



国家电网公司
STATE GRID
CORPORATION OF CHINA

国家电网公司重点应用 新技术目录

(2009年版)

国家电网公司 发布



中国电力出版社
www.cepp.com.cn

国家电网公司重点应用 新技术目录

(2009年版)

国家电网公司科技部 组编



中国电力出版社

www.cepp.com.cn

内 容 提 要

本批目录是根据《国家电网公司新技术推广纲要》编写的，列出了未来5~10年适宜国家电网公司应用的新技术。目录分为14个部分，分别是：特高压输电技术，高压、超高压输电技术，高压、超高压变电技术，高压直流输电技术，高压、超高压变电站自动化系统，高压、超高压设备运行、维护和管理，电力系统及其自动化，电力系统分析，配电与用电，电力通信，电力企业信息化，输变电设计与建设，节能、环保和新材料，电网规划与经济。各部分又列出了2~16个具体新技术，详细说明了各新技术的名称、技术原理、应用条件、技术路线，特别给出了各技术的应用目标与原则和应用注意事项。

本目录可供各级电网公司、科研单位、生产厂家的领导、技术人员阅读，以帮助其更好地把握新技术发展方向，推进新技术的应用。

图书在版编目（CIP）数据

国家电网公司重点应用新技术目录：2009年版/国家电网公司发布.
北京：中国电力出版社，2009
ISBN 978-7-5083-9439-8

I. 国… II. 国… III. ①输电-电气工程-工程技术-中国-目录
②变电所-电气工程-工程技术-中国-目录 IV. TM7 TM63

中国版本图书馆CIP数据核字（2009）第164515号

中国电力出版社出版、发行

（北京三里河路6号 100044 <http://www.cepp.com.cn>）

北京博图彩色印刷有限公司印刷

各地新华书店经售

*

2009年9月第一版 2009年9月北京第一次印刷

880毫米×1230毫米 16开本 12.5印张 225千字

印数0001—1000册 定价49.00元

敬告读者

本书封面贴有防伪标签，加热后中心图案消失

本书如有印装质量问题，我社发行部负责退换

版 权 专 有 翻 印 必 究

关于发布《国家电网公司重点应用新技术 目录（2009 年版）》的通知

国家电网科〔2009〕855 号

公司各单位：

为进一步发挥公司新技术推广“一个纲要两个目录”（《国家电网公司新技术推广纲要》、《国家电网公司重点应用新技术目录》和《国家电网公司科技成果推广目录》）的指导作用，在原重点应用新技术目录的基础上，公司组织编制了《国家电网公司重点应用新技术目录（2009 年版）》，现予发布，请遵照实施。

附件：国家电网公司重点应用新技术目录（2009 年版）

二〇〇九年八月二十五日

前 言

《国家电网公司重点应用新技术目录（2009 年版）》是在 2006 年第一批目录的基础上，结合公司最新研究成果和重点工作，补充修订完成的，目的是为公司新技术推广应用提供指导。

根据《国家电网公司新技术推广纲要》，2006 年国家电网公司科技部组织编写了《国家电网公司重点应用新技术目录（2006 年第一批）》，目录列出了未来 5 ~ 10 年适宜在国家电网公司应用的新技术，分为 14 大类，83 项。2009 年版目录保持原技术分类上不变，增加输变电设备防鸟害，输电线路防高空坠落，防窃电，输电线路防雷、防盗、防舞动等电网实用技术内容，增加输电线路冰灾应对、直流输电、变电站数字测量、一体化调度支持系统、电力市场交易运营系统、母线负荷预测、“两型一化”变电站、“两型三新”线路、新农村供电模式、遥泵超长站距光纤通信、“SG186”工程、风电并网和新能源等最新研究成果，并对原有内容进行修订完善，列出技术 115 项。

国家电网公司系统覆盖范围大，地区经济发展水平、环境条件、电网运行条件存在很大差异，各单位可根据本单位、本地区电网的实际情况和具体特点，积极采用适宜的新技术，强力推进新技术应用，以科技创新推进公司降低成本、提高效率、保障安全、降低损耗、改善环保、提高管理水平和服务质量，实现电网技术升级和跨越，为建设“一强三优”现代公司提供技术支撑。

本目录将根据实施情况以及新技术发展趋势，不断滚动更新调整。在使用中若有合理建议，请与国家电网公司科技部联系。联系方式：newtech@sgcc.com.cn。

国家电网公司

二〇〇九年九月

目 录

前言

1 特高压输电技术

1.1	1000kV 特高压交流输电技术	1
1.2	± 800 kV 特高压直流输电技术	3

2 高压、超高压输电技术

2.1	紧凑型输电线路	5
2.2	大截面导线	7
2.3	同塔（杆）多回输电线路	9
2.4	固定串补和可控串补	10
2.5	静止无功补偿	11
2.6	可控并联电抗器	13
2.7	输电线路防雷技术	15
2.7.1	减小避雷线保护角	15
2.7.2	降低杆塔接地电阻	16
2.7.3	线路避雷器应用技术	16
2.8	防污闪技术	17
2.8.1	采用饱和盐密指导电网外绝缘防污设计	17
2.8.2	防污闪涂料技术	19
2.9	新型绝缘子技术	20
2.9.1	大吨位瓷、玻璃绝缘子	20
2.9.2	超/特高电压支柱绝缘子及套管	20
2.9.3	复合绝缘子	21
2.10	提高常规导线运行温度标准及其相关技术	22
2.11	输电线路冰灾应对技术	24
2.11.1	冰区划分	24
2.11.2	冰情预警和监测	25

2.11.3	覆冰区电网规划和抗冰设计	26
2.11.4	除冰和融冰技术	27
2.11.5	输变电设备状态评估及恢复技术	29
2.12	输电线路防舞动技术	30
2.13	输电线路防风偏技术	32

3 高压、超高压变电技术

3.1	气体绝缘金属封闭开关设备	35
3.2	混合式气体绝缘金属封闭开关设备	36
3.3	自能式六氟化硫 (SF ₆) 断路器	37
3.4	高压隔离开关新技术	38
3.5	大容量变压器	40

4 高压直流输电技术

4.1	直流背靠背技术	42
4.2	电压源变换器高压直流输电 (VSC - HVDC) 技术	42
4.3	±500kV 直流输电工程技术	44
4.4	±660kV 直流输电技术	45

5 高压、超高压变电站自动化系统

5.1	无人值班 (少人值守) 变电站 (五遥功能)	47
5.2	基于 IEC 61850 通信协议的变电站自动化系统	49
5.3	变电站数字量测技术	50
5.3.1	电子式互感器及其接口	50
5.3.2	基于数字测量的微机继电保护	52
5.3.3	基于数字量测技术的变电站自动化装置	53
5.4	无人值班变电站集中控制管理系统	54

6 高压、超高压设备运行、维护和管理

6.1	直升机巡线检测、应急处理及带电作业	56
6.2	输电线路安全监视与管理系统	57
6.3	输电线路行波故障测距技术	58
6.4	气体绝缘金属封闭开关设备 (GIS) 检测与测试	59

6.4.1	GIS 局部放电在线检测与诊断系统	60
6.4.2	GIS 内部击穿故障定位	61
6.4.3	GIS 内部闪络故障在线自动定位系统	62
6.5	绝缘子检测与测试	63
6.6	变电站设备状态检修	64
6.7	输电线路防盗技术	65
6.8	输变电设备防鸟害技术	68
6.9	输电线路防高空坠落技术	69
6.10	交联电缆运行维护技术	70

7 电力系统及其自动化

7.1	电力系统电压无功优化控制	72
7.2	交直流大电网经济运行	73
7.3	抽水蓄能电站的经济运行与控制	75
7.4	区域电网安全稳定控制技术	75
7.5	基于广域量测技术 (WAMS) 的电网动态实时监控系统	77
7.6	智能电网调度技术支持系统	78
7.7	具有反事故演练功能的调度员培训仿真系统	80
7.8	电网继电保护运行管理系统	82
7.9	雷电监测分析及其应用	83
7.10	电力系统应急处理与提高电网抗灾能力技术	84
7.10.1	大电网应急处理技术	84
7.10.2	城市电网供电应急抢修技术	85
7.10.3	提高电网抗灾能力技术	87
7.10.4	电网应急技术支持平台技术	89
7.11	电力市场交易运营系统	90
7.12	母线负荷预测	91
7.13	节能发电调度系统	94

8 电力系统分析

8.1	基于符合实际的负荷模型、发电机、励磁系统、调速系统及线路参数 (模型) 的电力系统分析技术	96
8.1.1	负荷建模技术和发电机、励磁系统、调速系统及线路的模型参数	

实测技术	96
8.1.2 采用符合实际的负荷、发电机、励磁系统、调速系统及线路模型 参数的电力系统仿真技术	97
8.2 电力系统功角和电压稳定分析技术	98
8.2.1 电力系统动态稳定分析技术	98
8.2.2 同步电网安全稳定分析技术	99
8.2.3 重大电网方案仿真评估研究技术	101
8.3 电网可靠性和经济性评估分析技术	102
9 配电与用电	
9.1 10kV 高效节能预装式变电站	104
9.2 柱上断路器集成技术	105
9.3 多路开关柜集成技术	106
9.4 抗水树交联电缆技术	107
9.5 10kV 架空配电线路绝缘导线及其雷击断线保护	108
9.6 永磁操动机构真空开关（断路器）技术	110
9.7 配网自动化	112
9.8 农村紧凑型集成化变电站和开闭所	113
9.9 电力用户用电信息采集系统	114
9.10 防窃电技术	116
9.11 新农村典型供电模式	118
9.11.1 ABC 三类典型供电模式	118
9.11.2 分布式地理信息系统技术	119
9.11.3 信息资源整合技术	120
10 电力通信	
10.1 电力通信 ASON 技术	122
10.2 电力通信网评估与优化技术	123
10.3 电力光纤线路监测技术	124
10.4 电力线高速数据通信	125
10.5 遥泵超长站距光纤通信	126
10.6 软交换综合业务平台	127
10.7 无线传感器网络技术	128

11 电力企业信息化

11.1	一体化信息集成平台及关键技术	130
11.2	信息安全网络隔离装置	131
11.3	信息系统软硬件资源优化整合技术	133
11.4	企业资源管理业务应用	134
11.5	营销业务应用	135
11.6	生产管理业务应用	137
11.7	安全监督与管理业务应用	138
11.8	协同办公	139
11.9	招投标管理业务应用	140
11.10	计算机辅助审计	142
11.11	应急管理业务应用	143
11.12	资产全寿命周期管理信息化支持	144
11.13	信息运维综合监管技术	145
11.14	信息内外网边界安全监控技术	146
11.15	安全移动存储介质	146
11.16	信息系统等级保护	147

12 输变电设计与建设

12.1	软土地区输电线路复合小桩基础设计施工技术	148
12.2	输电铁塔的高强钢技术	149
12.3	输变电工程通用设计	151
12.4	变电站通用设备	153
12.5	“两型一化”变电站	154
12.6	“两型三新”线路	156
12.7	遥测图片选线技术	158
12.8	钢管塔技术	159
12.9	应对小概率重灾害电网设计技术	160
12.10	输电铁塔耐候型冷弯型钢应用技术	162

13 节能、环保和新材料

13.1	节能变压器	163
------	-------------	-----

13.2	配电网降低网损技术	164
13.3	全地理式、半地理式、景观型预装式变电站	166
13.4	改善城市景观的输变电设计	167
13.5	变电站（换流站）噪声控制技术	169
13.6	直流接地极减少环境影响技术	170
13.7	碳纤维复合材料芯导线	171
13.8	复合材料电力杆塔技术	173
13.9	输电线路降低风噪声技术	174
13.10	农村电网综合节能技术	175
13.11	需求侧管理	176
13.12	电蓄冷、电蓄热、热泵技术	177
13.13	风电并网技术	179
13.14	分布式电源并网技术	181

14 电网规划与经济

14.1	城市电网规划新技术	183
14.2	简化电压序列，提高中压配电电压	184
14.3	寿命周期成本管理	185

1 特高压输电技术

1.1 1000kV 特高压交流输电技术

电力负荷的快速增长、发电资源与电力负荷中心在地域上的不均衡、高效特大型发电机和大规模电厂的建设和接入电网、新建输电线路和变电站严格的环境限制和节省土地资源推动输电网从超高压向特高压电网发展。国际上特高压通常指的是额定电压为 1000kV 及以上的电压等级。从 20 世纪 60 年代末开始，前苏联、美国、日本和意大利等国在 500kV 输电网投运不久，结合特高压输电工程的需求开展了特高压输电技术及其相关输变电设备制造技术的研究。前苏联于 1985 年建成投运额定电压为 1150kV（最高运行电压为 1200kV）、线路长 900km 的特高压输变电工程，运行六年，取得了宝贵的运行经验，证明特高压交流输电技术的可行性和经济性。

我国特高压输电技术的研究起始于 1986 年，在吸收、借鉴国外研究经验和研究成果的基础上开展了大量的、卓有成效的研究。特别是 2005 年以来，结合特高压交流试验示范工程，开展特高压输电技术关键研究及其输变电设备研制，取得了一系列具有国际先进水平的重大成果，为试验示范工程和未来特高压输电网的发展提供坚强地支撑。

随着我国经济社会快速、持续的发展，用电需求快速增长。在未来的 15 ~ 20 年内，我国的电力工业仍将保持快速发展的步伐。未来，我国发电能源的开发主要集中在西部和北部地区，负荷仍主要集中在东部和南部沿海地区，需要利用特高压输电进行远距离、大容量输送电力，实现西电东送、南北水火协调互供。西南水电、西北火电基地的电力输送到东部沿海负荷中心的输电距离在 1000km 及以上，总的远距离输送电力到 2020 年估计达到 100 ~ 200GW。从战略发展的高度，首先在我国西南水电和“三西”（山西、陕西、蒙西）等火电基地开发中需要建设西电东送、南北互供的特高压输电网。

按自然传输功率计算，一条特高压线路的传输功率相当于 4 ~ 5 条 500kV 超高压线路的传输功率（约 4000 ~ 4500MW）。特高压输电将节约宝贵的输电走廊，降低整个电网网损，大大提升我国电力工业可持续发展的能力。

2008 年 12 月，我国首个特高压工程——1000kV 晋东南—南阳—荆门特高压交流试验示范工程，经过现场调试和试验考核，投入联网运行，推动了我国特高压输电工程的建设 and 特高压输电网的发展。

建设以特高压交流输电网为骨干网架，特高压交直流输电，超高压、高压电网分层、分区，网架结构清晰的电网，整个电网的输电能力、电网的稳定水平将显著

提高。技术经济比较研究表明在我国发展特高压交流输电是可行的。从技术的角度看，采用特高压输电技术是实现提高电网输电能力的主要手段之一，能够取得减少占用输电走廊、改善电网结构等方面的优势；从经济的角度看，根据目前的研究成果，输送 10GW 水电条件下，与其他输电方式相比，特高压交流输电有竞争力的输电距离能够达到 1600km 及以上。如果输送距离较短（如 500 ~ 1200km）、输送容量更大，特高压交流输电的竞争优势将更为明显。

1000kV 特高压交流输电技术已较成熟，具备应用条件。

应用目标与原则：

（1）应用特高压交流输电技术的目的是提高电网输电能力，降低输送每千瓦功率的成本，节省线路走廊和降低电网网损，构建坚强电网。

（2）1000kV 特高压交流试验示范工程成功投运后，配合大电源基地建设积极开展特高压交流输变电工程建设。

（3）通过特高压输变电工程建设，逐步建成覆盖华北、华中和华东电网的三华特高压同步电网。

（4）积极推进 1000kV 特高压交流输电系统串联补偿等 FACTS 技术的应用，使特高压电网形成大容量、远距离输电大通道。

（5）掌握 1000kV 特高压交流输电系统运行技术、运行维修标准，包括无功电压控制、安全稳定监测和控制、设备运行维护等。

（6）研究高海拔 1000kV 特高压交流输电技术。

（7）开展特高压 GIS/HGIS 隔离开关操作过程特快速瞬态过电压（VFTO）分析和防护技术研究。

（8）研究 1000kV 特高压交流输电系统继电保护标准化设备技术，按照继电保护“六统一”原则，制定设备技术标准，深化设备制造、工程设计、保护应用要求，规范调度运行、维护检验、现场作业管理。

（9）积极推进特高压可控高压电抗器、大容量变压器、大电流断路器、高通流能力的油套管等新型设备的研制与应用，进一步提高特高压输送能力，发挥特高压输电优势。

应用注意事项：

（1）总结特高压试验示范工程所取得的研究成果和建设经验，进一步提高特高压技术应用水平，并将其应用到后续的特高压输变电工程中。

（2）从我国的国情出发，站在全国范围资源优化配置的高度（全局性、长远性、前瞻性），从提高输电能力、提高电网运行可靠性和节省线路走廊等多方面进行技术经济比较，使特高压交流输电工程做到更安全可靠、更具有经济性。

(3) 采用 1000kV 特高压交流输电方案时，宜与特高压直流输电方案和不同的特高压输电方案进行技术经济比较，选用可靠性高、寿命周期成本最优的方案。

(4) 加强特高压交流输电系统与其相关联的 500kV 电网协调运行研究，投运初期与 500kV 电磁环网研究，并制定相关电磁环网解环原则，以充分发挥特高压输电大通道优势。

1.2 ±800kV 特高压直流输电技术

特高压直流输电是实现大容量、远距离输电的重要输电方式。±800kV 特高压直流输电的绝缘水平与 1000kV 交流输电相当，属于特高压输电范畴。金沙江一期 ±800kV 特高压直流输电工程已列入示范工程，并开工建设。该工程每极采用两个 12 脉动换流器串联，以提高直流输电电压、提升输送功率，相对 ±500kV 直流输电来说，可减小线路损耗，充分利用线路走廊，相对减小单台换流变压器几何尺寸。±800kV 特高压直流输电是先进的直流输电技术，它的主要技术特点是：换流器采用 6in 晶闸管（可控硅）换流阀；因直流系统电压高，线路、换流器和换流变压器等主设备直流绝缘耐受水平要求高；直流系统运行方式灵活、输送功率大、送电距离远。

目前，世界上仅巴西伊泰普水电站建成了每极由两个 12 脉动换流器串联构成的 ±600kV 双极高压直流输电系统，并经过长期运行检验。前苏联设计的每极由两个 12 脉动换流器并联构成的 ±750kV 双极高压直流输电系统没有最后建成。我国在特高压直流工程前期研究中，总结国内多个 ±500kV 高压直流输电工程建设和运行经验，认真分析国外多个换流器串联或并联构成的双极高压直流输电系统所采用的技术，根据目前直流输电设备的制造水平，确定采用 6in 晶闸管（可控硅）新技术，规划建设 ±800kV、持续输送容量达 7000MW 的世界最高电压等级、最大输送功率的特高压直流输电示范工程。在长距离大容量输电工程中，这种直流输电技术与常规 ±500kV 直流输电系统相比，采用每极两个 12 脉动换流器串联的方式，解决了因直流电压升高、直流输送功率增加、单台换流变压器尺寸增加而造成的运输困难。

通过 ±800kV 特高压直流输电示范工程建设，将制定一系列技术规范和标准；确定换流器、换流变压器等主设备接线方式、绝缘水平和负荷能力；确定直流系统控制方式和保护配置；通过自主研发或引进相关设备，掌握特高压直流输电的关键技术，包括 6in 晶闸管（可控硅）换流阀、换流变压器、交/直流滤波器、平波电抗器、隔离开关与快速接地开关、避雷器等设备的制造技术，控制保护和测量设备技术，每极两个 12 脉动换流器串联建设和运行技术，外绝缘设计技术，以及满足环保要求的新技术等，使我国直流输电技术居于国际领先水平。

在借鉴国外直流输电的研究经验，总结我国直流输电的建设和运行经验的基础上，结合示范工程，我国开展了特高压直流输电技术的综合试验研究，取得了一系列先进成果并为特高压直流输电示范工程的设计和设备制造提供了大量技术数据，为特高压直流输电工程建设提供坚强技术支撑。

$\pm 800\text{kV}$ 特高压直流输电技术已较成熟，具备应用条件。

应用目标与原则：

（1）提高直流线路输电能力，降低输送每千瓦功率的建设成本，节省线路走廊。

（2）2010 年，向家坝—上海 $\pm 800\text{kV}$ 特高压直流示范工程将建成投运。工程成功投运后，应总结运行经验，提升技术研究成果，加快建设后续特高压直流工程，逐步应用到西部水电外送的其他直流输电工程。

应用注意事项：

（1）采用 $\pm 800\text{kV}$ 特高压直流输电方案时，宜与特高压交流输电方案和其他电压等级直流输电方案进行技术经济比较，做到输电方案经济合理、安全可靠。

（2）规划建设 $\pm 800\text{kV}$ 特高压直流输电工程时，要进行交直流系统相互影响的研究，特别是多回直流馈入系统运行特性以及直流接地极入地电流对系统影响的研究，保证互联电网的安全稳定运行。

（3）重点解决换流器（包括阀厅套管）、换流变压器、直流场设备、输电线路等各种设备的选型和研制，直流控制保护系统的功能配置、直流接地极入地电流对电网的影响等技术课题。

（4）针对西南地区复杂的地质条件，重点研究装配式基础在节理裂隙岩地质条件下的应用等课题。

（5）应制定并完善 $\pm 800\text{kV}$ 特高压直流输电系统运行和检修规程。

（6）应制定并完善 $\pm 800\text{kV}$ 特高压直流输电线路带电作业操作规程，研制和完善带电作业机具。

2 高压、超高压输电技术

2.1 紧凑型输电线路

紧凑型输电技术是指压缩相间距离、增加相导线分裂根数、减少线路阻抗、大幅度提高输电能力，同时减小线路走廊宽度的输电线路技术。国外已建成和投运的紧凑型线路主要是靠压缩相间距离减少线路阻抗来提高输电能力，但压缩相间距离受相间绝缘限制，输电能力提高有限。前苏联曾提出改变传统分裂导线结构大幅度地提高线路输电能力的理论，并建成工业试验线路，但由于线路结构过于复杂，无法应用、使用。我国在认真分析国外紧凑型输电线路技术的基础上，采取了压缩相间距离和增加分裂导线根数同时并举的方法，线路输电能力较仅靠压缩相间距离的紧凑型线路有进一步提高，并解决了压缩相间距离后引起的导线表面场强过高的问题。在此基础上又将相线正三角布置改为倒三角布置，从而大大减小了线下及其周围的工频电场和磁场。我国的紧凑型输电线路具有较大幅度地提高线路输电能力、减小线路走廊宽度和改善工频电磁环境等三大特点，与常规输电线路相比，可提高自然输电功率 30%，减少线路走廊 60% 以上。

目前，紧凑型输电线路在我国 220、330kV 和 500kV 电网都已得到应用。我国第一条单回 500kV 昌平—房山紧凑型输电线路已于 1999 年投入运行，与常规输电线路相比，线路输电能力提高 34%，线路走廊宽度减小 17.9m，线下电场强度大于 4kV/m 的工频电场区减少 18m，线下最大工频磁场还不到常规线路的一半。2004 年又成功投运了 500kV 政平—宜兴同塔双回紧凑型输电线路，它和同塔双回常规线路相比，除明显提高线路输电能力外，还减小塔重 23% ~ 27%，降低成本 10% 左右。

在建设紧凑型输电线路的同时，还研制了带电作业成套工具。随着近年来紧凑型输电线路的推广应用，有关单位不断研究，海拔 2000m 及以下地区 500kV 紧凑型输电线路带电作业及同塔双回紧凑型输电线路带电作业问题已经得到解决。

由于紧凑型输电线路相间距离相对于常规线路大为缩小，因此会发生由于相间不同期风偏产生的非同期摇摆现象，且冰雪、大风恶劣气象条件下发生导线舞动造成相间放电跳闸的几率比常规型线路大，需要研究采取相关的防治措施。近年来华北电网有限公司等单位在以往研究及数年运行经验基础上，系统地研究了 500kV 紧凑型输电线路风偏/非同期摇摆、覆冰舞动、脱冰跳跃特性，在此基础上研究了抑制非同期摇摆事故和覆冰舞动事故的综合防治技术措施，提出了相间间隔棒等措施的优化配置方案。

至 2008 年底，全国已建成 500kV 紧凑型输电线路超过 5000km。紧凑型输电技

术已较成熟，具备应用条件。

应用目标与原则：

(1) 应用紧凑型输电线路的目的是提高远距离输电线路的输电能力，降低输送每千瓦功率的建设成本和节省每千瓦功率的线路走廊。

(2) 单回 220、330kV 和 500kV 大容量、远距离输电线路建设继续扩大紧凑型输电线路使用范围。

(3) 因地制宜建设 220、330kV 同塔双回或多回相线垂直布置的低阻抗紧凑型输电线路。

(4) 积极推进紧凑型输电线路加装串联补偿和并联的静止无功补偿装置，以进一步提高远距离输电线路输送功率的能力。

(5) 在一些紧凑型输电线路中还多次发生雷击事故，甚至在负保护角的情况下发生绕击。造成这种情况的具体原因是雷电测量手段的问题还是线路设计问题还有待于进一步进行深入的研究。

(6) 研究 750kV 和特高压紧凑型输电技术。

应用注意事项：

(1) 应用紧凑型输电线路时，宜与其他可能提高输电能力、节省线路走廊的输电方案进行技术经济比较，做到应用紧凑型输电线路安全可靠、经济合理。

(2) 设计紧凑型输电线路应按 DL/T 5217—2005《220kV～500kV 紧凑型架空送电线路设计技术规定》，根据线路经过的环境条件进行充分的计算分析，做到设计的线路运行安全可靠、经济合理，满足环境保护要求。

(3) 进一步完善不同电压等级紧凑型输电线路运行和检修规程。

(4) 进一步建立和完善带电作业操作规程和带电作业机具使用规程。

(5) 紧凑型输电线路应配置全面的风偏/相间非同期摇摆、覆冰舞动治理技术措施。易覆冰舞动区的线路应以防治覆冰舞动为主，按照防治舞动优化方案进行相间间隔棒等防舞器械的配置，并适当在两上相间加装相间间隔棒以加强对风致非同期摇摆的综合防治；非易覆冰舞动区线路以防治风致非同期摇摆为主，以相间间隔棒为防治措施，按照抑制非同期摇摆的最优配置方案进行安装，并可适当辅以一定的防覆冰辅助措施。

(6) 在紧凑型线路中，近年来多次出现复合绝缘子高压侧球头从球窝金具中脱出的情况，可采取加装抱箍、改进锁紧销等方式来避免，目前在一些紧凑型输电线路路上已开始使用，效果良好。在新建线路中，有必要从开始就采取相应的改进措施；对于已建线路，也很有必要进行排查预防。