

ICS 77.080.01
CCS H 40

团 体 标 准

T/CIECCPA 005—2024

钢铁冶炼锌元素循环控制技术要求

Technical requirement for zinc element cycling control in steel
metallurgical process

2024 - 03 - 11 发布

2024 - 03 - 15 实施

中国工业节能与清洁生产协会 发布

CFECCCPA

目 次

前 言	II
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	1
4 钢铁生产各工序可循环利用含锌尘泥种类	2
5 钢铁含锌尘泥循环利用与火法还原脱锌工艺	2
6 含锌尘泥循环途径	3
6.1 烧结工序	3
6.2 高炉工序	4
6.3 转炉工序	4
6.4 电炉工序	5
7 含锌尘泥火法还原脱锌工艺	5
7.1 转底炉脱锌工艺	5
7.2 回转窑脱锌工艺	5
7.3 熔融还原电炉脱锌工艺	6
8 含锌尘泥转运贮存和环保要求	6
8.1 转运贮存要求	6
8.2 环保要求	7
图 1 钢铁含锌尘泥循环与处理流程	3
图 2 烧结工序锌元素循环途径	4
图 3 高炉工序锌元素循环途径	4
图 4 转炉工序锌元素循环途径	5
图 5 电炉工序锌元素循环途径	5
图 6 转底炉脱锌工艺	5
图 7 回转窑脱锌工艺	6
图 8 熔融还原电炉脱锌工艺	6
表 1 钢铁生产各工序可循环利用含锌尘泥种类	2
表 2 含锌尘泥火法脱锌工艺适宜对象及控制要求	3
表 3 高炉工序循环物料锌元素控制要求	4

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。

本文件由中国工业节能与清洁生产协会提出并归口。

本文件起草单位：宝山钢铁股份有限公司、甘肃酒钢集团宏兴钢铁股份有限公司、安徽长江钢铁股份有限公司、马钢集团设计研究院有限责任公司、首钢京唐钢铁联合有限责任公司、北京科技大学、安徽工业大学、本钢集团有限公司、本钢板材股份有限公司、通化钢铁股份有限公司、昆明理工大学、云南祥云飞龙再生科技股份有限公司。

本文件主要起草人：王如意、刘剑平、梁金鹏、魏国立、丁明旺、余雪峰、魏汝飞、夏能伟、陈孝文、侯玉伟、吴礼云、邓向辉、程峥明、骆振勇、王同宾、王凤民、王亚枫、黄作为、周忠岐、贾斌、王德军、李旻廷、邓志敢、孙保华、王群、王静松、林金嘉、许海法、吴伟明、华建明、施允、鲁健、石磊。

钢铁冶炼锌元素循环控制技术要求

1 范围

本文件规定了钢铁冶炼各工艺单元可循环含锌尘泥种类、锌元素循环途径、含锌物料循环控制要求等。

本文件适用于钢铁企业锌元素在钢铁冶炼烧结、高炉、转炉、电炉等冶炼工序和转底炉、回转窑、熔融还原电炉等主要冶炼还原脱锌工艺循环过程。其他行业的含铁尘泥、含锌尘泥的回收利用可参考本文件执行。

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 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 13456 钢铁工业水污染物排放标准
- GB 16297 大气污染物综合排放标准
- GB 18597 危险废物贮存污染控制标准
- GB 18599 一般工业固体废物贮存、处置场污染控制标准
- GB/T 28292 钢铁工业含铁尘泥回收及利用技术规范
- GB/T 33055 含锌废料处理处置技术规范
- GB 50427 高炉炼铁工程设计规范
- HJ/T 189 清洁生产标准 钢铁行业
- HJ/T 426 清洁生产标准 钢铁行业(烧结)
- HJ/T 427 清洁生产标准 钢铁行业(高炉炼铁)
- HJ/T 428 清洁生产标准 钢铁行业(炼钢)
- HJ 465 钢铁工业发展循环经济环境保护导则
- YS/T 73 副产品氧化锌
- YS/T 1093 再生锌原料
- YS/T 1343 锌冶炼用氧化锌富集物

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

含锌尘泥 Zinc-bearing dust and sludge

含锌尘泥是钢铁企业在烧结、球团、炼铁、炼钢和轧钢等工艺过程中进行干法除尘、湿法除尘和废水处理得到 $Zn>0.3\%$ 的尘泥，不包括热镀锌机组、电镀锌机组产生的锌渣。按含锌尘泥中锌(Zn)含量分为低锌尘泥($Zn<1\%$)、中锌尘泥($1\%\leq Zn\leq 8\%$)、高锌尘泥($Zn>8\%$)。

3.2

熔融还原电炉 Electrical furnace for smelt reduction process

熔融还原电炉是指通过电弧或电磁感应的加热方式使含锌尘泥发生高温熔融还原，进而实现金属氧化物还原和锌元素脱除分离，包括电弧电炉和感应电炉。

3.3

次氧化锌 secondary zinc oxide

含锌尘泥经回转窑、转底炉和熔融还原电炉等高温还原处理后收集得到的以氧化锌为主的多金属氧化物。

4 钢铁生产各工序可循环利用含锌尘泥种类

4.1 钢铁流程中产生的可循环的含锌尘泥主要有烧结机头和机尾除尘灰、高炉瓦斯灰、高炉瓦斯泥、出铁场除尘灰、铁水预处理除尘灰、转炉一次（除尘）灰、转炉OG泥、转炉二次除尘灰、精炼除尘灰、电炉除尘灰和冷轧含锌污泥（表1）。

表1 钢铁生产各工序可循环利用含锌尘泥种类

序号	工序	可循环利用含锌尘泥种类
1	烧结	机头除尘灰、机尾除尘灰
2	高炉	瓦斯灰、瓦斯泥、出铁场除尘灰
3	转炉	OG泥、LT灰、二次除尘灰、铁水预处理除尘灰、精炼除尘灰
4	电炉	电炉除尘灰、精炼除尘灰
5	冷轧	含锌污泥

5 钢铁含锌尘泥循环利用与火法还原脱锌工艺

5.1 钢铁流程含锌尘泥根据其锌含量和循环工序的锌负荷控制技术要求，低锌含锌尘泥可在钢铁冶炼过程中直接循环利用，含锌量较高的含锌尘泥根据含锌量和还原金属产物的不同要求，可采用转底炉、回转窑和熔融还原电炉工艺进行火法还原脱锌处理后利用（表2、图2）。

5.2 火法还原收集得到的金属产物金属化球团、含铁窑渣或生铁，可在钢铁冶炼流程内循环利用。

5.3 火法还原脱锌处理烟气中分离回收得到次氧化锌粉，根据其氧化锌含量按照YS/T 1093或YS/T 1343或YS/T 73的技术规定进行分类利用。按GB/T33055要求，进一步湿法回收生产硫酸锌、硝酸锌和氯化锌；或采用湿法回收及电解工艺生产金属锌，金属锌的质量满足锌锭标准要求，可循环用于钢铁冷轧热镀锌或电镀锌；或进一步火法回收生产次氧化锌。

表2 含锌尘泥火法脱锌工艺适宜对象及控制要求

火法脱锌工艺	适宜处理含锌含铁尘泥种类	混合原料锌含量适宜控制要求	还原金属产物
转底炉	中锌、低锌含铁尘泥	1~5%	金属化球团
回转窑	高锌、中锌含铁尘泥	1~10%	含铁窑渣
熔融还原电炉	高锌、中锌含铁尘泥	>5%	生铁

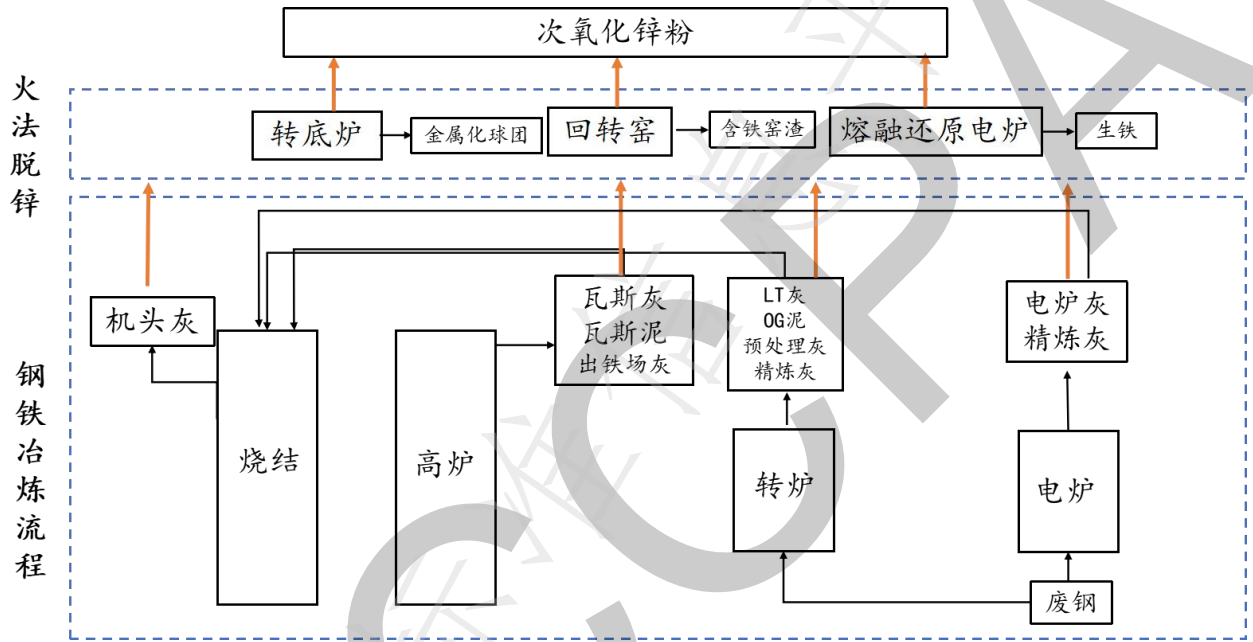


图1 钢铁含锌尘泥循环与处理流程

6 含锌尘泥循环途径

6.1 烧结工序

烧结工序锌元素主要来源为铁矿石和返回烧结利用的各类含铁尘泥。

机头除尘灰、转炉OG泥、高炉出铁场除尘灰等钢铁冶炼产生的含锌固体废物，可返回烧结配料中循环利用（图2），需从源头上控制锌含量，即铁矿粉Zn含量不应超过0.08%，含锌固体废物中锌含量不应超过1%。

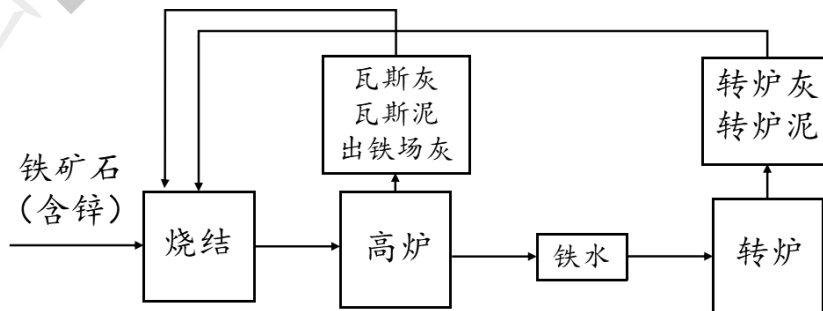


图2 烧结工序锌元素循环途径

6.2 高炉工序

高炉工序锌元素主要来源为烧结矿和球团矿，烧结、球团矿生产原料铁精粉中Zn含量一般控制在0.08%以下（图3）。

含锌尘泥烧结循环利用时含锌量不应超过1%，其中高炉入炉锌负荷根据高炉容积控制 $\leq 0.15\sim 0.40\text{kg/t}$ （表3）。

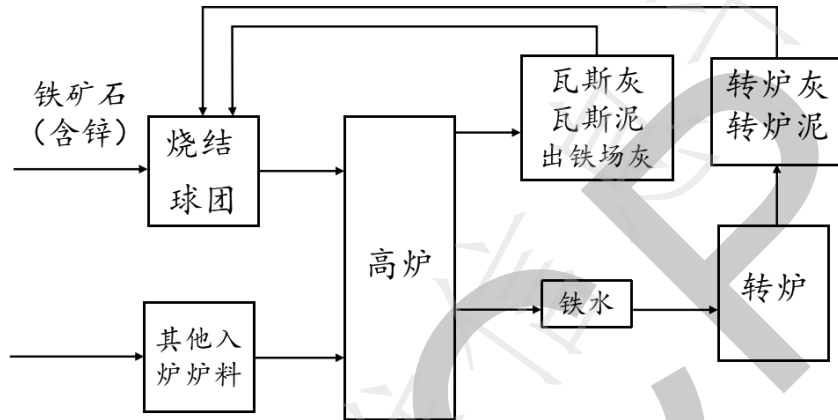


图3 高炉工序锌元素循环途径

表3 高炉工序循环物料锌元素控制要求

工序	锌元素含量要求	循环控制要求
烧结-高炉	高炉锌负荷 $\leq 0.15\text{kg/t}$ （高炉炉容 $\geq 4000\text{m}^3$ ）； 高炉锌负荷 $\leq 0.20\text{kg/t}$ （高炉炉容 $\geq 3000\text{m}^3$ ）； 高炉锌负荷 $\leq 0.3\text{kg/t}$ （高炉炉容 $\geq 2000\text{m}^3$ ）； 高炉锌负荷 $\leq 0.4\text{kg/t}$ （高炉炉容 $\geq 1000\text{m}^3$ ）。	含锌尘泥中锌含量小于1%

6.3 转炉工序

转炉工序含锌尘泥可以在转炉进行自循环利用，可少量用作冷却剂，也可较大量循环利用以实现转炉尘泥源头减量和锌含量富集。

转炉尘泥转炉循环利用时加入量5~15kg/吨钢水，生球水分含量控制4%以下，强度大于600N/单球。为保证转炉生产顺行，转炉尘泥的锌含量控制2%以内（图4）。

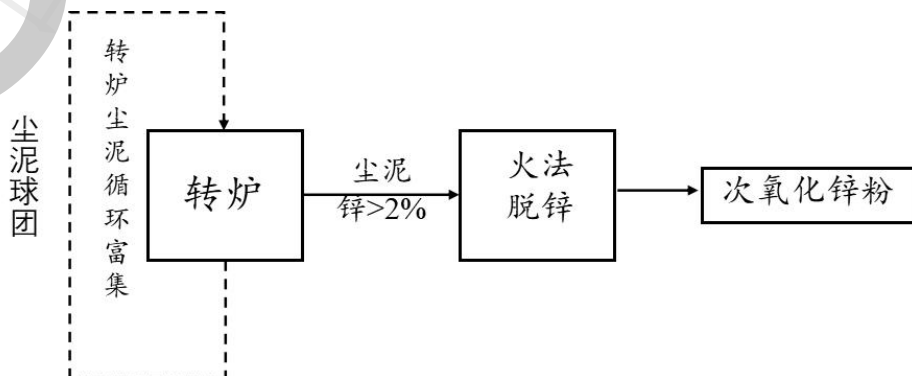


图4 转炉工序锌元素循环途径

6.4 电炉工序

电炉工序产生的电炉灰中锌含量较高，一般直接用火法脱锌工艺进行还原脱锌处理；电炉灰可以在电炉进行自循环以实现源头减量和锌含量富集，自循环可采用压球和喷吹两种进料方式，加入量一般为10~20kg/吨钢水，压球进料时控制电炉灰生球直径10-50mm，水份在6.0%以下。

电炉灰自循环时控制其锌含量不高于30%，高于30%时不再循环利用，采用火法脱锌处理或直接进入锌冶炼企业利用（图5）。

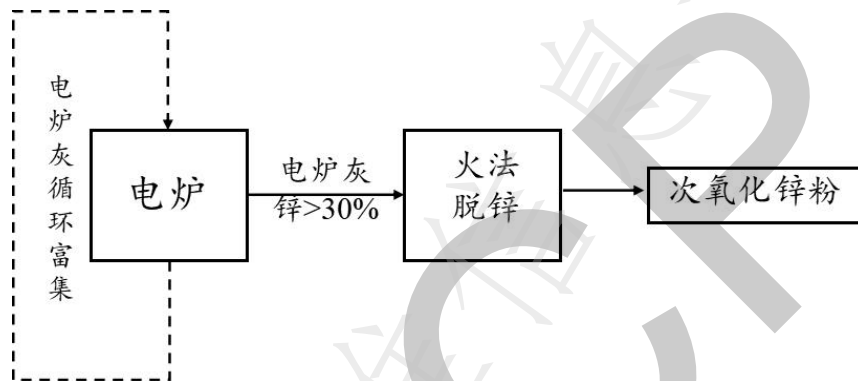


图5 电炉工序锌元素循环途径

7 含锌尘泥火法还原脱锌工艺

基于钢铁冶炼产生的含锌尘泥中铁含量较高，通常采用高温火法还原工艺进行脱锌处理，按工艺原理和主体设备分为回转窑、转底炉和熔融还原电炉工艺等。

7.1 转底炉脱锌工艺

中低锌的含锌含铁尘泥适宜用转底炉工艺进行还原和脱锌处理，从转底炉排放烟气中可回收次氧化锌粉，一般控制配料后混合料中锌含量1~5%、TFe \geq 40%和碳含量 \geq 10%。

为实现转底炉脱锌率大于90%，转底炉金属化球团中的锌含量不超过0.3%，一般炉膛温度控制1250~1300℃（图6）。

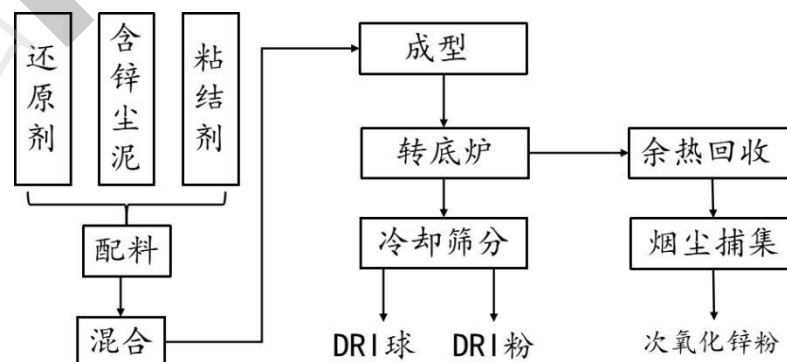


图6 转底炉脱锌工艺

7.2 回转窑脱锌工艺

高锌和中锌含铁尘泥适宜用回转窑工艺进行脱锌和金属还原处理，从回转窑排放烟气中可回收次氧化锌粉。

一般要求回转窑混合料中含Zn≥5%，TFe≥30%，为保证回转窑脱锌率大于80%，含铁窑渣可返回烧结或高炉利用（含Fe≥55%，含Zn≤0.5%），一般控制混合料含碳量≥10%，回转窑炉膛温度1150~1200℃（图7）。

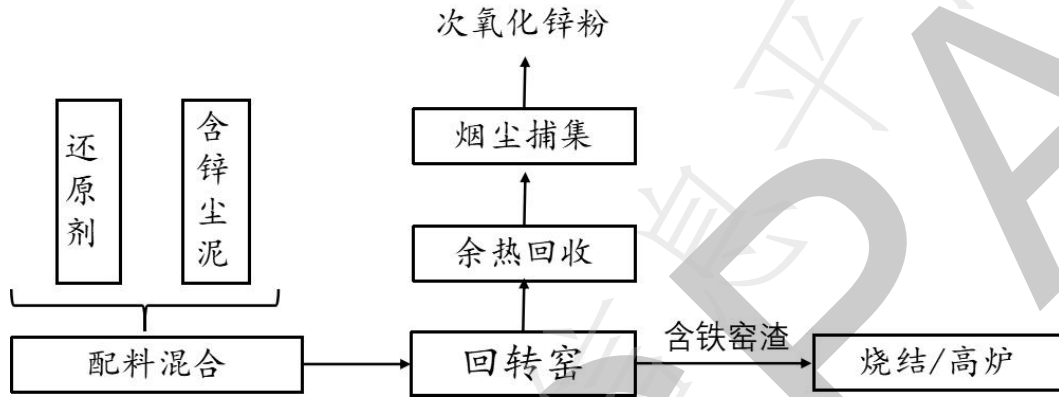


图7 回转窑脱锌工艺

7.3 熔融还原电炉脱锌工艺

熔融还原电炉工艺主要用于处理锌含量>5%的高锌、中锌含铁尘泥，低锌含铁尘泥也可以处理。

含锌含铁尘泥配加还原碳粉并调整适宜的碱度，成型后加入熔融还原电炉进行高温熔融还原和深度脱锌处理。为实现渣铁易分离、脱锌率>95%，回收次氧化锌粉Zn含量≥60%，生铁中金属铁含量≥92%、Zn<0.1%，一般控制混合原料中的碳元素与氧元素的摩尔比在1.0~1.1、二元碱度1.5~2.0、熔融还原温度1550~1650℃。熔融还原得到的铁水可返炼钢使用，少量炉渣可返烧结、水泥厂或作路基材料等利用（图8）。

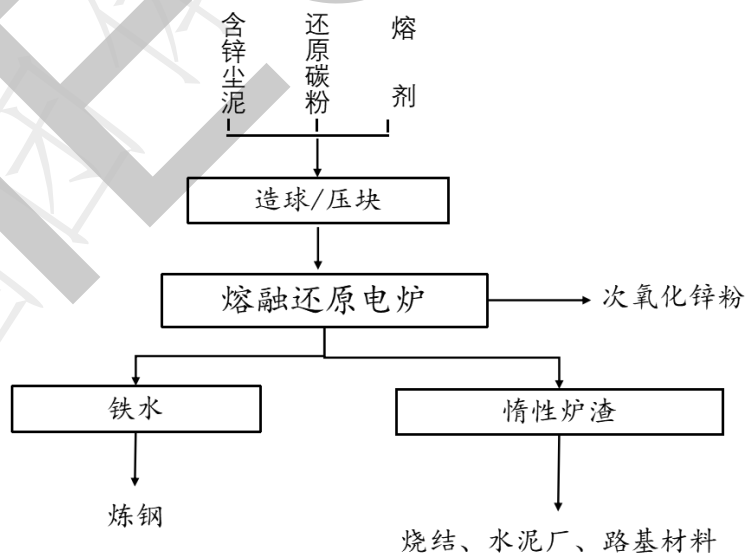


图8 熔融还原电炉脱锌工艺

8 含锌尘泥转运贮存和环保要求

8.1 转运贮存要求

含锌尘泥的贮存和处置应符合GB 18599的要求。

属于危险废物的含锌尘泥的贮存应符合GB 18597的要求。

8.2 环保要求

8.2.1 技术的选择、设计、建设和运行管理应按HJ 465的规定进行。

8.2.2 环境保护应符合HJ/T 189、HJ/T 426、HJ/T 427、HJ/T 428的要求。

8.2.3 工业炉单元的大气污染物排放按GB 9078 的规定进行，其他单元的大气污染物排放应符合GB 16297要求。

8.2.4 工业水污染物排放应符合GB13456的要求。

8.2.5 噪声排放标准应符合GB 12348的要求。