

固态电池技术发展研究

盖斯特管理咨询有限责任公司

2021年3月09日

gast@gast-group.com

全固态电池优势分析

- 随技术路线发展，现有电池体系制约新能源汽车发展，全固态电池性能、产业化优势突出，全固态电池技术是下一代电池的技术研究重点

性能：优于传统锂电池，能够满足新能源车技术发展要求

- **安全性能好**：抑制锂枝晶产生，不会发生隔膜破损引起的内短路；电池可以在150°C高温下安全工作
- **可快速充电**：快充不会产生锂枝晶，不会引起短路而发生爆炸，适合进行快充
- **能量密度大**：可以匹配更高容量的正负极；可匹配高电压正极；更易做成大容量单体；不含液体
- **循环寿命长**：电池结构稳定，薄膜电池循环寿命可达到45000次以上
- **工作温度范围宽**：电池可以在-100~100°C环境下正常工作

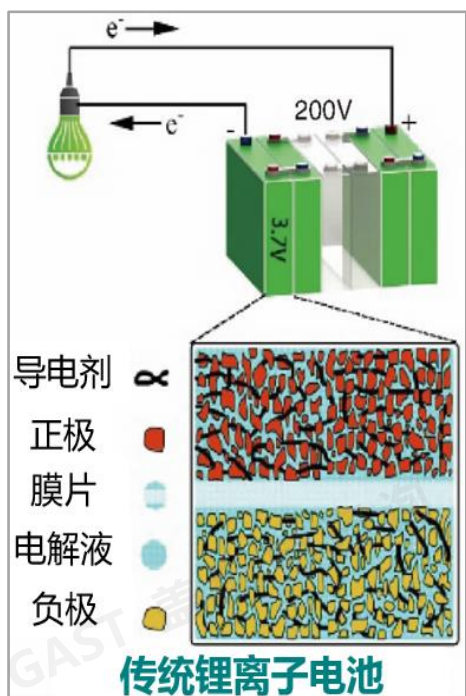
产业化：生产、工艺、成本等均存在较大产业化优势

- **制造灵活性强**：
 - **薄膜柔性化**：电解质具有较大的容忍性，可以制作成柔性较好的薄膜电池
 - **多功能封装**：柔性特征决定其具有更加灵活的封装模式
- **生产效率高，易于商业化**：工艺流程较简单，与传统锂电池共用部分产业链，正负极可直接使用传统锂电池正负极
- **成本低**：电池易于集成化；正极可以不需要镍、钴金属；制造工艺更加简单
- **回收容易**：全固态电池没有液体，相对易于处理

□ 全固态电池因其高性能和可与传统锂电池共享部分产业链，将是能较早实现商业化的下一代锂电池技术

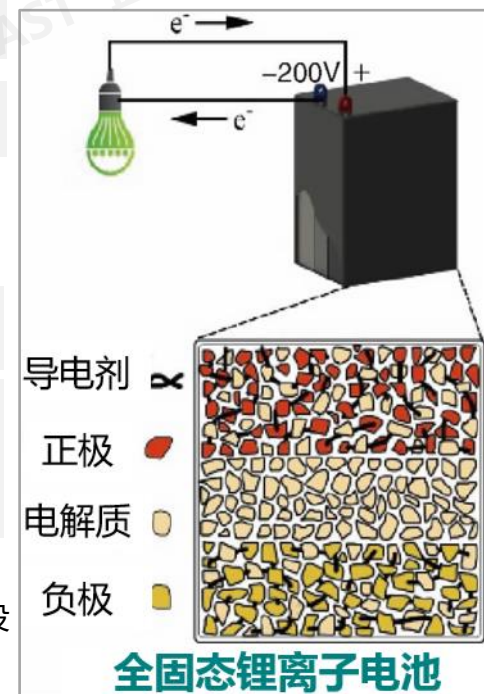
全固态电池与传统锂电池技术原理辨析

■ 全固态电池与传统锂电池在物理组成、物理结构存在较大差异，电化学原理没有本质区别



| | | |
|------|--------------|---|
| 物理组成 | 传统锂电池 | = 正负极材料 + 导电剂 + 电解液 + 隔膜 |
| | 全固态电池 | = 正负极材料 + 导电剂 + 固态电解质 |
| 物理结构 | 传统锂电池 | <ul style="list-style-type: none"> ➢ 电解液浸润到电极的空隙当中，电解质与活性物质是液固之间的面接触，反应面积大，内阻低 |
| | 全固态电池 | <ul style="list-style-type: none"> ➢ 固态电解质被混合于活性物质之间，同时存在于正负极极片之间 ➢ 电解质与活性物质是固固之间的点接触，反应面积小，这是全固态电池内阻高的重要原因之一 |
| 化学原理 | 传统锂电池 | ➢ 锂离子则通过电解质运动形成平衡 |
| | 全固态电池 | ➢ 电子从负极通过导线流向正极 |

电化学原理没有本质差别



□ 全固态电池的基本原理仍不离原电池的范畴，电解质的改变使其性能有了系统性的变化

全固态电池与主流动力电池对比

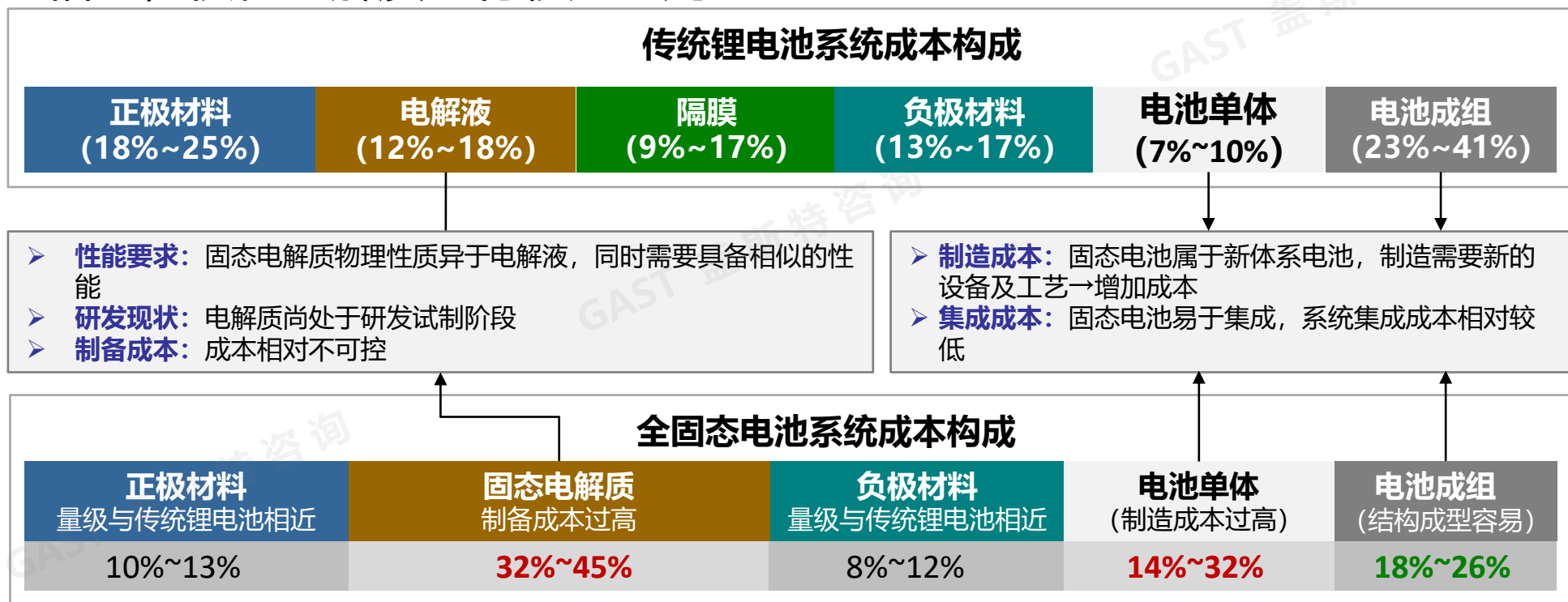
- 全固态电池工作原理与传统锂电池相似，与燃料电池具有本质的区别；全固态电池是传统锂电池的升级

| 分类 | 三元锂电池 | 全固态电池 | 燃料电池 |
|--------------------|-----------|-------------|---------------------|
| 理论能量密度(Wh / kg) | 300 - 500 | 300 - 1,000 | 120倍三元锂电池 |
| 现阶段实际能量密度(Wh / kg) | 180 - 250 | - | 2,700W/L - 3,100W/L |
| 循环次数 | >1,000 | > 10,000 | - |
| 快充性能 | 较差 | 优异 | 优异 |
| 稳定性/安全性 | 中等 | 高 | 中等 |
| 适用温度℃ | -20~55 | -100~100 | -250~1,000 |
| 成本 | 中等 | 较低 | 高 |
| 技术成熟度 | ★★★★ | ★ | ★★ |
| 环保 | 较低 | 中等 | 高 |
| (理论) 回收成本/技术难度 | 高 | 中等 | - |

□ 全固态电池潜在综合性能优于传统三元锂电池，尤其安全性能优势明显，能彻底解决消费者的安全顾虑

全固态电池系统成本分析

- 全固态电池与传统锂电池构成相似（正负极+电解液/质），二者成本构成相近，仅在电解质上有较大区别



- 全固态电池成本主要来自设备开发、新工艺研发以及电池和电解质的研制
- 全固态电池技术处于实验室研发阶段 → 短期内成本无法大幅下降

全固态电池技术问题短期内难以解决

- 全固态电池问题集中在电池内阻和成本上，而电解质材料问题是关键，目前解决方案短期难以达到明显效果→产业化难度大

全固态电池内阻较大

- 固态电解质电导率偏低，电导率比电解液低1~5个数量级，导致电池内阻较大
- 电解质界面相容性较差，致使界面阻抗大，导致电池内阻较大
- 充放电过程中电极及电解质体积膨胀和收缩，导致各材料物理界面分离，导致电池内阻提升

解决方案

- 电导率解决方案：改进固态电解质，采用电解质复合工艺，发挥各材料间的协同作用；技术难度：★★★★
- 界面阻抗解决方案：引入稳定的导电缓冲层消除或减弱空间电荷效应；技术难度：★★★
- 界面分离解决方案：采用复合电极、柔性、无定形、凝胶态界面；技术难度：★★★★

成本高

- 目前技术处在实验室阶段，且只有聚合物电池有小规模的商业化，研发、设备、材料、生产等成本摊销很高

解决方案

- 加大投资、合作研发以加快技术进步速度，提升电池性能（能量密度、寿命等）以进入市场；最终通过规模生产降低生产成本；技术难度：★★★★

□ 一旦固态电解质材料和成本实现突破，全固态电池有望快速实现产业化

固态电解质对比分析及发展方向

- 聚合物电解质工艺最成熟，氧化物电解质安全性最好，硫化物电解质能量密度提升空间最大

聚合物电解质特点

- 工艺最成熟，率先诞生EV产品
- 低能量密度及低温性能差等性能特点制约其发展
- 不适用于常温的条件下的汽车工作场景，可作为辅料与其他固态电解质复合发挥界面性能优势

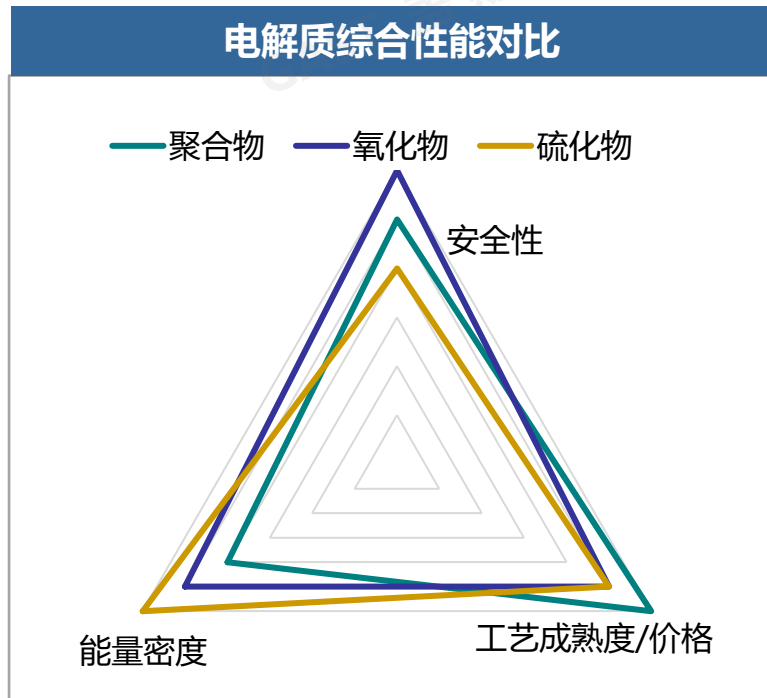
氧化物电解质特点

- 薄膜型：开发重点在于容量的扩充与规模化生产
- 非薄膜型：的综合性能较好，是当前研发的重点方向
- 氧化物电解质的好柔韧性，使其更适合3C领域，常温电导率低使其很难应用于汽车的常温工作场景

硫化物电解质特点

- 处于发展空间巨大与技术水平不成熟的两极化阶段
- 解决安全问题与界面问题是未来技术攻关重点
- 常温下的高电导率使其更适合用于汽车的常规使用场景 → 在汽车领域有望率先实现大规模商业化应用

电解质综合性能对比



□ 每种电解质各有特点，将适用于不同的场景（汽车、3C等领域），并在不同的领域及时间实现商业化

全固态电池研发模式

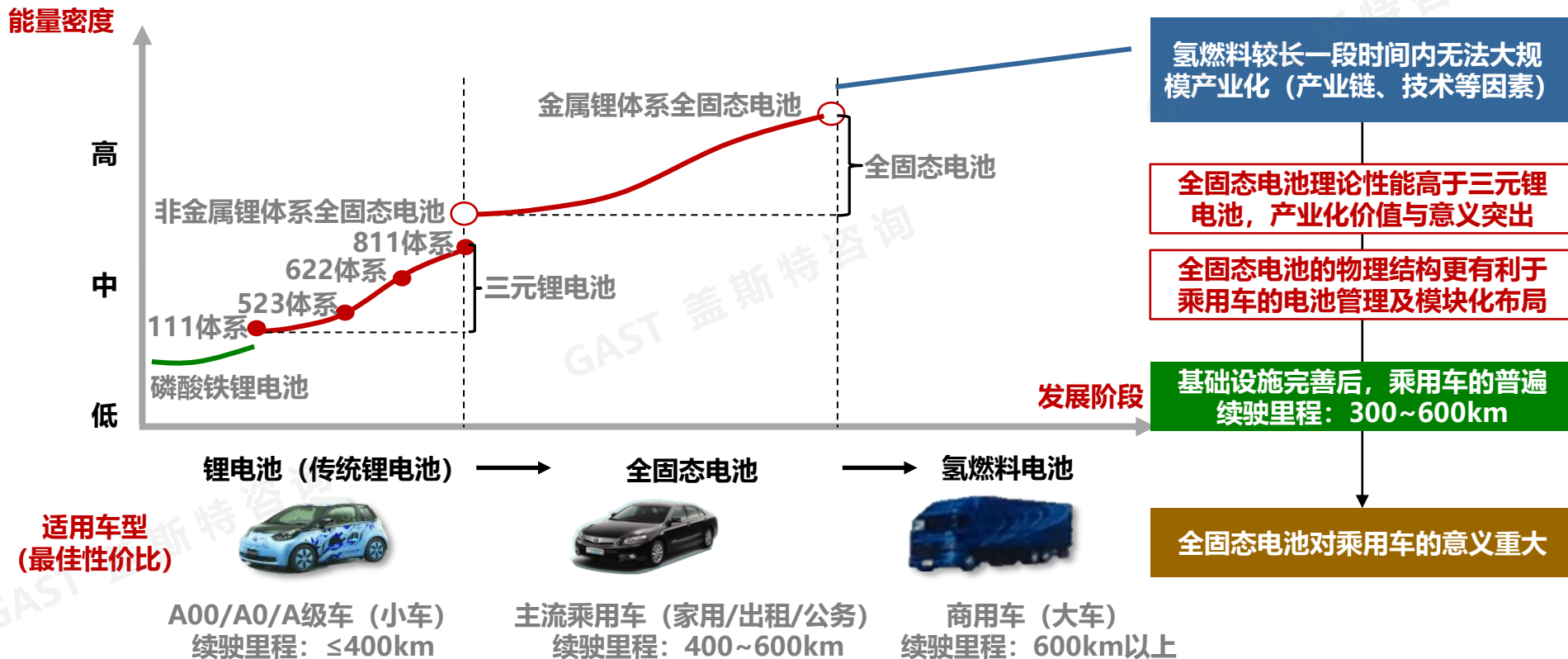
- 全固态电池研发主要有自主、收购其他研发主体、合作研发等三种模式



- 全球企业都在关注全固态电池领域，并通过不同的模式实现在该领域的布局，目的在于抢占下一代动力电池技术制高点
- 欧美企业聚焦于氧化物与聚合物体系，日韩企业更多致力于硫化物体系

全固态电池应用场景分析

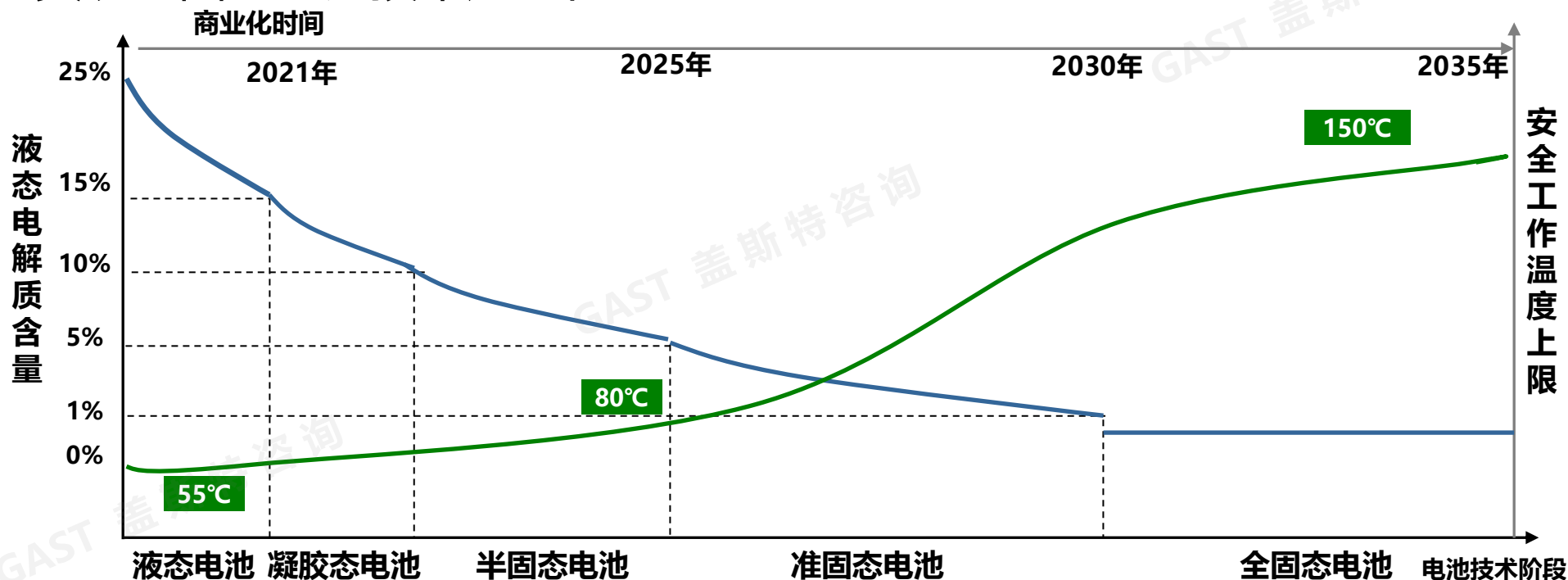
不同动力电池其综合性能、成本等方面存在差异、分别适用于不同的车型



全固态电池在EV领域具有更多的适用场景, 未来会与氢燃料电池共享市场

全固态电池产业化路线

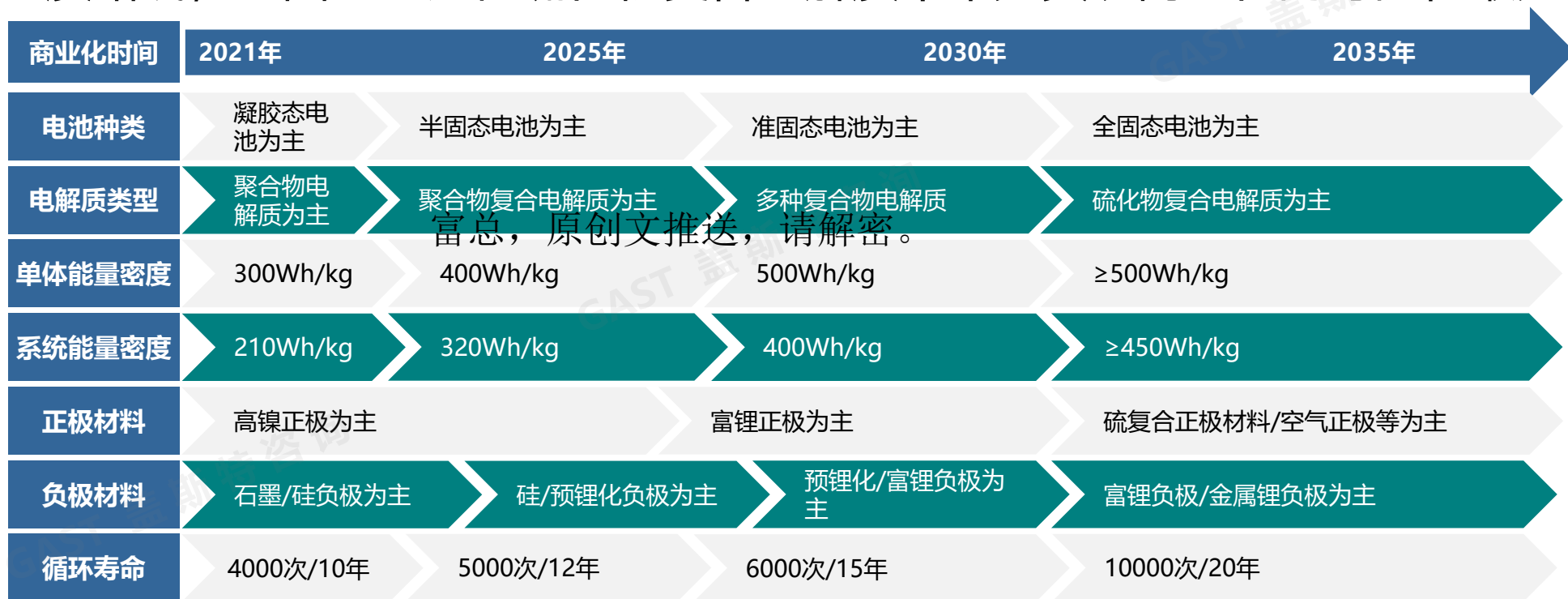
- 固态电解质问题短期内无法解决，传统锂电池将通过电解质的逐渐固态化实现全固态电池技术产业化



□ 全固态电池的商业化是一个漫长的过程，在此之前将会出现全固态电池的中间态技术以满足电动汽车发展的需要

全固态电池技术路线

- 半固态电池将以聚合物复合电解质为主，准固态电池将出现多种复合电解质路线，全固态电池在硫化物复合电解质中率先实现商业化的可能性最大



全固态电池商业化是一个系统性工程，电池化学体系将会出现以某一种为主多种体系并行的局面，2030年后全固态电池有望实现商业化



智慧的传播者
Sharing Wisdom with You

公司简介

盖斯特管理咨询公司立足中国、面向世界，专注汽车全产业链生态，聚焦于产业、企业、技术三大维度进行战略设计、业务定位、管理提升、体系建设、流程再造、产品规划、技术选择及商业模式等深度研究。为汽车产业链及相关行业的各类企业提供战略、管理、技术等全方位的高端专业咨询服务，为各级政府提供决策支持和实施方案。自创立以来，盖斯特以成为世界顶级汽车智库为愿景，以智慧的传播者为使命，以帮助客户创造真正价值为指引，关注实效、致力于长期合作与指导，凭借全面、系统、先进、务实的咨询方法，已经与近百家国内外企业、行业机构及各级政府建立起了战略合作伙伴与咨询服务关系。

服务领域

为客户提供多样化、开放式的服务，供客户灵活选择合作模式，包括但不限于：

- 面向高层的战略、管理、技术咨询服务
- 全方位定制式专题研究：涵盖宏观战略、产业发展、政策法规解读、互联网、商业模式、企业战略与管理、汽车市场、产品研究、产品设计方法、车展研究、论坛解读、节能减排、新能源汽车、智能汽车、汽车综合技术等领域
- 作为客户长期可依赖的智库资源，提供随时可满足客户特殊需求的开放式合作
- 提供行业沟通交流及深度研究的高端共享平台（CAIT）
- 公司拥有中、英、日三种语言的近千份专题研究报告供选购

联系方式

邮箱：GAST@gast-group.com

网址：www.gast-auto.com