

# 储煤堆场余煤管理及高温煤处理工艺探讨

张皓 庄鹏 汤木飞 严创 熊聪

湖北荆州煤炭港务有限公司 湖北 荆州 434100

**【摘要】**：本文深入探讨了余煤管理及高温煤处理工艺在储煤堆场中的应用，分析了煤的自燃机理、余煤管理核心理论和高温煤处理技术原则，发现余煤管理及高温煤处理潜在安全风险和监控管理中的不足，通过余煤分类与标识标准化、堆放布局优化、日常管理信息化、余煤管理工艺优化、科学分区管理、工艺实施保障措施等手段。实现“预防为主、应急高效、损失可控”的目标。对安全生产进行有效防范，物资资源进行合理配置，促进企业的可持续发展，提高企业经济效益。

**【关键词】**：露天储煤场；余煤管理；高温煤处理；智能监测；保障措施

DOI:10.12417/2811-0722.26.03.043

## 1 引言

### 1.1 研究背景

随着煤炭中转量逐年提升，堆场“余煤”（指储存周期超计划、未及时清运或掺配的煤堆，含零散煤堆、待处理残煤等）数量持续增加，且余煤因煤种混杂、堆放分散、监测难度大，成为高温煤（温度 $\geq 40^{\circ}\text{C}$ ）及自燃事故的高发区域。据珠海煤码头等同类港口数据显示，余煤引发的高温煤占总事故量的62%，不仅造成煤炭热值损失（年均超3%），还可能引发火灾、有害气体泄漏等安全环保事故，严重影响港口运营效率与经济效益。

### 1.2 研究目的与意义

本研究旨在结合露天储煤堆场现有管理体系（如《煤场定期测温自燃控制管理规定》《堆场自然煤救援应急预案》），优化余煤管理工艺，改进高温煤处理流程，实现“预防为主、应急高效、损失可控”的目标。其意义在于：一是填补储煤堆场余煤专项管理的空白，降低自燃风险；二是提升高温煤处理的标准化水平，减少经济损失；三是为长江流域同类港口提供可借鉴的“余煤-高温煤”协同管控模式。

### 1.3 研究方法 with 框架

采用“理论结合实践”“案例对比分析”方法，以煤自燃机理为理论基础，结合珠海煤码头、长春第二热电现有实践数据，构建“余煤管理-高温煤预防-应急处理-善后保障”的全流程研究框架，具体包括理论基础、现状分析、工艺优化、保障措施四大模块。

## 2 相关理论基础

### 2.1 煤自燃机理

煤自燃是煤炭与氧气发生缓慢氧化反应的放热过程，符合“氧化-升温-自燃”三阶段规律：第一阶段（氧化期），煤中活性基团（如羟基、羧基）与氧气反应，释放微量热量（温度 $\leq 30^{\circ}\text{C}$ ），无明显现象；第二阶段（升温期），当热量积累超过散热速率，煤堆温度升至 $30\text{--}60^{\circ}\text{C}$ ，出现冒热气、湿度升高现象；第三阶段（自燃期），温度突破 $60^{\circ}\text{C}$ （临界值），煤中

挥发分释放，引发冒烟甚至明火，释放 $\text{SO}_2$ 、 $\text{CO}$ 等有害气体。余煤因堆放时间长（超3个月）、通风条件差，更易进入升温期甚至自燃期。

### 2.2 余煤管理核心理论

余煤管理以“风险分级管控”“PDCA循环”为核心：一是风险分级，根据煤种（高硫煤、高挥发分煤风险高）、储存周期（超3个月风险高）、堆存量（ $< 500$ 吨零散余煤风险高），将余煤划分为“红（高风险）、黄（中风险）、蓝（低风险）”三级；二是PDCA循环，通过“计划（制定余煤堆放与清理计划）-执行（落实分类堆放与巡检）-检查（定期评估余煤风险）-改进（优化堆放方案）”，实现余煤动态管控。

### 2.3 高温煤处理技术原则

结合储煤堆场应急预案与行业实践，高温煤处理需遵循“三优先、两禁止”原则：优先保障人员安全，优先控制火势蔓延，优先采用环保处理方式；禁止向高温煤堆盲目灌水（易导致热量扩散），禁止将未处理的高温煤接入皮带系统（易引发输送线火灾）。

## 3 储煤堆场余煤管理与高温煤处理现状及问题

### 3.1 现状分析

#### 3.1.1 余煤管理现状

露天储煤堆场，余煤主要来源于三方面：一是未及时装船的残煤（占比45%），二是不同煤种掺配后剩余的混合煤煤（占比30%），三是洒落煤回收形成的零散煤堆（占比25%）。目前采用“就近堆放”模式，未明确分类标准，且日常巡检依赖人工（每班1次），缺乏信息化监测手段，导致余煤“煤种不清、周期不明、风险未知”的问题突出。

#### 3.1.2 高温煤处理现状

参考珠海煤码头“四程度分级”（一般、较大、重大、特别重大），高温煤年均发生约80起，其中65%由余煤引发。处理流程分为：发现（人工巡检或热电偶报警）-上报（库场员→值班长→值长）-处置（洒水车喷淋+装载机倒煤）-善后（复

燃监测)。现有测温系统采用“冬春季 30℃、夏秋季 40℃”报警阈值,但热电偶仅安装于挡煤墙 3 米、10 米高度,对余垛等低矮煤堆覆盖不足;应急设备(如正压式空气呼吸器、高压喷枪)储备集中于主堆场,余垛区域响应时间超 15 分钟,存在延误风险。

### 3.2 现存问题

#### 3.2.1 余垛管理问题

(1) 分类不清晰:未按煤种、储存周期分级,高硫煤余垛与低风险煤混放,增加交叉自燃风险;(2) 堆放不规范:余垛多挤占主堆场通道,部分零散煤堆无标识牌,导致“取旧存新”原则难以落实;(3) 监测不到位:人工巡检频率低(每班 1 次),且缺乏余垛专属测温设备,高温隐患发现滞后。

#### 3.2.2 高温煤处理问题

(1) 预防环节薄弱:热电偶覆盖不全,余垛区域无独立报警系统,高温初期(30-40℃)难以及时发现;(2) 应急响应低效:余垛多分布于堆场边缘,应急设备转运时间长,且人员职责衔接不畅(如库场员与流机司机沟通延迟);(3) 善后管理缺失:高温煤处理后仅监测 2 小时,未建立长期复燃跟踪机制,且处理数据(如耗水量、机械工时)未归档,难以优化工艺。

## 4 余垛管理工艺优化

### 4.1 余垛分类与标识标准化

#### 4.1.1 三级分类标准

基于“风险分级管控”理论,制定余垛分类指标(表 1):

风险等级	煤种特性	储存周期	堆存量	自燃风险特征
红色(高)	高硫( $S > 2\%$ )、高挥发分( $Vdaf > 30\%$ )	>3 个月	500-1000 吨	温度 $\geq 35^\circ\text{C}$ , 易冒热气
黄色(中)	中硫( $1\% \leq S \leq 2\%$ )、中挥发分( $20\% \leq Vdaf \leq 30\%$ )	2-3 个月	200-500 吨	温度 25-35℃, 湿度升高
蓝色(低)	低硫( $S < 1\%$ )、低挥发分( $Vdaf < 20\%$ )	<2 个月	<200 吨	温度 $\leq 25^\circ\text{C}$ , 无异常现象

#### 4.1.2 统一标识管理

每个余垛设置“三色标识牌”,标注内容包括:煤种、入堆时间、风险等级、责任人、巡检记录栏。标识牌安装于余垛顶部显眼处,且与港口生产管理系统关联,扫码即可查看余垛全生命周期数据(如测温记录、掺配计划)。

### 4.2 余垛堆放布局优化

#### 4.2.1 分区堆放模式

将现有堆场划分为“余垛专属区”(位于主堆场东侧,远

离作业主干道),并按风险等级分区:红色区:独立设置,与其他区域间距 $\geq 10$ 米,配备独立喷淋系统与测温设备;黄色区:紧邻红色区,间距 $\geq 5$ 米,设置临时通道便于机械作业;蓝色区:靠近主堆场,便于快速掺配或装船,减少存放周期。

#### 4.2.2 “双优先”堆放原则

(1) 取旧存新优先:余垛按入堆时间排序,相同风险等级下,先堆放的余垛优先安排掺配或清运;(2) 同煤种集中优先:避免不同煤种余垛混放,尤其高硫煤与低硫煤分开,防止交叉氧化。

### 4.3 余垛日常管理信息化

#### 4.3.1 智能监测系统搭建

引入“物联网+移动巡检”系统:(1) 硬件部署:在红色、黄色余垛区域安装无线测温传感器(每 50 吨 1 个),监测频率 15 分钟/次,数据实时上传至生产管理系统;蓝色余垛采用便携式测温仪(库场员巡检时使用);(2) 移动巡检 APP:库场员配备平板电脑,APP 自动生成巡检路线(覆盖所有余垛),需记录温度、湿度、煤堆外观等信息,异常情况一键上报。

#### 4.3.2 动态清理计划

基于 PDCA 循环,制定余垛清理计划:

红色余垛:每周评估 1 次,优先安排掺配(如与低硫煤混合入炉),30 天内未处理需倒垛降温;黄色余垛:每两周评估 1 次,2 个月内未处理需转入红色区;蓝色余垛:每月评估 1 次,1 个月内未处理需明确清运时间,避免升级为中高风险。

## 5 高温煤处理工艺改进

### 5.1 预防阶段:高温煤早期识别与控制

#### 5.1.1 测温系统优化

构建“立体测温网络”:(1) 固定监测:在余垛专属区增设热电偶(高度 1.5 米,覆盖所有红色、黄色余垛),报警阈值调整为“冬春季 28℃、夏秋季 38℃”,提前 2℃预警;(2) 移动监测:库场员每班携带点温计(精度 $\pm 1^\circ\text{C}$ ),对蓝色余垛及边缘区域测温,重点关注煤堆缝隙、底部(易积热);(3) 气体监测:在红色余垛区域安装 CO 传感器(报警浓度 $\geq 20\text{ppm}$ ),辅助判断氧化程度(CO 浓度升高预示自燃风险加剧)。

#### 5.1.2 余垛预降温措施

对红色余垛采取“预防性喷淋”:(1) 频率:夏秋季每天 1 次,冬春季每 3 天 1 次;(2) 方式:采用雾状喷淋(避免水流冲刷导致煤堆塌陷),喷淋时间以煤堆表层湿润为准(约 10-15 分钟/垛);(3) 禁忌:禁止在雨天或煤堆湿度 $> 20\%$ 时喷淋,防止热量积聚。

## 5.2 应急阶段：高温煤分级处理流程

表2 做好高温煤应急预案，按高温煤严重程度细化处理流程

严重程度	判定标准	响应时间	处理流程	责任人
一般	温度 40-60℃, 无明火, 局部冒热气	≤5 分钟	1.洒水车雾状喷淋; 2.装载机将高温区域煤摊开 (厚度≤0.5 米); 3.每 30 分钟测温	库场员
较大	温度 60-80℃, 局部明火, 面积 <10 m <sup>2</sup>	≤3 分钟	1.关闭周边皮带机, 设置警戒区; 2.挖掘机挖除明火区域煤 (运至空地); 3.高压喷枪降温	值班长
重大	温度 >80℃, 明火面积 10-50 m <sup>2</sup> , 无蔓延	≤2 分钟	1.隔离着火区域 (装载机掏开周边煤堆, 间距≥5 米); 2.洒水车+消防栓联合降温; 3.疏散非作业人员	值长
特别重大	温度 >100℃, 明火面积 >50 m <sup>2</sup> , 蔓延快	≤1 分钟	1.扩大隔离区 (下风向 50 米内禁入); 2.拨打 119 请求外部救援; 3.转移周边设备	生产运营部主任

关键处理技术改进：(1) 余煤高温煤倒垛优化：采用“分层掏取”法，先掏取煤堆表层（温度较低），再处理核心高温区，避免机械直接接触明火导致设备损坏；(2) 降温介质升级：对靠近中心柱的余煤高温煤，禁用石灰水（防止堵塞料斗），改用“水+环保型抑燃剂”（浓度 5%），既降温又抑制氧化；(3) 人员防护强化：处理温度 >60℃ 的高温煤时，人员必须佩戴正压式空气呼吸器（而非普通防毒口罩），并穿着防烫服，避免 SO<sub>2</sub>、CO 中毒及烫伤。

## 5.3 善后阶段：复燃防控与数据归档

### 5.3.1 复燃监测机制

延长监测时间至 4 小时（原 2 小时），并分阶段记录：(1) 0-1 小时：每 15 分钟测温 1 次，观察是否有烟气；(2) 1-2 小时：每 30 分钟测温 1 次，确认温度 ≤55℃；(3) 2-4 小时：每 60 分钟测温 1 次，确保无复燃迹象。

### 5.3.2 数据归档与分析

建立“高温煤处理台账”，记录内容包括：(1) 基础信息：余煤编号、煤种、处理时间、严重程度；(2) 过程数据：耗水量、机械工时、人员配置、降温介质用量；(3) 结果数据：处理后温度变化、复燃情况、经济损失（如热值损失）。每月由生产部汇总分析，识别高频问题（如某区域余煤反复高

### 参考文献：

- [1] 赵鹏,郝晗.珠海煤码头公司堆场式高温煤处理标准工艺探讨[J].神华科技, 2015, 000(003):83-85,89.
- [2] 邓军,刘登祯.煤自燃监测预警技术研究进展及展望[J].工矿自动化, 2025, 51(7):1-14.
- [3] 刘国强.露天储煤场存在的自燃风险和防范[J].消防界(电子版),2018,4(14):62-62.
- [4] 祁晓娟.数字化煤场管理系统在火电厂中的应用[J].中文科技期刊数据库(全文版)工程技术,2025(3):182-185.

温），优化管理工艺。

## 6 工艺实施保障措施

### 6.1 制度保障

完善现有制度体系：(1) 制定余煤管理专项规定，明确分类、堆放、巡检的具体要求；(2) 修订高温煤处理应急预案，细化分级处理流程与人员职责；(3) 建立“责任追溯制”，余煤管理与高温煤处理的每环节均明确责任人，出现问题依规追责。

### 6.2 人员保障

(1) 培训体系：每季度开展 1 次专项培训，内容包括余煤分类标准、测温设备使用、高温煤应急操作；每年组织 2 次应急演练（模拟重大程度高温煤事故），提升协同能力；(2) 人员配置：在余煤专属区增设 2 名专职巡检员（负责日常监测），应急阶段成立“流机调度小组”（含装载机、挖掘机司机各 3 名），确保设备快速响应。

### 6.3 物资与技术保障

(1) 物资储备：在余煤专属区设置应急物资库，储备高压喷枪（5 套）、正压式空气呼吸器（10 套）、抑燃剂（200L）、便携式测温仪（8 台），每月检查 1 次物资完好率；(2) 技术合作：与中国矿业大学（徐州）合作，研发“余煤自燃风险预测模型”，通过煤种、温度、湿度等数据预测高温风险，提前 72 小时预警。

## 7 结论与展望

### 7.1 研究结论

本研究通过优化余煤管理与高温煤处理工艺，形成“余煤-高温煤”专属的管控方案：(1) 余煤管理方面，建立“三级分类-分区堆放-智能监测”体系，可降低余煤自燃风险 40% 以上；(2) 高温煤处理方面，构建“立体测温-分级响应-善后跟踪”流程，可将应急响应时间缩短至 5 分钟内，复燃率控制在 5% 以下；(3) 通过制度、人员、物资保障，确保工艺落地，预计每年减少煤炭热值损失 2%，降低安全事故率 30%。

### 7.2 未来展望

(1) 技术升级：引入 AI 视觉监测系统，通过摄像头识别煤堆冒烟、明火等现象，“实现自动报警-自动调度”；(2) 绿色处理：研发环保型抑燃剂，替代传统石灰水，减少对土壤、水体污染；(3) 行业推广：整理为“余煤-高温煤”协同管控标准，供长江流域同类港口参考，推动行业整体管理水平提升。