

ICS xx
CCS xx

团 体 标 准

T/ACEF xxx—2024

锂离子电池制造行业 N-甲基吡咯烷酮 排放量核算和污染控制技术指南

Guideline on N-methylpyrrolidone emission accounting and
control techniques of prevention for lithium ion battery
production industry

(征求意见稿)

202X-XX-XX 发布

202X-XX-XX 实施

中华环保联合会 发布

目 次

前言	III
引言	V
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	1
4 行业工艺与 NMP 废气的产生	2
5 排放量核算方法	2
6 污染防治预处理技术	3
7 污染防治适用技术	3
8 无组织排放控制要求	4
附录 A（资料性） 锂离子电池制造行业典型生产工艺流程及 NMP 废气产生节点	6

前 言

本文件按GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

本文件由中华环保联合会提出并归口。

本文件主编单位：河北科技大学、中华环保联合会VOCs污染防治专业委员会。

本文件副主编单位：盛禾（平潭）能源科技有限公司、东莞市鹏锦机械科技有限公司、上海盛剑环境系统科技股份有限公司、云汇环保科技南通有限公司。

本文件参编单位：南京拓服工坊科技有限公司、张家港市艾尔环保工程有限公司、江苏新聚环保科技有限公司、北京工业大学、美埃（南京）环境系统有限公司、滨州裕能电子材料股份有限公司、广东正德工业科技股份有限公司、广东天瑞德新能源科技有限公司、小叶子（东莞）机械科技有限公司、东莞市振欣环保科技有限公司、深圳市百瑞空气处理设备有限公司。

本文件主要起草人：

引 言

本文件的发布机构提请注意，声明符合本文件时，可能涉及到相关专利的使用。

请注意除上述专利外，本文件的某些内容仍可能涉及专利，本文件的发布机构不承担识别专利的责任。



锂离子电池制造行业 N-甲基吡咯烷酮排放量核算和 污染控制技术指南

1 范围

本文件提出了锂离子电池制造行业N-甲基吡咯烷酮排放量核算方法和适用的大气污染控制技术。本文件可作为锂离子电池制造行业企业建设项目环境影响评价、相关生态环境标准制修订、排污许可管理和污染控治技术选择的参考。

2 规范性引用文件

本文件引用了下列文件或其中的条款。凡是注明日期的引用文件，仅注日期的版本适用于本文件。凡是未注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

- GB/T 4754 国民经济行业分类
- GB 16297 大气污染物综合排放标准
- GB/T 16758 排风罩的分类及技术条件
- GB 30484 电池工业污染物排放标准
- GB 37822 挥发性有机物无组织排放控制标准
- GB/T 38597 低挥发性有机化合物含量涂料产品技术要求
- GBZ 1 工业企业设计卫生标准
- HJ/T 55 大气污染物无组织排放监测技术导则
- HJ 1093 蓄热燃烧法工业有机废气治理工程技术规范
- HJ 2000 大气污染治理工程技术导则
- HJ 2026 吸附法工业有机废气治理工程技术规范
- HJ 2027 催化燃烧法工业有机废气治理工程技术规范
- AQ/T 4274 局部排风设施控制风速检测与评估技术规范

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

锂离子电池制造行业 **lithium ion battery production industry**

生产各种锂离子电池的制造行业。GB/T 4754 中归属锂离子电池制造行业（3841），是指以锂离子嵌入化合物为正极材料电池的制造。

3.2

锂离子电池 **lithium ion battery**

以非水有机溶剂为电解液，利用储锂的层间化合物作正极和负极的蓄电池。

3.3

N-甲基吡咯烷酮 N-Methylpyrrolidone (NMP)

一种弱极性液态有机物，化学式为 C_5H_9NO ，在锂离子电池生产工艺中主要被用来溶解/溶胀 PVDF，同时稀释浆料。

3.4

密闭 closed/close

污染物质不与环境空气接触，或通过密封材料、密封设备与环境空气隔离的状态或作业方式。

3.5

密闭空间 closed space

利用完整的围护结构将污染物质、作业场所等与周边空间阻隔所形成的封闭区域或封闭式建筑物。该封闭区域或封闭式建筑物除人员、车辆、设备、物料进出时，以及依法设立的排气筒、通风口外，门窗及其他开口（孔）部位应随时保持关闭状态。

3.6

非甲烷总烃 non-methane hydrocarbons (NMHC)

采用规定的监测方法，氢火焰离子化检测器有响应的除甲烷外的气态有机化合物的总和，以碳的质量浓度计。

3.7

无组织排放 fugitive emission

大气污染物不经过排气筒的无规则排放，包括开放式作业场所逸散，以及通过缝隙、通风口、敞开门窗和类似开口（孔）的排放等。

4 行业工艺与 NMP 废气的产生

4.1 生产工艺

锂离子电池生产工艺流程一般包括搅拌制浆、涂布烘干、辊压、制片、卷绕（叠片）、入壳、注液、封口、包装等步骤。锂离子电池生产工艺流程及NMP废气产生节点参见附录A中的图A.1。

4.2 NMP 废气

NMP废气主要来源于正极片制作工序中的涂布烘干工序，NMP产生量 >20 kg/万Ah以上，NMP排放浓度水平（以非甲烷总烃表征） <50 mg/m³，经冷凝回收后NMP废气温度 <40 °C。

5 排放量核算方法

5.1 物料衡算法

指根据质量守恒定律，利用物料数量或元素数量在输入端与输出端之间的平衡关系，计算确定污染物单位时间产生量或排放量的方法。

$\text{NMP 排放量} = \text{NMP 输入量} - \text{NMP 回收量} - \text{废气处理系统 NMP 销毁量}$

式中：

NMP 排放量—企业排放的 NMP 的量，以非甲烷总烃表征，包括有组织排放量和无组织排放量。其中有组织排放量指经排气筒的有规则排放量，无组织排放量指不经过排气筒的无规则排放量；

NMP 输入量—以企业的 NMP 购入凭证为核定依据；

NMP 回收量—经冷凝技术回收的 NMP 量；

废气处理系统 NMP 销毁量—以污染控制设施的实测去除量计。

6 污染防治预处理技术

冷凝回收技术：该技术通过降低系统温度或提高压力的方式使气态 NMP 冷凝，并从混合气体中分离，回收率可达 99 %。该技术主要包括间接式技术、直接式技术。间接式技术采用气-气换热器与冷凝回收装置结合的降温方式，将 NMP 降温成液态；直接式技术采用气-气换热器与冷却塔喷淋结合的降温方式，将废气中 NMP 混合、冷凝、排出。冷凝常用的冷却介质主要有水、乙醇、丙酮、丙醇等，一般采用多级冷凝。冷凝回收后的废气再进行末端处理，可组合吸附、吸收、燃烧等技术，NMP 去除率可达 95 % 以上。

7 污染防治适用技术

7.1 吸附技术

该技术采用活性炭、分子筛等吸附剂对经冷凝回收后的 NMP 废气进行物理吸附，主要包括固定床吸附技术、移动床吸附技术、流化床吸附技术、旋转式吸附技术。锂离子电池制造行业企业常用的吸附技术为固定床吸附技术和旋转式吸附技术。固定床吸附技术一般使用活性炭作为吸附材料，吸附剂可更换或通过解吸后循环利用。旋转式吸附技术一般使用分子筛作为吸附材料，脱附废气采用燃烧技术进行治理。入口废气颗粒物浓度宜低于 1 mg/m^3 、温度宜低于 $40 \text{ }^\circ\text{C}$ 、相对湿度 (RH) 宜低于 80 %。NMP 去除率为 85 %~95 %。使用该技术时应符合 HJ 2026 的相关要求。

7.2 吸收技术

该技术常采用水作为吸收剂对废气中的 NMP 进行吸收，吸收液再进行精馏回收 NMP 或作为废水处理。吸收设备主要有填料塔等。典型的技术路线为“吸收+回收”、“吸收+活性炭吸附”。“吸收+回收”适用于 NMP 浓度大于 1000 mg/m^3 的废气治理，去除率可达 95 % 以上；“吸收+活性炭吸附”适用于 NMP 浓度小于 1000 mg/m^3 的有机废气的治理，去除率可达 85 % 以上。

7.3 燃烧技术

该技术通过热力燃烧或催化燃烧的方式，使废气中的 VOCs 转化为二氧化碳和水等物质，简称燃烧技术。主要包括热力燃烧技术、蓄热燃烧技术、催化燃烧技术、蓄热催化燃烧技术。锂离子电池制造行业常采用催化燃烧技术。

催化燃烧技术是在催化剂作用下将废气中 NMP 进行燃烧净化处理，进入催化燃烧装置的废气中不得含有引起催化剂中毒的物质。该技术不适合含硫化物、含卤素化合物的治理。典型的技术路线为“吸附浓缩+催化燃烧”，NMP 去除率可达 95 % 以上。燃烧温度一般控制在 $300 \text{ }^\circ\text{C}$ ~ $350 \text{ }^\circ\text{C}$ 。催化燃烧技术的设计与运行管理应符合 HJ 2027 要求。

7.4 组合技术

锂离子电池制造行业涂布烘干大气污染防治适用技术见表 1。

表 1 锂离子电池制造行业涂布烘干工序 NMP 废气污染防治适用技术

适用技术	污染防治 预处理技术	污染防治适用技术	NMP 排放浓度水平 ^a (mg/m ³)	技术适用条件
技术 1	冷凝回收技术	吸收技术	10~40	适用于所有锂电池体系
技术 2	冷凝回收技术	①吸附技术+②吸收技术	5~10	适用于全排风工艺
技术 3	冷凝回收技术	①吸收技术+②吸附技术	5~10	适用于所有锂电池体系

注：a：以非甲烷总烃表征

8 无组织排放控制要求

8.1 NMP 物料储存无组织排放控制要求

NMP 物料应储存于密闭的容器、储库、储罐中。盛装 NMP 物料的容器应存放于室内，或存放于设置有雨棚、遮阳和防渗设施的专用场地。盛装 NMP 物料的容器或包装袋在非取用状态时应加盖、封口，保持密闭。NMP 物料储库应满足 3.5 条定义中对密闭空间的要求。NMP 物料储罐应密封良好，应符合 GB 37822 规定。

8.2 NMP 物料转移和输送无组织排放控制要求

NMP 物料应采用密闭管道输送。采用非管道输送方式转移 NMP 物料时，应采用密闭容器、罐车。对 NMP 物料进行装载时，应符合 GB 37822 规定。

8.3 工艺过程 NMP 无组织排放控制要求

NMP 物料应采用密闭管道输送方式或采用高位槽（罐）等给料方式密闭投加。无法密闭投加的，应在密闭空间内操作，或进行局部气体收集，废气应排至 NMP 废气收集处理系统。

涂布烘干单元操作应采用密闭干燥设备，NMP 废气应经冷凝回收处理后排至废气收集处理系统。未采用密闭设备的，应在密闭空间内操作，或进行局部气体收集，废气应排至 NMP 废气收集处理系统。

NMP 物料的混合、搅拌等加工过程应采用密闭设备或在密闭空间内操作，废气应排至 NMP 废气收集处理系统；无法密闭的，应采取局部气体收集措施，废气应排至 NMP 废气收集处理系统。

NMP 物料的使用过程应采用密闭设备或在密闭空间内操作，废气应排至 NMP 废气收集处理系统；无法密闭的，应采取局部气体收集措施，废气应排至 NMP 废气收集处理系统。

8.4 NMP 无组织排放废气收集处理系统要求

废气收集处理系统应与生产工艺设备同步运行。废气收集处理系统发生故障或检修时，对应的生产工艺设备应停止运行，待检修完毕后同步投入使用；生产工艺设备不能停止运行或不能及时停

止运行的，应设置废气应急处理设施或采取其他替代措施。

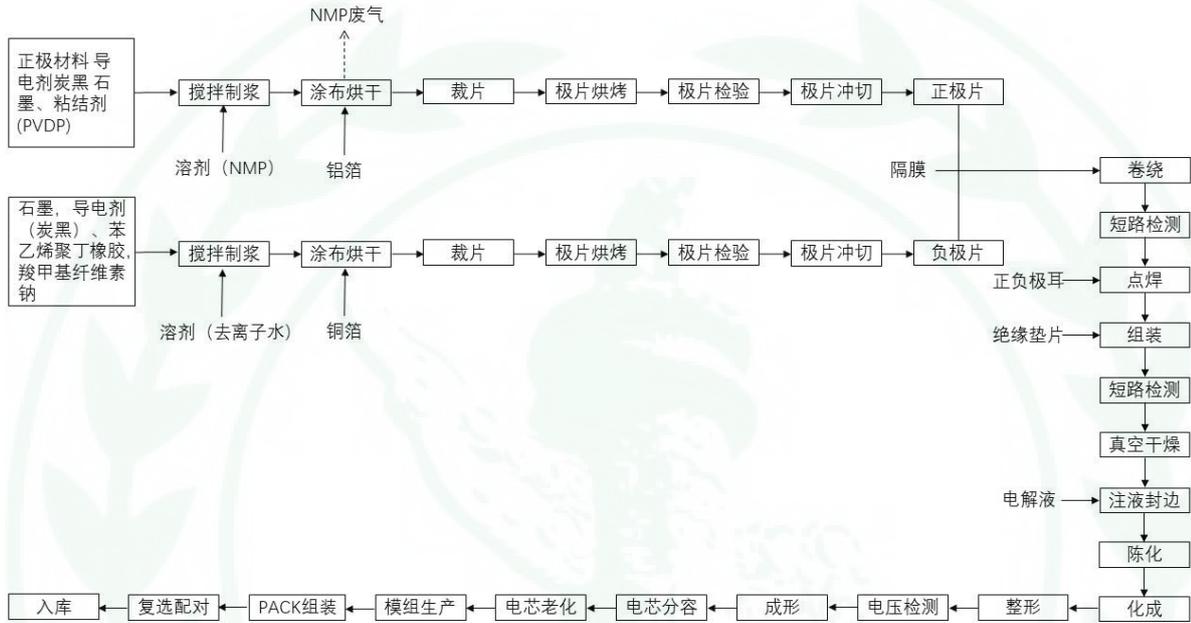
废气收集系统排风罩（集气罩）的设置应符合 GB/T 16758 的规定。应尽可能利用主体生产装置自身的集气系统进行收集。排风罩的配置应与所采用的生产工艺协调一致，不影响工艺操作。在保证收集能力的前提下，应结构简单，便于安装和维护管理。采用外部排风罩的，应按 GB/T 16758、AQ/T 4274 规定的方法测量控制风速，测量点应选取在距排风罩开口面最远处的 NMP 无组织排放位置，控制风速不应低于 0.3 m/s。

废气收集系统的输送管道应密闭。废气收集系统应在负压下运行，若处于正压状态，应对输送管道组件的密封点进行泄漏检测，泄漏检测值不应超过 500 $\mu\text{mol/mol}$ ，亦不应有感官可察觉泄漏。泄漏检测频次、修复与记录的要求应符合 GB 37822 规定。



附录 A
(资料性)

锂离子电池制造行业典型生产工艺流程及 NMP 废气产生节点



图A.1 锂离子电池制造行业典型生产工艺流程及NMP排放节点