

百年大变局下的特高压

——过去、现在、未来

上接1版

事实上,刚刚掌舵国家电网公司的刘振亚,在主持第一次党组会上就提出要发展特高压。会后,国家电网公司就发展特高压向国家递交了一份材料。中国特高压发展的大幕由此正式拉开。

如果更早些,刘振亚的胸有成竹,源于早在他的研究生论文中就涉及了中国需要更高电压等级这一课题。

在刘振亚脑海中酝酿多年的特高压输电这一“高招”,打动了大家,在当天三峡—广东直流输电工程验收总结会上,他们表示特高压输电是“解决能源问题很好的思路和办法”,应在“电力规划中加以研究和考虑”。

2005年春节后,国家电网公司启动了可行性研究。2月16日,国家发改委发文(发改办能源【2005】282号)提出“启动我国百万伏级交流、正负80万伏级直流特高压输电技术前期研究工作”。3月21日,国务院领导主持会议,刘振亚作了汇报。这次会议纪要(国阅【2005】21号)明确同意发展特高压电网,并将特高压纳入国家重大装备规划。

筹划多年,特高压建设按下了“加速键”。

特高压“论战”

就在发展特高压得到国务院领导认可后不久,一股反对声音也在萌生。

2005年5月,一份题为《关于发展特高压电网存在的问题和建议》的报告,提交到国务院。提出现有的500千伏电网上面再搞一个1000千伏级电网,是否必要,是否安全。

三天后,国务院要求国家发改委组织专家讨论。一场旷日持久的特高压“论战”由此展开。

2005年6月21—23日,国家发改委在北戴河组织召开了特高压输电技术研讨会。会场摆的论证资料厚达半米,“200多人参加,既有电工专家,也有电力设备专家”。

专家们提出的问题主要集中于四个方面:输煤输电比较、特高压经济性、安全性和电磁环境影响。

事实上,与500千伏超高压交流输电相比,1000千伏特高压交流输电距离增加了2—3倍,输电容量提高了4—5倍,输电损耗仅为1/3,走廊宽度仅为1/3,单位造价只需70%。

与±500千伏超高压直流输电相比,±800千伏、±1100千伏特高压直流输电距离分别增加了2—3倍、5—6倍,输电容量分别提高了2—3倍、4—5倍,输电损耗不到1/2、1/4,单位容量走廊宽度仅为65%、55%,单位造价只需65%、40%。

与输煤相比,西部北部大型煤电基地的电力通过特高压输送到东部负荷中心,到网电价比当地煤电标杆上网电价低0.06—0.13元/千瓦时。

另外,特高压输电工程的电磁环境指标均符合国标要求,噪声明显低于500千伏输电工程。

从2009年我国第一条特高压工程投运到现在,我国已经建成了30个特高压交流工程,充分验证了特高压的安全性。在特高压电网的有力支撑下,我国电网是目前世界上唯一没有发生大面积停电事故的特大型电网。

会上,大部分人都赞成搞特高压,即便一些人提出了需要改进或注意的问题,但大方向上也都赞成搞。国家电网公司呼吁“开展试验示范工程建设的条件已经具备,建议尽快批准试验示范工程”。

2005年9月下旬,晋东南—南阳—荆门1000千伏交流特高压试验示范工程可行性报告顺利通过国家审批。

北戴河会议后,特高压发展未能一帆风顺,一些机构和人员再次提出不同意见。

2005年10月31日,国家发改委召开第二次论证会,并特意邀请反对特高压的人来参加。

会议邀请了原电力部部长史大桢、原电力部副部长陆廷昌等老领导,与会专家写了书面意见材料,并都签上了名字。两次会议过后,反对意见仍然集中在

特高压的安全性、经济性、可靠性等问题,尤其是对交流特高压技术的应用以及由此出现的交流同步电网、大电网安全性等方面,还有不同意见。2006年春节后,一些人再次提出,慎重考虑发展特高压技术。

特高压一度成了敏感话题,开始陷入“专家上书—国家电网公司汇报—政府论证—专家再上书—国家电网公司再汇报—政府再论证”的“怪圈”。

后来,国家发改委原副主任、国家能源局原局长张国宝在《筌路蓝缕》一书中回忆:“由于有着过多的争议,延缓了特高压的建设。”“不要说刘振亚了,像我们这样的人都感到身心疲惫。其实争论不可怕,但只争论不拍板,这是有问题的。”

2006年11月27日,国家电网公司举办了特高压输电技术国际研讨会。会上,时任国际大电网会议秘书长科瓦尔认为,发展特高压不存在技术可行性问题。对于是否发展特高压技术,当时意见已经比较一致。

但在第一条特高压工程已经安全运行了5年多,后续多条特高压工程相继建成并安全运行的事实面前,仍然有人不断质疑。

为此,2014年3月,全国政协组织了一次专题调研。5月15日,全国政协双周协商座谈会专题研究特高压发展有关重大问题。会上,国家电网公司就为什么要发展特高压技术、为什么要构建“三华”同步电网、为什么特高压电网要交直流协调发展重大问题进行了全面系统汇报。这次会议对特高压发展有很大的推动作用,但原来反对的人仍然坚持反对。

无论如何,全国政协座谈会、北戴河会议、发改委会议、特高压国际会议,在中国特高压发展史上,都是绕不过的思想论战。

“思想解放”的困境

特高压发展过程中,面对的最大难题首先是思想认识问题。

中国电力行业,几十年来已经习惯了跟着欧美发达国家走,有些人首先思维上就有定式,认为外国人搞不成的中国也搞不成。

但好像无论特高压发展到什么程度,永远也叫不醒那些装睡的人。于是,在特高压发展不同阶段,总会出现不同声音。早期,有人提出我国不需要特高压,现有电压等级就能满足要求;之后,又提出特高压核心技术中国人解决不了,关键设备制造不出来;工程建设阶段,提出电磁环境问题无法解决;工程投运后,提出设备不可靠、电网不安全不经济;多条工程安全稳定运行多年后,又提出不需要特高压交流,只需要特高压直流。争论层层加码。正如原电力部部长史大桢所说:“如果要抱着旧观点不放,谁也不会发展,我就希望有些人能够早一点醒过来就行。”

2006年元旦前两天,特高压输电技术被正式列入《国家中长期科学和技术发展规划纲要(2006—2020年)》。但有人仍指出该规划纲要没有说电压等级,没有明确说是特高压。

对此,张国宝回忆:“有人说《纲要》里没有说电压等级是多少,没有指出来特高压。后来我翻了一下,里边是写清楚了,直流是±800千伏,交流是1000千伏。”“我认为发展特高压还是多数科技工作者的共识。”为了积极应对,国家电网公司曾多次到国务院汇报工作,写了多份汇报材料,说明电网电压等级、规模与安全性没有必然联系。保证电网安全关键是电网的结构和技术手段的先进性、适用性以及运行管理水平。

为了全面了解特高压发展情况,国家电网公司先后组织专家多次赴日本、俄罗斯等国家实地考察。2005年,刘振亚在日本考察期间,甚至专门中途停车徒步上山,听特高压线路噪声。当年日本建设了特高压输电线路,但一直降压500千伏运行;特高压试验站三台试验用单相变压器,分别由日立、东芝、三菱制造,一直带电试运行。在俄罗斯考察时,看到前苏联时期研发的特高压开关断口多达12个(中国特高压开关断口一般是2个),又笨重又粗糙,这也是受当时的技术和材料所限。

通过考察,国外特高压发展要么是尚处于研究阶段,要么是因为技术或经济的原因,没有商业运行。

“当时看到日本和俄罗斯的特高压都不成功,我压力很大,但为了国家发展,面对再大的风险,也要把特高压搞成功。”多年以后,刘振亚用了“后怕”两个字来形容这段心路历程。

思想解放的过程虽然艰辛,但不解放,就不可能推动特高压创新发展。平息争议最好的办法显然是用事实来证明。正如2015年原电力部部长史大桢所说,国内关于特高压的争论至今没有结束,但是这十几年取得的实际效果证明,即使有不同意见,特高压这条路坚决非走不可。

征服电力“珠穆朗玛峰”

特高压在中国属于“白手起家”。

2004年以来,国家电网公司先后组织几十家科研机构和高校、200多家设备制造企业、500多家建设单位、几十万人参与了特高压基础研究、技术研发、设备研制、系统设计、试验验证、工程建设和调试运行等工作,攻克了310项关键技术,解决了过电压与绝缘配合、电磁环境控制、特高压交直流混合大电网安全控制等世界级难题。

判断电网是否安全,世界各国都是以仿真计算作为评价依据。中国电科院建成了世界最先进的电力系统仿真平台,对包括220千伏到1000千伏电网、2258台发电机、35932条线路、11547个节点的超大型特高压交直流混合电力系统进行了全景仿真计算,模拟了10万多个故障条件和运行方式,充分验证特高压电网的安全可靠性。

2010年,在“三华”电网争议沸点之时,国家能源委专家咨询委员会专门组织专家、院士到中国电科院调研。中国电科院通过仿真模拟计算和多方案比较,认为“三华”同步电网不是优和劣比选,而是电网发展的必然选择。

特高压设备国产化,需要先进的试验条件。目前,中国建成了世界上电压等级最高、技术最先进、功能最完备的特高压试验研究体系,并依靠自主创新成功研制了世界上电压等级最高、容量最大的单体变压器、直流换流阀、换流变压器,开断能力最强的开关设备等21大类、百余项首台首套特高压关键设备实现国产化。

“不逼上绝路,都不知道创新潜力有多大。”特高压的很多关键设备就是这么逼出来的。晶闸管是特高压直流输电的“CPU”,决定了特高压直流的输电能力。当时,有5英寸和6英寸两个方案。多数意见认为,“5英寸晶闸管技术成熟,国内能够生产,而6英寸晶闸管国内外均未生产使用过,靠国内自主研发很困难”“当时,我是坚持采用6英寸方案,国家电网公司内部有些同志其实也有畏难情绪,担心搞不成。但世界上哪有简简单单,就能实现的国际领先?”刘振亚在回忆这段经历时表示。

现在来看,6英寸的方案选对了。6英寸晶闸管,将通流能力从5英寸晶闸管的3000安培,提高到6000安培以上。新疆准东—皖南±1100千伏特高压直流线路长度3324公里,输电容量达到1200万千瓦。未来,±1100千伏特高压直流输电距离可达6000公里,输电容量可达1500万千瓦。

正是依靠创新精神,中国制定了全球首个具有完全自主知识产权的特高压技术标准体系,形成了特高压交直流工程从设计到制造、施工、调试、运行、维护的全套技术标准规范。中国特高压交流电压成为国际标准。

特高压的成功带动了我国电工装备制造产业全面升级,实现了我国特高压全面“走出去”。2014年和2015年,国家电网公司先后中标巴西美丽山水电特高压直流送出一期和二期工程,目前两项工程均已建成并保持安全稳定运行。

2008年路透社曾发文称,中国计划在2020年内建成一个特高压电网,这项计划“出其不意地抢在那些在升级老电网行动迟缓的西方国家的前头”。

俄罗斯联邦电工研究院院长、俄罗斯科学院院士吉哈捷耶夫,在观看中国特高压的成果后两次流泪。虽然特高压在前苏联起步更早,但最终中国攀登上了世界电力技术的高峰,难免失落和遗憾。

雾霾“催化剂”

2011年,特高压建设真正驶上“快车

道”与一场突如其来的雾霾密不可分。

当时,国家发布报告称,东北、华北、西北“三北”地区风电并网装机容量和发电量均占全国85%以上,但弃风情况比较严重。2011年,“三北”地区弃风电量达123亿千瓦时,对应电费损失约66亿元。

一面是突如其来的雾霾,一面是清洁能源严重浪费。

但在2011年前后,新的特高压线路批复依然是个未知数。

正是这段时间,有人提出,只需要发展特高压直流,不需要发展特高压交流,反对建设特高压交流“三华同步电网”。

“交流、直流只是功能作用不同,就像男人和女人,只是性别不同,没有优劣之分。”刘振亚强调。事实上,无论国内还是国际,交流电网都是主体。特高压直流好比万吨巨轮,特高压交流电网好比深水港,发展万吨巨轮就必须建设深水港。如果只发展特高压直流,不发展交流,形成“强直弱交”结构,很容易因交流故障导致直流系统换相失败,甚至多条直流同时故障,导致发生大面积停电事故。

2013年9月,国务院《大气污染防治行动计划》提出,力争实现京津冀、长三角、珠三角等区域煤炭消费总量负增长,逐步提高接受外输电比例。2014年2月12日国务院研究部署加强雾霾治理的常务会议上明确“实施跨区送电项目”。

4月18日,新一届国家能源委员会首次会议明确提出,发展远距离大容量输电技术,开工建设一批特高压输电通道。5月,国家提出加快推进大气污染防治行动计划12条重点输电通道建设,国家电网公司负责11项输电工程建设,其中特高压工程8项,2017年12月25日全部投运。

2018年新基建首次出现在中央经济工作会议上,特高压或许等来了春天。9月3日,国家能源局准备了一个特高压核准计划:12条特高压工程,合计输电能力5700万千瓦。

可以预见,“一头连着西部清洁能源开发利用,一头连着东中部雾霾治理”的特高压电网必将会越来越得到重视。

非技术因素的“怪圈”

特高压和高铁、5G分别是我国能源、交通、信息通信三大基础产业重大技术创新典范。本世纪初,中国高铁和特高压几乎同时起步,2004年国家出台了“四纵四横”高铁规划,后来又规划了“八纵八横”。5G发展更是如火如荼。

但与高铁和5G相比,特高压电网覆盖全国还有相当大的差距。发展了十几年,特高压电网“强直弱交”这柄“达摩克利斯之剑”一直悬在头上。

刘振亚认为,有些特高压直流工程利用率低,要么是送端电源建设没跟上,没有那么多电可送,要么是受端特高压交流工程建设没跟上,电网消纳能力不足,接受不了那么多电力,最终造成特高压直流输电能力闲置和浪费。如果不发展交流电网,直流输电能力也会受限。

从2009年到现在,华北、华中两大电网依然仅靠着一条特高压交流线路保持着弱联网,就像“大象走钢丝”。无奈之下,国家电网公司当年大规模建设抽水蓄能电站、调相机,提高电网的有功和无功调节能力,也可以视为一种确保安全的“自救”。

特高压发展难,问题到底在哪里?是技术问题吗?张国宝在书中回忆:“国家电网公司坚持要建特高压交流线路,想把‘三华’(华东、华中、华北)电网联起来,而有人反对三华电网,应该是技术之争的问题掺杂进了非技术问题。”

是体制问题吗?建国以来,铁道部一直是最稳定的部委之一,而电力是管理机构变革次数最多的行业,经历了燃料工业部、水利电力部、能源部、电力部、电监会、能源局等多次变革。1996年底,组建国家电力公司,2002年撤销后,组建了国家电网公司、五家发电集团以及规划设计、设备制造、工程建设等一批相关电力企业。山头林立,难免会有门户之见。

特高压争论多年,随着技术问题一个个解决,反对意见最后都会归咎到改革上,这是近20年中国电力行业独有的一个“怪圈”。更有人认为,国家电网公司借发展特

高压加强电网垄断,而发展特高压交流、搞同步电网,就是加强垄断的“罪证”。

事实上,加强电网同步互联是保障大电网安全的有效手段。2012年7月30日和31日,印度连续发生大面积停电,波及超过6亿人。从事故分析,当时印度电网网架以400千伏为主,尚未形成全国同步联网,五大区域电网之间联系薄弱,电力供应和事故支援能力严重不足。

事故发生后,印度加强全国联网和电网统一管理,2013年建成了765千伏的全网交流同步电网,电力供应能力显著提升,此后再未发生大面积停电。

与我国“三华”电网相比,印度电网供电范围是“三华”电网的1.2倍,供电人口数量和密度分别是1.7倍和1.3倍。印度早在八年前就实现了全国交流联网,而我国“三华”电网建设仍在反复争议中。

2018年9月,由南方电网公司专家牵头组织了一份《我国未来电网格局研究(2020年)咨询意见》报告。有业内人士分析称:“报告中说‘特高压交流一般不作为输电工程使用’‘不建议建设特高压交流同步电网’。为何会得出特高压交流既不适合输电也不适合联网的结论?背后的缘由,颇耐人寻味。”

由于体制原因,技术似乎也会有门户之争。来看一组数据:南方电网公司先后建成了4条±800千伏特高压直流线路,有3条采用5英寸晶闸管,输电容量都是500万千瓦。国家电网公司第一条±800千伏特高压直流输电容量640万千瓦,第二条720万千瓦,后来又提高到800万千瓦,再到1000万千瓦。同样是±800千伏特高压直流,输电能力相差了一倍。

未来,特高压路在何方?新时代又将赋予特高压什么样的历史使命?这些问题值得我们理性思考。

碳中和“风口”

是一种巧合,或是一种注定。

2020年9月22日,我国在第七十五届联合国大会一般性辩论上宣布碳达峰、碳中和目标迅速引发全球热议。就在同一天,全球能源互联网发展合作组织举办破解气候环境危机国际论坛,正式发布《破解危机》和《可持续发展之路》两项成果。半年之后的2021年3月18日,合作组织又发布了中国2030年前碳达峰、2060年前碳中和、2030年中国能源电力发展规划和2060年展望等研究成果,提出了中国碳达峰、碳中和路线图。

中国特高压发展的成功,已经为构建全球能源互联网铺平了道路。全球能源互联网是以特高压为骨干网架,在全球范围配置能源、推动实施“两个替代”(能源开发实施清洁替代、能源使用实施电能替代)的平台,是以新能源为主体的新型电力系统,最终形成清洁主导、电为中心、绿色低碳、经济高效的现代能源体系。

联合国秘书长古特雷斯曾表示,中国特高压技术对可再生能源发展至关重要,全球能源互联网是实现人类可持续发展的核心和全球包容性增长的关键。

诺贝尔物理学奖获得者、美国能源部原部长朱棣文认为,中国挑战美国创新领导地位并快速发展的相关领域就包括特高压交流、直流输电。

“如果没有宽带技术,世界能成为‘地球村’吗?”刘振亚曾这样比喻,“可持续发展的核心是清洁发展,实现清洁发展就要大规模开发清洁能源,清洁能源变为电力输送就离不开特高压。如果没有特高压技术,全球能源互联网是想都不敢想,现在是实实在在可操作的。”

随着时代发展,特高压不仅是新的输电技术,更是新的资源配置平台、新的低碳发展道路。肩负着能源转型和永续供给、绿色低碳和绿色发展、创新驱动和民族复兴、可持续发展和人类命运共同体建设等多重使命。

回顾过去,特高压推动了我国电力革命,实现了能源电力发展方式的重大转变。立足现在,我国特高压电网全面建设,积极推动世界能源电力变革转型。展望未来,以特高压电网为核心,加快构建我国和全球能源互联网,促进“三网”(能源、交通、信息)融合发展,将为实现碳达峰、碳中和目标,推动人类社会可持续发展发挥更大作用。

