

## 760 kN 绝缘子双联耐张串金具研究

陈宁, 黄海俊, 王圣博

(中国能源建设集团南京线路器材厂, 江苏南京 210037)

**摘要:**为提高特高压输电线路工程安全性和经济合理性,减少安装和运行维护工作量,适应绝缘子向提高负荷等级方向发展的趋势,开发了760 kN 绝缘子耐张串非标金具。采用760 kN 绝缘子双联耐张串替代550 kN 绝缘子三联耐张串,减少了绝缘子和金具的数量,缩短了两外挂点间的距离,改善了铁塔受力条件,提高了铁塔的抗冰、抗风和抗震能力。该研究成果已应用于锦屏—苏南±800 kV 直流特高压输电线路工程中。

**关键词:**760 kN 绝缘子;双联;耐张串;金具;特高压

**中图分类号:**TM216

**文献标志码:**B

**文章编号:**1009-0665(2014)01-0050-04

随着社会经济的发展,我国对能源需求正在持续快速增长。为满足超远距离大容量的传输电能需求,特高压工程应运而生<sup>[1]</sup>。目前,我国晋东南—南阳—荆门 1000 kV 交流、向家坝—上海±800 kV 直流等特高压输电线路工程已建成投运<sup>[2-4]</sup>。特高压线路由于传输电能容量大,对直接承载导线拉力的耐张绝缘子串承载能力提出了更高的要求。增加绝缘子串联数是一选项,但串联数过多,会大幅增加安装、运行维护工作量和生产成本。而采用串联数较少、负荷等级较高的绝缘子串将可解决上述问题。为此,开展了超高负荷等级绝缘子及配套产品的前期调研,在取得初步成果的基础上,承担了锦屏—苏南±800 kV 直流特高压输电线路工程 760 kN 绝缘子双联耐张串金具的研究开发工作。

## 1 绝缘子双联耐张串型研究

锦屏—苏南±800 kV 输电线路工程所用导线为 JL/G3A-900/40 钢心铝绞线,查阅标准 GB/T1179—2008<sup>[5]</sup>,导线额定拉断力为 198.83 kN。参照文献[6-8],对工程六分裂导线组、导线拉断力及安全系数等参数进行综合计算,得出耐张串所需机械总负荷,具体计算方法如下所示:

$$F_{\text{总}} = F_{\text{高}} \times K_1 \quad (1)$$

$$F_{\text{高}} = T_a \times n \quad (2)$$

$$T_a = T \times K_2 \quad (3)$$

$$T = T_1 \times 95\% / K_3 \quad (4)$$

式中: $F_{\text{总}}$ 为耐张串所需机械总负荷; $F_{\text{高}}$ 为6根导线 JL/G3A-900/40 最高点使用张力; $K_1$ 为绝缘子安全系数; $T_a$ 为导线最高点张力; $n$ 为导线数; $T$ 为导线水平张力; $K_2$ 为挂点系数; $K_3$ 为导线安全系数; $T_1$ 为 JL/G3A-900/40 导线额定拉断力。由式(1—4)计算得

到  $F_{\text{总}}$  为 1346 kN。

耐张串不同联数时每联绝缘子所需机械负荷为:

$$f = F_{\text{总}} / m \quad (5)$$

式中: $f$ 为每联绝缘子所需机械负荷; $m$ 为联数。耐张串设计为三联时,每联绝缘子所需机械负荷为 449 kN,选取负荷等级为 550 kN;耐张串设计为双联时,每联绝缘子所需机械负荷为 673 kN,初步考虑负荷等级为 730 kN。对以上 2 种情况进行分析比较:

(1) 三联设计的单个绝缘子机械负荷为 550 kN,高于需要的 449 kN,能够保证 6 根导线的安全运行,且有成熟的经验,但是此绝缘子串塔头部分两外挂点距离为 1300 mm。为了保证导线的受力平衡,其下的三串绝缘子需连接组合联板,将挂点数由三变为二,增加了工程安装和运行维护的工作量,同时自身的荷载也较大。550 kV 三联耐张串图如图 1 所示。

(2) 双联初步设计的单个绝缘子吨位为 730 kN,高于计算的 673 kN,此设计仅需两绝缘子串,即可完成对六分裂导线的连接。同时,减小了两耳轴挂点的间距,降低了铁塔悬挂点的扭矩,改善了铁塔受力条件,提高了铁塔的抗冰、抗风和抗震能力,为工程的安全性和稳定性奠定了基础。

由此可以看出,730 kN 绝缘子双联耐张串的综合性能要优于 550 kN 三联耐张串,但 730 kN 双联所承受的总吨位略低,考虑工程运行的安全性,并听取工程相关方的意见,将 730 kN 提高到 760 kN。760 kN 双联耐张串图如图 2 所示。

## 2 配套金具研究

耐张绝缘子串金具主要包括联塔金具、联板、碗头挂板、耐张线夹、跳线间隔棒、均压环、屏蔽环等。研制按照 GB/T2314—2008<sup>[9]</sup>、GB/T2315—2008<sup>[10]</sup>等国家、电力行业标准和工程技术要求进行。该研究重点是 760 kN 绝缘子双联耐张串配套金具,故仅对碗头挂板、联塔

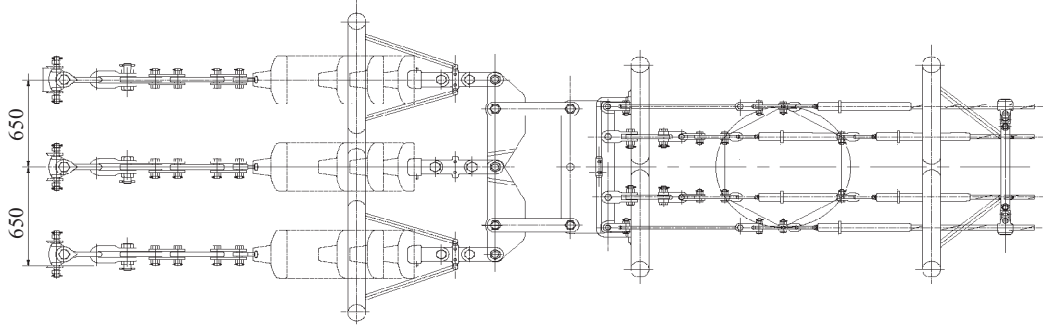


图1 550 kN 三联耐张串直流输电线路

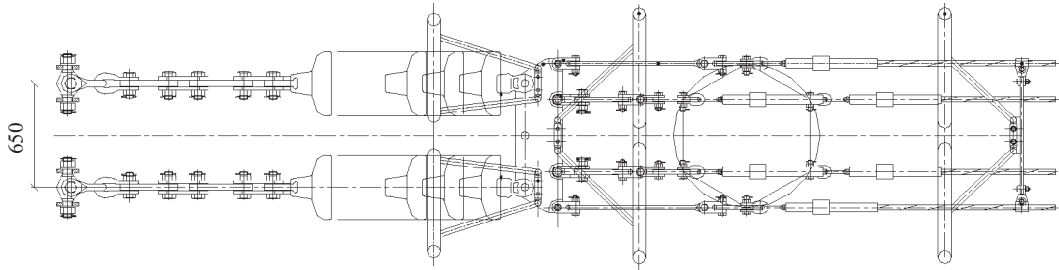


图2 760 kN 双联耐张串直流输电线路

金具、跳线间隔棒等主要产品作一简要分析。

### 2.1 碗头挂板

目前,国内相关标准中,绝缘子串元件的球窝连接尺寸<sup>[11]</sup>最大连接标记所对应的碗头挂板标称破坏载荷为 550 kN,参照碗头挂板相关标准的结构型式,根据与绝缘子厂家配套的绝缘子部件相关尺寸,结合现有碗头挂板系列的设计经验<sup>[12]</sup>,成功开发出 760 kN 碗头挂板。

碗头挂板的碗头部分整体外形设计为圆柱状,外径为  $D120\text{ mm}$ ,构造独特,不仅能够满足工程的安全和连接尺寸的要求,而且方便了生产加工,提高了工艺性能。其球窝尺寸的设计根据 760 kN 绝缘子串元件配合尺寸综合考虑,头部尺寸为 41 mm,球窝半径  $R_S$  定为 50 mm,以配合 760 kN 的绝缘子球头颈部,球窝及外形等相关尺寸既考虑到连接灵活,配合适当,又保证安全可靠。结构型式如图 3 所示。

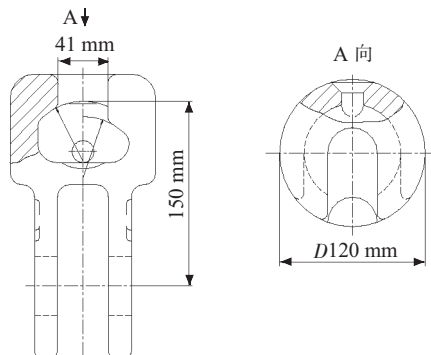


图3 碗头挂板

### 2.2 联塔金具

联塔金具是将耐张绝缘子串连接到铁塔横担上的

一个金具,它决定送电线路是否安全运行。除要有足够的机械负荷以外,联塔金具更需具备转动的灵活性和耐磨性。目前特高压输电线路工程中采用的耳轴挂板,能够各个方向转动灵活。根据特高压线路设计经验,考虑联塔金具的上部与铁塔连接处的磨损等因素,联塔金具的负荷一般比理论需要的高,该耳轴挂板所定吨位比 760 kN 绝缘子负荷高一个等级,为 840 kN。与 550 kN 三联绝缘子串进行比较,该耳轴挂板厚度增加到 36 mm,螺杆杆径扩为  $D48\text{ mm}$ 。同时,针对导线耐张串负荷的特点,联塔金具采用整体锻造方式加工,以提高组串的机械性能。具体的型式如图 4 所示。

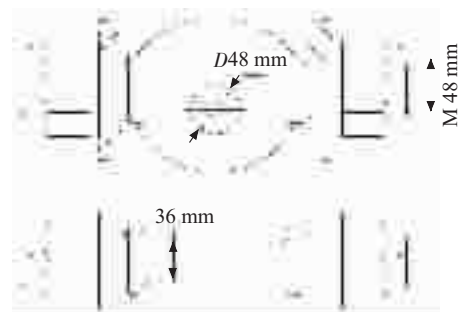


图4 联塔金具

### 2.3 跳线间隔棒

间隔棒<sup>[13]</sup>分为刚性间隔棒和柔性间隔棒 2 类。刚性间隔棒使子导线之间不产生任何位移,但防止微风振动和抑制次档距振荡效果不好。因此目前导线间隔棒大多采用柔性间隔棒。因为阻尼形式的不同,柔性间隔棒通常分为橡胶阻尼和弹簧阻尼 2 种。橡胶阻尼方式是利用在关节处嵌入橡胶垫,消耗振动能量,对抑制微风振动和次档距振荡效果明显,从运行状况来看,情况较好。

该跳线间隔棒的设计采用橡胶阻尼间隔棒。在直臂和夹头本体的关节处,嵌入橡胶垫,以抑制微风振动。同时,为保护导线的磨损和消除振动,间隔棒的夹头内侧放入橡胶垫,具体设计如图5所示。

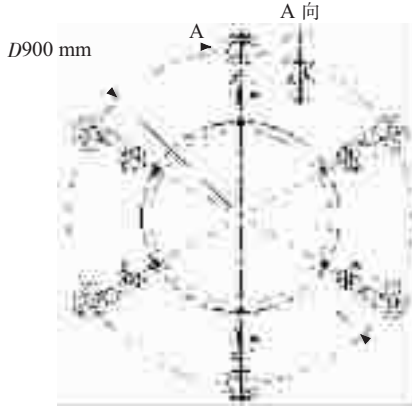


图5 间隔棒型式

### 3 试验情况

760 kN 绝缘子双联耐张串配套金具,所有的联结金具均通过了破坏荷载试验,同时耐张线夹通过握力试验,均压屏蔽环通过了电晕试验。目前,研究开发的760 kN 绝缘子双联耐张串非标金具已成功应用于锦屏-苏南±800 kV 输电线路工程,运行良好。

#### 3.1 碗头挂板试验

取3件碗头挂板进行试验,外观尺寸、镀锌层厚度均符合要求。机械试验按照 GB/T2317.1—2008<sup>[14]</sup>要求进行。3件试品试验数据均符合要求,判定为合格(如表1所示)。碗头挂板试验时间-试验力曲线详见图6至图8。

表1 机械试验数据

| 试件组号 | 标称破坏载荷/kN | 实测数据/kN | 判断依据                     | 结果 |
|------|-----------|---------|--------------------------|----|
| 1    | 760       | 879.64  | 达到标称破坏载荷,保持60 s,试品没有出现破坏 | 合格 |
| 2    | 760       | 829.46  | 达到标称破坏载荷,保持60 s,试品没有出现破坏 | 合格 |
| 3    | 760       | 853.64  | 达到标称破坏载荷,保持60 s,试品没有出现破坏 | 合格 |

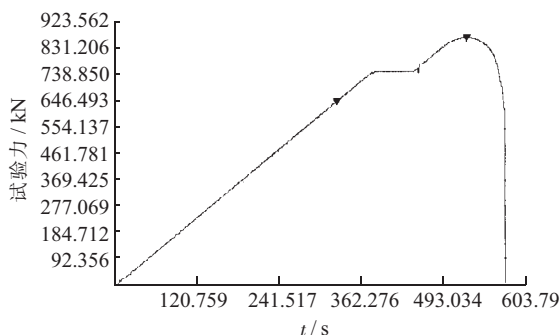


图6 试件1时间-试验力曲线

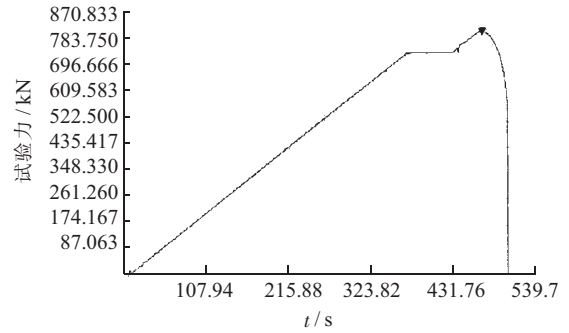


图7 试件2时间-试验力曲线

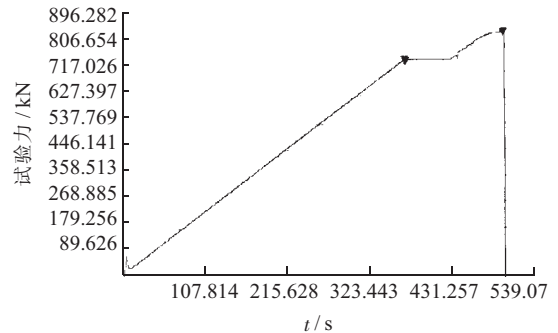


图8 试件3时间-试验力曲线

#### 3.2 耐张线夹试验

试验采用对拉形式,夹于卧式拉力机上,按照 GB/T2317.1—2008 相应要求进行试验,在张力逐步增加到规定的握力值,保持60 s后,金具与导线未发生相对滑移现象,并且导线没有出现断股或破坏。经判定,3个试件全部合格。具体情况如表2所示。

表2 握力试验数据表

| 试件组号 | 握力要求/kN | 实测数据/kN | 判断依据                           | 结果 |
|------|---------|---------|--------------------------------|----|
| 1    | 193.2   | 202     | 试验中导线相对金具没有出现滑移现象,且导线没有出现断股或破坏 | 合格 |
| 2    | 193.2   | 204     | 试验中导线相对金具没有出现滑移现象,且导线没有出现断股或破坏 | 合格 |
| 3    | 193.2   | 203     | 试验中导线相对金具没有出现滑移现象,且导线没有出现断股或破坏 | 合格 |

### 4 结束语

760 kN 绝缘子双联耐张串,与550 kN 三联耐张串相比较,在保证安全运行的情况下,减少了绝缘子和金具的数量,优化了组串的结构形式,节约了成本,符合我国特高压建设中“降本增效”这一理念。同时,双联耐张串还缩短了两外挂点间的距离,减少了导线荷载对铁塔悬挂点的扭矩,改善了铁塔受力条件,提高了铁塔的抗冰、抗风和抗震能力,从而为工程的安全性和稳定性奠定了坚实的基础。研究开发的760 kN 绝缘子双联耐张串所配套的碗头挂板等非标金具符合国家、电

力行业标准和工程技术规定,机械和电气性能试验均满足要求。研究成果已成功应用于锦屏—苏南±800 kV 输电线路工程。

#### 参考文献:

- [1] 刘振亚. 特高压电网[M]. 北京:中国经济出版社,2006:27-35.
- [2] 赵彪,孙河,刘姜玲. 特高压交流试验示范工程的经济性[J]. 电力建设,2009,30(11):24-26.
- [3] 袁清云. 特高压直流输电技术现状及在我国的应用前景[J]. 电网技术,2007,29(14):1-3.
- [4] 黄莹,徐政,曾德文,等. 西电东送纯直流输电方案研究[J]. 电网技术,2004,28(19):1-4.
- [5] GB/T1179-2008 圆线同心绞架空导线[S]. 北京:中国标准出版社,2008.
- [6] 郭思顺. 架空送电线路设计基础[M]. 北京:中国电力出版社,2010:40-93.
- [7] 胡安民. 架空电力线路实用计算[M]. 北京:中国水力水电出版社,2003:3-15.
- [8] 柴玉华,王艳君. 架空线路设计[M]. 北京:中国水力水电出版社,2001:27-54.

- [9] GB/T2314—2008 电力金具通用技术条件[S]. 北京:中国标准出版社,2008.
- [10] GB/T2315—2008 电力金具标称破坏载荷系列及连接型式尺寸[S]. 北京:中国标准出版社,2008.
- [11] GB/T 4056—2008 绝缘子串元件的球窝连接尺寸[S]. 北京:中国标准出版社,2008.
- [12] 董吉涛. 电力金具手册[M]. 北京:中国电力出版社,2001:161-171.
- [13] 程应镛. 送电线路金具的设计安装试验和应用[M]. 北京:水利电力出版社,1989:163-166.
- [14] GB/T2317.1—2008 电力金具试验方法[S]. 北京:中国标准出版社,2008.

#### 作者简介:

陈宁(1963),男,江苏如皋人,高级工程师,从事电力金具研究开发和相关标准起草工作;  
 黄海俊(1974),男,江苏如皋人,高级工程师,从事电力金具设计、产品试制研究与分析;  
 王圣博(1987),男,江苏新沂人,工程师,从事金具产品的设计及工艺研究。

## Research on the Fittings for Double Strain Insulator-strings of 760 kN

CHEN Ning, HUANG Haijun, WANG Shengbo

(China Energy Engineering Group Nanjing Line Accessories Manufacturer, Nanjing 210037,China)

**Abstract:** In order to improve the reliability and the economic rationality of EHV transmission projects, reduce installation and maintenance, and adapt to the development trend of raising load about insulator, the duplex strain insulator-string fitting for 760 kN is developed. The number of insulators and fittings reduced, the distance between the two hard points shortened, and the stress condition and the ice-resistant, wind-resistant, vibration-resistant capacity of tower improved through substituting 760 kN double strain insulator-strings for 550 kN triple strain insulator-strings. The research productions had been successfully applied to the Jinpin-Sunan ±800 kV EHV DC Transmission Project.

**Key words:** 760 kN insulator; duplex; strain insulator-string; fittings; extra-high voltage

(上接第 49 页)

- tion to Algorithms. Third Edition. Cambridge, Massachusetts London, England; The MIT Press, 2009:253-285.
- [5] 阎冬,王玉龙,苏森,等. 基于协作交互的概率性数据包标记溯源方法[J]. 北京邮电大学学报,2012,35(1):51-54.
- [6] 周功业,吴伟杰,陈进才. 一种基于对象存储系统的元数据缓存实现方法[J]. 计算机科学,2007,34(10):146-148.
- [7] 卢成均. 缓存机制及其在数据存取层中的应用模型研究[J]. 计算机应用与软件,2008,25(12):172-174.

- [8] 钱立军,李新家. 用电信息采集系统中数据比对功能的实现及应用[J]. 江苏电机工程,2013,32(2):64-65.

#### 作者简介:

陶晓峰(1977),男,江苏张家港人,工程师,从事智能用电采集系统的设计和开发研究工作;  
 陈方周(1986),男,宁夏银川人,工程师,现从事智能用电采集系统的设计和开发研究工作。

## Application of Cache Based Data Supplement Acquisition Strategy in Smart Electricity Consumption Acquisition System

TAO Xiaofeng, CHEN Fangzhou

(State Grid Electric Power Research Institute, Nanjing 210003, China)

**Abstract:** This paper proposes a distributed cache based data supplement acquisition strategy for massive data mining complement in electricity acquisition system. By pre-initializing required data items in the distributed cache, using hash algorithm to precisely locate the meta data extracted by data package mark method and generating the supplementary acquisition task with the tag information pre-stored in distributed cache, the complement trick efficiency of smart electricity acquisition system and the system acquisition success rate is significantly improved.

**Key words:** cache; Recall; large quantity; packet marking method; smart electricity consumption