

电力 新技术 概览



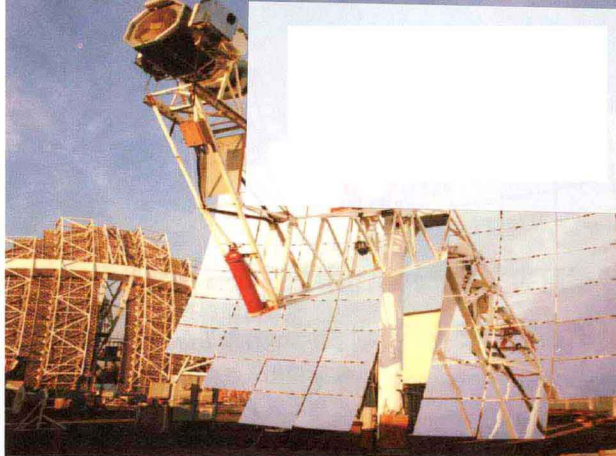
江苏省电力公司电力科学研究院 组编

DIANLI XINJISHU GAILAN



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

电力 新技术 概览



江苏省电力公司电力科学研究院 组编

DIANLI XINJISHU GAILAN



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

内 容 提 要

随着新能源技术、智能技术、信息技术、网络技术的创新突破,电力行业迎来了新一轮技术革命,大量的新技术、新工艺、新装备正在进行探索研制或已经得到实际应用。江苏省电力公司电力科学研究院通过对各领域的最新研究成果进行归纳整理形成了本书,为读者了解国内外电力的最新技术发展提供有益借鉴。

全书共分七章,包括发电、输电、变电、配电、用电、调度、支撑新技术。本书涵盖面广,内容充实,文字简洁,可读性强。

本书可供电力行业从事科研和管理的人员使用,也可供大专院校师生阅读参考。

图书在版编目(CIP)数据

电力新技术概览 / 江苏省电力公司电力科学研究院组编. —北京:
中国电力出版社, 2013.12

ISBN 978-7-5123-5266-7

I. ①电… II. ①江… III. ①电力工业—工业技术—概况—中国 IV. ①F426.61

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2013)第 285880 号

中国电力出版社出版、发行

(北京市东城区北京站西街19号 100005 <http://www.cepp.sgcc.com.cn>)

北京盛通印刷股份有限公司印刷

各地新华书店经售

*

2013年12月第一版 2013年12月北京第一次印刷

787毫米×1092毫米 16开本 17.75印张 416千字

印数0001—4000册 定价 82.00 元

敬告读者

本书封底贴有防伪标签,刮开涂层可查询真伪
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

编 委 会

主 编 许 扬

副 主 编 文乐斌 杨志新 陈久林 李 群

编写组组长 刘 伟 江 林

编写组成员（按姓氏笔画排序）

马 勇 刘建军 刘建坤 刘 洋

孙秋芹 孙 蓉 纪 峰 李成钢

李 强 杨世海 吴 鹏 张小易

张建国 陆云才 陈大兵 陈 兵

陈 娜 陈 哲 陈 霄 周 立

周 强 赵 科 费益军 姚 楠

袁宇波 袁晓冬 贾勇勇 徐长福

徐敏锐 高 嵩 高 磊 郭雅娟

陶风波 路永玲 蔚 超 颜 彪

前 言

当前,随着新能源技术、智能技术、信息技术、网络技术的创新突破,第三次工业革命正在孕育发展。能源变革对工业发展具有决定性、全局性影响,推动着工业文明不断向更高层次和水平演进。以能源多元化、清洁化为目标,大力推进能源战略转型,已成为世界能源发展的重要趋势,电网在现代能源供应体系中发挥着不可替代的作用。

“十八大”后,党和国家确定了创新驱动的发展战略,将科技创新作为提高社会生产力和综合国力的战略支撑,摆在国家发展全局的核心位置。国家电网公司立足能源发展战略和电力发展实际,提出建设以特高压电网为骨干网架、各级电网协调发展,具有信息化、自动化、互动化特征的坚强智能电网的战略目标。国外各家电力公司在提升大电网安全稳定水平、推进电网智能化发展、加强新能源消纳利用等方面也不断加强技术创新。在全世界范围内,电力行业迎来了新一轮技术创新发展的革命,在核心技术研发、关键设备研制、试验检测体系和工程示范应用等方面均取得新的进展,大量的新技术、新工艺、新装备正在进行探索研制或已经得到实际应用,一系列重大科技成果正以前所未有的速度转化为现实生产力,切实推动电网的创新发展,助力能源战略的实施。

目前,较为全面系统地介绍电力系统中所涌现出的新技术的著作较少,本书的出版将填补这一空白。通过收集分析大量国内外在发电、输电、变电、配电、用电、调度和支撑领域的中外文资料,对各领域的最新研究成果进行归纳整理,将每项技术按照技术介绍、应用情况、应用成效

进行阐述，文字力求言简意赅，展现电力新技术概况，为读者在较短时间内了解国内外电力的最新技术发展提供有益的借鉴。

本书由江苏省电力公司电力科学研究院编写。全书共分七章。第一章介绍了在风能、太阳能、海洋能、页岩油气等方面的发电新技术；第二章介绍了在柔性交直流输电、输电运维检修试验、输电施工新工艺、防雷等方面的输电新技术；第三章介绍了在新型变电站、新型变电设备、变电检修试验、状态检测等方面的变电新技术；第四章介绍了新型配电设备、配网自动化、检测诊断评估等方面的配电新技术；第五章介绍了用电信息采集、用户双向互动、智能楼宇等智能用电支撑和高级应用等方面的用电新技术；第六章介绍了大电网安全稳定协调防御、云计算等智能调度和电网仿真方面的调度技术；第七章内容涵盖储能、材料、信息、通信、节能环保、防灾减灾等支撑新技术。

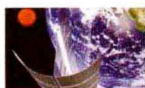
本书在编写过程中，由于时间仓促以及资料局限，难免有不足之处，敬请广大读者批评指正和谅解。

编 者

2013 年 12 月

前言

01 发电



风 能

海上风电·····	02
低风速风力发电·····	03
风力发电检测技术·····	05

太阳能

薄膜太阳能电池·····	07
太阳能热发电·····	08
空间太阳能发电·····	11
光伏发电检测技术·····	13

海洋能

潮汐能发电·····	14
波浪能发电·····	16
海洋温差发电·····	18

其 他

页岩油气发电·····	20
氢能发电·····	22
可燃冰·····	23
核聚变发电·····	25
生物质发电·····	26

02 输电



柔性交直流输电

静止同步补偿器·····	30
故障电流限制器·····	31
晶闸管控制的移相器·····	33
统一潮流控制器·····	34
柔性直流输电技术·····	37

02 输电



多端直流输电技术	38
----------	----

输电运维检修试验技术

输电线路直升机巡检技术	40
输电线路无人机巡检技术	42
电力机器人巡检及检修作业技术	45
超高压电缆阻尼振荡波检测与诊断技术	47
分布式光纤电缆温度在线检测技术	51
电缆及其附件数字射线检测	54

输电施工新工艺

直升机及无人机架线施工技术	55
特高压输电线路带电作业	57
特高压输电线路“8牵8”架线施工工艺	59
绝缘索桥跨越带电线路作业新技术	60
线路施工快速立杆技术	61
输电铁塔原位带电提升技术	63
线路快速抢修杆塔基础设计和应用技术	64

其 他

输电线路雷电预警及数字化雷电定位技术	66
输电线路差异化防雷技术	67
特高压线路紧凑型输电技术	69

03 变电



新型变电站

新一代智能变电站	72
移动式变电站	73
变电站小型化技术	75

新型变电设备

智能变压器	77
智能化断路器	79
隔离式断路器	80
高温超导变压器	85
SF ₆ 气体绝缘变压器	87
固态开关	88
双动灭弧室	90

03 变电



永磁断路器	91
电力设备防护用纳米导电喷涂材料	92
真空断路器低过电压新型触头材料	93
植物型绝缘油	94
c-C ₄ F ₈ (八氟环丁烷) 气体	95

变电检修试验

特高压 GIS 交流耐压和局放检测	96
特高压变压器局放试验系统	99
一次设备智能试验系统	102
智能变电站二次设备集成试验系统	103
车载化输变电工程启动调试系统	106
变压器内部故障检测微型机器人	108
瓷支柱绝缘子声振法带电检测	109
GIS 口对口工频耐压试验	110
GIS 同频同相耐压技术	111
GIS 振荡冲击耐压试验	113
高压互感器移动测试车	115

状态检测

单兵巡检技术	116
输变电设备车载智能巡检系统	118
SF ₆ 泄漏红外成像检测法	121
变压器绕组变形在线监测技术	122
变压器绕组光纤测温技术	124
变压器直流偏磁在线监测系统	125
变电设备状态评估技术	127
介电响应的绝缘评估新方法	129

04 配电



新型配电设备

S13 型立体卷铁芯变压器	132
调容变压器	133
非晶合金铁芯变压器	134
固体绝缘环网柜	136
跌落式避雷器	137

配网自动化

配电网故障智能化诊断处理及辅助评估决策系统	138
-----------------------	-----

04 配电



配网自动化现场集成检测系统·····	141
配网带电作业机器人·····	143
智能配网的通信技术·····	146
消弧线圈分布式补偿技术·····	149
定制电力技术·····	151

05 用电



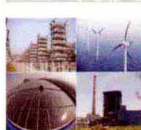
智能用电支撑技术

电动汽车充换电站运营监控·····	156
智能电能表技术·····	158
电能计量智能检测技术·····	160
用电信息采集技术·····	161
无线电能传输技术·····	163
用户双向互动技术·····	165

智能用电高级应用

智能楼宇（智能建筑）·····	166
用电能效管理与诊断技术·····	168
智能需求响应技术·····	169
新型防窃电技术·····	171
营配调信息集成·····	173

06 调度



智能调度

电力市场技术支持系统·····	178
大电网安全稳定协调防御关键技术·····	179
电网黑启动新技术·····	180
电网友好型新能源·····	182
网源协调新技术·····	183
风电场功率控制·····	184
光伏发电功率预测·····	186

电网仿真技术

云计算仿真技术·····	187
全过程动态仿真技术·····	189
在线超实时仿真技术·····	191



储 能

压缩空气储能技术	194
飞轮储能	195
超级电容器	197
超导储能	198
电化学储能	199

材 料

智能材料	202
超导材料	203
复合材料杆塔	206
高强度钢	208
耐候钢	209
纳米 RTV 防污涂料	210
碳纤维复合芯导线	212
功率电力半导体技术	214
石墨烯	217
3D 打印技术	219

信 息

云计算	220
物联网	222
新一代互联网协议 (IPv6)	224
实物用户界面	225
大规模科学可视化	227
可穿戴计算	228
信息安全	230
物联网安防	232
虚拟现实在电力培训中的应用	234
机器人技术	236

通 信

无线通信技术	238
TD-LTE 4G 通信技术	242
WiMax 通信技术	245
北斗卫星通信技术	247
量子通信技术	248
高清智能化视频技术	250



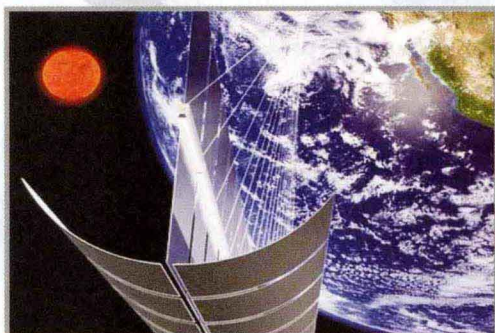
节能环保

输电线路增容降耗·····	253
变电站设备噪声治理·····	254
六氟化硫 (SF ₆) 回收技术 ·····	257
LED 照明 ·····	258
电磁感应加热·····	260
向量电机·····	261
智能通风·····	262
注塑机伺服电机·····	263

防灾抗灾

输电线路直流融冰技术·····	264
输电线路防舞 / 防风偏技术·····	266
输电线路防鸟害技术·····	267
电网气象灾害预警技术·····	270

◎ 1 发电



风能

海上风电

 技术介绍

海上风电场（见左图）的优点主要是不占用土地资源，基本不受地形地貌影响，风速更高，风电机组单机容量更大，通常为 3MW 及以上，年利用小时数更高。大容量风电机组技术、集约型海上升压站设计与建造技术、海上输电线路设计与施工技术是制约海上风电发展的关键技术。



海上风电场

集约型海上升压站设计与建造技术的重点在于充分利用海上变电站狭小的空间，优化海上风电场汇流升压站内部主变压器、断路器、无功补偿设备等空间布置，并充分考虑海洋气候条件对电气设备和管材等造成的不利影响，合理选择海上风电场的电气设备，提升海上风电并网系统的运行可靠性。

海上风电输电技术主要有轻型高压直流输电和高压交流输电。由于海上风电场通常距离陆地较远，如果使用交流输电方式，由于线路充电功率较大，当电缆长度超过一定数值后，将会出现线路中间电压偏高的问题，需要装设很大容量的感性无功补偿装置，然而对于距离岸边较远的风电场来说，在线路中间进行无功补偿的成本偏高，因此，距离陆地较远的风电场通常铺设海底电缆采用轻型高压直流输电方式实现并网。



应用情况

欧洲海上风电发展较为领先,1990 年丹麦安装了全球第一台示范近海风电机组,单机容量 220kW。截至 2012 年底,英国海上风电装机容量已达 2947MW,丹麦海上风电装机容量已达 921MW。丹麦维斯塔斯(Vestas)公司近日宣布成功完成首个 8MW 海上风力发电机 80m 长叶片原型生产,随后将在位于英国怀特岛的研发中心进行 6 个月密集极限测试,模仿在北海严苛风力环境下超过 25 年预期寿命所经历的挑战,以验证其强度和可靠性,8MW 风力发电机原型将于 2014 年一季度安装在丹麦 Sterild 国家测试中心进行测试。西班牙歌美飒(Gamesa)的第一台 5MW 海上风力发电机开始安装在西班牙 Arinaga 码头。

目前,国内已经建设了上海东海大桥和江苏海上龙源等示范风电场,3MW 级别风电机组已经在示范风电场取得应用;国电联合动力有限公司研制的 6MW 级别风电机组于 2012 年 10 月 18 日在连云港基地下线。大容量风电机组正逐步朝 8MW 和 10MW 方向发展,我国大容量风电机组发展的主要瓶颈在于风机主控系统国产化率低。



应用成效

国内已经建成投运的海上风电场较少,以江苏龙源海上风电场为例,风电上网电价为 0.778 元/kWh,加之海上风电相对风速高,风资源持续稳定、发电量较好,风电场运行可靠性和经济性良好。未来,海上风电开发的潜力巨大,随着海上风电机组技术的成熟,海上风电发展前景无限。

低风速风力发电



技术介绍

低风速风电是指额定风速在 6~8m/s 之间,年利用小时数在 2000h 以下的风电开发项目,就目前的统计数据来看,全国范围内可利用的低风速资源面积约占全国风能资源区的 68%,且大部分为接近电网负荷的受端地区。

低风速风况的特有高端流、变风向特点,机组发电量在传统控制技术下并不能随风轮直径增加而有效增加,低风速风力发电通过采用先进传感技术和控制系统优化技术,解决高端流下风轮捕获效率下降、偏航误差大等诸多低风速技术难题,实现低风速范围内风力资源的有效利

用。低风速风电机内部构造见图 1。

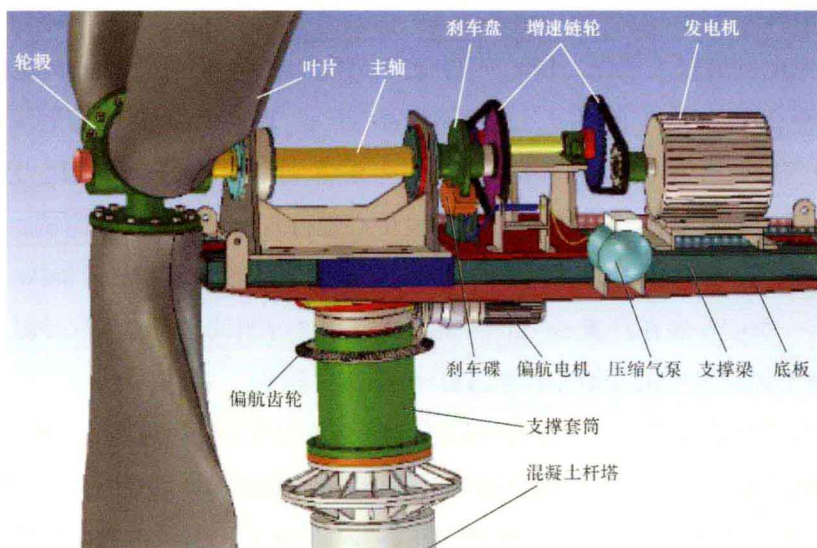


图 1 低风速风电机内部构造

应用情况

2012 年，西班牙歌美飒公司发布了适用于低风速环境的 2MW 风轮机 G97-2.0。印度能源公司在马哈拉施特拉邦建设的装机容量为 74.65MW 的低风速风电场中，采购了 50MW 的歌美飒 G97-2.0 低风速风力发电机。

2008 年 9 月江苏省电力试验研究院有限公司开展了基于低风速风力发电的分布式可再生能

源示范应用研究，并构建风能利用示范系统，实现内陆平原地区风能的就地利用、转化和应用。2009 年底已完成低风速风电机组的研发，建成低风速示范风电场。2011 年 5 月 10 日，我国第一座最大的低速风电项目安徽龙源风电场并入国家电网发电，装机容量 20 万 kW。2012 年 4 月，金风科技推出最新研制的 GW93/1500 系列超低风速直驱永磁机组，叶轮直径 93m。低风速风电机见图 2。



图 2 低风速风电机

应用成效

低风速风电因适用范围广、限制条件低，具有广泛适应性，随着配套政策的实施，将进一步推进低风速风电的发展。

在开阔地带建设基于低风速风电机组的小型风电场,规模可从几十 kW 到几千 kW,具有投资小、占地面积小、运行维护简单、并网方便等特点。城郊结合部居民或农村农户可推广应用低风速风力发电机,城市开阔地带可有条件地使用低风速风力发电,边远地区通过构建小型风电系统,实现能源的低成本获取和利用。

风力发电检测技术

技术介绍

风电是一种间歇性电源,具有波动性,风电大规模接入电网会对电网产生影响,开展对风电场及风电机组并网性能检测,不但可以保障电网和风电场安全运行,也可以保证风电机组在不同场地和不同风况条件下都保持良好的运行状态,提供最大可能的发电量。

国际电工委员会(IEC)陆续颁布了一系列风电机组测试标准用来规范测试方法,保证测试结果的一致性和准确性,这些标准也成为目前国际上公认和通用的风电机组测试标准。(GB/T19963—2011)《风电场接入电力系统技术规定》也对风电并网性能做了明确规定,并有相应的数据指标,主要检测包括:低电压穿越能力检测、有功/无功的控制能力检测、电能质量测试、频率/电压适应性检测、抗干扰能力检测等。风电移动检测平台集控车及内部构造分别如图1和图2所示。



图1 风电移动检测平台集控车



图2 风电移动检测平台集控车内部构造

应用情况

德国、西班牙等国家的电网公司明确规定了风电场接入系统需要取得并网导则符合性检测认证,形成了风电机组/风电场检测认证过程要求和流程,并提出了并网导则符合性测试和认证标准,形成了从风电机组测试、风电机组模型验证到风电场并网仿真与认证的单机和风电场