

嵌入式钢板工艺及其降噪与防滑技术应用

顾宇峰¹, 杨后军², 陈威任¹

(1. 上海宇联给水工程有限公司, 上海市 200231; 2. 上海管丽建设工程有限公司, 上海市 201108)

摘要: 以上海市闵行区华翔路(兴虹路—申兰路)供水管修复工程为依托,对嵌入式钢板工艺展开深入剖析。首先详细阐述了该工艺的原理与施工步骤,继而对比传统钢板工艺,深入分析其在震动、噪声与防滑方面存在的不足。针对传统工艺的缺陷,着重探讨了嵌入式钢板工艺在降噪与防滑技术上的创新应用。在施工期间,运用嵌入式钢板工艺,工作井在非施工时段能够临时恢复交通。通过优化工作井支护结构,增设减震橡皮,显著降低了噪声。同时,在钢板表面喷涂MMA(methyl methacrylate acrylic, MMA)彩色防滑涂料,大幅增强了防滑性能,从而有效保障了行人与车辆安全、舒适地通行。实践证明,相较于相关标准要求,嵌入式钢板工艺的降噪效果和防滑性能均表现卓越,展现出了较高的应用价值。

关键词: 嵌入式钢板; 工作井; 钢板防滑; 钢板降噪; 供水管修复

中图分类号: U416.217

文献标志码: B

文章编号: 1009-7716(2025)07-0363-05

Embedded Steel Plate Technology and Its Application in Noise Reduction and Anti-skid Technology

GU Yufeng¹, YANG Houjun², CHEN Weiren¹

(1. Shanghai Yulian Water Supply Engineering Co., Ltd., Shanghai 200231, China; 2. Shanghai Guanli Construction Engineering Co., Ltd., Shanghai 201108, China)

Abstract: Relying on the water supply pipe repair project in Huaxiang Road (Xinghong Road - Shenlan Road) in Minghang District, Shanghai, the embedded steel plate technology is deeply analyzed. Firstly, the principle and construction steps of this technology are elaborated in detail. Then, compared with the traditional steel plate technology, its shortcomings in vibration, noise and slip resistance are analyzed in depth. Focusing on the shortcomings of traditional technologies, the innovative application of embedded steel plate technology in noise reduction and anti-slip technology is specially discussed. During the construction period, the use of embedded steel plate technology can temporarily open the traffic during non-construction periods of working shaft. By optimizing the support structure of the working shaft and adding the shock-absorbing rubber, the noise has been significantly reduced. At the same time, the spraying of MMA colored anti-slip coating on the surface of the steel plate will greatly enhance the anti-slip performance so as to effectively ensure the safe and comfortable passage of pedestrians and vehicles. The practice has proven that compared to the relevant standard requirements, the noise reduction and anti-slip performance of the embedded steel plate technology are excellent, and its high application value is shown.

Keywords: embedded steel plate; working shaft; skid resistance of steel plate; noise reduction of steel plate; repair of water supply pipe

0 引言

随着城市化进程的加速,城市人口迅速增长,原有的市政管线,如供排水、电力、燃气等,已难以满足

日益增长的需求,迫切需要进行改扩建。近年来,国家高度重视城市基础设施建设与可持续发展,相继出台了一系列政策文件,如财办建(2024)24号《关于开展城市更新示范工作的通知》,^[1]建城规(2024)2号《建筑和市政基础设施设备更新工作实施方案的通知》等文件。文件中强调,在地级及以上城市需全面实施城市生命线工程,推动地下管网、桥梁隧道、窨井盖等完善配套物联智能感知设备的加装和更新,并配套搭建监测物联网,实现城市安全风险防控从被动应对转向主动预防,促进现代信息技术与城

收稿日期: 2025-01-17

作者简介: 顾宇峰(1982—),男,本科,经济师,一级建造师,从事市政供排水管道非开挖修复施工与管理工作。

通信作者: 杨后军(1985—),男,本科,高级工程师,从事给排水管道非开挖修复技术研究及施工管理工作。电子信箱: 305682987@qq.com

市生命线工程深度融合。^[2]在这样的政策导向下,市政管线的改扩建工程不仅要满足城市发展的需求,更要注重施工过程中的安全性、环保性以及城市运行的影响。然而,这些管线大多铺设在城市道路下方,施工时不可避免地要挖掘路面,这给本就拥堵的城市交通带来了更大压力^[3]。传统的临时交通恢复方式是直接在沥青路面上铺设钢板覆盖沟槽或工作井,并设置橡胶减速带、用钢钉固定。但这种方式存在诸多弊端,如钢板位移、弹跳、与路面存在高差等,不仅给行车安全带来隐患,还会产生较大噪声,影响周边居民生活。在此背景下,嵌入式钢板工艺应运而生。本文旨在通过对该工艺在城市供水管非开挖修复工程中的应用研究,结合相关文献和实际案例,解决施工中钢板带来的安全和舒适性问题,提升市政管线工程的施工质量与安全水平,同时降低施工成本。

1 工程概况

华翔路(兴虹路—申兰路)供水管修复工程位于上海市闵行区,该区域的原供水管为铸铁管,已使用30 a,属于老旧管网,且处于上海进口博览会核心辐射区,是国家会展中心及周边的重要供水通道。为保障供水安全和提升水质,工程采用CIPP常温固化非开挖修复工艺,为此需开设工作坑。本工程共开挖23个长5.5 m×宽2.0 m的工作井。华翔路是通往国家会展中心的南北向主干道之一,单幅有4车道,上方为嘉闵高架,地面道路上集装箱卡车、渣土车、大客车等大型、重型车辆频繁通行。考虑到交通影响,交通管理部门规定夜间22:00—06:00进行施工作业,白天工作井需覆盖钢板临时恢复交通。

2 嵌入式钢板工艺

2.1 工艺原理

嵌入式钢板工艺是根据钢板的规格尺寸和厚度,利用铣刨机在需覆盖钢板的沟槽或工作井的沥青路面上,刨除与钢板厚度相同的面层,然后将钢板嵌入其中,以此实现临时交通恢复。与传统钢板施工工艺相比,该工艺使钢板与沥青路面标高一致,能有效避免因减速带等导致的跳车现象,提高行车舒适度,同时减少了外力作用下钢板的位移,避免了固定减速带的钢钉对车辆轮胎的损伤,此外,还节省了减速带和钢板位移的日常维护成本,降低了人力和物力消耗。传统钢板铺设情况如图1所示,现场嵌

入式钢板铺设情况如图2所示。

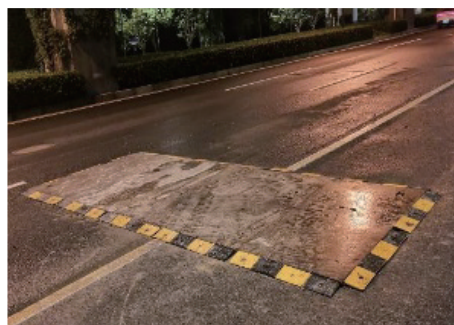


图1 传统钢板铺设情况

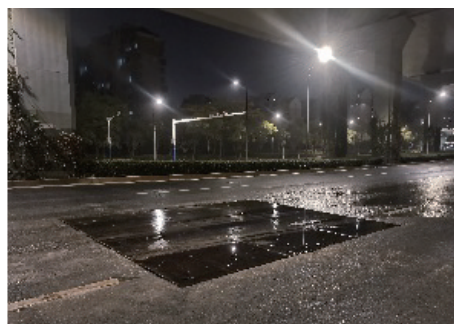


图2 嵌入式钢板铺设情况

2.2 安装步骤

(1)定位放线:根据管道中心线确定工作井的位置,再依据工作井的尺寸和钢板规格,确定路面铣刨范围,并使用自喷漆清晰地标出标线。

(2)路面铣刨:采用小型铣刨机按照标线进行铣刨作业,铣刨深度与钢板厚度和减震橡皮厚度之和相等,铣刨出的沥青废料由清扫车及时清理并装车运走。

(3)基础处理:铣刨完成后,人工通过拉线和量尺检查铣刨面的深度和平整度,对不符合要求的部位进行修整,尤其是铣刨机难以精准处理的直角处,需人工仔细修整。

(4)设置围护与降水:工作井深度要求比原供水管底深0.5 m,四周采用打桩机插入4.5 m长的30#钢板桩作为围护结构。顶部设置一圈30#槽钢围檩,围檩下方每隔0.9 m焊接钢牛腿进行支承,沿工作井长度方向设置2道 $\phi 300$ 钢管支撑,支撑顶面与围檩顶面标高一致。底部浇筑0.3 m厚的混凝土底板,并在最低处预留一个长0.5 m×宽0.5 m×高0.5 m的集水坑,以便放置水泵进行抽水作业。工作井剖面如图3所示。

(5)钢板铺设:在基础深度和平整度符合要求后,铺设减震橡皮,确保橡皮平整,无褶皱、叠加现象。随后铺设钢板,本工程采用4块长5.0 m×宽2.0 m×厚0.03 m的钢板,顺行车方向排列覆盖。铺设钢板

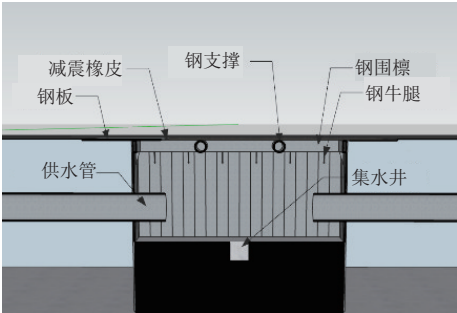


图3 工作井剖面图

时需水平放入铣刨面,避免扰动橡皮,每铺设一块钢板后都要检查橡皮是否有移位、叠加等情况,依次完成所有钢板的铺设。

3 嵌入式钢板工艺降噪的实现

3.1 传统钢板产生噪声的原因分析

现行国家标准《声环境质量标准》(GB 3096—2008)中规定,城市快速路、主干道、次干道等属于4类声环境功能区,环境噪声限值昼间为70 dB,夜间为55 dB。^[1]传统钢板在车辆碾压时会产生噪声,对周边环境和居民生活造成困扰。经分析,主要原因如下。

(1)钢板厚度薄,刚度不足,容易变形,车辆经过时产生较大挠度,导致钢板跳动并与基础撞击发出噪声。

(2)钢板下方基础不平整,受力不均匀,使得钢板在受力时不稳定,从而产生噪声。

(3)沟槽、工作井开挖宽度超过设计要求,减小了钢板抵抗荷载的刚度,使其更容易在车辆作用下产生变形和噪声。

(4)工作井支护结构设计不合理,如未设置横梁或横梁变形等,无法有效支撑钢板,不能减少钢板的弹跳,进而产生噪声。

(5)钢板与基础之间未采取减震措施,车辆的冲击力直接传递到钢板和基础上,引发噪声。

3.2 降噪措施的实施

针对传统钢板产生噪声的原因,嵌入式钢板工艺采取了以下降噪措施:

(1)选用厚度不少于3 cm且平整无变形的钢板,确保钢板具有足够的刚度,不易因变形而发生弹跳,减少与基础的撞击噪声。

(2)沥青路面铣刨后,通过人工拉线检查和修整,保证基础面平整,使钢板能够均匀受力,避免因受力不均产生噪声。

(3)严格按照设计要求控制工作井开挖宽度,在供水主管每侧保留0.5 m的工作面,杜绝超挖现象,确保钢板的抗荷载刚度。

(4)优化支护结构,将钢板桩围护与井壁之间的间隙用混凝土填实,设置围檩和横梁,并保证围檩和横梁顶部与基础标高一致,使其与基础共同承受钢板的荷载,提高支护结构的稳定性和承载能力,有效减少钢板的弹跳和噪声。不符合要求的支护如图4所示,符合要求的支护如图5所示。



图4 不符合要求的支护结构



图5 符合要求的支护结构

(5)在铺设钢板前,加铺厚度不少于5 mm的减震橡皮,且保证铺设质量,利用橡皮的弹性缓冲车辆的冲击力,提高减震效果,降低噪声。

4 嵌入式钢板防滑技术的设计与实施

4.1 钢板防滑的相关标准

市政工程中临时保证交通通行常用Q235B钢板,虽具有良好的抗拉强度和耐磨性,但表面平整光滑,摩擦力低,行人、非机动车经过时存在较高的滑倒风险,尤其是在湿滑或雨雪天气。现行行业标准《公路沥青路面养护技术规范》(JTG5 142—2019)和《路面防滑涂料》(JT/T 712—2008)规定,路面抗滑性能BPN值采用摆式仪测量,最小值不得低于45。同时规定,路面抗滑性能BPN(British Pendulum Nunber, BPN)单点需测量5次,记录每次测定的摆值,其中最大值与最小值的差值不得大于3,取5次测定的平均值作为单点的路面抗滑值^[4]。当路面温度高于或低

于20℃时,需按照公式(1)和修正表进行BPN修正。

$$BPN_{20}=BPN_t+\Delta BPN \tag{1}$$

式中:BPN₂₀为换算成标准温度20℃时的摆值;BPN_t为路面温度t时测的摆值;^[5]ΔBPN为温度修正值,如表1所列。^[6]

表1 BPN值修正表

温度/℃	0	5	10	15	20	25	30	35	40
修正值BPN	-6	-4	-3	-1	0	2	3	5	7

4.2 常用钢板防滑措施

目前,解决钢板防滑问题的主要措施有:

(1)在钢板表面喷涂添加防滑材料的涂料,如硅砂、陶瓷颗粒、石英砂等,这些材料可使涂层形成颗粒状,增加表面粗糙度,提高防滑效果^[7]。但普通涂料与钢板及防滑材料的粘结力较弱,难以长时间承受车轮的碾压,防滑功能持久性差。

(2)在钢板表面贴防滑贴,然而以PVC为基底的防滑贴不适用于室外环境,以铝为基底的防滑贴则价格昂贵且施工要求高。

(3)对钢板进行纹化处理,形成规则纹路,增加表面摩擦力,提升防滑能力。但刻纹工艺通常在工厂由厂家完成,现场施工难度较大。相比之下,喷涂防滑涂料工艺因施工便捷、成本低、防滑效果好、施工速度快等优点而被优先选用。

4.3 钢板MMA彩色防滑涂料的特性

MMA彩色防滑涂料是以甲基丙烯酸甲脂为胶黏剂,配以高强度骨料,可在-30~40℃环境下完成铺装的防滑产品,适用于沥青、混凝土、钢板、大理石等多种表面,且不影响材料的使用性能和使用寿命。该产品具有以下特性:

(1)凝固速度快:MMA为共聚物,通过BPO引发反应,可实现现场2h快速开放交通,极大地提高了施工效率。

(2)低温聚合:MMA材料以原材料反应聚合为主,对温度依赖性较低,在-40℃的极端环境下仍可实现反应聚合,在相应条件下还能实现水下聚合,适用范围广泛。

(3)耐候耐磨:甲基丙烯酸甲酯与丙烯酸丁脂聚合后,分子量可达20 000~30 000,经过2 000 h人工加速老化试验,无开裂、剥落、粉化、黄变等现象,具有良好的耐候性和耐磨性。^[8]

(4)施工简便:MMA施工只需小型空压机、真石漆喷壶等简单设备,无需大型施工机械,前期投入成本低,性价比高。

4.4 嵌入式钢板防滑技术的实施

(1)基面处理:首先对钢板表面进行打磨清理,去除铁锈、泥块、油污等杂质,确保基面干净干燥,以增强涂层的附着力。

(2)材料配比:MMA为双组份产品,A组为涂料,B组为引发剂,A:B配合比为100:1。先将A料与80目石英砂混合,然后使用电动搅拌机搅拌均匀,再加入B料继续搅拌均匀,涂料应随配随用。

(3)涂层施工:钢板表面打磨清洁后,用压缩空气吹扫干净,先使用环氧底漆进行底涂,以增加涂层附着力,提高防滑效果。喷涂时遵循先开气,后操作出料杆抽拉并控制出料速度的原则,将搅拌均匀的MMA混合料倒入真石漆喷壶,喷枪枪口与钢板呈45°进行喷涂作业,保证涂层均匀、厚薄一致,避免漏喷。一般需喷涂2遍,30 min后进行第二遍喷涂。喷涂如图6所示。



图6 MMA彩色防滑涂料喷涂

(4)完工养护

涂层完成后,30 min内禁止人员踩踏,1 h内防止雨水冲刷,保持施工区域干燥。2 h后即可开放交通,供行人与车辆通行。

5 实际应用效果评估

5.1 降噪效果评估

为对比嵌入式钢板与传统钢板的降噪效果,对两种工艺的噪声进行了测试。分别测量重型车和小客车经过钢板时的噪声量,结果显示,小客车经过时,嵌入式钢板工艺比传统钢板工艺噪声降低22.6%;重型车经过时,嵌入式钢板工艺比传统钢板工艺噪声降低25.6%,如表2所列。

表2 嵌入式钢板工艺与传统钢板工艺噪声对比情况

车型	传统钢板/dB				嵌入式钢板/dB				噪声降低/%
	1#	2#	3#	均值	1#	2#	3#	均值	
小客车	76	79	71	75.3	58	61	56	58.3	22.6
重型车	87	91	92	90.0	67	69	65	67.0	25.6

5.2 防滑效果评估

为验证钢板 MMA 彩色防滑涂料的防滑效果,对钢板喷涂前后进行了测试对比。结果表明,钢板防滑涂料在潮湿状态下的防滑值为 56 BPN,干燥状态下为 66 BPN,均高于行业标准《路面防滑涂料》(JT/T712—2008)规定的 45 BPN。经计算,潮湿状态下防滑效果提升了 60.0%,干燥状态下提升了 37.5%,防滑效果显著提升。

表 3 MMA 防滑涂料防滑性能测试情况

检测项目	未喷涂 MMA 的钢板	喷涂 MMA 的钢板	性能提升
潮湿状态(BPN)	35.0	56.0	60.0%
干燥状态(BPN)	48.0	66.0	37.5%

5.3 项目实施成果与效益

通过华翔路(兴虹路—申兰路)DN800 供水管非开挖修复工程中嵌入式钢板工艺的实际应用,施工过程中未出现钢板位移、人员及非机动车因钢板滑倒摔伤等安全事故,避免了相关赔偿事件,取得了显著的经济效益;同时,也未发生因钢板噪声对周边居民生活和工作造成困扰的情况,获得了良好的社会效益。

6 结论与建议

本研究通过对华翔路(兴虹路—申兰路)DN800 供水管非开挖修复工程中嵌入式钢板工艺的应用,详细阐述了该工艺的发展背景、优点及施工方法,成

功解决了城市市政管线工程施工中临时保通钢板的交通安全与通行舒适性问题。通过增加减震橡皮和喷涂 MMA 彩色防滑涂料技术,有效降低或避免了钢板噪声扰民和行人、非机动车滑倒等安全问题。经评估,嵌入式钢板工艺相较于传统钢板铺装工艺,具有位移小、安全性高、舒适性好、噪声小、防滑性能优越等优点,具有较高的经济和社会效益。该研究成果可为今后城市市政各类地下管线新建、改建、扩建工程中,采用钢板临时恢复交通时提供重要的参考,有助于保障行车安全,解决噪声扰民问题,降低投诉率,推动市政工程建设的高质量发展。

参考文献:

[1] 陈月红. 厂房建筑功能改造中的结构设计研究[J]. 建筑施工, 2024, 46(9): 1503-1507.

[2] 高梦莹. 住房和城乡建设部印发实施方案推进建筑和市政基础设施设备更新[J]. 中国勘察设计, 2024(4): 5.

[3] 任春杨. 城市公共交通发展问题及对策研究——以长春市为例[J]. 长春大学学报(社会科学版), 2013, 23(5): 1102-1106.

[4] 山西省交通科学研究院, 山西交科公路勘察设计院. 一种模拟降雨的沥青路面摩擦系数测试仪及其测试方法: CN201610619164.1 [P]. 2019-03-01.

[5] 上海智能交通有限公司. 一种沥青路面抗滑性能检测方法及系统: CN201811580458.3[P]. 2020-12-08.

[6] 周红丽. 新疆地区公路沥青表面综合处治技术研究[D]. 乌鲁木齐: 新疆农业大学, 2012.

[7] 佛山市英吉利电器有限公司. 抗菌壳体及剃须刀手柄: CN202122536347.6[P]. 2024-04-02.

[8] 杨智. 硅热法炼镁还原炉及其设备的设计[D]. 重庆: 重庆大学, 2013.

《城市道桥与防洪》杂志

是您合作的伙伴,为您提供平台,携手共同发展!

欢迎新老读者订阅期刊 欢迎新老客户刊登广告

官方网址: <http://www.csdqyfh.com> 电话: 021-55008850 联系邮箱: roadbridgeflood@163.com

