



自动化集装箱码头综合管沟断面设计

李彬，柴治国，钟良生，杨苑霖

(中交第四航务工程勘察设计院有限公司，广东广州 510290)

摘要：自动化集装箱码头水电管线众多，而港区传统管线埋地敷设的方式存在着占用港区用地、维护不便、抗不均匀沉降差等特点，无法适应自动化集装箱码头自动化、无人化、集约化的管线敷设要求。通过分析港区综合管沟与城市综合管廊的区别，结合广州港南沙四期码头工程、钦州港自动化集装箱码头工程等综合管沟的应用情况，提出港口工程常用综合管沟的断面形式。结果表明，适用于港口工程综合管沟的主要断面形式为方便开启的单舱结构形式，该形式对一般港区、工业园区、城中村改造等管线较多、用地受限的区域也有较强的适应性。

关键词：自动化集装箱；综合管沟；断面设计

中图分类号：U 656.1+35

文献标志码：A

文章编号：1002-4972(2022)10-0154-05

Design of utility tunnel section in automated container terminals

LI Bin, CHAI Zhi-guo, ZHONG Liang-sheng, YANG Yuan-lin

(CCCC-FHDI Engineering Co., Ltd., Guangzhou 510290, China)

Abstract: Automated container terminals possess many water and electricity pipelines, and traditional pipeline laying method of port cannot satisfy automatic, unmanned and intensive demands of the pipeline laying in automated container terminals due to occupying large port areas, inconvenient maintenance, poor resistance to uneven settlement, etc. By analyzing the differences between utility tunnel in the port area and utility tunnel in the city area, we put forward the utility tunnel design sections in automated container terminals combining the application of the utility tunnel in the Nansha phase IV project of Guangzhou Port and automated container terminal project of Qinzhous Port. The results show that the single cabin structure form is convenient to open, which is the most applicable section form to the utility tunnel in the port engineering. This form also has strong adaptability to the areas with many pipelines and limited land use, such as general port areas, industrial zones, urban village reconstruction, etc.

Keywords: automated container terminal; utility tunnel; section design

随着人工智能、5G通信技术、北斗导航系统、物联网等最新科技与港口工程的深度融合，自动化集装箱码头技术日趋成熟，不断在我国码头建设中得以应用和发展。自动化集装箱码头具有管线众多、后期维护要求高等特点，故对港区综合管线敷设方式提出更高的要求，但目前港口工程综合管线建设水平基本上还停留在传统埋地敷设的状况。传统管线埋地敷设存在占地大、抗不均匀沉降差、维护管理不便、各类管线重复开

挖不经济等问题，已无法满足自动化集装箱码头众多管线的敷设要求，亟需一种适用于自动化码头的新型综合管线敷设方式即综合管沟。

港口工程综合管沟为可容纳服务于港区两类及以上管线的构筑物，其主要特征为带可开启盖板、无覆土或少覆土、内部无需满足人员正常通行要求、多为单舱结构、管沟断面灵活、无下料口、通风和消防设施等附属设施^[1]。相对于传统管线埋地的敷设方式，综合管沟具有集约用地、

抗不均匀沉降、方便运营维护等显著优点, 可以有效解决自动化集装箱码头的管线敷设问题。

1 港口工程综合管沟设计存在的问题

《海港总体设计规范》^[2]提出沿同一路由的主干管线数量较多或距离较长时, 可采用综合管沟敷设, 通信电缆管线与高压输电电缆管线须分开设置、燃气管线与电力电缆须分开设置。而《城市综合管廊工程技术规范》^[3]要求 110 kV 及以上电力电缆不应与通信电缆同侧布置。而港区电缆多为 35 kV 及以下, 按此规范理解, 港区电力电缆与通信电缆可共沟、同侧布置。

《河港总体设计规范》^[4]提出当条件具备时, 可采用综合管沟的方式, 并明确热力管线不得与电力、通信管线共沟, 可能互相产生危害的

管线不应共沟。其中未提及综合管沟断面的具体要求。

《城市综合管廊工程技术规范》提出城市综合管廊按建设规模分为干线综合管廊、支线综合管廊和缆线管廊, 相较于干线、支线综合管廊, 港区综合管沟具有入沟管线少、舱室少、断面小、投资省等优点, 常见城市综合管廊与港区综合管沟的对比见表 1。而结构简单、造价相对较低的缆线管廊仅用于电力电缆和通信电缆的敷设, 功能单一, 无法满足港区给排水管线、电力管线、通信管线等管线的敷设要求。《城市综合管廊工程技术规范》未对公称直径 400 mm 以下口径的管线予以区分, 而港口工程给水管线管径较小, 公称直径一般小于 400 mm, 不能有效指导港口工程小口径给水管线的断面布置。

表 1 城市综合管廊与港口工程综合管沟对比

形式	断面面积/m ²	舱室数量/个	入廊(沟)管线特点	覆土深度	电缆电压等级
常见城市综合管廊	20~50	2~4	入廊管线较多, 热力管道及燃气管道入廊时需要设置独立舱室	较深	较高, 一般高于 35 kV
港口工程综合管沟	0.3~10	1	入沟管线较少, 一般没有燃气管道及热力管道	较浅或无覆土	低, 一般低于 35 kV
形式	可开启盖板及检修方式	检修通道设置	排水方式	火灾危险性	投资/(万元·延米 ⁻¹)
常见城市综合管廊	无, 间隔设置检修口、吊装口等, 为地下检修	两侧布管, 通道宽度不小于 1.0 m; 单侧布管, 通道宽度不小于 0.9 m	排水泵强排	一般	5~15 ^[5]
港口工程综合管沟	有, 可地面检修	与沟深有关	沟深浅, 多为重力流, 局部强排	较小	0.5~1.5

2 入沟管线分析

港口工程管线有给水管、再生水管、消防水管、电力电缆、通信电缆、压力排水管、重力流雨水管、重力流污水管等, 北方港区还会有热力管线, 由市政供给港区燃气的还会有燃气管线。一般情况下, 给水管、再生水管、消防水管、通信电缆、电力电缆进入综合管沟技术难度较小, 这些管线可以同舱敷设, 压力流排水管与给水管相似, 可优先安排进入综合管廊内。

鉴于部分港区用地紧张, 而重力流雨水管线管径较大, 可利用综合管廊结构本体排除雨水, 在设置独立的雨水舱结构及排水坡度, 并采取防止雨水倒灌或渗漏至其他舱室的措施后, 雨水可以考虑入沟。

天然气管、重力流雨水管、重力流污水管、热力管道进入综合管廊须满足相关安全规定, 天然气管道及热力管道不得与电力管线同舱敷设, 且天然气管道应单舱敷设。若天然气管道及热力管道入廊, 均须单舱敷设, 将大幅增加综合管沟的投资, 且港区天然气及热力管道一般直径较小、数量不多, 可采用明敷或直埋敷设。因此, 港区综合管沟一般不考虑热力管道、燃气管道入沟。

港口工程重力流污水管线一般集中于辅建区, 污水管道多为重力流, 受充满度、坡度和上下游管线高程的制约, 同时污水管线在运行中管内会产生硫化氢、甲烷等有毒有害气体, 散发恶臭气味, 为后期的管沟运营维护带来诸多安全风险, 且辅建区多为绿化带、人行道, 方便重力污水管

线敷设。因此,港区综合管沟一般不考虑重力流污水管线入沟。

综上,港口工程入沟管线一般为给水管、再生水管、消防水管、通信电缆、电力电缆、压力污水管,特殊情况下雨水可入沟。

3 综合管沟设计要点

3.1 断面布置原则

由于国内尚没有港口工程综合管沟的相关规范,对于综合管沟的断面布置可参考电缆沟、电缆隧道及缆线管沟的相关要求,而管沟内给水管线布置与室内管道布置类似,可参考室内管线架空安装方式:

1)综合管沟的断面形式根据入沟管线的种类、数量、预留空间等综合确定,并应满足管线安装、检修、维护作业所需的空间要求。

2)港区电力电缆与通信电缆可共沟、同侧布置;同侧布置时,高压电力电缆宜布置在下方,通信电缆布置于上方。

3)热力管线不得与电力、通信管线共沟。

4)电力电缆的支架间距应符合《电力工程电缆设计标准》^[6]的有关要求。

5)给水管线布置可参考《室内管道支架及吊架》^[7]关于沿墙安装管道托架的相关要求,上下两层管道间距应满足阀门安装、操作空间要求。

6)综合管沟须设置排水设施。

3.2 断面设计

3.2.1 标准断面

综合管沟标准断面见图 1。

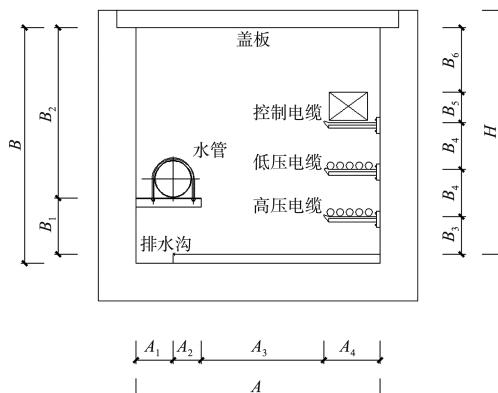


图 1 综合管沟标准断面

3.2.2 管沟通道

参考电缆隧道、电缆沟等的净空要求,可将综合管沟进行分类,综合管沟类型划分及通道净尺寸见表 2。

表 2 综合管沟通道的净尺寸

综合管沟类型	综合管沟深度 H/mm	通道宽度 A_3/mm
微型	≤ 600	-
小型	$600 < H \leq 1\,000$	≥ 500
中型	$1\,000 < H \leq 1\,900$	$\geq 1\,000$
大型	$H > 1\,900$	$\geq 1\,000$

根据《电力工程电缆设计标准》的条文解释,沟深小于 600 mm 的浅沟设置通道主要是为了安装电缆支架,并非用于通道。因此,不对浅沟的通道宽度做要求,但管沟净宽不小于 300 mm。

3.2.3 水管布置

根据管道安装、维护、阀门安装及操作要求,公称直径在 400 mm 以下水管安装的空间尺寸见表 3。

表 3 不同管道管径安装间距要求

管道公称直径/mm	水管支架与沟底距离 B_1/mm	水管支架与顶部距离 B_2/mm	水管中心与侧边距离 A_1/mm	水管中心与外沿距离 A_2/mm
≤ 100	≥ 100	≥ 500	≥ 200	≥ 150
150	≥ 200	≥ 600	≥ 200	≥ 200
200	≥ 200	≥ 700	≥ 250	≥ 250
250	≥ 300	≥ 800	≥ 300	≥ 250
300	≥ 300	≥ 900	≥ 350	≥ 300
350	≥ 300	$\geq 1\,000$	≥ 400	≥ 350

3.2.4 电力、通信管线布置

最下层线缆支架与沟底的距离不小于 100 mm,即 B_3 为 100 mm。港区供电电压一般为 35 kV 以下,两层明敷电力电缆支架层间距见表 4。

表 4 明敷电缆不同电压等级安装间距要求

电压等级及电缆类型	支架层间距 B_4/mm
6 kV 以下	≥ 150
6~10 kV,交联聚乙烯	≥ 200
35 kV,单芯	≥ 250
35 kV,3 芯	≥ 300

通信电缆一般采用槽盒敷设, 两层通信电缆槽盒支架间距可按槽盒高度增加 100 mm 计。线缆支架长度根据线缆数量确定, 一般不超过 600 mm。综合管沟其他各参数的选取可参考表 5。

表 5 明敷电缆不同电压等级安装间距要求

电缆支架与 沟底距离 B_3/mm	控制电缆 槽盒高度 B_5/mm	控制电缆槽盒 与顶部距离 B_6/mm	线缆支架 长度 A_4/mm
≥ 100	≤ 150	≥ 100	≤ 600

通过以上方法, 根据入沟管线数量、管径等基本可确定综合管沟断面。

3.3 排水

综合管沟须设置排水设施, 鉴于港区综合管沟深度较浅, 而港区雨水管线较深, 末端雨水出口可深 4~5 m, 管沟排水可通过间隔设置排水管将沟内积水排至港区雨水管, 并在排水管末端设置防倒灌器, 防止港区雨水倒灌进入管沟内。

当管沟周边排水管深度不足时, 可设置强排设置, 间隔设置积水坑收集沟内积水, 提升至港区雨水管网。

4 综合管沟应用实例

广州港南沙港区四期码头工程(简称“四期工程”)、钦州港大榄坪南作业区 9#、10#泊位工程(简称“钦州工程”)均为自动化集装箱码头, 港区管线数量较多, 自动化作业水平较高, 对后期管网维护要求高, 而传统埋管敷设方式无法满足要求, 通过在港区设置综合管沟, 解决了工程中遇到的问题, 达到了设计目标。

在四期工程中, 辅建区位于工程南侧, 码头区及堆场区位于北侧, 中心变电所、供水加压站、中控室等均位于辅建区, 从辅建区至码头区、堆场区的线缆、管线较多, 且需要预留一定的远期发展空间, 故采用大型的综合管沟。为防止地面雨水进入, 堆场箱区的管沟顶面突出地面, 箱区管沟断面见图 2。

在四期工程中, 综合管沟过路段采用浅埋, 浅埋段长度约 50 m, 过路段管沟断面见图 3。

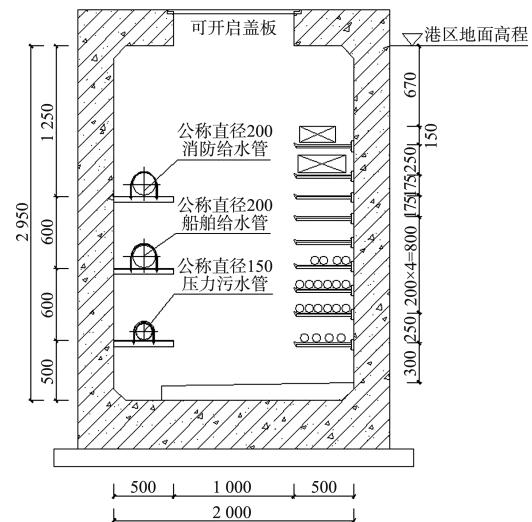


图 2 大堆场箱型综合管沟断面 (单位: mm)

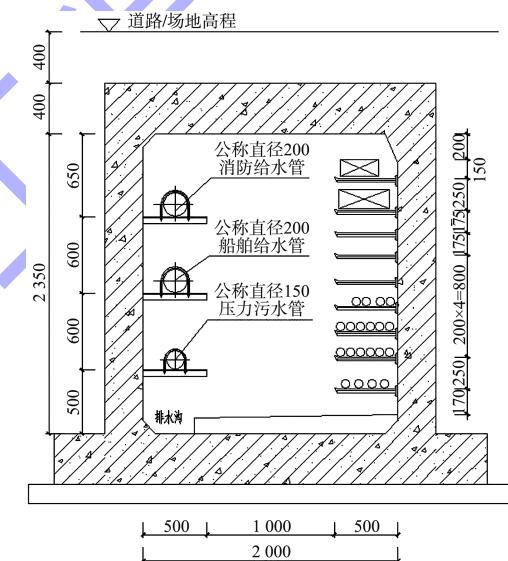


图 3 过路段大型综合管沟断面 (单位: mm)

在四期工程中, 平行于码头后方堆场的线缆数量相对较少, 只有 1 根给水管, 故采用中型综合管沟, 其断面布置见图 4。

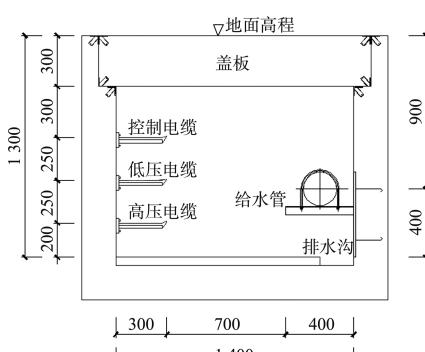


图 4 中型综合管沟断面 (单位: mm)

在钦州工程中,自动化集装箱堆场采用 U 形布置,轨道边距离道路仅有 1.5 m,采用传统的埋管方式位置不足,考虑设置微型综合管沟,其断面布置见图 5。

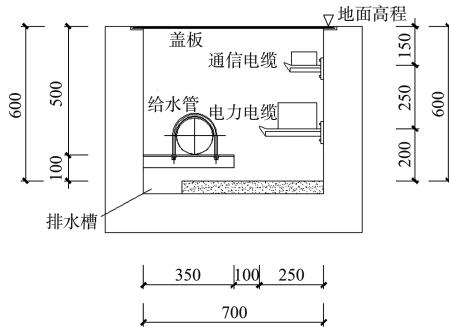


图 5 微型综合管沟断面(单位: mm)

5 结语

1) 自动化集装箱码头用电设备较多,电力及通信电缆较常规港区增加较多,且近年来环保要求越来越高,对自动化集装箱码头的船舶污水、清洁压载水的收集也提出了要求,故港区给排水管线也增加较多。相对于管线传统埋地敷设,综合管沟具有集约用地、管线容量大、抗不均匀沉降、运营维护方便等诸多优点,可以有效解决自动化集装箱码头管线多、运营维护要求高等问题。

2) 通过分析综合管沟的特点,根据入沟管线的类别、数量,提出适用于港区的综合管沟断面尺寸的相关建议。结果表明,方便开启的单舱管沟断面适用于多个自动化集装箱码头。

3) 综合管沟不应仅局限于自动化集装箱港区,对于常规港区、工业园区、城中村改造等管线较

(上接第 142 页)

3) 对于大型重力式集装箱码头而言,方沉箱结构相比大圆筒结构受力具有明显优势。码头结构选型应考虑工程造价、施工工艺、工期及结构受力等因素综合比选确定。

参考文献:

- [1] 徐烈毅. 大型沉箱与坐床式圆筒码头案例的造价分析与方案优化[J]. 中国港湾建设, 2010(4): 35-38, 43.
- [2] 杨文. 重力式码头结构设计比选分析[J]. 珠江水运,

多、用地受限区域也具有较大的适用性,在采取可靠的雨水防倒灌措施下,可考虑将雨水入沟,将雨水管涵设置在管沟下方,用地更集约,性价比更高。

4) 目前国内尚无综合管沟的相关规范,对综合管沟在港口工程中的推广应用有一定的局限性,建议相关部门尽快组织开展综合管沟的相关研究、标准立项等工作,以期对其推广提供相关依据。

参考文献:

- [1] 朱安邦, 王灿, 刘应明, 等. 城中村浅埋式复合型缆线管廊规划与设计要点[J]. 中国给水排水, 2019, 35(16): 68-72.
- [2] 中交水运规划设计院有限公司, 中交第一航务工程勘察设计院有限公司. 海港总体设计规范: JTS 165—2013 [S]. 北京: 人民交通出版社, 2014.
- [3] 上海市政工程设计研究总院(集团)有限公司, 同济大学. 城市综合管廊工程技术规范: GB 50838—2015[S]. 北京: 中国计划出版社, 2015.
- [4] 中交第二航务工程勘察设计院有限公司. 河港总体设计规范: JTS 166—2020[S]. 北京: 人民交通出版社股份有限公司, 2020.
- [5] 上海市政工程设计研究总院(集团)有限公司. 城市综合管廊工程投资估算指标(试行): ZYA1-12(10)—2015[S]. 北京: 中国计划出版社, 2015.
- [6] 中国电力企业联合会, 中国电力工程顾问集团西南电力设计院有限公司. 电力工程电缆设计标准: GB 50217—2018[S]. 北京: 中国计划出版社, 2018.
- [7] 中国有色工程设计研究院. 室内管道支架及吊架: 03S402[S]. 北京: 中国计划出版社, 2003.

(本文编辑 王璁)

2013(13): 28-30.

- [3] 郭梦圆, 覃杰, 陈良志. 带卸荷板的大圆筒结构受力特性分析[J]. 水运工程, 2022(4): 44-48, 145.
- [4] 祝成. 基床式大直径薄壁圆筒结构受力机理与弹簧元数值模拟[D]. 天津: 天津大学, 2006.
- [5] 中交第一航务工程勘察设计院有限公司, 中交第三航务工程勘察设计院有限公司, 中交第四航务工程局有限公司. 码头结构设计规范: JTS167—2018[S]. 北京: 人民交通出版社股份有限公司, 2018.

(本文编辑 王传瑜)