

白皮书赞助方：
Sponsors:



3D打印与新能源汽车白皮书第二版

Whitepaper of 3D Printing and New Energy Vehicle V2.0



随时查看白皮书请关注“3D科学谷”微信公众号: [cn_3dsciencevalley](#)

前言

新能源汽车的生态系统是开放的，是变化和动态的。传统汽车从设计定型到新车出厂通常需要三年时间，在此期间针对这些零件生产的工艺与供应链都进入到了固化状态。而像特斯拉这样的车企，其软件几乎每个月都会更新。数字化的基因可以说根植在新造车势力的血液中。

3D打印带来的数字化，让人类第一次能够产生真正的经济净收益门槛：通过将客户行为与生产者行为同步，以需求为导向，从生产过剩转向需求驱动的生产。

3D打印是一种带有鲜明数字化特征的技术，这意味着增材制造能够改变产品的生产方式是本质性的，不仅可以实现个性化，还可以实现功能化导向的制造，这使得3D打印与新能源汽车具有制造基因方面的“天然契合”。

新能源汽车生产需要高度的自动化、高效率、低成本、质量一致性，这似乎与3D打印当前的发展水平存在不少“鸿沟”。第二版《3D打印与新能源汽车白皮书》，将3D打印技术的特点与汽车制造的发展现状、未来趋势相结合，来剖析3D打印技术为新能源汽车制造领域带来的价值。

白皮书还针对新能源汽车动力与传动、冷却系统、车身、内饰与外饰，轮胎制造、生产线工装夹具制造应用，逐一剖析3D打印技术在其中的应用结合点。

感谢合作伙伴对本白皮书的支持，更多信息请访问：www.3dsciencevalley.com。

3D科学谷市场研究团队.2023年

新能源汽车市场概况



www.3dsciencevalley.com

新能源汽车产业链图谱



核心原材料与核心元器件、核心零部件

动力电池、驱动电机、电机控制器核心原材料与核心元器件代表企业：
厦钨新能源、杉杉股份、宁波韵升、比亚迪半导体等

新能源汽车核心零部件代表企业：
宁德时代、国轩高科、精进电动、大洋电机、汇川技术、上海电驱动等



新能源汽车整车制造

纯电动汽车代表企业：
比亚迪、北汽新能源、吉利汽车等

插电式混合动力汽车代表企业：
比亚迪、奇瑞汽车、长安汽车等

燃料电池汽车代表企业：
上海汽车、中通客车、宇通客车等



新能源汽车服务

新能源汽车能源补给基础设施代表企业：
特来电、星星充电、奥动新能源等

废旧动力电池综合利用代表企业：
赣州豪鹏、格林美、光华科技等

2020新能源汽车产业链矩阵



Note: The companies in the map are only some related companies. Not all companies that are involved in China's new energy vehicle market are in the map. The companies are ranked in no particular order.

Source: iResearch Consulting Group.

内容来源: iResearch艾迪

中铸协预测到2020年铸件总产量达到5500万吨，铸件产值约7000亿元的规模。占企业总数量30%的铸造企业（约4500家）的铸件产量将会达到铸件总产量的80%以上。球墨铸铁（包含蠕墨铸铁）占铸铁产量的比例将由2014年的37%提高到42%左右，铝、镁等轻合金的铸件产量将由13%提高至20%左右。

随着汽车轻量化、电动化发展，一体化压铸技术开始受到造车新势力、传统车企新能源部门的青睐，特斯拉、蔚来汽车、小鹏汽车、大众等纷纷开启一体化压铸技术研发和应用。2021年的市场规模为85亿元。目前，一体化压铸技术在汽车产业的渗透率为12%，虽然行业的渗透率较低，但是一体化铸造技术能够降低经营成本、提高生产效率等优点将加速其市场下沉，市场规模将逐步扩张。据财信证券等相关机构预测，2025年，我国一体化压铸市场规模将达到389亿元，其中新能源汽车一体化压铸市场规模将达到258亿元。

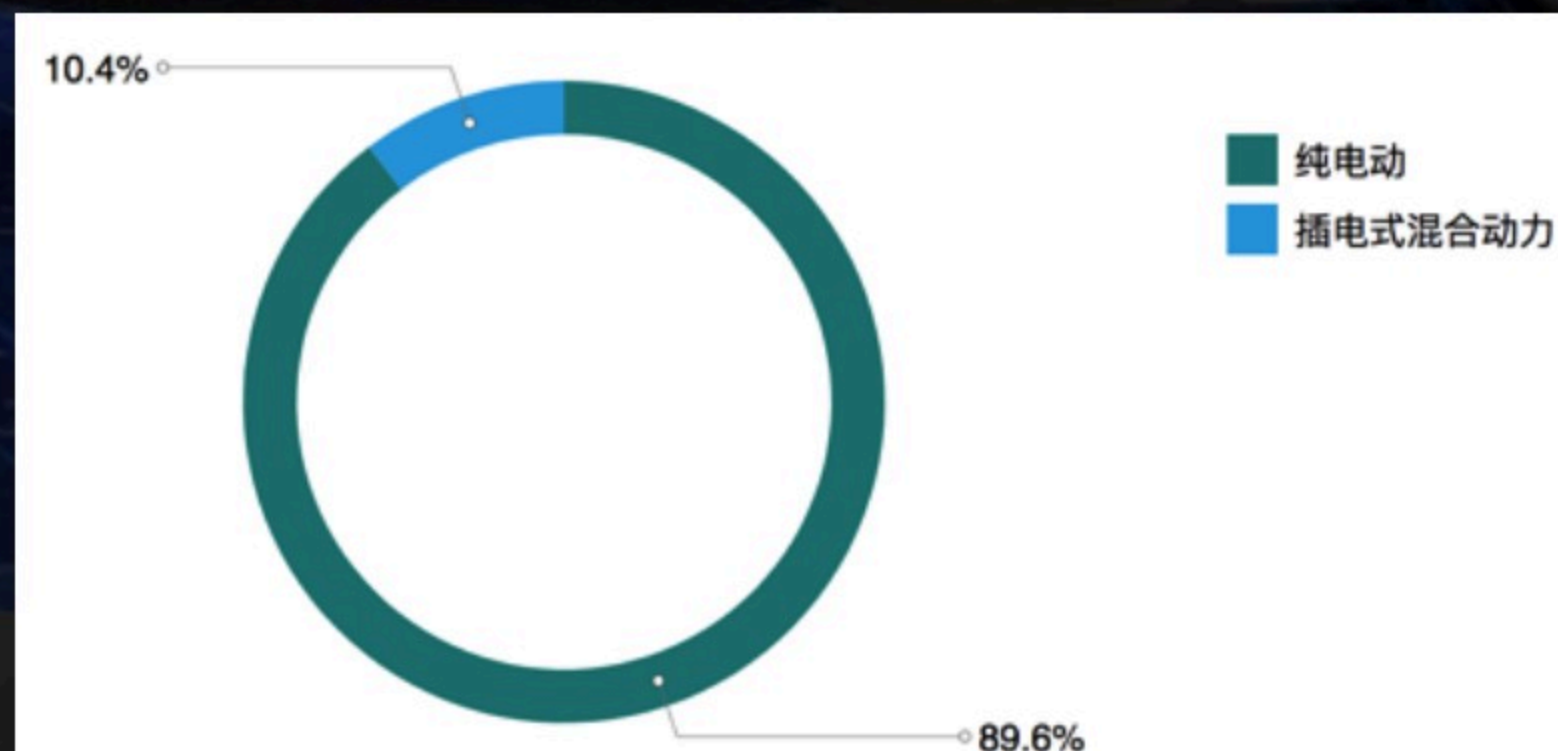
汽车的传统制造工艺，主要包括冲压、焊装、涂装、总装等4个环节，而一体化压铸则对传统的压铸技术进一步简化，将冲压和焊接融合只一个步骤，大幅度降低了制造成本，提高生产效率。

一体化压铸产业链的上游主要为材料供应商和设备制造商，其中，免热材料供应企业有立中集团、美国铝业等，设备制造企业有力劲科技、海天金属等；中游的压铸企业主要有拓普集团、文灿股份、广东鸿图、爱柯迪等；下游主机厂客户为特斯拉、理想、蔚来、小鹏等新能源汽车公司。

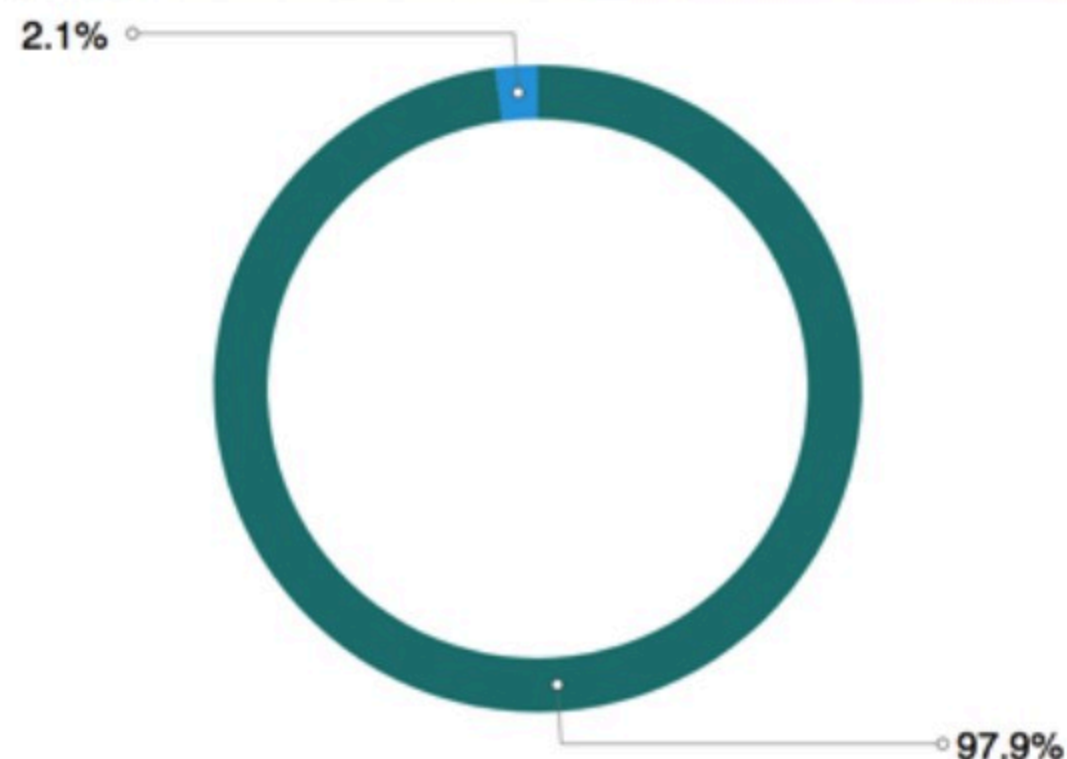
2022年全球新能源汽车销量突破千万辆，达1082.4万辆，同比增长61.6%，其中纯电动汽车销量占比74%，插电混动汽车占比25.7%。在全球“碳达峰、碳中和”及多地宣布禁售燃油车背景下，未来全球新能源汽车产业将保持高速发展态势，预计2025年销量将突破2500万辆。2022年我国新能源汽车产销量分别达705.8万辆和688.7万辆，我国新能源汽车销量已占全球总销量的64%，2023年1月我国新能源汽车产销量分别为42.5万辆和40.8万辆。



2022年中国新能源汽车出口结构分布



2022年中国新能源商用车出口结构分布



电驱系统是新能源汽车行使中的主要执行结构，其驱动特性决定了汽车行驶的主要性能指标，是新能源汽车的核心部件。电驱动系统主要是由驱动电机、电机控制器和减速器组成。随着我国新能源汽车行业逐渐转向市场主导型，及IGBT等电控系统核心零部件国产替代进程加快，中国电控系统市场迎来发展新机遇。2021年中国新能源汽车电控系统市场规模约为186.9亿元。在2022年期间，天津电装电机有限公司、博格华纳驱动系统（苏州）有限公司等企业均有电机控制器生产项目备案。

国内新能源电机电控企业

信质电机

万向电动汽车

湖南南车时代电动汽车

江西特种电机

深圳汇川技术

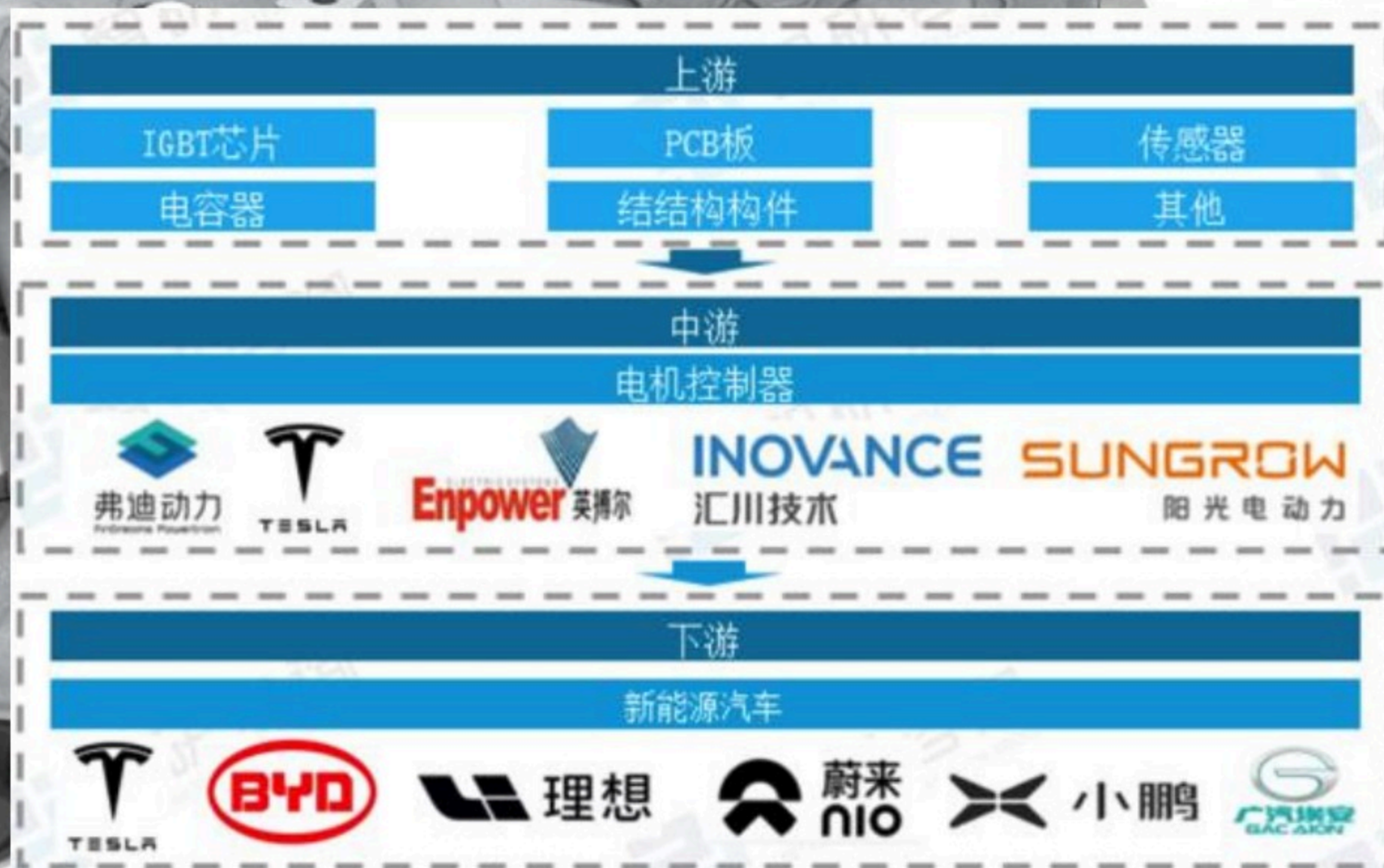
上海大郡动力控制技术

北京中纺锐力机电

宁波韵升

浙江方正电机

中山大洋电机

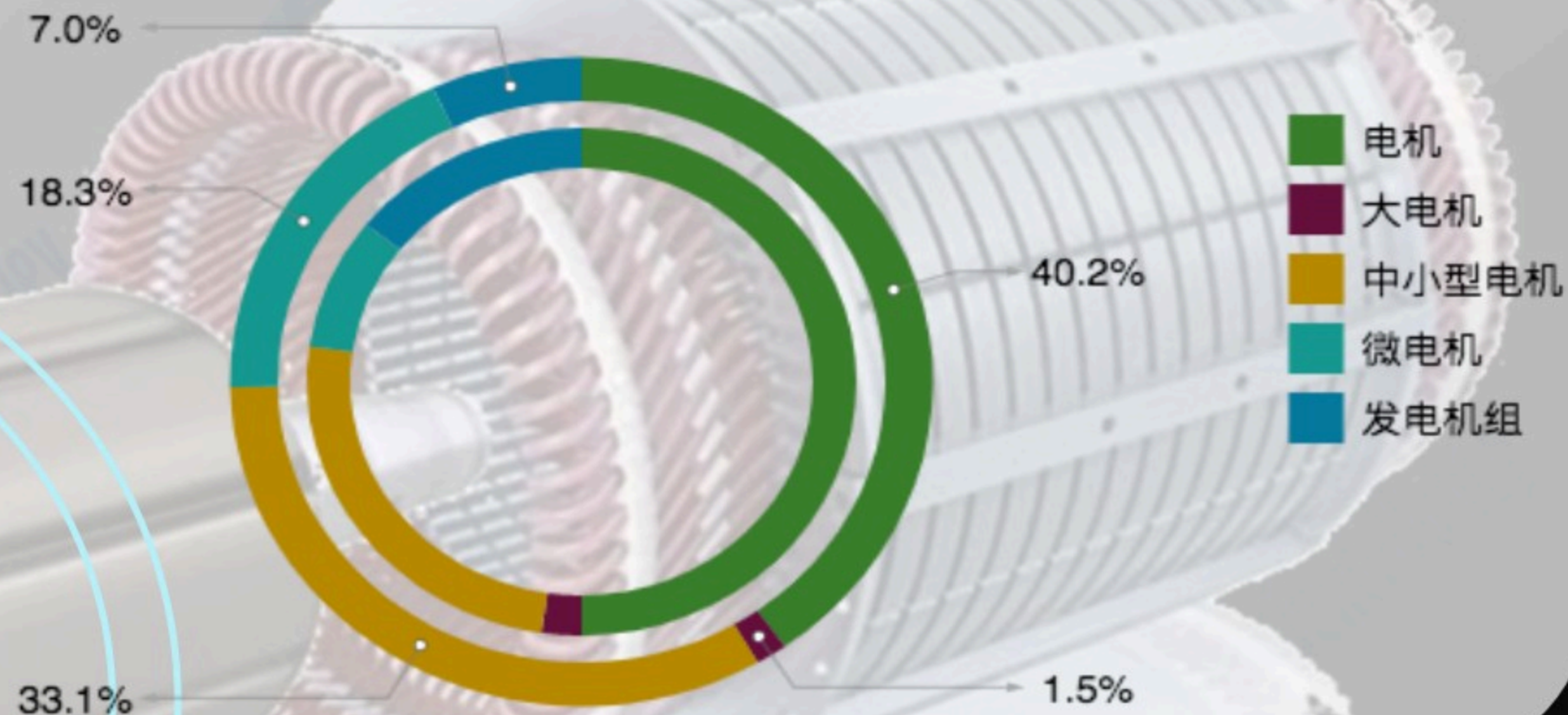


电机壳体



2021年中国电机进出口统计 (亿美元)

数据来源: 中国机电产品进出口商会



导电材料、磁体



HARD MAGNETIC
硬磁



ELECTRICAL CONDUCTOR
电导体



SOFT MAGNETIC
软磁

电气伺服传动

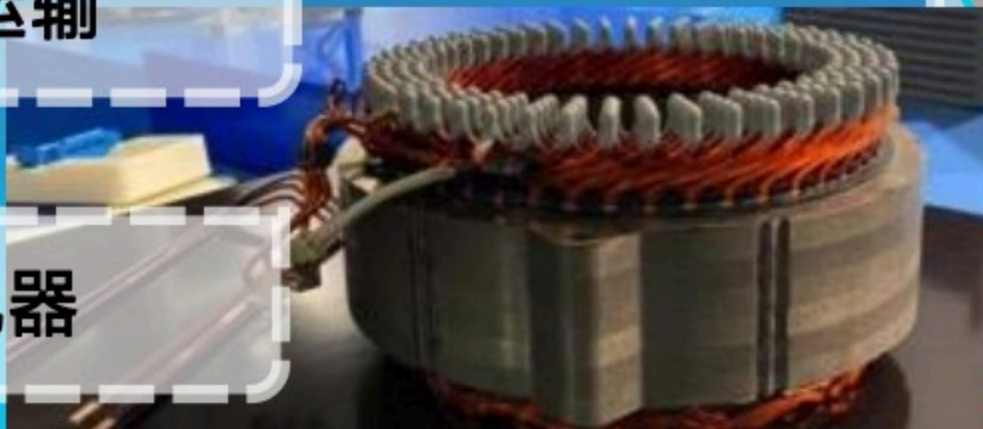
信息处理

交通运输

家用电器

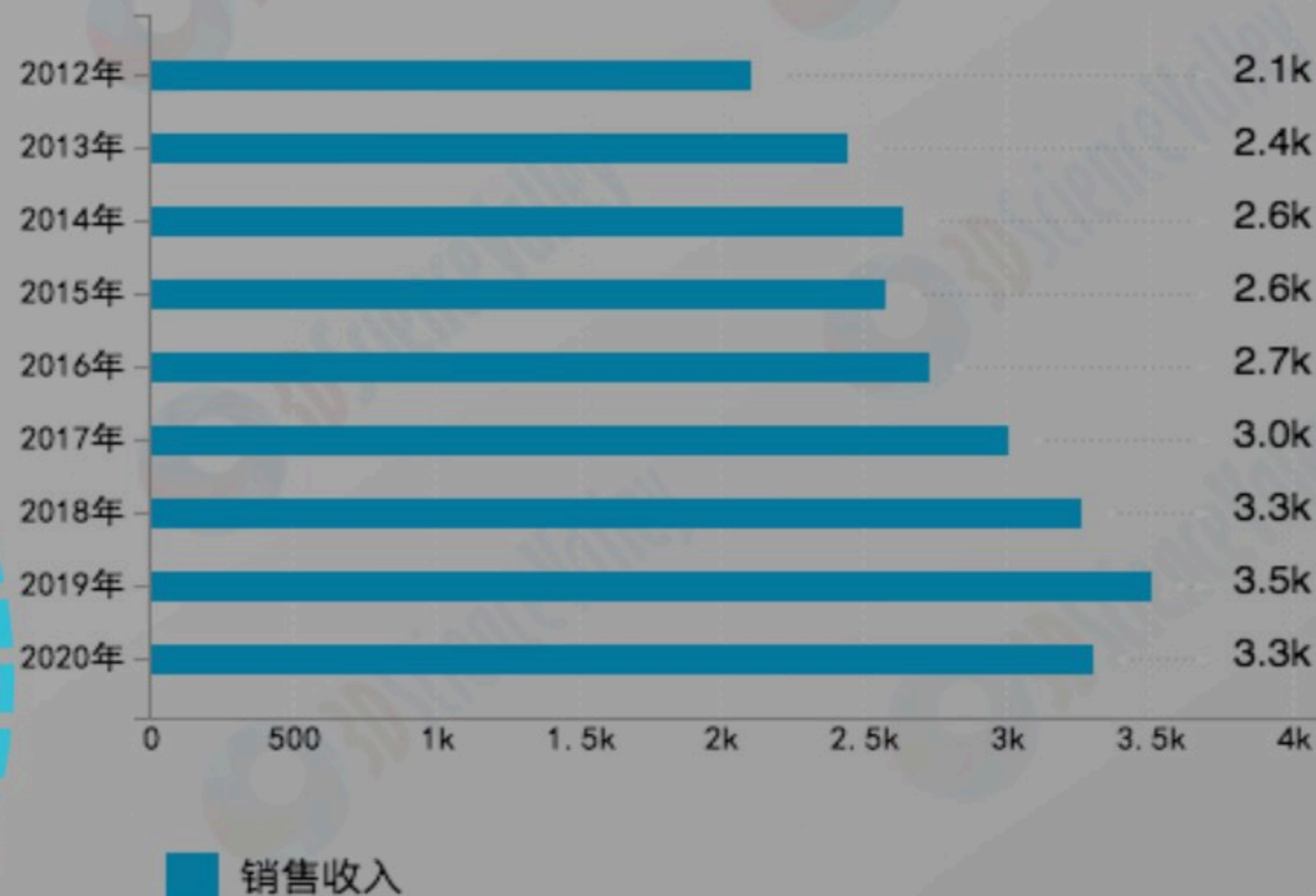
消费电子

国防领域



2010-2020年中国工业电机行业销售收入及增长情况

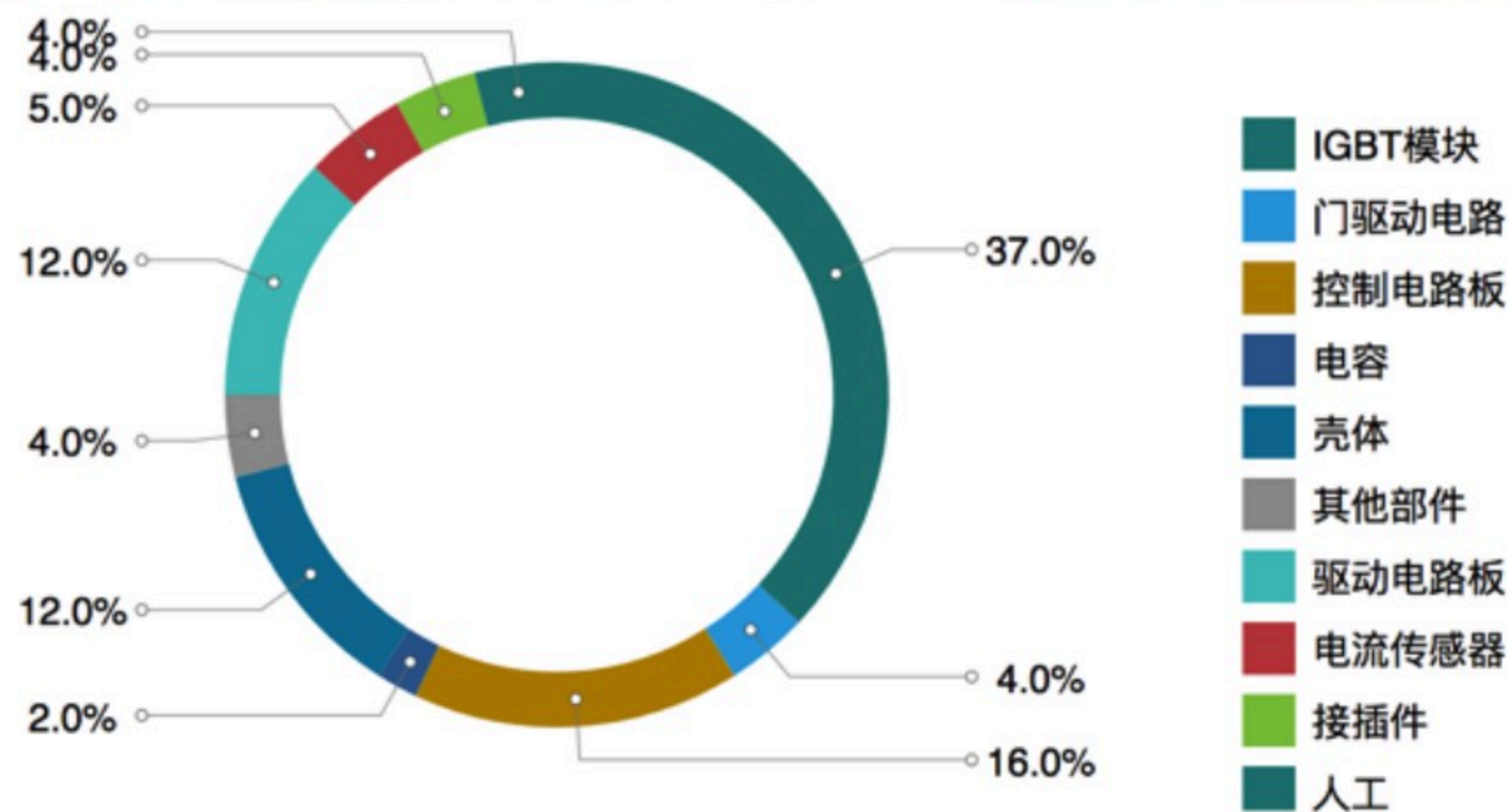
(单位: 亿元) (数据来源: 前瞻经济学人)



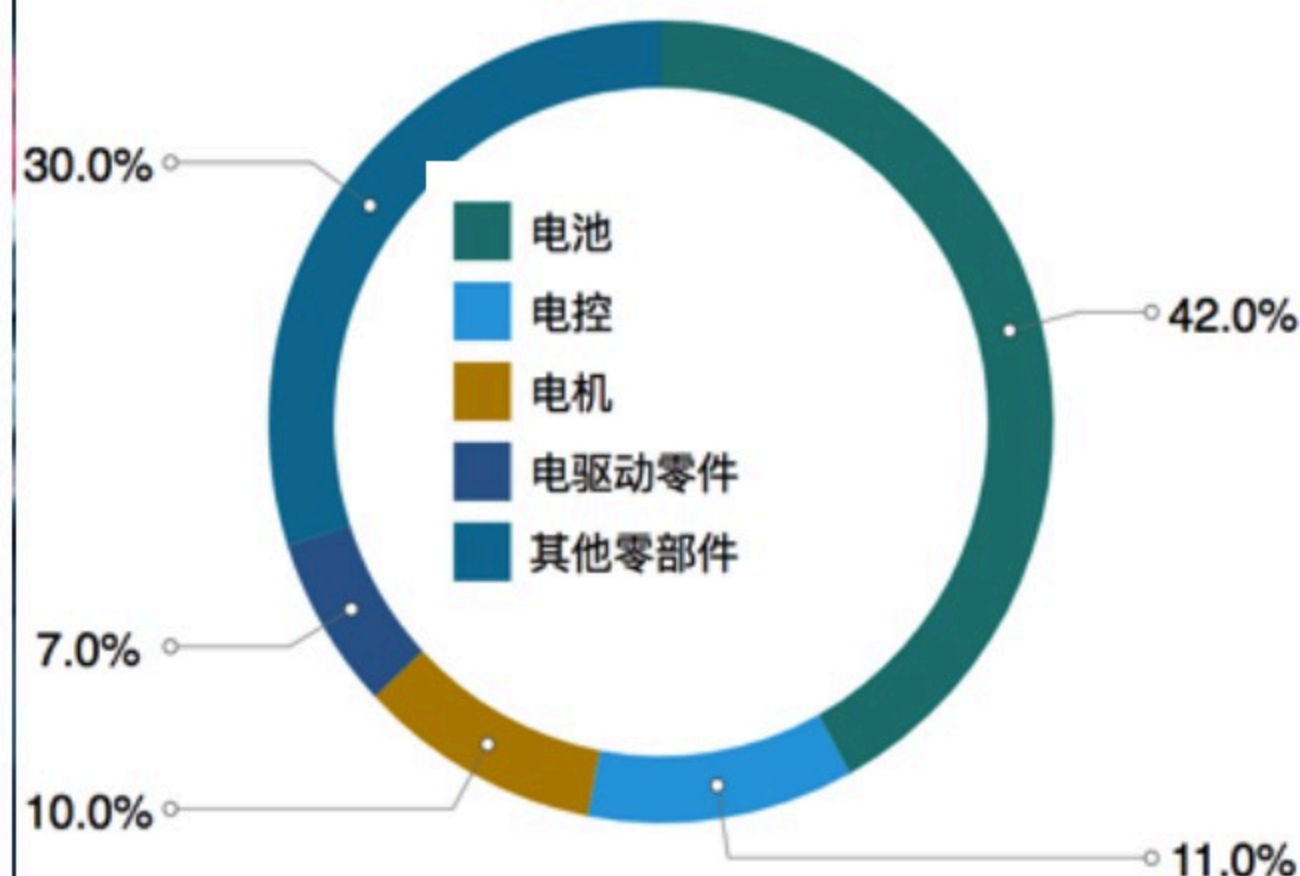
其他 (飞行器、探测器、自动化装备、医疗设备等)

预计未来整国内车厂自主研发预计将占到一半左右的份额，小型车厂及合资厂商仍将采购第三方供应商的产品。具备技术实力和成熟应用的动力总成专业提供商包括汇川技术、方正电机、合康变频、大洋电机等。此外，根据盖世汽车，特斯拉、蔚来及零跑对电机、电控都是采取自研自产的策略。

电控制器成本构成



新能源汽车成本构成



热管理系统

传统燃油汽车
热管理系统

空调系统

制冷

制热

动力总成冷却

变速箱

发动机

新能源汽车热
管理系统

空调系统

制冷

制热

电池热管理

冷却

电机电控系统

加热

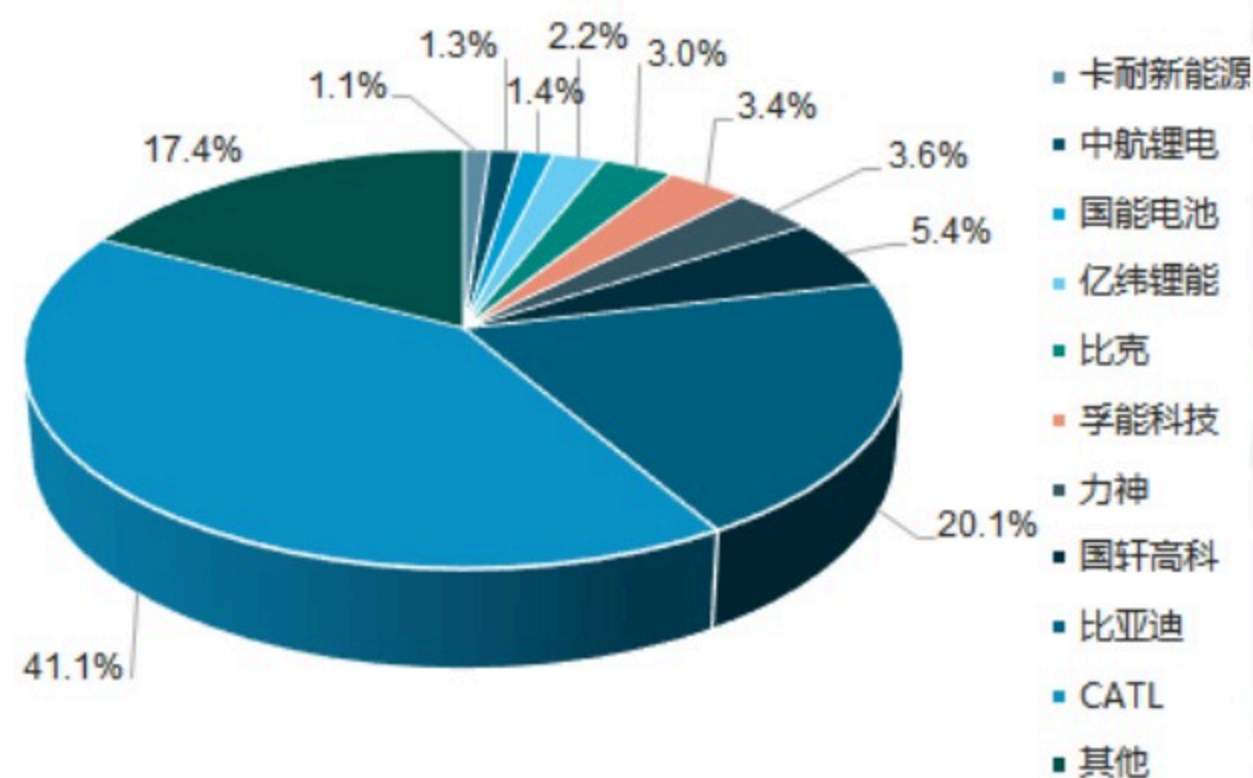
技术原理：驱动部件电动化，空调回路需要制热，空调回路和功率器件回路需要换热，这三点是新能源热管理与传统热管理结构上的主要区别。传统汽车的空调压缩机和水泵均由发动机的飞轮驱动皮带轮带动，而新能源车上需要采用电动机驱动水泵和压缩机。传统汽车的空调只需要制冷，而制热是利用发动机的余热，而新能源车空调制热需要用热泵技术或者PTC加热技术。传统汽车的发动机只需要冷却而不需要加热，且温度控制精度不需要很高，新能源电池由于温度需要控制在20-40℃，对热管理的温度控制要求较高，目前一般采用空调回路制冷剂与电池冷却回路冷却液进行热交换的形式实现，即通常所说的液冷系统。

在冷却板、电池冷却器等新增零部件贡献下，新能源汽车热管理系统的单车价值量达6000-7500元。2022年我国新能源汽车热管理系统市场规模约为504亿元，同比增长94%，预计到2025年市场规模将接近1000亿元，在新能源汽车单车价值量中，空调系统热管理为最高，占比56%左右；其次为电池热管理，电机电控热管理；从零部件价值量来看，其中价值量最高为电动压缩机，占比23%左右，其次为热泵系统、电子系统等。

新能源汽车热管理零部件供应商包括博世、日本电装、日本三电、银轮股份、奥特佳、三花智能等；中游为热管理系统集成供应商，包括博世、法雷奥、华域汽车、松芝股份等企业

动力电池主要由正极材料、负极材料、电解液和电池隔膜四部分组成。2020年中国新能源汽车共有配套动力电池企业72家，累计装机量为63.3GWh，装机量主要集中在宁德时代、比亚迪、LG化学等企业。目前我国动力电池产业处于领先地位，在全球范围内影响力不断增强。近年来在海外需求量持续扩张下我国动力电池出口规模大增，2022年出口规模达68.1GWh，2023年1月出口规模为7.9GWh。与新能源车一样，除整装出口的方式外，为近供应当地车企，电池厂商也纷纷开始在海外地区直接投资建厂，已有宁德时代、欣旺达、亿纬锂能等多家电池厂商宣布海外建厂计划。

2018年动力电池市场格局



参考来源：智研咨询

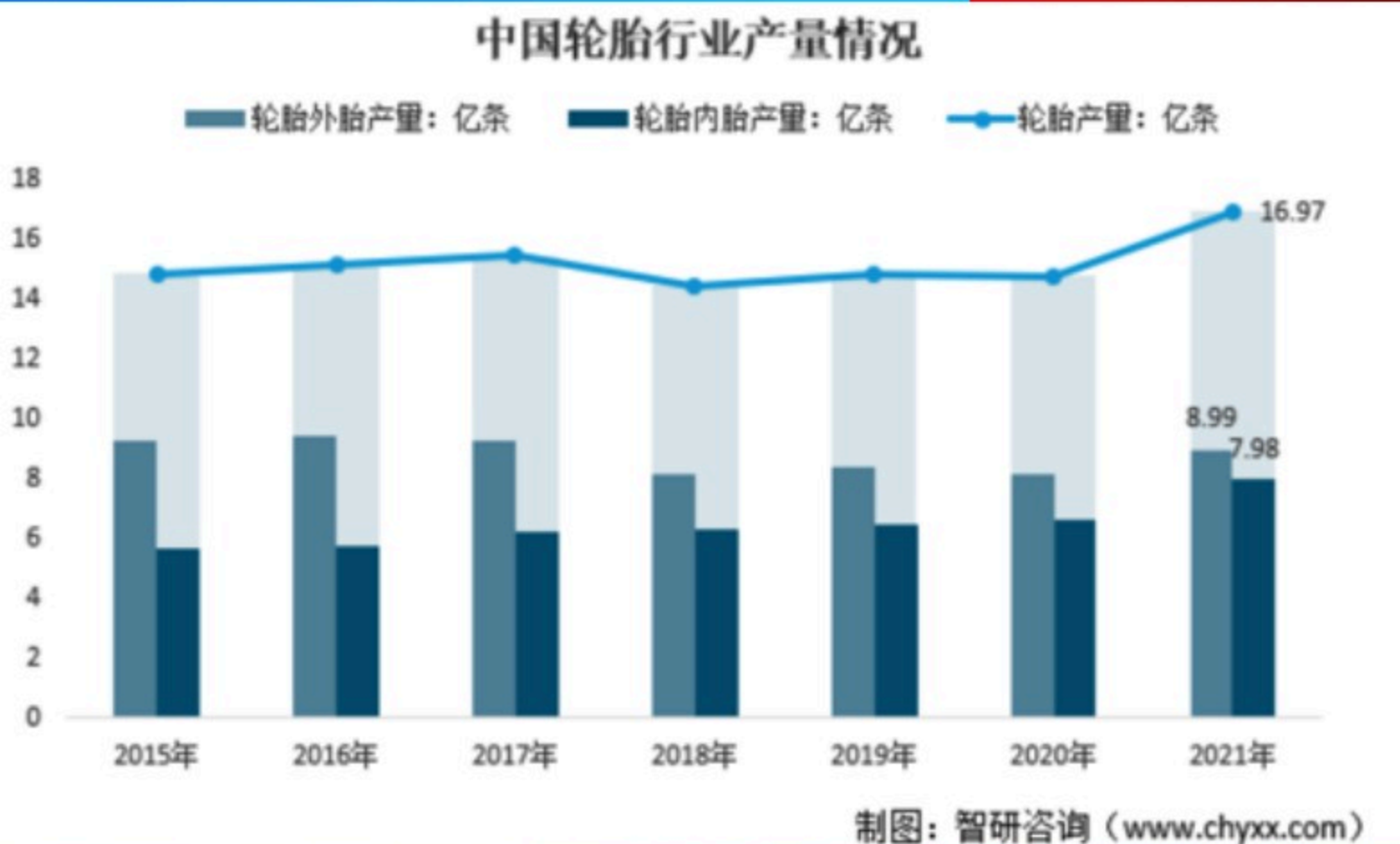
中国动力电池产业链全景图



汽车轮胎

中国是轮胎生产大国，在轮胎产量方面处于全球前列。据统计，2015-2021年，我国轮胎产量呈震荡上升趋势，2020年初受疫情停产影响，产量有所下降，2021年回升至16.97亿条。其中，轮胎外胎产量8.99亿条，轮胎内胎产量7.98亿条。目前中国是全球最大的汽车产销国，作为配套产业之一的轮胎产业近年来稳步发展。2021年我国汽车轮胎产量为6.97亿条，其中子午线轮胎6.57亿条，斜交轮胎0.4亿条。子午线轮胎是世界轮胎发展的主流产品，也是我国产业政策支持的重点产品。随着我国轮胎在技术和生产水平上的逐步提升，国内轮胎子午化率也在逐步提升。据统计，2015年我国汽车轮胎子午化率为92.01%，2021年增至94.26%。

中国轮胎产量情况



中国汽车轮胎产量情况



汽车内饰系统是汽车车身的重要组成部分，且内饰系统的设计工作量占到整车造型设计工作量的60%以上，远超汽车外形，是车身最重要的组成部分之一。汽车内饰件包括汽车座椅、门饰板、仪表盘、扶手箱、天窗遮阳板等细分产品，其中汽车座椅在汽车内饰件中价值量的占比最高，达到45%，其次是仪表盘和顶柜，占比分别达到13%、9%。

汽车饰件上游原材料分类及其主要应用领域

分类	原材料	细分类别	主要应用领域
汽车内饰	皮革	真皮、人造纤维、翻毛皮	汽车座椅表面、扶手表面等，高档汽车仪表板外表面、方向盘等，也会使用皮革进行覆盖
	塑料	汽车内饰常用的塑料为热塑性塑料，主要包括PP、PE、PVC、ABS等	仪表板、门内护板、方向盘、座椅边壳等
	纺织纤维	化学纤维和人造纤维	汽车座椅、车厢内壁、隔音垫、安全带等
汽车外饰	铝合金	铸造铝合金、变形铝合金	铝装饰条、行李架、侧围防擦条、B柱等
	不锈钢	铁素体不锈钢板、奥氏体不锈钢板	装饰条、车门外直条
	复合材料	汽车常用塑料有ABS、PP、POM、PC、PVC以及PBT等	前后保险杠、格栅、密封条、低端装饰条、标牌等

汽车内饰



汽车外饰



汽车车身材料主要在性能、材料选择、质量上发生了巨大的变化。随着车身轻金属、复合材料等车身材料技术的发展，未来车身会日渐趋于轻量化、节能化、高标准化，汽车业将达到一个崭新的高度。

钢材材料

目前车身的材料仍以钢材为主，不过材料的性能和比例都发生了改变，安全性、经济性和实用性得到了提高。

碳纤维材料

碳纤维在汽车领域主要应用在赛车上，目前跑车级别的车辆也有应用。

塑料件材料

高分子材料密度小，耐腐蚀性能好，在车身上应用较为广泛，目前在内饰件、外装件、结构件等部件中的用量明显增加。

镁合金

铸造镁合金多用于压铸工艺生产。生产效率高、精度高、铸件表面质量好、铸态组织优良、可生产薄壁及形状复杂的构件。



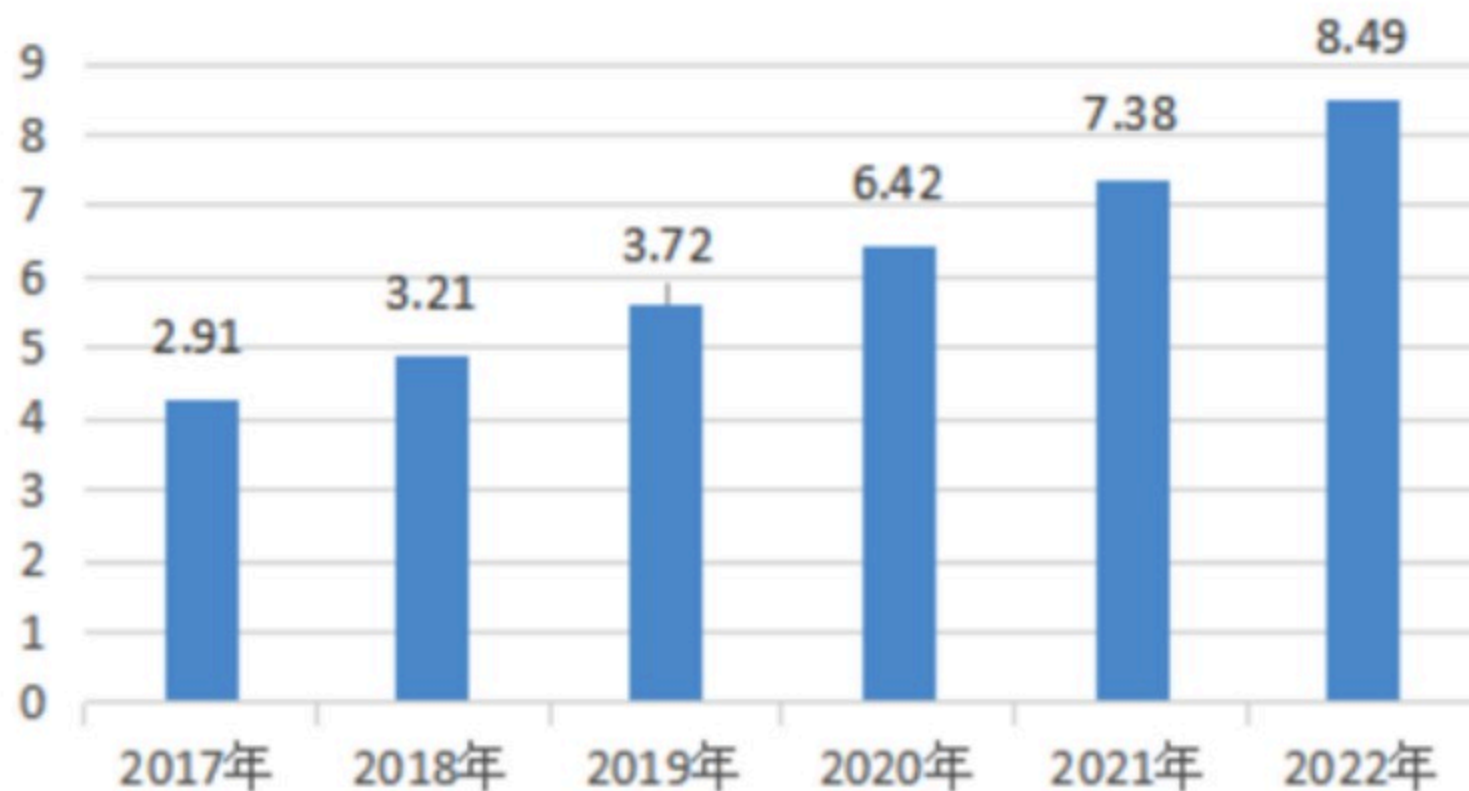
座椅的框架是精密金属冲压打造而成，对机械加工要求很高，该市场一直被江森自控、李尔、丰田等巨头占据。国内乘用车座椅市场，目前几乎被包括美国安道拓、美国李尔、法国佛吉亚

(FAURECIA)、日本丰田纺织、加拿大麦格纳 (Magna International Inc.) 等外资或者在境内设立的合资厂控制。上汽大众最大供应商是上海延锋安道拓和西德科，而延锋安道拓也是上汽通用和一汽大众的最大供应商，截止到 2017 年 4 月，延锋安道拓已拥有遍及全国的 20 多个生产基地和 40 多家工厂，李尔在中国也扩张迅速，不仅提供乘用车座椅，还涉及商用车业务。在国内独立汽车座椅供应商中，继峰股份和天成自控分别是商用车和乘用车汽车座椅生产的龙头企业。



制图：智研咨询 (www.chyxx.com)

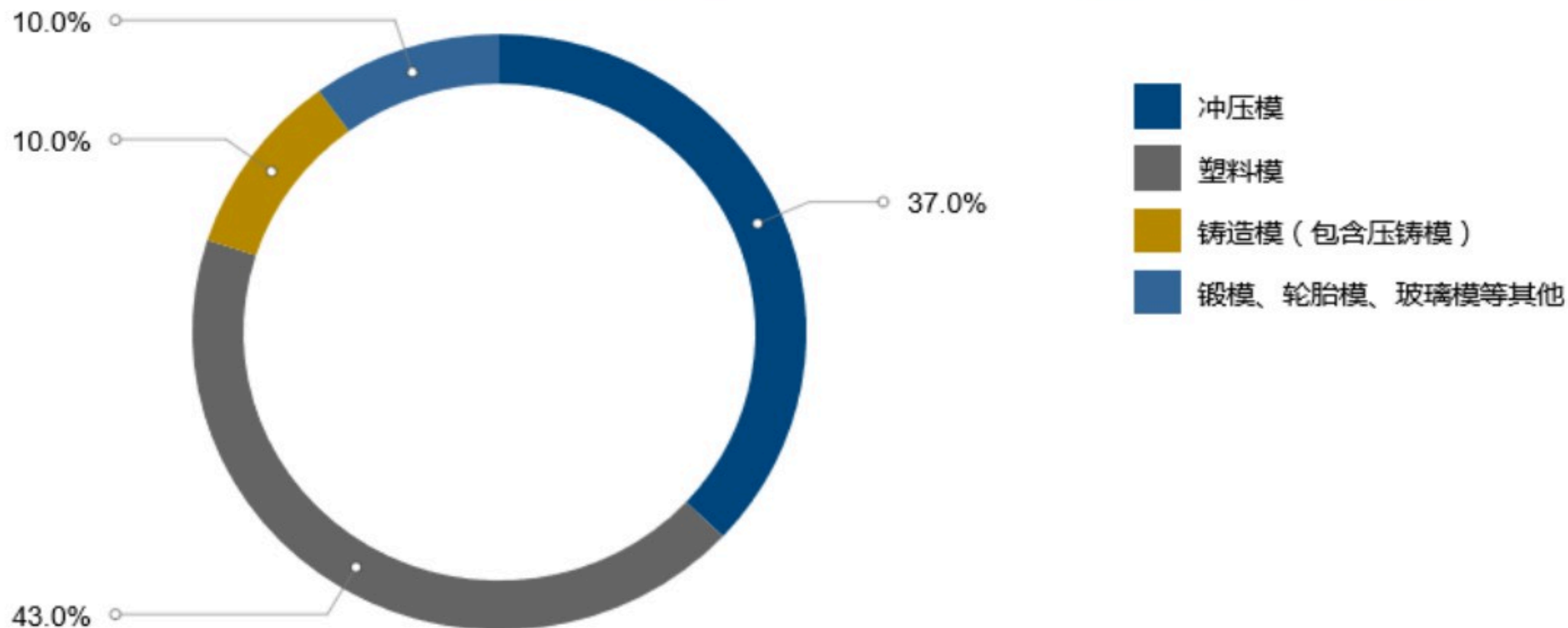
汽车零部件在通常情况下是指除汽车机架以外的所有零件和部件，机架也可以算是部件，不过与零部件不是同一个概念。其中，零件指不能拆分的单个组件；部件指实现某个动作(或：功能)的零件组合。据GIR(Global Info Research)调研，按全球汽车零部件的营业收入来统计，2021年全球汽车零部件收入为1.51万亿美元。2022年我国汽车零部件制造业营业收入为3.88万亿元，同比增长3.63%，目前我国汽车零部件主要供应集中在龙头企业上，主要包括华域汽车、拓普集团、均胜电子、诺博汽车等。前瞻预测，至2028年我国汽车零部件行业主营业务收入将打破4.8万亿元。



图表：2017-2022年中国汽车零部件市场规模预测

模具是利用金属、非金属等材料经专用设备加工而成的基础工艺装备，是大批量生产特定零部件或制件的成型工具。而汽车模具广义上是指制造汽车上所有零件的模具总称，主要包括冲压模具、注塑模具、锻造模具、铸造蜡模、玻璃模具等，其中冲压模具所占比重约40%，在冲压模具中，汽车覆盖件模具又占据了主导地位，因此“汽车模具”也常特指“汽车冲压模具”或“汽车覆盖件模具”。2015年到2021年，我国汽车模具市场规模从860亿元增长到了1050.5亿元。

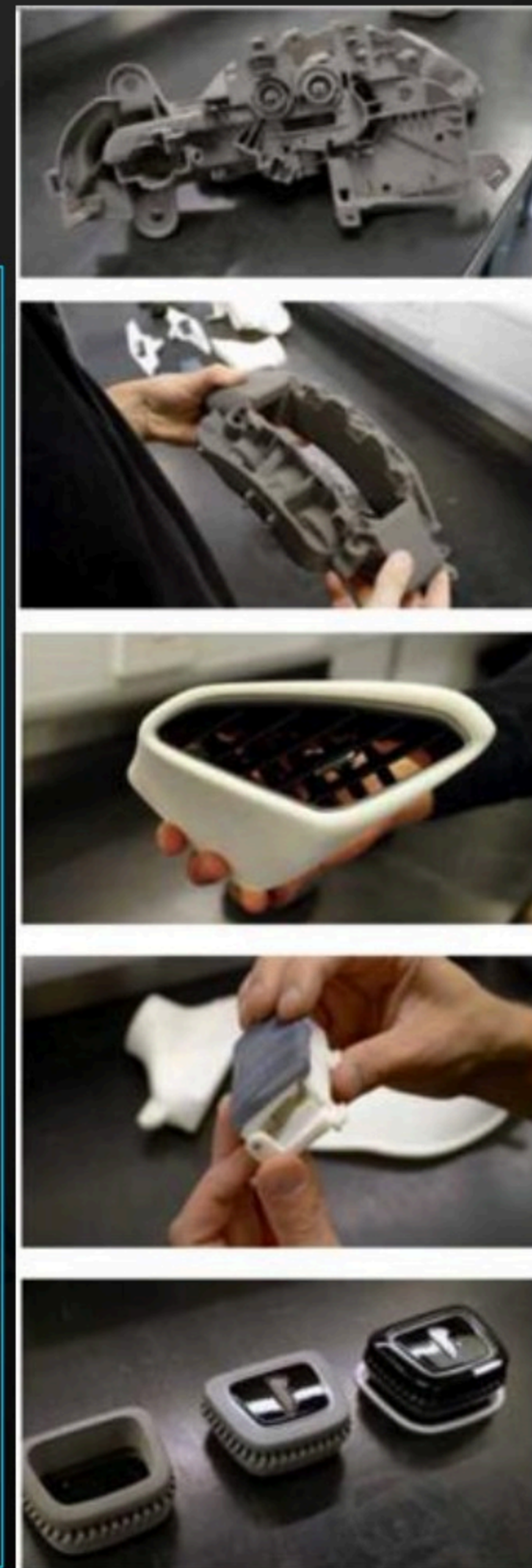
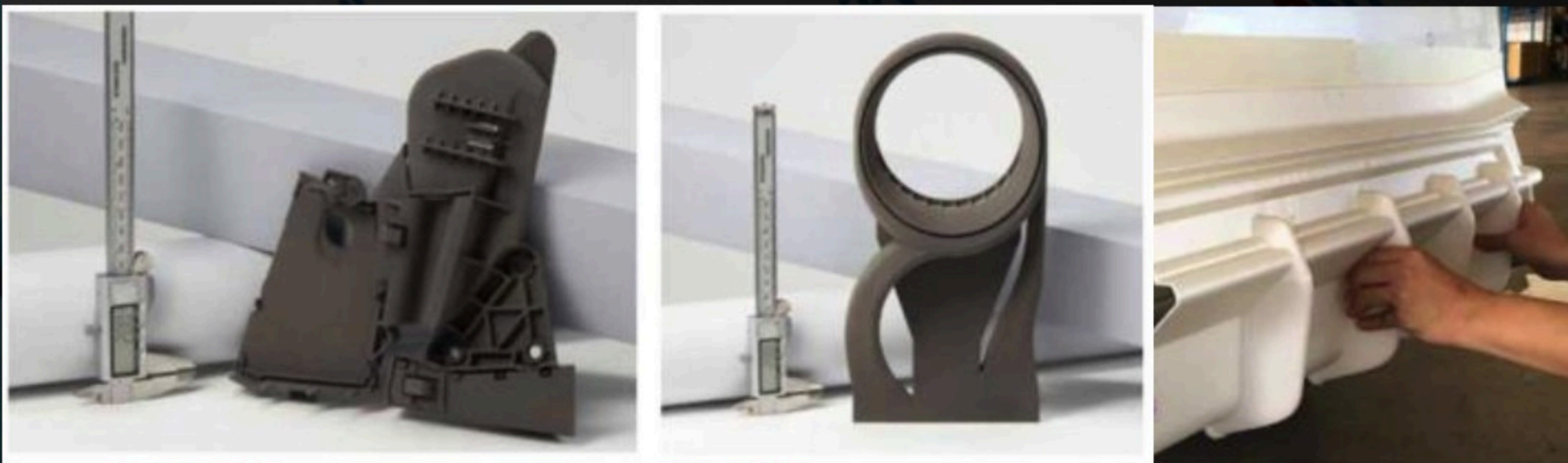
中国模具产业结构



手板是在没有开模具的前提下，根据产品外观图纸或结构图纸先做出的一个或几个，用来检查外观或结构合理性的功能样板。通常刚研发或设计完成的产品均需要做手板，手板是验证产品可行性的第一步，是找出设计产品的缺陷、不足、弊端最直接且有效的方式，从而对缺陷进行针对性的改善，直至不能从个别手板样品中找出不足。

我国手板模型从业人员已达20万之多，主要分布在长三角、珠三角与环渤海产业发达地区，其中深圳有企业1000多家，上海有企业200多家。

全国"手板城"共有50多个，已建成的"手板城"有东莞横沥手板城、浙江余姚手板城、昆山江苏省手板工业实验区、宁海手板城、中国（泊头）汽车手板之乡、黄骅手板城、长沙国际手板城、成都手板工业园、北仑手板园区、大连手板城等。



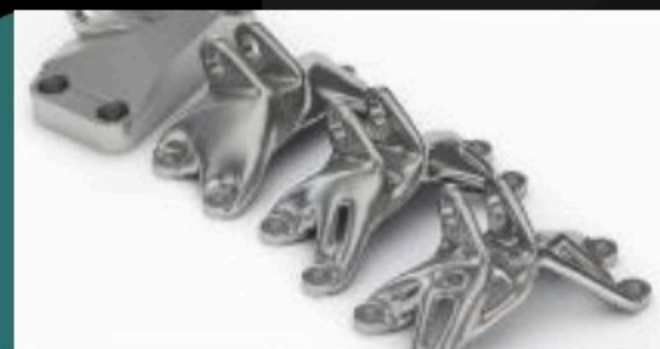
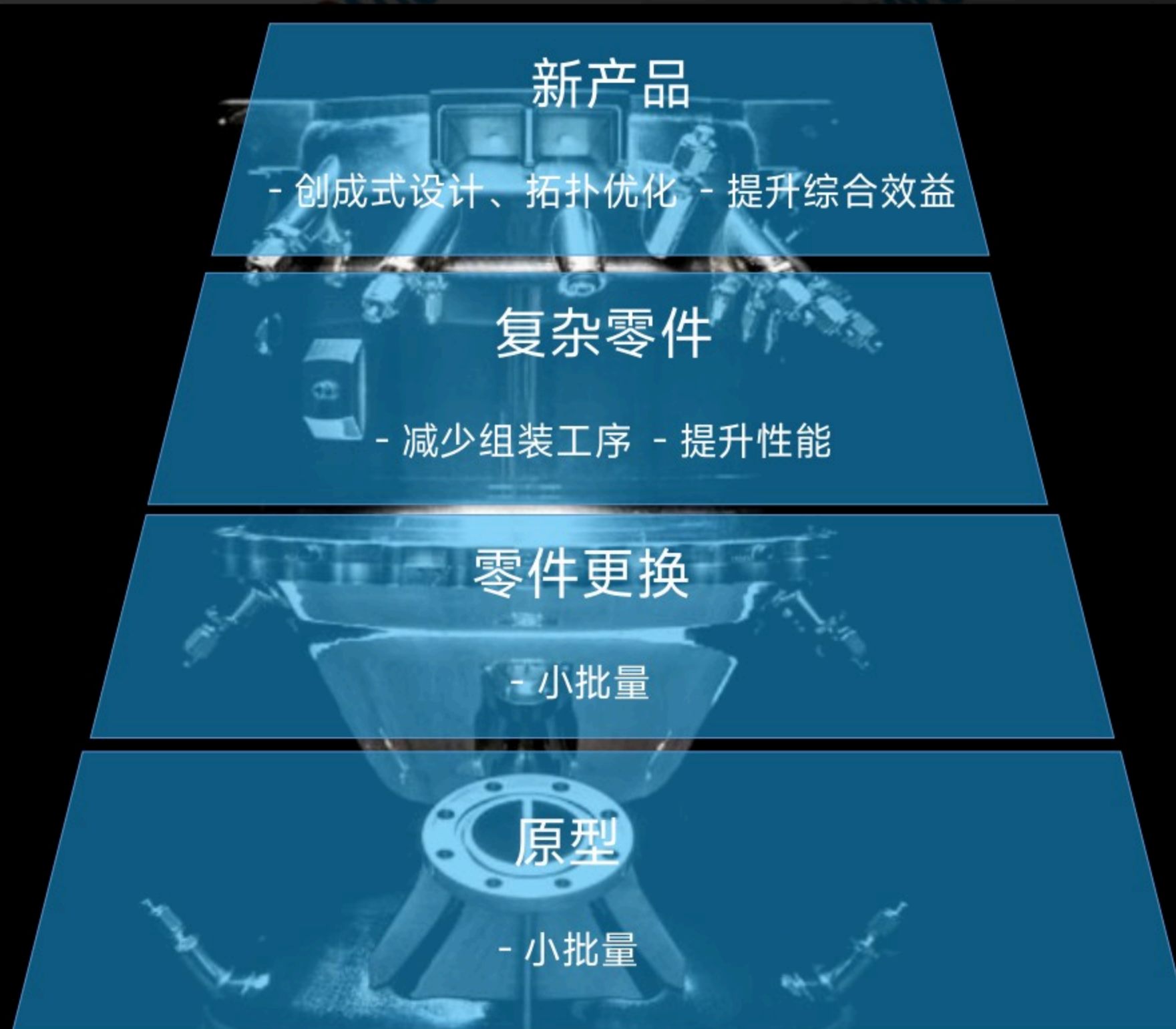
3D打印应用



www.3dsciencevalley.com

3D打印应用价值与挑战

产品生命周期效益随着台阶上升而加大



4个台阶的生产效益或许改变不明显

汽车行业的3D打印路线图

基础快速原型、小批量制造与工具制造、正向设计与功能集成、离散制造。

汽车行业3D 打印发展路线图



量变的挑战

从小批量的十几个增加到至少每年100万个



01

尺寸

机器尺寸：粉末床金属熔融技术当前普遍限制在400毫米，或者在600毫米（根据3D科学谷的市场研究）。

02

精度

准确性：增材制造需要能够以最小的后处理需求来创建精确的零件。

03

材料

材料：大多数3D打印材料目前主要适用于医疗和航空航天工业。

04

效率

效率：目前增材制造对于汽车生产来说太慢了，冲压机每六秒钟可生产一个零件，而粉末床金属熔融技术则需要几个小时才能生产一批小零件。

05

成本

成本：作为高产量和面向消费者的行业，虽然增材制造可以将许多零件组合在一起一次完成，但铸造几乎可以便宜两个数量级。

3D打印在汽车领域实现产业化的五大挑战

挑战1:
尺寸

目前实现的是小型零件的加工，对于非常大的铸件和冲压件的距离，还有很长的路要走

虽然增材制造可以将许多零件组合在一起一次完成，但目前铸造几乎可以比某些3D打印技术便宜两个数量级。

挑战2:
一致性

任何一个零件，要实现从0到1的3D打印，再实现从1到n的产业化生产，都需要经历一个不断突破的过程

挑战3:
材料

目前汽车领域可用的合金通常是用于铸造或锻造产品的合金，而对于某些3D打印技术来说，合金的开发则需要考虑增材制造工艺中经历的快速加热和冷却速率因素。

挑战4:
效率

冲压机每六秒钟可生产一个零件，而某些3D打印技术则需要几个小时才能生产一批小零件

挑战5:
成本

汽车制造领域的细分应用

Fluid and cooling components

Fuel line, lubricant line,
cooling of air, oil and water

流体和冷却

Assembly

Jigs & tools

工装夹具

Powertrain and drivetrain

Exhaust components, engine
components, gearbox compo-
nents, brackets and frames

动力与传动

悬挂系统

Suspension

Wishbone, damper fork,
trailing arm

Interieur and exterieur

Tools, ramp up production

内饰与外饰

Tires

Tools

轮胎



3D打印在汽车领域实现产业化的五大挑战

备品备件

复杂零件



燃油混合器、气动阀、热交换器、结构件、内饰件等等

3D打印直接从数字模型到生成零件的能力不仅使流程更加高效，而且允许业务模型的分散化、实现弹性的供应链体系，并且提高售后服务过程中的客户体验，节约材料和物流，避免浪费。

借助3D打印实现结构一体化零部件，产品质量得到了提高，从而提高了可靠性。3D打印还提升了产品品质，从而减少了对售后维修服务支持的需求，因此在产品报废时处理已停产的库存零件的需求也减少了。

奔驰VISION EQXX 的整个后副车架（BIONEQXX）是通过将 70 多个部件整合到一个单一的、仿生工程优化的铝铸件中而制造的。为了生产奔驰有史以来最大的铝铸件 BIONEQXX 零件，奔驰采用了3D打印砂型与铸造结合的方式，通过大型的3D打印砂型模具，实现了仿生学结构的制造。



车身底盘铸件的开口使用由3D打印与回收塑料UBQ制成的贴片封闭。总共有42 个UBQ贴片，通过3D打印实现了形状优化设计，以实现极高的刚度和良好的隔音质量。与传统生产的部件相比，这种创新的方法有可能实现 15% 到 20% 的重量减轻。标志着轻量化设计的一个里程碑，并且满足严格的奔驰质量要求。



25

驱动电机零件与材料组成

用于制造定转子的硅钢片

用于转轴和轴承制造的钢材

用于绕组的铜



用于制造定转子的硅钢片

用于外壳和机座等部分的铸铁

图: GM

3D打印绕组

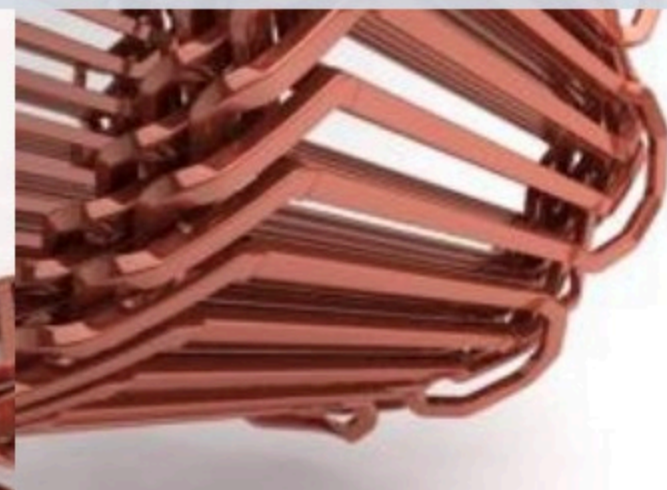
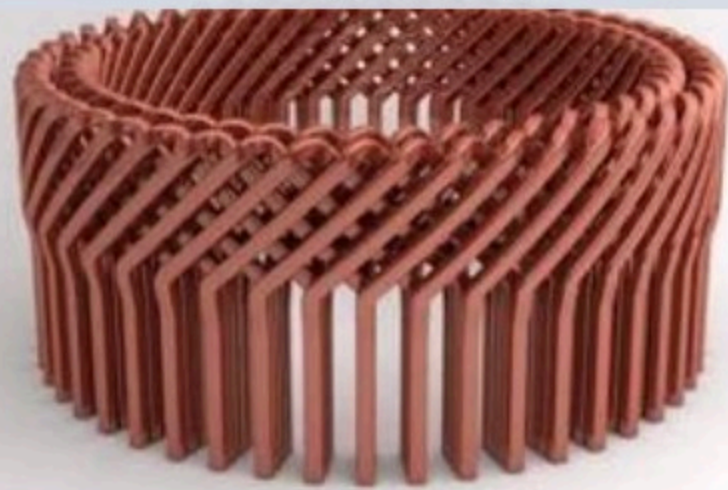


图: Additive Drives



应用：3D打印铜绕组
材料：铜
技术：PBF基于粉末床的选区金属熔化3D打印
逻辑：使得凹槽中的铜含量更大，意味着匝的最大横截面和较小的电阻。通过3D打印所实现的可变的形状还有利于散热，每条电线都与线圈的叠片铁芯热接触，没有热点。



应用：3D打印槽衬
材料：PEEK材料...
技术逻辑：
可增加铜槽填充、提高热导率并减少制造成本/时间



应用：3D打印铜绕组
材料：铜
技术：粘结剂喷射3D打印
逻辑：减少最终部件的制造步骤和能耗，产生的废料也更少。这使组件效率更高，可以提供更好的性能。

图：Desktop Metal, Solvay, ACAM

3D打印电机铜绕组



图：ACAM亚琛增材制造中心

GKN与汽车制造商保时捷通过金属3D打印开发新型电子驱动动力总成的新应用。GKN根据粉末床金属熔化3D打印技术的特点，针对更高的设计自由度、更高效、更集成的动力系统开发了特定的钢材料，这种钢材料能够承受高磨损和负载，并结合3D打印所实现的功能集成进一步减轻重量。采用结构优化技术结合GKN的材料，保时捷实现了差速器的独特设计（包括齿圈），通过这种齿轮减重和刚性形状的组合，实现了更高效的传动。

**Housing**

Aluminum die casting
Tool costs: 100 k€
Lead time: 14 weeks

Cover

deep drawn sheet metal
Tool costs: 20 k€
Lead time: 8 weeks

Axle

Machined and broaching
Tool costs: 50 k€
Lead time: 8 weeks

Helical gears

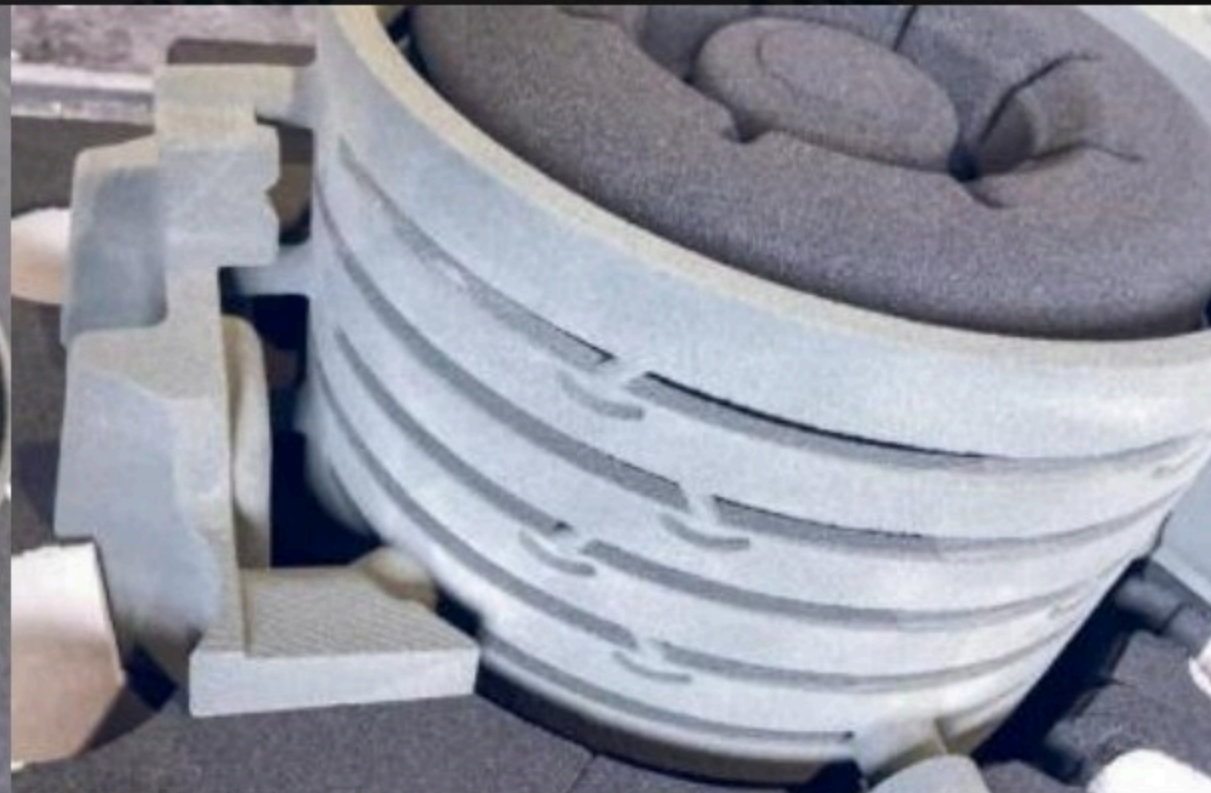
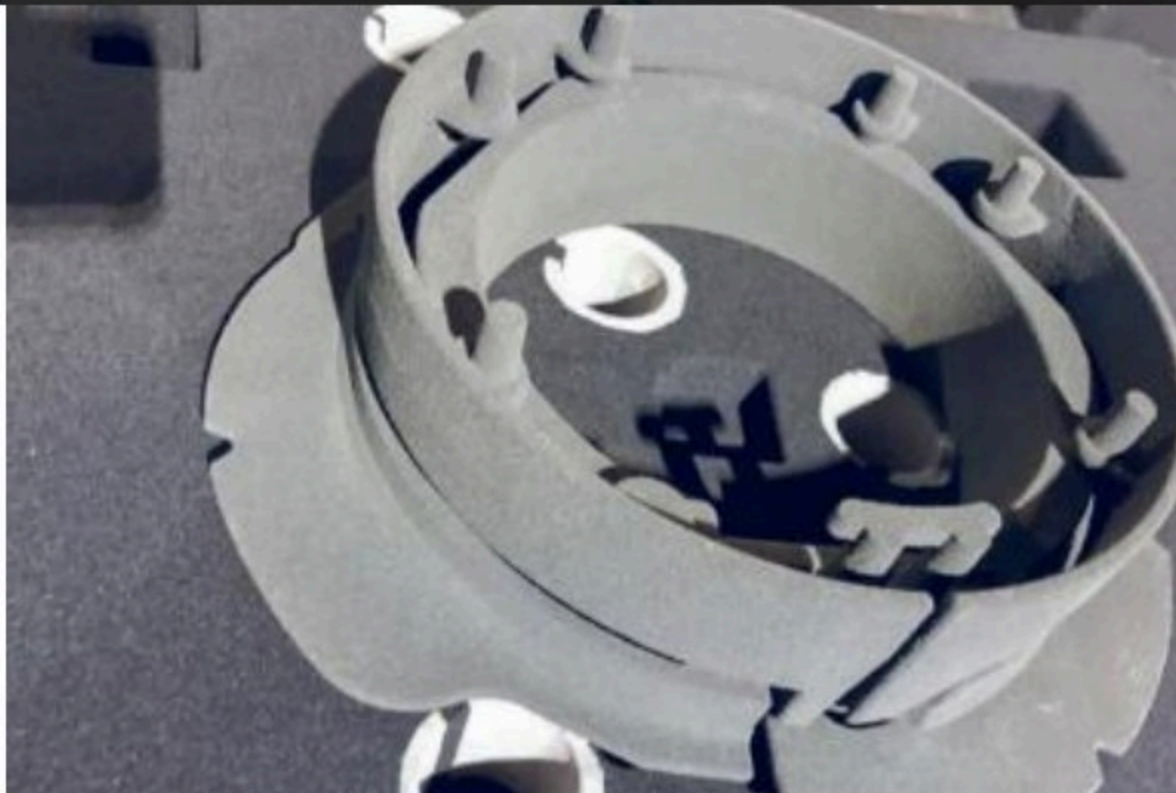
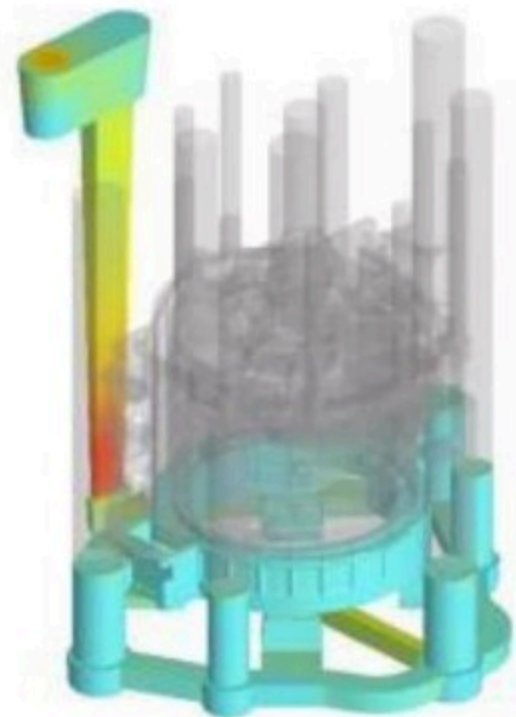
PM – surface densified
Tool costs: 100 k€
Lead time: 14 weeks

Plastic components

Plastic injection moulding
Tool costs: 15k – 50k€
Lead time: 10 weeks

With AM all these parts
could have been
produced in just one
month instead of months
– without tooling costs!

汽车零部件制造商BCP（Brooks Crownhill）为汽车行业的客户大量生产发动机部件，还生产电动机的外壳部件。BCP的一大目标是必须使零件越来越轻，不仅需要做到轻量化这一点，还需要同时保持甚至更好地提高零件机械性能并延长零件的使用寿命。而这一诉求在使用voxeljet-维捷的3D打印砂型技术上得到了很好的满足。



3D打印对金属铸件的影响：设计可行性
-内芯作为一个完整部分进行打印

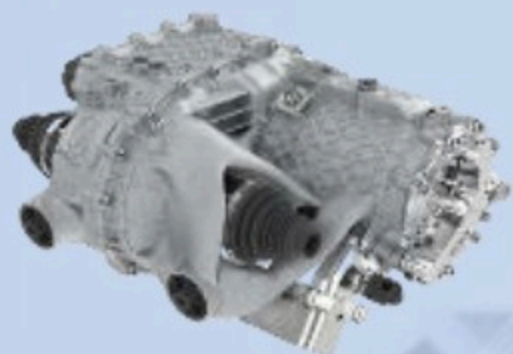
实现为“功能”而设计

不仅仅是单纯的产品优化

-在设计阶段计划进入砂芯的气体通道，使排气的工作更加轻松

29 保时捷3D打印驱动器外壳的产品生命周期逻辑

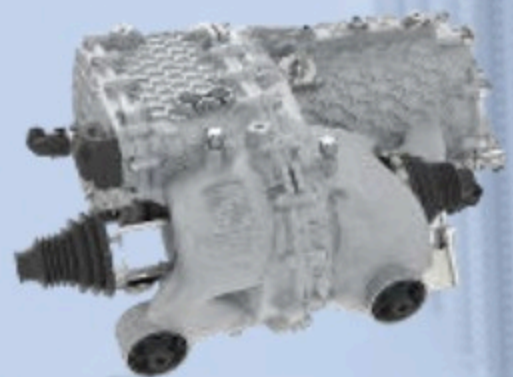
电力驱动及控制系统是电动汽车的核心，也是区别于内燃机汽车的最大不同点。保时捷通过激光选区熔化金属3D打印开发新型电子驱动动力总成的新应用。

**减重**

外壳部件的重量减轻了约 40%，并将驱动器的总重量减少了大约 10%。

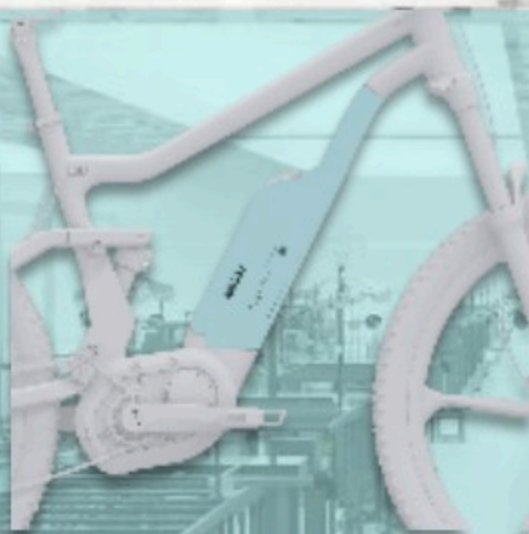
**最佳的刚度**

只有通过增材制造才能实现的特殊结构，高应力区域的刚度增加了一倍。

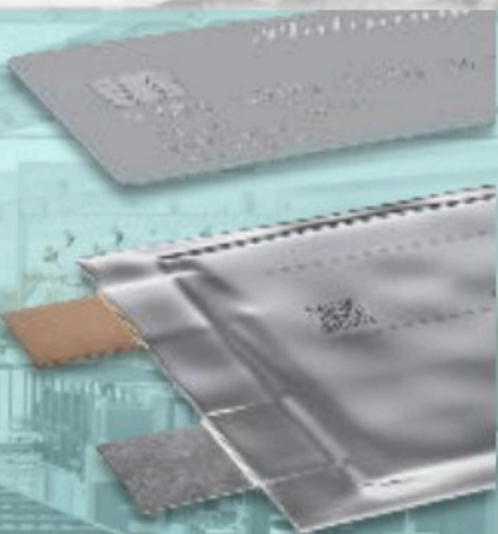
**综合效益****减少噪音****减少组装需求****更稳定的工作性能**



电池可以随
形填充“死角”
区域



定制形状成
为可能



尺寸自定义
成为可能

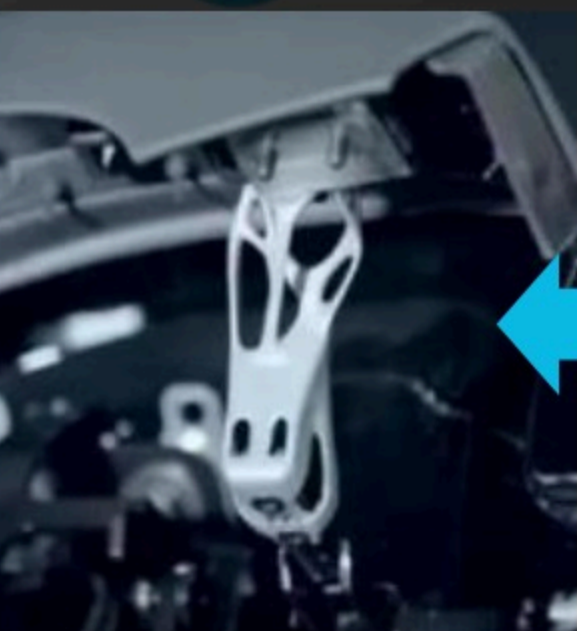
美国公司Sakuu 将通过3D 打印技术进行固态电池 (SSB) 的快速和大批量生产。根据该公司，与锂离子电池相比，具有相同容量但尺寸减半，几乎轻了三分之一。在 Sakuu 的路线图中，计划2023 年实现能量密度超过1200Wh/L的全3D打印固态电池。

Sakuu推出了固态电池3D打印平台Kavian，将多种工艺和材料集成在一个平台中，以大规模打印功能齐全的电池。Kavian 平台可以在同一层打印陶瓷、玻璃、金属和聚合物。该平台对更大的区域使用粘结剂喷射3D打印技术，并为更精细的细节使用不同的材料喷射。

通用汽车通过座椅支架的减重揭示了3D打印对于零件潜在质量和强度改进的潜力。



布加迪采用激光选区熔融金属3D打印技术，对电动机支架进行批量生产，集成水冷却作为主动隔热罩，可显著降低传热量。



宝马汽车通过粉末床金属3D打印技术制造的轻量化支架随着i8 Roadster的批量化生产而进入到量产领域。不仅仅是金属3D打印，宝马还引进了Carbon和惠普的设备，在积累了足够的应用经验后，这些塑料3D打印也有望推向生产领域。



SLM Solutions和Hirschvogel Tech Solution开发的转向节，通过仿生力学的设计，与传统锻造部件的重量相比，重量减轻了约40%



在宝马 IDAM（增材制造工业化和数字化）项目中，由12个项目合作伙伴组成的合作共同为宝马建立了两条全自动生产线，用于汽车零部件的增材系列生产。可以在两个地点经济高效地生产至少50,000个组件，并使用金属3D打印生产超过 10,000个单独的零件和备品备件。

RWTH亚琛工业大学DAP数字增材生产学院和Fraunhofer ILT亚琛弗劳恩霍夫激光研究所的科学家支持了该项目，特别是在流程链的数字自动化领域。



鼓式

旋转元件为制动毂(brake drum)



超高速激光熔覆3D打印制动盘



耐用
低粉尘排放
轻量化
低成本
生态平衡

LPBF激光选区熔融3D打印制动钳



盘式

旋转元件为制动盘 (brake disc)



钳盘式

定钳盘式

浮钳盘式

全盘式

34

3D打印与刹车片

树脂基刹车材料



粉末冶金刹车材料



碳/碳复合刹车材料



陶瓷基刹车材料



3D打印优势

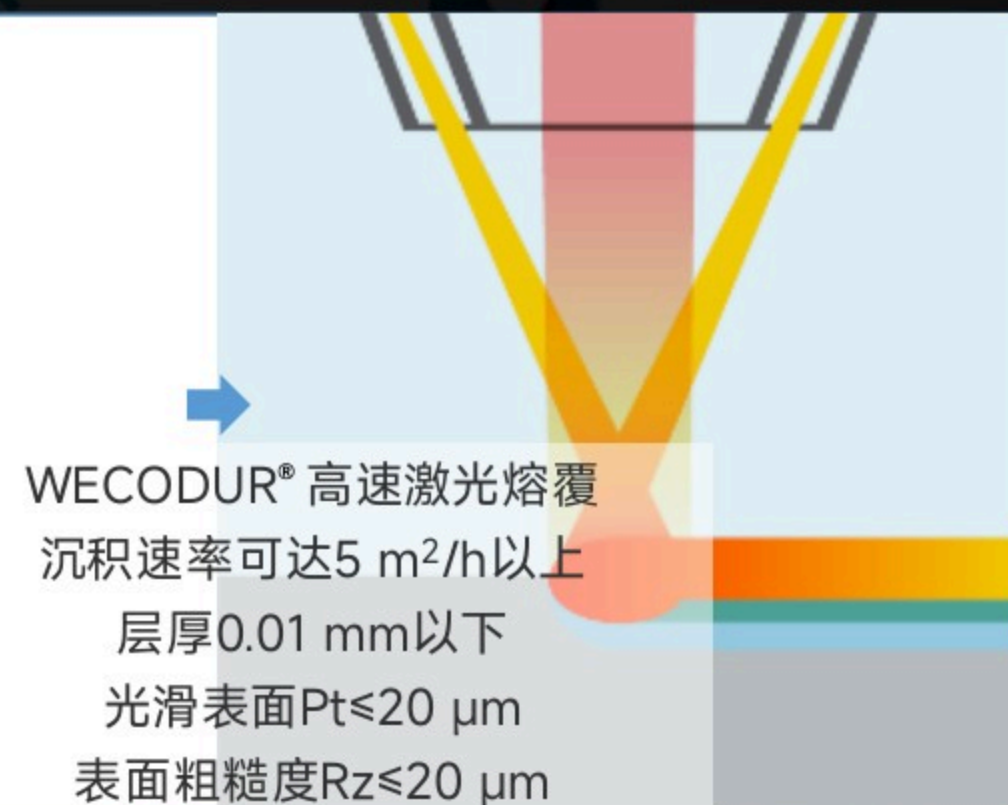
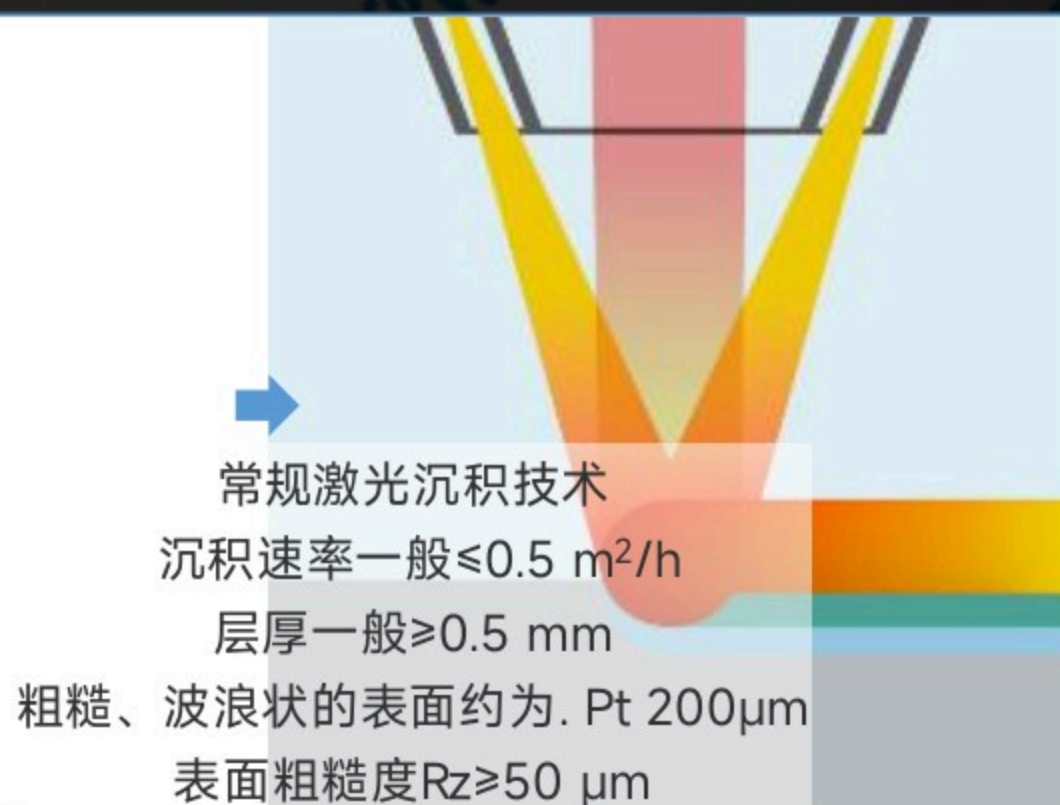
PBF 电子束选区熔融或激光选区熔融3D打印技术

BJ 粘结剂喷射3D打印技术

FDM 熔融长丝挤出3D打印技术

致密
耐摩擦
力学性能强

车辆制动动作会在制动盘和制动衬块之间产生磨损，由此产生的磨损是颗粒物。亚琛工业大学和弗劳恩霍夫研究所的创新高速激光熔覆增材制造工艺带来的涂层效果应用于制动盘。并从科学实验室走向产业化道路，使其适合大规模生产。亚琛增材制造中心-ACAM所孵化的技术WECODUR®高速激光熔覆工艺，通过增材制造实现低排放制动器，提高了耐腐蚀性并减轻了重量，由于高速激光熔覆工艺的进一步发展和工业化，制动盘现在可以使用 WECODUR® 技术进行可重复的涂层，在汽车的大规模生产中具有经济可扩展性。



使用这一技术可以减少高达97%的刹车粉尘。因此，汽车制造商仅通过使用WECODUR®的硬涂层制动盘和合适的制动片就可以满足特定的排放法规。车辆不需要以任何其他方式进行改装。同时，刹车圆盘可以是一种轻型结构，每100公里可减少100克以上的二氧化碳排放。

通快集团（TRUMPF）高速熔覆技术能够有效地减少刹车盘的磨损，从而减少有毒粉尘的排放。目前，通快已联合知名主机厂和零部件供应商针对刹车盘磨损问题进行了量产测试。通常车辆每行驶超过5万公里后，车主不得不更换刹车盘，具体更换时间也取决于行驶的风格和磨损程度。而在未来，得益于高速激光熔覆技术，刹车盘的使用寿命更长，更换刹车盘的次数会大大降低。

高速熔覆技术

减少磨损

减少有毒粉尘排放

防腐蚀保护作用
尤其适合新能源车辆

延长刹车盘寿命



子午线轮胎及轮胎模具分类



花纹制造工艺

手工镶嵌钢片

电火花加工

精密铸造

高速雕刻花纹

部分替代传统冲压钢片
制造复杂钢片

替代铸造基础模镶嵌钢片工艺
实现一体化成型

直接制造花纹块模具
复杂钢片与模具一体化成型

3D打印应用

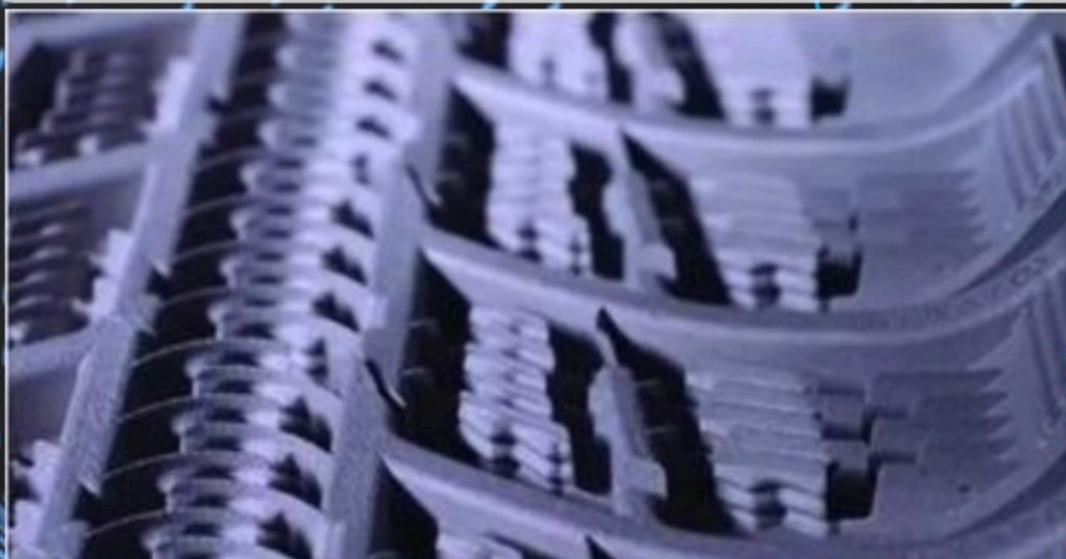
金属3D打印复杂钢片

光固化3D打印+铸造

金属3D打印
(早期探索)

金属3D打印很好的解决了刀具干涉的问题，当复杂性与可制造性不再是困扰轮胎模具制造的最大因素的时候，3D打印很好的释放了轮胎产品设计迭代的便捷性，也催生了新型的轮胎制造能力。例如通过3D打印技术，米其林设计出独特的雕塑系列轮胎 MICHELIN CrossClimate+ 并通过安全认证，使得米其林的轮胎在市场上更具竞争力。

3D打印轮胎模具



3D打印 成就 新型轮胎

无气轮胎已经制造了几十年，每个原型都遇到了一个或另一个问题。根据3D科学谷，米其林取得了突破，米其林已经公布了用于实际测试的3D打印无充气轮胎 Uptis（独特的防穿刺轮胎系统），并计划在2024年之前将成品推向市场。与传统轮胎相比，它们具有更高的耐用性、更少的维护和更少的浪费。

3D打印无充气轮胎



在轮胎模具制造过程中有两大技术难点，一是拥有复杂花纹的轮胎模具，这类模具需要复杂的零件加工死角手工修饰，有的还需要手工镶嵌钢片修饰。特别是高性能的轮胎模具，如冬季胎、雪地胎，或是特殊设计的轮胎，需要大量的钢片修饰，有的模具甚至需要上千枚钢片，工艺难度几何增加。二是铸造工艺制造流程繁琐，需要的周期长。

光固化3D打印+铸造

联泰科技数字化解决方案

- 3D打印一体化基础木模
- 替代翻硅胶膜以前的一系列繁复工序



金属3D打印 (早期探索)

GF加工方案提出了打印花纹块的增材制造解决方案，此方案由花纹块专用扫描策略和差异化层厚等两个具体改善措施组成。



钢制材料

碳素钢
球磨铸铁
新型高强度钢材：

- 微合金钢
HSLA
- 双相钢(DP)
- 贝氏体钢
- 铌微合金

轮辋滚压成形、轮辐冲压成形、组装焊接以及涂装等工序
整压工艺
旋压工艺

合金材料

铝合金

铸造
锻造
半固态模锻法
旋压

镁合金

轧制、挤压、冲压、热锻及超塑性成形

钛合金

增材制造

PBF 电子束选区熔融3D打印技术

PBF 激光选区熔融3D打印技术

复合材料

碳纤维复合材料



HRE轮毂与GE增材制造合作开发
第二代HRE3D + 钛合金轮毂

电子束选区熔融3D打印技术
激光选区熔融3D打印技术

与第一代概念轮毂比较：
减重：如20英寸轮毂由20磅减至16磅；
零件数量减少：由6个减至5个

与传统制造技术比较：
制造过程原材料浪费减少：从80%减至5%（重量）





由Ascension design设计，铂力特提供技术支持和完成增材制造的车轮轮辐，组装成轮毂后通过国家标准的性能测试实验，满足上路的性能条件和要求。



该轮毂的最终成形规格为20英寸，轮辋由碳纤维材质制造，轮辐由钛合金整体3D打印而成。单个轮毂重量为10kg，相比传统轮毂重量减少40%。

激光选区熔融3D打印技术

空气冷却技术

强制对流

自然对流

液体冷却技术

直接液体冷却

间接液体冷却

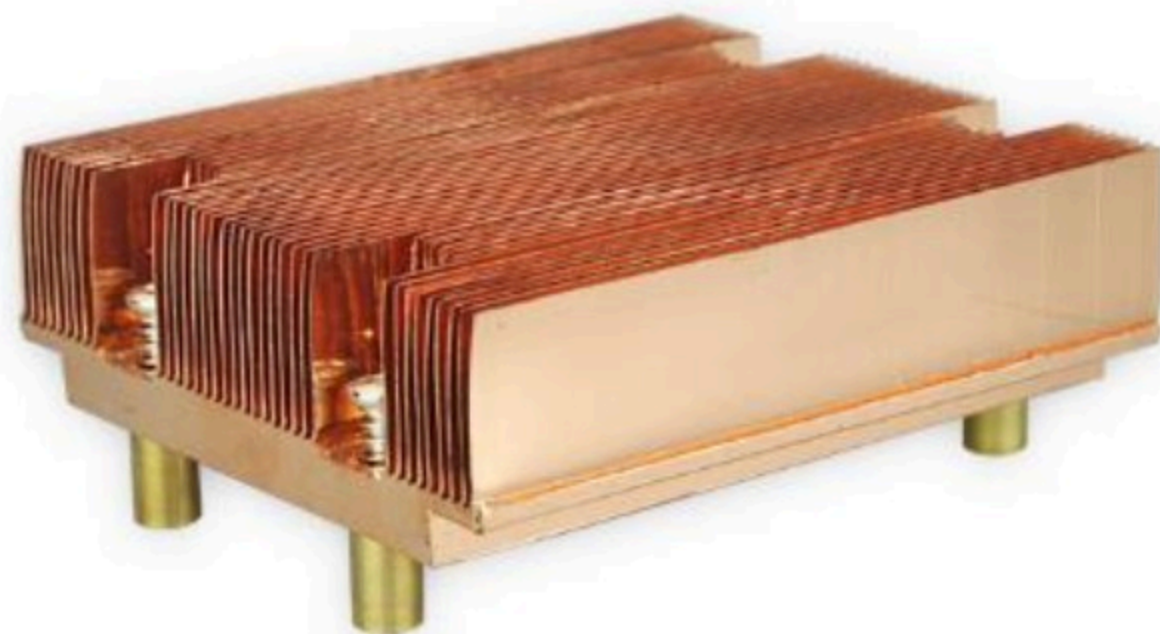
微通道传热技术

射流冲击冷却技术

相变冷却技术

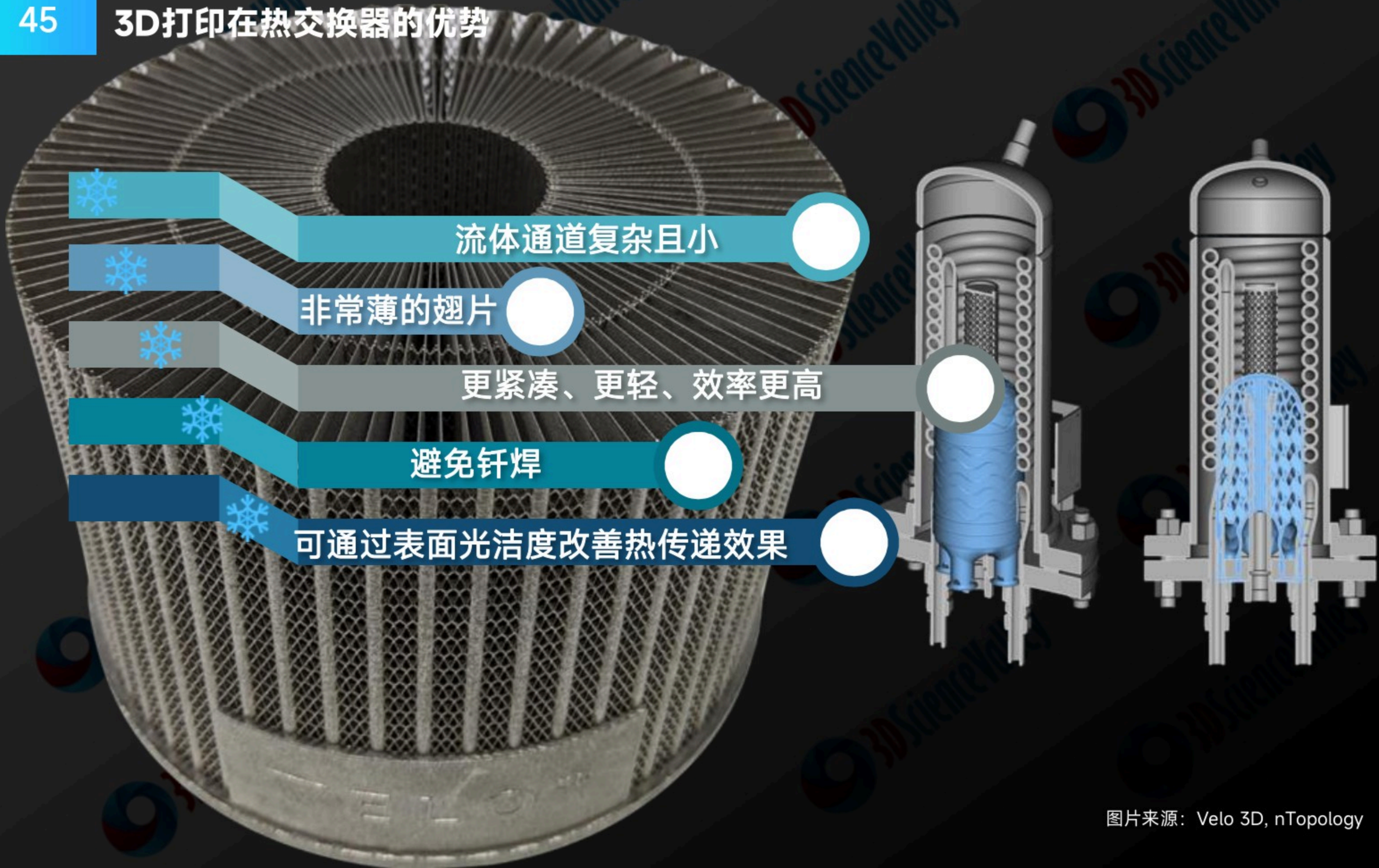
热管传热技术

电子产品散热技术主要指外部热设计的方法、方式和技术，涉及与传热有关的散热或冷却方式、材料等多方面内容，目前应用较多的电子产品散热技术主要有空气冷却技术、液体冷却技术、射流冲击冷却技术、相变冷却技术、热管传热技术、微通道传热技术、热电制冷技术等。



45

3D打印在热交换器的优势

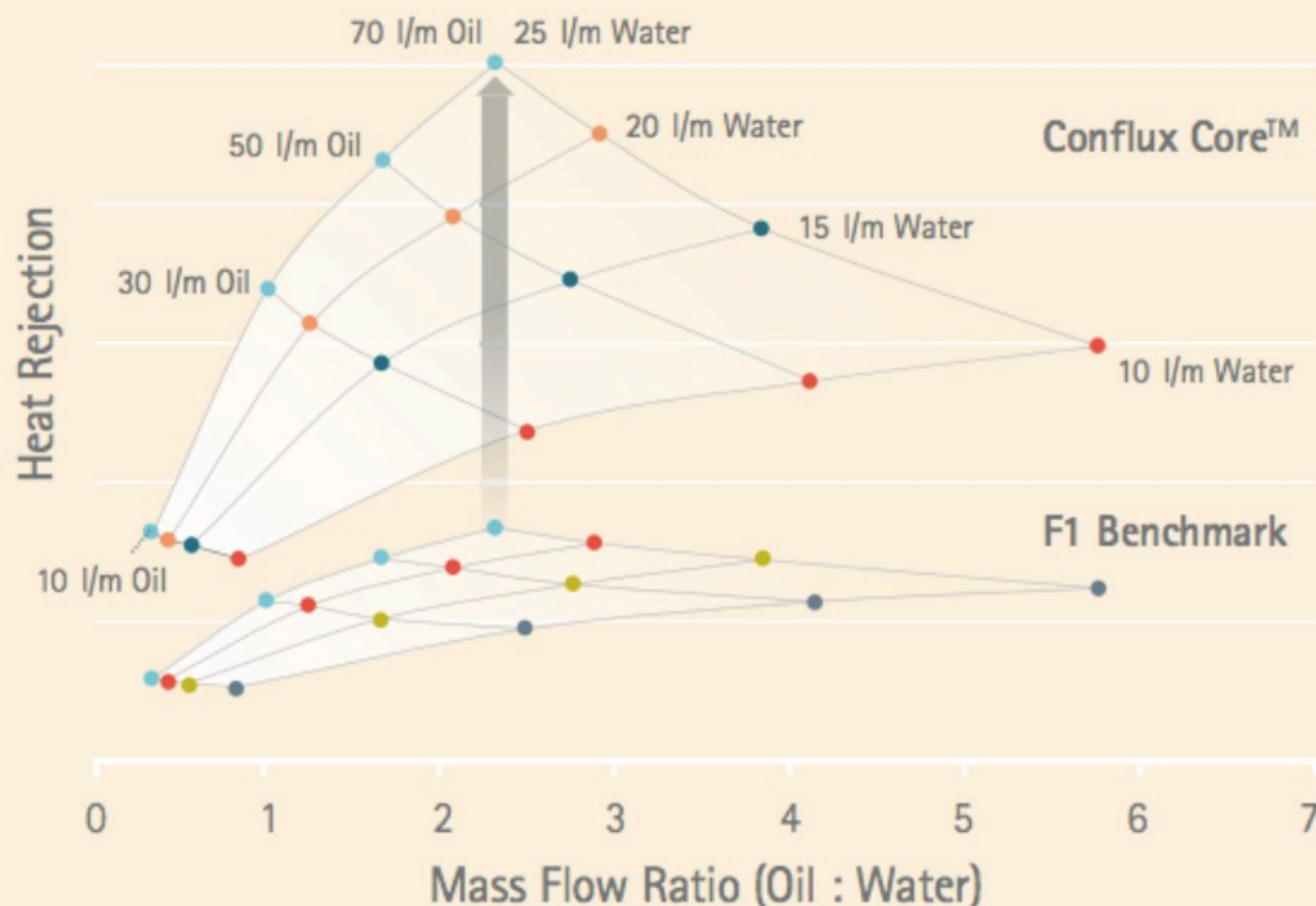


Conflux Core热交换器开发过程非常快，现在，获得专利的Conflux热交换器在各个行业都有各种应用，包括航空航天，汽车，石油和天然气，化学处理和微处理器冷却。

Conflux在某些实验中发现3D打印的热交换器的热绝热性能比传统热交换器高三倍。这归功于3D打印热交换器的复杂内部几何形状，这增加了表面积而不增加体积。



Heat Rejection Comparison – Conflux vs. Benchmark



Conflux增材制造热交换器在电动车中的应用

- ✓ 电池冷却
- ✓ 传动冷却
- ✓ 电机冷却
- ✓ 电子器件冷却

电子器件
-冷却板/散热器



电池冷却
-气/液热交换器
-液/液热交换器



传动/齿轮冷却
电机冷却
-油/液冷却
-液体热交换器



暖通/空调系统
-气/液热交换器



conflux
TECHNOLOGY

随着电动车制造商不断的追求效率，电动车冷却的复杂性随之增长。有效进行车辆热管理是一项充满挑战的任务。

增材制造-3D打印技术能够通过减轻重量、体积和压降，来提升热交换器冷却性能。

实现汽车轻量化的主要途径有结构优化设计、轻量化材料应用和采用先进制造工艺，采用轻质材料，特别是塑料是主流做法。在汽车生产中，100kg的塑料可以替代200-300kg的其他材料，从而实现每百公里0.5升以上的节油。

如：选区激光烧结-SLS；高速烧结-HSS；多射流熔融-MJF；选择性吸收融合-SAF。
典型材料：聚合物粉末

PBF
粉末床工艺

VAT
光聚合工艺

Material
Extrusion
材料挤出工艺

Material
Jetting
材料喷射工艺

如：Polyjet；平滑曲率
打印-SCP；多喷造型-
MJM.....

如：熔融沉积成型-FDM；
电熔制丝-FFF.....

如：光固化-SLA；数字光处理-DLP；
数字光合成-DLS.....
典型材料：光敏树脂

塑料增材制造-3D打印技术



原型制造：外观原型、装配原型、功能原型



生产环节中的工装夹具



小批量生产：内饰件、外饰件；备品备件。



DTC（直接面向客户）模式下的新需求

新能源汽车的维护和售后保养较为简单，将原有的4S拆成了2S+2S模式，即将**整车销售和售后维保分拆成为两个部分**，售后维保通过上门或者远程进行支持，整车销售则可以放在人流更密集的大型商超内开设直营店铺，从而大幅拉近了整车厂商与终端用户之间的距离。

新能源汽车的直营店中可能需要的一些**工装夹具、备件**，会由售后部门进行协调生产并根据需求提供小批量、多批次、灵活的产品供应。这几点是3D打印技术的强项。

对于研发速度要求更为苛刻

在研发阶段，各厂商都在赶进度，要追赶上市时间，研发的各个环节都需要尽量压缩时长。外包CNC加工一般需要2-3周左右的时间，另外大部分新能源汽车厂商设计迭代需求较快，往往中间就已经有一些设计改动，同时由于新车具有保密属性，因此很多OEM最终选择自己购买3D打印机在内部进行生产制作原型。

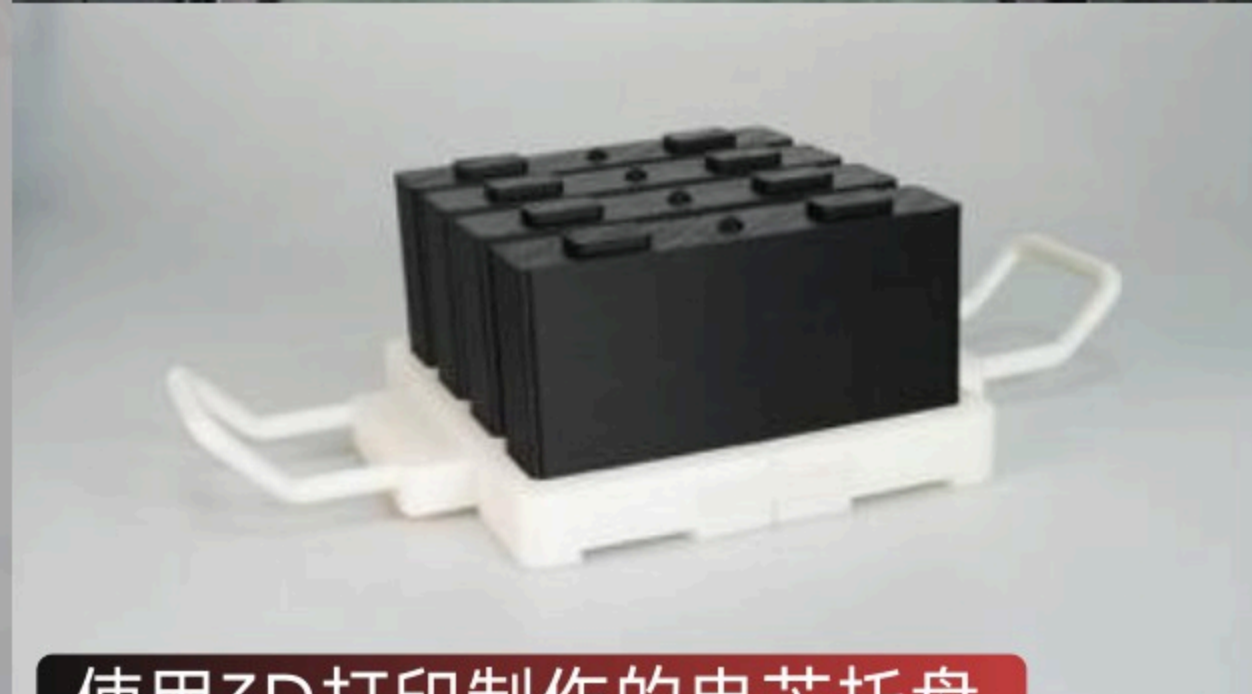
以上行业洞察来自：Raise3D复志科技

51 新能源动力电池企业3D打印夹具批量生产

国内某新能源企业是全球知名的“黑灯工厂”，也是目前全球最大的FDM 3D打印技术用户之一，工厂7/24小时运行有数百台复志科技Raise3D Pro3系列3D打印机，通过3D打印方式，生产各种小批量夹具，取代CNC加工。

该企业的主要产品是新能源动力电池模块，且组成结构中包括电芯组，电芯组由多个单独的电芯排列组成。该企业的电芯的制造过程为全自动流水线模式，至少有14道工序。电芯在每道工序都需要配合自动化机械进行特定的加工处理。为了使电芯流转 to 每个工位时，都能够准确无误的配合自动加工动作，该企业设计了一系列的专用电芯托盘并进行批量3D打印。电芯放置在托盘流转时，能保证电芯流转 to 指定位置并保持标准方向。该企业已经设计并打印托盘的工序包括覆膜和注液。

该企业以往采用外包CNC的模式生产批量定制托盘。这次Raise3D方案打印的托盘并不是以往托盘的复刻，而是经过3D打印优化后的托盘，具有更人性化的结构和轻量化的特点。同时，这些新托盘也更适合高效率的3D打印。在启用Raise3D最新的Hyper FFFTM高速打印技术后，该企业能够以非常高的效益短时间内生产大量的合格定制托盘，并投入使用。



使用3D打印制作的电芯托盘

宝马MINI的车主可以通过专用的在线配置程序来设计自己的内外饰配件，包括：3D打印的仪表盘、侧面指示灯、个人化的门板和LED水坑灯。



保时捷3D打印全斗式座椅，中间层为透气舒适层，由合作伙伴裕克施乐（OECHSLER）采用增材制造-3D打印技术制造。使用了聚氨酯基材料。3D打印舒适层在设计上采用了点阵晶格结构，这是一种典型的面向增材制造而设计的方式。3D打印点阵结构改进了座椅的形状复位功能，最外层透气材料与中间层3D打印晶格结构，为座椅带来良好的被动通风功能。



Extol是针对EV/AV车辆的“桥梁式”生产制造商。该公司通过惠普（HP）的3D打印系统进行零部件小批量生产，例如生产PP材料的电池冷却系统。



宾利概念车的各种功能部件都是用金属3D打印技术制造完成的，包括其标志性的进气格栅、排气管、门把手和侧通风口。



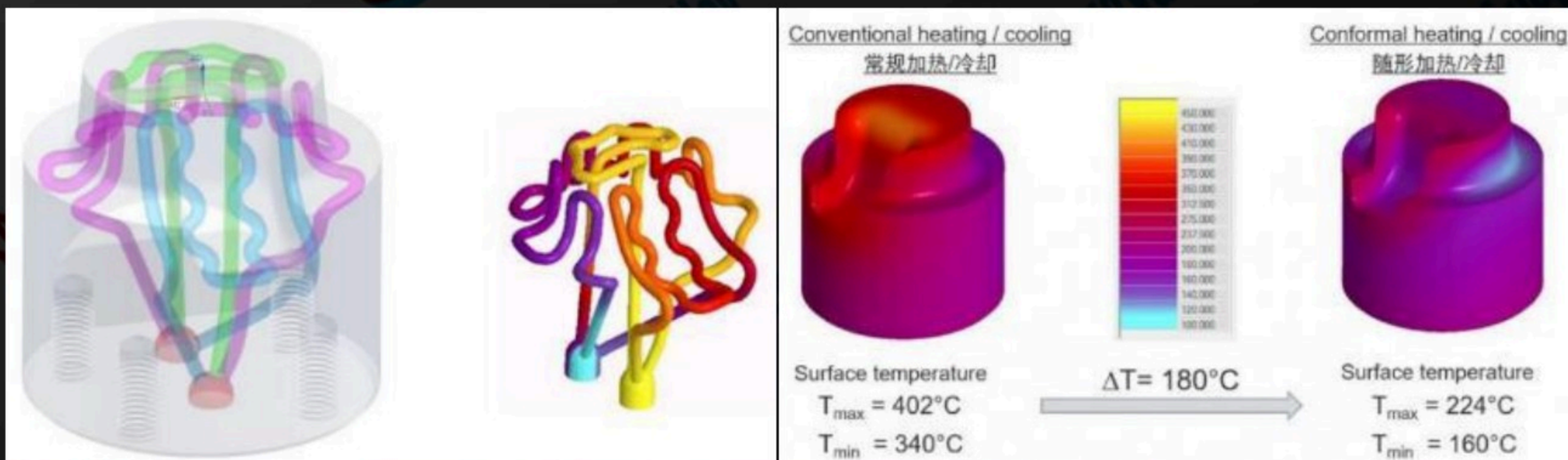
大众汽车使用 HP Metal Jet 金属粘结剂喷射3D打印技术制造的换挡器旋钮。



随形冷却水路是激光选区熔融金属3D打印技术为模具冷却带来的变革性应用。增材制造技术的应用，避免了传统工艺交叉钻孔的限制，这使得模具设计师能够根据冷却要求设计不同的随形冷却回路。该应用为压铸工艺带来了多种效益，包括：

- 使得模具以一致的速度冷却散热，促进冷却的均匀性，减少冷却时间。如果能提高局部过热区域的冷却速度，就能缩短液态金属冷却凝固的时间，实现短时间开模，从而提升产能。
- 提高压铸的综合效益。如：对铸件控砂眼、控热平衡、控粘模。

近年来，金属3D打印技术在汽车压铸模具镶件制造领域得到了应用发展。



增材制造设计、自动化与质量控制



www.3dsciencevalley.com

55

点阵建模软件

AUTODESK

SIEMENS

智能化点阵设计

nTopology

Carbon

Altair

Xp 3DXpert

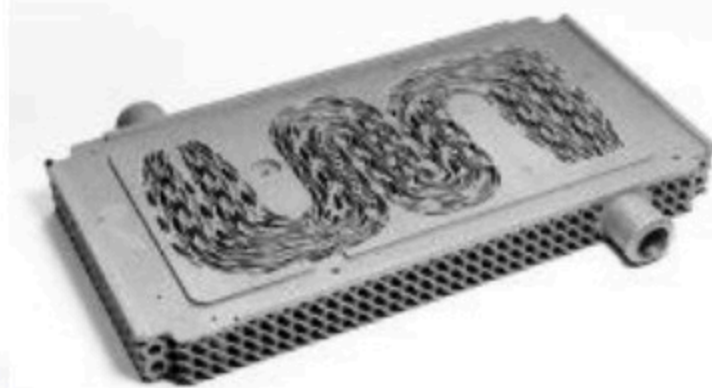
materialise
innovators you can count on

发动机零件

头盔

热交换器

氧化物陶



56

轻量化的实现方式

轻质材料

轻质金属材料
钛合金
铝合金
镁合金
.....

金属替代材料
塑料
纤维复合材料
.....

轻量化的实现方式

结构设计

3D打印通过结构设计层面上达到轻量化的可行性

中空夹层薄壁加筋结构



点阵结构



功能集成一体化结构



拓扑优化结构



图：铂力特、Carbon、布加迪、CogniCAD。

自动化增材制造产线的后处理环节

去支撑



扫描与计划
Scan & Plan



柔性装夹
Flexible Fixturing



工具磨损监控
Tool Wear Monitoring



自动系统校准
Automatic System Calibration

表面处理与抛光



扫描与计划
Scan & Plan



柔性装夹
Flexible Fixturing



工具磨损监控
Tool Wear Monitoring



自动系统校准
Automatic System Calibration

分离基台



自主编程
Autonomous Programming



柔性装夹
Flexible Fixturing



工具磨损监控
Tool Wear Monitoring



自动系统校准
Automatic System Calibration

清粉



扫描与计划
Scan & Plan



柔性装夹
Flexible Fixturing



工具磨损监控
Tool Wear Monitoring



自动系统校准
Automatic System Calibration

58

全自动化增材制造产线的关键技术要素

在线
质量控制

零件分类

后处理

仓储

...

视觉

AM-VISION



物流

AM-LOGIC



分类

AM-SORT



拾取

AM-PICK



标签

AM-ID



专家

AM-EXPERT



封装

AM-BAGGING



规划

AM-ROUTE



质量控制

AM-QUALITY





智能化设计

SIEMENS

AUTODESK


AUTODESK
FUSION 360



HEXAGON

MSC Software

nTopology



ELISE



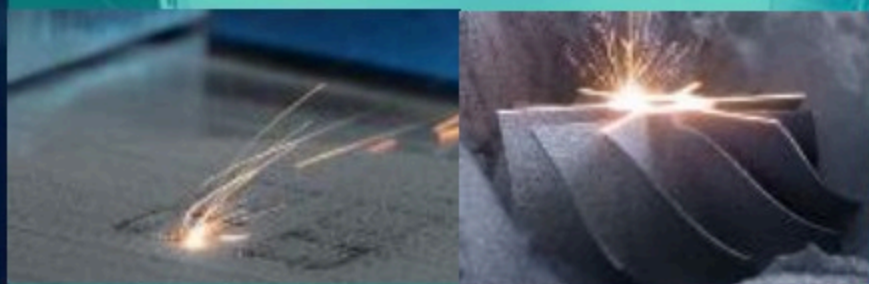
ptc **creo**™



Desktop Metal™

增材制造过程监测

热
光
声音



机器学习

输入

图片、光谱、等

算法

CNN、SVM、ANN等

训练及证实

输出

检测、分类等

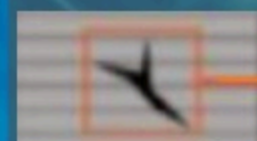
预测缺陷及过程控制

孔隙率: 1.2%

裂缝: 87.7%

分层: 10.9%

其他: 0.2%



行动

过程

监控

算法解读

61

金属3D打印技术加工效率

L-PBF
激光粉末床熔融

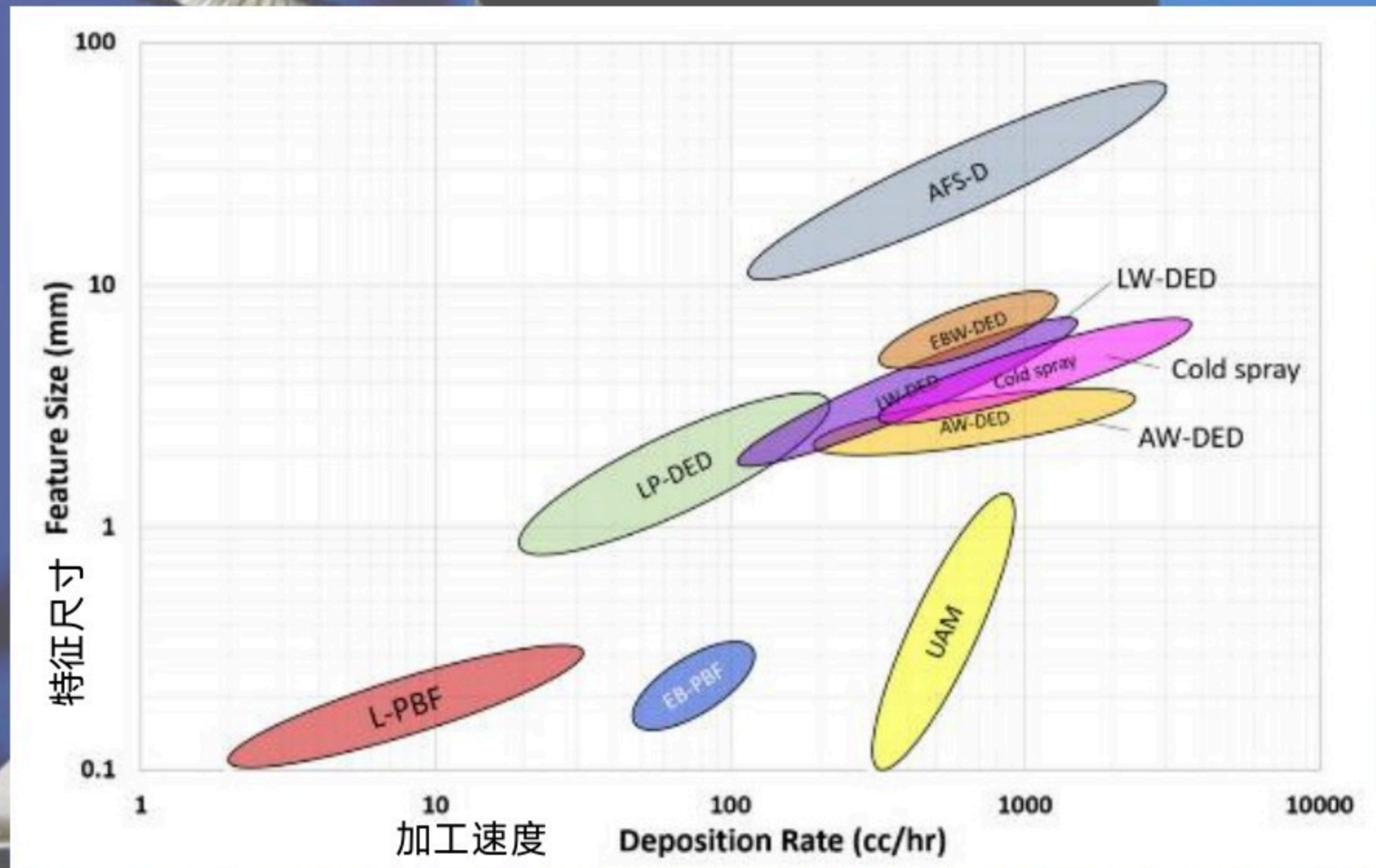
LP-DED
激光粉末定向能量沉积

LW-DED
激光熔丝

EB-PBF
电子束粉末床熔融

AW-DED
电弧

EBW-DED
电子束熔丝



UAM
超声波增材制造

AFS-D
搅拌摩擦焊

Cold Spray
冷喷涂

62

基于激光的金属增材制造使用的原位监测技术的径向图

内圈表示要监控的信号类型，外圈表示监控进程所实现的技术

信号类型

光强度
热辐射
可见光发射
声波
原子发射光谱
其他...

实施技术

光电二极管监测

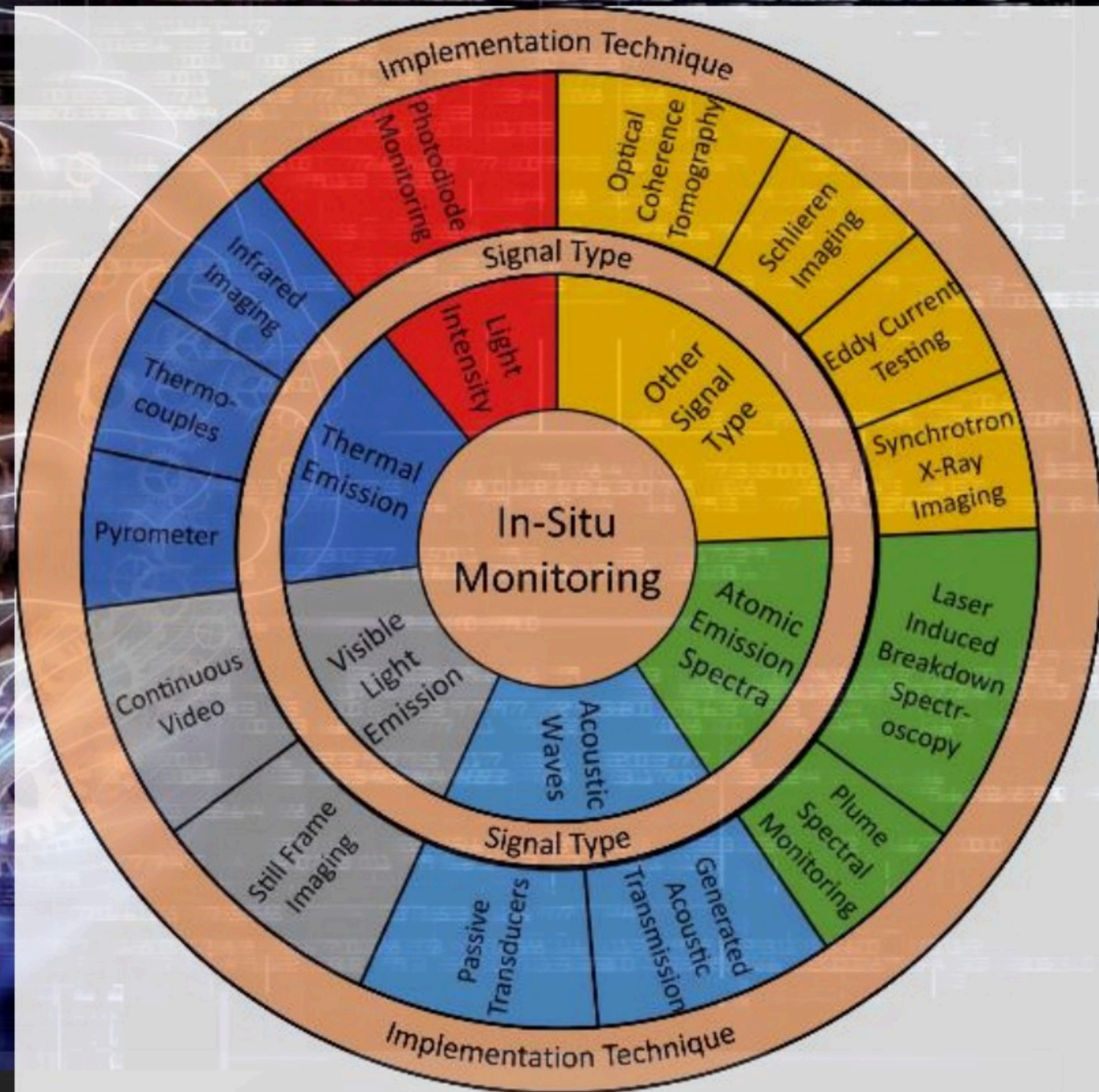
红外成像
热电偶
高温计

连续录像
静帧成像

无源换能器
产生的声传输

羽流光谱监测
激光诱导击穿光谱

同步加速器 X 射线成像
涡流探伤
纹影成像
光学相干断层扫描







三维科学·无限可能

“为行业提供深具国际影响力的增材制造咨询及内容营销服务平台。”

3D科学谷

Provide the industry AM consulting service and content marketing service with international influence.

3D Science Valley

特别感谢对本白皮书制作的赞助支持：



《Prototype原型》期刊 | 聚焦汽车原型与后市场》

免责声明

- 本书中包含的数据、部分内容来源于网络或其他公开资料，版权归原作者所有。任何以盈利为目的使用，所产生的后果由使用者自己承担。
- 本书中所有引用的数据都已标明出处，如任何个人或单位认为内容存在侵权之处，请及时与我们联系，3D科学谷将及时给予处理。
- 3D科学谷力求内容的严谨性，但限于时间和人力因素，书中难免有不足之处，如存在失误、失实，敬请您不吝赐教、指正。我们热忱欢迎各界专业人士免费加入3D科学谷交流平台。
- 本书内容仅作交流学习之用，不构成任何投资建议，请读者仅供参考。