

市政道路装配式检查井快速维修技术研究

许民, 王炜龙, 陈浩

(浙江大学建筑设计研究院有限公司, 浙江 杭州 310028)

摘要: 针对传统现浇法维修城市路网检查井井盖存在的不足, 为提高维修效率与质量, 研究并提出一种具有快速施工、快速开放交通的装配式检查井维修技术。该技术采用预埋螺纹套筒与定位限位装置的一体式井盖, 在更换前进行木模型试安装; 选用单一粒径碎石与早强水泥浆材料, 依次装填井槽槽底及井圈, 以优化基底和井圈构造; 同时优化了现场施工工艺和流程。该技术显著提升了井盖强度和稳定性, 大幅缩短了养护时间, 在保证维修质量的同时有效降低了施工成本, 所提出的综合优化方案对国内外检查井井盖的快速维修实践具有借鉴与指导意义。

关键词: 市政道路; 检查井井盖; 装配式结构; 施工工艺

中图分类号: U417.3

文献标志码: B

文章编号: 1009-7716(2026)07-0393-05

Research on Rapid Repair Technology of Prefabricated Manhole for Municipal Roads

XU Ming, WANG Weilong, CHEN Hao

(Zhejiang University Architectural Design and Research Institute Co., Ltd., Hangzhou 310028, China)

Abstract: Due to the deficiencies of the traditional cast-in-place method in repairing manhole covers of urban road networks, a repair technology of prefabricated manholes with rapid construction and quick traffic opening is studied and proposed to improve the efficiency and quality of maintenance. An integrated manhole cover of pre-embedded threaded sleeves and positioning limit devices is adopted. Before the replacement, a wooden model test installation is carried out. The single-sized crushed stone and early-strength cement slurry are used to fill the bottom of the manhole trench and the ring of manhole in sequence in order to optimize the base and manhole ring structure. And also the on-site construction process and procedures are optimized. The technology significantly enhances the strength and quality stability of the manholes and greatly shortens the curing time. At the same time to ensure the maintenance quality, the construction cost is effectively reduced. The proposed comprehensive optimization scheme has the reference and guiding significance for the rapid repair practice of manholes at home and abroad.

Keywords: municipal roads; manhole cover; prefabricated structure; construction technology

0 引言

在城市市政道路地下管线工程中, 为了实现各种管线日常通行过程中的管径改变、高程变换、坡度变化、通行方向转换等需求, 以及确保日常管线运行状态的巡查、维修及养护等功能, 通常在城市道路上设置一种井状构造物, 即市政道路检查井(又名人孔)^[1-4]。在道路日常运营过程中, 市政道路检查井周围通常因受到车辆荷载的影响而承受不同频次、不同大小的冲击力, 因此其结构最易发生破损。根据现场调查数据及相关研究, 结构沉陷和因沉陷导

致的检查井周破损是市政道路检查井的主要病害^[5-6]。检查井发生病害后, 通常会引起周围道路路面产生裂纹、沉陷、松散及坑槽等病害, 从而降低市政道路的使用寿命, 弱化道路的结构功能, 威胁日常人们的行车安全^[7-10]。市政部门每年针对城市道路检查井导致的道路病害维护及人们日常通行安全需投入大量人员、设备及物质保障, 因此开展市政道路检查井施工关键技术及快速维修技术的相关研究具有重要意义。

国内外学者们开展了一系列相关研究。谢新颖等^[11]研究了一种新型环氧树脂混凝土检查井, 其破坏荷载、最大位移等性能参数均优于普通 C30 混凝土, 具有制备检查井构件的优势。张华磊等^[12]研究了检查井形状对井室部分在车辆荷载作用下变形的

收稿日期: 2025-12-25

作者简介: 许民(1982—), 女, 学士, 高级工程师, 从事市政工程造价管理工作。

影响,结果表明圆形检查井更稳定,同一个检查井井室砌层比内壁应变大。毛强伟等^[13]基于城乡供水项目,应用了一体化安装预制式排水检查井和管道,采用干拌砂浆找平黏结工艺、预制和现浇组合式管道弧形基础等施工工艺,优化了检查井的设计、生产和安装。罗志鹏^[14]运用数字化管控、防渗透防沉降以及预制装配技术,使施工工期大大缩短,渗透率和井周沉降量降低,实现了病害快速响应。谭晶晶^[15]采用超高性能混凝土(UHPC)进行检查井井壁优化设计,发现UHPC的井壁厚度可减少40%,钢筋用量减少17%,验证了UHPC检查井的可行性和实用性。

本文从设计优化、材料创新、工艺改进等多角度开展研究,综合性地提出了一种快速施工、快速开放交通的装配式检查井维修技术。在材料方面,该技术在修补料快硬早强型水泥中添加单粒径碎石,因此经济效益良好,且检查井盖不易损坏,能满足各项质量要求;在工艺方面,该技术采用预埋螺纹套筒和定位限位装置来提高预制检查井质量,并通过流水化作业、机械破除、木质模型试装等措施来降低施工时间,养护1 h后即可开放交通,有效避免了施工养护期间对道路交通疏解功能产生的不利影响。本文所提出的综合性优化方案为促进城市经济可持续发展 and 改善城市环境提供了强大的技术支撑,同时也为该技术在条件相近地区的推广和应用提供了一定的技术指导。

1 装配式检查井井盖预制技术

首先将检查井井盖置于预制钢模中,并确保井盖与钢模上表面处于同一水平线上;其次于钢模内放置预制钢筋笼及螺纹套筒装置(钢筋笼用来保证混凝土强度,预制螺纹套筒有助于后续井盖的吊装和调平;同时为了有效保证一体式井盖内部钢筋、井盖、套筒等配套设备安装正确,设计了一种定位限位装置,如图1所示);最后浇筑C40混凝土至模具中,与T型井盖形成整体(为保证一体式井盖与原沥青混凝土路面无明显色差,在浇筑混凝土前在其中掺拌铁黑并搅拌均匀)。7 d养护期满后,拆除钢模固定装置,即可实现装配式检查井井盖的完全脱模,得到如图2所示的预制井盖。

2 装配式检查井井周材料研究

2.1 试验材料性能研究

井周材料为水泥砂浆,由快硬早强水泥和单一

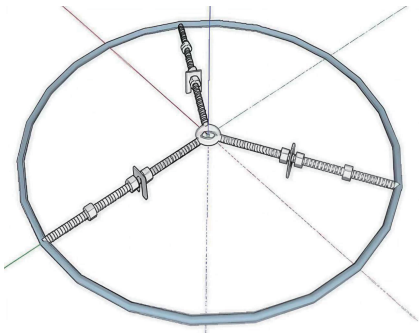


图1 定位限位装置示意图

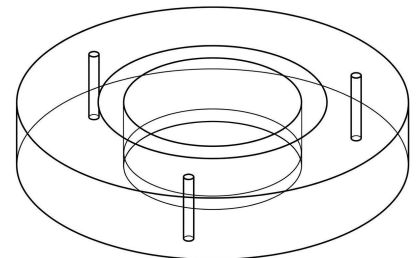


图2 预制井盖示意图

粒径碎石组成。快硬早强水泥选用“楚天明扬”修补料,碎石为经过特定方形筛孔过筛后的10~15 mm单粒径石灰岩碎石。根据《公路工程集料试验规程》(JTG E42—2005)规定的试验方法进行材料性能检验,得到试验结果如表1、表2所示。

表1 修补料(快硬早强水泥)主要技术性能试验结果

检测项目	实测值	技术要求
三氧化硫含量/%	2.6	<4.0
氧化硫含量/%	34	<50
安定性	合格	煮沸法合格
细度化表面积/%	9	0.08 mm方孔筛筛余<10
初凝时间/min	45	>40
终凝时间/h	5	<10

由表1、表2可知:(1)试验用修补料各项关键指标的实测值均在《公路沥青路面施工技术规范》(JTG F40—2004)中技术要求的范围内,均满足该规范要求;(2)试验用10~15 mm单粒径碎石的各项关键技术指标均在上述规范规定的范围内,均满足该规范要求。

2.2 含水率对井周材料抗压强度的影响分析

对含水率分别为17%~21%、养护时间为1.5 h的井周材料进行抗压强度试验,结果见图3。

由图3可知,井周材料的抗压强度随着含水率的增加呈现出抛物线趋势:当含水率小于19%时,抗压强度随着含水量的增加逐渐增大;当含水率大于19%时,抗压强度随着含水率的增加逐渐降低。因此,井周材料的最佳含水率为19%。

表2 10~15 mm单粒径碎石主要技术性能试验结果

指标	实测值	技术要求
卵石压碎指标/%	<10	<12
坚固性(按质量损失计)/%	<4	<5
针片状颗粒含量(按质量计)/%	<3	<5
含泥量(按质量计)/%	<0.3	<0.5
泥块含量(按质量计)/%	0	0
有机物含量(比色法)	合格	合格
硫化物及硫酸盐含量(按SO ₃ 质量计)/%	<0.2	<0.5
表观密度/(kg·m ⁻³)	>2 367	>2 500
松散堆积密度/(kg·m ⁻³)	>1 129	>1 350
空隙率/%	<35	<47
碱集料反应率/%	0.07	经碱集料反应试验后,试件无裂缝、酥裂、胶体外溢等现象,在规定试验龄期的膨胀率应小于0.10%

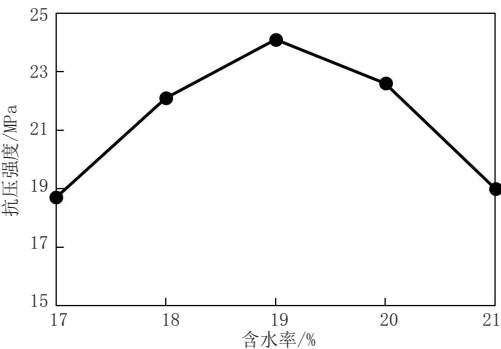


图3 井周材料抗压强度与含水率的关系

2.3 养护时间对井周材料抗压强度的影响分析

对养护时间分别为0.5~2.5 h、含水率为19%的井周材料进行抗压强度试验,结果见图4。

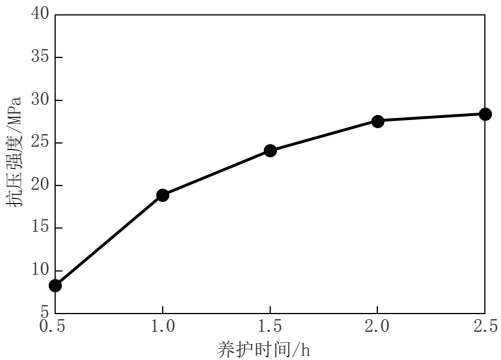


图4 抗压强度随养护时间变化图

由图4可知,井周材料的抗压强度随着养护时间的增加呈现出对数增长趋势,当养护时间达到2 h后,其抗压强度随着养护时间的增加变化不再明显。因此,井周材料的养护时间需达到2 h以上。

2.4 分层灌注对井周材料强度的影响分析

在尺寸为150 mm×150 mm×150 mm的试模内加入10~15 mm粒径的碎石,再分层或一次性灌入快硬早强水泥净浆,形成含水率为19%的井周材料;在标养室养护2 h后脱模,检测其密实性和抗压强度是否满足要求。

结果发现:当水泥净浆分2层灌注时,脱模后的试件中部无灌浆料,表面则出现明显的分层现象,无法测量其强度;当水泥净浆分3层灌注时,脱模后的试件表面密实无孔洞,2 h抗压强度可达27.3 MPa。

路面破除后,为防止井盖安装后的灌浆作业不出现浆液漏至井室内现象,先对井周进行座浆。因座浆材料厚度较薄,一般为3~5 cm,故采用一次性灌注即可。

3 装配式检查井施工工艺研究

3.1 总体工艺

产生检查井病害的主要原因之一为井盖、井座直接落在检查井上,从而导致井盖与井周产生不均匀沉降。本文采用T型“六防”井盖并在其周边浇筑与道路同色的混凝土,相对常规维修方案,这种整体式的装配式检查井可使井盖底座与原路面凹槽受力面扩大,因此可以有效解决检查井区域不均匀沉降的问题。

装配式检查井快速维修工艺流程见图5。

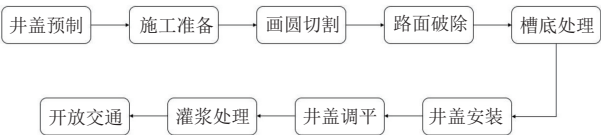


图5 装配式检查井快速维修工艺流程图

3.2 关键施工工序

3.2.1 施工准备

施工前需向交管部门报备作业区域位置,并根据现场情况确定交通导流方式,利用锥形桶、连杆、警示灯、导向牌、警示牌等施工打围设施,按照《公路沥青路面施工技术规范》要求对施工现场进行安全打围。夜间施工时需注意加大安全打围距离,选择LED闪烁灯形式的导向牌和警示牌,并安排专人持交通指挥棒对现场进行交通导流,同时有序安排设备进场。

3.2.2 画圆切割

以井盖中心为圆心,使用圆切机将原检查井周围路面切割成同心圆形(路面切割边线距井盖内边

不小于300 mm,且不得小于井周破损范围,切割深度应达120 mm以上,切割直径大于预制井盖直径不超过50 mm)以确定井周破除范围。切割完成后,移出圆切机,检查切割深度和直径,并对切割区域的残渣进行清洗。

3.2.3 路面破除

根据圆切机所确定的破除范围,使用手持电镐对井周进行破除作业,破除深度不小于预制井盖厚度,最大破除深度与预制井盖厚度之差控制在30 mm以内,破除至规则柱形井槽,以确保一体式井盖安装工序顺利进行。

3.2.4 槽底处理

破除完毕后清扫井槽,同时因破除作业后槽底凹凸不平,可通过布置垫块(见图6)、座浆的方式对井槽槽底进行处理以达到预调平效果。为防止井盖安装后的灌浆作业不出现浆液漏至井室内现象,先对井周进行座浆。座浆时,先装填10~15 mm单粒径碎石,再灌注快硬早强水泥净浆,利用浆液自身的流动性将预制装配式井盖与井槽之间的底面填实。

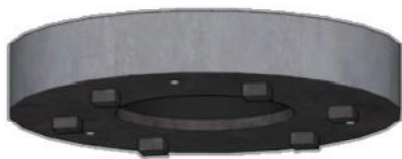


图6 垫块支撑仰视图

3.2.5 井盖安装

因井槽局部位置仍需微调,而一体式井盖较笨重,反复吊装调试耗时耗力,故使用1:1尺寸定制中空柱状木制模型,置于井槽中用于一体式井盖安装前的调试和局部微调工作,以确保一体式井盖能够一次安装到位。而后使用吊装设备将一体式检查井井盖吊至所破除的井槽内,吊装过程中依靠人工辅助定位以确保安装到位。

3.2.6 井盖调平

井盖安装完毕后,人工拧出吊环螺栓并更换调平螺栓,再用水平尺对井盖与原路面的顺接平整度进行检查,对平整度不合要求位置通过拧动螺栓来微调预制装配式井盖高度,确保各接触面平整度达标。

3.2.7 灌浆处理

优化装配式检查井井盖与现状路面间空隙的填充方式。先在空隙处装填15~20 mm单粒径碎石;再按指定水灰比制备快硬早强水泥净浆,用手持搅拌器完全拌合后,将浆液灌注至该空隙中。装填碎石

和灌浆分3次进行,最后抹平收光,注意上层灌注的水泥浆搅拌时需掺入一定量的铁黑。

3.2.8 开放交通

灌浆工序后检查安装平整度,与原路面的顺接平整度应小于5 mm。最后进行场地清扫及撤场准备工作。

4 装配式检查井施工质量控制

4.1 预制过程

(1)预制混凝土需在标准养护条件下养护7 d,使其抗压强度达到40 MPa。

(2)预制过程中需严格控制底座与顶面的平整度,并于脱模后进行相关指标的检测。

(3)采用定心工具使井盖的圆心与预制混凝土的圆心为同一点。

4.2 现场施工过程

(1)现场施工由具备专业资质的施工队伍完成,并对作业人员进行安全技术交底、岗前培训等。

(2)以项目经理为首,对工程质量实行人员责任制并严格落实。

(3)主要材料、设备进场时需具备合格证、检验报告等相关证书,并经过监理单位审验通过后方可使用。

(4)严格落实现场工程质量的检查验收流程,坚决落实工程质量报验制度,上一道工序经检验合格后才进入下一道工序。

(5)原路面破除后,现场质检员要对清除质量进行检查,检查合格后才能安装装配式检查井,关键工序进行拍照存档,留存质检资料。

(6)检查井井盖与路面的安装高差应在5 mm以内。

(7)灌浆工序务必保证浆液填充饱满,不得出现漏液至井室内现象。

(8)快硬早强水泥砂浆的配合比使用电子秤计量,质检员现场监督并做好记录。

(9)养护时间需达到2 h及以上方可开放交通^[16-17]。

5 装配式检查井应用效果分析

5.1 质量效果分析

传统的现浇法由于井周不易进行压实操作,导致上层沥青混合料压实度较差,新旧结合面处理难度大,结合不紧密,往往未修补多久就会发生破坏。

而混凝土修补料的养护时间往往较长,会影响正常的道理交通。装配式检查井具有工厂化程度高、施工周期短、质量稳定、整体性好、使用寿命长等优点。

装配式检查井快修技术在保证施工速度和施工成本的前提下,在维修质量提升的同时保证了维修完毕后的使用期限。采用现浇混凝土技术维修后的检查井,其使用期限约 1 年;而采用本文所述技术维修后的检查井,其使用期限约 3 年。

5.2 经济效果分析

将装配式检查井快修技术与常规检查井维修技术(现浇钢纤维混凝土法)进行施工费用对比,结果如表 3 所示。

表 3 经济效益对比分析表

项目名称	每座费用/元	
	现浇钢纤维混凝土法	装配式检查井快修法
小型机具使用费	968.35	250
C40 混凝土现浇料	844.9	
井盖和调节圈材料	765	
一体式检查井井盖		1 306.58
快干水泥		200
自卸汽车		150
滑移装载机		150
安全文明	139.83	69.92
人工工时费	737.5	400
合计	3 455.58	2 526.5

2 种技术单次维修费用分别为 3 455.5 元、2 526.5 元,两者相比,采用装配式检查井快修法维修单个病害检查井点位可节约 929 元。

5.3 工期效果分析

现浇钢纤维混凝土技术每日可维修 2 个病害检查井点位,而装配式检查井快修技术每日可维修 4 个病害检查井点位。装配式检查井快修技术现场单个检查井施工时间约需 2 h,施工时间可安排在交通压力较小时间段(如夜间),同时维修后无需进行长时间养护作业,2 h 后即可开放交通,能有效避免检查井维修对道路交通疏解功能产生的不利影响。

6 结 语

(1)设置一体式井盖的井周预埋螺纹套筒,实现吊环拧入,方便吊装,拧入螺栓,便于调平;所设计的

用于预制过程中的定位限位装置,可有效保证一体式井盖内部钢筋、井盖、套筒等配套设备的精准安装。

(2)采用一体式井盖规格 1:1 的木质模型进行井盖更换前的试安装,可有效缩减反复吊装调平的工序时间。

(3)提出了一种优化井槽槽底座浆及井周缝隙填充的方式,先装填单一粒径碎石,再灌注快硬早强水泥浆,在装配式检查井井盖与原路面间空隙填充密实的前提下,减少了施工成本。

参考文献:

[1] 杨利刚,郭帅,申屠华斌.基于深度学习的污水检查井液位峰值预测方法[J].中国给水排水,2025,41(19):163-168.

[2] 石海,安振旭.青岛市预制装配式检查井应用技术措施[J].城市道桥与防洪,2014(3):83-84.

[3] 张书峰,王蕾,许佳波,等.预制 UHPC 雨污水检查井的设计与仿真分析[J].混凝土与水泥制品,2024(11):39-42.

[4] 陈荣华.市政道路检查井井周加固施工技术分析[J].四川建材,2023,49(11):133-134;142.

[5] 程晨.汽车荷载作用下检查井沉降变形机理及防治研究[D].淮南:安徽理工大学,2025.

[6] 赵全满,王鑫均,卢晓锦,等.检查井及井周路面影响下的车辆荷载动态特性[J].重庆交通大学学报(自然科学版),2023,42(7):60-68.

[7] 胡铭.浅谈城市市政道路检查井病害及防治措施[J].江西建材,2016(11):145-146;153.

[8] 赵全满,王鑫均,井硕,等.检查井及井周路面病害影响下的行车舒适性[J].北京交通大学学报,2022,46(3):67-79.

[9] 张陶然,宋伟,张善锋.预制装配式混凝土检查井研究进展综述[J].市政技术,2025,43(5):272-287;295.

[10] 夏娟,张华磊.基于 ABAQUS 的检查井有限元分析及防治研究[J].辽宁科技学院学报,2025,27(4):11-16;39.

[11] 谢新颖,李继新,金玉杰,等.新型环氧树脂混凝土检查井节点构件受力试验研究[J].新型建筑材料,2025,52(8):74-78;83.

[12] 张华磊,程晨.汽车荷载振动下不同形状检查井井室应变研究[J].安徽理工大学学报(自然科学版),2025,45(3):1-8.

[13] 毛强伟,张宏波,孙祥,等.湿陷性黄土地区预制式排水检查井及管道一体化安装技术[J].水利技术监督,2025(9):294-298.

[14] 罗志鹏.市政排水管道检查井施工技术优化与质量提升[J].中国建筑金属结构,2025,24(24):127-129.

[15] 谭晶晶.超深检查井的空间受力分析和 UHPC 应用探讨[J].城市道桥与防洪,2025(4):255-259.

[16] CJJ 36—2006 城镇道路养护技术规范[S].

[17] CJJ 1—2008 城镇道路工程施工与质量验收规范[S].