

2010年 中国能源

发展年度报告

ZHONG GUO NENG YUAN

FA ZHAN NIAN DU BAO GAO

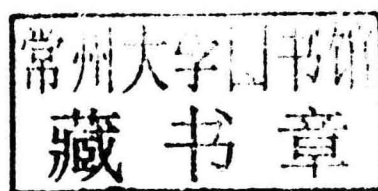
《中国能源》杂志社 编



中国科学技术出版社

2010 年中国能源发展年度报告

《中国能源》杂志社 编



中国科学技术出版社

· 北 京 ·

图书在版编目(CIP)数据

2010 年中国能源发展年度报告 / 《中国能源》杂志社编.

— 北京:中国科学技术出版社,2010.11

ISBN 978 - 7 - 5046 - 5735 - 0

I. ①2… II. ①中… III. ①能源工业 — 经济发展 —
研究报告 — 中国 — 2010 IV. ①F426.2

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2010)第 223360 号

本社图书贴有防伪标志,未贴为盗版。

中国科学技术出版社出版

北京市海淀区中关村南大街 16 号 邮政编码: 100081

电话: 010 - 62173865 传真: 010 - 62179148

<http://www.kjpbooks.com.cn>

科学普及出版社发行部发行

北京玥实印刷厂印刷

*

开本: 889 毫米 × 1194 毫米 1/16 印张: 16 字数: 450 千字

2011 年 1 月第 1 版 2011 年 1 月第 1 次印刷

定价: 48.00 元

ISBN 978 - 7 - 5046 - 5735 - 0/F·711

(凡购买本社的图书,如有缺页、倒页、
脱页者,本社发行部负责调换)

前 言

《2010 年中国能源发展年度报告》是由《中国能源》杂志社组织国内能源界的领导、企业家、专家、学者等编辑出版的一部反映我国能源领域当前发展现状、问题以及未来趋势的年度报告。全书共分 10 个部分,即高层论坛、综合、能源与环境、煤炭工业、石油工业、电力工业、核工业、可再生能源、农村能源及附表等。

当前,我国的经济的发展受到一些因素的制约,如国内国外政治与经济形势、市场环境、发展机遇等。决策者应广泛注意信息,积累信息,提高决策水平的信息占有量。要树立不断变革的思想,在实践中不断调整我们的发展战略与适应新的形势的变化。

《2010 年中国能源发展年度报告》是我们对当前能源总体形势的基本判断。我们希望本书的出版能对全面了解当前能源的形势,在进行能源宏观管理与决策以及能源计划与规划等方面有一定参考价值。

《中国能源》杂志社

2010 年 12 月 20 日

目 录

第一章 高层论坛

- 加强核科技创新 保障核能可持续发展 孙 勤(2)
- 构筑坚强智能电网 促进清洁能源发展及温室气体减排 张运洲 白建华(7)

第二章 综 合

- 2005 ~ 2020 年中国能源需求情景及碳排放国际比较研究 张建民 李春梅(12)
- 我国 GDP 及能耗分析 刘海燕(23)
- 我国工业部门主要产品能耗分析 张 扬(29)

第三章 能源与环境

- 主要污染物减排及应对气候变化情况与主要工作思路 崔 成(38)
- 《哥本哈根协议》现状与气候谈判前景 郑 爽(50)
- 联合国气候变化坎昆会议闭幕 杨 静(55)

第四章 煤炭工业

- 煤炭经济运行评析 潘伟尔 王 勇(58)
- 我国煤炭市场形势综述及预测 张 喆(64)
- 煤炭的洁净化利用 吴立新(69)

第五章 石油工业

- 近两年国际油价波动情况分析、启示及走势预测 刘满平(76)
- 中国石油产品市场供需形势分析与展望 陈秀芝(80)
- 我国石油工业可持续协调发展的对策建议 孔祥瑞(86)

第六章 电力工业

- 中国电力工业发展 吴 疆(94)

第七章 核工业

- 中国核电发展态势及未来展望 肖新建(132)
- 加快速堆技术开发,为我国核能可持续发展作贡献 徐 铄(137)
- 我国乏燃料后处理 / 再循环技术发展态势 顾忠茂(143)

第八章 可再生能源

- 中国可再生能源政策评价 任东明(150)

风力发电	时璟丽(155)
中国太阳能热利用发展的机遇和挑战	胡润青(160)

第九章 农村能源

中国农村能源发展	田宜水(166)
中国沼气产业化发展	李景明(173)
生物质气化发展	肖明松(178)

第十章 附表

表 1 GDP、人口、一次能源消耗量和 CO ₂ 排放量	(202)
表 2 一次能源消耗量	(204)
表 3 终端能源消费量	(206)
表 4 二氧化碳排放量	(208)
表 5 世界人口	(209)
表 6(A) 人均 GDP	(210)
表 6(B) 人均 GDP	(211)
表 7 人均二氧化碳排放量	(212)
表 8 单位 GDP 二氧化碳排放量	(213)
表 9 每千人汽车拥有量	(214)
表 10 一次能源消费量——煤炭	(215)
表 11 一次能源消费量——石油	(217)
表 12 一次能源消费量——天然气	(219)
表 13 一次能源消费量——核能	(221)
表 14 一次能源消费量——水电	(223)
表 15 一次能源消耗量——可燃的再生及废弃物	(225)
表 16 发电量	(227)
表 17 按来源划分的不同国家和地区的发电量(2005 年)	(229)
表 18 终端能源消费量——工业	(231)
表 19 终端能源消费——交通运输	(233)
表 20 终端能源消费——居民、商业、农业及其他	(234)
表 21 终端能源消费——非商品能源	(235)
表 22 终端能源消费——电力	(236)
表 23 电力在终端能源消费中的比重	(237)

表 24	GDP 指数.....	(238)
表 25	兑换率	(239)
表 26	PPP 购买力	(240)
表 27	人均一次能源消费	(241)
表 28(A)	单位 GDP 一次能源消费量	(242)
表 28(B)	单位 GDP 一次能源消费量	(243)
表 29	单位一次能源消费量二氧化碳排放量	(244)
表 30	汽车拥有量	(245)
表 31	BP/UN IEA 统计的 2003 年一次能源消费量比较	(246)

第一章 高层论坛

加强核科技创新 保障核能可持续发展

中国核工业集团公司党组书记、总经理 孙 勤

核能作为一种安全、可靠、无温室气体排放的能源,已成为当今世界能源结构中不可或缺的组成部分。为应对气候变化,保障能源安全,越来越多的国家将加快核能发展作为其重要的战略选择。

为了实现能源和经济社会可持续发展,我国已将大力发展核能,提高核能等清洁能源的比重,作为能源发展战略的重点。2009年9月22日,在联合国气候变化峰会上,国家主席胡锦涛指出,中国将进一步加强节能、提高能效工作,大力发展可再生能源和核能,争取到2020年非化石能源占一次能源消费比重达到15%左右;同年11月25日,国务院总理温家宝主持召开国务院常务会议,研究部署应对气候变化工作,决定到2020年中国单位国内生产总值二氧化碳排放比2005年下降40%~45%。

为实现上述目标,我国将进一步提高核电在装机容量中的比例。预计到2020年,我国核电的比重将由“十一五”末的1.4%上升到5%左右。我国核能进入了加快发展的新阶段。

当前我国核能开发取得的重要成就,为核能加快发展奠定了良好的基础。在新的时期,如何加强核科技创新,保障核能可持续发展,已成为摆在我们面前的一项重要任务。

一、核能开发取得新成就,为核能加快发展奠定良好基础

经过多年的努力,中国核工业集团公司(下称中核集团)走出了一条我国核电自主发展的路子,在核电技术开发、核燃料循环等方面取得了显著成就,为我国核能加快发展奠定了良好基础。

(一) 核电技术开发

通过多年的核电发展实践,中核集团公司在核电技术研发、工程设计、建设和运营等方面取得了很大的成绩。已能够自主设计建设30万kW和60万kW压水堆核电站,具备了“以我为主,中外合作”设计建设百万千瓦级压水堆核电站的能力。同时,根据我国核能“压水堆—快堆—聚变堆”三步走战略,瞄准未来核电发展,在快堆、聚变堆的研究方面积极开展研究,取得了重要进展,为核能加快发展奠定了基础。

1. 百万千瓦级核电站实现“自主设计、自主建造、自主管理和自主运营”

中核集团建立了一批大型核电实验台架,进行了大量科研攻关和设计研究,成功建成秦山一期CNP300核电站,实现我国大陆“零的突破”。自主设计建造的秦山二期CNP600核电站,实现了我国自主设计、自主建造商用核电站的重大跨越。秦山三期核电实现了核电工程管理与国际接轨,胡锦涛总书记批示“成绩可喜,经验可贵”。田湾百万千瓦级核电站成功建设并稳定运行。经过岭澳二期、秦山二期扩建、辽宁红沿河、方家山、福清核电项目的不断实践,实现了百万千瓦级核电站的“自主设计、自主建造、自主管理和自主运营”。

2. 中国实验快堆为核能可持续发展奠定基础

快堆是第四代核电站的重要堆型之一,可增殖核燃料,将资源利用率提高几十倍,快堆还可以嬗变长寿命放射性废物,使得核能对环境更加友好。快堆作为第四代核能系统的候选堆型之一,作为先进燃料循环体系的关键环节,是我国核能可持续发展“三步走”战略的重要组成部分,对我国核能可持续发展具有重要战略意义。

中国实验快堆(CEFR)是国家“863”高技术计划重大项目,是我国首座快中子反应堆,设计热功率

65 MW,电功率 20 MW。中国实验快堆工程于 2000 年 5 月开始建造,现已完成安装,正在进行全厂调试工作,即将达到临界,预计 2010 年并网发电。

中核集团自主完成实验快堆概念设计、初步设计、施工设计及建筑、安装调试工作,初步建立起钠冷快堆技术的研发体系和标准规范体系,全面掌握了快堆物理、热工、力学以及总体、结构、回路、仪控、电气设计技术;取得了以钠工艺为代表的一批自主创新成果,申请了百余项专利。实验快堆的设计建造经验,将为我国快堆的跨越式发展打下坚实的技术基础。

目前,我国初步确立了中国实验快堆、示范快堆和大型高增殖示范快堆“三步走”的发展战略。

3. 核聚变研究取得重要进展

核聚变被认为是最有前景的未来核电技术。相比核裂变,核聚变几乎不会带来放射性污染等环境问题,而且能释放出巨大的能量。我国已将聚变作为我国核能可持续发展“三步走”战略的“第三步”。

中核集团作为中国聚变研究的主要力量,在中国环流器二号 A 装置开展物理实验中,充分发掘现有装置的潜力,科学调配,瞄准聚变研究国际前沿领域,坚持自主创新,深入开展高水平的物理实验,在国内首次成功实现了偏滤器位形下高约束模式运行,取得了一系列代表我国最高水平的物理成果,受到国际聚变界关注。这些成果是中国对当今国际磁约束受控核聚变研究的重要贡献,展示了我国磁约束聚变研究的综合实力,表明我国步入了国际磁约束聚变研究前沿,提升了我国聚变研究在国际上的地位。

(二) 核燃料循环

核燃料循环产业是核电事业发展的重要基础。中核集团是国内唯一拥有完整核燃料循环产业、能够实现闭式循环的特大型中央企业。作为国内核燃料唯一供应商,经过多年的努力,中核集团建立和发展了完整的核燃料循环技术体系,并取得了显著成就。

1. 铀矿勘查采冶技术取得历史性突破

铀资源是重要的战略资源。铀矿勘探采冶是核能产业的“粮食工业”,铀资源储备和开采技术水平是保障国家核战略实力和核电发展的基础。十年来,新的成矿理论、勘探技术和采冶技术的应用,使我国战略铀资源储量和天然铀产能大幅提高,为核电快速发展构成了重要的资源保障。

铀资源勘探方面,“新疆伊犁盆地南缘可地浸砂岩型铀矿勘查研究及资源评价技术”丰富和发展了我国铀金属成矿理论,有关理论成功运用于北方广大区域。

铀矿采冶新工艺的运用,使铀资源利用率在原有基础上提高近 10%,新技术形成的产能迅速增加,实现了铀矿采冶技术水平、资源利用范围、生产能力三个提升。先进地浸技术的应用,使我国北方数万吨砂岩型铀矿资源得以有效开发利用。

2. 铀浓缩向离心法和激光分离技术方向发展取得进展

我国已实现了从扩散法向离心法的过渡,并通过自主研发铀浓缩技术和对外合作,建设铀浓缩分离能力。从“八五”末,中核集团开始玻璃纤维复合材料亚临界离心机的研制,已取得突破性进展,实现工业化应用工程设计定型,具备规模化生产的能力。

激光分离技术实现由原理与可行性研究、应用技术研究和专用设备研究,向系统工程技术研究、专用设备研制定型阶段的过渡。

3. 核电站燃料元件生产实现了标准化、系列化和国产化

中核集团通过消化吸收国外技术,实现了 60 万 kW、100 万 kW 核燃料元件国产化,质量达到国际先进水平。

中核集团下属的建中核燃料元件公司,作为我国目前唯一的压水堆核燃料元件制造基地,已经掌握了世界最先进的核燃料元件制造技术,所生产的核燃料组件质量已达国际一流水平。该公司为秦山一期、二期,大亚湾,岭澳以及巴基斯坦恰希玛核电站制造了换料燃料组件,为我国所有运行的压水堆核电站提供了从 30 万 kW 至 100 万 kW 的各种类型国产燃料组件,其所生产的 3000 多组燃料组件在反应堆内无一因制造原因破损,实现了安全、稳定、经济运行。目前应用于田湾核电站的 VVER 燃料元件

生产线改造工程通过了现场竣工验收,已具备正式投料生产条件。

中核集团北方燃料元件厂 AP1000 燃料元件厂、高温气冷堆燃料元件厂两个厂址的三通一平工作相继完成,重水堆、压水堆、高温气冷堆、AP1000 元件厂相继建成后,中核北方将成为品种齐全的核燃料元件厂家。

4. 乏燃料后处理技术进入了新的阶段

核燃料后处理是实现核燃料闭合循环,确保核能可持续发展的关键环节。在后处理工艺研究方面,中国原子能科学研究院从 20 世纪 90 年代中期开始研究开发先进后处理流程,研究重点集中在无盐试剂的应用上,目的是减少放射性废物,简化工艺过程,控制关键核素走向。为了提高实验技术水平,研制了混合澄清槽、离心萃取器、加料泵等实验装置系统,还将在实验设备材料、自动控制等方面进一步开展研究,为热实验做好准备。

经过科技人员的长期艰苦努力,通过后处理工程相关科研的开展,我国成功研制了剪切机、溶解器、沉降离心机、环形折流板脉冲萃取柱、大流比混合澄清槽等一大批主工艺核心设备。研究开发了先进的二循环无盐工艺,掌握了一批先进的分析测试技术,这标志着我国后处理技术进入了新的发展阶段,为我国商用后处理厂的设计建造积累了宝贵的工程技术经验,为我国先进后处理工程技术的开发提供了重要的研究实验平台。

5. 核设施退役与放射性废物治理工作进展加快

目前,中核集团正加快核设施退役与放射性废物治理专业研发平台建设。研究编制高放废物地质处置研究开发总体规划,加大退役治理科研投入,统筹协调退役治理科研的开展,建设高放废物深底层处理处置试验设施。积极参与政府有关部门组织编制好退役治理专项科研项目指南,针对退役治理工作中的难点、重点,加大投入,积极发挥中核集团科研力量优势开展攻关,加强核设施退役和高放废物处理处置技术研究。

经过多年努力,中核集团放射性废物处理处置能力得到加强,建成了一批放射性废物处理处置设施。高放废物地质处置库研究开发工作全面启动。“两堆两化”及铀地质、矿冶系统退役治理工作推进顺利。

二、加强核科技创新,保障我国核能可持续发展

核能的可持续发展,需要核科技的不断创新和进步。中核集团通过长期核电研发、工程建设和运行管理,建立了专业齐全的核电科研体系,建成了大型核技术试验基地,具备较强的自主开发能力,掌握了国际成熟的核电设计技术,为尽快掌握三代核电技术研发、推进快中子增殖堆的应用研究、受控核聚变技术研究奠定了坚实基础。

在新的历史时期,作为我国核能发展的主力军,中核集团在认真落实贯彻国家积极发展核电的方针,加快核电工程建设的同时,还将加强核科技创新,进一步提高核能技术水平,保障我国核能可持续发展。

(一) 积极参与三代核电技术的引进、消化、吸收工作

2009 年,中核集团与国家核电技术公司签署了共同推进三代核电技术自主化发展战略合作协议。下一步,中核集团将在国家统一安排下,积极参与和承担三代核电技术引进消化吸收和重大专项的工作。

中核集团的中国核动力研究设计院、中国核电工程有限公司等单位,是我国核电研究设计的骨干力量,在三代核电技术引进中能够承担重要任务。中核集团将发挥核电科研和自主创新作用,积极承担大型先进压水堆重大专项的科研开发任务,充分利用试验条件,开展第三代核电技术的引进、消化、吸收工作,为我国尽快掌握自主品牌的大型先进压水堆核电技术贡献力量,发挥自己的作用。

(二) 加快开展实验快堆和示范快堆工作

中核集团将按照实验快堆—示范快堆—商用快堆“三步走”的发展战略,加快推进中国实验快堆工

程建设,建成实验快堆。通过实验快堆的设计和建设,掌握实验快堆设计、建造技术,使我国进入拥有快堆技术的世界先进行列。

快堆技术路线已确立。在实验快堆建成后,基于实验快堆这一主要平台开展相关实验研究,突破燃料、材料、关键设备等工程技术,使我国快堆核心技术能力显著增强。同时,加快推进示范快堆工程的立项,在 2020 年前,争取建成部分体现第四代先进核能系统要求的示范快堆。通过示范快堆电站建设,掌握快堆电站设计和建造技术,使快堆电站为我国核电发展作贡献。

(三) 积极开展超临界水冷堆、模块式小型堆的研发

超临界水冷堆是第四代核能系统中唯一的水冷堆型,具有高效率、功率大、经济性好、燃料利用率高、技术基础继承性好等突出优点,有望发展成为我国第四代核电的主力堆型之一。超临界水冷堆核电站的发电机组可借鉴现有超临界火电发电机组的技术,我国在超临界火电机组方面已积累了较为丰富的经验。中核集团在超临界水冷堆的跟踪与研发方面已开展了大量具体工作,下一步将在超临界水冷堆研发与设计的基础上,尽快启动具有自主知识产权的超临界水冷堆核电站示范工程建设,全面掌握超临界水冷堆核电站技术,最终具备超临界水冷堆核电站标准化、批量化建设能力。

模块式小型堆可组合成为各种功率的核电厂,可适应各种不同容量的电网,可适用于核能发电、核能城市供热及工业工艺供热、核能海水淡化、各种小型核电(热)源等方面,在我国有着广阔的应用前景。中核集团将在现有压水堆成熟技术的基础上,采用整体模块化设计和完全非能动的安全技术,开展模块式小型堆的设计研究和相关的实验验证研究,开发出具有高度安全性、良好的经济性、系统简单、操作方便,可用于发电、供汽、供热和海水淡化的多用途小堆型。

(四) 继续做好核聚变研究

核聚变能源是解决世界能源长期供需矛盾的根本出路,在核聚变能源商用以前建立我国自己的研发基础迫在眉睫。中核集团作为我国聚变研究的主要力量,将充分利用中国环流器二号 A(HL-2A)装置及升级改造后的装置,利用国际热核试验堆(ITER)建造期间的良好的国际合作机遇,深入开展核聚变研究,使我国磁约束核聚变能研究开发工作在能力和水平上提高到一个新的水平,具备开展与聚变堆相关的物理和工程等方面前沿课题研究的能力和条件,为我国加入 ITER 计划提供良好的国内消化吸收平台,并在等离子体输运、磁流体不稳定性、边缘和偏滤器物理、杂质输运与杂质控制、聚变堆设计、聚变堆材料和堆工艺研究等方面取得创新成果,弥补我国当前与国际先进水平之间在大装置物理实验、氦气点火实验阶段的差距,发展聚变关键技术,培养专业人才,为我国建造工程试验堆奠定基础。

(五) 积极推进核燃料先进技术研发

中核集团正积极争取国家政策,加大核燃料先进技术自主研发力度。目前,已补充、完善深地层铀资源勘查与采冶研究开发平台相关科研能力;完成铀资源可采储量动态评价体系技术、标准开发;继续推广攻深找盲技术应用;开展全国铀资源的潜力和远景的动态评价,继续开展铀矿地质建模工作;重点围绕地质勘探新区开展成矿理论研究;建设非常规铀资源地质工艺实验实施。

通过建设一批试验基地,继续推进地浸、堆浸、原地爆破浸出等铀采冶工艺研究及其工业化应用,结合矿床实际情况,围绕提高资源利用率,提高本质安全,减少环境污染,降低生产成本,开展采冶新工艺、新技术、新材料、新设备的集成应用研究;动态调整铀矿设计技术规范,提高铀资源利用率。

建立专业化的铀纯化转化科研体系,加快铀转化工艺设备研制,努力实现工业化应用;积极推进离心分离铀同位素研究中心、激光分离同位素研究中心建设;重点开展燃料元件性能改进、燃料元件包壳材料国产化研究和新型包壳材料的开发;高性能燃料元件先导组件入堆考验。

考虑到我国核电技术发展的需要,为缓解天然铀供应短缺压力,尽快解决实验快堆后继燃料的供给,使乏燃料后处理中试厂与 MOX 燃料厂配套,中核集团将积极发展 MOX 燃料技术,努力掌握 MOX 燃料堆芯换料设计技术,MOX 燃料设计、制造和质检中的关键技术,为下阶段 MOX 燃料制造中试厂的

建设、MOX 燃料组件入堆考验提供必要的技术基础,同时培养 MOX 燃料技术专业队伍。

(六) 加快大型后处理厂专项科研工作

为实现核能的可持续发展,中核集团根据国家在乏燃料后处理、核废物治理方面的工作部署,正在积极开展后处理中试工厂的调试工作,通过国家科技重大专项,加强大型核燃料后处理厂相关科研攻关。中核集团将努力加快推进大型后处理厂建设,提高核燃料的利用率,形成真正的闭式燃料循环。争取在 21 世纪 20 年代中期,通过自主研发与积极引进国外先进技术相结合的方式建成中国第一个核电站乏燃料大型商业后处理工厂。同时,为加快快堆核能系统的开发利用,在加快推进示范快堆立项的同时,要及时启动快堆乏燃料后处理等相关科研工作。

构筑坚强智能电网 促进清洁能源发展 及温室气体减排

国网能源研究院院长 张运洲

国网能源研究院副总经济师兼能源战略与规划研究所所长 白建华

党中央、国务院高度重视清洁能源发展问题。胡锦涛总书记在党的“十七大”报告中强调,要发展清洁能源,建设科学合理的能源资源利用体系。2009年9月,在纽约联合国气候变化峰会上,胡锦涛总书记提出,中国将大力发展可再生能源和核能,争取到2020年非化石能源占一次能源消费比重达到15%左右。2009年11月,我国政府提出,到2020年我国单位国内生产总值二氧化碳排放比2005年下降40%~45%,作为约束性指标纳入国民经济和社会发展中长期规划,并制订相应的国内统计、监测、考核办法。

清洁能源是指在其生产转换过程中不产生破坏大气环境的污染物、不排放温室气体的各种一次能源,包括水能、核能,以及风能、太阳能及其他可再生能源。未来清洁能源大多转化为电力加以使用,构筑具备在全国范围内能源资源优化配置能力的坚强智能电网,对推动我国清洁能源的大规模开发利用,降低温室气体排放,将起到至关重要的作用。

风能、太阳能等清洁能源不同于常规能源,具有随机性和间歇性的特点,我国在发展初期就面临大规模集中开发挑战,技术和经济问题更为复杂,迫切需要研究清洁能源发展相关的能源资源禀赋、开发、消纳、输送及政策需求等一系列重大问题。

一、我国能源资源及供需格局

(一) 我国可开发的能源资源以化石能源为主,清洁能源资源相对丰富,资源分布不均

从资源蕴藏总量看,我国是世界上一次能源资源比较丰富的国家之一,煤炭、水能资源较为丰富,油、气资源不足,在全国常规能源资源探明总储量中,煤炭约占86.8%,在我国能源结构中占支配地位;水能约占10.1%;石油约占2.8%。我国80%以上的煤炭资源分布在西部、北部,80%以上的水能资源在西部。

水电、核电和风能在清洁能源开发中占主导地位,太阳能发展潜力巨大。我国水能技术可开发装机容量5.42亿kW,年发电量2.47万亿kW·h。据相关研究,在加大国内铀资源勘探开发,加强国际合作、引进铀资源的前提下,核燃料供应基本能够满足我国核电开发需要;继续加大核电厂址开发和保护,核电厂址资源可满足3亿~4亿kW的核电装机。我国风能技术可开发量超过10亿kW,风能资源丰富的地区主要分布在东南沿海、内蒙古、新疆和甘肃河西走廊,东北、华北和青藏高原的部分地区,未来10~20年将呈现大规模开发的态势。我国陆地表面每年接收的太阳辐射能约相当于1.7万亿tce,太阳能资源丰富的地区主要分布在西部和北部地区,随着技术进步和成本的降低,发展潜力巨大。

(二) 我国未来经济社会持续快速发展,能源消费需求温和增长,需要大规模集中开发、远距离跨区输送能源

2010~2020年,中国将进入全面建设小康社会的中后期阶段,现代化建设步入新阶段,经济仍将保持平稳较快增长。中国将在产业结构、消费方式、技术创新、基础设施、城镇化发展等方面都将有长足的

发展,工业化程度明显提高,2020 年 GDP 总量将达到 55 万亿元左右(2005 年价格),2000~2020 年年均增长 6.5%左右。到 2020 年,全国人均 GDP 达到 5000 美元左右,实现“十七大”提出的人均 GDP 比 2000 年翻两番的目标,基本达到目前中上等收入国家的平均水平。预计 2020 年中国能源需求将达到 45 亿~49 亿 tce,但人均能耗也仅为届时美国的 33%、日本的 56%左右;全国全社会用电量将达到 7.5 万亿 kW·h 左右,人均电力消费大约是届时美国的 38%、日本的 55%。

按照上述目标,2009~2020 年的能源需求增长率将维持在 4%~5%,能源 GDP 弹性系数为 0.6~0.75。考虑到经济发展方式的转变与能源利用效率的提高,未来能源消费将保持平稳较快增长。电力消费增长率在 6.8%左右,电力消费弹性系数在 1 左右。这反映了电力作为清洁高效、用途广泛的二次清洁能源,其增长幅度应高于一次能源需求。电能在终端能源消费结构中的比重不断提高是我国能源利用的必然趋势。

我国能源资源主要分布在西部、北部,而能源需求的 75%集中在东、中部地区。一次能源资源分布与能源需求很不均衡的国情,决定了必须充分发挥电网远距离、大容量、高效率输送能源的基本功能,实现煤炭资源和水电、风电等清洁能源的集约化开发、大范围配置和高效率利用。煤炭和水能将在相当长时期内是我国能源供应的主体,煤炭资源的清洁高效利用和水电的规模集约开发是维护我国能源安全的基础。

二、我国清洁能源发展形势和发展思路

(一) 我国清洁能源发展面临的挑战和机遇并存,清洁能源与电力是相互促进的协调发展关系

1. 面临的挑战

目前,我国风电等清洁能源发展缺乏统一规划;电力系统面临的调峰、调频、电压稳定等问题日益严重;跨省跨区的电网互联规模较小,不利于风电等清洁能源在更大范围内消纳;清洁能源发电制造技术基础薄弱,产业发展水平不高;风电、太阳能接网技术标准不完善,并网管理不规范;清洁能源发展相关政策尚待健全。

2. 应抓住的机遇

发展清洁能源是世界各国能源战略调整的核心内容,其中核电与风电作为当前商业化程度最高、成本可接受、可以大规模开发的新型清洁能源,受到格外的重视。中国未来的能源可持续供应、特别是满足低碳电力需求,离不开水电、核电、风电以及其他新型清洁能源的发展。预计 2020 年全国全社会最大负荷将达到 12 亿 kW 左右,为清洁能源发展提供了广阔的市场空间。减少化石能源在终端能源消费结构中的比重,满足环境保护和温室气体减排的要求为清洁能源发展提供了强大动力。大力开发西南地区的水电、积极开发“三北”(华北、东北、西北)地区的风能、太阳能资源,带动相关产业发展,促进区域经济发展的要求为清洁能源发展提供了新的契机。

3. 未来清洁能源与电力系统是协调发展的关系

清洁能源发电有利于优化我国能源结构,煤电的合理布局有利于促进清洁能源的开发利用,抽水蓄能、燃气电站等调峰电源的发展能有效加大清洁能源发电的开发规模。具有跨大区能源资源优化配置能力的坚强智能电网建设,将有力推动清洁能源发展。其中,未来我国水电开发重点在西南地区,根据电力电量平衡分析及水火调剂运行需要,在满足当地需求的基础上,采用远距离、大容量输电技术向中东部地区输送是合理的。未来我国核电的优先发展地区是东南沿海和中部缺能省区,随着大型核电基地的逐步形成,需要同步加强电网的建设,适应核电大规模电力的注入和疏散,确保核电和电网运行安全。为满足风电和太阳能发电的分散式开发利用,需要加强配电网的建设,满足风电和太阳能发电的分散接入;我国风能和太阳能资源分布与电力负荷中心分布不一致,随着风电和太阳能发电的大规模集中开发,需要同步加强跨区大电网建设,扩大风电和太阳能发电的消纳范围和规模。

(二) 清洁能源与电力系统协调发展,必须坚持安全性、经济性、清洁性原则,充分考虑各种清洁能源的开发利用条件,建设坚强智能电网

安全性是指电源装机和电网发展能够满足系统负荷需求并留有合理备用,保障系统安全运行,并满足静态、暂态和动态稳定的要求。

经济性是指各类电源和输电网的发展要实现结构和布局的优化,充分考虑各类电源和电网的投资和运行成本、环境外部成本,实现全社会电力供应总成本最低。

清洁性是指通过优化电源结构和构建跨大区坚强智能电网,增大清洁能源的开发规模和消纳范围,减少化石能源消耗及温室气体排放。

1. 水力资源是技术成熟、经济灵活、可大规模开发的清洁能源

我国水力资源丰富,发展潜力大,但面临生态、移民、土地淹没等诸多问题制约,必须坚持统筹规划,积极促进水电的科学发展。加大西南、西北等地区重点流域开发力度,推动水电基地“流域、梯级、连续、滚动、有序”开发,加强“西电东送”能力建设。

2. 核能是一种清洁、安全、经济的能源,是我国能大规模发展的替代能源

未来我国核电应“大规模规划布局、分步开发实施”,坚持统筹规划、合理布局,不断加强厂址规划与开发,有序推进沿海与内陆地区核电站建设。充分考虑各地区环境容量和厂址资源条件,优先在用电负荷增长快且能源资源缺乏的东部沿海地区发展核电,加快沿海新项目的立项与建设,使核电逐步成为这些地区新增电力容量的主要形式;加快内陆厂址的选址工作,在已具备厂址条件的中部省份,如江西、湖南、湖北等,尽早安排适量的内陆核电项目开工建设,取得建设经验后批量规模化发展。

3. 风电技术成熟、成本和市场前景明朗,是我国优先发展的可再生能源之一

2020年前风电的发展以陆上为主,内陆地区的开发重点是“三北”以及东部沿海地区,包括河北、蒙东、蒙西、吉林、甘肃、新疆和江苏沿海等七千万千瓦级风电基地。对于受资源和建设条件限制难以成片开发的地区,也可以因地制宜地开发建设中小型分布式风电场。2020年后,海上风电将得到较大发展。

4. 太阳能发电应用技术目前刚起步,成本较高,未来将快速发展

2030年前后具备成为战略能源的资源、技术、成本和环境优势,2050年后可能成为重要的能源供应来源。我国未来太阳能发电的开发布局原则是:在西藏、青海等偏远地区推广使用户用光伏发电系统或建设小型光伏电站,解决偏远地区无电村和无电户的供电问题;在北京、上海等经济较发达、现代化水平较高的大中城市,建设与建筑物一体化的屋顶太阳能并网光伏发电设施,扩大城市可再生能源的利用量,并为太阳能光伏发电提供必要的市场规模;在我国太阳能资源最为丰富的地区建设较大规模的太阳能光伏电站和太阳能热发电站。

5. 特高压输电技术的广泛应用,将为构筑坚强智能电网创造条件,为清洁能源搭建优化配置平台

2009年,晋东南—南阳—荆门 1000 kV 特高压交流试验示范工程成功投入商业运行,云南—广东 ± 800 kV、500 万 kW 特高压直流输电工程单极投运,向家坝—上海 ± 800 kV、700 万 kW 特高压直流示范工程成功带电,特高压输电技术取得重大突破,电网的跨区能源资源优化配置能力不断加强。建设以特高压电网为骨干网架,各级电网协调发展的坚强电网为基础,以信息化、自动化、互动化为特征的自主创新、国际领先的坚强智能电网,将为我国清洁能源的基地式大规模发展,以及分布式清洁能源的发展,构筑强大的优化配置平台。

三、我国清洁能源与电力系统协调发展情景分析

(一) 大力发展清洁能源需要优化电源布局 and 结构、增加电力系统调峰电源比重、加大跨区输电规模

1. 加快提高清洁电源和调峰电源比重

按照清洁能源与电力协调发展思路,以发电与跨区输电全社会总成本最小为原则优化配置电力后,

2020 年全国发电装机规模将达到 17 亿 kW 左右,其中煤电(含供热)10.4 亿 kW、气电 5170 万 kW、核电 8030 万 kW、常规水电 3.48 亿 kW、抽水蓄能 5300 万 kW、风电 1.02 亿 kW、太阳能发电 2000 万 kW、生物质发电 1500 万 kW。清洁能源发电装机 5.65 亿 kW,约占 33%。与 2009 年清洁能源发电装机比重 25.4%相比,我国电力装机结构的清洁化程度大幅度提高。

2. 同步加强跨区电网建设

考虑到电网发展规模的变化,经研究,全国跨区输电能力占全国最大负荷比重,2015 年为 17%~20%,2020 为 25%~29%。与 2009 年跨区输送能力占全国最大负荷(推算数)约 6.5%相比,全国跨区电力流规模显著增大,跨区优化配置资源的能力大幅提高。

3. 风电应当在更大范围内消纳

根据各地区风电初步开发规划和风电消纳能力,2020 年全国风电开发规模可达到 1.02 亿 kW,其中在省内消纳风电 5200 万 kW,通过跨省跨区联网消纳风电 5000 万 kW。

研究表明,坚强智能电网的建设对扩大风电消纳规模至关重要。2020 年,我国需要建设一批 ± 800 kV 直流和 1000 kV 交流输电通道项目,实现风电的跨区输送和消纳。经研究,送端风电基地、火电基地统筹规划、协调开发,采用风电和火电联合输送,输电通道的利用率可大幅提高;与单独输送风电相比,经济性明显占优势,并可有效提高系统运行的安全性和灵活性。

(二) 清洁能源与电力系统协调发展有利于提高全系统的整体经济、环境效益,确保 2020 年非化石能源占一次能源消费比重达到 15%以上

2020 年我国清洁能源发电量约 2.0 万亿 kW·h,约占总发电量的比重为 27%,清洁能源发电可替代 6.2 亿 tce。与 2005 年相比,到 2020 年我国水电装机增加约 2.3 亿 kW,可减少 CO₂ 排放 6.4 亿 t;核电装机增加约 7300 万 kW,可减少 CO₂ 排放 4.6 亿 t;风电装机增加近 1 亿 kW,可减少 CO₂ 排放约 1.8 亿 t;太阳能发电装机增加 2000 万 kW,可减少 CO₂ 排放约 0.25 亿 t。预计到 2020 年我国的 CO₂ 排放强度为 1.60 t/万元,将比 2005 年的 2.78 t/万元下降约 42%。

经测算,2020 年,非化石能源占一次能源消费比重可达 15.2%,其中,水电占 6.9%,核电占 4%,风电、太阳能发电和热利用、地热、液体燃料等其他非化石能源占 4.3%。

清洁能源和电力系统协调发展有利于提高系统运行效率;有利于节约大量发电用水;节约东部地区宝贵的土地资源;有利于促进东部和西部地区经济协调发展。

四、建议

第一,尽快研究制订全国清洁能源的整体发展规划。将清洁能源规划纳入能源和电力中长期发展规划,实现清洁能源与电力系统的协调发展。

第二,加快出台并严格执行清洁能源并网技术标准。推动《风电场接入电网技术规定》等国家标准的建立;建立完善的风电和太阳能发电设备检测认证和并网检测体系。

第三,建立清洁能源发电辅助服务的定价和补偿机制。在可再生能源专项基金中增加可再生能源发电辅助服务费,完善清洁能源接入系统及输电投资回收机制。

第四,加快抽水蓄能电站建设,推进储能新技术研发示范,完善相关财税政策。结合清洁能源大规模开发,加大抽水蓄能电站建设力度,加快储能新技术研发示范;完善抽水蓄能电站投资回收机制。

第五,加快坚强智能电网建设,以跨区大电网为依托,实现清洁能源的跨越式发展。到 2020 年,建成以华北、华东、华中“三华”电网为核心,通过直流和东北、西北、南方电网互联,联接各大煤电基地、水电基地、核电基地、可再生能源基地和主要负荷中心的坚强智能电网,满足清洁能源大规模接入的要求。加快推进电网的智能化建设,促进清洁能源高效利用,减少弃水、弃风,降低化石能源消费比重。