大家下午好。今天我给大家带来的演讲题目叫作《阿波罗：从自动驾驶到ACE》。我的演讲分为三个部分，自动驾驶我们走到了哪里？我们为什么需要车路协同？从车路协同如何到智能交通新基建。

首先看一下自动驾驶的技术。百度过去的几年取得了很多的单车自动驾驶技术，这是我们的专利技术排名，包括在国际，去年加州平均接管公里数的排名，我们在过去四年里，迅速从追赶者的位置到了领先者的象限，也代表了外界对我们的认可。从内部来说，我们认为Robotaxi分为六个阶段，我们认为我们现在正处于第四阶段，第四阶段的末尾我们认为关键指标就是去掉安全员，或者是把安全员从车上移到远端的安全中心，要实现从第四个阶段顺利毕业，要做到三个方面即：智能、成本、安全。

智能方面，数据闭环实践，高价值数据是关键。什么是高价值？我们做的是L4级的Robotaxi，ODD是限定的，在限定的ODD范围内进行地毯式的数据搜寻是最有效果的，他比零散稀疏的采集更高效。二是传感器配置，你收集的传感器配置要和你实现自动驾驶的传感器是一致的，这样才可以最有效的训练你的模型。三是高质量的标注，我们看到机器学习、人工智能没有实现数据自闭环，没有实现自学习和无监督学习时，人工对数据的标注依然是非常重要的环节，这是我们谈数据时不可避免的话题。最后，数据处理数量和车辆的异常行为关联是非常重要的，这种场景下的数据对我们最为关键，而不是单纯靠堆积数据量就可以获得。除了真实测试的数据收集，我们认为仿真也是非常重要的数据补充。我们目前已经积累了超过2.5亿公里的仿真历程，有超过1800万个仿真场景，日行历程达到160万公里。

成本方面。我们去年发布了Apollo Lite，打造这个系统并不是说要改变多传感器的技术路线，我们是希望通过对数据能力高压强的提升，使得它可以形成一个和激光雷达相对独立，相对冗余的系统，使得我们可以降低对高性能激光雷达的依赖，比如说现在Waymo新一代的激光雷达现在非常大。相信大家看过很多自动驾驶汽车在道路上行驶的视频，而这个视频的独特之处就是我们没有用到除了视觉传感器之外的任何传感器。这当中很难的点是各个角度上，二维的图像检测的障碍物首先要进行融合，你要判断不同的摄像头看到的障碍物是不是同一个障碍物。仅仅依赖这样的一个视觉系统，我们的车就可以行驶在非常复杂的城市道路，获得一个良好的表现了。  
    仅仅有这个障碍物检测的视觉系统肯定不够，我们不可能穷举所有的没有见过的障碍物去训练模型，这个时候我们需要有一套冗余机制。这是一套通过单目恢复出来的深度图，我们进行了一个自动化的联合标注，从而选连了一个非常好的DNN网络，它可以把物体深度恢复出来，这样你看到一辆未知的车，比如说你看到一辆横着的大车，虽然你不知道它是什么，但是我知道我离它很近了，可以停下来。

安全方面。我刚刚讲到第四阶段毕业的关键是无人化。无人化的关键是需要知道我们什么时候不行了，如果说知道这一点，我们就把车交给安全员。这当中我们可以做三件事情。第一个是我们做电子电器的故障监控，这对应的是公路安全的概念。当我的计算单元出现故障时我要知道，我们用一个冗余的计算平台实时监测主系统的心跳，监测是否正常，一旦发现不正常，我们马上进入安全停车模式。第二个是系统功能表现的监控，比如说遇到一个非常近的障碍物还没有刹车，比如说车辆规划的加速度突然变得非常大，或者说定位一下子漂移，这些场景我们希望通过一些安全的硬边界规则来进行限制，一旦超出阈值，我们认为进入了非安全状态。第三个是5G云代驾，提升超出ODD的阻塞场景通行能力，目前我们在北京和长沙都在进行这样的无人化测试工作。

看了这么多自动驾驶，我们做的工作，接下来我们看看为什么还需要车路协同。我们的车路协同当前做的事情更多是V2I，是在道路上增加传感器来增加感知的冗余，弥补车端的不足。道路上安装的传感器有很多的优势，比如说上帝视角、全域感知、路面危险检测、路面突变、规避视觉盲区等等。说到车路协同，目前有很多人，包括研究的学者，包括政府的官员都在问，装了这样的设备对自动驾驶有多大帮助？实际上这并不是一个靠研究可以回答的问题，我们相信这一定要靠大规模的实践，加上理论的推演才可以进行有效回答。所以我们做了几件事情。一是我们在全国范围内部署了最大规模的车路协同车队进行协同验证。二是尽最大努力提升路侧AI的智能化，只有当我们提升到足够强的能力，和车端感知真正形成正交冗余才可以。  
 这是我们在全国数百个路口部署的多视角多传感器融合，真正的全息感知。除了部署这么多的路口，我们还部署了全国最大规模的自动驾驶车辆，我们实现了数百两自动驾驶车端与路测感知融合。

图中绿色的部分是路侧感知结果，红色的是车端感知的结果，蓝色的是融合感知结果，而红色则是盲区车，是无人车自己看不到的必须要通过路侧的感知才可以使它的看。每天我们在进行这样的融合，收集数据。有了这些数据之后，我们要做一个理论推演，车路协同对自动驾驶的增益到底是多少。未来有一天，我们认为目前的情况会发生改变，这套理论体系提出来，就是衡量真正理想情况下，车路协同对自动驾驶的帮助，简单来说我们要测量一下有V2X时发生事故的概率和没有V2X发生事故的对比，这个比值代表了收益。V2X的覆盖率参数是C，解决问题的比例是X，解决了这些问题之后可以避免相应事故的概率是P。这里有一些简单的数字计算，大概的意思是，比如说当我们单车智能可以达到人类驾驶水平的时候，有一个数字给大家作为一个参考，人类司机每10万小时出一次事故，单车智能接近人类水平时，剩下的问题大部分是因为看不见看不清看得太晚造成的，自动驾驶车当然不会有疲劳驾驶和鲁莽驾驶，而那个时候，自动驾驶车大部分都是因为感知带来的问题，而车路协同可以解决99%的问题。

而今天我们的算法只能解决60%-70%，而且希望到真正商业化的时候可以达到接近99%，这是根据我们目前技术迭代的推演得到的。因此，通过车路协同可以10-100倍的驾驶风险，无人驾驶事故率降低99%-99%。这是我们基于实践理念的推演，随着我们大部分的试验和积累，这个数据我们会不断更新，让它更加精确。  
 有了ACE系统之后，我们就有了数字基础设施的底座，这个底座把道路的交通情况、车辆、行人做了影射，或者叫数字孪生。通过数字孪生之后，通过智能驾驶和车路协同引擎可以支撑很多的应用，这个引擎是开放的，有了数字孪生能力以后可以做很多事情。因此我们提出了ACE的引擎，作为我们智能交通整个的基座。比如说，有了ACE之后，信息控制优化可以给车更多可用的道路空间。通过车路协同设备，我们在不同的车端提供了我们的网联信息，包括我们和福特合作的前装车机的网络信息提示，包括百度有一个产品也在提示，包括百度地图上都可以收到我们的网联信息提示，给驾驶员带来非常好的伴随式体验。

总结下来，智能交通价值观体现在三个方面。面向未来，我们会支持未来的AI、5G自动驾驶，我们也会兼容当下，我们会服务好当下的日常出行和交通管理。当然我们也会做好持续的开放。以上是我今天的分享。接下来请大家来看一段视频。  
（播放VCR）  
 希望用我们的努力，让在座每一位在出行当中都可以感受到车和路的智慧，谢谢大家。