(12) 按照专利合作条约所公布的国际申请

(19) 世界知识产权组织
国 际 局

(43) 国际公布日
2025 年 6 月 5 日 (05.06.2025)

WIPO | PCT

(10) 国际公布号
WO 2025/112796 A1

(51) 国际专利分类号:
H01M 4/131 (2010.01) *H01M 4/525* (2010.01)

(21) 国际申请号: PCT/CN2024/118339

(22) 国际申请日: 2024 年 9 月 11 日 (11.09.2024)

(25) 申请语言: 中文

(26) 公布语言: 中文

(30) 优先权:
202311640327.0 2023年11月30日 (30.11.2023) CN

(71) 申请人: 宁德时代新能源科技股份有限公司 (**CONTEMPORARY AMPEREX TECHNOLOGY CO., LIMITED**) [CN/CN]; 中国福建省宁德市蕉城区漳湾镇新港路2号 352100 (CN)。

(72) 发明人: 吴凯(**WU, Kai**); 中国福建省宁德市蕉城区漳湾镇新港路2号 352100 (CN)。 尚义博(**SHANG, Yibo**); 中国福建省宁德市蕉城区漳湾镇新港路2号 352100 (CN)。 刘鹤(**LIU, He**); 中国福建省宁德市蕉城区漳湾镇新港路2号 352100 (CN)。 郭锁刚(**GUO, Suogang**); 中国福建省宁德市蕉城区漳湾镇新港路2号 352100 (CN)。 何建福(**HE, Jianfu**); 中国福建省宁德市蕉城区漳湾镇新港路2号 352100 (CN)。 付成华(**FU, Chenghua**); 中国福建省宁德市蕉城区漳湾镇新港路2号 352100 (CN)。 叶永煌(**YE, Yonghuang**); 中国福建省宁德市蕉城区漳湾镇新港路2号 352100 (CN)。

(74) 代理人: 北京华进京联知识产权代理有限公司 (**ACIP LAW OFFICES**); 中国北京市海淀区知春路7号致真大厦A1403 100191 (CN)。

(81) 指定国(除另有指明，要求每一种可提供的国家保护): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CV, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IQ, IR, IS, IT, JM, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, MG, MK, MN, MU, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, WS, ZA, ZM, ZW。

(84) 指定国(除另有指明，要求每一种可提供的地区保护): ARIPO (BW, CV, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SC, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), 欧亚 (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), 欧洲 (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, ME, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG)。

本国际公布:
— 包括国际检索报告(条约第21条(3))。

(54) **Title:** BATTERY CELL, SECONDARY BATTERY AND ELECTRIC DEVICE

(54) 发明名称: 电池单体、二次电池和用电装置

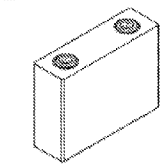


图 1

(57) **Abstract:** The present application provides a battery cell. The battery cell comprises a positive electrode sheet and an electrolyte; in a positive electrode active material layer of the positive electrode sheet, the mass ratio of Co element in a first positive electrode active material to Fe element in a second positive electrode active material is A; a first cationic salt in the electrolyte comprises first cations with the ion radius greater than that of lithium ions; the mass percentage of the first cationic salt in an electrolyte salt is B; and $0.47 \leq A/B \leq 202$.

(57) 摘要: 本申请提供了一种电池单体。该电池单体包括正极极片和电解液；在正极极片的正极活性材料层中，第一正极活性物质中的Co元素与第二正极活性物质中的Fe元素的质量比为A；电解液中的第一阳离子盐包括离子半径大于锂离子的第一阳离子；第一阳离子盐在电解质盐中的质量百分比为B；$0.47 \leqslant A/B \leqslant 202$。

WO 2025/112796 A1

电池单体、二次电池和用电装置

相关申请

本申请要求于 2023 年 11 月 30 日提交的、申请号为 CN2023116403270、名称为“电池单体、二次电池和用电装置”的中国专利申请的优先权，在此将其全文引入作为参考。

技术领域

本申请涉及二次电池技术领域，特别涉及一种电池单体、二次电池和用电装置。

背景技术

这里的陈述仅提供与本申请有关的背景信息，而不必然构成现有技术。

随着二次电池的应用范围越来越广泛，以锂离子电池为代表的二次电池被广泛应用于水力、火力、风力和太阳能电站等储能电源系统，还被广泛应用于智能手机、平板电脑、智能穿戴、电动工具、电动自行车、电动摩托车、电动汽车、军事装备、航空航天等多个领域。随着应用的拓宽与发展，对电池的电性能提出了更高要求，但与此同时，可能带来热失控等风险，导致电池的热稳定性不佳。

基于此，有必要开发电性能好且热稳定性好的二次电池新技术。

发明内容

根据本申请的各种实施方式和各种实施例，本申请提供了一种电池单体、二次电池和用电装置。该电池单体具有较佳的电性能，且热稳定性好，热失控风险低。

在本申请的第一方面，提供了一种电池单体，其包括正极极片和电解液；在正极极片的正极活性材料层中，第一正极活性物质中的 Co 元素与第二正极活性物质中的 Fe 元素的质量比为 A；电解液中的第一阳离子盐包括离子半径大于锂离子的第一阳离子；第一阳离子盐在电解质盐中的质量百分比为 B；$0.47 \leq A/B \leq 202$。

在一些实施方式中，提供了一种电池单体，其包括正极极片、负极极片、隔离膜和电解液，所述隔离膜设置于所述正极极片和所述负极极片之间，所述正极极片包括正极活性材料层，所述正极活性材料层包括第一正极活性物质和第二正极活性物质，所述电解液包括电解质盐，所述电解质盐包括第一阳离子盐和电解质锂盐；

其中，所述第一正极活性物质为包含 Co 元素和 M1 元素的锂氧化物，所述第二正极活性物质为包含 Fe 元素和 Mn 元素的锂氧化物，其中，所述第一正极活性物质中的 M1 元素包括 Mn 元素和 Al 元素中的一种或两种；

所述第一正极活性物质中的 Co 元素与所述第二正极活性物质中的 Fe 元素的质量比记为 A；

所述第一阳离子盐包括第一阳离子，所述第一阳离子的离子半径大于锂离子的离子半径；所述第一阳离子盐在所述电解质盐中的质量百分比记为 B；

则 A 和 B 满足 $0.47 \leq A/B \leq 202$。

可以理解，在正极极片包括第一正极活性物质和第二正极活性物质的情况下，该电池单体中的活性离子包括锂离子。

该电池单体中的正极极片是复合正极极片，其中设置有不同的正极活性物质，该复合正极极片包括含钴(Co)元素和 M1 元素的第一正极活性物质，M1 元素包括锰(Mn)元素和铝(Al)元素中的一种或两种，还包括含铁(Fe)元素和 Mn 元素的第二正极活性物质。虽然理论上利用该复合正极极片设计可以使不同的正极活性物质优势互补，希望能够在例如材料结构稳定性、电池安全性、倍率性能、循环性能等方面的综合电性能获得提升，并可兼顾电压平台和制造成本。然而，包含 Co 元素和 M1 元素的锂氧化物与包含 Fe 元素和 Mn 元素的锂氧化物是不同的正极活性物质，会具有不同的活性及离子电导率，从而导致在充放电循环过程中的被利用程度不同，其中，包含 Co 元素和 M1 元素的锂氧化物容易被过度利用，引发第一正极活性物质的表层结构损坏而释放氧气，甚至可能导致材料结构坍塌，存在电池热失控风险；此外，释放的氧气还可能引发电解液副反应。该复合正极极片设计中的活性离子扩散推测是一维通道扩散，通过引入第一阳离子盐而引入离子半径大于锂（Li）离子的第一阳离子，该第一阳离子可以代替部分活性离子嵌入到第一正极活性物质中，阻挡第一正极活性物质中的活性离子扩散通道，降低第一正极活性物质的被利用度，可减少氧气释放，第一阳离子还可起到支撑第一正极活性物质的表层结构的作用，可阻碍活性离子在放电过程中脱除，进一步增加正极活性物质表层氧的稳定性，减少氧气的释放，第一阳离子可提高复合正极极片及电池单体的热稳定性，降低热失控风险。进一步地，通过调节第一正极活性物质中的 Co 元素与第二正极活性物质中的 Fe 元素的质量比 A（也可记为 I_{Co}/II_{Fe} 比），可以调节第一正极活性物质与第二正极活性物质之间的含量比例，进一步利用 A/B 值协同调节电解液中第

一阳离子盐相对于电解质盐的质量百分比 B，可以使第一阳离子在电解液中的浓度能够较佳地匹配第一正极活性物质对适当降低被利用度的需求，从而整体上实现较佳的综合电性能，可以显著提升复合正极极片与电池单体的热稳定性，降低热失控风险，还有利于复合正极极片整体上具有良好的活性离子传输性能。可见，该电池单体具有较佳的综合性能，热稳定性好，热失控风险低。

基于本申请中任意合适的实施方式，在一些实施方式中，在 25℃条件下，所述第一正极活性物质的离子电导率与所述第二正极活性物质的离子电导率的比值记为 Xσ，则 $X\sigma\geq10^4$；

可选地，$X\sigma\geq10^6$，进一步可选地 $X\sigma\geq10^{10}$；

可选地，所述第一正极活性物质在 25℃时的离子电导率为 σ_1，满足 $\sigma_1\geq3.2\times10^{-6}$ S/cm，进一步可选地 $\sigma_1\geq1.7\times10^{-3}$ S/cm；

可选地，所述第二正极活性物质在 25℃时的离子电导率为 σ_2，满足 $\sigma_2\leq10^{-9}$ S/cm，进一步可选地 $\sigma_2\leq10^{-12}$ S/cm。

当第一正极活性物质与第二正极活性物质的离子电导率相差较大时，第一正极活性物质被过度利用度的几率显著变大，此时，通过调节 A/B 值平衡第一正极活性物质对适当降低被利用度的需求与活性离子在复合正极极片中的良好传输等方面的综合需求时，对正极极片热稳定性以及电池单体整体综合性能的提升作用更为显著。

可以通过调节第一正极活性物质中的镍(Ni)元素含量来调节第一正极活性物质（包含 Co 元素和 M1 元素的锂氧化物）的离子电导率。通常地，Ni 含量越高，则第一正极活性物质的离子电导率越高。

可以通过调节锰(Mn)元素含量来调节第二正极活性物质（包含 Fe 元素和 Mn 元素的锂氧化物）的离子电导率。通常地，Mn 元素含量越高，则第二正极活性物质的离子电导率越低。

基于本申请中任意合适的实施方式，在一些实施方式中，$1.3\leq A/B\leq25.4$。

通过将 A/B 值调节在更为合适的范围内，更有利于在有效地改善电池综合性能的同时实现较佳的热稳定性。

基于本申请中任意合适的实施方式，在一些实施方式中，$0.19\leq A\leq10.1$；可选地，$0.28\leq A\leq2.53$。

通过调节 A 值可以调节第一正极活性物质与第二正极活性物质之间的含量比例。通过将 A 值调控在上述范围内，更有利于发挥第一正极活性物质与第二正极活性物质的综合优势，实现更佳的电性能。

基于本申请中任意合适的实施方式，在一些实施方式中，$5\%\leq B\leq40\%$；可选地，$10\%\leq B\leq20\%$。

通过调节 B 值可以调节第一阳离子盐相对于电解质盐的质量百分比。通过将 B 值调控在上述范围内，可以使第一阳离子在电解液中的浓度更佳地匹配第一正极活性物质对适当降低被利用度的需求，从而整体上实现更佳的电池综合性能。

基于本申请中任意合适的实施方式，在一些实施方式中，所述第一正极活性物质满足如下特征中的一项或多项：

Co 元素相对于 Li 元素的原子摩尔比记为 R_c，则 R_c 满足 $0.05\leq R_c\leq0.5$，可选地，$0.05\leq R_c\leq0.3$，可选地，$0.05\leq R_c\leq0.2$；

所述 M1 元素相对于 Li 元素的原子摩尔比记为 R_d，则 R_d 满足 $0.05\leq R_d\leq0.5$，可选地，$0.05\leq R_d\leq0.3$；

所述 M1 元素包括 Mn 元素，Mn 元素相对于 Li 元素的原子摩尔比记为 $R_{d\text{-}Mn}$，则 $R_{d\text{-}Mn}$ 满足 $0.05\leq R_{d\text{-}Mn}\leq0.4$，进一步可选地，$0.05\leq R_{d\text{-}Mn}\leq0.3$；

Co 元素与所述 M1 元素的原子摩尔当量之和相对于 Li 元素的原子摩尔当量的比值记为 R_{c+d}，则 R_{c+d} 满足 $0.1\leq R_{c+d}\leq0.5$，进一步可选地，$0.1\leq R_{c+d}\leq0.3$，更进一步可选地，$0.1\leq R_{c+d}\leq0.2$。

Co 元素的存在有利于提升材料的结构稳定性，通过调节第一正极活性物质中的 Co 元素含量在更为合适的范围内，更有利于提升电池的充放电倍率性能和循环性能。

通过调节第一正极活性物质中 M1 元素的含量，可以调节第一正极活性物质的热稳定性。例如，当 M1 元素包括 Mn 元素时，Mn 元素有利于提高第一正极活性物质的热稳定性；当 M1 元素包括 Al 元素时，Al 元素有利于提升容量和材料热稳定性，有利于降低内阻而改善倍率性能和循环性能。

可以根据需要调节 Co 元素与 M1 元素的含量比例，平衡 Co 元素与 M1 元素对电池性能的综合影响。

基于本申请中任意合适的实施方式，在一些实施方式中，所述第一正极活性物质还包含 Ni 元素；在所述第一正极活性物质中，Ni 元素相对于 Li 元素的原子摩尔比记为 R_b，则 R_b 满足 $0.5\leq R_b<1$；

可选地，$0.5\leq R_b\leq 0.9$；

进一步可选地，$0.6\leq R_b\leq 0.9$；

更进一步可选地，$0.65\leq R_b\leq 0.9$；

更进一步可选地，$0.8\leq R_b\leq 0.9$。

当第一正极活性物质包含 Ni 元素时，有利于赋予第一正极活性物质较高的能量密度和较高的离子电导率。镍(Ni)含量越高，复合正极极片的能量密度越高，也越有利提高离子电导率；不过，在第一正极活性物质被高度利用的情况下，第一正极活性物质的表层结构发生损坏甚至结构坍塌的风险越大。此时，通过引入第一阳离子并调控 A/B 值，对复合正极极片的热稳定性提升作用越显著。

在第一正极活性物质含有 Ni 元素的情况下，通过引入第一阳离子并调控 A/B 值，可以使第一阳离子在电解液中的浓度能够较佳地匹配第一正极活性物质对适当降低被利用度的需求，可以在整体上实现电池综合性能的较佳匹配，实现较高的能量密度，可以显著提升复合正极极片与电池单体的热稳定性，降低热失控风险，还有利于复合正极极片整体上具有良好的活性离子传输性能。

基于本申请中任意合适的实施方式，在一些实施方式中，以 Li 元素的原子摩尔当量 Q_a 为 0.75~1.2 计，可选地以 0.8~1.1 计，进一步可选地以 0.9~1.05 计，更进一步可选地以 1 计，所述第一正极活性物质满足如下特征中的一项或多项：

Co 元素的原子摩尔当量 $Q_c\leq 0.4$，可选地，$Q_c\leq 0.3$，进一步可选地，$Q_c\leq 0.2$；

所述 M1 元素的原子摩尔当量 $Q_d\leq 0.5$，可选地，$Q_d\leq 0.4$，进一步可选地，$Q_d\leq 0.3$；

所述 M1 元素包括 Mn 元素，Mn 元素的原子摩尔当量≤0.4，可选地，Mn 元素的原子摩尔当量≤0.3；

Co 元素和所述 M1 元素的原子摩尔当量之和 $Q_{c+d}\leq 0.5$，可选地，$Q_{c+d}\leq 0.4$，$Q_{c+d}\leq 0.3$，$Q_{c+d}\leq 0.2$。

基于本申请中任意合适的实施方式，在一些实施方式中，以 Li 元素的原子摩尔当量 Q_a 为 0.75~1.2 计，可选地以 0.8~1.1 计，进一步可选地以 0.9~1.05 计，更进一步可选地以 1 计，所述第一正极活性物质包含 Ni 元素，Ni 元素的原子摩尔当量 Q_b 满足 $0.5\leq Q_b<1$，可选地，$0.6\leq Q_b<1$，进一步可选地，$0.65\leq Q_b<1$。

在第一正极活性物质中的 Li 元素具有一定的原子摩尔当量的情况下，可以通过调节 Co 元素、M1 元素及 Ni 元素的原子摩尔当量实现对相应元素含量的调节。

基于本申请中任意合适的实施方式，在一些实施方式中，所述第一正极活性物质包括第一本体，还包括或不包括位于所述第一本体的至少一部分表面的第一包覆层；其中，所述第一本体的化学组成为 $Li_aNi_bCo_cM1_dM2_eO_fR_g$，其中，$0.75\leq a\leq 1.2$，$0<b<1$，$0<c<1$，$0<d<1$，$0\leq e\leq 0.2$，$b+c+d+e=1$，$1\leq f\leq 2.5$，$0\leq g\leq 1$，$f+g\leq 3$，所述第一正极活性物质中的 M2 元素包括 Zr、Zn、Cu、Cr、Mg、Fe、V、Ti、Sr、Sb、Y、W 和 Nb 中的一种或多种，所述第一正极活性物质中的 R 元素包括 N、F、S 和 Cl 中的一种或多种；

可选地，$0.8\leq a\leq 1.2$，进一步可选地，$0.9\leq a\leq 1.1$，进一步可选地，$0.95\leq a\leq 1.05$；

可选地，$0.5\leq b<1$，进一步可选地，$0.5\leq b\leq 0.9$，更进一步可选地，$0.6\leq b\leq 0.9$；

可选地，$0.05\leq c<1$，进一步可选地，$0.05\leq c\leq 0.5$，更进一步可选地，$0.05\leq c\leq 0.3$；

可选地，$0.05\leq d<1$，进一步可选地，$0.05\leq d\leq 0.5$，更进一步可选地，$0.05\leq d\leq 0.3$；

可选地，$0\leq e<0.1$，进一步可选地，$0\leq e\leq 0.05$，更进一步可选地，$0\leq e\leq 0.03$；

可选地，$1\leq f\leq 2.1$，进一步可选地，$1.8\leq f\leq 2.05$，更进一步可选地，$1.95\leq f\leq 2.05$；

可选地，$0\leq g<0.5$，进一步可选地，$0\leq g\leq 0.1$，更进一步可选地，$0\leq g\leq 0.05$。

基于本申请中任意合适的实施方式，在一些实施方式中，所述第二正极活性物质满足如下特征中的一项或多项：

Mn 元素和 Fe 元素的原子摩尔比为 0.42~9，可选地，Mn 元素和 Fe 元素的原子摩尔比为 0.66~4；

以 Li 元素的原子摩尔当量为 0.9~1.1 计，可选地以 0.9~1.05 计，进一步可选地以 1 计，Mn 元素的原子摩尔当量为 0.5~0.999，可选地，Mn 元素的原子摩尔当量为 0.5~0.6；

以 Li 元素的原子摩尔当量为 0.9~1.1 计，可选地以 0.9~1.05 计，进一步可选地以 1 计，Fe 元素的原子摩尔当量为 0.001~0.5，可选地，Fe 元素的原子摩尔当量为 0.4~0.5。

提高第二正极活性物质中的 Mn 元素含量有利于改善第二正极活性物质的能量密度、电压平台及材料成本。通过将 Mn 元素控制在上述范围内，有利于在发挥 Mn 元素作用的同时有利于形成均一的固溶体，还可尽量减少或避免缺陷和孔隙，从而减少或避免缺陷和孔隙延长活性离子的嵌入迁出路径，因此，通过将 Mn 元素控制在上述范围内，有利于使第二活性物质具有良好的离

子迁移速率，缩短第二正极活性物质与第一正极活性物质中活性离子电导率的差距，从而降低第一正极活性物质被过度利用及脱锂的几率，有利于进一步提高复合正极极片的热稳定性。

在第二正极活性物质中，Fe 元素的引入有利于实现更好的离子传输性和更高的离子电导率，还有利促进活性离子的嵌入和脱出，提高电池充放电效率和能量密度。

在第二正极活性物质中的 Li 元素具有一定的原子摩尔当量的情况下，通过调节 Fe 元素、Mn 元素的原子摩尔当量可以实现对相应元素含量的调节。

基于本申请中任意合适的实施方式，在一些实施方式中，所述第二活性物质包括第二本体，还包括或不包括位于所述第二本体表面至少一部分的第二包覆层；其中，所述第二本体的化学式为 $Li_{1+x}Mn_{1-y-w}Fe_wM3_yP_{1-z}Q_zO_4$，其中，$-0.1\leq x\leq 0.1$，$0.1\leq w\leq 0.5$，$0.001\leq y\leq 0.5$，$0.001\leq z\leq 0.1$，所述第二活性物质中的 M3 元素包括 Zn、Al、Na、K、Mg、Mo、W、Ti、V、Zr、Ni、Co、Ga、Sn、Sb、Nb 和 Ge 中的一种或多种元素，所述第二活性物质中的 Q 元素包括 B、Si、N、S、F、Cl 和 Br 中的一种或多种元素；

可选地，$0.1\leq y\leq 0.5$，进一步可选地，$0.2\leq y<0.5$，更进一步可选地，$0.3\leq y<0.5$；

可选地，$0.2\leq w\leq 0.5$，进一步可选地，$0.3\leq w<0.5$，更进一步可选地，$0.4\leq w<0.5$；

可选地，$0.001\leq z\leq 0.1$，进一步可选地，$0.001\leq z<0.05$，更进一步可选地，$0.001\leq z<0.002$；

可选地，所述第二活性物质中的 M3 元素包括 Ti、V、Ni、Co 和 Mg 中一种或多种元素；

可选地，所述第二活性物质中的 Q 元素包括 B、Si、N 和 S 中的一种元素；

可选地，所述第二包覆层包括焦磷酸盐、磷酸盐和碳中的一种或多种；

可选地，所述第二包覆层为单层结构或多层结构。

基于本申请中任意合适的实施方式，在一些实施方式中，所述第一正极活性物质和所述第二正极活性物质在所述正极活性材料层中的总质量占比 $R_{I+II}\geq 85\%$；

可选地，$R_{I+II}\geq 90\%$；进一步可选地，$R_{I+II}\geq 95\%$。

通过调节第一正极活性物质和第二正极活性物质在正极活性材料层中的总质量占比 R_{I+II} 在上述范围内，更有利于促进两种正极活性物质综合优势的发挥。

基于本申请中任意合适的实施方式，在一些实施方式中，所述第一阳离子包括碱金属元素和碱土金属元素中的一种或多种元素的阳离子；

可选地，所述第一阳离子包括钠离子、钾离子、钙离子和镁离子中的一种或多种；

可选地，所述第一阳离子盐中的阴离子包括六氟磷酸根离子、高氯酸根离子、四氟硼酸根离子、双三氟甲基磺酰亚胺根离子、三氟甲磺酸根离子、双氟磺酰基酰亚胺根离子和三(三氟甲基磺酰)甲基离子中的一种或多种；

进一步可选地，所述第一阳离子盐包括六氟磷酸钠、高氯酸钠、四氟硼酸钠、双三氟甲基磺酰亚胺钠、三氟甲磺酸钠、双氟磺酰基酰亚胺钠、三(三氟甲基磺酰)甲基钠、六氟磷酸钾、高氯酸钾、四氟硼酸钾、双三氟甲基磺酰亚胺钾、三氟甲磺酸钾、双氟磺酰基酰亚胺钾和三(三氟甲基磺酰)甲基钾中的一种或多种；

更进一步可选地，所述第一阳离子盐包括六氟磷酸钠、四氟硼酸钠和高氯酸钠中的一种或两种。

在第一阳离子的离子半径大于锂离子的情况下，第一阳离子的种类及相应的阴离子可以具有灵活的选择范围。作为非限制性示例，例如六氟磷酸钠成本低，可大规模使用；钠离子与锂离子半径差异较小，更有利于嵌入活性物质。

基于本申请中任意合适的实施方式，在一些实施方式中，所述负极极片包括负极活性材料层，所述负极活性材料层包括负极活性物质，所述负极活性物质包括硅基材料；所述硅基材料在所述负极活性物质中所占的质量百分比记为 X1，

可选地，$X1\geq 3\%$，进一步可选为 $3\%\leq X1\leq 50\%$；

可选地，所述硅基材料包括单质硅、硅氧化物、硅碳复合物、硅氮复合物、硅合金、硅石墨烯复合材料、硅碳纳米管和含硅导电聚合物中的一种或多种。

当负极极片的负极活性材料层包括硅基材料时，有利于进一步提升电池单体的能量密度。

在本申请的第二方面，提供一种二次电池，其包括本申请第一方面所述电池单体。

在一些实施方式中，所述二次电池为锂离子二次电池。

在本申请的第三方面，提供一种用电装置，其包括本申请第一方面所述电池单体和本申请第二方面所述二次电池中的至少一种。

本申请的一个或多个实施方式的细节在下面的附图和描述中提出。本申请的其他特征、目的和优点将从说明书、附图以及权利要求书变得明显。

附图说明

为了更好地描述和说明这里公开的那些申请的实施方式、实施例或示例，可以参考一幅或多幅附图。用于描述附图的附加细节或示例不应当被认为是对所公开的申请、目前描述的实施方式、实施例或示例以及目前理解的这些申请的最佳模式中的任何一者的范围的限制。而且在全部附图中，用相同的附图标号表示相同的部件。在附图中：

图 1 为本申请一实施方式的电池单体的示意图。

图 2 为图 1 所示的本申请一实施方式的电池单体的分解图。

图 3 为本申请一实施方式的电池模块的示意图。

图 4 为本申请一实施方式的电池包的示意图。

图 5 为图 4 所示的本申请一实施方式的电池包的分解图。

图 6 为本申请一实施方式的二次电池用作电源的用电装置的示意图。

附图标记说明：

1 为电池包；2 为上箱体；3 为下箱体；4 为电池模块；5 为电池单体；51 为壳体；52 为电极组件；53 为盖板；6 为用电装置。

具体实施方式

以下，适当地参照附图详细描述了本申请的电池单体、二次电池和用电装置的一些实施方式和一些实施例。但是会有省略非必要的详细说明的情况。例如，有省略对已众所周知的事项的详细说明、实际相同结构的重复说明的情况。这是为了避免以下的说明不必要地变得冗长，便于本领域技术人员的理解。此外，附图及以下说明是为了本领域技术人员充分理解本申请而提供的，并不旨在限定权利要求书所记载的主题。

本申请所公开的“范围”可以采用下限和上限的形式来限定，给定范围是通过选定一个下限和一个上限进行限定的，选定的下限和上限限定了特别范围的边界。这种方式进行限定的范围可以是包括端值或不包括端值的，任一个端值可以独立地被包括或不被包括，并且可以进行任意地组合，即任何下限可以与任何上限组合形成一个范围。例如，如果针对特定参数列出了 60-120 和 80-110 的范围，理解为 60-110 和 80-120 的范围也是预料到的。此外，如果列出了最小范围值 1 和 2，且如果还列出了最大范围值 3、4 和 5，则下面的范围可全部预料到：1-3、1-4、1-5、2-3、2-4 和 2-5。在本申请中，除非有其他说明，数值范围“a-b”表示 a 到 b 之间的任意实数组合的缩略表示，其中 a 和 b 都是实数。例如数值范围“0-5”表示本文中已经全部列出了“0-5”之间的全部实数，“0-5”只是这些数值组合的缩略表示。另外，当表述某个参数为≥2 的整数，则相当于公开了该参数为例如整数 2、3、4、5、6、7、8、9、10、11、12 等。比如，当表述某个参数为选自“2-10”的整数，相当于列出了整数 2、3、4、5、6、7、8、9 和 10。

在本申请中，涉及“多个”、“多种”、“多项”、“若干”等，如无特别限定，指在数量上大于 2 或等于 2。例如，“一种或多种”表示一种或大于等于（≥，大于或等于）两种。

如果没有特别的说明，本申请的所有实施方式以及可选实施方式可以相互组合形成新的技术方案。

在本文中提及“实施例”意味着，结合实施例描述的特定特征、结构或特性可以包含在本申请的至少一个实施例或实施方式中。在说明书中的各个位置出现该短语并不一定均是指相同的实施例，也不是与其它实施例互斥的独立的或备选的实施例。本领域技术人员显式地和隐式地理解的是，本文所描述的实施例可以与其它实施例相结合。在本文中提及的“实施方式”具有类似理解。

本领域技术人员可以理解，在各实施方式或实施例的方法中，各步骤的撰写顺序并不意味着严格的执行顺序而对实施过程构成任何限定，各步骤的详细执行顺序应当以其功能和可能的内在逻辑确定。如果没有特别的说明，本申请的所有步骤可以顺序进行，也可以随机进行，可以优选是顺序进行的。例如，方法 M 包括步骤(a)和(b)，表示方法 M 可包括顺序进行的步骤(a)和(b)，也可以包括顺序进行的步骤(b)和(a)。例如，方法 M 还可包括步骤(c)，表示步骤(c)可以任意顺序加入到方法 M，例如，方法 M 可以包括步骤(a)、(b)和(c)，也可包括步骤(a)、(c)和(b)，也可以包括步骤(c)、(a)和(b)等。

在本申请中，以“含有”、“包含”、“包括”等词语描述的开放式技术特征或技术方案中，如无其他说明，不排除所列成员之外的额外成员，可视为既提供了由所列成员构成的封闭式特征或方案，还提供了在所列成员之外还包括额外成员的开放式特征或方案。例如，A 包括 a1、a2 和 a3，如无其他说明，可以还包括其他成员，也可以不包括额外成员，可视为既提供了“A 由 a1、a2 和 a3 组成”或“A 选自 a1、a2 和 a3”的特征或方案，还提供了“A 不仅包括 a1、a2 和 a3，

还包括其他成员”的特征或方案。

在本申请中，如无其他说明，A（如 B），表示 B 为 A 中的一种非限制性示例，可以理解 A 不限于为 B。

在本申请中，“可选地”、“可选的”、“可选”，指可有可无，也即指选自“有”或“无”两种并列方案中的任一种。如果一个技术方案中出现多处“可选”，如无特别说明，且无矛盾之处或相互制约关系，则每项“可选”各自独立。如无其他说明，本申请中“可选地包括”、“可选地包含”等描述，以“可选地包括”为例，表示“可以包括或不包括”。

在本申请中，如无其他说明，“和/或”对应的特征或方案包括两个或两个以上相关所列项目中任一个项目，也包括相关所列项目的任意的和所有的组合，所述任意的和所有的组合包括任意的两个相关所列项目、任意的更多个相关所列项目、或者全部相关所列项目的组合。例如，“A 和/或 B”表示 A、B 以及“A 与 B 的组合”构成的组。其中，“包含 A 和/或 B”可以表示“包含 A，包含 B，以及包含 A 与 B”，还可以表示“包含 A，包含 B，或者包含 A 与 B”，可根据所在语句恰当理解。

本文中所使用的“其组合”、“其任意组合”、“其任意组合方式”等中包括所列项目中任两个或任两个以上项目的所有合适的组合方式。

本文中，“合适的组合方式”、“合适的方式”、“任意合适的方式”等中所述“合适”，以能够实施本申请的技术方案为准。

本文中，“优选”、“更好”、“更佳”、“为宜”、“较好”、“较佳”仅为描述效果更好的实施方式或实施例，应当理解，并不构成对本申请保护范围的限制。如果一个技术方案中出现多处“优选”，如无特别说明，且无矛盾之处或相互制约关系，则每项“优选”各自独立。

本申请中，“进一步”、“更进一步”、“特别”、“例如”、“如”、“示例”、“举例”等用于描述目的，表示内容上的差异，但并不应理解为对本申请保护范围的限制。

本申请中，“第一方面”、“第二方面”、“第三方面”等中，术语“第一”、“第二”、“第三”等仅用于描述目的，不能理解为指示或暗示相对重要性或数量，也不能理解为隐含指明所指示的技术特征的重要性或数量。而且“第一”、“第二”、“第三”等仅起到非穷举式的列举描述目的，应当理解并不构成对数量的封闭式限定。

本申请中，术语“室温”一般指 4 ℃ ～35 ℃，可以指 20 ℃ ±5 ℃。在本申请的一些实施例中，室温是指 20 ℃ ～30 ℃。

在本申请中，涉及数据范围的单位，如果仅在右端点后带有单位，则表示左端点和右端点的单位是相同的。比如，3~5 h 或 3-5 h 均表示左端点“3”和右端点“5”的单位都是 h（小时），均与 3h~5h 具有相同含义。此外，温度、尺寸等其他参数的类似描述也进行相同方式的理解。

在本申请中，如无特别限定，涉及“约数”，涵盖本数及基于本数的合理波动范围内的近似值，合理波动范围可因本数的类型和数值大小有所差异。

本申请实施方式或实施例中所提到的相关成分的重量不仅可以指代各组分的含量，也可以表示各组分间重量的比例关系，因此，只要是按照本申请实施方式或实施例相关组分的含量按比例放大或缩小均在本申请所描述的范围之内。进一步地，本申请实施方式或实施例中涉及的质量可以是微克(μg)、毫克(mg)、克(g)、千克(kg)等化工领域公知的质量单位。如无其他说明，质量比等于相应的重量比，比如物质 A 的质量为 m1，重量为 W1，物质 B 的质量为 m2，重量为 W2，则二者的质量比 m1/m2 在数值上等于相应的重量比 W1/W2。

在本申请中，如无其他说明，wt%表示以重量计的重量百分比，在数值上与以质量计的相应的质量百分比相等。

在本申请中，“大于等于”、“大于或等于”和“≥”具有相同含义，可互换使用；“小于等于”、“小于或等于”和“≤”具有相同含义，可互换使用；“大于”可等价地表示为“>”，“小于”可等价地表示为“<”。在本申请中，如无其他说明，“大于或等于”与“≥”可视为还提供了“大于”与“等于”两种方案。在本申请中，如无其他说明，“小于或等于”与“≤”可视为还提供了“小于”与“等于”两种方案。

在本申请中，涉及参数单位，如无其他说明，温度单位℃表示“摄氏度”，时间单位 min 表示“分钟”，长度单位 μm 表示“微米”，粘度单位 mPa·S 表示“毫帕·秒”，面密度单位 mg/cm^2 表示“毫克每平方厘米”，体积密度单位 g/cm^3 均表示“克每立方厘米”，物质的量单位 mol 表示“摩尔”，摩尔浓度单位 mol/L 均表示“摩尔每升”，电导率单位 S/cm 表示“西门子每厘米”。

在本申请中，涉及“在一些实施方式（或实施例）中”、“在一个实施方式（或实施例）中”等示例性描述，可以涵盖但不限于如下含义：这些方案可以与其他方案以合适的方式相互组合形

成新的技术方案。

在本申请中，涉及“基于本申请中任意合适的实施方式，在一些实施方式中，”或与其类似的示例性描述，可以涵盖但不限于如下含义：这些方案可以以合适的方式相互组合形成新的技术方案。

为了提高电池的综合电性能，可以考虑在正极极片的正极活性材料层中设置不同的正极活性物质，比如，理论上可以设置至少两种正极活性物质以期望实现不同正极活性物质的优势互补；非限制性地，例如，将具有高能量密度的正极活性物质与具有较佳电压平台及较低制造成本的正极活性物质组合使用时，会期望相应的正极极片可以兼具较高的能量密度、较佳的电压平台和较低的制造成本。然而，性质不同的正极活性物质往往具有不同的活性及离子电导率，这就导致在充放电循环情况下，不同的正极活性物质的利用程度不同。如果不同的正极活性物质的离子电导率相差过大，就会导致其中一种正极活性物质被过度利用，容易引发该正极活性物质的表层结构损坏而释放氧气，甚至可能导致材料结构坍塌，存在电池热失控风险；此外，释放的氧气还可能引发电解液副反应。

本申请至少提供了一种电池单体、二次电池和用电装置。

在一些实施方式中，该电池单体包括正极极片、负极极片、隔离膜和电解液，正极极片中的正极活性材料层包括第一正极活性物质和第二正极活性物质，电解液中的电解质盐包括第一阳离子盐；第一正极活性物质为包含 Co 元素和 M1 元素的锂氧化物，其中的 M1 元素包括 Mn 元素和 Al 元素中的一种或两种；第二正极活性物质为包含 Fe 元素和 Mn 元素的锂氧化物；第一正极活性物质中的 Co 元素与第二正极活性物质中的 Fe 元素的质量比为 A；第一阳离子盐包括离子半径大于锂离子的第一阳离子；第一阳离子盐在电解质盐中的质量百分比为 B；$0.47 \leq A/B \leq 202$。该电池单体具有较佳的电性能且热稳定性好，热失控风险低。

在本申请中，如无其他说明，“电池单体”指能够实现化学能和电能相互转化的基本单元。通常情况下，电池单体包括正极极片、负极极片、电解质和隔离膜。在电池充放电过程中，活性离子在正极极片和负极极片之间往返嵌入和脱出。电解质在正极极片和负极极片之间起到传导离子的作用。隔离膜设置在正极极片和负极极片之间，主要起到防止正负极短路的作用，同时可以使离子通过。

在本申请中，如无其他说明，电极极片可以为正极极片或负极极片，电极极片中的“活性物质”指能够可逆地嵌入与脱出活性离子能力的物质。如无其他说明，“负极活性物质”指用于负极极片的、能够可逆地嵌入与脱出活性离子能力的物质；“正极活性物质”指用于正极极片的、能够可逆地脱出与嵌入活性离子能力的物质。二次电池充电时，活性离子从正极脱出，经过电解质嵌入负极；而二次电池放电时，活性离子则从负极脱出，嵌入正极。活性离子没有特别限定，非限制性，活性离子可以为锂离子，此时对应锂离子二次电池。

在本申请中，“电极活性材料”、“电极活性物质”、“活性材料”和“活性物质”，具有相同含义，可以互换使用；“正极活性物质”与“正极活性材料”具有相同含义，可以互换使用；“负极活性物质”与“负极活性材料”具有相同含义，可以互换使用。“正极活性物质”与“正极活性材料”具有相同含义，可以互换使用；“负极活性物质”与“负极活性材料”具有相同含义，可以互换使用。

在本申请中，如无特别说明，“电极活性材料层”包括正极极片的正极活性材料层以及负极极片的负极活性材料层中的至少一者，根据详细的情形，电极活性材料层可以指正极活性材料层或负极活性材料层。可以理解，正极活性材料层含有正极活性物质，负极活性材料层含有负极活性物质。在本申请中，“电极活性材料层”也可简记为“活性材料层”。

在本申请的第一方面，提供了一种电池单体，其包括正极极片和电解液；在正极极片的正极活性材料层中，第一正极活性物质中的 Co 元素与第二正极活性物质中的 Fe 元素的质量比为 A；电解液中的第一阳离子盐包括离子半径大于锂离子的第一阳离子；第一阳离子盐在电解质盐中的质量百分比为 B；$0.47 \leqslant A/B \leqslant 202$。

在一些实施方式中，提供了一种电池单体，该电池单体包括正极极片和电解液，正极极片包括正极活性材料层，正极活性材料层包括第一正极活性物质和第二正极活性物质，电解液包括电解质盐，电解质盐包括第一阳离子盐；

其中，第一正极活性物质为包含 Co 元素和 M1 元素的锂氧化物，第二正极活性物质为包含 Fe 元素和 Mn 元素的锂氧化物，其中，第一正极活性物质中的 M1 元素包括 Mn 元素和 Al 元素中的一种或两种；

第一正极活性物质中的 Co 元素与第二正极活性物质中的 Fe 元素的质量比记为 A；

第一阳离子盐包括第一阳离子，第一阳离子的离子半径大于锂离子的离子半径；第一阳离子盐在电解质盐中的质量百分比记为 B；

可选地，0.47≤A/B≤202。

在本申请中，第一正极活性物质和第二正极活性物质为正极活性材料层中的两种不同的正极活性物质。

可以理解，在正极极片包括第一正极活性物质和第二正极活性物质的情况下，该电池单体中的活性离子包括锂离子。

在一些实施方式中，电解质盐包括第一阳离子盐和电解质锂盐。电解质锂盐有利于活性锂离子的传导。

在一些实施方式中，提供了一种电池单体，其包括正极极片、负极极片、隔离膜和电解液，隔离膜设置于正极极片和负极极片之间，正极极片包括正极活性材料层，正极活性材料层包括第一正极活性物质和第二正极活性物质，电解液包括电解质盐，电解质盐包括第一阳离子盐和电解质锂盐；

其中，第一正极活性物质为包含 Co 元素和 M1 元素的锂氧化物，第二正极活性物质为包含 Fe 元素和 Mn 元素的锂氧化物，其中，第一正极活性物质中的 M1 元素包括 Mn 元素和 Al 元素中的一种或两种；

第一正极活性物质中的 Co 元素与第二正极活性物质中的 Fe 元素的质量比记为 A；

第一阳离子盐包括第一阳离子，第一阳离子的离子半径大于锂离子的离子半径；第一阳离子盐在电解质盐中的质量百分比记为 B；

则 A 和 B 满足 0.47≤A/B≤202。

该电池单体中的正极极片是复合正极极片，其中设置有不同的正极活性物质，该复合正极极片包括含钴(Co)元素和 M1 元素的第一正极活性物质，M1 元素包括锰(Mn)元素和铝(Al)元素中的一种或两种，还包括含铁(Fe)元素和 Mn 元素的第二正极活性物质。虽然理论上利用该复合正极极片设计可以使不同的正极活性物质优势互补，希望能够在例如材料结构稳定性、电池安全性、倍率性能、循环性能等方面的综合电性能获得提升，并可兼顾电压平台和制造成本。然而，包含 Co 元素和 M1 元素的锂氧化物与包含 Fe 元素和 Mn 元素的锂氧化物是不同的正极活性物质，会具有不同的活性及离子电导率，从而导致在充放电循环过程中的被利用程度不同，其中，包含 Co 元素和 M1 元素的锂氧化物容易被过度利用，引发第一正极活性物质的表层结构损坏而释放氧气，甚至可能导致材料结构坍塌，存在电池热失控风险；此外，释放的氧气还可能引发电解液副反应。该复合正极极片设计中的活性离子扩散推测是一维通道扩散，通过引入第一阳离子盐而引入离子半径大于锂（Li）离子的第一阳离子，该第一阳离子可以代替部分活性离子嵌入到第一正极活性物质中，阻挡第一正极活性物质中的活性离子扩散通道，降低第一正极活性物质的被利用度，可减少氧气释放，第一阳离子还可起到支撑第一正极活性物质的表层结构的作用，可阻碍活性离子在放电过程中脱除，进一步增加正极活性物质表层氧的稳定性，减少氧气的释放，第一阳离子可提高复合正极极片及电池单体的热稳定性，降低热失控风险。进一步地，通过调节第一正极活性物质中的 Co 元素与第二正极活性物质中的 Fe 元素的质量比 A（也可记为 I_{Co}/II_{Fe} 比），可以调节第一正极活性物质与第二正极活性物质之间的含量比例，进一步利用 A/B 值协同调节电解液中第一阳离子盐相对于电解质盐的质量百分比 B，可以使第一阳离子在电解液中的浓度能够较佳地匹配第一正极活性物质对适当降低被利用度的需求，从而整体上实现较佳的综合电性能，可以显著提升复合正极极片与电池单体的热稳定性，降低热失控风险，还有利于复合正极极片整体上具有良好的活性离子传输性能。可见，该电池单体具有较佳的综合性能，热稳定性好，热失控风险低。

在本申请中，如无其他说明，可以采用本领域已有技术测试电池单体及二次电池中正极极片、负极极片及电解液的元素组成和化学组成，包括但不限于电感耦合等离子体（inductively coupled plasma，ICP）方法。

非限制性地，对于正极极片中的正极活性物质，或负极极片中的负极活性物质，可以采用能谱仪（EDS, Energy Dispersive Spectrometer）、电感耦合等离子体（inductively coupled plasma，ICP）法等方法进行测试分析，可以利用 EDS 识别不同种类的活性物质，利用 ICP 进行成分含量的定量测试分析。可以从电极极片中提取活性物质样品，利用包括但不限于溶剂洗涤、超声分散等的方法收集固体颗粒，进而采用电感耦合等离子体发射光谱仪（ICP-OES）对固体颗粒的元素组成进行分析。可以利用 EDS 测试获得对不同成分进行不同颜色标记的二维图像，根据成分种类及聚集方式可区分出不同的活性物质对应的不同颗粒。例如，可以使用试剂（如硝酸、高氯酸等）消解正极活性材料层，通过电感耦合等离子发射光谱仪测试正极活性物质的化学组成。还例如，可以

使用试剂（如王水、逆王水、王水与氟化氢的组合等）消解负极活性材料层，通过电感耦合等离子发射光谱仪测试负极活性物质的化学组成。

根据正极极片中正极活性物质的化学组成及元素分析结果，可以识别出第一正极活性物质与第二活性物质中各元素的含量，可以计算出第一正极活性物质和第二正极活性物质在正极活性材料层中的总质量占比，还可计算出第一正极活性物质中的 Co 元素与第二正极活性物质中的 Fe 元素的质量比（A），还可以测试出上下文中描述的元素含量关系，如，第一正极活性物质中的 R_c、R_d、$R_{d\text{-}Mn}$、R_{c+d}、R_b、Q_c/Q_a、Q_d/Q_a、Q_{c+d}/Q_a、Q_b 等，还如 $Li_aNi_bCo_cM1_dM2_eO_fR_g$ 中 M1 元素和 M2 元素的组成及各元素下标的数值，还如第二正极活性物质中的 Mn 元素和 Fe 元素的原子摩尔当量的比值（可记为 $R2_{Mn/Fe}$），$Li_{1+x}Mn_{1-y-w}Fe_wM3_yP_{1-z}Q_zO_4$ 中 M3 元素的组成及各元素下标的数值等等。

根据负极极片中负极活性物质的化学组成及元素分析结果，可以确定负极活性材料层中负极活性物质的组成，可确定是否包含硅基材料，如包含，还可确定硅基材料的种类、组成及其在负极活性物质中所占的质量百分比（可记为 X1）。

可以基于 GB/T36240-2018 和离子色谱仪对电解液中的电解质盐进行定量测试。根据识别出的电解液中的阳离子种类，结合元素的原子序数，可以判断出电解液中是否存在离子半径大于锂离子的第一阳离子，如存在，还可确定存在哪些种类的第一阳离子。根据电解质盐的定量测试分析结果，可以确定电解液中的电解质盐的组成及不同电解质盐的含量。由于电解液中的阳离子和阴离子为游离态，可以迁移，并不局限于电解质盐投料时的阳离子和阴离子配合方式，但电解液体系整体上保持电荷平衡，因此，在本申请中，如无其他说明，第一阳离子盐在电解质盐中的质量百分比（记为 B）按照“电解液中第一阳离子的质量相对于电解液中所有阳离子的质量总和的百分比”计。例如，当电解液中的电解质盐所含阳离子为金属阳离子时，则 B 值数值上可等于“电解液中第一阳离子的质量相对于电解液中金属阳离子的质量的百分比”。再例如，当电解液中的电解质盐所含阳离子由锂离子和第一阳离子组成时，则 B 值数值上可等于“电解液中第一阳离子的质量相对于第一阳离子和锂离子的质量总和的百分比”。

如无其他说明，通常地，电解质盐中的阳离子为金属阳离子。

在一些实施方式中，提供了一种电池单体，其包括正极极片、负极极片、隔离膜和电解液，隔离膜设置于正极极片和负极极片之间，正极极片包括正极活性材料层，正极活性材料层包括第一正极活性物质和第二正极活性物质，电解液包括电解质盐，电解质盐包括第一阳离子盐和电解质锂盐；电解质盐由阳离子和阴离子组成，电解质盐中的阳离子为金属阳离子；

其中，第一正极活性物质为包含 Co 元素和 M1 元素的锂氧化物，第二正极活性物质为包含 Fe 元素和 Mn 元素的锂氧化物，其中，第一正极活性物质中的 M1 元素包括 Mn 元素和 Al 元素中的一种或两种；

第一正极活性物质中的 Co 元素与第二正极活性物质中的 Fe 元素的质量比记为 A；

第一阳离子盐包括第一阳离子，第一阳离子的离子半径大于锂离子的离子半径；第一阳离子的质量相对于电解质盐中各阳离子的质量总和的百分比也可记为 B；

此时，A 和 B 满足 $0.47 \leqslant A/B \leqslant 202$。

在一些实施方式中，该电池单体包括正极极片、负极极片、隔离膜和电解液，正极极片中的正极活性材料层包括第一正极活性物质和第二正极活性物质，电解液中的电解质盐包括金属阳离子，金属阳离子包括第一阳离子；第一正极活性物质为包含 Co 元素和 M1 元素的锂氧化物，其中的 M1 元素包括 Mn 元素和 Al 元素中的一种或两种；第二正极活性物质为包含 Fe 元素和 Mn 元素的锂氧化物；第一正极活性物质中的 Co 元素与第二正极活性物质中的 Fe 元素的质量比为 A；第一阳离子的离子半径大于锂离子的离子半径；第一阳离子相对于电解质盐中金属阳离子的质量百分比记为 B’；$0.47 \leq A/B' \leq 202$。该电池单体具有较佳的电性能且热稳定性好，热失控风险低。

在一些实施方式中，提供了一种电池单体，其包括正极极片、负极极片、隔离膜和电解液，隔离膜设置于正极极片和负极极片之间，正极极片包括正极活性材料层，正极活性材料层包括第一正极活性物质和第二正极活性物质，电解液包括电解质盐，电解质盐包括金属阳离子和阴离子；金属阳离子包括第一阳离子和锂离子；

其中，第一正极活性物质为包含 Co 元素和 M1 元素的锂氧化物，第二正极活性物质为包含 Fe 元素和 Mn 元素的锂氧化物，其中，第一正极活性物质中的 M1 元素包括 Mn 元素和 Al 元素中的一种或两种；

第一正极活性物质中的 Co 元素与第二正极活性物质中的 Fe 元素的质量比记为 A；

第一阳离子的离子半径大于锂离子的离子半径；

第一阳离子相对于电解质盐中金属阳离子的质量百分比记为 B’；

则 A 和 B 满足 0.47≤A/B’≤202。

在本申请中，B’的取值及其取值范围和 A/B’取值及其取值范围可分别参考 B 的取值及其取值范围及 A/B 取值及其取值范围。当电解质盐中的阳离子均为金属阳离子时，B 与 B’在数值上相同。在一些实施方式中，本申请上下文中对 B 的取值及取值范围的定义均可适用于 B’，本申请上下文中对 A/B 的取值及取值范围的定义均可适用于 A/B’。

基于本申请中任意合适的实施方式，在一些实施方式中，在 25℃条件下，第一正极活性物质的离子电导率与第二正极活性物质的离子电导率的比值记为 Xσ，则 Xσ≥10^4；可选地，Xσ≥10^6，进一步可选地 Xσ≥10^{10}。非限制性地，Xσ 还可以为下述任一种数值、或者大于或等于（≥）下述任一种数值、或者大于（>）下述任一种数值、或者选自下述任两种数值构成的区间（可以采用科学计数法表示）：1×10^4（相当于 1E4）、2×10^4、4×10^4、5×10^4、6×10^4、8×10^4、1×10^5、2×10^5、4×10^5、5×10^5、6×10^5、8×10^5、1×10^6、2×10^6、4×10^6、5×10^6、6×10^6、8×10^6、1×10^7、2×10^7、4×10^7、5×10^7、6×10^7、8×10^7、1×10^8、2×10^8、4×10^8、5×10^8、6×10^8、8×10^8、1×10^9、2×10^9、4×10^9、5×10^9、6×10^9、8×10^9、1×10^{10}、2×10^{10} 等。

在本申请中，以科学计数法方式描述的数值 aEb 等价于 $a\times10^b$。例如，1×10^4 可记为 1E4。

在一些实施方式中，第一正极活性物质在 25℃时的离子电导率为 σ_1，满足 $\sigma_1\geq3.2\times10^{-6}$ S/cm，进一步可选地 $\sigma_1\geq1.7\times10^{-3}$ S/cm。非限制性地，第一正极活性物质在 25℃时的离子电导率 σ_1 还可以为下述任一种数值、或者大于或等于（≥）下述任一种数值、或者大于（>）下述任一种数值、或者选自下述任两种数值构成的区间（可以采用科学计数法表示）：3.2×10^{-6} S/cm、3.5×10^{-6} S/cm、4×10^{-6} S/cm、5×10^{-6} S/cm、6×10^{-6} S/cm、8×10^{-6} S/cm、1×10^{-5} S/cm、2×10^{-5} S/cm、4×10^{-5} S/cm、5×10^{-5} S/cm、6×10^{-5} S/cm、8×10^{-5} S/cm、1×10^{-4} S/cm、2×10^{-4} S/cm、4×10^{-4} S/cm、5×10^{-4} S/cm、6×10^{-4} S/cm、8×10^{-4} S/cm、1×10^{-3} S/cm、1.5×10^{-3} S/cm、1.7×10^{-3} S/cm、2×10^{-3} S/cm、3×10^{-3} S/cm、3.5×10^{-3} S/cm、4×10^{-3} S/cm、5×10^{-3} S/cm、6×10^{-3} S/cm、7×10^{-3} S/cm、8×10^{-3} S/cm、9×10^{-3} S/cm 等。非限制性地，σ_1 还可以选自下述任一范围：1×10^{-3} S/cm～3×10^{-3} S/cm、3×10^{-3} S/cm～5×10^{-3} S/cm、5×10^{-3} S/cm～7×10^{-3} S/cm、7×10^{-3} S/cm～9×10^{-3} S/cm、3.2×10^{-6} S/cm～1×10^{-3} S/cm、1×10^{-3} S/cm＜σ_1＜3×10^{-3} S/cm、3×10^{-3} S/cm＜σ_1＜5×10^{-3} S/cm、5×10^{-3} S/cm＜σ_1＜7×10^{-3} S/cm、7×10^{-3} S/cm＜σ_1＜9×10^{-3} S/cm、3.2×10^{-6} S/cm＜σ_1＜1×10^{-3} S/cm 等。

在一些实施方式中，第二正极活性物质在 25℃时的离子电导率为 σ_2，满足 $\sigma_2\leq10^{-9}$ S/cm，进一步可选地 $\sigma_2\leq10^{-12}$ S/cm。非限制性地，第二正极活性物质在 25℃时的离子电导率 σ_2 还可以为下述任一种数值、或者小于或等于（≤）下述任一种数值、或者小于下述任一种数值、或者选自下述任两种数值构成的区间（可以采用科学计数法表示）：1×10^{-9} S/cm、8×10^{-10} S/cm、6×10^{-10} S/cm、5×10^{-10} S/cm、4×10^{-10} S/cm、2×10^{-10} S/cm、1×10^{-10} S/cm、8×10^{-11} S/cm、6×10^{-11} S/cm、5×10^{-11} S/cm、4×10^{-11} S/cm、2×10^{-11} S/cm、1×10^{-11} S/cm、8×10^{-12} S/cm、6×10^{-12} S/cm、5×10^{-12}S/cm、4×10^{-12} S/cm、2×10^{-12} S/cm、1×10^{-12} S/cm、9×10^{-13} S/cm、8×10^{-13} S/cm、7×10^{-13} S/cm、6×10^{-13} S/cm、5×10^{-13} S/cm、4×10^{-13} S/cm、3×10^{-13} S/cm、2×10^{-13} S/cm、1×10^{-13} S/cm 等。

在本申请中，如无其他说明，“离子电导率”指活性离子为锂离子时的离子电导率。非限制性地，σ_2 还可以选自下述任一范围：3×10^{-13} S/cm～9×10^{-13} S/cm、1×10^{-13} S/cm～3×10^{-13} S/cm、3×10^{-13} S/cm＜σ_2＜9×10^{-13} S/cm、1×10^{-13} S/cm＜σ_2＜3×10^{-13} S/cm 等。

在本申请中，如无其他说明，“离子电导率”指在 25 ℃时的离子电导率。在本申请中，如无其他说明，可以采用如下方法测试正极活性材料层中不同正极活性物质的离子电导率：

将待测正极活性物质制成测试用正极极片，锂片作为负极极片，组装成纽扣电池进行测试；将电池以 1C 放电至 3.0V 后进行交流阻抗谱测试，测试参数选取：测试温度为室温（如 25℃），扫描频率为 0.1Hz~10^5Hz，电压振幅为 5mV，利用 Zview 软件对测试结果进行拟合即得到离子电导率。

如无其他说明，测试用正极极片中，正极集流体选取铝箔，正极活性材料层中正极活性物质的质量百分比控制在 95%±1%，粘结剂选用聚偏二氟乙烯(PVDF)，导电剂选用导电碳，压实密度为 3.0 g/cm^3 ~ 3.6 g/cm^3。

对于电极极片、电池单体或二次电池中的正极活性物质，可根据成分分析结果制备相同化学组成的正极活性物质，作为待测正极活性物质，以上述方法测试其离子电导率。

当第一正极活性物质与第二正极活性物质的离子电导率相差较大时，第一正极活性物质被过度利用度的几率显著变大，此时，通过调节 A/B 值平衡第一正极活性物质对适当降低被利用度的

需求与活性离子在复合正极极片中的良好传输等方面的综合需求时，对正极极片热稳定性以及电池单体整体综合性能的提升作用更为显著。

可以通过调节第一正极活性物质中的镍(Ni)元素含量来调节第一正极活性物质（包含 Co 元素和 M1 元素的锂氧化物）的离子电导率。通常地，Ni 含量越高，则第一正极活性物质的离子电导率越高。

可以通过调节锰(Mn)元素含量来调节第二正极活性物质（包含 Fe 元素和 Mn 元素的锂氧化物）的离子电导率。通常地，Mn 元素含量越高，则第二正极活性物质的离子电导率越低。

在一些实施方式中，0.47≤A/B≤202。非限制性地，A/B 还可以为下述任一种数值、或者选自下述任两种数值构成的区间：0.47、0.5、0.6、2/3、0.7、0.75、0.8、0.9、1、1.2、1.25、1.5、1.6、1.75、1.8、2、2.5、3、3.5、4、5、6、7、8、9、9.9、10、12、12.5、15、16、18、20、25、30、35、40、45、50、55、60、70、75、80、90、95、96、98、99、100、110、120、125、130、140、150、160、175、180、190、192、194、195、196、198、199、200、201、202 等。

基于本申请中任意合适的实施方式，在一些实施方式中，1.3≤A/B≤25.4。

通过将 A/B 值调节在更为合适的范围内，更有利于在有效地改善电池综合性能的同时实现较佳的热稳定性。

基于本申请中任意合适的实施方式，在一些实施方式中，0.19≤A≤10.1；可选地，0.28≤A≤2.53。非限制性地，A 还可以为下述任一种数值、或者选自下述任两种数值构成的区间：0.19、0.2、0.22、0.24、0.25、0.26、0.28、0.3、0.32、0.34、0.35、0.36、0.38、0.4、0.45、0.5、0.55、0.6、0.65、0.7、0.75、0.8、0.85、0.9、0.95、1、1.1、1.2、1.25、1.3、1.4、1.5、1.6、1.7、1.75、1.8、2、2.1、2.2、2.25、2.3、2.4、2.5、2.6、2.8、3、3.5、3.6、4、4.5、5、5.5、6、6.5、7、7.5、8、8.5、9、9.5、9.6、9.8、9.9、10、10.1 等。

通过调节 A 值可以调节第一正极活性物质与第二正极活性物质之间的含量比例。通过将 A 值调控在上述范围内，更有利于发挥第一正极活性物质与第二正极活性物质的综合优势，实现更佳的电性能。

基于本申请中任意合适的实施方式，在一些实施方式中，5%≤B≤40%；可选地，10%≤B≤20%。非限制性地，B 还可以为下述任一种百分数、或者选自下述任两种百分数构成的区间：5%、6%、7%、8%、9%、10%、11%、12%、12.5%、13%、14%、15%、16%、18%、20%、22%、22.5%、24%、25%、26%、28%、30%、32%、34%、35%、36%、38%、40%等。

通过调节 B 值可以调节第一阳离子盐相对于电解质盐的质量百分比。通过将 B 值调控在上述范围内，可以使第一阳离子在电解液中的浓度更佳地匹配第一正极活性物质对适当降低被利用度的需求，从而整体上实现更佳的电池综合性能。

基于本申请中任意合适的实施方式，在一些实施方式中，在第一正极活性物质中，Co 元素相对于 Li 元素的原子摩尔比可记为 R_c，R_c 满足 $0.05\leq R_c\leq 0.5$，可选地，$0.05\leq R_c\leq 0.3$，可选地，$0.05\leq R_c\leq 0.2$。非限制性地，R_c 还可以为下述任一种数值、或者选自下述任两种数值构成的区间：0.05、0.06、0.08、0.09、0.1、0.11、0.12、0.125、0.14、0.15、0.16、0.175、0.18、0.2、0.22、0.225、0.24、0.25、0.26、0.275、0.28、0.3、0.32、0.34、0.35、0.36、0.38、0.4、0.42、0.44、0.45、0.46、0.48、0.5 等。

基于本申请中任意合适的实施方式，在一些实施方式中，在第一正极活性物质中，Co 元素相对于氧(O)元素的原子摩尔比可记为 $R_{Co/O}$，$R_{Co/O}$ 满足 $0.025\leq R_{Co/O}\leq 0.25$，可选地，$0.025\leq R_{Co/O}\leq 0.15$，可选地，$0.025\leq R_{Co/O}\leq 0.1$。非限制性地，$R_{Co/O}$ 还可以为下述任一种数值、或者选自下述任两种数值构成的区间：0.025、0.03、0.035、0.04、0.045、0.05、0.06、0.08、0.09、0.1、0.11、0.12、0.125、0.14、0.15、0.16、0.175、0.18、0.2、0.22、0.225、0.24、0.25 等。

基于本申请中任意合适的实施方式，在一些实施方式中，在第一正极活性物质中，Co 元素相对于非锂金属元素的原子摩尔比之和的比值可记为 $R_{Co/all}$，$R_{Co/all}$ 满足 $0.05\leq R_{Co/all}\leq 0.5$，可选地，$0.05\leq R_{Co/all}\leq 0.3$，可选地，$0.05\leq R_{Co/all}\leq 0.2$。非限制性地，$R_{Co/all}$ 还可以为下述任一种数值、或者选自下述任两种数值构成的区间：0.05、0.06、0.08、0.09、0.1、0.11、0.12、0.125、0.14、0.15、0.16、0.175、0.18、0.2、0.22、0.225、0.24、0.25、0.26、0.275、0.28、0.3、0.32、0.34、0.35、0.36、0.38、0.4、0.42、0.44、0.45、0.46、0.48、0.5 等。

在本申请中，如无其他说明，“非锂金属元素”是指除锂以外的金属元素。

可以根据元素分析法获得待测正极活性物质中各元素的种类，进而结合不同元素的相对原子质量计算出不同种元素之间的原子摩尔比。

Co 元素的存在有利于提升材料的结构稳定性，通过调节第一正极活性物质中的 Co 元素含量在更为合适的范围内，更有利于提升电池的充放电倍率性能和循环性能。

基于本申请中任意合适的实施方式，在一些实施方式中，在第一正极活性物质中，M1 元素相对于 Li 元素的原子摩尔比可记为 R_d，R_d 满足 $0.05\leq R_d\leq 0.5$，可选地，$0.05\leq R_d\leq 0.3$。非限制性地，R_d 还可以为下述任一种数值、或者选自下述任两种数值构成的区间：0.05、0.06、0.08、0.09、0.1、0.11、0.12、0.125、0.14、0.15、0.16、0.175、0.18、0.2、0.22、0.225、0.24、0.25、0.26、0.275、0.28、0.3、0.32、0.34、0.35、0.36、0.38、0.4、0.42、0.44、0.45、0.46、0.48、0.5 等。R_d 还可以为下述任一种范围：$R_d\leq 0.2$、$0.05\leq R_d\leq 0.2$ 等。

在本申请中，如无其他说明，在第一正极活性物质中，M1 元素相对于 O 元素的原子摩尔比可记为 $R_{M1/O}$，$R_{M1/O}$ 满足 $0.025\leq R_{M1/O}\leq 0.25$，可选地，$0.025\leq R_{M1/O}\leq 0.15$。非限制性地，$R_{M1/O}$ 还可以为下述任一种数值、或者选自下述任两种数值构成的区间：0.025、0.03、0.035、0.04、0.045、0.05、0.06、0.08、0.09、0.1、0.11、0.12、0.125、0.14、0.15、0.16、0.175、0.18、0.2、0.22、0.225、0.24、0.25 等。$R_{M1/O}$ 还可以为下述任一种范围：$R_{M1/O}\leq 0.1$、$0.025\leq R_{M1/O}\leq 0.1$ 等。

基于本申请中任意合适的实施方式，在一些实施方式中，在第一正极活性物质中，M1 元素相对于非锂金属元素的原子摩尔比可记为 $R_{M1/all}$，$R_{M1/all}$ 满足 $0.05\leq R_{M1/all}\leq 0.5$，可选地，$0.05\leq R_{M1/all}\leq 0.3$。非限制性地，$R_{M1/all}$ 还可以为下述任一种数值、或者选自下述任两种数值构成的区间：0.05、0.06、0.08、0.09、0.1、0.11、0.12、0.125、0.14、0.15、0.16、0.175、0.18、0.2、0.22、0.225、0.24、0.25、0.26、0.275、0.28、0.3、0.32、0.34、0.35、0.36、0.38、0.4、0.42、0.44、0.45、0.46、0.48、0.5 等。$R_{M1/all}$ 还可以为下述任一种范围：$R_{M1/all}\leq 0.2$、$0.05\leq R_{M1/all}\leq 0.2$ 等。

基于本申请中任意合适的实施方式，在一些实施方式中，在第一正极活性物质中，M1 元素包括 Mn 元素。Mn 元素相对于 Li 元素的原子摩尔比记为 $R_{d\text{-}Mn}$，可选地，$R_{d\text{-}Mn}$ 满足 $0.05\leq R_{d\text{-}Mn}\leq 0.4$，进一步可选地，$0.05\leq R_{d\text{-}Mn}\leq 0.3$。非限制性地，$R_{d\text{-}Mn}$ 还可以为下述任一种数值、或者选自下述任两种数值构成的区间：0.05、0.06、0.08、0.09、0.1、0.11、0.12、0.125、0.14、0.15、0.16、0.175、0.18、0.2、0.22、0.225、0.24、0.25、0.26、0.275、0.28、0.3、0.32、0.34、0.35、0.36、0.38、0.4 等。

在本申请中，如无其他说明，在第一正极活性物质中，Mn 元素相对于 O 元素的原子摩尔比记为 $R_{Mn/O}$，可选地，$R_{Mn/O}$ 满足 $0.025\leq R_{Mn/O}\leq 0.2$，进一步可选地，$0.025\leq R_{Mn/O}\leq 0.15$。非限制性地，$R_{Mn/O}$ 还可以为下述任一种数值、或者选自下述任两种数值构成的区间：0.025、0.03、0.035、0.04、0.045、0.05、0.06、0.08、0.09、0.1、0.11、0.12、0.125、0.14、0.15、0.16、0.175、0.18、0.19、0.2 等。

基于本申请中任意合适的实施方式，在一些实施方式中，Mn 元素相对于非锂金属元素的原子摩尔比记为 $R_{Mn/all}$，可选地，$R_{Mn/all}$ 满足 $0.05\leq R_{Mn/all}\leq 0.4$，进一步可选地，$0.05\leq R_{Mn/all}\leq 0.3$。非限制性地，$R_{Mn/all}$ 还可以为下述任一种数值、或者选自下述任两种数值构成的区间：0.05、0.06、0.08、0.09、0.1、0.11、0.12、0.125、0.14、0.15、0.16、0.175、0.18、0.2、0.22、0.225、0.24、0.25、0.26、0.275、0.28、0.3、0.32、0.34、0.35、0.36、0.38、0.4 等。

通过调节第一正极活性物质中 M1 元素的含量，可以调节第一正极活性物质的热稳定性。例如，当 M1 元素包括 Mn 元素时，Mn 元素有利于提高第一正极活性物质的热稳定性；当 M1 元素包括 Al 元素时，Al 元素有利于提升容量和材料热稳定性，有利于降低内阻而改善倍率性能和循环性能。

基于本申请中任意合适的实施方式，在一些实施方式中，在第一正极活性物质中，Co 元素与 M1 元素的原子摩尔当量之和相对于 Li 元素的原子摩尔当量的比值记为 R_{c+d}，R_{c+d} 满足 $0.1\leq R_{c+d}\leq 0.5$，进一步可选地，$0.1\leq R_{c+d}\leq 0.3$，更进一步可选地，$0.1\leq R_{c+d}\leq 0.2$。非限制性地，R_{c+d} 还可以为下述任一种数值、或者选自下述任两种数值构成的区间：0.1、0.11、0.12、0.125、0.14、0.15、0.16、0.175、0.18、0.2、0.22、0.225、0.24、0.25、0.26、0.275、0.28、0.3、0.32、0.34、0.35、0.36、0.38、0.4、0.42、0.44、0.45、0.46、0.48、0.5 等。

基于本申请中任意合适的实施方式，在一些实施方式中，在第一正极活性物质中，Co 元素与 M1 元素的原子摩尔当量之和相对于 O 元素的原子摩尔当量的比值记为 $R_{(Co+M1)/O}$，$R_{(Co+M1)/O}$ 满足 $0.05\leq R_{(Co+M1)/O}\leq 0.25$，进一步可选地，$0.05\leq R_{(Co+M1)/O}\leq 0.15$，更进一步可选地，$0.05\leq R_{(Co+M1)/O}\leq 0.1$。非限制性地，$R_{(Co+M1)/O}$ 还可以为下述任一种数值、或者选自下述任两种数值构成的区间：0.05、0.06、0.07、0.08、0.09、0.1、0.11、0.12、0.125、0.14、0.15、0.16、0.175、0.18、0.2、0.22、0.225、0.24、0.25 等。

基于本申请中任意合适的实施方式，在一些实施方式中，在第一正极活性物质中，Co 元素与 M1 元素的原子摩尔当量之和相对于非锂金属元素的原子摩尔当量的比值记为 $R_{(Co+M1)/all}$，$R_{(Co+M1)/all}$ 满足 $0.1\leq R_{(Co+M1)/all}\leq 0.5$，进一步可选地，$0.1\leq R_{(Co+M1)/all}\leq 0.3$，更进一步可选地，$0.1\leq R_{(Co+M1)/all}\leq 0.2$。非限制性地，$R_{(Co+M1)/all}$ 还可以为下述任一种数值、或者选自下述任两种数值构成的区间：0.1、0.11、0.12、0.125、0.14、0.15、0.16、0.175、0.18、0.2、0.22、0.225、0.24、0.25、0.26、0.275、0.28、0.3、0.32、0.34、0.35、0.36、0.38、0.4、0.42、0.44、0.45、0.46、0.48、0.5 等。

可以根据需要调节 Co 元素与 M1 元素的含量比例，平衡 Co 元素与 M1 元素对电池性能的综合影响。

基于本申请中任意合适的实施方式，在一些实施方式中，第一正极活性物质满足如下特征中的一项或多项：

Co 元素相对于 Li 元素的原子摩尔比记为 R_c，则 R_c 满足 $0.05\leq R_c\leq 0.5$，可选地，$0.05\leq R_c\leq 0.3$，可选地，$0.05\leq R_c\leq 0.2$（R_c 还可以选自本申请任一合适的实施方式中的数值或范围）；

M1 元素相对于 Li 元素的原子摩尔比记为 R_d，则 R_d 满足 $0.05\leq R_d\leq 0.5$，可选地，$0.05\leq R_d\leq 0.3$（R_d 还可以选自本申请任一合适的实施方式中的数值或范围）；

M1 元素包括 Mn 元素，Mn 元素相对于 Li 元素的原子摩尔比记为 $R_{d\text{-}Mn}$，则 $R_{d\text{-}Mn}$ 满足 $0.05\leq R_{d\text{-}Mn}\leq 0.4$，进一步可选地，$0.05\leq R_{d\text{-}Mn}\leq 0.3$（$R_{d\text{-}Mn}$ 还可以选自本申请任一合适的实施方式中的数值或范围）；

Co 元素与 M1 元素的原子摩尔当量之和相对于 Li 元素的原子摩尔当量的比值记为 R_{c+d}，则 R_{c+d} 满足 $0.1\leq R_{c+d}\leq 0.5$，进一步可选地，$0.1\leq R_{c+d}\leq 0.3$，更进一步可选地，$0.1\leq R_{c+d}\leq 0.2$（R_{c+d} 还可以选自本申请任一合适的实施方式中的数值或范围）。

基于本申请中任意合适的实施方式，在一些实施方式中，第一正极活性物质满足如下特征中的一项或多项：

Co 元素相对于 Li 元素的原子摩尔比记为 R_c，则 R_c 满足 $0.05\leq R_c\leq 0.5$，可选地，$0.05\leq R_c\leq 0.3$，可选地，$0.05\leq R_c\leq 0.2$（R_c 还可以选自本申请任一合适的实施方式中的数值或范围）；

Co 元素相对于 O 元素的原子摩尔比记为 $R_{Co/O}$，则 $R_{Co/O}$ 满足 $0.025\leq R_{Co/O}\leq 0.25$，可选地，$0.025\leq R_{Co/O}\leq 0.15$，可选地，$0.025\leq R_{Co/O}\leq 0.1$（$R_{Co/O}$ 还可以选自本申请任一合适的实施方式中的数值或范围）；

Co 元素相对于非锂金属元素的原子摩尔比之和的比值可记为 $R_{Co/all}$，满足 $0.05\leq R_{Co/all}\leq 0.5$，可选地，$0.05\leq R_{Co/all}\leq 0.3$，可选地，$0.05\leq R_{Co/all}\leq 0.2$（$R_{Co/all}$ 还可以选自本申请任一合适的实施方式中的数值或范围）；

M1 元素相对于 Li 元素的原子摩尔比记为 R_d，则 R_d 满足 $0.05\leq R_d\leq 0.5$，可选地，$0.05\leq R_d\leq 0.3$（R_d 还可以选自本申请任一合适的实施方式中的数值或范围）；

M1 元素相对于 O 元素的原子摩尔比记为 $R_{M1/O}$，则 $R_{M1/O}$ 满足 $0.025\leq R_{M1/O}\leq 0.25$，可选地，$0.025\leq R_{M1/O}\leq 0.15$（$R_{M1/O}$ 还可以选自本申请任一合适的实施方式中的数值或范围）；

M1 元素相对于非锂金属元素的原子摩尔比可记为 $R_{M1/all}$，$R_{M1/all}$ 满足 $0.05\leq R_{M1/all}\leq 0.5$，可选地，$0.05\leq R_{M1/all}\leq 0.3$（$R_{M1/all}$ 还可以选自本申请任一合适的实施方式中的数值或范围）；

M1 元素包括 Mn 元素，Mn 元素相对于 Li 元素的原子摩尔比记为 $R_{d\text{-}Mn}$，则 $R_{d\text{-}Mn}$ 满足 $0.05\leq R_{d\text{-}Mn}\leq 0.4$，进一步可选地，$0.05\leq R_{d\text{-}Mn}\leq 0.3$（$R_{d\text{-}Mn}$ 还可以选自本申请任一合适的实施方式中的数值或范围）；

M1 元素包括 Mn 元素，Mn 元素相对于 O 元素的原子摩尔比记为 $R_{Mn/O}$，则 $R_{Mn/O}$ 满足 $0.025\leq R_{Mn/O}\leq 0.2$，进一步可选地，$0.025\leq R_{Mn/O}\leq 0.15$（$R_{Mn/O}$ 还可以选自本申请任一合适的实施方式中的数值或范围）；

M1 元素包括 Mn 元素，Mn 元素相对于非锂金属元素的原子摩尔比记为 $R_{Mn/all}$，可选地，$R_{Mn/all}$ 满足 $0.05\leq R_{Mn/all}\leq 0.4$，进一步可选地，$0.05\leq R_{Mn/all}\leq 0.3$（$R_{Mn/all}$ 还可以选自本申请任一合适的实施方式中的数值或范围）；

Co 元素与 M1 元素的原子摩尔当量之和相对于 Li 元素的原子摩尔当量的比值记为 R_{c+d}，则 R_{c+d} 满足 $0.1\leq R_{c+d}\leq 0.5$，进一步可选地，$0.1\leq R_{c+d}\leq 0.3$，更进一步可选地，$0.1\leq R_{c+d}\leq 0.2$（R_{c+d} 还可以选自本申请任一合适的实施方式中的数值或范围）；

Co 元素与 M1 元素的原子摩尔当量之和相对于 Li 元素的原子摩尔当量的比值记为 $R_{(Co+M1)/O}$，则 $R_{(Co+M1)/O}$ 满足 $0.05\leq R_{(Co+M1)/O}\leq 0.25$，进一步可选地，$0.05\leq R_{(Co+M1)/O}\leq 0.15$，更进一步可选地，$0.05\leq R_{(Co+M1)/O}\leq 0.1$（$R_{(Co+M1)/O}$ 还可以选自本申请任一合适的实施方式中的数值或范围）；

Co 元素与 M1 元素的原子摩尔当量之和相对于非锂金属元素的原子摩尔当量的比值记为 $R_{(Co+M1)/all}$，$R_{(Co+M1)/all}$ 满足 $0.1\leq R_{(Co+M1)/all}\leq 0.5$，进一步可选地，$0.1\leq R_{(Co+M1)/all}\leq 0.3$，更进一步可选地，$0.1\leq R_{(Co+M1)/all}\leq 0.2$（$R_{(Co+M1)/all}$ 还可以选自本申请任一合适的实施方式中的数值或范围）。

在一些实施方式中，第一正极活性物质可以为包含 Co 元素、M1 元素和 Ni 元素的锂氧化物。此时，第一正极活性物质可具有层状结构，在第一正极活性物质内实现较高的离子电导率。作为非限制性示例，如锂镍钴锰氧化物及其改性形式，其中，改性形式可以包括掺杂改性和包覆改性中的一种或多种。

基于本申请中任意合适的实施方式，在一些实施方式中，第一正极活性物质还包含 Ni 元素。在第一正极活性物质中，Ni 元素相对于 Li 元素的原子摩尔比可记为 R_b。在其中的一些实施方式中，R_b 满足 $0.5\leq R_b<1$，可选地，$0.5\leq R_b\leq 0.9$；进一步可选地，$0.6\leq R_b\leq 0.9$；更进一步可选地，$0.65\leq R_b\leq 0.9$；更进一步可选地，$0.8\leq R_b\leq 0.9$。非限制性地，R_b 还可以为下述任一种数值、或者大于或等于下述任一种数值且小于 1、或者选自下述任两种数值构成的区间：0.5、0.55、0.6、0.65、0.7、0.75、0.8、0.85、0.83、0.833、0.85、0.86、0.88、0.9、0.91、0.92、0.94、0.95 等。

在本申请中，在第一正极活性物质中，Ni 元素相对于 O 元素的原子摩尔比可记为 $R_{Ni/O}$。在其中的一些实施方式中，$R_{Ni/O}$ 满足 $0.25\leq R_{Ni/O}<0.5$，可选地，$0.25\leq R_{Ni/O}\leq 0.45$；进一步可选地，$0.3\leq R_{Ni/O}\leq 0.45$；更进一步可选地，$0.325\leq R_b\leq 0.45$；更进一步可选地，$0.4\leq R_{Ni/O}\leq 0.45$。非限制性地，$R_b$ 还可以为下述任一种数值、或者大于或等于下述任一种数值且小于 0.5、或者选自下述任两种数值构成的区间：0.25、0.3、0.325、0.35、0.4、0.45、0.46、0.47、0.475、0.48、0.49、0.495 等。

基于本申请中任意合适的实施方式，在一些实施方式中，在第一正极活性物质中，Ni 元素相对于非锂金属元素的原子摩尔比可记为 $R_{Ni/all}$。在其中的一些实施方式中，$R_{Ni/all}$ 满足 $0.5\leq R_{Ni/all}<1$，可选地，$0.5\leq R_{Ni/all}\leq 0.9$；进一步可选地，$0.6\leq R_{Ni/all}\leq 0.9$；更进一步可选地，$0.65\leq R_{Ni/all}\leq 0.9$；更进一步可选地，$0.8\leq R_{Ni/all}\leq 0.9$。非限制性地，$R_{Ni/all}$ 还可以为下述任一种数值、或者大于或等于下述任一种数值且小于 1、或者选自下述任两种数值构成的区间：0.5、0.55、0.6、0.65、0.7、0.75、0.8、0.85、0.83、0.833、0.85、0.86、0.88、0.9、0.91、0.92、0.94、0.95 等。

当第一正极活性物质包含 Ni 元素时，有利于赋予第一正极活性物质较高的能量密度和较高的离子电导率。镍(Ni)含量越高，复合正极极片的能量密度越高，也越有利提高离子电导率；不过，在第一正极活性物质被高度利用的情况下，第一正极活性物质的表层结构发生损坏甚至结构坍塌的风险越大。此时，通过引入第一阳离子并调控 A/B 值，对复合正极极片的热稳定性提升作用越显著。

在第一正极活性物质含有 Ni 元素的情况下，通过引入第一阳离子并调控 A/B 值，可以使第一阳离子在电解液中的浓度能够较佳地匹配第一正极活性物质对适当降低被利用度的需求，可以在整体上实现电池综合性能的较佳匹配，实现较高的能量密度，可以显著提升复合正极极片与电池单体的热稳定性，降低热失控风险，还有利于复合正极极片整体上具有良好的活性离子传输性能。

可以理解地，电池在充放电过程中会伴随锂(Li)的脱嵌及消耗，电池在放电到不同状态时正极极片中 Li 的含量不同。

本申请中关于正极活性物质的示例性描述中，如无其他说明，Li 的含量可以为材料初始状态，也可以为经充放电循环后的非初始状态。将正极活性物质应用于电池体系中的正极极片，经过充放电循环，正极极片所含正极活性物质中 Li 的含量通常会发生变化。其中，Li 的含量可以采用原子摩尔含量进行计量，但不限于此。关于“Li 的含量为材料初始状态”，材料初始状态指投料于正极浆料之前的状态。可以理解，在所列举正极活性物质基础上进行适当改性而获得的新材料或新物质也在正极活性物质范畴之内，前述适当改性指针对正极活性物质可接受的改性方式，非限制性示例如包覆改性。

可以理解，测试 R_c、R_d、$R_{d\text{-}Mn}$、R_{c+d}、R_b 等相对于 Li 元素计量的参数时，从电池中提取正极极片中的正极活性物质的待测样品之前，可以先对电池进行满放处理，再拆除电池，取正极极片以获得正极活性物质的待测样品。

本申请中关于正极活性物质的示例性描述中，氧(O)的含量仅为理论状态值，晶格释氧会导致氧的原子摩尔含量发生变化，实际 O 的含量会出现浮动。其中，O 的含量可以采用原子摩尔含量进行计量，但不限于此。

对于活性离子包括锂离子的电池单体及二次电池，上下文中对 Q_a、a、x 等原子比的限定可以包括电池不同充放电状态下 Li 的原子摩尔含量（通常电池电压在 2V~5V 之间）。

基于本申请中任意合适的实施方式，在一些实施方式中，在第一正极活性物质中，涉及“Li元素的原子摩尔当量Q_a”，Q_a可以为0.9~1.1，可选为0.9~1.05，进一步可选为1。非限制性地，在第一正极活性物质中的Q_a还可以为下述任一种数值、或者选自下述任两种数值构成的区间：0.9、0.92、0.94、0.95、0.96、0.97、0.98、0.99、1、1.01、1.02、1.03、1.04、1.05、1.06、1.08、1.1等。非限制性地，在第一正极活性物质中的Q_a还可以为下述任一种数值、或者选自下述任两种数值构成的区间：0.75、0.8、0.85、0.9、0.92、0.94、0.95、0.96、0.97、0.98、0.99、1、1.01、1.02、1.03、1.04、1.05、1.06、1.08、1.1等。Q_a的非限制性示例还如0.9~1、0.85~1、0.8~1、0.75~1等。

基于本申请中任意合适的实施方式，在一些实施方式中，以Li元素的原子摩尔当量Q_a为0.75~1.2计，可选地以0.8~1.1计，进一步可选地以0.9~1.05计，更进一步可选地以1计，Co元素的原子摩尔当量Q_c≤0.4，可选地，Q_c≤0.3，进一步可选地，Q_c≤0.2。非限制性地，Q_c还可以为下述任一种数值、或者小于或等于下述任一种数值、或者选自下述任两种数值构成的区间：0.4、0.38、0.36、0.35、0.34、0.32、0.3、0.28、0.26、0.25、0.24、0.22、0.20等。

基于本申请中任意合适的实施方式，在一些实施方式中，以Li元素的原子摩尔当量Q_a为0.75~1.2计，可选地以0.8~1.1计，进一步可选地以0.9~1.05计，更进一步可选地以1计，M1元素的原子摩尔当量Q_d≤0.5，可选地，Q_d≤0.4，进一步可选地，Q_d≤0.3。非限制性地，Q_d还可以为下述任一种数值、或者小于或等于下述任一种数值、或者选自下述任两种数值构成的区间：0.5、0.48、0.46、0.45、0.44、0.42、0.4、0.38、0.36、0.35、0.34、0.32、0.3等。

基于本申请中任意合适的实施方式，在一些实施方式中，以Li元素的原子摩尔当量Q_a为0.75~1.2计，可选地以0.8~1.1计，进一步可选地以0.9~1.05计，更进一步可选地以1计，M1元素包括Mn元素，进一步地，Mn元素的原子摩尔当量（可记为$Q1_{Mn}$）可以满足≤0.4，可选地，Mn元素的原子摩尔当量≤0.3。非限制性地，Mn元素的原子摩尔当量还可以为下述任一种数值、或者小于或等于下述任一种数值、或者选自下述任两种数值构成的区间：0.4、0.38、0.36、0.35、0.34、0.32、0.3等。$Q1_{Mn}$还可以为下述任一种范围：$Q1_{Mn}$≤0.2、0.05≤$Q1_{Mn}$≤0.2等。

基于本申请中任意合适的实施方式，在一些实施方式中，以Li元素的原子摩尔当量Q_a为0.75~1.2计，可选地以0.8~1.1计，进一步可选地以0.9~1.05计，更进一步可选地以1计，Co元素和M1元素的原子摩尔当量之和Q_{c+d}≤0.5，可选地，Q_{c+d}≤0.4，Q_{c+d}≤0.3，Q_{c+d}≤0.2。非限制性地，Q_{c+d}还可以为下述任一种数值、或者小于或等于下述任一种数值、或者选自下述任两种数值构成的区间：0.5、0.48、0.46、0.45、0.44、0.42、0.4、0.38、0.36、0.35、0.34、0.32、0.3、0.28、0.26、0.25、0.24、0.22、0.2等。

基于本申请中任意合适的实施方式，在一些实施方式中，以Li元素的原子摩尔当量Q_a为0.75~1.2计，可选地以0.8~1.1计，进一步可选地以0.9~1.05计，更进一步可选地以1计，第一正极活性物质满足如下特征中的一项或多项：

Co元素的原子摩尔当量Q_c≤0.4，可选地，Q_c≤0.3，进一步可选地，Q_c≤0.2（Q_c还可以选自本申请任一合适的实施方式中的数值或范围）；

M1元素的原子摩尔当量Q_d≤0.5，可选地，Q_d≤0.4，进一步可选地，Q_d≤0.3（Q_d还可以选自本申请任一合适的实施方式中的数值或范围）；

M1元素包括Mn元素，Mn元素的原子摩尔当量≤0.4，可选地，Mn元素的原子摩尔当量≤0.3（Mn元素的原子摩尔当量，可记为$Q1_{Mn}$，还可以选自本申请任一合适的实施方式中的数值或范围）；

Co元素和M1元素的原子摩尔当量之和Q_{c+d}≤0.5，可选地，Q_{c+d}≤0.4，Q_{c+d}≤0.3，Q_{c+d}≤0.2（Q_{c+d}还可以选自本申请任一合适的实施方式中的数值或范围）。

基于本申请中任意合适的实施方式，在一些实施方式中，以Li元素的原子摩尔当量Q_a为0.75~1.2计，可选地以0.8~1.1计，进一步可选地以0.9~1.05计，更进一步可选地以1计，第一正极活性物质包含Ni元素，Ni元素的原子摩尔当量Q_b满足0.5≤Q_b<1，可选地，0.6≤Q_b<1，进一步可选地，0.65≤Q_b<1。非限制性地，Q_b还可以为下述任一种数值、或者大于或等于下述任一种数值且小于1、或者选自下述任两种数值构成的区间：0.5、0.55、0.6、0.65、0.7、0.75、0.8、0.85、0.83、0.833、0.85、0.86、0.88、0.9、0.91、0.92、0.94、0.95等。

在第一正极活性物质中的Li元素具有一定的原子摩尔当量的情况下，可以通过调节Co元素、M1元素及Ni元素的原子摩尔当量实现对相应元素含量的调节。

基于本申请中任意合适的实施方式，在一些实施方式中，第一正极活性物质包括第一本体，还包括或不包括位于第一本体的至少一部分表面的第一包覆层；其中，第一本体的化学组成为$Li_aNi_bCo_cM1_dM2_eO_fR_g$，其中，0.75≤a≤1.2，0<b<1，0<c<1，0<d<1，0≤e≤0.2，b+c+d+e=1，1≤f≤2.5，

0≤g≤1，f+g≤3，第一正极活性物质中的 M2 元素可以包括锆(Zr)、锌(Zn)、铜(Cu)、铬(Cr)、镁(Mg)、铁(Fe)、钒(V)、钛(Ti)、锶(Sr)、锑(Sb)、钇(Y)、钨(W)和铌(Nb)中的一种或多种，第一正极活性物质中的 R 元素可以包括 N、F、S 和 Cl 中的一种或多种。

在一些实施方式中，第一正极活性物质中的 M2 元素可以选自但不限于 Zr、Zn、Cu、Cr、Mg、Fe、V、Ti、Sr、Sb、Y、W 和 Nb 中的一种或多种。

在一些实施方式中，第一正极活性物质中的 R 元素可以选自但不限于 N、F、S 和 Cl 中的一种或多种。

在一些实施方式中，0.8≤a≤1.2，进一步可选地，0.9≤a≤1.1，进一步可选地，0.95≤a≤1.05。a 还可以为下述任一种数值、或者选自下述任两种数值构成的区间：0.8、0.85、0.83、0.833、0.85、0.86、0.88、0.9、0.91、0.92、0.94、0.95、0.96、0.98、0.99、1、1.01、1.02、1.04、1.05、1.06、1.08、1.09、1.1、1.12、1.24、1.15、1.16、1.18、1.2 等。

在一些实施方式中，0.5≤b<1，进一步可选地，0.5≤b≤0.9，更进一步可选地，0.6≤b≤0.9。b 还可以为下述任一种数值、或者大于或等于下述任一种数值且小于 1、或者选自下述任两种数值构成的区间：0.5、0.55、0.6、0.65、0.7、0.75、0.8、0.85、0.83、0.833、0.85、0.86、0.88、0.9、0.91、0.92、0.94、0.95 等。

在一些实施方式中，0.05≤c<1，进一步可选地，0.05≤c≤0.5，更进一步可选地，0.05≤c≤0.3。c 还可以为下述任一种数值、或者选自下述任两种数值构成的区间：0.05、0.06、0.08、0.09、0.1、0.11、0.12、0.125、0.14、0.15、0.16、0.175、0.18、0.2、0.22、0.225、0.24、0.25、0.26、0.275、0.28、0.3、0.32、0.34、0.35、0.36、0.38、0.4、0.42、0.44、0.45、0.46、0.48、0.5 等。

在一些实施方式中，0.05≤d<1，进一步可选地，0.05≤d≤0.5，更进一步可选地，0.05≤d≤0.3。d 还可以为下述任一种数值、或者选自下述任两种数值构成的区间：0.05、0.06、0.08、0.09、0.1、0.11、0.12、0.125、0.14、0.15、0.16、0.175、0.18、0.2、0.22、0.225、0.24、0.25、0.26、0.275、0.28、0.3、0.32、0.34、0.35、0.36、0.38、0.4、0.42、0.44、0.45、0.46、0.48、0.5 等。

在一些实施方式中，0≤e<0.1，进一步可选地，0≤e≤0.05，更进一步可选地，0≤e≤0.03。e 还可以为下述任一种数值、或者选自下述任两种数值构成的区间：0.03、0.035、0.04、0.045、0.05 等。

在一些实施方式中，1≤f≤2.1，进一步可选地，1.8≤f≤2.05，更进一步可选地，1.95≤f≤2.05。f 还可以为下述任一种数值、或者选自下述任两种数值构成的区间：1、1.1、1.2、1.25、1.3、1.4、1.45、1.5、1.55、1.6、1.65、1.7、1.8、1.85、1.9、1.95、2、2.05、2.1 等。

在一些实施方式中，0≤g<0.5，进一步可选地，0≤g≤0.1，更进一步可选地，0≤g≤0.05。g 还可以为下述任一种数值、或者选自下述任两种数值构成的区间：0、0.01、0.02、0.03、0.04、0.05、0.06、0.08、0.1、0.15、0.2、0.25、0.3、0.35、0.4、0.45、0.46、0.48 等。

在一些实施方式中，第一正极活性物质包括锂镍钴锰氧化物（也可称为镍钴锰酸锂）、锂镍钴铝氧化物及其改性化合物等中的一种或多种。锂镍钴锰氧化物的非限制性示例可以包括 $LiNi_{0.5}Co_{0.2}Mn_{0.3}O_2$（也可以简称为 NCM_{523}）、$LiNi_{0.5}Co_{0.25}Mn_{0.25}O_2$（也可以简称为 NCM_{211}）、$LiNi_{0.6}Co_{0.2}Mn_{0.2}O_2$（也可以简称为 NCM_{622}）、$LiNi_{0.8}Co_{0.1}Mn_{0.1}O_2$（也可以简称为 NCM_{811}）等。锂镍钴铝氧化物的非限制性示例可以包括 $LiNi_{0.80}Co_{0.15}Al_{0.05}O_2$。

基于本申请中任意合适的实施方式，在一些实施方式中，在第二正极活性物质中，涉及“Li 元素的原子摩尔当量”，Li 元素的原子摩尔当量可以为 0.9~1.1，可选为 0.9~1.05，进一步可选为 1。非限制性地，在第二正极活性物质中，Li 元素的原子摩尔当量还可以为下述任一种数值、或者选自下述任两种数值构成的区间：0.9、0.92、0.94、0.95、0.96、0.97、0.98、0.99、1、1.01、1.02、1.03、1.04、1.05、1.06、1.08、1.1 等。非限制性地，在第二正极活性物质中，Li 元素的原子摩尔当量还可以为下述任一种数值、或者选自下述任两种数值构成的区间：0.75、0.8、0.85、0.9、0.92、0.94、0.95、0.96、0.97、0.98、0.99、1、1.01、1.02、1.03、1.04、1.05、1.06、1.08、1.1 等。在第二正极活性物质中，Li 元素的原子摩尔当量的非限制性示例还如 0.9~1、0.85~1、0.8~1、0.75~1 等。

基于本申请中任意合适的实施方式，在一些实施方式中，在第二正极活性物质中，Mn 元素和 Fe 元素的原子摩尔比（可记为 $R2_{Mn/Fe}$）为 0.42~9，可选地，Mn 元素和 Fe 元素的原子摩尔比为 0.66~4。非限制性地，$R2_{Mn/Fe}$ 还可以为下述任一种数值、或者选自下述任两种数值构成的区间：0.42、0.45、0.5、0.55、0.6、0.65、0.7、0.8、0.9、1、1.5、2、2.5、3、3.5、4、4.5、5、6、6.5、7、7.5、8、8.5、9 等。

基于本申请中任意合适的实施方式，在一些实施方式中，在第二正极活性物质中，以 Li 元素的原子摩尔当量为 0.9~1.1 计，可选地以 0.9~1.05 计，进一步可选地以 1 计，Mn 元素的原子摩尔

当量（可记为 $Q2_{Mn}$）为 0.5~0.999，可选地，$Q2_{Mn}$ 为 0.5~0.6。$Q2_{Mn}$ 还可以为下述任一种数值、或者选自下述任两种数值构成的区间：0.5、0.55、0.6、0.65、0.7、0.8、0.9、0.92、0.94、0.95、0.96、0.98、0.99、0.995、0.999 等。

基于本申请中任意合适的实施方式，在一些实施方式中，在第二正极活性物中，以 Li 元素的原子摩尔当量为 0.9~1.1 计，可选地以 0.9~1.05 计，进一步可选地以 1 计，Fe 元素的原子摩尔当量（可记为 $Q2_{Fe}$）为 0.001~0.5，可选地，$Q2_{Fe}$ 为 0.4~0.5。非限制性地，$Q2_{Fe}$ 还可以为下述任一种数值、或者选自下述任两种数值构成的区间：0.001、0.002、0.004、0.005、0.006、0.008、0.01、0.02、0.04、0.05、0.06、0.08、0.1、0.15、0.2、0.25、0.3、0.35、0.4、0.45、0.5 等。

基于本申请中任意合适的实施方式，在一些实施方式中，第二正极活性物质满足如下特征中的一项或多项：

Mn 元素和 Fe 元素的原子摩尔比（可记为 $R2_{Mn/Fe}$）为 0.42~9，可选地，$R2_{Mn/Fe}$ 为 0.66~4（$R2_{Mn/Fe}$ 还可以选自本申请任一合适的实施方式中的数值或范围）；

以 Li 元素的原子摩尔当量为 0.9~1.1 计，可选地以 0.9~1.05 计，进一步可选地以 1 计，Mn 元素的原子摩尔当量（可记为 $Q2_{Mn}$）为 0.5~0.999，可选地，$Q2_{Mn}$ 为 0.5~0.6（$Q2_{Mn}$ 还可以选自本申请任一合适的实施方式中的数值或范围）；

以 Li 元素的原子摩尔当量为 0.9~1.1 计，可选地以 0.9~1.05 计，进一步可选地以 1 计，Fe 元素的原子摩尔当量（可记为 $Q2_{Fe}$）为 0.001~0.5，可选地，$Q2_{Fe}$ 为 0.4~0.5（$Q2_{Fe}$ 还可以选自本申请任一合适的实施方式中的数值或范围）。

提高第二正极活性物质中的 Mn 元素含量有利于改善第二正极活性物质的能量密度、电压平台及材料成本。通过将 Mn 元素控制在上述范围内，有利于在发挥 Mn 元素作用的同时有利于形成均一的固溶体，还可尽量减少或避免缺陷和孔隙，从而减少或避免缺陷和孔隙延长活性离子的嵌入迁出路径，因此，通过将 Mn 元素控制在上述范围内，有利于使第二活性物质具有良好的离子迁移速率，缩短第二正极活性物质与第一正极活性物质中活性离子电导率的差距，从而降低第一正极活性物质被过度利用及脱锂的几率，有利于进一步提高复合正极极片的热稳定性。

在第二正极活性物质中，Fe 元素的引入有利于实现更好的离子传输性和更高的离子电导率，还有利促进活性离子的嵌入和脱出，提高电池充放电效率和能量密度。

在第二正极活性物质中的 Li 元素具有一定的原子摩尔当量的情况下，通过调节 Fe 元素、Mn 元素的原子摩尔当量可以实现对相应元素含量的调节。

基于本申请中任意合适的实施方式，在一些实施方式中，第二活性物质包括第二本体，还包括或不包括位于第二本体表面至少一部分的第二包覆层；其中，第二本体的化学式为 $Li_{1+x}Mn_{1-y-w}Fe_wM3_yP_{1-z}Q_zO_4$，其中，$-0.1\leq x\leq 0.1$，$0.1\leq w\leq 0.5$，$0.001\leq y\leq 0.5$，$0.001\leq z\leq 0.1$，第二活性物质中的 M3 元素可以包括锌(Zn)、铝(Al)、钠(Na)、钾(K)、镁(Mg)、钼(Mo)、钨(W)、钛(Ti)、钒(V)、锆(Zr)、镍(Ni)、钴(Co)、镓(Ga)、锡(Sn)、锑(Sb)、铌(Nb)和锗(Ge)中的一种或多种元素，第二活性物质中的 Q 元素可以包括硼(B)、硅(Si)、氮(N)、硫(S)、氟(F)、氯(Cl)和溴(Br)中的一种或多种元素。

在一些实施方式中，第二活性物质中的 M3 元素可以选自但不限于 Zn、Al、Na、K、Mg、Mo、W、Ti、V、Zr、Ni、Co、Ga、Sn、Sb、Nb 和 Ge 中的一种或多种元素。

在一些实施方式中，第二活性物质中的 Q 元素可以选自但不限于包括 B、Si、N、S、F、Cl 和 Br 中的一种或多种元素。

在一些实施方式中，$0.1\leq y\leq 0.5$，进一步可选地，$0.2\leq y<0.5$，更进一步可选地，$0.3\leq y<0.5$。y 还可以为下述任一种数值、或者选自下述任两种数值构成的区间：0.1、0.15、0.2、0.25、0.3、0.35、0.4、0.45、0.5 等。

在一些实施方式中，$0.2\leq w\leq 0.5$，进一步可选地，$0.3\leq w<0.5$，更进一步可选地，$0.4\leq w<0.5$。w 还可以为下述任一种数值、或者选自下述任两种数值构成的区间：0.2、0.25、0.3、0.35、0.4、0.45、0.5 等。

在一些实施方式中，$0.001\leq z\leq 0.1$，进一步可选地，$0.001\leq z<0.05$，更进一步可选地，$0.001\leq z<0.002$。非限制性地，z 还可以为下述任一种数值、或者选自下述任两种数值构成的区间：0.001、0.002、0.004、0.005、0.006、0.008、0.01、0.02、0.04、0.05、0.06、0.08、0.1 等。

在一些实施方式中，第二活性物质中的 M3 元素包括钛(Ti)、钒(V)、镍(Ni)、钴(Co)和镁(Mg)中一种或多种元素。进一步地，第二活性物质中的 M3 元素可以选自但不限于 Ti、V、Ni、Co 和 Mg 中一种或多种元素。

在一些实施方式中，第二活性物质中的 Q 元素包括硼(B)、硅(Si)、氮(N)和硫(S)中的一种元素。进一步地，第二活性物质中的 Q 元素可以选自但不限于 B、Si、N 和 S 中的一种元素。

在一些实施方式中，第二包覆层包括焦磷酸盐、磷酸盐和碳中的一种或多种。

在一些实施方式中，第二包覆层可以为单层结构或多层结构。

基于本申请中任意合适的实施方式，在一些实施方式中，第一正极活性物质和第二正极活性物质在正极活性材料层中的总质量占比 R_{I+II}≥85%；可选地，R_{I+II}≥90%；进一步可选地，R_{I+II}≥95%。R_{I+II} 还可以为下述任一种百分数、或者大于或等于下述任一种百分数、或者选自下述任两种百分数构成的区间：85%、86%、88%、90%、92%、94%、95%、96%、98%等。

通过调节第一正极活性物质和第二正极活性物质在正极活性材料层中的总质量占比 R_{I+II} 在上述范围内，更有利于促进两种正极活性物质综合优势的发挥。

基于本申请中任意合适的实施方式，在一些实施方式中，第一阳离子包括碱金属元素和碱土金属元素中的一种或多种元素的阳离子。非限制性地，第一阳离子可以包括钠离子、钾离子、钙离子和镁离子中的一种或多种。

非限制性地，第一阳离子盐中的阴离子可以包括六氟磷酸根离子、高氯酸根离子、四氟硼酸根离子、双三氟甲基磺酰亚胺根离子、三氟甲磺酸根离子、双氟磺酰基酰亚胺根离子和三(三氟甲基磺酰)甲基离子中的一种或多种。

非限制性地，电解质盐中的阴离子可以包括六氟磷酸根离子、高氯酸根离子、四氟硼酸根离子、双三氟甲基磺酰亚胺根离子、三氟甲磺酸根离子、双氟磺酰基酰亚胺根离子和三(三氟甲基磺酰)甲基离子中的一种或多种。

非限制性地，第一阳离子盐可以包括六氟磷酸钠、高氯酸钠、四氟硼酸钠、双三氟甲基磺酰亚胺钠、三氟甲磺酸钠、双氟磺酰基酰亚胺钠、三(三氟甲基磺酰)甲基钠、六氟磷酸钾、高氯酸钾、四氟硼酸钾、双三氟甲基磺酰亚胺钾、三氟甲磺酸钾、双氟磺酰基酰亚胺钾和三(三氟甲基磺酰)甲基钾中的一种或多种。

在一些实施方式中，第一阳离子盐包括六氟磷酸钠、四氟硼酸钠和高氯酸钠中的一种或两种。

在一些实施方式中，第一阳离子盐包括六氟磷酸钠。

在第一阳离子的离子半径大于锂离子的情况下，第一阳离子的种类及相应的阴离子可以具有灵活的选择范围。作为非限制性示例，例如六氟磷酸钠成本低，可大规模使用；钠离子与锂离子半径差异较小，更有利于嵌入活性物质。

基于本申请中任意合适的实施方式，在一些实施方式中，负极极片包括负极活性材料层，负极活性材料层包括负极活性物质，负极活性物质包括硅基材料；硅基材料在负极活性物质中所占的质量百分比记为 X1。

在一些实施方式中，X1≥3%，进一步可选为 3%≤X1≤50%。X1 还可以为下述任一种百分数、或者选自下述任两种百分数构成的区间：3%、4%、5%、6%、8%、10%、12%、14%、15%、16%、18%、20%、22%、24%、25%、26%、28%、30%、32%、34%、5%、36%、38%、40%、42%、44%、45%、46%等。

非限制性地，硅基材料可以包括单质硅、硅氧化物、硅碳复合物、硅氮复合物、硅合金、硅石墨烯复合材料、硅碳纳米管和含硅导电聚合物中的一种或多种。

当负极极片的负极活性材料层包括硅基材料时，有利于进一步提升电池单体的能量密度。

以下为关于正极极片的一些描述。

非限制性地，正极极片包括正极集流体和设置于正极集流体至少一侧的正极活性材料层，正极活性材料层中包括正极活性物质。正极活性物质的定义可参阅前文。该正极活性物质至少包括前述的第一正极活性物质和第二正极活性物质。

非限制性地，正极活性物质在正极活性材料层中的质量百分比可以≥85%，进一步可以≥90%，更进一步可以≥95%。

基于本申请中任意合适的实施方式，在一些实施方式中，第一正极活性物质和第二正极活性物质的质量之和在正极活性材料层中的正极活性物质总质量中的百分占比可以满足≥85%，可选地≥95%，进一步可选地≥96%等，更进一步可选地为 100%等。非限制性地，第一正极活性物质和第二正极活性物质在正极活性材料层中的正极活性物质总质量中的百分占比还可以为下述任一种百分数、或者大于或等于下述任一种百分数且小于或等于 100%、或者选自下述任两种百分数构成的区间：85%、86%、88%、95%、96%、98%、100%等。

在一些实施方式中，正极活性材料层中的正极活性物质由第一正极活性物质和第二正极活性物质组成。

作为非限制性示例，正极集流体具有在其自身厚度方向相背离的两个表面，正极活性材料层设置在正极集流体相背离的两个表面的其中任意一者或两者上。

在一些实施方式中，正极集流体可采用金属箔片或复合集流体。例如，作为金属箔片，可采用铝箔。复合集流体可包括高分子材料基层和形成于高分子材料基层至少一个表面上的金属层。复合集流体可通过将金属材料形成在高分子材料基材上而获得。在正极集流体中，该金属材料可以包括但不限于铝、铝合金、镍、镍合金、钛、钛合金、银及银合金等中的一种或多种。在正极集流体中，该高分子材料基材可以包括但不限于聚丙烯（PP）、聚对苯二甲酸乙二醇酯（PET）、聚对苯二甲酸丁二醇酯（PBT）、聚苯乙烯（PS）、聚乙烯（PE）等中的一种或多种。

在一些实施方式中，正极活性材料层还可选地包括粘结剂。作为非限制性示例，粘结剂可以包括聚偏氟乙烯（PVDF）、聚四氟乙烯（PTFE）、偏氟乙烯-四氟乙烯-丙烯三元共聚物、偏氟乙烯-六氟丙烯-四氟乙烯三元共聚物、四氟乙烯-六氟丙烯共聚物及含氟丙烯酸酯树脂中的一种或多种。粘结剂在正极活性材料层中的质量百分比可以为 0~10%，进一步可以为 0~8%，更进一步可以为 1%~5%。

在一些实施方式中，正极活性材料层还可选地包括导电剂。作为非限制性示例，导电剂可以包括超导碳、乙炔黑、炭黑、科琴黑、碳点、碳纳米管、石墨烯及碳纳米纤维中的一种或多种。导电剂在正极活性材料层中的质量百分比可以为 0~8%，进一步可以为 0~5%。

在一些实施方式中，可以通过以下方式制备正极极片：将上述用于制备正极极片的组分，例如正极活性物质、导电剂、粘结剂和任意其他的组分分散于溶剂中，形成正极浆料。进一步地，将正极浆料涂覆在正极集流体的至少一侧表面上，经烘干、冷压等工序后，即可得到正极极片。冷压可以采用冷轧机进行。溶剂的种类可以包括但不限于前述实施方式中的任一种，例如可以包括 N-甲基吡咯烷酮（NMP），进一步可以为 NMP。正极浆料所涂覆的正极集流体表面可以为正极集流体的单个表面上，也可以为正极集流体的两个表面上。正极浆料的固含量可以为 40wt%~80wt%。正极浆料在室温下的粘度可以调整到 3000 mPa·s ~ 25000 mPa·s，可选为 3000 mPa·s ~ 10000 mPa·s。涂覆正极浆料时，以干重计（扣除溶剂）的涂布单位面密度可以为 15 mg/cm^2~35 mg/cm^2。正极极片的压实密度可以为 3.0 g/cm^3 ~ 3.6 g/cm^3，可选为 3.3 g/cm^3 ~ 3.5 g/cm^3。

在本申请中，如无其他说明，对于正极极片和负极极片，冷压前后的极片面积变化不大，相应的压实密度的计算公式为：

压实密度=涂布面密度/（冷压后极片厚度-集流体厚度）。

涂布面密度=浆料干重/冷压前极片面积。

以下为关于负极极片的一些描述。

非限制性地，负极极片包括负极集流体和设置于负极集流体至少一侧的负极活性材料层，负极活性材料层中包括负极活性物质。负极活性物质的定义可参阅前文。

非限制性地，负极活性物质在负极活性材料层中的质量百分比可以≥85%，进一步可以≥90%，更进一步可以≥95%。

作为非限制性示例，负极集流体具有在其自身厚度方向相背离的两个表面，负极活性材料层可以设置在负极集流体相背离的两个表面中的任意一者或两者上。

在一些实施方式中，负极集流体可采用金属箔片或复合集流体。例如，作为金属箔片，可以采用铜箔。复合集流体可包括高分子材料基层和形成于高分子材料基材至少一个表面上的金属层。复合集流体可通过将金属材料形成在高分子材料基材上而形成。在负极集流体中，该金属材料可以包括但不限于铜、铜合金、镍、镍合金、钛、钛合金、银及银合金等中的一种或多种。在负极集流体中，该高分子材料基材可以包括但不限于聚丙烯（PP）、聚对苯二甲酸乙二醇酯（PET）、聚对苯二甲酸丁二醇酯（PBT）、聚苯乙烯（PS）、聚乙烯（PE）等中的一种或多种。

非限制性地，负极活性物质可以采用本领域公知的用于电池的负极活性物质。作为非限制性示例，负极活性物质可包括以下物质或材料中的一种或多种：人造石墨、天然石墨、软炭、硬炭、硅基材料、锡基材料和钛酸锂等。硅基材料可以包括单质硅、硅氧化合物、硅碳复合物、硅氮复合物以及硅合金中的一种或多种。锡基材料可以包括单质锡、锡氧化合物以及锡合金中的一种或多种。但本申请并不限定于这些材料或物质，还可以使用其他可被用作电池负极活性物质的传统材料或物质。这些负极活性物质可以仅单独使用一种，也可以将两种以上组合使用。

在一些实施方式中，负极活性物质包括碳基材料、硅基材料、锡基材料和钛酸锂以及前述任一种物质的改性形式中的一种或多种，其中，改性形式包括掺杂改性和包覆改性中的一种或多种。掺杂改性方式和包覆改性方式均可采用或参考本领域已有的改性方式，包括但不限于元素种类及

掺杂量的选择。碳基材料可以包括但不限于石墨材料、软炭、硬炭等中的一种或多种。石墨材料可以包括人造石墨和天然石墨中的一种或多种。

在一些实施方式中，负极活性物质包括碳基材料和硅基材料。非限制性地，碳基材料和硅基材料的质量总和在负极活性物质总质量中的百分占比可以≥85%，可选地≥90%，进一步可选地≥95%，更进一步可选地≥96%等，更进一步可选地为100%等。非限制性地，石墨材料和硅基材料的质量总和在负极活性物质总质量中的百分占比还可以为下述任一种百分数、或者大于或等于下述任一种百分数且小于或等于100%、或者选自下述任两种百分数构成的区间：85%、86%、88%、90%、92%、94%、95%、96%、98%等。碳基材料和硅基材料的定义可参阅前文，例如，碳基材料可以为石墨材料。碳基材料和硅基材料的含量还可参阅上下文中任一合适的实施方式。

在一些实施方式中，负极活性物质包括碳基材料。非限制性地，碳基材料在负极活性物质中的质量百分占比可以≥85%，可选地≥90%，进一步可选地≥95%，更进一步可选地≥96%等，更进一步可选地为100%等。非限制性地，碳基材料在负极活性物质中的质量百分占比还可以为下述任一种百分数、或者大于或等于下述任一种百分数且小于或等于100%、或者选自下述任两种百分数构成的区间：85%、86%、88%、90%、92%、94%、95%、96%、98%等。碳基材料的定义可参阅前文，例如，碳基材料可以为石墨材料。

在一些实施方式中，负极活性材料层还可选地包括粘结剂。粘结剂可以包括但不限于丁苯橡胶（SBR）、聚丙烯酸（PAA）、聚丙烯酸钠（PAAS）、聚丙烯酰胺（PAM）、聚乙烯醇（PVA）、海藻酸钠（SA）、聚甲基丙烯酸（PMAA）及羧甲基壳聚糖（CMCS）中的一种或多种。非限制性地，粘结剂在负极活性材料层中的质量百分比可以为0~10%，进一步可以为0~5%，更进一步可以为1%~5%，更进一步可选为1%~3%。

在一些实施方式中，负极活性材料层还可选地包括导电剂。作为非限制性示例，导电剂可以包括超导碳、乙炔黑、炭黑、科琴黑、碳点、碳纳米管、石墨烯及碳纳米纤维中的一种或多种。在负极活性材料层中，导电剂的质量百分比可以为0~15%，进一步可选为0~10%，更进一步可选为0~5%。

在一些实施方式中，负极活性材料层还可选地包括其他助剂，例如增稠剂（如羧甲基纤维素钠（CMC-Na））。其他助剂在负极活性材料层中的质量百分比可以为0~15%，进一步可选为0~10%，更进一步可选为0~5%，更进一步可选为0~3%，更进一步可选为0~2%。

在一些实施方式中，可以通过以下方式制备负极极片：将上述用于制备负极极片的组分，例如负极活性物质、导电剂、粘结剂和任意其他组分分散于溶剂（溶剂的非限制性示例如去离子水）中，形成负极浆料。进一步地，将负极浆料涂覆在负极集流体的至少一侧表面上，经烘干、冷压等工序后，即可得到负极极片。负极浆料所涂覆的负极集流体表面可以为负极集流体的单个表面上，也可以为负极集流体的两个表面上。负极浆料固含量可以为30 wt%~70wt%，可选为40wt%~60wt%。负极浆料在室温下的粘度可以调整到2000 mPa·s ~ 10000 mPa·s，可选为3000 mPa·s ~ 10000 mPa·s。负极极片压实密度可以为1.2 g/cm^3 ~ 2.0 g/cm^3，可选为1.2 g/cm^3 ~ 1.8 g/cm^3。

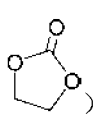
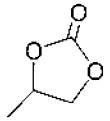
以下对电解质进行说明。

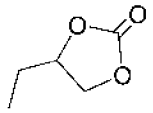
电解质具有在正极极片和负极极片之间传导离子的作用。在本申请中，电解质包括液态电解质。液态电解质也可称为电解液，也即，电解质包括电解液。电解液包括电解质盐。

在一些实施方式中，电解质为电解液。

在一些实施方式中，电解液为非水电解质。进一步地，非水电解质包括电解质盐和溶剂。电解质盐的定义可参阅前文，至少包括第一电解质盐。在一些实施方式中，电解质盐还包括电解质锂盐。电解质盐的浓度通常可以为0.5 mol/L ~ 5 mol/L。

在一些实施方式中，电解质锂盐可以包括六氟磷酸锂（$LiPF_6$）、四氟硼酸锂（$LiBF_4$）、高氯酸锂（$LiClO_4$）、六氟砷酸锂（$LiAsF_6$）、双氟磺酰亚胺锂（LiFSI）、双三氟甲磺酰亚胺锂（LiTFSI）、三氟甲磺酸锂（LiTFS）、二氟草酸硼酸锂（LiDFOB）、二草酸硼酸锂（LiBOB）、二氟磷酸锂（$LiPO_2F_2$）、二氟二草酸磷酸锂（LiDFOP）及四氟草酸磷酸锂（LiTFOP）中的一种或多种。

在一些实施方式中，非水电解质中的溶剂可以包括氟代碳酸乙烯酯（FEC）、碳酸乙烯酯（EC，）、碳酸亚丙基酯（PC，）、碳酸甲乙酯（EMC）、碳酸二乙酯（DEC）、碳酸二甲酯（DMC）、碳酸二丙酯（DPC）、碳酸甲丙酯（MPC）、碳酸乙丙酯（EPC）、碳酸丁烯

酯（BC，）、甲酸甲酯（MF）、乙酸甲酯（MA）、乙酸乙酯（EA）、乙酸丙酯（PA）、丙酸甲酯（MP）、丙酸乙酯（EP）、丙酸丙酯（PP）、丁酸甲酯（MB）、丁酸乙酯（EB）、1,4-丁内酯（GBL）、环丁砜（SF）、二甲砜（MSM）、甲乙砜（EMS）及二乙砜（ESE）中的一种或多种。

在一些实施方式中，电解液还可选地包括添加剂。例如添加剂可以包括负极成膜添加剂、正极成膜添加剂，还可以包括能够改善电池某些性能的添加剂，例如改善电池过充性能的添加剂、改善电池高温或低温性能的添加剂等。

在一些实施方式中，电解液中的添加剂可以包括但不限于氟代碳酸乙烯酯（FEC）、二氟碳酸乙烯酯（DFEC）、三氟甲基碳酸乙烯酯（TFPC）等中的一种或多种。

以下对隔离膜进行说明。

在一些实施方式中，二次电池中还包括隔离膜。本申请对隔离膜的种类没有特别的限制，可以选用任意公知的具有良好的化学稳定性和机械稳定性的多孔结构隔离膜。

在一些实施方式中，隔离膜的材质可以包括玻璃纤维、无纺布、聚乙烯、聚丙烯及聚偏二氟乙烯中的一种或多种。隔离膜可以是单层薄膜，也可以是多层复合薄膜，没有特别限制。在隔离膜为多层复合薄膜时，各层的材料可以相同或不同，没有特别限制。

在一些实施方式中，隔离膜的厚度为 6 μm ~ 40 μm，可选为 12 μm ~ 20 μm。

在一些实施方式中，正极极片、负极极片和隔离膜可通过卷绕工艺或叠片工艺制成电极组件。

在本申请的第二方面，提供一种二次电池，其包括本申请第一方面所描述的电池单体。

在本申请中，如无其他说明，“电池单体”指能够实现化学能和电能相互转化的基本单元，进一步地，通常而言至少包括正极极片、负极极片和电解质。在电池充放电过程中，活性离子在正极极片和负极极片之间往返嵌入和脱出。电解质在正极极片和负极极片之间起到传导活性离子的作用。电池单体的定义可参阅上下文，例如，可以参阅本申请第一方面。

可以理解，通常情况下，二次电池包括正极极片、负极极片、电解质和隔离膜。在电池充放电过程中，活性离子在正极极片和负极极片之间往返嵌入和脱出。电解质在正极极片和负极极片之间起到传导离子的作用。隔离膜设置在正极极片和负极极片之间，主要起到防止正负极短路的作用，同时可以使离子通过。

在一些实施方式中，二次电池为锂离子二次电池。

在一些实施方式中，二次电池为锂离子二次电池，电解质盐可以包括电解质锂盐。

在一些实施方式中，二次电池可包括外包装。该外包装可用于封装上述电极组件及电解质。

在一些实施方式中，二次电池的外包装可以是硬壳，例如硬塑料壳、铝壳、钢壳等。二次电池的外包装也可以是软包，例如袋式软包。软包的材质可以是塑料，进一步地，塑料的非限制性示例可以包括聚丙烯、聚对苯二甲酸丁二醇酯以及聚丁二酸丁二醇酯等中的一种或多种。

二次电池中包括至少一个电池单体。二次电池可以包括 1 个或多个电池单体。

本申请对电池单体的形状没有特别的限制，其可以是圆柱形、方形或其他任意的形状。例如，图 1 是作为一个示例的方形结构的电池单体 5。

在其中一些实施例中，参照图 2，外包装可包括壳体 51 和盖板 53。其中，壳体 51 可包括底板和连接于底板上的侧板，底板和侧板围合形成容纳腔。壳体 51 具有与容纳腔连通的开口，盖板 53 能够盖设于开口，以封闭容纳腔。正极极片、负极极片和隔离膜可经卷绕工艺或叠片工艺形成电极组件 52。电极组件 52 封装于容纳腔内。电解液浸润于电极组件 52 中。电池单体 5 所含电极组件 52 的数量可以为一个或多个，本领域技术人员可根据实际需求进行选择。

二次电池可以为电池模块 4 或电池包 1。

电池模块包括至少一个电池单体。电池模块所含电池单体的数量可以为一个或多个，本领域技术人员可根据电池模块的应用和容量选择合适的数量。

图 3 是作为一个示例的电池模块 4。参照图 3，在电池模块 4 中，多个电池单体 5 可以是沿电池模块 4 的长度方向依次排列设置。当然，也可以按照其他任意的方式进行排布。进一步可以通过紧固件将该多个电池单体 5 进行固定。

可选地，电池模块 4 还可以包括具有容纳空间的外壳，多个电池单体 5 容纳于该容纳空间。

在其中一些实施例中，上述电池模块还可以组装成电池包，电池包所含电池模块的数量可以为一个或多个，本领域技术人员可根据电池包的应用和容量选择合适的数量。

图 4 和图 5 是作为一个示例的电池包 1。参照图 4 和图 5，在电池包 1 中可以包括电池箱和设

置于电池箱中的多个电池模块 4。电池箱包括上箱体 2 和下箱体 3，上箱体 2 能够盖设于下箱体 3，并形成用于容纳电池模块 4 的封闭空间。多个电池模块 4 可以按照任意的方式排布于电池箱中。

在本申请的第三方面，提供一种用电装置，其包括本申请第一方面所描述的电池单体和本申请第二方面所描述的二次电池中的至少一种。

在一些实施方式中，本申请还提供一种用电装置，用电装置包括本申请提供的任一实施方式的二次电池。二次电池可以用作用电装置的电源，也可以用作用电装置的能量存储单元。用电装置可以包括移动设备、电动车辆、电气列车、船舶及卫星、储能系统等，但不限于此。其中，移动设备例如可以是手机、笔记本电脑等；电动车辆例如可以是纯电动车、混合动力电动车、插电式混合动力电动车、电动自行车、电动踏板车、电动高尔夫球车、电动卡车、电动摩托车、电动工具等，但不限于此。该用电装置还可以应用于军事装备、航空航天等领域，还可以应用于水力、火力、风力和太阳能电站等储能电源系统。

作为用电装置，可以根据其使用需求来选择二次电池。

图 6 是作为一个示例的用电装置 6。该用电装置为纯电动车、混合动力电动车、或插电式混合动力电动车等。为了满足该用电装置对二次电池的高功率和高能量密度的需求，可以采用电池包或电池模块。

作为另一个示例的装置可以是手机、平板电脑、笔记本电脑等。该装置通常要求轻薄化，可以采用二次电池作为电源。

以下，说明本申请的一些实施例。下面描述的实施例是示例性的，仅用于解释本申请，而不能理解为对本申请的限制。实施例中未注明技术或条件的，按照上文中的描述进行，或者按照本领域内的文献所描述的技术或条件，或者按照产品说明书进行。所用试剂或仪器未注明生产厂商者，均为可以通过市购获得的常规产品，或者可通过市购产品按照常规方式合成。

下面的实施例中，室温是指 20 ℃ ~30 ℃。

以下实施例以软包叠片电池为例，可以理解，二次电池的外包装方式不限于此。类似地，极耳的材料选取和装配方式也可以采用本领域的其他方式。

以下使用的正极活性物质的离子电导率采用如下方法测试：

将待测正极活性物质制成测试用正极极片，锂片作为负极极片，组装成纽扣电池进行测试；将电池以 1C 放电至 3.0V 后进行交流阻抗谱测试，测试参数选取：测试温度为 25℃，扫描频率为 0.1Hz~10^5Hz，电压振幅为 5mV，利用 Zview 软件对测试结果进行拟合即得到离子电导率。

如无其他说明，测试用正极极片中，正极集流体选取铝箔，正极活性材料层中正极活性物质的质量百分比控制在 95%±1%，粘结剂选用聚偏二氟乙烯(PVDF)，导电剂选用导电碳，压实密度为 3.0 g/cm^3 ~ 3.6 g/cm^3。

对于第一正极活性物质和第二正极活性物质，化学式相同的原料来源相同或采用相同的方法制备获得，因此，化学式相同的原料的离子电导率基本相同。

实施例 1.

（1）正极极片的制备：

将第一正极活性物质和第二正极活性物质、粘结剂聚偏二氟乙烯(PVDF)和导电碳加入到溶剂 N-甲基吡咯烷酮（NMP）中，正极活性物质：粘接剂：导电剂的质量比例为 95：2.5：2.5，在干燥房中搅拌制成均匀的正极浆料，控制正极浆料粘度为 3000 mPa·S ~ 10000 mPa·S，在铝箔的双侧表面上涂覆上述正极浆料，经过烘干、冷压处理制成正极极片。压实密度为 3.4 g/cm^3。

第一正极活性物质为镍钴锰酸锂类氧化物（一种 NCM 类材料），第二正极活性物质为磷酸锰铁锂类氧化物。

第一正极活性物质和第二正极活性物质的种类和含量比例（通过 A 值确定二者用量比）可参阅表 1 和表 2。

A 值为第一正极活性物质中的 Co 元素与第二正极活性物质中的 Fe 元素的质量比。

（2）负极极片的制备：

将石墨材料（人造石墨）、羧甲基纤维素钠、丁苯橡胶（SBR）和导电碳加入到溶剂去离子水中，石墨材料：羧甲基纤维素钠：丁苯橡胶：导电剂的质量比例为 95：1：2.5：1.5，搅拌制成均匀的负极浆料，控制负极浆料的粘度为 3000 mPa·S ~ 10000 mPa·S，在铜箔的单侧表面上涂覆上述负极浆料，经过烘干、冷压处理制成负极极片。压实密度为 1.55 g/cm^3。

（3）电解液的配制

电解液由电解质盐、溶剂和添加剂组成：电解质盐为六氟磷酸钠（$NaPF_6$，第一阳离子盐）和六氟磷酸锂（$LiPF_6$），其中，电解质中钠元素的质量相对于钠元素和锂元素质量之和的相对百分

比为 5wt%（对应 B 的目标值为 5%），六氟磷酸锂（电解质锂盐）在电解液中的浓度为 1mol/L；溶剂为体积比 1：1：1 的碳酸乙烯酯（EC）、碳酸二乙酯（DEC）和碳酸二甲酯（DMC）；添加剂是氟代碳酸乙烯酯（FEC），在电解液中的质量百分比为 5wt%。

本例中，第一阳离子盐为六氟磷酸钠，第一阳离子为钠离子，电解质锂盐为六氟磷酸锂，电解液中的电解质盐由金属阳离子和阴离子组成，金属阳离子为钠离子和锂离子的组合，阴离子为六氟磷酸根离子。电解液中第一阳离子盐的种类和用量比还可参阅表 1。

B 值为第一阳离子盐在电解液的电解质盐中的质量百分比，数值上按照“第一阳离子的质量相对于电解质盐中各金属阳离子的总质量之比”计。

（4）隔离膜

采用聚乙烯（PE）多孔聚合薄膜作为隔离膜。

（5）电极组件及二次电池的制备：

将制备好的正极极片、负极极片和隔离膜按照 Z 字型叠片结构制成相应的电极组件（也即裸电芯），将裸电芯在 90℃的环境下真空烘干 12h，随后进行正极极耳和负极极耳超声焊接，正极采用铝极耳，负极采用镍极耳，正极极耳和负极极耳位于电芯同侧，将极耳焊接后的电芯装入铝塑膜中进行顶侧封封装，注入电解液，静置，化成，老化，排气，进行第二次封装，获得预设容量（0.1Ah）的二次电池，该二次电池为示例性的软包叠片电池。在其他实施例中，可以采用硬壳方式。

实施例 2~21 采用与实施例 1 基本相同的方法制备二次电池，区别在于：第一正极活性物质的种类、第二正极活性物质的种类，第一正极活性物质和第二正极活性物质的用量比例 A 值、电解液中第一阳离子盐的种类、第一阳离子盐的用量（B 值），A/B 值，以及负极活性物质的种类和用量，可参阅表 1、表 2 和表 3。

对比例 1 采用与实施例 1 基本相同的方法制备二次电池，区别在于：A 值和 A/B 值不同。

对比例 2 采用与实施例 1 基本相同的方法制备二次电池，区别在于：B 值和 A/B 值不同。

对比例 3 采用与实施例 1 基本相同的方法制备二次电池，区别在于：正极活性物质省略第二正极活性物质，仅使用第一正极活性物质，A 值和 A/B 值不同。

对比例 4 采用与实施例 1 基本相同的方法制备二次电池，区别在于：正极活性物质省略第一正极活性物质，仅使用第二正极活性物质，A 值和 A/B 值不同。

对比例 5 采用与实施例 1 基本相同的方法制备二次电池，区别在于：未添加第一阳离子盐，B 值和 A/B 值不同。

对比例 6 采用与实施例 8 基本相同的方法制备二次电池，区别在于：A 值、B 值和 A/B 值不同。

对比例 7 采用与实施例 12 基本相同的方法制备二次电池，区别在于：A 值、B 值和 A/B 值不同。

对比例 8 采用与实施例 16 基本相同的方法制备二次电池，区别在于：B 值和 A/B 值不同。

对比例 9 采用与对比例 2 基本相同的方法制备二次电池，区别在于：第二正极活性物质中的 Mn 元素和 Fe 元素的原子摩尔当量的比值（$R2_{Mn/Fe}$)不同。

对比例 1~9 的制备参数可参阅表 1 至表 3。

表 1 中的 A 值和 B 值是根据原料组成及用量比计算的设计值（对应各自的目标值）。表 2 中，Ni 含量、Mn 含量以及 $R2_{Mn/Fe}$ 为根据原料的化学组成得到的原子比，以原子数量比或原子摩尔比计。各实施例中，电解液的电解质盐中的阳离子为锂离子和第一阳离子的组合。电解液中第一阳离子盐的种类和用量比可参阅表 1，根据 B 的目标值确定第一阳离子盐的用量；当电解质盐的阴离子不同时，以“第一阳离子的质量相对于电解质盐中各金属阳离子的总质量之比”确定第一阳离子盐的用量和 B 的目标值。

表 1.

编号	A 值	B 值	A/B 值	第一阳离子盐种类
实施例 1	0.19	5%	3.8	$NaPF_6$
实施例 2	0.28	5%	5.6	$NaPF_6$
实施例 3	2.53	5%	50.6	$NaPF_6$
实施例 4	10.1	5%	202	$NaPF_6$
实施例 5	1	10%	10	$NaPF_6$

编号	A 值	B 值	A/B 值	第一阳离子盐种类
实施例 6	2.54	10%	25.4	$NaPF_6$
实施例 7	0.26	20%	1.3	$NaPF_6$
实施例 8	0.15	10%	1.5	$NaPF_6$
实施例 9	0.19	40%	0.475	$NaPF_6$
实施例 10	0.19	25%	0.76	$NaPF_6$
实施例 11	0.19	10%	1.9	$NaPF_6$
实施例 12	0.19	4%	4.75	$NaPF_6$
实施例 13	1	10%	10	$NaPF_6$
实施例 14	1	10%	10	$NaPF_6$
实施例 15	1	10%	10	$NaPF_6$
实施例 16	0.19	10%	1.9	$NaPF_6$
实施例 17	0.19	5%	3.8	$NaPF_6$
实施例 18	0.19	5%	3.8	$NaPF_6$
实施例 19	0.19	5%	3.8	$NaPF_6$
实施例 20	0.19	5%	3.8	$NaBF_4$
实施例 21	0.19	5%	3.8	$NaClO_4$
对比例 1	10.2	5%	204	$NaPF_6$
对比例 2	0.19	45%	0.422	$NaPF_6$
对比例 3	/	5%	/	$NaPF_6$
对比例 4	/	5%	/	$NaPF_6$
对比例 5	0.19	无第一阳离子	/	/
对比例 6	8.2	4%	205	$NaPF_6$
对比例 7	0.15	36%	0.417	$NaPF_6$
对比例 8	0.19	45%	0.422	$NaPF_6$
对比例 9	0.19	45%	0.422	$NaPF_6$

表 1 中，A 值为第一正极活性物质中的 Co 元素与第二正极活性物质中的 Fe 元素的质量比（A）的目标值；第一阳离子为钠离子，B 值为第一阳离子盐在电解液的电解质盐中的质量百分比（B）的目标值，数值上等于电解液中第一阳离子的质量相对于电解液中金属阳离子的质量的百分比计。

表 2.

编号	第一正极活性物质			第二正极活性物质	
	化学式	Ni 含量	Mn 含量	化学式	$R2_{Mn/Fe}$
实施例 1	$LiNi_{0.55}Co_{0.05}Mn_{0.4}O_2$	0.55	0.4	$LiMn_{0.3}Fe_{0.7}PO_4$	0.42
实施例 2	$LiNi_{0.55}Co_{0.05}Mn_{0.4}O_2$	0.55	0.4	$LiMn_{0.3}Fe_{0.7}PO_4$	0.42
实施例 3	$LiNi_{0.55}Co_{0.05}Mn_{0.4}O_2$	0.55	0.4	$LiMn_{0.3}Fe_{0.7}PO_4$	0.42
实施例 4	$LiNi_{0.55}Co_{0.05}Mn_{0.4}O_2$	0.55	0.4	$LiMn_{0.3}Fe_{0.7}PO_4$	0.42
实施例 5	$LiNi_{0.55}Co_{0.05}Mn_{0.4}O_2$	0.55	0.4	$LiMn_{0.3}Fe_{0.7}PO_4$	0.42
实施例 6	$LiNi_{0.55}Co_{0.05}Mn_{0.4}O_2$	0.55	0.4	$LiMn_{0.3}Fe_{0.7}PO_4$	0.42
实施例 7	$LiNi_{0.55}Co_{0.05}Mn_{0.4}O_2$	0.55	0.4	$LiMn_{0.3}Fe_{0.7}PO_4$	0.42
实施例 8	$LiNi_{0.55}Co_{0.05}Mn_{0.4}O_2$	0.55	0.4	$LiMn_{0.3}Fe_{0.7}PO_4$	0.42
实施例 9	$LiNi_{0.55}Co_{0.05}Mn_{0.4}O_2$	0.55	0.4	$LiMn_{0.3}Fe_{0.7}PO_4$	0.42
实施例 10	$LiNi_{0.55}Co_{0.05}Mn_{0.4}O_2$	0.55	0.4	$LiMn_{0.3}Fe_{0.7}PO_4$	0.42
实施例 11	$LiNi_{0.55}Co_{0.05}Mn_{0.4}O_2$	0.55	0.4	$LiMn_{0.3}Fe_{0.7}PO_4$	0.42
实施例 12	$LiNi_{0.55}Co_{0.05}Mn_{0.4}O_2$	0.55	0.4	$LiMn_{0.3}Fe_{0.7}PO_4$	0.42
实施例 13	$LiNi_{0.65}Co_{0.05}Mn_{0.3}O_2$	0.65	0.3	$LiMn_{0.3}Fe_{0.7}PO_4$	0.42
实施例 14	$LiNi0.8Co0.1Mn_{0.1}O_2$	0.8	0.1	$LiMn_{0.3}Fe_{0.7}PO_4$	0.42
实施例 15	$LiNi_{0.9}Co_{0.05}Mn_{0.05}O_2$	0.9	0.05	$LiMn_{0.3}Fe_{0.7}PO_4$	0.42
实施例 16	$LiNi_{0.35}Co_{0.05}Mn_{0.6}O_2$	0.35	0.6	$LiMn_{0.3}Fe_{0.7}PO_4$	0.42

实施例 17	$LiNi_{0.55}Co_{0.05}Mn_{0.4}O_2$	0.55	0.4	$LiMn_{0.4}Fe_{0.6}PO_4$	0.66
实施例 18	$LiNi_{0.55}Co_{0.05}Mn_{0.4}O_2$	0.55	0.4	$LiMn_{0.9}Fe_{0.1}PO_4$	9
实施例 19	$LiNi_{0.55}Co_{0.05}Mn_{0.4}O_2$	0.55	0.4	$LiMn_{0.8}Fe_{0.2}PO_4$	4
实施例 20	$LiNi_{0.55}Co_{0.05}Mn_{0.4}O_2$	0.55	0.4	$LiMn_{0.3}Fe_{0.7}PO_4$	0.42
实施例 21	$LiNi_{0.55}Co_{0.05}Mn_{0.4}O_2$	0.55	0.4	$LiMn_{0.3}Fe_{0.7}PO_4$	0.42
对比例 1	$LiNi_{0.55}Co_{0.05}Mn_{0.4}O_2$	0.55	0.4	$LiMn_{0.3}Fe_{0.7}PO_4$	0.42
对比例 2	$LiN_{i0.55}Co_{0.05}Mn_{0.4}O_2$	0.55	0.4	$LiMn_{0.3}Fe_{0.7}PO_4$	0.42
对比例 3	$LiNi_{0.55}Co_{0.05}Mn_{0.4}O_2$	0.55	0.4	无 M3P	/
对比例 4	无 NCM	/	/	$LiMn_{0.3}Fe_{0.7}PO_4$	0.42
对比例 5	$LiNi_{0.55}Co_{0.05}Mn_{0.4}O_2$	0.55	0.4	$LiMn_{0.3}Fe_{0.7}PO_4$	0.42
对比例 6	$LiNi_{0.55}Co_{0.05}Mn_{0.4}O_2$	0.55	0.4	$LiMn_{0.3}Fe_{0.7}PO_4$	0.42
对比例 7	$LiNi_{0.55}Co_{0.05}Mn_{0.4}O_2$	0.55	0.4	$LiMn_{0.3}Fe_{0.7}PO_4$	0.42
对比例 8	$LiNi_{0.35}Co_{0.05}Mn_{0.6}O_2$	0.35	0.6	$LiMn_{0.3}Fe_{0.7}PO_4$	0.42
对比例 9	$LiNi_{0.55}Co_{0.05}Mn_{0.4}O_2$	0.55	0.4	$LiMn_{0.26}Fe_{0.74}PO_4$	0.35

表 2 中：

第一正极活性物质中的“镍(Ni)含量”为 Ni 元素与锂(Li)元素的原子摩尔当量的比值，数值上也等于 Ni 元素与 Li 元素的原子比；

第一正极活性物质中的“锰(Mn)含量”为 Mn 元素与锂(Li)元素的原子摩尔当量的比值，数值上也等于 Mn 元素与 Li 元素的原子比；

$R2_{Mn/Fe}$ 指第二正极活性物质中的 Mn 元素和 Fe 元素的原子摩尔当量的比值。

表 3.

编号	负极活性物质		热失控温度（℃）
	种类	硅基材料的质量百分比	
实施例 1	人造石墨	0	150
实施例 2	人造石墨	0	158
实施例 3	人造石墨	0	151
实施例 4	人造石墨	0	152
实施例 5	人造石墨+硅氧材料	15%	156
实施例 6	人造石墨+硅氧材料	15%	153
实施例 7	人造石墨+硅氧材料	15%	160
实施例 8	人造石墨+硅氧材料	15%	162
实施例 9	人造石墨	0	149
实施例 10	人造石墨	0	152
实施例 11	人造石墨	0	154
实施例 12	人造石墨	0	152
实施例 13	人造石墨+硅氧材料	15%	154
实施例 14	人造石墨+硅氧材料	15%	150
实施例 15	人造石墨+硅氧材料	15%	149
实施例 16	人造石墨+硅氧材料	40%	150
实施例 17	人造石墨	0	152
实施例 18	人造石墨	0	156
实施例 19	人造石墨	0	154
实施例 20	人造石墨	0	156
实施例 21	人造石墨	0	149
对比例 1	人造石墨	0	142
对比例 2	人造石墨	0	142
对比例 3	人造石墨	/	144
对比例 4	人造石墨	0	160
对比例 5	人造石墨	0	140
对比例 6	人造石墨+硅氧材料	15%	146

对比例 7	人造石墨	0	145
对比例 8	人造石墨+硅氧材料	40%	144
对比例 9	人造石墨	0	136

表 3 中，“硅基材料的质量百分比”表示负极活性物质中硅基材料所占的质量百分比。

测试与分析方法

1、电解液中第一阳离子盐的质量百分占比（B 值）的测试分析：

基于 GB/T36240-2018 和离子色谱仪对电解液中电解质锂盐和第一阳离子盐进行定量测试，一定质量电解液样品中，电解质锂盐中锂离子的质量记为 m1，第一阳离子盐中的第一阳离子的质量记为 m2，则，B 值可以按下述公式计算得到：B=m2/(m1+m2)×100%。

2、第一正极活性物质中 Ni 元素、Co 元素和 Mn 元素的含量测试，第二正极活性物质中 Mn 元素和 Fe 元素的含量测试及 A 值等元素比例的测试分析。

取正极活性材料层样品约 0.4g (均精确至 0.0001g)于 25mL 烧杯中，加 2mL~5mL 硝酸，放置过夜，然后置于电热板上，在 100℃左右加热，用调压变压器调节输入电压控温，加热至正极活性材料层消化后加入 0.5mL 高氯酸，在约 140℃加热消解，直至白烟冒尽为止，残渣应为白色，否则应再加硝酸和高氯酸重复消解，最后用 7wt%盐酸溶解提取，视待测元素含量定容至适当体积后，上 ICP-OES 测试仪器（5110TCP-OESVDV）上开始测试，测试元素选择 Ni、Co、Mn 和 Fe，仪器测试结果为各元素的质量百分数，则可以根据 Ni 元素和 Co 元素的摩尔质量和质量百分数获得第一正极活性物质的化学式以及第一正极活性物质中 Mn 元素的含量；去除第一正极活性物质中 Mn 的含量后可得到第二正极活性物质中 Mn 的质量百分比，根据第二正极活性物质中的 Mn 元素和 Fe 元素的摩尔质量以及质量百分比可获得第二活性物质的化学式。最后即可计算出第一正极活性物质中 Co 元素和第二正极活性物质中 Fe 元素的质量比（A 值）以及其他与不同元素的原子摩尔比的比值，比如，第二正极活性物质中 Mn 元素和 Fe 元素的质量比（$R2_{Mn/Fe}$）。

根据测试得到的 A 值和 B 值，可计算得到 A/B 值的测试分析结果。

3、电池能量密度测试

测试电池容量：将待测电池搁置 3min；0.33C 放电到下限截止电压（如 2.5V）；搁置 3min；0.33C 恒流恒压充电到上限截止电压（如 4.4V），0.05C 电流截止；搁置 3min；0.33C 放电到截止电压（此步得到电池容量）；搁置 3min；计算得到电池首次放电所释放的能量值。将电池首次放电所释放算的能量值除以待测电池的质量即可得到电池的质量能量密度，单位为瓦时每千克（W·h/kg）。

4、热失控温度测试：

将待测的二次电池置于 25℃恒温环境，2.5V~4.4V 下，按照 1C 充电至 4.4V，然后在 4.4V 下恒压充电至电流≤0.05C，静置 5min，然后将二次电池在正极极耳中心、负极极耳中心、大面中心、侧面中心布置感温线用于监控电芯的温度；将布置感温线后的二次电池转移至热箱内，以 5℃/min 升温至 60℃后保温 5h，之后以 5℃/min 升温并每升温 5℃就保温 30min，升温升到 120℃后以 2℃/min 升温并每升温 2℃就保温 30min 直至电芯失效或者直至 24h；提取对应的结束温度，作为“热失控温度”的测试结果。如果测试结束时仍未发生电芯失效，则记录“测试周期内未失效”。

电芯失效判断依据：爆炸或起火。

热失控温度越高，则二次电池的热稳定性越好，热安全性越高。

测试分析结果

关于第一正极活性物质原料在 25℃时的离子电导率（σ_1），实施例 1~12、17~21 以及对比例 1-3、5-7、9 中使用的第一正极活性物质的离子电导率在 1×10^{-3} S/cm ~ 3×10^{-3} S/cm 范围内，实施例 13 中使用的第一正极活性物质的离子电导率在 3×10^{-3} S/cm ~ 5×10^{-3} S/cm 范围内，实施例 14 中使用的第一正极活性物质的离子电导率在 5×10^{-3} S/cm ~ 7×10^{-3} S/cm 范围内，实施例 15 中使用的第一正极活性物质的离子电导率在 7×10^{-3} S/cm ~ 9×10^{-3} S/cm 范围内，实施例 16 和对比例 8 中使用的第一正极活性物质的离子电导率在 3.2×10^{-6} S/cm ~ 1×10^{-3} S/cm 范围内（3.2×10^{-6} S/cm < σ_1 < 1×10^{-3} S/cm）。其中，实施例 16 的 σ、实施例 1~12 和 17~21 的 σ_1、实施例 13 的 σ_1、实施例 14 的 σ_1、以及实施例 15 的 σ_1 依次递增。

关于第二正极活性物质原料在 25℃时的离子电导率（σ_2），实施例 1-17、20-21 以及对比例 1-2、4-9 中使用的第二正极活性物质的离子电导率在 3×10^{-13} S/cm ~ 9×10^{-13} S/cm 范围内，实施例 18-19 中使用的第二正极活性物质的离子电导率在 1×10^{-13} S/cm ~ 3×10^{-13} S/cm 范围内。实施例 1-17、20-21 的 σ_2 均大于实施例 18-19 的 σ_2。

实施例 1~21 中，第一正极活性物质在 25℃时的离子电导率（σ_1）均满足 $\sigma_1\geq3.2\times10^{-6}$ S/cm，

大部分满足 $\sigma_1 \geq 1.7\times10^{-3}$ S/cm。第二正极活性物质在 25℃时的离子电导率（σ_2）满足均满足 $\sigma_2 \leq 10^{-9}$ S/cm，还均满足 $\sigma_2 \leq 10^{-12}$ S/cm，且大部分满足 $\sigma_2 \leq 8\times10^{-13}$ S/cm。实施例 1~21 中，第一正极活性物质在 25℃时的离子电导率与第二正极活性物质在 25℃时的离子电导率的比值（Xσ）均满足 $X\sigma \geq 10^4$，还均满足 $X\sigma \geq 10^6$，其中一部分满足 $X\sigma \geq 10^{10}$。

根据 B 值的测试分析结果以及正极极片中正极活性物质的元素分析结果计算得出的 A 值，与表 1 中 A 和 B 的目标值基本吻合。

根据电池能量密度测试结果，实施例 1-4、9-12、17、20-21 和对比例 1、2、5、7、9 的电池质量能量密度均在 235 W·h/kg ~ 255 W·h/kg 范围内，实施例 13-15 的电池质量能量密度均在 240 W·h/kg ~ 270 W·h/kg 范围内，实施例 5~8 的电池能量密度介于实施例 1-4 的电池能量密度与实施例 13~16 的电池能量密度之间，实施例 16 和对比例 3、6、8 的电池质量能量密度均在 235 W·h/kg ~ 265 W·h/kg 范围内，实施例 18-19 的电池质量能量密度均在 220 W·h/kg ~ 245 W·h/kg 范围内，对比例 4 的电池质量能量密度在 220 W·h/kg ~ 230 W·h/kg 范围内。

实施例 1~21 制得的各二次电池的均具有较好的热稳定性，热失控温度高，同时还具有良高的能量密度，综合电性能好。相对而言，对比文件 1~9 的综合性能明显变差：一些对比例的热失控温度明显降低，而且电池能量密度变化不大甚至有所下降，如对比例 1、2、5、7 和 9 相对于实施例 1 等，还如对比例 6 相对于实施例 8，对比例 8 相对于实施例 16；有的对比例（如对比例 3）虽然电池能量密度相对于一些实施例有所提高，但热失控温度显著降低，综合性能不佳；有的对比例（如对比例 4）则以显著牺牲电池能量密度为代价实现热稳定性的一些提升，综合性能不佳。

对比例 1、对比例 2、对比例 7 和对比例 9 的 A/B 值在 0.47~202 之外，相对于 A/B 值在 0.47~202 范围内的各实施例（如实施例 1-4 等），对比例 1、对比例 2、对比例 7 和对比例 9 的热失控温度显著下降。

对比例 3 仅使用单一种类的第一正极活性物质，与实施例 1-4 相比，尽管对比例 3 的电池能量密度有所提高，但其热失控温度明显降低，综合性能劣于实施例 1-4。

对比例 4 仅使用单一种类的第二正极活性物质，虽然热失控温度较高，但是电池能量密度非常低（220 W·h/kg ~ 230 W·h/kg），明显低于实施例 1-4 的电池能量密度（235 W·h/kg ~ 255 W·h/kg），综合性能劣于实施例 1-4。

对比例 5 未添加第一阳离子，相对于添加了第一阳离子的各实施例（如实施例 1），热失控温度明显变劣。

对比例 6 和对比例 8 的 A/B 值在 0.47~202 之外，热失控温度较低。其中，相对于使用相同负极活性物质的实施例 8，对比例 6 热失控温度明显较低；相对于使用相同负极活性物质的实施例 16，对比例 8 热失控温度明显较低。

上文对各个实施方式和实施例的描述倾向于强调各个实施方式和实施例之间的不同之处，其相同或相似之处可以相互参考，为了简洁，本文不再赘述。

以上各实施方式和实施例的各技术特征可以进行任意的组合，为使描述简洁，未对上述各实施方式和实施例中的各个技术特征所有可能的组合都进行描述，然而，只要这些技术特征的组合不存在矛盾，都应当认为是本说明书记载的范围。

需要说明的是，本申请不限定于上述实施方式和实施例。上述实施方式和实施例仅为示例，在本申请的技术方案范围内具有与技术思想实质相同的构成、发挥相同作用效果的实施方式均包含在本申请的技术范围内。以上描述的实施方式和实施例仅表达了本申请的几种实施方式，其描述较为详细，但并不能因此而理解为对专利范围的限制。此外，在不脱离本申请主旨的范围内，对实施方式和实施例施加本领域技术人员能够想到的各种变形、将实施方式和实施例中的一部分构成要素加以组合而构筑的其它方式也包含在本申请的范围内。

权利要求书

1. 一种电池单体，其包括正极极片、负极极片、隔离膜和电解液，所述隔离膜设置于所述正极极片和所述负极极片之间，所述正极极片包括正极活性材料层，所述正极活性材料层包括第一正极活性物质和第二正极活性物质，所述电解液包括电解质盐，所述电解质盐包括第一阳离子盐和电解质锂盐；

其中，所述第一正极活性物质为包含 Co 元素和 M1 元素的锂氧化物，所述第二正极活性物质为包含 Fe 元素和 Mn 元素的锂氧化物，其中，所述第一正极活性物质中的 M1 元素包括 Mn 元素和 Al 元素中的一种或两种；

所述第一正极活性物质中的 Co 元素与所述第二正极活性物质中的 Fe 元素的质量比记为 A；

所述第一阳离子盐包括第一阳离子，所述第一阳离子的离子半径大于锂离子的离子半径；所述第一阳离子盐在所述电解质盐中的质量百分比记为 B；

则 A 和 B 满足 $0.47\leq A/B\leq 202$。

2. 根据权利要求 1 所述的电池单体，其中，在 25℃条件下，所述第一正极活性物质的离子电导率与所述第二正极活性物质的离子电导率的比值记为 Xσ，则 $X\sigma\geq 10^4$；

可选地，$X\sigma\geq 10^6$，进一步可选地 $X\sigma\geq 10^{10}$；

可选地，所述第一正极活性物质在 25℃时的离子电导率为 σ_1，满足 $\sigma_1\geq 3.2\times 10^{-6}$ S/cm，进一步可选地 $\sigma_1\geq 1.7\times 10^{-3}$ S/cm；

可选地，所述第二正极活性物质在 25℃时的离子电导率为 σ_2，满足 $\sigma_2\leq 10^{-9}$ S/cm，进一步可选地 $\sigma_2\leq 10^{-12}$ S/cm。

3. 根据权利要求 1 或 2 所述的电池单体，其中，$1.3\leq A/B\leq 25.4$。

4. 根据权利要求 1~3 中任一项所述的电池单体，其中，$0.19\leq A\leq 10.1$；可选地，$0.28\leq A\leq 2.53$。

5. 根据权利要求 1~4 中任一项所述的电池单体，其中，$5\%\leq B\leq 40\%$；可选地，$10\%\leq B\leq 20\%$。

6. 根据权利要求 1~5 中任一项所述的电池单体，其中，所述第一正极活性物质满足如下特征中的一项或多项：

Co 元素相对于 Li 元素的原子摩尔比记为 R_c，则 R_c 满足 $0.05\leq R_c\leq 0.5$，可选地，$0.05\leq R_c\leq 0.3$，可选地，$0.05\leq R_c\leq 0.2$；

所述 M1 元素相对于 Li 元素的原子摩尔比记为 R_d，则 R_d 满足 $0.05\leq R_d\leq 0.5$，可选地，$0.05\leq R_d\leq 0.3$；

所述 M1 元素包括 Mn 元素，Mn 元素相对于 Li 元素的原子摩尔比记为 $R_{d\text{-}Mn}$，则 $R_{d\text{-}Mn}$ 满足 $0.05\leq R_{d\text{-}Mn}\leq 0.4$，进一步可选地，$0.05\leq R_{d\text{-}Mn}\leq 0.3$；

Co 元素与所述 M1 元素的原子摩尔当量之和相对于 Li 元素的原子摩尔当量的比值记为 R_{c+d}，则 R_{c+d} 满足 $0.1\leq R_{c+d}\leq 0.5$，进一步可选地，$0.1\leq R_{c+d}\leq 0.3$，更进一步可选地，$0.1\leq R_{c+d}\leq 0.2$。

7. 根据权利要求 1~6 中任一项所述的电池单体，其中，所述第一正极活性物质还包含 Ni 元素；在所述第一正极活性物质中，Ni 元素相对于 Li 元素的原子摩尔比记为 R_b，则 R_b 满足 $0.5\leq R_b<1$；

可选地，$0.5\leq R_b\leq 0.9$；

进一步可选地，$0.6\leq R_b\leq 0.9$；

更进一步可选地，$0.65\leq R_b\leq 0.9$；

更进一步可选地，$0.8\leq R_b\leq 0.9$。

8. 根据权利要求 1~5 中任一项所述的电池单体，其中，以 Li 元素的原子摩尔当量 Q_a 为 0.75~1.2 计，可选地以 0.8~1.1 计，进一步可选地以 0.9~1.05 计，更进一步可选地以 1 计，所述第一正极活性物质满足如下特征中的一项或多项：

Co 元素的原子摩尔当量 $Q_c\leq 0.4$，可选地，$Q_c\leq 0.3$，进一步可选地，$Q_c\leq 0.2$；

所述 M1 元素的原子摩尔当量 $Q_d\leq 0.5$，可选地，$Q_d\leq 0.4$，进一步可选地，$Q_d\leq 0.3$；

所述 M1 元素包括 Mn 元素，Mn 元素的原子摩尔当量≤0.4，可选地，Mn 元素的原子摩尔当量≤0.3；

Co 元素和所述 M1 元素的原子摩尔当量之和 $Q_{c+d}\leq 0.5$，可选地，$Q_{c+d}\leq 0.4$，$Q_{c+d}\leq 0.3$，$Q_{c+d}\leq 0.2$。

9. 根据权利要求 8 所述的电池单体，其中，所述第一正极活性物质包含 Ni 元素，Ni 元素的原子摩尔当量 Q_b 满足 $0.5\leq Q_b<1$，可选地，$0.6\leq Q_b<1$，进一步可选地，$0.65\leq Q_b<1$。

10. 根据权利要求 1~5 中任一项所述的电池单体，其中，所述第一正极活性物质包括第一本体，还包括或不包括位于所述第一本体的至少一部分表面的第一包覆层；其中，所述第一本体的化学组成为 $Li_aNi_bCo_cM1_dM2_eO_fR_g$，其中，$0.75\leq a\leq 1.2$，$0<b<1$，$0<c<1$，$0<d<1$，$0\leq e\leq 0.2$，$b+c+d+e=1$，$1\leq f\leq 2.5$，$0\leq g\leq 1$，$f+g\leq 3$，所述第一正极活性物质中的 M2 元素包括 Zr、Zn、Cu、Cr、Mg、Fe、

V、Ti、Sr、Sb、Y、W 和 Nb 中的一种或多种，所述第一正极活性物质中的 R 元素包括 N、F、S 和 Cl 中的一种或多种；

可选地，$0.8\leq a\leq 1.2$，进一步可选地，$0.9\leq a\leq 1.1$，进一步可选地，$0.95\leq a\leq 1.05$；

可选地，$0.5\leq b<1$，进一步可选地，$0.5\leq b\leq 0.9$，更进一步可选地，$0.6\leq b\leq 0.9$；

可选地，$0.05\leq c<1$，进一步可选地，$0.05\leq c\leq 0.5$，更进一步可选地，$0.05\leq c\leq 0.3$；

可选地，$0.05\leq d<1$，进一步可选地，$0.05\leq d\leq 0.5$，更进一步可选地，$0.05\leq d\leq 0.3$；

可选地，$0\leq e<0.1$，进一步可选地，$0\leq e\leq 0.05$，更进一步可选地，$0\leq e\leq 0.03$；

可选地，$1\leq f\leq 2.1$，进一步可选地，$1.8\leq f\leq 2.05$，更进一步可选地，$1.95\leq f\leq 2.05$；

可选地，$0\leq g<0.5$，进一步可选地，$0\leq g\leq 0.1$，更进一步可选地，$0\leq g\leq 0.05$。

11. 根据权利要求 1~10 中任一项所述的电池单体，其中，所述第二正极活性物质满足如下特征中的一项或多项：

Mn 元素和 Fe 元素的原子摩尔比为 0.42~9，可选地，Mn 元素和 Fe 元素的原子摩尔比为 0.66~4；

以 Li 元素的原子摩尔当量为 0.9~1.1 计，可选地以 0.9~1.05 计，进一步可选地以 1 计，Mn 元素的原子摩尔当量为 0.5~0.999，可选地，Mn 元素的原子摩尔当量为 0.5~0.6；

以 Li 元素的原子摩尔当量为 0.9~1.1 计，可选地以 0.9~1.05 计，进一步可选地以 1 计，Fe 元素的原子摩尔当量为 0.001~0.5，可选地，Fe 元素的原子摩尔当量为 0.4~0.5。

12. 根据权利要求 1~10 中任一项所述的电池单体，其中，所述第二活性物质包括第二本体，还包括或不包括位于所述第二本体表面至少一部分的第二包覆层；其中，所述第二本体的化学式为 $Li_{1+x}Mn_{1-y-w}Fe_wM3_yP_{1-z}Q_zO_4$，其中，$-0.1\leq x\leq 0.1$，$0.1\leq w\leq 0.5$，$0.001\leq y\leq 0.5$，$0.001\leq z\leq 0.1$，所述第二活性物质中的 M3 元素包括 Zn、Al、Na、K、Mg、Mo、W、Ti、V、Zr、Ni、Co、Ga、Sn、Sb、Nb 和 Ge 中的一种或多种元素，所述第二活性物质中的 Q 元素包括 B、Si、N、S、F、Cl 和 Br 中的一种或多种元素；

可选地，$0.1\leq y\leq 0.5$，进一步可选地，$0.2\leq y<0.5$，更进一步可选地，$0.3\leq y<0.5$；

可选地，$0.2\leq w\leq 0.5$，进一步可选地，$0.3\leq w<0.5$，更进一步可选地，$0.4\leq w<0.5$；

可选地，$0.001\leq z\leq 0.1$，进一步可选地，$0.001\leq z<0.05$，更进一步可选地，$0.001\leq z<0.002$；

可选地，所述第二活性物质中的 M3 元素包括 Ti、V、Ni、Co 和 Mg 中一种或多种元素；

可选地，所述第二活性物质中的 Q 元素包括 B、Si、N 和 S 中的一种元素；

可选地，所述第二包覆层包括焦磷酸盐、磷酸盐和碳中的一种或多种；

可选地，所述第二包覆层为单层结构或多层结构。

13. 根据权利要求 1~12 中任一项所述的电池单体，其中，所述第一正极活性物质和所述第二正极活性物质在所述正极活性材料层中的总质量占比 $R_{I+II}\geq 85\%$；

可选地，$R_{I+II}\geq 90\%$；

进一步可选地，$R_{I+II}\geq 95\%$。

14. 根据权利要求 1~13 中任一项所述的电池单体，其中，所述第一阳离子包括碱金属元素和碱土金属元素中的一种或多种元素的阳离子；

可选地，所述第一阳离子包括钠离子、钾离子、钙离子和镁离子中的一种或多种；

可选地，所述第一阳离子盐中的阴离子包括六氟磷酸根离子、高氯酸根离子、四氟硼酸根离子、双三氟甲基磺酰亚胺根离子、三氟甲磺酸根离子、双氟磺酰基酰亚胺根离子和三(三氟甲基磺酰)甲基离子中的一种或多种；

进一步可选地，所述第一阳离子盐包括六氟磷酸钠、高氯酸钠、四氟硼酸钠、双三氟甲基磺酰亚胺钠、三氟甲磺酸钠、双氟磺酰基酰亚胺钠、三(三氟甲基磺酰)甲基钠、六氟磷酸钾、高氯酸钾、四氟硼酸钾、双三氟甲基磺酰亚胺钾、三氟甲磺酸钾、双氟磺酰基酰亚胺钾和三(三氟甲基磺酰)甲基钾中的一种或多种；

更进一步可选地，所述第一阳离子盐包括六氟磷酸钠、四氟硼酸钠和高氯酸钠中的一种或两种。

15. 根据权利要求 1~14 中任一项所述的电池单体，其中，所述负极极片包括负极活性材料层，所述负极活性材料层包括负极活性物质，所述负极活性物质包括硅基材料；所述硅基材料在所述负极活性物质中所占的质量百分比记为 X1，

可选地，$X1\geq 3\%$，进一步可选为 $3\%\leq X1\leq 50\%$；

可选地，所述硅基材料包括单质硅、硅氧化物、硅碳复合物、硅氮复合物、硅合金、硅石墨烯复合材料、硅碳纳米管和含硅导电聚合物中的一种或多种。

16. 一种二次电池，其包括权利要求 1~15 任一项中所述电池单体。

17. 根据权利要求 16 所述的二次电池，其中，所述二次电池为锂离子二次电池。

18. 一种用电装置，其包括权利要求 1~15 任一项中所述电池单体和权利要求 16 或 17 所述二次电池中的至少一种。

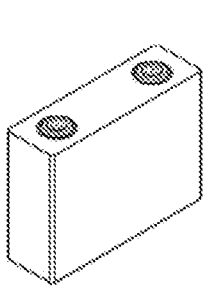


图 1

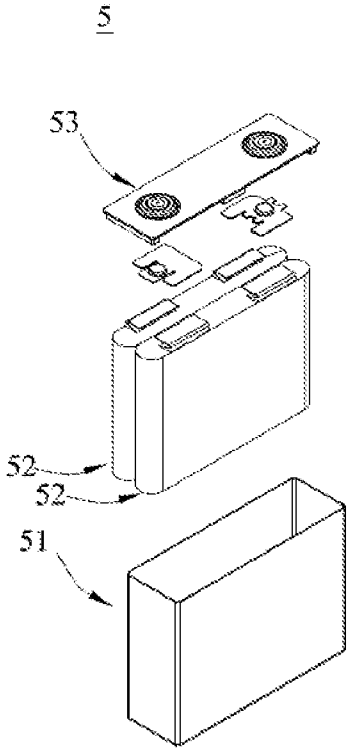


图 2

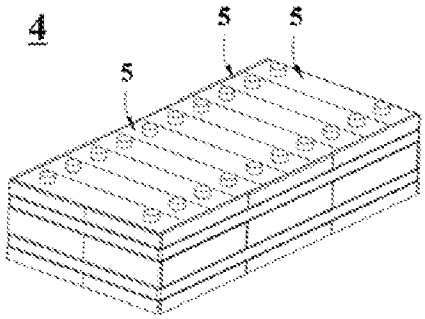


图 3

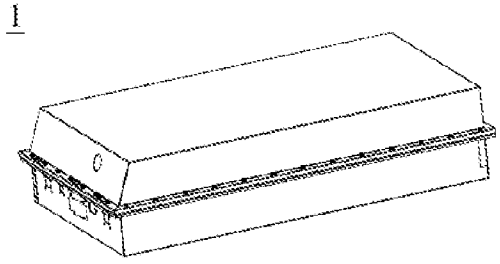


图 4

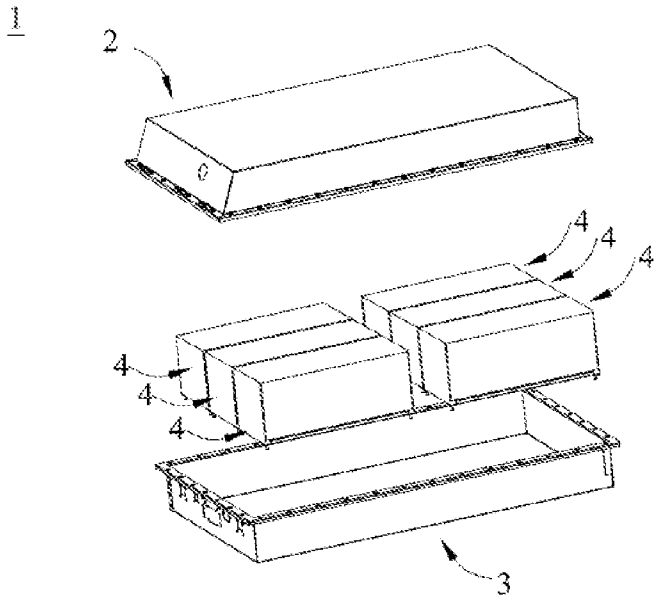


图 5

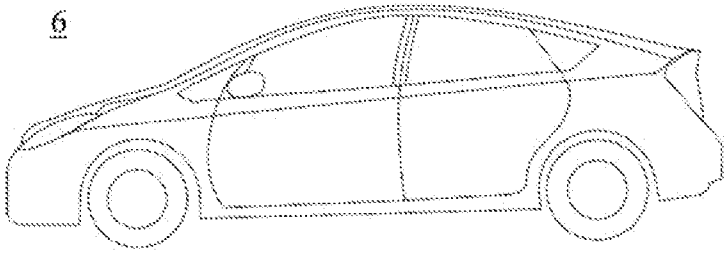


图 6

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/CN2024/118339

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H01M4/131(2010.01)i; H01M4/525(2010.01)i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC: H01M

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

CNABS; CNTXT; DWPI; VEN; ENTXT; CNKI: 钴酸锂, 磷酸铁锂, 电解质, 六氟磷酸锂, 六氟磷酸钠, lithium cobalt oxide, lithium iron phosphate, electrolyte, lithium hexafluorophosphate, sodium hexafluorophosphate

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	CN 116779980 A (CONTEMPORARY AMPEREX TECHNOLOGY CO., LTD.) 19 September 2023 (2023-09-19) description, paragraphs 2-129, 176, 336-338, and 404-406	1-18
X	CN 117013054 A (FUDAN UNIVERSITY) 07 November 2023 (2023-11-07) description, paragraphs 5-18 and 39	1, 3-4, 6-10, 13-18
A	CN 116868376 A (CONTEMPORARY AMPEREX TECHNOLOGY CO., LTD.) 10 October 2023 (2023-10-10) entire document	1-18
A	JP 2010277958 A (HITACHI CHEMICAL CO., LTD. et al.) 09 December 2010 (2010-12-09) entire document	1-18

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C. ☑ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
"D" document cited by the applicant in the international application
"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed
"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search	Date of mailing of the international search report
10 December 2024	**17 December 2024**

Name and mailing address of the ISA/CN	Authorized officer
China National Intellectual Property Administration (ISA/CN) **China No. 6, Xitucheng Road, Jimenqiao, Haidian District, Beijing 100088**	Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.
PCT/CN2024/118339

Patent document cited in search report	Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)	Publication date (day/month/year)
CN 116779980 A	19 September 2023	None	
CN 117013054 A	07 November 2023	None	
CN 116868376 A	10 October 2023	CN 116868376 B	09 August 2024
		WO 2024216499 A1	24 October 2024
JP 2010277958 A	09 December 2010	JP 5487442 B2	07 May 2014

国际检索报告

国际申请号
PCT/CN2024/118339

A. 主题的分类

H01M4/131(2010.01)i；H01M4/525(2010.01)i

按照国际专利分类(IPC)或者同时按照国家分类和IPC两种分类

B. 检索领域

检索的最低限度文献(标明分类系统和分类号)

IPC: H01M

包含在检索领域中的除最低限度文献以外的检索文献

在国际检索时查阅的电子数据库(数据库的名称，和使用的检索词（如使用））

CNABS; CNTXT; DWPI; VEN; ENTXT; CNKI:钴酸锂，磷酸铁锂，电解质，六氟磷酸锂，六氟磷酸钠，lithium cobalt oxide, lithium iron phosphate, electrolyte,lithium hexafluorophosphate, sodium hexafluorophosphate

C. 相关文件

类 型*	引用文件，必要时，指明相关段落	相关的权利要求
X	CN 116779980 A (宁德时代新能源科技股份有限公司) 2023年9月19日 (2023 - 09 - 19) 说明书第2-129、176、336-338、404-406段	1-18
X	CN 117013054 A (复旦大学) 2023年11月7日 (2023 - 11 - 07) 说明书第5-18、39段	1、3-4、6-10、13-18
A	CN 116868376 A (宁德时代新能源科技股份有限公司) 2023年10月10日 (2023 - 10 - 10) 全文	1-18
A	JP 2010277958 A (HITACHI CHEMICAL CO LTD 等) 2010年12月9日 (2010 - 12 - 09) 全文	1-18

☐ 其余文件在C栏的续页中列出。

☑ 见同族专利附件。

* 引用文件的具体类型：

“A” 认为不特别相关的表示了现有技术一般状态的文件

“D” 申请人在国际申请中引证的文件

“E” 在国际申请日的当天或之后公布的在先申请或专利

“L” 可能对优先权要求构成怀疑的文件，或为确定另一篇引用文件的公布日而引用的或者因其他特殊理由而引用的文件（如具体说明的）

“O” 涉及口头公开、使用、展览或其他方式公开的文件

“P” 公布日先于国际申请日但迟于所要求的优先权日的文件

“T” 在申请日或优先权日之后公布，与申请不相抵触，但为了理解发明之理论或原理的在后文件

“X” 特别相关的文件，单独考虑该文件，认定要求保护的发明不是新颖的或不具有创造性

“Y” 特别相关的文件，当该文件与另一篇或者多篇该类文件结合并且这种结合对于本领域技术人员为显而易见时，要求保护的发明不具有创造性

“&” 同族专利的文件

国际检索实际完成的日期	国际检索报告邮寄日期
2024年12月10日	2024年12月17日
ISA/CN的名称和邮寄地址 中国国家知识产权局 中国北京市海淀区蓟门桥西土城路6号 100088	受权官员 何姣 电话号码 (+86) 020-28958160

国际检索报告
关于同族专利的信息

国际申请号
PCT/CN2024/118339

检索报告引用的专利文件			公布日 (年/月/日)	同族专利			公布日 (年/月/日)
CN	116779980	A	2023年9月19日	无			
CN	117013054	A	2023年11月7日	无			
CN	116868376	A	2023年10月10日	CN	116868376	B	2024年8月9日
				WO	2024216499	A1	2024年10月24日
JP	2010277958	A	2010年12月9日	JP	5487442	B2	2014年5月7日