

六年携手艰辛路 校企联盟结硕果

“

2006年至今,中国西电集团公司与西安交通大学联合攻关,先后自主研制的1100kV特高压套管和±800kV特高压干式直流套管,以其优良的性能在国家绝缘子避雷器质量监督检验中心顺利通过型式试验,这标志着我国首支拥有自主知识产权的1100kV特高压套管和±800kV特高压干式直流套管已经诞生,这也是西电集团与西安交通大学校企联合攻关结出的最为丰硕的果实。



武汉特高压试验基地运行中的1100kV套管

高瞻远瞩 优势互补结联盟

近年来,我国输变电事业发展迅速,尤其是随着国家特高压交、直流电力工程的启动,特高压输变电产品的国产化已成为央企的社会责任。但是,长期以来,特高压工程技术在世界领域只有少数几个国家掌握,特高压交流套管及±800kV特高压干式直流套管是该

工程中的一项难点,我国几大变压器公司所采用的特高压套管均为国外公司产品,并且使用过程中由于交货问题,往往影响到我国特高压工程的建设,且进口产品的漫天要价,也给各企业造成了巨大的成本负担,特高压交、直流套管成了我国特高压工程建设最大的制约因素,

成为我国电力工业发展的瓶颈。开发具有自主知识产权的特高压交、直流套管成了当务之急。

面对这一需求,本着国家发改委提出的“输变电设备以我为主,自主开发”的基本方针,国家电网公司、南方电网公司提出的“电力设备向无油化发展”的要

求,从2006年开始,西电集团就与西安交通大学成立科研攻关小组,积极承担了特高压交、直流套管的研制任务,采取校企联合研发模式,充分发挥各单位的资源优势和实力开展这方面的研发工作,勇敢地承担起了振兴民族工业的重任。

扎实工作 一丝不苟建平台

利用校企联合搭建的研发平台,科研组首先综合分析了国内外特高压交、直流套管的研究和制造现状,先后确定了1100kV油纸套管、1100kV干式油-SF6套管和±800kV干式直流套管的研制方案。从材料、工艺、设计等基

础研究、关键技术的突破与掌握、产业化等方面开展研发,进行了大量的基础性研究工作:建立了具有自主知识产权的特高压交、直流套管优化设计平台;开发了特高压交流油纸套管制造工艺体系和特高压干式油-SF6套

管、干式直流套管材料配方工艺体系;配置了生产高压交、直流套管的关键制造设备、工装;建成了世界一流、国内领先的超(特)高压交、直流套管研制基地,系统解决了各种场的问题、材料界面处理、产品结构设计、制造工艺

及研发基地和生产线建设、关键件制备、样机制造及试验等问题,实现了特高压交、直流套管关键技术的创新和突破,掌握了特高压油纸套管和胶浸纸干式直流套管关键核心技术,为项目的顺利实施夯实了基础。

艰辛磨砺 遇挫不馁过难关



“晋东南—南阳—荆门”特高压试验示范工程1100kV油纸电容式电抗器套管



±800kV特高压干式直流套管试验样机

1100kV特高压套管和±800kV直流套管是一个世界性难题,只有国外少数几家公司掌握这一技术,一直以来,引进国外这方面技术非常困难,有关套管的设计、制造技术及公开报道更是罕见。因此,掌握1100kV特高压套管和±800kV特高压干式直流套管设计制造核心技术,对提升我国电力设备制造企业的制造水平和与国外产品的竞争能力,打破国外垄断,摆脱国外的制约,实现特高压交、直流套管的国产化都具有重要意义,同时难度很大。

特高压油纸套管方面:需要重点攻

克套管内外绝缘的优化设计、大型瓷件的成型制作、套管整体结构研究、样机制造和试验等五大方面的技术难题。

通过与西安交大技术合作,建立设计平台采用多种计算方法进行套管内外绝缘电场模拟计算,完成了套管内外绝缘优化设计的基础工作。

经过大量专用工装设计制作和瓷件成型配方、工艺等的深入研究,克服种种难以想象的困难历时近半年时间完成了套管用大型瓷套的制作,为样机进入实质性的制造阶段创造了条件。总结经验,分析大量的实测与试验

数据,通过大量的工艺验证,攻克了套管制造与试验过程超长导管焊接、大型芯子卷制、产品装配、产品绝缘处理和试验等关键的技术难题,一次性成功研制出了国内首只百万伏套管。

特高压交、直流胶浸纸干式套管方面:由于干式套管的制造工序多,工艺复杂,一个芯子的制造要经过纸芯卷制、干燥、树脂脱气、真空浇注、高温固化等诸多环节,因此最初的实验套管试制并不是一帆风顺,制备出的芯子起始放电电压并不高,不能满足设计要求,一时让大家一头雾水,无从下手。在西

安交大彭教授的带领下,团队成员坐在一起积极想办法,找思路,对工艺的各个环节进行细致入微的分析、探讨,意识到成功不可一蹴而就,通过艰苦细致的劳动才可以不断取得提高,于是,确立了更为详尽的实验方案。

首先对备料脱气系统进行再更改,对设备不合理的部位进行彻底的改造。大家从最初不了解设备,到最后成为真空设备的行家,付出了艰辛的努力,经过连续两个礼拜的反复测试检验,备料系统完全达到了更高的工艺要求。

其次对树脂浸渍工艺进行大量的实验,以了解不同树脂以及各个因素对浸渍过程的影响,光是用来测试的小棒就有六七十个,每次试验要连续测试几十个小时,辛苦程度不言而喻。经过反复试验,终于对浸渍树脂性能和浸渍工艺有了一个完全透彻的了解,对制定科学的工艺路线起到了很好的指导作用。此后,又研究了不同界面下电极铝箔与树脂的浸润,经过大量资料的分析,无数次实验的积累,最终确立了铝箔表面的处理工艺,使之与浸渍树脂有良好的浸润性,改善界面状态,拟制放电,并且研制出了表面处理设备,使铝箔的表面处理变得简单且容易控制。

付出的艰辛劳动终于得到了回报。通过对工艺的透彻研究、对材料性能的全面掌握、对界面影响的完全消除,首次制备的三个实验套管芯子经过检测,原设计±30kV的芯子,起始放电电压全部达到60kV以上,远远超出了设计的要求。此后,大到±200kV的近百根实验套管芯子的研制成功,使大家备感欣慰的同时,前面付出的艰辛、汗水、委屈顿时烟消云散。而这些成绩的取得,为工程应用产品的研制和产品产业化积累了宝贵的经验,极大地推进了干式交、直流套管的产业化及其应用的步伐。

苦尽甘来 携手共赢结硕果

2006年,成功研制了国内首只百万伏油纸变压器套管,产品在2007年6月带电运行于武汉特高压试验基地,目前运行状态良好。

2007年底,成功研制了“晋东南—南阳—荆门”特高压试验示范工程1100kV电抗器套管,经过与ABB公司1000kV/2500A套管、英国雷诺尔1100kV/800A套管及原全苏电瓷厂1150kV/1250A套管的主要性能参数对比,西电集团1100kV套管与国外套管在技术性能水平方面基本一致,完全可以替代进口,满足我国特高压输变电成套设备国产化的要求。

通过课题研究,目前取得总体成果4项,申请国内专利2项,修订国家标准2项。

2010年,随着西电集团所属西安西电高压套管有限公司厂房的建成投运,进口设备的安装到位,又紧锣密鼓地开始了干式套管的产业化,使产、学、研、用协同攻关的研发体系的作用得到充分发挥。经过近三年的努力,培养了一批从事高压直流套管设计、工艺、检测等方面的专业人才,取得了一大批具有自主知识产权的科研成果:申请国内专利3项,国家技术标准1项,企业标准1项;国内外核心期刊和会议上发表科技论文4篇。

在项目实施过程中,通过对不同电压等级各种用中间样品套管的制造与试验,逐级达到了1100kV及以下各级各种用途干式交流套管和±800kV及以下各级各种干式直流套管的产业化。期间,先后研制出具有自主知识产权的±20kV、±50kV、±90kV、±150kV、±320kV、±600kV干式直流穿墙套管;±125kV、±186kV、±200kV、±500kV、±800kV干式换流变套管;±550kV及以下各级各类干式变压器套管;126kV、252kV、363kV、550kV、1100kV干式油-SF6套管、油-油套管等,部分产品已经挂网运行,目前运行状态良好。其中:1100kV干式油-SF6套管是目前国际上首只电压等级最高、直径最大的干式套管,填补了一项国际空白,具有里程碑意义;±800kV干式直流套管的研制成功,解决了高压直流套管制约我国直流输电发展的瓶颈问题,打破了国外技术垄断,并具有良好的市场前景。

据国外报价,±800kV直流套管单价大约500万元人民币左右。根据国家电网公司及南方电网公司目前计划建设的特高压直流输变电工程计算,仅直流套管的需求量预计在30亿左右。因此,±800kV特高压干式直流套管的研制成功,对中国实现特高压直流重大装备国产化是一项重大的创举,产业化后将具有重大的社会效益与经济效益。

1100kV交流油纸套管、1100kV交流干式油-SF6套管和±800kV特高压干式直流套管的研制成功,实现了特高压交、直流套管关键技术的创新和突破,掌握了特高压油纸套管和胶浸纸干式交、直流套管关键核心技术,标志着两项国家科技支撑计划项目:“1000kV交流输变电工程大型套管工艺技术的研究”、“±800kV直流工程套管和大型套管工艺技术研究”和一项填补国际空白的项目“1100kV干式油-SF6套管研制”在西电集团和西安交大的校企联合下取得圆满成功。

六年校企携手,六年刻苦攻关,所取得的一系列成绩,充分显示了校企联盟的强大力量,是产、学、研、用相结合的成功典范。