

波士顿咨询报告：自动驾驶汽车、自动驾驶出租车以及城市交通革命

在 2015 年，机器之心曾发过一篇波士顿咨询公司的报告，预告自动驾驶时代的即将来临。如今自动驾驶经过不到一年的发展，已经取得了很多的成果。最近，波士顿咨询公司发布最新报告，探讨它对未来城市交通的变革性影响。

目录

- 介绍
- 消费者
- 政策制定者
- 影响
- 塑造城市交通的未来

介绍

无人驾驶有望成为自汽车发明以来影响最为深远的技术，但其带来的最大影响不会是在高速公路上。城市才是无人驾驶汽车（SDV，也被称为自动驾驶汽车）最有可能给人们的生活、工作和出行带来更好的彻底变革的场景。我们至少能预计到会有这些好处：远为更少的事故、更低成本、更高效的交通、生产力提升和更少的污染。例如，我们的研究表明，SDV 和「自动驾驶出租车（robo-taxi）」（尤其是共享自动驾驶出租车）在市区的广泛使用可以让城市街道上的汽车数量下降 60%，尾气排放下降 80% 或更多，同时减少 90% 的道路交通事故。

SDV 在城市中的影响将会非常巨大，因为城市既是我们最大的，也是我们增长最快的人口中心。现在全世界已有一半的人类——35 亿人——生活在城市里；而到 2030 年，全世界将有三分之二的人是城市居民。城市占据了 60%-

80% 的能源消耗和全世界 70% 的温室气体排放。全世界对此有广泛认同，联合国表示：「高密度城市能带来效率提升和技术创新，同时还能降低资源和能源消耗。」联合国的「可持续发展目标——17 个目标改变我们的世界」中的 11 号目标是「可持续城市和社区」。SDV 和智能交通管理等其它技术驱动的进步将成为其中的关键。

正如 BCG 在 2015 年 4 月的一份报告（详情查阅[《波士顿咨询报告：自动驾驶时代来临前的万字忠告》](#)）中提到的那样：问题不再是 SDV 是否会上路，而是会何时上路。多方已经在致力于开发自动驾驶技术，包括 OEM、供应商、交通提供商、科技公司、学术机构、政府和监管机构等广泛领域在内，SDV 上路均呈现出快速发展势头。在各种国际汽车和消费技术展览上，越来越多的汽车制造商和科技公司都在展示着它们的 SDV 愿景，开发自动驾驶技术的玩家数量也在快速增长。几乎每天都有新的实验、试验和目标公布。例如，迪拜最近就表达了这一雄心：2030 年之前，所有出行中的 25% 将实现无人驾驶。

尽管技术发展在持续加速，但 SDV 的利益相关者也还要解决汽车上市时会出现的社会、法律和监管上的问题。决策者、规划者、企业和作为世界各地城市一份子的普通居民等城市市民都将要参与进来，因为未来的城市将围绕 SDV 技术和其它交通技术的进步而塑造，也将因此和我们现在所知的城市有很大的不同。

许多公共政策制定者已经将他们的注意力放到了自动化交通和对其潜在影响的理解上。美国运输部曾发起了一个「智慧城市挑战赛（Smart City Challenge）」，向「通过推动大胆的、数据驱动的想法使交通更安全、简单和可靠，从而提升生活质量的中型城市」资助了 4000 万美元。瑞典政府也已启动了「Drive Sweden（驾驶瑞典）」计划，这个「战略创新计划」关注的是包括自动化运输在内的新型交通模型。如果对瑞典法律的修改获得通过，那将使 SDV 测试更轻松。德国已经放松了对 SDV 测试的法律限制，只要驾驶员能接管自动控制就行。在芬兰，交通运输部正在为 SDV 测试准备一套法律框架，并且已经任命了一个工作组为必要的行动做准备。另外还有奥地利、法国、荷兰、英国和美国等其它许多司法管辖区也正处在通过 SDV 立法的过程中或已经完成了这项工作。

这份报告是 BCG 与世界经济论坛合作的成果。除非特别注明，报告中所使用的自动驾驶（self-driving）、自动（autonomous）、和 SDV 等术语是指完全自动驾驶（fully self-driving vehicles）汽车。自动驾驶出租车（robo-taxi）这一术语是指能与任意数量占有人先后或同时共享的 SDV。

关于这份报告

波士顿咨询公司（BCG）和世界经济论坛一直在合作一个项目，关注自动驾驶载具对新型城市交通的塑造。该项目早期阶段对全世界消费者、城市官员、政策制定者进行了持续研究。他们的意见和观点构成了本报告的基础。

包含柏林、伦敦和新加坡在内的 56 个焦点小组的定性研究旨在揭示与 SDV 有关的自发性态度、注意和担忧，也为定量研究提供了信息。这项 SDV 领域迄今为止规模最大的专门调查，涉及全球 10 个国家 27 个城市，5,500 名消费者，这 10 个国家分别为：中国、法国、德国、印度、日本、荷兰、新加坡、阿拉伯联合酋长国、英国和美国。

我们也考虑了城市的重点和难题，以及 SDV 和相关交通模型的潜在角色，并与 25 位政策制定者探讨了这些主题，其中包括市长、交通部门的负责人和 12 个城市的交通创新团队成员，这些城市为：阿姆斯特丹、迪拜、杜塞尔多夫、哥森堡、格拉茨、赫尔辛基、迈阿密、米尔顿凯恩斯、纽约、匹兹堡、新加坡和多伦多。

在后面的章节中，我们将呈现城市语境中消费者和政策制定者对 SDV 的看法。我们也将变化的采纳动态和城市政策的基础上，分析 SDV 对城市区域产生影响的四种可能情形。每一种可能情形将如何出现——到哪种程度时，城市能够收获自动化运输带来的好处——很大程度上，这将取决于未来一二十年，公共部门和私营部门众多参与者的协作程度和速度。

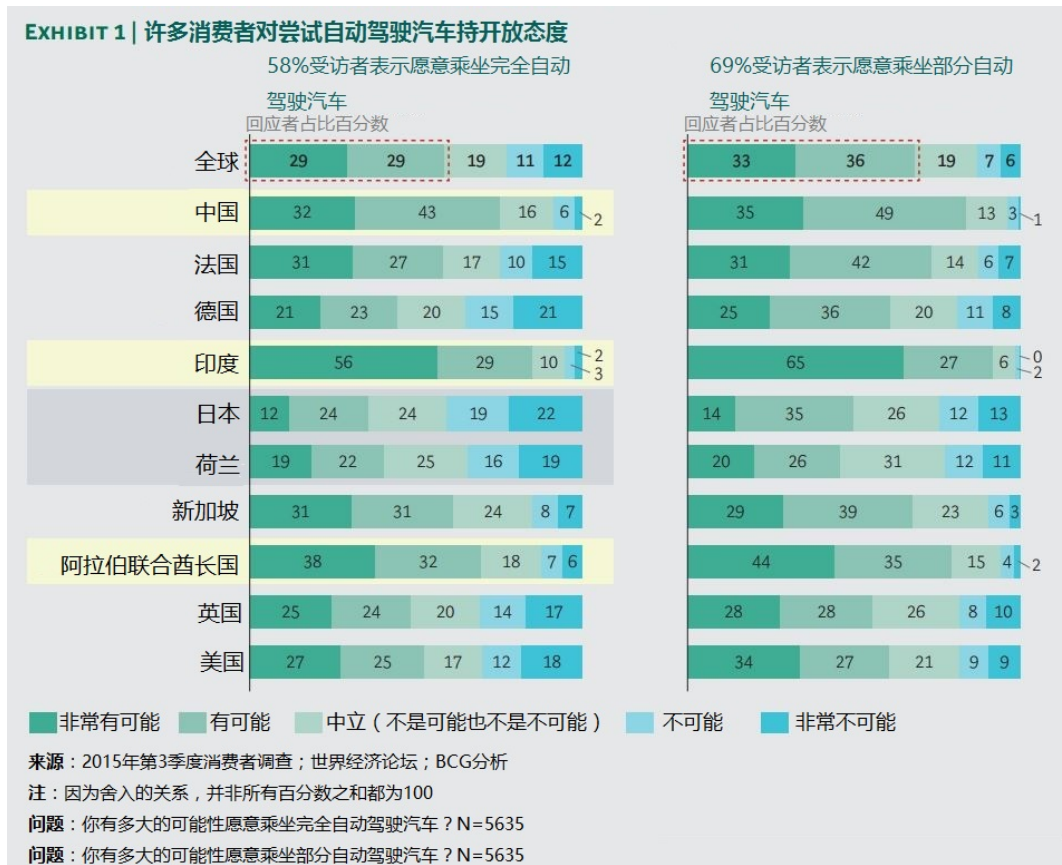
消费者：对 SDV 跃跃欲试

无人驾驶载具的一个潜在障碍——消费者对自动驾驶汽车的接受程度——会随着日常体验和逐渐熟悉，变得越来越小。2015 年，波士顿咨询集团和世界经

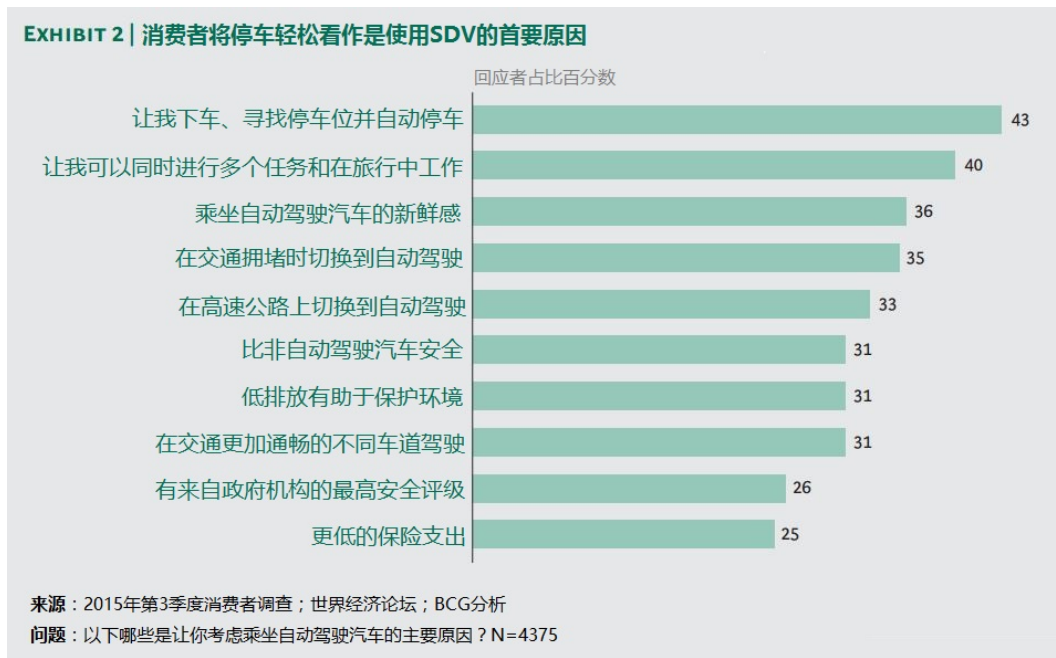
济论坛对 10 个国家 27 个城市中超过 5,500 位消费者进行了定量与定性的调查——迄今为止，规专门针对自动驾驶、规模最大的调查。从纽约到加尔各答，从柏林到北京，出人意料的是，消费者们极为了解 SDV 以及它们的潜在优势，总体来说，他们很愿意进行尝试。

1.多数人准备乘坐

总体来说，58% 的调查对象表示他们愿意乘坐 SDV，69% 表示他们愿意乘坐部分自动驾驶汽车。（见 Exhibit1。）年轻消费者意愿最高——29 岁及以下的调查对象中 63% 的人愿意乘坐 SDV，51 岁及以上的调查对象中，仅有 46% 的人愿意。这是我们预计 SDV 接受度会逐渐增长的原因之一。在囊括了全球 100 个最大城市中半数的亚洲，准备乘坐的消费者最多。例如，印度和中国消费者的意愿很高：分别有 85% 和 75% 的调查对象表示准备乘坐 SDV。近来，严重的交通拥堵，欠发达的交通基础设施，以及事故高发率导致这些国家的城市消费者对 SDV 的显著优势抱有希望。日本、荷兰以及德国城市的消费者最为保守（分别为 36%，41% 以及 44%）。



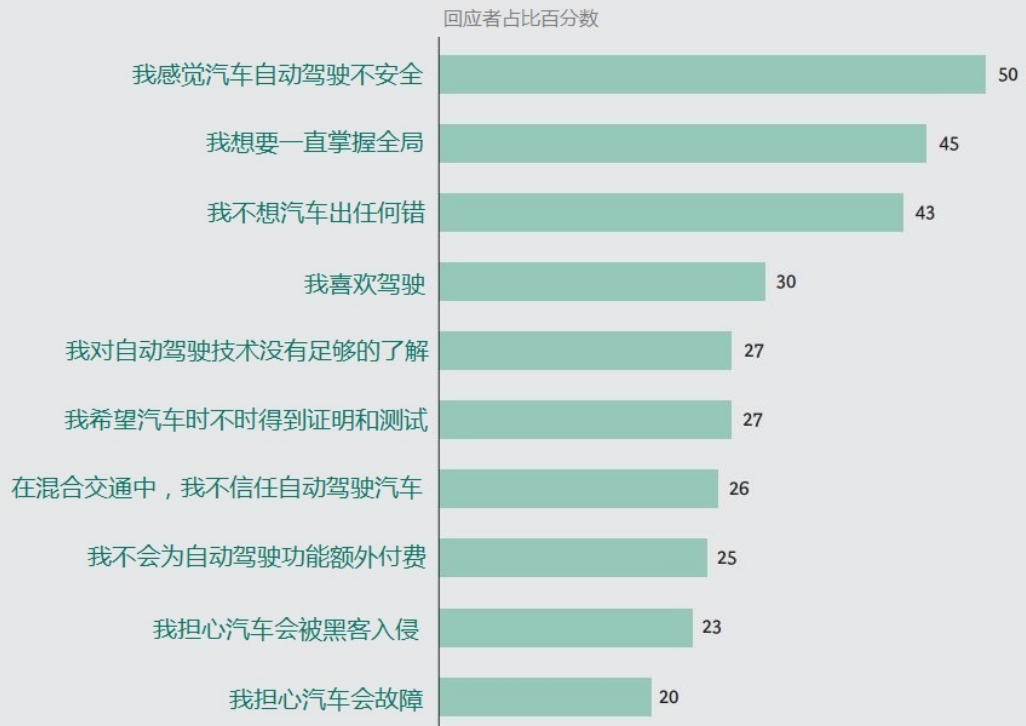
消费者们喜爱便利，而 SDV 最大的魅力在于无需寻找停车位。超过四成消费者表示使用 SDV 的首要原因是它「在我下车后，能够自己找到停车点停车。」（见 Exhibit2。）其他的魅力包括：多任务运行，或在旅行时更加高效，SDV 十足新鲜感，以及在堵车时能切换到自动驾驶模式的功能。



消费者们很快找到了 SDV 的几种可能用途：为老年人或其他无法驾车的人群提供代步选择；充当移动办公室，乘客就能承受更长的通勤时间；便利化或者接管诸如接送小孩、跑腿之类的日常任务。

消费者们也有担忧，安全问题高居榜首。最近一些自动驾驶汽车事故的新闻也加重了这一担忧，例如，公路驾驶仪失误导致的首例死亡事故。半数消费者表示，「如果车辆是无人驾驶，会感到不安。」（见 Exhibit3。）只有 35% 的父母愿意让小孩独自乘坐自动驾驶汽车，在荷兰这一数字降到了 12%，在英国为 17%，在新加坡为 21%。45% 的驾驶员想要「时时刻刻掌控汽车」，30% 的驾驶员不愿意放弃驾驶这一他们喜爱的活动。

EXHIBIT 3 | 对SDV的安全的担忧是主要障碍



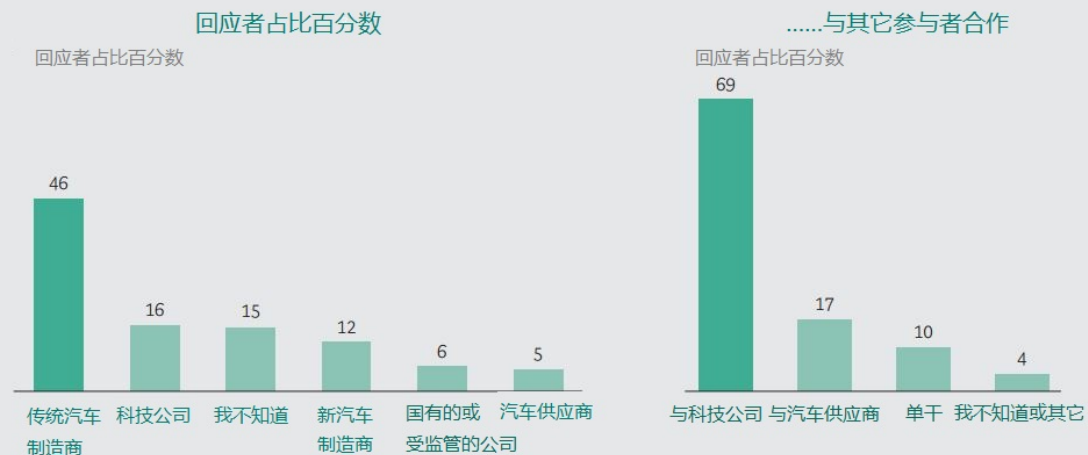
来源：2015年第3季度消费者调查；世界经济论坛；BCG分析

问题：如果你不可能/非常不可能乘坐完全自动驾驶汽车，会是以下哪些原因？N=1260

2.消费们希望汽车制造商们来制造电力或混合动力 SDV

这一调查结果对汽车产业来说，是个好消息。消费者们希望由现有的汽车制造商而不是科技公司什么的来制造 SDV。（见 Exhibit4。）大约 50% 的调查对象将汽车制造商列为理想的 SDV 制造者，尽管他们中约有 70% 认为，汽车制造商应当与科技公司合作。

EXHIBIT 4 | 当前的汽车制造商是最受欢迎的SDV生产者



来源：2015年第3季度消费者调查；世界经济论坛；BCG分析

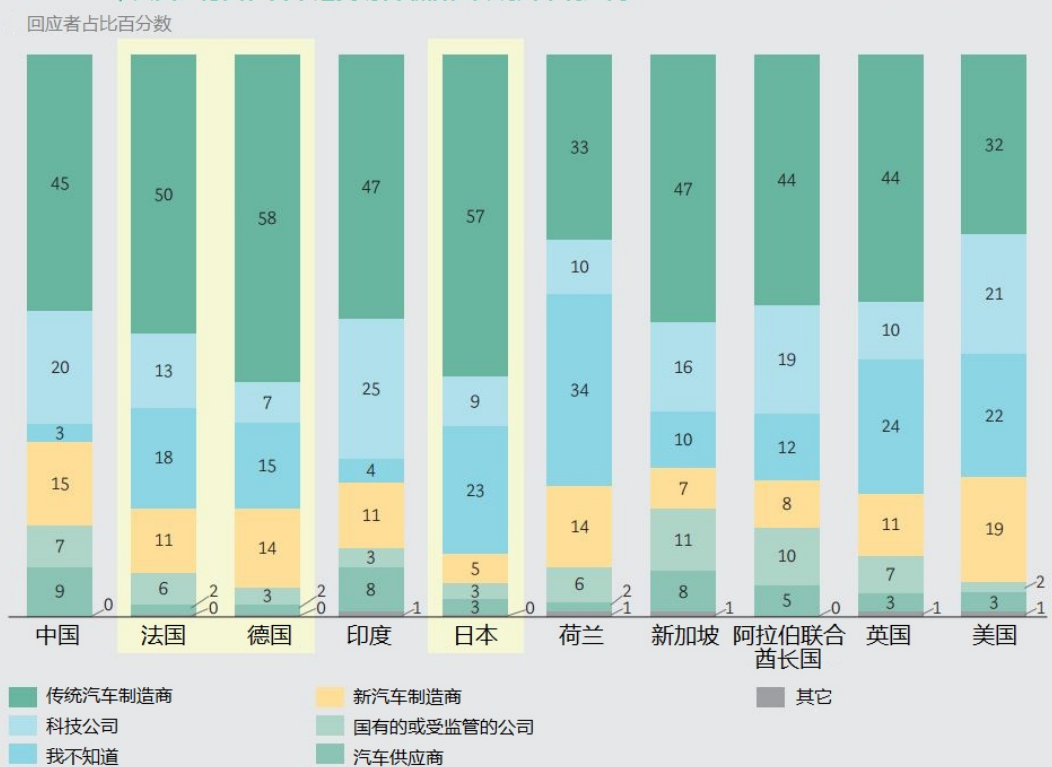
问题：什么类型的企业会是自动驾驶汽车最好的制造商？N=5635

问题：传统汽车制造商应该和哪种企业合作生产自动驾驶汽车？N=2579

消费者们一面期望汽车公司生产出可靠、高质量且安全的汽车，一面认为科技公司应当注入它们的专业知识。苹果与谷歌是众望所归；一批科技创业公司也在期望名单中。

在 SDV 的问题上，最信赖传统汽车制造商的消费者们位于法国、德国和日本。（见 Exhibit5。）印度、美国、中国的消费者们最希望科技公司成为整个 SDV 的理想制造商。原因可能是，科技产业在这些经济体中处于重要、显著地位。例如，谷歌正在奥斯汀，德克萨斯和加州山景城进行测试，美国消费者们已经接触到了大量媒体和企业报告。

EXHIBIT 5 | 法国、德国和日本是受访者最信任传统汽车制造商

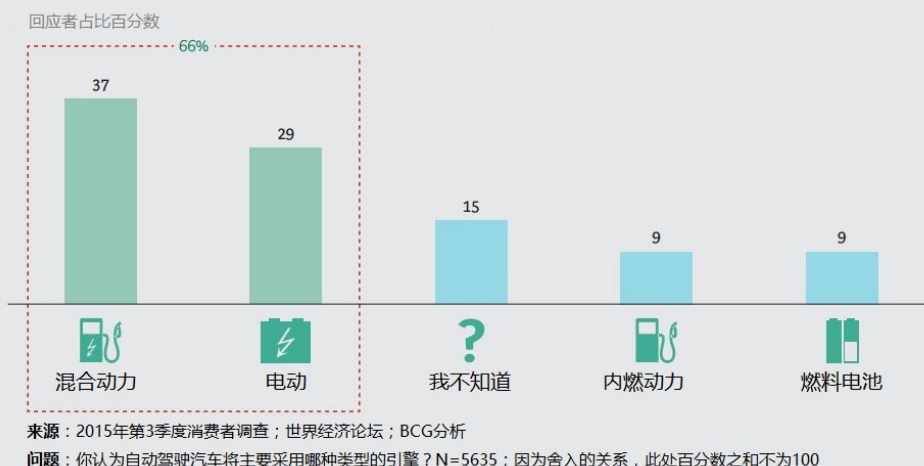


来源：2015年第3季度消费者调查；世界经济论坛；BCG分析

问题：什么类型的企业会是自动驾驶汽车最好的制造商？N=5635；因为舍入的关系，并非所有百分数之和都为100

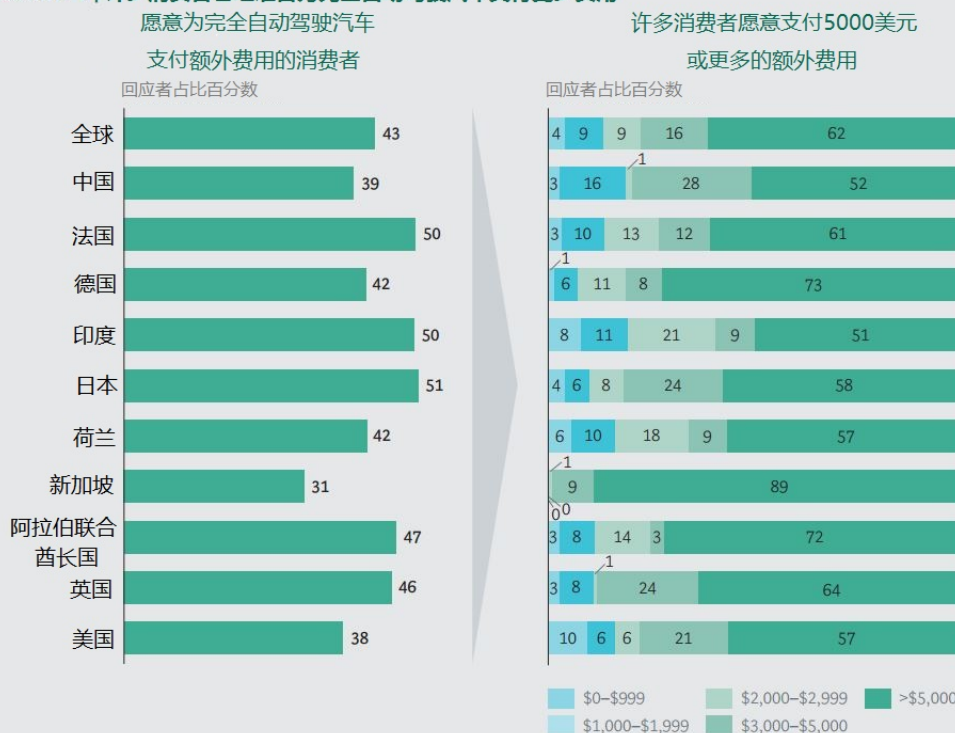
尽管极少数消费者曾亲眼见过 SDV，但是，他们对 SDV 如何有别于传统汽车的预期，相当独特。拿发动机来说，超过 35% 的消费者们预计 SDV 将采用混合动力，另有 29% 的人认为 SDV 将采用电力。（见 Exhibit6。）只有 9% 的消费者期待自动驾驶汽车将采用便捷的内燃机。这些预期在各个国家大体一致。

EXHIBIT 6 | 大部分消费者预计SDV将会是电动的或混合动力



大部分人——往往是相当一大部分人——愿意为一辆 SDV 支付 5,000 美元或更多的额外费用。（见 Exhibit7。）事实上，消费者们用了一个合理商业案例来解释额外费用：如果我拥有一辆 SDV，就能住在距多城市很远的地方。这意味着我将省去其他方面的开销，诸如房租、停车费（既然它能自动停靠在距我很远的地方）和事故保险（既然 SDV 驾驶起来更为安全）。

EXHIBIT 7 | 许多消费者已经准备为完全自动驾驶汽车支付更多费用



值得注意的是，经过计算发现，汽车制造商需要收取 6,500 美元的额外费用，至少是最初用于制造一辆 SDV 的费用，而消费者们 5,000 美元的起点费用与它很接近。

3. 针对拼车的复杂感受

一车一司机的问题已经困扰城市决策者们多年，尽管五花八门的解决办法——诸如大载客量车辆车道以及高峰拥堵收费——取得了微弱成果，但他们的整体效果仍旧不明显。如果 SDV 意在显著影响城市生活，拼车必须要被提上日程。更少的汽车、更短的行车里程将会减少尾气排放，并腾出更多地理空间用于其他用途。

尽管很多城市的人们已经拼乘出租车——类似于 uberPOOL 和 Lyft Line 的服务成功提供了拼车省钱的方法——消费者，尤其是女性消费者，与总体上对 SDV 的态度相比，她们对此想法的热情较低。在我们的调查中，37% 的消费者表示他们可能会与陌生人拼乘自动驾驶出租车。这一比例在女性中为 33%。拼车在亚洲市场（中国、印度和新加坡）受到的阻力最小，在这里非正式的，临时的出租车拼车行为相对普遍，而在欧洲市场（英国、德国和法国）受到的阻力最大。然而，就 SDV 总体而言，存在着年代分歧——45% 的 30 岁以下消费者愿意拼乘出租车，相比而言，50 岁以上的消费者只有 22% 的人愿意——这一分歧在 Uber 用户中也大致存在。不过，不情愿并不意味着拒绝。拼车意愿随着价格上涨而猛烈攀升。在二者费用相同的情况下，与花费 20 美元乘坐传统出租车相比，只有 11% 的消费者倾向于拼乘自动驾驶出租车。当价格便宜了 50% 时，有 37% 的消费者愿意花 10 美元乘坐自动驾驶出租车——当价格便宜 75% 时，52% 的消费者愿意花 5 美元乘坐自动驾驶出租车。此外，诸如玻璃隔板，摄像头等其他安全功能有助于减少消费者的安全及隐私顾虑，并提高他们的拼车意愿。

政策制定者：在城市中开放 SDV

当涉及到城市环境和 SDV 时，有两个主要问题：在现今城市的转变过程中，这些车辆到底会有多大破坏力？在城市交通和宜居性方面，城市政府该如何利用自动化技术实现更广泛的目标？

SDV 会对城市中和消费者生活中的所有交通方式产生深远影响，这一看法是很合理的，尤其在出行共享广泛流行的情况下。我们对于城市政策制定者的调查表明，很多人都意识到了潜在的社会效益，但仍有待于以实际的方式把这些列入到他们的交通运输规划中。

1.城市运输的政策目标

城市政策制定者希望城市居所具备现成的安全性和可负担的流动性。这个目标可能是难以实现的。行人和自行车安全的保障在很多城市都是一个不小的挑战，最常见的那些减少事故和死亡的措施 - 强力的法律，提升安全意识的活动，严格的执法，还有先进的基础设施，都难以实现普遍有效性。与这些措施相比，先进的辅助驾驶系统 - 更长远来看就是 SDV，能为提供更为有效的提升道路安全的手段。

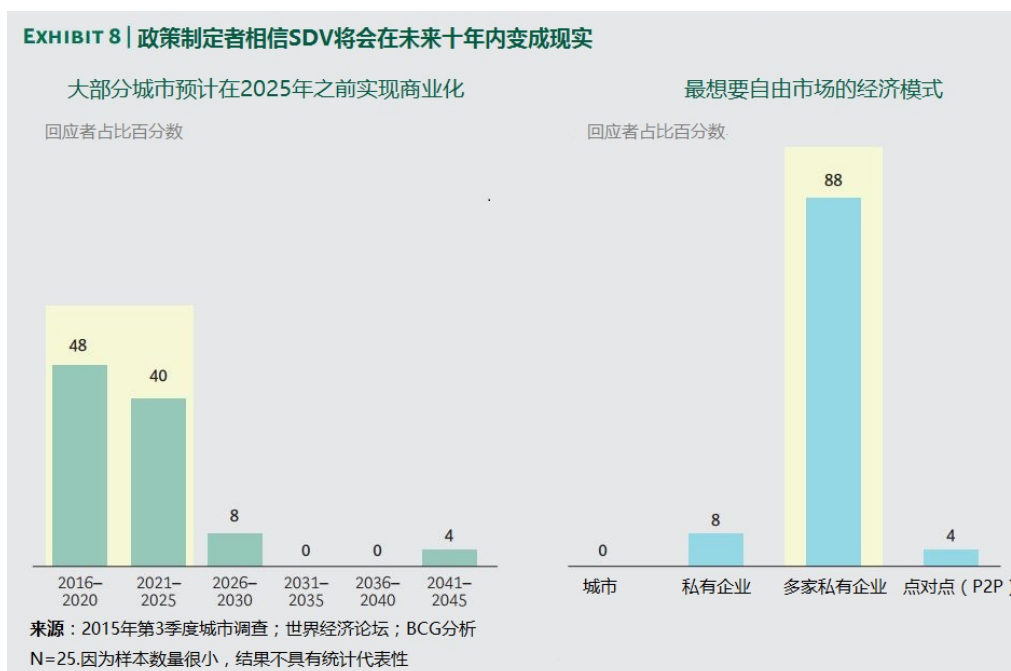
政策制定者做了大量努力，寻找合适的运输模式。大多数我们采访的城市官员都谈到：计划把更多道路空间分配给步行人群，自行车和公共交通工具，并且鼓励新的交通模式，比如共享汽车，电子交通，共享自行车。伦敦的自行车超级高速路网络就是将这种想法付诸实践的一个例子。绝大多数城市仍没有积极限制私人汽车（虽然有些城市采取了拥堵和高峰期收费策略），但也不鼓励。正如一位欧洲交通主管所说，「我们不会试图把城市中的汽车排除法律之外，我们是想创造其他的交通模式，比如自行车和公交工具，并不会影响便捷性。」我们采访的城市制定者中，有 60% 预计到 2025 年，至少有一个城市会废除传统汽车所有权，部分归因于新出现的共享 - 自动化 - 交通模式。而另外 24% 认为，这将会在 2030 年发生。有些城市则更加激进：奥斯陆最近宣布到了 2020 年禁止私人汽车的决定，以减少一半的温室气体排放。

城市政策制定者想让所有社会阶层都能公平获取可负担的交通服务，无论他们在哪里工作和居住。为了达到这个目标，向人口不那么密集的区域扩展更多的运输服务似乎是必要的。政策制定者们讨论着如何为市民解决「最后一英里问题」，把他们从家里或办公室送往最近的公共交通点。对于居住在城郊的人，最后一英里会是个真正的难题，因为那里距离公共交通点可能很远。通过扩张公共交通网络的方式来解决这个问题，如增加线路和运载量，用更频繁的发车次数和更方便的出行来改善乘客体验，在很多情况下很难获得财政支持，因为利用率通常都很低。

增强交通效率，减少拥堵，降低汽车引擎排放带来的空气污染，这些也是城市政府的重要任务。SDV，尤其是自动驾驶出租车队也许能促进城市最终实现这些目标。

2.高期待和担忧并存

很多城市政策制定者看到了 SDV 的重要价值，并打算积极推动它的实施。在我们采访的 25 位政策制定者中，只有两位不认为它会带来潜在的收益，并表示出对其的担忧。将近 90%的人都说，预计第一批城市共享 SDV 车队会于 2025 年上路，但没有几个城市真的采取具体措施，把 SDV 加入到交通规划中。（参见 Exhibit8）



政策制定者预见到了采用 SDV，自动驾驶出租车，特别是共享 SDV 车队，会为个人和社会都带来一系列好处。（见 Exhibit9）这些好处包括了很多上面提到的优先事项，提升道路安全，交通服务的公平享有，降低成本和污染。很多政策制定者对于提高交通运输的可获取性尤为兴奋。他们相信 SDV（包括汽车，多乘客豆荚车，和小型巴士）为最后一英里提供了专门的解决方案，尤其对于郊区和人口密度较低的地区，而且还提供了更多公共运输选项。自动驾驶出租车队也能给老年人，孩童和残疾人提供更好的交通服务。



同时政策制定者也提出了他们对基于 SDV 的交通概念的一些担忧：

- 对公共运输的影响。政策制定者虽然愿意看到自动驾驶出租车（robo-taxi）解决最后一英里（last-mile）的问题，他们同时也担忧，SDV 和它带来的便捷会成为整个通勤路线上一种更高级的模式从而减少现有公共运输工具的使用。在那些有着亟待维护的大型且昂贵的公共运输基础设施的城市，这种忧虑显得尤为突出。
- 城市扩张。政策制定者也担心城市持续扩张的风险。SDV 提供了一种更方便，潜在成本更低的运输方式，人们可能会搬到距离城市中心的工作

场所更远的地方，这会给现有的城市规划带来重大影响，同时也会影响到单个车辆戴姆勒（Daimler）的行驶距离。

- 财政风险。很多城市的财政收入都来自燃料税收，停车收费和其他与车辆相关的收费项目。SDV 将会侵蚀这些财政收入来源，除非政府找到从自动驾驶出租车队以及相关基础设施中获得收益的办法，比如对站点收费。
- 经费。为确保 SDV 运输的安全和可靠，并最大化社会效益，城市可能需要建立一些虚拟和实体的基础设施，那么这些由谁来买单呢？政府，私人产业的各个成员和消费者需要对新的收费和税收模式达成一致，同样还有支付这些花费的公共 - 私人基金结构。在之前的报道中，我们估计要为一个城市配置一亿个带有智能交通管理系统的居所，需要的基础设施经费投入将高达五十亿美元。
- 隐私和数据所有权保护。自动驾驶出租车革命中一个重要的部分就是关于收集和使用消费者交通的相关数据。那么，谁拥有这些数据呢？城市如何保护这些数据不受网络攻击呢？在使用这些数据改善运输管理的同时，城市又该如何保护市民的隐私呢？

总而言之，在城市政策制定者眼中，SDV 带来的潜在效益超过了风险和忧虑。而且他们意识到为了收获这些效益，需要新的商业和城市运输模式。

3.为交通生态系统打基础

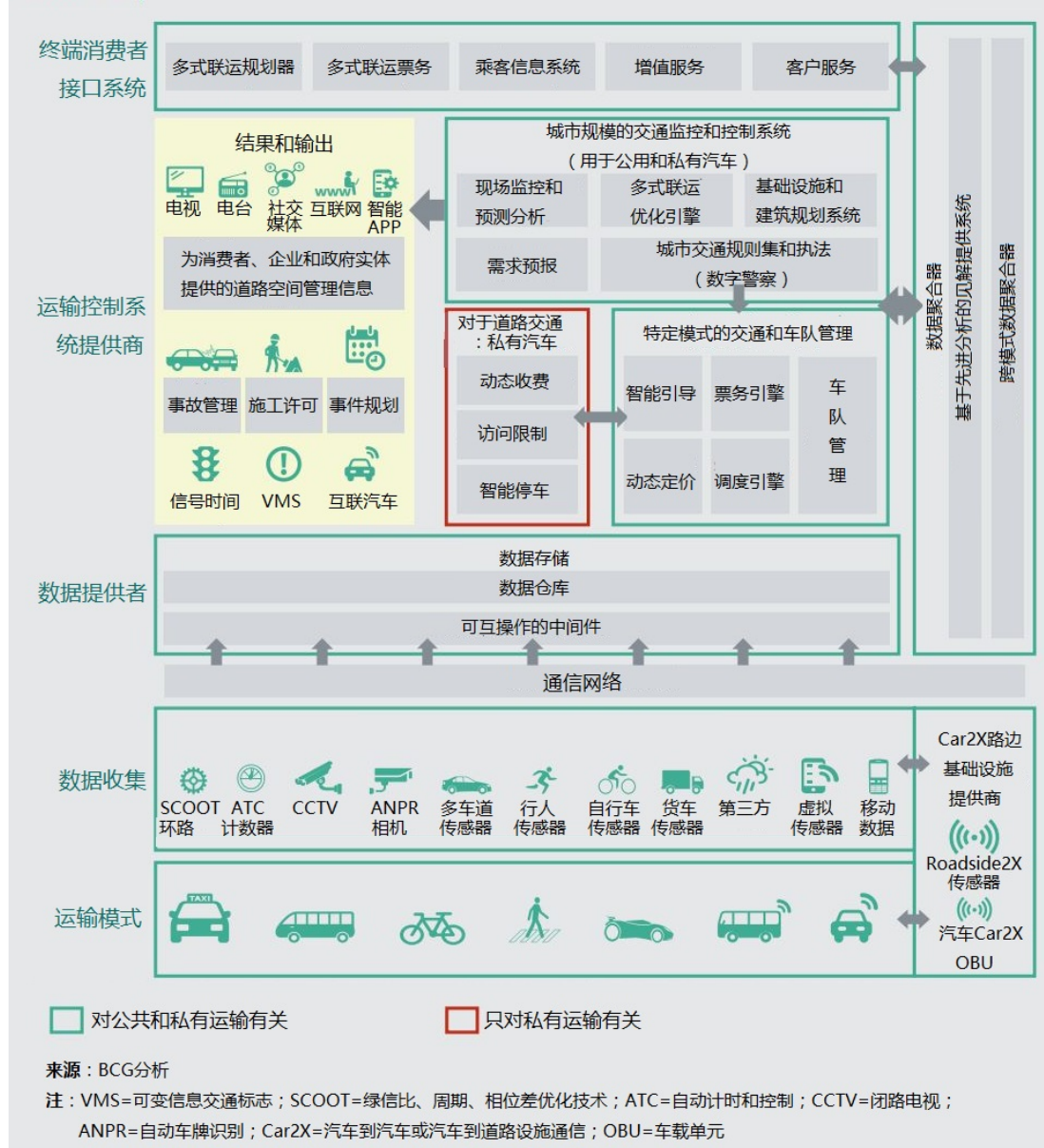
很多公共和私人部门的参与者已经在为包含 SDV 和自动驾驶出租车在内的联合运输系统打基础了。私人部门的一个实例是 Moovel——戴姆勒（Daimler）的一个附属产品。德国有五个地区可以使用 Moovel，包括，斯图加特（Stuttgart），慕尼黑（Munich），鲁尔区（Ruhr）。这个旅行计划软件集成了各种用户选择，包括私人汽车，共享汽车，出租车，以及公共交通工具。除了规划行程和选择出行方式以外，用户还可以通过这个平台付费。

在赫尔辛基，公共部门和私营机构从 2015 年就开始合作，共同开发并实现一个作为服务的端对端交通（MaaS）模式概念。MaaS 的核心是个性化的交通服务计划。MaaS 就像一个调度员，把各个运输服务供应商都集中起来，并且为用户提供了一种基于「一张票原则」的单一交通应用。用户不用再单独购公

交车票或支付出租车费用，他们只需要购买一张流动车票，这张车票绑定了满足他们个人需要的实用出行计划。比如说，用户每月支付 100 欧元的费用，用户可以无限制地乘坐公共交通工具，在有限次数内乘坐出租车，并且在一定距离或一段规定时长内使用租车服务。

大部分城市政策制定者把自己看作是自动化运输发展的促进者，而私人部门则引领着实际的发展进步。他们期望提供不同出行服务的自动驾驶出租车队之间的竞争能够使得私营市场进化，而且他们意识到自己作为政策制定者不太可能有效的管理这样一个市场。原因之一就是，他们的决策制定过程进度太慢，无法满足快速进步的技术，而另一方面，通过促进相关基础设施（例如收费站、交通运输协议和系统）的建设，他们在 SDV 的发展中发挥更有效的作用，为技术的测试铺路，并取得公众的支持。由于 SDV 最终会成为大型集成流动生态系统中的一个组成部分，这些政策制定者也看到他们的一个重要任务就是：制定自动驾驶出租车，收集、分析，以及为计划目的利用流动数据的有关规则（见 Exhibit10）。

EXHIBIT 10 | 城市交通管理系统将帮助控制和引导SDV



没人认为私人汽车所有权会完全消失。政策制定者想鼓励公众使用共享型SDV，但他们不会强制执行。他们期望用一系列手段把私人汽车的使用变得不那么有吸引力，比如说，增加泊车费用，或利用更激进的拥堵收费策略。很多官员对于SDV在他们的城市中扮演的角色都很谨慎，一位官员说道，「在我们选择立场之前要更充分的了解它们对城市的影响。」另一位表示「我们想在自己城市尝试之前，先看看其他城市实行的效果。」

影响场景：这场革命将会有多大

当然，没有人能预测未来。但自动驾驶技术正在飞速发展。它的影响是深远的、复杂的以及多层面的。它会对多方造成影响，包括消费者、汽车产业、科技产业、政府、政策制定者以及城市规划者。如果只是为了开始理解并规划取得成功的途径，观察未来是有必要的

作为我们研究 SDV 影响的一部分，BCG 和世界经济论坛开发出了城市未来的四个场景（见 Exhibit11）。这些都是非常清晰的假设。

EXHIBIT 11 未来城市交通可能有不同的形式			
	主要所有权模式	城市政策	描述
<div>1</div> <div>自动驾驶的高档车</div> 	个人的汽车所有权	没有主要的城市参与	SDV实施已有的交通提供方式 • 消费者像对传统汽车一样拥有和使用SDV • EV共享增长
<div>2</div> <div>SDV主宰街道</div> 	个人的汽车所有权	城市推动SDV	SDV代替大部分传统汽车 • 私有SDV代替大部分传统汽车和一些公交选择 • EV共享增长
<div>3</div> <div>自动驾驶出租车接管</div> 	交通提供商的车队所有权	城市采取措施抑制个人汽车所有权并推动EV和SDV	电动SDV出租车成为主要的交通选择 • 个人汽车在城市中变得稀少；市民使用共享的电动出租车；SDV取代一些公交车
<div>4</div> <div>驾乘共享革命</div> 	交通提供商的车队所有权	城市采取措施抑制个人汽车所有权并推动EV和SDV	驾乘共享电动SDV出租车成为主要的交通选择 • 个人汽车在城市中变得稀少；自动驾驶的电动出租车驾乘共享；大部分公交车被取代

来源：世界经济论坛；corpor8; BCG分析
注：EV=电动汽车

场景一：自动驾驶的高档车

想象类似于如今任何大城市的一个城市。在 2030 年，人们仍然使用汽车、出租车、自行车、摩托车以及公共交通。城市非常繁忙，拥堵司空见惯，城市的

大部分空间都用在了断断续续的街道停车上。除了使用传统的交通方式，拥有高档 SDV 的人也在增多。确实，该城市中每卖出四辆新车，一辆就是自动驾驶的。价格是自驾汽车普及的障碍。十辆 SDV 中有一辆由私人共享，也就是说，比如过去一家中有两辆汽车，如今只有一辆。这是由于自动驾驶汽车的能力可满足全家的出行需求。其他的自动汽车技术也在发展。售卖的汽车中三分之一是电动的。作为出租车的电动汽车（EV）的售卖份额也更高了。该城市鼓励使用电动汽车作为出租车，而且每年出售的新出租车中的 90% 是电动的。

在此场景中，尽管城市生活的变化比其他地方发生变化受到更多限制（Exhibit12 图片未能显示），但也存在许多来自 SDV、替代型能源公交和共享行为带来的重大效益。

由于只有一小部分的新型 SDV 被共享，因而城市车辆也仅减少了一小部分（大约 1%）。感谢零排放的电动汽车较高的分享率，尾气排放量减少了 9%。另外相较于传统汽车，内燃机式 SDV 预计将为车主节约 20% 的燃料。我们假定 SDV 将通过匀速驾驶、更好线路的选择以及更平滑的刹车和加速来提高燃料使用效率。尽管体系中的车辆有轻微减少，但可利用的停车空间并没有增加，因为所释放的空间现已用作电动汽车的充电站。

对城市来说最积极的收益就是交通事故的减少。尤其是拥有连通性的自动驾驶技术，能大大减少事故和伤亡。由于目前 90% 的交通事故是由人为错误造成，因此在此场景中，即使预见中等程度的 SDVs 采用率，也会降低这个数字。

场景二：SDV 主宰街道

在这个场景中，城市在设计其交通架构上扮演更积极的角色。它鼓励 SDV 和电动公交的使用。10 年内 SDV 的使用率将上升到私家车和出租车的 60% 左右。十分之一的 SDV 由多人共享，城市车辆的总数下降了 8%。（见 Exhibit 13。）

EXHIBIT 13 | 场景二：SDV主宰街道



更有野心的城市政策将取得更大的社会效益。尾气排放几乎下降了 25%，专用停车空间缩小了 5%。SDV 的高共享行为意味着 55% 或更少事故发生率，这一进步会间接的、更进一步的节约医院这样的场所。

场景三：自动驾驶出租车接管

现在我们假定城市推行拥有私家车约束措施（例如一项禁止性的私家车税收，甚至一道彻底的私家车禁令），主要是为了使自动驾驶型出租车成为机动运输的主要方式。那么最大的变化就是车辆数目将减少接近 50%，这是人们在大多情况下使用共享的汽车而非私家车的结果。因为大多数的出租车为电驱动，排放量将大幅减少（大约减少了 80%）。此外事故发生率将减少到几乎 90%，释放大约 40% 的停车空间，而且城市可以将节约下来的场地用于人员流动和货物运输的其他方式（例如更多更宽敞的自行车车道）——或者简单地作为公共休闲区域。（见 Exhibit14。）

EXHIBIT 14 | 场景三：自动驾驶出租车接管



然而这里有一点需要权衡：车辆行驶总里程增加了。我们假定部分原因是一些人从大容量公交转向低入座率的 SDV，因为它更便捷且具有更好的站到站服务。另外，在空驾的情况下，SDV 比私用汽车能够行驶更远路程。（类似现在的出租车，SDV 将空车接客，把他/她送达到目的地后再空车接上另一位客人。一个 SDV 可能还会在空车时寻找位于市中心之外的停车位。）

我们预计这多出的总行程会高达 50%。（目前纽约的出租车空载时间预计为司机驾驶时间的 40%。）如果未来城市中共享的 SDV 车队不是电驱动的，即使 SDV 比传统汽车拥有更好的燃油经济性，其尾气排放总量也可能会增加。

这个预估数字还没有计入由于 SDV 更多的使用所导致的额外行程的增加。便捷性的提高或许会导致大量的人将 SDV 做为跑腿工具，而非选择步行或者骑车，例如去取几个街区之外的干洗衣物，或者用于其他目。再者，共享式 SDV 车队的可使用性可能会触发新群体的需求：儿童、老人和残障人士可能会将 SDV 出行作为替代公共交通的迷人选项，而且它比驾驶汽车容易多了。如果价格足够吸引人，可能还会被低收入群体广泛使用。

总之，分享式 SDV 车队或许会降低城市中的车辆总数，却不能有效降低高峰时段的行车数量。我们希望在大多数城市中，网络影响是积极的，尽管这些变化——例如更高吞吐量、更少的瓶颈路段和交通事故的减少——可能大多来自于街道通行效率方面的进步，而不是单单地车辆数目或城市通行里程的减少。

场景四：驾乘共享革命

这是与现状相关的最具变革性的场景，为消费者行为和城市政策带来了最多的效益与改变。城市能为共乘行为和 SDV 的使用提供激励机制，从而进一步减少传统汽车的数量。此时的自动驾驶汽车平均载有 2 名乘客，而这一数字在场景三中仅被估计为 1.2（我们将其作为传统汽车平均入座率的基准）。潜在收益是巨大的。除了场景三中所实现的排放量减少及道路安全性的提高外，城市通行总里程也将大大减少，因为几乎所有通行过程都是共享的（见 Exhibit15）。另外停车空间已经增加，共乘在任何时间段都能释放大量街道空间，并进一步减少提供同样出行所需要的车辆。交通效率提高了，且车辆减少为目前的近 60%。另外选择共乘的消费者的成本可能会低很多。未来城市开始成形。



融合场景：巨大影响

我们的分析清晰表明，如果 SDV 与共乘、电动汽车相结合，社会潜在收益将是巨大的。如果城市想要降低尾气排放量，一个由内燃型向电动型转变的新能源公交车是很有潜力的，而市区的共乘方式对于车辆的减少也是必不可少的。自动驾驶能力是实现道路安全重大进展的关键。

这三个因素——共享、自动驾驶和电动——彼此相互加强从而促进技术快速落地。自动驾驶使得车辆分享更容易，且由于它的使用率比私家车更高，共享汽车适于使用电动引擎。事实上，它或许更易说服消费者使用电动汽车作为共享式流动车队的一部分，而不是让他们购买车辆——尤其是广泛实现了快速充电的基础设施建设之后（城市中对于 SDV 的使用扩张会加速这一进程）。而且正如我们的研究所表明的，消费者已经在期待电动型 SDV 了。

几件事情需要明确一下。首先所有场景都不会完全再现上文所描述的内容，其次每个城市都会尝试属于自己的路线，会有许多种不同的试验（可能还有些错误），这将对消费者、产业和城市的领导者提出不同的要求。

塑造城市交通的未来

城市中 SDV 的部署，连同自动驾驶计程车的发展与商业化以及共乘制度的推广涉及到多方利益，需要共同合作，进行相关实验。这一进展的前提是城市交通生态系统的每一个参与者——包括政策制定者、私企以及消费者——必须愿意接受并尝试新思路。

1. 建立一个综合的城市道路图

从城市角度来看，我们相信 SDV 的总体收益会超出投入。城市需要开始思考如何收获这些果实了，同时还要考虑解决发展自动驾驶交通在内的综合交通规划所面临的挑战。我们列出了一张问题列表，聚焦于交通生态系统、城市策略制定、社会接受度、经济等主题，问题如下：

交通生态系统

- 自动驾驶交通在更为广泛的城市交通规划中扮演什么样的角色？
- 在城市环境中，SDV 理想的运行模式和所有制结构是什么？
- SDV 该如何与其他交通方式联系起来，特别是公共交通？
- 城市应该如何使用流动性数据进行交通规划与管理？

城市政策制定

- 评测以及鼓励大众以一种期望的速度采纳 SDV 的正确政策与工具是什么？
- 城市应该要求实行 SDV，从而限制尾气排放吗？
- 城市如何提供奖励机制鼓励（或授权）共乘、共享车辆，从而获取 SDV 的最大收益？

社会接受度

- 城市如何控制其对出租车这样的传统交通模式的颠覆，以及对就业和劳动力产生的关联影响？
- 城市如何收集、共享、保护市民的流动性数据？
- 城市如何帮助大众习惯 SDV？

经济

- 城市如何为新型的机动模式以及必要的（非自驾）SDV 基础设施的发展提供资金、管理和鼓励机制上的支持？
- 城市如何调整税收模式，降低他们对汽车相关税收的依赖性？

每一个城市都将需要优化自己的机动模式，并在最佳解决自身面临的挑战与痛点之间进行权衡。一般而言，为市民提供优越的机动性，交通规划应该是多模式的，并且结合所有可用解决方案的优点。政策制定者可能也发现了他们需要重新考虑交通规划以及投资周期的进程。提前 30 年进行规划不再是可行的或明智的。

新加坡就是不断实验与采纳新技术的一个例子。几年来，新加坡的政府已经实验并采用了对私家车的金钱或非金钱的抑制机制，包括要求配额许可证（一个获得津贴的许可证）、车辆出入收费、控制停车场的可用性以及价格。新加坡想要实现一系列的目标：减少拥堵，特别是在高峰时期；改善交通便利性；通过减少对专业司机的需求减缓劳工荒状况；进一步降低对私家车的依赖；改善安全性；提供更多的交通选择。

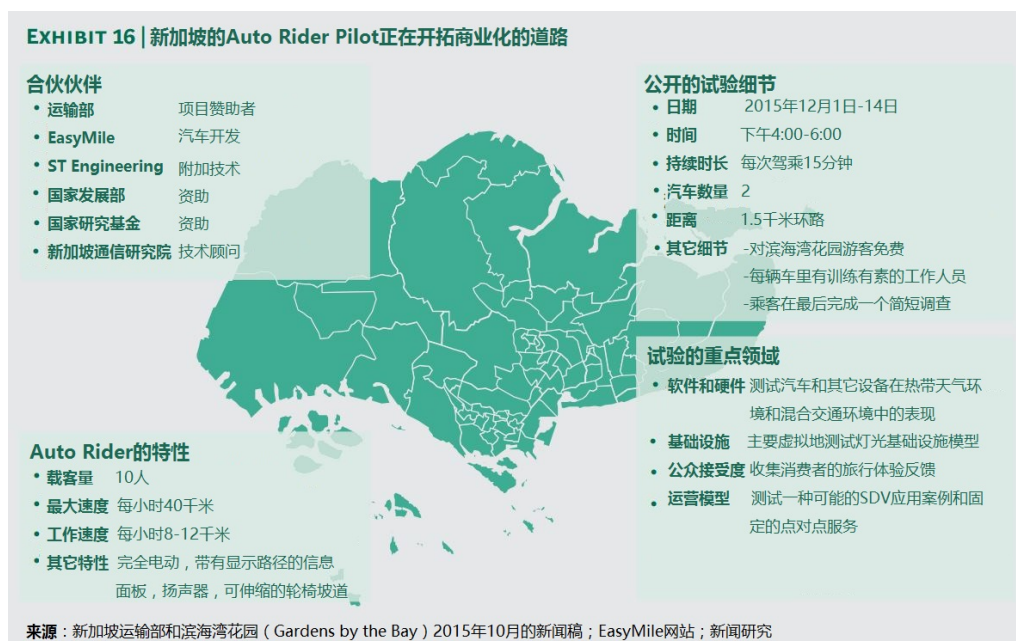
新加坡交通系统的核心是公共交通，该城市打算用 SDV 完善它而非取代它。新加坡的志向是到 2025 年，高峰时期 75% 的出行由公共交通方式承担。

在 2014 年 8 月，新加坡政府建立了 新加坡自动驾驶道路交通委员会（CARTS），围绕四大路径指导 SDV 的发展：

- 固定路线：固定城市内与城市间的公共交通线路与日程。
- 点到点运输：为点到点出行和短程出行提供按需的机车共享服务。
- 货运：自动卡车车队进行货物交付。
- 公共设施运行：多用途车进行道路清洁、垃圾收集以及植物喷水。

四大试验活动要么已经在进行，要么在计划中。这些东西将帮助塑造满足城市需求的交通概念，也为如何使用这一技术重新设计城市环境提供了洞见：

- 私营部门主导着 SDV 原型的发展，包括北部一区域中的汽车到基础设施合作系统（vehicle-to-infrastructure cooperative systems）。
- 在 Bay 城区进行自驾班车的测试（见 Exhibit 16）。
- 自动卡车的三年测试，包括在西岸高速之间两个间距 10 千米的港口上的测试。
- 在圣淘沙岛上进行了为期两年的点到点自驾班车测试，能通过智能手机呼叫班车。



如同新加坡，其他城市也将需要开发自己的道路地图，进行新技术与交通解决方案的融合。

2. 私营部门的灵活性以及合作

普遍的采纳 SDV 之路看起来充满坎坷。普遍使用无人驾驶汽车进行共享，可能意味着提供同样量的出行会需要更少的汽车，这些汽车将会被更为集中的利用，缩短取代周期以及减少继续售卖汽车造成的燃油耗费。此外，每个城市将采用自有的独特方式，这对原始设备制造商、科技公司以及基础设施公司意味着多样的机会与需求。

汽车之间以及与环境（例如，建筑、道路、交通信号、桥梁、隧道）之间进行沟通的标准与规则需要开发出来，而且各方相关利益者需要达成协议。补充 SDV 技术的汽车到汽车以及汽车到基础设施的利益交流也要进行进一步的评估与测试。这些可能会使用电力，型号、内部设计以及占用的空间都会有所不同。为了参与进来，汽车制造商已经准备投资新交通方式的提供者。通用汽车以及 Lyft 最近宣布计划在 2017 年路测一组自驾电动出租车队。丰田投资了 Uber。在新加坡，MIT 衍生出的创业公司 nuTonomy 计划在 2016 年底实验自动驾驶出租车。

城市也将注意汽车和科技产业，从而支持政府精调交通局面。汽车制造商、科技公司、基础设施建立者，以及保险和金融玩家将有机会为这些解决方案贡献专业知识并进行投资。大部分都需要开发如今不存在的产品和服务。需要注意的是，各种公司之间需要协同合作；投资的回报周期似乎也会很长；传统的制造商要比大部分科技玩家更熟悉这种投资的回报周期。

3. 消费者是主导者还是追随者？

消费者对 SDV 的看法相当有差别：大部分消费者非常激动；其他的依然难以摆脱如今的汽车。由于地区、生活的城市类型以及其他环境因素的不同，消费者的需求也将非常不同。城市如何规划、私营公司如何进行设计，与消费者采纳 SDV 的渴望息息相关。

在城市中，SDV 最大的收益与共乘的普遍推广有关，这一概念需要花点时间适应。它需要花费多大的激励力度或推广（比如限制传统汽车）力度？Uber、Drivy、Drivenow 这些服务的成功表明消费者看重共享的按需交通方式的便利

性。千禧一代的消费者对汽车的使用途径更为灵活，无论是私家车还是父母或者祖父母的车。然而，改变的过程依然是缓慢的，除非一直向前推动。而且安全问题漏洞非常大，除了 SDV 本身的技术安全问题，早期共乘中的个人安全影响也会被放大。说服消费者改变现有的观念，接受出行的不同方式将会是基于自动驾驶、共乘以及 EV 的新交通模式长期成功的关键。

4.城市倡议：全球经验查看

当说到汽车，尤其是 SDV 时，不断试错的方法看起来是个馊主意。但可控的经验是推动 SDV 前行的实际而适时的方式。把安全放在首位，政策制定者、产业以及消费者需要搞清楚什么是有作用的。除了赫尔辛基以及新加坡的例子之外，大量的试验也在进行中：

- 作为英国 Autodrive 计划的一部分，米尔顿凯恩斯正在进行在公共人行道路上行驶的自动驾驶豆荚车（pod car）计划。
- 多伦多政府正在与多伦多大学合作，想要更好的理解 SDV 对城市的影响。
- 在 2016 年 4 月，阿姆斯特丹实施了小规模 SDV 示范，帮助（部分原因）荷兰成为了欧盟轮值主席国。
- 在匹兹堡，Uber 与卡耐基梅隆的研究人员正在开发自动驾驶出租车。
- 在伦敦 Greenwich 区，GATEway 正在测试零排放的自动驾驶豆荚车，打算提供班车服务。
- 哥德堡目前计划在环形公路上试验 100 辆 SDV。作为自动驾驶试点项目的一部分，Drive Me 和沃尔沃将会在 2017 年开始此试验，此项目由瑞典政府支持。

SDV 仍然有很多的案例，特别是在城市中。潜在的收益非常显著也易于发现，即使一些在短期内难以意识到。私营部门的主要玩家——产业和消费者——非常激动也正在参与其中。公共部门也在行动中，即使它们更为谨慎。

正在发展的技术与新商业模式能通过直接扩展以及让城市更适合居住的方式，大幅度转变和促进城市交通，同时也为私营部门提供新机会。这是变革城市街道强劲且令人激动的起始点。

声明：本文由机器之心编译出品，原文来自选自波士顿咨询，翻译参与：
Rick、牛春雨、Quantum Cheese、吴攀、微胖、李亚洲。