



# 新基建 筑未来

无人驾驶篇：  
解析无人驾驶技术的  
确定性与不确定性

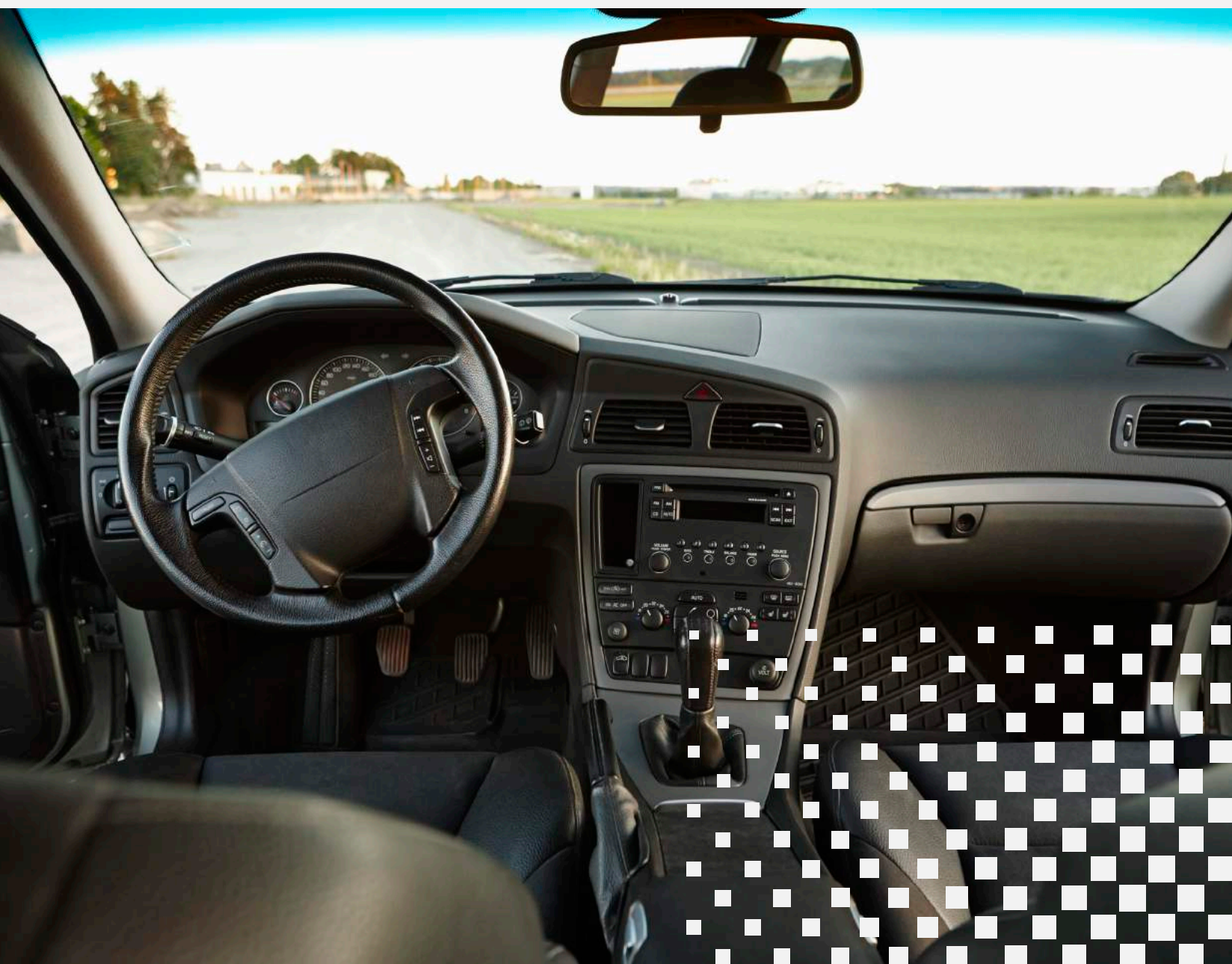


普华永道



2020年至今，国家大力推进“新基建”，加快新型基础设施建设的步伐，主要包括5G基建、工业互联网、大数据中心、人工智能、新能源汽车及充电桩等七大领域。同时，全国各地政府相继将新基建等规划方案纳入“十四五”规划，其中，5G、智慧交通、车路协同等新基建相关内容尤其值得关注。无人驾驶，作为新基建技术商业化落地的最大场景之一，引发社会高度关注。

过去几年，自动驾驶行业见证了一些渐进式的技术进步，软件方面如2020年被提出的VectorNet（矢量网络）和TNT模型（目的地引导的轨迹预测方法），硬件方面如4D毫米波雷达等。然而，行业缺少突破性的技术进展。目前，头部L4解决方案提供商正在积累路测里程、收集corner case（极端案例）、优化模型算法方面集聚精力和资源，但目前仍面对泛化较难、路测里程不足的挑战。普华永道认为，无人驾驶技术的实现主要存在着三大确定性与三大不确定性，本文将从这两大方面进行详细解析。



# 不确定性

## 1. L4大规模落地前，需要多少路测里程？

目前L4自动驾驶技术仍然有诸多挑战，其中最重要的挑战在于路测里程仍然不足。根据某国际智库的一份报告，人类司机平均每行驶约1亿公里发生一次致命事故，因此为了证明自动驾驶比人类驾驶更安全，则需要更多的无事故路测里程。该国际智库估计，自动驾驶车辆需80亿公里安全路测里程才能证明安全性。现阶段L4解决方案提供商还远远未达到足够里程，测试里程领先的科技企业目前也仅有约3千万公里的真实路测数据。虽

然仿真软件可以帮助厂商在虚拟环境中大规模测试模型对极端情况的处理，但在收集和测试真实案例上无法替代路测。现阶段，即使是行业领先企业，也仍然频繁在路测中遇到过去未曾收集到的案例。

此外，发现和处理极端情况是自动驾驶实现安全行车的关键。极端情况可能会以各种形式出现，包括场景异常（如急刹车、树倒在路上）、对象异常（如坐轮椅的人）、区域异常（如道路大雪、挡风玻璃上的落叶）等。因此，为了发现极端情况并证明安全性所需的总里程数过于庞大且充满不确定性。



## 2. 未来是否有突破性技术，可以显著提高泛化能力？

为了提升深度学习模型预测的表现，L4厂商有时会在新数据上的表现做过度拟合，举例而言，某个模型会记住城市A的特定详细信息：下午4点在B路或停车标志C处，过马路的儿童被树木遮挡。然而，这些噪音并未在算法中得到泛化，工程师只是简单地编程让车辆在那个特定的十字路口停车，导致该模型不具有扩展泛化场景。这样会对L4解决方案供应商的泛化能力产生负面影响，导致进入新城市的时间更长、成本更高。

根据调研，现阶段L4厂商进入新区域时仍需要数月时间进行模型调优以适应新路况，以及不同城市的差异：主要体现在天气、行驶规则、基础道路、车辆和行为表现的差异，例如北京的环路、闸道，部分城市城区的摩托车无序穿行等。总体看来，整体泛化能力仍然是自动驾驶的基本问题。

## 3. 哪个技术路径将更快实现全无人驾驶：直接研发L4还是从L2过渡至L4？

业界普遍分为两种流派，一种是从L2逐步过渡到L4的渐进式路线；另外一种是直接切入L4。渐进式的路线优势在于数据量大：充分利用从L1至L3车辆上收集的数据快速商业化。但其劣势是收集的数据主要由摄像头生成，且摄像头的安装标准不一（位置、方向等），精度与激光雷达无法相比，数据质量待验证；以及，在没有统一架构的情况下功能模块逐步堆栈，导致重复及工程设计和运行设计域相互冲突。因此，这两种路线业内还没有达成共识，是一个较大的不确定性。

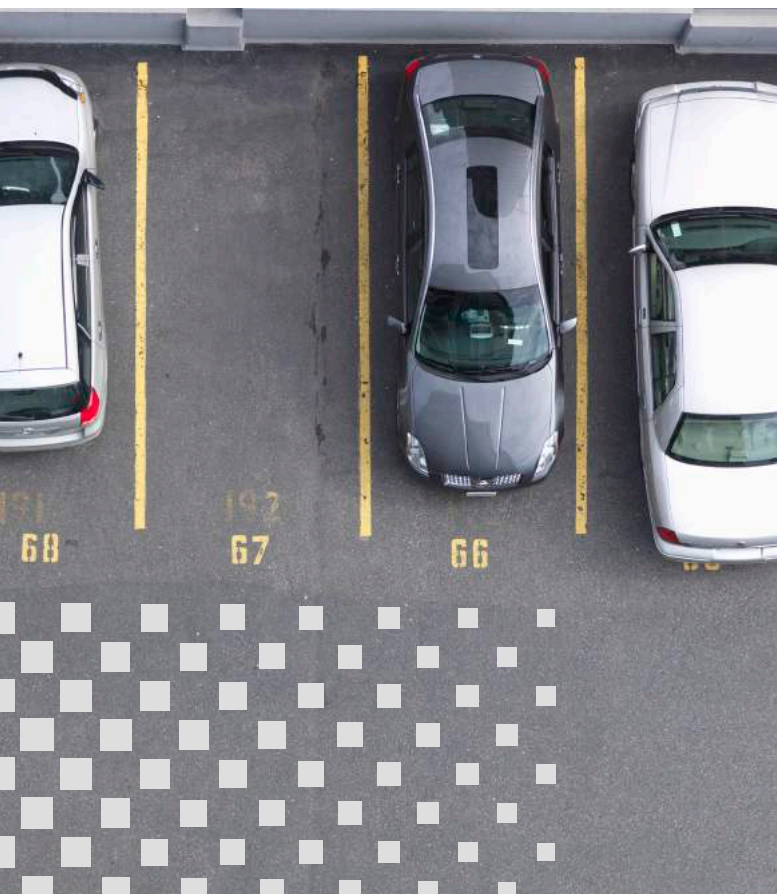




# 确定性

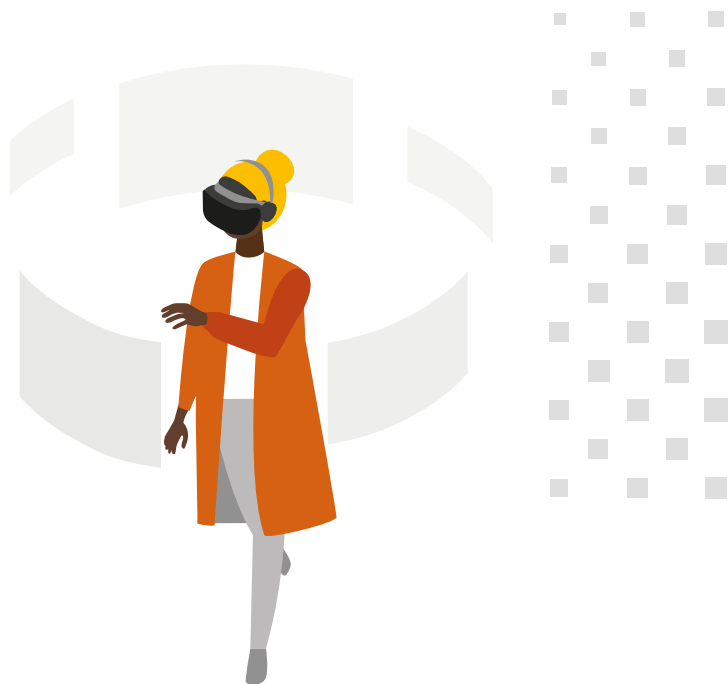
## 1. 满足L4要求的激光雷达成本将在未来3至5年内迅速下降

激光雷达作为“无人驾驶”之眼，市场规模在未来几年将突破百亿。从技术路线看，在5年内，产品会从当前的机械旋转向半固态、固态解决方案转变，MEMS（微机电系统）、三维Flash（动画）和光学相控阵是未来五年最具成功潜力的半固态、全固态技术；从成本控制看，收发模块、扫描系统、信息处理是激光雷达的主要部件，部分行业领先科技企业凭借在技术上的优势会拉动激光雷达的成本不断呈指数式下降，甚至到数百美元。



## 2. 深度学习将在决策算法中进一步渗透，提高模型泛化和处理复杂场景能力

当前，如何用泛化模型在无穷尽的可能中寻找最优结果，是一个较大的技术挑战。这个共同的挑战在预算和决策过程中都有体现：在预测算法中，如何预判对象（行人、骑车人、车辆、动物等）会对车辆的下一个动作做出什么反应；以及在决策算法中，如何基于对象预测、道路拓扑和目的地，确定行为和运动，确保车辆的决定不会危及道路安全。为了应对这个挑战，许多厂商在预测和决策中越来越多地采用深度学习算法。过去，预测主要以基于规则为主，但最近出现的VectorNet和TNT加快了深度学习的应用；但决策层还是由各种基于规则的方法主导，并且出于安全考虑（黑匣子），很少使用深度学习。行业正在见证驾驶行为的某些算法模块中采用深度学习的趋势，这一趋势将在五年内渗透到运动规划中。



### 3. 后台系统的效率成为L4厂商的关键能力

无论是在感知和驾驶功能的算法开发、传感器系统开发方面，还是在整车的集成开发方面，清晰敏捷的开发流程和基础架构对于有效的迭代而言至关重要。在这个开发循环迭代中，会包括Bug分类（错误分类）、模型修改、单元测试、集成测试、回归测试、场景测试和模拟模糊测试等步骤，利用DevOps（开发运营方法）不断集成、不断交付，这样可以确保每个流程环节连贯、可追溯。例如某领先科技企业投入大量资源打造了快速迭代、全天候仿真模拟的高效后台系统，在模型测试上做到基本自动化，并可以做到24小时仿真模拟，用大量虚拟里程补充真实路测，取得技术领先。





## 结语

综上所述，普华永道认为无人驾驶作为新基建的重要话题之一，是实现智能交通的重要技术抓手。随着行业不确定性的课题答案逐渐明朗，确定性的课题逐渐落地，届时无人驾驶商业化会取得质的飞跃。



# 联系我们

探索您的企业/机构如何把握无人驾驶的新基建机遇，请联系：

## 梁伟坚

普华永道中国市场主管合伙人

86 (10) 6533 2838

thomas.w.leung@cn.pwc.com

## 张立钧

普华永道中国区域经济主管合伙人

86 (755) 8261 8882

james.chang@cn.pwc.com

## 金军

普华永道中国汽车行业主管合伙人

86 (10) 6533 2977

jun.jin@strategyand.cn.pwc.com

## 蒋逸明

普华永道思略特中国汽车行业合伙人

普华永道思略特体验设计中心主管合伙人

86 (21) 2323 5101

steven.jiang@strategyand.cn.pwc.com

## 刘昕

普华永道思略特中国汽车咨询业务总监

86 (10) 6533 7668

frank.xb.liu@strategyand.cn.pwc.com

## 王征

普华永道思略特中国经理

86 (10) 6533 7693

edward.z.wang@strategyand.cn.pwc.com

## 李佳奇

普华永道思略特中国经理

86 (21) 2323 7937

robin.j.li@strategyand.cn.pwc.com



如想了解更多普华永道关于新基建的最新行业见解与动态，  
请扫描下方二维码，敬请关注。



本文仅为提供一般性信息之目的，不应用于替代专业咨询者提供的咨询意见。

© 2021 普华永道。版权所有。普华永道系指普华永道网络及 / 或普华永道网络中各自独立的成员机构。  
详情请进入 [www.pwc.com/structure](http://www.pwc.com/structure)。PMS-001495