

# 第一章

## 前言

### 1.1. 项目背景

我国已有高速公路特别是中东部高速公路的交通通行量日趋饱和，部分地区骨干高速公路交通堵塞现象日趋明显，已有高速公路交通通行能力与国家经济社会快速发展对高速公路的交通保障能力要求的矛盾已越来越大，大量高速公路改扩建工程建设工作已迫在眉睫，高速公路改扩建已成为未来十多年我国高速公路建设事业新的热点。由于高速公路改扩建项目建设的背景和实际特殊性，国内高速公路改扩建测绘研究刚处于起步阶段。

自 1988 年我国大陆地区第一条高速公路——沪嘉高速公路建成通车以来，我国高速公路总体上实现了持续、快速和有序地发展。特别是 2008 年国家实施积极的财政政策、扩大内需加强基础设施建设应对亚洲金融危机之后，我国高速公路建设进入了快速发展时期。根据《国家公路网规划（2013 年~2030 年）》国家高速公路网由 7 条首都放射线、11 条南北纵线、18 条东西横线，共 36 条主线，以及地区环线、并行线、联络线等组成，约 11.8 万公里。规划建设展望线约 1.8 万公里，总里程 13.6 万公里，连接全国地级行政中心、城镇人口超过 20 万的中等及以上城市、重要交通枢纽和重要边境口岸。在国家公路网的基础上，各省（区、市）纷纷编制地方

高速公路网规划，逐渐形成了以国家高速公路为骨架、以地方高速公路为补充的高速公路网规划格局。截至 2016 年底，全国高速公路通车里程已达 13.1 万公里，位居世界第一。

我国高速公路建设始于 20 世纪 80 年代，不少先期建成的路段由于设计标准较低等原因（前期建成的多为双向四车道或六车道，现在建设标准为双向八车道或十车道），出现了通行能力不足、服务水平下降等问题，急需改建、扩建、提升路面等级。首先，由于社会交通运输量的快速增长，特别是在经济发达地区主干公路的实际运输量已远远超过其设计能力，造成交通阻塞现象严重、交通事故频繁，有些道路已经到了不堪重负的程度，急需进行改扩建；其二，汽车车型结构和轴载结构的变化，使早期修建的高速公路大都已达到或超过设计寿命，由于养护维修资金的紧张而一直处于超期服役状态，道路灾害逐年增多，直接影响道路交通畅通，降低了运输效率，制约了国民经济的发展；其三，由于交通与社会经济发展之间复杂的循环推动作用，高速公路交通量的预测具有较高难度，尤其在高速公路发展初期对其认识尚不充分，技术标准、需求预测技术等均处于探索阶段，交通量预测难以精确，因此部分路段建成十年左右就出现交通量超饱和现象，这些高速公路基本上属于国家的交通主干线，地位突出，均已运行 10 年以上，当年的建设能力已远远不能满足今天交通发展的需要，加之经济社会发展对高速公路提出了更高要求，东部和中部地区重要交通走廊面临新的拥挤，高速公路建设领域在保持适度的新建规模和速度的同时，必须加强路网扩容工作，通过高速公路改扩建的有序实施，防止出现新的

“瓶颈”。

山东省第一条高速公路——济（南）青（岛）高速公路，于 1993 年年底主线工程建成通车，目前是山东省最繁忙的高速公路，交通压力大，济南至淄博路段时常出现拥堵，有时压车两三个小时，目前的双向四车道已不能满足需要。2011 年山东省交通运输厅“两保两树”会议上决定，山东将全面加快京沪、青银高速公路济青段（即济青高速）等交通量大的高速公路扩容改造前期工作。其中，济青高速将从四车道直接拓宽至双向八车道。目前济青高速已经在拓宽施工，京沪高速公路莱芜至临沂（鲁苏界）段、京台高速公路德州段以及济宁、泰安段也进入道路改扩建勘测设计阶段。初步统计，“十三五”期间需要扩容改造的高速公路里程就有 6400 公里，从我国高速公路发展需求看，预计还将需要 10 年左右的集中建设期，高速公路建设测量工作十分繁重。

根据 2016 年山东省发展和改革委员会、山东省交通运输厅颁布的《山东省高速公路网中长期规划（2014 至 2030 年）》调整方案（见附件 5. 全省“十三五”期高速公路规划项目表），2021 年至 2030 年，改建与新建并重，以改扩建为主，进一步优化路网，提升通行能力，基本建成“九纵五横一环七连”高速公路网剩余路段，约 700 公里。至 2030 年，全省高速公路通车里程约 8300 公里。完成剩余大交通量路段扩容改造工程约 1000 公里（见图 1. “十三五”期高速公路规划建设示意图）。

由于高速公路改扩建涉及既有道路重要构造物的拼接利用，因此对勘

测和设计要求比新建线路标准更高、更复杂，而传统测绘手段通常是点对点作业，作业周期长，无论工作效率还是测绘精度都难以满足当前设计要求，因此迫切需要引进新型测绘技术手段并对关键技术进行分析研究，用以解决当前测量难题，做到精准设计和精准施工。

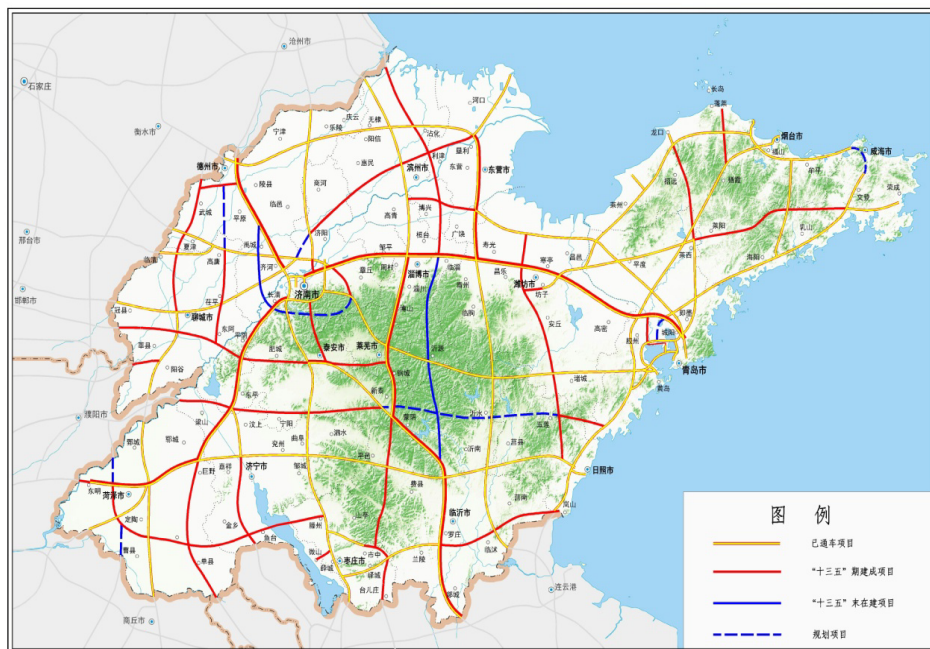


图 1. “十三五”期高速公路规划建设示意图

## 1.2. 项目研究的必要性

**高速公路改扩建成为当前测绘领域新热点：**新建高速公路测绘案例众多，已经具备非常成熟的工作方案和作业模式，但是高速公路改扩建工程案例少、可参考借鉴的经验不足，当前国内外对该课题系统性研究较少。

目前全国高速公路路网已经非常完善，在今后相当长一段时间内，新建高速公路勘测业务会逐渐减少，取而代之的是既有高速公路扩容改造业务。由于高速公路改扩建往往比新建线路工程更加复杂、更加困难，测绘风险因素更多，甚至部分工序利用传统测绘手段根本无法实现，严重制约了新型业务的开展和工程建设。新业态、新热点的研究有助于行业进步和社会发展。

**现代测绘是高速公路改扩建精准设计和施工的重要保障：**传统工程测量存在工作量大、项目成本高、作业周期长和劳动强度大等多方面缺点，不能满足高速公路改扩建部门对勘测设计工作成本低、工期短、精度和质量要求高等多方面的高层次要求；相比传统测绘，现代测绘技术测绘转变为智能化、海量化方向发展，在高速公路改扩建项目中，已经让诸多不可能变成现实。比如在不封闭交通的情况下获取路面厘米级精度高密度点云并自动识别提取道路特征线信息，该技术让既有道路硬化路面摊铺材料成本精确预算变成了现实，巨大的经济价值和社会效益促进了课题研究。

**超高的精度要求具有一定的难点：**精益求精是勘测工作者不懈的目标和追求，新建高速公路测绘精度高程中误差通常要求 $\leq \pm 10$  cm，而高速公路改扩建路面测绘精度高程中误差则要求 $\leq \pm 2$  cm，其精度在数量级上有了质的飞跃。面对多样化的测绘成果和近乎苛刻的测绘精度要求，常规测量手段已经无法满足高速公路改扩建勘测要求。而新装备、新技术的应用因为缺少相应规范和标准的支撑，在探索和尝试阶段，不仅需要按照传统作

业方式投入较大工作量进行检查验证，而且其结果存在着不确定性和施工风险性，因此对高速公路改扩建勘测关键技术的研究重要性不言而喻。

### 1.3. 项目研究的可行性

山东省高速公路改扩建勘测项目一直走在国内前列，2008年山东省交通规划设计院与相关测绘单位就对济青高速公路改扩建勘测方案进行了积极探索和研究；2009年对京沪高速公路蒙阴段约60 km作为试验段。首先提出如何解决路面高程问题，该项目率先引进第一代移动测量扫描系统。随后又对济青高速公路改扩建控制网布设进行多次进行现场踏勘和论证，提出了高速公路改扩建施工控制网等级提升和控制点布设、长期保存问题，率先打破常规高速公路导线点布设原则，在桥梁或涵洞高速公路两侧分别布点，控制网形成三角锁环结构，不仅提高了控制网的图形强度还提高了控制点成果的可靠性。

2016年4月山东鲁邦地理信息工程有限公司率先使用免像控、高精度无人机影像匹配点云技术对京沪高速公路（莱芜枢纽至临沂鲁苏界）改扩建项目初设阶段路面点云扫描，实现路面点云高程精度优于 $\pm 10$  cm的成果。

2016年9月至2017年8月山东鲁邦地理信息工程有限公司使用第二代移动测量设备，对京沪高速公路（莱芜枢纽至蒙阴段）、京台高速公路（德州段）改扩建项目定测阶段路面点云扫描，实现路面点云高程精度优于 $\pm 3$  cm的成果。

2017年10月山东鲁邦地理信息工程有限公司对京台高速公路（泰安济宁段）改扩建项目定测阶段路面点云扫描，并增加全景影像用于辅助道路检测和线路调查，同时路面点云高程精度要求提高至 $\pm 2$  cm。

2018年3月山东鲁邦地理信息工程有限公司对胶州湾高速公路改扩建项目定测阶段路面点云扫描，路面点云高程精度要求 $\pm 2$  cm。

山东省高速公路改扩建测绘新技术的应用已经积累了相当丰富的案例和工作经验，通过引进新装备、开展新技术和新工艺研究，构建高速、高效的测绘生产体系，有效提升高速公路改扩建测绘生产能力。

## 1.4. 研究目标

1) 研究作业人员难以进入道路内部施测情况下利用免像控无人机对公路带状地形图和特征线三维坐标信息快速获取手段与精度控制措施；研究无人机影像匹配点云技术代替传统断面测量，实现任意断面提取和土方量计算的技术与方法，确定不同阶段具有最优性价比的测绘产品和测绘作业方法。

2) 研究在不封闭交通情况下，利用车载移动测量系统获取高精度硬化路面三维坐标信息和路面精细三维仿真，平面位置中误差优于 $\pm 3$  cm、高程中误差优于 $\pm 2$  cm；研究车载移动测量技术对路面探伤、病变维护辅助设计新方法；研究数据精度提升、成果可靠性的工作方法和优化措施。

3) 研究点云数据自动化处理和道路标线信息自动化识别与矢量化提取技术，特别是基于点云数据的等高线、高程点、道路断面、道路标志线的自动化识别与提取技术，并形成系列软件成果。

4) 结合虚拟测量技术和丰富多样的地理信息数据成果，研究现代测绘环境下道路勘测对设计带来的变化，拓展立交桥、桥涵、边坡等工程关键点位高精度空间位置领域的应用。