

上海市土木工程学会 70 周年特辑

《上海土木工程技术发展报告》(系列)

2023

上海道路工程科技

发展报告



上海市土木工程学会
Shanghai Society of Civil Engineers

上海市土木工程学会道路与交通工程专委会

2023 年 9 月

编委会

主编单位：

同济大学

上海市政工程设计研究总院（集团）有限公司

上海市城市建设设计研究总院(集团)有限公司

编写人员：

赵鸿铎 王士林 王宝辉 钱鑫 顾民 张涛 虞振清

杨一蛟 蔡 氧 潘 亮 蒋 宏



上海市土木工程学会
Shanghai Society of Civil Engineering

目 录

1. 上海道路工程科技研究背景	1
1.1 研究背景	1
1.2 研究内容	2
2. 上海道路工程科技发展现状	3
2.1 交通运输行业科技发展政策	3
2.1.1 政策调研	3
2.1.2 政策总结	4
2.2 科技创新成果	10
2.2.1 基础设施建设领域的科技成果	10
2.2.2 基础设施养护领域的科技成果	10
2.2.3 基础设施运行管理领域的科技成果	10
2.2.4 智能化领域科技成果	10
2.2.5 生态环保领域科技成果	11
2.2.6 街道慢行领域科技成果	11
2.3 科技创新条件	11
2.3.1 实验室和技术研发中心等的建设状况	11
2.3.2 重大科研装备的研发状况	12
2.3.3 高层次科研人员的引进与培养状况	13
2.3.4 政策、机制、机构等建设状况	14
2.4 “十三五”道路工程科技发展总结	15
2.4.1 “十三五”执行情况	15
2.4.2 主要成绩	16
2.4.3 重点问题	18
3. 道路工程科技发展分析	20
3.1 基础设施建设领域	20
3.1.1 建设领域科技发展趋势	20
3.1.2 建设领域关键技术	20
3.2 基础设施养护领域	25
3.2.1 养护领域科技发展趋势	25
3.2.2 养护领域关键技术	26
3.3 基础设施运营管理领域	27
3.3.1 运营管理科技发展趋势	27
3.3.2 运营管理领域关键技术	28
3.4 智慧交通领域	30
3.4.1 智能交通科技发展趋势	30
3.4.2 智慧交通领域关键技术	31

3.5	绿色环保领域.....	32
3.5.1	绿色环保科技发展趋势.....	33
3.5.2	绿色环保领域关键技术.....	33
3.6	街道设计、慢行交通领域.....	35
3.6.1	街道设计、慢行交通发展趋势.....	35
3.6.2	街道设计、慢行交通领域关键技术.....	35
3.7	交通安全领域.....	37
3.7.1	交通安全发展趋势.....	37
3.7.2	交通安全保障技术.....	38
4.	结束语.....	39



1. 上海道路工程科技研究背景

1.1 研究背景

“十三五”以来，全球创新竞争进一步加剧，创新驱动发展成为掌握新一轮全球创新竞争主动权的必然选择。新一轮科技革命和产业变革正在加速推进，美国再工业化、德国工业 4.0 及欧洲工业复兴战略方兴未艾，世界主要国家都在强化创新战略部署。国内创新驱动发展成为经济发展新常态的本质要求，国家也相继提出了“一带一路”、长江经济带等重大发展战略，提出了《中国制造 2025》、“互联网+”行动计划、“大众创业、万众创新”等重要举措，发布了《国家创新驱动发展战略纲要》。

为了深入实施创新驱动发展战略，加快建设具有全球影响力的科技创新中心，上海市按照国家战略部署，遵循创新发展规律和人才成长规律，坚持以科技创新为核心的全面创新，建设创新主体活跃、创新人才集聚、创新能力突出、创新生态优良、创新治理完善的综合性、开放型科技创新中心，全面增强创新资源配置能力和创新策源能力，使上海成为全球创新网络的重要枢纽，引领学术新思想、科学新发现、技术新发明、产业新方向，为我国建设世界科技强国提供重要支撑。

上海市人民政府逐年加大财政科技投入，重点支持基础研究、重大关键共性技术研究、社会公益研究、科技创新基地建设发展、科技人才队伍建设、区域创新体系建设、科学技术普及、科研机构改革和发展建设等活动；建立健全与创新能力开放合作相适应的财政科技投入与使用机制。全面落实长三角一体化国家战略，与长三角区域相关省建立科技创新协调合作机制，推进长三角地区更高质量一体化发展；加强与国内其他地区的合作交流，强化在科技创新领域的优势互补与协同发展。坚持以开放引领和推动创新，积极融入全球科技创新网络，发挥中国（上海）自由贸易试验区（以下简称自贸试验区）以及临港新片区制度创新优势，营造更加适于全球创新资源配置的便利环境，加强国际科技创新合作。

2019 年 9 月，中共中央、国务院印发实施了《交通强国建设纲要》。建设交通强国是以习近平同志为核心的党中央立足国情、着眼全局、面向未来做出的重大战略决策，是建设现代化经济体系的先行领域，是全面建成社会主义现代化强国的重要支撑，是新时代做好交通工作的总抓手。

党中央、国务院已将交通强国和长三角一体化发展作为国家战略。国家对上海的定位是成为全球城市、具有全球影响力的科技创新中心、世界第六大城市群——长三角的核心城市。“十四五”是上海全面落实国家战略布局的关键时期，全面建成“五个中心”和现代化国际大都市的攻坚时期。道路与交通工程专委会组织专委单位，结合上海市

已开展的相关发展研究,对科技发展的相关政策进行梳理,对取得的科技成果进行总结,对存在问题进行分析,提出未来科技发展的趋势。

1.2 研究内容

1)科技发展政策

- (1)过去十年中所执行的科技发展政策;
- (2)过去十年中所采取的科技创新体系。

2)科技创新投入

- (1)“十三五”新增的各类路政相关的科研项目;
- (2)各类路政相关的纯科研人才和高层次人才。

3)科技创新成果

- (1)“十三五”期间主编或参编的各类规范和标准;
- (2)“十三五”期间本单位所研发的新装备、新材料、新产品或新工艺;
- (3)“十三五”期间应用最广或最成功的技术、工艺或产品。

4)科技创新条件

- (1)所拥有的实验室、技术中心、研发中心等;
- (2)所用的重大科研装备;
- (3)鼓励科技创新的激励措施。

5)其他科技发展的开放性建议

机制体制、人才队伍、科研条件、经费支持、重点方向等。



上海市土木工程学会
Shanghai Society of Civil Engineering

2. 上海道路工程科技发展现状

2.1 交通运输行业科技发展政策

2.1.1 政策调研

1. 国家和行业政策

“十三五”期间，国家、上海市等制定了一系列科技发展方面规划、政策，现对与交通运输行业有关的部分内容汇总。相关政策主要有：

- 1) 国务院发布《“十三五”国家科技创新规划》(2016年8月8日)
- 2) 交通运输部《交通运输科技“十三五”发展规划》(2016年3月)
- 3) 中国科学技术部《“十三五”交通领域科技创新专项规划》(国科发高〔2017〕121号)
- 4) 国务院《“十三五”现代综合交通运输体系发展规划》(2017年2月)
- 5) 交通运输部《城市公共交通“十三五”发展纲要》(2016年7月)
- 6) 交通运输部《交通运输标准化“十三五”发展规划》(2016年1月)
- 7) 交通运输部《十三五公路养护管理发展纲要》(2016年6月)
- 8) 交通运输部《综合运输服务“十三五”发展规划》(2016年7月)
- 9) 中共中央、国务院《交通强国建设纲要》(2019年9月)
- 10) 交通运输部办公厅印发《关于加快推进新一代国家交通控制网和智慧公路试点的通知》(2018年2月)
- 11) 交通运输部《数字交通发展规划纲要》(2019年7月)
- 12) 交通运输部关于印发《推进综合交通运输大数据发展行动纲要(2020-2025年)》的通知(2019年12月)
- 13) 交通运输部《交通运输节能环保“十三五”发展规划》(2016年5月)

2. 上海市政策

“十三五”期间，上海市人民政府、交通委、道路运输局等制定了一系列科技发展方面规划、政策，主要有：

- 1) 上海市人民政府《上海市科技创新“十三五”规划》(2016年9月)
- 2) 上海市交通委员会《上海市交通科技与信息化中长期发展规划》(沪交科〔2017〕797号)
- 3) 上海市路政局《路政行业十三五科技发展规划》(2015年5月)
- 4) 上海市路政局、上海市交通港航发展研究中心《上海市道路“十三五”发展规划》(2015年10月)
- 5) 上海市人民政府办公厅《上海市促进科技成果转移转化行动方案(2017-2020)》(沪府办发〔2017〕42号)

6)上海市人民政府《上海市综合交通“十三五”规划》(2016年9月)

2.1.2 政策总结

通过对国家和上海市在“十三五”期间出台的一系列与交通运输行业科技发展有关的规划、发展纲要、行动方案、通知等进行梳理、分析,对具体内容进行总结。

1. 主要目标

“十三五”科技创新的总体目标是:国家科技实力和创新能力大幅跃升,创新驱动发展成效显著,国家综合创新能力世界排名进入前15位,迈进创新型国家行列,有力支撑全面建成小康社会目标实现。为推进上海科技创新、实施创新驱动发展战略走在全国前头、走到世界前列,加快向具有全球影响力的科技创新中心进军。

1)政策环境

(1)创建符合上海市科技创新中心建设、城市可持续发展、路政行业提升跨越、科技创新自然规律等要求的上海市路政行业科技发展新模式,理顺政府、企业、高校、协会、科研院所等在科技创新体系中的关系,充分整合各类创新资源,激发创新主体活力。

(2)有利于创新的体制机制更加成熟定型。科技创新基础制度和政策体系基本形成,科技创新管理的法治化水平明显提高,创新治理能力建设取得重大进展。以企业为主体、市场为导向的技术创新体系更加健全,高等学校、科研院所治理结构和发展机制更加科学,军民融合创新机制更加完善,国家创新体系整体效能显著提升。

(3)创新创业生态更加优化。科技创新政策法规不断完善,知识产权得到有效保护。科技与金融结合更加紧密,创新创业服务更加高效便捷。人才、技术、资本等创新要素流动更加顺畅,科技创新全方位开放格局初步形成。科学精神进一步弘扬,创新创业文化氛围更加浓厚,全社会科学文化素质明显提高,公民具备科学素质的比例超过10%。

2)平台基地

建成面向路政行业的上海市协同创新平台、重点实验室或研发基地。充分发挥政府的需求引导作用,整合高校、企业、研发机构等的装备、人才和知识产权,重点打造与上海市城市发展紧密结合的高层次研发平台与成果转化机制。

3)人才队伍建设

创新型人才规模质量同步提升。规模宏大、结构合理、素质优良的创新型科技人才队伍初步形成,涌现一批战略科技人才、科技领军人才、创新型企业家和高技能人才,

青年科技人才队伍进一步壮大，人力资源结构和就业结构显著改善，每万名就业人员中研发人员达到 60 人年。人才评价、流动、激励机制更加完善，各类人才创新活力充分激发。

4)科学技术和推广应用

(1)基础设施建设技术：围绕上海城市的特点，突破交通基础设施建设的精细化、标准化、经济化、耐久化理论技术问题；研发绿色、环保、低成本、低能耗的功能性路面结构与材料；构建同构、同源、统一的技术标准体系；形成技术研发、示范、推广应用的成熟链系；建成若干代表上海路政行业特点与水平的示范路段与工程；实现全路网的信息化，具备长三角一体化的基础与条件。

(2)管理养护技术：国省道养护科学决策体系基本建立，技术状况检测和路面自动化采集覆盖率达 100%，科学决策技术运用普及率达 80%。实行绿色养护生产。高速公路、普通国省道废旧路面材料回收率分别达到 10%、98%，循环利用分别达到 95%、80%以上。

(3)运输智能化技术：在建筑信息模型（BIM）、水运主通道高坝通航、深远海应急搜救打捞、基于车路合作与协同的道路交通安全等方面重大关键技术开发与应用上取得一批拥有核心自主知识产权、实用性强的研发成果，新一代信息技术在交通运输领域得到广泛应用，互联网与交通运输发展深度融合。

(4)成果推广应用：形成覆盖交通运输科技创新全链条的科技服务体系，通过成果公开共享、科技示范工程、技术交流培训，在推广一批先进成熟适用技术成果方面取得新的显著成效。

2. 重点任务

1)构建科技创新驱动发展新机制

(1)设计创新驱动行业发展的顶层框架

以长期可持续发展为导向，发挥政府的导向与监管作用，企业的主体创新作用、高校的基础与人才作用、协会的整合协调作用、公众的监督推动作用，设计能全面发挥各创新主体积极性与潜力、充分吸引国内外力量科技创新参与度、保障研发转化与应用效果、积极服务上海创新驱动和科技创新中心发展战略、适应行业未来科技发展趋势的科技创新驱动机制框架。

(2)构建多元的科研活动组织机制

充分利用政府的政策、数据、资金资源，发挥政府的导向作用和协会的整合作用，以企业为主体、高校为辅助开展路政行业的科学技术研究活动，高校以自由的基础性和前瞻性研究为核心，企业以面向行业和公众需求的科研为核心，公众以面向消费的自发研发为核心。强化科研活动的严谨性、继承性、持续性，避免科研投入的重复，充分共享研究成果，保护自主知识产权。

(3)建立创新成果转化和推广应用机制

在科学研究、生产实践、服务管理中形成的各类创新成果，探索建立覆盖从研发到示范、从示范到推广、从专利到产品等过程的规范化成果转化和推广应用机制，加强各类创新成果的评价和跟踪管理，建立创新成果转化项目库。组建“四新”项目推广应用专家库，开展“四新”项目征集、评定、筛选和建库工作，公开发布推广应用目录。探索建立创新成果进入市场的标准流程。

(4)建立科技创新活动激励机制

开放思路，对企业、高校、公众的创新活动进行系统的登记管理，对高层次科技项目研究给予配套经费等额外支持，对从事科技创新的人员，从精神、物质等多方面进行鼓励和激励。建立相对灵活的科技项目申请制度、财务管理制度和利益分配制度。从而，全方位调动各类创新主体的积极性。

(5)建立科技协同创新平台

以资源共享、研发协同、任务导向、人才流动等为特点，紧密围绕上海科创中心要求和路政行业需求，建立政府引导、高校支撑、企业参与的上海市路政行业重点实验室或协同创新平台。并积极通过与境外著名企业合作等方式，加快推进传统产业结构调整 and 升级改造，促进产业延伸，整合创新资源，开发道路材料研发、检测、数据共享平台，建立规模化联合实验中心，夯实学科基地，服务路政相关行业。

(6)培养多层次创新人才

依托上海市路政行业良好的创新机制、资源条件，依托行业创新平台或实验室，联合高校、协会和企业的技术力量，全面培养上海市路政行业基础研发、应用开发、创新管理等的人才，并建设路政行业智库。

2)加大科技研发力度

(1)推动生态、环保型技术研发

建立鼓励生态、环保型技术研发与应用的鼓励政策。以城市的土地和空间集约，系统的高效安全为目标，研究地下道路、地面道路、高架道路构成立体网络的协同规划和精细设计技术。研发城市绿色路面的新技术和新工艺，包括降声及降噪的路面结构与材料、透水与排水性路面结构与材料、融雪化冰材料及技术、低碳路面材料开发及技术、路面汽车尾气吸收材料及技术等，以满足城市道路生态化与功能化。

(2)进一步延长设施的寿命，提高耐久性

围绕重型交通荷载作用，研发长寿命路面新型设计理论与方法；研究针对重载路面的新型聚合物材料；突破道路材料与结构差异，实现结构与材料的一体化。研究软土地基上路基—路面一体化作用体系，提出经济、有效的软土地基处理标准化方案，形成软土上修筑地路堤和填沙路基的成套技术。充分发挥虚拟现实、BIM、GIS、3D 打印等前沿技术，优化道路、桥梁、隧道，及其附属设施的设计

技术，并形成设计与资料管理模块化、标准化、数字化、信息化与智能化，切实提高设计技术的精细程度。围绕交通基础设施标准化、装配化建设，积极开展针对桥梁、隧道、道路的标准化与装配化施工技术研究，制定相关标准化技术装配化技术的行业标准。从而，通过结构、材料、设计、施工等方面的创新，全面提高道路性能、降低成本、延长寿命。

面向交通基础设施材料长寿命与绿色可持续发展的需求、提升交通基础设施服役能力，在深入研究长寿命与绿色交通基础设施材料设计理论的基础上，重点研制基于纳米材料、维-纳多尺度纤维材料、多尺度矿物掺合料和新型外加剂的长寿命高性能混凝土、超高展能混凝土（UHPC）等结构材料，耐腐蚀超高强钢绞线、高耐久抗疲劳纤维增强复合材料、高耐磨抗重载疲劳和耐严寒盐冻环境的长寿命混凝土材料，硫橡胶和轻质高阻尼快速铺装材料、新型聚合物环保型混合料、废旧轮胎颗粒降噪舒适性沥青路面材料等长寿命交通基础设施功能提升材料。发展道路全寿命性能保持与提升技术，重点研究寿命分层递增耐久性沥青路面、工业化柔性可卷曲铺面材料和自膨胀高聚物注浆材料及路面修复技术、新旧道路服役协同工作技术。

大力发展大数据、信息化、智能化、虚拟现实、机器人全自动桥梁养护技术，研发系列桥梁结构快速更换、加固和拆除技术及装备，重点研究中断交通下桥梁拓宽改造和再利用技术、新旧桥梁协同工作技术，组合桥面抗疲劳、抗裂和长期变形控制技术，缆索疲劳与腐蚀监测与控制一体化技术、高效智能延寿技术，隧道结构微胶囊、电化学、生物和矿物自修复技术，自适应快速主动、可视化微扰动加固技术。全面提升桥隧结构全寿命抗灾能力，重点研究可恢复、可更换、长寿命桥梁结构体系及更换装备，桥隧结构灾害主被动与智能控制、快速修复与加固技术及装备。构建我国长寿命与绿色交通基础设施材料可持续发展产业生态体系。

(3) 大力研发节能减排型养护材料

大力推动城市节能、减排、低碳型养护材料的研发与应用。研究废旧路面（沥青和水泥混凝土）的再生与利用技术；废弃建筑材料在路面中的再生利用技术；工业废料在路面中的应用技术；低碳沥青技术与产品；垃圾焚烧残留物的路面利用技术；利用废旧轻油生产的生物沥青技术等；温拌冷拌沥青混合料技术等。

(4) 深入推广预防性养护技术

以全寿命分析的理念，研发新型路面预防性养护措施，全面落实推广道路预防性养护技术。从自我修复、主动调解、预防性修复、快速修复等多个层次实施预防性养护技术。构建路基土湿度状态、沥青路面温度状态的主动调节技术。

以路、桥、隧的状态监测、拥堵缓解、安全预警、性能保障等为目的研发具有自我感知、信息交互、状态预警、自我调节与修复、能量收集等能力的智能化

道路设施，为预防性养护提供全面的支撑。加大科研创新力度，研发既有道路设施的快速修复技术、材料、装备和工艺。

(5) 交通基础设施快速检测监测和预警技术

围绕复杂环境下交通基础设施服役状态快速检测、监测和预警的需求，重点研究快速移动无线传感、机器人、可穿戴设备、增强虚拟现实、机器视觉、3D激光扫描、非线性和非接触及无线超声导波、长周期光纤光栅传感、生物眼和民用雷达、遥感和北斗卫星等检测监测技术，形成系列高精度、自动化、智能化、可视化、可移动的交通基础设施快速检测装备。发展我国交通基础设施服役性能保持和提升了先进检测监测和预警技术与装备。

(6) 道路交通基础设施全寿命周期性能演化机理与评估技术

深入研究道路交通基础设施全寿命周期性能演化机理、预测模型和控制理论，基于多源数据和机器学习的道路交通基础设施全寿命性能评估技术，基于星基感知和机器学习的道路交通基础设施网络灾后快速评估技术，构建我国交通基础设施全寿命周期性服役性能综合评价体系和标准。

(7) 基于大数据的交通重大基础设施智能化养护

突破道路、桥梁、隧道、机场等重大交通基础设施耐久性、高性能工程材料、工程材料的循环利用、基于大数据及“互联网+”的建设与养护管理智能化等方面的核心技术，形成新一代公路基础设施设计、建设、养护与运维技术体系，显著提升我国交通基础设施的服务能力与运输效率。

(8) 协同式智能车路系统集成平台

研究封闭环境、半开放环境条件下现实和虚拟测试场景规划与优化布设方法，研发高速公路、城市道路、恶劣气象等环境下智能车路系统信息交互有效性和适应性测试、智能车辆安全性和适应性综合测试等技术；研发多种场景下智能车路综合集成测试环境和综合评估技术规范体系以及相关技术装备；开展城市道路协同式智能车路系统集成与示范应用、高速公路智能车路协同系统集成与示范应用。

3) 强化成果推广应用

(1) 既有科技成果推广应用机制

探索新机制、新模式，破除科技成果推广过程中存在的体制机制障碍，加快科技成果应用推广的进程。

(2) 有效科技成果的总结与示范

实施集成应用示范工程，加快科技成果推广，整合现有科技资源，创新管理体制机制，坚持以应用促发展，并组织实施几项应用示范工程。

(3) 增强科技成果转移转化主体内生动力

加快形成促进科技成果转移转化的协同机制。高效激发研究开发机构、高等院校科技成果转移转化活力。本市研究开发机构、高等院校等事业单位，要进一

步增强科技成果转移转化的意识和使命感，完善制度设计。充分释放企业科技成果转移转化需求。

(4)建立开放共享的科技成果信息库

加快建立科技成果信息共享与发布系统。积极推动科技成果信息的开发利用。鼓励企业和社会各界对科技成果信息库开放的信息进行加工、利用，盘活科技成果数据资源。

(5)建设科技成果转移转化服务体系

大力发展技术转移服务机构。加紧制定促进和规范技术转移服务机构发展的政策保障体系，实施“技术转移服务机构培育计划”，挖掘一批服务能力强的技术转移服务机构。稳步提升众创空间的成果转化服务能力。依托行业龙头企业、高等院校、科研院所，在电子信息、生物医药、高端装备制造等重点领域，建设一批以成果转移转化为主要功能，专业服务水平高、创新资源配置优、产业辐射带动作用强的专业化众创空间，为初创期科技企业和科技成果转化项目提供孵化场地、创业辅导、投融资对接、技术对接、研究开发与管理咨询。精准培育专业化、国际化技术转移服务人才。

(6)优化科技成果转移转化生态体系

着力建设研发与转化功能型平台。着力构建专业技术交易服务平台。加快构筑成果转移转化金融服务网络。示范打造科技成果转移转化功能集聚区。积极构建全球权威展示交流网络。积极形成国际国内成果转移转化协作网络。积极搭建成果转移转化传播网络。

4)理顺标准体系与建设机制

(1)探索推动标准体系的法制化与手册化进程

探索建立以法制化和手册化为导向的新型路政行业标准体系。将行业中统领性、强制性的标准逐步推行法制化，使用于指导具体生产实践的各类规程更加灵活，将部分的行业、地方标准企业化、手册化、指南化，加快各类四新技术的市场准入过程，并制定有效手段切实提升实施效果。

(2)多角度、全方位梳理和建立路政行业标准体系

从管理职能角度出发，梳理和建设分别面向城市道路和公路管理、路政执法管理以及道路管线监察管理的标准体系；从管理对象角度出发，梳理和建设分别面向各类城市道路、公路以及管线设施的标准体系；从管理内容角度出发，梳理和建设分别面向日常管理和应急管理标准体系。

(3)注重各层级、多设施、多职能标准间的协同

注重地方标准与国家或行业标准的协同，道路设施与管线设施、城市道路与公路标准的协同，养护管理、路政执法与管线监察标准的协同，道路从规划设计、到建设施工、到养护维修全过程标准的协同。

2.2 科技创新成果

围绕构建科技创新驱动发展新机制，“十三五”期间，为强化管理和增强科研创新意识，推进了科技创新体系和研发平台多元化建设，制定了相关的科研管理和经费使用办法、人才计划管理方法，并根据需要成立科技项目专家评审委员会，明确了相关的业务流程，进一步建立了完整的科技管理机制，提升了科技管理的效率和科研水平。

“十三五”以来，我市交通科技工作坚持面向交通运输行业发展主战场，推进关键技术领域科技攻关、成果推广和标准化工作，有力支撑了行业发展。五年来完成交通运输行业科研成果 149 项。

2.2.1 基础设施建设领域的科技成果

“十三五”期间，进一步加大科技研发力度，着力提升工业化施工和智能建造水平，在道路、桥梁和隧道建设中开展了预制拼装和智能化施工技术的研发，合计科技成果 36 项，相关成果获得发明专利 52 项，获奖项目 15 项。

2.2.2 基础设施养护领域的科技成果

为提高养护水平，开展了病害快速诊断、智能化养护等技术的研究，合计科技成果 32 项，相关成果获得发明专利 16 项，业已开展了工程应用；获奖项目 11 项。

2.2.3 基础设施运行管理领域的科技成果

“十三五”期间，加强了交通基础设施监测和预警技术的研发，先后研发了“东海大桥防撞预警与碰撞取证系统”、“高速公路桥梁智能监测系统”、“无人机巡视系统”、“既有城市高架桥梁可移动式智能化监测技术”、“团雾天气下高速公路交通安全风险动态评估与预警技术”。同时，为提高道路基础设施的管理化水平，面向道路交通基础设施全生命周期性管理，形成了基于 BIM 技术的全生命周期隧道工程管理技术、特大型城市道路工程基于 BIM 全生命周期协同管理平台、路桥智慧运维管理平台、城市基础设施（隧道）全生命周期运营管理技术、基于 BIM 的特大型桥梁智能化运维管理系统、智慧高速交通监控和设备全生命周期综合管理平台等成果，并开展了工程应用。合计科技成果 21 项，相关成果获得发明专利 3 项，业已开展了工程应用；获奖项目 10 项。

2.2.4 智能化领域科技成果

“十三五”期间，结合智能化和物联网技术的发展，开展了“智能网联交通环境下的路侧设施智能化关键技术”、“道路交通标志和标线网联化现状及建议方案”、“智慧型城市地下道路的体系架构、关键技术研究与应用”等研究；基于相

关技术，建设了 2018 智慧道路合计科技成果 14 项，相关成果获得发明专利 1 项，业已开展了工程应用；获奖项目 8 项。

2.2.5 生态环保领域科技成果

“十三五”期间，响应生态环保和绿色道路的需求，针对环保型材料、绿色施工技术，先后开展“环保型固化剂加固上海软土的工法研究及在路基中的应用”、“透水铺装技术在道路养护工程中的应用”、“极端气候条件下上海地区公路冰雪处置技术”、“上海市绿色生态道路建设目标及共性技术”、“海绵城市设施运行维护关键技术研究”等研究。

2.2.6 街道慢行领域科技成果

“十三五”期间，“街道设计”理念在我国城市转型发展中的地位与作用逐渐受到重视。2016 年《上海市街道设计导则》发布，为进一步推动发展开放便捷、尺度适宜、配套完善、邻里和谐生活街区，先后开展“完整街道与绿色交通设计技术研究”、“骑行交通设计技术研究”、“道路精细化管理综合技术”、“基于人本导向的高品质街道设计技术研究”等研究。

2.3 科技创新条件

2.3.1 实验室和技术研发中心等的建设状况

至 2019 年底，设在上海的国家级重点实验室 44 家、国家工程技术研究中心 21 家；市重点实验室 126 家、上海工程技术研究中心 320 家，其中新建市重点实验室 5 家、上海工程技术研究中心 42 家。在沪 44 家国家重点实验室中，有 11 家依托企业建设，其中 2 家为民营企业。在沪 21 家国家工程技术研究中心有 12 家是依托企业建设，其中 3 家为民营企业。此外，全市各类市科技创新基地 750 余家，约 20% 依托民营企业建设。

1) 长三角交通一体化研究中心

2019 年 2 月，在交通运输部、长三角区域合作办公室、三省一市交通主管部门的大力支持下，上海市城乡建设和交通发展研究院和上海市交通发展研究中心发起成立了长三角交通一体化研究中心。研究中心挂牌后，来自国内各大知名的科研院所、大专院校、规划设计单位的 22 家单位受邀成为了中心的首批成员，凝聚了来自社科、发改、城市规划、航运研究、铁路规划设计、城市交通设计等方面的研究力量。同时，研究中心邀请了首批 17 位专家加入专家组，成员涵盖宏观战略、铁路轨道、民航机场、港口航道、公路道路、交通信息化等专业领域，为长三角地区交通发展和决策提供智力支持。

2) 上海北斗导航创新研究院

2016 年 10 月，北斗导航产业的创新功能型平台——上海北斗导航创新研究

院成立。上海交通大学教授郁文贤主持的“北斗导航与位置服务关键技术及其产业化”项目，建立北斗应用系统在智能公交、精准农业、海洋渔业等6个行业有广泛应用。

3)智能网联汽车测试基地

2016年6月工信部批准的我国首个“国家智能网联汽车(上海)试点示范区”封闭测试区(F-Zone)在上海市嘉定区开园。该封闭测试区立足服务测试及演示智能汽车、网联通讯两大关键技术，涵盖基于DSRC、LTE-V、Wifi通信技术的多种V2X通信场景，以及安全、效率、信息和新能源汽车等四大类关键技术应用。为我国智能汽车的产业发展战略提供了技术研发、新产品测试认证、标准规范制定的重要支撑样板。

2019年8月，上海临港智能网联汽车综合测试示范区开园；上海临港智能网联汽车综合测试示范区暨Future LAIV由临港新片区管委会规划并投资，组建了上海临港智能网联汽车研究中心有限公司(即上研智联)，负责园区运营管理，并为园区发展提供了有力的技术支撑。Future LAIV谐音Future Life(明日生活)，预示着在临港这个明日之城，车路协同智能交通将聚焦于“人”，从产业趋势、关键技术、设计应用等角度，集合汽车、通信以及物联网行业最先锋的企业和技术，真正将智能产业融于智慧城市，将前沿科技融入现代生活。

2.3.2 重大科研装备的研发状况

1)机器人3D打印设备

机器人3D打印设备将三维打印技术应用于建筑领域的可行性被大大拓展。利用机器人三维打印实现定制单元的批量化生产，通过定制三维打印模块砌筑的方式完成两件三维打印桥梁，验证三维打印建筑产品的结构稳定性与可靠性。

2)城市智能环卫清扫车

2018年8月，研发试点的城市智能环卫清扫车进行城市道路运行试验。

3)无人驾驶沥青摊铺压实设备

2019年12月，国内首套无人驾驶智能沥青道路摊铺压实设备在上海朱建路道路改建项目上完成了工程应用。“首秀无人驾驶智能沥青道路施工设备及成套技术研发”历时两年，设备采用了北斗卫星定位导航系统，可以让施工设备精度控制在50毫米以内。车上安装的大量传感器，不仅可以避让周边物体，工程师还能采集环境温度、路面温度、碾压速度等数据。通过大数据的分析，未来还可根据不同条件自动优化施工参数。

4)路测宝

路测宝是由上海自主研发的新一代道路巡检设备。这一只有电视机顶盒大小的设备能够轻便地搭载在任何车辆中，随着车辆的行驶自动检测、识别路面病害。可以把路测宝安装在清扫、洒水等市政车辆上，随着车辆的正常工作，设备将会

自动“诊断”行进路线上的路面病害，并把病害数据发送给相关养护机构，为后续的精准确养护提供决策依据。

借助先进的功率谱算法和云计算技术，路测宝能够以 95% 以上的准确率识别厘米级以上的道路病害。小到路面裂隙、大到车辙坑塘，都能够实现精确识别与测量。数据汇总分析后，将能够协助相关单位以快捷的预防性养护提升道路健康水平，最大限度避免封闭式的大中修。未来将会把路测宝进一步向市政车辆甚至是私家车车主进行推广，更大范围采集道路数据，实现在城市道路体检全覆盖。将把影响市民出行、降低道路行车质量的病害影响降到最低，极大提升市民行车体验。

5) 路基连续压实智能监测系统

研制的路基连续压实智能监测系统，全方位数字化施工，实现远程监控、机群协同、碾压过程实时显示正在碾压轮迹以及已经碾压轮迹的通过率，有效防止过压和欠压，实现对施工段的优碾压；施工过程的全过程控制，与施工同步，不干扰施工，具有高效性；人机界面友好，操作简单，具有易操作性。

路基智能压实传感器，是结合国内多家压路机械生产厂商设备特点，研发的一款安装在压路机振动钢轮上的实时压实度采集设备。通过内置传感器对压路机压实数据、以及压实材料反馈力波形图的采集分析，传输到系统云中心与相应的实验数据模型进行对比，判断当前压实材料的压实度是否合格。全程做到无损、准确、快速的检测。

2.3.3 高层次科研人员的引进与培养状况

2017 年，市政府与国家外国专家局签署建设张江国际人才试验区合作备忘录，对外国高层次人才在华创新创业和服务保障开展先行先试。在全国率先启动外国人来华工作许可制度试点，推进“外国专家来华工作许可”和“外国人就业许可”的整合。研究实现外国人永久居留证与上海海外人才居住证（B 证）的贯通对接，为海外高层次人才落实上海市民待遇。有 2 人荣获 2016 年度中国政府“友谊奖”，4 人获“白玉兰奖”。推荐第七批国家“外专千人计划”33 人，“浦江人才计划”资助 286 人，56 名外国专家入选上海市“外专千人计划全年引进海外人才 20741 人，其中留学人员 11093 人、港澳台专才 443 人、外国专家 9205 人。至年底，在沪工作和创业的留学人员达 14 万余人，常住上海外国专家 9.3 万余人，留学人员在沪创办企业达 4900 余家，注册资金超过 7 亿美元。

2018 年 3 月 26 日正式出台《上海加快实施人才高峰工程行动方案》，上海将实施“量身定制、一人一策”“高峰人才全权负责制等”政策，在 13 个科技领域取得国内外同行公认的突出成就的人才及其家属可直接落户上海。13 个领域分别为：宇宙起源与天体观测、光子科学与技术、生命科学与生物医药、集成电路与计算科学、脑科学与人工智能、航空航天、船舶与海洋工程、量子科学、高

端装备与智能制造、新能源、新材料、物联网、大数据。

2.3.4 政策、机制、机构等建设状况

1)上海市深化科技制度改革实施方案

根据国务院办公厅印发的《关于深化科技奖励制度改革方案》，为进一步完善本市科技奖励制度，充分调动广大科技工作者的积极性、创造性，深入推进实施创新驱动发展战略，上海市制定了《上海市深化科技制度改革实施方案》。提高人物奖评奖周期：“科技功臣奖”、“青年科技杰出贡献奖”由现行每两年评审一次，调整为每年评审一次。

单设“科学技术普及奖”：奖励在科普作品、科普展品、科普活动创作过程中做出重大创新的个人、组织，体现对科普工作的重视和倡导。

建立定标定额的评审制度：针对不同奖种，分类制定评价指标体系，提名者按标准提名，评审专家按标准评审。根据本市科研投入产出、科技发展水平等实际状况，进一步优化奖励结构。

提升国际化程度：邀请高层次外籍专家参与提名和评审。把对本市科技创新做出贡献的外籍科技工作者，纳入授奖范围。

优化奖励委员会的组成，建立专家评审委员会：奖励委员会负责奖励工作的指导和管理，审定市科学技术奖获奖个人和组织。专家评审委员会负责具体的评审工作，向奖励委员会提出授奖建议。明晰专家评审委员会和政府部门的职责分工，充分发挥专家独立评审的作用。

增强公开透明度：以公开为常态、不公开为例外。对候选项目及其提名者实行全程公示，接受社会各界监督。

健全诚信制度：实行诚信承诺机制，为各类参与主体建立科技奖励诚信档案。对学术不端行为，实行一票否决和“零容忍”。

提高奖金标准：通过此次科技奖励制度改革，提高本市科技功臣奖、青年科技杰出贡献奖奖励标准。同步提高项目奖特等奖、一等奖、二等奖、三等奖的奖励标准，有利于进一步增强获奖科技人员的荣誉感和使命感，切实发挥科技奖励的激励、示范、引领作用。

鼓励社会力量设奖：鼓励学术团体、行业协会、企业、基金会及个人等各种社会力量设立科学技术奖，鼓励民间资金支持科技奖励活动。

2)建立上海国际科技专家人才库

2017年12月，上海研发公共服务平台管理中心与爱思唯尔签署合作备忘录，双方合作建设包括上海国际科技专家人才信息数据共享平台在内的科技资源库，全球高层次科技人才数据库是其中颇为抢眼的一项内容。到2018年底，上海将基本建成大型科研仪器设施、全球高层次科技人才、重要科研基地三大数据库。

上海国际科技专家人才库具备信息展示和决策分析两大功能，由上海研发公

共服务平台联合爱思唯尔及相关单位共同建设,主要包括上海本地科技专家人才和全球顶尖专家人才。爱思唯尔是世界最大的科技文献出版商与数据提供方,它有一个囊括全球 3000 万专业技术人才的数据库,涉及 300 多个领域。

上海本地科技专家人才主要来自爱思唯尔人才数据库中收录的上海科研机构专家学者和研发平台科技资源大数据中心采集的专家信息,通过两类数据加工比对,预计将整合 8 万名本市的科技专家人才。

上海国际科技专家人才库为每位专家建立独立的专家个人档案,除了必备的教育背景、工作经历外,更重要的是他们当前服务机构、国际任职、合作网络、实验室等这种分类方式特色鲜明,和传统的人才数据库相比,这个数据库更强调科技专家在全球科研协作网络中处于什么位置。

3) 施行《上海市促进科技成果转化条例》

为了促进和规范科技成果转化,加快建设具有全球影响力的科技创新中心,推动经济发展和社会进步而制定的法规,2017 年 4 月 20 日,由上海市第十四届人民代表大会常务委员会第三十七次会议通过,自 2017 年 6 月 1 日起施行。

4) 印发《上海市重点实验室建设与运行管理办法》的通知

为进一步贯彻落实《关于进一步深化科技体制机制改革增强科技创新中心策源能力的意见》,优化完善上海科技创新基地体系建设,特制定《上海市重点实验室建设与运行管理办法》,原《上海市重点实验室建设与运行管理办法》(沪科(2015) 177 号)废止。

5) 印发《关于进一步深化科技体制机制改革增强科技创新中心策源能力的意见》

2019 年 3 月,上海市委办公厅、市政府办公厅近日印发《关于进一步深化科技体制机制改革增强科技创新中心策源能力的意见》,提出促进各类主体创新发展、激发广大科技创新人才活力、推动科技成果转移转化、改革优化科研管理、融入全球创新网络、推进创新文化建设等六大改革任务,包含 25 条意见,旨在全面落实中央关于科技体制改革的部署要求,进一步推动本市科技体制改革向纵深发展,加快向具有全球影响力的科技创新中心进军。

2.4 “十三五”道路工程科技发展总结

2.4.1 “十三五”执行情况

1) 完成国家总的目标

多年来中国始终将创新基因注入经济发展战略方向,并建立了“一流的知识产权基础体系”。据世界知识产权组织在印度首都新德里发布的 2019 年全球创新指数显示,中国创新能力连续第四年保持上升势头,排在第 14 位,较去年上升 3 个位次(其中 2015 年 29 位,2016 年 25 位,2017 年 22 位,2018 年 17 位),

完成了“十三五”科技创新的总体目标，国家综合创新能力世界排名进入前15位。

2)政策环境有利技术创新

上海市根据国务院办公厅印发的《关于深化科技奖励制度改革方案》，制定了《上海市深化科技制度改革实施方案》，通过上海研发公共服务平台管理中心与爱思唯尔合作，建立上海国际科技专家人才库，并施行了《上海市促进科技成果转化条例》、《上海市重点实验室建设与运行管理办法》、《关于进一步深化科技体制改革增强科技创新中心策源能力的意见》等一系列条例和通知，进一步推动上海市科技体制改革纵深发展，加快了成为全球影响力的科技创新中心的步伐。根据科技部和科学技术信息研究所公布《国家创新型城市创新能力监测报告2019》和《国家创新型城市创新能力评价报告》，上海城市创新能力排名第七。

3)平台基地建设

建成面向无人驾驶的上海市协同创新平台、重点实验室或研发基地，颁布一系列有利于发展的政策。成立长三角交通一体化研究中心、上海北斗导航创新研究院、智能网联汽车测试基地等一批面向未来智能交通的研究平台。

4)科学技术和推广应用

围绕上海市特点，突破交通基础设施建设的精细化、标准化、经济化、耐久性理论技术问题，研发绿色、环保、低成本、低能耗的功能性路面结构与材料，形成技术研发、示范、推广应用的成熟链系。

2.4.2 主要成绩

1. 基础设施建设

1)交通基础设施建设数量

(1)2015年末，上海市路政行业统计道路总长度18184km、桥梁13677座，其中：城市道路4989km、桥梁2524座；公路13195km、桥梁11153座。

(2)2016年末，上海市路政行业统计道路总长度18421km、桥梁13862座，其中：城市道路5129km、桥梁2596座；公路13292km、桥梁11266座。

(3)2017年末，上海市路政行业统计道路总长度18516km、桥梁14019座，其中：城市道路5224km、桥梁2688座；公路13292km、桥梁11331座。

(4)2018年末，上海市路政行业统计道路总长度18423km、桥梁14146座，其中：城市道路5317km、桥梁2855座（城市道路增加93km、桥梁增加167座）；公路13106km、桥梁11291座（公路总里程减或216km、桥梁减少40座）因乡村道路设施梁调整减少。

2)交通运输行业固定资产投资情况

(1)2017年上海市公路建设固定资产投资年度累计完成1638732万元，其中交通部国省县项目/万元、上海地方国省县道1638732万元；城市道路桥梁完成

养护维修管理经费总计 385062 万元，其中路政局 84238 万元，越江桥隧各养护管理公司 18704 万元，各区市政工程管理署 282120 万元。

(2)2018 年上海市公路建设固定资产投资年度累计完成 1541702 万元，其中交通部国省县项目 120812 万元、上海地方国省县道 1420890 万元；城市道路桥梁完成养护维修管理经费总计 329869 万元，其中路政局 124059 万元，越江桥隧各养护管理公司 20681 万元，各区市政工程管理署 185129 万元。

2. 交通服务水平提升

交通服务水平提升，实现基本公共服务均等、客运服务便捷可靠。建成都市圈 1 小时通勤圈，一站式、多样化、共享交通服务普及；统一开放、竞争有序、一单到底、经济高效的货运服务体系基本形成。综合交通实现一体化，构建综合交通基础设施完善、运能充分、规模适宜、运输结构合理、一体化综合交通网络和无缝衔接的综合交通枢纽体系。

城市交通拥堵明显缓解，建成国际一流的城市、都市圈、城市群绿色交通主导的综合交通运输体系，城市交通拥堵与交通污染治理取得显著成效。

国际影响力明显提升，基本形成高效可兼开放共享的全球交通服务网络体系。国际影响力显著提高，国际竞争力显著增强。发挥以高速便捷为主要特征的现代交通优势，大大缩短国土的时空距离，加快经济社会运行节奏，催生经济发展新形态，重塑社会生产生活。

3. 交通运输安全保障

交通安全水平显著提高，以“零死亡”为愿景，道路交通万车死亡率降至 0.5 以内；交通安全和应急救援体系完备，交通系统的安全性可靠性全面提升。交通安全形势总体保持稳定，道路运输较大以上等级行车事故死亡人数下降率超过 20%，安全管理责任体系持续完善，安全运营水平有效提升，应急保障能力稳步提高，加强对营运车辆安全技术管理。

提升设施运行能力，强化交通保障基础。推进多项配套路桥建设，加强设施整治提升，更新完善道路指示引导标志。提升服务保障能力，优化公众出行体验。完善交通保障总体方案，明确“统筹保障、集约主导、均衡流向、内外衔接、精细管理”策略；采取全周期、全路网、全运力“三全”保障，新增全域交通导航功能；优化停车预约规则，“分配+自由预约”、“提前缴费+提前取消”结合，提高停车资源利用效率。提升指挥调度能力，进一步细化保障组织体系。

4. 完成科研项目

十三五期间，政府及企业完成了大量的科技成果，主要集中在交通基础设施建设、养护、运营管理领域，以及智慧交通、绿色环保领域，具体主要体现在：

1)着力提升道路基础设施工业化施工和智能建造水平，在道路、桥梁和隧道建设中开展了预制拼装和智能化施工技术的研发，提高了道路基础设施的建设水

平和施工效率。

2)面向道路基础设施养护,研发了病害快速检测装备,提高了病害检测效率;同时,研发了新型养护材料和技术,提升了道路基础设施的养护水平。

3)针对道路基础设施监测和预警技术研究,基于传感器等主动感知技术,形成了若干自动监测和预警平台,提高了道路基础设施的智能化管理水平;此外,基于全寿命周期管理理念,构建了道路基础设施全寿命周期性服役性能综合评价体系和标准,并依托BIM技术形成了若干管理平台。

4)聚焦科技前沿,结合智能化和物联网技术发展,面向无人驾驶,以车路协同技术为导向,深入开展了道路基础设施智能化研究,尤其在路侧设施智能化方面取得了显著成果。

5)面向绿色生态环保型路面新技术和新工艺,深入开发了透水与排水性路面结构与材料、融雪化冰材料及技术、低碳路面材料开发&技术等,提高了道路生态化与功能化水平。

6)基于“以人为本”、“精细化”理念,完成了《上海市街道设计导则》、《完整街道设计导则》、《上海市城市道路精细化管理导则》、《上海市慢行交通规划设计导则》等,推广了“完整街道”、“街道设计”理念,提出了具体规划和设计要点。

5. 完善保障措施

1)通过制度和平台建设,进一步完善了科技管理机制

“十三五”期间,为强化管理和增强科研创新意识,推进了科技创新体系和研发平台多元化建设,制定了相关的科研管理和经费使用办法、人才计划管理方法,并根据需要成立科技项目专家评审委员会,明确了相关的业务流程,进一步建立了完整的科技管理机制,提升了科技管理的效率和科研水平。

2)推进了科技成果转化应用,形成了成果应用示范

“十三五”期间,对在科学研究、生产实践、服务管理中形成的各类创新成果,开展了从研发到示范、从专利到产品的成果转化应用,推出了“2018 智慧公路”、“世界级生态岛生态道路应用示范”等示范应用项目,为科研成果的推广应用奠定了良好基础。

3)积极凝练科研成果,完善并形成了行业标准和指南

“十三五”期间,在开展科学研究的同时,根据应用和标准化建设需求,积极凝练科研成果,完善了现有行业标准和指南;同时,针对行业需求,初创形成了一批具有代表性的行业标准和指南,有效促进了道路运输行业标准化发展。

2.4.3 重点问题

“十三五”期间,虽然上海市在道路工程科技上取得了显著成果,但是也面临一些不足亟待解决。目前,城乡之间交通发展水平差异仍较大以及城市交通拥

堵是上海市道路运输行业发展面临的主要问题。此外，道路交通和水运、铁路运输方式互联互通水平不高。交通信息孤岛现象普遍，深度挖掘利用不够、智能化水平低、有巨大提升空间。具体存在的主要问题如下：

- 1) 科技创新经费投入不足，原创性科技成果较少
- 2) 科技成果转化力度不足，推广应用缺乏机制
- 3) 专业发展不平衡，缺少国家级创新平台
- 4) 基础设施服役状态监管能力缺乏，难以适应运能挖潜的要求



3. 道路工程科技发展分析

展望未来，交通领域正孕育着具有重大产业变革前景的颠覆性技术，北斗卫星定位导航系统、5G 通信、可信计算、移动互联、云计算、大数据、物联网、空天临地交通通信网等新一代信息技术的深度应用与跨界融合正在推动交通运输发展模式的革命性变化。随着信息化、人工智能、大数据、物联网等技术的飞速发展，必然引发交通设施建设和运营领域深刻变革。展望“十四五”，交通设施建设和运营将向着智慧、安全和绿色交通方向发展，相关的技术、管理模式将得到进一步的应用。随着新材料、新结构体系、智能化加工和建造装备、智能化监控、信息化管理手段等的进一步发展，多种新技术集成融合应用，将使交通设施建设和运营的智慧、安全和绿色水平达到崭新高度。

在调研的基础上，结合上海市的实际情况，以《交通强国建设纲要》为指引，对上海市道路工程科技发展的现状和未来新需求、新常态进行综合分析，主要从智能建造、智能养护、智能管理、运营管理、智慧交通、绿色交通、街道慢行和交通安全七个方面对交通运输行业的科技发展趋势进行研究与展望。

3.1 基础设施建设领域

3.1.1 建设领域科技发展趋势

未来交通运输的发展愿景是“零伤亡、零延误、零维护、零排放、零失效”的“五零”理想系统。在发展进程中，智能网联、智慧共享、耐久安全和绿色生态将成为交通运输系统的重要特征和技术途径。交通运输系统的智能化需要协同考虑“人-车（交通工具）-路（基础设施）-环境”的各个组成部分。因此，除智能网联车、智能交通之外，智能交通基础设施和“人-车-路-环境”之间的智能网联交互，将成为交通运输系统智能化进程中新的增长点和支撑点。铺面(Pavement)是交通运输系统的核心基础设施，包括了公路和城市道路路面、机场场道道面、港口码头铺装、以及非机动车和人行路面等。智能铺面技术的研发与应用，将成为实现交通基础设施智能化的重点。随着智能汽车、无人驾驶汽车的发展，与之相配套的智能铺面技术将在道路建设中广泛应用，充分应用信息化、人工智能、大数据、物联网等技术，并集成智能铺面信息主动感知技术、信息自动分析与预警技术、沥青路面自融雪技术和沥青路面自愈合微胶囊技术等。开展对智慧交通设施建设研究，争取在智能修复材料、耗能减震结构体系、智能化加工建造装备、BIM 技术集成、信息化施工现场监控管理、智慧运维管理平台等方面取得重大突破。

3.1.2 建设领域关键技术

1. 智能铺面感知技术

智能铺面所具备的智能能力包括主动感知、自动处理、自主适应、动态交互、持续供能等 5 大能力。铺面依靠智能材料和传感器件来主动感知状态、性能、环境和行为；在感知的基础上，铺面可对信息进行自动的分析、管理和诊断等处理；根据感知信息铺面能够适应温度、湿度等变化，主动进行调控，并可对损伤进行自我修复；同时，铺面能依托感知的信息与外部进行动态的交互；实现这些能力，离不开持续不间断的能量供应。

铺面感知技术主要指铺面环境状态感知，通过各式技术手段获取路面温度、湿度等环境状态信息。路面环境因素对于路面使用性能存在较大影响，例如高湿度、高水位将影响路面结构强度，高温容易引起车辙，路面结冰降低路面抗滑性能等，因此必要监测路面状态信息，提高铺面质量。以往受制于硬件技术限制，无法对铺面状态进行监测，但目前随着各式传感技术以及无损检测技术的提高，各种路面状态信息已可以较为快速获得，甚至做到实时监测。

目前主流的感知技术为传感技术，通过将传感器植入道路中，利用传感技术全面、实时、准确的检测道路的各种物理参数，类似人类的神经系统，实现真正意义上的“智能道路”，它可实现道路管理者、驾驶者以及科研人员信息共享，从而建立一种道路建设、使用、病害预警及养护有效结合的道路运营管理与服务体系。

随着跨学科技术的进一步交叉相融，道路铺面学科的发展在继续完善道路本身的力学性能、耐久性能和安全性能的基础上，也在向更加智能化，更加多功能化的方向发展。其中，智能新材料的开发、应用技术由于各种新材料、智能传感器和新的试验制造手段的进步，在近年来发展尤为引人注目。

2. 智能铺面的持续供能技术

在过去和未来相当一段时间内，人都是道路的使用者，人、车、路三者才组成了完整的道路系统。为了缓解道路交通拥堵状况、提高道路通行能力、改善道路交通安全状况，建立一种在大范围内、全方位发挥作用的，实时、准确、高效的综合交通运输管理与服务系统，需要实现人、车、路三位一体协调发展，实现人、车、路三者之间的信息共享、协同与交互。

为了使铺面具备智能能力、发挥智能能力，需要持续的能量供应。如何给智能铺面供应能量，需要根据各类智能能力的不同、所需能量的大小、以及智能铺面所处的地理环境等以综合决定如何提供能量。因此，在针对不同智能铺面设施如何兼顾效率、成本、环境确定功能的策略成为智能铺面研究中不可或缺的内容。

路面压电能量收集技术作为一种新兴的绿色能源技术，材料开发、结构设计、组阵封装、能量收集与存储、工程应用等方面仍需要大量的研究和探索。针对路面中大量的机械能（应变能和动能），基于压电材料的压电效应开发适用于道路

使用环境的压电发电技术，旨在研发一种适用于路面能量收集的压电换能装置，并基于其高压低流的弱电特性，研发适宜的采集电路和存储设备，在室内或现场实现路面能量的收集。通过研究，为新型的绿色能量采集、应用探索出新的路径，以期形成一套切实可行的压电路面能量收集成套技术，为智能道路实践提供先进的能源驱动方案。

3. 智能建造与管理技术

1)智能铺面结构设计方法。

铺面的智能能力的达成，将改变传统的路面结构组成和形式，将带来全新的结构材料、建造方式和管理手段。面向智能铺面的建造与管理技术，一部分是能同时适应于智能铺面和普通铺面的共性技术，或者从传统技术升级而来；而另一部分则是面向智能铺面的需特别研发的专用技术。

传统由面层、基层、垫层、路基等结构层构成的铺面结构形式，在适应支撑铺面智能能力上存在很大的局限性，主要表现在：铺面结构与各类器件不协同工作（条件差异、刚度差异、寿命差异等）；铺面结构的粗犷式修建方式和器件的高精度布设要求之间的差别；铺面结构的力学性能导向和 P2X 的服务功能导向的理念差异。这使得在智能铺面体系的构建中，需要重新研发新型的铺面结构形式，以满足智能铺面的基本要求、智能能力和服务功能的发挥。新型的铺面结构体系，需要新的结构设计方法与之相匹配。

推广针对面向水泥路面快速修复的装配式水泥路面结构，同时激光点云扫描、BIM 的铺面装配化技术、GIS、特殊功能性 3D 打印技术等前沿技术将飞速的发展。

2)智能铺面建养的 BIM 技术

与传统的道面相比，智能铺面的材料、结构和功能要复杂的多，将可能包括荷载承载系统、供电系统、通讯系统、感知系统、智能功能系统等，这就需要能够有一个集设计、建造和养护管理为一体的信息化管理平台，BIM 技术将是一个解决之道。

BIM(Building Information Modeling),指包含建筑全部信息的电脑模型，模型内主要包括建筑物的设计、建造时间排布、算量、材料统计、运维等数据。BIM 在房屋建造领域发展相对成熟，涵盖了建筑、施工和运营维护等各阶段，能够显著提高工作效率，降低建设成本。当前交通运输行业 BIM 技术的应用还处于起步阶段，在技术标准、核心软件和人才储备等方面都与发达国家存在较大差距，亟待出台相关支持政策，依托重点领域，推动建立适应国际化要求的 BIM 应用技术、标准体系和支撑平台。

3)智能铺面的工业化装配技术

随着现代智能技术的发展，铺面将摆脱仅供车辆通行的传统定位，而具备自

我感知、信息交互、交通控制与管理等智能化的功能，成为信息的载体和媒介。装配式铺面技术使得铺面系统在工厂中完成预制，克服了传统铺面现场浇筑、摊铺所引起的生产粗放、精度低、环境难以控制等缺点，工厂集中预制可以实现标准化施工、精细化管理。装配式铺面技术使得设置在铺面系统内的智能设备得以精准投放，存活率得以大幅度提高，工作环境得以控制。工业化装配铺面技术使得铺面系统能够快速安装、维护便利，从而将施工对交通的干扰降到了最小，实现了不停航作业。

智能铺面的工业化装配技术应实现机械化和自动化；采用成套的机械化设备，从工厂内铺面系统的预制，到对应不同应用场合的装配作业，包含：原道面破除、基层处置与整平、预制面层铺装等流程应有现代工业化解方案。

智能铺面的工业化装配技术应实现信息化；智能铺面是涉及到多个子系统的复杂系统。这些子系统从设计、预制、以及现场铺装，系统的位置信息、状况信息等应当处于可监控的状况，并且多个子系统以及多个施工流程应协同，可采用 BIM 等实现信息的整合。

积极研发沥青路面-装配式水泥混凝土板协同发展的新材料、新结构。包括但不限于现有的超薄磨耗层类加铺层的复合路面，也可是快速摊铺、低温摊铺的沥青地毯类加铺层复合路面。地毯式铺装是柔性可卷曲的预制道路面层，吊装、运输至施工现场，然后直接在现有的面层上完成铺设。

积极提高装配式路面智能度，积极寻找智能路面发展与智慧交通发展的契合点。包括但不限于路面智能检测、新型能源俘获、路内信息无损分析与传递、集成化的车路协同管理平台等。积极研发针对装配式路面本身成本的低成本材料与工艺。包括但不限于新型的装配式路面材料(轻质、低成本)、板块的大面积快速安装定位设备等。

4)智能铺面的 3D 打印技术

具有数字化、网络化、个性化、定制化特点的 3D 打印技术，已成为“第三次工业革命”的重要标志之一。国际上已开展了 3D 打印技术应用于沥青混凝土和水泥混凝土路面的研究，而我国关于此技术的研究尚处于起步阶段。随着工业化进程的加快和材料科学的进步，越来越多、性能越来越好的材料被用于铺面工程中。同时，铺筑路面的施工工艺沿着人工化、机械化、自动化和智能化的方向发展。3D 打印技术在铺面工程的应用趋势，绝不是研制出庞大昂贵的 3D 打印机 而简单取代目前水泥和沥青混凝土路面的施工工艺，而是在未来远期，3D 打印技术必定和新的路面材料以及先进的施工工艺相结合，为铺面工程的发展注入新的活力。

5)智慧工地管理技术

智慧工地管理平台是一个“对于施工过程做到全生命周期的高效化、可视化

管控，包括施工质量、施工进度、人员(物料、设备)安全、消除信息孤岛、不同单位间无缝协作、及时发现问题，高效解决问题”的智能施工解决方案。

基于 BIM 技术：可清晰、直观的理解和分析某些复杂的建筑结构；可直观化、可视化的方式阐述问题、解答问题；可直观、动态的反映施工过程，比较计划进度与实际进度的差异；可演示施工模拟过程动画，将整个施工过程动态、清晰、直观化；可提前预测施工中可能遇到的冲突，避免诸多的返工程序和施工停滞；可延伸至项目建成后后期的智能运维；可提升建筑施工项目的层次。基础数据（BIM 数据、管理数据、现场数据、监测数据）的交互、共享及操作。

核心功能：资料管理、模型管理、进度计划、任务中心、构件跟踪、任务协同、项目看板、智慧工地管理。

核心作用：项目管控、智慧决策、数据查询、事故模拟、事件追踪、实时预警、统计分析。

6)基础设施建设领域中的区块链技术应用

2016 年 10 月工业和信息化部发布《中国区块链技术和应用发展白皮书(2016)》，2016 年 12 月区块链首次被作为战略性前沿技术写入国务院发布的《国务院关于印发“十三五”国家信息化规划的通知》。从政策层面来看，我国对区块链技术鼓励和促进发展的态度更加明朗化。党中央也高度关注区块链技术的发展，2019 年 10 月 24 日，习近平在中共中央政治局第十八次集体学习时指出，要把区块链作为核心技术自主创新重要突破口，将区块链技术上升为国家战略。

加强区块链技术在交通工程建设质量监管领域的应用，搭建“联盟链”实现工程项目设计、施工、监理、试验检测数据共享，利用区块链“共识算法”解决原材料生产、现场施工、验收检测、行业监督各方面的数据溯源、安全和信任问题。

加快在公路行业施工和养护中引入区块链技术，将智能合约应用于现场设备作业施工监控和公路养护监测，规范预防性养护，鼓励区块链技术与 BIM 技术的融合应用，实现项目全生命周期数据信息的可查可溯。

推进“区块链+工程招投标”示范应用，促进工程进程各环节流转、交易、结算更加透明、顺畅。在工程招投标与合同管理方面。“资信”和“业绩”是与工程招投标有关的两个重要指标。当前在工程招标活动中对这两个指标核查的唯一途径是通过交通运输部建设市场信用信息管理系统实现，查询方式为人工查询。该系统数据来源为企业自行录入后由属地行业主管部门核实后记录产生。全人工录入和查询的方式无法保障数据的及时性和准确性。利用区块链“智能合约”“电子合同”“数字签名”等技术建立一个全国性的“资信联盟链”，将各地区、行业的招投标数据、合同履行情况、企业和从业人员资信信息进行数据共享，从而实现数据自动录入、自动查询和验证，从根源上解决信任问题和数据及时性和完整

性问题。在未来，行业可以同区块链技术结合建立“数字招标”和“电子合同”标准，全面推行“数字招标”和“电子合同”应用，实现“资信智能评标”和“合同智能履约”，实现全程无纸化。

7)城市更新大背景下的精细化建设技术体系

在城市规模有限的背景下，我国大城市已从增量时代进入存量时代，这也意味着，城市更新将成为城市发展的新增长点。城市基础设施、道路交通设施的更新作为城市更新的重要组成部分也将成为行业发展的新增长点，这对行业的发展提出了更加精细化的要求。因此，形成成套的精细化建设技术体系很有必要。

要以精准实施补齐基础设施短板、提升城市品质、提高城市管理服务水平为目的，深入研究满足高质量发展新要求的、从规划设计到施工运维全过程的城市基础设施功能优化与品质提升的关键技术，并利用多源数据、模拟仿真、云计算、感知技术等数字化新方法与新技术，构建智慧化、一体化的信息监控平台等进行智慧赋能，实现对城市基础设施的全面更新。

城市更新大背景下的精细化建设技术体系要包含精细化城市基础设施更新规划设计关键技术、既有路桥隧更新设计关键技术、低影响城市基础设施更新建造关键技术等多个方面，要从宏观的空间更新规划设计等到微观的快速化施工技术等各个层级系统地构建技术体系，以支撑新阶段的城市发展需求。

3.2 基础设施养护领域

3.2.1 养护领域科技发展趋势

改革开放以来，我国交通基础设施建设取得显著成就，前40年“重”建设，后40年“看”养护。确保交通基础设施建设好、管理好、维护好、运行好，为人民群众营造安全平稳、和谐稳定的交通运输环境，实现陆航并举、东西贯通、畅通无阻，是交通运输行业各企业为之奋斗的目标。

图之于未萌，虑之于未有。去年无锡高架桥侧翻事故引起巨大社会反响，如果说在遇到突发事件时，救助企业参与应急处置，解决了“急”的问题，那么做好交通基础设施的预防性养护便是处理好“防”的工作，把防风险关口前移，从源头上化解重大安全风险。从工程全寿命周期出发，坚持预防性养护，科学监测、定期检测交通基础设施的“健康”运行，延长其使用寿命是重中之重。

从“长、大、深”结构安全和耐久性、结构健康监测、智能现场安全管理、全生命期精细化管理等方面，进行交通设施建设及运营安全技术研究，降低安全风险。我国近年来非常重视交通基础设施的抗灾能力和服务水平，在重大交通基础设施的修建材料、实时监控、救援与保障等方面开展了众多科研与产业方面的投入。具体表现为新型建材的研发、光纤与遥感在交通基础设施监控方面的应用、救援与保障系统的构建与发展及科技水平的进步。这些因素都为未来交通基础设

施的抗灾能力提升奠定了基础。

在低碳背景下，路面养护正在转向更为可持续和环保的实践，主要的发展趋势和实践包括：使用可再生和环保的材料，如再生混凝土和沥青、冷再生技术、生物基材料和塑料路面，以及环保混凝土等，这些材料能够减少新原材料的需求，降低生产过程中的碳排放，并且通常比传统材料更耐用，需要更少的养护。提高材料和施工过程的能效，通过使用更节能的设备和技术，减少能源消耗，从而降低碳排放。利用可再生能源，例如在养护活动中使用太阳能为工作设备供电，或者采用电动或混合动力的工程车辆。实施预防性养护，通过定期的检查和小规模维修工作，防止更大规模的道路损坏，这种方法比“等道路出现严重问题再修复”要更节能、更环保。采用生命周期评估（LCA），在决策过程中，考虑材料选择、施工方法、维护策略等的长期环境影响，以选择最环保的方案。这些发展趋势和实践不仅有助于减少道路养护的环境影响，也能降低养护成本，提高道路的使用寿命，是未来路面养护的重要发展方向。

3.2.2 养护领域关键技术

1. 路面结构使用状态的实时监测

沥青路面作为重要的交通基础设施，为车辆行驶提供了良好的表面平整性和结构承载能力。现有沥青路面状态监测主要依托于单点传感器监测技术，监测成本高、网络复杂、破坏路面结构整体性等限制了其广泛应用，难以实现全域路面状态监测。围绕建设品质工程目标，基于路面振动监测手段，开展车路交互作用下的路面健康状态监测、评价、预警技术研究，掌握路面结构的性能衰变的时空规律，评判路面健康状态，预警路面结构风险，提高路面全寿命周期性能，提升路面养护管理水平。

经济的发展推动了市政道路建设，作为高速公路通车里程的世界第一大国，我国在公路养护管理面临新的机遇与挑战，路面检测不断引起政府部门的重视。未来开发基于图像识别的道路路面自动检修技术，通过论述路面破损自动检修原理与数字化图像概念等对道路进行自动化检测。布置光纤，对板底脱空进行监测。

2. 铺面损伤的自修复技术

疲劳开裂是沥青路面典型病害，也是沥青铺面面层松散、坑洞以及基层损坏的主要诱因。如果沥青路面的裂缝能像皮肤伤口那样自愈合，“无缝”沥青路面或许梦想成真。自1976年Bazin等率先报道了沥青混凝土具有疲劳损伤自愈合特性以来，国内外围绕增强沥青混凝土疲劳损伤自愈合能力开展了大量研究，形成了以能量供给、物质补充为原理的两大类强化自愈合能力的自修复技术，为实现长寿面、高性能铺面提供了全新的研究思路和技术措施。上个世纪80年代初，美国率先提出自修复聚合物材料的概念；随后美国空军和欧洲太空研究院开展了大量研究和应用；借鉴聚合物自修复技术，以微胶囊为代表的铺面损伤的自修复

技术发展迅速。未来研究重点是微胶囊控制释放技术，即在适宜的时机主动控制微胶囊的释放。

3. 车辆超限动态监测技术

车辆超限动态监测系统主要由动态称重子系统、车辆识别子系统、视频监控子系统、车辆轮廓识别子系统及配套供电通信子系统来实现对驾驶车辆的动态称重、车辆识别、超限抓拍。当车辆经过动态称重区域，称重传感器采集车辆重量信息，并通过电荷放大器放大后，传输至数据采集器，当车辆完全通过后，数据采集器将采集到的车辆初始信息传输至称重仪表，称重仪表同时接受辅助传感器上传的车辆行驶轨迹，处理形成较为完整的车辆信息（包括轴重、车辆总重、轴型、轴间距、总轴距、轴数、车型、通过速度、通过加速度/减速度、通过时间、通过车道等），并上传工控机。工控机同时接收各子系统数据信息，并将所有数据进行匹配处理，形成完整的车辆信息（包括轴重、车辆总重、轴型、轴间距、总轴距、轴数、车型、通过速度/加速度/减速度、通过时间、通过车道、车长、车牌号、通过时录像、车辆轮廓信息等）并上传至后台应用系统。利用光纤特点，开发研究新型称重传感器。

4. 道路设施数字化管养技术

在数字化背景下，道路设施管养应以技术创新为驱动，以数字化、网络化、智能化为主线，以促进道路管养提效能、扩功能、增动能为导向，打造道路基础设施的数字化档案。通过先进的感知设备、高精度定位设施、人工智能技术等智慧化手段实现道路设施管养过程的智能监管、智慧决策，提高管养水平，确保道路设施运行安全、服务高水准。

3.3 基础设施运营管理领域

3.3.1 运营管理科技发展趋势

我国大部分交通基础设施虽然是近二、三十年来修建的，在 2035 年将达到 40-50 年左右的服役期，到那时我国交通基础设施的运营与维护将是重中之重。因此，增加资金与人员投入，研究科学高效的基础设施运营与维护材料、工艺、方法与流程等等是今后一项重要的工作。针对 BIM+GIS 信息化系统、视频监控、物联网监测等进行系统集成，分析市政一体化运维管理系统的发展趋势，包括人机交互，查询关于项目的所有信息，消除信息孤岛等。

围绕城市运营设施全寿命周期运营管理、设施运营状态评估、智能化监测手段等研究重点，持续推进“城市基础设施全寿命周期运营管理与技术应用研究”、科技部“道路基础设施运行状态评估与态势分析”、市路政局“既有城市高架桥梁可移动式智能化监测技术及应用研究”、市科委“越江大桥早期病害发现与控制关键技术研究”、“城市高架桥梁交通安全风险分析”以及“智能设施管理与养

护关键技术研究”等重点课题研究。

随着信息技术的发展,未来交通运输系统将呈现基于移动互联的交通运营服务、个性化智能交通信息服务、共享交通服务、数据化和网联化的趋势,具体表现在:

1) 移动互联的交通运营服务。互联网+交通出行、互联网+货物运输,正在重建整个交通运输的生态圈。

2) 个性化智能交通信息服务。随时随地提供个性化、多样化的信息服务,实现信息共享和业务协同。

3) 共享交通服务。共享交通将在未来占据重要的份额,未来交通发展有利于多人合乘一车、一车服务多乘的共享交通模式。

4) 数据化。交通基础设施、交通流及环境等状态感知将更加动态和实时,这是支撑智能交通发展的基础,而随着大数据技术的不断发展,未来对于安全营运、个性化服务等均将发挥重要作用。

5) 网联化。通过信息共享和业务协同的智能交通系统,推动运输通道、枢纽、运输方式等资源的优化配置,促进运输方式之间的无缝衔接和零换乘。未来交通将全面实现车联网和船联网服务。

在未来智能化与网联化的交通运输系统之上,未来交通运输系统的运营管理将向“智能化、集约化”的方向发展,在运营管理中心可以对交通基础设施进行实时监控、可以实时掌握运载工具的位置、速度(甚至是进行实时控制),对驾驶员、乘客进行远程监控与实时沟通,中控系统将对交通运输系统进行实时优化,包括交通运输需求的实时预测、各种运载工具的配送、交通基础设施的状态检测及路径选择、及枢纽各种模式的自动衔接等等。这些技术将为各种交通运输方式的集约化程度提升奠定坚实基础,这些交通运输的集约化也将会大大提升系统的效率与安全。

随着互联网+、万物互联技术的发展以及人工智能、大数据的应用,智慧城市及智慧交通都将升级为其“智能网联 2.0”版本,在这个以信息技术为主导的时代,交通运输系统将以“实时需求感知、实时供给优化、资源实时共享、中央控制与分配、分布式服务”为特征,以高度智能基础设施、运载工具及实时中央数据处理、系统优化与控制为手段,以实时满足各种交通运输需求为目的。

3.3.2 运营管理领域关键技术

1. 智慧城市(数字城市)技术

推广和应用先进的交通信息感知和交互技术,采集和整合数据资源,建立基于 BIM 技术的路政行业的大数据中心。强化行业内的数据资源共享与利用,提升全路网状态的监测与评估能力。

2. 智能铺面的全寿命管理技术

随着交通行业的发展和对经济、环境成本的日益重视,全寿命周期分析与管

理。越来越多地被应用于技术与政策的分析和决策支持中。这一技术可以针对交通设施的规划、勘察、设计、建设、使用、维护、改造、重建、拆除等全寿命中的所有阶段提供全面的经济和环境分析，为决策提供更为科学的依据。

通过将全寿命过程中的全部经济支出统一到同一个时间进行比较，实现多方案的比较和选择 LCA 则是用于评估产品或系统在整个生命周期中对环境的影响评价分析方法。这一技术对产品或系统在整个生命周期中的温室气体排放量、能量消耗量、有毒气体排放量等指标做出定量的计算和评价，可用于多方案的环境影响比较。具体到道路行业中，是指对道路全寿命周期中的经济成本和环境影响做出全方位的评估，结合道路全寿命周期管理，以用于多方案的比选和决策。

3. 交通区域一体化发展平台

2019 年，由国家发改委牵头，会同国家有关部委和上海市、江苏省、浙江省、安徽省拟定的《长江三角洲区域一体化发展规划纲要》已正式审议通过。在长三角一体化背景下，上海将增强城市服务辐射能级，共推城乡区域协调发展；增强科技创新的策源能力，共建协同创新的产业体系；完善交通基础设施网络布局，共同提升互联互通的水平。为了响应“规划纲要”的要求，促进长三角一体化建设，提升不同城市间的交通基础设施互联互通的水平，将来就要做到把不同城市基础设施的运维数据实现互联互通，建设基础设施数据信息，打造面向长三角城市群的开放式“平台”，基于平台建立的数据和标准体系来进一步完善基础设施路网布局。

4. 交通基础设施智能网联化发展

“十四五”规划是中国特色社会主义进入新时代、开启全面建设社会主义现代化国家新征程的第一个五年规划。从国内发展情况看，今后将更加关注如何实现高质量发展，满足人民日益增长的“美好生活需要近年来，随着智能传感、现代通信与网络等技术的高速发展，基于智能网联的交通基础设施成为提高交通效率、提升交通安全的重要手段。目前，世界顶级汽车制造商以及 IT 产业巨头等已开展了不同等级的汽车自动驾驶技术研究，引发了国际上新一轮的科技竞争。通过将智能汽车、移动出行与社会服务等要素结合，才能真正意义上实现智能网联汽车与智能交通、智慧城市的深度融合，从而达到智能网联汽车时代的共享和谐、绿色环保、互联高效、智能安全的目的。

5. 全面推广设施全寿命周期运营管理

推进了《城市基础设施(隧道)全寿命周期运营管理与技术应用研究》课题，目前已完成隧道全寿命周期运营管理政策体系、评价体系以及应用示范等全部子课题研究。在推广应用隧道全寿命周期运营管理的同时，将全寿命管理理念和思路延伸到越江大桥、城市快速路、高速公路等设施中，全面推广交通基础设施全寿命周期运营管理。

6. 交通安全领域技术

构建道路交通安全主动防控与信息服务平台,包含交通安全主动防控管理系统、交通安全辅助决策支持系统、交通安全综合信息服务系统三大子系统,提升交通运行的安全性,交通安全管理的科学性、针对性和有效性,及道路交通安全的保障能力。

研发道路交通安全保障系列装备,主要包括:交通行为训练矫正装备、基于人机交互的车辆主动安全设备、新型道路安全防护设施、新型交通安全执法装备、交通事故信息采集装备、交通伤员急救装备等。形成道路交通安全主动防控系列手册,主要包括交通安全数据采集手册、交通行为分析手册、交通安全规划手册、道路安全设计手册、高效管理执法手册、交通事故应急救援手册等。

7. 大模型赋能智慧运营

2022年年底,ChatGPT掀起全球大模型热潮。以ChatGPT为代表的多模态大模型人工智能技术,能够通过深度学习所输入的资料及数据,在交互的过程中生成使用者所需的内容。

基于大模型本身的技术特点,大模型可以协助交通管理部门开展交通运行状况监测,如图像和视频分析、自然语言处理和语音识别等;可以被训练来分析图像和视频,以检测和识别车辆、人或其他交通运行特征,以及对不寻常或交通异常行为进行准确识别,减少现在视频识别的误报率;可以通过实时监测和分析车辆、道路、信号灯等信息,协助智能协调交通流量,减少交通拥堵;可以分析交通事故历史和特征,给出相应对策和方案,减少交通事故的发生。同时,在公路运营养护管理的业务领域,依托大模型的知识增强能力与内容生成能力,对发生的道路事件、问题进行智能决策处理,智能生产所需的内容,并自动撰写高速公路事件处理报告,有潜力成为强大的智能管理助手。

可以看到,大模型在交通运营管理领域大有可为,未来应紧跟全球AI技术浪潮,继续深挖大模型等生成式AI技术在运营管理领域的应用场景,赋能道路工程领域的智慧运营。

3.4 智慧交通领域

3.4.1 智能交通科技发展趋势

面向未来超大现模城市的交通问题,分析新一代智能交通的系统的特征与趋势,综合考虑与智能汽车、智能设施之间的融合发展。详细分析未来智能网联汽车、自动驾驶汽车等的发展趋势,以及与之适应的新能源车、电动车的发展趋势。开展智能网联汽车成为主流交通工具背景下的交通工程理论探索和最佳实践,已成为重要选项,期待形成新的技术成果。

无人驾驶汽车的研究在国内外掀起了一股浪潮,国外的特斯拉、谷歌等公司、

国内的百度等，均开展了较多的无人驾驶汽车的研究。麦肯锡和彭博新能源经济资讯联合发布报告称，2030年高级别自动驾驶汽车将达到整体销量的50%，电动汽车将占到2/3；此外，2045年左右将全面实现无人驾驶。

自动驾驶包括单车智能和车路协同两条路线。相较于单车智能，车路协同路线具备以下优势：(1)通过将整个城市的“人-车-路-云”，融合成一个整体性的决策规划系统，优化交通安全和通行效率；(2)通过路侧智能提供的全方位、超视距感知能力，第三方“中立裁判”的方式，与自动驾驶汽车进行交互协同，可以解决当前智能程度下的主要挑战，应对盲区死角、意图判断难、AI黑箱等问题；(3)以静态环境下的动态感知，叠加其空间连续、时间连续、算力调用的特点，提升感知准确率，动态调整交通管控措施；(4)成为不同品牌汽车的“信息中继”环节（跨越不同品牌/系统的通信共享障碍），间接实现“车联网”。

传统智能交通系统(Intelligent Transportation System, ITS)是将先进的信息技术、数据通讯传输技术、电子传感技术、控制技术及计算机技术等有效地集成运用于交通管理系统，建立一种在大范围内、全方位发挥作用的，重点针对交通流整体运行状态的管理系统，强调“事后”的合规性监管和问题处理；而面向车路协同的智慧道路系统是通过物联网、云计算、大数据分析等技术，逐步建立完善的基础设施监测体系、智能化的路网运行感知体系、可靠的通信资源保障体系、实时的预报预警体系、高效的应急保障体系，重点针对车辆个体的“事前+事中”出行服务和行为控制，使交通管理由“运行监管”逐渐转变为“运营服务和控制”。

3.4.2 智慧交通领域关键技术

1. 智能网联技术

无人驾驶汽车是通过车载传感系统感知道路环境，自动规划行车路线并控制车辆到达预定目标的智能汽车。它是利用车载传感器来感知车辆周围环境，并根据感知所获得的道路、车辆位置和障碍物信息，控制车辆的转向和速度，从而使车辆能够安全、可靠地在道路上行驶。无人驾驶汽车集自动控制、体系结构、人工智能、视觉计算等众多技术于一体，是计算机科学、模式识别和智能控制技术高度发展的产物，也是衡量一个国家科研实力和工业水平的一个重要标志，在国防和国民经济领域具有广阔的应用前景。

高精度的定位技术、图像技术、红外和雷达远程感知技术等，可“实时获取道路上每一车辆精确运动状态和轨迹”，使得交通数据多元化和海量数据成为精细化交通管理的基石，因而有望通过研究多源、多维度海量数据的融合技术和精准的预测研判技术，实现交通监管能级提升的技术创新。

进一步推进物联网技术在道路交通领域的应用，推动道路交通系统的智能化、网联化和协同化发展，突破高集成度智能路测系统、智能通讯与车载一体化终端、基于车路信息的协同交通控制等关键技术，强化智能化交通管理、智能动态交通

信息服务等方面关键技术和装备的研发，促进提升物流资源匹配效率、行车安全水平和道路系统运行效率。

2. 智慧车列技术

对标地铁轻轨，实现大运量，点对点出行，按需分配车辆，平均时速可达70km/h,可在封闭场景实现自动驾驶/无人驾驶。共包含6个子系统：优化的交通道路系统、道路智能信息化系统、网联化智能化车辆系统、智能客户服务与中央控制系统、运营安全保障系统、维修保养系统。

3. 面向智能网联汽车的车路协同技术

自动驾驶汽车的安全可靠依靠单车智能和感知无法实现，大规模商用离不开车路协同和道路基础设施支撑。目前车路协同方案中的感知设备存在着相当的不足。研发新一代感知设备和手段，与摄像头、激光与微波毫米雷达等协同感知，在雨雪、能见度低等常见异常环境下提高可靠度，实现全面泛在感知。通过在路面、路测布置感知设备，减少龙门架、电杆、灯杆等的布设，加大应用场景，降低工程造价，增大覆盖区域。

研究多样性的感知设备和感知系统来完善目前的车路协同方案。路面作为车路系统中的基础单位，为车辆行驶提供了良好的表面平整性和结构承载能力。合理的开发路面本身可与车路协同交互元素，可将路面本身变为智能体结合高精度地图技术以期车路协同提供新的感知模式。未来研究面向车路协同的低成本、全覆盖、高精度的路面湿滑状态感知网络；基于路测感知数据的车辆行驶安全风险预警与辅助决策方法。

4. Maas 技术对交通服务提出新的要求

MaaS (Mobility as a Service, 出行即服务) 概念于2014年第一次在芬兰赫尔辛基的欧盟 ITS 大会上提出，世界主要城市相继进行 MaaS 的探索与实践，以期缓解城市交通拥堵，打造更为绿色、健康的交通出行环境。

MaaS 旨在以用户为导向，MaaS 将各种交通方式的出行服务进行整合，通过数据集成、运营集成和支付集成，满足各种交通需求，为新时期缓解城市交通拥堵、提升出行服务品质提供了新思路。

MaaS 能够实现三个方面打通：第一，打通了火车、地铁、公交、出租车、共享汽车、共享单车等多种出行方式。第二，打通了多种支付渠道，用户换乘无需重复支付。第三，打通多家交通运营机构和单位的服务模式。

目前我市已有类似 Maas 的多种创新尝试，诸如“随申行”App、定制公交等等。未来应继续加大 Maas 领域的研发力度，更加积极整合交通领域资源、串联各个交通服务及管理场景，为人民提供更有效率、更有质量的交通出行服务。

3.5 绿色环保领域

3.5.1 绿色环保科技发展趋势

1)继续推进交通运输行业的节能减排、环保、材料循环利用、低碳、韧性、新型基础设施技术、生态环境保护等技术与装备的研发应用；研发道路新型结构与材料，以及施工工艺与装备，进一步降低能耗、节约资源、强化循环利用、保护生态与环境、提升可持续发展水平。“十四五”是交通运输基础设施发展、服务水平提高和转型发展的黄金时期，要求加快形成安全、便捷、高效、绿色、经济的综合交通体系。在我国承诺“巴黎协议”中规定的减排条款后，绿色交通及交通基础设施将是实现这一承诺的重要途径之一。

2)绿色交通基础设施将以环境友好、节能减排为交通基础设施规划、设计、建设、运营与维护的目标之一，从材料、结构设计、施工工艺及运行管养等方面，开展绿色环保材料、旧料再生利用、低环境影响、预制装配式结构、长寿命路面、路桥快速养护等技术研究，通过在技术上、管理上与工程上的多种手段建设环境友好型交通设施，进一步降低资源消耗，减少污染排放实现绿色发展的目标。

3)变废为宝，循环利用。在交通基础设施建设领域，资源集约节约利用已积累了成熟经验。在高速公路改扩建工程中，高路基填方采用泡沫轻质土，在不破坏原有地基、不进行放坡处理的情况下，完成高路基的施工填筑，实现了施工期不封闭交通。交通基础设施应做到尊重自然、修复生态。

4)运输装备使用清洁能源，可以有效减少排放。在与民生息息相关的城市交通方面，LNG 公交车和出租汽车比例越来越高，有轨电车、无轨电车也越来越多。

3.5.2 绿色环保领域关键技术

1. 智能铺面的主动减震降噪技术

交通引起的振动、噪声问题日益严重，极大干扰了沿线居民的日常生活。据统计，我国 80%左右的公路两侧环境噪声昼间超过 70dB,轨道交通两侧超过 100dB,数值远远超出了城区噪音重度污染警戒线，受影响的居民超过 6000 万，每年由于道路交通噪声污染的影响而造成的经济损失高达 216 亿元人民币。因此，控制和降低道路交通噪声的污染已到了刻不容缓的地步。

从目前的技术现状来看，OGFC 沥青路面及胶粉改性沥青路面技术都已较为成熟，但 OGFC 大孔隙易堵塞问题及两种沥青路面抵抗水损坏能力较弱的问题，一定程度上限制了两种沥青路面的减震降噪能力。因此，未来的趋势将是根据轮胎/路面实际耦合振动的总能量及其在各频段上的分布特征，定制自减震功能层，并结合车路联网技术，根据预先反馈的平整度信息，主动调整车辆的避震方案，实现真正的人-车-路协同的主动减震降噪路面技术。

2. 智能铺面的粉尘抑制技术

粉尘抑制技术首先的发展方向是提高其使用耐久性。现有的粉尘抑制技术都存在耐久性不足的问题,没有一种处理方式能够保证在使用两年之后保持较好的粉尘抑制效果,这主要是因为改性剂和集料表面粘结效果有限,在雨水的冲刷和车辆的行驶带动下,会使得改性剂的残留浓度和粉尘抑制效果逐渐下降,同时耐久性还受到紫外线照射、冻融循环和干湿循环的威胁。在这些技术中,氯化盐和木质素磺酸盐类的持久性相对较好,这是因为在潮湿的季节,盐类会渗入到基层或者土基当中,在干燥的季节,盐类会部分的回到铺面表面。另一个发展方向是根据道路情况进行针对性粉尘抑制设计。根据道路所处地区的自然气候情况、铺面的级配情况、道路的交通量和车辆载重、粉尘抑制处理的目标等,对粉尘抑制处理方案进行配方设计、施工方案设计、后期监控以及养护设计。

3. 智能铺面的低碳化及碳捕捉技术

智能铺面的低碳化主要体现在两方面,一是施工方面节能减排,降低铺面产品的隐碳量;二是运营阶段碳吸收,降低交通运输的环境污染。掺加废料的混合料技术如废旧橡胶改性沥青,在降低路面噪声、延缓反射裂缝、延长路面使用寿命等方面有明显优势,目前已经得到了广泛应用。将废玻璃作为集料掺入沥青混合料中,可实现占城市垃圾 21%的废玻璃的再利用。

4. 智能铺面的汽车尾气主动降解技术

纳米 TiO_2 添加于水泥混凝土中的主要方式是将纳米 TiO_2 浆液或是涂料喷洒或是涂覆于水泥混凝土路面的表面,其最大缺陷在于路面黏附的光催化剂颗粒较易剥落,难以长期保持路面的光催化功能。纳米 TiO_2 添加于沥青混凝土中的主要方式是将其直接与沥青混合料拌合,与矿粉同时添加,其最大局限性在于所需纳米 TiO_2 数量较大,使其推广应用受到了工程经济性的制约。研究发现 OGFC 级配的沥青混合料分解效果明显好于 SMA 与 AC 级配。因此,将光催化技术与温拌技术、OGFC 排水、降噪路面技术相结合,可达到施工过程减排、营运过程排水、降噪及吸收汽车尾气等良好环保效果。此外,研究还发现电气石的压电性与热电性对纳米 TiO_2 催化活性具有促进作用。未来的发展趋势应是在提高纳米 TiO_2 分解效率、减少其用量和增强其耐久性上。

5. 绿色道路技术集成示范应用

为推动上海“生态之城”建设,促进上海公路建设持续健康发展,我市于 2021 年正式发布了《绿色公路技术标准》。该标准集成了公路工程设计、施工、运维等全生命周期多个阶段的绿色建设技术要点,能够在资源利用、环境保护、节能提效、品质提升多个方面为绿色公路建设提供很好的理论支撑和方法依据。

未来应在道路工程行业内积极推广、落实该标准的应用,以该标准为指导纲领,重点在固废材料再生利用、环保新材料研发、智能化装配化施工技术、新能

源利用等方面发力，形成一批有示范意义、有技术突破精品工程，促进行业绿色环保的良性发展。

3.6 街道设计、慢行交通领域

3.6.1 街道设计、慢行交通发展趋势

1)街道空间已成为新型城镇化的重要载体。《国家新型城镇化规划(2014-2020)》的实施，国务院《关于进一步加强城市规划建设管理工作的若干意见》的出台，对城市街道以及与之相关的地面公交走廊、地下综合管廊、城市风貌修复等均提出了较高的要求，也将进一步加快城镇已有街道空间的改造及新建街道空间的建设。因此，街道设计迎来建设热潮。

以街道空间为载体，优化路权设计，提升绿色交通出行分担比；一体化组织道路红线内外的街道公共空间，承载更多的市政、生活功能，重塑城市特色风貌；是街道空间发展的主要趋势。

2)绿色低碳发展理念逐渐深入人心，慢行交通已逐步成为新的生活方式和潮流，“车为本”正在向“人为本”转变。第一版《上海市城市交通发展白皮书(2002)》和第二版《上海市交通发展白皮书(2013)》中将慢行交通定位为短途或中短途的交通方式，主要承担公共交通的接驳功能，是在“车为本”的城市交通发展背景下慢行基本路权的保障。新一轮《上海市交通发展白皮书(2022)》中提出慢行交通是最基础的交通方式，慢行交通空间也是城市公共空间的重要组成部分，认为慢行交通应从人群活动空间的角度出发，秉持以人为本的理念，更加注重环境友好和空间融合。

3)慢行交通“注重路权”向“注重品质”的转变。慢行交通系统的规划建设经历了从注重设施空间、到系统化网络化、再到城市空间一体化发展的转变，从出行需求上更加多元化，除了简单的通勤、生活需求外，近年来休闲、健身、游憩等活动需求日益增长，同时更加注重出行环境品质、活动空间交互的提升。

3.6.2 街道设计、慢行交通领域关键技术

1. 城市街道空间设计技术

街道空间优化在我国处于发展初期，部分城市在个别街区开展了试点，对街道空间的认知和设计技术还不全面。因此，如何正确认识街道职能，如何优化街道空间布置、塑造街道风貌，对于街道建设可持续发展有重要意义。街道空间设计从交通、市政、街区等多个角度权衡考虑街道定位，从空间组织角度集约合理配置资源，构建城市复合功能的公共空间走廊，有效弥补现有街道空间碎片化设计、功能单一缺失、一再翻修改建等不足。街道空间的设计要素及技术指引，能够整合各种空间需求，进行交通精细化设计，推进风貌特色化设计，研究设施集约化绿色化工程技术，进而规范街道空间的设计。

城市街道空间设计技术包含街道类型划分和空间功能要求、基于多方式综合交通协调的路权分配技术、基于仿真实验的街道设计关键参数、红线内外整合型街道一体化空间组织与设计手法、交通工程精细化设计技术等。

2. 完整街道与绿色交通设计技术

针对城市双修背景下街道空间多样化的功能需求与存量设施精细化管理要求，提出完整街道、完整街区概念及适用条件，并结合上海市实情给出了设计体系关键要素。采用理论计算与驾驶模拟仿真相结合的手段，提出了交叉口路缘石转弯半径、路段车道宽度等紧凑型道路的关键设计参数，提出了集约节约道路设计技术；利用多功能路灯整合交通市政杆件、以及集约节约用地的新型道路平面断面布置手法。从提高交通效率的角度提出了时空资源综合利用的设计手法，基于慢行优先的人非机动车多种待行区设置方法，以“综合绿化设施带”整合“城市双修”背景下的交通市政功能集约化布置方法等。首次将城市设计手法应用于街道设计，提出红线内外街道空间及相关设施一体化设计的技术。

3. 基于大数据融合的街道空间规划设计关键技术

利用大数据融合相关技术，以定性、定量相结合方法对城市街道空间规划设计展开机理分析与参数设定，将极大提高街道空间规划设计的科学性、准确性。将公众参与的理念引入到方案设计、方案实施、优化改善等各个环节中，有利于提升设计全过程的科学性、兼容性与适用性。

该技术的主要内容包括街道空间规划设计的机理、面向街道空间规划设计的大数据技术、基于大数据融合的街道空间规划设计关键技术、基于公众参与的街道空间规划设计关键技术、街道空间规划设计的实施流程与评估方法等。

4. 城市街道设计品质测度及差异化评价技术

聚焦于与民众生产和生活休戚相关的城市公共空间——“城市街道”，紧密围绕实施城市更新行动的内涵和路径，从主客观双重维度开展城市街道品质体检，利用广泛多源的数据源和智能化、数字化的技术手段，建立一套可计算、可比较、可实施的差异化城市街道品质评价理论和方法。

该技术的主要内容包括城市街道设计影响要素集、品质数据库、品质评价方法。

5. 慢行交通系统网络规划技术

结合基于位置信息的大数据分析慢行交通出行需求和出行特征，研究现状步行和非机动车高频分布路径，并结合规划数据对未来高频路径通道变化进行研究；在此基础上，研究慢行交通网络的空间构成和层次结构，针对主城区一体化和浦江两岸一体化规划形成区域一体化的慢行交通网络系统，规划慢行高架（地道）路、慢行专用路、慢行廊道等多层次慢行体系。

6. 慢行交通标准设计

在新的发展理念和发展背景下，对各等级慢行通道的断面宽度、布置形式、线形设计指标、安全设施和服务设施建设标准等方面进行研究，主要从保障空间和提升品质出发，将以人为本的理念融入标准设计。

对慢行越江通道的设计指标进行研究，结合新时代的慢行交通特征、通行设备构成等因素，在纵坡、坡长等指标方面进行突破性研究，同时研究新型载运工具，例如新型传送带等。

3.7 交通安全领域

3.7.1 交通安全发展趋势

近年来，随着对交通安全研究的逐步重视，我国在基础理论和技术应用方面均取得显著成绩。基础理论层面研究成果主要集中在交通安全基础数据采集、驾驶行为特性、交通事故致因分析等方面。技术应用层面研究成果主要集中在交通参与者安全意识提升、车辆辅助驾驶、道路运行主动安全保障、人-车-路协同智能系统研究等方面。

在道路交通安全基础理论方面，围绕事故致因理论、交通行为特征两条主线开展了相关研究。事故致因理论研究涵盖了不同环境下驾驶员行为特性研究、不同环境下车辆营运状态研究、风险辨别研究以及交通安全发展战略规划等，通过运用统计方法对事故发生频次和严重程度进行评估，从而对各种相关因素进行安全效应的估计，并提出相应的改善方式，取得的突破性技术和成果为人-车-路-环境风耦合作用下公路交通事故的形成机理。交通行为特征研究包括基于驾驶模拟器的不同道路、交通、环境条件下驾驶员（主要为新手及熟练驾驶员）行为研究，自然驾驶实验等，取得的突破性技术和成果为构建了驾驶行为多元分析技术方法体系。

在道路交通安全技术应用方面，围绕智能交通、自动驾驶、大数据驱动、城市设计和规划、道路设计与养护、电动车辆安全、安全教育等开展相关研究。

智能交通系统（ITS）在中国的交通安全研究中越来越受到关注，通过车联网技术、大数据分析、人工智能等手段，ITS能够预测和解决交通问题，提高道路安全。例如，智能驾驶辅助系统能够预警危险驾驶行为，提高驾驶员的反应时间，从而防止交通事故的发生。

自动驾驶技术被视为未来交通安全的重要手段。通过先进的传感器和人工智能算法，自动驾驶车辆可以实时感知周围环境，避免与其他车辆或行人的碰撞。同时，自动驾驶也能够消除驾驶员疲劳、分心等因素对交通安全的影响。

数据驱动的交通安全研究：在大数据时代，利用大规模的交通数据进行深度分析，找出交通安全问题的规律和趋势，已成为一种重要的研究方法。例如，通

通过分析交通事故数据，可以找出高风险路段，从而优化交通管理和控制策略。

城市设计和规划：随着城市化进程的加快，如何通过优化城市设计和规划提高交通安全成为一个重要的研究主题。例如，更好地设计和规划公共交通系统、行人和自行车设施，可以减少交通拥堵和交通事故。

道路设计与养护：提高道路质量和设计，包括道路表面的平整性、排水性，以及道路标志和标线的清晰度等，都是交通安全研究的重要内容。此外，如何通过科技手段提高道路养护的效率和质量，也是一个重要的研究方向。

电动车辆安全：随着电动车辆的普及，其安全问题也成为研究的重点，包括电池安全、充电设施安全等。

在研究领域，交通安全教育也逐渐受到重视。通过教育和培训，可以提高公众对交通规则的理解，降低交通违法行为，从而提高交通安全。

总的来说，随着科技的发展，我国的交通安全研究正在逐步从传统的交通管理和控制方法转向更高效、更智能的方法，以适应快速发展的交通环境。

3.7.2 交通安全保障技术

1. 交通安全基础数据采集技术

交通安全基础数据采集技术研究围绕新的信息技术在道路交通安全领域转化展开，包括高速公路、城市道路交通安全数据采集，交通气象信息服务，公共交通运营数据采集等，取得的突破性技术和成果为国家公路网运行状态获取与管理技术及应用。

2. 交通安全数据分析技术

通过收集和分析交通数据，例如交通流量、交通事故、驾驶行为等，可以找出交通安全问题的原因和规律，为交通安全决策提供依据。

3. 交通系统安全性提升技术

交通系统安全性提升技术研究涵盖了交通参与者安全意识综合提升技术、基于人因工程的车辆运行安全性提升技术、灾害气象下公路运行安全管理与保障技术、农村公路安全保障技术等。

4. 道路交通安全主动防控与信息服务平台

道路交通安全主动防控与信息服务平台，包含交通安全主动防控管理系统、交通安全辅助决策支持系统、交通安全综合信息服务系统三大子系统，提升交通运行的安全性，交通安全管理的科学性、针对性和有效性，及道路交通安全的保障能力。研发道路交通安全保障系列装备，主要包括：交通行为训练矫正装备、基于人机交互的车辆主动安全设备、新型道路安全防护设施、新型交通安全执法装备、交通事故信息采集装备、交通伤员急救装备等。

5. 车联网（V2X）技术

车联网，包括车对车（V2V）、车对基础设施（V2I）、车对网络（V2N）等，

能够实现车辆和周围环境的信息交流,预警可能的安全威胁,从而提高行车安全。

6. 自动驾驶技术

自动驾驶技术包括各种传感器(如雷达、激光雷达、摄像头等),通过感知环境,自动驾驶算法和控制系统能够做出安全决策,例如避免撞车,提前减速等。

7. 高级驾驶员辅助系统(ADAS)

ADAS能够提供诸如前碰撞警告、自动紧急刹车、车道偏离预警、车道保持辅助、自适应巡航控制等功能,帮助驾驶员更安全地驾驶。

8. 智能交通系统(ITS)

ITS包括交通信号控制系统、交通流量监测和预测系统、动态路况信息系统等,能够通过实时调度和管理交通,减少交通事故,提高道路使用效率。

9. 智能交通信号系统

利用传感器和数据分析,智能交通信号系统能够自动调整信号灯的周期和配时,以减少交通拥堵和事故。

10. 安全设备和材料

例如高可见性的道路标线材料、能量吸收护栏、防撞桩等,都能够提高交通安全。这些技术从不同的角度改善交通安全,包括提高驾驶员的驾驶能力、提高车辆的安全性能、优化交通管理和控制等。随着科技的发展,这些技术在提高交通安全方面的作用将越来越大。

4. 结束语

上海道路工程围绕完善和提升“枢纽型、功能性、网络化”的国际大都市一体化交通体系,聚焦道路工程科技的新领域、新技术,依托产学研的融合优势,以科技促发展、提质量,为上海道路的科技发展奠定了良好的基础;展望未来,在高质量发展总体目标和要求的引领下,上海道路工程的科技发展必将会不断取得新突破,迈向新高峰。