

# 排水管道 CIPP 法修复内衬结构设计分析

程亚君

(华昕设计集团有限公司安徽分公司, 安徽 合肥 230051)

**【摘要】**排水管道是城市基础设施中至关重要的组成部分,但由于年久失修、腐蚀等原因,管道内衬往往出现损坏和老化问题。为了保证管道的正常运行和延长使用寿命,内衬修复技术逐渐成为一种有效的解决方法。其中,CIPP法作为一种常用的修复技术,具有施工方便、修复效果好等优点,已被广泛应用于排水管道修复领域。然而,在CIPP法的应用中,合理的结构设计对修复效果至关重要。基于此,本文主要分析CIPP法在排水管道内衬修复中的结构设计原则和策略,以供参考。

**【关键词】**排水管道; CIPP法; 内衬修复

引言:近年来,随着城市化进程的加快,排水管道的修复需求逐渐增加。传统的修复方法存在施工周期长、成本高等问题,因此,CIPP法作为一种新型的管道修复技术备受关注。CIPP法通过在管道内部涂覆一层聚合物树脂,形成新的内衬结构,从而修复管道的损坏部分。然而,CIPP法的修复效果和质量受到结构设计的影响,因此,开展对CIPP法在排水管道内衬修复中的结构设计分析具有重要意义。

## 一、CIPP法概述

CIPP法,即无开挖管道衬修复技术(Cured-In-Place Pipe),是一种在现有管道内部进行修复的方法。该方法适用于各种排水管道,包括下水道、污水管道、雨水管道等。CIPP法通过在管道内部涂覆一层树脂材料,形成一种新的管道衬里,从而修复管道的破损和老化问题。CIPP法具有诸多应用优势,首先,该方法不需要对地面进行开挖,因此可以避免对交通和周边环境的干扰。相比传统的管道修复方法,如开挖和替换,CIPP法大大减少了工程的影响范围和时间成本。其次,CIPP法的施工速度较快,通常只需几天到几周不等。这是因为CIPP法的操作相对简单,可以在管道内部进行,无需进行大规模的施工。而传统的开挖和替换方法可能需要数月甚至更长时间。同时,CIPP法使用的树脂材料具有较高的耐久性和抗腐蚀性能。这种树脂材料可以有效地抵御化学物质和污水的侵蚀,从而延长管道的使用寿命。并且,CIPP法修复后的管道内径与原管道相同,不会减少管道的通水能力。同时,CIPP法还可以修复管道的结构和损坏,提高管道的整体强度和稳定性。最后,CIPP法减少了大量的开挖和替换工作,从而减少了对自

然资源的消耗。此外,CIPP法没有施工废弃物和排放物的产生,对环境影响较小。此外,尽管CIPP法的材料成本较高,但由于无需开挖和减少人工成本,整体修复费用相对较低。此外,CIPP法的快速施工速度也能够减少管道停用时间,减少相关业主和企业的经济损失。总之,CIPP法具有广阔的应用前景<sup>[1]</sup>。

## 二、CIPP法在排水管道内衬修复中的设计原则

### (一)材料与性能匹配

将材料与性能相匹配可以确保修复层具有良好的耐化学腐蚀性能、抗渗透性能和强度。此外,树脂材料与管道内表面的黏附性也是确保修复层与管道之间牢固连接的关键。具体来说,在材料选择方面,需要根据具体的管道情况选择合适的树脂材料。一般来说,聚酯树脂和环氧树脂是常见的CIPP法修复材料。聚酯树脂具有较好的柔韧性和耐磨损性,而环氧树脂则具有更高的耐化学腐蚀性能和强度。在选择树脂材料时,需要根据不同的管道材质、使用环境和修复要求等因素进行综合考虑。除了材料的选择,还需要确保所选的材料具备足够的耐化学腐蚀性能、抗渗透性能和强度等方面的要求。这是为了保证修复层在使用过程中能够承受外部载荷和化学腐蚀的影响,从而延长管道的使用寿命。同时,树脂材料与管道内表面的黏附性也是确保修复层与管道之间牢固连接的重要因素。因此,在材料性能匹配方面,需要对树脂材料进行充分的试验和实验室测试,确保其符合设计要求和标准<sup>[2]</sup>。

### (二)注重尺寸和厚度设计

在设计过程中,精确测量管道的直径和长度是必要的,因为修复层的尺寸应与管道的尺寸相匹配。

这样可以确保修复层能够完全覆盖管道内表面，提供有效的防水和防腐保护。另一方面，厚度设计是根据管道的使用环境和负荷情况来确定修复层的厚度。修复层的厚度直接影响其强度和稳定性。在选择适当的厚度时，需要考虑管道所处的环境因素，如土壤条件、地下水位以及可能存在的化学物质等。此外，还需考虑管道的负荷情况，包括静态负荷和动态负荷。通过合理的厚度设计，修复层能够承受外部载荷并保持结构的稳定性。尺寸和厚度的设计相互关联，它们共同影响着修复层的性能和效果。恰当的尺寸设计可以确保修复层与管道完全契合，提供有效的防护层；而合适的厚度设计能够保证修复层具备足够的强度和稳定性。

### （三）管道清洁和表面处理

清洁和表面处理工作的目的是消除管道内部的污垢、沉积物和腐蚀物，同时通过表面粗化处理来增加修复层与管道内表面之间的黏附力。管道内的污垢、沉积物和腐蚀物可能影响修复层与管道内表面的黏附性能，导致修复层的剥离或脱落。因此，在进行CIPP法修复之前，需要使用适当的清洁工具和方法彻底清除管道内部的杂质。常用的清洁方法包括高压水冲洗、刷洗和化学清洗等，以确保管道内表面干净无污染。同时，表面处理是为了增加修复层与管道内表面之间的黏附力。通常，管道内表面较光滑，这会降低修复层与管道的黏附性能。为了解决这个问题，可以采用表面粗化处理，如机械研磨、喷砂和化学表面处理等。这些方法可以增加管道内表面的粗糙度，提供更多的黏附接触面积，从而增强修复层与管道的黏附力。

## 三、CIPP法在排水管道内衬修复中的结构设计策略

### （一）管道检测的设计

利用多种方式对管道进行监测，以便于获取待修复管道的相关信息，包括长度、直径、弯曲度和管道损坏类型等，有助于顺利进行后续的修复设计和施工安排。为了实现准确和全面的管道检测，常采用无损检测技术，如摄像机检测、激光测量和磁场检测等。具体来说，摄像机检测是一种常用的管道检测方法。通过向管道内部引入高清摄像机，可以实时观察管道的内部情况，并获取图像和视频数据。这些数据可以用于确定管道的尺寸、形状和损坏情况。此外，还可以使用特殊的摄像机设备来进行倾斜度和弯曲度检测，以确定管道的曲率和弯曲程度。激光测量技术也常用于管道检测。通过将激光设备引入管道

内部，测量激光在管道内的传播时间和反射情况，可以计算出管道的长度和直径等尺寸参数。此外，激光测量还可以用于检测管道的偏心率、变形度和壁厚等参数，以评估管道的结构完整性和损坏程度。此外，磁场检测是一种应用于金属管道的无损检测方法。通过在管道表面附近引入磁场，利用磁场的变化来确定管道的位置、尺寸和形状。磁场检测可以用于检测管道的弯曲度、弯曲角度和弯曲半径等参数，以及管道是否存在磁性材料等。在进行管道检测时，需要注意以下几个方面，首先，选择适当的检测方法和设备，根据管道类型和实际情况进行合理选择。其次，确保检测数据的准确性和可靠性，避免误差和漏检。同时，要充分考虑管道的复杂性，如弯曲度、弯曲角度和管道连接等因素，以便更全面地了解管道的情况。最后，将管道检测结果与修复设计相结合，制定合理的修复方案，并安排相应的施工工序<sup>[3]</sup>。

### （二）修复材料选择

根据管道类型和损坏情况进行合理选择，不同类型的管道和损坏情况需要选择不同的修复材料。例如，对于城市排水管道，通常采用聚酯树脂或环氧树脂作为修复层；而对于高温管道，则需要选择抗高温的修复材料，如聚四氟乙烯（PTFE）。同时，对使用环境对修复材料的影响予以充分考虑。修复材料需要具有良好的耐腐蚀性和耐候性，以适应不同的使用环境。例如，在海洋工程中，需要选择具有良好耐腐蚀性的修复材料，如玻璃纤维增强聚酯树脂。同时，考虑修复材料的物理性能和机械性能。修复材料需要具有良好的强度、刚度和韧性等物理性能，以确保其能够承受管道内部的压力和负荷。同时，还需要考虑修复材料的热导率、热膨胀系数和水流阻力等机械性能，以确保修复后的管道不影响正常使用。最后，根据实际情况进行合理的设计和优化。修复材料的选择需要根据实际情况进行合理的设计和优化，考虑到成本、技术难度和施工周期等因素。例如，在某个项目中，使用了环氧树脂作为修复材料，但由于施工周期较长，项目方最终选择了聚酯树脂修复材料，以缩短施工周期和降低成本。就实际的应用而言，例如，某项目采用了聚酯树脂作为修复材料，主要考虑到聚酯树脂具有良好的耐腐蚀性和物理性能，适用于城市排水管道的修复。在修复材料选择方面，还考虑了使用环境的影响，选用了具有良好耐候性的聚酯树脂。同时，针对不同的损坏情况，采用了不同厚度的聚酯树脂进行修复，以确保修复后的管道具有足够的强度和刚度。在实际施工中，还针对具体情况进

行了优化设计,如调整施工工序、选用合适的设备和材料等,以提高修复效果和降低成本。通过该项目的实施,成功地修复了多处城市排水管道的损坏问题,为城市环境和公共卫生提供了保障<sup>[4]</sup>。

### (三) 结构设计

结构设计需要根据实际情况进行合理的设计和优化,以确保修复层能够顺利铺设并与管道内表面充分接触,并且能够牢固粘附在管道内表面上。为此,首先,需要根据管道的尺寸和形状进行合理的设计。不同尺寸和形状的管道需要采用不同的修复层厚度、强度和形状。对于较小的管道,可采用较薄的修复层厚度,以缩短施工周期和降低成本;对于较大的管道,则需要采用较厚的修复层厚度,以确保修复层具有足够的强度和刚度。同时,还需要考虑到管道内部的弯曲度和弯曲角度,以确保修复层能够顺利铺设并与管道内表面充分接触。其次,设计人员要考虑到修复层与管道内表面之间的黏附性能。修复层与管道内表面之间的黏附性能是结构设计中至关重要的一个参数,它直接影响到修复层的牢固程度和使用寿命。在设计时,需要选择具有良好黏附性的修复材料,并优化修复层的形状和厚度,以确保修复层能够牢固粘附在管道内表面上。再次,重点设计管道内部的弯曲度和弯曲角度。在CIPP法修复过程中,修复层需要铺设在管道内部,因此需要充分考虑到管道内部的弯曲度和弯曲角度。对于弯曲较大的管道,需要采用特殊的修复材料和工艺,以确保修复层能够顺利铺设并与管道内表面充分接触。最后,关于修复层与管道内表面之间的摩擦系数。修复层与管道内表面之间的摩擦系数是结构设计中的一个重要参数,它直接影响到修复层的使用寿命和稳定性。在设计时,需要选用具有良好摩擦性能的修复材料,并优化修复层的形状和厚度,以确保修复层能够稳定地保持在管道内表面上。

### (四) 修复层制备的设计

在CIPP法的实际应用中,修复层需要具有一定的强度,以保证其能够承受管道内部的压力和外部环境的影响。同时,修复层还需要具有一定的柔韧性,以适应管道的变形和扭曲。为此,可以在修复层中添加适量的玻璃纤维等增强材料,以增强修复层的强度和柔韧性。同时,重视修复层与管道内表面之间的黏附性能,这一参数直接影响到修复层的牢固程度和使用寿命。为了确保修复层能够牢固粘附在管道内表面上,可以在修复层中添加一定比例的粘合剂或改性剂,以提高修复层的粘附性能。最后,修复层的厚度和形状需要根据实际情况进行设计和

优化。对于较小的管道,可采用较薄的修复层厚度,以缩短施工周期和降低成本;对于较大的管道,则需要采用较厚的修复层厚度,以确保修复层具有足够的强度和刚度。同时,还需要考虑到管道内部的弯曲度和弯曲角度,以确保修复层能够顺利铺设并与管道内表面充分接触。

### (五) 修复层铺设方案设计

在进行修复层铺设前,需要对管道内部进行充分检查和清洗。在实际铺设的设计方面,首先,将切好的修复层放置在管道内部,并按照设计要求进行排布和对接。在铺设过程中,需要注意修复层的平整度和紧密度,以确保修复层能够与管道内表面充分接触。将修复层铺设到位后,通过充气或加压等方法,使其与管道内表面紧密贴合。在此过程中,需要逐步释放气体或减小加压力度,避免修复层出现褶皱或变形。修复层铺设完成后,需要等待一定时间,使其自然硬化和固化。硬化时间根据修复层材料和施工环境等因素而不同,一般为数小时至数天。在硬化和固化过程中,需要监测修复层的温度、湿度等参数,并及时进行调整,以确保修复层能够完全固化,并达到设计要求的强度和柔韧性。

结束语:本文对CIPP法在排水管道内衬修复中的结构设计进行了分析和讨论。研究发现,在设计中需要注重材料与性能的匹配,合理选择修复材料,并根据管道尺寸和厚度进行设计。此外,管道清洁和表面处理也是设计的重要环节。在结构设计策略方面,管道检测的设计、修复层制备的设计和修复层铺设方案设计都需要充分考虑。通过合理的结构设计,可以提高CIPP法在排水管道内衬修复中的效果和质量,为工程实践提供指导。

### 参考文献:

- [1] 李彬,吴晓晖,贾超.宜昌市某片区排水管道检测评估与修复[J].武汉交通职业学院学报,2023,25(02):110-113+119.
- [2] 谢晓巧,徐震.城镇排水灌渠翻转式(CIPP)非开挖修复技术工程应用[J].工程技术研究,2023,8(10):75-77.
- [3] 许银,陶善勇,刘锦成.排水管道非开挖修复技术及应用浅析[J].四川水利,2022,43(05):113-116.
- [4] 李明.排水管道CIPP法修复内衬结构稳定性分析[J].铁道建筑技术,2022,(10):138-143.
- [5] 李秋蓉.排水管道非开挖修复技术及工程应用[J].工程技术研究,2022,7(15):89-91.