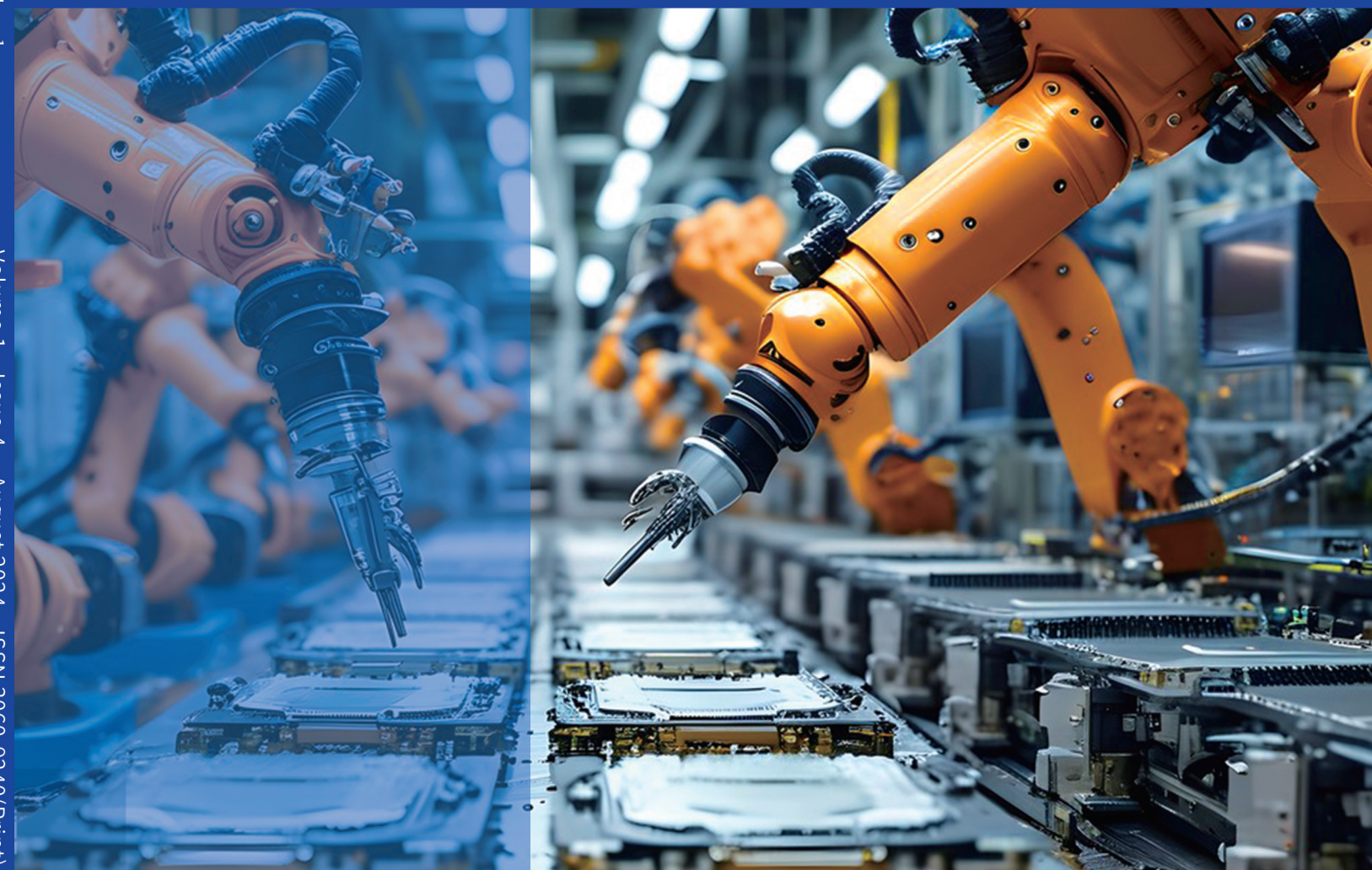


现代工业与技术

Modern Industry and Technology

Volume 1 • Issue 4 • August 2024 • ISSN 3060-9240(Print) 3060-9259(Online)



Nanyang Academy of Sciences Pte. Ltd.
Tel.: +65 62233839

E-mail: contact@nassg.org
Add.: 12 Eu Tong Sen Street #07-169 Singapore 059819

中文刊名：现代工业与技术

ISSN：3060-9240（纸质） 3060-9259（网络）

出版语言：华文

期刊网址：http://journals.nassg.org/index.php/mit-cn

出版社名称：新加坡南洋科学院

Serial Title: Modern Industry and Technology

ISSN: 3060-9240 (Print) 3060-9259 (Online)

Language: Chinese

URL: http://journals.nassg.org/index.php/mit-cn

Publisher: Nan Yang Academy of Sciences Pte. Ltd.

《现代工业与技术》征稿函

期刊概况：

中文刊名：现代工业与技术

ISSN：3060—9240（Print） 3060—9259（Online）

出版语言：华文刊

期刊网址：http://journals.nassg.org/index.php/mit-cn

出版社名称：新加坡南洋科学院

出版格式要求：

- 稿件格式：Microsoft Word

· 稿件长度：字符数（计空格）4500以上；图表核算200字符

· 测量单位：国际单位

· 论文出版格式：Adobe PDF

· 参考文献：温哥华体例

出刊及存档：

- 电子版出刊（公司期刊网页上）

· 纸质版出刊

· 出版社进行期刊存档

· 新加坡图书馆存档

· 谷歌学术（Google Scholar）等数据库收录

· 文章能够在数据库进行网上检索

作者权益：

- 期刊为 OA 期刊，但作者拥有文章的版权；

· 所发表文章能够被分享、再次使用并免费归档；

· 以开放获取为指导方针，期刊将成为极具影响力的国际期刊；

· 为作者提供即时审稿服务，即在确保文字质量最优的前提下，在最短时间内完成审稿流程。

评审过程：

编辑部和主编根据期刊的收录范围，组织编委团队中同领域的专家评审员对文章进行评审，并选取专业的高质量稿件进行编辑、校对、排版、刊登，提供高效、快捷、专业的出版平台。

Database Inclusion



版权声明/Copyright

南洋科学院出版的电子版和纸质版等文章和其他辅助材料，除另作说明外，作者有权依据Creative Commons国际署名—非商业使用4.0版权对于引用、评价及其他方面的要求，对文章进行公开使用、改编和处理。读者在分享及采用本刊文章时，必须注明原文作者及出处，并标注对本刊文章所进行的修改。关于本刊文章版权的最终解释权归南洋科学院所有。

All articles and any accompanying materials published by NASS Publishing on any media (e.g. online, print etc.), unless otherwise indicated, are licensed by the respective author(s) for public use, adaptation and distribution but subjected to appropriate citation, crediting of the original source and other requirements in accordance with the Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International (CC BY-NC 4.0) license. In terms of sharing and using the article(s) of this journal, user(s) must mark the author(s) information and attribution, as well as modification of the article(s). NASS Publishing reserves the final interpretation of the copyright of the article(s) in this journal.

Nanyang Academy of Sciences Pte. Ltd.

12 Eu Tong Sen Street #07-169 Singapore 059819

Email: info@nassg.org

Tel: +65-65881289

Website: http://www.nassg.org



现代工业与技术

Modern Industry and Technology

Volume 1·Issue 4· August 2024·ISSN 3060-9240(Print) 3060-9259(online)

编委会

主 编

蒋 晶 郑州大学

编 委

李伟锋 华东理工大学

李 硕 重庆理工大学

李益国 东南大学

高学金 北京工业大学

1	基于先驱体陶瓷的耐高温厚膜温度传感器 / 崔在甫	1	High Temperature Resistant Thick Film Temperature Sensors Based on Precursor Ceramics / Zaifu Cui
4	食品检验检测的质量控制及细节问题分析 / 朱桂生	4	Quality control and detail problem analysis of food inspec- tion and testing / Guisheng Zhu
7	超声波辅助提取藏香猪血液中血红素工艺研究 / 李国庆 马辉 赵相艳 张震 刘梦杰	7	Study on the technology of ultrasonic-assisted extraction of heme from the blood of Tibetan pigs / Guoqing Li Hui Ma Xiangyan Zhao Zhen Zhang Mengjie Liu
11	膜分离技术在环保设备中的应用与性能提升 / 朱圣洪	11	Application and performance improvement of membrane separation technology in environmental protection equip- ment / Shenghong Zhu
14	试析民航机务维修领域中 3D 打印技术的具体应用 / 王大成 朱无言 朱彦澄	14	Try to analyze the specific application of 3D printing technology in the field of civil aviation maintenance / Dacheng Wang Wuyan Zhu Yancheng Zhu
17	电力自动化技术在电力工程中的实践应用 / 卢静芳 黄亚	17	The Application of BIM technology in the digital manage- ment of electric power Engineering / Jingfang Lu Ya Huang
20	变频调速技术在工业电气自动化控制中的应用对策 思考 / 胡建林	20	Thinking on the application countermeasures of variable frequency speed control technology in industrial electrical automation control / Jianlin Hu
23	大炼铁产线一体化智能管控系统设计与应用 / 金龙	23	Design and application of integrated intelligent control system for iron production line / Long Jin
26	基于仿生学的叶片设计对提高军用无人艇水下机动性 能的研究 / 马耀	26	Study of blade design based on bionics to improve the underwater mobility performance of military unmanned craft / Yao Ma
29	机电一体化设备的故障诊断与维护管理对策思考 / 田虎	29	Thinking on the fault diagnosis and maintenance manage- ment countermeasures of mechatronics equipment / Hu Tian
32	火力发电技术创新与能效提升研究 / 杨玉康	32	Research on Innovation of Thermal Power Generation Technology and Energy Efficiency Improvement / Yukang Yang
35	矿用车上装货箱的设计与优化研究 / 卢宇	35	Study on the design and optimization of the loading box in mining vehicles / Yu Lu

High Temperature Resistant Thick Film Temperature Sensors Based on Precursor Ceramics

Zaifu Cui

School of Mechanical and Electrical Engineering, Lingnan Normal University, Zhanjiang, Guangdong, 524048, China

Abstract

Precursor ceramic thick-film sensors can be used in high-temperature applications such as engine blades, chemical plants, etc. However, precursor ceramics oxidize slowly at high temperatures, which affects the electrical stability at high temperatures, thus making the precursor ceramic thick-film sensors insufficiently temperature-resistant. For the problem of insufficient temperature resistance of the precursor ceramic thick film sensor, this paper designs a precursor ceramic thick film sensor, which has a thickness of about 60 μm , and the precursor ceramic thick film sensor is prepared by the method of direct writing and printing, and its high temperature reproducibility, stability, and sensitivity are analyzed after several rounds of temperature resistance testing, and its high temperature repeatability, stability, and sensitivity are found to be good at a high temperature of 1000 $^{\circ}\text{C}$, and it has a certain sensitivity. A method of preparing a temperature sensor with a temperature resistance of 1000 $^{\circ}\text{C}$ is provided.

Keywords

precursor ceramics; high temperature resistant; thick film; temperature sensors

基于先驱体陶瓷的耐高温厚膜温度传感器

崔在甫

岭南师范学院机电工程学院, 中国 · 广东 湛江 524048

摘 要

先驱体陶瓷厚膜传感器可以用于发动机叶片、化工厂等高温场合,然而先驱体陶瓷在高温下缓慢氧化,影响高温电学稳定性,从而使得先驱体陶瓷厚膜传感器耐温不足。针对先驱体陶瓷厚膜传感器耐温不足的问题,本文设计了一种先驱体陶瓷厚膜传感器,该传感器厚度约为60 μm ,采用直写打印的方法制备了该先驱体陶瓷厚膜传感器,经过多轮温阻测试,分析了其高温重复性、稳定性和灵敏度,发现其1000 $^{\circ}\text{C}$ 高温重复性、稳定性良好,具有一定的灵敏度。提供了一种耐温1000 $^{\circ}\text{C}$ 的温度传感器的制备方法。

关键词

先驱体陶瓷; 耐高温; 厚膜; 温度传感器

1 引言

先驱体陶瓷具有良好的耐高温、耐腐蚀和抗热冲击性能,同时具备良好的电学性能,是一种负电阻温度系数的热敏电阻,在室温至 1300 $^{\circ}\text{C}$ 的高温环境可以保持非晶态,是一种非晶半导体,先驱体陶瓷已在高温传感方面表现出很好的应用前景^[1]。

目前,先驱体陶瓷已经被制备成块体和薄膜温度传感器。如马超制备了块体 SiCN 温度传感器,并最高测试到了 1000 $^{\circ}\text{C}$ ^[2]。也有课题组制备了薄膜温度传感器,如 Cui 等人制备了厚度仅为 10 μm 的先驱体陶瓷薄膜温度传感器^[3],耐

温达到了 800 $^{\circ}\text{C}$ 。

然而,当先驱体陶瓷薄膜厚度小于 20 μm 时,容易存在缺陷或者被氧化。Wu 研究了填充不同质量分数 TiB₂ 纳米粉末的 SiCN 薄膜^[4],发现填充 70% 质量分数 TiB₂ 纳米粉末的厚度为 20 μm 左右的 SiCN 薄膜可以耐温到 800 $^{\circ}\text{C}$ 。

将先驱体陶瓷制备成厚膜温度传感器,还少有报道。Seo 报道了采用 SiCN 填充微米粒度的 TiB₂ 粉末的浆料,用光固化聚合的方法制备了厚度约为 200 μm 的厚膜热敏电阻,测试到了 300 $^{\circ}\text{C}$ ^[5]。

为了提高聚合物先驱体陶瓷薄膜的耐温性能,设计了一种聚合物先驱体陶瓷厚膜温度传感器,采用实验室组装的直写 3D 打印机将填充纳米 TiB₂ 粉末的先驱体陶瓷浆料打印到氧化铝衬底上,在空气中热解,并制备高温引线连接结构,形成传感器,测试其室温到 1000 $^{\circ}\text{C}$ 的温阻特性,本文进一步分析其重复性和高温稳定性以及灵敏度。

【作者简介】崔在甫(1987-),男,中国河南许昌人,博士,讲师,从事微纳耐高温传感器的设计、制造和测试研究。

2 厚膜温度传感器的设计及制备

如图1所示为设计的厚膜温度传感器,主要由氧化铝衬底、敏感薄膜、陶瓷连接、氧化铝圆片和铂金丝构成。氧化铝衬底为含量99%的氧化铝,尺寸为 $15\text{mm} \times 15\text{mm} \times 1\text{mm}$ 。采用直写3D打印的方法在氧化铝衬底上打印出厚度为 $60\mu\text{m}$ 、线宽为 1mm 的栅形敏感厚膜浆料。浆料为聚硅氮烷 PSN2(中科院化学所)填充70%质量分数的粒径为 50nm 的 TiB_2 纳米粉末(上海超威纳米科技有限公司),并经过磁力搅拌形成的泥状物。将厚膜浆料图案连同氧化铝衬底一起放到管式炉中从室温以 $5^\circ\text{C}/\text{min}$ 的速率加热到 1000°C ,保温1小时,然后再以 $5^\circ\text{C}/\text{min}$ 的速率降温到室温,厚膜浆料经过高温热解成为自带保护层的敏感厚膜。采用膜厚仪测得敏感厚膜的厚度为 $60\mu\text{m}$ 。

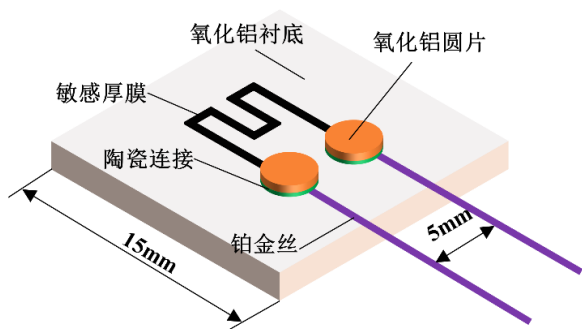


图1 厚膜传感器的结构示意图

将引脚处用砂纸打磨,去掉氧化层。采用敏感厚膜浆料涂在引脚处,然后放置铂丝和氧化铝小圆片,采用200g重直径为 20mm 的不锈钢圆柱压住氧化铝小圆片3~4小时,直至浆料固化。氧化铝小圆片一面开有 $0.25\text{mm} \times 0.25\text{mm}$ 的小槽,铂金丝的直径为 0.2mm 。将固化浆料的样品放到管式炉中加热到 1000°C ,温度曲线跟敏感厚膜的温度曲线一致,得到了厚膜温度传感器。

3 测试结果与分析

3.1 重复性测试

搭建了温阻测试平台,选择高温管式炉作为加热源,制备的厚膜热敏电阻和一个商用热电偶同时放到管式炉的均温区,数据采集仪吉时利DAQ6510配合数据采集卡7710同时采集热电偶的温度和热敏电阻的电阻,管式炉的温度以 $5^\circ\text{C}/\text{min}$ 的速率从室温升温到 1000°C ,保温10分钟,然后以 $5^\circ\text{C}/\text{min}$ 的速率降温到室温,这样获得电阻随温度和时间变化的数据。如图2所示为厚膜热敏电阻的电阻随温度变化的测试曲线。可以看出,升降温时电阻温度曲线重复性良好,说明了该厚膜热敏电阻在室温至 1000°C 具有良好的高温重复性。

3.2 稳定性分析

图3为室温至 1000°C 的电阻和温度随时间的变化曲线,在 492°C 、 595°C 、 698°C 、 800°C 、 902°C 和 1003°C 分

别保温30分钟,计算得到在这几个温度的电阻变化率分别为 -1.2% 、 0.2% 、 0.3% 、 0.3% 、 -0.4% 和 -0.9% 。根据上述结果,可以看出该传感器具有良好的稳定性,图4为敏感厚膜热解前后的XRD图谱。可以看出热解前敏感厚膜仅有 TiB_2 纳米粉末,热解后出现了 TiO_2 和 B(OH)_3 。这是由于 SiCN 填充纳米 TiB_2 后, TiB_2 分散在 SiCN 里面,空气中热解后,表层的 TiB_2 氧化生成了 TiO_2 和 B_2O_3 ,PSN2氧化成为 SiO_2 , B_2O_3 在超过 450°C 时的高温下为液体,不停挥发,阻止了氧气进入内部, B_2O_3 极易吸收空气中的水分,变成 B(OH)_3 。而厚膜内部的PSN2在氧化层的保护下,热解生成了 SiCN ,而 TiB_2 不发生变化^[3,4,6],具体的化学反应式为^[6]:

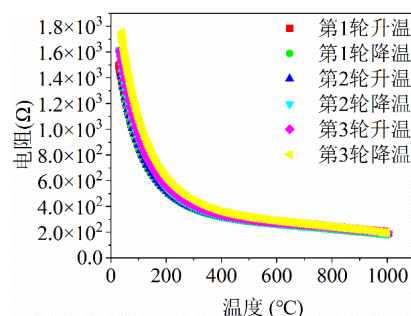
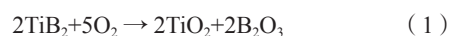


图2 电阻随温度的变化曲线

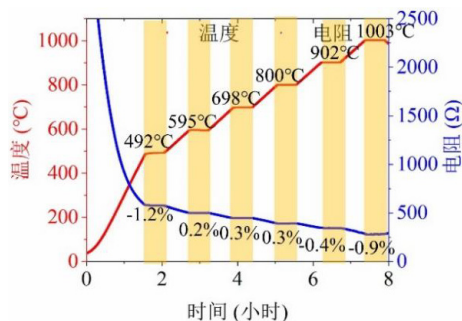


图3 室温至 1000°C 的稳定性测试结果

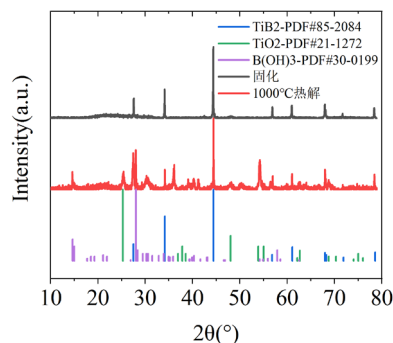


图4 敏感厚膜的热解前后的XRD图谱

3.3 灵敏度分析

先驱体陶瓷为负电阻温度系数的热敏电阻,其电阻随

着温度升高而下降,其可以采用公式(3)拟合^[3]。从图2的温阻测试曲线可以看出,该传感器为典型的负电阻系数的热敏电阻,采用公式(3)对图2中的第三轮降温数据进行拟合的曲线,可以得到 $A=7.32 \times 10^{-3}$, $B=1.63 \times 10^{-3}$, $C=-4.00 \times 10^{-6}$ 。图5为采用公式(3)对图2中的第三轮降温数据进行拟合的曲线。

$$\frac{1}{T+273.15} = A + B \ln(R) + C(\ln(R))^3 \quad (3)$$

其中, T 为温度, 单位 $^{\circ}\text{C}$; A 、 B 、 C 分别为系数; R 为电阻, 单位为 Ω 。

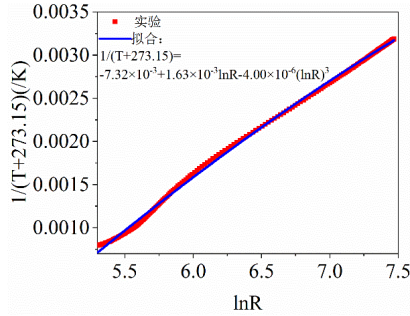


图5 室温至 1000 $^{\circ}\text{C}$ 的 T-R 拟合结果

负电阻温度系数的热敏电阻的灵敏度主要采用电阻温度系数 α 来衡量,其可以用公式(4)来表示^[3],材料常数 β 也是衡量热敏电阻灵敏度的一个参数,其用公式(5)来表示^[3]。

$$\alpha = \frac{dR}{R} / dT = -\frac{\beta}{(T+273.15)^2} \quad (4)$$

$$\beta = -\alpha(T+273.15)^2 \quad (5)$$

图6为图2的第三轮降温数据经过公式(4)获得的数据图,可以看出在低温段,该传感器的电阻温度系数达到了 $-8 \times 10^{-3}/\text{K}$,而超过 600°C 后,电阻温度系数逐渐趋于稳定,约为 $-1 \times 10^{-3}/\text{K}$ 。图7为图6的数据经过公式(5)获得的,可以看出该传感器的材料常数从低温段的1000K左右降低到 600°C 的500K左右,随后随着温度的增加,增加到了1500K左右。

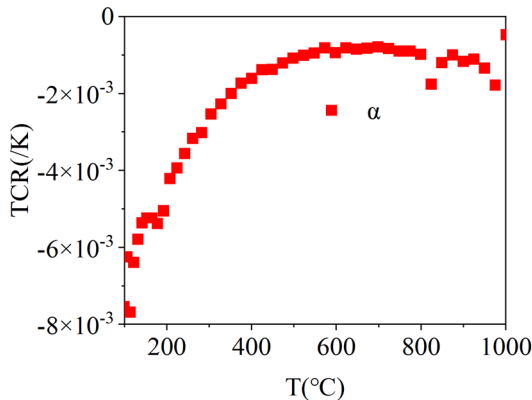


图6 室温至 1000 $^{\circ}\text{C}$ 的电阻温度系数

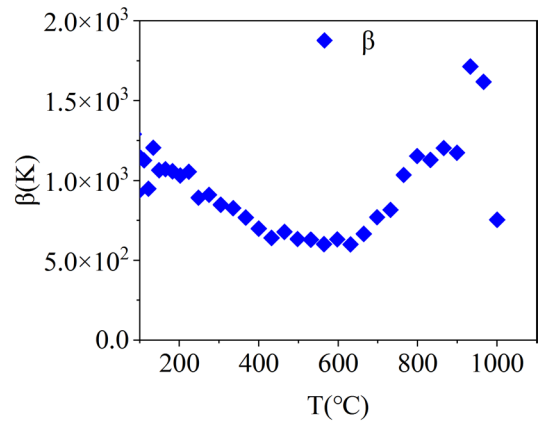


图7 室温至 1000 $^{\circ}\text{C}$ 的材料常数

4 结论

采用直写打印平台打印制备了的先驱体陶瓷厚膜温度传感器,敏感薄膜厚度约为 $60\mu\text{m}$,宽度约为 1mm ,对该传感器进行温阻测试,发现该传感器可以耐温到 1000°C ,高温稳定性和重复性良好。该方法对于制备耐温 1000°C 的高温薄膜传感器奠定了基础。

参考文献

- [1] Baisheng Ma, Yejie Cao, Yan Gao, Yiguang %J Journal of Alloys Wang, Compounds. Fabrication of a thin double-layer thermistor based on DVB-modified polymer-derived SiCN ceramics[J], 2018, 732: 491-497.
- [2] 马超. SiAlCN聚合物先驱体陶瓷的电性能及温度传感特性研究[D]. 郑州大学, 2018.
- [3] Zaifu Cui, Xin Li, Guochun Chen, Chao Wu, Gonghan He, Zhenyin Hai, Qinnan Chen, Daoheng Sun. Thin-film temperature sensor made from particle-filled polymer-derived ceramics pyrolyzed in vacuum[J]. Journal of the European Ceramic Society, 2022, 42(6): 2735-2742.
- [4] Chao Wu, Fan Lin, Xiaochuan Pan, Zaifu Cui, Yingping He, Guochun Chen, Xianlong Liu, Gonghan He, Qinnan Chen, Daoheng Sun. TiB₂ - Modified Polymer - Derived Ceramic SiCN Double - Layer Thin Films Fabricated by Direct Writing for High - Temperature Application[J]. Advanced Engineering Materials, 2022, 24(10): 2200228.
- [5] Duckbong Seo, Sunghoon Jung, Stephen J. Lombardo, Z. C. Feng, J. K. Chen, Yuwen Zhang. Fabrication and electrical properties of polymer-derived ceramic (PDC) thin films for high-temperature heat flux sensors[J]. Sensors & Actuators A Physical, 2011, 165(2): 250-255.
- [6] Zaifu Cui, Guochun Chen, Xin Li, Chao Wu, Gonghan He, Zhenyin Hai, Qinnan Chen, Daoheng Sun. An anti-oxidative coating made from particle-filled SiCN precursor for applications up to 800°C [J]. Journal of Alloys and Compounds, 2022, 913: 1-7.

Quality control and detail problem analysis of food inspection and testing

Guisheng Zhu

Yulin Food Inspection and Testing Center, Yulin, Shaanxi, 719000, China

Abstract

In recent years, with the continuous development of social economy and the leap of people's quality of life, food safety and quality has become the focus of public attention, and its importance has become increasingly prominent. As a key line of defense to ensure food safety, food safety detection technology plays a vital role. In the practice of food testing, scientific and reasonable testing methods and rigorous and standardized operation process are the basis to ensure the accuracy of the testing results, which is of far-reaching significance for the subsequent food safety evaluation and supervision work. This paper focuses on the quality control and subtle links in the field of food testing, aiming to deeply analyze the existing problems and challenges, and then explore and put forward a series of effective strategies and measures to optimize the efficiency of food safety testing and strengthen quality management. Through the implementation of these measures, we expect to further improve the accuracy and reliability of food safety testing, and build a strong defense for the safety and health of people's table.

Keywords

food inspection and testing; quality control; detail problem

食品检验检测的质量控制及细节问题分析

朱桂生

榆林市食品检验检测中心, 中国·陕西 榆林 719000

摘要

近年来, 随着社会经济的持续发展与民众生活品质的飞跃, 食品安全质量已成为公众瞩目的焦点话题, 其重要性日益凸显。作为保障食品安全的关键防线, 食品安全检测技术扮演着至关重要的角色。在食品检测实践中, 科学合理的检测方法 with 严谨规范的操作流程是确保检测结果准确无误的基础, 对于后续的食品安全性评估与监管工作具有深远意义。本文聚焦于食品检测领域的质量控制与细微环节, 旨在深入剖析现存问题与挑战, 进而探索并提出一系列旨在优化食品安全检测效能、强化质量管理的有效策略与措施。通过这些举措的实施, 我们期望能够进一步提升食品安全检测的精准度与可靠性, 为民众餐桌上的安全与健康筑起坚固防线。

关键词

食品检验检测; 质量控制; 细节问题

1 引言

食品安全与民众生活紧密相连, 其质量状况直接关系到公众健康乃至生命安全, 因此其重要性不言而喻。随着社会对食品安全认知的深化与重视度的提升, 对食品安全检测技术的要求也随之水涨船高。在此背景下, 食品安全检测部门需切实履行职责, 以高度的责任感和使命感, 扎实开展食品安全检测工作, 为食品市场的稳定与安全保驾护航。

2 食品检验检测方法

2.1 原子吸收分析法

原子吸收分析法聚焦于食品中原子态成分的精准检测,

其核心机制在于利用原子吸收效应, 通过调整光源以适应待测元素的特定光谱特性。在检测过程中, 食品样本中的目标元素会吸收来自精密光源的特定波长光线, 其吸收程度直接关联于元素含量, 据此可精确计算出元素的具体含量。作为食品检测领域的关键技术之一, 原子吸收分析法以其高准确性著称, 能够有效监测食品中各类成分的含量, 确保食品质量安全, 防止有害物质超标对人体健康造成潜在危害。因此, 该方法在保障食品安全、维护公众健康方面发挥着不可或缺的作用。

2.2 微生物学法

利用微生物的生理生化特性结合显微镜观测, 能够精确识别并量化待测样品中的微生物种类与含量, 进而与食品安全标准进行对比, 保障食品质量无害于人体健康。当前, 食品微生物检测的核心聚焦于菌落总数、特定病原体及大肠

【作者简介】朱桂生 (1988-), 男, 中国陕西定边人, 本科, 工程师, 从事食品检测、食品生产加工及工艺研究。

杆菌的计数。菌落总数的评估有助于预测食品的货架期，而大肠杆菌的检测则是判断食品是否遭受污染的重要指标。

3 食品检测过程中的常见问题

3.1 检测技术落后于食品生产技术

随着我国科技领域的飞速发展，食品质量控制与检测技术实现了显著飞跃，对保障食品安全起到了积极的推动作用。然而，当前食品安全检测领域面临一个不容忽视的问题：技术与设备更新滞后，未能全面融入最新信息技术成果，且检测方法缺乏时效性更新。众多检测机构仍依赖较为传统的测试工具与手段，相较于西方发达国家的先进水平，我国在此领域的综合实力尚存提升空间。

近年来，食品安全事件频发，已成为社会关注的焦点，深刻影响着民众日常生活，同时也对我国食品检验检测体系构成了严峻挑战。深入分析我国食品检验检测技术现状，不难发现，在多重残留物的精准检测和快速筛查技术上存在显著瓶颈。当前，食品生产的创新速度远超现有质量检测技术的跟进能力，这导致检测结果的时效性和科学性受到质疑，其作为食品安全评判依据的可靠性有所减弱。

3.2 检测人员专业素养不高

食品控制与检测的质量直接关联于检测人员的专业素养。当前，多数食品检验人员面临技术理论知识储备不足的挑战，尤其是在检测流程理解和实践操作经验上显得薄弱。在样品接收环节，按规定需细致核查外包装、规格、数量等要素，但实际操作中，常因人员疏忽或标准执行不严导致检测精度受损。样品存储管理方面同样存在问题，如样品混淆频发，直接干扰了后续复检与分析工作的顺利进行。无序的存储方式还可能导致样品在检测流程未结束前即被误处理，增加了验证工作的难度与不确定性。此外，部分食品分析机构在人员招聘与任用缺乏严格的专业要求，这在一定程度上降低了整体团队的综合素质水平，也为食品安全监管体系带来了潜在风险。因此，提升检测人员的专业技能与职业素养，强化样品管理流程的规范性与严谨性，是确保食品控制与检测质量、维护食品安全的关键所在。

3.3 检测制度存在漏洞

在食品检验检测领域，不同部门间的方法差异性显著，难以统一规范标准，这对提升检验质量构成挑战。鉴于食品检测工作的复杂性与管理难度，加之制度缺失与执行力不足，部分检测环节难以有效实施，无形中增加了食品安全风险。

针对此，我国相关部门需紧密结合食品检测实际需求，完善现有制度框架，确立统一的检测标准，以此规范检验人员行为及检测流程，确保所有操作均遵循既定规则，实现对食品检验机构的全面监管。食品安全管理部门已制定检测标准，强调检测活动需在法律框架内执行，并遵循科学严谨的检测程序，以保障数据的准确性。然而，尽管标准化、规范

化的检测流程已确立，但实践中的执行力度却显不足，导致检测标准未能充分落地，检测数据公信力受损。此外，抽样不合理、检验操作不规范等问题时有发生，进一步削弱了检测结果的可靠性，使其难以作为评判食品质量的依据。因此，强化制度执行力，确保检测标准的有效实施，是提升食品安全检测水平、保障公众健康的关键所在^[1]。

4 进行食品检验检测的细节管理与质量控制的相关策略

4.1 构建系统完善的食品检验检测体系

食品检测机构的核心在于构建一套科学且合理的绩效评价体系，此体系需涵盖对检验人员的定期考核，旨在确保其操作行为始终符合既定标准，促使每位检测人员都能严格遵循规程，高效完成任务。针对评估结果，不合格者将受到相应处罚，以维护检测工作的严肃性；而表现卓越者，则将获得相应奖励，以此激发团队士气，促进整体工作质量的持续提升。问责机制作为检测体系中的重要支柱，其意义不言而喻。它通过将职责明确到个人，实现了对检测过程的全方位监管。一旦发现问题，便能迅速定位责任人，确保问题得到及时解决。这种机制不仅增强了检测人员的责任心，还有效防止了消极怠工现象的发生，为食品安全的全面排查提供了有力保障。

为确保检测质量，检测仪器的校准、维护与更新不可或缺，损坏设备需及时报修或淘汰。为增强食品检验的规范性与结果精准度，可实施全程监控策略，覆盖样品管理、仪器操作等关键环节，实现检测流程的实时动态追踪，通过手机端即可便捷查看监控实况。同时，检测环境的详细记录与检测资料的妥善整理同样重要，原始记录与报告应统一归档管理，以备食品溯源之需。检测机构应严格执行检测记录保管制度，设立专人负责档案管理，确保报告易于查阅。构建完善的食品检验检测体系，是提升检测可靠性、简化追溯流程的关键。此体系不仅强化了食品质量的保障，还营造了更加安全卫生的食品环境，有效守护公众健康。

4.2 创新检验检测技术

提升食品检验检测水平的关键策略在于持续创新检测技术，这对于保障食品安全与质量至关重要。针对新型污染物及有害成分的精准检测，是创新的核心任务，尤其面对不断涌现的未知食品安全威胁，传统手段或显不足。因此，加大对新技术与新方法的研发投入，是快速响应并有效应对新兴挑战的必要之举。此外，优化检验检测流程，促进其在智能化、信息化方向的发展，能够显著增强工作效率，减少人为误差，并缩短检测周期，从而适应现代食品安全管理的高效与精准需求。

基于大数据与人工智能的检验检测技术革新同样关键，其能深度挖掘历史数据，强化风险预警。AI赋能加速数据处理与分析，赋予检测人员精准决策依据。此过程中，构建

紧密的产学研合作模式至关重要,整合科研与产业资源,加速新技术向实际应用的转化。这一创新路径不仅应对食品安全新挑战,更提升了检测效率与水平,为公众饮食安全筑牢防线^[2]。

4.3 注重改进食品检验检测设备的精度和各项性能

随着检测需求的日益增长,我国检测机构对高端仪器设备及试剂耗材的需求也显著上升。特别是在微生物检测领域,采样与平行试样技术成为不可或缺的手段。为确保食品检验结果的准确无误,检测机构必须紧跟技术发展步伐,及时更新换代检测设备。在采购新设备时,首要考量的是其适用性与高精度,切勿因追求成本节约而忽视设备性能。此外,深入的市场调研与全面的性能评估是选购前的必要步骤,以确保所选设备能够切实满足检测需求。

设备更新后,对检测人员的专业培训与技能提升成为关键。机构应定期组织培训活动,增强检测人员的理论素养与实操能力,使他们能够熟练操作并有效维护新设备。只有技术人员与设备同步发展,才能最大化发挥设备效能,提升食品检测的精准度与可靠性。同时,建立健全的设备维护管理机制亦不容忽视。这涵盖了对设备的定期清洁、校准与性能测试,以保障其持续稳定运行与高精度输出。建议设立专项维护制度,并指派专人负责执行,确保设备维护工作得以细致、有效地落实。通过上述措施,共同为食品安全检测工作提供坚实的技术支撑与保障。

4.4 构建完善的质量管理体系

当前,建立健全质量管理体系尤为关键,需全方位覆盖设备生命周期管理,从采购至日常运维、维护保养及校准等各环节均需严密监控,以维持设备最佳状态,降低故障与误差风险。在体系内,应依据设备特性与使用频次,前置规划校准计划,确保其与设备实际需求紧密契合。同时,引入竞争机制以激发检测机构活力,鼓励良性竞争,驱动技术革新与设备升级。通过公开竞标、表彰优秀等方式,不仅激发创新潜能,还促进检测机构在设备品质与检测精度上的持续提升,进而为食品检验检测提供更为坚实可靠的保障。

4.5 增强食品检验监督力度

为增强食品检验检测效能,构建全面的食品质量管理框架至关重要。首要任务是深化宣传教育,促使食品企业转变观念,增强法律意识,高度重视检验检测工作。通过多渠道宣传,促使企业认识到定期检测的重要性,从而自发配合

检测流程。此外,强化监管亦不可或缺,企业应设立专门监管部门,实施全程监督,确保检测过程透明公正,结果精准可信。在生产环节中,企业应前瞻性识别潜在质量问题,制定预防方案,强化流程监控,及时发现并消除安全隐患,保障食品质量与检验结果的双重可靠。同时,应精心筛选信誉卓越的检测机构,构建信息共享平台,公开机构资质与能力。对于检测中的不公或虚假行为,应坚决曝光,利用社会监督力量推动机构提升服务水平,确保检测结果的真实性与权威性。

在新食品标准初行之际,各部门宜携手合作,积极反馈标准执行中的问题,持续优化完善。通过强化跨部门协作与交流,能够更高效地识别并解决潜在难题,促进食品检验检测标准与质量同步提升。为强化监督,应全面普及宣传,设立专项监管机构,实施全流程质量控制,构建信息共享平台,并深化与监管部门的协作,共同织密食品安全网。

至于提升检验检测人员的整体素质,乃是保障食品检测质量的基石。需对检测人员进行多维度培训,涵盖专业技能、法律法规、实验室运营等多个领域。专业技能培训应聚焦于新兴检测方法、仪器设备操作与维护等;法律法规培训则旨在增强检测人员的法规遵从意识;实验室管理培训则助力其高效组织工作,提升管理效能。此外,领导层亦应重视团队协作与沟通技能的培养,以凝聚合力,共筑食品安全防线^[3]。

5 结语

食品检验检测作为守护公众健康与食安的关键举措,其可靠性根植于严格的质量控制。在设备选用、样品处理、试剂挑选等细微环节上的精准把控,直接关系到检测结果的精确与信赖度。深入剖析这些细微之处,有助于我们优化检测流程,提升工作效率,从而为食品安全提供更加坚实的科学支撑。唯有持续聚焦细节,方能不断精进食品检验检测体系,确保每一环节均符合高标准,为公众筑起食品安全的坚固防线。

参考文献

- [1] 兰宗周,丁玉菊.对食品检验检测质量控制与细节问题的研究[J].中国质量监管,2023(5):72-73.
- [2] 王智斌.食品检验检测的质量控制及细节问题研究[J].中国食品工业,2023(6):72-74.
- [3] 陈娴.食品检验检测中的质量控制和细节问题分析[J].中国食品,2022(20):82-84.

Study on the technology of ultrasonic-assisted extraction of heme from the blood of Tibetan pigs

Guoqing Li¹ Hui Ma¹ Xiangyan Zhao¹ Zhen Zhang¹ Mengjie Liu²

1. School of Food and Bioengineering, Henan Institute of Animal Husbandry Economics, Zhengzhou, Henan, 450046, China
2. School of Life Sciences, Henan University, Zhengzhou, Henan, 450046, China

Abstract

Using Tibetan pig blood as the raw material, heme was extracted with the assistance of ultrasound. The extraction rate of heme was used as the evaluation index to investigate the effects of ultrasonic temperature, ultrasonic time, ultrasonic power, ultrasonic pulse ratio, and the volume ratio of red blood cells to water. Based on the results of single-factor experiments, a four-factor, three-level orthogonal experiment was conducted to optimize the extraction process. The optimal conditions were determined as follows: ultrasonic temperature of 30°C, red blood cell to water volume ratio of 1:5, ultrasonic time of 6 min, ultrasonic power of 400 W/100 mL, and ultrasonic pulse ratio of 4:3. Under these conditions, the heme yield reached (0.621 ± 0.021) g/100 mL, significantly higher than that obtained by conventional methods (0.320 ± 0.017) g/100 mL. The ultrasound-assisted extraction method effectively increased the extraction rate of heme from Tibetan pig blood.

Keywords

Tibetan pig; Hemoglobin; Ultrasonic method; Extraction process

超声波辅助提取藏香猪血液中血红素工艺研究

李国庆¹ 马辉¹ 赵相艳¹ 张震¹ 刘梦杰²

1. 河南牧业经济学院食品与生物工程学院, 中国·河南 郑州 450046
2. 河南大学生命科学学院, 中国·河南 郑州 450046

摘 要

以藏香猪血液为原料, 采用超声波辅助提取血红素, 以血红素提取率为考察指标, 研究超声温度、超声时间、超声功率、超声间歇比以及红细胞与水体积比的影响, 通过单因素实验结果进行四因素三水平正交试验优化, 确定最佳工艺条件。研究表明超声温度30°C, 红细胞与水体积比1:5, 超声时间6 min, 超声功率400 W/100mL, 超声间歇比4:3, 在此条件下血红素的得率为 (0.621 ± 0.021) g/100mL, 远优于常规方法得率 (0.320 ± 0.017) g/100mL。采用超声波辅助提取法能有效增加藏香猪血液中血红素的提取率。

关键词

藏香猪; 血红素; 超声波辅助; 提取工艺

1 引言

西藏小型猪因肉质细腻, 香味浓郁, 被当地民间习惯称为藏香猪^[1]。但屠宰之后猪血液往往由于口感、技术等原因被当作废物而丢弃, 致使大量优质血液资源浪费, 并且造成当地环境严重污染。猪血中含有大量天然且理想补铁物质——血红素^[2-3], 它在生物制药、功能性食品和保健品等

多个领域有广泛应用, 如何利用现代生物技术从废弃的猪血液中提取该活性物质, 已然成为重要研究课题。

有多种技术用于血红素提取, 但各有利弊^[3-6]。钟耀广等^[4]研究了冰醋酸法提取猪血液中血红素, 发现冰醋酸不仅有酸化作用, 同时还具有溶解红细胞的作用。该方法目前在实验室和工业上应用较多, 制备血红素结晶体耗时少, 容易操作, 但提取率较低。酸性丙酮法^[7]花费成本较低, 但是得到的血红素产品为浓度较低的晶体, 导致血红素在接下来的应用中受到限制。采用直接晶化法^[8]设备投资少, 整个过程容易操作, 但是得到的血红素纯度较低。

超声波辅助提取^[9-13]具有操作简单, 产生污染少, 提取率高的特点, 该技术应用于藏香猪血液中血红素的提取鲜有报道。因此本文以新鲜藏香猪血液作为研究对象, 通过超声波处理进行单因素实验, 再正交优化得到藏香猪血液血红

【课题项目】河南省科技攻关项目(项目编号: 222102310 229, 212102110337, 232102311088); 河南省高等学校重点科研项目计划(项目编号: 21B180006)。

【作者简介】李国庆(1979-), 男, 中国河南开封人, 博士, 从事生物活性物分离。

素超声波辅助提取最佳工艺。此方法对今后大规模提取血红素提供理论依据以及技术参考,对藏香猪血资源的深加工具具有重要意义。

2 材料与方法

2.1 试剂和设备

藏香猪血液(西藏天益牲畜屠宰有限公司提供);氢氧化钠,无水乙醇,丙酮,柠檬酸,柠檬酸钠(分析纯,国药试剂公司);碱性蛋白酶(20万U/g,岳阳杰沐生物科技有限公司);血红素标准品(纯度98%,湖北双盟联合药品有限公司);所有试剂均使用超纯水进行配制。可见分光光度计(UV759,青岛聚创华业分析仪器有限公司);液相色谱仪(LC-210,杭州市柏乐科学器材有限公司)。

2.2 原料预处理

将新鲜的藏香猪血液加入0.8%(W/V)柠檬酸钠以防止血液凝固,抗凝剂与血液比为7:1,过滤后放入0~4℃冰柜,待用。

2.3 离心处理

将抗凝处理后的血液置于离心机内,以4000 r/min的速度离心10 min,弃去上清液,收集下层红细胞。将收集到的红细胞用0.9%的生理盐水洗涤3次,洗去杂质。

2.4 超声波破碎

洗涤后的红细胞加入相应去离子水,再加入亚硫酸氢钠,放入超声波细胞粉碎机中超声破碎3分钟。

2.5 旋转蒸发

将超声处理的血红素溶液进行冷冻干燥,称重,待用。得到血红素粗品。

2.6 血红素鉴定

通过紫外光谱法进行血红素鉴定。

2.7 血红素标准曲线

准确称取血红素标品0.014 0g,用0.1mol/L NaOH定溶至100 mL。取上述溶液1、3、5、7、9mL,再分别用0.1 mol/L NaOH定溶至100 mL,并以0.1 mol/L NaOH溶液为空白对照组,在波长(386±0.5) nm处测定其吸光度,重复测定3次^[14]。以吸光度为Y纵坐标,质量X为横坐标,绘制标准曲线为Y=0.0845X+0.0088,相关系数R²=0.9986。

提取到的血红素经干燥后,用0.1 mol/L NaOH溶解并配制成一定质量浓度的溶解,在波长(385±0.5) nm处测其吸光度,根据上述标准曲线计算其质量浓度。并根据质量浓度计算其纯度和提取总含量,进而计算出其得率。计算公式如下:

$$\text{血红素纯度}(\%) = \frac{C \times V \times \text{稀释倍数}}{M(g)} \times 100$$

血红素总含量(g)=提取样品总质量x样品中血红素纯度

血红素得率(g/100 mL)=血红素总含量/100 mL血液

式中:C为样品质量浓度;M为样品质量;V为样品液体积。

2.8 常规方法提取藏香猪血液中血红素

参照钟耀广^[4]等研究内容,检测并计算得率为(0.320±0.017) g/100mL。

2.9 单因素实验设计

研究超声处理时间,超声功率,超声间歇时间比,红细胞与水体积比4个因素对血红素得率的影响。

2.9.1 超声处理时间对血红素提取率的影响

取20 mL藏香猪红细胞,加入80 mL的水,平均放入五个烧杯中,超声功率设定在400 W,超声处理温度30℃,超声间歇时间为超声时间40 s,停顿时间30 s,超声处理时间分别为3 min、6 min、9 min、12 min、15 min,检测并计算血红素提取率。

2.9.2 超声处理功率对血红素提取率的影响

取20 mL藏香猪红细胞,加入80 mL的水,平均放入五个烧杯中,超声处理温度30℃,超声处理时间10 min,超声间歇时间为超声时间40 s,停顿时间30 s,超声处理功率分别为250 W、300 W、350 W、400 W、450 W,检测并计算血红素提取率。

2.9.3 超声处理间歇时间比对血红素提取率的影响

取20 mL藏香猪红细胞,加入80 mL的水,平均放入五个烧杯中,超声处理温度30℃,超声处理时间10 min,超声处理功率400 W,超声间歇时间比分别为1:6、2:5、3:4、4:3、5:2,检测并计算血红素提取率。

2.9.4 红细胞与水体积比对血红素提取率的影响

取20 mL藏香猪红细胞,红细胞与水的体积比为1:1、1:3、1:5、1:7、1:9,混合均匀,放入五个烧杯中,超声处理温度30℃,超声处理时间10 min,超声处理功率400 W,超声间歇时间为超声时间40 s,停顿时间为30 s,检测并计算血红素提取率。

2.10 正交分析法的优化

分析单因素实验结果,选取超声处理时间、超声功率、超声间歇时间比、红细胞与水的体积比四个因素三水平对血红素得率的影响,见表1。利用正交实验,对超声辅助提取藏香猪血红素的工艺进行优化试验。

表1 正交试验水平表

	A 超声时间 (min)	B 超声功率 (W)	C 超声 间歇比	D 红细胞与水 体积比
1	6	350	2:5	1:3
2	9	400	4:3	1:5
3	12	450	5:2	1:7

3 结果与分析

3.1 单因素实验结果及分析

3.1.1 超声时间对血红素提取率的影响

如图2所示,当超声时间为3~9 min时藏香猪血红素的得率逐渐升高,前期超声时间越长对红细胞的破碎越充分,

有利于提取溶剂的作用，血红素提取率相对较高。随着时间延长，热效应的影响会导致蛋白结构发生变化，不利于血红素提取^[14]。因此选取超声时间 6 min、9 min、12 min 为三水平进行正交实验的优化。

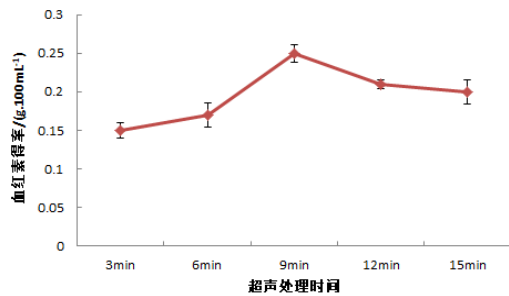


图 2 超声时间对血红素提取率影响曲线

3.1.2 超声功率对血红素提取率的影响

如图 3 所示，随着超声功率的升高血红素提取率增加，超声产生的空化作用剧烈，细胞破碎效果好，超声功率超过 300 W/100 mL 时得率增加明显。但超声功率过大，产生的热作用会引起蛋白质变性以及化学结构的破坏，导致得率下降^[15]。因此选取 350 W、400 W、450 W 为三水平条件进行正交实验的优化。

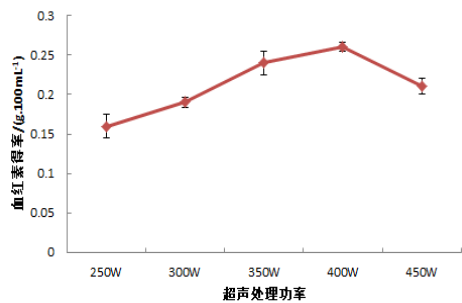


图 3 超声功率对血红素提取率影响曲线

3.1.3 超声间歇比对血红素提取率的影响

如图 4 所示，随着超声间歇比增加，藏香猪的血红素得率逐渐增加，当间歇比超过 2:5 时血红素得率呈下降趋势，血红素先增加后减少的原因可能是超声波工作产生的热量导致蛋白质变形。因此选取超声间歇比为 2:5、4:3、5:2 时为三水平条件比值进行正交实验的优化。

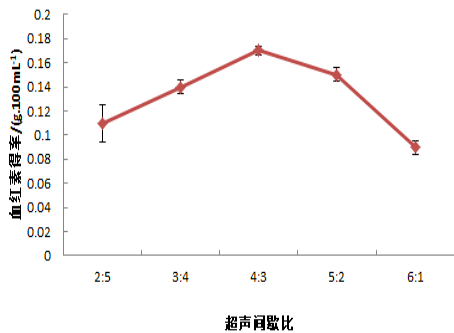


图 4 超声间歇比对血红素提取率影响曲线

3.1.4 红细胞与水体积比对血红素提取率的影响

血红素提取率随着水的增加而升高，同时血液中的红细胞与水混合后，降低了细胞外渗透压^[16]。在 1:3，1:5，1:7 时得率较高（图略），因此选取红细胞与水的体积比为 1:3，1:5，1:7 时进行三水平条件的正交实验优化。

3.2 正交优化试验结果及分析

表 2 正交试验结果及极差分析表

试验编号	A 超声时间	B 超声功率	C 超声间歇比	D 红细胞与水体积比	提取率 %
1	1	1	1	1	58.06
2	1	2	2	2	62.18
3	1	3	3	3	47.21
4	2	1	2	3	49.51
5	2	2	3	1	50.32
6	2	3	1	2	51.01
7	3	1	3	2	58.82
8	3	2	1	3	54.39
9	3	3	2	1	53.32
K1	167.45	166.39	163.43	161.07	
K2	150.48	166.89	165.01	172.01	
K3	166.53	151.54	156.35	151.11	
k1	55.81	55.46	54.48	53.90	
k2	50.28	55.63	55.01	57.33	
k3	55.51	50.51	52.11	50.37	
极差 R	5.53	5.11	2.88	6.96	
因素主次				D > A > B > C	
最优方案				D ₂ A ₁ B ₂ C ₂	

正交试验优化超声波辅助提取藏香猪血红素提取率分布见表 2，由不同组合进行血红素提取可得知，不同因素对藏香猪血红素提取率的影响大小为超声温度>超声时间>超声功率>超声间歇比，即 D > A > B > C，通过对 K 值和极差分析得出藏香猪血红素提取率的最佳组合是 D₂A₁B₂C₂，即红细胞与水体积比为 1:5，超声时间 6 min，超声功率 400 W/100mL，超声间歇比 4:3，在此条件下得出的藏香猪血红素提取率为 62.18%，相较于优化前的方案提高了 13.39%。与常规提取方法比较，提取率提升近一倍，说明超声辅助提取效果显著。

3.3 产物的鉴定

3.3.1 直观对比

试验得到的血红素粗品和血红素的标准品进行对比，外观形态及颗粒结晶状态相似，颜色较标准品偏浅，为褐色，初步可以确定该产物为血红素。

3.3.2 可见光谱鉴定

称取得到的血红素样品 20.0 mg，用提前配备好的 0.1 mol/L 的 NaOH 溶液标准品进行稀释，配制到 100 mL 的容量瓶。吸取准备好的血红素标准试液 1 mL，用 0.1 mol/L 的 NaOH 溶液定容到 100 mL，摇匀后静置一段时间，然后将两份样

品放置在液相色谱仪中,进行色谱分析。由图7可知:提取样品和标准品的色谱图基本一致,说明实验提取到的样品主要成分为血红素。

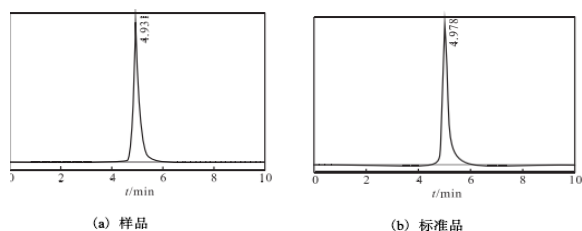


图6 高效液相色谱图分析图

4 结论

本文研究超声波方法提取藏香猪血液中血红素,考察了超声温度、超声时间、超声比功率、超声间歇比及红细胞与水体积比对血红素提取率的影响。结果显示,因素影响大小为红细胞与水体积比>超声比功率>超声时间>超声间歇比,提取血红素的最佳提取工艺条件是:红细胞与水体积比 1:5,超声时间 6 min,超声功率 400 W/100mL,超声间歇比 4:3,在此条件下血红素的得率为 (0.621 ± 0.021) g/100mL,明显优于常规冰醋酸提取方法的得率 (0.320 ± 0.017) g/100mL。该实验结果说明采用超声波辅助方法对提取藏香猪血液中血红素的优越性能。

参考文献

- [1] 徐雪萍,张云峰。藏香猪养殖技术及现状[J]。新疆农垦科技, 2015, 05(6): 33~34。
- [2] 刘振荣,王君,张向东等。超声波法提取氯化血红素的初步研究[J]。辽宁大学学报自然科学版, 2003, 30(4): 373~377。
- [3] 韩晴,王维婷,杜鹏飞等。畜禽血液中血红素的提取、检测及应用[J]。黑龙江畜牧兽医, 2023, 23(16): 28~34。
- [4] 钟耀广。利用冰醋酸提取血素的研究[J]。食品科学, 2004,

25(4): 90~95。

- [5] 张远红,张伟嘉,李滢等。酶解提取肉鸽血液中血红素铁的工艺优化[J]。肉类研究, 2024, 38(4): 17~22。
- [6] 刘晓妮,崔伟,张超等。血红素肽铁的絮凝分离工艺优化及其抗氧化活性[J]。食品研究与开发, 2025, 46(3): 107~115。
- [7] Michael D S. Intensification of extraction of natural products using ultrasonic irradiations a review of current status[J]. Chemical Engineering and Processing, 2012, 53(4): 10~23。
- [8] 王君,陈红亮,张向东等。氯化血红素提取新工艺的研究[J]。当代化工, 2017, 30(3): 125~127。
- [9] 董贝贝。血红素结合蛋白生化特性及应用进展[J]。中国实验血液学杂志, 2013, 21(2): 513~516。
- [10] 代文婷,陶永霞,海燕等。超声波结合CMC-Na对马血中血红素提取工效果影响[J]。食品工业科技, 2014, 35(13): 257~261。
- [11] 闫忠心,张振琪,成晓瑜等。超声辅助酶解制备猪血色素及紫外—可见吸收光谱分[J]。肉类研究, 2016, 30(3): 1~4。
- [12] Zhang A H. Study on preparation of pure hemin[J]. Chinese Journal of Pharmaceuticals, 2013, 24(5): 4~5。
- [13] 张晋,吴晓丽,田雨薇等。超声波辅助酶解牦牛血粉提取氯化血红素的响应面工艺优化及品质表征[J]。浙江农业学报, 2024, 36(6): 1357~1367。
- [14] 刘文营,张振琪,成晓瑜等。超声辅助酶解制备猪血色素及紫外—可见吸收光谱分[J]。肉类研究, 2016, 30(3): 1~4。
- [15] Chemat F A, Khan K M. Applications of ultrasound in food technology processing preservation and extraction[J]. Ultrasonics Sonochemistry, 2011, 18(4): 813~835。
- [16] Carrer C A, Palma K M. Ultrasound assisted extraction of phenolic compounds from grapes[J]. Analytica Chimica Acta, 2012, 12(4): 100~104。

Application and performance improvement of membrane separation technology in environmental protection equipment

Shenghong Zhu

Jiangxi Jinsusan Engineering Consulting Co., Ltd., Ganzhou, Jiangxi, 341000, China

Abstract

With the advancement of technology, membrane separation technology has gradually shown its wide application prospects in the application of equipment in the field of environmental protection with its unique high efficiency and energy saving characteristics. This paper not only explains the concept and basic operation principle of membrane separation technology, but also analyzes its specific practice in treating wastewater, waste gas, leachate and promoting waste recycling and resource utilization. In order to further improve the performance of this technology in environmental protection equipment, a series of strategies are proposed in this study, including the innovation and improvement of membrane materials, the refinement and optimization of membrane processes, the in-depth application of integrated technologies, and the control and cleaning technology for membrane pollution. Adopting these innovative strategies will greatly improve the application effectiveness of membrane separation technology, and then provide solid support for environmental protection and resource recycling.

Keywords

membrane separation technology; Environmental protection equipment; Applied research; Performance optimization

膜分离技术在环保设备中的应用与性能提升

朱圣洪

江西锦绣山工程咨询有限公司, 中国 · 江西 赣州 341000

摘 要

随着技术的进步,膜分离技术以其独特的高效与节能特性在环保领域的设备运用中逐渐展现出其广泛的应用前景。本文不仅阐释了膜分离技术的概念与基础运作原理,更深入分析了其在处理废水、废气、渗滤液以及促进废物回收与资源化利用方面的具体实践。为了进一步提升环保设备中这一技术的性能,本研究提出了一系列策略,包括膜材质的创新与改良、膜过程的精细化优化、集成技术的深度运用以及针对膜污染的控制与清洁技术。采取这些创新策略将极大提升膜分离技术的应用成效,进而为环境保护与资源循环利用提供坚实的支撑。

关键词

膜分离技术; 环保设备; 应用研究; 性能优化

1 引言

工业化和城市化进程的加速带来了环境污染问题的加剧,这对环保技术的创新与提升提出了更为严峻的挑战。在此背景下,膜分离技术以其卓越的分离特性正逐渐成为环保行业中的焦点。该技术通过半透膜的选择性透过功能,有效地完成物质分离、浓缩以及纯化过程,不仅操作简便而且能耗低,更重要的是,它不会产生二次污染,这些优势使其在环保领域占据了不可或缺的地位。

【作者简介】朱圣洪(1985-),男,中国江西南康人,本科,工程师(化学工程与工艺),从事化工技术在环保领域的应用研究。

2 膜分离技术的定义和基本原理

2.1 定义

膜分离过程依托特殊制备的膜材料,借助物理或化学的手段,对混合物中的各组成部分进行精准的选择性分离。由于该技术在运行过程中不涉及相态转变,其能耗较低,同时操作过程简化,对环境的友好度也较高^[1]。在这一技术中,膜材料的筛选性和透过度是核心所在,这决定了膜能够有效透过某些物质,同时阻拦其他成分的能力。

2.2 基本原理

膜分离技术的核心运作机制源于膜两侧存在的不同驱动力,如化学势、压力、浓度或电位差异,借此使得混合物中特定成分得以穿透膜面,而其余成分则被有效阻隔。该技术的分类依据膜孔径大小及分离作用机理的不同,可细分为多类。

微滤技术,它借助微孔膜实现过滤,孔径范围通常在0.1至10微米,擅长于分离较大颗粒物质如悬浮物和细菌。超滤技术(如图1所示),采用更细微的膜孔(1-100纳米),能够有效分离诸如蛋白质、多糖等大分子。纳滤技术,孔径位于超滤与反渗透之间,常用于二价离子及小分子有机物的分离。反渗透技术,通过高压半透膜,阻挡盐类和小分子有机物,仅允许水分子通过^[2]。

电渗析技术,依靠电场作用和离子交换膜的选择性,达成离子的分离与提纯。渗透气化技术,则利用膜的选择透过性,分离液体混合物中的组分,例如从水中提取有机溶剂。

技术的关键在于膜材料和组件设计的选取,这些因素直接影响分离效率、通量、耐用性以及经济成本。膜材料多样,包括有机聚合物、无机如陶瓷金属以及生物材料等。组件设计上,常见有平板、管式、螺旋卷式及中空纤维等结构^[3]。通过操作条件的优化和膜材料的改进,该技术能够实现高效且具有高选择性的物质分离过程。



图1 膜分离超滤技术

3 膜分离技术在环保设备中的应用研究

3.1 废水处理

3.1.1 工业废水处理

在工业废水处理这一领域,膜分离技术扮演着重要的角色,其卓越的分效率以及相对较低的能量消耗,使得它备受各工业部门的青睐。借助超滤、纳滤以及反渗透等尖端膜分离技术能够高效去除废水中的多种污染物,包括悬浮固体、微生物、病毒、有机成分以及部分无机盐。以电镀、化学工业和制药业废水为例,该技术不仅能够有效回收重金属离子,也促进了水资源的循环使用,大幅减少了废水排放,对环境的影响显著降低^[4]。运用此技术也提升了工业用水的重复利用率,减轻了企业成本负担,实现经济效益与环保效益双赢。

3.1.2 城市污水处理

在处理城市污水的过程中,膜生物反应器(MBR)作为一种集高效与先进于一身的污水处理手段,显得尤为突

出。该技术巧妙地融合了膜分离与传统的生物处理工艺,在清除污水中悬浮固体、有机物质以及营养盐如氮、磷方面表现出色。MBR的优势在于其占地紧凑、出水品质优良以及污泥产量极低,使其成为城市污水处理的理想选择。系统凭借其卓越的分离效能,大幅缩减了反应器的体积,进而降低了整体的建造成本和运营开支。膜技术还实现了深度处理功能,能够提升水质至更高标准,以满足严格的排放或回用需求。举例而言,MBR处理后的水甚至可达饮用水级别,适用于农业灌溉等领域。

3.2 废气处理

3.2.1 工业排放气体的净化

随着工业发展的需求,膜分离技术逐渐在气体净化领域展现出其不可或缺的地位,特别是在处理工业排放的气体中。这一技术核心在于运用专门的膜材料,依靠其物理或化学特性,对气体中的多种成分进行精准的选择性透过。以钢铁与石化产业为例,该技术能显著移除诸如SO_x、NO_x及VOCs等有害气体,这些气体不仅污染环境,更是对人体健康的一大威胁。该技术的显著优势包括操作上的便捷性、低能耗以及在整个处理过程中不会带来额外的环境污染。利用特制的透过膜,它能够高效地分离和回收特定气体,有效减少排放并促进资源再利用。例如,废气中的SO_x可转化为硫酸原料,NO_x可制硝酸,而VOCs也能作为化工原料重新进入生产循环。

3.2.2 室内空气污染物的控制

室内空气质量优化领域,膜技术以其独到的优势在空气净化设备中的运用日渐普及,已逐步成为提升室内环境品质的关键途径。该技术下的膜过滤器,凭借其细微的孔隙构造能显著捕捉并移除气流中的微小颗粒、细菌、病毒等有害成分。相较于传统的过滤方式,膜过滤器展现出其高效能、低阻抗以及持久耐用的特性^[5]。其高效能清污更彻底,低阻抗保证了气流的顺畅,减少了设备运行的负担,延长了使用寿命。膜过滤器的构造便于清洁与替换,这在一定程度上减少了维护的经济成本。膜技术的介入显著增强了空气净化器的功能,为室内环境带来了更为纯净和健康的空气,这对过敏患者、儿童以及老年人等免疫力较弱群体尤为关键。

3.3 固体废物处理

3.3.1 渗滤液处理

在处理固体废弃物,尤其是针对垃圾填埋场所产生的渗滤液的处理上,膜分离技术扮演了重要的角色。利用反渗透这一膜分离技术能够显著移除渗滤液内的有机成分、氨氮以及重金属等污染物质。该技术通过施加的压力差,令水分子得以穿越半透性膜,而将多数溶解态固体及有机物阻挡在外,进而实现高度净化。此方法对于渗滤液的进一步净化尤为合适,它能够提升渗滤液的处理质量至几乎可饮用水的水平,进而促进水资源的再生使用。同时,反渗透技术因其占用空间小、操作过程简化以及自动化控制的高易用性等特

性,在渗透液处理这一领域展现出极大的应用潜力和未来发展宽度。

3.3.2 废物回收与资源化利用

在废物处理与资源循环利用领域,膜技术显示出其独特的优势和显著的功能。借助反渗透、纳滤、超滤以及微滤等多种膜分离工艺能够从工业废液中有效提取出宝贵的成分。以废酸液为例,利用此技术回收酸成分不仅减轻了对新鲜酸的需求,同时也大幅降低了废液的环境处理费用。废碱液亦然,回收后的碱能被再次投入生产,达到资源的循环使用。该技术对废水内金属离子如铜、镍的回收也表现出色,这些离子经过回收可重新进入生产线。同时,膜技术在有机溶剂的回收上也扮演关键角色,它能分离废水中的有机溶剂,促进其再利用,显著减少环境负担。

4 膜分离技术在环保设备中的性能提升策略

4.1 膜材料的创新与改性

随着材料科学领域的持续发展,探索并研制创新的膜材料已成为提高膜分离技术性能的核心路径。举例来说,众多科研人员正致力于开发一类具备高水通量、优良选择性和出众抗污染特性的纳米复合材料,诸如碳纳米管增强型聚合物膜、基于石墨烯的膜材料等。这些新型材料不仅显著提升了膜的分离效能及其耐用年限,还大幅度降低了操作过程中的能源消耗。借助表面改性技术能够为膜材料增添诸多新特性,包括抗污和防生物附着,通过等离子处理或表面接枝聚合技术,膜表面可被引入特定官能团,进而增强其亲水或疏水性质,减少污染物的吸附,从而延长膜材料的使用寿命。

4.2 膜过程的优化

在探讨膜分离技艺的精进之路时不难发现,对操作参数的细致调控,实乃提升其效能及可靠性的核心所在。以反渗透工艺为鉴,若能准确把脉操作中的压力与温度,不仅能耗得以显著下降,水质及其透过率亦将得到有效提升。譬如,适度提升操作温度,可降低水的黏稠度,进而减少膜面对水的阻力,加速渗透过程。恰当地调整压力可确保膜组处于最优运行状态,防止因压力过大而对膜造成损害。膜组件的结构设计对于分离效能和能耗的影响也不容小觑,采纳如螺旋卷式或中空纤维式的创新设计能有效扩展膜的作用面积,从而增强单位体积的处理效能。此举不仅提高了系统整体的效率也减少了膜组件清洁与维护的频次,长远来看,运营成本随之降低。

4.3 集成技术的应用

结合吸附、电化学及生物处理等分离技术,膜技术的融合运用能相互取长补短,从而大幅增强处理效能。在此之中,膜技术与生物处理的结合尤为瞩目,孕育出的膜生物反应器(MBR)在污水处理方面表现出了极高的应用价值。

MBR巧妙地将膜分离的截留优势与生物处理的分解效能相结合,有效清除了污水中的悬浮固体与有机物质,同时确保了较高的水流速率与出水品质。在实用性上,MBR系统以其占地较小、运行成本较低且出水品质稳定而显著,其水质可直接满足回用标准,极为契合城市与工业废水处理需求。通过对MBR系统设计的精细化调整,筛选恰当的膜材料、调整膜组件布局与操作参数,系统的处理效能与稳定性得以进一步提升。引入在线监控和智能控制等尖端控制技术,MBR系统的自动化水平得到提升,人工成本下降,处理成效增强。

4.4 膜污染控制与清洗技术

探究膜污染的内在机制,包括污染物在膜表面的吸附、沉积过程以及生物膜的形成,对于制定高效的污染控制措施至关重要。掌握这一污染过程便能设计出更加抗污染的膜材料以及更为高效的清洗手段。在此背景下,研制出高效的清洗及再生技术是维持膜性能和延长其使用寿命的关键所在。目前,研究人员正致力于多种清洗技术的研发,涵盖物理、化学及生物清洗,以及诸如热再生、化学再生等膜再生技术,旨在恢复膜的功能。物理清洗,如水力冲洗和超声波处理,主要通过物理力去除表面污染物。化学清洗则采用酸、碱或溶剂等化学试剂,溶解并清除膜上的污染物质。生物清洗利用微生物或酶分解有机物,环保且效果佳。热再生与化学再生技术则通过热处理或化学反应,重塑膜的孔隙结构及其分离能力。

5 结语

综上所述,膜技术作为一项新兴的环保利器,其在废水处理、空气净化、渗透液处置以及废弃物资源化利用等领域的运用已显著凸显了其独有的应用潜力和优势。技术进步的浪潮中,伴随着膜材质的改良、分离过程的完善、复合技术的集成以及对抗膜污染和清洁手段的增强,这一技术的效能得到了质的飞跃。伴随着科研力度的加大和技术的持续革新,膜分离技术预计将在环保事业中扮演更加关键的角色,为推动可持续发展和环境保护的目标提供坚实的科技支撑。

参考文献

- [1] 文鸿天,王舸,孟晖,等. 二氧化碳和甲烷膜分离技术在海上平台的应用探讨[J]. 石油和化工设备, 2024, 27 (10): 44-47+36.
- [2] 王彬宇. 膜分离技术在造纸废水处理中的优化与成本效益分析[J]. 华东纸业, 2024, 54 (09): 58-60.
- [3] 张嘉敏,谢杏花,任晋峰. 造纸工业废水处理中的膜分离技术研究[J]. 华东纸业, 2024, 54 (09): 40-42.
- [4] 岳勇. 各种膜分离技术在污水处理中的应用研究[J]. 皮革制作与环保科技, 2024, 5 (17): 25-27.
- [5] 郭鹏,马传振,徐彤彤. 膜分离技术在高效净水中的应用与发展[J]. 石化技术, 2024, 31 (08): 169-170.

Try to analyze the specific application of 3D printing technology in the field of civil aviation maintenance

Dacheng Wang Wuyan Zhu Yancheng Zhu

Jiangsu Aviation Vocational and Technical College, Zhenjiang, Jiangsu, 212134, China

Abstract

This study focuses on the analysis of the application status and potential advantages of 3D printing technology in the field of civil aviation maintenance. By comparing the differences between traditional maintenance methods and 3D printing technology, the research shows that 3D printing can significantly shorten the manufacturing and replacement time of spare parts, reduce maintenance costs, and help repair complex components. In the empirical analysis part, the case study method is adopted to deeply explore the application effect of 3D printing technology in the manufacturing of aircraft engine parts, cabin internals and specific maintenance tools. The results show that 3D printing technology not only improves maintenance efficiency and reliability, but also reduces the overall weight of the aircraft through optimized design. The study concludes that despite the technical and cost-effectiveness challenges, the further promotion of 3D printing technology will have a revolutionary impact on the civil aviation maintenance industry.

Keywords

3D printing technology; Civil aviation maintenance; Efficiency improvement

试析民航机务维修领域中 3D 打印技术的具体应用

王大成 朱无言 朱彦澄

江苏航空职业技术学院, 中国 · 江苏 镇江 212134

摘 要

本研究着重分析了3D打印技术在民航机务维修领域中的应用现状及潜在优势。通过对比传统维修方法与3D打印技术的差别,研究表明3D打印能显著缩短备件的制造与更换时间,降低维修成本,并有助于复杂构件的维修。实证分析部分,采用了案例研究方法,深入探讨了3D打印技术在飞机发动机部件、机舱内部构件及特定维修工具制造中的应用效果。结果显示,3D打印技术不仅提高了维修效率和可靠性,还通过优化设计降低了飞机的整体重量。研究最后指出,尽管存在技术和成本效益等挑战,但3D打印技术的进一步推广将为民航维修行业带来革命性的影响。

关键词

3D打印技术; 民航机务维修; 效率提升

1 引言

随着科技的不断进步,尤其是在制造工业领域的新技术革新中,3D打印技术已经成为一个热门话题。特别是在高要求和高标准的民航机务维修领域,这项技术显示出了巨大的应用潜力和优势。民航行业由于其安全标准极高,对维修及制造过程的精准度和可靠性要求极为严格,传统的维修方法已逐渐显示出局限性。3D打印技术,作为一种快速成型的技术,通过逐层添加材料来构建复杂形状的三维物体。在民航机务维修中,这种技术不仅有助于快速制造飞机所需的备件和工具,还能有效地解决传统方法中遇到的一些难题,如备件缺货、制造周期长、成本高昂等问题。针对飞机发动机部件、机舱内部结构以及特定的维修工具,3D打

印技术提供了一种新的解决方案,能够提高维修工作的效率和可行性。尽管3D打印技术在民航机务维修领域具有显著的优势,但其应用实践和普及还面临诸多挑战,如技术成熟度、成本效益评估以及工业标准的制定等。本文将在系统分析3D打印技术在民航维修中的具体应用后,进一步探讨其潜力、优势及面临的挑战,意图为该技术的进一步发展和应用提供有价值的见解和建议。

2 民航机务维修领域中 3D 打印技术的概述

2.1 3D 打印技术的基本原理及发展历程

3D打印技术,又称增材制造技术,是一种通过逐层堆积材料来构建实体物件的先进制造方法^[1]。其基本原理是将三维模型数据分解为二维切片数据,并指挥打印设备按照每一层切片的外形和厚度将材料堆叠起来,直至完成整个物件的制造。材料通常包括金属、塑料、陶瓷和复合材料等,具有广泛的适应性和选择性。

【作者简介】王大成(1990-),男,中国江苏沭阳人,硕士,讲师,从事超精密仪器装备研究。

3D 打印技术的起源可以追溯到 20 世纪 80 年代。1986 年,美国科学家查尔斯·赫尔(Charles Hull)首次提出了液态光敏树脂固化成型的立体平版印刷概念,即立体光刻术(SLA)。这一技术的出现标志着 3D 打印技术的诞生。随后,分层实体制造(LOM)、选择性激光烧结(SLS)、熔融沉积成型(FDM)等多种工艺相继问世,进一步丰富了 3D 打印技术的种类和应用领域。

进入 21 世纪,3D 打印技术在材料性能、打印速度、精度和成本等方面得到了显著的提升,逐渐从原型制作向功能性零部件制造扩展。航空航天、医疗、汽车、建筑等行业都开始关注和应用这项新兴技术,其中民航机务维修领域尤为瞩目。作为高端制造领域的代表之一,民航业对维修技术的要求极高,需要高效、可靠且成本可控的技术手段。3D 打印技术在解决复杂构件制造、缩短供货周期、降低生产成本等方面展现了较强的优势,成为现代机务维修的重要补充手段。随着技术的不断完善和应用场景的多样化,3D 打印正在逐步改变传统的民航维修方式,开创了新的技术革新时代。

2.2 3D 打印技术在全球民航维修领域的应用现状

3D 打印技术在全球民航维修领域的应用已逐渐引起广泛关注。随着技术的突破和实践的积累,其应用范围不断扩大。3D 打印技术被用于制造飞机的复杂和特殊零部件,尤其是在发动机部件和机舱内部构件的维修和替换中展现出显著优势。与传统制造工艺相比,3D 打印可以根据需要快速制备材料,减少库存压力,并极大地缩短生产周期,提高航材供应的即时性和灵活性。3D 打印的增材制造特性使得减重优化成为可能,有助于提高燃油效率和降低运营成本。在质量和可靠性方面,通过 3D 打印的部件通常展现出优异的性能表现,能够精确满足航空标准和要求。全球多个知名航空公司和维修组织已经开始探索 3D 打印在机务维修中的全面应用,研究从小规模试点逐步过渡到更广泛的实施阶段。技术的广泛应用仍需面对成本、材料性能和生产工艺等方面的挑战。

3 3D 打印技术与传统维修方法的比较

3.1 时间与成本效益的比较

在民航机务维修领域,时间和成本效益是技术应用的核心考量。传统维修方式下,大量备件储备导致库存成本高昂,维修周期长。而 3D 打印技术的“按需打印”模式,有效缓解了库存压力。

该技术降低了维修成本,其直接从数字模型生成物件,减少了传统制造中的复杂生产线和多阶段工序,节省了人工和设备费用。同时,3D 打印能一次成型复杂结构,设计更自由,成本控制更灵活。

时间效率方面,3D 打印在紧急维修中表现尤为突出。传统备件调运需数日甚至数周,而 3D 打印现场制造,大幅

缩短飞机停场时间,提升飞机利用率和航空公司运营效率。

综合来看,3D 打印在时间和成本效益上的优势,使其成为民航机务维修领域的重要技术驱动力。它不仅能快速响应维修需求,降低库存成本,还能提升维修效率,助力航空公司实现更高效、更经济的运营。随着技术的不断进步和应用的深入,3D 打印将在民航维修领域发挥更大的作用,推动行业持续创新和发展。

3.2 维修质量与可靠性的提升

3D 打印技术在提升维修质量和可靠性方面展现出显著优势^[2]。3D 打印技术能够实现零部件的精准制造,保证了高度的一致性和符合设计规范。这种高精度的制造过程不仅减少了因部件不合格导致的维修次数,还降低了运营中突发故障的风险。应用 3D 打印技术制造的零部件整体可靠性得以提升。

3D 打印技术可以根据具体需求进行零部件的个性化定制,从而优化结构、提高性能。传统制造方法因受限于模具、材料特性等因素,难以实现复杂构件的高效生产。而 3D 打印技术则能够在短时间内生产出复杂度高且符合设计要求的部件,例如飞机发动机的复杂内结构零件。这不仅提高了零部件的使用寿命,还保证了发动机等核心部件的稳定性与安全性。

3D 打印技术使得复杂形状和内部复杂通道的制造成为可能,优化了材料的使用,减少了部件的组装环节,降低了维护和再制造过程中的潜在隐患。减少了拼接和装配环节中的错误,保证了维修工作的高效性与可靠性。

3D 打印技术通过精准制造、高度定制和优化设计,提高了民航机务维修中的零部件质量和系统可靠性,显著提升了航空器的安全性和运营效率。

4 3D 打印技术在具体机务维修实例中的应用

4.1 飞机发动机部件的 3D 打印

在民航机务维修领域,3D 打印技术已经证明在飞机发动机部件制造和维修中具备显著优势。传统的发动机部件制造方法通常涉及多道工序和严格的质量控制,制造周期长且成本高。相比之下,3D 打印技术能够直接根据数字模型生成复杂的零部件,不仅简化了生产流程,还大幅缩短了制造时间。

应用 3D 打印技术制造的发动机部件,其材料性能和结构设计能够得到最大化优化。一些复杂的内腔结构、形状特殊的散热器和耐高温的涡轮叶片,通过 3D 打印可以实现精细制造,提升了部件的耐久性和工作效率。实际案例表明,在发动机部件损坏需紧急更换的情况下,使用 3D 打印技术能够快速制造出高精度替代件,显著提高了飞机的出勤率^[3]。

通过 3D 打印技术制造的发动机部件,由于材料的灵活选择和精确控制,在减轻重量方面也表现出色,有助于整体减重,从而提高飞机的燃油效率。在确保部件性能和安全性

的前提下,3D打印技术正逐步改变飞机发动机部件的制造和维修方式,推动民航机务维修向高效、智能的方向发展。

4.2 机舱内部构件的3D打印

机舱内部构件的3D打印技术在民航机务维修中展现出显著优势。通过3D打印技术,可实现复杂结构的快速原型设计与制造,有效缩短生产周期。此技术在机舱内部小型塑料和金属零件的生产中尤为突出,例如座椅的塑料组件、通风口零件及内饰固定件等。这些构件的传统制造过程通常涉及多个工序,而3D打印技术能够一体化生产,减少对多种设备的依赖。定制化设计通过优化材料使用,进一步降低了飞机整体重量,提升燃油效率。具体应用显示,机舱内部构件的3D打印制造,不仅提升了产品的一致性和精度,而且大幅降低了库存成本,提高了维护工作的灵活性与经济性。这些优势使其在民航机务维修中成为不可或缺的技术手段。

4.3 特定维修工具的3D打印

3D打印技术在特定维修工具的制造中展现了明显的优势。使用3D打印可以快速制造出复杂形状和特殊功能的维修工具,满足不同维修任务的个性化需求。这种技术能够通过优化工具设计,减少材料浪费,降低生产成本。3D打印工具的轻量化特性有助于提高维修的操作便捷性和效率。通过快速响应和按需生产,3D打印技术在提高飞机维修灵活性和减少停机时间方面发挥了重要作用。

5 3D打印技术面临的挑战与未来展望

5.1 技术与成本效益的挑战

3D打印技术在民航机务维修领域潜力巨大,但也面临技术与成本效益的挑战。技术层面,当前3D打印材料难以满足航空器复杂部件的严苛要求,如耐高温、耐腐蚀及高强度等性能。同时,3D打印机的生产效率和打印精度尚待提升,以满足大规模高精度生产需求。此外,尽管3D打印在复杂几何结构制造上占优势,但缺陷检测和控制技术仍不成熟。

成本效益方面,专业3D打印设备及高性能材料价格高昂,初始投资大。专业技术人员培训亦需额外资源。尽管3D打印能降低备件制造成本和时间,但全面替代现有维修方法还需深入经济性评估。企业需权衡技术成本与长期收益,确保投资回报可持续性。

面对挑战,民航机务维修领域需加大研发力度,推动技术突破,降低成本。只有不断克服技术与成本障碍,3D打印技术才能在民航机务维修中实现全面应用,为行业带来更多创新与效益。各方应共同努力,促进3D打印技术在民航领域的深入发展,提升维修效率与质量,推动行业进步。

5.2 3D打印技术在民航维修领域的未来发展方向

未来,3D打印技术在民航维修领域有望发挥更大的作用。技术进步将进一步提高打印材料的性能,包括耐热性、

强度和耐腐蚀性等,使得3D打印部件可以应对更严苛的航空环境要求。材料的多样化和新型打印工艺的开发将拓展3D打印部件的应用范围,从而提升维修解决方案的灵活性和多样性。

数字化和智能化是未来3D打印技术发展的重要趋势。借助大数据和人工智能,3D打印过程中的参数优化与实时监控将更加精准,从而提高打印质量的一致性和可靠性。智能维修系统的引入,可以实现故障预判和快速响应,提高维修效率。

在供应链管理方面,3D打印技术将推动数字化设计和本地化生产,这能够显著缩短零部件的供应周期,降低库存压力。基于云平台的设计共享和远程制造将推动全球化协作,实现资源的最优配置。

政策支持和标准化建设将是3D打印技术推广的有力保障。各国航空管理部门将逐步制定和完善3D打印部件的适航认证标准和指南,确保打印零件在安全性和性能上符合严格的航空要求。

总体而言,3D打印技术的深入应用和不断创新,将为民航维修带来革命性的改变,促使整个行业向更加高效、可靠和智能化的方向发展。

6 结语

本文对3D打印技术在民航机务维修领域的应用进行了深入的分析与探讨。研究发现,3D打印技术相较于传统维修方法,具有显著的时间效率和成本效益优势,尤其在飞机发动机部件、机舱内部构件及特定维修工具的制造过程中展现出其独特的优越性。通过案例分析,本文证实了3D打印技术在提高维修效率、降低整体重量及增强结构可靠性方面的有效性。然而,研究也指出了3D打印技术在广泛应用中存在的技术瓶颈与成本问题。特别是高精度打印设备的高昂费用及技术人员的专业培训需求,仍然是推广过程中需要重点解决的问题。展望未来,为了更好地发挥3D打印技术在民航机务维修领域中的应用潜力,建议相关部门和企业加大技术研发投入,优化3D打印材料与设备,同时,还需要培养更多专业技术人才,加强从业人员的技术培训和知识更新,以适应3D打印技术的快速发展及行业需求。通过这些措施,可以期待3D打印技术在未来民航机务维修领域中扮演更加重要的角色,为该行业带来更深远的影响。

参考文献

- [1] 许学贤.探讨民航机务维修安全管理[J].信息周刊,2019,0(24): 0362-0362.
- [2] 高磊.民航机务维修技术的有效应用[J].中文科技期刊数据库(全文版)工程技术,2023,(06):0060-0062.
- [3] 陈毓夔.民航机务维修现状及应对[J].管理学家,2019,0(05): 146-147.

The Application of BIM technology in the digital management of electric power Engineering

Jingfang Lu Ya Huang

Guangxi Fuyuan Electric Power Design Co., Ltd., Guigang, Guangxi, 537100, China

Abstract

The emergence and development of electric power automation technology has injected new vitality into the modernization process of electric power engineering. The technology greatly improves the reliability and security of the power system by realizing the remote monitoring and intelligent management of the power system. At the same time, the power automation technology can also effectively reduce the operating cost of the power system, improve the efficiency of resource utilization, which is of great significance to promote the sustainable development of the power industry. This paper aims to explore the practical application of power automation technology in power engineering, and analyze its role in improving the operation efficiency of power system and ensuring the stability and safety of power supply. Through the research of this paper, we hope to provide some useful reference and enlightenment for the development and progress of the power industry, and promote the development of the power industry towards a more intelligent, efficient and sustainable direction.

Keywords

electric power automation; electric power engineering; practical application

电力自动化技术在电力工程中的实践应用

卢静芳 黄亚

广西福源电力设计有限责任公司, 中国 · 广西 贵港 537100

摘 要

在当今社会, 电力作为经济发展与生活保障的关键基础设施, 其供应的可靠性与稳定性至关重要。电力工程涵盖从发电、输电到配电等诸多复杂环节, 传统运作模式面临着人工操作效率低下、故障响应迟缓以及难以适应复杂工况变化等诸多难题。电力自动化技术的应运而生, 深入探究其在实践中的应用, 不仅有助于提升电力企业的竞争力与运营效益, 更是保障社会用电安全、推动能源行业可持续发展的必然之举。本文旨在深入探讨电力自动化技术在电力工程中的实践应用, 分析其在提高电力系统安全性、稳定性和经济性方面的重要作用, 并为未来电力自动化技术的发展提供参考和借鉴。

关键词

电力自动化; 电力工程; 实践应用

1 引言

随着社会经济的快速发展, 对电力的需求不断增加, 电力系统面临着更高的负荷和复杂性。在此背景下, 电力自动化技术应运而生, 成为提高电力系统运行效率的重要手段。电力自动化技术涵盖了监控、保护和信息处理等多个方面, 通过集成先进的传感器、计算机技术和通信网络, 实现对电力设备的实时监测和控制。在实际应用中, 电力自动化技术不仅提升了设备的运行安全性, 还改善了电力服务质量。通过引入自动化技术, 电力工程能够实现更高层次的智能化管理, 从而应对未来电力领域的挑战。

2 电力自动化技术在电力工程中的应用价值

2.1 实现电气工程自动化控制

在当今电力领域, 实现电气工程自动化控制是电力发展进程中的关键一环, 而电力自动化技术则是达成这一目标的核心驱动力。

借助该技术, 能够让发电厂从传统的人工密集型操作模式大步迈向智能化管控。以发电机组为例, 通过电力自动化技术部署自动化控制系统, 传感器实时精准采集机组运行的温度、压力、转速等关键参数, 并迅速传输至控制系统。控制系统依据预设算法对数据进行即时分析, 一旦参数偏离正常区间, 便能在瞬间自动下达指令, 精准调节相应设备, 确保发电机组始终处于最佳运行状态, 极大提高发电效率与稳定性。

在变电站环节, 引入电力自动化技术后, 通过远程监

【作者简介】卢静芳(1988-), 女, 中国南宁宾阳人, 本科, 工程师, 从事电力工程研究。

控与自动化操作设备相结合,运维人员在控制室内就能实时了解变电站内所有设备的运行情况,远程操控断路器的跳合闸、变压器的分接头调整等关键操作,既保障了运维人员的人身安全,又大幅提升了操作的及时性与精准性,使得变电站能够高效、稳定地实现电力的转换与分配,为电网输送可靠电能^[1]。

2.2 有效提升维护及检修水平

气候状况、湿度以及温度等外在条件,都会给电力工程质量带来显著影响。所以,施工单位一方面要着眼于技术人员自身专业素养提升等主观层面,另一方面还得强化对外界环境因素的把控,避免工程质量下滑、效率折损。

电力自动化技术有着出色的环境适应性,能充分施展自身长处,最大程度削减客观因素给工程质量造成的不利影响。一旦察觉运行障碍,它还能迅速反应,及时处理问题,保障电力系统平稳、安全地运行。值得一提的是,电力自动化技术具备较强的自我修复能力,这也是它的一大显著优势。在设备由于各种主观和客观因素的作用下出现故障时,该系统能够自动地重新启动设备,从而降低了电力工程的维护费用,使设备的维护工作得到最大程度的优化。

2.3 精准采集电力数据

在电力工程施工和运营过程中,会生成海量的数据和信息,因此,必须对这些数据信息的应用价值进行深层次的挖掘,才能保证后续工作的持续、有效地进行,而电能数据的收集则直接关系到整个工作的效率。传统的数据获取方式比较落后,不能及时、高效地获取数据,也不利于提升数据的完整性,而电力自动化技术能够弥补这一缺陷,提升其收集的全面性与准确性,为其在各环节中的应用奠定基础。这种外部的电子自动化技术可以进行远程控制,它是以计算机技术为中心,对各种数据进行精确的控制,从而提高了电力工程的整体效率。

3 电力自动化技术主要组成部分

3.1 传感器与执行器

电力自动化技术效能的提升需从技术构成要素的精准把握入手。技术人员应系统解析技术框架,强化理论认知与实操能力的同步提升。在自动化控制体系中,传感装置与执行机构构成核心功能单元,形成环境感知与物理响应的闭环体系。其中,传感单元通过多维感知模块实时采集电压、电流等动态参数,并转化为标准化数据流传输至控制中枢;执行单元则基于数字指令驱动机械组件,完成从信号解析到物理动作的精确转换。以电网调压系统为例,智能执行机构在接收传感器反馈的电压波动数据后,可毫秒级调节变压器分接头,实现电网电压的稳态控制,充分体现了自动化系统的动态响应优势^[2]。

3.2 控制系统

在智能电网架构中,控制中枢承担着核心枢纽功能。

前端传感网络捕获多源异构数据后,需经数字孪生系统进行多维度数据融合,依托智能算法库完成数据建模与决策生成,最终通过末端执行机构实施闭环反馈控制。该系统的拓扑设计与动态响应特性直接影响着供电可靠性与设备安全裕度。针对电压相位角、有功潮流及谐波畸变率等关键运行指标,控制系统通过分布式数据采集单元构建全要素数据图谱,为智能诊断与优化调度提供决策支撑。典型应用如区域电网调度中心,依托广域测量系统(WMS)实时追踪负荷波动曲线,结合深度强化学习算法预测负荷趋势,自动触发发电单元功率动态分配指令,实现源网荷储协同优化。

3.3 数据采集与处理单元

若想达成电力系统的智能化监测目标,关键是要让数据采集与处理单元的作用得以充分施展,精准接收来自传感器的各类数据。这些数据得经过全面细致的收集、有条理的整理以及严谨科学的处理,如此才能深度挖掘其中潜藏的价值,为控制系统输送极具价值的信息,从而肩负起智能监测以及调控的重任。同时,数据采集与处理单元还呈现出多样化的特点,能够从不同角度对系统的运行状况进行全方位的感知,从而使每一种数据的使用价值得到最大程度的发挥。该装置可在实际应用中数据进行预处理与清洗,全方位提高数据的完整性与准确性,并通过数据清洗、滤波等技术手段,进一步克服传感器误差与噪声等问题,为系统提供高质量的数据。

4 电力自动化技术在电力工程中的应用

4.1 发电厂自动化系统中的应用

在发电厂的运营场景中,电力自动化技术正深度重塑着生产流程。从燃料输送环节起始,自动化系统凭借精密的传感器与智能控制器,能够依据预设的程序精准调节燃料输送量,确保锅炉稳定而高效地燃烧,为后续发电工序提供持续且强劲的动力源泉。

进入发电核心区域,汽轮发电机组在自动化管控下,实现了转速、温度、压力等关键参数的实时监测与自动调控。一旦检测到参数偏离理想值,自动化系统迅速反应,通过调整汽轮机的进汽量、发电机的励磁电流等手段,在瞬息之间将机组拉回正常运行轨道,极大地减少了人工干预的滞后性,提升了发电效率与稳定性。

再者,在电力输出阶段,自动化技术助力发电厂构建起智能电网接口,使得发出的电力能够平稳、有序地接入电网,依据电网的实时负荷需求灵活调整发电量,真正做到“削峰填谷”,既保障了电力供应的可靠性,又优化了电力资源的配置效率,让发电厂在电力市场中更具竞争力,为社会源源不断地输送清洁、高效的电能^[3]。

4.2 在输电与配电中的应用

电力工程的传输与分配环节,工作流程错综复杂,专业性要求极高,还极易受到各类因素干扰,进而引发多种故

障,致使难以契合客户的用电需要。而在输电和配电过程中巧妙运用电力自动化技术,便能保障电力工程平稳、可靠地运行,有效应对日益增长的用电需求。停电问题是电力工程里最常出现的失效状况之一,运用自动控制技术,恰好能够达成对电力工程运行状态的实时追踪与监测,对电力工程运行中可能出现的故障、异常现象进行检测,并采取有效的调控措施,提升电力工程的稳定性,减少电力工程事故的发生概率。该自动化系统具备远程监测和控制的功能,使科技人员能够实现对智能开关、遥控开关的遥控,保证了配电力工程的高效、柔性。

4.3 在变电站中的应用

变电站作为电力传输的关键枢纽,电力自动化技术在此发挥着多方面的关键效能。

一方面,在设备监测领域,借助各类先进的传感器,自动化系统能够对变电站内的变压器、断路器、互感器等核心设备进行24小时不间断的“体检”。实时采集设备的运行温度、振动频率、绝缘性能等关键数据,一旦数据出现异常波动,预示着设备可能存在故障隐患,系统便能立即发出精准警报,通知运维人员及时排查处理,将设备故障扼杀在萌芽状态,有效保障了变电站设备的可靠运行。

另一方面,在电力调度环节,自动化技术搭建起了高效的智能调度平台。通过与电网控制系统的深度互联,它可以实时掌握电网的负荷变化、潮流分布等信息,并依据这些信息迅速对变电站内的电力分配进行优化调整。例如在用电高峰时段,智能调度系统自动增加主变压器的负载率,合理调配各条出线的供电功率,确保电力供应能够满足社会需求,同时维持电网的稳定运行,避免因过载或潮流紊乱引发停电事故。

4.4 分散测控系统中的应用

在电力工程里,把电力自动化技术应用于分散测控系统,旨在借助控制中心的功能,全方位、精准把控现场设备的操作流程。一旦设备运行期间突发故障,凭借监测所获数据,就能即刻实施对应的调整策略,实际满足了电力工程现场对设备控制的要求。分散测控系统是一种有效的应用方式,一方面,通过对分布式的测量和控制系统的配置,提高

了设备监测的效率;同时,本系统还对电力工程的每一个环节进行了精细的管理,保证了整个项目的顺利和稳定。

4.5 现场总线技术的应用

现场总线技术在电力系统中的身影愈发常见,已然成为推动电力工程可持续发展、保障电力自动化技术有效落地的关键力量,是电力领域不可或缺的一环。当下,随着电力工程施工不断向纵深发展,电气与燃气自动化技术也日益成熟,这为现场总线技术的进阶创造了良好条件,使其成为提升电力工程施工质量的重要依托。在实际操作中,技术人员需要精准把握工程所处的环境状况,精心制定完备的总线供电计划,运用科学手段监控设备状态,力求将现场总线技术的功能发挥到极致,从而营造出安全、高效的工作环境。

另外,借助现场总线技术,能够对收集到的数据信息进行动态处理,细致分析各类数据的优缺点及使用价值,进而实现数据的分析与传递在质量和效率上的双重跃升。基于这些数据,维护人员得以顺利开展后续工作,全方位提升设备的整体控制水平。尤其在实际应用时,现场总线技术还可对电力系统中的通讯线路进行精准调控,优化系统的协调性能,最大程度降低单向传送的发生率,保障电力系统的稳定、高效运行。

5 结语

在当前科学技术日新月异的时代背景下,电力工程系统需科学、合理地融入自动化技术,以实现控制模式与管理体系的革新与升级。此举旨在显著增强电力系统运行的可靠性和稳定性,并大幅度降低电气设备故障的发生率。同时,本文还将对电力工程系统中自动化技术的未来发展趋势进行预估与剖析,以期为促进电力工程事业的持久稳定与健康发展贡献力量。

参考文献

- [1] 亓祥成.电力自动化技术在电力工程中的应用探索[J].中国科技期刊数据库工业A, 2024(10): 0152-0155.
- [2] 石军,杨焕志.电力自动化技术在电力工程中的应用探究[J].现代工程科技, 2024, 3(7): 57-60.
- [3] 刘国平.电力自动化技术在电力工程中的应用[J].中国科技期刊数据库工业A, 2024(10): 0077-0080.

Thinking on the application countermeasures of variable frequency speed control technology in industrial electrical automation control

Jianlin Hu

Guixi Smelter of Jiangxi Copper Industry Group Co., Ltd., Guixi, Jiangxi, 335400, China

Abstract

Under the background of the steady improvement of the industrial automation level, the electrical control system has been widely concerned, and it occupies an important position in the industrial production. One of the key technologies to support the operation of the electrical control system is the frequency conversion speed regulation technology, which mainly changes the frequency of the motor power supply to effectively control the motor speed, to ensure the accurate control of the motor in place, to achieve the goal of energy saving and consumption reduction, and greatly improve the production efficiency. The application of frequency conversion speed regulating technology has specific requirements, especially in industrial electrical automatic control, need to clear the relevant application strategy, combined with the principle and characteristics of frequency conversion speed regulating technology analysis, develop a scientific practice, make frequency conversion speed control technology play its own advantages, meet the demand of industrial electrical automation control.

Keywords

frequency conversion speed regulation technology; industrial electrical automation control; application countermeasures

变频调速技术在工业电气自动化控制中的应用对策思考

胡建林

江西铜业集团公司贵溪冶炼厂, 中国·江西 贵溪 335400

摘 要

工业自动化水平稳步提升的背景下, 电气控制系统受到广泛关注, 其在工业生产中占据着重要地位。支持电气控制系统运行的关键技术之一是变频调速技术, 其主要通过改变电机电源的频率让电机转速得到有效控制, 确保电机精准控制到位, 实现节能降耗的目标, 大大提升生产效率。变频调速技术的应用有着具体要求, 特别是在工业电气自动控制中, 需要明确相关的应用策略, 结合变频调速技术的原理及特征展开分析, 制定出科学的实践方案, 促使变频调速技术发挥出自身优势, 满足工业电气自动化控制的需求。

关键词

变频调速技术; 工业电气自动化控制; 应用对策

1 引言

我国是发展中国家, 在工业电气自动化实施层面上起步较晚, 为了实现既定的目标, 取得显著成果, 应按照科学合理的方式加以把控, 妥善处理一系列问题, 弥补传统手段的损失与不足^[1]。此外, 在自动化执行环节要融入变频调速技术, 在实现自动化目标的基础上创造更多条件, 使其拥有可靠的保障。但是在变频调速技术长期运用中还要关注技术方案, 优化相应的配置, 使得变频调速技术发挥出最大优势, 推动工业电气自动化控制工作长远发展。

【作者简介】胡建林(1979-), 男, 中国江西上饶人, 本科, 助理工程师, 从事电气点检研究。

2 变频调速技术概述

2.1 原理

变频调速技术重点是将交流电源通过整流、滤波、逆变等电路转换成直流电源, 结合着 PWM 技术将直流电源加以转换, 使之成为可调的交流电源, 在此基础上驱动感应电机或永磁同步电机, 使其发挥出相应的效力, 支持整个系统的运作。通过适当的转变电源频率以及电压, 能够完成对电机转速的科学控制, 实现精准化控制目标。变频器内设置了控制算法以及保护功能, 在其运作的过程中可以让电机得到有效管控, 强化系统的稳定度。变频器原理如图 1 所示。

2.2 特点

精确控制: 变频器可以依照具体需要对电机的转速加以调节, 使其符合实际情况, 完成对生产活动的高效控制, 提高生产效率^[2]。

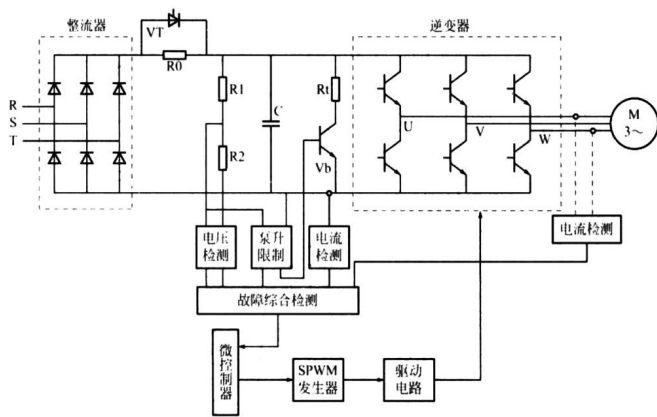


图 1 变频器原理

节能降耗：在电压调速的传统方式中，电机需要以额定电压运行，但是这种运行模式存在着诸多弊端，无法满足实际需求。在适当融合变频器之后，可以结合负载需求调整电机运行频率，达到节能降耗的目的。

启动平稳：变频器还能将电机的启动电流控制到位，以免传统启动模式中出现一系列干扰因素，对系统造成一定的冲击，保障了电机与传动系统的安全。

多种控制方式：变频器支持多种控制方式，涵盖恒定流量控制以及恒定压力控制等，可以迎合不同工艺的需要。

维护方便：变频器内置了故障自诊断功能和保护功能，可以快速定位故障，同时还能及时制定出可靠的应对策略，让相关人员按照具体需要对系统进行维护和管理。

3 工业电气自动化控制的现状

结合当前的实际情况分析，工业电气自动化控制对时代的影响较大，特别是在各种产品生产以及加工等环节，工业电气自动化控制发挥出自身价值，成为备受瞩目的焦点。根据以往的工作经验和实践标准来看，工业电气自动化控制反映出以下现状：第一，电气自动化控制可以在现有技术体系上逐步优化和完善，相对于普通的工作模式，这种控制方案在精度以及功能上进一步细化，实现综合性的把控。若是始终沿用传统的理念和方法，将无法达到预期效果，甚至会出现各种阻碍，影响到相关工作的开展^[3]。各个区域或项目的工业电气自动化控制应重视技术方案的逐步完善，在提升生产效率和加工水平的基础上践行国家的最新标准和最新理念，妥善处理内部问题，创造出更理想的效益成果。第二，工业电气自动化控制环节要落实好综合性的调整，在科学管控动态因素的基础上明确现有问题，为后续工作奠定坚实基础，提高效益水平。

4 变频调速技术的关键性能及技术要点

4.1 关键性能

4.1.1 稳定性

在电机功率逐步提升的背景下，变频器的稳定性面对着更加严苛的标准。变频器需要保持较高的输出功率和更强的稳定性，以此才能迎合各种工况的需求，使得相应工作稳

步开展。随着电机功率的不断提高，对变频器的稳定性提出了相关要求，需要重视变频器的输出功率以及自身的稳定性，还要结合运行过程展开分析，确定最佳的实践方案，让相关的实效性进一步提升。

4.1.2 智能化

人工智能技术和大数据技术的发展使得变频调速技术日新月异，其展示出智能化特色^[4]。与之相关的控制系统也在升级优化，可以对设备进行智能化控制，强化设备的生产效率和整体可靠性。

4.1.3 创新性

电力电子器件和芯片技术的创新让变频调速技术拥有了可靠的支撑条件，其对未来发展具有理想的支撑效果。将相关的技术融入其中，可以实现变频调速技术的升级与优化目标，使其在工业电气自动化控制中发挥出强大功能。

4.2 技术要点

4.2.1 V-F 控制技术

V-F 控制技术能够让输出电压和控制频率成正比，保证电机的磁通量始终维持在特定的范围，避免出现弱磁场和磁饱和等情况。V-F 控制模式重点运用在风机水泵内负载节能变频器，通过压控振荡器加以实现，使其发挥出自身的应用优势。在电压出现明显的变化时，电容量也会随之改变，这就使得相应的电机转速受到影响，因此要将其控制效果进一步优化，提升整体的运行质量。

4.2.2 矢量控制技术

矢量控制技术主要是建立在转子磁场定向的基础上，借助于矢量变换方法对电子电流的激励分量和转矩分量进行解耦，完成对交流电动机磁通量和电流的针对性控制，确保电机获取良好的动态性能和静态性能。

4.2.3 直接转矩控制技术

在矢量控制技术飞速发展的背景下，德国诞生了新型的高性能变频调速技术，也就是直接转矩控制（DTC）^[5]。关于矢量控制技术，这种技术的优势更为突出，具有理想的性能。借助于电子磁场定向，无需对电流解耦，可以直接控制电机磁通量和转矩，在短时间内获取转矩响应。直接转矩控制技术如图 2 所示。

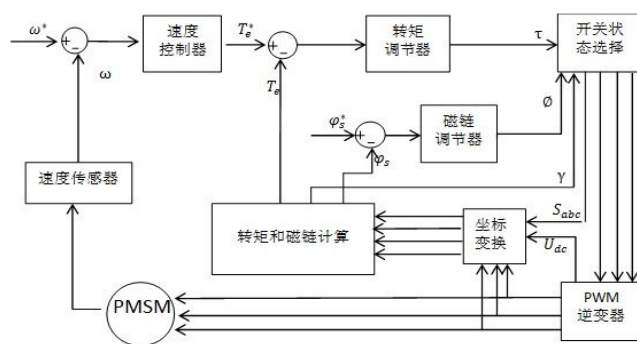


图2 直接转矩控制技术

4.2.4 数字控制技术

计算机与电子信息技术的发展给变频调速技术提供了支撑条件，特别是数字控制技术的产生，让变频调速技术获取了主流趋势，其凭借着快速的计算速度以及较高的控制精度受到认可，电机驱动性能和效率水平进一步提高。这种技术也能在一定程度上控制运行噪声，缩小变频器的体积，比传统的矢量控制和直接转矩控制更具优势。

5 变频调速技术的运用对策

5.1 矿井指示器保护

结合现阶段的情况分析，工业电气自动化控制工作开展环节能够实现对相关区域的精准分析，也能运用可靠的控制举措提高工作水平，保证工作实效性大大提高。矿井指示器保护属于变频调速技术的关键组成部分，在适当融入相关的技术手段后能够优化综合保护效果，确保各方面工作稳步开展。煤矿井下工程实践中若是指示器无法发挥自身作用，将会影响到电气设备的运行，使得系统处于不良的工作模式，影响最终的作业成果。借助于相关技术可以实现对变频调节设备的科学控制，分析深度指示器的情况，及时启动工作电机，比对各项参数指标，以此作为重要的参考条件，让设备始终保持良好的运行状态。若是前后的数据信息并无较大差别，则证明深度指示器存在着漏洞以及问题，需要及时地检修并更换，让工作顺利开展。

5.2 等速区间超速控制保护

结合长远的角度分析，变频调速技术的运用离不开综合应对措施，因此需要对既定路线以及方法加以优化，提供可靠的支撑条件^[6]。在实际调查的过程中，发现变频调速技术的运用能够达到等速区间超速控制保护效果，符合现阶段实际应用的要求。电机拉动设备应用中表现出普遍现象，在等速区间运行环节需要实现和变频调速技术的完美结合，在电机拉动设备过载与超速等情况下发出预警信号，特别是对设备的运行速度能够进行精密监控，给相关人员开展后续工作提供参考条件。大多数情况下，电机拉动设备的运作速率保持在15%及以下，若是出现了过低或过高的情况，可以运用变频调速技术对其进行科学的改良与优化。相较于传统的人工作业手段，这种方法的效果更加理想，可以获取可靠的保障条件。

5.3 减速区段低速控制保护

除了上述提及的几个要点，变频调速技术还能在减速

区段的低速控制上发挥出理想的保护功能。面对工业发展的进程，自动化理念融入其中，相关主体开始按照全新的理念和方法加以操作，逐渐呈现出更加理想的作业成果。减速区间控制是关键的重要组成部分，相对理想的控制模式下可以监控工业设备的稳定性，确保其大幅度提高。如果工业系统的减速至设备的限定位置状况下，应对变频调速技术快速操作，使其符合相应的应用标准。这种技术能够和PLC设备完美结合，发挥出同步运行的效果，特别是在速度监控的环节，能够及时获取多种信息。取样工作开展阶段，也能发挥出自身的应用优势，不会埋下安全隐患。变频调速技术可以在多个方面展示出强大功能，特别是数据核对和安全设定值等，均能落实好细致的处理，获取理想的效果。变频调速技术针对减速区段的系统进行了优化，防范了疏漏问题，即便是出现了异常情况，也可迅速开展安全警告，保证问题处置效率大大提升。

6 结语

国家对变频调速技术的掌控力度进一步提升，主张通过更加合理和科学的方式完成操作目标，满足工业项目运营以及发展的具体需要。应继续优化变频调速技术，落实好相关的研究工作，创设多个项目体系，从多个角度使变频调速技术的可靠性和可行性稳步提升。通过本文的概述，了解到变频调速技术在工业自动化控制方面的应用情况，提出了相关建议，以供参考。

参考文献

- [1] 王红林. 基于变频调速技术的化工电机控制电路设计——评《化工设备维护与检修》[J]. 化学工程, 2024, 52 (09): 97.
- [2] 曹祥林. 电气自动化控制中变频调速技术研究——采防范电磁干扰的对策[J]. 广西物理, 2024, 45 (03): 44-46.
- [3] 梁法辉. 电气自动化控制中变频调速技术运用分析——评《化工电气和化工仪表》[J]. 化学工程, 2020, 48 (07): 3.
- [4] 邓建旺. 变频调速技术及其在工业电气自动化控制中的应用研究[J]. 科技资讯, 2019, 17 (28): 17-18.
- [5] 付亮亮. 液力耦合器电动给水泵变频调速技术在300 MW火电机组上的应用[J]. 科技与创新, 2018, (10): 61-63.
- [6] 姜德友. 交流变频调速技术在热电厂输煤系统叶轮给煤机上的应用[J]. 黑龙江科技信息, 2015, (17): 134.

Design and application of integrated intelligent control system for iron production line

Long Jin

MCC Huatian Engineering Technology Co., Ltd., Nanjing, Jiangsu, 210019, China

Abstract

This paper systematically discusses the design and implementation of an integrated intelligent management and control system for large-scale ironmaking production lines. The system leverages the ironmaking area centralized control center, integrating cutting-edge digital and networked technologies such as the Internet of Things, machine vision, artificial intelligence, and mobile communication to establish an intelligent interconnection platform for ironmaking big data. By achieving integrated operation and intelligent decision-making in the ironmaking area, the system effectively enhances intrinsic safety, drives technological innovation, breaks through organizational barriers, strengthens process coordination, and improves production efficiency, helping enterprises become one of the most competitive steel production bases in the industry. This study aims to promote the intelligentization, automation, and efficiency of ironmaking production lines through the intelligent management and control system, providing robust support for the digital transformation of the steel industry.

Keywords

Large ironmaking production line; Integrated intelligent management and control; Internet of Things; Big data; Intelligent decision making; Digital transformation

大炼铁产线一体化智能管控系统设计与应用

金龙

中冶华天工程技术有限公司, 中国 · 江苏 南京 210019

摘 要

本文系统地论述了大炼铁产线一体化智能管控系统的设计与实施。该系统依托铁区集控中心, 深入融合物联网、机器视觉、人工智能、移动通信等前沿数字化、网络化技术, 构建了一个炼铁领域的大数据智能互联平台。通过实现铁区的一体化操控和智能决策, 本系统有效提升了生产安全本质, 推动了技术革新, 突破了组织壁垒, 增强了工序配合, 提高了生产效率, 助力企业跻身行业顶尖的钢铁生产基地行列。本研究旨在借助智能管控系统, 推动炼铁产线的智能化、自动化和高效化进程, 为钢铁产业数字化转型注入强劲动力。

关键词

大炼铁产线; 一体化智能管控; 物联网; 大数据; 智能化决策; 数字化转型

1 引言

随着工业 4.0 时代的到来, 智能制造已成为钢铁行业转型升级的重要方向。传统炼铁生产线存在信息化程度低、协同性差、能耗高、安全风险大等问题, 难以满足现代钢铁企业对生产效率、环保、安全等方面的要求。因此, 设计并应用一体化智能管控系统, 对于提升炼铁产线的智能化水平具有重要意义。

本项目以铁区集控中心为核心, 融合物联网、机器视觉、人工智能、移动通信等先进技术, 构建炼铁大数据智能互联平台, 实现铁区的一体化操控和智能化决策。通过该系统, 旨在提升本质安全水平、推动技术进步、打破组织界限、加

强工序协同, 助力企业成为行业内最具竞争力的钢铁生产基地之一。

2 系统目标

1. 提升本质安全: 通过远程集中控制, 使中控室和操作人员远离高风险区域, 如煤气区域, 同时通过人员安全本质化、设备安全监控精准化, 建立全面的安全管控体系。
2. 促进技术进步: 采用高精度、高稳定性的工业智能传感器监控炼铁核心工序的关键设备, 提升整个大炼铁生产线的工艺装备智能化程度。
3. 打破组织边界: 通借助一体化智能管控系统, 实现各工序间的无缝对接, 提升工序间的协同效率。
4. 加强工序协同: 通过远程集中操作监控与炼铁大数据智能互联平台的深度融合, 提高生产的稳定性, 优化人力

【作者简介】金龙 (1978-), 男, 中国江西吉安人, 本科, 高级工程师, 从事: 建筑智能化及智能制造研究。

资源配置。

5. 提高生产效率：通过智能化决策支持，实现生产过程的优化调度，提高生产效率，降低生产成本。

3 系统设计思路

3.1 硬件集控设计

硬件集控是大炼铁产线一体化智能管控的表观载体。通过将大炼铁产线各单元操作岗位、监测系统界面整合到一起进行集中监控，有效实现岗位整合和人员无边界沟通。同时，基于安全控制和物联网技术实现远距离监控，有效保证操作人员人身安全。

1. 集中监控界面：将球团、烧结、高炉等炼铁核心工序的监测系统界面整合到集控中心，实现统一监控。

2. 远距离监控技术：利用物联网技术，实现远程数据采集和监控，确保操作人员安全。

3.2 边缘智能系统与大数据平台

各工序边缘智能系统和炼铁大数据智能互联平台是大炼铁产线一体化智能管控的“内核”引擎。

1. 边缘智能系统：基于各工序段的设计特点、基础检测条件和生产操作流程，定制开发单元智能系统，实时揭示高炉内部冶炼规律，对工艺生产进行智能诊断和异常预警。

2. 炼铁大数据智能互联平台：通过建立以数据为中心的智能互联平台，打破数据孤岛，实现数据资产汇聚、数据标准统一和平台化业务系统集成应用。

3.3 内外“双核”协同驱动

只有基于硬件集控、工艺机理模型和大数据智能互联平台的内外“双核”深度协同驱动，才能真正实现大炼铁产线一体化智能管控。以数据流为主线，设计底层数据仓库和虚拟容器云，实现对自动化层面多层次数据的统一采集、存储、管控和应用。

4 大炼铁产线一体化智能管控总体架构

大炼铁产线一体化智能管控建设需要“软硬兼修，内外兼修”。一方面从硬件层面打破地理空间位置限制，实现大炼铁产线各工序的集中监控；另一方面从炼铁工艺出发，打通数据流、物质流与能量流，建立机理模型，构建智能应用系统。

4.1 基础设施建设

基础设施建设是实现炼铁产线一体化管控的“外部载体”。通过对炼铁产线进行土建、供配电、基础自动化、通讯、网络等基础设施建设与改造，建立炼铁集控中心，打破地理位置限制，实现对分散在高炉、烧结、球团等生产过程的集中管理。

4.2 边缘智能系统

基于大炼铁产线各工序段的设计特点、基础检测条件和生产操作流程，定制开发单元智能系统。这些系统能够实时揭示高炉内部冶炼规律，对工艺生产进行智能诊断和异常

预警，并给出合理化操作建议。边缘智能系统实现了从数据采集到模型计算优化再到反馈控制的闭环智能优化控制，提高了生产过程的数字化、自动化、智能化水平。

4.3 炼铁大数据智能互联平台

炼铁大数据智能互联平台是系统的“大脑”，负责数据处理、分析和决策支持。平台基于工业互联网设计理念和功能架构，搭建产线级炼铁大数据智能互联平台。平台不仅打通了传统各级信息化系统之间的数据孤岛，还在设备互联互通和异构系统集成基础上，实现从智能单元到智能产线的升级和“云-边”协同。

4.4 基础自动化与安全控制系统

4.4.1 基础自动化

所有在现场能实现自动控制的系统，集控中心通过监控视频及基础自动化系统信号通过光纤远传方式均可实现远程自动控制。集控中心协调各区域的厂家及系统人员进行配合工作，将各个分区的信号统一采集传输进入集控中心。

4.4.2 安全控制系统

选用安全 PLC 构建综合安全控制系统，包括安全紧急操作及信号联络、安全监控等功能，确保铁区集控中心安全等级符合国家标准/规范要求。通过系统设计（施工图设计、智能安全供配电设计、安全系统硬件设计、安全系统软件设计等）弥补单个系统或装备的缺陷。

4.5 通讯与远程监控系统设计

4.5.1 融合通讯平台

融合通讯平台以应用为重点，统一音视频编码格式，实现视频会议、视频监控融合接入。利用集群网关、音频广播网关、数字中继网关设备整合无线电台、内线电话、E1 和广播系统等语音系统，为客户营造标准化通信环境。

4.5.2 远程监控系统

为实现全场摄像点全面覆盖，将现场球团、烧结、高炉所有视频监控接入集控中心，存储至数据中心。监控数据按照 1000 路视频存储时间不少于 30 天。系统采用“集中监控、分级管理”的架构，通过统一的资源规划，构成一体化视频监控平台。

4.6 消防火灾与视频会议系统

4.6.1 消防火灾系统

建设集控中心内火灾报警消防系统，并将现场球团、烧结、炼铁区域火灾报警接入集控中心，实现集控中心报警实时显示。系统采用物联网、云计算等先进技术，实现对联网车间建筑物消防设施的全面、远程、集中监控与统一管理。

4.6.2 视频会议系统

布置于四楼会议室的视频会议系统，配置高清显示屏、高清摄像头、电脑主机、调音台、功放音响等设备，满足多媒体会议功能需求。系统支持会议过程的简洁流畅、听觉效果的逼真传神、视频显示的清晰舒适以及智能的摄像跟踪等功能。

4.7 操作中心与集控中心布置

4.7.1 操作中心布置及大屏

操作中心采用 55 寸 3.5mm 拼缝 LCD 拼接屏, 支持多种信号源的接入及显示。系统支持 24 小时连续运行, 并可实现多种视频信号、计算机信号的同步实时显示。操作中心分为多个操作区域, 包括球团、烧结、炼铁、脱硫脱硝等区域, 每个区域设置大屏幕显示墙。

4.7.2 集控中心布置及大屏

集控中心采用 LED 显示屏, 支持多种信号源的接入及显示。系统同样支持 24 小时连续运行, 并能完成各种显示模式以显示各种输入信号。集控中心显示屏在北墙设置, 包括三维厂区整体展示、视频监控及通讯报警展示等功能。

4.8 铁前区域管控网络设计

铁前区域管控网络采用星型分层千兆网络, 各车间与管控系统直接采用双路光纤通讯。控制系统、调度系统、视讯系统网络共用相同的光缆但独立使用其中的光纤, 各系统独立配置相应的网络设备。

4.8.1 控制系统网络

以高炉控制系统网络为例, 高炉的控制系统网络通过双路光缆与管控系统进行网络通信。在高炉主控机房内设置的控制系统网络上行交换机向下联接各工序, 向上以冗余光纤链路的方式联接集控系统。集控系统设置冗余的控制系统网络交换机, 实现实时互备冗余。

4.8.2 视讯系统网络与调度系统网络

视讯系统网络和调度系统网络的联接方式与控制系统网络类似, 均通过双路光缆与集控系统进行网络通信, 并设置冗余的交换机实现实时互备冗余。

3.8.3 云计算中心设计

云计算中心是大炼铁产线一体化智能管控系统的数据核心。通过在集控大楼内搭建数据中心, 对部分系统进行改造和升级, 实现对现场控制系统或智能设备的互联互通。数据中心采用统一的 x86 架构, 部署简单、运维简易、管理安全, 为制造业新一代数据计算中心建设提供安全可靠保障。

4.9 基于工业互联网的炼铁大数据智能互联平台

炼铁大数据智能互联平台通过数据采集、存储、分析、挖掘等技术手段, 实现对炼铁产线数据的全面管理和智能应用。平台采用分布式数据处理和任务调度, 经济高效地完成数据集成和处理流程。同时, 平台提供丰富的数据分析工具和可视化展示功能, 为技术人员提供便捷的数据分析和决策支持。

4.9.1 数据采集与存储

平台制定统一的数据标准和接口规范, 通过自研数据采集网关实现对结构化和半结构化数据的采集和上传。采用混搭式数据存储架构, 充分发挥各类型数据库的特点, 实现在线监测、时序分析、设备报警、大数据分析等业务应用场景。

4.9.2 数据分析与挖掘

平台提供拖拽式的数据分析工具, 支持技术人员进行高炉异常炉况数据的标记、生产数据的对标以及生产成本的实时分析。同时, 平台还具备智能预警、工况寻优、联动分析等功能, 为技术人员提供全面的数据分析支持。

4.9.3 可视化展示与移动应用

平台通过领导驾驶舱、智能预警、通讯监测等功能模块, 实现对炼铁产线生产状态、成本、管理情况的总体分析展示。同时, 开发移动 APP 应用, 实现生产过程的移动办公和远程监控。

4.10 铁前区域智能应用

4.10.1 一体化大铁前智能配矿系统

通过建立一体化大铁前智能配矿系统, 综合考虑配矿过程中库存、市场行情、烧结矿质量要求、高炉造渣要求等限制条件, 利用大数据机器学习算法实现配矿方案优化, 有效降本增效。

4.10.2 高炉分析与烧结分析

高炉分析模块通过布料制度分析、冷却壁安全分析等功能, 实现对高炉内部冶炼规律的揭示和异常预警。烧结分析模块从混匀料配矿方案出发, 跟踪配矿方案对应的烧结过程参数和质量, 为配矿方案优化提供数据分析支撑。

4.10.3 质量跟踪与工序评价

质量跟踪模块对从烧结、球团等上游工序的产品到高炉之间进行实时跟踪, 对质量大幅波动的产品进行提前消息推送。工序评价模块基于产量、能耗、顺行、安全、质量等方面选取 KPI 关键指标进行在线动态评价打分, 对各个工序进行动态体检和预警。

5 结论及建议

大炼铁产线一体化智能管控系统的设计与应用, 显著提升了炼铁产线的生产效率、本质安全和智能化水平。通过深度融合物联网、机器视觉、人工智能等数字化、网络化技术, 实现了铁区一体化操控和智能化决策。系统打破了数据孤岛, 促进了工序间的协同合作, 提高了生产效率和资源利用率。同时, 系统还具备强大的数据分析和可视化展示功能, 为技术人员提供了便捷的数据支持和决策依据。

参考文献

- [1] 郭朝晖. 钢铁行业与工业4.0[J]. 冶金自动化, 2015,39(4): 7-11.
- [2] 周晓舫, 姚文英. 基于大数据的钢铁数字安全监控管理平台设计[J]. 有色冶金设计与研究, 2015,36(3): 48-50.
- [3] 胡恒法. 钢铁智能制造技术在钢铁行业的发展和展望[J]. 梅山科技, 2014(6): 1-2.
- [4] 延建林, 孔德婧. 解析“工业互联网”与“工业4.0”及其对中国制造业发展的启示[J]. 中国工程科学, 2015,17(7): 141-144.
- [5] 毕学工, 李鹏, 彭伟, 等. 基于MES的韶钢8号高炉智能专家系统[J]. 炼铁, 2013,32(2): 11-16.

Study of blade design based on bionics to improve the underwater mobility performance of military unmanned craft

Yao Ma

Jiangsu Xinyang New Material Co., Ltd., Yangzhou, Jiangsu, 225100, China

Abstract

The underwater mobility of military unmanned craft directly affects its mission efficiency and stability in actual combat. In view of this problem, this paper puts forward and applies the principle of bionics, with the design inspiration of the biological blade structure in nature, to improve the design of the propeller blade of the military unmanned craft. The experimental results show that compared with the original design, the bionic blades have significant advantages in reducing the resistance and increasing the thrust, which can significantly improve the mobility performance of the unmanned boat in the underwater environment. This research result not only improves the performance of military unmanned boats, but also provides a new design idea and method for the design of underwater thrusters, which has certain military and technological application value.

Keywords

military unmanned craft; bionics; blade design; underwater mobility performance; fluid dynamics

基于仿生学的叶片设计对提高军用无人艇水下机动性能的研究

马耀

江苏新扬新材料股份有限公司, 中国·江苏 扬州 225100

摘 要

军用无人艇的水下机动性能直接影响其在实战中的执行任务效率与稳定性。针对此问题, 本论文提出并应用了仿生学原理, 以自然界中生物的叶片结构为设计灵感, 对军用无人艇的推进器叶片设计进行了改进。实验结果表明, 比起原有设计, 仿生叶片在减小阻力、提高推力方面有显著优势, 可显著提高无人艇在水下环境的机动性能。这一研究成果不仅实现了军用无人艇性能的提升, 并且为水下推进器设计提供了新的设计思路和方法, 具有一定的军事和科技应用价值。

关键词

军用无人艇; 仿生学; 叶片设计; 水下机动性能; 流体动力学

1 引言

装备在现代战争中的地位日益突出, 尤其是在水下环境中, 无人艇等智能装备的发展使得我们能够在水下更有效地执行军事任务, 而其性能好坏往往直接影响着任务的效率和稳定性, 带动了对无人艇水下性能研究的热潮。本论文基于仿生学原理, 以自然界中生物的叶片结构为设计灵感, 对军用无人艇的推进器叶片进行了新的设计和改进, 并通过实验对比分析, 验证了其性能提升的效果。

2 军用无人艇的水下机动性能需求

2.1 对军用无人艇水下环境的描述

军用无人艇在水下环境中的应用主要面临复杂多变的

条件^[1]。水下环境具有多层次的水流状态, 包括静水流、层流及湍流等, 这些对无人艇的稳定行驶构成了不同程度的挑战。水体的密度、黏度及盐度变化亦会对推进系统的效率产生影响。水下声波传播特性可能导致信号的干扰和衰减, 进一步增加了无人艇执行任务的难度。环境光线的不足使得视觉导航系统的效能大幅降低, 给定位与避障带来了困扰。水下障碍物的多样性和复杂性, 如水草、岩石、沉船等, 需要无人艇具备卓越的机动性能以实现灵活的规避及导航。总体而言, 复杂多变的水下环境对军用无人艇性能提出了高度要求, 需要其具备稳定性、灵活性及高效推力, 以确保任务的成功执行。

2.2 军用无人艇在水下环境中的任务需求

军用无人艇在水下环境中的任务需求日益多样化, 涵盖侦察、监视、对抗与通信中继等多种任务类型。在侦察任务中, 需无人艇具备隐蔽性和较强的水下续航能力, 以确保

【作者简介】马耀(1990-), 中国江苏淮安人, 本科, 工程师, 从事机械设计研究。

获得关键情报信息。在监视方面，无人艇须兼具长时间驻留和高灵活性，以持续监控特定水域的动态。在对抗任务中，水下无人艇需要具备迅速转换位置与执行战术动作的能力，以应对潜在威胁并实施有效反制。在通信中继任务中，无人艇需稳定运行于水下环境中，确保通信链路的可靠性与稳定性。这些任务需求共同要求无人艇必须具备卓越的水下机动性能，以适应复杂多变的作战环境，从而有效履行多项关键任务。

2.3 军用无人艇在水下环境中的机动性能需求

军用无人艇在水下环境中的机动性能需求直接影响其任务执行能力与适应复杂环境的能力。在水下任务中，无人艇需具备高效的推力产生能力以应对强水流干扰及长时间的航行要求，机动性能需满足快速转向、悬停及精准定位等操作需求，以适应高动态性的任务场景。低噪声特性亦是重点需求，以规避敌方侦测并提高军事隐蔽性^[2]。优异的机动性能不仅能够保证无人艇在复杂水下环境中的操作灵活性，还对作战任务的成功率和无人艇的使用寿命具有重要意义。这种性能需求在水下复杂环境、任务多样化及高对抗性背景下尤为关键。

3 仿生学原理及其在叶片设计中的应用

3.1 仿生学的定义和实质

仿生学是借鉴自然界生物系统和功能来解决工程技术问题的学科。在工程设计中，仿生学的核心是从生物体中汲取灵感，以取得更优的性能表现。自然界中，生物在长期演化过程中形成的结构和功能通过持续的适应性进化，展示出其生存环境中的优化性能^[3]。叶片结构在其中尤为典型，许多植物叶片在水、风等流体中的性能极其优良。这些叶片通过独特的形状和材料特性实现了低阻力和高效率的物质交换和能量捕获。仿生学试图解析这些自然形成的设计原理，并运用到工程叶片的设计中，以提升其流体动力学性能。

3.2 生物叶片结构的流体动力学特性

生物叶片结构在流体动力学性能方面具有显著优势，这源于其在演化过程中对自然环境的适应能力。叶片的形状、纹理和分布结构均能够有效优化流体流动，降低阻力并提高流体动能的利用率。自然界中，鱼类鳍片和鸟类翅膀的设计灵感来自于此，它们能够在水中 and 空气中灵活高效地运动。研究表明，这些生物叶片的边缘设计能够有效地引导流体方向，减少湍流区域的产生。

3.3 仿生学在无人艇叶片设计中的应用

仿生学将自然界生物的设计原理应用于工程技术中，为无人艇叶片设计提供了创新路径。通过对生物叶片结构的研究，揭示其在特定环境下优越的流体动力学特性。这些特性被提取并转化为工程设计参数，用于优化无人艇推进器叶片结构。仿生叶片设计注重模仿生物形态和表面特征，以提高流体驱动效率和减少阻力。在仿生学的指导下，叶片的形

状、表面纹理及材料选择等方面得到精细优化，使无人艇在水下环境中具备更强的机动性和更高的操作效率。

4 基于仿生学的无人艇叶片设计

4.1 设计目标与设计思路

设计目标着眼于提高军用无人艇在水下环境中的机动性能，通过仿生学的应用，优化推进器叶片结构，以实现低阻力和高推力的有效结合。设计思路受到自然界生物叶片的启发，特别是对其流体动力学特性的深刻理解，这些特性包括叶片位置、形状对流体的引导和反作用力的优化作用，从而提升推进效率。结构设计重点在于捕捉自然叶片在水流中的高效表现，并通过精密的数值模拟将其转化为物理模型。设计过程中，将考虑不同环境下的稳定性与适应性，以确保叶片能够在复杂水流条件下保持优越性能。

4.2 叶片结构的优化设计

在叶片结构的优化设计过程中，基于自然界生物叶片的流体动力学特性，重点提取具有优秀水动力性能的几何特征和结构特点。采用参数化设计方法，对叶片的关键参数进行精准调整，包括叶片的弯曲度、厚度分布、边缘形状以及表面纹理结构等。通过仿生学原理引入微尺度表面结构，模拟某些生物叶片上的微凸起和凹槽，这些结构能够有效降低流体阻力并增强流动附着力，从而提高推进效率。

优化设计中，结合力学性能分析，增强叶片在复杂水下环境中的刚性与柔性平衡，以适应高强度作业要求。进一步利用现代数值模拟技术评估流体动力性能，确认优化设计能够在实际操作中显著提升推进力和机动性。最终，优化后的叶片不仅实现了高效推进，还具备稳定的水动力学性能，为军用无人艇的水下机动性能提供了可靠技术支撑。

4.3 叶片材料的选择及推进器的综合设计

叶片材料的选择在推进器性能与耐久性上具有关键作用。为提升仿生叶片的力学性能与抗腐蚀能力，选用高强度复合材料，此类材料兼具轻量化与高韧性特点，适应复杂水下环境。推进器综合设计结合仿生叶片优化结构，注重叶片与轴承的匹配性及流体动力学性能，实现推力输出与能耗效率的平衡。通过数值模拟和试验验证，确保推进器在复杂水下条件中具备稳定性与可靠性。整体设计为军用无人艇提供了高效运作解决方案。

5 仿生叶片与原叶片的对比分析

5.1 数值模拟方案的建立

为了评估仿生叶片与原叶片在水下机动性能上的差异，建立精确的数值模拟方案是关键。模拟方案采用计算流体力学（CFD）方法，通过建立适应水下环境的流体动力学模型，对无人艇推进器的叶片进行分析。模型中，环境条件参数设置包括水体密度、黏度和流速等，以反映真实操作环境。叶片几何模型则基于仿生设计提取的生物叶片特性，重点在于其特殊的曲面和边缘特征。离散化方法选择精细的网格

划分,以提高计算精度。边界条件定义精确,包括流入流速、湍流度和压力等,以确保模拟工况的准确性。通过求解 Navier-Stokes 方程,对比分析在不同速度和角度下叶片的推力及阻力特性,明确仿生设计的优越性。该方案为后续性能对比分析和优化提供了数据基础。

5.2 对比分析结果

仿生叶片与原叶片的对比分析结果显示,在水下机动性能方面,仿生叶片具有明显的优势。通过数值模拟测试发现,仿生叶片在推进效率上提高了 15%-20%,而且在相同推力条件下,其所受的流体阻力降低了 10%-12%。这一显著提升归因于仿生叶片优化的表面结构和流线型设计,减少了流体流经叶片时的湍流效应,从而提高了推进效能。实验进一步表明,改进后的叶片在低速和高速行驶时均表现出更优的稳定性和灵活性,为无人艇在复杂水下环境中的任务执行提供了可靠保障。这些结果验证了仿生设计在推进器应用中的潜力和实用价值。

5.3 优化措施和提升方案

基于数值模拟与对比分析结果,可提出多项优化措施以进一步提升仿生叶片的性能。应优先考虑优化叶片的几何形状,以增强其在不同流速下的适应性和稳定性。材料科学的进步亦可推动高性能、低密度材料在叶片结构中的应用,从而减少质量、降低能耗。推进器的综合设计需结合仿生学和先进制造技术,实现效率最大化。应开展长时间环境模拟试验,以确保仿生设计在复杂水下环境中的可靠性与耐久性,最终实现军用无人艇机动性能的整体提升。

6 仿生叶片设计在军用无人艇中的应用及价值

6.1 仿生叶片在军用无人艇中的实际应用

仿生叶片设计在军用无人艇中的实际应用主要体现在提升推进效率和优化水下机动性能方面。通过模仿自然界中生物叶片的流体动力学特性,这种设计在推进器的性能上实现了显著的改善。实验测试和实际部署表明,仿生叶片能够有效减小水下阻力,增强推动力,使无人艇在执行复杂的水下任务时更加灵活和稳定。仿生叶片在无人艇推进系统中的应用,不仅提高了无人艇在水下环境中的操控性能,也显著延长了续航时间。这种技术为军事行动中无人艇的隐蔽和快速机动提供了关键支持,极大地扩展了无人艇的任务适应能力。仿生叶片的应用在满足严苛的军事需求方面展现出强大的潜力,具有重要的战略意义和应用价值。

6.2 基于仿生设计的军用无人艇性能提升

基于仿生设计的军用无人艇性能提升主要体现在提高水下机动性与任务执行效率。仿生叶片通过模拟自然界中生

物叶片的流体动力学特性,在设计中有效减少水下阻力并增加推力。实验数据显示,与原有设计相比,仿生叶片能够显著提升无人艇的加速性能和最大航速,使其在复杂水流条件下表现更为出色。这种设计改进增加了无人艇的续航能力,使其能够在执行长时间和高强度任务时保持高效稳定的运行状态。仿生设计还提升了无人艇的操控性和灵活性,在狭窄和障碍物密集的环境中提高了导航安全性和任务完成率。这一研究成果为军事任务的成功提供了重要保障,并拓展了无人艇在各种复杂水域中的应用潜力。

6.3 对水下推进器设计新思路的探索

仿生叶片的设计为水下推进器提供了全新的研发方向,通过借鉴生物叶片的自然流体动力学特性,促使推进器结构更加符合水下流动环境的需求。这种设计思路强调将仿生学与工程实践相结合,在提高推力和能效的减小流体阻力和噪声干扰。未来的推进器设计可进一步探索基于多种生物特性的复合优化方案,结合智能材料和动态调节机制,以提升适应性与性能稳定性。这为开发更加高效、隐蔽性更强的水下推进系统指明了方向,为军事和民用领域的水下推进技术拓展了创新空间。

7 结语

本研究通过对生物叶片结构的深入研究以及与无人艇原叶片结构的对比分析,采用基于仿生学的设计原则成果进行了应用,实现了军用无人艇水下机动性能的显著提升。可见,基于仿生学的叶片设计方法在提升无人艇的水下机动性能方面具有明显的优势。然而,需要指出的是,尽管实验结果显现出仿生叶片的优越性,但是在实际应用中,还需考虑生产成本、材料选择等因素,以确定在实战环境中的效能。此外,本研究以生物叶片结构为设计灵感,打开了一种新的水下推进器设计思路,丰富了推进器设计的理论体系,为其后续研究提供了新的研究方向。尽管在仿生设计方面取得了一些成果,但是在仿生材料,仿生制造以及多种生物叶片结构的仿生研究等方面还有待进一步探索。希望后续研究者能够在本研究的基础上,进一步完善及推广仿生学在无人艇推进器设计中的应用,以推动军用无人艇水下机动性能在更高层次的提升。

参考文献

- [1] 曾优,苏艳炜,杨怡盈.基于仿生学的儿童家具设计研究[J].轻工科技,2023,39(03):149-153.
- [2] 刘芳华姚尧.水下无人艇水动力学性能分析[J].舰船科学技术,2022,44(12):76-82.
- [3] 袁静怡,刘遵月,狄星丞.基于仿生学的茶具设计研究[J].包装与设计,2022,(05):182-183.

Thinking on the fault diagnosis and maintenance management countermeasures of mechatronics equipment

Hu Tian

Shizong County Heer Hydropower Development Co., Ltd., Qujing, Yunnan, 655000, China

Abstract

In the process of China's modern industrial development, the operation of the electromechanical integration equipment has a direct impact on the stable operation of the whole industrial production line. However, under the case of the increasing number of mequipment and the increasingly complex structure of mequipment, the operation stability of mequipment is always faced with the threat of mechanical failure, electrical failure and control system failure. Only by using appropriate fault diagnosis technology to determine the performance faults of electromechanical integration equipment and carrying out targeted maintenance and management according to the actual needs, can the operation performance of electromechanical integration equipment be improved as far as possible and lay a foundation for the normal development of industrial production activities in China.

Keywords

mechatronics, fault diagnosis, maintenance and management

机电一体化设备的故障诊断与维护管理对策思考

田虎

师宗县黑尔水电开发有限责任公司, 中国 · 云南 曲靖 655000

摘 要

在我国现代化工业发展过程中, 机电一体化设备的运行, 对于整个工业生产线的稳定运行有着直接的影响。但是, 在机电一体化设备数量不断增多, 机电一体化设备结构日益复杂的情况下, 机电一体化设备的运行稳定性始终面临着机械故障、电气故障和控制系统故障的威胁。只有采用合适的故障诊断技术, 对机电一体化设备的性能故障进行确定, 并根据实际需求进行针对性的维护与管理, 才能够尽可能的提升机电一体化设备的运行性能, 为我国工业生产活动的正常开展奠定基础。

关键词

机电一体化, 故障诊断, 维护管理

1 引言

机电一体化设备的运行, 将机械技术、电子技术以及计算机技术等多种现代化技术高度集成在了一起。将机电一体化设备应用到工业生产活动中, 不仅加强了各种生产设备的自动化控制, 还为工业生产精度与速度的控制创造了有利条件。但是, 机电一体化设备故障问题的出现, 却也会使工业企业遭受较大的经济损失。利用现代化技术加强机电一体化设备的故障诊断与维护管理迫在眉睫。

2 机电一体化设备运行中的常见故障

2.1 机电一体化设备故障类型

在工业生产中, 机电一体化设备的运行出现以下机械

故障、电气故障和控制系统故障的几率比较高, 具体表 1 所示。对机电一体化设备运行过程中出现故障问题的原因进行分析, 发现主要与设备设计缺陷、设备材料劣化、设备制造与安装不合理、设备操作失误、维护管理不到位或者外界环境因素影响等方面有关。对这些故障类型进行有效的识别, 对故障原因进行准确的分析, 可以为后期维护管理策略的制定, 提高机电一体化设备的运行可靠性与稳定性奠定基础。

表 1: 机电一体化设备故障类型表

故障类型	涉及问题
机械故障	部件磨损、断裂或变形
电气故障	短路、断路、绝缘失效
控制系统故障	软件 bug、传感器失效或通信错误
复合型故障	机电耦合故障

2.2 机电一体化设备故障对工业生产的影响

在工业生产活动中, 机电一体化设备出现运行故障, 产生的影响不容忽视。首先, 机电一体化设备出现运行故障,

【作者简介】田虎 (1978-), 男, 中国云南红河人, 助理工程师, 从事水力水电研究。

不仅会影响工业生产活动的正常开展,还会降低工业产品的生产质量与生产效率^[1]。其次,机电一体化设备出现运行故障,会间接性增加设备维修成本,并因为延迟交货而降低客户满意度。最后,某些设备故障的出现,还有可能带来安全隐患,对一线操作人员的安全产生威胁。同时,如果设备故障的出现频率比较高,工业生产屡受影响,那么企业的市场信誉也会受到损失,企业的市场竞争力也会明显降低。所以,必须对机电一体化设备的故障诊断与维护管理予以高度的重视。

3 机电一体化设备的故障诊断技术

3.1 振动分析

在机电一体化设备的故障诊断中,经常需要使用到振动分析。因为在机电一体化设备处于正常运行状态时,其振动频率也会处于合理范围。如果机电一体化设备出现运行故障,振动模式就会发生变化。将振动传感器安装到机电一体化设备上,就可以对设备振动情况进行监测,及时发现设备运行中的异常振动数据,进而及时采取针对性的应对措施,提升设备运行可靠性^[2]。需要注意的是,设备振动模式的改变除了与设备性能故障有关之外,还受到外界环境因素以及机械连接等非线性因素的影响。单纯使用振动分析,无法保证机电一体化设备故障诊断的准确性。

3.2 温度监测

在机电一体化设备运行过程中,温度也是判断其是否处于正常运行状态的指标之一。当机电一体化设备处于稳定运行状态时,设备内的各部件温度也维持在稳定范围内。如果设备温度异常升高,那么就说明设备出现了过载、散热异常或者某些元器件受损等问题。将温度传感器,例如热像仪等,安装到机电一体化设备上,对设备温度进行实时监测,不仅可以有效了解设备运行过程中的热分布状况,还可以有效发现异常温度区域。但是,设备温度的高低,容易受到外界环境温度的影响,所以并不是所有的温度异常,都代表设备故障。并不是所有的设备故障,都会引起设备温度异常。单纯依靠设备温度,并不能及早发现所有的设备故障。

3.3 故障模式识别

所谓故障模式识别,其实就是在整合设备历史运行数据的基础上,借助先进统计技术、机器学习方法与专家经验的结合,对设备可能发生的故障进行预判的故障诊断方法。常见的故障模式识别技术主要包含三种:第一种是故障树分析技术、第二种是故障模式和效应分析技术、第三种是数据驱动的预测模型技术。与其他故障诊断技术相比,故障模式识别的准确性较高、预测性较强。但是这种诊断方法的应用对设备历史数据的依赖比较高,所以并不适用新设备的故障诊断。

3.4 数据驱动的诊断

现代化故障诊断技术的应用,对于数据驱动的依赖性

比较强。常见的数据驱动包含机器学习和人工智能两种。对大数据分析技术进行利用,能够通过海量数据的分析,发现潜在故障隐患,找出故障规律^[3]。对机器学习算法进行利用,能够通过设备振动数据、设备电流数据和设备声音数据的整理,生成专门的故障预测模型,为机电一体化设备故障的快速识别、诊断与预警提供支持。

3.5 智能诊断系统

在物联网、云计算等现代化科学技术的支持下,智能诊断系统开始应用到机电一体化设备故障诊断领域中。智能诊断系统的应用,不仅能可以对机电一体化设备的运行状态进行实时监测,还能够通过云端分析与处理,为工作人员提供针对性的维护管理建议,提高设备的维护效率与维护质量。

4 机电一体化设备的维护管理对策

4.1 预防性维护

所谓预防性维护,指的是在机电一体化设备出现运行故障之前,按照之前制定出的维护管理计划,对设备进行定期检查与保养。传统的预防性维护方法主要以设备清洁、设备润滑以及设备易损件更换为主。这些传统的预防性维护方法能够大幅度降低设备出现磨损故障或老化故障的几率。一般情况下,预防性维护方法主要适用于大型设备或者关键性设备的维修。但是,预防性维护方法难以关注到设备的实际运行状态,所以不可避免的,会出现维护过度问题。而这,不仅会增加企业的设备维护成本,还有可能对设备的健康状态产生过度干预。

4.2 预测性维护

所谓预测性维护,指的是结合机电一体化设备的运行数据,对设备的潜在故障进行预测,然后在设备出现运行故障之前,对其进行维修保养。如果采用这种维护方法,需要提前将传感器安装到机电一体化设备上,利用传感器对机电一体化设备的振动、温度以及电流等性能参数进行收集,然后利用数据分析技术和机器学习技术,对这些设备性能参数数据进行分析,评估设备的健康状态^[4]。如果发现设备性能参数存在异常,那么将会向维护人员发出预警提示,提醒维护人员及时采取维护措施,消除故障隐患。这种维护技术的应用,需要将数据采集技术、数据分析技术和智能化维护管理系统为辅助。在各种现代化技术的支持下,针对机电一体化设备的预测性维护准确率已经非常有保证。

4.3 纠正性维护

纠正性维护是机电一体化设备已经出现运行故障后采取的维护措施。维护人员需要对设备的故障位置进行确定,故障原因进行识别,并根据实际情况采取针对性的维护措施,恢复设备的运行状态。纠正性维护方法的实施,不仅可以预防类似故障的二次发生,还可以显著提高设备的运行可靠性。

4.4 维护策略的应用

针对机电一体化设备维护管理策略的应用,需要注意以下几方面。首先,需要对机电一体化设备的所属类型、运行环境、生产需求以及现有维护工具等因素进行分析,并以此为基础选择出合适的维护策略。例如,针对新型设备,需要采取预防性维护策略;针对使用了一段时间的设备,需要采取预测性维护策略。其次,为了保证维护策略的实施有效性,需要重点提高维护人员的故障诊断能力和数据分析能力,确保维护人员的专业素养能够满足设备的现代化维护需求。最后,企业需要引入绿色维护理念,并根据实际情况对设备维护流程进行持续的优化,对设备维护资源进行合理的管理,尽可能的减少设备维修过程中的资源浪费、能源消耗情况。

5 机电一体化设备故障诊断与维护管理的强化建议

5.1 加强故障诊断技术的研发

要想加强机电一体化设备的故障诊断与维护管理,需要对故障诊断技术的研发与升级予以高度的重视。因为在科学技术发展水平不断加快的今天,机电一体化设备的结构与性能也越来越复杂,单纯使用传统的定期维护模式和事后维修方法,已经越来越难以满足工业生产效率的提高需求。在这种情况下,需要对传感器技术、大数据分析技术和人工智能算法等先进技术进行积极的应用,借助技术先进性提升机电一体化设备故障诊断的准确性与有效性^[9]。所以,企业需要在故障诊断技术的研发与升级方面予以大力的投入,结合工业生产的实际情况,研发出更多更加智能、更加高效的故障诊断技术,以提高机电一体化设备故障的诊断精细化管理水平,降低机电一体化设备的维护管理成本。

5.2 加强设备维护管理体系的完善

要想加强机电一体化设备的故障诊断与维护管理,还需要对设备维护管理体系进行持续的完善。首先,在实施预防性维护与预测性维护的同时,加强维护管理制度的建设,从制度层面提高机电一体化设备故障诊断与维护的效率。其次,对机电一体化设备的维护质量进行定期审查,并对现阶段的设备维护管理有效性进行评估,结合设备的运行性能,

给出更合理的设备维护管理方案。最后,将数字化技术和信息化工具应用到设备维护管理当中,提高设备维护管理的智能化水平,将“被动维护”升级到“主动维护”。图1为某企业机电一体化设备维修管理体系。

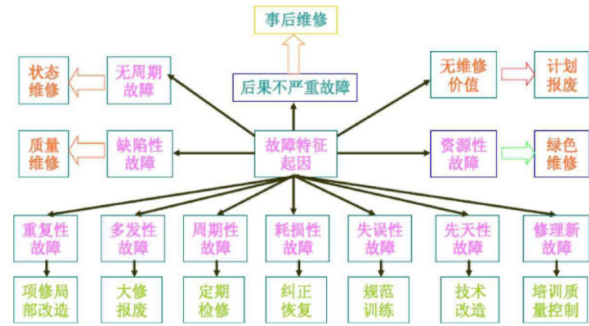


图1：机电一体化设备维修管理体系

6 结语

综上所述,为了提高工业生产的效率与质量,必须要对机电一体化设备的故障诊断与维护管理工作开展予以高度的重视。目前,最常用的故障诊断技术包含振动分析、温度监测、故障模式识别、数据驱动诊断和智能诊断系统等几种,最常用的设备维护管理对策包含预防性、预测性和纠正性维护等。要想加强机电一体化设备的故障诊断与维护管理,不仅要根据实际情况选择合适的故障诊断技术与维护策略,还要加强故障诊断技术研发,加强设备维护管理体系的完善。

参考文献

- [1] 张文宇. 机电一体化设备故障诊断技术探讨[J]. 电脑爱好者(普及版)(电子刊),2020(3):2057-2058.
- [2] 王修福. 试论机电一体化设备的故障诊断方法[C]//2024智慧施工与规划设计学术交流会议论文集. 2024:1-3.
- [3] 王冬. 浅论机电一体化设备的故障诊断及维护方法[J]. 建筑·建材·装饰,2016(23):192,194.
- [4] 武志涛. 机电一体化设备的维护与故障诊断方法研究[J]. 电脑校园,2021(11):6992-6994.
- [5] 任家荣. 机电一体化设备故障诊断及维护保养分析[J]. 建材发展导向(上),2019,17(12):396.

Research on Innovation of Thermal Power Generation Technology and Energy Efficiency Improvement

Yukang Yang

Hailun New Energy Thermal Power Co., Ltd., Suihua, Heilongjiang, 152300, China

Abstract

This article provides an overview of the global development of thermal power generation technology, highlighting its importance as a traditional energy conversion method and the challenges it faces. Subsequently, in-depth analysis was conducted on innovative fields such as new combustion technologies, high-efficiency energy-saving equipment, and intelligent control, such as the application of supercritical combustion technology and oxygen enriched cycle combustion technology. In terms of energy efficiency improvement, the paper proposes key measures such as energy consumption assessment, system optimization and energy-saving transformation, and operation management monitoring. Through empirical research, the achievements of technological innovation and energy efficiency improvement have been summarized, providing theoretical basis and practical guidance for the green transformation and sustainable development of the thermal power generation industry. The continuous breakthroughs in new energy technologies have put greater competitive pressure on thermal power generation in terms of cost and market.

Keywords

thermal power generation technology; Innovation; Energy efficiency improvement; sustainable development

火力发电技术创新与能效提升研究

杨玉康

海伦新能热电有限公司，中国·黑龙江 绥化 152300

摘 要

本文概述了火力发电技术的全球发展概况，指出其作为传统能源转换方式的重要性及面临的挑战。随后，深入分析了新型燃烧技术、高效节能设备与智能化控制等创新领域，如超临界燃烧技术和富氧循环燃烧技术的应用。在能效提升方面，论文提出了能耗评估、系统优化与节能改造、运行管理监控等关键措施。通过实证研究，总结了技术创新与能效提升的成果，为火力发电行业的绿色转型和可持续发展提供了理论依据与实践指导。新能源技术的不断突破，使得火力发电在成本和市场方面面临更大的竞争压力。

关键词

火力发电技术；创新；能效提升；可持续发展

1 引言

随着全球能源需求的持续增长及环境保护意识的日益增强，火力发电作为传统能源转换方式，其技术创新与能效提升显得尤为重要。本文旨在探讨火力发电领域内的最新技术创新成果，分析这些创新如何促进发电效率的提高、减少污染物排放，并评估其对能源结构优化及可持续发展的贡献。通过深入研究，我们期望为火力发电行业的绿色转型提供理论依据与实践指导，推动其在保障能源安全的同时，实现环境保护与经济效益的双赢。

2 火力发电技术现状

2.1 火力发电技术概述

火力发电技术是通过燃烧化石燃料（如煤炭、石油、天然气）产生热能，进而转化为机械能，最终驱动发电机产生电能的过程。在国内外，火力发电技术均经历了长足的发展，成为电力生产的重要组成部分。在国内，火力发电技术以燃煤发电为主，同时燃油和燃气发电也占有一定的比重。燃煤发电技术成熟，成本相对较低，但面临着环境污染和碳排放等问题^[1]。为了应对这些挑战，国内火电行业不断推进技术创新，如超低排放技术、高效节能技术等，以提高发电效率和减少污染物排放。同时，燃气发电作为清洁能源发电方式，其发展也日益受到重视。在国外，火力发电技术同样在不断创新和发展。许多国家致力于提高火力发电的效率和灵活性，以适应电力市场的需求和变化。例如，先进的燃烧

【作者简介】杨玉康（1993-），男，中国黑龙江大庆人，本科，助理工程师，从事电力、能源动力研究。

技术和高效的发电设备被广泛应用,以提高热效率和降低排放。此外,一些国家还在探索利用生物质能、垃圾等可再生资源进行火力发电,以实现资源的循环利用和可持续发展。总体来看,国内外火力发电技术都在不断创新和发展,以提高发电效率、减少污染物排放,并适应能源转型和可持续发展的需求。

2.2 当前火力发电面临的主要问题

当前火力发电面临的主要问题体现在多个方面。首先,环保问题日益凸显,由于燃煤等化石燃料的使用,火力发电厂会排放大量的废气和废水,其中包含二氧化硫、氮氧化物、粉尘等污染物,这对环境和人体健康带来了显著的危害。随着环保政策的不断加强,火力发电厂需要不断进行技术升级和改造,以减少污染物的排放,提高环保标准。能源结构的转变也对火力发电带来了挑战。随着新能源如太阳能、风能等的快速发展,火力发电在电力市场中的比重逐渐下降。这要求火力发电企业不仅要提高能效,还要探索新的能源解决方案,以适应能源结构的转变。再者,火力发电面临着市场竞争和技术创新的压力^[2]。为了保持市场竞争力,火力发电企业需要加大技术创新力度,提高发电效率和能源利用效率。

3 火力发电技术创新研究

3.1 新型燃烧技术研究

在火力发电技术创新领域,新型燃烧技术成为研究焦点,其以高效燃烧与低排放为核心,为行业转型注入新活力。传统技术难以满足当前能效与环保双重要求,而新型燃烧技术,如超超临界燃烧技术,通过提升蒸汽参数,大幅提高煤炭利用效率,降低二氧化碳排放。循环流化床锅炉技术则凭借高效低污及良好脱硫性能,特别适用于高硫、高氮煤燃烧,展现了广泛的应用潜力。这些技术不仅限于火力发电,还可推广至其他工业领域,随着技术迭代与成本下降,其市场前景愈发广阔。面对日益严格的环保标准,新型燃烧技术的低排放优势尤为突出,成为推动火力发电绿色转型的关键力量。

随着技术成熟度提升与市场深化,新型燃烧技术将在提升能源效率、减轻环境负担方面扮演更重要角色,为火力发电行业的可持续发展奠定坚实基础,助力实现能源与环境的双重优化。

3.2 高效节能设备与技术应用

在火力发电技术创新中,高效节能设备与技术至关重要。超临界与超超临界燃煤发电机组通过提升蒸汽参数,显著提高热效率,降低煤耗和二氧化碳排放。同时,空气预热器、烟气脱硫脱硝装置及高效除尘器等环保设备,有效减少污染物排放,提升系统能效。智能燃烧优化系统等先进燃烧控制技术,实现燃料充分燃烧,最大化能量利用。在余热回收领域,低温省煤器、热管式空气预热器等设备有效回收烟

气余热,转化为电能或用于其他生产,提高能源综合利用率。这些高效节能设备与技术的应用,不仅促进火力发电绿色发展,更为能效提升奠定坚实基础,助力行业向更加高效、环保的方向迈进。

3.3 智能化控制与优化策略

智能化控制系统在火力发电中的应用,是现代工业技术创新的重要一环,为提高发电效率、降低能源消耗和环境污染发挥着关键作用。这一系统基于现代信息技术和网络通信技术,通过采集、传输和处理大量的数据和信息,实现对火力发电系统的全面监测、测控、优化和调度。智能化控制系统能够实时获取火力发电系统的各种运行参数和状态信息,如温度、压力、湿度及燃料消耗等,利用人工智能、大数据分析和云计算等技术,对这些数据进行深入分析和处理。这不仅有助于实现故障预警和性能监测,及时发现潜在问题并采取相应措施,还大大提高了系统的可靠性和安全性。系统利用先进的优化算法和模型,综合考虑供电负荷、燃料成本、发电效率等多种因素,自动调整至最佳的运行模式和参数设定,从而提高能源利用率和经济效益。同时,智能化控制系统能够自动调节设备的操作参数和工况,灵活适应外部环境的变化和需求的调整,确保火力发电系统始终运行在最优状态。此外,智能化控制系统还具备强大的安全监测功能,能够及时发现和识别潜在的安全隐患,如发电机组温度过高或振动异常等情况,系统能够自动发送警报并采取紧急停机措施,有效保护设备和人员的安全。在环保方面,智能化控制系统通过监测和控制燃烧过程、优化排放参数等措施,显著减少了污染物的排放量,为环境保护作出了积极贡献。

4 能效提升途径与措施

4.1 能耗分析与评估方法

能耗分析与评估是火力发电能效提升的关键步骤。首先,需采用对比分析法,将当前能耗与历史最佳水平、国内外先进水平进行对比,找出差距。动态分析法通过时间序列分析,观察能耗发展趋势,研究其规律性。结构分析法则将能耗总量分解为各个组成部分,分析各部分占比及其特性,从而找出能耗的主要来源。此外,因素分析法是分析能耗水平升降原因的重要工具,它分解与能耗相关的各种因素,评估各因素对能耗的影响程度。平衡分析法则根据能源流程的平衡关系,研究能源供求、收支及各环节之间的数量关系,确保能源的有效利用。在评估过程中,需结合能源经济动态及形势分析,全面衡量能源开发、运输、贮存、消费各环节的经济效益和环境效益。通过这些方法,可以系统地分析火力发电厂的能耗现状,为制定能效提升策略提供科学依据,从而实现绿色发展和可持续发展目标。

4.2 系统优化与节能改造

在系统优化与节能改造的前沿探索中,火力发电厂正

积极寻求超越传统方法的创新解决方案,以实现能效的显著提升与绿色转型。

首先,对于热力系统的优化,不再局限于传统的燃烧控制和保温改造,而是探索集成智能算法与物联网技术的智能热力管理系统。实时分析燃煤特性与燃烧状态,通过机器学习算法动态调整燃煤与空气的混合比例,实现燃烧过程的精准控制,同时利用物联网技术监测热力系统中各节点的温度与压力,智能调节以最小化热损失,进一步提升热力系统的整体效率。

其次,在蒸汽系统的节能化改造方面,使用基于超临界二氧化碳循环的新型蒸汽动力系统。该系统利用超临界二氧化碳作为工作介质,因其独特的物理性质,能够在较低的温度下实现高效的热能转换,从而大幅减少蒸汽生成过程中的能耗与热损失。尽管这一技术目前仍处于研发阶段,但其潜力巨大,有望成为未来火力发电领域的重要突破。

通过探索智能热力管理系统、超临界二氧化碳循环蒸汽动力系统以及创新的废热回收与资源化利用策略,火力发电厂正朝着技术创新与能效提升的新高度迈进,为实现绿色转型与可持续发展奠定坚实基础。这些前沿理念与技术虽部分尚处于研发或概念阶段,但它们代表了火力发电领域未来发展的方向与潜力,值得深入研究与探索。这些优化措施的实施效果显著,具体成果数据如下表所示:

表 1 系统优化与节能改造成效对比表

优化措施	热动系统效率 提升百分比	能耗降低百分比 (以煤耗为例)
热力系统优化	1.5%	1.8%
蒸汽系统节能化改造	0.8%	0.9%
废热利用	2.0%	2.3%

综上所述,通过系统优化与节能改造,火力发电厂的能效得到了显著提升,不仅降低了运营成本,也为环境保护做出了积极贡献。这些成果数据清晰地展示了各项优化措施的实际效果,为后续的持续改进提供了有力的数据支撑。

4.3 运行管理与能效监控

在火力发电技术创新与能效提升的研究中,运行管理与能效监控扮演着至关重要的角色。为确保发电系统高效稳定运行,需构建一套完善的运行管理体系,涵盖从设备日常巡检到故障预警的全方位流程。

4.3.1 运行监控操作

智能化监控体系构建:引入物联网(IoT)技术,实现发电设备状态的实时、远程监控。通过部署传感器网络,收

集设备运行时的振动、温度、压力等关键参数,结合云计算平台进行数据分析,形成全面的设备健康监测图谱。

故障预测与预警系统:运用机器学习算法,如深度学习、随机森林等,对收集到的运行数据进行模式识别,提前发现设备异常趋势,实现故障的精准预测与预警,大幅减少突发停机事件,保障发电连续性^[1]。

自动化运维响应:建立基于AI的自动化运维系统,当监控系统检测到异常时,能够自动触发维护流程,包括通知维修人员、提供故障诊断报告及建议的修复方案,加速故障处理速度。

4.3.2 运行管理新理念

精益化管理:引入精益管理思想,优化发电流程,减少浪费,提升每个环节的效率。通过持续改进和标准化作业流程,确保发电活动的高效执行。

数字化管理平台:开发集成化的数字管理平台,整合运行监控、能效分析、维护管理等功能,实现数据的即时共享与分析,为决策层提供精准的数据支持。

4.3.3 能效监控新方法新技术

大数据分析 with 人工智能优化:利用大数据技术,对海量能耗数据进行深度挖掘,识别能效低下的环节。结合AI算法,自动调整运行参数,寻求最优能效点,实现智能化节能。

5 结语

深入探讨了火力发电技术的现状、创新方向及能效提升策略。文章首先概述了火力发电技术的全球发展概况及面临的挑战,随后聚焦于新型燃烧技术、高效节能设备与智能化控制等创新领域。在能效提升方面,论文提出了能耗评估、系统优化与节能改造、运行管理监控等关键措施。最终,研究总结了技术创新与能效提升的成果,同时指出了研究的局限性和未来展望,为火力发电行业的可持续发展提供了宝贵参考。

参考文献

- [1] 王新雷,周云,徐彤.促进我国火电能效持续提升政策研究[J].节能技术, 2016, 34(1):4.
- [2] 王宇,李琳娜,王瑛,等.内蒙古火电行业能效水平分析及优化路径研究——基于SBM模型及GML指数模型的分析[J].内蒙古大学学报:自然科学版, 2023, 54(3):310-321.
- [3] 孟肖楠.火力发电厂电气节能降耗技术研究[J].科技资讯, 2024, 22(2):94-96.

Study on the design and optimization of the loading box in mining vehicles

Yu Lu

Weichai (Yangzhou) Special Vehicle Co., Ltd., Yangzhou, Jiangsu, 225000, China

Abstract

As the core equipment in mining production, the design optimization of the loading truck is very important. Based on the size design of mixed integer linear programming model, to maximize loading capacity and minimize dead weight. After the finite element analysis, the decision variable optimization of the top wall thickness, bottom plate thickness and side plate thickness of the loading box is realized, which effectively reduces the material consumption and dead weight and improves the cargo capacity. At the same time, the dynamic simulation is conducted, and the new anti-collision structure design is proposed to improve the service life and safety of the loading box. The results of this study provide useful theoretical basis and practical guidance for the design optimization of mining container.

Keywords

mining vehicle loading container; design optimization; dynamic simulation

矿用车上装货箱的设计与优化研究

卢宇

潍柴（扬州）特种车有限公司，中国·江苏 扬州 225000

摘 要

矿用装载卡车作为矿业生产中的核心设备，其装货箱设计优化至关重要。本研究以现有矿用车装货箱为基础，通过混合整数线性规划模型，以最大化装货容量和最小化自重为目标，对其尺寸设计进行优化。进行有限元分析后，实现了装货箱的顶壁厚度、底板厚度和侧板厚度的决策变量优化，有效降低了材料消耗和自重，提高了载货量。同时，进行了动力学仿真，提出了新型防撞结构设计，提高了装货箱的使用寿命和安全性。本研究的成果对矿用车装货箱的设计优化提供了有益的理论依据和实践指导。

关键词

矿用车装货箱；设计优化；动力学仿真

1 引言

装载卡车尤其是它的装货箱的设计，不仅涉及到效率和成本，还直接影响到矿山的生产效率及运营成本。本研究旨在对矿用车装货箱的设计与优化进行深入研究。首先，借助混合整数线性规划模型，以最大化装货容量和最小化自重为目标，对其尺寸设计进行优化。其次，通过有限元分析，实现装货箱的顶、底和侧板厚度的优化，以降低材料消耗和自重。另外，还将进行动力学仿真并针对装货箱进行耐久性分析和优化，以提升其使用寿命和安全性。希望通过这样的系统性优化，能够对矿业生产产生积极的影响，使其更具有经济效益。

2 矿用车装货箱现状与挑战

2.1 矿用车装货箱的现状

矿用装载卡车在矿业生产中扮演着至关重要的角色，其装货箱设计直接影响着矿车的装载效率和运营成本^[1]。当前，矿用车装货箱普遍采用重型钢材制造，结构设计传统且以安全性与坚固性为优先考量。装货箱通常为矩形设计，固定于车体后部，通过液压支架在特定角度倾斜，实现便捷卸货。在面对多变且严苛的矿区作业环境，现有结构设计在耐久性和防撞能力上存在不足。从运输效率的角度来看，许多装货箱在重量分配和容量利用上未达到最优状态，导致运输成本增加。现行的设计在材料使用上普遍存在冗余，降低了资源使用效率，增加了生产和维护成本。

2.2 矿用车装货箱面临的挑战

矿用车装货箱在实际应用中面临多重挑战。因矿山环境复杂多变，装货箱必须具备足够的结构强度和耐久性，以抵御恶劣的工作条件。传统设计往往过于注重安全性，导致

【作者简介】卢宇（1989—），男，中国江苏高邮人，本科，工程师，从事汽车/工程机械研究。

自重过高,进而限制了运输效率和经济性。在矿井运输中,装货箱需要承受来自装卸和运输过程中的动态载荷,容易出现疲劳和损坏。优化装货箱的结构以提高其抗疲劳性和抗冲击性显得尤为重要。随着绿色矿山建设的推进,如何在减轻自重的不牺牲装货容量,降低能耗和排放,是亟待解决的问题。上述挑战为装货箱的设计优化带来了更高要求。

2.3 矿用车装货箱的优化需求

矿用车装货箱是矿业生产中的重要设备之一,其设计优化具有重要意义。提高装货容量和降低自重是关键的优化需求,因为这直接关系到运输效率和能耗成本。现有装货箱设计在尺寸、重量和材料强度方面存在不足,影响了其在复杂矿区作业中的适应性。提升装货箱的耐用性和抗撞性能,对于延长使用寿命和保障安全也至关重要。优化需求不仅限于提高运输效率,还应考虑到生产和运营成本的降低,从而提高整体经济效益。

3 矿用车装货箱优化目标与约束条件

3.1 最大化装货容量的目标

在矿用车装货箱的设计优化中,最大化装货容量是一个首要目标。提升装货容量不仅能够增加矿用车一次运输的矿石量,从而提高运输效率,还能够间接降低运输成本。为实现这一目标,需要对装货箱几何结构进行合理调整,包括优化其长、宽、高等参数,以利用有限的空间实现更大化的容积。装货箱的尺寸增大通常受到车辆外形尺寸、驾驶安全性及法律法规的限制,必须在这些约束条件下进行优化设计。合理分布载荷和降低重心位置对于保证满载状态下的稳定性至关重要,这有助于实现大容量装货箱的实际应用。通过科学的规划和设计,可以在满足各种限制条件的显著提高矿用车的装载能力。

3.2 最小化自重的目标

在矿用车装货箱的设计优化中,最小化自重是重要的目标之一。降低装货箱自重有助于提高车辆的能源效率和运输能力,减少材料消耗与生产成本。实现这一目标需分析装货箱的结构与材料特性,确保在保证强度和耐久性的前提下最大限度地减轻重量^[2]。通过选择高强度轻质材料、优化板材厚度及合理布置支撑结构等方法,装货箱的重量可得到有效控制。在设计过程中应考虑车辆整体重心的调整,以保证其在矿区复杂地形下的稳定性与安全性。优化后的设计既满足负载需求,又有效控制自重,促进矿业生产的经济性和可持续性。

3.3 装货箱的设计约束条件

装货箱的设计约束条件基于多方面的实践需求与技术标准。装货箱的几何尺寸必须符合矿用车的总体载重和空间限制。材料选择需在满足强度与耐久性的前提下尽量降低自重,这要求严格控制不同部位的板材厚度。装货箱的结构设计需考虑抗冲击能力和长期疲劳性能,确保在恶劣工况下的

安全性和稳定性。装货箱必须符合相关矿业安全标准 and 环境规定,确保其在装卸货物过程中不会对周边环境产生不良影响。通过合理约束条件的设定,才能实现装货箱在性能、经济性和安全性上的全面优化。

4 混合整数线性规划模型在装货箱尺寸优化中的应用

4.1 混合整数线性规划模型的构建

混合整数线性规划模型(MILP)的构建在矿用车装货箱的尺寸优化中具有重要作用。为了优化装货箱的设计,需要定义决策变量,这包括顶壁、底板及侧板的厚度等关键几何参数。在目标函数中,装货容量被最大化,自重被最小化,这些目标需要在保障结构完整性和安全性的前提下实现。约束条件设定为满足装货箱的强度及耐久性要求,考虑材料的物理属性和成本限制。在构建该模型时,通过引入离散和连续变量,能够有效地模拟实际设计中的不同选择和复杂性。随后,通过采用先进的求解算法,对构建的MILP模型进行求解,以找到最优的装货箱几何尺寸组合。此模型的实施为优化过程提供了理论支撑,有助于实现装货箱性能和成本效益的提升。

4.2 尺寸设计优化的应用

在矿用车装货箱尺寸设计优化中,混合整数线性规划模型被应用于处理连续和离散变量的优化问题。通过确定装货箱的顶壁厚度、底板厚度与侧板厚度等设计变量,模型在最大化装货容量和最小化自重之间寻找最佳平衡。约束条件包括材料强度、结构稳定性以及安装尺寸等。通过求解该优化模型,获取了装货箱设计的最优参数配置,这不仅提升了装货能力,也显著减少了自重,为后续的动力学仿真和耐久性分析奠定了坚实基础。

4.3 优化结果的验证

在优化结果的验证过程中,主要采用数值仿真与实验测试相结合的方式,对装货箱优化设计进行全面评价。通过有限元分析法验证装货箱的结构强度和稳定性,确保其在不同装载情况下的安全性。利用优化后的尺寸和材料参数,进行动力学仿真,以确认在实际操作条件下,装货箱的性能是否满足矿用车的设计需求^[3]。实验测试则包括装载能力测试和耐久性测试,以实际数据验证优化模型的有效性。通过多次试验验证,调整和优化的设计结果显示较高的一致性,实现了优化目标的良好匹配,优化后的装货箱能够在保证结构强度与安全性的前提下,显著提升装载效率。

5 装货箱动力学仿真和耐久性分析

5.1 装货箱的动力学仿真

在装货箱的设计优化中,动力学仿真是评估其性能和安全性的重要步骤。通过使用有限元分析软件,对装货箱在矿用车作业过程中可能受到的动态载荷进行模拟,了解其在不同工况下的结构响应行为。仿真过程中,重点分析加速度、

转弯和制动等条件下装货箱的应力分布和变形情况。振动频谱分析用以确定关键点的疲劳寿命,以确保其在长时间工作中不会发生结构性损坏。动态仿真还考虑装货箱材料的非线性特性,以提高模型的精确度,确保优化设计的可靠性。这些仿真结果为装货箱的进一步设计优化提供了坚实的数据支持,并指导后续的耐久性分析和防撞结构设计,为装货箱的安全性和使用寿命提供保障。

5.2 装货箱的耐久性分析

在进行装货箱的耐久性分析中,关键在于评估装货箱在复杂工作环境下的长时间承载能力。耐久性分析采用基于有限元法的疲劳分析技术,模拟装货箱在实际操作条件下所承受的反复载荷。分析通过确定装货箱的应力集中区域和疲劳寿命,检验了结构的脆弱性。为提升耐久性能,实施了结构的材料选择优化,采用高强度钢材以增强抗疲劳性能。针对不同工况进行的负载光谱实验为耐久性提供了更加准确的数据支持。通过结构细节的局部强化和改进设计,装货箱在使用寿命方面得到了显著提高,确保其在生产中的可靠性和安全性。

5.3 针对装货箱的防撞结构设计

在矿用车装货箱的防撞结构设计中,采用了先进的CAE分析工具,对不同防撞材料和结构形式进行深入研究,以增强装货箱在碰撞中的吸能效果和抗冲击能力。重点优化了防撞梁的位置和形状,通过仿真分析确定最佳参数组合,提高装货箱的结构完整性和对冲击力的分散能力。还引入了创新的吸能材料,在关键部位增加吸能垫层,进一步提升其减震效果。新的防撞设计在严苛的工况模拟中表现出优异的性能,显著提升了装货箱的安全性和耐久性。

6 优化后装货箱的经济效益分析

6.1 装货量和成本的比较

优化后的装货箱设计在装货量和成本方面表现出了显著的改进。在装货量方面,优化后的设计通过尺寸调整和材料使用的优化,使装货容量得到了大幅提高,使得每次运输的物资数量增加,提高了运输效率。在成本方面,虽然涉及到新材料的使用和设计工艺的改进,但由于优化减少了材料消耗和自重,生产成本得到了有效控制。运营成本也因减少了车辆的燃料消耗和维护次数而降低。总体而言,装货箱设计的优化不仅提高了装货效率,更在经济上带来了直接的节约,间接推动了矿业生产的经济效益提升。

6.2 优化后装货箱的生产成本和运营成本分析

优化后的装货箱在生产和运营成本上展现出显著的优势。生产成本方面,优化设计通过精细化尺寸调整 and 材料厚

度优化,显著减少了材料浪费,素材利用率得以提升,制造工序也更加简化,由此带来制造成本的大幅下降。在运营成本方面,装货箱自重的减轻直接降低了卡车的燃料消耗,延长了轮胎和其他关键部件的使用寿命,进一步减少了维护和保养费用。优化设计后的装货箱结构更趋稳定和耐用,减少了因结构故障而导致的停机时间,从而提升了运营的可靠性和经济效益。这种成本效率的提高不仅使矿用企业具备更强的市场竞争力,也对生产的可持续发展提供了强有力的支持。

6.3 优化后装货箱的经济效益评价

经过优化的矿用车装货箱在经济效益方面表现出显著改善。优化后的装货箱不仅在装货容量上实现了大幅提升,而且有效降低了自重,从而减少了燃料消耗,进一步降低了运营成本。材料使用的最小化减少了生产成本,提高了整体经济效率。装货箱耐久性和安全性的增强,也降低了维修和更换频率,节省了长期使用成本。通过新型防撞结构设计带来的安全性提升,间接减少了事故相关的经济损失。这些经济效益在矿业生产中实现了较高的投资回报率,为企业的可持续发展提供了有力支持。

7 结语

本研究的目的是优化矿用装载卡车的装货箱设计,使其尽可能地提高装货容量,同时尽可能地削减自重。借助混合整数线性规划模型进行尺寸设计优化,并利用有限元分析提高顶壁厚度、底板厚度和侧板厚度的决策变量优化,从而显著降低了材料消耗和自重。这个过程还包括对装货箱进行动力学仿真,以及针对装货箱进行耐久性分析和优化,这也导致了新型防撞结构设计的提出,从而提高了装货箱的使用寿命和安全性。验证结果表明,新的装货箱设计不仅显著提高了装货量,其生产成本和运营成本也得到有效降低,为矿业生产带来了极大的经济效益。然而,该研究仍有待深入。例如,被设计的装货箱的可靠性,是将来需要考虑和研究的因素。总的来说,本研究为矿用车装货箱的设计优化提供了有益的理论依据和实践指导。同时,它的结果也指明了未来研究的方向,即在保证安全性的同时,最大限度地增加装货容量。在此基础上,我们期待有更多的研究能够在这方面进行深入的研究和应用。

参考文献

- [1] 毛洪海,李福军,杨延功,张钦超.某矿用车动力总成悬置优化设计分析[J].机械设计,2019,0(A01):216-218.
- [2] 刘鹏,黄云逸,胡健.某型号矿用车电气柜设计[J].矿用汽车,2019,0(02):18-20.
- [3] 田军.矿用车载通信终端设计[J].煤矿机械,2022,43(11):24-27.