



优品金融研究所

UP Financial Research Institute

行业研究报告:

## 新能源汽车行业专题报告之技术篇

优品金融研究所行业发展部

2016. 9. 27



## 新能源汽车行业专题报告之技术篇

### 相关研究报告

《新能源汽车行业专题报告之全球篇》2016.9.27

《新能源汽车行业专题报告之政策篇》2016.9.27

### 报告要点：

- 在客车市场，纯电动渐成主流，这主要是由近年国家政策对纯电动客车生产厂商的优惠政策所形成；乘用车市场，混动仍难以被取代。现有纯电动汽车续航里程不理想、基础设施不完善、充电标准不统一等因素影响下，纯电动在乘用车市场还有较大的改善空间。
- 电池是制约新能源汽车续航里程的关键部件。从目前技术路线来看，新能源汽车所用电池的发展方向有三个：锂离子电池、燃料电池、超级电容。在短期内新能源汽车动力电池仍会以锂电池为主，并将呈现锂电池与燃料电池并驾齐驱的现象。
- 电解液，和锂电池隔膜、正极材料和负极材料并称为锂电池的四大材料。技术壁垒上，石墨类负极材料<电解液<钴酸锂以外的正极材料<隔膜；从成本构成上正极材料占整颗电池总成本的30%，其次是隔膜占成本的25%，电解液和负极材料分别占比17%和10%左右。
- 充电设备是电动汽车最重要的配套设备，也是目前电动汽车推广的最大制约。目前电动汽车充电方式主要有慢速充电（交流充电桩）、快速充电（直流充电站）、更换电池（换电站）和无线充电。目前电动汽车充电主要采用有线充电方式，但是建设成本高、操作复杂、兼容性差以及占地面空间。无线充电设备占地小、充电过程安全性和便利性高，可抵御户外恶劣环境与天气，大幅改善充电站管理和电动车用户体验。在国内，无线充电技术还处于测试阶段，并没有真正走进新能源汽车的市场，技术标准也有待完善。
- 技术进步才是发展新能源汽车最大的推动力。目前电动汽车在续航里程、充电等方面的限制很难满足消费者要求，在未来，技术不断进步，成本降低、续航里程提高后新能源汽车可能实现大规模推广。目前希望与困难交织、机遇与挑战并存，中国新能源汽车行业实现进步，实现从“汽车大国”到“汽车强国”，还需要继续披荆斩棘、破浪前行！

## 目录

一、全球新能源汽车主流技术路线.....	5
1. 混合动力汽车 .....	5
2. 纯电动汽车 .....	8
3. 发展趋势 .....	9
二、锂离子电池技术现状及趋势.....	9
1. 正极材料——三元锂电池将成为主流 .....	10
2. 隔膜——湿法工艺占比提升 .....	13
3. 电解液——六氟磷酸锂仍是根本 .....	17
4. 负极材料——非碳基负极材料突破还需时日 .....	19
三、充电设备技术现状及趋势.....	22
1. 慢充（交流充电桩） .....	22
2. 快充（直流充电桩） .....	23
3. 换电 .....	25
4. 无线充电 .....	25
公司声明及风险提示： .....	30



## 图表目录

图表 1: 混合动力汽车一般结构图 .....	5
图表 2: 普通混合动力汽车结构图 .....	6
图表 3: 插电式混合动力汽车结构图 .....	7
图表 4: 增程式混合动力汽车结构图 .....	7
图表 5: 纯电动汽车结构图 .....	8
图表 6: 2016 年 1-7 月我国新能源汽车产量占比 .....	9
图表 7: 三种动力电池技术对比 .....	10
图表 8: 锂电池成本结构 .....	10
图表 9: 几种锂离子电池正极材料性能对比 .....	10
图表 10: 2012-2015 年三元电池占比情况 .....	12
图表 11: 各正极材料活性物质对锂源的要求 .....	12
图表 12: 电池级氢氧化锂需求 .....	13
图表 13: 锂电池结构图 .....	14
图表 14: 锂离子电池隔膜结构性能比较 .....	14
图表 15: 隔膜发展趋势 .....	15
图表 16: 干法工艺流程 .....	15
图表 17: 两种干法工艺比较 .....	16
图表 18: 湿法工艺流程 .....	16
图表 19: 干法及湿法工艺比较 .....	16
图表 20: 2014-2015 中国隔膜分类产量占比 .....	17
图表 21: 电解液成本构成 .....	18
图表 22: 锂离子电池电解液构成 .....	18
图表 23: 几种电解质性能对比 .....	18
图表 24: 负极材料分类 .....	19
图表 25: 主要负极材料性能对比 .....	20
图表 26: 2014-2016Q1 中国石墨产量占比 .....	20
图表 27: 碳包覆技术约束硅的体积变化 .....	21
图表 28: 电动汽车充电方式对比 .....	22
图表 29: 交流充电桩 .....	23
图表 30: 直流充电桩 .....	23
图表 31: 充电站规模分类 .....	24
图表 32: 特斯拉超级充电站换电示意图 .....	25
图表 33: 无线充电方式 .....	26
图表 34: 电磁感应方式无线充电 .....	27
图表 35: 磁共振方式无线充电 .....	28
图表 36: 无线电波方式无线充电 .....	28
图表 37: 电场耦合方式无线充电 .....	29

## 一、全球新能源汽车主流技术路线

全球范围内，汽车动力总成电气化的主要技术路线主要有四种：

- (1) 油电混合动力（HEV）：典型车型如丰田普锐斯；
- (2) 插电式混合动力汽车（PHEV）：又被进一步细分为增程式 PHEV 和常规插电式 PHEV，前一类典型车型有比亚迪秦，后一类典型车型为丰田普锐斯插电式混合动力版，中国政府更加倾向于推广第一类增程式 PHEV；
- (3) 纯电动（EV）：又可以进一步细分为微小型电动轿车和普通电动轿车；
- (4) 燃料电池汽车（FCV）：既有燃料电池客车又有燃料电池轿车，典型车型为本田的 FCV，但目前燃料电池汽车离大规模商业化运营还需要 5-10 年的时间。

本文主要以锂离子电池汽车为主要讨论对象，下面分别以混动、纯电动两个类别对新能源汽车进行分析。

### 1. 混合动力汽车

混合动力指在车辆动力系统中采用两种不同动力源的一种技术，目前更侧重于指油电混合动力。通常降低油耗的方法包括采用小排量发动机、减少怠速运行时间、进行发动机工作点优化、采用辅助能源或者替代能源以及减少摩擦损失和回收制动能量等，混合动力系统也主要是以这些为出发点而开发的。

混合动力汽车的燃油经济性能较高，行驶性能优越，在起步、加速时，由于有电动马达的辅助，可以降低油耗。辅助发动机的电动马达可以在启动的瞬间产生强大的动力，因此，车主可以享受更强劲的起步、加速，实现较高水平的燃油经济性。

图表 1：混合动力汽车一般结构图



资料来源：互联网，优品金融研究所

混合动力汽车一般可以分为普通混合动力汽车、插电式混合动力汽车以及增程式混合动力汽车。

### （1）普通混合动力汽车

普通混合动力汽车在正常行驶过程中，主要依靠发动机驱动，而在电量充足的条件下，车辆起动或者低速行驶时，完全依靠电动机驱动，但是续航里程极短。随着车速提高，发动机开始驱动车辆行驶。当遇到坡道或者急加速时，发动机和电动机共同驱动车辆行驶。

图表 2：普通混合动力汽车结构图



资料来源：互联网，优品金融研究所

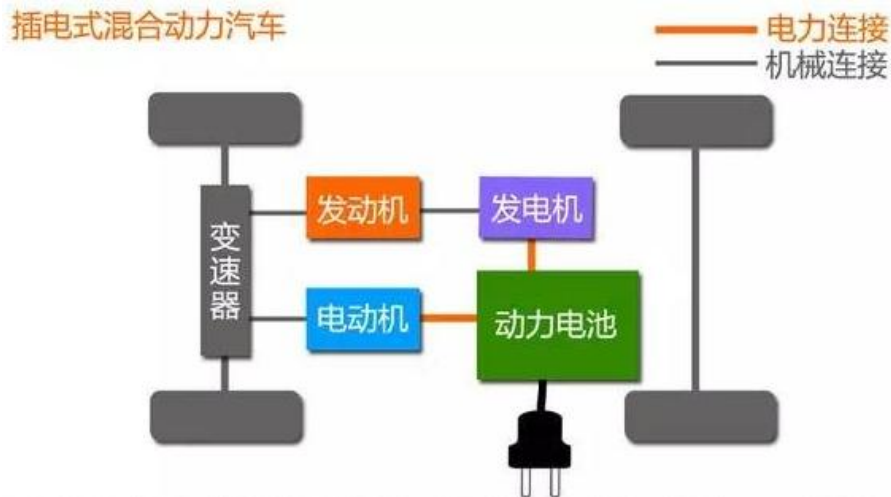
普通混合动力汽车的动力电池容量很小，如雷克萨斯 CT200h 的动力电池容量为 6.5Ah，相当于一些强力探照灯的电瓶而已，它在纯电模式下最远行驶距离仅为 3 公里。因此，普通混合动力汽车一般通过刹车时回收动能为动力电池充电，或者利用车辆在行驶时发动机的多余功率驱动发电机充电即可，完全不存在纯电动汽车到处找“插座”的困扰，

### （2）插电式混合动力汽车

插电式混合动力汽车与普通混合动力汽车的区别：普通混合动力车的电池容量很小，仅在起/停、加/减速的时候供应/回收能量，不能外部充电，不能用纯电模式较长距离行驶；插电式混合动力车的电池相对比较大，可以外部充电，可以用纯电模式行驶，电池电量耗尽后再以混合动力模式（以内燃机为主）行驶，并适时向电池充电。



图表 3：插电式混合动力汽车结构图



资料来源：优品金融研究所

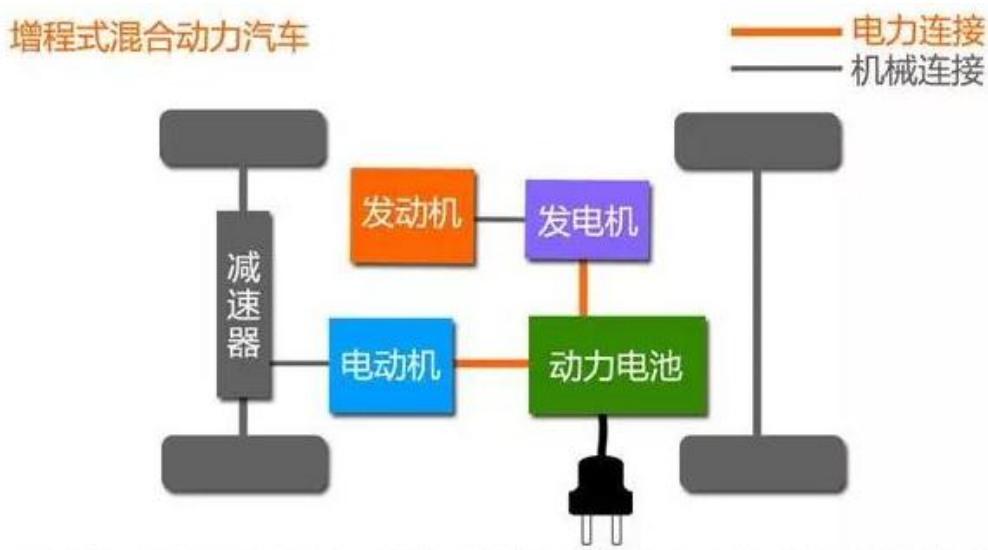
相比之下，插电混动车型有效解决了纯电动汽车的续航里程问题，并将传统动力系统与纯电动动力系统结合在一起，弥补了各自的劣势，又将双方的优势最大化。在此背景下，不少业内专家都认为，相比纯电动汽车，插电式混合动力车型更适合当下的情况。

但由于基础设施增速相对较慢，充电成为很多消费者暂时难以解决的现实问题。此外，诸如电池续航里程等技术问题也亟待解决。面对技术瓶颈，汽车厂商的量产计划及市场推广也显得极为谨慎，市场反应始终未现有效增长。

### （3）增程式混合动力汽车

增程式混合动力汽车就是一种串联式插电式混合动力车。不同于多见的并联式混动车，增程式车只用电机驱动，而不使用内燃发动机进行驱动。对于增程式混合动力汽车来说，内燃发动机的唯一作用就是驱动发电机发电，为电池充电，驱动电机或其它用电设备，如空调，取暖，12v 电源等提供能量。

图表 4：增程式混合动力汽车结构图



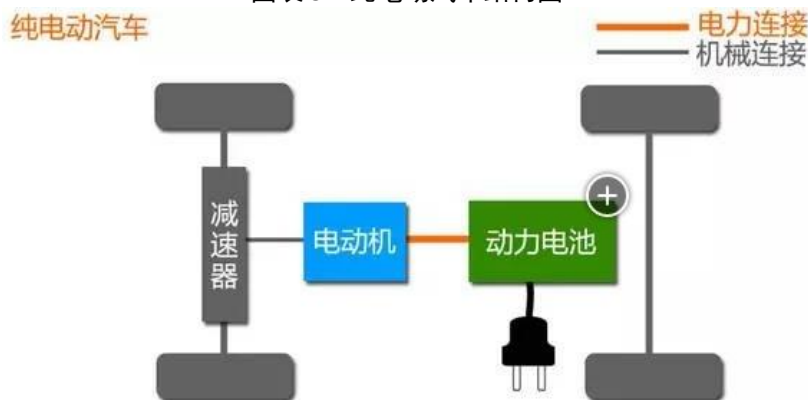
资料来源：互联网，优品金融研究所

由于具有插混的外接充电优势，增程式混合动力汽车的纯电续航里程也较长，如 i3 纯电版续航里程 160 公里，而 i3 增程版可达 300 公里左右。并且在增程模式下，发动机工作在高效转区，其安静程度比普通汽车更好，电机的低转高扭特性也使得车辆的起步和加速性能也较好。而在增程模式下，i3 的综合百公里油耗也能达到 4L 左右的水平，起到一定的节能作用。与此同时，增程和插混一样能够享受国家新能源车补贴政策。

## 2. 纯电动汽车

纯电动汽车顾名思义就是纯粹靠电能驱动的车辆，而不需要其他能量，如汽油、柴油等。它可以通过家用电源(普通插座)、专用充电桩或者特定的充电场所进行充电，以满足日常的行驶需求。

图表 5：纯电动汽车结构图



资料来源：优品金融研究所

纯电动汽车完全依靠电能驱动，使用成本是目前市售的新能源车中最低的，由于结构简单，其周期性保养项目、保养费用也比普通汽车低很多，一般更换齿轮油、刹车片即可。并且还可以享受到较高的国家补贴，不同地区也都有相应的补贴政策，差别仅是幅度问题而已。同时，纯电动汽车的安静程度也比普通汽车要好很多，基本上无需刻意去加装任何隔音装备，而且电动机具备低转速高扭矩的特点，使得其启动和加速性能也很好。

但纯电动汽车也有不少缺点。

**续航里程短：**一般国内的纯电动汽车的续航里程多为 150 公里左右，再加上天气、路况、电池等方面因素，实际的续航能力也就 100 公里出头。

**充电时间长：**一般正常的充电时间为 8 小时左右，快速充电也得需要 1-2 个小时。

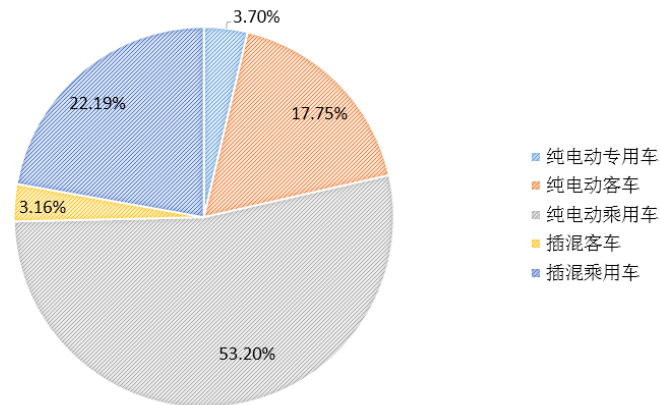
**配套设施不完善：**目前国内的充电站较少，还需要一段比较长的时间建设配套基础设施。



### 3. 发展趋势

**纯电动渐成主流。**目前看来，在我国的客车市场上，纯电动客车已经成为并将一直成为市场主流，这主要是由近年来国家政策对纯电动客车生产厂商的优惠政策所形成的；而在乘用车市场，随着国产自主品牌纯电动汽车厂商的崛起，纯电动乘用车产量仍占整个新能源汽车产量的半数以上。

图表 6：2016 年 1-7 月我国新能源汽车产量占比



资料来源：中汽协，优品金融研究所

**乘用车市场，混动仍难以被取代。**我国的乘用车市场上，从消费者角度来讲，由于插电式混合动力汽车既可以当做纯电动汽车，也可以使用混合动力，从而享有更多的消费者偏好。另外，目前我国市场上同时存在着五种不同的充电桩标准，标准的不统一，也是阻碍充电设备发展的重要因素。可以说，在现有纯电动汽车续航里程不理想、基础设施不完善、充电标准不统一等一系列因素的影响下，纯电动要在乘用车市场取代插电式混动还有很长的一段路要走。

## 二、锂离子电池技术现状及趋势

对消费者来说，新能源汽车的续航里程是其最主要的考虑因素，而电池又是制约新能源汽车续航里程的关键部件。从目前技术路线来看，新能源汽车所用电池的发展方向有三个：锂离子电池、燃料电池、超级电容。

图表 7：三种动力电池技术对比

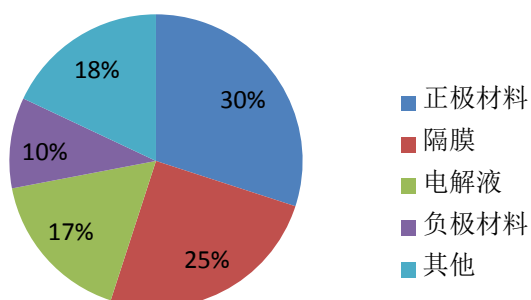
类别		优点	缺点
锂电池	磷酸铁锂电池	安全	能量密度低，电池一致性问题难以解决，稳定性和精确性很难控制
	钴酸锂电池	能量密度高	安全性低，成本高
	三元聚合物电池	能量密度高	安全性低
燃料电池		无污染、效率高、可循环利用	生产成本低，加氢站建设难度大，氢气有爆炸隐患，氢气来源有限
超级电容		充电速度超快、耐充、放电速度极快、效率高	安全性低、工作电压较低

资料来源：优品金融研究所

在短期内新能源汽车动力电池仍会以锂电池为主，并将呈现锂电池与燃料电池并驾齐驱的现象。而对于超级电容，在短期内很难替代锂电池，从技术上看，超级电容与锂电池各有其性能特点，未来将锂电池与超级电容组合的技术将成为市场主流。

电解液，和锂电池隔膜、正极材料和负极材料并称为锂电池的四大材料。技术壁垒上，石墨类负极材料<电解液<钴酸锂以外的正极材料<隔膜；从成本构成上正极材料占整颗电池总成本的 30%，其次是隔膜占成本的 25%，电解液和负极材料分别占比 17%和 10%左右。

图表 8：锂电池成本结构



资料来源：IIT，优品金融研究所

## 1. 正极材料——三元锂电池将成为主流

根据锂电池正极材料的不同，锂电池又可以分为：钴酸锂电池、锰酸锂电池、磷酸铁锂电池、三元电池，其中三元电池又可分为镍钴锰酸锂电池和镍钴铝酸锂电池。

图表 9：几种锂离子电池正极材料性能对比

材料种类	钴酸锂	锰酸锂	磷酸铁锂	三元材料	三元材料
------	-----	-----	------	------	------

				(NCM)	(NCA)
电压 (V)	3.7	3.8	3.3	3.6	3.7
比容量 (mAh/g)	140-150	110-120	130-150	140-160	160-180
倍率性能	中	优	优	中	优
低温性能	优	优	中	优	优
高温性能	优	差	优	中	差
环境友好性	钴有毒	无毒	无毒	钴镍均有毒	钴镍均有毒
循环性能	中	中	优	优	中
安全性	差	好	优	较好	中
成本	高	低	低	较高	高
振实密度 (g/cm <sup>3</sup> )	2.8-3.0	2.0-2.3	2.2-2.4	1.0-1.4	2.0-2.4
理论碳酸锂需求	0.68	0.45	0.47	0.66	0.62
实际碳酸锂需求	0.85	0.56	0.59	0.83	0.78
优点	充放电稳定、生产工艺简单	锰资源丰富、价格较低、安全性高	安全性高、环保、循环性能好	比容量较高、循环性能好、安全性好、价格相对较低	高能量密度、倍率性能好、高体积比能量、安全性较好、低温性能好
缺点	钴价格昂贵、循环寿命较低	能量密度低、电解质相容性差	低温性能较差、放电电压低	电压平台相对较低、首次充放电效率低、电导率相对较低	高温性能差、安全性差、生产技术门槛高、充放电过程气体产生量较大

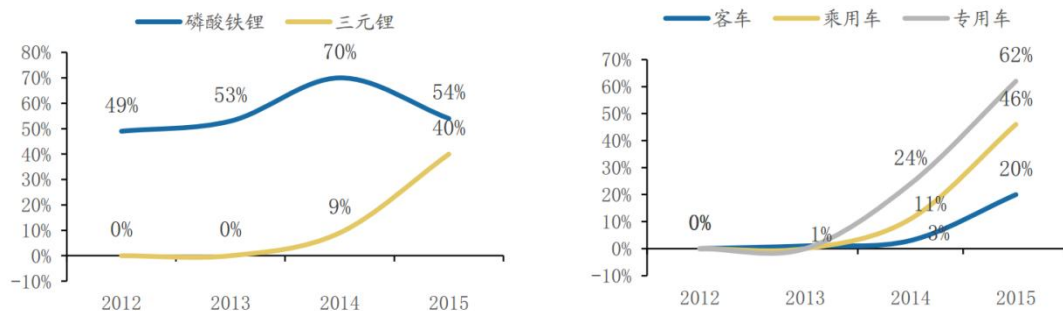
资料来源：CNKI，优品金融研究所

目前来看，由于三元电池突出的能量比优势，在乘用车和专用车上装配较多，而更加强调安全性能的乘用车目前还是以磷酸铁锂为主，按照《节能与新能源汽车产业发展规划》，到2020年，动力电池模块比能量达到300Wh/kg以上，三元电池是最有潜力达到要求的技术路线。

从全球来看，主要的电池厂商例如松下、LG、三星等均采用的是三元锂路线；特斯拉新款车型Model 3以及比亚迪“宋”也均采用三元锂电池，示范效应将带动国内三元锂电池的潮流。

国内动力电池主要包括磷酸铁锂与三元材料两种技术路线，国内锂电池的正极材料仍以磷酸铁锂为主，但是三元锂电池在国内新能源汽车装机中的占比已经有明显提高，其中在专用车和乘用车中占比最高，在客车中占比略低。

图表 10: 2012-2015 年三元电池占比情况



资料来源: 乘联会, 优品金融研究所

目前, NCA 三元材料和高镍 NCM 三元材料生产的主要原料为氢氧化锂, 由于其稳定性高, 反应过程中不产生一氧化碳干扰物, 有助于增大材料的振实密度, 相比于碳酸锂更适合作为三元正极材料合成的基础锂盐。

图表 11: 各正极材料活性物质对锂源的要求

正极材料	锂源	主流制备方法	用途	备注
钴酸锂 LCO	LC	低温固相反应	小电池	广泛用于 3C 产品
磷酸铁锂 LFP	LC 为主	高温固相反应	动力电池/超大容量电池	少数技术路线使用 LH
锰酸锂 LMO	LC	固相反应	动力电池/小电池	国内应用尚不广泛
三元-NCM	LC 为主	固相法/共沉淀法	动力电池/小电池	高镍三元材料使用 LH
三元-NCA	LH	固相反应	动力电池	主要由特斯拉采用
富锂锰基正极材料	LH	工沉淀法	动力电池	多种技术路线尚在探索中

资料来源: 万方数据, 优品金融研究所

特斯拉使用的松下 18650 电池为 NCA 正极, 全部以氢氧化锂为锂源。特斯拉汽车产量计划 2018 年 50 万辆、2020 年 100 万辆, 并在内华达兴建设计年产量 50GWh 的超级电池工厂, 预计 2017 年投产, 2020 年达产, 有效刺激 NCA 三元正极材料需求。

高镍三元材料成为未来主流需求方向。对于 NCM 三元材料, 目前使用较广泛的是 532, 111 型等材料。为了顺应材料高能量密度、低成本的要求, “高镍低钴化”趋势明显, 811 型等高镍三元材料成为未来主流需求方向, 进一步拉动 NCA 三元材料需求。

图表 12：电池级氢氧化锂需求



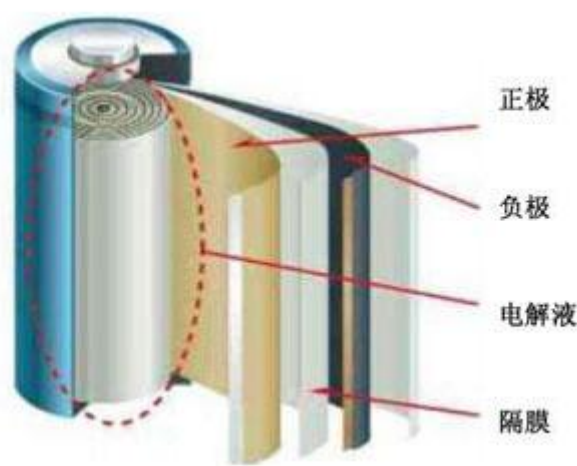
资料来源：Roskill，优品金融研究所

## 2. 隔膜——湿法工艺占比提升

隔膜是决定锂电池性能、安全性和成本的重要部分。在锂离子电池主要原材料中，除正负极材料以及电解质溶液外，隔膜也是非常重要的组成部分。隔膜的主要作用是使电池的正、负极分隔开来，防止正负极接触而短路；此外，隔膜还应该具有使电解质离子通过的功能。

锂电池的放电原理是正极材料中的锂离子  $\text{Li}^+$  脱嵌，通过电解液移动到负极中，电子则通过外电路从正极移动到负极中形成电流。正负极材料一旦发生接触就会导致电池发生短路，甚至发生燃烧和爆炸。而隔膜作为一种绝缘材料，其主要作用在于防止正负极材料接触导致短路，成为保障电池安全的最重要部分之一。隔膜能够浸润在电解液中，而且表面上有大量允许锂离子通过的微孔。材料、厚度和微孔数量等特性都会影响锂离子穿过隔膜的速度，进而影响到电池的放电倍率、循环寿命等性能。在四大锂离子电池材料中，隔膜的成本占比仅次于正极材料，约为 10%–15%，在一些高端电池中，隔膜成本占比甚至更高。

图表 13：锂电池结构图



资料来源：互联网，优品金融研究所

锂离子电池隔膜材料主要有聚烯烃类、高分子材料、无机材料等。根据原材料特点及加工方法不同，可将锂离子电池隔膜分成聚烯烃隔膜、聚合物隔膜、陶瓷隔膜以及纤维隔膜等。

目前市场化的聚烯烃隔膜主要以聚乙烯（PE）、聚丙烯（PP），包括单层 PE、单层 PP 以及三层 PP/PE/PP 的复合膜。目前聚烯烃隔膜的制备工艺有干法和湿法两种技术路线。干法制膜工艺生产过程控制技术要求高，双向拉伸设备造价昂贵，固定资产投入大。湿法制膜工艺技术相对要求较低，设备投入较小，但需要大量有机溶剂对膜进行萃取，而有机溶剂的使用致使成本较高并存在环境污染问题。

图表 14：锂离子电池隔膜结构性能比较

	PE	PP	PP/PE/PP
结构	单层、双层	单层、双层	三层
工艺	干法、湿法	干法	干法
应用	二次电池	一次电池、二次电池、大功率电池	高端二次电池
优点	均匀性好；闭孔温度约 130℃	机械强度高；耐热性好；透过性好	综合了 PP、PE 膜优点，机械强度好，安全性更高
缺点	耐高温性能不如 PP	安全关断性能不如 PE(闭孔温度>150℃)	高温透过性差

资料来源：ZOL，优品金融研究所



图表 15：隔膜发展趋势

膜厚度	电池结构	多层膜	改良膜	新颖隔膜
<ul style="list-style-type: none"> <li>• 数码电池隔膜越来越薄；</li> <li>• 动力电池隔膜安全第一，厚度达到40μm。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 聚合物电解质的固态电池，具有电解质和隔膜的双重作用，未来作为移动设备的重点使用；</li> <li>• 隔膜材料为聚偏氟乙烯-六氟丙烯。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 结合了干法膜熔断温度高和湿法膜闭孔温度低的特点；</li> <li>• PP / PE 双层和PP / PE / PP 3层隔膜。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 表面接枝亲水性单体或改变电解质中的有机溶剂等，改善PE和PP隔膜对电解质的亲和性；</li> <li>• 进行PVDF涂覆表面处理，提高膜强度，降低隔膜的厚度</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 高孔隙率纳米纤维隔膜，把纳米丝喷涂在静电纺布上；</li> <li>• Separion 隔膜，在纤维素无纺布上复合Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>或其他无机物，提高热稳定性。</li> </ul>

资料来源：互联网，优品金融研究所

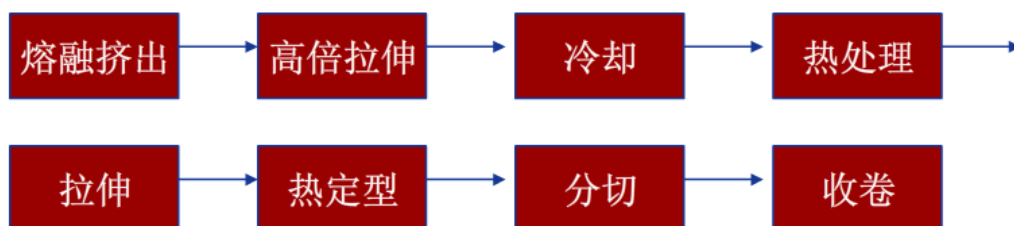
**改良膜：**PE 和 PP 隔膜对电解质的亲和性较差，吸液率低，需进行改性，如在 PE、PP 微孔膜的表面接枝亲水性或改变电解质中的有机溶剂等；表面涂覆掺有纳米二氧化硅的聚氧乙烯；涂覆聚偏氟乙烯，在表面形成一层改性膜，改性膜材料与正极材料兼容并能复合成一体，使该膜在具有较高强度的前提下，降低了隔膜的厚度，减小了电池的体积；用聚苯并咪唑处理 PP 可以弥补其润湿能力差的弱点；用聚丙烯腈（PAN）、聚环氧乙烷（PEO）、聚甲基丙烯酸甲酯（PMMA）、PVC、PVDF 橡胶等改性。

**新型膜材料：**聚烯烃膜具有一定的局限性，例如耐温有限，小于 150℃，安全性降低；为进一步提高比能量，就要减小膜厚度，使二维孔结构薄膜的吸液率下降，影响安全性，为此开发新型膜材料。新型膜材料包括高孔隙率纳米纤维隔膜、Sepafion 隔膜以及聚合物电解质隔膜。

从制备方法来看，隔膜的技术路线可以分为干法和湿法两种，目前国内干法是主要的制造方法，尤其以干法单向多层复合膜为主流，对应的正极材料为磷酸铁锂。

**（1）干法：**干法是将聚烯烃树脂熔融、挤压、吹膜制成结晶性聚合物薄膜，经过结晶化处理、退火后，得到高度取向的多层结构，在高温下进一步拉伸，将结晶界面进行剥离，形成多孔结构，可以增加薄膜的孔径。

图表 16：干法工艺流程



资料来源：互联网，优品金融研究所

干法工艺相对简单，附加值高，且对环境友好；但干法工艺对隔膜的孔径及孔隙率较难控制，拉伸比较小，约为 1~3，同时低温拉伸时容易导致隔膜穿孔，产品难以做得很薄。

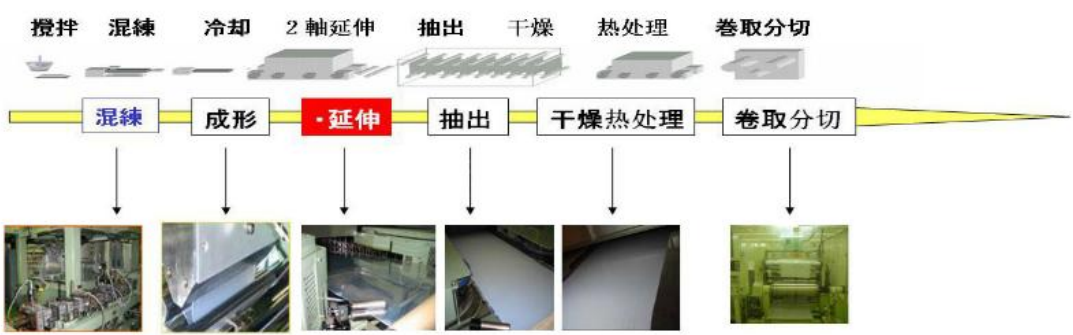
图表 17：两种干法工艺比较

工艺方式	单向拉伸	双向拉伸
工艺原理	晶片拉伸	晶型转换
方法特点	设备复杂，精度要求高，投资大，工艺复杂、控制难度高、环境友好	设备复杂，投资较大，一般需成孔剂等添加剂辅助成孔
产品特点	微孔尺寸、分布均匀、微孔导透性更好，产品横向热收缩差，能够生产出不同厚度的产品，能够生产 PP/PE 产品和三层复合产品	微孔尺寸、分布均匀、透气性更好，稳定性差。只能生产出较厚规格的 PP 膜

资料来源：优品金融研究所

**（2）湿法：**湿法又称相分离法或热致相分离法，将液态烃或一些小分子物质与聚烯烃树脂混合，加热熔融后，形成均匀的混合物，然后降温进行相分离，压制得膜片，再将膜片加热至接近熔点温度，进行双向拉伸使分子链取向，最后保温一定时间，用易挥发物质洗脱残留的溶剂，可制备出相互贯通的微孔膜材料。

图表 18：湿法工艺流程



资料来源：优品金融研究所

湿法工艺制备的隔膜孔径范围比较小而且更加均匀，双向拉伸强度高，制备的隔膜更薄；但湿法工艺前期投资大，周期长，工艺复杂，且对环境污染程度较大。

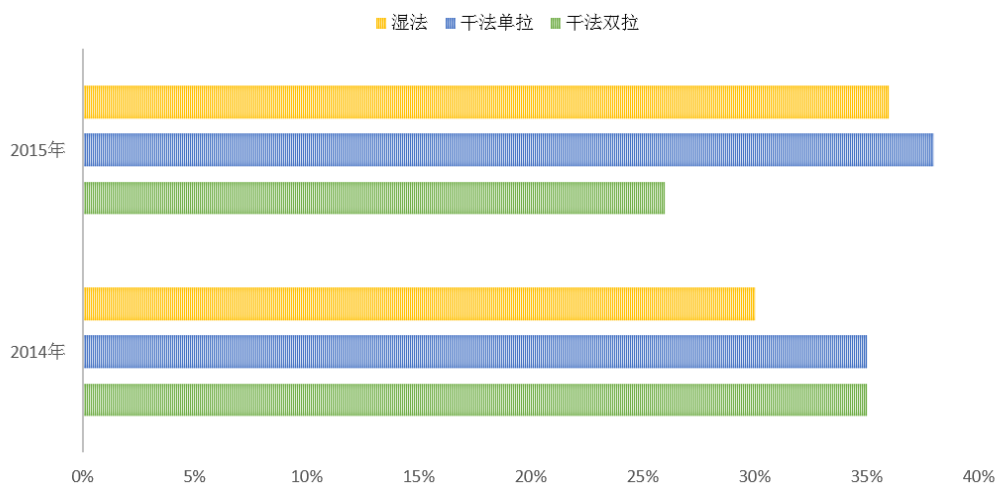
图表 19：干法及湿法工艺比较

	湿法	干法	
生产方式	双向	单向	双向
工艺原理	热致相分离	熔融拉伸-晶片分离	熔融拉伸-晶型转换
方法特点	投资较大、周期长、工艺复杂、需要添加成孔剂、成本高、能耗大、有污染	精度要求高、投资大、工艺复杂、控制难度高、环境友好	投资较大、需要添加改进剂
产品	单层 PE 膜（薄型）	单层 PP、单层 PE 膜、三层 PP/PE/PP 复	单层 PP 膜（厚型）

		合膜	
优点	微孔尺寸小、分布均匀、适应生产较薄产品、孔隙率可控范围大	微孔尺寸、分布均匀、微孔导透性好，厚度范围大	横向拉伸强度好、抗穿刺、微孔尺寸、分布均匀、透气性更好、厚度范围大
缺点	适用性差、耐高温性差	横向热收缩差、短路率较高	稳定性差

资料来源：优品金融研究所

图表 20：2014-2015 中国隔膜分类产量占比

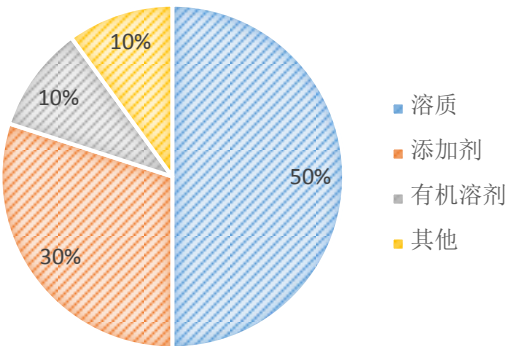


资料来源：薄膜新材网，优品金融研究所

### 3. 电解液——六氟磷酸锂仍是根本

锂电池电解液，是锂离子电池中作为带动锂离子流动的载体，对锂电池的运行和安全性具有举足轻重的作用。锂电池的工作原理就是在充放电的过程中，锂离子在正负极之间穿梭，而电解液正是锂离子流动的介质。电解液主要包括溶质、添加剂、溶剂，三者成本占比分别为 50%、30%、10%。

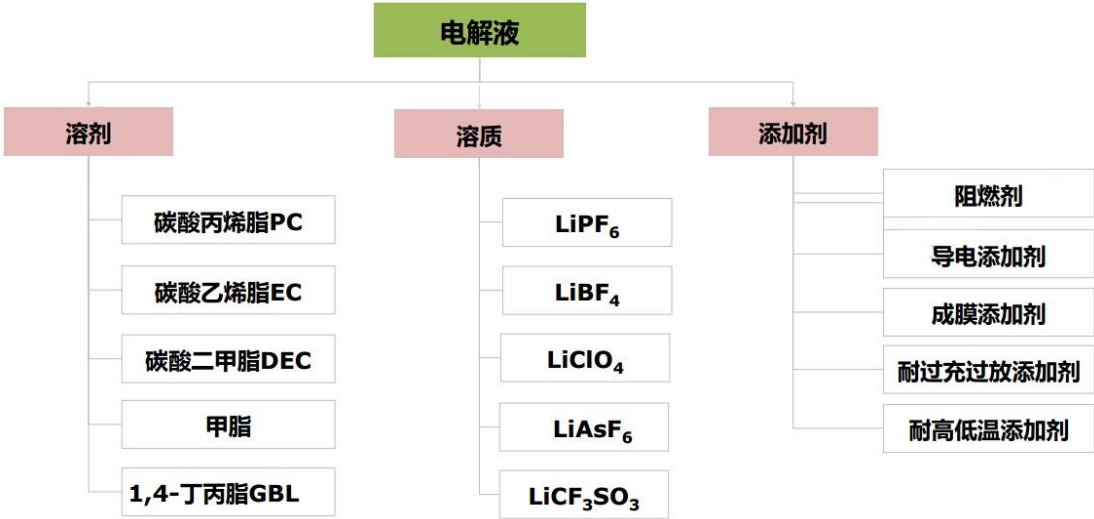
图表 21：电解液成本构成



资料来源：赛迪顾问，优品金融研究所

电解液包括主要包括溶质、溶剂、添加剂，其在电解液中的成分占比约为 12%、84%、4%。溶质与溶剂的工艺已经十分成熟，溶质的主要成分为六氟磷酸锂，溶剂基本由 EC、DEC、DMC、EMC、GBL 等掺混组成。

图表 22：锂离子电池电解液构成



资料来源：互联网，优品金融研究所

电解液主要成分为锂盐电解溶质及有机溶剂以及各类添加剂。在各种类型的电解质中，六氟磷酸锂（LiPF6）是目前锂离子电池中最常用的电解质，综合性能优良，根据配方和用途的不同，六氟磷酸锂在电解液成本中占比约为 20%–50%。

图表 23：几种电解质性能对比

锂盐	优点	缺点
LiClO <sub>4</sub>		具有较高氧化性，容易出现爆炸等安全问题
LiAsF <sub>6</sub>	离子导电率较高，稳定性较好	As 有毒，使用受限
LiBF <sub>6</sub>		化学及热稳定性不好，导电率不高
LiCFSO <sub>3</sub> /LiN(CF <sub>3</sub> SO <sub>2</sub> )		制备成本较高且不易纯化

$\text{LiN}(\text{CF}_3\text{SO}_2)_2$	具有极高的导电性及优异的热稳定性	在 4V 左右开始对铝箔产生腐蚀作用
$\text{LiPF}_6$	具有较高的离子导电率	热稳定性不好，且对水非常敏感
导电率: $\text{LiAsF}_6 > \text{LiPF}_6 > \text{LiClO}_4 > \text{LiBF}_4 > \text{LiC}(\text{CF}_3\text{SO}_2)_2$		

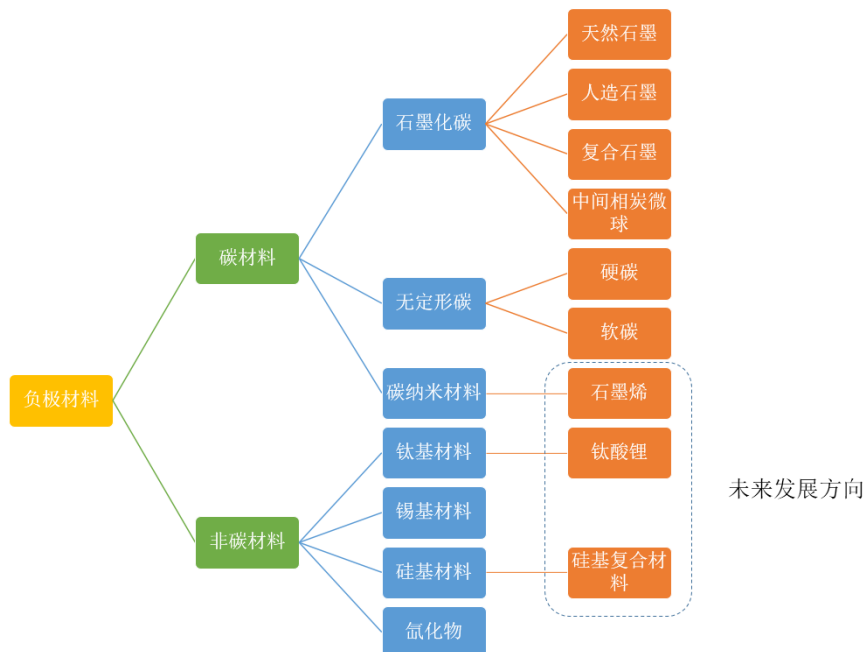
资料来源：IEK，优品金融研究所

目前，全球锂离子电池电解液的供应商主要集中在中、日、韩三国。国内供应商主要有新宙邦、广州天赐、江苏国泰、天津金牛、东莞杉杉等公司，主要供应国内市场，国内锂电池电解液市场的国产化率超过 80%。日本及韩国市场上，日本宇部兴产、三菱化学及韩国旭成化学（Panax-Etec）等国外厂商仍是主要供应商；随着近几年的技术积累和进步，部分国内厂商也开始逐步向国际市场和向在华的日韩锂电制造企业供应电解液。

#### 4. 负极材料——非碳基负极材料突破还需时日

目前主流的商业化锂离子电池都是以碳基材料作为负极的，相对于正极材料而言，负极材料的创新更难，碳基材料凭借较高的工业成熟度和低廉的成本，几乎占据了整个负极市场。目前市场主要以人造石墨和天然石墨为主，两者的份额之和达到了 90%以上。

图表 24：负极材料分类



资料来源：优品金融研究所

负极材料目前实现规模化生产的主要包括天然石墨，人造石墨及中间相碳球三种，其中中低端消费锂电主要使用天然石墨，人造石墨及中间相碳球则主要应用于动力电池和高端消费锂电领域。硬碳、硅碳合金及钛酸锂目前处于初





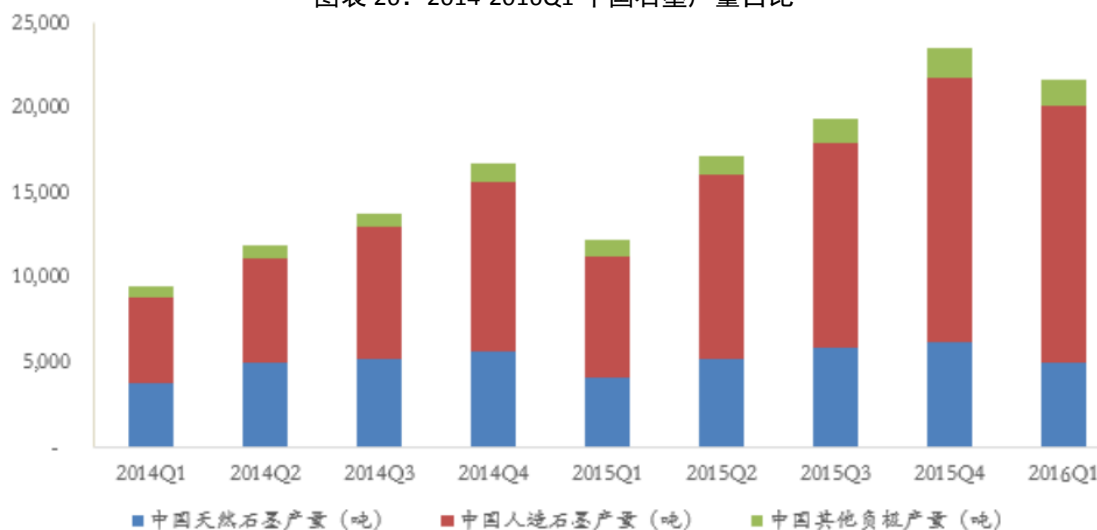
步产业化或研发阶段，未有大规模应用。随着动力电池出货量快速增长，人造石墨占比正逐渐提升，2016 年一季度人造石墨产量占比已接近 70%。

图表 25：主要负极材料性能对比

负极材料	应用现状	技术指标	优点	缺点
天然石墨	已批量应用于小型锂离子电池	容量可达 360mAh/g	技术及配套工艺成熟，成本低	比能量达到极限，循环性能及倍率性能较差，安全性较差
人造石墨	已批量应用于小型锂离子电池及动力电池	容量可达 350mAh/g	技术及配套工业成熟，循环性能好	比能力低，倍率性能较差，安全性能较差
中间相碳微球	已批量应用于功率型锂离子电池及动力电池	容量可达 340mAh/g	技术及配套工业成熟，循环性能好，倍率性能好	比能量低，安全性能较差，成本高
硬碳	初步产业化，小批量试用	容量可达 430mAh/g，首次效率大于 80%	可逆容量高，容量提升空间大，倍率性能好，安全性能好	技术及配套工艺不成熟，首次效率低，成本高，加工性能差
硅碳合金	开发阶段，用于超高容量圆柱锂离子电池	容量达到 450mAh/g 以上，首次效率大于 90%，300 次循环效率大于 80%	可逆容量高，容量提升空间大，倍率性能好，安全性能比石墨类材料好	技术及配套工艺不成熟，首次效率不高，成本高，加工性能差，极片膨胀大，循环性能及倍率性能较差
钛酸锂	初步产业化，小批量在高功率快充动力电池中试用	容量达 160mAh/g	倍率性能优异，高低温性能优异，循环性能优异，安全性能优异	技术及配套工艺不成熟，成本高，比能量低

资料来源：贝特瑞招股说明书，优品金融研究所

图表 26：2014-2016Q1 中国石墨产量占比



资料来源：GBII，优品金融研究所

人造石墨的关键技术在于优质原料的选择；二次颗粒的结构设计；颗粒表



面修饰；超高温石墨化、催化石墨化技术等等。此外，对于天然石墨的包覆和改性技术也是提升碳基类材料性能的重要途径，天然石墨的改善思路是实现颗粒表面的均匀包覆、降低包覆层的厚度和电化学阻抗。

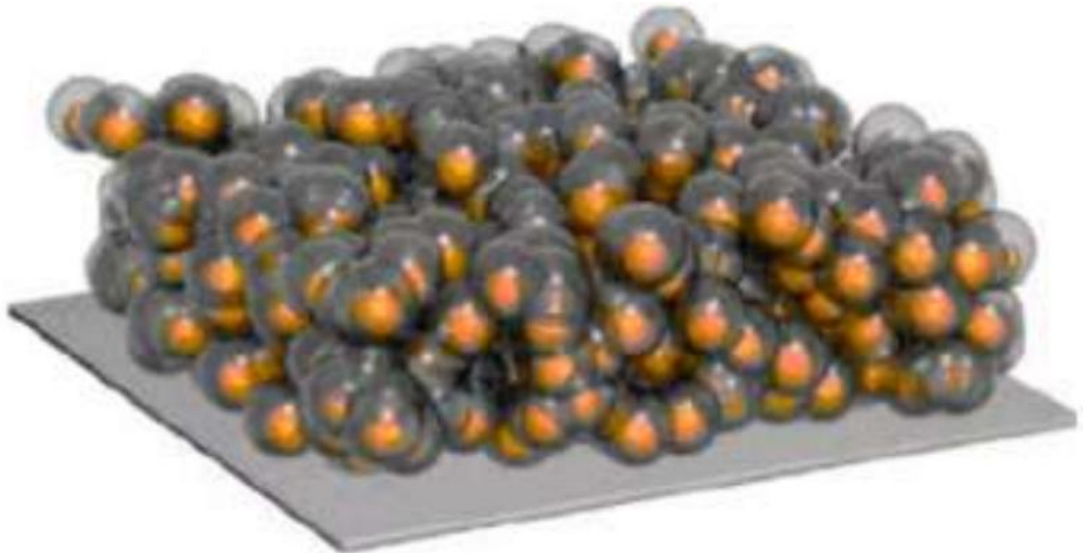
由于石墨负极的理论可逆容量只有 372mAh/g，而目前市面上有些石墨负极容量已经达到 360mAh/g，几乎不再有可提升的空间。这样的容量水平不能满足未来新能源汽车对于动力电池更高容量更好性能的要求，因此负极材料厂商在立足于石墨负极材料的同时，也将目光投向了更多新型负极材料，如钛酸锂、硬碳、硅基复合材料等。

特斯拉所采用的松下 20700 电池，负极材料是人造石墨中加入 10%的硅基材料，其容量提升至 550mAh/g。从产业化角度，特斯拉电池迈出了重要的一步，将会在业界带动硅基材料的研发和应用。

硅基材料最突出的问题在于充放电后体积会膨胀到原来的 360%，而石墨只膨胀到 10%。体积膨胀导致的结果包括：（1）颗粒粉化，循环性能差；（2）活性物质与导电剂粘结剂接触差；（3）表面 SEI 重复生长，消耗电解液和 Li 源，循环变差。

运用人造或天然石墨与硅基材料相混合是目前电池企业提升容量的最主要的方式之一，比例一般在 5%-10%，容量能提升到 450-500mAh/g。但目前运用于动力电池中还比较少，多用于对循环寿命要求不高的 3C 电池中。除了这种方法之外，对于硅基材料存在的问题解决方式中相对成熟的是将纳米化、惰性缓冲以及表面包覆技术相结合。

图表 27：碳包覆技术约束硅的体积变化



资料来源：高工锂电，优品金融研究所

在我国，硅碳复合材料尚处于研究和开发阶段，由于中国车企更注重安全性能，而对电池能量密度提升的需求尚且不是很紧迫，因此硅碳复合材料还没

有投入商业化应用，短期内石墨负极材料仍是主流。

### 三、充电设备技术现状及趋势

充电设备是电动汽车最重要的配套设备，也是目前电动汽车推广的最大制约。根据动力电池的充电规模和充电速度，目前电动汽车充电方式主要有以下四种：慢速充电（交流充电桩）、快速充电（直流充电站）、更换电池（换电站）和无线充电。

图表 28：电动汽车充电方式对比

方式	时间	优点	缺点	电网、设备需求	适应车型	使用场所
慢充	8-10 小时	技术成熟可靠，安装运行简单，成本低	充电时间长、效率低	交流充电，充电桩，220/380V 交流电源接入	纯电动/插电混动	个人车位、公用停车场
快充	20-30 分钟	供电电流大，充电时间短	设备复杂，需要建设专用电网	直流充电，充电站，靠近 10kV 变电站，需采取复杂的谐波抑制装置	全部车型	集中式充电站、加油站等
换电	5-10 分钟	即换即走，充电效率高，具有电网调峰功能	需要标准化电池，庞大的备用电池库，占地空间大，初始成本高	标准换电站，需要建设储能装路、机械换电设备等	商用电动客、货车	集中式充换电站等
无线	7-8 小时	充电操作简单方便，无电气连接	成本高、稳定性差，处于试验阶段	充电站和汽车上需要安装感应供电线圈	小型电动汽车	充电站

资料来源：优品金融研究所

#### 1. 慢充（交流充电桩）

交流充电桩是目前推广程度最高、技术最成熟的充电设备。充电桩安装要求低，可直接接入 220/380V 民用线路，一般无需对电网进行特殊改造；使用简

单，无需专业维护人员，是目前唯一一个人用户可使用的充电设备。充电桩可以安装在专用停车场、露天停车位、集中式充换电站、加油站甚至移动通讯基站中。充电桩分为落地式、壁挂式、车载式等。

图表 29：交流充电桩



落地式



壁挂式

资料来源：互联网，优品金融研究所

慢充因为所用功率和电流的额定值并不关键，因此充电器的安装成本比较低；可充分利用电力低谷时段进行充电，降低充电成本；可提高充电效率和延长电池的使用寿命。但主要缺点为充电时间过长，有紧急运行需求时难以满足。

## 2. 快充（直流充电桩）

快速充电一般采用直流充电方式，通过充电站内的充电机直接对车载动力电池供电，供电电流大、充电时间短，20-30 分钟内可充满电池的 60%-80%。快速充电对电网要求较高，需要建设专用电网，且一般应靠近 10kV 变电站，还需采取较复杂的谐波抑制装路。快速充电站需要有专人维护，投资成本较高，一个中等充电站投资约为 400-500 万元。

图表 30：直流充电桩



资料来源：互联网，优品金融研究所

根据充电功率规模，充电站可以分为大型、中型充电站和小型充电站，主要涉及的设备包括充电机、电能监控设备、有源滤波设备、充电桩、变压器、配电柜、电线电缆等。

图表 31：充电站规模分类

	大型充电站	中型充电站	小型充电站
占地面积	2000m <sup>2</sup> 以上	1000m <sup>2</sup> 左右	100m <sup>2</sup> 以下
建设投资	1200-1500 万元	800-1000 万元	200-400 万元
可供充电车辆	80 辆	40-60 辆	10-20 辆
充电机	(500V/400A)*2 (500V/200A)*4 (350V/100A)*2	(500V/200A)*2 (350V/100A)*2	(350V/100A)
配电系统	输入：10kV 双路，单母线	输入：10kV 单路，单母线	输入：0.4kV 直接供电
	输出：0.4kV，单母线分段接线，设分段联络配电柜	输出：0.4kV 双路，单母线	
	配变：干式非晶合金变压器	配变：干式非晶合金变压器	配变：无需变压器
配套设备	有源滤波器（APF）*2； 计量计费系统；充电站监控系统；充电机监控安防系统	有源滤波器（APF）； 计量计费系统；充电站监控系统；充电机监控安防系统	计量计费系统；充电站监控系统；充电机监控安防系统

资料来源：国家电网，优品金融研究所

充电站中最主要的充电部件为充电机。充电站用的充电机一般为直流充电机，可针对电动轿车、电动客车进行非车载式大功率恒压恒流快速、中速直流充电。目前主流的智能式充电机采用分体式充电机结构，由充电柜、直流充电桩和连接电缆组成。直流充电机的特点是高效、高可靠性、扩容灵活，电网适应能力强，甚至可以接收 500V 的高压输入。

充电站中最主要的配电部件为有源滤波/无功补偿 (APF/SVG) 装路。由于直流充电站瞬时充电电流大、电压波动大，产生的谐波污染会影响接入电网的供电质量，对接入的动力电池、监控设备会产生浪涌冲击，影响电池寿命和充电设备正常运行，同时增加配电柜、变压器的铜损、铁损，产生大的发热，降低配电设备的使用寿命。因此，中型、大型充电站必须独立配套 10kV 变电站，同时设路谐波补偿装路。根据国家电网公司的 APF 容量计算，大、中型充电站分别需要配备 2 台、1 台 APF 有源滤波器，实现谐波补偿率大于 80%，补偿后功率因数高于 99%。



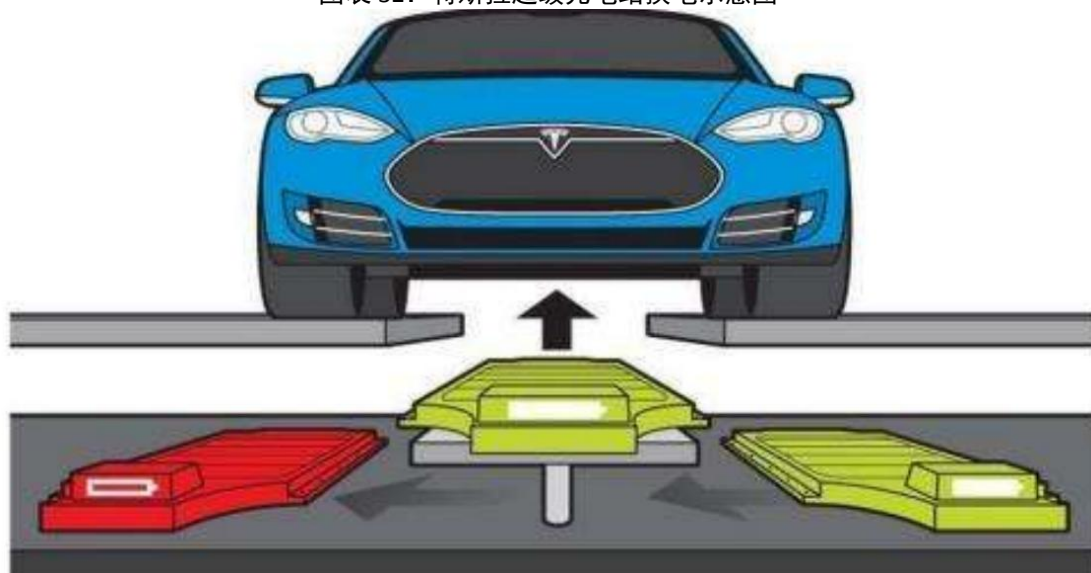
### 3. 换电

换电系统由自动换电机器人、电池充电货架、汽车定位装路、地面控制台、电池充电监控系统等几部分组成。每个单元在电动汽车左右各有一条环线，每个环线设计两台自动换电机器人，分别负责取电池和送电池。机器人与电动汽车自动对位，实现了整个换电过程的全自动化和快速化。换电站可为包括公交、环卫等商用车，以及家庭乘用车进行充换电。

换电站的优点包括：一，换电效率高，根据许继电气在青岛薛家岛、沈阳新松在北京建设的电动汽车充换储放一体化电站，占地在 1000 平米到 10000 平米不等，用国产的自动换电机器人，一辆公交车换电仅需需要 4-6 分钟，可以同时 360 辆车进行操作，每天做 540 车次的更换；二、换电站需要有 200-400 个电池的能源储备，可做为城市区域应急储能电站或调峰电源使用。

换电站投资规模大，需要建立大型电池储备，并需要建立配套的机械设备，集中性和专业性强，需要由充电设备公司以 EPC 形式承建，以 B00 (Build-Own-Operate) 模式直接运营，或 BOT (Build-Operate-Transfer) 模式转交运营企业如电站运营公司、电动公交公司等运营。充换一体化电站门槛较高，且主要面向商用、公用事业车辆（公交、环卫、物流等），用户数量稳定增长，盈利模式清晰，未来前景看好。

图表 32：特斯拉超级充电站换电示意图



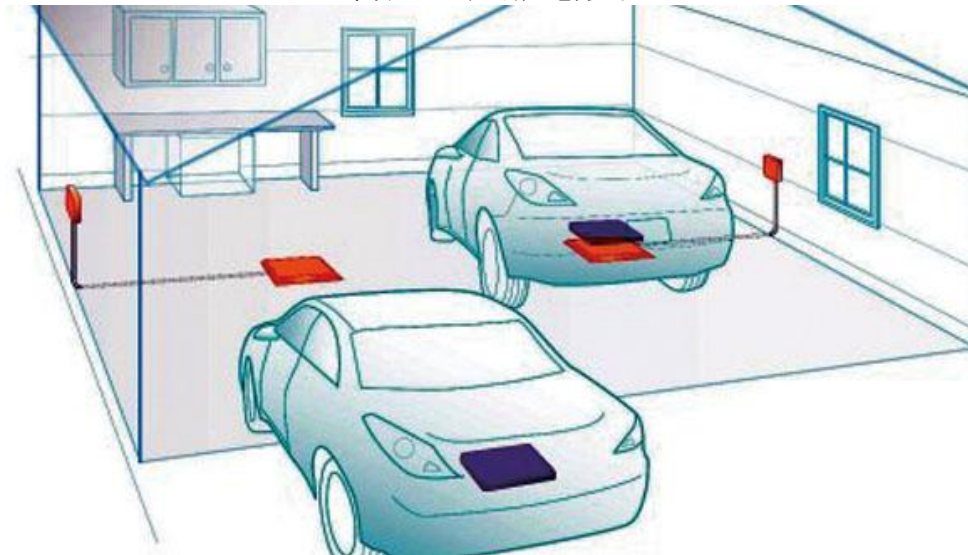
资料来源：互联网，优品金融研究所

### 4. 无线充电

无线充电技术 (Wireless charging technology)，源于无线电力输送技术。

无线充电，又称作感应充电、非接触式感应充电，是利用近场感应，由供电设备（充电器）将能量传送至用电的装路，该装路使用接收到的能量对电池充电，并同时供其本身运作之用。由于充电器与用电装路之间以电感耦合传送能量，两者之间不用电线连接，因此充电器及用电的装路都可以做到无导电接点外露。

图表 33：无线充电方式



资料来源：互联网，优品金融研究所

无线充电技术可以分为四种类型，第一类是通过电磁感应进行短程传输，它的特点是传输距离短、使用位路相对固定，但是能量效率较高、技术简单；第二类是将电能以电磁波“射频”或“磁共振”等形式传输，它具有较高的效率和非常好的灵活性；第三类是耦合方式，它具有体积小、发热低和高效率的优势；第四类是将电能以微波的形式无线传输——发射到远端的接受天线，虽然这种方式能效很低，但使用方便。

### （1）电磁感应

通过初级和次级线圈感应产生电流，从而将能量从传输端转移到接收端。这一实现方式得到了无线充电联盟（WPC）的大力推广。电磁感应主要有一个磁芯和两个线圈组成。当初级线圈两端加上一个交变电压时，磁芯中就会产生一个交变磁场，从而在次级线圈上感应一个相同频率的交流电压，电能就从输入电路传输至输出电路。如果将发射端的线圈和接收端的线圈放在两个分离的设备中，当电能输入到发射端线圈时，就会产生一个磁场，磁场感应到接受端的线圈、就产生了电流，这样就构建了一套无线电能传输系统。

电磁感应方式，送电线圈与受电线圈的中心必须完全吻合。因为磁场随着距离的增加快速减弱，加上能量是朝着各个方向发散的，稍有错位的话，传输效率就会急剧下降。下图靠移动送电线圈对准位路来提高效率。



图表 34：电磁感应方式无线充电



资料来源：互联网，优品金融研究所

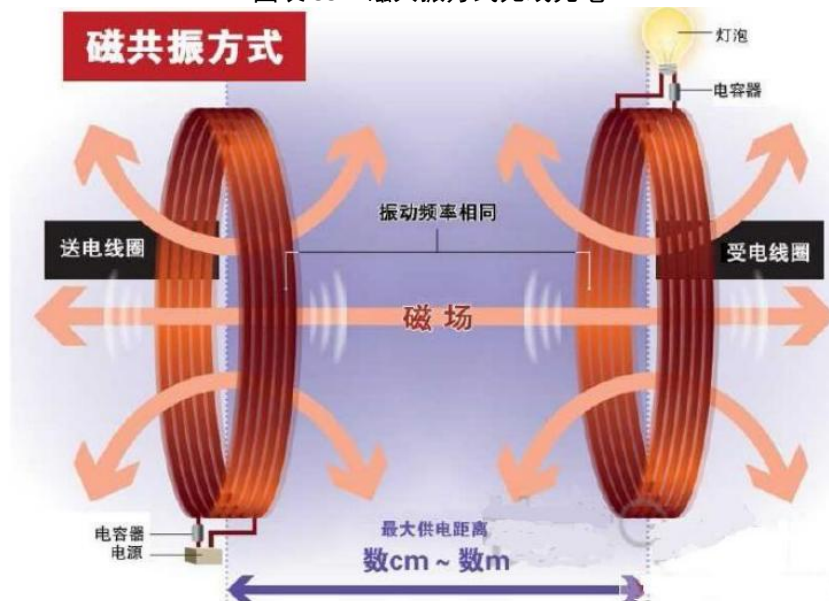
## （2）磁共振

磁共振方式的原理与声音的共振原理相同。排列好振动频率相同的音叉，一个发声的话，其他的也会共振发声。同样，排列在磁场中的相同振动频率的线圈，也可从一个向另一个供电。相比电磁感应方式，利用共振可延长传输距离。磁共振方式不同于电磁感应方式，无需使线圈间的位路完全吻合。

磁共振同样适用两个规格完全匹配的线圈，一个线圈通电后产生磁场，另一个线圈因此共振、产生的电流就可以给设备充电。除了可以应用的距离较远外，磁共振方式还可以同时对多个设备进行充电，并且对设备的位路没有严格限制，使用灵活。

磁共振方式由能量发送装路，和能量接收装路组成，当两个装路调整到相同频率，或者说在一个特定的频率上共振，它们就可以交换彼此的能量。

图表 35：磁共振方式无线充电



资料来源：互联网，优品金融研究所

### (3) 无线电波

无线电波类似于早期使用的矿石收音机，主要有微波发射装路和微波接收装路组成。接收电路，可以捕捉到从墙壁弹回的无线电波能量，在随负载作出调整的同时保持稳定的直流电压。

图表 36：无线电波方式无线充电



资料来源：互联网，优品金融研究所

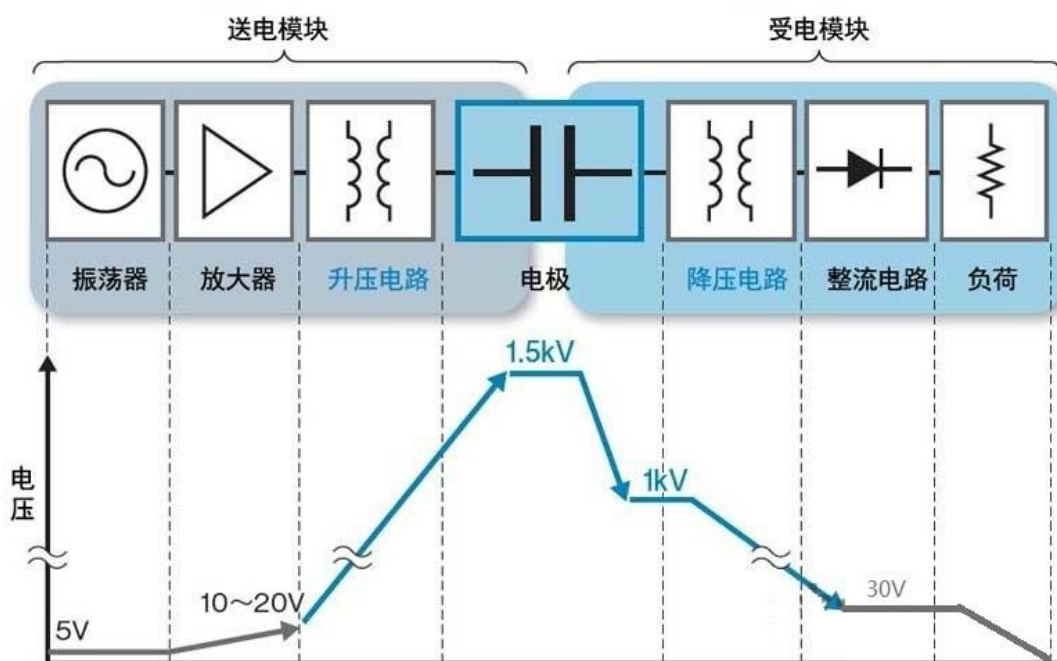
Powercast 公司研制出可以将无线电波转化成直流电的接收装置，可在约 1 米范围内为不同电子装置的电池充电。

#### (4) 电场耦合

耦合方式的无线供电技术与“电磁感应方式”及“磁场共振方式”不同，耦合方式利用通过沿垂直方向耦合两组非对称偶极子而产生的感应电场来传输电力，具有抗水平错位能力较强的特点。

耦合方式的特点大致有三：1) 充电时可实现位路自由；2) 电极可以做到很薄，同时对材料、形状没有严格的要求；3) 电极部的温度不会上升。因此不仅能够提供便利性，而且还可降低系统成本。

图表 37：电场耦合方式无线充电



资料来源：互联网，优品金融研究所

目前电动汽车充电主要采用有线充电方式，这种方式存在很多缺点，比如建设成本高、操作复杂、兼容性差以及占地面空间等。无线充电设备占地小、充电过程安全性和便利性高，可抵御户外恶劣环境与天气，大幅改善充电站管理和电动车用户体验。在国内，无线充电技术还处于测试阶段，并没有真正走进新能源汽车的市场，技术标准也有待完善。

技术进步才是发展新能源汽车最大的推动力。目前电动汽车在续航里程、充电等方面的限制很难满足消费者要求，在未来，技术不断进步，成本降低、续航里程提高后新能源汽车可能实现大规模推广。目前希望与困难交织、机遇与挑战并存，为推动中国新能源汽车行业进步，实现从“汽车大国”到“汽车强国”，还需要继续披荆斩棘、破浪前行！



## 公司声明及风险提示:

本公司研究报告是针对与公司签署服务协议的签约客户的专属研究产品，为该类客户进行投资决策时提供辅助和参考，双方对权利与义务均有严格约定。本公司研究报告仅提供给上述特定客户，并不面向公众发布。未经书面授权刊载或者转发的，本公司将采取维权措施追究其侵权责任。

证券市场是一个风险无时不在的市场。您在进行证券交易时存在赢利的可能，也存在亏损的风险。请您务必对此有清醒的认识，认真考虑是否进行证券交易。市场有风险，投资需谨慎。

## 免责声明:

此报告旨在发给优品金融研究所的特定客户及其他专业人士。未经优品金融研究所事先书面明文批准，不得更改或以任何方式传送、复印或派发此报告的材料、内容及其复印本予任何其他人。

此报告所载资料的来源及观点的出处皆被优品金融研究所认为可靠，但优品金融研究所不能担保其准确性或完整性，报告中的信息或所表达观点不构成所述证券买卖的出价或询价，报告内容仅供参考。优品金融研究所不对因使用此报告的材料而引致的损失而负上任何责任，除非法律法规有明确规定。客户并不能尽依靠此报告而取代行使独立判断。

优品金融研究所可发出其他与本报告所载资料不一致及有不同结论的报告。本报告及该等报告反映编写分析员的不同设想、见解及分析方法。报告所载资料、意见及推测仅反映分析员于发出此报告日期当日的判断，可随时更改。此报告所指的证券价格、价值及收入可跌可升。为免生疑问，此报告所载观点并不代表优品金融研究所的立场。

优品金融研究所在法律许可的情况下可能参与此报告所提及的发行商的投资银行业务或投资其发行的证券。

优品金融研究所 2016 版权所有。保留一切权利。