

高压铝合金芯分割导体的设计制作

刘洪军 黄静 沈智飞 王娟 庞超群 栾渊明 张恒伟 符春庆 李德鹏^{通讯}

作者 谭昕

(尚纬股份有限公司 乐山 614012)

摘要: 介绍了用于高压电力电缆的一种大截面铝合金芯分割导体的设计与制作。

关键词: 高压电力电缆; 铝合金芯分割导体;

中图分类号:

Classification number of Chinese library

Design and manufacture of large cross-section high-voltage aluminum alloy core split conductor

Liu Hongjun, Huang Jing, Shen Zhifei, Wang Juan, Pang Chaoqun, Luan Yuanming, Zhang Hengwei, Fu Chunqing, Li Depeng, Tan Xin

(Sunway Co., Ltd., Leshan 614012, China ;)

Abstract: This paper introduces the design and manufacture of a large section aluminum alloy core split conductor for high-voltage power cable.

Key words: High voltage power cable; Aluminum alloy core split conductor;

0 引言

中国电工业中“以铝节铜”已是大势所趋^[1], 因为中国的铜资源比较缺乏, 以铝节铜可以节约生产成本。

随着电缆导体截面的增加, 其传输功率和电流也会相应增加, 但是导体截面积越大, “集肤效应”和“临近效应”的影响越明显。因此相关电缆标准中, 明确规定了截面在 800 mm² 以上的电缆导体必须采用分割导体^[2, 3], 以减小“集肤效应”。分割导体是把大截面导体分成若干股块绞合而成, 股块之间采用绝缘皱纹纸隔离, 股块之间彼此绝缘, 使导体由若干相互绝缘的扇形股块并联组成。由于单个扇形股块的截面积只有导体总截面积的若干分之一, 所以单个股块的“集肤效应”和“临近效应”大大减小。

1 分割铝合金导体设计与制作

1.1 分割铝合金导体的选型

经结构验证, 四芯分割导体在紧压、绞合、成缆工艺上比较容易实现, 但从结构稳定性和耐弯曲性能上考虑, 五芯分割导体要比四芯分割导体表现的更优越。鉴于我公司现有法国波迪亚公司的 4000mm 盘绞机有 6 个放线架的特点, 综合考虑分割导体生产过程中的工艺可行性和导体结构稳定性, 确定试制 1600mm² 铝合金导体采用 5 分割瓦型中间圆形的紧压结构。

2 分割铝合金导体的结构设计

2.1 计算 1600mm² 铝合金分割导体实际面积

有相关标准规定了 1600mm² 铝合金导体 20 摄氏度时的直流电阻不大于 0.0186Ω/km^[4], 由此计算出导体实际允许的最小截面积:

$$S = \frac{k1 \times k2 \times k3 \times \rho}{R}$$

式中:

k1 为导体系数, 取决于电缆线芯组成的单线直径、金属种类, 取 1.016;

k2 为扇形股块绞制过程中引入的系数, 根据实际验证数据取 1.028;

k3 为扇形股块合股引入的系数, 根据实际验证数据取 1.008;

ρ 为铝合金导体电阻率, 取 0.028264Ω·mm²/m;

R 为导体 20℃时的直流电阻, 按照标准规定, 1600mm² 铝合金导体取 0.0186Ω/km。

计算得出:

$$S = 1599.8\text{mm}^2$$

2.2 五分割瓦型和中间加紧压圆形股块的实际面积分别为 S_A 和 S_B 的计算。假定中间圆形 S_B 的实际面积为 50mm², 则瓦型单个股块的实际面积 S_A 为:

$$S_A = \frac{S - S_B}{5} = 309.96\text{mm}^2$$

2.3 导体直径 D 和圆形紧压导体直径 D' 的设计

铜导体分层圆形单线紧压导体的填充系数可以提高到 0.88—0.92, 铝合金相对铜紧压系数要小,按经验选取其填充系数 η 取为 0.85.同样,五分割瓦楞形加中间紧压圆形导体,填充系数 η 也取为 0.85。

(1) 导体直径 D 的计算.

$$D = \sqrt{4 \times S / (\pi \times \eta)}$$

$$= \sqrt{4 \times 1599.8 / (3.14 \times 0.85)}$$

$$= 48.9(\text{mm})$$

考虑到股块成缆后反弹,以及需用绝缘纸隔离等原因,导体直径先取为 49.8mm。

(2) 圆形紧压导体直径 D' 的计算。

$$D' = \sqrt{4 \times S_B / (\pi \times \eta)}$$

$$= \sqrt{4 \times 50 / (3.14 \times 0.85)}$$

$$= 8.6(\text{mm})$$

2.4 导体单丝直径 d 的设计。

根据相关标准要求,1600mm 导体的单丝最少根数不小于 170 根^[4],因此设计单个瓦楞形股块单丝根数 n_1 , 为 61 根,结构为 1+6+12+18+24;圆形紧压股块单丝根数 n_2 , 为 19 根,结构为 1+6+12 影响紧压绞线填充系数 η 和单线延伸率 δ 的因素很多,如绞线中的单线经紧压后产生塑性和弹性的变形以及绞线速度、模具压力及模具光洁度等因素,所以根据经验,单线延伸率 δ 应控制在 8%~15%之间,填充系数 η 为 85%时,延伸系数 δ 为 1.05%。

(1) 瓦楞形股块单丝直径 d_a 的计算。

$$D^a = \sqrt{4 \times S_A \times \delta / (\pi \times n_1)}$$

$$= \sqrt{4 \times 309.96 \times 1.05 / (3.14 \times 61)}$$

$$= 2.61(\text{mm})$$

(2) 圆形紧压股块单丝直径 d_b 的计算。

$$D^b = \sqrt{4 \times S_B \times \delta / (\pi \times n_2)}$$

$$= \sqrt{4 \times 50 \times 1.05 / (3.14 \times 19)}$$

$$= 1.88(\text{mm})$$

(3) 设计单丝直径 d 取两者的平均值

$$d = d_a \times 5 \times n_1 + d_b$$

$$\times 1 \times n_2 / (5 \times n_1 + 1 \times n_2)$$

$$= 2.57(\text{mm})$$

综合实际生产考虑,单丝直径 d 取 2.60mm。

2.5 铝合金分割导体股块的设计

(1) 从理论上计算,五分割扇形股块的中心角为 $360^\circ / 5 = 72^\circ$,考虑到股块合股成缆绞入角的影响,股块合股困难且易出现错位现象,以及导体紧压后容易反弹等因素,股块中心角应略小于 72° ,本次试制取值 α 为 71.5° 。

(2) 利用 AutoCAD 辅助设计软件,对股块进行设计,如图 1 所示。

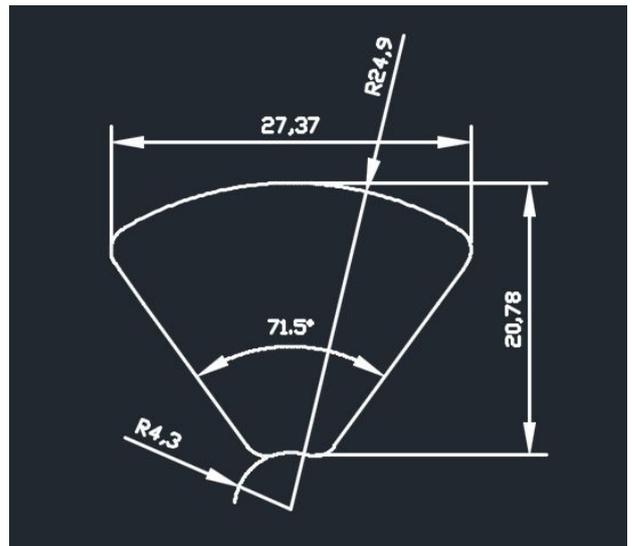
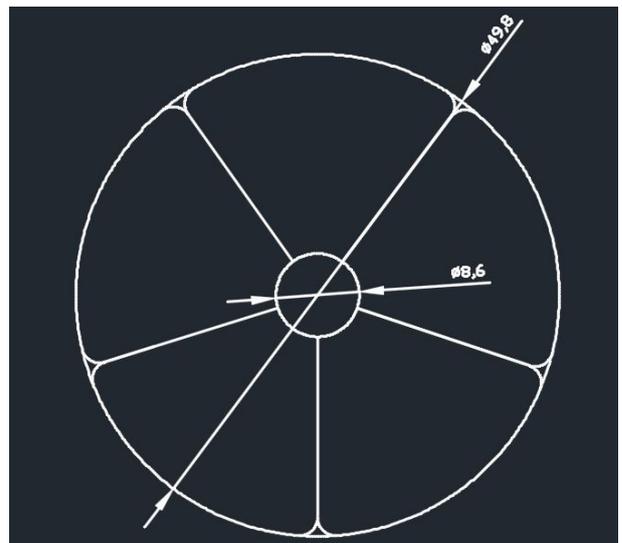


图 1 铝合金导体瓦楞股块截面图

(3) 五分割瓦楞形加中间圆形导体结构如图 2 所示。



如图 2 五分割瓦楞形加中间圆形导体结构

3 瓦形股块的绞制及注意事项

(1) 瓦形股块的绞制

单个股块采用 61 根直径为 2.60mm 的单丝,排列方式为 1+6+12+18+24,最外层绞向为右向,股块预扭方向为右向,股块预扭节距应在 1100~1200 mm,五个瓦形股块的预扭节距应保持一致。股块绞制过程在波迪亚 630mm 框绞机上进行。

铝合金芯瓦楞形股块绞制的关键在于并线模具的形状及材质的选用。经反复试验,最终采用胶木瓦形并线模具。胶木材质的模具可以保证铝合金导体在经过模具时不损伤,瓦形可以保证导体在进入压辊前有预成型的效果,尽可能地保证瓦形股块的形状。

(2) 股块绞制过程中注意事项

1) 针对铝合金线退火前延伸率和强度低的特点,铝合金丝要在拉丝后进行退火,退火后进行绞制,同时制作过程中应控制好放线张力,这样可以避免单丝被拉断。

2) 绞制时应根据实际情况,调整上下压轮的间距,避免单丝拱起或松股。紧压后瓦形面外形尺寸必须符合要求,股块高度和宽度偏差不应超过 $\pm 0.2\text{mm}$ 。

3) 铝合金分割股块因强度小,容易破损,在收线时要避免扇面翻身和排线不规则,每层需用牛皮纸隔开,以保证瓦形股块不被擦伤。

4 分割股块的绞合成缆

成缆是分割导体制作的关键过程之一,在制作过程中应注意以下几点:

(1) 瓦楞形股块绞合成缆方向为右向,预扭方向也为右向,成缆节距和预扭节距大致相同,并根据实际情况进行调整。

(2) 瓦楞形股块成缆使用 4000mm 盘绞机,盘绞机的放线盘采用退扭模式,放线处采用的是 1240mm 的放线,收线处使用 4000mm 的盘具进行收线。

(3) 瓦楞形股块在合股绞合成缆时,股块间用皱纹纸隔开,皱纹纸起到绝缘的作用,其宽度与瓦楞形单个股块的下弧长和两个侧边长相加的长度基本一致,约为 42mm,并且保证成缆后的导体表面无皱纹纸。

(4) 股块绞合成缆呈圆形后,需连续绕包半导电特多龙带,搭盖率 50%左右。要求绕包紧实、平整。同时在半导电带表面需重叠绕包一层无纺布,主要是保护半导电

带表面,防止避免摩擦,并能够保证半导电带表面清洁。

(5) 股块成缆时,为了保证节距稳定、均匀,铝合金导体的头端和尾端需要引线。我公司引线选用的 630 平方 110kV 电缆的绝缘线芯,引线长度要大于从收线盘到并线模的距离,起车时先将引线牵到并线模处,引线的尾端和要生产导体的头端通过压接管连接到一起。收尾时,绝缘线芯成为 1600 平方铝合金分割导体的延长,从而达到整个成缆线芯上的绞合节距均匀、稳定的目的。

绝缘线芯作为引线便于连接,操作简单,适用规格多,一般准备一个规格的绝缘线芯即可,并可反复使用。

(6) 要时刻注意股块的角度,避免翻身现象,发现有翻身的可能,要提前停车,再对其进行调整,否则一旦发生翻身情况很难处理。

5 结束语

本文按照有关标准和技术文件,对铝合金五分割瓦楞形加中间紧压圆形导体的相关参数进行了计算。并采用 AutoCAD 等软件,对其结构进行了设计分析。此次制作铝合金芯分割导体采用进口波迪亚的框、盘绞设备、优质的原材料以及合理的模具设计,成功进行了产品试制,经检测各项性能全部符合国家标准的规定。大截面铝合金芯分割导体的试制成功,符合我国电缆工业中“以铝节铜”的趋势,满足了市场需求,为以后研发此类产品积累了经验。

参考文献:

- [1]黄崇祺.论中国电缆工业的以铝节铜[J].电线电缆,2008(6):13.
- [2]GB/T 11017-2014 额定电压 110 kV 交联聚乙烯绝缘电力电缆及其附件[S]
- [3]GB/Z 18890-2015 额定电压 220 kV(U₀=252 kV)交联聚乙烯绝缘电力电缆及其附件[S]
- [4]上海电缆研究所.电缆的导体:GB/T 3956—2008[S].北京:中国标准出版社,2008.