

# 宝马集团 2010 年创新日。

## 未来的出行。

### 目录

|    |                          |    |
|----|--------------------------|----|
| 1. | 为什么选择电动出行？ .....         | 2  |
| 2. | 项目 i. ....               | 9  |
| 3. | 电传动系. ....               | 15 |
| 4. | 轻质结构和 LifeDrive 理念. .... | 22 |
| 5. | CFK – 用于未来的材料. ....      | 28 |



# 1. 为什么选择电动出行？

当今社会及个人出行环境面临着越来越多的挑战。越来越多的因素影响着个人和企业行为的范围和效果。整个世界在生态、经济和社会方面发生着深刻的变革。但是，哪些发展和变化值得我们重视？我们又该如何对待他们呢？

## 气候变化和全球变暖

气候变化及由此带来的全球气温升高已是不争的事实。2000 年至 2009 这十年是有史以来所测得的最热的十年，同时，世界范围内为应对气候变暖所做的努力也是空前的。若全球平均气温继续升高，则会出现一系列更加严重的后果。比如，冰川融化加速、海平面继续升高、出现不正常的降雨、极端天气加剧等。全球平均气温持续上升的一个原因在于人类所导致的温室效应的加剧。大量化石燃料的燃烧产生了威胁气候稳定的 CO<sub>2</sub> 气体，进一步加剧了温室效应和地球气温上升。为了延缓、甚至最终阻止全球气候发生剧烈变化，首先应显著、快速地降低 CO<sub>2</sub> 的排放量。目前，解决方案为使用可再生的能源替换石化燃料并提高能源的整体利用效率。

## 资源危机

除气候变化外，全球性的资源危机已迫在眉睫。石油和贵金属等重要的原材料并不是取之不尽、用之不竭的，但其需求量却日益攀升。一方面是由于新工业化国家的工业化进程加快，但其资源却日渐枯竭。另一方面，人口的增长、生活水平的提高和人类对于原材料的滥用也加速了前述情形的发展。其结果可想而知：几乎所有原材料的价格都持续攀升。在不久的将来 — 具体时间点仍有争议 — 终将到达石油开采的最大值（石油峰值）。那时，供应和需求将彼此分离，某些需求将得不到满足。因此，寻找石油替代品的研究早已如火如荼。

## 永续性已成为社会发展的趋势。

随着气候变化和资源危机的爆发，人类应更加清楚自己在整个生态系统中的角色和地位。许多人已意识到了这一点：他们将自己视为整个系统的一部分，意识到自己应对后代的生存和发展承担起相应的责任 — 树立可持续的人生观。但可持续决不仅仅限于“环保”。一般来说，“可持续性”有三个层面的含义：生态、经济和社会。生态的可持续性指要保持自然和环境适于后代人的



生存和发展，也就是我们这代人在资源利用上要承担起相应的责任。经济的可持续性要求经济交往能为竞争和繁荣提供一个可持续、具有足够承受能力的基础。社会的可持续性要求社会的发展可以让一个群体的所有成员有机会参与其中。宝马集团很早就将可持续性及其三个层面作为发展的目标，以实现企业、环境和社会和良性发展。

道琼斯永续性指数等表明：即使在经济领域，可持续性也拥有着越来越重要的意义。道琼斯永续性指数不仅从经济角度对企业做出评价，而且还会从生态和社会角度考虑。早在五年前，宝马集团就已经是此指数下的行业领袖。

### **城市化进程的进一步深入 — 城市需要新的出行解决方案**

此外，愈加猛烈的城市化进程这一趋势不容忽视。越来越多的人从农村涌入城市，以前的村庄变为了大都市，城市和农村的界限逐渐模糊，出现了大量的人口聚集区。自 2007 年起，世界人口的一半以上已居住在城市中。根据联合国的相关预测，至 2030 年，全世界将有超过 60% 的人口为城市人口，至 2050 年，将进一步增加至大约 70%。目前，全世界已有 130 多个人口超过三百万的大城市。

陪伴城市化出现的一个现象便是所谓的“Megacity”。人们通常所说的 Megacity 或者超大城市空间指的是人口至少为八百万的大城市。到现在为止，全世界大约有 30 个这样的大都市，总共容纳了近 280 万居民。这些城市的不断壮大同时也带来了新的挑战，比如空间不足和环境污染等。但 Megacity 之间是有所不同的：根据前述定义，上海、伦敦、洛杉矶和东京是当然的 Megacity，但是他们之间在交通基础设施、居民个人出行的要求等方面却有着很大的区别。各个城市的发展对其基础设施所带来的影响不尽相同。

### **立法反映环境的变化。**

许多国家的政府也对气候变化和资源危机作出了相应的反应。他们试图通过引入无排放汽车的认证标准、采取出行限制、制定车辆法律等措施应对日益增加的 CO<sub>2</sub> 排放。美国、欧盟、中国和日本便要求至 2020 年，汽车排放将在 2008 年的基础上减少 30%。



## 宝马集团的答案。

未来的出行要求在全球性的要求和个人的需求之间找到一个新的平衡点。必须为城市空间内的个人出行提供新的方法。该方案必须具有显著的可持续性且应尽可能地没有限制性因素，同时必须体现出差异性。在此过程中，减少燃料消耗和排放显得愈加重要。宝马集团认识到了这种要求，并制定了自己的目标：实现无排放的出行。因此，宝马集团致力于研发一种可在此环境下既能提供新的出行可能性且又能满足不断变化的客户需求的汽车。

“即使在未来，也能满足个人出行的要求。在今后，客户也希望自己能够决定去什么地方，何时去，怎样去。他们还希望自己的出行能尽可能的保护环境。同时，他们也希望有一定的差异性，比如，希望自己开走的是高级汽车。

（彼得·拉茨）

## 将电动出行确定为可持续性的解决方案和稳定的发展方向。

宝马集团在电动出行中看到了能够满足未来个人出行需求的希望。其最大的优势在于局部的无排放。因为在电动出行中，转换为动能的是电流，而非燃料。因此，在整个行驶过程中不会产生任何污染大气的气体。汽车运行的能量可以从风能或者水能中再生，由于此过程本身不会向环境排放任何 CO<sub>2</sub>，电动出行既对气候无害，又保护了自然资源。一方面，电动汽车大大减少了废气排放，可改善大城市的生活质量。另一方面，电动出行不但满足了日益增长的客户需求，还将生态的永续性和环境保护统一起来。

“电动出行是无排放的个人出行。”（马丁·阿尔特）

## 动力、扭矩和舒适 — 电动出行带来乐趣。

电动出行的优点决不仅限于无排放。它还会给人们带来独特的、富有激情的驾驶享受。在驾驶过程中，电动汽车的马达噪音几乎为零。电动马达的整个扭矩在启动后可从静止状态直接供使用。这保证了较高的灵活性和驾驶的舒适度。电动汽车可以无间断加速至最高速度。

“所有的试驾客户都对我们说：电动出行很有乐趣。”（克昂慈先生）

电动马达汽车还有另一个特点。踩油门时，汽车不会马上向前冲，而会主动延迟一会。因此，加速踏板实际上成了行驶踏板。在以平均速度或者较小速度变速驾驶时，是一种很舒适的驾驶方法。在城市交通中，根本不



用踩刹车板便可以减少 75% 的减速操作。减速力矩也可以用于恢复能量，即所谓的动能回收。司机的脚一旦离开油门踏板，电动马达即成为了一台发电机，可将动能转换为电能并储存在汽车电瓶中。这样可以回收所消耗能量的 20%。

### 电动出行有何局限？

电动出行目前还处于起步阶段，在某些方面，仍需大量的创新研究工作。毋庸置疑，最大的挑战在于如何进一步开发能量存储器。能量存储器在能量密度和重量方面的特有属性使其暂时成为了电动出行的限制性因素。

### 能量存储器的能量密度和重量。

现在，一个电瓶中只能存储有限的电量，电池组的能量密度还相对较低。目前一辆电动汽车的能量存储器中所存储的电量相当于二至六升的燃料所包含的能量。但电动马达较高的有效率部分地弥补了前述不足。内燃机最高可利用燃料中 40% 的能量，电动马达对于已有能量的利用率可高达 96%。即使只有少量能量，电动马达也可以继续运转。但是，电动汽车的行驶距离还远不能和内燃机匹敌，汽车能量存储器的发展才刚刚开始。可以预见，今后越来越多的科研成果定会带来新的技术进步。未来的能量存储器会更好、更轻、更紧凑，能量密度会更高。

能量存储器的重量是限制电动汽车行驶距离的另一个因素。原则上：在电瓶电量相同的情况下，汽车越轻，行驶距离越长。由于能量密度较低，可用于汽车运行的电瓶在体积上相当于一个较大的旅行皮箱，十分沉重。另外，可以通过提高电瓶容量的方法增加行驶距离。但这样一来，电瓶重量又增加了，又抵消了部分已增加的行驶距离。因此，必须找到重量和容量之间的最佳比例关系，再通过轻质结构设计、智能化充电和使用策略等方式进一步延长电动汽车的行驶距离。此外，研发人员还致力于通过所谓的“快速充电”方法显著缩短存储器的充电时间。但要完全充满一辆电动汽车的电瓶，仍需几个小时，也就是说客户必须停用几个小时。

“我们非常清楚电动出行的局限性。但这并不能阻止我们一天天（一步步）地深入。”（马丁·阿尔特）

宝马集团的研发人员已意识到了目前电动出行的空白研究领域，并积极地寻求最佳的、有利于用客户的解决方案。在此框架内，宝马集团在德国、



英国和美国进行了大量的试验项目，以获得关于电动汽车使用和运行的重要信息并在今后更好地满足客户的需求。正如 MINI E 试验所得的首次结果所示，现在宝马集团正走在一条光明的大道上。

### **宝马集团遵循具有前瞻性的整体战略。**

电动出行是高效动力战略的有机组成部分：宝马集团很早就通过高效动力战略使用了创新性的新一代高效马达、空气动力设计、革命性的轻质结构设计和智能化的能量管理措施，成功地减少了能量消耗和排放，同时也提升了车辆的性能。正因为如此，从 1995 年至 2009 年，所有汽车排放的 CO<sub>2</sub> 量才有可能降低近三分之一。直到今天，通过传动系的电气化甚至混合化，集团仍从高效动力战略中获得了诸多的能耗优势。长远看，高效动力战略是无排放出行（电瓶电动，比如通过水能获得可再生能源）的过渡阶段

“今后，人们将只会利用可再生能源出行。资源很珍贵，不能浪费。”（彼得·拉茨）

### **宝马集团的永续性。**

仅关注产品本身，对于宝马集团而言，还远远不够。在后面的可持续性战略中，宝马集团会在整个价值创造链中重申高效动力战略所证明的关于领导能力方面的要求。因此，宝马集团的可持续性战略不仅仅在于继续发展高效的驱动技术和贯彻城市集聚区内的可持续出行理念，还必须根据可持续生产理念在生产过程中进一步减少资源消耗和环境污染。作为整个社会的一分子，宝马集团在为社会所面临的挑战寻求解决方案时，积极主动地致力于改善集团内、外的个人行为的大环境。

“我们整个集团始终坚信即使而且正是因为未来拥有了更优越的个人出行方式，对于可持续性的定义，肯定会强于现在。在未来，谁打算生产最好的产品，就要考虑到产品的可持续性。”（阿尔特先生）

### **宝马集团的流程和结构将坚定不移地以电动出行为导向。**

为了使电动汽车具有宝马集团的特征，宝马非常重视电动汽车中相同元素的开发和塑造。在能量存储器的研发中，研发人员试图通过高效的存储器管理、智能的运行策略和最佳的温度调节发挥出电池组的最大功率和有效值。同样，高效驱动研发也是自主进行的。因为即使在未来，宝马集团也要制造出最好的汽车驱动系统。即：可通过其效率、功率和安静运行从竞争中脱



颖而出的驱动系统 – 即使那时电能已代替了燃料得到广泛应用。

“宝马集团的名字中即包含了马达的性能。未来，我们还会这样保持下去。”

（帕特里克·穆勒）

在其它领域，相应的合作伙伴会在专业技能方面给予宝马集团支持。不管是电瓶开发领域的 SB LiMotive，还是碳纤维和碳纤维产品开发和制造领域的 SGL Automotive Carbon Fibers（SGL 集团），都展示了极具价值的专业能力，可以帮助宝马集团在今后进一步推动个人出行的发展。因此，宝马集团和 SGL Automotive Carbon Fiber（SGL 集团）在摩西湖（美国）合资创办了一个先进的、利用再生能源生产的碳纤维工厂，以使用最低的成本生产出质量最好的材料。

### **Megacity 电动车 – 城市内的可持续出行。**

Megacity 电动车 (MCV) 为实现宝马集团所设想的未来的城市出行提供了可能性。MCV 是一种“目的性设计”车辆，在设计上严格以电动出行的需求和要求为导向。就像至今为止 MINI E 和宝马 Concept ActiveE 系列的研发所示，仅对内燃机车辆（转换车）进行改装并不能完全发挥出电动出行的所有潜能。因此，MCV 将在车辆构架上进行全新尝试，集成最新研发的电动驱动组件。全身的轻质结构设计加上创新性的 CFK 材料的使用，将充分展现细致入微的汽车理念。

宝马集团在电动驱动方向所走的第一步始于 1969 年的电气化车型 BMW 1602。在之后的四十年间，宝马通过各种各样的原型和试验设计在驱动技术领域积累了极具价值的专业知识，反复对各种执行方案进行了测试。另外，宝马集团的 E1 试验车型早在 1991 年便显示出了现代电动汽车的许多特征。宝马集团也凭借此车型对电动驱动在实际应用中的优势和劣势有了一定的了解。但直到锂离子技术出现后，才有了批量研发的现实可能，因为此技术满足了关于循环寿命和负载容量的必需要求且已在各种应用中多次得到证实。宝马集团迅速展开行动，较早地将其专业知识转换为了面向客户的成果 – MINI E。这一标志宝马集团在电动出行研发路上重要里程碑的成果终于于 2009 年行驶在了公路上。目前，宝马集团已销售了 600 多辆 MINI E 汽车，是销售电动汽车最多的厂商。首批测试结果显示，电动汽车完全符合日常生活的需要。



“电动汽车的时代已经来临。”（帕特里克·穆勒）

### 宝马集团决不仅仅关注产品本身。

电动出行也为汽车领域带来了许多全新的可能性。比如，现在即可想像围绕电动汽车的充电所需的各种服务。因此，宝马集团已经和能源供应商进行了合作，以获得快速、多样的“绿色”电能。此外，智能充电规则和远程充电等方案也可使电动出行更加符合客户的需求。宝马集团将和合作伙伴一起试验所谓的可控制性充电。根据此反周期性充电策略，电动汽车将只有在电量总需求较低或者有可充电的能量时才会充电，比如在晚上。此时，只需简单设定汽车充满电时的终止时间即可。根据每个人的偏好进行设置，电动汽车不仅环保，而且充电速度快。今后，电动汽车甚至可能成为能量供给的组成部分。比如，充当缓冲存储器等。

在未来，宝马集团还会扩大个人出行的范围。由于城市不断扩大，人们的出行条件也会跟着发生变化。因此，宝马集团对出行服务也作了深入思考，认为融合各种交通方式的联合出行会在其中扮演最主要的角色。



## 2. 项目 i

考虑到当前社会和环境（第 1 章）的发展现状，宝马集团于 2007 年中期提出了集团发展的新方向 — “第一”战略。其中，首当其冲的问题为持续的营利性、持续的增值和企业的独立性保证。为此，除保证在核心业务内继续营利外，还必须依据汽车的使用周期并依据价值创造链开辟出新的业务领域。同时，宝马集团还对未来技术、新汽车理念和目的性驱动系统这几个方面作了实质性投资。目的很明显。在未来，宝马集团也必须是提供个人出行优质产品和服务的领头羊。

宝马集团根据新的企业战略进行了广泛地、高质量的环境分析，充分探索到底什么才是社会进步的原因和未来出行的技术、趋势以及所面临的挑战，尤其是在气候变化和人口剧增的大背景下。这些问题的答案是：项目 i

“宝马集团通过项目 i 迎接未来个人出行的挑战。”（马丁·阿尔特）

### 任务。

2007 年底项目 i 迈出了第一步，其任务为研发一种可持续的、面向未来的出行理念，宝马集团要求：必须通过此项目获得相关专业技能，并将其转移至未来的汽车项目中。项目 i 的长远目标为在生产、研发和销售领域寻求技术、流程和汽车理念新的思维源泉。具体任务为研发新的、面向未来的且专门满足城市环境下用户要求的产品。

### 方法。

如何才能最好地完成任务？要实现这些目标，不仅需要新的流程和技术，还必须探究人类目前对于汽车制造的认知程度。因此，项目 i 打破了已有的结构，将整个企业的专家和具有新思维的人员集合起来。他们组成了一个小型、高效、强大的团队，对可持续出行解决方案的目标和要求进行了全新定义和调整，以使其符合未来客户的需求。为了使此团队尽可能地远离提问的约束和限制，此项目未设置商标。如此一来，他们不仅可以独立、创新地完成工作，还可以得到整个集团所有专家的支持。在开放、透明交流的氛围下，项目 i 可以使用集团所有部门的专业知识和技能。



“对于我来说，能在如此重要的一个项目中同其他所有同一水平上的同事合作，是非常难得的一次经历。从一开始，我们就有足够的自由度。始终都有一种相同的基调和气氛，而一般来说，这种氛围只有在企业刚成立的时候才能见到。”（彼得·拉茨）

### 从新的先决条件开始。

两年半前，宝马集团的研发人员并不是在一张白纸上启动项目 i 的。其基础为一项关于出行和未来客户需求的深入调查。这项调查的目的在于探索宝马集团在未来可能的发展潜力。但是，项目 i 决不仅仅关注车辆本身，其大背景始终是寻求统一的出行解决方案。当然，研发阶段的第一步仍是一部汽车，一部尽可能地环保（即无排放），但同时又能满足现代城市出行要求的汽车。Megacity 电动车 (MCV)。

整个项目的上级目标是尽可能地实现更高层次的可持续性。从第一个供应商至产品的生产，再至最初的汽车所使用的零部件，可持续性始终决定了如下三个方面的流程：环保（生态）、盈利（经济）和社会。因此，研发人员对整个流程和价值创造链的每个元素都进行了深入的思考。他们要检查目前的流程是否符合较高的可持续性要求，某些点上是否可以再优化或者重构。所得结果同时也构成了 Megacity 车诞生的先决条件。

“为了能从已有的知识中得出适用于城市环境的可持续出行理念，我们想看看未来的出行到底是怎么样的。即整个流程必须具有可持续性：从产品的生产到使用，直至各组件的再使用和回收。”（彼得·拉茨）

### 结果。

本项目充分应用了所有已有的自由和可能性。其结果是诞生了具有统一性和持续性的 MegaCity 电动车 (MCV)。MCV 是宝马集团可持续性城市出行的解决方案之一。它主要适用于城市，融合了高效动力、舒适和可持续性于一体。全新研发的电传动系（第 3 章）、革命性的车身理念“LifeDrive”、创新性的 CFK 材质乘客舱（第 4 章），充分保证清洁、安全和舒适的城市出行，并且完全无排放。

由于从整体上考量了产品研发，因此 MCV 的生产流程会做较大的变更。MCV 在运行、车辆构架和材料使用上的特有属性，要求某些生产流程必须为全新的流程。为此，宝马集团与合作伙伴 SB LiMotive（电瓶电池开



发) 和 SGL Automotive Carbon Fibers (碳纤维和碳纤维产品生产) 一起创制了一些新的、极具价值的职能领域。

“宝马集团项目 i 所研发的技术蕴含了生态可持续性、经济可持续性的巨大潜能。” (马丁·阿尔特)

可持续性原则贯穿于整个流程的每个步骤之中。但对于宝马集团而言, 具有生态可持续性和资源保护性的产品不是目的本身。它还必须具有运行的经济性和盈利性。

### **MINI E – 电动出行的先驱。**

2008 年春天, MINI E 的出现标志着项目 i 成功的开始。此项目也同时首次公诸于众。作为宝马集团的首个资格项目, MINI E 所缔造的每日平均 150 公里的行驶距离和 204 马力的意义不仅仅停留在技术标准上。它更是宝马集团在无 CO<sub>2</sub> 排放出行的可选驱动理念研究道路上重要的先导性研发工作。

其目的在于尽快将 MINI E 投放市场, 以通过用户收集电动汽车在日常使用中的重要信息。自 2009 年中期起, 部分用户即在德国、美国和英国对 MINI E 进行了大量的实地测试。二个深入的测试阶段结束后, 整个小批量测试为电动汽车的使用和运行提供了重要信息, 也为 MCV 的研发做出了重要贡献。目前, 宝马集团已销售了 600 多辆 MINI E 汽车, 是全世界销售电动汽车最多的厂商。

### **MINI E 行驶在街上。**

在三个测试国家中, 宝马集团均与当地能源供应商、大学和相关的政府部门进行了紧密的合作。因为宝马集团的 MINI E 项目不仅为用户个人出行提供了全新的选择, 还是 (与其合作伙伴一起) 基础设施的组成部分。能源提供商可以为用户提供再生的“绿色”电能。

### **柏林 MINI E 使用调查 – 电动出行符合日常生活的需求。**

虽然测试还没有结束, 但来自柏林的首批结果对 MINI E 作出了肯定的回答。之前所进行的一次调查显示, 人们认为电动汽车在行驶距离和充电时间方面会有局限性。但事实上, 只有少数情况受到了前述因素的限制。柏林调查显示, 90% 以上的参与者认为平均 150 公里的行驶距离并未对其惯常的驾驶习惯产生影响。充电时间也没有对用户产生限制性影响。



总的来说，MINI E 司机的驾驶反应仅在可比较的 MINI Cooper 和 BMW 116i 用户之间有所区别。宝马 116i、MINI Cooper 和 MINI E 三者的单次平均行驶距离仅相差二公里。另外，三者在每日总行程上也差不多相同。MINI E 平均每天可行驶 37.8 公里（略高于德国城市间的行驶平均值），宝马 116i 为 42 公里，MINI Cooper 为 43.5 公里。迄今为止，由客户创造的单次行驶最长距离记录为 158 公里。与宝马 5 系用户的传统使用习惯相比较后，可以看出：电动汽车也不是完全相同地适用于所有类型的出行要求。毕竟，这也并不是对电动汽车的要求。虽然如此，仍有 66% 的柏林用户认为 MINI E 的灵活性和适用性与传统汽车并没有什么差别。

对于公共充电设施，用户首先可以在工作位置附近，公共停车场，火车站、飞机场或者购物中心等地方寻找充电柱。大部分充电仍在家进行，经测试用户体验表明：非常适合他们的日常生活。令人欣慰的是，我们的合作伙伴欧洲 Vattenfall 公司可以为充电提供可再生能源。这表明：汽车、基础设施和能源供应三者可以构成用户电动驾驶的整个系统，且用户也可以在其中承担起自己应有的责任。

### **MINI E 在美国 — 零排放带来更多乐趣。**

MINI E 在美国也进行了客户测试。考虑到美国有多达 450 辆 MINI E 汽车，宝马集团与美国加州大学戴维斯校区 (UC Davis) 开展了专门的研发合作工作。在戴维斯校区 (UC Davis), 我们对 MINI E 的日常可用性进行了严格的测试，以获得关于使用特性方面更为深入的信息和知识。

所得结果与柏林试验不谋而合：MINI E 完全可以满足美国测试用户的出行要求。对于日常生活而言，100 英里（大约 160 公里）的行驶距离完全足够。美国 MINI E 用户平均每日行驶距离可大约为 30 英里（约 48 公里），而美国市民使用汽车平均每日行驶距离大约为 40 英里（约 64 公里）。

另外，对于美国用户而言，在家充电也没有对他们产生任何局限性影响。一半用户甚至每天都充电，虽然有时候根本没必要。因此，除自家车库外，他们几乎没有在外充过电。

驾驶感受也非常令人满意：所有用户均表示 MINI E 驾驶起来很舒适，不会使用户感觉少了点什么。测试用户很快便适应了新的驾驶感觉，很多用户甚至说，使用了 MINI E 之后再使用自己的传统汽车，感觉少了些乐趣。



这一点也可以从使用的频率上看出。三分之一的用户使用 MINI E 的频率超过了自己原有的汽车。

### 调查结论。

柏林和加利福尼亚的结果均说明：宝马集团选择了正确的道路。只有少数情况不能使用 MINI E。其中，在美国和德国，最主要的原因都是：存储空间不足，可容纳的乘客数量太少。从调查结果中可以得出：拥有较大行驶距离和扩展空间的 Megacity 完全可以 **100% 满足**大都市人们的出行需求。宝马集团已全力实施此方案。

### 宝马 ActiveE 概念车 — 走向下一步。

宝马集团通过 ActiveE 概念车在项目 i 的范围内进一步继续电动出行的研究和开发活动。2009 年 12 月，此概念车的设计理念正式形成，在此基础上，宝马集团将于 2011 年将新一代的电动试验汽车交至客户手中。此试验将有助于深化宝马集团在电动驱动汽车日常使用中所获得的认识，并进一步获取关于客户需求的相关信息。

MINI E 在内部空间上有所局限，但宝马 ActiveE 概念车优化了电动驱动组件，提供了四个高质量的座位和一个大约 200 L 的行李舱。由宝马集团研发的纯电动驱动专用马达功率为 125 kW/170 PS，最大扭矩为 250 Nm。其电动驱动所需的能量也完全由全新设计的锂离子蓄电池提供。在日常运行中，有效行驶距离可达大约 160 公里（100 英里）。电传动系的组件根据 MCV 要求设计，因此，其实际上为预试验生产系列。

宝马 ActiveE 概念车还提供了专为电动汽车开发的宝马 Connected Drive 服务。用户可以使用移动电话询问电瓶的充电状态，查找公共充电站，激活汽车的采暖装置或者空调装置。

### Megacity 电动车 — 宝马集团首批由电动驱动的批量车型。

Megacity 电动车 (MCV) 是宝马集团在城市环境下为可持续出行所提供的全新解决方案，将在 2013 年贴上 BMW 标签投入市场。就像至今为止 MINI E 和宝马 Concept ActiveE 系列的研发所示，仅对内燃机车辆（转换车）进行改装并不能完全发挥出电动出行的所有潜能。MCV 在架构上完成根据电动出行的要求和需要设计。使用了全新开发的驱动系统（第 3 章）和创新性的车辆构架（第 4 章，LifeDrive），将全身的轻质结构、最优的车内功能和



最高的撞击安全度融于一体。MCV 也会开拓新的客户领域，因为在设计上，其紧凑的电传动系可以实现具有新功能和新自由度的全新内部空间理念。



### 3. 电传动系。

到今天为止，驾车仍意味着使用内燃机马达。当今环境和社会的发展表明，日常生活中各领域使用石化燃料不利于生态环境的发展且石化燃料本身的储量也有限。宝马集团认为继续推进电动出行技术的发展是解决此问题的方案之一。但是，电动出行这一概念背后是什么？电力出行与内燃机马达之间又有什么区别？电动出行有哪些潜力？目前研发人员仍面临哪些挑战？

#### **零排放和高效动力 — 前进的新一代。**

纯电能驱动汽车，这一理念翻开了出行的全新篇章。由于 电动马达在运行过程中不会产生任何污染性气体，使用电能驱动汽车在局部无任何排放物，对环境无害。如果使用可再生能源产生电能，那么，整个过程实现了完全的零排放。此外，电动出行还能为用户带来全新的、舒适的驾驶感受。宝马集团先进的电动马达拥有卓越的性能，很快便能扩大电动汽车的使用群体。马达运行时的低噪音会让人感受到电动出行的魅力。

“电动汽车的性能发挥就像使用电灯开关一样：简单地开/关，全部功率就发挥出来了。”（汉斯·于尔根·布昂慈先生）

宝马集团 Megacity 所用的电动驱动功率会大大高于 100KW。其特点之一为马达功率从启动时起便可立即使用，而不会象燃料马达一样必须待马达转速达到时才可使用。差速轮、转差控制和齿轮级可保证整个转矩能向外传递。自静止时起便可供使用的较高转矩使电动汽车拥有较高的灵活性和强大的加速性能。Megacity 的尾部驱动方式使电动马达的性能近趋完美：由于动力轮载荷转移的作用，启动时，驱动轮承受了较大的重量，因而可以实现更好地牵引和力传递作用。在此，宝马集团典型的尾部驱动动力技术与电动马达较大的转矩之间进行了完美组合。

因为即使在未来，宝马集团也要制造出最好的汽车驱动系统。即可通过其效率、功率和安静运行从竞争中脱颖而出的驱动系统，即使那时电能已代替了



燃料得到广泛应用。因此，宝马集团积极地推动电动出行的技术发展：在“e-工厂”里，也就是宝马集团电动驱动系统的职权中心，汇集了研发、制造和销售专家。他们全部都致力于研发和开拓新的驱动时代。

### **加速，无需换挡。**

电动马达的转速范围明显宽于内燃机。电动马达可轻松地达到 12.000 U/min 以上的转速。因此，电动马达达到最高速度的方式也不一样。与相同功率的内燃机相比，电动汽车凭借其较大的转矩，可快速完成加速过程。此外，较高的使用转速还使电动马达可在全速度范围内不间断地传递转矩。马达功率仅通过一个转换级就可以直接传递至车轮，避免了多级传动。也就是说，电动汽车仅使用一个传动级便可将汽车从静止加速至最高速度状态。目前，对于内燃机而言，若要实现持续加速状态下不间断牵引推进，必须在架构上进行大量投入，比如使用双离合器传递等。

“电动出行决不会让用户有任何损失。电动汽车确实能够给人带来乐趣。”（帕特里克·穆勒）

理论上的最高速度并不是 Megacity 的极限速度。由于 MCV 主要应用于城市区域和城市郊区，大约 150 km/h 的最快速度已完全足够。再快的速度也可以实现，但并不一定有实际意义。一方面，高速驾驶会消耗巨大的能量：速度越快，受到的空气阻力也就越大，而且是以次方数上升。所需的能量也就越多。由于电瓶只能存储有限电量，高速驾驶大大限制了电动汽车的行驶距离。另一方面，要达到最高的极限速度，还必需一次额外的转换过程，这会明显降低电动汽车在城市交通中的灵活性。要达到最高速度的另一方法是使用多级传动，但这样会增加车辆的构架投入，要求更多的车辆空间，车辆重量也会增加。

### **使用油门踏板刹车。**

电动汽车独一无二的另一大特点为可以通过油门踏板刹车。因此，油门踏板也是“驾驶踏板”。当脚从踏板上离开时，汽车不会继续空转，而会主动延迟。这一减速力矩可以用于恢复能量，即所谓的动能回收。刹车时，电动马达变为发动机，产生能量并存储至电瓶中。与高效动力战略中制动能量回收措施的基石原理相似，此处所回收的能量也可再次直接用于汽车的驱动。通过马达的有效能量回收，行驶距离最多可以增加 20%。通过驾驶踏板驾



驶车辆，无需过多的脚部切换，驾驶轻松，反应快，特别适合于城市交通中的“游泳”。延迟过程最高可达 75%，使驾驶无需额外使用刹车踏板。

### **功率强劲且紧凑 — 驱动组件。**

配备电动驱动的汽车，其吸引力远不止驾驶方法上的优越性。电动设备的功率密度要高于内燃机。也就是说，在马达功率相同的情况下，电动马达可以在相对较小的空间内输出其功率。例如，宝马 ActiveE 概念车（以及未来的 MCV）除能量存储器外，整个驱动系统的体积仅与两个饮料箱的大小相当。紧凑的驱动总成可以更好地集成于汽车构架中。此外，电动汽车还无需集成额外的废气排放管道和复杂的空气吸入设备。与含有传动箱的内燃机相比，具有较小尺寸和较少部件数量的电动驱动系统可节约 50% 的车辆空间，可在未来的车辆理念中保证乘客所需的内部空间。

总的来说，电动驱动系由如下几个组件构成，共同驱动车辆：电动马达、功率电子设备、传动级和电能存储器。

### **电动驱动的核心 — 电动马达。**

电动驱动系的核心为电动马达。简单地说，宝马集团新一代的电动马达由一个固定在外壳上的管状定子和定子内一个可转动的圆柱形转子组成。转子与传动级相连，并通过传动级与驱动轮连接。定子内拥有线圈，通电后可产生磁场。与此相对应，转子上则有一块或者多块具有固定极性的磁铁。要使电动马达运转，必须通过磁场变化（旋转场）在转子和定子间产生所需的吸引力和排斥力。在这里，使用了磁铁异性相吸，同性相斥的原理，北极和南极相互吸引，两个南极或者北极相互排斥。

通电后，定子中所产生的磁场为南极，会吸引转子磁铁的北极。但在转子的北极与定子的南极吻合前，南极会被切换至下一相位。此时转子会继续旋转并跟随定子的变化磁场“运行”。转子将其旋转运动转换为驱动所需的机械能量。定子中变化磁场的循环变化速度同时也决定车辆的行驶速度。与此相反，转矩受磁铁数量的多少和电流强度的影响：转子上的磁铁越多，且电流强度越大，则电动驱动系所产生的转矩则越大。

此处所描述的功能原理为永久激发的三相同步电机的原理，ActiveE 概念车和 MCV 中所使用的正是这种马达。“同步电机”的意思是转子与定子中的循环激发场同步运动。此外，定子的磁场是由磁铁永久激发的，不能诱导



（他励）产生。他励磁场成本较高，因为要在转子中产生他励磁场还需要第二个控制装置。从复杂度和功能的要求上出发，永久性激发电机是目前的最佳选择。

### **实现更高的功率 — 功率电子设备。**

要实现电动马达的功能和最佳功率，必须保证定子的磁场能根据所需的要求循环变化。要达到 12.000 U/min 以上的高速转速，必须快速、准确地变换磁场的极性。这一重要的任务由一个特殊的控制单元来完成：功率电子设备。它负责以所需的速度持续改变磁场的方向和磁场的强度。由此保证转子以所需的速度旋转且能传递所需的转矩。

### **电瓶 — 电动汽车的油箱。**

驱动电动汽车的马达需要非常高的电流。每次变相将切换高达 400 A 的电流强度，相当于家庭插座电流的 25 倍。电压也高达 400 V，几乎为常用终端设备电压供给的 2 倍。为了能存储这么多的能量并在需要时能提供使用，将应用全新研发的锂离子电池组。锂离子技术已在许多应用领域（比如在移动电话和笔记本电脑中）证明了其较高的存储电量和循环寿命。汽车领域所使用的单个锂离子电池单元体积大约相当于一个袖珍笔记本，额定电压大约为 3.7 V。可使用的电压范围在 2.7 V 至 4.1 V 之间。要得到电压为 400 V 的高压存储器，必须使用大约 100 个这样的电池单元。

使用电池单元也有一些特点。锂离子电池单元的运行会受温度的影响。其最佳运行温度大约为 20°C 此时有效值最大。因此，可通过额外的加热元件或者主动冷却方式根据需要调节能量存储器的温度。对于车辆电瓶的电池单元而言，其温度使用范围明显宽于其它的电池单元。比如，有的笔记本电脑电池在某个温度之上零度之下便不能再充电，而且在此温度下的功率也会受影响。宝马集团的电池在低温下功率仍会下降，但是电池内部的其它化学成分对此具有明显的调节作用。通过对电池进行预处理可有效解决充电过程中以及行驶过程中温度调节时电瓶的上述潜在缺陷。

### **安全第一。**

研发和设计能量存储器的首要目标为充分保证乘客的安全。能量存储器拥有较高的电流，所使用的化学物质在相接触后会发生强烈的化学反应，甚至有可能燃烧。因此，理论上说，能量存储器具有一定的潜在危险性。



宝马集团采取了多种措施，排除了电击或者燃烧的可能。一方面，与笔记本电脑电池类似，电动汽车电池单元中也使用了较为“温和”的化学物质。另一方面，电瓶模块受到车身的有效保护，即使在撞车时也不会受到损坏。另外，在电瓶运行和充电过程中，隔板上还有冷却剂、高档的监控运算设备和传感设备保证电瓶不会过度发热。切断装置保证能量存储器不会过度放电或者充电，还能阻止能量存储器与金属物质之间的渗透。

### **超长使用寿命。**

目前，宝马集团的研发人员正致力于尽可能地延长能量存储器的使用寿命。为此，需考虑几个影响能量存储器寿命的因素。电池的老化体现在两个方面：一个为时间上的老化，即随着使用时间的增加，电池的性能和最大容量逐渐降低。还有一个因素也会影响电池单元的使用寿命。电池使用过程中的放电深度或者温度也是电池老化的重要影响因素。尽管如此，宝马集团的保险测试仍表明：在整个车辆使用寿命中，电池单元的使用寿命和循环使用性能满足客户的要求。电瓶的可持续性还意味着车辆中不能再使用的电瓶仍可以继续与其它方面使用：当电瓶的电量不足以驱动汽车时，其拥有的功率仍可用作其它用途，比如作为固定的能量存储器等。

### **未来所面临的挑战。**

电动出行的未来在于能量存储器的进一步发展。为此，宝马集团的研发人员一直致力于开发结构更加紧凑、成本更低、重量更轻的能量存储器。当然，主要还是尽可能地存储更多的能量，以增大行驶距离。但是，到目前为止，电动汽车能量存储器的能量密度还远不能与一个装满油的油箱相比。一个 22 kWh 的高压存储器中的能量相当于大约 2.5 L 的四星汽油。与此相应，电动汽车的行驶距离暂时也相对较短。但是，电动马达的有效率很高：由于其有效率可高达 96%（内燃机最高能达到 40%），在能量较少的情况下，电动汽车明显优于内燃机汽车。正是由于电动马达的高有效率，现在电动汽车的行驶距离才能满足日常生活的需要。正如 MINI E 的使用调查所示：目前的行驶距离可以满足 90% 的测试用户的出行要求。

### **增加行驶距离的措施。**

核心问题：如何进一步增加行驶距离？一个方法为增加电瓶的容量。但较大的电瓶又增加了车辆的重量，反过来再次限制了行驶距离的提升。电瓶的大小不能随意增加，因为所增加的重量超过某个点时会抵消因此而获



得的行驶距离。因此，宝马集团的工程师们尽可能地利用已有的电瓶容量。重要措施之一为：通过整体的轻质结构设计和智能化材料的使用尽可能地减少车辆重量（参见第 4 章）。为实现上述目标，便要尽可能地使电瓶放电。宝马集团电池单元的使用范围介于 250 V 至 400 V 之间，相当于已有电瓶电量的 85%。之后便不能再继续放电，因为若要再放电，则必须使用所谓的深度化学物理过程，这种方法有可能永久地损坏电池单元。

“我们会节约电瓶馈送出的每一度电。我们希望尽可能地提高运行有效率。”  
（帕特里克·穆勒）

除运行外，灯光、空调及信息娱乐系统等也需要能量。对于内燃机汽车而言，这些附加能源消耗设备无关紧要，但对于电动汽车，他们会影响汽车的行驶距离。一辆在城市环境中运行的功率大约为 2.5 kW 的电动汽车，其空调设备全负荷运行时功率可能高达 5 kW。因此，宝马集团采取了智能的充电规则和高效率的运行策略，以尽可能地减少能量消耗。车辆可以在充电时进行温度调节，在运行时电瓶电量几乎仅用于汽车行驶。智能充电策略的另一优点在于，不管是夏天还是冬天，进入车辆时的气温均非常舒适。在行驶过程中增加行驶距离的方法有不进行消耗能量的切换操作，或者有目的地使汽车“滑翔”。此时，可使用车辆的自有动力，而不使用马达行驶。长远看来，还是要进一步提高能量存储器的能量密度。

### **行程延长器 — 不用马达提高行驶距离。**

提高行驶距离的另一特别措施就是使用“行程延长器”。即内燃机通过发电机发电，在行驶的过程中对电瓶进行充电，保证电瓶电量维持在某个恒定的水平。由此可显著地增加行驶距离。因为车中已经安装了一个完整的电动设备，因此内燃机的功率不必太大。研究表明：对于普通车辆运行而言，平均功率在 20 至 30 kW 即可。前述大小的行程延长器完全可以提供足够的能量保持电瓶的电量，而不会消耗过多地燃料。电动驱动组件的紧凑设计和新的汽车构架可以轻松地将行程延长器集成至车辆中。

对于提高行驶距离的长远解决方案而言，宝马集团的行程延长器仅仅是一个妥协性的方案。宝马集团的研究人员很清楚，长远来说，仍要进一步发展电瓶



技术。目前，能量存储器的低能量密度和相对较重等特有属性及由此而导致的短行驶距离，仍是电动出行的限制性因素。由于行驶距离越来越依赖于汽车能量存储技术的发展，我们期待有进一步的开发成果问世。

“可以预见，在未来我们会取得越来越多的技术进步。快速，较小、较轻的电瓶将会带来较长的行驶距离。现在正处于一项研究的中期，还有很多潜力可挖。”（帕特里克·穆勒）



## 4. 轻质结构和 LifeDrive 理念

**新的车身理念，迎接新出行方式所面临的挑战。**

电动汽车决不仅仅是由电动驱动系代替内燃机。汽车的电动化要求对整个车身进行大范围的改进，因为电动驱动组件对结构空间有全新的要求。MINI E 和 Concept ActiveE 项目的研发均证明：转换车，即将内燃机汽车改装为电动驱动的汽车，并不是解决电动出行的最佳长远方案。这些汽车在收集电动汽车的使用和运行方面的信息时起到了重要作用，以前如此，现在也如此。将电动驱动系统集成于一辆原理上不同的汽车中并不能发挥出电动出行应有的潜力。相比较而言，转换车较重，而且安装重量较重、体积较大的电瓶模块和特有的驱动电子设备成本较高，因为他们要求完全不同的结构环境。

因此，必须研发一种专门针对电动驱动系统的特点且能完全满足其它安全要求的全新车身。那么，电动汽车的理想车身结构应是怎样的？

**电动汽车的轻质结构设计。**

现代的车身不仅要求稳固，而且还要轻。对于电动汽车而言，轻质结构设计意义重大。因为除电瓶电量外，汽车重量也是行驶距离的一个限制性因素。车辆越轻，行驶距离便越远，因为电动驱动系统在行驶一段距离后必须停下来。在较短的行驶距离内，车辆加速时，每公斤重量都不可忽视。城市是电动汽车的主要使用区域，城市中的交通流量大，汽车需要经常加速。

除可增加行驶距离外，车辆重量较轻时，车辆的性能明显增强。因为较轻的车辆加速更快，行驶弯道更敏捷，刹车时间也更短。轻质结构可以带来更多的舒适感、灵活性和安全性。由于加速的量较小，撞车时车辆结构需要吸引的能量也减少，这又可再次节省重量。

因此，应尽可能地减少电动汽车的整体重量。但是，电动汽车的结构型式所需的条件却非常独特：电动汽车的传动系要比满油箱的内燃机汽车的传动系还要重。含有电瓶的电动驱动系统的重量超过 100 kg。主要重量在于电瓶。



为了弥补这一缺点，宝马集团采用了轻质结构设计并使用了创新性的材料。集团的工程师根据车辆的要求和使用区域为每个部件选择最佳的材料。事实上，研发人员从未将沉重的电瓶“计算”在内。

“轻质结构材料是电动出行的一个重要成功因素，因为它能弥补能量存储器在重量上的缺陷。”（伯恩哈德·德莱斯勒博士）

### 目的性设计 — LifeDrive 理念（非折衷的目的性设计）

轻质结构设计虽然非常重要，但仅是现代车身结构设计的一个方面。宝马集团的工程师们在纯电动汽车中对汽车的结构进行了全新思考，以符合电动出行的要求和环境。他们想出了一个以未来的使用目的、使用区域和创新性材料为导向的革命性车身设计理念：LifeDrive 理念。

与框架结构车辆类似，LifeDrive 理念结构由水平的两个互相独立的模块组成。“Drive”模块（即铝制底盘）是一个稳固的基座，将电瓶、驱动系统、结构功能部件和基础防撞击部件集成于统一的结构中。“Life”模块则主要由固定的、重量较轻的乘客仓组成，材质为加强型碳纤维塑料 (CFK)。宝马的这种创新性理念也使轻质结构、车辆结构和撞击安全系统这三者构成了一个全新的组合。

“LifeDrive 理念将行驶所需的所有系统与电动出行的环境和要求结合起来，为宝马集团组成了一个全新的搭配。”（乌韦·格地克）

### Drive 模块 — 底盘，稳固的基座。

Drive 模块以轻质、稳固的铝制承载结构为基础，有多种功能：它集汽车底座、防撞部件、能量存储器和驱动单元于一体。重约 250 kg，体积与儿童床垫相当的能量存储器是 Drive 模块综合性、功能性设计的主要部分。因此，在设计时，电瓶是电动汽车最大、最重要的结构性元素，集成至车辆结构中时必须保证其运行的稳定性和撞击安全性。

因此，Drive 模块可分为三个部分。核心部分用于安放电瓶，由坚硬的铝板制成。车辆前端和后端有两个防撞击反应结构，为车辆发生前端或者尾部撞击时提供缓冲区域。此外，Drive 模块上还有电动驱动单元部件以及其它的底盘部件。与可比较的内燃机相比，电动驱动系统采用了显著的紧凑结构设计，因此可以将电动马达、传动级、功率电子设备和车轴安装于一个很小的空间中。



## Life 模块 — 新维度下的 CFK。

Life 模块（即乘客舱）安装在 Drive 模块的支承结构上，与 Drive 模块共同构成了 LifeDrive 理念。其最大的特点为：Life 模块的材质主要为加强型碳纤维塑料 — 简称 CFK。在汽车批量生产中如此大规模地使用高科技材料尚属首次，因为以前大面积的使用 CFK 材料成本较高，而且加工和制造也不灵活。经过十年的深入研究和流程优化，现在宝马集团是唯一一个能使用所需的制造流程，在大批量生产中使用 CFK 的汽车制造商。与钢相比，CFK 拥有较多的优点。它非常稳定，且极轻。相同硬度下，CFK 的重量大约仅为钢的 50%。与钢相比，铝“仅”能节省 30% 的重量。因此，在不损害车身安全性能的前提下，CFK 是可使用的、最轻的材料。

由于大面积的使用了高科技材质，Life 模块非常轻，大大提高了车辆的行驶距离和性能，而且也明显有利于汽车的驾驶：材料较高的钢性使车辆驾驶起来感觉更直接，反应更快且不会有相应损失。同时，CFK 还会带来更愉悦的驾驶享受，因为钢性车身能更好地衰减能量输入。因此，在行驶过程中不会有任何的震动、颠簸和摇摆。

Life 模块不仅轻，还可以使设计者对车辆的内部空间进行全新的设计和构架。由于所有的驱动部件均集成到了 Drive 模块中，车内空间中不再需要以前必需的且非常占空间的传动通道（在这之前，必须通过此通道将马达的动力传递至后轮）。因此，在轮距相同的情况下，Megacity 电动车 (MCV) 拥有更多的乘客空间。这种新的结构还有助于集成新的功能、使车辆结构拥有更多的自由度，从而有机会对车内空间进行优化，使其更符合城市出行的要求。

## CFK 车身材料。

使用 CFK 作为车身材料拥有诸多优势：此材料拥有较高的抗腐蚀性。这种材料不会生锈，使用寿命明显长于金属材料。无须昂贵的防腐蚀保护措施。此外，其还拥有较强的气候稳定性。

这种材质具有高稳定性的秘密在于碳纤维。碳纤维在纵向上的抗拉强度极高。横向编织再嵌入合成材料环境（合成材料矩阵）后即可生成碳纤维合成材料 CFK。在干燥、无树脂的状态下，几乎可以像加工纺织物一样加工 CFK，可以灵活满足成型的各种要求。在浇注的树脂中硬化后，CFK 会定型且非常坚硬，承重力至少与钢相当 — 但重量明显轻于钢。



CFK 材料沿着碳纤维的方向具有较高的抗拉强度，因此，CFK 部件在其负载方向的韧度非常高。在这里，可根据负载情况对部件的碳纤维进行排列。在多个碳纤维方向上重叠后，CFK 部件可在多个方向上都具有超强的承载能力。这样处理后，CFK 部件在设计上比用其它任何材料（在所有方向上都具有相同负载能力的材料，如金属等）的部件都更经济、更高效。而且还能节约材料、减轻重量。进而带来多种好处：由于加速的量较小，撞车时车辆结构需要吸收的能量也减少，这又可再次减轻重量。

“使用 CFK 材料可以制造很轻的车身，而且对舒适感和安全性没有任何影响。”（伯恩哈德·德莱斯勒博士）

### **轻质结构 and 安全性 — CFK 更轻、更安全。**

在 LifeDrive 理念的研发过程中，除轻质结构外，需考虑的另一重要因素为乘客的安全。现代汽车撞击对车身的要求极高，需要考虑多种情况。一般来说，研发人员在使用新材料时都会面临巨大的挑战。Drive 模块中铝材料和用于 Life 模块中乘客仓的 CFK 材料这种材料组合，在最初所进行的实验中便大大超出人们的估计，实验证明：轻质结构和安全性并不矛盾！

“轻质结构不等于‘不安全’，正好相反，在某些方面，LifeDrive 理念在撞击测试中所体现出的安全性甚至超过了传统的结构。”（波西斯先生）

CFK 具有较高的钢性，可吸收大量的能量，可有效防止损坏和损伤。即使撞击速度非常高，也不会变形。正如第一方程式驾驶仓一样，具有超强钢性的材料可以构成非常稳定的（救生）生命仓。CFK 材料车身在车辆受前端撞击或者尾部撞击后完好无损，撞击后车门也能轻松地打开。

### **侧面撞击时的最佳保护。**

CFK 材料具有非常卓越的能量吸收性能。在柱式撞击和侧面撞击中，CFK 材料均表现出了优越的安全性能。即使在局部承受较重的点式力量时，CFK 也决不会凹陷。乘客受到完美地保护。因此，CFK 是车辆侧面区域制造材料的不二之选，车辆内部空间的每一厘米都受到完全的保护。

“要损坏 CFK 材料，必须用很大的力量或者非常快的速度。第一眼看上去，很难让人相信。”（伯恩哈德·德莱斯勒博士）



但 CFK 材料并不具有永久负载能力。当所施加的力超过其抗拉强度时，纤维组合会分离为单个组成单元。

### **强强联合 — 铝和 CFK 组合。**

全新的 Drive 模块在设计和制造时也充分考虑了较高的撞击要求。车辆前端和尾部的铝制撞击反应结构可提供额外的安全保护。车辆前端或尾部撞击时，它可吸收大部分的撞击能量。为了更好地保护电瓶，此结构安装于底板下部。从统计上看，车辆撞击时，此部分只能吸收少量能量，且不能变形。为此，宝马集团的研发人员将电瓶设计在了底板下部，车辆的重心偏低，运行起来非常灵活且具有超强的抗撞击性能。

侧面撞击时，电瓶会受到来自 Life 模块防撞击特性的保护，因为 Life 模块是接收所有能量的地方，且不会将撞击传递至能量存储器。Drive 模块中的铝和 Life 模块中的 CFK 材料组合后，为电瓶提供了最好的保护区域。

“Drive 模块是保护电瓶的最佳形式。”（汉斯·于尔根·布昂慈先生）

总的来说，与 Life 模块中的智能力量分配装置连接的稳定性 CFK 乘客舱，可为乘客提供最佳的安全保护。因此，LifeDrive 模块中的材料组合比钢制车身更安全。CFK 材料本身以及和其它材料组合后还具有多大的潜能，有待于测试进一步给出结果。但在目前的应用阶段，这种材料以其卓越的性能正迈向越来越宽广的舞台。

### **LifeDrive 的优点。**

LifeDrive 理念通过目的性设计将电动汽车的所有特点（比如笨重的电瓶、紧凑的驱动部件等）集成至一个具有撞击安全性的结构中。LifeDrive 理念能减轻车辆的重量，并进而增加车辆的行驶距离，提升车辆的整体性能和安全性。除此之外，它的优点还有很多。要探析 LifeDrive 理念背后的优点，除关注产品本身外，还必须考量其生产流程。因为 LifeDrive 原理能够完全满足可持续生产线上对于可持续产品的所有要求。

车架结构的生产至一定量后非常经济适用，采取平行的生产线后，具有较强的灵活性。使用新的车辆结构设计后，可运用全新的生产流程，比以前更简单、更节能。水平分离的两个模块可以分开生产，然后通过简单的装配流程组装，装配几乎可以在世界上的任何地方进行。



“经过这些年的研发工作，我得出一个结论：LifeDrive 理念是目前为止能满足电动出行整体要求且能发挥出电动出行内在潜力的解决方案。”（乌韦·格地克）



## 5. CFK – 用于未来的材料。

加强型碳纤维合成材料 (CFK) 长期以来一直广泛应用于航空、航天工业和竞赛运动。越来越多的工程师们开始利用 CFK 的优点，特别在需要使用具有较强钢性、高稳定性、高负载能力、重量较轻的材料时。正因为如此，兰茨胡特创新和技术中心 (LITZ) 的专家们自十年前起就投入到高科技材料的研发工作中。经过多年的研发工作和批量生产技术转化，宝马集团在汽车制造领域掌握了独一无二的流程、工具和加工专业知识，并对 CFK 生产的工业化作出了重要贡献。究竟是什么让这种材料这么特别？

### **非常轻，且像钢一样坚固。**

加强型碳纤维合成材料 (CFK) 是一种由被合成材料矩阵（树脂）包围的碳纤维组成的合成材料。CFK 材料不能和其它材料相提并论。它融合了诸多正面属性。首先，CFK 非常坚硬，重量极轻。在同等功能下，CFK 要比钢轻 50%，比铝轻 30%。此外，还有超强的抗腐蚀性、抗酸性和抗有机溶剂性，使用寿命明显长于金属。CFK 还拥有较高的气候稳定性，即使温度波动较大也不会发生任何变形。

### **轻质结构，无损安全性。**

CFK 材料不仅具有较高钢性，还拥有出色的能量衰减特性和卓越的抗冲击性能。CFK 超强的能量吸收性能使其拥有较高的抗损害性。CFK 车身部件不仅轻，还具备超强的抗撞击性能。在不损害车身安全性能的前提下，CFK 是可使用的、最轻的材料。但 CFK 材料并不是一直都有这么强的负载能力。当作用力超过其抗拉强度时，纤维组合会分离为单个组成单元。

“要损坏 CFK 材料，必须有很大的力量或者非常快的速度。第一眼看上去，很难让人相信。”（伯恩哈德·德莱斯勒博士）

### **部件负载能力的裁缝。**

这种材质具有高稳定性的秘密在于碳纤维。铝或钢等在各个方向上均具有相同负载能力的金属几乎为等方性的，但碳纤维是异方性的。它类似于一根可在一个方向上抽和送的棍子，在此方向上具有较强的承载能力。这是它最本质的优点：由于一个部件不可能在其所有点上同时受到各个方向上的作用力，因此，CFK 的前述特性非常适合制造具有超强负载力的部件。正



如大自然将原料积聚于有需要的骨头或者植物中一样，宝马集团的专家们也根据所需的方向和材料强度生产了大量的 CFK 部件。他们沿着部件未来的承重方向，以所需的量对纤维进行排列。因此，部件的设计与所需的特性参数吻合，且非常轻。

“通过 CFK，可实现高效的材料应用，最佳的稳定性和功能，最轻的重量。”  
(伯恩哈德·德莱斯勒博士)

CFK 材料的使用决不仅仅是简单的材料替换（比如用铝替换钢）。其独特的性能可以实现全新的高科技材料处理方法和全新的结构理念。在电动出行中，CFK 材质车身拥有巨大的潜力，因为较轻的材料重量可以实现较大的功重比，进而增加车辆的行驶距离。只要真正理解了这种材料并正确运用，将大大有助于许多轻质结构产品的改善。

“正是 CFK 材料的正确运用造就了轻质结构。”(约亨·特普克)

### **宝马集团的技术资历。**

在此之前，CFK 仅用于小批量生产或者样板机中，其原因有几个。一般来说，由相对较新的材料制作的部件主要用于手工制品，且非常耗时。由此带来的巨大的成本以及长时间的生产周期和加工流程与大批量生产背道而驰。但自 2003 年起，宝马集团开始大批量生产 CFK 部件。在此期间，宝马 M3 和 M6 车型的顶盖以及 M6 车型的缓冲架均通过工业化生产在兰茨胡特完成。

通过材料和流程的研发，过去十年，宝马集团在 CFK 特殊生产流程、有目的性车辆应用和循环周期的优化方面积累了丰富的经验。正因为如此，宝马集团兰茨胡特工厂的 CFK 专家们才可以进一步研发 CFK 部件的生产流程并实现自动化。现在，已可以大批量生产出经济、高质的 CFK 车身部件。兰茨胡特创新和技术中心 (LITZ) 的流程专家为 CFK 材料在汽车行业的应用奠定了坚实的基础。在此，宝马集团为在将来进一步开发 CFK 材料的潜能做了重要的铺垫。

### **宝马集团的现代化生产。**

目前常用的生产方式（将准备阶段制作的树脂碳纤维半成品，即预浸料坯，在大型的高压炉中继续加工，制成成品）对于汽车工业化大批量生产而言，并不经济。因此，2003 年宝马集团使用了新一代的 CFK 批量生产



方法，实现了较高的生产水平。此方法非常先进，且生产周期非常短。而且只要满足一系列简单的条件，理论上可在世界范围内的任何宝马基地完成生产过程，不仅仅限于兰茨胡特。那么，宝马集团到底怎样生产 CFK 部件？

### 从纤维至纤维排列物

CFK 生产的起点即所谓的前体。这种具有热塑性的聚丙烯腈纺织纤维是进行其它生产流程的基础。在不同的温度和压力下，经过复杂的多级流程，除一种几乎由纯碳元素纤维组成且以稳定的石墨结构形式存在的微小物质外，所有其它元素均通过气体形式被分离出去。所得到的此种碳纤维的粗细只有七微米（0.007 毫米），而人的头发粗约 50 微米。为了能在汽车领域使用，还必须将大约 50,000 个这样的单纤维整合为所谓的“粗纱”或者“纤维束”，然后再缠绕，以进行继续加工。除汽车制造领域外，这种强度的纤维束还可应用于其它领域，比如用于风能发电设备的大型转子叶片等。

接下来，会将纤维束加工为纤维排列物。与一般的纺织物不同，此种纤维排列物的纤维不会彼此重叠和交织，而是在一个平面内紧挨着排布。若将纤维交织，会使纤维弯曲，从而会减损其特有的属性。正是这种纤维织物特有的纤维排布方向保证了 CFK 部件的卓越性能。

### 预成型和组合 — 最佳地成型。

已完成切割、但仍为平面的纤维排列物通过预成型过程确定其未来的形状。坯件经过加热后，可形成稳定的三维外型。这时已经可以看出部件的未来形状。多个这样的预成型坯件可以连接一个较大的部件。例如，可以通过 CFK 制造出集成度较高和面积较大的车身部件，否则必须用铝或者钢板制造，花费较大的成本。CFK 部件在结构和制造上有明显的优点：紧固单元等各种功能可以直接集成至此类部件中。本身复杂的结构部件和具有各种厚度的整个车身组件可以在一个工具中制成。

在预成型和组合这两个流程步骤中，都需要织物具有较强的灵活性，即：预成型坯件应保持坚硬，且在组合时可以进行恰当地连接。在此领域，宝马集团通过多年的实践，积累了丰富的专业知识和技能。



### **使用树脂转移造型 (RTM) 方法在高压下浇脂。**

组合后的预成型坯件将进入下一道工序：浇注树脂。为了使预成形的产品能够长时间地保持其已有的形状，还必须使用第二种重要的物质 — 树脂。利用树脂转移造型 (RTM) 方法，树脂在高压下注入已预成型的车身中。纤维只有在与树脂结合且经硬化后才能拥有钢性并显示出优越的属性。

纤维的树脂防水处理过程是一个非常复杂的过程，拥有较高的要求。一方面，必须在极短的时间内将树脂喷洒在材料的每个部位且每个纤维必须均被浸湿（在显微镜下观察）。为此，树脂的黏度必须尽可能的小，应保证能尽快分布至整个坯件的各个部分。另一方面，必须在最短时间内硬化树脂，才能保证整个材料的防水性能。此外，分离方法还必须保证已浇脂的部件在与工具分离时不会受到任何损坏 — 不影响纤维和树脂之间的连接部分。要同时实现前述两个相互矛盾的条件，是非常复杂的。为此，宝马集团研发了自己的流程、工具和设备，不仅解决了前述冲突，还同时生产出了高质量的产品。

使用树脂对纤维坯件进行防水处理一方面大约需要连接十种材料和原料，另一方面这些材料之间又不能发生任何反应。此外，由碳纤维排列物、树脂、硬化剂、连接器、缝合线、隔离剂以及其它材料所组成的整合体无论在大面积内，还是在微小层面都必须做好防水处理。其中最具挑战的部分为纤维合成体的加工，因为树脂与纤维的连接是这种材料性能的关键。

### **磨光 – 使用水柱进行磨光。**

经过浇脂和硬化后，部件即将完成。仅需要最后加工即可，比如部件外形切割、填补剩余缺口等。宝马集团使用水柱切割设备完成最后的磨光加工。由于成品 CFK 部件在硬化后已经具有完全的稳定性和抵抗性，使用惯常的铣刀头磨光非常困难，且必须频繁更换（因为磨损太严重）。与此相反，使用水柱切割和钻孔不会有磨损，但加工 CFK 材料时，必须对设备进行改进。因此，宝马集团对此流程进行了进一步优化。

“通过成熟的生产流程，我们可以根据工程师的想法和产品的需要精确地应用部件。”（安德烈亚斯·赖因哈特博士）

### **回收 — 脚料可以做成新的结构部件。**

宝马集团还对产品周期外的事项进行了思考，并在研发过程中设计、评



估了各种回收和使用理念。在这之前，高品质材料的脚料并没有得到很好地应用。宝马集团设计了世界上独一无二的回收方案，囊括了从生产废料分类回收至批量回收的全部范围。纤维的主要部分可再次应用于生产流程中。通过特殊的准备流程，甚至可生产出一种可满足主要纤维产品需求的替代纤维。再利用非常有价值，一方面，会减少废料，减轻环境负担；另一方面，还可减少对新生产材料的需求。

“我们的目标之一是将生产流程中产生的脚料再次应用到我们的产品中。”（安德烈亚斯·赖因哈特博士）

宝马集团在 CFK 领域的生态可持续性不仅仅体现在回收上。早在与 SGL ACF（汽车碳纤维生产商）成立合资企业生产碳纤维产品时，宝马集团便强调：所需的能源将通过摩西湖（美国）的新发电厂获得。即使在能源使用效率方面，此工厂也将制定相关的标准。

### **统一的方法，最佳的结果。**

在过去十年中，所有研发人员和 CFK 专家在所有流程、材料、设备和工具的开发上均以实现大批量生产 CFK 部件为前提。因此，CFK 专家们始终将整个流程和价值创造链牢记于心。从纤维生产至回收的整个过程，宝马集团至今都发挥着独特的作用。因为只有如此，才能保证每次进步都有益于整个流程。

### **一开始就以批量生产为导向。**

宝马集团在产品数量大幅增加、持续研发创新性流程的同时，也获得了大量的经验，聚集了大量的员工、设备，积累了丰富的流程专业知识。但是，只有一开始就将 CFK 的使用定位于工业化的大批量生产才有可能获得高水平的专业知识和技能。宝马集团认为：CFK 不仅仅是一种仓室应用材料，更是汽车制造业面向未来的一种先进技术。因此，从一开始，集团就投入了大量资金自主进行员工培训和流程开发，且会一直如此。由于具有较高的独立性且整个生产流程的自主研发比例较大，宝马在此领域几乎无须依赖集团外的部门。集团所生产的高质量部件体现了对生产流程的成熟度。

“CFK 工业化的基础不是事后的质量检验，而是生产出一流质量的产品。”（约亨·特普克）



更多信息，请垂询：

技术通讯部，Tobias Hahn 先生，

电话：+49-89-382-60816，传真：+49-89-382-28567

网址：[www.press.bmwgroup.com](http://www.press.bmwgroup.com)

电子邮件：[presse@bmw.de](mailto:presse@bmw.de)

