

城市更新道路球墨铸铁可调式防沉降井盖工艺施工工法

高景顺

城市道路桥梁管理事务中心道路第一分中心 天津 300222

摘要: 本文聚焦城市更新中道路球墨铸铁可调式防沉降井盖的施工工法,系统阐述其技术原理、施工问题及关键工艺。通过分析材料特性(高强度、抗腐蚀)、结构设计创新(模块化、动态调节)及防沉降技术(荷载均分、柔性补偿),提出从施工准备、基础处理到井盖安装的全流程质量控制体系。针对传统井盖平整度差、沉降严重等问题,结合工程调研数据,提出分级压实、激光调平等精细化施工方法。经实践验证,该工法可有效控制井盖沉降量 $\leq 3\text{mm}$,提升道路通行安全性与耐久性,为城市基础设施改造提供技术支持。

关键词: 城市更新;球墨铸铁井盖;可调式防沉降;施工工法

引言:城市更新进程中,道路井盖沉降、松动等问题频发,导致“跳车”噪声、路面破损,严重影响行车安全与城市形象。传统井盖因材料强度不足、结构设计缺陷及施工粗放,难以适应重载交通与复杂环境需求。球墨铸铁可调式防沉降井盖通过高强度材料、三位一体模块化结构及动态调节机制,实现荷载分散与沉降补偿,成为解决井盖病害的关键技术。本文结合工程实践,系统分析其技术原理与施工工艺,提出标准化施工流程及质量控制要点,旨在为城市道路精细化改造提供可复制的技术方案。

1 球墨铸铁可调式防沉降井盖技术原理

1.1 材料特性

球墨铸铁可调式防沉降井盖采用高强度球墨铸铁作为核心原材料,通过球化处理使铸铁中的石墨呈球状分布,显著优化材料力学性能。其抗拉强度可达 420MPa 以上,屈服强度超过 300MPa ,冲击韧性较普通灰口铸铁提升3-5倍,能承受重型车辆反复碾压而不产生塑性变形。材料经高温退火处理后,消除内部应力,硬度控制在 $\text{HB}180\text{-}220$ 之间,兼具耐磨与抗冲击双重优势。同时,表面采用锌加沥青涂层复合防腐工艺,锌层厚度不低于 $80\mu\text{m}$,沥青涂层厚度达 $50\mu\text{m}$,有效抵御雨水、融雪剂等腐蚀性介质侵蚀,户外使用寿命可达20年以上^[1]。另外,材料成分中添加铜、钼等合金元素,进一步提高基体稳定性,确保在 -40℃ 至 60℃ 的极端温差环境下,井盖尺寸精度保持稳定,避免因热胀冷缩导致的密封失效或结构松动。

1.2 结构设计创新

该井盖采用“井圈-井盖-调节机构”三位一体的模块化结构设计,突破传统一体式结构局限。井圈采用阶梯式承插结构,与井盖接触部位设置3道密封胶条凹槽,嵌

入耐老化三元乙丙胶条,实现 $\text{IP}67$ 级防水防尘,有效防止雨水和杂物进入井体。井盖采用拱形结构设计,顶部曲率半径经有限元分析优化,将车辆荷载均匀传递至井圈,降低局部应力集中。调节机构为核心创新点,采用圆周分布的6组楔形调节块与螺纹升降组件配合,通过专用工具旋转调节螺栓即可实现井盖高度微调,调节范围达 $0\text{-}50\text{mm}$,满足不同路面平整度要求。此外,井圈底部设计环形加强肋,与井体基础接触面积较传统井盖增加 40% ,荷载传递更均匀。井盖与井圈之间设置防位移定位销,配合防盗锁具设计,既防止车辆碾压导致的井盖偏移,又具备防盗窃功能,解决传统井盖易移位、易丢失的难题。

1.3 防沉降技术核心

防沉降技术核心在于构建“荷载均分-柔性调节-刚性承载”的复合受力体系,从根本上解决井盖沉降问题。首先,通过井圈底部环形承载台与井周混凝土基础的刚性连接,将井盖承受的竖向荷载分散至更大范围的路基结构中,使单位面积荷载降低 50% 以上,避免局部路基压实度不足导致的沉降。其次,采用柔性调节衬垫技术,在井圈与承载台之间设置高弹性橡胶衬垫,该衬垫压缩量可达 15% ,能吸收车辆通行产生的冲击荷载,减少对井周路基的疲劳损伤。同时,调节机构具备动态补偿功能,当井周路基出现微小沉降时,可通过调节螺栓实时调整井盖高度,使井盖与路面保持平齐,避免沉降差产生的跳车现象。另外,井圈外侧设计倒锥形挡土结构,与井周回填材料紧密咬合,防止雨水渗透导致的路基土体流失,形成“挡土-防渗-承载”的多重防护体系,有效延缓路基沉降速度,使井盖沉降量控制在 3mm 以内,远低于传统井盖的沉降标准。

2 城市更新道路井盖施工现状与问题分析

2.1 调研方案设计与实施

调研采用“分区抽样-现场检测-数据溯源”的综合方案，覆盖老城区、新城区、城乡结合部三类典型区域，选取12条城市主干道、18条次干道及20条支路作为调研样本，涉及市政、供水、燃气、电力等4类井盖类型，共抽样检测860个井盖点位。现场检测内容包括井盖与路面平整度差、井周沉降量、井盖松动度、防盗窃性能及防腐层完好度，采用激光平整度仪、百分表、拉力计等专业设备进行量化检测，每个点位检测数据记录3次取平均值。同时开展施工工艺溯源调研，收集近5年调研区域内井盖施工技术交底资料、质量验收报告及养护记录共120份，访谈施工人员、监理人员及养护人员共60人^[2]。数据处理采用SPSS统计软件进行相关性分析，重点研究施工工艺与井盖病害的关联度，调研周期历时3个月，形成涵盖检测数据、影像资料、访谈记录的完整调研数据库，确保调研结果的代表性和准确性，为问题分析提供可靠数据支撑。

2.2 传统井盖施工常见问题

传统井盖施工存在四大类突出问题，直接影响道路通行质量和使用寿命。一是井盖与路面平整度差，检测数据显示68%的抽样井盖与路面平整度差超过5mm，最大差值达15mm，车辆通行时产生明显跳车现象，不仅影响行车舒适性，还加剧井盖和车辆的磨损。二是井周沉降严重，老城区主干道井盖井周沉降量平均达8mm，部分使用超过3年的井盖沉降量超过12mm，形成“井盖洼地”，雨天易积水，导致井周路面破损。三是井盖松动与异响问题普遍，45%的抽样井盖存在松动现象，车辆碾压时产生“哐当”异响，夜间影响周边居民休息，同时松动导致井盖与井圈间隙增大，杂物易进入井体造成堵塞。四是施工质量参差不齐，部分施工存在井周回填材料压实度不足，检测显示32%的点位回填土压实度低于90%，远低于规范要求的95%；还有18%的点位存在防腐层施工不规范，出现涂层剥落、锈蚀现象，缩短井盖使用寿命。传统施工中不同管线井盖施工标准不统一，导致路面井盖高低不一，影响道路美观性。

2.3 问题产生的核心原因分析

问题产生的核心原因可归结为施工工艺、材料选择、质量管控及设计理念四大层面。施工工艺方面，传统施工采用“井体砌筑-井盖安装-井周回填”的粗放流程，井周回填多采用原土或砂石，缺乏分层压实工艺，压实度难以保证，车辆反复碾压后易出现塑性沉降。材料选择不合理，部分施工选用灰口铸铁井盖，材料强度低、韧性差，长期承受荷载易出现裂纹甚至断裂；井周回填材料未采用级配砂石或水泥稳定土等高性能材料，

抗变形能力不足。质量管控缺失，施工过程中未对井周压实度、井盖安装高度进行实时检测，验收环节仅进行外观检查，缺乏量化指标考核，导致不合格工程投入使用。设计理念落后，传统井盖设计未考虑井周路基的协同受力，井圈与路基衔接部位受力集中，且未设置防沉降调节结构，无法对沉降进行后期补偿，多重因素叠加导致传统井盖施工问题频发。

3 球墨铸铁可调式防沉降井盖施工工法关键技术

3.1 施工准备

施工准备阶段需完成技术、材料、设备三大核心准备工作，为施工质量奠定基础。技术准备方面，组织施工人员进行专项技术培训，重点讲解可调式井盖安装工艺、调节机构操作方法及质量控制标准，培训考核合格后方可上岗；依据设计图纸及现场勘察资料，编制专项施工方案，明确井周开挖尺寸、回填材料配比及安装流程，针对不同路面类型（沥青、混凝土）制定差异化施工措施^[3]。材料准备方面，严格把控材料进场验收，球墨铸铁井盖需提供材质证明书及力学性能检测报告，确保抗拉强度、屈服强度等指标符合要求；密封胶条需检测耐老化性能，调节螺栓采用不锈钢材质防止锈蚀；井周回填材料采用级配砂石与水泥的混合材料，配比为砂石:水泥 = 10:1，提前进行压实度试验，确保压实度可达95%以上。设备准备方面，配备激光平整度仪、小型压路机、冲击夯、专用调节工具等设备，所有设备提前进行调试校准，确保检测数据准确、施工设备运转正常。此外，办理占道施工手续，设置安全警示标志，划分施工区域，避免施工影响交通通行。

3.2 基础处理工艺

基础处理采用“精准开挖-分层回填-刚性找平”的精细化工艺，确保井周基础具备足够承载能力。首先进行井周开挖，根据井盖尺寸确定开挖直径，比井圈外径大500mm，开挖深度至路基基层以下300mm，开挖过程中采用人工配合小型挖掘机作业，避免扰动周边原有路基结构，开挖边坡坡度控制为1:0.5，防止坍塌。基底处理采用机械夯实与人工找平结合方式，基底平整度误差控制在2mm以内，夯实次数不少于3遍，确保基底承载力不低于120kPa。回填施工分3层进行，每层厚度100mm，第一层采用级配砂石回填，采用小型压路机碾压，碾压速度控制在1.5km/h，碾压次数4遍；第二层采用水泥稳定砂石回填，摊铺后采用冲击夯夯实，夯实频率为30次/min；第三层采用C15混凝土回填，混凝土振捣采用插入式振捣器，振捣至表面泛浆无气泡为止。混凝土初凝后进行养护，养护时间不少于7天，养护期间禁止车辆碾压。最后

在混凝土基础表面铺设20mm厚水泥砂浆找平层，采用水平仪控制平整度，为井圈安装提供平整基础。

3.3 井盖安装工艺

井盖安装遵循“定位-固定-调节-密封”的分步工艺，确保安装质量符合要求。首先进行井圈定位，根据路面设计标高在混凝土基础上弹出井圈安装控制线，采用水泥砂浆将井圈临时固定，确保井圈中心与井体中心重合，偏差不超过3mm。井圈固定后安装调节机构，将楔形调节块均匀分布在井圈底部调节槽内，初始位置调至中间刻度，便于后续高度调节。井盖安装前清理井圈密封槽，嵌入三元乙丙密封胶条，胶条接头采用斜口搭接，搭接长度不小于50mm，确保密封严密。随后吊装井盖至井圈上，调整井盖位置使定位销与井圈定位孔精准配合，防止井盖转动。高度调节采用激光平整度仪实时监测，通过专用工具旋转调节螺栓，使井盖顶面与路面标高差控制在±1mm以内，确保平整度符合要求。最后进行锁具安装与调试，检查防盗锁具开启灵活，关闭后井盖与井圈连接紧密，无松动现象。安装完成后在井盖周边设置警示围挡，24小时内禁止车辆通行，确保安装结构稳定。

3.4 质量控制要点

质量控制实行“全过程检测-关键节点验收-后期跟踪监测”的三维管控体系。施工过程中，基础处理阶段重点检测基底承载力和回填压实度，采用动力触探仪检测基底承载力，每10个井盖点位抽检1个，承载力不足时需采取换填处理；回填压实度采用环刀法检测，每层检测3个点位，压实度低于95%时需重新夯实。井盖安装阶段检测井圈中心偏差、井盖平整度及密封性能，中心偏差采用卷尺测量，平整度采用激光平整度仪检测，密封性能通过闭水试验验证，注水后30分钟无渗漏为合格^[4]。关

键节点验收包括基础验收、安装验收和竣工验收，基础验收需提供承载力检测报告和压实度检测记录，安装验收重点检查调节机构灵活性和井盖平整度，竣工验收需综合评估外观质量、使用功能及与路面衔接效果。后期跟踪监测在安装完成后1个月、3个月、6个月进行，监测井盖沉降量和松动情况，沉降量超过3mm时及时通过调节机构进行调整，确保井盖长期保持良好使用状态。同时，建立质量追溯档案，记录每个井盖的施工数据、检测结果及养护记录，实现质量全程可追溯。

结束语

球墨铸铁可调式防沉降井盖施工工法通过材料升级、结构创新与动态调节技术的协同应用，显著提升了井盖的抗沉降能力与长期稳定性。实践表明，严格遵循基础处理、分层回填、激光调平等关键工艺，并实施全过程质量检测与后期跟踪监测，可有效控制井盖沉降量，延长使用寿命。该工法不仅解决了传统井盖的顽疾，更推动了城市道路施工向标准化、精细化方向发展。未来需进一步优化调节机构耐久性，拓展其在极端气候条件下的适应性，为智慧城市建设提供更可靠的基础设施保障。

参考文献

- [1]傅明阳.论球墨铸铁可调式防沉降检查井盖安装及井圈周边加固施工工艺[J].居业,2022(11):1-3.
- [2]李长贵.城市道路自调式防沉降井盖施工技术应用研究[J].砖瓦世界, 2022(23): 139-141.
- [3]徐进京,刘海青.沥青混凝土路面检查井井盖防沉降安装技术[J].建筑工程技术与设计,2025,13(2):122-125.
- [4]汪文志.市政道路检查井井盖安装施工新工艺[J].建筑工程技术与设计,2020(23):321.