

2020年测绘大讲堂第一期：测绘科技创新与跨界融

合

测绘遥感能为智能驾驶做什么？

——论测绘遥感与智能驾驶

武汉大学

测绘遥感信息工程国家重点实验室

李德仁院士

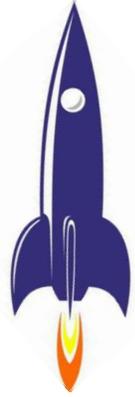
2020年 6月24日 武汉

高精度MSS——通导遥一体化移动测量系统



参加2019年国庆70周年阅兵式的“测绘神器”——5套通导遥一体化移动测量系统

Geographic information is a combat multiplier for weapon systems



Weapons



Geographic intelligence



× 10

- More flexibility and speed
- More accurate
- More reliable

BUTToo much expensive



人类驾驶与自动驾驶



测绘遥感能为智能驾驶做什么：

- **以用户可接受的成本提供**

- 基于人工智能的全天时、全天候感知传感器；
- 亚米级室内外、地上地下连续导航定位；
- 高精导航地图；
- 车联网上的城市实景影像。

要求：高精度、高可靠性、高集成度和低成本！！！！

1. 智能驾驶与测绘遥感

2018-2020这三年内，国家将重点发展人工智能，推动人工智能技术产业化。着重在**智能网联汽车**、智能语音交互系统、智能服务机器人、智能医疗诊断等八大领域率先取得突破；



建设支持车辆智能计算平台体系架构、**车载智能芯片**、**自动驾驶操作系统**、车辆智能算法等关键技术、产品研发，构建软件、硬件、算法一体化的车辆智能化平台。到2020年，建立可靠、安全、实时性强的智能网联汽车智能化平台，形成平台相关标准，支撑高度自动驾驶（HA级），也就是说，**到2020年，我国要基本实现能够让汽车从A点自动行驶到B点的高度自动化。**

1. 智能驾驶与测绘遥感

无人驾驶第一波浪潮（1960~1990）

➤ 无线电技术的快速发展是关键驱动力

1958年，美国无线电公司成功进行了电磁引导原理的无人驾驶实车验证。



美国国防部高级研究计划署在1984年启动ALV自主陆上车辆计划，确立了当今无人驾驶技术的发展方向。

1. 智能驾驶与测绘遥感

无人驾驶第二浪潮（1990~2014）

➤ GPS与SLAM技术的成功应用是关键驱动力



2007年的DARPA城市挑战赛上，卡内基梅隆大学的无人驾驶汽车最终夺得冠军。

1. 智能驾驶与测绘遥感

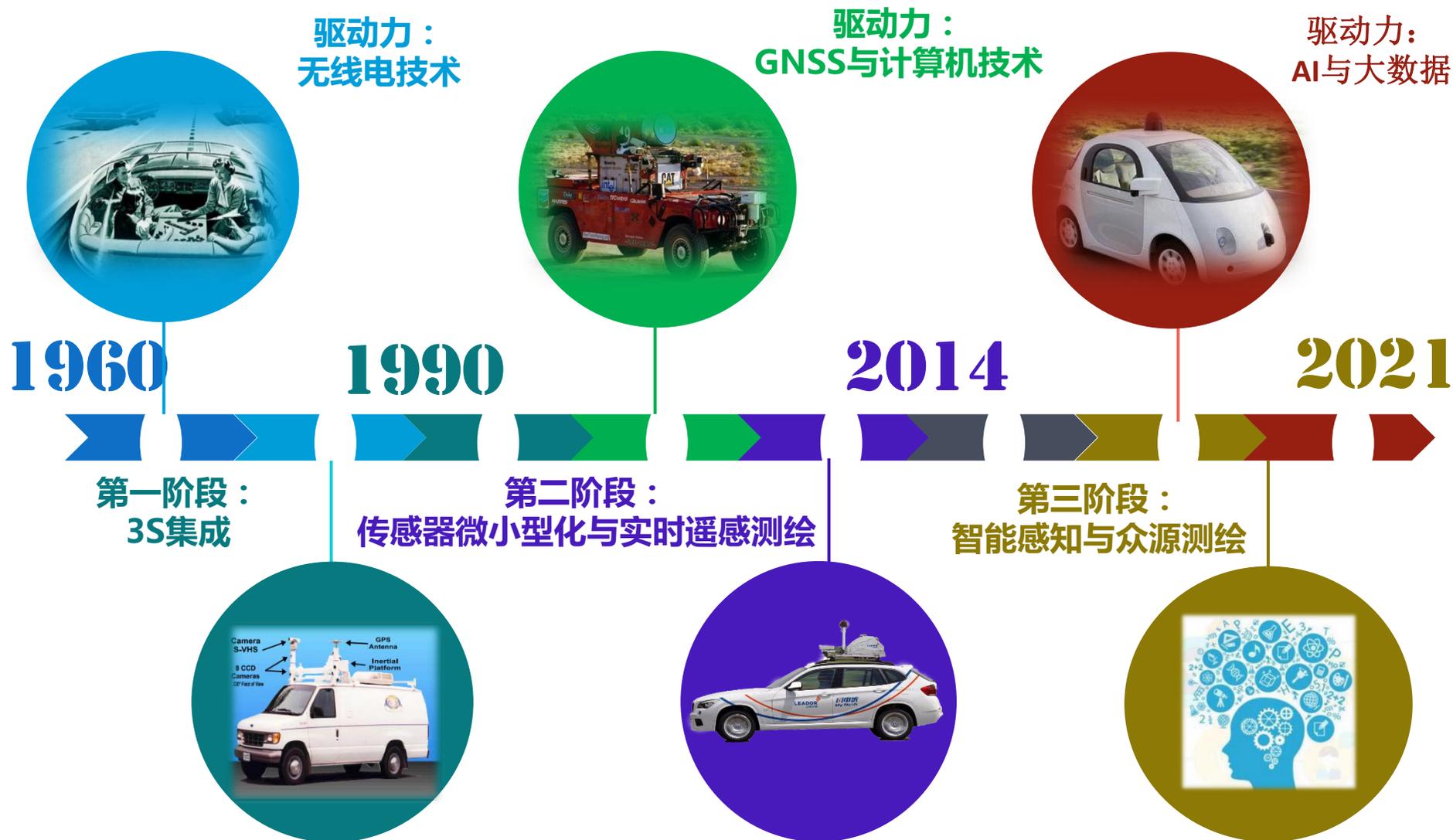
无人驾驶第三波浪潮（2014~至今），严格意义上仍属于智能网联汽车阶段

➤ 感知传感器与人工智能的快速发展与融合是关键驱动力



1. 智能驾驶与测绘遥感

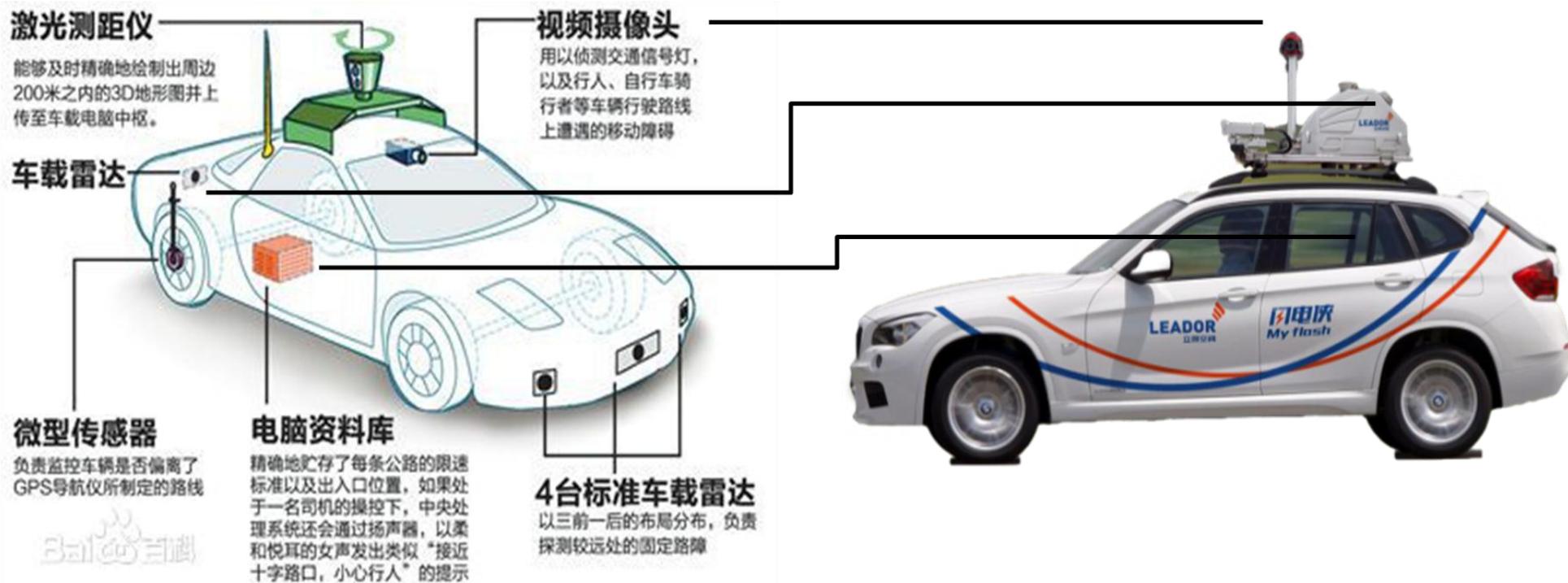
科学的发展是波浪式前进和螺旋式上升的过程，从简单走向复杂，从单一走向综合，从萌芽走向完善。



1. 智能驾驶与测绘遥感

➤ 每一台自动驾驶车都是一台移动测量系统

移动测量与无人驾驶的感知层是一个技术体系，GNSS/INS、摄影测量&图像识别、激光LIDAR、深度学习等核心技术相同



无人驾驶 (V2X) 与移动测量 (X2M) 的需求已深度融合

对高精度导航定位测姿提出了新的需求

从“传感器”发展为“多源泛在的智能感知+认知”导航定位，实现导航定位技术体制创新！



感知传感器+组合导航+高精度地图，实现多传感器融合，实现高可靠、精准定位！成本控制在2000元左右。

立得自动驾驶业务

自动驾驶：有人驾驶 → ADAS辅助驾驶 → 半自动驾驶 → 无人驾驶

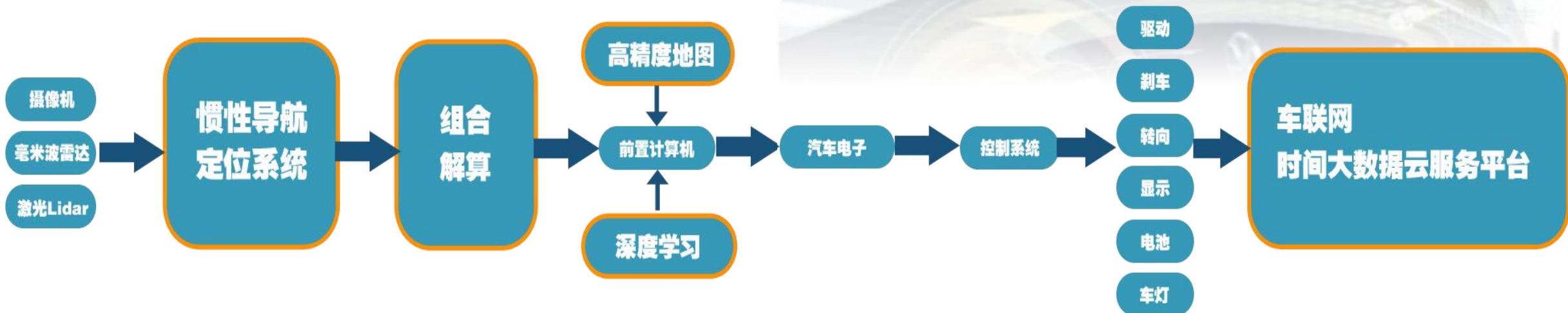
未来每一台车都需要：

高精度地图：无人车行进的指令系统+不受干扰的眼睛

惯性导航系统：自主的定位、定姿与加速度传感器，确保无GPS/北斗时的汽车安全定位

移动测量：以实现数据众包

都需要连接到网络：“我秀中国”车联网服务平台（www.ishowchina.com）



立得自动驾驶业务：国内首例自动驾驶道路高精地图案例



2018年5月29日，全国首批智能网联汽车开放道路测试号牌在上海正式发放。上汽集团和蔚来汽车一起获得了第一批测试号牌。

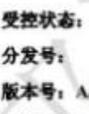
上海开放第一例真实道路，无人驾驶汽车可以在上海嘉定区圈定的2.0公里公共道路上，光明正大地行驶。



上海发布

立得自动驾驶业务：高精地图

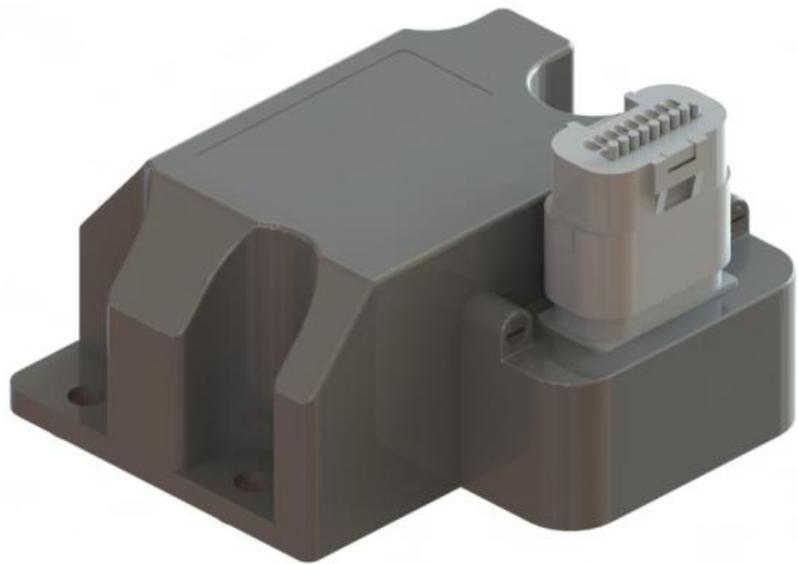
与上汽合作完成无人驾驶高精地图的标准、试车检测与工艺研发

<p>LEADOR 立得空间信息技术股份有</p> <p>LEADOR</p> <p>HADMAP 外业采集操作</p> <p>编号：LD-MS-15-12-20</p> <p>受控状态：</p> <p>分发号： 版本号：A/日期： 生效日期：2016年5月21日</p> <p>修订历史</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>版本号</th> <th>修订内容</th> <th>更改人</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td> </td><td> </td><td> </td></tr> </tbody> </table> <table border="1"> <tr> <td>编制</td> <td>陈根</td> <td>修订</td> <td> </td> <td>审核</td> <td>李</td> </tr> <tr> <td>日期</td> <td>2016.5.20</td> <td>日期</td> <td> </td> <td>日期</td> <td>2016.5.21</td> </tr> </table>	版本号	修订内容	更改人																															编制	陈根	修订		审核	李	日期	2016.5.20	日期		日期	2016.5.21	<p>LEADOR 立得空间信息技术股份</p> <p>LEADOR</p> <p>HAD MAP 外业数据预处理及</p> <p>编号：LD-MS-15-13-</p> <p>受控状态：</p> <p>分发号： 版本号：A/日期： 生效日期：2016年5月</p> <p>修订历史</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>版本号</th> <th>修订内容</th> <th>更改人</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td> </td><td> </td><td> </td></tr> </tbody> </table> <table border="1"> <tr> <td>编制</td> <td>陈根</td> <td>修订</td> <td> </td> <td>审核</td> <td> </td> </tr> <tr> <td>日期</td> <td>2016.5.20</td> <td>日期</td> <td> </td> <td>日期</td> <td> </td> </tr> </table>	版本号	修订内容	更改人																															编制	陈根	修订		审核		日期	2016.5.20	日期		日期		<p>LEADOR 立得空间信息技术股</p> <p>LEADOR</p> <p>HAD MAP 数据</p> <p>编号：LD-MS-17-1</p> <p>受控状态：</p> <p>分发号： 版本号：A/0 生效日期：</p> <p>修订历史</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>版本号</th> <th>修订内容</th> <th>更改人</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td> </td><td> </td><td> </td></tr> </tbody> </table> <table border="1"> <tr> <td>编制</td> <td>杨婷</td> <td>修订</td> <td> </td> <td>审核</td> <td> </td> </tr> <tr> <td>日期</td> <td>2016.5.18</td> <td>日期</td> <td> </td> <td>日期</td> <td>2016.5.18</td> </tr> </table>	版本号	修订内容	更改人																															编制	杨婷	修订		审核		日期	2016.5.18	日期		日期	2016.5.18	<p>LEADOR 立得空间信息技术股份有</p> <p>LEADOR</p> <p>HAD MAP 数据生产操作指</p> <p>编号：LD-MS-15-14-2016</p> <p>受控状态：</p> <p>分发号： 版本号：A/日期： 生效日期：2016年5月18日</p> <p>修订历史</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>版本号</th> <th>修订内容</th> <th>更改人</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td> </td><td> </td><td> </td></tr> </tbody> </table> <table border="1"> <tr> <td>编制</td> <td>杨婷</td> <td>修订</td> <td> </td> <td>审核</td> <td> </td> </tr> <tr> <td>日期</td> <td>2016.5.18</td> <td>日期</td> <td> </td> <td>日期</td> <td>2016.5.18</td> </tr> </table>	版本号	修订内容	更改人																															编制	杨婷	修订		审核		日期	2016.5.18	日期		日期	2016.5.18	<p>LEADOR 立得空间信息技术股份有限公司</p> <p>LEADOR</p> <p>HDAMAP 母库成果数据检验细则</p> <p>编号：LD-MS-12-08-2016</p> <p>受控状态：</p> <p>分发号： 版本号：A/日期： 生效日期：2016年6月13日</p> <p>修订历史</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>版本号</th> <th>修订内容</th> <th>更改单号/批准日期</th> <th>更改人/日期</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> </tbody> </table> <table border="1"> <tr> <td>编制</td> <td>杨婷</td> <td>修订</td> <td> </td> <td>审核</td> <td>陈根</td> <td>批准</td> <td> </td> </tr> <tr> <td>日期</td> <td>2016.6.12</td> <td>日期</td> <td> </td> <td>日期</td> <td>2016.6.13</td> <td>日期</td> <td>2016.6.13</td> </tr> </table>	版本号	修订内容	更改单号/批准日期	更改人/日期																																									编制	杨婷	修订		审核	陈根	批准		日期	2016.6.12	日期		日期	2016.6.13	日期	2016.6.13
版本号	修订内容	更改人																																																																																																																																																																																																																																																		
编制	陈根	修订		审核	李																																																																																																																																																																																																																																															
日期	2016.5.20	日期		日期	2016.5.21																																																																																																																																																																																																																																															
版本号	修订内容	更改人																																																																																																																																																																																																																																																		
编制	陈根	修订		审核																																																																																																																																																																																																																																																
日期	2016.5.20	日期		日期																																																																																																																																																																																																																																																
版本号	修订内容	更改人																																																																																																																																																																																																																																																		
编制	杨婷	修订		审核																																																																																																																																																																																																																																																
日期	2016.5.18	日期		日期	2016.5.18																																																																																																																																																																																																																																															
版本号	修订内容	更改人																																																																																																																																																																																																																																																		
编制	杨婷	修订		审核																																																																																																																																																																																																																																																
日期	2016.5.18	日期		日期	2016.5.18																																																																																																																																																																																																																																															
版本号	修订内容	更改单号/批准日期	更改人/日期																																																																																																																																																																																																																																																	
编制	杨婷	修订		审核	陈根	批准																																																																																																																																																																																																																																														
日期	2016.6.12	日期		日期	2016.6.13	日期	2016.6.13																																																																																																																																																																																																																																													

立得自动驾驶业务：车规级惯导

与上汽成功研制出用于自动驾驶的车规级惯导

目标：研制中国自主的、千元低造价、车规级INS，向全球发售！

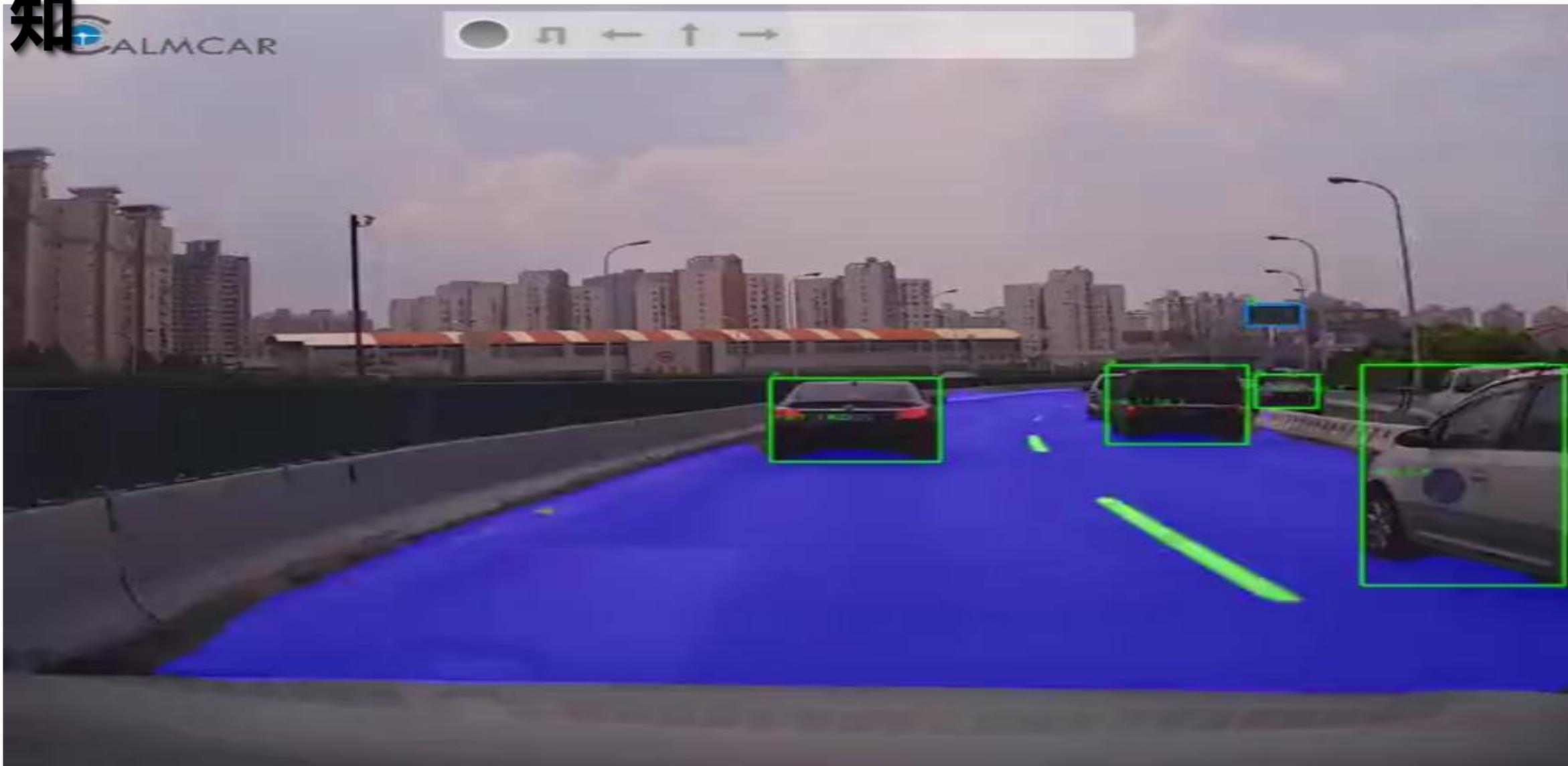


103.5mm × 99mm × 65.8mm, 0.8kg

项目		指标
实时测量精度 (实时差分固定解)	航向测量精度	0.5° (1σ)
	姿态测量精度	0.5° (1σ)
	定位测量精度	0.1m (1σ, 载波相位差分) 0.5m (1σ, 千寻固定解RTK)
	速度测量精度	0.1km/h (1σ)
其他状态 (最长持续时间2分钟, 失锁前为固定解)	航向测量精度	0.5° (1σ)
	姿态测量精度	0.5° (1σ)
	定位测量精度	3.75m (1σ, 失锁前为差分固定解)
	速度测量精度	0.2km/h (1σ)

自动驾驶中的自动实时感

知 CALMCAR



基于智能感知定位定姿传感器和高精地图的无人驾驶

立得与上汽：L4等级的智能驾驶即将在**量产车型**上实现，实现城市峡谷，地下车库等**复杂条件**下A点到B点的自动驾驶！



基于高精度地图中的准确的车位信息的辅助，实现信号遮挡条件下的指定车位自动泊车

立得公司与东风汽车合作的自动驾驶业务

2019年3月16日，全国春季农业生产暨农业机械化转型升级工作会，胡春华副总理莅临东风井关检查指导工作。



立得公司与东风汽车合作研发物流机器人，可按路径规划和作业要求，精确地执行并停靠到指定地点，完成一系列作业功能，具有安全保护以及各种移栽功能。



抗击新冠病毒肺炎中的智能机器人



立得小型智能消杀机器人



小珈在雷神山病区运输物资



京东无人配送机器人

2.高精度地图的重要性

- 无人驾驶技术

- 无人车赛：美国2004年、中国2009年
- 国际科技巨头：Google、Apple、Tesla、Uber、BMW
- 我国科技企业：百度、阿里巴巴、腾讯、华为



《The Economist》认为：无人驾驶=传感器+高精度道路地图，高精度道路地图是无人驾驶的核心关键技术！

- 高精度道路地图技术

- 地图生产商：HERE、Google、Apple、Tomtom、日本Zenrin图商、四维图新、百度、腾讯、华为.....
- 无人驾驶车商：特斯拉、丰田、本田、通用、福特.....



高精度道路测图技术成为国际学术界和工业界竞相争夺的战略制高点！

2. 高精度地图的重要性

高精度地图：

是自动驾驶车解读的交通规则字典

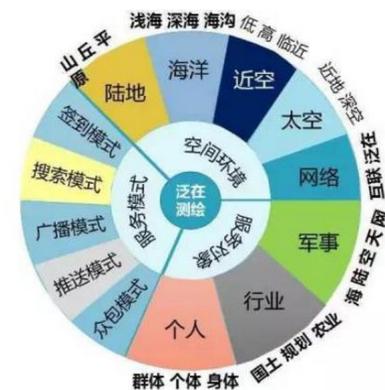
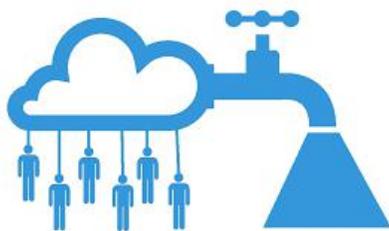
是自动驾驶车的知识库

是自动驾驶车不受干扰的眼睛

是自动驾驶车必要的冗余安全保障

2. 高精度地图的重要性

互联网和通讯技术的发展，众包(CrowdSourcing)和志愿地理信息(VGI)涌现，全球开放轨迹数据OpenstreetMap、美国纽约轨迹DataMine、社交网络（Flickr, Foursquare）、中国出租车轨迹、滴滴轨迹等



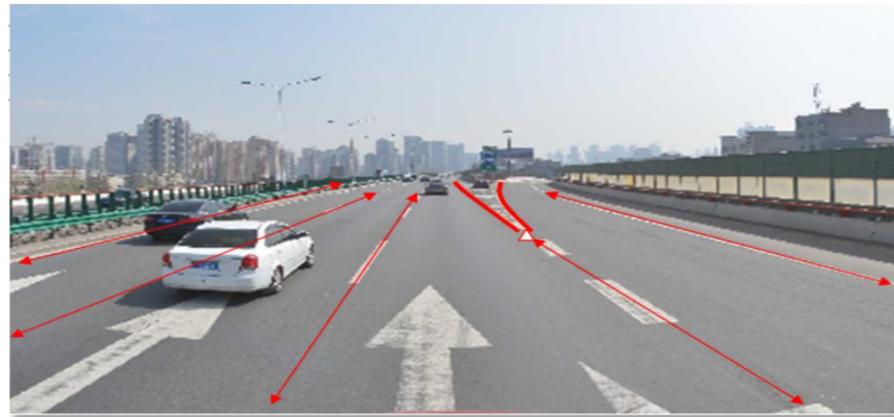
人人都是传感器—不仅是道路数据使用者，同时也是产生者与感知者

众包提供了采集易、成本低、更新快的丰富数据源，为精细道路数据快速获取的大规模化、自动化和全球化提供了一种可能！

2. 高精度地图的重要性



车道分隔线位置、颜色、类型、材质



车道分隔线属性变化点位置、类型、材质、颜色



高起设施位置、高度



路缘石位置



防撞栏位置



路边水沟位置



高起设施位置、高度



信号灯位置、高度



路缘石高度



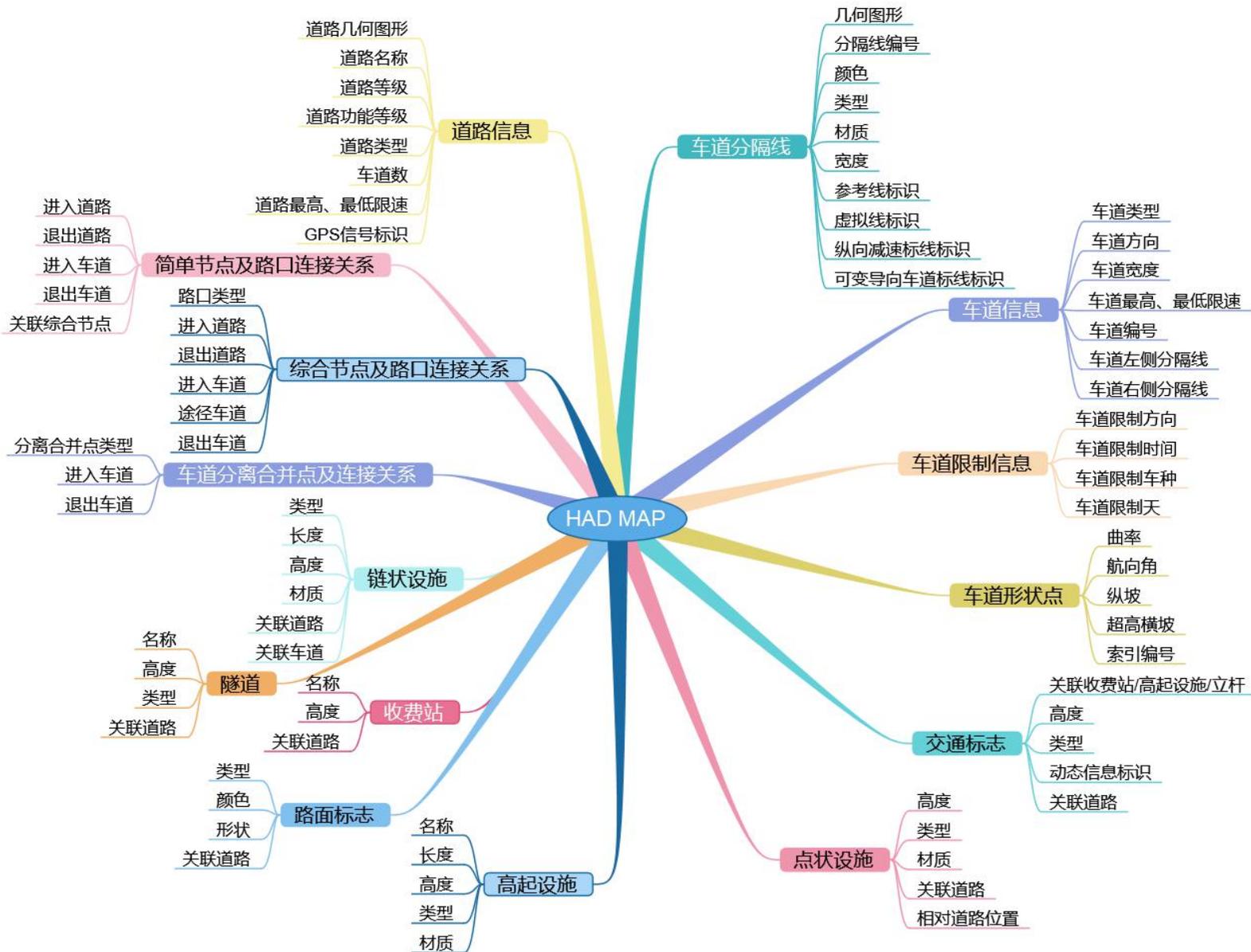
防撞栏高度

2. 高精度地图的重要性

高精度地图是相对于普通电子地图而言，所谓的高精度**体现在**：

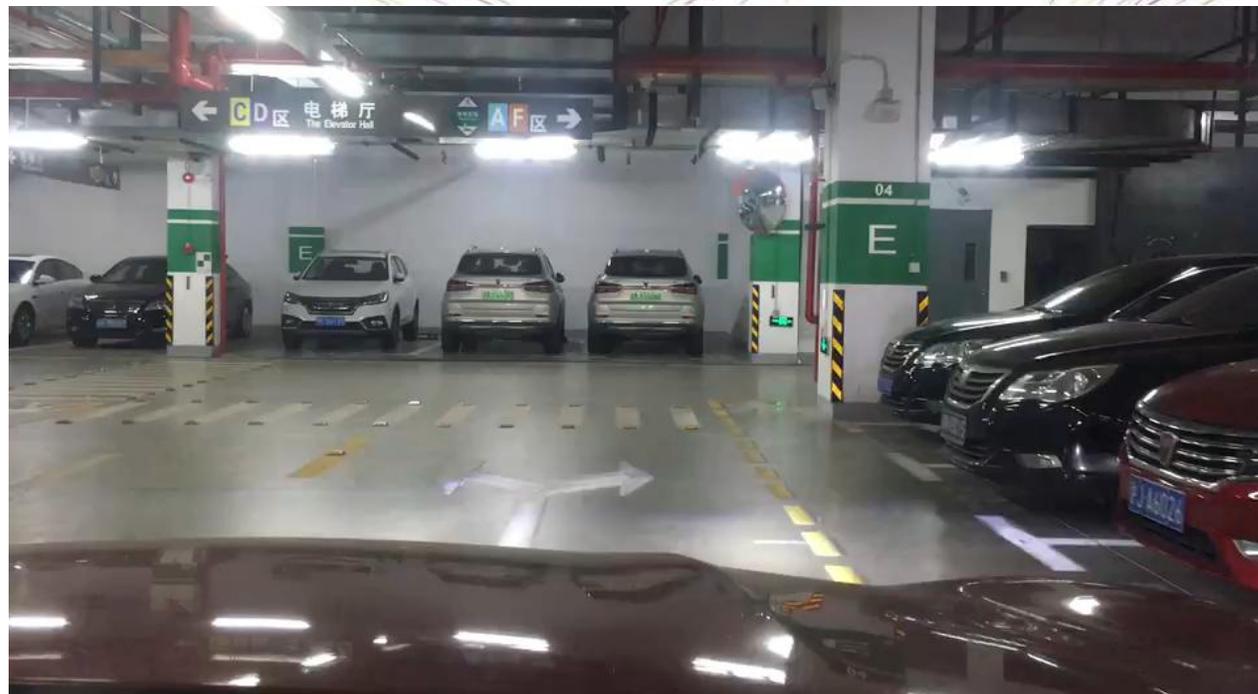
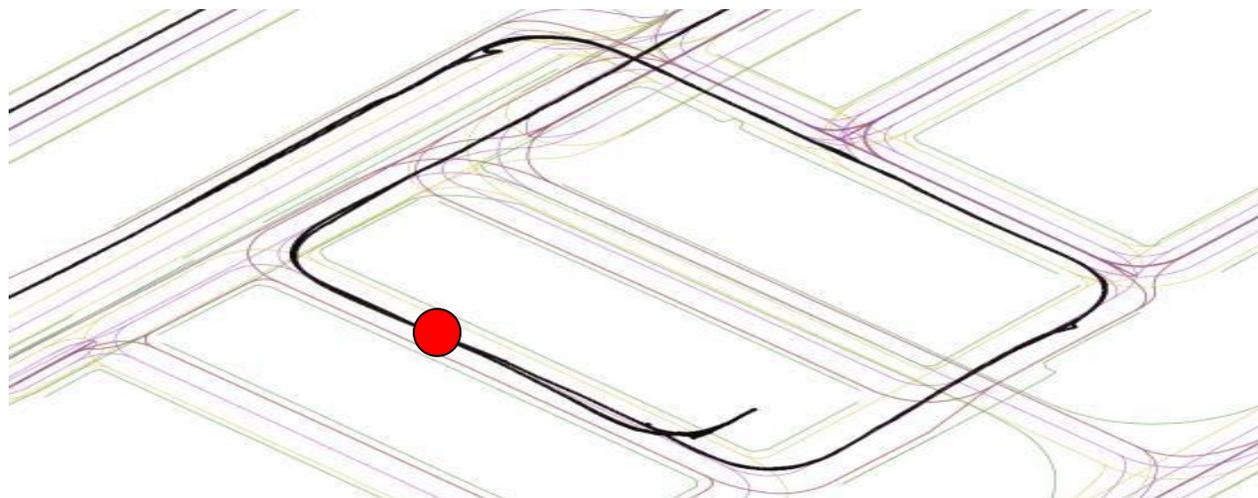
1. **坐标精度更高**：自动驾驶技术所需的高精度地图精度要达到厘米级；
2. **准确的道路形状及属性**：真实反映道路的实际样式，有多少个车道，车道标线的类型、颜色等；包括每个车道的宽度、纵向坡度、侧倾、曲率、航向等；
3. **所含有的道路交通信息元素更丰富和细致。**
4. **数据的实时性要求更高**：能够反映当前道路最新的可通行情况。

2. 高精度地图的重要性



2. 高精度地图的重要性

地下车库、收费口等常用
高频次应用场景不可或缺的数据源。



2. 高精度地图的重要性

高精度地图的作用：

1、弥补传感器的性能不足

不仅是测量的范围，还有面对不同环境时的感知缺陷，例如大范围尘土、暴雨、大雪等，很难检测到正确的车道线、障碍物、马路牙子等

2、先验信息

仅依靠传感器很难感知前进方向的前方有什么？急弯？限速、上坡、下坡？无限速牌的路段车速最高是多少？

3、交通规则，路径规划

结合道路和拥堵情况，自动选择最优路线

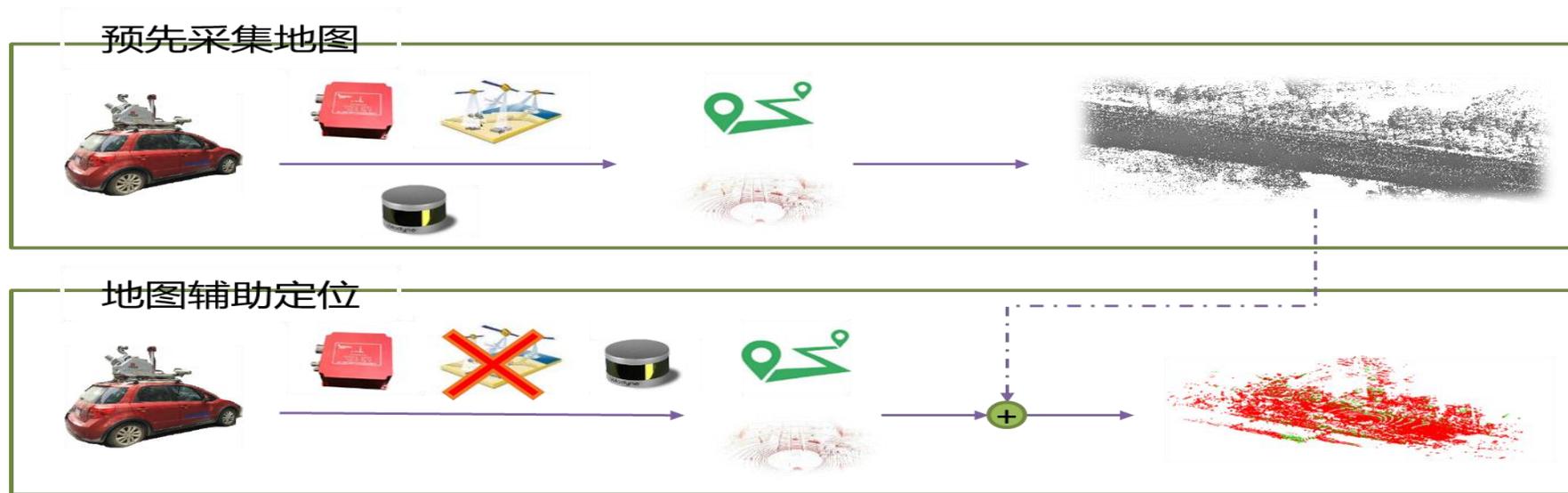
2. 高精度地图的重要性

4、提升系统性能

感知器件不知道图像的哪个地方会出现红绿灯，需要在整幅图像中搜索，如有了高精度地图，就可以通过高精度定位和高精度地图获取，从而降低算法复杂度，减少系统的计算负荷，提升系统性能。

5、降低车载传感器成本

高精度地图可以辅助传感器进行定位，降低对传感器的要求。



3. 高精地图采集、处理与应用

主流的高精地图数据采集方式为“移动测量+情报”以及“众包”

项目	移动测量+情报	众包
目标	强调地图的3D数据表现	适应当前无人驾驶发展阶段对地图的需求，通过版本迭代，循序渐进提升地图精度
特点	精度高、费用高、效率低	精度低、费用低、效率高



高精地图采集车

VS

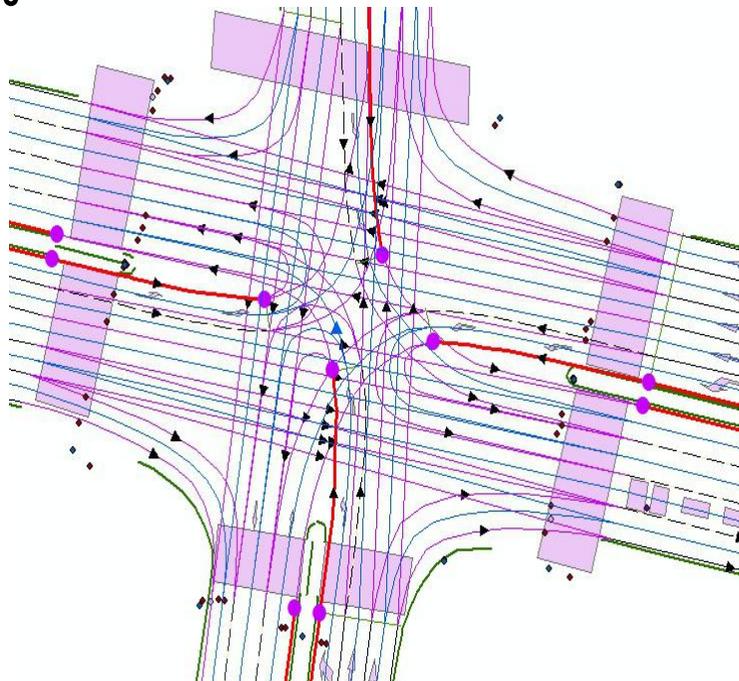


众源众包传感器网络

3. 高精地图采集、处理与应用

➤ 移动测量车获取的地图精度

“集中式”和“众包式”高精地图生产方式是目前最为看好的两种地图生产模式，两者各有优劣，以“移动测量+情报”模式生产高精度地图基础数据，以众包模式对高精度地图实现数据补充及更新。



项目	指标要求
精度要求	
GPS正常水平精度	≤10cm
GPS正常高程精度	≤10cm
GPS信号失锁10分钟内	≤50cm, 通过SLAM算法及少量控制点修正, 修正后达到10cm
多次采集的点云拼接精度	≤5cm
密度要求	
纵向密度	≤5cm/点
横向密度	≤3cm/点
RGB/反射强度	地物清晰可见
可见地物	路面, 车道线, 地面印刷物, 路沿, 路边围栏, 标志牌, 红绿灯, 方向看板的位置
完整性	
范围	涵盖道路及沿道路周边20米之内的区域。
空洞	≤20m
分幅	每幅数据大小≤2G
其他数据	
照片密度	10m间隔一组
照片角度	360度
照片参数	需要
照片对应的轨迹线	需要照片编号, 照片采集时间, 对应点云坐标(经纬度亦可), 高度信息。
坐标系, 转换公式	需要

3. 高精地图采集、处理与应用

➤ 众包方式获取的地图精度及种类

指标评测内容

- ✓ 点云/矢量等地图数据量的大小：各种情况数据量的大小
- ✓ 几何位置-点云相对精度评测：实时边缘结果的相对几何精度
- ✓ 几何位置-矢量相对精度评测：实时边缘结果的相对几何精度

评测方法

与激光点云做比较，与高精组合导航做比较，与人工标注相比

评测基础

- ✓ 激光、相机、GNSS、IMU、CAN时间同步
- ✓ 人工标注及精细校验保证分类信息准确

评测结论

点云相对精度：

横向/纵向 < 10cm 三维精度 < 20cm

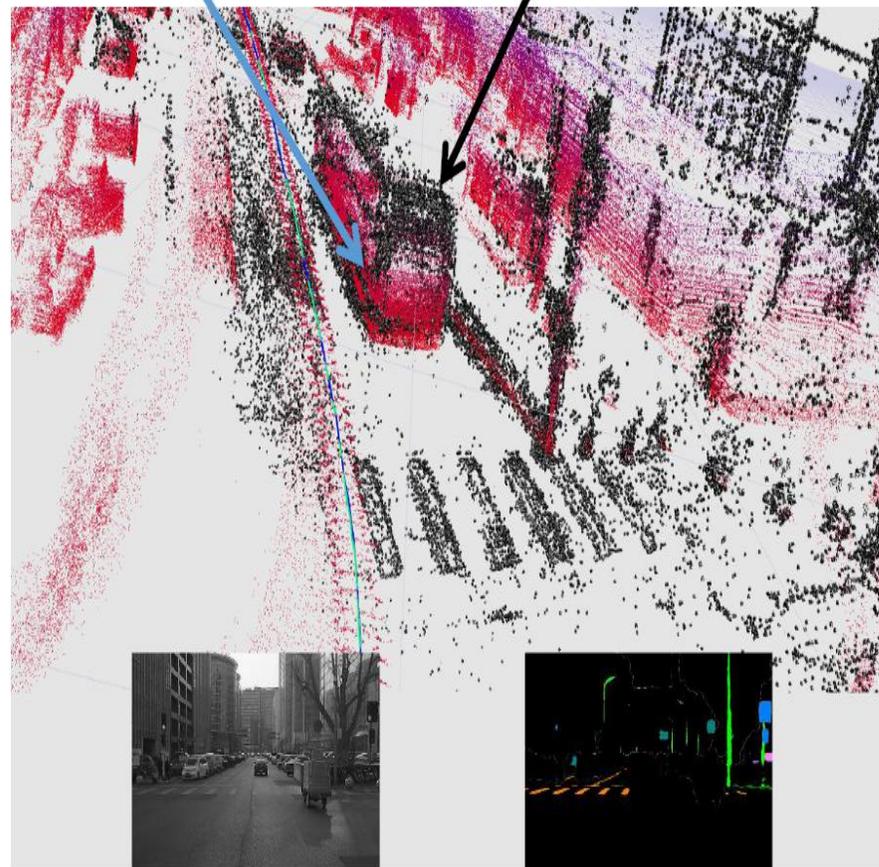
矢量相对精度评测：

横向/纵向 < 15cm 三维精度 < 30cm



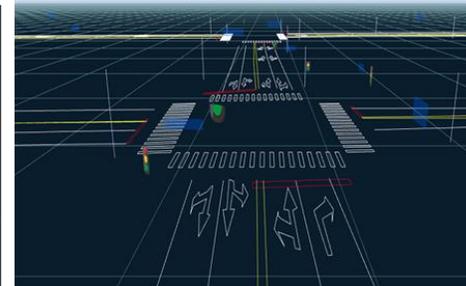
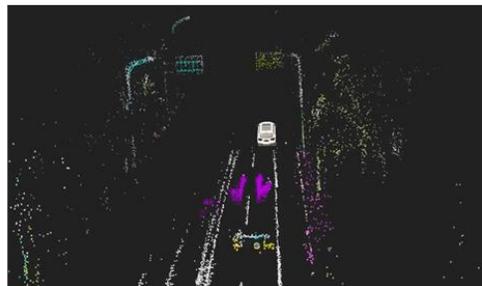
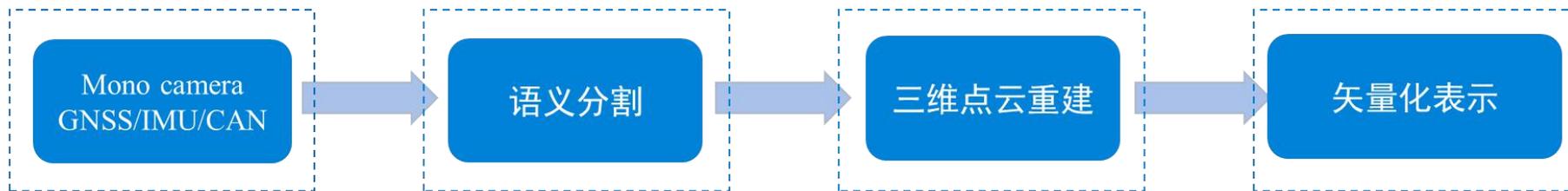
激光点云中的大客车 (红色)

视觉点云中的大客车 (黑色)



3. 高精地图采集、处理与应用

➤ 共用关键技术



● 嵌入式引擎实现的高性能SLAM加速方案

● 完成实时三维局部地图重建与匹配定位。

● 16大类地图元素的重建、识别、矢量化

● 众包大数据优化，提升高精地图的精度和完整度。

3. 高精地图采集、处理与应用

➤ 共用关键技术1-识别与分类

车辆识别

- 适用于不同形状的车型
- 最大检测距离120米
- 准确率99%
- 距离检测

行人和自行车识别

- 能够识别不同姿态以及部分遮挡的目标
- 最大检测距离60米
- 准确率98%

车道线识别

- 车道线类型分类（虚、实线）
- 车道线颜色分类（白、黄色）
- 准确率95%

交通标识识别

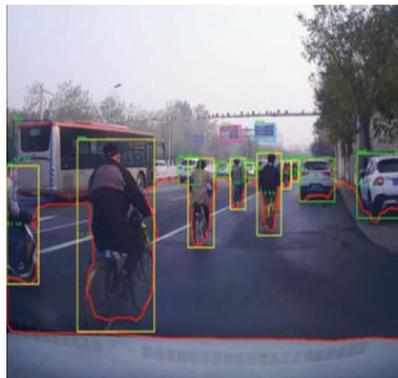
- 符合标志和标线国标GB5768.2-2009
- 最大检测距离80米
- 准确率99%

交通信号灯识别

- 可识别红绿灯（筒灯、箭头）
- 最大检测距离50米
- 准确率95%

可行驶区域检测

- 为自动驾驶提供路径规划辅助，实现整个路面检测



3. 高精地图采集、处理与应用

➤ 共用关键技术1-识别与分类

符合标志和标线国标GB5768.2-2009

准确率98%

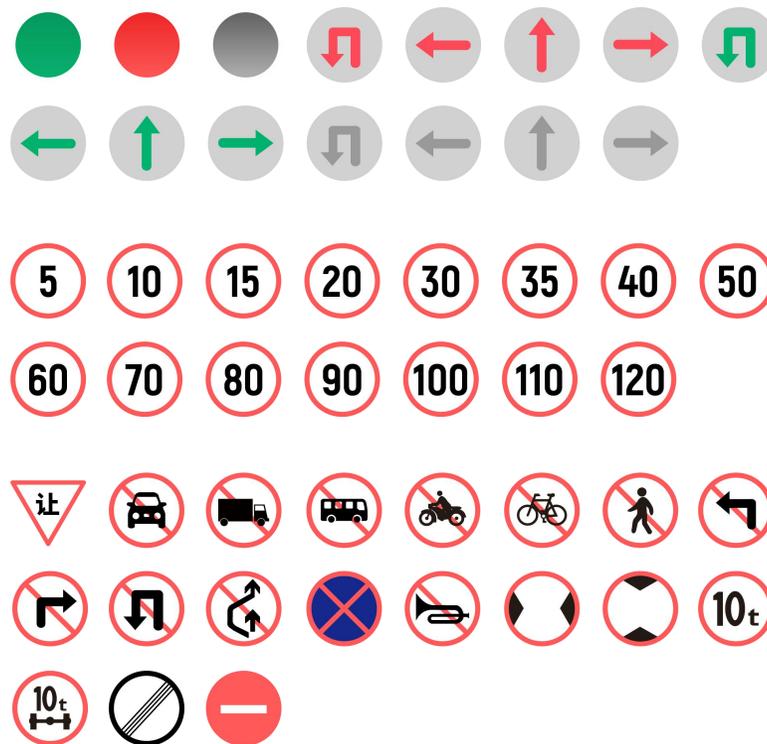
6大类检测（禁止，警告，指示，指路，旅游，辅助）

20种禁止标识分类

15种限速标识分类

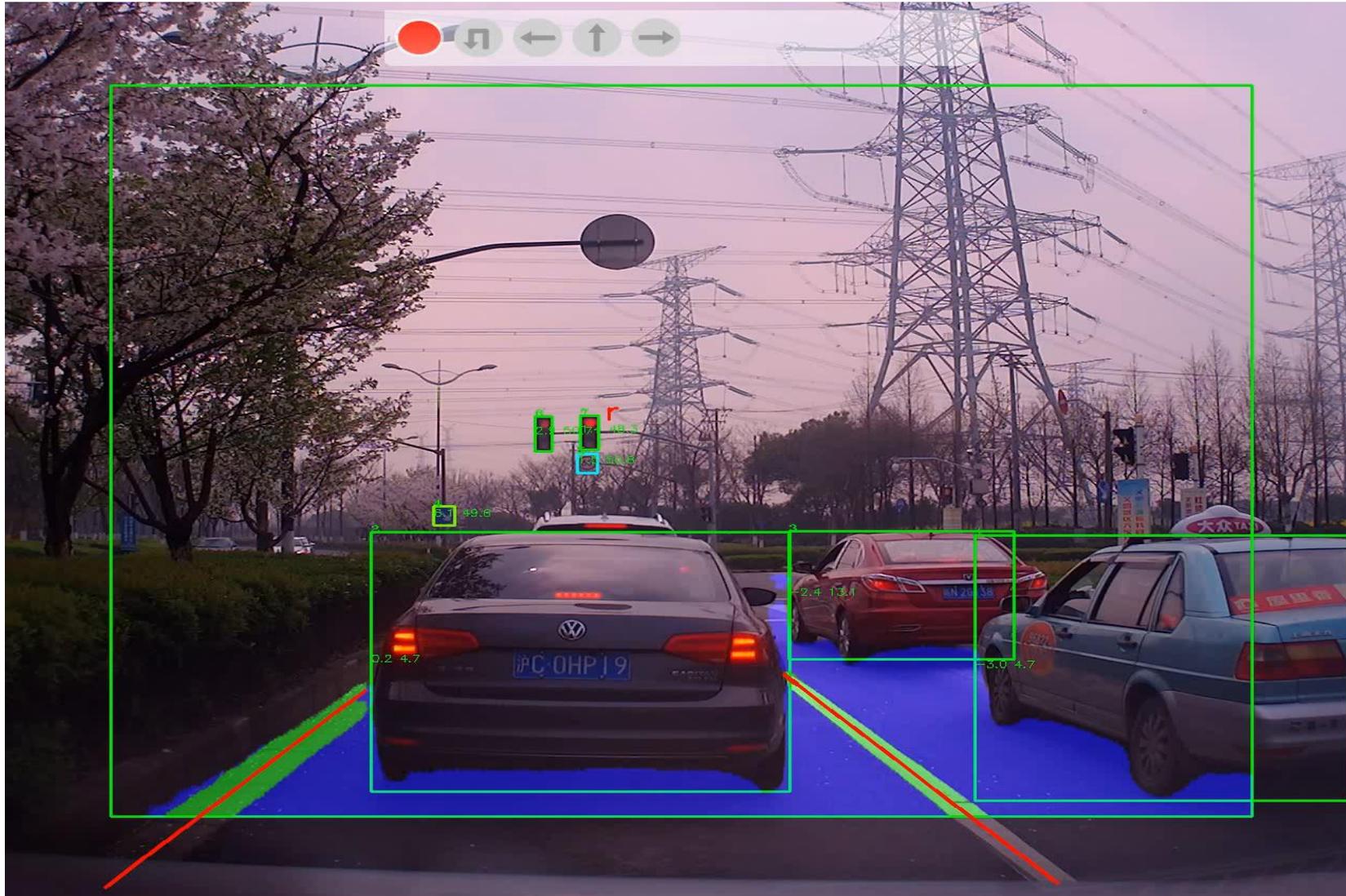
ETC牌检测

信号灯检测识别（条形，箭头，圆型，数字）



3. 高精地图采集、处理与应用

➤ 共用关键技术1-识别与分类



3. 高精地图采集、处理与应用

➤ 共用关键技术2-地图重建

采用单目摄像头，运用深度学习和SLAM技术进行道路场景的语义三维重建，并支持自动生成高精点云地图。可以输出建好的**局部三维地图**，进而用以与已有高精地图进行匹配以**获取定位**，同时可以在无地图区域进行自动建图。



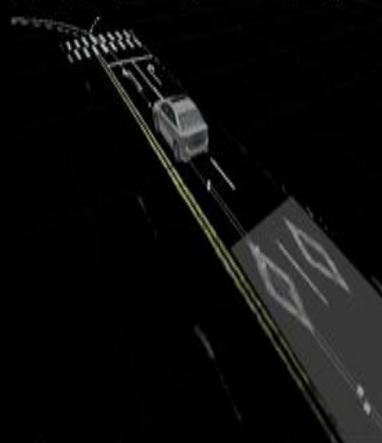
NavNet
Edge Point Cloud Mapping

3. 高精地图采集、处理与应用

➤ 共用关键技术3-特征地图辅助导航定位

高精度地图不能仅依赖于GNSS/惯性导航定位，还需要存储道路环境的特征（图像/雷达），用于辅助定位。

Road-SLAM: Road Marking based SLAM
with Lane-level Accuracy
Jinyong Jeong, Younggun Cho, Ayoung Kim



Intelligent Robotic Autonomy and Perception (IRAP)
Department of Civil & Environmental Engineering
Korea Advanced Institute of Science and Technology (KAIST)
[jy0923, yg.cho, ayounk]@kaist.ac.kr

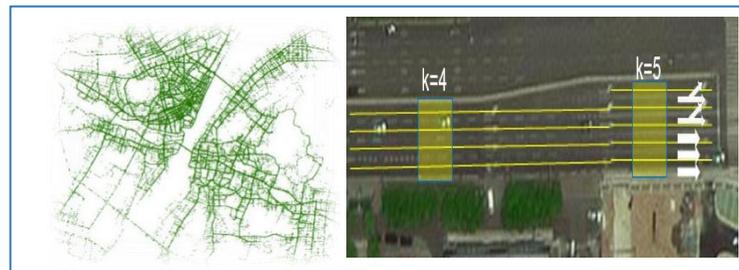
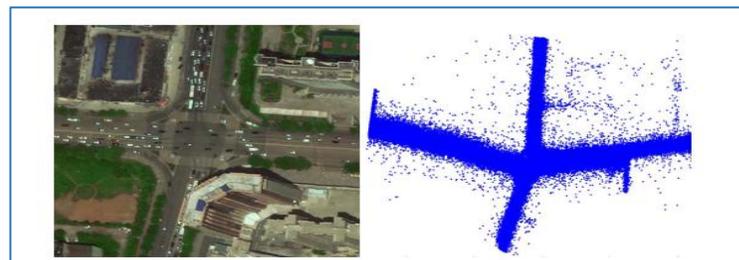
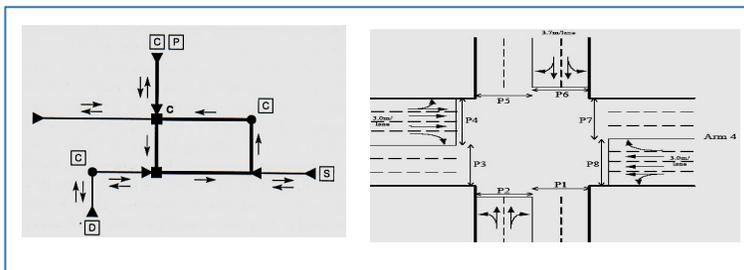
KAIST



NavNet
Edge Point Cloud Mapping

3. 高精地图采集、处理与应用

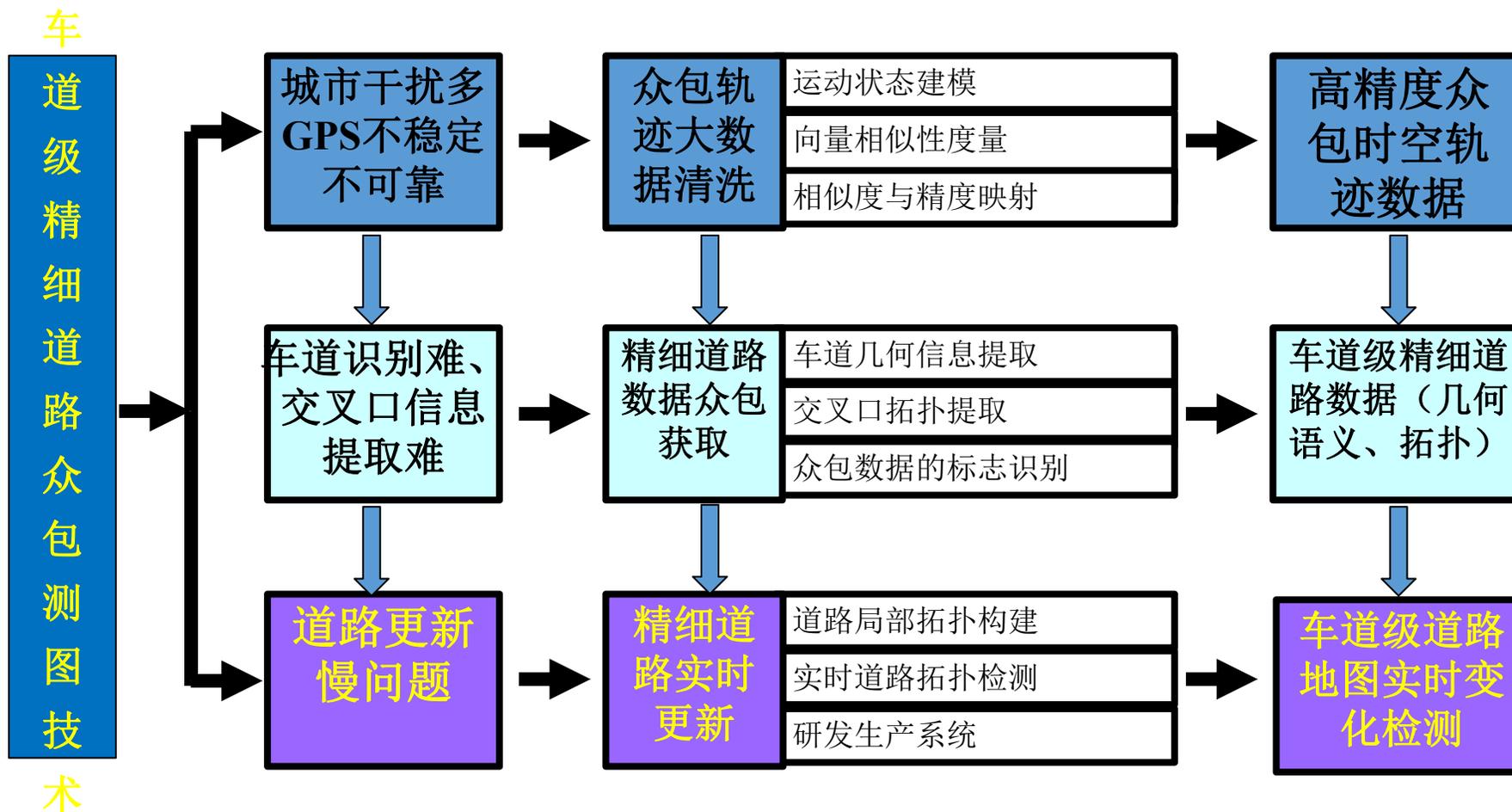
➤ 共用关键技术4-时空轨迹融合的精细道路数据众包获取



- ◆ 城市环境GPS干扰众多，众包轨迹大数据不稳定、不可靠——难处理
- ◆ 车辆驾驶行为多变，轨迹中车道识别难、交叉口信息复杂——难提取
- ◆ 现有导航数据多源异构、变化检测识别困难、实时更新——难更新

3. 高精地图采集、处理与应用

➤ 共用关键技术4-时空轨迹融合的精细道路数据众包获取



3. 高精地图采集、处理与应用

➤ 共用关键技术4-时空轨迹融合的精细道路数据众包获取

难点：行为多变，轨迹中**车道识别难**，复杂交叉口**拓扑提取难**

创新：在国际上率先提出了**基于约束混合高斯的众包轨迹车道聚类融合方法**，解决了车道识别、拓扑提取与融合难题，形成了一种采集成本低、更新快的高精度道路众包测图（Lane-level Road Crowd-Mapping）新理论与新方法

路段：

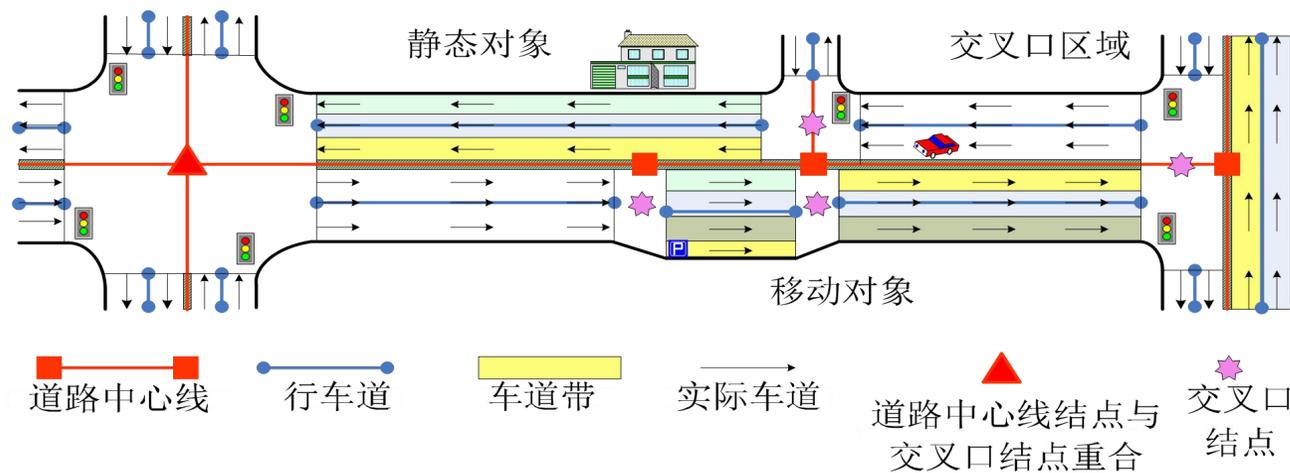
几何：车道数量、车道中心线位置

拓扑：车道间连通关系

交叉口：

几何：交叉口识别，中心位置和范围

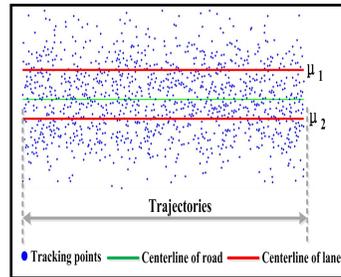
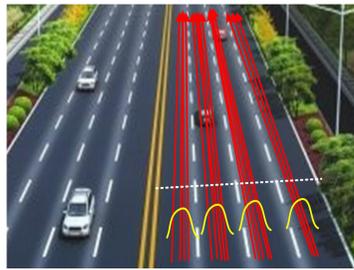
拓扑：交叉口车道间的连通关系



3. 高精地图采集、处理与应用

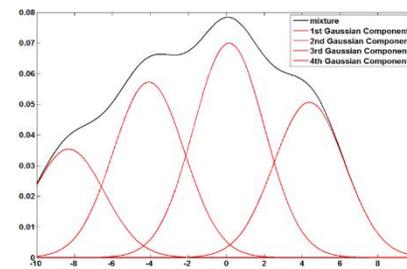
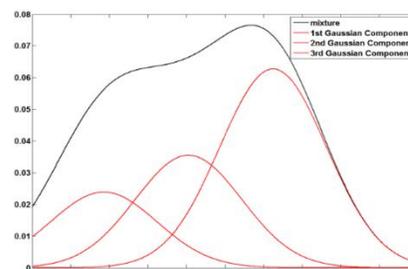
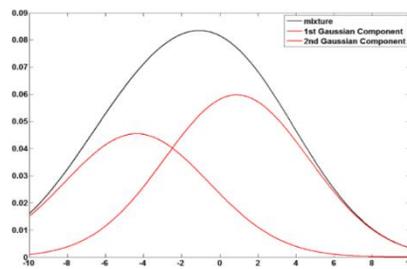
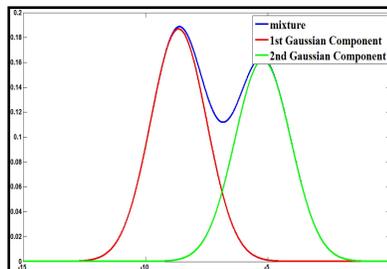
➤ 共用关键技术4-时空轨迹融合的精细道路数据众包获取

(1) 针对车道识别难问题，提出了基于约束混合高斯分布的车道信息提取方法，解决了驾驶行为多变条件下的车道识别难题



约束混合高斯车道聚类模型

$$p(x) = \sum_{j=1}^k \omega_j \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma^2}} \exp\left(-\frac{(x - \mu_j)^2}{2\sigma^2}\right)$$

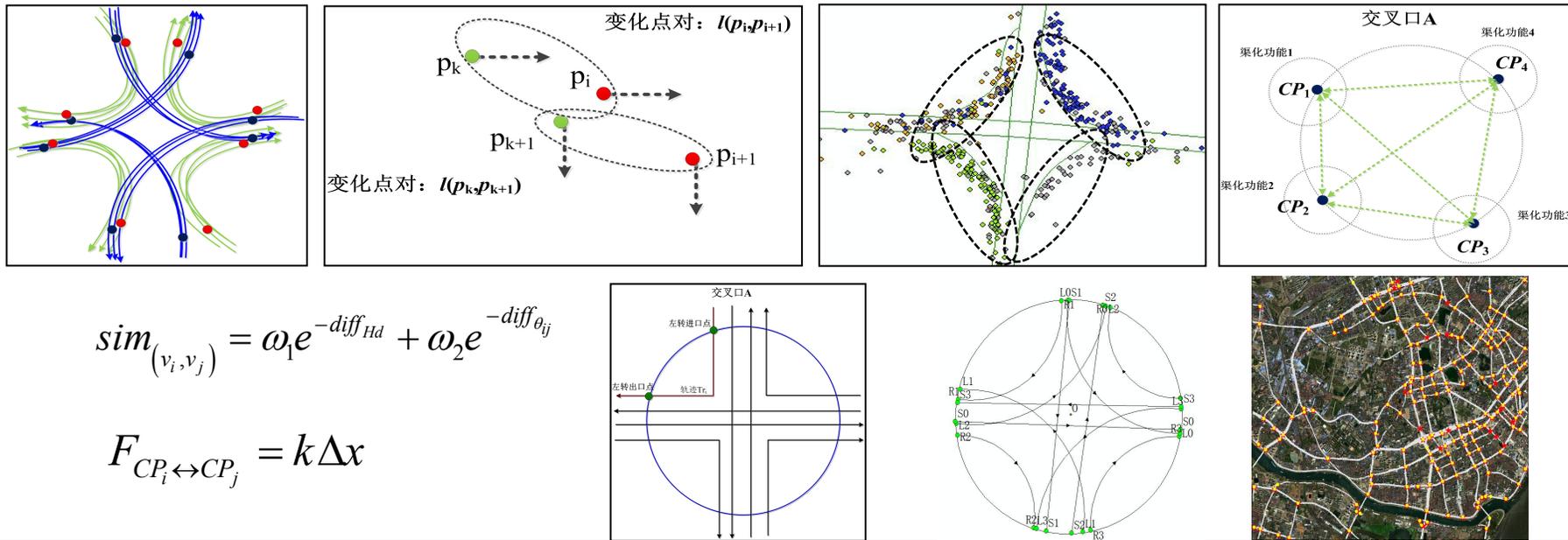


- 1) 基于低精度GPS轨迹数据的高精度车道信息提取方法 (专利, ZL 201510155202.8)
- 2) L. Tang等, CLRIC: Collection Lane-Based Road Information Via Crowdsourcing. IEEE ITS, 2016, (SCI一区, 交通TOP期刊)
- 3) L. Tang等, Lane-Level Road Information Mining from GPS Trace Based on Naïve Bayesian Classification. IJGI, 2015 (SCI)
- 4) 唐炉亮等. 一种基于朴素贝叶斯分类的车道数量探测. 中国公路学报, 2016, 29(3): 116-123 (EI)

3. 高精地图采集、处理与应用

➤ 共用关键技术4-时空轨迹融合的精细道路数据众包获取

(2) 针对交叉口拓扑提取难题，提出了基于**轨迹变化点簇生长聚类**的交叉口拓扑提取方法，解决复杂交叉口的**拓扑提取难题**

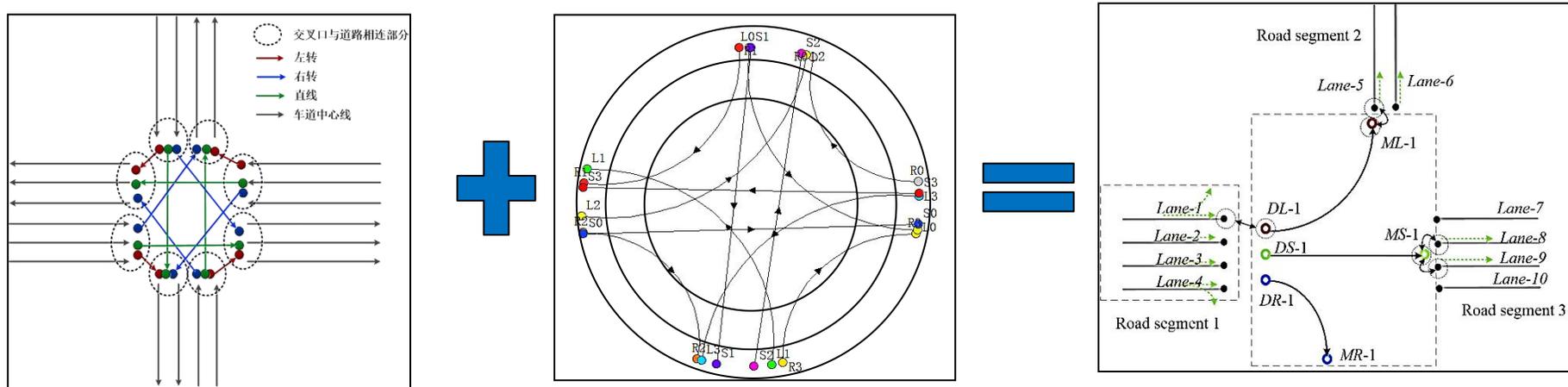


- 1)唐炉亮、杨雪、李清泉. 基于低精度时空轨迹数据的城市交叉口自动识别方法(专利, [ZL 201610329020.2](#))
- 2)X. Yang, L. Tang. Generating lane-based intersection maps from crowdsourcing big trace data, *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, 89 (2018) :168 – 187 (SCI/SSCI, 交通领域TOP期刊)
- 3)L. Tang等. A network Kernel Density Estimation for linear features of big trace data, *IJGIS*, 2016 (SCI, GIS领域TOP期刊)
- 4) L. Tang等. Uncovering Distribution Patterns of High Performance Taxis from Big Trace Data, *IJGI*. 2017, 6(5):134(SCI)

3. 高精地图采集、处理与应用

➤ 共用关键技术4-时空轨迹融合的精细道路数据众包获取

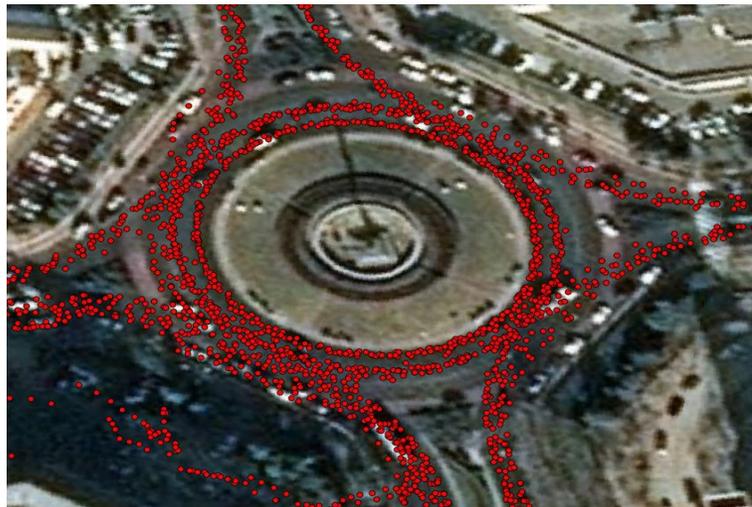
(3) 针对车道几何/拓扑融合难问题，提出了基于**多级拓扑同心圆增长**的**车道几何/拓扑融合方法**，解决路段上车道与交叉口连通拓扑的**融合难题**



- 1) 唐炉亮、杨雪、李清泉. 基于时空轨迹大数据的城市交叉口车道级结构提取方法(专利: [ZL 201610329524.4](#))
- 2) 唐炉亮、刘章、李清泉. 基于认知规律的时空轨迹融合与路网拓扑生成方法 (专利: [ZL 201510040109.2](#))
- 3) L. TANG等. Travel Time Estimation at Intersections Based on Low-frequency Spatial-temporal GPS Trace Big Data, Cartography and Geographic Information Science, 2016 (制图领域国际TOP期刊SSCI、SCI)
- 4) 唐炉亮, 杨雪, 张霞、李清泉. 利用轨迹大数据进行城市道路交叉口识别及结构提取[J]. 测绘学报, 2017 (6)(EI)

3. 高精地图采集、处理与应用

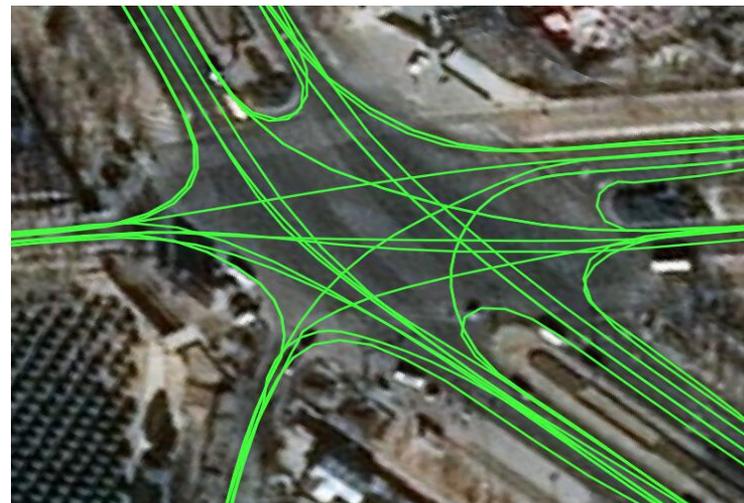
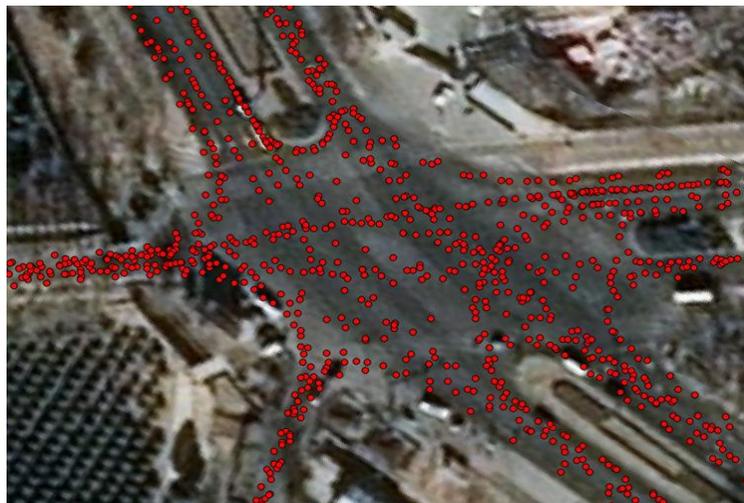
➤ 共用关键技术4-时空轨迹融合的精细道路数据众包获取



华为：
北京上地七街

3. 高精地图采集、处理与应用

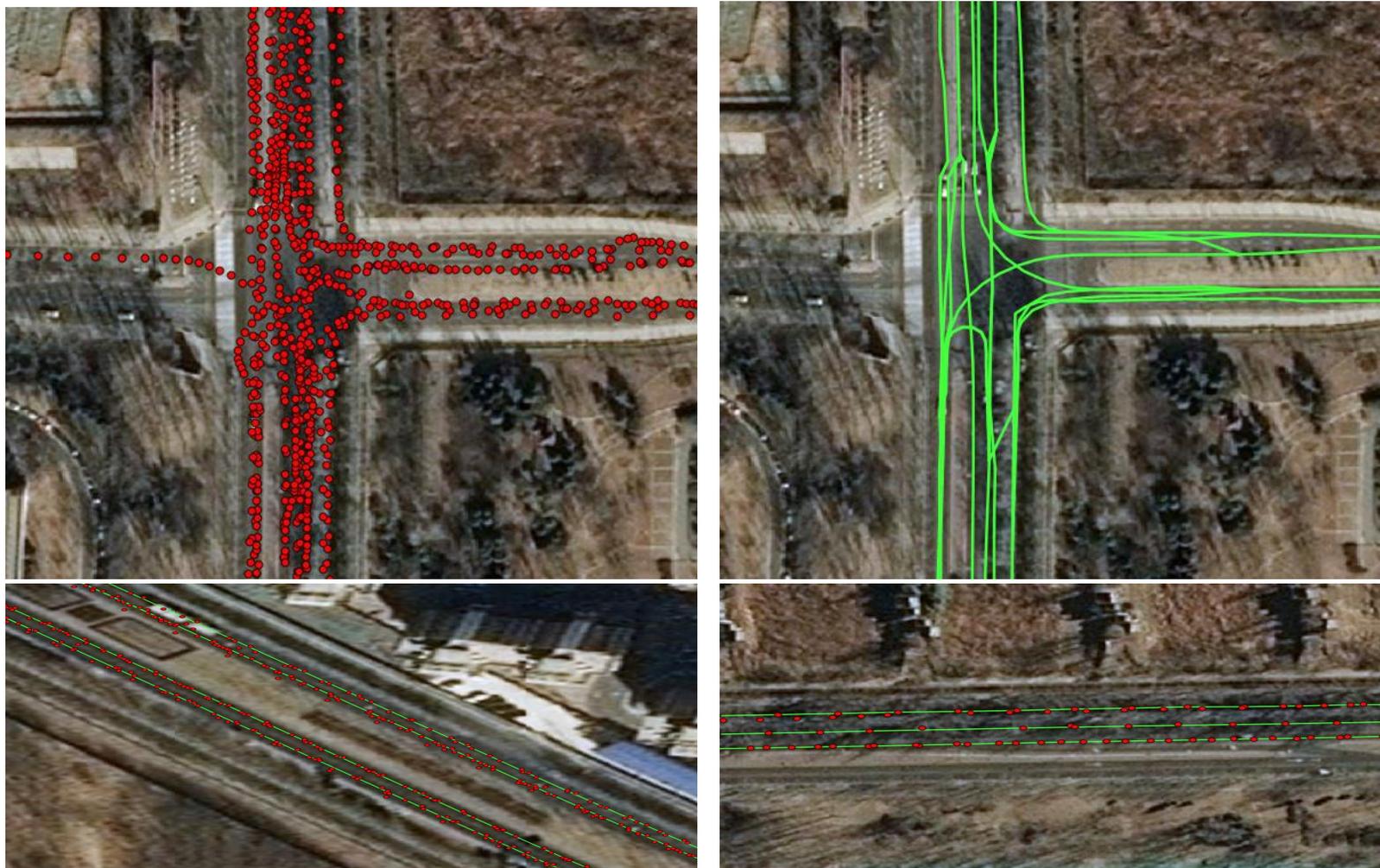
➤ 共用关键技术4-时空轨迹融合的精细道路数据众包获取



北京温泉路

3. 高精地图采集、处理与应用

➤ 共用关键技术4-时空轨迹融合的精细道路数据众包获取



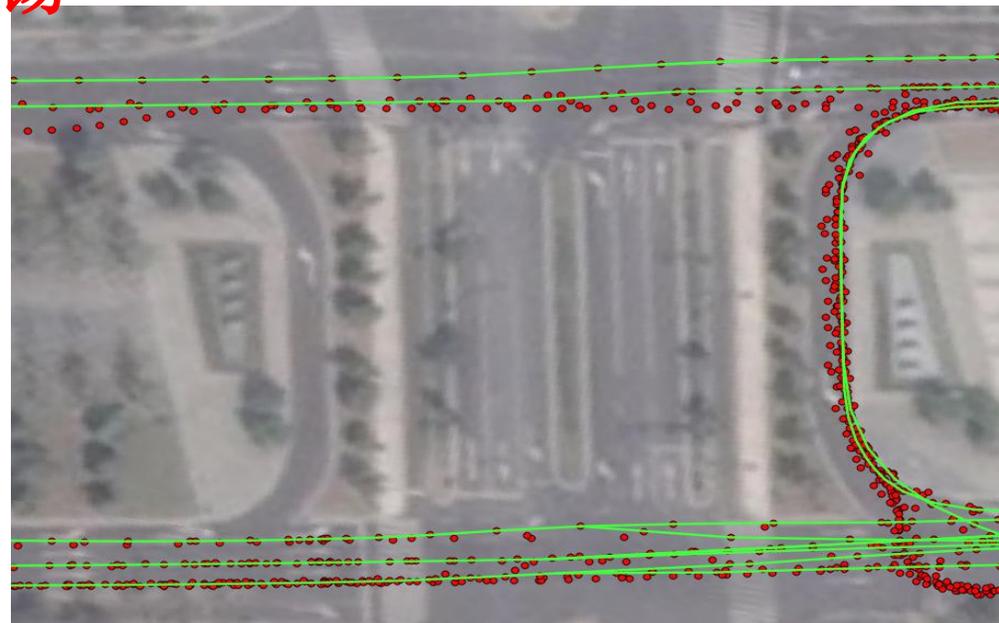
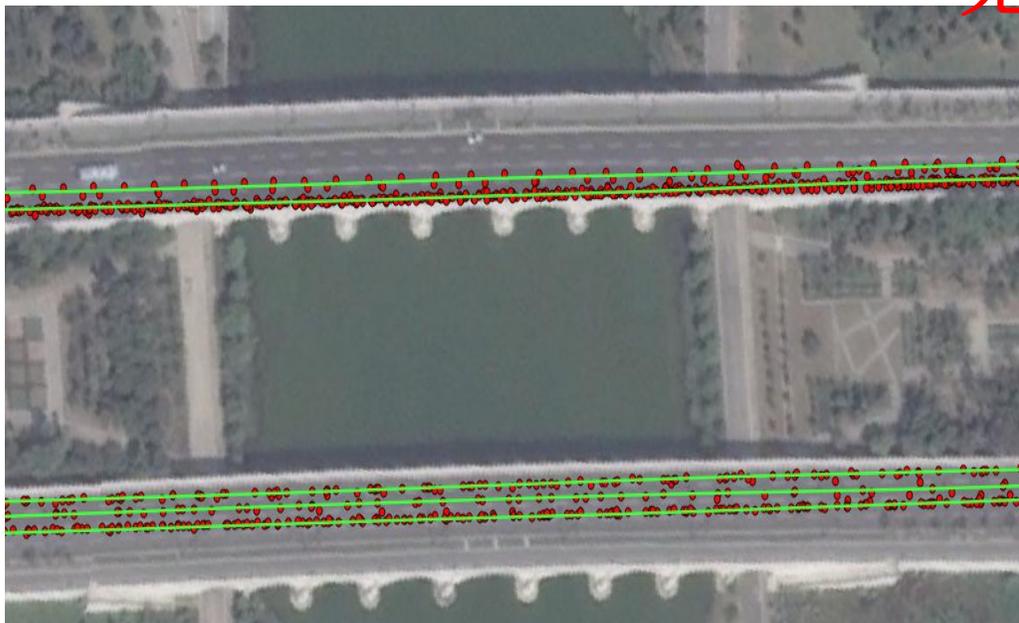
北京稻香湖路

3. 高精地图采集、处理与应用

➤ 共用关键技术4-时空轨迹融合的精细道路数据众包获取



无锡

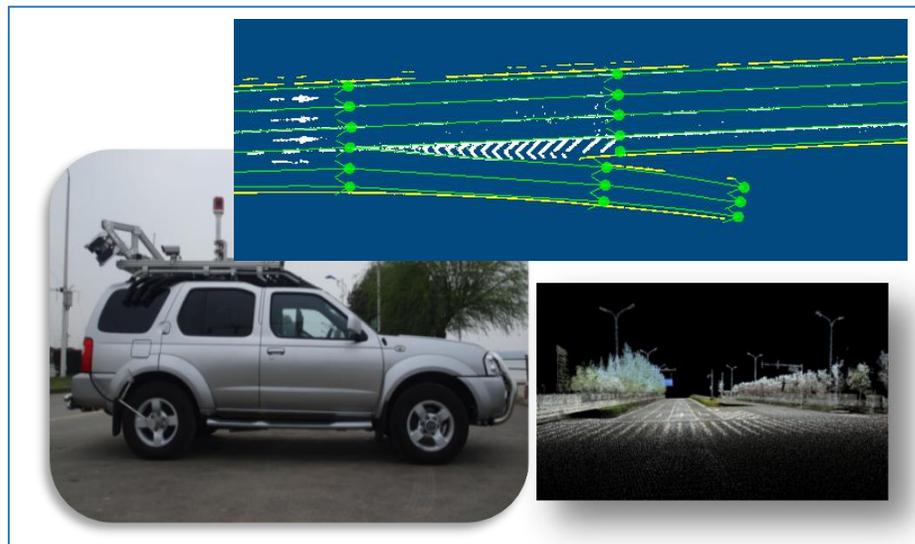
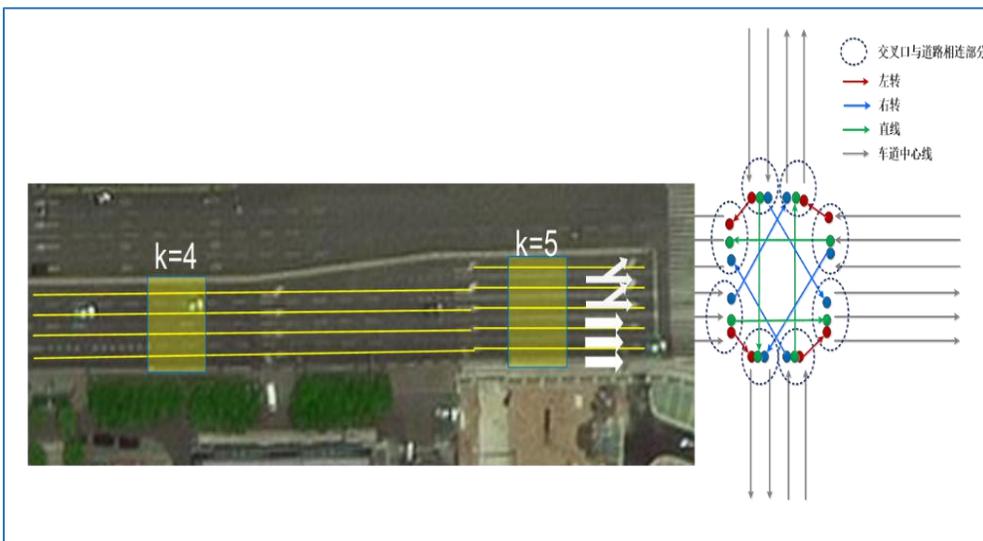


3. 高精地图采集、处理与应用

➤ 共用关键技术5-高精度道路地图实时变化检测与更新技术

问题：道路变化快，多源导航数据变化检测难、更新慢难题

创新：利用众包数据的准实时性，提出了基于众包轨迹的路网拓扑实时变化检测方法，解决了道路专业测绘方式更新慢的难题



3. 高精地图采集、处理与应用

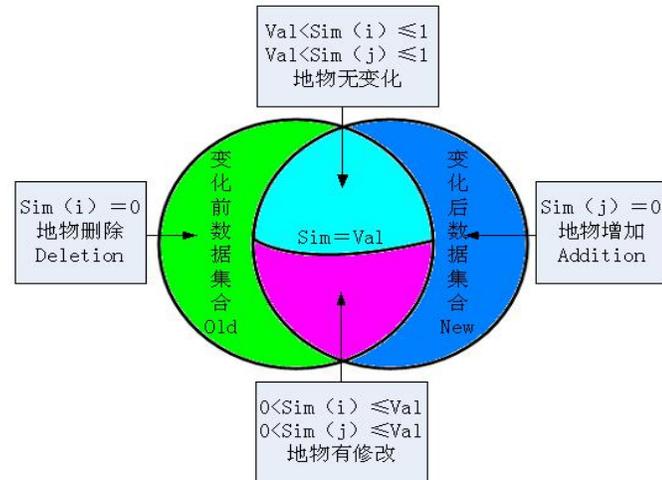
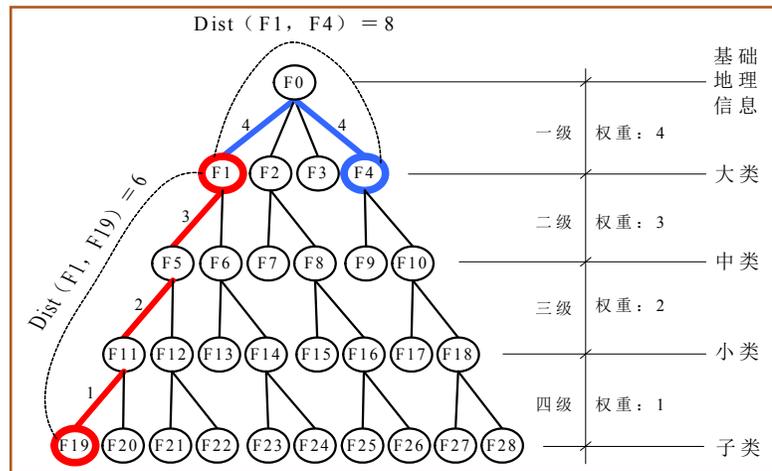
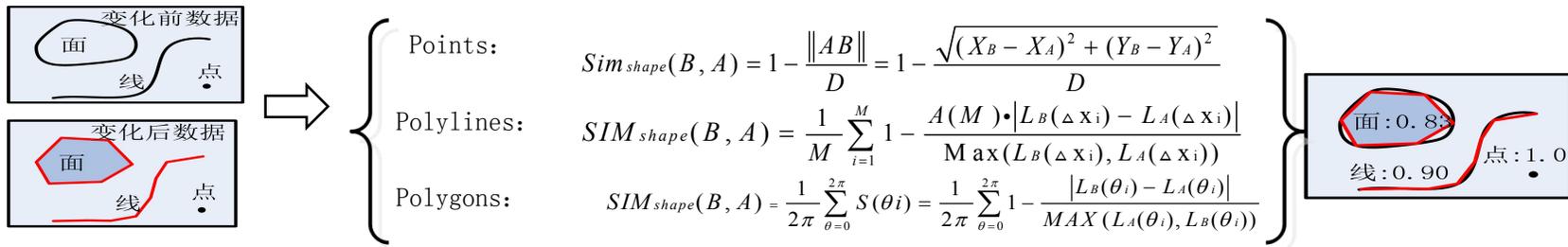
➤ 共用关键技术5-高精度道路地图实时变化检测与更新技术

提出了地物相似性的空间数据自动变化检测方法，解决异源异构道路数据的更新难题

$$Change + Similarity = 1$$

$$Change = 1 - Similarity$$

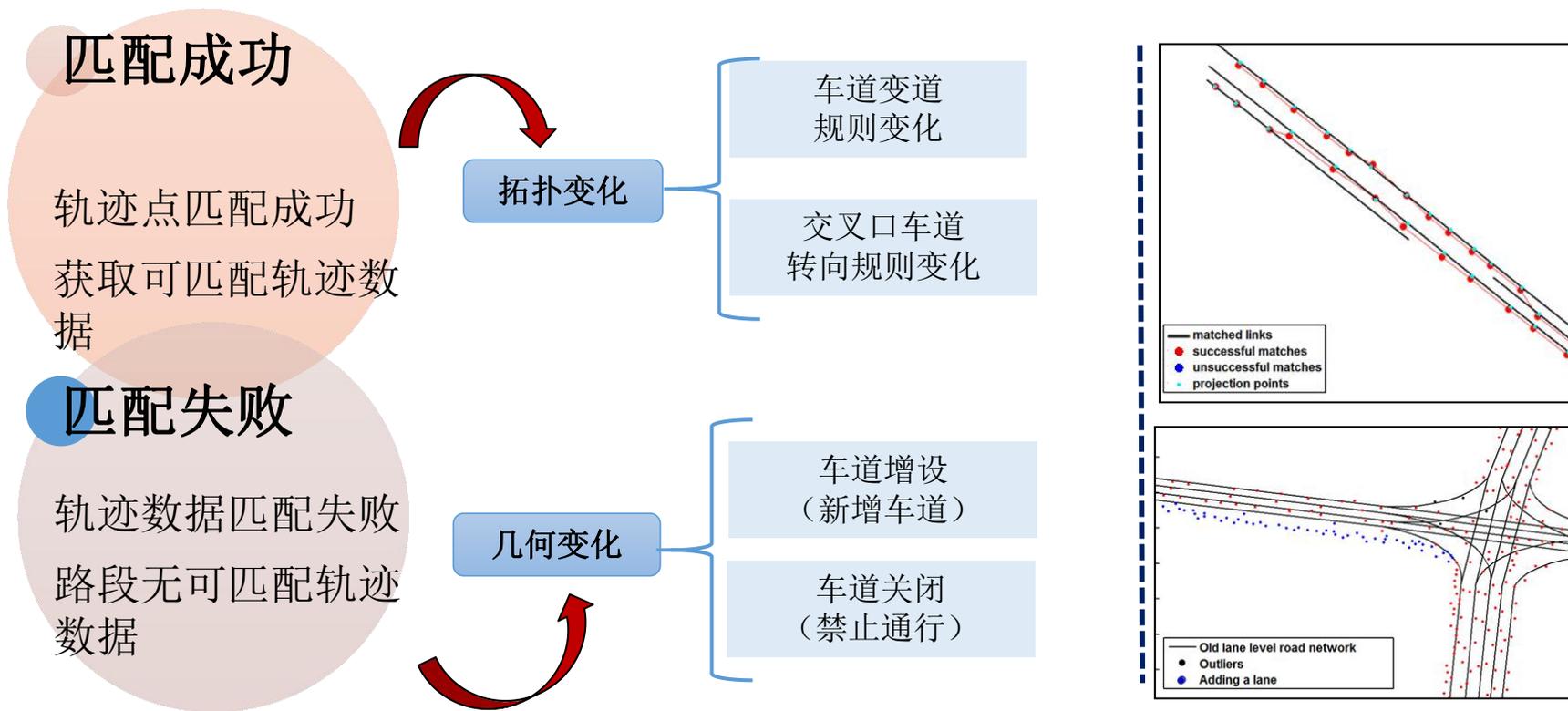
$$SIM_{Geo-Feature}(A, B) = \lambda \cdot SIM_{shape}(A, B) + (1 - \lambda) \cdot SIM_{Attribute}(A, B)$$



3. 高精地图采集、处理与应用

➤ 共用关键技术5-高精度道路地图实时变化检测与更新技术

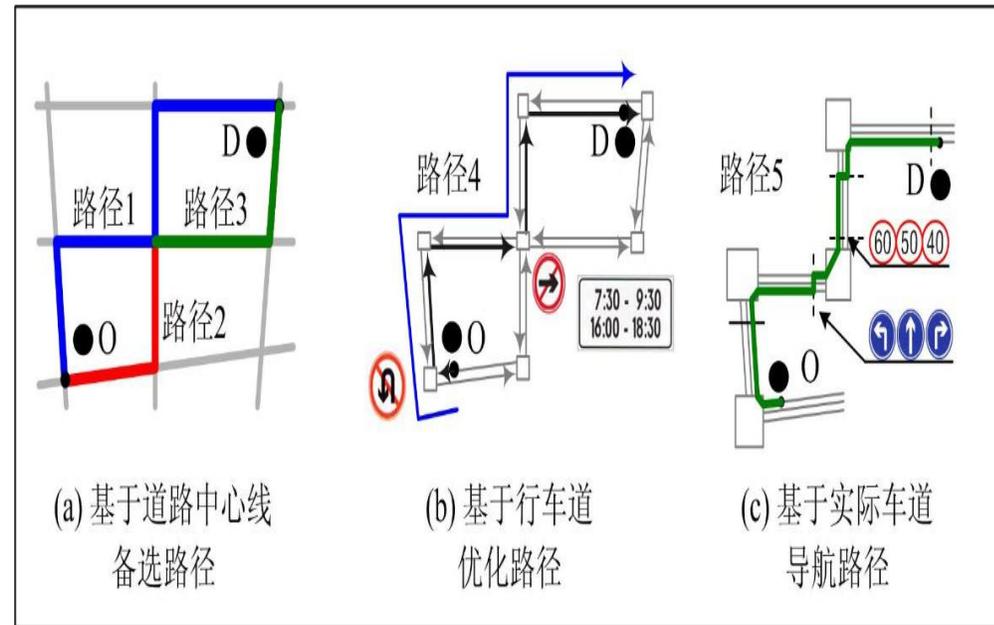
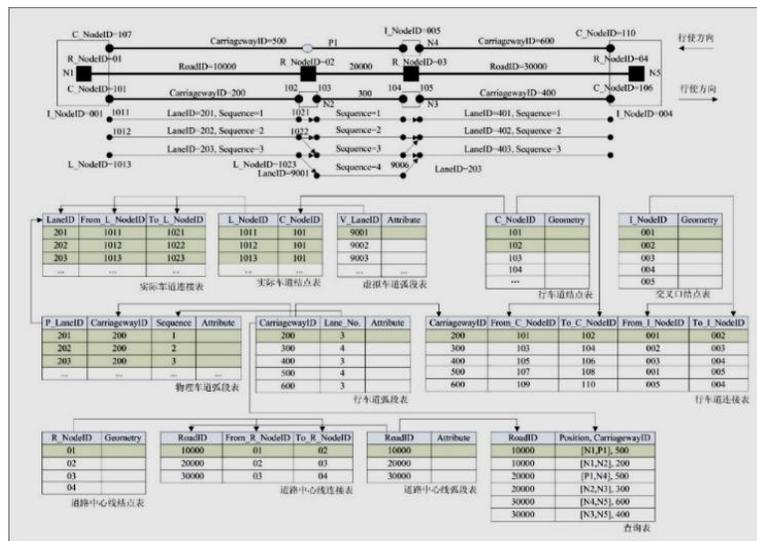
在国际上首次将道路变化检测从“双向级”推进到“车道级”路网变化检测！



3. 高精地图采集、处理与应用

➤ 共用关键技术5-高精度道路地图实时变化检测与更新技术

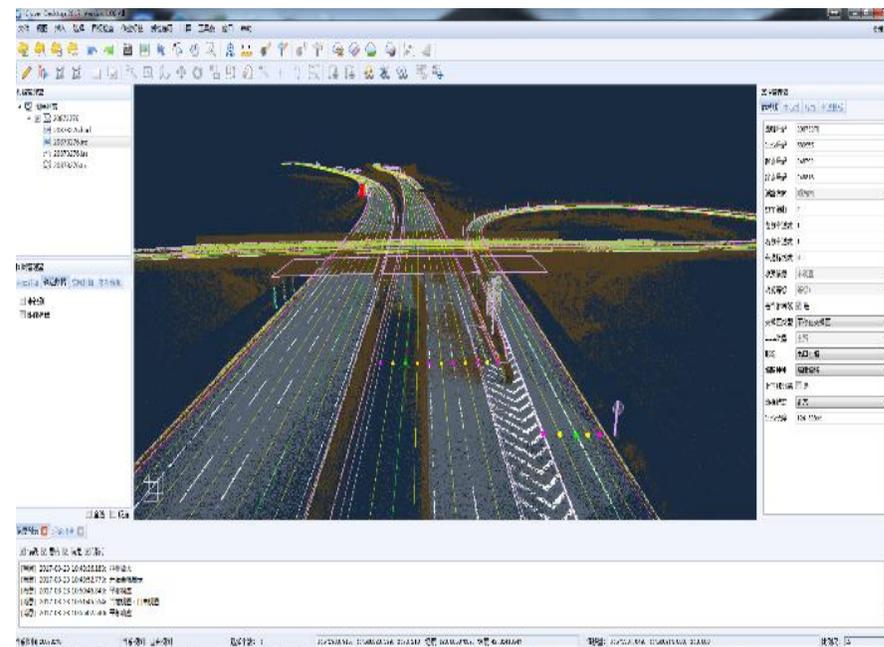
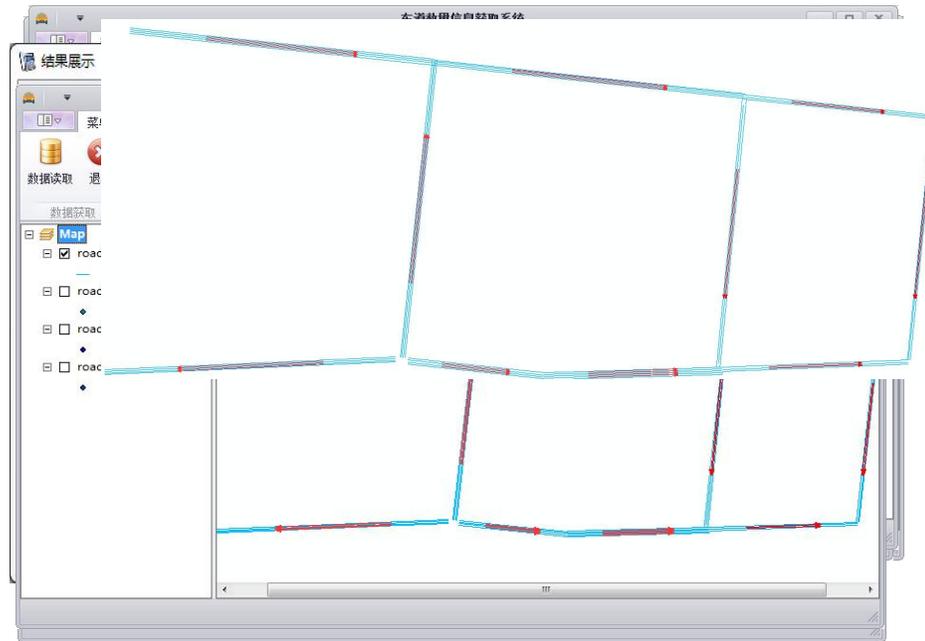
构建了车道级道路数据库，研发了最优路径、转向受限路径、K最短路径、经验路径、最美路径等多种车道级路径优化算法，支持和兼容中心线级—双向级—车道级三层级的导航应用



3. 高精地图采集、处理与应用

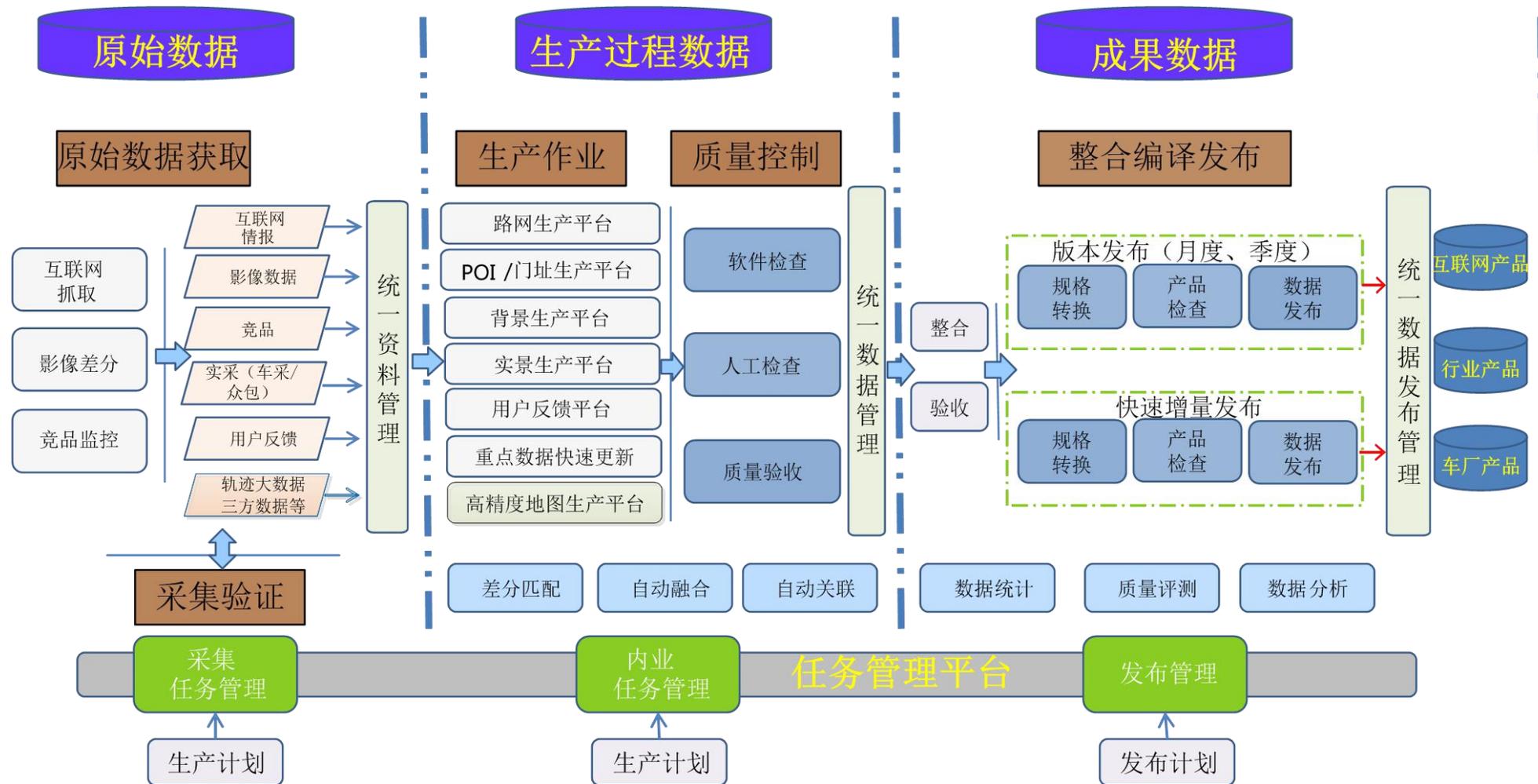
➤ 共用关键技术5-高精度道路地图实时变化检测与更新技术

研发时空轨迹大数据清洗系统、车道级高精度道路泛在测图系统、高精度道路地图变化检测更新系统，并与专业道路测绘数据进行融合，精度达到0.3~0.5m



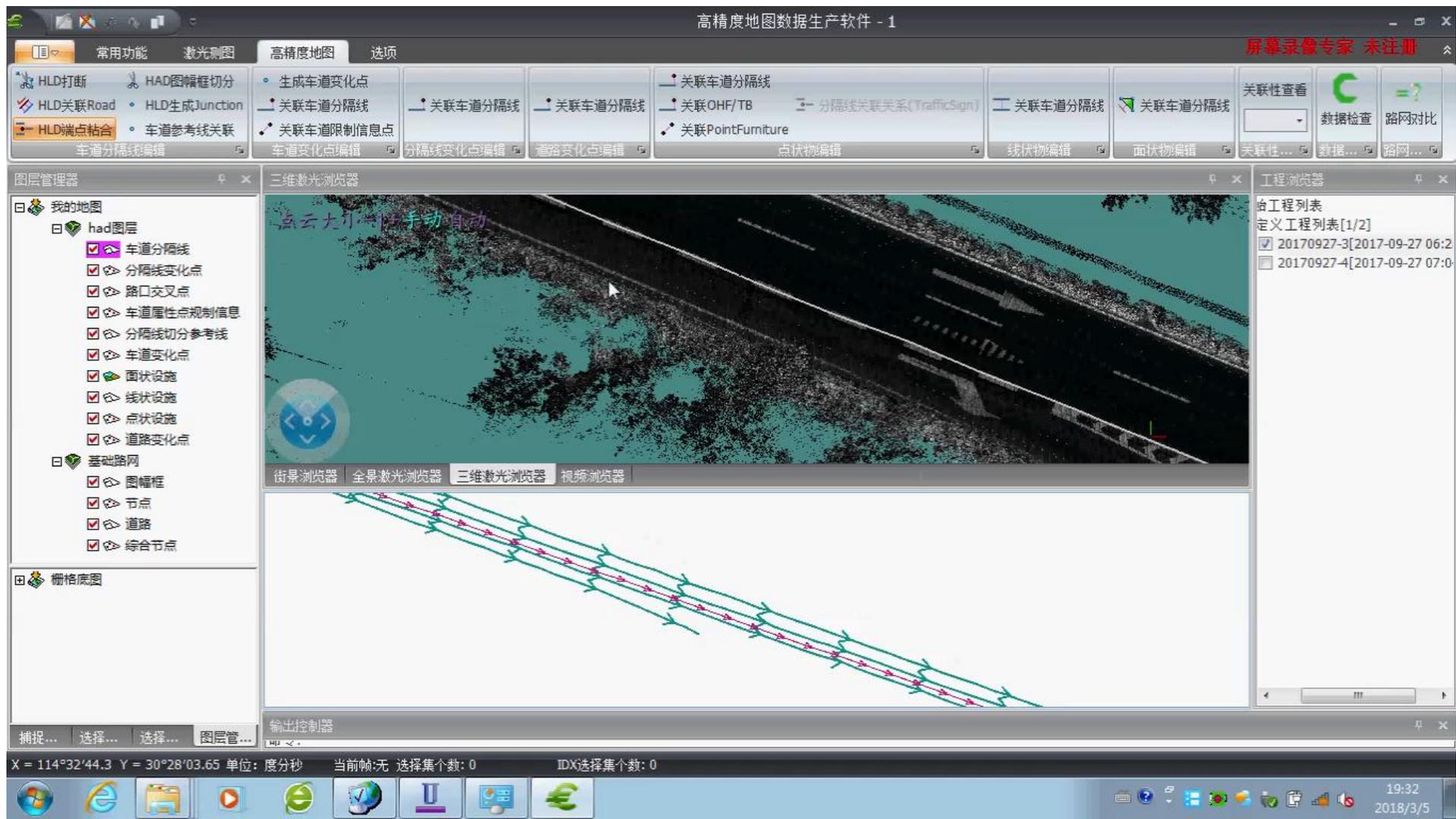
3. 高精地图采集、处理与应用

➤ 共用关键技术5-高精度道路地图实时变化检测与更新技术



3. 高精地图采集、处理与应用

➤ 共用关键技术5-高精度道路地图实时变化检测与更新技术

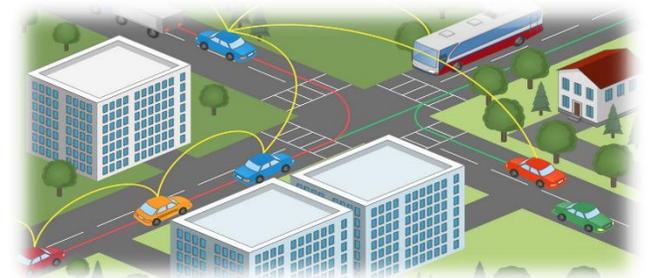


4. 高精地图的发展趋势

现阶段的高精度地图是为了满足现代车载ADAS以及自动驾驶车定位导航的一种新型电子地图。相对于普通导航电子地图而言，高精度地图必须包含两方面要素：一方面是高精度电子地图的绝对和相对坐标精度更高。另一方面，高精度地图所含有的道路交通信息元素更丰富和细致。

从High accuracy 到High Definition，高精度地图发展的几个层次：

- 传统意义上的高精度地图---提高地图的精度与粒度 (**High accuracy**)
- 实时动态更新的地图—提高地图的更新效率 (**High dynamic**)
- 多维度---人车协同、车车协同、车路协同、空天地（地上地下）协同 (**High Dimensions**)
- 智慧城市的神经---智能互联的实时感知与管控传感器网络 (**High Perception and Control**)



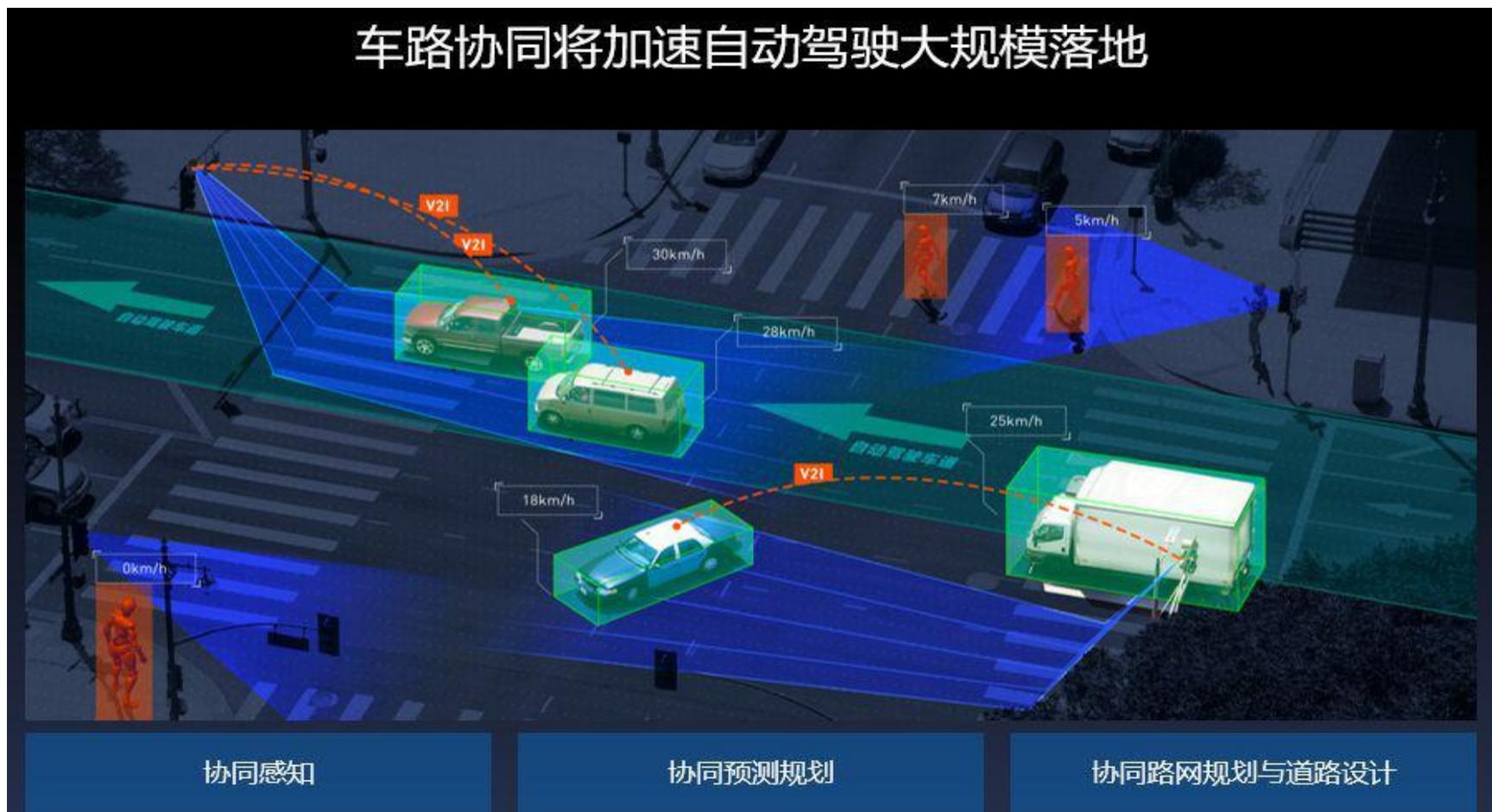
4. 高精地图的发展趋势- High dynamic

- 人 — 针对驾驶员，提供疲劳状态监控，以及人车交互的视频、音频监控；
- 车 — 针对车辆，提供 GPS定位及车辆全过程运行状态监控；
- 路 — 针对车外路面，提供 360度无死角环视监控；
- 云 — 提供云平台服务，可实现远程监控与数据存储，以及平台之间数据交互。



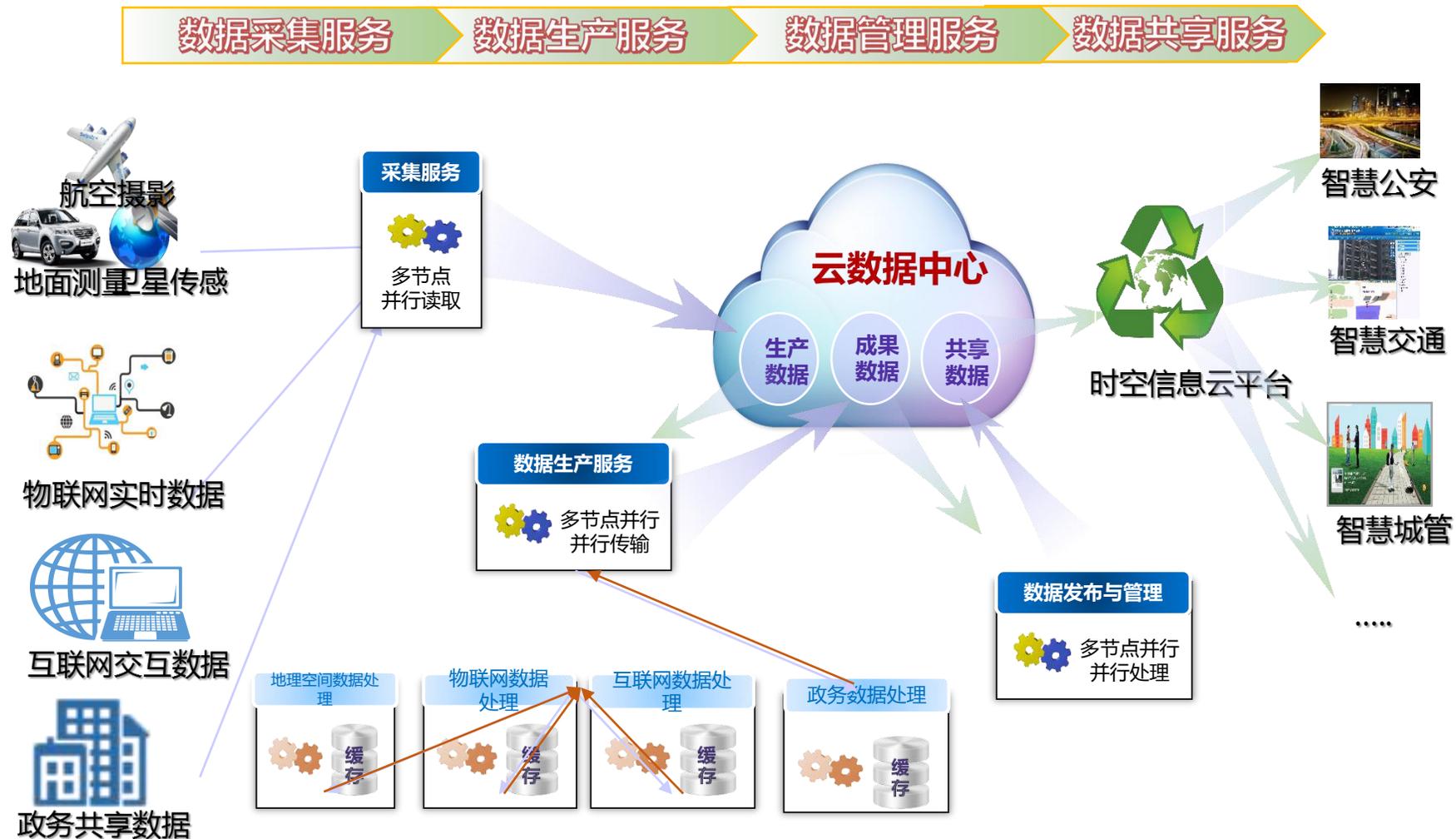
4. 高精地图的发展趋势- High dynamic

5G助力地图实现高动态实时更新，能够叠加实时感知数据，呈现现实时的交通运行状态，高精度地图需要解决如何与路侧感知系统**协同加载实时数据**的问题。



4. 高精地图的发展趋势- High Dimensions

万物互联，建设智慧互联城市。 汇聚来自各种互联传感器和城市资产的海量数据，使之规范化并进行分析。这些数据有助于改善和创造各种服务，从而解决整个城市范围的不同难题。



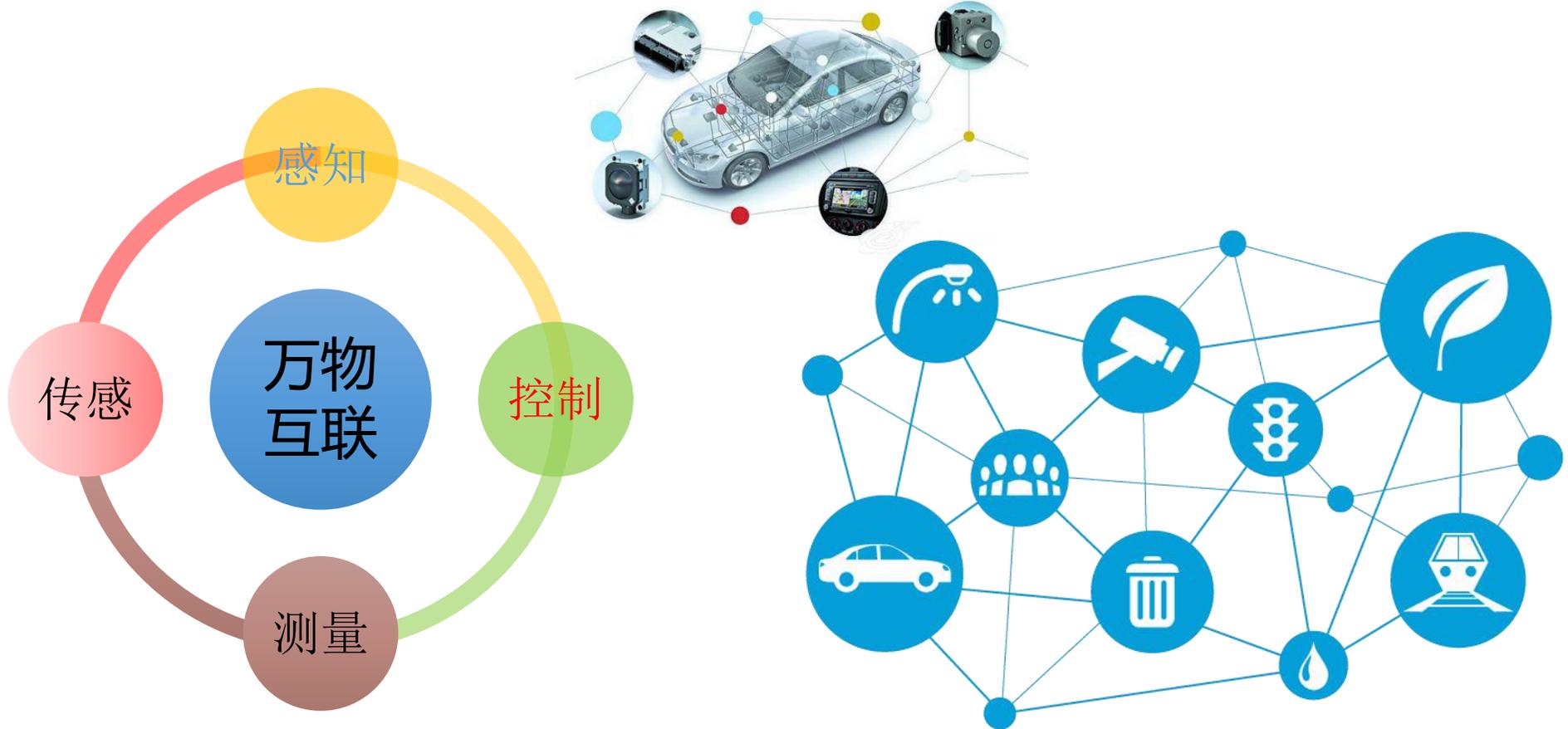
4. 高精地图的发展趋势- High Perception and

Control 构建新一代信息感知环境，实现智慧交通系统的全面感知、高效传输与智能控制，建立满足未来城市和交通系统的大数据全息感知体系。



4. 高精地图的发展趋势- High Perception and Control

●未来，遍布城市各个角落、无所不在的智能网联汽车传感器网实时获取时空数据，使得人们能以前所未有的速度获得**多维动态数据**，基于智能网联汽车的智能互联的**实时感知与管控传感器网络**，能够满足智慧城市从**室外到室内**、从**地上到地下**的真三维高精度建模，时空动态数据的感知、分析、认知和变化检测在人类社会可持续发展中将发挥越来越大的作用。



4. 高精地图的发展趋势

➤ 高精地图技术快速发展带来的信息安全

高精地图的获取与制作，涉及了信息数据采集、传输、存储、管理、分析以及信息的处理和使用，其中每一个环节都会涉及信息安全问题。

(1) 感知层，各类车载传感器采集信息，有效地感知周围环境。需要解决传感器的身份识别认证、可靠控制等问题，以保证采集数据的真实性、防伪造、防篡改、防抵赖等。

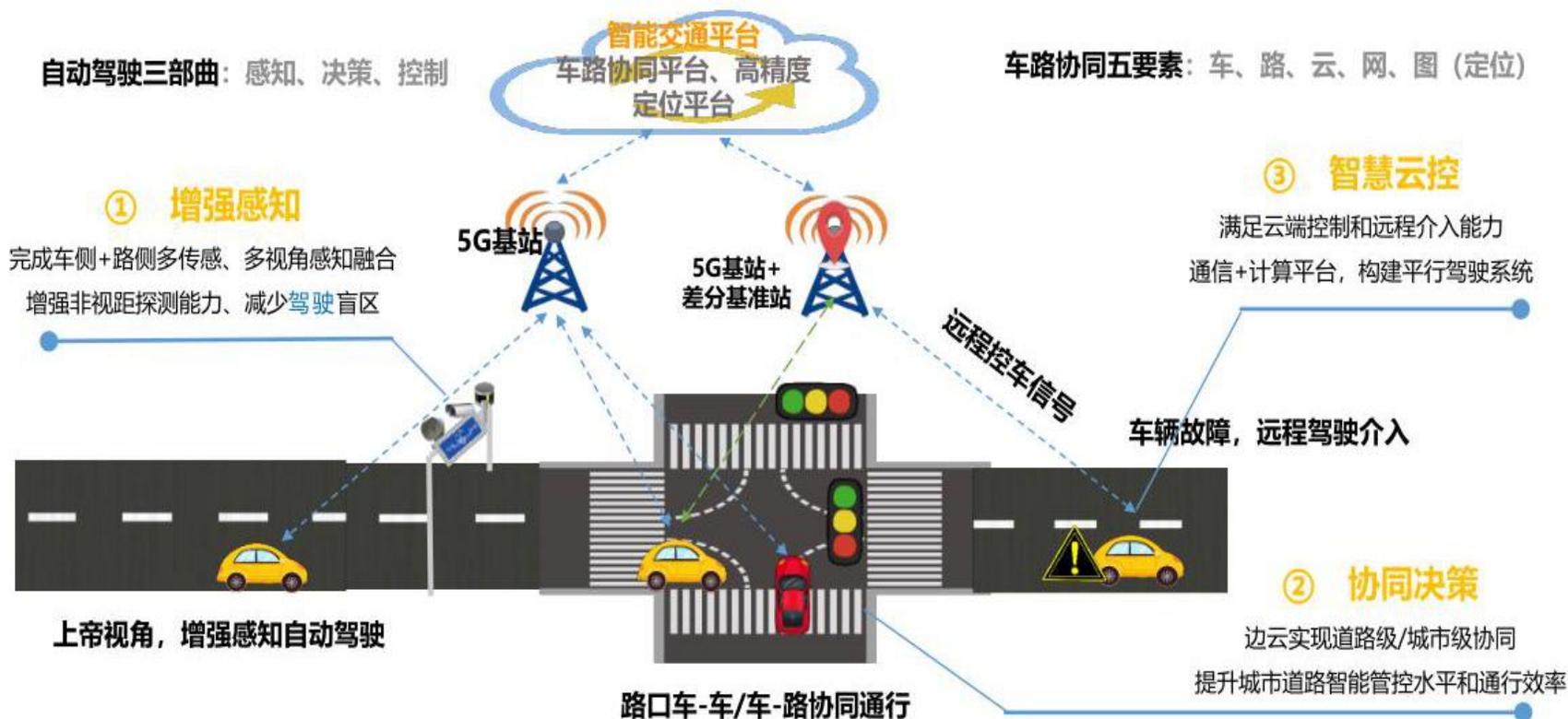
(2) 传输层，依靠各类基础网络对采集的信息数据进行传输处理，还有对传感器的控制信息数据进行反向传输，需要解决数据传输过程中的保密、防伪造、防篡改、防抵赖和抗干扰等一系列安全问题。

(3) 数据层，进行数据汇聚，通过大量数据的融合分析，产生新的知识。需要解决多类型多用户数据的安全保密及可控安全利用问题。

(4) 应用层，提供服务与控制，需要解决服务与控制信息的防篡改、防伪造、防抵赖等安全问题。

智能高精地图的发展趋势- High Perception and Control

- 自动驾驶地图将与智慧交通动态信息相互促进、相互融合。基于**5G切片网络**和**AI边缘云技术**，自动驾驶地图与智慧交通的融合将为各自领域带来新的催化剂；
- **5G+北斗+高精地图**，室内外无缝厘米级精确感知位置服务，助力场景化创新商业模式落地！



图片来源：中国移动

结束语

1. 测绘遥感技术可以多方面支持智能驾驶；
2. 智能驾驶对测绘遥感提出了高精度、高可靠性、高集成度和低成本的极高要求；
3. 测绘遥感必须与人工智能、大数据、云计算 及5G通信等技术集成融合，才能攻克技术难关；
4. 要与车端、场端、通信设备商、通讯运营商进行全产业链互动，从高精地图向智能地图发展；
5. 智能驾驶高精地图的标准、制作、实时更新与保密方法需创新；
6. 研究车路协同的智能化，才能实现智能驾驶和自动驾驶。



谢谢!

