

# 《含钴废料处理处置技术规范》

## 国家标准编制说明

（征求意见稿）

《含钴废料处理处置技术规范》国家标准起草小组

2025 年 6 月

# 修订《含钴废料处理处置技术规范》国家标准 编制说明（征求意见稿）

## 一 任务来源

根据国家标准化管理委员会国标委发[2024]50号文《关于下达2024年第八批推荐性国家标准计划及相关标准外文版计划的通知》的要求，于2025年完成《含钴废料处理处置技术规范》化工国家标准的修订工作，计划编号20243173-T-606。本标准由全国废弃化学品处置标准化技术委员会归口。主要起草单位有：。

## 二 目的、意义

钴金属是当今世界的重要战略金属，是制造锂电池、硬质合金领域的重要原料，它被行业称赞为“工业味精”。随着我国新能源产业的快速发展，高铁、汽车等领域快速发展，对钴的需求也呈几何式增长。而我国又是钴资源匮乏的国家，每年的原矿产量只有5000吨，远远不能满足需求。因此，对含钴废料的资源化利用显得尤为重要。钴也是现代工业中不可或缺的重要金属元素，是国民经济和国防建设不可缺少的重要原料之一，其应用范围广泛，主要应用于航天、航空、电池材料、高温合金、磁性材料、催化剂等高、精、尖领域。根据美国地质勘探局(USGS)数据，2022年世界钴的陆地储量为830万吨，主要集中在刚果(金)、澳大利亚、古巴等地区，上述国家钴储量占世界总量的76%左右。而中国是贫钴国，钴储量约为8万吨，在全球的比重只有1.1%。随着全球范围内清洁技术和新能源汽车的持续发展，锂离子电池的需求持续增长，我国已经连续10余年成为第一大精炼钴供应国，也成为了钴的主要生产国，但由于中国钴矿资源相对贫乏，钴原材料主要依赖从刚果(金)进口，对外依存度高达95%。为缓解我国钴资源保有量低、长期依赖进口的情况，在满足下游产品技术要求的情况下，回收利用各种含钴废料，符合我国鼓励资源综合回收利用的政策导向，为生产企业提供更多充足优质的原料，实现我国制造业的可持续发展和资源的可持续供应，有利于调整我国资源开发利用的结构与布局。实现资源保障的多样化。目前含钴废料主要有废电池材料、废高温合金、废硬质合金、废磁性合金、废可伐合金和废催化剂等。随着全球新能源汽车行业的发展，含钴废料已成为重要的二次可回收利用资源。工信部印发《“十四五”循环经济发展规划》，要求大力发展循环经济，推进资源节约集约利用，构建资源循环型产业体系和废旧资源循环利用体系，保障国家资源安全。发改委在最新《产业结构调整目录》中将“综合利用：高效、节能、低污染、规模化再生资源回收与综合利用。(1)废杂有色金属回收利用。(2)有价值元素的综合利用。(3)赤泥及其他冶炼废渣综合利用。(4)再生有色金属材条等”归为鼓励类项目，致力于发展资源利用最大化。国务院在印发的《2030年前碳达峰行动方案》中指出要完善有色金属资源回收、分选和加工网络，提高有价值金属回收率。《含钴废料处理处置技术规范》国家标准中以钴废料为原料，经预处理、湿法冶炼回收利用得到钴化工产品，标准处理处置工艺具有较高的技术含量和应用价值，且是目前行业中使用的最为科学、安全、有效的处理方式。实现了含钴废料中有价金属的回收利用。同时标准中还对冶炼过程中产生的废气、废液处理要求作了规定，标准的实施与推广，将“资源—废物—再生—资源”的循环经济发展理念成功应用于废弃物回收处理领域，在完成环保指标的同时实现了经济效益，开创了废弃物回收处理领域循环经济发展的应用典范，推动了全国范围内废弃物的处理处

置及资源化进程。

标准的推广实施为含钴废料的处理处置提供了有力的技术支持，规范了含钴废料回收行业的发展秩序，提高了我国含钴废料资源回收利用的处理技术水平，实现了含钴废料的资源回收利用，解决了我国钴、镍资源短缺的被动局面，为国家创造了财富，提高了社会效益。随着行业进步，含钴废料处理工艺技术不断革新，现有行业中已有其他含钴废料处理处置工艺。本次修订将增加目前成熟的处理处置工艺，使标准的技术内容及时跟进行业发展趋势，真正起到引领和促进行业进步的作用。

### 三 简要编制过程

#### 1、起草阶段

##### ① 起草工作组

主要起草单位有：。

##### ② 分工情况

中海油天津化工研究设计院有限公司负责组织召开标准制定过程中的各阶段工作会议与项目推进的总体协调；起草小组各成员共同负责国外相关标准的查阅、收集、负责国内相关标准、相关技术资料的查阅及研究等。多方共同协作提供标准方案，试验验证，参加各阶段工作会议，对标准草案进行讨论等。中海油天津化工研究设计院有限公司负责制定标准各阶段相关文件起草编写工作（包括标准草案、编制说明及上报材料等）。

##### ③ 调查研究过程

全国废弃化学品处置标准化技术委员会接到修订《含钴废料处理处置技术规范》国家标准任务后，组织了标准起草小组。首先查阅了国内外标准及有关技术资料，并向相关企业发函进行调查，征求对标准制定工作的建议，在此基础上提出了文献小结。

2025年3月由起草小组提出了文献小结及工作组讨论稿，并在天津召开了标准工作方案会，会上起草小组经讨论，对草案的主要意见和建议如下：

##### 1、标准结构

按照 GB/T 20001.5—2017《标准编写规则 第5部分 规范标准》修改标准整体框架。规范标准有两个要素“要求”和“证实方法”。

2、第三章 术语和定义（文件中至少使用两次，专业的使用者在不同语境中理解不一致，尚无定义或需要改写已有定义），考虑是否需要增加术语和定义。（华友和邦普确认）

3、确认最新 GB/T 25954 中含钴废料的分类。（格林美确认）

4、焙烧工序增加一条要求什么样的物料需经过焙烧。（华友确认）

5、第5章增加还原浸出法电熔工艺。

6、根据《新能源汽车废旧动力电池综合利用行业规范条件(2024年本)》，钴的回收率修改为不宜低于98%。

7、核实附录表 B.1 中的钴含量测定方法。（华友和邦普负责）

8、两个流程图建议使用流程图符号进行绘制。（华友负责）

9、5.2 章安全要求中建议给出具体的安全措施，另外三废如何监测？（华友负责）

会后标准起草小组就会议讨论内容认真修改完善标准草案，进行相关检测工作。

#### 2、标准征求意见阶段

标准起草小组在现有方法基础上结合实际验证，2025年5月底提出标准征求意见稿，于网上公

开征求意见。

#### 四 制标原则

- 1、积极采用国际标准和国外先进标准；
- 2、有利于加强对环境及人身安全保护；
- 3、有利于合理利用资源和节能减排；
- 4、遵循科学性、先进性、统一性。

#### 五 标准、资料情况分析

##### 1、国内外标准资料情况

通过对国内标准资料的检索，到目前为止，我国还没有专门针对含钴废料处理处置的技术标准和规范。相关标准、法规有：GB/T 25954《钴及钴合金废料》、GBZ 1《工业企业设计卫生标准》、GBZ 2.1《工作场所有害因素职业接触限值 第1部分：化学有害因素》、GBZ 2.2《工作场所有害因素职业接触限值 第2部分：物理因素》、GB 3838《地表水环境质量标准》、GB 5085.1《危险废物鉴别标准 腐蚀性鉴别》、GB 5085.2《危险废物鉴别标准 急性毒性初筛》、GB 5085.3《危险废物鉴别标准 浸出毒性鉴别》、GB 8978《污水综合排放标准》、GB 9078《工业炉窑大气污染物排放标准》、GB 12348《工业企业厂界环境噪声排放标准》、GB 16297《大气污染物综合排放标准》、GB 18484《危险废物焚烧污染控制标准》、GB 18597《危险废物贮存污染控制标准》、GB 18598《危险废物填埋污染控制标准》、GB 18599《一般工业固体废物贮存、处置场污染控制标准》、GB 30484《电池工业污染物排放标准》、HJ 2025《危险废物收集、贮存、运输技术规范》。

##### 2、国内外含钴废料处理处置概况

含钴废料的成分比较复杂，可以按照成分不同分为五类，包括钴的化合物原料、钴合金原料、催化剂原料、钴渣废料及其他钴废料。

目前提取钴的方法包括火法、湿法、微生物浸出法。

###### （1）火法冶炼

火法冶炼处理技术是在高温下，首先使得其中的非金属物质与金属物质相互分离，再根据钴废料中含的各元素与氧的亲合力的大小，使含钴废料中金属和化合物氧化、还原、分解、挥发和冷凝的过程。有关元素对氧亲合力的大小顺序为： $Al > Si > V > Mo > Cr > C > P > Fe > Ni > Co > Cu$ 。采用火法流程分离钴时，将含钴低的物料配入电弧炉中高温熔化，再进行鼓风吹炼造渣，与氧亲和力比Ni大的杂质都不同程度地氧化而进入炉渣中，即获得Ni和Co分离的产物，再结合湿法回收镍钴合金中金属钴。回收得到的钴可用于生产金属钴、钴盐或其它钴化合物。火法冶炼处理技术适合于含钴合金废料中提取钴，此过程中不引入新的杂质，回收产品纯度较高，但是对于能量消耗太大、设备费用高，对环境污染严重。

###### （2）微生物浸出法

微生物浸出法是利用环境中特定微生物的直接作用或其代谢物的间接作用，产生氧化、还原、络合、吸附或溶解作用，将含钴废料中的重金属分离浸提出来。生物冶金法具有工艺简单，环境友好，处理成本低，重金属溶出率高，无需高温高压操作，与传统的火法冶金和湿法冶金技术相比，虽然是一种很有前景的处理技术，但国内该技术条件不够完善。

###### （3）湿法冶炼

湿法冶炼法就是将含钴废料分类破碎后，联用酸浸和有机溶剂萃取进行处理，再经过滤，从滤

液及滤渣中分离出不同的金属。湿法冶金的特点是可将各种金属单独回收，回收金属纯度高，能耗低，设备投资少，操作费用低。缺点是产品纯度低，工艺流程长。机械处理与湿法冶炼连用是含钴废料中有价金属回收处理最常用的工艺。

湿法冶炼处理含钴废料中常通过除铝，利用硫酸、硝酸、盐酸加还原剂酸溶浸出含钴废料中的其他金属，然后通过黄钠铁矾除大量铁，调节pH值除去剩余少量的 $\text{Fe}^{2+}$ 及 $\text{Ca}^{2+}$ 、 $\text{Mn}^{2+}$ 和少量的 $\text{Al}^{3+}$ 杂质，或者调整溶液的pH值，用 $\text{Cl}_2$ 、 $\text{NaClO}_3$ 、 $\text{HNO}_3$ 等强氧化剂，将铁、锰等金属离子氧化成铁、锰高价化合物，形成沉淀除掉，后采用AcorgaM5640萃取回收铜， $\text{P}_{204}$ 萃取除渣、 $\text{P}_{507}$ 或Cyanex272做萃取剂对钴、镍进行分离。也可在盐酸介质中采用 $\text{N}_{235}$ 萃取 $\text{FeCl}_3$ ，再用 $\text{P}_{204}$ 、 $\text{P}_{507}$ 系统，其分离后的镍、钴溶液既可以生产相应的盐或其它化合物，也可以生产电镍和电钴。

湿法冶炼回收处理含钴废料得到钴盐纯化液，宜根据企业需要生产镍钴锰氢氧化物、镍钴锰酸锂、碳酸钴、氯化钴、硫酸钴等产品，且产品质量应满足相应产品标准技术要求。

含钴废料在湿法冶炼技术回收过程会产生“三废”，因此，含钴废料处理处置建设项目的选址和建设应按GBZ 1、GBZ 2.1、GBZ 2.2的要求及当地城市规划的要求，处理处置作业区的建设符合国家相关环境保护、劳动安全和保障人体健康。

目前使用最为科学、安全、有效的处理方式湿法冶炼回收含钴废料中的有价金属。利用湿法冶炼对含钴废料进行资源再生处理，其冶炼过程应在封闭式建筑物内进行，且厂房应具备尾气净化系统、废水处理设施、废渣收集设施，对过程中产生的废气、废水和废渣经过达标处理后再排放。含钴废料处理处置设施应安全可靠、节能环保，且应放置在能防水、防油等防渗透的地面上。应对所有出入企业的含钴废料及处理处置的产物进行登记，同时，禁止将含钴废料或含钴废料处理过程产生的未经处置的废物直接焚烧、填埋。

针对不同的含钴废料，国内目前有许多湿法冶炼回收流程，这些工艺流程有各自的特点，但一般包括预处理、浸出、化学除杂、萃取、提纯等工艺过程，其中溶解方法目前主要有化学法和电化学法溶解两种方式。化学法溶解即用酸溶解含钴废料，使其转化成可溶于水的相应盐，然后进一步处理。电化学溶解即在电弧炉中将含钴废料熔铸成阳极，然后在电解槽中进行电解。经萃取提纯后的含钴溶液，即可制取纯金属钴也可制取相应的含钴化工产品。

## 六 制标依据

根据国内现有具有代表性、具有推广意义的已经工业化的含钴废料处理处置技术规范、企业调研情况以及收集到的技术文献资料编制本标准。

## 七 标准内容的确定

标准从预处理（焙烧、破碎、磁选）——浸出（包括化学法溶解、加压浸出、电化学溶解）——净化（包括除铁、除钙镁、除重金属、萃取）——提纯过程单元来撰写，和2016年版对比，主要修改以下几个方面：

- 1、按照GB/T 20001.5—2017《标准编写规则 第5部分 规范标准》修改标准整体框架。规范标准有两个要素“要求”和“证实方法”。
- 2、增加了加压浸出法工艺要求（见5.2.2）；
- 3、增加了压缩空气作为氧化剂（见5.2.1.3和5.3.1.3）；
- 4、增加了溶剂油作为稀释剂（见5.3.4.5）；
- 5、删除了萃取级数要求（见2016年版的4.3.4.5）；

- 6、更改了控制温度为34℃~45℃（见7.3，2016年版的4.3.4.5）；
- 7、根据《新能源汽车废旧动力电池综合利用行业规范条件（2024年本）》中的要求“冶炼过程锂回收率不应低于90%，镍、钴、锰回收率不低于98%”，更改了钴的回收率为98%（见6.2，2016年版的4.5.2）；
- 8、更改了回收利用过程中产生的粉尘为颗粒物（见 7.3，2016 年版的 4.3.4.5）。

标准具体内容如下：

一、范围：

本文件规定了含钴废料的分类、处理处置要求、钴的浸出率和回收率计算、环境保护与安全要求。本文件适用于含钴废料的处理处置。

二、含钴废料的分类

按照 GB/T 25954 的规定进行分类。如下表 1 所示：

表 1

类别	原料种类/名称	级别要求	原料来源
I 类： 钴的化合物 原料	钴的化合物	1 级：Co≥50%，无其他夹杂物。 2 级：30%≤Co<50%，无其他夹杂物。 3 级：10%≤Co<30%，无其他夹杂物。	钴盐、钴氧化物、钴氢氧化物等。
II类： 钴合金原料	硬质合金	1 级：混合型合金，Co≥5%，无其他夹杂物。	废耐磨零件（顶锤、压缸、辊环、球齿），模具，铣刀、锯片等切削刀片及刀具，钢结硬质合金，棒料，硬质合金磨削料、地沟料等。
	超级合金	1 级：混合型合金，Co≥5%，无其他夹杂物。	废金刚石工具，废汽轮机部件（叶轮、叶片、导管），喷焊或喷涂废料，废高温发动机、涡轮机废件等含钴合金废料。
	含钴磁性材料	1 级：混合型含钴磁性合金，无其他夹杂物。	铝镍钴、铁铬钴、钕钴稀土合金废料等。
III类： 催化剂原料	含钴催化剂	1 级：同一类型的催化剂，Co≥15%，无其他夹杂物。 2 级：同一类型的催化剂，5%≤Co<15%，无其他夹杂物。 3 级：混合型催化剂，5%≤Co<15%，无其他夹杂物。	废弃钴锰催化剂、钴钼催化剂、油墨催干剂等。
IV 类： 钴渣废料	含钴矿渣	1 级：Co≥10%，无其他夹杂物。 2 级：5%≤Co<10%，无其他夹杂物。 3 级：0.5%≤Co<5%，无其他夹杂物。	含钴的矿渣等。
	冶炼渣	1 级：Co≥20%，无其他夹杂物。 2 级：5%≤Co<20%，无其他夹杂物。 3 级：0.5%≤Co<5%，无其他夹杂物。	镍钴渣、锰钴渣、锌钴渣等冶炼渣。
V 类：	废钴泥	1 级：Co≥15%，无其他夹杂物。	颜釉料（钴黑，钴蓝

其他钴废料		2 级：5%≤Co<15%，无其他夹杂物。 3 级：0.5%≤Co<5%，无其他夹杂物。	等)，粘合剂等废料。
	废钴屑	1 级：Co≥10%，无其他夹杂物。 2 级：5%≤Co<10%，无其他夹杂物。 3 级：0.5%≤Co<5%，无其他夹杂物。	钴玻璃碎片等屑状废弃物。
	废钴液	1 级：Co≥5%的废钴液。 2 级：1%≤Co<5%的废钴液。 3 级：0.1%≤Co<1%的废钴液。	镀钴废水、含钴槽液等电镀废料。

### 三、处理处置要求

#### (1) 预处理

预处理主要包括焙烧、破碎、磁选工序。

焙烧目的即是利用高温将含钴废料中的有机物热解脱除、或金属氧化。

破碎的目的是通过对固体施加外力，使其分裂为尺寸更小的颗粒。通过破碎、分级后含钴废料的粒度宜小于 1 mm。

磁选是为了从含钴废料中清除铁磁性物体，电磁细粒物料也可在水介质中用磁选分离。

#### (2) 浸出

经预处理后的含钴废料有三种浸出方式，一种是化学溶解法，即在无机酸中发生化学溶解过程，金属离子转化为易溶于水的离子形式，通过调节酸溶解条件（如浸出试剂、浸出溶液浓度、浸出时间、浸出温度等），使得钴元素的浸出率不宜低于 98%；一种是加压浸出法，即将含钴废料经氧压釜升温加压达到金属元素浸出；一种是电化学溶解法，即在通直流电情况下，用不同的电解液，将钴废料作阳极进行金属的选择性或全部溶解。在酸性溶液中可选择性溶解钴，酸性电解液有硫酸、盐酸、硝酸、磷酸等。在碱性溶液中钴呈阳极泥脱落，碱性电解液可为氢氧化钠、氢氧化氨等。相关内容具体见标准稿。

#### (3) 净化、提纯

浸出溶液中含有多种金属离子，经除铁、除钙镁、除重金属、萃取、提纯钴，使得钴元素的回收利用率应不低于98%。具体内容见标准稿。

a)经浸出后获得的含钴溶液在进行萃取前经过化学预除杂包括除铁、除钙镁、除重金属，这其实是一个化学沉淀过程。

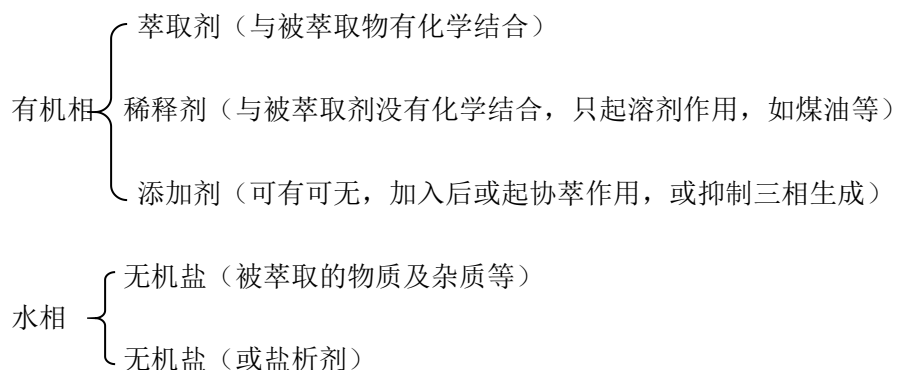
化学沉淀法操作简单、成本低、流程短，在不同的 pH 条件下浸出液中的铁发生沉淀。湿法冶炼回收过程中，除铁的方法有：氢氧化铁法、亚硫酸盐法、磷酸盐法、赤铁矿法、针铁矿法和黄钾(钠)铁矾法等。黄钾(钠)铁矾法在常压下进行，对设备无特殊要求，铁矾渣易于过滤和洗涤，在国内外已得到广泛应用。

过滤后的浸出溶液在较高的温度和有钠离子存在的条件下，控制适当的pH值，从弱酸性硫酸盐溶液中缓慢地形成碱式硫酸钠复盐沉淀物，其外表为蛋黄色。废旧电池经硫酸浸出后形成的为二价态的亚铁离子硫酸盐，但形成铁矾时需要三价的铁离子，所以首先需要加入氧化剂（通常使用H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>、NaClO<sub>3</sub>、Na<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>8</sub>等）将Fe<sup>2+</sup>氧化为Fe<sup>3+</sup>，因为钠离子一般在后续工序中不易产生沉淀而容易分离，所以一般选用NaClO<sub>3</sub>做为氧化剂。

由于氟化钙和氟化铵的溶度积都很小，而氟化镍和氟化钴的溶度积比较大。因此在压滤后的溶液中加入氟化钠或氟化铵以完全沉淀钙镁离子。

b) 溶剂萃取技术由于效果好、经济效益高，在湿法冶金中应用广泛。利用有机溶剂从与其不相混溶的液相中将某种物质提取出来的方法称为溶剂萃取。

① 萃取体系的组成 萃取体系是由有机溶液（有机相）和水溶液（水相）两个互不相溶的液相所组成的体系：



萃取体系最重要的是有机相的选择，它包括萃取剂、稀释剂、添加剂及其浓度的选择，必须根据具体情况通过理论分析和试验加以确定。

② 萃取分离金属的原理：煤油及其他油类不溶于水的性质称为“疏水性”。油类之所以有疏水性是因为它的分子极性很小，在强极性的水中难以溶解。能溶于水溶液中的物质一般是离子化合物，它们在水中可电离并发生离子水化现象而具有“亲水性”。

但物质的疏水性和亲水性并非绝对的，创造一定得条件可使亲水性物质变成疏水，反之亦然。萃取技术的全过程可以说就是使亲水性的金属离子转成疏水而进入有机相中，而反萃取时疏水性的萃合物中的金属离子转成亲水性而进入水相中。萃取原则流程如图1示：

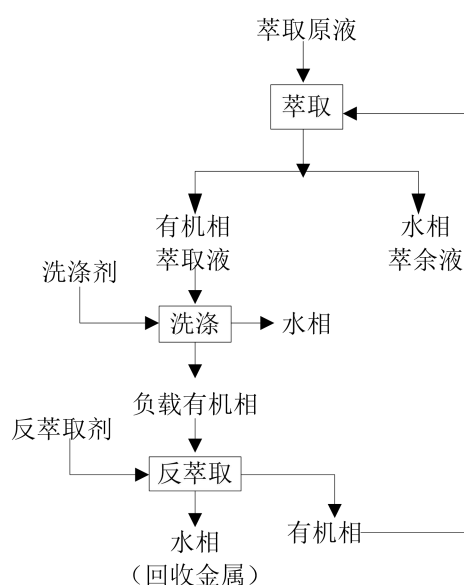


图1 萃取原则流程

③ 萃取剂：Cyanex 272、P507、P204 是广泛用于钴镍萃取分离的 3 种有机磷(膦)酸类萃取剂,其分子中的烷基空间效应，酯氧键对 Co/Ni 的萃取分离有着显著的差异。



P204萃取剂化学名为二（2-乙基己基）膦酸酯，对某些金属的萃取顺序为： $\text{Fe}^{3+} > \text{Zn}^{2+} > \text{Ca}^{2+} > \text{Cu}^{2+} \approx \text{Mn}^{2+} > \text{Co}^{2+} > \text{Mg}^{2+} > \text{Ni}^{2+}$ ，对镍、钴的分离系数为14。P507萃取剂化学名为2-乙基己基膦酸单2-乙基己基酯，对某些金属的萃取顺序为： $\text{Fe}^{3+} > \text{Zn}^{2+} > \text{Cu}^{2+} \approx \text{Mn}^{2+} \approx \text{Ca}^{2+} > \text{Co}^{2+} > \text{Mg}^{2+} > \text{Ni}^{2+}$ ，对镍、钴的分离系数为280。Cyanex272萃取剂的有效成分是二（2,4,4-三甲基戊基）膦酸，室温下密度为0.92 g/cm<sup>3</sup>，粘度为0.142 Pa·s，在蒸馏水、pH=2.6中溶解度为16×10<sup>-6</sup>，对某些金属的萃取顺序为： $\text{Fe}^{3+} > \text{Zn}^{2+} > \text{Cu}^{2+} > \text{Mn}^{2+} > \text{Pb}^{2+} > \text{Co}^{2+} > \text{Mg}^{2+} > \text{Ca}^{2+} > \text{Ni}^{2+}$ ，对镍、钴分离的系数为7000。这3种有机磷(膦)萃取剂对Co/Ni萃取分离效果为Cyanex 272 > P507 > P204，因此选择P507或P204对杂质金属离子进行萃取分离，利用Cyanex 272在硫酸介质中对镍、钴进行提取。

##### 5、浸出率、回收率计算

钴的浸出率以质量分数 $w$ 计，按式（A.1）或（A.2）计算：

$$w = \frac{m_1}{m_2} \times 100\% \quad \text{..... (A.1)}$$

$$\text{或 } w = \left( 1 - \frac{m_3}{m_2} \right) \times 100\% \quad \text{..... (A.2)}$$

式中：

$m_1$ ——1 吨废料处理后浸出液中钴的质量的数值，单位为千克（kg）；

$m_2$ ——1 吨废料中钴的质量的数值，单位为（kg）；

$m_3$ ——1 吨废料处理后浸出废渣中钴的质量的数值，单位为（kg）。

钴的回收率以质量分数 $R$ 计，按式（A.3）计算：

$$R = \left( 1 - \frac{m_1}{m_2} \right) \times 100\% \quad \text{..... (A.3)}$$

式中：

$m_1$ ——处理1 吨废料过程中产生的废渣和废水中钴的质量的数值，单位为千克（kg）；

$m_2$ ——1 吨废料中钴的质量的数值，单位为千克（kg）。

本标准中规定的含钴废料处理处置过程中目标金属钴含量宜按表 1 推荐的方法进行测定。

表 1 钴含量测定方法

目标金属	测定方法标准名称	方法标准编号
钴	水质 总钴的测定 5-氯-2-(吡啶偶氮)-1,3-二氨基苯分光光度法	HJ 550
	镍、钴、锰三元素氢氧化物化学分析方法 第 3 部分：镍、钴、锰量的测定 电感耦合等离子体原子发射光谱法	YS/T 928.3

按照 1t 含钴废料原料进行中目标金属钴的浸出、回收，参照表 1 列出的检测方法测定处理处置过程中目标金属钴的含量，检测结果见表 2。

表 2 不同批次含钴废料原料中目标金属的含量

项目 \ 批次	1	2	3	4	5	6
原料中钴含量（w%）	7.5	7.6	10.5	11.2	15.2	16.1

通过溶解原料中的钴金属，得到浸出液溶液，检测不同批次浸出液中钴的浓度，数据见表 3。

表 3 不同批次浸出液钴元素含量

项目 \ 批次	1	2	3	4	5	6
浸出液体积 (m³)	2.8	3.1	3.2	3.1	4	4.1
浸出液钴浓度 (g/L)	26.32	24.14	32.47	35.61	37.6	38.85

溶解和除杂处理处置过程中产生的废渣（含浸出废渣和除杂废渣），废渣中含钴的数据见表 4。

表 4 不同批次废渣中目标金属的含量

项目 \ 批次	1	2	3	4	5	6
废渣的重量 (t)	2.5	2.3	1.8	2.1	1.7	1.9
废渣钴含量 (w%)	0.1	0.11	0.18	0.19	0.19	0.21

除杂过程中产生的废液，废液中含钴的数据见表 5。

表 5 不同批次废液钴元素含量

项目 \ 批次	1	2	3	4	5	6
废液的体积 (m³)	3.5	3.7	4.1	4	4.7	4.8
废液的钴浓度 (g/L)	0.06	0.07	0.09	0.08	0.1	0.12

将表 2、表 3、表 4、表 5 中的数据分别带入公式 A.1 和 A.3 中计算浸出率、回收率，计算结果见表 6 所示。

表 6 不同批次含钴废料的浸出率、回收率结果

项目 \ 批次	1	2	3	4	5	6
浸出率	98.26%	98.47%	98.96%	98.56%	98.95%	98.93%
回收率	98.39%	98.33%	98.56%	98.15%	99.57%	99.16%

## 6、环境保护与安全要求

废气按含酸与不含酸可分为两大类：一类为含酸废气，主要含有二氧化硫、三氧化硫、氯化氢等；另一类为不含酸废气，主要含有二氧化碳、氮气、粉尘等。处理流程可分为干法流程、湿法流程和干湿混合流程三类。干法流程主要收尘设备有沉降室、旋风除尘器、滤袋除尘器和电除尘器。湿法流程主要设备有文氏管除尘器、冲击除尘器、泡沫除尘器、端球塔等。干湿混合流程是在湿式除尘器前加一段或n段干法除尘器，以减少泥浆量。通过除尘、碱液吸收酸性气体处理后的废气达标后排放。废气检测结果见表7，分别符合GB 9078《工业炉窑大气污染物排放标准》以及GB 16297《大气污染物综合排放标准》。

表 7 实际工业废气监测结果 单位：mg/m³

项目		预处理/浸出/除杂	
		排放浓度	标准值
烟（粉）尘	最小值	75.7	200
	最大值	99.3	
	平均值	90.5	
硫酸雾	最小值	16.1	45 (大气综排)
	最大值	32.5	
	平均值	24.3	

二氧化硫	最小值	136	550 (大气综排)
	最大值	400	
	平均值	268	
氯化氢	最小值	0.2	1.9 (大气综排)
	最大值	1.1	
	平均值	0.65	
氮氧化物	最小值	13.6	240 (大气综排)
	最大值	23.0	
	平均值	10.8	
尘中镍及其化合物	最小值	0.7	4.3 (大气综排)
	最大值	1.5	
	平均值	1.1	

废水水质多呈酸性，含有毒物质较多，除常用元素钴外，还有镍、铜、锰等元素，这种污水对环境污染严重，对人类危害大。目前处理方法以中和法、硫化法为主。中和法即向污水中投加碱性中和剂（石灰、碳酸钠、镁砖、强碱性废料等），使与重金属离子生成难溶的金属氢氧化物沉淀，分离。中和法处理废水是调整、控制pH值的方法，污水处理的最佳pH值及碱性沉淀投入量应根据试验确定。硫化法即向污水中加入硫化钠或硫化氢等硫化剂，使重金属离子与硫离子反应，生成难溶的金属硫化物沉淀，予以分离除去。

废液产生量及污染物浓度如表 8 所示；处理后的废液及污染物浓度如表 9 所示，符合 GB8978-1996 污水综合排放标准。

**表 8 废液产生量及主要污染物浓度**

项目	废液产生量 (m <sup>3</sup> /t-废料)	pH	COD (mg/L)	Co (mg/L)	Ni (mg/L)	Mn (mg/L)	Cu (mg/L)
废液	3.5	4.5-6	267.4	60.8	42.1	1.4	1.6
	4	4.5-6	326.1	80.5	30.7	2.8	0.9
	4.5	4.5-6	312.3	120.7	39.3	2.5	1.1

**表 9 废液输出量及主要污染物处理后浓度**

项目	废液输出量 (m <sup>3</sup> /t-废料)	pH	COD (mg/L)	Co (mg/L)	Ni (mg/L)	Mn (mg/L)	Cu (mg/L)
废液	4.1	6.02-7.69	92.3	0.83	0.33	0.3	0.02
	4.8	6.50-7.30	89.9	0.60	0.30	0.34	0.03
	5.3	6.7-8.5	93.8	0.59	0.33	0.31	0.02
标准值（一级）	—	6-9	100	1.0	1.0	2.0	0.5

废渣经鉴别后属于危险废物，含 Cr、Cd、Hg 等有毒有害元素，应按 GB 18597 或 HJ 2025 要求进行收集、贮存、运输，对于一般固体废物，应按 GB 18599 的要求执行，或遵照交通及有关部门的规定，采取相应的防护措施运至具有资质的第三方处理机构进行无害化处置。

## **八 与有关的现行法律、法规和强制性国家标准的关系**

与有关的现行法律、法规和强制性国家标准没有冲突。

## **九 重大分歧意见的处理经过和依据**

无重大分歧意见。征求意见稿在网上公开征求意见，意见的处理见《标准征求意见汇总处理表》。

## **十 国家标准作为强制性国家标准或推荐性国家标准的建议**

建议本标准为推荐性国家标准。

## **十一 贯彻国家标准的要求和措施建议**

建议尽快发布实施本标准。建议标准实施后组织标准宣贯，使相关单位了解标准内容，促进标准顺利实施。

## **十二 废止现行有关标准的建议**

本标准发布后，废止 2016 年版标准。

## **十三 标准水平分析**

目前没有查阅到国际标准和国外先进标准，也没有发现相关的国家标准和行业标准。本标准以有利于钴资源回收利用为出发点，根据目前国内含钴废料处理处置现状制定，标准中包含了含钴废料处理单元过程包括预处理（焙烧、破碎、磁选）、浸出（化学法溶解、加压浸出、电化学溶解）、净化（除铁、除钙镁、除重金属、萃取）、提纯及环境保护与安全要求。本标准内容具有科学性、实用性和先进性，可为含钴废料处理处置提供参考和科学依据。综合分析，本标准可达到国内先进水平。

## **十四 公平竞争审查说明**

标准制定过程没有限制或者变相限制市场准入和退出、没有限制或者变相限制商品要素自由流动，没有影响经营者生产经营成本、没有影响经营者生产经营行为。本标准经审查不存在违反《公平竞争审查条例》规定的内容。

附表1：国内主要钴废料回收厂的生产能力、原料和产品

序号	企业名称	生产能力 (t/y)	原料	工艺流程	产品品种
1	浙江华友钴业股份有限公司	60000	废旧电池、粗制钴盐, 钴渣、冶炼中间品等钴原料	预处理-浸出—除铁—萃取—净化—合成/蒸发/电积  预处理-浸出—除铁—萃取—净化—合成-煅烧	氧化钴、四氧化三钴、硫酸钴、碳酸钴、三元前驱体、电积钴
2	荆门格林美公司	10000	废旧电池、含钴废料（盐类），钴渣、含钴废合金、废催化剂、冶炼中间品、镍系统钴渣等钴原料	预处理-浸出—除铁/提铜—萃取—净化—合成-后处理（烘干/还原）	钴粉，氧化钴，碳酸钴，草酸钴，三元电池前驱体
3	广东邦普循环科技有限公司	18000	含钴废电池及材料废弃物	预处理（如放电-热处理-破碎-分选）-浸出-除杂-萃取-反萃取-配料-沉淀-煅烧	镍钴锰酸锂、镍钴锰复合氢氧化物