

# 特高压电力输变电技术的最新应用与研究

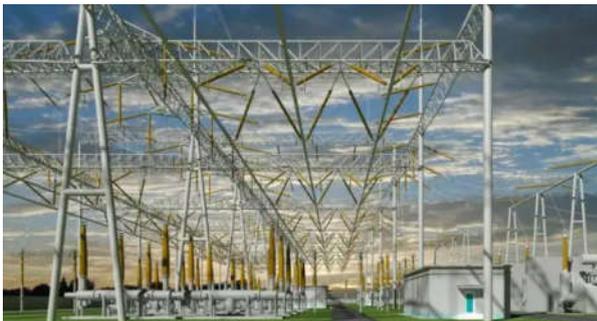
翟德胜

中国电力工程顾问集团华北电力设计院有限公司 北京 100032

**摘要：**输变电技术是一个投资规模大、建设周期较长、科技水平高、网络的安全性高和协调水平较好的发电方式，在建设智能电网中起着十分重要的作用。输变电技术主要涵盖了能量变换技术、特高压输电技术、效率调整技术、智能驱动技术、智能传感技术，以及柔性输电技术等一系列关键性的技术，而特高压的输变电技术则通常指的是在1000KV以上的交流输电技术，对推动中国电网的开发建设具有十分积极的意义。

**关键词：**特高压；输变电；技术与发展

引言：输变电技术作为支撑电网运营的重要技术，在推进智慧电网的发展过程中产生了重要的影响。在智能电网中所使用的特高压输变电技术，主要是利用调节电压、使用特殊绝缘材料以及使用各种先进装置等，来带动电网工作。尽管特高压输变电方法也包括了直流和交流两种输电形式，但在输电容量、输电质量和输电时间等方面，均比原来的传统输电电压方法更占优势。



特高压输变电技术如图所示

## 1 特高压输变电技术概述

特高压的输变电装置和仪表，主要有交流变压器、端子箱、可控交流电抗器、开关控制系统、串联补偿系统、电流互感器、电容器、避雷装置、高压支柱复合悬式高压支柱绝缘子、套管、导地线、金具和杆塔等。借助特高压交流输电工程，中国在特高压变压器、开关设备、电流互感器、电容器和避雷装置等设备研发与生产中的杆柱、金具，以及交流输电线路的绝缘设计与机械设计等领域，均实现了重大发展，而特高压输电装置的串联补偿系统技术也达到了国际领先水平<sup>[1]</sup>。

输变电装置工程涉及到了金属材料、电力绝缘、机械制造等诸多方面，还涵盖了电、磁、火、热等诸多专业方面；国家电网的不断成熟与提升，从新的技术研究、设计、制造生产、质检考核，以及重大工程建设应用等多个领域都为本行业发展提供了新的科技资源；借助“产

学研用”的开放性研究模式，我国在本领域不断取得突破，输变电设备整体水平有了显著提高，长期受制于国外技术、处于追赶的局面逐步得到了改善，部分高端装备实现了“中国创造”和“中国引领”。

## 2 特高压输变电技术的发展必要性

### 2.1 国家经济发展的需要

由于中国的耕地很广，能源资源和经济发达地区分配不均匀是中国经济社会发展长期都面临的问题。沿海地区和西南部是中国一次性电能的重点分配地区，但电能的集中地区大多是东部沿海地区的经济发展地区。因此，中国实施了“西电东送”以及“北电南送”的计划。因为穿越范围很广，就造成了这二个项目长度超远、输出能力巨大的优势，而一般的超高压技术输电网络是不能满足这种条件的，所以，开发特高压的新输电方式就势在必行了。开发特高压供电系统，可以促进中国中西部地区的资源优势变成经济发展优势，可以推动中国中西部大发展，可以促进地区经济社会的发展<sup>[2]</sup>。

### 2.2 全国用户的安装要求

随着社会主义市场经济的发展，对人民的电力需求量也愈来愈大，而现阶段的电力供应已无法满足人民的需要。于是，为充分发挥电能优势，实现资源错峰利用，并进行供电系统的相互调节，社会主义国家在积极实施“西电东送”工作的同时，还建设了南、北、中三大电网的大容量联网输送系统工程，以达到对我国电能资源的优化利用。不过，如果联网完成，500kV的输电容量是无法适应这项大系统工程的要求的。

## 3 特高压直流输变电技术的国内外发展现状

在国内研究进程中，中国最先提出了每二极的双十二脉动换流器并联、按负荷大小平均分配电流的主输电方式。利用这种方法，在应用实践中可对器件生产流程、零部件搬运过程等要素进行了综合研究，并对

各极中的换流器选型状况进行了综合比对,最后明确了利用 $\pm$ 式特高压直流输电技术采用的每极二变流器方法,以达到电流的平稳增长。当 $\pm$ 型直流输电高电压装置的换电站设置出现问题之时,也可以通过水平电流模拟技术加以探讨与分析<sup>[3]</sup>。此外,我们也可以利用双十二脉动变流仪对过水平电仿真技术进行了仔细分析,并以此为基础,向我们给出了通过避水器型号选择、避水参数的优选等各种对策方法,将平波电抗器和中性母线加以适当平局地分散,进而对 $\pm$ 直流的输电费用系数结构做出了正确优选。而正是基于上述思想和研究成果,我国在开展了多年的自主研究之后,于二零一零年顺利开发出了我国目前输电距离最大、技术最先进的直流特高压工程——向家坝 $\pm$ 型特高压直流输电的示范性工程。在对国外有关课题的研究成果中,将重点集中到了实验研究方面。以英国水电部 $\pm$ 的直流系统电晕实验为代表,已对 $\pm 600\sim\pm$ 的直流输电导线的电晕、电场等试验开展了研究,以4、6、8导线分裂现象为依据,进行了空气风洞实验室的有效测定<sup>[4]</sup>。

#### 4 特高压输变电技术的发展重点

##### 4.1 特高压同塔多回输电技术

同塔多回输电模式的运用,将显著减少特高压输电系统输电廊道的用地占有规模,达到输电成本的合理下降,增加相关公司的效益。因此,在皖东输电工程中,这项方法也进行了较好的应用。在具体的实验环境中,研究人员还可设置一条相应的测试线,对I型串与V型串之间内的工频电压、冲击电流等加以采集,并对其的放电特点加以全面分析,最后达到对杆塔之间内的放电特点的全面了解。此外,研制人员还可根据电源回路中导线间的安全情况,对长波长操作电流加以适当仿真,从而掌握在不同间隙中的不同电极在与负载电流匹配时的相间绝缘规律。针对相关建筑物的状况,在平地与丘陵的工程设计时,可设置地线的角装置<sup>[5]</sup>。通过不断的设计和优化,伞型塔设计效益较为突出,也就会减少企业的资金投入数量。

##### 4.2 特高压紧凑型输电技术

紧凑型输电线路主要把三相导线布置在同一塔窗之间,以达到对线路走廊长度的合理降低,以便提高整体的走廊电压与输送量。截至到目前,中国在高压紧凑型线路工程上已经达到了数千公里,电力范围大致在220~500kV左右,在通过了几年的试验运营之后,已经产生了不错的经济效益。国内在该领域的研究成果相当广泛,已在国际上最先开展了对特高压单回紧凑型杆塔空气间隙与低压侧间隙之间的热电池放电特性测试工作,

并就线路中的电气环境保护、过电压问题等方面进行了全面研究,确定了电气工作环境的满足标准以及导线结构布置方式,同时还制定出了很多的热带电作业技术参数。所以,在今后研发过程中,必须根据这些问题对特高压输电系统紧凑型线路展开更深入研发。

##### 4.3 特高压扩径导线技术

在特高压的交流输电线路路上,电晕损失主要源自于线路表面的场强过大或天气干扰等。但根据相关绝缘要求,如果可以对其中的相间长度进行确定,那么线路表面的场强也就能受到分裂数、分裂长度等各种因素的限制。而随着分裂数的逐渐增加,表面场强度也将变得越来越小。在扩径电缆生产工艺中,可以通过支撑铝蔬绕的方法对电缆外径加以合理增加,达到线路的电场强度的合理减小,也能够从一定意义上减少输变电设备的无线电影响。当电缆进行扩径以后,和传统电缆将产生很大差异,如质量降低、永久变化程度更小等,在成本方面就可以降低。所以,特高压扩径电缆材料将成为特高压输变电材料中的一个重要开发项目<sup>[2]</sup>。

#### 5 特高压输变电技术的发展趋势

##### 5.1 采用新型输电技术减少输电走廊对土地的占用

随着我国工农业的迅速发展,土地物资也越来越短缺。为降低输电线路对土地资源的浪费,减少电力运输的成本,提升输电质量,特高压输电采取了同塔多回输电技术的另一种有效途径;而紧凑型输电技术由于具备了增加地面使用率、增加运输能力、缩短线路走廊距离的优点,已成为目前特高压输变电技术的主要发展方式。

##### 5.2 进一步降低特高压输电损耗

对中国国内尚未完成的特高压交流项目的经济技术研究。从最基本的施工投资和运行费用分析入手,对特高压交流系统电缆的经济电流密度水平展开探讨,并得到了初步的成果。研究人员认为,特高压输电系统的工程中可研制较高扩径比的新型扩径线路,以减少工程投入,增加综合效益。

##### 5.3 更高电压等级直流输电系统的研究

在继承既有技术基础上,对特高压工程在更高压力层次的11100kV直流输电领域开展深入探索,对直流输电的主要输送回路系统及主要技术参数、接线和杆塔设置、过电流和绝缘措施展开研究<sup>[3]</sup>。

##### 5.4 特高压直流接入特高压交流的方案研究

特高压电网的输送能力较大,接受端对接入的交流供电产生了较大影响,为了达到电能的充分消纳和给变电站提供必要保护,还必须设置适当的配套通信电路。提出了由特高压直流口接入一千kV特高压交流的新的设

计方案,其中包含了直接接入八千kV方案、组合式交流变压器直接接入方案、以及分层接线方案设计。

## 6 特高输变电工程建设管理成效

特高压输变电工程建设管理主要成效有以下几点:

6.1 实现了各项工程建设目标。通过我国专业技术人员对该项目不断的研究,并使用全球能源互联网技术,保证该项目可以进行168小时运行,成为了到目前为止全球唯一投入商业运行而具有完整的知识产权项目,保证特高压输变电工程顺利进行下去。随着全球能源互联网技术的出现,也标志着我国电网技术上升到了一个全新的高度、时代。在特高压输变电工程施工过程中需要制定合理的合理的运行路线,检测设备状态,并按照指定要求进行施工,保证项目质量,提高施工人员人身安全<sup>[4]</sup>。

6.2 样板施工。各电力企业需要鼓励施工单位在工时充分发挥出自己的想象力与优势,将施工技术与施工设备进行不断的创新,并在统一项目的施工设计方案、流程、工艺、标准等方面,同时施工单位还需要在施工时做好总结工作,如果发展不足需要及时改善,从而保证施工质量的效果。

6.3 对标管理。开展工程对标工作,以提升施工现场人员的工作效率,有效调动相关单位对特高压输变电项目的资金投入,以推动各施工单位对项目工程质量、安全、速度、施工文明等进行全过程科学有效的管理,同时掌握了完善的施工技能,以提升建设项目的施工效率。

6.4 开展施工监理“五个一”活动。做好建筑管理机构的责任意识,规范建筑程序,做好施工现场的管理,提高建筑效率。

6.5 加强信息化系统的应用。在实施过程中形成相应的现代化管理体系,对管理部门、监理单位、施工单位实现智能化控制,确保施工数据资料能够准确传递出去,从而实现人人能施工、检测,切实的实现智能化管理在施工现场上的运用,提高施工效率<sup>[5]</sup>。

6.6 提高了输变电工程建设技术的出现,并在一定范

围上为电力行业提供了大批专业人才,为下阶段的特高压输电技术的开发增添了动力。在该建设项目进行前,通过培养工程中的技术专业人员,并到全国各个地方进行考查,既建立了专门的工程技能队伍并进行了实际运用,既提高了工程施工者的技术管理人员的能力水平,又达到了互相学习、彼此进步、相互沟通、互相发展的主要目的。正所以,加强对特高压输变电工程的管理能够为中国电力工业的发展培训出更多的技术专业及工程人员,并以此推动中国电力工业的高速发展。

6.7 做好特高压输变电工程建设管理工作可以时施工时的专业技术设备进行磨合,并设计出全新的施工方案,从而保证工程建设的施工质量<sup>[1]</sup>。

## 结语

综上所述,同外国国家比较,中国的发电事业还是有较大的成长空间,特别是在特高压输变电技术的研究方面,它不仅仅是我国水电开发的重点,而且也是世界水电开发的一种新发展趋势。所以,在实际的特高压输变电技术设备的运用中,必须不断借鉴前沿的科学技术和方法,对其持续进行完善和改造,将中国电能的发展水平提高到新的台阶。

## 参考文献

- [1]田昊洋,林敏,黄华,等.特高压电抗器振动加速度传感器位置优化研究[J].电力电子技术,2017,51(10):98-101.
- [2]范建明.输变电技术在智能电网中的应用[J].山东工业技术,2017(16):217.
- [3]牛林.特高压交流输电线路电磁环境参数预测研究[D].山东大学,2010.06(25):125.
- [4]李清泉,李斯盟,司雯,等.基于局部放电的电力变压器油纸绝缘状态评估关键问题分析[J].高电压技术,2017,43(8):2558-2565.
- [5]闫晓丁.我国首例特高压输变电项目建设管理中的若干问题研究[D].华北电力大学(北京),2007.