



# 中华人民共和国国家标准

GB/T XXXXX—XXXX

## N-甲基吡咯烷酮（NMP）废液 回收及循环利用装置技术规范

Technical specifications of N-methylpyrrolidone waste liquid recovery and recycling device

征求意见稿

XXXX – XX – XX 发布

XXXX – XX – XX 实施

国家市场监督管理总局  
国家标准化管理委员会 发布

## 前 言

本文件按照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。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由中国石油和化学工业联合会提出。

本文件由全国废弃化学品处置标准化技术委员会（SAC/TC 294）归口。

本文件起草单位：

本文件主要起草人：

# N-甲基吡咯烷酮(NMP)废液回收及循环利用装置技术规范

## 1 范围

本文件规定了N-甲基吡咯烷酮（NMP）废液回收及循环利用装置的一般要求、单元要求、回收及循环利用方法、技术要求及环境保护要求。

本文件主要适用于生产锂电池过程产生的NMP废气的回收与NMP废液的提纯过程。其他行业可参考。

## 2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

GB 5085.7 危险废物鉴别标准 通则

GB 18599 一般工业固体废物贮存和填埋污染控制标准

GB 30484 电池工业污染物排放标准

GB 50016 建筑设计防火规范

GB 50160 石油石化企业设计防火标准

GB 51283 精细化工企业工程设计防火标准

SH 3012 石油化工金属管道布置设计规范

## 3 术语和定义

本文件没有需要界定的术语和定义。

## 4 一般要求

4.1 NMP 废液回收及循环利用装置（以下简称“装置”）由回收单元和提纯单元两部分组成。装置采用模块化设计，根据生产实际需要可以单独或组合使用各单元。

4.2 装置应结合工艺流程和场地条件因地制宜布置。

4.3 装置的管线综合布置应与主体工程协调一致。

4.4 装置应采取有效的防腐蚀、防渗漏措施。与 NMP 接触的材料应不低于 S30408 不锈钢材质。

- 4.5 装置应配置 NMP 废液回收储罐及 NMP 提纯液储罐。储罐容量应根据生产实际需求及企业内 NMP 物料周转周期确定。
- 4.6 装置应采用确保人员和工艺系统安全的自动化控制系统（DCS 或 PLC），并设置不间断电源，确保有效运行。
- 4.7 装置应采取相应的保温防冻措施以保证不同地域全年的生产要求。
- 4.8 装置在正常的维护保养和规定的使用条件下，应安全可靠地运行。

5 单元要求

5.1 回收单元

- 5.1.1 回收单元的防火设计应符合 GB 50016 等相关标准的规定。
- 5.1.2 主要结构由三部分组成：风管道排风系统、余热回收系统、废气回收系统。
- 5.1.3 风管道排风系统应根据涂布机排风量、风压进行设计。风管道应采用不低于 S30408 不锈钢材质。
- 5.1.4 余热回收系统宜选择使用高效气-气换热器，且与风管道相连接部位应采取有效的防腐蚀、防渗漏措施，换热效率应不小于 70 %，换热效率的计算方法见附录 A。
- 5.1.5 废气回收系统一般采用纯水喷淋直接吸收、冷凝冷冻配纯水喷淋吸收，冷凝冷冻配分子筛转轮吸附等回收形式，根据生产工艺对涂布机回风露点的不同要求选择回收。
- 5.1.6 NMP 废气经回收后形成 NMP 废液，NMP 废液浓度应不小于 85%（采用工业国标容量法）。
- 5.1.7 NMP 废液应注入 NMP 废液储罐，作为提纯单元的原料。
- 5.1.8 控制系统应与锂电池生产线前序设备涂布机进行通讯和连锁报警，共同控制 NMP 废气排出与吸收过程。
- 5.1.9 主要设备应根据锂电池生产工艺对涂布机车间回风露点的不同要求进行选择。
- 5.1.10 主要设备及参数见表 1。

表 1

| 序号 | 主要设备    | 设备参数或材质                             |
|----|---------|-------------------------------------|
| 1  | 冷凝冷冻机组  | 应选择不低于 S30408 不锈钢材质                 |
| 2  | 喷淋吸收塔   | 塔体和填料应选择不低于 S30408 不锈钢材质            |
| 3  | 分子筛转轮系统 | 沸石分子筛                               |
| 4  | 气气换热器   | 换热材料宜选用铝翅片材质                        |
| 5  | 风机      | 风机叶轮及蜗壳应选择不低于 S30408 不锈钢材质，电机应有防爆认证 |
| 6  | 机泵      | 过流部件应选择不低于 S30408 不锈钢材质             |

|   |          |  |
|---|----------|--|
| 7 | NMP 废液储罐 | 应选择不低于 S30408 不锈钢材质  |
| 8 | 风管道排风系统  | 风管道应选择不低于S30408不锈钢材质，设计要求如下：<br>1) 当输送有可能在风管内凝结的气体时，分管有不小于 0.005°的坡度，并设置排液口；<br>2) 风管内风速 10 m/s～20 m/s；<br>3) 风管道截面积不小于 0.5m <sup>2</sup> 板材厚度不小于 1.5 mm，风管道截面积小于 0.5m <sup>2</sup> 板材厚度不小于 1.2 mm；<br>4) 风管道保温应保证风管外壁温度不大于 45℃。 |

## 5.2 提纯单元

5.2.1 提纯单元的防火设计应符合 GB 50160 、GB 51283 等相关标准的规定。

5.2.2 提纯单元属于负压操作，且有压力管道，管道设计应按照 SH 3012 标准执行。

5.2.3 提纯单元主要包含：塔器、容器、再沸器、冷凝器、真空系统、机泵、尾气处理系统、电气仪表及自控系统等。

5.2.4 主要设备

塔器、容器、再沸器、冷凝器、真空系统、机泵、尾气处理系统、电气仪表及自控系统等。

## 6 回收及循环利用方法

### 6.1 方法提要

从正极涂布机排出的高温NMP废气经由风管道系统送到余热回收系统送到废气回收系统，得到的NMP废液进入废液储罐，采用精馏方法对NMP废液进行提纯，得到符合相应标准要求的产品，回用至生产线，循环使用。

### 6.2 工艺流程

从正极涂布机排出的高温NMP废气由风管送到余热回收换热器以回收高温NMP废气中的热量。经过降温后的NMP废气进入冷凝冷冻机组。在冷凝冷冻机组内，废气依次经过冷却水换热器，冷冻水换热器降温至小于16℃。冷凝后的NMP凝液流入凝液箱，进而泵送至NMP废液储存罐。冷凝冷冻机组出口的净化气分为两部分，其中90 %～95 %的净化气经余热回收换热器加热后作为回风返回涂布机循环使用，剩余的5 %～10 %废气进入尾气处理部分。若尾气处理采用喷淋塔吸收工艺，尾气首先经风机增压送入喷淋吸收塔，在喷淋塔内采用水做吸收剂，经多级循环吸收，回收尾气中的NMP。塔顶尾气浓度达到排放要求后，直接排入大气。塔底NMP废液达到设定浓度后，直接送入废液储罐。若尾气处理采用转轮吸收工艺，尾气进入转轮吸附区，通过转轮上的分子筛吸附NMP，经过吸附后的达标尾气直接外排，转轮另设有再生区，将吸附区的分子筛进行脱附NMP后再生。

NMP废液从NMP废液储罐泵送入NMP提纯单元的进料缓冲罐，再由泵送入脱水塔，经塔底再沸器加热，NMP废液中的大部分水及轻组分从塔顶蒸出，经冷凝冷却后进入回流罐，由泵加压，控制一部分流量作为脱水塔的回流液，另一部分作为副产品工艺废水采出送至污水处理厂，该塔主要控制工艺废

水中的NMP含量满足指标要求。脱水塔塔底物料由泵送入脱轻塔，经塔底再沸器加热，NMP废液中的轻组分进一步从塔顶蒸出，经冷凝冷却后进入回流罐，由泵加压，控制一部分流量作为脱轻塔的回流液，另一部分返回进料缓冲罐。该塔主要控制塔釜物料满足NMP产品水及轻组分的指标要求。脱轻塔塔底物料再由泵送入产品塔，经产品塔精馏，塔底脱除物料中的重组份，顶部侧线抽出满足质量要求的NMP提纯液产品。塔底重组份物料经暂存后，间断送入间歇塔，进一步提取物料中的NMP，提高NMP废液回收率。间歇塔塔底物料作为危废收集后出厂处置，塔顶轻组分返回脱水塔进一步回收NMP。

6.3 工艺流程框图

回收及循环利用方法工艺流程框图见图 1。

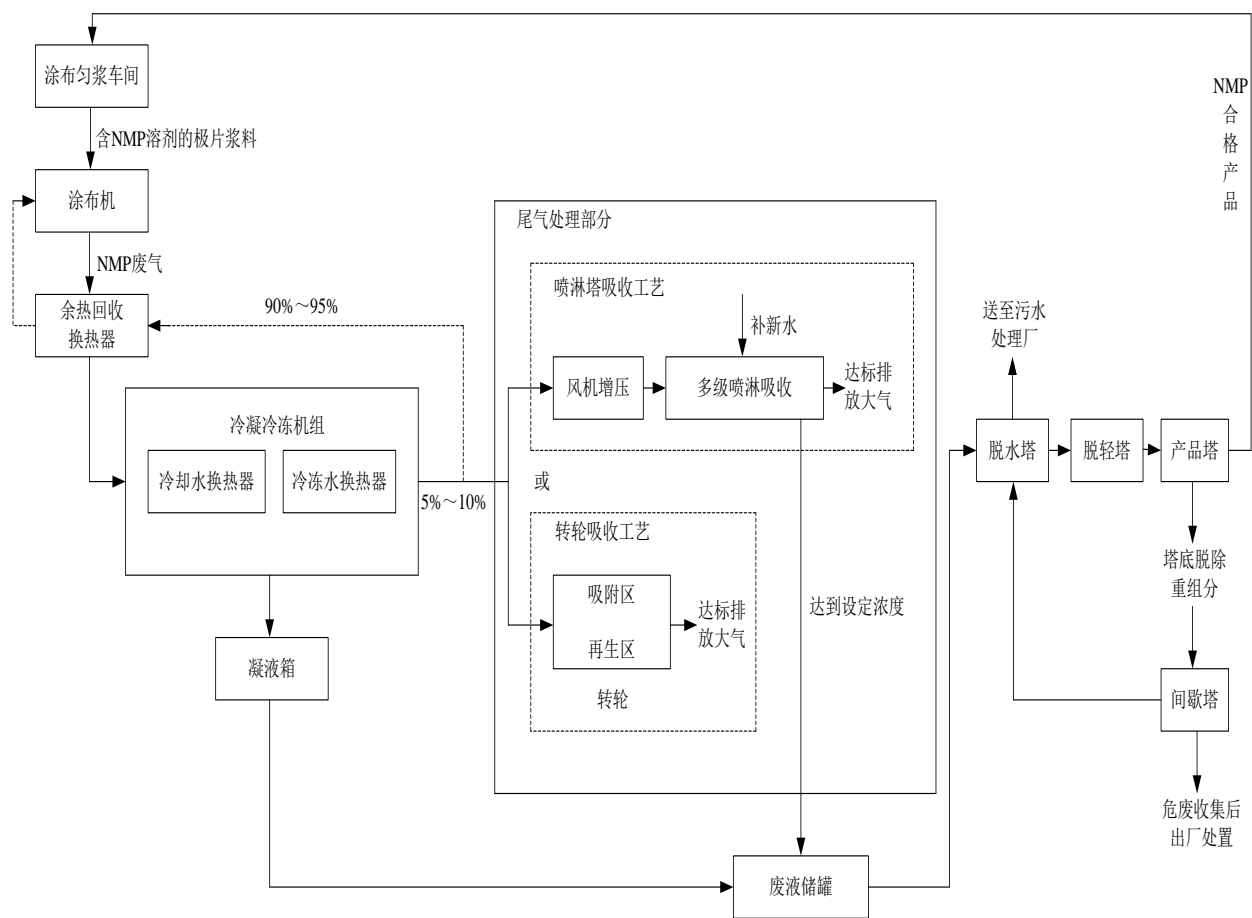


图1 回收及循环利用方法工艺流程框图

6.4 工艺控制条件

- 6.4.1 回风 NMP 浓度： $\leq 300$  ppm。
- 6.4.2 回风温度： $> 60$   $^{\circ}\text{C}$ 。
- 6.4.3 尾气排气温度： $\leq 40$   $^{\circ}\text{C}$ 。

- 6.4.4 风管风速：10 m/s～20 m/s。
- 6.4.5 脱轻塔压力：2 kPa（a）～30 kPa（a）。
- 6.4.6 脱轻塔顶温度：45℃～115℃。
- 6.4.7 脱轻塔底温度：105℃～135℃。
- 6.4.8 脱重塔压力：2 kPa（a）～15 kPa（a）。
- 6.4.9 脱重塔顶温度：95℃～120℃。
- 6.4.10 脱重塔底温度：120℃～145℃。

## 7 技术要求

### 7.1 回收单元 NMP 废气回收率

回收单元NMP废气回收率应不小于99%。计算方法见附录A。

### 7.2 提纯单元 NMP 废液再生率

提纯单元NMP废液再生率应不小于99%，计算方法见附录A。

### 7.3 NMP 提纯液技术要求

经装置回收及提纯处理后得到的 NMP 提纯液应符合相关标准要求。

## 8 环境保护要求

### 8.1 废水

在处理处置过程中产生的废水，应经综合处理后，达到循环使用要求的送至生产工艺中，不能达到循环使用要求的，进行无害化处理处置，排放应符合 GB 30484 及相关排放要求。

### 8.2 废气

在处理处置过程中产生的废气，进行无害化处理，排放应符合 GB 30484 及相关排放要求。

### 8.3 废渣

在处理处置过程中产生的废渣，应按 GB 5085.7 的规定进行鉴别，并符合下列规定：

- a) 经鉴别属于危险废物，应根据自身条件进行深度无害化处理，或交由有资质的专业危险废物处理机构进行处理；
- b) 经鉴别属于一般固体废物，应按GB 18599的要求进行处理。

## 附录 A

(规范性)

## 计算方法

## A.1 余热回收换热效率

余热回收换热效率为冷侧物流出口温度减去冷侧物流入口温度后的差值,与热侧物流入口温度减去冷侧物流入口温度后的差值的比值,以  $k$  计,按公式(A.1)计算:

$$k = \frac{T_{\text{冷出}} - T_{\text{冷入}}}{T_{\text{热入}} - T_{\text{冷入}}} \times 100\% \dots\dots\dots (\text{A.1})$$

式中:

$T_{\text{冷出}}$ ——冷侧物流出余热回收换热器温度(回风返回涂布机温度),单位为摄氏度(°C);

$T_{\text{冷入}}$ ——冷侧物流入余热回收换热器温度,单位为摄氏度(°C);

$T_{\text{热入}}$ ——热侧物流入余热回收换热器温度(涂布机排出废气温度),单位为摄氏度(°C)。

## A.2 回收单元NMP废气回收率

回收单元NMP废气回收率为废气进入回收单元中的NMP总量减去尾气排至大气NMP的量与废气进入回收单元中的NMP总量的比值,以  $R$  计,按公式(A.2)计算:

$$R = \frac{C_{\lambda} \times Q_{\lambda} - C_{\text{排}} \times Q_{\text{排}}}{C_{\lambda} \times Q_{\lambda}} \times 100\% \dots\dots\dots (\text{A.2})$$

式中:

$C_{\lambda}$ ——废气进入回收单元中NMP总量的浓度,单位为毫克每立方米( $\text{mg}/\text{m}^3$ );

$Q_{\lambda}$ ——废气进入回收单元的流量,单位为立方米每小时( $\text{m}^3/\text{h}$ );

$C_{\text{排}}$ ——尾气排至大气的NMP浓度,单位为毫克每立方米( $\text{mg}/\text{m}^3$ );

$Q_{\text{排}}$ ——尾气排至大气的流量,单位为立方米每小时( $\text{m}^3/\text{h}$ )。

## A.3 提纯单元NMP废液再生率

提纯单元NMP废液再生率为NMP提纯液的量与废液中NMP的量的比值,以  $n$  计,按公式(A.3)计算:

$$n = \frac{m_1}{m} \times 100\% \dots\dots\dots (\text{A.3})$$

式中:

$m_1$ ——NMP提纯液的量,单位为吨(t);



$m$ ——废液中 NMP 的量，单位为吨（t）。

---