



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

(2006年第一批)

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

(2006年第一批)

国家电网公司科技部 组编

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 2~14 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. 2006 年第 1 批 / 国家电网公司发布. —北京: 中国电力出版社, 2007.3

ISBN 978-7-5083-5266-4

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

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2007)第 030149 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

*

2007 年 3 月第一版 2007 年 3 月北京第一次印刷

880 毫米×1230 毫米 16 开本 8 印张 123 千字

印数 0001—3000 册 定价 48.00 元

版 权 专 有 翻 印 必 究

(本书如有印装质量问题, 我社发行部负责退换)

关于发布《国家电网公司重点应用新技术 目录（2006 年第一批）》的通知

国家电网科〔2006〕323 号

公司各单位：

为指导公司系统新技术应用方向，明确公司重点应用新技术的名称、技术原理、应用条件和技术路线，根据《国家电网公司新技术推广纲要》，公司组织制定了《国家电网公司重点应用新技术目录》，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（2006 年第一批）

二〇〇六年四月二十八日（印）

前 言

为落实《国家电网公司“十一五”科技发展规划》，指导国家电网公司系统新技术应用方向，明确公司重点应用新技术的名称、技术原理、应用条件、技术路线，根据《国家电网公司新技术推广纲要》，国家电网公司科技部组织制定了《国家电网公司重点应用新技术目录（2006 年第一批）》，本目录列出了未来 5~10 年适宜国家电网公司应用的新技术 14 大类，具体内容为：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。每一大类又列出了 2~13 个具体新技术，详细说明了各新技术的名称、技术原理、应用条件和技术路线，重点强调了各新技术应用目标、原则和应用注意事项。

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，提高电网技术装备和管理水平，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

2007 年 3 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	6
2.3 同杆多回输电线路	7
2.4 固定串补和可控串补 (TCSC)	8
2.5 静止无功补偿 (SVC)	9
2.6 可控并联电抗器	11
2.7 线路避雷器	13
2.8 防污闪外绝缘新技术	14
2.9 新型绝缘子技术	15
2.10 提高常规导线运行温度标准及其相关技术	16
2.11 输电线路防覆冰、防舞动技术	18
3 高压、超高压变电技术	
3.1 气体绝缘金属封闭开关设备 (GIS)	21
3.2 高压组合电器新技术	22
3.3 自能式六氟化硫 (SF_6) 断路器	23
3.4 新型高压隔离开关	25
3.5 大容量变压器	26
4 高压直流输电技术	
4.1 直流背靠背技术	28
4.2 电压源换流直流输电 (轻型高压直流输电)	29
4.3 500kV 直流输电工程技术	30

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）	32
5.2 基于 IEC 61850 通信协议的变电站自动化系统	34
5.3 基于数字量测的微机继电保护系统	35
5.4 无人值班变电站集中控制管理系统	37

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	40
6.2 输变电设备安全监视与管理系统	41
6.3 高精度输电线路故障测距技术	42
6.4 气体绝缘金属封闭开关设备（GIS）检测与测试	43
6.4.1 GIS 局部放电在线检测与诊断系统	43
6.4.2 气体全封闭组合电器内部击穿故障定位系统	44
6.4.3 SF ₆ 全封闭组合电器内部闪络故障在线自动定位系统	45
6.5 绝缘子检测与测试	46
6.6 变电站设备状态维修和在线诊断	47

7 电力系统及其自动化

7.1 电力系统在线电压无功优化协调控制	49
7.2 交直流大电网经济运行	50
7.3 抽水蓄能电站的经济运行与控制	51
7.4 区域电网安全稳定控制新技术	52
7.5 基于广域量测系统（WAMS）的电网动态实时监控系統	54
7.6 基于 IEC 61970 电网调度自动化系统	55
7.7 具有反事故演练功能的调度员培训仿真系统	56
7.8 电网继电保护运行管理系统	58
7.9 雷电监测分析系统	59
7.10 电力系统灾变应急处理系统	60
7.11 电力市场运营系统	61

8 电力系统分析

8.1 基于正确负荷模型、实际的发电机、励磁系统、调速系统、线路参数 （模型）的电力系统分析技术	63
8.2 电力系统功角和电压动态稳定分析技术	64
8.3 电网可靠性和经济性评估分析技术	65

9 配电与用电

9.1 高效节能预装式变电站	67
9.2 柱上断路器集成技术	68
9.3 多路开关柜集成技术	69
9.4 抗水树交联电缆技术	70
9.5 10kV 架空配电线路绝缘导线用雷击断线保护措施	72
9.6 永磁操动机构、小型化、免维护真空断路器技术	73
9.7 城市供电紧凑型变电站	75
9.8 配电自动化和配电管理系统 DMS	76
9.9 农村小型化变电站	78

10 电力通信

10.1 电力光纤数字通信传输技术	80
10.2 电力光纤线路监测与通信网络资源管理技术	81
10.3 电力线高速数据通信 (PLC)	83

11 电力企业信息化

11.1 企业资产管理 (EAM) 技术	85
11.2 电力营销管理技术支持系统	85
11.3 寿命周期成本 (LCC) 管理技术	86
11.4 企业内部控制评价体系	87
11.5 电力信息安全技术	88
11.6 企业信息集成平台技术	90

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	91
12.2 输电铁塔的高强钢技术	92
12.3 输变电工程典型设计技术	94
12.4 海拉瓦—洛斯达航拍技术	96

13 节能、环保和新材料

13.1 节能变压器	97
13.2 配电网无功优化、降低网损技术	98
13.3 全地埋式、半地埋式、景观型预装式变电站	99
13.4 改善城市景观的输变电设计技术	100
13.5 变电站 (换流站) 噪声控制技术	102

13.6 直流接地极减少环境影响技术 103

13.7 碳素复合材料缆芯铝绞线耐热、低弧垂导线 104

13.8 新型复合绝缘子技术 106

13.9 输电线路降低风噪声技术 107

13.10 农村电网综合节能技术 109

13.11 需求侧管理技术 110

13.12 蓄冷空调技术 112

13.13 分散电源技术 113

14 电网规划与经济

14.1 城市电网规划新技术 115

14.2 电力规划与经济 116

14.3 简化配电电压、提高配网电压等级 117

1 特高压输电技术

1.1 1000kV 特高压交流输电技术

1
1.1

电力系统和输电规模的扩大，世界高新技术的发展，推动了特高压输电技术的研究。从 20 世纪 60 年代开始，前苏联、美国、日本和意大利等国，先后进行基础性研究、实用技术研究和设备研制，已取得了突破性的研究成果，制造出成套的特高压输电设备。前苏联已建成额定电压 1150kV（最高运行电压 1200kV）的交流输电线路 1900 多 km 并有 900km 已经按设计电压运行；日本已建成额定电压 1000kV（最高运行电压 1100kV）的同杆双回输电线路 426km。百万伏级交流线路单回的输送容量超过 5000MW，且具有明显的经济效益和可靠性，作为中、远距离输电的基干线路，将在电网的建设和发展中起重要的作用。

特高压输电技术的复杂性以及它在电力系统中的作用，是现有电压等级无法相比的，因此无论是基础研究，还是实用技术研究，所投入的资金和人力比超高压要大得多，设备的研制也要困难得多。日本和前苏联的实践表明：特高压交流输电技术已基本成熟。交流特高压技术几乎没有难以克服的技术问题。从输变电设备制造技术上，前苏联已基本成熟，但技术水平相对落后；日本已经达到国际领先水平，并经历了长达 5 年的带电试验考核，目前变电设备处于分别载流和加压试验阶段，但输电线路一直降压运行。

随着经济的全球化趋势和科学技术的迅速发展，我国的电力系统也将面临着巨大的挑战和机遇。在未来的 15~20 年内我国的电力工业将保持快速发展的步伐，预计全国电力装机容量在 2010 年和 2020 年将分别达到 780GW 和 1000GW。由于我国能源和负荷分布的特点是，能源集中在西部和北部地区，负荷集中在东部和南部沿海地区，需要利用特高压进行远距离、大容量输送电力。为加速实现西电东送、南北互供和全国联网，从战略发展的高度，将首先在我国西南水电和西北火电基地中开发建设我国的特高压输电电网。按自然传输功率计算，1 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 4000~5000MVA），这将节约宝贵的输电走廊和大大提升我国电力工业可持续发展的能力。我国在特高压领域已经开展了一定科研及设备研制的基础工作，积累了一些经验。特高压输电技术（包括设备研制、线路绝缘设计以及运行控制技术）是在超高压输电、尤其是 500kV 和 750kV 输电技术基础上发展起来的，其特点是电压水平较高、线路产生的无功功率较大、短路电流非周期分量衰减缓慢，会对特高压输电的设计和运行产生影响。

我国的特高压制造技术已经具备一定的基础，但仍有一些技术问题需要解决。国

际上特高压输变电技术掌握在少数几个国家手中,我国需要加大科研工作力度,努力掌握核心技术。另外一方面,近几年,随着我国 750kV 输电工程的建成,相对于特高压输电技术,应该说发展特高压设备制造能力及技术应该会更快一些。我国的电气设备制造水平和工艺随着 750kV 工程的上马,有了新的发展和进步,不少企业已具备制造特高压设备的技术条件和生产能力,只要工程需要,研制特高压输变电设备是可能的。预计 2008 年前后建成我国第一条 1000kV 特高压交流试验示范工程(晋东南—荆门)。

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;从经济方面的角度看,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范围能够达到 1000~1500km。如果输送距离较短、输送容量较大,特高压交流的竞争优势更为明显。因此,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) 从技术和经济上来看,在我国长距离大容量输电中采用特高压交流输电是可行的。特高压交流输电技术将在未来国家电网骨干电网输电中发挥重要作用。

(2) 应用特高压交流输电技术的目的是提高线路输电能力,降低输送每千瓦功率的成本和节省线路走廊。

(3) 抓紧建设 1000kV 特高压交流输电示范工程,在取得经验后进行应用。

(4) 研究 1000kV 交流特高压线路工频过电压、操作过电压及其控制措施技术。

(5) 研究 1000kV 交流特高压线路系统运行技术,包括无功电压控制、安全稳定监测和控制、设备运行维护,等等。

(6) 因地制宜建设 1000kV 同塔单回或双回特高压交流输电线路。

(7) 积极推进 1000kV 交流特高压输电系统串联补偿和并联补偿技术。

(8) 研究 1000kV 交流特高压紧凑型输电技术。

(9) 研究高海拔 1000kV 交流特高压输电技术。

(10) 研究 1000kV 交流特高压输电应用新型材料、技术,包括:低噪声导线、高强度节能型金具、高强钢在杆塔中的应用、钢管塔、环保型地基基础、直升飞机放线施工,等等。

应用注意事项:

(1) 从我国的国情出发,站在全国联网战略规划研究的高度(全局性、长远性、前瞻性),从提高输电能力、节省线路走廊等多方面进行技术经济比较,在应用特高压交流输电技术时做到安全可靠、经济合理。

(2) 因地制宜, 学习国外大电网建设的经验。在世界范围内, 特高压输变电技术的储备是足够的, 但取得的运行经验是初步的, 还存在风险和困难, 有些技术问题还需要进行深入研究, 特别要结合中国电网的实际情况, 在吸取国外经验的基础上大胆创新, 在下列方面要开展专门研究, 例如: 无功电压控制问题、过电压及潜供电流控制问题、特高压电网及下级电网协调发展问题、交/直流系统协调发展问题及安全稳定控制问题, 等等。

(3) 研究应用于特高压输电系统的串联补偿(以下简称串补)及可控串补技术, 满足远距离、大容量、经济送电的需求。在我国特高压输电示范工程建设及实施过程中, 应加快这两种主要设备的研制开发及国产化的进程, 满足未来电网长远发展需要。

(4) 结合我国 500kV 发展的经验和教训, 考虑特高压重要通道及联络线以及重要输变电设备在未来电网中的适应性问题。重要设备参数及性能能够适应未来电网的发展要求, 才能最大限度满足电力市场化对电网的需求, 从而实现最大范围内的资源优化配置。

1.2 ±800kV 特高压直流输电技术

金沙江一期±800kV 特高压直流输电工程每极采用两个 12 脉动换流器串联, 可提高直流电压和输送功率, 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的直流输电技术。它的主要技术特点是: 换流器仍采用成熟的常规晶闸管(可控硅)元件构成; 单回直流系统输送功率大; 线路、换流器和换流变压器等主设备承受直流电压水平高; 直流系统运行方式增加。

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。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, 规划建设±800kV、输送容量达 6400MW 的世界最高电压等级、最大输送功率的直流输电系统。在长距离大容量输电工程中, 这种直流输电技术与交流输电和±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, 使单台换流变压器尺寸增加而造成的运输困难; 将大大减少金沙江水东送的输电走廊, 降低运行损耗, 促进东、西部地区共同发展。

通过第一回±800kV 特高压直流输电工程建设, 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；自主研发或引进相关设备，并掌握特高压直流输电的关键技术，包括 6 英寸晶闸管（可控硅）元件及换流器、换流变压器、直流套管、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 脉动换流器组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。

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、节省线路走廊和减小运行损耗。

（2）重点解决换流器（包括阀厅套管）、换流变压器、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。

（3）针对西南地区复杂的地址条件，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。

（4）2011 年，金沙江一期将建成第一个 $\pm 800\text{kV}$ 特高压直流输电系统，并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，要进行交直系统相互影响研究，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）设计 $\pm 800\text{kV}$ 特高压直流输电工程时，应按国标、行标及相关的技术规定，根据输电系统所在的电网和环境条件进行充分分析研究，使设计的输电系统运行安全可靠、经济合理，满足环境保护要求。

（4）直流主设备和二次系统配置，应保障单一设备故障不影响直流系统运行；多重故障应能够采取措施保证系统安全运行。

（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）应制定和完善 $\pm 800\text{kV}$ 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。西方国家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矛盾。在此基础上又将相导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，紧凑型线路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 30% 以上。

目前，紧凑型线路在我国 220、330kV 和 500kV 电网都得到应用。我国第一条单回 500kV 昌平—房山紧凑型线路已于 1999 年投入运行，与常规线路相比，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。

在建设紧凑型线路的同时，还研制了带电作业成套工具。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线路输电能力，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 线路建设继续扩大紧凑型线路使用范围。

(3) 因地制宜建设同塔双回 500kV 紧凑型线路。

(4) 因地制宜建设 220、330kV 同塔双回或多回相导线垂直布置的低阻抗紧凑型线路。500kV 线路可考虑建设同塔双回 500kV 紧凑型 and 双回 220kV (110kV) 构成的同塔多回线路。

(5) 积极推进紧凑型线路加串联补偿输电技术。

(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) 进一步完善各级紧凑型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。

2.2 大截面导线

大截面导线是指导线中导体（铝）截面超过 700mm² 的导线，包括钢芯铝绞线和铝包钢芯铝绞线。目前国内使用较多的是铝截面为 720mm² 的钢芯铝绞线和铝包钢芯铝绞线，即 ACSR—720/50 和 ACSR—720/50/AW，导线在结构设计上参考了美国标准（ASTM），在个别指标上高于美国国家标准和 IEC 标准。国产钢芯铝绞线（ACSR—720/50）部分指标与美国 ASTM 标准的对照见表 2-1。在国内首次应用于三峡输变电工程三峡—常州 500kV 直流输电线路工程，其后又应用于三峡输变电工程三峡—广州 500kV 直流输电线路工程和三峡输变电工程三峡（右岸）—上海 500kV 直流输电线路工程，另外还在 500kV 交流输电线路工程中得到应用。近年来，随着单位走廊输送容量的增大，大截面导线的使用量也有不小增长。

表 2-1 国产钢芯铝绞线（ACSR—720/50）部分指标与美国 ASTM 标准对照

技术指标	我国技术条件	美国 ASTM 标准	工程设计目的
总拉断力	≥170.6kN	≥170.6kN	保证机械强度
45 根铝单丝抗拉强度均匀性	≤20MPa	没有要求	保证导线各铝单丝受力均匀
7 根钢单丝抗拉强度均匀性	≤200MPa	没有要求	保证导线各钢单丝受力均匀
钢单丝扭转	≥18 次	≥14 次	提高钢单丝韧性

我国已具备大截面导线（包括钢芯铝绞线、钢芯铝合金绞线、铝包钢芯铝绞线）的生产能力，并已在三峡输变电工程中得到应用，积累了一定的工程实践（如施工放线、导线质量控制等）经验。大截面导线在设计、制造、使用等方面，已具备了应用条件，并将在远距离、大容量输电工程（如特高压输电工程）中得到广泛应用。

应用目标与原则：

(1) 在远距离、大容量输电工程中优先选用大截面导线。

(2) 综合采用大截面导线技术、同塔多回输电技术、紧凑型输电技术，以提高线路输送能力，降低线路损耗，节约线路走廊。

(3) 进一步深入研究大截面导线的运输、放线施工技术。

(4) 研究大截面耐热导线设计、制造技术。

应用注意事项：

(1) 制定耐热铝合金导线的国家或行业产品标准和试验标准。

(2) 宜经过综合技术经济比较，因地制宜地选用大截面导线。

2

2.3

2.3 同杆多回输电线路

同塔多回输电技术是指在一个杆塔上架设 2 回及以上线路，同塔多回线路可以是同一电压等级，也可以是不同电压等级，是涉及多领域、多学科的综合技术，是比常规单回路架空输电尺寸和走廊宽度明显减少，单位面积的输送容量却显著增加的一种新型输电技术。同塔多回输电技术涉及环保（场强、噪声、无线电干扰等）、V 形绝缘子串应用、线间距离、带电作业、防雷性能、杆塔结构等多项技术的研究。同塔多回输电是电网建设中解决输电走廊紧张、节省土地资源、提高输送容量、实现电网建设与地区发展协调并进的有效手段。随着输电电压等级的不断提高以及社会、经济的发展和环境保护对输电走廊要求的日益提高，超高压输电线路采用同塔多回线路输电技术已成为必然趋势。

不同电压等级的同塔多回输电技术在美国、日本、法国、德国等国家都已得到广泛使用。目前在日本、美国、德国等发达国家的超高压电网中，使用已十分普遍，并已用于 750、1000kV 等特高压输电线路中，日本和德国是采用同塔多回路较多的国家；巴西、印度、韩国等发展中国家在 20 世纪 90 年代也相继采用同杆（塔）双回或四回输电线路。

我国采用同塔多回输电始于 1980 年。目前国内 220kV 输电线路中已较多采用双回或四回输电；500kV 同杆双回技术在广东、东北、四川和华东电网开始应用，约有 1500km，不足 500kV 输电线路总长的 6%；500kV 同塔四回线路正在筹建中。

虽然与单回输电相比，同塔多回输电技术的难度较大，但该技术已趋于成熟，具备应用条件。

应用目标与原则：

(1) 以线路走廊拥挤的人口稠密及树木较多的山区为主，应用同塔多回输电技术。

(2) 在电厂出口线路处，采用同塔并架双回线路，当双回线路同时故障时对电网的冲击更加严重。因此，电厂出口线路应尽量避免采用同塔并架双回线路。

(3) 与紧凑型输电、特高压输电和大截面导线技术结合应用。我国在研究和筹建 1000kV 特高压输电网时, 建议与同塔多回输电技术、紧凑型输电技术相结合, 建设特高压同塔多回紧凑型输电线路。建议借鉴日本 500kV 输电线路采用大截面导线和耐热导线的经验, 在跨大区、远距离输电项目及负荷密度大的经济发达地区选择项目试点实施。

(4) 在同塔多回输电线路的设计、建设和运行过程中, 应重视同塔多回输电线路的环境影响, 如充分考虑电磁场对周围民用通信、电视信号等方面的影响, 重视输电工程与环境的协调。

应用注意事项:

(1) 应用同塔多回输电技术时, 应借鉴国外同塔多回输电技术的研究、建设和运行经验, 并根据具体电网和工程的实际, 与其单回输电技术进行技术经济比较, 因地制宜地加以综合考虑和研究实施, 做到输电线路安全可靠、经济合理。

(2) 加强国际技术交流合作, 提高研究应用水平。对于同塔并架多回输电技术, 国际一些电力公司和研究机构已进行了大量的研究、应用工作, 在科研、设计、标准和系统运行上取得了很多成果。建议在同塔并架多回输电技术的应用中加强国际间的科技合作。

(3) 注重对同塔多回输电线路运行数据的跟踪、积累, 经过总结不断丰富运行经验, 以便指导今后的工程实践。

2.4 固定串补和可控串补 (TCSC)

固定串补技术是在输电线中间加入串联电容器, 达到减小线路电抗、提高系统稳定性、改善功率分布的作用。但是固定串补不能灵活调整阻抗、响应系统的运行状态变化, 在抑制系统振荡、灵活控制潮流等方面不够理想, 此外还可能会引起次同步谐振问题而限制串补度的提高。可控串补技术是灵活交流输电系统的重要组成部分, 主要由电容器和双向晶闸管控制的电感并联而成, 通过控制晶闸管的触发角能够实现对阻抗的平滑控制, 相对固定串补而言, 能够更有效地提高系统传输能力、控制系统潮流、抑制系统振荡、提高系统暂态稳定性, 并且能够有效抑制系统次同步谐振。

串补技术是比较成熟的输电技术, 固定串补的应用在国外已经有 70 多年的历史, 始于 1928 年的美国纽约电网 33kV 系统, 目前已经应用于几十个工程, 最高电压等级为 765kV。可控串补在国外也已经有十几年的历史, 有几个典型的工程, 例如美国 AEP 电网 Kanawha River 站 TCSC、巴西南北联络线 TCSC 等。我国在六七十年代曾在华东新上杭 220kV 线路和西北刘一天一关 330kV 线路上采用过固定串联电容补偿技术, 近些年来也有部分 500kV 串补工程投入运行, 例如山西阳城外送通道的固定