

(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
2024 年 8 月 22 日 (22.08.2024)



(10) 国际公布号
WO 2024/168804 A1

(51) 国际专利分类号:
H01M 10/0567 (2010.01) H01M 10/0525 (2010.01)

(21) 国际申请号: PCT/CN2023/076752

(22) 国际申请日: 2023 年 2 月 17 日 (17.02.2023)

(25) 申请语言: 中文

(26) 公布语言: 中文

(71) 申请人: 宁德新能源科技有限公司 (NINGDE AMPEREX TECHNOLOGY LIMITED) [CN/CN]; 中国福建省宁德市蕉城区漳湾镇新港路 1 号, Fujian 352100 (CN)。

(72) 发明人: 彭谢学 (PENG, Xiexue); 中国福建省宁德市蕉城区漳湾镇新港路 1 号, Fujian 352100 (CN)。简俊华 (JIAN, Junhua); 中国福建省宁德市蕉城区漳湾镇新港路 1 号, Fujian 352100 (CN)。刘俊飞 (LIU, Junfei); 中国福建省宁德市蕉城区漳湾镇新港路 1 号, Fujian 352100 (CN)。唐超 (TANG, Chao); 中国福建省宁德市蕉城区漳湾镇新港路 1 号, Fujian 352100 (CN)。

(74) 代理人: 北京律盟知识产权代理有限公司 (LEE AND LI - LEAVEN IPR AGENCY LTD.); 中国北京市东城区建国门南大街 7 号璞邸酒店 A 座 2202 室, Beijing 100005 (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, 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。

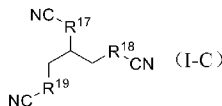
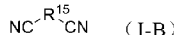
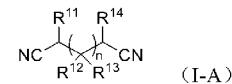
(84) 指定国(除另有指明, 要求每一种可提供的地区保护): ARIPO (BW, CV, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SC, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), 欧亚 (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), 欧洲 (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, ME, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, 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: ELECTROLYTE AND ELECTROCHEMICAL APPARATUS

(54) 发明名称: 电解液和电化学装置



(57) Abstract: The present application relates to an electrolyte and an electrochemical apparatus. Specifically, the present application provides an electrolyte, comprising a compound represented by formula I-A, a compound represented by formula I-B, and a compound represented by formula I-C, wherein on the basis of the mass of the electrolyte, the content of the compound represented by formula I-A is 0.12%-5.0%, the content of the compound represented by formula I-B is 0.12%-5.0%, and the content of the compound represented by formula I-C is 0.12%-3.0%. The electrolyte in the present application helps to improve the cycle performance and the high-temperature storage performance of the electrochemical apparatus.

(57) 摘要: 本申请涉及一种电解液和电化学装置。具体而言, 本申请提供一种电解液, 其包括式 I -A 化合物、式 I -B 化合物和式 I -C 化合物, 并且其中基于所述电解液的质量, 所述式 I -A 化合物的含量为 0.12% -5.0%; 所述式 I -B 化合物的含量为 0.12% -5.0%; 以及所述式 I -C 化合物的含量为 0.12% 至 3.0%。本申请的电解液有助于改善电化学装置的循环性能和高温存储性能。



WO 2024/168804 A1

电解液和电化学装置

技术领域

本申请涉及储能领域，具体涉及一种电解液和电化学装置。

背景技术

随着电化学装置（例如，锂离子电池）在各类电子产品中的广泛应用，用户对于电化学装置的性能提出了越来越高的要求，尤其关注于电化学装置的长循环寿命以及自放电大小等。电化学装置的寿命会受其循环过程的阻抗增长的影响，电化学装置在高温存储过程的电压降能反应出其自放电情况。

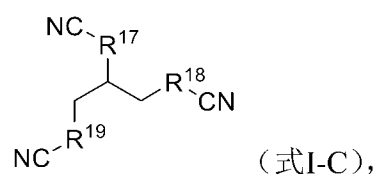
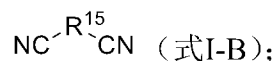
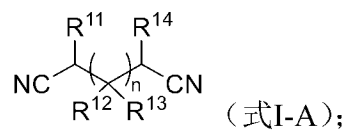
电化学装置在循环过程中阻抗的增长和高温存储过程中电压降的影响因素包括活性材料界面与电解液界面之间的稳定性。当其界面之间的稳定性较差时，电解液会持续分解。提高活性材料界面与电解液界面之间的稳定性从而抑制电解液分解已成为目前亟待解决的问题之一。

有鉴于此，确有必要提供一种可提供改进的循环性能和高温存储性能的电解液和电化学装置。

发明内容

本申请通过提供一种电解液和电化学装置以试图在至少某种程度上解决至少一种存在于相关领域中的问题。

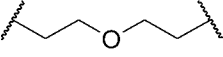
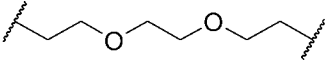
根据本申请的一个方面，本申请提供了一种电解液，包括式I-A 化合物、式I-B 化合物和式I-C 化合物：



其中：

n 选自 1-8 的整数；

R^{11} 、 R^{12} 、 R^{13} 和 R^{14} 各自独立地选自氢、卤素或经取代或未经取代的 C_1 - C_5 烷基，且 R^{11} 、 R^{12} 、 R^{13} 和 R^{14} 中的至少一者是经取代或未经取代的 C_1 - C_5 烷基；

R^{15} 选自 C_2 - C_4 亚烷基、 C_2 - C_4 亚烯基、 或 ；

R^{17} 、 R^{18} 和 R^{19} 各自独立选自单键、 C_1 - C_5 亚烷基或 C_1 - C_5 亚烷氧基；

经取代时，取代基各自独立地为卤素；并且

 表示两个相邻原子的连接位点；

并且其中基于电解液的质量，

式 I-A 化合物的含量为 X%，X 在 0.12 至 5.0 的范围内；

式 I-B 化合物的含量为 Y%，Y 在 0.12 至 5.0 的范围内；以及

式 I-C 化合物的含量为 Z%，Z 在 0.12 至 3.0 的范围内。

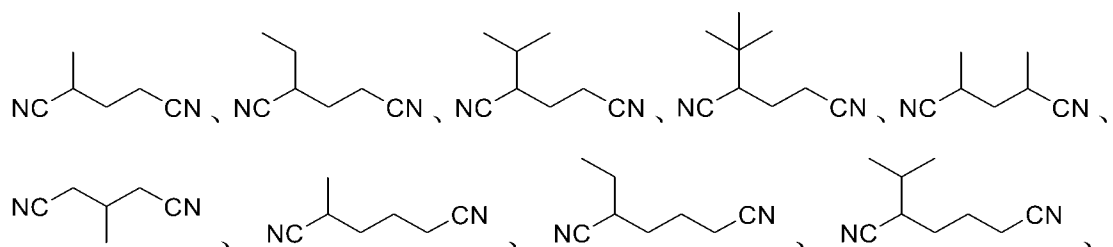
式 I-A 化合物、式 I-B 化合物和式 I-C 化合物均为多腈化合物。多个氰基的存在可以稳定正极活性材料（例如，正极活性材料中的过渡金属）。式 I-A 化合物存在支链，其会增加空间位阻，增强对正极界面的保护，但其粘度较大。式 I-B 化合物具有较小的粘度。式 I-C 化合物对正极活性材料的稳定性强。电解液中包含特定含量的式 I-A 化合物、式 I-B 化合物和式 I-C 化合物，能有效改善包含该电解液的电化学装置的循环性能和高温存储性能。

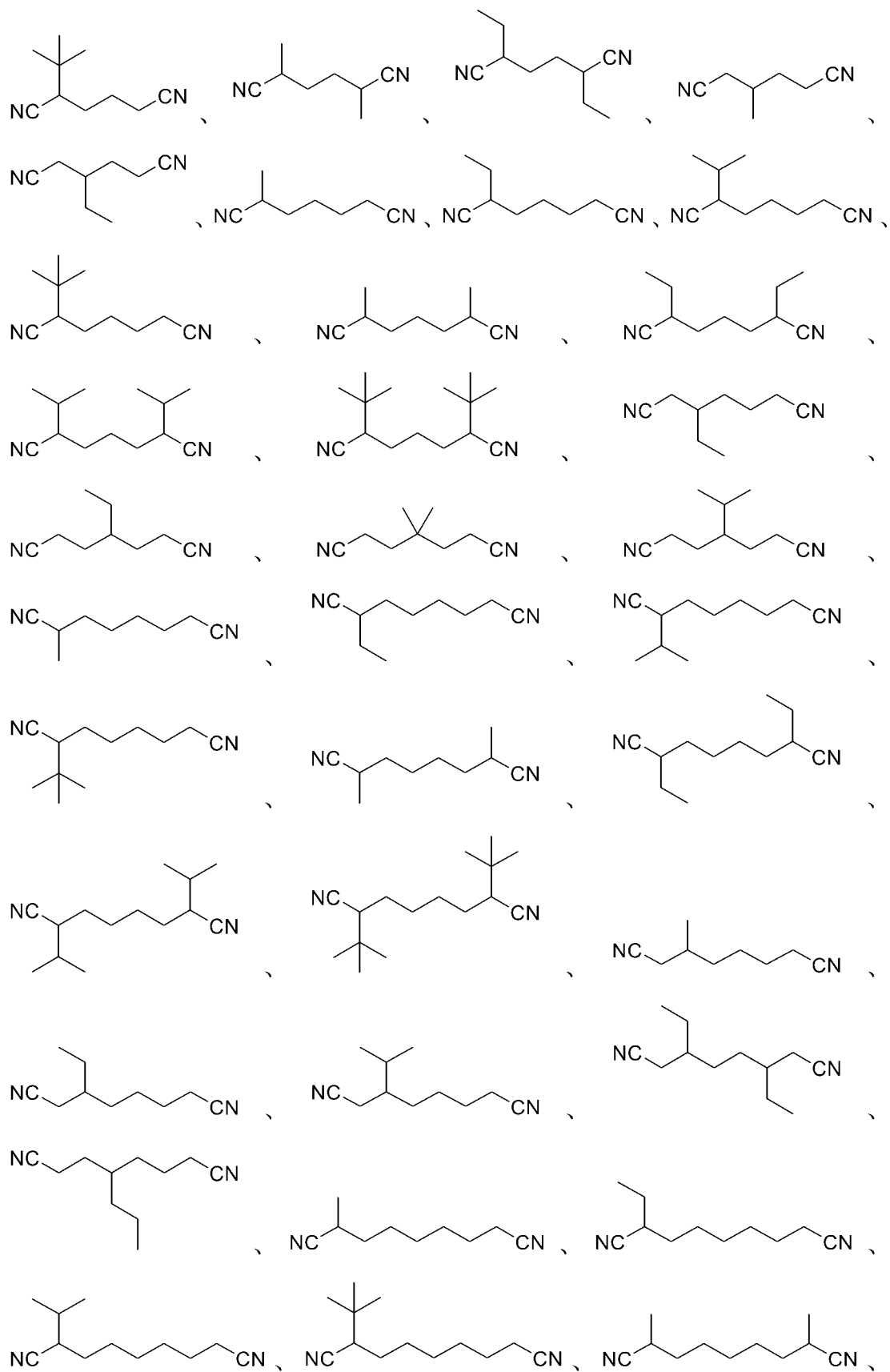
根据本申请的实施例，所述 X 在 0.5 至 4.2 的范围内；所述 Y 在 0.5 至 4.2 的范围内；以及所述 Z 在 0.5 至 3.0 的范围内。

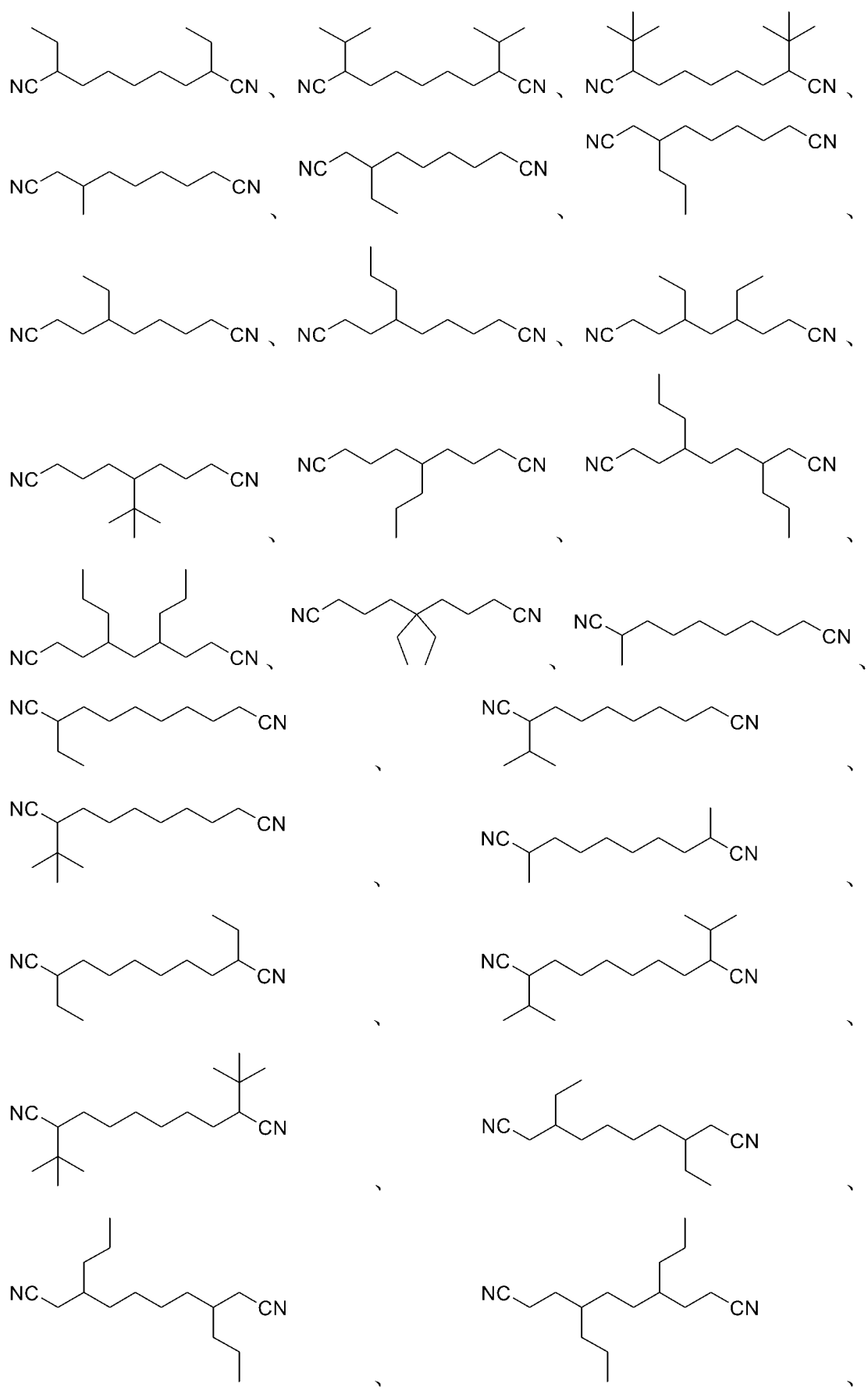
根据本申请的实施例，Z/X 在 0.1 至 3 的范围内。

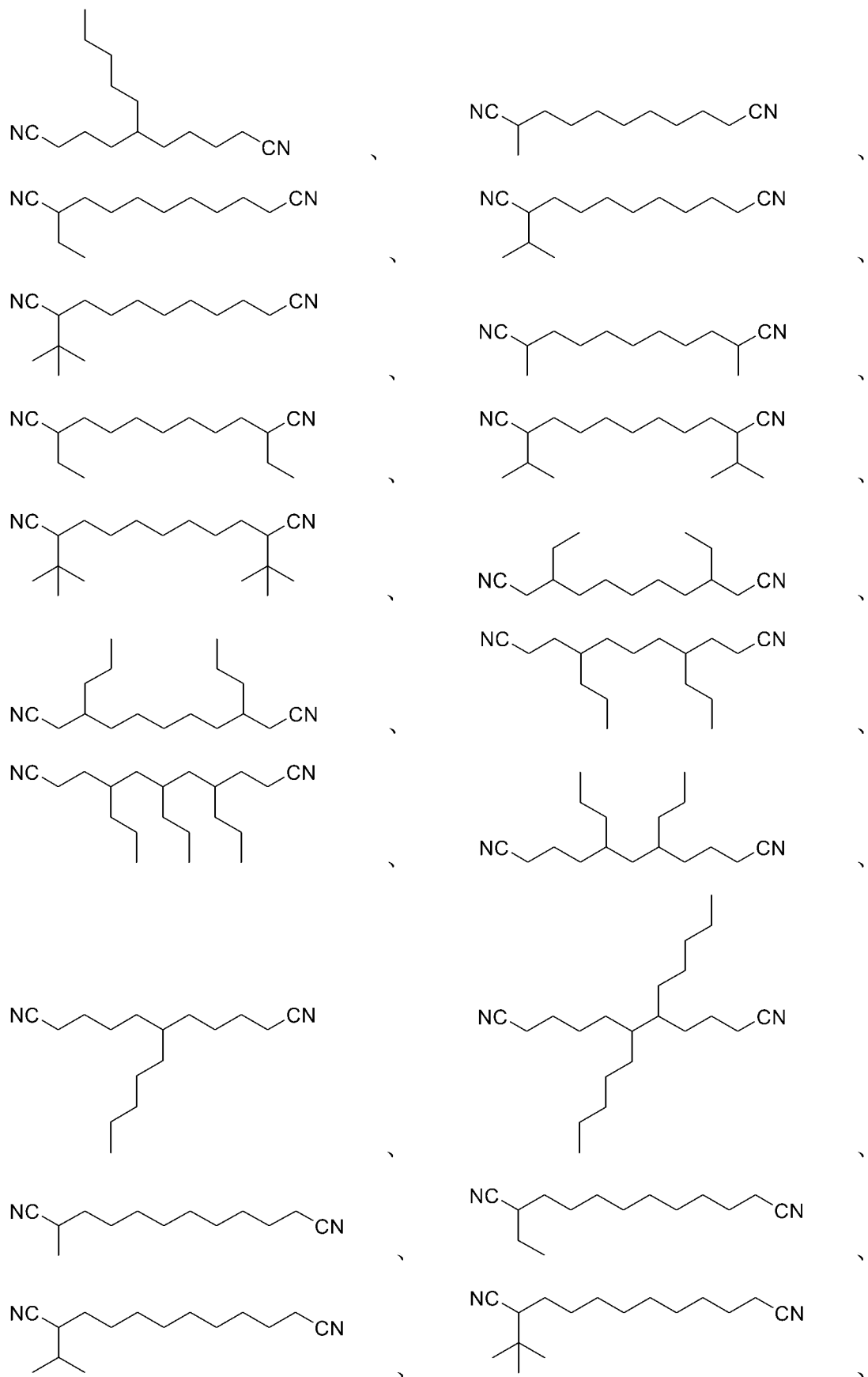
根据本申请的实施例，Z/X 在 0.6 至 2.5 的范围内。

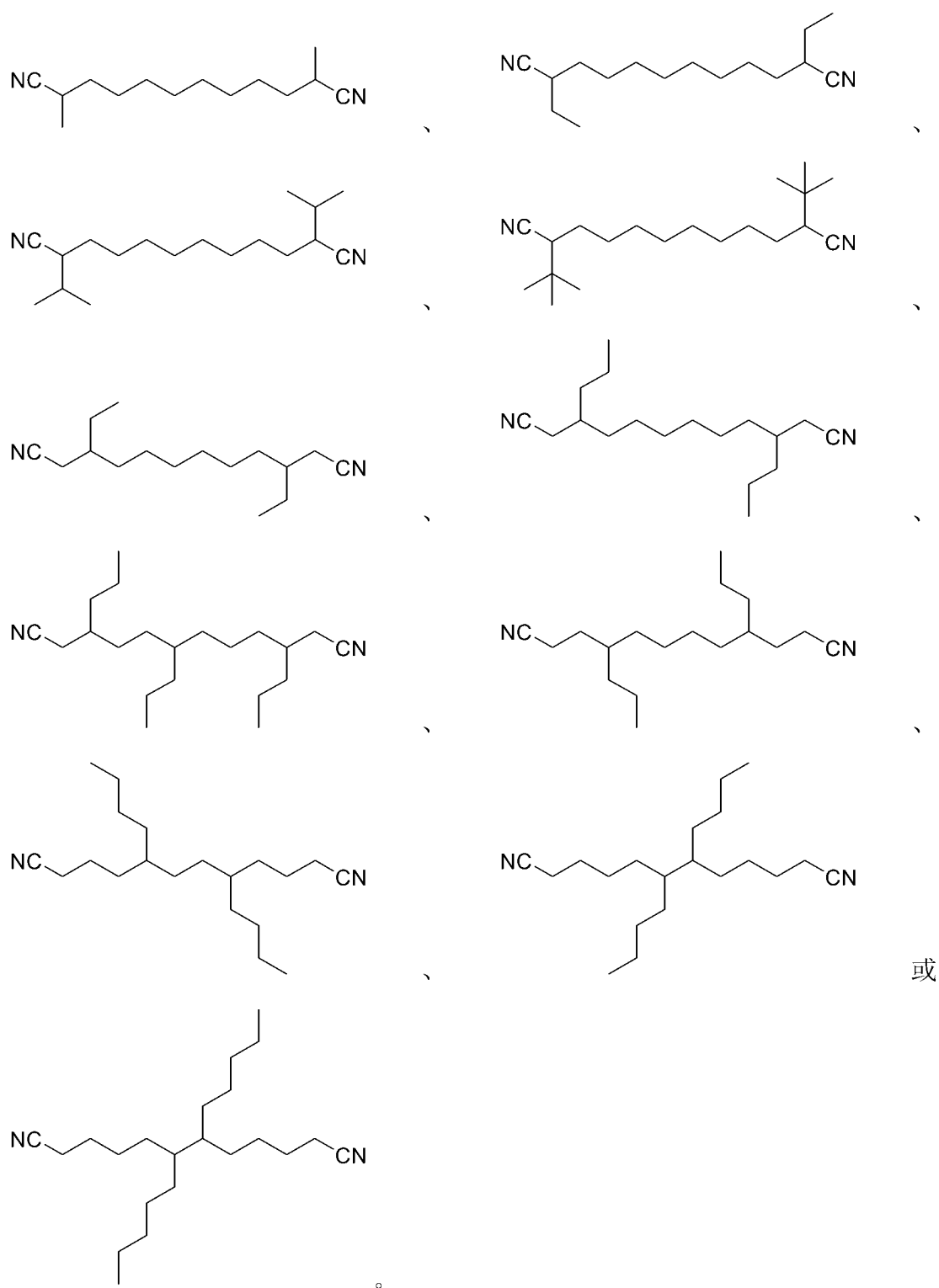
根据本申请的实施例，所述式 I-A 化合物包括以下化合物中的至少一种：



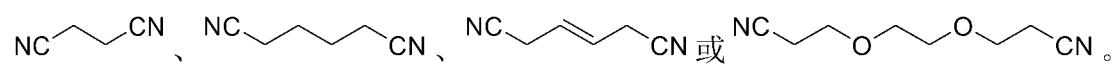




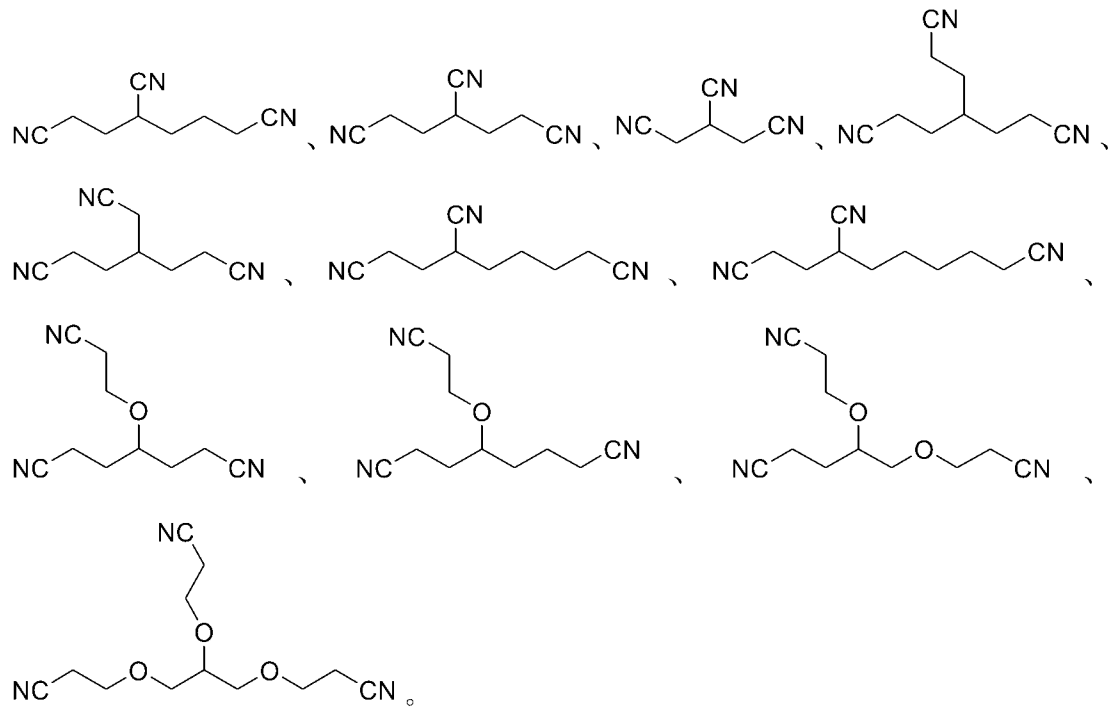




根据本申请的实施例，所述式I-B 化合物包括以下化合物中的至少一种：



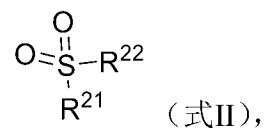
根据本申请的实施例，所述式I-C 化合物包括以下化合物中的至少一种：



根据本申请的实施例，Y/X 在 0.12 至 5 的范围内。

根据本申请的实施例，所述电解液还包括含硫氧双键的化合物，并且基于所述电解液的质量，所述含硫氧双键的化合物的含量为 0.01% 至 10%。

根据本申请的实施例，所述含硫氧双键的化合物包括具有式 II 的化合物：



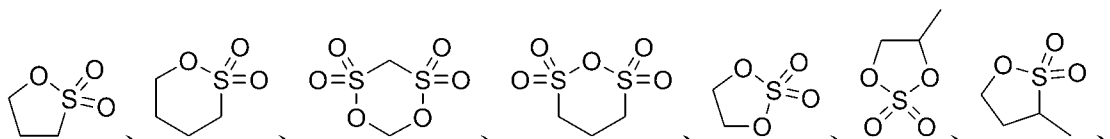
其中：

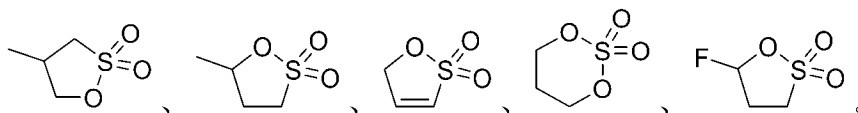
R^{21} 和 R^{22} 各自独立地选自经取代或未经取代的 $\text{C}_1\text{-C}_5$ 烷基、经取代或未经取代的 $\text{C}_2\text{-C}_{10}$ 烯基、经取代或未经取代的 $\text{C}_2\text{-C}_{10}$ 炔基、经取代或未经取代的 $\text{C}_3\text{-C}_{10}$ 脂环基、经取代或未经取代的 $\text{C}_6\text{-C}_{10}$ 芳基或经取代或未经取代的含有 $\text{C}_1\text{-C}_5$ 的杂原子官能团，所述杂原子官能团中的杂原子选自 O 或 S 中的至少一种；

R^{21} 和 R^{22} 任选地连接在一起形成环；并且

当经取代时，取代基各自独立地选自卤素。

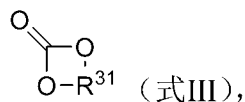
根据本申请的实施例，所述含硫氧双键的化合物包括以下化合物中的至少一种：





当电解液进一步包括一定含量的含硫氧双键的化合物时,可以有效地改善正极界面和负极界面的稳定性,且不会显著影响电解液的粘度和正极界面和负极界面的阻抗,可进一步改善电化学装置的循环性能和高温存储性能。

根据本申请的实施例,所述电解液还包括式III化合物:

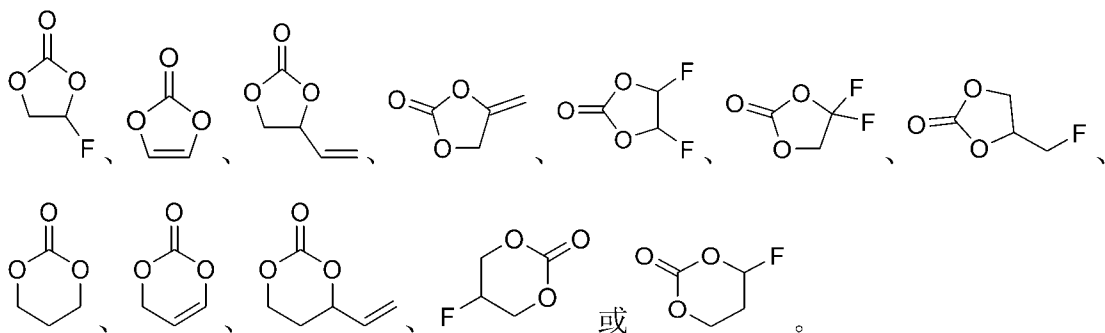


其中:

R^{31} 选自经取代或未经取代的 C_1 - C_6 亚烷基或经取代或未经取代的 C_2 - C_6 亚烯基;

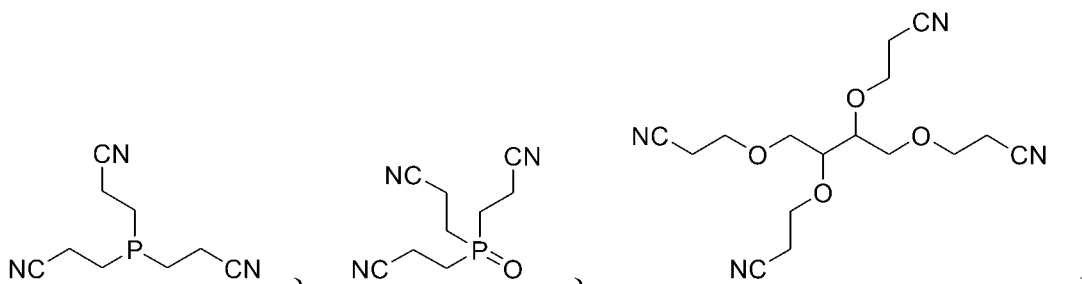
当经取代时,取代基各自独立地选自卤素、 C_1 - C_6 烷基或 C_2 - C_6 烯基;并且基于所述电解液的质量,所述式III化合物的含量为0.01%至15%。

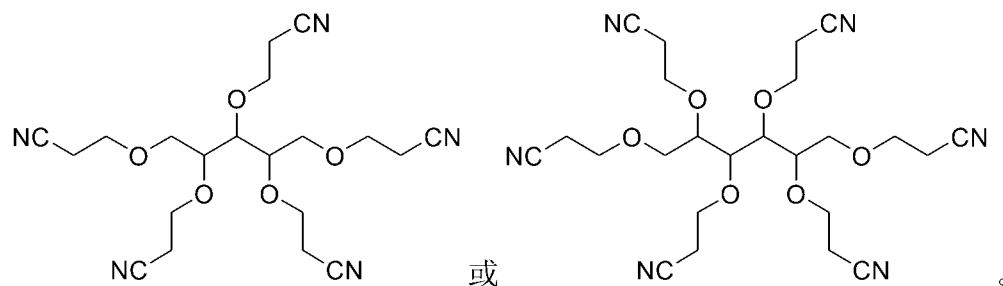
根据本申请的实施例,所述式III化合物包括以下化合物中的至少一种:



当电解液进一步包括一定含量的式III化合物时,可充分保护负极界面,进一步改善电化学装置的循环性能和高温存储性能。

根据本申请的实施例,所述电解液还包括化合物IV,所述化合物IV包括以下化合物中的至少一种:





根据本申请的实施例，基于所述电解液的质量，所述化合物 IV 的含量为 0.01%至 2%。

当电解液进一步包括一定含量的化合物 IV 时，可进一步抑制电解液分解，减少电化学装置的循环阻抗增长和高温存储厚度膨胀率，从而显著提升电化学装置的循环性能和高温存储性能。

根据本申请的实施例，所述电解液还包括含硼锂盐，并且基于所述电解液的质量，所述含硼锂盐的含量为 0.01%至 1%。

根据本申请的实施例，所述含硼锂盐包括四氟硼酸锂、二草酸硼酸锂或二氟草酸硼酸锂中的至少一种。

根据本申请的实施例，基于所述电解液的质量，所述含硼锂盐的含量为 M%，并且 M/X 不大于 1。

当电解液中进一步包含一定含量的含硼锂盐时，可进一步减少电化学装置的循环阻抗增长，并进一步显著提升电化学装置的循环性能。

根据本申请的另一个方面，本申请提供了一种电化学装置，其包括正极、负极和根据本申请所述的电解液。

根据本申请的又一个方面，本申请提供了一种电子装置，其包括根据本申请所述的电化学装置。

本申请提供了一种电解液、电化学装置和电子装置，当电解液中同时包含特定含量的式 I-A 化合物、式 I-B 化合物和式 I-C 化合物时，电解液具有恰当的粘度并且可稳定正极活性材料，保护正极界面，起到抑制电解液分解的作用，从而可显著减少电化学装置的循环阻抗增长和高温存储电压降，由此显著提升电化学装置的循环性能和高温存储性能，同时可获得较小粘度的电解液，提升了电化学装置的动力学性能。

本申请的额外层面及优点将部分地在后续说明中描述、显示、或是经由本申请实施例的实施而阐释。

具体实施方式

本申请的实施例将会被详细的描述在下文中。本申请的实施例不应该被解释为对本申请的限制。

在具体实施方式及权利要求书中，由术语“中的至少一种”连接的项目的列表可意味着所列项目的任何组合。例如，如果列出项目 A 及 B，那么短语“A 及 B 中的至少一种”意味着仅 A；仅 B；或 A 及 B。在另一实例中，如果列出项目 A、B 及 C，那么短语“A、B 及 C 中的至少一种”意味着仅 A；或仅 B；仅 C；A 及 B (排除 C)；A 及 C (排除 B)；B 及 C (排除 A)；或 A、B 及 C 的全部。项目 A 可包含单个元件或多个元件。项目 B 可包含单个元件或多个元件。项目 C 可包含单个元件或多个元件。

术语“烷基”是指具有 1 至 20 个碳原子的直链饱和烃结构。“烷基”还预期是具有 3 至 20 个碳原子的支链或环状烃结构。当指定具有具体碳数的烷基时，预期涵盖具有该碳数的所有几何异构体；因此，例如，“丁基”意思是包括正丁基、仲丁基、异丁基、叔丁基和环丁基；“丙基”包括正丙基、异丙基和环丙基。烷基实例包括，但不限于甲基、乙基、正丙基、异丙基、环丙基、正丁基、异丁基、仲丁基、叔丁基、环丁基、正戊基、异戊基、新戊基、环戊基、甲基环戊基、乙基环戊基、正己基、异己基、环己基、正庚基、辛基、环丙基、环丁基、降冰片基等。

术语“烯基”是指可为直链或具支链且具有至少一个且通常 1 个、2 个或 3 个碳碳双键的单价不饱和烃基团。除非另有定义，否则所述烯基通常含有 2 个到 20 个碳原子且包括（例如）-C₂₋₄ 烯基、-C₂₋₆ 烯基及 -C₂₋₁₀ 烯基。代表性烯基包括（例如）乙烯基、正丙烯基、异丙烯基、正-丁-2-烯基、丁-3-烯基、正-己-3-烯基等。

术语“炔基”是指可为直链或具支链且具有至少一个且通常具有 1 个、2 个或 3 个碳碳三键的单价不饱和烃基团。除非另有定义，否则所述炔基通常含有 2 个到 20 个碳原子且包括（例如）-C₂₋₄ 炔基、-C₃₋₆ 炔基及 -C₃₋₁₀ 炔基。代表性炔基包括（例如）乙炔基、丙-2-炔基（正-丙炔基）、正-丁-2-炔基、正-己-3-炔基等。

术语“亚烷基”涵盖直链和支链亚烷基。例如，亚烷基可为 C₁-C₅₀ 亚烷基、C₁-C₄₀ 亚烷基、C₁-C₃₀ 亚烷基、C₁-C₂₀ 亚烷基、C₁-C₁₀ 亚烷基、C₁-C₆ 亚烷基、C₂-C₆ 亚烷基、C₂-C₅ 亚烷基。

术语“亚烯基”涵盖直链和支链亚烯基。例如，亚烯基可为 C₂-C₅₀ 亚烯基、C₂-C₄₀ 亚烯基、C₂-C₃₀ 亚烯基、C₂-C₂₀ 亚烯基、C₂-C₁₀ 亚烯基、C₁-C₆ 亚烯基、C₂-C₆ 亚烯基。

术语“芳基”意指具有单环（例如，苯基）或稠合环的单价芳香族烃。稠合环系统包括那些完全不饱和的环系统（例如，萘）以及那些部分不饱和的环系统（例如，1,2,3,4-四氢萘）。除非另有定义，否则所述芳基通常含有 6 个到 26 个碳环原子且包括（例如）-C₆₋₁₀ 芳基。代表性芳基包括（例如）苯基、甲基苯基、丙基苯基、异丙基苯基、苯甲基和萘-1-基、萘-2-基等等。

术语“卤素”可为 F、Cl、Br 或 I。

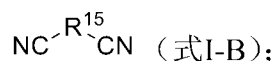
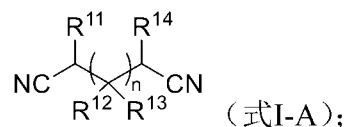
术语“杂原子”涵盖 O、S、P、N、B 或其电子等排体。

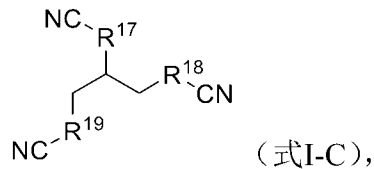
术语“杂原子的官能团”是指包含杂原子的官能团，其中杂原子包含 O、S、P、N 或 B 元素中的至少一种。杂原子的官能团的实例包括但不限于：C₀-C₅ 的磺酸酯基、C₀-C₅ 的硫酸酯基、C₀-C₅ 的醚基、C₀-C₅ 的亚磺酸酯基、C₀-C₅ 的亚硫酸酯基、C₀-C₅ 的磷酸酯基、C₀-C₅ 的硼酸酯基等。

术语“脂环基”是指饱和、部分不饱和或不饱和的单、二、三或多环基团，其具有大约 3 至 15 个碳，或者具有 3 至 12 个碳，或者 3 至 8 个碳，或者 3 至 6 个碳，或者 5 或 6 个碳。脂环基的实例包括但不限于：环丙基，环丁基，环丁烯基，环戊基，环戊烯基，环己基，环己烯基，环庚基，环辛基，等等。

随着电化学装置（例如，锂离子电池）的广泛应用，人们对其性能的要求越来越高。提高电化学装置的能量密度的主要方法包括提高电化学装置的充电电压。然而，当提高电化学装置的充电电压时，较高的充电电压会加速正极活性材料（例如，其中的高价态的过渡金属）对电解液的氧化分解，还会导致释氧，进一步加速电解液的分解，从而使电化学装置的产气增加，进而影响电化学装置的循环性能和高温存储性能。

为了改善电化学装置的循环性能和高温存储性能，本申请提供了一种电解液，其包括式 I-A 化合物、式 I-B 化合物和式 I-C 化合物：

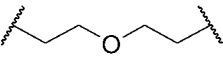
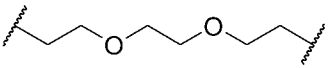




其中:

n 选自 1-8 的整数;

R^{11} 、 R^{12} 、 R^{13} 和 R^{14} 各自独立地选自氢、卤素或经取代或未经取代的 C_1 - C_5 烷基, 且 R^{11} 、 R^{12} 、 R^{13} 和 R^{14} 中的至少一者是经取代或未经取代的 C_1 - C_5 烷基;

R^{15} 选自 C_2 - C_4 亚烷基、 C_2 - C_4 亚烯基、 或  ;

R^{17} 、 R^{18} 和 R^{19} 各自独立选自单键、 C_1 - C_5 亚烷基或 C_1 - C_5 亚烷氧基;

经取代时, 取代基各自独立地为卤素; 并且

 表示两个相邻原子的连接位点;

并且其中基于所述电解液的质量,

所述式 I-A 化合物的含量为 $X\%$, X 在 0.12 至 5.0 的范围内;

所述式 I-B 化合物的含量为 $Y\%$, Y 在 0.12 至 5.0 的范围内; 以及

所述式 I-C 化合物的含量为 $Z\%$, Z 在 0.12 至 3.0 的范围内。

式I-A 化合物、式I-B 化合物和式I-C 化合物均为多腈化合物。多个氰基的存在可以稳定正极活性材料 (例如, 正极活性材料中的过渡金属)。式I-A 化合物存在支链, 其会增加空间位阻, 增强对正极界面的保护, 但其粘度较大。式I-B 化合物具有较小的粘度。式I-C 化合物对正极活性材料的稳定性强。当电解液中 式I-A 化合物、式I-B 化合物和式I-C 化合物的含量太低时, 其难以发挥有效作用。随着电解液中 式I-A 化合物、式I-B 化合物和式I-C 化合物的含量的增加, 其显示出对电化学装置的循环阻抗增长和高温存储电压降的改善效果, 然而继续增加电解液中 式I-A 化合物、式I-B 化合物和式I-C 化合物的含量难以继续提升其效果。过量的式I-A 化合物反而会增大电解液的粘度, 从而对电化学装置的动力学性能产生不利影响。当电解液中同时包含特定含量的式I-A 化合物、式I-B 化合物和式I-C 化合物时, 电解液具有恰当的粘度并且可稳定正极活性材料, 保护正极界面, 起到抑制电解液分解的作用, 从而可显著减少电化学装置的循环阻抗增长和

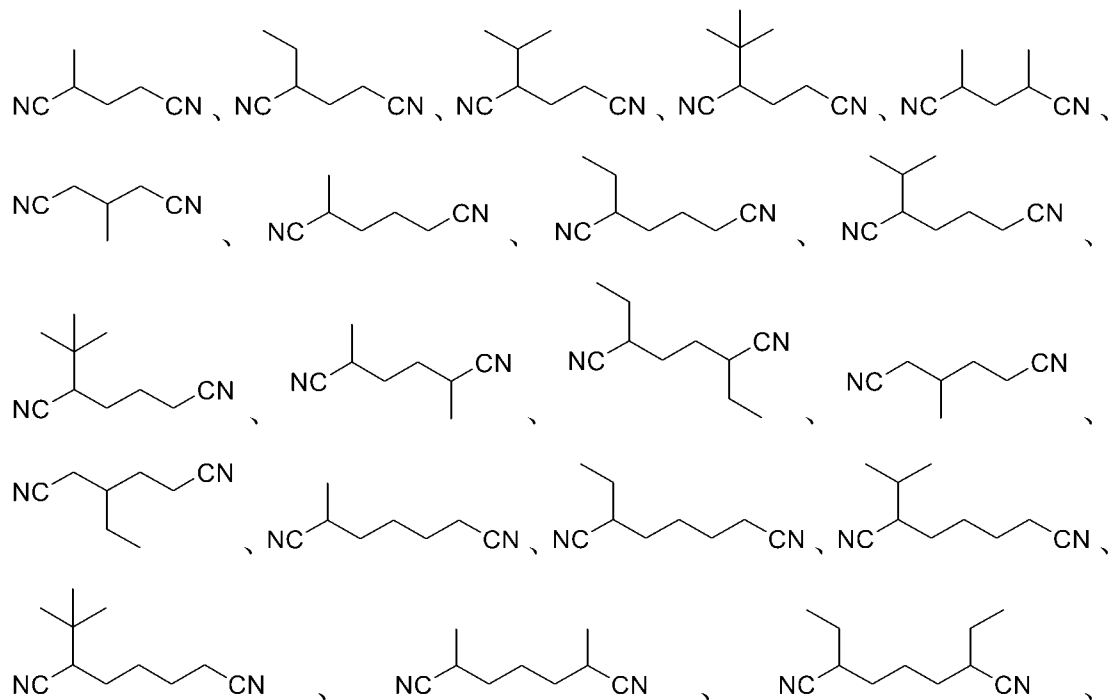
高温存储电压降,由此显著提升电化学装置的循环性能和高温存储性能,同时可获得较小粘度的电解液,提升了电化学装置的动力学性能。

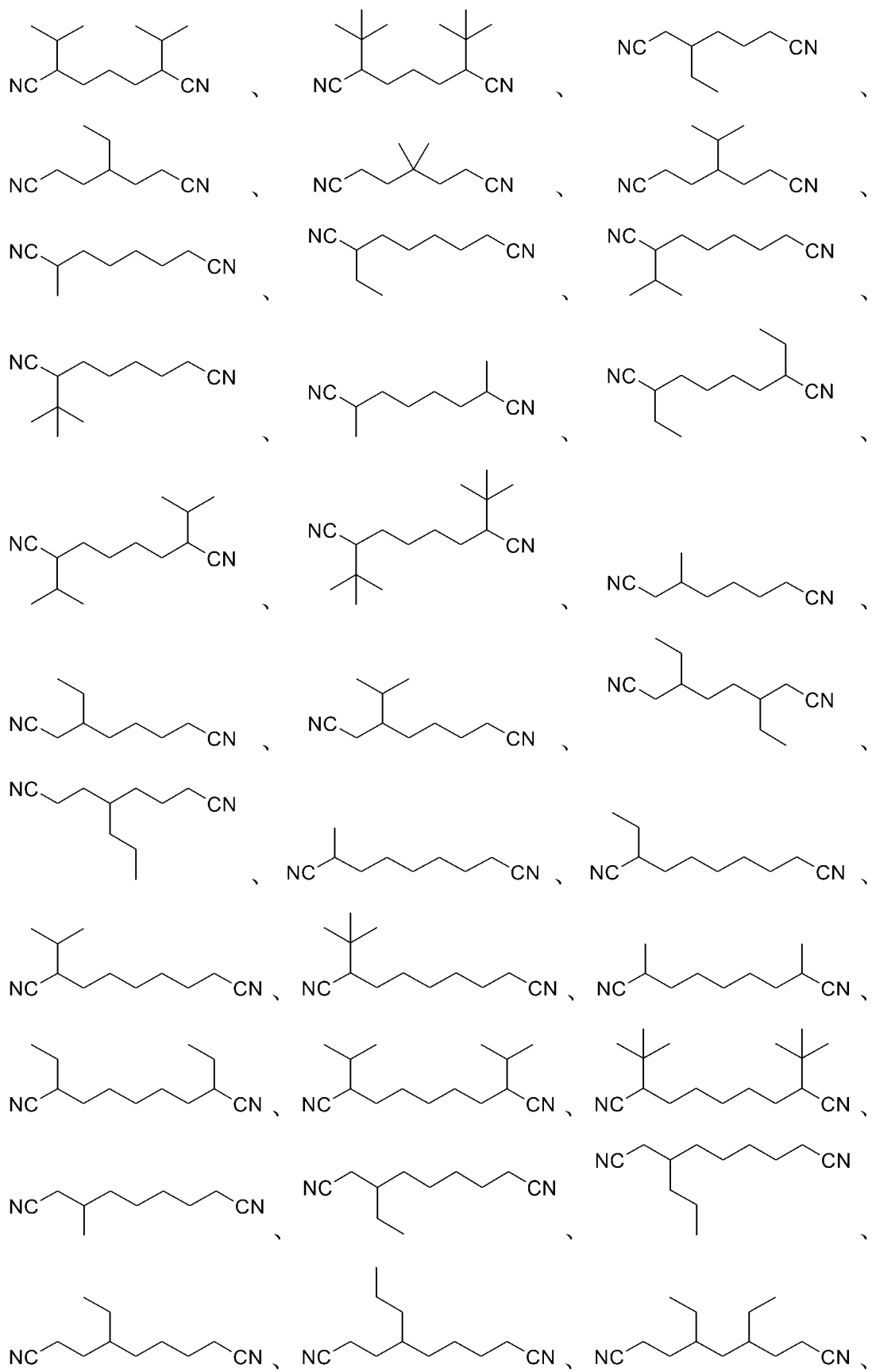
在一些实施例中,X在0.2至4.5的范围内。在一些实施例中,X在0.5至4.2的范围内。在一些实施例中,X在1.0至4.0的范围内。在一些实施例中,X在1.5至3.5的范围内。在一些实施例中,X在2.0至3.0的范围内。在一些实施例中,X为0.12、0.2、0.5、1.0、1.5、2.0、2.5、3.0、3.5、4.0、4.5、5.0或在上述任意两个数值所组成的范围内。

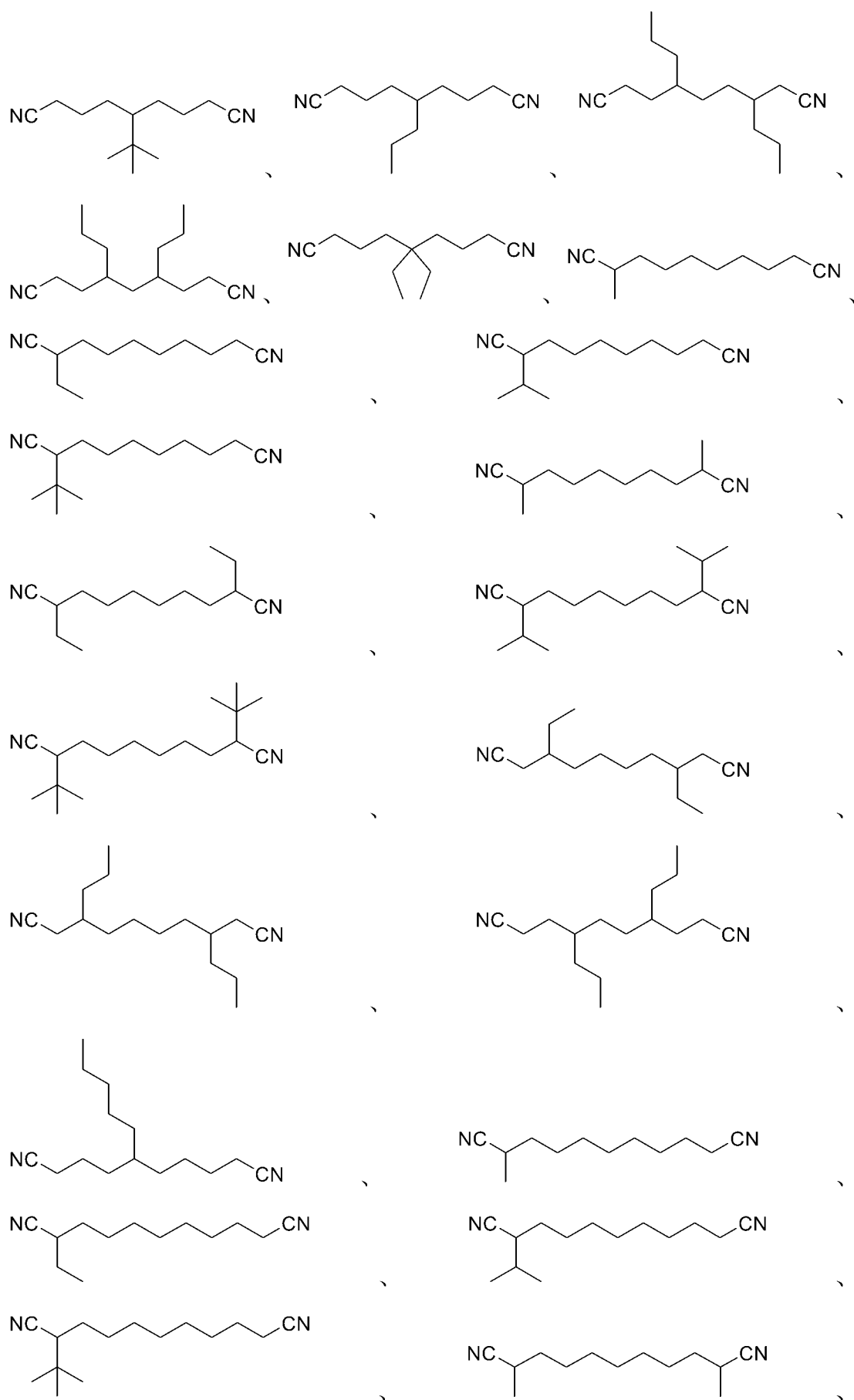
在一些实施例中,Y在0.2至4.5的范围内。在一些实施例中,Y在0.5至4.2的范围内。在一些实施例中,Y在1.0至4.0的范围内。在一些实施例中,Y在1.5至3.5的范围内。在一些实施例中,Y在2.0至3.0的范围内。在一些实施例中,Y为0.12、0.2、0.5、1.0、1.5、2.0、2.5、3.0、3.5、4.0、4.5、5.0或在上述任意两个数值所组成的范围内。

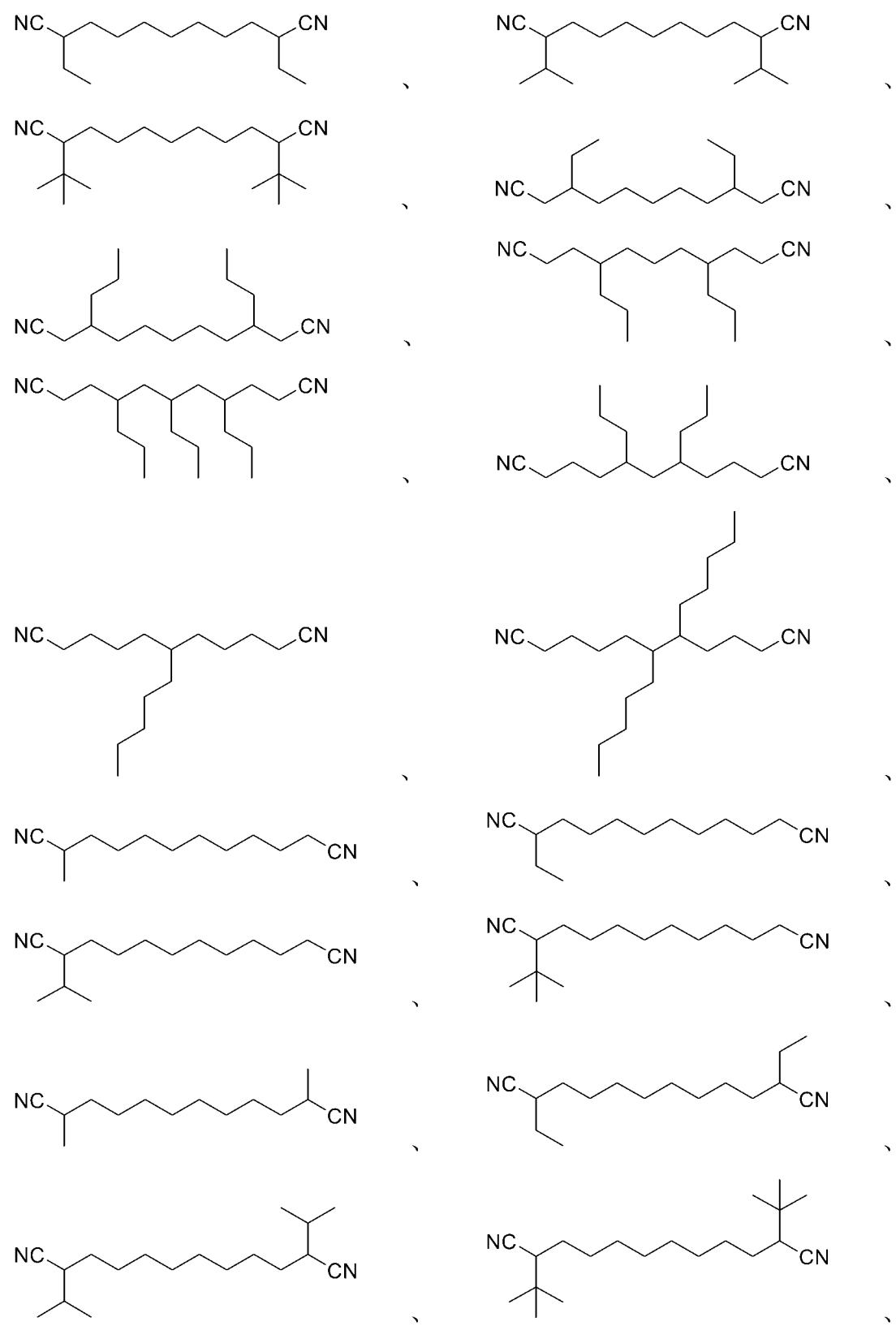
在一些实施例中,Z在0.2至2.5的范围内。在一些实施例中,Z在0.5至2.0的范围内。在一些实施例中,Z在1.0至1.5的范围内。在一些实施例中,Z为0.12、0.2、0.5、1.0、1.5、2.0、2.5、3.0或在上述任意两个数值所组成的范围内。

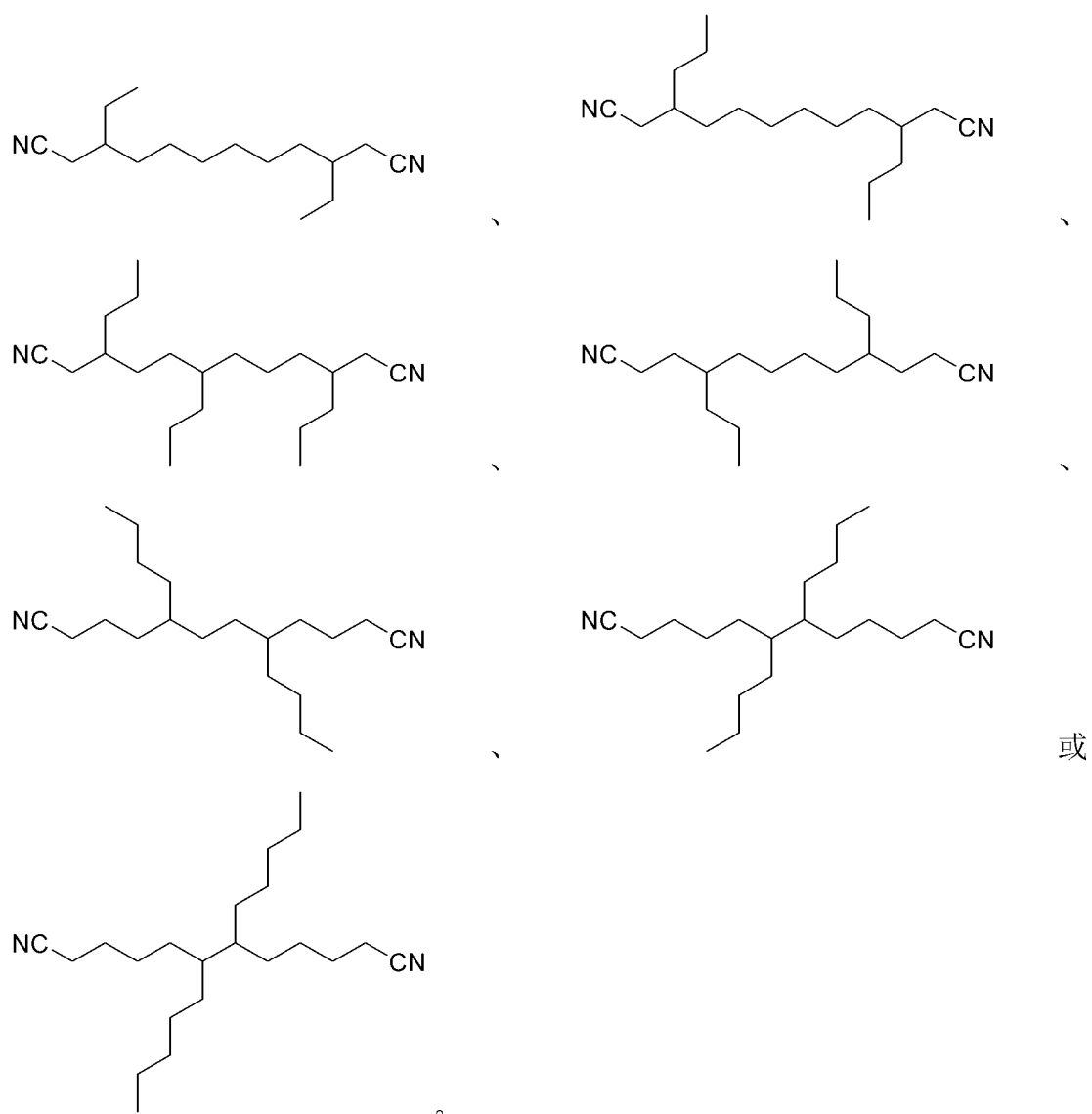
在一些实施例中,所述式I-A化合物包括以下化合物中的至少一种:



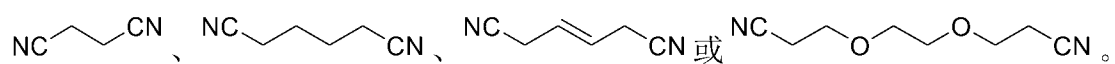




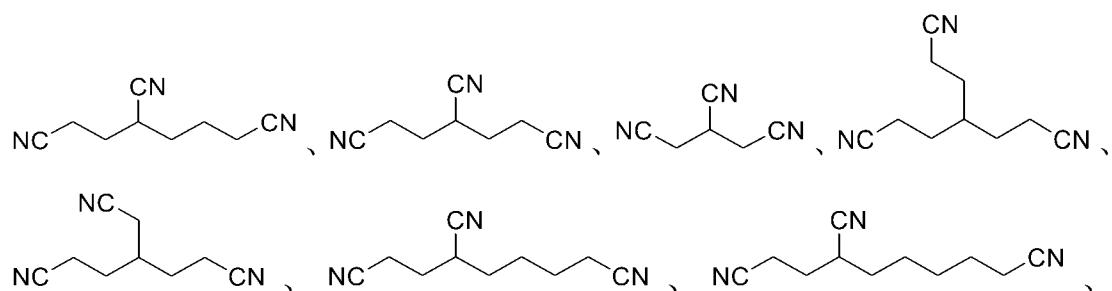


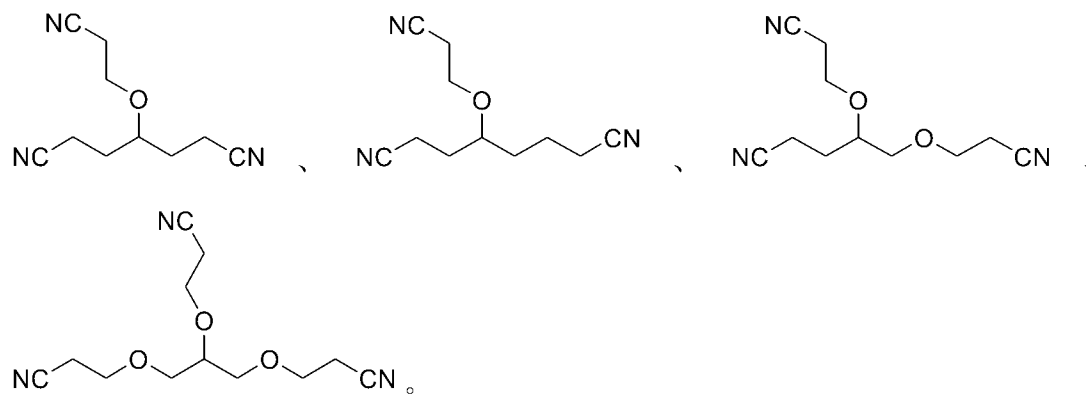


在一些实施例中，所述式I-B 化合物包括以下化合物中的至少一种：



在一些实施例中，所述式I-C 化合物包括以下化合物中的至少一种：



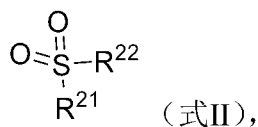


在一些实施例中， Z/X 在 0.1 至 3 的范围内。在一些实施例中， Z/X 在 0.3 至 2.8 的范围内。在一些实施例中， Z/X 在 0.6 至 2.5 的范围内。在一些实施例中， Z/X 在 1 至 2 的范围内。在一些实施例中， Z/X 为 0.1、0.5、0.6、1、1.5、2、2.5、3 或在上述任意两个数值所组成的范围内。当 Z/X 在上述范围内时，可进一步改善电化学装置的循环性能和高温存储性能。

在一些实施例中， Y/X 在 0.12 至 5 的范围内。在一些实施例中， Y/X 在 0.5 至 4.5 的范围内。在一些实施例中， Y/X 在 1 至 4 的范围内。在一些实施例中， Y/X 在 1.5 至 3.5 的范围内。在一些实施例中， Y/X 在 2 至 3 的范围内。在一些实施例中， Y/X 为 0.12、0.2、0.5、1、1.5、2、2.5、3、3.5、4、4.5、5 或在上述任意两个数值所组成的范围内。当 Y/X 在上述范围内时，可进一步改善电化学装置的循环性能和高温存储性能。

在一些实施例中，所述电解液还包括含硫氧双键的化合物，并且基于所述电解液的质量，所述含硫氧双键的化合物的含量为 0.01% 至 10%。在一些实施例中，基于所述电解液的质量，所述含硫氧双键的化合物的含量为 0.05% 至 8%。在一些实施例中，基于所述电解液的质量，所述含硫氧双键的化合物的含量为 0.1% 至 6%。在一些实施例中，基于所述电解液的质量，所述含硫氧双键的化合物的含量为 0.5% 至 5%。在一些实施例中，基于所述电解液的质量，所述含硫氧双键的化合物的含量为 1% 至 4%。在一些实施例中，基于所述电解液的质量，所述含硫氧双键的化合物的含量为 2% 至 3%。在一些实施例中，基于所述电解液的质量，所述含硫氧双键的化合物的含量为 0.01%、0.05%、0.1%、0.5%、1%、2%、3%、4%、5%、6%、7%、8%、9%、10% 或在上述任意两个数值所组成的范围内。

在一些实施例中，所述含硫氧双键的化合物包括具有式 II 的化合物：



其中:

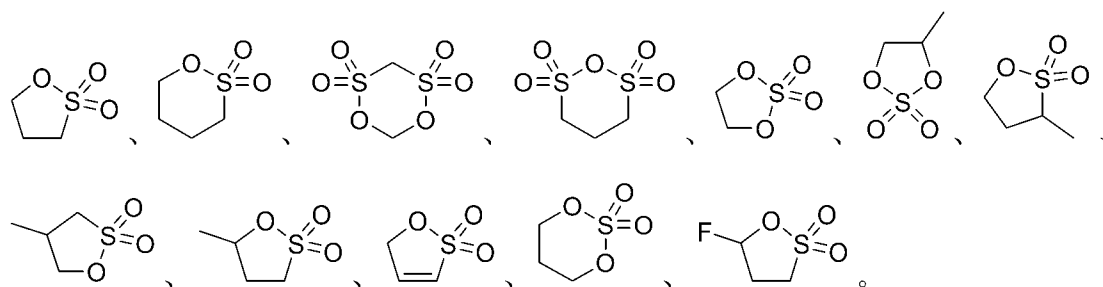
R^{21} 和 R^{22} 各自独立地选自经取代或未经取代的 $\text{C}_1\text{-C}_5$ 烷基、经取代或未经取代的 $\text{C}_2\text{-C}_{10}$ 烯基、经取代或未经取代的 $\text{C}_2\text{-C}_{10}$ 炔基、经取代或未经取代的 $\text{C}_3\text{-C}_{10}$ 脂环基、经取代或未经取代的 $\text{C}_6\text{-C}_{10}$ 芳基或经取代或未经取代的含有 $\text{C}_1\text{-C}_5$ 的杂原子官能团, 所述杂原子官能团中的杂原子选自 O 或 S 中的至少一种;

R^{21} 和 R^{22} 任选地连接在一起形成环; 并且

当经取代时, 取代基各自独立地选自卤素。

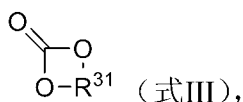
在一些实施例中, R^{21} 和 R^{22} 任选地连接在一起形成 5 元环或 6 元环。在一些实施例中, R^{21} 和 R^{22} 任选地连接在一起形成 5 元环状砜、6 元环环状砜、5 元状硫酸酯、6 元环硫酸酯、5 元环状磺酸酯、6 元磺酸酯、5 元环状磺酸酐或 6 元状磺酸酐等。

在一些实施例中, 所述含硫氧双键的化合物包括以下化合物中的至少一种:



一方面, 含硫氧双键化合物具有较强的抗氧化能力, 可以提高正极界面的稳定性。另一方面, 含硫氧双键化合物可以在负极表面还原, 形成一层保护膜, 抑制电解液的分解, 进一步增强负极界面的稳定性。当电解液进一步包括一定含量的含硫氧双键的化合物时, 不仅可以有效地改善正极界面和负极界面的稳定性, 而且不会显著影响电解液的粘度和正极界面和负极界面的阻抗, 由此可进一步改善电化学装置的循环性能和高温存储性能。

在一些实施例中, 所述电解液还包括式III化合物:



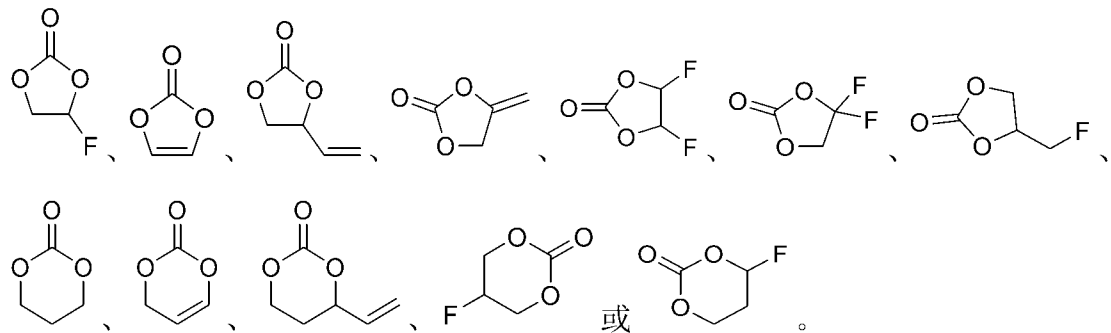
其中:

R^{31} 选自经取代或未经取代的 C_1 - C_6 亚烷基或经取代或未经取代的 C_2 - C_6 亚烯基；

当经取代时，取代基各自独立地选自卤素、 C_1 - C_6 烷基或 C_2 - C_6 烯基；并且基于所述电解液的质量，所述式III化合物的含量为 0.01% 至 15%。

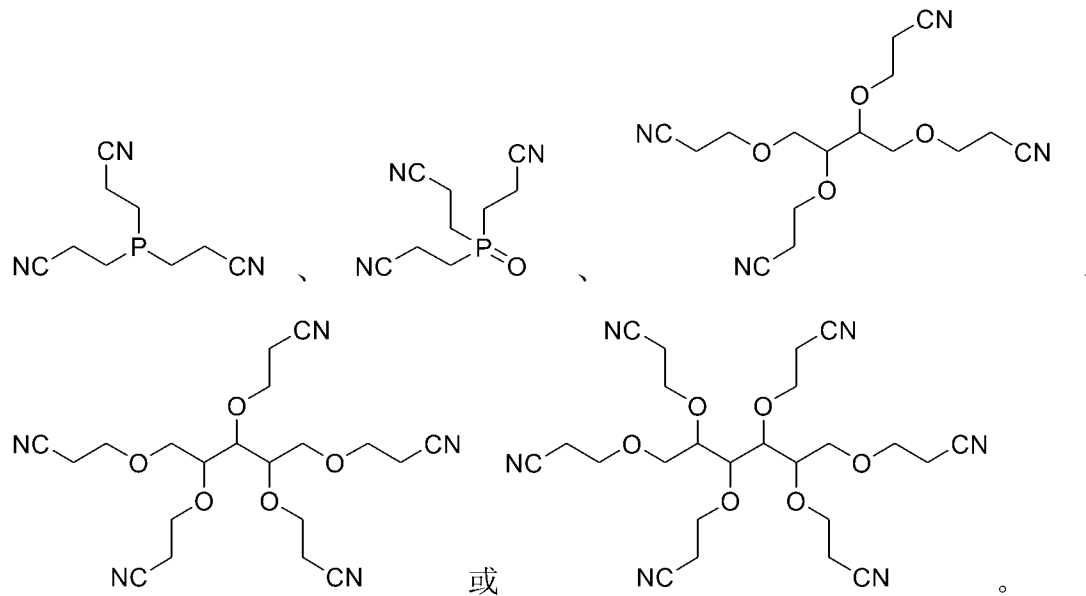
在一些实施例中，基于所述电解液的质量，所述式III化合物的含量为 0.05% 至 12%。在一些实施例中，基于所述电解液的质量，所述式III化合物的含量为 0.1% 至 10%。在一些实施例中，基于所述电解液的质量，所述式III化合物的含量为 0.5% 至 8%。在一些实施例中，基于所述电解液的质量，所述式III化合物的含量为 1% 至 5%。在一些实施例中，基于所述电解液的质量，所述式III化合物的含量为 2% 至 4%。在一些实施例中，基于所述电解液的质量，所述式III化合物的含量为 0.01%、0.05%、0.1%、0.5%、1%、2%、3%、4%、5%、6%、7%、8%、9%、10%、11%、12%、13%、14%、15%或在上述任意两个数值所组成的范围内。

在一些实施例中，所述式III化合物包括以下化合物中的至少一种：



式 III 化合物可以辅助增强负极固态界面膜 (SEI) 的成膜稳定性，增加 SEI 膜的柔性，增强对负极活性材料的保护作用，降低负极活性材料与电解液的界面接触几率，从而降低电化学装置在循环过程中的阻抗。当电解液进一步包括一定含量的式 III 化合物时，可充分保护负极界面，进一步改善电化学装置的循环性能和高温存储性能。

在一些实施例中，所述电解液还包括化合物 IV，所述化合物 IV 包括以下化合物中的至少一种：



化合物 IV 包含至少 3 个氰基 (-CN)，其对正极界面具有更强的保护作用。化合物 IV 能够与电解液中的式 I-A 化合物、式 I-B 化合物和式 I-C 化合物共同作用，进一步抑制电解液分解，从而进一步减少电化学装置的循环阻抗增长和高温存储厚度膨胀率，并进一步显著提升电化学装置的循环性能和高温存储性能。

在一些实施例中，基于所述电解液的质量，所述化合物 IV 的含量为 0.01% 至 2%。在一些实施例中，基于所述电解液的质量，所述化合物 IV 的含量为 0.05% 至 1.5%。在一些实施例中，基于所述电解液的质量，所述化合物 IV 的含量为 0.1% 至 1%。在一些实施例中，基于所述电解液的质量，所述化合物 IV 的含量为 0.2% 至 0.5%。在一些实施例中，基于所述电解液的质量，所述化合物 IV 的含量为 0.01%、0.05%、0.1%、0.5%、1%、1.5%、2% 或在上述任意两个数值所组成的范围内。当电解液中化合物 IV 的含量在上述范围内时，可进一步改善电化学装置的循环性能和高温存储性能。

在一些实施例中，所述电解液还包括含硼锂盐，并且基于所述电解液的质量，所述含硼锂盐的含量为 0.01% 至 1%。在一些实施例中，基于所述电解液的质量，所述含硼锂盐的含量为 0.05% 至 0.8%。在一些实施例中，基于所述电解液的质量，所述含硼锂盐的含量为 0.1% 至 0.6%。在一些实施例中，基于所述电解液的质量，所述含硼锂盐的含量为 0.2% 至 0.5%。在一些实施例中，基于所述电解液的质量，所述含硼锂盐的含量为 0.01%、0.05%、0.1%、0.2%、0.3%、0.4%、0.5%、0.6%、0.7%、0.8%、0.9%、1% 或在上述任意两个数值所组成的范围内。

在一些实施例中，所述含硼锂盐包括四氟硼酸锂、二草酸硼酸锂或二氟草酸

硼酸锂中的至少一种。

含硼锂盐可以在正极成膜，其可与式I-A化合物、式I-B化合物和式I-C化合物共同作用以稳定正极界面。当电解液中进一步包含一定含量的含硼锂盐时，可进一步减少电化学装置的循环阻抗增长，并进一步显著提升电化学装置的循环性能。

在一些实施例中，基于所述电解液的质量，所述含硼锂盐的含量为M%，并且M/X不大于1。在一些实施例中，M/X为0.01至0.8。在一些实施例中，M/X为0.05至0.6。在一些实施例中，M/X为0.1至0.5。在一些实施例中，M/X为0.2至0.4。在一些实施例中，M/X为0.01、0.02、0.05、0.1、0.2、0.3、0.4、0.5、0.6、0.7、0.8、0.9、1或在上述任意两个数值所组成的范围内。当M/X在上述范围内时，可进一步显著提升电化学装置的循环性能和高温存储性能。

在一些实施例中，电解液还可以包括其他非水有机溶剂和电解质盐。非水有机溶剂可以包含碳酸酯、羧酸酯、醚类或其他非质子溶剂中的至少一种。碳酸酯类溶剂的示例包括碳酸二甲酯、碳酸二乙酯、碳酸甲乙酯、碳酸甲丙酯、碳酸乙丙酯、碳酸二丙酯、碳酸乙烯酯、碳酸丙烯酯、碳酸丁烯酯、二(2,2,2-三氟乙基)碳酸酯等。羧酸酯类溶剂的示例包括乙酸甲酯、乙酸乙酯、乙酸正丙酯、乙酸正丁酯、丙酸甲酯、丙酸乙酯、丙酸丙酯、丙酸丁酯、丁酸甲酯、丁酸乙酯、丁酸丙酯、丁酸丁酯、 γ -丁内酯、乙酸2,2-二氟乙酯、戊内酯、丁内酯、2-氟乙酸乙酯、2,2-二氟乙酸乙酯、三氟乙酸乙酯、2,2,3,3,3-五氟丙酸乙酯、2,2,3,3,4,4,4-七氟丁酸甲酯、4,4,4-三氟-3-(三氟甲基)丁酸甲酯、2,2,3,3,4,4,5,5,5-九氟戊酸乙酯、2,2,3,3,4,4,5,5,6,6,7,7,8,8,9,9,9-十七氟壬酸甲酯、2,2,3,3,4,4,5,5,6,6,7,7,8,8,9,9,9-十七氟壬酸乙酯等。醚类溶剂的示例包括乙二醇二甲醚、二乙二醇二甲醚、四乙二醇二甲醚、二丁醚、四氢呋喃、2-甲基四氢呋喃、双(2,2,2-三氟乙基)醚等。

在一些实施例中，电解质盐包括有机锂盐或无机锂盐中的至少一种。在一些实施例中，电解质盐包括六氟磷酸锂 LiPF_6 、双三氟甲烷磺酰亚胺锂 $\text{LiN}(\text{CF}_3\text{SO}_2)_2$ (简称为LiTFSI)、双(氟磺酰)亚胺锂 $\text{LiN}(\text{SO}_2\text{F})_2$ (简称为LiFSI)或六氟铯酸锂 (LiCsF_6)、高氯酸锂 LiClO_4 、三氟甲磺酸锂 LiCF_3SO_3 中的至少一种。

在一些实施例中，基于电解液的质量，电解质盐的含量为10%至15%。在一些实施例中，基于电解液的质量，电解质盐的质量百分含量为12%至15%。

当电解质盐的含量在上述范围内时，电解液具有合适的离子电导率和粘度，使得电化学装置具有良好的倍率性能和循环性能。

本申请还提供了一种电化学装置。电化学装置包括电极组件和电解液，电极组件包括正极、负极、设置在正极和负极之间的隔离膜。在一些实施例中，所述电解液为本申请所描述的电解液。

在一些实施例中，负极可以包括负极集流体和设置在负极集流体上的负极活性材料层。负极活性材料层可以设置在负极集流体的一侧或两侧上。在一些实施例中，负极集流体可以采用铜箔、铝箔、镍箔或碳基集流体中的至少一种。在一些实施例中，负极集流体的厚度可以为 1 μm 至 200 μm 。在一些实施例中，负极活性材料层可以仅涂覆在负极集流体的部分区域上。在一些实施例中，负极活性材料层的厚度可以为 10 μm 至 500 μm 。应该理解，这些仅是示例性的，可以采用其他合适的厚度。

在一些实施例中，负极活性材料层包括负极活性材料。在一些实施例中，负极活性材料层中的负极活性材料包括锂金属、天然石墨、人造石墨或硅基材料中的至少一种。在一些实施例中，硅基材料包括硅、硅氧化合物、硅碳化合物或硅合金中的至少一种。

在一些实施例中，负极活性材料层中还可以包括导电剂和/或粘结剂。负极活性材料层中的导电剂可以包括炭黑、乙炔黑、科琴黑、片层石墨、石墨烯、碳纳米管、碳纤维或碳纳米线中的至少一种。在一些实施例中，负极活性材料层中的粘结剂可以包括羧甲基纤维素（CMC）、聚丙烯酸、聚丙烯酸盐、聚丙烯酸酯、聚乙烯基吡咯烷酮、聚苯胺、聚酰亚胺、聚酰胺酰亚胺、聚硅氧烷、丁苯橡胶、环氧树脂、聚酯树脂、聚氨酯树脂或聚萘中的至少一种。应该理解，以上公开的材料仅是示例性，负极活性材料层可以采用任何其他合适的材料。在一些实施例中，负极活性材料层中的负极活性材料、导电剂和粘结剂的质量比可以为 (80-99) : (0.5-10) : (0.5-10)。应该理解，这仅是示例性的，而不适用于限制本申请。

在一些实施例中，正极包括正极集流体和设置在正极集流体上的正极活性材料层。正极活性材料层可以位于正极集流体一侧或两侧上。在一些实施例中，正极集流体可以采用铝箔，当然，也可以采用本领域常用的其他正极集流体。在一些实施例中，正极集流体的厚度可以为 1 μm 至 200 μm 。在一些实施例中，正极

活性材料层可以仅涂覆在正极集流体的部分区域上。在一些实施例中，正极活性材料层的厚度可以为 10 μm 至 500 μm 。应该理解，这些仅是示例性的，可以采用其他合适的厚度。

在一些实施例中，正极活性材料层包括正极活性材料。在一些实施例中，正极活性材料包括 LiCoO_2 、 LiNiO_2 、 LiMn_2O_4 、 $\text{LiCo}_{1-y}\text{M}_y\text{O}_2$ 、 $\text{LiNi}_{1-y}\text{M}_y\text{O}_2$ 、 $\text{LiMn}_{2-y}\text{M}_y\text{O}_4$ 、 $\text{LiNi}_x\text{Co}_y\text{Mn}_z\text{M}_{1-x-y-z}\text{O}_2$ ，其中 M 选自 Fe、Co、Ni、Mn、Mg、Cu、Zn、Al、Sn、B、Ga、Cr、Sr、V 或 Ti 中的至少一种，且 $0 \leq y \leq 1$ ， $0 \leq x \leq 1$ ， $0 \leq z \leq 1$ ， $x+y+z \leq 1$ 。在一些实施例中，正极活性材料可以包括钴酸锂、锰酸锂、磷酸铁锂、磷酸锰铁锂、镍钴锰酸锂、镍钴铝酸锂或镍锰酸锂中的至少一种，上述正极活性材料可以经过掺杂和/或包覆处理。

在一些实施例中，正极活性材料层还包括粘结剂和导电剂。在一些实施例中，正极活性材料层中的粘结剂可以包括聚偏氟乙烯、偏氟乙烯-六氟丙烯的共聚物、苯乙烯-丙烯酸酯共聚物、苯乙烯-丁二烯共聚物、聚酰胺、聚丙烯腈、聚丙烯酸酯、聚丙烯酸、聚丙烯酸盐、羧甲基纤维素钠、聚醋酸乙烯酯、聚乙烯吡咯烷酮、聚乙烯醚、聚甲基丙烯酸甲酯、聚四氟乙烯或聚六氟丙烯中的至少一种。在一些实施例中，正极活性材料层中的导电剂可以包括导电炭黑、乙炔黑、科琴黑、片层石墨、石墨烯、碳纳米管或碳纤维中的至少一种。在一些实施例中，正极活性材料层中的正极活性材料、导电剂和粘结剂的质量比可以为 (70-98) : (1-15) : (1-15)。应该理解，以上所述仅是示例，正极活性材料层可以采用任何其他合适的材料、厚度和质量比。

在一些实施例中，隔离膜包括聚乙烯、聚丙烯、聚偏氟乙烯、聚对苯二甲酸乙二醇酯、聚酰亚胺或芳纶中的至少一种。例如，聚乙烯包括选自高密度聚乙烯、低密度聚乙烯或超高分子量聚乙烯中的至少一种。尤其是聚乙烯和聚丙烯，它们对防止短路具有良好的作用，并可以通过关断效应改善电池的稳定性。在一些实施例中，隔离膜的厚度在约 3 μm 至 500 μm 的范围内。

在一些实施例中，隔离膜表面还可以包括多孔层，多孔层设置在隔离膜的至少一个表面上，多孔层包括无机颗粒或粘结剂中的至少一种，无机颗粒选自氧化铝 (Al_2O_3)、氧化硅 (SiO_2)、氧化镁 (MgO)、氧化钛 (TiO_2)、二氧化铪 (HfO_2)、氧化锡 (SnO_2)、二氧化铈 (CeO_2)、氧化镍 (NiO)、氧化锌 (ZnO)、氧化钙 (CaO)、氧化锆 (ZrO_2)、氧化钇 (Y_2O_3)、碳化硅 (SiC)、勃姆石、氢氧化铝、氢氧化

镁、氢氧化钙或硫酸钡中的至少一种。在一些实施例中，隔离膜的孔具有在约 0.01 μm 至 1 μm 的范围的直径。多孔层的粘结剂选自聚偏氟乙烯、偏氟乙烯-六氟丙烯的共聚物、聚酰胺、聚丙烯腈、聚丙烯酸酯、聚丙烯酸、聚丙烯酸盐、羧甲基纤维素钠、聚乙烯吡咯烷酮、聚乙烯醚、聚甲基丙烯酸甲酯、聚四氟乙烯或聚六氟丙烯中的至少一种。隔离膜表面的多孔层可以提升隔离膜的耐热性能、抗氧化性能和电解质浸润性能，增强隔离膜与极片之间的粘接性。

在本申请的一些实施例中，电化学装置的电极组件为卷绕式电极组件或堆叠式电极组件。在一些实施例中，电化学装置为锂离子电池，但是本申请不限于此。

在本申请的一些实施例中，以锂离子电池为例，将正极、隔离膜、负极按顺序卷绕或堆叠成电极组件，之后装入例如铝塑膜壳体中进行封装，注入电解液，化成、封装，即制成锂离子电池。然后，对制备的锂离子电池进行性能测试。

本领域的技术人员将理解，以上描述的电化学装置（例如，锂离子电池）的制备方法仅是实施例。在不背离本申请公开的内容的基础上，可以采用本领域常用的其他方法。

本申请还提供了一种电子装置，其包括本申请所描述的电化学装置。本申请实施例的电子装置没有特别限定，其可以是用于现有技术中已知的任何电子装置。在一些实施例中，电子装置可以包括，但不限于，笔记本电脑、笔输入型计算机、移动电脑、电子书播放器、便携式电话、便携式传真机、便携式复印机、便携式打印机、头戴式立体声耳机、录像机、液晶电视、手提式清洁器、便携 CD 机、迷你光盘、收发机、电子记事本、计算器、存储卡、便携式录音机、收音机、备用电源、电机、汽车、摩托车、助力自行车、自行车、照明器具、玩具、游戏机、钟表、电动工具、闪光灯、照相机、家庭用大型蓄电池和锂离子电容器等。

下面以锂离子电池为例并且结合具体的实施例说明锂离子电池的制备，本领域的技术人员将理解，本申请中描述的制备方法仅是实例，其他任何合适的制备方法均在本申请的范围內。

实施例

以下说明根据本申请的锂离子电池的实施例和对比例进行性能评估。

一、锂离子电池的制备

1、正极的制备

将钴酸锂（LiCoO₂）、导电炭黑和聚偏二氟乙烯（PVDF）按照重量比为 97.9:0.9:1.2 溶于 N-甲基吡咯烷酮（NMP）中，充分搅拌混合均匀，形成正极浆料。采用 13 μm 的铝箔作为正极集流体。将正极浆料涂覆于正极集流体上，经过干燥、冷压、裁切后得到正极。正极的压实密度为 4.15 g/cm³。

2、负极的制备

将人造石墨、丁苯橡胶(SBR)和羧甲基纤维素钠(CMC)按重量比 97.4:1.4:1.2 溶于去离子水中，形成负极浆料。采用 10 μm 厚度铜箔作为负极集流体。将负极浆料涂覆于负极集流体上，干燥、冷压、裁切后得到负极。负极的压实密度为 1.8 g/cm³。

3、隔离膜的制备

隔离膜基材为 5 μm 厚的聚乙烯（PE），在隔离膜基材的两面上分别涂覆厚度为 2 μm 的氧化铝陶瓷层，然后在涂布单层陶瓷层的隔离膜的两面上各涂覆 2.5 mg 的聚偏二氟乙烯（PVDF），烘干，得到隔离膜。

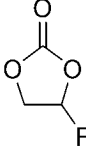
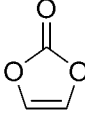
4、电解液的制备

在含水量小于 10 ppm 的环境下，将碳酸乙烯酯（EC）、碳酸丙烯酯（PC）、碳酸二乙酯（DEC）、丙酸乙酯（EP）和丙酸丙酯（PP）按照 1:1:1:1:1 的质量比混合均匀，再将电解质盐 LiPF₆ 溶解于上述非水溶剂，混合均匀后形成基础电解液，其中 LiPF₆ 的质量百分含量为 12.5%。

根据以下各实施例或对比例的设置向基础电解液中加入一定量的添加剂，得到各实施例或对比例的电解液。

各实施例或对比例中使用的添加剂如下表所示：

缩写 / 编号	化合物	缩写/编号	化合物
MGLN	2-甲基戊二腈	DMADN	2,5-二甲基己二腈
EHDN	4-乙基庚二腈	DEODN	3,6-二乙基辛二腈
DEAN	4,6-二乙基壬二腈	SN	丁二腈
ADN	己二腈	HTCN	1,3,6-己烷三腈
TCEP	1,2,3-三(2-氰乙氧基)丙烷	POTPN	3,3',3''-(氧代-膦三基)三丙腈
LiBOB	二草酸硼酸锂		

II-1		II-2	
III-1		III-2	

5、锂离子电池的制备

将正极、隔离膜、负极按顺序依次叠好，使隔离膜处于正极和负极中间起到隔离的作用，并卷绕得到电极组件。将电极组件置于外包装铝塑膜中，在 80℃ 下脱去水分后，注入上述电解液并封装，经过化成，脱气，切边等工艺流程得到锂离子电池。

二、测试方法

1、锂离子电池的循环性能的测试方法

在 25℃ 条件下，将锂离子电池以 0.7C 充电至 4.5V，4.5V 条件下恒压充电至 0.05C。之后以 0.7C 的电流放电至 3.0V，并以 0.7C 充电和 1C 放电的流程，循环进行 800 次。测试第 3 次和第 800 次循环的放电容量，并在 1000Hz 条件下测试第 3 圈循环后和第 300 次循环后的阻抗。通过下式计算锂离子电池的循环容量保持率和循环阻抗增长率：

循环容量保持率=第 800 次循环的放电容量/第 3 次循环的放电容量×100%，

循环阻抗增长率=第 300 次循环后的阻抗/第 3 次循环后的阻抗×100%。

2、锂离子电池的高温存储性能的测试方法

在 25℃ 条件下，将锂离子电池以 0.5C 恒流充电至 4.55V，然后恒压充电至电流为 0.05C，测试开路电压记为 V0，测试锂离子电池的厚度并记为 d0。将锂离子电池放置到 60℃ 烘箱当中 20 天，然后测量厚度记为 d，测试电压记为 V1。

通过下式计算锂离子电池的高温存储厚度膨胀率和高温存储电压降：

高温存储厚度膨胀率=(d-d0)/d0×100%，

高温存储电压降=V0-V1。

当锂离子电池的厚度膨胀率超过 50%，停止测试。

三、测试结果

表 1 展示了电解液中式 I-A 化合物、式 I-B 化合物和式 I-C 化合物及其含量对

锂离子电池的循环性能和高温存储性能的影响。

表 1

	式 I-A 化合物		式 I-B 化合物		式 I-C 化合物		Z/X	Y/X	循环 阻抗 增长率	高温 存储 电压 降 (V)
	化合物	含量 X (wt%)	化合 物	含量 Y (wt%)	化合 物	含量 Z (wt%)				
实施例 1	MGLN	1	SN	2	HTCN	1	1	2	29.7%	0.20
实施例 2	MGLN	3	SN	2	HTCN	1	0.33	0.67	27.8%	0.18
实施例 3	MGLN	5	SN	2	HTCN	1	0.2	0.4	30.1%	0.20
实施例 4	MGLN	2	SN	1	HTCN	1	0.5	1.5	28.2%	0.18
			ADN	2						
实施例 5	EHDN	2	SN	2	HTCN	1	0.5	1	29.1%	0.18
实施例 6	DEODN	2	SN	2	TCEP	1	0.5	1	28.0%	0.17
实施例 7	DEAN	2	SN	1	HTCN	1	0.5	1.5	27.5%	0.16
			ADN	2						
实施例 8	MGLN	1	SN	3	HTCN	1	1	5	29.9%	0.19
			ADN	2						
实施例 9	MGLN	1	SN	2	HTCN	3	3	2	30.3%	0.20
实施例 10	MGLN	0.12	SN	2	HTCN	1	8.33	16.67	31.6%	0.23
实施例 11	MGLN	1	SN	0.12	HTCN	1	1	0.12	31.8%	0.24
实施例 12	MGLN	1	SN	2	HTCN	0.12	0.12	2	31.5%	0.23
实施例 13	MGLN	2	SN	2	HTCN	1	0.5	1	28.9%	0.18
实施例 14	MGLN	2	ADN	2	HTCN	1	0.5	1	28.7%	0.18
实施例 15	MGLN	1	SN	2	HTCN	1	0.5	1	28.2%	0.17
	DEAN	1								
实施例 16	MGLN	0.5	SN	2	HTCN	1	2	4	30.9%	0.23
实施例 17	MGLN	4.2	SN	2	HTCN	1	0.24	0.48	28.2%	0.19
实施例	MGLN	1	SN	0.5	HTCN	1	1	0.5	31.5%	0.23

18										
实施例 19	MGLN	1	SN	2.2	HTCN	1	1	4.2	29.1%	0.19
			ADN	2						
实施例 20	MGLN	1	SN	2	HTCN	0.5	0.5	2	30.5%	0.23
实施例 21	MGLN	1	SN	2	HTCN	0.6	0.6	2	30.2%	0.23
实施例 22	MGLN	1	SN	2	HTCN	2.5	2.5	2	28.6%	0.19
实施例 23	MGLN	1	SN	0.6	HTCN	1	1	0.6	31.3%	0.23
实施例 24	MGLN	1	SN	2.5	HTCN	1	1	2.5	28.5%	0.19
实施例 25	DMADN	1	SN	2	HTCN	1	1	0.1	29.8%	0.21
对比例 1	—	—	SN	1	—	—	—	—	49.2%	0.29
对比例 2	MGLN	1	—	—	—	—	—	—	36.9%	0.27
对比例 3	MGLN	1	SN	2	—	—	—	2	35.7%	0.24
对比例 4	—	—	—	—	HTCN	1	—	—	36.2%	0.27
对比例 5	MGLN	6	SN	2	HTCN	1	0.01 7	0.33	32.5%	0.22
对比例 6	MGLN	1	SN	2	HTCN	3.5	3.5	2	32.2%	0.21

如对比例 1-4 所示，当电解液仅包含式I-A 化合物、式I-B 化合物和式I-C 化合物中的一种或两种时，锂离子电池具有较高的循环阻抗增长率和高温存储电压降。如对比例 5 和 6 所示，虽然电解液同时包含式I-A 化合物、式I-B 化合物和式I-C 化合物，但对比例 5 中的式I-A 化合物，对比例 6 中的式I-C 化合物的含量过高，对降低锂离子电池的循环阻抗增长率的作用不明显，甚至会可能会导致成本升高，仍无法满足使用需求。

如实施例 1-25 所示，当电解液同时包含 0.12%-5.0%的式I-A 化合物、0.12%-5.0%的式I-B 化合物和 0.12%-3.0%的式I-C 化合物时，锂离子电池的循环阻抗增长率和高温存储电压降显著降低。当电解液中式I-A 化合物的含量在 0.5%至 4.2%的范围内、式I-B 化合物的含量在 0.5%至 4.2%的范围内且式I-C 化合物

的含量在 0.5%至 3.0%的范围内时,可进一步降低锂离子电池的循环阻抗增长率和高温存储电压降。

当电解液式 I-C 化合物的含量 (Z%) 与式I-A 化合物的含量 (X%) 满足 Z/X 在 0.1 至 3.0 的范围内时,可进一步降低锂离子电池的循环阻抗增长率和高温存储电压降。当 Z/X 在 0.6 至 2.5 的范围内时,锂离子电池的循环阻抗增长率和高温存储电压降得到进一步优化。

当电解液式 I-B 化合物的含量 (Y%) 与式I-A 化合物的含量 (X%) 满足 Y/X 在 0.12 至 5.0 的范围内时,可进一步降低锂离子电池的循环阻抗增长率和高温存储电压降。

表 2 展示了电解液中含硫氧双键化合物、化合物 IV 和含硼锂盐及其含量对锂离子电池的循环性能和高温存储性能的影响。

表 2

	式 I-A 化合物		式 I-B 化合物		式 I-C 化合物		含硫氧双键化合物		化合物 IV		含硼锂盐		M/X	高温 存储 厚度 膨胀 率	循环 阻抗 增长 率
	化合物	含量 X (wt%)	化合物	含量 Y (wt%)	化合物	含量 Z (wt%)	化合物	含量 (wt%)	化合物	含量 (wt%)	化合物	含量 M (wt %)			
实施例 1	MGLN	1	SN	2	HTCN	1	—	—	—	—	—	—	—	15.2%	29.7%
实施例 16	MGLN	1	SN	2	HTCN	1	II-1	0.1	—	—	—	—	—	15.1%	29.6%
实施例 17	MGLN	1	SN	2	HTCN	1	II-1	1	—	—	—	—	—	14.3%	29.0%
实施例 18	MGLN	1	SN	2	HTCN	1	II-1	3	—	—	—	—	—	11.5%	27.5%
实施例 19	MGLN	1	SN	2	HTCN	1	II-1	5	—	—	—	—	—	10.9%	26.7%
实施例 20	MGLN	1	SN	2	HTCN	1	II-1	7	—	—	—	—	—	10.0%	29.2%
							II-2	3							
实施例 21	MGLN	1	SN	2	HTCN	1	II-1	7	—	—	—	—	—	10.0%	29.5%
							II-2	3.5							
实施例 22	DEODN	1	SN	2	HTCN	1	II-1	3	—	—	—	—	—	9.7%	26.5%
实施例 23	MGLN	1	SN	2	HTCN	1	—	—	POTPN	0.01	—	—	—	15.1%	29.7%
实施例 24	MGLN	1	SN	2	HTCN	1	—	—	POTPN	0.1	—	—	—	13.8%	29.3%
实施例 25	MGLN	1	SN	2	HTCN	1	—	—	POTPN	0.5	—	—	—	12.4%	28.5%

实施例 26	MGLN	1	SN	2	HTCN	1	—	—	POTPN	1	—	—	11.2%	27.2%
实施例 27	MGLN	1	SN	2	HTCN	1	—	—	POTPN	2	—	—	8.6%	26.6%
实施例 28	MGLN	1	SN	2	HTCN	1	—	—	POTPN	2.2	—	—	8.7%	26.7%
实施例 29	MGLN	1	SN	2	HTCN	1	—	—	—	—	LiBOB	0.1	15.5%	29.1%
实施例 30	MGLN	1	SN	2	HTCN	1	—	—	—	—	LiBOB	0.5	16.2%	27.2%
实施例 31	MGLN	1	SN	2	HTCN	1	—	—	—	—	LiBOB	0.7	17.9%	26.0%
实施例 32	MGLN	1	SN	2	HTCN	1	—	—	—	—	LiBOB	1	23.2%	25.5%
实施例 33	MGLN	1	SN	2	HTCN	1	—	—	—	—	LiBOB	1.2	27.7%	25.2%
实施例 34	MGLN	1	SN	2	HTCN	1	II-1	3	POTPN	0.5	—	—	7.8%	26.2%
实施例 35	MGLN	1	SN	2	HTCN	1	II-1	3	—	—	LiBOB	0.5	13.0%	24.6%
实施例 36	MGLN	1	SN	2	HTCN	1	—	—	POTPN	0.5	LiBOB	0.5	12.6%	25.1%
实施例 37	MGLN	1	SN	2	HTCN	1	II-1	3	POTPN	0.5	LiBOB	0.5	8.3%	23.5%

在电解液同时包含 0.12%-5.0%的式I-A 化合物、0.12%-5.0%的式I-B 化合物和 0.12%-3.0%的式I-C 化合物的基础上，在电解液中添加 0.01%至 10%的含硫氧双键的化合物 IV 和/或 0.01%至 1%的含硼锂盐可进一步降低锂离子电池的循环阻抗增长率和/或高温存储厚度膨胀率。

当电解液中化合物 IV 的含量在 0.01%至 2%的范围内时，锂离子电池的循环阻抗增长率和高温存储电压降得到进一步优化。

当电解液中含硼锂盐的含量（M%）与式I-A 化合物的含量（X%）满足 M/X 不大于 1 时，可进一步降低锂离子电池的循环阻抗增长率和/或高温存储厚度膨胀率。

表 3 展示了电解液中含化合物 III 及其含量对锂离子电池的循环性能的影响。

表 3

	式 I-A 化合物		式 I-B 化合物		式 I-C 化合物		式 III 化合物		循环容量 保持率
	化合物	含量 X (wt%)	化合物	含量 Y (wt%)	化合物	含量 Z (wt%)	化合物	含量 (wt%)	
实施例 1	MGLN	1	SN	2	HTCN	1	—	—	72.5%
实施例 38	MGLN	1	SN	2	HTCN	1	III-1	0.1	73.2%
实施例 39	MGLN	1	SN	2	HTCN	1	III-1	5	75.6%
实施例 40	MGLN	1	SN	2	HTCN	1	III-1	10	79.8%
实施例 41	MGLN	1	SN	2	HTCN	1	III-1	15	80.6%
实施例 42	MGLN	1	SN	2	HTCN	1	III-1	30	81.9%
实施例 43	EHDN	1	SN	2	HTCN	1	III-1	5	80.5%
实施例 44	MGLN	1	SN	2	HTCN	1	III-1	5	82.3%
							III-2	1	

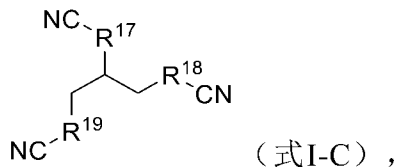
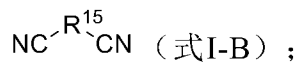
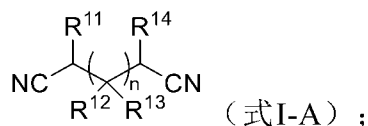
在电解液同时包含 0.12%-5.0%的式I-A 化合物、0.12%-5.0%的式I-B 化合物和 0.12%-3.0%的式I-C 化合物的基础上，在电解液中添加 0.01%至 15%的式 III 化合物可进一步改善锂离子电池的循环容量保持率。

整个说明书中对“实施例”、“部分实施例”、“一个实施例”、“另一实施例”、“举例”、“具体举例”或“部分举例”的引用，其所代表的意思是在本申请中的至少一个实施例或举例包含了该实施例或举例中所描述的特定特征、结构、材料或特性。因此，在整个说明书中的各处所出现的描述，例如：“在一些实施例中”、“在实施例中”、“在一个实施例中”、“在另一个举例中”，“在一个举例中”、“在特定举例中”或“举例”，其不必然是引用本申请中的相同的实施例或示例。此外，本文中的特定特征、结构、材料或特性可以以任何合适的方式在一个或多个实施例或举例中结合。

尽管已经演示和描述了说明性实施例，本领域技术人员应该理解上述实施例不能被解释为对本申请的限制，并且可以在不脱离本申请的精神、原理及范围的情况下对实施例进行改变，替代和修改。

权 利 要 求 书

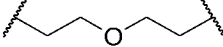
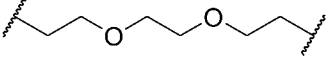
1、一种电解液，其包括式I-A化合物、式I-B化合物和式I-C化合物：



其中：

n 选自 1-8 的整数；

R^{11} 、 R^{12} 、 R^{13} 和 R^{14} 各自独立地选自氢、卤素或经取代或未经取代的 C_1 - C_5 烷基，且 R^{11} 、 R^{12} 、 R^{13} 和 R^{14} 中的至少一者是经取代或未经取代的 C_1 - C_5 烷基；

R^{15} 选自 C_2 - C_4 亚烷基、 C_2 - C_4 亚烯基、 或 ；

R^{17} 、 R^{18} 和 R^{19} 各自独立选自单键、 C_1 - C_5 亚烷基或 C_1 - C_5 亚烷氧基；

经取代时，取代基各自独立地为卤素；并且

 表示两个相邻原子的连接位点；

并且其中基于所述电解液的质量，

所述式 I-A 化合物的含量为 $X\%$ ， X 在 0.12 至 5.0 的范围内；

所述式 I-B 化合物的含量为 $Y\%$ ， Y 在 0.12 至 5.0 的范围内；以及

所述式 I-C 化合物的含量为 $Z\%$ ， Z 在 0.12 至 3.0 的范围内。

2、根据权利要求 1 所述的电解液，其中：

所述 X 在 0.5 至 4.2 的范围内；

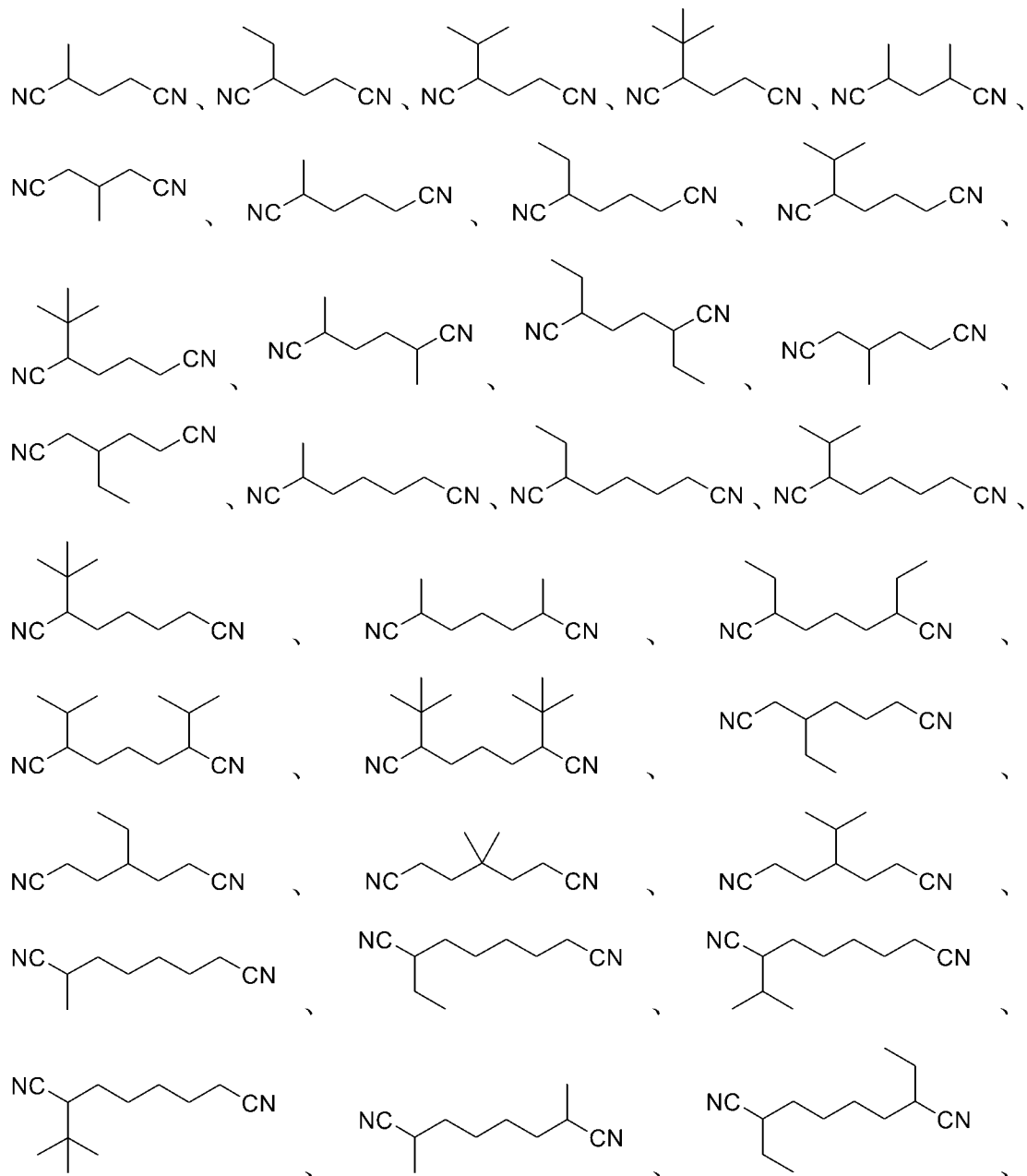
所述 Y 在 0.5 至 4.2 的范围内；以及

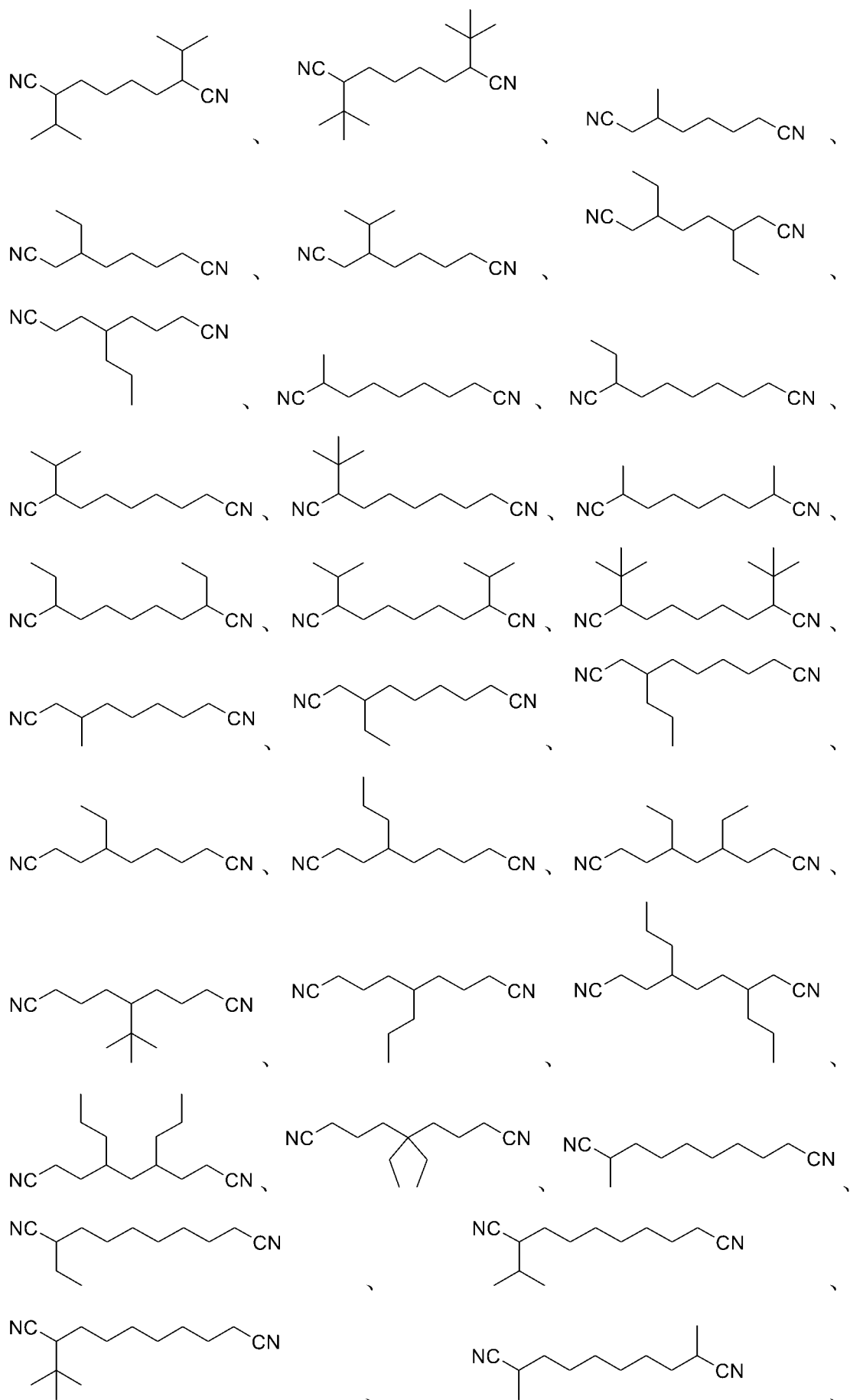
所述 Z 在 0.5 至 3.0 的范围内。

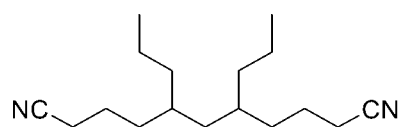
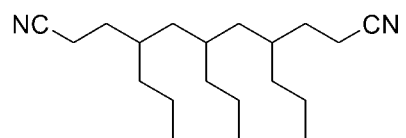
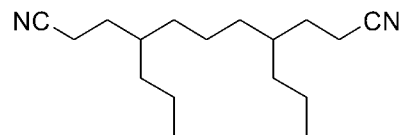
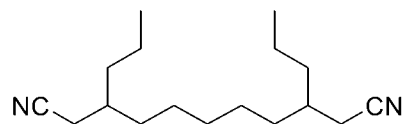
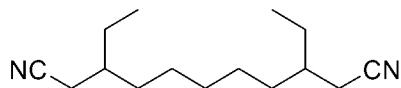
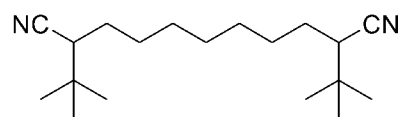
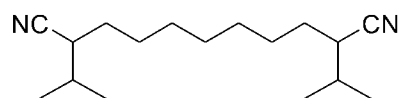
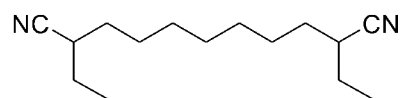
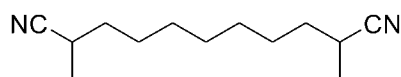
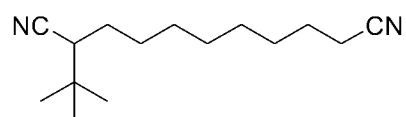
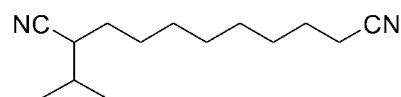
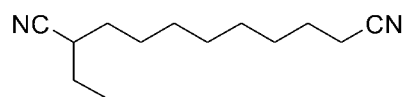
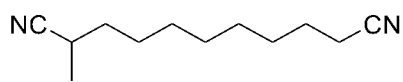
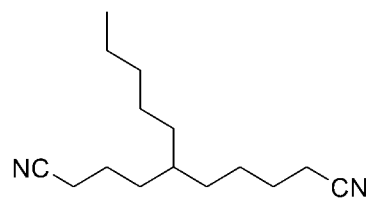
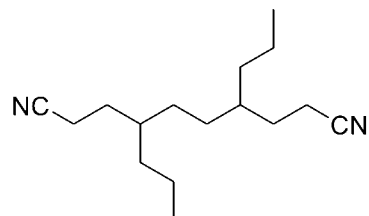
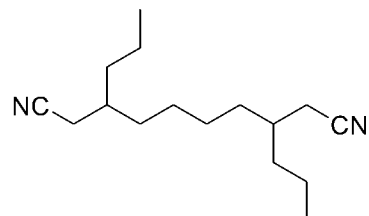
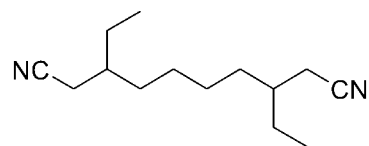
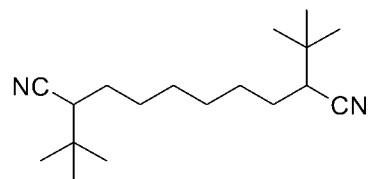
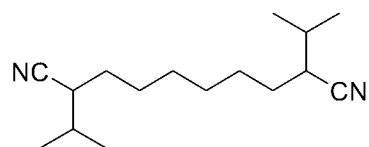
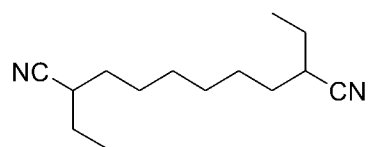
3、根据权利要求1所述的电解液，其中 Z/X 在 0.1 至 3 的范围内。

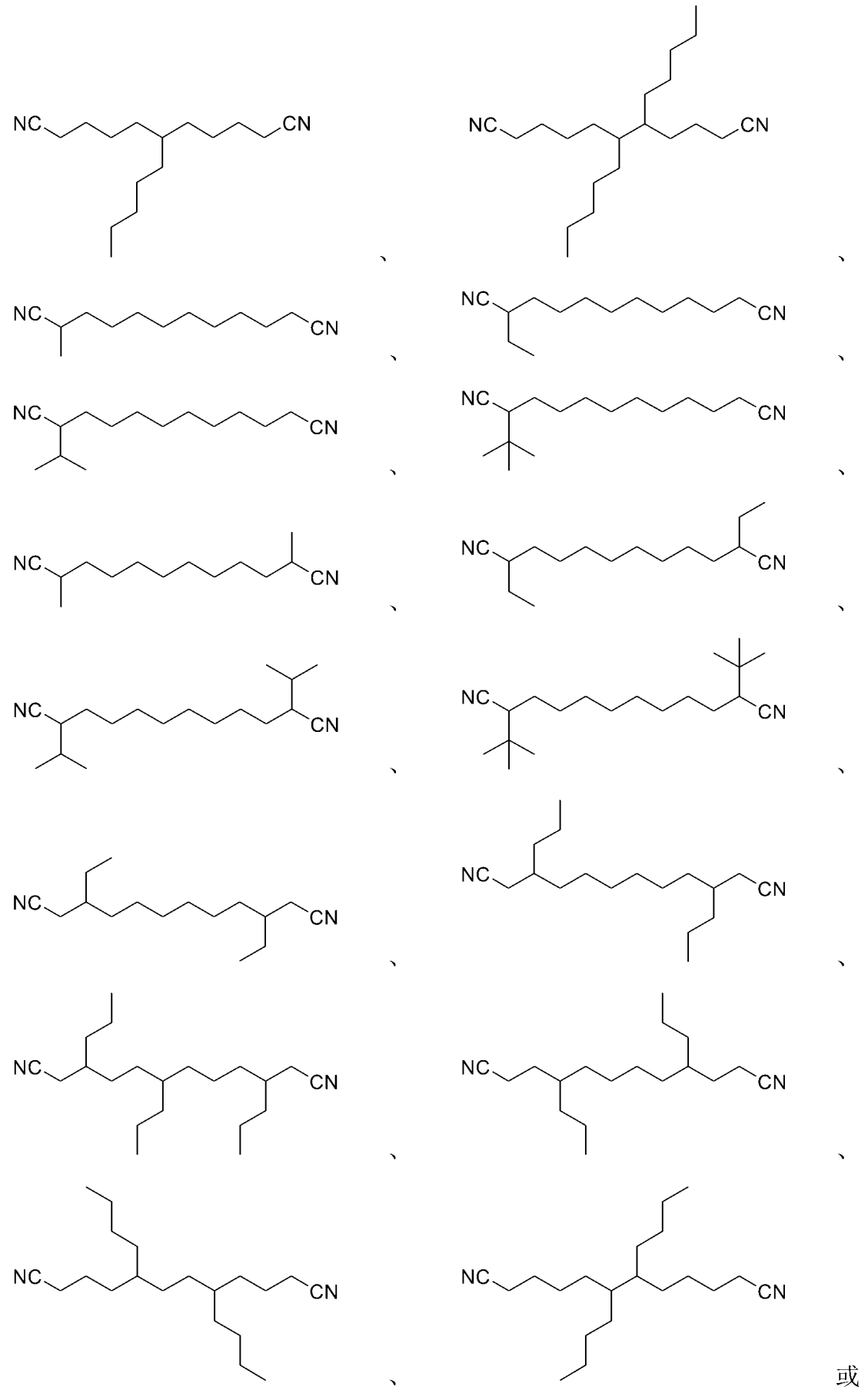
4、根据权利要求3所述的电解液，其中 Z/X 在 0.6 至 2.5 的范围内。

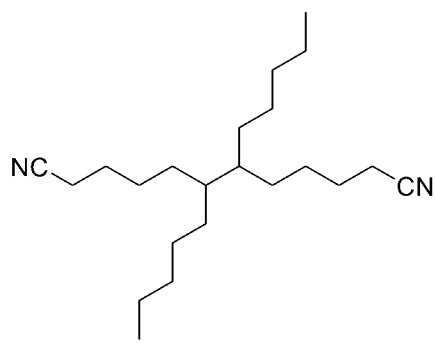
5、根据权利要求1所述的电解液，其中所述式I-A 化合物包括以下化合物中的至少一种：



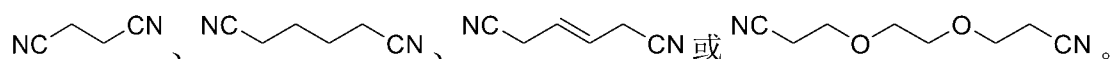




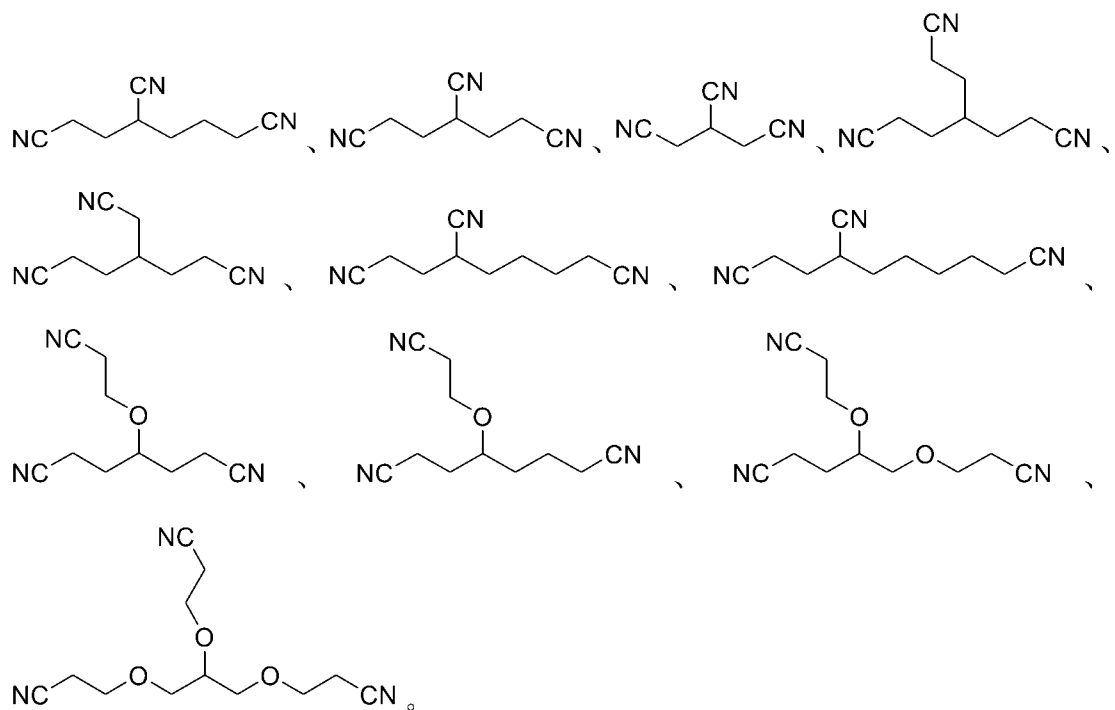




6、根据权利要求 1 所述的电解液，其中所述式 I-B 化合物包括以下化合物中的至少一种：



7、根据权利要求 1 所述的电解液，其中所述式 I-C 化合物包括以下化合物中的至少一种：

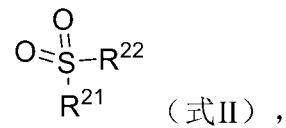


8、根据权利要求 1 所述的电解液，其中 Y/X 在 0.12 至 5 的范围内。

9、根据权利要求 1 所述的电解液，其中所述电解液还包括含硫氧双键的化合物，并且基于所述电解液的质量，所述含硫氧双键的化合物的含量为

0.01%至 10%。

10、根据权利要求 9 所述的电解液，其中所述含硫氧双键的化合物包括具有式 II 的化合物：



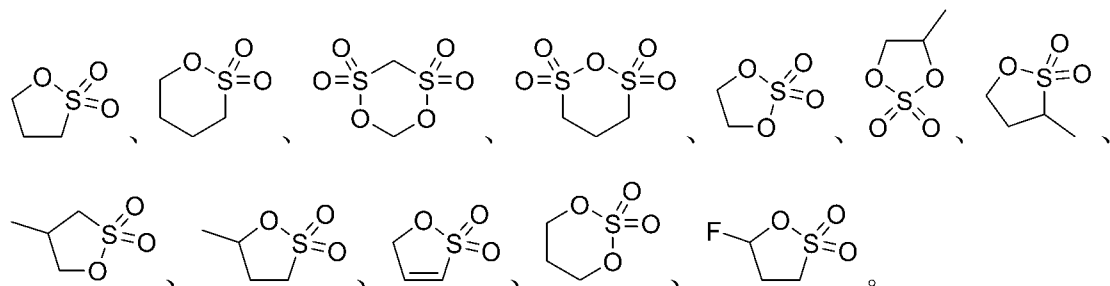
其中：

R^{21} 和 R^{22} 各自独立地选自经取代或未经取代的 $\text{C}_1\text{-C}_5$ 烷基、经取代或未经取代的 $\text{C}_2\text{-C}_{10}$ 烯基、经取代或未经取代的 $\text{C}_2\text{-C}_{10}$ 炔基、经取代或未经取代的 $\text{C}_3\text{-C}_{10}$ 脂环基、经取代或未经取代的 $\text{C}_6\text{-C}_{10}$ 芳基或经取代或未经取代的含有 $\text{C}_1\text{-C}_5$ 的杂原子官能团，所述杂原子官能团中的杂原子选自 O 或 S 中的至少一种；

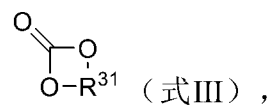
R^{21} 和 R^{22} 任选地连接在一起形成环；并且

当经取代时，取代基各自独立地选自卤素。

11、根据权利要求 9 所述的电解液，其中所述含硫氧双键的化合物包括以下化合物中的至少一种：



12、根据权利要求 1 所述的电解液，其中所述电解液还包括式 III 化合物：



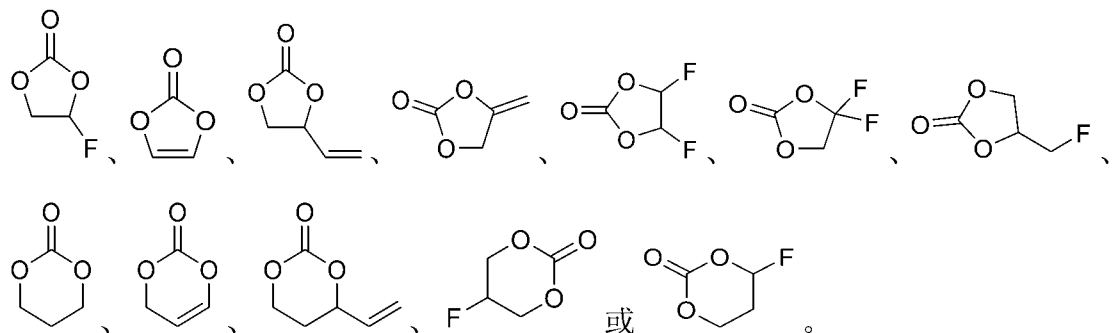
其中：

R^{31} 选自经取代或未经取代的 $\text{C}_1\text{-C}_6$ 亚烷基或经取代或未经取代的 $\text{C}_2\text{-C}_6$ 亚烯基；

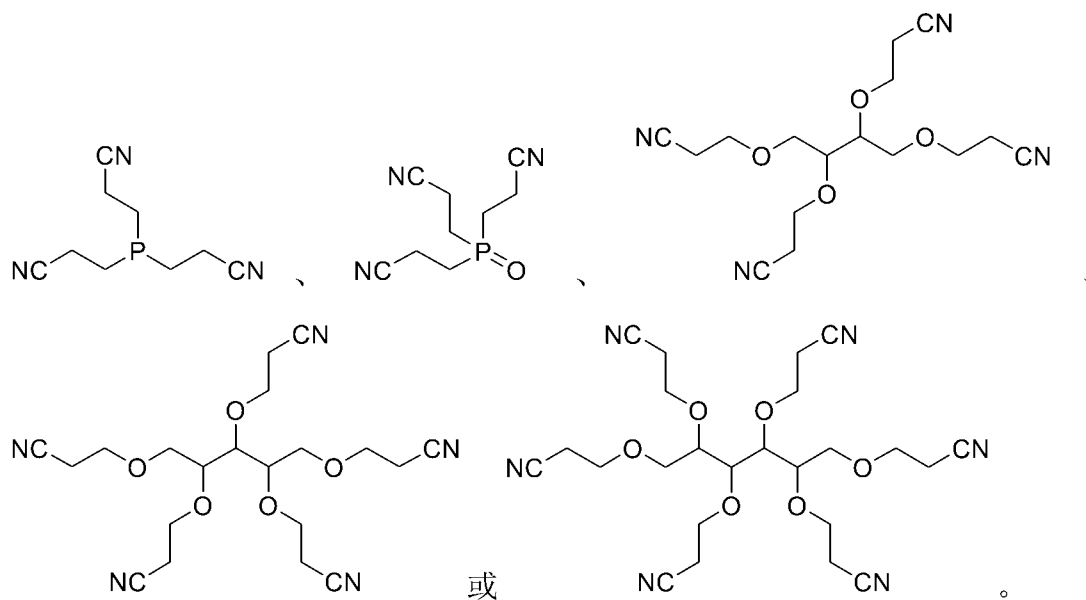
当经取代时，取代基各自独立地选自卤素、C₁-C₆烷基或 C₂-C₆烯基；并且

基于所述电解液的质量，所述式III化合物的含量为0.01%至15%。

13、根据权利要求 12 所述的电解液，其中所述式 III 化合物包括以下化合物中的至少一种：



14、根据权利要求 1 所述的电解液，其中所述电解液还包括化合物 IV，所述化合物 IV 包括以下化合物中的至少一种：



15、根据权利要求 14 所述的电解液，其中基于所述电解液的质量，所述化合物 IV 的含量为 0.01%至 2%。

16、根据权利要求1所述的电解液，其中所述电解液还包括含硼锂盐，

并且基于所述电解液的质量，所述含硼锂盐的含量为 0.01%至 1%。

17、根据权利要求 16 所述的电解液，其中所述含硼锂盐包括四氟硼酸锂、二草酸硼酸锂或二氟草酸硼酸锂中的至少一种。

18、根据权利要求 16 所述的电解液，其中基于所述电解液的质量，所述含硼锂盐的含量为 M%，并且 M/X 不大于 1。

19、一种电化学装置，其包括根据权利要求 1 至 18 中任一项所述的电解液。

20、一种电子装置，其包括根据权利要求 19 所述的电化学装置。

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CN2023/076752

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H01M10/0567(2010.01)i; H01M10/0525(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)

CNTXT, ENTXTC, CNKI, DWPI, ENTXT, STN: 二腈, 多腈, 三腈, dinitrile, polynitrile, trinitrile

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	WO 2022087830 A1 (NINGDE AMPEREX TECHNOLOGY LTD.) 05 May 2022 (2022-05-05) description, page 1, paragraph 5-page 22, paragraph 2	1-20
X	CN 109786824 A (NINGDE AMPEREX TECHNOLOGY LTD.) 21 May 2019 (2019-05-21) description, paragraphs [0003]-[0157]	1-20
X	CN 114094192 A (NINGDE AMPEREX TECHNOLOGY LTD.) 25 February 2022 (2022-02-25) description, paragraphs [0005]-[0168]	1-20



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

25 October 2023

Date of mailing of the international search report

30 October 2023

Name and mailing address of the ISA/CN

China National Intellectual Property Administration (ISA/
CN)
China No. 6, Xitucheng Road, Jimenqiao, Haidian District,
Beijing 100088

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/CN2023/076752

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)			Publication date (day/month/year)
WO	2022087830	A1	05 May 2022	US	2022223915	A1	14 July 2022
				EP	4044313	A1	17 August 2022
				EP	4044313	A4	01 February 2023
CN	109786824	A	21 May 2019	US	2021257662	A1	19 August 2021
				US	11735771	B2	22 August 2023
				EP	3915168	A1	01 December 2021
				EP	3915168	A4	04 January 2023
				WO	2020151647	A1	30 July 2020
CN	114094192	A	25 February 2022	WO	2023098268	A1	08 June 2023

A. 主题的分类

H01M10/0567(2010.01)i; H01M10/0525(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))

CNTEXT,ENTXTC,CNKI,DWPI,ENTXT,STN: 二腈, 多腈, 三腈, dinitrile, polynitrile, trinitrile

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	WO 2022087830 A1 (NINGDE AMPEREX TECHNOLOGY LTD) 2022年5月5日 (2022 - 05 - 05) 说明书第1页第5段到第22页第2段	1-20
X	CN 109786824 A (宁德新能源科技有限公司) 2019年5月21日 (2019 - 05 - 21) 说明书第[0003]-[0157]段	1-20
X	CN 114094192 A (宁德新能源科技有限公司) 2022年2月25日 (2022 - 02 - 25) 说明书第[0005]-[0168]段	1-20

☐ 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

2023年10月25日

国际检索报告邮寄日期

2023年10月30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

授权官员

罗文辉

电话号码 (+86) 62089920

PCT/ISA/210 表(第2页) (2022年7月)

国际检索报告
关于同族专利的信息

国际申请号

PCT/CN2023/076752

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)
WO	2022087830	A1	2022年5月5日	US	2022223915	A1	2022年7月14日
				EP	4044313	A1	2022年8月17日
				EP	4044313	A4	2023年2月1日
CN	109786824	A	2019年5月21日	US	2021257662	A1	2021年8月19日
				US	11735771	B2	2023年8月22日
				EP	3915168	A1	2021年12月1日
				EP	3915168	A4	2023年1月4日
				WO	2020151647	A1	2020年7月30日
CN	114094192	A	2022年2月25日	WO	2023098268	A1	2023年6月8日