

管道基础工程施工技术在市政工程施工中的应用

贝静

210921*****4044

摘要: 市政管道系统是城市基础设施的“生命线”，其安全稳定运行直接关系到城市排水、供水、电力通信及能源输送等核心功能。管道基础工程作为管道系统的承载与防护结构，其施工质量决定了整个管道工程的耐久性与安全性。本文聚焦于市政工程中的管道基础施工技术，首先概述市政管道工程的特点与要求，进而系统阐述管道基础的设计方案，包括基础类型选择与沟槽回填设计。文章重点分析了管道基础施工中的关键技术环节，涵盖沟槽开挖、钢板桩支护、软土地基处理（以抛石挤淤为例）、基础加固及施工排水等核心工艺，探讨其在保障管道轴线精度、控制地面沉降、应对复杂地质条件和提升施工效率方面的应用价值。最后，总结现有技术特点并展望精细化、智能化施工的发展趋势，以为同类工程的施工实践与技术优化提供参考。

关键词: 市政工程；管道基础；施工技术；沟槽支护；地基处理；施工排水

DOI: 10.69979/3060-8767.26.03.051

引言

随着我国城市化进程不断加快，市政基础设施建设的规模与复杂性日益提升。管道工程作为地下隐蔽工程的重要组成部分，其施工质量直接影响到城市功能的正常发挥与公共安全。管道基础是介于管道主体与地基土体之间的关键传力结构，承担着均匀分布管道荷载、抵抗不均匀沉降、隔离地下水腐蚀以及保持管道长期稳定运行的重要职能。尤其在市政环境中，施工场地常受限于既有建筑、密集管线及交通干道，地质条件多变（如软弱土层、高水位等），对管道基础工程的勘察、设计与施工提出了极高要求。传统的施工方法在面临复杂工况时，常出现基坑坍塌、管道位移、接口渗漏及路面沉降等病害。因此，系统研究并科学应用先进的管道基础施工技术，强化过程控制，对于提升市政管道工程的整体质量、延长使用寿命及降低维护成本具有突出的现实意义。本文旨在结合市政工程实际，对管道基础工程的设计方案与关键施工技术进行梳理与分析，以促进相关技术的规范应用与持续改进。

1 市政工程概况

市政工程中的管道系统通常涵盖雨水、污水、给水、燃气、热力以及电力通信套管等多种类型，其布设常沿城市道路下方延伸，形成纵横交错的地下网络。这类工程普遍具有以下特点：一是线性分布，施工区域狭长，作业面受限，且需穿越不同的地质单元与既有设施区域；二是环境敏感，施工常紧邻建筑物、交通干线及地下管线，对开挖支护、沉降振动及噪音控制要求严格；三是

水文地质条件复杂，城市地层常含杂填土、淤泥质软土，且地下水位较高，对基础稳定性构成威胁；四是社会影响大，施工需兼顾市民出行、环境保护与城市正常运转，要求工期紧凑、文明施工水平高。管道基础工程需根据管道材质、管径、埋深、设计荷载（包括土压力、地面活载及水压力）以及勘察报告揭示的土层性质、地下水条件进行针对性设计。任何环节的疏忽都可能引发管道变形、接口破坏、路面塌陷乃至系统性运行故障，因此必须将管道基础工程提升到关乎整体工程成败的关键地位予以高度重视。

2 管道基础工程设计方案

科学合理的设计方案是管道基础工程成功的基石。设计方案需在详细勘察的基础上，综合考虑力学安全、环境影响、经济合理及施工可行性。

2.1 市政工程管道基础

市政管道基础类型主要根据地基承载力、管道性质及外部荷载确定。常见形式包括：（1）土弧基础：适用于土质均匀、承载力较好的稳定地层。通过将管底土层夯实形成弧形支承，使管体与地基紧密接触，荷载均匀分布。需严格控制弧槽的几何尺寸与压实度。（2）砂石基础：广泛应用于各种管材，尤其对于柔性管道（如HDPE管）更为重要。采用级配良好的中粗砂或碎石填充管底及两侧，提供均匀支撑与良好的排水性能。其设计关键在于砂石材料的质量、压实层厚度与压实度。（3）混凝土基础：主要用于地质条件差、荷载大或对管道轴线要求极高的场合，如软弱土层中的大型排水管、顶管

工程工作井及接收井部位。分为条形基础、全包封基础等,能有效防止不均匀沉降,但造价较高、施工周期较长。设计需进行混凝土强度、配筋及基础尺寸的详细计算。(4) 桩基础:当浅层土质极差、存在深厚软土或需严格控制沉降时采用,如桥梁衔接段、重要建构筑物附近的管道。通过桩体将管道荷载传递至深层稳定地层。设计方案必须基于岩土工程详细勘察报告,进行承载力与变形验算,并明确基础类型、材料规格、构造尺寸及施工质量控制指标。

2.2 市政工程管槽基础回填

沟槽回填不仅是恢复地面的工序,更是管道基础-土体共同工作体系的重要组成部分。不合格的回填极易导致管道位移、接口拉裂、路面沉陷。回填设计需分层分区进行:管底腋角区域是支撑管道的要害部位,必须采用中粗砂、碎石等易压实且透水性好的材料,人工或小型机械仔细夯实,确保与管壁紧密接触。管道两侧及管顶以上一定范围内(通常管顶0.5m内)为关键回填区,严禁含有冻土、有机物、大块石等杂物,宜采用符合要求的砂性土或改良土,分层对称回填,每层虚铺厚度视压实机具而定(通常20-30cm),压实度须达到设计规范的高标准要求(如 $\geq 95\%$)。管顶以上至地面部分为一般回填区,可选用符合要求的开挖土,但同样需分层压实,满足路基或地面恢复的设计要求。设计文件应明确规定回填材料的分区使用、分层厚度、压实机具及压实度检测标准。

3 市政工程管道基础施工技术

精准的施工技术是将设计方案转化为实体质量的根本保证。以下就关键施工环节进行阐述。

3.1 开挖管道基础沟槽

沟槽开挖是首要环节,其精度直接影响后续工序。施工前需根据设计图纸精确测量放线,标出开挖边线与控制点。开挖方式根据现场条件分为明挖开槽与非开挖技术(如顶管、定向钻),此处主要讨论明挖。开挖方法有机被开挖(如反铲挖掘机)和人工辅助。开挖过程中必须严格控制槽底高程,防止超挖。当机械开挖至槽底以上约20cm时,应预留保护层,由人工清底至设计标高,以保持地基原状土结构。若发生超挖,不得随意用虚土回填,需根据情况采用砂石料或低标号混凝土回填夯实。开挖边坡坡度需根据土质、开挖深度及周边荷载按设计或规范放坡,确保边坡稳定^[1]。在狭窄或

受限场地,则需采用垂直开挖结合支护的方案。开挖出的土方应按规定位置堆放,距槽边距离需满足安全要求,防止边坡超载失稳。

同时,沟槽开挖过程中还需实时监测边坡的稳定性,特别是在软土地层或地下水位较高的区域,应配备专人进行巡查,观察是否出现裂缝、滑坡等迹象。对于有地下水影响的沟槽,需提前做好降水措施,可采用轻型井点、集水井排水等方法,确保槽底干燥,避免基底土被水浸泡而降低承载力。此外,沟槽开挖完成后,应及时组织验槽工作,邀请设计、勘察、监理等单位共同检查槽底土质是否与勘察报告一致,轴线、高程是否符合设计要求,经确认合格后方可进入下道工序,以从源头上保障管道基础施工的质量。

3.2 管道钢板桩支护

在土质松散、开挖深度较大、紧邻建筑物或地下管线等不具备放坡条件的区段,必须采用基坑支护措施。钢板桩支护因其强度高、止水性好、施工快捷、可重复利用,在市政管道沟槽支护中应用广泛。常用类型有拉森式U型、Z型钢板桩。施工流程包括:首先根据设计选择桩型、长度,计算入土深度(需满足抗倾覆、抗隆起要求);然后使用振动锤或静压设备将钢板桩逐片或成组打入土中,确保桩体垂直、咬合紧密,形成连续封闭的支护墙;对于深度较大的沟槽,还需设置内支撑体系(如钢围檩、对撑或角撑),以控制桩体变形^[2]。施工中需加强监测,密切观察桩顶位移、地面沉降及周边建筑情况。支护结构的拆除应在管道安装、回填完成后,按从下至上的顺序进行,拔桩时宜采用注浆等措施回填空隙,减少对周边土体的二次扰动。

3.3 抛石挤淤

在遇到流塑状淤泥、淤泥质土等软弱地基时,常规方法难以满足承载力要求,需进行地基处理。抛石挤淤是一种传统而有效的浅层软基处理技术。其原理是通过向软土中抛填强度高、透水性好的片石或块石,依靠自重挤开并置换部分淤泥,形成坚硬的持力层。施工时,先从处理区域的一侧或中部开始,将符合规格的石料(粒径一般不小于30cm)逐层抛填,使用重型压路机或强夯设备进行碾压或夯击,迫使石料下沉挤淤,直至达到设计标高且沉降稳定为止。在石料层顶部,通常需铺设一层级配碎石或砂砾石找平层,作为管道基础的垫层。此法施工简单、工期短、成本相对较低,适用于软土层厚度一般不超过3-4米且排水条件尚可的情况。施

工关键是控制抛石的顺序、速率和碾压质量,并做好排水,以加速淤泥的固结排出。

3.4 基础处理

在完成地基处理或开挖至设计标高后,需立即进行管道基础施工。对于砂石基础,应严格按照设计厚度分层铺设砂石料,每层洒水湿润后用平板振动器或小型压路机仔细压实,并用环刀法或灌砂法检测压实度。对于混凝土基础,施工包括:在验收合格的基槽底支设模板,绑扎钢筋(若设计有),然后浇筑混凝土^[3]。混凝土浇筑应连续进行,振捣密实,防止出现蜂窝麻面。浇筑后及时覆盖养护,达到规定强度后方可进行管道安装。施工中需精确控制基础顶面标高、宽度及平整度,确保管道安装后的设计坡度和接口质量。对于柔性管道,砂石基础的弧形槽成型质量至关重要,需使用专用弧形样板控制。

施工前需对砂石材料进行严格筛选,确保其级配符合设计要求,含泥量、有机质含量等指标均需在规定允许范围内。铺设过程中,应采用人工配合机械的方式进行摊铺,保证砂石层表面平整。对于混凝土基础,模板安装必须牢固,接缝严密,防止漏浆,其轴线、标高及截面尺寸需经复核无误后方可固定。钢筋绑扎时,要确保钢筋的规格、数量、间距及保护层厚度符合设计图纸,绑扎点应牢固可靠,避免浇筑过程中发生位移^[4]。混凝土的配合比需通过试验确定,严格控制水灰比和坍落度,浇筑时采用插入式振捣棒振捣,振捣时间以混凝土表面出现浮浆、不再下沉为宜,同时要注意避免过振导致混凝土离析。养护期间,需根据天气情况采取覆盖保湿或洒水养护等措施,保持混凝土表面湿润,养护时间不少于7天,对于掺加外加剂或有特殊要求的混凝土,养护时间应适当延长。在基础施工的全过程中,需做好施工记录,包括材料检验报告、压实度检测数据、混凝土试块强度报告等,确保每一道工序都符合质量标准,为后续管道安装奠定坚实基础。

3.5 排水处理

地下水位是影响管道基础施工质量与安全的核心因素之一。施工期间必须有效控制地下水,保持作业面干燥。常用的排水方法包括:明排水法,即在沟槽底部

一侧或两侧开挖排水沟和集水井,用水泵将地下水排出坑外。此法适用于土质较好、水量不大的情况。井点降水法,对于砂性土、粉土等渗透系数较大的地层,或地下水位高、水量丰富的情况,明排水效率低且易引发流砂、管涌,此时需采用井点降水。轻型井点、喷射井点或管井井点等系统,通过真空或深泵抽吸,在开挖前预先将地下水位降至槽底以下至少0.5米,并能持续维持至回填完成。降水方案需根据水文地质计算确定,施工中监测水位变化,并注意降水可能引起的周边地面沉降,必要时采取回灌措施。此外,地表水也需防范,应在沟槽顶部边缘设置截水沟,防止雨水流入槽内。

4 结语

管道基础工程作为市政管道系统的根基,其技术的科学应用直接决定了工程的百年大计。从精准的勘察设计到严谨的施工实施,每一个环节都不可或缺。当前,市政管道基础施工技术已形成一套包含沟槽开挖与支护、软基处理、基础构筑与施工排水在内的相对成熟的体系。这些技术在应对复杂城市环境、不良地质条件及高标准质量要求方面发挥着至关重要的作用。随着新材料、新工艺、新设备的发展,例如智能化监测技术、绿色环保支护材料、高效地基加固方法等的融入,管道基础施工正朝着更加精细化、信息化、节能环保的方向演进。未来,工程人员需在扎实掌握传统核心技术的基础上,积极拥抱技术创新,强化全过程质量控制与风险管理,尤其注重对周边环境的保护,方能建造出更加安全、耐久、可靠的市政管道基础设施,为城市的健康运行与可持续发展奠定坚实基础。

参考文献

- [1]赵海成.管道基础工程施工技术在市政工程施工中的应用[J].建材发展导向,2025,23(21):103-105.
- [2]董德雄.排水管道技术在市政工程施工中的应用[J].水上安全,2024,(02):79-81.
- [3]肖伟.顶管技术在市政排水管道工程施工中的应用分析[J].江西建材,2023,(09):303-305.
- [4]段兴军.排水管道技术在市政工程施工中的应用分析[J].居舍,2021,(25):41-42+56.