

综合管沟技术在港口工程中的应用

邓林锋

广州港工程设计院有限公司 广东 广州 510700

摘要: 综合管沟技术作为一种集约化的基础设施建设模式,在港口工程中具有显著的应用价值。本文围绕该技术在港口工程中的实践展开研究,系统阐述了综合管沟的技术概述,重点分析设计要点与施工要点。同时指出其应用面临建设成本高、设计标准不统一、运维管理难度大及设施协调等挑战,并从优化设计、成本控制、标准完善、运维提升及设施协调五方面提出应对策略,为提升港口工程基础设施的系统性、可靠性及可持续性提供参考。

关键词: 综合管沟技术;港口工程;应用

引言: 随着港口工程的规模化与智能化发展,传统分散式管线敷设方式面临空间利用率低、维护成本高、安全隐患突出等问题。综合管沟技术通过集中敷设各类管线,可有效整合港口陆域空间资源,提升基础设施的集成化管理水平。然而,港口特殊的水文地质条件、复杂的工程界面及重载交通环境,对综合管沟的设计、施工及运维提出了更高要求。目前,该技术在港口工程中的应用仍处于探索阶段,存在标准体系不完善、成本效益失衡等现实挑战。

1 综合管沟技术概述

综合管沟,又称共同沟,是一种将电力、通信、给排水、燃气等各类市政管线集中敷设在同一地下空间内的集约化基础设施模式。其核心特征是通过统一规划、设计、建设和管理,实现管线的集中布置与协同运维,避免传统分散敷设导致的“马路拉链”“空中蜘蛛网”等问题。在港口工程中,综合管沟技术的应用可结合港口陆域布局特点,将生产作业区、辅助功能区的管线系统整合于地下管沟内,形成标准化、模块化的管线路网络。该技术不仅能提升港口土地资源利用率,减少管线维护对港口作业的干扰,还可通过智能化监控系统实现管线状态的实时监测,增强港口基础设施的安全性与可靠性。此外,港口综合管沟常需适应高盐雾、重载交通等特殊环境,在结构耐久性、防水防潮等方面有更高技术要求,其建设模式对推动港口工程的绿色化、智慧化发展具有重要意义^[1]。

2 综合管沟技术在港口工程中的应用要点

2.1 设计要点

2.1.1 管线选择与敷设方式

港口工程涉及电力、通信、给排水、燃油、燃气等多种管线,在综合管沟设计中,需依据港口功能定位和作业需求,筛选适宜纳入管沟的管线类型。例如,易燃

易爆的燃气、燃油管线需单独舱室敷设,避免与电力、通信管线混布引发安全隐患;给排水管线则应考虑坡度设计,确保排水顺畅。同时,要结合管线的维护频率、荷载要求,合理规划敷设层次与间距,采用支架、吊架等固定方式,保障管线运行稳定性。此外,还需预留一定空间,满足未来管线扩容需求,增强综合管沟的适用性与前瞻性。

2.1.2 横断面设计

综合管沟横断面设计需综合考量纳入管线的种类、数量、尺寸,以及人员通行、设备检修等空间需求。根据管线特性,可采用单舱、双舱或多舱结构,如将电力与通信管线分舱设置,减少电磁干扰;将给排水与热力管线组合布置,便于保温与排水设计。断面尺寸应满足管线安装、检修操作所需空间,同时考虑结构受力与经济性,优化壁厚与支撑形式。此外,还需设置合理的通风、照明、消防等设施空间,保障管沟内作业环境安全,通过精细化设计,实现空间利用效率与功能需求的平衡。

2.1.3 附属工程设计

附属工程是保障综合管沟正常运行的关键组成部分。通风系统设计需根据管沟长度、空间容积及管线特性,合理布置排风口、送风口,确保空气流通,防止有害气体积聚;照明系统采用防爆、防潮灯具,满足检修人员作业光照需求,并配备应急照明设备应对突发状况。消防系统则需结合管线类型,选择适宜的灭火方式,如气体灭火、水喷雾灭火等,同时设置火灾报警装置,实现火情的快速响应。此外,还需完善排水系统,通过设置集水坑、排水沟与排水泵,及时排除管沟内积水,避免管线受浸泡损坏,提升综合管沟运行的安全性与可靠性。

2.1.4 节点处理

综合管沟节点处（如交叉、分支、进出线部位）是结构与管线连接的薄弱环节，需重点设计处理。在交叉节点，要合理规划各舱室的空间交叉形式，避免管线冲突，通过设置过渡段实现不同舱室的平滑衔接；分支节点则需预留接口，方便后续管线接入，同时做好接口处的防水密封，防止渗漏。进出线节点需考虑管线与外部设施的连接便利性，采用柔性连接方式减少沉降影响，并对穿墙部位进行防火、防水封堵。此外，还需加强节点部位的结构配筋与防水处理，增强节点的承载能力与耐久性，确保综合管沟整体系统的稳定运行。

2.2 施工要点

2.2.1 施工准备

施工准备阶段需全方位统筹规划。首先，组织专业团队对施工图纸进行会审，明确设计意图与技术要求，结合港口现场地形、地质勘察报告，制定详细的施工方案，重点考虑潮汐、风浪等海洋环境对施工的影响。其次，做好材料与设备筹备，严格把控钢筋、混凝土、防水材料等质量，确保其满足港口高腐蚀、高荷载环境需求；配备挖掘机、起重机、振捣设备等施工机械，并提前调试运行。同时，开展施工人员技术交底与安全培训，明确各工序操作规范，设置安全警示标识，建立应急预案，为施工安全与质量奠定基础。

2.2.2 土方开挖与地基处理

土方开挖需遵循分层分段、对称均衡原则，根据管沟深度与地质条件，合理选择放坡开挖或支护开挖方式，采用全站仪等设备实时监测边坡稳定性，防止塌方事故。开挖过程中，需预留基底保护层，采用人工开挖至设计标高，避免扰动原土。地基处理是施工的关键环节，针对港口软土地基，可采用换填法、强夯法或桩基加固，增强地基承载力与抗沉降能力。处理后需通过静载试验、压实度检测等手段，确保地基各项指标符合设计要求，为后续结构施工提供稳定基础。

2.2.3 管沟结构施工

管沟结构施工以混凝土浇筑为主，需严格控制模板安装精度，保证结构尺寸与平整度，采用防水性能优异的模板材料与密封胶条，防止漏浆。钢筋绑扎过程中，严格按照设计要求控制间距、连接方式，加强结构关键部位配筋。混凝土浇筑宜采用连续作业，分层振捣密实，避免出现蜂窝、麻面等缺陷，针对港口昼夜温差大的特点，需做好混凝土养护，采用覆盖土工布、洒水或喷涂养护剂等措施，延长养护周期，确保混凝土强度增长。同时，施工缝、变形缝处需设置止水带，增强结构防水性能，保障管沟长期使用安全。

2.2.4 管线安装与调试

管线安装前，需对管沟内部进行清理，检查支架、吊架安装位置与牢固性。按照设计要求，遵循“先大管后小管、先高压后低压”原则有序安装各类管线，确保管线间距、坡度符合规范，采用补偿器、柔性接头等处理热胀冷缩与沉降变形问题。安装完成后，对电力、通信管线进行绝缘测试、信号传输测试；对给排水、燃气管道开展压力试验、严密性试验，及时排查渗漏、堵塞等问题。调试过程中，联动测试通风、消防、监控等附属系统，确保各系统协同运行，满足设计功能需求。

2.2.5 回填与压实

回填施工直接影响管沟结构安全与地面使用功能。回填材料需选用透水性好、压实性能优的砂土、石屑等，严禁使用淤泥、腐殖土等不合格材料。回填应在管沟两侧对称进行，分层摊铺，每层厚度控制在20-30cm，采用小型夯实机械或人工夯实，大型机械需远离管沟结构，避免破坏。压实过程中，严格控制压实度，每层回填后采用环刀法、灌砂法等进行密实度检测，确保达到设计要求。回填至设计标高后，对地面进行平整修复，恢复港口正常作业环境，保障综合管沟与周边设施的协调性。

3 综合管沟技术在港口工程应用中面临的挑战

3.1 建设成本高昂

综合管沟在港口工程中的建设成本显著高于传统管线敷设方式。首先，需一次性投入大量资金用于土方开挖、地基处理及结构施工，尤其是港口复杂地质条件下，如软土地基加固、防腐蚀结构设计等额外增加成本。其次，其集约化设计要求配备通风、消防、监控等附属系统，进一步推高造价。此外，施工过程中受潮汐、风浪等海洋环境影响，需采取特殊防护措施保障施工安全，增加临时设施投入^[2]。

3.2 设计标准不统一

目前，综合管沟在港口工程应用中缺乏统一且针对性强的设计标准。现有规范多针对市政工程，难以完全适配港口高荷载、高腐蚀、重载交通等特殊需求。不同地区、不同项目对管线纳入种类、舱室划分、断面尺寸等设计参数存在差异，导致设计方案缺乏通用性与规范性。例如，部分港口电力与通信管线间距设计未充分考虑电磁干扰，给排水管线坡度设计未结合港口地形特点，易引发运行隐患。

3.3 运维管理难度大

港口综合管沟的运维管理面临诸多难题。由于其内部集成多种类型管线，涉及电力、通信、给排水等多个

管理部门,职责划分不明确易导致协调困难,出现问题时相互推诿。同时,管沟内部环境复杂,高湿度、有害气体积聚等条件对巡检人员安全构成威胁,且空间狭窄不利于大型检修设备进入,人工巡检效率低、风险高。此外,部分港口缺乏智能化运维系统,难以对管线运行状态进行实时监测,无法及时发现渗漏、老化等隐患。

3.4 与其他工程设施的协调问题

港口工程设施布局复杂,综合管沟与码头、堆场、道路等其他工程设施协调难度大。在空间上,管沟建设需与码头桩基、堆场地基处理等基础工程进行避让与衔接,若前期规划不足,易出现空间冲突,影响结构安全与使用功能。施工过程中,管沟施工与港口其他工程交叉作业频繁,土方开挖、材料运输等环节易相互干扰,导致工期延误。此外,后期运营阶段,综合管沟检修作业可能影响港口正常生产作业,如开挖检修可能中断道路通行、影响堆场装卸,如何平衡设施功能与运营需求,成为综合管沟与港口其他设施协调的关键难题。

4 综合管沟技术在港口工程应用的策略

4.1 优化设计方案

在设计阶段,需结合港口实际需求进行精细化设计。通过运用BIM技术对综合管沟与周边设施进行三维建模与碰撞检测,优化管线布局与舱室划分,减少空间冲突;针对港口特殊环境,加强结构防腐、防潮、抗震设计,提高耐久性。同时,合理规划管线敷设方式与预留空间,平衡近期需求与远期扩容,避免过度设计。此外,整合通风、消防、监控等附属系统,采用一体化集成设计,在满足功能需求的前提下降低空间占用与成本投入,提升设计方案的科学性与实用性。

4.2 加强成本控制

为降低综合管沟建设成本,可从全生命周期进行把控。前期设计阶段,通过多方案比选优化结构形式与施工工艺,采用装配式施工技术减少现场作业时间与人工成本;施工过程中,合理安排施工顺序,利用港口施工淡季开展作业,降低潮汐、风浪等环境因素导致的防护成本与工期延误风险。同时,建立严格的材料采购与管理机制,集中采购大宗材料,控制损耗率。

4.3 完善标准规范

需加快制定适用于港口工程的综合管沟专项标准规范。参考市政工程相关标准,结合港口高荷载、重载交通、海洋腐蚀等特性,明确管线纳入范围、舱室设计、结构安全等技术要求,统一设计参数与验收标准。同

时,鼓励行业协会、科研机构与企业联合开展技术研究,定期更新规范内容,增强标准的适应性与前瞻性。此外,建立标准化设计图集与施工指南,为设计与施工提供清晰的技术指导,减少因标准不统一导致的沟通成本与质量隐患。

4.4 提升运维管理水平

提升运维管理需强化智能化与协同化。构建智慧运维平台,集成物联网、传感器等技术,对管沟内温湿度、有害气体浓度、管线运行状态进行实时监测与预警,实现故障快速定位与处置。明确各管理部门职责,建立跨部门协同运维机制,通过定期联席会议解决职责交叉问题。同时,研发适用于管沟狭小空间的智能巡检机器人,替代人工巡检,降低安全风险。此外,制定差异化的管线维护计划,利用大数据分析优化维护周期,降低运维成本,提高管理效率。

4.5 加强与其他工程设施的协调

在规划阶段,需建立多专业协同机制,将综合管沟纳入港口总体规划,与码头、堆场、道路等设施同步设计、同步施工。运用GIS技术整合港口工程地理信息数据,提前规划管沟走向与节点位置,避免与其他设施基础冲突。施工过程中,制定详细的交叉作业方案,合理安排施工时序,采用分区域、分阶段施工减少相互干扰。运营阶段,建立检修备案制度,提前评估检修作业对港口生产的影响,制定应急预案,平衡设施维护需求与港口运营效率,保障各工程设施协同运行^[3]。

结束语

综合管沟技术作为港口工程基础设施升级的重要方向,在提升空间利用率、保障管线安全等方面展现出显著优势。尽管当前面临成本、标准、运维等挑战,但通过优化设计、完善规范、强化协同等策略,可有效推动其在港口场景中的落地应用。未来,随着智能化技术的深度融合与标准体系的健全,综合管沟将进一步提升港口工程的系统性与可持续性,助力港口向集约化、智慧化方向转型,成为现代港口建设与运营的关键支撑技术。

参考文献

- [1]王锋.综合管沟在市政管线规划中的应用[J].住宅与房地产,2021(24):240.
- [2]苏天宝.论综合管沟在市政管网规划中的应用[J].中国新技术新产品,2021(05):120-121.
- [3]康殿旭.探索综合管沟在市政管网规划中的应用[J].中国新技术新产品,2022(19):145.