

(6) 采取修改燃烧系统控制逻辑和优化运行方式,成功地解决了引进型裤衩腿炉膛结构(CFB锅炉普遍存在“翻床”的技术难题,确保了锅炉稳定运行。

(7) 通过优化点火方式,改变原设计一、二次风量配比,适当降低原设计投煤温度,每次比原设计节约点火用油50%以上;燃用相同煤种时比100MW等级CFB锅炉节约点火用油约40%。

(8) 针对燃用煤种的不同,改原设计风水联合冷渣器为滚筒冷渣器;调整原标配入炉煤粒径,成功实现锅炉床压的稳定;拓宽了引进300MW CFB锅炉对燃料的适用范围,为高灰、高硫、低热值劣质煤资源的大量开发利用提供了有效的途径。

二、效益与应用

通过该项目的实施,成功实现了我国CFB发电技术从100MW向300MW等级以上的大型CFB锅炉

发展的跨越,带动了行业技术的进步,促进了我国300MW CFB锅炉机组快速推广应用。随着本项目2006年8月完成,后续项目云南巡检司于2007年1月投产、河北秦皇岛1号锅炉于2006年11月投产,目前运行台数11台,锅炉厂正在生产制造的近70台,产值近190亿元,效益达22亿人民币,同比引进锅炉节约近1.5亿元/台。

通过该项目的实施,将改变我国洁净煤发电技术应用比例低的局面,根据国家发改委印发的《关于2007/2010年煤矸石综合利用电厂项目建设有关事项的通知》,确定2007~2010年全国新建煤矸石综合利用电厂50座,总装机规模1849.5万kW,具有煤种适应能力强、锅炉效率高、环境效益好的大型CFB锅炉机组将得到广泛的应用,对实现我国火电结构调整、节能降耗,建设资源节约型、环境友好型社会具有重要意义。

2009

中国电力年鉴

重要科技基地建设

特高压交流试验基地

一、基地概况

特高压交流试验基地的建设工程是国家“十一五”重大建设项目特高压交流试验示范工程的重要组成部分,是实际特高压建设工程的预演。通过试验基地的建设,将在特高压电磁环境、特高压设计、设备技术要求、设备制造、工程建设、试验调试运行等方面取得有益的经验,加速我国特高压工程建设的进程。特高压交流试验基地位于湖北省武汉市江夏区五里界凤凰山南,占地360亩。主要建设内容包括:特高压试验电源、1km单回特高压试验线段、1km同塔双回特高压试验线段、电磁环境实验室、环境气候实验室、特高压设备带电考核场、特高压交流电晕笼、车载式移动电磁兼容现场测试系统和电力系统电磁环境仿真平台、7500kV户外冲击试验场、科研培训综合楼以及必要的试验装置和其他辅助设备。于2006年10月10日开工建设,2007年6月同塔双回试验线段成功带电,2008年12月试验基地具备全部

试验功能。在外绝缘特性试验的条件、污秽试验能力等方面创造了12项世界第一。

二、基地主要功能

试验基地主要围绕特高压交流输电工程科研、建设、运行开展系统、全面的试验研究工作,可全面开展特高压交流外绝缘特性及电晕特性、电磁环境、带电作业、特殊环境气候对特高压交流系统运行影响、特高压交流输电系统设计和运行等关键技术的试验研究。

试验电源装置及辅助设施主要包括3台单相1100kV变压器、CVT(电容式电压互感器)、TA(电流互感器)、避雷器、220kV电源接入系统,以及综合控制楼等建筑物。为试验线段和设备带电考核场供电。

特高压交流试验线段:1km单回试验线段和1km同塔双回试验线段均由2基耐张塔和2基直线塔组成“耐一直一直一耐”三个档距,几何尺寸可调。线段为进行特高压输电线路电晕特性试验研究、特高压输电工程对电磁环境影响的试验研究、绝缘子串积污特性研究和综合参数(雷电、污秽、覆冰、振动等)在线监测研究提供了条件,同时也为进行特高压线路带电作业间隙及带电作业方式研究提供了平台。

电磁环境试验室：由 200m² 的测量与观察室（其中屏蔽室 60m²）和 120m×10m 试验场组成。可进行特高压线路电磁环境参数全天候测量、特高压线路与各类无线电台站的防护间距、特高压设备的电磁兼容性问题等大型课题的研究，为保证特高压工程满足环保要求提供基础数据和措施，对工程设计进行指导。

特高压设备长期带电考核场可对 GIS（高压气体绝缘开关设备）、AIS（空气绝缘开关设备）、HGIS（介于 GIS 和 AIS 之间的新型高压开关设备）特高压设备进行全电压长期带电考核，为实现特高压输变电设备的国产化，提高我国特高压输变电设备的质量提供有效考核手段。

特高压交流电晕笼：横截面积 8m×8m，长 35m，可开展特高压实际导线的电晕效应试验研究工作，为 1000kV 交流特高压输电线路导线结构的设计和选型提供参考，填补了我国在特高压电晕笼测量电晕特性方面的空白。

环境气候试验室：环境气候试验室气候模拟厅净空直径 20m、高 25m，最低试验温度 -19℃，最低气压 0.05MPa，配备 390kW 制冷系统、喷水覆冰系统以及 1000kV 交流污秽试验电源和 ±1000kV 直流污秽试验电源，具备进行特高压长串绝缘子覆冰或融冰闪络试验和模拟海拔高达 5500m 环境下外绝缘特性试验能力，规模和参数处于世界领先水平。

车载式移动电磁兼容现场测试系统和电力系统电磁环境仿真平台：由电磁骚扰暂态测试车（测试方舱）和电磁环境测试车组成，主要服务于电磁场、电网暂态、交直流电磁兼容问题研究，可承担基于电磁环境的高压交/直流线路、变电站、换流站优化设计，高压交直流线路对邻近电力、通信及埋地管道的危险和干扰防护设计，变电站和换流站谐波、滤波器设计，大型建筑物电磁屏蔽设计。

7500kV 户外冲击试验场包括 7500kV 冲击电压发生器、分压器及其测量系统，能产生波前时间 250μs 的标准操作波和波前时间为 2500μs 长波前操作波，并有较宽的调波范围，试验参数世界最高。

科研培训综合楼：建成后利用交流试验基地的设备和条件，配合网省公司开展特高压线路运行、检修、带电作业等方面的技术培训，使之成为培养特高压设备运行及检修各类人才的基地。

三、重大研究成果

通过建设试验基地，在特高压设备参数设计、设备研制、施工技术方面取得了一系列成果。基地建设前期阶段，完成了与试验基地功能有关的 1000kV 级交流输变电系统过电压与绝缘配合、电磁环境、线路外绝缘特性、电晕特性、导线截面及其分裂形式、带

电作业技术、防雷保护技术等课题研究。提出了特高压线路的绝缘配合导则、不同海拔高度下操作过电压和工频电压所需的塔头空气间隙、绝缘子配置方法、带电作业最小安全距离和组合间隙、合理的导线截面选择和分裂方式以及线路防雷保护技术方案及措施。试验研究取得的成果已全部被试验示范工程采用。委托设计阶段，结合特高压交流试验基地的功能，对试验基地的供电电源和特高压试验电源的技术条件和要求，进行了多方案的反复对比研究，制订了特高压变压器、避雷器、电压互感器、隔离开关和支柱绝缘子等设备的技术条件，提出了线路、变用电绝缘子、金具的技术要求和基地供电要求。技术条件中对特高压设备的使用环境条件、额定参数、设计和结构、试验、运输、安装及运行维护等方面作出了规定。制订的所有特高压设备技术条件均应用于基地设备招标采购和设备设计中。设备研制和试验阶段，特高压设备在国内均属首次研制，研制过程中进行了许多设备的中间过程试验和型式试验，发现问题，分析原因，提出了解决方案。首批特高压设备在试验基地投运后带电运行正常。基地建设为特高压试验示范工程筛选出一批合格厂家，极大地推动了特高压设备国产化的进程，支撑了工程建设。工程施工阶段，在线路架设、设备安装过程中通过摸索和总结，对原来的施工工艺进行了改进、优化、创新，从技术方面为工程质量提供了有力的保证。1000kV 设备超长、超大、超重，其中构架最大的一根横梁重达 35t，跨度 58m，安装这样的巨型设备，施工建设单位多次召开技术分析会，研究确立方案，攻克了设备安装中的技术难关。科研阶段，开展了大量研究测试工作，进行了一系列工程试验与科研项目研究，共进行了 310 000 多组试验，取得有效数据约 70 000 组，完成特高压研究专项课题 5 项，提交重要研究报告 10 份，满足了特高压交流试验示范工程建设的实际需求，为试验示范工程建设和运行提供了急需的科学数据。依托特高压交流试验基地，培养了以国网电力科学研究院为主体的国家电网公司交流特高压输变电技术科研攻关团队，以外绝缘特性、电磁环境、绝缘配合与防雷、设备运行与维护为技术方向，开展特高压交流关键技术攻关。

（姚建国）

特高压直流试验基地

一、基地概况

特高压直流试验基地是经国家发改委核准的特高

压直流示范工程的6个建设项目之一,是国家电网公司重点科研项目,由中国电力科学研究院承担建设。试验基地的成功建设将全面推动特高压输电技术的发展,为特高压工程的设计、建设、运行提供有力的技术支撑。特高压直流试验基地位于北京中关村科技园昌平园区,征地120亩,租用270亩,由户外试验场、特高压直流试验线段、电晕笼、试验大厅、绝缘子及避雷器试验室、污秽及环境试验室、电磁环境模拟试验场、特高压直流换流阀试验室等8大部分组成。基地于2007年2月23日全面开工建设,5月26日,户外试验场建成投运,6月28日,世界上第一个特高压直流试验线段建成投运,并成功升压至 $\pm 1200\text{kV}$,10月25日世界上最大的两厢式特高压电晕笼建成投运。2008年5月30日,绝缘子及避雷器试验室建成投运,6月30日,试验大厅建成投运,12月31日,电磁环境模拟试验场、特高压直流换流阀试验室建成。特高压直流试验基地由我国自主设计、建设,设备全部国产化,在功能设计、设备研制、控制及试验技术和工程应用方面创造了15项世界第一,取得46项重大技术创新。

二、基地主要功能

特高压直流试验基地定位在对特高压电磁环境、外绝缘、系统运行安全、设备试验技术与运行特性等方面进行全方位的试验研究,首先满足 $\pm 800\text{kV}$ 特高压直流示范工程的研究需求;其次具备更高电压等级输电技术的试验研究能力;进而在直流电磁环境试验研究、交直流外绝缘试验研究、综合试验能力等多方面处于世界领先水平。特高压直流试验基地将成为开展超/特高压直流输电基础性、前瞻性技术研究的开放平台,成为国际领先的特高压直流输电技术试验研究中心。

户外试验场:长180m,宽90m。主要设备有:实际出力超过世界最大的7.2MV户外冲击电压成套设备、 $\pm 1600\text{kV}$ 直流电压成套设备和净空 $50\text{m} \times 60\text{m}$ (高)的门型塔、耐张锚塔。主要开展特高压直流线路各种杆塔的绝缘特性研究,为输电线路的绝缘配合及杆塔设计提供基础数据。可进行 $\pm 800 \sim \pm 1000\text{kV}$ 杆塔绝缘子串及各种空气间隙冲击放电试验、直流叠加冲击试验、直流带电作业试验等。

试验线段:长1084m,采用双回 $\pm 800\text{kV}$ 、单回 $\pm 1000\text{kV}$ 线路结构。直流电源为标称 $\pm 1200\text{kV}$ 的双极直流电压发生器。主要功能是对 $\pm 800\text{kV}$ 直流输电线路导线的电磁环境进行考核,与电晕笼试验相结合,确定适合我国国情的特高压直流输电线路电磁环境预测方法,与电磁环境模拟试验场试验相结合,对超/特高压直流输电线路不同布置方式时的电磁环境

进行研究。

电晕笼:两厢式结构,箱体截面 $22\text{m} \times 10\text{m}$,整体尺寸为 $70\text{m} \times 22\text{m} \times 13\text{m}$ (高),与试验线段共用直流电源。既可进行单极试验,也可进行双极试验。可进行多种 $\pm 800\text{kV}$ 线路分裂导线形式的电晕特性试验,掌握各种分裂导线形式的电晕特性,并结合试验线段的研究结果,总结出适合我国国情的分裂导线电晕效应的公式,为工程设计服务。

试验大厅:净空尺寸为 $86\text{m} \times 60\text{m} \times 50\text{m}$ (高),电磁屏蔽性能70dB。主要设备有: $2 \times 750\text{kV}$ 工频串级试验变压器、 $\pm 1800\text{kV}$ 直流电压发生器和6MV冲击电压发生器。主要研究特高压直流输变电设备的内、外绝缘性能。可进行 $\pm 800 \sim \pm 1000\text{kV}$ 直流输变电设备的电气性能试验,如雷电和操作冲击、交直流耐压、局放、可见电晕及无线电干扰试验等。

绝缘子试验室:净空为 $28\text{m} \times 32\text{m} \times 10\text{m}$ (高)和 $28\text{m} \times 32\text{m} \times 25\text{m}$ (高)。主要设备有: 1200kV 陡冲击电压发生器、 500kV 工频试验变压器、 600kN 热机试验装置、 $2000\text{kN}/15\text{m}$ 卧式拉力机、 $700\text{kN} \cdot \text{m}/14\text{m}$ 弯扭试验机、温度循环试验装置等。主要开展特高压直流输电工程所用各种材质、各种型式的绝缘子和套管的机电性能试验,与试验大厅配套完成上述产品的型式试验、抽样试验、产品验收试验和质量监测等,建立有效的检验规程和相关技术标准。

避雷器试验室:净空为 $29\text{m} \times 32\text{m} \times 10\text{m}$ (高)和 $16\text{m} \times 32\text{m} \times 25\text{m}$ (高)。主要设备有:冲击电流发生器、方波电流发生器、工频电压耐受特性试验装置、背靠背直流电源、27路加速老化试验装置、 20kA 整支残压及分流特性试验装置。可进行交直流避雷器及电阻片的性能研究和试验方法研究,对避雷器加速老化试验方法进行深入研究,制订有效的设备检验规程及相关标准。

污秽及环境试验室:采用直径20m、高25m的金属罐体式结构,是世界上最大的污秽—覆冰—淋雨—低气压多功能污秽及环境试验室。可进行直流 $\pm 1000\text{kV}$ 电压等级、交流 1000kV 电压等级长串绝缘子、站用支柱绝缘子及大型套管等在不同海拔条件下(最高模拟海拔5500m)的污秽、覆冰和淋雨等试验。

特高压直流换流阀试验室:建筑面积 5970m^2 ,接地电阻 $< 0.3\Omega$,屏蔽效能 $> 55\text{dB}$,最大吊重40t,包括 $54\text{m} \times 27\text{m} \times 16\text{m}$ 的运行试验大厅和 $54\text{m} \times 44\text{m} \times 28\text{m}$ 的绝缘试验大厅。具备超/特高压换流阀的运行试验功能、单阀绝缘试验功能和多重阀单元的绝缘试验功能,能按IEC标准满足全部超/特高压换流阀的出厂及型式试验。

电磁环境模拟试验场:可进行同杆双回水平排

列、交、直流线路同走廊/同塔等多种情况下的电磁环境试验研究。功能提升后,可进行暂态电磁干扰试验、二次设备抗干扰测试和高压直流设备电磁环境试验。

三、重大科研成果

试验基地进行了一系列工程试验与科研项目研究,取得了30余万组试验研究数据,共开展了近40项超/特高压直流试验研究项目,完成并提交了14册试验研究报告,为超/特高压直流输电工程外绝缘和电磁环境方面的设计和优化提供了强有力的技术支撑。户外试验场开展了 ± 1000 、 ± 800 、 ± 660 kV和 ± 500 kV电压等级的20多项试验研究。为工程初步设计提供了可靠的技术支持。试验线段开展了10多项超/特高压电压等级下多种排列方式的特高压直流试验线段电磁环境研究,确定了 ± 800 kV极导线对地最小高度和线路走廊宽度;研究成果直接用于指导超/特高压直流输电线路设计和建设。试验大厅进行了 ± 660 kV换流站典型间隙冲击放电特性试验以及北京电力设备总厂 ± 800 kV空心平波电抗器试验等多项试验研究。绝缘子试验室进行了国际首次1000kV大吨位支柱绝缘子整体弯曲破坏负荷试验,标志着基地已完全具备国际领先的特高压支柱绝缘子、套管和空心复合支柱的机械试验能力。避雷器试验室开展了 ± 800 kV直流系统用避雷器关键技术研究。

(修建)

西藏高海拔试验基地

一、基地概况

西藏高海拔试验基地是目前世界上海拔最高的电力试验研究基地。位于西藏自治区拉萨市当雄县羊八井镇,距拉萨市约95km,海拔4300m,占地约66亩。它的成功建设和试验功能填补了世界特高压高海拔试验研究的空白。西藏高海拔试验基地由户外试验场、污秽试验室和试验线段三部分组成,建有综合试验楼、污秽试验楼和生活楼。2008年6月15日,土建工程正式开工,7月25日设备安装启动,10月31日全面建成投运。

二、基地主要功能

西藏高海拔试验基地能够满足海拔4000m及以上输变电路、设备绝缘和电磁环境特性研究的需

求,为工程提供可应用的海拔修正方法,全面增强我国高海拔地区超/特高压试验研究的能力,为我国高海拔地区输电工程提供有力的技术支撑,从而形成一批具有世界领先水平、具有自主知识产权的研究成果,填补世界特高压高海拔试验研究的空白。

户外试验场:长180m,宽100m,主要包括:一基 $50\text{m}\times 50\text{m}$ 门型塔(用于悬挂各种试品)、4200kV冲击电压发生器、两台330kV工频串级试验变压器、 $+1000$ kV和 -1500 kV的直流电压发生器以及测控楼和设备存储间等附属设施。能够进行高海拔条件下站内、线路等各种空气间隙的雷电、操作冲击试验研究;高海拔下电气设备电晕特性研究;高海拔下带电作业技术研究;高海拔下各种设备的雷电、操作、交直流耐压等试验研究(以及高海拔下各类放电机理等基础性研究)等。

污秽试验室:包括 $10\text{m}\times 10\text{m}\times 12\text{m}$ 雾室、 ± 250 kV直流电源、测控楼及试品准备间。主要进行高海拔条件下的各类站用、线路绝缘子、避雷器的人工污秽、淋雨等试验研究。

试验线段:全长500m,包括3基按 ± 500 kV电压等级设计的杆塔和户外场共用直流电源和工频电源,可以开展高海拔条件下导线电晕特性试验研究;高海拔下线路电磁环境研究。

三、主要科研成果

试验基地开展了高海拔空气间隙和线路电磁环境相关的大量试验,取得了一批世界电工领域高海拔方面的原创性成果,使我国在高海拔领域的研究能力达到国际领先水平。2008年10月25日,首次在海拔4000m以上地区进行了长间隙冲击放电试验,成功获得了世界上第一组4300m高海拔下的长间隙放电电压试验数据。标志着我国在高海拔地区输电技术领域已经走在世界的前列。2008年10~12月,取得了海拔4000m以上地区的可听噪声、无线电干扰、地面合成场强等电磁环境影响数据,同时提交了4份极为珍贵的技术研究报告。

(姚建国)

特高压杆塔试验基地

一、基地概况

特高压杆塔试验基地是我国唯一从事特高压杆塔真型试验研究的基地,位于河北省霸州市津港工业园

区(霸州市杨芬港镇),占地300亩。基地2008年10月18日正式开工建设,计划于2009年一季度具备进行特高压双回杆塔真型试验的能力,2009年底基地建设全部完成,特高压杆塔基地建成后将成为世界上最大的杆塔试验研究基地。

二、基地主要功能

以满足皖电东送1000kV特高压同塔双回铁塔真型试验为基础,兼顾特高压电网远期发展会出现的1000kV同塔双回、±1000kV单回和±800kV同塔双回线路等的杆塔外形尺寸和设计荷载,兼顾新型杆塔结构研究的部件试验及整体试验需求、兼顾已经出现和即将大量出现的500kV同塔多回线路杆塔真型试验的需求。可满足特高压工程杆塔真型试验的要求,根据研究工作需要,开展杆塔构件和部件的承载力试验、节点构造优化设计试验、构件传力试验、循环荷载强度试验和结构动力稳定性试验等多个方向的研究工作。其中杆塔真型试验能力可以覆盖特高压双回输电线路绝大多数的常规塔型。

承载系统:主要包括试验万能基础、横向加荷塔、纵向加荷塔、纵向反加荷塔、各类转向地锚、液压缸基础、配套试验钢梁等锚固传力设施、设备等。

试验万能基础占地面积约3650m²。横向加荷塔、纵向加荷塔总高153m,纵向反向加荷塔总高133m。

液压加载系统主要包括横向加荷室(2个)、纵向加荷室、纵向反向加荷室共4个独立的液压加荷系统,目前共布置了188套液压缸,预留18个空位,远期可以扩充到206套。

测量控制系统:利用VXI总线技术,实现4个加荷室、206个液压加载缸多点协调同步加载,系统

数据巡检周期<10ms,系统加荷控制精度<1%,并设有载荷控制和保护控制条件。

试验数据采集、管理系统包括图像监控,位移、应变数据采集,试验数据库。数据采集系统规模留有按试验要求进行扩充的冗余。

电气及保护系统包括站外电源及站内配电系统、站内构筑物防雷接地等防护系统。试验基地电源从10kV网络引接,通过2台站用变降器供电。

试验辅助设施包括固定塔吊(起吊高度150m)、轨道行走式吊车、试验机、加载索具等。

站内建筑物包括指挥部办公室、观测楼、4个加荷室、部件试验室试验大厅、配电室等,总建筑面积约8635m²。

三、主要科研成果

特高压杆塔试验基地是目前世界上最大的杆塔试验系统,它的建设,除本身涉及大量土建施工、设备采购、材料加工、设备安装调试等工作外,同时也是一个重大的研究课题。在建设的同时,公司启动了特高压杆塔真型试验能力的开发和应用研究,研究的重点是杆塔试验的加载系统、测控系统和承力系统的研究,确定各系统的技术参数,还需有针对性地提出试验安全、防护措施。已经开展了特高压杆塔试验基地运行安全研究、特高压杆塔试验基地万能基础平面布置及结构型式研究、特高压杆塔试验基地固定式塔吊附着方式研究、特高压杆塔试验基地测控系统研究、特高压杆塔试验基地液压加荷系统研究5项课题,已取得了阶段性的成果,并在特高压杆塔试验基地的建设中得到了实施和应用。

(修 建)

2009

中国电力年鉴

重 点 科 技 项 目

循环流化床(CFB)锅炉 关键技术研发

循环流化床(Circulating Fluidized Bed),英文缩

写为CFB。CFB燃烧技术是技术比较成熟、投资成本低、适合我国资源特点并能满足国家污染物排放要求的洁净煤燃烧技术。

20世纪80年代初,西安热工研究院开始从事流化床锅炉相关技术的研究。经过多年的研发,西安热工研究院流化床专业已经站在了国内CFB技术发展