



碛牌结焦抑制剂

炉内灰渣沉积处理技术



深圳市明登科技有限公司
SHENZHEN MINGDENG TECHNOLOGY CO.,LTD.

值得信赖的清焦服务商

坚持以客户为中心 | 坚持技术创新 | 坚持长期价值主义

目 录

企业介绍.....	1
资信与知识产权.....	2
炉内灰渣沉积现象.....	4
灰渣样品.....	9
碛牌产品体系	10
碛牌产品机理	12
碛牌产品信息	14
碛牌技术流程	15
用户名录.....	16
典型案例.....	17
服务	18

企业介绍

深圳市明登科技有限公司成立于 2005 年，一直专注于炉内燃烧带来的灰渣沉积问题的研究以及应用处理，涉及炉内受热面的结焦、积灰和腐蚀等方面。明登科技的“碛”牌产品和技术，广泛应用于燃煤锅炉、有色冶金炉、环保类锅炉（垃圾焚烧炉、生物质锅炉、危废焚烧炉、废液锅炉等）以及回转窑炉等领域。

明登科技秉持“以客户为中心”的经营服务理念，一以贯之地坚持科研投入和持续创新，依靠点点滴滴、锲而不舍的艰苦追求，为客户提供更好的产品质量和用户体验。

明登科技的碛牌技术处于业内绝对领先地位，目前在国内外已有 150 多个应用案例，并拥有目前世界上最大的渣样素材库。明登科技被评为为国家级高新技术企业，深圳市专精特新企业，创新型中小企业，已注册“碛”牌系列商标，并拥有相应的知识产权。



渣样库 部分灰渣样品



资信与知识产权



营业执照



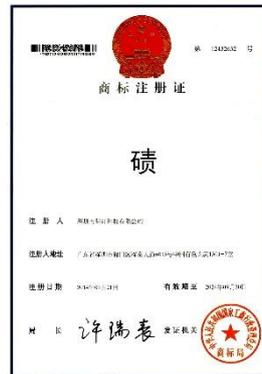
国高证书



专精特新企业证书



创新型中小企业证书



商标证书



知识产权管理体系认证证书



结焦抑制剂企业标准



发明专利证书



软件著作权登记证书

炉内灰渣沉积现象

炉内的灰渣沉积（Deposition）是影响锅炉安全、经济运行的一个问题，这一问题一直都没有得到很好的解决。主要有以下问题：

- 1) 需要停炉清理，连续作业率损失；
- 2) 灰垢热阻导致传热变差，被迫降负荷运行，产能损失；
- 3) 存在掉大焦的风险，且人工清焦易引发安全事故；
- 4) 灰渣清理及启炉费用；
- 5) 腐蚀带来的炉寿影响等。

■ 飞灰流经炉内各受热面的形态和特性

炉内灰分经燃烧后有下列三种形式：

- 1) 保持固体状态，以飞灰形态通过锅炉各受热面，引起炉管磨损；
- 2) 融化成液态，然后粘在炉膛受热面上，经逐步沉积而形成焦块，通常称之为结焦，使锅炉负荷降低；
- 3) 在高温下挥发成气态，然后在较冷的水冷壁、过热器或再热器管面上凝结，并与飞灰相结合一起沉积于管子上，形成受热面的沾污。

由此可见，炉内沿着烟气流程由高温受热面向低温受热面，所沉积在受热面处的飞灰均具有不同的特性。

■ 结焦和积灰的定义

结焦和积灰是在锅炉内烟气侧出现的两种既不相同又有所联系的现象。炉内结渣和积灰的发生区域通常如图 1 所示：

- 结渣（Slagging），日常称之结焦，指在炉内辐射换热方式占主要地位的换热面区域产生的灰渣沉积，如水冷壁上和部分炉内的屏式过热器部位。
- 积灰（Fouling），即沾污，发生在不直接暴露于火焰部位、较低温度的对流受

热面的灰沉积，随着烟气的冷却，烟气中一些组分在换热面上发生的一系列物理化学过程将会影响换热效率。

- 腐蚀（Corrosion），换热面金属与沉积的灰渣或烟气发生的一系列化学反应，将会影响金属材料的寿命。

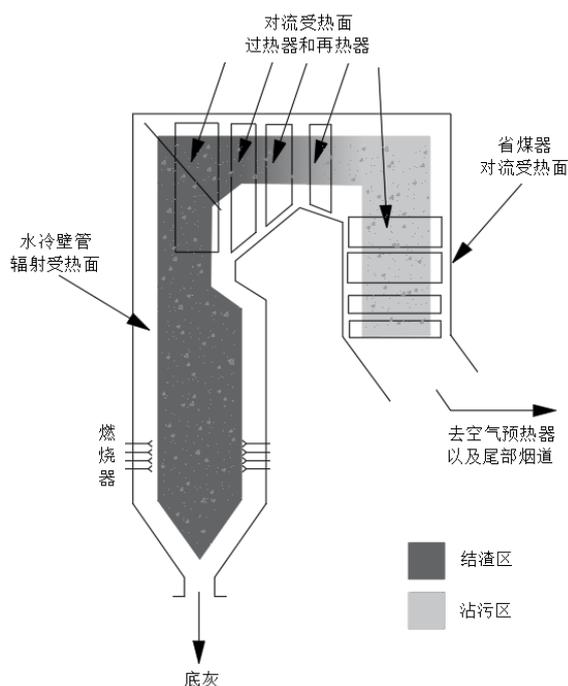


图 1 炉内灰渣沉积示意

锅炉受热面的结渣、沾污、积灰、腐蚀及磨损，不仅与煤和煤灰的熔点、成分有关，而且还与锅炉的设计参数有关（诸如燃烧器的布置方式、炉膛热负荷、炉膛口烟温、过热器的布置位置、各部分的烟气流速和烟温、锅炉的蒸汽参数和管壁温度、受热面的排列节距和布置形式等等），同时还受锅炉的运行工况影响（诸如负荷的变化及变化频率、煤种的变化及变化频率、炉内空气动力结构及飞灰的多相流动特性、炉内的传热及热流分布特性、吹灰的布置及其吹扫频率、过量空气系数及煤粉燃烧过程的控制、炉膛出口烟温及排烟温度的控制等等）。因此，锅炉受热面的结渣、积灰、腐蚀及磨损是一多学科交叉、相互渗透的实际问题，它涉及到锅炉原理、煤及灰渣化学及反应动力学、流体力学、传热传质学、燃烧理论与技术、材料科学等诸多学科，其复杂可想而知。

■ 结渣 (Slagging) 的类型和形成过程

清洁受热面（如水冷壁、浇注料、膜式壁、凝渣管排等）表面温度较低，这一温度水平对于矿物质颗粒还不足以使之处于熔融态，因此灰渣沉积常从形成一层小颗粒的干粉开始发生，这些沉积层有一定的捕集撞击颗粒的能力，随着灰渣继续生长，受气流冲刷作用，其断面常表现为指状。



随着灰渣沉积继续生长，其隔热作用使得向火面表面温度升高，灰渣沉积越厚，其中的温度梯度越大，最终沉积灰渣的外表面达到较高温度水平，可以使外部灰渣颗粒保持软化状态甚至熔融态的液渣。液态熔渣内可含有熔解于其中的或本身就处于融化状态的飞灰颗粒，液渣内也可含有固态的飞灰颗粒。

在火焰燃烧高温区域，部分灰颗粒成分可以蒸发掉，当锅炉负荷变化而引起火焰温度的变化时，或流动到温度较低的部位时，熔渣所处温度降低，可形成坚硬的玻璃体灰渣沉积。灰渣沉积影响生产，需要提高火焰温度强化换热，从而又进一步恶化结渣。

研究人员 Afonso 将炉内灰渣沉积的外观物理特性分为以下几类：

- 1) 流动性很好的液渣；
- 2) 在重力作用下缓慢向下流动的熔渣；
- 3) 发生熔融，表面光滑或在重力作用下不会向下流动的熔渣；
- 4) 颗粒棱角分明的固态沉积；
- 5) 其他。

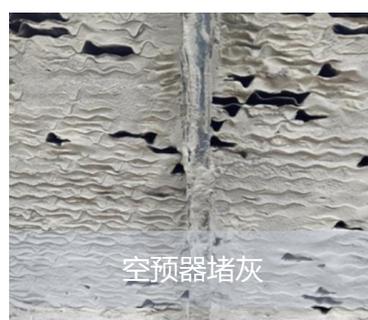
研究认为，对于形成灰渣沉积的三个阶段，即初始沉积阶段、沉积生长、沉积灰渣的烧结固化成熟，从整体来看，最关键的是最后烧结固化过程。从初始层到灰渣沉

积开始生长这一过程可认为是一个突变的过程，且组分表现为选择性沉积，取决于撞击颗粒的粘附倾向，以及沉积表面的捕集能力，这两个因素满足任何一个，都会发生灰渣沉积。

灰渣沉积的烧结固化阶段受粘性流动烧结机理控制，取决于沉积所处的温度水平和单独颗粒的组分。灰渣沉积主要由硅铝酸盐玻璃体构成，这一玻璃体的组分决定灰渣颗粒的粘度，从而决定烧结固化阶段的发展。助熔剂氧化物颗粒如铁、钙氧化物的同化度指熔解到硅铝酸盐体系的过程和最终溶解的程度最终决定了玻璃体的粘度，从而影响到灰渣沉积的行为。烧结固化阶段表现为不同矿物质颗粒的团聚。

■ 积灰 (Fouling) 的特性和形成过程

积灰发生在炉内较低温度的对流受热面。积灰的发生是烟气冷却过程中所含多种组分灰颗粒相互作用的沉积结果。对发生在过热器和再热器区域的较高温度积灰区，沉积灰渣颗粒相互之间的加固粘结通常由硅酸盐液相作用，而对省煤器部位的低温沾污区，沾污型灰渣沉积常表现为烟气中硫的氧化物和碱金属氧化物反应而产生的硫酸盐型沉积，这类硫酸盐颗粒表面如同胶水一样，相互之间一旦接触，很容易粘结在一起。



和辐射受热面结渣一样，对流受热面积灰通常也从形成最初的含有气相凝结颗粒的组分构成的薄层开始，这一层组成常表现为碱金属和碱土金属较高含量，且常表现为这类金属离子的硫酸盐型化合物、碱金属氧化物或氢氧化物，这些产物和烟气中 SO_3 反应而产生硫酸盐型积灰，也可相互形成低熔点共熔体，而在换热面上形成积灰。一般情况下，钠和钙的化合物在积灰初始沉积层占主要地位，随着沉积层的生长，初始沉积层烧结产生强熔融产物。由于沉积层的隔热作用，沉积层外表面温度增大，这一

高温可使外表面处于液相或低粘度的外表面，从而捕集撞击颗粒的能力增大，管道迎风面积灰层生长加快。对流受热面各阶段积灰表现为非一致性，由颗粒尺寸和组分不同的连续层累积而成。图 2 为积灰型沉积的典型结构。

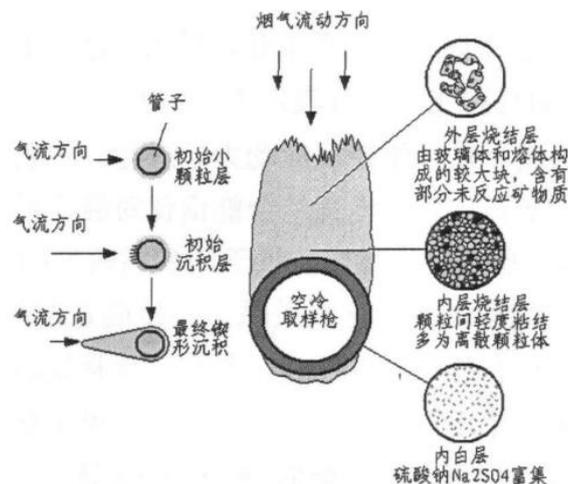


图 2 对流受热面积灰的结构

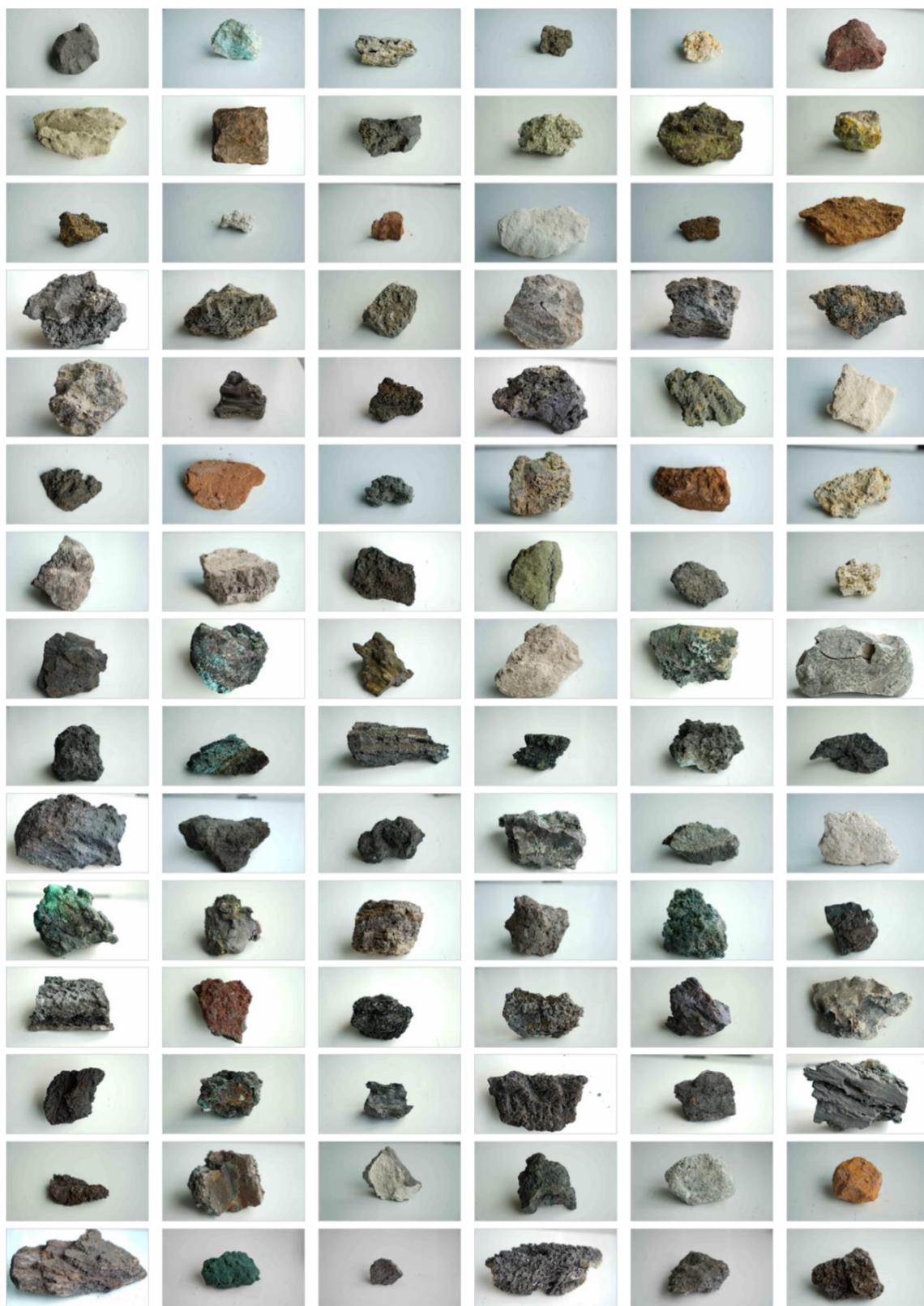
初始层出现后，一些表面具有气相凝结产物的飞灰颗粒继续沉积到受热面上，且相互之间可以发生粘结。同时由于气流涡旋效应，管子在背风面也可形成沾污。在对流受热面，管子的布置既要考虑烟气的冷却，同时也要考虑烟气可通过管束、发生的灰沉积可被吹灰装置清除。因而，在较高温的对流受热面，换热管子布置相对稀疏；而随着烟气的进一步冷却，管子内外温度梯度变小，有必要增大烟气流速和湍流强度来维持充分的换热，低温对流受热面管子布置相对加密，但是这样容易引起两根管子之间沉积灰样的相互搭桥，严重时可能堵塞部分流通面积。

■ 腐蚀 (Corrosion)

在受热面上的灰渣和受热面的相交部分，受热面的金属表面与灰渣中的熔盐发生化学反应或电化学反应，这些反应会影响金属材料的寿命。一般认为腐蚀的发生与灰中碱金属、氯、氧、硫等成分的含量密切相关。

炉内腐蚀现象可分为气相腐蚀、液相腐蚀和固相腐蚀三种，研究和应用均表明，液相腐蚀的速率高出其它两种腐蚀几个数量级以上。

灰渣样品



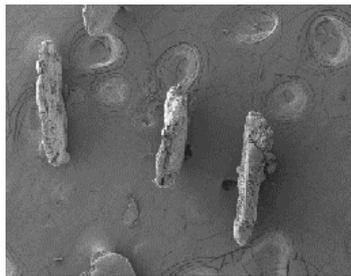
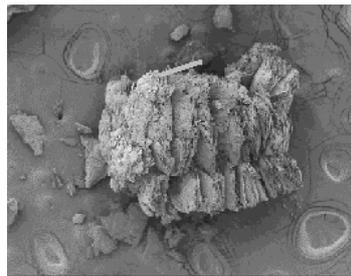
碛牌产品体系

燃料特性及其燃烧组织方式，共同决定灰渣沉积现象的发生。灰渣的沉积强度和沉积生长速率，是影响锅炉运行的关键指标。这种特性取决于多种因素，这些因素包括灰渣沉积的结构和组分两个方面。灰渣沉积的结构主要取决于沉积灰渣的物相组成与物理状态即熔融程度、烧结程度或单独颗粒间的接触程度两个因素。

为此，炉内这种烟气侧添加剂的选取要做到对症下药，结合不同燃料的特性和不同的燃烧方式，选取最佳配方和最佳制备方法。同时添加剂的最佳配方需要经过正交试验得出，并且要结合现场情况进行调整得出最佳经济用量和添加方式。

通常我们为客户制定方案时，通过利用 X-射线衍射仪(XRD)分析焦体组成成分，研判添加剂对焦块的理化特性的影响，再结合项目所用矿料的成分分析，可大致推断冶炼过程中物质的变化流程，依据我们多年研发经验和碛牌结焦抑制剂的作用机理，可以大致得出添加剂的成分。然后再在试验室内通过正交试验得出抑制结焦的最佳配比。

正交试验过程 表 1

	处理前	处理后
静态试验		
现场应用		

依据不同的炉内灰渣沉积特性，碛牌技术配制相应的产品，见表 2：

表 2 碛牌产品系列

类型	适用区域	型号
结焦	燃烧区、辐射区	Q103, Q104
	半辐射区	Q201, Q202
	高温区	Q203, Q204
积灰	中高温区	Q301, Q302
	中温区	Q303, Q304
	低温及排放区	Q401, Q402

碛牌结焦抑制剂



碛牌产品机理

碛牌添加剂由多种高活性的物质构成，为粉态制剂。添加剂可直接混入燃料，或经压缩空气喷入随烟气到达沉积区域，与炉内灰渣沉积表面发生一系列物理化学促进作用，达到提高灰熔点或干燥灰颗粒以及膨胀、分散等作用，灰渣易于被烟气剪切移除或者大块灰渣变成小块灰渣容易脱落，从而受热面变得干净，烟气流通顺畅，同时相应延缓了腐蚀。

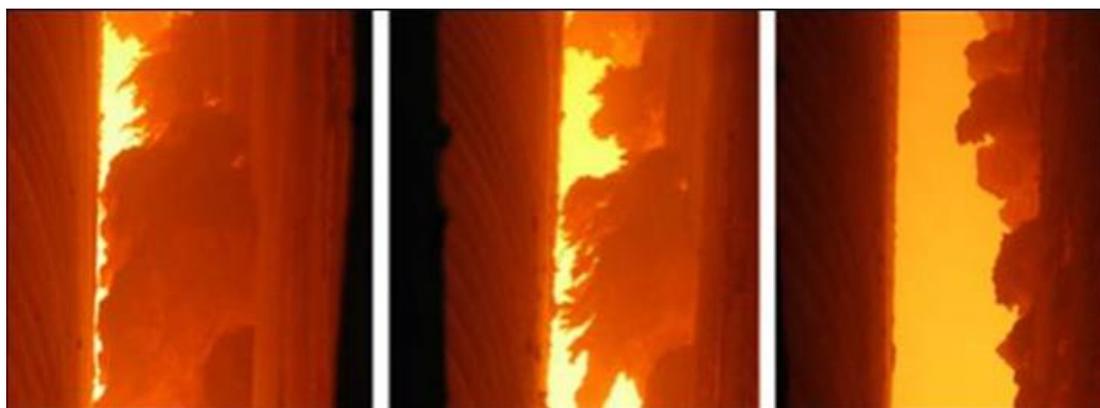
产品的经济效益主要体现在提高连续作业率和换热效率；同时可降低掉大焦或清焦带来的安全风险。

产品的主要作用机理如下：

- 1) 与灰渣组分形成高熔点化合物，灰渣变得干燥、易碎，弱化沉积物与受热面之间的连结。
- 2) 药剂渗入灰渣并与之发生体积膨胀作用，使灰渣结构不连续。
- 3) 降低灰颗粒表面的高温粘性，灰颗粒间变得松散而不团聚。
- 4) 使灰渣晶格畸变，结构弱化变得不连续，从而在渣内形成断裂层。
- 5) 绑定灰颗粒中的“问题”组分，生成稳定物质或气相挥发。
- 6) 液态熔盐移除或变干，大幅度延缓金属材料的腐蚀速率。

产品的最佳投加量一般根据经验确定。具体投加量与投加频率将根据现场情况加以调整，以获得最佳处理效果。投加频率一般不应低于每天一次。

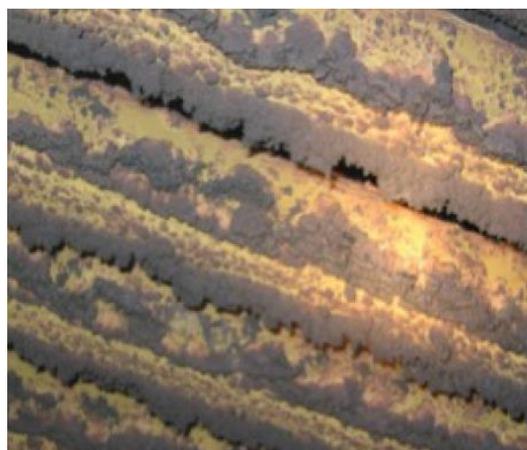
效果示例



未加药

加药24h

加药48h



处理前



处理后

碚牌产品信息

产品构成

大部分为硅、镁、铝的氧化物，以及相应保密组份。

理化指标

形态：灰土色/红褐色/灰白色粉末	挥发性：无
PH 值：7-9 或 5-7	密度（20℃）：约 0.85-1.35g/cm ³
可燃性：否	爆炸风险：无

包装

25kg 小包装、500kg 或 1000kg 码垛包装

安全说明

稳定性

腐蚀性能：对设备无腐蚀性能。

危险反应：常温下无危险反应。

毒理性资料

根据我们的长期经验和目前所能得到的资料证明，产品只要是按我们给出的建议正确使用和加工处理，对健康是不会造成伤害的。

生态学资料

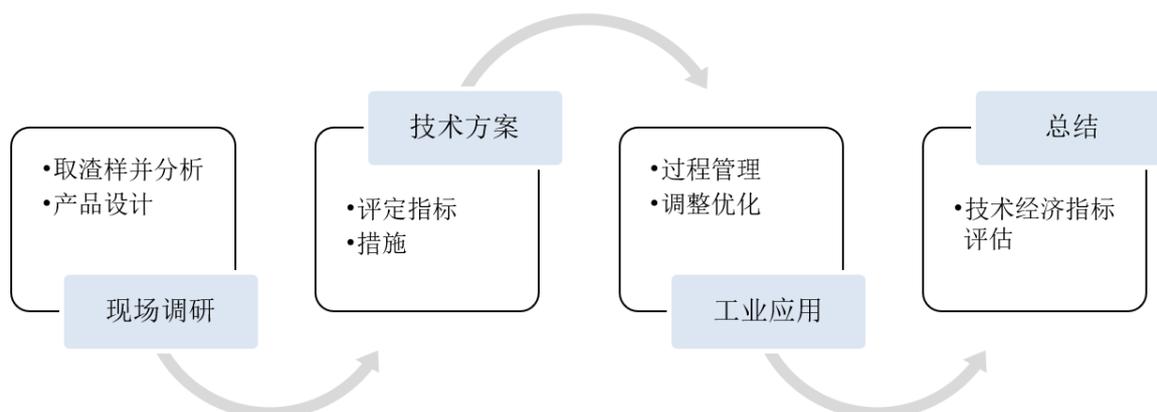
本产品未经预先处理不得排入自然水体。

储存及使用不当，随风扩散可能造成粉尘污染。

废弃处理

必须按照地方相关法律法规的要求进行适当的处置（例如进行填埋处理）。

碛牌技术流程



“碛”牌结焦抑制剂的使用方法主要与处理对象和处理环境关联，涉及燃料的组分和空间尺寸、灰颗粒和沉积层的熔融特性以及结合锅炉的结构特点和燃烧方式（设计、温度场、氧量、氛围、吹灰频次等）。

- 1) 加药点选择，依现场实际情况调整
- 2) 添加方式建议遵从服务商的意见
- 3) 药剂用量调整
 - 推荐用量依据类似项目经验
 - 在保证效果的前提下，调整至最经济用量

“碛”牌结焦抑制剂粉剂一般使用压缩空气（0.4~0.6MPa）将药剂喷入烟道（沉积区域前方）。药剂随烟气扩散并均匀覆盖沉积区域，到达灰渣表面与灰渣反应，从而达到抑制或清除结焦、结渣、积灰的目的，典型添加示意图3。

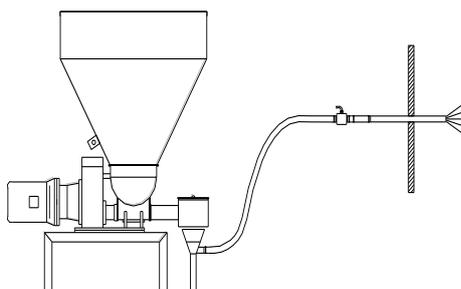


图3 药剂添加示意

用户名录



典型案例

案例一

西南某生物质电厂，其 120t/h 高温超高压循环流化床，燃料以桉树皮为主，碱金属氧化物含量较高，低屏、高过、低过等部位都有不同程度积灰现象。导致锅炉出力下降，影响运行周期，严重制约生产。

2017 年与明登科技合作，抑制锅炉积灰结块效果明显。运行过程中，对照同期工况增加负荷约 2MW。停炉检查积灰相对原来变薄、易碎裂，便于清理。经测算，使用结焦抑制剂月度合计费用约 11 万元，月度经济效益收益约 54 万元。

案例二

西北某冶炼企业，其闪速炉烟道结焦，导致喉口部截面积缩小，系统排烟受到影响，锅炉换热效率下降。经常需要进行喉口部爆破作业，严重影响生产效率且存在安全隐患。

2013 年与明登科技合作，处理闪速炉喉口部结焦，并取得显著效果，改善上升烟道粘结情况，提高系统作业率，同时能保证锅炉更加安全稳定的运行。可大幅降低停炉清焦、爆破作业的频次，同时增加金属、硫酸、蒸汽全年的产能，可创造较高的经济安全效益。

案例三

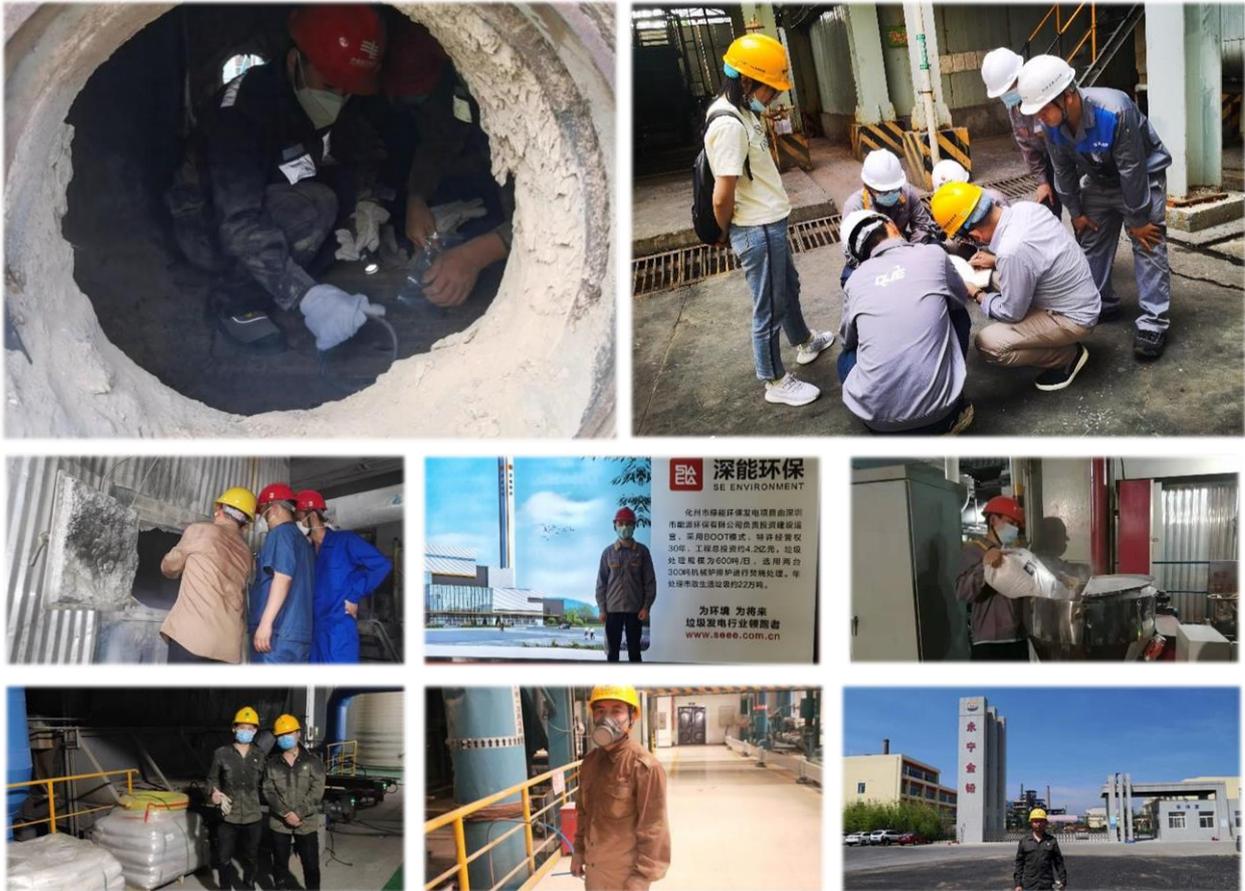
华南某垃圾焚烧厂，其 400t/d 西格斯炉排炉，炉膛出口前后墙有较为严重的结焦现象，影响烟气流通，严重制约生产周期。停炉清焦需搭设脚手架，清焦工作涉及高温、高处、受限空间、滑跌等危险因素，存在安全隐患。

2018 年与明登科技合作，处理炉膛出口结焦。结焦抑制剂作用效果明显，运行期间侧墙与双拱焦体频繁脱落，停炉时剩余少量焦块硬度下降，焦块内部较为疏松，大幅度减少了人工清焦的工作量。

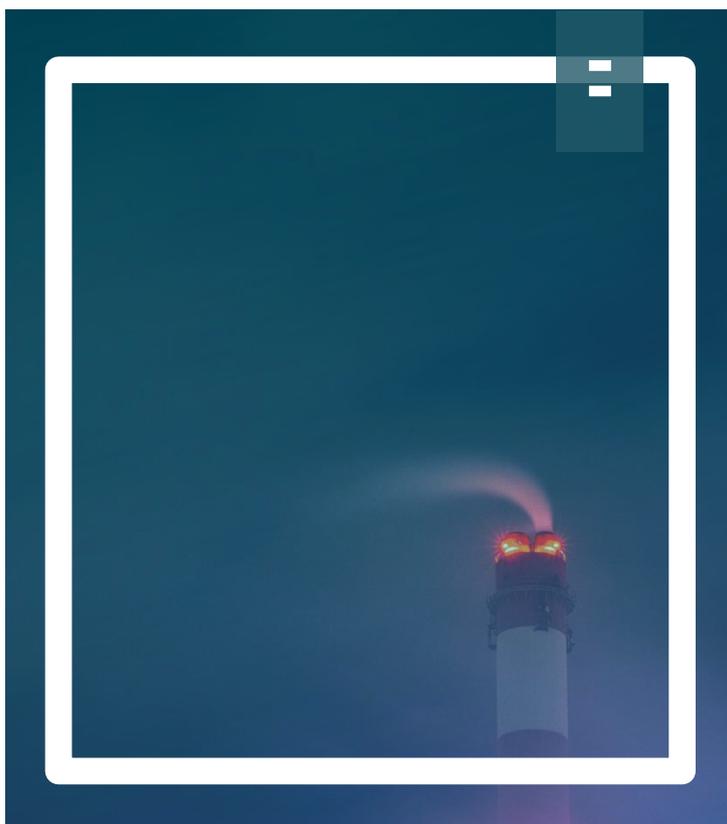
服务

明登科技始终坚持“用户体验最优”的服务理念，为每一个客户建立客户档案和项目档案，提供优质的售前、售中、售后服务。

明登科技在接到客户异常情况诉求信息后，会即时响应，并调派客户服务工程师在 24 小时内赶到项目现场，解决客户问题。针对客户实际情况，进行月度、季度或年度定期巡检，维护项目稳定运行。



厚德
诚壹
协力



值得信赖的清焦服务商



深圳市明登科技有限公司
SHENZHEN MINGDENG TECHNOLOGY CO.,LTD.

电话：0755-8831 6060

传真：0755-8321 0956

地址：深圳市南山区西丽街道智谷研发楼 F 栋 1101

邮编：518057

网站：www.szmdfireside.com

