

500kV电网

低碳技术体系 《

- ◎ 中国南方电网超高压输电公司
- ◎ 中国电力顾问集团中南电力设计院 编著
- ◎ 贵州送变电工程公司



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

500kV电网

低碳技术体系

◎ 中国南方电网超高压输电公司

◎ 中国电力顾问集团中南电力设计院 编著

◎ 贵州送变电工程公司



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

内 容 提 要

本书从电网规划角度，提出了尽可能采用特高压输电技术、同塔多回输电技术、紧凑型输电技术以及灵活交流送电技术等低碳规划方案；同时还还将低碳建设理念与智能电网理念相结合，采用了“智能远程控制、无人值班、少人值守”以及“站内污水零排放”原则，节约了占地、降低了建筑费用，减少无线电干扰和噪音干扰。对于符合低碳理念的新型设备、新型材料，提出了尽可能采用组合电器、三相变压器、抽能高抗、非晶合金变压器、光伏发电设备等新型设备以及采用新型导线、节能金具、玻璃钢复合材料、高强度钢等新型材料。

本书适合电力规划设计、电力建造以及电力运营等相关人员使用。

图书在版编目（C I P）数据

500kV电网低碳技术体系 / 中国南方电网超高压输电公司，中国电力顾问集团中南电力设计院，贵州送变电工程公司编著. — 北京：中国水利水电出版社，2011.9
ISBN 978-7-5084-9015-1

I. ①5… II. ①中… ②中… ③贵… III. ①电网—节能 IV. ①TM7

中国版本图书馆CIP数据核字(2011)第191664号

书 名	500kV 电网低碳技术体系
作 者	中国南方电网超高压输电公司 中国电力顾问集团中南电力设计院 编著 贵 州 送 变 电 工 程 公 司
出版发行	中国水利水电出版社 (北京市海淀区玉渊潭南路1号D座 100038) 网址: www.waterpub.com.cn E-mail: sales@waterpub.com.cn
经 售	电话: (010) 68367658 (发行部) 北京科水图书销售中心 (零售) 电话: (010) 88383994、63202643 全国各地新华书店和相关出版物销售网点
排 版	中国水利水电出版社微机排版中心
印 刷	涿州市星河印刷有限公司
规 格	184mm×260mm 16 开本 12.5 印张 305 千字 2 插页
版 次	2011 年 9 月第 1 版 2011 年 9 月第 1 次印刷
印 数	0001—2500 册
定 价	55.00 元

凡购买我社图书，如有缺页、倒页、脱页的，本社发行部负责调换

版权所有·侵权必究

编审委员会名单

审定委员会

主任委员：宫 宇

委 员：庞 准 俞 彦 尚 涛 湛 军 陈鸿飞
封静福 周献林 王光平 江卫华 彭开军
杨 明

编写委员会

主 编：易智婷

委 员：邱有强 梁敬成 林克灵 刘 哲 李建义
刘峰林 吴 畏 张 萱 张怀晟 汪 雄
陈 政 苏 宇 谭 静 刘利林 饶 冰
袁翰笙 高 湛 李莎莎 曾德森 康 义
朱 毅 陈宏明 张巧玲 陈凌云 王 刚
陈维莉 杨怀栋 黄娟娟 王 俊 江贵根

序

随着全球人口和经济规模的不断增长，使用能源带来的环境问题日益严重，影响经济与社会的进一步发展。其中，大气中二氧化碳浓度升高将带来全球气候变化，已被确认为不争的事实。在此背景下，“低碳”概念应运而生。所谓低碳即减少二氧化碳排放量，目的是保护生态，延缓全球气候变暖。低碳的内涵非常丰富，包括低碳经济、低碳消费、低碳城市、低碳社区、低碳生活方式等很多方面。

作为能源消费大国，我国高度重视低碳发展理念。国家“十二五”规划纲要提出，“十二五”我国将“加快建设资源节约型、环境友好型社会，提高生态文明水平”，“树立绿色、低碳发展理念，以节能减排为重点，健全激励和约束机制，加快构建资源节约、环境友好的生产方式和消费模式，增强可持续发展能力”。

面对日趋严峻的资源环境约束，我国增强危机意识，树立绿色、低碳发展理念，降低能源消耗强度和二氧化碳排放强度，有效控制温室气体排放，在发展经济的同时保护生态环境，增强我国可持续发展能力，是践行科学发展观的重要体现。

企业是社会经济活动的基本组织单元，在发展低碳的道路上责任重大，大有可为。在低碳的理论与应用上进行全面探索，发现适合企业特点的低碳发展之路，是企业的责任和义务。

电力是国民经济重要的基础，电力企业在为社会提供电力服务的同时，也在生产和输送电能的各环节产生电能损耗。因此电力企业研究和应用低碳技术，促进节能减排，对于我国节能减排和发展低碳经济有重要意义。同时，电力企业在技术上、管理上作出应对和调整，抢占发展先机和产业制高点，十分有利于打造一个智能、高效、可靠、绿色的现代化电网。

为了研究电网规划、设计、建设和运行过程中的低碳技术问题，引导从业人员积极思考，树立新观念，我们组织编写了《500kV 电网低碳技术体系》。本书结合电网建设和管理经验，着眼点放在电力的输送环节，探讨

500kV 交流输电网的低碳技术体系，为电网建设和运营提供参考。希望本书能开启一扇通向学习、研究和应用低碳技术的大门，有关人员可结合自身工作需要加以参考，相信能够从中受益。愿我们以实际行动为低碳技术在电网中的应用作出贡献。

因编者水平所限，且有关低碳技术的内容较新、涉及范围较广，书中疏漏及不妥之处难免，望广大读者批评指正。

A stylized handwritten signature in black ink, consisting of several fluid, connected strokes.

2011 年 3 月

前言

低碳经济，是指在可持续发展理念指导下，通过技术创新、制度创新、产业转型、新能源开发等多种手段，尽可能地减少化石能源消耗，减少温室气体排放，达到经济社会发展与生态环境保护双赢的一种经济发展形态。低碳电力，就意味着电力的生产、输送、配送和消费各方面低碳化。编制本大纲，主要针对电力的输送环节，即输电网的低碳化。

本书以桂林 500kV 变电站工程、独山~桂南 500kV 输电线路工程为例，分别进行变电站低碳设计、输电线路低碳设计研究。提出一些目前阶段 500kV 变电站可采用的低碳措施，如：配电装置采用组合电器、主变压器采用三相一体三相变压器、抽能高抗替代外引站用电源、按智能变电站模式进行电气二次设计、新型电缆沟设计理念、取消站内给排水、巡检人员配置带生活供排水设施的房车、压缩变电站主控室/会议室/办公室等房间；提出一些目前阶段 500kV 输电线路可采用的低碳设计理念，如：利用海拉瓦技术优化路径、采用新材料，新结构的导线、提高导线允许温度以增加线路输送容量、紧凑型输电技术、同塔多回路技术、锚杆基础设计等供建设管理单位参考采纳。

本书还从“西电东送”、电网规划、新能源规划、重点工程布局、新技术应用等方面对低碳规划提出了构想；从工程开工前施工组织措施中低碳技术措施的编制、生活区/施工区临建的低碳措施、变电站工程施工的低碳措施、主要包括人员组织及工序安排、施工车辆/机械/机具的配置使用维修和保管、施工单位采购的设备/材料要求及保管、建设方采购的设备卸载保管、土建施工，电气安装等方面涉及的低碳措施、输电线路工程施工中的低碳措施、施工期间的节水措施、施工期间的减排、环保措施等方面对低碳建造进行了阐述；同时，对低碳运营也从低碳调度与运行、挖掘电网送电能力、状态检修、低碳排放进行了初步探讨。

最后对低碳电网进行了展望。

编者

2011 年 5 月

目 录

序

前言

第 1 章 绪论	1
1.1 研究背景	1
1.2 研究意义	1
1.3 研究目标	1
1.4 研究原则	2
第 2 章 低碳规划	3
2.1 “西电东送”工程	3
2.2 电网规划	4
2.3 新能源规划	5
2.4 重点工程布局	5
2.5 新技术应用	7
2.6 低碳规划展望	10
第 3 章 变电站低碳设计	13
3.1 变电站设计现状	13
3.2 电气一次低碳设计理念	18
3.3 智能化变电站控制保护系统	29
3.4 智能化变电站辅助系统	43
3.5 低碳建筑	55
3.6 其他土建低碳设计理念	57
第 4 章 线路低碳设计	81
4.1 500kV 输电线路设计现状	81
4.2 输电线路低碳设计理念	81
第 5 章 低碳设备	89
5.1 组合电器及智能化电气一次设备	89

5.2	主变压器	91
5.3	抽能高抗	96
5.4	新型低压并联电抗器	98
5.5	新型站用变压器	99
5.6	光伏发电设备	101
第 6 章	低碳材料	104
6.1	新型导线	104
6.2	节能金具	112
6.3	镀铜钢接地材料	117
6.4	玻璃钢复合材料	118
6.5	高强度钢	126
6.6	冷喷锌防腐技术	128
第 7 章	低碳建造	133
7.1	概述	133
7.2	施工组织措施中低碳技术措施的编制	133
7.3	生活区临建和施工区临建的低碳措施	134
7.4	变电站工程施工阶段的低碳措施	135
7.5	输电线路工程施工的低碳措施	139
7.6	施工期间的节水措施	140
7.7	施工期间的减排与环保措施	140
第 8 章	低碳运营	143
8.1	低碳调度与运行	143
8.2	挖掘电网送电能力	144
8.3	状态检修	144
8.4	低碳排放	146
第 9 章	低碳变电站技术经济比较	150
9.1	电气一次设计	150
9.2	电气二次设计	152
9.3	总图	153
9.4	建筑	154
9.5	结构	156
9.6	水工与暖通	158
9.7	低碳变电站与常规变电站总投资差	160
9.8	碳减排效应	161
第 10 章	低碳线路技术经济比较	164
10.1	导线特性参数	164

10.2	电气性能比较	166
10.3	机械特性比较	167
10.4	经济比较	168
10.5	低碳线路导线方案选择结论	172
第 11 章	低碳电网展望	173
11.1	低碳变电站展望	173
11.2	低碳输电线路展望	183

第 1 章 绪 论

1.1 研究背景

从 1992 年的《联合国气候变化框架公约》、1997 年的《京都议定书》到 2009 年的哥本哈根联合国气候变化大会，全球越来越急切的共同关注气候变化问题，而减少化石能源的使用和燃烧排放是应对气候变化问题的重要手段。

温家宝总理代表中国政府在哥本哈根联合国气候变化大会上承诺我国到 2020 年单位 GDP 碳排放量比 2005 年降低 40%~45%，2010 年中央经济工作会议也提出“开展低碳经济试点，努力控制温室气体排放，加大经济结构调整力度，提高经济发展质量和效益”，这些都显示了中国应对气候变化、发展低碳经济的决心。

低碳经济，是指在可持续发展理念指导下，通过技术创新、制度创新、产业转型、新能源开发等多种手段，尽可能地减少化石能源消耗，减少温室气体排放，达到经济社会发展与生态环境保护双赢的一种经济发展形态。

从我国的一次能源消费构成来看，煤炭所占比重约 70%、石油约 20%，而其中 50% 的煤炭又是作为电力燃料被消费。因此要实现我国政府的减排承诺，创造低碳经济，一个重要着力点就是低碳电力。

低碳电力，就意味着电力的生产、输送、配送和消费各方面低碳化。本书研究主要针对电力的输送环节，即输电网的低碳化。

1.2 研究意义

目前电网规划主要考虑的是电力电量平衡，项目前期工作主要考虑的是技术可行和经济合适，同时增加敏感度分析来对部分条件进行校核。但是，随着低碳经济的逐步发展，部分边界条件可能发生较大偏离而成为新的主导约束条件，可研阶段技术经济比较结论也可能随之发生颠覆性的变化，同时电网经营也可能面临突如其来的压力。

本书研究旨在适应低碳经济的发展趋势，满足国内经济发展方式转变的迫切需要。

1.3 研究目标

(1) 科学性。本书研究应符合超高压输电公司自身基础条件，可为公司在低碳电网方向发展提供合理依据。

(2) 领先性。本书研究应在总结现有低碳电网相关技术应用的基础上，适度超前，做到技术领先，应在充分收集数据的前提下，合理研判低碳经济对电力供需形势的影响，做到思路领先。

(3) 系统性。本书研究应涵盖低碳电网相关的各个方面，可供各业务流程参考使用。

1.4 研究原则

(1) 全寿命周期原则。本书研究所提出的低碳电网技术应用，应以设备的全寿命周期产生的成本和收益作为经济性评价依据。

(2) 全过程原则。本书研究所提出的低碳技术应用不应割裂设备生产、运输、安装、运行、报废等全过程，不应仅在我方的责任时间、空间评价其低碳效能，也应综合考虑全过程中是否存在碳异地、异时排放。

(3) 全局性原则。本书研究所提出的低碳技术应用不应损害相关其他方的正当利益，应着力寻求一种全局最优的方案。

第2章 低碳规划

2.1 “西电东送”工程

2.1.1 “西电东送”工程规划

南方五省（区）的能源资源分布极不均衡。水能和煤炭资源主要分布在西部的云南和贵州两省，其中云南省水能资源十分丰富，其水电技术可开发容量 10194 万 kW，年电量 4919 亿 kW·h；而贵州省煤炭资源较为丰富，其保有储量达 504 亿 t。与西部两省相比，广东省一次能源匮乏，而广西壮族自治区有一定的水能资源，但开发率较高（约为 66%），区内煤炭资源缺乏，长远看也属缺能地区，此外，海南省内能源资源也十分缺乏。这种能源资源的结构和分布特点决定了南方五省（区）内部优化配置资源的潜力十分巨大，南方电网“西电东送”工程是实现南方地区资源优化配置的重要手段。

2010 年南方电网“西电东送”规模为 2782 万 kW。其中，送广东的容量为 2438 万 kW，主要是在 2007 年的基础上新增云南 450 万 kW 和贵州 250 万 kW 送广东；送广西的容量为 344 万 kW。

根据南方电网“十二五”规划研究结论，至 2015 年，南方电网“西电东送”规模预计将达到 4572 万 kW；其中，送广东的容量约为 3868 万 kW，送广西的容量将达到 704 万 kW。至 2020 年，南方电网“西电东送”规模预计将达到 6072 万 kW 左右；其中，送广东的容量约为 5068 万 kW，送广西的容量将达到 1004 万 kW。

至 2030 年，南方电网“西电东送”规模预计将达到 7472 万 kW 左右；其中，送广东的容量约为 5868 万 kW，送广西的容量将达到 1604 万 kW。

从“西电东送”的构成看：

2010 年南方电网“西电东送”总规模达 2782 万 kW，其中，水电 1752 万 kW，约占 63%；火电 1030 万 kW，约占 37%。

2015 年南方电网“西电东送”总规模预计达 4572 万 kW，其中，水电 3482 万 kW，约占 76.2%；火电 1090 万 kW，约占 23.8%。

2020 年南方电网“西电东送”总规模预计达 6072 万 kW，其中，水电 4982 万 kW，约占 82%；火电 1090 万 kW，约占 18%。

2030 年南方电网“西电东送”总规模预计达 7472 万 kW，其中，水电 6382 万 kW，约占 85.4%；火电 1090 万 kW，约占 14.6%。

可见，南方电网“西电东送”将由近期的水、火电并举，逐步转为以水电为主，中长期西电东送基本全部为水电。“十二五”和“十三五”时期是云南水电集中大量外送的时间。

期,云南水电外送规模占中长期西电东送规模的一半以上。

2.1.2 “西电东送”低碳效益

“十二五”期间,南方电网“西电东送”新增水电包括:云南溪洛渡电站、糯扎渡电站 1130 万 kW、梨园、阿海电站 300 万 kW,贵州构皮滩电站 300 万 kW。水电利用小时数按照 4500h 估算,2011~2015 年逐年“西电东送”水电分别为 788 亿 kW·h、982 亿 kW·h、1265 亿 kW·h、1511 亿 kW·h 和 1567 亿 kW·h,“十二五”期间合计输送西部水电 6113 亿 kW·h。按照 2007 年南方电网平均煤耗 349g/(kW·h) 计算,相当于节省电煤 21340 万 t 标煤,相应的可减少排放二氧化碳 53137 万 t、二氧化硫 341 万 t。

根据上述“西电东送”电源的构成分析,目前,“西电东送”容量中贵州火电比重较大,约占“西电东送”总规模的 31%左右,加上鲤鱼江的 120 万 kW,西电中火电的总比重约为 37%左右。“十二五”以后,随着贵州自身用电需求的增加、煤炭资源利用方式的转变,以及环保空间的限制,贵州火电继续增加外送的难度较大。按照这一发展趋势,根据测算,2015 年火电在“西电东送”的比重将下降到 24%左右,水电外送与火电外送的构成约为 3:1,至 2020 年,水、火电比重的差距将进一步扩大到 8:2。今后水电在南方电网“西电东送”中占绝对主导地位,有力地促进低碳经济的发展和绿色电网的构造。

2.2 电网规划

根据“西电东送”容量规划研究的成果,与“十一五”“西电东送”相比,“十二五”及中长期南方电网“西电东送”的输电距离将更长(1800~2000km),输送容量将更大(2030 年西电送广东容量接近 5900 万 kW,送广西容量接近 1400 万 kW),对电网安全稳定的要求更高。

至 2010 年,南方“西电东送”主网架形成“八交五直”输电规模,直流通道输电能力达 1580 万 kW,500kV 交流通道输电能力达 800 万 kW,直流通道输电容量约占整个西电东送通道能力的 2/3,“西电东送”容量主要通过直流通道输送。

为满足“十二五”期间西电东送需要,将新建兴仁~独山~桂南 500kV 输变电工程、±500kV 溪洛渡电站送电广东同塔双回直流工程、±800kV 糯扎渡电站送电广东特高压直流工程以及±500kV 金沙江中游电站送广西直流工程。

为满足“十三五”期间西电东送需要,初步考虑新建两回±800kV 西部水电送广东特高压直流工程,云南送电广西电力新建一回直流工程并适当加强 500kV 交流通道实现。

综上所述,“十二五”及中长期南方“西电东送”容量仍主要通过直流通道输送,直流电压等级更高,输送容量更大,更利于节约输电走廊;从交流通道的输电情况看,每回交流线路的输送容量几乎均在 100 万 kW 以上,充分利用了线路输送能力。

“西电东送”通道的规划建设为“西南水电”外送提供了坚强的网架基础,更为充分利用西南富裕水电资源,节约两广等地区的燃煤消耗创造了条件,是实现南方电网供电区域低碳经济发展的重要体现。

2.3 新能源规划

截至 2009 年底,南方电网统调装机容量 13501.3 万 kW,其中水电 4371.5 万 kW,占总装机容量的 32.38%;火电 8405.4 万 kW,占 62.26%;核电 394.8 万 kW,占 2.92%;风电 59.6 万 kW,占 0.44%;蓄能 270 万 kW,占 2.00%。从目前的电源结构看,南方电网仍以水电和火电为主,水电比重在 32%左右,而煤电比重超过了 60%。其他类型电源的比重合计仅 5.4%左右,其中核电比重在 3%左右,风电比重不足 1%。

南方五省(区)的能源资源分布极不均衡,总体能源资源匮乏,一次能源自给率仅在 50%左右。发展新能源成为了南方电网实现低碳经济,解决能源安全问题的主要举措。“十二五”期间,南方电网将加大广东和广西沿海核电的规划建设力度,规模化发展沿海核电,积极开发新能源和可再生能源,重点建设风力发电场和太阳能利用工程。新能源发展目标如下。

(1)“十二五”期间,将投产核电机组 1015 万 kW,投产风电等新能源机组 297 万 kW。至 2015 年南方电网装机容量合计约 2.6 亿 kW,其中水电 9905 万 kW,占 38.1%;风电等新能源发电 483 万 kW,占 1.9%;核电 1493 万 kW,占 5.7%。

(2)“十三五”期间,投产核电机组约 1495 万 kW,投产风电等新能源约 360 万 kW。2020 年南方电网装机规模预计达到 3.24 亿 kW 左右,其中水电 11940 万 kW,占 36.9%;风电等新能源发电 840 万 kW,占 2.6%;核电 3000 万 kW,占 9.3%;气电 1080 万 kW,占 3.3%;非化石能源装机比重将达到 52.5%,比 2015 年提高 4.2 个百分点。

新能源发电往往调频、调压及调峰等特性较差,对电网接入条件要求高。为实现南方电网供电区域的低碳发展目标,应积极加强电网建设,构建坚强的电网传输平台,为新能源大规模发展与接入创造有利条件。

2.4 重点工程布局

为实现社会经济与能源、环境的协调发展,促进低碳经济发展,“十二五”及中长期,南方电网将加大核电规划建设力度、积极开发新能源,并进一步加大西电东送力度,到 2030 年,“西电东送”容量高达 7262 万 kW,其中水电比重高达 85%左右,大规模的水电远距离外送将逐步成为南方电网西电东送的主体,配套水电外送需相应加强西电东送网架建设。

2.4.1 西南水电开发

2.4.1.1 金沙江

金沙江是长江的上游河段,习惯上将金沙江干流分为上、中、下三段:直门达至石鼓为上段,石鼓至攀枝花为中段,攀枝花至宜宾为下段。

根据金沙江上游水电规划的初步研究成果,初步规划以岗托、波罗、叶巴滩、拉哇、旭龙、奔子栏等形成主要梯级格局的 13 级开发方案,规划总装机容量 1410 万 kW,年发电量 642.3 亿 kW·h。金沙江中游河段规划按“一库八级”进行开发,规划总装机容量

2090 万 kW，年均发电量 938 亿 kW·h。金沙江下游河段规划按四级开发，即乌东德、白鹤滩、溪洛渡和向家坝四个梯级水电站，全部为川滇界河电站，梯级总装机容量 4336 万 kW，年发电量约 1860.12 亿 kW·h。目前金沙江下游一期工程，即向家坝、溪洛渡已获核准，装机 2026 万 kW。

2.4.1.2 澜沧江

澜沧江干流分上、中、下游三个河段，昌都（西藏）以上为上游，西藏昌都至云南四家村为中游，四家村（云南）以下为下游。

澜沧江上游河段位于云南省西部，河段长约 489km，天然落差 1036m，水力资源丰富，开发条件较好。上游河段规划按“一库七级”进行开发，装机容量合计达到 958 万 kW，多年平均年发电量为 426 亿 kW·h。澜沧江中游河段规划有 1 库 4 级水电站，总装机容量 811 万 kW。澜沧江下游河段按 1 库 4 级水电站规划，勐松电站目前开发条件不太确定，糯扎渡、景洪、橄榄坝合计装机容量达到 835.5 万 kW。

2.4.1.3 怒江

怒江发源于西藏北部的唐古拉山脉南麓安多县境内，源头为将美尔岗朵楼冰川。怒江上游河段初步规划按“二库十二级”方案开发，总装机容量为 1464 万 kW，年发电量约 673.2 亿 kW·h。其中，热玉和同卡为调节水库。依据怒江中下游水电规划成果，中下游河段按 13 级开发，全梯级装机容量 2175 万 kW，年发电量 1020.3 亿 kW·h，丙中洛梯级以下均在云南省境内，总装机容量 1655 万 kW。

2.4.1.4 伊洛瓦底江

伊洛瓦底江发源于中国西藏察隅县境内伯舒拉岭山脉西南麓，在西藏境内称吉太曲，在云南境内称独龙江，于云南省贡山县马库出境流入缅甸后称恩梅开江，在密支那上游约 45km 处的密松与迈立开江汇合后始称伊洛瓦底江。根据《缅甸伊洛瓦底江密支那以上流域水资源开发利用规划报告》，梯级总装机规模为 2150 万 kW，年发电量为 1139 亿 kW·h。

2.4.2 “西电东送”网架建设

按照南方电网“十二五”西电东送要求，“十二五”期间重点建设如下“西电东送”工程。

2.4.2.1 溪洛渡右岸电站送电广东±500kV 同塔双回直流输电工程

溪洛渡右岸电站送电广东±500kV 同塔双回直流输电容量 2×320 万 kW，直流线路长度约 2×1286 km。工程计划 2013 年投产第一回直流双极，2014 年投产第二回直流双极。

2.4.2.2 糯扎渡电站送电广东±800kV 特高压直流输电工程

糯扎渡电站送电广东±800kV 特高压直流输电容量 500 万 kW，直流线路长度约 1451km。工程计划 2012 年汛前投产单极，2013 年汛前投产双极。

2.4.2.3 金沙江中游梨园、阿海电站送电广西±500kV 直流输电工程

金沙江中游梨园、阿海电站送广西±500kV 直流输电容量 320 万 kW，直流线路长度约 1124km。工程计划 2013 年投产单极，2014 年投产双极。

2.4.2.4 兴仁至独山至桂南单回 500kV 交流通道

为满足贵州“十二五”新增电力外送需要，加强黔西南地区局部网架，建设兴仁～独山至桂南单回 500kV 交流输变电工程，工程计划 2012 年投产。

2.4.2.5 滇南外送 500kV 交流Ⅱ回通道

为满足云电季节性电能外送需要，加强广西北部电网局部网架，满足地区负荷发展需要，建设滇南外送 500kV 交流Ⅱ回通道工程，工程计划 2013 年投产。

2.4.2.6 海南联网二期工程

为保障海南核电投产后海南电网安全运行，并为海南提供一定的送电支持，扩建海南联网工程二期，仍采用交流 500kV 联网方式，联网送电容量约 60 万 kW，工程计划 2013 年底投产。

2.5 新技术应用

南方电网“西电东送”是实现低碳经济的需要，今后南方电网“西电东送”大容量、远距离、季节性、多受端的送电趋势越来越明显，对电力系统的安全稳定水平要求将更高。为满足各时期西电东送和沿途地区用电需要，限制负荷中心地区短路电流水平，避免过多直流落点珠三角负荷中心地区对电网安全带来的不利影响，理顺云南送端电网结构，避免电网重复建设，节约输电走廊和提高输送能力，在南方电网推广采用先近的电网技术是十分必要的。

2.5.1 特高压输电技术

南方电网“十二五”及中长期“西电东送”将以水电为主，云南水电外送规模所占比例在一半以上，缅甸水电和藏东南水电也将在中长期南方电网“西电东送”中发挥重要的补充、接续能源作用。考虑到今后西电东送跨度大，为避免大量电力流穿越南方 500kV 主网，减少网损和节约线路走廊资源，南方电网可考虑采用更高电压等级输电技术，即采用特高压直流和特高压交流输电技术。

特高压直流发展思路考虑今后新增的西电东送容量全部或大部采用直流方式外送，逐步强化直流通道在西电东送通道的作用，500kV 交流通道主要为系统提供输电裕度，提高省间电力交换的灵活性。纯直流方案输电能力强，网架结构清晰，安全稳定措施实施方便，投资适中，但是过多依靠直流外送，大量直流落点集中在相对较小的受端电网，存在发生严重故障的隐患。

特高压交流发展思路考虑建成覆盖南方电网粤桂滇黔四省区的特高压交流输电网络，形成特高压交直流并列运行输电通道。在广东建设坚强的受端电网，协调短路电流和电网强度两方面矛盾，优化特高压直流运行环境，稳定水平较高；在送端云南电网可满足丰期水电大量外送和枯期留存需要，还可兼顾向贵州和广西送电，运行灵活性较高。

根据《南方电网电力工业发展“十二五”及中长期规划研究》报告的研究结论，2030 年南方电网将建成特高压交直流并列运行的电网。特高压交流通道起点丽江变和营盘变，汇集“三江中上游”地区电力；考虑建设北、中特高压交流通道送出，分别为丽江～东川～安顺～桂林～佛冈和营盘～昆明西～罗平～河池～柳州～四会两个特高压交流通道，其