烟气制酸管道联锁控制智能控制系统

（预审稿）

编制说明

《烟气制酸管道联锁控制智能控制系统》编制组

2022年12月

# 《烟气制酸管道联锁控制智能控制系统》编制说明

## 工作简况

### 任务来源

据中国有色金属工业协会函[2022]17号文《关于下达2022年第二批协会标准制修订计划的通知》的要求，阳谷祥光铜业有限公司（下文简称“祥光铜业”）负责团体标准《烟气制酸管道联锁控制智能控制系统》的编制任务，有色金属技术经济研究院有限责任公司、河南豫光金铅股份有限公司、株洲冶炼集团股份有限公司、XXX等XX家单位共同制定。标准性质为推荐性团体标准，标准计划号为2022-038-T/CNIA，项目起止时间为2022年-2023年。

### 主要参加单位和工作成员及其所做工作

1.2.1 主要参加单位情况

1.2.1.1主起草单位情况简介

阳谷祥光铜业有限公司成立于2005年1月，是世界上单系统产能最大的铜冶炼厂，位于中国首家铜产业国家级生态工业示范园——阳谷祥光生态工业园。经过十多年的发展，现已经成长为年产矿产铜60万吨，黄金20吨，白银600吨，硫酸180万吨和稀散稀贵金属1000吨的大型铜冶炼厂家。公司被国家环境部授予“国家环境友好工程企业”，具有国家级企业技术中心、山东省铜冶炼及稀散稀贵金属提取工程技术研究中心、山东省铜冶炼清洁生产与综合利用工程实验室以及博士后流动工作站等创新创业平台。公司自主研发的“旋浮铜冶炼节能技术”、“粗铜自氧化还原技术”、“节能高效电解平行流技术”先后通过国家发改委审核，入选国家技术节能推广目录；“旋浮铜冶炼节能技术”入选中国双十佳节能技术。公司以清洁生产、节能环保及健康安全为目的，打造绿色环保高效的铜冶炼产业，努力追求企业的持续发展。

1.2.1.2 各参加单位工作安排

阳谷祥光铜业有限公司负责起草试验方案工作，确定有色金属行业烟气制酸智能化控制系统技术内容并组织开展调研工作，制定标准调研计划和征求意见工作；

有色金属技术经济研究院有限责任公司负责提供技术咨询，为标准搜集提供国内外相关标准资料，提出采标方向等；

河南豫光金铅股份有限公司、株洲冶炼集团股份有限公司、XXX等XX家单位负责提供烟气制酸智能化生产过程技术内容；

其它相关单位协助阳谷祥光铜业有限公司进行调研和征求意见工作。

1.2.2主要工作成员所负责的工作情况

本标准主要起草人及工作职责见表1

表1主要起草人及工作职责

|  |  |
| --- | --- |
| 起草人 | 工作职责 |
| XXX | 负责标准的工作指导、标准的编写、及组织协调 |
| XXX | 确定有色金属行业烟气制酸智能化控制系统技术内容并对编写内容进行把关 |
| XXX | 负责提供企业的现场调研及配合标准编写，烟气制酸过程应用智能化控制的信息提供 |
| XXX | 标准相关材料信息提供及配合完成其它工作事宜 |

### 主要工作过程及工作内容

1.3.1 预研阶段

2021年3月，成立《烟气制酸管道联锁控制智能控制系统》团体标准起草编制组，对标准编制的工作进度、调研计划等进行了安排，并完成了前期准备阶段内容，包括：收集国内同行业《烟气制酸管道联锁控制智能控制系统》的技术规范、行业标准、企业标准、技术要求等技术资料，进行技术资料的归类和总结。

2021年5月，编制组根据相关文献资料，编制形成标准草案，并进行了内部审核、修改。同月，对国内部分有色金属生产企业烟气制酸过程进行线上调研。调研活动涉及：河南豫光金铅股份有限公司、株洲冶炼集团股份有限公司。

1.3.2立项阶段

2021年5月，《烟气制酸管道联锁控制智能控制系统》团体标准在杭州智能工作组筹备会上进行论证；2022年2月，中国有色金属工业协会函[2022]17号文《关于下达2022年第二批协会标准制修订计划的通知》的要求，团体标准《烟气制酸管道联锁控制智能控制系统》，标准计划号为2022-038-T/CNIA。

1.3.3起草阶段

由标准负责编制单位阳谷祥光铜业有限公司组织召开标准进度协调会，相关参与单位相继汇报标准的进展完成情况及需要协调问题。2022年3月份，标准编制组初步制定标准初稿。

1.3.4第一次调研

2022年3月，标准负责编制有色标准委员会组织，通过函调方式分别对阳谷祥光铜业有限公司、紫金矿业集团股份有限公司、白银有色集团有限公司、北方铜业股份有限公司、山东恒邦冶炼股份有限公司进行第一次调研，根据调研相关信息对《烟气制酸管道联锁控制智能控制系统》征求意见稿进行修改，形成讨论稿。

1.3.4 讨论阶段

2022年4月，有色标准化技术文员会组织线上召开了《烟气制酸管道联锁控制智能控制系统》的第一次讨论会，提出的问题点主要集中在完善烟气制酸过程中智能化技术点、增加烟气制酸工艺流程图等。

1.3.5审查阶段

1.3.6报批阶段

## 标准编制原则和依据

### 2.1编制原则

2.1.1本标准按照GB/T 1.1-2020给出的规则起草。

2.1.2本标准标准过程中，始终遵循满足市场需求，技术内容合理，分析方法可行的原则，满足有色金属行业烟气制酸的智能化控制技术需求。

2.1.3编制的标准切实可行，具有可操作性。

### 2.2编制依据

2.2.1 本标准为有色金属团体推荐性标准，之前没有相关的国家标准和行业标准。本标准编制过程中根据生产要求，以有色金属冶炼行业烟气制酸智能控制技术发展现状为基础，结合当前国内外有色金属冶炼企业的先进管理和技术，并根据下列与烟气制酸智能化控制相关的技术标准等制订。

2.2.2 GB 50880 冶炼烟气制酸工艺设计规范

2.2.3 JB/T 11962 工业通信网络网络和系统安全工业自动化和控制系统信息安全技术

## 3标准主要内容的确定依据及主要试验和验证情况分析

3.1 范围

应用于有色金属冶炼行业内在线控制烟气管道的烟气排放、烟气排放安全监测、烟气在线成分检测的智能控制系统。规范有色金属冶炼行业内烟气排放与制酸过程中，烟气管道联锁智能控制系统，实现烟气排放量控制、烟气安全排放检测、烟气在线成分检测及烟气制酸在线自动控制等一整套流程的主要内容和方式，制定智能控制系统建立的作用、建设核心内容和装备系统要求。

3.2有色金属冶炼行业烟气制酸智能控制情况

国外烟气制酸过程的自动化程度相对较好，其更好的控制效果一般是建立在较好的设备情况基础上的，但是并未能实现对制酸过程的智能化控制。国外的一些学者对冶炼企业降低能耗，提出了能耗预测模型、局部最优解的获得、控制系统结构最优化实现等方面，对烟气制酸和其它冶炼企业的生产有较大的指导意义。但是这些控制方案一般都需要建立复杂的数学模型而烟气制酸过程是多变量系统，变量之间的关系难以用精确的数学模型来表达，单纯的依靠传统的控制思想，难以实现并且难以取得较好的控制效果。

目前国内的烟气制酸过程控制系统相对落后，大部分冶炼企业大多还是依靠工艺改造来达到较好控制效果的目的。国内有专家提出通过增强转化器的蓄热作用，增加催化剂用量，采用高效热交换器及选择合适的保温材料等来保持转化器内的热平衡，但是对阀门的控制很简单，只采取简单的全开全闭。国内的冶炼烟气制酸过程自动化程度相对落后，各企业为满足生产工艺的要求，一般在生产工艺上进行了较多的改造，实现阶段性自动化，而没有在工艺改造完毕的基础上建立更高级的自动控制系统，达到更好的控制效果。然而，国内大型冶炼厂为代表的一些企业在烟气制酸智能制造已取得了初步成效，通过在智能控制系统的设计、开发和应用，目前已实现无人操作调节风量控制阀门和风机转速前提下烟气制酸的稳定生产。

总体来说，对于烟气冶炼过程的控制，国内电控装置大都是模拟手动控制装置或者由简单的单片机、可编程逻辑控制器组成，受到控制器速度及内存的限制，很难应用复杂的控制算法及保证控制的实时性。为此，引入先进的控制理论和技术，应用智能控制理论和技术，建立冶炼烟气制酸管道联锁智能控制系统，成为当前冶炼企业烟气制酸过程控制的主要发展趋势。

3.3 主要技术内容

为了满足烟气制酸过程生产工艺的需要，适应冶炼烟气含量波动、控制阀门众多、风机转速实时调整、尾气排放等复杂工况，面向冶炼烟气制酸过程的智能控制系统包含四方面内容：

1、实时监测烟气制酸生产的过程参数，进行模拟画面监视、转化器内温度的实时监视、含量监视、系统风量监视、变频器频率监视、异常情况报警、风量控制阀门控制和系统风量控制等，满足实时监视和现场控制的功能；

2、在总结操作人员专家控制经验的基础上，实现风量控制阀门的控制，对特殊工况采用规则模型，利用规则实时调整阀门开度和系统风机的转速，满足阀门实时控制要求；

3、以现场设备为基础，最大限度的实现对原始系统的保留和利用，通过技术实现计算机和集散控制系统的通讯，通过组态软件决定手动控制和自动控制之间的切换，最终建立面向冶炼烟气制酸过程的智能控制系统；

4、尾气经在线控制处理系统后，实现在线成分监测、预警，进行安全排放。

3.4　建设内容

3.4.1联锁控制系统的建立

建立烟气制酸生产过程联锁控制系统，实现工艺过程中酸、水、气和生产设备运行状况的监测和调节。联锁控制系统主要包括：洗涤酸喷淋与烟气量联锁控制、串酸与酸液位联锁控制、烟气温度/循环液酸浓度与加水联锁控制、关键设备与二氧化硫主风机联锁控制、各触媒层温度与气体流量联锁控制。

冶炼烟气

净化

转化

吸收

烟气排放

沉降

循环液

污酸处理

处理

成品硫酸

尾气脱硫

串

酸

成品中间槽

图1 制酸系统工艺流程图

烟气制酸过程分为：烟气净化、烟气转化、烟气吸收等三个主要过程，不同工艺过程具有不同的联锁控制系统。

1. 、烟气净化

1、一级洗涤上酸喷淋压力DCS在线显示：监测上酸喷淋压力，同时通过其可有效监管一级洗涤泵运行状况；

2、净化串酸与液位联锁控制：循环槽液位DCS设定，通过自动调节各串酸管线之前的气动阀开度来实现各循环槽设定的液位值；

3、DCS远程调节调节系统加水量：根据一级洗涤塔后烟气温度及循环液酸浓变化情况，DCS调节加水气动阀开度；

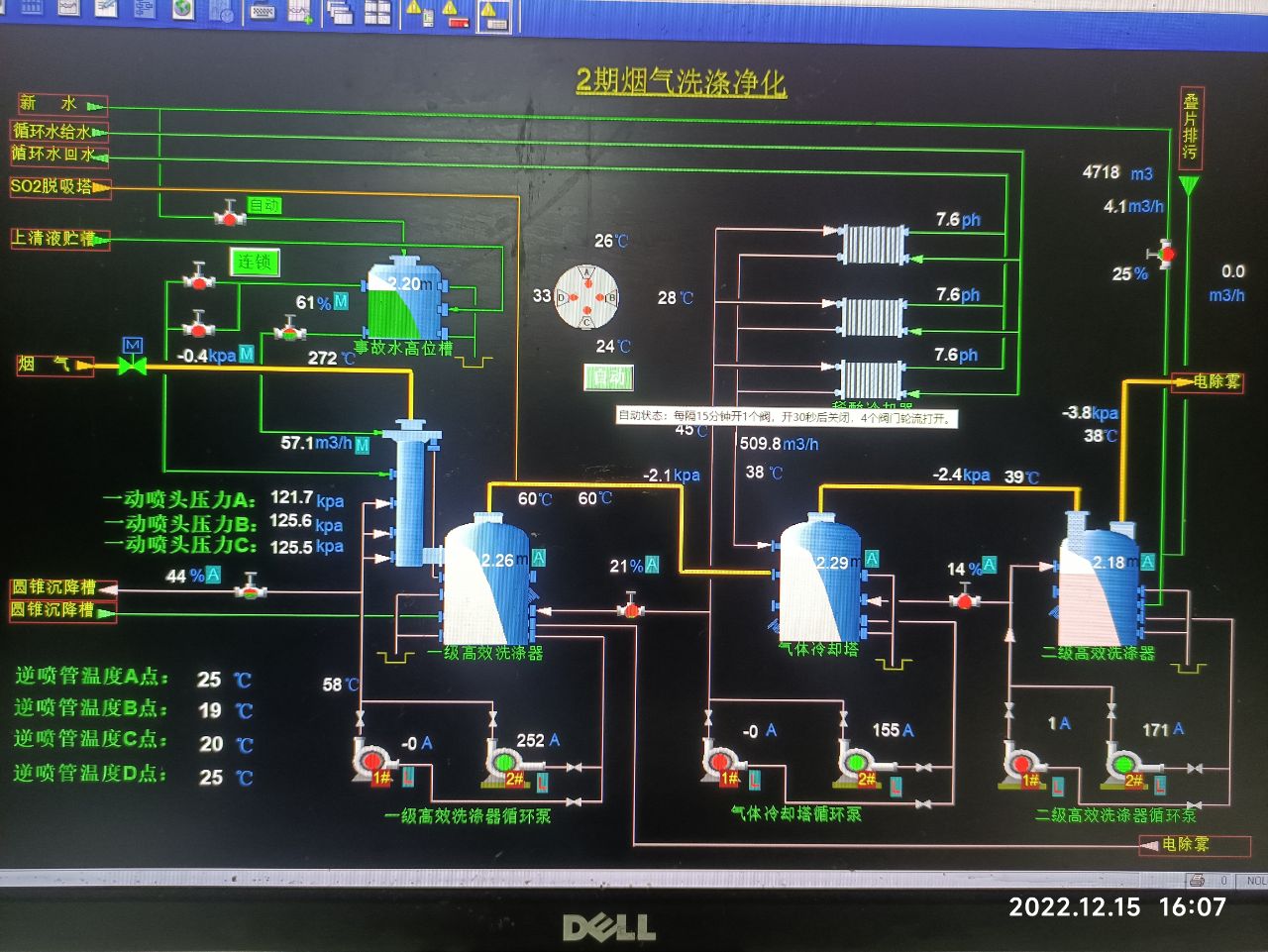
4、关键设备及关键指标与二氧化硫主风机联锁：当系统负压过高可能造成玻璃钢设备损坏，或过低引起系统烟气外泄；当事故应急水液位、溢流堰流量过低、一级洗涤器出口烟气温度过高，可能影响玻璃钢设备安全时；当关键设备停运，达不到烟气降温洗涤效果时；一旦以上问题出现，将DCS自动联锁系统停车；

图2 烟气净化过程实时控制图

②、烟气转化

1、管线电动阀及气动阀DCS在线操作：主管线电动阀在线反馈全开全关状态，便于确认；副线气动阀在线可根据指标要求设定可反馈信号的开关度；

2、调节及监管系统负荷：通过DCS调节风机导叶及稀酸风开度的配合，确保进入系统烟气浓度的可控范围内；同时确保净化系统负压的调控；

3、各触媒层温度的调节：对各触媒层温度进行设定，DCS控制各副线气动阀开度，对各层温度指标进行调控；

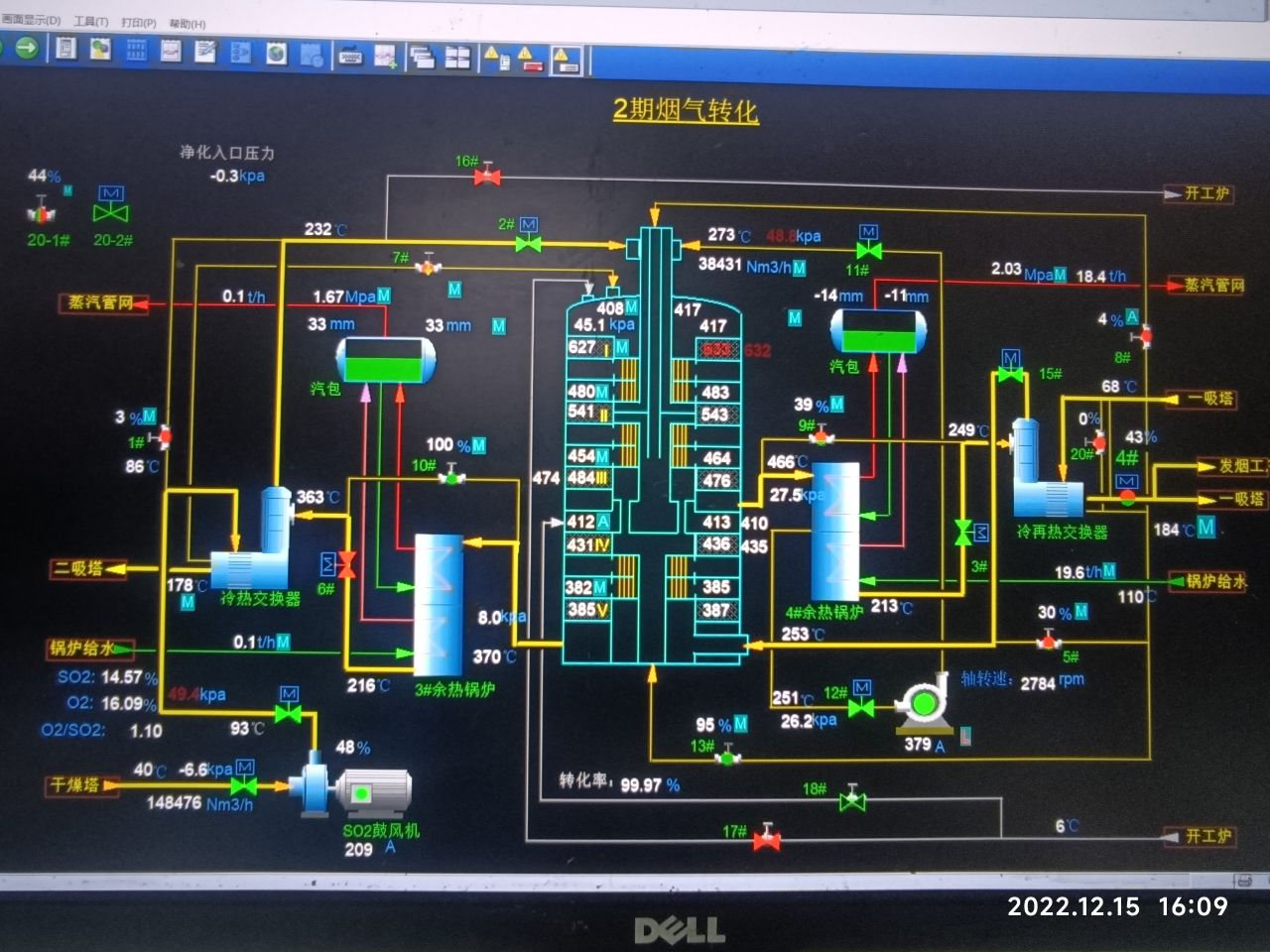
4、关键指标及设备运行参数与二氧化硫风机联锁：风机出口压力过高；一层触媒温度过高；风机设备本体温度、振动等指标异常；将DCS自动联锁系统停车；

图3 烟气转化过程实时控制图

③、烟气吸收

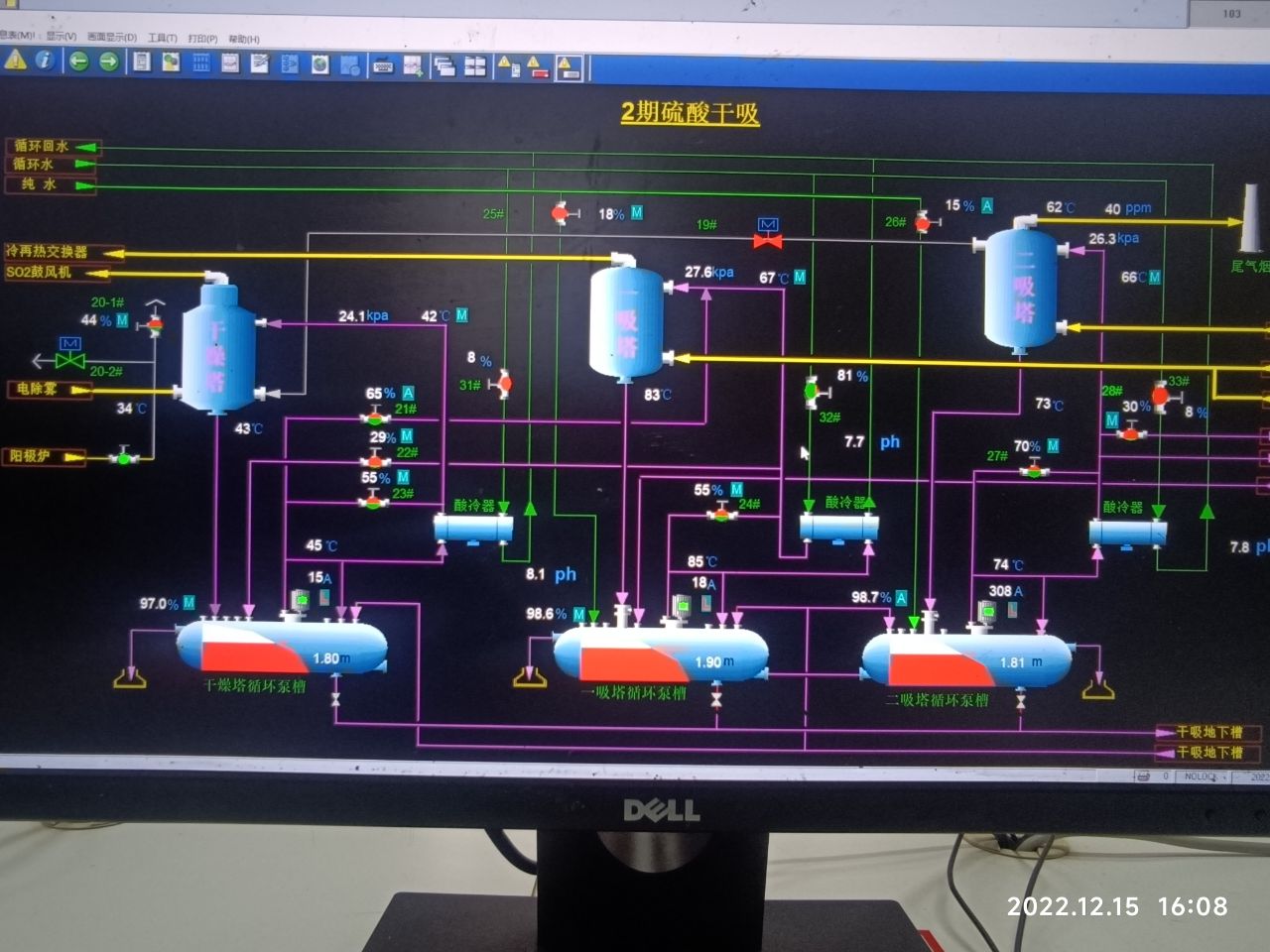
1、串酸与各循环槽液位联锁控制：对各循环槽液位进行设定，DCS将联锁控制各串酸管线的气动阀开度，实现所控要求；

2、酸浓在线监测：各循环槽安装时时酸浓分析仪，并DCS在线显示，确保吸收及成品酸浓指标的有效监管；

3、吸收、成品中间槽加水与酸浓联锁控制：对各循环槽酸浓进行设定，通过自动调节加水气动阀开度来控制酸浓的变化；

4、阳极保护水侧阀门DCS在线调节：在线调节酸冷器循环水量，实现上塔酸温远程调节控制；

5、关键设备及关键指标参数与二氧化硫风机联锁：各循环泵运行及上塔酸压一旦出现异常，达不到烟气吸收的效果；将DCS自动联锁系统停车；

图4 烟气吸收过程实时控制图

3.4.2智能控制系统

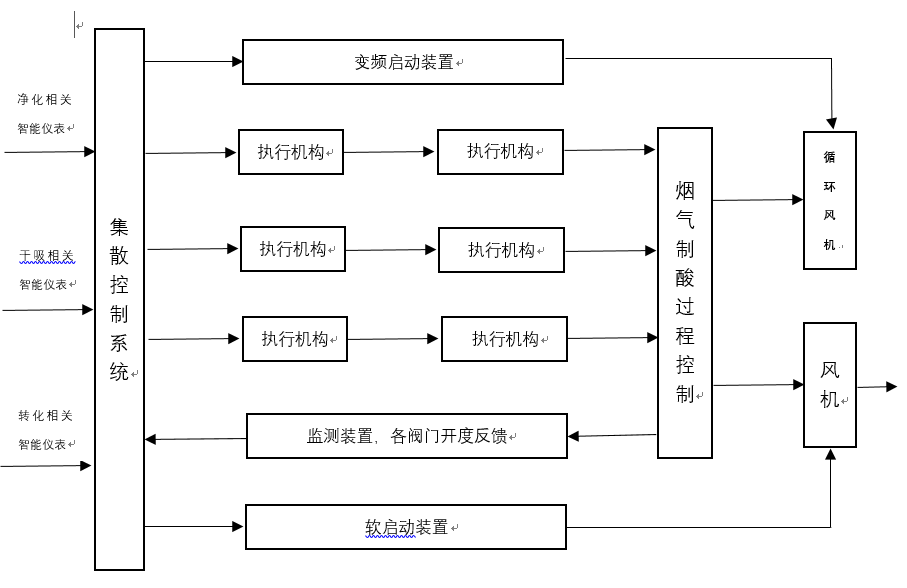
智能控制系统由集散控制系统、风机控制变频器、风量控制阀门等组成，实现现场级的分布式控制和监视，通过控制器对风量控制阀门的直接控制，实现对转化器内各段风量的调节，间接调节转化器内各段进口和出口的温度通过控制器对变频器频率调节，实现对变频器的频率的调节，从而调节系统的整体风量。集散控制系统不但负责采集整个控制系统的监测数据，还承担着将控制量发送给执行机构的任务。

图5 智能控制系统逻辑图

　3.4.3预测与优化调度系统

基于生产计划数据与历史数据，运用先进烟气生产预测模型技术，实现烟气的短周期与长周期预测；基于烟气供需预测结果，建立优化调度模型，实时提供烟气制酸的优化调度方案。

其中精矿配料数据模型为例，制酸系统生产负荷的高低取决于精矿入炉时硫元素的总体带入量的多少，带入的总硫量的多少又影响制酸系统烟气量的大小和转化器催化剂床层温度的高低，所以采集精矿配料数据模型中的总硫含量和精矿投入量两个变量作为制酸烟气自动化控制的重要考量。

3.4.4环保监测系统

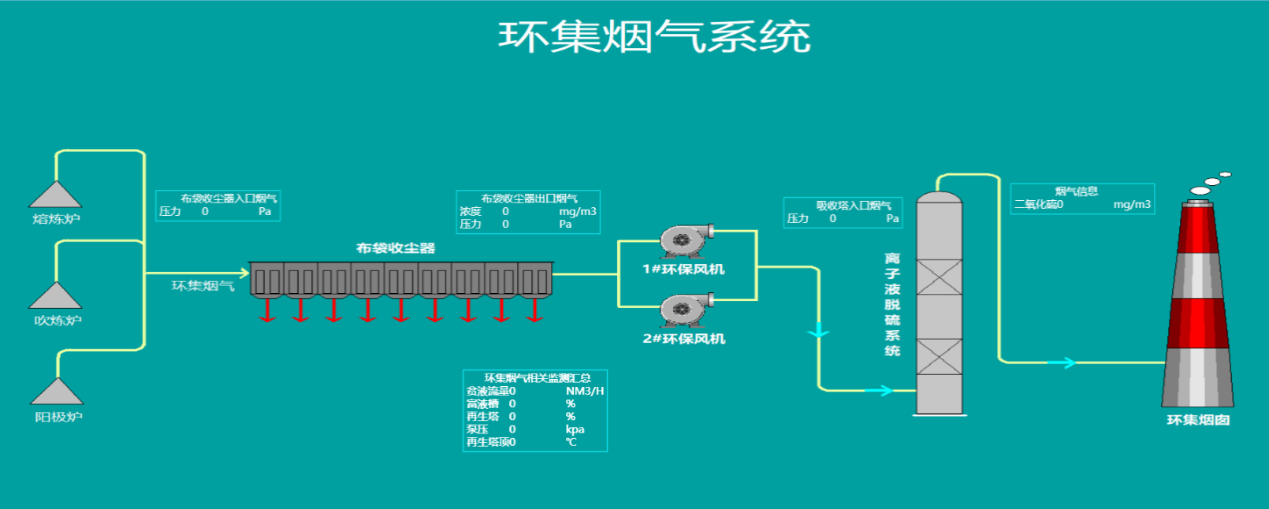
建立可用于在线废水水质、排放烟气成分监测仪器系统，实现环保监测数据收集和预警。

图6 环集烟气监测系统模拟图

3.4.5通讯系统

建立满足控制系统与原有DCS之间的通讯系统，采用了通讯技术，实现利用生产设备现有特性的情况下，保证数据、控制指令传递的准确性、实时性。

3.5　数据及信息安全

3.5.1　网络安全

与企业ERP、MES等其他信息化系统连接时或Web发布时，必须通过防火墙进行数据及信息安全隔离。

3.5.2　服务器安全

安装防病毒软件，并及时进行病毒软件库及操作系统补丁的更新。

3.5.3　数据安全

应对数据进行定期备份，报表定期存档，并对数据库等数据进行访问权限控制，防止数据外漏。

3.5.4　软件安全

应用软件应支持访问权限控制，操作日志记录等功能，限制非工作人员的使用，保证系统安全。

3.6　其他要求

现场设备运行要求：

a) 现场自动化系统须具备远程监控的条件，主要动力设施（如变电站开关、调节阀门、电控设备等）运行稳定可靠，达到基本的安全条件及自动化水平。

b) 现场自动化系统或电气、仪表设备具备较为完善的向信息管理系统传输各类信号的能力，性能良好。

c) 应按照现场装置的实际情况，确保信息完整性，并按照有关设备的机械、电气和控制特征，选择采集的信息点，实现远程监控的现场站向信息管理系统传送的信息可靠稳定。

d) 充分考虑远程监控站点和设备的特点，确保将涉及设备和系统安全的监测点传输到信息系统。

## 4标准中涉及专利的情况

本标准不涉及专利问题。

## 5预期达到的社会效益情况

### 5.1 项目的必要性

为贯彻落实国务院《关于深化“互联网+先进制造业”发展工业互联网的指导意见》、《新一代人工智能发展规划》，按照国家《国家智能制造标准体系建设指南》，2020年，国家工信部、发改委、自然资源部联合编制了《有色金属行业智能矿山建设指南（试行）》《有色金属行业智能冶炼工厂建设指南（试行）》《有色金属行业智能加工工厂建设指南（试行）。以进一步推进5G、工业互联网、人工智能等新一代信息通信技术在有色金属行业的集成创新和融合应用，在操作层面为企业开展智能制造提供顶层设计和全面引导。

我国有色金属冶炼多元素资源共生、原料品质波动大、冶炼工艺复杂等特点，在企业已有自动化、信息化建设基础上，推进互联网、大数据、人工智能等前沿技术在有色冶炼工厂的应用，实现物料、设备、能源等制造资源要素的数字化汇集、网格化共享和平台化协同，具备在工厂层面全要素数据可视化在线监控、实时自主联动平衡和优化的能力，建成集全流程自动化产线、综合集成信息管控平台、实时协同优化的智能生产体系、精细化能效管控于一体的清洁环保、优质低耗、安全高效的有色金属智能冶炼工厂，促进企业转型升级、高质量发展。

烟气制酸作为有色冶炼行业重要组成部分，且硫酸作为我国国民经济和农业生产资料的重要基础原料和物资，已广泛应用于机械、电子、化工、材料、冶金、农业等各个行业，在国民经济发展中具有十分重要的地位。与国际上发达国家相比，我国硫酸生产企业在质量、成本、规模、效益、品种、环境保护等方面尚存在较大的差距，如劳动生产率低、成本和能耗高等。差距产生的原因是多方面的，但生产过程控制技术落后、自动化程度低是最主要原因之一。通过采用先进的控制技术解决包括制酸工业在内的流程工业优化控制问题，改造传统产业，提高我国流程工业的市场竞争能力已成为共识。因此，有色冶炼行业烟气制酸过程智能化制造的实现，将对于解决烟气制酸过程中的生产控制、精细化管理、安全环保等各方面的问题具有重要意义。

### 5.2 项目的可行性

烟气制酸过程是一个分布参数、耦合严重的非线性过程，是一个高度复杂的工业过程。由于其复杂性，目前国内很多冶炼烟气制酸企业的生产过程依靠人工控制。烟气制酸过程所存在的问题，可概述为以下两个方面：首先，转化流程的核心设备是转化器，核心目标是转化率。为了保证SO2的转化率稳定在一个较高的水平，必须使转化器的四段温度稳定在一定的范围内，而温度控制需要在四方面协调配合：转化反应的反应状况、烟气管道和转化器的保温情况、贯穿转化系统的系统风量、各段烟气参与热交换的情况以及烟气含量等。

其次，对于整个转化系统而言，转化和吸收都是放热反应，但热量也会有很多方式流失，维持系统的热平衡对于节能降耗具有重要的意义。系统热平衡一旦打破并积累，就需要补热或酿成工艺事故，因此，根据生产过程变化实时调整风量保证热平衡。

冶炼烟气制酸过程的传统控制方法是由现场操作人员根据经验手动调节风量控制阀门来调节风量的大小，在转化器内四段温度整体偏高或偏低的情况下调高或降低风机转速，最终使转化器内四段温度基本保持在最佳值，保证转化器内的热平衡。由于转化器内需要完成“两转两吸”或者其他工艺类型，涉及到了十多个阀门，如何协调各个阀门，使转化器内各段的温度基本保持恒定，并且保证转化器内的热平衡，需要操作人员很强的经验和责任感。但是由于来自烧结厂烟气成分的不断变化，使得人工手动调节的难度很大。引入先进的控制理论和技术，应用模糊控制、专家控制等多项智能控制理论和技术，建立冶炼烟气制酸过程转化器内四段温度基本恒定、达到较高的转化率、风机以尽可能低的转速以达到节能目的的智能控制系统，成为当前有色冶炼企业烟气制酸过程控制的主要发展趋势。

### 5.3标准水平分析

本标准的制订，将会弥补国内有色金属冶炼行业烟气制酸智能化控制工作方面的空白，为有色金属冶炼行业发展智能化生产工艺提供有效帮助，为我国在有色金属冶炼领域烟气制酸技术水平提升提供强有力支撑。

综上分析，本标准对于有色金属冶炼事业发展具有重要意义，标准水平达到了XXXXX。

## 6与有关的现行法律、法规、和强制性国家标准的关系

本标准的制定过程、技术指标的选定、检验项目的设置符合现行法律、法规和强制性国家标准的规定。与本行业现有的其它标准协调配套，没有冲突。

## 7重大分歧意见的处理过程和依据

无。

## 8标准作为请执行标准或推荐性标准的建议

本标准是新制定标准，是根据国内具有代表性的有色金属冶炼企业单位标准指标制定的，从各项指标看，标准内规定的各项指标能够有效促进有色金属冶炼企业技术水平的提升并淘汰部分落后的烟气制酸工艺，利于推广应用。本标准建议作为推荐性团体标准。

## 9贯彻标准的要求和措施建议，包括（组织实施、技术实施、过渡办法）

## 10废止现有有关标准的建议

本标准是全新制订，不需要废止任何现行标准。

## 11其他应予以说明的事项

无。