

电力工业 可持续发展技术

都亮 等 编著



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

电力工业可持续发展技术

都亮 等 编著



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

内 容 提 要

本书初步探讨当前电力工业可持续发展的最新实践，展现特高压为骨干网架的坚强智能电网为我国风能、太阳能等新能源开发利用、高效配置、安全运营的重大作用。本书内容涵盖新能源发电技术、特高压输电技术、分布式能源与微网、节能管理与技术、电动汽车（EV）、电力需求侧市场等知识。

本书可作为从事电力生产运营管理工作的人员全面掌握电力可持续发展技术之用，也可作为电力系统及自动化、供用电技术、工业用电等专业有关教师 and 学生的教学、自学或培训参考书。

图书在版编目（C I P）数据

电力工业可持续发展技术 / 都亮等编著. -- 北京 :
中国水利水电出版社, 2013. 1
ISBN 978-7-5170-0565-0

I. ①电… II. ①都… III. ①电力工业—可持续发展
—研究—中国 IV. ①F426. 61

中国版本图书馆CIP数据核字(2013)第011833号

书 名	电力工业可持续发展技术
作 者	都亮 等 编著
出版发行	中国水利水电出版社 (北京市海淀区玉渊潭南路 1 号 D 座 100038) 网址: www. waterpub. com. cn E - mail: sales@waterpub. com. cn
经 售	电话: (010) 68367658 (发行部) 北京科水图书销售中心 (零售) 电话: (010) 88383994、63202643、68545874 全国各地新华书店和相关出版物销售网点
排 版	中国水利水电出版社微机排版中心
印 刷	北京市北中印刷厂
规 格	184mm×260mm 16 开本 11.5 印张 272 千字
版 次	2013 年 1 月第 1 版 2013 年 1 月第 1 次印刷
印 数	0001—3000 册
定 价	32.00 元

凡购买我社图书，如有缺页、倒页、脱页的，本社发行部负责调换
版权所有·侵权必究

前 言

能源是经济发展和社会生活的重要物质基础，近年来，能源短缺、资源紧张、气候变化等问题日益突出，能源安全、能源效率、能源环境成为全球范围的巨大挑战。为应对这些挑战，世界各国正在以传统能源发展为基础，以新能源开发为重点，以科技创新为先导，以全球能源优化配置为方向，积极推进能源发展方式转变。构建安全稳定、经济高效、绿色环保、技术先进的现代能源供应体系，成为世界能源发展的重要趋势。

以特高压为骨干网架的坚强智能电网正在成为我国风能、太阳能等新能源开发利用、高效配置、安全运营的平台，为实现我国新能源的长期、稳定、健康、可持续发展提供坚实的保障。

为了梳理和总结我国在电力工业可持续发展工作中开展的实践，四川省电力公司于2011年5月组织长期从事电力生产管理的一线专家和丰富科研教学经验的学者，通过深入发、输、配、供、用电力生产一线，在收集的大量最新资料的基础上归纳总结电力工业可持续发展中的最新成就和发展趋势，初步探索系统化的应用理论。

本书作为四川省电力公司2011年科研立项项目，尝试探讨当前电力工业可持续发展的最新成果，包括特高压输电技术、新能源发电技术、分布式能源、节能管理与技术、电动汽车、电力需求侧市场等知识。

全书共七章，第一章和第三章由四川省电力公司技术技能培训中心都亮编写；第二章由华北电力大学朱永强和四川省电力公司技术技能培训中心都亮共同编写；第四章和第五章由四川省电力公司技术技能培训中心陈杨编写，第六章和第七章由四川省电力公司技术技能培训中心高犁编写。

在本书编写过程中，收集和参阅了各方面的资料，得到不少同志的大力支持和帮助，在此，谨致以衷心的感谢。

由于水平有限，时间仓促，书中缺点和错误之处敬请广大读者批评指正。

编 者

2012年10月

目 录

前言

第一章 绪论	1
第一节 可持续发展战略	1
第二节 电力工业可持续发展技术	7
第三节 结论与展望	14
第二章 新能源发电技术	23
第一节 中国新能源与可再生能源现状与前景	23
第二节 太阳能光伏发电	28
第三节 风力发电	32
第四节 生物质能发电技术	36
第五节 地热发电技术	42
第六节 潮汐能发电技术	46
第三章 特高压输电技术	53
第一节 特高压输电基础知识	53
第二节 特高压输电的意义	58
第三节 特高压电网新技术的应用	63
第四节 特高压发展现状及前景	71
第四章 分布式能源与微网	86
第一节 分布式发电与储能	86
第二节 分布式发电对电力系统的影响	88
第三节 分布式发电对电力市场的影响	90
第四节 微网	91
第五章 节能管理与技术	103
第一节 绿色照明	103
第二节 高效电动机	110
第三节 高效变压器	113
第四节 蓄能技术	116
第六章 电动汽车 (EV)	129
第一节 电动汽车的历史沿革和现状	129
第二节 电动汽车的结构和工作原理	133
第三节 电动汽车充放电技术	136

第四节	电动汽车运营模式	141
第七章	电力需求侧市场	147
第一节	电力需求侧管理机制	147
第二节	电力需求侧管理的实施	154
第三节	电力需求侧市场	161
第四节	电力需求侧竞价机制	165
第五节	可中断负荷调度与运营	167
第六节	合同能源管理	170
参考文献		175

第一章 绪 论

第一节 可持续发展战略

可持续发展是国际上 20 世纪 80 年代后期以来形成的新的发展观念，到现在已成为涉及可持续经济、可持续生态和可持续社会三方面协调统一的全面性战略，它与科教兴国一起，已被中国政府确立为有关国民经济和社会发展的两个基本战略。

一、可持续发展理论形成的历史背景

20 世纪以来，随着科技进步和社会生产力的极大提高，人类创造了前所未有的物质财富，加速推进了文明发展的进程，人类生活越来越舒适，越来越方便。与此同时，世界人口急剧增长、资源过度消耗与大量浪费、严重的环境污染和生态破坏，都已成为全球性的重大问题，它们不仅严重地阻碍着经济的发展和人民生活质量的提高，而且已威胁到人类的生存和发展。在这种严峻形势下，人类不得不重新审视自己的社会经济行为和走过的历程。认识到通过高消耗追求经济数量增长和“先污染后治理”的传统发展模式已不再适应当今和未来发展的要求，必须寻求一条人口、资源、经济、社会与环境相互协调的、既能满足当代人的需求又不对满足后代人需求的能力构成危害的发展模式。

20 世纪 80 年代以来，世界各国围绕全球面临的传统发展战略造成的环境的恶化、资源的贫乏、人口的膨胀等现象，提出了一种新的发展理念——可持续发展。1987 年，世界环境和发展委员会（WCED）在《我们共同的未来》的报告（又称《布伦特兰报告》）中，给出了可持续发展的定义：既满足当代人的需要，又不对后代人满足其需要的能力构成危害的发展。1992 年，联合国环境和发展大会通过的《里约热内卢环境与发展宣言》和《21 世纪议程》，是全世界将可持续发展的概念和理论付诸行动的开始。1994 年，中国政府通过和确立了世界上第一部国家级可持续发展战略《中国 21 世纪议程》，成为中国各行各业实现可持续发展的指南。

迄今为止，可持续发展尚没有一个严格统一的定义，目前得到普遍认同的就是布伦特兰报告中的论述。概括地讲，可持续发展就是既要使人类的各种需要得到满足，个人得到充分发展，又要保护资源和生态环境，不对后代人的生存和发展构成威胁。其核心问题就是人类的经济活动与经济发展不能超过资源与环境的承受能力，使人类与经济、社会、资源、环境始终处于最佳结合状态。

二、可持续发展的内涵

可持续发展首先是从环境保护的角度来倡导保持人类社会进步与发展的，它明确提出要变革人类沿袭已久的生产方式和生活方式，并调整现行的国际经济关系。这种调整和变革要按照可持续发展的要求进行设计和运行，这几乎涉及经济发展和社会生活的所有方面，包含了当代与后代的需求、国家主权与国际公平、自然资源与生态承载力、环境与发展相结合等重要内容。就理性设计而言，可持续发展具体表现在：工业应当是高产低耗，

能源应当被清洁利用,粮食需要保障长期供给,人口与资源应当保持相对平衡,经济与社会应与环境协调发展等。

1. 可持续发展基本思想

以往人们对“发展”的理解仅局限于经济领域,把发展狭义地理解为经济的增长,即国民生产总值的提高、物质财富的增多、人民生活水平的改善等。但可持续发展是一种立足于环境与资源角度提出的人类长期发展的战略,它指的是人们生活的所有方面都得到改善和提高,而且这种发展是持续的,随着时间的推移,人类福利将连续不断地增加。可持续发展基本思想主要包括以下四个方面。

(1) 经济持续发展是根本。发展是硬道理,只有通过经济的持续增长,才能不断地增加社会财富和不断提高人们的福利水平。可持续发展不仅重视经济增长的数量,而且更强调经济增长的质量。经济发展所包含的数量的增长和质量的提高,必须依靠科学技术的提高与创新来实现。因此,可持续发展要求采用科学的经济增长方式,从原材料和能源的利用方式、产品设计与生产工艺到消费方式都必须符合可持续原则,彻底改变“高投入、高消耗、高污染、高消费”的传统方式,以减少人类经济活动所造成的环境压力。环境退化的原因产生于经济活动,其解决办法也必须依靠于经济增长过程。

(2) 资源的永续利用和生态的持续良好是基础。地球上的资源是有限的,它们是经济发展的基础。环境容量也是有限的,从根本上说,它是人类社会发展的最终极限。可持续发展以自然资源为基础,与生态环境相协调,强调经济和社会发展不超越资源和环境的承载能力,强调控制人口数量、提高人口素质,强调采用“适用技术”,保证以可持续的方式利用自然资源,并满足人们对经济发展和环境良好的要求。要实现可持续发展,必须使自然资源的耗竭速率低于资源的再生速率,必须通过转变发展模式,从根本上解决环境问题。

(3) 谋求社会全面进步是目标。可持续发展的观念认为,世界各国的发展阶段和发展目标可以不同,但发展的本质应当包括改善人类生活质量,提高人类健康水平,创造一个保障人们平等、自由、受到良好教育和免受暴力的社会环境。也就是说,经济的持续发展、资源的永续利用和生态环境的持续良好,即社会在每一个时间段内都能保持与经济、资源和环境的协调,才符合可持续发展的要求,这也是人类共同追求的目标。

(4) 多样性是标志。从现代生态学角度考虑,地球的现状是生命系统参与地质历史过程的结果,地球的现状也是靠生命系统活动来调节、控制和维持的。生物多样性是保证人类赖以生存的生态系统的物质基础,是维持地球生命系统稳定性的必要条件。从社会学角度考虑,世界各国由于基础条件不同,当前所处的发展阶段也会不同,由于价值观、伦理观、社会习俗的差异,必然会导致社会与文化观念的不同。可持续发展观念认为,在人与自然的关系到上,强调保护生物多样性,减少它们之间的毁灭性碰撞,才能保持全球社会和文化体系的稳定。从实质上看,多样性同样也是公平性原则的体现。

2. 可持续发展的基本原则

可持续发展涉及社会的方方面面,也涉及每个人的思想意识。就其经济观而言,可持续发展主张在保护地球自然生态系统的基础上经济持续发展;就其社会观而言,可持续发展主张公平分配,当代人与后代人都具有平等的发展机会;就其自然观而言,主张人类与

自然和谐相处，共同进化。其中所体现的基本原则主要有以下几个方面。

(1) 公平性原则。所谓公平是指机会选择的平等性。可持续发展不仅涉及当代的国家或区域的人口、资源、环境与发展的协调，还涉及同后代的国家或区域之间的人口资源、环境与发展之间的矛盾或冲突。可持续发展的公平性是不同时空尺度的体现，当代与后代、区际与区间都应具有平等的发展机会。当代人不能为满足自己的发展而损害后代人发展所需要的资源条件和环境条件。国家或区域有进行在其管辖区内的各类经济活动的权力，但不能损害其他国家或区域的资源条件与环境条件。在人与自然方面，人类应当尊重自然生态的和谐与稳定，平等地对待地球上的一切生命物种，应当彻底地摒弃“人类中心观”，而代之以“生态文明观”。

(2) 持续性原则。资源和环境是人类生存与发展的基础条件，也是可持续发展的主要制约因素。因此，资源的永续利用和生态环境的持续良好，是可持续发展的重要保证。人类在进行任何经济活动的过程中，都必须充分考虑到资源的承载能力和环境的承载能力。要适时调整自己的生产方式和生活方式，实现资源的永续利用和生态系统的持续良好。

(3) 整体性原则。可持续发展是一个涉及经济、社会、文化、技术及自然环境的综合概念。它主要包括自然资源与生态环境的可持续发展、经济的可持续发展和社会的可持续发展等三个方面。可持续发展一是以自然资源的可持续利用和良好的生态环境为基础；二是以经济可持续发展为前提；三是以谋求社会的全面进步为目标。可持续发展不仅是经济问题，也不仅是社会问题和生态问题，而是三者相互影响的综合体。人类的最终目标是在供求平衡条件下的可持续发展。因此，可持续发展要求社会在每一个时间段内都能保持资源、经济、社会同环境的协调，整体同步发展。不仅仅要求区域的各部门、各系统和各行业，而且要求全球各区域都应当在人类共同持续发展的前提下互相协调，处理好局部与全局、短期利益与长远利益、人类与自然之间的关系，共同发展与进步。

(4) 重点性原则。可持续发展涉及人类生产与生活的方方面面，涉及每个人。其实施过程中必然面临众多的矛盾，但重点是人与自然、人与人两大矛盾。物质是第一性的，人对自然有认识关系、改造关系、价值关系，自然对人类也有着制约关系；人与人的矛盾又影响和制约着人与自然的关系。因此，在两大矛盾中，后者占据主导地位，人的因素第一。

3. 可持续发展的主要内容

可持续发展是一个既涉及经济建设又涉及环境保护，既涉及自然科学又涉及社会科学的概念，包含了资源可持续利用、环境保护、清洁生产、可持续消费、公众参与、科学技术进步、法制建设、国际合作等诸多领域。现重点介绍前六个方面的相关内容。

(1) 资源可持续利用。资源是可持续发展的物质基础。因此，可持续发展的关键就是要合理开发和利用资源。使再生性资源能保持其再生能力，非再生资源不致过度消耗并得到代替资源的补充，使环境的自净能力得以维持；能以最低的环境成本确保自然资源的可持续利用。

历史和现状均已表明，要实现资源可持续利用的关键是必须加强对人类自身经济行为的约束，必须在生产部门提高生产效率，在消费部门改变消费模式，以达到最高限度地利用资源和最低限度地产生废物。

(2) 环境保护。生态环境持续良好是可持续发展追求的主要目标之一。人们已经认识到,在传统的国民生产总值(GNP)的核算中,并未将由于经济增长对自然资源和环境状况造成的损害情况考虑在内。环境影响通常没有相应的市场表现形式,但这并不意味着它们没有经济价值。按照可持续发展的观点,应该将所发生的任何环境损失都进行价值评估并从GNP中扣除。

(3) 清洁生产。人们在认真审视工业发展过程 and 环境保护历程之后发现,依靠污染控制技术的末端治理,虽然改善了局部的水环境质量和大气环境质量,但原有的环境问题并没有彻底解决,新的环境问题又不断出现,全球环境质量仍趋恶化。人们逐渐认识到依靠末端治理对环境的改善是有限的,关心产品和生产过程对环境的影响,依靠改进生产工艺和加强管理来消除污染才更为有效。于是清洁生产应运而生。清洁生产指在产品生产过程和预期消费中,既合理利用自然资源,把对人类和环境的危害减到最小,又能充分满足人类需要,使社会经济效益最大化的一种生产模式。

清洁生产主要要达到以下两个目标:

1) 通过资源的综合利用、短缺资源的代用、二次资源的利用,节约和合理利用自然资源,减缓资源的耗竭。

2) 减少废物和污染物的生成和排放,促进工业产品在生产、消费过程中与环境相容,降低整个工业活动对人类和环境的危害。

清洁生产的内容包括清洁的能源、清洁的生产过程和清洁的产品三个方面,采用“全过程控制”和“综合防治战略”,通过应用专门技术改进工艺流程和改善管理来实现其目标。简单地说就是用清洁的原料和能源、清洁的工艺设备、无污染或少污染的生产方式、科学与严格的管理,达到保护人类和环境,提高经济效益的目的。

需要指出的是,清洁生产的“清洁”是相对现有的能源、工艺、产品比较而言的,清洁生产本身就是一个不断完善的过程。随着社会经济的发展和科技的进步,需要适时提出更新的目标来达到更高的水平。

(4) 可持续消费。《21世纪议程》指出:“全球环境不断恶化的主要原因是不可持续的生产和消费模式。”要达到较好的环境质量和可持续发展的目标,就需要改变传统的生产模式和消费模式,最充分地利用资源和减少浪费。尤其需要改变工业化国家采取的、并被许多地方仿效的生产和消费模式。传统的消费模式是一种线性过程。经济系统致力于把自然资源转化成产品和货物以满足人们提高生活质量的需求,用过的物品则被当做废物而抛弃。随着生活水平的不断提高,消费量日益增多,废物也在增多,这就造成了资源的消耗和环境的退化。因此,线性消费本质上是一种耗竭型消费模式。目前,工业化国家消费了世界石油产量的一半以上,由此产生了全球温室气体的70%。如果全球都按照美国的消费水平来消耗能源和资源,那得需要三个地球。

影响消费模式主要有技术因素,社会与心理因素,法律、经济和制度因素。传统意义上的“修旧利废”并不等同于可持续消费。目前的价格体系和现行的经济结构实际上是鼓励了对自然资源的过度开发,不利于生产和消费的可持续性。可持续消费要求人们像改变技术和产品一样改变自身的价值观和消费态度。要达到这个目的必须要依靠社会的力量,提高人们的文化素质,调整人们对产品和服务的心理需求,树立起新的物质观和消费观。

(5) 公众参与。在可持续发展意义下的公众参与是指公众接受并宣传可持续发展的思想和参加可持续发展战略的实施。促进人们参与可持续发展的主要手段有教育、培训、参与、宣传等四个方面。《中国 21 世纪议程》指出,“公众,团体和组织的参与方式和参与程度,将决定可持续发展目标实现的进程”。从公众参与的角度看,可持续发展的实质是在发展过程中精心维护人类生存与发展的可持续性,它体现了人类与客观物质世界的相互关系、人类自身的道德观、价值观和行为方式的变革、经济社会发展战略等。

公众对可持续发展的参与不同于一般活动的参与,也不同于对环境保护的参与。可持续发展的公众参与更为深刻、更为广泛。它不仅包括公众积极参与实施可持续发展战略的有关行动或有关项目,更重要的是人们要改变自己的思想意识,建立可持续发展世界观,进而用符合可持续发展的方法去改变和控制自己的行为方式。环境保护的公众参与重点在珍惜自然和爱护环境上。而可持续发展的公众参与不但要求珍惜环境资源,还要在产品的生产与消费和废物的循环(利用)与处置等过程中合理操作,追求效率和公平。这种公平关系意味着穷人和富人都应该参与可持续发展进程,并具有同等的参与权、分配权和发展权;意味着上代人和下代人都具有责任和权力,是多代人的共同参与。

人类的环境意识是在热爱自然、保护环境的活动中的产生的。可持续发展意识是在经济的高速增长造成了环境的巨大破坏之后,人类在反思环境和经济发展的关系中逐步成熟起来的。可持续发展意识包含有综合思维、价值观、经济观和道德观等四个方面的主要特征。建立可持续发展的道德观和价值观,是人类在逐步接受可持续发展思想之后的又一进步,是更深刻的公众参与。只有每个人都对自己生活的地球、对人类大家庭的幸福和未来抱有强烈的责任感,才能形成一个巨大的人力资源和可持续发展的意识资源,才能推动可持续发展战略的实施。

(6) 科学技术进步。可持续发展在相当程度上要依靠科技进步来实现。当前各个国家都在纷纷考虑 21 世纪自己在国家领域的地位。而且科学技术、环境保护、经济竞争力和国家安全这几个重大战略课题愈来愈紧密地联系在一起,表明科学技术发展已经被结合到有关环境的政策与战略考虑中。科学技术是一把双刃剑,它可以给人类和环境带来巨大的推动力,也可以给人类造成危害甚至灾难。高科技的战争对人类和环境带来灾难就是一个例证。许多科学技术成就在给人类带来繁荣的同时,往往也隐藏着危害。20 世纪 50 年代经济高速发展所带来环境污染的教训,应该成为新技术开发的借鉴。开发每一项技术都应在研究技术的同时研究其对生态环境可能产生的危害或潜在危害,并使其在实用时同时解决。

三、可持续发展在中国

1. 走可持续发展之路是中国的唯一正确选择

中国是一个发展中大国,可持续发展对于中国的发展具有特别的重大意义。实施可持续发展战略是中国彻底摆脱贫穷,摆脱人口、资源和环境困境,振兴中华的唯一正确选择。

2. 可持续发展战略在中国的实施

《中国 21 世纪议程》是中国实施可持续发展战略的行动纲领,是制定国民经济和社会发展中长期计划的指导性文件,同时也是中国政府认真履行 1992 年联合国环境与发展大

会的原则立场和实际行动,表明了中国在解决环境与发展问题上的决心和信心。《中国 21 世纪议程》为中国 21 世纪发展描绘了一幅宏伟蓝图,是中国 21 世纪发展的需要和必然的选择。中国是发展中国家,要提高社会生产力,增强综合国力和不断提高人民生活水平,就必须毫不动摇地把发展国民经济放在第一位,各项工作都要紧紧围绕经济建设这个中心来开展。中国是在人口基数大、人均资源少、经济和科技水平都比较落后的条件下实现经济快速发展的,这使本来就已经短缺的资源和脆弱的环境面临更大的压力。在这种形势下,中国政府认识到,只有遵循可持续发展战略思想,从国家整体利益的高度来协调和组织各部门、各地方、各社会阶层和全体人民的行动,才能顺利完成预期的经济发展目标,才能保护好自然资源和改善生态环境,实现国家长期、稳定的发展。

《中国 21 世纪议程》体现了新的发展观,力求结合中国国情,分类指导,有计划、有重点、分区域、分阶段摆脱传统的发展模式,逐步由粗放型经济发展过渡到集约型经济发展。具体内容如下:

第一,中国东部和东南沿海地区经济相对比较发达,在经济继续保持稳定、快速增长的同时,重点提高增长的质量,提高效益,节约资源与能源,减少废物,改变传统的生产模式与消费模式,实施清洁生产和文明消费。

第二,中国西部、西北部和西南部经济相对不够发达地区,重点消除贫困,加强“发展”所必需的基础设施建设,如能源、交通、通讯等基础设施建设,提高经济对区域开发的支撑能力。

第三,对于农业,重点提出了一系列通过政策引导和市场调控等手段,逐步使农业向高产、优质、高效、低耗的方向发展,发展中国独具特色的乡镇企业,引导其提高效益、减少污染,为农村剩余劳动力提供更多的就业机会。

第四,能源是中国国民经济的支柱产业。根据中国能源结构中煤炭占 70% 以上的特点,在能源发展中重点发展清洁煤技术,计划通过一系列清洁煤技术项目和示范工程项目,大力提倡节能、提高能源效率以及加快再生能源的开发速度。

在《中国 21 世纪议程》的实施进程中,需注重结合经济增长方式的转变来加以推进。一是既充分发挥市场对资源配置的基础性作用,又注重加强宏观调控、克服市场机制在配置资源和保护环境领域的“实效”现象。二是促进形成有利于节约资源、降低消耗、增加效益、改善环境的企业经营机制,有利于自主创新的技术进步机制,有利于市场公平竞争和资源优化配置的经济运行机制。三是加速科技成果转化,大力发展清洁生产技术、清洁能源技术、资源和能源有效利用技术,以及资源合理开发和环境保护技术等。加强重大工程和区域、行业的软科学研究,为国家、部门、地方的经济、社会管理决策提供科技支撑。四是坚持资源开发与节约并举,大力推广清洁生产和清洁能源;千方百计减少资源的占用与消耗,大幅度提高资源、能源和原材料的利用效率。五是结合农业、林业、水利基础设施建设和“高产、高效、低耗、优质”工程和生态农业的推广,调整农业结构,优化资源的生产要素组合,加大科技兴农的力度,保护农业生态环境。六是研究、制定和改进可持续发展的相关法规和政策,研究可持续发展的理论体系,建立与国际接轨的信息系统。七是研究、改进、完善和制定一系列的管理制度,包括使可持续发展的要求进入有关决策程序的制度、对经济和社会发展的政策和项目进行可持续发展评价的制度等,以保证

《中国 21 世纪议程》相关内容的顺利实施。

第二节 电力工业可持续发展技术

国民经济要发展,电力要先行。当前,全球正经历着一场以能源多元化、清洁化为方向,以优化能源结构、实现能源转型为目标,以清洁能源和智能电网为特征的新一轮能源变革。特高压技术的全面突破,为中国乃至世界电力工业的创新变革提供了战略选择。巴西、俄罗斯、印度等国已相继将特高压作为能源和电力发展的重要方向。

为了实现国民经济的快速、稳定增长,电力工业必须提供充足的动力支持。因此,研究电力工业的可持续发展具有重要的现实意义。电力工业可持续发展应从整个社会整个系统出发,应用系统的理论,具体地研究电力工业与经济、社会、能源、环境之间的关系,在满足经济、社会、能源、环境可持续发展的基础上发展电力,以满足当代人的需求,又不对后代人满足其电力需求的能力构成危害,实现发电能源的永续利用,环境质量的不断改善。具体内涵如下:

(1) 电力系统应在电力电量上满足社会经济发展的需求(既满足当代社会对电力的需求又要满足未来社会对电力的需求),实现电力、能源、环境、经济和社会协调发展。

(2) 依靠科学技术进步,开发和推广高效节能型技术,提高电力生产和利用的效率;合理利用各种能源资源,提高能源利用率,减少环境污染。

(3) 运用社会主义市场经济体制,转变传统的电力工业管理模式,培育、发展电力市场,实现电力工业的两个根本性转变。

(4) 完善电源结构,加强电网建设,实施需求侧管理,建立高效节约型的电力经济体系。

(5) 建设以特高压为骨干网架的坚强智能电网,打造能源配置绿色平台,推动清洁能源大规模集约化开发和能源资源的清洁高效利用。

一、特高压输电技术

为了在 2015 年实现全国统一联合电网的目标,各电网应本着“统一规划、统一建设、统一管理、统一调度”的方针,大力加强电网的规划和建设,形成结构合理、运行灵活的输电网络,提高电网的输送能力和供电质量,确保电网的安全、稳定、经济运行,为实现全国联网奠定基础。目前,正在形成以特高压电网为骨干网架、各级电网协调发展的坚强智能电网。

在规划建设大型水电、风电基地的同时,同步规划设计并网方案和跨省跨区输电通道,提高风电设备技术创新,实现风电场的功率可预测性和可控性,加快抽水蓄能、燃气电站等调峰电源的建设步伐,加强跨省跨区输电网络的建设,加快建设以特高压电网为骨干网架、各级电网协调发展的坚强智能电网。通过特高压坚强网架的建设,在全国范围内对包括煤电、清洁能源等在内的各种资源形式进行配置,为实现我国各类大型能源基地开发和电力高效送出提供了物理平台,将显著提升中国能源综合利用效率。

“我国的资源禀赋、国情、技术特性和经济性决定了建设以特高压为骨干网架的坚强智能电网是实现清洁能源大规模开发、远距离输送和大范围消纳的唯一方式。”《国家电网

公司绿色发展白皮书》提出,坚强智能电网是推动清洁能源规模集约发展的绿色平台。

晋东南—南阳—荆门 1000kV 高压交流试验示范工程自 2009 年正式投运后的一年间,已累计输送电量 91 亿 kWh。随着 2011 年 12 月第二组变压器等扩建设备的投产,该线路输送能力已达到 500 万 kW,已成为中国南北方向一条重要能源输送通道和南北水火互济运行、实现跨省跨区资源优化配置的工程典范。此外,于 2010 年 7 月投入商业运行的向家坝—上海±800kV 高压直流输电示范工程,最大输送容量 700 万 kW,截至 2012 年 1 月,已连续安全运行超过一年半,为上海世博会保电提供了强有力的绿色动力。向家坝水电站全面建成后,每年可向上海输送 350 亿 kWh 的清洁水电。

国家电网能源研究院为我们描绘了清洁能源发展的未来图景:内蒙古西部地区、内蒙古东部地区、甘肃河西走廊地区、河北北部、吉林、新疆、江苏沿海地区将建成千万千瓦级风电基地,海上风电将得到大规模开发;西北部地区将建设大规模太阳能发电基地;核电建设主要集中在东部沿海地区,内陆核电起步建设;西部地区继续大力发展水电,金沙江流域、四川、云南的水电资源将成为中国西电东送的重要电源,西藏外送水电也将大规模开工建设。同时,根据规划,2020 年,国家电网特高压及跨区、跨国电网输送容量将达到 3.73 亿 kW 以上,其中通过特高压传输的容量为 2.5 亿 kW 以上,这必将为清洁能源的大规模开发利用提供坚强的电网支撑,为清洁能源规模集约送出打造便捷高效的“电力高速路”。实现将西部、北部地区丰富的能源资源大规模输送到中东部地区,促进清洁能源的加快开发和充分利用,推动中国电力发展方式转变,以电力工业的可持续发展支撑经济社会的可持续发展。

气候变化问题作为人类社会可持续发展面临的重大挑战日益受到国际社会的密切关注,发展清洁能源已经成为世界范围内应对气候变化的共同选择。中国正处于工业化、城镇化加速发展时期,能源消费需求继续保持旺盛增长,碳减排形势十分严峻。大力发展清洁能源是中国保障能源供应安全、应对气候变化、实现未来可持续发展的必由之路,迫在眉睫。

受能源资源禀赋影响,中国能源消费以煤为主,清洁能源占一次能源消费的比重较低。有关研究表明,要实现 2020 年非化石能源占一次能源消费总量比重达到 15% 的目标,水电装机容量应达到 3 亿~3.5 亿 kW,核电装机容量应达到 8000 万 kW 左右,风电装机容量应达到 1.5 亿 kW 左右,太阳能发电装机应达到 2000 万 kW 左右。

中国 80% 的水能资源分布在四川、云南、西藏等西南部地区,风能资源主要集中在华北、西北、东北等“三北”地区和东部沿海,国家规划的甘肃酒泉、新疆哈密、河北、蒙西、蒙东、吉林、江苏沿海等七个千万千瓦级风电基地,有六个位于“三北”地区,适宜规模化集中开发的太阳能发电主要分布在西部和北部的沙漠、戈壁滩等偏远地区。而中国能源需求主要分布在华北、华中和华东等“三华”地区,能源资源与中东部能源消费中心逆向分布的特点,决定了中国必须建立大容量、远距离的能源输送通道,通过远距离输电实现清洁能源大规模发展,在全国范围配置和消纳清洁能源。

中国西部、北部地区的清洁能源基地与中东部负荷中心地区的距离一般为 800~3000km,依靠现有输电技术很难满足能源资源大规模、远距离输送需求,限制了清洁能源的规模化发展,无法实现中国应对气候变化的国际承诺和满足经济社会可持续发展。建

设特高压电网,加强区域互联,扩大消纳范围,是促进清洁能源规模化发展、实现中国应对气候变化国际承诺的重要途径。

加快建设特高压电网,将极大地促进清洁能源的开发与利用,实现电源结构的优化调整。根据有关研究结果,如果仅考虑在本省内的风电消纳能力,到2020年,全国可开发的风电规模为5000万kW左右;通过特高压跨区联网、构建“三华”同步电网以及加大调峰电源建设,可以大幅增加清洁能源的消纳能力,全国风电开发规模有望达到1.5亿kW。

急需将建设特高压电网上升为国家发展战略,将特高压发展纳入国家“十二五”发展规划,实现将西部、北部地区丰富的能源资源大规模输送到中东部地区,促进清洁能源的加快开发和充分利用,推动中国电力发展方式转变,以电力工业的可持续发展支撑经济社会的可持续发展。

1. 打造绿色平台 推动清洁能源规模集约发展

能源供应、生态环境和气候变化是当今社会发展面临的重大挑战。当前,世界能源发展正在孕育着深刻变革,“第四次产业革命”呼之欲出。

“国家电网公司立足国情和世界能源变革趋势,加快建设坚强智能电网,打造能源配置绿色平台,推动电力系统、产业和全社会节能减排,承诺对实现我国2020年碳排放强度目标的贡献度超过20%,令人鼓舞。”中华环保联合会副秘书长郭纹铭表示,国家电网公司是国家能源战略的重要实施主体,在中国转变经济发展方式过程中扮演着关键角色。

2. 清洁能源“发得出”更要“送得走”

中国80%的水能资源分布在西南地区,76%的煤炭资源保有储量分布在山西、内蒙古、陕西、新疆等西部和北部地区,95%以上的风能资源集中在“三北”地区和东部沿海,而2/3以上的能源需求集中在东中部地区。

按照“建设大基地、融入大电网”的规划布局,中国规划在内蒙古、甘肃、河北、吉林、新疆、江苏沿海等省、自治区建设七个千万千瓦级风电基地。风电、太阳能等清洁能源发展迅猛,有专家分析指出,2009年全国并网风电总装机容量达到1613万kW,2010年风电达到3000万kW,今后每年新增装机可能达到1000万kW左右。

研究表明,通过跨区联网扩大清洁能源的消纳市场,充分利用西部丰富的水电、风电等清洁能源,到2020年,每年可减少煤炭消耗4.7亿t标准煤,可减排二氧化碳13.8亿t,全国环境损失减少44.8亿元/年。

然而,正如国家电网公司副总经理舒印彪指出,这些风电基地所在地区大多负荷较低,电网规模小,无法就地消纳,需要依托更高电压等级、大规模远距离输送。

“我国的风机在装机容量连续5年翻番的匆忙之间,风机制造商尚来不及创新风机的性能,调峰的难题都留给了电网。”甘肃省电力公司风电中心主任汪宁勃如是说,如不解决风电机组发电出力有效消纳等问题,风电开发利用效率和经济性将显著降低。

以风电为例,如果仅考虑在本省内的风电消纳能力,2020年全国可开发的风电规模为5000万kW左右;通过特高压跨区联网和加大调峰电源建设,可以扩大清洁能源的消纳能力,全国风电开发规模可增加5000万~1亿kW。多位业内专家一致表示,建设特高压电网,加强区域互联,扩大消纳范围,是促进清洁能源规模化发展的重要途径。

也就是说,清洁能源“发得出”,更要“送得走”。

3. 清洁能源发展呼唤特高压

近几年来,电力工业的飞速发展与经济结构的不断调整使得电力供需矛盾暂时缓和。到2015年,全国发电装机容量达到14.37亿kW,全国电力供需基本保持平衡。但是从人均装机容量和人均用电量来看,中国仍然低于发达国家。随着中国国民经济的快速、稳定增长,电力工业还有很大的发展潜力。中国应该抓住这一历史机遇,调整电力发展速度,优化电源结构,加强电网建设、积极开拓电力市场,在发、供、用各个环节实现电力工业的可持续发展。

二、新能源发电技术

中国发电装机容量中火电的比重为80%左右,其中煤电比重为76%,油电比重为4.18%,气电几乎为零。天然气是一种优质、洁净、高效的一次能源,但是由于中国天然气的开采程度较低以及昂贵的价格,使得天然气大多被用做工业原料而没有用于发电。从世界范围看,工业发达国家、天然气供应稳定的发展中国家,都出现了以天然气为燃料电厂的倾向,并且其增长速度已超过煤炭和石油。中国有丰富的天然气田和大量油田、煤层的天然气资源,具有发展天然气发电的自然条件,所以应加大天然气的探测与开采力度,适度发展天然气发电,以气代煤,减少燃煤造成的环境污染。

中国的水能蕴藏量居世界首位,但是水能资源的开发利用程度低,水电开发不足。到1997年底,水电开发程度按装机容量计算为15.23%,按发电量计算为10.38%,同发达国家相比还有很大差距(世界平均开发水平为22%左右)。因此,要加快水电开发速度,逐步提高水电在总电力装机中的比重,既能节约宝贵的煤炭、石油、天然气等矿物资源,又有利于保护环境。

中国的核电起步较晚,需要积极稳步地发展核电。核电可以改善中国以煤为主的能源结构,减轻煤炭运输的压力,节约能源。因此,在经济发达、人口稠密、能源缺乏的东部沿海地区,应适当发展核电,加速核电国产化进程,为进一步发展建立基础。

当前,应抓住电力供需暂时平衡这一历史机遇,进一步优化火电结构,大力发展水电,适当发展核电,积极发展风能、太阳能、海洋能等新能源发电。通过调整优化电源结构,使发电装机中水、火、核及新能源发电的比例逐步趋于合理,实现发电能源多样化。

另外,中国煤炭资源丰富,在今后相当长的时期内,煤炭仍是最主要的发电能源。为了减少燃煤带来的环境污染问题,应大力开发推广洁净煤发电技术。

在“煤的洁净燃烧”技术方面,烧煤的燃气—蒸汽联合循环技术发展令人瞩目。它能大幅度提高发电厂的热效率,并使环境污染问题得到解决。在21世纪,它可能是一种最有发展前途的发电技术。到目前为止,比较成功也最有竞争力的方案有三种整体煤气化联合循环方案(IGCC)、增压流化床联合循环方案(PFBC—CC)和常压流化床联合循环方案(AFBC—CC),在《中国21世纪议程》中,中国政府明确推出了一系列洁净煤技术发展和示范工程建设项目。

三、可再生能源概述

随着能源危机和环境污染问题的日益加剧,可再生能源的开发利用由于具有显著的社会、经济和环境效益,得到了越来越多的关注。中国作为一个人口大国,同时又是一个经

济迅速发展的国家,能源供需矛盾日渐突出,大力发展可再生能源是中国未来能源可持续发展的必然选择。

1. 可再生能源分类

联合国开发计划署将可再生能源分为三类:

(1) 大中型水电 (Hydro Power)。

(2) 新可再生能源。包括小水电 (SmallHydro Power)、太阳能 (Solar Energy)、风能 (Wind Energy)、现代生物质能 (Modern Biomass Energy)、地热 (Geothermal Energy)、海洋能 (Ocean Energy);

(3) 传统生物质能 (Traditional Biomass Energy)。

根据《中华人民共和国可再生能源法》,本书研究的可再生能源主要指风能、太阳能、小水电、生物质能、地热能、海洋能等非化石燃料发电能源。

产业革命以后,能源成为全球经济与社会发展的基本动力,但从 20 世纪 70 年代以来,人们开始意识到矿物能源消费的迅速增长是造成环境恶化的主要因素,能源与环境问题逐渐成为当今世界重大问题之一。可再生能源由于其特有的资源和环境优势,成为大多数发达国家和发展中国家 21 世纪能源发展的基本选择。国际社会发展可再生能源主要出于以下考虑:能源安全和能源供应多元化;减少化石燃料排放引起的环境污染;增加就业机会和发展中小企业;取得技术和科技上的领先地位,扩大出口。

2. 加速发展可再生能源的意义

中国加速发展可再生能源有如下意义:

(1) 适应了可持续发展战略调整能源结构、保护环境的需要,与中国西部大开发战略和电力体制改革的方向一致,有助于国家全面建设小康和谐社会目标的实现。

(2) 2005 年 2 月 16 日《京都议定书》正式生效,发展可再生能源将可以减轻中国在“后京都协定时代”面临的二氧化碳等温室气体的减排义务的国际压力。

(3) 符合中国当前面临的能源紧缺与环境污染日趋严重的现实,这一方面是由于可再生能源的环境友好性;另一方面,中国具有丰富的可再生能源基础,风能实际可开发量约 10 亿 kW,太阳能利用资源条件较好的地方约占国土面积的 2/3 以上,其他可再生能源的资源也相当丰富。

(4) 有助于发展高新技术产业,争取世界技术、产业优势;发挥可再生能源作为分布式能源系统的优势,保障国家能源安全和电力系统的安全。

四、分布式能源与微网

分布式能源主要分为分布式发电和分布式储能,两者区别在于电能是否是实时使用,作用都是解决用户侧供电问题。分布式发电就是将发电系统以小规模(数千瓦至 50MW 的小型模块式)、分散式的方式布置在用户附近,可独立地输出电能。这个概念是从 1978 年美国公共事业管理政策法公布后先在美国正式推广,然后被其他工业国家所接受。与常规的集中供电相比,分布式发电具有以下优势:

(1) 没有或很少输配电损耗。

(2) 无需建设变电站和配电设施,可避免或延缓增加输配电成本。

(3) 各发电单元相互独立,用户可自行控制,不会发生大规模供电事故,供电的可靠