



Research and
Development Center

能源金属深度：技术升级，夯实需求

行业深度报告

2023 年 3 月 27 日

娄永刚
金属&新材料行业首席分析师
S1500520010002
010-83326716
louyonggang@cindasc.com

黄礼恒
金属&新材料行业联席首席分析师
S1500520040001
18811761255
huangliheng@cindasc.com

证券研究报告

行业研究

行业深度报告

有色金属

投资评级 看好

上次评级 看好

娄永刚 金属&新材料行业首席分析师

执业编号: S1500520010002

联系电话: 010-83326716

邮箱: louyonggang@cindasc.com

黄礼恒 金属&新材料行业联席首席分析师

执业编号: S1500520040001

联系电话: 18811761255

邮箱: huangliheng@cindasc.com

信达证券股份有限公司
CINDASECURITIES CO., LTD北京市西城区闹市口大街9号院1号楼
邮编: 100031

能源金属深度：技术升级，夯实需求

2023年3月27日

本期内容提要：

- **中镍高电压三元材料生产工艺难度低于高镍。**在三元材料中，高镍系列三元材料与除高镍系列外的普通三元材料相比较，生产工艺更为复杂，原材料体系也有一定差异。高镍三元材料对掺杂包覆技术、烧结设备精度及加工工艺具有较高的技术要求，例如在生产设备方面，为解决高镍三元材料金属离子混排问题，高镍产品需在氧气炉完成烧结，而常规三元只需使用空气炉；在生产环境方面，高镍三元材料对于湿度要求更高，需要专用除湿、通风设备；在磁性物控制方面，高镍三元材料需要对厂房设施进行特定改造；在锂源方面，高镍采用氢氧化锂，普通三元则采用碳酸锂作为锂源。
- **Ni65系高电压三元材料能量密度比肩Ni8系产品。**高电压路线通过提升电池充电截止电压使得正极材料在更高电压下脱出更多的锂离子，从而同时提升容量与工作电压，进而达到提升能量密度的目的。从材料性能来看，以Ni65高电压体系为例，将电压提升至4.4V，能量密度可以达到735.15Wh/kg，基本上接近于Ni8系常规电压材料，较Ni6系常规电压三元材料能量密度提升10%。
- **高电压不显著影响首次效率，兼具安全性。**充电电压从4.2V提升至4.5V，NCM551530首次效率甚至出现小幅上升，由88.4%增加至88.7%，当电压进一步提升至4.6V时，首次效率降至88.0%。首次效率并不会随着充电电压的提升而出现明显下滑。随着充电电压提升和镍含量增加，三元材料的热稳定性降低，但中镍高电压三元的热稳定性仍显著高于高镍常规三元材料。4.3V充电电压下脱锂态NCM622的放热峰峰值温度为286.8℃，放热量为105.8J/g；充电电压提高到4.4V和4.5V时，峰值温度依次降低到281.2℃和265.7℃，同时放热量分别提高到366.9J/g和670.7J/g。尽管如此，与4.3V下的NCM811相比，4.5V的NCM622的放热峰峰值温度延后46.9℃，放热量降低26%，具有更高的热稳定性。这是由于NCM622包含更多的钴和锰元素，抑制了高镍材料类似于LiNiO₂存在的阳离子混排和相变，在同等能量密度下稳定性更高。
- **当前钴价下，中镍高电压三元材料成本优势凸显。**我们以Ni6系高电压和Ni8系产品为例进行比较，在原材料方面，中镍高电压产品（Ni6系高电压）相对Ni8系产品，镍钴含量更低，前者Ni/Co/Mn典型配比为65/7/28，而后者Ni/Co/Mn典型配比为83/11/6；在生产工艺方面，高镍材料对纯氧环境、低湿度的工艺要求，以及专用除湿、通风设备、窑炉的多温区控制精度和密封性的要求等方面更为严格，量产高品质、高一致性的高镍正极材料难度较大。另外，在锂源选择方面，中镍高电压产品可部分采用碳酸锂作为锂源，而高镍产品则需要选择熔点更低的氢氧化锂作为锂源。综上所述，Ni6系高电压产品单吨成本为24.29万元/吨，而Ni8系产品单吨成本为29.22万元/吨，单吨材料成本降低16.9%。在度电成本方面，尽管Ni6系高电压产品在

克容量上低于 Ni8 系产品，但是电压的提升在一定程度上弥补了容量的减少，两者在能量密度上基本持平。Ni6 系高电压产品度电成本为 330 元/kWh，而 Ni8 系产品度电成本为 395 元/kWh，度电材料成本降低 16.4%。

- **投资建议：**三元正极材料高电压化路线是以中镍三元材料为基础，通过提高其电压平台使得正极材料在更高电压下脱出更多的锂离子，从而实现更高比容量和平均放电电压，进而达到提升能量密度的目的。从当前实际应用的主要产品来看，高电压 Ni6 系典型产品（Ni65）的实际能量密度 735.15Wh/kg 已与 Ni8 系典型产品的 739.32Wh/kg 接近。目前高电压化以中镍三元材料为基本路线，在原材料、生产工艺、加工成本方面均优于高镍化三元；同时，由于高电压材料的镍含量相对较低，生产工艺不如高镍三元复杂，因此高电压化正极材料在提升能量密度的同时还兼具了一定的安全性改善。以 Ni6 系高电压产品和 Ni8 系产品为例，中镍高电压产品镍钴含量相对于 Ni8 系产品更低，在锂源选择方面，中镍高电压产品可部分采用碳酸锂作为锂源，而高镍产品则需要选择熔点更低的氢氧化锂作为锂源。综上，Ni6 系高电压产品单吨成本为 24.29 万元/吨，较 Ni8 系产品降低 16.9%；在度电成本方面，Ni 系高电压度电成本为 330 元/kWh，较 Ni8 系产品降低 16.4%。综上所述，中镍高电压产品解决了 Ni5 系三元材料能量密度低的痛点，能够在接近 Ni8 系产品能量密度的前提下，同时兼顾了安全性和成本低的优点。凭借以上优越的综合性能，高电压三元材料市场有望打开，且随着正极材料厂商、部分电池企业入局此领域，有望加速其发展和应用。建议重点关注积极布局镍钴锂资源的华友钴业、洛阳钼业、腾远钴业、盛屯矿业、寒锐钴业、厦门钨业、厦钨新能（电新组覆盖）、中矿资源、天齐锂业、赣锋锂业、盛新锂能等。
- **风险因素：**新能源汽车销量不及预期；中镍高电压技术路线变动；镍钴锂等上游原材料价格大幅上行等；本文对三元材料成本测算是基于一定前提假设，与实际数值可能存在一定偏差。

目录

三元正极材料行业概况.....	6
三元材料概述.....	6
三元材料的结构.....	7
三元材料存在的问题.....	8
三元正极材料市场概述.....	10
2022 年全球三元正极材料出货量 99.33 万吨.....	10
2022 年三元材料高镍化进程持续推进.....	11
中镍高电压三元材料: “两高一低”实现降本增效.....	11
中镍高电压三元材料生产工艺难度低于高镍.....	11
Ni65 系高电压三元材料能量密度比肩 Ni8 系产品.....	13
高电压不显著影响首次效率, 兼具安全性.....	14
当前钴价下, 中镍高电压三元材料成本优势凸显.....	14
中镍高电压及高镍三元材料成本敏感性分析.....	15
锂源、钴源价格变化对中镍高电压和高镍成本影响分析.....	15
锂源、镍源价格变化对中镍高电压和高镍成本影响分析.....	17
钴源、镍源价格变化对中镍高电压和高镍成本影响分析.....	19
投资建议.....	22
风险因素.....	23

表目录

表 1: 不同元素配比的三元正极材料的性能指标对比.....	6
表 2: $\text{Li}[\text{Ni}_x\text{Co}_y\text{Mn}_{1-x-y}]\text{O}_2$ ($x=1/3, 0.5, 0.6, 0.7, 0.8$ 和 0.85) 的 $I_{(003)}/I_{(104)}$ 比值.....	8
表 3: $\text{Li}[\text{Ni}_x\text{Co}_y\text{Mn}_{1-x-y}]\text{O}_2$ 正极表面 (LiOH 和 Li_2CO_3) 含量 (单位: ppm).....	9
表 4: 不同镍含量的层状多元材料名义组成及其制备气氛控制要求.....	12
表 5: 不同 Ni 含量三元正极材料比容量以及不同电压场景下的能量密度.....	13
表 6: 不同充电电压下 NCM551530 的 0.2C 比容量和首次效率.....	13
表 7: 三元材料前驱体成本测算 (元).....	14
表 8: 三元正极材料成本测算 (元).....	15
表 9: 锂源、钴源价格变化对 Ni6 系高电压正极材料的吨成本影响.....	15
表 10: 锂源、钴源价格变化对 Ni6 系高电压正极材料的单位 kWh 成本影响.....	16
表 11: 锂源、钴源价格变化对 Ni8 系正极材料的吨成本影响.....	16
表 12: 锂源、钴源价格变化对 Ni8 系正极材料的单位 kWh 成本影响.....	17
表 13: 锂源、镍源价格变化对 Ni6 系高电压正极材料的吨成本影响.....	17
表 14: 锂源、镍源价格变化对 Ni6 系高电压正极材料的单位 kWh 成本影响.....	18
表 15: 锂源、镍源价格变化对 Ni8 系正极材料的吨成本影响.....	18
表 16: 锂源、镍源价格变化对 Ni8 系正极材料的单位 kWh 成本影响.....	19
表 17: 钴源、镍源价格变化对 Ni6 系高电压正极材料的吨成本影响.....	19
表 18: 钴源、镍源价格变化对 Ni6 系高电压正极材料的单位 kWh 成本影响.....	20
表 19: 钴源、镍源价格变化对 Ni8 系正极材料的吨成本影响.....	20
表 20: 钴源、镍源价格变化对 Ni8 系正极材料的单位 kWh 成本影响.....	21

图目录

图 1: 不同组分三元材料放电比容量、热稳定性和容量保持率的关系.....	7
图 2: 层状 NCM 的有序-无序相及结构转变.....	7
图 3: 多元正极材料颗粒在高电压充电后相变模型.....	8
图 4: $\text{Li}_{1-\delta}[\text{Ni}_x\text{Co}_y\text{Mn}_{1-x-y}]\text{O}_2$ 材料 ($x=1/3, 0.5, 0.6, 0.7, 0.8, 0.85$) DSC 结果.....	9
图 5: 不同镍含量 NCM 微裂纹示意图.....	10
图 6: 2017-2022 年全球三元材料出货量 (万吨).....	11
图 7: 2017-2022 年中国三元材料出货量 (万吨).....	11
图 8: 2021 年三元正极材料各型号产量占比 (%).....	11
图 9: 2022 年三元正极材料各型号产量占比 (%).....	11
图 10: 常规三元材料生产工艺.....	12
图 11: 高镍三元材料生产工艺.....	12

图 12: NCM551530 在不同充电电压下首次效率 (%)	14
图 13: NCM622 与 811 放热峰峰值温度与放热量对比	14

三元正极材料行业概况

三元材料概述

正极材料是锂电池的核心关键材料，直接决定了锂电池能量密度、安全性、使用寿命、充电时间及温度高低适应性等性能的优劣，是电池电化学性能的决定因素，对于锂电池总体成本的高低也有着关键性影响。因此，正极材料对于锂电池产业的发展有着引导性的作用。

三元材料是指含镍钴锰三种元素或镍钴铝三种元素组成的正极材料，即镍钴锰酸锂（简称“NCM”）或镍钴铝酸锂（简称“NCA”）。NCA 电池和高镍 NCM 电池性能类似。根据三元材料中镍、钴、锰元素含量的不同，NCM 材料又可分为 NCM523、NCM622、NCM811 等。NCA 则由铝元素替代了锰元素，相对含锰三元正极材料，含铝三元正极材料的结构更稳定，有助于提高锂离子电池的安全性能；但是铝元素对于三元正极材料的活性来讲是惰性，过高的铝含量会降低三元正极材料的克容量，进而影响锂离子电池的能量密度。

从元素配比方面，镍主要作用为提高能量密度；钴主要作用为稳定三元材料层状结构，提高材料的电子导电性和改善循环性能；锰（铝）主要作用为降低成本，改善材料的结构稳定性和安全性。三元正极材料综合了镍、钴、锰（铝）三种元素的特点，在寻求高能量密度的同时控制成本。三元材料通过 Ni-Co-Mn 的协同效应，结合了三种材料的优点：LiCoO₂ 的良好循环性能，LiNiO₂ 的高比容量和 LiMnO₂ 的高安全性及低成本等，已经成为目前应用最为广泛的正极材料之一。

表 1：不同元素配比的三元正极材料的性能指标对比

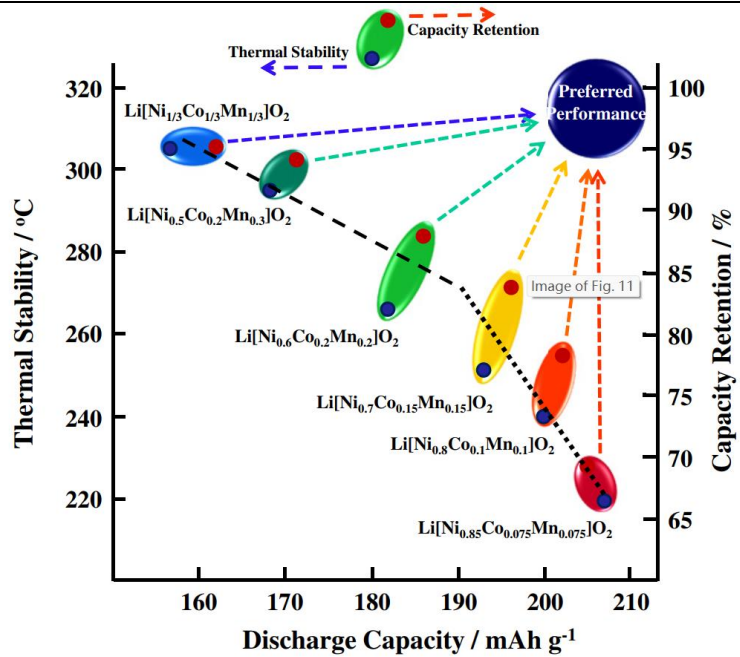
材料类型	比容量 (mAh/g)	优点	缺点	应用领域
NCM333	160	循环性能好、安全性相对较好	价格高、比容量低	电动汽车、3C、高倍率电池
NCM523	170	较高比容量和热稳定性	循环性能、倍率性能、热稳定性和自放电等之间的平衡差	电动汽车、消费电子、电动自行车
NCM622	180	加工性能好，高热量，易于在较低温度下烧结	循环性能较差	电动汽车本、电高 脑端笔记
NCM811	200-220	具有高比容量、能量成本低等优势	稳定性较低，安全性较差，需要特殊的处理修饰，工艺复杂	电动汽车、消费电子
NCA	> 210	能量密度高	稳定性较低，安全性较差	电动汽车

资料来源：当升科技定向增发说明书，帕瓦股份招股说明书，信达证券研发中心

不同组分的三元材料理论容量有差异，大致为 280mAh/g 左右，不同组分的三元材料在 2.7-4.2V（相对于 Li⁺/Li）电压范围放电比容量不同。Ni 含量越高，实际放电比容量越高。随着三元材料中 Ni 含量的增加，放电比容量由 160mAh/g 增加到 200mAh/g 以上，但是热稳定性和容量保持率都有所降低。

综合下游需求、技术进展、工艺制造、成本控制等因素，NCM523 是当前最为使用的三元材料之一。近年来，NCM622 逐渐受到行业下游客户的认可，出货量占比逐年提升。国内外动力电池企业正加快研发 NCM811 或 NCA 等高镍三元动力电池产品。

图 1: 不同组分三元材料放电比容量、热稳定性和容量保持率的关系

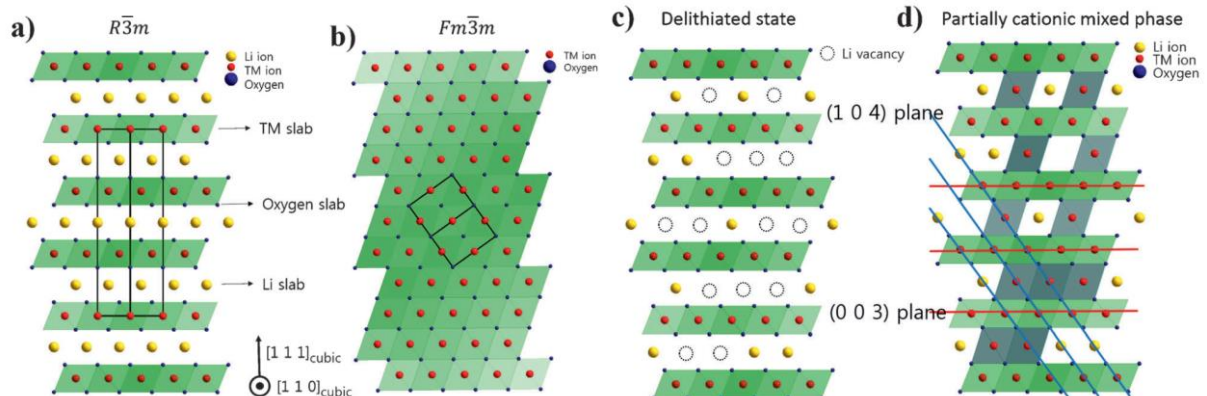


资料来源: 《Comparison of the structural and electrochemical properties of layered $\text{Li}[\text{Ni}_x\text{Co}_y\text{Mn}_z]\text{O}_2$ ($x = 1/3, 0.5, 0.6, 0.7, 0.8$ and 0.85) cathode material for lithium-ion batteries》, 信达证券研发中心

三元材料的结构

根据《层状镍钴锰酸锂三元正极材料的研究进展》介绍, NCM 层状材料为 $R\bar{3}m$ 结构, 是 $\text{O-Li-O-TM-O-Li-O-TM-O}$ 沿立方相 $[111]$ 方向的重复 O3 结构。根据晶体场理论, e 轨道的非配对电子自旋导致 Ni^{3+} 的不稳定性, 因此, Ni 在面心立方八面体位置倾向于形成与 Li^+ 半径相似的 Ni^{2+} , Ni^{2+} 在迁移至锂层与 TM 层之间的四面体间隙位点后, 会进一步迁移至相邻的八面体锂位点, 并且不可逆地永久占据, 此时, 空间群由 $R\bar{3}m$ 转变为 $\text{Fm}\bar{3}m$ 结构。此外, 在深度充电状态下, 由于锂位点空出, 材料结构不稳定, Ni^{2+} 也会从 TM 层迁移到锂层, 以维持电荷平衡。一方面, 占据锂位点的 Ni^{2+} 会在充电过程中被氧化成半径更小的 $\text{Ni}^{3+}/\text{Ni}^{4+}$, 导致晶体结构中锂层间距减小, Li^+ 迁移能垒增加; 另一方面, 占据锂层位置的 Ni^{2+} 也阻碍了 Li^+ 扩散。Li/Ni 混排导致正极材料容锂能力下降, 在循环中表现出电极容量不可逆下降, 循环性能与倍率性能变差。

图 2: 层状 NCM 的有序-无序相及结构转变



资料来源: 《Nickel-Rich Layered Lithium Transitional-Metal Oxide for High-Energy Lithium-Ion Batteries》, 信达证券研发中心

根据《锂离子电池三元材料-工艺技术及生产应用》介绍, 对于不同 Ni , Co , Mn 配比三元材料, 随着 Ni 含量的不同阳离子混排程度不同, 通常用 $I_{(003)}/I_{(104)}$ 比值大小衡量阳离子混排程度, 比值低说明阳离子混排严重。 Ni^{2+} 在 Li 层不仅降低了放电比容量, 而且阻

请阅读最后一页免责声明及信息披露 <http://www.cindasc.com> 7

碍了 Li^+ 的扩散。这种结构的无序状态使电化学性能变差。研究表明，随着 Ni 含量的增加 $I_{(003)}/I_{(104)}$ 峰的比值降低，说明随着 Ni 含量增加，Li/Ni 混排严重。

表 2: $\text{Li}[\text{Ni}_x\text{Co}_y\text{Mn}_z]\text{O}_2$ ($x=1/3, 0.5, 0.6, 0.7, 0.8$ 和 0.85) 的 $I_{(003)}/I_{(104)}$ 比值

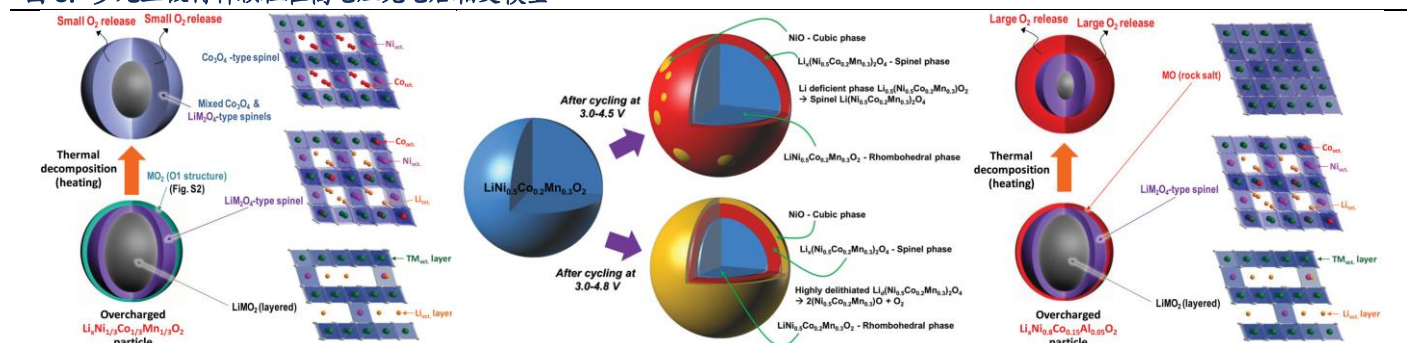
材料类型	$I_{(003)}/I_{(104)}$
$\text{Li}[\text{Ni}_{1/3}\text{Co}_{1/3}\text{Mn}_{1/3}]\text{O}_2$	1.35
$\text{Li}[\text{Ni}_{0.5}\text{Co}_{0.2}\text{Mn}_{0.3}]\text{O}_2$	1.32
$\text{Li}[\text{Ni}_{0.6}\text{Co}_{0.2}\text{Mn}_{0.2}]\text{O}_2$	1.26
$\text{Li}[\text{Ni}_{0.7}\text{Co}_{0.15}\text{Mn}_{0.15}]\text{O}_2$	1.20
$\text{Li}[\text{Ni}_{0.8}\text{Co}_{0.1}\text{Mn}_{0.1}]\text{O}_2$	1.19
$\text{Li}[\text{Ni}_{0.85}\text{Co}_{0.075}\text{Mn}_{0.075}]\text{O}_2$	1.18

资料来源:《Comparison of the structural and electrochemical properties of layered $\text{Li}[\text{Ni}_x\text{Co}_y\text{Mn}_z]\text{O}_2$ ($x = 1/3, 0.5, 0.6, 0.7, 0.8$ and 0.85) cathode material for lithium-ion batteries》，信达证券研发中心

三元材料存在的问题

随着 Ni 含量的增加，循环性能变差。造成这一现象的主要原因是随着 Ni 含量增加在充放电过程中发生了多次相变。根据《储能及动力电池正极材料设计与制备技术》介绍，多元材料在高电压和高温下存储或使用，晶体结构的对称性降低，能量处于高度非稳定态，不可避免地在材料颗粒表面率先向类尖晶石相、岩盐相畸变，并逐步往颗粒内部扩展，对于高镍材料此类相变尤为突出。这些相变在轻微发生时，正极材料的比容量、倍率特性、高低温性能、存储性能、安全性能等都会发生不可逆的劣化；严重时材料失效，不再具有电化学活性，甚至伴随与电解液的热失控反应，引发起火、爆炸等安全事故。低镍材料良好的循环性能主要是由于抑制了 H2-H3 的相变。

图 3: 多元正极材料颗粒在高电压充电后相变模型



资料来源:《Combining In Situ Synchrotron X-Ray Diffraction and Absorption Techniques with Transmission Electron Microscopy to Study the Origin of Thermal Instability in Overcharged Cathode Materials for Lithium-Ion Batteries》，《Understanding the Degradation Mechanisms of $\text{LiNi}_{0.5}\text{Co}_{0.2}\text{Mn}_{0.3}\text{O}_2$ Cathode Material in Lithium Ion Batteries》，信达证券研发中心

随着 Ni 含量的增高，表面残碱增高。根据《高镍三元正极材料失效机制与改性》介绍，高镍表面残余碱的来源主要归为以下三个途径。首先，在高镍三元正极材料合成过程中，一般需要加入过量的含 Li^+ 化合物（如 Li_2CO_3 或 LiOH ）来补充煅烧过程中锂的损失，但是电极材料表面过量的 Li_2O 会与空气中的 H_2O 和 CO_2 反应生成 Li_2CO_3 、 LiOH ；其次，在电池充放电过程中，电解液分解的碳酸盐易与电极材料表面 Li_2O 或锂负极产生的 Li^+ 反应生成 Li_2CO_3 ；最后，高镍合成过程中由于过渡金属分布不均匀，其表面存在很多的镍元素，从而显碱性。这些导电性极差的碱性含 Li^+ 化合物阻碍了电子和 Li^+ 的传输。同时，这些副产物因具有高的 pH 值，会使高镍材料在 NMP 溶剂搅拌过程中容易吸水，从

而导致其凝胶化，影响三元材料的浆料涂布和电池存储性能；另外，在充放电过程中，高镍表面残余 Li_2CO_3 和 LiOH 会与电解液中的锂盐发生反应，从而产生 CO_2 等气体，导致电池发生严重的气胀现象，甚至引发爆炸。

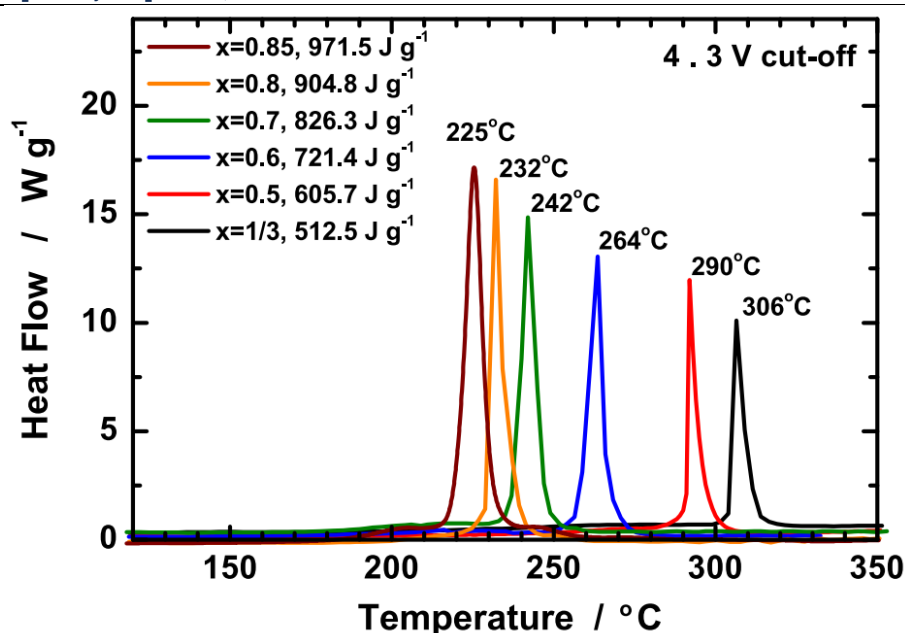
表 3: $\text{Li}[\text{Ni}_x\text{Co}_y\text{Mn}_z]\text{O}_2$ 正极表面 (LiOH 和 Li_2CO_3) 含量 (单位: ppm)

材料类型	LiOH	Li_2CO_3	总计
$\text{Li}[\text{Ni}_{1/3}\text{Co}_{1/3}\text{Mn}_{1/3}]\text{O}_2$	790	1,008	1,798
$\text{Li}[\text{Ni}_{0.5}\text{Co}_{0.2}\text{Mn}_{0.3}]\text{O}_2$	1,316	1,080	2,396
$\text{Li}[\text{Ni}_{0.6}\text{Co}_{0.2}\text{Mn}_{0.2}]\text{O}_2$	2,593	2,315	4,908
$\text{Li}[\text{Ni}_{0.7}\text{Co}_{0.15}\text{Mn}_{0.15}]\text{O}_2$	4,514	6,540	11,054
$\text{Li}[\text{Ni}_{0.8}\text{Co}_{0.1}\text{Mn}_{0.1}]\text{O}_2$	10,996	12,823	23,819
$\text{Li}[\text{Ni}_{0.85}\text{Co}_{0.075}\text{Mn}_{0.075}]\text{O}_2$	11,285	15,257	26,542

资料来源:《Comparison of the structural and electrochemical properties of layered $\text{Li}[\text{Ni}_x\text{Co}_y\text{Mn}_z]\text{O}_2$ ($x = 1/3, 0.5, 0.6, 0.7, 0.8$ and 0.85) cathode material for lithium-ion batteries》，信达证券研发中心

随着 Ni 含量增高，热稳定性变差。根据《高镍三元正极材料失效机制与改性》介绍，材料的热稳定性能与其安全性能密切相关，高镍正极材料在充放电过程中会产生一部分 Ni^{4+} ，而高价态 Ni^{4+} 具有很强的氧化性，可以氧化电解液中的成分，产生一系列的副反应和 $\text{Ni}^{4+} \rightarrow \text{Ni}^{3+}$ 或 Ni^{2+} 的还原反应，为了补偿 Ni 价态变化中电荷的损失， O^{2-} 会以氧气形式进行释放。因此，相比低镍正极材料，高镍材料会脱出更多的 Li^+ ，生成更多强氧化性的高价态 Ni^{4+} ，造成电池热稳定性能下降。此外，该材料不仅只有过渡金属元素在充放电过程中参与氧化还原反应，而且晶格中的负氧离子也参与电化学反应，在长期循环过程中易产生氧气，可能会与电解质发生反应，从而使它们具有极为复杂的电荷补偿及结构老化失效机制，导致结构和成分的快速失效，甚至引发电池热失控。同时，该类材料在电化学循环过程中易出现不断的电压衰减情况，导致其能量密度持续下降，严重制约大规模应用。

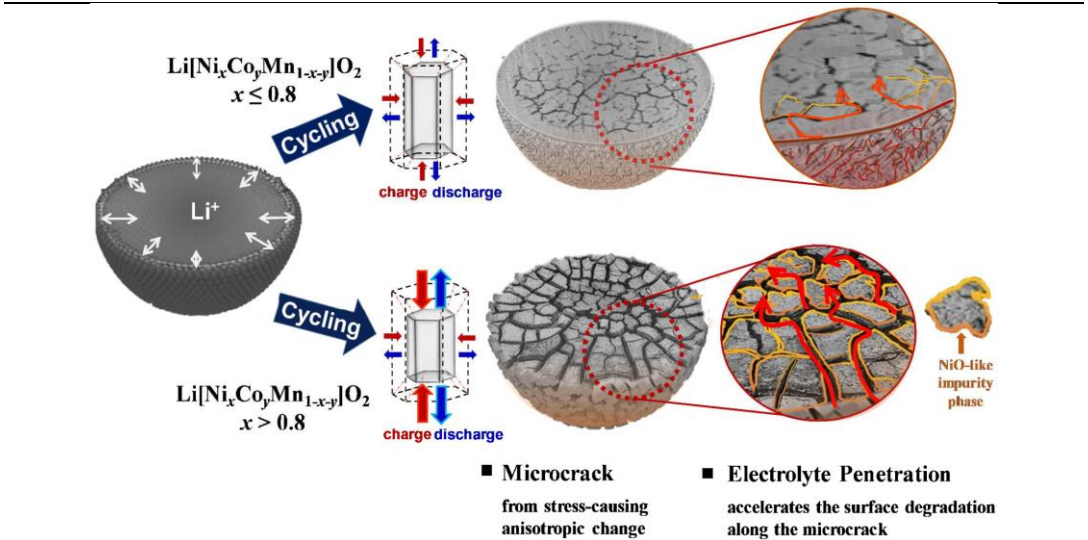
图 4: $\text{Li}_{1-x}[\text{Ni}_x\text{Co}_y\text{Mn}_z]\text{O}_2$ 材料 ($x = 1/3, 0.5, 0.6, 0.7, 0.8, 0.85$) DSC 结果



资料来源:《Comparison of the structural and electrochemical properties of layered $\text{Li}[\text{Ni}_x\text{Co}_y\text{Mn}_z]\text{O}_2$ ($x = 1/3, 0.5, 0.6, 0.7, 0.8$ and 0.85) cathode material for lithium-ion batteries》，信达证券研发中心

随着 Ni 含量提升，微裂纹导致 NCM 材料性能衰减。根据《高镍三元层状锂离子电池正极材料：研究进展、挑战及改善策略》介绍，在锂离子电池的充放电过程中，往往伴随着嵌锂（脱锂）的过程，随着锂离子的嵌入与脱出，三元正极材料从表面开始发生结构相转变，由层状 R-3m 结构逐渐向尖晶石 Fd-3m 结构甚至岩盐相 Fm-3m 结构发生转变。由于锂离子连续地嵌入与脱出，氧离子层与过渡金属离子的斥力和引力会发生变化，从而引起晶胞参数的变化，正极材料中镍含量的增加也将导致晶格在 c 轴方向上更严重的变化。在充放电过程中，重复性的各向异性膨胀和收缩引起体积循环变化，由此产生的内部应力引起晶粒内部的晶界之间产生裂纹和孔隙，而晶粒与晶粒之间的距离也会逐步拉大，出现部分晶粒离开正极独立存在的现象，导致正极材料阻抗增加。当三元正极材料中镍含量超过 80%，微裂纹扩展更加严重，晶间裂纹导致更多的晶面与电解液接触产生 Ni-O 相副产物，消耗电解质和活性材料的同时增加了锂离子的扩散电阻。

图 5：不同镍含量 NCM 微裂纹示意图



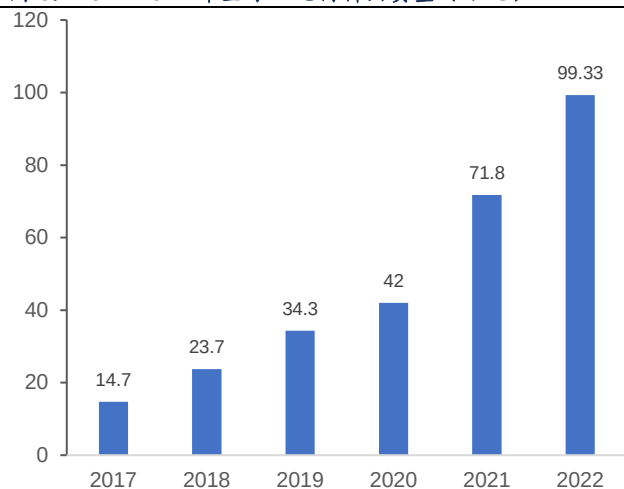
资料来源：《Capacity fading of Ni-rich $\text{Li}[\text{Ni}_x\text{Co}_y\text{Mn}_{1-x-y}]\text{O}_2$ ($0.6 \leq x \leq 0.95$) cathodes for high-energy-density lithium-ion batteries: Bulk or surface degradation》，信达证券研发中心

三元正极材料市场概述

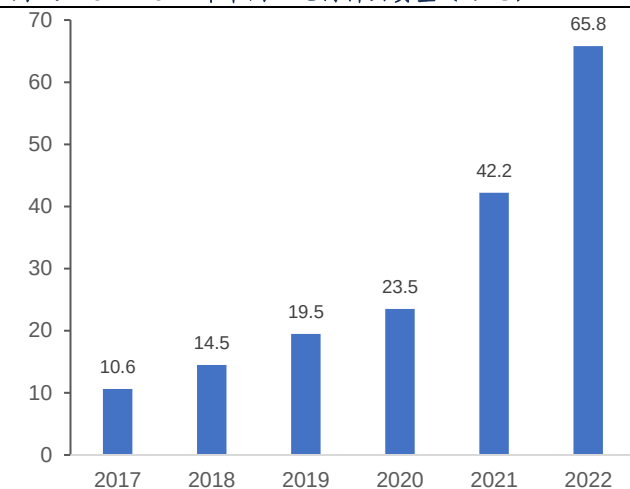
2022 年全球三元正极材料出货量 99.33 万吨

近年来，受益于新能源汽车的旺盛需求，特别是新能源汽车对更高续航里程的需求，三元正极材料的市场规模迎来大幅增长。目前，全球三元正极材料产地分布主要集中在中国、韩国和日本。根据鑫椤锂电数据，2022 年全球三元材料总产量为 99.33 万吨，同比增长 36.1%。

根据 EVTank 数据，2022 年，中国锂离子电池正极材料出货量为 194.7 万吨，同比大幅增长 77.97%。其中磷酸铁锂正极材料出货量 114.2 万吨，同比增长 150.99%，在整个正极材料中的市场份额已经上升到 58.65%；三元材料总体出货量为 65.8 万吨，同比增长 55.92%；而锰酸锂材料和钴酸锂材料却出现了同比较大幅度的下滑。

图 6：2017-2022 年全球三元材料出货量（万吨）


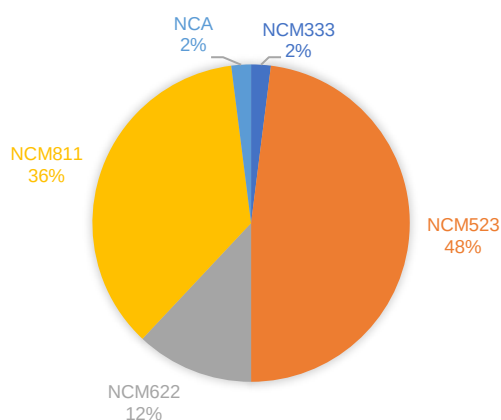
资料来源：振华新材增发说明书，鑫锂锂电，信达证券研发中心

图 7：2017-2022 年中国三元材料出货量（万吨）


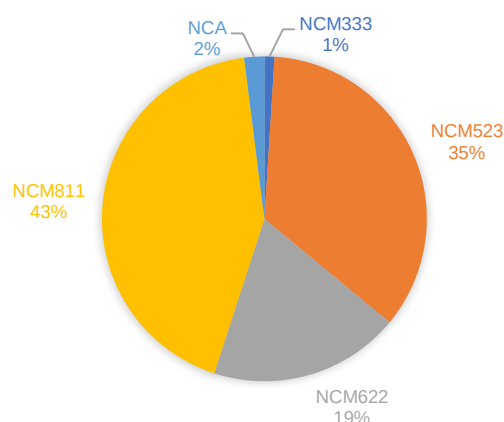
资料来源：EVTank，信达证券研发中心

2022 年三元材料高镍化进程持续推进

据鑫锂资讯统计，2022 年国内三元材料累计产量为 60.23 万吨，同比增长 51.3%。2022 年的三元市场依旧延续着高镍化风格，同时产品迭代升级不断加速。据鑫锂资讯统计，2022 年国内高镍材料（8 系及以上）累计产量为 26.94 万吨，同比增长 76.9%，渗透率达到 44.7%；6 系三元受益于单晶高电压技术与 5 系三元升级需求的加持，占比较去年同期提升 7 个百分点。

图 8：2021 年三元正极材料各型号产量占比（%）


资料来源：鑫锂锂电，信达证券研发中心

图 9：2022 年三元正极材料各型号产量占比（%）


资料来源：鑫锂锂电，信达证券研发中心

中镍高电压三元材料：“两高一低”实现降本增效

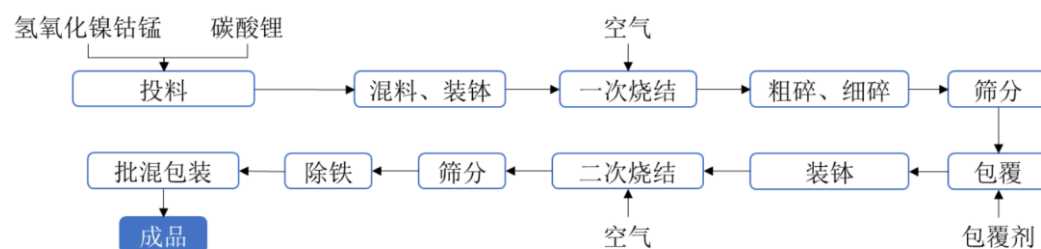
在产业新周期下，下游整车厂对电池能量密度、安全性能等方面要求愈发严苛，同时随着锂电原材料价格跳涨，驱动正极材料不断实现降本增效，倒逼锂电材料体系革新。因此，聚焦三元正极材料，我们认为，高能量密度、高安全性、低成本有望逐渐成为未来三元材料发展的趋势。

中镍高电压三元材料生产工艺难度低于高镍

根据长远锂科招股说明书介绍，从目前的技术水平和产品应用情况看，三元材料高镍化发展仍面临以下瓶颈：其一，成本较高，NCM811 和 NCA 等高镍三元正极材料的工艺流程对于窑炉设备、匣钵、反应气氛等均有特殊的要求，且往往涉及二次烧结甚至更多

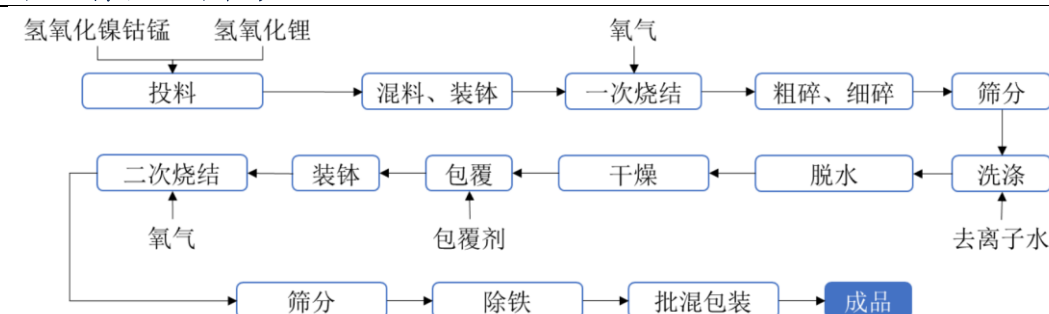
次数的烧结，生产成本显著高于 NCM523。其二，安全性较差，NCM811 和 NCA 均存在多次充放电之后不稳定的缺点，安全性弱于 NCM523。

图 10：常规三元材料生产工艺



资料来源：容百科技向特定对象发行股票并在科创板上市募集说明书，信达证券研发中心

图 11：高镍三元材料生产工艺



资料来源：容百科技向特定对象发行股票并在科创板上市募集说明书，信达证券研发中心

在三元材料中，高镍系列三元材料与除高镍系列外的普通三元材料相比较，生产工艺更为复杂，原材料体系也有一定差异。高镍三元材料对掺杂包覆技术、烧结设备精度及加工工艺具有较高的技术要求，例如在生产设备方面，为解决高镍三元材料金属离子混排问题，高镍产品需在氧气炉完成烧结，而常规三元只需使用空气炉；在生产环境方面，高镍三元材料对于湿度要求更高，需要专用除湿、通风设备；在磁性物控制方面，高镍三元材料需要对厂房设施进行特定改造；在锂源方面，高镍采用氢氧化锂，普通三元则采用碳酸锂作为锂源。

表 4：不同镍含量的层状多元材料名义组成及其制备气氛控制要求

种类	组成/%			气氛要求	常用锂源	备注
	LiNiO ₂	LiNi _{0.5} Mn _{0.5} O ₂	LiCoO ₂			
LiNi _{1/3} Co _{1/3} Mn _{1/3} O ₂	-	66.6	33.3	空气	碳酸锂	低镍 NCM
LiNi _{0.4} Co _{0.2} Mn _{0.4} O ₂	-	80.0	20.0	空气	碳酸锂	低镍 NCM
LiNi _{0.4} Co _{0.3} Mn _{0.3} O ₂	10.1	60.0	30.0	空气	碳酸锂	低镍 NCM
LiNi _{0.5} Co _{0.2} Mn _{0.3} O ₂	20.0	60.0	20.0	空气	碳酸锂	低镍 NCM
LiNi _{0.6} Co _{0.2} Mn _{0.2} O ₂	40.0	40.0	20.0	高氧/纯氧	碳酸锂/氢氧化锂	中镍 NCM
LiNi _{0.65} Co _{0.2} Mn _{0.15} O ₂	50.0	30.0	20.0	纯氧	氢氧化锂	中镍 NCM
LiNi _{0.70} Co _{0.15} Mn _{0.15} O ₂	55.0	30.0	15.0	纯氧	氢氧化锂	高镍 NCM
LiNi _{0.8} Co _{0.1} Mn _{0.1} O ₂	70.0	20.0	10.0	纯氧	氢氧化锂	高镍 NCM

$\text{LiNi}_{0.90}\text{Co}_{0.05}\text{Mn}_{0.05}\text{O}_2$	85.0	10.0	5.0	纯氧	氢氧化锂	高镍 NCM
$\text{LiNi}_{0.96}\text{Co}_{0.02}\text{Mn}_{0.02}\text{O}_2$	94.0	4.0	2.0	纯氧	氢氧化锂	高镍 NCM

资料来源:《储能及动力电池正极材料设计与制备技术》, 信达证券研发中心

Ni65 系高电压三元材料能量密度比肩 Ni8 系产品

NCM 三元正极材料的理论容量由材料自身的结构特性决定, 与技术路径无关, 本质上各类型的 NCM 三元材料理论容量基本一致, 不存在实质性差异, 基本在 270-280mAh/g 范围内。但在实际应用层面, 受技术水平、生产能力、终端应用体系等多种因素影响, 目前各类型 NCM 三元材料的实际容量存在差异, 存在高电压产品优于常规电压产品、高镍产品优于低镍产品的特点。

高电压路线通过提升电池充电截止电压使得正极材料在更高电压下脱出更多的锂离子, 从而同时提升容量与工作电压, 进而达到提升能量密度的目的。从材料性能来看, 以 Ni65 高电压体系为例, 将电压提升至 4.4V, 能量密度可以达到 735.15Wh/kg, 基本上接近于 Ni8 系常规电压材料, 较 Ni6 系常规电压三元材料能量密度提升 10%。

表 5: 不同 Ni 含量三元正极材料比容量以及不同电压场景下的能量密度

项目	Ni5 系		Ni6 系		Ni7 系	Ni8 系	Ni9 系
	常规电压	高电压	常规电压	高电压			
典型产品比例 (Ni/Co/Mn)	55/15/30		65/7/28		72/5/23	83/11/6	92/5/3
理论克比容量 (mAh/g)	276.4		277.4		272.0	275.1	274.8
当前实际克比容量 (mAh/g)	170	180	180	195	200	202	214
当前适用电压 (V)	4.25	4.35	4.25	4.40	4.35	4.20	4.20
当前应用能量密度 (Wh/kg)	630.70	680.40	669.60	735.15	750.00	739.32	783.24

资料来源: 厦钨新能公司公告, 信达证券研发中心

随着充电电压的提高, 层状多元材料的充电容量和放电容量依次增大, 同时平均放电电压提升。充电电压由 4.2V 提升到 4.3V、4.4V、4.5V、4.6V 时, 放电比容量依次增加 7.4%、16.6%、24.2%和 28.2%, 比能量依次增加 8.0%、18.5%、27.2%和 31.8%。充电电压提高后, 有更多的钴和镍参与电化学反应, 使得比能量的提升百分比超过比容量的增加幅度。

表 6: 不同充电电压下 NCM551530 的 0.2C 比容量和首次效率

充电限制电压/V	比容量		平均放电电压/V	正极比能量/(Wh/kg)	比容量增加/%	比能量增加/%
	充电/(mAh/g)	放电/(mAh/g)				
4.20	179.1	158.4	3.82	605.1	0.0	0.0
4.30	195.3	173.7	3.85	668.6	7.4	8.0
4.40	213.0	188.6	3.89	733.7	16.6	18.5
4.50	226.5	200.9	3.92	787.4	24.2	27.2
4.60	235.5	207.2	3.94	816.4	28.2	31.8

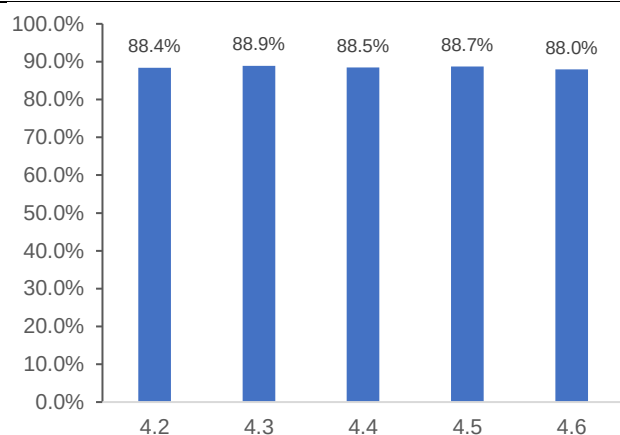
资料来源:《储能及动力电池正极材料设计与制备技术》, 信达证券研发中心

高电压不显著影响首次效率，兼具安全性

首次效率并不会随着充电电压的提升而出现明显下滑。充电电压从 4.2V 提升至 4.5V，NCM551530 首次效率甚至出现小幅上升，由 88.4% 增加至 88.7%，当电压进一步提升至 4.6V 时，首次效率降至 88.0%。

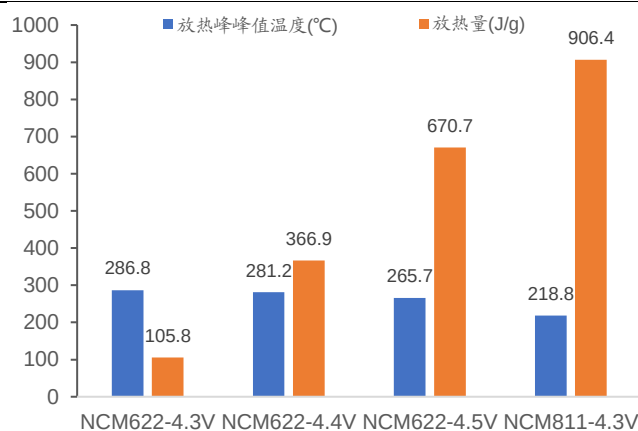
随着充电电压提升和镍含量增加，三元材料的热稳定性降低，但中镍高电压三元的热稳定性仍显著高于高镍常规三元材料。4.3V 充电电压下脱锂态 NCM622 的放热峰峰值温度为 286.8℃，放热量为 105.8J/g；充电电压提高到 4.4V 和 4.5V 时，峰值温度依次降低到 281.2℃ 和 265.7℃，同时放热量分别提高到 366.9J/g 和 670.7J/g。尽管如此，与 4.3V 下的 NCM811 相比，4.5V 的 NCM622 的放热峰值温度延后 46.9℃，放热量降低 26%，具有更高的热稳定性。这是由于 NCM622 包含更多的钴和锰元素，抑制了高镍材料类似于 LiNiO_2 存在的阳离子混排和相变，在同等能量密度下稳定性更高。

图 12: NCM551530 在不同充电电压下首次效率 (%)



资料来源:《储能及动力电池正极材料设计与制备技术》，信达证券研发中心

图 13: NCM622 与 811 放热峰峰值温度与放热量对比



资料来源:《储能及动力电池正极材料设计与制备技术》，信达证券研发中心

当前钴价下，中镍高电压三元材料成本优势凸显

我们以 Ni6 系高电压和 Ni8 系产品为例进行比较，在原材料方面，中镍高电压产品 (Ni6 系高电压) 相对 Ni8 系产品，镍钴含量更低，前者 Ni/Co/Mn 典型配比为 65/7/28，而后者 Ni/Co/Mn 典型配比为 83/11/6；在生产工艺方面，高镍材料对纯氧环境、低温度的工艺要求，以及专用除湿、通风设备、窑炉的多温区控制精度和密封性的要求等方面更为严格，量产高品质、高一致性的高镍正极材料难度较大。另外，在锂源选择方面，中镍高电压产品可部分采用碳酸锂作为锂源，而高镍产品则需要选择熔点更低的氢氧化锂作为锂源。综上所述，Ni6 系高电压产品单吨成本为 24.29 万元/吨，而 Ni8 系产品单吨成本为 29.22 万元/吨，单吨材料成本降低 16.9%。

在度电成本方面，尽管 Ni6 系高电压产品在克容量上低于 Ni8 系产品，但是电压的提升在一定程度上弥补了容量的减少，两者在能量密度上基本持平。Ni6 系高电压产品度电成本为 330 元/kWh，而 Ni8 系产品度电成本为 395 元/kWh，度电材料成本降低 16.4%。

表 7: 三元材料前驱体成本测算 (元)

前驱体/Me(OH) ₂	单耗	Ni5 常规	Ni5 高电压	Ni6 常规	Ni6 高电压	Ni7 系	Ni8 系	Ni9 系
NiSO ₄ ·6H ₂ O	t/t 产品	1.578	1.578	1.864	1.864	2.061	2.359	2.612
CoSO ₄ ·7H ₂ O	t/t 产品	0.460	0.460	0.215	0.215	0.153	0.334	0.152
MnSO ₄ ·H ₂ O	t/t 产品	0.554	0.554	0.516	0.516	0.423	0.110	0.055

液碱(32%)	t/t 产品	2.8	2.8	2.8	2.8	2.8	2.8	2.8
水	t/t 产品	18	18	18	18	18	18	18
电	kWh/t 产品	1,211	1,211	1,211	1,211	1,211	1,211	1,211
蒸汽	t/t 产品	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2
人工	元/t 产品	500	500	500	500	500	500	500
易损易耗品	元/t 产品	68	68	68	68	68	68	68
折旧	元/t 产品	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
前驱体成本	元/t 产品	88,981	88,981	89,426	89,426	93,806	110,874	112,593

资料来源:《三元材料前驱体产线设计及生产应用》,信达证券研发中心测算,注:1、以截至2023年3月20日价格为基准;2、Me代表金属元素,如Ni、Co、Mn等。

表 8: 三元正极材料成本测算(元)

正极材料/LiMeO ₂	单耗	Ni5 常规	Ni5 高电压	Ni6 常规	Ni6 高电压	Ni7 系	Ni8 系	Ni9 系
前驱体/Me(OH) ₂	t/t 产品	0.949	0.949	0.949	0.949	0.949	0.949	0.956
Li ₂ CO ₃	t/t 产品	0.402	0.402	0.201	0.201			
LiOH·H ₂ O	t/t 产品			0.228	0.228	0.455	0.452	0.452
包覆剂(氢氧化铝)	kg/t 产品	17.6	17.6	17.6	17.6	1.9	1.9	1.9
氧气	kg/t 产品					88.3	88.3	88.3
空气(氧气)	kg/t 产品	80.3	80.3	80.3	80.3			
纯净水	kg/t 产品	19.7	19.7	19.7	19.7	1,500	1,500	1,500
电	kWh/t 产品	4,200	4,200	4,200	4,200	7,540	7,540	7,540
折旧	元/t 产品	4,032	4,032	4,032	4,032	4,424	4,424	4,424
人工	元/t 产品	1,490	1,490	1,490	1,490	1,490	1,490	1,490
维修费	元/t 产品	806	806	806	806	867	867	867
正极材料成本	元/t 产品	214,878	214,878	242,873	242,873	277,100	292,157	293,619
单位 kWh 正极材料成本	元/kWh	341	316	363	330	369	395	375

资料来源:容百科技环评报告,当升科技公告,容百科技公告,信达证券研发中心测算,注:1、以截至2023年3月20日价格为基准;2、Me代表金属元素,如Ni、Co、Mn等;3、锂盐的过量系数假设为1.05;4、假设Ni5系使用碳酸锂,Ni6系使用碳酸锂和氢氧化锂各一半,Ni7系及以上使用氢氧化锂作为锂源;5、假设固定资产折旧年限为10年,不考虑残值;

中镍高电压及高镍三元材料成本敏感性分析

锂源、钴源价格变化对中镍高电压和高镍成本影响分析

表 9: 锂源、钴源价格变化对 Ni6 系高电压正极材料的吨成本影响

Ni6 系高电压正极(万元/吨)	CoSO ₄ ·7H ₂ O(万元/吨)											
	3.5	4.0	4.5	5.0	5.5	6.0	6.5	7.0	7.5	8.0	8.5	9.0
Li ₂ CO ₃ (万元/吨)	7.5	12.98	13.08	13.18	13.28	13.38	13.48	13.59	13.69	13.79	13.89	13.99
	10.0	14.21	14.31	14.41	14.51	14.62	14.72	14.82	14.92	15.02	15.12	15.23
	12.5	15.44	15.54	15.64	15.75	15.85	15.95	16.05	16.15	16.26	16.36	16.46
	15.0	16.67	16.78	16.88	16.98	17.08	17.18	17.29	17.39	17.49	17.59	17.69

17.5	17.91	18.01	18.11	18.21	18.31	18.42	18.52	18.62	18.72	18.82	18.93	19.03
20.0	19.14	19.24	19.34	19.45	19.55	19.65	19.75	19.85	19.95	20.06	20.16	20.26
22.5	20.37	20.47	20.58	20.68	20.78	20.88	20.98	21.09	21.19	21.29	21.39	21.49
25.0	21.61	21.71	21.81	21.91	22.01	22.11	22.22	22.32	22.42	22.52	22.62	22.73
27.5	22.84	22.94	23.04	23.14	23.25	23.35	23.45	23.55	23.65	23.76	23.86	23.96
30.0	24.07	24.17	24.27	24.38	24.48	24.58	24.68	24.78	24.89	24.99	25.09	25.19
32.5	25.30	25.41	25.51	25.61	25.71	25.81	25.92	26.02	26.12	26.22	26.32	26.42
35.0	26.54	26.64	26.74	26.84	26.94	27.05	27.15	27.25	27.35	27.45	27.56	27.66

资料来源: SMM, Wind, 信达证券研发中心测算, 注: 以截至 2023 年 3 月 20 日价格为基准。

表 10: 锂源、钴源价格变化对 Ni6 系高电压正极材料的单位 kWh 成本影响

Ni6 系高电压正极(元/kWh)	CoSO ₄ ·7H ₂ O(万元/吨)											
	3.5	4.0	4.5	5.0	5.5	6.0	6.5	7.0	7.5	8.0	8.5	9.0
Li ₂ CO ₃ (万元/吨)	7.5	176	178	179	181	182	183	185	186	188	189	190
	10.0	193	195	196	197	199	200	202	203	204	206	207
	12.5	210	211	213	214	216	217	218	220	221	223	224
	15.0	227	228	230	231	232	234	235	237	238	239	241
	17.5	244	245	246	248	249	251	252	253	255	256	257
	20.0	260	262	263	265	266	267	269	270	271	273	274
	22.5	277	279	280	281	283	284	285	287	288	290	291
	25.0	294	295	297	298	299	301	302	304	305	306	308
	27.5	311	312	313	315	316	318	319	320	322	323	325
	30.0	327	329	330	332	333	334	336	337	339	340	341
	32.5	344	346	347	348	350	351	353	354	355	357	358
	35.0	361	362	364	365	367	368	369	371	372	373	375

资料来源: SMM, Wind, 信达证券研发中心测算, 注: 以截至 2023 年 3 月 20 日价格为基准。

表 11: 锂源、钴源价格变化对 Ni8 系正极材料的吨成本影响

Ni8 系正极(万元/吨)	CoSO ₄ ·7H ₂ O(万元/吨)											
	3.5	4.0	4.5	5.0	5.5	6.0	6.5	7.0	7.5	8.0	8.5	9.0
Li ₂ CO ₃ (万元/吨)	7.5	15.86	16.02	16.17	16.33	16.49	16.65	16.81	16.97	17.13	17.28	17.44
	10.0	17.31	17.46	17.62	17.78	17.94	18.10	18.26	18.42	18.58	18.73	18.89
	12.5	18.76	18.91	19.07	19.23	19.39	19.55	19.71	19.87	20.02	20.18	20.34
	15.0	20.20	20.36	20.52	20.68	20.84	21.00	21.16	21.32	21.47	21.63	21.79
	17.5	21.65	21.81	21.97	22.13	22.29	22.45	22.61	22.76	22.92	23.08	23.24
	20.0	23.10	23.26	23.42	23.58	23.74	23.90	24.06	24.21	24.37	24.53	24.69
	22.5	24.55	24.71	24.87	25.03	25.19	25.35	25.50	25.66	25.82	25.98	26.14
	25.0	26.00	26.16	26.32	26.48	26.64	26.80	26.95	27.11	27.27	27.43	27.59
	27.5	27.45	27.61	27.77	27.93	28.09	28.24	28.40	28.56	28.72	28.88	29.04
	30.0	28.90	29.06	29.22	29.38	29.53	29.69	29.85	30.01	30.17	30.33	30.49
	32.5	30.35	30.51	30.67	30.83	30.98	31.14	31.30	31.46	31.62	31.78	31.94

35.0 31.80 **31.96** 32.12 32.27 32.43 32.59 32.75 32.91 33.07 33.23 33.39 33.54

资料来源: SMM, Wind, 信达证券研发中心测算, 注: 以截至 2023 年 3 月 20 日价格为基准。

表 12: 锂源、钴源价格变化对 Ni8 系正极材料的单位 kWh 成本影响

Ni8 系正极(元/kWh)		CoSO ₄ ·7H ₂ O(万元/吨)											
		3.5	4.0	4.5	5.0	5.5	6.0	6.5	7.0	7.5	8.0	8.5	9.0
Li ₂ CO ₃ (万元/吨)	7.5	214	217	219	221	223	225	227	230	232	234	236	238
	10.0	234	236	238	241	243	245	247	249	251	253	256	258
	12.5	254	256	258	260	262	264	267	269	271	273	275	277
	15.0	273	275	278	280	282	284	286	288	290	293	295	297
	17.5	293	295	297	299	301	304	306	308	310	312	314	316
	20.0	312	315	317	319	321	323	325	328	330	332	334	336
	22.5	332	334	336	339	341	343	345	347	349	351	354	356
	25.0	352	354	356	358	360	362	365	367	369	371	373	375
	27.5	371	373	376	378	380	382	384	386	388	391	393	395
	30.0	391	393	395	397	399	402	404	406	408	410	412	415
	32.5	411	413	415	417	419	421	423	426	428	430	432	434
	35.0	430	432	434	437	439	441	443	445	447	449	452	454

资料来源: SMM, Wind, 信达证券研发中心测算, 注: 以截至 2023 年 3 月 20 日价格为基准。

上述四个表格中, 我们通过锂源、钴源价格变化对中镍高电压和高镍成本的影响进行了敏感性分析, 分析结果如下:

- (1) 在当前的原料价格基础上, 硫酸钴价格上涨 0.5 万元/吨, 将带动 Ni6 系高电压正极材料成本上涨 0.42%, 带动 Ni8 系正极材料成本上涨 0.55%。这是由于 Ni6 系高电压正极材料中钴含量低于 Ni8 系正极材料, 因此 Ni6 系高电压正极材料受钴价影响程度较低;
- (2) 在当前的原料价格基础上, 碳酸锂价格上涨 2.5 万元/吨, 将带动 Ni6 系高电压正极材料成本上涨 5.10%, 单价上涨 1.24 万元/吨; 带动 Ni8 系正极材料成本上涨 4.99%, 单价上涨 1.45 万元/吨。这是由于在锂源选择方面, 中镍高电压产品可部分采用碳酸锂作为锂源, 而高镍产品则需要选择熔点更低的氢氧化锂作为锂源。
- (3) 在度电成本方面, 同样遵循这样的规律。这是由于 Ni6 系高电压正极材料与 Ni8 系正极材料的能量密度接近, 但是单吨成本 Ni6 系高电压正极材料比 Ni8 系正极低。

锂源、镍源价格变化对中镍高电压和高镍成本影响分析

表 13: 锂源、镍源价格变化对 Ni6 系高电压正极材料的吨成本影响

Ni6 系高电压正极(万元/吨)		NiSO ₄ ·6H ₂ O(万元/吨)											
		2.0	2.4	2.8	3.2	3.6	4.0	4.4	4.8	5.2	5.6	6.0	6.4
Li ₂ CO ₃ (万元/吨)	7.5	9.85	10.55	11.26	11.97	12.68	13.38	14.09	14.80	15.51	16.21	16.92	17.63
	10.0	11.08	11.79	12.49	13.20	13.91	14.62	15.32	16.03	16.74	17.45	18.15	18.86
	12.5	12.31	13.02	13.73	14.43	15.14	15.85	16.56	17.26	17.97	18.68	19.39	20.09

15.0	13.54	14.25	14.96	15.67	16.37	17.08	17.79	18.50	19.20	19.91	20.62	21.33
17.5	14.78	15.48	16.19	16.90	17.61	18.31	19.02	19.73	20.44	21.14	21.85	22.56
20.0	16.01	16.72	17.43	18.13	18.84	19.55	20.26	20.96	21.67	22.38	23.08	23.79
22.5	17.24	17.95	18.66	19.37	20.07	20.78	21.49	22.20	22.90	23.61	24.32	25.03
25.0	18.48	19.18	19.89	20.60	21.31	22.01	22.72	23.43	24.14	24.84	25.55	26.26
27.5	19.71	20.42	21.12	21.83	22.54	23.25	23.95	24.66	25.37	26.08	26.78	27.49
30.0	20.94	21.65	22.36	23.06	23.77	24.48	25.19	25.89	26.60	27.31	28.02	28.72
32.5	22.17	22.88	23.59	24.30	25.00	25.71	26.42	27.13	27.83	28.54	29.25	29.96
35.0	23.41	24.12	24.82	25.53	26.24	26.94	27.65	28.36	29.07	29.77	30.48	31.19

资料来源: SMM, Wind, 信达证券研发中心测算, 注: 以截至 2023 年 3 月 20 日价格为基准。

表 14: 锂源、镍源价格变化对 Ni6 系高电压正极材料的单位 kWh 成本影响

表 14: 正极、正极价格变化对 NiO 系高压正极材料单位 kWh 成本影响													
Ni6 系高压正极(元/kWh)		NiSO ₄ ·6H ₂ O(万元/吨)											
		2.0	2.4	2.8	3.2	3.6	4.0	4.4	4.8	5.2	5.6	6.0	6.4
Li ₂ CO ₃ (万元/吨)	7.5	134	144	153	163	172	182	192	201	211	221	230	240
	10.0	151	160	170	180	189	199	208	218	228	237	247	257
	12.5	167	177	187	196	206	216	225	235	244	254	264	273
	15.0	184	194	203	213	223	232	242	252	261	271	280	290
	17.5	201	211	220	230	240	249	259	268	278	288	297	307
	20.0	218	227	237	247	256	266	276	285	295	304	314	324
	22.5	235	244	254	263	273	283	292	302	312	321	331	340
	25.0	251	261	271	280	290	299	309	319	328	338	348	357
	27.5	268	278	287	297	307	316	326	335	345	355	364	374
	30.0	285	294	304	314	323	333	343	352	362	371	381	391
	32.5	302	311	321	331	340	350	359	369	379	388	398	407
	35.0	318	328	338	347	357	367	376	386	395	405	415	424

资料来源: SMM, Wind, 信达证券研发中心测算, 注: 以截至 2023 年 3 月 20 日价格为基准。

表 15: 锂源、镍源价格变化对 Ni8 系正极材料的吨成本影响

Ni8 系正极(万元/吨)		NiSO ₄ ·6H ₂ O(万元/吨)											
		2.0	2.4	2.8	3.2	3.6	4.0	4.4	4.8	5.2	5.6	6.0	6.4
Li ₂ CO ₃ (万元/吨)	7.5	11.94	12.83	13.73	14.62	15.52	16.41	17.31	18.21	19.10	20.00	20.89	21.79
	10.0	13.39	14.28	15.18	16.07	16.97	17.86	18.76	19.66	20.55	21.45	22.34	23.24
	12.5	14.83	15.73	16.63	17.52	18.42	19.31	20.21	21.10	22.00	22.90	23.79	24.69
	15.0	16.28	17.18	18.08	18.97	19.87	20.76	21.66	22.55	23.45	24.34	25.24	26.14
	17.5	17.73	18.63	19.52	20.42	21.32	22.21	23.11	24.00	24.90	25.79	26.69	27.59
	20.0	19.18	20.08	20.97	21.87	22.77	23.66	24.56	25.45	26.35	27.24	28.14	29.03
	22.5	20.63	21.53	22.42	23.32	24.21	25.11	26.01	26.90	27.80	28.69	29.59	30.48
	25.0	22.08	22.98	23.87	24.77	25.66	26.56	27.46	28.35	29.25	30.14	31.04	31.93
	27.5	23.53	24.43	25.32	26.22	27.11	28.01	28.90	29.80	30.70	31.59	32.49	33.38
	30.0	24.98	25.88	26.77	27.67	28.56	29.46	30.35	31.25	32.15	33.04	33.94	34.83

32.5	26.43	27.32	28.22	29.12	30.01	30.91	31.80	32.70	33.59	34.49	35.39	36.28
35.0	27.88	28.77	29.67	30.57	31.46	32.36	33.25	34.15	35.04	35.94	36.83	37.73

资料来源: SMM, Wind, 信达证券研发中心测算, 注: 以截至 2023 年 3 月 20 日价格为基准。

表 16: 锂源、镍源价格变化对 Ni8 系正极材料的单位 kWh 成本影响

Ni8 系正极(元/kWh)		NiSO ₄ ·6H ₂ O(万元/吨)											
		2.0	2.4	2.8	3.2	3.6	4.0	4.4	4.8	5.2	5.6	6.0	6.4
Li ₂ CO ₃ (万元/吨)	7.5	161	174	186	198	210	222	234	246	258	270	283	295
	10.0	181	193	205	217	230	242	254	266	278	290	302	314
	12.5	201	213	225	237	249	261	273	285	298	310	322	334
	15.0	220	232	244	257	269	281	293	305	317	329	341	354
	17.5	240	252	264	276	288	300	313	325	337	349	361	373
	20.0	259	272	284	296	308	320	332	344	356	368	381	393
	22.5	279	291	303	315	328	340	352	364	376	388	400	412
	25.0	299	311	323	335	347	359	371	383	396	408	420	432
	27.5	318	330	343	355	367	379	391	403	415	427	439	452
	30.0	338	350	362	374	386	398	411	423	435	447	459	471
	32.5	357	370	382	394	406	418	430	442	454	467	479	491
	35.0	377	389	401	413	426	438	450	462	474	486	498	510

资料来源: SMM, Wind, 信达证券研发中心测算, 注: 以截至 2023 年 3 月 20 日价格为基准。

上述四个表格中, 我们通过锂源、镍源价格变化对中镍高电压和高镍成本的影响进行了敏感性分析, 分析结果如下:

- (1) 在当前的原料价格基础上, 硫酸镍价格上涨 0.4 万元/吨, 将带动 Ni6 系高电压正极材料成本上涨 2.98%, 带动 Ni8 系正极材料成本上涨 3.14%。这是由于 Ni6 系高电压正极材料中镍含量低于 Ni8 系正极材料, 因此 Ni6 系高电压正极材料受镍价影响程度较低;
- (2) 在当前的原料价格基础上, 碳酸锂价格上涨 2.5 万元/吨, 将带动 Ni6 系高电压正极材料成本上涨 5.19%, 单价上涨 1.23 万元/吨; 带动 Ni8 系正极材料成本上涨 5.07%, 单价上涨 1.45 万元/吨。这是由于在锂源选择方面, 中镍高电压产品可部分采用碳酸锂作为锂源, 而高镍产品则需要选择熔点更低的氢氧化锂作为锂源。
- (3) 在度电成本方面, 同样遵循这样的规律。这是由于 Ni6 系高电压正极材料与 Ni8 系正极材料的能量密度接近, 但是单吨成本 Ni6 系高电压正极材料比 Ni8 系正极低。

钴源、镍源价格变化对中镍高电压和高镍成本影响分析

表 17: 钴源、镍源价格变化对 Ni6 系高电压正极材料的吨成本影响

Ni6 系高电压正极(万元/吨)		NiSO ₄ ·6H ₂ O(万元/吨)											
		2.0	2.4	2.8	3.2	3.6	4.0	4.4	4.8	5.2	5.6	6.0	6.4
CoSO ₄ ·7H ₂ O(万元/吨)	3.5	20.87	21.58	22.29	23.00	23.70	24.41	25.12	25.82	26.53	27.24	27.95	28.65
	4.0	20.97	21.68	22.39	23.10	23.80	24.51	25.22	25.93	26.63	27.34	28.05	28.76

4.5	21.08	21.78	22.49	23.20	23.91	24.61	25.32	26.03	26.74	27.44	28.15	28.86
5.0	21.18	21.89	22.59	23.30	24.01	24.72	25.42	26.13	26.84	27.55	28.25	28.96
5.5	21.28	21.99	22.70	23.40	24.11	24.82	25.52	26.23	26.94	27.65	28.35	29.06
6.0	21.38	22.09	22.80	23.50	24.21	24.92	25.63	26.33	27.04	27.75	28.46	29.16
6.5	21.48	22.19	22.90	23.61	24.31	25.02	25.73	26.44	27.14	27.85	28.56	29.27
7.0	21.59	22.29	23.00	23.71	24.42	25.12	25.83	26.54	27.25	27.95	28.66	29.37
7.5	21.69	22.40	23.10	23.81	24.52	25.22	25.93	26.64	27.35	28.05	28.76	29.47
8.0	21.79	22.50	23.20	23.91	24.62	25.33	26.03	26.74	27.45	28.16	28.86	29.57
8.5	21.89	22.60	23.31	24.01	24.72	25.43	26.14	26.84	27.55	28.26	28.97	29.67
9.0	21.99	22.70	23.41	24.12	24.82	25.53	26.24	26.95	27.65	28.36	29.07	29.78

资料来源: SMM, Wind, 信达证券研发中心测算, 注: 以截至 2023 年 3 月 20 日价格为基准。

表 18: 钴源、镍源价格变化对 Ni6 系高电压正极材料的单位 kWh 成本影响

Ni6 系高电压正极(元/kWh)	NiSO ₄ ·6H ₂ O(万元/吨)											
	2.0	2.4	2.8	3.2	3.6	4.0	4.4	4.8	5.2	5.6	6.0	6.4
CoSO ₄ ·7H ₂ O(万元/吨)	3.5	284	294	303	313	322	332	342	351	361	371	380
	4.0	285	295	305	314	324	333	343	353	362	372	382
	4.5	287	296	306	316	325	335	344	354	364	373	383
	5.0	288	298	307	317	327	336	346	355	365	375	384
	5.5	289	299	309	318	328	338	347	357	366	376	386
	6.0	291	300	310	320	329	339	349	358	368	377	387
	6.5	292	302	311	321	331	340	350	360	369	379	388
	7.0	294	303	313	322	332	342	351	361	371	380	390
	7.5	295	305	314	324	334	343	353	362	372	382	391
	8.0	296	306	316	325	335	345	354	364	373	383	393
	8.5	298	307	317	327	336	346	356	365	375	384	394
	9.0	299	309	318	328	338	347	357	367	376	386	395

资料来源: SMM, Wind, 信达证券研发中心测算, 注: 以截至 2023 年 3 月 20 日价格为基准。

表 19: 钴源、镍源价格变化对 Ni8 系正极材料的吨成本影响

Ni8 系正极(万元/吨)	NiSO ₄ ·6H ₂ O(万元/吨)											
	2.0	2.4	2.8	3.2	3.6	4.0	4.4	4.8	5.2	5.6	6.0	6.4
CoSO ₄ ·7H ₂ O(万元/吨)	3.5	24.84	25.74	26.63	27.53	28.43	29.32	30.22	31.11	32.01	32.90	33.80
	4.0	25.00	25.90	26.79	27.69	28.58	29.48	30.38	31.27	32.17	33.06	33.96
	4.5	25.16	26.06	26.95	27.85	28.74	29.64	30.53	31.43	32.33	33.22	34.12
	5.0	25.32	26.22	27.11	28.01	28.90	29.80	30.69	31.59	32.48	33.38	34.28
	5.5	25.48	26.37	27.27	28.17	29.06	29.96	30.85	31.75	32.64	33.54	34.43
	6.0	25.64	26.53	27.43	28.32	29.22	30.12	31.01	31.91	32.80	33.70	34.59
	6.5	25.80	26.69	27.59	28.48	29.38	30.27	31.17	32.07	32.96	33.86	34.75
	7.0	25.95	26.85	27.75	28.64	29.54	30.43	31.33	32.22	33.12	34.02	34.91
	7.5	26.11	27.01	27.90	28.80	29.70	30.59	31.49	32.38	33.28	34.17	35.07

8.0	26.27	27.17	28.06	28.96	29.85	30.75	31.65	32.54	33.44	34.33	35.23	36.12
8.5	26.43	27.33	28.22	29.12	30.01	30.91	31.80	32.70	33.60	34.49	35.39	36.28
9.0	26.59	27.49	28.38	29.28	30.17	31.07	31.96	32.86	33.75	34.65	35.55	36.44

资料来源: SMM, Wind, 信达证券研发中心测算, 注: 以截至 2023 年 3 月 20 日价格为基准。

表 20: 钴源、镍源价格变化对 Ni8 系正极材料的单位 kWh 成本影响

表 20：钴镍、镍钴价格变化对 NiS 系正极材料中 NiS 成本影响													
Ni8 系正极(元/kWh)	NiSO ₄ ·6H ₂ O(万元/吨)												
	2.0	2.4	2.8	3.2	3.6	4.0	4.4	4.8	5.2	5.6	6.0	6.4	
CoSO ₄ ·7H ₂ O(万元/吨)	3.5	336	348	360	372	384	397	409	421	433	445	457	469
	4.0	338	350	362	375	387	399	411	423	435	447	459	471
	4.5	340	352	365	377	389	401	413	425	437	449	461	474
	5.0	342	355	367	379	391	403	415	427	439	452	464	476
	5.5	345	357	369	381	393	405	417	429	442	454	466	478
	6.0	347	359	371	383	395	407	419	432	444	456	468	480
	6.5	349	361	373	385	397	409	422	434	446	458	470	482
	7.0	351	363	375	387	400	412	424	436	448	460	472	484
	7.5	353	365	377	390	402	414	426	438	450	462	474	486
	8.0	355	367	380	392	404	416	428	440	452	464	476	489
	8.5	358	370	382	394	406	418	430	442	454	467	479	491
	9.0	360	372	384	396	408	420	432	444	457	469	481	493

资料来源: SMM, Wind, 信达证券研发中心测算, 注: 以截至 2023 年 3 月 20 日价格为基准。

上述四个表格中, 我们通过钴源、镍源价格变化对中镍高电压和高镍成本的影响进行了敏感性分析, 分析结果如下:

- (1) 在当前的原料价格基础上, 硫酸镍价格上涨 0.4 万元/吨, 将带动 Ni6 系高电压正极材料成本上涨 2.97%, 带动 Ni8 系正极材料成本上涨 3.13%。这是由于 Ni6 系高电压正极材料中镍含量低于 Ni8 系正极材料, 因此 Ni6 系高电压正极材料受镍价影响程度较低;
- (2) 在当前的原料价格基础上, 硫酸钴价格上涨 0.5 万元/吨, 将带动 Ni6 系高电压正极材料成本上涨 0.43%, 带动 Ni8 系正极材料成本上涨 0.56%。这是由于 Ni6 系高电压正极材料中钴含量低于 Ni8 系正极材料, 因此 Ni6 系高电压正极材料受钴价影响程度较低;
- (3) 在度电成本方面, 同样遵循这样的规律。这是由于 Ni6 系高电压正极材料与 Ni8 系正极材料的能量密度接近, 但是单吨成本 Ni6 系高电压正极材料比 Ni8 系正极低。

随着新能源汽车由补贴推动转为市场驱动, 在安全性得到保障的前提下, 消费者对于新能源汽车高续航里程、轻量化的诉求对新能源动力电池技术水平提出了更高要求。从目前的技术水平和产品应用情况看, 提高锂电池能量密度主要有两大途径, 第一是采用更高能量密度的电芯, 第二是电芯成组结构优化, 提高成组、电池包效率, 类似宁德时代 CTP、比亚迪刀片电池成组技术。

动力电池的性能主要取决于能量密度这一核心指标, 而正极材料的能量密度高低将直接

影响动力电池的综合表现。容量与电压两者共同决定了材料的能量密度。为实现能量密度的提升，行业内主要通过提升材料的充电电压（高电压化）与提升镍含量（高镍化）来提高下游动力电池能量密度。高电压化路线通过提升电池充电截止电压使得正极材料在更高电压下脱出更多的锂离子，从而同时提升容量与工作电压，进而达到提升能量密度的目的。将 Ni6 系 NCM 三元材料典型产品（Ni65）的充电电压由 4.25V 提升至 4.40V 可实现能量密度约 10% 的提升，其综合性能与充电电压为 4.20V 的 Ni8 系典型产品基本持平。

根据高工锂电，目前高电压化以中镍三元材料为基本路线，在原材料、生产工艺、加工成本方面均优于高镍化三元；同时，由于高电压材料的镍含量相对较低，生产工艺不如高镍三元复杂，因此高电压化正极材料在提升能量密度的同时还兼具了一定的安全性改善。

凭借优越的综合性能，高电压化三元材料市场有望日渐打开，主要正极厂商、部分电池企业入局此领域，并有望加速其应用。

例如，正极厂商方面，厦钨新能开发出新款 4.4V 高电压 6 系三元材料，并成功应用到续航里程超过 1000 公里的电动车上；长远锂科高电压 4.3V 和 4.35V 三元正极材料已批量用于动力电池领域，4.4V 三元正极材料逐步应用于数码电池领域。电池厂商方面，中创新航于 2020 年在全球率先采用高电压三元电池材料技术量产 590 模组电池，并在主要客户广汽埃安设计的 Aion-LX 车型上实现装车；今年其高电压快充三元锂电芯还将搭载于 Smart 精灵#1，其能量密度达到 250Wh/kg 以上的行业领先水平，支持 150kW 超级快充、100kW 快充及 7.2kW 慢充，且在保持 80% 容量的前提下，可支持 10 年 30 万公里的使用寿命。

投资建议

三元正极材料高电压化路线是以中镍三元材料为基础，通过提高其电压平台使得正极材料在更高电压下脱出更多的锂离子，从而实现更高比容量和平均放电电压，进而达到提升能量密度的目的。从当前实际应用的主要产品来看，高电压 Ni6 系典型产品（Ni65）的实际能量密度 735.15Wh/kg 已与 Ni8 系典型产品的 739.32Wh/kg 接近。

目前高电压化以中镍三元材料为基本路线，在原材料、生产工艺、加工成本方面均优于高镍化三元；同时，由于高电压材料的镍含量相对较低，生产工艺不如高镍三元复杂，因此高电压化正极材料在提升能量密度的同时还兼具了一定的安全性改善。

以 Ni6 系高电压产品和 Ni8 系产品为例，中镍高电压产品镍钴含量相对于 Ni8 系产品更低，在锂源选择方面，中镍高电压产品可部分采用碳酸锂作为锂源，而高镍产品则需要选择熔点更低的氢氧化锂作为锂源。综上，Ni6 系高电压产品单吨成本为 24.29 万元/吨，较 Ni8 系产品降低 16.9%；在度电成本方面，Ni 系高电压度电成本为 330 元/kWh，较 Ni8 系产品降低 16.4%。

综上所述，中镍高电压产品解决了 Ni5 系三元材料能量密度低的痛点，能够在接近 Ni8 系产品能量密度的前提下，同时兼顾了安全性和成本低的优点。凭借以上优越的综合性能，高电压三元材料市场有望打开，且随着正极材料厂商、部分电池企业入局此领域，有望加速其发展和应用。建议重点关注积极布局镍钴锂资源的华友钴业、洛阳钼业、腾远钴业、盛屯矿业、寒锐钴业、厦门钨业、厦钨新能（电新组覆盖）、中矿资源、天齐

锂业、赣锋锂业、盛新锂能等。

风险因素

新能源汽车销量不及预期；中镍高电压技术路线变动；镍钴锂等上游原材料价格大幅上行等；本文对三元材料成本测算是基于一定前提假设，与实际数值可能存在一定偏差。

研究团队简介

姜永刚，金属和新材料行业首席分析师。中南大学冶金工程硕士。2008 年就职于中国有色金属工业协会，曾任中国有色金属工业协会副处长。2016 年任广发证券有色行业研究员。2020 年 1 月加入信达证券研究开发中心，担任金属和新材料行业首席分析师。

黄礼恒，金属&新材料行业联席首席分析师。中国地质大学（北京）矿床学硕士，2017 年任广发证券有色金属行业研究员，2020 年 4 月加入信达证券研究开发中心，从事有色及新能源研究。

陈光辉，中南大学冶金工程硕士，2022 年 8 月加入信达证券研究开发中心，从事电池金属等能源金属研究。

云琳，乔治华盛顿大学金融学硕士，2020 年 3 月加入信达证券研究发展中心，从事铝铅锌及贵金属研究。

白紫薇，吉林大学区域经济学硕士，2021 年 7 月加入信达证券研究开发中心，从事钛镁等轻金属及锂钴等新能源金属研究。

机构销售联系人

区域	姓名	手机	邮箱
全国销售总监	韩秋月	13911026534	hanguiyue@cindasc.com
华北区销售总监	陈明真	15601850398	chenmingzhen@cindasc.com
华北区销售副总监	阙嘉程	18506960410	quejiacheng@cindasc.com
华北区销售	祁丽媛	13051504933	qiliyuan@cindasc.com
华北区销售	陆禹舟	17687659919	luyuzhou@cindasc.com
华北区销售	魏冲	18340820155	weichong@cindasc.com
华北区销售	樊荣	15501091225	fanrong@cindasc.com
华北区销售	秘侨	18513322185	miqiao@cindasc.com
华北区销售	李佳	13552992413	lijia1@cindasc.com
华北区销售	赵岚琦	15690170171	zhaolanci@cindasc.com
华北区销售	张瀚夕	18810718214	zhanglanxi@cindasc.com
华北区销售	王哲毓	18735667112	wangzheyu@cindasc.com
华东区销售总监	杨兴	13718803208	yangxing@cindasc.com
华东区销售副总监	吴国	15800476582	wuguo@cindasc.com
华东区销售	国鹏程	15618358383	guopengcheng@cindasc.com
华东区销售	朱尧	18702173656	zhuyao@cindasc.com
华东区销售	戴剑箫	13524484975	daijianxiao@cindasc.com
华东区销售	方威	18721118359	fangwei@cindasc.com
华东区销售	俞晓	18717938223	yuxiao@cindasc.com
华东区销售	李贤哲	15026867872	lixianzhe@cindasc.com
华东区销售	孙僮	18610826885	suntong@cindasc.com
华东区销售	贾力	15957705777	jiali@cindasc.com
华东区销售	石明杰	15261855608	shimingjie@cindasc.com
华东区销售	曹亦兴	13337798928	caoyixing@cindasc.com
华东区销售	王赫然	15942898375	wangheran@cindasc.com
华南区销售总监	王留阳	13530830620	wangliuyang@cindasc.com
华南区销售副总监	陈晨	15986679987	chenchen3@cindasc.com
华南区销售副总监	王雨霏	17727821880	wangyufei@cindasc.com
华南区销售	刘韵	13620005606	liuyun@cindasc.com
华南区销售	胡洁颖	13794480158	huijeying@cindasc.com
华南区销售	郑庆庆	13570594204	zhengqingqing@cindasc.com
华南区销售	刘莹	15152283256	liuying1@cindasc.com
华南区销售	蔡静	18300030194	caijing1@cindasc.com
华南区销售	聂振坤	15521067883	niezhenkun@cindasc.com
华南区销售	宋王飞逸	15308134748	songwangfeiyi@cindasc.com

分析师声明

负责本报告全部或部分内容的每一位分析师在此申明，本人具有证券投资咨询执业资格，并在中国证券业协会注册登记为证券分析师，以勤勉的职业态度，独立、客观地出具本报告；本报告所表述的所有观点准确反映了分析师本人的研究观点；本人薪酬的任何组成部分不曾与，不与，也将不会与本报告中的具体分析意见或观点直接或间接相关。

免责声明

信达证券股份有限公司（以下简称“信达证券”）具有中国证监会批复的证券投资咨询业务资格。本报告由信达证券制作并发布。

本报告是针对与信达证券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。本报告仅提供给上述特定客户，并不面向公众发布。信达证券不会因接收人收到本报告而视其为本公司的当然客户。客户应当认识到有关本报告的电话、短信、邮件提示仅为研究观点的简要沟通，对本报告的参考使用须以本报告的完整版本为准。

本报告是基于信达证券认为可靠的已公开信息编制，但信达证券不保证所载信息的准确性和完整性。本报告所载的意见、评估及预测仅为本报告最初出具日的观点和判断，本报告所指的证券或投资标的的价格、价值及投资收入可能会出现不同程度的波动，涉及证券或投资标的的历史表现不应作为日后表现的保证。在不同时期，或因使用不同假设和标准，采用不同观点和分析方法，致使信达证券发出与本报告所载意见、评估及预测不一致的研究报告，对此信达证券可不发出特别通知。

在任何情况下，本报告中的信息或所表述的意见并不构成对任何人的投资建议，也没有考虑到客户特殊的投资目标、财务状况或需求。客户应考虑本报告中的任何意见或建议是否符合其特定状况，若有必要应寻求专家意见。本报告所载的资料、工具、意见及推测仅供参考，并非作为或被视为出售或购买证券或其他投资标的的邀请或向人做出邀请。

在法律允许的情况下，信达证券或其关联机构可能会持有报告中涉及的公司所发行的证券并进行交易，并可能会为这些公司正在提供或争取提供投资银行业务服务。

本报告版权仅为信达证券所有。未经信达证券书面同意，任何机构和个人不得以任何形式翻版、复制、发布、转发或引用本报告的任何部分。若信达证券以外的机构向其客户发放本报告，则由该机构独自为此发送行为负责，信达证券对此等行为不承担任何责任。本报告同时不构成信达证券向发送本报告的机构之客户提供的投资建议。

如未经信达证券授权，私自转载或者转发本报告，所引起的一切后果及法律责任由私自转载或转发者承担。信达证券将保留随时追究其法律责任的权利。

评级说明

投资建议的比较标准	股票投资评级	行业投资评级
本报告采用的基准指数：沪深 300 指数（以下简称基准）； 时间段：报告发布之日起 6 个月内。	买入 ：股价相对强于基准 20% 以上；	看好 ：行业指数超越基准；
	增持 ：股价相对强于基准 5%~20%；	中性 ：行业指数与基准基本持平；
	持有 ：股价相对基准波动在±5%之间；	看淡 ：行业指数弱于基准。
	卖出 ：股价相对弱于基准 5% 以下。	

风险提示

证券市场是一个风险无时不在的市场。投资者在进行证券交易时存在赢利的可能，也存在亏损的风险。建议投资者应当充分深入地了解证券市场蕴含的各项风险并谨慎行事。

本报告中所述证券不一定能在所有的国家和地区向所有类型的投资者销售，投资者应当对本报告中的信息和意见进行独立评估，并应同时考量各自的投资目的、财务状况和特定需求，必要时就法律、商业、财务、税收等方面咨询专业顾问的意见。在任何情况下，信达证券不对任何人因使用本报告中的任何内容所引致的任何损失负任何责任，投资者需自行承担风险。