

# 实验室铁矿石水分检测的数智化探究

刘立鹏<sup>1</sup>, 左兆迎<sup>2\*</sup>, 滕卉卉<sup>3</sup>

(1. 龙口检验认证有限公司, 龙口 265700; 2. 中国检验认证集团山东有限公司, 青岛 266071;  
3. 烟台检验认证有限公司, 烟台 264000)

**摘要:** 在我国高质量发展的背景下, 传统检验检测行业的一些操作方法已不能满足实际检测需要, 数字化和智能化的兴起和发展将促使检验检测行业发生革命性转变。本文介绍了铁矿石水分检测控制系统, 并探讨了其在水分检测时的应用。首先对铁矿石传统检验方法的痛点和风险进行分析并引入了铁矿石水分检测控制系统的概念和意义, 详细介绍了铁矿石水分检测控制系统的模块组成和操作方法, 包括硬件设备的设计、云端计算和过程管理控制等方面的应用, 最后通过实例进行演示和分析, 论证了铁矿石水分检测控制系统在检验检测行业中的优势和应用前景。为铁矿石水分检测的数字化和智能化提供了理论基础。

**关键词:** 铁矿石水分检测; 实验室; 数字化; 过程控制; 信息安全

## Mathematical exploration of laboratory iron ore moisture detection

LIU Li-Peng<sup>1</sup>, ZUO Zhao-Ying<sup>2\*</sup>, TENG Hui-Hui<sup>3</sup>

(1. Longkou Inspection and Certification Co., Ltd., Longkou 265700, China; 2. China Certification & Inspection Group Shandong Co., Ltd., Qingdao 266071, China; 3. Yantai Inspection and Certification Co., Ltd., Yantai 264000, China)

**ABSTRACT:** In the context of high-quality development in China, some operating methods of the traditional inspection and testing industry can no longer meet the actual testing needs, and the rise and development of digitalization and intelligence will promote the revolutionary transformation of the inspection and testing industry. This paper introduced the iron ore moisture detection and control system, and discussed its application in moisture detection. Firstly, the pain points and risks of the traditional inspection methods of iron ore were analyzed, and the concept and significance of the iron ore moisture detection and control system were introduced. The module composition and operation methods of the iron ore moisture detection and control system were introduced in detail, including the design of hardware equipment, cloud computing and process management and control applications. Finally, examples were demonstrated and analyzed. The advantages and application prospects of iron ore moisture detection and control system in inspection and testing industry were demonstrated. It provides a theoretical basis for the digitization and intellectualization of iron ore moisture detection.

**KEY WORDS:** iron ore moisture detection; laboratory; digitization; process control; information security

基金项目: 青岛市市南区科技计划项目 (2023-1-001-SZ)

**Fund:** Supported by the Science and Technology Project of Southern District of Qingdao City (2023-1-001-SZ)

\* 通信作者: 左兆迎, 博士, 正高级工程师, 主要研究方向为检验认证技术与管理。E-mail: 836594289@qq.com

\*Corresponding author: ZUO Zhao-Ying, Ph.D, Professorate Senior Engineer, China Certification & Inspection (Group) Shandong Co., Ltd., Qingdao 266071, China. E-mail: 836594289@qq.com

## 0 引言

为实现检验检测行业的高质量发展,提高实验室检验检测能力、完善各项制度、组建高水平人才队伍、创新检验检测方法和优化检验检测步骤等是不可缺少的环节<sup>[1]</sup>。实验室建设可利用数字化、智能化手段助力现代产业体系建设、推动企业数字化转型、支撑“质量强国”等国家战略。

检验检测行业的高质量发展同样对矿石类水分检测提出了更高的要求,依托数字化和智能化技术可以把矿石类水分检测的各个环节进行系统性整合,达到环节可控和完整溯源的目的。矿石类水分检测往往会聚焦于对不同矿石的特性或实验本身精密密度等的研究,较少进行流程性的横向把控,而铁矿石水分检测控制系统可以很好地弥补矿石水分检测横向细节把控不足的问题,但目前鲜少此类研究。

本研究通过阅读文献、模拟操作和过程溯源等方法,建立一套铁矿石水分检测控制系统,以达到降低人员操作难度和实验室风险,提高了数据的安全性和可追溯性的目的<sup>[2]</sup>,为铁矿石水分检测的数字化和智能化提供了理论基础。

## 1 铁矿石水分检测的难点

铁矿石水分的检测方法是先将一定量破碎至相应粒度的铁矿石样品放入已知重量的样品盘称重后,置入105℃的烘箱内进行干燥,经过若干次一定时间间隔的恒重后,两次重量差值小于样品重量的0.05%,即为烘干结束。检验员在此过程中得到一系列数值,通过公式计算就可得到所测样品的水分含量。

检验检测机构和实验室按照此方法测得矿石水分结果,且GB/T 2007.6—1987《散装矿产品取样、制样通则 水分测定方法——热干燥法》上对此过程也是这么描述的,这看似简单的操作过程实则需要严格的过程控制管理<sup>[3]</sup>。如果客户对铁矿石水分检测结果提出异议,即使在每一步操作中检验员都按照要求进行记录,实验室也很难溯源整个铁矿石水分检测过程的每一个细节,这就成了铁矿石水分检测的难点。

整个铁矿石水分检测的过程管理控制主要涉及对人的行为的管理和对物的状态的控制,不论是人的行为还是物的状态都是整个过程的风险因素。在此过程中人的行为风险因素主要有台秤数字未稳定时进行读数、手动记录或者输入的错误、检验员对设备的误操作等;物的状态风险因素主要有烘箱内的温度可能会出现超过预期值的波动、样品等待称重时间过长而出现回潮等。

## 2 铁矿石水分检测的数字化和智能化的概念

所谓数字化就是将复杂的信息转换为可以量化的数据,再对这些数据进行处理的过程,智能化是指在计算机网络、大数据、

物联网等技术的加持下,所具有的满足人们各种需求的属性<sup>[4]</sup>。铁矿石水分检测的数字化和智能化就是在实验室环境下,将铁矿石水分检测的所有细节转换为可以量化的数据并加以记录和分析,在此过程中利用计算机赋予人员不同的权限,降低人员操作难度,提高检测的准确度,实现整个过程的可溯源和数据安全。

## 3 铁矿石水分检测数字化、智能化的意义

传统的铁矿石水分检测方法是基于国家标准、行业标准等对铁矿石水分含量进行检测,其操作方法和所用设备也基本相同,但是整个过程需要记录的信息繁多,人员的参与度也高,这就造成了很多问题,比如信息记录容易出现错误、对人员的资质和责任心要求高、数据横向对比比较麻烦等<sup>[5]</sup>。数字化和智能化的应用可以很好地为矿石水分检测赋能,这种理念对提高整个检验检测行业都有很好的借鉴意义,可在此基础上举一反三提高整个检验检测行业的能力,达到为整个检验检测行业的高质量发展实现抛砖引玉的效果。

在数字化和智能化赋能下的铁矿石水分检测,对推动检验检测行业高质量发展有着重要意义<sup>[6]</sup>:精准化、自动化记录实验的每个环节;降低对人员数量和人员能力的要求;能够降低误操作和记录错误增加的成本;操作步骤简化,减轻操作人员精力消耗;整个水分检测过程检验员无需记录任何数据,增强了实验室信息安全保障的能力<sup>[7]</sup>;增加了检验检测全流程溯源的可能性<sup>[8]</sup>;可以随时得到想要的横向或纵向比对。

## 4 铁矿石水分检测数字化、智能化的原则

数字化和智能化可以为铁矿石水分检测赋能,也可以带动实验室矿石水分检测实现跨越式发展,若想实现这一想法就必须遵循以下原则:对参与数字化和智能化铁矿石检测的人员进行全流程培训,使其对此理念有一个全面认识,为以后的工作衔接打下良好的基础<sup>[9]</sup>;实验室要有标准器或者稳定的实物量具等,保证铁矿石水分检测系统的溯源或者比对;实验室要有技术人员,保障实验室数字化、智能化铁矿石水分检测系统的正常运行;实验室要有异地自动备份系统,保障数据安全<sup>[10]</sup>;数字化、智能化铁矿石水分检测系统能够自动生成各类比对报告,为优化实验操作提供指导意见,让使用者能够对检测过程进行全流程溯源;该系统能够自动识别温度异常波动等情况并进行记录,必要时可发出预警信号。

## 5 铁矿石水分检测数字化、智能化的方法

### 5.1 铁矿石水分检测控制系统的介绍

铁矿石水分检测数字化、智能化设备实际上是一个控制系统,主要设备包括水分样品暂存柜、自动识别样品并记录数据

的台秤、带数据记录功能的烘箱、云端数据记录控制系统；辅助设备包括标准化试验台、温湿度自动控制装置、视频监控装置等<sup>[11]</sup>。

### 5.1.1 样品暂存柜

样品暂存柜是用来暂时存放经过预处理后待做水分检测样品的柜子，其具体使用方法为：管理者通过云端下达指令启用相应的样品暂存柜，该柜子只暂时存放某一单业务的水分样品，样品传递人员根据授权打开相应的柜子，柜子内有若干个样品放置位置，若某个位置没放样品显示为绿灯，若该位置放置样品则显示红灯并在云端自动生成样品检测编号，如果待检测样品有顺序要求，则待检测样品应对应暂存柜内的序号进行放置，关上柜门即对样品送达完成进行确认。检验员凭能追溯到个人的方式（如人脸识别等）打开暂存柜对样品进行确认，至此样品交接完成。在整个过程中云端控制系统实时记录每一个细节，包含授权时间、授权人员、样品送达、样品确认、样品存放及取走时间并实时在终端显示暂存柜内样品的数量<sup>[12]</sup>。

### 5.1.2 自动识别样品并记录数据的台秤

在做铁矿石水分检测时，检验员从样品暂存柜内取出某一个样品时，该台秤通过云端自动锚定该样品检测编号，在称量盘和放入样品后台秤稳定时指示灯亮起，检验员点击确认即可完成样品的称重操作，该台秤不显示数字。

### 5.1.3 带数据记录功能的烘箱

完成称重的样品盘放入预热后的烘箱的某个位置时，烘箱就把该样品检测编号赋值给该位置，关闭烘箱门后样品开始干燥过程。

到达称重时间时，从烘箱拿出该样品称重时，烘箱识别该样品检测编号并经计算机网络发送给台秤，台秤稳定并经检验员确认后，该样品放入烘箱继续烘干。

当样品到达恒重时间第二次从烘箱内被取出时，台秤默认该样品进入恒重环节，重复此过程，直至台秤显示恒重结束。在使用烘箱的过程中，云端控制系统除了会对样品编号进行监管以外，还会对烘箱内的实时温度和烘箱门开启时间段等进行记录<sup>[13]</sup>。

### 5.1.4 云端数据记录控制系统

该控制系统是整个铁矿石水分检测控制系统的大脑，它的作用包含授权的识别、给样品进行编号、追踪水分样品检测的进展情况、实时记录操作中和环境的数据、实时监控并记录设备状态、处理分析实验数据、异常情况的预警等<sup>[14]</sup>。

### 5.1.5 辅助设备

标准化试验台是指实验室用于样品处理的耐酸碱、耐磨、耐高温、承重性强且稳定的操作台。

温湿度自动控制装置是指使用数字显示装置对实验室内部温湿度进行精密控制的设备，使环境温湿度符合实验室要求。

视频监控装置是指利用视频和音频等手段对实验室进行实时音像记录，与其他控制数据形成互补关系。

## 5.2 铁矿石水分检测控制系统的操作

铁矿石水分检测控制系统是指利用连接计算机网络的各种操作设备、各种辅助设备，在云端控制器的管理下记录水分检测过程的每一个环节，能够实现全流程溯源和控制的软件和硬件的总称<sup>[15]</sup>。具体操作过程为：

假设实验室 A 有管理人员 B、样品传递员 C、检验员 D、系统维护技术人员 E、样品暂存柜 F、台秤 G、烘箱 H，接受 I 公司委托对铁矿石样品 J 进行水分检测。系统维护技术人员 E 应具备相应的资质，掌握铁矿石水分检测控制系统的运行原理，保证该系统处于检定或校准有效期内，及时处理该系统遇到的异常情况。

实验室 A 通过对 I 公司的委托进行评审等一系列流程后，决定由管理人员 B 负责本单业务。管理人员 B 对本单业务进行系统录入，授权样品传递员 C 将预处理的一份铁矿石样品 J 放入指定暂存柜，样品传递员 C 将该样品放置在样品暂存柜的 1 号位置，1 号位置的指示灯由绿色变为红色，样品传递人员关闭柜门对样品传递完成确认，样品暂存柜自动生成该样品的检测编号 J-01。云端控制系统对样品传递员 C 的被授权时间、打开样品暂存柜的操作过程信息以及完成样品传递确认的时间等信息进行记录，同时生成节点信息发送给管理者 B，生成指令信息通知检验员 D 前往进行下一步操作。

检验员 D 收到指令信息后，前往样品暂存柜利用授权信息进行样品确认，确认完成后，云端控制系统自动或者检验员 D 手动给烘箱下达预热指令，预热完成后云端控制系统给检验员 D 发送可以开始进行检测的提示信息。

检验员 D 通过授权信息打开样品暂存柜，将铁矿石样品 J-01 取出时，原样品位置指示灯由红色变为蓝色，控制系统自动识别该样品检测编号，并赋值给台秤和烘箱。检验员 D 将空的样品盘放到台秤上，指示灯由绿色变为红色，待示值稳定后指示灯由红色变为绿色，此时台秤将空盘重量数据上传至云端控制系统；检验员 D 将铁矿石样品倒入空盘并平整样品，此过程红色指示灯亮起，示值稳定后变为绿灯，点击确认后指示灯变为蓝色，矿石水分样品加空盘的重量数据自动上传至云端控制系统。检验员 D 将样品放入烘箱后，烘箱自动识别样品所放位置并上传至云端控制系统。如果还有样品需要继续检测，控制系统会给样品暂存柜、台秤和烘箱发布指令，台秤的指示灯恢复为绿色后继续对样品进行再一轮的称重；如果所有样品称重完毕或者不再对后续样品进行称重，关闭烘箱柜门即视作称重结束和烘干过程开始，柜门自动上锁，样品的位置信息等数据上传至云端控制系统，管理者 B 和检验员 D 可以在终端查看样品烘干的时间进程。

铁矿石样品到达称重时间时, 终端设备会提醒检验员 D 进行称重。检验员 D 利用授权打开烘箱取出铁矿石样品 J 放到台秤 G 的过程中, 烘箱自动识别该样品检测编号 J-01, 通过云端控制系统将信息发送给台秤, 称重时台秤指示灯由绿色变为红色, 待稳定后指示灯又变为绿色, 此时检验员应将样品放回烘箱原来位置, 关闭烘箱门后自动上锁, 烘箱默认该样品开始恒重过程。当到达恒重时间点时, 检验员 D 重复上述操作过程, 直至指示灯变为蓝色, 说明相邻两次恒重的样品重量小于样品重量的 0.05%, 表示该样品恒重结束, 所有数据归集到云端控制系统, 进入下一步的数据处理过程。

在整个操作过程中, 云端控制系统记录所有操作步骤的时间节点和持续时间<sup>[16]</sup>。

### 5.3 铁矿石水分检测控制系统的的结果输出

铁矿石水分检测控制系统的的结果输出过程是利用整个水分检测过程中各种设备采集到的数据进行分析, 通过公式运算得出结果的过程。该数据输出过程既可以单独算出每组矿石样品单独的水分结果, 也可以算出平均水分结果<sup>[17]</sup>。

#### 5.3.1 单独计算每组铁矿石样品的水分结果

适用于该方法的情况是, 每组样品单独存在, 互相之间不存在关系, 输出结果时每一组结果单独显示。该方法的输出结果用公式 (1) 进行计算:

$$P = \frac{W_1 - W_2}{W_1 - W_0} \times 100\% \quad (1)$$

式中,  $P$ : 铁矿石水分检测结果;  $W_0$ : 样品盘的重量;  $W_1$ : 样品盘加未烘干样品的重量;  $W_2$ : 样品盘加恒重结束后样品的重量。

#### 5.3.2 多组铁矿石样品水分检测结果平均值的计算

该方法适用于由多个副批组成的大样, 每个副批单独进行检测, 计算结果用算术平均值来表示。该方法的输出结果用公式 (2) 进行计算:

$$\bar{P} = \frac{\sum_{i=1}^n P_i}{n} \quad (2)$$

式中,  $\bar{P}$ : 多组矿石水分含量平均值;  $n$ : 铁矿石样品的组数;  $i$ : 1, 2, …,  $n$ ;  $P_i$ : 第  $i$  个矿石样品的水分 (%)。

### 5.4 铁矿石水分检测控制系统的的结果输出

铁矿石水分检测控制系统的的结果输出是指, 该系统对铁矿石水分检测过程得到的数据进行处理后, 将得到的结果反馈给管理人员或者经授权的人员的过程, 该过程具有一些明显的特征: 该系统只对管理人员或者经授权的人员输出结果, 结果的输出具有定向性。该系统可以防止矿石检测过程中检验员等有意或无意造成的数据泄露, 结果的输出具有安全性。该系统由于不需要人工记录或输入, 检验员只需要根据指令或提示完成操作即可, 结果的输出具有可靠性。该系统不仅记录了铁矿石

水分检测称重的数据, 而且记录了样品交接、烘箱温度波动、恒重结束确认等所有操作步骤和设备状态的时间节点和持续时间, 加之视频监控设备和温湿度自动控制设备等的辅助, 结果的输出具有可溯源性。

### 5.5 铁矿石水分检测控制系统的的过程溯源

该系统的过程溯源包含了主要设备、辅助设备、检验数据记录、操作过程、计算过程等全流程的溯源记录。对该系统的溯源既要保证操作过程的完整性, 也要保证每一步操作的有效性。主要设备的溯源是指主要设备在检定或校准有效期内, 符合矿石水分检测要求的状态, 并提前录入检定有效期等信息<sup>[18]</sup>; 辅助设备的溯源是指温湿度自动控制系统等设备在检定或校准有效期内, 符合铁矿石水分检测要求的环境状态, 在整个检测过程中能够自动记录环境数据; 检验数据记录的溯源是指矿石水分检测过程中样品对应的检测编号、空盘、样品重量、样品恒重等原始检验数据的溯源; 操作过程的溯源是指在矿石水分检测过程中每一操作的时间点、操作持续的时间、烘箱内温度等的实时记录; 计算过程的溯源是指该系统展现利用实验数据进行水分计算的过程。

### 5.6 铁矿石水分检测控制系统的提醒、预警与异常情况的处理

铁矿石水分检测控制系统具有一定的智能化设计, 在遇到不同情况时会根据数字化设定要求进行处理<sup>[19]</sup>。若系统识别到重要时间节点和异常情况时会进行自动判定, 并根据判定结果的性质和紧急程度作出相应的反应, 实现该系统的提醒功能、预警功能和对异常情况处理的功能。

**提醒功能:** 在正常流程下, 该系统会自动发出提醒信息, 比如样品交接的确认、提醒到达恒重时间点、检测数据结果的输出等。

**预警功能:** 预警功能是指在检测过程中遇到的可能会影响实验数据的情况, 比如从暂存柜内同时拿出两份样品、烘箱内温度波动过大、恒重时某样品等待时间过长存在回潮风险等。

**异常情况:** 异常情况是指在矿石水分检测过程中突发的、对整个检测过程有严重影响的情况, 比如烘箱内温度异常升高超过设定值时, 系统会进行连锁控制进行断电, 发送指令给系统维护技术人员和管理人员并自动记录这一过程<sup>[20]</sup>。

### 5.7 特殊要求

该系统虽然有诸多优点, 但是有一些要求需要实验室人员遵循。基本信息的正确录入是系统进行自动识别和赋值的基础, 经授权检验员的线性操作保证了检测流程的准确性。矿石水分检测系统的启动由管理人员在终端录入后发起, 包括但不限于品名、批次、铅封号、样品数量及重量、检测要求等; 为了保证全流程溯源, 只有授权的检验员才可打开样品暂存柜; 由于该系统属于线性流程, 不可同时从样品暂存柜内同时拿出两个或多个样品, 只能一个样品操作流程结束后才能进行下一个样

品的操作,这也很大程度上避免了样品混拿错用的情况。

## 6 结束语

检验检测行业是一个务实严谨的行业,其数智化转型是服务于国家质量提升和壮大经济发展新引擎的现实需要和重要技术支持。在第4次工业革命的背景下,数智化转型是传统产业实现质量变革、效率变革的必由之路,检验检测行业想要实现跨越式发展,就必须快速拥抱更新的技术和更开放的架构。通过深化数智化技术在检验检测行业各环节的应用,不断拓展检验检测与其他领域的交叉融合,可以实现行业各层面数字化、网络化、信息化的发展,加强检测工作的数据质量和安全监控,释放数智技术对检验检测行业革新、模式升级的作用。

本研究建立的铁矿石水分检测控制系统由硬件设施和软件控制组成的,较好地集成了铁矿石水分检测的关键控制点,该系统为解决传统铁矿石水分检测的痛点提供了解决方法,通过硬件设施的设计、云端计算和过程管理控制展现了其在检验检测行业的优势和应用前景。

## 参考文献

- [1] 刘敬光,张笑冬.新形势下检验检测产业链发展研究[J].中国纤检,2023,(02):53-54.
- [2] 武海华,黄灿.物联网技术对智慧农业的影响及应用[J].中国农业资源与区划,2023,44(08):9,20.
- [3] 殷晓辉,陈正.谈利用网络系统对生产过程的管理控制[J].中国建材装备,2002,(01):11-15.
- [4] 王思童.数智化转型推动检验检测行业破茧成蝶——访中国检验检测学会副会长、北京三维天地科技股份有限公司董事长金震[J].质量与认证,2023,(09):26-29.
- [5] 赵云,陈顺浩,王明强.食品检验检测实验室管理及服务能力提升探究[J].云南化工,2020,47(06):141-143.
- [6] 陈文礼.数字化赋能蚌埠花生产业高质量发展的作用机制与实现路径[J].食品研究与开发,2023,44(22):237-238.
- [7] 迪那拉·恰热甫汗,帕孜来提·依明.浅谈LIMS系统在检验检测实验室中的应用及数据安全合规建议[J].新疆畜牧业,2023,39(04):34-37.
- [8] 邵晓莉,朱殷英,陈健骅.新版《检验检测机构资质认定评审准则》变化要点[J].质量与认证,2023,(10):84-86.
- [9] 陈再齐,李德情.数字化转型对中国企业国际化发展的影响[J].华南师范大学学报(社会科学版),2023,(04):81-95,206.
- [10] 张德平.实验室信息管理系统中的数据安全研究[J].工业信息安全,2022,(02):25-29.
- [11] 郑笑朋,邹蕾,韩涛.实验室数据采集管理装置设计研究[J].现代工业经济和信息化,2023,13(02):116-119.
- [12] 刘奇旭,靳泽,陈灿华,等.物联网访问控制安全性综述[J].计算机研究与发展,2022,59(10):2190-2211.
- [13] 聂姚鑫.大数据背景下软件技术的发展[J].电子技术与软件工程,2019,(16):160-161.
- [14] 孙宇彤.基于人工智能的边缘计算系统设计与实现[J].科技创新与应用,2023,13(33):132-135.
- [15] 顾雯雯,王丹.一种基于物联网的电梯远程监测控制系统[J].中国电梯,2022,33(09):63-66.
- [16] 金星龙,王娟,刘晓清,等.基于PDCA循环的实验室安全研究与实践[J].天津化工,2023,37(05):143-146.
- [17] 蓝海燕.云计算技术在计算机网络安全存储中的应用[J].数字技术与应用,2023,41(01):234-236.
- [18] 李颖舒,郭滔,杨建庭,等.检测实验室中质量管理体系的建立与运行[J].机电工程技术,2022,51(9):55-57,102.
- [19] 徐雄健.智能照明控制系统管理平台简析[J].建筑电气,2022,41(12):67-70.
- [20] 焦国庆.防爆红外烘箱电气设计分析[J].机电信息,2022,(19):48-50.

## 作者简介



刘立鹏,工程师,研究方向为检验鉴定技术。



左兆迎,博士,正高级工程师,主要研究方向为检验认证技术与管理。