

Porsche Engineering

杂志





我们面临的最大挑战： 使其合法用于街头。

天性好胜。全新 911 GT3 RS。

完美从来不在起点，而是终极目标。体验最佳状态的全新 911 GT3 RS。
得益于带来恣意狂欢的极限下压力和轻质结构，提高了赛道性能。
有关更多信息，请访问 www.porsche.com/GT3RS

油耗 (l/100km)：市区 17.6 – 郊区 9.8 – 综合 12.7 (NEDC)；综合 13.4 (WLTP)；综合二氧化碳排放 (g/km)：289 (NEDC)；305 (WLTP)



PORSCHE



罗鹏
保时捷工程集团董事总经理

亲爱的读者朋友们：

20多年来，保时捷工程集团持续致力于发展电动汽车，这也正是我们这一期刊物封面故事的主题。一切都起源于一个不寻常的项目：2003年，我们受委托研发一款新型的水上交通工具，具体来说是一种只通过电动涡轮机在水中推进的水上载具。最终的成果便是水上摩托车 Cayago Seabob，我们至今仍在对这款产品进行进一步的研发和持续改进。

本人于2002年加入保时捷工程集团，并有幸于2009年荣任集团董事总经理——正好就在这一年，保时捷推出 Cayenne S Hybrid 的第一款原型车。这项技术在当时仍然相当新颖，相关专家屈指可数，适用于电动汽车的模组也同样难以寻得。然而，保时捷工程集团拥有起跑优势：我们从 Seabob 项目中积累了宝贵的经验。因此，我们获准从2009年起，在一个研究项目中研发第一辆搭载电动驱动装置的保时捷 Boxster 原型车。

从那时开始，电动汽车在汽车工业以及在保时捷内部的重要性便与日俱增。多年来，我们与来自欧洲和中国的多名客户共同开发了各种各样的电动汽车、注册了多项发明并不断拓展我们的专业知识储备。作为广大客户在高压技术和电池技术等创新主题领域的技术合作伙伴，我们始终将开拓性工作作为目标。

在本期杂志中，我们将探讨电动汽车的智能平台概念以及全新的动能回收功能。我们将阐述电池管理系统对于电池使用寿命和性能的影响，并为您深入介绍高压模组的测试程序。

本期的特邀撰稿将为您描述虚拟和真实世界如何逐渐交错融合。如果互联网的作用空间与现实在所谓的元宇宙中融合成一个新的现实，这也将对我们未来的发展能力产生影响。有趣的是，在这个新的现实中可以看到与虚拟车辆开发的相似之处，因为这里也有完整的自然环境仿真，能够与真实车辆互动。这项技术可以直接用在元宇宙里辅助开发工作。同时，可持续运用计算资源也非常重要。

因此，在可持续发展方面，除了为汽车改用电池驱动之外，我们还可以做得更多，比如，软件开发也具有相当大的潜力——无论是在现实还是在虚拟世界。因此，我们额外关注“绿色编码”（Green Coding）这一议题，它指的是开发出尽可能少消耗计算能力和能源的软件。我非常期待看到这个趋势的发展方向，并希望我们也能为此做出一份贡献。

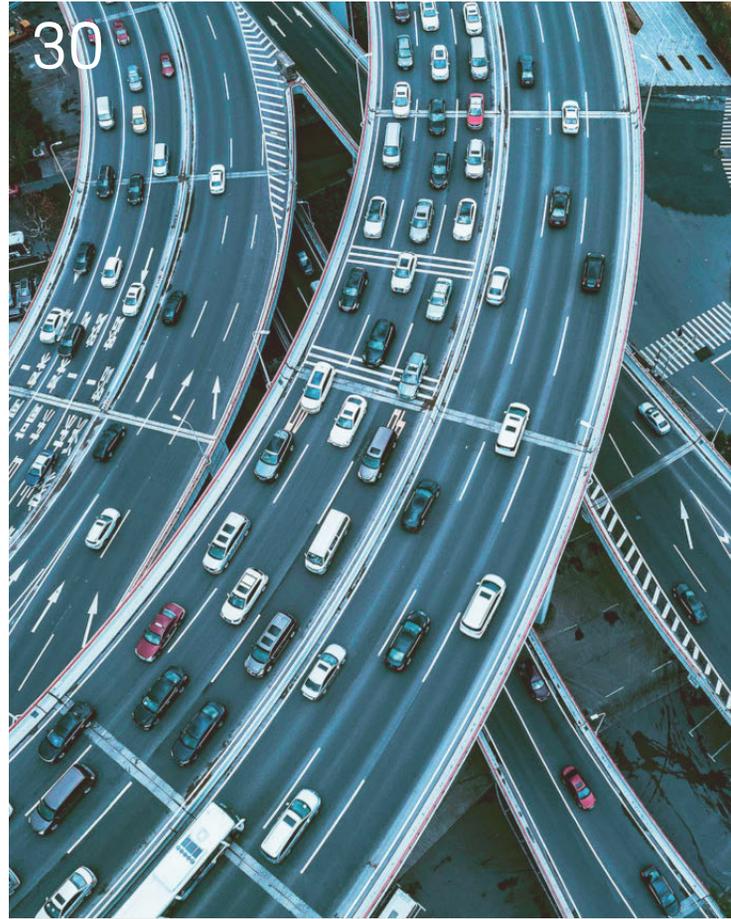
塑造可持续发展的出行技术：保时捷工程集团以此为使命，更不用说我们的电池驱动技术发展所带来的情感、动力和驾驶乐趣。

我衷心希望我们的杂志能带给您愉快的阅读体验！

此致
Dirk Lappe

——> **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1,600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。

紧密互联：未来的车辆可以相互交流并与周围环境互动。



仔细检查：纳尔德奥技术中心的安东尼奥·托马(左)和安德里亚·卡萨卢斯正在为电池做好误操作测试准备。



目录

01/2023

PORSCHE
ENGINEERING
数字版



标题： 未来电动汽车的最新发展

10

—“台”通用：

电动汽车平台解决方案能为研发和生产过程提供诸多优势。保时捷工程集团可以为客户提供从概念阶段到量产车的完整咨询服务。

14

制动就是赢家

全新的制动力分配概念，致力于在不影响驾乘舒适性的情况下取得更好的动能回收能力。

18

开启舒适模式

电池管理系统可以分析储能系统状态并控制高效运行。

22

测试台上的高压技术

在研发电力驱动装置的过程中，保时捷工程集团在虚拟环境下进行真实测试及各种检查。

表现业绩 和 专业技术

30

互联。高效。安全。

车联万物 (V2X) 有助于预防事故和交通堵塞，并推动自动驾驶技术的发展进步。保时捷工程集团正在着手研究基于人工智能的未来功能。

36

“采购与研发部门之间的互信合作”

保时捷公司采购管理委员会成员芭芭拉·弗伦克尔与保时捷工程集团管理委员会主席彼得·舍费尔博士芭芭拉·弗伦克尔共同探讨汽车工业的转型变革以及采购与研发部门的新角色。

精进优化：塞巴斯蒂安·斯图德纳和他的团队在保时捷的风洞中钻研冲浪板上的完美姿势。

前途无量：以硅制成的电池阳极与石墨相比可以大大增加电池能量密度。



趋势 与 技术

42 电芯的未来

电池技术正在不断发展进步，预计很快就会在能量密度、充电功率、安全性和使用寿命方面取得显著突破。

46 芯片任您选择

未来的芯片将由“小芯片”组成。这将带来更高的产量以及更灵活的系统配置方式。

50 睁着眼睛做梦

XR 技术让人们身临其境，仿佛进入了一个超脱现实的平行世界。李开复先生与陈楸帆先生特邀撰稿。

保时捷 和 产品

52 准备好迎接完美巨浪

巨浪冲浪世界冠军塞巴斯蒂安·斯图德纳希望与保时捷工程公司一道将他的运动水平拔高至新的高度。

58 为性能而生

全新的保时捷 911 GT3 RS 毫不掩饰与 911 GT3 R 赛车之间的血缘关系。

栏目

- 03 寄语
- 06 新闻
- 08 直击要点
- 28 还有问题吗?
- 64 百思得其解
- 66 时光回溯
- 67 出版说明

共同参与



朱利安·帕科
是一位来自巴黎的艺术家兼插画师。他也曾担任天体物理学家和世界语教师。



克劳狄乌斯·吕德
是一位自由作家兼主编。他特别热衷于汽车和技术议题。



罗伯蒂尼·尼科利奇
专为杂志与广告拍摄人物和建筑物。他居住在柏林和威斯巴登。

新闻

01/2023

Taycan Turbo

WLTP 消耗数据：
二氧化碳排放量（综合）：0-0 g/km
耗电量（综合）：23.6-20.2 kWh/100 km
市区耗电量：19.2-16.3 kWh/100 km

NEDC 消耗数据：
二氧化碳排放量（综合）：0 g/km
耗电量（综合）：26.0 kWh/100 km
能效等级：A+++
日期：2022 年 10 月



新设立的保时捷工程研发办公室位于北京市朝阳区。

保时捷工程中国区

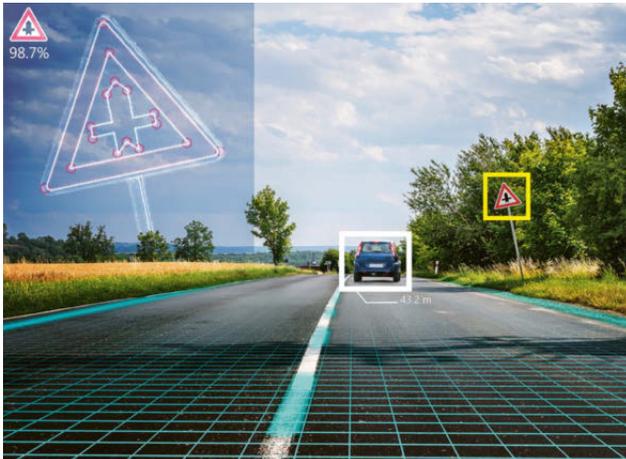
北京新据点

保时捷工程集团成立北京新据点，旨在强化其作为保时捷股份公司与保时捷中国战略发展合作伙伴的角色，以满足中国市场日益增加的本地化需求，尤其是在高度自动化驾驶、智能网联、车载信息娱乐及辅助系统方面。新的研发办公室位于北京市朝阳区，许多知名汽车公司也在该地区设立驻点。该办公室将与早先设立的上海办公室形成优势互补。上海办公室拥有 130 多名员工，负责各种高科技汽车项目。“北京办公室让我们更加接近重要客户，帮助我们巩固和强化在中国市场的影响力，同时也进一步提高我们在智能网联汽车方面的研发能力。”保时捷工程集团董事总经理彼得·舍费尔（Peter Schäfer）表示。保时捷工程集团在中国的工程师主要关注高度自动化驾驶、底盘、高电压系统、智能网联以及车载信息娱乐系统方面的研发项目。“随着保时捷工程北京办公室的设立，我相信保时捷集团在中国的研发和工程设计能力将获得大幅度提升，并在推动当地创新之际，也为我们在全球市场的成功做出贡献。”保时捷中国首席执行官柯时迈（Michael Kirsch）也补充道。



“在北京成立全新的保时捷工程集团办公室，是实现集团目标的关键一步：我们努力适应中国市场的特点，并专注推动中国汽车的进一步发展。”

鄂伟·皮希勒-内切克
保时捷工程中国董事总经理



驾驶辅助系统

智能测量技术上路

保时捷工程开发出一种全新的测量技术，用于测试交通标志识别能力和驾驶辅助系统的感知功能。这个技术从车前端摄像头获取图像，并以网络摄像头图像格式传送至评估软件，让研究人员能够分析系统是否能正确识别出道路交通中的交通标记以及例如车辆或行人等对象。与之前的解决方案相比，新技术的成本更低、更稳定耐用，并且易于集成到车辆系统中。结合同样为保时捷工程全新开发的 ComBox 软体，可以过滤出相关数据，在夜间或甚至还在行车期间就将数据上传至服务器，从而让数据能够更快地得到分析。

保时捷工程罗马尼亚分公司

对社会的贡献

2022 年，保时捷工程集团在罗马尼亚的志愿者社群快速成长，热心参与了从植树到清洁运动等多项活动。此外，他们还举办了第一次内部会议，目的是讨论志愿工作的重要性。受邀作为会议特别嘉宾的是关心弱势儿童的 CERT Transilvania 机构。保时捷工程罗马尼亚公司的“Ladies in Technology”社群旨在与 CERT Transilvania 和一家当地的孤儿院共同制定一项长期计划，通过知识交流和组织教育活动来为儿童提供支持。



BCM 年度奖

得奖人是……

Porsche Engineering 杂志 2021 年第 2 期的封面故事《智能·联网·数字》在今年的《BCM》奖（最佳内容营销奖）中荣获《汽车杂志》类别银奖。这个每年都会颁发的奖项是企业传播领域公认最重要的奖项之一。在 2021 年，同年第 1 期的主题故事《进入下一关》更获得了金奖的肯定。

磁铁原料

钕以及其他稀土元素成就了具有高功率和高转矩密度的电机。所幸，这些重要原料并不像它们的名称所暗示的那么稀有。为了满足未来不断增加的需求量，科学家们已开始研究新的回收方式。

只

要谈到电动汽车，“稀土”这个词很快就会出现。对于化学家来说，“稀土”意味着元素周期表上的 17 种“稀土金属”，例如镧、铈、钕、钐、铈和镨。其中一些在电动汽车的电机和电池里发挥着重要作用。

例如在牵引电机的磁铁里，除了铁之外，就还含有大约 30% 的稀土金属。这里的稀土金属主要是钕，但也含有镨和铈。它们的优势在于：即便是尺寸极小的磁铁，也能产生强大的磁场，非常有利于电动驱动系统。“归功于磁铁里的稀土金属，

Nd
钕
原子序数
60
熔点
1,024°C
沸点
3,030°C

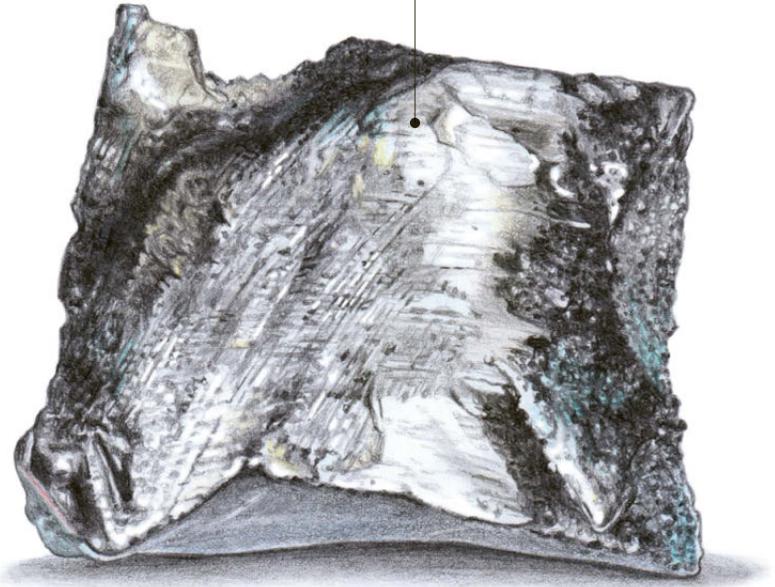


作者：Christian Buck
插图：Oriana Fenwick



Tb
铽

原子序数
65
熔点
1,356°C
沸点
3,123°C



Dy
镝

原子序数
66
熔点
1,407°C
沸点
2,600°C

永磁同步电机可以达到极高的功率密度和转矩密度，从而提高整个驱动系统的效率。”保时捷工程集团的电机专业项目工程师拉斐尔·皮奥图赫博士 (Dr. Rafal Piotuch) 解释说，“其他磁铁原料，例如铁氧体，虽然不需要用到稀土，却会导致电机在重量和安装空间方面有所欠缺。”

一些电动汽车则采用异步电机来取代永磁同步电机。然而，两者都无法达到像使用稀土金属磁铁的电机那样高的功率密度和性能。出于这个原因，特别是在跑车里，钕、镝和铽大概不会这么快被取代。

现在的问题仍然是：稀土真的很稀有吗？不，它们并不稀有，有些稀土在地球上的储量甚至比铅更丰富；2021年，全球生产了将近 28 万吨稀土氧化物。“然而，开采稀土非常费力。”保时捷工程集团的电机计算专业项目工程师马蒂亚斯·博格 (Matthias Böger) 解释说，“稀土是通过

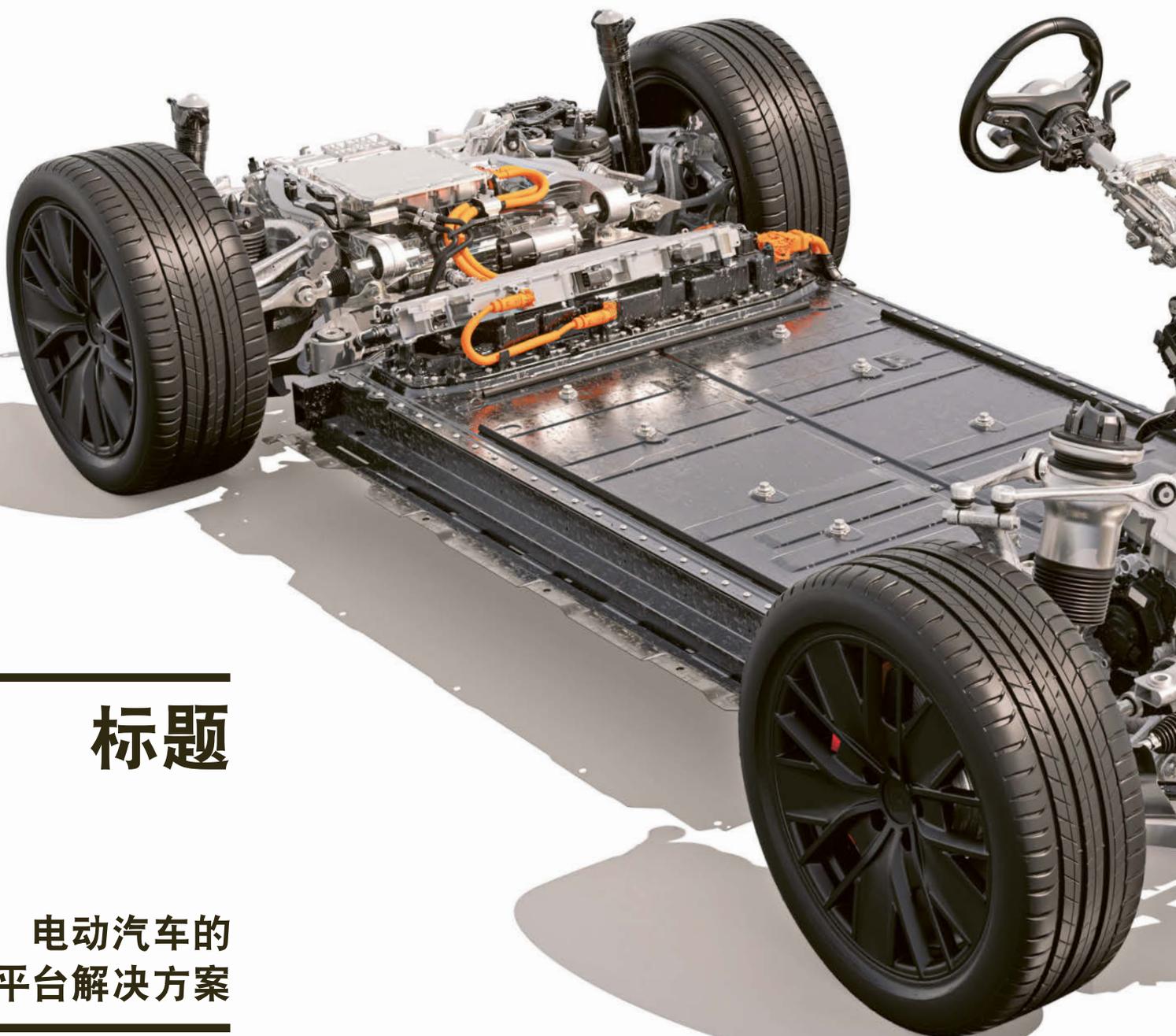
复杂的工艺过程从矿石中提炼出来的。方法是将稀土氧化物从矿石中分离出来，然后再将其转化为纯金属。”再者：全世界的矿床分布并不均匀，少数几个国家掌握了极大部分的矿藏量。

未来市场对于稀土的需求可能急剧增加。据估计，到 2040 年，仅用于牵引电机的需求量，全球就将增加到 2018 年需求量的 20 倍。此外，风力发电机也需要这些原料，这个领域的需求预计将同期增加 4 倍。为确保长期稳定供应，目前正在深入研究钕和其他稀土的回收方式。—— ●

一“台”通用：

智能平台战略大大缩短了电动汽车的开发时间并降低了成本。保时捷工程公司在平台开发方面已积累了大量的专业知识与经验。从最初的概念设计到生产就绪的车辆产品，保时捷工程公司都致力于为其客户提供强力支持。由此，这一灵活而又面向未来的平台理念便诞生了。

作者：Richard Backhaus



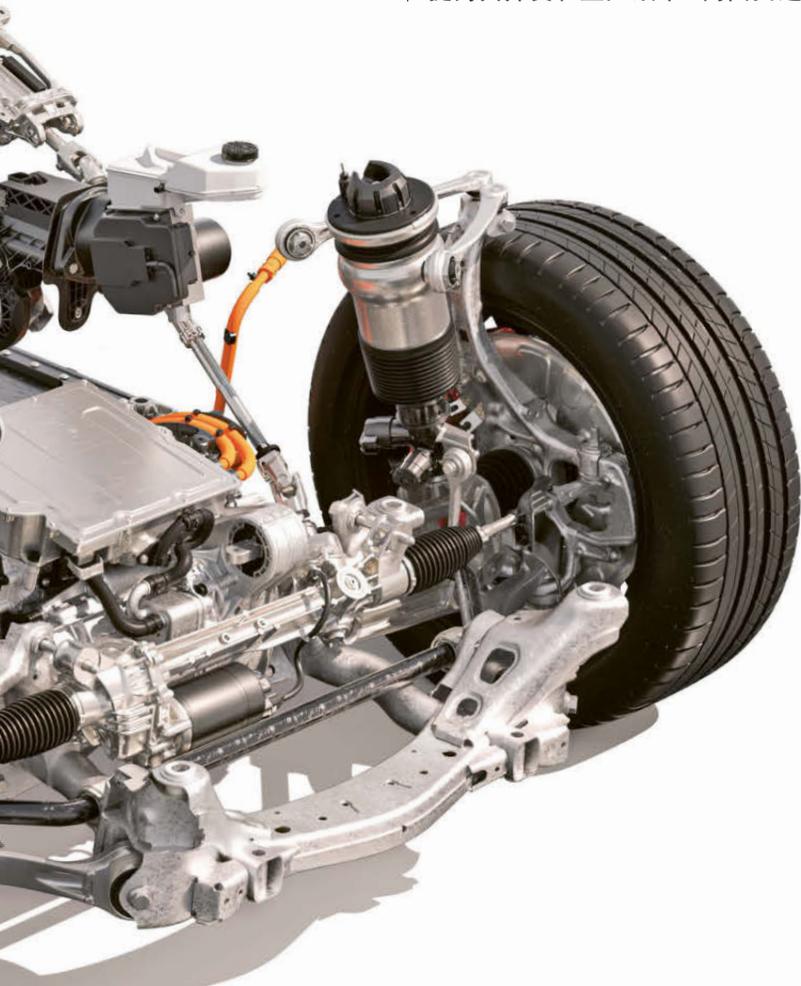
标题

电动汽车的
平台解决方案



只需要一个平台，就能满足多种不同车辆型号的需要：多年来，类似的平台帮助保时捷开发了大量品种繁多的内燃机汽车及其衍生产品，并让其能以合理的成本和时间进行批量生产。平台生产模式带来了规模经济效益：更少的部件、更大的产品数量，从而大大降低了部件成本并确保产品的高质量。大众汽车公司的模块化横向生产模块（MQB）是统一生产平台战略的先驱之一。自2012年以来，大众公司借助这一平台生产了一系列搭载汽油或柴油发动机的车型。目前，该集团凭借平台战略，已生产了超过3,200万辆汽车。

通过模块化电动驱动系统（MEB），大众汽车在早期阶段就将MQB理念转移到电动汽车上，以提高其开发和生产效率。而由奥迪和保时捷联合



产品组合电气化：高级电动平台（PPE）让保时捷能够以经济可行的方式将具有高技术标准的车型大批量推向市场。

开发的新型高级电动平台（PPE）则进一步扩大了电动汽车平台概念的应用范围。为此，保时捷正在开辟新的机会，以商业上可行的方式将具有高技术标准的车型大批量推向市场，从而促进其产品组合的另一个重要支柱实现电气化。针对这一点，保时捷2030年的目标是在其新交付的汽车中，全电动车占比提高到80%以上。

在PPE的助力下，全电动平台将在更多领域发挥其优势。在这个方面，除了组件和空间等领域，一个重要的例子便是车身底部的集成锂离子电池。根据保时捷的理念，保时捷工程公司在续航能力、性能和可持续性之间，重点关注电动车的续航能力。同时，该平台设计在轴距、轮胎宽度和离地间隙方面提供了很大的发挥空间，如此便能轻松满足不同的后驱或全轮驱动车型的需求，为不同的细分市场提供各类性能水平。

独立特性

这种灵活性也让保时捷车型继续保持其强大独立的特性。系统功率最初将达到450 kW，最大扭矩超过1,000 Nm。第一辆基于PPE设计生产的保时捷将是全电动Macan。凭借其800伏的设计、强大的最新一代电机和先进的电池和充电管理，该车型将实现保时捷独有的超高电动性能。作为一款万众喜爱的紧凑型SUV的下一代车型，这款电动Macan将成为其细分市场中运动性能最高的车型。在开发过程中，开发人员的目标除了可重复的最佳驾驶性能值外，还包括实现适合长距离行驶的续航能力与高性能快速充电技术。

在此，电动汽车平台的优势便显而易见。然而，其设计对于工程师来说依然是一个非常复杂的挑战，因为工程师必须考虑众多方面，并需要将相互冲突的发展目标和谐地融合起来。这一挑战在各类车辆的开发中均存在，但在电动车辆当中尤为突出。这是因为与内燃机汽车相比，电动汽车的各个驱动部件提供了更多的设计自由。为此，工程师在设计平台时，要提供很大的可扩展性，使其非常灵活，这样才可以通过驱动系统套件创造出完全不同的车辆。与内燃机相比，电动驱动系统可以被安置在一个平台内，并可增加一个额外的电机来实现后轮驱动、全轮驱动或前轮驱动。

多年来，保时捷工程公司在该领域中累计了大量的整体系统知识，从而使开发人员能够实现平台概念的最佳整合。如今，保时捷工程公司的服务范围包含了平台整个开发过程链的每一个步骤，从最

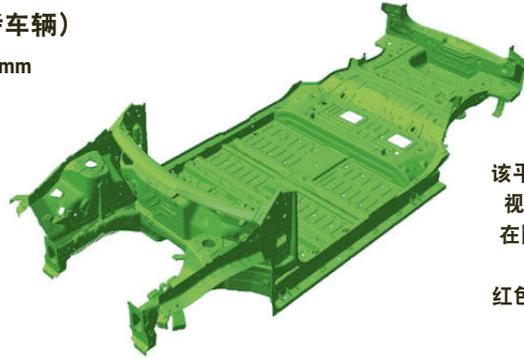
平台理念： 从一开始便考虑到其可扩展性

一个平台满足所有细分市场的要求

保时捷工程公司专为其客户开发平台理念，并在最初的设计中便已考虑到其可扩展性：例如，保时捷工程公司在设计时会考虑到各种车型的不同轴距，以便总是能将另一个电池模块安装到车辆底部的间隙中。这样，客户只需要这一个平台，就能满足从紧凑型轿车到豪华轿车与 SUV 等所有所需车辆细分市场的要求。

SUV (参考车辆)

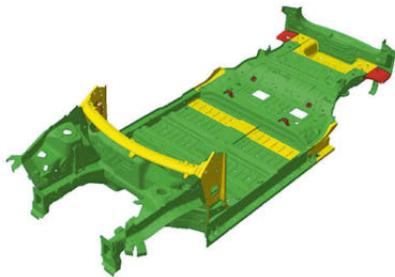
轴距: 2,940 mm



该平台理念十分重视模块化的轴距。在图中，黄色标记是改装的部分，红色标记则是新开发的部分。

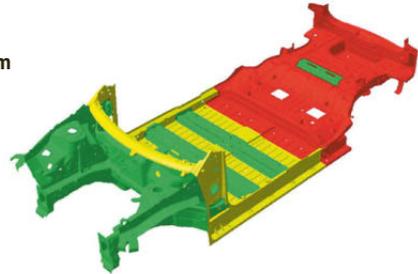
城市 SUV

轴距: 2,810 mm



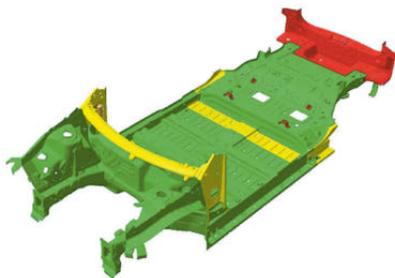
轻客

轴距: 2,990 mm



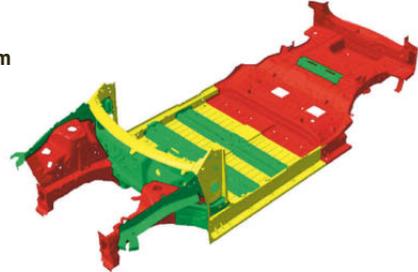
轿车

轴距: 2,810 mm



大型 SUV

轴距: 2,990 mm



“从平台的最初设计开始，
我们就考虑到了其可扩展性。”

亨贝托·德坎波斯·杜卡尔莫
保时捷工程公司
汽车概念和组件设计专业负责人

初的项目设想一直到平台设计。一个项目的基础通常是初步的可行性研究，其中还会在给定的框架条件下，审查项目是否具备技术可行性。这样，客户的主观愿望便可以转化为客观、物理上可测试、可测量的属性。

计算机辅助开发

接下来便是要制定尺寸理念，开发团队需要确定车辆及其部件的所有相关尺寸。“在此基础上，开发工作将会越分越细，直到开发人员最终获得整车的数字化概念。”保时捷工程公司汽车概念和组件设计专业负责人亨贝托·德坎波斯·杜卡尔莫 (Humberto de Campos do Carmo) 解释说。下一步便



“保时捷工程公司的全面技术与经验对我们来说非常有价值。”

克劳斯·伯恩哈德
保时捷股份公司
物理架构平台和尺寸概念主管

是对各类部件精确规格的仿真，例如车身外壳结构、电池、座椅、驱动和车身支撑结构等。这一步将会用到计算机辅助开发：开发人员创建一个虚拟模型，即所谓的数字样机（DMU），并对主要部件进行定义。然后汽车制造商将会接手，将项目设计转化为可生产的车辆。

保时捷工程公司在这一阶段还为其客户提供部件、系统和整车开发、仿真和测试等服务。“保时捷工程公司的全面技术与经验对我们来说非常有价值，该公司为我们提供了全领域、全部门的无缝支持。”保时捷物理架构平台和尺寸概念主管克劳斯·伯恩哈德（Klaus Bernhard）说，“这大大节省了协调的工作量并简化了开发，因为我们在在这个过程中必须将电动汽车平台始终视为一套系统。唯有如此，我们才能同时考虑各种实质性的开发内容，例如碰撞安全、组件、重心、重量和功能等。”

展示品牌的最佳优势

在电动汽车的开发生产中，电池起着决定性的作用，因为它不仅是电动汽车的能量储存装置，而且由于安装空间和重量的原因，它还是碰撞结构、车底加固和冷却系统的重要组成部分。伯恩哈德说：“保时捷十分重视平台的灵活性对车辆设计的作用，尽力使保时捷跑车的品牌特性——在日常使用中的高度适应性与超高驾驶性能——获得最佳的展现。”其中便包括了驾驶员座椅和座椅位置的设计：必须符合人体工程学、运动性与舒适性要求，并适合全球范围内广泛的客户群体。

平台开发的首要原则是：在确定平台之前，不应启动具体的车辆项目。只有这样，开发人员才能实现各个开发目标的平衡，并对电池、前后桥等部件，或是车轮尺寸等进行优化设计。若是到后期才进行调整，就会非常耗时费力、成本高昂，有时甚至根本无法进行后期调整。许多小型汽车制造商在启动一个汽车开发项目时，根本没有考虑到平台战略的优势。“于是我们便经常遇到这样的情况：汽车制造商在已经有了一个汽车模型的情况下才与我们联系，让我们开发进一步的衍生产品，但平台根本不适合这种情况。”德坎波斯·杜卡尔莫说，“然后，汽车制造商就必须决定，是开发一个新的平台，还是选择一个不能满足所有要求的折中解决方案。”

而另一个客户则恰恰相反：该客户希望推出一个电动汽车车型系列，并在早期阶段就寻求与保

时捷工程公司合作，为此也节省了大量开发费用。德坎波斯·杜卡尔莫解释说：“从平台的最初设计开始，我们就考虑到了其可扩展性，还为最重要的车辆系统开发了一个模块化系统。”例如，针对各种车型的不同轴距，开发团队做出了特殊的设计，使得在轴距增加时，总是能将另一个电池模块安装到车辆底部的间隙中。如此，客户只需要这一个平台，就能满足从紧凑型轿车到豪华轿车与SUV等所有所需车辆细分市场的要求。

需要高度的灵活性

现代化平台设计的另一个重要方面即是未来的可行性。例如，即使汽车制造商最初只规划了后轮驱动车辆，保时捷工程公司也应考虑到前轮驱动或全轮驱动等其他选项，以便该平台能够覆盖目前尚未规划的未来车型。为此，工程师们需要引入高度的灵活性来整合未来的技术。其中一个很重要的原因便是电动汽车迅猛的发展势头，诸如电池和电动发动机等部件以及E/E架构等都在大踏步向前发展。伯恩哈德解释说：“由于平台的寿命很长，我们在设计时根本不可能预见到哪些创新设计必须在多少年后集成到车辆中。”德坎波斯·杜卡尔莫补充说：“因此，在开发一个新的平台时，我们总是需要评估哪些技术将在什么时候能够进行批量生产，以及它们能以何种形式融入平台中。” ●

综述

多年来，平台理念帮助保时捷开发了大量品种繁多的车型及其衍生产品，并让其能以合理的成本和时间进行批量生产。在电动汽车方面，平台的优势显而易见。然而，其设计对于工程师来说依然是一个非常复杂的挑战，因为工程师必须考虑众多方面，并需要将相互冲突的发展目标和谐地融合起来。从最初的概念设计到生产就绪的车辆产品，保时捷工程公司都致力于为其客户提供强力支持。



高效率解决方案：

在动能回收的帮助下，即使性能方面的要求不断提高，制动系统的尺寸却无需随之加大，也因此不会对续航里程造成负面影响。

制动就是赢家

电动车对底盘研发提出了全新的挑战，尤其是在制动与动能回收方面。保时捷集团的研发人员正在研究新的制动力分配概念，致力于在不影响驾乘舒适性的情况下获得更好的动能回收能力。

作者：Constantin Gillies

电

动化时代的来临，让底盘研发人员同时面临两个挑战：首先，电池使车辆变得更重，再者也显著提升了车辆的驾驶动态。这两个因素通常会导致必须加强液压式车轮制动器的性能。然而，制动器重量增加会导致能耗提高，从而导致能效变差，降低电动车续航里程。

保时捷 Taycan 之所以不需要扩大制动系统，背后的功臣就是动能回收：一旦驾驶员踩下制动踏板，电机就会切换到动能回收模式。电机会停止驱动车轮，反向工作使得车辆减速，同时为电池充电。对底盘研发人员而言，最关键的是：通过动能回收技术，制动系统不需要因为驾驶动态提升而加大尺寸，因此也不会对续航力产生负面影响。

例如 Taycan 在一般日常驾驶中 90% 采用纯电机制动，意即不需要使用液压系统。后者只在车速低于 5 km/h 并且当电机几乎没有制动作用时才会启用。此外，也只有当电机减速性能不足时，制动器才会介入，例如必须在高速下完全制动时。Taycan Turbo S 的制动力可产生最多达 290 kW 的电能。以这样的功率来看，只需制动 2 秒钟，就能

产生足以行驶大约 700 米距离的电能。总体而言，动能回收可以增加 30% 的续航力。

电池电动车 (BEV) 底盘开发人员必须面临的最新技术挑战之一是所谓的“混合” (Blending)，也就是发电机式和液压式制动系统的结合。“我们的目标是让驾驶员完全察觉不到系统之间的过渡。”马丁·莱辛奈克 (Martin Reichenecker) 说，他是保时捷工程公司底盘测试部门负责人。

要让系统之间平稳顺畅地切换，在技术上来讲相当困难，因为每种制动系统的运转方式不同：电机的制动扭矩输出始终一致，但液压系统却会因气温和湿度等环境影响而不时产生波动。如此就可能发生液压制动力在过渡点与电机制动力出现差异的情形。这时驾驶员就会感觉到一阵晃动。

制动器校准

保时捷专为 Taycan 开发出一套算法，就是要防止这种情形发生。算法会持续监测液压系统：每一次充电时都会对制动器进行一次校准，以计算当前制动踏板行程与制动踏板施力之间的关系。

↓
90%

保时捷 Taycan 在一般日常驾驶中的纯电机制动比例。

↓
最高达

290

kW 是保时捷 Taycan Turbo S 在制动期间可产生的最高电能。

“我们的目标是让驾驶员完全察觉不到系统之间的过渡。”



马丁·莱辛奈克
保时捷工程公司
底盘测试部门负责人

Taycan Turbo S

NEDC 消耗数据:

耗电量 (综合): 26.0 kWh/100 km
二氧化碳排放量 (综合): 0 g/km

WLTP 消耗数据:

耗电量 (综合): 23.4 - 21.9 kWh/100 km
二氧化碳排放量 (综合): 0 - 0 g/km

版本: 2022 年 11 月

约

700

米续航里程可通过保时捷
Taycan 制动两秒来获得。

通过这种方式, 算法就可以预估液压系统在下次制动时会施加多少力量, 从而精确地应用力量并借此实现流畅地过渡到动能回收的目的。

一般而言, 车辆上的制动力分布并不均匀: 三分之二由前桥负责, 三分之一由后桥负责。Taycan 的电动系统也沿用了这个比例: 前部电机提供三分之二的制动力, 剩余的三分之一则由后部电机提供——尽管后部电机较大, 理论上应该能贡献更多 (并回收更多)。的确, 后桥的潜力是可以提升的, 方法是在车桥之间灵活地分配制动力。这里需要注意的是, 出于保证驾驶稳定性的考量, 必须根据实际情形来限制后桥的最大配额, 以确保有足够的稳定性储备。“可以接受最多电能的电机也就提供最大的制动扭矩。”保时捷功能研发人员兼制动动能回收应用工程师邬利·特劳特 (Ulli Traut) 解释说。

分配通道

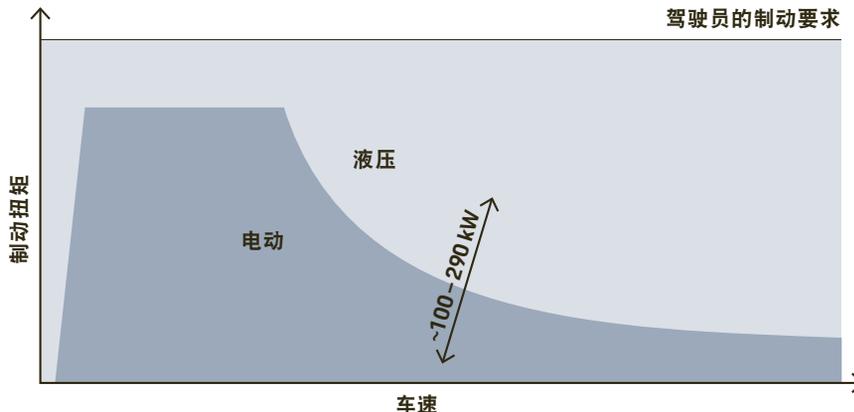
与液压制动和动能回收制动之间的相互作用类似, 此处的制动力转移也不允许影响到舒适性。一个解决方法是让两个算法同时运行: 第一个算法负责分析行车状况并建议一条“通道”, 然后通

分工合作: TAYCAN 的液压和电机制动系统

本图说明 Taycan 的液压 (浅色区域) 和电机 (深色区域) 制动比例如何互补, 以共同达到驾驶员的制动要求。

恒定功率的范围 (双曲线) 是可变的——视传动系统在当下最多可接收多少功率 (约 100 至 290 kW) 而定。

在车速为大约 140 km/h 时可以回收最多动能, 并且只有在车速低于 12 km/h 并接近静止时才会再次降低。当车速低于 5 km/h 时就会以纯液压方式制动。





“我们预计，未来的制动片将因材质老化才必须更换，而不是因为磨损。”

邬利·特劳特
保时捷股份公司功能研发人员兼
制动动能回收应用工程师

过这条通道以根据测试台数据推论出的最理想的方式在前桥和后桥之间分配制动力。第二个算法则会选出效率最高且最适合实际驾驶情况的“通道”来分配制动力。专家特劳特先生期待这个解决方案可以确保获得最理想的制动过程，并且“显著提高续航力”。

至目前为止，汽车制造领域的制动系统一直是相当孤立的单一系统。但电动车改变了这个情况，因为更多车辆上的组件都开始参与制动过程：传动系统、动力电子装置和电池。此外，制动系统在组合仪表上也获得了专属的显示器。这一切都要求底盘研发人员必须跨领域工作。未来，制动领域的工程师必须更密切地与变速箱等部门的同事进行交流，因为动能回收除了电机之外，也涉及到变速箱（Taycan的后桥搭载一个双速变速箱）。这也将进一步考验其抗压性——但同时也将创造全新的可能性，正如莱辛奈克所强调的：“研发人员拥有全新的自由发挥空间。”能够在前桥和后桥之间灵活分配制动力就是最好的例子。莱辛奈克预期，底盘和驱动部件在技术上将继续融合。“在未来的结构中，大多数软件功能可能都会被合并到一个控制器中。”

一些电动车制造商应用所谓的“单踏板驾驶”概念。其运作原理是：当驾驶员将脚从踏板上移

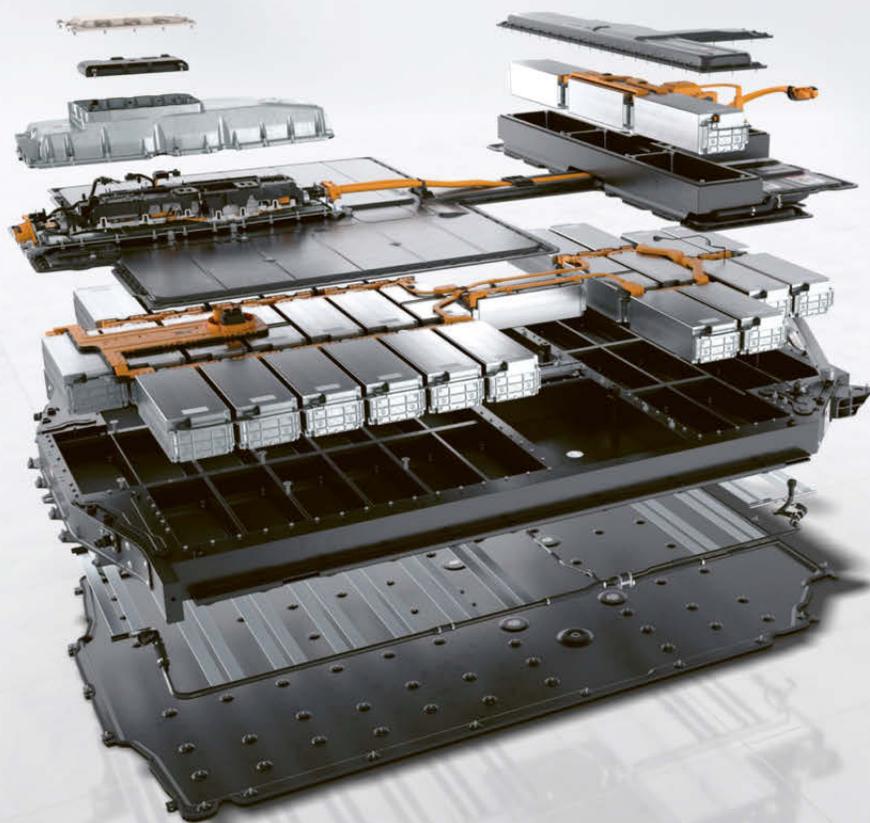
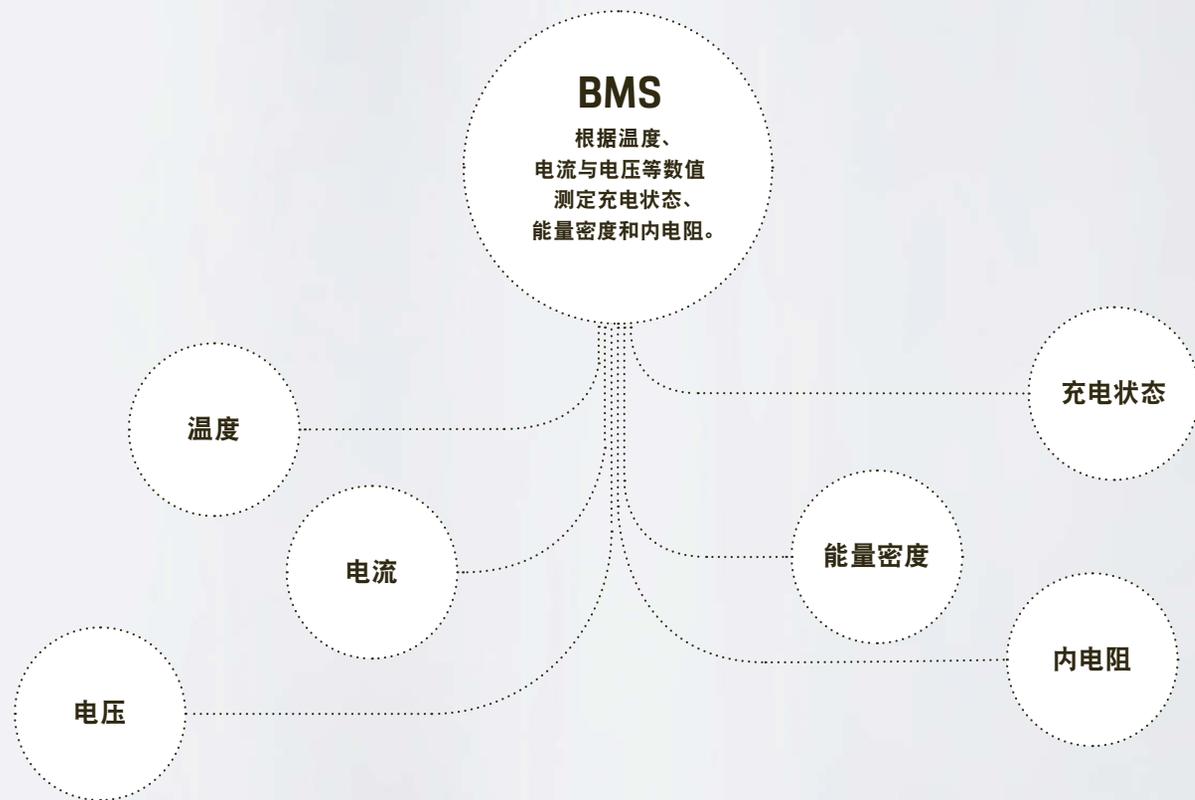
开时，车辆就会立即开始回收动能，在极端情况下，制动力甚至会强烈到致使制动灯亮起。在大多数情况下，的确是可以只用一个踏板驾驶车辆。

然而，保时捷选择采用“巡航”概念，也就是让车辆自然滑行减速，只有在踩下制动踏板时才会回收动能。“这种驾驶方式的效率更高，因为动能会留在车辆上。”莱辛奈克表示。与之相反，单踏板驾驶原理会首先回收动能，然后将获得的能量再次转化为推进力。“这意味着有两次损失。”

减少制动磨损

动能回收的另一个正面效应就是减少液压制动的磨损。“我们预计，未来的制动片将因材质老化才必须更换，而不是因为磨损。”特劳特如此预测。Taycan获得了一项全新开发的功能，能够让负荷较低的制动盘保持干净：每隔一定的时间，车辆就会刻意进行一次纯液压制动，也就是不使用电机，目的在于清除制动盘上的脏污。这在未来更可能成为一项重要优势，因为欧盟希望能减少制动系统排放的颗粒物。欧盟新一轮的欧7排放标准预计将在2025年生效，其中首次对制动磨损颗粒物排放的极限值作出规定。像Taycan这样的电动车，十次制动中有九次是纯电力制动，自然拥有了较高的起点。 ●

最高达
30%
的额外续航力可通过
保时捷 Taycan 的动能回收获得。



严格监控: 电池管理系统 BMS 持续检测运行参数, 以确保电池在发挥最大性能的同时不会对电池寿命产生负面影响。

开启舒适模式

保时捷工程在过去 20 多年来，为赛车和量产车开发出多种强大的电池系统解决方案。电池管理系统 (BMS) 的任务是评估电池状态、定义当前工作极限和保障在极限之内正常运作。

作者: Christian Buck

在

电池电动车 (BEV) 中，电池管理系统 (BMS) 扮演着核心角色。这套系统由电池管理器 (BMC) 和单体电池模块管理器组成 (CMC) 组成。CMC 直接集成在高压电池里，负责将例如单体电池的电压和温度测量值提供给 BMC。此外，CMC 也负责控制“电池平衡”：高压电池由许多单体低压电池组成。然而，公差会导致各个单体电池产生独特的物理特性，从而引发系统在使用上的问题。为了避免这样的情形，CMC 会平衡单体电池之间的差异；一种方法是通过并联电阻被动平衡，另一种方式则是主动地将能量密度从较弱的单体电池转移到较强的单体电池。

BMC 是 BMS 的管控中心，除了使用 CMC 的测量值，还有专属的电流传感器。它的任务之一就是保障电池安全。因为电池系统中含有大量能量，而且可以非常快速地释放出来。这里绝对要避免的就是不受控制或意外释放能量。此外，BMC 必须在电池寿命和电池性能之间取得最佳平衡，因为超出规格限制的使用会对系统造成损害。典型的原因包括电流过大、温度过高或过低，造成电解液损

坏或是对电流的容忍度变小，以及引发过电压或欠电压，从而破坏电解液或活性材料。

为了预防这些情形发生，BMS 会根据电池状态修改电流极限、限制运行模式或调整冷却程度。“BMS 会根据众多来自温度、电流和电压传感器的测量数值，推断出电池的三个关键参数：充电状态 (SoC)、决定剩余续航里程的能量密度，以及用于限制功率的内电阻。”在保时捷工程集团担任高压电池功能项目经理的卢卡斯·莫伊雷尔 (Lukas Mäurer) 如此解释。他还补充说：“此外，这套系统也负责管控安全功能，例如过电流断路器开关和碰撞侦测功能，以及与车内其他控制器的通信等等。”

20 多年的经验

保时捷工程集团已受客户委托开发了多种不同的 BMS，并且可以处理 V 型号中的所有任务——从确认需求到车辆测试。“作为一家企业，我们已在这个领域活跃了 20 多年，而我本人在电池管理系统方面也已经工作了六年。”莫伊雷尔说。

尽管已在众多项目中累积了丰富经验，但开发一套 BMS 对于老练的研发人员仍是高挑战性的任务：软件极其复杂，而且在技术和项目管理方面都具有一些挑战。保时捷工程也因此非常重视严格且透明化的程序。首先是需求管理，专家们对这部分特别重视。“原因在于：这个部分不仅会奠定技术基础，同时也将决定项目的后续流程。”保时捷工程的项目经理阿希姆·欧尔普（Achim Olpp）强调。

产品需求文档的检验

早在对新的产品需求文档进行“进货检验”时，就必须尽可能辨识出可能存在的问题并加以解决。欧尔普指的是“十倍法则”：在软件开发过程中，纠错成本会随着每一个阶段而增加 10 倍。所需花费会随着每一个流程步骤提高，因为必须再次检查已完成的工作，并且从错误点开始重新执行。此外，还必须“捕捉”后续错误。这几乎会立即危及到本



**“从赛车到大
规模量产，
我们在发展
BMS 方面积累
了大量经验。”**

卢卡斯·莫伊雷尔
保时捷工程集团
高压电池功能项目经理

就已经非常紧凑的时间表，特别是在为多个客户提供定制化版本软件的情况下。

为了避免这种额外的花费，一个经事实证明相当有效的方式是，由软件范围说明书的制定者在需求工程师的带领下，召集所有项目参与者，对客户提出的产品需求文档进行“审核”。“所有人同聚一桌，其中包括软件架构师、软件研发人员以及测试人员和客户。”欧尔普解释道，“借此我们可以更好地了解产品需求文档中的各项要求，从而以更具针对性的方式定义可能的解决方案。通过这样的审核，还可以协调多个客户之间的不同需求。”尽管这在开始时需要花费多一点心力，但从长远来看，却会节省大量时间。

整个工作范围的规划就是建立在这个稳固的基础上。欧尔普指出：“我们在每个软件发布周期的两周前便会举行一次能力研讨会议，对客户需求与可用资源进行核对。如此我们就能明确知道，在现有时间内可以完成哪些工作。而客户也可以在必要时将工作包排出优先顺序。”

清楚说明能力范围

精湛的能力管理也可以防止可怕的“范围蔓延”。这指的是在开发过程中对一个产品的要求不断变化且不受控制，从而经常导致延误。“如果能清楚说明自己的能力范围，那么就能更容易理解这种动态需求变化的影响，从而着手进行协调。”欧尔普表示。尤其是在为多个车型和品牌采用软件沿用部件时，更必须特别谨慎处理这个步骤。由于时间表以模块方式安排，错误的范围规划可能会同时危及到多个车型系列。

在 BMS 的开发过程中，软件架构同样面临一些挑战。例如必须考虑到单体电池化学和电池结

构会不断变化发展（另请阅读第 42 页的文章）。“例如电池冷却方式的改变就会影响热管理。”莫伊雷尔解释道，“传感器可能无法检测到每个单体电池的温度。如果使用了例如 60 个传感器来检测 200 个单体电池的温度，软件架构就必须支持不同的传感器安装位置和各種冷却概念，例如多面冷却板。”

因此，在开发 BMS 的功能时，必须让 BMS 能够快速适应这些变化。在设计软件架构时，使用软件沿用部件也会构成额外的挑战。这样的方式必须采用模块化结构，一方面是为了能满足特定车辆的要求，另一方面却是避免对其他车型造成不利影响。

适应资源

软件开发之后必须确定软件架构，其目标是让先期开发中的解决方案能够用于批量生产。例如，典型的任务之一就是根据控制器的计算能力和存储能力来修改算法，以配合有限的资源，同时不得对结果质量造成负面影响。“在先期开发中，通常只有一个单体电池会受到感测器的监测，在车辆中却会同时有几十个，”莫伊雷尔说，“但是我们不能这么轻易地让原型车的算法在量产车上接二连三地运行十几次，因为这样需要的计算能力太高。”

此外，电动汽车采用例如快速充电等众多创新功能，往往是处于当前技术可行性的极限。在从原型过渡到批量生产时，这些功能必须获得加强，才足以在所有条件下都稳定无问题地运行。莫伊雷尔说：“快速充电可以通过实施控制算法来实现，若有过热或电压过高的风险时，就会限制充电电流。”如果客户在软件方面也奉行沿用部件战略，那么研发人员就必须确保软件功能具有良好的适应能力，以便能配合不同的电池化学或硬件概念。

莫伊雷尔总结道：“为批量产品开发软件是一种转移服务，保时捷工程在这方面拥有非常好的先决条件。”“从赛车到大规模量产，我们在发展 BMS 方面获得了大量经验。我们的解决方案不仅被大众集团的所有品牌采用，也出现在保时捷勒芒冠军车 919 Hybrid 中。”此外，保时捷工程集团本身也拥有专属的电池技术以及新技术方面的经验，例如车载 800 伏网络。

所开发的软件在多大程度上满足了要求，专家们会在模块测试时首次进行评估。以用于计算

“没有稳定踏实的过程，BMS 项目就会像一栋没有稳固根基的大楼。”

阿希姆·欧尔普
保时捷工程集团项目经理



剩余能量密度的程序为例，在测试过程中，会将定义的输入值送入程序的最小单元中。如果它们提供了预期的结果，那么算法原则上运作正确。否则软件研发人员就必须修改程序代码。“作为验证步骤的第一步，模块测试提供了大量省时省钱的潜力。”莫伊雷尔说，“因为所有在这里找到的问题，若是在之后的项目流程中才发现，就必须花费更大的精力来补救。”

测试中的四眼原则

保时捷工程在模块测试中采用四眼原则：编程和测试是由不同的员工执行。到了最后阶段，还会有一名质保部门的代表加入，除了验证成果之外，他还必须验证之前完成的开发过程。如此可以确保 V 型号的后续步骤——集成测试、软件测试和车辆测试——建立在良好的基础上。在此，项目经理欧尔普的建议适用于整个开发过程：“没有稳定踏实的过程，BMS 项目就会像一栋没有稳固根基的大楼。”

全方位服务: 过去两年间, 保时捷工程公司在 NTC 建立了一套完整的测试设施, 按照 GB/T 和 ECE 标准规定对高压电池进行了误操作测试。



测试台上的 高压技术模组

保时捷工程公司采用先进的测试程序开发电驱动系统，包括真实测试和在虚拟环境中进行测试。这有助于大大缩短开发时间，减少对测试车辆的需求。

作者：Richard Backhaus
摄影：Rafael Kroetz、Luca Santini

为

了进一步提高新型电力驱动组件和系统的开发效率，保时捷工程公司采用了专门针对高压技术要求的测试方法。例如，工程师使用比提希海姆-比辛根（Bietigheim-Bissingen）和纳尔德奥的车辆和部件测试台测试高压电池、通过“硬件在环”（HiL）模拟环境测试脉冲变频器（PWR）的软件，以及在虚拟车辆系统中测试真实硬件。

脉冲变频器在电动汽车中发挥着核心作用——它负责将来自电池的直流电压转换为多相交流电压和相应的旋转磁场，以驱动电机运行。在滑行减速时的能量回收过程中，脉冲变频器反向运转，将电机产生的交流电压转换为直接电压，用于为电池充电。保时捷工程公司技术项目经理拉斐尔·班茨哈夫（Rafael Banzhaf）解释说：“为了在不同行驶状况下针对多方面的性能和舒适性要求实现精确的脉冲变频器控制，需要采用复杂的控制算法和安全功能，例如在发生碰撞、安全气囊弹出等特殊情况下将驱动系统切换到安全状态。这些功能必须在驱动装置进入调试阶段之前通过测试。”

在开发脉冲变频器硬件在环（PWR-HiL）系统之前，工程师们需要在车辆中或在真正的测试台上

进行测试。这样一来，一旦控制单元软件出错，就有可能造成设备损坏。因此，保时捷工程公司开发了一套测试脉冲变频器软件的测试台方案，通过硬件在环的方式将真实的脉冲变频器控制单元集成到方案中。保时捷工程公司开发工程师托马斯·弗希腾汉斯（Thomas Fuchtenhans）说：“这里的控制单元与安装在车上的完全相同，因此我们可以对其中安装的软件功能做出可靠的判断。唯一的修改就是将高压部件与低压部件分开，例如控制单元中的脉冲变频器控制板。这是出于功能和安全原因的必要之举，但对测试而言丝毫没有影响。”

纳秒级运算

在硬件在环测试中，脉冲变频器控制板并不驱动真实的硬件，而是驱动脉冲变频器电力电子元件的仿真对象。它还与高压电池、驱动电机、总线系统和车辆其他部分的仿真对象相关联，以充分考虑各个车辆系统的影响，例如安全气囊、制动控制系统和驾驶员对脉冲变频器控制的影响。反过来，模拟对象将多相电流或温度等虚拟传感器数据反馈给脉冲变频器控制单元，从而闭合控制回路。由于对实时性的要求极为严苛，电池和车辆



“利用脉冲变频器硬件在环测试，我们可以减轻真实测试台的负担，降低成本并提高安全性。”

拉斐尔·班茨哈夫
保时捷工程公司
技术项目经理



“我们所采用的方法的一大特点在于：操作者可以完全远程控制测试台。”

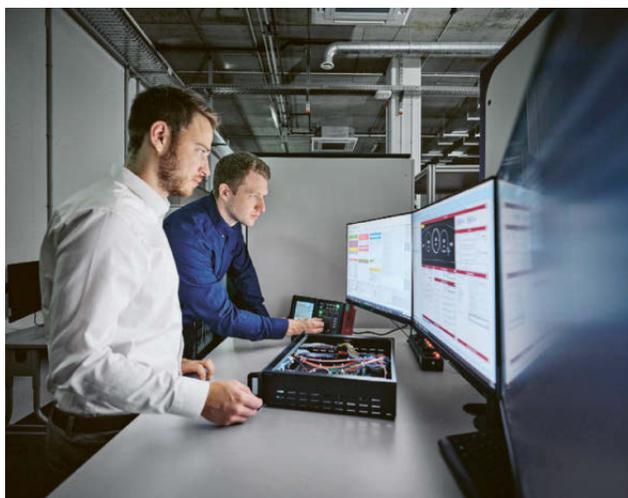
托马斯·弗希腾汉斯
保时捷工程公司
开发工程师

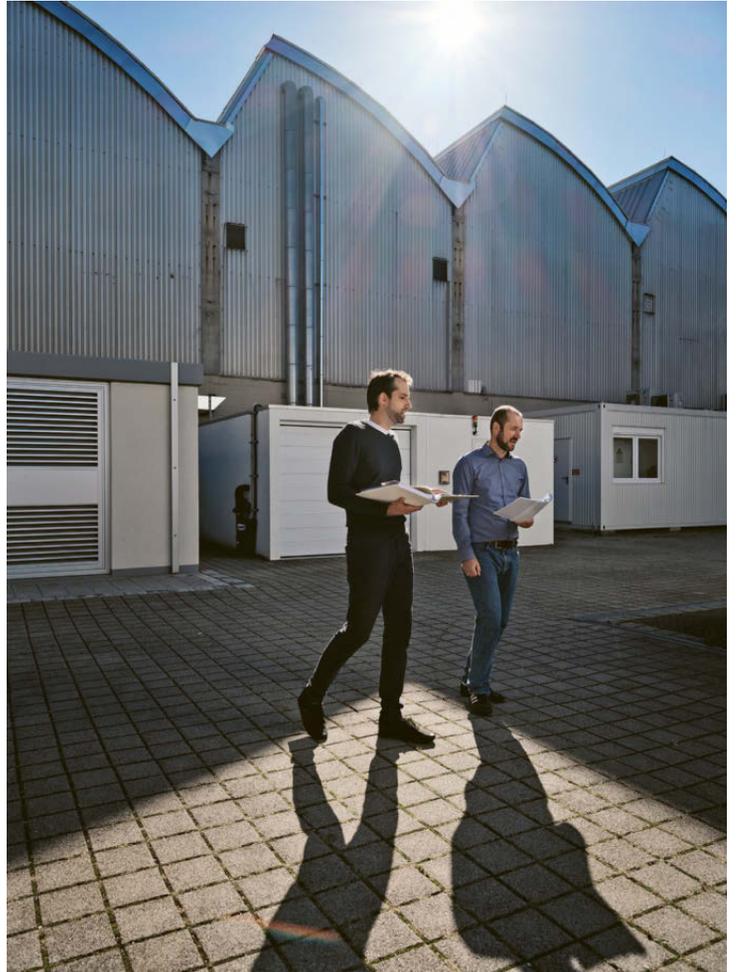
其他部分的仿真是在实时计算机 (RTPC) 上进行的，而电力电子元件和电机的仿真则使用速度更快的 FPGA (现场可编程门阵列) 进行，其仿真时间可达到纳秒级。

硬件在环测试台的测试范围不仅包括根据规格要求进行的所有功能测试，也包括新软件的闪存测试、安全测试 (在车辆中进一步研究之前的安全步骤)、接口测试、诊断功能测试、执行时间测试，以及网络安全和虚拟耐久性测试。班茨哈

夫表示：“尽管脉冲变频器硬件在环测试无法完全取代在真正的测试台或车辆上进行的测试，但可以大大减少后两者的使用频率，从而减轻真实测试台的负担、显著降低成本并提高安全性。”脉冲变频器硬件在环测试台是保时捷工程集团各个分公司之间密切合作的成果。目前，已有 6 个脉冲变频器硬件在环测试系统投入使用，并且已有了进一步扩增的计划。弗希腾汉斯说：“我们所采用的方法的一大特点在于：操作者可以完全远程控制测试

虚拟测试：脉冲变频器控制器 (左上图) 在硬件在环测试台 (右图) 上接受测试。
拉斐尔·班茨哈夫 (左) 和托马斯·弗希腾汉斯可以实时控制并追踪测试 (左下图)。





电芯和系统层面的真实测试：迪尔克·皮林在测试中心内正在进行电芯测量的气候室前（左上图）。他与乌尔里希·朗格博士一起检查电堆（下图）。

台。例如，身处瑞典或美国的应用开发者可以在测试中远程控制仿真进程。所有测试台都相互连接，并与存档系统相连，数据可通过服务器实时提供给所有相关方人员。值得一提的是，上海分公司为提高测试效率提供了宝贵而重要的机会——由于欧洲与中国之间存在时差，因此我们完全可以通过国际团队合作实现 24 小时不间断测试和评估。”

通过人工智能生成测试用例

保时捷工程公司脉冲变频器硬件在环测试的另一个优势便是其高度的自动化。它可以自动读入客户提供的脉冲变频器控制请求文件，并根据相关

规格自动导出测试参数，用于生成不同的测试用例和可执行测试。班茨哈夫说：“闭合的自动化链显著提高了整个测试过程的效率。我们只需几个小时就能为脉冲变频器测试序列创建超过 1,000 个测试用例，而如果手动进行创建，则需要花费几个星期的时间。”

未来，还计划采用人工智能 (AI) 方法，利用自然语言处理 (NLP) 正确解读以简单文本文档提交的产品需求文档，并将其转换为机器可读的代码，随后据此自动生成测试序列。目前，这项工作必须由具备全面的整体系统知识的专家进行。班茨哈夫解释说：“我们的方法是将专家知识转移



“我们只需要
大约 48 小
时即可完成
测试。”

迪尔克·皮林
保时捷工程公司
高压电池开发工程师



在 NTC 进行误操作测试：安东尼奥·托马（左）和安德里亚·卡萨卢斯（Andrea Casaluce）为被测电池安装传感器（上图）。电池被放置在隔热的外壳中（左图），然后送入电池测试楼（下图）接受测试。



到数字世界中，从而有助于缩短开发时间并降低开发成本。初步验证非常成功，因此我相信，在中期内，我们在常规测试过程中也将开始采用人工智能技术。”

虽然虚拟测试程序覆盖的领域越来越多，但它依然不能完全取代实际的高压电池测试。因此，保时捷工程公司在比提希海姆-比辛根拥有广泛全面的基础设施，包括车辆测试台、系统测试台（用于在组件层级上更精确地分析电池）和电芯测试台（可以直接分析电芯的化学成分）。工程师们可以灵活调整驾驶参数和负载谱，仿真测试所需的驾驶状况，并根据研究目的，对电池的充放电行为、能量密度、内电阻和温度特性进行测量和记录。

在车辆测试台上，电池可以在已安装的状态下接受测试，例如在 WLTP 驾驶循环工况下测量电池容量和电流。这一点对于耐久试验车尤为重要——对于这类车辆，在每行驶 20,000 km 必须执行一次的强制测试范围中，就包括了电池测试。保时捷工程公司高压电池开发工程师迪尔克·皮林 (Dirk Pilling) 说：“为测试目的而拆除电池会花费太多时间。如果不拆除电池，那么从车辆抵达到准备和进行测试，再到数据评估，我们只需要 48 小时左右的时间，但如果需要拆除电池，就要花费一周左右。”他还指出了另一个重要方面：“在电池上作业可能会导致车辆耐久性测试结果不真实，例如由于松开了连接车身的螺栓，并在之后重新安装时再次拧紧。”

工程师在另一个测试台上对电池外壳进行密封性测试。保时捷工程公司高压电池专项经理乌尔里希·朗格博士 (Dr. Ulrich Lange) 解释说：“腐蚀或振动损坏等原因可能会导致不密封。如果随后有水渗入电池系统中，就会造成短路。”

用于测试的原型

对于在比提希海姆-比辛根进行的所有电池测试，综合车间都发挥着关键作用。朗格说：“我们在此根据测量的需要为电池进行准备工作、配备必要的传感装置；我们还在此制造整个电池组和模块，作为测试用原型，并且还会在测试结束后拆解电池，以查找相关的蛛丝马迹。”该车间负责处理一部分准备在纳尔德奥技术中心 (NTC) 进行检验的电池。

过去两年间，保时捷工程公司在 NTC 建立了一套完整的测试设施，按照 GB/T 和 ECE 标准规定对高压电池进行了误操作测试。其中需要研究在电芯因过热等原因而发生“热失控”的情况下电池的表现。在 NTC，这些误操作测试是在建筑



“我们拥有汽车开发背景， 能与客户平等互信地携手工作。”

安东尼奥·托马
纳尔德奥技术中心 BEV 协调员

中进行的。纳尔德奥技术中心 BEV 协调员安东尼奥·托马 (Antonio Toma) 说：“在封闭的建筑物内进行热失控测试对设备的安全水平提出了极高的要求，以确保发生电池燃烧时火势能得到控制，并且不会造成任何损害。”

因此，常驻纳尔德奥的工程团队与 NTC 的安全专家和消防队一起制定了一套精妙周全的安全方案。在收到电池后，工程师首先按照要求对其进行准备工作，然后执行测试。在测试过程中，可自动触发的灭火系统确保了极高的安全水平。在测试结束后，工程师会对电池状态进行评估。如果存在危险隐患，就必须将电池放置在装有火灾探测器的上锁箱子内静置 24 小时，之后才能取出并由 NTC 专家分析损坏情况并得出结论。检查结束后，电池将妥善保存在同样配备了防火系统的安全室，直到最终进行废弃处理。

NTC 在此基础上为客户提供全方位服务，除了电芯的过热和自燃测试外，还可以根据客户的具体要求对电池进行专门的误操作测试，以及检查电池外壳的防火性能，服务范围涵盖储存、准备、执行测试，以及拆解后的分析和详细报告。托马总结说：“在测试楼中执行测试的最大优势在于，我们可以在实验室条件下工作。此外，我们拥有汽车开发背景，所以我们很清楚各项具体要求，并能与客户平等互信地携手工作。”

保时捷工程公司可以将真实和虚拟测试方法相结合，提供定制的测试服务。无论选择哪一种方法，客户都能从来自技术前沿的专家知识、方法和服务中受益。



综述

保时捷工程公司采用专门针对高压技术要求的测试方法，包括传统测试台和用于脉冲变频器控制器虚拟测试的硬件在环测试台。未来，人工智能技术将有助于在虚拟测试中缩短开发时间和降低开发成本。

还有问题吗？

有些问题总是不得不同，我们在这里为你提供答案——这些答案可能还会有些出乎意料哦。这一次的问题是：

世界上最大的 电池 到底有多大？

这

一切的源头毫不起眼。1800年，意大利物理学家亚历山德罗·伏特（Alessandro Volta）在伦敦德高望重的皇家学会前展示了一项乍看之下平淡无奇，但很快就遍及全世界的发明：伏打电堆——也就是现今电池的前身。它的结构是当时典型的圆柱形，主要由木材组成——毕竟在当时尚未发明用塑料制作绝缘外壳的技术。然而，早期电源的运作方式却已非常现代化：用浸有电解液（例如盐水或碱液）的纸板或皮革将铜和锌等不同种类的金属盘隔开。现今电池的工作方式仍然基于同样的原理。

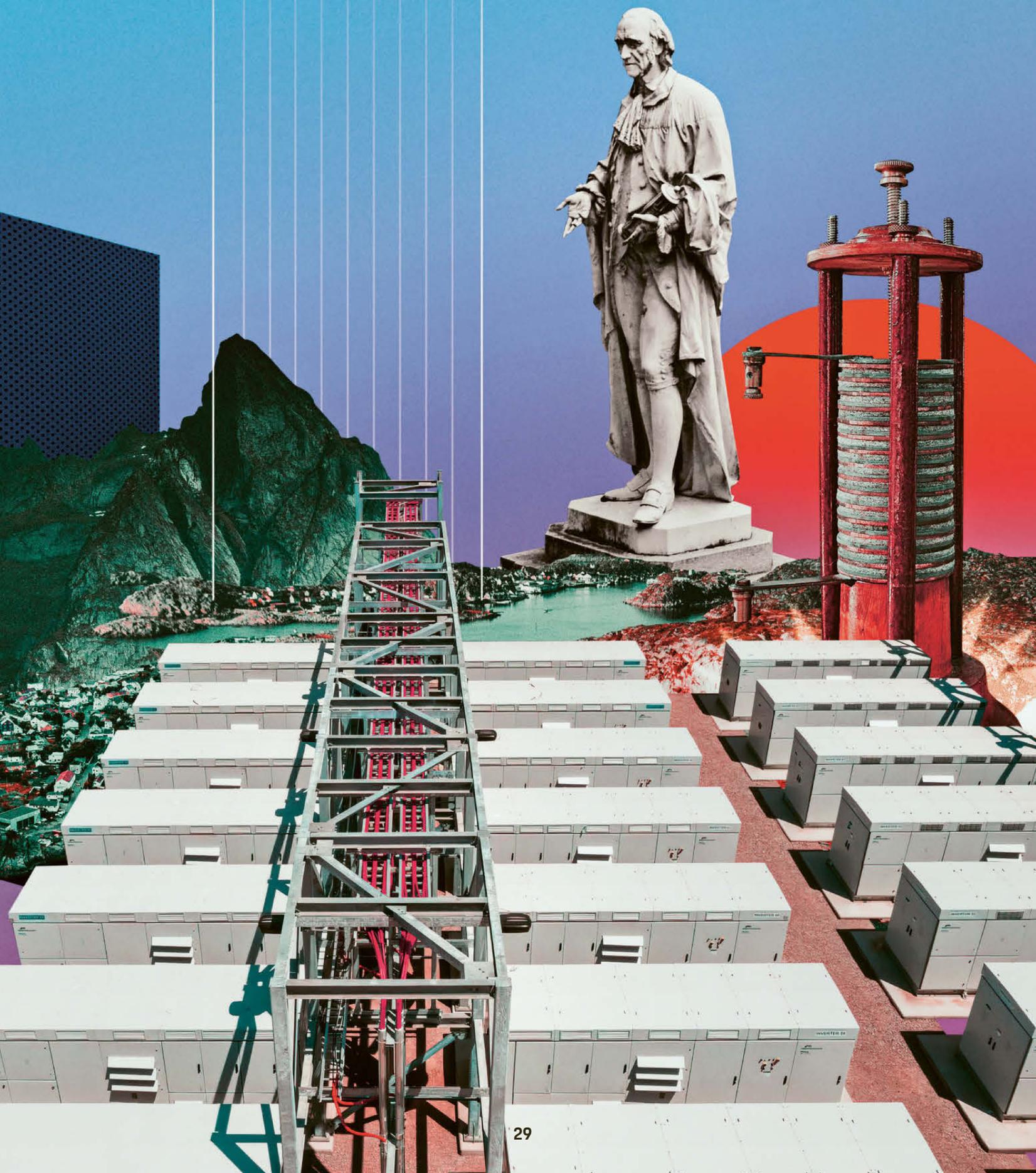
尽管电源在19世纪早期的主要功能还只是实验室里的辅助工具，但如今的电池早已成为电子设备和电动汽车里的核心部件。不仅如此：在未来，电池还应该能够有助于在可再生能源产量波动与当前电力消费之间取得平衡。为达到此目的，德国目前正在巴登-符腾堡州的库普弗采尔（Kupferzell）建造一座面积相当于四个半足球场大小的“电网增压器”。这座由锂离子电池组成的设施将从2025年开始供应250 MW的电能，而且供应时间可持续长达一个钟头，相当于250 MWh的容量。

但这绝不是说库普弗采尔的电网增压器项目就是全世界最大电池名单上的榜首。位于美国加利福尼亚州蒙特雷湾的莫斯兰丁（Moss Landing）储能系统容量高达1,200 MWh，并且也是采用锂离子电池；同样在加利福尼亚州，位于洛杉矶附近的兰开斯特市也拥有Luna-LAB储能系统，其锂离子电池的储能容量高达908 MWh。这足以美国各州的17万户家庭提供4小时的清洁电力。对于一项在200年前以木材和金属组合物形式诞生的技术而言，这可说是一项相当出色的成就。 ●

作者：Christian Buck
插图：Julien Pacaud

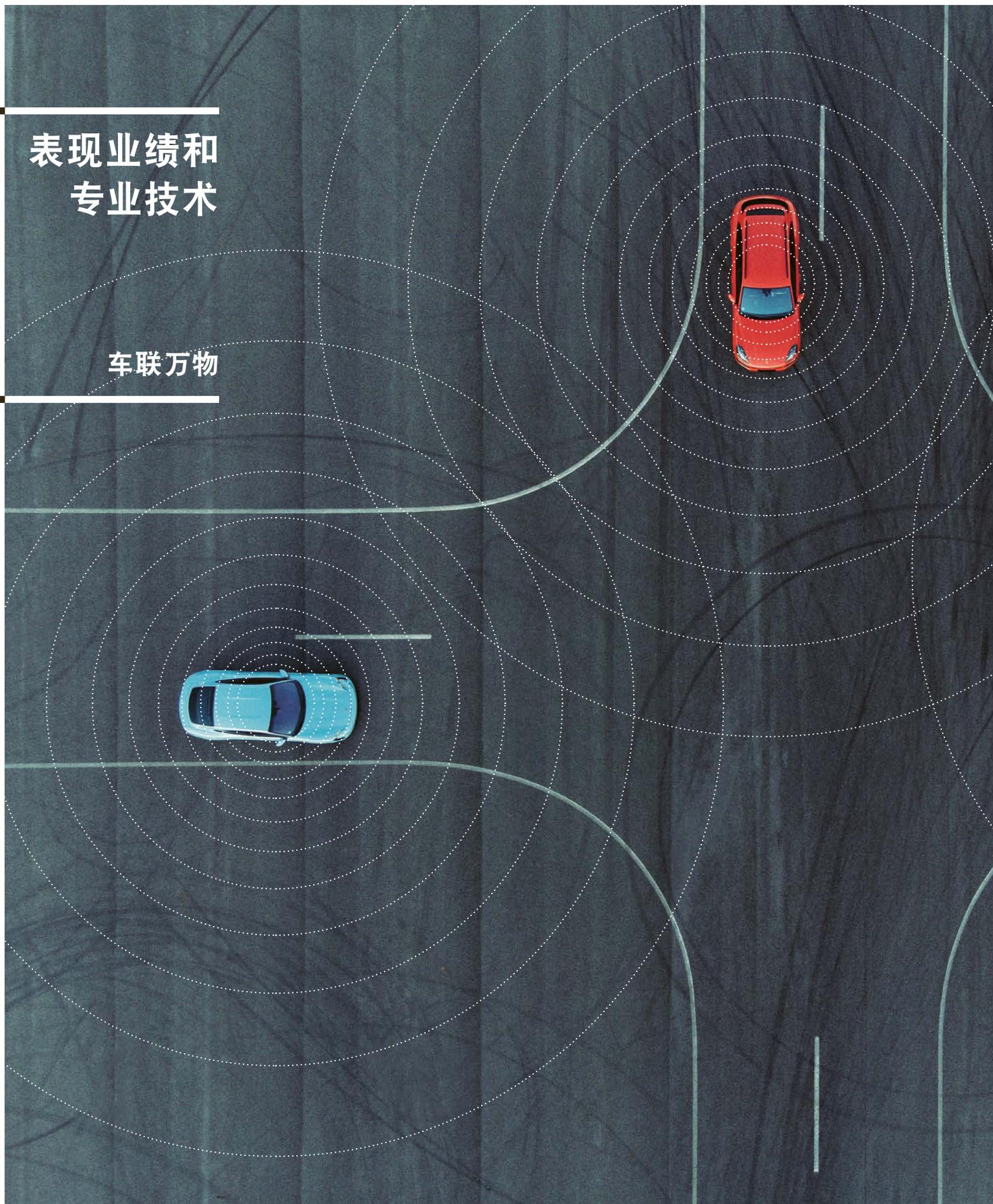


扶摇直上：最初由物理学家亚历山德罗·伏特发明的不起眼的电堆，如今已发展成为像加州莫斯兰丁储能系统一般巨大的储能设施。

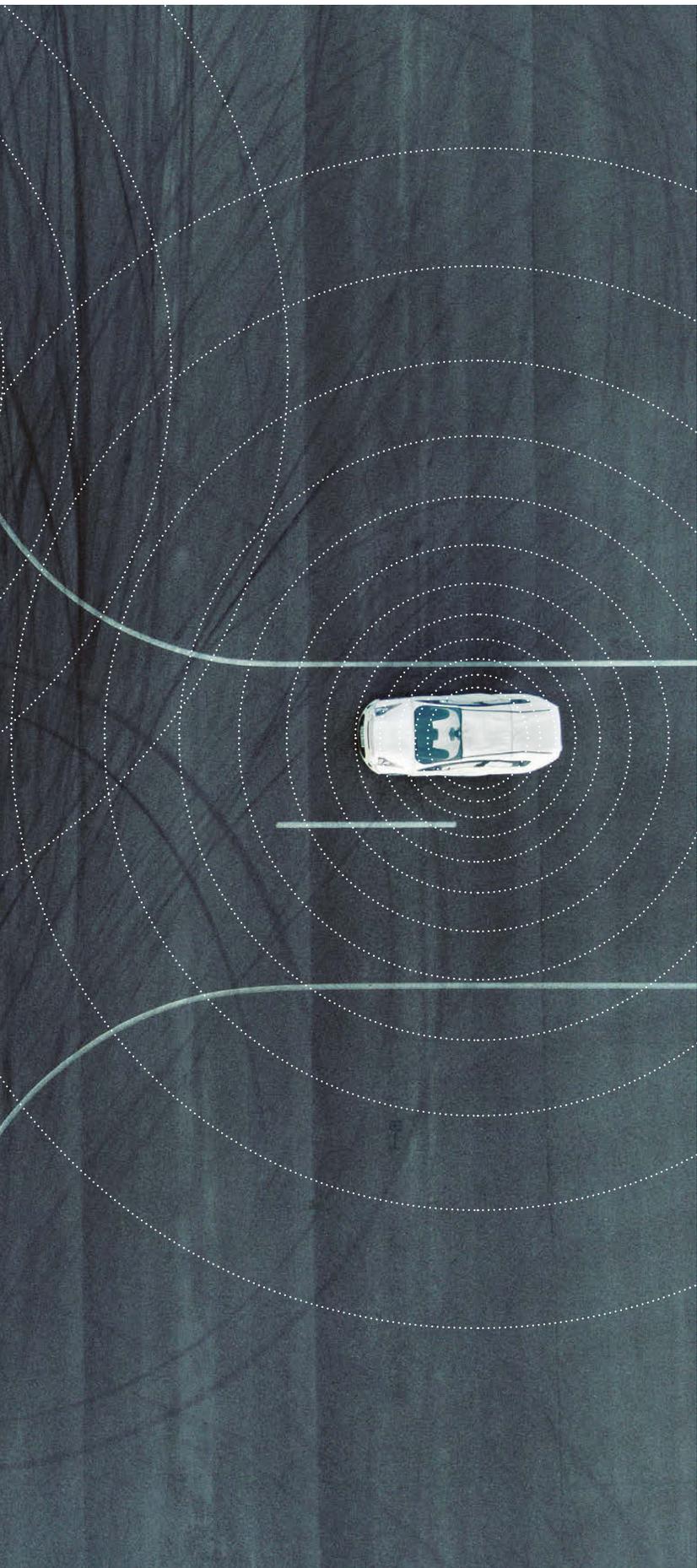


表现业绩和 专业技术

车联万物



通过数据交换进一步提升安全性: V2X (车联万物) 旨在帮助预防事故、改善交通。车辆之间的通信可通过 5G 移动网络或 Wi-Fi 实现。



Cayenne GTS

NEDC 消耗数据:

油耗 (市区): 15.3–14.7 l/100 km

油耗 (郊区): 9.1–9.1 l/100 km

油耗 (综合): 11.4–11.2 l/100 km

二氧化碳排放量 (综合): 260–255 g/km

WLTP 消耗数据:

油耗 (综合): 14.1–13.3 l/100 km

二氧化碳排放量 (综合): 319–301 g/km

Taycan

NEDC 消耗数据:

耗电量 (综合, 高性能蓄电池):

26.4 kWh/100 km

耗电量 (综合, 高性能蓄电池升级版):

27.0 kWh/100 km

二氧化碳排放量 (综合): 0 g/km

WLTP 消耗数据:

耗电量 (综合, 高性能蓄电池):

23.5–19.6 kWh/100 km

耗电量 (综合, 高性能蓄电池升级版):

23.9–20.4 kWh/100 km

二氧化碳排放量 (综合): 0 g/km

日期: 2022 年 10 月

互联。 高效。 安全。

未来的车辆可以相互交流, 并与周围环境互动——这就是车联万物 (V2X)。这有助于预防事故和交通堵塞, 并推动自动驾驶技术的发展进步。保时捷工程公司致力于开发 V2X 功能并将其早日投入量产, 也已开始着手研究基于未来人工智能的相关功能。

作者: Constantin Gillies

摄影: Luca Santini、Chris Nemes



研发

在罗马尼亚克卢日-纳波卡和蒂米什瓦拉的保时捷工程集团分公司，由阿德里安·蒂米什 (Adrian Timiș) (前) 和杜米特鲁·柯泰特 (Dumitru Cotet) (后) 领导的团队开发出了汽车数据盒。



障

障碍物就藏在弯道之后：一根粗大的树枝挡住了车道。随着一辆汽车转入弯道，一连串数字进程有条不紊地开始运作。车前端摄像头检测到障碍物，与之相连的评估算法随即发出警报，将树枝归类为危险情况，激活制动系统，并同时通过移动网络向云端服务器报告障碍物的位置和类型。现在，同样接近危险区的其他驾驶员将在仪表盘上看到“障碍物”警告信息，包括与车道上树枝的距离，从而对前方的危险做好心理准备。

有鉴于车联万物 (V2X) 领域的迅猛进展，上述情境也许很快就会成为现实。再过几年，车辆有望实现持续的相互交流，并与周围环境互动，例如与行人的智能手机或交通信号灯系统交换信息。V2X 有助于预防事故、改善交通状况，使高级驾驶辅助系统 (ADAS) 的功能更加强大。保时捷工程公司 V2X 功能项目经理帕斯卡·伯姆斯多夫 (Pasqual Boehmsdorff) 解释说：“未来的车辆

不仅能使用自己的传感器，还能使用其他交通参与者的传感器。因此，V2X 是实现完全自动驾驶的重要一步。”

目前，中国是 V2X 领域的先驱。在无锡这座城区人口已超过百万的城市，许多交通信号灯都与交通控制中心相连，可以告诉驾驶员下一个绿灯时段何时到来。此外，无锡也正在测试交通参与者的相互互联网。举例来说，如果一辆车的车载传感器检测到路面湿滑，便可以将这一信息传送到中央服务器，由其转发给其他车辆。保时捷工程公司也已在位于上海安亭的研发中心进行了 V2X 技术的密集真实测试。

大量新功能

这项新技术可以实现一系列实用功能，其中有些甚至已在中国投入实用。例如，可以将实时交通信号灯信息与自适应巡航控制系统相关联，从而相应调整车速，尽可能缩短在交通信号灯前的等待时间，提高行车效率。另外也可以通过数字化方式拓展和补充三角警告牌的功能：例如，如果一辆车停下并开启了危险警告灯，其附近的交通参与者就可以直接通过无线网络获知这一情况。此类危险警告信息也会被转发到中央服务器，让不在附近的交通参与者也能获知相关信息。

一般而言，可以通过两种技术方案实现车联网。其一是 802.11p 标准，这是 Wi-Fi 的一种变体，可实现车辆之间的直接通信。如果车辆之间的距离超过 200 至 300 米，则需要沿路的路侧单元 (RSU) 来转发信号。尽管安装这些转发设备成本高昂，但



“未来的车辆不仅能使用自己的传感器，还能使用其他交通参与者的传感器。”

帕斯卡·伯姆斯多夫
保时捷工程公司 V2X 功能项目经理



这一方案的优势在于，Wi-Fi 技术已经十分成熟。第二个选项是使用现有的移动网络，相应标准称为 C-V2X（其中的 C 代表“cellular”，即蜂窝无线网络）。它最初基于 4G/LTE 移动通信标准，所有数据都要通过基站传输；而基于 5G 的新版本亦可实现车辆之间的直接通信（通过 Sidelink/PC5 接口）。

欧洲和美国最初采用的是 802.11p 方案，但两年前，美国监管机构 FCC 从该标准中撤销了必要的无线频率。与此同时，中国正在积极通过 5G 推动车联网发展：到 2025 年，每两辆新车中就会有一辆处于持续联网状态。保时捷工程公司连接部门主管托马斯·普雷奇（Thomas Pretsch）说：“因此，我认为基于移动网络的系统将成为 V2X 的主流。”新 V2X 功能的实施流程始于软件开发。

汽车数据盒

汽车数据盒（CDB）是一台开发用计算机，与测试车辆的数据总线 and 传感器相连。它特别适用于实施新的驾驶辅助系统，因为量产型控制单元的性能有时无法满足需求。CDB 的核心是 NVIDIA 图形处理器（GPU），该 GPU 尤其适合执行基于 AI 的算法。

这台测试计算机是位于罗马尼亚克卢日-纳波卡和蒂米什瓦拉的保时捷工程集团分公司负责的项目。其所需的软件同样也由罗马尼亚分公司开发，硬件方面则由布拉格分公司的工程师负责。第一版 CDB 于 2020 年 6 月推出，自此不断得到优化改进。例如，2021 年加装的 5G 模块显著改善了云端连接性能。此外，机器人操作系统（ROS）的整合大大提高了研发工作效率。ROS 可将来自摄像头、雷达或激光雷达传感器的数据转换为一种不受具体技术限制的格式。例如，即使在测试车辆上安装了分辨率更高的新摄像头，依然可以继续使用现有评估算法，无需重新开发新的算法。



纳尔德奥的 5G 网络

自 2022 年 5 月起，纳尔德奥技术中心 (NTC) 已实现专有 5G 网络全覆盖。总共九座基站为占地 700 公顷的整个场地提供移动网络信号。这个专有网络的带宽超过每秒 1 GB，比场地范围以外高出一倍。“当然，除了专有 5G 网络之外，我们也可以使用公共 5G 网络。” NTC 工程部高级经理皮埃尔保罗·波西塔诺 (Pierpaolo Positano) 强调说。此外，在测试路线沿线还安装了多个路侧单元 (RSU)，可进行 802.11p 标准的数据广播。波西塔诺表示：“我们可以在 RSU 中实时分析数据，并将结果从 RSU 传输到云端。”

目前，纳尔德奥技术中心的工程师们主要致力于调整现有测试设备，为通过 5G 联网做好准备。NTC 电信专家路易吉·马扎雷拉解释说：“许多通过 CAN 或 FlexRay 连接到车辆的数据记录器只有一个以太网接口。”现在，工程师将为它们配备无线模块，以便将来通过无线方式进行评估。得益于 5G 网络的低延迟特性（在 NTC 的测试中只有不到 10 毫秒），甚至完全通过远程操控进行试驾也未尝不可。对于某些必须以相同方式多次进行的驾驶动作，这一点尤其有利。在纳尔德奥技术中心，已有五辆这样的“机器人车辆”随时待命。

在文章开头所述的障碍物警告情境中，需要用到人工智能 (AI)：开发人员借助对真实驾驶情况的记录训练神经网络，以对障碍物进行识别和分类，直到它能够可靠区分真正的危险（例如行人、树枝）和无害的物体（树叶、塑料袋）。

由于危险情况下的真实训练材料往往很少，所以需要人工合成的数据加以补充。对此，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) 解释说：“我们在虚拟环境下调整实际行车情况，形成万千变化。”为此使用的工具称为 PEVATeC (Porsche Engineering Virtual ADAS Testing Center, 保时捷工程虚拟高级驾驶辅助系统测试中心)。它可以精确复现出整个物理环境——不仅是包括道路和车辆的可见环境，

还有在相应情况下存在于车辆总线中的传感器数据。这样一来，“车道上的树枝”这一危险情况就可以有无数种变化：迎着刺眼的阳光、处于黑暗环境下或者在瓢泼大雨中，因为工程师必须确保人工智能在任何条件下都能将物体正确分类。

分级应对措施

训练完成后，工程师将神经网络传输到“汽车数据盒”（Car Data Box，简称 CDB，请阅读信息框的内容）。这是一台开发用计算机，由位于罗马尼亚克卢日-纳波卡（Cluj-Napoca）和蒂米什瓦拉（Timișoara）的保时捷工程集团分公司研发，安装在测试车辆上，可以运行任何 ADAS 程序。CDB 通过神经网络来评估真实的摄像机和传感器数据，以实现障碍物告警。开发人员通过专门开发的算法确定某一物体是否超过了危险阈值，并实施分级对策：从单纯的仪表盘消息，到声音警告信号，再到自动制动。

最后一步便是在真实条件下测试该功能。纳尔德奥技术中心（NTC）为测试提供了理想条件——该中心占地 700 公顷的测试场地实现了专有 5G 网络全覆盖。在这里，工程师可以检查发出的警告信息在真实条件下是否也能可靠地传达给接收者。NTC 电信专家路易吉·马扎雷拉（Luigi Mazzarella）解释说：“车速与数据吞吐量之间的关联至关重要。”

2022 年夏天，工程师测试了较高车速下的数据传输速率。几辆车在 12.6 km 的高速赛道上行驶，车上搭载的汽车数据盒也在同时发送数据。结果：在 100 km/h 车速以内，数据传输速率几乎保持不变——下载速率每秒 1 GB，上传速率每秒约



“我们在虚拟环境下调整实际行车情况，形成万千变化。”

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

应用

路易吉·马扎雷拉（左）和玛丽娜·波维诺（Marina Bovino）正在设置自动驾驶系统（上图）。此后，大卫·巴勒莫（Davide Palermo）便可通过 5G 网络远程控制它（下图）。



150 MB。从 200 km/h 车速开始，上传速率略微降至每秒 120 MB，而接收数据量没有变化。只有在高得多的车速下，带宽才会开始下降，但上传速率仍保持在每秒 90 MB，足以满足需求。

测试表明，5G 网络的带宽和延迟都能够满足汽车应用的需要。工程师还针对越区切换（Handover）进行了密集的测试，即从一个基站切换到下一个基站的过程。前几代移动网络在越区切换时可能会断连，但在 5G 网络下，即使在高速移动中也能顺利可靠地完成信号交接。

同时，在 V2X 功能的开发工作中，保时捷工程公司的专家不再需要亲自前往位于意大利南部普利亚大区的纳尔德奥测试场，因为最新版的汽车数据盒配备了 5G 模块，可以远程安装测试程序。在试驾结束后或试驾过程中，汽车数据盒可以通过 5G 网络将所有数据传回云端，以进行分析和汇总。舍珀博士高兴地说：“这样一来，试驾工作与评估和实施工作就可以在空间上脱钩了。”远程访问意味着，工程师们将来可以更加迅速地将新功能投入实用，包括用于联网驾驶的功能。

综述

再过几年，车辆就有望实现持续的相互交流，并与周围环境互动——这就是车联万物（V2X）。保时捷工程公司采用虚拟开发方法研发 V2X 功能，创造出变化无穷的模拟情境。其中一种重要开发工具是汽车数据盒，它可以轻松执行任何 V2X 功能。此外，工程师还利用 NTC 专门为此设立的专有 5G 网络进行测试。



采访: Christian Buck
摄影: Robertino Nikolic

随着汽车工业的转型变革, 采购部门发挥的作用也有所变化。在保时捷公司采购管理委员会成员**芭芭拉·弗伦克尔**与保时捷工程集团管理委员会主席**彼得·舍费尔博士**的对话中, 她讲述了与研发部门密切合作的重要作用, 以及如何让供应链更具弹性。



“采购与研发 部门之间的 互信合作”

“保时捷工程集团是成熟可靠的合作伙伴。我们希望在未来继续保持密切合作，协力开发完整功能或衍生功能。我们十分看重保时捷工程集团卓越的创新能力。”

芭芭拉·弗伦克尔
保时捷公司采购管理委员会成员

汽车行业正在经历前所未有的重大转型。这对采购部门来说意味着什么？

- **弗伦克尔：**很简单：我们充分发挥采购部门的作用，积极助力塑造转型。我们的许多传统供应商正在改变产品组合。我们密切伴随其转型进程，为制定战略和长期规划提供支持，并在融资方面提供咨询建议。但这只是其中一个方面。另一方面，我们也正在积极寻找新的供应商，尤其是在电动汽车领域。例如，我们的Taycan纯电动跑车采用高度创新的800伏技术，因此亟需与新的厂商展开合作。此外，我们正越来越多地建立合作伙伴关系、入股有潜力的企业。对我们来说，敏捷的初创企业尤其具有吸引力。因此，我们积极参与诸如Startup Autobahn等考察计划，并通过我们的孵化器Forward 31与公司创始人对话沟通。除了商业因素之外，我们也非常关注所用部件的制造过程——可持续性至关重要！为确保供应链透明，并检验这个方面的实际成效，我们还用到了人工智能技术。一般来说，我们的买方会在转型过程中积累丰富的专业知识。

对采购部门来说，动力系统的电气化意味着什么？

- **弗伦克尔：**我们与各地区的知名供应商合作，致力于建立广泛的伙伴网络。重点在于，我们的电池制造商要能保证长期稳定地获得各种相关的原材料。不过，我们依然会持续不断地分析市场动向。

↓

芭芭拉·弗伦克尔
(Barbara Frenkel)

自2021年起担任保时捷股份公司采购管理委员会成员。弗伦克尔毕业于化学专业，曾担任公司的欧洲地区销售主管、销售网络管理和发展主管以及中央培训主管。在加入保时捷之前，芭芭拉·弗伦克尔曾在天合汽车 (TRW Automotive)、Thermal Systems 和 Helas-Werke 工作。

↓

彼得·舍费尔博士 (Dr. Peter Schäfer)

自2019年起担任保时捷工程集团管理委员会主席。舍费尔博士毕业于机械工程专业，此前曾在保时捷股份公司担任整车开发部主管、底盘开发部主管和特殊项目开发部主管。在加入保时捷之前，彼得·舍费尔博士曾在大众汽车公司和福特汽车公司工作。

您之前提到了合作伙伴的重要作用。未来，哪些方面将由保时捷自行负责，哪些则由战略伙伴或扩展专家网络处理？

- **弗伦克尔：**这要由我们的团队研究决定，即我领导的战略价值创造管理委员会。公司的所有关键利益相关方都会派出代表出席，其中包括开发



商、生产专家、采购方，以及来自可持续发展和投资管理部门的同事。我们集思广益、共同分析，并商定对保时捷最有利的决策。这是一个不断变化的动态过程，而我们始终密切关注我们希望在未来继续牢牢掌握在自己手中的核心能力。

保时捷工程集团在其中发挥了什么作用？

- 弗伦克尔：“保时捷工程集团是成熟可靠的合作伙伴。我们希望在未来继续保持密切合作，协力开发完整功能或衍生功能。我们十分看重保时捷工程集团卓越的创新能力。”

“我们始终致力于成为客户的战略技术合作伙伴。”

彼得·舍费尔博士
保时捷工程集团
管理委员会主席

— **舍费尔:** 我们始终致力于成为客户的战略技术合作伙伴。因此, 积极建立各种合作伙伴关系的战略方向与我们的发展愿景相吻合, 也就是在特定的专业能力和创新领域内长期创造价值。当前的重点在于开发智能互联的车辆。在这一领域, 我们需要采用系统性方法, 因为现在的功能都由硬件和软件两方面组成, 并且重点正在越来越多地转向软件。我们已制定了一项长期战略, 旨在进一步扩大我们在功能开发和“系统工程”领域的专业能力, 尤其是在我们遍布世界各地的各个技术研发基地内。我们在这些领域看到了强劲的增长势头, 尤其是自动驾驶、云端和大数据或人工智能等新兴领域。

软件是汽车行业的核心话题之一。在这一方面, 公司内部处理和外包的份额各占多少?

— **弗伦克尔:** 软件的重要性与日俱增, 而我们在这一方面胸有成竹。大众汽车集团将大型软件架构的研发工作交给 CARIAD 负责。而在保时捷, 我们目前主要专注于“E³ 1.2”平台的架构。我们将在新款 Macan 上采用该平台。

— **舍费尔:** 软件是我们研发工作的核心支柱之一, 与每一个领域都息息相关。例如, 多年以来, 我们一直自行负责为整个集团研发电池核心软件、依靠人工智能技术在现场为保时捷分析电池特性、开发预测性热管理功能或是品牌专属的自动驾驶功能。不过, 研发只是其中一个方面, 软件的测试、整合和调试同样必不可少。对此, 我

们也制定了相关战略, 并正在全球范围内积极推行, 例如所谓的“硬件在环测试”。当然, 我们也负责进行车辆测试。纳尔德奥测试场为我们提供了测试未来驾驶功能的最佳条件。我们在纳尔德奥将虚拟测试和真实测试有机结合, 因为仅依靠实际试驾已经无法充分测试复杂的自动驾驶功能。

目前, 研发和采购部门之间的协作互动是如何进行的? 未来又将如何发展?

— **弗伦克尔:** 我的办公室设在魏斯阿赫是有原因的。这里是我们研发中心的核心所在, 我几乎就在执行委员会同事迈克尔·施德纳 (Michael Steiner) 的隔壁工作。研发和采购部门之间的配合可谓天衣无缝, 例如我们已在半导体器件等方面实现了“提前采购”。在此, 我们已经积累了相当深厚的专业能力。举一个例子: 我们现在知道, 使用最新一代芯片可以显著提高电池性能和快速充电能力, 而并不需要调整电芯的化学成分。我们充分利用这些知识推进研发工作, 同时精心挑选合作伙伴, 携手让创新构想成为现实。

— **舍费尔:** 我们必须共同确定, 如何开启对成功至关重要的新技术领域。这正是采购和研发部门之间建立密切合作的重大机遇和潜力所在。目前, 汽车行业转型如火如荼, 只有确保充分合作, 才能在保持敏捷灵活的同时进行长期战略规划。因此, 这一点对我们至关重要。

您之前提到了“半导体”这个话题。公司是如何度过芯片危机的?

— **弗伦克尔:** 与其他所有制造商一样, 半导体短缺给我们带来了严峻的挑战。现在, 得益于强大的团队合作, 我们已经顺利通过了这一难关。关于展望未来, 我认为: 每一次挑战都是宝贵的学习机遇。现在, 我们与主要半导体制造商建立了直接联系, 也更深入地理解了这个行业的复杂供应链和运作逻辑。我们必须面对一个事实: 汽车工业在全世界半导体市场中的份额只有大约 12%。对于许多芯片生产商来说, 我们并不属于优先考虑范畴。在未来, 我们希望深化拓展与相关制造商的联系, 以加深相互了解, 让合作关系更加可靠。此外, 我们也希望能在新技术领域展开合作。

“未来, 整个价值创造网络一定会继续拓展延伸。我们希望建立尽可能富有弹性的供应链, 避免形成单方面依赖。”

芭芭拉·弗伦克尔
保时捷公司采购管理委员会成员

另一个重要问题是可持续发展。公司在这一领域有何举措？

- **弗伦克尔:**我非常关心可持续发展。保时捷采购部门制定了清晰明确、雄心勃勃的可持续发展战略,我们将与供应商携手确保将其落实。我们在供应链内创造推动可持续发展的动力。这方面的一个例子便是向我们的供应商提出的使用清洁能源要求,它从2021年开始生效。在未来的汽车项目中,可重复使用的原材料份额将

“我们将继续尽己所能,推动创新发展、创造技术成果,并全力支持保时捷和我们的其他客户。”

彼得·舍费尔博士
保时捷工程集团
管理委员会主席



进一步提高。我们已开始在汽车生产中使用可持续材料,尤其是内饰塑料件,它们大部分采用回收的塑料颗粒制成。我们的客户希望看到并真切地感受到车辆的可持续性。我们拥有深厚的知识和资深专家,以寻找和采购必要的材料和创新成果。

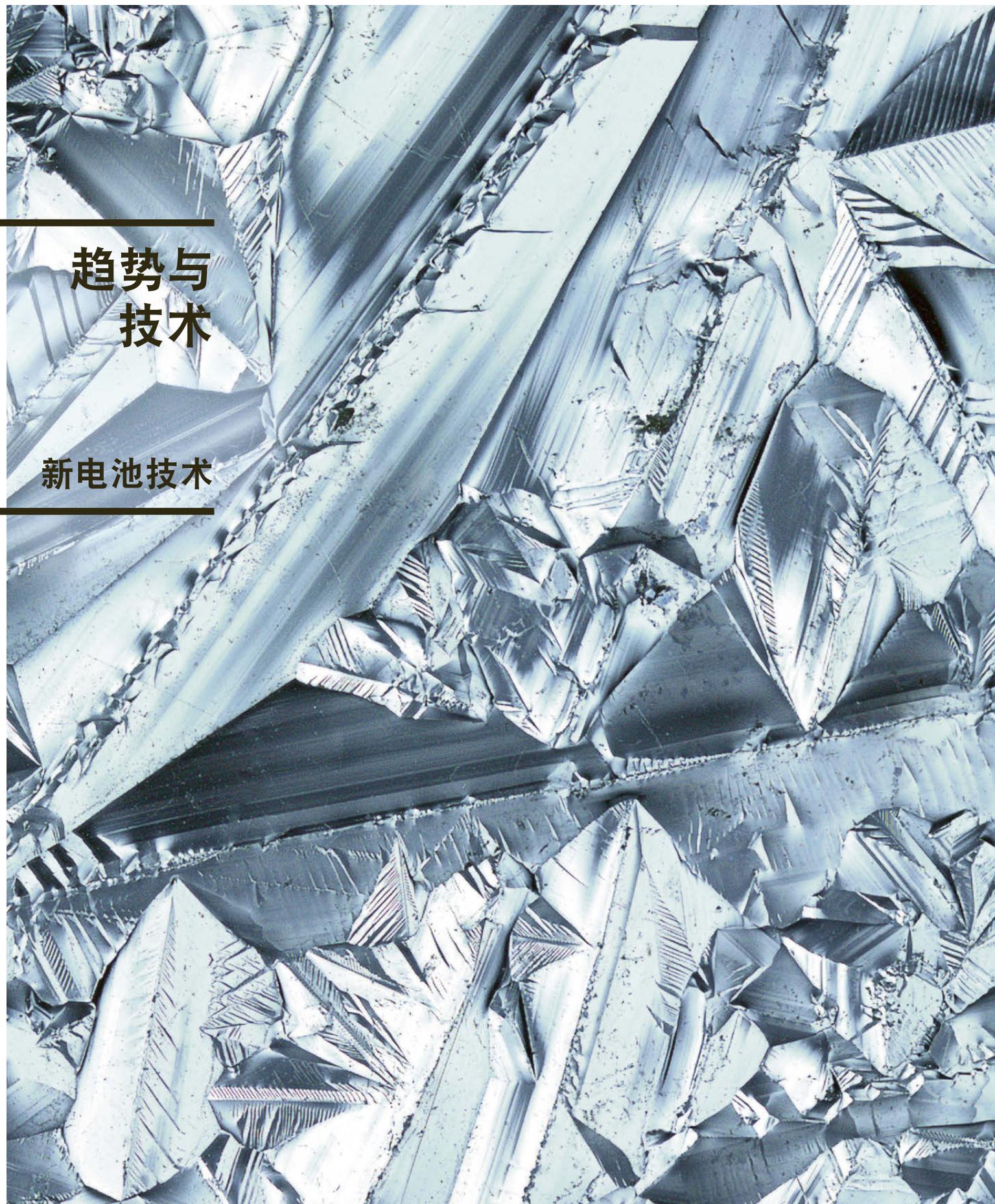
- **舍费尔:**可持续发展已经牢牢扎根于我们的企业战略之中。例如,对于我们在意大利南部的试车场,我们制定了一项减少碳足迹的行动计划,并严格落实。此外,我们公司也十分重视多元化。我们希望提高工程师中的女性占比;并且,作为国际化集团,我们希望充分吸纳不同国籍的人才带来的无尽潜力,组成一个跨越五洲四海的大家庭。

最后,让我们展望一下2030年和更远的未来。到那时,保时捷的采购生态系统将是什么样子?

- **弗伦克尔:**我可没有预言水晶球(笑)。说真的:未来,整个价值创造网络一定会继续拓展延伸。我们希望建立尽可能富有弹性的供应链,避免形成单方面依赖。为此,我们需要与世界各地的创新伙伴建立合作,特别是在我们销售车辆的地方。
- **舍费尔:**我们将继续尽己所能,推动创新发展、创造技术成果,并全力支持保时捷和我们的其他客户。我也坚信,我们与保时捷的合作关系将在未来更上一层楼。
- **弗伦克尔:**我也相信这一点。

趋势与 技术

新电池技术



用途多样: 硅不仅可以用于制造计算机芯片, 还可以用作电池阳极材料, 与石墨相比可以大大增加电池能量密度。

电芯的未来

高性能电池是电动汽车的核心部件。电池技术正在不断发展进步，预计很快会在能量密度、充电功率、安全性和使用寿命方面取得进一步突破。保时捷通过 Cellforce Group 和 Group 14 Technologies 直接参与最前沿的研发工作。

作者：Chris Löwer

高

能量密度、大功率、长寿命、最高水准的安全性，并且还要以尽可能低的成本实现这一切：电动汽车电池必须同时满足诸多要求，而占主导地位的锂离子技术已经做得很好。不过，几乎所有参数都还有继续改进的空间，学术界和工业界都在紧锣密鼓地推进研究与开发工作。同时，充满希望的下一代技术也已经处于起步阶段。

如今，锂离子电池在市场上占据主导地位并非巧合：锂原子特别容易失去其三个电子之一，同时锂也是质量最轻的金属。这些特性让锂元素十分合适作为可充电电池的基础材料。保时捷工程公司电芯专项工程师斯蒂芬妮·埃德尔伯格博士 (Dr. Stefanie Edelberg) 说：“就能量密度而言，纯锂是理想的阳极活性材料。不过，出于安全考虑，

目前一般使用能吸收锂离子的石墨作为阳极活性材料。”锂电池的其他优势还包括：存储容量非常高、价格相对较低、使用寿命也很长。

德国明斯特大学 MEET 电池研究中心商业技术总监法尔克·沙帕赫博士 (Dr. Falko Schappacher) 表示：“锂电池在经过 1,500 至 3,000 个完整充电周期后仍可剩余初始能量密度的 80%，这一点可以轻松实现，没有任何问题。”按照目前的预测，车载电池的使用寿命可达到一百万公里的行驶里程。

阳极的优化

锂离子技术是一种由许多组件构成的系统，因此有很多环节存在进一步优化的空间。阳极就是其中之一：目前常用的阳极活性材料是石墨，而硅

则是极具吸引力的替代方案，它提供的储电容量要高出 10 倍。沙帕赫博士强调说：“硅阳极会显著提高锂离子电池的整体能量密度。”

埃德尔伯格博士也指出：“硅的一大优势在于，就重量而言，其储电能力仅次于锂，因此有望实现能量密度极高的电池。而且，它也是地壳中含量第二丰富的元素。”此外，她还认为，使用硅材料的电池可以具备极出色的快速充电能力，例如在 15 分钟内即可从 5% 充至 80%。

沙帕赫博士说：“然而，硅颗粒在吸收锂时体积会膨胀 300%，因此会对材料和电极产生机械应力。”如果电极表面因此受损，那么电池的使用寿命也会受到影响。埃德尔伯格博士表示：“使用纯硅活性材料，可以最大限度地提高能量密度，但也会面临使用寿命极大缩短的缺点。”尽管如此，业界依然在加紧研究高硅含量阳极，最高达 80%。例如，Cellforce 公司（见请阅读信息框的内容）正与保时捷合作探索这一技术路线。

提高阴极中的镍含量

除了阳极之外，业界也在努力优化阴极所用的活性材料。阴极材料需要具备储容量大、电化学势能高的性质。目前，欧洲电动汽车行业最常用的材料是镍钴锰酸锂（NCM），其中镍、钴、锰的比例为 6:2:2。将来，镍的含量可能会继续提高，钴



**“使用纯硅活性材料，
可以最大限度地提高
能量密度。”**

斯蒂芬妮·埃德尔伯格博士
保时捷工程公司电芯专项工程师

和锰的用量则相应降低。镍含量提高可以提升储电容量。

隔膜也是另一大潜在优化手段。它由非常薄（10 至 20 微米）的薄膜组成，材料多为聚乙烯或聚丙烯。不过，使用隔膜就需要牺牲一定的安装空间和重量。埃德尔伯格博士说：“隔膜可以间接提高电芯能量密度。隔膜越薄，在电芯中就可以设置更多层或更多卷电极。如此便可以提高电芯容量和能量密度。”

紧凑型固态电池

目前，业界正在积极研究固态电池，它需要的安装空间可能比传统的锂离子电池少得多。固态电池不使用电解液，而是使用固体电解质载体。埃德尔伯格博士解释说：“在固态电池中，传统的隔膜完全被一层薄薄的固态电解质取代。可以说，固态电解质发挥了电解液和隔膜的双重作用。”由于固态电池摒弃了液态电解质，并使用锂金属阳极，研究人员认为，其能量密度有望提升高达 50%，此外还有充电速度大大加快、固态电解质不易燃等潜在优势。

沙帕赫博士认为，与锂-空气电池等其他发展方向相比，锂基固态电池（SSB）是“一种很有希望的锂离子电池的替代选项”。钠离子电池（请阅读信息框的内容）由于能量密度较低，尤其适合本地储能应用。锂-空气技术仍然面临许多挑战，就目前的情况来看，几乎没有任何优势可言。埃德尔伯格博士同样认为：“目前和不久的将来，锂-空气电池依然只能停留在基础研究课题阶段。”

然而，调整电芯化学成分并不是优化电池的唯一方法，电芯传感器技术和包装方面同样有提升潜力可以挖掘。如果安装在电池中的传感器可以更加精确、快速地记录电池状态，就可以缩短充电时间，例如通过在特殊电压范围内的快速充电能力实现这一点。另外还可以更精确地控制电芯冷却系统，这也有利于延长寿命。

在未来性能更强大的电池中，包装和电芯设计也将起到不可忽视的作用。例如，可以通过无模组（Cell-to-Pack）技术将电芯直接整合成电池组。亥姆霍兹研究所（HIU）所长、卡尔斯鲁厄理工学院（KIT）储能系统研究所负责人马克西米利安·菲希特纳博士教授（Prof. Dr. Maximilian Fichtner）说：“这打破了目前电池规模较小的局限性。现在，我们不用再将大量巧克力棒大小的电芯一一连接，而



不到

**15
分钟**

就可以从 5%
充电至 80%：
未来，硅阳极有望
让这成为现实。

未来的电池：材料是关键

钠离子电池的未来

钠离子电池的工作原理与锂离子电池相同。钠离子代替了锂离子，在电池阳极与阴极之间移动。钠离子电池是极具吸引力的锂离子电池替代方案，因为其价格远远低于锂离子电池，甚至有望减半。而且，钠矿床广

泛分布在世界各地，所以能比锂更容易获得所需的原材料。此外，钠离子电池所用的材料在可持续性方面也很有优势，有望实现卓越的充电和放电速度。在低温性能和冷启动能力方面，钠离子电池与锂离子电

池相比优势明显。在零下 20 C 时，其能量密度比锂离子电池高出 20% 至 30%。因此，钠离子电池也可以替代铅酸电池，用作汽车的启动电池。

阳极材料对比

锂的摩尔质量最低（因为它是最轻的固体元素）、势能最高、比容量最大。因此，这种碱金属非常适合作为阳极材料。不过，也有一些可行的替代方案：硅在能量密度方面仅略微落后于锂，因此也有望用它制造出高能量密度的电芯。此外，硅还是地壳中含量第二丰富的元素。钠的分布同样十分广泛，而且其成本效益极佳，也有利于可持续发展。

材料	摩尔质量	电荷载体数量	理论容量
锂	6.94 g/mol	1	3,862 mAh/g
硅	28.09 g/mol	3.75	3,578 mAh/g
钠	23.0 g/mol	1	1,165 mAh/g
石墨	12.01 g/mol	0.167	372 mAh/g

用于高性能跑车的高性能电池

总部设在图宾根的 Cellforce Group（保时捷持有其 72.7% 的股份）致力于使用硅作为阳极材料。集团首席运营官马库斯·格雷夫说：“我们有望通过硅阳极将能量密度提升高达 30%、延长续航里程，或者减轻重量、缩短快速充电所需时间。”在能量密度相同的情况下，电池也可以变得更加紧凑。此外，创新的化学成分降低了电池的內

电阻，使其在能量回收过程中能够获得更多能量。Cellforce 电芯还具有更佳的耐高温性能。格雷夫补充说：“与石墨相比，使用硅也有助于减少碳排放。”Cellforce 从美国 Group14 Technologies 公司采购阳极材料，保时捷同样持有后者的股份。Cellforce 首先将为特殊汽车应用开发高性能锂离子软包电芯，并从 2024 年起在德国投产。

是可以将一系列长达 1.20 米的电芯横向安装，紧紧地塞进一个框架中，就像床的板条框架一样。”这样一来，就能在更小的空间内实现更大的储电容量和更好的冷却效果。

更大的潜力

菲希特纳博士说：“从中期来看，将新的阳极化学成分与电芯密集包装相结合，我们有望将续航里程提升到 1,300 公里。”沙帕赫博士对此也持乐观态度——不过，技术飞跃总是很难预测，尤其是像固态电池这样的重大飞跃。“我相信，高档车的续航里程有望增加 30% 至 50%。”这位专家预测说，并且还进一步强调：“比增加续航里程更重要的，是快速充电能力。”据沙帕赫博士预计，在未

来，快速充电到 80% 将不会比在加油站加油所需的时间多出多少。

Cellforce Group（另请阅读信息框的内容）首席运营官马库斯·格雷夫（Markus Gräf）解释说：“现在的 Taycan 只需 22.5 分钟即可从 5% 充电到 80%。如果将硅用作阳极材料，在中期有望将这一时间缩短至 15 分钟以内，长期来看甚至有可能远低于 15 分钟。”不过，这也要求研发性能更强大的新型充电桩。此外，将来可能需要对充电插座进行主动冷却，以便安全传输超过 500 kW 的大充电功率。

目前业界正在积极推进研发工作，致力于进一步优化锂离子电池、发展固态电池等新兴技术，并且有望在未来几年内为电能储存系统的性能带来显著飞跃，让电动汽车更具吸引力。 ●



芯片随心组合

模块化设计原则：越来越多的公司摒弃了单片系统，转而选择模块化芯片解决方案。

未来的芯片将由多个更小的单元构成。这些“小芯片”有望在生产中提升良率，并让系统配置更加灵活。汽车行业也可以从这一发展趋势中受益，因为高度自动化乃至自动驾驶功能需要既强大又灵活的解决方案。

作者：Christian Buck

在

未来几十年里，半导体芯片上的晶体管数量将呈指数级增长——戈登·摩尔（Gordon Moore）于1965年在《电子》杂志上发表了这一著名预测，称为摩尔定律。他后来成为了英特尔公司的联合创始人。不过，人们对他同一篇文章中另一句话的关注要少得多：“通过单独封装、彼此互联的较小功能建立大型系统可能更为经济。”

现在，这一想法受到了世界各地研究人员和半导体制造商的大力推崇。他们希望将日益复杂的芯片中的众多功能分配给较小的集成电路（IC），并将众多集成电路联接成网络，合力实现预期功能。专家们将这种微型集成电路命名为“小芯片”（Chiplet），它们可以像积木一样搭接起来，构成完整系统。它们可以接管完整系统的各项子功能，例如作为中央处理器（CPU）、图形处理器（GPU）、存储器、与外界的数字接口，或者 Wi-Fi 发射器和接收器。

芯片尺寸的趋势反转

直到最近为止，芯片的发展趋势一直与此完全相反：过去几十年来，半导体制造商在一块半导体晶片（“裸片”）上集成了越来越多的功能，形成了高度复杂的片上系统（SoC）——正是摩尔定律使之成为可能。然而，这一增长趋势现在已接近极限，因为随着芯片面积的增加，出现缺陷的概率也在提高，从而导致合格芯片的产量（“良率”）急剧下降。因此，生产规模极大的 SoC 难以保证经济效

裸片

该术语是指未经封装的半导体晶片。圆形的半导体晶圆可以切割成数十块独立的裸片。



良率

该术语是指芯片生产中的产量，即可用裸片与生产出来的裸片总数之比。

益，如果采用投资成本巨大、良率本身就较低的最新制造过程就更是如此。

柏林弗劳恩霍夫可靠性和微集成研究所（IZM）晶圆级系统集成部门主管迈克尔·席弗博士（Dr. Michael Schiffer）说：“因此，业界在大约 15 年前就开始寻找新的方法。近几年来，小芯片话题备受关注和热议，因为小芯片互联所需的技术已经出现，也因为半导体制造商在废品成本方面已经达到了可接受的极限。”小芯片是一种很有希望的解决方案：如果将一个 SoC 的功能分配到较小的单元上，就能让 IC 的良率重新开始提升。

除此之外，小芯片还有许多其他优势。如果每个小芯片专门负责一项单一的功能，就可以采用最合适的技术来生产：例如，对于强大的 CPU 和 GPU 芯片来说，可以采用最先进的制造过程和最小的晶体管，而用于数字接口的简单芯片则可以采用较老但更便宜的制造过程来生产。这也适用于所使用的原材料：硅适合制造 CPU 和 GPU 裸片，砷化镓、锗硅或碳化硅是高频芯片和功率芯片的理想之选，磷化铟则是光电元件的最佳选择。席弗博士说：“这可以最大限度地提高单个小芯片的性能和效率。”

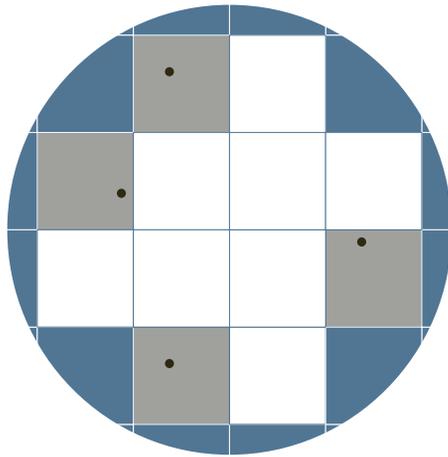
然而，这些专用微型芯片必须彼此互联，才能形成完整系统。这通常就需要将小芯片放置在“硅中介层”上来实现互联。硅中介层可以是一块薄薄的硅板，其中只有铜线，以实现芯片间的电气连接。或者，硅中介层本身就包含一套电路，可以主动传

小芯片： 更高良率、定制系统

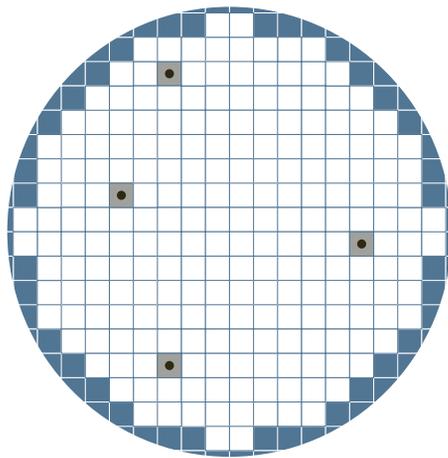
更小的芯片面积有助于降低 半导体制造中的废品率

圆形的半导体晶圆上有许多相同的裸片。一个缺陷（黑点）往往足以使整个裸片失效，从而无法出售。假设晶圆上的缺陷数量相同，则随着芯片面积的增加，废品率也会急剧提高。在本例中，两个晶圆都有相同的四处缺陷。在上图中（片上系统，裸片面积大），这些缺陷导致良率降至 67%。而在下图中（小芯片，裸片面积小），缺陷的影响就要小得多，良率为 98%。因此，与完整的片上系统相比，小芯片由于面积较小而有助于提高良率。此外，采用小芯片可以让每个部件都采用最合适的技术生产。

良率 67%



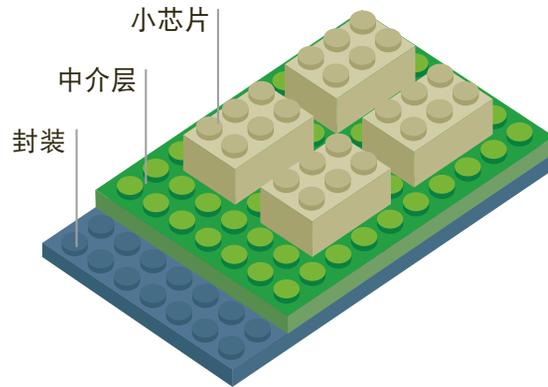
● 缺陷 □ 完好裸片
■ 缺陷裸片



良率 98%

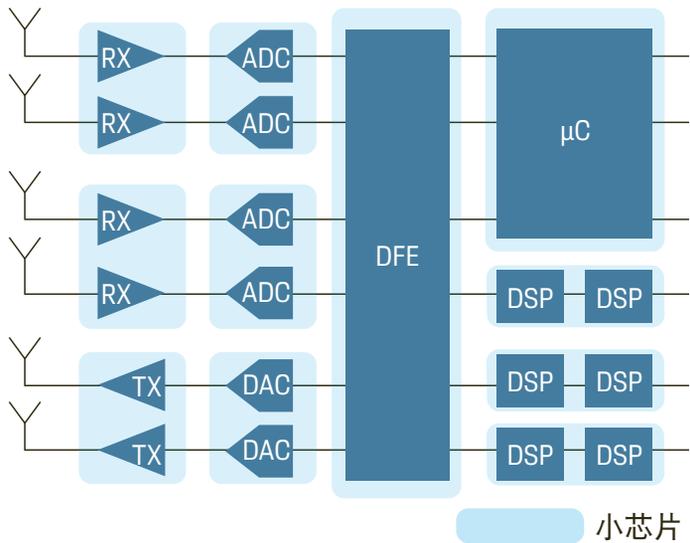
小芯片可以按需组合

各个小芯片通过中介层彼此互联，类似于 PC 中各种外围设备与电脑芯片组的连接方式。为了充分挖掘小芯片构想的潜力，行业正在积极制定相应的通信标准。最终，由多个小芯片组成的完整系统将被封装进普通芯片外壳，并焊接到印刷电路板上。



用于自动驾驶的 77 GHz 雷达

这套电子系统由不来梅大学开发，包含一系列负责模拟（振荡器、发射器、接收器）和数字（微处理器、数字信号处理器、数字前端）功能的小芯片，也可以根据具体需求增减个别模块，打造出定制化系统。



ADC 模拟/数字转换器
RX 接收器
TX 发射器
μC 微控制器
DFE 数字前端
DSP 数字信号处理器

递小芯片的信号，从而大大减少延迟时间。“不过，也可以考虑采用玻璃或有机物质作为中介层材料，其中玻璃比较适合高频应用。但它们在结构尺寸方面无法与硅中介层相提并论。”席弗解释说。

不过，只有当可以轻松地将不同制造商的多个组件组合成一套完整的系统时，小芯片的构想才能充分发挥其优势。未来，“通用小芯片高速互连”（UCIe）通信标准有望实现这一愿景。这一标准与“外围组件高速互连”（PCIe）标准相似，如今后者已是各种外围设备（例如硬盘或显卡）与 PC 中的处理器芯片组互联的基础。UCIe 得到了众多芯片开发商和 IT 公司的支持，比如 AMD、ARM、英特尔、谷歌云、Meta、微软、高通和三星，以及全球最大的半导体合同制造商台积电。除此之外，开放计算项目（OPC）也提出了“电线束”（Bunch of Wires，简称 BoW）标准。OPC 的成员包括谷歌、Meta 和微软等大数据中心运营商。

适用于车辆的小芯片标准

“这两种标准都是为交换非常大量的数据而设计的。”德累斯顿弗劳恩霍夫集成电路研究所（IIS）系统集成组的组长安迪·海尼希（Andy Heinig）说，“然而，对于汽车应用来说，业界还需要额外的模拟接口，才能例如采用不同的小芯片组装成一个雷达。”IIS 的研究人员与整车制造商和供应商携手合作，希望开发一套为汽车量身定制的标准。

尽管暂时缺乏统一标准，但海尼希确信，芯片将在未来的车辆中发挥重要作用：“对于对计算能力要求极高的自动驾驶来说尤其如此，不过具体需求在很大程度上取决于希望达到的自动化水平。未来，原始设备制造商可以采用小芯片方案，为个别车型或不同配置的车型配置最理想的电子元

“汽车应用 还需要额外的 模拟接口。”

安迪·海尼希
弗劳恩霍夫集成电路研究所
系统集成组组长



“近几年来， 小芯片话题备受关 注和热议。”

米夏埃尔·席弗博士
弗劳恩霍夫可靠性和微集成研究所（IZM）
晶圆级系统集成部门主管

器件。”这种可扩展的模块化系统也与汽车制造商的平台理念完美契合。

不来梅大学通信电子组的组长史蒂芬·保罗（Steffen Paul）教授正与工业和学术项目伙伴密切合作，研究这种基于小芯片的车辆系统的前景。他也强调说：“采用小芯片可以让系统配置灵活地适应车辆需求。”他的团队以一套用于自动驾驶的 77 GHz 雷达为例充分展示了这一点。模拟部分被分为多个小芯片（振荡器和发射器/接收器），安置在硅中介层上。根据所需的天线数量，系统中集成了两个或四个发射器/接收器小芯片。用于信号处理的数字部分可由多达 8 个小芯片组成，具体取决于所用评估算法的复杂程度。

除了通过不同计算模块的组合获得更大的灵活性之外，保罗还看到了小芯片方案的另一大优势：更好地保护知识产权。他解释说：“将功能划分为较小的单元，可以让竞争对手更难推测出整套系统的运作方式。此外，还可以在一个小芯片上单独开发加密等关键功能，也就是将开发工作限制在一个高度安全的部分，完全独立于其他逻辑的开发工作。”

未来的关键要素

技术咨询公司 Yole Intelligence 计算和软件首席分析师汤姆·哈肯伯格（Tom Hackenberg）表示：“目前，小芯片主要用于数据中心、移动设备、网络和存储器等市场。然而，随着强大的异构处理器逐渐开始应用于驾驶辅助系统，小芯片也成为了未来汽车电子系统的关键要素之一。因此，许多汽车芯片制造商大力支持小芯片标准化进程。”这样一来，摩尔定律很可能会再次生效。 ●

影视未来：经典科幻片《少数派报告》(Minority Report, 右上) 和 Netflix 电视剧《黑镜》(Black Mirror, 下图) 里的英雄们能够潜入虚拟世界。在 XR 的帮助下, 未来很可能每个人都可以办得到。



睁着眼睛做梦



在未来的世界里, XR 扩展现实技术——虚拟现实、增强现实和混合现实三种技术的融合——将使虚拟和现实之间的界限更难以分辨。我们的客座作家描述了这对于个人以及整个社会所代表的意义。本文是根据《AI 2041》(德国 Campus 出版社)一书的节选内容撰写。

XR 技术不仅可以带来一场超越人们视野的视觉盛宴，还能为参与者带来沉浸式的体验，虚拟场景中的所有人和物都栩栩如生、奇妙非常，让人们感到身临其境，仿佛进入了一个超脱现实的平行世界，类似于小说《雪崩》中勾勒的“元宇宙”世界。正如布伦南·斯皮格尔教授所形容的那样，XR 赋予了人们“睁着眼睛做梦”的机会。未来 20 年，XR 会颠覆娱乐、培训、零售、医疗、体育、旅行等行业。（第 200 页）

沉浸感是 XR 技术的重要特点之一，也就是让人感到身临其境，很难分清“境”里面的真与伪。想要达到这样的境界，技术就必须“愚弄”人类最敏锐的感觉——视觉。（第 202 页）

我认为，在未来的 5-10 年里，XR 隐形眼镜将会成为该领域发展的一个重要里程碑，隐形眼镜会比传统眼镜更容易得到大众的认可。如今已经有初创公司针对隐形眼镜展开研究，尝试把微型显示器、传感器等电子设备内置在隐形眼镜中，向佩戴者展示文本和图像，并且发布了产品原型。不过，目前的 AR 隐形眼镜仍需要无线连接到外部芯片或者手机处理器，也需要一定的时间来获得政府相关部门的批准，普罗大众对产品的成本、隐私等问题有待接受。（第 204 页）

XR 的视觉依靠眼镜和隐形眼镜，那么听觉则要借助不断变得精湛的耳机技术了。到 2030 年，一款优质的耳机应该拥有外观近乎隐形、可以舒适佩戴一天、具备骨传导功能、提供多声道立体的特点，为沉浸式体验无缝播出提供拟真的听觉效果。

如果把上面提到的这些技术结合在一起，人们就有能力打造出“无形”的 smartstream，这也为 2042 年新型智能手机的设计形态提供了崭新思路。这样一款 smartstream 被启用之后，视觉信息及画面可能会以半透明的形式自动浮现在我们的眼前。我们可以通过隐形的耳机来收听 smartstream 系统传递出来的声音，然后直接通过语音来发出指令，或者利用手势或在空气中打字来调取内容或操作应用程序，让电影《少数派报告》中汤姆·克鲁斯扮演的主人公的一系列前沿操作成为现实。这样无所不在的 XR smartstream 比带屏手机有更多的功能，比如可以提醒你偶遇的朋友的名字，通知你周边的商店有你想要的东西，帮助你出国旅行时实时翻译，辅导你碰到灾难时如何逃生。

此外，我们的身体可以“感觉”到微风拂面、拥抱与爱抚、温暖与寒冷，还有疼痛。在虚拟场景中，触觉也是非常重要的体验之一。触觉手套可以让我们“碰触并拿起”虚拟场景中的物体，体感套装

（有时也称“触觉衣”）可以让我们“感觉”到自己被打了一下、被爱抚了一下，以及所处环境的冷与热。（第 204/205 页）

之前我们讨论了 XR 技术给人们带来的感官方面的体验，那我们又将如何操控 XR 技术呢？如今的用户一般是通过手柄来操控自己的 XR 体验，这类手柄长得像游戏机的遥控器，而且通常是单手操作的，虽然学习如何使用很容易，但是在虚拟空间中使用起来并不自然，会破坏沉浸感。未来，眼球追踪、运动追踪、手势识别、语音交互将成为更为主流、更一体化的多元操控输入方式。（第 205 页）

要想实现这些体验，所面临的另一个重大挑战就是精良的内容设计。XR 领域的内容创建与设计，相当于从零开始设计一个巨大的三维游戏，它必须包含用户可能选择的所有路径和结果，细致模拟出真实和虚拟对象的物理特性，甚至需要非常周密地考虑光线和天气等因素，做出极为逼真的渲染效果。XR 的开发成本、时间投入和工作量级，都是过去基于网站、应用程序的内容设计所无法比拟的。（第 206 页）

试想一下，如果我们每天都佩戴眼镜（或者隐形眼镜），那么设备里内置的传感器就会无时无刻不在捕捉我们的日常信息。好的一面是，传感器捕捉到的所有数据可以上传到云端，方便我们在需要时读取，这样我们就相当于拥有了一个庞大的记忆博物馆。客户想赖账？没关系，从完整的会议记录里能立刻搜出他说过的每一句话。但是，我们真的想把自己说过的每一句话、每一个字，甚至我们眼前每一秒的画面都储存起来吗？如果这些隐私数据落入坏人手里，或者我们信任的应用程序被未知的外挂程序攻击利用了，怎么办？（第 208 页）

到 2042 年，人类的大部分日常工作和娱乐、生活都会充斥着虚拟技术的身影。XR 技术将有巨大突破，娱乐领域出现第一波 XR 杀手级应用几乎是指日可待。各行各业都会像如今 AI 正走过的阶段一样，一方面积极拥抱 XR 技术的全新实践，另一方面应对新技术带来的衍生问题，发挥这些技术的无限潜能。

如果把 AI 比作“点金手”——让数据“活起来”驱动智能化的社会，那么 XR 的魔法就是“乾坤袋”——从我们的眼睛、耳朵、肢体，甚至是大脑中，收集难以计数的高质量数据。当这两项技术相遇擦出火花时，人类将有机会更深刻地了解自身、强化自我、穷尽人类体验的各种可能性。（第 209 页）

“沉浸感是 XR 技术的重要特点之一，也就是让人感到身临其境，很难分清“境”里面的真与伪。”

李开复、
陈轶帆



作者

李开复是风险投资公司创新工场 (Sinovation Ventures) 首席执行官，并出任世界经济论坛 AI 委员会联席主席。

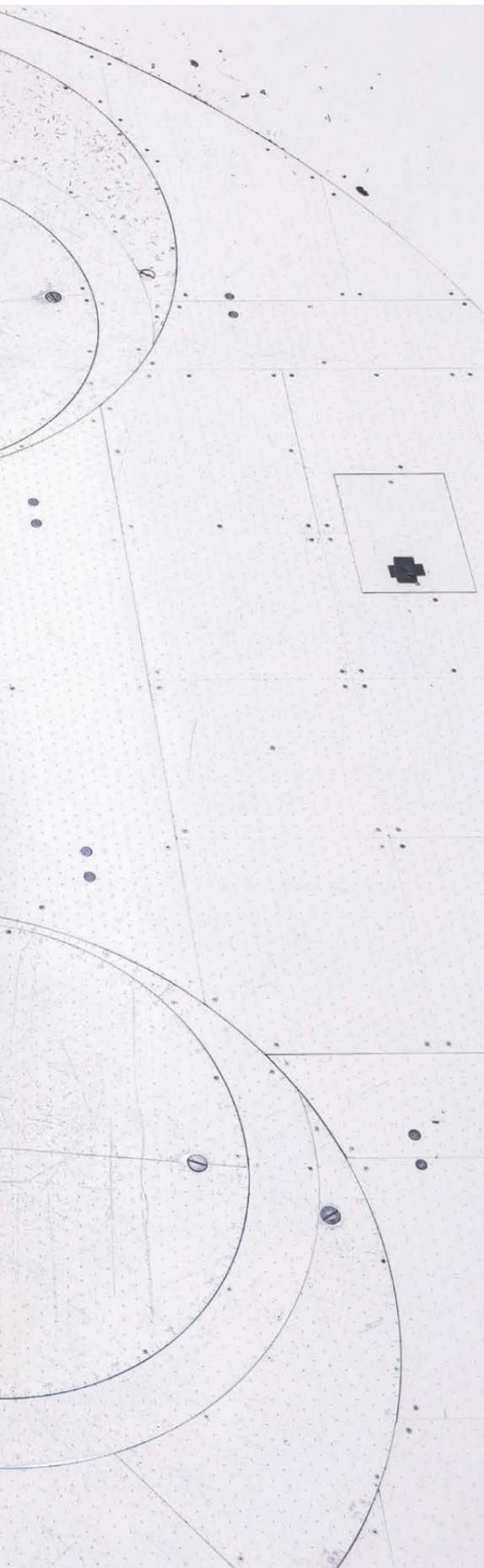
陈轶帆是获奖作家、翻译家、创意制作人、策展人和世界科幻作家协会主席。

保时捷 和产品

巨浪 征服者



在人造逆风中：塞巴斯蒂安·斯图德纳在魏斯阿赫研发中心
的保时捷风洞中优化他的冲浪姿态。



“一看到还有如此多尚
待开发的潜力，我就开始
心潮澎湃。”

塞巴斯蒂安·斯图德纳
巨浪征服者

准备好 迎接 完美巨浪

巨浪冲浪世界冠军塞巴斯蒂安·斯图德纳 (Sebastian Steudtner) 时刻渴望达到更高的目标。这位现年 30 岁的冲浪者创造并保持了巨浪冲浪的世界纪录。如今，作为与保时捷长期合作的一部分，他希望与保时捷工程公司一道将他的运动平拔高至新的高度。

作者: Claudius Lüder
摄影: Joerg Mitter、Jorge Neal

科学方法：现在，基于仿真和风洞验证方法，保时捷将进一步优化冲浪板在水中的特性以及冲浪板和冲浪者的空气动力学性能。



“通过我们的运动学模型，我们可以分析不同组件的影响。”

龚津博士
保时捷工程
研发工程师

塞

巴斯蒂安·斯图德纳站在他的冲浪板上，定睛注视着前方。风在他脸上呼啸而过。他用右腿纠正了自己的姿势，左臂向前伸出，好像是想挡住即将逼近的波浪。“谢谢，我们现在已经测到了所需的数据。”一个声音突然响起。于是，风流平息了，斯图德纳也挺直了身子。与此同时，充足的光线照亮了他所在的空间。

原来，这位巨浪冲浪世界冠军刚刚并不是在大西洋的某片海域上乘风破浪，而是站在保时捷位于魏斯阿赫的风洞冲浪板上。在这里，由马库斯·施梅尔茨 (Marcus Schmelz)、马塞尔·施特劳布 (Marcel Straub) 和来自保时捷工程公司的龚津博士领导的一个团队正在开展一个雄心勃勃的项目。他们希望优化斯图德纳的运动装备以及他在冲浪板上的姿势。一切都是为了进一步提高他的冲浪表现。

从去年的年底开始，巨浪冲浪世界冠军斯图德纳与保时捷工程公司之间开始了长期合作。为此，保时捷工程公司特为他开启了本项目，以让其表现更臻完美。现在，基于最新的仿真方法和风洞验证，保时捷工程将进一步优化冲浪板在水中的特性以及冲浪板和冲浪者的空气动力学性能。“我们正在将流动和结构优化方面的经验，与世界著名冲浪运动员塞巴斯蒂安·斯图德纳的实际专业知识进行结合，以优化现有冲浪板，让冲浪者可以征服更高的海浪。”项目经理马库斯·施梅尔茨说。

已达极限

其中一个关键的目标便是提高斯图德纳在水中的速度。目前，这位世界纪录保持者驾驭着他的冲浪板可以达到 70 到 80 公里/小时的速度。但这还不足以让他

征服明显更大的海浪。浪头越高，冲浪者就必须越快，以防止海浪最终击垮冲浪者。斯图德纳说：“如果使用我以前的冲浪板，我肯定已经达到了技术极限。”

针对这一点，保时捷工程团队正在攻关两个重要领域，以提升这位世界冠军的速度：流体动力学和空气动力学。如果要改善空气动力学，那便涉及到调整冲浪者在冲浪板上的位置，以明显减少阻力。而在流体动力学领域，保时捷工程团队的目的是减少压力和摩擦阻力。要做到这一点，其中一个方法便是将尾鳍置于水下，并为冲浪板涂上特殊涂层。“有关空气动力学的数据，我们可以在风洞中进行采集和分析。而水中的一切，我们会用 CFD 仿真进行分析。”龚博士解释说。

为了在风洞中进行测试，这支团队特地打造了一个特殊的框架来模拟冲浪板在



“尤其是在改善空气动力学性能方面，我们可以运用众多在汽车开发领域行之有效的措施。”

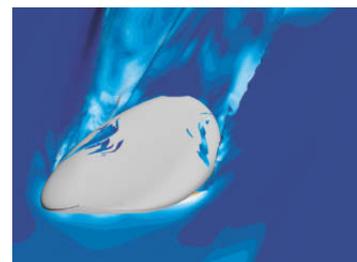
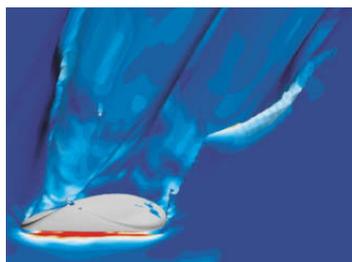
马塞尔·施特劳布
保时捷工程公司
空气动力学和热量管理项目经理

越快就越高：斯图德纳目前在水中的速度可以达到 70 到 80 公里/小时。而要征服更高的海浪，他就必须加快速度，否则涛涛巨浪便会从他身上碾过。

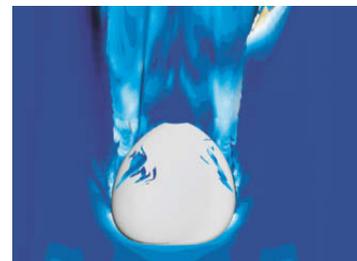
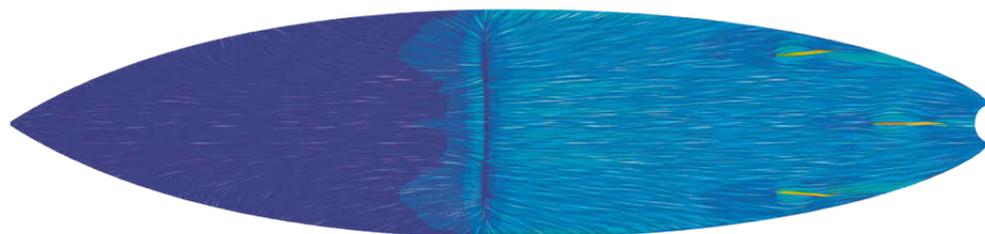


冲浪板几何形状优化的基础

为了优化冲浪板的几何形状，专家们首先需要创建一个有效的参考对象。为此，该团队借助 CFD 仿真，对塞巴斯蒂安·斯图德纳的原始冲浪板进行了性能评估。下方的图片显示了冲浪板边层的剪应力分布——这是衡量近壁流动方向和速度的一个良好指标，也是流动分离的一个确切指标。右边图片则显示了冲浪板在水面上的尾流结构。尾流结构越是明显，水的阻力就越大，也就越会影响冲浪板。



剪应力分布仿真



水面仿真

姿态优化：右臂靠在前小腿一侧，上身、手臂和大腿紧贴在一起。



Taycan Cross Turismo 车型

NEDC 消耗数据：
耗电量（综合）：
26.5–26.2 kWh/100 km
二氧化碳排放量（综合）：0 g/km
WLTP 消耗数据：
耗电量（综合）：
24.8–21.2 kWh/100 km
二氧化碳排放量（综合）：0 g/km
版本：2022 年 11 月

波浪中的位置。在旋转地板的帮助下，团队可以重现横向水流等特殊特征。“我们在两个测试系列中测试了板身的不同位置，还研究了各种针对冲浪板的优化，例如使用头部扰流板等。在这一过程中，冲浪板的潜力以及改善理论的可重复性，便得到了很好的证实。”龚博士进一步解释说。

17% 的改善

团队通过调整斯图德纳的板上姿态，可以显著减少风阻。在经过多次实验后，团队发现，当斯图德纳将右臂靠在前小腿的一侧，同时上身、手臂和大腿尽量相互靠拢时，就能实现冲浪的最佳姿态。通过这种方式，工程师们成功降低了 17% 的风阻。而在冲浪板框架上的显示屏中，斯图德纳可以随时读取其位置变化时的风阻变化。对此，斯图德纳评价说：“当我看到尤其是在空气动力学领域还有如此多尚待开发的潜力时，我就开始心潮澎湃。”

工程师们估计，整体风阻最终有望减少达到 25%。“这个数值非常高。要知道，在车辆制造领域，我们通常都只能实现 3% 到 4% 的优化。”施特劳布表示。其中除了优化姿势可减少 17% 的阻力外，团队还可以通过优化头盔等方法额外减少 4% 的阻力。而冲浪板本身也有很多改进潜力。“通过在冲浪板的板头位置增加一个附件，可以将风阻进一步降低 4%，而且无论冲浪板是面对直进风还是横进风。”施特劳布解释说。这一点与车轮启动部件对车底的影响类似。“在这两种情况下，我们的目的都是优化尾流以及改善进风下游‘部件’的空气动力学。”施特劳布继续说道。而冲浪板“板头扰流板”设计也沿用了汽车开发的经验。“通过在板头安装一个扰流板，我们可以改善尾部区域的空气动力学性能。这与车尾扰流板类似，例如 Taycan Cross Turismo 的 C 柱扰流板。”施特劳布解释道。

“作为风洞试验的计算基础，我们还创建了一个运动学模型，用来描述巨浪冲浪中的空气和流体动力系统的物理表现。”龚博士补充说。有关这一点，我们首先需要了解的是：当冲浪者进入波浪区域时，由于空气和水的阻力所造成的动能损失，只有部分现有的势能可以转化为速度。“通过



“我们正在将我们的经验与世界著名冲浪运动员塞巴斯蒂安·斯图德纳的实际专业知识进行结合。”

马库斯·施梅尔茨
保时捷工程公司整车测试专家

我们的运动学模型，我们可以分析不同组件的影响。由此，我们可以得出一个结论：即针对空气和水阻力的优化在巨浪冲浪中起着至关重要的作用。”龚博士说。

使用 CFD 进行冲浪板优化

在进行风洞测试的同时，保时捷工程团队借助 CFD (Computational Fluid Dynamics, 计算流体动力学) 仿真，对冲浪板进行了进一步的优化。“借助仿真，我们可以重现并可可视化水流和水流的流动模式。”龚博士说，“这有助于我们发现优化的关键点并确定优化措施。”而在仿真结束后，团队则需要借助水上的实地测试对优化措施进行检验。

在所有优化措施的开发过程中，团队始终借鉴保时捷工程公司多年来在车辆开发方面的专业知识和丰富经验。“尤其是在改善空气动力学性能方面，我们可以运用众多在汽车开发领域行之有效的措施，而冲浪板优化本身也可以运用到全新的‘车辆’开发过程中。”施特劳布说。模式虽有不同，但问题最终都是一样的：在哪里以及如何减少阻力？

斯图德纳对这个项目十分有信心。他坚信：在保时捷工程师的助力下，他完全能够驾驭更高的海浪。“这是一个持续的过程，团队会根据我的感觉，不断改进冲浪板。运用科学数据对冲浪板进行改进，这一点本身就非常有趣。我十分期待理论在实践中的效果。”根据风洞测试和 CFD

仿真的结果，团队打造了四块改良的冲浪板。斯图德纳需要在水中测试这些冲浪板。“冲浪板的可驾驭性是最重要的。塞巴斯蒂安会定期向我们提供反馈。”施特劳布说道。

为此，斯图德纳最近一直在冲浪。自 2012 年以来，他每年都会前往葡萄牙的纳扎雷 (Nazaré) 过冬。那是一座距离里斯本北部约一小时车程的小城。该处的悬崖和巨大的水下峡谷让其超越夏威夷，成为世界上海浪最高的冲浪地点：那里的海浪最高可超过 20 米。斯图德纳目前的世界纪录为 26.21 米。在拥有了合适的装备后，他渴望达到更高的水平。至于最终可以达到多高的高度，在保时捷工程公司的支持下，斯图德纳在未来也许能做出更准确的判断：保时捷的工程师们正在开发一套新的系统，以取代原来根据录像和静止图像测量波浪高度这种并不准确的方法。这样，团队就可以精确记录斯图德纳刷新世界纪录的全过程。 ●



综述

为了驾驭更高的海浪，塞巴斯蒂安·斯图德纳必须在水中达到更高的速度。为此，保时捷工程团队正在开展流体动力学和空气动力学方面的实验。实验沿用了汽车开发领域的成熟方法。在完成冲浪板优化后，斯图德纳会在葡萄牙对这些改良后的冲浪板进行实地测试。

为 性能 而生



作者和摄影：Dr. Ing. h.c. F. Porsche Aktiengesellschaft

赛车运动基因: 在任何一条赛道上,
保时捷 911 GT3 RS 都是一道靓丽的风景线。



全新保时捷 911 GT3 RS 毫不掩饰其核心理念: 以毫不妥协的设计, 力求实现最佳性能。设计团队充分运用源自赛车运动的尖端技术和设计原则, 打造出这款能够合法上路的高性能跑车。

除了具有赛车基因的高转速自然吸气发动机和智能化轻质结构之外, 其冷却系统和空气动力学设计理念同样强调了该车与 911 GT3 R 赛车一脉相承的血缘关系。

911 GT3 RS

NEDC 消耗数据:

油耗 (市区): 17.6 l/100 km

油耗 (郊区): 9.8 l/100 km

油耗 (综合): 12.7 l/100 km

二氧化碳排放量 (综合): 289 g/km

WLTP 消耗数据:

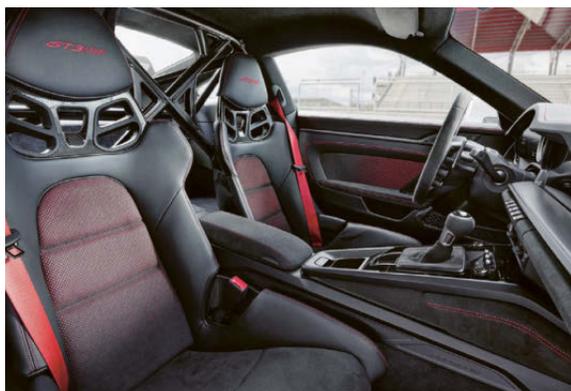
油耗 (综合): 13.4 l/100 km

二氧化碳排放量 (综合): 305 g/km

日期: 2022 年 08 月

→ **较高的下压力:** 在 200 km/h 的速度下, 无级可调的前翼面可提供 409 kg 的总下压力。

↓ **尽显 RS 本色:** 内饰采用黑色真皮、Racetex 和碳纤维装饰元素。



显

著提高性能的秘诀在于中央冷却器设计方案。这一方案最初见于勒芒同级别冠军车型 911 RSR, 随后也在 911 GT3 R 上得以运用。全新 911 GT3 RS 不再采用以往三个冷却器的布局, 而是利用其他 911 车型上的行李箱位置, 在车辆前部斜向布置了一个大型中央冷却器。这样一来, 就可以在侧面腾出的空间中整合主动空气动力学组件。

无级可调的前翼面、两段式尾翼面与其他众多空气动力学措施协同作用, 可在 200 km/h 的速度下提供 409 kg 的总下压力。这意味着, 全新 911 GT3 RS 产生的下压力是上一代车型 (991 II) 的两倍, 更是目前 911 GT3 的三倍。在 285 km/h 的速度下, 该车的总下压力可达到 860 kg。该车也是第一款安装了减阻系统 (DRS) 的量产型保时捷跑车。为了在直道上降低风阻并进一步提高速度, 只需按一下按钮, DRS 即可在规定的工况范围内将翼面调至水平状态。在高速下紧急制动时, 还将激活气动减速功能: 前翼和尾翼面将被调至最大偏转

角度, 以提供空气动力减速效果, 有效辅助车轮制动器, 提升制动能力。

众多功能性空气动力学组件是全新 911 GT3 RS 车身设计的显著特点, 其中配备天鹅颈式支架的尾翼尤为醒目, 尺寸明显比其他车款大上许多。尾翼由固定主翼和上方的液压式可调翼面组成。

前分流器取代前扰流板

911 GT3 RS 是第一款尾翼上沿高于车顶的保时捷量产车型。此外, 其车头部分不再配备前扰流板, 而是改为前分流器, 将流过车头上方和下方的气流分离。侧翼负责将气流准确地导向外侧。翼子板上的开口 (通风百叶窗) 确保前轮罩通风良好。

前轮后方导流口的灵感来自标志性的勒芒赛总冠军车型 911 GT1, 可降低轮拱中的动压。导流口后方的侧翼确保将气流导向车辆侧面。来自中央冷却器的空气通过前盖上的大尺寸排气口流出, 而车顶鳍片负责将此气流导向外侧, 以确保后方进气温度较低。

全新 911 GT3 RS 后翼子板上的开口完全是为了改善空气动力学性能, 而不是为了吸入行车所需空气。后轮拱还具有导流口和侧翼, 以便更好地引导气流。车尾扩散器的设计继承自 911 GT3, 并经过巧妙微调。

甚至连底盘上都有细致入微的空气动力学设计巧思——全新 911 GT3 RS 轮拱处的气流非常强大, 因此双叉臂前桥部件采用了水滴型轮廓。在最高速度下, 这些经过空气动力学设计的组件可使前桥下压力增加约 40 kg, 而这种设计通常仅见于高端赛车。由于新车型轮距更宽 (比 911 GT3 宽 29 mm), 双叉臂前桥的控制臂也相应加长。

为确保前后桥之间的下压力即使在高速制动时也能保持平衡, 底盘工程师大幅降低了车辆俯仰幅度 (防俯



与 911 GT3 R 赛车一脉相承，
拥有更强劲的动力和进一步优化的空气动力学性能，令人过目难忘。

冲/防点头设计)。为此，911 GT3 RS 前桥下拖曳臂的前球节位置更低，且多连杆后桥的弹簧刚度也经过调整。该车驾驶辅助系统和后桥转向系统的调校也更加动态。

三种驾驶模式随心选择

911 GT3 RS 提供三种驾驶模式：普通、运动和赛道。在赛道模式下，可以根据需求个性化调整默认设置。例如，前后桥减震器的压缩和回弹段落可以进行多段式独立调整，也可以通过方向盘上的旋钮调整后桥差速锁。该车的操作和显示理念同样来自于赛车运动，可以帮助驾驶员快速、直观地调整驾驶设置。

方向盘上有四个独立旋钮和一个减阻系统 (DRS) 按钮。在调整过程中，旋钮状态会以图形化方式清晰直观地显示在仪表板上。911 GT3 RS 还具备 911 GT3 上的赛道显示模式。只需按一下按钮，驾驶员就可以大幅减少两个 7 英寸侧面显示屏上的数字显示内容，只保留最基本的信息。模拟转速表左右两侧的换挡指示器设计同样源自 GT3。



保时捷 911 GT3 RS 以 6:49.328 的圈速跑完纽博格林北环赛道

全新保时捷 911 GT3 RS 用时 6:49.328 完成单圈长度 20.8 km 的纽博格林北环赛道，比目前的 911 GT3 快了 10.6 秒。驾驶这台新车刷圈的是保时捷品牌大使约尔格·贝尔格迈斯特 (Jörg Bergmeister)，他深入参与了这款 911 系列新旗舰车型的开发。



发动机功率

386 kW

重量

1,450 kg

加速时间 (0-100 km/h)

3.2 秒



冲刺能力突出：

强劲的发动机和智能化轻质结构赋予了保时捷 911 GT3 RS 极佳的爆发力。



- ← 与众不同: 这款跑车最突出的特点是配备天鹅颈式支架、尺寸显著增大的尾翼。
- ↓ 一切尽在掌控: 方向盘上有四个旋钮和一个减阻系统 (DRS) 按钮。



与 911 GT3 相比, 该车搭载的四升高转速自然吸气发动机得到了进一步优化, 功率提升至 386 kW (525 hp)。这主要得益于修改了凸轮轮廓的全新凸轮轴设计。其独立节气门进气系统和刚性气门机构都与赛车运动一脉相承。与 911 GT3 相比, 该车搭载的七速保时捷双离合变速箱 (PDK) 具备更大的整体传动比。该车车底设有进气口, 即使在赛道上频繁换档, 变速箱也能从容应对极端负荷。911 GT3 RS 从静止加速到 100 km/h 只需要 3.2 秒, 在七档下的最高速度可达到 296 km/h。

采用 CFRP 的智能化轻质结构

该车前桥采用六活塞铝制单体固定卡钳制动器, 制动盘直径 408 mm。与 911 GT3 相比, 其活塞直径从 30 mm 增至 32 mm, 制动盘厚度也从 34 mm 增至 36 mm。后桥则依然采用 380 mm 制动盘和四活塞固定卡钳制动器。

如果选配保时捷陶瓷复合制动系统 (PCCB), 则前桥制动盘直径 410 mm, 后桥制动盘直径 390 mm。全新 911 GT3 RS 采用锻造轻金属车轮, 标配中央锁止功能, 前轮尺寸 275/35 R20, 后轮尺寸 335/30 R21, 采用可以合法上路的运动型轮胎, 确保提供卓越的机械抓地力。

自从传奇的 911 Carrera RS 2.7 发布以来, 智能化轻质结构一直是所有 RS 车型的标配。911 GT3 RS 采用了一系列轻质结构设计措施, 例如广泛采用碳纤维增强塑料 (CFRP)。因此, 尽管有许多尺寸较大的部件, 但车门、前翼子板、车顶和前盖等部件都由 CFRP 制成, 使得该车重量仅为 1,450 kg (根据 DIN 标准测定的空重)。此外, 该车内饰件同样大量采用轻质 CFRP 材料, 例如标配的全桶型座椅。在内饰方面, 这款全新 GT 跑车将 RS 风格体现得淋漓尽致: 黑色真皮、Racetex 和

碳纤维装饰元素突显出纯粹的运动氛围。911 GT3 RS 可以免费选配 Clubsport 套件, 包括钢制防滚架、手持灭火器和驾驶座的六点式安全带。

也可以付费选配内容更加丰富的魏斯阿赫套件, 将前盖、车顶、部分尾翼组件和外后视镜上部外壳改为外观炫酷的碳纤维材质。此外, 前/后桥防倾杆、后连杆和后桥上的剪力板均以 CFRP 材质打造, 有助于进一步提升动态驾驶手感。套件中还包括首次推出的 CFRP 防滚架, 与钢制版本相比, 可减重约 6 kg。

该套件的另一个亮点在于 PDK 换档拨片。它采用源自赛车运动的磁极技术, 可提供更加精确的压力点和清晰可感的咔哒声, 带来更具运动魅力的换档体验。此外, 魏斯阿赫套件还可选配锻造镁合金车轮, 进一步减重 8 kg。

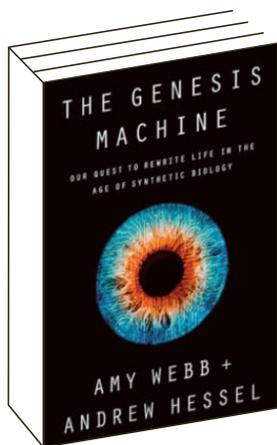
赛车运动一向注重一丝不苟的精准。受此启发, 保时捷在瑞士索洛图恩 (Solothurn) 自主开发了 911 GT3 RS 计时腕表。这款机械腕表是 911 GT3 RS 车主专属的工艺珍品。该表采用以原色或黑色钛金属制成的玻璃珠喷砂表壳, 搭配旋入式表冠, 内部搭载保时捷设计机械式计时腕表机芯 WERK 01.200, 卓越精度已获 COSC 瑞士天文台认证, 并具备飞返功能, 仅需一个动作即可启动、停止、归零计时。

腕表按钮上以激光镌刻有 “Start/Stop” (启动/停止) 和 “Next Lap” (下一圈) 字样, 清晰表明这款计时腕表的远不止显示时间这么简单。这款腕表拥有诸多创新设计, 例如表圈上的脉搏计刻度, 还沿袭了许多 GT3 RS 跑车上的设计特征与材质。

综述

显然, 全新保时捷 911 GT3 RS 的设计灵感与赛车运动密不可分。作为能够合法上路的高性能跑车, 该车搭载高转速四升六缸水平对置发动机, 结合智能化轻质结构, 使其赛道性能再创新高。

丰富知识



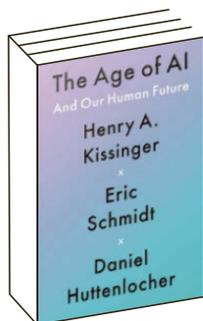
↑
书籍

来自实验室的创造

合成生物学旨在创造自然界中本不存在的细胞或生物体。该书介绍了这一学科发展的科学与伦理问题。

《创生机器》(The Genesis Machine)

艾米·韦伯 (Amy Webb)、安德鲁赫塞尔 (Andrew Hessel)
普拉森出版社 (Plassen)



↑
书籍

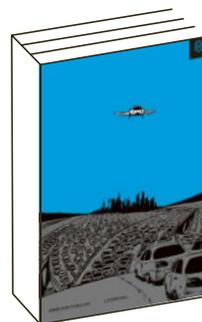
人工智能时代的黎明

本书探讨了人工智能 (AI) 对我们社会的影响。三位在科技界备受瞩目的作者向我们介绍人工智能将在哪些方面产生最大影响。

《人工智能时代》(The Age of AI)

亨利·基辛格 (Henry Kissinger)、埃里克·施密特 (Eric Schmidt)、
丹尼尔·胡腾洛赫 (Daniel Huttenlocher)
利特尔&布朗出版社 (Little, Brown and Company)

扩展视野



↑
书籍

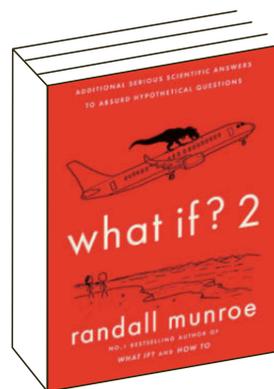
未来去哪儿了?

在 20 世纪 60 年代,人们对技术抱有无限乐观的态度。飞行汽车的出现或前往火星度假仿佛只是一个时间问题。

但如今,情况却大有不同。这本书向我们解释,人与技术之间的关系为什么会变成现在这样,以及我们应该如何利用各种新技术构建一个更好的未来。

《我的飞行汽车呢?》(Where Is My Flying Car?)

约翰·斯托尔斯·霍尔 (J. Storrs Hall)
Stripe 出版社



↑
书籍

一路喝汤到木星

兰德尔·门罗 (Randall Munroe) 以其独特的方式,为荒谬的问题提供科学的解答。例如:如果太阳系处处灌满了汤,一直到木星都是汤,那到底会是一个什么样的光景呢?

《那些古怪又让人忧心的问题 2》(What if? 2)

兰德尔·门罗 (Randall Munroe)
Riverhead Books 出版社

给藏在我们心底的童真



游戏

记忆训练游戏

在这个游戏中，需要匹配 44 对颜色与形状各异的图片。在寻找成对图片的同时，还可以训练自己的记忆力。

Remember: 记忆游戏

www.remember.de



电子游戏

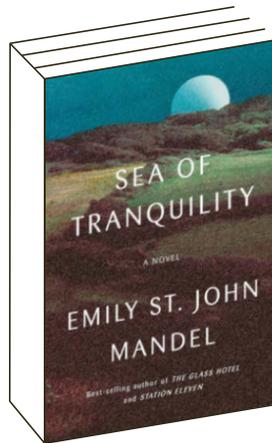
成为传奇

在这里，惊险刺激的赛车运动与种类繁多的比赛类型实现完美结合。玩家可以摇身一变，成为赛车运动的传奇人物。单座赛车、房车赛车或卡车赛车等激动人心的比赛等着你来挑战！

《超级房车赛传奇》(Grid Legends)

艺电公司 (Electronic Arts)

智慧消遣



书籍

穿越时空的旅程

在最新小说中，加拿大畅销书作家艾米莉·圣·约翰·曼德尔 (Emily St. John Mandel) 探讨时间的流逝、现实的本质与记忆的意义。

《宁静之海》(Sea of Tranquility)

艾米丽·圣·约翰·曼德勒 (Emily St. John Mandel)
克诺夫出版社 (Knopf)



播客

不断变化的世界

每周，安东尼·芬内尔 (Antony Funnell) 播客都会就我们这个变化愈发迅速的世界提供真知灼见，为我们讲解应该如何适应即将到来的发展。播客的主题包括微小的“异种机器人”、飞艇的回归等。

《未来时态》(Future Tense)

www.abc.net.au/radionational/programs/futuretense

2003年

在巴格湖中进行优化



Cayago Seabob F5 SR

发动机功率
4.5 kW

最大推力
745 N

最大速度 (水上/水下)
22 km/h / 20 km/h

通

常来说，一个汽车开发商推出全新的汽车类别，这种事情并不常见。拉尔夫·鲍尔 (Ralf Bauer) 在 2003 年便获得了一个这样的机会：“当时，一位客户想推出一种水上摩托车，由涡轮机利用反冲原理在水中推进，类似于空中的喷气飞机。”保时捷工程公司系统开发学科现任负责人鲍尔说，“要知道，从前的水上交通工具只使用螺旋桨进行推进。”

鲍尔为这款新型水上摩托车的中央控制单元开发了软件模块。2005 年，Cayago 股份公司在德国杜塞尔多夫“国际船艇及水上运动展” (Boot) 上向公众展示了这种名为“Seabob”的水上载具。但 Cayago 公司并未就此止步，而是继续与保时捷工程公司展开合作。2007 年，保时捷工程公司的工程师们改进了电池管理器、电机控制系统及图形显示控制面板。工程师们在电子系统与软件方面，不断挑战现有技术的极限。保时捷工程公司的电子系统专业项目经理乌尔夫·施利本 (Ulf Schlieben) 回忆说：“在那时，微控制器远没有今天这么强大。因此，要在保证安全的前提下在控制单元中容纳摩托车的所有性能，是一项真正的挑战。”在这款水上摩托车的工业化过程中，保时捷工程公司的专业知识与丰富经验也

起到了关键作用。与汽车开发类似，水上摩托工业化的目的是将一个原型转变成为一个可以进行批量生产的产品。其中自然涉及到产品测试；对于水上摩托车来说，测试自然应该在水上进行。对此，施利本说：“为了测试产品应用，我们驱车前往附近的巴格湖，并在那里优化了水上摩托车的设计。”此外，保时捷工程公司还使用了一个带水盆与逆流系统的特殊测试台，以对水上摩托车进行耐力测试。

多年来，Cayago 和保时捷工程公司携手合作，不断进一步开发 Seabob，由此也让这款水上摩托车推陈出新、更新换代，一次次惊艳整个市场。水上运动爱好者只需要转移身体重心，就可以方便地控制这款水上摩托，在海上或湖上驰骋，最大速度可达到 22 公里/小时——这需要归功于高达 4.5 千瓦 (6 马力) 的电喷驱动系统。该系统虽然性能强大，但运作时几乎无声无息，不会产生任何排放。此外，使用者还可以乘坐这款重量约为 30 公斤的水上摩托潜入至水深 40 米的地方。在驾驶过程中，驾驶员可以在彩色显示屏上随时了解摩托车的电池能量密度或水温等信息。

施利本表示：“能够完全从零开始开发一款新产品，整个过程真的让人激动不已。”此外，他还为保时捷的勒芒冠军赛车开发了电池管理控制单元。“去年暑假，我在圣特罗佩与戛纳之间的海滩上看到很多台 Seabob，这让我十分自豪。” ●



**“能够完全从
零开始开发
一款新产品，
整个过程真的让
人激动不已。”**

乌尔夫·施利本
保时捷工程
公司电子专业项目经理

Porsche Engineering 杂志

发行人

Porsche Engineering Group GmbH
Michael Merklinger 先生

出版主管

Frederic Damköhler 先生

项目主管

Caroline Fauss 女士

编辑部

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

主编: Christian Buck 先生

项目管理: Nicole Langenheim 女士

图片编辑: Bettina Andersen 女士

作者

Richard Backhaus 先生、陈椒帆先生、

Constantin Gillies 先生、李开复先生、

Chris Löwer 先生、Claudius Lüder 先生

美术编辑

Thomas Elmenhorst 先生、Christian Hruschka 先生

翻译

德国柏林 RWS Group Deutschland 有限公司

联系方式

Porsche Engineering Group GmbH

Porschestraße 911

71287 Weissach

电话: +49 711 911 0

传真: +49 711 911 8 89 99

网址: www.porsche-engineering.com

生产

德国柏林 Herstellung News Media Print 公司

印刷

Gutenberg Beuys Feindruckerei GmbH

Hans-Böckler-Straße 52

30851 Langenhagen

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: Sami Saramäki 先生; 第 3 页: Steffen Jahn 先生; 第 4-5 页: 摄影: Luca Santini 先生、Robertino Nikolic 先生、Mauritius Images、Joerg Mitter 先生、插图: Romina Birzer 女士; 第 7 页: Adobe Stock; 第 8-9 页: Oriana Fenwick 女士、第 22-27 页: Rafael Kroetz 先生、Luca Santini 先生; 第 28-29 页: Julien Pacaud 先生; 第 30-35 页: Luca Santini 先生、Chris Nemes 先生; 第 36-41 页: Robertino Nikolic 先生; 第 42-45 页: Getty Images; 第 46-49 页: Adobe Stock; 第 50-51 页: Getty Images (3)、PR (2); 第 52-57 页: Joerg Mitter 先生 (3)、Jorge Neal 先生; 第 62-63 页 PR

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者的许可。

本刊编辑部不承担退回任何主动投稿的材料的义务。

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

REBIRTH OF AN ICON. BORN IN 1972. REDEFINED IN 2022.

The first Porsche Design product. The world's first all-black wristwatch. The first chronograph with Porsche DNA that meets Porsche's standards and quality requirements. Designed in 1972 by Ferdinand Alexander Porsche, the designer of the legendary Porsche 911 and founder of Porsche Design, and reissued in 2022: the Chronograph 1 – All Black Numbered Edition. A next-generation icon.

CHRONOGRAPH 1 – ALL BLACK NUMBERED EDITION

porsche-design.com/Chronograph1AllBlack

