

瓷绝缘子生产工艺过程对成瓷影响的探究

王慈 杨光远 林强 贺庆 申自强

江西百新电瓷电气有限公司

摘要: 绝缘子输电线路中的电气设备及导体上起到了机械固定和电气绝缘的作用。市面上常见的绝缘子包括陶瓷绝缘子、钢化玻璃绝缘子以及有机复合材料。陶瓷绝缘子的材料主要是高岭土、长石等材料,将这些原材料混合在一起经过高温烧制,就成为电力系统中使用的瓷绝缘子。由于这种材质的绝缘子在机械性能和化学性能方面有着独特优势,所以在电力系统中的应用范围较广。基于此,本文重点阐述了瓷绝缘子在机械性能和化学性能方面的优势,深入分析了绝缘子生产工艺对成瓷造成的影响,进一步提出了相应的控制措施。

关键词: 瓷绝缘子; 生产工艺; 成瓷

【DOI】10.12252/j.issn.2096-627X.2023.04.106

引言

绝缘子是电力系统中重要的元件,用于支撑和保护电线,防止电流泄漏。随着电力系统的不断发展,对瓷绝缘子的性能要求也越来越高。为了提高产品质量和性能,探究瓷绝缘子生产工艺过程对成瓷的影响显得尤为重要。在瓷绝缘子的生产过程中,原料选择、配料、成型、烧成等环节都会对其最终性能产生重要影响。因此,本文系统地探讨这些生产工艺环节对瓷绝缘子成瓷效果的影响,并提出了优化瓷绝缘子生产工艺的关键因素,从而提高了瓷绝缘子的性能和质量。

一、瓷绝缘子的相关概述

(一) 瓷绝缘子的概念

瓷绝缘子是一种由电工陶瓷制成的绝缘子,在电力系统中被广泛应用于输供电线路中,为电气设备以及导体等提供机械固定和电气绝缘。瓷质绝缘子由铁帽、瓷件和钢脚三部分组成,其中铁帽为可锻铸铁,钢脚为低碳钢,而瓷件则是核心部分,由高岭土、石英、长石等原料经过高温烧制而成。瓷绝缘子的使用方向不同,主要分为三种,一种是输电线路中使用的绝缘子,一种是电站的电气设备上使用的绝缘子,另外其他带电体中使用的绝缘部件也会用到瓷质绝缘子^[1]。

(二) 瓷绝缘子机械性能和化学性能的优势

1. 机械性能方面的优势

首先,瓷绝缘子具有很高的机械强度,能够承受较大的机械负荷。其高硬度和耐磨性保证了瓷绝缘子在运输、安装和使用过程中不易受到损伤,能够长时间保持其形状和尺寸稳定。其次,瓷绝缘子具有优良的介电性能,能够有效防止电流的泄漏和短路。其高绝缘电阻和低电介质损耗保证了电气设备的安全运行。再次,瓷绝缘子具有一定的弹性,能够在承受机械负荷时发生微小变形,从而分散机械应力,减少应力集中,提高其抗疲劳性能。最后,瓷绝缘子具有较好的抗振性能,能够在

一定程度的振动和冲击下保持其性能稳定,适用于地震多发地区或其他振动环境^[2]。

2. 化学性能方面的优势

首先,瓷绝缘子具有极好的化学稳定性,不易受到化学物质的侵蚀。无论是酸性还是碱性介质,瓷绝缘子都能保持其性能稳定,不会发生化学反应。其次,瓷绝缘子的耐腐蚀性好,能够抵抗多种化学物质的侵蚀,如酸、碱、盐等。在恶劣的环境条件下,瓷绝缘子仍能保持其性能稳定,不会发生腐蚀现象。再次,瓷绝缘子具有较好的耐高温性能,能够在高温环境下保持其性能稳定。其高熔点和良好的抗热震性能保证了瓷绝缘子在高温条件下不易变形、开裂或损坏。最后,瓷绝缘子经过长时间使用后,其性能不会发生明显的下降或老化现象。其优良的抗老化性能保证了瓷绝缘子的长期使用效果。

二、瓷绝缘子生产工艺对成瓷产生的影响

瓷绝缘子在生产过程中所采用的生产工艺与最终的成瓷效果有直接关系,自然也会影响到瓷绝缘子的使用性能。因此,本文重点深入分析了瓷绝缘子生产工艺对成瓷造成的影响,具体影响因素包含以下几个方面:

(一) 原材料和配料

瓷绝缘子的原料主要包括高岭土、石英、长石等矿物质,这些原料的纯度、粒度、化学成分等都会影响瓷绝缘子的烧成温度、致密度和机械强度。不同种类的原料具有不同的化学成分和物理性质,如高岭土具有较高的纯度和化学稳定性,石英和长石则具有较高的耐热性和硬度。选择合适的原料可以保证瓷绝缘子的基本性能。原料的纯度对瓷绝缘子的性能影响较大。例如,高岭土中二氧化硅、三氧化二铝等杂质含量的高低会影响瓷绝缘子的烧成温度和致密度。配料比例的合理性直接影响到瓷绝缘子的性能。例如,长石的含量会影响瓷绝缘子的硬度和耐磨性,石英的含量则会影响到其透光性和

耐高温性能。因此，如何在生产过程中如果原料选择不当或配料不合理，可能会导致瓷绝缘子的烧成温度过高或者过低，影响其透光性和耐高温性能，甚至会导致瓷绝缘子开裂或变形^[3]。

（二）成型工艺

成型工艺是瓷绝缘子生产过程中的重要环节，包括模具设计、成型压力、成型温度等因素都会对瓷绝缘子的形状、尺寸和内部结构产生影响。模具设计直接决定了瓷绝缘子的形状和尺寸。合理的模具设计可以保证坯体的形状和尺寸精度，避免出现变形、开裂等问题。成型压力的大小会影响坯体的密度和强度。压力过小会导致坯体松散，压力过大则会导致坯体开裂或变形。成型温度的高低会影响坯体的结构和性能。温度过高会导致坯体烧结过度，温度过低则会导致坯体结构不致密。

（三）烧成工艺

烧成工艺也是瓷绝缘子生产工艺的关键步骤，烧成工艺中的烧成温度、烧成时间、气氛等因素都会对瓷绝缘子的物理和化学性能产生影响。温度过高会导致瓷绝缘子变形、开裂，温度过低则会导致其结构不致密、机械强度下降。烧成时间的长短会影响瓷绝缘子的物理和化学变化过程。时间过短会导致瓷绝缘子未完全烧结，时间过长则会导致其过烧、变形。气氛控制对瓷绝缘子的性能影响也非常大。例如，氧化气氛下烧成的瓷绝缘子具有较高的机械强度和耐磨性，而还原气氛下烧成的瓷绝缘子才能保证具备良好的透光性和耐高温性能。

（四）表面处理

表面处理是瓷绝缘子生产工艺的最后一个环节，其重要性不言而喻。表面处理主要包括釉料的选择和涂刷，任何一个环节出现问题都会对瓷绝缘子的表面质量和性能产生影响。例如：不同种类的釉料是由不同的化学成分和物力成分组成，合理的选择釉料能够使瓷绝缘子的表面硬度和光滑度符合要求，既能满足绝缘子的绝缘性能，又能延长瓷绝缘子的使用寿命。而涂刷工艺则决定了釉料在瓷绝缘子表面的覆盖程度和均匀度。涂刷不均匀会导致瓷绝缘子表面出现色差、气泡等问题，涂刷过度则会导致其表面光滑度下降^[4]。

三、瓷绝缘子生产工艺的优化路径

为了生产出高质量的瓷绝缘子，需对每个环节进行严格控制，并不断优化生产工艺，以提高生产效率和稳定性。同时针对不同使用环境和要求，还需对瓷绝缘子的结构和性能进行优化设计，以满足不同应用场景的需求。

（一）原料选择和配料

高岭土、长石和石英是瓷绝缘子的主要原料，它们

的质量和对比对瓷绝缘子的性能产生重要影响。因此，高岭土的选择需要考虑其纯度、白度、含铁量、含钛量等指标。纯度高、白度好的高岭土可以提供更好的化学稳定性，含铁量和含钛量过低可以保证绝缘子的烧成温度、透光性、机械强度等性能符合要求。长石的作用是提供高温熔剂和调节熔点，选择长石材料时除了考虑纯度和白度之外，也要考虑长石的含铁量和含钠量。石英作为提升绝缘子耐高温性能和机械强度的主要材料，在选择过程中需充分考虑纯度和粒径级含量，这样才能从原材料环节对瓷绝缘子的生产质量进行把关。另外，原材料的配比也是影响瓷绝缘子性能的主要因素。所以相关的技术人员在配料时需根据产品要求和实验数据，精确计算各种原料的配比，并且还要对原料的配比量进行严格控制，才能确保瓷绝缘子的质量符合相关规范。

（二）成型工艺

相关人员进行模具设计时，必须充分考虑产品的实际需求和特性。产品的形状和尺寸决定了模具的基本结构，而收缩率则是模具设计中的重要参数。由于瓷绝缘子在烧成过程中会出现一定程度的收缩，因此在设计模具时必须预先考虑到这一点，以确保最终产品的尺寸精度。另外，相关人员设计模具时也要考虑到实用性的问题，尽可能使模具的结构简单、易于生产，这样才能提高生产效率降低生产生产成本。成型压力的大小直接决定了坯体的密实程度和内部结构。如果成型压力低于设计要求，坯体内部的颗粒充分黏合在一起，坯体的密度也不符合要求，从而影响其强度和耐用性。相反，如果成型压力过大，坯体可能会因为内部应力过大而出现开裂或变形，同样会影响产品的质量。因此，技术人员在控制坯体的成型压力时，必须根据产品的具体要求和实验数据进行精确的调整，找到最合适的压力值^[5]。

（三）烧成工艺

烧成工艺中的烧成温度是影响瓷绝缘子质量的主要因素之一，温度过高材料内部的热应力增大，超过了材料的承受能力，导致结构破坏。而温度过低材料的烧结程度不足，内部结构松散，无法形成足够的键合，同样也会影响了材料的强度。因此，瓷绝缘子在生产过程中，技术人员必须根据产品的要求和实验数据，选择合适的烧成温度，确保瓷绝缘子的结构和性能达到最佳状态。另外，瓷绝缘子烧成时间的长短对其物理性能和化学性能也会产生较大影响。例如：时间过短原材料内部的化学反应尚未完全进行，影响了材料的性能，而时间过长就能增加原材料内部的热应力，自然也会增加结构的损坏概率。所以技术人员要根据瓷绝缘子的实

际情况和应用范围合理控制烧成时间,才能避免对瓷绝缘子的质量造成影响。除此之外,在不同的气氛条件下,瓷绝缘子的物理和化学变化过程会发生变化。例如:氧化气氛下材料内部的化学反应更完全,形成的键合更多,材料的强度也能得到保障,而还原气氛下材料内部的原子结构更加致密,减少了光散射和热应力的影响,烧成质量自然也会差强人意。

(四) 表面处理

不同类型的釉料具有不同的化学成分和物理性质,因此其功能和特性也各不相同。在选择釉料时,需要考虑其硬度和光滑度、绝缘性能、耐候性和耐高温性能等因素。例如,低温釉料可以提高瓷绝缘子的透光性和耐候性,使其在室外环境中的表现更为出色;而高温釉料则可以提高瓷绝缘子的耐磨性和耐高温性能,使其在高温环境下保持稳定的性能。同时也要对涂刷工艺进行合理控制,避免涂刷不均匀或者涂刷过度而影响到瓷绝缘子的生产质量。只有选择合适的釉料并采用正确的涂刷工艺,才能制造出高质量的瓷绝缘子产品。

(五) 质量检测和控制在

建立完善的质量检测体系是确保瓷绝缘子产品质量稳定的关键环节,只有加强质量检测,才能对瓷绝缘子的生产质量进行控制。首先,相关人员需对每个环节进行严格的质量检测和控制。在瓷绝缘子的生产过程中,从原材料的采购到产品的最终出厂,每个环节都需要进行严格的质量检测和控制。通过采用X射线检测、超声波检测等方法,可以更全面地检测和分析产品内部的结构和缺陷。为了实现质量控制目标,破坏性试验和非破坏性试验等方法也被广泛用于产品的性能检测和评估,以确保产品的性能稳定和符合要求。其次,积极运用先进的检测设备。越来越多的先进检测设备和方法被应用于瓷绝缘子的质量检测中。例如,电子显微镜、能谱分析仪等高精密设备可以更精确地分析产品的成分和微观结构。通过采用这些先进的检测设备和方法,可以更全面、准确地检测产品的各项性能指标,确保产品质量符合要求。最后,对生产人员进行定期培训。生产人员是瓷绝缘子生产过程中的核心力量,提高生产人员的技能水平和工作责任心对质量控制至关重要。因此,相关企业要定期对生产人员进行培训,主要培训操作规程、质量意识、技能提升等方面的内容。通过连续性的培训提高生产人员的综合素质和业务水平,才能确保各个环节的生产质量控制措施有效实施^[6]。

(六) 结合环境和要求优化设计方案

由于瓷绝缘子生产后需应用在不同的环境中,而不同的环境对瓷绝缘子的性能又会提出不同的要求,所以

瓷绝缘子在生产过程中,要结合环境和要求优化设计方案,才能提高成瓷的生产质量。在优化瓷绝缘子设计方案时,主要是从结构和材料角度出发。如:优化结构设计时,需考虑到瓷绝缘子的机械性能、电气性能和耐候性能。针对不同环境下的应力、应变和冲击等机械性能要求,对瓷绝缘子的结构进行优化设计时,可以通过改变瓷绝缘子的形状、尺寸和壁厚等结构参数,提高其机械强度和耐冲击性能。针对不同电压、电流和频率等电气性能要求,对瓷绝缘子的结构进行优化设计时,可以通过改变绝缘层材料的厚度和均匀度,提高瓷绝缘子的绝缘电阻和耐电弧性能。针对不同环境下的温度、湿度、光照和化学物质等耐候性能要求,对瓷绝缘子的结构进行优化设计时,可以通过增加保护层、改变表面处理方式等措施,提高瓷绝缘子在恶劣环境下的稳定性和耐久性。优化产品材料设计时,同样需要结合环境对设计方案进行调整。如:对于高温环境下使用的瓷绝缘子,可以选择具有更高耐热性能和抗蠕变性能的材料。例如,高温陶瓷材料如氧化铝、氮化硅等具有优良的高温机械强度和电气性能,适用于高温环境下的瓷绝缘子制造。对于低温环境下使用的瓷绝缘子,可以选择具有较低的脆性和较好的抗冲击性能的材料。例如,某些玻璃陶瓷材料具有较低的玻璃化温度和良好的韧性,适用于低温环境下的瓷绝缘子制造。

结语

总而言之,本文从多个方面探讨了瓷绝缘子生产工艺过程对成瓷的影响,同时也从材料选择、成型工艺、烧成工艺、表面处理、质量检测体系以及针对不同使用环境 and 要求的优化设计等角度提出了改进措施,期望能为瓷绝缘子制造企业提供有益的参考和指导,为推动瓷绝缘子制造技术的进步和发展做出贡献。

参考文献

- [1] 刘义敏. 浅谈瓷绝缘子的生产工艺及烧成[J]. 电气技术与经济, 2020, (04): 32-33+36.
- [2] 胡雪岩. 瓷绝缘子用高铝质瓷配方的研究[D]. 湖南大学, 2012.
- [3] 吴旭涛. 国内高压支柱瓷绝缘子制造情况考察[J]. 宁夏电力, 2011, (01): 4-7+48.
- [4] JB/T 11053-2010, 瓷绝缘子干法数控修坯机[S].
- [5] 郭志军, 杨海, 赵艳红. 瓷绝缘子等静压工艺控制要点浅析[J]. 电瓷避雷器, 2007, (05): 1-3.
- [6] 李景恒, 吕希光, 董永焕. 论盘形悬式瓷绝缘子头部开裂[J]. 电瓷避雷器, 1995, (02): 3-7.