

《水煤浆气化炉协同资源化固体废物环境保护 技术规范（征求意见稿）》编制说明

标准编制组

二〇二二年三月

标准名称：水煤浆气化炉协同资源化固体废物环境保护
技术规范

编制单位：浙江凤登绿能环保股份有限公司
中国环境科学研究院

编制组主要成员：崔长颢、章磊、刘美佳、王明霞、
闫大海、李丽、陈建、唐量华、沈溪辉、
陈超、黄启飞、王琪

标准管理单位：中国氮肥工业协会

目 录

一、背景介绍.....	4
二、标准编制原则.....	5
三、编制工作过程.....	6
四、标准主要技术内容.....	6
4.1 适用范围.....	6
4.2 规范性引用文件.....	7
4.3 术语和定义.....	7
4.4 协同资源化处理设施及运行技术要求.....	7
4.5 固体废物特性要求.....	9
4.6 污染物排放控制要求.....	9
4.7 协同资源化处理危险废物设施性能测试要求.....	9
4.8 特殊废物协同资源化处理技术要求.....	10
4.9 人员与制度要求.....	10
五、主要试验情况分析.....	11
5.1 有机物热分解模拟试验.....	11
5.2 工程试验.....	13
六、标准属性.....	15

一、背景介绍

水煤浆气化炉是以水煤浆为原料进行气化的工业炉。相较于其他工业窑炉，水煤浆气化炉在协同资源化处理固体废物方面具有一定优势。一是炉内的高焚烧温度(1300-1400℃)可以实现有机物的彻底分解，而在气化炉急冷工段产生的合成气可以迅速将温度降至220℃左右，有效抑制二噁英的再合成。二是气化炉使用纯氧在还原性气氛条件下焚烧，没有外来氮源，因此不会产生 NO_x 污染问题。三是采用水煤浆气化炉协同资源化固体废物，可以替代气化炉部分常规燃料或水资源，固体废物中的有机成分及所含水分最终转变为气化产品 H_2 和 CO_2 ，从而实现固体废物（尤其是高含水废物）的资源化利用，具有明显的节约能源和资源优势。

近年来，我国开始探索利用水煤浆气化炉协同资源化固体废物的技术，但绝大多数研究仍然停留在实验室模拟阶段，研究的重点主要集中在协同资源化处理对气化的影响等方面。水煤浆气化炉协同资源化固体废物既缺乏科学的技术路线指导企业的协同资源化处理行为，又缺乏协同资源化处理过程和产物的环境保护与污染控制相关标准规范指导管理部门的监管活动，协同资源化处理固体废物，尤其是危险废物行业面临着环境安全风险不明、环境监管依据缺失、各地管理尺度不一等问题，严重制约了行业健康发展，亟需出台水煤浆气化炉协同资源化固体废物污染控制标准，有序引导

水煤浆气化炉协同资源化处理行业的良性发展。

2020 年 4 月，中国氮肥工业协会下发《关于印发 2020 年第一批团体标准计划的通知》(中国氮协发〔2020〕014 号)，正式提出水煤浆气化炉协同资源化固体废物技术规范的计划，中国环境科学研究院联合浙江凤登绿能环保股份有限公司共同开展技术规范编制工作。

二、标准编制原则

(一) 以科学发展观为指导，以实现经济、社会的可持续发展为目标，以国家环境保护相关法律、法规、规章、政策和规划为根据，通过制定和实施标准，促进环境效益、经济效益和社会效益的统一。

(二) 协同资源化处理全过程环境保护原则。针对水煤浆气化炉协同资源化固体废物的污染节点进行分析，分别提出对应的环境管理与污染控制措施，并对协同资源化设施及运行、固体废物特性、污染物排放、协同资源化危险废物设施性能测试、特殊废物协同资源化等方面进行全过程环境保护。

(三) 技术可行性原则。根据国内外水煤浆气化炉污染物的最佳控制技术，结合我国实际情况经济、技术发展水平，制定切实可行的协同资源化处理固体废物环境保护要求。同时，对每一受控的污染物项目从污染排放源特征，结合现实技术能达到的控制水平，得出技术可行的标准限值。

三、编制工作过程

在中国氮肥工业协会下发水煤浆气化炉协同资源化固体废物污染控制标准制定计划工作前，中国环境科学研究院联合浙江凤登绿能环保股份有限公司已于 2015 年 11 月成立编制组，启动水煤浆气化炉协同资源化固体废物环境保护技术规范的编制研究工作。

2016 年至 2020 年期间，标准编制工作组系统分析了我国水煤浆气化发展历史、我国固体废物产生与处理处置现状、工业窑炉协同资源化处理技术发展情况、水煤浆气化炉现状等，并通过实验室模拟及工程试验，研究了水煤浆气化炉协同资源化处理过程中有机物热分解和主要污染物迁移转化和排放特征，分析了不同因素对水煤浆气化炉工况的影响。同时，通过资料与现场调研、试验数据分析、召开研讨会等形式，提出了水煤浆气化炉协同资源化固体废物技术要求。在以上工作的基础上，形成了《水煤浆气化炉协同资源化固体废物环境保护技术规范》。

四、标准主要技术内容

4.1 适用范围

本标准规定了水煤浆气化炉协同资源化固体废物的相关术语和定义、协同资源化设施及运行技术要求、固体废物特性要求、污染物排放控制要求、协同资源化危险废物设施

性能测试要求、特殊废物协同资源化技术要求以及人员与制度要求。

本标准适用于危险废物、污泥、应急事件废物等固体废物在水煤浆气化炉中的协同资源化。

4.2 规范性引用文件

本部分列出了在本标准中所引用的国家标准和行业标准等规范性文件。

4.3 术语和定义

本部分为执行本标准制定的专门术语，包括粗合成气、气流床气化、水煤浆气化炉、细灰回用模式、废水回用模式、热分解率以及净热分解率等。

4.4 协同资源化处理设施及运行技术要求

本部分规定了水煤浆气化炉协同资源化固体废物的设施和运行技术要求。具体包括固体废物的准入评估、固体废物的接收与分析、协同资源化处理企业选址入厂、水煤浆气化炉基本要求、固体废物贮存、固体废物预处理、固体废物厂内输送、固体废物投加以及分析化验与质量控制要求等。入炉物料中重金属的最大允许含量和入炉水煤浆其他技术要求如表 1 和表 2 所示。

表 1 入炉物料中重金属的最大允许含量（mg/kg）

重金属	重金属最大允许含量
汞（Hg）	0.04
锑（Sb）	40
砷（As）	0.8
铅（Pb）	13
镍（Ni）	7
铜（Cu）	8500
铬（Cr）	350
铍（Be）	0.9
镉（Cd）	0.1
铊（Tl）	3
备注： (1) $V+Mn<380$ (2) $V+Mn+10Zn+8Sn+20Sb<900$ (3) $2Be+2Co+Ni+3As<8$ (4) $10Be+2Co+Ni<10$	

表 2 入炉水煤浆其他技术要求

技术指标	指标值	测定方法
浓度（%）	53.0-57.0	GB/T 18856.2
表观粘度（mPa·s）	400-1500	GB/T 18856.4

pH 值		≥7.0	GB/T 18856.7
灰分含量 (%)		≤10	GB/T 212
煤灰熔融性流动温度 (°C)		≤1250	GB/T 219
低位热值 (kJ/kg)		≥14000	GB/T 213
粒度 (%)	P _{1.43} ⁽¹⁾	≤2.0	GB/T 18856.3
	P _{2.38} ⁽²⁾	0	

注： (1) P_{1.43} 指粒径大于 1.43mm 的物料占水煤浆中干基的含量；
(2) P_{2.38} 指粒径大于 2.38mm 的物料占水煤浆中干基的含量。

4.5 固体废物特性要求

本部分规定了水煤浆气化炉协同资源化固体废物的特性。具体包括禁止进入水煤浆气化炉协同资源化处理的固体废物种类, 不推荐进入水煤浆气化炉协同资源化处理的固体废物种类, 入炉固体废物重金属、氟、氯、硫和磷元素含量, 入炉固体废物低位热值和哈氏可磨性指数等。

4.6 污染物排放控制要求

本部分规定了水煤浆气化炉协同资源化固体废物的炉渣和细灰、废气、废水、气化产品环境安全性控制和其他污染物的排放要求。

4.7 协同资源化处理危险废物设施性能测试要求

本部分规定了水煤浆气化炉协同资源化处理危险废物

设施性能测试要求和性能测试结果合格的判定依据。首次开展危险废物协同资源化之前，应对协同资源化设施进行性能测试以检验和评价水煤浆气化炉在协同资源化危险废物的过程中对有机化合物的热分解能力以及对污染物排放的控制效果。性能测试包括未投加废物的空白测试和投加危险废物的试烧测试，如果空白测试和试烧测试过程的排放废气、废水和炉渣均满足相关要求，且有机标识物的热分解率（TDE）和净热分解率（NTDE）不小于 99.99%（以连续 3 次测定结果的算术平均值作为判断依据），则表示性能测试结果合格。

4.8 特殊废物协同资源化处理技术要求

本部分规定了水煤浆气化炉协同资源化处理特殊废物的技术要求。特殊废物主要包括应急事件废物和不明性质废物两类。

4.9 人员与制度要求

本部分规定了水煤浆气化炉协同资源化固体废物企业的专业技术人员和制度建设要求。具体包括专业技术人员配置、人员培训制度、安全管理制度、人员健康管理制度、应急管理制度、操作运行记录制度和管理管理制度等。

五、主要试验情况分析

5.1 有机物热分解模拟试验

（一）氯乙烯的热分解。氯乙烯的热分解试验使用管式炉进行模拟，出口气体中氯乙烯浓度和热分解率如表 3 和表 4 所示。

表 3 出口气体中氯乙烯浓度

温度（℃）	停留时间（s）		
	6	8	10
1300	<0.8ug/m ³	<0.8ug/m ³	<0.8ug/m ³
1370	<0.8ug/m ³	<0.8ug/m ³	<0.8ug/m ³
1440	<0.8ug/m ³	<0.8ug/m ³	<0.8ug/m ³
1510	<0.8ug/m ³	<0.8ug/m ³	<0.8ug/m ³

表 4 氯乙烯的热分解率

温度（℃）	停留时间（s）		
	6	8	10
1300	>99.999389%	>99.999389%	>99.999389%
1370	>99.999389%	>99.999389%	>99.999389%
1440	>99.999389%	>99.999389%	>99.999389%
1510	>99.999389%	>99.999389%	>99.999389%

（二）对二氯苯的热分解。对二氯苯的热分解试验使用管式炉进行模拟，出口气体中对二氯苯浓度和热分解率如表 5 和表 6 所示。

表 5 出口气体中对二氯苯浓度

温度（℃）	停留时间（s）		
	6	8	10
1300	<0.8ug/m ³	<0.8ug/m ³	<0.8ug/m ³
1370	<0.8ug/m ³	<0.8ug/m ³	<0.8ug/m ³
1440	<0.8ug/m ³	<0.8ug/m ³	<0.8ug/m ³
1510	<0.8ug/m ³	<0.8ug/m ³	<0.8ug/m ³

表 6 对二氯苯的热分解率

温度（℃）	停留时间（s）		
	6	8	10
1300	>99.996567%	>99.996567%	>99.996567%
1370	>99.996567%	99.992103%	>99.996567%
1440	>99.996567%	99.992961%	>99.996567%
1510	>99.996567%	>99.996567%	>99.996567%

热稳定性位于第一等级的对二氯苯和第二等级的氯乙烯在多元料浆水煤浆气化炉的模拟环境中可以实现充分的热分解，热分解率大于 99.99%，满足《危险废物焚烧污染控制标准》（GB18484-2001）中规定的有机物焚毁去除率指标

($\geq 99.99\%$)。由于对二氯苯和氯乙烯的热稳定性在 320 种主要有害有机物中属于最高和次高等级，因此，其他有害有机物在多元料浆水煤浆气化炉模拟环境中的热分解率也应该大于 99.99%。有机物热分解模拟实验的结果表明，利用多元料浆水煤浆气化炉协同资源化处理危险废物时，危险废物中的有机物在气化炉内可以实现充分的降解。

5.2 工程试验

工程试验的主要目的是了解水煤浆气化炉气态、液态和固态污染物排放特性，以及协同资源化处理危险废物对其污染物排放特性的影响。试验在原煤配制水煤浆生产工况（空白工况）和掺加危险废物及有机和重金属标识剂配制水煤浆工况（协同资源化处理工况）开展样品采集、检测及分析研究工作。

工程试验在浙江凤登绿能环保股份有限公司开展。该公司建有一条 4 万吨/年合成氨生产装置，采用多元料浆水煤浆加压气化工艺。通过开展水煤浆气化炉协同资源化固体废物工程试验，研究协同资源化处理过程中有机污染物的降解、生成规律及排放特征，以及重金属在不同释放途径中的迁移、分配规律，并提出安全合理的危险废物投加要求。

工程试验采集水煤浆、文丘里出口合成气、脱硫塔入口合成气、脱硫塔出口合成气、高温黑水闪蒸气、脱硫液再生槽排气、合成氨贮存槽排气、炭黑、残渣、回用水样品，并

采用国标方法对其中特征污染物 PAHs、VOCs、PCDD/Fs、重金属含量进行检测。通过分析比较空白工况及协同处置工况气化炉生产过程中所有废气、废水及固体废物中特征污染物的含量，系统研究水煤浆气化炉协同资源化固体废物环境保护技术要求。主要结论如下：

（一）水煤浆气化炉协同资源化处理危险废物过程中，气化炉内温度始终维持在 1330-1350℃，对水煤浆气化过程无显著影响，两种工况下，气化炉内压力始终处于 1.0-1.3 MPa 之间，产气量稳定在 12000-14000 Nm³/h 之间，协同资源化处理危险废物过程对气化炉工况稳定性无显著影响。

（二）水煤浆气化炉协同资源化固体废物过程中，固体废物中的有机污染物在气化炉内的热分解率可达到 99.99% 以上，可实现彻底分解。水煤浆气化炉协同资源化固体废物未增加 VOCs、PAHs、二噁英等有机污染物在各排放节点中的排放风险。

（三）水煤浆气化炉协同资源化固体废物未增加重金属的排放风险。重金属主要分配在残渣、炭黑以及回用水中，废气中重金属的排放风险不大。空白与协同资源化处理两种工况下的气化炉残渣和炭黑中的 VOCs、二恶英以及炉渣中的 PAH 含量极低，不具有环境风险。空白与协同资源化处理两种工况下的气化炉残渣和炭黑不具有腐蚀性、反应性、以及重金属浸出毒性以及重金属化合物引起的毒性。协同资源化

处理过程未增加残渣和炭黑中有机质、氰化物含量，氯、硫、氮元素含量也在正常范围内波动。

基于上述工程试验结论，对水煤浆气化炉协同资源化固体废物提出环境管理建议。一是水煤浆气化炉可用于处理其他工业窑炉难以处置的高含水率的废物（如污泥及高浓度废液等），可大大减少配制水煤浆时的工业用水。同时可协同处置煤液化残渣等高热值废物，对气化过程具有促进作用。由于重金属在炉内有累积循环现象，水煤浆气化炉不宜处理重金属类废物，并对进入气化炉内的重金属进行严格限制。二是可磨性固体废物可与原料煤共同进入棒磨机混磨制浆。液态和半固态废物应先经混合调配制成粘度适合的制浆水，再由棒磨机的制浆水通道进入棒磨机。高挥发性高热值的液态废物也可直接从气化炉喷嘴处直接喷入气化炉中。三是高温黑水闪蒸、脱硫闪蒸及脱硫液再生、氨贮存槽等生产工序、设施的排放废气应设置有机废气净化装置，如采用蓄热式热氧化炉（RTO）等降低 PAHs、二恶英、CO、总烃的排放风险。

六、标准属性

本标准为中国氮肥工业协会团体标准。