

Porsche Engineering 杂志

大融合

车辆与软件如何结合



PORSCHE



五座大空间
乐趣享不停

全新保时捷 Cayenne Turbo E-Hybrid Coupé
共驰新境



狄克·菲利普
保时捷工程集团首席财务官/
首席营运官 (CFO/COO)

亲爱的读者朋友们：

在现代化的汽车中，硬件与软件相互融合已成为趋势。当今的数字化技术极大提高了我们对汽车的体验，我们的很多客户也都期待能够推动汽车和数字化世界的紧密结合。只有在软件开发使用的基础上，诸如自动化、网联和个性化配置的新功能才能应运而生。“软件定义汽车”（Software-defined Vehicle）能够带来全新客户体验，但也需要更先进的硬件、新的合作形式和创新的开发流程。

保时捷工程集团很早就朝这个方向发展，并在过去几年里不断开发和扩展数字化领域和方法方面的新技能。我们能够研发软件和功能——但是我们也知道如何才能成功地完成测试并将它们集成到汽车中。我们使用虚拟和真实的方式，还有生成式人工智能。

在我们所处的行业中，“速度”正在成为一个竞争因素，而数字化工具将帮助我们继续保持领先，例如通过元件和测试跑道的数字孪生。尽管汽车的开发过程越来越复杂，但我们可以在虚拟环境中进行越来越多实验，从而节省宝贵的时间。通过使用人工智能方法，我们还可以提高成熟度并加快开发速度。大型语言模型也可以非常有效地应用于开发工作。

通过在全球范围内访问开发数据，可以进一步加快这个过程。因此，我们不断扩大云技术的应用，作为我们在欧洲、中国和美国分公司工作人员的数据枢纽。由于云技术和高针对性的汽车信息技术专业技能具有重大战略意义，保时捷工程集团专门建立了一个全新的团队，致力于将其进一步发展为公司整体的骨干。

您可以看到：软件构成保时捷解决方案中很重要的一部分。因此，我们将在本期《Porsche Engineering》杂志中为您详尽介绍软件与汽车“大融合”的所有精彩内容。身为负责信息技术和数字化技术开发的保时捷工程集团首席财务官和首席营运官，我非常期待与您一起进入我们的软件汽车开发世界——当然也不会忽略硬件的重要性。

我衷心希望我们的杂志能带给您愉快的阅读体验！

此致

狄克·菲利普

——> **关于保时捷工程集团：**保时捷工程集团有限公司是汽车行业的国际技术合作伙伴。作为保时捷股份公司的子公司，该集团致力于为客户开发未来的智能互联汽车——包括功能和软件。约 1,800 名工程师和软件开发人员在此推进最新技术发展，如高度自动驾驶功能、电动交通和高电压系统、连接系统和人工智能等领域。他们将成立于 1931 年的费迪南德·保时捷（Ferdinand Porsche）设计工作室的传统发扬光大，积极开发未来的数字汽车技术。为此，他们将深厚的汽车专业知识与数字和软件能力融会贯通。

智能战略：通过强化学习，PERL 找到了一种能使整体功能达到最佳应用效果的策略。



掌舵人：费德里科·马格诺（左）和罗鹏在采访中谈论人工智能和自动驾驶。



目录

01/2024

PORSCHE
ENGINEERING
数字版



标题 大融合

12

由人工智能代理完成数据配置

虚拟应用开发软件 PERL 将大部分控制系统数据配置作业转移给了人工智能。

18

“自动化驾驶领域技术上遥遥领先的解决方案”

于尔根·博尔托拉齐和阿尔布雷希特·伯特格讨论自动驾驶功能和驾驶的未来。

26

道路本身就是目标

保时捷工程集团使用自主端到端工具链为客户创建精确的路线模型。

30

系统集成

将软件集成到车辆中，对性能和客户体验有着决定性影响。这一点在新款保时捷 Cayenne 的驱动和底盘开发中也得到了体现。

表现业绩 和 专业技术

40

中国平台

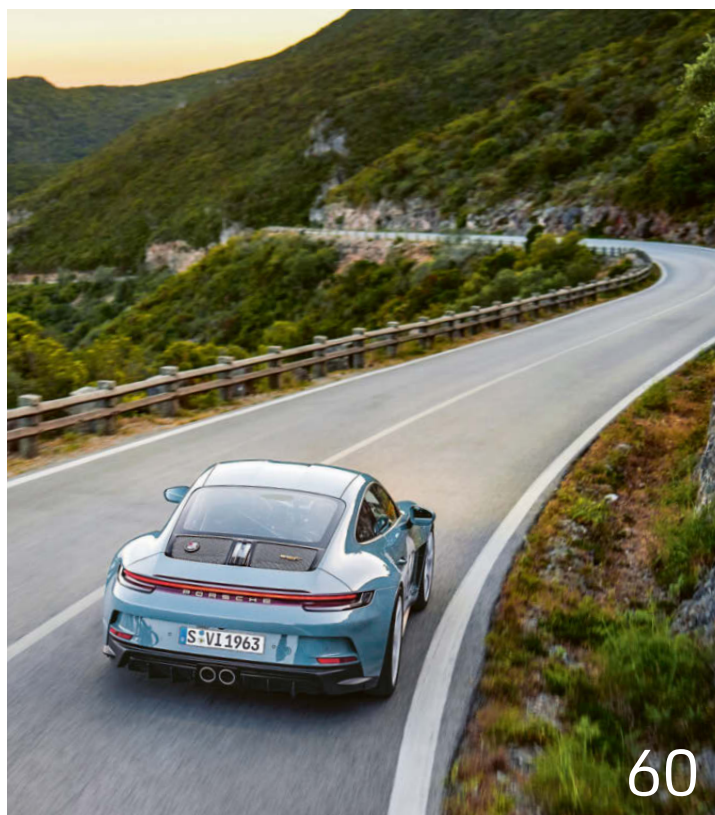
保时捷、保时捷工程与一家中国供应商共同为保时捷 Boxster、Cayman 和 Macan 的信息娱乐系统开发了一种新的控制单元。

纯粹享受：911 S/T 将灵活性和驾驶动力性完美结合。

量身定制的解决方案：保时捷 Boxster、Cayman 和 Macan 的信息娱乐系统根据中国客户的需求量身定制。



40



60

趋势 与 技术

44 “勇气驱动创新”

费德里科·马格诺和罗鹏讨论未来的主要趋势和全新开发方法。

52 放眼未来

保时捷工程公司开发高压电池数字孪生系统，以模拟老化过程。

56 测试台上的代码

经过验证的方法和工具有助于识别规划中的错误。研究人员已经着手研究新的方式，例如以人工智能为技术基础。

保时捷 和 产品

60 驾驶乐趣无极限

为纪念传奇车型 911 的 60 周年生日，保时捷向市场推出了一款纯粹的特别车型。911 S/T 是最纯粹的 911。

栏目

- 03 寄语
- 06 新闻
- 10 直击要点
- 38 还有问题吗?
- 66 百思得其解
- 68 时光回溯
- 69 出版说明

共同参与



理查德·巴克豪斯
(Richard Backhaus)

是一名专业记者，25 年多来，他一直致力于报道与引人入胜的创新汽车技术相关的所有话题。



艾米丽·皮沃瓦尔
(Emily Piwowar)

是摄影师团体“NÓI CREW”的创始人之一。她为本期的两个重要访谈之一拍摄了照片。



康斯坦丁·吉利斯
(Constantin Gillies)

是一位自由职业的经济记者兼作家。除了经济之外，技术和互联网也是他关注的重要话题。

新闻

01/2024

Taycan

耗电量 (综合): 24.1-22 kWh/100 km

二氧化碳排放量 (综合): 0 g/km

续航里程 (综合): 370-510 km

电动续航里程 (市区): 440-627 km

全部 WLTP 消耗数据; 更新于: 2023/11

重要里程碑:

新办事处的落成令保时捷工程集团能够
更密切地关注美国的市场动态。



← 美国

新的美国分公司

保时捷工程集团在美国成立新的分公司，进一步扩大了其全球网络。保时捷工程北美服务办事处的运营总部将设在洛杉矶附近。与保时捷工程集团在其他国家的团队一样，新成立团队的任务是评估特定市场的车辆功能和数字服务，包括互联性和信息娱乐系统，并在开发过程中充分考虑它们。保时捷工程集团首席执行官马恩博 (Markus-Christian Eberl) 表示：“从战略角度来看，在美国设立分公司是我们提升能力以满足未来需求的一个重要里程碑。我们的工程师、测试和质量人员通过深入当地市场，可以获取详尽的市场行情，并将其与全面的车辆、功能和软件专业知识相结合，为客户提供一流的技术服务。”

↓ 黑客马拉松

在黑客马拉松中探索最佳解决方案

2023年6月13日至14日，保时捷工程集团在捷克俄斯特拉发 (Ostrava) 组织了一场黑客马拉松。整车开发数据驱动测试和车辆功能部门的扬·沃尔纳 (Jan Wörner) 介绍说：“我们的目标是找到一种更高效、更快速的解决方案，以在 Python 中处理车辆数据。我们在比赛中设定的任务与整个公司相关。我们难以利用商业工具来完成这样的任务，因为它们通常很难集成到自动数据处理管道中。”来自克卢日、蒂米什瓦拉、布拉格、俄斯特拉发和比提希海姆的六个团队共 22 名成员接受了挑战。获胜者是“数据吸血鬼” (Data Vampires) 团队，他们的解决方案在性能、资源消耗和信息准确性方面都遥遥领先。沃尔纳表示：“我们希望今后能组织更多的黑客马拉松活动，这是解决我们项目中复杂难题的好方法。”通过搭建这样一个国际平台，欧洲各个办事处的专业人员齐聚一堂，并通过团队合作互帮互助。”



22

位员工（分别来自五家分公司）参加了在俄斯特拉发举行的黑客马拉松。各个团队用两天时间寻找完成任务的最佳解决方案

→ 企业社会责任

拥抱当地社区

七年来，保时捷工程集团罗马尼亚分公司始终致力于当地社区的可持续发展。当地员工都十分重视为所在地的科技与社会发展贡献力量。来自克卢日和蒂米什瓦拉的 50 多名员工积极投身各类公益项目。他们关心当地的环境、社会问题和教育。例如，在克卢日发起的“女性锋芒”（Ladies in Tech）倡议目前拥有 32 名活跃成员，她们主要致力于维护妇女权益和教育贫困家庭儿童的活动。此外，公司还资助了多个项目，比如学校翻新、抗癌儿童夏令营和克卢日某高中的机器人小组。



心系社区：保时捷工程集团罗马尼亚分公司的员工关注社会议题。



欣欣向荣：位于北京和上海的办事处能积极促进在当地开展研发，并不断提升研发实力。



↓ 上海和北京

中国员工人数已逾 200 名

保时捷工程集团中国分公司不断发展壮大。9 月，位于上海和北京的办事处又上新台阶：两地全职员工人数共计已超过 200 名。保时捷工程集团在中国已有 30 多年的历史。为了更好地了解当地市场动态，并开发针对中国的解决方案，2014 年，我们在上海设立了第一个中国办事处。自 2022 年以来，我们又在北京成立了新团队，专门在高度自动驾驶、汽车互联、信息娱乐和驾驶员辅助系统等领域开展研究。

德国大学生方程式： “绿色车队”

自 2011 年以来，保时捷工程集团一直深度参与大学生方程式汽车设计竞赛，为斯图加特大学“绿色车队”（GreenTeam）提供支持。该车队可以充分利用保时捷工程集团的专业知识和基础设施优势。车队成员纷纷表示：“正是借助保时捷的高压蓄电池技术以及先进的高压测试台，我们才能将蓄电池的性能发挥到极限。而且，我们还有机会使用魏斯阿赫的专用试验场地，这对我们来说同样至关重要。这里汇聚了我们团队智慧的结晶，不仅为我们测试赛车提供了场地，更将我们的车手带到了一个全新的高度。”保时捷在布拉格、克卢日、纳尔德奥和上海的办事处也为大学生方程式车队提供支持。



“我们还有机会使用魏斯阿赫的
专用试验场地，这对我们来说同
样至关重要。”

大学生方程式“绿色车队”
斯图加特大学

电力驱动：Taycan 和“绿色
车队”的赛车均采用保时捷
的电力驱动技术。



Taycan

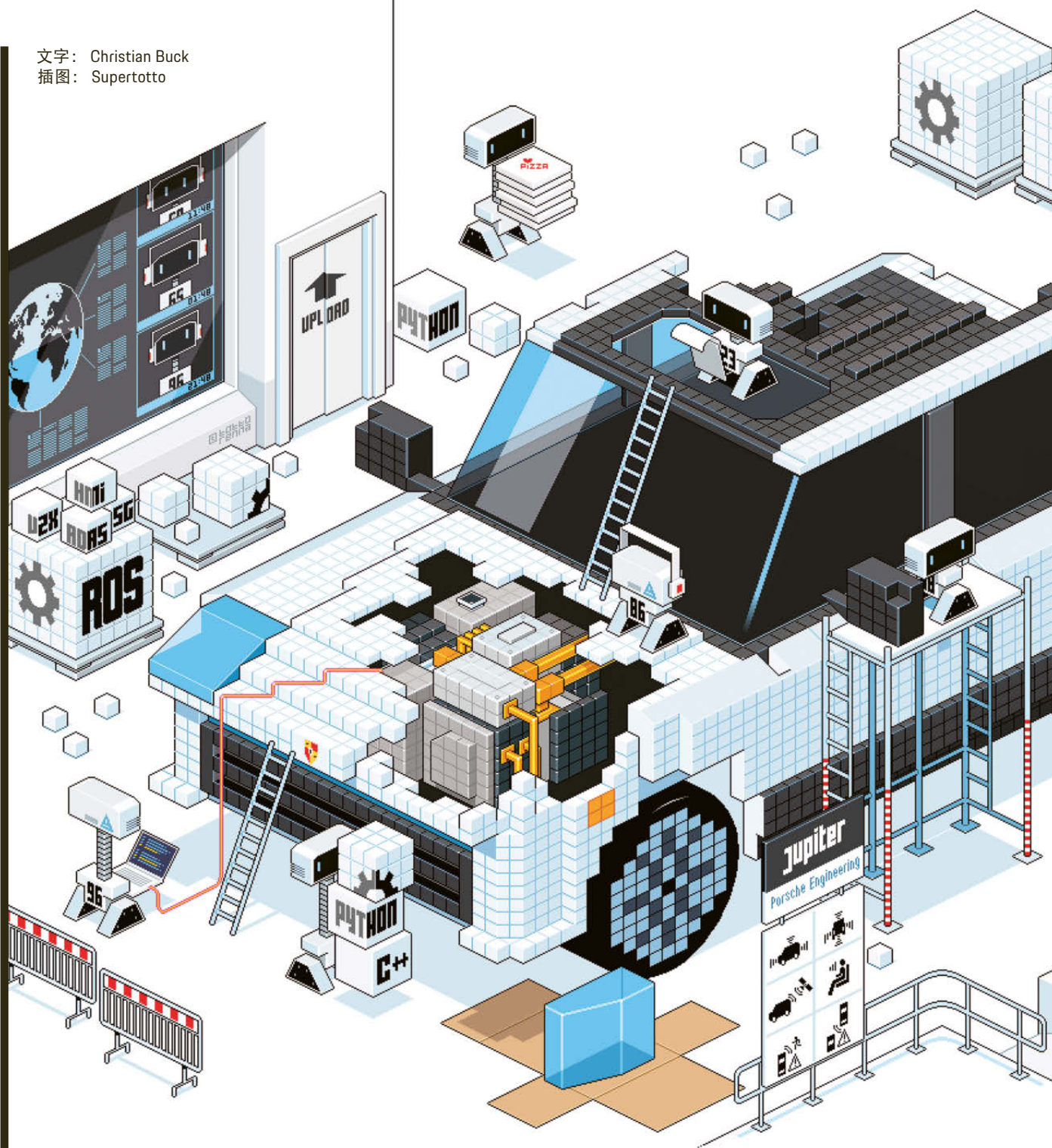
耗电量（综合）：
24.1-22 kWh/100 km
二氧化碳排放量（综合）：
0 g/km
续航里程（综合）：
370-510 km
电动续航里程（市区）：
440-627 km

全部 WLTP 消耗数据；更新于：
2023/11

直击热点。

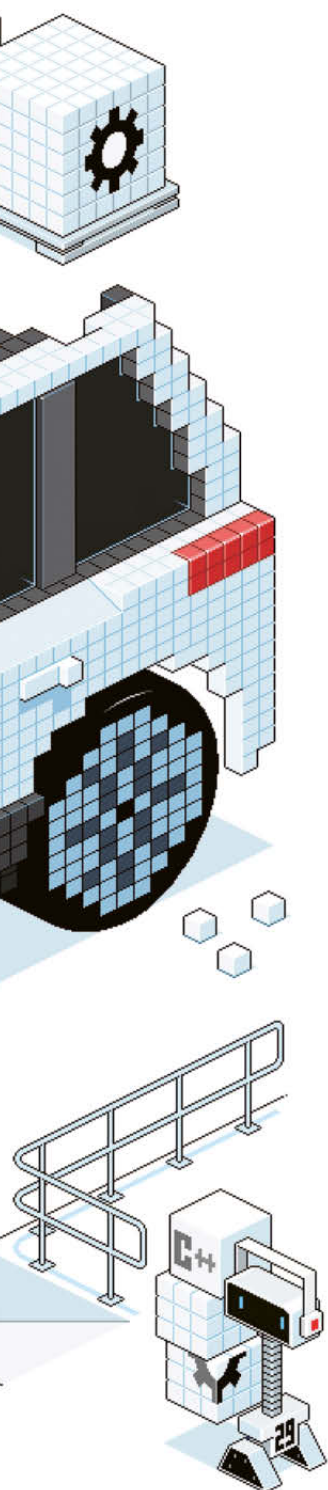
各种新技术正推动汽车工业发展。
本栏目我们将“直击热点”，挖掘时下的前沿技术。

文字：Christian Buck
插图：Supertotto



快速打造原型车

对于车企而言，开发自动驾驶或互联驾驶功能无疑是一项巨大的挑战。在保时捷工程集团的 JUPITER 试验车上，机器人操作系统 (ROS) 让更快开发和实现创新功能成为可能。



从

2007 年以来，世界各地的研究人员一直在开发机器人操作系统 (ROS)。它的起源可追溯到斯坦福人工智能实验室 (Stanford Artificial Intelligence Laboratory)，该实验室现在归开源机器人基金会 (OSRF) 管理。“机器人操作系统”这个名字很容易让人望文生义：严格来说，ROS 并非一个独立的操作系统，而是基于 Linux 或 Windows 等操作系统、介于硬软件之间的中间件。ROS 还提供了大量设备驱动程序，可将新的传感器和执行器轻松集成到现有系统中。另外，ROS 还是研究和应用驱动自动化的“软件工具箱”。

保时捷工程集团从 2019 年开始使用 ROS，我们的工程师与保时捷 ADAS 工程师一道，自主开发了许多复杂的软件接口，将 ROS 层与量产车辆的总线系统连接起来。这样就可以将新功能无缝集成到现有车辆中，使其成为名副其实的“软件功能集合体”。保时捷工程集团将这种方法用于 JUPITER（联合用户个性化集成测试和工程资源）试验车。为了实现自动驾驶功能，它们可以配备多种传感器，包括立体摄像头和激光雷达。保时捷工程集团驾驶辅助系统开发工程师兼 JUPITER 项目负责人马塞尔·佩尔泽 (Marcel Pelzer) 表示：

“多亏有了 ROS，在一周内就完成了激光雷达传感器的安装和集成工作；经过一天的调试，我们就能立即开始记录测试数据。而在此之前，我们往往需要花费数日甚至数周来进行集成和调试。”

ROS 应用由一个个相互通信的“节点”组成。ROS 还为此提供了许多软件库，包括用于标准化数据交换、数据可视化和调试的软件库。“这样一来，新节点可以立即使用其他节点的数据。”佩尔泽解释道。“测试人员不需要一开始就必须知道某个节点应该与哪个节点通信。此外，标准化信息还有助于使算法适应各种传感器。”

除了制造机器人外，ROS 也有助于开发新的自动驾驶或互联驾驶功能，因为新软件和传感器需要在原型车中快速投入使用。节点不仅能够轻松集成新硬件，还具备一个决定性的优势：ADAS

（高级驾驶员辅助系统）功能可作为新节点灵活实现，并可在标准化平台上测试其交互性。

他又举了一个例子，提到了高级停车功能在原型车上的实现：“在量产开发过程中，通常需要几个月的时间才能提供车辆中可以使用的驾驶辅助功能的供应商解决方案。而在 JUPITER 试验车上，我们仅靠一名开发人员，就实现了支持自动识别路面人员的倒车辅助功能，比平时节省了一半的时间。”

除了快速安装新的传感器和功能外，JUPITER 试验车还为开发人员带来了更多便利：在各种可能的量产位置上安装传感器，以便评估安装位置对算法的影响。另外还可以访问它们的原始数据，以及访问车辆总线和所有执行器。

通过使用 ROS，开发人员可以随时将新的驾驶功能作为 ROS 中的节点加以实现，而无需花费大量人力和物力。JUPITER 试验车中总共有 50 至 60 个节点，用于执行各种功能和子功能，同时支持在运行期间通过增加节点来动态扩展系统的范围。此外，ROS 的源代码是开源的，ROS 支持 C++ 和 Python 等多种编程语言，还拥有—个庞大的社区，其中的社区成员能够交流灵感、互帮互助。这就使得保时捷工程集团的技术人员能够将主要精力放在功能开发上。

新版本 ROS 2 脱胎于 ROS 的经验。其通信基础设施还通过了 DDS 标准（数据分发服务）的汽车应用认证，这表明 ROS 2 理论上可用于批量生产的汽车。DDS 的最大优势是可以根据数据源配置属性（服务质量）、传输机制和访问权限，从而实现硬件资源的最佳利用。“事实证明，ROS 是测试新技术和向客户提供尖端技术的绝佳平台。”佩尔泽总结说，“它帮助我们快速演示用例，并大大缩短客户的交付时间。这正是我们自豪所在，因为以智能化的方式加快复杂任务解决方案的交付和提供时间，是我们流程和方法优化措施的重要组成部分。此外，ROS 还能统一分析 ADAS、V2X、人工智能和仿真等多个技术领域之间的互动。这有助于我们在开发未来互联和智能汽车时，充分发挥各项协同作用，从而占据先机。”

The background of the slide is a complex, abstract pattern. It features a dense network of thin, glowing blue lines that form a web-like structure. Scattered throughout this network are numerous small, bright white dots. The overall effect is reminiscent of a neural network diagram or a complex data visualization. The pattern is more concentrated on the right side, where it appears to radiate from a central point, and more sparse on the left.

标题

PERL

由人工智能 代理完成数 据配置

保时捷工程集团开发的虚拟应用开发软件 PERL，将大部分控制系统数据配置作业转移给了人工智能，由此减少了车辆应用开发阶段对台架试验和试驾的需求。首批客户项目的成果，业已证明这一新方法的巨大潜力。

文字: Richard Backhaus

在

为新车辆功能开发应用时，工程人员必须投入越来越多的人力，因为随着现代车辆功能范围的不断扩大，以及系统联网程度的不断提高，应用开发所需的测试和相关参数量，也明显水涨船高。为了能在未来继续妥善处理更复杂的情况，并提高开发效率，保时捷工程集团锐意尝试借助人工智能 (AI) 来校准和配置控制系统。“通过保时捷工程强化学习 (Porsche Engineering Reinforcement Learning, 简称 PERL)，我们将驾驶功能的应用开发转变为一种智能决策过程。”保时捷工程集团项目经理马泰奥·斯库尔 (Matteo Skull) 介绍道。

PERL 基于所谓的“深度强化学习”，这是一种自学习人工智能程序。其基本原理是：这种人工智能并非对个别参数进行优化，而是针对整体功能制定策略，以获得最佳应用效果。这种方法的优点在于流程效率高，因为它具有自学习能力，而且普遍适用于车辆开发中的诸多领域（另请阅读《Porsche Engineering》杂志 2021/1 中关于 PERL 原理的内容）。“保时捷工程集团很早便意识到深度强化学习在自动控制系统应用开发方面的潜力。自 2017 年以来，我们便开始与保时捷工程集团罗马尼亚克卢日和蒂米什瓦拉基地的人工智能专家合作开发 PERL，自此不断进一步改进这种方法。”保时捷工程集团高压蓄电池应用和诊断部门主管马蒂亚

斯·巴赫博士 (Dr. Matthias Bach) 回忆道。PERL 现在已注册了 50 多项专利。

凭借相关能力, 保时捷工程集团成为世界首批验证人工智能辅助应用开发方法, 并将之纳入新车系统开发流程的公司之一。同时, PERL 已在两个客户项目的应用开发中投入使用。一方面, 保时捷工程集团与位于德国卡尔斯鲁厄的 FZI 信息技术研究中心及保时捷总公司开展了大约三年的科研合作, 其中就使用了 PERL 来调整混合动力汽车新型汽油发动机的混合气制备。另一方面, PERL 也用于保时捷一款电动车传动系减震器的应用开发。

控制器应用开发

在这两种情况下, 控制器应用的开发中都要用到人工智能, 这就构成了一项特殊的挑战。保时捷工程集团和 FZI 博士生托马斯·鲁道夫 (Thomas Rudolf) 解释说: “控制功能的应用开发要求非常高, 因为我们必须精确控制高度动态的过程。例如, 在发动机的混合气制备过程中, 必须针对每种转速/扭矩组合, 利用参数特征图谱, 对喷油量进行正确调整, 以便使 Lambda 值, 也就是废气后处理最佳运行控制变量值与目标值达到一致。

这里的主要挑战在于: 发动机与排气管末端的传感器系统之间有一定空间距离, 由此会产生死区时间, 除此之外, 控制系统还必须高速运转, 以应对负载的变化。如果控制响应过慢, 废气净化系统的功能就会受到限制, 导致排放量增加。如果控制过于激进, 系统则可能发生颠簸。

因此, 在这两个极端之间合理折衷至关重要。“汽车上复杂多变量控制系统的定制参数化, 仍然是一项重大挑战。先进的学习方法可以显著加快范围庞大、成本高昂且有时需要手动进行的应用开发, 并提高其效率。” 时任卡尔斯鲁厄理工学院 (KIT) 控制系统研究所所长兼信息技术研究中心 (FZI) 所长的工程学博士泽伦·霍曼教授 (Prof. Dr.-Ing. Sören Hohmann) 在总结利用人工智能的优势时说。

PERL 能够调整大量控制参数, 从而设定最佳混合气比例, 即使发动机处于高动态运行状态下也不成问题。“特别是考虑到未来的排放标准还会更加严格, 从而要求在所有运行范围进行更加精确的 Lambda 控制, PERL 就更是一种不可或缺的开发工具。” 巴赫指出。保时捷工艺、质量和方法开发负责人加拉比娜·阿列克谢耶娃-劳施博士 (Galabina Aleksieva-Rausch) 也分享了她的评估意见: “我们

取决于不同的任务, PERL 最高可达到

90%

的应用数据成熟度。通过台架试验和试驾, 可对原始校准完成微调和验证。

保时捷工程集团现已注册超过

50 项

PERL 相关专利。

Taycan (图)

耗电量 (综合):
24.1–19.6 kWh/100 km
二氧化碳排放量 (综合):
0 g/km
续航里程 (综合):
370–510 km
室内电动续航里程:
440–627 km

全部 WLTP 消耗数据:
更新于: 2023/11

将 PERL 作为潜力研究的一部分, 与传统应用开发同时进行, 以确保结果的可比性。结果大大超出了预期: 人工智能方法的校准效果, 即使不经微调, 也已几乎与批量应用的校准效果相当。”

在计算机上利用人工智能生成的应用数据, 成熟度在很大程度上取决于相应任务, 但通常为 80% 至 90% 左右。然后通过台架试验和试驾对原始校准进行微调和验证, 由于质量控制和验证要求, 这些试验和试驾今后依然将是应用开发的必要组成部分。在这方面, PERL 也可应用开发者提供支持, 因为该程序可在测试期间在后台运行, 并利用获得的数据, 为进一步的应用优化提出建议。

PERL 用于批量开发时的效率增益, 目前暂时无法量化。不过, 目前便可肯定的是, 人工智能辅助应用开发方法 (如 PERL) 将能显著加快整个开发过程: “有了 PERL, 我们就可以更早着手于应用开发, 更快获得有效结果, 从而可以更有针对性地处理后续开发步骤, 以提高效率。” 阿列克谢耶娃-劳施团队的斯蒂法诺·奇尼 (Stefano Chini) 表示。

PERL 的第二项用途涉及电动车传动系的减震。在这一领域, 工程师们试图通过有针对性的抵消



“先进的学习方法可以显著加快范围庞大、成本高昂且有时需要手动进行的应用开发, 并提高其效率。”

工程学博士泽伦·霍曼教授

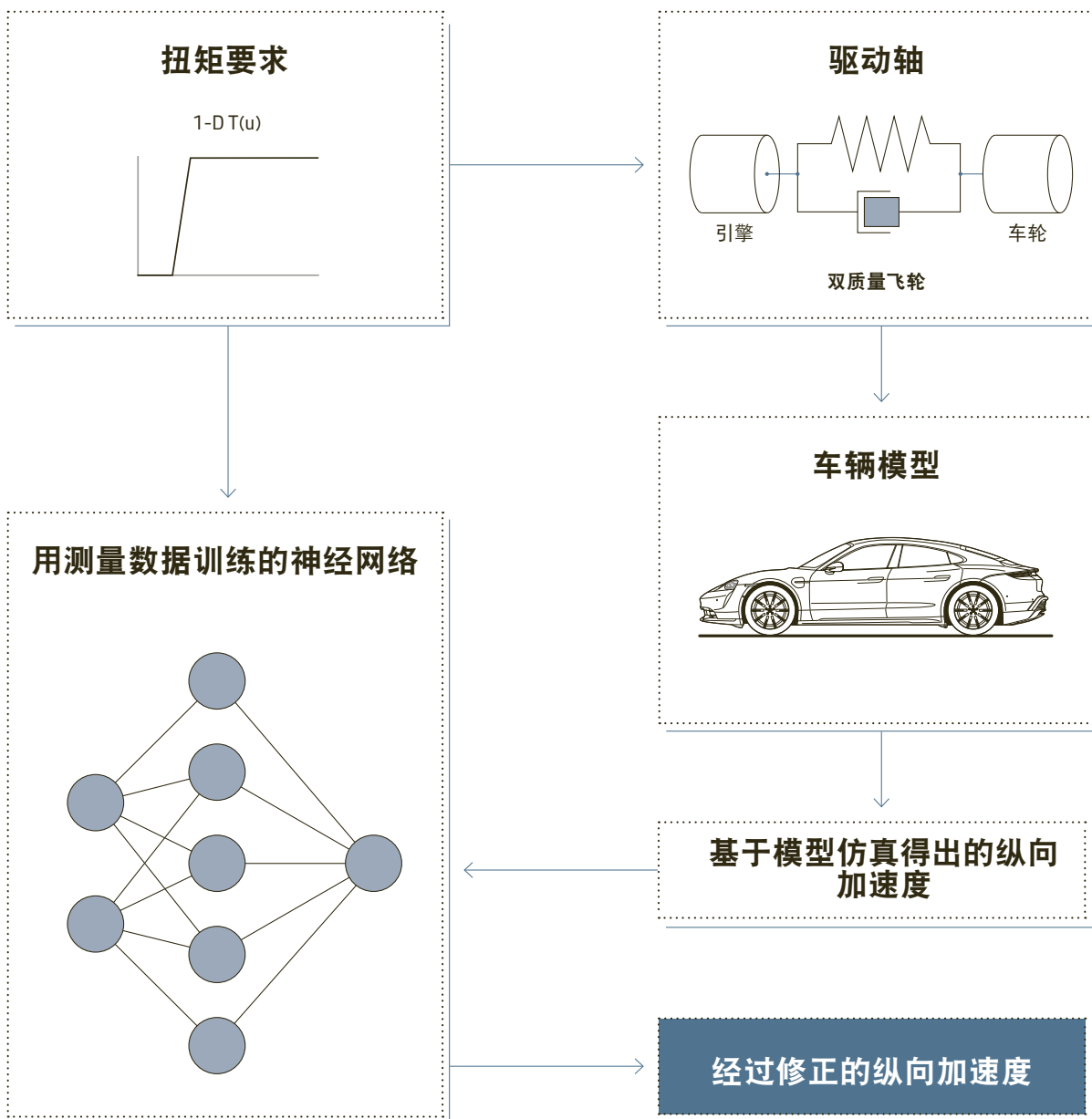
卡尔斯鲁厄理工学院 (KIT) 控制系统研究所所长兼信息技术研究中心 (FZI) 所长

减震器应用篇

神经网络提高仿真精度

如果要做到有效减震,就必须在正确的时间、以正确的节拍操控电动汽车的电机。此外,反向振动不可太强,因为产生反向脉冲所需的电机扭矩将无法用于推进。为了能够使用 PERL,开发人员首先根据

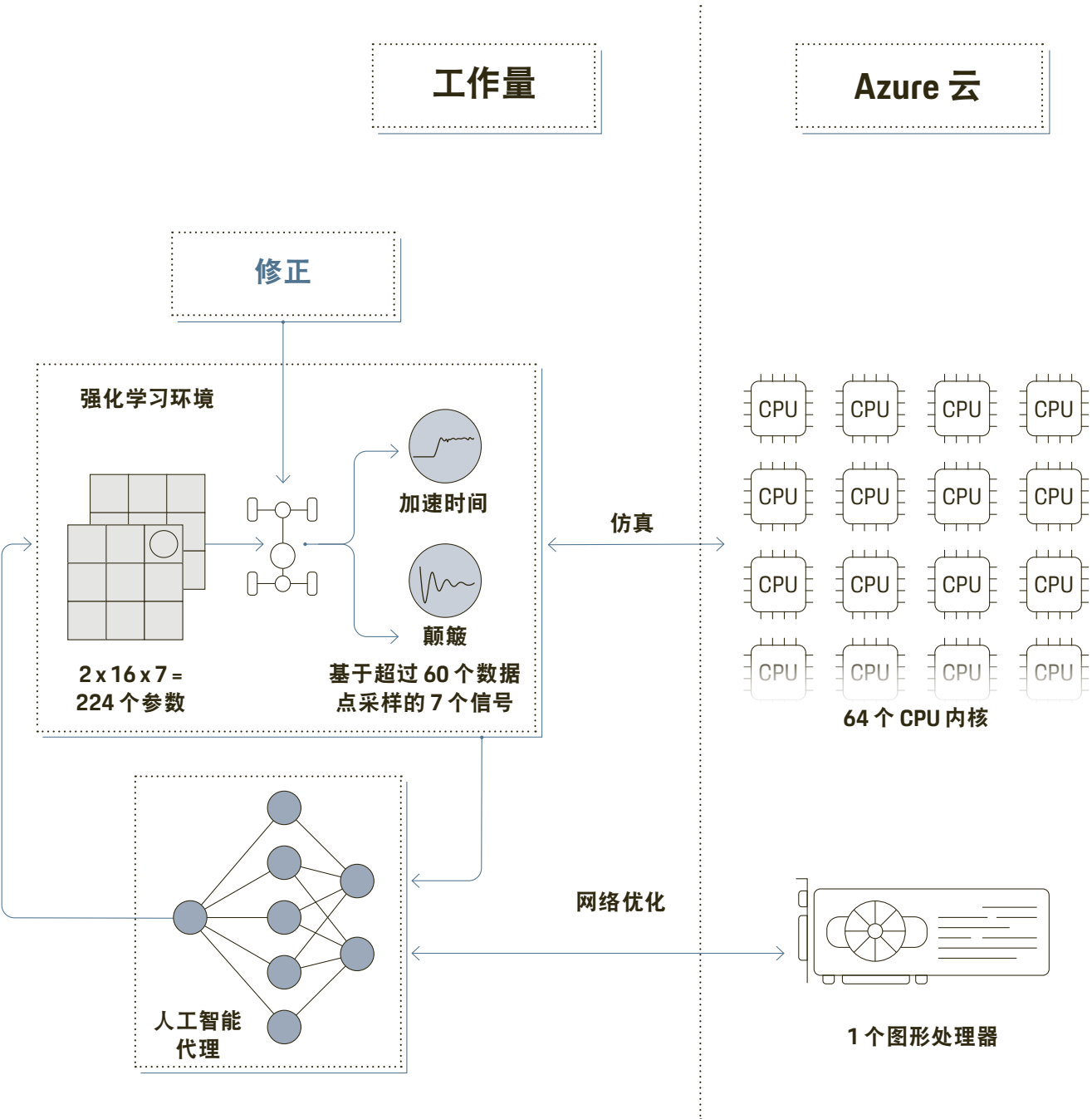
台架数据,创建了真实振动曲线的底盘物理模型,然后借助神经网络对其加以扩展。硬件模型负责物理仿真,人工神经网络则可弥补真实世界与仿真环境之间的精度差距。



PERL 政策培训

云计算为计算工作提速

该人工智能代理使用大数据集和随机初始化的特征曲线图谱来进行训练，以确保策略具有良好的通用性。云端上的 64 个 CPU 内核并行处理仿真，与本地机器相比，计算速度显著加快。该策略经由云端图形处理器优化。



对策，来减弱动力传动系中的干扰性振动——例如，耳机的“降噪”，又称“噪声消除”(Noise Cancellation) 功能就是基于同样的原理。这主要包括 1 至 15 赫兹范围内的激励，车内人员通常会因此感受到振动，在最坏的情况下，连传动系都可能受到损坏。与发动机内的混合气形成一样，最佳控制对于系统功能也是至关重要的，因为若要做到有效减震，必须在正确的时间、以正确的节拍操控车辆电机。此外，反向振动不可太强，因为产生反向脉冲所需的电机扭矩将无法用于推进。因此，在这一设计中，舒适性和行驶动性直接相互作用。

找到最佳平衡点

综上所述，在设计减震器时，应用工程师必须在舒适性和运动性之间找到最佳的平衡点。为了尽可能达到保时捷应有的最佳效果，在每个电动车桥的减震设计中都必须同时为三个特性曲线图谱配置数据。因其高度复杂，在手动应用开发过程中，要对控制系统完成稳健的初始设局设置，需要花费大量人工。然后，应用开发人员才能开始校准微调。“PERL 的主要目标之一，就是缩短这段时间。而且，我们从一开始就致力于将人工智能普遍应用于各种不同的车辆平台和衍生车型。”保时捷软件工程师莫里斯·豪斯 (Maurice Hauß) 说。

为能将 PERL 应用于此，来自保时捷工程集团和保时捷总公司的开发团队，首先根据一系列个别台架数据，创建了真实振动曲线的底盘物理模型，然后使用神经网络对其进行扩展。“硬件模型负责物理仿真，人工神经网络则可弥补真实世界与仿真环境之间的精度差距。”斯库尔解释说。然后就可以将 PERL 核心方法投入使用了。该人工智能代理使用基于混合模型的大数据集和随机初始化的特性曲线图谱来进行训练，以确保策略具有良好的通用性。

在密集训练结束后，只需几秒钟就能针对目标用途完成特定车辆的应用调整。此外，人工智能策略无需变更，有时甚至也无需特定车辆测量数据，即可从原始车辆转移到其他衍生车型，包括配备其他传动系的车辆。因此，使用 PERL 的成效远远超出了预期。“得益于 PERL，我们可以使用预先计算好的数据来开始新车型的应用开发；测试车辆的其他用户可以在此期间并行处理车辆应用，而不必等待我们。”保时捷电动车应用主管托比亚斯·卢列特 (Tobias Roulet) 解释说，“我们总共可以节省



“PERL 已经证明，这种方法普遍适用于所有配置数据，而且人工智能可以大大减少应用开发所需的人力和时间。”

马蒂亚斯·巴赫博士
保时捷工程高压蓄电池应用和诊断部门主管

一到两周的应用开发时间。此外，PERL 还提供了有效的前提条件，使我们得以在传动系首次开机调试时，杜绝因应用数据不正确而造成损坏的风险。”

在成功完成这两个客户项目后，客户给出了一致正面的评价。“PERL 已经证明，这种方法普遍适用于所有配置数据，而且人工智能可以大大减少应用开发所需的人力和时间。因此，新开发的 PERL 方法，有助于实现保时捷工程集团的战略目标之一：确保在短时间内，为复杂任务提供高质量的解决方案，从而使我们的客户受益。”巴赫表示。保时捷已在计划扩大 PERL 的使用范围。例如，此程序即将用于优化凸轮轴轴承控制应用开发。 —●—

综述

保时捷工程集团在驾驶功能的应用开发中采用了强化学习 (RL) 技术。这种新的方法意味着大部分校准工作都将由人工智能完成，最后才在测试车道上手动进行微调。此外，训练有素的 RL 代理可以接管多种车辆衍生车型的应用开发。因此，RL 方法可以大幅减少应用开发的需时和成本。



专家云集：阿尔布雷希特·伯特格（左）和于尔根·博尔托拉齐在用于试驾的 JUPITER 测试车旁。

“自动化驾驶领域技术上遥遥领先的解决方案”

先进的驾驶辅助系统和自动化驾驶功能提高了驾驶的舒适性和安全性。

于尔根·博尔托拉齐（保时捷驾驶辅助和自动化驾驶部门主管）和阿尔布雷希特·伯蒂格（保时捷工程集团 ADAS 系统部门主管）讨论了当前技术的发展现状和驾驶的未来。

文字：Christian Buck
摄影：Nói Crew

对于保时捷客户来说，驾驶辅助系统和高度自动化驾驶在未来将扮演什么样的角色？

— **博尔托拉齐：**保时捷客户希望从驾驶辅助系统中获得最高水平的支持、舒适度以及安全保障。我们有能力，也必须有能力在这些方面以及自动化驾驶领域提供技术上领先的解决方案。但我们在未来仍然会坚持一个基本原则：保时捷首先是由人来驾驶的汽车。

— **伯蒂格：**然而我们逐渐发现，保时捷客户希望在特定情况下解放双手，例如在交通堵塞或寻找停车位的时候。想想在上海、北京或洛杉矶这样的大城市中的情况就知道了。在繁忙都市里，保时捷就没法像在黑森林风光旖旎的乡村小道上那样，尽情展现其恣意飞驰、动感十足的风采了。与其把精力集中在“走走停停”上，每个人可能都希望把时间更合理地利用起来。例如，做一些在主动驾驶时不允许、也不可能做的其他活动。

您刚才提到了一些法律上的要求。这些要求是全球统一的，还是差别很大？

— **博尔托拉齐：**我们在这一方面看到了非常大的差异。确实有一些全球性的法规，比如联合国

欧洲经委会关于车辆技术要求的法规，许多国家都以此为参考。但与此同时，各国也制定了自己独有的规定与标准。尤其是中国车企，他们正在冲破藩篱，依据自己独立的审批及法律规定进入市场。

我们的自动驾驶目前达到了哪一阶段？

— **博尔托拉齐：**我们现在处于第2级，也就是还在辅助驾驶阶段。在这一阶段，司机仍然承担全部责任。不过，我们目前正在集中研发第2级的升级版本，也就是通常所说的L2+级。在未来，驾驶员可以完全放开方向盘。但与此同时，车辆必须对驾驶员进行监控，以确保其能够随时接管车辆的控制权。这就意味着，我们必须确保驾驶员的眼睛保持在路面上，继续观察交通情况，并能随时重新掌控车辆。

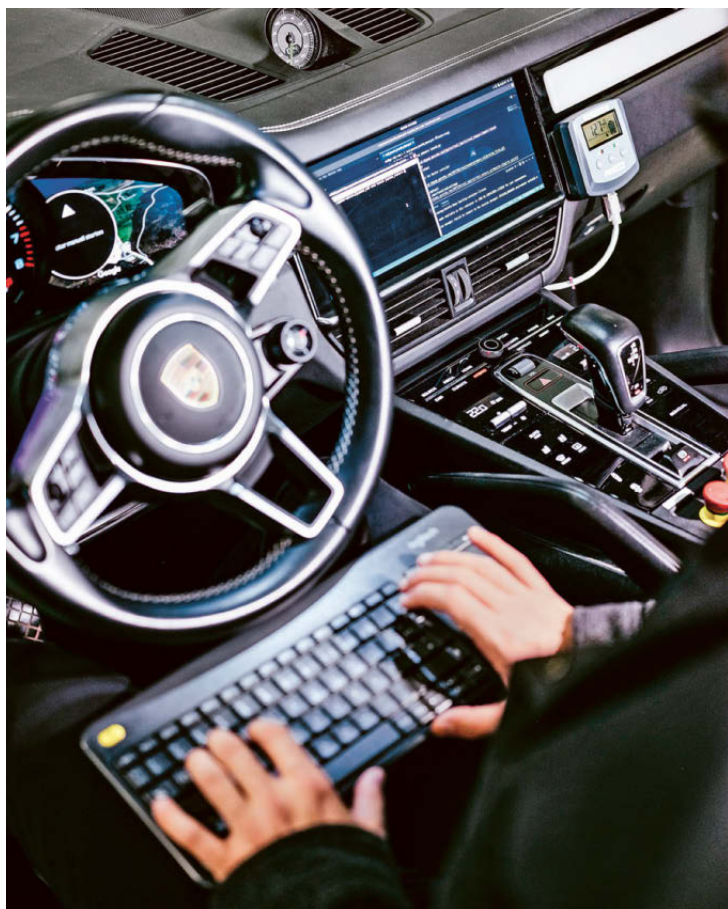
一些整车制造商目前正处于自动驾驶的第2级与第3级的过渡阶段。那从第2级到第3级的跨度有多大

— **博尔托拉齐：**这是一个比较大的跨越，因为要在车辆中实现真正的冗余并不容易。当主系统达到极限或出现问题时，冗余系统至少要

面向未来的技术正在接受考验：借助 JUPITER 测试车，保时捷工程建立了一个可扩展的高级驾驶辅助系统 ADAS 架构平台，以便更高效地为新技术的系列开发做好准备。该平台在国际软件环境中不断发展。

接管一段时间的驾驶任务。这背后需要投入大量的工作，而确保制动、转向和能源供应等周边系统的顺畅运作也同样需要大量的努力。

- **伯蒂格：** 我们从第 1 级到第 2 级的过渡相对较快，例如从简单的纵向导向系统升级到了纵向和横向导向系统组合。尽管数据驱动极大加速了开发进程，但向第 3 级迈进却需要更多的时间。这主要是因为研发用于支持动态驾驶任务至关重要的后备系统时，不仅需要承担车辆材料成本，而且在研发过程中还必须执行大量的实操工作。
- **博尔托拉齐：** 到了第 4 级，这种后备系统的作用将更加明显，因此车辆也可以在更长的时间内使用冗余模式移动。此外还有其他的冗余，比如说，驱动系统冗余可以让车辆独立驶离高速公路。



在美国已出现了无人驾驶的机器人出租车，这是否意味着那里的制造商在自动驾驶方面已经领先于欧洲的整车制造商？

- **伯蒂格：** 这里需要区分不同的应用场景。机器人出租车的运行设计域 (OPERATIONAL DESIGN DOMAIN) 只局限在城市内部，这些车辆属于服务提供商或车队运营商，就像如今的无人驾驶公共汽车一样。对属于客户个人并由他们所驾驶的车辆，开发的重点是让客户在高速公路上或交通拥堵时驾驶得更轻松，而不是实现无人驾驶。这主要关乎较长距离的驾驶。因此，两方定位存在差异。我们也就不能得出结论说，美国的制造商已经先人一步，因为他们不再需要任何司机了。

那中国制造商的情况如何？

- **博尔托拉齐：** 根据我们的观察，中国汽车制造商在自动化技术方面雄心勃勃。这当然得益于国家的补贴和优惠政策。例如，我们预计今年会出台针对第 3 级自动驾驶的审批法规。当然，中国有自己的特色，那里的制造商在车辆中集成了大量的技术，不仅包括传感器技术，还包括和计算能力极强的控制单元。不过，这些技术是否能真正实现有意义的车辆功能，还需要经过验证。

在开发高度自动化驾驶功能时，您依托了哪些技术？

- **博尔托拉齐：** 出于对安全的考虑，我们目前第 3 级和第 4 级的自动驾驶方案使用了三种独立的物理传感器原理：雷达、激光雷达和摄像头。这些技术已经过考验，但仍有进一步改进的潜力，比如说可以使用成像雷达。成像雷达是高分辨率雷达，可生成周围环境的三维图像，类似于激光雷达。
- **伯蒂格：** 保时捷工程集团在这三种类型的传感器上都拥有深厚的技术积累，还与保时捷世界各地的分公司保持合作。我们也拥有开发到第 4 级所需要的控制单元平台方面的专业技术，比如平台所需的图形处理资源与神经网络加速器。人工智能的应用正变得越来越不可或缺，特别是在环境感知和数据驱动开发领域，我们通过建立自己的国际人工智能研究中心，正坚定不移地朝着这一方向努力。如果把关注点投向必要的过程、方法和工具，就会发现：我们目前正在准备按照 V 模型，也就是从需求工程到软件的开发、验证和发布展示这一切。这是我



“我们越来越多地发现，保时捷客户希望在特定情况下解放双手，例如在交通堵塞或寻找停车位的时候。”

阿尔布雷希特·伯蒂格 (Albrecht Böttiger)
保时捷工程集团 ADAS 系统部门主管



动态发展：

用 JUPITER 测试车可以快速体验和测试新的功能和算法。

们研究得特别深入的一个主题，也是成功向客户发布产品的关键。

如果我们着眼于开发过程，保时捷工程的独特卖点是什么？

- **伯蒂格：**除了使用硬件和真实车辆外，我们还有能力在整个 V 模型中使用虚拟工具，进行高级驾驶辅助系统 ADAS 功能的端到端开发。使用虚拟工具，可以在将控制单元做成硬件之前就模拟和测试新的功能。在全球各地有分公司是我们另一个大优势。我们完全可以在全球进行硬件在环测试，相当于进行全天候测试，同时还能不中断地持续开发。例如可以将上海发现的错误立即纳入更新中，更新随后会在欧洲接受测试。通过在全球范围内的分布，我们也能支持各个市场上的实车测试。这意味着，当地市场所需的应用和验证测试，可以通过使用当地的现场测试载体来完成。

如果驾驶越来越多地被科技取代，汽车将在总体上发生什么变化？

- **博尔托拉齐：**自动化驾驶要求车辆具有更高的信息技术性能。为此，我们需要在汽车上配备高性能计算机来处理传感器数据，然后接管路线的规划和实施。车辆与数字基础设施之间还将进行宽带通信，电子地图和高精度集群数据将存储在数字基础设施中，例如运动轨迹、交通信息，以及事故警告。此外，一旦相关标准出台，将实现 V2X 交流，即实现车对外界一切的信息交互。
- **伯蒂格：**确保留有足够空间以容纳众多必要的组件至关重要，而且组装在原则上不能影响汽车的外观。不过，特定的组件也可以被有意识地作为一种视觉特色来强调——这是我们在包括中国在内的其他市场中广泛观察到的一种做法：在某些情况下，激光雷达不会被“隐藏”起来，而是被有意识地突出显示。

既然您提到了这一点，就顺便多问一句：如何将汽车的新功能与其设计美学融为一体呢？

- 博尔托拉齐：我们当然追求技术的可见性——但要让别人看出我们这样设计是有意为之的。保时捷的设计理念非常简洁，线条清晰，造型连贯。另一方面，光学传感器必须始终保持特定的视角。如何将其完美地安装进去确实是一个巨大的挑战。为此，我们与车身有关领域的设计与技术专家有密切的合作。

实现高度自动化驾驶对内部空间有何影响？

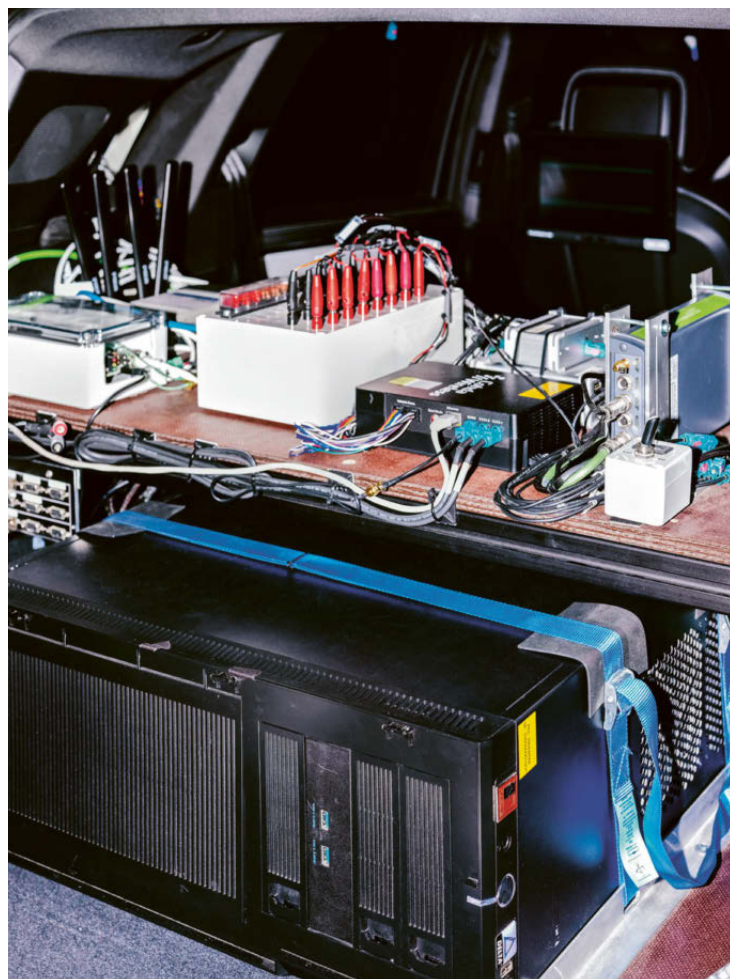
- 博尔托拉齐：我们希望为客户在自动化驾驶模式下提供恰到好处的内部空间体验。车内的空间可以根据客户的办公、通讯或娱乐需求，通过显示屏或者投影合理地利用起来。但对安全的考量始终是重中之重：我们必须在任何情况下保证乘员的安全，因为自动化驾驶并不

能完全避免事故的发生，比如其他交通参与者的错误行为所导致的事故。乘员即使在放松的姿势下，其安全也必须得到保障。为此，我们需要智能安全气囊系统以及与座椅一体的新型乘客辅助约束系统。此外还需要配备高精度的系统以监测车内空间和乘客，确保车辆能准确地识别驾驶员或乘客的位置，并制定出最佳的安全约束装置触发策略。

开发驾驶辅助系统及自动化驾驶功能可谓十分有挑战性，在开发过程中，保时捷是否与其他公司合作？

- 博尔托拉齐：保时捷工程是我们重要的合作伙伴，因为这家公司有多年深厚的基础性技术积累。这些技术不仅有助于数据驱动的研发，也有助于仿真技术的发展。在此，我还想额外提一下我们两间公司正在共同研发和扩展的软

↓
于尔根·博尔托拉齐教授 (Jürgen Bortolazzi) 自 2022 年起担任保时捷驾驶辅助和自动化驾驶部门主管。这位电气工程师还是卡尔斯鲁厄理工学院 (KIT) 的名誉教授。



“自动化驾驶要求车辆具备更高的信息技术性能。因此我们需要高性能的车载计算机。”

于尔根·博尔托拉齐





“我们可以同时使用实车和虚拟车，按照 V 模型完整地绘制高级驾驶辅助系统 ADAS 端到端的开发图。”

阿尔布雷希特·伯蒂格



件开发技术。保时捷工程部的欧洲和国际分部对我们来说也非常重要，我们必须在许多地区对新系统进行测试和验证，以满足不同的审批要求。保时捷工程在所有这些领域都为我们提供了极大的支持。

无比视 (Mobileye) 也是你们的合作伙伴，您为什么选择与这家公司合作呢？

- 博尔托拉齐：无比视是目前的技术引领者之一，他们在驾驶辅助系统和自动化驾驶领域深耕十多年，研发能力在行业内十分突出。除了功能堆栈外，无比视还提供系统芯片解决方案（目前已迭代到第六代），这些技术背后包含着无比视多年的丰富经验。另外，无比视还拥有一套完整的数字生态系统，其中包括基于云计算的地图以及车辆与地图的高效耦合。

此次合作中实现了哪些里程碑式的发展呢？

- 博尔托拉齐：从几年前开始，我们就在保时捷汽车上安装了基于无比视技术的摄像头。

现在，我们又在此基础上增加了新的控制单元平台，它为电子地图提供了一个高性能接口以及一个大幅增强的传感器，最值得一提的是这个可覆盖 360 度的全景行车摄像头。

最后一个问题：您喜欢自己开车还是让车自己开起来？对于自动化驾驶，您最期待什么？

- 伯蒂格：当我驾驶保时捷 911 行驶在斯泰尔维奥山口公路上时，我不需要第 3 级自动驾驶，我想自己开车。在黑森林里也一样。但只要一进入城市，我现在就已经会开启纵向横向组合辅助系统，这让我感到非常放松、舒适。等以后完全不需要自己驾驶时，我就会上网，或者处理工作事务，或者会观看体育比赛和其他视频。
- 博尔托拉齐：我更倾向于在去办公室的路上使用自动化驾驶，比如堵车时，或早上在 A8 高速公路上排起长龙了还得开 50 公里去上班时，自动化驾驶就是一个实用的选择。 —●

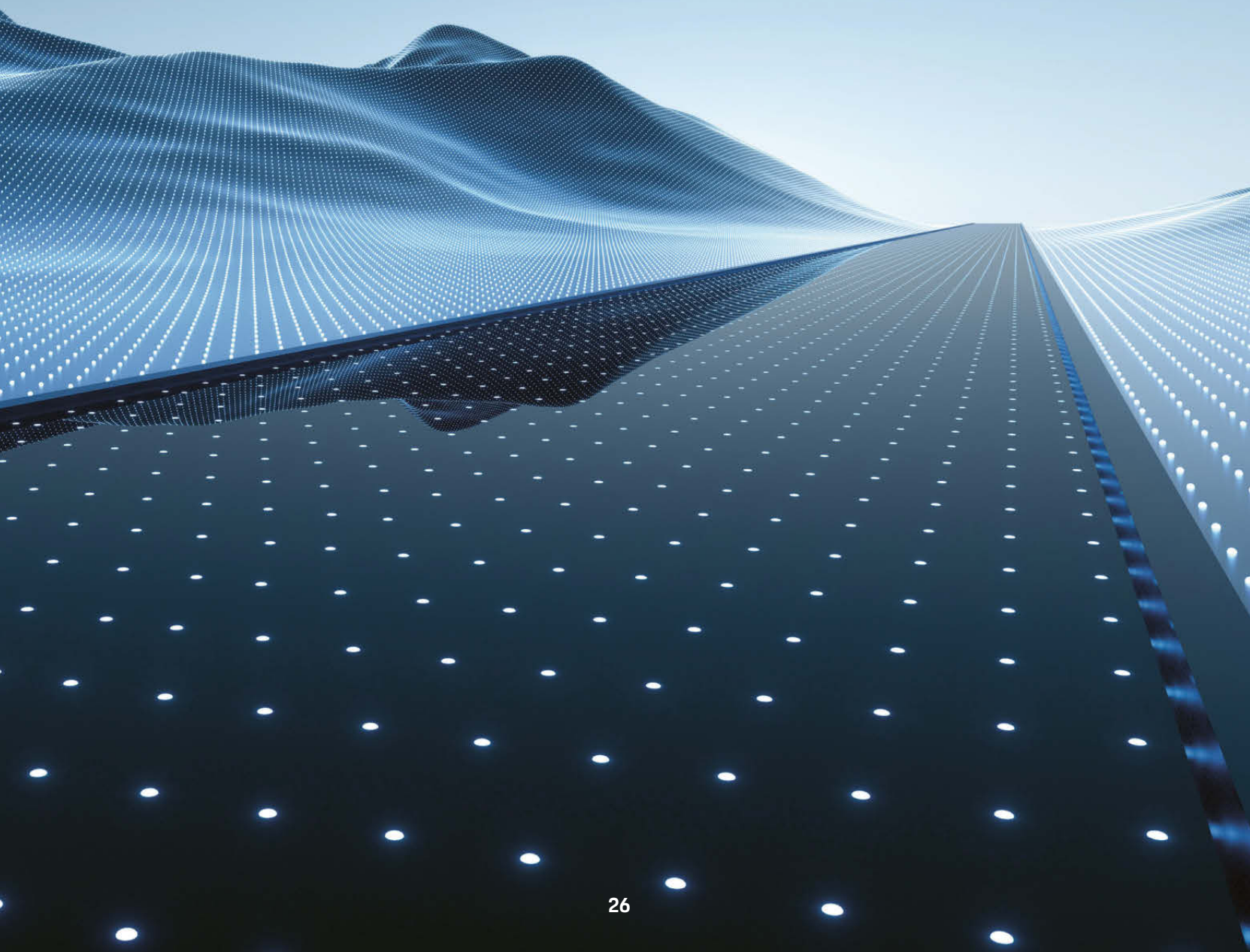
阿尔布雷希特·伯蒂格 (Albrecht Böttiger) 自 2023 年起担任保时捷工程集团 ADAS 系统部门主管。此前，这位物理学硕士自 2010 年起就在保时捷公司从事高级驾驶辅助系统和高度自动化驾驶功能的研究工作。

“我们的愿景是为客户在自
动化驾驶模式下提供恰到
好处的内部空间体验。”

于尔根·博尔托拉齐
保时捷驾驶辅助和自动化驾驶部门主管



道路本身 就是目标



虚拟验证的重要性与日俱增，例如在开发过程中测试和验证驾驶辅助系统或联网驾驶功能，确保安全无虞。这离不开保时捷工程公司运用自主开发的端到端工具链，为客户精心创建的路线模型。这背后的过程十分复杂，而常规地图数据远远无法满足需要。

文字：Constantin Gillies

在

新款保时捷 Cayenne 于去年 4 月亮相之前，其原型车总共行驶了 400 万公里的测试里程。这还只是在真实道路和越野赛道上行驶的里程，不包括仿真测试：目前，车辆数字模型在计算机上行驶的里程是真车实际测试里程的 1,000 多倍。工程师会为车辆创建数字孪生模型，借助该模型在合成式或混合式测试台架 (SiL、HiL、ViL) 上进行仿真环境虚拟试驾，以验证其性能，尤其是针对现实生活中很少出现，或无法在现实生活中测试的危险情况：例如，如果弯道后面有一头野猪，自适应巡航控制系统会如何反应？

为了验证驾驶辅助系统和高度自动化驾驶功能，确保安全无虞，必须就千变万化、危急程度或高或低的“边角案例”(Corner Case) 进行充分演练。因此，有一种资源变得越发重要：虚拟道路和环境。保时捷工程公司仿真主管蒂勒·卡罗琳·鲁普(Tille Karoline Rupp)解释说：“任何通过仿真手段验证的功能都需要用到路线模型，即道路及其周围环境的数字孪生模型。”过去，这些路线通常由人工创



“任何通过仿真手段验证的功能都需要用到路线模型，即道路及其周围环境的数字孪生模型。”

蒂勒·卡罗琳·鲁普
保时捷工程公司仿真主管

建，但这种方式无法满足日益增长的需求——毕竟，为了实现自动驾驶，车辆需要数十亿公里的测试里程。“实现高度自动化至关重要。”鲁普表示。保时捷工程公司自主开发了端到端工具链，利用各种原始数据创建虚拟测试路线，几乎无需人工干预。

路线建模的基础数据来自供应商提供的高分辨率地图，或者保时捷工程公司通过 JUPITER 测试车辆自主进行的试驾 (JUPITER 是 Joint User Personalized Integrated Testing and Engineering Resource 的缩写，意为“联合用户个性化集成测试和工程资源”)。Google 地图等公共服务提供的地图不适合用于路线建模。负责路线建模的开发工程师托比亚斯·瓦茨尔 (Tobias Watzl) 表示：“我们有时需要精确到毫米级的车道和道路宽度，以及三维横向坡度信息。”由于各国的数据情况各不相同，有时需要立足当地开展工作。例如，中国对采集路线数据有特别的法规约束。凭借驻上海和北京的团队，保时捷工程公司可以在现场承担项目，并始终与其他地点的专家通力合作。

逐步构建路线

第一步是从地图数据中推导出道路的逻辑模型。该模型使用数学公式（主要是多项式方程）描述道路走向，类似于道路施工指南。逻辑道路模型以 ASAM OpenDRIVE® 文件格式保存，该格式由标准化组织 ASAM e.V.（自动化和测量系统标准化协会）管理并持续开发完善。

第二步，创建道路的三维模型——即不仅可以在屏幕上查看，还可以结合传感器模型实现交互的可视化形式。该虚拟测试路线可以任意修改、可以添加汇入口，也可以创建首尾相接的路线。此外还可以选择不以现实路线为蓝本的通用路线，团队将根据所测试的驾驶功能予以调整，使其符合验证需求。例如，如果要通过算法来识别交通标志，就会在沿线设置许多不同的标志。工程师也可以模拟真实路线，例如从斯图加特到慕尼黑的 A8 高速公路。这称为地理参考路线，如果要测试的功能使用内部地图，就需要使用此类路线。

3D 模型最初仅限于道路本身，但为了优化基于摄像头的功能（如车道检测），整条数字化路线必须看起来像真的一样。因此，工程师需要为其打造虚拟的周围环境。保时捷工程公司已将电影行业使用的三维图形软件 Houdini 集成到工作流中，用于生成逼真的沿途树木或房屋等景物。道路沿线物体的位置信息主要来自开放地图服务 OpenStreet-Map (OSM)。

创建逼真的数字道路绝非易事。瓦茨尔介绍说：“假设所有输入数据都准确无误，约十公里的道路需要一小时的计算时间。”工程师要在两方面之间权衡取舍：路线模型需要足够细致，以便能可靠验证相应的驾驶功能；另一方面又不能太庞大，否则可能会对算力提出极高的要求。例如，为了确保仿真顺利运行，程序会略去远处不重要的物体，或者将其外观大大简化。



“我们有时需要精确到毫米级的车道和道路宽度，以及三维横向坡度信息。”

托比亚斯·瓦茨尔
保时捷工程公司开发工程师



“我们有时需要精确到毫米级的车道和道路宽度，以及三维横向坡度信息。”

托比亚斯·瓦茨尔
保时捷工程公司开发工程师

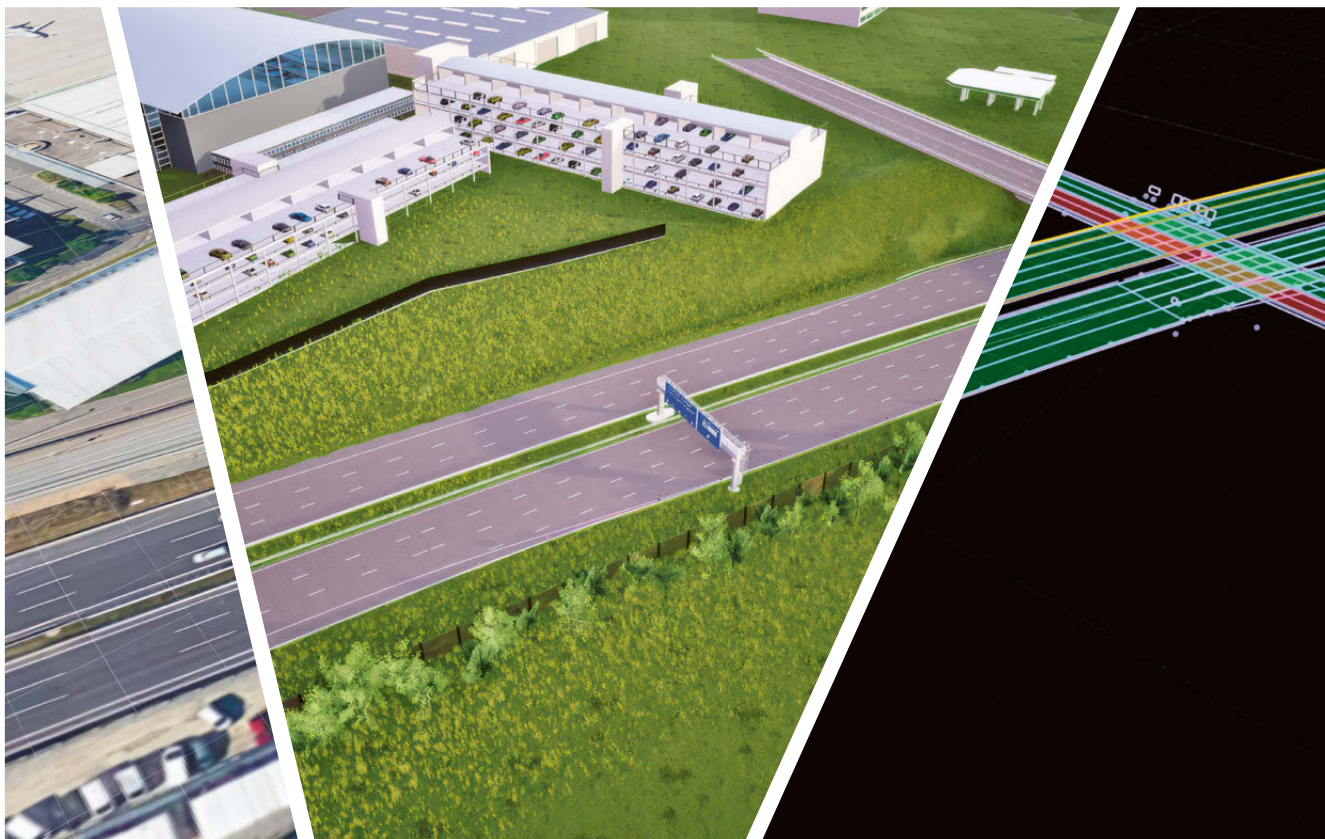
开发自动化工具链

尽可能提高自动化程度，对于高效路线建模至关重要。正因如此，保时捷工程公司国际化团队自主开发了端到端工具链：从逻辑路线数据到最终生成的包括周边环境在内的三维模型，所有步骤均为自动完成。这就需要极高的数字智能水平：假设逻辑路线模型中没有任何坡度，但地面高程数据却有 70 米的高度差，那么算法就应当识别到此处有一条隧道，并在三维模型中添加合适的隧道管。

同样重要的还有数据质量保证，以及让数据无需重大调整即可通用于多种仿真环境。鲁普强调说：“我们会从语义上检查数据的可驾驶性、可导入性以及标准合规性。”例如，程序应当自动识别到因测量误差导致的道路几何形状跳变。除了在相应的仿真环境中进行通过性测试之外，团队还采用了 CARIAD 开发的质检工具。它可以检查 ASAM OpenDRIVE® 文件是否符合标准，能否在所需的仿真环境中顺利使用。

保时捷工程公司与 CARIAD 和 ASAM 共同启动了一项计划，旨在实现标准互换性，便于进行验证。这个计划催生出了“ASAM Quality Checker”项目，各个合作伙伴将通力协作，共同开发一个验证框架，作为提高标准互换性的重要基础。ASAM 首席执行官 (CEO) 马吕斯·杜普伊 (Marius Dupuis) 和首席技术官 (CTO) 本·恩格尔 (Ben Engel) 强调说：“只有凭借统一的解释和实施的标准，才能实现可扩展的仿真解决方案。没有标准，我们将无法描述世界。”用户也对此表示赞同：“除了标准之外，我们还需要共同确定质量要求，以便将现有的最佳工具组合成可靠的工具链。”CARIAD 仿真与测试产品负责人马塞尔·朗格 (Marcel Langer) 表示。在根据仿真环境调整模型时，保时捷工程公司可以充分发挥自身优势。鲁普强调说：“我们非常清楚对仿真的要求，因为它是由我们自主开发的，并且我们

从现实到仿真： 路线建模的两大组成部分



路线模型所反映的通常是真实存在的场景（左侧为航拍照片）。这些模型由两个在几何形状和内容上都相互匹配的部分组成：一个部分是路网与物体的逻辑数学描述（右图），另一个部分是可行驶区域和周

围环境的三维模型（中图）。路线模型是在合成式和混合式测试台架（SiL、HiL、ViL）上进行虚拟验证和开发过程中配套测试的关键环节。

已经将其成功应用于客户项目中。”例如，可以利用仿真来模拟相应的环境和周围的交通情况，通过硬件在环系统，在虚拟车辆中测试真实控制单元的功能。这样可以减少对实际测试的需求。保时捷工程公司采用了许多这样的硬件在环（HiL）系统。

下一步：天气和人工智能

随着我们向高度自动化驾驶不断迈进，未来的虚拟测试路线必须越来越面面俱到、细致入微。瓦茨尔说：“尚待发掘的潜力不可估量。”举一个例子：目前，虚拟交通空间里始终是怡人的夏日——车道总是洁净、干燥。瓦茨尔表示：“今后，我们可能会

大约
1小时
这是 10 公里虚拟路线所需
的计算时间。

推出冬季版本，让路边堆满积雪并覆盖车道标记。”重点在于，程序不仅要呈现积雪、树叶堆或水坑等障碍物可视化，更要正确呈现它们的物理特性。这是因为，不同传感器的检测方式截然不同，包括光学手段和其他物理手段，因此驾驶辅助系统的反应也会有所差异。

为了进一步提高仿真的细致程度，保时捷工程公司还充分利用其内部的人工智能专业知识。鲁普举例说：“人工智能可以自动分析卫星图像，提供关于景观或建筑物的信息。”此外，还可以利用人工智能技术从视频中自动提取交通标志等元素。这有助于让路线模型更快地适合另一个国家/地区的情况。

1.

双阀减震器系统

新款保时捷 Cayenne 采用回弹阻尼和压缩阻尼可分别调节的双阀减震器，开创了全球先河。这项技术让运动型和舒适型驾驶之间的区别更加显著，并优化了各种驾驶状况下的性能表现。



Cayenne E-Hybrid

油耗（加权综合）：

2.0–1.4 l/100 km

二氧化碳排放量（综合）：46–31 g/km

耗电量（加权综合）：

31.8–28.6 kWh/100 km

电动续航里程 WLTP（EAER）：66–78 km

电动续航里程 WLTP 城市

（EAER city）：76–90 km

全部 WLTP 消耗数据；更新于：2023/11

3.

脉冲逆变器

降低时钟频率使脉冲逆变器的效率得以提高，电机功率也提升了 10%。通过产生与载波频率相近的人工噪声来掩盖可能出现的干扰噪声。



2. 制动系统

新款保时捷 Cayenne 在制动时会尽可能回收能量，以延长其电动续航里程。如果电机的减速效能不足，液压摩擦制动器等其他制动措施就会开始发挥作用。电子制动助力器软件可确保二者之间的过渡平顺无感。

系统集成

软件与车辆的集成对车辆性能和客户体验至关重要。新款保时捷 Cayenne 也是如此。保时捷工程公司与保时捷和多家供应商携手合作，共同开发了该车的大部分驱动系统和底盘部件。得益于创新硬件和定制软件，这款豪华 SUV 可提供经典的保时捷驾驶体验。

文字：Christian Buck



**“我们的核心任务之一是系统集成。
包括在控制单元上实施代码，
以及应用和验证新功能。”**

伊娃-维瑞娜·齐根
保时捷工程公司驾驶系统部门主管

软

件正日益成为一款车型的的决定性要素，因为软件能够实现创新功能、为车辆带来越来越大的附加值。然而，客户体验并不完全取决于程序员——让软件与车辆硬件完美契合、协调运作，以实现最佳性能，同样至关重要。这一点尤其适用于对驾驶体验有重大影响的驱动系统和底盘。因此，保时捷工程公司全新组建了“驾驶系统”部门，让底盘和驱动领域的硬件和软件专家密切协作。该团队能够开发并集成完整的系统——从研判需求，到开发功能、软件和执行器，再到应用、测试和验证。

注重系统集成

“我们的核心任务之一是系统集成，”驾驶系统部门主管伊娃-维瑞娜·齐根 (Eva-Verena Ziegahn) 说，“包括在控制单元上实施代码，以及应用和验证新功能。”在保时捷 Cayenne 的开发过程中，保时捷工程公司承担了大量开发任务；从一开始，硬件和软件的无缝集成就是驱动系统和底盘的关键所在。齐根解释说：“Cayenne 的特点是驾驶舒适性和运动性能兼备。以主动式侧倾稳定功能为例，它是通过创新软件和参数设置，以及与整个底盘的集成来实现的。我们必须考虑到底盘中复杂的相互作用，四轮驱动系统、前后桥转向系统、制动系统和电驱动系统都会影响驾驶体验。”

齐根以底盘一大创新技术的开发和应用为例，说明了硬件与软件之间的协调互动：这款豪华 SUV

首次采用了回弹阻尼和压缩阻尼可分别调节的双阀减震器。这项技术由保时捷工程公司与一家供应商共同开发，让运动型和舒适型驾驶体验之间的区别更加显著，并优化了各种驾驶状况下的性能表现。创新硬件也对软件开发提出了前所未有的要求：保时捷负责电子底盘平台 (ECP) 的开发工程师法比安·海特坎普 (Fabian Heitkamp) 表示：“由于该车采用了新型双阀减震器，我们必须更改控制器组件，并开发新的基础软件接口。此外，能够从之前的控制单元和基础软件中沿用的代码少之又少。简而言之：我们几乎要从零开始。”

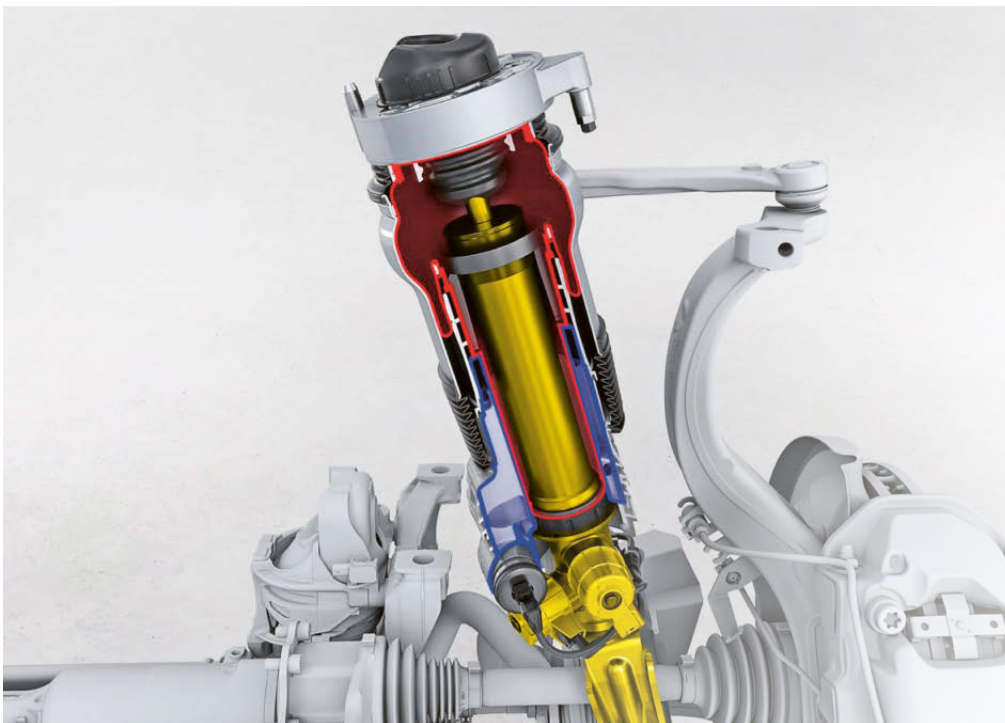
与 CARIAD 合作

保时捷工程公司负责新控制单元的组件，并与保时捷共同协调供应商开发新的基础软件。保时捷工程公司负责集成管理的开发工程师马库斯·施密特 (Marcus Schmid) 说：“我们还负责整套功能软件。一方面，新型双腔空气弹簧/双阀减震器系统的复杂程度比以往的系统高得多；另一方面，我们还要同步推进其他系列的开发工作。因此，我们需要实现 17 种功能，而不是以往的 10 种。其中一些由我们开发，另一些则由 CARIAD 负责。”

为了在紧迫的时间内克服复杂挑战、圆满完成任务，在新的控制单元和基础软件完成之前很长时间，就已经开始测试新软件。齐根解释说：“我们尝试尽早通过硬件在环 (HiL) 手段，或在测试台架上测试各种功能之间的通信和交互。”保时捷公司

ECP 是底盘的中央控制单元。它记录速度、高度值、汽车在竖直方向上的运动、侧倾和俯仰运动、路面摩擦系数、当前驾驶状态（如转向不足或转向过度）以及各个相关底盘系统的数据。利用这些数据，ECP 可以计算出相应组件的最佳运行模式，并快速、精确地实现协调同步。这种中央控制方式可以让客户体验到更有特色的驾驶特性——精准的转弯性能、更具动感的驾驶手感和更高的舒适度。

双阀减震器系统 创新性能



保时捷工程公司与一家供应商共同开发了创新型**双阀减震器系统**。创新硬件还需要对控制单元软件进行大幅更改：由于组件复杂程度更高，还要同步推进其他系列的开发工作，需要实现 17 种功能，而不是以往的 10 种。为了在紧迫的时间内克服复杂挑战、圆满完成任务，在新的控制单元和基础软件完成之前很长时间，就已经开始测试新软件。



“由于组件复杂程度更高，还要同步推进其他系列的开发工作，我们需要实现 17 种功能，而不是以往的 10 种。”

马库斯·施密特
保时捷工程公司开发工程师

Cayenne 底盘项目经理迈克尔·贝克 (Michael Becker) 也强调了这些方法的重要性：“在保时捷工程公司，我们成立了一个跨越各个分支机构的国际化团队，以便从功能开发和 HiL 测试的早期阶段开始便能有效提供支持。否则，我们将无法完成任务，因为我们不可能将某个软件版本直接安装到车上，随即开始试驾。而通过 HiL 测试，我们可以检查各个软件组件能否协同工作。此外也必须牢记，底盘上有很多地方都事关法律法规。”

得益于虚拟方法，开发人员在开发早期阶段就能实现诸多优化。这样一来，到了开发后期，团队就可以集中精力进行微调收尾。随着系统和组件的复杂程度不断提高，这一模式在未来也至关重要。首先进行模型在环 (MiL) 测试，以研究 Matlab/Simulink 模型的行为，然后根据这些模型生成代码。随后，需要通过软件在环 (SiL) 测试证明其符合要求。接下来是处理器在环 (PiL) 测试：在微处理器上运行代码，而该微处理器与之后在控制单元中所用的微处理器极其相似。一旦完成新的控



“如果没有像 HiL 这样的方法，我们将无法完成任务，因为我们不可能将某个软件版本直接安装到车上，随即开始试驾。”

迈克尔·贝克
保时捷 Cayenne 底盘项目经理

制单元和基础软件，就可以在硬件在环测试台架上接受测试。

海特坎普强调说：“保时捷工程公司的专业能力贯穿整个流程链——从开发功能、在基础软件中实施功能，直到测试和集成到车辆中。”这得益于我们拥有具有所有必要专业知识的国际团队。来自德国、捷克和罗马尼亚的专家组成紧密协作的团队，负责生成代码和开发功能、使用 SiL 和 HiL 测试等手段对其进行测试和验证，并致力于实现测试自动化。“保时捷工程公司总是能准确无误地提供所需资源。”海特坎普表示，“这使我们能够顺利克服挑战，按时完成项目。”

制动系统 难以察觉的过渡



制动系统由两部分组成：液压摩擦制动器和电机。由能量回收功能负责两者之间的过渡（“融合”）。它还能补偿因温度波动或磨损等原因而变化的摩擦制动特性。一大特殊挑战在于，各项计算需要在不同的控制单元上运行。因此，制动系统软件只能在控制单元网络中发挥作用。

让摩擦制动与能量回收制动完美融合，实现无感过渡

开发人员还重点研究了新款 Cayenne 制动系统中硬件和软件的协调互动。开发人员的任务是：为驾驶员带来尽可能舒适的踏板感受，尤其是应当让驾驶员感觉不到车辆减速效果中有多少来自液压摩擦制动器、有多少来自电机的能量回收。这种液压摩擦制动与能量回收制动之间的“融合”由能量回收功能负责实现。具体组合方式取决于诸多影响因素。保时捷工程公司制动和转向系统开发工程师丽莎·海尔比希 (Lisa Helbig) 解释说：“从根本上来说，我们的目标是尽可能多地使用能量回收制动，以尽可能减少车辆的平均能量需求，从而延长其电动续航里程。例如，如果电机的减速效能不足，或者后桥能量回收有可能影响车辆稳定性，那么液压摩擦制动器就会开始发挥作用。”

制动系统软件还有助于对摩擦制动器不断变化的特性进行补偿，实现最佳制动效能。软件会综

合考量制动器在运行过程中的温度和磨损情况。一大特殊挑战在于，各项算法需要在不同的控制单元上运行，因此制动系统软件只能在控制单元网络中发挥作用。eBKV 的软件由供应商提供，保时捷工程公司负责参数设置和功能测试。最后一步是与保时捷共同验收车辆。

踏板感受得到显著优化

“我们已经实现了目标：在能量回收制动与液压制动之间的转换过程中，驾驶员不会感觉到任何突兀的段落感。”保时捷负责许可的亚历山德罗斯·阿塔纳西亚迪斯 (Alexandros Athanasiadis) 总结道，“与上一代产品相比，我们进一步优化了融合效果。归根结底，制动体验的好坏是以踏板感受来衡量的，我们在软件的加持下对此进行了有效优化。”他以全新提出的摩擦制动器“冷特性曲线”为例说明了这一点。在制动器温度较低的情况下起步时，车辆将根据特性曲线大幅提升制动力，从而确保踏板感受始终如一。除了改善舒适性之外，全新设计的能量回收功能还提高了 Cayenne 的效率：新款 Cayenne 能量回收系统的减速性能最高可达 88 千瓦，比之前的车型提升了约 30%。此外，该车还开创了又一先河——即使在接近静止的极低速度下也能实现制动能量回收；在此之前，这一最低速度为 14 公里/小时。

高达

**88
kW**

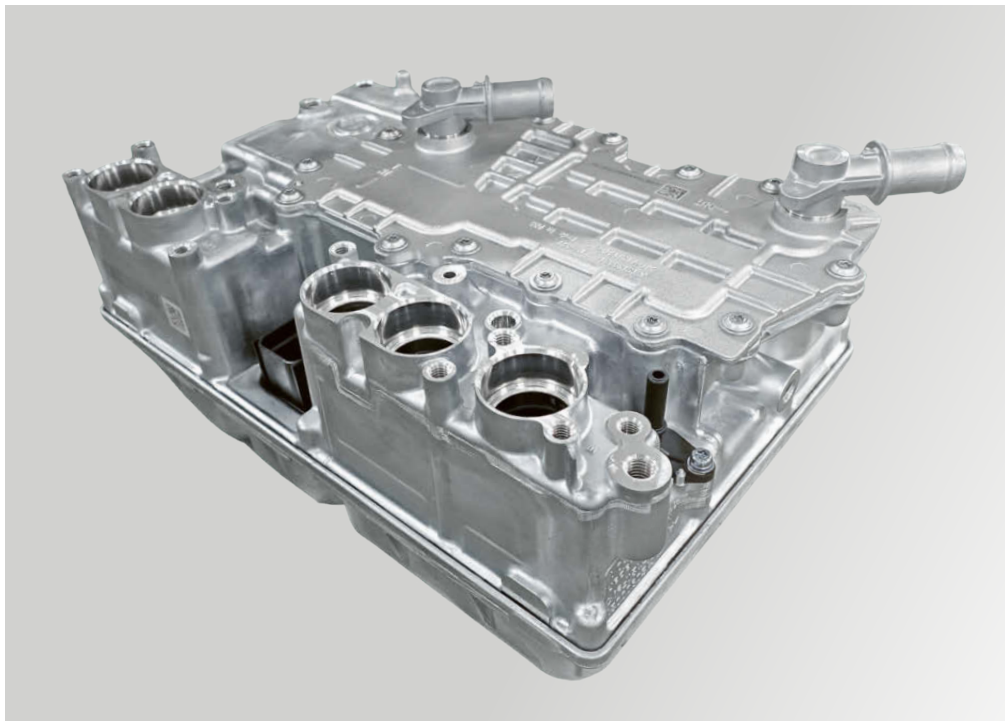
新款 Cayenne 可通过能量回收制动实现的减速性能，比上一代车型提升了 30%。



“保时捷工程公司总是能准确无误地提供所需资源。”

法比安·海特坎普
保时捷开发工程师

脉冲逆变器 低噪声、高效率



生成训练数据

脉冲逆变器根据驾驶员的动力需求为电机供电。为此，高压电池的直流电压会高频通断。接通和断开的时间比例决定了电机的功率。降低这一频率可以提高电子元件的效率，但同时也会产生干扰噪声。车辆会产生随机噪声加以掩盖，确保驾驶员不会察觉到任何频率的噪声。



“从根本上来说，我们的目标是尽可能多地使用能量回收制动，以延长车辆的电动续航里程。”

丽莎·海尔比希
保时捷工程公司开发工程师

以噪抑噪

除了新型减震器系统和混合式制动系统之外，保时捷工程公司还全程参与了新款 Cayenne 脉冲逆变器 (PWR) 的开发、测试和验证工作。主要目标是让驾驶员感觉不到从内燃机到电机的转换，同时提高车辆性能。新开发的 PWR 具有可变开关频率和多种调制方法，可根据当前运行点进行优化。保时捷脉冲逆变器软件和应用主管帕斯卡尔·哈斯勒 (Pascal Heuser) 解释说：“降低时钟频率使脉冲逆变器的效率得以提高，仅通过软件的智能控制，我们便可将电机功率提升 10%。不过，从声学角度来看，这种方式也有弊端——会产生令人不悦的噪声。解决办法是生成与载波频率相近的人工噪声，从而掩盖这种电机噪声。”

然而，这种解决方案并不适用于所有运行点。想法是这样的：控制器必须在几毫秒内做出反应，根据需及时调整开关频率。哈斯勒说：“这是一套高度创新的解决方案。我们在提高系统效率的



**“在能量回收制动与液压制动之间的转换过程中，
驾驶员不会感觉到任何突兀的段落感。”**

亚历山德罗斯·阿塔纳西亚迪斯
保时捷开发工程师

同时，还通过复杂精巧的声音调制确保驾驶员听不到任何噪声。”

全新 Cayenne 的 PWR 成为了一套模块化系统，在整个大众集团范围内得到广泛应用——同一控制单元被用于近 100 种衍生车型，搭配五种电机和三种变速箱。它们还基于不同平台——全新推出的大众电子电气架构 E³ 或 MLBevo。因此，系统集成也意味着：跨越不同品牌 and 不同级别的车辆实现集成。而开发人员已经成功做到了这一点。保时捷工程公司脉冲逆变器集成项目经理弗兰克·德克特 (Frank Deckert) 表示：“从外观上看，这些衍生型号的区别只有接口不同，其内部工作原理始终是相同的。我们只需要一套硬件，就能完全兼容所有差异。”

在应用中取得平衡

为了减少应用阶段的工作量，开发人员组成了 11 个小组，每组负责约 100 辆在性能和发动机配置等方面相近的车辆。同一组中所有车辆的参数设置都相同，这给工作带来了严峻挑战。例如，转子和定子的热模型对扭矩精度和组件保护措施有重大影响，但热模型本身又在很大程度上取决于电机在车辆中的安装位置。因此，参数设置必须在不同车型之间取得平衡。应用的标准化为后续更新带来了巨大优势：限制差异有助于降低软件维护成本（从概念阶段就考虑成本效益）。哈斯勒表示：“总的来说，我们已经开发出了具有最先进控制手段的顶级系统。这一成就离不开我们与保时捷工程公司的紧密合作，以及诸位同事的出色工作。”

新款 Cayenne 已于 2023 年 7 月上市。目前，保时捷正与保时捷工程公司密切协作，为这款豪华 SUV 的衍生车型进行系统集成。另一个重要的

成功因素是承包商与客户之间的高度互信。保时捷项目经理贝克说道：“在这样一个大项目的开始阶段，并不是每个细节都能完全落实——经常会出现突如其来的需求，而现有团队不足以解决所有问题，需要临时寻求专家的帮助。”事实证明，在早期阶段就让硬件和软件专家协同工作效果很好。齐根表示：“Cayenne 项目充分体现了系统集成的重要性，以及仿真在开发工作中的重要作用。我们可以通过仿真手段为车辆之外的许多方面做好准备，然后再集中精力进行最后的微调收尾工作。近年来，车辆开发工作的复杂程度迅速提高，唯有这样，我们才能从容应对越发严峻的挑战。”



综述

保时捷工程公司承担了包括 FAS/HAF 在内的 SE 底盘团队管理，以及新款保时捷 Cayenne 的大部分驱动系统和底盘开发工作。重点是提供经典的保时捷驾驶体验，为此，硬件和软件必须实现最佳协调互动。成功的关键在于将所有组件顺利集成到系统之中。



**“我们只需要一套硬件，
就能完全兼容所有差异”。**

弗兰克·德克特
保时捷工程公司脉冲逆变器集成项目经理

谁更逼真：汽车制造商还是游戏开发商？

多

人应该还对早期赛车游戏留有一定的印象，《跑车浪漫旅》(Gran Turismo) 和《世界赛车》(World Racing) 等游戏中的革命性画面都在当时引起过不小轰动。放到现在来看，那时候的热情似乎让人有些难以理解。甚至有些人会想：“这就是游戏当年的样子吗？和我记忆里的不一样啊！”如今，我们熟悉的游戏里面不再是像素化的车道，而是栩栩如生的景观。汽车制造商甚至还会将这些虚拟景观用于汽车行业技术研发。

这是因为游戏开发商和汽车制造商有一个共同点：他们希望尽可能准确地将现实搬到虚拟世界中——前者希望让玩家们在玩游戏时有身临其境的感觉，后者则希望能在仿真实景技术的帮助下测试汽车新功能。但究竟谁更胜一筹呢？

答案是：这要看情况。当前的电子游戏在模拟真实赛车驾驶体验方面已经取得了惊人的进步，日益接近于现实生活中的真实驾驶体验。但是，汽车工程师对于驾驶物理学的深入了解以及对防抱死制动系统 (ABS)、电子稳定程序 (ESP) 等标准汽车系统功能的洞察仍然比游戏开发商略胜一筹。此外，轮胎性能的复现仍然是一个挑战，这也是游戏开发商通常选择采用通用轮胎模型的原因。保时捷子公司 OverTake 总经理塞巴斯蒂安·霍农 (Sebastian Hornung) 说：“然而，也有一些电脑游戏开发商不遗余力地研究制作原版赛车的数字复制品。例如，意大利的一家游戏公司根据 20 世纪 70 年代的赛车记录，历时数月在电脑中重现了保时捷 917 和保时捷 956 车型。

在数字赛车外观设计开发过程中，保时捷为游戏开发商提供了帮助和支持。保时捷为他们提供车辆的 3D 模型，如果需要，他们还可以使用激光扫描技术对保时捷博物馆中的历代经典赛车进行测量，甚至录制赛车的声音。霍农推测说：“因为游戏开发商总是使用最新的图形处理技术，所以他们的模型在视觉效果上可能会稍微更好一些。”

而在赛道上，二者基本可以平分秋色。为了捕捉到赛道上细微的不平整，在细节上做到精益求精，游戏开发商和汽车工程师都会使用专业服务商提供的激光扫描技术。在测量日常道路（如高速公路）以用于路径建模时，汽车工程师同样需要毫米级的精确测量数据（请阅读第 26 页的报道）。但是，关于日常道路的超高精度数据通常不对游戏开发商开放。

与此同时，保时捷正在努力通过“虚拟道路”应用程序将道路数字化过程自动化，从而开拓新的应用场景。驾驶者只需打开应用，将智能手机放在挡风玻璃后面拍摄视频即可收集数据。这些数据只有将成为创建赛道模型的出发点。未来，这款应用程序有望在多种场合发挥作用。



文字：Christian Buck
插图：Julien Pacaud

还有问题吗？仿真



建模竞赛：无论是电脑游戏还是汽车开发，都极力追求高度的真实感。然而在模拟驾驶行为这一领域，汽车制造商处于领先地位。

表现业绩和 专业技术

研发与验证



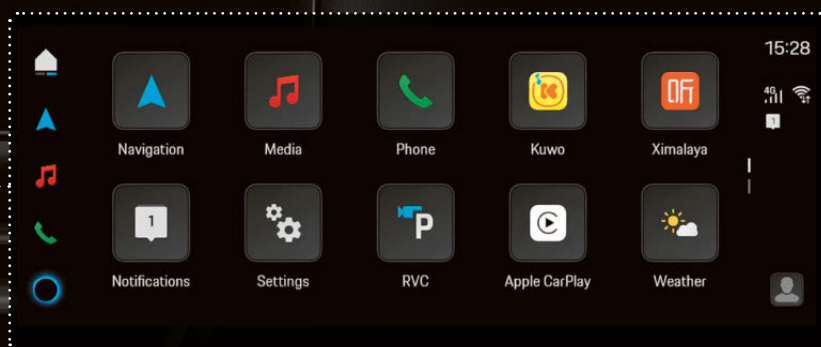
中国平台

近年来,中国的数字生态系统增长快速,逐渐成为日常生活中不可分割、高度融合的一环。这一事实显著提高了中国公众对于车载信息娱乐系统的期待。因此,在打造新车型的过程中,保时捷和保时捷工程集团携手中国供应商,针对保时捷 Boxster、Cayman 和 Macan 车型开发了全新的控制单元。这个“立足中国市场,服务中国市场”项目的迅速完成,创下了保时捷开发速度的新纪录。

文字: Christian Buck

对

于中国的消费者来说,信息娱乐系统功能是购车时的一个极为重要的考虑因素之一。消费者不仅期待能通过轻松的对话式语音控制来操控系统,也希望信息娱乐系统可以支持本地流行的应用程序,兼容音乐、播客、视频、即时消息等应用,并能通过云服务,利用车载地图和导航功能获取实时信息。在中国,许多本地交通控制系统也已经使用了云技术。例如,红灯停车的等待时间能作为实时信息提供,并通过特定应用以倒计时方式展示给驾驶员。保时捷 Macan 车系数字技术专家米歇尔·阿克曼 (Michael Ackermann) 解释说:“为了实现这一目标,车辆需要配备合适的硬件和软件,并且以一个用户友好型界面对功能加以呈现。我们定期对车辆功能进行更新,就是为了能够跟上不断提升的消费者期望。因此,在 2022 年,我们决定针对保时捷 718 和 Macan 车型开发一个全新的、基于安卓系统的信息娱乐平台,兼容中国当前的互联网服务,以满足消费者的期望。”



与时俱进: 保时捷 Macan 的信息娱乐系统完美兼容中国本地热门应用。



期望达成：现在保时捷 718 车型也完美兼容中国最新互联网服务应用。zur Verfügung.



“许多测试我们无法在德国进行。比如说，安装的地图数据是专为中国市场量身打造的，这就给测试带来了一定的地域局限性。”

施菲
保时捷工程集团项目管理负责人

紧迫的时间表

除了原先的基本功能外，新版保时捷车载信息娱乐系统还将提供包括喜马拉雅（新闻和播客）、微信（即时通信）、爱奇艺（视频流）以及酷我音乐（与Spotify类似的流媒体服务）等热门应用程序的接入。另外，中国市场的保时捷导航系统也进一步得到了升级，最新系统将采用由中国供应商高德地图提供的地图和交通信息。新系统具备更加强大的语音控制功能，能够轻松处理比如“我想在去车站的路上顺便加油！”这样的日常口语指令。

除了技术难关需要攻克之外，时间安排的紧迫性构成了另一项挑战。鉴于信息娱乐技术的迅猛发展，项目亟需加快进度，以尽快完成。“种种因素下，我们急需寻找一家位于中国的供应商，由其负责在中国的开发工作。”阿克曼解释说。这正是保时捷工程集团该出手的时候：保时捷工程集团在上海设有分公司，包括一个大型研发中心、众多本地工程师以及完备的现场测试设施。保时捷工程集团信息娱乐系统专业部门主管托马斯·普雷奇(Thomas Pretsch)说：“2022 年春，我们组建了一个由来自德国和中国的同事组成的跨国团队。团队的首要任务就是确定当前消费者的期望，并对各家中国供应商进行评估。除此之外，团队还整合了所有的规格需求，包括硬件、软件及用户界面的详细规范。”

供应商面临的任務明确，但同时又充满挑战：供应商需要在不改变两款车型硬件构造的基础上，与保时捷共同打造一套尖端信息娱乐系统。“在尺寸、接口位置和通风系统等方面，两款车型都必须保持原样。”普雷奇解释说。经过深入的市场分析和对两家供应商的方案进行概念验证后，保时捷工程集团向保时捷推荐了其中一家公司作为全新信息娱乐系统的制造商。这家公司制造的产品包括中控台主机和全屏显示器，同时公司还为汽车后座娱乐系统提供解决方案。保时捷工程集团项目管理负责人施菲 (Stefanie Ebert) 表示：“这家供应商提供了一个理想的平台，可以为新项目所用。此外，该公司曾为大众汽车集团提供过服务，他们熟悉集团的运作流程，并且已与多套系统进行过技术对接。”

基于这些建议，保时捷确定了供应商，项目得以迅速启动。为了确保合作的效率和速度，保时捷工程集团在上海组建了自己的开发团队，其中包括了负责导航系统和“数字助理”语音控制系统等关键职能的专门负责人。开发团队的核心职责包括供应商管理和系统功能规划。同时，他们也负责确保对用户界面所进行的所有调整既符合实用性要求，又不失保时捷设计的标志性特点。

施菲补充说：“我们日常与保时捷工程技术研发（上海）有限公司的常驻供应商工程师保持紧密合作，每周至少在中国举行一次与新软件开发相关



舒适抵达目的地：
基于高德地图的升级版导航系统将为中国保时捷客户带来更多便利。



“合作非常成功，我们在极短的时间里就为保时捷中国客户带来了众多新功能。”

米歇尔·阿克曼
保时捷 Macan 车系数字技术专家

的讨论会。此外，上海保时捷工程团队也与常驻德国的同事进行密切交流，他们充当着连接保时捷集团及其信息娱乐与用户交互开发团队的纽带。保时捷集团信息娱乐与用户交互项目负责人阿克塞尔·胡伯 (Axel Huber) 表示：“对我们而言，选择一个既熟悉保时捷集团流程又能自主工作的合作伙伴至关重要。当然，在涉及关键决策时，我们双方会及时沟通讨论。总体而言，我们与保时捷工程集团和新系统供应商的合作十分富有成效。”合作涵盖 Macan 和保时捷 982 系列车型，质量控制、采购和销售部门也参与到了其中。

包括硬件和软件评估在内的系统测试则由保时捷工程技术研发（上海）有限公司施行。施菲补充道：“我们从中国团队的专业能力和市场洞见中获益良多。许多测试我们无法在德国进行。比如说，安装的地图数据是专为中国市场量身打造的，这就给测试带来了一定的地域局限性。”

以最快速度取得成功

除了用户界面需要保持保时捷一贯设计风格并严格遵守安装空间要求之外，新的信息娱乐系统与电子设备（例如控制装置、组合仪表和倒车摄像头）之间的兼容性也是一项不小的技术挑战。考虑到大部分客户会在购买新款 Macan 或保时捷 718 车型时选配 BOSE® 环绕声音响系统，为了保证音

质，研发团队必须确保后续可通过光纤将信息娱乐系统与音响硬件进行连接。普雷奇说：“我们采用 MOST 网络进行光纤连接，但供应商对此尚无经验。中国的工程师们在这一新挑战上投入了巨大努力，并最终成功实现了 MOST 接口与新硬件平台的无缝集成。”在全面确保开发工作符合各项要求之后，保时捷工程集团便对全新信息娱乐系统提出了正式的批准建议。

保时捷与保时捷工程集团紧密合作，携手供应商共同迎接挑战，在短时间内完成了这一关键项目：2023 年 9 月起，新一代车载信息娱乐系统硬件在中国开始生产，同年 11 月末开始在德国装配到 Macan、Boxster 和 Cayman 车型中。2024 年初，保时捷完成了对客户的首批交付。按照原计划，车辆并未进行任何特别改造，连信息娱乐系统所需的大量线束连接也一切照旧。阿克曼高兴地说：“从外观上，我们的生产团队成员只能通过标签来区分哪些车安装了中国市场专用的硬件。”

阿克曼补充道：“我们只有 18 个月的时间，非常紧迫，但项目仍然严格按照预算准时完成。在常规情况下，这样的项目需要三年时间。我们之所以能够加速进程，是因为我们优化了内部流程，精简步骤。当然，在这个过程中，我们做到了保质保量，严守相关规定。”同时，供应商在这个过程中也展现出了极高的责任心，积极迅速应对了一切挑战。阿克曼认为，与保时捷工程集团的合作也堪称典范：整个项目期间，我们之间保持了密切且深入的沟通，团队成员准备充分，合作十分顺畅。总之，合作非常成功，我们在极短的时间里就为保时捷中国客户带来了众多新功能。”

Macan	
油耗（综合）：	10.7–10.1 l/100 km
二氧化碳排放量（综合）：	243–228 g/km
Boxster	
油耗（综合）：	9.7–10.1 l/100 km
二氧化碳排放量（综合）：	247–201 g/km
全部 WLTP 消耗数据；更新于：2023/11	

“勇气驱动创新”

人工智能 (AI) 和自动驾驶： 汽车行业的发展正迎来一个令人振奋的全新篇章。费德里科·马格诺 (Federico Magno, 保时捷管理咨询有限公司总经理) 和罗鹏 (Dirk Lappe, 保时捷工程集团技术总监) 在专家访谈中共同探讨了汽车行业未来发展的关键趋势, 以及勇气在这个过程中的重要性。

文字: 保时捷工程集团
摄影: Núi Crew

掌舵人: 费德里科·马格诺 (左) 和罗鹏共同探讨人工智能带来的可能性。



趋势与技术

采访



“吸取经验教训、运用直觉和情感智慧是人类长期独一无二的优势。”

罗鹏



您认为人工智能将会发展到何种程度，它在我们的社会中又将扮演何种角色？在发展过程中，人工智能面临着哪些具体的限制？

- 罗鹏：人工智能取得的进步虽然引人注目，但相较于人类的智慧和创造力，它还存在一定的局限性。人工智能擅长于模式识别、数据分析以及执行经过机器学习后的具体任务。然而，人类展现的创新和创造能力对于人工智能来说仍然是一道难以跨越的门槛。尽管人工智能可以处理基于既有信息的数据，但它却无法像人类一样自我创造全新的观念或概念。吸取经验教训、运用直觉和情感智慧是人类长期独一无二的优势。发展自我意识并提高主观体验处理能力是人工智能所面临的一项巨大挑战。

目前，虽然人工智能系统有能力处理数据并根据算法与机器学习作出判断，但它们缺乏人类意义上的自我意识。

- 马格诺：我们的意识不仅仅包括思维，还蕴含着情感。身为意大利人，我自认为对情感颇有研究。情感涵盖了自我意识、主观体验以及在世界语境中对自我的理解。这些元素深深地扎根于人类心灵之中，植根于我们的大脑深处。而人工智能系统却缺乏个人经验；它们并不清楚自己在做什么，更不用说记住自己做过什么了。它们的行动缺乏情感色彩，显得颇为冷漠无情。人类所具备的自我参照能力是人类独具的另一特质。这一特质关乎人类如何思考自我、发展自我意识，以及如何理解并反思自己的心理活动。

这个特质具体有什么特点呢？

- **马格诺：**我们常说，自知是进步的第一步。从字面上看，这句话实际上能非常精准地揭示我们与当前人工智能技术的根本区别：因为能够进行自我认知，我们能从错误中学习并成长。这种能力的独特之处在于它的复杂性。它不仅涉及到认知能力，还包括情感和社交层面。机器模仿这样的能力非常困难。虽然通过编程可以使人工智能系统分析其性能并针对特定任务进行自我调整，但这种自我优化过程是冷漠且机械的，缺乏情感深度。机器始终不具备人类意义上的自我意识。

这对汽车行业的未来发展意味着什么？

- **罗鹏：**关于未来发展，特别是在汽车行业，我们可以推测人工智能将在某些方面达到甚至超过人类的能力。但是，创造性思维、共情以及解决问题的综合能力等方面可能会存在它难以跨越的门槛。尽管存在这些限制，自动驾驶技术的未来依然前景光明。除人工智能之外，传感器技术的快速发展也值得关注。这些技术进步预示着道路交通将变得更加安全、高效。自动驾驶汽车同时也具备巨大潜力，能显著改善那些无法或不愿亲自驾驶人群的出行体验。然而，除了技术复杂性之外，人工智能还面临着法律、数据保护和社会接受度等多重挑战。

在这之中，马格诺先生刚刚提到的自我参照能力扮演了怎样的角色？

- **罗鹏：**人类的自我参照能力并非自动驾驶技术的必要前提。自动驾驶汽车依托于人工智能系统，该系统能够处理并响应环境信息，无需自我认知或意识到自己的存在。对于自动驾驶来说，更关键的是其他方面的人工智能技术，比如精确地识别周边环境，如其他车辆、行人、交通标志和道路状况，能够基于感应数据和算法做出安全且高效的决策。此外，适应各种交通环境和应对不可预测事件的能力也必不可少。这些能力确保了自动驾驶汽车在无需自我参照的情况下，也能安全地导航和操作。面对数据不全的情况时，自动驾驶技术面临一定的挑战，但也有相应的解决方案。自动驾驶车辆通常配置有多重冗余系统，比如多个传感器和摄像头。一旦某个传感器发生故障，其他设

备提供的信息就可以弥补丢失的数据。在数据不足的情况下，自动驾驶系统可能会采取更为谨慎的驾驶策略，如减速或停车，直至获取更多信息。车辆能够从过往的经验中学习，以更好地应对数据不完整的情况。同时，与其他车辆或交通基础设施的网络连接也可以提供额外信息。安全性始终是发展自动驾驶技术过程中最重要的考量。

人工智能在无人驾驶方面扮演着怎样的角色？

- **罗鹏：**首先我们可以进行一个简单的分类：自动驾驶分为五个级别。每个级别的提升都意味着自动化程度的增加和对人工操作干预需求的减少。1级——辅助驾驶：车辆配备了巡航控制或车道偏离预警等辅助系统，但需要驾驶员持续介入和保持控制权。2级——半自动驾驶：车辆能够承担部分驾驶任务，如转向、加速和制动。然而，驾驶员必须关注周围环境，并随时准备接手控制。3级——有条件自动化：在特定条件下，汽车能够实现全自动驾驶，但要求驾驶员在必要时能及时接手控制。



罗鹏 (Dirk Lappe)

自2009年起担任保时捷工程集团技术总监，此前负责整车研发工作。在布伦瑞克完成电气工程、电子与通信技术的学习后，罗鹏曾在博世集团 (Bosch) 担任过开发工程师、项目经理、团队负责人、顾问和通用移动通信系统 (UMTS) 预研主管等职。



“勇敢的开发人员和企业家不仅能克服挑战，实现自身目标，还能激励他人。他们勇于将想法变为现实，能够激励他人大胆创新。”

费德里科·马格诺

4级——高度自动化：车辆在大多数情况下能够实现完全自动驾驶，不需要驾驶员的介入。不过在这种情况下，驾驶员仍然可以自由选择手动驾驶。

- **马格诺：**然后就是“王者级别”，5级——全自动驾驶：在这种情况下，车辆在任何条件下都能够完全接管驾驶任务，全程无需驾驶者或方向盘的参与。这种级别的自动驾驶依赖于庞大的数据量、高计算能力和昂贵的传感器技术。要想在未来几年里实现这一目标，对汽车行业来说是一个巨大挑战。自动驾驶汽车的效能极大地依赖于能够获取和学习的数据量以及数据的实时更新。车辆本身需要不断采集大量数据。自动驾驶汽车必须在仿真环境中进行大量试驾，累计上百万公里的驾驶里程，有效分



费德里科·马格诺 (Federico Magno) 自 2017 年起保时捷管理咨询有限公司总经理。除了领导运营、品牌及销售、技术与开发各部门外，他还全面负责汽车、航空航天和运输领域的业务。费德里科·马格诺曾在米兰博科尼大学攻读经济学。

析得到的海量信息，并在此过程中学习如何作出准确决策。

人工智能系统与人类的区别究竟在哪里？

- **马格诺：**原则上区别没有那么多：人类主要通过感官来识别周边环境、交通状况、路况、交通标志以及车辆尺寸。可用的数据相对有限，例如不知道路在哪里或在何处拐弯。对于人类来说，获得数据信息并不难。比如，一张传统的城市地图就可以提供大量有效的信息。但是，一个人并不需要驾驶几百万公里才能获得驾驶执照。一般来说，参加一些理论课程和实操练习，并通过相应的考试即可获得驾照。获得驾照后，人类在驾驶过程中可以依靠自我参照能力随机应变，无需提前亲历所有可能发生的情况。比如道路上有一个球在滚动，颜色是红还是绿其实都无关紧要：人类驾驶员会选择停车，因为他知道可能会有孩子追球而来。而自动驾驶汽车需要首先学会区分这两种情况。当然，这只是一个简单的例子，与之类似的例子还有很多。目前来看，能否通过完全自动化的5级自动驾驶测试解决所有潜在问题，仍然是个未解之谜。

罗鹏先生，保时捷工程集团计划采取何种措施来塑造汽车行业的未来发展呢？

- **罗鹏：**勇气！与这些年来我们所展现的那样，保时捷工程集团将鼓足勇气，继续探索未知领域——这也正是推动创新、进步与积极改变的源泉。无论在技术、科学还是社会的各个领域，每一步的发展都离不开勇气。勇气不单是一种个人品质，更是创新的驱动力。勇气鼓励开发者寻求新想法、创造创新方案，超越既有的限制。如果缺乏勇气，众多开创性的发现与发明将无从谈起。

马格诺先生，保时捷咨询公司如何看待未来的汽车行业的发展呢？

- **马格诺：**汽车行业的发展一直存在许多不确定的因素和风险，这些因素和风险不容低估。不过，失败的风险主要是经济性方面的，它不像早期航空领域的发展那样存在生命危险。人工智能的加入为我们提供了额外的保障，它可以



Taycan Turbo S Sport Turismo

耗电量 (综合):
24.0-22.6 kWh/100 km
二氧化碳排放量 (综合):
0 g/km
续航里程 (综合):
430-456 km
室内电动续航里程:
518-562 km

全部 WLTP 消耗数据;
更新于: 2023/11

帮助我们在仿真环境中识别出那些罕见但可能造成严重后果的技术缺陷。有勇气有胆识的企业家不会将这些缺陷视为不可克服的障碍或失败的象征,而是会将它们看作宝贵的机遇,一个可以从中学习并改进的契机,进而为大众开发更好的产品。

听起来,对二位来说勇气在实现新发展和创新过程中扮演着核心的“推动力”角色,汽车行业也不例外。

- **罗鹏:** 完全正确。开发之路充满了障碍与挑战。正是勇气赋予了开发者跨越这些障碍的力量,激发他们不断寻找创新解决方案,面对最艰巨的挑战。在这个不断变化的世界中,适应新技术、追随新趋势、满足客户新需求变得尤为重要。那些敢于变革的开发者愿意重新审视现有概念和商业模式,正是他们推动着行业向前发展,开辟新的可能性。
- **马格诺:** 更进一步来说:勇敢的开发人员和企业家不仅能克服挑战,实现自身目标,还能激励他人。他们勇敢地探索未知,将极具远见的理念实践成现实,有力地激励着他人大胆踏上创新之路。这样的勇气不仅能推动技术进步,还能为社会问题找到创新解决方案,引发深远的社会变革。从医疗领域的突破性成就到推动可持续环境保护的倡议,勇气的力量促进了多方面的进步,改善了我们的生活和世界。



- **罗鹏:** 勇气同样是促进个人发展和职业成就的关键因素。它不仅是个人成长的催化剂,也是推动社会发展和进步的重要力量。
- **马格诺:** 在这个日益全球化的世界里,拥有竞争优势显得尤为关键。勇敢的企业家往往能在激烈的竞争中突破重围,开辟新市场,推出创新产品或服务。他们的勇气激发了一种积极向上的工作氛围,能有效鼓励团队成员自由分享创新想法,积极参与创新项目。
- **罗鹏:** 总的来说,勇于开拓成为了推动未来交通变革和进步的关键因素。它激励我们面对并克服挑战,通过创新思维和解决方案来塑造世界。勇于探索是推动改变的驱动力。在发展的每一步中,勇气的价值都应该得到鼓励和重



“如果使用得当，人工智能将有能力彻底改变业务流程。当然，这同样需要一份勇气。”

费德里科·马格诺

“人工智能将根本性地革新汽车行业，使汽车变得更加安全、高效和人性化。”

罗鹏

视。这种开拓精神能够最终指引着我们向着更加美好的未来前行。

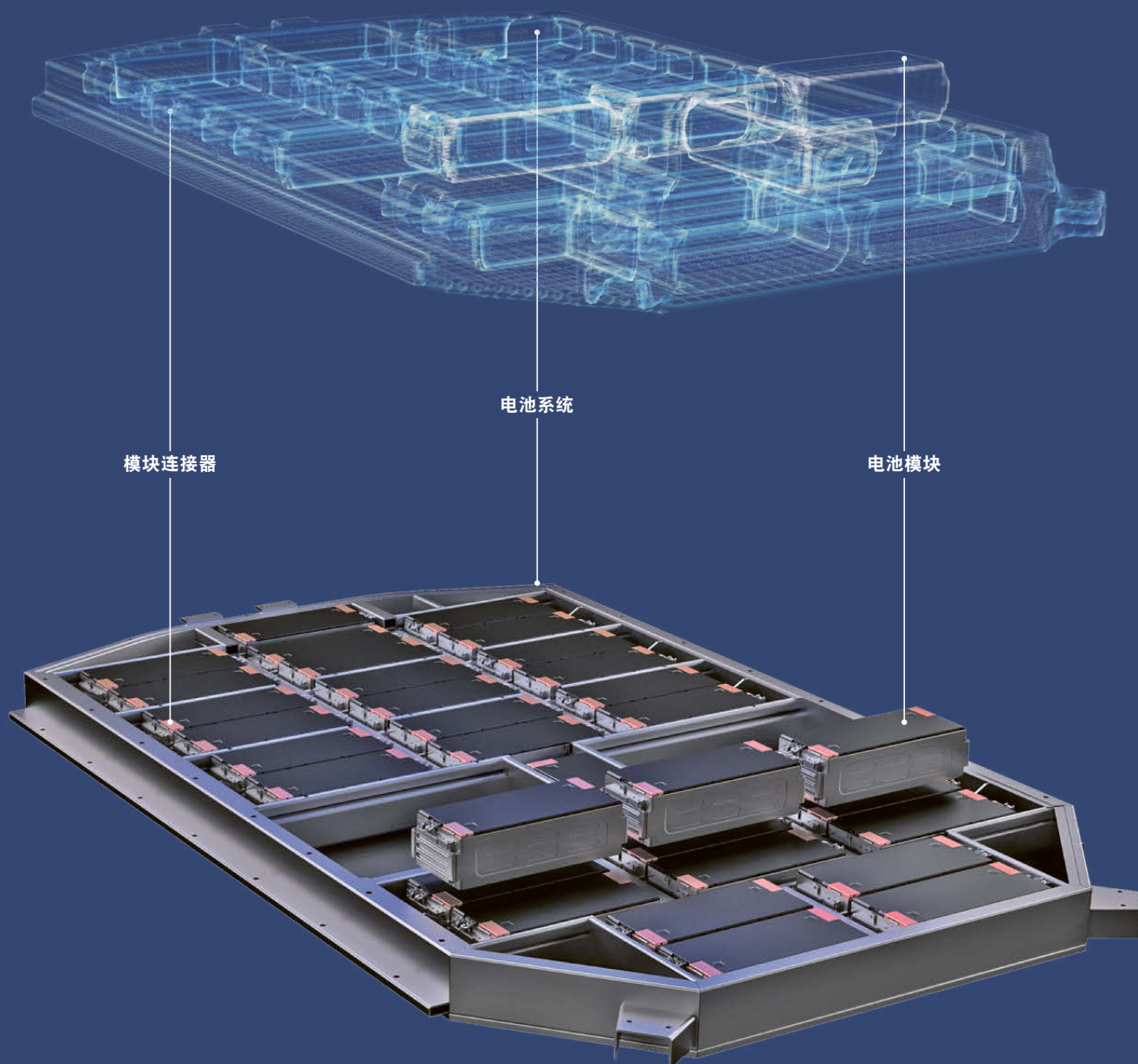
人工智能的未来又将如何？

- **罗鹏：**在汽车开发领域，人工智能未来前景广阔、形式多样，它的潜力巨大，不仅仅适用于自动驾驶方面。人工智能可以更快地识别危险并启动预防措施，从而帮助改善车辆的安全系统。车主可根据个人需求定制车辆，享受一流驾驶体验。在开发和生产过程中，人工智能系统可以优化流程、节约资源并提高产品质量。人工智能可以预测维护需求，有助于减少停驶时间并延长车辆组件的使用寿命。此外，我们还将目睹汽车领域中更多高级连通性功能的出现，其中包括大数据整合和物联网应用的增加。通过人工智能应用，我们能够优化燃料效率并支持电动汽车技术的进步，让汽车变得更加环保。总体而言，人工智能将根本性地革新汽车行业，使汽车变得更加安全、高效和人性化。
- **马格诺：**长期来看，我们有望掌握更多具有划时代意义的创新技术。模仿人脑结构与功能的神经形态计算系统在未来人工智能技术的发展中将扮演核心角色。这类芯片在效率和速度上将大大超越传统的处理器，在处理感官数据方面奉上不俗的表现。它们更贴近于人类的决策方式，能够实现实时决策。这些系统在设计之初就是为了更加有效地处理现实世界中非结构化的复杂数据，预计它们在未来将会重塑出行模式。这种变革不仅体现在5级全自动驾驶汽车的开发上，也反映在交通的组织方式和新兴商业模式的形成上。在保时捷咨询公司，我们已经将人工智能应用于销售、开发、生产和营销等多个领域。我们深知，如果使用得当，人工智能将有能力彻底改变业务流程。当然，这同样需要一份勇气。
- **罗鹏：**模拟自然过程的物理计算模型对于打造更高效、更强大的人工智能系统具有重要作用。在处理不确定性和不完整信息方面，这些模型能够优化车辆性能。这对自动驾驶技术来说极其关键。虽然这些技术的应用前景非常广阔，但目前还处于初期开发阶段。它们有潜力为人工智能领域带来根本性的突破，特别是在系统的灵活性、学习能力和适应性方面。

“成功开发具备意识感知和自我参照能力的人工智能技术标志着人类历史上的一次划时代的进步。然而，这也同时带来了诸多亟需我们应对和解决的关于法律、伦理、哲学和技术的问题。”

费德里科·马格诺

- **马格诺：**成功开发具备意识感知和自我参照能力的人工智能技术标志着人类历史上的一次划时代的进步。然而，这也同时带来了诸多亟需我们应对和解决的关于法律、伦理、哲学和技术的问题。
- **罗鹏：**预计我们将会见证自动驾驶汽车在实现4级高度自动化方面取得显著进展。不过，由于缺乏完整的数据，在未来几十年中，在道路上见到5级全自动驾驶车辆的可能性仍然较小。在未来，预计大部分车辆仍会配备方向盘。在需要的时候，驾驶员可以通过方向盘介入，自主控制人工智能驾驶的车辆，确保驾驶安全性。——●



精确仿真：电池数字孪生的行为与实际电池完全相同，能够提供有关预期老化过程的参考信息。

窥见 半半

电池是电动汽车中的关键元件——因为它们对于汽车残值有很大的影响。因此，整车制造商和供应商都希望能详尽了解电池和电池系统的老化情形，以及使用行为对于电池使用寿命有何影响。这就是保时捷工程集团开发高压蓄电池数字孪生的原因。

文字：Constantin Gillies

在

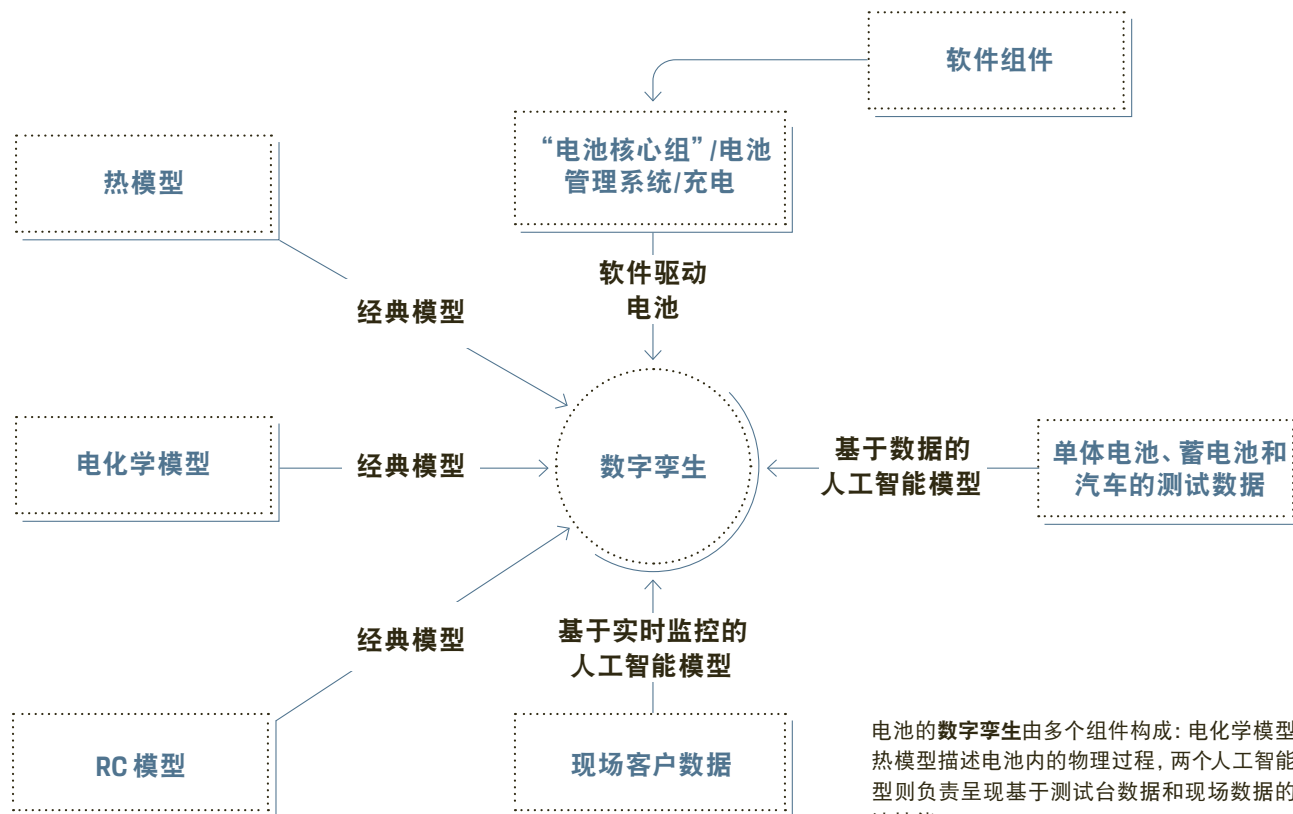
没有长期经验的情况下，要如何才能知道一个系统在未来会是什么样子？这个问题已困扰美国国家航空航天局（NASA）几十年了。毕竟，他们经常将配备最新技术的探测器发射到未知的陌生环境中。为了能更好地预估太空船的生命周期，NASA的研究人员在2000年初便开发出了“数字孪生”这一概念：他们在计算机上打造了真实的飞行器作为模型，即使是最小的细节也不放过，然后模拟未知的场景，例如为期数十年的飞行。

保时捷工程集团也采用了同样的方法，目的却是在于优化电动汽车的高压蓄电池。“我们必须了解单体电池在实地长时间应用中的行为表现——即使我们无法像在内燃机那样有多年的经验可以参考。”保时捷工程公司人工智能和大数据主管约阿希姆·舍珀博士（Dr. Joachim Schaper）如此解释。“数字电池孪生”旨在让人们窥见未来：电池的数字化模拟行为与实际电池完全相同，能够提

供有关预期老化过程的参考信息。此外，它还可以用来提高电池的使用寿命和性能。因此，德国和捷克的保时捷工程集团人工智能专家正在全力研究数字电池孪生技术。

这个议题非常热门，因为对于电池耐久性的要求不断趋于严格，包括立法者也持相同的态度。根据欧盟电池法规，从今年八月开始，所有在欧盟境内销售电池者，都必须提供有关电池性能和耐久性的信息。美国加利福尼亚州已制定了最低标准：从2030年款开始，电动汽车在10年后或在150,000英里（241,000公里）行驶里程后，必须保证至少仍达到80%的认证续航里程。加州空气资源委员会（California Air Resources Board）于2022年11月在其《先进清洁汽车法规II》（Advanced Clean Cars II）中作出了这项规定。欧盟未来也可能推行类似的法规。这对于整车制造商来说，能够提供关于汽车电池耐久性的精确信息，将是至关重要。

数字孪生 实体模型和人工智能模型的组合



“我们必须了解电池在实地长时间应用中的行为表现——即使没有多年经验可以参考。”

约阿希姆·舍珀博士
保时捷工程公司人工智能和大数据主管

辨认行为模式

为了创建一个电池数字孪生，工程师计划使用一个可扩展的模块化框架结构，用来集成现有和未来的模型元素。基础是一个性能模块，用来简化描述电池的电气特性，并且基于例如电阻电容模型等既有方法来建立；再加上一个更复杂的电化学模型，能够在单个粒子层级上模拟单体电池内部的过程，也就是阳极、阴极和电解质之间的相互作用。另一个支柱则是热模型，用来预测电池对冷或热的反应。

这些模型主要基于单个单体电池或电池模块在实验室内的试验，因此只能有限地预测电池在汽车中的性能。有鉴于此，保时捷工程集团的专家们采用真实的现场数据。这些数据来自测试车辆或测量电池的测试台。此外，如果有客户参与数据交换项目，上述数据还可以获得车队数据的补充。



“成功的关键在于将既有的模型组件和人工智能方法相结合。”

阿德里安·埃森曼
保时捷工程集团开发工程师

这些现场数据可以用来训练人工智能演算法，使其能够识别客户的使用行为模式。例如单个单体电池中的温度或电压偏差可能意味着过早磨损和异常。然而，人工智能只能识别现场数据库的目的，无法做出有关长期老化效应的陈述，因为街道上很少有车龄超过4年的电动汽车。因此，保时捷工程集团的工程师将两个世界结合在一起：“成功的关键在于将既有的模型组件和人工智能方法相结合。”保时捷工程集团开发工程师阿德里安·埃森曼（Adrian Eisenmann）解释说。

一些初创公司已经全力专注于分析电池数据。然而，只观测单体电池和模块是不够的。舍珀强调说：“我们还需要车辆上各种过程的完整相关知识。保时捷工程集团对于这两个世界都很熟悉：例如，工程师们已经开发出大部分保时捷电动汽车电池管理系统和驱动系统脉冲变频器。同时，保时捷工程集团也聘用了高度专业的电池数据科学家。

从数字电池孪生的工作中，已经发展出第一个功能——“维修预测”。该功能基于一个机器学习算法，能监测电池数据，并在侦测到磨损或异常时发出警告。“这样就可以主动地接触客户。”保时捷工程集团的电池分析产品经理拉斯·马斯塔勒博士（Dr. Lars Marstaller）说。与此同时，预测功能也有助于缩短可能的维修车间停留时间，因为可以及早订购必要的备件。

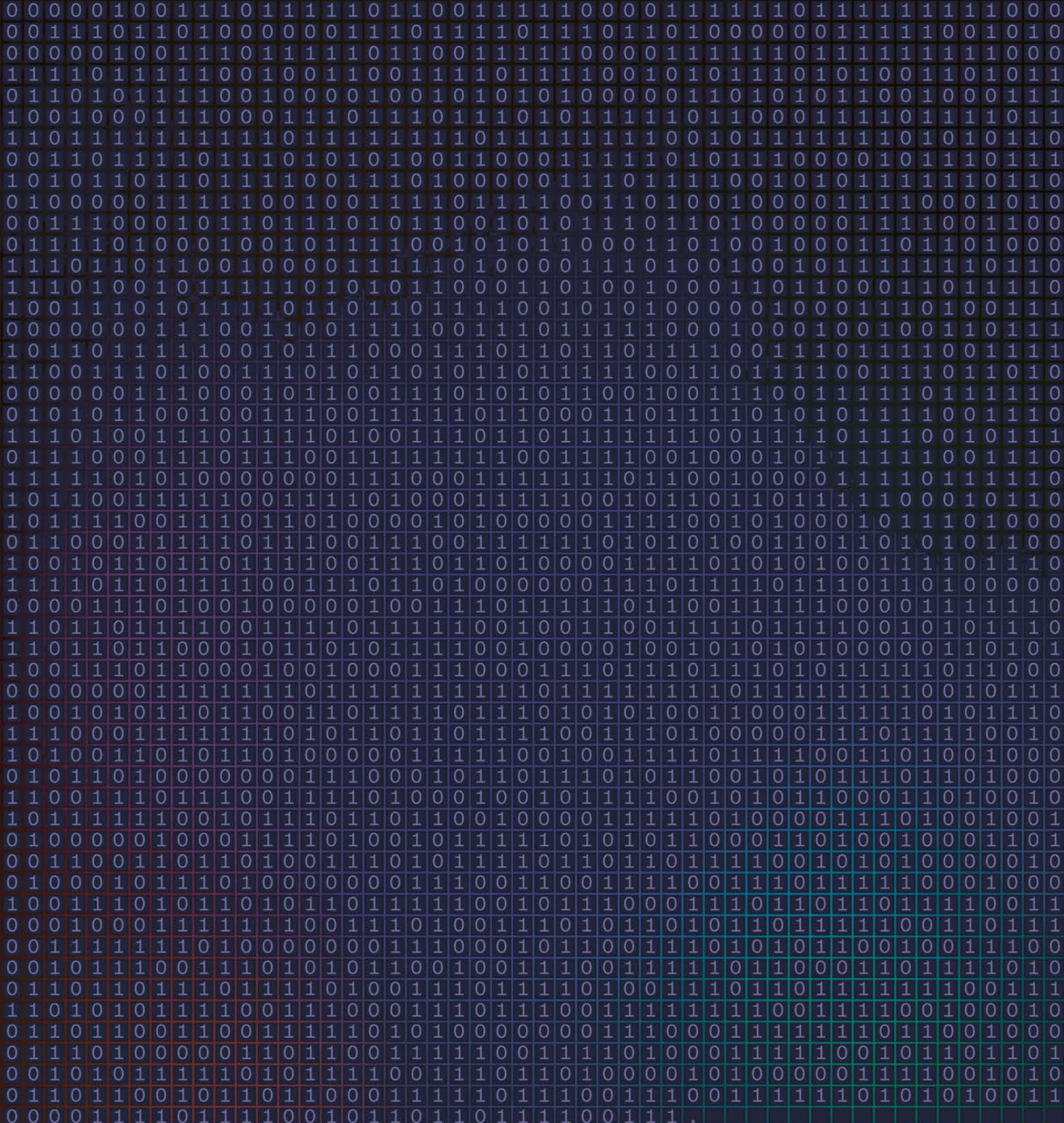
个性化的电池孪生

数字电池孪生的开发工作已在去年开始，并且进度良好。保时捷工程集团已经创建了电化学模型和热模型的原型，现在即将与人工智能结合运用。然而，这项工作相当具有挑战性：配备不同热系统和充电系统的车辆所提供的数据必须汇集合并，而且实验室模型往往很复杂，需要大量的计算能力。必须利用现场数据为模拟模型逐步设定参数，使其更接近现实。目标是在今年开发出原型应用。

远期目标则是，除了建造一个通用数字电池孪生之外，还要打造出个性化汽车电池的数字化模拟。它可以在云端运行，依据客户意愿提供说明，告诉客户应如何在不影响驾驶性能的情况下延长电池寿命。一些已知对电池耐久性有正面影响的因素包括：充电状态（SoC）应保持在30%至70%之间，并应避免极端外部温度。这些只是众多因素中的一

小部分。“电池老化是许多因素的复杂相互作用所造成，在现实中很难区分。”埃森曼表示。

甚至可以想象，未来可以利用数字替身对汽车进行个性化设置。“在未来，我们可以根据客户意愿分析客户的驾驶风格，从而修改电池管理系统的参数，借此尽可能减少磨损。”专家马斯塔勒想象道。除此之外，数字孪生未来还可以为新电池的开发工作提供重要见解——范围甚至可能超出汽车工业之外。舍珀举例道：“有关电池的知识也可以转移到卡车、电动自行车和船只上。”



A P P R O V E D

证实无缺陷: 在软件验证过程中, 必须将程序
代码和精确规范进行比较。在未来, 这些规范
可能将由人工智能自动生成。

测试台上的代码

软件不仅在现代生活中发挥重要作用，在汽车中也扮演着关键角色。因此，整车制造商和供应商都使用成熟的方法和工具，以便尽早发现程序中的任何错误。研究人员已经着手研究新的方法，例如以人工智能为技术基础。

文字：Christian Buck

如

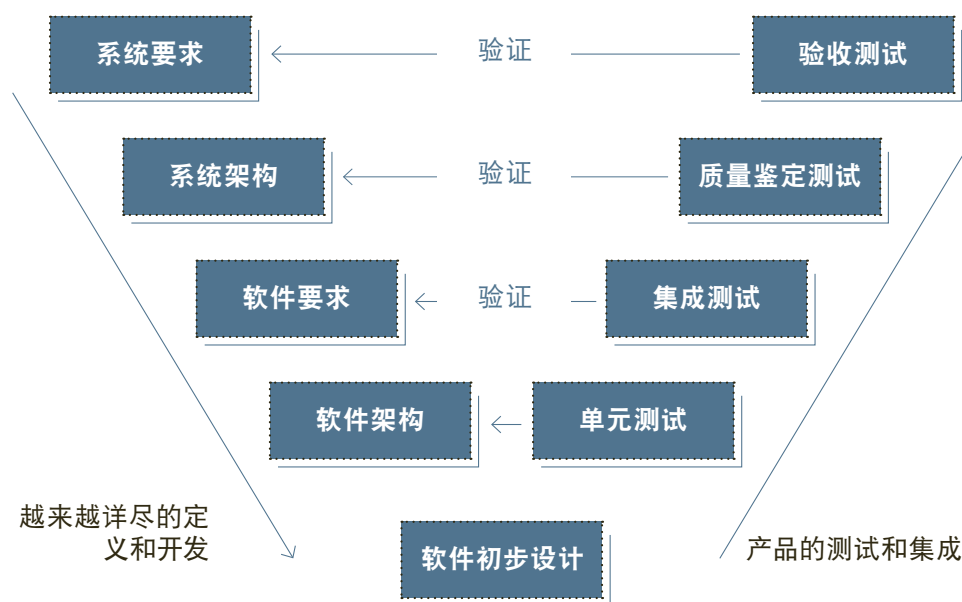
今天的现代化汽车可说是会滚动的计算机，由将近 100 个电子控制单元互联形成，负责控制发动机和电池功能、监控空调系统或是控制信息娱乐系统。另外还有越来越多的智能功能，例如自适应巡航定速控制系统和自动驾驶功能。这一切都必须借助精密复杂的软件才得以实现。

而随着软件复杂性的增加，整车制造商和供应商也必须投入更多心力来避免错误，以确保提供高质量软件。他们一方面尤其遵守例如 Automotive SPICE (ASPICE) 和 ISO 26262 等行业标准制程，以及本身的编码和质量准则，例如禁止在特定程序语言中使用易于出错的函数。保时捷工程集团的开发过程达到了 ASPICE 2 级标准，可靠且可重复。这不仅符合当前的技术水平，构成了允许在汽车上使用的关键基础，而且也是对客户的保证，可以在早期阶段识别出错误和偏差，并加以排除。

保时捷工程师在软件开发中采用 V 模型（见图）：左侧由上到下列出系统要求、系统架构、软件要求和软件架构等步骤。V 形底部是软件初步设计，接着是右侧由下至上所列出的单元测试、集成测试和质量鉴定测试、验收和使用等步骤。“左侧的每一个步骤都与右侧的测试步骤互属。”保时捷工程集团的软件开发部主管斯蒂芬·拉特格贝尔 (Stefan Rathgeber) 表示，“例如在单元测试中，我们在功能层面对最微小的单元进行检查，然后再往上一层执行组件测试。”所有层级都有测试目录，其中考虑到了所有变体。

在保时捷工程集团中，一个由质量经理组成的独立团队负责检查软件开发过程是否遵守所有流程步骤，并予以记录。这个团队不断进行审查，以便尽早发现问题，因为越是到后面的开发阶段，查找和排除错误所需的工作量也会越来越大。例如，屈

每个层级都必须接受验证 V 模型确保高质量软件



保时捷工程集团在软件开发中采用经过验证的V模型。左侧是越来越详细的软件定义和开发，右侧是结果的逐步验证。所有层级都有测试目录，其中考虑到所有变体。

时将无法测试所有可能的配置组合，因此某些不当的组合将可能引发问题。

众多的衍生车型、各式各样的装备和软件更新，都在车辆交付之后形成了非常大的挑战。“衍生车型是当前的一个重要主题。”保时捷工程集团专业项目主管托马斯·马浩尔（Thomas Machauer）很了解这方面的情形，“我们试着尽可能只测试衍生车



“单个系统的组合排列会因衍生车系的组合排列加倍复杂。”

伊娜·舍费尔教授
卡尔斯鲁厄理工学院

型之间的差异，以求在工作量和质量之间找到最佳折衷方案。”卡尔斯鲁厄理工学院（KIT）教授伊娜·舍费尔（Ina Schaefer）也正在研究这一课题。她专注于测试样本的智能生成和优先级排列，特别是针对软件变体。她解释道：“单个系统的组合排列会因衍生车系的组合排列加倍复杂。我们因此自问：我们必须测试什么，才能良好地覆盖整个变体范围？应该以何种顺序来进行测试？如果能够成功地只测试差异，我们便能确定更有效的测试过程。”

智能的测试选择

舍费尔教授当前的一个博士论文主题正在研究隔空更新时对于不同车型变体的智能测试。“更新让一切变得更加复杂，因为现场车辆的软件版本可能完全不同。”舍费尔表示，“以前只需要在开始量产之前测试软件。在未来，我们必须一再测试每一版更新，这就大幅增加了工作量。”由此也形成了全新的问题：我们要在每一辆汽车上测试什么，才能确保一切安全？更新对于汽车组件有什么样的影响？为了回答这些问题，舍费尔的团队开发了一个原型工具，可以分析变体范围，并提供一份应进行测试的配置清单。其他工具则会建议最好的测试顺序。



“计算机科学家们希望 通过数学方法来证明， 一个程序会完全遵照 规范行事。”

拉尔夫·罗伊斯纳教授
卡尔斯鲁厄理工学院

然而，即便是最智能的测试也无法涵盖软件输入和输出值的所有可能数学组合。因此，其他科学家正在研究代码的验证方式。“计算机科学家认为这是一种证据。”卡尔斯鲁厄理工学院教授拉尔夫·罗伊斯纳（Ralf Reussner）如此解释，“他们希望通过数学方法来证明，一个程序会完全遵照规范行事。这种方法已经被用于安全攸关的航空领域，有些汽车制造商也在研究项目中对此做出调查。”

然而，乍看之下似乎大有前途的东西，却常常受到理论上的限制。有些数学问题的真假是无法自动确定的，例如没有证据的真实陈述。对软件来说，这意味着：我们无法使用算法检查所有计算机程序的某些特性，例如一个程序是否会停止或是否会陷入无限循环。“因此，一般而言，我们永远无法建立一个可以拿着任何程序代码，然后就自动证明无缺陷的验证工具。”罗伊斯纳表示。不过，科学家往往很幸运，能自动找到正确性证明。若无法找到，就会使用互动式工具，必要时可以人为介入过程。“实际上，这些工具能够自动完成的东西多得令人惊讶。”罗伊斯纳说。

产品需求文档的规范

软件验证还有另一个问题：如果规范错误，那么证明也毫无价值。为了避免这种情形，计算机科学家开发出类似于程序语言的专用规范语言。“通

过这些语言，我们不仅可以描述逻辑关联性，还可以描述时间方面的陈述。”罗伊斯纳在卡尔斯鲁厄理工学院的同事贝恩哈德·贝克尔特（Bernhard Beckert）教授说，“但这也涉及大量工作：现今，为软件制定精确规范所需的时间与编写代码所需时间相当。简单的描述则不那么复杂，像是软件不包含例如除以零这类典型错误。”如果能从软件范围说明中推断出精确规范，那将会是最简单的方法，而贝克尔特认为这在未来可以借助人工智能来实现：“像 ChatGPT 这类大型语言模型或许能够办得到。”

然而，人工智能本身也可以自行搜寻程序错误，例如作为形式验证的补充。这种方法名为“神经缺陷检测”，奥尔登堡大学海克·维尔海姆（Heike Wehrheim）教授的工作小组对此有深入研究。“我们可以借助正确、无错误的程序来训练人工智能去找出错误。”维尔海姆教授表示，“这个课题还很年轻，但目前正在迅速发展，很多研究人员投入这方面的研究。”但是到目前为止，这个方法只适用于小程序或是个别的简单功能。

“软件永远无法百分之百不出错，但是肯定能够有更好的。”卡尔斯鲁厄理工学院专家舍费尔女士如此总结了当前的情势。“我们可以通过良好的过程和创新的方法不断提高质量。因此，我的研究工作可能永远不会结束。”

驾驶乐趣 无极限

传奇性 911 跑车 60 岁了。保时捷借此周年纪念为契机，开发出一款极致纯粹的特别车型。911 S/T 采用轻质结构设计、拥有令人屏息的 GT 超高性能，并且大幅减少绝缘层，成就了一款最纯粹的 911。

文字：Dr. Ing. h.c. F. Porsche Aktiengesellschaft

保时捷和产品

911 HERITAGE



永恒设计，摩登演绎：新款 911 S/T 无疑是 1963 年原始传奇跑车的嫡系后裔。



独树一帜：911 的周年纪念特别车款限量 1,963 台。

高贵典雅：Heritage Design 套件以干邑色和黑色作为车内主色调。织物座椅中心以黑色细条纹装饰，建立起与 911 历史的联系。911 S/T 的车主还可以选购车主限定的 Chronograph 1 911 S/T 腕表。



新款 911 S/T

油耗（综合）：13.8 l/100 km
二氧化碳排放量 *（综合）：313 g/km

全部 WLTP 消耗数据；更新于：2023/11

吸引眼球：在致敬设计套件中，车尾上的“Porsche”字样和车型名称“911 S/T”采用金色设计。



保

时捷欢庆 911 诞生 60 周年，推出追求极致驾驶乐趣的特别版车型。限量 1,963 台的保时捷 911 S/T 始终如一地坚持采用轻质结构，讲求最纯粹的驾驶体验。911 GT3 RS 的高转速发动机首次通过手动变速箱和轻质结构离合器将其动力传递至路面。

为庆祝经典跑车 911 诞生 60 周年，魏斯阿赫的工程师们设计出一款特别精炼纯粹且绝对以驾驶乐趣为取向的跑车：911 S/T。独一无二的周年纪念车型结合了 Touring 套件 911 GT3 与 911 GT3 RS 的优势，造就出前所未有的灵活度和驾驭动态组合。这辆跑车结合了来自 911 GT3 RS 最大功率输出 386 千瓦（525 马力）的 4 升自然式吸气水平对置发动机以及短齿比的手动变速箱。此外，拥有

↓
4 升水平对置发动机可释放

**386 千瓦
(525 马力)**

功率

归功于轻质结构，
特别车款重量仅

1,380

公斤

始终如一的轻质结构和针对灵活度和操控性进行优化的底盘调教。911 S/T 重量仅 1,380 公斤（根据 DIN 标准空车重量，含所有液体），是 992 世代中最轻的车型。选装的 Heritage Design 套件设计灵感来自 20 世纪 60 年代末期和 70 年代初期 911 S 的参赛版本。

随时直接响应

周年纪念车型的设计理念也纳入了保时捷 GT 跑车与赛车的技术实力。这种轻盈灵活的操控性能，在蜿蜒曲折的乡间道路上尤其展露无遗，为驾驶人带来无比驾驭乐趣。发动机、车轮与制动系统中转动惯量均减少，确保了非常敏捷的响应行为。S/T 对于驾驶人的指令能做出零延迟的直接反应。每个转向动作、每次踩下油门或制动踏板，都会立即且精准地执行。与 911 GT3 RS 的区别在于，911 S/T



为赛道而生：Heritage Design 套件提供车款专属的海岸蓝金属漆色。车门上可以贴上一组饰膜和一个在 0 至 99 之间自由选择的赛车编号。

的开发重点不在于赛道应用，而是在公共道路上行驶。

911 S 的嫡系后裔

新款 911 S/T 的命名不仅彰显了它是第一代 911 的后裔，而且是特别运动化的版本。自 1969 年起，保时捷推出了 911 S 的竞赛专用车险。这辆车在公司内部被称为 911 ST。底盘、车轮、发动机和车身都经过进一步调校，大幅提升了纵向和侧向动态性能。大型扰流板或是其他空气动力学辅助措施都尚未被使用在这个车型上。新款 911 S/T 继承了原始 911 S (ST) 的精神，将其延续至新一代保时捷 911 车型中。周年纪念车款结合了 911 GT3 RS 的元素与 Touring 套件 911 GT3 的车身，并且再加入专为 911 S/T 开发的轻质结构部件。如此创造出 911 GT 车系独有的驾驶体验。

911 S/T 拥有超凡的敏捷性和直接的行驶性能，部分原因是来自始终如一的轻质结构。前盖、车顶、前翼子板和带有缩进设计的车门，一律采用轻盈的

911 S/T 可以在

3.7

秒之内加速至
100 km/h

最高时速达

300

km/h

碳纤维强化塑料 (CFRP) 制成。防滚架、后桥防倾杆和剪力板 (后桥上的加强元件) 也采用相同材质。除此之外，保时捷为周年纪念车型标准配置镁合金轮辋、陶瓷制动系统 PCCB、一组锂离子启动蓄电池和轻量化玻璃。通过减少绝缘层、取消后桥转向系统和减轻驱动装置的重量，将 911 S/T 的空载重量降低至仅 1,380 公斤 (DIN)。因此，这款公路跑车比搭载手动变速箱的 911 GT3 Touring 轻了 40 公斤。

保时捷工程师还专门为 911 S/T 开发了一款新的轻质结构离合器，并搭配一个单质量飞轮，可将转动惯量的重量降低 10.5 公斤，从而明显改善自然式吸气水平对置发动机的响应能力。现在，机组能够非常快速直接地开始高速旋转。911 S/T 的高转速发动机配置一具齿比比 911 GT3 更短的六速手动变速箱，动力发挥更加随心所欲，可以在 3.7 秒之内将 911 S/T 从静止加速至时速 100 公里，最高时速可达 300 公里。标配的轻质结构运动型排气系统发出震慑人心的声浪，让驾驶体验进一步

升华。911 S/T 是最新一代 911 中唯一结合了双叉臂前桥和多连杆后桥，且不采用后桥转向系统的车型。减震器和调节系统也针对此配置获得了相应的调校。

标配碳纤维强化塑料 (CFRP) 座椅

在空气动力学措施方面，911 S/T 主要以公路行驶为取向。周年纪念车型的伸展式尾翼上标准配置扰流板边缘（“格尼襟翼”）。其他标准配置还包括前桥 20 英寸和后桥 21 英寸的轻量化镁合金车轮，并配有中央锁止装置。911 S/T 前桥搭配尺寸 255/35 ZR 20 超高性能轮胎，确保提供卓越的机械抓地力，后桥则配置尺寸 315/30 ZR 21 轮胎。碳纤维强化塑料 (CFRP) 桶形座椅同样属于标准配置，或是可以免费选装 4 向调节运动型座椅。保时捷为组合仪表和 Sport Chrono 组件的时钟选择了蕴含历史意义的绿色设计。保时捷也为 911 S/T 提供专属的 Heritage Design 套件作为选装。这款特别的套件包含专属设计的全新海岸蓝金属漆车身颜色和陶瓷白轮毂颜色。车门上可应车主要求贴上一组饰膜和

一个在 0 至 99 之间自由选择的起跑号码。前脸、车轮饰盖、方向盘、头枕和车钥匙上的保时捷盾形徽饰都采用初代 911 的经典设计，处处凸显 911 S/T 的历史根源。在内饰方面，座椅中心采用经典干邑色织物材质搭配黑色细条纹装饰，构成另一道历史联系。致敬设计套件中还包含黑色/经典干邑色双色半苯胺皮革内饰和丰富的真皮材料、Dinamica 带孔面料车顶衬里，以及其他来自时捷独家定制部门 Porsche Exclusive Manufaktur 的精致元素。车尾上的“Porsche”字样和车型名称“911 S/T”采用金色设计。

保时捷设计公司为 911 S/T 客户提供车主限定的 Chronograph 1 – 911 S/T 腕表。表壳采钛金属制成，出于重量因素舍弃涂层并改用玻璃喷砂表面。这只独特的腕表延续了 911 特别车款纯粹极简的轻质结构概念。这只计时腕表的核心是保时捷设计的机芯 WERK 01.240，拥有 COSC 瑞士天文台认证并具备飞返功能。腕表由一只摆陀驱动，其设计灵感来自 911 S/T 镁合金轮辋的造型设计。 ——●

911 GT3 RS

油耗（综合）：13.4 l/100 km
二氧化碳排放量（综合）：
305 g/km

911 GT3

油耗（综合）：13.0–12.9
l/100 km
二氧化碳排放量（综合）：
294–293 g/km

Touring 套件 911 GT3

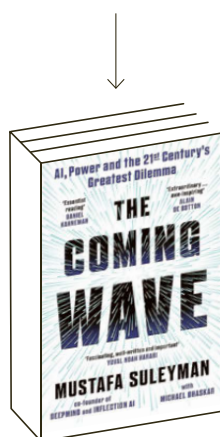
油耗（综合）：12.9 l/100 km
二氧化碳排放量（综合）：
293–292 g/km

全部 WLTP 消耗数据；
更新于：11/2023



携带赛车基因的跑车：911 S/T 在蜿蜒的乡间道路上带来无比驾驭乐趣。

丰富知识



书籍

全面颠覆辟新

人工智能、DNA 打印机和量子计算机正在颠覆这个世界。
本书提出的核心问题是：我们该如何掌握这些新技术？

《新潮将至》(The Coming Wave)
穆斯塔法·苏莱曼 (Mustafa Suleyman)、
迈克尔·巴斯卡 (Michael Bhaskar)
鲍利海出版社 (Bodley Head)

播客

专家讨论：电动汽车的方方面面

瓦伦廷·布斯 (Valentin Buss) 和马克斯·查赫 (Marcus Zacher) 与来宾讨论有关电动汽车和电动出行的议题，例如电池健康度、电机的效率和充电费率。

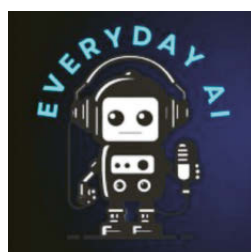
电动汽车主题播客

www.elektroautomobil.com/newsbeitragskategorie/podcast/



播客

人工智能帮助开创事业



这个每日直播的实时流媒体节目希望帮助人们利用人工智能来发展事业。例如提供实用技巧，教人如何将人工智能和机器学习融入日常生活中。

日常人工智能 (Everyday AI)
youeverydayai.com

扩展视野



播客

深入人工智能应用的世界

无论是野生动物生物学家、天文物理学家还是数据科学家：在这个由英伟达 (Nvidia) 所提供的播客中，各方专家针对人工智能的具体影响做出报道——一个人，一场访谈，一个故事。

人工智能播客 (The AI Podcast)
blogs.nvidia.com/ai-podcast

书籍

医学革命

GPT-4 与其竞争对手即将颠覆医学界。现在要厘清的是：它们可以做什么？它们无法做什么——至少现在还无法？什么是人工智能系统绝不该做的事？

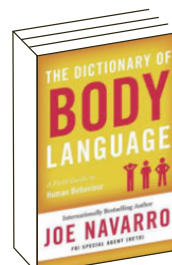
《医学界的人工智能革命》
(The AI Revolution in Medicine)

彼得·李 (Peter Lee)、
艾萨克·柯汉 (Isaac Kohane)、凯里·戈德堡
(Carey Goldberg) 培生出版公司 (Pearson)



书籍

解开人类行为的密码



前 FBI 探员乔·纳瓦罗 (Joe Navarro) 解释，我们的肢体有意和无意地做出的许多事情的背后，藏有什么样的含义。

《肢体语言字典》
(The Dictionary of Body Language)

乔·纳瓦罗
梭桑出版社 (Thorsons Publishing Group)

给藏在我们心底的童真



游戏

老少咸宜的策略性游戏

《GiiKER Smart Four》是一款创新的三维棋盘游戏，但传统的四连环四子棋截然不同。归功于集成了人工智能，若您找不到对手，您可以与聪明的电脑一教高下。

GiiKER Smart Four
www.amazon.de



游戏

对抗脑中的混乱

在必须将手中卡片玩完的同时，还得在由颜色、文字和水果形成的一片混乱中保持头脑清晰。该游戏基于斯特鲁普效应：当单字和颜色相互冲突时，我们的大脑很难区分两者。

过分聪明 (Verkopft)
simonjan.de

智慧消遣



电影

沙丘 2

在由导演德尼·维尔纳夫 (Denis Villeneuve) 执导重拍的电影《沙丘》第二集中，保罗·厄崔迪 (Paul Atreides) 在沙漠行星厄拉科斯 (Arrakis) 上与弗雷曼人结盟，旨在联手击败敌人。与 2021 年上映的第一集一样，观众们可以期待正邪大战的壮丽场面。

沙丘 2 (Dune 2)
2024 年 2 月 29 日起上映



电玩游戏

成为一名侦探

玩家将扮演一名患有失忆症的侦探，必须破解一起谋杀案。在调查过程中，这名侦探想起了自己过去的往事，以及各种试图影响城市发展的力量。

极乐迪斯科 (Disco Elysium)
discoelysium.com

1994



灵活解决方案：在保时捷工程师所开发的 Flex7 座椅概念里，最后排的两个座椅能够完全沉入车内地板中，中间一排座椅则可以折叠并向前推。因此，这款紧凑型多功能休旅车最多可供七人乘坐，并且可以在需要时轻松扩大载物面积。

新颖座椅概念

上

世纪 90 年代，欧宝（Adam Opel AG）决定以欧宝雅特（Astra）车型为基础，开发一款七人座紧凑型多功能休旅车：欧宝赛飞利（Zafira）。保时捷客户开发部门在 1994 年获得了这份合同，工程师们便开始着手进行车身设计和内饰开发等工作。不仅如此，还必须对欧宝亚特的基础技术平台做出大幅度修改：除了发动机、传动系和前后桥之外，发动机周边组件和汽车电子系统也都必须完全重新开发。

合同的另一部分内容则是原型车建造和试验车批量生产。此外，保时捷工程集团也接手了所有试验工作，包括碰撞测试和驾驶测试；投产过程更是获得了来自魏斯阿赫的专家们的支持：在正式开始批量生产之前，专家们就欧宝新车系的生产、质量和物流管理方面提供了辅导。

1999 年，时机终于成熟：欧宝推出第一代赛飞利，并取得了巨大的销售成功。这款紧凑型多功能休旅车的特色之一，是由保时捷工程师所开发，在当时仍属新颖的 Flex7 座椅概念：在这样的配置中，后排的两个座椅能够完全沉入车内地板中，中间一排座椅则可以折叠并向前推。如此一来，就能够轻松且非常灵活地运用欧宝赛飞利的车内空间——从完整的七人座椅到 1.8 米长、1.11 米宽的载物面积，随心所欲——而且不需拆除任何座椅。

第一代欧宝赛飞利于 1999 年至 2005 年期间在德国波鸿生产。其他的生产基地还包括泰国和巴西。在国外，欧宝赛飞利则以 Vauxhall Zefira、Chevrolet Zafira、Chevrolet Nabira、Holden Zafira 和 Subaru Traviq 等名称销售。这款紧凑型多功能休旅车在第三代车型之后宣告结束生涯。今天，欧宝提供一款名为 Zafira Life 的多功能休旅车。●

**欧宝赛飞利
紧凑型多功能
休旅车**

建造时间

1995-2019

Porsche Engineering 杂志

发行人

Porsche Engineering Group GmbH

出版主管

Frederic Damköhler 先生

项目主管

Annemarie Eggers

编辑部

德国柏林 Axel Springer Corporate Solutions GmbH & Co. KG

主编 : Christian Buck 先生

项目管理 : Boris Benesch 先生

图片编辑 : Bettina Andersen 女士

作者

Richard Backhaus 先生、Constantin Gillies 先生

美术编辑

Thomas Elmenhorst 先生、Christian Hruschka 先生

翻译

RWS Group, Berlin

联系方式

Porsche Engineering Group GmbH

Porschestraße 911

71287 Weissach

电话 : +49 711 911 0

传真 : +49 711 911 889 99

网址 : www.porscheengineering.com

生产

德国柏林 Herstellung News Media Print 公司

印刷

optimal media GmbH

Glienholweg 7

17207 Röbel/Müritz

读者服务

您的地址已更改, 或者您的同事同样希望定期收到

《Porsche Engineering》杂志?

请将公司、姓名和地址发送至 :

magazin@porsche-engineering.de



如无特别说明, 图片均来自 : Dr. Ing. h.c. F. Porsche AG ;

第 1 页封面 : Adobe Stock ; 第 4–5 页摄影 : Núi Crew, 插图 : Getty Images、Romina Birzer ; 第 6–7 页摄影 : Hackathon (3), Istockphoto [M] ;
第 8 页摄影 : Getty Images ; 第 10–11 页插图 : Supertotto ; 第 12 页插图 : Getty Images ; 第 18–25 页摄影 : Núi Crew ; 第 26–29 页插图 :
Getty Images ; 第 38–39 页插图 : Julien Pacaud 先生 ; 第 44–51 页插图 : Núi Crew ; 第 56–59 页摄影 : ©KIT

保留所有权利。增印或对此杂志的部分内容进行翻印需征得版权所有人的许可。

本刊编辑部不承担退回任何主动投稿的材料义务。

保时捷工程集团有限公司是保时捷股份公司的全资子公司。

PORSCHE DESIGN



一代名表的重生。1972年横空出世。 2022年经典重塑。

CHRONOGRAPH 1 – 全黑编号腕表

这是 Porsche Design 的首创之作——全球第一款哑光全黑腕表。这枚计时码表是雕刻着保时捷独特基因的杰作，完美体现了保时捷卓越的品质标准。Chronograph 1 全黑编号腕表由富有传奇色彩的保时捷 911 的设计师、Porsche Design 公司创始人费迪南德·亚历山大·保时捷于 1972 年设计，并于 2022 年重新发行——下一代经典的引领者。

porsche-design.com/Chronograph1AllBlack

