

前 言

本文件按照GB/T 1.1-2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》给出的规则起草。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别这些专利的责任。

本文件由中国钢铁工业协会提出。

本文件由全国钢标准化技术委员会（SAC/TC183）归口。

本文件起草单位：山东钢铁集团日照有限公司、冶金工业信息标准研究院、广东松山职业技术学院、鞍钢集团钢铁研究院、广东省冶金能源协会、睿之路（杭州）科技有限公司。

本文件主要起草人：杨金光、张作程、徐大勇、栾彩霞、仇金辉、罗国民、马振军、张若鹏、刘祥官、闫青林、王姜维、周勇、程伟华。

工业和信息化部标准报批公示

工业和信息化部标准报批公示

工业和信息化部标准报批公示

工业和信息化部标准报批公示

工业和信息化部标准报批公示

工业和信息化部标准报批公示

高炉节能监控技术规范

1 范围

本文件规定了高炉节能监控的术语和定义、技术要求、节能监控模块、高炉节能测量与评价系统、节能监控报告等内容。

本文件适用于钢铁生产企业高炉炼铁工序节能监控。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

- GB/T 2589 综合能耗计算通则
- GB 17167 用能单位能源计量器具配备和管理通则
- GB 21256 粗钢生产主要工序单位产品能源消耗限额
- GB/T 21368 钢铁企业能源计量器具配备和管理要求
- GB/T 34193 高炉工序能效评估导则
- GB/T 32287 高炉热风炉热平衡测定与计算方法
- YB/Txxxx 高炉工序节能诊断技术规范

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

热风炉自动燃烧控制 hot blast stove automatic combustion control

利用机械、电气或计算机等组合的主动控制系统，实时优化煤气流量和空燃比，实现燃烧过程高效、节能和稳定的自动化控制。

4 技术要求

4.1 系统基础要求

4.1.1 高炉节能监控系统以高炉一级操作系统、二级过程控制系统和三级生产管理系统为基础，且应满足规范中节能监控要求，建立高炉节能监控与诊断系统，给出节能监控报告。

4.1.2 建立完善的高炉基础自动化监控系统，配置高炉节能相关系统典型界面，至少应包括附录 A 中表 A.1 中内容。

4.1.3 建立高炉操作过程监控系统，包括高炉各系统数据监控界面、炉况诊断系统、高炉工序能耗诊断分析、高炉节焦潜力动态分析等。

4.1.4 建立高炉生产管理系统，负责生产数据统计、检化验信息管理、计量信息管理、设备管理、能源

YB/T XXXXX—XXXX
 信息管理等。

4.2 装备要求

4.2.1 建立完善的硬件系统，包括一级基础自动化（L1），主要完成生产过程的数据采集和初步处理，数据显示和记录，数据设定和生产操作，执行对生产过程的连续调节控制和逻辑顺序控制；二级过程控制系统和数据库系统（L2），主要完成生产过程的作业指导、作业管理、数学模型与专家系统、数据处理和存储、报表、通信等；三级生产管理系统（L3），主要完成生产计划的接收、检化验管理、能源信息管理、计量信息管理、设备管理等生产控制与管理。网络架构示意图见图1。

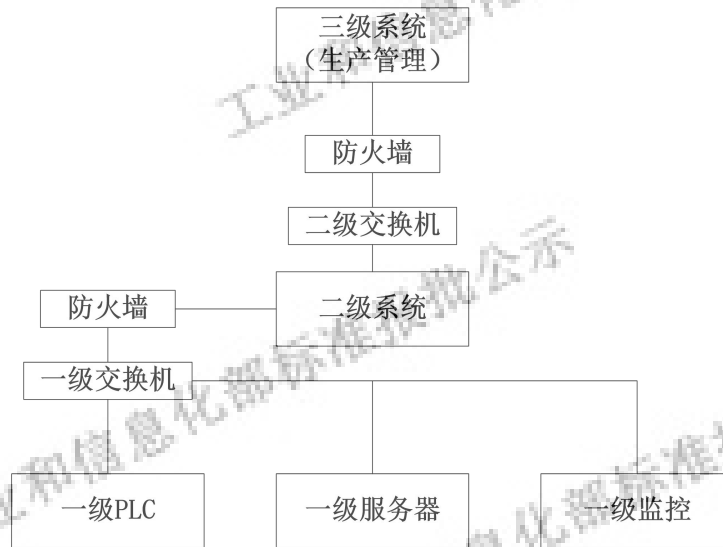


图1 高炉网络架构示意图

4.2.2 能源计量器具配备情况，应按 GB 17167、GB/T 21368 等相关要求执行。

4.3 高炉工序边界划分

高炉工序边界以原燃料及耗能介质输入为起点，以工序产品铁水及副产品炉渣、煤气、除尘灰、蒸汽（热水）、电能输出为终点，边界划分示意图见图2。

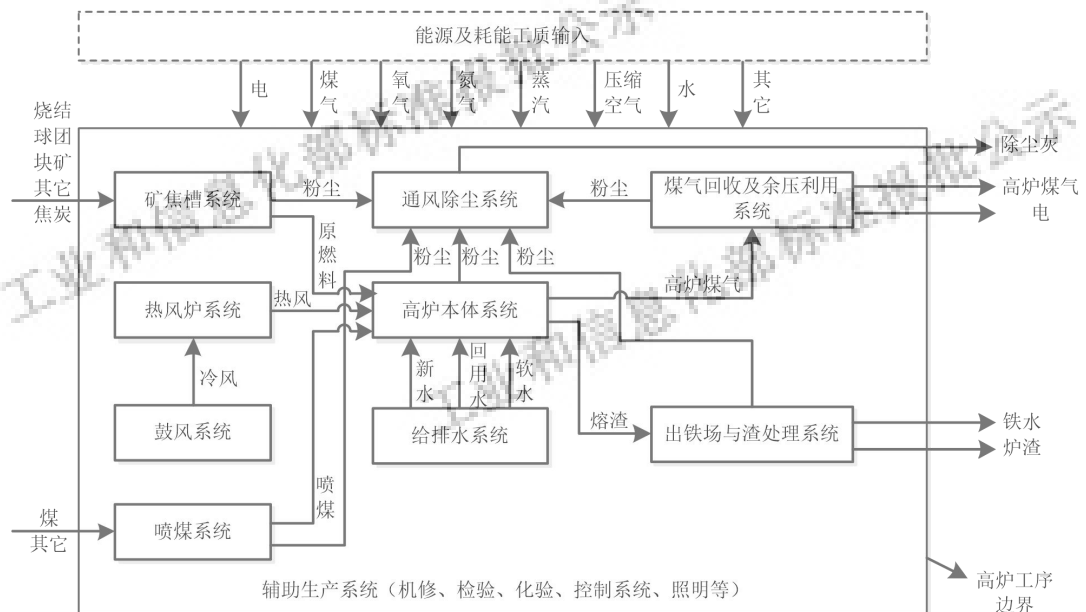


图2 高炉工序边界划分示意图

高炉节能监控范围应包括高炉本体系统、出铁场及渣处理系统、热风炉系统、鼓风机系统、喷煤系统（含富氧喷吹）、矿焦槽系统、煤气回收及余压利用系统、给排水系统、通风除尘系统等；不包括铁水运输、生铁铸造、水渣处理等产品及副产品的输送和加工。

4.4 高炉监控参数

高炉需监控的参数，应包括但不限于以下内容：

- a) 高炉操作参数：矿批重量，焦批重量，焦炭负荷，布料矩阵，风量、风温、风压、富氧率、鼓风湿度、炉顶压力、炉顶煤气温度、风口风速、鼓风动能、理论燃烧温度、风口面积、炉顶煤气利用率、炉顶煤气成分、全炉热负荷；风口破损数量，高炉悬料、滑料、管道等异常炉况次数；
- b) 高炉经济技术指标：高炉原料结构，入炉品位，利用系数、焦比、煤比、焦丁比、高炉休风率；
- c) 原燃料技术指标：入炉原料（烧结矿、球团矿、块矿等）化学成分、转鼓、还原性、RDI、熔化特性、平均粒度、入炉粉末率等；入炉燃料（含喷吹煤粉）固定碳、抗碎强度、耐磨强度、反应后强度、反应性、灰分、挥发分、硫分、水分、有害元素、平均粒度、入炉粉末率等；入炉辅料（如锰矿、萤石等）化学成分；
- d) 产品信息：铁水产量及其成分和温度，炉渣量及其成分和温度，除尘灰量及其成分和副产品信息；
- e) 能源信息：水、电、鼓风、蒸汽、煤气、压缩空气、氧气、氮气、TRT、喷煤、煤气回收、热风炉系统、鼓风机系统、余热回收等公辅系统主要技术参数信息。

5. 节能监控模块

5.1 冷却系统监控

系统应能够实时监控高炉各层冷却水温度、流量、温差、热负荷、热流强度等信息；能够实时检测和诊断风口及冷却壁漏水，并设置报警装置。

5.2 气流分布动态监控

系统应能够实时监控煤气利用率变化、静压力状态、炉喉气流分布、静压力趋势等，并在界面中直观显示。

5.3 高炉高温区区域热平衡监控

在高炉运行平稳状态下，根据高炉高温区的热量收入与支出，建立热平衡模型，计算高炉高温区热平衡的有效热消耗、热损失情况和热能利用系数，以判断高炉炉温趋势，模型计算周期建议为8h。

热量收入包括：鼓风带入的热量、燃料燃烧产生的热量、成渣热等。

热量支出包括：直接还原耗热、脱硫耗热、碳酸盐分解有效耗热、渣铁带走热量、煤气带走的有效热、冷却水带走的热量和散热损失。

高温区的有效热量消耗：直接还原耗热+脱硫耗热+碳酸盐分解耗热+渣铁带走热量。

5.4 高炉节焦潜力节能动态监控

利用高炉操作线（含喷吹含氢燃料）建立高炉节焦潜力模块，利用冶炼过程中铁、氧、碳之间的内在联系，为寻找节焦方向提供数据支持。系统应每日计算高炉的经济指标、炉身工作效率、节焦潜力等，

YB/T XXXXX—XXXX

给出高炉操作线节焦计算表，参见附录 A。

实际操作线计算结果应包括：冶炼碳比、直接还原度、吨铁耗风量、炉身工作效率、节焦潜力、煤气利用率。

理想操作线应包括：冶炼碳比、直接还原度、吨铁耗风量。

5.5 热风炉热平衡监测

按照 GB/T 32287 要求建立热风炉热平衡，对热风炉热效率进行监测。

5.6 热风炉自动燃烧控制

热风炉能够自动换炉、分阶段烧炉，达到燃烧效率的最大化。建议将整个燃烧控制过程至少分为三个阶段：

- a) 燃烧期：采用固定煤气量调节空气量烧炉，助燃空气根据煤气量和空燃比自动配给，较小的助燃空气量促使拱顶温度快速升高；
- b) 蓄热期：拱顶温度达到设定值后进入蓄热期，保持拱顶温度稳定，通过调节煤气流量来控制废气温度，用调节空燃比来控制拱顶温度；
- c) 废气管理期：预测废气温度大于废气目标温度，保持空燃比不变（空气残氧量在允许范围），减少煤气流量。预测废气温度小于废气目标温度，保持空燃比不变（空气残氧量在允许范围），增加煤气流量。

6 高炉节能测量与评价系统

6.1 一般要求

高炉节能测量与评价系统可在高炉二级系统或三级系统中建立单元模块，对高炉工序能耗进行计算和评价。

6.2 工序能耗计算与评估

系统按照 GB/T 34193 要求计算高炉工序能耗，建立日高炉能源介质消耗统计表，具体参见附录 A，填写每日监控高炉工序能耗相关参数，并对高炉工序能耗进行计算。

6.3 高炉节能诊断

6.3.1 通用一般要求见 YB/T XXXX 的规定。

6.3.2 系统应能够对高炉工序能耗计算、评估结果进行诊断，并对工序能耗按照能耗组成进行判断分析，给出节能控制关键点，建议每天一次。

6.3.3 工序能耗分解

系统应对高炉工序能耗按照能源消耗组成进行分解，通过对高炉工序较长时间段内的生产操作数据、原燃料质量数据和能耗数据的对比，形成每项能源支出合理的能耗比例。建议按照焦炭、喷吹煤、消耗高炉煤气、焦炉煤气、新水、除盐水、电耗、蒸汽、冷风、氧气、氮气、压缩空气、煤气回冲、TRT 回减、余热余能等项目进行分解，在系统中趋势化显示。

6.3.4 节能诊断方法

6.3.4.1 标准对照法

通过对照相关节能法律法规、政策、技术标准，对高炉当前的能源利用是否先进合理进行分析比对，包括工序中各类能源消耗指标、工序综合能耗指标等。高炉工序铁水的单项能源消耗及综合能耗，可按

GB 21256、GB/T 2589、GB/T 34193 等相关要求以及工业节能主管部门发布的重点产品能效指标、能效领跑者的相关指标进行对比。

6.3.4.2 类比分析法

与处于行业领先水平的高炉工序能效标杆企业进行对比，可以选择装备类似的标杆企业（高炉有效容积接近或同等级），也可以选择更大有效容积的高炉，分析判断当前高炉能源利用是否先进合理。

6.3.4.3 数据分析法

根据较长时间运行，分析高炉当前各类能源消耗指标所处水平，判断当前能耗指标是否合理。

6.4 炉况诊断

二级系统应根据高炉冶炼机理，建立物料平衡、操作炉型、气流分布、料面跟踪、鼓风动能、理论燃烧温度、炉缸平衡、炉渣粘度预测、炉缸活跃性等工艺数学模型，给出高炉运行状态评价以及对高炉能耗的影响。

7 节能监测报告

7.1 系统应能够实时进行节能监控，并按年、月、周、日给出监控结果，管理人员根据节能监控结果按年、月、周给出节能监控报告，报告内容包括高炉工序原燃料品质情况、当前基本生产状况、主要工艺技术指标、能源消耗指标等，给出当前高炉工序能耗诊断情况，分析能源消耗指标偏差的可能影响因素，提出优化改进建议。

7.2 年、月、周节能监控报告尽量采用图表，做出趋势化分析，报告应给出分析意见、提出可执行改进措施。

工业和信息化部标准报批公示

工业和信息化部标准报批公示

工业和信息化部标准报批公示

工业和信息化部标准报批公示

工业和信息化部标准报批公示

工业和信息化部标准报批公示

附录 A
(资料性)
高炉节能监控技术参数

表A.1 高炉基础自动化系统典型界面

序号	名称	备注
1.	高炉本体界面	
2.	矿焦槽及上料系统界面	
3.	炉顶系统界面	
4.	煤粉制备及喷吹系统界面	
5.	鼓风机系统界面	
6.	热风炉系统界面	
7.	冷却系统界面	
8.	渣处理界面	
9.	综合水泵房界面	
10.	高炉煤气净化	
11.	煤气余压利用界面	
12.	环保设施界面	

表 A.2 高炉能源介质信息统计表

高炉能源介质信息统计表				
序号	名称	吨铁消耗	折算系数	折合标煤
1	焦炭 kg			
2	喷吹煤 kg			
3	冷风 m ³			
4	氧气 m ³			
5	焦炉煤气 m ³			
6	电力 kW·h			
7	水 m ³			
8	氮气 m ³			
9	压缩空气 m ³			
10	蒸汽 kg			
11	转炉煤气			
12	高炉煤气发生量 m ³			
13	高炉煤气自用量 m ³			
14	TRT 发电量 kW·h			
...	...			
工序能耗				

表 A.3 高炉操作线节焦计算结果表

表名	指标名称	单位	结算结果	
			×月×日	...
1	煤气利用率提高 1%的燃料比计算	kg/t		
2	实际计算炭比	kg/t		
3	实际操作线煤气（包括氢气）利用率	%		
4	理想操作线煤气（包括氢气）利用率	%		
5	吨铁耗风量	m ³		
6	理想吨铁耗风	m ³		
7	炉身工作效率	%		
8	入炉焦比	kg/t		
9	煤比	kg/t		
10	实际燃料比	kg/t		
11	节焦潜力	kg/t		
12	吨铁燃烧的碳量	kg		