

电力科技

译文集

作者 [美] J. Charles Smith,
Robert Thresher, Ali Lpakchi, 等
译者 刘斌蓉

DIANLI
KEJI YIWENJI

四川出版集团
四川科学技术出版社

电力科技

译文集

作者 [美] J.Charles Smith,
Robert Thresher, Ali Lpakchi,等
译者 刘斌蓉

DIANLI
KEJI YIWENJI

四川出版集团
四川科学技术出版社

图书在版编目(CIP)数据

电力科技译文集/[美]J. Charles Smith, Robert Thresher, Ali Lpakchi, 等著;刘斌蓉译. —成都:四川科学技术出版社, 2011. 7

ISBN 978 - 7 - 5364 - 7201 - 3

I. ①电… II. ①刘… III. ①电力工业 - 科学技术 - 文集 IV. ①TM - 53

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2011)第 119728 号

电力科技译文集

作 者 [美]J. Charles Smith, Robert Thresher, Ali Lpakchi, 等

译 者 刘斌蓉

审 校 王 平 唐永红

责任编辑 罗小燕

封面设计 墨创文化

版式设计 李 警

责任出版 周红君

出版发行 四川出版集团·四川科学技术出版社
成都市三洞桥路 12 号 邮政编码 610031

成品尺寸 150mm × 230mm

印张 14 字数 300 千

印 刷 成都一千印务有限公司

版 次 2011 年 7 月第一版

印 次 2011 年 7 月第一次印刷

印 数 1000 册

定 价 48.00 元

书号 ISBN 978 - 7 - 5364 - 7201 - 3

■ 版权所有·翻印必究 ■

■ 本书如有缺页、破损、装订错误,请寄回印刷厂调换。

■ 地址/成都市三洞桥路 12 号 电话/(028)87734035

邮政编码/610031 网址:www.sckjs.com

目 录

未来的电网	(1)
-------------	-----

智能电网的商业和政策驱动	(1)
--------------------	-----

间歇式能源突破式发展带来的挑战	(3)
-----------------------	-----

充电混合动力汽车对配电网的影响	(7)
-----------------------	-----

我们将面临配电网的困扰?	(9)
--------------------	-----

需求反馈：从负荷跟踪策略到负荷调整策略的转变	(13)
------------------------------	------

充电汽车有助于负荷的调整吗?	(14)
----------------------	------

信息及自动化技术的关键作用	(15)
---------------------	------

应用智能电网信息技术系统所带来的挑战	(17)
--------------------------	------

面对智能电网的信息技术挑战：利用云计算	(19)
---------------------------	------

结束语	(21)
-----------	------

非凡的风能	(22)
-------------	------

目前的风能商业化技术	(24)
------------------	------

风电的发展历程	(25)
---------------	------

连接电网	(26)
------------	------

风能与人系统的整合	(29)
关于风能的几点关键的见解	(31)
美国风力发电的输送发展	(32)
德克萨斯州的 CREZ 概念	(33)
加利福尼亚 Tehachapi 地区	(34)
美国科罗拉多州能源地带	(35)
风力预测	(35)
预测的准确性	(36)
空间延伸的影响	(37)
最佳实践	(38)
欧洲的先进思路	(39)
关于平衡的问题	(39)
合恩瑞 (Horns Rev) 海上风场: 均衡及稳定频率的典范	
.....	(40)
结论	(42)
寻找更加智能的电网	(44)
预防大面积停电事故的手段	(45)
当今电力系统的挑战与机遇	(46)
同步相位测量设备 (PMUs) 是变革的开端	(47)
PMU 信息的可视化	(49)
PMU 的应用优势	(50)
智能电网的控制	(51)
研究与改进的契机	(53)

行业启动	(54)
小结	(55)
比喻性描述	(55)
配电网的演变进化	(56)
目前的配网管理系统	(57)
配网的演变: 更加复杂	(59)
现代配网管理系统	(61)
新思路	(65)
大电网意外事故中的初始故障部分的识别	(67)
简介	(67)
系统故障部分的评估过程	(69)
神经模型	(70)
判定程序	(74)
断开部分的确定	(77)
外部故障案例的处理	(79)
应用实例	(82)
结论	(85)
电力系统电压事故分类及在线探测的意见	(87)
简介	(87)
算法推荐	(89)
离散小波分析	(93)

扩展卡曼滤波法	(94)
试验结果	(97)
第一个研究案例	(98)
第二个研究案例	(100)
第三个研究案例	(101)
结论	(103)
500kV 架空输电线路杆塔雷电过电压响应实验研究	
.....	(104)
简介	(104)
杆塔雷电过电压的测量方法	(106)
阶跃响应及雷电过电压的计算方法	(109)
测量杆塔雷电过电压所需条件	(110)
杆塔雷电过电压的测量结果	(111)
通过绝缘子串的电压的阶跃响应	(111)
铁塔内部传播速率的测试	(114)
冲击波电流上升时间的影响	(114)
流入接地线的电流的特性	(116)
杆塔波阻抗的评估	(118)
结论	(120)
冰雪条件下线路绝缘子的选择 (上): 外界影响及其电介质应力 IEEE 绝缘子覆冰性能研究小组进展报告	
.....	(122)
简介	(122)

历史背景	(122)
现在的诸多问题	(124)
一般污闪与冰雪闪络的对比	(124)
比较输电线路及变电站绝缘子	(127)
作用	(127)
绝缘子类型、结构及参数	(128)
盘状绝缘子和长棒绝缘子的污染条件	(129)
运行应力	(131)
线路绝缘子的机械应力	(131)
线路绝缘子的电子应力	(132)
线路绝缘子的环境应力	(133)
污染度变化及覆冰增量	(135)
污染应力	(136)
冰应力	(138)
雪应力	(140)
输电线路绝缘子性能	(141)
结论	(141)

冰雪条件下线路绝缘子的选择（下）：选择方法及减缓措施

(143)

简介	(143)
影响冰雪性能的主要参数	(144)
闪络计算模型	(145)
持续聚集冰雪层的闪络模型	(145)

多冰区域的闪络模型	(146)
各种直径绝缘子的闪络模型	(147)
输电线路绝缘子测试结果	(147)
实验室测试: 线路绝缘子的冰桥接	(147)
试验室测试: 覆冰线路绝缘子的闪络	(152)
实验室测试: 覆冰绝缘子闪络	(154)
电子性能增加的减缓措施	(155)
闪络概率的降低	(155)
帽销绝缘子和复合绝缘子的对比	(156)
均压环	(157)
标准绝缘子与防雾陶瓷圆盘绝缘子外形的对比	(157)
帽销绝缘子的 RTV 涂层	(158)
半导体釉面圆盘绝缘子	(158)
干弧距离的增加	(159)
V 形绝缘子串	(159)
各种直径绝缘子的联结	(159)
结论	(159)

大型环形电网的电压凹陷随机评估 (161)

简介	(161)
残余电压的计算	(163)
线路单点接地故障 (SLGF)	(164)
线间故障 (LLF)	(165)
线路两点接地故障 (DLGF)	(165)

三相故障 (3PF)	(166)
薄弱区域及其随机分析	(166)
薄弱区域的判定	(166)
找出输电线路临界点的方法	(167)
方法程序	(168)
ITIC 曲线	(170)
ESF 的计算	(171)
薄弱点的交叉区域及混合区域	(172)
案例研究	(173)
研究中的系统	(173)
案例	(174)
寻找临界点的范例	(177)
薄弱区域和负荷 A 的 ESF 值	(179)
薄弱区域和负荷 C 的 ESF 值	(182)
负荷 A 和 B 薄弱区域的交叉区域	(187)
负荷 C 和 D 薄弱区域的集中区域	(188)
结论	(190)

特高压输电线路相导线遭受直接雷击的特性分析

.....	(191)
简介	(191)
观测系统	(192)
变电站雷电过电压的观测	(193)
雷电现象的照相机观测	(196)

杆塔遭受雷击时的波形观测	(196)
雷电跟踪定位系统 (LPATS)	(197)
雷击特性的评估	(197)
观测抽样	(198)
分析条件	(199)
分析结果	(201)
雷击特性的统计分布	(202)
电流幅值分布	(203)
(雷击) 前时间段的 (数据) 分布	(204)
雷击期间的分布 (仅供参考)	(205)
雷击时相导线的 AC 相	(206)
被雷击的相导线	(206)
雷击的实验室计算 (方法) 与目前的避雷设计假设	
.....	(209)
假设条件	(209)
计算方法及试运算结果	(210)
结论	(213)

未来的电网^{*}

越来越多的各界人士也许认为，电力系统正在经历着一场由诸多需求带来的深刻的变革，既有节约能源的需要，也有保护环境的需要。我们要利用运行日渐老化的电力设施来提供更高的电力可靠性，改善运行效率，提升用户服务质量。其中，配电电网的改变尤为突出，之前是“盲人”式的运行加上人工操作，随着机电元件的出现，电网需要转变成“智能电网”，这一转变有必要满足实现环境保护目标的需要，更加重视需求反馈（DR），并且能够支撑充电式混合动力汽车、分布式发电和储能技术。

也可以说，这样的变革需要使电力工业面临了一次前所未有的巨大的挑战。一方面，向智能电网的转变使变革之路光明无限；另一方面，围绕智能电网的诸多问题均能完全满足电力系统运行原理的主要改变。

智能电网的商业和政策驱动

依据再生能源组合标准（RPS）的新规定、温室气体排放的限制、需求反馈和能源保护措施，环境问题成为了公

^{*} 校对：王平。

未来的电网译自《IEEE 动力与能源》2009 年第 2 期第 52 ~ 62 页。作者：〔美国〕Ali Lpakchi, Farrokh Albuyeh。

用事业单位的首要事务。RPS 机制给新能源占比较少的供电公司赋予了基本社会义务和责任。按照美国环保局的要求,到 2008 年 8 月,32 个州加上哥伦比亚直辖区均须建立相应的 RPS 目标,这些州的电力供应加在一起是整个美国供电的一半,其 RPS 的目标范围从 2% ~ 25% 不等。其中加利福尼亚州走在了新能源的最前沿,预计到 2010 年新能源占比可到 20%,到 2020 年新能源占比有 33%。根据国会研究服务司有关报告说,凡是违反 RPS 规定的将处以每兆瓦·小时 \$ 10 ~ 15 的罚款。

在西部和东北部,关注温室气体亦被形式化了,二氧化碳气体仍然排放着。而环保政策却要求这些发电公司必须要在生产运行方面有较大的改变,同时在信息管理和控制方面也需要作相当程度的改进。许多州的管理委员会均为高等级测试基础 (AMI) 制定相应的政策和布局,以处理好需求反馈。在此限制下,2008 年 10 月 17 日,国家能源管理委员会 (FERC) 制定了一项政策,旨在消除 DR 参与电力市场 (独立的服务运营商和区域性输电组织) 的壁垒,确保各种能源处理的可比性。同样,在此限制下,国家能源管理委员会声称:“需求反馈 (DR) 会提供一个竞争性压力,能够促进趸售电价的降低,能提高能源用途的认知度,并给市场提供更为有效的运行方式,减弱市场支配力,提高可靠性,能和某些新技术相结合,以支撑新能源和分布式发电的使用,支撑高等级测试的应用。如此,方可使需求方和供应方合力改善电力市场的经济运行,使电价更接近用户期望值。”除此之外,还直接使独立的服务运营商和区域性输电组织接受来自 DR 方面的竞价,仅限于能源和

辅助设施；能源消费量低于计划值不受罚，并允许代理商替零散客户争取 DR 方面的利益。

供电的可靠性是我们经济的重要因素之一。一旦将新的环保运行目标与日益老化的输电和配电系统相结合，实际上就是对供电质量、供电安全、供电可靠性都是巨大的挑战。当该计划在整个电网实施时，间歇式能源就会给电网带来相当大的压力，如，风力发电。配电网可能会受到各种“干扰”的压力，如，不能快速适应太阳能发电的切入，同样也不能快速适应混合动力交通工具的随意电。混合动力交通工具充电时会明显增加线路负荷，而这一切都在调度人员的掌控之外。如若汽车电池成为了供能电源，成为了电网的辅助设备，那么电网管理问题将会进一步恶化。配电电网的主要升级改进部分一定少不了绘制双向流量图，并增加配网负荷，但是目前运行的电力输送网络有明显的增益空间，可以通过系统的自动化和信息管理、状态监控和资产评估得以实现，特别是对配网系统进行以上的控制，其效果更为明显。

间歇式能源突破式发展带来的挑战

在新能源领域，风电的发展最为迅速，太阳能发电次之，但新技术的发展似乎对太阳能发电网开一面，使得太阳能发电有赶超风力发电的可能。新的风能和太阳能发电设备可以大规模安装并连接，在相对短的时间段进行发电和并网，这些新能源的经济在迅速攀升，几乎与热电厂的经济指标相近。各种新能源发电资本成本的对比如图 1 所示。

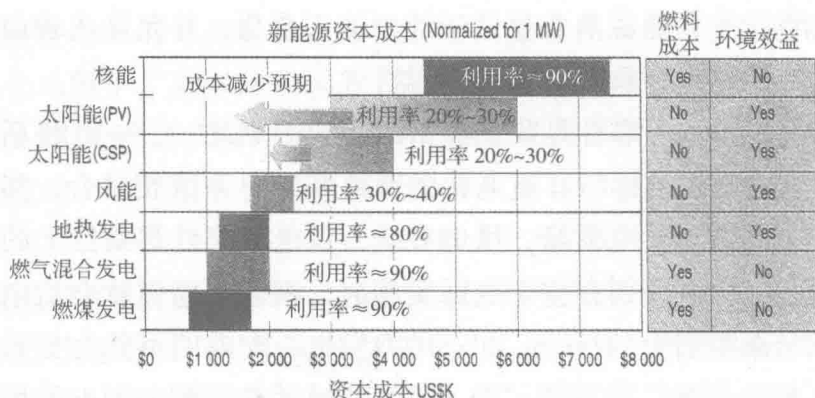


图1 新能源成本对比

在过去的20年中,风电技术发展速度明显,风机多为6MW,其装机成本每兆瓦低于\$2 000 000。装机容量为几百兆瓦的大型风场在几个月前才建好。

在接下来的几年中,预计国内许多地区的光伏发电设备制造厂家,每年会生产出数千兆瓦的光伏电池和模板。新技术的确降低了太阳能发电的成本,每瓦特不足一美元。这些新技术,如将太阳能模版粘附于有弹性的塑料层之上,或者利用太阳能“链接”(铜、铟、镓、硒),或者以“打印”的方式生产出薄胶片状的太阳能面板。

太阳能发电厂可以在电网的任意地理位置建设,相比传统的发电厂选址更为便捷,因为获得光源是一件很容易的事;而且与许多传统发电厂不同的是,太阳能发电厂可以根据需求快速扩建。估计在未来的10年中,负荷中心附近的装机容量为几兆瓦的区域性太阳能发电厂会愈来愈多。

然而,对于电网和电网运营商来说,各种间歇式发电将会形成诸多的挑战:

- 输电系统的问题: 风电和大型的太阳能发电(超过

100MW) 好的选址位置, 必然距离现有输电线路或者有限输电网络较远, 输送能力的局限就是风能项目建设者面临的最大限度, 因为需要花上若干年的时间去规划和建设输电线路, 并不断去规划输电网络的扩建以适应若干分散区域风力发电不断增长的需求。

需要研究系统规划和系统稳定, 以确定其周期性的需求, 即, “高位控制” “低位控制” (数秒的时间)、容量线性变化 (数分钟的时间)。需要指出的是, 特别高级别的调整和容量线性变化在热力发电和核电区域是不可能出现的。长期能源足够与否的问题也是大家所关注的。

· 配电系统的问题: 居民太阳能发电和市政太阳能发电的不断增长给目前整个电网和系统运行带来诸多的挑战。用于系统保护和控制目的线路图需要修改, 以提高配网自动化水平, 增加微网的容量, 提高电压和无功功率管理效率, 强行提升配网基础设施的等级。

· 并网标准: 需要进一步统一并网标准, 扩展更高等级的功率因子控制, 通过 LVRT (低电压通过) 方式减缓瞬态稳定问题。

· 关于运行的问题: 风力发电和太阳能发电的自然间歇性给输电网带了特殊的操作性挑战, 包括额外的瞬变、额外的调节控制以及因此给电网带来的各种非稳定因素。例如, 风机的功率曲线非常陡斜 (如图 2 所示), 风场会产生明显的瞬变, 当风速有所变化时, 于是风力发电的典型运行方式显现出来: 在任何运行阶段, 都有可能处于功率曲线的波峰或者波谷。在高风速时段, 风机控制装置会切断发电的运转, 停止发电, 以避免风机叶片的损伤; 或风

机的过速运转以及可能出现的张力振动,这种发电切断就会带来额外的运行挑战,因为在这一瞬间发电量陡降至零。

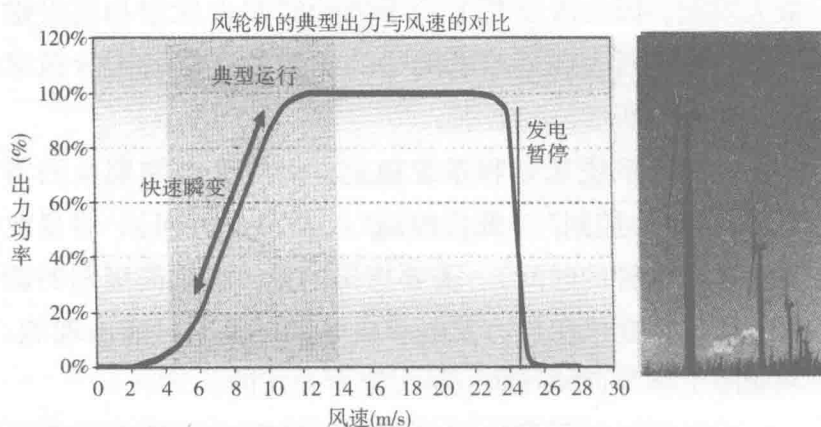


图2 风能发电的发电曲线图

· 预测及调度: 由于有再生能源组合标准 (RPS) 新规定的存在, 美国大部分的地区都会首先选择风力发电和太阳能发电, 这就给风场或太阳能发电运营商消除了提供平衡稳定的发电量及提供相应的储能等方面的疑虑。风力发电和太阳能发电的调度有限性和自然间歇性决定了电网运营商必须提供额外的辅助服务 (如旋转备用容量及其调控) 来保持系统的稳定, 满足运行需求。例如, 根据加利福尼亚独立系统运营商的要求, 350MW 调整和 800MW 的瞬变容量必须用于支撑 9 000MW 新风力发电, 大量的风力发电也会引起发电量的过剩。

每小时一次或者近一小时一次的风力或太阳能发电的精确预报会有其他领域义务和辅助服务规定的支撑, 也包括每小时一次的瞬变进行合理调度及负荷跟踪。间歇式能源的区域性调度需要进一步提高, 这样才有助于总发电量