ICS 71.100.10

Q 52

铝用炭素生产余热利用技术规范

Technical specification of carbon production waste heat utilization

for aluminum

（预审稿）

中华人民共和国有色金属行业标准

YS

YS XXXXX—XXXX

中华人民共和国工业和信息化部 发布

××××-××-××发布

××××-××-××实施

1. 前 言

本标准按照GB/T 1.1-2009给出的规则起草。

本标准由全国有色金属标准化技术委员会（SAC/TC243）归口。

本标准负责起草单位：索通发展股份有限公司、XXXX、中国有色金属工业标准计量质量研究所。

本标准参加起草单位：XXXX、XXXX、XXXX。

本标准主要起草人：XXX XXX XXX XXX XXX。

1. 目 录

[1 范围](#_Toc324929128) 1

[2 规范性引用文件 1](#_Toc324929129)

[3 术语和定义 1](#_Toc324929130)

[3.1 铝用炭素生产余热 1](#_Toc324929131)

[3.2 余热热媒锅炉](#_Toc324929132) 2

[3.3 余热热媒油](#_Toc324929133) 2

[3.4 余热蒸汽锅炉](#_Toc324929134) 2

[3.5 余热蒸汽](#_Toc324929135) 2

[3.6 余热发电 2](#_Toc324929138)

[3.7 余热水 2](#_Toc324929139)

[3.8 余热助燃空气 2](#_Toc324929140)

[3.9 开路流程 2](#_Toc324929140)

[3.10 闭路流程 2](#_Toc324929140)

3.11 余热利用回收作业率 2

[4 原理与流程](#_Toc324929144) 2

[4.1 余热热源](#_Toc324929145) 2

[4.2 余热利用方式](#_Toc324929146) 2

[4.3 工艺流程 3](#_Toc324929150)

[5 技术要求](#_Toc324929164) 4

[5.1 一般要求](#_Toc324929165) 4

[5.2 主要部件](#_Toc324929166) 5

[6 技术指标](#_Toc324929168) 6

[6.1 评价项目](#_Toc324929171) 6

[附录A](#_Toc324929173) 7

铝用炭素生产余热利用技术规范

1  范围

本标准规定了铝用炭素生产余热利用规范的术语和定义、原理和流程、技术要求、技术指标。

本标准适用于铝用炭素生产新建、扩建、改建原料煅烧炉，回转窑、电煅炉、石墨化炉、焙烧炉等余热利用。

2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件，仅注日期的版本适用于本文件。凡是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 12145 火力发电机组及蒸汽动力设备水汽质量

GB/T 16507 水管锅炉系列标准

GB 15600 炭素生产安全卫生规程

GB 18073 炭素厂卫生防护距离标准

GB 23971 有机热载体

GB 24747 有机热载体安全技术条件

GB 25465 铝工业污染物排放标准

GB 50049 小型火力发电厂设计规范

GB 50126 工业设备及管道绝热工程施工及验收规范

GB 50187 工业企业总平面设计规范

GB 50231 机械设备安装工程施工及验收通用规范

GB 50235 工业金属管道工程施工及验收规范

GB 50236 现场设备、工业管道焊接工程施工及验收规范

GB 50264 工业设备及管道绝热工程设计规范

GB 50275 压缩机、风机、泵安装工程施工及验收规范

GB 50316 工业金属管道设计规范

GB 50765 炭素厂工艺设计规范

YS/T 1094 铝用预焙阳极安全生产规范

DL/T 5190.4 电力建设施工及验收技术规范

DL/T 5054 火力发电厂汽水管道设计技术规定

TSG G001 锅炉安全技术监察规程

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本标准。

3.1

**铝用炭素生产余热** Waste Heat of Carbon Production for Aluminum

原料石油焦、无烟煤煅烧炉煅烧生产排出的高温烟气所含有的热和物料显热，高温煅后焦冷却产生的余热，生坯制品在焙烧炉焙烧生产排出的低温烟气所含有的热量。

3.2

**余热热媒锅炉** Waste Heat Medium Boiler

以余热为热源加热热媒油的装置。

3.3

**余热热媒油** Heat Medium Oil

矿物型或合成型有机热载体。

3.4

**余热蒸汽和余热热水锅炉** Waste Heat Steam and Heat Water Boiler

以余热为热源生产蒸汽或热水的装置。

3.5

**余热蒸汽** Waste Heat Steam

铝用炭素窑炉生产排放生成的高温可利用烟气进入余热蒸汽锅炉产生的蒸汽。

3.6

**余热发电** Waste Heat Generation

余热锅炉产生的蒸汽推动汽轮发电机组发电的过程。

3.7

**余热水** Waste Heat Water

利用煅烧炉、焙烧炉烟气余热加热产生的热水。

3.8

**余热助燃空气** Waste Heat Warming Air

利用煅烧炉高温烟气间接加热煅烧用助燃空气。

3.9

**开路流程**  Open Circuit

高温烟气经余热热媒锅炉和蒸汽锅炉充分换热后经净化处理后直接排空的过程。

3.10

**闭路流程** Closed Circuit

加热后的余热热媒油供炭素生产供热后再返回热媒锅炉重新加热的过程。

3.11

**余热回收系统利用率** Utilization rate of waste Heat recovery and Utilization in waste Heat system

生产余热利用系统余热回收利用年作业时间占生产年作业时间之比。

1. 原理与流程

4.1 余热热源

4.1.1煅烧烟气

原料煅烧是铝用炭素生产过程中的一道必须工序，是把各种炭素原料进行高温热处理的过程。以炭素原料在煅烧炉的加料口、排料口位置为起止点，煅烧过程中，原料中的挥发物挥发并燃烧产生热量，热量传给原料升温煅烧，温度随着炭素原料在煅烧炉内预热带、煅烧带、冷却带三个区域依次移动变化，燃烧后的热烟气最后经烟道排出经烟气净化系统净化处理达到GB 25465等国家标准或地方要求后排放到大气中。生产过程烟气余热利用按热效率分梯级回收，可分为三个部分：

a) 高温烟气：热烟气温度范围850-1100℃；

b) 中温烟气：热烟气温度范围300-850℃；

c) 低温烟气：热烟气温度300℃以下。

4.1.2 焙烧烟气

成型后生坯制品在焙烧炉内，通过一定介质的保护，在隔绝空气的条件下进行高温热处理。焙烧后200-300℃左右的热烟气经烟道排出焙烧炉后经烟气净化系统净化处理达到GB 25465等国家标准或地方要求后排放到大气中。

4.2 余热利用方式

4.2.1 直接利用

4.2.1.1 煅烧炉、焙烧炉通过炉体冷却热烟气直接加热煅烧或焙烧助燃空气直接回收热量。

4.2.1.2 将收集的中温烟气用作预热骨料、原料烘干等。

4.2.2 间接利用

4.2.2.1 利用风机将煅烧炉排出的高温烟气引至余热热媒锅炉、蒸汽锅炉，将烟气热能转化为高温、低温热媒油热能、蒸汽热能，充分热交换后的烟气温度降至200℃以下排出余热锅炉。排出余热锅炉后的烟气流向为开路流程。除直接采用热媒油炉回收作为生产以外；建议选用次高压或中温中压参数余热锅炉，用于发电或外供蒸汽，以便提高烟气利用效率。余热锅炉产生的高温、低温热媒油热能、蒸汽热能主要利用方式有：

a) 工艺用热；

b) 生活用热；

c) 发电；

d) 向外部用户供热；

e) 其他。

4.2.2.2 利用风机将收集的中温烟气引至热交换装置，生产余热水或蒸汽用于发电、炭素生产及生活供热或向特定用户供应。建议温度650-850℃的热烟气选用中温中压参数余热锅炉用于发电或外供蒸汽；建议温度300-650℃的热烟气选用低温低压参数余热锅炉用于发电或外供蒸汽。余热锅炉应符合TSG G001、GB/T 16507标准的规定。

4.2.2.3 低温烟气余热主要利用方式有：

a) 供热；

b) 低温余热发电。

c) 低温余热燃烧。在无烟煤煅烧炉烟道的接近末端处，将燃烧后的烟气通过保温管道由高压风机输送到焙烧炉、导热油锅炉燃烧口进行燃烧。

条件允许的情况下，焙烧炉热烟气进入净化设备之前安装余热蒸汽锅炉或换热器对低温烟气进行回收利用，置换后的热水可用于职工洗澡和采暖供热。

4.2.2.3 高温煅后料冷却产生的余热。

4.3 工艺流程

4.3.1 工艺流程的选择应根据铝用炭素生产规模、煅烧炉、焙烧炉设备运行状态、结合实际因地制宜，并经过对方案比较和选择后确定。有外部蒸汽、热水等直接用户的情况下，烟气余热以直接转换为蒸汽、热水最好。没有外部直接用户的情况下，标准推荐以余热发电为主的工艺流程。

4.3.2 余热发电为主的工艺流程示意图见图1。

4.3.3 生产蒸汽为主的工艺流程示意图见图2。

4.3.4 生产及生活供热为主的工艺流程示意图见图3。

4.3.5 焙烧炉烟气余热利用工艺流程示意图见图4。

预热助燃空气

原料 高温烟气 低温烟气

余热蒸汽锅炉

煅烧炉

烟气净化系统

蒸汽

余热发电

**图1 余热发电为主的工艺流程示意图**

预热助燃空气

煅烧炉

余热蒸汽锅炉

原料 高温烟气 低温烟气

烟气净化系统

蒸汽

**图2 生产蒸汽为主的工艺流程示意图**

预热助燃空气

热媒锅炉

煅烧炉

原料 高温烟气 中温烟气 低温烟气

烟气净化系统

余热锅炉

生产供热 生活供热

**图3 生产及生活供热为主的工艺流程示意图**

中温烟气 低温烟气

烟气净化系统

余热锅炉

焙烧炉

职工洗澡+采暖供热

**图4 焙烧炉烟气余热利用为主的工艺流程示意图**

5 技术要求

5.1 一般要求

5.1.1 铝用炭素生产余热利用应保证正常生产运行。

5.1.2 铝用炭素生产余热利用设计应考虑以下因素：

a) 煅烧炉原料煅烧处理量；

b) 原料水分、挥发分含量、硫含量；

c) 煅烧炉煅烧带控制温度；

d) 煅烧尾部温度，负压；

e) 焙烧炉产品装炉量；

f) 焙烧炉焙烧带系统温度控制。

5.1.3 铝用炭素生产余热利用设施建设位置应选择在煅烧炉、焙烧炉附近，并充分考虑工艺配置、地形、工程地质、气象等条件，应符合GB 15600、GB50765的规定。

5.1.4 煅烧炉高温烟气、中温烟气、低温烟气应进行余热回收利用，焙烧炉低温烟气可选择性回收利用。

5.1.5 各级余热回收系统回收余热的能力总和，应等于或稍大于煅烧炉、焙烧炉对应的最大烟气量。各工艺环节之间装备容量能力平衡，下游的设备能力不应低于上游能力。

5.1.6 余热回收利用系统与煅烧生产、焙烧炉主体工艺在控制上应有联锁、解锁及信息交换功能，对煅烧炉主体工艺顺行的影响度可控、可调。余热回收利用系统各工艺环节应有联锁和解锁功能，对自身的安全、经济运行可控、可调。

5.1.7 按煅烧炉、焙烧炉主体工艺顺序和余热利用系统安全、经济、稳定运行的需要，确定下列内容：

a) 旁路管阀及其切换装置控制；

b) 连通管阀及其关、停和流量控制方式；

c) 管道阀门及其受控调节方式；

d) 风机配套电机的控制方式；

e) 煅烧炉、焙烧炉主体工艺的控制方式。

5.1.8 余热回收利用系统的余热锅炉、热交换装置、汽轮发电机组（含并网）及其辅助设施等各工艺设备自身特性应符合GB 50049、DL/T 5054D及国家现行安全、环保标准、节能法规的规定。

5.2 主要部件

5.2.1 热媒锅炉

5.2.1.1 铝用炭素工艺中混捏、沥青熔化、管路保温等工序需用热，为充分利用烟气余热，节约能源，应在煅烧炉或回转窑尾部烟气出口处设置余热热媒锅炉，加热热媒油，满足炭素工艺生产要求。

5.2.1.2应根据铝用炭素设计产能，核算工艺生产总热媒负荷并留有一定的余量，选用适当数量的热媒锅炉。

5.2.1.3 热媒锅炉与煅烧炉或回转窑烟尘管道系统连接时必须设置旁通管道。

5.2.1.4采用计算机系统进行集中监控，以实现整个工段各设备的联锁运行及热媒油温度和压差调节。同时余热热媒锅炉房工段的计算机系统通过网络连接至煅烧工段计算机系统。

5.2.1.5正常运行时主要检测热媒炉进出油管温度及压力、油泵出口压力、出口烟气温度及压力、油槽液位、蒸汽及给水流量等。

5.2.2 余热锅炉

5.2.2.1 为保证电站事故不影响铝用炭素生产，余热锅炉与煅烧炉或回转窑烟尘管道系统连接时须设有旁通废气管道，一旦电站部分发生事故时，可将余热锅炉从生产系统中快速解列，不影响炭素生产的正常运行。

5.2.2.2 余热锅炉应布置在烟气热源附近，露天设置。

5.2.2.3 余热锅炉的进口、出口烟风道及旁通管道上应设置可靠的控制阀门。

5.2.2.4 为防止余热锅炉内产生钙垢及碱性腐蚀，应设计采用炉处理系统。

5.2.2.5 为了清除锅炉受热面积灰，应配有激波清灰器。

5.2.3 汽轮发电机

5.2.3.1 在保证铝用炭素煅烧炉或回转窑正常生产，满足生产生活热负荷的同时，根据余热综合参数确定余热发电机组容量。

5.2.3.2 当炭素煅烧炉或回转窑烟气量变化时，相应的余热锅炉产汽量也随之发生变化。发电系统装备的选择应能够适应铝用炭素生产线烟气参数波动，装机设计也应该适应这种波动。

5.2.3.3 余热发电应采用凝气式汽轮机组，稳定工作范围为额定功率的40％～110％。

5.2.3.4 为确保汽轮机组安全运行，汽轮机应设置如下报警信号和自动保护控制：超速保护；凝汽器真空过低保护；润滑油压力过低保护；轴承振动过大保护；轴向位移过大保护；发电机冷却系统故障保护；蒸汽超温、超压保护等。

5.2.4烟气管道

5.2.4.1铝用炭素生产余热回收系统余热回收管道的压力损失应按系统工况计算确定。

5.2.4.2 管道内热烟气流速取17m/s-20m/s。

5.2.4.3 管道应按GB 50264的规定进行保温。

5.2.4.4 高、中、低温烟气管道内烟气温度通常介于300℃-1100℃之间，管道系统的材质耐热温度应高于烟道内烟气温度，且保温效果要符合相关标准；低于200℃低温烟气管道系统的设备材质除保温外应根据实际烟气成分考虑防腐。

5.2.4.5 管道应设置切断阀。

5.2.4.6 管道应设置检修、清灰孔。

5.2.4.7 管道应通过计算设置补偿器。

5.2.4.8 管道之间与管道和其他结构、建筑物之间的最小间距，应符合GB 18073、GB 50187的规定。

5.2.4.9 管道支架、人行梯、架空人行道、必要的操作平台等设施应符合GB50316、YS/T 1094等标准的规定。

5.2.4.10 管道施工及验收应执行GB 50235、GB 50236的规定。

5.2.4.11管道保温施工及验收执行GB 50126的规定。

5.2.5 风机

5.2.5.1 风量应根据煅烧炉、焙烧炉及余热回收利用系统的平衡计算确定，计算应考虑系统漏风，煅烧、焙烧生产波动等因素。

5.2.5.2 风压应根据系统阻力平衡计算确定，管道内应保持微负压状态。

5.2.5.3 如风机配带冷风吸入口，则吸入口应安装消音器。

5.2.5.4 配套电机应调速控制。

5.2.5.5 余热回收利用系统风机应耐热、耐磨、耐腐；外壳应进行保温，保温应考虑抗振。

5.2.5.6 风机应考虑检修空间及设施。露天布置时，电机应设防雨设施。

5.2.5.7 风机施工及验收执行GB 50231、GB50275的规定。

5.2.6 **热载体**

5.2.6.1 蒸汽锅炉和汽水两用锅炉给水一般应采用锅外化学水处理，执行GB/T 12145的规定。

5.2.6.2 导热油加热系统以有机热载体为传热媒介，有机热载体的使用执行GB 23971、GB 24747的规定。

6 技术指标

评价指标的作出要在系统运行满2个月后才可做出，同时应依照Dl/T 5190.4等国家现行有关法规、标准和规范对安全性、环保性等进行验收。

6.1 评价项目

6.1.1 **铝用炭素生产余热利用系统余热回收利用率**

铝用炭素生产余热利用系统余热回收利用率按公式（1）计算：

θ= t1/t ×100% ……………………………………………………（1）

式中：

θ─ 铝用炭素生产余热利用系统余热回收利用率；

t1 ─ 铝用炭素生产余热利用系统余热回收年利用时间，单位为小时（h）；

t ─ 铝用炭素生产年作业时间，单位为小时（h）。

附录A

（资料性附录)

铝用炭素生产余热发电时的主要技术参数见表A.1。

表A.1 铝用炭素生产余热发电主要技术参数

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 铝用炭素  生产规模（万吨） | 类型 | | | | |
| 煅烧炉产量  t/h | 烟气量  （标态） | 烟气温度  ℃ | 装机容量  MW | 年发电量  104kW·h |
|  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |
|  | | | | | |

表A.2 铝用炭素余热生产蒸汽主要技术参数

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 铝用炭素  生产规模（万吨） | 类型 | | | | | | |
| 煅烧炉产量t/h | 烟气量  （标态） | 烟气温度  ℃ | 蒸汽温度  ℃ | 蒸汽压力  MPa | 蒸汽量  t/h | 年蒸汽量  t/a |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
|  | | | | | | | |