

国家标准《锂离子电池用再生黑粉》 编制说明

（送审稿）

《锂离子电池用再生黑粉》编制组
编写单位：广东邦普循环科技有限公司

2024 年 8 月 22 日

一、工作简况

1.1 任务来源

1.1.1 标准立项计划情况

根据 2024 年 7 月 25 日，国家标准化管理委员会《关于下达 2024 年第五批推荐性国家标准计划及相关标准外文版计划的通知》（国标委发【2024】32 号），国家标准《锂离子电池用再生黑粉》制定项目由全国有色金属标准化技术委员会归口，项目计划编号 20242317-T-610，项目周期为 18 个月，计划完成年限为 2024 年。

国家标准项目由广东邦普循环科技有限公司、浙江华友钴业股份有限公司、格林美股份有限公司、湖南长远锂科股份有限公司、广东佳纳能源科技有限公司、中国科学院过程工程研究所、华南理工大学、广州海关技术中心、深圳海关工业品检测技术中心、衢州华友资源再生科技有限公司、湖南邦普循环科技有限公司、湖南顺华锂业有限公司负责起草。

1.1.2 编制组单位变化情况

技术审查会前，根据标准编制工作任务量，重新调整了编制组构成，具体为：广东邦普循环科技有限公司、浙江华友钴业股份有限公司、格林美股份有限公司、金川集团股份有限公司、湖南长远锂科股份有限公司、广东佳纳能源科技有限公司、中国科学院过程工程研究所、广州海关技术中心、深圳海关工业品检测技术中心、宁波海关技术中心、衢州华友资源再生科技有限公司、湖南邦普循环科技有限公司、宜昌邦普循环科技有限公司、广东金晟新能源股份有限公司、湖南顺华锂业有限公司、湖南金凯循环科技有限公司、赣州吉锐新能源科技股份有限公司。

1.2 标准制定的目的和意义

1.2.1 落实国家政策，完善资源再生与综合利用标准体系建设

随着不可再生资源的快速消耗，我国把资源综合利用纳入生态文明建设总体布局，不断完善法规政策，以全面提高资源利用效率为目标，推动资源综合利用

产业发展壮大。

2021年7月1日，国家发改委印发《“十四五”循环经济发展规划》（发改环资〔2021〕969号），提出强化再生资源对战略性矿产资源供给保障能力；完善循环经济标准体系，健全再生原料等标准规范。

2021年10月24日，国务院印发《2030年前碳达峰行动方案》（国发〔2021〕23号），提出推动有色金属行业碳达峰。加快再生有色金属产业发展，完善废弃有色金属资源回收、分选和加工网络，提高再生有色金属产量。

2021年12月21日，工业和信息化部、科技部、自然资源部印发《“十四五”原材料工业发展规划》（工信部联规〔2021〕212号），提出要扩展多元化资源供给渠道，推进优质再生资源进口。

2022年1月27日，工业和信息化部、国家发改委、科学技术部等八部门联合印发《关于加快推动工业资源综合利用的实施方案》（工信部联节〔2022〕9号），提出促进镍、钴、锂等战略性金属废碎料的高效再生利用，提升再生资源高值化利用水平；积极引导符合产品标准的再生原料进口。

2022年11月10日，工业和信息化部、国家发改委、生态环境部印发《有色金属行业碳达峰实施方案》（工信部联原〔2022〕153号），提出完善再生有色金属原料标准，鼓励企业进口高品质再生资源；到2025年，再生金属供应占比达24%以上。

2023年8月21日，工业和信息化部、国家发改委、海关总署等七部门联合印发《有色金属行业稳增长工作方案》（工信部联原〔2023〕130号），提出鼓励进口初级产品。完善再生原料标准体系，扩大优质再生原料进口范围和规模。

1.2.2 回收镍钴锂资源，缓解我国经济发展同资源约束和环境保护之间矛盾

据美国地质调查局(USGS)资料显示，我国镍、钴矿资源并不多，已探明的镍、钴资源量分别仅占全球资源的3.70%和1.14%，且独立矿床尤少。2020年，全球镍、钴、锂的资源储量分别为9400万吨、710万吨和8600万吨。随着新能源汽车产业及电子电器产品的快速发展，直接加速了电池产业的发展，带动上游电极材料的需求，据国家地方联合工程中心数据显示，预测到2030年，全球镍金属需求量达到130万吨，钴达到23万吨，锂达到29万吨，中国镍、钴、锂需求量超过全球需求量的1/3，但我国自产的镍、钴、锂金属长期远不能满足市场需求，

根据中国金属材料流通协会数据显示，2022 年我国镍、钴、锂金属资源对外依存度均高于 7 成，国内企业只能通过大量进口，以弥补国内镍、钴供应缺口。随着国内镍钴锂资源需求的逐渐增加，镍钴锂原料不足的问题日趋突出，碳酸锂的单吨价格一度达到 60 万元，资源紧缺严重增加了企业的生产成本，大大约束着经济的发展。另一方面，随着世界各国对镍、钴、锂资源的抢夺，例如印尼的镍原矿限制出口和加拿大等国家对我国企业锂矿开采权施压，如果仅依靠大量进口单一的锂、镍、钴精矿，极易受到出口国的限制，危害我国镍、钴、锂资源的供应链安全。

电池中的镍、钴、锂等有价金属资源丰度远高于原矿，以市场中常见的 622 型三元正极材料为例，仅 1t 电池黑粉中约含 70kg 金属锂、350kg 金属镍和 120kg 金属钴，是一座典型的“城市矿山”。目前，市场上常见的锂离子电池体系包括钴酸锂、三元正极材料、磷酸铁锂和锰酸锂等，钴酸锂和三元材料因含镍、钴有价资源，在后续再生利用过程中先进行镍钴萃取工艺提取镍钴资源，再进行沉锂步骤；磷酸铁锂材料不含镍钴资源，但其含有磷酸铁锂生产所需的磷酸铁前驱体原料，主要材料氢离子置换的方式，将磷酸铁锂拆分成锂溶液和磷酸铁后进行提锂；锰酸锂进锂一种有价资源，采用有优先提锂工艺，直接将锂元素萃取富集后提取锂资源。

因此，无论哪种黑粉原料，通过对废旧电池回收再生利用生产的黑粉，都既能够解决我国经济发展和资源约束之间的矛盾，也有利于解决我国经济发展和环境保护之间的矛盾，符合当前国家和行业的发展现状。

1.2.3 保障再生利用行业发展需求，促进资源贸易流通

随着国家对再生资源产业发展的重视，我国近年来再生资源利用行业发展迅速，2019 年，全国再生资源回收企业数量达到 10 万多家，回收行业从业人员约 1500 万人。根据商务部发布的《中国再生资源回收行业发展报告（2020）》可知，截至 2019 年底，废钢铁、废有色金属、废塑料、废轮胎、废纸、废弃电器电子产品、报废机动车、废旧纺织品、废玻璃、废电池十大品种的回收总量约 3.54 亿吨，同比增长 10.2%。2019 年，废电池（铅酸电池除外）回收量约 23.6 万吨，其中，不能充电的一次电池回收量约 2.5 万吨，能够充电的二次电池回收量约 21.1 万吨。

近几年，在碳中和背景下，电动车产业快速发展，动力电池退役量庞大，全球新能源汽车行业发展迅速，2022 年全球新能源汽车销量已经上升到 688 万辆，同比增长 93%。预计 2025 年全球动力电池装机量可达 623GWh，国内装机量可达 312GWh，规模庞大的动力电池市场伴生的将是锂离子电池回收和下游梯次利用的行业机遇。

随着动力电池规模不断扩大及动力电池发展周期的加长，动力电池报废量会快速增加。据高工产研锂电研究所（GGII）数据显示，2022 年，中国动力电池报废量已经达到 110.2 GWh，估算产生约 20 万吨电池黑粉，且随着电池产量的增加，报废量会持续增大。国家统计局数据显示，废旧电池中镍钴的回收量占总量的比接近 50%，是镍钴回收的主要来源，因此，发展锂电池回收在避免资源浪费和环境污染的同时也将产生可观的经济效益。

锂离子电池用再生黑粉作镍钴锂资源回收利用环节的关键产品，随着贸易量的持续增加，在流通和检测过程中尚无黑粉相关的国家或行业标准可参考。本标准的制定不仅可确保回收工艺的科学和环保，确保产品质量符合绿色环保要求，防止不法分子以次充好，避免供应商同客户对产品质量的纠纷。而且受到全面禁止固体废物进口的海关政策影响，在难以摆脱废物标签的情况下，黑粉难以作为产品通过海关重新返回国内，难以满足再生利用行业需求和符合市场发展的需求，亟需制定相应的产品标准，统一和规范产品化学组分等指标。

1.3 主要参加单位和工作成员及其所作的工作

1.3.1 主要参加单位情况

广东邦普循环科技有限公司，作为标准的牵头单位，负责组织开展标准的研制工作，包括前期调研、文献查询、框架内容调整、技术分析、样品收集和试验验证等工作，同时积极组织标准的任务落实、讨论、预审、审查等会议，根据专家提出的意见，能够带领编制组成员单位认真细致修改标准文本，对标准的研制过程具有决定性贡献。

浙江华友钴业股份有限公司、格林美股份有限公司、金川集团股份有限公司、湖南长远锂科股份有限公司、广东佳纳能源科技有限公司、中国科学院过程工程研究所、广州海关技术中心、深圳海关工业品检测技术中心、宁波海关技术中心、

长沙矿冶院检测技术有限责任公司作为标准的参与单位,均为锂离子电池用再生黑粉的生产、使用及研究企业,在标准编制过程中,积极参与标准的调研工作,为标准编制提供了大量的实测数据。同时,针对标准的技术要求提供了大量宝贵的意见,为标准的研制提供有力保障。

广东金晟新能源股份有限公司、湖南顺华锂业有限公司、湖南金凯循环科技有限公司、赣州吉锐新能源科技股份有限公司,均为锂离子电池用再生黑粉的生产、使用企业,在标准编制过程中,积极参与标准的调研工作,并提供实地生产加工产线供编制组调研,为标准的研制提供了一定支撑。

1.3.2 主要工作成员所负责的工作情况

本标准主要起草人及工作职责,见下表 1。

表1 主要起草人及其工作职责

起草人	工作职责

1.4 标准编制工作过程

1.4.1 预研阶段

2023 年 9 月,广东邦普循环科技有限公司向全国有色金属标准化技术委员会(SAC/TC243)提交国家标准《锂离子电池用再生黑粉》申报材料。

2023 年 11 月 2 日~3 日,在云南省昆明市召开的全国有色金属标准化技术委员会及各分技术委员会年会上通过专家论证。

标准主编单位对锂离子电池用再生黑粉国内标准、国内外客户对产品的质量要求及国内主要生产厂家的产品质量现状进行了分析,遵照锂离子电池用再生黑粉的性质、特点及用途,广泛吸收了工艺、生产、试验、检验等有关方面技术专家的意见。于 2024 年 4 月形成了国家标准《锂离子电池用再生黑粉》讨论稿 1。

2024 年 5 月 23~24 日,全国有色金属标准化技术委员会在江苏省无锡市召开了有色标准工作会议,来自广东邦普循环科技有限公司、浙江华友钴业股份有

限公司、格林美股份有限公司、金川集团股份有限公司、等单位参加了该会议，对标准的编制思路、框架、后续工作计划进行了充分的研讨，通过该会议，确定了标准的框架，与会代表一致认为还需要结合生态环境部和海关部门的调研情况，进一步深入讨论。

2024 年 5~6 月，为有效分类回收锂离子电池中有价金属资源，规范其回收贸易发展，确保标准内容科学、合理，由全国有色金属标准化技术委员会组织向锂离子电池回收行业内相关企业开展数据调研，共收回 18 家单位 31 种产品的数据反馈。编制组通过对调研情况的整理，于 2024 年 6 月形成了国家标准《锂离子电池用再生黑粉》讨论稿 2。

2024 年 6 月 19~20 日，全国有色金属标准化技术委员会在山东省烟台市召开了有色标准工作会议，来自广东邦普循环科技有限公司、浙江华友钴业股份有限公司、格林美股份有限公司、金川集团股份有限公司等单位参加了该会议，对标准的编制框架、技术指标的选取、后续工作计划进行了更加细致的研讨。

1.4.2 立项阶段

2024 年 7 月 25 日，国家标准化管理委员会《关于下达 2024 年第五批推荐性国家标准计划及相关标准外文版计划的通知》（国标委发【2024】32 号），国家标准《锂离子电池用再生黑粉》制定项目由全国有色金属标准化技术委员会归口，项目计划编号 20242317-T-610，项目周期为 18 个月，计划完成年限为 2024 年。

1.4.3 起草阶段

2024 年 6 月-7 月，编制组广泛听取各方意见，通过公开文本数据调研，对黑粉指标设定及后续利用情况进行摸排调查，初步确定了黑粉的技术指标及检测方法，并按照磷酸铁锂和三元电池原料进行分级，按照原有的标准编制框架对标准指标重新调整，确定了标准讨论稿 1。

2024 年 8 月，编制组基于行业的普遍要求，对黑粉的生产及使用企业进行实地调研，进一步对黑粉指标设定及后续利用情况进行摸排调查，再次确定了黑粉的技术指标及检测方法，并按照极片粉和电池粉进行分级分类，按照原有的标准编制框架对标准指标重新调整，确定了标准讨论稿 2。

1.4.4 征求意见阶段

2024年8月20日，编制组调整了黑粉的技术指标及相应指标的检测方法，对极片粉和电池粉进一步细化分类，明确主杂含量限值，对标准文本整体梳理后，确定了标准征求意见稿。

1.4.5 审查阶段

.....

1.4.6 报批阶段

.....

二、标准编制原则

2.1 编制原则

本标准编制根据我国国情，以满足市场需求为指导，以产品生产、使用、贸易企业的需求为基础，符合海关进口和固体废物管理政策要求，有利于原料的内、外贸易，以利于保护我国资源综合利用和生态环境的保护。本标准编制应更加科学合理、切实可行、具有可操作性，同时促进锂电池资源综合利用水平的提高，满足相关法律法规要求。本标准的制定工作应遵循“统一性、协调性、适用性、一致性、规范性”的原则，本着先进性、科学性、合理性和可操作性的原则，按照 GB/T 1.1—2020 给出的规则编写。

1、从锂离子电池回收工艺方面考虑，诸如锂电池中可能含有氟、磷和石墨等，回收过程并不能确保这些氟、磷能完全去除，因此锂离子电池用再生黑粉应该对氟、磷、酸不溶物进行限定。

2、根据海外市场实际情况，目前报废锂离子电池主要分为两大类，三元和磷酸铁锂，因其各自主含量和杂质含量有差异，需对其分类说明。又因原料可分为极片和电池，需对其分级说明。

3、再生黑粉根据来源可能含有铁、铝、铜等杂质，铁、铝杂质会影响后续湿法除杂过程，进而影响国内三废排放，因此对以上杂质做出限定。铜因价值较高，后续湿法除杂可高度资源化利用，故不加以限定。

4、锂离子电池用再生黑粉涉及进口贸易，应符合《控制危险废物越境转移及其处置巴塞尔公约》的规定，砷、镉、铬、铅属于对环境有害的污染物，应该进行规定，并满足海外进口需求。

5、产品的水分指标影响产品的质量和后续对应处理工序调整，其含量的高低对影响产品回国，应该对其明确要求。

6、产品的外观是海关对于进口产品进行鉴别的重要指标，应该对产品的外观进行说明。

2.2 主要工艺介绍

产品以废锂离子电池为原料，经过放电、拆解、热解、破碎和分选等一道或多道工艺处理后，得到以锂、镍、钴、锰一种或多种有价成分构成的粉料。主要作为湿法冶炼生产镍盐、钴盐、锂盐、锰盐的原料，如图 1 所示。

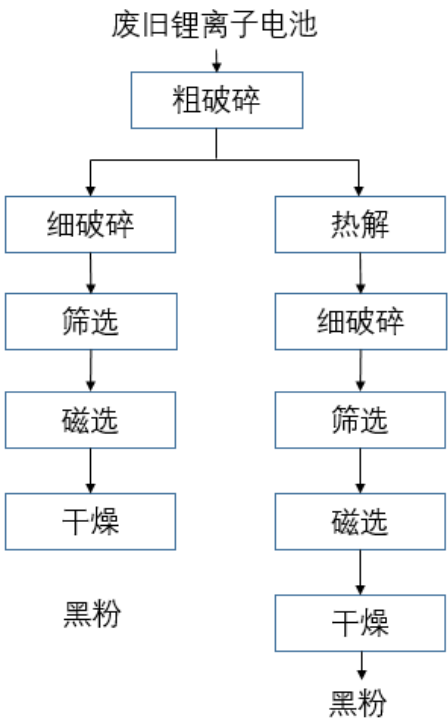


图 1 锂离子电池用再生黑粉典型生产工艺

工艺介绍：

①拆解：动力及储能型的锂离子电池包（组）参照 GB/T 33598 要求进行拆解，得到电芯和外壳，软包动力电池和圆柱形动力电池可省略“拆解”步骤。

②放电：报废的锂离子电池中有可能残留一定的电量，在拆解过程可能引发短路或起火的风险，且热解过程是在密闭设备中加热处理，因为电量的存在会产生爆炸的安全性问题，因此在工艺流程中首先就需要进行残留电量的释放。通常最为安全、高效率、低成本的放电处理方法是利用盐水浸泡。放电工艺是将废旧电池装载到不锈钢通孔槽，浸入一定浓度的氯化钠溶液中，浸泡一定时间，将电池电量彻底释放出来。针对电池生产过程中产生的电池材料废弃物，如废极片、下脚料等，由于不存在带电，可直接省略放电步骤。针对具备直接带电处理工艺技术可省略该步骤。

③热解：锂离子电池或废料通过焙烧炉或回转窑等密闭设备，在 400~600 °C 温度下，经过一段时间热解，电池中的电解液、隔膜、粘结剂等有机物受热分解，形成水、二氧化碳和一次燃烧废气。一次燃烧废气经过密闭管道送入二次高温燃烧炉，在 1200 °C 以上的二次高温燃烧炉中，一次燃烧产物被彻底燃烧分解成二氧化碳和水。电解液中的电解质（六氟磷酸锂）受热分解成 LiF 和 PF₅ 烟气，PF₅ 烟气等其他废气经碱喷淋吸收时，F 以氟化钙和 P 以磷酸钙的形式被固化下来，其他废气经处理达标排放，从而实现无害化。

④破碎分选：由于各种电池废料中组分的硬度不同，在破碎机械设备中被切割成颗粒状，并相互高速撞击，可以得到粒度不同的废旧电池组分的碎料，利用金属物理性质的差异进行筛分、风选、磁选、重选、浮选等技术组合的分选，可以直接通过机械物理法分离得到铜、铁、铝，和含有镍钴锰锂等金属的粉末产品，即黑粉。

三、标准主要内容的确定依据及主要试验和验证情况分析

3.1 主要指标调研情况说明

对国内黑粉情况开展调研，共收集到了广东邦普循环科技有限公司、青岛海关技术中心、广东金晟新能源股份有限公司、深圳海关工业品检测技术中心、赣州吉锐新能源有限公司、江西赣锋锂业集团股份有限公司、宁波海关技术中心、湖南金凯循环科技股份有限公司、湖南顺华锂业有限公司、宜昌邦普循环科技有限公司、矿冶科技集团有限公司、广州海关技术中心、格林美股份有限公司、衢

州华友资源再生科技有限公司、广西华友资源再生科技有限公司、长沙矿冶院检测技术有限责任公司共计 16 家单位的数据反馈。

针对黑粉产品共有 16 家单位反馈调研表，统计整理后考虑到参与调研数据企业较多，数据量较大，因此拟合经验累积分布函数进行分析，选取 80%分位数的情况作为参考，调研情况见附表。

表 1 含有镍或（和）钴元素的锂离子电池废料的黑粉（一级品）调研数据（单位：wt. %）

	Ni+Co	Li	Fe	Zn	Al	F	P	Pb	Cd	Cr	As	酸不溶物
50%	38.9500	6.4500	0.0535	0.0590	0.3800	0.0060	0.3180	0.0017	0.0001	0.0010	0.0011	0.4900
80%	50.7600	6.9400	0.2900	0.0852	0.9980	0.0097	0.7900	0.0033	0.0048	0.0020	0.0076	0.9890
100%	61.9361	8.0000	1.4000	0.8975	11.9778	0.0370	2.6500	0.0200	0.0180	0.0600	0.0560	24.9400
	43.9700	6.4000	0.2900	0.0006	0.5400	0.0150	0.0100	0.0017	0.0001	0.0001	0.0003	/
	46.4900	6.5000	0.0900	0.0040	0.9100	0.0090	2.1000	0.0013	0.0001	0.0001	0.0001	/
	54.5300	6.7500	0.0310	0.0039	0.0900	0.0060	0.8900	0.0001	0.0001	0.0017	0.0015	/
	51.9400	7.4100	0.0046	0.0020	0.2100	0.0032	1.1800	0.0008	0.0006	0.0012	0.0024	/
	49.4700	6.5600	0.2300	0.0013	0.9500	0.0066	1.3000	0.0032	0.0001	0.0017	0.0006	/
	49.3600	6.6500	0.0600	0.0014	0.8100	0.0066	0.9210	0.0016	0.0001	0.0017	0.0001	/
	31.3600	4.0000	0.0210	0.0021	0.6500	0.0190	0.8200	0.0007	0.0002	0.0009	0.0001	/
	36.4000	3.6800	0.3300	0.0370	0.3700	0.0073	2.2400	0.0200	0.0009	0.0039	0.0021	
	20.5700	3.5100	0.0460	0.0710	0.5200	0.0030	0.8640	0.0010	/	0.0010	/	0.9300
	21.3000	3.5700	0.0410	0.0780	0.3800	0.0020	0.8700	0.0010	/	0.0010	/	0.9560
	28.8100	3.8500	0.0520	0.0690	0.6600	0.0050	0.7210	0.0020	/	0.0020	/	0.9890
	26.5900	3.5900	0.0430	0.0670	0.0710	0.0090	0.7320	0.0010	/	0.0020	/	0.4160
	24.7400	3.7900	0.0390	0.0650	0.3600	0.0020	0.7450	0.0020	/	0.0010	/	0.3810
	28.1900	3.6800	0.0370	0.0730	0.7800	0.0030	0.8650	0.0020	/	0.0020	/	0.9310
	19.9900	3.1100	0.0430	0.0590	1.0300	0.0090	0.7250	0.0010	/	0.0010	/	0.9240
	21.3200	3.2300	0.0530	0.0630	0.3600	0.0030	0.7160	0.0020	/	0.0010	/	0.3610
	19.1400	3.0700	0.0370	0.0550	0.7100	0.0200	0.3180	0.0020	/	0.0010	/	0.3750
	20.2200	3.2600	0.0460	0.0630	0.3500	0.0160	0.3540	0.0010	/	0.0020	/	0.3940

24.0100	2.8900	0.0400	0.0720	0.3600	0.0124	0.3460	0.0020	/	0.0020	/	0.9620
23.9200	2.8600	0.0540	0.0590	0.2300	0.0030	0.3090	0.0030	/	0.0010	/	0.4320
20.9100	3.7700	0.0450	0.0680	2.4600	0.0120	0.3240	0.0010	/	0.0010	/	0.3760
20.3800	3.6100	0.0370	0.0640	2.1600	0.0040	0.3360	0.0020	/	0.0020	/	0.9720
21.6800	3.6700	0.0490	0.0590	1.4500	0.0030	0.3430	0.0010	/	0.0020	/	0.4220
22.5400	3.4600	0.0430	0.0630	1.7900	0.0090	0.3540	0.0010	/	0.0010	/	0.4360
22.1800	3.7800	0.0540	0.0670	1.0600	0.0030	0.3290	0.0020	/	0.0010	/	1.3420
23.8700	3.5400	0.0370	0.0610	1.4800	0.0020	0.3460	0.0010	/	0.0010	/	0.3680
24.3300	3.3400	0.0390	0.0640	1.1200	0.0030	0.3580	0.0010	/	0.0020	/	0.3930
23.4500	3.8900	0.0420	0.0560	0.6500	0.0020	0.3590	0.0020	/	0.0010	/	0.4050
33.4100	5.7070	0.0480	0.1500	0.7400	0.0039	0.0010	0.0027	0.0011	0.0018	0.0004	/
50.6200	6.6160	0.2400	0.1025	0.4100	0.0020	0.0006	0.0017	0.0001	0.0008	0.0006	/
37.7900	6.0510	0.3600	0.1775	0.7100	0.0180	0.0011	0.0028	<0.0001	0.0009	0.0018	/
45.4800	6.7160	0.0440	0.0700	0.2800	0.0090	0.0003	0.0008	<0.0001	0.0011	0.0001	/
40.0000	6.0600	0.4100	0.1150	0.4600	0.0061	0.0005	0.0013	0.0002	0.0008	0.0004	/
49.1500	6.5410	0.2400	0.0900	0.3600	0.0160	0.0002	0.0005	0.0004	0.0008	0.0013	/
31.0200	6.5410	0.2600	0.0900	0.3600	0.0140	0.0012	0.0030	<0.0001	0.0009	0.0006	/
22.9600	3.5950	0.2400	0.8975	3.5900	0.0020	0.0004	0.0010	0.0002	0.0007	0.0008	/
16.7700	2.5260	0.3100	0.5650	2.2600	0.0160	0.0009	0.0023	<0.0001	0.0008	0.0002	/
52.2800	6.9150	0.3400	0.0375	0.1500	0.0060	0.0015	0.0038	0.0001	0.0008	0.0011	/
52.0600	6.9100	0.2600	0.1275	0.5100	0.0050	0.0013	0.0033	0.0001	0.0007	0.0015	/
38.1200	7.0770	0.2400	0.0550	0.2200	0.0047	0.0006	0.0015	<0.0001	0.0008	0.0015	/
17.6500	3.1990	0.3100	0.4550	1.8200	0.0032	0.0012	0.0030	0.0180	0.0008	0.0001	/
22.0900	3.7280	0.3400	0.8950	3.5800	0.0150	0.0025	0.0063	0.0048	0.0007	0.0009	/
39.7800	6.7700	0.4600	0.1000	0.4000	0.0025	0.0008	0.0020	0.0002	0.0008	0.0012	/

39.8900	6.7010	0.4400	0.1500	0.6000	0.0023	0.0006	0.0015	0.0002	0.0008	0.0008	/
37.9500	6.7520	0.4100	0.0525	0.2100	0.0031	0.0011	0.0028	<0.0001	0.0007	0.0017	/
40.3000	7.0120	0.3400	0.0500	0.2000	0.0033	0.0016	0.0040	<0.0001	0.0008	0.0008	/
41.1500	6.9120	0.2600	0.0750	0.3000	0.0040	0.0025	0.0063	<0.0001	0.0008	0.0004	/
40.9800	7.0500	0.4400	0.0775	0.3100	0.0090	0.0300	0.0083	<0.0001	0.0007	0.0011	/
41.6800	7.2800	0.0110	0.0260	0.0030	0.0060	0.0077	/	/	/	/	/
54.3361	6.9283	0.0400	0.0100	0.3702	0.0073	0.0300	0.0100	0.0100	0.0100	0.0100	0.5200
61.9361	6.6968	0.0100	0.0100	0.1145	0.0070	0.0100	0.0100	0.0100	0.0100	0.0100	0.4600
49.2000	8.0000	0.2600	0.0100	<0.01	0.0097	<0.01	0.0100	0.0100	0.0600	0.0100	----
51.2000	5.8700	0.1400	----	<1	0.0050	<1	0.0100	0.0100	0.0100	0.0100	1.7200
32.4600	6.5600	1.4000	----	0.3800	0.0050	2.6500	0.0100	0.0100	0.0100	0.0100	1.5000
54.8200	7.4100	0.2800	----		0.0160	----	0.0100	0.0100	0.0100	0.0100	1.1500
37.8907	5.3281	0.1909	0.0076	11.9778	0.0070	0.0772	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	24.9400
49.1600	7.1600	0.0330	0.0070	0.0640	0.0077	/	0.0001	0.0001	0.0001	0.0013	/
50.0200	7.0800	0.0300	0.0180	0.0540	0.0051	/	0.0013	0.0001	0.0001	0.0001	/
43.1400	6.6900	0.0110	0.0083	0.3000	0.0059	/	0.0001	0.0001	0.0001	0.0070	/
49.1600	7.1600	0.0330	0.0070	0.0640	0.0077	/	0.0001	0.0001	0.0001	0.0013	/
54.7800	7.0200	0.0360	0.0096	0.2500	0.0089	/	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	/
55.8100	7.0800	0.0520	0.0170	0.2500	0.0077	/	0.0001	0.0001	0.0001	0.0020	/
57.7700	6.9400	0.1300	0.0140	0.1400	0.0059	/	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	/
53.9100	7.2200	0.1000	0.0180	0.0870	0.0370	/	0.0001	0.0001	0.0001	0.0100	/
50.7600	6.3500	0.0560	0.0001	0.2100	0.0030	/	0.0035	0.0001	0.0001	0.0560	/
54.3800	6.6700	0.0087	0.0013	0.1100	0.0070	/	0.0001	0.0001	0.0001	0.0510	/

表 2 含有镍或（和）钴元素的锂离子电池废料的黑粉（二级品）调研数据（单位：wt. %）

	Ni+Co	Li	Fe	Zn	Al	F	P	Pb	Cd	Cr	As	酸不溶物
50%	23.4800	3.0500	0.3800	0.0170	0.7000	0.4950	0.4900	0.0100	0.0100	0.0100	0.0100	18.0000
80%	25.1909	3.4400	0.9980	0.0920	0.9680	0.7900	0.7640	0.0100	0.0100	0.0100	0.0100	34.4300
100%	57.9200	9.0300	12.0000	0.9000	52.1800	5.3600	18.5000	0.0450	0.7100	0.1100	0.0800	64.9000
	21.6000	3.2500	0.0250	0.0800	0.9500	0.1000	0.0100	0.0100	0.0100	0.0100	0.0100	/
	21.8600	2.9900	0.7100	0.0440	0.9200	0.2300	0.5200	0.0100	0.0100	0.0370	0.0100	/
	23.4800	2.6400	0.0720	0.1000	0.0940	0.0950	0.4900	0.0100	0.0100	0.0100	0.0100	/
	21.4500	3.0700	0.0110	0.1900	0.1050	0.6020	0.0100	0.0100	0.0100	0.0100	0.0100	/
	22.1700	3.1200	0.0160	0.1900	1.5700	0.0890	0.0100	0.0100	0.0100	0.0100	0.0100	/
	22.5600	3.1200	0.3700	0.3300	1.3500	0.2800	0.6200	0.0100	0.0470	0.0100	0.0100	/
	23.2300	2.6100	0.0120	0.1100	1.4800	0.7800	0.2000	0.0100	0.0100	0.0100	0.0100	/
	24.5590	3.6900	0.6300	0.1400	4.3000	0.3700	0.5300	0.0100	0.0270	0.0100	0.0100	/
	16.4000	3.0500	0.1200	0.0280	0.2600	0.6000	0.4800	0.0030	0.0100	0.0300	0.0100	/
	24.9800	3.0700	0.0790	0.0160	0.0133	2.0600	0.3600	0.0100	0.0100	0.0100	0.0100	/
	22.9000	3.0500	0.0470	0.2300	0.0012	0.0300	0.0100	0.0100	0.0100	0.0100	0.0100	/
	24.5700	2.4500	0.0066	0.2100	0.8300	0.8600	0.0100	0.0100	0.0100	0.0100	0.0100	/
	24.0700	3.0900	0.0360	0.2000	0.7500	0.7200	0.0100	0.0100	0.0100	0.0100	0.0100	/
	25.6400	3.0400	0.0120	0.2100	3.2900	0.2570	0.0100	0.0100	0.0100	0.0100	0.0100	/
	25.9500	2.7600	0.052	0.2200	0.1100	0.6600	0.0100	0.0100	0.0100	0.0100	0.0100	/
	20.6900	2.6200	3.2800	0.0720	0.9200	0.4900	0.0200	0.0210	0.0100	0.0100	0.0100	/
	27.6900	3.3200	0.3800	0.0140	0.9600	0.4400	0.4500	0.0100	0.0100	0.0100	0.0100	/
	26.7400	3.2500	0.5400	0.0180	0.4000	1.2700	0.4000	0.0100	0.0100	0.0720	0.0100	/
	24.3100	3.1300	1.7300	0.1100	0.0052	0.6800	0.5700	0.0100	0.0460	0.0220	0.0100	/
	22.6200	3.0800	1.8100	0.0330	0.5700	0.7000	1.3100	0.0100	0.0100	0.0100	0.0100	/

24.9500	3.4100	0.0160	0.2200	0.0074	1.0400	0.0100	0.0100	0.0100	0.0100	0.0100	/
21.1400	2.4400	0.0740	0.1700	0.0610	0.2600	0.3000	0.0100	< 0.001	0.0100	0.0100	/
24.7600	2.5900	0.0073	0.1900	0.6900	0.7600	0.0100	0.0100	0.0100	0.0100	0.0100	/
24.3500	3.9200	0.5300	0.0220	3.5800	0.1800	0.3900	0.0130	0.0031	0.0130	0.0001	/
25.2500	4.0500	0.9800	0.0220	0.5200	0.7500	0.3800	0.0150	0.0029	0.0100	0.0001	/
24.9300	3.9600	1.1800	0.0180	0.0590	2.1500	0.3400	0.0130	0.0018	0.0420	0.0001	/
24.7300	3.3000	0.7800	0.0160	0.0010	0.3470	0.3400	0.0190	0.0010	0.0050	0.0001	/
20.7000	3.0300	0.6800	0.0084	0.4100	0.1100	0.4300	0.0036	0.0003	0.0044	0.0001	/
22.1800	3.1200	0.1000	0.0092	0.3000	0.3100	0.1100	0.0026	0.0001	0.0019	0.0001	/
18.3700	2.7800	0.9800	0.0037	0.8900	0.2000	0.9800	0.0022	0.0001	0.0018	0.0001	/
28.7600	3.1500	0.3600	0.0037	1.0600	0.1700	0.1700	0.0042	0.0005	0.0026	0.0003	/
24.4000	2.0900	1.0100	0.0046	1.0500	1.1000	0.6800	0.0041	0.0002	0.0020	0.0001	/
20.6600	3.8800	0.9200	0.0270	0.7500	0.3500	0.4900	0.0220	0.0016	0.0058	0.0005	/
21.2100	3.9700	1.1800	0.0067	1.0900	0.2100	0.6900	0.0041	0.0001	0.0016	0.0001	/
20.2900	3.6300	1.8100	0.0130	1.0800	0.7400	0.6100	0.0160	0.0210	0.0049	0.0001	/
21.1200	4.3600	2.5600	0.0013	0.8500	0.0400	1.1400	0.0046	0.0001	0.0023	0.0001	/
24.2400	2.2800	/	/	0.1700	0.6700	0.2200	/	/	/	/	2.8300
18.5000	3.0900	/	/	0.8900	0.6900	0.0180	/	/	/	/	3.2800
19.3100	6.9300	/	/	0.2200	0.6000	0.2600	/	/	/	/	/
25.7500	6.3900	/	/	0.9800	1.4900	0.0050	/	/	/	/	5.0500
19.3600	6.8100	1.3600	/	0.6700	1.4800	0.8900	/	/	/	/	5.4200
23.6000	3.7600	1.7100	/	0.9190	0.4200	0.5600	0.0250	0.0580	0.0720	/	28.7000
24.1000	/	/	/	0.4200	0.4800	/	/	/	/	/	3.7500
25.4100	/	/	/	6.5000	/	1.1800	/	/	0.0050	/	/
20.7900	/	0.6000	/	0.6000	0.6600	0.8800	0.0280	0.2400	0.0240	/	/

19.0500	/	/	/	0.0600	/	/	/	/	/	/	2.4100
26.6800	/	0.2100	/	/	/	0.8600	0.0450	0.7100	0.0100	/	/
27.0800	/	0.3400	/	0.7800	0.3100	0.9500	0.0330	0..187	0.0230	/	/
23.2000	/	/	/	0.9200	0.5000	/	/	/	0.0790	/	/
23.3400	/	/	0.0130	0.0700	2.4300	1.5100	0.0200	/	0.1100	/	/
20.0800	/	0.2930	0.0270	0.6600	/	/	/	/	0.0890	/	/
17.3500	/	3.4400	/	0.6500	0.6600	0.8200	0.0280	0.0330	0.0115	/	/
25.6000	/	0.4480	/	52.1800	5.3600	0.9000	0.0065	/	0.0088	/	/
21.0000	/	0.3300	/	0.4000	/	0.3000	/	/	0.0200	/	32.3000
20.2000	/	0.3500	/	0.5200	/	0.5000	/	/	0.0200	/	32.0000
21.5000	/	0.1500	/	0.9080	/	1.2300	/	/	0.0100	/	29.2000
21.6000	/	0.1700	/	0.9400	/	0.4300	/	/	0.0100	/	27.2000
24.6100	3.0700	5.6600	0.0320	0.8900	0.1500	0.3590	0.0067	0.0005	0.0047	0.0050	/
18.9900	2.4700	0.0019	0.0069	0.2200	0.7900	0.6200	0.0019	0.0013	0.0071	0.0050	/
19.3600	2.4800	0.0032	0.0099	1.0700	0.8500	0.6200	0.0032	0.0013	0.0070	0.0040	/
19.0200	2.4700	0.0044	0.0051	1.0400	0.7300	0.5800	0.0044	0.0017	0.0097	0.0300	/
22.9600	2.7500	0.4300	0.0080	0.9500	0.6500	0.6000	0.0000	0.0025	0.0059	0.0500	/
22.8700	3.7300	0.5100	0.0029	0.6500	0.6100	0.5700	0.0046	0.0037	0.0045	0.0700	/
22.4300	3.0400	6.9600	0.0220	0.3000	0.2800	4.5000	0.0076	0.0001	0.0029	0.0036	/
20.3800	3.5700	0.4900	0.0051	1.0300	1.6800	0.5800	0.0064	0.0023	0.0041	0.0460	/
20.4200	3.4100	1.1200	0.0076	1.0700	0.6000	0.5900	0.0056	0.0062	0.0042	0.0280	/
22.8500	2.5900	0.3000	0.0051	0.6500	0.2500	0.1500	0.0064	0.0002	0.0084	0.0800	/
24.9510	3.3300	0.9400	0.0046	0.6100	0.3100	0.4200	0.0000	0.0007	0.0044	0.0530	/
23.7300	3.1900	1.0400	0.0120	0.8500	0.3400	0.3800	0.0000	0.0003	0.0074	0.0540	/
19.9400	3.0600	0.3400	0.0015	0.4600	0.2400	0.1600	0.0100	0.0007	0.0040	0.0570	/

19.7000	3.4400	0.4700	0.0120	0.9200	0.2100	0.6600	0.0150	0.0056	0.0086	0.0650	/
16.7200	3.2400	1.0400	0.0250	2.5400	0.6300	0.6200	0.0220	0.0270	0.0150	0.0370	/
20.0500	3.6200	0.3400	0.0050	0.8000	0.7900	0.6400	0.0180	0.0045	0.0076	0.0260	/
31.7700	3.0800	8.1400	0.0410	0.2400	0.1700	4.6200	0.0018	0.0003	0.0026	0.0480	/
18.6600	2.3900	0.2900	0.0026	1.0800	0.0700	0.5600	0.0100	0.0003	0.0052	0.0490	/
19.2800	3.0800	0.3400	0.0240	0.8400	0.1800	0.5900	0.0150	0.0002	0.0039	0.0320	/
21.4000	3.0000	0.8000	/	/	0.7800	0.2000	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	7.2000
24.5000	3.1000	/	0.0600	/	0.3300	0.1000	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	1.6000
22.3000	3.3000	0.1000	/	0.3300	0.3600	0.5000	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	23.0000
20.1000	3.0500	/	/	0.0600	0.4400	0.5000	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	23.0000
23.1000	3.1000	0.5000	/	0.8000	2.8000	0.0600	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	42.4000
23.4000	3.0600	0.3000	/	5.2000	0.7600	0.4000	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	37.2000
9.8000	1.3000	0.2000	/	0.2000	3.1200	0.5000	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	64.9000
35.6000	2.5000	0.1000	/	0.0100	0.3100	0.2000	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	25.9000
22.7000	2.6000	/	/	/	0.4200	0.2000	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	1.2000
28.0000	3.0000	/	/	0.7000	0.1100	0.5000	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	40.2000
23.0000	3.1000	0.1000	/	0.8000	2.5400	0.5000	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	30.2000
26.3000	2.7000	/	/	/	0.5500	0.0300	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	5.1000
23.6000	2.9000	1.1000	/	0.8000	0.8000	0.5000	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	42.5000
24.0000	2.7000	0.9000	/	1.1000	3.2100	0.5000	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	42.2000
24.3000	2.7000	0,1	/	0.7000	0.5200	0.5000	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	38.0000
24.8000	2.5000	/	/	0.3000	0.5500	0.2000	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	4.5000
24.0000	3.0000	/	/	0.8600	0.3200	0.2000	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	3.3000
25.0000	2.8000	0,1	/	0.9000	3.0200	0.5000	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	40.9000
21.7000	3.4000	/	/	0.5000	0.4100	0.1000	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	4.7000

57.9200	3.0000	0.1000	/	0.0100	0.3800	0.5000	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	34.9000
25.1000	2.8000	/	/	0.5400	3.1200	0.5000	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	39.9000
24.7000	3.1000	/	/	0.6000	0.7500	0.5000	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	35.1000
22.3000	3.3000	/	/	1.0200	0.5300	0.4000	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	22.3000
24.8000	2.7000	/	/	0.8200	0.3100	0.5000	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	36.0000
24.8000	2.9000	/	/	0.9000	0.3300	0.4000	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	38.9000
24.6000	2.6000	/	/	/	0.3100	0.1000	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	2.9000
25.1000	2.8000	/	/	0.2600	0.5900	0.5000	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	34.4000
24.9000	3.1000	0.3000	/	1.1000	0.5100	0.5000	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	34.2000
22.5000	2.9000	/	/	2.5000	3.1900	0.6000	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	32.6000
24.9000	8.2000	/	0.9000	/	0.4500	0.1000	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	1.2000
20.6000	2.9000	1.3000	/	0.8000	0.5400	0.5000	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	42.1000
24.1000	2.8000	0.6000	/	0.4400	0.4300	0.5000	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	36.2000
21.3000	3.0100	0.1000	/	0.8000	0.3900	0.6000	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	34.1000
25.8000	2.5200	/	/	/	0.4700	0.1000	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	5.1000
23.7000	6.5000	/	/	/	0.3800	0.1000	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	2.1000
23.4000	3.1000	/	/	0.3000	/	/	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	0.5000
27.1000	6.3000	/	/	/	0.5200	0.1000	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	6.6000
27.8000	3.1000	/	/	/	0.5500	0.1000	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	6.2000
23.0000	2.7000	/	/	/	0.4600	0.1000	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	4.5000
21.2800	2.9400	0.5100	0.0210	0.9600	0.2500	0.4200	/	0.0100	0.0100	< 0.005	/
10.9900	2.8700	0.3000	0.0120	0.9390	0.5500	0.6600	/	< 0.005	< 0.005	< 0.005	/
35.6200	4.8000	0.3100	<0.5	0.7900	0.2700	/	<0.5	/	/	/	/
21.5000	2.7800	0.2600	<0.5	0.3500	0.3900	/	<0.5	/	/	/	/
24.4700	2.6800	0.2700	<0.5	0.4400	0.3200	/	<0.5	/	/	/	/

35.6200	2.8000	0.3100	<0.5	0.7900	0.1700	/	/	/	/	/	/
21.5000	3.0800	0.2600	<0.5	0.3500	0.1900	/	/	/	/	/	/
21.0300	4.1000	1.3100	0.0100	0.7500	0.0200	/	/	/	/	/	/
6.8800	2.7300	0.9900	0.0200	0.4800	0.4600	/	/	/	/	/	/
29.9300	5.2300	2.4600	< 0.05	6.0000	0.7000	0.3800	/	/	/	/	/
21.5900	2.7780	0.3300	0.0850	0.4100	0.4700	0.5500	/	/	/	/	/
22.0800	3.8400	4.9300	0.0920	0.3400	2.5200	0.5700	/	/	/	/	/
22.2000	2.9400	0.6500	< 0.05	0.5000	0.0900	0.3700	/	/	/	/	/
22.9000	2.0000	0.0580	< 0.05	1.0400	0.5600	0.0065	/	/	/	/	/
25.8800	6.6000	0.0440	0.0200	0.0920	0.9000	0.0066	0.0100	< 0.005	/	/	/
23.2000	6.1400	0.9900	< 0.05	1.0700	0.1700	0.4700	/	/	/	/	/
24.0100	2.9100	2.4300	< 0.05	0.5500	0.3300	0.4900	/	/	/	/	/
17.8200	3.0900	1.2900	0.0170	2.7500	0.9300	0.4900	/	/	/	/	/
21.3500	6.3800	0.6100	< 0.05	0.4760	1.1400	0.3800	/	/	/	/	/
21.5200	2.8700	0.3500	0.0200	0.7300	0.0600	0.2500	/	/	/	/	/
22.2000	6.4000	0.6500	< 0.05	0.0350	0.0690	0.3700	<0.05	<0.05	<0.05	/	/
21.4615	2.5525	0.0100	<0.01	0.4073	0.2500	0.0100	<0.01	<0.01	0.0600	<0.01	4.2300
22.8838	2.8450	<0.01	<0.01	0.0606	0.5900	0.0100	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	2.8600
28.1897	6.8164	<0.01	<0.01	0.0921	0.7200	0.0100	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	4.5600
22.6310	3.0500	0.0100	0.0132	0.8814	0.4500	0.3100	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	8.7600
31.6000	2.4600	<1	/	26.3000	0.1800	0.0980	<0.01	<0.01	0.0600	<0.01	34.4500
45.2700	9.0300	<1	/	0.6000	0.4300	1.0000	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	1.5600
24.8000	7.8000	<1	/	0.0100	0.6800	1.0000	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	1.5600
8.6700	3.1300	12.0000	/	0.4210	0.1600	18.5000	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	22.0000
24.0500	4.6400	<0.01	/	0.3400	2.3400	1.0000	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	4.1800

26.0100	7.0200	0.0100	/	0.3200	0.2000	/	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	5.4800
21.7000	0.1300	1.0800	/	1.0600	0.1200	/	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	0.1000
25.8000	3.1000	1.0800	/	1.0200	0.3500	/	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	/
22.6330	7.5800	----	/	0.1400	0.5200	/	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	/
25.1909	2.7878	0.3283	0.0099	15.4997	0.1172	0.1610	0.0005	0.0001	0.0001	0.0001	29.9900
4.4371	2.3997	11.0053	0.0045	0.7310	0.5670	6.9358	0.0015	0.0006	0.0026	0.0001	36.0400
25.0800	2.2000	0.4594	/	0.4243	0.7200	0.9400	0.0100	0.0100	0.0100	0.0100	18.0000
22.3100	2.3600	0.2771	/	0.8385	0.2000	1.0200	0.0100	0.0100	0.0100	0.0100	18.5000
23.2400	3.0500	0.6037	/	1.0500	0.1600	1.0000	0.0100	0.0100	0.0100	0.0100	17.7000
24.5300	3.0600	0.1395	/	0.9577	0.7000	1.1100	0.0100	0.0100	0.0100	0.0100	16.8000
25.0200	3.0200	0.4746	/	0.7898	0.6200	0.8600	0.0100	0.0100	0.0100	0.0100	18.0000
24.0100	3.2500	0.7766	/	0.9551	0.7700	0.0400	0.0100	0.0100	0.0100	0.0100	18.5000
25.2100	3.0600	0.7670	/	0.4600	0.9000	0.6600	0.0100	0.0100	0.0100	0.0100	17.7000
24.8700	3.2400	0.6221	/	0.7600	0.7700	1.0200	0.0100	0.0100	0.0100	0.0100	16.8000
15.1400	2.2300	0.4351	/	0.9407	0.7200	1.0000	0.0100	0.0100	0.0100	0.0100	18.0000
24.9200	3.0500	0.3753	/	0.2972	0.8500	0.0250	0.0100	0.0100	0.0100	0.0100	18.0000
25.0800	3.2000	0.4594	/	0.4243	0.7200	0.8980	0.0100	0.0100	0.0100	0.0100	18.0000
24.3100	2.3600	0.2771	/	0.8385	0.2000	2.3400	0.0100	0.0100	0.0100	0.0100	18.5000
24.2400	2.5500	0.6037	/	0.5000	1.6000	0.0200	0.0100	0.0100	0.0100	0.0100	17.7000
25.5300	2.5670	0.1395	/	0.9577	0.7000	0.9000	0.0100	0.0100	0.0100	0.0100	16.8000
25.0200	3.0200	0.4746	/	0.7898	1.6200	0.7000	0.0100	0.0100	0.0100	0.0100	18.0000
24.0100	3.2500	0.7766	/	0.9551	0.7700	1.7300	0.0100	0.0100	0.0100	0.0100	18.5000
24.2100	3.0600	0.7670	/	0.4600	1.9000	0.4600	0.0100	0.0100	0.0100	0.0100	17.7000
25.6700	3.2400	0.6221	/	0.7600	0.8200	0.8200	0.0100	0.0100	0.0100	0.0100	16.8000
15.1400	2.2300	0.4351	/	0.9407	1.7200	0.0960	0.0100	0.0100	0.0100	0.0100	18.0000

25.9200	4.0500	0.3753	/	0.2972	1.8500	0.7500	0.0100	0.0100	0.0100	0.0100	18.0000
25.9800	2.8200	0.0430	0.0170	0.3800	0.0130	/	0.0001	0.0001	0.0001	0.0004	/
25.9000	2.8800	0.0120	0.0140	0.3600	0.0300	/	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	/
24.6000	2.9200	0.0280	0.0190	0.5500	0.0180	/	0.0001	0.0001	0.0001	0.0031	/
18.3700	2.9000	0.4200	0.0001	4.5700	0.3300	/	0.0001	0.0001	0.0001	0.0040	/
18.2900	2.8200	0.1400	0.0001	0.3000	0.9800	/	0.0016	0.0001	0.0001	0.0040	/
17.2700	2.9600	0.2900	0.0001	0.4700	0.0800	/	0.0033	0.0001	0.0001	0.0030	/
24.8200	2.9400	0.0420	0.0001	0.5900	0.0160	/	0.0001	0.0001	0.0001	0.0015	/
24.9300	2.9500	0.0300	0.0001	0.6400	0.1100	/	0.0001	0.0001	0.0001	0.0007	/
54.8900	2.9300	0.0290	0.0001	0.6900	0.0150	/	0.0001	0.0001	0.0001	0.0036	/
54.6200	2.9000	0.0260	0.0001	0.6500	0.0180	/	0.0001	0.0001	0.0001	0.0031	/

表 3 含有磷酸铁锂的锂离子电池废料的黑粉（一级品）调研数据（单位：wt. %）

	Li	Fe	P	Zn	Al	F	Pb	Cd	Cr	As	酸不溶物
50%	4.0882	27.3150	14.9635	0.0045	0.7800	0.0058	0.0010	0.0004	0.0014	0.0016	0.6867
80%	4.1800	29.5100	16.9240	0.0946	0.9400	0.0088	0.0033	0.0005	0.0020	0.0060	0.9572
100%	4.4600	33.6900	21.5500	0.1200	1.2000	0.0480	0.0053	0.0007	0.0055	0.0210	1.0300
	4.1803	27.6700	12.4929	0.1200	0.9208	0.0014	0.0006	0.0004	0.0015	/	1.0300
	4.1634	28.6500	13.4154	0.0924	0.8487	0.0061	0.0006	0.0004	0.0011	/	0.9560
	4.1078	27.1400	19.0285	0.0818	1.0679	0.0032	/	/	0.0013	/	/
	4.1143	27.3300	15.5122	0.0916	0.9458	0.0030	0.0001	/	0.0012	/	0.9240
	4.0864	28.0900	14.9369	0.0016	1.0806	0.0042	/	/	0.0013	/	0.6600
	3.9700	26.4600	19.4400	0.0022	0.9631	0.0074	/	/	0.0018	/	0.3750
	3.4500	26.3600	15.1900	0.1100	1.2000	0.0057	0.0044	0.0005	0.0014	0.0000	0.6974
	4.1700	29.5400	14.2400	0.0045	0.9200	0.0067	0.0003	0.0002	0.0003	0.0023	0.9620
	4.1800	29.0200	14.5500	0.0420	0.9200	0.0059	0.0017	0.0004	0.0014	0.0036	0.9320
	4.2000	29.5100	18.2700	0.0032	0.9300	0.0063	0.0019	0.0001	0.0014	0.0030	/
	4.0600	27.3400	14.3800	0.0015	0.7400	0.0096	0.0008	0.0006	0.0017	0.0000	/
	4.0900	30.8000	15.5600	0.0027	0.9800	0.0088	0.0022	0.0005	0.0022	0.0000	/
	4.1000	26.2100	14.9900	0.0022	0.8000	0.0225	0.0033	0.0007	0.0015	0.0003	0.6760
	4.0300	27.7100	21.3000	0.0044	0.7000	0.0086	0.0022	0.0006	0.0016	0.0000	0.9720
	4.1800	28.3500	21.5500	0.0120	0.7400	0.0053	0.0006	0.0004	0.0022	0.0000	0.4220
	3.9900	26.5700	14.5300	0.0020	0.9400	0.0280	0.0000	0.0005	0.0013	0.0015	0.4360
	4.0200	27.7400	16.4200	0.0013	0.9300	0.0053	0.0000	0.0005	0.0009	0.0000	0.3420
	4.1100	31.6500	13.0600	0.0018	0.0630	0.0045	0.0038	0.0004	0.0001	0.0011	0.3680
	4.1200	29.8100	16.3500	0.0110	0.0680	0.0037	0.0053	0.0003	0.0001	0.0017	0.9395
	4.4600	24.1200	14.8800	0.1200	0.7500	0.0029	0.0010	0.0005	0.0053	0.0096	0.4050

4.3700	26.4200	13.3500	0.0980	0.7200	0.0097	0.0034	0.0005	0.0036	0.0076	/
4.3600	22.5300	16.0500	0.1100	0.7600	0.0016	0.0010	0.0004	0.0055	0.0110	/
3.6200	27.4400	15.8600	0.0009	0.8400	0.0015	0.0001	0.0004	0.0011	0.0210	/
4.4500	33.1700	14.7900	0.0017	0.0260	0.0025	0.0005	0.0004	0.0008	0.0020	/
2.9100	23.0400	13.9300	/	0.1900	0.0041	/	/	/	/	0.9890
4.0900	24.5200	17.0500	/	0.5300	0.0055	/	/	/	/	0.5560
4.0000	25.1700	17.9400	/	0.2100	0.0034	/	/	/	/	0.4812
2.4200	19.3100	11.4200	/	0.3000	0.0025	/	/	/	/	0.9125
3.9900	33.6900	14.3100	/	0.4900	0.0073	/	/	/	/	/
4.1200	27.0700	14.4600	/	0.4400	0.0097	/	/	/	/	/
3.4000	27.3000	13.4200	/	0.8200	0.0070	/	/	/	/	/
3.8300	31.8900	16.0400	/	0.8200	0.0047	/	/	/	/	/
2.6875	22.0485	/	/	0.1015	0.0065	/	/	/	/	/
2.8832	23.3482	/	/	0.1302	0.0064	/	/	/	/	/
2.8973	22.9200	/	/	1.1990	0.0091	/	/	/	/	/
2.8959	23.2742	/	/	0.1103	0.0480	/	/	/	/	/

表 4 含有磷酸铁锂的锂离子电池废料的黑粉（二级品）调研数据（单位：wt. %）

	Li	Fe	P	Zn	Al	F	Pb	Cd	Cr	As	酸不溶物
50%	1.9903	18.3346	10.6100	0.0014	0.4648	0.6135	0.0028	0.0001	0.0013	0.0002	12.4800
80%	2.2079	19.8660	11.4696	0.0027	0.8835	0.7999	0.0037	0.0005	0.0017	0.0009	31.4880
100%	3.4900	27.4100	13.8100	0.0280	2.5556	4.9670	0.0540	0.0006	0.0023	0.0012	44.1600
	1.9903	17.2400	10.5220	0.0027	0.3392	0.6329	/	/	0.0015	/	/
	2.1531	17.3400	10.6925	0.0035	0.2672	0.6153	/	/	0.0008	/	/
	2.0915	18.2700	10.8371	0.0027	0.4257	0.7048	/	/	0.0004	/	/
	2.1358	22.9900	10.9173	0.0002	0.3182	0.7832	/	/	0.0008	/	/
	2.0200	17.4000	10.7400	0.0014	0.2000	0.9122	0.0001	0.0001	0.0013	/	/
	2.0400	17.0200	10.6100	0.0015	0.3056	0.7502	0.0001	0.0001	0.0012	/	/
	2.0400	18.0800	10.8000	0.0019	0.3217	0.2087	0.0007	0.0002	0.0017	/	/
	2.0000	16.8400	9.6900	0.0039	0.2500	0.2100	0.0540	0.0001	0.0005	0.0002	/
	2.0600	17.9400	10.5900	0.0048	0.5300	0.2600	0.0510	0.0001	0.0012	0.0012	/
	2.0800	15.5300	8.1330	0.0015	0.1800	0.1600	0.0029	/	0.0014	/	/
	2.0900	15.5800	8.0800	0.0018	0.2600	0.2100	0.0027	/	0.0017	/	/
	1.9100	15.2400	8.0100	0.0014	0.2400	0.2200	0.0031	/	0.0010	/	/
	2.0900	15.4400	7.9000	0.0013	0.4400	0.1800	0.0031	/	0.0010	/	/
	2.0300	16.4100	8.2600	0.0015	0.1700	0.1200	0.0029	/	0.0010	0.0008	/
	3.4900	19.6300	8.3200	0.0280	0.3400	2.1700	0.0010	0.0005	0.0023	0.0007	/
	2.0600	16.3400	11.2500	0.0068	0.6900	2.1200	0.0037	0.0006	0.0019	0.0010	/
	2.0000	15.8300	10.7400	0.0038	1.0100	0.7300	0.0047	0.0006	0.0021	0.0000	/
	1.8500	17.6300	7.7500	/	0.5400	0.7200	/	/	/	/	/
	1.7900	27.4100	13.3000	/	0.6200	0.6300	/	/	/	/	/
	1.9500	15.1200	13.7400	/	0.4300	2.2400	/	/	/	/	/

1.8900	18.0900	13.6000	< 0.05	0.9100	0.1700	< 0.05	< 0.05	/	< 0.05	/
1.7300	18.0660	11.7400	< 0.05	1.2200	0.7900	< 0.05	< 0.05	/	< 0.05	/
1.9900	23.2400	13.8100	< 0.05	0.9200	4.1700	< 0.05	< 0.05	/	< 0.05	/
2.2900	17.9300	9.5300	/	0.5200	0.7100	/	/	/	/	/
1.6910	18.1589	10.2830	0.0005	2.5556	0.5174	0.0001	0.0001	0.0019	0.0001	12.4800
1.6555	19.3022	10.9280	0.0001	0.4648	0.5209	0.0001	0.0001	0.0004	0.0001	44.1600
2.7805	18.9337	10.6413	0.0001	0.5356	0.7960	0.0001	0.0001	0.0015	0.0001	10.9500
2.4797	18.0058	10.6076	0.0001	1.7759	0.5538	/	/	/	/	/
1.5922	19.4559	10.7984	0.0014	0.8842	0.7329	/	/	/	/	/
1.7536	18.0526	10.1030	0.0014	0.7105	0.0464	/	/	/	/	/
1.7108	18.8509	10.0173	0.0013	0.7429	0.6135	/	/	/	/	/
1.9715	19.9180	10.0603	0.0001	0.7252	0.0140	/	/	/	/	/
1.6268	18.6127	11.3957	0.0001	0.6580	1.0030	/	/	/	/	/
1.7951	18.8208	10.5906	0.0004	0.5743	0.0866	/	/	/	/	/
1.7734	18.5342	9.4332	0.0005	0.5927	0.0564	/	/	/	/	/
1.8025	18.7909	10.2028	0.0002	0.7163	0.1218	/	/	/	/	/
1.8901	18.6673	9.6078	0.0013	0.7896	0.4540	/	/	/	/	/
1.7300	18.3810	11.9163	0.0016	0.8282	0.6244	/	/	/	/	/
1.6681	19.7717	11.8303	0.0001	0.8908	0.7249	/	/	/	/	/
1.6966	20.4052	12.0424	0.0009	0.9078	0.5216	/	/	/	/	/
1.6432	19.8314	11.5190	0.0001	0.8830	0.6749	/	/	/	/	/
2.4998	17.9604	10.7497	0.0017	2.1222	0.7544	/	/	/	/	/
2.3494	16.0373	9.5452	0.0001	1.5115	0.5708	/	/	/	/	/
1.5703	20.5500	/	/	0.1903	0.1987	/	/	/	/	/
2.4303	19.1083	/	/	0.1591	1.0817	/	/	/	/	/

1.5460	20.8927	/	/	0.4422	0.5672	/	/	/	/	/
1.8929	17.9570	/	/	0.0427	0.1618	/	/	/	/	/
2.8531	22.3415	/	/	0.1422	0.1893	/	/	/	/	/
2.6005	20.4755	/	/	0.1326	4.9670	/	/	/	/	/
1.4173	17.1536	/	/	0.1690	0.4530	/	/	/	/	/
2.3755	19.2049	/	/	0.1519	0.5144	/	/	/	/	/
1.4401	18.6606	/	/	0.2262	0.8058	/	/	/	/	/
2.0951	18.3346	/	/	0.2123	0.6520	/	/	/	/	/
2.0467	16.6671	/	/	0.1551	0.0501	/	/	/	/	/
2.0242	16.0736	/	/	0.1633	0.8206	/	/	/	/	/
2.4301	19.9929	/	/	0.4248	0.1093	/	/	/	/	/
1.9121	24.0298	/	/	0.1979	0.1359	/	/	/	/	/
1.8957	23.6322	/	/	0.6656	1.0733	/	/	/	/	/
2.3944	19.5970	/	/	0.8912	1.4862	/	/	/	/	/

3.2、试验验证情况说明

(后续补充)

3.3、标准主要内容的论据

3.3.1 范围

本文件规定锂离子电池用再生黑粉的分类、技术要求、试验方法、检验规则、标志、包装、运输、贮存以及订货单（或合同）内容。

本文件适用于锂离子电池废料回收制得并用于后续再生利用的电池黑粉（电极材料粉）。

【条文说明】废旧锂离子电池含有大量的镍、钴、锂等一种或多种有价金属。目前国内环境压力大、镍钴锂资源短缺等形势下，回收利用电池中的有价金属迫不可待。一般先对电池进行破碎分选，选出含镍钴锂等含量较高的黑粉，目前主要通过湿法冶炼的方法回收镍钴锰等有价金属，进一步制成相应的化工盐或前驱体等产品，也有少量企业将黑粉进行修复或采用火法冶炼回收制得含镍钴合金。由于整个回收过程较长，目前对电池进行破碎分选生产黑粉的工厂一般称为物理厂，后端湿法回收的工厂称为化学厂，本产品是由物理厂生产，主要用于化学厂生产镍盐、钴盐、锂盐的原料。

3.3.2 规范性引用文件

在标准的编制过程中，工作组成员查阅了大量的标准及文献资料，根据文本内容的编制需要，对下列文件进行了规范性引用：

GB/T 191 包装储运图示标志

GB/T 6284 化工产品中水分测定的通用方法 干燥减量法

GB/T 6678—2003 化工产品采样总则

GB/T 6682 分析实验室用水规格和试验方法

GB/T 8170 数值修约规则与极限数值的表示方法和判定

GB/T 21524 无机化工产品中粒度的测定 筛分法

YS/T 1342.1 二次电池废料化学分析方法 第1部分：镍含量的测定 丁二酮

肱重量法和火焰原子吸收光谱法

YS/T 1342.2 二次电池废料化学分析方法 第2部分：钴含量的测定 电位滴定法和火焰原子吸收光谱法

YS/T 1342.4 二次电池废料化学分析方法 第4部分：锂含量的测定 火焰原子吸收光谱法

YS/T 1593.6 粗碳酸锂化学分析方法 第6部分：酸不溶物含量的测定 重量法

YS/T 1658.2 粗氢氧化镍钴化学分析方法 第2部分：铬、磷、锰含量的测定 电感耦合等离子体原子发射光谱法

YS/T 1658.3 粗氢氧化镍钴化学分析方法 第3部分：氟离子含量的测定 离子选择电极法

3.3.3 术语和定义

3.3.3.1 锂离子电池废料 lithium ion battery scraps

指废旧的锂离子电池及其废元（器）件、废零（部）件和废原材料。包括工业生产过程中产生的报废锂离子电池、报废的半成品、废元（器）件、零（部）件和废原材料，以及日常生活或者流通领域中产生的失去使用价值的锂离子电池。

【条文说明】为方便理解，本标准针对“锂离子电池废料”进行了定义，明晰锂离子电池废料的范围。

3.3.3.2 黑粉 black mass

将锂离子电池废料经放电、拆解、热解、破碎和分选等一道或多道工序处理后，得到以锂、镍、钴等一种或多种有价值成分构成的粉料。

[来源：QC/T 1156—2021，3.4，有修改]

【条文说明】根据废锂离子电池用再生黑粉的工艺、主元素对其进行定义。

3.3.4 分类分级

3.3.4.1 分类

根据生产产品的原料中正极材料的不同，将产品分为Ⅰ类、Ⅱ类。

——Ⅰ类：以含有镍或（和）钴元素的锂离子电池废料为原料生产产品。

——Ⅱ类：以含有磷酸铁锂的锂离子电池废料为原料生产产品。

3.3.4.2 分级

根据生产产品的原料来源不同，将产品分为一级、二级。

——一级：以正极极片废料为原料的生产产品。

——二级：以废旧电池废料为原料的生产产品。

【条文说明】电池种类繁多，如：镍钴锰酸锂三元电池、镍钴铝酸锂三元电池、钴酸锂一元电池、锰酸锂一元电池、镍锰酸锂二元电池、磷酸铁锂电池等，不同种类废电池回收获得的黑粉的成分元素及元素会存在很大的差异。由于磷酸铁锂电池与镍钴锰一元/二元/三元电池的元素种类的差异较大，有必要将其为不同的类别。以含有镍、钴、锰中的一种或多种锂离子电池废料生产的产品归为Ⅰ类。磷酸铁锂的归为Ⅱ类。其中根据Ⅰ类和Ⅱ类产品的来源可分为电池和极片，因此按相应的原料不同对其分为一级、二级不同品级。

3.3.5 技术要求

3.3.5.1 化学成分

产品的化学成分应符合表1的规定。

表1 化学成分（干基）

化学成分		含量（质量分数）/%			
		Ⅰ类		Ⅱ类	
		一级	二级	一级	二级
主元素	镍钴总量 (Ni+Co)	≥40.00	≥25.00	≤1.00	
	锂（Li）	≥5.00	≥3.00	≥4.00	≥2.00
	铁（Fe）	/	/	≥28.00	≥18.00
	磷（P）	/	/	≥15.00	≥10.00

杂质元素	铁（Fe）	≤0.30	≤1.00	/	
	锌（Zn）	≤0.10			
	铝（Al）	≤1.00			
	氟（F）	≤0.01	≤0.80	≤0.01	≤0.80
	磷（P）	≤0.80		/	
	铅（Pb）	≤0.01			
	镉（Cd）	≤0.01			
	铬（Cr）	≤0.01			
	砷（As）	≤0.01			
酸不溶物		≤1.00	≤36.00	≤1.00	≤36.00

【条文说明】杂质元素的指标不是越多就越具有代表性，需要从原料中这些特征元素的初始含量，还有工艺技术路线，辅料中杂质离子的引入等综合考量。由于锂离子电池用再生黑粉对标的是锂矿或锂精矿产品，其不宜限定过多的杂质元素指标，经过调研数据反馈，目前行业中主要规定砷、铬、镉、铅四个关键的重金属有害指标，以及氟、铝、锌及酸不溶物等几个特征元素指标，同时，为避免再生过程中由于磷酸铁锂和镍钴锰酸锂（钴酸锂）黑粉的混装进口，极大加大后端湿法处理的工艺难度，故对两类电池在主元素和杂质元素上均予以区分。具体详细指标确定见 3.1 章。

3.3.5.2 水分

产品中的水分含量应不大于 2.0%。

【条文说明】因黑粉中含有可溶性的污染物，若水分过高，在包装运输过程中极易渗透到环境中，污染水体和土壤。

3.3.5.3 粒度

产品的粒度应不大于 0.25 mm。

【条文说明】基于经验，为满足产品检测和下一步工序需要，规定了产品的粒度应不大于 0.25mm。

3.3.5.4 外观质量

产品外观应为黑色或灰黑色，无目视可见夹杂物。

【条文说明】根据黑粉中镍、钴及杂质含量的不同，黑粉外观颜色应为黑色或灰黑色。并应满足目视无可见夹杂物。

3.3.5.4 其他

如需方对产品有其他要求，由供需双方协商确定并在订货单（合同）中注明。

【条文说明】其他要求，可由供需双方协商确定。

3.3.6 试验方法

3.3.6.1 产品中镍含量的测定按 YS/T 1342.1 的规定进行。

3.3.6.2 产品中钴含量的测定按 YS/T 1342.2 的规定进行。

3.3.6.3 产品中锂含量的测定按 YS/T 1342.4 的规定进行。

3.3.6.4 II 类产品中铁含量的测定按附录 A 的规定进行。

3.3.6.5 II 类产品中磷含量的测定按附录 B 的规定进行。

3.3.6.6 产品中铬含量及 I 类产品中磷含量的测定按 YS/T 1658.2 规定进行。

3.3.6.7 产品中铝、锌、镉、铅、砷含量及 I 类产品中铁含量的测定按附录 C 的规定进行。

3.3.6.8 产品中酸不溶物的测定按 YS/T 1593.6 的规定进行，或由供需双方协商确定。

3.3.6.9 产品中中氟含量的测定按 YS/T 1658.3 的规定进行，或由供需双方协商确定。

【条文说明】考虑到其与二次电池废料镍钴锂的杂质组分基本相近，其检测方法上有相通之处，且各项测试指标的测试范围与 YS/T 1342 相匹配，因此本标准试验方法主要按照 YS/T 1342 的相关要求测试。具体分析如下：

1、主元素镍、钴、锂含量试验方法的确定

主元素镍、钴、锂含量测定可按照 YS/T 1342，YS/T 1342.1 的镍含量检测范围为丁二酮肟重量法测定范围：5.00 % ~ 70.00 %；火焰原子吸收光谱法测定范围：

1.00 % ~ 5.00 %，YS/T 1342.2 的钴含量检测范围为电位滴定法测定范围：5.00 % ~ 60.00 %；火焰原子吸收光谱法测定范围：1.00 % ~ 5.00 %，YS/T 1342.4 的锂含量的测定范围：1.00 % ~ 8.50 %。本标准规定的锂离子电池用再生黑粉中，镍+钴含量合计最低为 25%，最高为 40%，锂含量最低为 2%，最高为 5%。在 YS/T 1342 的镍、钴、锂的检测适用范围内。

2、主元素铁、磷含量试验方法的确定

目前磷的检测方法有原子吸收光谱法和磷钼酸喹啉重量法两种。铁的检测方法有原子吸收光谱法和三氯化钛还原重铬酸钾滴定法两种，但现行范围较窄。

本标准的磷含量检测范围为 8.00%~20.00%，铁含量检测范围为 15.00~36.00%，目前暂无合适的检测方法，故规定附录 A、附录 B 参照执行。

3、杂质含量试验方法的确定

经验证，产品中铬含量及 I 类产品中磷含量的测定符合 YS/T 1658.2《粗氢氧化镍钴化学分析方法 第 2 部分：铬、磷、锰含量的测定 电感耦合等离子体原子发射光谱法》的测试范围，可直接按照 YS/T 1658.2 的要求测定；

产品中铝、锌、镉、铅、砷含量及 I 类产品中铁含量的测定暂未有合适范围的标准，故编制附录 C 的规定。

产品中酸不溶物和氟含量的测定针对不同来料实验，反馈会有溶解不完全的现象，暂未有完全满足检测要求的标准，故在合适范围分别参照 YS/T 1593.6 和 YS/T 1658.3 进行，或由供需双方协商确定。

4、水分含量、粒度、外观质量试验方法的确定

产品中水分含量、粒度的测定可直接按 GB/T6284、GB/T21524 的规定直接测定，产品外观质量的测定有目视法测定。

3.3.7 检验规则

3.3.7.1 检查和验收

3.3.7.1.1 由供方或第三方检验部门进行检验，供方应保证产品质量符合本文件或订货单的规定，并填写质量证明书。

3.3.7.1.2 需方可对收到的产品按本文件的规定进行检验，如检验结果与本

文件或订货单的规定不符时，应在收到产品之日起 30 天内向供方提出，由供需双方协商解决。如需仲裁，应由供需双方在需方共同取样或协商确定。

【条文说明】当产品用于进口时，其检查根据生态环境部和海关总署发布的《关于发布进口货物的固体废物属性鉴别程序的公告》执行。该公告规定进口货物的固体废物属性鉴别分为一般鉴别和复检鉴别，尤其是海关因物质或物品属性专门性问题难以做出是否将进口货物纳入固体废物管理范围决定的。当收货人或其代理人对海关将其进口货物纳入固体废物管理范围持有异议的，可申请复检鉴别，因此设定 30 天的期限。

3.3.7.2 组批

每批产品应由同一类别、同一品级的产品组成，每批产品不超过 32 t，组批方式按供方来料批次进行或由供需双方现场协商确定。

【条文说明】由于锂离子电池用再生黑粉按照锂电池的不同涉及两类，因此本标准规定成批提交检验的产品应该由同一类型的锂离子电池用再生黑粉产品组成。为方便取样，每批产品应按现有运输工具载重规定应不超过 32t。由于国内外不同企业间对于组批的要求存在差异，难以进行统一，因此本标准规定组批方式按照供方来料批次进行或由供需双方现场协商确定。

3.3.7.3 检验项目

每批产品应进行化学成分、水分、粒度和外观质量的检验。检验项目和取样规定应符合表2的规定。

表2 检验项目和取样规定

检验项目	取样和制样方法	要求的章条号	试验方法的章条号
化学成分	7.4	5.1	6.1
水分		5.2	6.2
粒度		5.3	6.3
外观质量		5.4	6.4

【条文说明】由于锂离子电池用再生黑粉的生产原料种类繁多，不同批次得到的锂离子电池用再生黑粉可能存在较大差异，每批产品因此有必要对每批产品

化学成分和外观质量进行检验。

3.3.7.4 取样和制样

3.3.7.4.1 每批产品应每袋取样。

3.3.7.4.2 采样时,每袋抽取份样的点位应按包装袋侧面任一对角线均匀分布成顶部、中间、底部三个点,样钎(规格:长约 800 mm,内径约 $\phi 50\text{ mm} \pm 2\text{ mm}$)应平插入至料层深度的 $3/4$ 处采样,将样钎旋转 180° 抽出,样钎装料应饱满。每钎样品应及时装入塑料袋中并封口。

3.3.7.4.3 每批次的所有样品应充分混匀,按四分法缩分至不少于 2 kg,平均 4 份,按 GB/T 6284 的规定进行水分含量的测定。

3.3.7.4.4 测完水分的样品全部混匀,平均分为 4 份,装至四个洁净密封容器中,并附以标签(注明编号、类别、品级、产地、取样和制样人员、取样日期、分析项目),用于化学成分、粒度的测定。一份为验收分析样,一份为需方样,一份为供方样,一份双方现场签字确认为仲裁样。仲裁样由需方保存,保存期限一般为三个月。

【条文说明】因黑粉来料复杂,每批产品应每袋取样。目前,我国关于不同产品的取样与制样存在一些通用的标准,如 GB/T 6678—2003《化工产品采样总则》,该标准规定了化工产品采用术语及定义、采样目的、采样基本原则、采样方案、采样技术、采样安全、采样记录和采样报告、样品的容器和保存、计量一次采样检验等,适用于化工产品采样。GB/T 25952—2010《散装浮选镍精矿取样、制样方法》、GB/T 10322.1—2023《铁矿石 取样和制样方法》、GB/T 13449—2021《块矿取样和制样方法 手工方法》、GB/T 14260—2010《散装重有色金属浮选精矿取样、制样通则》,以及 GB 2007—1987《散装矿产品取样、制样通则》等主要是针对矿产品的取样与制样。上述标准并不完全满足本标准规定的有色金属散装材料产品的取样与制样,因此主要结合实际操作过程和调研情况,同时参照已有的发布标准进行规定。

3.3.7.5 检验结果的判定

3.3.7.5.1 产品化学成分检验结果的数值按 GB/T 8170 的规定进行修约,并采用修约值比较法判定。

3.3.7.5.2 检验结果如有一项指标不符合本文件要求时，判该批产品不合格。

【条文说明】锂离子电池用再生黑粉的化学成分检验结果的数值修约及判定，按 GB/T 8170 的规定进行。考虑到锂离子电池用再生黑粉涉及产品进出口环节，影响较大，如不满足本标准要求时，直接判定该批产品不合格。

四、标准中涉及专利的情况

本文件不涉及专利问题。

五、预期达到的社会效益等情况

该标准的研制规范了锂离子电池用再生黑粉的产品质量指标控制要求，提高再生材料产品生产有序化、标准化程度，促进行业发展、提升经济和社会效益。

随着再生利用行业的发展，催生了一批从事回收、粗加工镍钴锂原料的企业，将废旧锂离子电池及其废料经过放电、分类、破碎、热处理、分选等资源化加工处理后，生产含有锂离子电池电极材料的粉体，贸易结算常称呼“黑粉”。根据黑粉主要成分类型不同，经过不同的浸出、除杂、提纯等工序生产不同的新产品，例如：三元类黑粉主要通过镍钴提取制备粗氢氧化镍钴后再沉锂制备粗制锂盐，磷酸铁锂通过氢离子置换工艺获得再生磷酸铁前驱体和粗制锂盐。该技术工艺成熟，运行稳定，已在国内外回收企业广泛应用。生产的产品也有比较稳定的市场空间，并产生了大量的社会、经济和环境效益，能够满足国家对于高质量经济发展的要求。

六、采用国际标准和国外先进标准的情况

经查，我国已发布涉及锂离子电池回收利用的标准有 GB/T 39224—2020《废旧电池回收技术规范》、GB/T 33598.2—2020《车用动力电池回收利用 再生利用 第2部分：材料回收要求》、GB/T 33059—2016《锂离子电池材料废弃物回收利用的处理方法》、GB/T 38103—2019《含锂废料处理处置方法》、HG/T 5019—2016《废电池中镍钴回收方法》、YS/T 1174—2017《废旧电池破碎分选回收技术规范》等 10 多项标准。以上发布标准大多针对锂离子电池回收利用工艺，目前尚未发布针对锂离子电池回收制黑粉的国家和行业标准。

本标准填补了国内外相关标准的空白，标准客观反应了目前锂离子电池用再

生黑粉的产业现状，指标设定具有适用性、指导性和先进性。

七、与现行法律、法规、规章和以及强制性国家标准的协调配套情况

本文件不存在与相关法律、法规、规章相抵触之处，也不与其它标准相冲突。

八、重大分歧意见的处理经过和依据

无。

九、标准性质的建议说明

建议作为推荐性国家标准。

十、贯彻标准的要求和措施建议

建议本文件在批准发布 3 个月后实施。

十一、废止现行有关标准的建议

无。

十二、其他应予说明的事项

无。

《锂离子电池用再生黑粉》标准编制组

二〇二四年八月