

文章编号: 1674—8247(2019)05—0052—04  
DOI:10.12098/j.issn.1674-8247.2019.05.011

## 一种柱顶新型高速铁路牵引供电附加线悬挂系统

王京保

(中铁第五勘察设计院集团有限公司, 北京 102600)

**摘要:**目前,国内电气化铁路正馈线、供电线、加强线的接触网附加线悬挂存在安全距离、安装空间等问题。针对此问题,本文提出一种高速铁路牵引供电附加线悬挂系统,适用于高速铁路及普速铁路的附加线的悬挂要求。通过加强绝缘及双绝缘复合材料制成肩架的横臂,无需在线夹与肩架之间设置绝缘子串,有效降低了接触网支柱的高度及附加线之间的间距需求,同时减少了附加线因绝缘子串引起的摆动绝缘间隙。新型悬挂装置结构设计简单紧凑,节约安装空间,安全可靠,便于维护及运营管理,提升了系统运行质量。

**关键词:**柱顶;附加线;悬挂

中图分类号:U225.4<sup>+</sup>2 文献标志码:A

## A New Type of Additional Wire Suspension System for the Top of the Pole on High-speed Railway Electric Traction Feeding

WANG Jingbao

(China Railway Fifth Survey and Design Institute Group Co., Ltd., Beijing 102600, China)

**Abstract:** For the safety distance, installation space and other problems existing in the suspension of OCS additional wires of positive feeder, power line, line feeder of China's electrified railways, a OCS additional wire suspension system on high-speed railway electric traction feeding is provided in the paper, which is suitable for the suspension requirements of both high-speed railway and normal-speed railway. Since the cross arm is made of reinforced insulation and double insulation composite materials, there is no need to set insulator strings between the wire clip and the shoulder frame, the height of the OCS pole and the space between the additional wires are reduced. At the same time, the swing insulation gap caused by the insulator strings is reduced. In addition, its structure is simple and compact, saving installation space, with high safety and reliability, convenient for maintenance and operation which promotes the quality of system operation.

**Key words:** top of the pole; additional wire; suspension

接触网正馈线、供电线是电气化铁道牵引供电系统的重要组成部分。沿线分布的牵引变电所、开闭所、分区所均有数公里的供电线,在供电臂较长、坡度大、弯道迂回较多的线路上设有并联线和加强线,AT供电方式区段均设有正馈线<sup>[1-2]</sup>。

目前,正馈线、供电线、加强线主要通过绝缘子或绝缘子串与钢肩架相连,以保证附加线和接触网支柱之间不发生闪络。但随着所需绝缘距离的增大,绝缘片数增多,绝缘子串或绝缘子长度变大,其对跨线建筑物、其余附加导线的安全距离也必然增加。且线夹容

收稿日期:2018-08-10

作者简介:王京保(1987-),男,工程师。

引文格式:王京保.一种柱顶新型高速铁路牵引供电附加线悬挂系统[J].高速铁路技术,2019,10(5):52-55.

WANG Jingbao. A New Type of Additional Wire Suspension System for the Top of the Pole on High-speed Railway Electric Traction Feeding[J]. High Speed Railway Technology, 2019, 10(5): 52-55.

易发生晃动,对附加线的限位作用不好,附加线的摆动大;同时其工程成本较高<sup>[3-5]</sup>,因此,有必要对悬挂方式进行研究改进。

## 1 国内外研究现状

传统的正馈线、供电线悬挂方式是采用导线与线夹刚性固定,线夹与绝缘子串连接后悬挂在钢肩架上,下锚处硬锚固(无补偿下锚)的方式<sup>[6-7]</sup>。目前国内外学者和工程技术人员对这种悬挂方式的主要研究方向为从理论分析、实验研究、有限元数值模拟几个方面对特殊气象条件下或特殊地段的悬挂方式进行改进。

新型复合材料主要由玻璃纤维、不饱和聚酯树脂材料组成,通过纤维缠绕、拉挤、真空灌注等工艺使其成形。新型的复合材料因材料及工艺不同性能也不同,可广泛应用于各个领域。针对供配电部分的新型复合材料,研究主要集中在绝缘子材质、杆塔及横担材质上,尤其近几年,随着复合材料应用技术研究的逐渐深入,应用复合材料制造输电线路杆塔及横担成为研究热点。

## 2 主要研究内容、关键技术及研究方法

### 2.1 研究内容

绝缘子是供电线路中使用最广泛的基础原件,用于悬挂导线并起绝缘作用,目前常用的主要有悬式绝缘子和棒式绝缘子。绝缘子的机械性能包括抗拉、抗压、抗弯、抗机械冲击以及彩玉强度。绝缘子的绝缘结构和绝缘材料在电场作用下不被击穿的耐受电压和能力,称为绝缘强度。随着所需绝缘距离的增大,绝缘片数的增多,绝缘子串或绝缘子长度的变大,绝缘子对地及跨线建筑物以及其余附加导线的安全距离必然增加<sup>[8-9]</sup>。

本文在分析目前国内电气化铁路正馈线、供电线、加强线悬挂系统形式的基础上,寻求一种新型的复合绝缘材料应用于正馈线、供电线、加强线肩架,使其肩架本身满足绝缘距离要求。去除现有悬挂系统中的绝缘子串,以减少正馈线、供电线、加强线安装所需空间,主要研究内容包括:

- (1) 高速铁路附加线系统采用新型复合材料悬挂装置可行性分析。
- (2) 新型复合材料零配件的工艺选择及结构设计。
- (3) 新型复合材料肩架与导线间悬挂方式的设计。
- (4) 新型复合材料高压绝缘研究及测试。
- (5) 新型复合材料制品的表面处理及老化分析。

(6) 对新型复合材料悬挂装置进行力学分析。

(7) 新型复合材料悬挂装置可靠性、维修性和经济性的综合权衡。

(8) 新型复合材料悬挂装置实际应用的实验测试。

(9) 新型复合材料肩架维护处理方式的研究。

### 2.2 关键技术

针对上述技术问题,提供一种高速铁路牵引供电附加线悬挂系统,包括肩架、接触网支柱与线夹。其中,肩架包括横臂与底座,横臂由加强绝缘及双绝缘复合材料制成。横臂的第一端与底座固定连接,底座与接触网支柱的顶部固定连接,横臂的第二端与线夹固定连接,线夹用于固定附加线。该系统的关键技术包括:

- (1) 完整高速铁路牵引供电附加线悬挂系统的设计。
- (2) 新型复合绝缘肩架及其配套零配件的设计。
- (3) 对新型复合材料悬挂装置进行力学分析。
- (4) 新型复合材料悬挂装置实际应用测试方法的确定。

### 2.3 研究方法

对国内外有关文献进行检索,全面深入了解国内外正馈线、供电线、加强线悬挂装置及新型复合材料应用于电力系统的最新技术和动态,并按照以下思路开展工作:新型的材料确定→系统设计→力学特性分析及绝缘间隙分析→建立模型→仿真分析→得出数据→试验验证。

#### (1) 系统设计

首先对既有悬挂装置进行静力学分析、模态分析、谐响应分析和瞬态动力学分析,得出悬挂装置的静力学特性和动态响应特性,为复合材料悬挂装置的设计提供参考。其次在现有的各种复合材料中寻找一种绝缘距离满足要求的材料,依据计算对复合材料肩架及其配套零部件进行尺寸设计和绝缘设计,并对设计的复合材料悬挂装置进行力学分析。然后建立各个零部件可靠度计算模型,定量计算出各个零部件的可靠度值。最后,对整个新型复合材料悬挂系统的维修性和经济性加以分析、研究,并对其可靠性、维修性和经济性作综合权衡分析,使复合材料悬挂装置各项性能指标达到最优,为接触网系统的设计提供重要的理论依据。

#### (2) 系统建模、计算机仿真

采用三维建模软件建立复合材料悬挂装置的实体模型。根据肩架及零配件分析得出零部件的受力状态,对复合材料选装装置中受力薄弱点进行优化设计

直至得到满足绝缘距离要求、受力最合理、最节约空间的悬挂装置。对现行的悬挂系统进行建模仿真,对新设计的复合悬挂装置与现行悬挂系统在绝缘、受力、空间三个方面进行对比分析。

一种高速铁路牵引供电附加线悬挂系统的结构示意图如图1所示,肩架的结构示意如图2、图3所示。

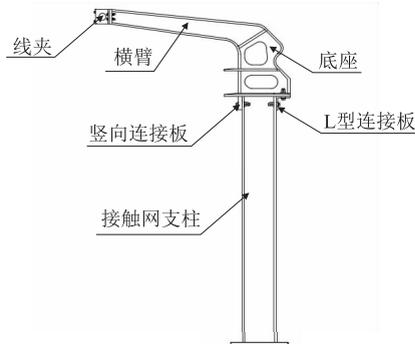


图1 附加线悬挂系统结构示意图

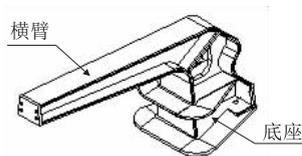


图2 附加线悬挂系统肩架结构示意图

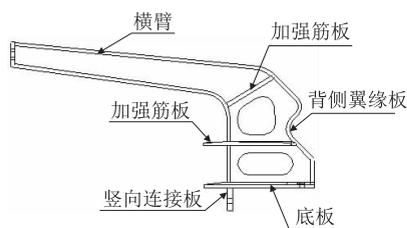


图3 附加线悬挂系统肩架结构示意图

### 3 安装方式

本文提供的一种高速铁路牵引供电附加线悬挂系统,包括肩架、接触网支柱1与线夹2。

肩架包括横臂3与底座4,横臂3由加强绝缘及双绝缘复合材料制成;横臂3的第一端与底座4固定连接,底座4与接触网支柱1的顶部固定连接,横臂3的第二端与线夹2固定连接,线夹2用于固定附加线。

横臂3为工型结构还没有加强筋板,有效增强其力学性能,避免在大风等极端情况下,横臂3发生断裂或与底座4断开连接。

加强绝缘及双绝缘复合材料包括玻璃纤维和不饱和聚酯树脂材料,通过纤维缠绕、拉挤与真空灌注等工艺即可完成横臂3的成型,质量轻、强度高、耐腐蚀和

电绝缘性能好,且其生产工艺简单,制造成本较低。

横臂3与水平面的夹角为 $0^{\circ} \sim 30^{\circ}$ ,在保持附加线与接触网支柱1之间安全距离的情况下,能有效降低横臂3的长度。

底座4包括底板6和设于底板6上的工型立柱。底板6与接触网支柱1连接,工型立柱与横臂3连接。工型立柱上设有加强钢板8能有效承载横臂3与附加线对其产生的作用力。工型立柱腹板为镂空结构,在保持工型立柱良好的受力强度下,能有效降低重量,便于安装,且成本低。

工型立柱背侧翼缘板5为S型结构,其抗拉伸的性能高,可避免在大风等极端情况下,底座4与接触网支柱1断开。

接触网支柱1的内侧通过竖向连接板7与底板6螺栓连接,接触网支柱1的背侧通过L型连接板9与底板6螺栓连接,增强了接触网支柱1与底板6之间连接性能,竖向连接板7与底板6为一体结构,安装方便快捷。

横臂3的第二端设有固定板,固定板上设有与螺栓配合的螺栓孔。线夹2通过螺栓与横臂3的第二端固定连接。

### 4 经济技术指标

#### (1) 安全可靠,维护工作小

新型悬挂装置无需在线夹与肩架之间设置绝缘子串,减少了附加导线因绝缘子串引起的摆动绝缘间隙,减小导线的摆动量,缓解导线疲劳及连接零部件磨损,有效避免了附加导线摆幅过大造成的与其他设备、线材绝缘带电体或接地体间的距离不足问题,使跳闸事故缩减最小化,提高了运营维护效率。

#### (2) 支柱及肩架高度低

新型悬挂装置无需在线夹与肩架之间设置绝缘子串,使导线最大弛度处在满足规范中附加导线对地面最小距离的前提下,可有效降低接触网支柱高度及肩架高度。

#### (3) 安装间距需求小

新型悬挂装置无需在线夹与肩架之间设置绝缘子串,使导线在满足规范中附加导线相互间最小距离的前提下,可有效降低附加导线肩架之间的安装间距需求,减少多线路并行区段的线间距需求,减少独立供电线架设区段的用地界,降低投资。

#### (4) 结构简单安装便捷

新型悬挂装置结构设计简单、紧凑,节约了安装空间,可有效减少人工安装时间。

#### (5) 横臂强度高、重量轻

横臂采用的新型绝缘复合材料主要由玻璃纤维、不饱和聚酯树脂材料组成,通过纤维缠绕、拉挤、真空灌注等工艺使其成形。与同规格的瓷、玻璃绝缘相比,重量轻、强度高、耐腐蚀和电绝缘性能好,且其生产工艺简单,便于安装维护。

#### (6)横臂污闪电压高

横臂伞裙护套材料为有机硅高分子材料,其内聚能密度低,表面能也低,加上侧链上烷基屏蔽子主链中亲水的氧原子与烷基上的氢原子相互排斥,使水分子难以与亲水的氧原子接近,绝缘复合材料表现出憎水性的特点。表面水珠凝聚成彼此分离的细小水珠,而不形成连续的水膜导电层,且憎水性有向表面迁移的特性,因而绝缘复合材料绝缘表面泄漏电流小,难以形成局部电弧,不易发生表面污秽闪络。

在表面脏污程度和电导率相同的条件下,横臂表面电阻比形状系数小的瓷绝缘子要高。绝缘子污闪电压与表面电阻有直接关系,表面电阻大,泄漏电流小,相应污闪电压就高。在泄漏距离相同情况下,污闪电压横臂比瓷绝缘子高一倍以上。

#### (7)运输维护方便

由于耐污性能高,不必进行污秽清扫,基本实现了少维护甚至免维护。不仅能节约维修费用,同时也减轻了维修劳动强度,提高了输电运行的可靠性。

## 5 结论

接触网附加导线悬挂装置作为受力部件,是接触网系统的重要组成部分,其电气性能、机械性能、材料性能品质将直接影响接触网系统的工作状况,对行车影响较大。同时,该装置也是接触网系统使用频率高、作用重要的子系统,不但承受接触网附加导线施加的作用力,还承受绝缘子发生闪络时产生的巨大电流。

本文提供了一种高速铁路牵引供电附加线悬挂系统,适用于高速铁路及普速铁路的附加线悬挂要求,通过加强绝缘及双绝缘复合材料制成肩架的横臂,可取消在线夹与肩架之间设置绝缘子串,有效降低了接触网支柱的高度及附加线之间的间距需求,同时减少了绝缘子串引起的摆动绝缘间隙。新型悬挂装置结构设计简单紧凑,节约安装空间,安全可靠,便于维护及运营管理。进一步提高了接触网系统的可靠性,保

障了牵引供电系统的安全运行,提升了系统运行质量。

## 参考文献:

- [1] TB 10621-2014 高速铁路设计规范[S].  
TB 10621-2014 Code for Design of High Speed Railway [S].
- [2] TB 10009-2016 铁路电力牵引供电设计规范[S].  
TB 10009-2016 Code for Design of Railway Traction Power Supply [S].
- [3] 王京保,刘长志.一种新型接触网附加导线悬挂装置[J].电气化铁道,2019,40(1):48-50.  
WANG Jingbao, LIU Changzhi. A New Type of Additional Wire Suspension Device for Overhead Contact System [J]. Electric Railway, 2019, 40 (1): 48-50.
- [4] 李长波.兰新高铁接触网附加线防舞动技术研究[J].铁道建筑技术,2017,34(2):98-100.  
LI Changbo. Research on Anti-galloping Technology of Catenary Additional Line in Lanzhou-Xinjiang High-speed Railway [J]. Railway Construction Technology, 2017, 34 (2): 98-100.
- [5] 韩佳栋.大风区高速铁路接触网附加导线舞动机理及防护措施研究[J].铁道标准设计,2015,59(12):125-129.  
HAN Jiadong. Study on Mechanism of High-speed Railway OCS Additional Wire Dancing in Strong Wind Area and Protective Measures [J]. Railway Standard Design, 2015, 59 (12): 125-129.
- [6] 陈忠革,古晓东.高速铁路接触网附加导线转换方案研究[J].铁道标准设计,2015,59(7):143-146.  
CHEN Zhongge, GU Xiaodong. Approach to the Conversion of OCS Additive Wire on High-speed Railway [J]. Railway Standard Design, 2015, 59 (7): 143-146.
- [7] 许建国,邢瑞江.接触网附加导线展放悬挂施工技术研究[J].铁道机车车辆,2002,22(5):56-57.  
XU Jianguo, XING Ruijiang. Research on Engineering Techniques of Spreading and Hanging of Attaching Wire of the Contact Line [J]. Railway Locomotive & Car, 2002, 22 (5): 56-57.
- [8] 吴亮.防风系统附加线舞动问题浅析[J].科技创业月刊,2015,28(2):102.  
WU Liang. Analysis on the Problem of Additional Line Dancing in Wind Protection System [J]. Pioneering with Science & Technology Monthly, 2015, 28(2): 102.
- [9] 李勇.接触网AF悬挂“环环”连接结构的疲劳分析[J].电气化铁道,2017,38(1):26-30.  
LI Yong. Fatigue analysis of the "Ring-ring" Connection Structure of AF Suspension for Overhead Contact System [J]. Electric Railway, 2017, 38 (1): 26-30.

(编辑:刘会娟 白雪)