

电线电缆制造工艺技术研究分析

王名研

辽宁丹顺特种电线有限公司

DOI:10.12238/pe.v2i5.9873

[摘要] 电线电缆作为电能和信号传输的重要载体,其制造工艺的研究与发展对电力系统和通信领域具有深远影响。本文概述了电线电缆的定义、分类及制造工艺的历史沿革,详细分析了制造工艺的核心环节,包括导体加工技术、绝缘层制造技术和保护层加工技术。进一步探讨了电线电缆制造工艺的精细控制,涉及工艺参数的设定与调整、质量控制体系以及环保与安全生产。最后,本文着重讨论了电线电缆制造工艺的创新与优化措施,如新材料的应用、智能制造与自动化生产的发展。这些创新与优化措施不仅提升了电线电缆的性能和质量,还增强了企业的市场竞争力,推动了电线电缆行业的可持续发展。

[关键词] 电线电缆; 制造工艺; 导体加工; 绝缘层制造; 保护层加工

中图分类号: TM248 文献标识码: A

Research and analysis of wire and cable manufacturing technology

Mingyan Wang

Liaoning Danshun Special Wire Co.,LTD

[Abstract] As an important carrier of electric energy and signal transmission, the research and development of the manufacturing technology of wire and cable have a far-reaching influence on the field of electric power system and communication. This paper summarizes the definition, classification and the history of wire and cable, and analyzes the core links of manufacturing process, including conductor processing technology, insulation layer manufacturing technology and protective layer processing technology. Further discussion of the fine control of wire and cable manufacturing process, involving the setting and adjustment of process parameters, quality control system, and environmental protection and safety production. Finally, this paper focuses on the innovation and optimization direction of wire and cable manufacturing process, such as the application of new materials, the development of intelligent manufacturing and automatic production. These innovations and optimization measures not only improve the performance and quality of the wire and cable, but also enhance the market competitiveness of enterprises, and promote the sustainable development of the wire and cable industry.

[Key words] wire and cable; manufacturing process; conductor processing; insulation layer manufacturing; protective layer processing

电线电缆作为现代社会电能和信号传输的基石,其制造工艺的不断进步与创新对于满足日益增长的电力和通信需求至关重要。从最初的简单铜芯电线到如今复杂多样的电线电缆产品,制造工艺的发展经历了漫长的历程。本文旨在全面分析电线电缆制造工艺的现状,深入探讨其核心环节与精细控制技术,并展望未来创新与优化方向,以期电线电缆行业的持续发展提供有益的参考。

1 电线电缆制造工艺概述

1.1 电线电缆定义与分类

电线电缆是由一根或多根绝缘线芯组成,外部覆盖保护层的电气传输线路,主要功能是实现电能和信号的传输与接收。其

基本结构包括导体、绝缘层和保护层,每部分都承担着特定功能^[1]。导体是传输电流的主要部分,通常由金属如铜和铝制成,结构可为圆形或多股绞合,以适应不同需求。绝缘层包覆在导体外围,起电气绝缘作用,材料多样,包括塑料和橡胶,其厚度根据电压等级和工作环境确定。保护层位于绝缘层外部,主要起防水、阻燃、防腐和机械保护作用,材料包括橡塑、金属等,其厚度和强度根据使用环境和要求确定。根据应用领域,电线电缆可分为多种类型^[2]。电力电缆主要用于城市配电网、工业设施等领域,通过不同电压等级满足电能传输需求,对电力系统的正常运行至关重要。通信电缆则用于数据传输、通信等领域,需具备优异的抗干扰能力和传输效率。控制电缆主要用于工业自动

化系统、仪表等,需具备良好的抗干扰能力和可靠性,以确保信号的准确传输和系统的稳定运行^[3]。

表1 电线电缆分类情况

电缆类型	主要特征	应用领域	性能要求
电力电缆	导体材料:铜或铝绝缘层:塑料或橡胶保护层:橡塑、金属等	1.城市配电网 2.工业设施 3.电力系统	1.不同电压等级 2.良好的导电性能 3.优异的绝缘性能 4.防水、阻燃、防腐蚀机械强度高
通信电缆	导体材料:铜 绝缘层:特殊塑料保护层:塑料、金属等	1.数据传输 2.通信网络 3.电信设施	1.优异的抗干扰能力 2.高传输效率 3.稳定的信号质量良 4.好的耐久性
控制电缆	导体材料:铜 绝缘层:特殊塑料保护层:塑料、金属等	1.工业自动化系统 2.仪表 3.控制设备	1.良好的抗干扰能力 2.高可靠性 3.精确的信号传输 4.稳定的电气性能 5.耐磨损、耐油、耐化学腐蚀

1.2 制造工艺历史沿革

电线电缆制造工艺起源于19世纪初,最初形态为简单的铜芯电线,依赖手工操作和小规模生产,主要用于电报通信和初级电气设备连接。随着电气技术发展和工业化进程推进,制造工艺逐步改进,生产效率和质量提升,为其广泛应用奠定基础。从铜芯电线开始,电线电缆经历了从简单到复杂的演变,最初采用单一的铜或铝作为导体材料。随后,技术进步促使人们探索使用更先进材料改善性能。20世纪中期,塑料绝缘材料和橡胶护套的出现极大提升了绝缘性能和耐用性。光纤通信技术的兴起使光纤电缆成为通信领域主流,其传输速度快、容量大,彻底改变通信方式。近年来,超导材料等新型导体材料的研发为电线电缆带来革命性变化,进一步提升了电能传输效率和质量。此发展过程中,关键技术突破和里程碑事件层出不穷,其中绝缘材料的改进至关重要。早期绝缘材料易燃、易老化,20世纪初塑料绝缘材料的研发成功极大改善了绝缘性能,提高了安全性和使用寿命。导体材料的革新也是重要里程碑,人们开始研发使用合金材料、超导材料等新型导体,以提升导电性能和传输效率。这些关键技术突破和里程碑事件共同推动了电线电缆制造工艺的不断进步和发展。

2 电线电缆制造工艺的核心环节

2.1 导体加工技术

导体材料的选择严格遵循导电性、机械强度、耐腐蚀性以及成本效益等核心指标。在加工前,导体材料需经过退火和酸洗等精细的预处理工艺,以优化其性能,消除内部应力,提高导电

性和加工性能,并确保表面的清洁度。随后进行拉伸、矫直、切断等一系列加工工艺。拉伸工艺通过外力使导体材料发生塑性变形,精确控制其形状和尺寸,同时提高材料的密度和导电性。矫直工艺则消除导体在拉伸过程中产生的弯曲和扭曲,确保其直线度和平整度。切断工艺将连续的长导体按照精确的长度进行切断,以满足后续加工步骤的需求。最后,绞合与束丝技术是导体加工中的关键环节^[4]。绞合技术将多根单导体按照特定的螺旋状绞合在一起,优化导体的柔韧性和机械强度。束丝技术则将多根细导体并排放置,并通过精密工艺使其紧密结合,形成具有更高导电性能的复合导体。其主要流程如下:

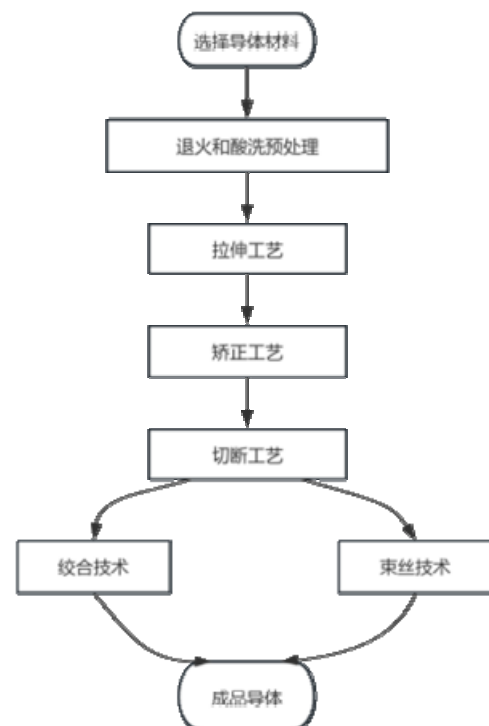


图1 导体加工主要流程

2.2 绝缘层制造技术

绝缘材料的选择与性能要求紧密关联电线电缆的整体性能。常用绝缘材料如聚氯乙烯(PVC)、交联聚乙烯(XLPE)、乙丙橡胶(EPR)等,各具独特性能特点,如耐化学腐蚀性、耐高温性、电绝缘性等。选择绝缘材料时,需满足使用环境要求,保证足够的绝缘电阻和介电强度,同时考虑成本效益和加工便利性。绝缘层制造工艺主要包括热缩、冷缩和挤出三种技术手段。热缩工艺通过加热使绝缘材料收缩并紧密包裹导体,操作简单、成本低,但需控制加热温度和时间以避免材料老化。冷缩工艺利用材料弹性在常温下实现紧密包裹,适用于对温度敏感的场景,但材料成本较高。挤出工艺则将绝缘材料连续包裹在导体上,生产效率高,绝缘层厚度均匀,但设备投资大,工艺控制要求严格。绝缘层的均匀性与致密性对电线电缆性能至关重要^[5]。均匀性保证绝缘层厚度一致,避免局部薄弱环节;致密性确保绝缘层内部无孔隙、无杂质,提高整体绝缘性能和机械强度。为控制这两种性能,

可采取优化挤出工艺参数、采用高精度模具和控制系统、加强原材料质量控制、实施在线监测和检测等措施。这些措施的综合应用可有效提升电线电缆绝缘层的均匀性和致密性,进而保障其整体性能和使用寿命。

2.3 保护层加工技术

内护层、铠装层和外护层是电线电缆的关键组成部分,各层承担不同的保护职责。内护层采用柔软耐化学腐蚀材料,如PVC或PE,紧密贴合导体或绝缘层,防止直接接触和磨损,并提供防潮和防腐蚀保护。铠装层位于内护层外,由金属带或金属丝编织而成,如钢带或铝丝,增强电线电缆的机械强度,提供抗压、抗拉伸和抗扭曲能力,保护内部结构免受外界机械应力损害。外护层作为最外层,采用耐磨、耐候性强材料,如PVC或聚烯烃,具有优异的防潮和防腐蚀性能,同时抵抗紫外线、油脂和其他化学物质侵蚀,旨在保护内部结构免受外界环境损害,并提供美观易识别的外观。保护层加工技术中,挤塑和编织是关键手段。挤塑技术通过高温高压将熔融塑料材料挤出并紧密包裹在电线电缆上,形成均匀致密的保护层,提升耐用性和环境适应性。编织技术则利用金属丝或纤维丝交叉编织,形成坚固灵活的铠装层,增强机械强度同时保持柔软性和可弯曲性。保护层对电线电缆整体性能影响显著,提供必要的机械保护,防止运输、安装和使用过程中受损,同时提高耐腐蚀性、防潮性和使用寿命。设计合理、加工精良的保护层能有效隔离外界环境侵害,确保电线电缆在恶劣条件下保持稳定性能和可靠运行。

3 电线电缆制造工艺的精细控制

在电线电缆制造过程中,原材料的检验与筛选标准至关重要,涵盖材料成分、物理性能等多方面,确保原材料符合设计要求并具备稳定性能。例如,导体材料的纯度、电阻率以及绝缘材料的耐温性、绝缘强度等均有严格规定,这对预防产品质量问题、提高可靠性和使用寿命具有重要意义。同时,生产过程监控与质量追溯也是确保产品质量持续稳定的关键环节,通过在线检测技术对关键参数如温度、压力、速度等进行实时监控,并采用数据记录技术以便追溯。

4 电线电缆制造工艺的创新与优化措施

4.1 新材料的应用

合金化导体与高性能绝缘材料的研发为电线电缆制造带来新机遇。合金化导体通过提升导电性能和机械强度,提高电线电缆的传输效率和使用寿命。高性能绝缘材料则增强耐温性、耐

老化性和耐化学腐蚀性,确保电线电缆在恶劣环境下稳定运行。这些新材料技术特点鲜明,优势突出。它们的应用前景广阔,能满足现代电力系统对高效、安全、可靠电线电缆的需求。合金化导体的应用将降低电能传输损耗,提高传输效率;高性能绝缘材料的应用则将延长电线电缆使用寿命,减少安全事故。

4.2 智能制造与自动化生产

自动化生产线与智能检测设备的引入,为电线电缆制造带来了革命性变革。自动化生产线集成先进机械、电子和信息技术,实现生产过程自动化和智能化,通过预设程序和指令自动完成原材料输送、加工、组装和检测等环节,减少人工干预,提高生产效率和产品一致性。智能检测设备作为智能制造重要组成部分,运用传感器、机器视觉和数据分析技术,实时监控和精准检测生产过程,迅速识别异常和缺陷,有效避免不良品产生,提升产品质量。两者结合,实现生产效率与产品质量的双重提升,优化生产流程,提高设备利用率,确保电线电缆一致性和稳定性,降低不良品率。

5 结语

综上所述,电线电缆制造工艺的研究与发展涉及材料、技术、设备等多方面,是一个不断创新的过程。深入分析其核心环节与精细控制技术,有助于理解性能与质量提升的关键。未来,该工艺将向高效、环保、智能化方向发展,以满足现代社会对电能和信号传输的更高需求。

[参考文献]

- [1]李平.新时期电线电缆制造工艺研究[J].中国科技纵横,2022(5):66-68.
- [2]王毅.新时期电线电缆制造工艺研究[J].百科论坛电子杂志,2020(16):1622-1623.
- [3]胡灯有,胡志贞,茆琳华,等.电线电缆的制造工艺与质控措施阐述[J].工程技术与管,2023,7(15).
- [4]黄振,刘毅华,赵燕.电线电缆制造工艺技术分析及其应用[J].电力系统装备,2023(5):75-76,79.
- [5]隋玄灿.电线电缆的制造工艺技术要点探讨[J].数码-移动生活,2020(5):101.

作者简介:

王名研(1982--),男,汉族,辽宁人,本科,研究方向:电线电缆制造领域。