

深基坑环境下给水排水管道施工难点及技术对策

黄育坚

440524*****6316

摘要: 深基坑作为城市地下空间开发的基础工程形式,承载着高层建筑、地铁、综合管廊等项目的建设需求。给水排水管道作为深基坑内的核心基础设施,其施工质量直接关系到基坑安全、施工期排水效率及后期运营的稳定性。然而,深基坑环境的“空间逼仄、高水压渗透、周边环境敏感、作业条件复杂”等特性,使得管道施工面临多重技术挑战:空间布局需协调支护结构、主体结构与既有管线的冲突,高水位环境考验管道自身及外部防水性能,周边敏感环境要求精准控制变形,狭窄空间与交叉作业增加组织难度。本文系统梳理深基坑环境下给水排水管道施工的核心难点,从数字化模拟、复合防水体系、动态监测控制、施工流程优化四个维度提出针对性技术对策,结合新型材料与数字化工具的应用,为破解施工难题提供理论支撑与实践路径。研究表明,深基坑管道施工需从“被动应对问题”转向“主动系统防控”,通过多环节协同优化实现安全、质量与效率的平衡。

关键词: 深基坑; 给水排水管道; 施工难点; 技术对策; 防水体系; 动态监测

DOI: 10.69979/3029-2727.25.12.081

引言

随着我国城市化进程加速,土地资源短缺问题日益凸显,深基坑工程(通常指开挖深度超过5米的地下空间)成为城市地下空间开发的主要形式。无论是高层建筑的筏板基础、地铁车站的站厅层,还是综合管廊的地下走廊,都依赖于深基坑的开挖与支护。给水排水管道作为深基坑内的“生命线”,承担着施工期场地排水、泥浆外运,以及运营期建筑供水、雨水排放、消防用水等重要功能。其施工质量若不达标,不仅会导致基坑积水、工期延误,更可能因渗漏引发土体软化、边坡失稳,甚至威胁周边建筑安全。然而,深基坑环境的特殊性给管道施工带来了前所未有的挑战。本文从施工难点分析入手,结合工程实践经验,提出系统性的技术对策,旨在为深基坑环境下给水排水管道施工提供可操作的解决方案,提升施工质量与安全性。

1 深基坑环境下给水排水管道施工的主要难点

1.1 空间布局的协调性困境

深基坑内的空间资源是有限的,给水排水管道的敷设需在支护结构、主体结构与既有管线之间寻找平衡。首先,支护结构是基坑稳定的核心,其形态直接限制了管道的走向。例如,排桩支护的桩间距通常为1.2米至1.5米,地下连续墙的厚度多为0.6米至1.0米,管道需避开这些结构外侧0.5米的安全净距——若管道贴近

支护结构,可能因支护变形挤压管道,导致接口开裂;若管道施工时破坏支护结构,可能引发基坑坍塌。其次,主体结构的梁柱基础、楼板预留洞口也会与管道路径冲突。例如,建筑主体的框架柱基础通常位于基坑底部,若管道预埋位置与柱基础重叠,需调整管道标高或改用弯头绕行,这不仅增加施工难度,还可能导致管道坡度不符合排水要求。此外,深基坑的分层开挖模式(每层开挖深度2米至3米)与管道分期敷设的时序需严格匹配:若基坑开挖滞后,管道无法及时进场安装;若管道安装早于主体结构施工,可能因主体结构沉降导致管道接口开裂。这种“空间争夺”与“时序冲突”贯穿施工全程,需动态调整才能化解。

1.2 地下水与结构防水的双重挑战

深基坑多处于高水位区域,地下水水位常高于基坑底面1米至3米,渗透压力成为管道安全的主要威胁。对于给水排水管道而言,防水需兼顾“自身密封”与“外部防护”两个层面:若管道接口密封不严,管内水体渗漏会软化基坑土体,降低土体的抗剪强度,诱发边坡失稳;若管道外壁防水失效,地下水会沿管道与底板、侧壁的间隙渗入基坑,增加基坑排水负荷,甚至引发基底隆起。管道外壁的防水还需应对“潮湿环境+机械损伤”的双重考验:混凝土底板浇筑时的振动可能破坏防水涂层,回填土中的尖锐物(如碎砖、石块)可能划伤防水层。此外,深基坑的施工周期通常长达2年至3年,管

道长期浸泡在潮湿环境中，传统防水涂层（如沥青防水卷材）的耐久性难以满足要求，易因干湿循环、温度变化而失效，增加后期维护成本。

1.3 周边环境变形的控制压力

深基坑周边的既有建筑物、地下管线对变形极其敏感，管道施工的每一个环节都可能引发连锁反应。例如，管道基槽开挖若未采取有效的支护措施（如钢板桩、土钉墙），坑壁土体可能坍塌，导致周边地表沉降；管道吊装时的振动会通过土体传递至邻近建筑，导致墙体开裂、楼板裂缝；若管道与既有地下管线（如燃气管道、通信光缆）交叉（间距小于 3 米），施工引起的土体扰动可能造成管线接口松动、断裂，引发燃气泄漏或通信中断。根据《建筑基坑支护技术规程》（JGJ 120-2012），深基坑周边地表沉降的控制值通常为基坑深度的 0.1% 至 0.3%（如 10 米深的基坑，地表沉降需控制在 10 毫米至 30 毫米以内），但管道施工中的“局部扰动”易突破这一限值。

1.4 特殊作业条件的组织难题

深基坑的作业环境“空间小、通风差、安全风险高”，给水排水管道施工的组织难度极大。首先，基坑内部的作业面仅能容纳小型设备，如斗容量 0.3 立方米以下的挖掘机，大型管道（直径大于 800 毫米）需通过人工配合卷扬机、手动葫芦吊装，效率低且风险高——人工吊装时，若操作不当，可能导致管道坠落，砸伤作业人员。其次，基坑深度超过 5 米时，垂直运输需依赖井架或施工电梯，其承载能力与稳定性需严格验算：若井架承载能力不足，可能导致管道坠落；若施工电梯故障，可能延误工期。此外，作业面潮湿、光线不足，易引发滑倒、触电等安全事故；管道安装时若未设置临时支撑，可能因自重导致变形。更关键的是，深基坑常与主体结构施工交叉进行，不同工种的协调不足易引发“碰撞事故”——如起重机吊臂与支护结构碰撞、管道与钢筋绑扎作业冲突，进一步加剧了施工难度。

2 深基坑环境下给水排水管道施工的技术对策

2.1 基于 BIM 的动态空间协调体系

解决空间布局难题的核心是“精准模拟、动态调整”。建筑信息模型（BIM）技术可整合支护结构、主体结构、既有管线的三维数据，建立深基坑全专业模型。通过碰撞检测功能，可提前识别管道与支护结构、主体结构的

冲突点——例如，管道与支护桩的间距不足、管道与结构柱基础重叠。模拟结果可指导管道路径优化：将供水管道布置于支护结构外侧的非关键区域，避免与支护桩冲突；将排水管道集中于基坑底部的集水廊道，减少与主体结构的交叉；对于无法避免的冲突，采用双层支架（上层敷设给水管、下层敷设排水管）提高空间利用率。施工阶段，需根据基坑开挖的实际进度动态更新 BIM 模型。例如，若支护结构因施工误差偏移，导致管道预埋走廊变窄，可通过 BIM 模型重新规划管道走向，采用弯头调整路径；若主体结构提前施工，需优先完成与其相关的管道接口预埋（如与底板集水坑连接的排水管），避免后期凿除结构混凝土进行管道接入。这种“模型指导施工、动态修正路径”的模式，可将空间冲突率降低 40% 以上，显著提升施工效率^[2]。

2.2 复合防水体系：全链条防控渗漏

针对地下水与防水的双重挑战，需构建“支护结构防水+管道自身防水+接口专项密封”的复合防水体系。在支护结构层面，地下连续墙需采用水下混凝土浇筑，确保墙身无蜂窝、麻面等缺陷；在墙身与底板交接处，设置 3 毫米厚、300 毫米高的止水钢板，阻断地下水沿墙底的渗透路径。排桩支护需在桩间施工旋喷桩止水帷幕（桩径 0.6 米、间距 0.4 米），或桩后铺设 HDPE 土工膜作为附加防水层，防止地下水从桩间渗入基坑。在管道自身防水层面，明挖法敷设的管道，外壁需涂刷水泥基渗透结晶型防水涂料，厚度不小于 1.0 毫米——这种涂料可渗透至混凝土内部，形成结晶体堵塞毛细孔，提高抗渗性；管道与底板、侧壁的接触面，需设置遇水膨胀止水条，压缩率不小于 200%，确保接触面密封。暗挖法（如顶管）敷设的管道，接口需采用橡胶圈+密封胶双密封：橡胶圈选用高弹性材质（邵氏硬度 50-60 Shore A），确保接口紧密；外侧再涂刷聚硫密封胶，形成第二道防线。在接口专项密封层面，钢管接口需采用氩弧焊打底、电弧焊盖面的焊接工艺，确保焊缝饱满；焊缝完成后，需进行 100% 超声波探伤检测，避免焊缝缺陷。球墨铸铁管接口需选用符合标准的橡胶圈，安装时涂抹润滑剂，确保插入顺畅；接口外侧涂抹聚硫密封胶，防止地下水渗入。这种“层层设防”的体系，可将管道渗漏率降低至 0.1% 以下^[2]。

2.3 动态监测与主动控制：保障周边环境安全

针对周边环境变形问题,需建立“监测-预警-控制”的闭环体系。监测方面,在深基坑周边地表、既有建筑物、地下管线布置监测点:地表沉降点间距不超过 20 米,建筑物倾斜监测点每栋不少于 3 个,地下管线位移监测点沿管线走向每 10 米 1 个。采用高精度全站仪、水准仪及物联网传感器实时采集数据,监测频率为每天 1 次至 2 次,确保及时掌握变形情况。预警方面,设定严格的阈值:地表沉降速率超过 3 毫米/天、管线位移超过 5 毫米时,立即启动预警机制。控制方面,若地表沉降接近阈值,需减缓基坑开挖速率(如从每日 2 米降至 0.5 米),增加支护结构的预应力锚索或内支撑道数,提高支护刚度;若管道振动影响周边建筑,需采用静压桩机代替锤击桩机,减少振动传递;或在振动源与建筑间设置隔振沟(深度不小于 2 米、填充砂砾),阻断振动传播。对于与既有管线交叉的情况,需设置钢套管(壁厚不小于 8 毫米、长度超过交叉段两端各 1 米),套管与既有管线间填充泡沫板,避免直接接触。这种“精准监测、提前干预”的模式,可将周边环境变形控制在规范限值以内^[3]。

2.4 特殊作业条件的施工组织优化

针对特殊作业条件,需从“设备、流程、安全”三方面优化施工组织。设备选型上,优先采用小型化、轻量化设备:小型挖掘机(斗容量 ≤ 0.3 立方米)适应狭窄空间,手动葫芦(额定载荷 ≥ 5 吨)、电动卷扬机(功率 $\geq 11\text{kW}$)解决大型管道吊装问题,避免因设备过大导致的空间冲突。场地布局上,将基坑周边划分为“材料堆放区”“加工区”“中转区”三个功能区域:材料堆放区用于存放管道、支架等材料,加工区用于管道切割、焊接,中转区用于管道临时存放。明确各区域的功能与进出路线,减少材料搬运距离——例如,钢筋从堆放区到作业面的距离缩短至 200 米以内,提高施工效率。流

程优化上,遵循“先支护后开挖、先排水后敷管、先主体后附属”的原则:基坑开挖前,需完成支护结构验收,确保基坑稳定;管道基槽开挖前,需设置明沟+潜水泵的临时排水系统,避免基槽积水;管道安装完成后,需立即进行接口密封试验(如水压试验或闭水试验),合格后再进行回填,防止接口因回填土挤压而开裂。安全防护上,基坑周边设置 1.2 米高的防护栏杆,防止人员坠落;坑底设置排水明沟与集水井,及时排除积水;管道吊装时,设置钢管支架(间距 ≤ 3 米),并垫设橡胶垫,防止管道磨损;作业人员需佩戴安全帽、防滑鞋,高空作业时系安全带。这种“针对性优化”的模式,可将施工安全事故率降低 50%以上。

3 结论

深基坑环境下给水排水管道施工的核心挑战是“空间适配、防水抗渗、环境控制、作业安全”,其本质是复杂环境下的系统协同问题。通过 BIM 动态协调空间、复合防水体系防控渗漏、动态监测控制环境、优化组织适应特殊作业,可有效破解这些难题。未来,随着新型材料与数字化技术的应用,深基坑管道施工将更高效、精准,为城市地下空间开发提供有力支撑。工程实践中,需严格遵循技术规范,结合项目特点选择合适的施工方案,确保管道施工质量与安全^[4]。

参考文献

- [1] 韩磊. 深基坑市政给排水管道综合施工的关键技术研究[J]. 建材与装饰, 2024, 20(29): 73-75.
- [2] 彭国勇, 李晓晖. 深基坑市政给排水管道综合施工技术[J]. 中国建筑金属结构, 2023, 22(12): 54-56.
- [3] 紧邻深基坑的大直径给水管线综合保护技术[J]. 建筑施工, 2021, 43(6): 1091-1092+1095.
- [4] 车站深基坑施工对原水管变形影响的监测分析[J]. 城市轨道交通研究, 2024, 27(12): 156-159.