

双色版

配电网能效评估 与降损节能 手册

牛迎水 编著

白江红 奚振乾 鲍 锋 主审

一书握在手，降损不用愁 | 标准来衡量，能效看得见 | 甄改高能耗，书中有法宝



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

配电网能效评估 与降损节能 手册

牛迎水 编著
白江红 奚振乾 鲍 锋 主审



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

内 容 提 要

配电网电能效率取决于其线路、变压器、电动机等耗能元件的能效水平。如何科学确定不同类型线路、变压器的能效标准,合理评估它们在运行中的能效水平,有效甄别、管控与减少高能耗元件,全面提升配电网能效水平,这是本书旨在解决的问题。

本书以国家及国家电网公司最新的标准、导则、规范为依据,以高、中、低三层配网元件为研究对象,逐一探索和解答了所述问题,同时对电动机及其他常用低压电器的能效标准、节能技术也进行了论述,是广大降损工作者、能效管理人员的良师益友。“一书握在手,降损不用愁;标准来衡量,能效看得见;甄改高能耗,书中有法宝。”

该书既可作为供电系统降损与能效管理人员、电网设计人员的工作手册,也可供电力职业技术培训院校及培训机构进行降损与能效培训使用,对用电企业的电气人员实施节能管理、提高用电能效也有较大的参考价值。

图书在版编目(CIP)数据

配电网能效评估与降损节能手册/牛迎水编著. —北京:中国电力出版社, 2015. 1

ISBN 978-7-113-16065-4

I. ①配… II. ①牛… III. ①配电系统—节能—评估—手册 IV. ①TM727-62

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2014) 第 189603 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>)

汇鑫印务有限公司印刷

各地新华书店经售

*

2015 年 1 月第一版 2015 年 1 月北京第一次印刷

787 毫米×1092 毫米 16 开本 24.625 印张 606 千字

印数 0001—3000 册 定价 68.00 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

前言

众所周知，能源是现代社会人类生存的重要物质基础，是国民经济发展的动力和命脉，能源保障问题取决于一个国家的科学技术水平、竞争实力和综合国力，已经成为关系到国家和社会安全的重大问题，是世界上各个国家优先考虑的重大战略。然而，世界上从一次能源（煤炭、天然气、石油和核能等）转化为人类所需要的二次能源（煤气、焦炭、汽油、煤油、柴油、电力、蒸汽、热水等）的效率还非常低，比如，我国目前在电力生产中“超超临界”火力发电技术的一次能源转化效率仅达44%，交通运输动力系统的热效率、重型卡车的柴油发动机的热功转换效率略高于40%（燃油经内燃机、变速箱达到车轮的全过程效率不高于18%），而仅发动机废气带走的热能就大体达到了这个比率。随着我国经济和社会的快速发展，人们对能源的需求量越来越大，因此，提高能源效率、“节能优先”是实现能源可持续发展的有效途径，是在今后相当长的时期内都不可以动摇和改变的基本国策，是实现可持续发展的根本措施！

能效，是能源效率的简称，是指能源开发、加工、输送、转换、利用等各个过程的效率。世界能源委员会对能源效率的定义为“减少提供同等能源服务的能源投入”。能源效率是单位能源所带来的经济效益多少的问题，带来的多说明能源效率高。所谓“高能效”，是指用更少的能源投入提供同等的能源服务。节能是节约能源的简称，是指通过加强用能管理，采用技术上可行、经济上合理以及环境和社会可以承受的措施，减少从能源生产到消费各个环节中的损失和浪费，更加有效、合理地利用能源。可见，能效与节能从本质上来讲基本是一致的，能效既包含了节能的内容，如节电、节水、节油、节煤、节汽等，又可以从更深层次揭示企业应用能源的综合效益及企业运营成本的关系。企业运营成本中相当部分是与能源及设备密切相关的，节约能源，为设备提供最佳运行环境，延长设备使用寿命、提高设备生产力、减少设备故障率、降低设备维护及更新费用，已经成为企业核心竞争力的重要组成部分。

配电网能效是指电能在线路传输、转换和利用过程中的效率，它包括电能在线路传输、变压器变压、电动机等终端设备用电三个重要环节的利用效率，它是电网经营企业最重要的经济、技术和效益指标。配电网的高损耗是指电网元件如线路导线、变压器、电动机等，与国家相关的能效标准相比，其静态能效参数高于国标规定，与其相对应的动态能效指标超过了标准限定值。比如，按照《三相配电变压器能效限定值及能效等级》（GB 20052—2013）规定，对于配电变压器来讲，凡是S10及以下系列的均属于高能耗配电变压器，S11系列的属于普通型配电变压器，而S13及以上系列的才属于节能型配电变压器；再如对于负荷密度较小的地区，某条低压线路供电半径超过500m、线损率超

过了10%，就认为是高损耗线路等。配电网中配电线路和变压器在运行过程中，其损耗率、电压损失均会随负载系数的变化而呈现规律性的损耗特性，在本书中称其为能效特性。配电网能效是电力系统中最重要的一环，是电力网实施“节能优先”战略的关键。配电网能效的高低取决于其线路、变压器、电动机等耗能元件的能效水平。如何科学地确定不同类型线路、变压器的能效标准，合理评估它们在运行中的能效状态，有效甄别、管控与减少高能耗元件，全面提升配电网能效水平，这是本书旨在解决的问题。

本书以国家及国家电网公司最新的标准、导则、规范为依据，以高、中、低三层配电网元件为研究对象，逐一探索和解答了所述问题。全书共分为6章，第1章简要分析了我国的能源现状与问题，宣传了国家的能源战略方针，介绍了我国提高电能效率的政策措施。第2章简述了与配电网能效相关的基础概念，如电阻、电感、电容、电压、电流、功率、负荷、负载与容载比、电能与电量等诸多基础概念，方便读者全面准确地理解相关概念；介绍了配电网的构成、低压系统的接地方式，综述了进行配电网综合评价所需要的五大方面的指标要求及其含义；明确了配电网规划的区域划分规则与相关规划标准；宣传了国家能效概念与相关知识；汇总了常用导线、节能导线的性能参数、安全载流量、极限输送功率等重要信息；阐述了变压器、电动机的基础概念、工作原理、铭牌及能效参数等。第3章给出了高压配电线路、电力变压器的能效评价指标及其标准，绘制分析了35~110kV电压等级各类常用导线、变压器的能效特性，并进行了相应的能效评估；同时从电力变压器的选择、高能效电网的组建、变电站变压器的经济运行、节能导线的应用、无功补偿技术、自动监控技术等六大方面进行了能效提升措施的详细论述。第4章给出了中压线路、配电变压器的能效评价指标及相关标准，绘制分析了6~20kV各类常用导线、配电变压器的能效特性，并进行了相应的能效评估，确定了不同容量配电变压器的高能效负载系数标准，同时从优化电源分布、组建高效配电网、合理优选配电变压器、调控负荷力促经济运行、无功动态补偿技术、节能产品应用、自动监控技术等七大方面进行了提升中压配电网能效的详细论述。第5章给出了低压线路的能效评价指标及相关标准，绘制分析了220/400V低压各类常用导线的能效特性，并进行了相应的能效评估，重点从治理低压线路三相负荷不平衡超标、实施低压线路动态无功补偿两大方面详细论述了其能效提升的措施，同时简要阐述了异步电动机、微型计算机、电视机、空调器、电冰箱、电磁炉等常用终端电器设备的能效指标、能效标准及其节能技术。第6章给出了谐波的基本概念，研讨了谐波对配电网及其元件的能效影响，并提出了相应的治理措施。

本书是作者基于30年来的工作经验积累，参阅了大量的国标规范、论著论文，精心测算绘制而成的工作手册，非常方便读者在能效管理及降损节能工作中实时对照查阅，旨在帮助同仁们“治理配网高损耗、推动电力高能效”。

在本书编写过程中，得到了国网河南省电力公司鹤壁供电公司李伟、宋习凌、胡黎明、侯锐、段玉峰、赵新甫、潘龙、郭志红等公司领导的鼓励与关心，得到了刘世伟高工、王志立高工、李耀高工、窦红霞技师的大力支持。

在本书初稿修校阶段，得到了国家电网公司线损管理专家们的高度重视与关心，国家电网公司白江红博士、国网安徽省电力公司奚振乾高工、国网黑龙江省电力有限公司鲍峰高工，在百忙之中亲自对本书全稿进行了详细的评审，提出了很好的修改完善意见，给予了大力的帮助。国家电网公司冯义博士、国网河南省电力公司吕志民高工、国网河北省电力公司

李志勇高工、国网北京市电力公司丁冬高工等对本书也进行了阅示。

借此机会，向上述关心、支持、帮助本书编著工作的各位领导、同仁们表示最衷心的感谢和感谢！

由于作者阅历和水平有限，不足和不妥之处在所难免，恳请广大读者和技术同仁批评指正。

作者

2014年8月

目 录

前言

第1章 提高用电能效的意义与政策措施	1
1.1 我国电能的现状与问题	1
1.2 我国的能源战略方针	2
1.3 提高电能效率的政策措施	4
第2章 配电网能效与节能基础	15
2.1 配电网的基础概念	15
2.1.1 电阻	15
2.1.2 电感	17
2.1.3 电容	18
2.1.4 电压	19
2.1.5 电流	30
2.1.6 功率	35
2.1.7 负荷	42
2.1.8 负载与容载比	46
2.1.9 电能与电量	47
2.2 配电网及其规划标准	49
2.2.1 配电网构成	49
2.2.2 配电网综合评价	55
2.2.3 配电网规划标准	60
2.3 能效与能效评价	64
2.4 导线的能效基础	67
2.4.1 国际退火铜标准与节能导线	67
2.4.2 圆线同心绞架空导线性能	68
2.4.3 架空绝缘导线性能	78
2.4.4 电力电缆性能	81
2.5 变压器的能效基础	89
2.5.1 变压器工作原理	89
2.5.2 变压器额定值与能效参数	90
2.5.3 变压器类型与型号	94

2.6 电动机的能效基础	95
2.6.1 异步电动机的构造与旋转磁场	95
2.6.2 电动机工作原理与转速差	97
2.6.3 电动机的铭牌与能效参数	98
第3章 高压配电网的能效与节能	100
3.1 高压配电线路的能效与评估	100
3.1.1 能效指标标准与评估	100
3.1.2 110kV 线路导线的能效特性与评估	106
3.1.3 66kV 线路导线的能效特性与评估	123
3.1.4 35kV 线路导线的能效特性与评估	138
3.2 电力变压器的能效与评估	152
3.2.1 能效指标与标准	153
3.2.2 110kV 变压器的能效特性与评估	158
3.2.3 66kV 变压器的能效特性与评估	167
3.2.4 35kV 变压器的能效特性与评估	178
3.3 高压配电网的降损节能措施	187
3.3.1 尽可能选用大容量的节能变压器	187
3.3.2 组建高能效的高压配电网	192
3.3.3 按照经济运行方式投退变压器	195
3.3.4 应用节能导线节能	200
3.3.5 应用无功补偿技术节能	209
3.3.6 应用自动监控技术节能	211
第4章 中压配电网的能效与节能	216
4.1 中压配电线路的能效与评估	216
4.1.1 能效指标与标准	216
4.1.2 10kV 线路导线的能效特性与评估	222
4.1.3 20kV 线路导线的能效特性与评估	236
4.1.4 6kV 线路导线的能效特性与评估	248
4.2 配电变压器的能效与评估	258
4.2.1 能效指标与标准	258
4.2.2 配电室配电变压器的能效特性与评估	261
4.2.3 柱上配电变压器的能效特性与评估	268
4.2.4 配电变压器高能效运行的负载系数标准	276
4.3 中压配电网的节能措施	281
4.3.1 以负荷为导向, 优化电源分布	282
4.3.2 严格规划标准, 组建高效电网	283
4.3.3 把握最小负载, 优选节能配电变压器	285
4.3.4 调控电网负荷, 力促经济运行	287

4.3.5 无功动态补偿, 实现就地平衡	289
4.3.6 应用节能产品, 提高电网能效	292
4.3.7 应用信息技术, 自动监控节能	297
第5章 低压配电网的能效与节能	300
5.1 低压配电线路的能效与评估	300
5.1.1 能效指标与标准	300
5.1.2 低压线路导线的能效特性与评估	306
5.1.3 低压线路下户线的能效特性与评估	313
5.2 低压线路的节能措施	320
5.2.1 治理低压三相电流不平衡超标节能	320
5.2.2 实施低压线路无功补偿节能	325
5.3 常用低压电器的能效与节能	328
5.3.1 异步电动机的能效	328
5.3.2 微型计算机及其显示器的能效	332
5.3.3 平板电视机的能效	336
5.3.4 空调器的能效	337
5.3.5 电冰箱的能效	341
5.3.6 电磁炉的能效	344
第6章 谐波对配电网能效的影响与治理	347
6.1 谐波概念	347
6.2 谐波的产生	351
6.2.1 电源的谐波	351
6.2.2 输配电系统的谐波	352
6.2.3 用电设备的谐波	352
6.3 谐波对配电网能效的影响	355
6.3.1 影响电网的稳定与能效	355
6.3.2 影响电网元件的安全与能效	355
6.4 谐波的标准	359
6.5 谐波的监督管理	361
6.6 谐波治理的技术措施	362
附录1 节能监测技术通则 (GB/T 15316—2009)	366
附录2 评价企业合理用电技术导则 (GB/T 3485—1998)	369
附录3 配电网规划设计技术导则 (Q/GDW 738—2012)	374
参考文献	385

提高用电能效的意义与政策措施

未来一段时期,我国的城市化进程正在加快,经济将继续保持以较高的速度增长,经济—能源—环境问题将变得更为突出:一是能源供应跟不上经济增长的需要;二是在能源供应与使用中存在浪费严重和效率低下的状况;三是传统能源的开发与利用给人们带来舒适和便利的同时,也带来了环境破坏、气候变化、资源枯竭等问题。解决这些能源发展面临的矛盾和问题,重点在于推进能源发展方式转变、节能减排,而转变能源发展方式的关键在于发展电力、提高能效。这是因为电力是传输转换高效、控制操作简单、使用清洁便捷、应用最为广泛的二次能源,所有的一次能源均可转换成电力,电力又可以方便地转换成动力、光、热等多种形式,为现代社会的正常运转提供快捷清洁的能源支撑。当前,电力在终端消费能源的比重越来越大,2010年电能在终端能源消费占比已经达到21.3%,因此提高供用电能效、节约电能也是我国当前所面临的重要任务。

1.1 我国电能的现状与问题

目前我国电能的状况、特征及问题主要体现在以下几个方面。

1. 我国能源消费需求量大,清洁电力供应能力不足

20世纪90年代以来,随着我国经济的快速增长,能源生产的增长幅度小于能源消费的增长幅度,能源生产与消费总量缺口逐渐拉大,能源消费与供应不足的矛盾日益突出。根据国际能源署预测,到2035年,中国必将成为世界最大能源消费国,能源消费总量将比第二大能源消费国美国高出70%,而中国的人均能源消费依然不足美国的一半,低于世界平均水平。

我国可再生清洁能源的发展才刚刚起步,还远远不能满足消费需求。一是我国水电可开发量为5.4亿kW,2010年水电装机规模达到2.2亿kW,均位居世界第一。二是生物质能源年可利用资源量约为8.99亿t标准煤,2010年我国以秸秆为燃料的生物质发电装机突破500万kW。三是50m高度3级以上(风功率密度大于 $300\text{W}/\text{m}^2$)风能资源潜在开发量为25.8亿kW,2010年我国新增风能装机容量约3000万kW,占全球新增总量的48%,是2008年所占份额的3倍。尽管如此,风能仍只占我国总发电量的1.2%。四是在太阳能方面,按照5%的沙化土地面积安装太阳能发电设备估算,发电装机总容量可达到34.6亿kW,按年利用1400h计算,年可以利用资源量为5.96亿t标准煤,截至2009年底,我国太阳能发电装机达到1758万kW,相比2000年增长了51倍,其中太阳能并网发电达到135MW。我国太阳能制造能力和太阳能利用面积已经达到世界第一,但是其发电总量与全

国用电量相比还是微乎其微。

2. 电力在终端能源消费中的比例有所提升，但比例尚小

我国“十一五”期间一次能源生产总量连续五年位居世界第一，2010年达到29.7亿t标准煤，相当于1980年的4.7倍，年均增长5.3%，是世界上第一大能源生产国。电力装机规模比2005年增长将近一倍，达到9.7亿kW，居世界第二；核电在建规模2924万kW，占世界核电在建规模的40%以上。“十一五”期间，在煤炭、石油、天然气和水电、核电、风电等一次能源生产总量中，煤炭占76.6%，石油占9.8%，天然气占4.2%，其他的水、核、风电等共占9.4%。2010年我国终端能源消费总量为22.8亿t标准煤，其中，煤炭、石油、天然气、电力和热力所占比重分别为44%、25.5%、4.8%、21.3%和4.4%。煤炭比重比1990年下降了约25个百分点，电能比重上升约12个百分点，终端能源消费结构优化成效显著，但电力消费比例排名第三。调整和优化能源结构，降低煤炭比重，提高核电、可再生能源等清洁电力比重，实现能源结构的多元化和清洁化，是我国能源工业面临的重大课题。

3. 能源资源与能源需求逆向分布，特高压输送能源刻不容缓

我国主要的能源消费地区集中在东南沿海经济发达地区，资源贮存与能源消费地域存在明显差别。东南部地区经济相对发达，能源需求量大，但能源资源相对贫乏；中西部地区经济总量相对较小，能源需求量小，但能源资源较为丰富。资源品种分布是北煤、南水和西油气，因而形成了大规模、长距离的“北煤南运、北油南送、西气东输和西电东送”格局。对能源配置能力提出了更高的要求，目前仅依靠铁路、公路运输体系远远不能满足能源大规模、长距离资源调配的需要。国家电网公司正在实施的特高压输送工程，正是基于煤、油等资源就地转化成为电力，通过特高压电力线路来解决我国能源长距离输送能力不足、损失量大等问题。但要改变长期以来能源供应与需求矛盾的格局，实现优化调配还需时日。

4. 我国电力相关能耗指标普遍偏高，电能利用效率低

我国电能能耗指标与国际先进水平相比偏高。2010年，我国火电厂发电煤耗333g标准煤/kWh，高出国际先进水平23g标准煤/kWh；发电厂厂用电率为5.43%，电网综合线损率为6.53%，分别高出国际先进水平1.63和1.53个百分点。

我国主要耗能产品的能耗水平普遍高于国际先进水平。2010年，我国吨钢可比能耗为697kg标准煤/t，水泥综合能耗为139kg标准煤/t，乙烯综合能耗为976kg标准煤/t，合成氨能耗为1591kg标准煤/t，分别比国际先进水平高87、21、347、591kg标准煤/t；电石电耗为3395kWh/t，高出国际先进水平395kWh/t。

由于节能意识不足、高能耗设备大量存在，导致了我国能耗高，节能潜力与节能难度都很大，这对我国的经济发展构成较大威胁。

1.2 我国的能源战略方针

实现可持续发展、突出节能高效已经成为世界各国的共同课题，而对人口众多的中国来说，具有更大的特殊性和挑战性。为实现全面建设小康社会的目标和应对能源长远发展遇到的严峻挑战，采取正确的能源战略和措施具有决定性意义。只有实现可持续发展的能源战

略,才能保证在“能源消耗最少,环境污染最小”的基础上,实现经济社会快速发展和人民生活水平的提高。

在《能源发展“十二五”规划》中提出,“十二五”时期,要以加快转变发展方式为主线,着力推进能源体制机制创新和科技创新,着力加快能源生产和利用方式变革,强化节能优先战略,全面提升能源开发转化和利用效率,控制能源消费总量,构建安全、稳定、经济、清洁的现代能源产业体系,保障经济社会可持续发展。

2012年发布的《中国的能源政策》白皮书称,维护能源资源长期稳定可持续利用,是我国政府的一项重要战略任务。我国能源必须走科技含量高、资源消耗低、环境污染少、经济效益好、安全有保障的发展道路,实现节约发展、清洁发展和安全发展。白皮书指出,我国将通过坚持“节约优先”等八项能源发展方针,推进能源生产和利用方式变革,构建安全、稳定、经济、清洁的现代能源产业体系,努力以能源的可持续发展支撑经济社会的可持续发展。

中国能源发展战略方针的基本内容是:节约优先,立足国内,多元发展,保护环境,深化改革,科技创新,国际合作,改善民生。

(1) 坚持节约优先。实施能源消费强度和消费总量双控制,努力构建节能型生产消费体系,促进经济发展方式和生活消费模式转变,加快构建节能型国家和节约型社会。

(2) 坚持立足国内。立足国内资源优势和发展基础,着力增强能源供给保障能力,完善能源储备应急体系,合理控制对外依存度,提高能源安全保障水平。

(3) 坚持多元发展。着力提高清洁低碳化石能源和非化石能源比重,大力推进煤炭高效清洁利用,科学实施传统能源替代,加快优化能源生产和消费结构。

(4) 坚持保护环境。树立绿色、低碳发展理念,统筹能源资源开发利用与生态环境保护,在保护中开发,在开发中保护,积极培育符合生态文明要求的能源发展模式。

(5) 坚持深化改革。充分发挥市场机制作用,统筹兼顾,标本兼治,加快推进重点领域和关键环节改革,理顺价格机制,构建有利于促进能源可持续发展的体制机制。

(6) 坚持科技创新。加快创新型人才队伍建设,加强基础科学研究和前沿技术攻关,增强能源科技创新能力。依托重点能源工程,推动重大核心技术和关键装备自主创新。

(7) 坚持国际合作。统筹国内国际两个大局,大力拓展能源国际合作范围、渠道和方式,提升能源“走出去”和“引进来”水平,推动建立国际能源新秩序,努力实现合作共赢。

(8) 坚持改善民生。统筹城乡和区域能源发展,加强能源基础设施和基本公共服务能力建设,尽快消除能源贫困,努力提高人民群众用能水平。

能源的开发和利用状况,是衡量一个国家经济发展和科学技术水平的重要标志。发达国家都把提高能源利用效率作为其能源发展战略的重要目标和措施。我国在20世纪80年代提出的“节约与开发并重,把节约放在优先地位”的能源发展总方针,仍然是构建我国能源发展战略的重要依据。节约能源已经被专家视为与煤炭、石油、天然气和电力同等重要的“第五能源”。能源效率低是制约我国经济社会发展的突出矛盾。不节约能源、提高能效,单纯依靠加大能源建设力度的办法无法从根本上解决我国能源问题。我国提高能源效率有着巨大潜力,也是保障能源安全的当务之急。

1.3 提高电能效率的政策措施

我国在“十一五”期间，曾经出台多项提高电力能效的政策措施，在“十二五”规划的重点任务中又明确指出，要高效清洁发展煤电，全面推进节能提效，加强用能管理。我国提高供用电能效与节能的政策措施主要有以下方面。

1. 鼓励发展智能电网和分布式能源

(1) 智能电网是以电力为核心的智慧能源网络。

我国智能电网是以特高压电网为骨干网架、各级电网协调发展的坚强网架为基础，以通信信息平台为支撑，具有信息化、自动化、互动化特征，包含电力系统的发电、输电、变电、配电、用电和调度各个环节，覆盖所有电压等级，实现“电力流、信息流、业务流”的高度一体化融合的现代电网。智能电网具有极大的经济价值、社会价值以及环保价值，它的发展是实现能源和电力可持续发展的必然选择。

智能电网主要内涵是：①**坚强可靠**。它是指拥有坚强的网架、强大的电力输送能力和安全可靠的电力供应，从而实现资源的优化调配、减小大范围停电事故的发生概率。在故障发生时，能够快速检测、定位和隔离故障，并指导作业人员快速确定停电原因恢复供电，缩短停电时间。②**经济高效**。是指提高电网运行和输送效率，降低运营成本，促进能源资源的高效利用。③**清洁环保**。在于促进可再生能源发展与利用，提高清洁电能在终端能源消费中的比重，降低能源消耗和污染物排放。④**透明开放**。指为电力市场化建设提供透明、开放的实施平台，提供高品质的附加增值服务。⑤**友好互动**。即灵活调整电网运行方式，友好兼容各类电源和用户的接入与退出，激励电源和用户主动参与电网调节。

可以看出，我国智能电网是以电力为核心的智慧能源网络，是电能输送的载体和能源优化配置的平台。它是基于智能、现代、高效的信息平台和服务网络，可以及时便捷地收集与响应电源侧和用电侧的多元化需求，促进分布式电源的健康发展。我国智能电网解决新能源发电并网问题，将主要应用电力电子技术和大容量储能技术来推动新能源的大规模发展。通过电力电子技术，对电力设备和电网进行改造，来提高电能质量，提升电网输送容量和可靠性；通过引进新的储能设备和电源，来平衡和调节新能源发电及电力需求的不稳定性。可以说，智能电网是解决新能源发电并网问题的根本途径，而对新能源发电的兼容性也是智能电网的基本要求，二者通过技术、政策、经济、制度等手段的完善，最终将实现无缝、安全、自动的对接。

(2) 分布式能源是未来清洁能源的重要组成部分。

分布式能源是一种建在用户端的新的能源供应方式，可独立运行，也可并网运行。它是以资源、环境效益最大化确定方式和容量的系统，将用户多种能源需求以及资源配置状况进行系统整合优化，采用需求应对式设计和模块化配置的新型能源系统（这是相对于集中供能的分散式供能方式而言的）。分布式能源具有能效利用合理、损耗小、污染少、运行灵活、系统经济性好等特点。分布式能源依赖于先进的信息技术，采用智能化监控、网络化群控和远程遥控技术，实现现场无人值守；同时，也依赖于未来以能源服务公司为主体的能源社会化服务体系，实现运行管理的专业化，以保障各能源系统的安全可靠运行。

2009年以来，国家财政部、住房和城乡建设部、科技部、能源局陆续出台了《关于加

快推进太阳能光电建筑应用的实施意见》《太阳能光电建筑应用财政补助资金管理暂行办法》《关于支持加快太阳能光电建筑应用的政策解读》《关于实施金太阳示范工程的通知》《金太阳示范工程财政补助资金管理暂行办法》《关于做好 2011 年金太阳示范工作的通知》《关于做好 2012 年金太阳示范工作的通知》，《关于发展天然气分布式能源的指导意见》（发改能源〔2011〕2196 号）等政策文件，为大力推进分布式能源的发展提供了政策支持。2013 年 2 月 27 日，国家电网公司在京召开“促进分布式电源并网新闻发布会”，向社会正式发布《关于做好分布式电源并网服务工作的意见》。这是国家电网公司继 2012 年发布《关于做好分布式光伏发电并网服务工作的意见》后，出台的积极促进分布式能源发展的又一重大举措。一系列标准和细则的制定，将优化并网流程，简化并网手续，提升服务效率，切实提高分布式电网并网的服务水平。在未来的中国，可再生能源在能源结构中占比将越来越高，而我国分布式能源刚进入起步阶段，即将迈向规模化实施进程。近年来，我国光伏装机容量不断上升，光伏“十二五”规划装机目标从 2011 年的 1000 万 kW，逐步被提高到 1500 万、2100 万 kW。

加快智能配电网建设，可促进分布式电源的高效利用和有效运行。通过发展智能调度与控制技术，能够实现对分布式发电的高效调度控制，适应分布式电源接入和供电可靠性提高的要求，为更多分布式电源接入电网提供支撑。

2. 推行电力需求侧管理，推广“能效电厂”示范

（1）政府积极推行电力需求侧管理。

电力需求侧管理（Power Demand Side Management, PDSM）是指在政府法规和政策的支持下，采取有效的激励和引导措施以及适宜的运作方式，通过发电公司、电网公司、能源服务公司、社会中介组织、产品供应商、电力用户等共同协力，提高终端用电效率和改变用电方式，在满足同样用电功能的同时，减少电量消耗和电力需求，达到节约资源和保护环境的目的，实现社会效益最好、各方受益、最低成本能源服务所进行的管理活动。

早在 2002 年 7 月，国家经济贸易委员会发布了《关于推进电力需求侧管理工作的指导意见》（国经贸电力〔2002〕470 号）标志着电力需求侧管理工作在我国展开。2005 年初，国家电网公司为了深入贯彻落实国家这一政策，制定了《国家电网公司电力需求侧管理工作实施办法》，将电力需求侧管理工作纳入电力发展规划、电网调度运行、电力市场运营等工作中；通过建立电力供需平衡预警机制，制订电力供应应急预案，最大限度地减少因缺电造成的损失；建立事故处理应急机制，全面实时监控控制电网运行，提高处理突发事件的能力。2010 年，国家发改委、工信部、财政部等六部门早在 2010 年就制定了《电力需求侧管理办法》（发改运行〔2010〕2643 号），该办法已于 2011 年 1 月 1 日开始实施。2012 年 10 月 31 日，财政部、国家发改委共同发布了《关于开展电力需求侧管理城市综合试点工作的通知》（财建〔2012〕368 号），确定首批电力需求侧管理试点城市为北京市、江苏省苏州市、河北省唐山市、广东省佛山市。

多年来，国家电网公司始终高度重视电力需求侧管理工作，始终站在电力需求侧管理的前沿，不断完善需求侧管理制度和机制建设，将需求侧管理纳入公司工作考核指标和电力营销战略目标，并率先成立了电力需求侧管理指导中心。面对近年电力供需紧张局面，国家电网公司系统按照“先错峰、后避峰、再限电、最后拉路”的原则，制订有序用电方案，合理分解落实错峰、避峰负荷，并细化到企业、设备、容量和时段，变被动拉限电为主动错峰移

峰。采用电力负荷管理系统等技术手段实时监控负荷，积极运用峰谷分时电价、季节性电价、尖峰电价、可中断负荷补偿等激励手段，引导用户主动参与错峰、避峰。通过积极运用经济、技术、法律、管理和服务等手段，多措并举，均衡了用电负荷，实现了电网安全、稳定、经济运行，保障了经济持续、快速、协调发展。

电力需求侧管理的目标主要集中在电力和电量的改变上，一方面采取措施降低电网峰荷时段的电力需求或增加电网低谷时段的电力需求，以较少的新增装机容量达到系统的电力供需平衡；另一方面，采取措施节省或均衡电力系统的发电量，在满足同样能源服务的同时节约了社会总资源的耗费。从经济学的角度看，PDSM的目标就是将有限的电力资源最有效地加以利用，使社会效益最大化。在PDSM的规划实施过程中，不同地区的电网公司还有一些具体目标，如供电总成本最小、购电费用最小等目标。

电力需求侧管理的对象主要指电力用户的终端用能设备，以及与用电环境条件有关的设施。包括以下六方面：①用户终端的主要用电设备，如照明系统、空调系统、电动机系统、电热、电化学、冷藏、热水器等；②可与电能相互替代的用能设备，如以燃气、燃油、燃煤、太阳能、沼气等作为动力的替代设备；③与电能利用有关的余热回收，如热泵、热管、余热和余压发电等；④与用电有关的蓄能设备，如蒸汽蓄热器、热水蓄热器、电动汽车蓄电池等；⑤自备发电厂，如自备背压式、抽汽式热电厂，以及燃气轮机电厂、柴油机电厂等；⑥与用电有关的环境设施，如建筑物的保温、自然采光和自然采暖及遮阴等。

电力需求侧管理的内容主要包括：①提高能效。通过一系列措施实施，鼓励用户使用高效用电设备替代低效用电设备及改变用电习惯，在获得同样用电效果的情况下减少电力需求和电量消耗。②负荷管理，又可称为负荷整形。通过技术和经济措施激励用户调整其负荷曲线形状，有效地降低电力峰荷需求或增加电力低谷需求，提高了电力系统的供电负荷率，从而提高了供电企业的生产效益和供电可靠性。③能源替代及余能回收。在成本效益分析的基础上，如果用户的设备采取其他能源形式比使用电能效益更好，则更换或新购使用其他能源形式的设备，这样减少使用的电力和电能也可看作需求侧管理的重要内容；再有，用户通过余能回收来发电就可以减少从电力系统中取用电力和电量。④分布式电源。用户拥有各种自备电源，如电池储能逆变不间断电源（UPS）、柴油发电机、太阳能发电系统、风力发电、联合循环发电、自备热电站等，将用户自备电源直接或间接纳入电力系统的统一调度，也可减少使用系统的电力和电量。⑤用电服务项目。电网公司为提高能源利用效率而开展的一些宣传、咨询活动，如能源审计、节电咨询、宣传、教育等。

（2）积极推广能效电厂示范应用。

能效电厂（Efficiency Power Plant, EPP）是一种虚拟电厂，即通过实施一揽子节电计划和能效项目，获得需方节约的电力资源。国际能源界将实施电力需求侧管理，开发、调度需方资源所形成的能力，形象地命名为能效电厂。将减少的需求视同“虚拟电厂”提供的电力电量。“能效电厂”把各种节能措施、节能项目打包，通过实施一揽子节能计划，形成规模化的节电能力，减少电力用户的电力消耗需求，从而达到与扩建电力供应系统相同目的。

能效电厂虽是虚拟电厂，但在满足电力需求和电网电力平衡工作中，却和供方（发、输、配、售电）能力有着同等的重要性。与建设一个常规电厂相比，能效电厂具有建设周期短、零排放、零污染、供电成本低、响应速度快等显著优势，是实施电力需求侧管理、实现节能减排的一种有效、直观的途径，有利于大规模、低成本的外部资金的进入，是解决电力

短缺和能源可持续利用问题的“好帮手”。能效电厂的核心思路是将公益性的节能项目，通过政策方式，变为具有经济效益的投资项目，以吸引社会资金投入，共同推进节能项目产业化发展。

能效电厂是市场化、规模化、绿色化的电力节约保供模式，在欧美发达国家已运行多年，近年在我国江苏、广东等地也进行了成功试点，取得了较好效果。在我国能源资源的瓶颈制约越来越突出，推进节能减排、保障电力持续稳定供给任务艰巨的新形势下，加快能效电厂推广工作，有利于推进节电工作步入市场化轨道，有助于以零污染、零土地的方式，以更低的成本、在更短时间内增强电力供给能力。

发展能效电厂必须建立由政府、电网公司、节能服务公司、金融单位和第三方机构等共同参与的组织体系。政府是发展能效电厂的倡导者和组织实施者，必须发挥主导作用，主要负责制定能效电厂发展规划和支持政策，监督实施效果；电网公司在发展能效电厂中具有不可替代的作用，在我国必须承担起能效电厂实施主体的功能，负责方案制订和整体实施工作；节能服务公司掌握节电新技术、新设备和新工艺，拥有专业化人员，积累了节电项目推广经验，在发展能效电厂中是具体的操作者；金融单位和第三方机构主要负责资金保障和能效计算、评估等中介服务，在发展能效电厂中具有不可或缺的作用。

能效电厂融资方式同供电能力建设一样，主要依靠银行贷款，还款方式纳入电价。建设资金的运作模式有以下四种。

模式一：电网公司作为实施主体，资金计入供电成本。可配合采用阶梯式电价、基于不同效率水平定价、配额制等措施，强化节能效果。

模式二：电网公司作为实施主体，资金来源于附加在电价上的系统效益收费。

模式三：政府提供资金，以现有的或新的税收收入弥补能效电厂所需的成本，补贴用户参加能效项目增加的投入。由政府指定机构对能效电厂进行监督。

模式四：节能企业或用户直接承担成本，能效电厂的成本直接向终端用户征收，能效电厂的实施可由政府指定机构进行监督。

据相关报道，江苏省从 2005 年开始，四年共筹措资金 2.4 亿元，组织实施了电蓄能、最大需量控制、绿色照明、变频调速等 447 个需求侧管理示范项目，实现减少高峰负荷 58 万 kW，年节约用电量 20 亿 kWh，企业新增效益 12 亿元，减少二氧化硫排放 9200t，减少二氧化碳排放 184 万 t；按照《江苏省电力需求侧管理战略规划》，至 2015 年，可实现年节电 424 亿 kWh，相当于 26 台 30 万 kW 发电机组一年提供的电量，同时可减少电力尖峰负荷需求 1533 万 kW，减少当年煤炭消耗总量 2120 万 t，所得的能效资源将可满足全省 11% 的新增电力需求和 25% 以上的新增尖峰负荷，经济效益和社会效益显著。南昌市政府采用“模式四”引导和激励企业建设能效电厂，对大批工业企业进行了综合升级改造，截至 2013 年底，共开展节电改造项目 90 余项，涉及企业 50 余家，通过安装节能器、更换节能灯、余热回收等多种方式降低电耗，可永久性削减负荷 8500 余 kW，年节电总量 6200 余万 kWh。同时，为减小电网用电负荷的峰谷差，南昌市启动了大批蓄冷蓄热项目，将电网负荷低谷段的多余电力用于制冷或制热，进行错峰填谷用电。到 2013 年底，全市已实施蓄冷蓄热项目 49 个，实现永久性转移高峰负荷 2.22 万 kW，涉及企事业单位 37 家，以宾馆、酒店为主，部分大型商场、医院、学校等单位也纷纷效仿和实施，以提高供电效率和缓解供电压力，达到节约能源和保护环境的目的。

建设能效电厂对于落实节能优先的能源战略，促进节能工作市场化、产业化发展，有效破解能源资源环境对发展的制约具有十分重要的意义。节能减排是当前和今后一个时期十分重要的工作，建设资源节约型、环境友好型社会是我们的重要任务。

3. 实施节能发电调度

节能发电调度是指在保障电力可靠供应的前提下，按照节能、经济的原则，优先调度可再生发电资源，按机组能耗和污染物排放水平由低到高排序，依次调用化石类发电资源，最大限度地减少能源、资源消耗和污染物排放。节能发电调度打破了国内以往平均分配发电小时数的传统调度模式，以节能、环保为目标，以全电力系统内的发、输、供电设备为调度对象，优先调度可再生和清洁发电资源，促进电力系统的高效、清洁运行。

为提高电力工业能源使用效率，节约能源，减少环境污染，促进能源和电力结构调整，确保电力系统安全、高效运行，实现电力工业的可持续发展，依据《中华人民共和国电力法》《电网调度管理条例》和《电力监管条例》，2007年8月国务院办公厅发布了我国《节能发电调度办法（试行）》。该办法以确保电力系统安全稳定运行和连续供电为前提，以节能、环保为目标，通过对各类发电机组按能耗和污染物排放水平排序，以分省排序、区域内优化、区域间协调的方式，实施优化调度，并与电力市场建设工作相结合，充分发挥电力市场的作用，努力做到单位电能生产中能耗和污染物排放最少。同年，国家发改委以发改能源〔2007〕3523号下发了《节能发电调度办法实施细则》（试行），以便更好地实施《节能发电调度办法（试行）》。目前，各级电力调度机构已按照上述法规开展电力节能调度工作。

节能发电调度办法实施后，供电煤耗成为机组分配负荷的最重要的指标，而机组的煤耗与机组单机容量有直接关系，必将使火力发电企业的格局发生重大变化，单机容量大的火力发电机组由于供电煤耗低，将得到优先调度，发电利用小时大幅提高，而高耗能高污染的发电机组能够获得的发电利用小时数将越来越少。这样的发电结构调整将使火力发电整体煤耗水平大大下降，有利于减少能源消耗和污染物排放。同时，节能发电调度政策有利于可再生能源发电企业的发电，对我国可再生能源的发展给予了强有力的政策支持，可再生能源发电企业将进入一个全新的发展时期。

4. 推行合同能源管理节能机制

（1）合同能源管理。

合同能源管理是一种新型的市场化节能机制，其实质就是以减少的能源费用来支付节能项目全部成本的节能业务方式。这种节能投资方式允许客户用未来的节能收益为工厂和设备升级，以降低目前的运行成本；或者节能服务公司以承诺节能项目的节能效益、或承包整体能源费用的方式为客户提供节能服务。能源管理合同在实施节能项目的企业（用户）与节能服务公司之间签订，它有助于推动节能项目的实施。依照具体的业务方式，可以分为分享型合同能源管理业务、承诺型合同能源管理业务、能源费用托管型合同能源管理业务。

合同能源管理运用市场机制来实现能源节约，其基本运作机制是：通过合同，约定节能指标、服务、投融资和技术保障，整个节能改造过程如项目审计、设计、融资、施工、管理等由节能服务公司统一完成；在合同期内，节能服务公司的投资回收和合理利润由产生的节能效益来支付；在合同期内项目的所有权归节能服务公司所有，并负责管理整个项目工程，如设备保养、维护及节能检测等；合同结束后，节能服务公司要将全部节能设备无偿移交给耗能企业并培养管理人员、编制管理手册等，此后由耗能企业自己负责经营；节能服务公司