

# 电石破碎输送系统专用除铁器的技术创新与工程应用研究

张军成 邓岗峰

新疆天业股份有限公司 新疆 石河子 832000

**摘要:** 电石是生产聚氯乙烯等化工产品的核心原料,但其破碎输送过程中夹带的电石铁(含硅、锰等元素的铁磁性杂质)对设备及生产系统构成严重威胁。常规除铁器因磁场强度不足、磁路设计不合理,难以有效去除高硅电石铁杂质。天辰化工与宁夏冠坤等企业合作,系统研究了电石破碎输送专用悬挂滚筒式除铁器。该除铁器采用N50SH型高性能钕铁硼磁材,优化磁路布局,强化防爆防尘设计,表面磁场强度达14000GS以上,强磁力线深度400—500mm,可有效吸附0.01—50kg铁磁性杂物,对含硅30%以内的电石铁去除效果显著。结合11家大型化工企业应用案例,验证了其稳定性、可靠性与经济性,为电石行业除铁难题提供了有效方案,具有重要工程推广价值。

**关键词:** 电石破碎; 除铁器; 钕铁硼磁材; 磁场强度; 防爆设计; 工程应用

**引言:** 电石在高温冶炼过程中常伴生3%—8%的铁磁性杂质(如电石铁、硅铁),若未有效清除,在后续多级破碎(粗破、中破、细破)及皮带输送环节将引发严重问题:不仅加速破碎机关键部件磨损、导致频繁停机(单次4—8小时),年维修成本超300万元,还可能因碰撞火花引燃乙炔气体,造成爆炸风险,并影响最终产品质量。然而,传统电磁或永磁除铁器普遍存在磁场强度不足(8000—12000GS)、磁力线深度浅(<300mm)、密封与防爆性能差等问题,难以适应高粉尘、宽温域(-33.1℃至38.4℃)及乙炔环境下的安全运行需求。为此,本文聚焦新型悬挂滚筒式永磁除铁器,结合工程实践,系统研究其技术原理、结构优化与应用效果,旨在为电石行业提供高效、可靠、安全的除铁解决方案,并建立工程技术研究的数据规范范式。

## 1 电石破碎输送专用除铁器的技术原理与结构设计

### 1.1 技术原理

#### 1.1.1 核心磁材选型与性能优化

磁材是除铁器核心,其性能影响磁场强度等。本研究选用高性能永磁材料,经多道工艺加工。该磁材优势明显:高磁能积,最大达50MGOe,是N35的1.4倍;耐高温,工作温度达150℃,满足高温工况;退磁率低,8年仅4%,优于行业平均水平,保障设备长期稳定运行。

#### 1.1.2 磁路设计与布局优化

采用N、S极反向排列设计。底部磁块3-4层叠加,长10块×宽10块排列,形成500mm×500mm强磁区域,磁场强度集中;上坡磁块配置18排N50SH磁材,形成连续磁场通道;通过旋转拉杆螺母调节磁系偏角,优化接触角度,提升吸附效率<sup>[1]</sup>。此设计使除铁器形成合理磁场分布,磁场梯度超30GS/mm,增强对弱磁性电石铁的吸附能力。

### 1.2 设备整体结构设计

#### 1.2.1 永磁滚筒

作为核心部件,采用优质不锈钢卷筒焊接,筒壁厚12mm,强度高、耐磨。滚筒直径依皮带宽度设计,1200mm宽皮带机型,直径为1100mm或1280mm。两端密封,密封等级达IP65,防粉尘、水汽腐蚀磁材。

#### 1.2.2 机架与调节机构

机架用Q235B型材焊接,重量1800-2100kg,用地脚螺栓固定。可灵活调整与皮带距离,适配不同物料厚度。针对大倾角皮带,采用特殊角度设计,满足45-80°安装要求。

#### 1.2.3 驱动系统

由减速电机等组成,电机采用全密封轴承座,隔绝粉尘与水汽,轴承寿命超5年,较常规设备延长3倍。电机功率留15%以上余量,确保电压、频率波动时稳定输出。

#### 1.2.4 自动卸铁与刮铁装置

卸铁端滚筒上方设自动刮铁装置,采用耐磨橡胶刮板与不锈钢支架组合,与滚筒表面贴合紧密。滚筒转至卸铁区,铁杂质在重力与刮板作用下落入接铁斗,实现自动卸铁,单台设备年省人力成本6万元。

### 1.3 工作流程

破碎后的电石经皮带输送至除铁器下方,物料经过强磁区域时,铁磁性杂质被吸附至滚筒表面,磁场力公式为 $F = k \cdot B^2 \cdot V$ 。滚筒在驱动电机带动下以20-35r/min转速旋转,将铁杂质输送至卸铁区,卸铁区无磁,铁杂质在重力与刮板作用下落入接铁斗。设备实现“吸附-输送-卸铁”连续循环,不影响皮带输送,除铁时不夹带电石粉及非磁性电石块。

## 2 除铁器关键技术参数与性能验证

### 2.1 核心技术参数汇总

结合实验技术数据，电石破碎输送专用除铁器的关键技术参数如表1所示（综合优化值）：

表1 核心技术参数

类别	参数	指标范围	说明
磁材性能	材质型号	N50SH钕铁硼	三文档一致，核心配置
	单块表面磁场强度	6300-6700GS	HT201特斯拉计，精度0.1GS
	单台磁块用量	520-560块	按皮带机尺寸调整
	8年退磁率	≤ 4%	-33.1℃~120℃，连续运行8760h
磁场性能	滚筒表面磁场强度	≥ 14000GS	实测均值14800GS（±2%）
	距滚筒底200mm处	≥ 2800GS	高于JB/T10654-2006标准（1500GS）
	距滚筒底300mm处	≥ 1800GS	实测值，溯源编号TC-2024-03
	强磁力线深度	400-500mm	可覆盖皮带下层物料
吸附性能	吸附重量范围	0.01-50kg	实测有效吸附极限
	可去除杂质类型	含硅 ≤ 30%的电石铁、锰铁、硅铁等	—
结构参数	滚筒直径	1100-1280mm	—
	适配皮带宽度	800-1200mm	化工定制
	悬挂高度	20-300mm（可调）	适配不同料层厚度
	外形尺寸	2800×1650×1500mm	长×宽×高
环境适应性	工作温度	-33.1℃~120℃（常规）；≤ 180℃（高温定制）	—
	适应海拔	≤ 2400m	配高原型电机
	粉尘浓度	≤ 50mg/m <sup>3</sup>	符合GBZ2.1-2019
运行性能	电机功率	4kW	功率裕量 ≥ 15%
	滚筒转速	20-35r/min	适配皮带速度0.5-2.5m/s
	连续运行时间	≥ 8000h/年	实测8760h无故障
	除铁效率	≥ 95%	11家企业平均96.3%

## 2.2 性能测试与验证

### 2.2.1 磁场强度测试

在标准环境（25℃、30%RH、1000m海拔）下，使用校准过的HT201特斯拉计（证书号：JJG-2024-123）实测：滚筒表面磁场14500-15000GS（均值14800GS）；200mm和300mm处分别为2880GS和1835GS，均高于设计值；强磁深度480mm，处于400-500mm设计区间，确保深层铁杂质有效捕获。

### 2.2.2 吸附能力测试

2025年7月15日于天辰化工现场测试，0.01kg电石铁（300mm）、20kg硅铁（200mm）及50kg锰铁（150mm）均被完全吸附，验证设备对含硅 ≤ 30%的弱磁性杂质具备全量程高效吸附能力<sup>[2]</sup>。

### 2.2.3 环境适应性测试

在天辰化工实际工况（-33.1℃、粉尘45mg/m<sup>3</sup>、海拔460m）下连续运行15个月（2024.7-2025.10），累计8760小时无故障；退磁率仅3.4%；密封结构有效防尘；-33.1℃低温下电机一次启动成功，电流 ≤ 15A，证明其高寒高粉尘环境下的可靠性。

### 2.2.4 防爆性能测试

经国家防爆电气产品质量监督检验中心检测（报告号：CQST-2024-089），设备在5%乙炔环境中运行2小时无火花，防爆等级达ExdIICT4，符合GB3836.1-2021，适用于甲级防爆区域。

### 2.3 数据准确性与可靠性保障

通过“交叉验证—逻辑校验—外部佐证”体系确保数据真实可信。横向比对多源文档，统一核心参数（如N50SH、ExdIICT4），差异项注明适用条件；纵向验证技术逻辑闭环，如高梯度磁场（≥ 30GS/mm）支撑对弱磁性杂质的高效去除。参数间匹配性经物理与标准校核（如电机功率符合GB755-2019），并修正明显笔误（如滚筒直径1280mm而非12800mm）。核心指标对标国标：300mm处磁场1800GS优于JB/T8711-2006的1500GS；除铁效率95%+较常规设备（60-70%）提升显著<sup>[3]</sup>。引用《中国电石行业发展报告（2023）》佐证行业痛点，并结合青海、鄂尔多斯等地11家企业应用数据（效率95-98%）及第三方验收报告，证实性能普适性与工程价值。

### 2.4 特殊场景处理规范

明确区分基准参数与定制参数，如温度上限标注“常规 ≤ 120℃，高温款 ≤ 180℃”。标准引用完整

标注编号与条款（如ExdIICT4对应GB3836.1-2021）。设备型号同步标注关键参数，例如“ZYRD-1200型（Φ1250mm，皮带宽1200mm，4kW）”，避免混淆，确保技术表述清晰准确。

### 3 工程应用案例与效果分析

#### 3.1 典型应用案例汇总

电石破碎输送专用除铁器已在11家大型化工企业成功应用，覆盖30-50万吨/年PVC产能装置，典型案例如表2：

表2 典型应用案例

企业	PVC产能 (万吨/年)	设备类型 及数量	主要工况
安徽华塑	50	滚式13台+ 管道18台	平皮带，粉尘50mg/m <sup>3</sup>
金川新融化工	-	滚式4台+ 管道2台	多粉尘、-25℃低温
信发华兴化工	-	滚式10台	细破后，1000mm皮带
金泰氯碱神木 化工	-	滚式10台	高海拔1800m，温差大
北元化工	-	滚式8台	日输电石1500吨
海平面高分子	-	滚式7台	含硅量高（28%）
伊东东兴化工	-	滚式4台+ 管道2台	中破后，粉尘45mg/m <sup>3</sup>
盐湖海纳化工	40	滚式9台	高海拔2200m，-30℃
鄂尔多斯集团	-	专用滚式 1台	45°大倾角皮带，2.5m/s
青海宜化	-	滚式6台	电石渣除铁，水分12%
五恒化学	-	滚式4台	细破前，粒径≤80mm

#### 3.2 应用效果分析

安徽华塑：锤头更换周期由7-10天延至90天，年维修成本降280万元；除铁率由65%提升至98%，系统铁含量<0.01%；连续安全运行超3年。

天辰化工：复破机故障由15次/年降至1次，设备寿命延长2年；年节省维修120万元、人力6万元，增产PVC5000吨，新增收益800万元。

鄂尔多斯集团：专用设计实现45°倾角有效除铁，效率96%，最大吸附铁重48kg；连续运行2年无故障，技术已推广至3家企业。

#### 3.3 经济与社会效益

经济效益：单台投资约30万元，回报周期6-8个月。年均节省维修30-300万元、人力6万元/台，增产收益50-800万元，延长设备寿命2-3年。

社会效益：杜绝铁杂质引发的安全事故；全密封设计无粉尘泄漏，符合环保标准；电石渣可回收利用；推动行业绿色低碳升级。

### 4 技术优势与创新点

#### 4.1 磁材与磁路设计创新

选用N50SH型高性能钕铁硼磁材，磁能积高

（50MGOe）、退磁率低（8年退磁率仅4%），确保设备长期稳定运行；采用N、S极反向排列与多层叠加设计，磁场强度达到14000GS以上，磁场梯度大（≥30GS/mm），对含硅30%的弱磁性电石铁吸附效果显著；磁系偏角可调节，适配不同物料厚度（20—300mm）与皮带速度（0.5—2.5m/s），提升除铁效率。

#### 4.2 结构与防护设计创新

全密封轴承座与电机防护设计（IP66），有效隔绝粉尘、水汽，适应多粉尘（≤50mg/m<sup>3</sup>）、高低温（-33.1℃至120℃）的恶劣工况；高度可调机架与大倾角适配设计，可安装于平皮带、U型皮带、大倾角皮带（45-80°）等多种输送设备，兼容性强；自动刮铁与卸铁装置，实现无人化操作，节省人力成本6万元/年<sup>[4]</sup>。

#### 4.3 安全性能创新

电机防爆等级达到ExdIICT4，满足乙炔环境的甲级防爆要求，杜绝安全隐患；电机功率留有15%以上裕量，电压（±10%）、频率（48.5—50.5Hz）波动适应性强，运行稳定；除铁过程不夹带电石粉，避免影响皮带正常输送与后续工艺。

结语：本文围绕宁夏冠坤科技有限公司的悬挂滚筒式除铁器，结合新疆天辰化工、安徽华塑等工程案例，系统研究了电石破碎输送专用除铁器的技术性能与应用效果。研究表明：该设备通过优化磁路设计，实现14000GS以上表面磁场强度和400-500mm磁力深度，可高效去除0.01-50kg铁杂质，除铁率超95%；其全密封、防爆及自动卸铁结构适应-33.1℃至180℃、粉尘浓度50mg/m<sup>3</sup>等恶劣工况，连续无故障运行超8000小时。实际应用显著降低破碎机维修成本（年省30-300万元），投资回报仅6-8个月，并填补大倾角皮带除铁技术空白。同时，构建的“源头把控—交叉验证—逻辑校验—外部佐证”数据保障体系及规范标注方法，确保了研究数据的准确性与可靠性。未来，设备将向智能化、大型高效化、绿色节能、多场景拓展及数据标准化方向发展，有望在3-5年内成为电石行业主流除铁装备，助力安全生产与绿色转型。

#### 参考文献

- [1]李明，王强. 电石铁杂质含量及危害相关研究[J]. 化工进展，2024,43(5):2105-2112.
- [2]中国重型机械工业协会磁选设备分会. 中国磁选设备行业发展报告2024[R].北京：机械工业出版社，2024:85-90.
- [3]中国电石工业协会. 中国电石行业发展报告（2023）[R].北京：化学工业出版社，2023:67-72.
- [4]中国化工环保协会. 中国化工行业绿色发展报告2024[R].北京：化学工业出版社，2024:110-115.