

## 智能电网与交直流特高压间的关系

---

据电工学习网讯，特高压分直流特高压和交流特高压，两者的技术特性及其在电网中的作用差别很大，不可混为一谈。直流特高压用于远距离、大容量输电，在经济和技术上具有明显优势。我国的水电、风电和太阳能资源较多集中在西部地区，有远距离输电的要求，因此直流特高压作为先进的输电技术是建设智能电网，实现我国电网绿色化不可缺少的手段。这一结论是明确的，也是早有共识的。

存在争议的是交流特高压。电网的电压等级随着电网规模的扩大不断由低向高提升，这的确是100多年来世界各国电网发展走过的一条共同道路。回顾历史不难看出，传统电网的技术路线，就是以提高电压等级的方法解决电网发展中出现的问题，从而满足经济社会对电力的需求。但是事物的发展并非总是一条直线，有的规律它只在一个阶段发挥作用。依靠提高电压等级发展电网的路线，是在以化石能源为基础，能源开发倾向于越来越集中的条件下形成的，可以说是第二次工业革命的产物。当新能源革命，即第三次工业革命在世界范围内兴起后，电网的发展实际上已经脱离了这条路线，走上了一条新的，即建设智能电网的道路。

美国未来学家杰里米·里夫金在《第三次工业革命》一书中，介绍了美国电力研究所专家对该问题的见解。美国专家认为，智能电网分散式能源生产的发展可能会采取与计算机产业发展极为相似的路线：大型主机让位于小型化、在地理上分散分布的台式和笔记本电脑，它们相互连接、充分整合，成为一个极富弹性的网络。在电力行业中，集中式电厂仍将发挥很重要的作用，但更需要小型、清洁、分散化的发电厂，能源储存技术将支持它们的发展；为控制、处理由此形成的复杂互联系统所带来的海量信息与能源的流通问题，先进的电子控制技术是绝对不可少的。

可以这样说，依靠先进的信息、控制、储能、超导等新技术，注重以小型分散化方式开发清洁能源，注重利用新的管理理念和技术手段提高能源利用率，实现能源的可持续发展，这就是第三次工业革命显示的现代电网（即智能电网）的发展路线。由于可再生能源分布相对均匀，分散化开发的结果将使电源的布局更合理；小型电源和微网可以直接接入配电网，以较低的电压向用户供电；特别是超导输电技术的不断进步和在工程中越来越多的应用，显示了现代电网的电压等级不仅不会在超高压的基础上再提高，甚至还有逐渐降低的趋势。

电网的电压等级在第二次工业革命时期由低向高发展，进入第三次工业革命后不再升高，并且呈现出由高向低发展的趋势，从整个发展过程看，遵循的正是事物发展的“否定之否定”规律。那种认为电网会一直按照“规模越来越大，电压等级越来越高”的规律发展的看法，是一种缺乏辩证思维的形而上学观点。

现代电网不再向交流特高压电网发展，还因为交流特高压自身存在着下述几个致命的缺点：

环境代价大。由于交流特高压的建设是在现有的 500 千伏电网之上再叠加一个 1000 千伏电网，升至该电网的电力送到受端后，都要先降压为 500 千伏再分配给 220 千伏电网，因此它不仅不能替代 500 千伏变电容量和相应的 500 千伏送电线路，还将使我国电网的电压层次从现有的 5 层增至 6 层(即变为 0.4/10/110/220/500/1000 千伏)，成为世界上电压层次最多的电网。而且交流特高压的噪音、对环境的电磁污染远比超高压强，其输变电设备都是庞然大物，需要的占地面积也更大(同塔双回交流特高压线路塔高约 80 米，走廊宽度约 70 米；一座交流特高压变电站占地 9-20 公顷)。因此，建设交流特高压电网意味着在电网复杂性增加的同时，还要为多增加一层电网付出难以承受的环境代价(尤其在人口密集的“三华”地区问题将更加突出)。

投资效益差。交流特高压从技术上看，远距离输电不如直流特高压，近距离输电不如 500 千伏电压，而投资却很大，是一种“性价比”很低的方案。南方电网对采用交流特高压方案与采用直流特高压加交流 500 千伏电网方案进行了比较，结果前者的投资比后者多 600-1000 亿元，约高 1.3-1.5 倍[5]。在“三华”地区建设交流特高压同步电网的方案，比只建直流特高压加交流 500 千伏电网的异步联网方案，至少要多花 3000 亿元的投资。除会推高电价外，还意味着要消耗更多的钢铁、铝材和水泥，而这些高耗能产品的生产无疑将加重对环境的污染。

两级升压，既增加能损，又降低输电能力。交流特高压输电，电源一般都要先升压汇集到 500 千伏变电站，再升压至交流特高压电网。由于基本没有与之配备的发电机机组直接接入，交流特高压电网实际上是一个无源的“空架子”，这种情况在其它电压等级的发展过程中是从未出现过的。电网的最高一级电压网架，对于保证整个电网的稳定运行和功率平衡至关重要，它形成后一般直接接入其中的发电机容量都不会少于 35%。比如截至 2012 年底南方电网接入 500 千伏电网的容量，广东为 36.6%，广西为 43.7%，云南为 58.8%，贵州为 50.6%；四川电网 2013 年底接入 500 千伏电网的容量约为 47%。发电机经两级升压接入电网，是电力系统规划设计中较为忌讳的做法，因为这样必然加大系统阻抗，不仅导致电能损耗增加，还限制了输电能力的提高。这种现象的出现从一个侧面说明，沿着提高电压等级的传统路线前行，走到特高压的时候，这条路已经走不通了。

由于存在上述问题，加之直流输电技术的进步实现了电力的大容量远距离输送，欧美、俄罗斯、日本等发达国家，在经过上世纪七、八十年代出现的那次交流特高压技术研究和实验热潮后，从此放弃了交流特高压。欧洲互联电网尽管规模很大，但最高电压却只有 400 千伏(比我

国电网普遍采用的 500 千伏还低 100 千伏)，今后也肯定不会发展交流特高压。

但即便如此他们电网的可再生能源比例却远高于我国。德国规划 2020 可再生能源占比达到 35%，2030 年达到 50%，2050 年达到 80%。说明实现电网绿色化与电网电压等级的高低没有关联。提高电网可再生能源比例的主要途径：一是大力发展各种储能技术，不断扩大电网的储能规模；二是开发、丰富、优化电网调峰手段，其中包括储备和调动需求响应资源；三是最大限度实现各种可再生能源的互补运行。

至于治理雾霾的问题，由于建设交流特高压电网要消耗更多本来可以不消耗的钢铁、铝材和水泥，结果无疑是事与愿违。“电从远方来”战略主要依靠直流特高压来实现，但仅有这个战略是不够的，还要同时实施“电从身边来”战略，即以分散化方式开发“身边”一切可以开发利用的清洁能源。两者并举，才能达到有效治理雾霾的目的。

第三次工业革命所显示的世界电网发展方向，决定了现代电网不能再走以提高电网电压等级包打天下的老路，电压等级越高不等于电网就越坚强。事实上，各种不断创新发展的可再生能源开发利用技术、分布式电源微电网技术、储能技术、超导输电技术、多端直流技术、以及包括页岩气开发和核聚变在内的其它新能源技术，都是对交流特高压的否定。

历史已经证明并将继续证明，交流特高压是传统技术路线的产物，它的身上带有无法抹去的第二次工业革命的烙印。尽管它登上了传统电网的技术顶峰，不过是为传统电网竖起了一个更加吸引眼球的“新地标”而已。今天人们可以“创造条件”让它继续在第三次工业革命中扮“重要角色”，也可以“顺应潮流”让它退出历史舞台。“聪者听于无声，明者见于未形”。中国电网的创新之路究竟怎么走？中国人应当有智慧作出正确抉择。