

文章编号:1001-1609(2003)02-0063-03

灭弧室喷口的材料选用及装配方法的探讨

许洪春, 陈琬琦

(平顶山天鹰集团有限责任公司, 河南 平顶山 467001)

DISCUSSION ON MATERIAL SELECTION AND MOUNTING METHOD FOR NOZZLE IN ARC-QUENCHING CHAMBER

XU Hong-chun, CHEN Wan-qi

(Pingdingshan Tianying Group Co., Ltd., Pingdingshan 467001, China)

摘要: 对 SF₆ 断路器中灭弧室喷口的装配方法及材料选用进行了分析和探讨, 为 SF₆ 断路器中灭弧室喷口的结构设计、材料选用及装配质量的提高提供了参考

关键词: 喷口; 装配设计; 材料选用

中图分类号: TM561.3 **文献标识码:** B

Abstract: The material selection and the mounting method of the nozzle for SF₆ circuit breaker arc-quenching chamber are discussed, which could be referenced to design, material selection and improvement of mounting quality of the nozzle.

Key words: nozzle; mounting method; material selection

1 前言

喷口是 SF₆ 断路器灭弧室中的重要零件之一。在断路器开断故障电流的过程中, 与动触头一起作高速运动的喷口, 承受着 4×10^3 K 以上高温电弧的烧蚀及压气缸中被压缩气体的反力作用; 是高速、高压力 SF₆ 气体的通道管壁。因此, 其材料性能、几何形状及开断过程中形成的压力差直接影响着断路器的熄弧能力, 是设计人员十分关注的问题。灭弧室中喷口的设计是很复杂的, 目前各种喷口电弧模型和理论对喷口的设计起到了一定的导向作用, 但还要通过试验来进行验证。这里只就其喷口的装配结构设计、材料选用和装配方法进行探讨。

2 喷口的材料及性能

目前灭弧室中的喷口基本由两种非金属材料制造: ①石墨; 按来源分为人造石墨和天然石墨两类; ②有机材料聚四氟乙烯树脂, 或其与无机填料混合, 在常温下用推压法或模压法冷压成型, 再经过烧结而制成的制品。

2.1 人造石墨材料

人造石墨材料品种很多, 但根据其理化性能及技术参数指标, 适用于制造喷口的主要是 C₃₄; 其 C₃₄ 石墨棒的物理与化学性能见表 1。

表 1 C₃₄ 石墨棒的物理与化学性能

性能	参数	性能	参数
密度/g·cm ⁻³	2.2	线胀系数/°C ⁻¹	2.5×10^{-6}
松散密度/g·cm ⁻³	1.6	熔点/°C	3 850±50
抗拉强度/MPa	≥3.5	电阻率/Ω·mm ² ·m ⁻¹	≤12
抗压强度/MPa	≥42 ^①	氧化温度/°C	≤400
抗弯强度/MPa	≥26	吸水率/%	12~14
冲击值/J·cm ⁻²	≥0.2	溅射量/mg·C ⁻¹	≤0.4 ^②
灰分/%	≤0.01	放气量/mm ³ ·cm ⁻³ ·min ⁻¹	≤0.05 ^③
全孔率/%	≤25	酸、碱及卤素	耐
布氏硬度/HB	10~12		

注: ①机械强度试验时, 其样品尺寸为 4 cm³。

②当反电压为 20 kV, 样品温度为 850~900 °C, 内部气压为 0.1 Pa 及反电流(水银离子电流)为 0.5 mA 时。

③当温度为 700 °C, 在 0.1 Pa 的内部气压中经过 6~7 h 的燃烧后, 得出的石墨放气量(以压力为 101.325 kPa, 温度为 0 °C 来计算)。

2.2 聚四氟乙烯及其复合制品

聚四氟乙烯是具有优良综合性能的热塑性工程塑料, 它的优异性能是其它塑料所不可比拟的, 具体表现在如下几个方面: ①广泛的高低温度使用范围; 它能够在 -180~250 °C 的范围内长期使用; ②优异的化学稳定性, 对强酸、强碱、强氧化剂等腐蚀性介质都不起作用; ③高度的电绝缘性, 不受环境条件和频率的影响, 为 C 级绝缘材料; ④突出的表面不黏性, 几乎所有黏性物质都不能粘附在它的表面; ⑤良好的润滑性, 是无油润滑的理想材料; ⑥卓越的耐大气老化性, 暴露在大气中, 表面和各项性能指标都保持不变。

按其加工方法的不同, 聚四氟乙烯管(或棒)分为模压管(或棒)和推压管(或棒)两种; 按其填充材料的不同, 分为纯聚四氟乙烯及其复合制品; 但它们

的技术参数均不同。纯聚四氟乙烯模压管(SFG-1)的物理与化学性能见表2。

表2 纯聚四氟乙烯模压管(SFG-1)的物理与化学性能

性能	参数	性能	参数
密度/ $\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$	2.1~2.3	线胀系数/ $^{\circ}\text{C}^{-1}$	110×10^{-6}
抗拉强度/MPa	≥ 25	吸水率/%	≤ 0.01
抗张强度/MPa	14~30	体积电阻率/ $\Omega\cdot\text{cm}$	$\geq 10^{17}$
断裂伸长率/%	≥ 100	邵氏硬度/D	50~65
介电强度/ $\text{kV}\cdot\text{mm}^{-1}$	≥ 19	冲击值/ $\text{J}\cdot\text{cm}^{-2}$	≥ 1.64
耐电弧性/s	≥ 300	强酸、强碱	耐

从上述两种材料的性能参数中可以看到,它们的某些独特性能,是目前其他材料所不具备的,是作为高压断路器灭弧室喷口的首选材料,但也存在诸多不足。如何解决这些问题或减小它们的影响,这就要求在保证产品性能的条件下,从喷口的结构设计、材料配方及装配工艺上想办法。

3 喷口的结构、装配方法及材料选择

四十多年来,国内外35 kV以上SF₆断路器的灭弧室按其压气形式基本上分为单压式和双压式两类,而单压式灭弧室又分为定开距和变开距两种。目前,基本采用单压力的压气式灭弧室,即灭弧室内只有一个压力系统,可动部分(一般为动触头)带有压气装置,在分闸过程中靠(可动的动触头和)压气缸与(静止的静触头和)活塞的相对运动,形成瞬时高压气流来吹灭电弧。而喷口的设计就是依据断路器的灭弧形式,压气缸的直径大小、技术参数来选择其结构、材料及装配方法的。

在设计喷口时,首先要防止SF₆气体在压气缸内及吹弧过程中产生涡流和死区,提高气体的利用率,并使气流产生扰动效果。其次要运用气体动力学理论,充分发挥气体的吹弧作用,并将阻力降到最小。第三要根据喷口在灭弧时所处的特殊环境及喷口材料的理化性能,选择重量轻、耐电弧烧蚀的材料。第四要构思出既易于加工、装配,又能保证产品质量的结构^[1]。

3.1 喷口的结构及装配方法

3.1.1 石墨喷口的结构及装配

如图1所示,根据石墨的特性,将石墨喷口与弧触头先加工成半成品,为限制石墨喷口的轴向窜动和旋转,预先分别在石墨喷口和弧触头上加工出轴向和径向两种沟槽;然后按有关粘结工艺守则组装在一起,并将环氧树脂注入预先设置的固定沟槽中;最后再按图纸加工成型。在经过例行的压力试验和无损探伤,确保石墨喷口与弧触头粘结牢固,且石墨无裂纹等损伤后,方可作为合格部件转入下道工序。

需要注意的是,在加工、传递、贮存及装配过程中要轻拿轻放,防磕碰、防潮湿、严禁沾染水及油污。

3.1.2 聚四氟乙烯喷口的结构及装配

常见的有如下几种形式,如图2~4所示。

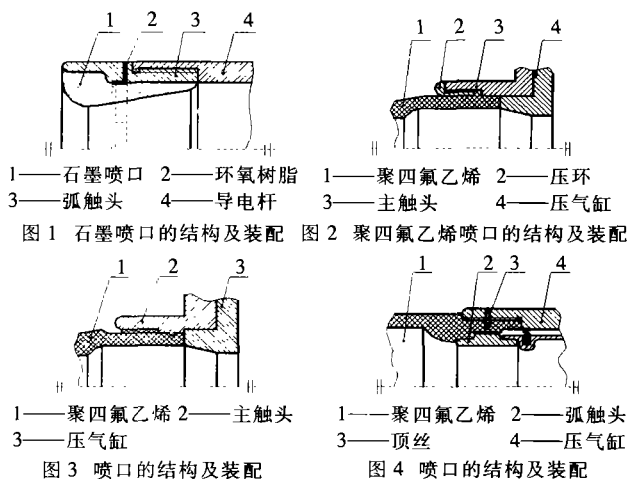


图1 石墨喷口的结构及装配 图2 聚四氟乙烯喷口的结构及装配

图3 喷口的结构及装配 图4 喷口的结构及装配

(1)采用压装的方法,见图2。在聚四氟乙烯喷口的外径上车制出矩形凸台,靠压环与主触头的螺纹连结来压装聚四氟乙烯喷口上的凸台,并在压环与主触头的接触处打洋冲防松。该方法的结构虽然有点复杂,但可靠、适用,且有利于装配。其所增加的机加工部分难度也不大。现在采用该种方法的较多。

(2)采用螺纹连结加卡装防松的方法,见图3。在聚四氟乙烯喷口的外径上车制螺纹及凹槽,在主触头的内径上车制螺纹和凸台,靠聚四氟乙烯喷口与主触头的螺纹连结来固定聚四氟乙烯喷口,并在螺纹连结的同时依靠螺纹的旋进力使凸台和凹槽相配合来进行防松。该方法的结构简单,装配方便。加工难度也不大。但对聚四氟乙烯喷口的材料有一定的要求,这种方法也得到广泛的采用。

(3)采用螺纹连结外加顶丝防松的方法,见图4。在聚四氟乙烯喷口和压气缸上车制细牙螺纹,靠螺纹连结起来,然后再配钻螺孔,用顶丝定位,并在顶丝与压气缸的结合处打洋冲防松。该方法的结构也不复杂,使用也没有什么问题,但比较麻烦,不利于装配和生产管理。现在采用这种方法的已逐渐减少,基本上都是早期开发的产品。

另外,对于长度为200 mm以上的较长喷口,因受模压法成型材料的长度限制,一般采用两节相粘结的方法构成。原采用FS-203A氟塑料粘结剂进行粘结;该粘结剂为不干胶式的液体,耐高温性能较差,从返修的零部件上看,效果欠佳。现已选用新型的F-2胶,这种胶是专用于聚四氟乙烯之间及聚四氟乙烯与金属之间的粘结剂,已经通过了型式试验

的考核,为产品的可靠运行提供了保证。

3.2 材料的选择

从上面的阐述中可以知道,无论采用哪种结构及装配方法,都与喷口的材料有着直接密切的关系。

(1)用人造石墨材料作为断路器中灭弧室的喷口国内外现已不多见,主要原因是用这种喷口定开距的单压式灭弧室近20a来发展不大。加上人造石墨成本高及其存在掉块、空洞、裂纹及黑皮,禁用液体擦拭、怕磕碰、吸水率大等缺点,而使其利用价值受到了制约。但石墨材料的某些特殊性能,如线胀系数小、熔点高等,是聚四氟乙烯及其复合制品不可比拟的。

(2)在变开距的单压式灭弧室被普遍看好,应用电压等级从40.5 kV至550 kV的同时,作为喷口材料的聚四氟乙烯及其复合制品得到了快速发展。由于纯聚四氟乙烯存在机械强度低、刚性差、线膨胀系数大,机加工性能不好等因素,早期使用的纯聚四氟乙烯喷口在生产中暴露出以下几个问题:①在返修的产品中发现有个别的喷口松动;②采用螺纹连接的,有拧不上去或装上去松动的现象;③加卡装防松的效果不理想;④尺寸变化较大。

经分析认为,产生上述问题的原因主要是作为喷口材料的纯聚四氟乙烯或其复合制品线膨胀系数大,或填充材料不合适所致。其收缩率的大小与树脂品种、配方、制品的尺寸及形状、压制的密实程度、冷却条件等因素有关。从实践经验得知,聚四氟乙烯及其复合制品成型线性尺寸收缩率为1.5%~3.5%。原因是在冷压成毛坯时,毛坯上下及四周所受压力约为40~60 MPa;当毛坯从模具型腔中脱出后,毛坯弹性恢复而回弹胀大。一般地,压制方向回弹率约为

0.6%,垂直于压制方向回弹率约为0.2%~1%。因此,为提高产品的运行可靠性,消除隐患,在选择材料时应从两个方面着手解决这一问题^[2]。

一是根据喷口的结构及装配方法来选择材料;即通过改变配方,填充不同的填料来改变材料的性能,以满足产品的要求,并在此基础上加强粘结及锁紧防松措施。如采用螺纹联结加卡装防松的方法(见图3),要求材料既不能太软也不能太硬。填充什么样的填料,配比为多少,需要经过一定的试验来决定。目前国内外几家大公司所加填料主要有:石英粉、二硫化钼、氮化硼、玻璃粉及三氧化二铝等。如加入15%的玻璃粉,其加工性能和零件的尺寸稳定性得到提高,并大大地改善了材料的线膨胀系数大、材质软的薄弱环节,但材料的介电强度、耐电弧烧损能力和断裂伸长率却相应地降低。

二是根据喷口的使用条件、加工及装配环境温度来选择材料;由于零件的加工季节与装配季节不同,而导致装上去松动或装不上去。日本的三菱公司,法国的MG公司等都在利用喷口的装配结构和装配环境温度上采取了压装或螺纹加卡装的方法,并对零件的加工温度及装配温度进行了有效控制。

参考文献:

- [1] 王其平. 电器电弧理论[M]. 北京: 机械工业出版社, 1991.
- [2] 赵军建. 浅谈聚四氟乙烯冷压成型模的设计[J]. 高压电器通讯, 2001, (4): 23-24.

作者简介:许洪春(1960-)男,工程师,山东省兖州县人,从事高压断路器的设计开发及生产技术服务工作。

蓝牙(Bluetooth)技术在电力系统自动化及楼宇、家庭智能化中的应用研讨会5月底在宁召开

蓝牙技术作为一种新兴的短程无线电通讯与控制技术,具有低成本、低功耗、小实现尺寸、点对多点连接、语音与数据混合传输及高抗干扰能力等方面的优点,已为世界各国所重视。我国政府的态度非常明朗,抓住机遇,与时俱进,并自上世纪末起,不少高校和研究机关就陆续开展蓝牙产品及其应用研究开发工作,并在电力系统自动化中的无人值守变电站、智能化开关柜及远程自动抄表系统中取得了可喜的进展,在楼宇及家庭智能化系统,信息家电等方面,应用研究工作进展更为迅速。

为普及蓝牙技术基本知识,探讨蓝牙技术在上述两个领域中的应用前景,中国电工技术学会电气智能化系统及应用专委会定于5月28~30日在南京召开蓝牙技术讲座及应用研讨会。会议将邀请该领域内的国内众多权威学者和有关单位主讲,并有产品和应用展示,参会有关事项将在会议通知函中说明,欢迎垂询:中国电工技术学会电气智能化系统及应用专委会秘书处南京办公室。

地址:南京市锁金村10号紫苑宾馆300室邮编:210042

电话/传真:025-5425921 联系人:罗思舜 焦毓炳