

[高压直流输电]

印度高压直流输电市场的 研究与分析

文/平高集团有限公司 高超楼 刘伸展 吴文利 钟传平

印度是我国企业向海外发展的重要市场，高压直流输电作为一种远距离输电手段在印度得到广泛应用。目前印度已经有12条高压直流线路在运行。按照印度电力部公布的规划，另有两条±800 kV特高压直流线路需要建设。我国高压直流技术已经成熟，可以循序进入印度高压直流市场。

印度作为世界重要经济体，GDP居世界第五位，但印度人口众多，仍有巨大发展潜力。我国企业向海外发展，印度是不可或缺的市场。在过去的10年间，我国电力制造企业抓住印度交流特高压建设的发展机遇，取得了不俗的业绩。目前印度电力市场的竞争加剧，需要找到新的市场突破口。高压直流输电技术是另一种远距离输电手段，在印度市场广阔，我国电力企业还没有打入这个领域。我国高压直流输电技术已经达到世界一流水平，在成本和技术上具有竞争优势，可以尝试进入印度市场，拓展发展空间。

本文对印度的高压直流输电市场进行研究分析，并对印度直流输电前景做出预测，对中国电力企业在印度开展业务进行讨论。

印度高压直流输电的现状

1. 印度高压直流线路分布情况

印度电力系统分为五个区域电网，即东北部电网、东部电网、北部电网、西部电网和南部电网。印度高压直流输电建设始于20世纪80年代，1989年投运第一个背靠背高压直流工程，电压由±70 kV发展到目前的±800 kV。与中国不同的是，30多年来印度的设备制造没有实现本土化，所有电力

设备都是进口或由外资企业ABB、Siemens 和GE-Alstom公司提供。截至目前共投运12条线路，其中1条正在升级改造，另有1条正在修建。印度高压直流项目信息见表1。

表1 印度高压直流项目信息

序号	线路名称/类型	用户	电压等级/kV	供应商	投运年份
1	Vindhyachal / BTB	PGCIL ^①	±70 ±400	ABB, Siemens ^②	1989
2	Rihand-Da-dri/ bipole	PGCIL	±500	ABB and BHEL ^③	1991
3	Chandrapur-Padgh-e/bipole	MSEB ^④	±500	ABB and BHEL	1999
4	Bhadrawati/ BTB	PGCIL	±205	Alstom	1997
5	Sileru-Barsoor/ mon-opole	CSEB ^⑤ / APTRA-MSCO ^⑥	±200	BHEL	1989/ 2014 ^⑦
6	Gajuwaka-1&2/ BTB	PGCIL	±400	AlstomABB	1999/ 2005
7	Sasaram/ BTB	PGCIL	±500	Alstom	2004
8	Talchar-Ko-lar / bipole	PGCIL	±500	Siemens	2003
9	Ballia-Bhiwadi/ bipole	PGCIL	±500	Siemens	2010
10	Mundra-Mohindergarh / bipole	Adani ^⑧	±500	Siemens	2012
11	NER-Agra/ monopole	PGCIL	±800	ABB	2016

(续)

序号	线路名称/类型	用户	电压等级/kV	供应商	投运年份
12	Champa-Kurkshetra / bipole	PGCIL	± 800	GE-Alstom	2016
13	Raigarh-Pugalur /bipole	PGCIL	± 800	ABB	在建
	Pugalur-Tri-ssur/bipole	PGCIL	± 320	Siemens	2021

注：① PGCIL: 印度国家电网公司 (Power Grid Corporation of India Limited, PGCIL)。

② Siemens正在改造该站，计划2021年完成。

③ BHEL: 印度巴拉特重型电气有限公司 (Bharat Heavy Electricals Limited, BHEL)。

④ MSEB: 马哈拉施特拉邦电力局 (Maharashtra State Electricity Board, MSEB)。

⑤ CSEB: 恰蒂斯加尔邦电力局 (Chhattisgarh State Electricity Board, CSEB)。

⑥ APTRAMSCO: 安德拉邦电力公司 (Transmission corporation of Andhra Pradesh limited, APTRAMSCO)

⑦ 该项目1989年建成，2014年全部投运。

⑧ Adani公司，印度最大的私人电力运营商。

2. 印度高压直流输电的特点

印度的电力负荷中心北部以德里为中心区域，西部以孟买为中心区域、南部以班加罗尔，钦奈为中心区域，而作为主要能源的煤电在印度集中分布，水电分布在国家边境地区，电力传输以大功率、远距离传输为主要特征。

印度高压直流输电线路的输电方向与印度的能源输送方向一致，主要从东部煤电中心和东北水电中心向西部德里、孟买方向和南部班加罗尔方向输送。

印度直流输电是大功率、远距离的电力输送方式，主要用于区域间的电力输送。

印度直流输电工程配套厂家

1. ABB公司

ABB公司开创了高压直流输电技术。1989年ABB公司为印度第一条直流输电线路提供技术支撑，目前为印度运行的12条直流输电线路中的5条提供技术支撑。ABB公司技术力量雄厚，印度最新的±800 kV直流输电项目也是由ABB公司完成的。ABB公司于1962年在印度Vadodara (属古吉拉特邦) 建立第一座工厂。

2. Siemens公司

Siemens公司的直流输电技术在世界上是一流的，占据了全球直流输电项目40%的市场份额。

1975年，Siemens公司在南非进行第一个直流输电项目。2003年，Siemens公司开始在印度参与直流输电项目建设。截至2021年，Siemens公司参与了5个印度的直流输电项目，占据重要份额。目前Siemens公司在印度实力最强，拥有22家工厂、8个技能中心、11个研发中心及1个全国性的销售和服务网络。

3. GE-Alstom公司

GE-Alstom公司从1962年开始研究直流输电技术，具有提供直流输电的全套解决方案的能力。GE在印度参与了4个直流输电工程项目。目前GE在印度有两家上市公司，即GE电力印度有限公司和GE T&D印度有限公司。GE电力印度有限公司在诺伊达和加尔各答设有工程中心。

4. BHEL公司

BHEL公司即印度巴拉特重型电气有限公司，成立于1964年，是印度政府拥有的工程和制造企业，总部设在印度新德里，是印度最大的发电设备制造商，归印度政府重工业和公共企业部所有。该公司与ABB公司合作进行高压直流工程建设。

印度高压直流输电规划

1. 印度电力管理部门

印度电力部主要负责制定能源领域的总体政策，大中型水电项目、火电项目、输配网项目的立项审批，中央/各邦发输配电的研究和技术支持，各项电力法规的执行，以及与中央电力局、中央电力委员会、中央电力监管委员会的联系。

中央电力局 (Central Electricity Authority, CEA) 是根据2003年《电力法》第70 (1) 条成立的法定组织。CEA是印度政府的电力咨询机构，就政策事项向政府提供咨询意见，并制订电力系统发展计划。中央电力委员会 (Central Electricity Board, CEB) 隶属中央电力局，负责具体履行CEA职责。印度电力部组织机构图如图1所示。

2. 印度电力规划情况

印度自2007年起，由电力部每五年发布一次《国家电力规划》，最新的规划于2019年1月颁布。另外，2014年由印度电力部牵头，联合印度中央电力局(CEA)、印度国家电网公司 (PGCIL) 及电力系统运营有限公司 (隶属PGCIL) 编写了

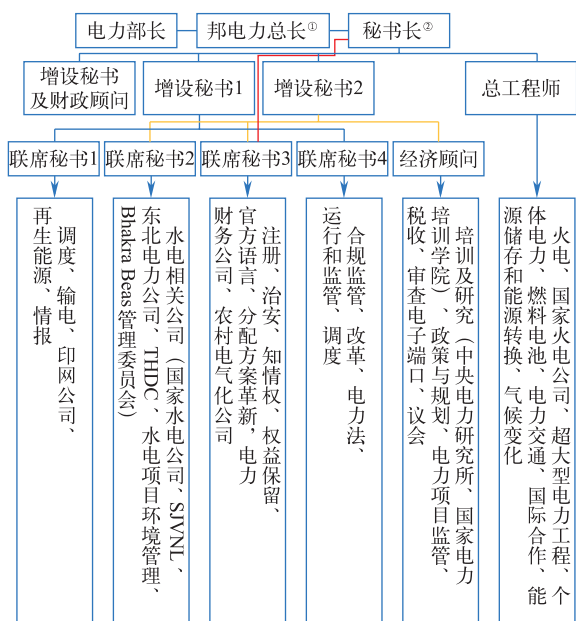


图1 印度电力部组织机构图

注：① 邦电力总长负责处理各邦电力相关事务。

② 秘书长具有管理职能，相当于高级管理人员。

Perspective Transmission Plan for Twenty Years (2014—2034)。现就印度直流输电方面的“十二五”（2012—2017）和“十三五”（2017—2022）规划进行介绍。

根据规划，“十二五”末，即到2017年，应完成两条 ± 800 kV高压直流走廊，东北部向北部的NER-Agra线路和西部到北部的Champa-Kurkshetra线路。两条特高压直流线路均于2016年投运，实际建设周期与规划一致。“十三五”（2017—2022）印度区域电网间应建设三条 ± 800 kV高压直流输电线路。

1) 西部和南部 ± 800 kV高压直流输电走廊 Raigarh (WR- Chhattisgarh) –Pugalur (SR – Tamil Nadu)，6 000/6 500 MW HVDC。由ABB公司提供技术支持，原计划2019年完工，目前仍在建设。配套的直流输电线路 ± 320 kV Pugalur-Trissur于2021年2月交付PGCIL，由Siemens公司提供技术支持。

2) 东北部和北部 ± 800 kV高压直流输电走廊 Rangia/Rowta (NER-Assam) –Gurudaspur (NR-Punjab)，6 000/6 500 MW HVDC。在2019年规划调整中“十三五”没有该项目，预计在“十四五”进行建设。

3) 东部和北部 ± 800 kV高压直流输电走廊

Angul (ER-Orissa) –Badarpur (NR-Delhi)，6000MW HVDC。在2019年规划调整中“十三五”没有该项目，预计在“十四五”进行建设。

印度高压直流项目实施

1. 印度高压直流输电项目招标模式

印度高压直流输电工程项目采用EPC模式，标段一般拆分为线路和换流站。线路标包括杆塔、导线和金具，换流站标包括整站设计、施工、供应、安装、调试和主要设备（包括换流阀、变压器、冷却系统以及控制和保护系统）。投标资质基本要求为：有项目经验和业绩；财务满足正常条件。目前，项目设计和土建施工由印度公司完成。印度比较强的电力建设公司有KEC、Tata及Adani等，它们能够进行土建设计和施工。换流阀、换流变、直流断路器、控制和保护系统等主要设备依托ABB、Simens、GE-Alstom 在印度的公司完成。

2. 我国直流关键设备配套能力

我国经过大规模的直流输电线路建设，设计和设备均实现了国产化，设计由专业的设计单位承担，比如国网经研院、西北院、华东院、西南院及中南院等都参与了直流特高压建设。我国电力企业在设备供货及配套上也具有优势，一是主要设备技术水平已经与ABB、Simens、GE-Alstom持平，二是具有完整的产业链，供货及时，价格优势明显。我国电力企业在印度市场可以从设备上先行突破，待适应印度市场后可以承接EPC项目。

结束语

印度经济增长很快，但电力发展仍然比较落后，高压直流输电市场规模很大。高压直流输电在一定工况下具有相当优势。在碳排放成为“大宗商品交易”国际市场的背景下，印度政府引导太阳能、风能等可再生能源发电格局，将深刻影响输电和配电领域。随着全球经济的发展及柔性直流输电技术的成熟，高压直流输电领域将迎来难得的发展机遇。在柔性直流输电方面，我国已经具有丰富的运行经验，关键设备制造技术水平世界一流。而印度直流输电市场刚起步，代表未来的发展方向，将来我国在印度直流输电市场必大有可为。EA

(收稿日期：2021-12-22)