

雨污水管道接口防渗施工技术研究

——以金园三路工程为例

王伟

上海旗蓬建筑工程有限公司, 上海 201913

DOI:10.61369/ERA.2026050010

摘 要 : 本研究着眼于雨污水管道接口防渗技术这一领域, 从理论角度展开系统探讨, 文章开始时就对刚性、柔性以及半刚性半柔性这三种接口形式展开深入分析, 然后细致阐述材料密实填充、弹性密封变形和复合协同作用等防渗机理的具体表现形式, 在此基础上, 有针对性地给出改善材料性能、改良施工工艺管控并应对复杂工况的技术方案, 从而给工程实践给予可靠的支撑, 拿金园三路项目来说, 着重观察管道同管井衔接之处、沟槽挖掘回填以及闭水实验中的防渗隐患, 给出切实可行的解决办法, 研究结果意在给雨污水管网创建给予全方位的技术支持, 加强接口防渗的可靠性, 保证排水系统的长久稳定运作。

关 键 词 : 雨污水管道; 接口防渗; 施工技术; 工程应用

Research on Anti-Seepage Construction Technology for Rainwater and Sewage Pipeline Joints — A Case Study of the Jinyuan Third Road Project

Wang Wei

Shanghai Qipeng Construction Engineering Co., Ltd., Shanghai 201913

Abstract : This study focuses on the field of anti-seepage technology for rainwater and sewage pipeline joints, conducting a systematic exploration from a theoretical perspective. The paper begins with an in-depth analysis of three joint forms: rigid, flexible, and semi-rigid semi-flexible. It then elaborates on the specific manifestations of anti-seepage mechanisms such as material dense filling, elastic sealing deformation, and composite synergistic effects. Based on this foundation, targeted technical solutions are proposed to improve material properties, refine construction process control, and address complex working conditions, thereby providing reliable support for engineering practice. Taking the Jinyuan Third Road project as an example, the study emphasizes observing anti-seepage hazards at the connections between pipelines and manholes, during trench excavation and backfilling, and in closed water tests, offering practical solutions. The research results aim to provide comprehensive technical support for the establishment of rainwater and sewage pipe networks, enhance the reliability of joint anti-seepage, and ensure the long-term stable operation of drainage systems.

Keywords : rainwater and sewage pipelines; joint anti-seepage; construction technology; engineering application

雨污水管道接口是城市排水系统的关键部分, 其防渗效果直接关系到整个系统运行效率以及周边环境品质, 在复杂地质条件和多变施工环境下, 接口防渗技术依旧存在不少难题, 本研究主要针对雨污水管道接口的分类特性、防渗机理和技术要点展开分析, 再联系典型工程实例总结经验教训, 从而为应对接口渗漏现象赋予理论支撑与操作指引, 进一步加强城市排水系统的稳定性和持续性发展水平。

一、雨污水管道接口类型

雨水与污水管道接口大致分为刚性、柔性以及半刚性半柔性这三种类型, 刚性接口一般采用水泥砂浆作为填充材料, 利用化学反应形成致密的防渗层, 施工期间要保证管壁干净并且均匀涂抹砂浆, 潮湿环境容易发生碳化腐蚀, 进而削弱材料性能, 这种接口大多用在地质条件比较稳定、覆土厚度不大之处, 虽然初期

投入不多, 但是它的刚性特点使得它不能很好地应对沉降变形, 很容易出现裂缝, 并且后期的维护费用也会随之上升, 对于施工精度的要求比较高。柔性接口的核心元件是橡胶圈, 依靠弹性变形来达成密封效果, 安装的时候要在承插部分嵌入橡胶圈, 如果随着时间流逝而出现老化或者破损的情况, 就可能会造成密封失效, 这种接口具备不错的地基适应能力, 特别适合软土地质以及地震频发地带, 不过在选择的时候还要考虑到污水的特性, 并且

准确把控压缩比例，这就使得工程的管理变得更加困难，半刚性半柔性接口比如水泥沥青砂浆接口，则结合了刚性支撑和柔性防水的特点，适用于穿越河流等特殊情况，不过由于材料的配比比较繁杂，而且会受到湿度的影响，在低温条件下还需要做保温处理，这样一来整体造价就变得比较高，技术门槛也有所提升。

二、雨污水管道不同接口防渗技术

（一）刚性接口防渗技术

刚性接口防渗技术主要是依靠水泥砂浆、混凝土这些材料的填充密实性来达到防渗效果，施工时，水泥水化反应产生的水化物会在管道接头缝隙中形成连续性的胶凝结构，构筑起类似“刚性屏障”的物理隔绝系统，经过均匀涂抹并且充分振动以后，水泥颗粒同水分发生化学反应，生成钙矾石、水化硅酸钙之类的晶体，然后交叉联结起来填充空隙，显著缩减了整个材料的渗透能力，这种方法存在明显的不足之处，刚性材料没有弹性特点，地基下沉的时候就会造成接口部位应力集中，进而产生细微裂纹，外面的水分或者污染物就能顺着这些缝隙渗进内部结构当中。在普通的水泥砂浆接口施工当中，如果水灰比控制不好，那么硬化以后的孔隙率就会明显增多，就算开始的时候密度达标，长时间被水流冲刷也可能会造成渗漏的风险增大，为了改善抗渗效果，有些工程选用掺防水剂的改良水泥砂浆方案，这种防水剂里面的活性成分会跟水泥水化产物起化学反应，生成憎水性的物质，然后在孔隙表面形成一层疏水性的薄膜，这样就能极大地减小渗透的可能性，不过这种方法很难完全解决刚性材料固有的脆性不足之处。

（二）柔性接口防渗技术

柔性接口橡胶圈的密封性能主要依靠弹性变形补偿来达成，在安装期间，橡胶圈嵌入管道承插口缝隙当中，形成起始预紧力，营造出初步的密封屏障，管道因为沉降或者温差等缘由出现位移的时候，橡胶圈凭借自身高弹性质和自适应能力，经由动态形变重新贴合管壁，精准补偿间隙变动，天然橡胶材料在轴向拉伸或者角度偏转进程中，分子链段重新排列并持续施加径向压力，保证与管壁之间的紧密接触，进而守住密封效果，“以柔克刚”这一设计理念特别适合于软土环境，即使遭遇 $\pm 15\text{mm}$ 的轴向位移以及不超过 3° 的角偏差状况，也能有效地阻止渗漏现象产生。密封性能好坏主要由橡胶材质属性和装配工艺水平决定，氯丁橡胶圈由于具备较好的耐候性，常被用在外环境，三元乙丙橡胶圈因为有着出色的抗化学腐蚀能力，所以成了工业废水管道的首选材料，如果在安装的时候出现扭曲或者局部没有完全压缩，又或者是长时间暴露在紫外线辐射以及酸碱介质环境当中，就可能会加快材料的老化进程，让它变得越发坚硬，从而失去弹性补偿的功能，最终造成接口处发生渗漏情况。

（三）复合型接口防渗技术

半刚性半柔性接头把刚性材料的承载能力同柔性介质的延展特性结合起来，营造起双重防护体系，以此来加强抗渗性能，拿

水泥沥青砂浆接口来说，水泥可以供应初始强度，并且形成稳定基底，沥青则用来填充水泥硬化过程中产生的微小空隙，从而给整体结构增添柔性特征，在正常工作状况下，水泥水化形成的刚性网络承担着主要荷载，沥青则处于非固化状态，均匀地分布在孔隙当中，有效地封闭那些细小的渗漏通道，当管道受到压力发生形变的时候，沥青表现出一种独特的粘弹性行为，能够顺应位移改变，而且减轻局部应力集中，保证水泥骨架的稳定，从工程实践来看，常常会调整沥青和水泥的质量比例，大致在 1:3 到 1:5 之间，而且还要加入聚合物乳液，改良二者的界面兼容性，这样就能在符合力学性能需求的同时，做到良好的防渗和变形协调效果，很适用于穿越活跃断层或者重载区域的管道系统设计。

三、案例分析

（一）项目概况

本项目隶属于金园三路（肃北路—陇南路）道路新建工程，该项目位于上海市嘉定区江桥镇区域内。东侧紧邻红线边界，南侧紧邻陇南路，西侧紧邻红线边界，北侧紧邻肃北路。新建道路长度约 259 米，规划红线宽度 24 米，该道路横断面由两侧 5.0 米的人行道及中间 14.0 米的车行道构成，车行道采用沥青铺设，人行道采用透水砖铺设，配套雨、污水管线及其附属设施等，路灯、信号灯以及交通标志标线等。

（二）雨污水管道接口防渗施工技术

1. 闭水试验前接口预处理技术

雨污水管道接口防渗工程当中，闭水试验之前的预处理环节有着重要意义，施工开始时就要仔细检查接口部位，认真查找裂缝，破损之类的隐患，还要评判抹带的粘结强度以及整体稳定性，以免灌水的时候发生渗漏现象，如果察觉到有问题，就要尽快实施修复办法，试验场地的选择要符合某些条件，管道两端堵头得设置得合适，养护时间不能少于 3 到 4 天，等到材料性能稳定以后再慢慢加大压力注水，经由这样的前期准备，给后续检测给予可靠的保证。

2. 管道与窨井柔性过渡连接技术

在管道与窨井衔接处，采用柔性过渡连接技术以达到防渗效果。当塑料管与窨井连接时，过渡段一般由不少于两节短管组成，第一节短管长度一般为 600—800mm，第二节短管长度一般为 1500—2000mm，柔性连接可采用承插式或套筒式橡胶密封圈接口。过渡段与检查井采用刚性连接，施工前应对管道外壁进行表面粗化处理，粗化长度应与井壁厚度相同，在浇筑混凝土前将遇水膨胀橡胶圈套设于插入井壁管端的中部位置，通过柔性过渡与刚性连接的结合，大大提高了此区域的防渗效果。

3. 检查井砌筑防渗技术

想要改善检查井以及管道接口的防渗状况，关键之处在于完善砌筑工艺流程，在施工过程中，建议采用 M10 水泥砂浆与 MU20 混凝土实心砌块来开展砌筑工作，而且在砌筑之前，应当对黄砂加以筛选去除杂质，另外还要对砌块执行预先湿润养护，以此来加强粘结强度，砌筑的时候务必按照错缝原则来进行，灰

缝宽度控制在0.7cm到1cm之间,要保证座浆充实,绝对不能用冲灌的方式填充缝隙,水泥砂浆须当场调配并且马上使用,废弃的初凝砂浆不可再次添加水分混合,井体内外表面还有勾缝,座浆以及抹三角灰这些环节都必须采用1:2比例的防水水泥砂浆,抹面厚度定为20mm,外部区域做到随砌随抹,保证密实,内部部分则一次性抹灰,从而杜绝接口处出现渗漏情况。

4. 橡胶圈柔性接口施工控制技术

橡胶圈柔性接口施工期间,防渗效果的达成有赖于各个环节的细致把控,在管道基础处理阶段,要选用砂质材料做垫层,而且经过检测合格之后再铺上碎石垫层,还要保证它的平整度和稳固性,下管作业之前必须对管材的质量实施严格的检查并且把不合格的产品剔除掉,安装的时候承口朝着水流方向,对接缝的距离保持在20厘米左右,这样就能保障橡胶圈贴合得恰到好处,如果在施工过程中出现了中断的情况,那么就要及时地封堵住管口,在之后继续连接之前把残留物全部清除干净,避免异物影响到密封效果,进而加强柔性接口整体的防渗效能。

(三) 防渗施工难点与对策

1. 管道与窨井连接防渗难点及对策

管道与窨井衔接之处成为防渗性能的薄弱环节,管道埋设较深的时候,接口地方由于尺寸误差或者密封不足就存在渗漏隐患,在窨井施工期间,如果管端和井壁之间存在缝隙,那么外界的降水或者污水就会经由缝隙渗透到周围的土壤介质当中去。

本研究着重于施工环节的薄弱之处,探究细化管理手段的改良途径,针对塑料管与窨井相接的部分,采取短管过渡办法,再配合承插或者套筒式的橡胶密封圈做到柔韧的衔接,而且用刚性固定方式保障井体稳固衔接,为了加强密封效果,要对管外壁和井壁接触之处执行表面处理,粗糙度要同井壁厚度相符,浇筑混凝土之前,要在插入井壁管端中段地方放置遇水膨胀橡胶圈,以此来进一步改善密封情况,砌井的时候,一定要依照设计基础圈尺寸来挖掘基坑,装好管道之后,要准确调整直管管口的位置,保证管材同井筒精准对接,之后在管材系统内部增添闭水试验专用接头,还要安排专门人员持续观察管底高程,井底高程以及井盖高程等关键数据,保证这些数值符合雨污水管道的设计标准,这样才能防止由于高程误差引发的接口应力集中和渗漏问题。利用短管柔性过渡,刚性对接,遇水膨胀橡胶圈密封,再配以精密高程控制技术,明显加强了管道与窨井衔接之处的防渗性能,经过带井闭水试验,该区域渗漏量符合设计标准和行业规范的要求,没有出现渗漏情况,而且避开了管端和井壁之间缝隙也许会造成土壤污染隐患,接口应力分布比较均匀,很大程度上减小了长时间运行时因为应力集中而致使密封失效的可能性,保证了连接部分的可靠性和长久稳定性。

2. 闭水试验前接口缺陷防渗难点及对策

闭水试验是检验防渗效果的关键一环,接口瑕疵容易造成闭水试验失败或者潜藏渗漏隐患,接口施工质量不佳时,即使初步检查没有明显问题,其隐性毛病也有可能在实际运作中慢慢暴露出来,进而加重渗漏风险。

对策: 在开展闭水试验前,要由技术人员对管道接口进行全

面检查,着重查找是否存在破损、裂缝以及抹带脱落、空鼓等现象,对于轻微裂缝,可用水泥砂浆加以修补,抹带如果出现脱落状况,应依照有关技术规范重新砌筑并实施抹带,保证修复质量符合要求,堵头材料务必具备足够力学性能,砌筑完成后须养护3-4天,还要做好保湿工作,等到其强度达标之后再执行注水操作,避免由于堵头强度不足引发渗漏现象,进而影响到管道接口防渗性能评判的准确性。注水的时候,要遵照水位管控和工艺参数管理的有关规则,试验段以管顶上方2米当作参照面,如果井深达不到这个标准,就要依照井口的高度来调整注水量,然后用水准仪准确测定实际水位距离管顶的数值,把各项数据仔细记录下来,渗流量的计算也要按照规定的要求加以修正,这样才能保证数据准确,注水的时候,一定要对管堵,管道以及井壁的情况加以监测,重点查看接口部分有没有渗漏的危险,经过检测之后没有明显的泄漏或者严重的渗水,可以考虑把管道和井身浸泡1到2天,让接口吸足水分,然后膨胀起来,这样就能减小测试误差,提高测量的精确度。

3. 沟槽施工对接口防渗难点及对策

沟槽开挖和回填施工过程中人为操作失误会严重影响管道接口的密封性能,在机械开挖时若出现超挖情况或者对原状土层产生扰动,就有可能造成基底沉降,使得管道接口承受不均匀应力分布;而当回填作业时单侧填土高度超出设计规范要求时,容易引起管道纵向位移,进而造成橡胶圈密封失效。

对策: 施工过程中要严格控制开挖精度控制标准,机械设备作业时至少要留出30厘米的土层,之后再由人工精准平整到设计标高,以免原状土被机械扰动而失去结构稳定性,按照现场地质情况和专项施工方案的综合考量,本项目规定预留土层厚度不低于30厘米,以此保证基底土质稳定,给后续管道安装留下稳固的基础,沟槽挖掘完毕以后,决不允许出现晾槽状况,如果当天不能马上开展垫层铺设工作,就应当保存基底土方当作临时防护手段,等到第二天继续做基础施工的时候,再把土方清理到设计标高,避免因为长时间暴露造成基底受潮或者土质发生改变。回填作业要按照系统化流程来,按照沟槽排水方向由上到下逐层开展,管道两边得同时推进回填和压实工作,每层的压实度也要达到设计规范的要求,针对检查井之类的附属构筑物周围的地方,最好采用四面同步回填的办法,以免因为单边填筑过多造成管道发生位移或者橡胶密封圈受损等情况出现,优先选择细粒土当作填充材料,而且提前把石块,碎屑,灰渣以及有机质这些杂质给剔除掉,防止在压实的时候给管道接口带来额外的压力,进而破坏密封效果。

(四) 防渗检测技术及经验总结

1. 防渗检测技术

污水管道清空后防渗性能的检测有着实际意义,要是没能及时察觉内部裂缝或者腐蚀之类的状况,就会致使污水渗漏并污染土壤和地下水,进而给生态系统带来危险,专业检测设备可以准确地判定缺陷所在之处,给后续维修工作给予数据上的支撑,CCTV检测技术具备明显的优势,在防渗评判方面起着关键的作用,它依靠业内窥摄像系统,经由机器人带着高清摄像头深

入管道内部，随时获取管壁情况的信息，再用图像处理算法来辨别缺陷，同传统的手工查看相比，这种方法表现出高效，精准而且无损，缩减了对地面交通和周边环境的干扰，而且改进了缺陷检测的精确度和可信度。这个流程包含前期准备，现场执行，后期总结这三个部分，前期准备的时候要搜集资料，勘查现场，对管道展开清淤和杂物清理，实施阶段着重推进管道冲洗，有害气体检测，智能设备安装等工作，后期包含数据整理，结果分析，报告编写等内容，如果察觉到有潜藏的瑕疵，可以利用局部树脂固化等非挖掘修补手段加以处理，检测之前一定要保证管道没有积水并且通风状况良好，最好挑选那些拥有齐全资质的服务商，这样才能保障设备性能和技术可靠性，检测完毕以后要尽快清理现场并妥善保管设备，这样才有助于日后再次检测时得到可靠的依据。

2. 经验总结

担当金园三路（肃北路－陇南路）道路新建工程雨污水排水项目负责人的时期，收获了许多实际操作经验，对于橡胶圈柔

性接口施工，严格按照既定方案把关键步骤牢牢掌握，在技术规范基础上保证整体施工质量，事先开展闭水实验之前，彻底检查接口处密封情况与堵头养护状况，以确保数据可靠无误，这样的实践经历使我知道，想要增强雨污管道防渗性能，必须从检查材料，把握工艺直到最后验收等各个方面入手，而且要非常留意细致部分，才能避免可能出现的泄漏状况。

四、结语

雨污水管道接口防渗施工要统筹考虑材料特性、工艺精准度和环境适应性，经由恰当选取接口形式，配合材料改良，细致操作以及专门处理技术，就能明显改善防渗效果，拿金园三路工程来说，它包含管道和检查井衔接，沟槽挖掘把控以及闭水实验核实的技术体系，这是保证防渗效果的关键部分，应当努力开发新的防渗材料和智能施工技术，促使行业朝着高效率，可靠性和绿色低碳的方向前进，进而帮助城市排水系统安全稳定运转。

参考文献

- [1] 陈翔鸣. 市政工程雨污水管道施工技术应用分析 [J]. 城市建设理论研究 (电子版), 2025, (14): 100–102.
- [2] 黄杰. 市政道路工程污水管道预防渗漏技术研究和应用 [J]. 中国住宅设施, 2024, (10): 188–190.
- [3] 尚祖芳. 市政污水管道防渗漏施工技术研究 [J]. 工程机械与维修, 2024, (02): 159–161.
- [4] 陈超. 新型承插式雨污水管柔性接口防渗漏技术研究 [J]. 山西建筑, 2022, 48(18): 188–190.
- [5] 何传根. 市政道路雨污水管道施工质量控制研究 [J]. 住宅与房地产, 2021, (19): 161–162.
- [6] 陈江. 市政排水管道施工防渗漏监控控制要点 [J]. 建设监理, 2019, (07): 31–32+78.