mm)	波高 d (mm)	内弧半径 r (mm)	波纹钢板主板 板材壁厚 t (mm)	适用断面口径范围 跨度 \times 高度 (m \times m)
缆线	175	45	36	2.0~4.5	$\leq 2.5 \times 2.5$
干线和	325	100	70	3.0~6.5	2.0 \times 2.0~5.0 \times 5.0
	375	125	80	3.5~7.0	2.0 \times 2.0~6.0 \times 6.0
支线	400	150	80	3.5~9.0	3.0 \times 3.0~7.0 \times 7.0
	600	200	100	4.5~10.0	4.0 \times 4.0~8.0 \times 8.0

表 5.1.5-2 钢结构管廊节点波纹钢板主板的波形尺寸规格

分类	波距 p (mm)	波高 d (mm)	适用口径范围 (m \times m)
出线口	175	45	1.5 \times 1.5
	325	100	2.0 \times 2.0
	375	125	2.5 \times 2.5
通风口、逃生口	325	100	2.0 \times 2.0
	375	125	2.5 \times 2.5
投料口、交叉口 和变径口	375	125	5.0 \times 5.0
	400	150	6.0 \times 6.0
	600	200	8.0 \times 8.0

5.1.6 钢结构管廊断面口径大小，应与相应的波形尺寸参数相对应，不宜超出表 5.1.5-1 推荐范围的上限值。

5.1.7 钢结构管廊波纹钢板主板的板材壁厚，应与相应的波形尺寸参数相对应，板材壁厚不宜小于表 5.1.5-1 推荐范围的下限值。

5.1.8 钢结构管廊管节和波纹钢板主板生产允许偏差应符合表 5.1.8 的规定。

表 5.1.8 钢结构管廊管节和波纹钢板主板生产允许偏差

序号	项目	规定值或允许偏差
1	壁厚 t (mm)	符合 GB/T709、GB/T2518 的规定
2	波距 p (mm)	± 3
3	波高 d (mm)	± 3
4	管节长度 (mm)	± 20
5	断面尺寸 (mm)	$\pm 2\%$
6	波纹钢板主板长度 (mm)	± 10
7	波纹钢板主板宽度 (mm)	± 10

5.2 配套材料

5.2.1 钢结构管廊用焊接材料应符合下列要求：

- a) 手工焊接时，焊条应符合现行国家标准《金属材料熔焊质量要求》GB/T12467.1 的规定，焊条型号应与主体金属力学性能相适应；
- b) 自动焊或半自动焊所用的焊丝和焊剂与主体金属力学性能相适应，并符合现行有关国家标准的规定。

5.2.2 连接钢结构管廊板片和管廊节段的高强螺栓的性能等级，不应低于 8.8 级，其高强螺栓、螺母、垫片及垫板的性能应符合现行国家标准《钢结构设计标准》GB 50017 的规定，连接螺栓规格应符合表 5.2.2 的规定，螺栓长度可根据需要进行调整。

表 5.2.2 钢结构管廊连接螺栓规格

波形规格	175×45	325×100	375×125	400×150	600×200
环向接缝	M16	M16	M16	M16	M16
纵向接缝	M20	M20	M24	M24	M24

5.2.3 当钢结构管廊顶部有常年车辆动载荷，且综合管廊顶部的填土厚度小于 2.0m 时，廊体外侧的螺栓应采用带有爪形止松结构的高强螺栓（图 5.2.3），螺母应有永久止松功能或设置永久防止螺母松动的结构。

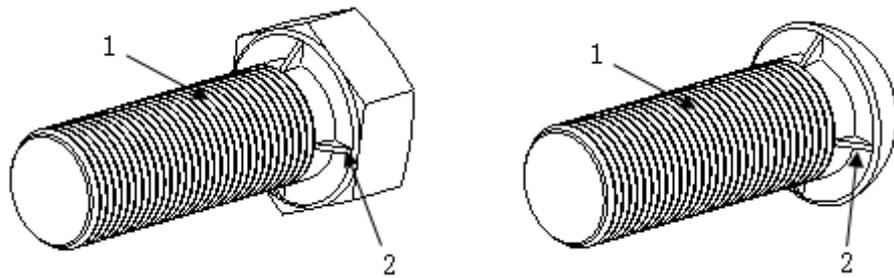


图 5.2.3 带有爪形止松结构的高强螺栓

1—高强螺栓；2—爪形止松结构

5.2.4 钢结构管廊采用 FBE 涂层防腐方式时,应采用能防止螺母拧紧时与钢结构表面摩擦而损坏涂层的多联孔垫板或压板。

5.2.5 舱内管道支架宜选用专用支架或型钢,型钢应符合现行国家标准《热轧型钢》GB/T 706 的规定,支架焊接部位应符合现行国家标准《钢结构焊接规范》GB 50661 的要求,支架应采取防腐措施。

5.2.6 钢结构管廊的交叉点、分岔点、防火分隔结构及内部地坪等部位采用钢筋混凝土材料时,其性能应符合现行国家标准《城市综合管廊工程技术规范》GB 50838 的要求。

5.2.7 密封材料的性能要求见本标准第 8.7 节。

5.2.8 防腐材料的性能要求见本标准第 9.2~9.4 节。

5.2.9 回填材料的性能要求见本标准第 11.5 节。

6 结构上的作用

6.1 一般规定

6.1.1 钢结构管廊工程结构设计时,应考虑结构上可能出现的各种作用(包括直接作用和间接作用)和环境影响。

6.1.2 结构上的各种作用,当可认为在时间上和空间上相互独立时,则每一种作用可分别作为单个作用;当某些作用密切相关且有可能同时以最大值出现时,也可将这些作用一起作为单个作用。

6.1.3 同时施加在结构上的各单个作用对结构的共同影响,应通过作用组合(荷载组合)来考虑,对不可能同时出现的各种作用,不应考虑其组合。

6.2 荷载

6.2.1 钢结构管廊的荷载可分为下列三类：

- a) 永久荷载，包括结构自重、土压力等；
- b) 可变荷载，包括车辆荷载、地面堆载、施工荷载、雪荷载、温度变化等；
- c) 偶然荷载，包括地震作用、撞击力、爆炸力等。

6.2.2 钢结构管廊结构设计时，应按下列规定对不同荷载采用不同的代表值。

- a) 永久荷载应采用标准值作为代表值；
- b) 可变荷载应根据设计要求采用标准值、组合值、准永久值或频遇值作为代表值；
- c) 偶然荷载按管廊结构使用的特点确定其代表值。

6.3 地震作用

6.3.1 抗震设防烈度为6度及以上地区的钢结构管廊，必须进行抗震设计。

6.3.2 抗震设防烈度必须按国家规定的权限审批颁发的文件（图件）确定，并按批转文件采用。应采用现行国家标准《中国地震动参数区划分》GB 18306的地震基本烈度，我国主要城镇抗震设防烈度、设计基本地震加速度和设计地震分组应符合现行国家标准《建筑抗震设计规范》GB 50011的规定。

6.3.3 抗震设防的所有建筑应按现行国家标准《建筑工程抗震设防分类标准》GB 50223确定其抗震设防类别及其抗震设防标准。

6.3.4 钢结构管廊地震作用的取值，应随地下的深度比地面相应减少，基岩处的地震作用可取地面的一半，地面至基岩的不同深度处可按插入法确定。

6.4 荷载组合

6.4.1 钢结构管廊结构设计应根据使用过程中在结构上可能同时出现的荷载，按承载能力极限状态和正常使用极限状态分别进行荷载组合，并应取各自最不利的效应组合进行设计。

6.4.2 对于承载能力极限状态，应按荷载的基本组合或偶然组合计算荷载组合的效应设计值，其基本组合或偶然组合的效应设计值计算应符合现行国家标准《建筑结构荷载规范》GB 50009的规定。

6.4.3 基本组合或偶然组合的荷载分项系数，应按表6.4.3采用。

表 6.4.3 荷载组合与分项系数

组合方式	荷载	分项系数
基本组合	永久荷载	1.3
	车辆荷载	1.5
	施工荷载	1.5
	其他荷载	1.5
偶然组合	永久荷载	1.2
	地震作用	1.3

6.4.4 对于正常使用极限状态，采用荷载的标准组合、频遇组合或准永久组合，其设计值计算应符合现行国家国标《建筑结构荷载规范》GB 50009 的规定。

7 总体设计

7.1 一般规定

7.1.1 总体设计应根据城市总体规划及管廊规划要求，确定路径，明确与道路、穿越河道、地下构筑物等的相互关系。

7.1.2 钢结构管廊平面中心线宜与道路、铁路、轨道交通、公路中心线平行。

7.1.3 钢结构管廊穿越城市快速路、主干路、铁路、轨道交通、公路时，宜垂直穿越；受条件限制时可斜向穿越，最小交叉角不宜小于 60° 。

7.1.4 钢结构管廊总体设计应确定管廊的断面形状、分舱状况、断面大小、主体结构和附属结构及设施等要素。

7.1.5 钢结构管廊管线分支口，应满足预留数量、管线进出、安装敷设作业要求；相应的分支配套设施应同步设计。

7.1.6 在设计使用年限内，应对结构进行定期检测和维护，对构件出现的耐久性缺陷应及时处理。

7.1.7 钢结构管廊顶板，应设置供管道及附件安装用的吊钩、拉环或导轨，且吊钩、拉环相邻间距不宜大于 10m。

7.2 空间设计

7.2.1 钢结构管廊与相邻地下管线及地下构筑物的最小净距,应根据地质条件和相邻构筑物性质确定。

- a) 钢结构管廊与地下构筑物水平净距应大于 1.0m;
- b) 钢结构管廊与地下管线水平净距应大于 1.0m;
- c) 钢结构管廊与地下管线交叉垂直净距应大于 0.5m。

7.2.2 干线、支线管廊应设置吊装口、通风口,其外观宜与周围景观相协调;吊装口、通风口等露出地面的构筑物应有防止地面水倒灌的设施。

7.2.3 钢结构管廊最小转弯半径,应满足城市综合管廊内各种管线的转弯半径要求。

- a) 廊内电力电缆弯曲半径和分层布置,应符合现行国家标准《电力工程电缆设计规范》GB 50217 的有关规定;
- b) 管廊内通信线缆弯曲半径应大于线缆直径的 15 倍,且应符合现行行业标准《通信线路工程设计规范》YD 5102 的有关规定。

7.2.4 钢结构管廊内纵向坡度超过 10%时,应在人员通道部位设置防滑地坪或台阶。

7.2.5 钢结构管廊分舱,应考虑管道之间的相互影响,以保证管廊运行安全,并满足接出、引入、分支等要求。

7.3 断面设计

7.3.1 单舱钢结构管廊断面是方拱形,由上、下、左、右四块外拱的波纹钢结构墙板拼装而成,四片波纹钢结构墙板之间的连接角为钝角,连接方式为法兰连接,如图 7.3.1,波形、尺寸、壁厚等规格选型见附录 A。

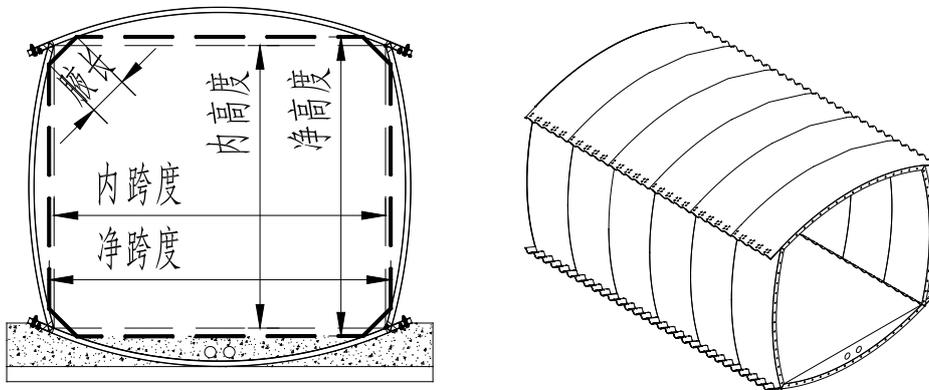


图 7.3.1 单舱断面

7.3.2 多舱的钢结构管廊是由多个单舱管廊水平方向排列并拼装,并在舱间缝隙充填混凝土而成,如图 7.3.2-1 和图 7.3.2-2。

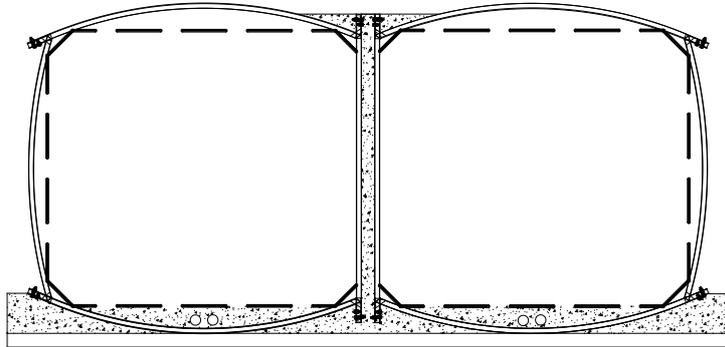


图 7.3.2-1 双舱断面

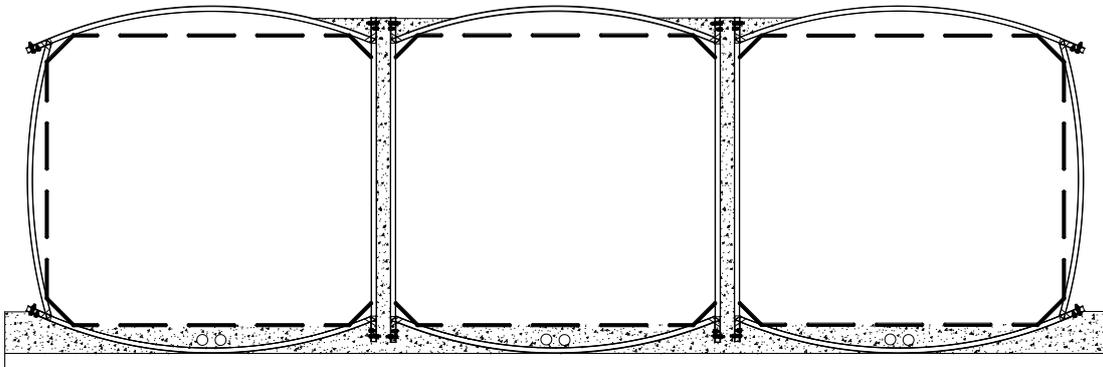


图 7.3.2-2 三舱断面

7.3.3 钢结构管廊的断面形式及尺寸,应根据施工方法及容纳的管线种类、数量、分支、人员通行巡查和管道维护,并考虑管道扩容需求等综合确定。

7.3.4 钢结构管廊内部检修通道净高,应根据入廊管线种类、规格、数量、安装、维护、检修等要求综合确定。

- a) 干线钢结构管廊的检修通道净高不宜小于 2.4 m;
- b) 支线钢结构管廊的检修通道净高不宜小于 1.9 m; 与其他地下构筑物交叉的局部区段的净高,不得小于 1.4 m。

7.3.5 钢结构管廊标准断面内部检修通道净宽,应满足管道、配件及设备运输的要求,并应符合下列规定。

- a) 钢结构管廊内两侧设置支架或管道时,检修通道净宽不宜小于 1.0 m; 单侧设置支架或管道时,检修通道净宽不宜小于 0.9 m;
- b) 配备检修车的综合管廊,检修通道宽度不宜小于 2.2 m。

7.3.6 钢结构管廊的管道安装净距, 如图 7.3.6, 不宜小于表 7.3.6 的规定。

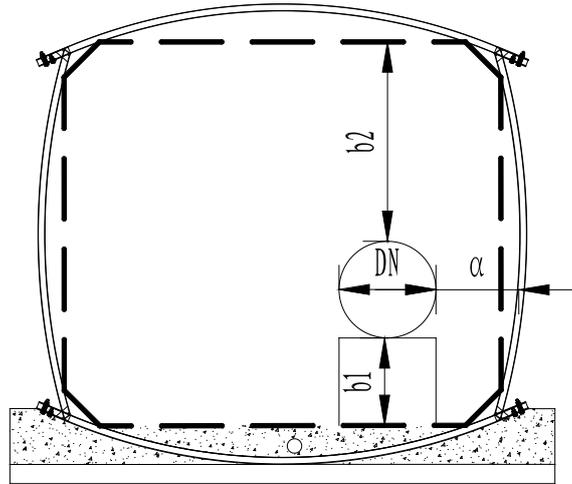


图 7.3.6 管道安装净距

表 7.3.6 钢结构管廊的管道安装净距

管道公称直径 DN	钢结构管廊的管道安装净距					
	铸铁管、螺栓连接钢管			焊接钢管、塑料管		
	a	b_1	b_2	a	b_1	b_2
DN < 400	400	400	800	500	500	800
400 ≤ DN < 800	500	500				
800 ≤ DN < 1000						
1000 ≤ DN < 1500	600	600		600	600	
DN ≥ 1500	700	700		700	700	

7.4 节点设计

7.4.1 钢结构管廊的每个舱室应设置人员出入口、逃生口、吊装口、进风口、排风口以及管线分支口等, 其露出地面的构筑物应满足城市防洪要求, 并应采取防止地面水倒灌及小动物进入的措施。

7.4.2 钢结构管廊人员出入口、逃生口的设置应符合下列规定:

- a) 敷设电力电缆的舱室, 逃生口间距不宜大于 200m;
- b) 敷设天然气管道的舱室, 应在每个通风区段的两端设置通向室外地面的逃生口;

- c) 敷设热力管道的舱室，逃生口间距不应大于 400m，当热力管道采用蒸汽介质时，逃生口间距不应大于 100m；
- d) 敷设其他管道的舱室，逃生口间距不宜大于 400m；
- e) 逃生口的尺寸不应小于 1m×1m，当为圆形时，内径不应小于 1m；
- f) 露出地面的各类孔口盖板应设置在内部使用时易于人力开启，且在外部使用时非专业人员难以开启的安全装置。

7.4.3 钢结构管廊投料舱吊装口设置应符合下列规定：

- a) 最大间距不宜超过 400m；
- b) 吊装口净空尺寸应满足管线、设备、人员进出的最小允许限界要求。

7.4.4 钢结构管廊进、排风口的净尺寸，应满足通风设备进出及人员检修的最小尺寸要求。

7.4.5 天然气管道舱室的排风口与其他舱室排风口、进风口、人员出入口以及周边构筑物口部距离不应小于 10m，天然气管道舱室的各类孔口不得与其他舱室连通，并应设置明显的安全警示标识。

7.4.6 钢结构管廊内应设置自动排水系统，钢结构管廊的低点应设置集水坑。

8 结构设计

8.1 一般规定

8.1.1 钢结构管廊工程设计应采用以概率论为基础的极限状态设计法，以可靠指标度量构件的可靠度，采用分项系数的设计表达式进行设计。

8.1.2 钢结构管廊结构设计应对承载能力极限状态和正常使用极限状态进行计算。

8.1.3 钢结构管廊工程的结构设计使用年限应为 100 年。

8.1.4 钢结构管廊应根据设计使用年限和环境类别进行耐久性设计。

8.1.5 钢结构管廊的抗震设防类别应为重点设防类（简称乙类），抗震设计应满足国家现行标准的规定。

8.1.6 钢结构管廊的结构安全等级应为一级，结构中各类构件的安全等级宜与整个结构的安全等级相同。

8.1.7 对埋设在历史最高水位以下的钢结构管廊，应根据设计条件计算结构的抗浮稳定，抗浮稳定性抗力系数应不低于 1.05。

8.1.8 钢结构管廊纵向节段的长度应根据吊装、运输等施工过程的限制条件综合确定。

8.2 计算方法

8.2.1 钢结构管廊结构可按以下方法进行计算：

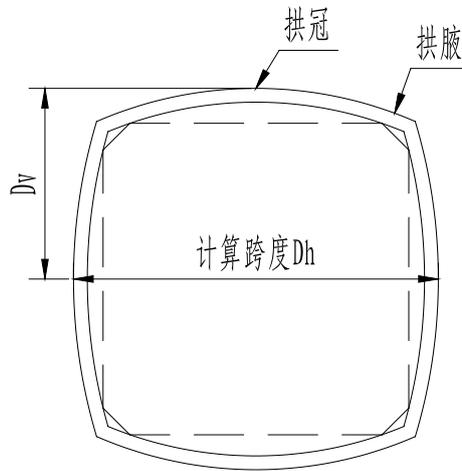


图 8.2.1 D_h 、 D_v 的定义

8.2.2 恒载推力标准值

填土荷载（恒载）产生的恒载推力标准值计算如下：

$$T_D = 0.5(1 - 0.1C_S)A_f W \quad (8.2.2-1)$$

$$C_S = 1000E_S D_v / EA \quad (8.2.2-2)$$

式中：

T_D ——恒载推力标准值（kN/m）；

A_f ——计算壁上恒载产生的推力时采用的拱系数，见图 8.2.2。当 $H/D_h < 0.2$ 时，可外插，前提是 H 不小于规定的最小填土厚度；

W ——结构上方土柱与路面的重量（kN/m）；

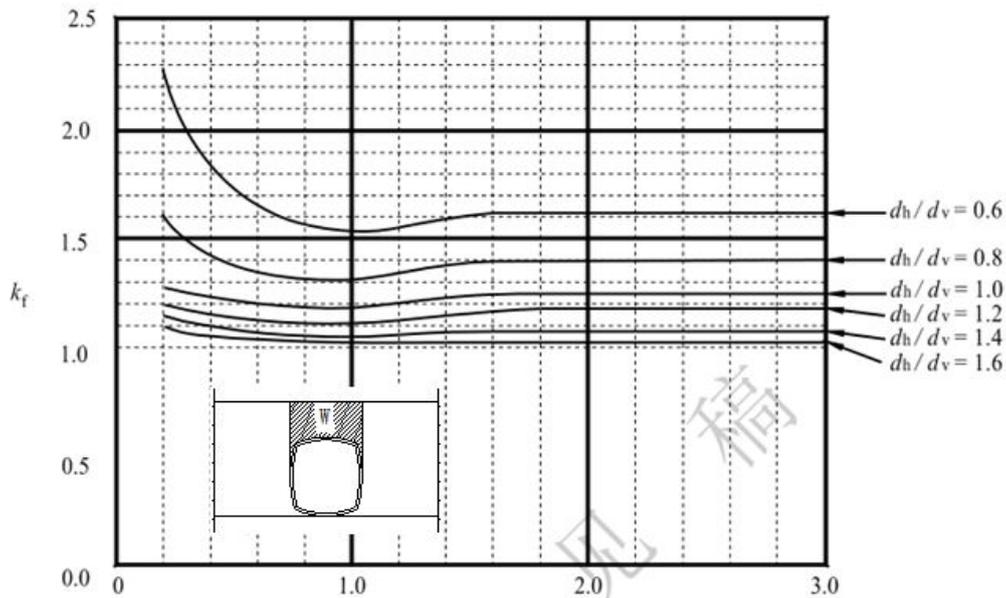
C_S ——轴向刚度参数；

E_S ——土壤刚度的割线模量（MPa）；

D_v ——结构侧部起拱点至顶部的尺寸（有效矢高，m）；

E ——结构金属的弹性模量（MPa）取 $E=206 \times 10^3$ MPa；

A ——波纹剖面的横截面积（ mm^2/mm ）。

图 8.2.2 拱系数 k_f 关系图

8.2.3 活载推力标准值

结构周围的活载推力标准值按下式计算:

$$T_L = \min \begin{cases} 0.5D_h\sigma_L \\ 0.5l_t\sigma_L \end{cases} \quad (8.2.3)$$

式中:

T_L ——活载产生的活载推力标准值 (kN/m);

D_h ——结构的水平尺寸 (有效跨径, m);

l_t ——车辆最外侧轴 (包括轮压宽度) 之间的距离+2H;

H ——填土厚度 (m);

σ_L ——活载在填料中分布到结构拱冠(顶部)的均布压力标准值,可按附录 B 计算(kPa)。

8.2.4 组合推力设计值

活载和恒载在壁内引起的推力设计值 T_f (kN/m), 按下式计算:

$$T_f = \gamma_G T_D + \gamma_Q T_L \quad (8.2.4)$$

式中:

T_f ——荷载在结构壁内引起的推力设计值 (kN/m);

γ_G ——恒载分项系数 (无量纲), 取 1.3;

T_D ——恒载在壁内引起的推力标准值 (kN/m);

γ_Q ——活载分项系数 (无量纲), 取 1.5;

T_L ——活载在壁内引起的推力标准值 (kN/m)；

8.2.5 恒载弯矩标准值

拱冠和拱腋中由恒载产生的弯矩标准值 M_{cD} 和 M_{hD} ，可表示为 M_D 的分数形式，用等式表示如下：

$$M_D = k_1 \gamma D_h^3 + k_2 \gamma [H - (0.3 + \frac{d}{2000})] D_h^2 \quad (8.2.5-1)$$

$$M_{cD} = \kappa M_D \quad (8.2.5-2)$$

$$M_{hD} = (1 - \kappa) M_D \quad (8.2.5-3)$$

其中：

$$k_1 = 0.0053 - 0.00024(3.28D_h - 12) \quad (8.2.5-4)$$

$$k_2 = 0.053 \quad (8.2.5-5)$$

$$\kappa = 0.70 - 0.0328D_h \quad (8.2.5-6)$$

式中：

M_D ——拱冠和拱腋中由恒载产生的弯矩标准值之和 (kN·m/m)；

k_1 、 k_2 ——用于计算恒载弯矩的系数；

γ ——土壤的重度 (kN/m³)；

D_h ——结构水平尺寸 (m)；

H ——填土厚度 (m)；

M_{cD} ——拱冠中由恒载产生的弯矩 (kN·m/m)；

κ ——用于计算拱冠和拱腋弯矩的拱冠弯矩系数；

M_{hD} ——拱腋中由恒载产生的弯矩 (kN·m/m)；

d ——波纹高度 (mm)。

8.2.6 活载弯矩标准值

拱冠和拱腋中由活载产生的弯矩标准值 M_{cL} 和 M_{hL} ，可表示为 M_L 的分数形式，的分数形式，用等式表示如下：

$$M_L = C_1 k_3 L_L D_h \quad (8.2.6-1)$$

$$M_{cL} = \kappa M_L \quad (8.2.6-2)$$

$$M_{hL} = (1 - \kappa) k_R M_L \quad (8.2.6-3)$$

其中：

$D_h \leq 6.0\text{m}$ 时：

$$k_3 = \frac{0.08}{\left(\frac{H}{D_h}\right)^{0.2}} \quad (8.2.6-4)$$

6m < D_h < 8m时:

$$k_3 = \frac{0.08 - 0.002(3.28D_h - 20)}{\left(\frac{H}{D_h}\right)^{0.2}} \quad (8.2.6-5)$$

$$L_L = \frac{A_L}{k_4} \quad (8.2.6-6)$$

$$k_R = 0.425H + 0.48 \leq 1.0 \quad (8.2.6-7)$$

$$C_1 = \begin{cases} 1.0, & \text{单轴} \\ 0.5 + \frac{D_h}{15.24} \leq 1.0, & \text{多轴} \end{cases} \quad (8.2.6-8)$$

式中:

A_L——D < 3.6m时, 为车辆单轴的重量; D ≥ 3.6m时, 为车辆两个距离很近的轴的重量 (kN);

D_h——结构横截面的跨径尺寸 (m);

k_R——结构拱腋弯矩折减系数;

k₃——用于计算活载弯矩的系数 (k₄参见表8.2.6);

L_L——活载的等代线荷载 (kN/m);

M_L——拱冠和拱腋中由活载产生的弯矩标准值之和 (kN·m/m);

M_{CL}——拱冠中由活载产生的弯矩标准值 (kN·m/m);

M_{hL}——拱腋中由活载产生的弯矩标准值 (kN·m/m);

κ——用于计算拱冠和拱腋弯矩的拱冠弯矩系数。

表 8.2.6 计算等代线荷载时采用的系数 k₃ 值 (m)

填土厚度 (m)	每轴 2 轮	每轴 4 轮	每轴 8 轮
0.9	2.1	2.7	3.2
1.5	3.7	3.8	4.1
2.1	4.4	4.4	4.5
3.0	4.9	4.9	4.9
4.5	6.6	6.6	6.6
6.0	8.4	8.4	8.4
9.0	12	12	12

8.2.7 拱冠和拱腋的组合弯矩设计值 M_{cf} 和 M_{hf} 可按下式计算:

$$M_{cf} = \gamma_G M_{cD} + \gamma_Q M_{cL} \quad (8.2.7-1)$$

$$M_{hf} = \gamma_G M_{hD} + \gamma_Q M_{hL} \quad (8.2.7-2)$$

式中:

M_{cf} ——乘系数的拱冠总弯矩设计值 (kN·m/m) ;

M_{cD} ——恒载引起的拱冠弯矩标准值 (kN·m/m) ;

M_{cL} ——活载引起的拱冠弯矩标准值 (kN·m/m) ;

M_{hf} ——乘系数的拱腋总弯矩设计值 (kN·m/m) ;

M_{hD} ——恒载引起的拱腋弯矩标准值 (kN·m/m) ;

M_{hL} ——活载引起的拱腋弯矩标准值 (kN·m/m) 。

8.2.8 拱冠与拱腋组合应力设计值

在承载能力极限状态下, 总推力设计值和总弯矩设计值的组合应力不能超过材料的强度设计值, 组合应力可按下列式计算:

$$S_{cf} = \frac{T_f}{A} + \frac{cM_{cf}}{I} \quad (8.2.8-1)$$

$$S_{hf} = \frac{T_f}{A} + \frac{cM_{hf}}{I} \quad (8.2.8-2)$$

式中:

c ——中性轴到最外边缘距离 (mm) ;

I ——单位长度管壁的惯性矩 (mm^4/mm) 。

8.2.9 两侧起拱侧墙波纹钢板厚按等效均布侧向推力和动载参照顶板按上式计算。

8.2.10 多舱舱间竖直波纹钢板主板厚度取 0.75 倍两侧起拱侧墙波纹钢板主板厚度。

8.3 连接与节点设计

8.3.1 普通的单节标准节段钢结构管廊, 顶部、底部及侧部的波纹钢结构墙板之间的角部连接结构, 宜采用波纹式纵向法兰连接, 螺栓紧固, 不得焊接, 波纹式纵向法兰壁厚不应小于波纹钢板主板壁厚, 如图 8.3.1-1 和图 8.3.1-2。螺栓孔间距 B 及边距 A 应符合表 8.3.1 的规定。

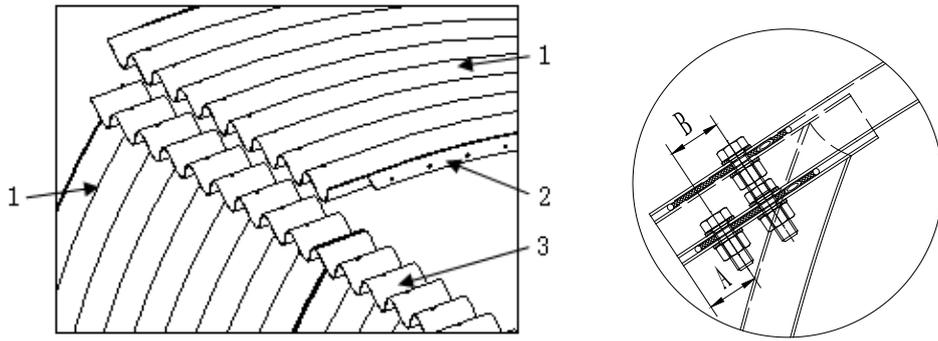


图 8.3.1-1 单节标准节段钢结构管廊波纹钢结构墙板之间波纹式纵向法兰连接方式
(波纹式纵向法兰在侧板上)

1—波纹钢板主板；2—平板环向法兰；3—波纹式纵向法兰

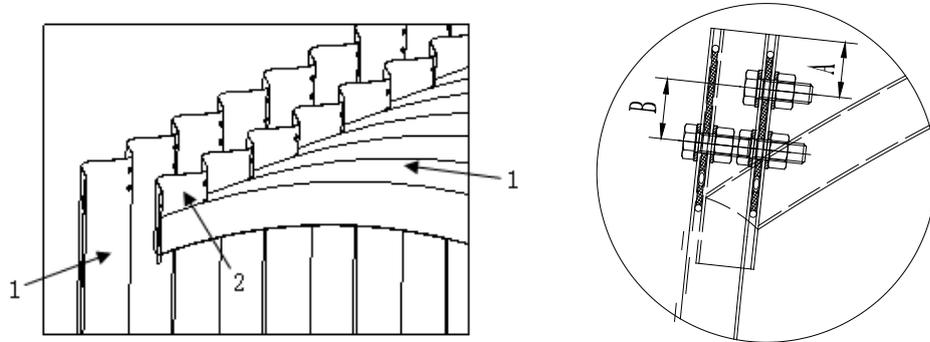


图 8.3.1-2 单节标准节段钢结构管廊波纹钢结构墙板之间波纹式纵向法兰连接方式
(波纹式纵向法兰在顶板或底板上)

1—波纹钢板主板；2—波纹式纵向法兰

表 8.3.1 螺栓孔间距 B 及边距 A 取值

波形规格	175×45	325×100	375×125	400×150
间距 B (mm)	50	75	100	100
边距 A (mm)	50			

8.3.2 当钢结构管廊处于下列工况时,单节标准节段钢结构管廊的波纹钢结构墙板之间的角部连接结构,应采用型钢式纵向法兰连接,型钢式纵向法兰壁厚不应小于波纹钢板主板壁厚的 1.25 倍,且不应小于 6mm,螺栓栓接连接如图 8.3.2。

- a) 倒虹吸段仰角前后 4m 范围;
- b) 钢结构管廊内设有大推力管道固定支墩的节段;
- c) 钢结构管廊纵坡大于 5° 的节段;

d) 投料舱节段。

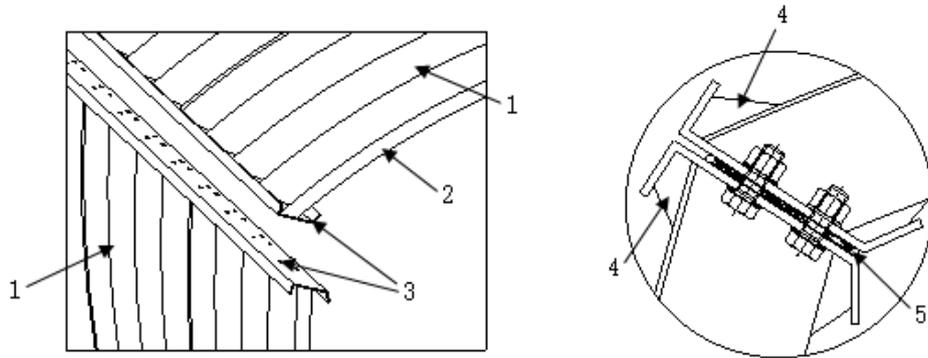


图 8.3.2 单节标准节段钢结构管廊波纹钢结构墙板之间型钢式纵向法兰连接方式

1—波纹钢板主板；2—平板环向法兰；3—型钢式纵向法兰；4—加强筋；5—密封垫

8.3.3 钢结构管廊管节之间采用平板环向法兰对接，螺栓栓接连接如图 8.3.3。平板环向法兰上相邻两个或两个以上螺栓之间采用多联孔压板。压板厚度及环向螺栓孔间距应符合表 8.3.3-1 和表 8.3.3-2 的规定，也可采用截面惯性矩相等的型钢压板。

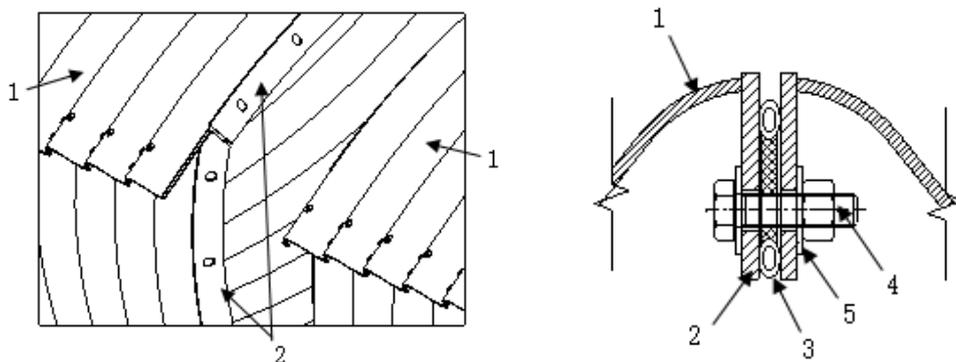


图 8.3.3 管节纵向连接

1—波纹钢板主板；2—平板环向法兰；3—密封垫；4—螺栓连接；
5—多联孔压板或型钢压板

表 8.3.3-1 压板厚度

波纹钢板主板壁厚 (mm)	4	6	8
压板厚度 (mm)	10	6	6
压板宽度 (mm)	≥ 40		

表 8.3.3-2 环向平板法兰螺栓孔间距

波形规格	175×45	325×100	375×125	400×150	600×200
螺栓孔间距 (mm)	≤ 270	≤ 350	≤ 350	≤ 400	≤ 400

8.4 地震作用设计

8.4.1 设计埋置式结构应考虑设防地震下的惯性力,地震荷载引起的附加推力标准值 T_E 计算如下:

$$T_E = T_D \alpha_{vmax} \quad (8.4.1)$$

式中:

T_E ——地震荷载在土壤—金属结构壁中引起的推力标准值 (kN/m);

T_D ——恒载在结构壁中引起的推力标准值 (kN/m);

α_{vmax} ——地震荷载的垂直加速度比,是水平地面加速度比 α_{max} 的65%。

8.4.2 考虑地震效应的总推力设计值 T_f 按下式计算:

$$T_f = \gamma_G T_D + \gamma_E T_E \quad (8.4.2)$$

式中:

T_f ——荷载(包括地震荷载)在结构内壁内引起的推力设计值 (kN/m);

γ_G ——恒载分项系数;

γ_E ——地震分项系数;

进行抗震设计时, T_f 取(8.4.2)和(8.2.4)中的最大值代入(8.2.8-1)和(8.2.8-2)中进行组合计算。

8.5 基础设计

8.5.1 钢结构管廊宜采用天然地基或处理后的人工地基。地基基础的强度、变形和稳定性应符合现行国家标准《建筑地基基础设计规范》GB 50007 的规定。

8.5.2 混凝土基础设计应符合现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 的规定。

8.5.3 钢结构管廊处于软土地质地带时,应根据本规范 4.2.4 中管廊廊体结构的最大变形容许值以及管廊内部管线轴向及侧向允许的变形值,计算及设计地基承载力及其处理方法。

8.6 构造要求

8.6.1 受力和构造焊缝可采用对接焊缝、角接焊缝以及对接和角接组合焊缝。重要连接或有等强度要求的对接焊缝应为熔透焊缝,较厚板件或无需焊透时可采用部分熔透焊缝。

8.6.2 波纹钢板主板上的拼接焊缝,必须平行于波纹纹路方向。

8.6.3 角焊缝的尺寸应符合下列规定:

- a) 角焊缝的最小计算长度应为其焊脚尺寸的 8 倍，且不应小于 40mm；焊缝计算长度应扣除引弧、收弧后的焊缝长度；
- b) 角焊缝最小焊脚尺寸宜按表 8.6.3 取值，承受动荷载时，角焊缝焊脚尺寸不宜小于 5mm。

表 8.6.3 角焊缝最小焊角尺寸

母材厚度 (mm)	≤6	>6, ≤8	>8, ≤10
角焊缝最小焊脚尺寸 (mm)	5	7	8

8.6.4 螺栓连接设计应符合下列规定：

- a) 连接处应有必要的螺栓施拧空间；
- b) 不宜采用螺栓贯穿廊体内外的栓接方式；
- c) 标准孔、大圆孔和槽孔，孔型尺寸应符合现行国家标准《钢结构设计标准》GB 50017 的规定。

8.6.5 波纹式纵向法兰与波纹钢板主板之间的焊缝，必须增设加强筋结构，如图 8.6.5 所示，加强筋厚度以及与波纹钢板主板和波纹式纵向法兰的焊缝长度，应满足表 8.6.5 的规定，当钢结构管廊顶部有动荷载、设有抗浮外挑或者侧向波纹钢结构墙板底部带有法兰时，廊体内侧和外侧的波峰、波谷内均需设置加强筋。除此之外，只需在廊体内侧的波峰、波谷设置加强筋。

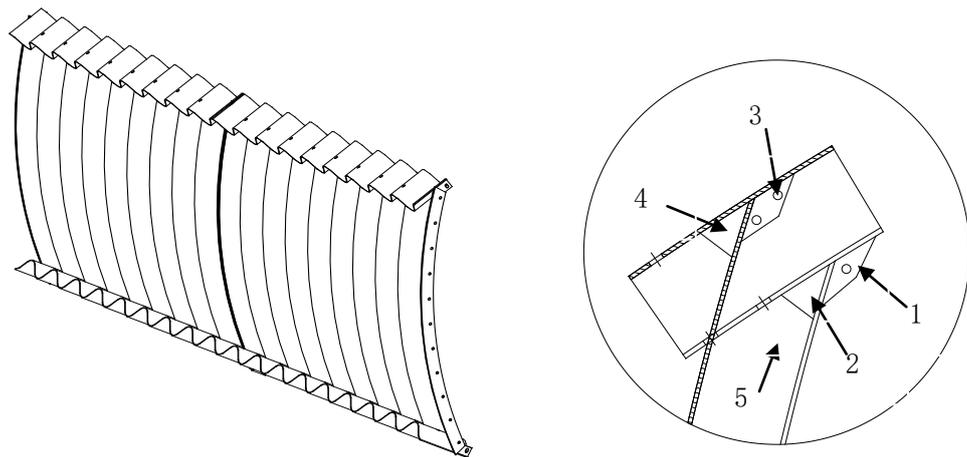


图 8.6.5 波纹式纵向法兰与波纹钢板主板之间加强筋结构

- 1—廊内波峰加强筋；2—廊外波谷加强筋；3—廊内波谷加强筋；4—廊外波峰加强筋；
5—波纹钢板主板

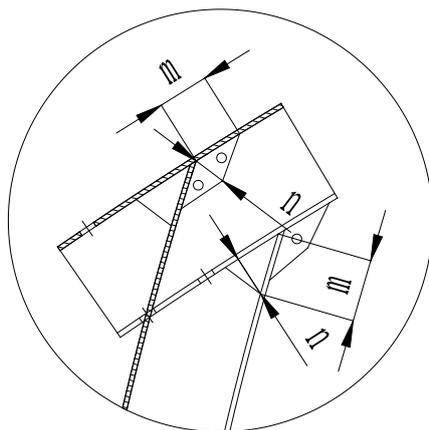


表 8.6.5 波纹式纵向法兰加强筋尺寸规格及焊缝尺寸 (mm)

波形规格	加强筋厚度	廊内波谷 加强筋宽度 n	其他 n	焊缝长 m
175×45	≥1.5 倍	≥ 40	≥ 30	≥ 40
325×100	波纹钢结构	≥ 50	≥ 40	≥ 50
375×125	墙板壁厚,	≥ 60	≥ 40	≥ 60
400×150	且不小于 6mm	≥ 60	≥ 40	≥ 60

8.6.6 加强筋同周边结构的焊缝,要与波纹式纵向法兰与波纹钢板主板之间的焊缝相交合。

8.6.7 当采用型钢式纵向法兰时,波纹钢板主板与型钢式纵向法兰折边之间必须增设加强筋,如图 8.6.7 所示,加强筋厚度不小于 1.5 倍波纹钢板主板壁厚且不小于 6mm,加强筋与波纹钢板主板侧焊缝长度不小于 50mm,与型钢式纵向法兰折边焊缝长度不小于 30mm。当型钢式纵向法兰无折边时,加强筋与型钢式纵向法兰在廊体外侧的焊缝长度不应小于 50mm,在廊体内侧的焊缝长度不应小于 40mm。

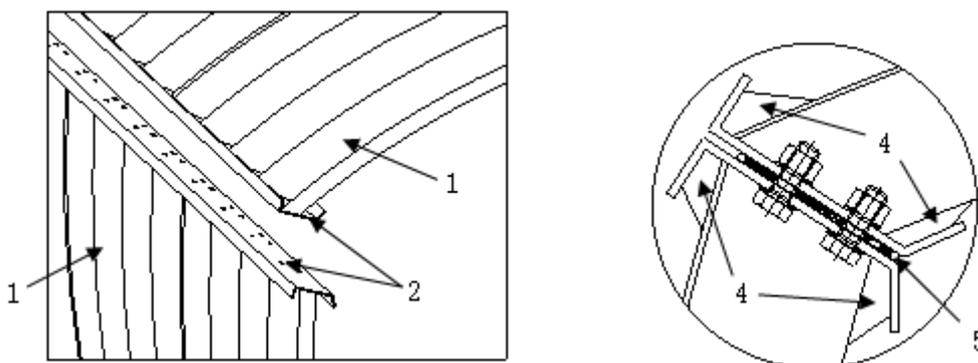


图 8.6.7 波纹钢结构墙板之间采用型钢式纵向法兰连接

1—波纹钢板主板; 2—型钢式纵向法兰; 4—加强筋; 5—密封垫

8.6.8 多舱钢结构管廊舱间的墙板及结构如图 8.6.8 所示,舱间墙板应向各舱廊体外侧微拱,微拱值应符合表 8.6.8 的要求。舱间缝隙浇筑混凝土,形成钢-混凝土组合结构舱间墙板,混凝土强度等级不小于 C20,其相关尺寸要求满足表 8.6.8。

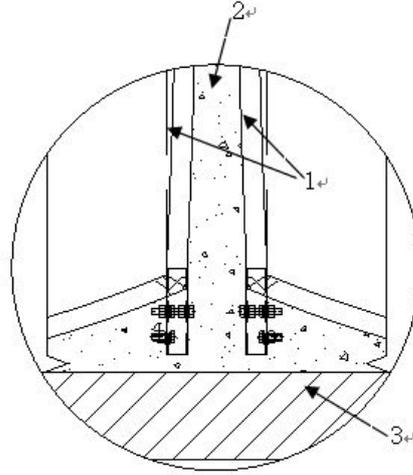


图 8.6.8 多舱钢结构管廊的舱间结构

1-舱间墙板; 2-舱间混凝土; 3-基础

表 8.6.8 多舱舱间尺寸规格

舱间墙板微拱量 S	舱间混凝土最小宽度 k
20mm~40mm	≥75mm

8.6.9 当钢结构管廊廊体自重不满足克服底部混凝土浇筑时的浮力时,可采取临时压重措施,也可在钢结构管廊底部设置克服施工上浮和偏移的结构,宜设置钢筋、型钢或抗拔锚杆等。

8.6.10 钢结构管廊应进行抗浮稳定性验算,若不通过,可增加埋深。若客观条件不允许增加埋深,则可分别单独或联合采取外挑配重、设置抗拔桩或抗拔锚杆等措施。其中外挑配重方式,可采用波纹钢板结构外挑或利用基础上的混凝土垫层的外延,作为外挑的抗浮方式。

- a) 若采用波纹钢板结构抗浮外挑,可由钢结构管廊底部墙板延长而成或由装配式波纹钢板构成,如图 8.6.10-1。每侧波纹钢板结构抗浮外挑的长度尺寸,以廊体侧拱板起拱线以外水平尺寸计算,各类波形参数的波纹钢板结构抗浮外挑允许的最大水平尺寸 L 应满足表 8.6.10-1 的规定,最小厚度不应小于表 5.1.5-1 的下限值。装配式波纹钢板结构抗浮外挑,应搭在钢结构管廊底板两侧端部的上端,在波谷

或波峰上至少有 50mm 搭接段，并与管廊底板螺栓相连接。装配式波纹钢板结构抗浮外挑的外缘应仰起，仰角宜为 $5^{\circ} \sim 15^{\circ}$ 。其下方宜采用普通混凝土或轻质混凝土结构回填，若采用其他回填材料，回填压实度不应小于 95%。

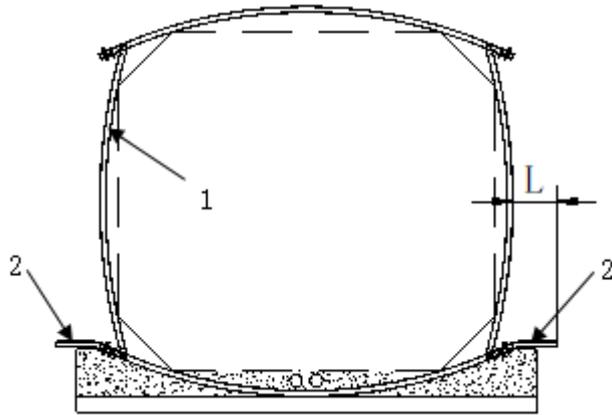


图 8.6.10-1 钢结构管廊波纹钢结构抗浮外挑结构示意图

1—钢结构管廊；2—波纹钢结构抗浮外挑

表 8.6.10-1 单侧波纹钢结构抗浮外挑最大水平尺寸 L

波形规格 (mm × mm)	175×45	325×100	375×125	400×150	600×200
单侧最大水平尺寸 L (mm)	600	800	900	1000	1200

- b) 钢结构管廊的抗拔锚杆，应与管廊底部的螺栓相连接，若钢结构管廊的纵向法兰是型钢式纵向法兰，则抗拔锚杆可与法兰上的螺栓或其他构件直接连接。若钢结构管廊的纵向法兰是波纹式纵向法兰，可根据波纹式纵向法兰的位置确定连接方式：当侧板的底部无波纹式纵向法兰时，抗拔锚杆可直接与侧板底部的螺栓相连，如图 8.6.10-2。当侧板底部有波纹式纵向法兰时，连接抗拔锚杆的螺栓应在波纹式纵向法兰的上端，并设置跨越至少三个波顶的型钢垫片，型钢垫板强度需要校核，如图 8.6.10-3。
- c) 钢结构管廊可利用基础上的混凝土垫层的外延，作为外挑配重的抗浮方式，在混凝土垫层中设置钢筋网及预埋锚栓或竖向钢筋，并按本规程 8.6.10 的第 b) 项要求与钢结构管廊相连接，如图 8.6.10-4。

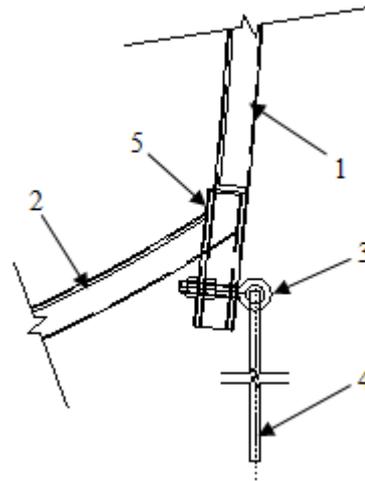


图 8.6.10-2 钢结构管廊抗拔锚杆结构示意图（一）

1—钢结构管廊侧板；2—钢结构管廊底板；3—螺杆；4—抗拔锚杆；5—波纹式纵向法兰

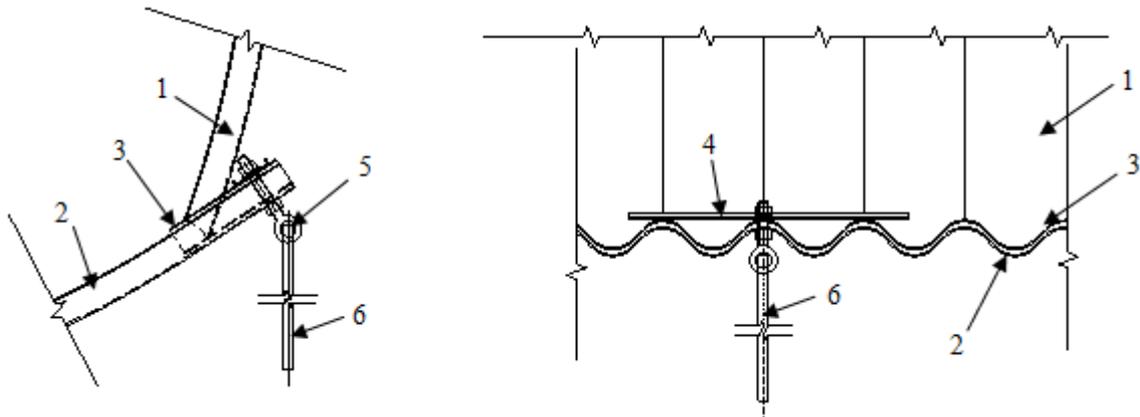


图 8.6.10-3 钢结构管廊抗拔锚杆结构示意图（二）

1—钢结构管廊侧板；2—钢结构管廊底板；3—波纹式纵向法兰；4—槽钢垫板；
5—螺栓连杆；6—抗拔锚杆

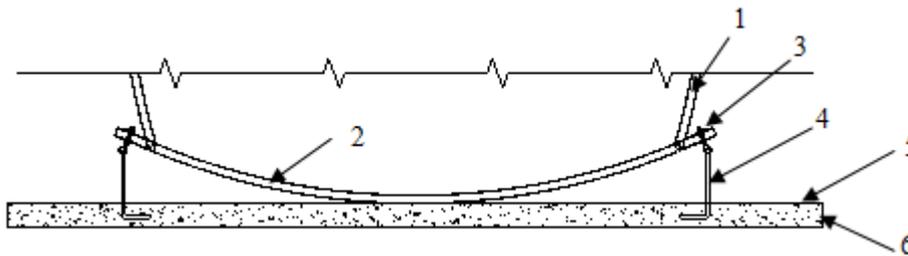


图 8.6.10-4 钢结构管廊混凝土垫层的外延作为外挑的抗浮示意

1—钢结构管廊侧板；2—钢结构管廊底板；3—螺栓；4—预埋锚栓；
5—垫层外延段；6—钢筋混凝土垫层

8.6.11 钢结构管廊管线支架，宜采用装配式结构，支架的着力点应设置在廊体四个角部

的纵向法兰上，支架应具有足够的强度和刚度。全长式支架主杆着力点，是上下型钢式纵向法兰折边上的螺栓孔或波纹式纵向法兰加强筋上的螺栓孔。非全长式支架主杆的上着力点，是型钢式纵向法兰折边上的螺栓孔或波纹式纵向法兰加强筋上的螺栓孔，下端着力点是波纹钢板主板中部预焊支耳上的螺栓孔，如图 8.6.11-1 和图 8.6.11-2。

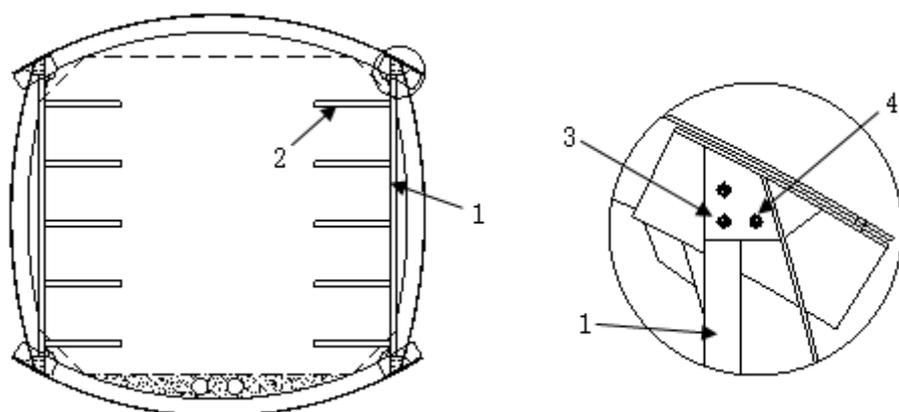


图 8.6.11-1 全长式支架结构示意图

1—支架主杆；2—托臂；3—廊内波谷加强筋；4—螺栓

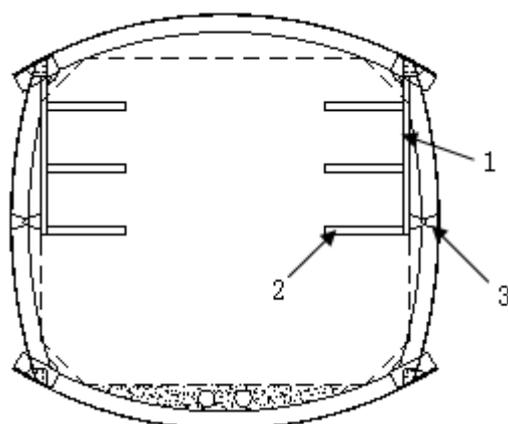


图 8.6.11-2 非全长式支架结构示意图

1—支架主杆；2—托臂；3—预焊支耳

8.6.12 支撑电缆的普通支架、吊架的允许跨距应符合表 8.6.12 所示，且应满足现行国家规范《电力工程电缆设计规范》GB 50217 的规定。其他管线支吊架可参照对应管线设计规范。

表 8.6.12 普通支架、吊架的允许跨距 (mm)

电缆特征	敷设方式	
	水平距离	垂直距离
未含金属套、铠装的全塑小截面电缆	400	1000
除上述情况外的中、低压电缆	800	1500
35KV 以上的高压电缆	1500	3000

8.6.13 钢结构管廊内热力及蒸汽管道抗大推力支架(支墩),应设置为龙门式,龙门式支架立柱的着力点应设置在管廊顶部和底部的桁架横梁上,桁架横梁的着力点应设置在廊内型钢式纵向法兰上。

8.6.14 钢结构管廊的装配式钢结构投料舱结构(如图 8.6.14),其跨度与高度应大于标准舱段,投料舱段与标准舱段之间采用钢结构法兰连接。投料口设置在钢结构管廊顶板上,口部焊接型钢框架,型钢框架上应含有带连接螺栓孔的外法兰,外法兰的颈高应高于波纹钢板主板波高。对钢结构管廊顶板开口处、周边型钢结构以及投料舱段与标准舱段之间的法兰结构应进行结构强度计算和校核。

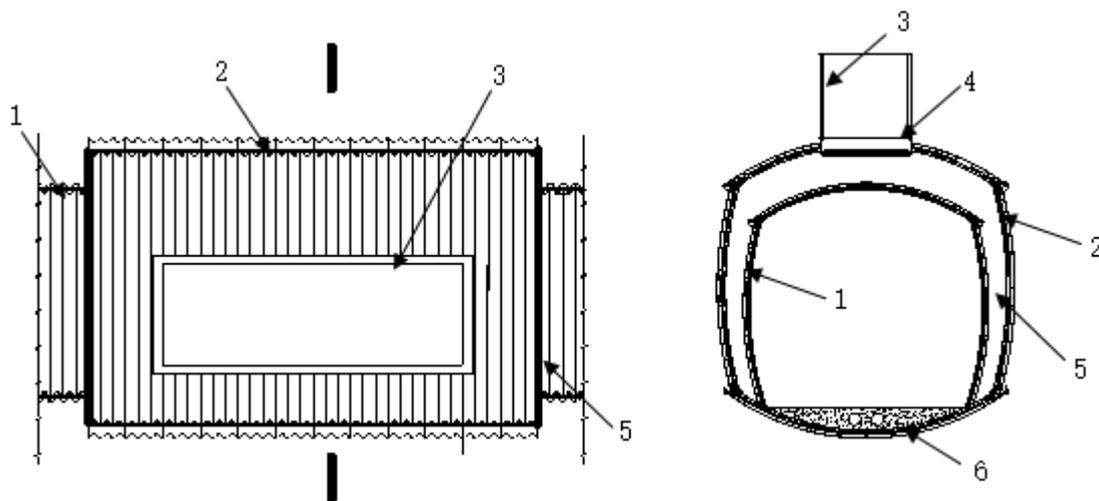


图 8.6.14 单舱钢结构管廊投料舱结构示意图

- 1—钢结构管廊标准舱段; 2—钢结构管廊投料舱段; 3—装配式钢结构投料口;
4—型钢法兰; 5—投料舱段与标准舱段之间的连接法兰; 6—共用底板

8.6.15 钢结构管廊的装配式钢结构通风口及逃生口结构,如图 8.6.15,在波纹钢板主板上开口,口部焊接型钢框架,型钢框架上应含有带连接螺栓孔的外法兰,外法兰的颈高应高于波纹钢板主板波高。对波纹钢板主板开口处应进行结构强度计算和校核。

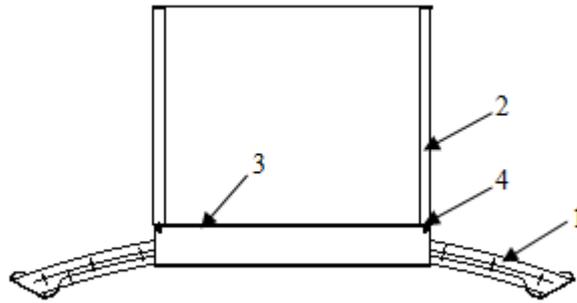


图 8.6.15 钢结构管廊装配式钢结构通风口及逃生口结构示意图

- 1—综合管廊顶板；2—装配式钢结构通风口或逃生口；3—型钢框架及法兰；
4—口部连接面的密封垫片及螺栓等

8.6.16 钢结构管廊的装配式钢结构集水坑结构，如图 8.6.16，在波纹钢板主板上开口，口部焊接型钢框架，型钢框架上应含有带连接螺栓孔的外法兰，外法兰的颈高应高于波纹钢板主板波高。对波纹钢板主板上开口处应进行结构强度计算和校核。当装配式钢结构集水坑的结构采用波纹钢结构制作时，其侧部和底部波纹钢板主板应向外微拱 20~40mm。

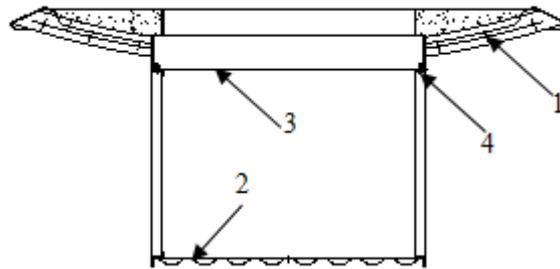


图 8.6.16 钢结构管廊装配式钢结构集水坑结构示意图

- 1—综合管廊底板；2—装配式钢结构集水坑底板；3—型钢框架及法兰；
4—口部连接面的密封垫片及螺栓等

8.6.17 钢结构管廊的装配式钢结构出线口结构，如图 8.6.17，在波纹钢板主板上开口，口部焊接型钢框架，型钢框架上应含有带连接螺栓孔的外法兰，外法兰的颈高应高于波纹钢板主板波高。对波纹钢板主板上开口处应进行结构强度计算和校核。框架及法兰外接一段装配式柔性波纹钢结构过渡段，柔性波纹钢结构过渡段长度不应小于 400mm，其波纹钢结构波高不大于 55mm，且不小于 25mm。

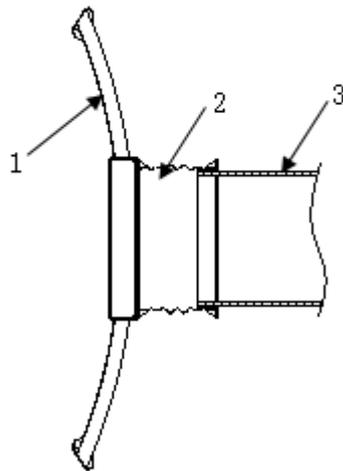


图 8.6.17 钢结构管廊装配式钢结构出线口结构示意图

1—综合管廊墙板；2—装配式柔性波纹钢结构过渡段；3—出线结构

8.6.18 多舱式钢结构管廊，舱间装配式钢结构联通门结构，如图 8.6.18，在波纹钢板主板上开口，口部焊接型钢框架，型钢框架上应含有带连接螺栓孔的外法兰，外法兰的颈高应高于波纹钢板主板波高。对波纹钢板主板上开口处应进行结构强度计算和校核。舱间装配式钢结构联通门框架宜采用平板连接和密封。

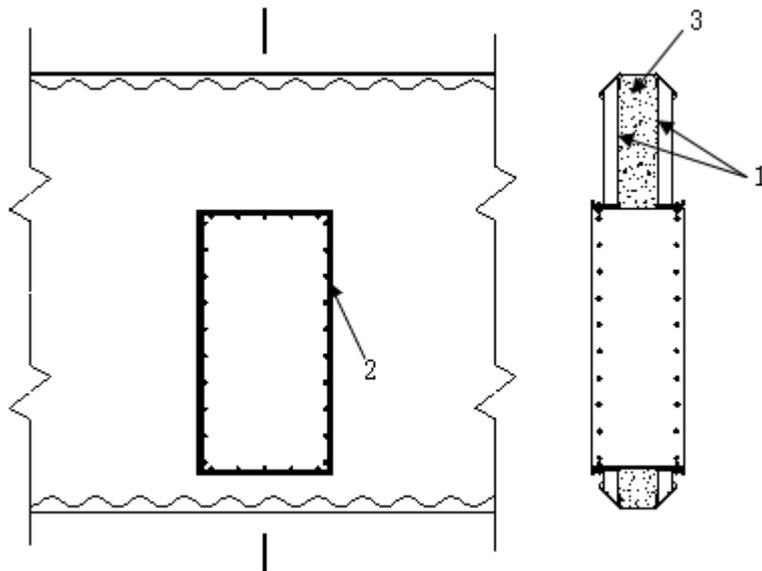


图 8.6.18 钢结构管廊多舱舱间装配式钢结构联通门结构示意图

1—钢结构管廊舱间墙板；2—舱间装配式钢结构联通门；3—舱间混凝土

8.6.19 钢结构管廊与混凝土结构连接结构（如图 8.6.19），钢结构管廊与混凝土结构表面应采用法兰压紧橡胶密封垫的结构。

- a) 若钢结构管廊与混凝土结构管廊同时施工，在钢结构管廊法兰上设置预埋锚栓，在法兰上预设厚度不小于 10mm、宽度不小于法兰面宽度的平板橡胶垫片，立模浇筑混凝土，待混凝土达到设计强度后，二次压紧法兰及密封垫。
- b) 若混凝土结构已经完成，将混凝土端面凿毛，露出内部钢筋 30mm~60mm，然后按本条款第 a) 项的要求实施。

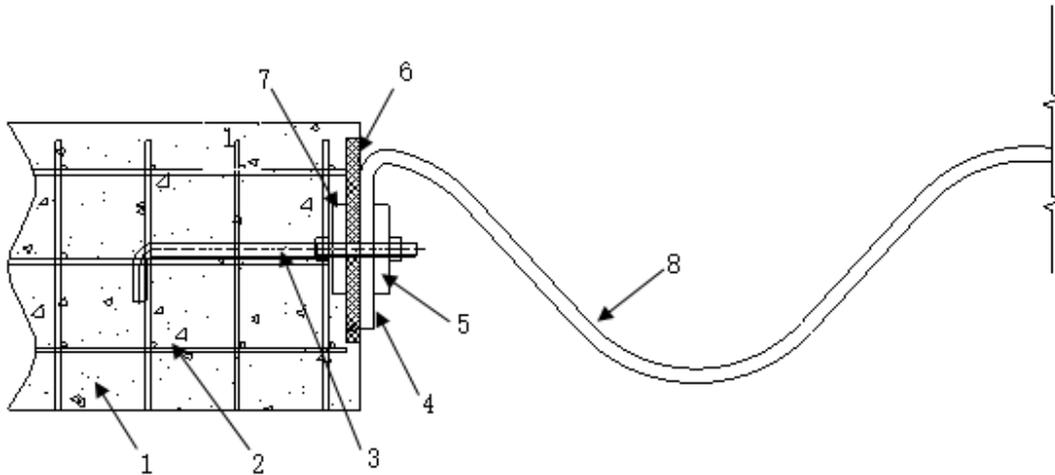


图 8.6.19 钢结构管廊与钢筋混凝土结构连接结构示意图

- 1—混凝土墙体；2—钢筋网；3—预埋锚栓；4—钢法兰；5—压板；6—橡胶垫片；
7—橡胶垫片固定压板或压环；8—钢结构管廊

8.6.20 钢结构管廊内部排水结构，可在钢结构底板内部的混凝土地坪内埋设一根或多根排水管，并设置可开启式地漏，地漏间距不大于 30m，口径不小于 100mm×150mm 或直径不小于 150mm。排水管顶部的混凝土厚度不小于 25mm，内部地坪混凝土可采用轻质混凝土，如图 8.6.20。

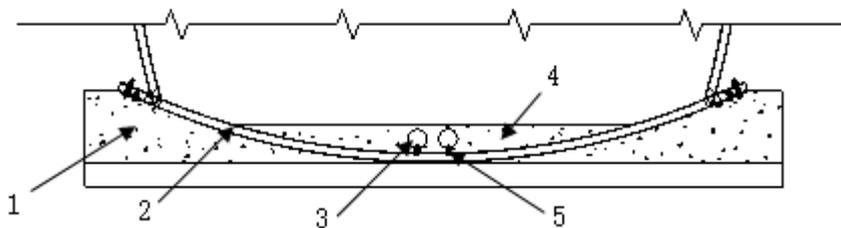


图 8.6.20 钢结构管廊内部排水结构示意图

- 1—基础；2—钢结构管廊底板；3—排水管；4—内部地坪；5—抗水管上浮钢筋钩

8.6.21 钢结构管廊采用顶管施工时，应采用带有型钢式纵向法兰的波纹钢结构墙板，在波纹钢结构墙板外侧设置钢丝网，钢丝网连接在墙板波谷内的支耳或剪力钉上，墙板外部

设置平整的轻质混凝土，轻质混凝土的厚度应超过外侧波峰 20mm。当波纹钢结构墙板的宽度或高度超过 2 米时，需在波纹钢板主板中部，设置增加墙板抵抗轴向顶管推力的装置。

8.7 密封设计

8.7.1 钢结构管廊防水设计应综合考虑气候条件、水文地质状况、结构特点、施工方法和使用条件等因素，并满足结构的安全、耐久性和使用要求，管节之间、板片拼接法兰面之间应加强密封措施，严禁螺栓贯穿廊体结构内外。

8.7.2 钢结构管廊的防水等级，不应低于现行国家国标《地下工程防水技术规范》GB50108 规定的二级标准，其防水设计应综合考虑气候条件、水文地质状况、结构特点、施工方法和使用条件等因素，并满足结构的安全、耐久性和使用要求。

8.7.3 钢结构管廊所有现场拼接的连接缝，均应采用利用螺栓和法兰压紧橡胶密封垫的密封方式，密封垫主要物理性能应符合表 8.7.3 的规定。

表 8.7.3 橡胶密封垫的主要物理性能

指标项目		弹性密封垫类型	
		三元乙丙橡胶	氯丁橡胶
邵氏硬度（度）		(55±5) ~ (70±5)	(45±5) ~ (65±5)
伸长率（%）		≥330	≥350
拉伸强度（N/mm ² ）		≥9.5	≥10.5
热空气老化 (70℃×96h)	邵氏硬度变化值（度）	≥+6	≥+8
	扯伸强度变化率（%）	≥-15	≥-20
	扯断伸长率变化率（%）	≥-30	≥-30
压缩永久变形（70℃×24h）（%）		≤28	≤35
防霉等级		达到或优于 2 级	

8.7.4 钢结构管廊拼接缝防水，可采用遇水膨胀橡胶密封垫，其主要物理性能应符合现行国家标准《城市综合管廊工程技术规范》GB 50838 的相关规定。

8.7.5 钢结构管廊宜采用密封垫断面结构中带有管状结构的橡胶密封垫片，如图 8.7.5 所示，其密封垫尺寸规格应符合表 8.7.5 的规定。

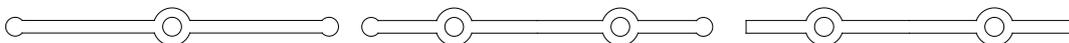


图 8.7.5 橡胶密封垫断面示意图

表 8.7.5 橡胶密封垫的尺寸规格

序号	项目	尺寸 / 指标
1	管状物外径 / mm	≥ 20
2	密封垫其他位置厚度 / mm	≥ 5

8.7.6 钢结构管廊密封结构:

- a) 钢结构管廊角部连接结构为波纹式纵向法兰时, 其密封结构如图 8.7.6-1, 橡胶密封垫片上至少有一个管状结构, 位于廊体内腔和最靠近廊体内腔的螺栓之间。

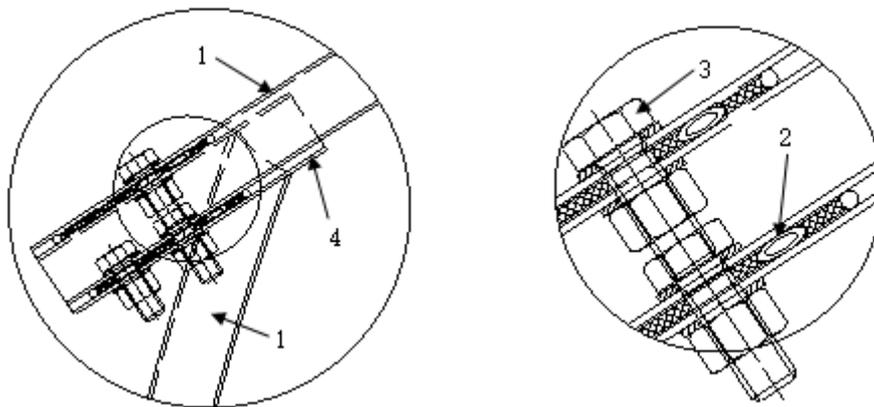


图 8.7.6-1

1-波纹钢板主板; 2-密封垫管状结构; 3-螺栓栓接; 4-波纹式纵向法兰

- b) 钢结构管廊角部连接结构为型钢式纵向法兰时, 其密封结构如图 8.7.6-2, 橡胶密封垫片上至少有一个管状结构, 位于廊体内腔和最靠近廊体内腔的螺栓之间。

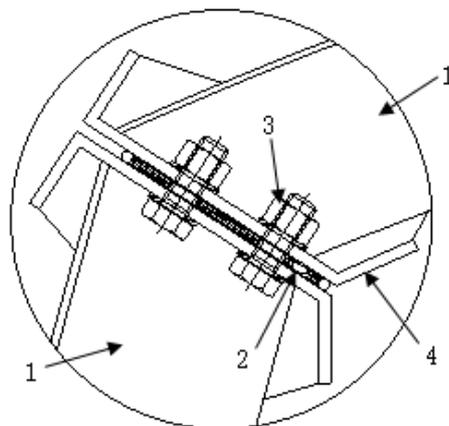


图 8.7.6-2

1-波纹钢板主板; 2-密封垫管状结构; 3-螺栓栓接; 4-型钢式纵向法兰

- c) 钢结构管廊节与节之间的平板环向法兰, 其密封结构如图 8.7.6-3, 橡胶密封垫片上至少有一个管状结构, 位于廊体外壁与螺栓之间。

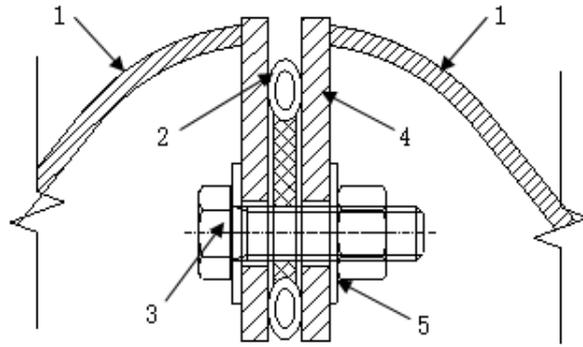
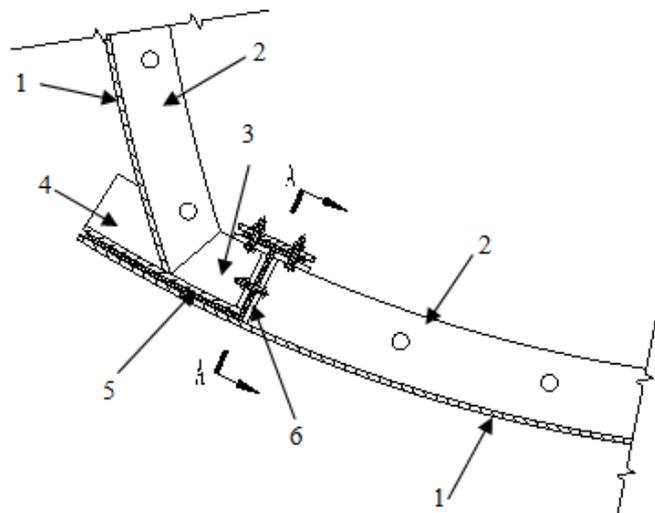


图 8.7.6-3

- 1—波纹钢板主板；2—密封垫管状结构；3—螺栓栓接；4—平板环向法兰；
5—多联孔压板

- d) 当钢结构管廊角部连接结构为波纹式纵向法兰时，角部纵向接缝与节间环向接缝交叉处的密封结构，除按照本规程 8.7.6 中第 b) 项与第 c) 项设置角部纵向接缝密封结构与节间接缝密封结构之外，还应增加两道密封结构，如图 8.7.6-4，首先，将带有波纹式纵向法兰的波纹钢结构墙板上的平板环向法兰，延伸到波纹式纵向法兰的端部并齐平，与波纹式纵向法兰焊接，作为延长法兰，钢结构管廊节与节之间对接后，形成完整的平板环向法兰密封结构。增加的第一道密封结构的法兰，焊接在延长法兰端部并与延长法兰垂直，同时与波纹式纵向法兰端部焊接；在对应的波纹钢结构墙板上的平板环向法兰端部，设置垂直法兰，与延长法兰端部的垂直法兰，形成第一道法兰密封结构。增加的第二道密封结构，是在节间密封面与第一道密封面交叉点的上部，设置遇水膨胀密封垫与盖板，采用螺栓压紧。



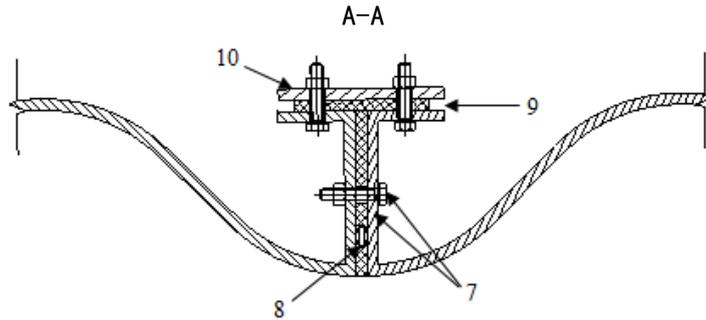


图 8.7.6-4 钢结构管廊纵向接缝与环向接缝交叉处的密封结构示意（一）

- 1—波纹钢结构墙板；2—平板环向法兰；3—延长法兰；4—波纹式纵向法兰；
 5—角部纵向接缝密封垫；6—增加的第一道密封结构之密封垫；7—装配式压板及螺栓；
 8—节间环向接缝密封结构之密封垫；9—增加的第二道密封结构之密封垫；
 10—增加的第二道密封结构盖板

e) 当钢结构管廊角部连接结构为型钢式纵向法兰时，其角部纵向接缝与节间环向接缝交叉处的密封结构，除按照本规程 8.7.6 中第 b) 项与第 c) 项设置角部纵向接缝密封结构与节间接缝密封结构之外，还应增加一道密封结构，如图 8.7.6-5。在型钢法兰端部设置封闭用平钢板，封闭端部位于廊体内侧的开口，封闭用平钢板与平板环向法兰处于同一平面。利用端部位置的型钢内折边，作为新增加的密封结构的法兰，当节间完成连接后，在角部纵向接缝与节间环向接缝交叉处的全部四块波纹钢结构墙板的新增加法兰面上，设置橡胶密封垫和盖板，采用螺栓压紧。

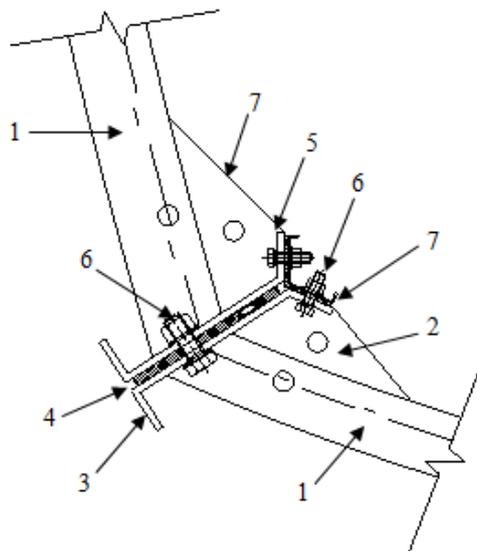


图 8.7.6-5 钢结构管廊纵向接缝与环向接缝交叉处的密封结构示意（二）

- 1—平板环向法兰；2—封闭用平板；3—型钢式纵向法兰；4—纵向接缝密封垫；
 5—型钢内折边；6—螺栓；7—盖板及密封垫片；8—型钢内折边

8.7.7 钢结构管廊拼接缝出现漏水时，可采用以下补漏措施。

- a) 钢结构管廊波纹式纵向法兰密封面补漏结构，如图 8.7.7-1，可利用加强筋上预留的螺栓孔，设置错层焊接的波纹式压板，利用波纹式压板将遇水膨胀胶板压紧在漏水的拼接缝处。

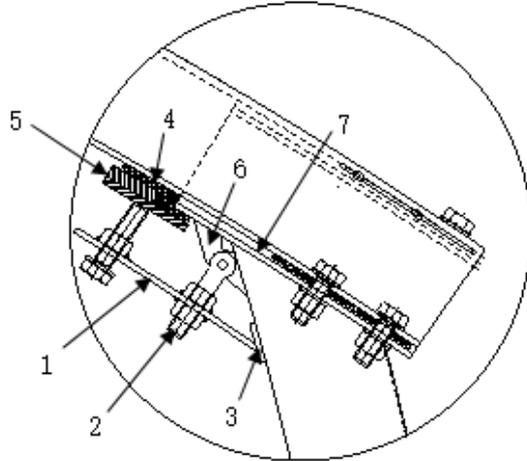


图 8.7.7-1

1—杠杆；2—带连杆螺栓；3—垫板；4—橡胶板；
5—错层焊接的波纹式压板；6—加强筋；7—波纹式纵向法兰

- b) 钢结构管廊型钢式纵向法兰密封面补漏结构，如图 8.7.7-2，利用型钢式纵向法兰折边以及折边上预留的螺栓孔，在漏水的拼接缝处，设置橡胶垫片及压板。

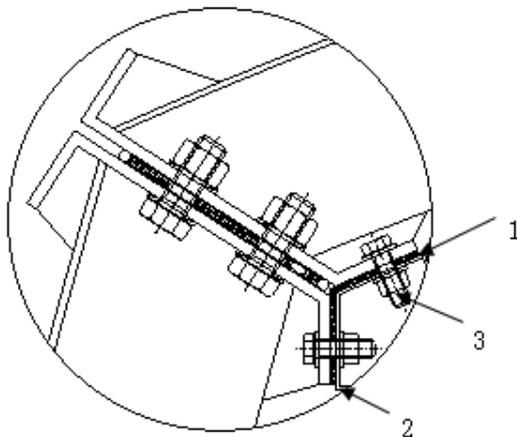


图 8.7.7-2

1—橡胶垫片；2—压板；3—螺栓栓接

- c) 钢结构管廊节与节之间平板环向法兰接缝补漏结构，如图 8.7.7-3，在漏水的拼接缝处，增设二次止漏的外包式 U 形橡胶板，采用压板和螺栓进行压接。

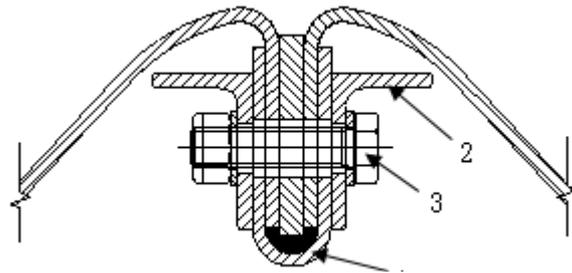


图 8.7.7-3

1—二次止漏外包式 U 形橡胶板；2—压板；3—螺栓栓接

9 防腐设计

9.1 一般规定

9.1.1 钢结构管廊宜采用满足条件要求的环氧粉末 FBE 涂层加阴极保护进行防腐处理,阴极保护设计要满足与防腐涂层的长期相容性;或者单独采用热浸镀锌防腐措施。

9.1.2 水和土对钢结构的腐蚀性评价应分别符合国家标准《岩土工程勘察规范》GB 50021 的规定,腐蚀等级分为微、弱、中和强四级,防腐方式应对应上述四级腐蚀等级要求。

9.2 热熔结环氧粉末 FBE 涂层防腐

9.2.1 钢材表面预处理应按照标准严格执行,未涂覆的钢材表面和全面清除原有涂层后的钢材表面的预处理按照 GB/T 8923.1 执行;已涂覆过的钢材表面局部清除原有涂层后的预处理按照 GB/T 8923.2 执行;焊缝、边缘和其他区域的表面缺陷的预处理按照 GB/T 8923.3 执行。涂覆前,必须将待涂装件表面的灰尘、油、脂及其他污染物清理干净,参见表 9.2.1。

表 9.2.1 表面脱脂和清除旧涂层净化方法适用范围

清洗方法	适用范围	注意事项
采用汽油、二氯乙烷、丙酮等溶剂清洗	清除油脂、可溶污物、可溶涂层	若需保留旧涂层,应使用对原涂层无损的溶剂清洗,溶剂及抹布应经常更换
采用如氢氧化钠、碳酸钠等碱性清洗剂清洗	除掉皂化涂层、油脂和污物	清洗后应用水充分冲洗,并做钝化和干燥处理
采用 OP 乳化剂等乳化清洗	清除油脂及其它可溶污物	清洗后应用自来水冲洗干净,并做干燥处理

9.2.2 应按 GB/T 8923 的规定，对待涂装件表面进行喷砂或抛丸预处理，除锈质量达到 Sa2.5 级以上，粗糙度或锚纹深度应达到 $Rz(50\sim75)\mu m$ 。待涂装件表面处理后，必须在 4h 内进行涂覆，涂覆前待涂装件表面不得出现肉眼可见的锈迹，否则应重新进行表面处理。

9.2.3 待涂装件可用不同方式加热，如采用加热炉加热等。加热温度根据各环氧粉末涂料供应厂家推荐的温度确定，但不得超过 275℃。加热时若因温度过高或时间过长，致涂装件表面出现深蓝或深褐色过氧化现象，必须重新进行表面处理。

9.2.4 应采用静电喷涂方式进行涂覆，保证涂层达到应有的厚度和均匀度。

9.2.5 环氧粉末 FBE 涂料应具备产品说明书、产品的标签（标明：产品名称和型号、批号、重量、生产厂名、生产日期、储存条件、储存期限）、出厂检验合格证、质量证明书和检测报告等技术文件。环氧粉末涂料的底层、面层以及修补剂宜采用相同涂料生产供应商的产品。环氧粉末 FBE 涂料应按 GB/T 3186 规定的取样方法取样，环氧粉末 FBE 涂料技术指标应符合《海洋工程重防腐无溶剂环氧涂料及涂装》FB/T-0001 的相关规定。

9.2.6 根据《海洋工程重防腐无溶剂环氧涂料及涂装》FB/T-0001 的相关规定，无溶剂环氧粉末 FBE 涂层防护耐久性年限分如下三类，不同耐久性环氧粉末 FBE 涂层的主要性能指标应符合表 9.2.6。钢结构管廊主体结构的防腐应采用 III 型，内部支架和支墩等装配式钢结构件防腐可采用 II 型。

- a) I 型（短期）：20~30 年；
- b) II 型（中期）：30~50 年；
- c) III 型（长期）：50~70 年。

表 9.2.6 不同耐久性环氧粉末 FBE 涂层的主要性能指标

序号	项目	单位	I 型	II 型	III 型
1	吸水增重率 (蒸馏水, 60℃±2℃, 15 天)	%	≤4	≤3	≤2
2	粘接强度	MPa	≥30	≥50	≥65
3	湿附着力 (90℃±2℃, 1~2 级)	天	1	15	30
4	阴极剥离 (-1.5V, 65℃±2℃, 2 天)	mm	≤6	≤5	≤3

序号	项目	单位	I 型	II 型	III 型
5	冲击强度 (-30℃±2℃)	J	≥1.5	≥3	≥5
6	耐磨性	mg	≤100	≤50	≤30
7	涂层断面孔隙率	级	1~4	1~3	1~2
	涂层界面孔隙率	级	1~4	1~3	1~2

9.2.7 除上述主要性能指标外,环氧粉末 FBE 涂层的性能指标还必须满足表 9.2.7 规定的要求。

表 9.2.7 环氧粉末 FBE 涂层的性能指标

序号	项目	单位	I 型	II 型	III 型
1	外观		色泽均匀、无气泡、无裂纹		
2	吸水增重率 (3.5%NaCl, 60℃±2℃, 15 天)	%	≤3	≤2	≤1.5
3	抗弯曲性 (3° PD) (温度 0℃或-30℃)		无裂纹		
4	电气强度	MV/m	≥30		
5	体积电阻率	Ω·m	≥1×10 ¹³		
6	氯化物渗透性 (23℃±2℃, 45 天)	mol/L	≤1×10 ⁻⁴		

9.2.8 环氧粉末 FBE 涂层的厚度应满足表 9.2.8 规定。

表 9.2.8 环氧粉末 FBE 涂层厚度

位置	与大气接触侧 μm	与土壤、水接触侧 μm
涂层厚度	≥350	≥400

9.2.9 破损或漏涂修补应采用与原环氧涂料一致的无溶剂环氧液态涂料,其涂装工艺、修补方法以及性能指标等应符合国家标准《无溶剂环氧液体涂层的防腐蚀涂装》GB/T 31361 的相关规定。

9.2.10 钢结构管廊的波纹钢结构墙板,应尽量避免在现场实施切割及焊接,若有无法避免的现场切割及焊接情况,应对切割部位或焊缝按 9.2.9 条所述涂料和工艺进行防腐处理。

9.2.11 环氧粉末 FBE 涂层必须与阴极保护防腐方式联合实施。

9.2.12 本防腐方式适合于合国家标准《岩土工程勘察规范》GB 50021 规定的全部四级防腐等级。

9.2.13 当腐蚀等级为“强腐蚀”时，管廊与土壤接触一侧的螺栓应选用耐腐蚀钢材及对应的耐腐蚀方式。

9.2.14 天然气管道舱室的波纹钢结构墙体，宜采用环氧粉末 FBE 涂层的防腐方式。

9.3 阴极保护

9.3.1 钢结构管廊采用 FBE 防腐方式时，应与加阴极保护防腐方式同时联合实施。

9.3.2 钢结构管廊阴极保护应采用牺牲阳极保护法。

9.3.3 受阴极保护的钢结构管廊应与公共或场区接地系统电绝缘。

9.3.4 钢结构管廊阴极保护电位、材料、尺寸规格、工作寿命以及电化学性能等应符合《埋地钢质管道阴极保护技术规范》GB/T 21448 的规定，并设置腐蚀监控设施。

9.3.5 钢结构管廊阴极保护电位应为 -850mV (CSE) 或更负，处于阴极保护状态下钢结构管廊的极限保护电位不能比 -1200mV (CSE) 更负。土壤电阻率在 $100\ \Omega \cdot \text{m}$ 至 $1000\ \Omega \cdot \text{m}$ 环境中的钢结构管廊，阴极保护电位宜负于 -750mV (CSE)；土壤电阻率大于 $1000\ \Omega \cdot \text{m}$ 环境中的钢结构管廊，阴极保护电位宜负于 -650mV (CSE)。

9.3.6 钢结构管廊牺牲阳极工作寿命的计算：

$$T_g = 0.85W_g / (\omega_g \cdot I) \quad (9.3.6)$$

式中：

T_g ——牺牲阳极工作寿命，单位为年 (a)；

W_g ——牺牲阳极组净重量，单位为千克 (kg)；

ω_g ——牺牲阳极消耗率，单位为千克每安年 [$\text{kg}/(\text{A} \cdot \text{a})$]；

I ——保护电流，单位为安 (A)。

9.4 热浸镀锌防腐

9.4.1 采用碳素结构钢的波纹钢结构墙板以及高强度螺栓、螺母、垫块等，出厂前宜进行热浸镀锌防腐处理：热浸镀锌所用的锌应为 GB/T 470 规定的 1 号锌或 0 号锌，钢表面处理的最低等级为 Sa2.5，热浸镀锌防腐设计应符合国家标准《金属覆盖层 钢铁制件热浸镀锌层技术要求及实验方法》GB/T 13912 的规定，同时应符合表 9.4.1 的规定。

表 9.4.1 热浸镀锌质量要求

项目	要求
单面附着量 (g/m^2)	螺栓、螺母、垫块 ≥ 350 波纹钢结构墙板 ≥ 600 ;
镀锌层附着性	镀锌层应与金属结合牢固,经锤击试验不剥离,不凸起
外观质量	锌层应均匀完整、颜色一致,无漏镀缺陷,表面光滑, 不允许有流挂、滴瘤或结块
锌层均匀性	锌层应均匀,无金属铜的红色沉积物
耐盐雾性	耐盐雾试验后,基材不应出现腐蚀现象

9.4.2 本热浸镀锌防腐方式适合于合国家标准《岩土工程勘察规范》GB 50021 的规定微腐蚀、弱腐蚀和中等防腐等级。

9.4.3 当腐蚀等级为“强腐蚀”时,管廊廊体与土壤接触一侧应涂刷厚度不小于 1.0mm 厚的环氧沥青层,与土壤接触一侧的螺栓应选用耐腐蚀钢材及对应的耐腐蚀方式。

9.4.4 钢结构管廊的波纹钢结构墙板,应尽量避免在现场实施切割及焊接,若有无法避免的现场切割及焊接情况,须对切割部位及焊缝进行防腐处理,按照 GB/T8923.3 进行表面处理,涂液态锌涂料,涂料含锌量应不小于 96%,涂层厚度应不小于 $100\ \mu\text{m}$,在液态锌涂层外再涂刷环氧树脂涂层,液态锌涂层和环氧树脂涂层总厚度应不小于 $200\ \mu\text{m}$ 。

10 制作与运输

10.1 一般规定

10.1.1 钢结构管廊构件制造单位应具备相应的生产工艺设施,应有专门的生产技术管理团队和产业工人,应有安全、质量和环境管理体系,确保加工质量与安全生产。

10.1.2 钢结构管廊构件制作应按设计和施工图要求,修改设计应取得原设计单位同意,并应签署设计变更文件。

10.1.3 钢结构管廊构件生产前,应有经批准的产品加工详图或深化设计图,设计深度应满足施工工艺、施工构造以及运输措施等技术要求。

10.2 构件制作

10.2.1 钢结构管廊构件制作前,检查所需加工制作的产品类别和型号的原材料,确保符

合设计规定的质量、技术性能指标要求。

10.2.2 钢结构管廊构件，每片加工制作的尺寸应根据吊装、运输、安装和设计施工图等条件确定。

10.2.3 钢结构管廊构件加工应按照下料、切割、组装、焊接、除锈和防腐的工序进行。

10.2.4 钢结构管廊构件对接法兰与波纹钢板主板之间的焊接质量应符合相关规定，法兰上孔位、孔距等根据工程设计图确定，相互对接的两个法兰螺栓孔位应对应一致。

10.2.5 钢结构管廊构件端部和侧部螺栓孔应符合本规范 8.6.4 的规定。

10.2.6 波纹钢板主板下料误差应符合本规范表 5.1.5 的规定，切口应平滑无卷边、毛刺。

10.2.7 钢结构支架下料、焊接焊缝的尺寸偏差、外观质量和内部质量，应按现行国家标准《钢结构工程施工质量验收规范》GB 50205 和《钢结构焊接规范》GB 50661 的有关规定进行检验。

10.2.8 波纹钢结构墙板在批量生产前应进行预拼装，构件预拼装宜采用实体预拼装的方法。

10.3 构件检验

10.3.1 钢结构管廊构件所采用的钢材，应附有钢材的质量证明书，各项指标应符合设计文件的要求。当对钢材的质量有异议时，应按国家现行有关标准的规定进行抽样检验。

10.3.2 钢结构管廊构件连接材料，应有出厂质量证明书，其质量应符合设计要求和国家现行有关标准的规定。

10.3.3 预制构件的外观质量不应有严重缺陷，且不宜有一般缺陷。对已出现的一般缺陷，应按技术方案进行处理，并应重新检查。

10.3.4 预制构件检查合格后，应在构件上设置表面标识，标识内容宜包括构件编号、制作日期、合格状态以及生产单位等信息。

10.4 吊运、堆放、防护及运输

10.4.1 应制定预制构件的吊装、堆放、防护和运输方案，其内容应包括运输时间、次序、堆放场地、运输路线、固定要求、堆放支垫及成品保护措施等。对于超高、超宽、形状特殊的大型构件的运输和堆放应有专门的质量安全保证措施。

10.4.2 预制构件的运输车辆应满足构件尺寸和载重要求，装卸与运输时应符合下列规定：

- a) 装卸构件时，应采取保证车体平衡的措施；

- b) 运输构件时，应采取防止构件移动、倾倒和变形等的固定措施；
- c) 运输构件时，应采取防止构件损坏的措施，对构件边角部和链索接触处宜设置保护衬垫。

10.4.3 预制构件堆放应符合下列规定：

- a) 堆放场地应平整、坚实；
- b) 预埋吊件应朝上，标识宜朝向堆垛间的通道；
- c) 重叠堆放构件时，每层构件间的垫块应上下对齐，堆垛层数应根据构件、垫块的承载力确定，并应根据需要采取防止堆垛倾覆的措施。

10.4.4 采用 FBE 防腐处理的波纹钢结构墙板，不宜阳光长时间直接照射，直接照射时间不宜超过一个月（昼夜合计）。

11 施工与安装

11.1 一般规定

11.1.1 施工单位应熟悉和审查施工图纸，及时进行图纸会审，对会审发现的图纸问题应严格按照相应程序报审，经相关单位确认后方可实施。

11.1.2 施工前应根据工程需要对施工区域进行相关的了解与调查。调查应包括下列内容：

- a) 现场地形、地貌、地下管线、地下构筑物、其他设施和障碍物情况；
- b) 工程用地、交通运输、施工便道及其他环境条件；
- c) 施工用电、给水、雨水、污水、动力及其他条件；
- d) 工程材料、施工机械、主要设备和特种物资情况；
- e) 地质情况、地表水水文资料，施工地区的冬、雨季情况；
- f) 与施工有关的其他情况和资料。

11.1.3 施工前应做好技术准备工作，编制施工组织设计、施工方案及专项施工方案，对于危险性较大的分部分项工程须按相关要求专家论证评审。

11.1.4 施工前应建立现场平面测量控制网，对测量控制点做好保护及定期监测工作。

11.1.5 需搭设支架进行钢结构管廊拼装施工时，相关施工操作需满足 JGJ80 相关规定。

11.1.6 在吊装过程中，施工人员严禁进入吊装区域、垂直作业下方等危险区域。且严禁向下或向上乱抛材料、工具和物件等。

11.2 地基基础工程

11.2.1 钢结构管廊施工和使用阶段均应按照现行国家标准《建筑地基基础设计规范》GB 50007 的规定进行检验与监测。

11.2.2 钢结构管廊基础下部的地基，其承载力应不小于 150 Kpa。

11.2.3 基坑开挖前进行测量放样，放样出管廊中心及纵横轴线，应考虑地基处理深度影响，保证一次放样到位。

11.2.4 钢结构管廊工程基底处于地下水位以下时，应在基坑开挖前预先采取降排水措施，必要时可在坑壁设置止水帷幕，施工过程中坑内水位应低于坑底 0.5 m 以上。

11.2.5 基坑开挖应按设计要求的尺寸及位置要求进行，避免超挖，基坑不得长期暴露，扰动或浸泡，并应及时检查基坑尺寸、高程、基底承载力。

11.2.6 在基础上设置厚度不小于 150mm 的混凝土垫层，混凝土标号不小于 C25。

11.2.7 在钢结构管廊拼装前应对地基及基础进行联合验收，满足设计要求后方可进行下一步工序。

11.3 廊体拼装工程

11.3.1 准备工作：

- a) 根据设计资料进行现场核对，熟悉相关规范、图纸，掌握钢结构管廊的设计与施工要点，制定科学合理的施工组织；
- b) 拼装前向施工班组及技术人员进行书面的技术、安全、环保交底；
- c) 备齐施工机具，并对其进行质量检查；
- d) 检查进场的每片波纹板的规格和外观质量，不符合设计要求和有缺损的不得使用；
- e) 检查钢结构管廊底部基础平整度、密实度、标高和预留拱度等的设置是否满足设计要求；
- f) 确定钢结构管廊安装的中心轴线、中点以及起始点位置并作标示，检查安装作业空间。

11.3.2 合理确定的组装顺序，制定相应施工方案，单舱可参照如下步骤：

- a) 在垫层上布设板片和管枕，吊装波纹钢底板，通过木板片调节底板标高，通过管枕稳固钢结构管廊底板，如图 11.3.2-1。

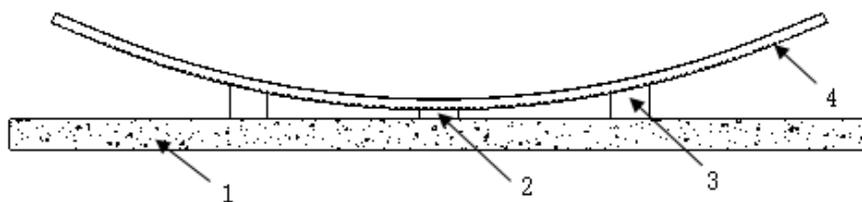


图 11.3.2-1

1—混凝土垫层；2—木板片；3—管枕；4—波纹钢结构墙板底板

- b) 在拼接面上布设密封垫，吊装侧拱板，采用刚性支撑稳固板片，栓接紧固拼接面螺栓，如图 11.3.2-2。

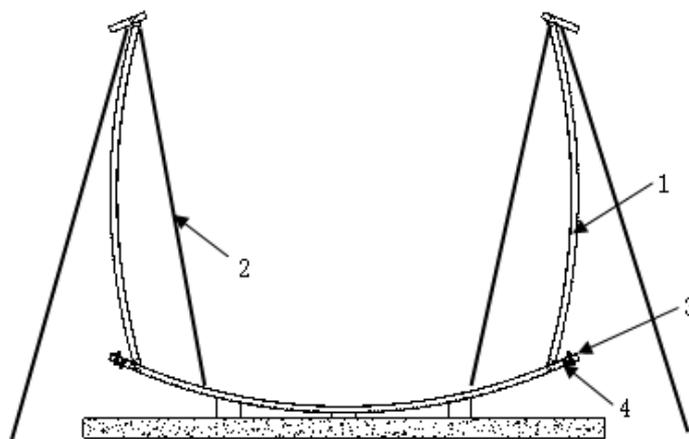


图 11.3.2-2

1—侧拱板；2—刚性支撑；3—密封垫；4—栓接连接

- c) 搭设脚手架，在拼接面上布设密封垫，吊装顶板，栓接紧固螺栓，如图 11.3.2-3。

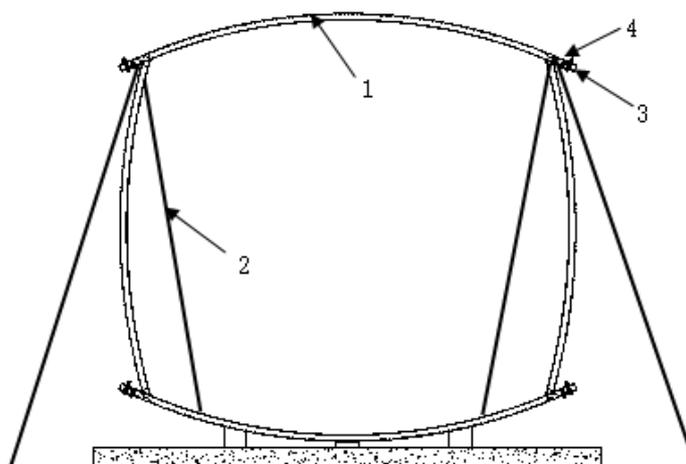


图 11.3.2-3

1—顶板；2—刚性支撑；3—密封垫；4—栓接连接

d) 在节间连接法兰上布设密封垫，依次吊装相邻下一节底板、侧板及顶板，栓接紧固环向接缝和纵向接缝的螺栓，直至阶段性完成钢结构墙板的拼装工程。

e) 按计划分步完成抗浮装置施工、钢结构管廊底部混凝土的充填、廊内排水管安装和廊内地坪施工，直至整个钢结构管廊廊体结构分部工程施工完成。

11.3.3 多舱钢结构管廊的施工，可按上述单舱钢结构管廊施工步骤1~4，完成单个舱室钢结构管廊的拼装，不同舱室各节段在基坑之外周围场地拼装成标准管节，采用整体吊装的方式将管节吊装到位，栓接各管节舱间锁紧装置，再分步按照本规程中11.3.2第e)项的步骤实施后续工序。

11.3.4 浇筑钢结构管廊底部以及多舱钢结构管廊的舱间缝隙混凝土时，必须分层浇筑。浇筑前，应按本规程8.6.8的相关规定设置抗施工上浮及抗施工偏移结构。第一次浇筑，采用轻质混凝土（强度不小于2.0MPa）或自流平混凝土，混凝土要淹没波纹钢结构墙板底板的波谷，待24小时后进行第二次混凝土浇筑。第二次浇筑宜采用自流平混凝土，标号不小于C20，混凝土要淹没钢结构管廊底部螺栓150mm以上，但不超过300mm，待24小时后，同步回填廊体两侧的回填土，并进行舱间缝隙上部以及底板和基础夹角处空隙的混凝土同步浇筑。底板和基础夹角处空隙的混凝土浇筑，利用在夹角处纵向设置的注浆管灌注，从端部打压充填完成。如图11.3.4。

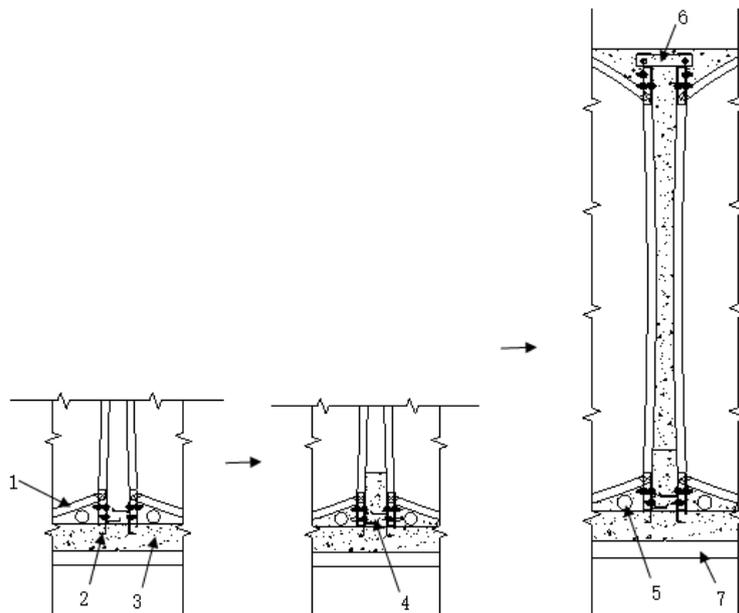


图 11.3.4 多舱舱间混凝土浇筑工序

1—波纹钢结构墙板底板；2—竖直向下的钢筋；3—首次浇筑的混凝土层；4—横向钢筋；
5—纵向设置的注浆管；6—舱间锁紧装置；7—混凝土垫层

11.3.5 每组装 10~20 米后应检查截面的形状、位置有无偏差，超出允许偏差应采取措施及时纠偏与调整。

11.3.6 组装完成后，应按设计图纸进行自检，自检合格后报监理检查验收。

11.4 防腐工程

11.4.1 钢结构管廊阴极保护防腐措施中所用的阳极包在施工中应符合以下要求：

- a) 在工程施工图纸规定的阳极包埋放处开挖阳极坑（如阳极包所设置位置因周边环境受限等因素不允许埋设，可在钢结构管廊顶板外部建立阳极包填土垫层并进行埋设）；
- b) 在使用前先将阳极包用清水浸泡 2 小时左右（或者置入阳极坑后往坑内注清水，使阳极包内的填包料完全浸透）。然后将充分浸透的阳极包缓缓的放入所设置的阳极坑内，安放阳极包过程中禁止用力拉拽电缆以防止电缆松动或脱落；
- c) 阳极包的电缆敷设时需保留一定长度余量，以适应回填土的沉降；
- d) 阳极包周围回填细土厚度不小于 20cm，充分浇水湿润并夯实细土；阳极包的电缆周围用细软沙土铺垫并覆盖。回填土中不应含有砖、石等杂物；
- e) 阳极包的电缆引出端采取铝热焊接的方式焊接在钢结构管廊顶板外表面（焊点处在焊接前需破除局部 FBE 防腐涂层并打磨光亮），待焊接完后焊点处用热熔胶片和补伤片进行补伤；

11.4.2 阳极包埋入地下 12 小时后进行保护电位测试，测试时用数字万用表的直流 20V 挡进行测量，测量保护电位（数字万用表读数）应为-0.85V 或更负。系统运行后半年开始第一次测试，以后至少每半年进行一次测试。检测结果整理归档，作永久性记录，测试方法采用现行国家标准《埋地钢质管道阴极保护参数测量方法》GB/T 21246。

11.5 回填工程

11.5.1 钢结构管廊回填时，基坑应满足如下要求：

- a) 基坑内的砖、石、木块等杂物应清理干净；
- b) 基坑内不得有积水；
- c) 保持降水排水系统正常运行，不得带水回填。

11.5.2 钢结构管廊两侧及顶部 50cm 以内的回填材料，宜选用轻质混凝土、级配碎石、粗砂、粉煤灰或其他密实度能达到 95%的土壤类回填材料，回填土中不得含有巨型卵石或岩

块，结构周围 300mm 范围内不得含有粒径超过 20mm 的石子。

11.5.3 钢结构管廊两侧的结构性回填，应保持对称均匀、分层摊铺、逐层压实，每层压实厚度宜为 150mm~200mm，压实度应达到设计要求，两侧回填高差不应大于 300mm。

11.5.4 钢结构管廊纵向应从中间向纵向两端分段回填，管廊两侧 0.6m 范围外可使用 18T 压路机碾压，0.6m 范围内应使用小型夯实机械夯实。

11.5.5 当回填到达钢结构管廊顶部，回填土厚度在 0.5m 以内时，不得使用大于 6T 的压实机械碾压，不允许施工机械通行或在钢结构管廊顶部堆放重物。

11.5.6 在回填压实过程中，钢结构管廊两侧面压实作业时压实机械应与钢结构管廊轴线平行行驶，上部压实作业时压实机械应与钢结构管廊轴线垂直行驶。

12 质量验收

12.1 一般规定

12.1.1 钢结构管廊工程应按现行国家标准《建筑工程施工质量验收统一标准》GB 50300 的规定进行单位、分部、分项和检验批的划分和质量验收。

12.1.2 钢结构管廊施工用的建筑材料、构件、配件、设备及器具均应按检验批进行进场验收。

12.1.3 钢结构管廊的钢结构工程应按国家现行标准《钢结构工程施工质量验收规范》GB 50205 的规定进行质量验收。

12.1.4 钢结构管廊的混凝土结构工程应按国家现行标准《混凝土结构施工质量验收规范》GB 50204 的规定进行质量验收。

12.1.5 钢结构管廊的防水工程应按国家现行标准《地下防水工程质量验收规范》GB 50208 的规定进行质量验收。

12.1.6 钢结构管廊主体结构分部工程质量应符合下列规定：

- a) 各分项工程质量均应符合合格质量标准；
- b) 质量控制资料 and 文件应完整；
- c) 有关安全及功能的检验和见证检测结果应符合合格质量标准的要求；
- d) 有关感官质量应符合合格质量标准的要求。

12.1.7 钢结构管廊工程应经过竣工验收合格后，方可投入使用。

12.2 基础工程

12.2.1 钢结构管廊基础施工及质量验收除符合本节规定外，尚应符合现行国家标准《建筑地基基础工程施工质量验收规范》GB 50202 的有关规定。

12.2.2 钢结构管廊基础处理应密实、无积水，地基承载力、压实度、纵断高程、轴线偏位以及宽度的检查数量、检查方法以及允许偏差应满足表 12.2.2 的要求。

表 12.2.2 钢结构管廊基础检查项目及要

序号	检查项目	规定值/允许偏差	检查数量与检查方法
1	承载力 (KPa)	≥设计值	每 10m 检查 2 点，采用重型触探仪检测
2	纵断高程 (mm)	±15	每 5m 检测 1 个断面，每断面左中右 3 点，采用水准仪测量
3	轴线偏位 (mm)	±20	每 5m 测 1 处，采用全站仪或拉线用钢尺量，取最大值
4	宽度 (mm)	设计要求分为， 0~-30	每 10m 抽检 1 个断面，采用仪器测量或钢尺量测

12.3 结构拼装工程

12.3.1 构管廊材质的化学成分、碳当量、拉伸性能、冲击吸收能量以及弯曲性能满足《低合金高强度结构钢》GB/T1591-2008 规范要求。

12.3.2 钢结构管廊安装外观质量应符合下列要求：

- a) 钢结构管廊整体顺直、无弯曲；
- b) 管壁不得有裂纹、凹陷、鼓包、划痕等缺陷；
- c) 法兰连接严密、平整；
- d) 涂层应无漏涂，且表面光滑、连续、均匀，无肉眼可见的空隙、裂缝、脱皮、破损等缺陷；
- e) 管壁无污染。

12.3.3 钢结构管廊结构尺寸及其允许偏差应符合表 12.3.3 的规定。

表 12.3.3 钢结构管廊结构尺寸及允许偏差

序号	检查项目	允许偏差	检查频率和方法
1	轴线偏位 (mm)	±20	每 5m 测 1 处，采用仪器或拉线用钢尺量，取最大值
2	结构底高程 (mm)	±15	仪器测量检查，每 20m 检测一次，每次最少 3 点

序号	检查项目	允许偏差	检查频率和方法
3	结构水平向 (%)	±1.5	尺量检查, 每 20m 检测一次, 量测值与设计值差值除设计值为偏差, 最少不得少于 10 组。
4	结构铅垂向 (%)	±1.5	尺量检查, 每 20m 检测一次, 量测值与设计值差值除设计值为偏差, 最少不得少于 10 组。
5	结构纵向总长度(mm)	-25~+100	尺量检查或仪器测定, 每道管廊必检
6	混凝土强度 (MPa)	≥设计值	每施工段的混凝土取样 1 次 (2 组试件) 测 28d 强度
7	螺栓拧紧力矩 (%)	±10	扭力扳手检测, 每节抽检 5%螺栓, 最少不得少于 10 点

注: 螺栓拧紧力矩

螺栓规格 (mm)	预紧力 Fv (KN)	拧紧力矩 Ma (N·m)
M12	50	80
M16	90	180
M20	120	270
M24	140	400

12.3.4 钢结构管廊用电缆支架应按现行国家标准《电气装置安装工程电缆线路施工及验收规范》GB 50168 的规定进行质量验收。

12.4 防水密封工程

12.4.1 密封材料的性能指标应符合本规范和《城市综合管廊工程技术规范》GB50838 的有关规定。

12.4.2 钢结构管廊密封检查及其允许偏差应符合表 12.4.2 的规定。

表 12.4.2 密封检查项目及允许偏差

序号	检查项目	允许偏差	检查方法与频率
1	密封外观	密封部位贴满	全部

12.5 防腐工程

12.5.1 钢结构管廊环氧粉末 FBE 涂层应无漏涂、鼓包、分层及脱落等外观缺陷。

12.5.2 钢结构管廊环氧粉末 FBE 涂层的性能参数应符合表 12.5.2 的规定。

表 12.5.2 环氧粉末 FBE 涂层的性能参数

序号	检查项目	允许偏差	检查方法和频率
1	涂层厚度	≥设计值	仪器测量检查, 每 20m 检测一次, 最少 3 点
2	涂层外观	涂层平整, 光滑, 允许有轻微桔皮。	目测
3	色差	目测相近	目测
4	附着力	0 级	划格法
5	冲击强度	≥50kg. cm	冲击试验

12.5.3 每平方米至少取两个测试区域, 对每个测试区域, 至少取均匀分布的三个测点, 对严重腐蚀环境, 宜取更多测点。测量结果应符合“85-15”规则, 即涂层的算术平均干膜厚度应不小于设计值, 85%测点应大于设计干膜厚度, 最小干膜厚度应不小于设计干膜厚度的 85%。

12.5.4 阴极保护设置应符合《埋地钢质管道阴极保护技术规范》GB/T 21448 的规定。

12.5.5 热浸镀锌所用的锌应为 GB/T470 规定的 1 号锌或 0 号锌, 锌层外观鉴定见表 12.5.5, 热浸镀锌层技术质量应符合表 9.4.1 的规定。

表 12.5.5 热浸镀锌外观鉴定要求

序号	项目	要求
1	切口	平直, 无明显锯齿状
2	颜色	表面色泽均匀、无明显缺损
3	整体外观	表面平整光滑、不允许出现凹陷和凸起印痕、无损伤、无破裂、无孔洞, 波形无明显变形
4	锌层	表面平滑、均匀、无滴瘤、无剥落、无漏镀、无残留的溶剂渣
5	机械划痕	不明显
6	端面错位	≤5mm
7	镀锌层附着性	镀锌层应与金属结合牢固, 经锤击实验不剥离, 不凸起。
8	外观质量	锌层应均匀完整、颜色一致, 无漏镀缺陷, 表面光滑。
9	锌层均匀性	锌层应均匀, 无金属铜的红色沉积物。
10	锌层耐盐雾性	耐盐雾性试验后, 基材不应出现腐蚀现象。

12.6 回填工程

12.6.1 钢结构管廊回填每层填料无超粒径，每层碾压应平整、密实。

12.6.2 钢结构管廊回填检查项目及允许偏差应符合表 12.6.2 的规定。

表 12.6.2 回填检查项目及允许偏差

序号	检查项目	允许偏差	检查方法与频次
1	压实度 (%) (绿化带下)	≥ 90	管廊两侧每侧按 50 延米/层检测 1 组 (3 点)，管廊顶面以上按 50 延米/层检测 1 组 (6 点)，采用灌砂法或环刀法检测。
	压实度 (%) (人行道、机动车道下)	≥ 95	
2	压实厚度 (mm)	≤ 200	管廊两侧每侧按 50 延米/层检测 1 组 (3 点)，管廊顶面以上按 50 延米/层检测 1 组 (6 点)，采用钢尺量。
3	压实宽度	符合设计要求	每 10m 测一处，采用钢尺或皮尺量测。
4	最小覆土厚度	\geq 设计值	每 10m 测一处，采用钢尺或皮尺量测。

13 管理与维护

13.1 建设管理

13.1.1 钢结构管廊工程建设应选择具备相应资质，并建立、健全安全管理体系和安全生产责任制的施工单位。

13.1.2 施工单位应建立、健全项目的质量管理体系，制定合理的质量管理制度及质量保证措施，落实质量管理责任制，确保施工质量。

13.1.3 人员出入口、逃生口、吊装口等管廊节点安装应协调配合廊体组装进度，确保廊体定位准确、稳定。

13.2 维护管理

13.2.1 钢结构管廊建成后，应由专业单位进行日常管理。

13.2.2 钢结构管廊的日常管理单位应建立、健全维护管理制度和工程维护档案，并应会同各专业管线单位编制管线维护管理办法、实施细则及应急预案。

13.2.3 钢结构管廊的日常管理单位应定期检测并记录廊体变形、沉降以及连接高强度螺栓预紧力情况；出现变形、沉降、锈蚀或螺栓预紧力超标时，应立即联系设计单位进行诊断及制定处理方案。

13.2.4 城市其他建设工程施工需要搬迁、改建钢结构管廊设施时，应报经城市建设主管部门批准后方可实施。

13.2.5 钢结构管廊属于重要构筑物，临近工程施工时，其施工方案应报有关部门备案，并应通过对管廊安全性影响的评估。

13.2.6 钢结构管廊中心线地面上，应设置安全警示标志。

13.2.7 钢结构管廊内的各专业管线单位应配合综合管廊日常管理单位工作，确保综合管廊及管线的安全运营。

13.2.8 各专业管线单位应编制所属管线的年度维护、维修计划，并应报送钢结构管廊日常管理单位，经协调后统一安排管线的维修时间。

13.2.9 在钢结构管廊内进行管线安装、维护等工作时严禁损坏管廊本体结构。

13.2.10 钢结构管廊内实行动火作业时，应采取防火措施。

13.2.11 对钢结构管廊结构本体的排水沟，每年清理疏通不应少于2次。

13.2.12 钢结构管廊的巡视、维护人员应采取防护措施，并应配备相应的防护设备。

13.2.13 钢结构管廊投入运营后，应定期评定，对钢结构管廊本体、附属设施、内部管线设施的运行状况应进行安全评估，并应及时处理安全隐患。

13.2.14 防腐层应按《钢质管道及储罐腐蚀评价标准第1部分：埋地钢质管道外腐蚀直接评价》SY/T 0087.1有关规定对防腐层进行检查，记录应清晰、简明。

13.2.15 腐蚀控制必要性的记录主要包括：

- a) 腐蚀泄漏、断裂和管廊更换记录；
- b) 当埋地管廊暴露时，观察到的钢结构管廊及防腐层的状况；
- c) 与设计、施工相关的记录；
- d) 与腐蚀控制维护管理相关的记录；
- e) 调查、检测和试验的记录宜保存一定期限。

13.2.16 牺牲阳极系统投运后，应开展以下工作内容：

- a) 所有牺牲阳极与管道连接后，应确保其正常工作，存在偏差时，应查找原因并采取措

- b) 可通过在回路中串接可变电阻, 调整牺牲阳极的输出电流;
- c) 测量每组牺牲阳极的输出电流;
- d) 测量管道通电电位。

13.2.17 对于钢结构管廊的腐蚀缺陷应进行评估, 根据评估结果确定修复措施并及时修复。可按《埋地钢质管道外防腐层保温层修复技术规范》SY/T 5918 的有关规定对防腐层的进行修复。

13.2.18 产生的各种废气、废水及废渣等物质, 应按国家、地方环境保护的现行有关标准进行无公害处理或处置。

13.3 资料管理

13.3.1 钢结构管廊的建设、运营维护过程中, 档案资料的存放、保管应符合国家现行标准的有关规定。

13.3.2 钢结构管廊建设期间的档案资料应由建设单位负责收集、整理、归档。建设单位应及时移交相关资料。运营维护期间的档案资料, 应由钢结构管廊日常管理单位负责收集、整理、归档。

13.3.3 钢结构管廊廊体的变形、下沉等检测数据及处理措施相关设施进行维修及改造后, 应将维修和改造的技术资料应进行整理、存档。

13.3.4 钢结构管廊变形、沉降以及连接高强度螺栓预紧力情况的检测、处理资料应进行整理、存档。

附录 A
规格选型表

附录 B

地面车辆荷载对综合管廊顶的作用标准值的计算方法

B.1 地面车辆荷载对综合管廊上的作用，包括地面行驶的各种车辆，其载重等级、规格型式应根据地面运行要求确定。地面行驶的车辆荷载的载重、车轮布局、运行排列等规定，应按现行标准《城市桥梁设计规范》CJJ11、《公路桥涵设计通用规范》JTJD60 采用。

B.2 地面车辆荷载传递到埋地综合管廊顶部的竖向压力标准值，可按下列方法确定：

a) 单个轮压传递到综合管廊顶部的竖向压力标准值可按下列式计算（图 B.2-1）：

$$\sigma_L = \frac{\mu_d \cdot Q_{vi,k}}{(a_i + 1.4H)(b_i + 1.4H)} \quad (\text{B.2-1})$$

式中：

σ_L ——轮压传递到管顶处的竖向压力标准值（ kN/m^2 ）；

$Q_{vi,k}$ ——车辆的 i 个车轮承担的单轮压标准值（ kN ）；

a_i —— i 个车轮的着地分布长度（ m ）；

b_i —— i 个车轮的着地分布宽度（ m ）；

H ——地面至管顶的深度（ m ）；

μ_d ——车辆的动力系数，可按表 B.2 采用。

表 B.2 动力系数取值 μ_d 表

地面至管廊顶深度 H (m)	0.25	0.30	0.40	0.50	0.60	≥ 0.70
动力系数 μ_d	1.30	1.25	1.20	1.15	1.05	1.00

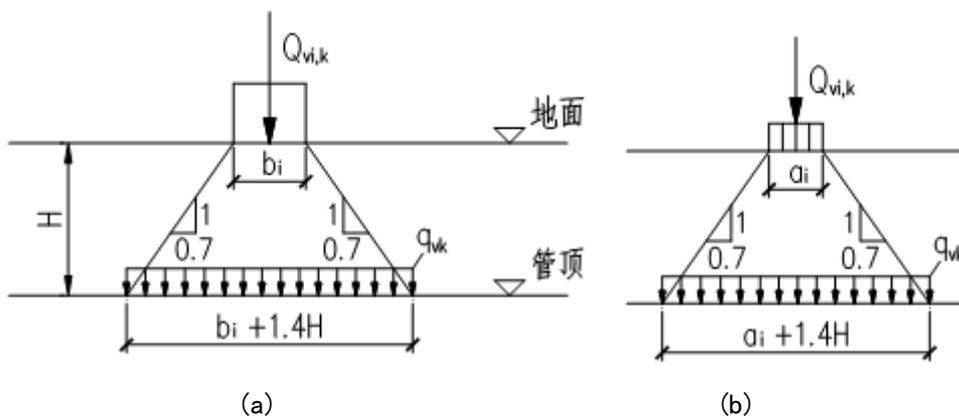


图 B.2-1 单个轮压的传递分布图

(a) 顺轮胎着地宽度的分布；(b) 顺轮胎着地长度的分布

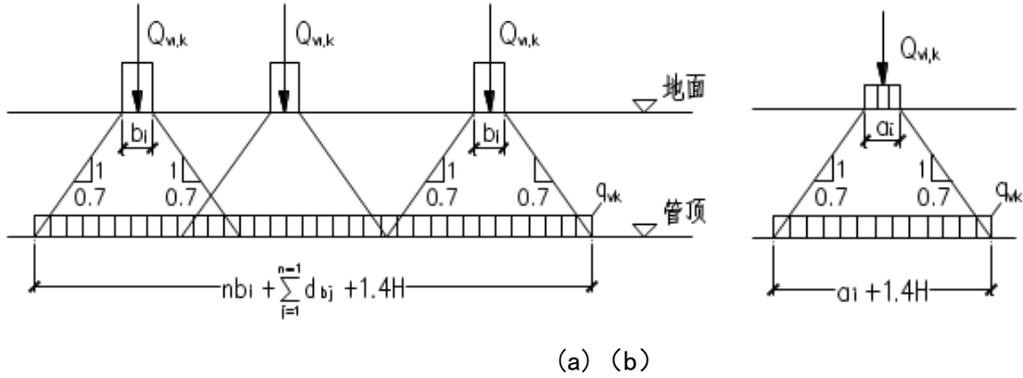


图 B. 2-2 两个以上单排轮压综合影响的传递分布图
 (a) 顺轮胎着地宽度的分布；(b) 顺轮胎着地长度的分布

b) 两个以上单排轮压综合影响传递到综合管廊顶部的竖向压力标准值，可按下式计算（图 B. 2-2）：

$$\sigma_L = \frac{\mu_d \cdot nQ_{vi,k}}{(a_i + 1.4H) (nb_i + \sum_{j=1}^{n-1} d_{bj} + 1.4H)} \quad (B. 2-2)$$

式中：

n ——轮胎的总数量；

d_{bj} ——沿车轮着地分布宽度方向，相邻两个车轮间的净距（m）。

c) 多排轮压综合影响传递到综合管廊顶部的竖向压力标准值，可按下式计算：

$$\sigma_L = \frac{\mu_d \cdot \sum_{i=1}^n Q_{vi,k}}{(\sum_{i=1}^{m_a} a_i + \sum_{j=1}^{m_a-1} d_{aj} + 1.4H) (\sum_{i=1}^{m_b} b_i + \sum_{j=1}^{m_b-1} d_{bj} + 1.4H)} \quad (B. 2-3)$$

式中：

m_a ——沿车轮着地分布宽度方向的车轮排数；

m_b ——沿车轮着地分布长度方向的车轮排数；

d_{bj} ——沿车轮着地分布长度方向，相邻两个车轮间的净距（m）。

附录 C

条款表述所用的助动词

- C.1 为便于在执行本规程条文时区别对待，对要求严格程度不同的用词说明如下：
- a) 表示很严格，非这样做不可的：
正面词采用“必须”；反面词采用“严禁”；
 - b) 表示严格，在正常情况下均应这样做的：
正面词采用“应”；反面词采用“不应”或“不得”；
 - c) 表示允许稍有选择，在条件许可时首先应这样做的：
正面词采用“宜”；反面词采用“不宜”；
 - d) 表示有选择，在一定条件下可以这样做的，采用“可”。
- C.2 条文中指明应按其他有关标准、规范执行时的写法为：“应按……执行”或“应符合……的规定（或要求）”。

附录 D

自律公约

为了促使本规程在国家基础建设工程中能发挥应有的作用，确保本规程得到准确及健康的应用，促进本规程中的技术得到大力的推广和发展，保证使用本规程的工程质量得到严格控制，根据新的《中华人民共和国标准法》及 2019 年中国国家标准化管理委员会和中华人民共和国民政部共同发布的《团体标准管理规定》中的相关要求，制定本自律公约。

（以下是自律公约正文）

中国工程建设标准化协会标准

钢结构管廊工程技术规程

CECS ×××:2020

条文说明

制定说明

本规范在制定过程中，进行了大量的调查研究和总结，同时参考了国家标准和先进国外规范，通过大量实验和实际工程应用，取得了本次规范制定的重要技术参数。

为了便于有关人员在使用本规程时能正确理解和执行条文规定，编制组按章、节、条顺序编制了本规程的条文说明，对条文规定的目的、依据以及执行中需要注意的有关事项进行了说明。但是，本条文说明不具备与规程正文同等的法律效力，仅供使用者作为理解和把握条文规定的参考。

目 次

前言.....	V
引言.....	VI
1 总则.....	1
2 规范性引用文件.....	1
3 术语和符号.....	3
3.1 术语.....	3
3.2 符号.....	6
4 基本规定.....	7
4.1 一般规定.....	7
4.2 结构或构件变形的规定.....	8
5 材料.....	9
5.1 主体材料.....	9
5.2 配套材料.....	11
6 结构上的作用.....	12
6.1 一般规定.....	12
6.2 荷载.....	13
6.3 地震作用.....	13
6.4 荷载组合.....	13
7 总体设计.....	14
7.1 一般规定.....	14
7.2 空间设计.....	15
7.3 断面设计.....	15
7.4 节点设计.....	17
8 结构设计.....	18
8.1 一般规定.....	18
8.2 计算方法.....	19
8.3 连接与节点设计.....	23
8.4 地震作用设计.....	26

8.5	基础设计	26
8.6	构造要求	26
8.7	密封设计	37
9	防腐设计	42
9.1	一般规定	42
9.2	热熔结环氧粉末 FBE 涂层防腐	42
9.3	阴极保护	45
9.4	热浸镀锌防腐	45
10	制作与运输	46
10.1	一般规定	46
10.2	构件制作	46
10.3	构件检验	47
10.4	吊运、堆放、防护及运输	47
11	施工与安装	48
11.1	一般规定	48
11.2	地基基础工程	49
11.3	廊体拼装工程	49
11.4	防腐工程	52
11.5	回填工程	52
12	质量验收	53
12.1	一般规定	53
12.2	基础工程	54
12.3	结构拼装工程	54
12.4	防水密封工程	55
12.5	防腐工程	55
12.6	回填工程	57
13	管理与维护	57
13.1	建设管理	57
13.2	维护管理	57

13.3 资料管理.....	59
附录 A.....	60
附录 B.....	61
附录 C.....	63
附录 D.....	64
条文说明.....	65

1 总则

1.1 随着国内城市化进程的加快，既有市政管网体系压力与日俱增，城市环境亟待改善，地下综合管廊可以较好的解决城市发展中的这一难题。

钢结构管廊由波纹钢板拼装构成，铺设在城市地下用于集中敷设电力、通信、给水、排水、热力、燃气等市政管线的公共空间结构，具有工期短、重量轻、安装方便、耐久性好、工业化程度高、工厂造价低、抗变形能力强、养护成本低等优点。尤其适合软土地基地带，可节省大量资金，具有明显的经济效益。

钢结构管廊从全寿命周期考虑：工期短、效率高、低消耗，与现有结构形式相比，是一种符合产业化生产方式的结构形式，它可以实现设计的标准化，构配件生产的工厂化，产品供应的社会化，施工的机械化和装配化，市场消费的系列化，而且钢结构抗震性能非常好，有利于环保。

为规范钢结构管廊的设计与施工，制定本规程。

1.2 钢结构管廊在我国正处于起步阶段，一般情况下多为新建的工程，但有部分地下人防工程和既有老旧市政管网根据功能的改变，需要改建和扩建为钢结构管廊。

3 术语和符号

3.1 术语

3.1.5 干线钢结构管廊一般设置于机动车道或道路中央下方，主要连接原站与支线综合管廊。其一般不直接服务于沿线地区。干线综合管廊内主要容纳的管线为高压电力电缆、信息主干电缆和光缆、给水主干管道、热力主干管道等，有时结合地形也将排水管道容纳在内。干线钢结构管廊的特点主要为：

- a) 稳定、大流量的运输；
- b) 高度的安全性；
- c) 紧凑的内部结构；
- d) 可直接供给到稳定使用的大型用户；
- e) 一般需要专用的设备。

3.1.6 支线钢结构管廊主要用于将各种管线从干线综合管廊分配、输送至各直接用户。其一般设置在道路的两旁，容纳直接服务于沿线地区的各种管线。支线钢结构管廊的

特点主要为：

- a) 有效（内部空间）截面较小；
- b) 结构简单，施工方便；
- c) 设备多为常用定型设备；
- d) 一般不直接服务于大型设备。

3.1.7 缆线钢结构管廊一般设置在道路的人行道下面，其埋深较浅。

4 基本规定

4.1.1 钢结构管廊建设实施应以规划为指导，保证综合管廊的系统性，提高综合管廊效益，应根据规划确定综合管廊断面和位置，综合考虑施工方式和周边构筑物的安全距离，预留相应的地下空间，保证后续建设项目实施。

4.1.2 城市工程管线是指用于服务人民生产生活的市政常规管线，包括给水、雨水、污水、再生水、天然气、热力、电力、通信等，这些市政管线应因地制宜纳入钢结构管廊，各类工业管线不属于本规范规定的范围。

4.1.3 钢结构管廊工程建设可以做到“统一规划、统一建设、统一管理”，减少道路重复开挖的频率，集约利用地下空间。传统直埋管线因反复开挖路面对道路交通影响较大，地下空间存在多种利用形式，道路下方空间紧张，地上地下高强度开发，地下管线敷设标准要求较高的地段，以及对地下基础设施的高负荷利用的区域，适宜建设钢结构管廊。

4.1.4 城市新区应高标准规划建设钢结构管廊，新区主干路往往也是地下管线设施的重要通道，宜采用综合管廊的方式。综合管廊与新区主干道路同步建设可大大减少建设难度和投资。

4.1.5 为确保综合管廊内各管线安全运行，纳入综合管廊内的管线均应根据管线运行特点和进入综合管廊后的特殊要求进行管线专项设计，管线专线设计应符合本规范和相关专业规范的技术规定。

4.1.10 该疏导法耐火设计已经通过足尺火灾试验验证。

5 材料

5.1 主要材料

5.1.1 本条提出了合理选用钢材应综合考虑的基本要素。荷载特征即静荷载、直接动荷载或地震作用，应力状态要考虑是否为疲劳应力、残余应力，连接方法要考虑焊接还是螺栓连接，钢材厚度对于其强度、韧性、抗层状撕裂性能均有较大的影响，工作环境包

括温度、湿度及环境腐蚀性能。

5.1.2 结构用钢板、型钢等产品的尺寸规格、外形、重量和允许偏差应符合相关的现行国家标准的规定，但当前钢结构材料市场的产品厚度负偏差现象普遍，因此必要时可附加要求，限定厚度负偏差。

7 总体设计

7.1 一般规定

7.1.2 钢结构管廊一般在道路的规划红线范围以内建设，综合管廊的平面线形应符合道路的平面线形。当综合管廊从道路的一侧折转到另一侧时，往往会对其他的地下管线和构筑物建设造成影响，因而尽可能避免从道路一侧转到另一侧。

7.1.5 钢结构管廊内的管线为沿线地块服务，应根据规划要求预留管线引出节点。综合管廊建设的目的之一就是避免道路的开挖，在有些工程建设当中，虽然建设了综合管廊，但由于未能考虑到其他配套的设施同步建设，在道路路面施工完成后再建设，往往又会产生多次开挖路面或人行道的不良影响，因而要求综合管廊分支口预埋管线，实施管线工作井的土建工程。

7.2 空间设计

7.2.1、7.2.2 当管线进入综合管廊或引出综合管廊时，由于敷设方式的不同以及钢结构管廊与道路结构不同，容易产生不均匀沉降，进而对管线运行安全产生影响。设计时应采取措施避免差异沉降对管线的影响。在管线进出管廊部位，尚应做好防水措施，避免地下水渗入综合管廊。

7.4 节点设计

7.4.2 钢结构管廊人员出入口、逃生口应设置爬梯，便于维护人员进出。

7.4.3 由于综合管廊内空间较小，管道运输距离不宜过大，根据各类管线安装敷设运输要求，综合确定吊装口间距不宜大于400m。吊装口的尺寸应根据各类管道（管节）及设备尺寸确定，一般刚性管道按照6m长度考虑，电力电缆需考虑其入廊时的转弯半径要求，有检修车进出的吊装口尺寸应结合检修车的尺寸确定。

7.4.5 为了避免天然气管道舱室内正常排风和事故排风中的天然气气体进入其他舱室，并可能聚集引起危险，作出水平间距10m规定，并且为了避免天然气泄漏后，进入其他舱室，天然气舱的各口部及集水坑等应与其他舱室的口部及集水坑分隔设置，并在适当位置设置明显的表示提醒相关人员注意。

8 结构设计

8.1 一般规定

8.1.1、8.1.2 钢结构管廊结构设计应对承载能力极限状态和正常使用极限状态进行设计计算

- a) 承载能力极限状态：对应于管廊结构达到最大承载能力，管廊主体结构或连接构件因材料强度被超过而破坏；管廊结构应过量变形而不能继续承载或丧失稳定；管廊结构作为刚体失去平衡（横向滑移、上浮）
- b) 正常使用极限状态：对应于管廊结构符合正常使用或耐久性能的某项规定限值；影响正常使用的变形量限值；影响耐久性能的控制开裂或局部裂缝宽度限值等。

8.1.3 近年以来城市道路、桥梁为代表的城市生命线工程，结构设计使用年限均提高到 100 年或更高年限的标准。综合管廊作为城市生命线工程，同样需要把结构设计年限提高到 100 年

8.1.6 根据国家标准《建筑结构可靠度设计统一标准》GB 50068-2001 第 1.0.8 条规定，建筑结构设计时，应根据结构破坏可能产生的后果（危及人的性命、造成经济损失、产生社会影响等）的严重性，采用不同的安全等级。综合管廊内容纳的管线为电力、给水等城市生命线，破坏后产生的经济损失和社会影响都比较严重，故确定综合管廊的安全等级为一级。

8.1.8 钢结构管廊为预制结构，其纵向节段的尺寸及重量不应过大，在构件设计阶段应考虑到节段在吊装、运输过程中受到车辆、设备、安全、交通等因素的制约，并根据限制条件综合确定。

9 防腐设计

9.1 一般规定

9.1.1 针对钢结构管廊，本条款给出了推荐防腐方式。

9.1.2 对于埋地式钢结构管廊，外侧主要为土壤腐蚀，内侧主要为大气腐蚀、水腐蚀。结构的腐蚀与介质的性质、含量以及环境相对湿度有关。

9.2 涂层防腐

9.2.6、9.2.7 环氧涂层防腐的耐久性要靠优良的综合性能保证。主要包括涂层的下列性能：

- a) 机械性能，如：粘结强度、抗冲击强度和耐磨性等；

b) 抗介质侵蚀性能，包括吸水增重率，湿附着力（涂层脱落）和抗阴极剥离性能等；

c) 涂层的完整性，包括涂层孔隙率和涂层漏点等微观缺陷。

9.4 镀锌防腐

9.4.1 热镀锌层防腐时间的长短大致与锌层厚度成正比。一般厚度人热镀锌构件在正常工作条件下应没有剥落和起皮现象。镀锌后再进行弯曲和变形加工产生的锌层剥落和起皮现象不表示锌层附着力不好。

11 施工与安装

11.1 一般规定

11.1.2 钢结构管廊一般建设在城市的中心地区，同时涉及的线长面广，施工组织和管理的难度大。为了保证施工的顺利，应当对施工现场、地下管线和构筑物等进行详尽的调查，并了解施工临时用水、用电的供给情况。

11.3 廊体拼装工程

11.3.4 该工序的目的是避免结构上浮和胀模。

11.4 防腐工程

11.4.2 满足该条款参数要求，即表明钢结构管廊处于保护状态。

13 管理与维护

13.2 维护管理

13.2.1 钢结构管廊容纳的城市工程管线为城市的生命线，管理的专业性强，应有专业物业管理单位管理和维护。

13.2.13 钢结构管廊作为城市的重要基础设施，应进行定期检测评定，建立相关指标，确保综合管廊本体、入廊管线以及监控、通风、照明等系统运行安全，并为管线单位的维护管理提供参考。

13.3 资料管理

13.3.2 钢结构管廊建设模式多样，无论是由政府直接负责建设或由其他机构代为建设，在建设过程中形成的档案资料应完整移交给管理单位。