

UDC

团 体 标 准

P

T/CMCA xxxx-2025

烧结工序协同处置城市固废来料及预处理 工艺技术标准

Technical standard of incoming materials and pretreatment for
co-processing of urban solid waste in sintering process

2025-xx-xx 发布

2025-xx-xx 实施

中国冶金建设协会 发布

团 体 标 准

烧结工序协同处置城市固废来料及预处理 工艺技术标准

Technical standard of incoming materials and pretreatment for co-processing of urban
solid waste in sintering process

T/CMCA xxxx-2025

主编单位：中冶长天国际工程有限责任公司

发布单位：中国冶金建设协会

施行日期：2025 年 xx 月 xx 日

冶金工业出版社

2025 北京

中国冶金建设协会公告

第 xxx 号

关于发布中国冶金建设协会团体标准

《烧结工序协同处置城市固废来料及预处理工艺技术标准》的公告

现发布中国冶金建设协会团体标准《烧结工序协同处置城市固废来料及预处理工艺技术标准》，编号为 T/CMCA xxxx-2025，自 2025 年 xx 月 xx 日起实施。本标准由冶金工业出版社出版发行。

中国冶金建设协会

2025 年 xx 月 xx 日

前　　言

本标准根据中国冶金建设协会《关于印发 2020 年上半年工程建设协会标准制订计划的通知》（冶建协[2020]26 号）要求，由中冶长天国际工程有限责任公司会同有关单位共同完成。

在标准制定过程中，标准编制组学习了有关国家法律、法规及标准，开展了深入的调查和试验研究，认真总结了多年来公司通过烧结工序协同处置钢铁厂内尘泥及城市固废的设计与建设经验，在广泛征求意见的基础上，最后经审查定稿。

本标准共 7 章，主要内容包括：总则，术语，基本规定，来料检测与评估，有害元素限值，预处理工艺与技术要求，污染物排放控制。

本标准由中国冶金建设协会负责管理。

本标准起草单位：中冶长天国际工程有限责任公司（地址：湖南省长沙市岳麓区节庆路 7 号；邮政编码：410205）

XXXXXX

本标准主要起草人：

本标准主要审查人：

目 次

1 总则	1
2 术语	2
3 基本规定	3
4 来料检测与评估	4
5 有害元素限值	5
6 预处理工艺与技术要求	6
7 污染物排放控制	7
附录 A 城市固废特性分析项目	8
本标准用词说明	9
引用标准名录	10
附：条文说明	11

Contents

1	General Provisions.....	1
2	Terms	2
3	Basic Requirements	3
4	Inspection and Evaluation of Incoming materials	4
5	Limits for Hazardous Elements.....	5
6	Process and Technical Requirements of Pretreatment.....	6
7	Pollutant Emissions Control.....	7
	Appendix A Municipal Solid Waste Characteristic Analysis Project.....	8
	Explanation of wording in This Standard.....	9
	List of Quoted Standards.....	10
	Addition: Explanation of Provisions.....	11

1 总 则

1.0.1 为规范铁矿烧结工序协同处置城市固废来料特性及预处理工艺技术，实现技术先进、经济合理、安全适用、节能环保，制定本标准。

1.0.2 本标准适用于危险废物、垃圾焚烧灰渣、城市和工业污水处理污泥、应急事件废物等各类城市固体废物在铁矿烧结工序的协同处置和预处理，废油、废水等液态废物的处置可参照执行。

1.0.3 烧结工序协同处置城市固废来料及预处理除应符合本标准外，尚应符合国家现行有关标准的规定。

2 术 语

2.0.1 城市固废 municipal solid wastes

在城市生产、生活和其他活动过程中产生的丧失原有利用价值或者虽未丧失利用价值但被抛弃或放弃的固体或液体等法律、行政法规规定纳入废物管理的物品、物质。

2.0.2 烧结协同处置 co-processing in sintering

将物理化学性质满足或经预处理后满足烧结原料要求的城市固废加入烧结混合料中，在进行烧结矿生产的同时将城市固废进行无害化及资源化处置的过程。

2.0.3 城市危险废物 municipal hazardous wastes

城市生产、生活过程中产生的危险废物，执行《国家危险废物名录（2025 版）》规定，具有毒性、腐蚀性、易燃性、反应性或感染性一种及以上危险特性，或不排除具有危险特性，可能对生态环境或人体健康造成有害影响，需按危险废物进行管理的固体或液体废物。

2.0.4 应急事件废物 emergency waste

因污染事故、安全事故、重大灾害等事件以及环境保护专项行动中集中产生的固体废物。

2.0.5 烧结原料 sintering materials

铁矿石、熔剂、钢铁冶炼循环杂料和其他来源的用于烧结矿生产各种物料的总称。

2.0.6 静态成球性指数 static ballability index

用以表征物料在铁矿烧结工艺中的成球性能，综合反映物料粒度、粒度组成、比表面积和亲水性能的参数。

2.0.7 固废预处理 pre-treatment for solid wastes

对不符合烧结工艺对原料性质要求的固废，在进入烧结工序协同处置前进行处理，改变其物理或化学性质，使其符合烧结工艺对原料性质要求的过程。

2.0.8 水洗 water washing

在固废中加水搅拌使固废中可溶性盐类脱除并对水洗废水进行沉淀、过滤、蒸发结晶等净化处理的过程。

2.0.9 预制粒 pre-granulation

将成球性能不满足烧结工艺要求或需要特殊烧结工艺进行协同处置的固废单独进行成球处理，再与其他原料进行混合制粒的过程。

3 基本规定

- 3.0.1 烧结工序协同处置城市固废不应影响烧结矿生产、高炉炼铁和烧结工序烟气污染物净化。
- 3.0.2 烧结协同处置城市固废时不应对人员健康和环境安全造成风险。
- 3.0.3 烧结协同处置城市固废时，烧结矿的铁品位不宜低于56%。
- 3.0.4 城市危险废物贮存设施应符合现行国家标准《危险废物贮存污染控制标准》 GB 18597 和行业标准《危险废物集中焚烧处置工程建设技术规范》 HJ/T 176 的有关规定。
- 3.0.5 放射性、爆炸性、未知特性和未经鉴定的城市固废不得进行烧结工序协同处置。
- 3.0.6 固废协同处置方案应根据固废鉴别、检测和分析结果制定，方案应包括固废贮存、输送、预处理和烧结协同处置技术流程和技术参数，以及安全风险和相应的安全操作提示。
- 3.0.7 烧结协同处置城市固废前，宜进行小规模探索性试验和全流程扩大试验。

4 来料检测与评估

4.0.1 钢铁企业在进行烧结协同处置城市固废前，应对城市固废进行鉴别、检测和分析，检测内容可见本标准附录 A。

4.0.2 城市危险废物应按国家现行标准《危险废物鉴别技术规范》 HJ/T 298 和《危险废物鉴别标准》 GB 5085 的规定进行鉴别分析。

4.0.3 拟进行烧结工序协同处置的城市固废化学成分应以 Fe、Ca、Mg、Si、Al 及 C、H、O 等元素构成的化合物为主，Fe、Ca、Si、Al 和 Mg 的氧化物含量（灼烧基）之和不宜小于 95%。

4.0.4 拟进行烧结协同处置的城市固废入厂时有害元素含量（干基）限值宜符合表 4.0.4 的规定。

表 4.0.4 有害元素含量（干基）限值（%）

有害元素	S	P	K ₂ O+Na ₂ O	Cl	F	Zn	Pb	Cu	Sn	As
含量	0.4	0.2	0.25	0.001	0.001	0.2	0.1	0.2	0.1	0.1

4.0.5 拟进行烧结协同处置的固态城市固废粒度不应大于 8mm, -1mm 粒级物料静态成球性指数不应小于 0.2。静态成球性指数应按下式计算：

$$K = \frac{W_{\text{分}}}{W_{\text{毛}} - W_{\text{分}}} \quad (4.0.5)$$

式中：K—静态成球性指数；

W_分—最大分子水（%）；

W_毛—最大毛细水（%）。

4.0.6 拟进行烧结工序协同处置的城市固废中水分含量不宜大于 12%。

5 有害元素限值

5.0.1 城市固废配入烧结原料后，烧结混匀矿中有害元素含量（干基）限值宜符合表 5.0.1 的规定。

表 5.0.1 烧结混匀矿中有害元素含量（干基）限值（%）

有害元素	S	P	Pb	K ₂ O+Na ₂ O	Zn	Cu	As
含量	0.4	0.4	0.1	0.25	0.2	0.2	0.07

5.0.2 烧结工序协同处置城市固废时，烧结混匀矿中有害元素含量应按下式计算：

$$R_i = \sum W_{ij}\alpha_j \quad (5.0.2)$$

式中：R_i——烧结混匀矿中第 i 类有害元素含量（%）；

W_{ij}——构成烧结混匀矿的第 j 种烧结原料（含固废）中第 i 种有害元素含量（%）；

α_j——构成烧结混匀矿的第 j 种烧结原料（含固废）配比（%）。

5.0.3 烧结工序协同处置城市固废时，烧结矿质量应符合表 5.0.3 的要求。

表 5.0.3 高炉对烧结矿质量的要求

炉容级别 (m ³)	1000	2000	3000	4000	5000
铁分波动 (%)	≤±0.5	≤±0.5	≤±0.5	≤±0.5	≤±0.5
碱度波动	≤±0.08	≤±0.08	≤±0.08	≤±0.08	≤±0.08
铁分和碱度波动的达标率	≥80%	≥85%	≥90%	≥95%	≥98%
含 FeO (%)	≤9.0	≤8.8	≤8.5	≤8.0	≤8.0
FeO 波动 (%)	≤±1.0	≤±1.0	≤±1.0	≤±1.0	≤±1.0
碱度 (CaO/SiO ₂)	1.8~2.25	1.8~2.25	1.8~2.25	1.8~2.25	1.8~2.25
转鼓指数+6.3mm (%)	≥71	≥74	≥77	≥78	≥78
还原度 (%)	≥70	≥72	≥73	≥75	≥75

5.0.4 烧结协同处置城市固废时，烧结矿中有害元素含量限值宜符合表 5.0.4 的规定。

表 5.0.4 烧结矿中有害元素含量限值（%）

有害元素	K ₂ O+Na ₂ O	Zn	Pb	As	S	Cl
含量	0.3	0.015	0.015	0.1	0.4	0.06

5.0.5 当烧结工序首次处置某种城市固废时，烧结矿的有害元素含量检测频次不应低于每天 1 次；当连续一周检测结果稳定且不超过本标准限值时，检测频次可调整为每周 1 次；当连续两个月检测结果稳定且不超过本标准限值时，频次可调整为每月 1 次；当检测期间结果出现异常、固废来源发生变化或中断处置超过 3 个月时，检测频次应调整为每天 1 次。

5.0.6 当烧结矿有害元素含量检测结果不满足表 5.0.4 的要求时，宜重新调整协同处置方案。

6 预处理工艺与技术要求

6.0.1 当城市固废来料特性满足本标准第 4.0.3~4.0.6 条规定时, 可直接配入烧结原料进行协同处置, 其配比应根据本标准第 5.0.1 条和第 5.0.2 条的规定, 在协同处置前计算确定, 协同处置规模不宜超过烧结工序可处理固废的最大容量。

6.0.2 当城市固废来料特性不满足本标准第 4.0.3~4.0.4、4.0.6 条规定时, 宜对固废来料进行预处理; 当城市固废来料特性不满足本标准第 4.0.5 条规定时, 应对固废来料进行预处理;

6.0.3 当掺加城市固废后烧结混匀矿有害元素含量超过本标准表 5.0.1 规定的限值时, 宜降低城市固废掺入量, 或对固废来料进行预处理。

6.0.4 预处理工艺流程不应影响烧结矿正常生产, 并应根据烧结协同处置的固废规模与自身特性、烧结对混合料有害元素限值等要求和经济性评价确定, 且应符合以下规定:

- 1 当城市固废粒度大于 8mm 时, 应进行破碎预处理;
- 2 当城市固废水分大于 12%时, 宜进行压滤、回转筒烘干等干燥预处理;
- 3 当城市固废中 Ka、Na、Cl 等元素含量超过本标准表 4.0.4 规定限值时, 宜进行水洗预处理;
- 4 当城市固废中 Zn、Pb 等元素含量超过本标准表 4.0.4 规定限值时, 宜采用回转窑或转底炉进行还原脱除;
- 5 当城市固废静态成球性指数不满足本标准 4.0.5 条规定时, 宜进行预制粒处理。

6.0.5 预处理设施所用材料应耐腐蚀, 且不得与城市固废反应。

6.0.6 破碎、研磨、混合搅拌等预处理设施应采取密闭措施, 并应与操作人员隔离。

6.0.7 含挥发性和半挥发性有毒有害成分的城市固废预处理设施应布置在室内, 宜在密闭或负压条件下进行预处理, 并应设防扬尘、防异味发散、防泄漏等措施; 车间内应设通风换气装置, 排出气体应通过处理后排放或导入烧结机料面。

7 污染物排放控制

- 7.0.1 城市固废预处理和协同处置过程产生的废渣，宜采用厂内设施进行资源化利用。
- 7.0.2 城市固废预处理和协同处置过程产生的废气排放应满足现行国家标准《钢铁烧结、球团工业大气污染物排放标准》GB 28662的有关规定。
- 7.0.3 城市固废预处理和协同处置过程产生的废水排放应满足现行国家标准《钢铁工业水污染物排放标准》GB 13456的有关规定。

附录 A 城市固废特性分析项目

A.0.1 城市固废化学成分分析项目

化学成分															
TFe	SiO ₂	CaO	Al ₂ O ₃	MgO	S	P	K ₂ O	Na ₂ O	Cl	F	Zn	Pb	Cu	Sn	As
✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓

注：“✓”表示检测项目

A.0.2 城市固废物理性质等分析项目

物理性质		粒度组成	灰分	成球性指数
水分	烧失量			
✓	✓	✓	✓	✓

注：1 水分应根据现行国家标准 GB/T 6730.2 分析，烧失量应根据现行行业标准 HJ/T 176 分析；

2 “✓”表示检测项目。

本标准用词说明

- 1 为便于在执行本标准条文时区别对待，对要求严格程度不同的用词说明如下：
 - 1) 表示严格，在正常情况下均应这样做的：
正面词采用“应”，反面词采用“不应”或“不得”；
 - 2) 表示允许稍有选择，在条件许可时首先应这样做的：
正面词采用“宜”，反面词采用“不宜”；
 - 3) 表示有选择，在一定条件下可以这样做的，采用“可”。
- 2 本标准中指明应按其他有关标准执行的写法为：“应符合……的规定”或“应按……执行”。

引用标准名录

- 《危险废物鉴别标准》 GB 5085
- 《铁矿石 水分含量的测定 重量法》 GB/T 6730.2
- 《钢铁工业水污染物排放标准》 GB 13456
- 《危险废物贮存污染控制标准》 GB 18597
- 《钢铁烧结、球团工业大气污染物排放标准》 GB 28662
- 《危险废物集中焚烧处理工程建设技术规范》 HJ/T 176
- 《危险废物鉴别技术规范》 HJ/T 298

团 体 标 准

烧结工序协同处置城市固废来料及预处理工艺技术标准

T/CMCA xxxx-2025

条 文 说 明

编制说明

本标准是根据中国冶金建设协会《关于印发 2020 年上半年工程建设协会标准制订计划的通知（冶建协[2020]26 号）要求，由中冶长天国际工程有限责任公司会同有关单位共同完成。

一、制订所遵循的主要原则

1、贯彻执行国家的有关法律、法规和方针、政策，符合我国国情；密切结合自然条件，合理利用资源，充分考虑使用和维修的要求，做到安全适用、技术先进、经济合理、环境友好；积极采用新技术、新工艺、新设备、新材料，使标准具有科学性、先进性、前瞻性。

2、条文规定严谨明确，文句简练，不模棱两可；标准内容深度、术语、符号、计量单位等前后一致。

二、编制概况

本标准在中国冶金建设协会的指导下，主编单位中冶长天于 2020 年 7 月在长沙组织召开了第一次编制工作会议，讨论确定了工作大纲。在标准制定过程中，标准编制组对已投运的烧结工序处置厂区固废及厂外城市固废项目进行了调研，对项目建设过程中的经验进行了总结，搜集整理有关技术资料，编写标准初稿，并多次召开内部审查会，完成了标准初稿，于 2025 年 4 月完成标准征求意见稿，发送到全国有代表性的设计、生产、科研等多家单位定向征求意见，同时在中国冶金建设协会官网公开征求意见。编写组收集整理了相关单位的意见和建议后，通过认真分析和讨论，对标准征求意见稿进行了补充和修改完善，于 2025 年 xx 月完成标准送审稿。2025 年 xx 月 xx 日，由中国冶金建设协会主持召开了标准审查会，工作组根据审查会意见对标准送审稿作了进一步的修改、整理和完善，最终形成了标准报批稿。

本标准在编制过程中，在技术上体现了以下原则和特点：

1、适合我国经济发展的新形势和我国钢铁企业发展的新要求，钢铁工业有消纳部分城市固废并进行资源化利用的巨大潜力，也是将来钢铁工业要承担的社会责任。

2、钢铁行业节能环保新技术实现城市固废无害化处置的同时，更需要关注固废的资源化利用和二次污染全过程控制，实现协同处置技术的绿色发展。

3、瞄准研发和应用引领行业进步的固废协同处置新技术，大力倡导、推进和坚持“固废资源化”的发展之路。

4、体现技术先进、安全适用、经济合理、环境友好，实现绿色生产和循环经济。

本标准共 7 章，主要内容包括总则，术语，基本规定，来料检测与评估，有害元素限值，预处理工艺与技术要求，污染物排放控制。

为便于广大设计、施工、科研、学校等单位有关人员在使用本标准时正确理解和执行条文规定，编制组按章、节、条顺序编制了条文说明，对条文规定的目的一、依据以及执行中需要注意的有关事项进行了说明。但是，本条文说明不具备与标准正文同等的法律效力，仅供使用者作为理解和把握标准规定的参考。

目 次

1 总则	15
3 基本规定	17
4 来料检测与评估	18
5 有害元素限值	21
6 预处理工艺与技术要求	23

1 总 则

1.0.1 随着我国经济的飞速发展，工业化、城市化进程加快推进，城市发展速度迅猛。在城市发展过程中势必会产生大量的城市固体废物（简称“城市固废”），由此面临的城市固废处置问题已经成为束缚城市可持续发展的重要因素之一，“固废资源化利用”也已成为我国经济高质量发展面临的重要课题。为了促进我国的资源化利用水平，中共中央、国务院发布了《关于加快推进生态文明建设的意见》，党的十九大做出了“加强固体废弃物和垃圾处置”、“推进资源全面节约和循环利用”的重要部署。2019年11月，国家发改委等十五个部门联合发布的《关于推动先进制造业和现代服务业深度融合发展的实施意见》中明确提出：“推动具备区位、技术等优势的钢铁、水泥等企业发展废弃物协同处置、资源循环利用、污水处理、热力供应等服务”。2021年7月，国家发展改革委发布的《“十四五”循环经济发展规划》中指出：“到2025年，资源综合利用能力显著提升、资源利用效率大幅提高，大宗固废综合利用率达到60%。”

钢铁是我国国民经济的支柱行业，铁矿烧结工序是钢铁工业进行原料准备的重要环节，具有产能大、过程温度高、原料适应性强、污染控制技术和装备完善的特点。根据国家统计局公布的数据，2022年我国高炉炼铁工艺生铁产量达8.63亿吨，据此估算我国烧结矿的产量已达13.07亿吨。烧结的原料除了各种铁矿，还包括返矿、瓦斯灰、氧化铁皮、厂区污泥等二次资源。将部分含有铁质、钙质、镁质和硅质成分的城市固废引入烧结工序处置，可以部分替换烧结所需熔剂，同时将固废中的某些有害物质如二噁英等分解。此外，经过长期发展尤其是近十年随着钢铁工业环保水平的提升，铁矿烧结工序已经拥有了比较完备的烟气净化工艺和装备，如活性炭吸附工艺、干法或湿法脱硫工艺、SCR或SNCR脱硝工艺，对粉尘、SO₂、NO_x及二噁英等具有较好的净化作用，因此，烧结工序是部分城市固废的理想处置途径之一。

但是，由于烧结矿生产对原料的性能有一定的要求，而城市固废往往在粒度、有害杂质含量、制粒性能等方面不符合烧结工艺对原料的要求，不加区分地将城市固废引入烧结工序会对烧结矿及后续高炉炼铁的正常生产带来不利影响。对于如何在烧结工序中协同处置城市固废，目前并无相关技术标准。因此，制订一套能同时体现先进性、安全性、经济性及绿色理念的烧结工序协同处置城市固废相关的技术标准，对提高钢铁厂烧结工序协同处置固废的技术、设计和管理水平均有十分重要的意义。鉴于上述情况，本标准对烧结工序协同处置城市固废来料及预处理工艺技术进行规定，规范烧结来料特性、协同处置相关技术和措施，为

烧结工序高效、安全地协同处置城市固废提供有效的技术支撑。该标准的编制与发布将积极促进钢铁冶金领域协同处置固废的技术发展，是冶金行业贯彻党中央决策、部署，参与生态城市建设的有力措施。

1.0.3 符合国家法律法规和相关标准是烧结工序协同处置城市固废的前提条件，除了在引用标准名录中所列出的标准外，国家现行有关标准主要包括《污水综合排放标准》GB8978、《环境保护图形标志-固体废物贮存（处置）场》GB 15562.2、《固定污染源排气中颗粒物测定与气态污染物采样方法》GB/T 16157、《大气污染物综合排放标准》GB 16297、《一般工业固体废物贮存、处置场污染控制标准》GB18599、《城市污水再生利用：工业用水水质》GB/T 19923、《挥发性有机物无组织排放控制标准》GB 37822、《工业企业设计卫生标准》GBZ 1。

3 基本规定

3.0.1 为了保证高炉炼铁和烧结矿生产的正常运行，烧结工序协同处置城市固废时，烧结机作业率和烧结矿的产质量指标如成品率、利用系数、烧结矿转鼓强度、冶金性能、有害元素含量等不能发生异常的变化，烧结烟气污染物的排放要符合《钢铁烧结、球团工业大气污染物排放标准》GB 28662。按照经验数据，烧结矿含铁品位下降1%，高炉焦比上升2%，产量下降3%；烧结矿的FeO变动1%，影响高炉焦比1%~5%，影响产量1%~5%，烧结矿碱度每变动0.10，影响高炉焦比和产量3%~3.5%；烧结矿的强度下降时容易破碎成粒度小于5mm的粉矿，而粉矿含量变动1%，影响高炉焦比0.5%，影响高炉产量0.5%~1.0%；烧结矿的低温还原粉化率每提高5%，煤气中的CO的利用率降低0.5%，产量下降1.5%，焦比上升1.55%。因此，当城市固废的加入导致烧结矿的产质量指标和烟气排放产生异常变化时，需要对拟进行烧结协同处置的城市固废进行预处理，采取如水洗、预制粒等技术措施消除或降低加入固废对烧结矿生产的不利影响。如果进行预处理后，固废的加入对烧结生产仍然有明显异常的影响，则烧结工序不能协同处置该类固废。

3.0.3 烧结矿铁品位降低会导致高炉炼铁时渣量提高，从而影响高炉冶炼的燃料比。本条铁品位数据是依据编制组于2020年对宝钢、柳钢、首钢、太钢等20余家大中型钢铁企业360m²（含）以上规模烧结机生产的成品烧结矿的平均铁平品位（56.09%）进行统计的基础上得出的。

3.0.4 城市固废的来源广泛、危险程度不同，需要配置有专用储存装置，要求与人员作业区保持一定的安全距离、具备良好的防渗性能等，以避免对烧结工序作业区环境的污染。

4 来料检测与评估

4.0.1 城市固废的化学组成中，除 C、O、Fe、Ca、Mg、Si、Al 等烧结生产中常见元素外，还可能包含烧结原料中没有或者含量较低的 K、Na 等碱金属及 Pb、Zn、As 等重金属和其他有毒有害元素，物理特性如含水量、粒度组成、颗粒形貌、吸水性、成球性能等也可能与常规烧结原料差别较大，在烧结协同处置城市固废时可能对烧结矿生产、高炉炼铁和烧结烟气污染物净化产生不可控制的负面作用。因此，钢铁企业在进行烧结协同处置前必须对固废进行全面的检测和鉴别，明确固废的性质及其对烧结工艺的影响，以确定固废是否适合进行烧结协同处置。

4.0.3 烧结矿所用含铁原料为铁粉矿和铁精矿，还有钢铁公司内各种含铁粉尘泥渣等二次资源，所用熔剂为富含 Ca、Mg 元素的生石灰、石灰石、白云石等，烧结原料中主要元素包括 C、O、Fe、Ca、Mg、Si、Al 等，国内部分烧结厂使用的混匀矿主要化学成分如表 1 所示。

表 1 国内烧结厂使用的混匀矿主要化学成分（%）

序号	TFe	FeO	SiO ₂	Al ₂ O ₃	CaO	MgO	S	P	Ig
某烧结厂 1	62.98	-	3.49	1.32	0.96	0.20	0.010	0.049	-
某烧结厂 2	63.28	5.93	4.51	1.89	0.67	0.12	0.114	0.048	10.10
某烧结厂 3	61.39	14.10	4.85	-	4.32	2.48	0.200	-	-
某烧结厂 4	60.00	-	4.25	-	3.12	1.52	0.100	-	3.50
某烧结厂 5	63.95	-	4.53	1.30	0.36	0.36	0.043	0.059	1.00
某烧结厂 6	61.50	-	4.50	-	2.10	1.60	0.135	0.059	5.00
某烧结厂 7	61.88	-	5.18	-	2.52	2.28	0.270	-	2.50
某烧结厂 8	61.67	-	4.63	-	2.00	1.29	0.171	0.084	3.28

注：“-”表示数据未检测或公开

扣除烧损后按氧化物计，主要化学成分含量基本均在 95% 以上。城市固废的化学成分中，除了 Fe、Ca、Mg、Si、Al 等常见烧结成矿元素外，还可能包括主要由 C、H、O 等元素构成的有机物。这些有机物会随着烧结反应的进行，逐渐从固废中脱出，发生燃烧或分解的反应，部分有机物会进入烧结烟气。目前，固废有机挥发分含量对烧结矿产质量的影响未见公开报道，而考虑对烧结矿产质量指标稳定性的一般要求，城市固废灼烧残渣中主要化学成分应尽量与常规烧结原料一致。

4.0.4 烧结所用的含铁原料，一般包括进口铁粉矿、铁精矿以及含铁粉尘泥渣及轧钢皮等厂内二次资源。近年来，铁矿石产品中的有害元素含量有上升趋势。我国铁精矿有害元素入厂条件、典型进口铁矿粉有害元素含量实例、含铁二次资源有害元素含量实例如表 2~表 4 所示。城市固废中的有害元素含量一般比常规铁矿石要高，甚至会超过二次含铁资源中有害元素的含量，为了确保烧结矿产量和质量，需要对固废中有害元素含量进行限制。同时，对于 F、Cl 等元素，由于在烧结过程中会对设备管道造成侵蚀损害并会导致二噁英生成，其含量要求尽量低 (<0.001%)。

表 2 我国铁矿有害元素入厂条件 (%)

化学成分	磁铁矿为主的矿石	赤铁矿为主的矿石
S	I 级 ≤0.10~0.19	I 级 ≤0.10~0.19
	II 级 ≤0.20~0.40	II 级 ≤0.20~0.40
P	I 级 ≤0.05~0.09	I 级 ≤0.08~0.19
	II 级 ≤0.10~0.20	II 级 ≤0.20~0.40
Cu	≤0.10~0.20	≤0.10~0.20
Pb	≤0.10	≤0.10
Zn	≤0.10~0.20	≤0.10~0.20
Sn	≤0.08	≤0.08
As	≤0.04~0.07	≤0.04~0.07
K ₂ O+Na ₂ O	≤0.25	≤0.25

表 3 典型进口铁矿粉有害元素含量实例 (%)

矿种	有害元素			
	S	P	K ₂ O	Na ₂ O
卡粉	0.02	0.02	0.04	0.06
巴混	0.04	0.05	0.03	0.08
纽曼粉	0.02	0.06	0.02	0.08
麦克粉	0.05	0.06	0.02	0.07
杨迪粉	0.02	0.04	0.02	0.07
PB 粉	0.03	0.07	0.02	0.06
罗布河	0.02	0.05	0.03	0.05
超特粉	0.03	0.06	0.02	0.07

表 4 含铁二次资源有害元素含量实例 (%)

种类	有害元素				
	S	P	K ₂ O	Na ₂ O	ZnO
高炉重力灰	0.66	0.04	0.47	0.25	1.59
高炉布袋灰	1.16	0.05	1.71	0.67	6.32
转炉污泥	0.11	0.16	0.23	0.35	0.15
轧钢皮	0.03	0.04	-	-	-

4.0.5 烧结工艺中，对含铁原料的粒度要求为 0mm~8mm，对轧钢皮和钢渣的粒度要求为分别小于 8mm 和 5mm；配料的石灰石、白云石的粒度小于 3mm 的要占 90%以上，且大于 5mm 的含量要小于 5%。进行烧结协同处置的城市固废，为了保证烧结混合料制粒效果和烧结料层透气性，固废的粒度组成也要基本满足烧结原料的粒度要求。

静态成球性指数是综合反映物料粒度、粒度组成、比表面积和亲水性能的参数，可以反应烧结工序中各种原料的制粒、成球性能。根据成球性指数评价物料成球性的方法，当成球性指数 $K < 0.2$ 时，物料无成球性，当 $K=0.2\sim0.35$ 时，物料有弱成球性，当 $K=0.35\sim0.6$ 时，物料有中等成球性，当 $K=0.6\sim0.8$ 时，物料有良好成球性，当 $K > 0.8$ 时，物料有优等成球性。进行烧结协同处置的城市固废，也应具有弱成球性以上的成球性能 ($K > 0.2$)，以免对烧结混合料的制粒效果产生不利影响。

4.0.6 烧结厂铁矿入厂条件中，对磁铁矿为主的铁矿水分要求为 I 级 $\leq 10\%$ 、II 级 $\leq 11\%$ ，对赤铁矿为主的铁矿水分要求为 I 级 $\leq 11\%$ 、II 级 $\leq 12\%$ ；国内烧结厂使用的铁精矿和铁粉矿的含水量最高为 10.20%，混匀矿的水分一般最高为 7%，含铁粉尘泥渣的含水量一般最高为 7%。进行烧结协同处置的固废，水分含量应该基本符合这一范围。固废的添加量一般都比较低，水分含量限制值可以提高至 12%。

5 有害元素限值

5.0.1~5.0.2 烧结原料中配入城市固废或是不配入，烧结工艺对混匀矿中有害元素限值的要求应当是一致的。我国铁矿入厂条件、有害元素入厂条件和国内烧结厂使用的混匀矿化学成分实例分别见表 5、表 2 和表 6。

表 5 我国铁矿入厂条件 (%)

成分		磁铁矿为主的精、粉矿				赤铁矿为主的精、粉矿			
TFe		≥67	≥65	≥63	≥60	≥65	≥62	≥59	≥55
		波动范围±0.5				波动范围±0.5			
SiO ₂	I类	≤3	≤4	≤5	≤7	≤12	≤12	≤12	≤12
	II类	≤6	≤8	≤10	≤13	≤8	≤10	≤13	≤15

表 6 国内烧结厂使用的混匀矿化学成分实例

序号	化学成分 (%)								
	TFe	FeO	SiO ₂	Al ₂ O ₃	CaO	MgO	S	P	Ig
1	62.98	—	3.49	1.32	0.96	0.20	0.01	0.049	—
2	63.28	5.93	4.51	1.89	0.67	0.12	0.11	0.048	10.10
3	61.39	14.10	4.85	—	4.32	2.48	0.20	—	—
4	60.00	—	4.25	—	3.12	1.52	0.10	—	3.50
5	63.95	—	4.53	1.30	0.36	0.36	0.043	0.059	1.00
6	61.50	—	4.50	—	2.10	2.10	0.135	0.059	5.00
7	61.88	—	5.18	—	2.52	2.52	0.27	—	2.50
8	61.67	—	4.63	—	2.00	2.00	0.171	0.084	3.28

5.0.3 高炉炉容（即有效容积）与烧结矿质量密切相关，二者共同影响高炉的冶炼效率、能耗及铁水质量。高炉炉容越大，对烧结矿的物理强度、粒度分布、化学成分稳定性及冶金性能要求越严格。对 3000m³ 以上大型高炉来说，料柱高度增加、炉内压力升高，对烧结矿的冷态强度和热态稳定性要求高，而碱度（CaO/SiO₂）波动需<0.1，以避免炉渣性能波动，同时还原性需大于 73%，以提升炉内煤气利用率。2000m³ 以下的中小型高炉，对烧结矿质量要求相对宽松，但转鼓强度仍需≥65%，粉末含量<8%。优化烧结矿质量可显著提升高炉利用系数、降低燃料比，是保障高炉高效运行的关键。国内大中型烧结机 2023 年成品烧结矿

质量实例见表 7。

表 7 国内部分大中型烧结机 2023 年成品烧结矿质量实例 (%)

序号	合格率	一级品率	TFe	FeO	SiO ₂	CaO/SiO ₂	TFe≤±0.5	ISO 转鼓指数	出厂含粉率 <5mm
1	100	90.79	56.77	9.32	5.45	1.89	98.04	81.83	4.70
2	100	89.83	56.82	8.92	5.42	1.89	96.69	81.67	4.20
3	100	92.43	56.91	9.00	5.43	1.86	98.83	81.56	5.20
4	98.78	91.19	56.55	8.42	5.50	1.84	75.30	80.30	5.88
5	98.67	90.60	55.78	7.69	5.83	1.84	68.17	79.95	5.76
6	94.72	85.50	55.67	8.09	5.90	1.85	60.72	79.39	6.07
7	96.56	85.96	56.16	7.94	5.68	1.84	69.78	79.93	6.33
8	97.88	86.44	56.71	8.17	5.50	1.82	80.65	79.89	7.09
9	95.36	86.14	55.69	8.00	5.88	1.86	77.40	79.44	3.24
10	99.75	99.33	54.65	8.50	6.12	2.14	99.55	80.73	3.38

5.0.4 烧结矿是我国目前高炉炼铁的主要原料（占炉料结构的 75%左右），其质量很大程度上影响着高炉的指标，因此高炉炼铁十分重视烧结矿的质量，包括有害杂质的含量。本条文参照高炉炼铁工序对入炉矿石有害杂质的含量要求，对进行城市固废协同处置时生产的烧结矿的有害杂质含量作出了规定。

5.0.5~5.0.6 烧结工序首次协同处置城市固废时，烧结矿的有害杂质含量变化规律不清晰，需要高频次取样分析以确保烧结矿中有害杂质的含量符合高炉炼铁的要求。在固废来料性质或烧结矿中有害杂质的含量稳定的前提下，可以逐步延长取样分析频次以降低检测工作量和成本；而在固废来料性质或烧结矿中有害杂质的含量不稳定时，则需保持较高频次的检测。此外，当烧结矿有害杂质含量超过规定限制时，需采取措施降低杂质含量，如减少固废配入量、加强预处理措施以降低固废中有害杂质的含量等。

6 预处理工艺与技术要求

城市固废进行烧结协同处置前，需确认是否符合前叙标准要求，不满足要求仍要进行协同处置的城市固废要根据自身特性进行不同方式的预处理，具体包括：对粒度不符和要求的固废进行破碎预处理；对水分含量不符合要求的固废进行烘干预处理；对 K、Na、Cl 等水溶性有害元素杂质不符合要求的固废进行水洗预处理；对 Zn、Pb 等有害元素不符合要求的固废进行脱锌脱铅预处理等。制定城市固废协同处置方案时，需要根据烧结矿生产规模、固废自身特性确定固废处置的最大量、固废贮存设施的容量和固废输送方式，判断是否需要预处理及预处理方式，确定协同处置工艺流程和配矿技术参数等，并根据潜在风险做出相应提示。

用于固废预处理的设施及工艺流程包括破碎系统、烘干系统、水洗系统、脱锌脱氯系统等，设计流程和设备选择时需要考虑固废的特性、与烧结物料的相容性等，如混合后会剧烈放热、释放气体、爆炸的物料不能同时进料或混合，设备本体材料不能被固废腐蚀。如果预处理环节产生气体排放，可以设置管道将气体收集循环至烧结料面，利用烧结过程的高温将固废热解产生的有机成分燃烧，一方面利用其所含热量，另一方面可以降低有机物进入烧结烟气对后续烟气净化带来的负面影响。