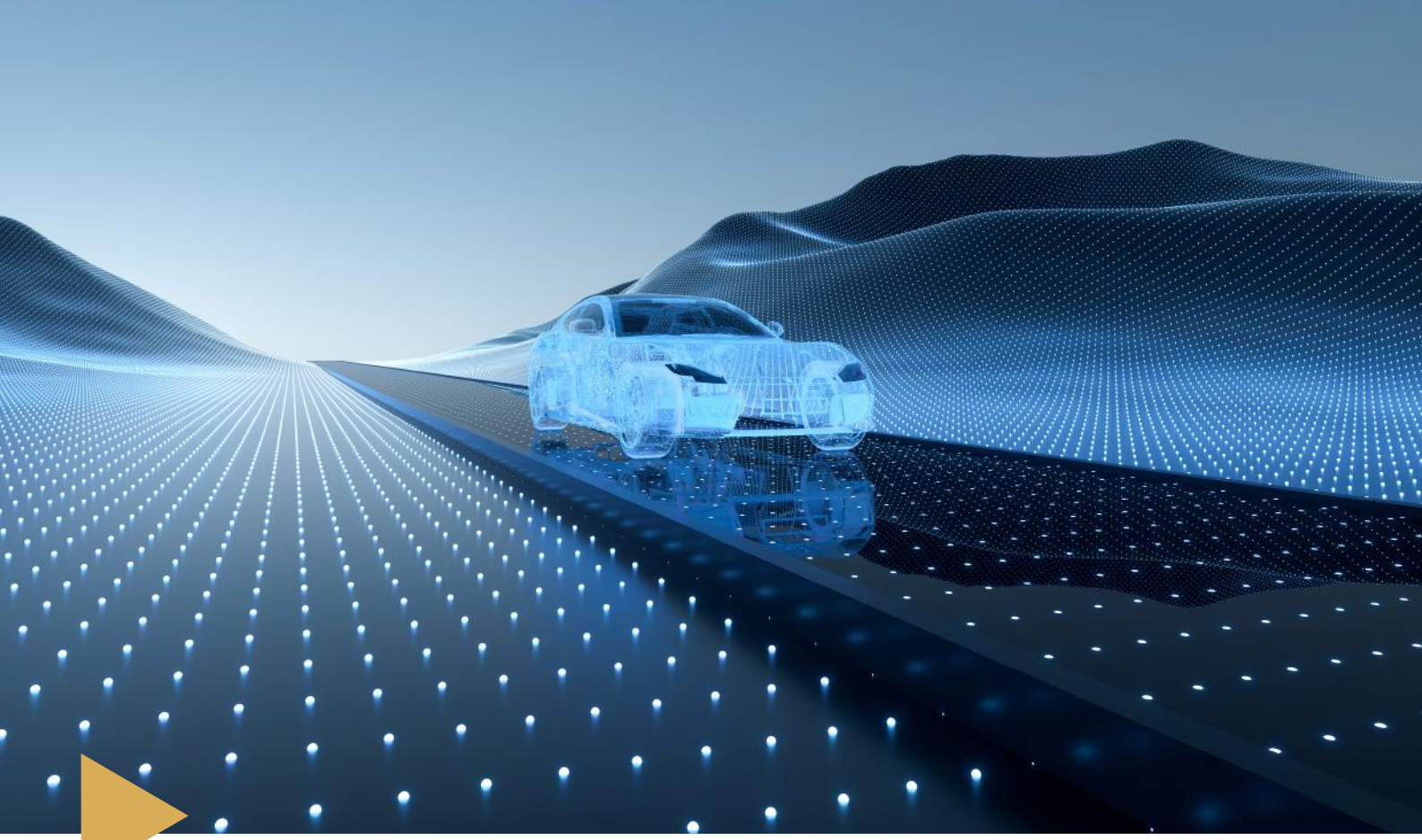
China Semi-physical Simulation (HiL)
Industry Insights Report

# 2023年

# 中国半实物仿真模拟（HiL）行业洞察报告

适道 研究院



# CONTENTS

# 目录


00 ▸ 引言

01 ▸ 行业综述

02 ▸ 市场规模

03 ▸ 核心企业

04 ▸ 案例研究

05 ▸ 前景展望

# 引言
introduction

**半实物仿真（Hardware-in-Loop Simulation，简称 HiL）是一种结合实物硬件和仿真软件的实时仿真技术。**这种仿真方法通过在仿真系统的回路中接入实物部件，实现对系统性能的综合考察和验证。HiL 的核心特点在于其将实物组件嵌入仿真回路并要求实时运行，解决了控制器与仿真计算机之间的接口问题，使得实验结果比纯数学仿真更接近实际情况。

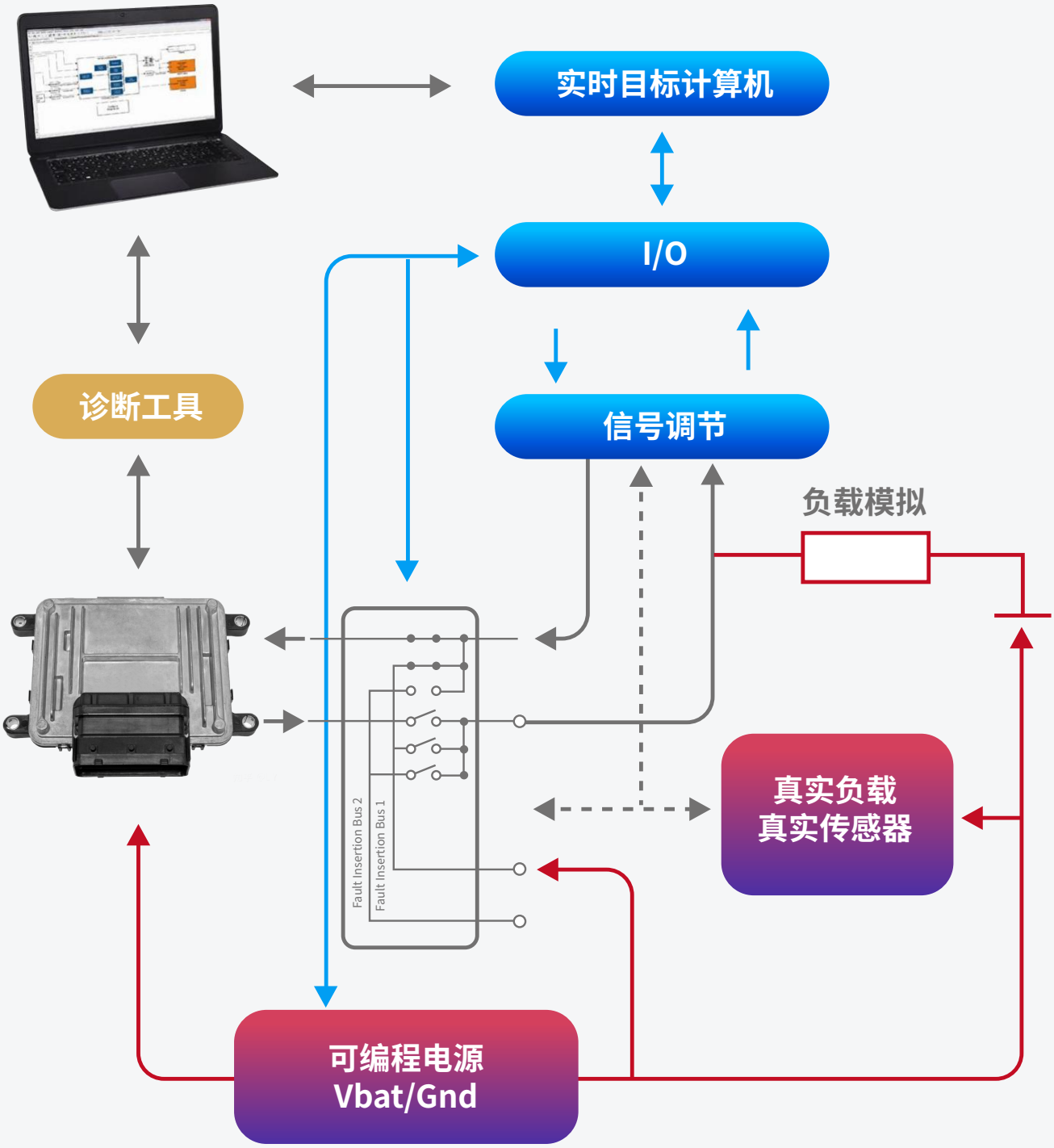
HiL 技术在各种仿真系统中具有较高的置信度，**特点包括有效性、可重复性、经济性和安全性，**其广泛应用于军事和民用部门，尤其在系统设计的可靠性和研制质量提升方面发挥着重要作用。自 20 世纪 60 年代问世以来，HiL 技术在全球范围内持续发展，尤其在美国的航天和国防领域取得显著成就。美国多数国防项目承包商使用高速高精度的仿真机和先进的环境模拟设备，所建立的半实物仿真实验室代表了当前世界的先进水平。中国在导弹制导、火箭控制、卫星姿态控制等领域的 HiL 应用研究也已经达到较高水平。

随着汽车工业的发展，特别是在智能化和电子化的大趋势下，近年来，半实物仿真（HiL）技术开始在汽车电子控制系统的开发中扮演着至关重要的角色。**汽车电子控制系统的复杂性和对安全、效率的高要求使得传统的测试方法无法满足现代汽车工业的需求。**HiL 仿真技术能够在真实的操作条件下，对汽车电子控制系统进行全面的测试和验证。

**利用 HiL 技术，开发者可以模拟各种驾驶场景和环境条件，从而在不同的操作条件下测试控制系统的响应和性能。**这不仅大大提高了测试的效率和安全性，还降低了开发成本。对于复杂的汽车电子系统，如动力控制、制动系统、驾驶辅助系统等，HiL 提供了一个高度灵活和可控的测试环境，使得开发过程更加快速、高效且具有针对性。

此外，随着新能源汽车和自动驾驶技术的快速发展，HiL 技术在模拟电池管理系统、电机控制器以及自动驾驶算法的测试中显得尤为重要。HiL 的应用不仅提高了汽车电子控制系统的可靠性和安全性，也加速了这些先进技术的市场推广。

# 图 1：通用 HiL 系统拓扑结构图



# 01 行业综述

## 技术端：已成为汽车 ECU 开发的重要组成部分

考虑到安全性，高效性和合理的成本，HiL 已成为 ECU（Electronic Control Unit）开发过程中非常重要的部分，能够大幅减少实际车辆的路试次数，缩短开发时间并降低成本。

安全性方面，在 HiL 平台测试时，被控对象由实时仿真计算机模拟，且各个零部件完全由软件控制，可轻松执行在实际设备中的危险工况或极限工况，即使遇到待测 ECU 存在 Bug，也不会造成平台损坏或危及测试人员安全。

高效性方面，可以单套系统应对多样测试需求，并通过自动化测试软件，连续反复测试同一工况，加快测试进度，并运用可视化界面，实时观测所需数据，并形成数据留存以备后期分析，形成高效可行的解决方案。

而半实物仿真模拟系统，相较于真实测试台架及实际路测来说，其建造与维护成本方面的优势不言而喻，且更早介入产品开发周期，亦能极大缩减纠错成本。

基于此，对于更注重缩短开发周期的新能源汽车的开发与测试而言，HiL 对于三个核心电子控制系统非常重要：汽车控制系统，BMS 电池管理系统和 MCU 电机控制器。

HiL 系统主要由以下几个部分组成：仿真计算机、物理效果设备、I/O 接口设备

### 1、仿真计算机

仿真计算机是实时仿真系统的核心部分，用以搭建模型、编译下载、监控模型运算，同时通过标定诊断工具，读取 ECU 中变量。运行自动化测试软件。一般来说，可采用分层模块化建模方法，在仿真计算机中实时调度运行，将模块化程序划分为不同的速率块。对于复杂的大规模仿真系统，多台计算机可以联网并实时运行。

### 2、物理效果设备

基于测试需要可包含信号调节模块、故障注入模块、负载仿真模块、真实负载或传感器及可编程电源等构件，物理效果设备的作用是模拟现实世界中的物理环境，形成虚拟环境或模拟环境，是实现仿真系统所需的中间环节。其动态特性、静态特性和时延都会对仿真系统的可信度和准确性产生影响，因此其拥有严格的相应技术指标要求。

### 3、I/O 接口设备

模拟计算机输出的驱动信号驱动接口转换后相应的物理效果设备。同时，接口装置将操作者或物理系统的控制输入信号反馈给仿真计算机。

# 政策端：提高汽车工具链自主创新水平和应用能力

目前，中国汽车产业正处于由大向强的发展进程中，在供给侧和需求侧的双向推动下，汽车产业正由功能时代向智能时代不断演进，汽车产业新格局正在加速形成。我国汽车产销总量已连续 14 年位居全球首位，并在“电动化、网联化、智能化”等方面取得了巨大的进步，进一步巩固了我国作为汽车大国的地位。

在此背景下，中央及地方各级政府推出了一系列的支持政策，积极引导并在推动我国汽车软件工具链领域的创新和发展方面取得了显著成效，进一步丰富了汽车产业的技术生态。这些支持性政策，全方位覆盖汽车软件工具链行业的发展，从顶层设计、规范制定到核心技术的研发和应用等多个维度，为该领域提供了与其快速发展相适应的政策环境。同时，政策也着力推动汽车软件工具链的实际应用，加速其在整车制造、智能驾驶、车联网等方面的规模化发展，为整个汽车产业的创新和繁荣指明了方向。

2023 年 11 月，工业和信息化部、公安部、住房和城乡建设部、交通运输部（以下统称“四部门”）联合发布了《关于开展智能网联汽车准入和上路通行试点工作的通知》，并在其《实施指南》中对智能网联汽车产品的测试验证要求提出了明确的指导。

**这些要求涉及模拟仿真、封闭场地、实际道路测试，以及网络安全和数据安全、软件升级、数据记录等多个方面。这不仅为智能网联汽车的安全性和可靠性提供了保障，也为汽车软件工具链的发展提出了更高的标准。尤其是对自动驾驶系统模拟仿真测试的要求，强调了测试工具链的置信度，以及车辆动力学、传感器等模型的可信度，确保了模拟仿真测试结果的可追溯性，从而促进了汽车软件工具链技术的进一步完善和创新。**

随着“十四五”规划的贯彻落实，我国工业软件在发展过程中，将利用已有的互联网、信息化等方面的先发优势，依托工业互联网平台，深入制造业特定场景开展研发和应用，促进工业软件的线上衍化与应用，并通过工业知识的不断积累、迭代和更新，逐步提高自主创新水平和应用能力。

# 图 2：2020 年以来政府支持性政策汇总表

| 政策分类 | 政策名称 | 颁布日期 | 颁布主体 | 政策要点 |
|---|---|---|---|---|
| 智能汽车研发 | 《国务院关于印发“十四五”数字经济发展规划的通知》 | 2022年1月 | 国务院 | 推动智能计算中心有序发展，打造智能算力、通用算法和开发平台一体化的新型智能基础设施，**面向自动驾驶等重点新兴领域提供体系化的人工智能服务** |
| | 《国务院关于印发“十四五”现代综合交通运输体系发展规划的通知》 | 2021年12月 | 国务院 | 加强交通运输领域前瞻性、战略性技术研究储备，**加强智能网联汽车、自动驾驶、车路协同船舶自主航行、船岸协同等领域技术研发** |
| | 《智能网联汽车技术路线图2.0》 | 2020年11月 | 工业和信息化部 | 到 2025 年，PA( 部分自动驾驶 )、CA( 有条件自动驾驶 ) 级智能网联汽车市场份额超过 50%，HA 高度自动驾驶 ) 级智能网联汽车实现限定区域和特定场景商业化应用，到 2030 年 CA、PA 级超 70%，HA 级达到 20% |
| 仿真测试 | 《四部委关于开展智能网联汽车准入和上路通行试点工作的通知》 | 2023年11月 | 工业和信息化部、公安部、住房城乡建设部、交通运输部 | 试点汽车生产企业应当细化完善智能网联汽车产品的准入测试与安全评估方案，**经工业和信息化部、公安部确认后，在省级主管部门和车辆运行所在城市政府部门监督下，开展产品测试与安全评估工作。** |
| | “十四五”信息化和工业化深度融合发展规划》 | 2021年11月 | 工业和信息化部 | 围绕机械、汽车、航空、航天、船舶、兵器、电子、电力等重点装备领域，建设数字化车间和智能工厂，构建面向装备全生命周期的数字李生系统，**推进基于模型的系统工程 (MBSE) 规模应用，依托工业互联网平台实现装备的预测性维扩与健康管理** |
| | 《智能网联汽车道路测试与示范应用管理规范(试行)》 | 2021年7月 | 工业和信息化部、公安部、交通运输部 | 道路测试主体应提供智能网联汽车道路测试安全性自我声明，并由省、市级政府相关主管部门进行确认。**道路测试安全性自我声明应随同道路测试主体自行开展的模拟仿真测试与测试区（场）等特定区域实车测试的说明材料** |
| | 《关于印发天津市产业链高质量发展三年行动方案(2021-2023年)的通知》 | 2021年5月 | 天津市落实制造强国战略暨全国先进制造研发基地建设领导小组办公室 | 着眼提升产业链发展能级和整体竞争力，强化串链补链强链，在车联网产业链，搭建以天津市车联网创新中心为核心的产业创新平台，**在自动驾仿真测试评价体系、车驶测试场景、信息安全、联网通信等关键领域，制定 20 项以上标准规范** |
| | 《交通运输部关于促进道路交通自动驾驶技术发展和应用的指导意见》 | 2020年12月 | 交通运输部 | 完善测试评价方法和测试技术体系。鼓励构建自动驾驶测试场景库，研究智能设备测试技术，**推动检测设备、数据分析软件、虚拟仿真系统等测试工具链的自主研发与制造** |

# 标准端：国家标准即将出台

目前在全球范围内公认的汽车行业功能安全方向的国际标准为 ISO 26262，即《道路车辆功能安全》，该标准适用于汽车电子电气系统，包含硬件组件及软件组件。ISO 26262 定义了开发过程中所使用到的安全相关的功能以及流程、方法和工具所需要满足的要求。ISO 26262 标准确保在整个车辆生命周期内（包括管理、开发、生产、运行、维修、退役等阶段）达到并且保持足够的安全水平。

除此之外，另一个备受瞩目的汽车行业标准则是 ISO/SAE 21434，即《道路车辆——网络安全工程》，该标准为国际标准化组织与国际汽车工程师学会共同发布。ISO 26262 涉及汽车电子产品的功能安全，而 ISO/SAE 21434 则涉及道路车辆电子系统的网络威胁分析与风险评估。ISO/SAE 21434 的目标是以 ISO 26262 为基础，为道路车辆的整个生命周期提供一个相似的标准框架。这个新标准的主要组成部分包括安全管理、依赖于项目的网络安全管理、持续的网络安全活动、相关的风险评估方法，以及道路车辆概念产品开发和开发后阶段内的网络安全。

未来，随着智能网联汽车和自动驾驶技术的快速发展，相关的标准和规范也将不断完善和出现。其中，《在环仿真测试标准体系研究》就是一个重要的里程碑，它是由天津中汽中心、dSPACE、蔚赫信息等单位共同参与制定，旨在为未来的正式国家标准铺路。这项研究的成功发布，将为智能网联车研发中的所有在环（HiL）工具设定标准框架，特别是针对自动驾驶技术的应用。

# 图 3：相关国际及国家标准汇总表

| 标准类别 | 标准名称 | 颁布时间 | 颁布主体 | 标准要点 |
|---|---|---|---|---|
| 国际标准 | 《道路车辆功能安全》(ISO 26262) | 2018年 | 国际标准化组织 | 此标准提供车用产品安全生命周期（管理、开发生产、运行、维修、退役），并在各个阶段可以订制需要的活动；包括整个开发过程的机能安全层面（包括需求规格、设计、实现、整合、验证、确认及组态等活动），并提供针对车用，以风险为基础的风险确认方式（车辆安全完整性等级，ASIL)。同时用 ASIL 来确认，若要达到可接受的残余风险，应该要满足哪些安全需求，并提供验证和确认方式的需求，以确保已达到足够且可以接受的安全性 |
| 国际标准 | 《道路车辆-网络安全工程》(ISO/SAE 21434) | 2021年 | 国际标准化组织<br>国际汽车工程师学会 | 此标准应用在车辆的零件（包括电子组件以及软件），也包括备品以及配件。标准涵盖了车辆完整的生命周期，包括开发、制造、运作、维修以及回收等。此标准不包括车外的基础设施，例如车厂诊断用的服务器，软件更新器或是诊断测试器 (off-board diagnostics) 等 |
| 国家标准计划 | 《智能网联汽车自动驾驶功能仿真试验方法及要求》 | 制定中 | 全国汽车标准化技术委员会 | 制定本标准的目的在于指导相关企业和机构开展智能网联汽车自动驾驶功能仿真试验和评价，充分发挥仿真试验在测试场景数量、覆盖度以及危险边缘场景复现方面的优势。 |

# Industry Overview

# 02 市场规模

## 产业生态：由上游计算机软件系统及电子元器件、中游 HiL 系统集成商、下游整车制造、航空航天等厂商组成

**上游行业规模不断扩大。**

HiL 技术上游行业主要为计算机、计算机软件以及电子元器件等行业。其中计算机软件是 HiL 系统的核心部分。近年来，在企业数字化转型推进下，软件及 IT 服务处于高速成长期，产业规模持续扩大。未来，随着我国软件企业的自主研发能力提升，以及数据库、操作系统等 IT 产业新生态逐渐完善，我国软件企业实力将不断提升，产业集聚效应进一步增强。

数据显示，2021 年度，全国软件和信息技术服务业规模以上企业超 4 万家，累计完成软件业务收入 94994 亿元，同比增长 17.7%。2016 年起，我国软件与信息技术服务业收入规模持续快速增长，复合年均增长率达 14.5%。至 2022 年我国软件与信息技术服务业收入规模将达 101339 亿元。

**下游行业需求爆发。**

HiL 下游为国防、电子信息、机械制造、航空、航天、船舶、汽车、电力、石化、物流等行业。尤其是 ICV（智能网联汽车）行业需求的爆发，极大推动了 HiL 技术的发展。近年来，我国汽车产销量持续稳定增长，ICV 发展势头良好。2023 年上半年，具备组合驾驶辅助功能的乘用车新车销量占比 42.4%，汽车出口量跃升至全球首位。

同时，具德勤数据显示，在“软件定义汽车”的趋势之下，2030 年软件成本占整车 BOM（物料清单，Bill Of Material）的比重将从攀升至接近 50% 的水平，其中包含应用程序开发、AI 算法、操作系统及软硬件一体化程度较高的控制器与芯片等电子设备。

## 持续增长的与不断攀升的软件成本的背后是巨大的测试压力。

根据国内外相关研究机构要求，自动驾驶系统至少需要 170 亿公里的测试后才能量产，测试工作量之大可想而知。HiL 测试在汽车行业中应用广泛，可以替代大部分实车测试，能有效缓解车企的测试压力。尤其在复杂的城市 NOA（导航辅助驾驶）方面，HiL 测试更是发挥了重要作用。例如，HiL 系统可以模拟行驶车辆、路面、驾驶员操作、车辆故障等各种状态，从而快速测试新车的各种功能。

图 4：半实物仿真系统技术产业链示意图

# 生产模式：本地化定制生产模式，更注重跨国合作

**定制生产模式是半实物仿真模拟行业普遍使用却较为特殊的经营模式。**

定制生产是一种国际上企业间常见的分工合作形式，一般为大型跨国企业根据自身的业务要求，将其生产环节中的一个或多个产品通过合同的形式委托给更专业化、更具比较生产优势的厂家生产。

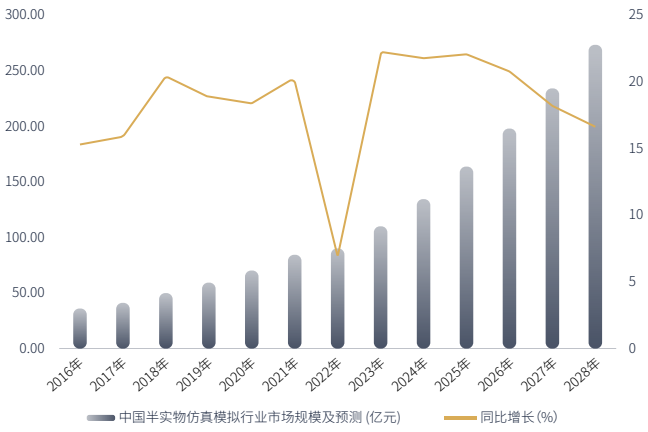
接受委托的生产厂家按客户指定的特定产品标准进行生产，最终把受托生产的产品全部销售给委托客户。定制生产适应了全球产业链专业化分工的发展趋势，最终实现了产品价值链中各环节的互赢，不仅能适应全球产业链专业化分工的趋势，而且通过本地化的生产和创新，还能加快定制化设备的交付和服务升级周期。

# 市场规模：HiL 迎来快速增长，2028 年全球市场达 638 亿元

近几年，随着 HiL 技术应用拓展以及航空航天、国防、能源、电力电子等应用领域产业不断发展，中国 HiL 技术产业规模呈现稳定增长势头，复合增长率达到 18.5%，2016 年市场规模达到 35.7 亿元，2021 年达到 84 亿元，预测 2028 年中国 HiL 模拟行业市场规模达到 273 亿元。

**图 5: 2016-2028 年中国 HiL 行业市场规模及预测**

| 年份 | 中国半实物仿真模拟行业市场规模及预测 (亿元) | 同比增长 (%) |
|---|---|---|
| 2016年 | 35.70 | 15.3 |
| 2017年 | 41.45 | 16.1 |
| 2018年 | 49.82 | 20.2 |
| 2019年 | 59.24 | 18.9 |
| 2020年 | 70.14 | 18.4 |
| 2021年 | 84.23 | 20.1 |
| 2022年 | 90.04 | 6.9 |
| 2023年E | 110.12 | 22.3 |
| 2024年E | 134.13 | 21.8 |
| 2025年E | 163.78 | 22.1 |
| 2026年E | 197.84 | 20.8 |
| 2027年E | 234.05 | 18.3 |
| 2028年E | 273.13 | 16.7 |




## 其中，汽车行业 HiL 应用市场规模与份额均居各领域之首

HiL 测试是汽车 V 模型开发流程中的重要一环，其原理就是使用 HiL 设备接收控制指令，模拟状态信息并发回控制器，让控制器以为自己在控制真实的测试对象，形成测试闭环。如此一来，就能直接在测试闭环中验证功能算法的逻辑性。在面对自动驾驶时，控制器需要能够妥善处理故障情况，例如信号丢失、线路短路等。这些故障情况在实车上难以设置和复现，且具有一定危险性。通过 HiL 测试，能够方便地对多种故障进行取值、组合并进行测试，不仅能提升测试效率，也降低了实车路测的安全性风险。因此，HiL 通常用于系统集成测试，验证自动驾驶车辆环境感知等重要模块的功能有效性。

数据显示，2016—2028 年，中国 HiL 各领域应用市场规模持续提升，汽车行业 HiL 应用市场规模与份额均在各领域中居于首位，市场规模复合增长率达 18.5%，由 2016 年的 16.2 亿元增长到 2028 年的 123.8 亿元。

同时，高端制造业发展持续推动 HiL 技术发展。当下，中国制造业正处于从“中国制造”向“中国创造”转型升级中，国家出台了《“十四五”国家高新技术产业开发区发展规划》等一系列产业规划和政策，对高新技术产业大力支持。作为科研重要工具和手段的 HiL 技术，能有效提升相关行业的效率，且应用领域较广，行业面临较好的发展机遇。

航天行业 HiL 应用市场规模复合增长率达到 18.5%，由 2016 年的 6 亿元增长到 2028 年的 45.8 亿元；电力电子行业 HiL 应用市场规模复合增长率达到 18.3%，由 2016 年的 8.5 亿元，增长到 2028 年的 64.3 亿元；研究与教育行业 HiL 应用市场规模复合增长率达到 18.6%，由 2016 年的 1.5 亿元增长到 2028 年的 11.5 亿元；其他行业 HiL 应用市场规模复合增长率达到 18.6%，由 2016 年的 3.6 亿元增长到 2028 年的 27.9 亿元。

## 中国HiL不同市场应用半实物仿真模拟市场规模（份额）

| 年份 | 汽车行业 (%) | 航空航天 (%) | 电子电力 (%) | 研究教育 (%) | 其他 (%) |
|---|---|---|---|---|---|
| 2016年 | 45.29 | 16.66 | 23.79 | 4.16 | 10.10 |
| 2017年 | 45.41 | 16.69 | 23.80 | 4.15 | 9.95 |
| 2018年 | 45.39 | 16.77 | 23.74 | 4.32 | 9.98 |
| 2019年 | 45.20 | 16.67 | 23.76 | 4.28 | 10.09 |
| 2020年 | 45.40 | 16.61 | 23.73 | 4.24 | 10.02 |
| 2021年 | 45.18 | 16.75 | 23.82 | 4.12 | 10.13 |
| 2022年 | 45.27 | 16.71 | 23.55 | 4.10 | 10.37 |
| 2023年E | 45.12 | 16.67 | 23.61 | 4.24 | 10.36 |
| 2024年E | 45.32 | 16.72 | 23.74 | 4.15 | 10.07 |
| 2025年E | 45.29 | 16.75 | 23.83 | 4.36 | 9.77 |
| 2026年E | 45.28 | 16.59 | 23.59 | 4.30 | 10.24 |
| 2027年E | 45.20 | 16.65 | 23.60 | 4.06 | 10.49 |
| 2028年E | 45.31 | 16.75 | 23.53 | 4.21 | 10.20 |

图 6：2016-2028 年中国 HiL 不同市场应用半实物仿真模拟市场规模市场份额

## 中国HiL不同市场应用半实物仿真模拟市场规模（预测）

| 年份 | 汽车行业 | 航空航天 | 电子电力 | 研究教育 | 其他 |
|---|---|---|---|---|---|
| 2016年 | 16.17 | 5.95 | 8.49 | 1.49 | 3.61 |
| 2017年 | 18.82 | 6.92 | 9.86 | 1.72 | 4.12 |
| 2018年 | 22.61 | 8.35 | 11.83 | 2.15 | 4.87 |
| 2019年 | 26.77 | 9.87 | 14.07 | 2.54 | 5.98 |
| 2020年 | 31.84 | 11.65 | 16.64 | 2.97 | 7.03 |
| 2021年 | 38.06 | 14.11 | 20.06 | 3.47 | 8.53 |
| 2022年 | 40.76 | 15.05 | 21.21 | 3.69 | 9.34 |
| 2023年E | 49.69 | 18.36 | 26.00 | 4.67 | 11.41 |
| 2024年E | 60.79 | 22.43 | 31.84 | 5.57 | 13.51 |
| 2025年E | 74.17 | 27.43 | 39.03 | 7.14 | 16.00 |
| 2026年E | 89.58 | 32.82 | 46.67 | 8.51 | 20.26 |
| 2027年E | 105.79 | 38.97 | 55.23 | 9.50 | 24.55 |
| 2028年E | 123.76 | 45.75 | 64.27 | 11.50 | 27.86 |

图 7：2016-2028 年中国 HiL 不同市场应用半实物仿真模拟市场规模

# 新增投资及市场并购活动

**2022 年 12 月**

**蔚赫信息**

2022 年 12 月，工业控制系统自主工具链企业上海蔚赫信息科技有限公司（“蔚赫信息”）在国家新能源汽车技术创新中心（NEVC）支持下，成功收购博世 /ETAS 全球 LABCAR HiL IP 及技术并完成近亿元 Pre-A 轮融资。资金将重点用于国际 HiL 品牌 LABCAR® 核心技术消化吸收，加速高端工业电控系统自主工具链技术创新，为解决该领域核心产品技术问题贡献中国力量。

**2023 年 4 月**

**艾默生（Emerson）**

2023 年 4 月，美国工业集团艾默生（Emerson）和测量工具制造商 NI（National Instruments,）共同宣布，已达成了最终收购协议。艾默生将以每股 60 美元的现金，总值 82 亿美元，收购 NI 公司。NI 公司是全球主要的测试和测量系统设备公司之一，在 2022 年的收入为 16.6 亿美元，如今在 40 多个国家开展业务，产品线涉及半导体和电子、运输、航空航天等市场。

# Market size

# 03 核心企业

## 全球 HiL 四大龙头品牌：占领 80% 市场份额

凭借先发优势与核心技术，dSPACE GmbH、Vehinfo LABCAR、National Instruments 和 Vector Informatik 已稳占市场主导地位，成为 HiL 业界公认的“四大龙头”。

**dSPACE GmbH：**成立于 1988 年，是行业里最早做 HiL 的公司。主要产品有实时仿真平台、硬件 - 软件协同开发系统等，其产品在汽车、航空航天、电力、通信等领域有广泛应用。dSPACE GmbH 具备 30 年的嵌入式系统开发和测试工具的经验，为全球整车厂和 Tier1 供应商提供 HiL 系统解决方案，是通用汽车、戴姆勒、奥迪等的 HiL 全球供应商。

**Vehinfo LABCAR：**LABCAR 品牌诞生于 1994 年，主要提供基于 HiL 测试解决方案，在汽车 HiL 细分领域位于 TOP2 位置。主要产品有 LABCAR 仿真测试系统，主要应用于汽车电子控制系统的开发和测试。通过将实际的 ECU 与虚拟的车辆系统进行交互，以验证 ECU 的功能和性能。此外，它还是一套用于汽车电子系统开发和测试的综合解决方案，包括软件、硬件和模型架构。2022 年 12 月被中国蔚赫信息收购。

**NI（National Instruments）：**成立于 1976 年，主要提供测量、自动化和嵌入式系统的硬件和软件解决方案。近年来，NI 开始尝试进入 HiL 领域，提供相关解决方案。NI 拥有 500 多款软硬件产品，应用遍布电子、机械、通信、汽车制造、生物、医药、化工、科研、教育等各领域。全世界数以万计的工程师和科学家们都在使用 NI 的产品。在“四大龙头”HiL 厂商中，NI 以其解决方案的全面性著称。2023 年 4 月被美国艾默生收购。

**Vector Informatik：**成立于 1988 年，为汽车总线网络的设计、建模、仿真、分析、测试以及 ECU 的开发、测试、标定和诊断等过程提供软硬件工具和组件。主要产品有 CANoe、CANalyzer 等软件工具，用于开发、测试和诊断车载电子系统和网络。应用领域主要在汽车行业。Vector 以稳健的发展和对车载总线领域的深度专注而著名，但与其他三大龙头相比，Vector HiL 的品牌力在全球范围内相对较弱。

# 图 8：全球市场及中国市场主要市场参与者汇总表

| 公司名称 | 市场地位 | 公司总部 | 核心领域 | 公司介绍 |
|---|---|---|---|---|
| dSPACE GmbH | 全球HiL龙头品牌 | 德国帕德博恩 | 涵盖全部行业领域 | dSPACE 的汽车仿真模型 (ASM) 构成了可应用于以下四个领域的工具套件：内燃机、电气组件、车辆动力学和交通环境现成的模型可以精确地仿真受控设备的行为。ASM 是基于模型设计的理想选择，并作为开放式模型在 MATLABR/Simulink® 中实施 |
| National Instruments | 全球HiL龙头品牌 | 美国奥斯汀 | 涵盖全部行业领域 | 美国国家仪器公司提供一系列的测量、自动化和控制的产品可作为单独的产品或作为一个集成系统，公司大量授权产品技术和服务，包括系统设计软件、编程工具应用软件、硬件产品及相关驱动软件、NI 教育平台、教学用软件和硬件产品。NationalInstruments 公司也提供 NI 服务，包括硬件服务和维护、软件维护服务和培训和认证 |
| Vehinfo LABCAR | 全球HiL龙头品牌 | 中国上海 | 涵盖全部行业领域<br>汽车行业占比高于同业 | 上海蔚赫信息专注于为全球汽车及高端制造业电控系统的研发提供测试设备及服务，以“打造享誉全球的工具链品牌”为使命，提供 HiL 硬件在环测试设备及服务、YIES 智能试验数据融合云平台、EEA 架构网络（信息安全）开发及测试服务、CASE 专家资源服务。2022 年蔚赫信息完成 BOSCH/ETAS 全球 HiL IP、技术和品牌收购，标志着蔚赫信息成为国内首家拥有全球影响力 HiL 品牌（LABCAR）和技术的公司。 |
| Vector Informatik | 全球HiL龙头品牌 | 德国斯图加特 | 涵盖全部行业领域<br>汽车行业占比高于同业 | Vector 是总线开发工具、网络节点测试验证工具和嵌入式软件组件供应商，为汽车总线网络的设计、建模、仿真、分析测试以及 ECU 的开发、测试、标定和诊断等领域提供一系列强有力的软硬件工具和源代码。 |

# 其他核心企业代表

**经纬恒润：**成立于 1998 年，基于电子系统产品开发“V 模式”流程，经纬恒润为汽车行业客户提供包含整车电子电气仿真测试解决方案、汽车网络测试服务、实车测试服务、多学科建模仿真服务等多种解决方案。2015 年，经纬恒润进入高级别智能驾驶业务领域，开发了单车智能解决方案、智能车队运营管理解决方案和车 - 云数据中心解决方案。（待确认）

**华力创通：**是国内国防、政府及行业信息化技术与创新应用的领先者。已经形成卫星应用、无人系统、雷达仿真三个业务板块 , 致力于为国防信息化建设提供先进的器件、终端、系统和解决方案。

**意昂神州：**成立于 2003 年，是一家专业的新能源汽车核心技术研发公司及实验室建设整体方案供应商，技术方向涵盖新能源汽车整车级 / 系统级 / 部件级的电子电控系统开发、测试、标定服务及整体解决方案。为一汽集团、上汽集团、美国通用、德国大众等国内外 200 余家汽车厂商提供技术研发服务与新能源汽车实验室建设，在行业内处于领先地位。

# 图 9：中国市场主要市场参与者汇总表

| 公司名称 | 市场地位 | 公司总部 | 核心领域 | 公司介绍 |
|---|---|---|---|---|
| 经纬恒润 | 中国HiL<br>龙头品牌 | 中国<br>北京 | 涵盖全部行业领域<br>汽车行业占比高于同业 | 基于电子系统产品开发“V 模式”流程，经纬恒润为汽车行业客户提供包含整车电子电气仿真测试解决方案、汽车网络测试服务、实车测试服务、多学科建模仿真服务等多种解决方案。2015 年，经纬恒润进入高级别智能驾驶业务领域，开发了单车智能解决方案、智能车队运营管理解决方案和车 - 云数据中心解决方案 |
| 华力创通 | 中国HiL<br>龙头品牌 | 中国<br>北京 | 国防军工行业为主 | 北京华力创通科技股份有限公司，是国内国防、政府及行业信息化技术与创新应用的领先者。已经形成卫星应用、无人系统、雷达仿真三个业务板块，致力于为国防信息化建设提供先进的器件、终端、系统和解决方案 |
| 意昂神州 | 中国HiL<br>龙头品牌 | 中国<br>北京 | 涵盖全部行业领域<br>汽车行业占比高于同业 | 新能源汽车核心技术研发公司及实验室建设整体方案供应商，技术方向涵盖新能源汽车整车级 / 系统级 / 部件级的电子电控系统开发、测试、标定服务及整体解决方案。为一汽上汽、通用、大众等国内外 200 余家汽车厂商提供技术研发服务与新能源汽车实验室建设 |
| 九州华海 | 中国HiL<br>头部品牌 | 中国<br>北京 | 汽车行业为主 | 九州华海专注于提供电控系统解决方案，成立于 2011 年，公司致力于为汽车、机械、船舶、航空、教育等行业的用户提供更专业的电控系统一站式解决方案。华海科技的解决方案，能够快速地将先进的控制技术集成到客户产品，快速形成电控开发的能力。 |
| IAE<br>智行众维 | 中国HiL<br>头部品牌 | 中国<br>苏州 | 汽车行业为主 | IAE 智行众维是智能驾驶仿真测试领域的专业服务商。公司成立于 2018 年，在中国和欧洲设有技术研发中心。核心团队由国内外资深专家、来自清华等高校、主机厂和互联网领域的专业技术和管理人才组成，致力于打造先进的智能驾驶仿真测试技术体系和全栈式解决方案。 |
| 昆易电子 | 中国HiL<br>头部品牌 | 中国<br>上海 | 汽车、轨交及<br>教育行业为主 | 昆易电子成立于2011年，秉承“让研发更简单”的理念，从事嵌入式软硬件开发测试、网络开发测试、智驾数据闭环、虚拟仿真测试设备研发、生产和销售，服务于汽车、轨道交通、高校等市场，助力全球企业。 |
| 北汇信息 | 中国HiL<br>头部品牌 | 中国<br>上海 | 汽车行业为主<br>辐射先进制造业 | 北汇信息始终专注于汽车电子领域的新技术和新产品，为整车厂和零部件企业提供完整的研发、测试解决方案。从测试工具、专用测试设备、完整测试方案到实车测试服务。 |
| 东信创智 | 中国HiL<br>头部品牌 | 中国<br>沈阳 | 汽车行业为主 | 东信创智为汽车电子科技服务公司，为客户提供高效、可靠的开发测试工具和解决方案。深耕于电子电气架构设计、AUTOSAR 嵌入式软件开发测试、车载通讯（CAN/LIN/ 以太网）开发测试。同时在智能驾驶、车路协同、智能座舱、动力底盘等仿真测试技术领域也处于行业领先水平。 |

# Core enterprises

# 04 案例研究

## HiL 技术在航空航天领域的应用：magniX 案例分析

**项目概述：**2019 年，magniX 与 Harbour Air Seaplane 合作，成功试飞了改装后的 de Havilland DHC-2 Beaver 电动水上飞机，随后又试飞了更大型的电动 Cessna 208B Grand Caravan。

**创新里程碑：**这些试飞不仅标志着商用电动飞机领域的重大进展，而且展示了电力驱动系统在航空领域的应用潜力。

### HiL 技术的关键应用

**仿真目的：**

magniX 的一个主要目标是快速测试电力推进控制器软件，以准备试飞。这要求在实际飞行前对控制系统进行彻底的测试和验证。

**仿真工具和方法：**

magniX 运用 OPAL-RT 的实时仿真器进行了电机和逆变器硬件的仿真。这使得团队能够在安全的环境中集成和验证原型控制器模块上运行的控制软件。

### HiL 技术的优势

**风险降低：**

通过 HiL 仿真，magniX 在不需要进行实际飞行的情况下就能测试和优化电动飞机的控制系统，显著降低了试飞的风险。

**效率提升：**

HiL技术加快了开发过程，使得团队能够迅速从概念验证转向实际应用，为电动飞机的商业化铺平了道路。

**系统集成和验证：**

在仿真环境中集成和验证控制软件，提高了系统整体的可靠性和性能。

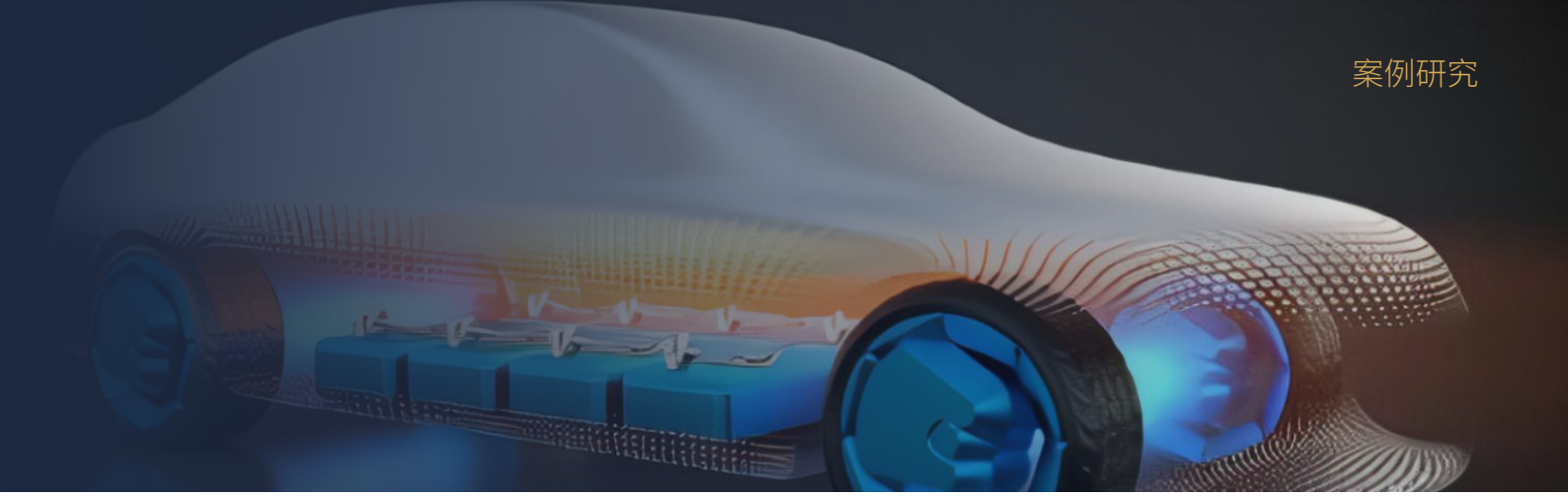
### HiL 技术的未来展望

**电动航空的推动力：**

HiL 技术在电动航空项目中的成功应用展示了其在未来航空航天领域（特别是在新兴的电动和混合动力航空器领域）中的巨大潜力。

**持续创新：**

随着电动航空技术的持续发展，HiL 技术将继续在飞行控制系统的测试和验证中发挥关键作用，助力这一创新领域的成熟和扩展。



# HiL 在汽车 BMS 领域的应用：

## Vehinfo LABCAR（原 ETAS LABCAR）案例分析

### 电池管理系统（BMS）的重要性

电池管理系统（BMS）作为动力电池的“大脑”，负责关键参数的采集（如电池电压、模组温度、系统高压和电流等），同时执行能量计算、寿命预估、热平衡、充电控制和高压安全等任务。

### HiL 测试在 BMS 领域的应用

需求背景：随着对 BMS 要求的增加，传统实物测试系统因成本高、操作复杂、耗时长、存在安全风险而难以满足需求。HiL 测试方案提供了全面模拟 BMS 运行环境的解决方案，实现了快速、可靠和安全的验证。

### Vehinfo LABCAR BMS HiL 测试方案

- ☑ **系统集成：**Vehinfo LABCAR 平台集成了真实的 BMS 控制器，提供模块化的 BMS HiL 测试方案，实时机 RTPC 控制模拟信号输入至 BMS 控制器，并采集响应信号输出，从而测试 BMS 控制器。
- ☑ **接口仿真需求：**包括单体电池、模组温度、供电电压、唤醒开关、充电接口、安全信号、电流传感器、绝缘电阻、电池包总电压等的仿真需求。

### 接口仿真方案

电芯模拟：提供高精度、低纹波的电压输出，支持电芯的主被动均衡。

电池模型：支持 SOX 功能的实时闭环验证。

模组温度仿真：模拟不同类型的温度传感器。

供电电压：由可编程电源提供，支持实时控制和功耗电流反馈。

充电接口信号与安全信号：包括 CC2 和 CC，CP，以及高压互锁和碰撞信号的仿真。

### 测试执行与配置

自动化测试：LABCAR平台提供自动化开发平台LCA，支持自动化测试执行，兼容主流自动化测试软件。

模型与接口配置：LABCAR 系统可自动生成硬件输入输出接口，支持用户自定义模型和参数配置。

# Case Study

# 05 前景展望

## 技术演进发展趋势：与云的融合发展

在我国，HiL 技术引入相对较晚，但发展起点较高。目前，HiL 技术在汽车领域已经取得了重要的发展，其未来发展有以下几个方向：

### （1）HiL 技术和云的融合发展

云服务集成：云服务的集成为 HiL 测试提供了大规模的计算和存储资源，满足了对高精度、高复杂度测试的需求。此外，云服务支持远程测试，大大提升了测试的灵活性和可达性。

并行测试能力：在传统 HiL 测试中，一次仅能进行单个测试用例，而通过与云技术的融合，可以实现多个测试用例的并行执行，降低了成本同时提高了效率。

行业领袖的探索：领先企业如 dSPACE 已开始探索 HiL 技术与云技术的融合方案，预示着未来测试方式的变革。

### （2）仿真技术的未来发展方向和技术趋势

环境特性仿真：未来环境仿真技术将趋于模拟更加全面和复杂的环境特性，包括视觉、听觉、触觉等方面的综合反馈。这涉及到力学、光学、声学、电磁学等多学科的综合应用，形成更加真实的环境感知仿真。

分布交互仿真：随着仿真对象和因素的增加，将需要更多仿真器或实物进行集成和交互。基于 SIMNET 的异构性网络互联的分布交互仿真技术将成为研究的重点，指导半实物仿真，有效降低仿真工作量。

技术融合与创新：未来的 HiL 仿真技术将更加注重与新兴技术的融合，如人工智能、大数据分析等，以提高仿真的准确性和适应性。

# 产业生态发展趋势：中国增速远超全球

在全球 HiL 技术市场中，中国市场的增速特别引人注目，年增长率达到了 15% 至 20%，远超全球平均增速的 8% 至 9%。这一显著的增长表明了中国市场在 HiL 技术领域的活力和潜力。

中国政府对高端制造业和智能网联车（ICV）行业的政策支持是推动这一增长的重要因素。例如，《汽车行业稳增长工作方案（2023—2024 年）》的发布，促进了 5G 信息通信、车路协同、智能座舱、自动驾驶等新技术的创新应用。此外，工业软件行业的发展和创新也得到了国家的鼓励，为 HiL 技术产业提供了加速发展的契机。

此外，HiL 应用需求也呈现井喷式增长。《智能网联汽车模拟仿真测试规范》的出台，为 HiL 技术市场的拓展提供了新的机遇。这些规范不仅完善了仿真测试的标准体系，而且将仿真验证的过程和结果作为审核与认证的重要依据。HiL 技术作为加速产品研发的关键工具，其重要性日益凸显。车企提升 HiL 测试能力，已成为实现高级智能驾驶技术的重要步骤。

# 研究方法与数据来源

## 研究方法

本报告结合广泛的一手和二手数据，全面考虑了行业影响因素，包括政策、市场环境、竞争格局、历史趋势、技术进步等。长期监测特定行业，我们分析了行业运营特性、盈利能力、产业链和商业模式。利用多层面数据，包括行业、市场、企业、渠道和用户信息，本报告提供深度市场研究，全面评估行业现状，深入调研重点企业，分析其产销运营，并预测行业发展趋势。我们采用行业生命周期理论、SCP 模型、PEST 分析、波特五力、SWOT 分析、波士顿矩阵、波特钻石理论等，构建独特的研究方法和产业评估体系。

## 数据来源

我们综合利用一手和二手数据。一手数据来自于对行业内重点企业的访谈，包括公司高层、专家、技术负责人、客户、分销商、代理商、经销商、供应商等；二手数据主要来源于全球行业新闻、公司年报、非盈利组织、行业协会、政府机构、海关数据及第三方数据库，如彭博社、万得资讯、国研网、中国资讯行数据库、国家统计局数据库、皮书数据库、中国海关数据库等。

我们通过访谈、电话调研等手段获取一手数据，并在公司内部评估数据源的合法性以确保可靠性和合规性。使用自上而下及自下而上的方法来评估公司、产品类型、应用细分、国家及地区市场规模，全球市场总体数据。通过一手和二手数据核对，综合考虑所有可能影响市场的参数，进行细节观察和分析，以得到最终的定量和定性数据。

## 免责声明

本报告中的行业数据和市场预测基于分析师的桌面研究、行业访谈及其他方法，结合各种行业分析模型估算而得，仅供参考。受方法和数据获取资源限制，本报告内容不构成投资建议。所有信息来源于公开资料，版权归原作者所有。未经本公司许可，不得复制、传送或以其他形式使用本报告内容。

适道 研究院