文章编号：1671-8496-(2026)-04-0084-07

青岛市农村公路数字化转型的实践探索与路径优化

单宝增
（青岛市公路事业发展中心，山东 青岛 266022）

摘　要：为破解农村公路数字化转型中数据利用率不足、数据孤岛、顶层设计缺失等问题，助力交通强市建设与乡村振兴战略实施，本文以青岛市胶州市和即墨区农村公路数字化试点为研究对象，总结试点建设经验，分析技术、管理、数据层面的核心问题。基于此，提出“一体推进、统分结合、资源集约”的发展思路，构建“技术-管理-数据”三维理论模型，创新提出“试点探索—堵点导向—顶层设计—分层落地”四阶段转型流程，并设计“1+4+N”市级数字化管理体系，以“数据一张网、应用一张图、协同一盘棋”的典型做法，为其他省市农村公路数字化转型提供有益借鉴。

关键词：农村公路；数字化转型；智慧化养护；转型流程
中图分类号：U495；U418.2　　**文献标识码**：A

Practical Exploration and Path Optimization of Digital Transformation for Rural Roads in Qingdao

SHAN Baozeng
(Qingdao Highway Development Center, Qingdao 266022, Shandong, China)

Abstract: To address challenges in rural road digital transformation in China—such as low data utilization, data silos, and lack of top-level design—and to support the construction of transportation-strong cities and the rural revitalization strategy, this paper takes the rural road digitalization pilots in Jiaozhou and Jimo districts of Qingdao as research objects. It summarizes pilot construction experiences and analyzes core issues at technical, management, and data levels. Based on this, it proposes a development approach of "integrated advancement, unified-divided combination, and resource intensification," constructs a "technology-management-data" three-dimensional theoretical model, innovatively proposes a "pilot exploration-pain point orientation-top-level design-hierarchical implementation" four-stage transformation process, and designs a "1+4+N" municipal digital management system. This system features typical practices of "one data network, one application map, and one coordinated chessboard," providing valuable references for other provinces and cities´ rural road digital transformation.

Key words: rural roads; digital transformation; intelligent maintenance; transformation process

1 引言

党的二十大报告明确提出加快建设交通强国、数字中国，推动数字经济与实体经济深度融合，同时强调全面推进乡村振兴。2024年，财政部与交通运输部联合发文，明确了公路水路交通基础设施数字化转型升级的路径。山东省交通运输厅也计划开展公路基础设施数字化及智慧养护提升专项行动。在此背景下，提升公路智慧化水平成为支撑国家重大战略的关键举措。

综合国内外有关研究，农村公路数字化转型已成为全球交通基础设施管理的重要趋势。美国通过资产管理系统（asset management system）实现了包含乡村道路的资产全生命周期管理；欧

收稿日期：2025-12-26
作者简介：单宝增，工程师，硕士，研究方向为道路交通

盟基于 GIS 技术构建了覆盖 25 国的农村公路养护决策系统[1]。国内先进省份也同样迈出了数字化转型步伐，其中浙江省“四好农村路”数字化管理平台通过全域感知设备部署与标准化数据采集流程，实现了 98% 的农村公路可视化管控；广东省“一张图”系统也初步整合了全省农村公路资产数据[2]。

历经十载建设，青岛市农村公路网络结构持续完善，信息化建设成果显著。截至 2024 年底，青岛市农村公路总里程达 12 604 千米，诸多信息化系统广泛应用，为数字化转型奠定了坚实基础。然而，当前经验型管养决策范式已难以适配“四好农村路”高质量发展的需求，亟需提高养护科学决策水平，挖掘智慧化养护应用场景，为交通强市建设提供支撑。全市农村公路体系规模大、覆盖广，其数字化转型不宜采取“一刀切”模式。通过试点先行，可梳理实际需求、解决共性问题、完善顶层设计、积累经验，以此推动数字化工作全面转型。

本文以胶州市和即墨区农村公路数字化平台试点为研究对象，总结试点经验，分析存在问题，并提出优化路径，为青岛市农村公路数字化转型提供参考。

2 试点平台建设经验

2.1 胶州市试点平台建设

胶州市综合交通运行监测与应急指挥中心（TOCC）通过在公路养护业务领域应用视频监控系统，实现了对公路养护过程的预防性管理。该平台集成了交通运行监测、行业监管、道路监控、道路养护、非现场执法、信息共享、应急调度等功能，核心应用包括：

（1）监控系统集成。胶州市实现所有县道实现信息化监控全覆盖，重要乡道、重要村道实现信息化监控全覆盖，重点区域、重点路段、重要道路交叉口实现信息化监控全覆盖，重要农村公路实现超限超载违法检测全覆盖。

（2）智慧病害识别。依托高精地图，打造高精定位的病害库，实现病害位置、类型、数量等相关信息在线上随时可查可看，公路部门巡查人员能够掌握路面损坏情况，合理安排养护资金，做到精准养护和预防性养护。2023 年，运用平台智慧识别功能，辅助完成 3.6 万余平方米农村公路小修。

（3）道路巡检病害处置。TOCC 系统开发公路养护巡检模块，可实现自动巡检抓拍公路现场图片，管理人员可远程查看、标注和审核图片，发现问题后可直接推送养护事件至养护单位，并由交通运输局复审确认处理结果，完成事件闭环。

（4）应急预警。如图 1 所示，在重点位置设置监控检测模块，实现实时监控和远程调度，在节省人力的同时，提高了工作效率和反应速度。即使在恶劣天气等突发情况下，也能及时为养护巡检工作提供信息及技术保障。养护人员可根据预警快速响应处理，实现事件闭环处置。



图 1　TOCC 监控调度系统

2.2 即墨区试点平台建设

即墨区“农村公路智慧化养护管理系统”围绕数据核心库，综合运用高精地图、高精度移动测量设备、AI（人工智能）等关键技术，重点打造养护、管理、服务、运行监测与应急处置四大板块。实现功能有：

（1）一张图管理。如图 2 所示，基于 GIS（地理信息系统）电子地图和数据图表可视化展示，在公路日常养护数据、路网流量数据、计划进度数据三大数据层面，实现全区农村公路路网、路产和路面状况的数据采集、数据处理、历史数据在三维地图上的综合展示。



图2 即墨区智慧化养护管理平台

（2）应急处置保障。能够实现与公安跨部门数据资源共享，增强了跨部门突发事件协调处置能力。2021年以来，共处置道路突发事件1 986起，启动除雪防滑7次、应急防汛13次。

（3）信息化整合及纠偏。实现对各级管养单位日常填报数据的自动汇总、上报、分析和储存，通过逻辑预设，及时纠正错误数据，减少人为计算失误，提高工作效率和工作质量。

（4）养护处置效率提高。配套手持终端App，实现巡查问题准确定位、一键操作，突发事件现场处置、涉路事案及时上报，养护巡查记录自动生成，有效提升一线养护管理工作效率。2021年以来，区、镇街两级累计巡查21万千米，发现并处置500余起突发事件。

（5）路政管理联动。通过公路资产网格化、数字化管理及联网监控设施，实现维权体系有效运转，强化路养联合巡查、公安交通联合执法，依法保护农村公路及附属设施。2021年以来，辅助办结路赔案件88起，审批涉路事项21件。

3 试点平台运行问题分析

综合胶州市、即墨区数字化平台试点建设情况，当前两区（市）初步搭建的场景应用虽然满足了对辖内农村公路视频监控、路网展示等的基本需求，但还存在问题。

3.1 对比分析

综合国内外有关研究，尝试从技术路径、管理模式、数据治理、应用成效四个核心维度，系统对比试点与欧盟、美国及国内先进省份相关典型案例，如表1所示。

如表1所示，胶州市和即墨区试点平台在监

表1 案例对比详情

对比维度	欧盟GIS养护系统[1]	美国AMS管理系统[2]	浙江“四好农村路”数字化平台[4]	广东“一张图”系统[4]	区（市）试点
技术路径	OGC标准多源数据融合，集成机器学习算法，跨区域协同技术架构	全生命周期资产管控技术体系，数据驱动的养护决策模型[3]	全域感知设备部署，标准化数据采集，可视化管控	省级统一数据接口，资产－养护业务耦合技术	监控系统集成＋AI病害识别，GIS基础应用
管理模式	25国跨区域协同管理架构，统一技术规范考核机制	分级资产管理制度，养护预算动态优化机制	“省—市—县—乡”四级联动管理	省级统筹、市县落实的分级管理	区市自主建设，市级初步统筹
数据治理	统一数据标准与传输协议，跨部门数据共享安全机制	标准化资产数据分类，全流程数据质量管控	统一数据采集规范，多级数据核验机制	省级数据标准统一，跨部门接口规范	数据分类存储，缺乏统一标准与共享机制
应用成效	跨区域养护决策效率提升40%，病害预测准确率达85%以上	养护资金利用率提升35%，资产寿命延长10%	98%农村公路可视化管控，养护响应时效缩短50%	资产数据整合率达90%，养护计划科学性提升30%	养护精准化初见成效，应急处置效率提升

控系统集成、智慧病害识别、应急预警等方面初见成效，基本实现了农村公路养护的精准化和智慧化，但仍陷入了三个典型误区：一是“重整合轻技术”，二是“重建设轻管理”，三是“重资产轻数据”，下面将具体阐述。

3.1.1 技术层面

（1）数据利用率不足。系统过度聚焦于数字化平台的搭建，忽视数据挖掘、分析与业务场景的深度融合。试点实践表明，数据利用率偏低的问题突出，平台建成后未能充分服务于养护决策、应急处置等核心业务。得益于前期信息化建设和试点数据采集，平台收集、存储了大量数据，比如信息采集数据、流程流转数据、管理数据等，虽实现了分类储存，但未能实现数据标准化处理，无法实现数字域模型的构建；缺少专用算法模块开展数据分析与研判，数据挖掘与提取能力不足；缺少在动态监测、决策服务、治理创新等方面的应用。其中，胶州市平台存储监控视频 2.3 PB，日均分析量仅 117 TB（5.1%）；即墨区病害图像数据库容量为 56 TB，有效分析量仅为 8.4 TB（15%），两平台结构化数据占比分别为 7.2% 和 10.1%。

（2）更新频率偏低。农村公路基础数据快速汇聚融合应用机制尚未建立，核心路段能够实现实时更新，但普通路段周更新率仅为 30.2%，数据更新频率偏低，无法为动态、智慧化的数字化系统提供有效的基础支撑，这将直接制约系统的智慧化水平[5]。

3.1.2 管理层面

（1）顶层设计缺失。各区（市）农村公路数字化建设认识程度不一，建设的农村公路管理系统功能各有侧重，系统间相互独立、缺乏联动，行业建设顶层设计不健全问题凸显。

（2）数据标准体系不统一。存在数据标准不统一、接口不一致等情况，农村公路数据的标准化工作滞后于业务发展，系统集成难度大[6]。

3.1.3 数据层面

（1）数据孤岛现象明显。未能解决当前部、省、市、区（市）四级农村公路管理系统相互独立的问题，农村公路业务数据的采集、报送、更新、交换自成体系，且数据共享程度不高。

（2）数据采集成本高。村道分散、规模小，采集设备部署成本高。

3.2 共性问题解决方案矩阵

针对相关共性问题，提出如下方案矩阵，如表 2 所示。

表 2　共性问题解决方案矩阵

问题类型	核心成因	通用解决方案	适配场景
数据利用率不足	缺乏标准化处理流程、无针对性算法模型、应用场景单一	建立数据标准化处理流程、开发专用算法模块、拓展动态监测/决策支持等应用场景	基础数据积累较多的地区
数据孤岛	系统独立建设、数据标准不统一、接口不一致	制定统一数据标准与接口规范、构建数据中台、建立跨部门数据共享机制	多层级、多部门参与的数字化管理项目
基础数据更新慢	缺乏自动采集手段、更新机制不健全、人力投入不足	部署物联网自动感知设备、建立“实时 + 定期”混合更新机制、优化人工采集流程	普通路段占比高的地区
数据采集成本高	点位分散、地形复杂、设备维护难度大	“重点路段高精度采集 + 普通路段轻量化采集”“共享现有政务感知设备”“采用低成本物联网终端”	村道密集、山区丘陵等采集难度大的区域

4 农村公路数字化转型三维理论模型

4.1 模型内涵界定

依托智慧转型需求及现有堵点问题，探索构建“技术－管理－数据”三维理论模型，打造农村公路数字化转型的核心支撑体系。

（1）技术维度：涵盖感知技术（物联网、视频监控、无人机）、数据处理技术（大数据、AI 算法、ETL 工具）、应用支撑技术（GIS、BIM、数字孪生），是数字化转型的工具基础，为数据采集、处理、应用提供技术支撑。

（2）管理维度：包括组织架构、制度规范、协同机制、考核评估，是数字化转型的保障支撑，为技术落地与数据治理提供制度环境。

（3）数据维度：包含数据采集、存储、处理、共享、应用，是数字化转型的核心要素，是连接技术与管理的关键纽带。

4.2 三维互动关系

技术创新为数据价值释放提供支撑，通过先进感知技术扩大数据采集范围，借助算法模型提

升数据处理效率；数据价值释放推动管理机制改革，基于数据洞察优化管理流程、完善考核体系；管理机制改革为技术落地与数据治理提供制度保障，通过统一规划、标准制定、协同机制确保技术应用有序推进、数据资源规范管理，三者形成“技术赋能—数据驱动—管理护航”的闭环互动体系。

5 市级数字化转型目标建议及实施路径

5.1 发展思路

青岛市农村公路数字化转型应按照“一体推进、统分结合、资源集约”的思路推进。“一体推进”指的是做好顶层设计，各区（市）农村公路综合管理信息化平台的核心部分应保持高度一致，采用一套数据标准[5]；“统分结合”指的是在做好一体化部分的基础上，各区（市）立足自身发展定位，开展拓展部分的建设与应用，体现地方特色；“资源集约”指的是在条件允许的情况下，充分利用部、省、市、区（市）现有的农村公路信息化、数字化成果，加强资源整合与利用，避免重复建设[7]。

其中“统分结合”的具体实施要点如下：

（1）“统”的范畴：核心数据标准（如路产、养护、监测数据元规范）、基础架构（如统一GIS底座[7]、数据中台）、核心功能模块（如数据共享、综合查询、应急调度）、考核评估体系。

（2）“分”的范畴：区域特色应用（如沿海地区防台风应急功能、山区道路地质灾害监测功能）、局部技术适配（如密集路网高精度采集、偏远路段轻量化感知）、业务流程优化（如区县个性化工单流转机制）。

（3）结合要点：以“统”为基础，保障数据互通与协同高效[8]，以“分”为补充，满足差异化需求，建立“市级统筹指导+区县自主申报+动态评估调整”的协同机制，确保“统而不死、分而不乱”。

5.2 发展目标

基于GIS地图，汇聚数字路产、智慧养护、基础监测等多维数据，在全市范围内建成农村公路的实体和数字孪生两个体系[9]，支撑养护决策、应急调度等应用场景，打造形成青岛市智慧农村公路综合性治理体系，在农村公路建、管、养、运业务领域实现数字化技术深度应用，实现全市基础数据“一张网”、数字化应用“一张图”、业务协同“一盘棋”。满足市、区（市）、镇（街）三级农村公路不同层次的管理需求，构建现代化农村公路基础设施体系[10]。

5.3 通用转型流程

总结提出“试点探索→堵点剖析→顶层设计→分层落地”四阶段通用流程，各阶段核心任务与关键节点如图3所示。

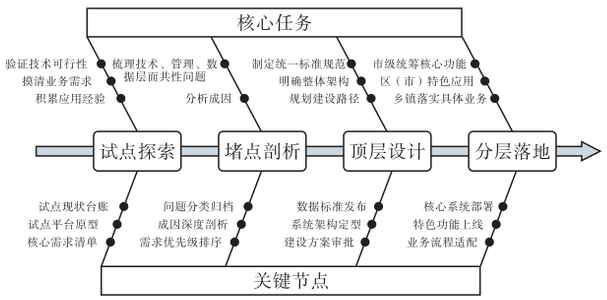

图3 农村公路数字化转型通用流程图

5.4 实现路径

数字孪生是农村公路数字化转型的重要技术路径之一，其应用需配套管理机制优化与数据治理完善[11]。如图4所示，通过在农村公路全要素、全生命周期构建物理实体的虚拟映射，摆脱传统信息化局部片段化数字维度和单向数据采集的交互方式，构建数字－实体域交互、双向闭环的交互方式，为农村公路建设、养护、管理提供全新范式。数字孪生模型构建关键技术步骤如下：

（1）数据采集层：采用“地面采集（移动测量车、无人机）+空中遥感（卫星影像）+物联网感知”多源数据融合方式，获取道路几何参数、路面状况、附属设施等全要素数据。

（2）模型构建层：重点路段采用厘米级BIM建模（包含构件属性、材质信息、施工记录），普通路段采用米级GIS建模（包含道路中心线、走向、周边环境），通过LOD分级建模技术实现模型轻量化。

（3）数据融合层：采用ETL工具（extract-transform-load）对多源异构数据进行清洗、转换、集成，利用时空数据库实现数据与模型的精准关联。

（4）应用支撑层：部署数字孪生引擎，支持模型可视化、动态更新、模拟仿真等功能。

在重点路段使用厘米级BIM（建筑信息系统）模型，一般路段采用米级GIS模型，采用轻量化模型使单条道路建模成本大幅压缩，并有效

提高计算效率。

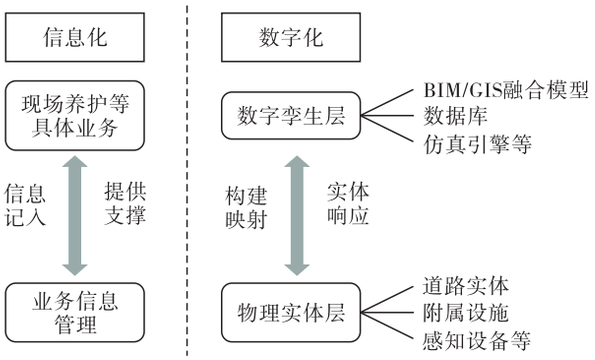

图 4　数字孪生业务交互

5.5 市级数字化平台子系统分析

综合来看，为落实《交通运输部关于推进公路数字化转型加快智慧公路建设发展的意见》《青岛市人民政府办公厅关于印发青岛市“四好农村路”提质增效专项行动方案的通知》等有关部署，实现青岛市市级农村公路数字化转型，满足全市“综合数据查询、监控视频接入、业务综合管理、事件高效处置、科学辅助决策、应急处置调度”等功能需求，应当构建起“1＋4＋N”的青岛市农村公路数字化管理体系（图 5）：1 个平台（智慧农村路一体化平台）、4 大系统（农村公路综合管理系统、农村公路智慧管养系统、综合监控及应急调度系统、路况评定系统）、N 个业务场景（覆盖项目统一管理、日常养护、智慧决策、工单管理、绩效考核、应急指挥调度等多个场景）。

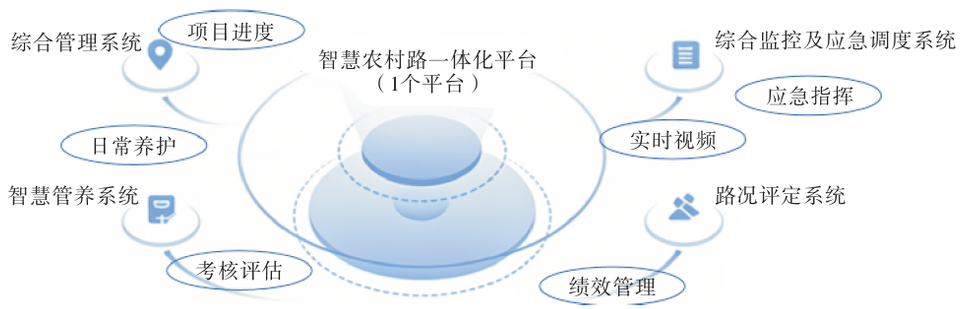

图 5　“1＋4＋N”的青岛市农村公路数字化管理体系示意图

5.5.1 综合管理系统

为农村公路的养护提供数字化工具，支撑养护管理前期决策、中期实施、后期评估的全过程精细化管理，辅助建立起标准化、精细化、数字化的管理模式。

（1）数据共享及综合查询。通过接入宙斯之路和“山东省四好农村路综合管理服务平台”（以下简称“省平台”）等数据平台，构建含基础属性、空间数据等在内的数据基础库，通过政务云接入，按需申请资源存储、安全服务等功能，接入山东通、爱山东、青岛市交通运输一体化平台等 App 或平台，完成综合数据共享，如图 6 所示。利用图表和 GIS 地图等可视化工具，实时查询各区（市）的管养事件数据，实现对区（市）级平台的工作监督指导。

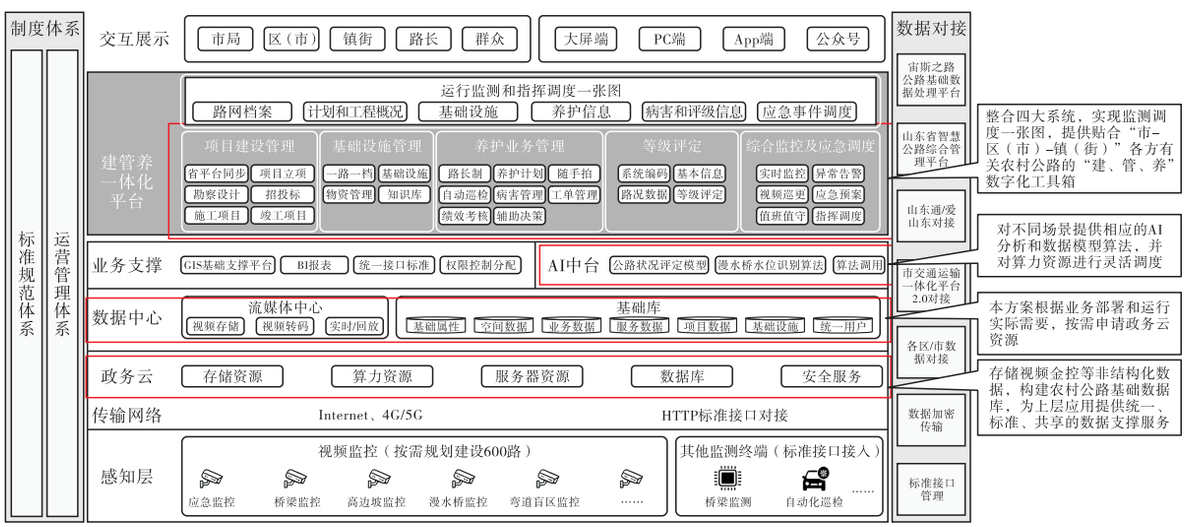

图 6　“1＋4＋N”的农村公路数字化管理体系架构图

（2）同步报送数据。构建符合省平台系统的全市统一农村公路项目管理数据结构，配套建立标准规范体系及运营管理体系，通过预设算法完成采集数据自动计算和配套填报，实现公路技术状况指数、路面技术状况指数、道路里程等信息数据自动同步，定期进行一次数据更新，降低基层人工重复工作负担，提高效率。

（3）公路资产管理。通过打造管养一体化应用体系，主要实现对项目、路线、路段、桥梁、涵洞、隧道、附属设施、安防设施等七大管控基础在线管理，建立一路一档，形成公路资产综合数据库。基于地理信息技术实现设施精确空间管理，实现各类公路资产地图可视化展示。

（4）项目建设管理。辅助农村公路养护及新改建工程。通过接入 ARCGIS 服务，依据路网、通行流量等信息，在规划设计阶段研判实施的必要性，辅助落实耕地指标，降低设计成本。在工程推进阶段，运用 BIM 技术和现场监控，实现新改建等工程的可视化管理。

5.5.2 智慧管养系统

（1）服务日常管护。系统根据公路技术状况和日常养护事件，分析评估各等级公路的养护需求和优先级，提供养护工程项目计划的建议，制订养护工程项目计划，通过便捷的移动终端工具，实现事件上报、下达、处置、复核、督办、自动生成统计报表全流程管理。

（2）智慧辅助决策。引入无人机、新型检测车等轻量化巡检设备，借助 AI 辅助采集海量道路信息，并依托省平台上传的历史数据，初步建立数字孪生模型，通过日常巡护、自动检测等方式实现日度、周度数据及时更新。在数据深挖的基础上，基于路面历史破损数据预测未来趋势，结合资金规模、作业力量等限制因素，建立决策模型，确定养护优先级，建立符合青岛市“5321”交通建设体系的全市农村公路养护工程项目库，优化养护决策。

（3）完善评估机制。综合平台数据更新频率、路况变化等因素，对各区（市）建立统一、完善的考核评估标准和公示机制，实现市级“四好农村路”高质量发展评估流程数字化、公开化、透明化。

5.5.3 农村公路综合监控及应急调度系统

（1）系统接入。接入胶州市综合交通运行监测与应急指挥中心（TOCC）、即墨区农村公路智慧化养护管理平台、崂山区交通运输一体化应用平台等各区（市）建设的视频监控设备，并根据实际需要，在高边坡、重点漫水桥、桥梁等重点路段规划安装智慧监控设备，通过有线、无线对射、4G/5G 等方式进行感知层数据的传输汇聚，对于各区（市）自建的视频监控及其他监测终端数据，提供统一接口规范进行对接，实现农村公路运行状况实时监测，并与气象、交通事故等预警系统相结合。

（2）综合预警。通过 AI 中台，对视频监控异常情况进行精准识别，当出现极端天气、路面塌陷、交通事故、桥洞积水等异常情况时，立即通知相关部门和人员进行应急处置，支持市局和各区（市）交通部门实时查看、切换和发布信息，实现快速应急处置服务。

（3）闭环处理。指挥中心作出应急处置指令后，各区（市）一线管理人员处置完成后，通过 App 或 PC 端上传公路检查、应急处置结果的照片或视频，完成事件记录，指挥中心结合提报数据和现场数据，研判风险点是否消除，确保从发现到处置的过程形成闭合回路，实现问题的高效处置和全程可溯。

5.5.4 路况评定系统

通过接入路况数据采集仪（RCR）、多功能路况快速检测系统（CiCS）等仪器设备，实现独立数据自动上传、汇总、计算，根据公路技术状况评定结果和公路技术状况标准，合理确定公路技术状况等级，实现对四五类危桥、次差路等异常指标的及时预警，打破现行青岛市农村公路市、区两级双检制度，避免资金浪费。同时搭建农村公路实体检测数据库，将有关数据接入综合管理系统和智慧管养系统，为全市数字孪生模型提供现实域数据反馈[12]。

5.5.5 移动终端 App

青岛智慧农村公路移动端 App 主要是满足各级用户移动办公需要，取代现有“路长制”“户户通”等 App，实现内容一键整合，其核心功能参照智慧农村公路综合管理系统。移动端 App 根据用户操作权限显示不同工作模块，既方便管护人员查询路况、下载任务单，又能向社会提供实时路况信息（如拥堵、施工、事故等），便于公众规划出行。建立公众反馈机制，允许提交投诉建议并跟踪处理进度，通过用户反馈实现平台迭代升级[13]。

6 结论与展望

青岛胶州市、即墨区数字化试点验证了农村

（下转第 109 页）

务效能，为高职交通运输大类专业课程改革提供理论支撑与实践方案。

参考文献：

[1]蒋建峰,征慧. 职业院校城市轨道交通专业教学数字化转型策略研究[J]. 城市轨道交通研究,2025,28(1):336-337.
[2]饶斌. 职业教育教学关键要素联动改革的政策动因与行动路向[J]. 教育与职业,2026(7):15-24.
[3]尹国丽,师尚礼,曹文侠. 新质生产力背景下高校课程育人要求的落实路径[J/OL]. 西南科技大学学报(哲学社会科学版),1-9. https://link.cnki.net/urlid/51.1660.C.20260329.1704.002.
[4]孙静静. 德技并修下高职院校“素养+技能”双融合育人模式构建[J]. 山东商业职业技术学院学报,2025,25(4):43-48.
[5]罗淳. 人工智能与高职数智化金融营销课程融合创新教学模式探析[J]. 河北职业教育,2026,10(1):77-82.
[6]张晓凤. 建构主义学习理论视域下 MPA 专业课程思政育人路径研究[J]. 教育观察,2026,15(1):126-128.
[7]陈顺意. 情境学习理论下会计专业大数据分析基础课程教学实践研究[J]. 山西青年,2026(2):193-195.
[8]温正胞,林琦. 全域学习空间助力乡村全面振兴:基于分布式认知理论的探索[J]. 远程教育杂志,2025,43(4):106-112.
[9]张文华,安后义. 基于协同治理视角的应用型高校治理结构优化研究[J]. 通化师范学院学报,2026,47(3):132-138.
[10]许依婕. 基于多元智能理论的资源教室建设与实践[J]. 中国现代教育装备,2026(6):7-10.
[11]李俊辉,夏宇. 高职课程思政“四维五解六步法”实施路径研究与实践:以《城市轨道交通行车组织》课程为例[J]. 广东交通职业技术学院学报,2021,20(3):53-57.
[12]谭飞刚,招晓菊. 面向“双碳”战略的高职轨道专业课程体系重构研究[J]. 现代商贸工业,2026,47(2):70-72.
[13]谭飞刚,刘小青,廖全蜜,等. 城轨运营专业课程思政教学改革与实践[J]. 广东交通职业技术学院学报,2025,24(1):95-99.

（上接第 90 页）

公路智慧转型的可行性，同时暴露出数据利用率低、数据孤岛、顶层设计不足、采集成本高等全国共性问题。本文构建的技术－管理－数据三维模型、四阶段通用流程，以及“一体推进、统分结合、资源集约”思路与“1+4+N”体系，可为农村公路实现数据一张网、应用一张图、协同一盘棋提供完整实施方案，对全国农村公路数字化建设具有普适启示与行业推广价值，可为“四好农村路”高质量发展与乡村振兴提供支撑。未来应持续深化数据治理，推广低成本数字孪生、AI 智能识别等技术应用，完善市－区（市）－镇（街）三级协同机制，以数字化全面提升农村公路治理现代化水平。

参考文献：

[1]European Union. Technical specification for GIS-based rural highway maintenance decision system[R]. Brussels: European Union,2024.
[2]U. S. Department of Transportation. Asset management best practices for rural roads[R]. Washington, D. C.: U. S. Department of Transportation,2024.
[3]Smith J. Digital twin for rural road asset management[J]. Transportation Research,2022,48(3):215-230.
[4]王建军. 数字孪生公路关键技术研究[M]. 北京:人民交通出版社,2023.
[5]刘振华,刘柳杨,李冰. 新形势下农村公路数字化转型路径探讨[J]. 交通运输部管理干部学院学报,2023,33(4):28-31.
[6]朱振祥,段美栋,李昌辉,等. 基于数字化的公路养护管理平台设计与应用[J]. 公路,2023,68(10):319-324.
[7]孙文凯. 大数据技术实现养护数字化监管[J]. 中国公路,2016(9):138-139.
[8]刘柳杨,马骁,田亮,等. 农村公路建管养领域数字化转型方向研究[J]. 交通运输部管理干部学院学报,2023,33(3):7-9,24.
[9]周晶,吴润华,耿靖杰. 公路基础设施数字化管养平台建设研究[J]. 公路,2023,68(2):321-326.
[10]Li J, Wang Y, Zhang H. Application of digital twin technology in rural highway maintenance[J]. Journal of Intelligent Transportation Systems, 2024, 28(3): 456-468.
[11]交通运输部. 公路数字化转型三年行动计划(2024—2026)[R]. 北京:交通运输部,2024.
[12]Zhang S, Liu X. Research on lightweight modeling technology for rural highway digital twin[J]. IEEE Access,2025,13:23457-23470.
[13]山东省交通运输厅. 山东省智慧交通建设专项方案(2025—2027)[R]. 济南:山东省交通运输厅,2025.