

# 电瓷绝缘子外观对其性能的影响研究

王慈 杨光远 林强 赵丽丽 贺庆

江西百新电瓷电气有限公司

**摘要:** 绝缘子在运行过程中会受到包括电气、机械和环境等因素的综合作用。而随着运行时间的增长,使役过程中的绝缘子就可能会出现釉面变色、变脆、开裂、漏电起痕或电蚀损、不明原因闪络,甚至是零值击穿等现象。国网对运行绝缘子调查认为老化、机械和电气问题是造成绝缘子失效的主要原因,零值击穿是绝缘子故障产生的主要原因。本文通过外观检验对电瓷绝缘子性能的影响研究,可以剔除部分有缺陷的瓷绝缘子,给生产运行单位判断绝缘子运行状况以及决策是否继续运行带来理论指导,也给电网安全提供隐患排查措施。

**关键词:** 瓷绝缘子; 悬式绝缘子; 外观检验方法

【DOI】10.12252/j.issn.2096-627X.2023.03.229

## 一、原材料的外观检验对电瓷绝缘子的性能影响分析

本公司江西百新电瓷电气有限公司的电瓷产品用原料由多种泥料按一定配比混合而成,电瓷采购的原料种类多,主要是粘土类、长石类和石英类,多属天然硅酸盐或铝硅酸盐矿物原料,还有煅烧矾土和经化学方法加工的工业氧化铝—高铝原料,以及主要用于釉的纯氧化物化工原料。要想成品质量符合要求,满足各项性能指标,就要正确选择原料是保证产品质量,原料的合理利用满足制造工艺配方提高公司效益和用户效益的重要方面。随着绝缘子耐电压等级的提高,电瓷制造技术的改进,对原料的纯度、品质的要求也越来越高,这就要求我们要对泥料中用到的原料的特性有较为全面和深刻的认识。电瓷原料有原矿料与加工料,原矿料有长沙泥、福建泥、广东泥等,加工料有左云泥、矾土及多数釉用料都有经过一到二次的加工料,每一批料进厂前要取样,必须经过外观检验、化学成份分析、送窑试烧、制成样做一系列的性能试验。确定采购原料的性能与质量满足公司配方要求。目前公司的原料组成配方主要有三大原料:长石类、黏土类、石英类原料构成,已试用5年此配方基本成熟稳定<sup>[1]</sup>。

在原料进厂前检验时首先是正确的取样方法是保证所取试样具有代表性的关键。对坯用原料,取样批量最大为300吨,釉用原料最大为60吨;对釉用原料,坯用原料和化工原料每批无论多少,都应进行检验。料堆取样要求是在料堆上面前后左右取8-10个点,取样数量,硬质原料取10~30公斤,经粉碎后用四分法缩分;较均

匀的软质原料取10~30公斤,混合均匀后,用四分法缩分,最后得到的试样数量应满足试验所需的数量。袋中取样时在料堆中各方面均匀取10个袋,在袋深1/4~1/3处取样,每个袋所取数量应大致相等,取样数量为2~5公斤,化工料0.5~1公斤,混合均匀缩分后供试验用。试样取好后,应对试样进行编号和标识,对原料名称、数量、产地、取样时间和取样人等做好记录。对取好的试样进行制样,根据不同的检验项制作成粉状、条状、块状样品,分别取不同样进行物理性能及化学成份检验等试验项目。对长石类的泥样主要检测真比重,利用比重瓶法检验。化学成份的构成内K Na成分影响烧制温度,长石类在釉料里起到熔剂作用,占比比较高,检验时还要检验纯度、结合力、粘度。

对黏土类的泥样主要检测颗粒分布,利用激光粒度仪检验。化学成份的构成内Fe元素对产品性能影响很大,Fe元素含量过高对后面的除铁工作,过程中铁质的管控带来很大困难,Al、Si含量的高低也对产品的强度、电气性能起到关键作用,所以在检验化验时重点要化验这些元素的含量值。对原料配方进行有效的管控,才能确保制造出的产品质量从根本得到保障<sup>[2]</sup>。

本公司江西百新电瓷电气有限公司的配方中A1#泥采用原矿泥料,每批次来的料外观颜色有差异,烧制泥样外观检验与成分分析对比,青色外观的泥料铝含量高22,铁含量低11,配料出泥料生产的坯检合格率99%,电气性能达到合格率99%目视黑色/黄色内有黑色杂质,铁含量高配料出泥料生产的96.5%,通过外观是可以做初步判定泥料的质量情况,可以减少试验化验过程周期

长的检验等待时间。这些原料差异属于隐性缺陷，对瓷的机械性能、电气性能的合格率都会有至关的影响。

## 二、坯件的外观检验对电瓷绝缘子的性能影响

坯件的外观检验：我们公司在生产过程中检验青坯、白坯件的外观、尺寸偏差及形位公差检验的一般要求及其他项目，坯件的外观质量坯件发现的不良项目有：刀痕现象为坯件刀痕(包括压痕、折痕、波痕、多泥、缺泥、堆釉)的深度或高度不得超过0.3mm(不计算面积)。

开裂现象为坯件不允许有开裂，必要时对于干坯件用涂刷煤油的方法检查微隐裂。杂质现象为坯件不允许有杂质，但对于表面杂质可进行修整，修理后该部位必须光洁，不应超过上表的规定。多泥现象为坯件内外表面不允许有多泥或粘附泥屑，特别是悬式绝缘子头部的内表面必须仔细检查。对于外表面多泥可进行修理，修理后该部位必须光洁，不应超过上表的规定。缺泥现象为坯件表面缺泥深度和面积不应超过本标准，不允许用贴泥抹平的方法修补。缺釉现象为白坯不允许缺釉，但允许绘釉班专人补釉，补釉部位的釉层厚度应符合工艺要求，一般不应超过0.3mm，其它人员不准补釉。釉面针孔现象为白坯件表面任意1cm<sup>2</sup>的面积内，针孔数不得超过4点，其针孔总面积不应超过表4规定的缺陷总面积的50%。

开裂不良现象：通过外观检验有明显开裂可直接挑出现象，也有直观不可见的内裂现象，很难第一时间挑出，在坯件检验时不能及时发现检出，会流至下一工序最终进窑烧成瓷件后对造成合格率下降与生产成本的提升。

内裂不良的未检出在逐个工频火花试验时会有击穿的隐患，成品的机电试验时也造成击穿不良，如公司内部未检出时，安装到线路上时这种开裂的会提前老化，存在影响线路安全运行风险。这些都是属于间接缺陷，存在影响成瓷合格的都不能流入下一工序，在生产管理过程中要严格控制。

## 三、瓷件的外观检验对电瓷绝缘子的性能影响

对瓷件的悬式绝缘子：对焙烧后的高低电压绝缘子瓷件的外观检验干坯瓷柱在伞裙上釉后，其端部需进行先

喷砂、后上釉的工艺处理，喷涂的瓷砂起到增大瓷柱端部表面摩擦系数的作用，进而保证胶装后的瓷柱机械强度不低于设计要求。正是由于端部喷砂工序在先上釉工序在后，因此烧制完成的瓷柱端部表面瓷砂呈现被釉层包覆的“饱满”形态，QF变电站缺陷支柱绝缘子的端部瓷砂“棱角分明”、呈现表面附着的形态。对比可知：缺陷瓷柱的瓷砂并未按照上述正常工序喷涂，推测其端部表面附着的瓷砂应该是在烧制完成后粘贴于瓷件表面的。

悬式绝缘子的瓷件缺陷有：釉面铁质现象为在釉表面，没有深入瓷体内部，呈黑色或棕红色有光泽的小斑点。一般直径小于1毫米，每平方厘米内数量不能大于4点，整个外表面不能多于10点，并呈分散分布(不能集中在一块)。瓷体铁质现象为铁质熔化物由瓷体内部熔出，呈黑色或棕红色有光泽的较大斑点。原则上不允许有这种铁点，但允许有直径小于2毫米，深度不超过0.8毫米，整只产品数量不超过3点，并呈分散分布。杂质现象为粘附在瓷件表面上的颗粒物或熔融物(如砂粒、石膏熔疤等)。原则上不允许有杂质，但允许有直径小于2毫米，高度不超过0.8毫米，整只产品数量不超过3点，并呈分散分布。堆釉现象为高出正常釉面的积釉部分堆釉的高度不超过1毫米。针孔现象为瓷件釉面上呈现的不深入瓷体的、直径在1毫米以下的小孔，每平方厘米数量不能大于4点。釉裂现象为在釉的表面上，不深入瓷体的裂纹。合格品不允许存在釉裂。开裂现象为深入到瓷体的裂纹。合格品不允许存在开裂。变形现象为瓷件的形位公差超过了标准或图样的规定值。直径小于300毫米的盘形悬式瓷件，圆度偏差小于12毫米；直径大于300毫米。圆度偏差小于13.5毫米。生碰现象为在上釉前碰损的青坯。坏损部位有釉。一般直径要求在3毫米以内、面积在7平方毫米以下，深度或高度在1毫米以下。坯检漏现象为坯检人员漏掉的缺陷(如刀痕、压痕、折痕、波纹、子屑、余泥、缺泥等)。要求刀痕、波纹、压痕、余泥、缺泥等深度和高度不能超过0.8毫米，其中余泥、缺泥面积按缺釉计算。钵破现象为在烧制过程中，由于窑具破损而造成的产品损坏或缺陷。

按相应缺陷处理。粘釉现象为产品和窑具以及产品与产品烧成过程中产生粘连。

因粘釉造成的破损面积按缺釉面积计算、深度要求在0.8毫米以下。缺釉现象为瓷件规定应上釉的表面上露出的瓷件无釉部分。要求外表面缺釉直径小于3毫米、面积小于7平方毫米；内表面缺釉面积直径小于5毫米、面积小于20平方毫米。

生坯现象为在上釉后碰损的白坯。坏损部位无釉。一般直径要求在3毫米以内、面积在7平方毫米以下，深度或高度在1毫米以下。出损现象。出窑损坏的瓷件。

要求外表面碰损缺釉直径小于3毫米、面积小于7平方毫米、内表面碰损缺釉面积直径小于5毫米、面积小于20平方毫米。炸裂现象为a.热炸裂：又称小火炸裂或生坯炸裂。裂口不规则，不锋利，裂面粗糙，表面发黄。b.冷炸裂：瓷件烧成终了后冷却不当（如打开窑门过早）造成的炸裂。裂口光滑发亮，色白（高强瓷色灰黑），敲击瓷件时发出混钝的破瓷声；瓷检还应注意“风惊”现象，瓷件虽然没裂开但机械强度会下降。炸裂瓷件按废品处理。氧化现象为 a.低温氧化：瓷体内部的结构疏松或膨胀（起泡）比外部严重，断面呈青灰色，俗称黑发面。

外观未检出表面缺釉不良，表面缺釉不良首先是外观的严重不好看，很多公司对缺釉的产品通过后面用喷漆的方式，会造成釉面有色差，经过一段时间后整个釉面会发黄，且喷漆失去了釉的强度不能提高釉后产品强度，对产品的外观、机械性能产生大的影响。

#### 四、胶装后成品外观检验的对电瓷绝缘子的性能影响

整个胶装过程中必须严格注意附件与瓷件的同轴度，最大偏移量不得超过1.5mm；胶装槽形产品时，还必须校正铁帽与钢脚连接部的方向，符合图纸规定后用橡胶塞将钢脚定位。将胶装好的绝缘子用手指扶住铁帽，轻轻地放在专用架上予养护，注意绝缘子伞盘基本保持水平，伞盘之间不准叠压。在胶装过程中水泥胶合剂自加水时计时，时间不得超过45min，即胶装使用时间不得超过30min。胶装场地室温保持在15~30℃，低于5℃时应停止生产。并定期胶合剂试条确认试条11天龄期，抗压强度应 $\geq 83.5\text{MPa}$ ；抗折强度应 $\geq 10.5\text{MPa}$

（注重抗压强度）。胶合剂压蒸膨胀率 $\leq 0.1\%$ 每年送第三方检测一次。

对于成品的悬式绝缘子：上线后外观巡检出厂后的成品绝缘子会安装到各输变电线上，上线后在长期运行过程中，要边承受机械负荷、电气负荷、温度四季变化、日晒风吹雨淋等环境的干扰，可能会出现电瓷绝缘子掉线击穿，绝缘电阻降低等不良故障，利用外观检验方法对供电可靠性可以排除潜在威胁，能有效确保安全运行工作。所以，在线外观检验的意义也是很重要的，因各绝缘子安装的特殊性及广泛性，在线外观巡检目前行业已采取多样化的检测手段，现在常用的检测方法有：激光多普勒振动法、超声波检测法、及红外热象仪法为代表的非电量测量法和以电压分布检测法、绝缘电阻法、绝缘电阻法及脉冲电流法为典型的电量测量法，都能有效用于解决绝缘子在输变电线上的检测问题<sup>[4]</sup>。

电瓷绝缘子的材料具有的良好化学稳定性和热稳定性，几乎永不变质的特性，具有良好的电气性能和机械性能，是目前应用历史最长，使用数量最多的绝缘子，也是运用经验最丰富的品种，作为生产型公司最重要的是抓好工序管理，重视外观的优化，才能让电瓷绝缘子得到质的飞跃。截至2023年本公司江西百新电瓷电气有限公司生产产品交付约有600万只到客户手上，从国家电网、配网、经销商方面的客户满意度调查等方面了解到，目前用户在电网上使用情况稳定，从2017年以来未收到客户严重投诉，无严重0值击穿掉线投诉，保持0投诉，0上供应商不良公示版，持续5年正增长发展趋势。

#### 参考文献

- [1] 钱端芬, 谢建国, 李光富, 等. 电瓷材料的物理试验与化学分析[M]. 北京: 机械工业出版社, 1991.
- [2] 吴婕萍, 赵文昊, 于文萍. 基于显著性特征的绝缘子外观识别方法研究[J]. 价值工程, 2020.
- [3] 刘明亮等. 中国, 美国, 欧盟及世界一次能源消费现状与展望[J]. 煤化工, 2022.
- [4] 关志成, 张福增, 王国利等. 我国特高压的特有技术问题[J]. 电力设备, 2006. 1.