尊敬的各位来宾大家下午好，感谢组委会的邀请，给我这个机会跟大家交流一下智能网联汽车。我今天跟大家交流的是协同式自动驾驶的未来与挑战。刚刚李骏院士的报告已经充分说明了为什么要做车路云协同，因此我的报告可以直奔主题。

我们知道，21世纪初，随着人工智能、大数据、网络技术的突破之后，带来了汽车上的一些应用，实际上20世纪末大家已经在探讨汽车智能化的方向。应该说从10年前，大家才正式提出了无人驾驶的路径。10年来，汽车智能化为我们解决交通问题、出行问题提供了非常美好的愿景，同时也看到了很多目前的局限。刚刚李骏院士的报告当中已经提到，这当中既有自动驾驶的问题、技术问题、算法问题，实际上还有基础设施的瓶颈。车和路本身就是分不开的整体，汽车的未来愿景我们说是完全自主的智能交通，或者说自我运行的交通系统，它不仅是单体智能，而是一个群体智能，架构智能，这需要智能汽车加上智慧的路，这是我跟大家报告的一个大的背景。

大家已经意识到一个问题，我们必须把车、路、云深度融合，来构建一个协同式的智能交通系统，才可以解决我们目前单车智能和传统交通管理方面的局限，真正实现一些高效、安全的交通和出行，这就是我们的愿景。实际上在车路系统这个概念上，在上世纪应该说10年一个阶段，我记得1990年，美国的车路协同系统还是一个V2I技术，通过道路路侧的信息传递来辅助驾驶。到了2000年，因为互联网的一些技术，通讯的技术进一步发达，我们已经开始考虑在更多的车载时的一些导航、消费和其他方面进行应用，但是这些还是消费级的技术，难以对车辆行驶过程进行有效控制。到2010年我们进入一个新时代，真正进入到了车路云深度协同的时代。是因为5G、V2X、人工智能、云计算、大数据一系列的技术突破，现在提出了车路云一体化的自动驾驶概念。

什么是车路云一体化概念呢？车路云协同的控制系统是云控系统，是利用新一代信息与通信技术，将人、车、路、云的物理层、信息层、应用层连为一体，进行融合感知，协同决策与控制，综合提升交通效率和行驶安全的信息物理系统，这是一个大系统，密不可分。这个架构我们称之为三层四级，这里我不做展开。  
    这个系统如何工作呢？最底层是一个物理层，有车、道路设施、基站等等，更多是我们的信息层，信息层又分为信息映射、信息融合应用，这个系统有这样几大特征。一是通过标准化通讯可以实现车路云泛在互联。二是通过车路云融合感知，可以把交通全要素在数字空间里实现实时映射。三是对于协同多应用，消除冲突真正实现全局性能优化。四是通过在这个框架下统一的计算和调度，来实现高并发的实时运行。这就是我们构想系统工作机制。基础设施架构，有上面的车、路，有底下的云，还有中间的网，这就构成了我们车路云一体化的设施架构。

近期围绕协同式自动驾驶，各个方面都已经进行了协同布局。美国CARMA是由美国联邦公路管理局领导的一项计划，旨在促进协同驾驶自动化的研究和开发，主要目的是通过自动驾驶车辆与道路基础设施的协同来改善交通状况，提高交通效率和交通安全。要开发一系列的用例、产品、标准、方法、策略来支持协同式自动驾驶，也就是智能网联测试，同时开发一些平台，来提供给工程师和研究人员，让他们在这上面工作，在这方面也有很多输出。  
    谷歌和密歇根州政府合作，在密歇根州建立了一条自动驾驶汽车走廊。图中左边的就是愿景，最下面是当下的交通，没有互联的，中间是明天的交通，马上要实现，最右下角是未来交通。马上要实现的它有一个专用的自动驾驶用的走廊，跑的车是公交车、共享车，它们具有联网自动驾驶功能。到未来交通，不仅是公共出行车辆，私家车、货车都可以在这个体系里实现运营。整个的支撑体系是物理的基础设施、数字基础设施、协调基础设施和操作基础设施。这与我们国家理解的思路和架构上是非常接近的。

欧洲提出的计划刚刚李骏院士也介绍了，我就不多做介绍了。他主要是在高速公路等典型场景下进行一些示范，定义了数字化基础设施的等级，来证明这些设施对自动驾驶车辆的效果，同时他去年也发布了到2030年的整个的发展路线图。  
    中国2016年在智能网联汽车规划当中提到了网联化分级，初步对应一下和欧洲发布的非常相似。我们这个功能早一些，另外更超前一些，就是云计算到大规模的自动驾驶、协同驾驶这一块都有相应的一些描述。可以说这是殊途同归，大家都在向着一个方向发展。同时今年11个部委联合发布了《智能汽车创新发展战略》和《新型基础设施建设规划》，提出了一系列的计划和目标，当中提出了7方向中有5个方向和我们今天的主题相关。现在智能网联汽车已经成为了国家战略，而且是重中之重。

从企业来说，百度利用他的AI人工智能技术和平台，以及地图的服务提供了一系列的解决方案，现在已经在很多城市开始布局。一个是他通过和道路设施的城市联网联控，根据车流量来控制信号灯的调控来减少拥堵。智能出租车在广州、长沙也在布局，在各个场景也在边做边测试示范。包括华为在硬件终端、云服务和车路云解决方案，在城市与高速等典型城市开始测试示范。

在全球几个大地域对自动驾驶的发展路径以及对未来的发展形势都达成了共识，很多企业也已经在起步。可以说2020年以后未来的十年是智能汽车、智能道路发展的新时代。这个发展我们一个是通过车路云的泛在互联等等的技术，可以解决一些单车感知的实现，解决多车行为冲突，实现交通群体协同运行。但是这当中有几个方面的挑战。一个是来自于车辆层面，一个是融合感知，一个是协同决策，如何把车和路联合在一起，实现实时有效的协同。另外一个是来自于交通层面，除了要提高自动驾驶汽车性能，交通方面还要解决其本身的拥堵和联合管控的问题。要实现这些愿景，技术上还面临着一个是高可靠、低延时的数据交互，这个要求非常高，问题很大。二是计算资源的开发，如何把大数据挖掘、计算和块分及时有效的输送到末端也面临着很大的挑战。

 首先我们说基础设施现在各个地方都在做基础设施建设，实际上基础设施建设我们缺乏顶层设计，应该装什么样的传感器，达到什么样的性能，什么样的密度去配置，这里面实际上是有很多未知领域的。这当中我认为有两方面的问题，一个是传感器问题，现在车载可以说验证的充分度比路侧要更高更深。一个是我们在基于图像的检测，这些历史的问题，环境的影响，事件的复杂性还有摄像头光学本身存在的局限性，这当中也有一些问题。另外，我们的车载毫米波雷达，现在都是用24G的，带宽只有250MHz，分辨率比较低，使得距离的识别误差很高，由此导致自动驾驶所需要的径向速度、方位角、俯仰角精度不足。  
  还有路侧系统的问题，你装什么样的传感器，在不同的路段，比如说直路、弯路、交叉路口应该装什么样  了传感器，什么样的配置，才可以保证无缝的观测周边环境，所以这里涉及到传感器部署方案的设计。还有传感器在具体场景当中位置的优化。而且传感器都是吊在天上的，如何进行自动化标注，这个标注耗费大量的人力、物力，调试起来又有很高的风险，这些是工程化的东西，如果说道路设施一旦铺设完毕，撤换改造是非常难的。

还有车路协同感知问题。我们车路协同的目的首先是感知，车载平台感知不到的一些超视距、超距离的状况，能够提前获知，以便于车辆进行友好规划。另外在过程当中是和云端要进行互认，因为信息安全，这个路径是非常多，计算时间非常长，这当中对大数据上了平台之后，实时性的要求也提出了不能大的挑战。

交通协同规划调控层面的问题，我们说交通拥堵是因为道路负荷过大，另外是交通事故带来的交通流的扰动，一台车坏了，一条路就堵了，另外还有道路空间本身的限制。自动驾驶或者说协同驾驶之后，效率非常高。这是波士顿咨询发布的，在自动驾驶汽车在渗透率15%和66%的对比结果，我们看到可以说是有利有弊的，但是总的是相好的。因此如何提高渗透率，在群体交通当中是一个很大的问题，要建立一种渗透率的模型。二是我们的交通纵向体系非常强，如何打破垂直体系的业务模式，实现车辆、交通管理系统、运营服务基于数据的互联互通。三是协同控制，这当中必须要建立一个车辆和交通管制系统的协同机制，使得车辆在特定场景下，可以根据交通管制的指令或者是速度来有序行驶。

 最后是高可靠低时延的数据交换。这是最近刚刚发布的对自动驾驶网络指标的要求，车辆编队要求的时延是10毫秒、远程驾驶5毫秒、高级驾驶是3毫秒、传感器共享是3毫秒，可靠性要达到99.999%。另外我们再来看一个数据，这是从路端采集一直到车端整个过程的时延，中间路端的是空口时间，一般5G是1毫秒或者是10毫秒，是指那一段。通信现在是30毫秒以下，我们在前端路侧或者是云端，因为要运算、数据清洗、分类然后再上传，这个计算时间远远大于通讯时间。时延问题要解决，通信的问题想办法通过4G提升到5G是可以解决的，而算法的时延是现在最大的问题，解决的思路一个是提高算力，一个是优化算法这是必须要解决的问题。

分级高效协同计算方面的挑战，我们说从车到路到边缘云以及中心云各个方面都有计算，现在最大的问题是在路测和边缘云，汽车是在移动的，一个是要解决时间同步的问题，只有在同一个时间坐标系当中，实现同步才可以保证分级计算的有效性，这个如何保证。当然你可以发时钟。另外一个是空间同步，这个车是在移动的，在不停的基站之间移动，如何进行基站的服务切换，同构/异构边缘运服务切换带来的业务连续性问题怎么解决，也是非常重要的，包括计算资源如何按照需要进行动态合理的分配。  
 在检测体系里也面临着挑战。一是亟待建立一套可反应车路云协同驾驶的测试环境与评价标准。这些东西不是靠开放道路可以解决的，那个效率太低，我们要尽快建立测试环境和标准。二是规划并建立一套可支持车路云协同业务开展的方针系统和服务系统，上海目前做得非常好，数据中心就应该做这个事情。

最后用几句话结束我的报告。第一，我们看到整个发展路径，从车辆驾驶的信息化往数字化在发展，下一步是智能化。这个智能化我们讲的是大智能，是车路一体系统的智能、自主的智能，这是发展的趋势。第二，对未来发展路径我也进行一个畅想，第一步要实现通过网联和有限智能来实现数字化的经营和监管。第二步是在特定区域实现网络协同驾驶服务。第三步是实现梦寐以求的自动化驾驶的愿景，这个时间表可能会比较长。  
 最后提三个建议。第一，加强新型市场主体培育。第二，推进长三角城市集群示范效应。刚刚上海、江苏、浙江长三角一体化已经有了一个联盟，我们怎么能够在城市集群之间进行有型的示范。第三，标准先行，安全可控，形成标准，实现跨区域、跨平台的数据交换机制，实现我们的产业可控、安全可控。  
 以上是我的报告谢谢大家。