

— 车畅于路，人悦其行 —

智慧公路技术白皮书

V1.0



目录 / Contents

01 导言 /01

02 现状和趋势 /03

- 2.1 各国出台中长期规划，开启公路智慧化新篇 03
- 2.2 标准先行，总体处于起步阶段 05
- 2.3 聪明的车、智慧的路，加速交通行业产业升级 06

03 需求和挑战 /07

- 3.1 智慧公路的内涵：空间连通、信息互通、要素融通 07
- 3.2 安全、效率、绿色、服务，智慧公路建设的共性需求 09
- 3.3 新技术赋能传统交通工程，是智慧公路的主要挑战 12

04 体系架构 /13

- 4.1 理念：通过场景找技术，解决客户问题，创造价值 13
- 4.2 参考架构：云、网、边、端全面协同的智能化体系 14
- 4.3 实施路径..... 17

05 关键技术 /19

5.1 全息感知，提升路网数字化感知能力	19
5.2 设备互联互通，助力公路机电设备智能化升级	22
5.3 高效联接，打造低时延、高可靠、易运维的网络环境	23
5.4 智能边缘计算，计算更实时，前端更智能	26
5.5 智能中枢，实现实时预测、精准管控	27
5.6 数字能源，使能智慧公路绿色低碳转型	30

06 生态体系 /33

6.1 以成就客户为使命，共创共赢的生态合作理念	33
6.2 “平台+生态”战略，构建可持续发展的生态体系	34
6.3 多样化的生态伙伴，丰富全球智慧公路生态	35

07 建设实践 /36

7.1 雷视感知+数字孪生拟合新技术，打造全息智慧隧道	36
7.2 随路无线和传输网络，满足视频回传和应急通信需求	37
7.3 太阳能供电和微波传输，实现高速超远、超宽网络覆盖	37
7.4 打造大数据中心示范标杆，助力云南交投数字化转型	38
7.5 一体化综合管控，构建城市交通“智”理系统	38
7.6 AI赋能城市交通，“绣”出市民出行幸福感	38

08 愿景：车畅于路，人悦其行 /39



导言 01

以云计算、大数据、5G、物联网、人工智能、区块链等技术为核心的数字化、智能化转型正在以前所未有的态势席卷全球，技术的发展正在驱动传统交通行业的运营管理和组织模式变革。公路交通作为是国家经济、社会运行发展的基础设施，各国纷纷在数字化路网、合作式车路系统（Cooperative Vehicle-Infrastructure Systems, CVIS）、路车一体化等领域开展了大量的技术研发和示范推广工作。智慧公路是未来公路发展的方向，也是各个国家优先发展的领域，通过新型数字化、智能化技术融入交通运输、服务控制和车辆制造各领域，加强车辆、道路、使用者三者之间的联系，从而降低安全事故、提升通行效率、改善出行体验、提升管理效率是各个国家和地区的共识。

本白皮书通过对全球智慧公路发展现状和业务需求的分析，针对智慧公路面临的安全、效率、服务等方面的挑战，结合全球公路建设、管理、养护、运营、服务各阶段的建设实践，提出了包含“智能交互、智能联接、智能中枢、智慧应用”四层的技术参考架构，解构感知、传输、研判、控制、应用各个领域的关键技术，旨在帮助全球客户建设开放共享、技术领先、持续演进的智慧公路数字化、智能化体系。

02 现状和趋势

2.1

各国出台中长期规划，开启公路智慧化新篇

智慧公路作为新一代信息技术与公路道路运输深度融合的重要载体，已成为智能交通领域的新型数字基础设施，在提升运输效能、培育新兴产业等方面战略作用明显，世界各国争相进行技术研发与应用。

2016年12月，欧盟发布了《欧洲C-ITS战略》，其目标是促进整个欧洲范围内投资和监管框架的融合，开展C-ITS的大规模商业化部署，以提升道路安全、交通效率和驾驶舒适度。欧盟运输总司出台 Delegated Act 法案征求意见稿，意图在欧洲推进合作式智能交通运输系统的部署，其重要的特点是通过新一代通信将各种交通要素和终端连接，在共同的目标下协作解决交通的各种问题并实现集成服务。欧盟制定了《可持续及智能交通战略》，以数字技术作为引导，把减碳、减排作为考核目标，把新能源汽车的发展与能源转换效率结合在一起。欧洲 Easyway 项目，



针对全部路网开展网络化管理，根据统一规则进行关键路段的判别；通过跨国数据交换构建同步管理体系，覆盖 27 个国家和地区、3 万公里公路，以信息服务、主动交通管理为手段，侧重服务协同。

日本志在建设世界最安全道路，拟在 2030 年建成世界最安全和最畅通道路。2020 年，日本政府继续在内阁牵头启动的 SIP（战略性创新创造方案）项目目标下，在人的多样性、共同创造价值和可持续发展 3 个目标下安排技术开发和产业发展，强调应用智能化技术减轻交通对大自然的冲击，实现安全和舒适的交通，以及提高交通系统的弹性。

韩国各界推广“下一代智能交通系统”（C-ITS）的数据共享标准化工作正在加速推进。首尔市、光州市、蔚山市、济州岛和韩国高速公路公司等通过试点和示范项目，在约 970 公里的路段建设了 C-ITS 基础设施，并通过 Tmap 和 Kakao Navi 等专用应用程序向公众提供实时交通信息和道路危险状况等数据。

新加坡 15% 的土地面积用于建设道路，形成以 10 条快速路为主线的公路网络，以其健全发达的交通路网和前瞻性的交通规划管理，为高密度的人流与车辆提供着优质的服务。其中富有成效地开发和运用智能交通系统是新加坡在城市交通发展规划和实践中引人注目的一环。

中国在国家政策方面积极倡导智慧交通发展，国家及部委陆续出台了《智慧交通让出行更便捷行动方案（2017-2020 年）》、《交通运输部办公厅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》、《数字交通发展规划纲要》、《交通强国建设纲要》、《智能汽车创新发展战略》、《国家综合立体交通网规划纲要》等一系列政策文件。2018 年 2 月，交通运输部启动了新一代国家交通控制网和智慧公路试点工作，在北京、河北、吉林、江苏、浙江、福建、江西、河南、广东 9 个省市开展智慧公路示范工程建设，确定了示范基础设施数字化、北斗高精度定位综合应用、基于大数据的路网综合管理、互联网 + 路网综合服务以及新一代国家交通控制网等试点方向，基本囊括和代表了中国智慧公路的发展方向。

目前南非、北非的公路建设处于初期阶段，部分道路有收费、通信、简单监控系统，还未有智慧公路建设方面内容。中东地区在城市区域设置有一定规模数量的城市智慧交通工程，为当地经济、交通发展带来了一定效益。针对特地的场景，部分城市设置了解决方案，但在顶层设计、路网互联互通方面还有待完善。



2.2

标准先行，总体处于起步阶段

国际上，智慧公路主要聚焦于“合作式智能交通”、“智能基础设施”等相关的技术研究，并进一步开展了相关行业标准的制定工作：

- » ETSI（欧洲通信标准化协会）和 CEN（欧洲标准化组织）：按照欧盟 M/453 法案的要求，合作共同制定合作智能交通系统的相关标准；
- » ISO（国际标准化组织）：TC204（国际标准化组织智能运输系统技术委员会）是最早制定车联网相关标准的组织；
- » IEEE（美国电气及电子工程师学会）：802.11p/1609 主要从事车用无线局域通信协议的标准工作，应用于车-车、车-路的中短程距离通信，解决了车用通信受限于高速移动的挑战。

上述标准仅就某一种技术应用进行建设，尚缺乏技术的整体协同应用，基础设施智能化标准制定进展缓慢。

中国智慧高速公路标准化工作也处于起步阶段，目前，智慧高速相关的标准由各省率先编制完成。

- » 随着智慧高速试点工程推进，部分省份总结智慧高速的试点建设经验，编制了相应的建设指南，截止到目前，浙江省交通运输厅发布了《智慧高速公路建设指南（暂行）》（ZJ/ZN 2020-1）；江苏省交通运输厅发布了《江苏省智慧高速公路建设技术指南》（JSITS/T 0001-2020）、《江苏省普通国省道智慧公路建设技术指南》（JSITS/T 0002-2020）；山东省交通运输厅发布了《智慧高速公路建设指南（试行）》（SDITS/GL 2021-01）；云南省发布了《云南省智慧高速设计指南（试行）》；北京市发布了《智慧高速公路建设指南（试行）》；宁夏发布了《宁夏公路网智能感知设施建设指南（试行）》；川渝区域形成了《智慧高速公路》（DB50T 10001.1-2021 DB51T 10001.1-2021）系列地方标准等不少省市做了一些智慧高速的试点探索实践。对于这些省市的指南/标准有几个关键的行业共识共通点，安全效率是出行服务永恒的主题和目标；智能化作为手段，智能化、信息化要和业务融为一体；
- » 2020 年，中国道路交通安全协会发布团体标准《车联网路侧设施设置指南》（T/CTS 1-2020）、《智慧高速公路交通标准设置指南》（T/CTS 3-2020）中国智能交通产业联盟发布团体标准《智慧高速公路信息化建设总体框架》（T_ITS 0125-2020）、《普通国省干线智慧公路总体框架》（T_ITS 0144-2021）。

相比智慧公路的建设步伐，智慧公路标准化的建设较为滞后，缺少基础共性、互通共享、以及系统建设等方面能提供通用关键技术指标和规定的行业技术标准。随着公路建设里程的不断增加，越来越多新的技术问题和技术需求不断出现，现有标准所涉及到的传统机电系统的内容，其广度和深度难以满足设计者的需求，还需通过专门的标准规范等予以展开或补充，并为现有更高层次的标准将来的修订和完善提供参考。



2.3

聪明的车、智慧的路，加速交通行业产业升级

当前发达国家纷纷开展公路数字化、智能化等新技术的开发和测试，新的建设、运营模式也蓬勃发展，“聪明的车 + 智能的路”将是未来公路交通的基本形态。

◎ 建设未来互联互通畅行数字化路网

为了全面掌握路网运行状态、采集实时车辆运行数据，实现在线监控、指挥调度、公众信息服务等功能，建设全程覆盖的气象、图像、交通量等路网状态感知数字化设施，实现全时、全天候路网宏观运行状态监测和预测，精准交通对象微观运行轨迹，看得全、看得准、看得懂，是智慧公路全息感知体系的发展方向。

◎ 应用智慧云控平台决策道路运行

智慧云控平台是智慧公路建设成功的根本，是决定智慧公路能否发挥“智慧”和“服务”，实现信息互联互通的关键。利用云计算、大数据等技术，整合路网静态交通设施、动态交通流和交通参与者的时空信息，并基于GIS/ 高精地图构建完整的数字孪生平台，在此基础上提供认知、决策、仿真、评估等算法模型，是提升交通安全和效率的关键。

◎ 构建多应用多层次服务体系

公众出行服务是智慧公路建设的最终目的，公众出行信息服务水平更是衡量智能交通现代化程度的重要标志。智慧公路的发展需要持续激发市场活力，积极探索引入社会机制，调动资本参与智慧公路规划、建设、运行和管理的积极性，采用多种方式鼓励政府与企业、社会机构等开展全方位合作，优势互补，共同构建多应用、多层次的动态信息服务体系。



03 需求和挑战



3.1

智慧公路的内涵：空间连通、信息互通、要素融通

智慧公路是传统公路与新一代信息技术深度融合发展的新型基础设施，通过应用 5G、卫星定位、AI、物联网、云计算、边缘计算、大数据、GIS、BIM 等现代化信息技术，全面感知、分析、整合和处理公路路网运行信息，以数据资源驱动公路规划、建设、管理和服务创新发展。智慧公路的核心是交通要素的感知化、互联化和智能化，具体表现形式包括智能设施、智能决策、智能管控和智能服务等，从而形成智慧化交通运输综合管理、控制和运营服务体系。考虑所谓的全球适用性，本白皮书中所指的智慧公路涵盖开展智慧化交通建设的高速公路、普通公路和城市道路三大类。

世界范围内对于智慧公路内涵尚未形成共识。不同国家与组织对于智慧公路概念认知的核心集中在利用前沿技术与设备和公路需求进行适配，对公路信息进行感知、分析，实现动态管理与高水平服务方面。整体来讲，智慧公路可以包含三层内涵，即空间连通、信息互通、要素融通。



安全高效的空间连通



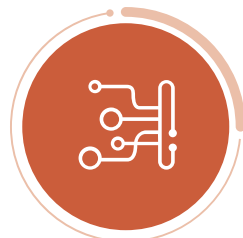
空间连通是智慧公路的本质需求。针对单一公路，智慧公路的目标不仅包括人和物位置的移动，更是对安全、快速、绿色移动提供了可能，这是智慧公路的显著特征，具体表现为平均行驶速度的提升、交通安全水平的提升以及平均能耗的降低。针对区域路网，由于不同等级公路在管理体制、发展理念、技术标准等方面均存在差异，通过对公路系统的智慧化，可以拉通全面各级公路间的引导和调度，优化路网运行结构，提升公路可达性和高效性，实现空间连通功能的安全高效提升。

精准有效的信息互通



信息互通是智慧公路的实现基础。智慧公路采取全域道路一体化的发展思路，随着 5G、物联网、人工智能等技术的发展，基于数据汇聚和处理机制在应用层实现道路信息统一管理，为实现全场景的互联互通奠定基础。具体特征表现为感知数据从断面、集计交通运行数据向个体非集计数据演变；交通事件从被动辨识向风险预警演变。

融合协同的要素融通



融合协同是智慧公路终极表现。智慧公路通过人车路环境的深度融合及协同体现最终价值。根据交通参与者个性化需求及不同路段区域的功能需求，变被动为主动，实现全方位主动管控和全过程伴随服务。具体表现为车辆控制由物理控制向信息控制，最终向共鸣式信息诱导转变。系统服务由间断式固定点位群体信息服务向全过程伴随式多渠道个性化定制转变。



3.2

安全、效率、绿色、服务，智慧公路建设的共性需求

公路业务需求可以划分为安全需求、效率需求、绿色需求、服务需求四个层次



安全需求

安全需求是确保公路正常运行的基本需求，包括道路基础设施安全、交通运行安全以及数据安全三大类。安全需求是目前推动智慧公路发展的最强大的动力。本文中安全特指交通安全，数据安全另行分析。



效率需求

公路的价值在于运输效率的基本保障。在安全保障的基础上，如何提供便捷、高效的出行供给，提升公路交通效率是公路供给效能的关键，也是地方经济发展的保证。



绿色需求

低碳绿色是公路发展公共属性需求，同时也是个体节能的需求，绿色理念是公路建设可持续发展的“太阳能”，是个体出行成本降低和公共环境利益的结合体，为公路提供持续保障。



服务需求

公路对公众的服务能力决定了公众对公路的认同程度，同时作为参与者，公众同样对公路建设提供了助力，如何提升公路的功能成效和社会认同度，切实有效的提升服务质量是公路核心保障。

3.2.1
安全需求

安全需求是公路业务需求中最根本的需求，是一切需求的基础。在解决交通安全需求领域，全世界均在不同层面做出不懈努力。2020 年联合国大会第 74 届会议期间通过决议，宣布 2021-2030 年为道路安全行动十年并发布《道路安全行动十年全球计划》，该计划提出从 2021 年到 2030 年将道路交通死伤人数减少至少 50%。世卫组织表示，在全球范围内，道路交通事故每年造成近 130 万本可预防的死亡以及约 5000 万人受伤，是道路安全成为全世界儿童和青年的主要死因。若照目前趋势，则今后十年道路安全问题还将造成约 1300 万人死亡，5 亿人受伤。道路交通事故造成的死伤都是可预防的，可惜它仍然是全球死亡的一个主要原因。如何在道路交通事故发生前预防、发生中减轻损失、发生后快速排险成为安全需求的根本。

预防事故发生

任何风险因素其背后都蕴含着事故发生的“必然”规律。在车辆行驶过程中风险因素并不一定立即形成交通事故，当遇到一些偶发事件后就演化为事故。防范于未然永远是遏制交通事故的最有效方式。核心需求是提前识别潜在交通事故隐患并及时给予管控手段。



减轻事故损失

事故无法完全避免，零死亡愿景短期内较难实现。在这个大背景下，减轻事故的人员和财产损失就显得尤为重要。在车辆发生撞击的过程中，车速、车型、时间是影响安全的三大因素，其中车速起着重要作用，撞击程度、损毁情况与车速快慢成正比，车速越快、撞击力造成的破坏越大，引发的交通事故越严重。

降低事故影响

事故无论发生在路侧还是路中，都会导致交通流发生一定程度的变化。影响断面的车流速度和行驶状态，通行能力降低影响了交通流的状态，从原来相对比较稳定的状态进入到不稳定的状态，会带来额外风险，这些额外风险会导致二次事故。二次事故是指在原有的交通事故基础上，由于自然不可抗力、救援方的疏忽、或当事人的错误操作引起的事故。二次事故是一次事故的危险因素的第二次激发，造成事故的扩大蔓延。从统计学来讲，初次事故一旦发生，发生二次事故的概率随着时间逐步上升。

3.2.2 效率需求



出行效率是指居民以最少的出行投入（包含最少的货币成本和时间成本、最舒适和最安全的出行体验等），利用某种交通方式完成某种出行目的的活动。出行效率强调的是“全过程”出行，即真正的“门到门”服务，包括从家到车站或停车场、从车站或停车场到达目的地过程中取车或两端接驳、等车、开车或乘车、换乘等环节的“全出行链”总体效率，全过程的出行链效率决定了交通系统的服务水平。在其中发挥最大作用的就是占最大比重的公路系统。

在大规模建设期完成后，除道路基础设施供给规模和汽车保有量外，交通秩序、交通规则等软指标成为提升交通效率的关键因素。而规则的制定和秩序的维护策略缺乏数据支撑和实际验证成为制约发展的瓶颈。如何通过技术手段提升公路运输能力，促进供需信息的对接，保障人和物能够出得去、进得来是关键，需要新技术给传统公路赋能。

3.2.3 绿色需求



交通运输是目前各国能源消费增长最快、环境影响较大的行业领域。其中，公路运输是最主要的成品油消费行业领域，随着公路规模的不断扩大，能源消费总量与用能结构处于增长与变化中。营运车辆的汽油和柴油的消耗总量更是占比全国汽油和柴油消费总量的 30% 和 36%，单位油耗水平逐年递增。因此，低碳交通成为引领绿色变革的主要载体。

面向个体车辆。节能需求是个体车辆降低出行成本的核心需求。拥堵规避、车速引导、行程规划多方面的车辆驾驶行为优化策略，减少车辆急刹急停增加不必要的油耗，减少百公里耗油损失成为刚需。

面向低碳社会。在建设资源节约型、环境友好型社会的综合战略要求下，降低公路运输对环境的负面影响。低碳社会主要包括两个方面需求：一是优化公路对新能源车辆的配合度。通过智慧化手段提高新能源车辆充能便利度；二是改进运输组织管理。提高车辆实载率和里程利用率，大大提高路网运行效率。

3.2.4 服务需求



出行体验作为公路需求中相对较为高层次的需求，逐渐得到了道路使用者的关注，确保用户安全高效通行的同时，需要考虑如何使交通参与者获得高品质的信息服务体验。现阶段信息发布方式存在碎片化、实时更新差异化的问题，各种信息发布方式受信息采集和播发方式限制，要提升公众出行服务水平，需充分利用大数据、新媒体渠道进行路网公众信息服务，尝试将公路管理职能从“重管理”到“重服务”进行转变，打造服务信息长廊。从服务质量、管理策略、信息触达三大方面切实有效的提升服务质量是智慧公路核心保障。

公路全面信息服务需求。重点瞄准信息服务覆盖面、新媒体的拓展应用，形成可变信息板、广播、第三方导航及车载终端等多种形式并存的信息发布方式，增强信息发布的全面指导性和触达性，做好伴随式信息服务。

公路精细管理控制需求。出行公众对信息服务的需求，按宏观时间序列可分为出行前、中、后三部分，按中微观时间序列可分为事件发生前、中、后三部分。根据不同时期管理控制方对信息需求的摸排，制定科学有序的信息发布策略，满足多时段、多场景的精细化管控。

公路优化交通体验需求。需要从安全性需要、经济性需要、快速性需要、连续性需要、独立性需要、舒适性需要、社会性需要（即规范性需要）七大方面确定交通参与者更易接受、更愿接受、更有成效的信息，切实有效提升出行者体验感，提升智慧公路的社会认同度。

新技术赋能传统交通工程，是智慧公路的主要挑战

全球智慧公路的建设在智能感知、智能联接、智能决策和智能应用方面都存在一定的挑战：

道路基础设施信息化程度低，交通信息感知获取不够全面

比如，高速交通事故或异常事件发生后不能及时快速发现，容易引起二次事故再次发生，导致更多事故伤亡。当前一些国家高速公路公网覆盖不足，求救信息不能及时发出，延误最佳救援时机。另外，事件发生地点、方向不明确，事件发生后，以人工现场处理效率低，快处快撤成难题。

车、路的网联化程度较低，实时业务难以实现

随着收费联网、高清视频监控等业务的快速发展，路侧设备数据量急剧增长，使得随路网络带宽需求快速增长，设备安全接入、安全策略快速部署成为难题；同时，沿路网络运维难，地质灾害、施工导致光纤断、传输质量降低，由于无监测、范围广，排查耗时耗力，工作效率低。

大数据、人工智能等新技术应用的普及程度较低，难以应对海量数据分析、实时决策难度大

随着城镇化的迅猛发展，城市交通参与者众多、出行需求多样，由于汽车出行的便利，导致市区内车流日益升高，交通拥堵问题严重。但传统的拥堵治理方式主要以抽样数据建立交通模型推演路网状况，存在片面、不准确、滞后等问题，无法对路况进行有效分析。传统交通态势研判手段浮于表面，且主要依靠人工经验，将历史信息与当前状态相结合进行判断，未能对个体出行需求进行深层次分析，无法有效缓解道路拥堵。

智能应用方面，在发展道路数字化的同时、平台思维、数据思维等“互联+”思维没有充分融入到交通运营中，用户体验亟待提高

1

2

3

4

04 体系架构



4.1

理念：通过场景找技术，解决客户问题，创造价值

数字化、智能化技术正在成为公路行业高质量发展的关键驱动要素。华为聚焦智慧高速、智慧隧道、城市交通治理等业务场景，面向感知、联接、计算、控制等智慧公路各环节，通过场景找技术，解决客户问题，创造价值。一方面，整合华为公司在感知、联接、计算、存储、云、终端、车、数字能源等领域的原子能力，为客户提供一个开放解耦、安全可信、持续领先的技术平台，提升数字化、智能化应用水平。另一方面，华为坚定不移地以解决问题为导向，联合合作伙伴打造高效、智能、便捷的智慧公路解决方案，创造业务价值，降低数字化转型成本，从而实现智慧公路可持续发展。



图 1 理念：通过场景找技术图

4.2

参考架构：云、网、边、端全面协同的智能化体系

智慧公路整体架构面对公路行业的痛点和需求，以系统性的解决业务问题为出发点，基于开放共享的理念，以数据为核心，以数据流、信息流、控制流为主线，形成“智能交互、智能联接、智能中枢、智慧应用”四层架构，构建一套“云、网、边、端”全面协同的智能体系。

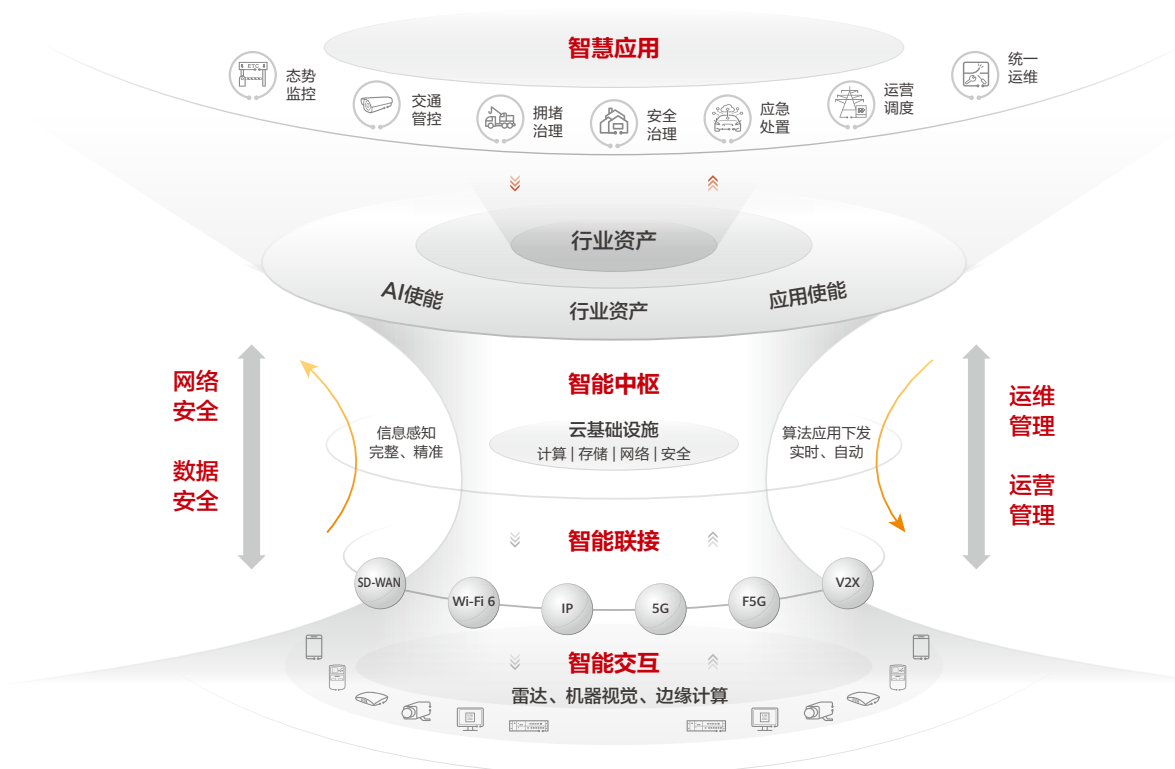


图 2 智慧公路参考架构



智能交互

联通物理世界和数字世界，把复杂且独立的终端设施有机协同起来，让数据、软件和 AI 算法在云边端自由流动，实现公路基础设施的全方位感知、信息实时交互。



智能联接

通过 F5G、5G、Wi-Fi 6、IoT 等联接技术，打造全覆盖、低时延、高可靠、高带宽、无损的网络通信能力，实现广泛覆盖、万物互联。



智能中枢

是智慧公路体系的研判和决策系统，以大数据为底座，以 AI 为核心，融合数据、沉淀资产、支撑智慧公路业务场景、全生命周期的行业智能升级。



智慧应用

面向智慧公路业务场景，通过行业客户与生态的协同创新，加速 ICT 技术与行业知识深度融合，在业务上实现安全、效率、体验的全面提升。

◎ 4.2.1 智慧高速：感、联、算、控

基于出行安全、效率以及运营者利益的诉求，智慧高速技术方案依托智慧公路参考架构，打造“感 - 联 - 算 - 控”四大核心能力。



感

智慧高速的“五官”和“手脚”，它包括分布在路侧的各种感知设备，例如智能摄像机、雷达、传感器、边缘计算设备等，通过多源数据拟合，实现人、车、路、环境的全时全天候精准感知。



联

智慧高速的“躯干”，包括 OTN/PON、SD-WAN、IOT、5G 等关键技术，打造路侧高可靠、高带宽、低时延的有线联接和无线无缝覆盖，实现感知数据、控制指令的安全可靠传输。



算

智慧高速的“中枢”，通过边云协同实现算力均衡高效分布。汇聚全量数据和海量行业算法模型，通过数据使能、AI 使能、业务使能，赋能智慧应用。



控

智慧高速的决策系统，有序融合“感 - 联 - 算”能力，结合业界领先的交通工程学理论，实现交通态势预测与仿真、交通组织优化策略分析等核心功能，支撑改扩建交通组织时优化流量不下降、高速应急管控、缓堵保畅等行业智慧应用。

◎ 4.2.2 城市交通治理：采、传、研、用

为满足城市交通出行安全、高效的需求，城市交通治理技术方案依托智慧公路参考架构，打造“采 - 传 - 研 - 用”四大核心能力。



采

利用机器视觉、微波检测、AI 技术等打造各类感知设备，如智能摄像机、雷达、传感器、边缘计算设备等，通过多源数据拟合实现城市交通中人、车、路、环境的全时全天候精准感知。



传

千兆路侧组网、万兆网络传输、毫秒级时延等是城市交通管理网络的基本要求，利用 OTN/PON、5G 等关键技术，实现城市交通治理感知数据和控制指令的安全可靠传输。



研

基于云和大数据底座 的交通治理中枢，利用时空融合计算技术，实现对城市交通路网容量、交通治理对象、交通供需匹配等核心要素可计算，实现交通态势精细掌握，警情事件精准研判、管理监控主动决策。



用

面向城市交通拥堵治理和城市交通安全治理两个核心业务场景，打造交通态势监测和管控、AI 信控优化、交通安全风险研判、重点营运车辆治理等核心应用，保障交通安全和通畅。



4.3

实施路径

◎ 4.3.1 智慧高速：从路网感知，到路网认知、最终达到智慧路网

实施路线：从路网感知，到路网认知，最终达到智慧路网



图 3 智慧高速实施路径

智慧高速业务发展可分为高速公路系统化、信息化、数字化和智慧化四个阶段，整体实施路径可按照从路网感知，到路网认知，最终达到智慧路网来分步实施。第一阶段重点关注路网监测感知体系建设，在重点路段、桥隧边坡、收费站、服务区等通过视频、雷视拟合、健康监测、气象传感等技术手段实现交通流、结构状态、机电设备数字化。第二阶段应引入 AI、大数据、云平台等技术，实现路网监测感知由看得见升级到看得懂，能够基于监测感知实现事件识别、态势研判、交通预测等路网认知。第三阶段要基于路网感知、认知体系打造公路“建设、管理、养护、运维、服务”五位一体的智慧路网，推动全域、全要素、全周期数字化，实现高速公路全网感知、全天候通行、全流程管控和全过程服务。



◎ 4.3.2 城市交通：价值场景牵引数字平台搭建，业务全场景智慧



图 4 城市交通发展路径

城市交通的数字化和智能化建设不是一蹴而就的，需要采用小步快跑、不断迭代、不断出成效的策略。第一阶段主要从价值场景入手，构建基础的路网感知和智能中枢平台能力。第二阶段数字化孪生平台基本建成，融入更海量、更精细的路网感知数据，提升整个路网和出行需求的认知能力，各相关行业和部门的交管管理需求不断得到满足。第三阶段实现全网的全息感知全部覆盖，数字化孪生平台更加智能，业务协同更加紧密，智能决策实时化、自动化，自我演进，实现全业务智慧。



05 关键技术



5.1

全息感知，提升路网数字化感知能力

◎ 5.1.1 软件定义摄像机

技术要求

进入智能时代，摄像机将从“看得见”迈入“看得深”、“看得懂”、“能预见”的多维智能感知视界。相比较传统摄像机因软硬件绑定而产生的应用局限性，软件定义摄像机（Software-Defined Camera，SDC）明确三大核心标准，暨拥有专业 AI 芯片、开放的摄像机操作系统、开放的算法和应用生态。SDC 采用智能算法与硬件底座分离的设计理念，在硬件平台算力充足的情况，通过对摄像机前端算法的不断在线迭代与自主学习实现一次硬件投资、全生命周期内算法可持续成长。

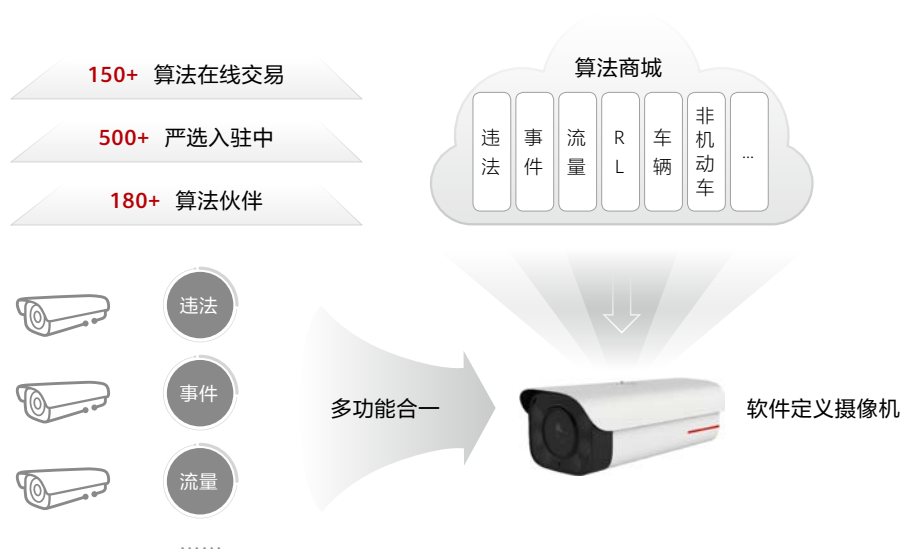


图 5 软件定义摄像机

技术特点

软件定义

根据场景进行摄像机功能的自主定义，来适应不同的业务需求。通过管理平台向 SDC 下发智能算法和模型（如违章识别、车辆识别等），实现智能算法在线加载和在线升级，使通用型 SDC 快速切换成专用型 SDC，适应不同使用场景，降低成本。

AI 超微光

通过专利分帧技术、智能补光技术以及 AI 芯片强大的图像数据处理能力，实现低照度下的全彩智能成像，真实呈现图像细节和颜色。

智能编码

采用自适应的可变比特率控制算法，允许在码率统计时间内编码码率波动，从而保证编码图像质量平稳。提升编码压缩性能，大幅度降低监控场景的码率并提升图像质量。

◎ 5.1.2 毫米波雷达

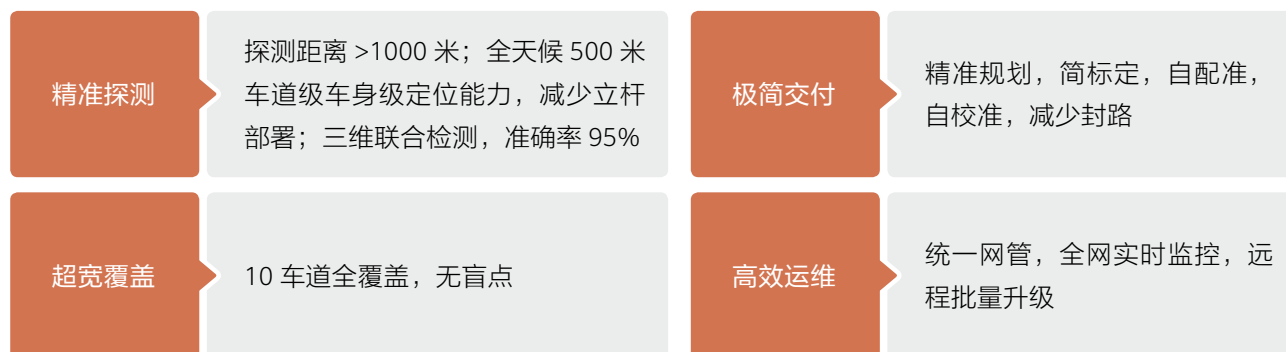
技术要求

在高速公路、公路隧道、高速收费站、城市路口等多个业务场景中，特别是在雨雪雾霾等恶劣天气条件下，通过毫米波雷达波束获取道路交通车流、人员等目标的相对距离、速度、角度及运动方向等物理信息，对目标进行分类和跟进。具有穿透雨雪烟雾、不受光线和光照影响、测量精度高、探测距离远的特点，具备全天候全域探测和多目标连续跟踪能力。



图 6 毫米波雷达

技术特点



◎ 5.1.3 雷视拟合

技术要求

随着智能交通的深入发展，构建交通运行数字孪生体系是未来的发展趋势，对交通目标进行全天候、超视域、高精度、不间断的实时监控和跟踪提出了更高的要求。雷视拟合技术有效结合视频分析和雷达探测的优点，运用雷达检测和视频智能分析的融合算法，多维数据实时采集和全量数据刻画，实现由路口级、方向级到车道级、车辆级的精细化治理，实现全域全覆盖、全时全天候的精准实时感知。

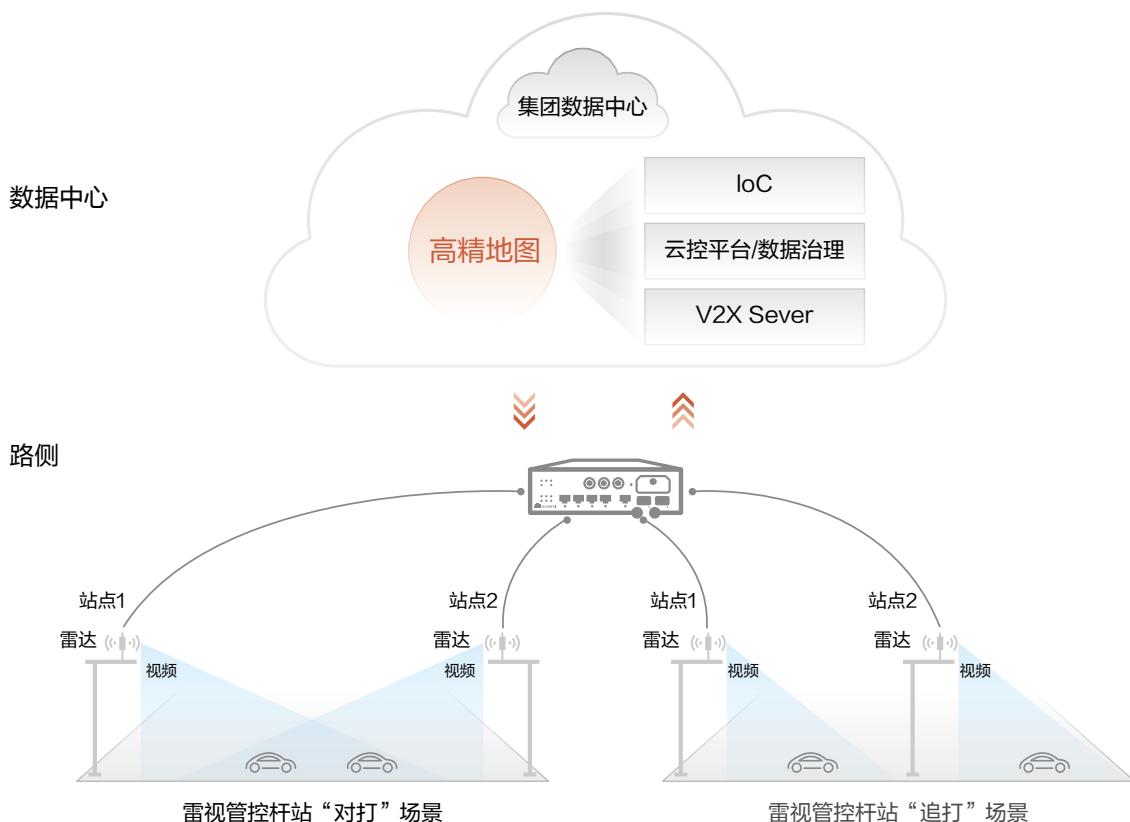


图 7 雷视拟合解决方案框架



技术特点

看得全

实现穿透雨雪雾特殊天气以及夜间低照度条件下的感知。1 公里超远距，10 车道双向覆盖能力，减少立杆，降低部署成本。

看得准

95% 的航迹连续检测精度，为路网仿真、流量管控等应用提供良好支撑。

看得懂

结合边缘智能计算 AI 算法，95% 高精度轨迹类事件 AI 检测，实现车辆逆行、拥堵、占道、变道等事件精准判别。

5.2

设备互联互通，助力公路机电设备智能化升级

技术要求

公路机电系统经过多年的发展，有效支撑了公路网络的平稳运行，但机电系统“七国八制”，设备间互联互通复杂、运维管理困难。比如公路隧道内发生火灾等紧急情况，需多火灾探测设备、通风设备、卷闸等设备联动应急处置。但设施设备多为哑终端，需手工联动、效率低，易出错，状态监控难。所以，传统的机电设备需要一个统一的操作系统底座，基于 OpenHarmony 的智慧公路操作系统，则有可能彻底实现设备的智能化互联互通，以统一的标准规范、统一的数据接口，实现业务互联互通，高效协同，进而提升管控、运维效率。

技术特点

万物互联

隧道、收费站、服务区等设备搭载公路行业操作系统后，不仅各种传感器、控制器可以互联互通，并可和手机、穿戴设备互联，实现周边环境实时感知，更高精度的人员定位，提升运维巡检效果，确保作业人身安全。

开放兼容

一套系统覆盖大大小小的设备，支持功能解耦，可随产品自由裁剪，支持各种不同类型的设备，小到传感器大到控制器、巡检机器人等设备都可以使用同一操作系统。

标准统一

打破信息孤岛，实现数据共享，支持公路行业统一协议，灵活部署，实现不同厂商各个设备的统一管理，在安全可靠的基础上有序控制、配置和收集网络中的海量数据。

5.3

高效联接，打造低时延、高可靠、易运维的网络环境

◎ 5.3.1 F5G 城市全光路口

技术要求

交通路口是城市交通的关键节点。传统路口信号机建设普遍存在线缆多，挖沟埋缆施工困难，且过街电缆常因施工、鼠咬、老化而中断，导致信号灯失效。全光路口技术将信号机从模拟电缆升级为数字光纤，从集中式控制改造为分布式控制，在路口通过 1 根光缆 + 1 根电缆取代传统 30 多根过街线缆，大幅降低红绿灯路口的建设、改造、抢修的工程难度，加速路口信息化设备的联网联控，也奠定了道路的智能化管理运维、流量调优的基础。

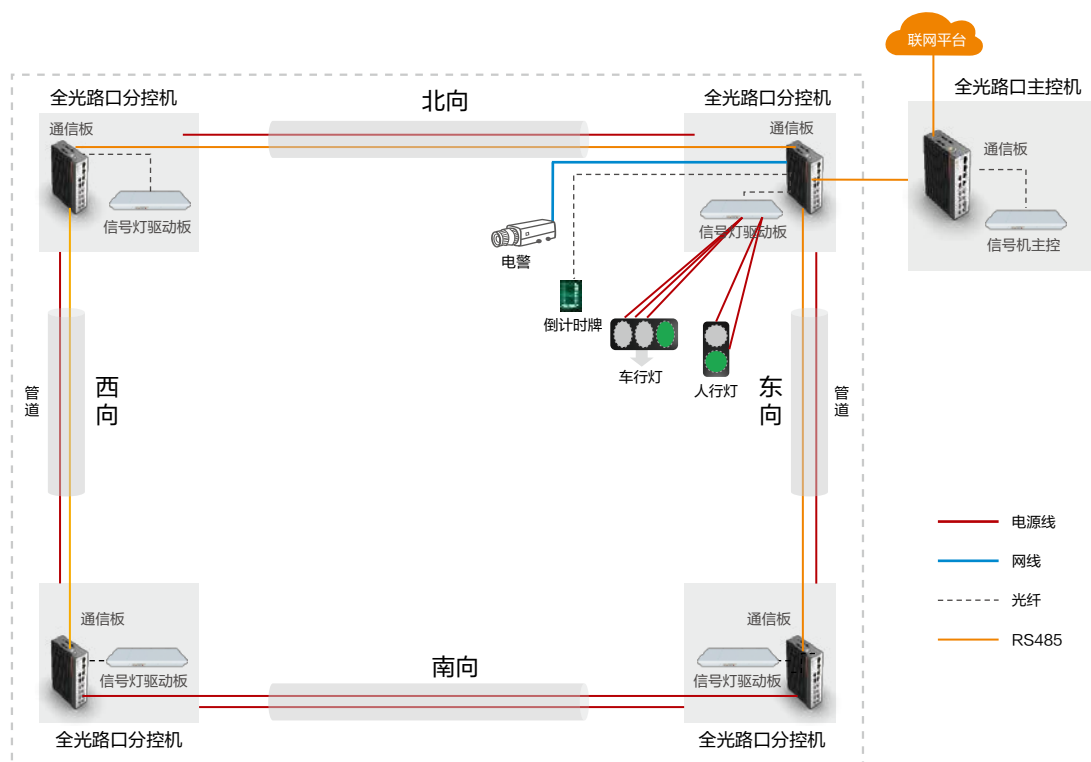


图 8 城市全光路口解决方案

技术特点

工程极简

30+ 线缆归结为“1 根光纤 + 1 根电源线”，大幅降低红绿灯系统的新建、改造、抢修的难度。

运维极简

无需破路埋管，单路口设备 TCO 减少 15%，降低运维难度及成本。

高可靠性

1+1 手拉手环网保护，链路故障 <50ms 切换，业务零中断。

◎ 5.3.2 高速公路沿路通信网

技术要求

随着智慧高速的发展，路侧感知及视频监控对网络的可靠性、带宽、时延等要求越来越高。智慧高速通信网络设施围绕人、车、物提供联接与感知服务，为保障收费、视频、办公等业务数据的传输与云端存储与调用，需要网络提供更大的带宽。沿路杆站的海量前端接入，高速的 ETC、视频等业务一张网，对高速网络的可靠性与安全性的重视上升到新的高度。

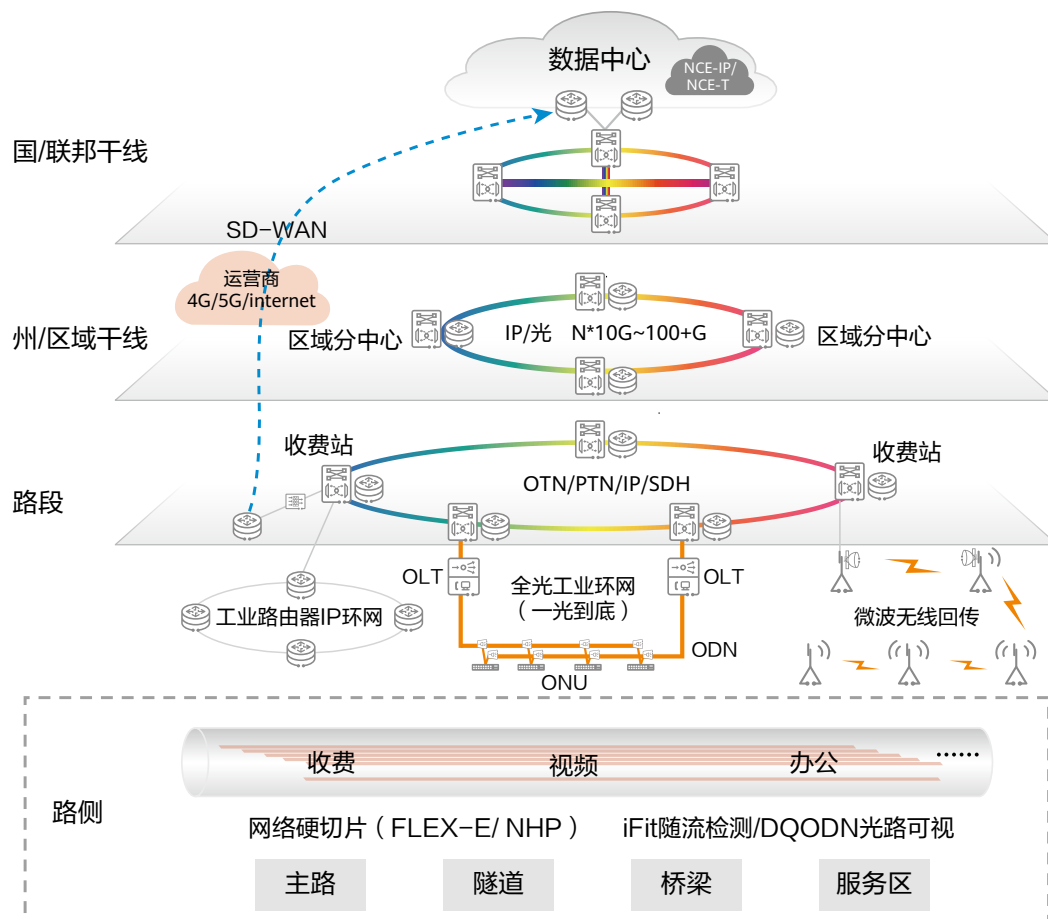


图 9 高速公路沿路通信网

技术特点

一网可靠承载

超大带宽容量，一张网实现收费、视频、应急等业务统一承载；FlexE 网络切片实现业务安全隔离，确定性时延，业务 SLA 可保障。

云网安一体化

零信任架构，实现高速一张网全网态势实时感知，保障业务的稳定安全传输；对于海量终端准入，提供认证和安全一体化防护。

智能运维

基于 iFIT 随流检测技术，实现高速各业务质量实时可视；智能化主动识别故障，准确率高高于 90%。

◎ 5.3.3 SD-WAN

技术要求

传统高速公路 WAN 网络面临专线贵、部署慢、运维难、扩展性差等困难和挑战。SD-WAN 解决方案依托 iMaster NCE 控制器，通过对 WAN 网络抽象和建模，将上层网络业务和底层网络具体实现架构进行解耦，实现了网络自动化部署；通过部署独立的控制面，将网络转发和控制进行了分离，从而实现了网络控制的集中化；通过集中的网络监控和可视，实现了端到端 WAN 网络集中的管理，从而实现了运维的智能化。

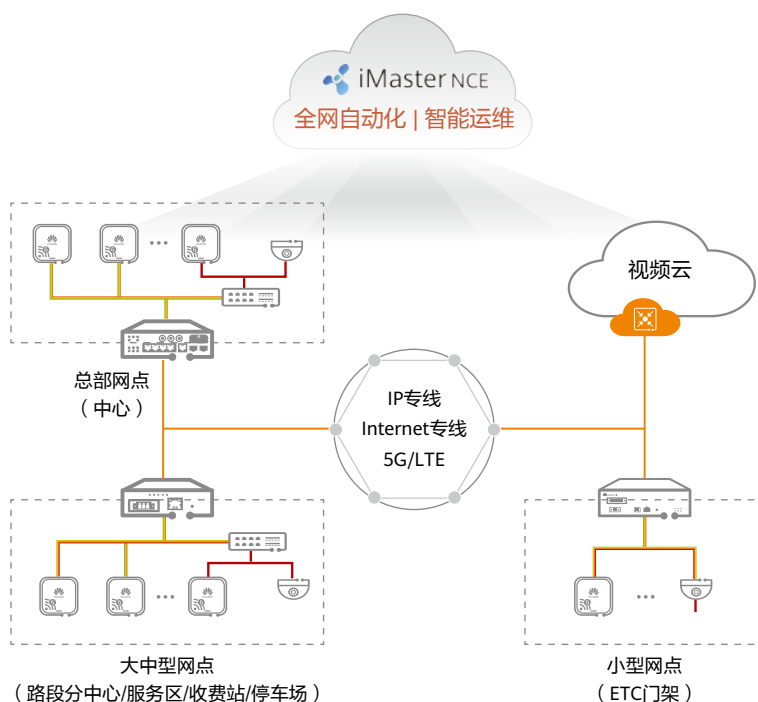


图 10 SD-WAN 解决方案

技术特点

开局简单	零配置开局，降低开局难度	网络配置简单	网络配置自动编排，业务下发简单
智能选路	为关键应用提供保障	智能加速	多路包复制，保障业务可靠传输
智能运维	应用 / 链路 / 质量可视，支持网络智能诊断和策略优化	安全互联	设备安全可信，端到端 IPsec 加密，业务安全传输；内置防火墙、AV 病毒过滤、IPS 入侵防御，无需额外设备，上网安全无忧
开放生态	支持业界主流私有云、公有云平台部署，业务按需开通		

5.4

智能边缘计算，计算更实时，前端更智能

技术要求

随着视频云联网、路面全息感知业务的发展，在智慧交通路侧的数据量越来越大，处理延迟和数据隐私越发敏感，需要在终端设备或网络边缘侧就近分析处理，催生了边缘计算技术的发展。边缘计算的出现使得在边缘可以进行更多的数据处理，从而减少向云侧传输信息，既能大大减少传输到云侧的网络流量和相关成本，也能保证数据传输效率。还能通过中心云对边缘设备进行配置、部署和运维，并能够根据设备类型和场景分配智能的能力，从而让智能在云和边缘之间合理分配和流动，促进资源的有效利用。

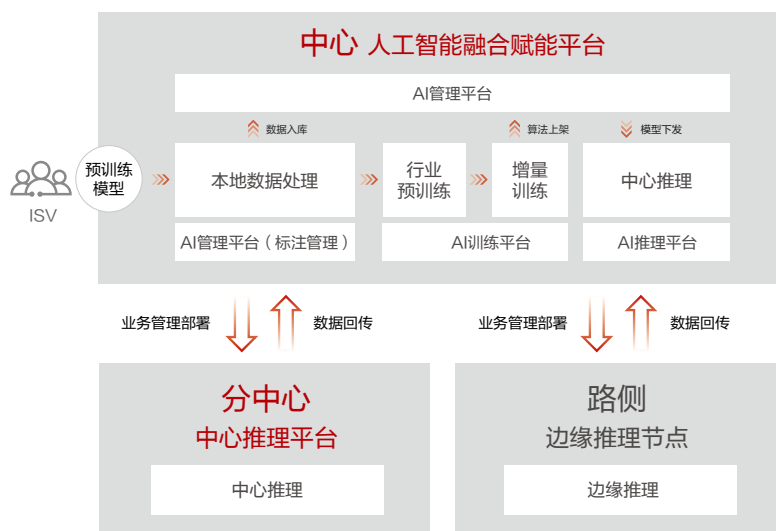


图 11 云边协同架构

技术特点

异构计算

在各类边缘计算场景中，不同的计算任务对于硬件资源的需求是不同的，从计算模式、并发数、迭代深度等多方面考虑，可能需要 x86、ARM、GPU、NPU 等多种类型的芯片支持。边缘计算要支持多核并发、绿色节能等要求，以满足碎片化产业和差异化应用的需求，可以提升计算资源利用率，可以支持算力的灵活部署和调度。

端边云协同

在带宽有限、边缘计算资源有限的情况下，在云端与边缘节点合理地部署人工智能模型的训练与推理功能，从而实现边缘节点借助 AI 技术更好地提供高级数据分析、场景感知、实时决策、自组织与协同等智能化服务。在边缘侧部署轻量级、低延时、高效的 AI 计算框架，确保实时性、可靠性、数据隐私保护以及通信成本降低。

5.5

智能中枢，实现实时预测、精准管控

公路行业具有明显的地理区域或行政区域的分界，各区域既需要处理本地、本行政区域的业务，也需要对接全网业务。这一特点导致了 IT 资源的分配、部署都是分散的，资源难以回收或共享给其他区域。独立建设的 IT 系统存在成本高，兼容性差，上线周期长等特点，而利用云和大数据技术能够在保证区域独立性的前提下，很好地应对这一问题。

构建统一智慧云控平台，以集数据汇聚、存储、分析、处理于一体的弹性可扩容的云计算平台为底座，为各类业务应用提供存储和计算资源。整合大数据平台、高精度地图、视频管控平台、融合通信平台、GIS/BIM 平台、物联网平台等，为上层业务提供数据支撑、算法支撑、应用支撑能力。

◎ 5.5.1 云计算平台

技术要求

智慧公路建设、运营涉及的职能部门和业务应用众多，传统的 IT 模式中，应用人员同时要关注硬件、网络、软件，最终形成了各个烟囱式的业务系统架构，资源分散、管理割裂、运维复杂。云计算模式下，所有 IT 资源被虚拟化为一个完整的资源池，应用人员只需关注业务，从资源池中直接获取所需要的各种服务即可。并且针对分布在不同地域的计算资源、存储资源等，可以实现统一的管理和调度，提升整体的资源利用率和运维效率。智慧公路云计算以“智能、快速、绿色、安全”为总体目标，打造分层解耦、开放共享的资源服务体系，助力智慧公路业务应用快速上线、高质量运行、高效率维护。

技术特点

持续演进的能力底座

提供持续更新和演进的云服务，满足智慧公路不断发展变化、业务应用不断迭代的客观需求，提供按需供给、据实结算的云资源服务。

企业级云原生平台

构建全栈融合支持能力的云原生平台，实现传统应用与云原生应用的一体化开发部署、大规模混合部署、运维与运营，更好地应对市场的快速变化及不确定性。

多云统一管理能力

对公路行业遗留的 IT 系统、私有云和公有云等复杂环境实现统一管理，通过对混合云资源的精细化管理提升运营和运维效率，使 IT 人员专注业务价值服务。

◎ 5.5.2 时空大数据

技术要求

智慧公路大数据面临信息化与业务融合不充分，部门协同工作效率低；数据资源管理和使用缺乏统筹，业务数据资源开放共享难；技术分化严重，系统建设分散，信息化组织管理较为松散，造成资源浪费等问题。所以，构建多维数据融合、海量数据处理和存储、实时决策支持、数据共享服务的智慧公路时空大数据基座势在必行。

智慧公路时空大数据以提升管理与服务效能为发力点，实现时空交通态势研判预警及车道级主动管控，提高行车安全及道路通行能力，提升运营管理、研判决策和应急处置水平，同时为司乘人员提供精准的信息服务。

技术特点

全要素融合	包含公路主体及附属设施监测、交通运行状态监测和公路气象环境监测，融合多种监测设备，实现人、车、路、环境的状态感知，为全方位服务、全业务管理等提供数据支撑。
全方位服务	包含车道级服务、全天候通行、自由流收费、在途信息发布和智慧服务区，主要面向驾乘人员，实现出行即服务。
全业务管理	包含建设管理、运行监测、应急指挥、收费管理、养护管理、决策支持和云控平台，主要面向管理人员，实现管理提质增效。
全周期治理	建立自有的数字化资产中心，持续挖掘数据价值，通过平台承载数字化资产治理能力。



◎ 5.5.3 人工智能

技术要求

人工智能（AI）赋能智慧公路数字化建设，创造性地提高交通运行管理水平、提升交通服务品质、完善智能交通发展体制机制。

- » AI 助力出行更安全：针对路面上的交通事故、交通事件等进行 AI 自动识别和预警，从而提升处理效率，避免次生伤害。对重点车辆进行全流程监管闭环，建立重点车辆运行 AI 主动预警机制，打造“事前预防 - 事中预警 - 事后决策”监管闭环。
- » AI 助力出行更高效：通过 AI 技术对进行流量分析、拥堵预测、交通仿真、信控优化和交通组织优化，做到精细化的感知和调度，从而保障智慧公路系统高效运行。
- » AI 助力管理更有效：通过 AI 技术提升公路管理部门主动安全、疏堵保畅、应急调度、信息服务的工作效率，建设高效协同、绿色环保的交通运输体系。

技术特点

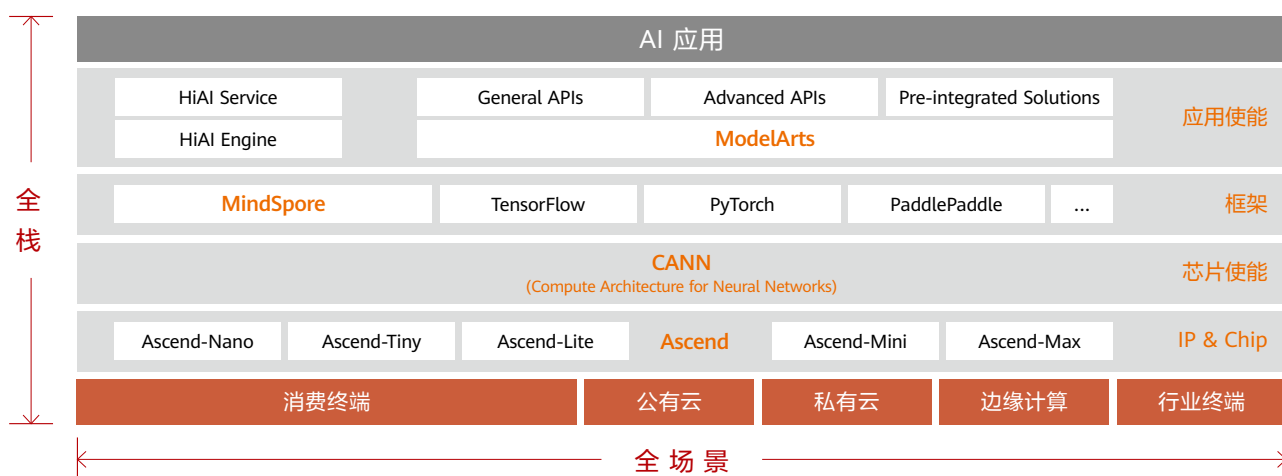
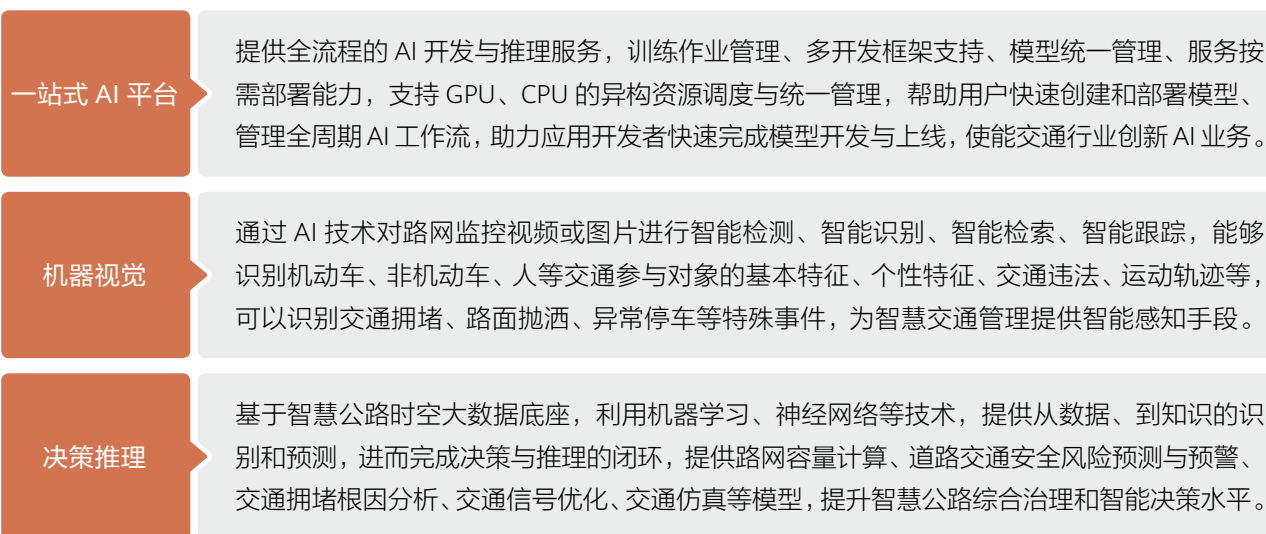


图 12 AI 开发平台





5.6

数字能源，使能智慧公路绿色低碳转型

◎ 5.6.1 智能光伏

技术要求

可充分开发利用公路沿线边坡、服务区、收费站、隧道、互通匝道等适宜区域土地资源，应用智能光伏、储能等技术，合理布局光伏发电设施，与市电等并网供电，构建以新能源为主体的公路行业新型电力系统。

技术特点

自发自用
实现更高收益

充分利用公路沿线土地资源，实现多装多发，系统发电量提升 5%-30%；通过智能组串式储能，一包一优化，一簇一管理，生命周期发电量提升 15%。

异常快速关断
保障主动安全

L4 级智能电弧防护，0.5s 快速关断，预防火灾；异常时优化器使能 0V 快速关断，更高安全保障；储能智能内短路检测，减少火灾风险 90% 以上。

智能化
免维护技术
实现智能运维

无易损件、自然散热设计，免维护体验；智能组串 IV 健康检查，诊断 14 种组件故障；储能 /PCS 模块化设计，系统可用度达 99.9%。

光储充协同

通过削峰填谷、错峰调频、双向自适应保障电网友好；平滑叠光、叠储，实现新能源发电与功率补足；通过功率池化一体调度、源网荷储协同，实现智能调度。



◎ 5.6.2 智能充电网络

技术要求

在各国政策支持及企业自主创新下，全球新能源汽车产业发展迅速，电动车渗透率不断攀升，对高速公路服务区、停车区、城市交通枢纽、公交场站等重点场所的充电基础设施建设也提出了新要求，在很多地区，充电设施少、功耗低、充电时间长、里程焦虑等一些列问题给电动出行者带来极大困扰。

因此，建设高质量的充电基础设施，不但要匹配电动车数量和车型的发展需求，降低车桩比、提升充电效率，还要聚焦用户体验和高效运营，更要面向未来实现绿色、智能、可持续演进。

技术特点

- » 极简部署，极简网络，可持续演进；
- » 功率上平滑扩容，支持大功率超充、快充、慢充等多场景差异化充电需求，具备 V2X 演进能力；
- » 绿色低碳，支持光、储一体化绿色演进，并与电网协同；
- » 全面智能，智能化特性持续迭代升级，智能无感知充电体验。





◎ 5.6.3 数据中心能源

技术要求

公路行业传统的数据中心建设存在模式落后、周期长、能耗高、运维难、可靠性低等诸多挑战。根据预测，全球数据中心能耗到 2025 年可达 9500 亿度电，约占全球总用电量的 3%。在此背景下，应引入“模块化+智能化”的设计理念，通过重构架构、重构温控、重构营维、重构供电，打造极简、绿色、智能、安全的新型数据中心。

技术特点

重构架构

通过模块化和预制化，极简交付，缩短数据中心建设周期，满足业务快速上线需求。

重构温控

通过数字化加持的 iCooling 技术和最大限度利用自然冷源的间接蒸发冷却方案，降低数据中心 PUE8%~15%。

重构营维

通过数字化加持的智能运维，降低运维成本。通过资产容量管理精细化和智能化，有效提升资源利用率。

重构供电

对供电系统全链路可视可管，AI 使能预测性维护，实现从被动维护到主动预防，为数据中心的可靠运行保驾护航。

06 生态体系



6.1

以成就客户为使命，共创共赢的生态合作理念

在各行各业的数字化转型过程中，需要生态伙伴、行业客户和华为共同构建生态体系来解决各种各样的问题。华为以成就客户为使命，积极搭建生态体系，呼吁更多生态伙伴共创共赢。

这一使命体现在两个维度上：在业务层面，为满足公路行业数字化转型的需求，华为拥有较为齐全的产品支撑行业数字化转型；在时间层面，为帮助行业在不断变化的数字化时代中更好的发展，华为坚持推进从规划、建设、运营到经营的全流程数字化转型服务，持续的时间跨度较长。



华为长期耕耘于信息技术领域，在联接和平台层都具有一定的优势，但在应用层面临挑战和不确定性，华为坚持联合生态伙伴协同作战，积极主动应对数字化转型的挑战，以满足客户的需求。相较而言，生态伙伴长期耕耘在交通行业，专业性强，对行业应用和业务的了解较深入，在洞察、挖掘场景和沟通与完善解决方案方面具有较强的优势。华为与生态伙伴强强联合，能够打造优秀的智慧公路数字化转型解决方案。

6.2

“平台+生态”战略，构建可持续发展的生态体系

华为坚持“平台 + 生态”的战略，构建开放、灵活、易用、安全的平台，尊重行业规则、主动融入行业，与伙伴紧密联系，建立合作共赢的伙伴关系，共同做大蛋糕。

华为的平台战略是通过提供创新、差异化、领先的 ICT 硬件和软件基础设施，来打造一个开放、弹性、灵活、安全的平台，与合作伙伴一起助力客户应对数字化转型挑战，实现商业成功。

华为的生态战略是以客户为中心，与生态圈共赢，构建可持续发展的生态体系。持续加大生态伙伴领域的建设和投资，充分发挥生态伙伴的优势，做大产业，形成共生、互生和再生的利益共同体。



6.3

多样化的生态伙伴，丰富全球智慧公路生态

华为数字化转型的生态伙伴主要包括解决方案伙伴、销售伙伴、服务伙伴、投融资伙伴等。其中解决方案伙伴主要包括咨询规划伙伴、方案设计伙伴、应用开发伙伴等子类。

- » 解决方案咨询规划伙伴使用华为智慧公路方案的架构，与华为携手向客户提供战略与业务规划咨询，与华为一起洞察更广的行业趋势，锁定更大的机会空间，助力整个生态创造更大价值。
- » 解决方案设计伙伴基于华为智慧公路方案架构，为客户提供相关应用的运行环境、基础设施、多点设施等规划设计。此类伙伴通常是专业设计院，需要具备行业资质、还要有一支项目经验丰富，资质要求合格的专业人才队伍。
- » 解决方案开发伙伴基于华为智慧公路方案的架构，调用华为方案和平台的能力，为客户开发场景化行业应用。
- » 服务伙伴的子类之一是系统集成伙伴，主要负责销售华为解决方案及服务最终客户，进行集成交付和项目管理。
- » 服务伙伴的子类之一是平台运营伙伴，主要负责在项目验收上线后，承担客户现有业务的应用迁移，以及新业务的应用导入，同时负责系统的维护和数据的运营工作。
- » 投融资伙伴是为华为的客户或合作伙伴提供投资、融资、租赁等服务的合作伙伴，包括投资伙伴、融资伙伴。

经过 20 多年的行业耕耘，华为在智慧公路行业与海内外数百家解决方案伙伴、系统集成伙伴以及数千家销售伙伴和服务伙伴建立深入合作。华为与解决方案伙伴联合打造智能交通解决方案，已经把中国在智慧公路建设方面的优秀经验和能力带到世界各地，联合当地生态伙伴，在西欧、东北欧、拉美、中东、非洲等地区的 30+ 国家交付 100+ 项目，累计 20000KM+ 公路里程，为当地社会经济发展做出积极贡献，为生态伙伴带来商业成功。



07 建设实践



7.1

雷视感知+数字孪生拟合新技术，打造全息智慧隧道

公路隧道因其空间狭小，能见度低，洞内环境复杂等特点，在运营管理过程中安全管控压力大，一旦发生安全事故，事故救援及交通疏导难度大，极易造成二次事故。



在中国甘肃乌鞘岭隧道，综合运用毫米波雷达、高清摄像机、边缘计算、AI 算法等技术，实时跟踪重点车辆轨迹，精准感知异常停车、碰撞、逆行等关键事件，事故由原先的被动发现，变为秒级精准发现并主动上报；结合三维全息数据可视化的底座，实现隧道交通运行态势、交通事件等动态数据的实时监测与预警。建立了一套“事前预防、事中监测、事后回溯”的隧道行车安全管理应用，有效的提升了隧道的应急处置效率与防灾减灾能力。

7.2

随路无线和传输网络，满足视频回传和应急通信需求

B 国公路沿线无运营商信号覆盖，Call Box（路段应急报警电话亭）可用性差。没有光纤等宽带实时通信网络，视频监控、路况检测数据无法回传，公路运营效率低。华为通过 Wifi6+GPON+ODN 的网络解决方案，提供 120km/h 场景下的无线信号覆盖和随路光纤传送网络，满足高速漫游通讯以及终端数据传输服务等要求，从而为公路管控和运营奠定了网络基础。

7.3

太阳能供电和微波传输，实现高速超远、超宽网络覆盖

K 国交通管理局规划对 1000+ 公里公路的进行数字化管理，但沿路无通信网络，由于沿线重新部署光纤，成本高、挖购埋缆难度大，华为提供了基于太阳能供电和微波传输的方案。对于高速路段的卡口系统和流量采集站点视频监控业务回传，采用 RTN510 微波，满足最大带宽 750M，采用太阳能供电系统（纯光 + 电池），备电 48 小时；主干道沿线部署 RTN950A 用于 RTN510 汇聚后流量传送至指挥中心，从而实现超远、超宽覆盖。



7.4

打造大数据中心示范标杆，助力云南交投数字化转型

云南交投集团已建成视频监控、机电运维、营运分析、收费稽核等多个业务信息化系统，积累了海量业务数据；但存在信息资源利用率低、系统运维复杂度高、同类数据系统重复建设等问题；业务数据尚未实现完全互通共享，无法有效挖掘数据价值。

围绕大数据中心顶层规划：“1（全要素感知网）+1（中心大数据平台）+N（智慧应用）”的总体技术架构，华为全栈云数据中心解决方案提供云平台、大数据、分布式存储、RMOA、人工智能平台、数据治理、绿色低碳模块化机房等产品与服务，构建集团大数据中心数字底座，统一数据治理标准体系，支持集团全量数据上云，沉淀行业数据资产，为高速公路提供智慧化服务，开放行业生态，共筑产业及数字服务能力。



7.5

一体化综合管控，构建城市交通“智”理系统

中东 P 国 L 城，城市交通违法多、人车混行等问题比较突出，标清视频有“视”无“智”，交通违法取证难，急需建设智能交管实现非现场执法、提升交通秩序管理水平。华为城市交通一体化综合管控解决方案，共建设自动车牌识别（ANPR）站点 80+ 个（卡口摄像机 270+ 路）、电警站点 110+ 个（电警摄像机 990+ 路）、交通信号控制站点 130+ 个，视频交通流量检测 300+ 个站点，构建起了该市交通“智”理系统，全面实现对全市重要道路和路口交通的统一、高效、智能管控，极大地减少了该市各类交通违法行为，提高了城市交通安全和效率。

据统计，该系统上线后自动生成超过 6000 万条违章记录；2 个月内系统派发了超过 13 万张电子罚单；闯红灯案件数下降 66%，交通事故数下降 83%。

7.6

AI赋能城市交通，“绣”出市民出行幸福感

截止 2020 年 1 月，深圳市机动车保有量为 352 万辆，外地车超过 100 万辆，共有 2500 个灯控交叉口。因此，作为道路车辆密度全球最高的城市，路网压力极大，调度极困难。华为通过 AI 赋能交通解决方案，通过深度学习算法对实时视频流进行结构化处理，取得带有转向信息的车流数据，再通过仿真器和强化学习技术，以平均延误最低和道路不得溢出为目标，实时对路口信号灯进行控制。经检验，该解决方案使整个城市所有路口交通流达到了相对均衡，平均通行延误降低 17%，早高峰时长缩短 10-15 分钟，极大缓解了城市拥堵，方便了群众的出行。

08 愿景： 车畅于路，人悦其行

公路，是国家的关键基础设施，也是经济的动脉和文明的纽带。建设智慧公路，需要业务场景与数字技术的深度融合，利用感知、联接、计算、存储、云、终端、数字能源等 ICT 技术，推进智慧公路和交通管理“建、管、养、运、服”全业务、全要素、全流程、全周期的数字化、智能化改造升级，构建数字世界的智慧公路一张网，提升安全、效率和体验，真正实现“车畅于路，人悦其行”。

通往未来智慧公路需要一个不断迭代的过程，需要统一标准、分层解耦、开放架构的数字化孪生平台做支撑基座，满足在智慧公路发展道路上每一次迭代和的升级。随着云计算、大数据、5G、AI 技术等技术的日益成熟，算力、数据、AI 能力在云、边、端按需流动，人、车、路、环境在物理世界与数字孪生世界完美协同，未来公路数字化将进入全场景智慧的时代，交通更安全、管理更精细、运营更高效、服务更便捷，最大化智慧公路的经济效益和社会效益。



