

燃料采制化对电厂热值差的影响探析

黄彦龙

内蒙古大唐国际克什克腾煤制天然气有限责任公司 内蒙古 赤峰 025350

摘要：燃料采制化过程中的技术和管理因素对电厂热值差（入厂煤与入炉煤热值差）产生显著影响，随着电力市场的不断发展与燃料工作的逐渐完善，在电厂管理中热值差管理就更加需要加强管理，并能够有效的提升其管理质量与管理效率。这就要求在电力企业发电过程中能够对其热值差进行科学管理。

关键词：燃料采制化；电厂；热值差

为了降低电厂热值差并提高能源利用效率，探讨了燃料采制化过程对电厂热值差的影响。阐述了燃料质量、采样方法、制样过程以及化验分析等因素对电厂热值差的影响机制。针对影响因素，提出了相应的质量控制策略，包括燃料质量控制策略、采样方法的质量控制、制样过程的质量控制以及化验分析的质量控制。提出了提高燃煤质量、优化采样方法、加强制样过程管理和提升化验分析准确性的具体策略与建议。

1 燃料采样过程中的关键环节

1.1 空间布点设计。煤堆采样，需覆盖顶、腰、底三层，从距地面0.5米处起始，每升高1米取一个子样，左右间隔1米延伸取样。取样铲需垂直插入煤堆，挖坑深度40公分，每个子样不少于2公斤；遇到矸石、黄铁矿等杂质不得舍弃。车厢采样，卸车前完成取样，沿车厢对角线布点：首尾子样距车角1米，间隔1米取子样，坑深50公分。粒度 $>150\text{mm}$ 的煤块需破碎后并入样品，确保包含全部组分。

1.2 操作规范性。设备与流程控制，采样前需校验设备精度，明确方案交底；采样中实时复核点位选取及操作动作。样品封装需严格标识，防止混淆或污染；使用密闭容器保存水分敏感样品。质量监督机制，采用“现场+远程”双监督：现场监管：人员全程跟踪流程，核对关键动作（如破碎完整性、缩分比例）。远程追溯：通过高清摄像头记录采样区域，智能识别违规操作（如漏采边缘点位）。

1.3 特殊场景处理。不均匀煤质：增加子样数量，分层取样或使用全断面机械采样设备。高水分煤：缩短采样至化验周期，避免水分蒸发导致热值偏差。

1.4 误差控制要求。精密度验证：定期进行偏倚试验，确保子样数、总样质量符合GB/T 19494.1标准。数据一致性：同一批次煤样需在5日内完成水分测定与热值校准。通过全流程闭环管控（点位规范→操作追踪→数据

复核），可将采样偏差控制在0.5%以内。

2 燃料制样时需要注意的问题

2.1 制样流程核心控制点。破碎环节，逐级破碎：先用颚式破碎机将煤样粗碎至25mm以下，再经锤式破碎机中碎至3mm以下，最后用制样粉碎机细碎至0.2mm以下；手工操作需在钢板完成粗碎后转入钢乳钵细碎。防污染措施：每次破碎前清洁设备，必要时用待制煤样冲洗设备，铁屑需用磁铁清除。筛分与混合，逐级筛分：使用13mm、6mm、3mm筛网分级筛选，未通过筛网的煤样需返回重新破碎。均匀混合：采用堆锥法（锥顶均匀撒落三次后压平）或机械混合器，确保样品组分分布一致。缩分操作规范，方法选择：堆锥四分法：堆锥后十字分割，取对角样品；二分器法：适用于干燥煤样，无需预混合；九点取样法：专用于全水分煤样缩分。重量控制：二级制样后保留 $\geq 3.75\text{kg}$ （粒度 $<3\text{mm}$ ），发热量测定样品 $\geq 500\text{g}$ 。干燥处理要求，潮湿煤样需在 $\leq 50^\circ\text{C}$ 干燥箱处理2小时，避免高温导致挥发分损失。干燥后立即进行后续处理，防止水分重新吸收。

2.2 特殊场景应对。易氧化煤：缩短制样时间，优先采用机械制样程序以减少方差（ $V_p T < 0.2$ ）。全水分样品：单独分样处理，缩分后需密封保存并5日内完成测定。

2.3 设备与维护。精度保障：缩分设备需满足切割随机性要求（首次切割在随机间隔进行）。三级保养：日常：清洁设备、润滑关键部件；月度：紧固部件、测试安全装置；年度：解体检查、更换磨损件并校准精度。

2.4 质量控制措施。密封保存：分析用煤样必须全部通过0.2mm筛网，密封防氧化。误差验证：定期进行偏倚试验，确保制样方差符合GB/T 19494.1标准。严格执行上述规范，可将制样偏差控制在0.5%以内，保障后续化验数据可靠性。

3 燃料化验分析的方法和标准

3.1 核心理化指标检测方法。热值测定,量热法:使用氧弹量热仪燃烧样品,通过水温变化计算发热量(高位/低位热值),需校准苯甲酸标准物质。标准燃烧法:适用于液态燃料,通过控制燃烧条件推算热值。组分含量分析,水分:烘干称重法(固体燃料):105℃烘至恒重计算质量损失;卡尔费休法(液体燃料):电化学滴定测定微量水分。灰分:815℃马弗炉灼烧至恒重,残留物占比即灰分含量。挥发分:900℃隔绝空气加热7分钟,失重减去水分即为挥发分。硫含量:酸碱滴定法(总硫);库仑滴定法(高精度测硫);波长色散X射线荧光法(ASTM D4294)。物理性质检测,密度:比重瓶法(液体燃料)或真密度仪(固体燃料)。粘度:旋转粘度计测定液体流动性。闪点:闭口杯法评估燃料安全性(如GB/T 261)。

3.2 燃料类型差异化标准。固体燃料(煤炭/生物质),国标体系:灰分/挥发分检测遵循GB/T 212,全硫检测按GB/T 214。样品要求:分析煤样粒度 $\leq 0.2\text{mm}$,密封防氧化。液态燃料(燃油/乙醇),乙醇燃料:乙醇纯度:ASTM D5501气相色谱法;抗爆性:研究法辛烷值(RON)按GB/T 5487测定。硫限制:车用燃油硫含量 $\leq 10\text{ppm}$ (GB 17930)。气体燃料(天然气/煤气),成分分析:GC-MS联用检测 $\text{CH}_4/\text{H}_2/\text{CO}$ 等组分;热值校准:气体流量计结合燃烧热计算。

3.3 质量保证措施。设备校准:量热仪每日用标准苯甲酸校验,色谱仪定期标定;数据复核:平行样偏差需 $< 2\%$,异常数据启动复检流程;时效控制:全水分样品需5日内完成检测。检测方法选择需严格匹配燃料类型及目标指标,如生物质燃料灰分检测需考虑碱金属干扰修正。

4 燃料采制化对电厂热值差的影响

4.1 采样偏差如何影响电厂热值差。采样偏差对电厂热值差的影响主要体现在采样的非代表性和系统性误差两个方面,具体机制及影响程度如下:煤质不均匀引发的粒度偏差,大颗粒煤漏采,煤中 $> 100\text{mm}$ 的矸石或块煤在运输中因重力作用沉降至车厢底部,人工采样时通常仅采集表层煤样,机械采样头难以触及底层大块物料,导致采样结果无法反映真实煤质。后果:入厂煤热值虚高(因漏采矸石),入炉煤热值实测偏低,热值差扩大。例如某电厂漏采底层矸石后,单车厢煤样灰分极差达24.44%(最小值36.45%vs最大值60.89%)。粒度分布失真,煤粒度不均时,常规子样数无法覆盖质量波动。若未按GB/T 475标准动态增加子样数(如灰分 $> 20\%$ 时需提高采样密度),采样精密度从 $\pm 2\%$ 恶化至 $\pm 5\%$ 以上。数据影响:采样精密度每降低1%,热值差可能扩大

0.3–0.5 MJ/kg。量化影响与修正案例,水分干扰:若入厂煤表面含水率 $> 1\%$,实测热值降低0.138–0.335 MJ/kg;存储超15天燃煤挥发分损失28.5%时,热值衰减4.8%。修正公式:

入炉煤修正热值 = 实测热值 $\times (100 - \text{入厂煤全水}) / (100 - \text{入炉煤全水})$

未校正时热值差人为放大。质量控制措施,技术改进,采用全断面螺旋采样机,强制采集车厢角落及底层煤样;针对灰分 $> 20\%$ 的煤,子样数增加50%并按分层布点法采样。管理强化,建立煤样追溯机制,确保入厂/入炉煤批次匹配;每月执行偏倚试验,控制采制化总方差 < 0.04 (GB/T 19494.1)。

4.2 系统偏差如何影响电厂热值差。系统偏差对电厂热值差的影响体现为可复现的定向误差,主要源于设备校准缺失、计算逻辑缺陷及管理流程疏漏,设备系统性校准缺失,量热仪基准失真,未每日用苯甲酸标定量热仪,导致热值测定持续偏高或偏低(如某电厂校准缺失后热值差扩大402 J/g)。高温设备控温失准,灰分炉温偏差 $> 10^\circ\text{C}$ (国标要求 $815^\circ\text{C} \pm 10^\circ\text{C}$),灼烧残留物质量异常,间接扭曲热值计算。计算模型固有偏差,水分校正公式误用,未按入炉煤修正热值 = 实测值 $\times (100 - \text{入厂煤全水}) / (100 - \text{入炉煤全水})$ 调整,水分波动1%可引发0.138–0.335 MJ/kg热值差。批次匹配逻辑错误,将不同期入厂煤与入炉煤数据强行对比(如用上月入厂煤对比本月入炉煤),人为制造虚假热值差。修正措施与效果,校准强化:量热仪每日标定+灰分炉温实时监控,可将化验误差压缩至总方差的4%以内;算法优化:同期煤比对与水分动态修正,消除计算模型偏差;流程再造:高挥发分煤优先消耗(存储 ≤ 7 天);实施采制化三级校验制度,系统偏差超限自动触发追溯机制。

4.3 煤炭含水率对电厂热值差的影响。水分对热值的直接稀释效应,热值衰减规律,全水分每增加1%,收到基低位发热量降低250–335 J/g。例如:全水40%的褐煤发热量可降至12.5 MJ/kg以下;全水3%的低灰焦煤发热量可达29.40 MJ/kg以上。机理:水分占据煤中可燃物质量比例,降低单位质量有效燃料含量。燃烧过程的能量损耗,水分蒸发需消耗大量汽化热(约2260 kJ/kg),直接减少有效热量利用率。当水分 $> 45\%$ 时,燃烧过程无法维持。水分差导致测量基准失真,入厂与入炉煤水分差异,未校正水分差的热值对比会人为放大热值差。例如:入厂煤全水8%,入炉煤全水12%,若不校正则入炉煤实测热值偏低约1.1–2.7 MJ/kg。优化措施与案例分析,水分控制技术,高挥发分煤存储 ≤ 7 天,减少氧化水分

损失（存储超15天热值衰减4.8%）；采用滚筒干燥或微波脱水技术预处理高水分煤。管理改进，建立水分-热值动态修正模型，实时校准数据；优先消耗高水分煤，筒仓存煤半年热量损失控制在1-6%。某电厂通过水分校正公式应用，将热值差从超标值压缩至402 J/g以内。

5 电厂热值差管理策略

5.1 强化煤场管理。分类存放与压实：按煤场结构图定点分类存储，用推煤机压实煤堆，减少氧化损失（挥发分 $\geq 28.5\%$ 煤种存放超15天热值衰减达4.8%）。烧旧存新原则：优先消耗高挥发分煤（存储 ≤ 7 天），避免自燃和热值损失（褐煤存放半年热值损失可达6%）。

5.2 优化采制化流程。采样环节：入厂煤车车采样、天天化验，采样头开口宽度 $\geq$ 最大粒度3倍，执行“双螺旋钻取+表层刮扫”操作，减少边缘煤遗漏（采样偏差占系统误差的80%）。入炉煤中部采样机定期维护，确保故障及时修复。制样规范：全水分样品单独封装并在5日内检测，二分器缩分控制给料厚度 $\leq 10\text{mm}$ ，往复摆动3次分样，避免水分蒸发导致干基热值虚高。

5.3 严格检测与监控。设备校准：量热仪每日用苯甲酸标定，灰分炉温实时监控（国标 $815^\circ\text{C}\pm 10^\circ\text{C}$ ），将化验误差压缩至总方差4%以内。三级抽检制度：班组自查5%、部门复检3%、集团抽检1%，存查样保留 ≥ 3 个月，偏差超限自动追溯。

5.4 管理流程再造。高水分煤预处理：采用滚筒干燥或微波脱水技术，减少水分对热值的稀释（全水分 $> 45\%$ 时燃烧无法维持）。数据闭环管理：建立煤矿煤质数据库，更新挥发分、硫分参数，实施热值差月度核算与动态修正。通过上述措施，电厂可将热值差从超标值（如 $>$

600 J/g）降至402 J/g以内。

5.5 如何通过采制化控制电厂热值差。强化采样环节代表性控制，增加子样数与深度，对不均匀煤种（如粒度 $> 100\text{mm}$ 或含矸石）增加子样数量，确保车厢全断面、全深度采样，避免底部劣质煤漏采。机械采样设备需定期校准，确保采样头能触及车厢底部（避免10-20cm底煤漏采），防止供煤方在底层掺杂矸石。分层采样与方案优化，制定针对性采样方案，对高偏析煤种采用分层采样，减少大颗粒煤矸石滚落导致的边缘样本缺失。规范制样与化验操作，制样标准化，严格按国标破碎至规定粒度（ $< 0.2\text{mm}$ ），定期检查破碎机出料均匀性，避免制样误差叠加。化验精度保障，定期维护量热仪等设备，实施实验室质控（如盲样对比、存查样抽检），减少人为操作偏差。统一入厂、入炉煤热值计算基准：入炉煤热值需按入厂煤同期全水数据调整，确保可比性。煤场管理与存煤优化，减少热值自然损失，压实煤堆、分类存放，执行“烧旧存新”原则，缩短存煤周期。

总之，通过优化燃煤质量、改进采样方法、加强制样过程管理以及提升化验分析准确性，可以有效降低电厂热值差，进而提升能源利用效率并降低生产成本。这些策略和建议对于电厂实现高效、环保、可持续发展具有重要意义。

参考文献

[1]李贞.浅析煤炭热值差对燃煤电厂经济效益的影响与对策.2020.

[2]郑艳红.浅析燃料采制化对电厂热值差的影响探析.2023.