

金属材料缺陷图谱系统设计研究

曹伟健¹ 程鹏宇²

1. 通标标准技术服务有限公司大连分公司; 2. 大连市建筑工程质量检测中心有限公司

摘要: 随着现代工业生产工艺的进步, 各种金属材料被越来越多地用于各行各业。但在使用期间, 金属表面易形成裂纹、夹杂和内部孔洞等多种缺陷, 对其性能造成了很大的危害。在此背景下, 构建金属材料缺陷图谱系统对于金属材料的质量监控与评价有着十分重要的作用。随着制造业科技水平不断提升, 智能化水平不断提升, 针对金属材料缺陷的知识积累, 以人工智能与大数据为基础, 设计一套知识图谱体系, 根据特定的规律与逻辑, 构建相应的知识库。本文在此基础上, 对知识加工、积累与应用的标准化和实用性进行了初步的研究与探讨。

关键词: 系统设计; 缺陷图谱; 金属材料

【DOI】10.12252/j.issn.2096-627X.2022.09.066

一、引言

在《中国制造2025》实施期间, 我国制造业亟须实现从传统制造业到智慧制造转变, 实现高质量发展。工业制造的数字化、信息化、智能化正在不断地推动着产业的转型和发展, 但是在工业领域, 尤其是在金属材料的制造中, 会产生海量、零散的数据, 这些数据在没有得到高效的信息化方法情况下, 不能对其进行合理的处理, 将其转化为具有更高的价值的信息和知识, 从而导致了信息的预测和数据的可溯源性, 由于受到专家们的知识架构和工作经历的限制, 人们对数据进行判断的效率和成本都很高, 因此, 将人工智能、大数据等相关的技术运用到制造业中来进行研究, 是一种非常有效的方法。例如, 目前工业制造业的信息化和大数据的质量管理体系的构建, 已经得到了制造业企业的广泛关注。

在金属冶炼与压延领域智能化设备升级的背景下, 针对我国高端制造与下游行业对高性能金属原料的高品质要求, 传统的制造方式与品质管控方式已无法适应现代黑色冶金及有色冶金技术革新发展的需要, 特别是在难识别与去除金属材料中的缺陷方面。由于金属材质存在的问题, 会造成生产成本的损失、生产效率的下降以及能源的巨大损失, 而如果检测环节不到位, 含缺陷的金属原料被投入到工业生产中, 会造成更大的安全隐患。然而当前的生产方式仍然采用人工采样, 对照标准图谱判断, 然后对生成的成因进行剖析, 并对生产过程进行优化, 效率低下、人为因素众多, 不利于生产过程的在线调整与改善。

根据其应用的发展态势, 目前已由一般的知识图谱的使用范围扩大到了金融、医疗、公安、司法、电商等方面的领域或产业知识图谱的应用, 利用知识图谱中的知识推理和逐渐扩大的认知功能, 协助有关产业的从业人员对具体问题进行分析、推理、辅助决策。然而, 在实际中, 对于知识图谱的实际运用与研究却不多见, 尤其是在金属制品加工企业中, 更是少见。本项目

的研究成果将为我国制造业的信息化、数字化以及智能制造的实现起到积极的推动作用。

二、设计金属材料缺陷图谱系统的重要性

在现代社会生活中, 金属材料得到了日益普遍的使用, 在机械制造、建筑、运输等诸多行业中扮演着举足轻重的角色。但在生产过程中, 由于金属原料的品质问题, 常常会对其性能及使用年限产生较大的影响。所以, 加强对金属原料的品质检测是十分必要的。其中, 设计金属材料缺陷图谱系统是质量控制的关键环节之一。

设计金属材料缺陷图谱系统的重要性主要体现在以下几个方面:

首先, 实现了对金属材质中的各种缺陷的高效探测与辨识。利用现代测试手段与仪器, 可实现对金属材质的全方位检验, 包括表面缺陷、内裂纹、夹杂物等。将测试的结果和标准图谱进行对比, 该方法能迅速、精确地判断出各种缺陷的种类及大小, 对产品的生产过程具有一定的指导意义。其次, 对产品的品质管理具有很强的支撑作用。通过对加工工艺中的物料进行实时监控与信息反馈, 能够对产品存在的缺陷进行有效地检测与解决, 从而有效地降低产品的成本与安全性。通过本项目的研究, 能够为实际生产中的工艺参数进行合理的调整, 从而达到改善加工效果、改善产品品质的目的。最后, 该系统也具有较强的市场竞争能力。随着市场的不断加剧, 高品质、高质量的金属原料成了企业的核心竞争能力。通过对该系统的开发, 企业可以加强对其品质的监控, 增强其在行业内的竞争能力, 增强其在行业中的竞争能力。

综上所述, 设计金属材料缺陷图谱系统在金属材料质量控制中具有重要的作用。该系统可以对金属材质中存在的各种问题进行快速、准确的分析与判断, 从而对产品进行质量监控, 提高产品的市场竞争能力。为此, 企业必须加强对这一系统的开发与运用, 以提升其品质与性能, 进而推动企业的可持续发展。

三、技术架构

1. 架构图

基于信息化和数据安全的基础架构，建立金属材料缺陷知识图谱。对于信息的收集、整理、分类、存储、共享和开放的各个阶段，本项目从信息资源提供者、管理者和用户三个角度出发，提出了基于工业互联网和智能制造的工业智能制造方法，为工业互联网和智能制造提供科学的理论依据和技术支持。

2. 基础设施层

在基础设施层包含了宽带化、泛在化、融合化和安全化的知识源感知与获取机制。

3. 数据源层

该层次包含用于储存业务数据的数据库（储存：设计数据、生产工艺数据、企业数据、测试数据等）以及3C产业标准库（例如：中国研究院标准库、中国冶金标准研究院标准库等）。

4. 数据采集层

这个层次提供了业务数据、基础库数据、日志数据、感知数据等采集的能力。它还可以提供ETL工具、FTP文件上传等采集方式，将非结构化的数据收集方式与人工收集方式相结合，为基础库数据、数据仓库、主题数据构建提供支撑。

5. 大数据平台层

该层对数据资源进行存储、管理、分析和使用，实现了数据采集管理、分布式存储管理、大数据计算管理、大数据服务管理、分布式协同管理。本层利用分布式存储与运算架构，对数据的存储、处理、话题分析等进行研究。

6. 知识量化层

金属材料缺陷知识量化体系的建立，就是为了将缺陷知识进行整合、统一和标准化，并将其量化，从而形成一个新的工业指标。在金属材料工业领域，有很多工业标准的、不结构的、有缺陷的文件数据，该系统充分利用已有的文档知识，有针对性地解决了生产中存在的问题。其中，基于半结构化和非结构化的知识提取是其中的关键。

四、缺陷知识处理过程

本过程通过对工业标准中的缺陷数据和文字进行识别和阅读，从而建立缺陷知识库。如果文字信息的格式或内容有误，如果有照片或者表格之类的，都需要在进入仓库之前统一进行标准化。第一次创建“知识图谱”时，利用了国内外的许多文献中已经有的缺陷知识，这就是缺陷知识标准库。在生产过程中出现了新的、不存在于缺陷标准库里的缺陷，先将这些缺陷知识储存在缺陷知识库中，在确定了缺陷知识库中的一般错误之后，对缺陷知识库进行了补充。

1. 缺陷知识文本处理关键技术

金属材质缺陷文本资料包括各类缺陷资料和解答，实体识别是实现文本知识提取的重要环节。金属物质的种类数量大且类型多样。与此同时，新的名称主体也开始出现，例如新的缺陷名称和新的标准名称。另外，由于实体结构比较复杂，对某些类型的名称实体词语长短也没有进行规范。

2. 缺陷知识图片处理关键技术

金属材料缺陷的另外一种非结构化数据是图片数据。图片数据中包含了多种缺陷的知识，如何对图像中的缺陷进行识别是图像数据处理的关键技术。图像识别分类是利用计算机对图像进行处理、分析和理解的一种技术，其中图片识别的主要技术是深度学习中的神经网络。该技术核心思想主要通过输入缺陷图片，然后利用深度学习模型实现对缺陷各种属性和特征的提取。

3. 缺陷知识标准库

针对金属材料缺陷数据，利用大数据技术，以标准化的定量数据为基础，建立相应的知识图谱，并利用神经网络等深度学习算法，实现对缺陷知识的智能化挖掘与验证。如发现与之相符合之不足，可直接比对，并提出相应之对策。当缺陷知识库中没有找到与之相对应的缺陷时，将通过人工检索，并通过系统自动地对其进行更新和补充，从而得到一套完整的金属材料缺陷知识定量化体系。

五、系统技术方案

1. 业务逻辑层

该系统由三个部分组成：核心部件、知识库部件和数据分析部件。

(1) 金属材料知识图谱核心组件

从概念图谱构建到实例图谱的建立，最终实现对图谱的整个流程及整个生命周期的管理。该方法支持自底向上和自顶向下两种方法来构造图，并支持三种不同的数据类型：结构化、半结构化和非结构化。其核心部件包括图谱建模、图谱计算、图谱构建和溯源分析。

(2) 金属材料知识库组件

通过对金属材料的原始数据进行金属材料行业语义理解、知识推理、计算分析。图谱可以很好地表达出结构化的数据中所蕴含的语义，并能很好地表达出事物间的相互关系，通过对各资讯元素的推理性运算及通路相关性，建立五金建材产业的知识资料库，协助使用者找到最接近目的的解答；该模型包含了自然语言处理、知识图谱、图计算和深度学习等关键技术，它可以支持对文本进行语义的挖掘和处理，具有丰富的知识结构和分析方法，可以为智能的应用提供支持，支持智能问答、推理搜索、数据追溯等功能，对卷积神经网络、循环神经网络、梯度下降等多种算法，以图论为基础用多种方法进行图的运算，图遍历、路径发现、最短路径、最小生成树、图匹配等等。

2. 数据和业务中台

通过界面服务来进行与业务系统之间的信息交流和共享,其中,数据共享交换是以服务和数据队列形式,实现业务系统与图谱的交互与存取;采用服务的方式,实现了对金属材质的缺陷定量描述,方便了企业的业务应用;将已编制好的数据以资源目录的方式呈现出来,便于人们了解到该系统有哪些数据,该数据结构是什么,该数据是怎样获得的;数据中台具有数据交换、信息安全、数据开放等功能,能够为各种应用系统提供个性化的特定应用支持,从而实现协作发展与迅速部署。

构建业务模块,缺陷特征分类、原因分析、缺陷防止、缺陷消除和改善、检测图像识别、质量预测、辅助合标判断,辅助过程验证等功能,通过对产品缺陷的识别,产品缺陷的溯源、缺陷的智能解答、材料成分的分析,各种商务应用的模块化构建。

3. 数据管控

制定数据管理机构和管理程序等标准;为实现资料管理目标,对资料来源进行规范。

(1) 数据资源梳理

对金属材质缺陷信息源进行分类整理,包括组织机构、业务事项、信息系统以及以数据库、网页、文件和API界面的方式出现的数据项目,输出分类后的资料来源列表。

(2) 基础库和主题库建设

将数据划分为基本资料、业务资料及分析资料。基础数据是指一个内核的实体资料,或者说主要资料。主题数据是关于特定的业务主题数据。分析数据是对经营对象资料进行全面分析后得出的结果资料。

(3) 元数据管理

元数据管理主要是对基础和主题库中的数据项目的属性进行管理,并将数据项目的业务意义与数据项目相联系,方便企业工作人员了解数据库中的数据字段含义,并且,元数据是数据共享、数据交换和商业智能(BI)的基础。元数据是数据的数据,它包含了对其业务含义、技术含义以及对其进行的加工处理过程的定义,是数据管控的基本手段。

(4) 数据共享交换

数据共享主要是指在组织内部和组织间进行数据共享,分享方法亦有三种,分别是库表、文件和API接口。API是目前最可靠的一种分享方法,它允许中央数据仓库保持对数据的所有权,并以API的形式传递给中央数据仓库。API接口的分享可以通过API接口来完成,常用的函数有:自动生成接口、并发限制、多用户隔离、调用审核、调用监测等。

六、案例分析及意见

以某家钢厂为例,利用大数据对其进行大数据处理,发现了点斑、缩孔和分层等三类严重的质量问题。

通过对三类产品质量问题的大数据和过程溯源,发现存在以下4个主要原因:石灰质量差、氩气带漏气、镇静时间短和浇注速率高。在此基础上,提出了相应的改进措施,实现了对以上问题的有效处理,将铸锭轧制的质量由95.34%提升至99.43%,将整个生产过程中的质量指标提高了4.09%,为企业带来了巨大的经济效益。

本项目拟结合大数据、图像识别、深度学习建模等现代信息技术,构建一种面向工业制造中的金属材料制造全寿命周期的智能体系。该系统不但可以利用图像和数据对缺陷进行定性和定量分析,而且还可以将其与工艺参数和控制数据相联系,从而迅速地找到缺陷,并给出改善意见。这种智能系统能够给企业提供以下协助:

(1) 在过程中,通过虚拟过程的仿真确认,辅助工艺工程师改进产品的结构,避免产品质量问题;

(2) 制造时,可对产品质量进行自动辨识,并对产品进行报警,避免产品在后续产品中累积;

(3) 对制造过程中发生的问题进行定性和定量的分析,迅速定位引起问题的主要因素,并提出相应的工艺措施。

结论

总之,一方面能够将缺陷形成的原因尽量地避免在生产之前,另一方面,还能够协助工程师减少生产中的缺陷对产品的冲击,因此,提高了生产的品质和生产的效率,还可以将企业生产流程中的损耗减少到最低,使企业的生产费用得到节省。特别是与高质量、高效率钢种制造,意义重大、效益显著。在今后的研究中,还可以在系统中加入更多的金属材质和缺陷类型,提高系统的自动化水平,实现与生产装备的无缝连接。同时,本项目的研究成果也将拓展到机械制造、航空航天等其他行业,为进一步提升产品的品质与性能奠定坚实的理论基础。

参考文献

- [1] 刘佳音. 金属材料微观缺陷结构演化机理研究[J]. 科学与财富. 2018, (15): 22-23
- [2] 王伟华, 吴瑞芳, 王旭颖. 杂质Si对晶体物理特性的影响——以氧化石墨烯纳米带为例[J]. 科技创新导报. 2020, (21): 123-124.
- [3] 曾鹰. 汽车覆盖件采用变形铝合金材料的研究[J]. 汽车零部件. 2018, (8): 44-45
- [4] 郭慧俊. 金属微结构变形行为的晶体相场法研究[D]. 2019.
- [5] 张冰. Al-Si合金枝晶形貌的三维相场法模拟[D]. 2019.
- [6] 张运良, 张兆锋, 张晓丹, 许德山. 使用D3.js的知识组织系统Web动态交互可视化功能实现[J]. 现代图书情报技术, 2013(7): 127-131.