



发刊词：智能交通改变未来出行

你好，欢迎来到《智能交通》这门课。我是百度公司的创始人李彦宏。

你知道，百度是做搜索起家的。过去十多年，百度也一直在大规模投入人工智能。9年前我们开始研发自动驾驶技术，做无人车。

那你可能会问，我为什么不讲人工智能、无人车，而是要讲智能交通呢？因为我觉得自动驾驶是人工智能最大的应用领域，而智能交通又是比自动驾驶大得多的一个概念。

交通是经济的脉络，文明的纽带，是既关乎经济又关乎民生的一个大问题。智能交通有四大关键参与方：人、车、路和环境。智能汽车只是智能交通里的一个关键参与方。智能交通是智能城市的重要组成部分，智能城市又是智能社会中的一个重要元素。所以说，无人车只是起点，终局是智能交通、智能城市，甚至是智能社会。

基于这样的终局思考，百度的发展方向也从自动驾驶技术研发，逐渐延伸到了智能汽车制造、车路协同、智能交通、数字城市运营，等等。目前，在全球范围内，百度都是为数不多的进行了全面布局的公司。

说回到交通。我们每个人每一天都在参与交通。交通呢，又是一个特别复杂的系统，行人、机动车、非机动车、路网、停车场、信号灯等等，这么多要素交织在一起，想要顺畅地

运转、管理好，确实不容易。

现在的城市交通系统还不够完美。你肯定也有感受，尤其是在早晚高峰的拥堵时段，在城市交通的十字路口，拥堵问题尤其严重。交通拥堵不只是耽误时间，一堵车，司机就容易加塞、抢行、违反交通规则，造成交通事故，老百姓的出行安全也就保障不了。

我跟你讲几个数据，你体会一下：在中国，36 个重点城市里，有超过 1000 万人，单程的通勤时间在 60 分钟以上。全球每年有 135 万人，死于道路交通事故；也就是说，平均每 24 秒，就有一个人交通事故中丧生。可见我们的出行效率和安全还有非常大的提升空间。

还有一个数字，你也值得关注一下。在中国，交通领域的碳排放，占全国碳排放总量的 9%，其中道路交通，在交通运输业整体碳排放当中占比高达 84%。我国要实现 2030 年碳达峰，2060 年碳中和的目标，交通不得不进行一场“绿色革命”。

你看，交通既是我们每个人日常生活中的小事，也是我们国家、全世界都关注的大事。

我再跟你讲几个数：到 2030 年，全世界将有 50 亿人会居住在城市。全球汽车保有量将由现有的 12 亿，直接翻倍达到 24 亿。在中国，超过 1000 万人口的城市将持续增长。这意味着在未来，交通拥堵、安全、碳排放等问题会越来越突出。

那么，智能交通能解决哪些问题呢？就是安全、效率和低碳。

首先说安全。我看到一个数据，大约 94% 的交通事故是人为因素导致的，包括酒驾等危险驾驶行为。在中国，酒驾、醉驾是刑事案件当中排名第一位的。还有相当大一部分交通事故，是司机开车时看手机导致的，看手机 30 秒相当于盲开 500 米。

而到了智能交通时代，自动驾驶可以完全避免类似问题的发生。波士顿咨询的一份报告说，智能汽车和共享无人出租车如果广泛应用，可以让城市街道上的汽车数量下降 60%，同时减少 90%的道路交通事故。

因为自动驾驶的车全身遍布敏锐的传感器、雷达、摄像头等等，感知上要比人类强很多，能看到人眼看不到的死角，决策速度也比人类快了许多倍。在操作执行上，机器也比人类稳定。人会疲劳，会情绪化，会危险驾驶，而机器不会。

我相信，随着自动驾驶技术越来越成熟，自动驾驶比人类驾驶更安全。无论是骑自行车的人、骑摩托车的人，还是步行的人，出行都会变得更加安全。

再说说提高通行效率，缓解拥堵。大家会认为，缓解拥堵，就是要建更多的路。这其实是不现实的，也不经济。从软件、运营层面提升通行的效率，它的实施成本和实施难度，远远低于道路扩建。因为道路建设的成本非常高，周期也非常长。

百度在河北保定、湖南长沙、北京亦庄、广州黄埔等城区的落地实践证明，通过智能的交通信号控制，可以提升 20%-30%的通行效率。比如，广州黄埔区的 6 条主干道，司机平均遇红灯的停车次数，从 3-4 次下降为 0-1 次，在开泰大道东往西的方向，实现了一路绿灯通过 12 个路口。

我再跟你讲一个国外智能交通的例子。美国新泽西州的梅多兰兹，就部署了一套自适应的交通信号控制系统。什么是自适应？就是交通管理系统需要根据当前实际的交通状况、拥堵程度，自动调节红绿灯的时长。梅多兰兹这套系统的 128 个信号灯，都是联网的，可以相互通信、协调工作。这套系统每天为 40 万辆车提供服务，可以在 15 分钟内疏散掉长达 8

公里的拥堵。

另外，一些前沿的研究也证实，自动驾驶的车可以提升通行效率。《科学》杂志 2018 年刊登的一篇文章说，在一次仿真试验中，一个 8 字形的交通场景下，14 辆车中加入 1 辆自动驾驶的车，就可以使得车流的速度翻倍。

我个人对智能交通有很乐观的期待。我认为，如果实现了智能交通，5 年之内，中国一线城市将不再需要限购限行；10 年之内，交通拥堵的问题就能得到基本解决。

最后来看碳排放问题。事实上，解决交通拥堵问题，就可以节约能源，减少空气污染，帮助实现碳达峰和碳中和。有数据显示，拥堵、停车效率低等交通问题，会让全国每年的碳排放量增加 74 万吨。我认为，大力发展车路协同和自动驾驶，建设低碳的智能出行服务体系等，可以让我们的城市更绿色。

你可以畅想一下，智能交通未来的样子：以前某条主干道经常因为车多拥堵，如果智能交通实现了，你再经过这条路的时候就不会遇到堵车，一路绿灯通行。等你到了公司楼下，车可以自己去找空余的停车位，需要用车的时候，你在手机 App 里点一下，车自己就会开出来。

像开车这样的动态交通、停车这样的静态交通，如果都管理好之后，“人畅其行，物畅其流”的未来交通愿景就实现了。

好，说完智能交通的愿景，最后我想说说百度，跟你介绍一下百度在自动驾驶、智能交通方面，有啥新的探索。

目前，百度的自动驾驶技术已经做到完全的“去安全员”了，也就是说，不需要安全员坐

在自动驾驶的车上。从 2021 年 5 月份起,在北京首钢园,你可以随时打到一台萝卜快跑“无人车”,没有驾驶员,也没有安全员。如果遇到问题,我们有 5G 云代驾远程接管,保障行驶安全。我们还制定了一个小目标:2025 年,希望将共享无人车服务扩展到 65 个城市,2030 年扩展到 100 个城市。

智能交通方面,过去几年百度和北京、广州、长沙等城市一起摸索,有了很多的落地实践,比如长沙市的智慧停车项目、保定市的智慧交管项目、广州市的智能交通新基建项目等。到目前为止,百度的智能交通解决方案已经在全国 50 多个城市落地。

而且在北京,我们有一个“亦庄模式”。亦庄开发区使用了最先进的智能交通理念和自动驾驶技术,包括车路协同、智能信控、共享无人车等等。百度还获得了无人车的商业运营牌照。这些都在一一验证,我们心目中的智能交通的未来,是切实可行的。

百度在各地探索智能交通,始终遵循一个理念,就是从自动驾驶出发的智能交通,是基于聪明的车和智能的路,把人工智能、5G 通信、云计算等技术,跟交通行业做深度融合的智能交通。

当然,我们也越来越意识到,交通这样一个复杂系统,在往智能化升级方向前进的时候,既离不开政策、产业、市场需求等方方面面的支持,同时也需要解决成本、数据安全、隐私伦理等各种各样的新问题。百度目前也在不断摸索这些新问题的新解法。

百度是一家技术公司,在 10 个百度员工里,有 6 个是搞研发的。我一直坚信,技术可以改变世界。当然了,技术只有服务于人,服务于社会,才真正有意义。我希望百度的技术能落地生根,融入到人们真实的生活场景中,为每个人生活品质的提升贡献力量。

我这个人天生喜欢新东西，喜欢挑战。我总觉得，如果能够挑战胜利，我就会进入一个更好的状态。对我们每个人和我们所生活的城市来说，智能交通就是这样一个大挑战。

大城市的限购限行还要持续多久？拥堵问题能不能彻底解决？如何将交通安全事故降低 90%？我们离无人驾驶还有多远？未来城市会是什么样子？如果你关心这些问题，欢迎你随时加入这门课。

我们下一讲见！

01 导论：车路协同为什么重要

你好，我是李彦宏，这是这门课的导论。我来跟你谈一谈百度对智能交通的思考。

在发刊词里，我谈了智能交通主要解决的三个大问题：安全、效率和低碳。也谈到了大力发展车路协同和自动驾驶，建设低碳的智能出行服务体系，可以让我们的城市更绿色。这一讲，我重点说说车路协同。

什么是车路协同？简单讲，就是车、路、人、环境之间，能够做到实时动态的交互联动。比如我在发刊词里提到的那个一路绿灯通行的场景，就是车跟路交互协同的结果。大致过程是这样的：车开到路口，路口的摄像头等设备检测到车流量、车速等信息，再把这些信息实时反馈给智能信号灯系统，系统会自动调节红绿灯的时长，让车辆快速通行。

今天我要讲的车路协同，是一个既立足长远，又兼容当下的智能交通技术方案。立足长远是说，车路协同能够解决未来自动驾驶普及的难题；兼容当下指的是，车路协同还可以解决当下存在的一些交通难题。

举个例子，比如鬼探头问题。什么是鬼探头呢？就是行人或者非机动车，从司机视野盲区里突然出现的情况。你可能也见过，在一些路口，有的外卖骑手为了赶时间，可能会违规穿过。这个时候，假设一辆私家车和它右侧的公交车都往这个路口开。等快到的时候，公交车因为能看见这个违规穿行的骑手，提前刹车了。但私家车司机因为视线被右侧的公交车遮挡，很可能骑手突然出现在跟前儿，刹车已经来不及，就会撞上。

这只是视野盲区这一个因素带来的安全风险。我再给你看一个极端天气的例子。在高速上开车的人，最害怕遇到的就是团雾。什么是团雾呢？它是一团会移动的雾气，几十米或者几百米长，秋冬季节经常出现。司机在高速路上开车，团雾会突然出现，能见度会一下子从几百米，下降到十几米甚至几米。这种情况下，司机就很容易急踩刹车，造成连环追尾。我看到一个数据说，我国高速团雾多发路段，多达 3188 个。

这些都是交通难题，现有的技术方案还没法很好地解决，大家都在找新的方法。百度作为一家技术公司，这些年跟不少城市的交通部门一起摸索和实践。我们认为，车路协同是一个能够解决这些难题的新技术方案。

具体怎么解决呢？还是来看鬼探头和团雾。

还是有人违规穿行马路，司机直行，但视线被大公交遮挡的场景。如果是在车路协同的条件下，虽然司机看不到这个人，但部署在路侧的智能设备能够感知到，就会马上给司机发出警告，司机可以立即踩刹车减速，避免事故发生。这是车内有司机的情况。将来如果路上跑的是无人车，车路协同就更加关键了。路侧智能系统可以把感知到行人的信息，在数十毫秒内传递给无人车，无人车会提前减速避让，防止事故发生。

还有团雾场景。我拿百度参与的京雄高速举个例子。京雄高速全长约 100 公里，架设了很多车路协同的设备，包括摄像头、雷达、路侧计算单元等。假设 50 公里的位置出现了团雾，那么当司机开车行驶到 10 公里位置的时候，系统就会给网联车发消息（网联车是和云端数据平台连通的车），提前告诉你团雾的位置在哪，面积有多大，预计你多长时间会接近它。如果你的车还不是网联车，目前通过百度地图也能收到相关提醒。

鬼探头、团雾，都是交通安全方面的大难题，车路协同可以很好地解决它们。除此之外，车路协同在提升交通效率方面，也能发挥很大的作用。

拿红绿灯举例子。以前路口的红绿灯时长是怎么配置的呢？得交警根据经验手动在信号机后台填写参数。比如把一天分成 10 个控制时段，早上 7 点到 9 点这个时段属于早高峰，车流量大，那就把绿灯秒数拉长，红灯秒数缩短。10 个时段都填好了，红绿灯就会按照预先设定的秒数自动运行一段时间。假设这个路口临时出现车流量变大的情况，红绿灯时长也没法及时作出调整。等到发现路口已经堵上了，交警再去修改参数，或者派人到现场去，但这么一来效率就很低。

有了车路协同，情况就不一样了。如果一个路口的红绿灯升级成智能红绿灯，它和路侧摄像头等感知设备是连通的，能随时知道路口车流量的变化、车辆排队长度等信息，有了这些信息之后，AI 智能算法就可以自动调节时长。哪个方向的车多，就适当延长绿灯时间。这就是所谓的“灯看车”的效果。现在，河北保定就应用了这样一套智能信控的方案，一些主干道的通行时间平均缩短了 20%。

好，前面我谈的，都是车路协同如何兼容当下，解决当下的交通问题。现在，我们再把眼光转移到未来。我认为，车路协同是未来智能交通最核心的解决方案。为什么这么说？

你知道，未来的智能交通离不开自动驾驶。目前在自动驾驶方面，有两条主要的技术路线，一个是单车智能，另一个就是车路协同。

单车智能，就是在车上装很多的传感设备，比如激光雷达、毫米波雷达等，目的是让车感知一切，训练汽车在极端场景下也能及时作出反应，安全驾驶。现阶段，美国的特斯拉公司和谷歌旗下的 Waymo 采取的就是这一路线。而车路协同，简单讲，它比单车智能多了路端的感知、决策系统，多了车、路、人之间的交互联动。这就让车路协同同时具备了三大优势：

首先是安全。现在的单车智能，已经可以做到绝大多数场景下的安全驾驶，但是遇到极端天气、物体遮挡等情况，单车智能很容易因为看不见、看不清而发生事故。而车路协同可以充当自动驾驶汽车的“眼睛”，帮助车辆感知视野盲区的信息。根据百度的推演，通过车路协同可以让自动驾驶事故率降低 99%。

其次是成本。目前一辆自动驾驶汽车的硬件成本在 100 万元左右。如果将部分自动驾驶功能转移到路端，既可以补齐单车智能的短板，又可以大规模的降低成本。经过我们测算，如果每辆车能够节省 1.98 万元的成本，就可以在每公里的道路上投入 100 万元的智能化改造。

最后，是推动自动驾驶的商业化落地。车路协同这个技术方案，具有独特的中国优势。中国每年在交通基础设施上的投入达到万亿元的规模，在车路协同的行业标准、核心技术、全产业链布局方面也具备优势，中国有望在全球率先实现 L4 到 L5 级自动驾驶的大规模商业化落地。

当然，也有人提出说，车路协同这个方案的落地成本很高。车路协同需要改造路端，如果要让路端变得智能，可能需要在路口架设一些智能的设备，比如低延时的摄像头、路侧计算设备等；除了硬件，软件方面也得投入，比如搞数据底座、建算法平台。这么一套搞下来，是不是要投入很多钱？而且中国那么多城市，那么多的路口和主干道，改造成本岂不是更高？

车路协同早期建设的成本肯定高。这个问题我们不用回避它。但是，交通是一个长期复杂的问题，我们不能只从资金耗费这一个角度来考虑。一个城市要想缓解拥堵，其中一种办法就是多修路或者拓宽现有的路。但无论是哪一种，都需要征地、找施工团队建设，我看到一个数据，城市道路 1 平米的造价要 2500 元，五六十公里的路段可能就需要 8 到 9 个月才能建完。

既然修路成本高、周期长，那在现有的交通系统上加更多监测设备，是不是可以提升通行效率呢？大家都这么做，就带来了新的问题。就像我们在有的地方会看到，路口的横杆上有很多摄像头，它们分属交警、公安、住建、城管等不同的部门专用。这些设备虽然收集了很多类型的数据，但是彼此之间并不连通，没有办法借助 AI 算法去做数据挖掘和分析，堵车严重了还得交警亲自到现场指挥，而且也造成了一定程度的重复建设。

车路协同一方面可以复用原先的旧设备，另一方面，它主要通过优化算法的方式来让系统更智能，这样可以节省成本。比如“灯看车”实现了之后，交警以后可能就不用去现场指挥了。而且 AI 算法会自己学习和迭代，如果 100 个关联路口都进行了智能化改造，算法就能综合这 100 个路口的车流量等要素，来优化红绿灯配时，改善整个区域的通行效率。

好，账算完了，有的城市可能也想试试车路协同这个新方案，但随之而来考虑的一个问

题是：车路协同要让车、路、人之间交互联动，需要采集大量的交通数据，有些数据会涉及公共交通、甚至是国家安全，车路协同怎么保障数据安全呢？

我的设想是通过智能交通运营商来解决这个问题。

什么是智能交通运营商？你可以类比中国移动这样的电信运营商，电信运营商负责的是一个城市通信网络的安全和稳定，为公众提供通信服务。智能交通运营商也类似，它可以作为城市交通数据的运营主体，同时也负责保障数据的安全。而且因为交通数据很敏感，它必须由政府或者国有资本主导成立，接受政府管控。现在，广州和北京亦庄已经在摸索智能交通运营商这种模式了，两个城市都分别成立了车城网科技公司和车网科技公司。我们判断，未来每个城市都将有自己的智能交通运营商。

最后总结一下，未来的城市智能交通，不仅要有“聪明的车”，还要有“智慧的路”。有了车路协同，我们未来的出行将更加高效。有了车路协同，无论是人类开车，还是自动驾驶的车，都会更加安全。

好，以上就是导论的全部内容，我们下一讲见。

1. 车路协同是车、路、人、环境之间，能够做到实时动态的交互联动。
2. 自动驾驶有两条主要的技术路线，单车智能和车路协同。相比单车智能，车路协同具备更安全、成本低、加快自动驾驶的商业化落地三大优势。
3. 车路协同也是一个兼容当下的技术方案，可以解决鬼探头、高速公路团雾等交通安全难题。
4. 车路协同的发展需要克服成本和数据安全问题。智能交通运营商是保障城市交通数据安全的一种新设想。

02 汽车：自动驾驶如何提升交通安全

你好，我是李彦宏。从这一讲开始，我会从交通中不同的场景、角色出发，跟你讲讲我

对智能交通的理解。

在发刊词里我说过，智能交通有四大关键参与方：人、车、路和环境。这一讲我就先来谈一谈汽车这个角色。

汽车是国民经济支柱产业之一。我跟你说几个数据，你感受一下：2020 年，国内汽车产业规模，包括汽车制造、保险、维修等，大约是 15.6 万亿元，而我国 GDP 的规模是 101.6 万亿元。可见，汽车产业规模之大。

在我看来，汽车产业规模大，根本原因是汽车的需求量大。我看到公安部发布的最新数字，2021 年全国汽车保有量是 3.02 亿辆，比上一年多了 2622 万辆。全国汽车保有量超过 100 万辆的城市，目前达到 79 个，其中北京、成都、重庆三个城市，已经超过了 500 万辆。

汽车一多，问题就来了。

最让人担心的就是安全问题。在发刊词中我说过，全球每年有 135 万人死于道路交通事故。在中国大约是 5-6 万。我再说一个指标，万车死亡率，就是一年的时间里头，每一万辆机动车所对应的交通事故死亡人数。中国交通的万车死亡率是 1.66，美国是 1.26，日本是 0.51，英国是 0.49。可见，中国交通安全形势非常严峻。

怎么能让我们的交通更安全？在上一讲的导论中，我主要讲了用车路协同的方式来降低交通安全事故发生率。但看远一点，未来 10-40 年，我认为自动驾驶汽车将是智能交通的关键变量，它将为解决交通安全问题提供新思路和新方案。

这里我先说明一下，自动驾驶既包括辅助驾驶，也包括人类完全交出方向盘的高级别自动驾驶。我这一讲跟你聊的，主要是高级别自动驾驶。只有它得到普及了，才能让交通安全

问题产生质的变化。

为什么这么说？在我看来，自动驾驶汽车比人类开车更安全。我知道，这听起来有点反常识。咱们还是拿数据说话。先来看两个数字：一个是美国公路安全管理局公布的，94%的交通事故是人为原因导致的，包括注意力不集中、决策失误、疲劳驾驶、醉酒驾驶等。中国公安部也公布过一个数字，人为因素造成的交通事故比例占到 90%。

如果能避免这些人为因素，不就可以将交通事故降低 90%吗？用自动驾驶代替人类驾驶，就是一种有效的方案。自动驾驶的车，比人更遵守交通规则，也不会有疲劳驾驶、醉酒驾驶等危险行为。

而且，一辆高级别自动驾驶的汽车，往往安装着二三十个摄像头、雷达等传感器。打个比方，如果说人类是用两只眼睛收集路况数据的话，那么自动驾驶汽车就相当于在用二三十只眼睛在收集数据。它的计算能力比人类大脑更强，决策速度也比人类快。

这么一来，交通事故发生概率，就可以降到极低的程度。我们做过一个测算，当自动驾驶汽车的渗透率达到 50%，也就是路上跑的车一半都是自动驾驶汽车的时候，可以减少 50%-80%的交通事故；当这个渗透率达到 100%时，可以减少 90%以上的交通事故。

听到这儿，你是不是觉得自动驾驶还挺厉害的？不过现阶段，自动驾驶完全普及还需要相当长的时间。毕竟技术成熟是一个循序渐进的过程。

我对自动驾驶完全普及这件事，是很乐观的。先不说带有自动驾驶或者辅助驾驶功能的车交付量正在快速增长。即使是自动驾驶汽车普及率很低的情况下，也会对交通安全和效率，产生极大的影响。

具体怎么发挥作用呢？就拿刹车这个动作来说吧。有个统计数据，一般司机每开一百公里，平均就会出现 12 次急刹车的行为。只要司机踩一脚刹车，后面的司机就得跟着踩刹车。这样刹车再启动的行为，一次可以传导好几公里，整个道路的通行效率就会下降。

而当车流中有了自动驾驶的汽车，通行效率就会得到明显的改善。还记得我在发刊词里说过的那个仿真实验吗？在“8”字形的道路场景当中，14 辆车中加入 1 辆自动驾驶的车，就能使平均车速提高一倍。原因是，自动驾驶汽车通过与前面的汽车之间保持缓冲，减少刹车次数，从而提升了车流的通行速度。

说到这儿，我想提醒你关注一个重要的趋势：未来，自动驾驶出租车将会取代路上人类驾驶的私家车、出租车、网约车，成为城市出行的重要工具。如果越来越多的人选择自动驾驶出租车，而不是私家车出行。那么，由于人为失误导致的交通事故、道路拥堵等，都会大幅度减少。

那我们离真正的自动驾驶有多远呢？我有一个判断，2024-2025 年，国内的自动驾驶会开始逐步进入城市道路；2027—2028 年，规模化的自动驾驶车队开始在城市运营；到 2030 年，自动驾驶车队的比例将开始提升，预计可以达到 30%—40%。你看，未来比你想象的要快。

目前，百度的自动驾驶在中国 20 多个城市试点运行。这背后离不开政府对新技术的支持。2020 年 2 月，国家发布了《智能汽车创新发展战略》，把建设中国标准智能汽车和实现智能汽车强国作为了战略目标。

你可能会问，既然国家这么支持，自动驾驶在各地跑得也很顺利，我们日常出行，什么

时候才能坐上自动驾驶的汽车呢？

难就难在日常。从技术上看，高级别自动驾驶最大的挑战就是“无人”，也就是去掉车里的驾驶员。这意味着，整个自动驾驶系统要能独立操控汽车，独立完成定位、感知、决策等动作，实现 99.9999% 的成功率目标。这些都需要系统和 AI、通信、芯片等各种先进技术的配合，挑战非常大。

另一个难点是，高级别自动驾驶，需要有全场景的数据来迭代算法。如果缺少了某些极端场景的数据，自动驾驶系统就无法作出正确的反应。重庆的黄桷湾立交就是这样一个极端场景，它是一个 5 层结构的立交桥，一共 15 条匝道。我在文中给你放了一张图，点开一看你就明白了。



图片来源：站酷海洛 Plus

针对全场景下的无人驾驶，老实说，这一点当前还做不到。全国有 500 万公里的道路，

一步登天去做无人驾驶确实不可能。我们的落地思路是，可以先从最简单的 5 万公里、10 万公里做起。在人车混行比较少、大家都比较遵守交通规则、红绿灯设置比较合理的地方，我们的自动驾驶汽车可以先跑起来，在实际运营的过程中不断积累数据，扩大服务范围，这样也能实现高级别自动驾驶的逐步普及。

除了这些动作，我们推进高级别自动驾驶技术普及，还有两个关键路径：一是前装量产，另外一个就是车路协同。

先说前装量产。你可能不知道，最早我们做自动驾驶测试车，都是买原装车来自己改造，性能上、稳定性上都远远不够。2019 年，百度和一汽红旗合作，建了一条生产线，开始做自动驾驶汽车的前装量产。

有了它，我们就能用正向设计的方式，让自动驾驶的汽车和其他汽车一样，一诞生就有平衡的硬件生态。这也让车在工厂阶段，就完成了多项整车测试。刚才说的，改装车性能不稳定的问题，也就解决了。我们也通过生产线多生产一些汽车，多申请一些牌照，在路上多跑跑。这些新的数据，就成了我们训练算法、验证系统、迭代技术的宝贵资源。

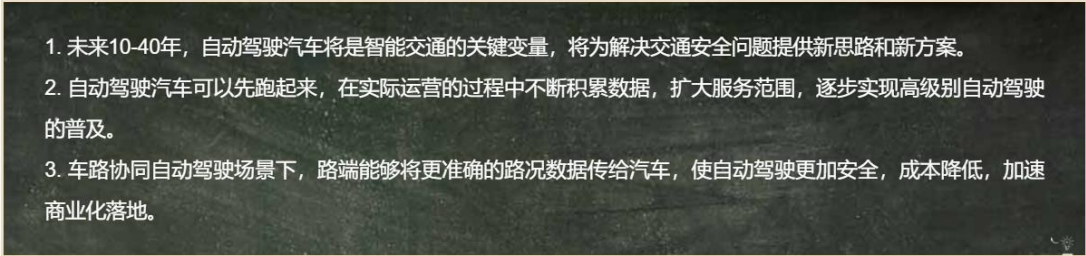
2021 年，在前装量产的基础上，百度又往前迈了一大步，成立了专门的造车公司“集度”。集度会在 2022 年 4 月，发布首款汽车机器人概念的智能电动车。我们自己下场去造车，最终的目标，还是推动自动驾驶技术的快速发展和普及。

关于车路协同，我在导论里已经专门用一讲来谈过了，用这个方案做自动驾驶，是百度坚持、并且看好的技术路线。车路协同自动驾驶，可以降低自动驾驶汽车的成本，加快商业化落地的步伐。

更重要的是，它还可以提升自动驾驶的安全性。举个例子，比如日出日落的时候，大量刺眼的阳光，会干扰人的视线，对汽车传感器来说也一样，它也分不清红绿灯了，一不留神就会发生事故。在车路协同场景下，路端这时候就会发挥作用，直接通过路端，让汽车系统知道准确的信号灯色，安全隐患也就避免了。

最后我想说，百度 2013 年决定投资自动驾驶技术的时候，就认为它是人工智能的顶级工程，将会彻底改变人类的出行和生活。到今天，这一领域的竞争已经变得空前激烈，技术也在快速迭代。每更新一代，成本大约会下降 30%—50%。当成本下降到一个阈值，就会触发自动驾驶汽车的规模化运营。我们一直希望能够尽快普及自动驾驶汽车，也相信自动驾驶汽车一定会成为未来主流的出行方式。

好，以上就是这一讲的全部内容。我们下一讲见。

- 
1. 未来10-40年，自动驾驶汽车将是智能交通的关键变量，将为解决交通安全问题提供新思路和新方案。
 2. 自动驾驶汽车可以先跑起来，在实际运营的过程中不断积累数据，扩大服务范围，逐步实现高级别自动驾驶的普及。
 3. 车路协同自动驾驶场景下，路端能够将更准确的路况数据传给汽车，使自动驾驶更加安全，成本降低，加速商业化落地。

03 信控：怎样让路口的通行更高效

你好，我是李彦宏。这一讲，我继续和你谈谈我对智能交通的思考。

我们在导论里说，智能交通要解决的难题是“怎样保障人们出行的安全和高效”。这个难题在道路交叉口展现得最充分。

来自不同方向的车辆和人群都在交叉路口汇集，让这里成了城市中大部分拥堵的源头。在交叉路口，协调各方通行的就是信号灯。随着技术的发展，智能信号灯控制成为主流趋势。

现在智能信号灯可以做到“灯看车”。它背后的智能信控系统会根据交通情况做实时响应，负责计算各个方向的通行时间。市面上所有的智能信控厂商都在朝“灯看车”这个目标努力，但很多厂商达成的效果并不好。为什么呢？主要有两个原因：

首先是，输入给智能信控系统的的数据，不准确、也不全面。

输入给智能信控系统的的数据从哪里来呢？都来自各种检测器。目前很多智能信控项目，检测到的数据有可能是不准确的。我拿车流量检测器来举个例子。最常用的就是地磁检测器，它安装在每个车道的正中间，车辆停止线的后面，一般可以铺二三十米。

那假设现在地磁检测到了 20 辆车，它把数据传给了系统，信号灯给了 40 秒的绿灯时间。但检测器不知道，其实这个路段正堵车呢，这 20 辆车后面还堵了 20 辆，但后面的那些，地磁都检测不到。这么一来，40 秒的通行时间肯定不够。你看在这个情况下，信号灯也在做智能调整，但是这条路还是要堵的。

这还只是数据不准确的问题。哪怕现在有一个摄像头，可以准确拍到完整的车流量是 40，那也还是可能造成拥堵。为什么呢？因为有些智能信控系统，不能区分交通出行者的类型。这就是单一类别的检测器，输入数据不全面的问题了。

交通流当中可不只有机动车，还有自行车、行人等，机动车和机动车也不一样，是轿车，是货车，还是公交车，这也有区分。我举个很细节的例子。货车、工程用车，这种车辆载重大，启动时间比小汽车更长。小汽车可能已经过路口了，大货车才慢悠悠启动好。那如果某个方向上密集地来了很多大货车，智能信控系统却对所有的车一视同仁，那这个路口就很可能产生拥堵。

第二个会导致“灯看车”效果不好的原因，在于系统在计算时间的时候，仅仅考虑了单个路口，而不是对某个路段、某个区域，甚至整个城市所有的路口做全盘考虑。

比如说，某个路口突发了交通事故，这个方向被堵死了。但它的上游路口还在正常放行，结果开过来的车堵满了整条街，谁也出不去。只能等交警把事故处理完，这条路才能通。目前很多主流的智能信控系统，依然还在根据单个路口的交通流来分配时间。

当然，一些比较好的智能信控系统，已经能够做到上游和下游路口的联动了，有一些还能做到连续好几个路口的联动。有个词你可能听说过，叫“绿波出行”，就是说，一条主干道上，你遇到的都是绿灯。但是我们想想，交通路网是一个网状结构，如果在高峰期间一味地追求某个方向的绿波出行，那对其他方向车流的损耗是比较大的。

好，我稍微总结一下，想让智能信控系统做到“灯看车”，及时准确地响应交通状况，有两个关键点，一个是输入的数据要准确且全面，一个是要从区域整体来考虑每个路口的时间分配。

那怎么改进这两点，协调好各个方向的通行时间呢？

首先来说数据输入的问题。我们现在用来检测交通流的设备，用了 AI 视觉技术，辅用地磁、线圈这样有限固定点位，再加上导航、车辆轨迹等互联网出行数据作为补充，希望在数字世界里，建立一个和物理世界一样的孪生世界。因为信息越精细，信控就越精准。有了这样的摄像头以及 AI 视觉技术，它能看到路口全局，会把每个方向、每个车道的车流情况都完全掌握，不会出现地磁只能检测到某一段的情况。

而且，AI 视觉技术还可以对出行者的类型进行区分。我们现在的设备可以识别车型，

是货车、是公交车，都可以区分出来。像刚刚说货车的例子，当智能信控发现这一波车辆当中有货车，就会给出更长的绿灯时间。

还有一类出行者，就是行人，非常重要，但经常被信控系统所忽略。很多人可能都碰到过这个情况，马路太宽，绿灯时间不够，每次过马路都得小跑着过。这很可能就是因为智能信控系统只考虑到了机动车，而忽略了行人。

一个好的智能信控系统，也会把行人的保障优先级提高。即使这个方向已经没有车了，但是摄像头检测到了行人，那系统会再把行人的行走速度考虑进来，计算绿灯时长，而不会直接掐断绿灯。

有了新技术，单个路口提供的数据更加准确了，也比原来多了更多的数据维度。那就要考虑更进一步的问题了。交通路网既然是一张网，不是一个个独立的点，我们就得让路口联动起来。

我举个例子。在某个十字路口的朝北方向发生了事故，智能信控系统会怎么响应呢？事故车停在那里，朝北方向根本走不了了。那系统会只留出行人通过的时间，后面排队的车再多，这个方向也不会多给绿灯时间了。更多的时间都分配给其他三个方向。

它的上游路口也会联动响应。比如系统发现，车队已经排到它的上游路口了。那上游路口直行的信号灯会变成红灯，让车辆提前一个路口做疏散。等事故处理完，朝北方向可以通行。那系统会在再次分配时间的时候，多给朝北方向一些时间，让排队的车辆快速清空。而上游路口，也会恢复正常放行的状态。

这是相对比较简单的情況，还只涉及上下游两个路口。如果情况比较复杂，比如体育馆

开了一场演唱会，结束的时候有大量的出租车聚集，需要疏散。假设体育馆周围有 10 个路口，那要把 10 个路口都考虑进来吗？智能信控系统评判的标准，不是说距离近的就一定要考虑，远的就可以忽略，而是要考虑每个路口对当前路口的关联度。

总之，智能信控是一个复杂的系统，也是当下非常切实的解决拥堵的手段。

那这样的智能信控方案效果怎么样呢？

现在我们的方案已经在保定市、长沙市等地落地了，对路口通行的安全和效率都有明显的提升。比如在长沙市，百度和当地公安局交警支队合作，打造了 176 个智能路口，项目运行 2 年以来，整个区域内的交通延误率降低了 20%，交通事故减少了 35% 以上。

我们在这方面还有更加整体性的尝试。2021 年，百度发布了 AIR 智能道路系统，预计在 2023 年，这个系统会部署超过 100 个城市、1 万多个路口。想想看，如果全国城市的路口都部署了智能道路系统，实现“城市级”的信控实时优化，缓解拥堵的效果肯定会更加显著。

刚刚我讲了智能信控如何解决路口拥堵的问题。其实要想缓解拥堵，还需要更多其他的方法一起协同。我在最后，再和你分享两种非常值得关注的智能交通管理方式，动态限速和预约出行。

先说说动态限速。很多人都觉得，车速快，通行效率就高。其实并不是这样的，在高峰时段，不做限速反而可能更容易造成拥堵。中国工程院院士郭仁忠曾经举过一个例子，当车辆通过某个信号灯的路口时，限速 30 公里每小时，它的通行效率比 40 公里每小时，甚至 60 公里每小时都要高。

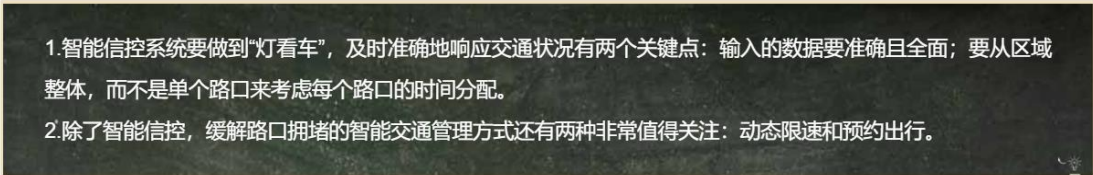
当然，每个路段的情况不一样，这个限速不一定是 30 公里每小时，但如果我们可以感

知到道路的车流量变化，让限速能实时变化，协调车流和道路之间的关系，那就能够提高道路整体的通行效率。

再说说预约出行。根据麻省理工学院的学者在特定路段的测试，当有 60% 的车辆参与预约出行，平均出行效率会提高 50%，这是非常可观的效果。

那你可能会说，如果每次出行都要预约，多麻烦呀。其实并不麻烦。每天出行者们几千万次的地图导航请求，就是一个个的预约行为。出行者什么时候出发，多长时间会到达哪个路段，那个路段到时候会有多大的流量，这些都是可以预测的。我们可以根据这些数据，为出行者规划出行，减少拥堵。

以上就是这一讲的内容，我们下一讲见。

- 
1. 智能信控系统要做到“灯看车”，及时准确地响应交通状况有两个关键点：输入的数据要准确且全面；要从区域整体，而不是单个路口来考虑每个路口的时间分配。
 2. 除了智能信控，缓解路口拥堵的智能交通管理方式还有两种非常值得关注：动态限速和预约出行。

04 地图：怎样为用户节省时间

你好，我是李彦宏。这一讲，我想从地图来聊聊我对智能交通的思考。

在中国，手机地图的用户已经超过了 7 亿人，越来越多的人出行时都会使用地图，用它来定位、查看路况、规划出行路线，等等。个人对地图的需求，大致也就是三个：导航精准、定位精准、路线时长预估刚刚好。

导航和定位精准，这个很容易理解。在路线时长预估方面，百度地图有一个还不错的新功能，叫“未来出行 ETA”，ETA 就是“通行时间智能预估系统”。我举个例子，如果你下午在

重庆弹子石老街玩,晚上 7 点约了朋友在洪崖洞吃饭,地图的未来出行就会很精准地告诉你,你过去要 36 分钟,最好 6 点 24 分出发。

我们日常的手机地图,在准确性和时效性上,已经能比较好地满足我们的需求了。但在智能交通时代,地图做到这些还远远不够。因为到那时候,路上可不只有人类司机在开车,还有自动驾驶汽车在跑。自动驾驶汽车,对信息精准度和时效性的要求会很高,否则就非常容易出事故。

举个例子,人类司机开车,要是导航提醒说,“道路前方 500 米路口左转”,人们会观察自己所处的是不是左转车道,如果不是就要观察周边的车流,在合适的时候变道。但自动驾驶汽车可没有像人一样的观察和判断能力。如果它从直行车道开到路口再左转,就很有可能跟其他车撞上。

你看,地图如果要为自动驾驶服务,就不能像传统地图一样,只提供道路级导航信息,它还得精确到每一条车道上,也就是提供车道级别导航信息。这就要用到“高精地图”。

高精地图的精准度,至少体现在两个方面:首先是在标记地图要素的位置时,精度要更高。地图要素,也就是出现在地图中的各种东西,比如道路、信号灯等。普通地图标记要素的位置,精度在 10 米上下。而高精地图的精度要达到分米,甚至厘米级。

怎么理解呢?假如你开车找一个充电桩,用普通地图导航,它告诉你目的地到了,但充电桩还在离你十米远的地方。但如果是用高精地图,导航结束时,你停车的地方,正好就是在这个充电桩面前。

其次是采集的数据维度要更全。普通地图采集的主要是道路的数据,比如路的名字、方

向、电子眼的位置等。跟普通地图相比，高精地图多了车道、防护栏、路灯、马路牙子等不同对象的数据。

此外，每个对象的各种属性，地图也得采集。拿车道来说，高精地图不仅要采集车道类型数据，也就是左转、右转、直行车道等，还得精确到车道线是虚线还是实线，是黄色还是白色，实线具体在路的什么位置，等等。

再举个例子，右转车道一般都规划在右边，但杭州的一些路口，右转车道在最左边。还有红绿灯，有些城市可能是圆的，有些会用文字或者箭头，还有的会弄成爱心的形状。这些对象，人能够轻易的感知和理解，但车不行。所以，地图未来要想精准地映射现实交通，让自动驾驶汽车也能用，难度还是挺大的。

为了克服这个难题，我们主要是让 AI 来发挥作用。比如要确定一个路牌的位置，只需要一张照片和拍摄点信息，AI 就能够推算出要素的精确坐标，既提高了效率又提高了数据的精准度。

好，说完数据精准度，我们再来看看地图更新的时效性，也就是客观世界的变化必须以最短时间体现到地图里。小到路口新装的电子眼、临时的限速指示牌，大到新规划的公交线路、新开通的城市道路，还有临时的交通管制、拥堵和事故等，这些变化，如果没有第一时间更新到地图里，就会影响出行效率和出行安全。

这些变化信息，主要靠车的定位信息和交警部门的反馈。比如使用地图导航的车辆，它实时在回传自己的位置，如果很多车都集中在某一个路段，那么这里很可能就是在拥堵。再比如某个路口发生了交通事故，车主报告交警，交警部门会把这个信息反馈给地图平台。

当然，采集到最新的信息只是第一步，第二步就是快速地处理新信息，并第一时间呈现到地图上。还是让 AI 来发挥作用：举个例子，假设政府公布消息说，北京五环要做道路改造，限速从每小时 90 公里变成 80 公里。

地图怎么实时呈现这个变化呢？我们会让智能采集车去五环路上跑一圈，每隔 10 米拍张照片，实时上传到后台数据库。有了新照片，AI 图像识别技术就会提取照片中“80”这个新的数据，然后自动比对后台的历史数据“90”。比对完之后发现，旧的数据已经不符合现实情况了，完成确认之后，“80”这个新数据就会自动更新进地图，用户就能第一时间知道这个变化。

现在，百度地图每天要处理上亿条数据，其中自动化处理的比例达到了 96%，在部分高速路和城市快速路段，交通信息的更新已经达到分钟级别。

在我看来，当高精地图的数据精度更高，信息更新也更快之后，它至少能从 3 个方面为自动驾驶汽车提供帮助：

第一，让自动驾驶汽车拥有“千里眼”。自动驾驶汽车虽然装了摄像头、雷达等很多感知设备，但监测范围最多不过 100 多米。有了给自动驾驶汽车用的高精地图，千里之外的交通状况，汽车也能提前知道，规划路线就更方便。

第二，成为自动驾驶汽车的“透视镜”。当车载感知设备受雨雪影响“看不清”道路时，高精地图能及时反馈数据，可以帮助自动驾驶汽车看清楚每一条车道线。

第三，充当自动驾驶汽车的“安全员”。高精地图能提供交通标识、地面标志、信号灯等上百个对象的精确信息，还有道路坡度、弯道曲度等详细数据，可以帮助车辆作出准确判断

和决策。

所以，要想发展自动驾驶，高精地图是必不可少的基础性支撑。目前为止，百度是国内唯一一家拥有高精地图领先技术，同时提供自动驾驶完整解决方案的公司。我们已经跟广汽、蔚来、吉利等多家车企达成了量产合作，预计到 2023 年，百度高精地图的搭载量将超过 100 万台。

未来，当越来越多汽车搭载高精地图，我们就能够清楚知道每个时刻、每个位置的车流量和车速。甚至对未来的某个时刻，路网中即将有多少辆车，它们要前往哪条路的哪个车道，也能有精准的数据。从这个维度看，地图就像未来智能交通的末梢神经，能时刻帮助城市管理者感知交通的脉搏。

这能实现什么样的效果呢？就是全局优化。全局优化相对应的概念是个体优化。你看现在的地图，主要就是为个人出行服务，它提供的导航选择，比如用时最短、收费较少、里程最少等，都是在最大化个体的收益，并不会考虑别的车要怎么开。但是，当每一辆车都只以最大化个体收益为目标时，交通系统的整体效率，反而不是最大的。

想要实现全局优化，我们不仅要通过分析城市大脑的数据，把交通整体效率的最优解给计算出来，还要通过地图，去干预每辆车的驾驶行为。

那么如何对驾驶行为进行干预呢？你可能知道老鼠希望在猫的脖子上系铃铛的故事。那么地图就是那个系在猫脖子上的铃铛。每天都有几千万人在用地图，那么城市大脑就能分析出，几点几分在某个地点大概有多少车，然后地图就可以接收来自城市大脑的指令，从全局出发为每个人规划出最优的出行路线，节省出行时间。

这就好像每一台车里都配备了一个交警，“他”可以实时指挥每一台车，按照整体交通效率最高的方式来行驶。“他”也许会告诉你：“现在开 30 迈，下一个红绿灯就可以不停了”，或者“跟前车保持 10 米的距离，你会更快到达目的地”，又或者“现在从最左车道换到次左车道，那样车速可以更快”。当有足够多的用户遵从这些建议时，交通系统的整体效率就得到了提升。

当然，要想真正实现全局最优解，只依赖地图的“软性”优化仍然不够。如果相关部门、机构、企业等一起，采取改善道路条件、错峰规划通勤时间，还有实施智能交通等“硬性”优化措施，未来的出行才会更高效。

另外，通过地图去提升交通系统的整体效率，还有一个切入点是交通事故的处理。我们平时遇到的道路拥堵，大多是因为周边发生了事故。如果说事故不能完全避免，那更快地处理事故就是减少拥堵、提升效率的关键。

在智能交通时代，大量路侧传感器可以多角度拍摄事故发生的过程，在计算机视觉和人工智能的帮助下，算法会自动判定大多数事故的责任分配，我们就可以通过地图 App 实时通知相关责任方，不必等警察来，也不必浪费时间相互争论，轻微事故甚至都不用停车。

好，总结一下，我们说，智能交通时代，地图不只要为人类司机服务，也要为自动驾驶汽车服务，所以地图对客观世界的映射必须越来越精细、越来越及时。未来，地图还能在最优路线规划、交通事故处理等很多环节参与并干预交通，帮助优化交通系统的整体效率，真正为用户出行节省时间。

以上就是这一讲的全部内容，我们下一讲见。

- 1.智能交通时代，地图不只要为人类司机服务，也要为自动驾驶汽车服务。
- 2.这种情况下，地图对客观世界的映射必须越来越精细、越来越及时，要实现厘米级精度和分钟级更新。
- 3.未来地图就像智能交通的末梢神经，能时刻帮城市管理者感知交通的脉搏，从而推进交通系统的全局优化。

05 怎样利用好车位资源

你好，我是李彦宏，这一讲我继续谈谈对智能交通的思考。

我们课程里说的很多场景，都在车水马龙的街道上。其实这些只是城市交通的一部分，是动态交通。和它相对的，是静态交通，主要说的就是停车。比如在停车场的长时间停车，路侧的临时停车，等等。

开车的人肯定遇到过停车难的问题。有统计表明，人们三分之一的开车时间都用在了寻找停车位上。这不仅损失了驾车者的时间，也是造成交通拥堵的重要原因之一。停车难，很多车主就会直接停在路边，甚至停在人行道上。这既影响行人，也影响交通。车主找车位时在路上兜圈，车速慢，就更可能导致拥堵。而且，车停不下来，还会增加碳排放。

那么智能交通怎样解决停车难的问题呢？

停车难的背后，其实是两个问题，一个是停车位够不够，一个是停车位利用得好不好。

从国家统计局发布的数据来看，到 2020 年末，我国民用汽车的保有量达到了 2.8 亿，但停车位只有 1.19 亿。而车位和车辆最合理的比例是 1.1: 1，车位要比车辆数量多才合理。这么算下来，全国停车位缺口有将近 2 亿。停车位不够，这是个现实问题。

有人会说，那我们要规划更多的停车位来解决，比如建更多的地下停车场和停车楼。但这办法实施起来比较困难。比如停车楼建在哪里？建什么规模？核心商圈的停车需求多，但

没有空间建；有空间建的地方需求又没那么多，建了也是空闲。而一个停车楼成本非常高，动辄就是上亿的投资。

而且，就算真的能建成那么多的停车楼和停车场，也可能造成城市土地资源的浪费。美国就曾经大规模地建设过停车场，我们来看看他们的情况。

20 世纪 40 年代到 70 年代，美国很多城市出台了“最低停车限制”政策。这个政策，要求新落成的建筑物周边必须要匹配一定数量的停车位。本来制定这个政策，是防止停车需求太多，阻塞了周边的交通。但也因为这个政策，美国落成了太多的停车场。到 2020 年，美国有 2.6 亿辆车，却有超过 20 亿个停车位。

而且最近几年，随着电商的普及，即使在“黑色星期五”这样的购物高峰期，很多大型商场的停车位也经常空空如也。人们的环保意识也越来越强，很多人会步行或者选择公共交通出行，导致美国大量的停车场闲置，造成城市土地资源的巨大浪费。

那么，如果先不考虑新建停车位，现有的停车位资源我们利用得好不好呢？根据行业数据，在中国只有 9% 的城市停车位，使用率在 50% 以上。你看，一边是一位难求，一边是大量车位闲置。资源错配导致了城市车位使用率的低下，也进一步加剧了城市停车难的困境。

在我看来，解决目前很多城市停车难的问题，不是要一步到位地建设增量，而是要先盘活存量，提高车位资源的利用效率。

那具体怎么提高呢？核心有两个方面，一个是全量连接，一个是精细管理。

咱们先来说全量连接。这是什么意思呢？

你可以想象这样一个场景：商场的停车位满了，但它对面就有一个公共停车场，空位特别多。但是这个停车场的信息没有被连到网上，所以很少有人知道。但怎么让人们找到它们呢？现在很多人出行都习惯了用导航，导航会告诉你目的地怎么走。解决这个问题也可以用这个思路，就是把城市里尽可能多的停车位的信息都连到网上，做全量连接，让导航引导你去车位。

注意了，导航是直接把你带到车位上，而不是只带到停车场。比如我们在长沙的智慧停车项目就是这样做的。我们逐步接入了长沙市内停车场和路侧的车位信息，再把这些车位信息实时发布到比如百度地图、车载导航，还有那些专门提供停车服务的 App 上。车主就可以通过它们，直接导航到某个停车位上。

那有人会说，万一我出门的时候看到车位还有空余，但我到了目的地，车位就满了可怎么办？车载地图或手机地图能做到自动给你推送附近的停车场信息，让你就近选择。在有些百度的试点地区，比如成都和上海的一些区域，你甚至可以付费预约车位，不用怕车位被抢占。

但只做全量连接，还不算是把已有的停车位盘活了。你可能见到过一些“僵尸车”，长期占着停车位；还有些车停得不规范，可能一辆车占了两个车位，或者小车占了大车的车位。你看这个情况，停车位倒是利用起来了，但依然算是资源浪费。所以除了全量连接之外，要盘活存量，我们还需要关注到第二个方面，精细管理。交管部门或者停车场的运营商，需要知道这个车是什么时候停进来的，停得规范不规范。

在各地合作的项目当中，做精细管理的是车位管理系统。系统通过分布在停车场里的高位视频摄像头，可以拍到每辆车进出的时间。那在处理“僵尸车”的时候，交警部门或者每家

停车场，可以给系统设定不同的临界值，设定在这里停了多少天的车就是“僵尸车”。停车时间到了临界值，信息就会被推送给交警部门，交警会联系车主进行处理。针对有的车主在路边、人行道上违法停车的情况，车位管理系统会给车主发送提示消息，比如几分钟之内不挪车，就会把你违停的信息推送给交管部门。

那这样的智慧停车管理，是怎么实现的呢？举个例子。云南省普洱市政府和百度达成合作，搭建了一个城市级路内外一体化的平台。这个平台可以向车主推荐新增、共享或临时的车位，让现有的停车位更好地被利用，同时减少因为停车而带来的拥堵。

另外，通过对交通大数据的分析，我们还可以帮助城市的决策者更好地判断，在哪里规划和建设新增停车位，让有限的城市资源，更加高效地利用起来。

那整体的效果怎么样呢？我们在云南普洱的智慧停车项目，让当地平均每天车位的周转率提高了 80%以上；违法停车和不规范停车的现象，由 30%下降到了 0.3%。原来每到节假日，普洱市城区的路边就停满了车，常常造成交通拥堵，但现在这些场景都很少出现了。

除了提高车位利用效率之外，自主泊车技术也非常值得你关注，它为解决停车难的问题提供了新思路。刚才我说过，我们开车的时间中有三分之一是用来找停车位的。通过自主泊车，这三分之一的时间完全可以省下来，因为车可以自己去找停车位。

车辆通过手机 App 召唤远程启动，可以自动开出地库来找车主。在整个行驶期间，车辆如果发现前面有车，该等的时候它会等，过弯道的时候它会自动减速；就算遇到突发情况，比如有横穿道路的行人，它也能在 0.5 秒内作出反应，并且保持至少 30 厘米的安全距离；遇到很难停的车位，人类司机可能会吃力，它却能很轻松地停进去。

百度的自主泊车解决方案,目前已经和威马、广汽、长城等汽车品牌合作,量产落地了。在北京南站、华润五彩城、翠微印象城、深圳星河 COCO Park 等,和我们合作的停车场,已经在展开实地测试,当地的车主很快就可以在这些地点亲身体验了。

总的来看,智慧停车给车主、停车管理企业、城市管理部门都带来了不同的价值。

对车主来说,智慧停车减少了停车找车的时间。对停车管理企业来说,智慧停车系统可以让车和车位的供需匹配更高效,还可以根据不同需求制定不同的收费标准,提高车位的周转率。对城市住建等部门来说,智慧停车可以让他们实时了解停车数据,通过价格杠杆,调节车和车位的供需平衡,更合理地规划建设、调配全城的停车泊位。同时,智慧停车对缓解城市的交通拥堵也可以起到积极的推动作用。

而“自主泊车+智慧停车”解决方案,还为解决“停车难”提供了新思路。车主可以享受更加轻松的停车体验,停车场的车位运营管理会更加高效。

有个词叫“还路于行”,就是把道路都归还给出行。解决停车问题,就是在还路于行,让“把车停下来”更好地为“让车跑起来”服务。更重要的是,它体现了智能交通“以人为本”的主张,以需求为导向,以用户为核心,切实提升我们每个人的出行体验。

好,以上就是这一讲的全部内容,我们下一讲见。

1. 车位资源的错配导致城市车位使用率低下,加剧了城市停车难的困境。
2. 解决车位资源错配的问题,核心有两方面: 全量连接, 尽可能把城市停车位都连接到网上, 导航直达车位; 精细管理, 车位管理系统帮忙减少违章停车、不规范停车等情况。
3. 解决停车问题, 就是在做“还路于行”, 把道路都归还给出行, 让“把车停下来”更好地为“让车跑起来”服务。

06 高速：怎样让出行更安全

你好，我是李彦宏，这一讲我继续跟你谈谈对智能交通的思考。

上一讲，我讲了交通中的痛点场景，停车。这一讲我们来看另一个场景，高速。

高速公路，在我们的交通出行中扮演了非常重要的角色。越来越多的人开车自驾游会选择走高速；甚至在很多大城市，人们日常通勤也会走高速。但是，你只要稍微回忆一下自己的经历，尤其当你是一位司机的时候，就会发现跑高速和跑城市道路的体验很不一样。

比如，堵车。城市里堵车的情况发生比较频繁，但你可以手握地图导航，不断刷新，这条路堵了就换另一条路，可以拐弯、掉头，你是有选择的。这在高速上可不行，高速路是个封闭系统，两个城市之间的高速路常常就只有一条，两个高速路的出口大多距离很远，高速路还都是单向设计，不能掉头。一旦遇上堵车，没别的路可选，只能乖乖排队。

再比如，天气变化。在城市里开车，虽然也有可能出现东边还是大晴天，西边已经开始下暴雨的情况，但总体来说天气变化不会太大，毕竟是在一定的区域里。更何况，就算是突然遇到极端天气，你也可以找个停车场先避一避，等安全了再走。这在高速上也是行不通的。从一个城市到另一个城市，区域跨度大，碰上两种截然不同天气的概率也更大。而且，车在高速行驶中，如果因为天气变化突然减速甚至停车，很可能会引发严重的交通事故。

你看，在高速路上，驾驶问题变复杂了，难度也升级了。不光对司机来说是这样，对高速管理者来说也一样。就拿事故处理来说，如果城市道路发生了事故，交通管理者接到报警电话，或者通过监控摄像头发现事故，可以立即定位地点，派人处理。

但在高速上，就不一定了。如果是偏远地段的高速路，周围环境差不多，不是山就是树，

报警人打电话也说不明白自己到底在哪里。管理人员需要让报警人找到周边的里程碑，就是一块立在护栏边上，标有数字的金属牌，上面写着编号，知道这个编号才能定位事故地点。麻烦不说，报警人在高速路上步行还是非常危险的。

可是，怎么才能在驾驶时间长、空间变化大的高速环境下，让高速公路通行更安全、通行效率更高呢？

稍作比较你就会发现，高速公路和城市道路有一个很大的不同，就是节点很少。什么叫节点？比如路口，就算是一个重要节点，可以通过在路口架设智能设备，采集充足的信息，然后把这些信息反馈到整个交通系统。五公里长的城市道路，有很多这样节点。但在高速公路上，一般情况是几公里或几十公里才有一个收费站。所以，实现智慧高速，就得让高速公路也有自己的可控的节点。

所以在智能交通的理念中，在高速的场景下思路很明确：就是增加新的智能节点，对已有的重要节点进行智能化改造，再将各个节点的信息打通连接在一起，形成一个高效运行的系统。

怎么新增智能节点呢？我拿京雄高速上的智慧灯杆来给你举个例子。这条高速路连接北京和雄安新区，全线设置了 3700 多根智慧灯杆，大概每 30 米就有一个。这种灯杆有一套自动化照明系统，可以根据路面车流量情况，天气变化情况，自动调节亮度、色温。更重要的是，智慧灯杆它不只是用来照明的，还可以和能见度检测仪、专用摄像机、路面状态检测器、边缘计算设备等智能设备联动。

你可以这么理解，每个路灯都能连接到一个云端的“智慧大脑”，它可以把自己监测到天气、路面状况等信息，通过大脑，“告诉”其他智能设备。比如，“看到”有事故发生了，它就

会通过智慧大脑，“告诉”和它关联的电子路牌，电子路牌“收到”提醒，就会显示一行字：“前方两公里处，有追尾事故发生，请小心驾驶！”沿途路上，车里的司机就能够看到了。

你看，给高速公路增加新的智能节点，路灯就不只是照明了，它还能够提供更多信息给司机，让司机了解前方的道路情况。对高速管理者来说，这个节点更重要了，以往道路上虽然有监控，就算及时监测到事故的发生，也没法及时通知临近的车辆注意安全。这就是新的智能节点带来的驾驶体验，更安全、通行效率更高。

想要让一条高速公路变成智慧高速，完全依靠新建设备成本太高，实现难度也大，对已有的重要节点进行智能化改造，是非常重要的手段。

拿监控来说，高速路的重要路段上有很多摄像头，它们将实时画面传回监控中心，高速管理人员需要守着大量的屏幕，看哪里出现问题，是不是运行通畅。不用说你也知道，这对人力消耗很大，而且那么多摄像机画面，肯定看不过来，很容易有遗漏或者出差错。也就是说，这样的监控为管理者提供的信息，都是未经筛选的信息，不够高效。

百度的做法是让 AI 技术替代重复性劳动，帮人来做信息筛选。被改造后的摄像头具备了图像识别能力，算法经过成千上万次的训练，能准确的识别出一些交通事件，比如高速路上有抛洒物，有车辆违规在高速路边停车，有事故发生了等等，然后将这些异常信息上报给管理人员。如果需要处理，就可以立即派人到现场。我们有数据显示，AI 对交通事件的判断准确率已经能达到 95%，大大提升了交通事件处置效率。

还有一个高速路上非常典型的节点，就是收费站。高速路收费站大堵车的情景，我们每个人就算没亲身经历过，至少也都在新闻里看到过，给司机乘客带去不好的体验，还严重影响整条高速公路通行效率。如果车辆到收费站，能不踩刹车就直接通行，同时还实现收费，

那拥堵问题就可以比较好的解决。

这并不是什么新理念，业内管它叫自由流收费，就是通过电子识别系统，对多条车道的车辆进行自动收费，司机就不用为了缴费减速、停车，通行效率就提升了。常见的自由流收费方式，一个是基于 ETC 的自由流收费，一个是基于北斗定位系统的自由流收费。

ETC 你可能用过，通常是建在高速收费站的匝道上，车辆上会安装一个 ETC 的设备，当车开到收费亭时，会被自动扣费，然后抬杆放行。整个过程只需要车辆稍微减速，通行速度还是很快的。

但是，在我看来，这还不是真正的自由流。相比而言，基于北斗定位系统的自由流收费模式能够让通行效率更高。它是把北斗卫星定位和云收费结合起来，实现无障碍通行和无感知支付，司机通过收费站时基本不用减速，车辆的时速甚至可达 60 公里。据测算，北斗自由流收费可以减少收费站 60% 的拥堵，至少提升 30% 高速公路效率。

好，这就是我们这一讲重点要讲的，为了提升高速的通行效率，增加新的智能节点，和对已有的重要节点进行智能化改造。其实，智慧高速还有两个方向的探索值得关注，一个是全天候通行，另一个是高速路的自动驾驶。

你肯定知道，遇到极端天气，高速公路是要封路的，这当然是为了大家的安全，但也确实影响效率。据统计，38% 的公路通行受阻是由恶劣天气造成。所以，怎样在确保安全的前提下，实现高速公路的全天候通行，是一大难题。

解决这个难题的思路，其实就是我们前面反复提到的车路协同。路侧安装智能道路设备，车内安装终端后，智能网联车辆可以实现在雨雪雾天的通行。尤其是可以解决重型货运卡车，

在恶劣天气下的通行安全问题。

美国高速公路管理局有过一个预测，高速公路车联网系统，能够减少接近 80% 的车辆碰撞事故。因此，美国在其主要货物运输廊道 I-80 州际高速公路上进行测试部署。

这在咱们国内也已经有实践案例了。2020 年，山西五盂的一条高速公路进入测试运营，这是国内第一条智能网联重载高速公路。这条测试路段覆盖隧道、桥梁、弯道、长大纵坡等各种典型的高速场景，目标就是要用车路协同的技术，提高重载货车运输效率和安全运行水平。

未来，随着高速公路智能节点的不断增加和技术提升，车路协同全天候出行会成为智慧高速公路的一种服务特征。

除了全天候通行，还有高速公路自动驾驶。在交通强国的大背景下，智慧高速的前瞻布局尤为关键。在自动驾驶的车大规模上路的前夜，智慧高速应该提前做好准备。比如，北京到雄安的京雄高速，就建起了全国首条 L2 到 L4 级别的自动驾驶专用车道。

智慧高速还在发展中，如果让我想象的话，未来每一条高速公路都拥有自己的智慧大脑，高速路上的每一个设备都可能是一个信息节点，把高速上的各类信息都采集到，汇聚在“大脑”里，进行分析、研判，形成决策，再通过电子路牌、手机应用、车载导航等各种途径反馈到路端，让高速路上的车辆都能及时了解到所需的信息。这样一来，不只是突发状况能够被很好解决，正常的驾驶体验也会变得更顺畅、更安心。

以上就是这一讲的全部内容，我们下一讲再见。

- 1.高速公路和城市道路有一个很大的不同，就是节点很少。
- 2.想要让一条高速公路变成智慧高速，完全依靠新建设备成本太高，实现难度也大，对已有的重要节点进行智能化改造，是非常重要的手段。
- 3.智慧高速还有两个方向的探索值得关注，一个是全天候通行，另一个是高速路自动驾驶。

07 MaaS：怎样实现一站式出行

你好，我是李彦宏。这一讲，我继续跟你谈谈对智能交通的思考。

前面六讲，我们一起看了智能交通当中，交通的角色和场景会发生的变化。在这门课的最后一讲，我想带你看看智能交通中的一个崭新的角色，畅想一下未来的出行方式。

先来看看今天的出行方式。跟过去相比，我们现在有网约车，有共享单车，有公交地铁。想去某个地方，打开手机地图，输入目的地，各种路线就规划出来了，是自驾还是公共交通，你可以按自己的需求进行选择。你也可以用打车软件，直接叫一辆网约车，司机按定位地点接上你，直接把你送到目的地。这已经是我们非常熟悉的日常出行方式，很方便。

不过，眼下的这些方式，有时候给人带来出行的体验，并不是很好。比如，你跟朋友约会，目的地距离比较远，正是晚高峰时间，想准时到就不能选择打车，因为很容易堵在路上。如果选择地铁，得换乘好几次不说，目的地不在地铁站旁边的话，你出了地铁还得再坐一段公交车或者打车。为了能准时赴约，你只好不停地换乘交通工具，在不同的 App 之间切换，整个过程费心、费神、费力气，好不容易和朋友碰面，好心情已经磨损掉一大半。

这种欠佳的出行体验，就是因为效率不高。如果各类交通资源都能得到高效利用，不同的交通工具做到无缝的衔接，就能减少人等待、切换的时间，让日常出行体验更加顺滑。想想看，如果你只需要提出自己的需求，所有的交通工具都围绕着自己的需求去运转，一站式为

你解决所有出行问题，这样的体验是不是很好？

但问题来了，怎么才能实现一站式的出行？通过这些年在交通领域深入观察和实践，我们已经看到了一种实现的可能性，那就是 MaaS 模式。

这是一个诞生于欧洲的理念，M-A-A-S，是 Mobility as a Service 的缩写，可以翻译成“出行即服务”。简单来说，它是一种出行服务的模式，呈现出来的就是一个平台，一个可供所有人使用的应用系统。一个城市的 MaaS 平台，会把城市里所有类型的交通工具都整合起来，数据共享，统一调度，统一支付，统一管理。

我们来看看，如果有了 MaaS 平台，我们的出行会发生什么改变。

还是前面那个准时赴约的场景。MaaS 方案可能是这样的：你要出门约会了，输入目的地，平台会提醒你，如果现在打车过去，你会迟到半小时，建议先打车到地铁站，坐一段地铁，出站后再打车。好，你确认这个方案后，一辆短程网约车就来接你了，把你送到了地铁站。进地铁站，也不用买票，平台会提醒你哪一节车厢人少有座，快到站还会提醒你准备下车。等你走出地铁站，网约车刚好开到你所在的那个出站口，一分钟都不耽误，直接把你送去目的地。你结束行程，虽然切换了三种交通工具，但是在一个平台，直接一键统一支付，效率一下子就提上来了。

这就是我想象中的未来一站式出行的样子。要达到这样的效果，MaaS 会在其中发挥关键的作用。这个平台之所以能够规划一站式出行方案，是因为它整合了很多交通工具，掌握了整个城市交通的实时运行数据，这些数据包括公交实时的线路情况、地铁闸机的刷卡次数、道路的拥挤情况、写字楼的人流量、共享单车的分布情况等等。

当然，要达到这么完美的出行，还有一段距离。不过已经有城市开始尝试了，比如芬兰的赫尔辛基，就给我们提供了一个不错的样本。赫尔辛基 2016 年开始用 MaaS 模式运行城市交通，把公交车、地铁、城郊铁路、有轨电车、轮渡、共享单车等等都打通了，票务结算全部统一。也就是说，如果你现在住在赫尔辛基，不管你出门是要坐地铁、公交，还是骑共享单车，还是三种都用，打开一个 App，买一张票，就可以了。

听到这儿，你可能会说这很简单嘛，不就是开发一个新的 App 吗？但仔细想想就会发现，要真的实现起来，可不只是做个 App 就能解决的。你想啊，打通各类交通资源这一步就很难。公共交通是政府提供的基础公共服务，共享单车、网约车，背后是商业化运营的企业。更别说公共交通还各式各样，分别属于不同部门；一个稍大点儿的城市，共享单车、网约车也有好多家企业在做，要把这些都打通，难度可想而知。打通都是问题，各个平台之间数据资源还要开放共享，就更难了。

那么，赫尔辛基能给我们提供什么参考？你应该也能想到，就是政府的大力推动。MaaS 模式的推行，整合交通资源，赫尔辛基城市的交通管理部门是背后的重要推动者。

我们能不能直接复制赫尔辛基的做法呢？同样是首都，我们可以先用北京类比一下：赫尔辛基的城区面积不到 700 平方千米，北京城区面积超过了 16000 平方千米，20 多个赫尔辛基才有一个北京大；赫尔辛基的常住人口，大约 56 万，北京市的常住人口多少？两千多万。这就不是一个数量级的。

你看，MaaS 模式能在北欧规模不大的城市里先落地，也不是很奇怪，因为问题复杂度就不是一个级别的。即便这样，赫尔辛基的 MaaS 也还只是初级阶段，用户渗透率不过 10%，行程出发点大多在市中心，或靠近市中心的部分，说明它实际运营的城市范围也比较有限。

像北京这样的超大规模城市，推行 MaaS 模式需要面临的问题多种多样，复杂度超乎想象，交通管理部门要考虑的维度肯定也非常多。

那么 MaaS 模式的最佳实践是怎样的呢？我们有一个设想。这个设想，其实我在课程导论里也跟你提过，就是未来每个城市可以考虑成立一个智能交通运营商。当时我们说，智能交通运营商这个角色，是一个城市交通数据的采集、连通和运营主体。而且，因为交通数据会涉及到公共隐私和国家安全，所以它必须由政府和国有资本主导成立。

但这只是智能交通运营商的其中一个职能。在我们的设想中，它还要承担一个职能，就是组建一个 MaaS 平台，负责打通和调配城市中不同的交通工具，为用户提供一站式出行服务。

目前，国内一些城市，已经在尝试落地 MaaS 模式了，比如广州市政府主导成立的“车城网科技”，算是国内“智能交通运营商”的雏形，为了组建 MaaS 平台，百度帮车城网科技搭建了底层的数据系统和运营系统。现阶段，车城网运营的 MaaS 平台，已经打通了百度的自动驾驶运营车队萝卜快跑，并且逐步接入广州市的公交、轻轨，还有部分企业的共享单车。除了广州，北京、上海等城市也都在积极行动。

MaaS 模式的发展离不开政府部门的支持。中国 2019 年发布的《交通强国建设纲要》已经提出，要“大力发展共享交通，打造基于移动智能终端技术的服务系统，实现出行即服务”。我们有一个设想，在政策支持的前提下，可以尝试成立一个运营商联盟，这里的运营商包括网约车企业、公共交通企业等，平台上的运力资源增加了，MaaS 也就能更好地提供一站式出行服务。当然了，运营商联盟的资质需要接受政府的监管。

好，前面我们说，MaaS 平台通过打通和统一调配各类交通资源，做到了一站式出行。

如果 Maas 模式得到普及，会让我们的出行方式发生什么改变呢？

在我看来，公共交通和共享化的出行工具，比如公交、地铁、共享无人车等，会比私家车更受老百姓的喜欢。为什么这么说？

我看到一个数据，全球的私家车，每天平均行驶不到两小时，超过 22 小时停在车位上。在早高峰或节假日，它们会造成拥堵，寸土寸金的城市，还得建造大量的停车场。如果人们未来更多选择公共交通、共享出行，拥堵问题、停车问题就会得到缓解。

赫尔辛基的 MaaS 实践也确实证明了这一点。赫尔辛基在引入 MaaS 平台后，城市私家车使用的比例，从原来的 40% 下降到 20%，公共交通的使用比例从 48% 上升到了 74%，此消彼长，人们的出行更加绿色，而且体验还提升了。

而且，自动驾驶的普及也会大大加速共享化出行的发展。根据世界经济论坛的预测，到 2040 年，53% 的自动驾驶汽车将实现共享。共享无人车，将会成为城市的主要交通方式。到那个时候，城市的 MaaS 模式探索，也会走到一个相对成熟的阶段。

好，这就是我们这门课最后一讲的内容。感谢你听到这里。

智能交通还是一个大家都在探索的前沿方向。未来我和百度的同事们，会继续在智能交通领域探索、实践。如果你也关注智能交通的最新进展，或者本身就在参与智能交通，欢迎你在下方留言区写下思考，和我一起为这门课贡献智慧。

感谢你的聆听！恭喜你学完了这门课。

1. MaaS的意思是出行即服务，它是一种新的交通理念，是一个向公共开放的应用系统，可以为城市居民提供一站式出行方案。
2. MaaS 掌握了整个城市交通的实时运行数据，把城市里所有类型的交通工具都整合起来，数据共享，统一调度，统一支付，统一管理。
3. 自动驾驶的普及会大大加速共享化出行的发展，在未来，共享无人车会成为城市主要的交通方式，同时推动MaaS模式走到一个相对成熟的阶段。