

# 关于筹建青海大规模光伏发电与水电结合的国家综合能源基地的建议\*

中国科学院学部

(北京 100864)

关键词 大规模,光伏发电,水电,能源基地,青海

21 世纪上半叶,我国能源需求仍将快速增长,预计 2050 年能源总消费量可能增至约 70 亿吨标煤,发电总装机容量增至 30 亿千瓦以上。虽然,非水可再生能源,包括风能、太阳能、生物质能的研发与应用取得了可喜进展,但离 2050 年大规模发展的需求相距甚远,需采取多方面的有力措施。胡锦涛主席表示:中国将进一步把应对气候变化纳入经济社会发展规划,并继续采取强有力的措施,其中包括大力发展可再生能源和核能。2010 年 3 月,我国正式表示同意签署《哥本哈根协议》,提交中国的控制温室气体排放自主行动目标。大力发展可再生能源任务更加紧迫。中科院学部组织有关院士与专家进行了青海省大规模光伏发电与水电结合的国家综合能源基地的研究。分专题研究了:(1) 光伏与水电结合综合能源基地的重要意义;(2) 在青海筹建基地的已有基础和特殊意义;(3) 面临的问题与所需措施等。经过调研考察和研究讨论,形成了筹建青海光伏与水电结合的国家综合能源基地的建议。

## 1 光伏与水电结合综合能源基地的重要意义

水电是我国大规模的能源,依照国家规

划,2050 年水电总装机将达 4 亿千瓦,在生态环境与移民允许范围内经济可开发水力资源均得到利用。光伏发电在大型集中电站的重要性正在增强,2008 年全世界累计的光伏发电总装机容量已达 1 820 万千瓦,光伏电池年产量达 560 万千瓦。为实现 2050 年非水可再生能源发电达 30% 装机总容量的目标,需要积极策划建立若干个千万千瓦级容量的光伏国家能源基地。

大规模光伏发电适宜在荒漠地区开发利用。我国沙漠总面积约 71 万平方公里,戈壁面积 57 万平方公里,共可发电约 1 300 亿千瓦。光伏发电的不连续与不稳定性,使之必须与其他电源组成综合系统,水电是一个较佳的选择。

为了迅速推动我国大规模光伏发电的发展,有效实现能源结构调整,建立我国能源可持续发展体系,当前抓紧研究部署大规模光伏与水电结合的国家综合能源基地的筹建工作,意义十分重大。

## 2 在青海筹建基地的已有基础和特殊意义

青海柴达木盆地太阳能资源丰富,黄河上游已建成总装机近 590 万千瓦的水电基地,青海省已将光伏产业列为支柱产业,这些使得青海成为光电与水电大规模国家综合能源基地的首选对象。这些重要基础主要

\* 本文为咨询报告摘要。咨询组成员:严陆光、周孝信、张楚汉、费维扬、夏训诚、周凤起、胡学浩、许洪华、黄常纲、刘峰松、王澍、马吉明、王保国、彭燕昌  
收稿日期:2010 年 10 月 15 日



中国科学院

表现在:

(1)在海西州建立千万千瓦级大规模光电基地。青海未利用面积主要集中在海西州,占全省未利用面积的 81.6%。海西州戈壁、荒漠面积广阔,地势平缓,适宜建设大规模光伏电站。仅公路两旁 10 公里宽的地带,基地规模就可达数亿至十亿千瓦。州内已有较完善的电网,750 千伏西宁至格尔木,及± 500 千伏青藏两省直流电网工程在陆续建设中。海西光伏基地已进行了初步规划,期望 2020 年建成 750 万千瓦,2030 年建成 2 000 万千瓦,最终基地规模将超过 1 亿千瓦,成为我国第一个大规模光伏基地。

(2) 将光伏产业作为支柱产业积极发展,大力开拓多方面的应用。青海具有丰富的硅矿石资源,保守储量在 10 亿吨以上,发展大规模的太阳能级多晶硅和单晶硅生产,有着多重优势。近年来,已形成相对完整的“多晶硅提纯—晶硅铸锭/切片—太阳能电池组件封装—光伏系统平衡部件制造—系统集成”产业链,形成了一批骨干企业。国家多部委关于《抑制部分行业产能过剩和重复建设引导产业健康发展的若干意见》中指出:“多晶硅:研究扩大光伏市场国内消费的政策,支持用国内多晶硅原料生产的太阳能电池以满足国内需求为主。”筹建大规模光伏基地,有利于扩大光伏市场的国内消费。

(3)继续建设黄河上游水电基地,尽早达到完全开发的总装机 2 000 万千瓦水平。黄河上游水电基地是全国大型水电基地之一。从龙羊峡至青铜峡总装机容量约 1 700 万千瓦,其中青海境内总装机约 1 140 万千瓦。在龙羊峡以上总装机约 660 万千瓦。这样,2015 年水电运行总容量将达 1 400 万千瓦,2020 年近 2 000 万千瓦。这些水电站均具有良好的调节能力,能有效解决光伏发电的不连续、不稳定性问题,保证供电的可靠

性。当向全国远距离供电时,光电与水电结合可大大提高输电线的效率。

(4)高电压电网已有良好基础,并正在迅速发展。青海主电网电压等级为 750/330/110/35/10 千伏。至 2008 年底,已建成 750 千伏线路 2 条,省内总长度 168.6 公里,330 千伏是省内的主力网,已建成线路 53 条,省内总长度约 3 300 公里,预期 2020 年总电力负荷将增至 1 670 万千瓦。通过已有电网,可以把柴达木的光伏基地与黄河上游的水电基地联在一起。

(5)积极推动光伏发电与水电结合的相关科技工作,并已有良好基础。省科技厅按照省政府的要求,不断加大新能源经济支持力度,开展了若干省级重大科技专项研究。积极参加了国家金太阳示范工程、中科院太阳能行动计划,开展了太阳能、风能发电、输配电和电网安全保障、青海光伏电站并网运行特性和控制等一批关键技术的研究工作,为青海省太阳能并网发电提供了有力的技术支撑。

青海具有独特的地理环境和气候特征,其基础性生态效益将直接维系国家的生态安全和中华民族的未来发展,是对全国、全球的大气、水量循环影响最大的生态调节区。筹建青海大规模光伏发电与水电结合的国家综合能源基地,将推动荒漠地区的环境改善,减少地面水分的蒸发,保护生态环境。对国家生态文明建设具有特殊意义。

### 3 面临的问题与所需措施

要想真正实现青海大规模光伏发电与水电结合的国家综合能源基地,还面临着一系列重大问题,必须采取有力措施进行长期持续努力才能解决,这些问题主要是:

#### 3.1 要提高到国家综合能源基地的高度来进行规划与部署

着眼于建设国家综合能源基地,尚存在

着两方面明显的不足。首先,青海要努力提高本省在国家电力供应中的地位。建议国家由建立青海光伏与水电结合的国家能源基地开始,积极拟定太阳能基地的建设规划,大力促进青海基地作为重要先行部分,带动全国的发展。第二,青海当前的规划部署主要由有关部门主持进行,建议全省建立有力的统一领导与管理机构进行规划与部署,协调全省光伏发电、水电与电力的技术及产业发展建设与运营,加强与国家有关部门的联系。

### 3.2 发展大规模光伏发电要进行多方面长期持续的努力

为建成光伏发电总容量达千万千瓦以上的国家综合能源基地,必须进行多方面长期持续的协调努力,包括发展大规模、高质量、长寿命、低成本的光伏电源产业;建造装机容量达几十万至百万千瓦的大规模光伏电站;建立关键技术与装备研发、试验、示范与运行维护的实验平台。

在场址选择方面,需对资源、气象、环境、交通与电网等情况进行较细的测定与分析。应选择几个最初的示范电站建成实验平台,配备所需的测试、控制与研发装备和科技队伍,为今后大规模光伏电站的发展奠定可靠的基础。

### 3.3 光伏发电与进入电力系统供电的特点需深入研究

光伏发电的最大功率依赖于太阳能资源,如何保证供电的安全可靠要解决一系列重大问题,包括:(1)整个电力系统各种发电方式的有效调整。(2)云层遮挡造成有功与无功功率的大量缺额,引起频率瞬间快速下降和电压瞬间大幅度变化的问题。(3)研究解决配电网结构、电能质量、继电保护、控制策略等问题,加速智能化电网的发展。(4)光伏发电在冬、夏季功率和发电量相差很大,当其总量在系统中比例很大时,对电网规划

将产生一定影响。

### 3.4 大力推进青海光伏发电与水力发电的有效结合

光伏与水力发电的有效结合,是实现大规模国家能源基地的良好途径,需认真研究解决一系列重大问题:(1)黄河上游水电基地的发电调度要满足数省对防洪、防凌、工农业用水、生态用水以及输沙的要求,同时还承担着青海省与西北电网的正常调峰任务,再加上与光伏发电结合的调节任务后,如何协调满足各项任务的需求,要进行认真研究,与积累可行的实践经验。(2)应深入研究2020年黄河上游水电基地达到2000万千瓦总装机容量时,其调节库容与电站装机容量可能支撑的光伏发电容量的上限。粗略估算可达到约1800万千瓦,从而有可能依靠海西光伏基地与黄河上游水电基地的有效结合,实现我国第一个千万千瓦级的光电与水电结合的国家综合能源基地。(3)光电与水电的有效结合,峰谷电价差异可能引起两者之间的利益矛盾,需在政策层面研究予以合理解决。(4)大规模光伏与水电结合在国内外均缺乏经验,需大力加强关键技术的研究,包括协调调度、系统稳定性与控制、保护技术等。

### 3.5 积极发展蓄水储能与电化学储能电源

2020—2030年可能在青海实现千万千瓦的光伏发电与水电结合示范基地。这类基地的进一步发展受到水电站的调节库容和装机容量的限制,需要积极开拓其他与光伏发电相结合的大容量储能电源,才有希望达到上亿千瓦的装机规模。主要应考虑抽水蓄能、铅酸电池、钠硫电池及液流电池等化学储能电源及太阳热发电的中间储热系统。

### 3.6 高压输电网建设和电力外送

需要在现有基础上认真规划与加强省内高压输电网的建设。需在国家电力部门统一规划安排下,与兄弟电网紧密配合,建设



中国科学院

一定数量的高电压等级、大输电容量的区域间联络线和远距离、大容量超高压的输电线。有关工作必须及早进行规划安排。

#### 4 主要建议

(1)本世纪上半叶,我国能源与电力发展面临着有效实现结构调整,建立可持续发展体系的重大任务,将光伏发电的总装机容量增长到亿千瓦规模是其中一项重要内容。为此,国家在已有煤炭、石油、水电、核电大规模基地规划基础上,应积极筹划与制定建设若干千万千瓦级风电与光伏发电国家能源基地的规划并开始实施,目前,风电工作已经起步,光伏发电更应给予更大关注,抓紧进行。

(2)青海柴达木盆地有丰富的大规模太阳能资源和已建成运营的黄河上游水电基地,在已有基础上,有可能在2020—2030年建成我国第一个光伏发电与水电结合的千万千瓦级的国家综合能源基地,在此基础上还可继续向亿千瓦规模基地发展,成为我国大规模光伏发电的中心,建议作为国家首选光伏发电基地进行部署。

(3)为推动实际工作有效前进,建议国家发改委与能源局当务之急是将大规模光伏发电基地列入国家规划与计划体系,大力支持青海作为首选基地积极认真地开展有关工作。将建设柴达木千万千瓦光伏发电基地与黄河上游水电基地结合的国家综合能源基地列入国家未来十年的《西部大开发发展规划》,并成立由国家发改委牵头,科技部、国土资源部、环境保护部、水利部(黄委会)、国家能源局、中科院、国家电网公司和青海省政府等参加的重大项目规划建设协调领导小组,尽快启动项目前期工作。

青海省应将基地作为全省的重大任务,

将有关工作部署由满足自身需求转入保证国家能源、电力安全、可靠与可持续供应的轨道上来,集中优势力量,建立全省光电、水电、电力与地区发展的统一领导与管理机构,来推进有关工作迅速协调前进。

(4)2020—2030年建成海西州千万千瓦光伏发电基地与总装机2000万千瓦黄河上游水电基地紧密有效结合的国家综合能源基地是近期工作的主要目标,应作为国家与全省的重大项目列入计划,“十二五”就开始实施,2020—2030年投入运营。为此,必须认真落实海西州千万千瓦光伏发电电站的建设,黄河上游水电基地增容至2000万千瓦,解决与光电、水电基地密切相关的有关技术、装备、控制调度与运营问题,以及建成两者间可靠的高压输电网络。

(5)由于建立千万千瓦级光电与水电结合的能源基地在国内外均无先例与经验,尚有一系列重大的关键科技问题、装备问题、控制调度与运营管理问题需认真研究解决,诸如光伏产业的发展,光电站的选址;各种发电方式如何有效配合以解决光伏发电的不连续、不稳定性问题;发展蓄水储能与新型化学储能电源问题等。必须认真组织与成立相关的科技队伍,建立必要的实验平台和充分利用有关示范系统,稳定持续地进行有关研发工作,并与国内外先进单位建立良好合作关系。所需研发经费应列入计划,得到保证。

(6)整个基地如何进入全国电力系统,满足全国电力需求,稳定外送大量电力,需要由国家电力发展统一规划、统一调度。与国家电力主管部门的紧密联系与合作,进行规划与实施,也是发展的重要方面。