

厦门柔直工程的投运不仅标志着中国在柔性直流输电领域再一次取得国际领先，更是为全球能源互联网的构建提供了先行实践。

全球能源互联网 “以柔克刚” 前景可期

文·本刊记者 彭慧文 特约记者 李朝晖 林梅妹

2015年12月17日，一则厦门“岛内用上‘柔性电’”的报道被广泛传播，除当地媒体外，人民日报、新华社、中央电视台等主流媒体都从百姓民生、经济发展等角度对此进行了解读。

对于能源行业而言，福建厦门±320千伏柔性直流输电科技示范工程（以下简称“厦门柔直工程”）投运的意义更为深远。作为世界上首个采用真双极接线、额定电压和输送容量双双达到国际之最佳的柔性直流输电工程，它不仅标志着中国在柔性直流输电领域再一次取得国际领先，更是为全球能源互联网的构建提供了先行实践。

一位电力专家兴奋之余，在微信朋友圈大发感慨：“特高压直流像大飞

机，容量大、效率高、距离远；柔性直流像直升机，灵活、便捷。”

清洁能源并网新利器

当前，开发利用清洁能源已经成为全球性共识，但是大规模清洁能源并网依然是一个世界性挑战，是清洁能源快速发展的刚性制约因素之一。柔性直流输电恰恰可以依靠自身的灵活可控性，促成清洁能源在更大范围内高效汇集、灵活传递及分散消纳，因此成为了攻克清洁能源并网难问题的关键性技术，堪称可以“以柔克刚”。

柔性直流输电技术是一种新型直流输电技术，它将半控型电力电子器件升级为全控型电力电子器件，不仅具备输

送容量大、功率损耗小、可以实现非同步电网联络等常规直流输电技术的所有优点，还让直流输电的适应能力上了一个新台阶。

“如果将输电线路比作水管，柔性输电技术就相当于在水管中安装了一个灵活可控的水泵，能够精准地控制水流的方向、速度和流量。”厦门柔直工程调试副总指挥邓超平博士形象地描述到。它可以对有功和无功功率进行独立控制，不再需要配置容量巨大的无功补偿装置，运行方式更加灵活，系统可控性也获得了极大的提升。

国网能源研究院教授级高工冯庆东对本刊记者表示，柔性直流输电在清洁能源并网、向弱交流系统甚至无源系

统送电、大型城市地下供电等领域具有广阔的应用前景。尤其是在清洁能源并网方面，柔性直流输电技术目前已经支持多直流馈入，可以灵活地将多个站点的风电、太阳能、小水电等接入输电走廊，这让它与清洁能源并网的适配性进一步增强。

孤岛联网新选择

厦门是一座国际性海岛城市，岛内缺乏电厂厂址资源，所有电力负荷均由岛外电网送入。随着厦门岛负荷的持续增长，预计到2016年，此前已有的进岛线路将无法满足岛内供电需求，所以急需开辟新的电力输送通道。厦门岛电网属于孤岛电网，此前一直采用交流输电。柔性直流输电技术的逐渐成熟为厦门岛供电提供了新选择。而且，厦门柔直工程的建设 and 投运，也可以为解决海岛供电难题提供一个示范样本。

工程投运后，可以有效增强厦门地区电网网架结构，消除厦门岛作为无源电网的劣势，不仅能够补充厦门岛电力缺额，还具备动态无功补偿功能，能快速调节岛内电网的无功功率，稳定电网电压，有力地提高厦门岛电网的供电可靠性、输电能力和稳定运行水平。

此外，邓超平博士介绍说，柔性直流输电让系统谐波含量大幅降低，换流站不再需要大量安装滤波装置，换流阀模块因为设计更加紧凑占地面积也有所下降，因此整个换流站的占地面积得以大幅度压缩，这非常适合寸土寸金的厦门岛。

可见，将示范工程落户厦门，既是提升并检验柔性直流输电技术与应用水平的良好机会，又能切实地满足当地客观需求，一举多得。

能源互联网新突破

厦门柔直工程的突破创新与生俱来，新建的浦园、鹭岛两座换流站是集中体现。据鹭岛换流站项目总工欧阳杰介绍，两座换流站的4座联合楼均采用全钢结构，钢结构跨度为47.2米，是目前国内换流站中跨度最大的，在设计施工方面面临着巨大挑战。由此可以管窥，建设这一“世界上首个”并不容易。

其实，从2011年中国首个柔直工程——±30千伏上海南汇柔性直流输电示范工程，到如今的厦门柔直工程，一路走来，依托自主创新，中国柔性直流输电正在快速向大容量、多端、双极、背靠背等多个研究方向开展实践和探索，“填补多项世界相关技术空白”已经成为“新常态”。

英雄所见略同，在探索新能源消纳的道路上，柔性直流输电已经成为全球电力抢占的下一个制高点。目前，世界范围内至少有16个国家均有柔性直流输电工程投运或在建。在欧洲，为了将远海风电、欧洲北部水电以及来自北非的太阳能接入电网，一个以柔性直流输电技术为支撑的能源互联网已经进入实施阶段。

在未来，基于全球能源互联网倡议，对柔性直流输电技术的需求显得尤为迫切。国网智能电网研究院副院长汤



>> 2013年10月25日，福建厦门，华夏国际电力发展有限公司的火力发电厂远眺。

广福表示，为了满足全球能源互联网构建需求，需要在更高电压等级的柔性直流换流技术及装备、基于架空线路的柔性直流输电技术等领域进一步发力。

“更快、更高、更强”是对奥运精神的表述，也可以作为对柔性直流输电技术发展方向的最佳诠释。

据悉，国家电网公司正在河北张家口规划建设±500千伏等级的基于柔性直流输电技术的四端输电网络，最大换流容量将达到3000兆瓦，届时将再一次刷新柔性直流输电的极限。而面向“十三五”，根据国家电网公司规划，一条连接新疆、青海与湖南的±800千伏特高压柔性直流输电工程将会在跨区域大范围配置西北风、光资源方面，发挥重要作用。

可以预见，随着柔性直流输电技术不断跨越新高度，以及相关装备制造、工程设计、运营等关键环节的不断成熟，全球能源互联网的图景也会越来越清晰。■