

编者按语:

建设特高压交流输电工程投资巨大,对国民经济影响深远,迄今在国际上尚无成功运行的经验。由于电力系统是一个十分庞大、复杂的系统,涉及到很多问题,对如此重大的新技术进行百家争鸣有助于使每一个问题得到深层次的考虑,促进技术更加完善,使决策更加科学。本刊为此开辟专栏,让各方能阐述自己的主张,在每一个有争议的问题上准确地进行分析,据理论证深入探讨,以供决策者研究。无论最终得到何种结论,各方的意见对今后电力系统工程的建设和运行都有重要的参考价值。热忱欢迎广大电力系统工作者投稿本刊,阐述观点,参与讨论。

发展特高压交流输电,建设坚强的国家电网

杜至刚,牛林,赵建国

(山东大学 电气工程学院,山东 济南 250061)

摘要: 简要介绍了国外特高压交流输电技术的发展概况和我国的前期科研工作,指出我国电网发展所面临的问题:负荷水平、装机容量快速增长;电网建设滞后、网间交换能力不足;部分地区短路电流问题突出;站址、输电走廊紧张、输变电工程费用大幅增长;电网技术装备水平有待提高等。在此基础上,论述了我国建设特高压电网的紧迫性、必要性和可行性。从联网效益、降低运行成本效益、节约占地效益、解决短路电流超标问题带来的效益、社会综合效益等方面比较分析了建设交流特高压网架的效益。探讨了亟需重点研究的若干关键技术问题,包括交流互联电网动态稳定性分析、大区互联电网内部适应性分析、互联电网潮流的合理分布和短路电流的控制、特高压输电线路继电保护系统的配置、自动重合闸装置的动作特性等。

关键词: 特高压输电; 联网效益; 潮流; 继电保护

中图分类号: TM 723

文献标识码: A

文章编号: 1006-6047(2007)05-0001-05

0 引言

我国电力工业要实现可持续发展,必须将市场经济的普遍规律和电力发展的客观规律紧密结合,根据我国发电能源资源和用电负荷地理分布不均衡的特点,实施“西电东送、南北互供、全国联网”的发展战略^[1],这是一条具有中国特色的电力发展之路。为实现这一发展战略,就必须加强特高压输电技术的研究、开发和运用,建设以特高压电网为核心的坚强国家电网。只有建设坚强的国家电网,才能促进跨大区、跨流域的水、火电互济,实现资源在更大范围内的优化配置;只有适度超前发展更高一级电压等级电网,才能引导煤电的合理布局与集约化发展,充分发挥电网作为电力市场载体的调控功能,促进电源和电网的协调发展^[2]。

根据我国电网发展的现状,着眼于能源资源优化配置的需要,从国家电力中长期规划的全局出发,提出“发展特高压交流输电,建设坚强的国家电网”的战略举措,为实现我国电网的长远发展和安全、稳定、经济运行,进行了理论方面的探讨。

收稿日期:2007-01-18;修回日期:2007-01-29

1 发展概况

交流特高压电网是指额定电压比 750 kV 级更高一级的交流输电网络,主要定位于更高一级电压等级的网架建设和跨大区联网送电。经过深入研究,我国百万伏级交流特高压额定电压取 1000 kV,设备最高运行电压取 1100 kV^[3]。

1.1 国外技术发展

20 世纪 60~80 年代,苏联、日本、美国、意大利等国家均根据本国经济增长和电力需求预测制定了本国发展特高压的计划^[4],并且建设了特高压试验站和试验线段,专门研究特高压输变电技术及其相关输变电设备。

其中,苏联于 1985 年建成世界上第一条投入商业运行的 1150 kV 特高压输电线路,苏联解体后,现已降压至 500 kV 运行;日本已建成全长 427 km 的东京外环特高压输电线路,目前是按照 500 kV 运行,预计 2010 年前后升压至设计电压 1000 kV 运行;美国电力公司曾在 765 kV 基础上研究 1500 kV 特高压输电技术;意大利规划在南部建设大容量核电站向北部用电中心地区供电,经研究比较确定采用

1000 kV 电压等级。但近期这些国家都推迟或取消了特高压发展计划,究其原因并不是技术问题,而是这些国家电力负荷增长缓慢,电网内没有发展长距离大容量输电的必要。

无论是苏联,还是日、美、意等国家的试验及实际工程运行结果都表明,特高压输电在技术方面不存在难以逾越的障碍,输电技术和输电设备的科研成果完全可以满足和适应工程需要。只要有市场需求,特高压输电工程可随时启动。

1.2 我国前期科研工作

我国从 1986 年开始立项研究特高压技术^[5-7],前期研究分为基础技术研究和特高压试验运行研究 2 部分,其中:基础技术研究内容涉及特高压绝缘问题、特高压输电系统过电压、电磁环境、特高压输变电设备及特高压输电工程概况等;试验运行研究内容涉及特高压试验条件的建立或改造,特高压长期带电试验线段的设计、建设和试运行等。1996 年在武汉高压研究所户外场建成我国第一条 200 m 百万伏级特高压输电研究线段,并进行了特高压输电线路对环境的影响、特高压外绝缘特性和绝缘子串电压分布等方面的研究。

2 紧迫性和必要性

2.1 我国电网发展所面临的问题

目前,全国联网阶段目标已经初步实现,2000~2006 年,跨省交易电量由 5.93×10^{10} kW·h 增加到 1.545×10^{11} kW·h,增长 1.6 倍;跨区交易电量由 2.3×10^9 kW·h 增加到 1.2×10^{11} kW·h,增长 51 倍。跨区联网工程发挥了良好的效益,在近年来电力供应紧张的情况下,很好地起到了跨区域的余缺调节、优势互补作用。但目前我国电网建设仍面临 5 个大问题。

a. 全国电网负荷水平、装机容量快速增加。近年来,随着用电需求的持续高速增长,我国电力工业快速发展。2000~2004 年,我国发电装机容量年均增加 2.839×10^7 kW,用电量年均增加 1.929×10^{11} kW·h。其中,2004 年新增发电装机容量超过 5×10^7 kW,用电量增长超过 2.5×10^{11} kW·h。截至 2006 年年底,我国发电装机容量突破 6×10^8 kW,达到 6.22×10^8 kW,比 2005 年增长 20.3%;全国发电量为 $2.834 4 \times 10^{12}$ kW·h,同比增长 13.5%;全社会的用电量达到 $2.824 8 \times 10^{12}$ kW·h,同比增长 14.0%。根据我国提出的全面建设小康社会的奋斗目标,2020 年国内生产总值将达 4×10^{12} 美元,今后 15 年中,GDP 年均增长将超过 7%。经济持续快速增长需要充足的电力供应,预计到 2020 年,我国全社会用电量将达到 4.6×10^{12} kW·h,需要装机容量约 10^9 kW。这意味着未来 15 年间,我国年均新增装机容量超过 3.3×10^7 kW,年均用电增长达到 1.6×10^{11} kW·h。如此高的增长速度,在世界上是绝无仅有的,因此,形成了电网作为电源的配套工程,被动地跟随着电源和负荷的发展而发展,未能通过电网的发展主动地引导电源的建设,结果导致

我国南北走向跨大区大容量输电网络规模过小,输电能力不足。

b. 电网建设和发展相对滞后,网间交换能力明显不足,水、火电互济和跨流域补偿作用不强。现有交流 500 kV 跨省、跨区同步互联电网联系薄弱,系统稳定水平降低,输电能力严重不足,不但难以满足西部和北部能源基地大规模、远距离电力外送的需要,而且造成了许多输电“瓶颈”;目前,国家电网公司系统有 500 kV 线路 334 条,根据对各区域的调查结果分析,有 1/4 线路输送容量受到限制,多为跨省、跨区输电断面,这制约了跨省、跨区电网综合效益的发挥。

c. 部分地区 500 kV 网络已相当密集,短路电流问题十分突出。到 2010 年,我国 500 kV 电网短路电流水平大部分接近 50 kA,华北电网的安定、华中电网的斗笠、华东电网的徐行和王店短路电流水平均超过 50 kA;2015~2020 年,华北、华东、华中电网的房山、安定、顺义、徐行、乔司、武南、荆州、斗笠等变电站三相短路电流接近或超过 63 kA,短路电流超标问题已成为电网发展的制约因素之一。

d. 站址、输电走廊越来越紧张,输变电工程建设拆迁等本身外的费用大幅增长。

e. 近年来,我国电网技术装备水平虽然不断提高,但与发达国家相比仍存在较大差距。我国电力发展的巨大空间,客观上要求加快电网技术升级,提高技术装备水平。

总体而言,在我国电网的长期规划中,亟需加快建设电压等级更高、输送能力更大、网架结构更强、资源配置更优的以特高压系统为核心的国家电网,才能在真正意义上形成全国电网的互联格局和在更大范围内实现资源的优化配置,从而促进国民经济和社会的持续健康发展。如果错失良机,势必会造成电网重复建设和资源浪费,从长远看电网总成本将会急剧上升,甚至今后再发展特高压,走廊、站址选择都将面临许多困难。

2.2 可行性分析

发展特高压输电在我国是必要的,在技术上也是可行的^[8],目前已经具备了 4 个主要方面必要的基础和条件。

a. 国际特高压输电技术的研究和应用取得了可供借鉴的积极成果。从 20 世纪 60 年代以来,苏联、日本和美国等国家相继建成了特高压输电试验室和试验场,对特高压可能产生的许多问题如过电压、可听噪声、无线电干扰、生态影响等进行了大量的研究,并取得了积极成果。

b. 我国特高压技术研究已经取得重大进展。在过去的 20 年里,我国科研机构在特高压领域相继开展了更高一级电压远距离输电方式和电压等级选择问题的研究,进行了特高压输变电设备、线路、铁塔、典型变电所选择问题的分析论证和特高压输电系统过电压、绝缘配合及输电线路对环境影响的研究工作。

c. 国内设备制造业具备发展特高压的实力和能力。目前,500 kV 输变电设备已基本实现了国产化,同时,我国的设计和制造单位通过西北 750 kV 工程引进消化吸收,做到了变压器和高压电抗器设备出厂试验一次通过,为百万伏级特高压技术设备研发和制造打下了良好基础。

d. 电网发展的内在需求。在未来的几十年内,我国电力负荷将继续保持快速增长,为解决 21 世纪上半叶我国的电力负荷增长和能源供应问题,必须在大力开发西南水电和“三西”煤电的同时,建设全国能源传输通道,实现远距离大容量的“西电东送和南北互供”的全国联网战略。

3 效益分析

通过规划建设国家电网,形成坚强稳定的交流特高压骨干网架,可以获得多方面的经济效益和社会综合效益^[9-10]。

3.1 联网效益

实现大规模跨区联网,电网互为备用、互相调剂余缺,事故时互相支援,提高供电可靠性;取得电力负荷错峰效益和水、火电互补效益,以及大幅提高水电利用容量和调峰效益;取得水电跨流域补偿调节效益;大范围内实现系统经济运行、降低发电成本、形成更大区域内的发供电竞争局面、大幅改善机组的运行环境等规模经济效益。

初步估算,2020 年前后国家特高压电网建成后,通过获取联网效益,全国可节约发电装机 2×10^7 kW,折合投资约 10^{11} 元。同时,每年综合节电效益可达 10^{11} kW·h 以上。

3.2 降低运行成本效益

特高压电网建成后,每年可减少弃水量约 6×10^9 kW·h,折合资金 6×10^8 元;特高压比维持 500 kV 作为最高电压等级可降低网损 2.8×10^6 kW,相当于节约电源投资 1.4×10^{10} 元;全国煤电利用小时数提高约 100 h,发电经济性相应提高。

3.3 节约占地效益

以长度 1000 km、传输容量 10 GW 的典型线路为例,采用各种电压等级所需的回路数和占用走廊宽度如表 1 所示。

表 1 2020 年我国主电网中线路设备能力及稳定负载能力

Tab.1 Transfer capability of Chinese power system AC transmission lines in 2020

交流输电线路				所需回路数/回	加 FACTS 后所需回路数/回	占用走廊宽度/m
额定电压/kV	最高工作电压/kV	自然功率/MW	稳定负载能力/MW			
500	550	910	1000~1500	12	10	500~600
			1500~3340*			
750	800	2280	1700~3340	5	4	280~350
			1700~3340			
1000	1100	5260	2	2	200	

注:*表示考虑采用柔性交流输电技术后的输电能力。

从表 1 中的统计数据可见,采用 500 kV 不够合理,750 kV 还可接受,1000 kV 为最优。特高压交流

输电能力大,1 回 1000 kV 交流输电线路的传输功率相当于 2 回 750 kV 或 5~6 回 500 kV 交流线路的传输能力,因此,特高压输电可显著地减少输电线路回数、节省线路走廊,提高电能传输的经济性。

3.4 解决短路电流超标问题带来的效益

在 500 kV 电网之上建设特高压主网架可使电网更加坚强,同时,可把 500 kV 电网短路电流水平基本限制在 55 kA 以下,可避免因短路电流超标大量更换开关等电气设备,初步估算更换开关的变电站容量约 10^8 kV·A。如按需更换开关等电气设备占变电投资的 10%~15% 考虑,大约可减少投资 $(2\sim3) \times 10^9$ 元。

3.5 社会综合效益

a. 环保效益。建设特高压网架,将西南水电和西北煤电大规模向中东部负荷中心输送,相应减少中东部煤电建设,有利于改善受电地区的环境;同时,煤电基地也可以通过消化大量洗中煤,有效地治理煤炭产区的环境污染。

b. 促进国内输变电制造产业升级。特高压的发展,必将提升国内输变电设备制造企业的竞争能力,满足国内巨大的市场需求,并力争在国际电工制造市场上占有一席之地。

c. 带动西部地区经济快速协调发展。建设西南水电和西北煤电基地,有利于西部地区将资源优势转化为经济优势,促进西部大开发;有利于区域经济协调发展;有利于带动西部地区经济社会全面发展,推进煤炭行业的健康有序发展。

4 亟需重点研究的若干关键技术问题

特高压在大容量远距离输电和建设全国坚强电网方面都具有很大的优势,在基础研究和设备制造上也并无不可解决的技术难题。但这毕竟是一项庞大的系统工程,要真正付诸工程实施,还必须进一步从系统的角度出发^[11-13],深入研究一些问题。

4.1 大区电网特高压互联可能产生的系统运行问题

4.1.1 交流互联电网动态稳定性分析

大区互联系统在联网建设初期都将采用单回 500 kV 或百万伏级的交流输电线路弱联系方式。在这些联网项目实施过程中,动态稳定性将是跨大区互联电网运行的突出问题,如果不采取措施,系统可能会出现弱阻尼或负阻尼。初步研究表明,采用电力系统稳定器(PSS)是解决区域间一个发电机群对另一个发电机群的弱阻尼或负阻尼低频振荡问题的有效手段之一。

联网系统的动态稳定性研究应从 2 个方面入手。首先,需加强低频振荡产生机理的研究。影响大区联网系统阻尼的因素很多,如电网结构、电网运行方式、发电机励磁系统及调速器参数、负荷特性、电压特性等,特别是调速器参数对低频功率振荡的影响不能忽略。其次,从长远考虑,进行综合治理。

例如,为了取得较好的阻尼效果,在全系统范围内开展优化配置 PSS 并合理整定参数问题的研究;采用各种有效措施相互配合,增强系统阻尼的研究,如采用可控串补、可控无功补偿器、直流调制等。

4.1.2 大区互联电网内部适应性分析

电网互联可以提高供电可靠性,就电网稳定裕度而言确实如此,但大区电网互联后,要根据具体情况,注意研究电网互联对电网内部安全稳定水平的影响。结合北方片电网互联的初步研究表明:大区电网采用交流方式互联后,在某些特定的条件下,有可能损害互联电网中电网结构较弱一方的安全稳定水平。

例如,2001年5月,东北通过绥中至姜家营1回500kV线路与华北电网互联。但是在东北和华北联网稳定计算中发现,东北电网省间联络线的稳定极限水平比联网前下降18%~21%(东北电网内部黑吉断面由于东北与华北交流联网使稳定极限下降350~400MW;而华北电网主网架结构相对较强,联网后对华北电网西电东送各断面稳定水平影响较小。

这只是对现象的初步分析,对造成这一现象的原因、机理以及对策还需进行专题研究。尤其是在进行特高压联网规划时,不仅要校核联络线的安全稳定水平,还应对各互联电网内部的稳定水平进行分析。

4.1.3 互联电网潮流的合理分布和短路电流控制

互联系统的正常潮流研究中比较突出的问题是特高压输电线路的无功补偿与平衡。特高压输电线路的充电功率很大,估计每百千米约为765Mvar,约为同长度500kV交流线路的5倍。固定电感值的电抗器无功补偿可限制甩负荷时的工频过电压和正常运行时的容升效应,但这可能降低特高压线路的输送能力。为有效解决这一问题,需要重点研究可控电抗器的技术要求、参数及对潜供电流和工频、操作过电压的作用,使其电感量随不同的运行方式而改变,以便更好地解决无功平衡问题。

另外,互联系统中短路电流的不断增加,会对电网的安全运行构成威胁,可能使断路器的开断能力不足而不能有效切除故障,导致故障扩大,危及整个系统的安全运行。而短路电流与故障形态和位置、电网结构、系统运行方式以及电源的分布等诸多因素密切相关。根据初步分析,目前控制短路电流比较常用的方法是增加变压器等元件的阻抗、引入限流电抗器或采用解环运行方式等,但更应该从电网规划的角度控制短路电流,如在特高压电网规划中统筹限流电抗器接入点与容量的选择,兼顾未来解环运行时解环点的选择等。

4.2 特高压输电线路继电保护系统的配置

特高压输电线路具有电压高、线路长、分布电容大等特点,这些特点导致特高压线路继电保护的任

务与传统保护有所区别,不是以快速切除故障或尽量保持系统联络(例如单相重合闸的采用以提高暂态稳定性)为首要目的,而是要首先保证不产生危及设备和绝缘子的过电压,其次是保证系统稳定。因为特高压输电线路绝缘子短时间能承受过电压的裕度较小,在过电压使线路绝缘子绝缘性能降低甚至击穿时,更换绝缘子停电可能会给系统造成巨大的经济损失。所以,对于继电保护而言,故障后的分断操作将是重点考虑对象,对于具体工程应结合每条线路的具体情况深入研究,通过设置合理的继电保护动作顺序和断路器跳闸顺序限制过电压,让它不能达到过高的数值。

由于特高压输电线路自然功率大、波阻抗小,造成特高压长距离输电线路的充电电容电流将达到很高的水平,这一电气现象对于一般的高压和超高压线路,问题并不严重,但对于特高压线路,这将是致命的。例如,分相电流差动保护目前广泛应用于我国500kV超高压线路,运行经验表明该保护方式是理想的,能够满足快速有选择切除故障的要求,不受系统振荡和运行方式的影响。但是,在特高压长距离输电情况下,电容电流将显著增加,给保护整定带来极大困难,容易造成差动保护的误动。故应在准备发展特高压输电线路的情况下,重点寻求更加合理的保护配置方式,分别从主保护、后备保护和相应辅助系统的选取和设计方面进行详细的深入论证。

4.3 自动重合闸装置的动作特性

运行经验表明,在电压等级高、输电距离远的系统故障中,单相接地故障可高达90%以上,若继电保护对线路故障一概采用三跳三合的操作方式,将可能引起线路绝缘子不能承受的重合过电压,因此,在故障线路跳开后可使用单相重合闸抑制操作过电压,提高供电的可靠性和系统并列运行的稳定性。

在目前所采用的重合闸方式中,是否重合、何时重合以及重合的次数都是在故障发生之前就已经确定的。对于特高压输电线路,为了从根本上消除永久性故障下重合闸的危害,防止操作过电压,最好能研究和采用新的单相自适应重合闸原理,判断瞬时性故障与永久性故障,自动调整单相重合闸时间,以提高单相重合闸的成功率,减少系统承受冲击的次数,同时,应将线路两端重合的时间差限制在一定范围内(具体数值应根据过电压计算)。研究中需要特别注意的是,特高压输电线路在两相运行状态下可能产生较高的过电压,必须首先通过过电压计算决定能否采用单相重合闸,如果能够采用,尚需计算重合闸不成功同时切除故障相后,切除其他两相的顺序;自动重合闸与继电保护的配合方式应具体考虑,避免各保护对重合闸的控制不协调。国外有采用二次重合闸的成功经验,因为特高压输电系统振荡发展较慢,振荡周期较长,应根据系统具体情况研究能否采用捕捉同期的二次重合闸。

5 结语

由于我国能源资源与用电负荷地理分布的严重

不平衡,并考虑到未来电网技术的发展趋势,引入特高压交流输电既是必要的,又是紧迫的。目前,我国已经具备建设 1000 kV 特高压交流输电线路的基础和条件,时机已经成熟。未来 5 年是我国发展特高压输电技术的关键时期,因此应该加强对 1000 kV 输电系统关键技术问题的研究工作,加快建设特高压交流输电线路的步伐。

发展特高压输电,既是机遇,又是挑战;既有巨大的市场需求,又有技术经济合理性。发展特高压输电的动力在中国,市场在中国,创新在中国;同时,建设以特高压电网为核心的坚强国家电网,也是世界电网发展领域内一项崭新的事业,对于增强我国科技自主创新能力,占领世界电力科技制高点具有深远的意义。

参考文献:

- [1] 赵遵廉. 中国电网的发展与展望[J]. 中国电力,2004,37(1):1-6.
ZHAO Zun-lian. Development and prospect of power system in China[J]. Electric Power,2004,37(1):1-6.
- [2] 刘振亚. 全面建设小康社会需要坚强的国家电网[N]. 北京:人民日报,2005-05-11(9).
- [3] 中国电力科学研究院. 1000 kV 级交流输电系统最高运行电压选择的研究报告[R]. 北京:中国电力科学研究院,2005.
- [4] 吴敬儒,徐永禧. 我国特高压交流输电发展前景[J]. 电网技术,2005,29(3):1-4.
WU Jing-ru,XU Yong-xi. Development prospect of UHV AC power transmission in China[J]. Power System Technology,2005,29(3):1-4.
- [5] 谷定燮. 对我国特高压输电系统过电压和绝缘配合的建议[J]. 高电压技术,1999,25(1):29-32.
GU Ding-xie. Overvoltage and insulation coordination on ultra high voltage power transmission system in China[J]. High Voltage Engineering,1999,25(1):29-32.
- [6] 张文亮,吴伟宁,胡毅. 特高压输电技术的研究与我国电网的发展[J]. 高电压技术,2003,29(9):16-18.
ZHANG Wen-liang,WU Wei-ning,HU Yi. Research on UHV transmission technology and development of power network in China[J]. High Voltage Engineering,2003,29(9):16-18.
- [7] 邹雄. 1000 kV 级交流输电线路电磁环境的研究[J]. 电力设备,2005,12(6):24-27.
WU Xiong. Study on electromagnetic environment for 1000 kV AC power transmission line[J]. Electrical Equipment,2005,12(6):24-27.
- [8] 舒印彪,刘泽洪. 2005 年国家电网公司特高压输电论证工作总结[J]. 电网技术,2006,30(5):1-12.
SHU Yin-biao,LIU Ze-hong. A survey on demonstration of UHV power transmission by State Grid Corporation of China in the year of 2005[J]. Power System Technology,2006,30(5):1-12.
- [9] 刘振亚. 特高压电网[M]. 北京:中国经济出版社,2005.
- [10] 中国工程院“特高压”咨询课题组. 关于我国特高压输电研究与工程建设的咨询意见[R]. 北京:中国工程院,2005.
- [11] 国家电网公司. 1000 kV 级输电系统关键技术研究框架[R]. 北京:国家电网公司,2005.
- [12] 王梅义,吴竟昌,蒙定中. 大电网系统技术[M]. 北京:水利电力出版社,1991.
- [13] 国家经济贸易委员会. DL 755-2001 电力系统安全稳定导则[S]. 北京:中国电力出版社,2001.

(责任编辑:李育燕)

作者简介:

杜至刚(1957-),男,河北深泽人,博士研究生,研究方向为电网规划、特高压输电技术;

牛林(1980-),男,山东济宁人,博士研究生,研究方向为电磁环境分析、特高压输电技术;

赵建国(1955-),男,山东乳山人,教授,博士研究生导师,研究方向为电力系统运行分析与控制、柔性交流输电系统和特高压输电技术。

Developing UHV AC transmission and constructing strong state power grid

DU Zhi-gang, NIU Lin, ZHAO Jian-guo

(School of Electrical Engineering, Shandong University, Ji'nan 250061, China)

Abstract: The general development situation of UHV AC transmission technology abroad and the prophase studies in China are briefly described. Problems in Chinese power grid development are pointed out, such as the rapid growth of power load and huge installed generator capacity, the lagged power grid construction and insufficient inter-regional power exchange, the overrunning of short-circuit currents in some areas, the higher transmission and transformation cost because of limited land for substation site and transmission corridor, and the lower technical level of power transmission network and equipment, based on which, the urgency, necessity and technical feasibility of developing UHV power grid in China are further discussed. The comprehensive benefits of UHV power grid construction are evaluated from regional interconnection, operation cost, land occupation, short-circuit current limiting, social benefit, etc.. Key technologies are discussed, such as the dynamic stability of interconnected grid, the adaptability of inter-regional connection mode, the rational distribution of inter-regional power flow and control of short-circuit current, the disposition of relay protections for UHV transmission lines, and the operating characteristics of auto-reclose devices.

Key words: UHV transmission; interconnection benefit; power flow; relay protection