

锂电池生产工业废水处理及资源回收的研究

柴志超 何亚龙 邹鸿翔 陈健宇 张兴宇

中建三局第三建设工程有限责任公司 浙江杭州 310007

摘 要：近年来，在日常生活中锂电池广泛应用，废旧锂电池资源化回收关键技术研究取得重要进展。本文首先对锂电池生产工业废水的成分进行了分析，包括不同阶段的主要成分。然后提出了物理、化学和生物处理方法，最后还探讨了金属、溶剂和能源的回收利用措施。通过废水处理和资源回收，可以降低环境污染，提高资源利用效率，推动循环经济发展。

关键词：锂电池生产；工业废水；处理方法；资源回收

一、锂电池生产工业废水的成分

锂电池生产过程中产生的工业废水成分复杂多样，其组成主要取决于生产工艺、原材料及处理方式等因素。一般来说，不同阶段产生的废水可能存在较大差异，下面对不同阶段锂电池生产工业废水的主要成分进行分析：在前处理阶段，主要涉及原材料的处理和准备，包括金属氧化物、电解质溶液等，因此前处理阶段的废水可能含有金属离子、有机物（如溶剂）、酸碱物质等。在电极材料制备阶段，主要进行电极材料的制备和成型，可能会涉及溶剂的使用、溶胶凝胶法、干燥等工艺，因此废水中可能含有电极材料的残留物、有机溶剂、助剂等。在电池组装阶段，会涉及到电极的组装、电解液的注入等工序，废水中可能含有电解质溶液、润滑剂、粘合剂等物质。清洗和冲洗阶段，清洗和冲洗是常见的操作，用于去除杂质、残留溶剂等，因此废水中可能含有清洗剂、残留电解质等^[1]。

二、锂电池生产工业废水的处理方法

1. 物理处理方法

在锂电池生产工业废水处理中，物理处理方法是常见且有效的废水处理技术之一，其中包括沉淀法和过滤法，这些方法适用于去除废水中的悬浮物、固体颗粒、以及部分溶解性物质，从而达到净化废水的目的。（1）沉淀法。沉淀法是一种通过加入适当的沉淀剂，使废水中的悬浮物和溶解性物质形成不溶性沉淀物，然后通过沉降或离心等方式将沉淀物分离出来的方法。在锂电池生产工业废水处理中，常用的沉淀剂包括氢氧化钙、氢氧化铁等。这些沉淀剂可以与废水中的杂质发生化学反应，生成不溶性沉淀物，从而实现杂质的去除。沉淀后

的废水经过分离、过滤等步骤，可以得到相对清洁的水体。（2）过滤法。过滤法是利用过滤介质对废水进行过滤，将悬浮物、固体颗粒等物质截留在过滤介质上，从而实现废水的净化的方法。常见的过滤介质包括石英砂、活性炭、滤纸等。在锂电池生产工业废水处理中，可以采用不同的过滤设备，如压力过滤器、沙滤器等。废水经过过滤器过滤后，悬浮物和固体颗粒被拦截在过滤介质上，而相对清洁的水体则通过过滤器输出。过滤法通常能够有效去除废水中的大颗粒杂质，但对于溶解性物质的去除效果有限，因此经常与其他处理方法结合使用，达到更好的净化效果^[2]。（图1所示）。

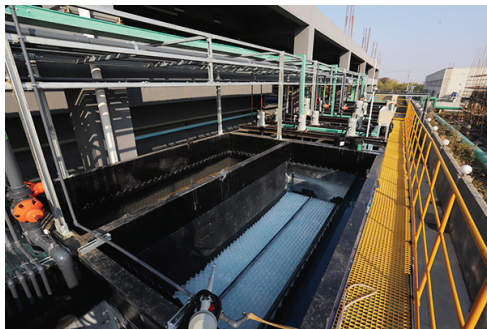


图1 锂电池废水处理

2. 化学处理方法

在锂电池生产工业废水处理中，化学处理方法是一种常见的废水处理技术，其中包括中和处理和氧化还原处理，这些方法适用于去除废水中的酸碱物质、重金属离子、有机物等，从而达到净化废水的目的。（1）中和处理。中和处理是利用化学反应，将废水中的酸性或碱性物质与中和剂发生中和反应，使其pH值接近中性的过程。在锂电池生产工业废水中，常见的酸性物质

包括硫酸、盐酸等,碱性物质则可能来自氢氧化钠、氢氧化钾等。通过添加适量的中和剂,如氢氧化钙、碳酸钠等,可以将废水中的酸碱物质中和掉,从而达到调节pH值、稳定废水性质的目的。中和处理还能有效降低废水对环境的腐蚀性和毒性,提高后续处理过程的效率。(2) 氧化还原处理。氧化还原处理是利用氧化还原反应,将废水中的有机物、重金属离子等污染物氧化或还原成较为稳定的化合物的过程。在锂电池生产工业废水中,常见的有机物包括有机溶剂、表面活性剂等,重金属离子则可能来自电极材料或生产工艺中的其他材料。通过添加氧化剂或还原剂,比如过氧化氢、高锰酸钾等,可以促使废水中的有机物氧化分解或还原成无毒、无害的化合物。氧化还原处理不仅能有效去除废水中的有机物和重金属离子,还能降解有害物质,提高废水的可处理性和资源化利用程度^[3]。

3. 生物处理方法

在锂电池生产工业废水处理中,生物处理方法是一种环保且可持续的废水处理技术,其中包括厌氧处理和好氧生物处理,这些方法利用微生物的代谢活动,将废水中的有机物、氮、磷等污染物转化为较为稳定的物质,从而达到净化废水的目的。(1) 厌氧处理。厌氧处理是在缺氧或无氧条件下进行的生物处理过程,通过厌氧微生物的代谢活动将废水中的有机物降解为甲烷、二氧化碳等较为稳定的有机物。在锂电池生产工业废水处理中,废水中可能含有有机溶剂、表面活性剂等有机物,这些有机物在厌氧条件下可以被厌氧微生物利用为能源进行降解。厌氧处理还能有效去除废水中的硫化物、硝酸盐等物质,降低其对环境的污染程度。(2) 好氧生物处理。好氧生物处理是在充氧条件下进行的生物处理过程,通过好氧微生物的代谢活动将废水中的有机物、氨氮、磷等污染物氧化成二氧化碳、水和无机物的过程。在锂电池生产工业废水处理中,好氧生物处理可以有效去除废水中的有机物、氨氮等污染物,使废水达到排放标准。好氧生物处理还可以降低废水的浊度、减少悬浮物,提高废水的透明度和清洁度。

生物处理方法的应用过程中,通常需要建立生物反应器或生物滤池等设施,提供适宜的生物生长环境和营养物质,促进微生物的生长和代谢活动。此外,控制好处理系统的运行条件、温度、pH值等因素,也对生物处理效果至关重要。生物处理方法具有处理效率高、运行成本低、操作简便等优点,适用于各类废水的处理和资

源化利用,是一种环保、可持续的废水处理技术^[4]。

三、资源回收方法

1. 金属回收

在锂电池生产工业废水处理中,金属回收是一项重要的资源化利用措施,包括钴、镍等重要金属的回收,这些金属是锂电池生产过程中使用的关键原材料,通过有效回收和再利用,不仅可以降低生产成本,还能减少对自然资源的消耗,实现循环经济的目标。(1) 钴回收。钴是锂电池正极材料中的重要组成部分,通常以氧化钴、钴酸锂等形式存在。在生产过程中,废水中可能含有钴离子的溶解物或钴离子络合物。为了回收废水中的钴,常见的方法包括电解法、化学沉淀法和离子交换法等。其中,电解法是将废水中的钴离子还原成钴金属沉积在电极上的方法,适用于钴离子浓度较高的废水;化学沉淀法是通过加入适当的沉淀剂使废水中的钴形成不溶性沉淀物,然后进行分离和提取;离子交换法则是利用具有选择性吸附性能的树脂材料吸附废水中的钴离子,然后再进行脱附和回收。(2) 镍回收。镍是锂电池负极材料中的重要组成部分,常见形式包括氧化镍、碳酸镍等。在生产过程中,废水中可能含有镍离子的溶解物或镍离子络合物。镍的回收方法与钴类似,常见的包括电解法、化学沉淀法和离子交换法等,这些方法可以有效去除废水中的镍离子,并将其回收利用^[5]。

2. 溶剂回收

在锂电池生产工业废水处理中,溶剂回收是一项重要的环保和资源化利用措施,特别是针对废水中含有的有机溶剂。有机溶剂在锂电池生产过程中广泛使用,但由于使用后可能带有污染物或杂质,因此需要进行回收和再利用,减少资源浪费和环境污染。有机溶剂的再利用方法主要包括以下几种:(1) 蒸馏回收法。蒸馏是最常见的有机溶剂回收方法之一,通过加热废水中的有机溶剂,使其汽化并在冷凝器中冷凝成液体,最终收集回收的有机溶剂。这种方法适用于废水中有机溶剂浓度较高的情况,可以高效地将有机溶剂从废水中分离出来,并保持其质量。(2) 膜分离技术。膜分离技术是一种通过半透膜将废水中的有机物与水分离的方法。常用的膜分离技术,包括渗透蒸发、反渗透等,这些技术可以有效地将有机溶剂从废水中分离出来,并保持溶剂的质量,适用于对有机溶剂质量要求较高的场合。(3) 化学再生法。化学再生法是将废水中的有机溶剂,通过化学反应转化为可再生的物质的方法。例如,通过催化剂的作用,

将有机溶剂转化为其它化合物,然后再进行分离和提取。这种方法可以将有机溶剂中的污染物或杂质进行转化或降解,从而实现溶剂的再生利用。(4) 活性炭吸附法。活性炭具有较强的吸附能力,可以将废水中的有机溶剂吸附到其表面上,然后通过热解等方法将溶剂从活性炭上释放出来,实现溶剂的回收。这种方法适用于废水中有机溶剂浓度较低的情况。

在实际应用当中,以上溶剂回收方法可以根据实际情况选择单独应用或结合使用,实现废水中有机溶剂的高效回收和再利用。通过溶剂回收,不仅可以降低生产成本,还可以减少资源消耗和环境污染,实现可持续发展的目标。

3. 能源回收

能源回收是锂电池生产工业废水处理中的一项重要措施,旨在将废水中携带的能量转化为可再利用的形式,降低能源消耗和环境影响。在锂电池生产工业废水中,常见的能源包括热能和化学能,这些能源可以通过各种技术进行有效的回收利用。(1) 热能回收。废水中可能含有热能,例如在生产过程中产生的热水或废水中的热量。热能回收技术,包括余热回收和废水换热等方法。余热回收通过在生产设备中安装余热回收装置,将废水中的热能用于加热或热水供应等用途,从而减少能源消耗。废水换热则是通过在废水处理过程中利用换热器,将废水中的热能传递给进水或其他介质,实现能量的有效利用。(2) 化学能回收。废水中可能含有有机物等化学能,可以通过生物处理、化学反应等方式,将其转化为可再生能源。生物处理技术,比如厌氧处理和好氧生物处理,可以将有机物降解为甲烷等可燃气体,进而用于发电或供热。化学反应方式,则可以利用废水中的化学能进行水解、氧化还原等反应,产生氢气或其他可再

生能源。(3) 光能回收。某些废水中可能含有有机染料或光敏物质,可以通过光催化技术将其转化为光能。光催化技术利用特定的光敏催化剂和光源,将废水中的有机物光解为二氧化碳和水等物质,同时释放出能量,可以用于光伏发电或其他应用。

在实际应用当中,能源回收技术的选择应根据废水特性、回收目标和可行性进行综合考虑。通过有效的能源回收,不仅可以降低生产成本,还可以减少对传统能源的依赖,减少环境污染和温室气体排放,促进绿色低碳发展。因此,能源回收在锂电池生产工业废水处理中具有重要意义。

结语

总之,通过对锂电池生产工业废水的分析和处理,可以实现废水净化和资源回收的双重目标,为环境保护和可持续发展贡献力量。未来,需要不断探索创新技术和方法,进一步提高废水处理和资源回收的效率,推动锂电池产业朝着更加环保、高效的方向发展。

参考文献

- [1] 陆杨. 锂电池生产废水处理的工艺选型及运行实践[J]. 化工管理, 2020(23): 60-61.
- [2] 张志辉, 汪群慧. 活性炭吸附处理锂电池厂含酯废水及微波再生实验[J]. 中国环境科学, 2020(03): 44-49.
- [3] 孙立柱, 张越. 某锂电池生产废水零排放工程设计[J]. 广东化工, 2020(06): 170-172.
- [4] 郭富成, 李瀚翔. 锂电池生产废水处理站提标改造工程[J]. 中国给水排水, 2021(10): 111-115.
- [5] 田锐. 电絮凝处理锂电池生产废水的研究[D]. 武汉科技大学, 2020.