

铬矿砂在铸造中的应用研究

孙冠琳¹, 杨军¹, 常涛¹, 鲁云¹, 李天才²

(1. 共享智能铸造产业创新中心有限公司, 宁夏银川 750021; 2. 共享智能装备有限公司, 宁夏银川 750021)

摘要: 铬矿砂是一种以铬铁矿为主要成分的特种铸造砂, 因具有高耐火度、高热稳定性和良好的热传导率, 在铸造行业中扮演着重要角色。本文详细阐述了全球铬铁矿储量与产量及中国铬铁矿进口情况及价格; 详细探讨了铬铁矿理化特性及工艺适用性; 通过对铸铁件、铸钢件以及其他类型铸件的分析, 揭示了铬矿砂在提升铸件质量、减少铸造缺陷方面的显著效果。通过实际应用案例分析, 强调了铬矿砂在铸造行业应用方面的重要性。

关键词: 铬矿砂; 铸造; 理化性质; 储量与产量; 价格; 应用

1 铬矿砂概述

铬矿砂, 又称铬铁矿砂, 是铸造行业中一种重要的特种砂。它主要以铬铁矿为主的天然尖晶石为原料, 经过一系列加工工艺如破碎、研磨和筛分等, 最终制成规定粒度的砂粒。这种砂粒在造型(制芯)过程中具有广泛的应用。

铬矿砂在铸造领域的应用意义主要体现在其高耐火度、高热稳定性、良好的热传导率、低膨胀系数以及抗碱性渣作用等方面。这些特性使得铬矿砂成为铸造生产中不可或缺的重要材料, 对于提高铸件质量、减少铸造缺陷以及提高生产效率具有显著的作用^[1-3]。

随着铸造技术的不断发展, 铬矿砂的应用范围也在不断扩大。它不仅被广泛应用于传统的砂型铸造中, 还在消失模铸造、精密铸造等先进铸造工艺中发挥着重要作用。例如, 在精密铸造中, 采用铬矿砂作为表面层耐火材料, 可以有效消除表面粘砂现象, 并提高铸件的补缩效果, 从而降低缩孔、缩松等缺陷的发生概率^[4-5]。

铬矿砂作为铸造用特种砂, 在铸造行业中具有不可替代的重要地位。其优异的物理和化学性质以及广泛的应用前景使得铬矿砂成为铸造领域研究的热点之一。未来随着科技的进步和环保要求的提高, 铬矿砂的再生利用和新型处理方法将会得到更多的关注和发展。

国内外学者在铬矿砂的铸造应用方面已取得了丰硕的研究成果^[6-20]。这些成果不仅为铬矿砂的广泛应用提供了理论支持和实践指导, 也为铸造行业的持续发展和技术进步奠定了坚实基础。未来随着研究的不断深入和拓展, 铬矿砂在铸造领域的应用将迎来更加广阔的发展空间和更加美好的前景。

2 全球铬矿砂储量与产量

2.1 储量概况

2.1.1 全球储量格局

全球铬矿资源分布高度集中, 主要分布于南非、哈萨克斯坦、俄罗斯和土耳其等国家。截至2023年, 全球铬矿储量约5.6亿吨, 其中南非占主导地位。另一数据显示, 全球铬资源(以亚铬酸盐计)自然储量达18亿吨, 可开采储量超过8.1亿吨。其中, 哈萨克斯坦、南非和印度等国家的铬资源储量占据全球的大部分比例, 有数据显示这三个国家的铬资源储量占据全球91.2%。

作者简介:

孙冠琳(1988-), 女, 高级工程师, 主要从事增材制造设备技术新颖性分析研究、竞争对手专利跟踪等工作。电话:

13519208481, E-mail:

guanlin.sun@kocel.com

通信作者:

李天才, 男, 高级工程师, 硕士。E-mail:

litiancai1982130@163.com

中图分类号: TG221

文献标识码: A

文章编号: 1001-4977(2025)

10-1406-05

收稿日期:

2025-05-06 收到初稿,

2025-05-26 收到修订稿。

2.1.2 中国储量现状

中国铬矿资源匮乏，勘查潜力有限，西藏地区是主要资源集中地。截至2025年4月，西藏铬铁矿查明资源储量为1 200万吨，占全国总量的60%以上，且平均品位达45%，远高于全球平均水平。但整体而言，中国铬矿对外依存度接近100%。

2.2 产量与供应

2023年全球铬矿产量为4 013.77万吨（表1），同比增加615万吨。主要生产国包括南非、哈萨克斯坦、土耳其和印度等。其中，南非作为最大生产国，2024年1-9月出口量约286万吨，但同比减少6%。全球铬铁矿的产量也主要集中在南非、哈萨克斯坦和土耳其等国。例如，有数据显示，2018年这三国的产量分别为1 782.90万吨、688.88万吨和660.00万吨，全球占比分别为43.71%、16.89%和16.18%。此外，全球高碳铬铁的产量也在逐年增加，如2023年全球高碳铬铁产量达到1 575.53万吨，同比增加108.96万吨。

全球铬矿储量虽丰富，但高品位矿种稀缺，且供应链稳定性受地缘政治和运输方式单一影响。中国正通过加强西藏资源开发、布局海外权益矿等措施缓解供应风险，但短期内仍需依赖进口保障工业需求。2024年1-9月铬矿进口量达1 568.49万吨，同比增幅20%。

表1 2023年全球铬铁矿的储量与产量
Tab. 1 Global chromite reserves and production in 2023

国家/地区	储量/万吨	产量/万吨
南非	20 000~26 000	1 782.9
哈萨克斯坦	22 700~23 000	688.88
印度	10 000	378
土耳其	22 000	660
其他主要国家	若干	若干
全球总计	约56 000（或更高）	约4 013.77

3 中国铬矿砂进口情况及价格

3.1 进口情况

3.1.1 总体进口趋势

2025年1-4月，中国进口高碳铬铁总量为108.95万吨，同比减少16.3%。2025年2月，中国铬铁（C>4%）进口量为30.45万吨，同比上涨22.12%，环比上涨25.09%。2025年4月，中国进口高碳铬铁总量为25.36万吨，环比减少12.0%，同比减少35.8%。

2024年11月，中国铬铁（C>4%）进口量为31.07万吨，同比上涨4.25%，环比上涨23.52%。

2023年1-12月，中国高碳铬铁进口总量为324.14万吨，同比上涨36.5%。2023年12月，中国高碳铬铁进口量为22.23万吨，环比减少25.4%，同比上涨85.8%。

3.1.2 主要进口来源国

2025年2月和4月，中国铬铁和高碳铬铁的主要进口来源国包括南非、哈萨克斯坦和津巴布韦。

2024年11月，中国铬铁（C>4%）的前三大进口来源国同样为南非、哈萨克斯坦和津巴布韦。

2023年12月及全年，南非、哈萨克斯坦、印度和津巴布韦是中国高碳铬铁的主要进口来源国。

3.2 价格情况

3.2.1 高碳铬铁价格

2025年5月，高碳铬铁市场价格保持在968.52~922.74美元/吨附近。2025年2月，中国铬铁（C>4%）进口均价为974.37美元/吨，去年同期为1 198.20美元/吨，上月为1 108.31美元/吨。

2024年11月，中国铬铁（C>4%）进口均价为1 158.61美元/吨，去年同期为1 212.39美元/吨，10月份为1 219.55美元/吨。

3.2.2 价格走势

（1）成本传导与供需矛盾。铬矿价格上涨推高冶炼成本，2025年3月末，内蒙古地区铬铁原料成本达7 690元/基吨，较1月初上涨690元。

下游不锈钢厂招标价与零售价分化，如2025年3月，华东某钢厂招标价仅6 995元/50基吨，导致铬铁厂成本倒挂，抑制生产积极性。

（2）政策与关税。2021年，中国调整钢铁产品关税，对铬铁实行零进口暂定税率，但提高出口关税至20%，加剧国内市场竞争。

尽管进口量有所波动，但铬铁矿市场的运行态势受到多种因素的影响，包括下游需求、铬铁产区开工情况以及原料端行情等。因此，未来铬铁矿的进口情况和价格走势仍然存在不确定性。

4 铬矿砂理化特性

4.1 化学成分

铬矿砂以氧化铬（ Cr_2O_3 ）为核心，含量占比因级别而异：一级品 $Cr_2O_3 \geq 45%$ ；二级品 $Cr_2O_3 \geq 35%$ ；

杂质元素包括铁（ $FeO \leq 26.5%$ ）、铝（ $Al_2O_3 \leq 15.5%$ ）、镁（ $MgO \leq 10.0%$ ）和硅（ $SiO_2 \leq 1.0%$ ）等。

铬铁比（ $Cr/Fe \geq 1.55:1$ ），硫、磷等有害元素含量均低于0.003%。

4.2 物理性质

铬矿砂的密度：4.5~5.5 g/cm^3 ，具有高致密性；硬度：5.5~6.5（莫氏硬度），耐磨性优异；颜色与光泽：黑色或深棕色，呈金属光泽。

颗粒大小分级为0~1 mm、1~3 mm和3~8 mm等，粒度越小，则比表面积越大，利用率越高。

4.3 热性能

熔点：1 900~2 150 ℃，耐火性极强；热导率：显著高于硅砂（可达数倍），可加速铸件冷却；热膨胀系数低，高温下体积稳定性好，有效防止铸造缺陷。

4.4 化学稳定性

耐腐蚀性：抗酸、碱侵蚀能力强，化学性质稳定；与熔融金属接触时，不与氧化铁等发生反应，避免热化学粘砂。

铸造防护：高温下发生固相烧结，形成致密保护层，防止金属渗透和机械粘砂。

5 铬矿砂工艺适用性

壳型铸造：铬矿砂作为芯砂材料可有效防止铸件内腔粘砂，尤其适用于复杂部件（如不锈钢阀门、碳泵体）的精密铸造。

消失模铸造：选用20~40目粗砂可避免夹砂、粘砂缺陷，适用于高铬铸钢阀门、叶轮等耐磨件生产。

大型厚壁铸件：配合呋喃树脂自硬砂工艺，可调控铸件冷却顺序，提升铸铁/铸钢件的致密度与强度。

砂型铸造：作为面砂用于中小型零件（如管道、泵体），显著提高表面光洁度与抗渗透性。

特殊工艺需求：（1）激冷材料替代：铬矿砂热导率是硅砂的3~5倍，可替代冷铁加速冷却，减少裂纹、气孔等缺陷。（2）高温稳定性需求：耐火度 ≥ 1900 ℃，适用于高熔点金属（如不锈钢、合金钢）铸造。

6 铬矿砂在铸造中的应用

6.1 铬矿砂在铸铁件铸造中的应用

铬矿砂因其出色的物理和化学性质，在铸铁件铸造中发挥着不可替代的作用。其应用不仅限于砂型铸造，还广泛适用于呋喃树脂自硬砂、水玻璃自硬砂等铸造工艺。特别是在制造体积大、重量重的铸铁件时，铬矿砂的优势更加明显。

在铸铁件的生产过程中，铬矿砂的高耐火性和高热稳定性使其能够承受高温金属液的冲击，减少了铸件产生热裂纹和变形的风险。同时，铬矿砂的优异热传导性能有助于铸件按照工艺要求的顺序进行均匀冷却。这一特性不仅提高了铸件内部的组织致密度，还显著增强了铸件的机械强度。

铬矿砂在铸铁件铸造中还被广泛用作激冷材料。通过加速铸件的冷却过程，它能够有效地减少热裂纹的产生，进而提高铸件的整体质量。这一点对于大

型、复杂的铸铁件来说尤为重要，因为这类铸件在冷却过程中更容易因热应力而产生裂纹。

铬矿砂的应用还延伸到了铸铁件的表面处理领域。由于其高硬度和耐磨性，铬矿砂常被用作喷砂材料，对铸件表面进行清理和强化处理。这样不仅可以去除表面的氧化皮和杂质，还能提高铸件的表面硬度和耐腐蚀性。

6.2 铬矿砂在铸钢件铸造中的应用

铬矿砂在铸钢件铸造工艺中扮演着举足轻重的角色。其多方面的优异性能，使得它在面对各种铸造挑战时都能展现出卓越的效果。特别是在铸钢件的铸造过程中，铬矿砂的应用显得尤为关键。

在铸钢件的铸造中，铬矿砂常被用作面砂。面砂是与熔融金属直接接触的部分，因此其性能的好坏直接影响到铸件的质量。铬矿砂因其高耐火度和高热稳定性，能够在高温下保持稳定的性能，不与熔融金属发生化学反应。这一特性使得铬矿砂能够有效防止铸件表面出现粘砂现象，从而保证铸件的表面光洁度和精度。

除了作为面砂使用外，铬矿砂在制造特定材质的铸钢件中也发挥着重要作用。例如，在高铬铸钢、高锰钢等材质的阀门、叶轮等铸件的制造过程中，铬矿砂的高硬度和出色的抗磨损性能使其成为理想的造型材料。这些铸件在工作过程中需要承受高速流动的金属液体的冲击和磨损，而铬矿砂的使用能够显著提高模具的耐用性，从而延长其使用寿命。

铬矿砂在铸钢件铸造中的广泛应用还得益于其良好的热传导性能。这一性能使得铸件在冷却过程中能够更快地散热，从而减少热裂纹等缺陷的产生。同时，铬矿砂的粒度和形状也可以根据具体的铸造需求进行调整，以提供最佳的填充性和紧实性，进一步确保铸件的质量。

6.3 铬矿砂在其他铸件铸造中的应用

除了铸铁件和铸钢件外，铬矿砂在铸铜件、铸铝件、镁合金件等其他类型的铸件铸造中也展现出其独特的优势和价值^[21]。这些铸件在航空航天、汽车和电子等多个领域有着广泛的应用，对铸件的质量和性能要求极高。铬矿砂以其出色的耐火性、热稳定性和抗碱性渣作用，为这些铸件的生产提供了有力的支持。

在铸铜件的铸造过程中，铬矿砂能够有效抵抗高温铜液的侵蚀，保持铸型的稳定性。同时，其良好的热传导性能可以加快铸件的冷却速度，减少热裂纹等缺陷的产生。这使得铸铜件能够获得更加精细的结构和优良的力学性能。

对于铸铝件而言，铬矿砂同样表现出色。由于铝

的熔点较低, 铸造过程中容易产生缩松、缩孔和热裂纹等缺陷^[22]。然而, 铬矿砂的高耐火性和高热稳定性能够有效抵抗铝液的渗透和侵蚀, 同时其优异的热传导性能也有助于减少热裂纹的产生。此外, 铬矿砂的抗碱性渣作用还能够防止铸型与铝液发生化学反应, 从而确保铸铝件的表面质量和性能。

铬矿砂不仅在铸造过程中发挥着重要作用, 在铸件的后续处理过程中也展现出其独特的优势。例如, 在铸件的退火、正火等热处理过程中, 铬矿砂能够保持稳定的性能, 不会因高温而发生变形或开裂, 从而确保铸件的热处理效果。

7 应用案例

铬矿砂在铸造行业的实际应用案例众多, 其独特的物理和化学性质使其成为铸造过程中不可或缺的材料之一。为了更好地说明铬矿砂在铸造中的应用, 以某缸盖铸件为例进行实例分析。

(1) 试验设计: 选取某缸盖铸件作为试验对象, 分别采用铬矿砂和硅砂砂型进行铸造。铸件如图1所示, 铸件参数设计见表2。

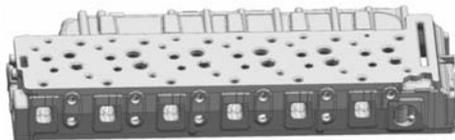


图1 缸盖
Fig. 1 Cylinder head

表2 方案设计
Tab. 2 Scheme design

序号	项目	名称
1	产品名称	缸盖
2	铸件材质	Rut300
3	铸件尺寸	1 220 mm × 427 mm × 164 mm
4	最小壁厚	6 mm
5	铸件重量	300 kg
6	粘结剂体系	共享呋喃树脂
7	砂型材质	铬矿砂/硅砂
8	粉体规格	40~70目

(2) 试验过程: 使用传统铸造方法分别用铬矿砂和硅砂进行造型、合箱, 最后进行浇注, 得到铸件样品。铸件样品如图2、3。铸件缺陷如图4、5。

(3) 结果分析: 试验结果表明, 采用铬矿砂铸造的缸盖尺寸精度、表面质量和铸件合格率等方面均优于硅砂铸造。其中, 硅砂铸造粘砂、气孔和夹渣非常严重, 尤其是内腔, 后期难以处理, 严重时会导致铸



图2 铬矿砂生产缸盖铸件

Fig. 2 Cylinder head casting using the chrome ore sand



图3 硅砂生产缸盖铸件

Fig. 3 Cylinder head casting using the silica sand

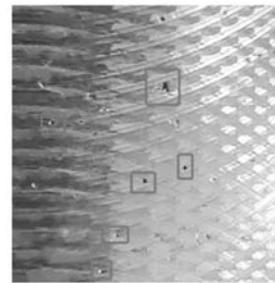


图4 硅砂铸件气孔缺陷

Fig. 4 Porosity defect in the silica sand casting

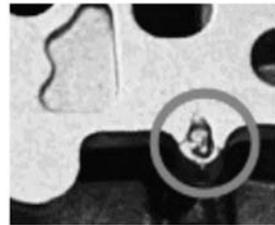


图5 硅砂铸件夹渣缺陷

Fig. 5 Inclusion defect in the silica sand casting

件报废, 而且铸件合格率远低于铬矿砂铸造; 铬矿砂铸造的铸件表面及内腔质量也更为光滑和细腻, 同时提高了缸盖的性能和耐用性。采用铬矿砂铸造, 现场工人数量和工人劳动强度显著降低。

铸造试验显示, 在铸造过程中, 铬矿砂能够承受高温熔融金属的冲刷和侵蚀, 有效防止铸件产生气孔、夹渣等缺陷, 从而提高铸件的表面光洁度和内部质量。铬矿砂中的铬元素在铸造过程中可以部分融入铸件中, 形成固溶体或化合物, 从而提高铸件的硬度和耐磨性, 还能有效防止铸件在冷却过程中产生裂纹和变形, 提高铸件的尺寸精度和整体性能。

8 结束语

(1) 通过研究发现铬矿砂在铸铁件、铸钢件以及

其他多种铸件的铸造过程中均表现出色。无论是在大型厚壁铸件的生产中，还是在高精度铸件的制造过程中，铬矿砂都发挥着重要的作用。

(2) 铬矿砂独特的物理与化学性能在铸造中体现在多个方面，包括提高铸件质量、提升生产效率、减少铸造缺陷以及延长模具使用寿命等。这些优点使得

铬矿砂成为铸造领域不可或缺的重要材料之一，广泛应用于各种铸造工艺和场合。

(3) 当前对铬矿砂在环保性能方面的探讨尚显不足，鉴于此，未来的研究方向可围绕铬矿砂的环保处理技术及其在铸造中的可持续应用展开，以期在保障铸件质量的同时，更好地满足环保要求。

参考文献:

- [1] KELLY Kerns, ROB Steele. Next-generation chromite sand [J]. Foundry Management & Technology, 2022, 150 (1): 6-7.
- [2] 卜兆杰, 王晓旋, 黄健强, 等. 粉末压片制样-X射线荧光光谱法测定铬矿砂中6种氧化物 [J]. 理化检验 (化学分册), 2017, 53 (8): 978-980.
- [3] 刘怀丽, 王竹. X射线荧光法测定铬矿砂中氧化物及P、S元素 [J]. 一重技术, 2014 (3): 51-53.
- [4] 陈顺国, 包彦堃. 铬矿砂应用于精密铸造抗粘砂工艺研究 [J]. 特种铸造及有色合金, 2009, 29 (3): 245-246.
- [5] 张德生, 张得亮. 铬铁矿砂在消失模铸造耐磨球生产中的应用 [J]. 特种铸造及有色合金, 2010, 30 (7): 655-656.
- [6] 楚栋, 蒙开强. 铬矿复合砂再生及利用 [C]// 2013中国铸造活动周论文集, 2013: 3.
- [7] 段程槟. 一种可防止树脂铬矿砂在铸造过程中形成脉纹的处理方法: CN201811588639.0 [P]. 2019-03-22.
- [8] FURUNO Yoshikatsu. Method for Separating and Regenerating Casting Sand. JP2011087868 [P]. 2012-11-12.
- [9] 范国均, 刘敏娟, 朱永辉, 等. 酯硬化改性水玻璃硅砂与碱酚醛树脂铬矿砂混合应用研究 [J]. 铸造设备与工艺, 2013 (4): 34-36.
- [10] 李英民. 铬矿砂抗金属渗透机理的研究 [J]. 沈阳工业大学学报, 1993 (1): 14-20.
- [11] 包彦堃, 陈顺国, 梁鹤童. 熔模铸造应用铬矿砂抗粘砂、抗缩孔性能研究 [C]// 中国铸造协会精铸分会第十一届年会, 2009: 168-171.
- [12] 左春林. 铝合金V法铸造关键工艺研究 [D]. 武汉: 华中科技大学, 2019.
- [13] 李健. 铬铁矿砂在铸件生产中的应用 [J]. 金属加工 (热加工), 2016 (9): 6-7.
- [14] KOHEI H, TAKUYA M, SATOHIKO S, et al. Filling structure of filler for sliding opening/closing device and method for manufacturing slab. JP2021037594 [P]. 2022-06-02.
- [15] 沈高峰, 黄高杨, 沈捷美, 等. 铬铁矿砂解决铸件表面质量的经验探讨 [J]. 铸造技术, 2014, 35 (3): 635-637.
- [16] 周沐. 关于冷铁与铬矿砂在气缸体类铸件中的探索与应用 [C]// 重庆铸造行业协会, 重庆市机械工程学会铸造分会. 2013 (第23届) 重庆市铸造年会论文集. 2013: 3.
- [17] 王桂民, 杨震华. 铬铁矿砂在大型铸钢件上的应用 [J]. 大型铸锻件, 2010 (2): 37-40.
- [18] 郭文选, 司乃潮, 孙少纯, 等. 铬铁矿砂在铝合金铸造中的应用 [J]. 特种铸造及有色合金, 2011, 31 (9): 859-862.
- [19] 楚栋, 蒙开强. 铬铁矿复合砂的再生及利用 [J]. 现代铸铁, 2015, 35 (4): 74-77.
- [20] 侯松涛, 周剑东. 自主研制的铬铁矿砂回收系统简介 [J]. 中国铸造装备与技术, 2014 (1): 33-34.
- [21] 刘光磊. 多元Al-Si-Cu合金铸造工艺参数优化及其在汽车发动机缸体应用的研究 [D]. 镇江: 江苏大学, 2013.
- [22] 郭文选, 司乃潮, 孙少纯, 等. 铬铁矿砂在铝合金铸造中的应用 [J]. 特种铸造及有色合金, 2011, 31 (9): 859-862.

Research on the Application of Chromium Ore Sand in Casting

SUN Guan-lin¹, YANG Jun¹, CHANG Tao¹, LU Yun¹, LI Tian-cai²

(1. National Intelligent Foundry Innovation Center Co., Ltd., Yinchuan 750021, Ningxia, China; 2. Kocel Intelligent Machinery Limited, Yinchuan 750021, Ningxia, China)

Abstract:

Chromite sand is a specialized foundry sand primarily and is composed of chromite minerals, and plays a critical role in the casting industry due to its high refractoriness, exceptional thermal stability, and superior thermal conductivity. This study comprehensively analyzes the global chromite reserves, production volumes, and China's import trends and price dynamics. It further explores the physicochemical properties and process compatibility of the chromite sand, demonstrating its effectiveness in improving casting quality and reducing defects through case studies on iron castings, steel castings, and other specialized components. Practical applications highlight its irreplaceable value in optimizing casting processes.

Key words:

chromite sand; casting; physicochemical properties; reserves and production; pricing; applications