



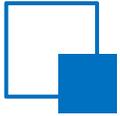
中国有色金属工业协会  
China Nonferrous Metals Industry Association



# 铜产业绿色低碳发展现状及其展望

中国有色金属工业技术开发交流中心

2023年6月



**01**

**近年来取得的成就**

**02**

**面临的重大问题**

**03**

**应对措施和建议**



## 铜冶炼

技术装备落后

传统技术



引进技术



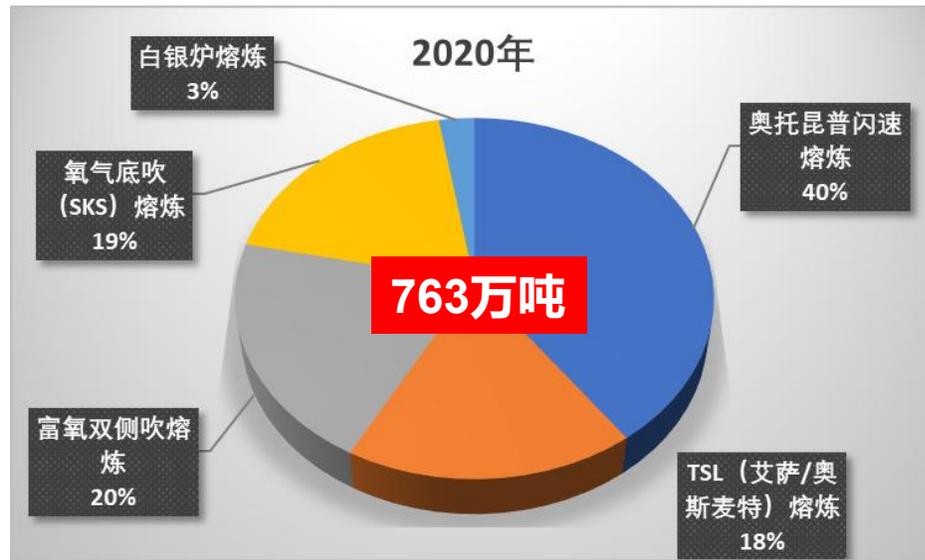
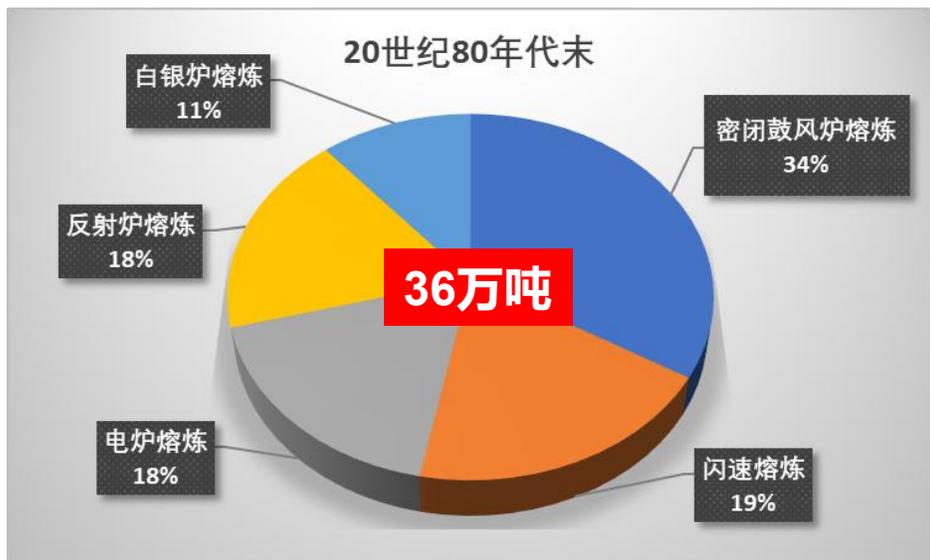
自主创新

技术装备先进

•反射炉、鼓风炉、电炉



•闪速熔炼、熔池熔炼（艾萨、奥斯麦、氧气底吹、富氧双侧吹）、多枪顶吹连续吹炼





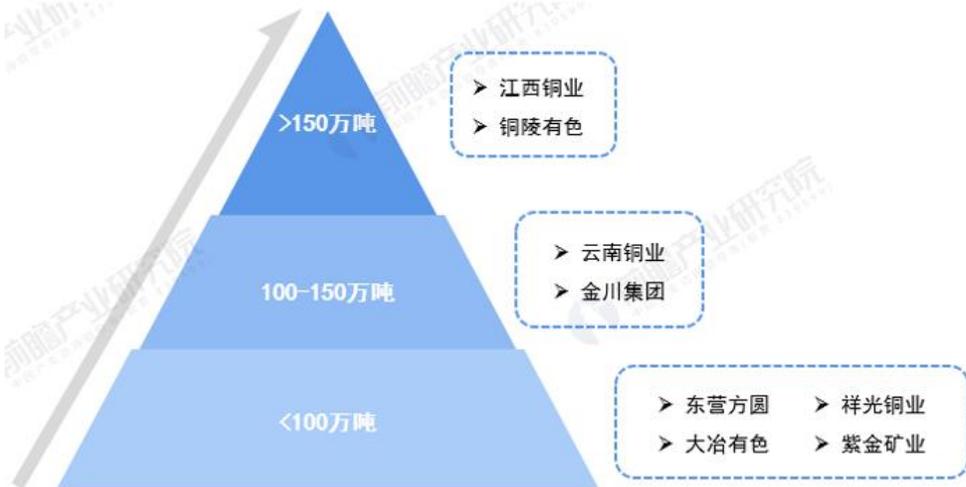
- 总体来说，我国铜冶炼工艺通过**理论基础的研究、关键工艺参数的优化、生产控制的强化**，已实现**熔炼作业率、炉体床能力、环保指标、综合能耗、炉体操作环境、炉寿命**等多项关键工艺技术指标大幅提升，完成了核心工艺和设备技术的国产化，摆脱了对国外技术的依赖，国内自主研发的铜冶炼工艺技术广泛应用，产能比重逐年上升。



# 中国铜工业产业集中度进一步提升

- **铜冶炼行业：**2021年中国铜冶炼企业的产能约为1200万吨，行业CR3和行  
业CR5分别约为39.9%和53.9%，分别较2020年同比增长约26.8%和26%。
- **铜加工行业：**2021年我国铜加工行业代表企业产量CR2和CR6分别约为  
15.90%、29.59%，分别较2020年同比增长约0.89%和1.52%。
- **再生铜行业：**2021年前十位再生铜企业产能占全国总产能的30%以上。

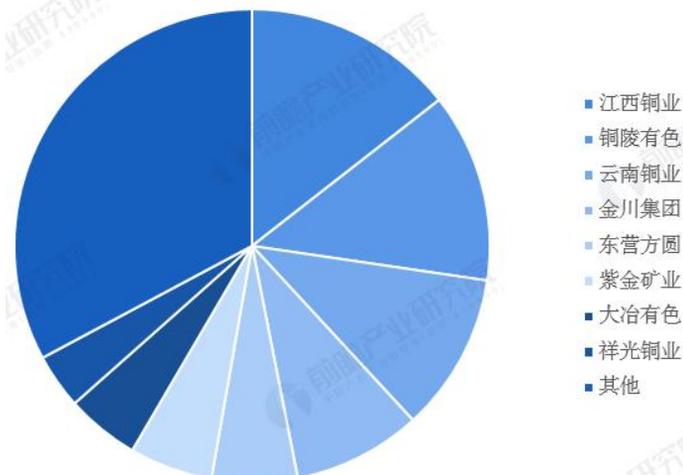
图表1：中国铜冶炼企业竞争梯队(按产能)



资料来源：公司公报 前瞻产业研究院

©前瞻经济学人APP

图表3：2021年中国铜冶炼企业市场份额(单位：%)



资料来源：公司公报 ICSG 前瞻产业研究院

©前瞻经济学人APP



# 中国铜工业污染排放量大幅下降

时间	1996年前	1997-2010	2010-2022
排放标准	无	工业炉窑大气污染物排放标准	铜、镍、钴工业污染物排放标准及其修改单
颗粒物	/	150mg/Nm <sup>3</sup> (1997年前建厂) 100mg/Nm <sup>3</sup> (1997年后建厂)	80mg/Nm <sup>3</sup> 、10mg/Nm <sup>3</sup> (特排限值)
二氧化硫	/	1430mg/Nm <sup>3</sup> (1997年前建厂) 850mg/Nm <sup>3</sup> (1997年后建厂)	400mg/Nm <sup>3</sup> 、100mg/Nm <sup>3</sup> (特排限值)
氮氧化物	/	/	240mg/Nm <sup>3</sup> 、100mg/Nm <sup>3</sup> (特排限值)
铅	/	30mg/Nm <sup>3</sup> (1997年前建厂) 10mg/Nm <sup>3</sup> (1997年后建厂)	0.7mg/Nm <sup>3</sup>
汞	/	3mg/Nm <sup>3</sup> (1997年前建厂) 1mg/Nm <sup>3</sup> (1997年后建厂)	0.012mg/Nm <sup>3</sup>
砷	/	/	0.4mg/Nm <sup>3</sup>

❖ 据统计国内31个省份及直辖市337个地级及以上城市中有184个城市或城市部分区域执行特别排放限值，占比54.6%。执行特排限值产能505万吨，占全国产能近51.6%。



## • 废气治理技术

### 除尘

重力除尘、惯性除尘、旋风除尘、布袋除尘、电除尘、湿式除尘、烧结板除尘、动力波除尘、电袋联用除尘、湿式电除尘等

### 脱硫

石灰石吸收法、活性焦法、石灰石-石膏法、金属氧化物法、双碱法、氨吸收法、钠碱法、双氧水法、离子液循环吸收等

### 其他

电除雾法去除硫酸雾、臭氧氧化吸收法脱氮、骤冷收砷技术回收烟气中的砷

近年来，铜冶炼大气污染物排放浓度和排放总量大幅度下降，一般控制区SO<sub>2</sub>由原来的850mg/m<sup>3</sup>下降到400mg/m<sup>3</sup>以下，颗粒物由原来的100mg/m<sup>3</sup>下降到80mg/m<sup>3</sup>以下。重点大气污染防控区SO<sub>2</sub>和颗粒物分别控制在100mg/m<sup>3</sup>和10mg/m<sup>3</sup>以下，个别企业SO<sub>2</sub>排放浓度达到35mg/m<sup>3</sup>以下，取得了良好的环境效益。



## ❖ 废水治理技术

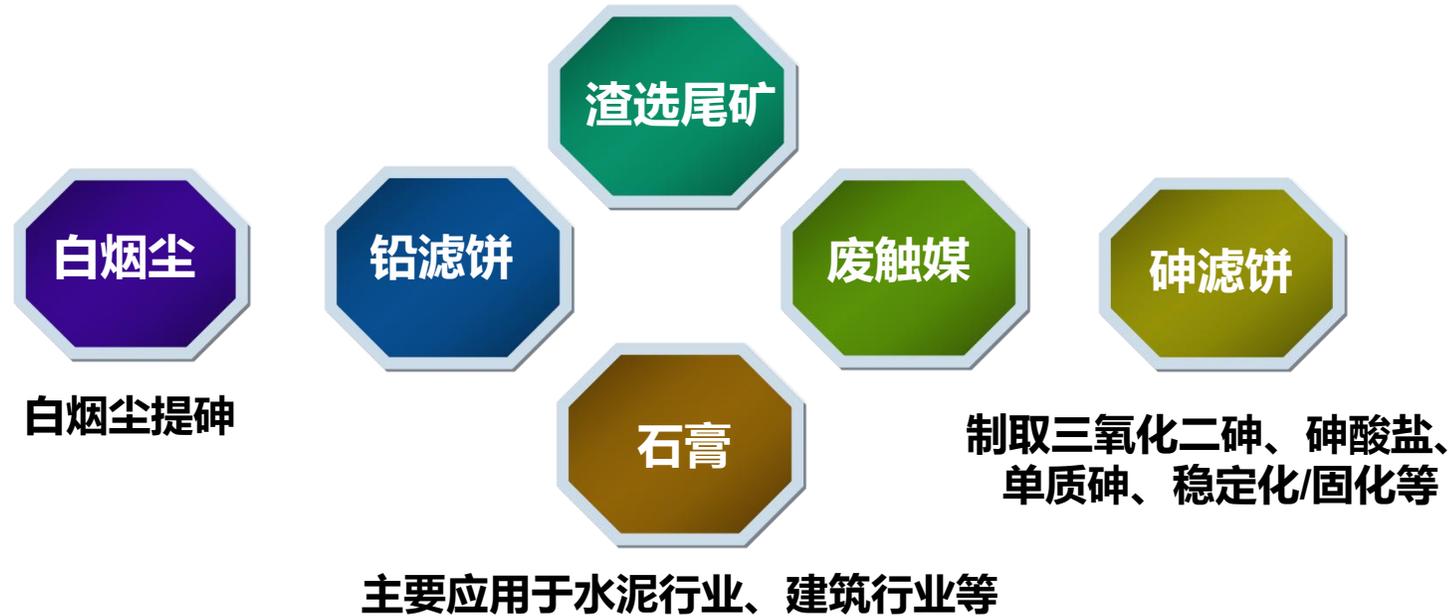


废水中重金属排放浓度大幅度下降，实现了增产减污。重点重金属防控区砷、镉等重金属排放浓度达到特别排放限值的要求，部分环境敏感区的铜冶炼企业实现了含重金属废水的零排放，有力支撑了铜工业的高质量发展。



## ❖ 固体废物处理处置技术

作为二次资源再选、作为建材原料再利用



我国铜工业固废利用取得了积极的进展，对于大宗渣选尾矿、石膏渣等一般固体废物均作为建筑建材，实现了废物零排放；对于无利用价值的危险废物如白烟尘、砷滤饼，基本实现了安全处置，杜绝了环境风险；对于有利用价值的危险废物如铅滤饼和黑铜粉，与其他冶炼实现了协同资源化利用。



党的十八大以来，在习近平新时代中国特色社会主义思想指引下，我国铜加工产业认真贯彻落实新发展理念，努力实现高质量发展，在产业规模、科技创新、绿色发展、智能制造等方面取得了明显进步，与世界先进水平基本同步。

- ❖ 一是产业规模接近翻番，由净进口变为净出口。
- ❖ 二是自主创新助力行业发展水平不断提升。
- ❖ 三是产业全球化开辟新局面。
- ❖ 四是龙头企业实力和影响力显著增强，产业集中度大幅提高。
- ❖ 五是绿色制造、智能制造取得实质性进展。



- ❖ 随着有色金属工业供给侧结构性改革持续推进，我国再生铜产业进入结构调整明显、技术水平和质量效益提升幅度大、节能减排成效显著的时期，在总量规模、原料结构、转型升级、产业布局、国际合作、节能减排等方面都迈上了新台阶。
- ❖ 2020年我国再生铜产量325万吨，占精炼铜产量的32.4%，高于有色金属行业再生金属产量占总产量25%的平均值。通过加快构建回收体系，再生有色金属原料逐步呈现出“以国内原料为主、进口原料为辅”的良好格局。中国再生有色金属企业与欧美等发达国家在原料收购、生产基地建设、技术引进等方面的合作进一步巩固加深。再生有色金属产业与上下游产业链协同发展不断加强，越来越多原生金属生产企业和加工企业向再生有色金属领域延伸，形成了“原生+再生”协同发展的新格局。



01

近年来取得的成就

02

面临的重大问题

03

应对措施和建议



## 政策标准

### “两高”政策

原生铜冶炼被大部分省份列入两高项目，再生铜行业被小部分省份列入两高行业，在碳达峰碳中和的大背景下，原生铜冶炼的新建项目、技改项目难以落地，不利于行业的持续健康发展。部分省份将再生铜纳入两高行业，与《“十四五”循环经济发展规划》中提到2025年再生铜产量达到400万吨的目标相违背。

### 现行排放标准

- 1、《铜、镍、钴工业污染物排放标准》（GB25467-2010）：
  - (1) 过量空气系数的提出不尽合理；
  - (2) 基准排气量的折算不利于无组织烟气的收集；
  - (3) 标准污染物排放因子缺失
- 2、《再生铜、铝、铅、锌工业污染物排放标准》（GB31574-2015）仅适用于以废杂铜为原料的企业，对于以二次资源为原料的企业不适用。



- ❖ 在碳达峰碳中和的大背景下，要从严控制铜冶炼产能的过快增长，加强铜产品需求分析，以需定产。综合考虑铜冶炼能源消耗，污染物排放，清洁生产水平，**制定铜冶炼“两高”项目的界定标准**，从能源消耗的角度达到发改委产业司《高耗能行业重点领域能效标杆水平和基准水平（2021年版）》标杆值的，从污染物排放的角度达到特别排放限值的，从清洁生产角度达到《清洁生产标准 铜冶炼业》、《清洁生产标准 铜电解业》一级标准的企业，不按两高项目管理。
- ❖ 再生金属作为绿色低碳循环发展产业，从各个渠道呼吁尽快纠正用“两高一资”、“高能耗”定义产业。各地需要根据生态环境部发布的《环境保护综合名录(2021年版)》，**明确再生铜行业不属于“两高”项目。**



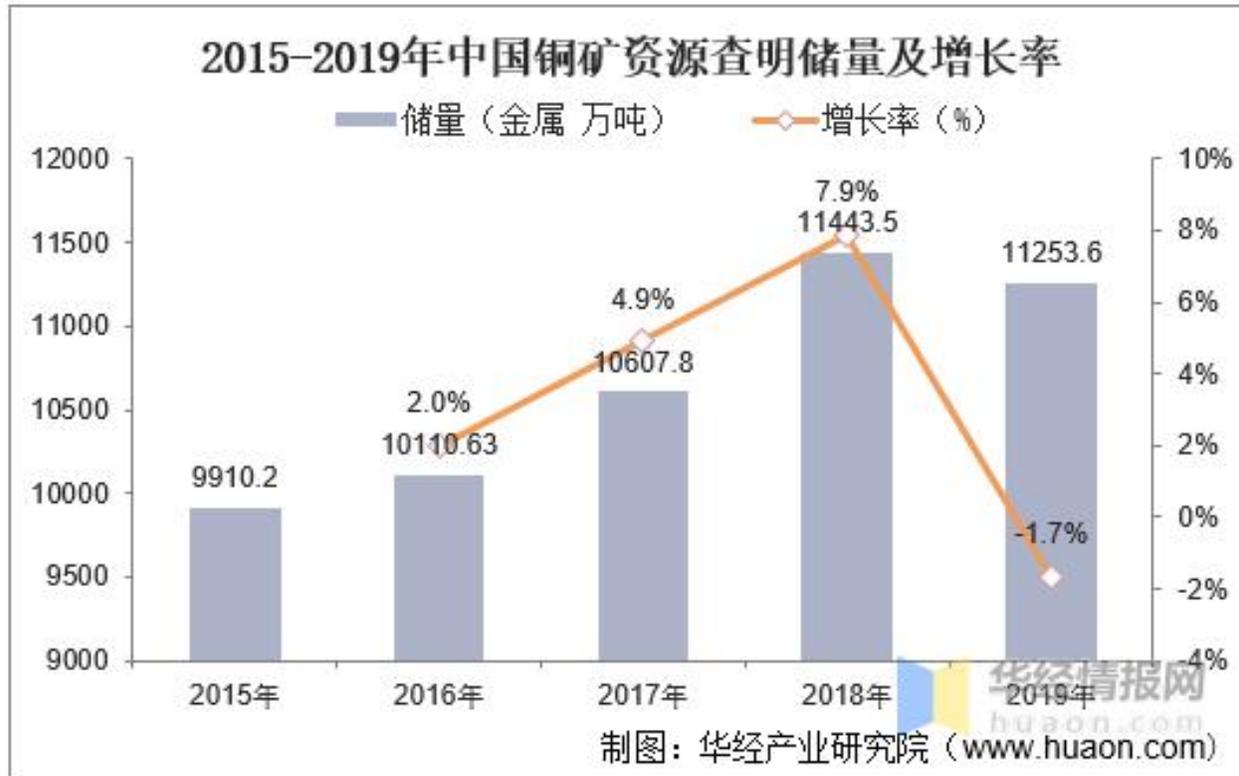
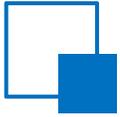
## 《铜、镍、钴工业污染物排放标准》（GB25467-2010）

1.取消过量  
空气系数的  
规定

2.重新界定基  
准排气量

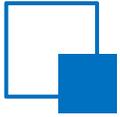
3.完善污染因子,  
明确无组织管控

4.制定以二次  
资源为原料的  
再生铜污染物  
控制标准



我国80%的铜矿资源为低品位矿，共伴生元素主要有金、钼、铅锌等，且铜矿大矿少、中小矿多，铜矿平均品位0.87%，不及世界主要生产国矿石品位的1/3，富铜矿（品位>1%）查明资源储量仅占总查明资源储量的20%。因铜矿资源相对匮乏，我国铜冶炼原料对外依赖度高达80%以上。

- ❖ 根据《质检总局 环境保护部 商务部关于公布进口铜精矿中有毒有害元素限量的公告》（2017年第106号）要求，进口铜精矿必须满足铅（Pb）不得大于6.00%；砷（As）不得大于0.50%；氟（F）不得大于0.10%；镉（Cd）不得大于0.05%的要求，因此有些国外的铜精矿因砷元素超标，无法进口作为铜冶炼的原料。由此加剧了国内铜冶炼原料保障不足的问题。



## ❖ 加大对我国铜资源的勘探开发

- 对于我国铜矿资源先天不足的情况，相关部门应积极开发国内铜矿资源，**激励铜矿矿产勘查工作的资金投入，促进勘察技术的快速发展。**
- 国家应该在政策上支持国内的铜矿企业参与国外铜矿的开发和利用，进一步做好海外铜矿资源勘察开布局，为国内矿业企业走出去勘察开发铜矿资源搭好平台、做好服务，在综合评估资源所在地矿产资源开发风险的基础上，优选资源丰富、风险较低的国家投资铜矿勘察开发。

## ❖ 在环保可控的前提下扩大“保税混矿”试点范围

- “保税混矿”业务的开展有利于保障我国铜资源供给，而且环保风险可控。建议**逐步扩大试点企业范围**，努力为推动我国铜行业高质量发展，营造良好的国际市场环境。



## 铜矿山废石和尾矿综合利用率低



- ❖ 据统计，有色金属矿山平均每采出1t矿石，就产生0.92t固体废弃物。目前中国铜工业矿山固体废弃物的综合利用率仅为7%左右，大量的废石和尾矿只能长期堆放在矿山周围的排土场和尾矿库。
- ❖ 目前尾矿的应用，大多数仅停留在对尾矿中有价元素的回收或直接作为砂石代用品销售
- ❖ 投入不足，政策扶持力度有待加强。
- ❖ 资源意识、环境意识不高。



对于现有废石场堆存的废石，鼓励企业以“降硫分级”为目标，开展废石综合利用潜力评价，实现富铜高硫产品用于铜选厂入选铜矿石，低硫产品经进一步分选低硫骨料，同时坚持完善水处理系统，提升生态环境。对于现有铜矿山尾矿库，鼓励企业通过尾矿制砖、尾矿分级脱水外售、“尾矿+胶凝材料”用于路基建设等各种方式将尾矿变废为宝，实现尾矿库资源的综合利用，逐步减少尾矿库数量。



## 烟气中低浓度SO<sub>2</sub>的治理

- φ (SO<sub>2</sub>) 1.0%~4.0%的烟气处理采用常规制酸技术或是脱硫处理效果都不是很理想，是亟待技术突破的领域

## 汞、砷和氟的处理

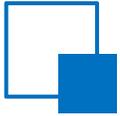
-目前我国大部分铜冶炼厂企业并没有针对烟气中的汞、砷和氟进行处理，未来将难以适应新的环保要求。

## 高效脱硝技术

-氮氧化物的治理主要有SCR、SNCR等成熟的脱硝技术，但不适用于NO<sub>x</sub>排放浓度低的阳极炉烟气，臭氧脱硝被明令禁止。

## 无组织管控

-随着环保要求的日益严格，如何控制PS转炉的无组织排放是我国铜冶炼面临的重大问题



## ❖ 加大对现有的湿法烟气脱硫技术研究

- 应加大对现有的湿法烟气脱硫技术研究，减少处理成本，实现废物资源化利用，对循环经济效益高的脱硫技术（如活性焦法、双氧水法、亚硫酸钠循环法、柠檬酸钠循环法、有机胺循环法等）加大推广应用力度；
- 在湿法烟气脱硫技术上改善气液接触条件，增加传质接触面积；
- 在现有的湿法烟气脱硫技术上研究采用高效的液相脱硫及NO<sub>x</sub>、Hg<sup>0</sup>氧化反应催化剂，进一步强化传质，提高脱硫效率；
- 研究新型防腐材料、防结垢材料及其在湿法烟气脱硫装置中的内衬技术

## ❖ 强化协同脱汞技术

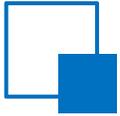
- 汞已被联合国环境规划署列为全球性污染物。
- 结合铜冶炼烟气汞浓度较低的特点，采用常规的烟气协同技术将成为发展趋势。

## ❖ 加快探索适用于铜冶炼的烟气脱氮技术

- 阳极炉烟气进行二次加热后使用SCR技术脱硝
- 使用高锰酸钾脱硝



- ❖ **污酸处理产生的固体废物量大**
- ❖ 国内目前处理污酸废水的方法主要有硫化钠—石灰中和法、石灰—铁盐共沉淀法。但这两种工艺对氟、氯去除效果一般，处理后的水由于氟、氯浓度高等原因，严重制约着水的回用，同时中和处理产生大量含砷及重金属的危废渣需要专门地方堆存，占用大量土地，并且渗透水可能对周边环境造成一定污染。
- ❖ **高盐废水蒸发产生的高盐母液难以处理**
- ❖ 铜冶炼会产生大量的高盐废水。高盐废水一般都带有大量的有机物，蒸发液以蒸馏水为主，大分子物质无法蒸出，而且不断在蒸发器内浓缩聚集，产生高盐母液，高盐母液一般被鉴定为危险废物，难以处理。



## ❖ 利用污酸制备硫化氢

- 采用污酸和黄铁矿（磁黄铁矿）进行反应制备硫化氢，既可以解决污酸中的酸过量问题，又可以解决有色金属尾矿对环境的污染问题，属于废废利用问题，是一条具有良好应用前景的技术路线。

## ❖ 利用膜蒸馏浓缩回收污酸

- 为了使污酸的资源得到有效利用，采用膜蒸馏技术将污酸进行浓缩可以将污酸中的酸浓缩到15%左右，这样原污酸中的砷及重金属离子都会得到相应的浓缩，采用硫化沉淀等方法可以有效地将其去除，剩余的酸以及其中的氟、氯可以作为磷酸等企业的用酸，将污酸充分的资源化。由于冶炼厂具有来源众多的废热资源，因此，膜蒸馏技术在冶炼厂应用时可以充分利用这些废热资源，使得膜蒸馏成本明显降低，因此，膜蒸馏技术在污酸浓缩中的应用具有良好的应用前景。



## ❖ 砷滤饼处理难点

- 传统固砷法是防止砷污染简便而有效的方法，但各种砷渣的利用率较低，深埋和堆放不仅使有价金属元素得不到最大程度的利用，也会造成一定程度的环境污染问题。烘焙火法除砷适用于含砷物料处理量大的工况，但存在环境污染严重、投资费用较大等不足。湿法或半湿法处理含砷废渣的技术还不尽完善，没有统一规范的处理工艺，也缺少相应的污染控制要求。

## ❖ 白烟尘处理难点

- 在我国，现阶段综合利用白烟尘的技术研究也比较多，主要集中在火法和湿法，缺乏工业应用。因为砷产品的市场应用量小，现阶段只能应用于玻璃、农药、半导体等领域，应用量小。大部分企业还是将白烟尘进行长期堆存或填埋。

## ❖ 石膏的利用方式单一

- 随着我国对工业副产石膏的深入研究，综合利用技术不断进步，水平有所提高，但利用率仍远低于西方发达国家。我国对于石膏的利用方式比较单一，没有完善的利用体系。



## ❖ 进一步提高危险废物资源化利用率

- 我国铜冶炼要加大对白烟尘综合回收有价元素的技术研究与推广应用，优化硫化砷渣制取三氧化二砷、砷酸盐、单质砷的技术。
- 拓展含砷产品市场用途，利用砷化锌、高纯砷制取砷烷、高纯砷化氢、砷化镓、砷化锗等材料，形成一条完成的现代化含砷产品产业链。
- 在目前砷用途单一的现状条件下，建议对白烟尘和砷滤饼提砷产品分区域建设单质砷的储存基地，作为战略资源供未来使用。
- 对于将未经无害化处置的白烟尘、砷滤饼，建议建设储存基地，作为战略资源储备。目前将白烟尘、砷滤饼添加水泥固化稳定化的处理处置方式，占用了大量的土地资源，增加了企业的成本，不利于未来的资源化利用。

## ❖ 完善冶炼渣资源化利用标准体系

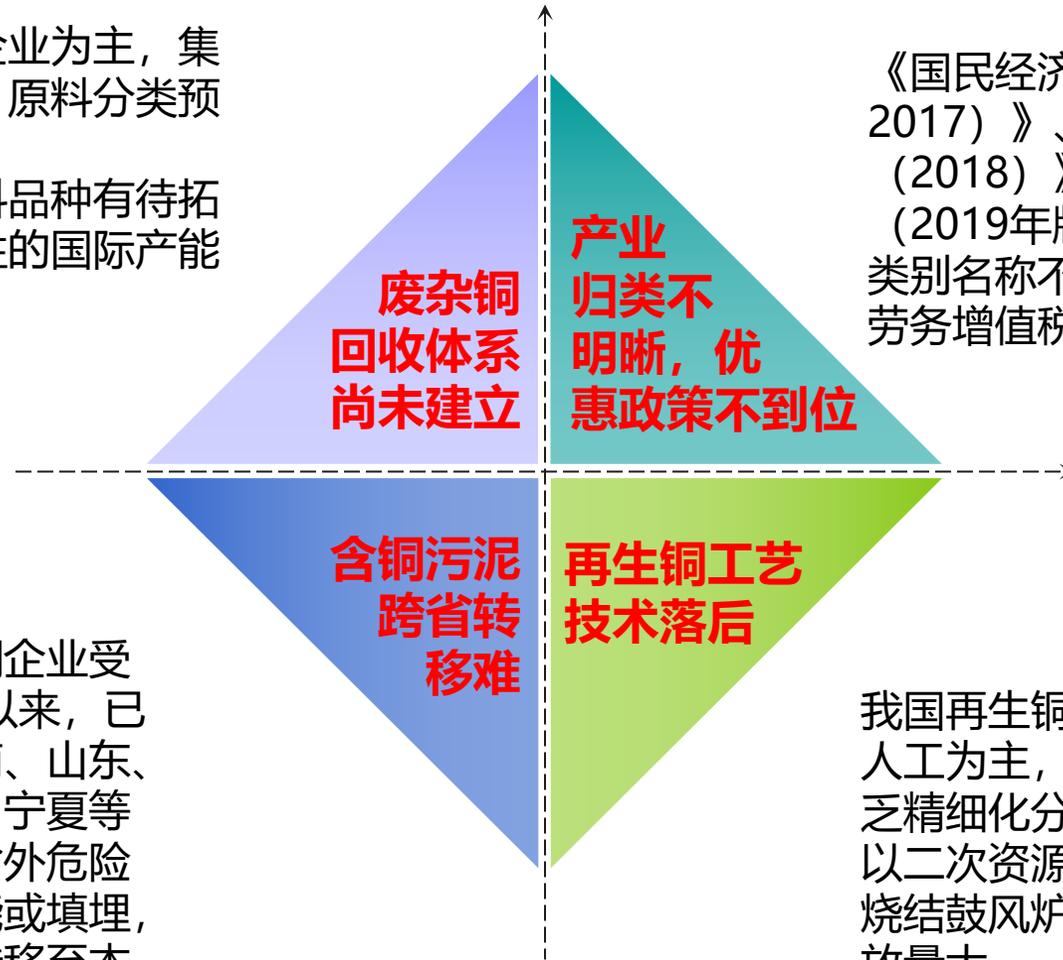
- 建立一套完整的铜渣资源化利用标准体系，涵盖基础标准、资源化利用产品标准、设备标准、评价标准、测试方法标准等铜渣资源化利用行业全产业链的相关标准规范。
- 建议制定铅滤饼和黑铜粉的产品标准，同一集团内的阳极泥不按危险废物管理，减少企业管理成本



# 再生铜行业面临的主要问题

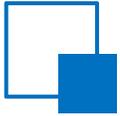
国内：回收主体以中小企业为主，集散和加工配送环节薄弱，原料分类预处理化程度低  
国外：可进口再生铜原料品种有待拓宽，没有形成具有示范性的国际产能合作园区

以含铜污泥为原料的再生铜企业受政策影响较大。自2017年以来，已有新疆、安徽、河北、河南、山东、湖南、海南、贵州、福建、宁夏等接收地发布政策，禁止将省外危险废物转移至本省贮存、焚烧或填埋，并严格控制省外危险废物转移至本省进行资源化利用。



《国民经济行业分类（GB/T4754-2017）》、《战略性新兴产业分类（2018）》和《绿色产业指导目录（2019年版）》涉及再生铜回收利用的类别名称不一致，《资源综合利用产品和劳务增值税优惠目录》不含含铜合金废料。

我国再生铜行业大量的拆解回收工作仍以人工为主，分拣粗放，污染排放严重，缺乏精细化分拣技术。  
以二次资源为原料的再生铜企业普遍采用烧结鼓风炉生产工艺，能耗高，污染物排放量大



- ❖ 夯实原料保障，推动回收利用关键环节提质增效。
  - 探索建设再生铜原料集散和加工配送基地
  - 培育一批规模适度的加工配送企业
  - 拓宽进口原料种类
  - 强化海外布局
- ❖ 加强顶层设计，推动相关支持政策进一步
  - 推动有关部门进一步明晰产业归类，建议适时修订《国民经济行业分类》（GB/T4754-2017）
  - 推动税收政策调整，修订《资源综合利用产品和劳务增值税优惠目录》
- ❖ 加强科技支撑，推动基础研究和创新能力提升
  - 提升关键技术水平和智能化水平
  - 通过分选化、配料自动化提高熔炼回收率和产品质量
  - 重点推动再生铜杆技术规范制定及相关技术装备的产业化应用
  - 鼓励以铜二次资源为原料的企业进行侧吹炉技术改造
  - 加强人才培养，推动从业人员技能进一步提升



1

自主创新能力不足，高端铜材上下游协同创新发展机制尚未形成。

2

国内缺少高端应用场景，国外高端产品供应链难以进入

3

原辅料等各种要素成本增加

4

行业整体负债率偏高，利润率偏低，集约化程度仍有待提高



## ❖ 实现产品高端化的有效创新

- 打破高端产品受制于人的自主创新：在高端电子通信材料、高精尖国防军工材料上实现自给自足
- 实现进口替代：与下游客户共同研发，满足需求，实现优质优价，高质量发展
- 实现市场、销售、产品创新和细分市场的创新
- 进行渠道变革，保持产业链供应链安全稳定，增加话语权
- 研究消费市场，创造适应不同场景的产品，扩应用，挖潜力

## ❖ 主动融入国家战略，开创铜加工行业双循环的新局面

- 要满足国内需求为主，继续扩应用。积极应对贸易摩擦，稳住出口基本盘。
- 加强国际合作，尤其是与国际优势产能和国际高端铜加工产业链生态圈合作。
- 融入国际高端制造业产业链。
- 一带一路走出去，主动将中国装备、中国技术、中国标准推向世界。



努力摘掉铜工业的“两高”标签，尽快  
修订行业排放标准

提高中国铜冶炼原料保障率，提高废石和尾矿的综合  
利用率，突破铜冶炼行业污染治理技术难点

夯实再生铜工业原料保障，推动再生铜支持  
政策，促进再生铜工艺进步

实现铜加工工业产品高端化的有效创  
新，开创铜加工行业双循环的新局面

请批评指正！

