

什么是柔直电网？

原创 头条君 电网头条 昨天



有一项技术，
曾经，外国专家撂下话：
“中国人，10年，绝对干不出来！”

不服输的中国人当然是
“提前交卷”！
并不断**刷新多项世界纪录！**





6月25日，
世界首个柔性直流电网工程——
张北柔性直流电网试验示范工程
四端带电组网，
张北地区的新能源成功接入北京电网，
送至2022年北京冬奥场馆。

没错，外国专家说的这项技术就是**柔直**。

柔直，到底是个啥玩意儿？



路人甲



头条君

头条君就从科学的角度唠唠：

“柔直”到底是啥？

电网为啥要搞这名堂？



01 啥是柔性直流？

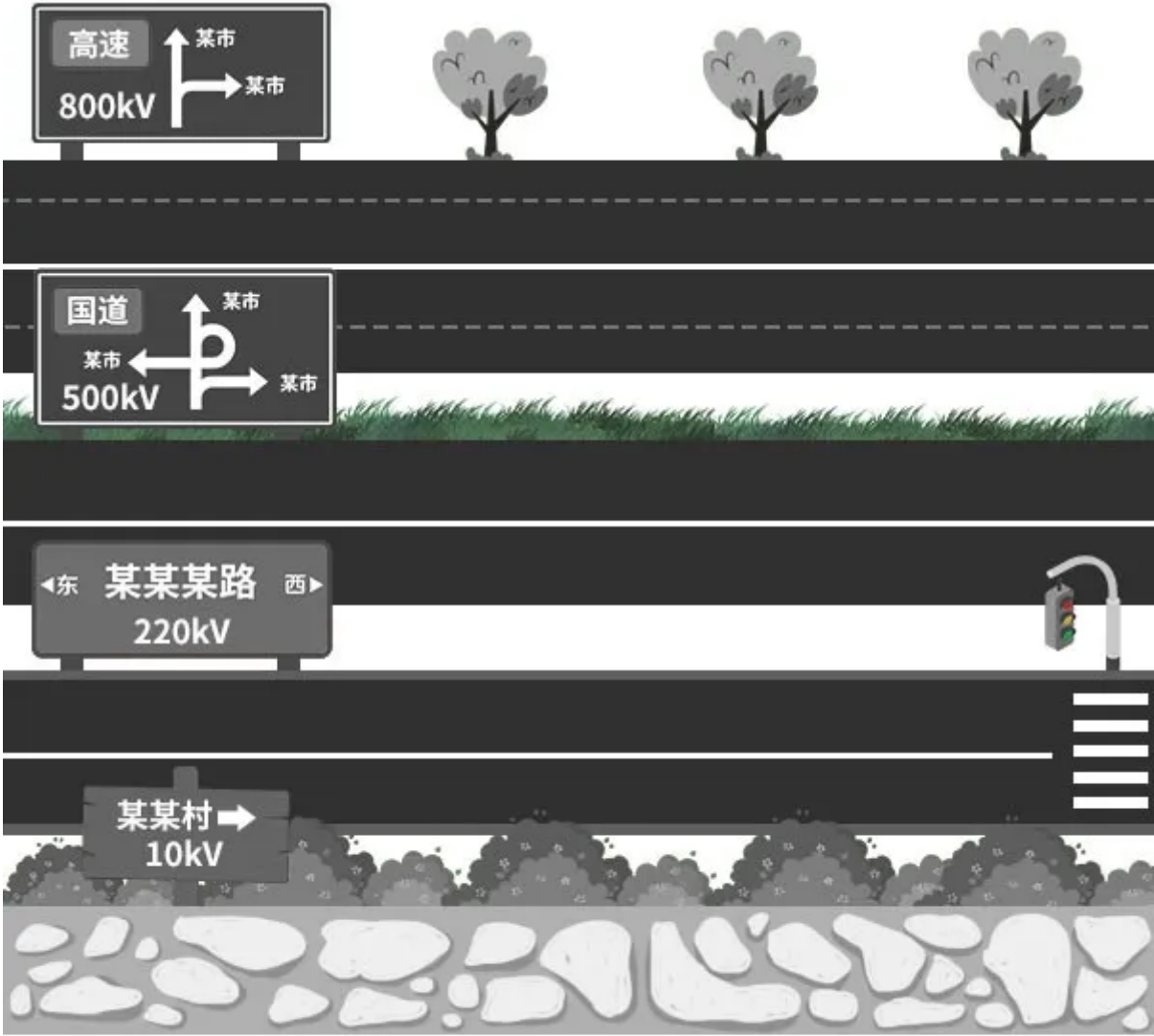
电网就相当于路，
电通过这些“路”从发电厂到你们家。
开过车的都知道，
路况是个大问题，车也很关键。



道路千万条，安全第一条。
那电该走啥路才顺畅安全？
这个问题，100多年前就有争论↓



交流首先有路可走了。
交流的路，就是——
普普通通平平无奇的公路。



后来，经过电力人

艰苦卓越的技术突破（傲娇脸）

直流也终于有了“路”。

不过，直流和交流的路

灰常不一样哟~



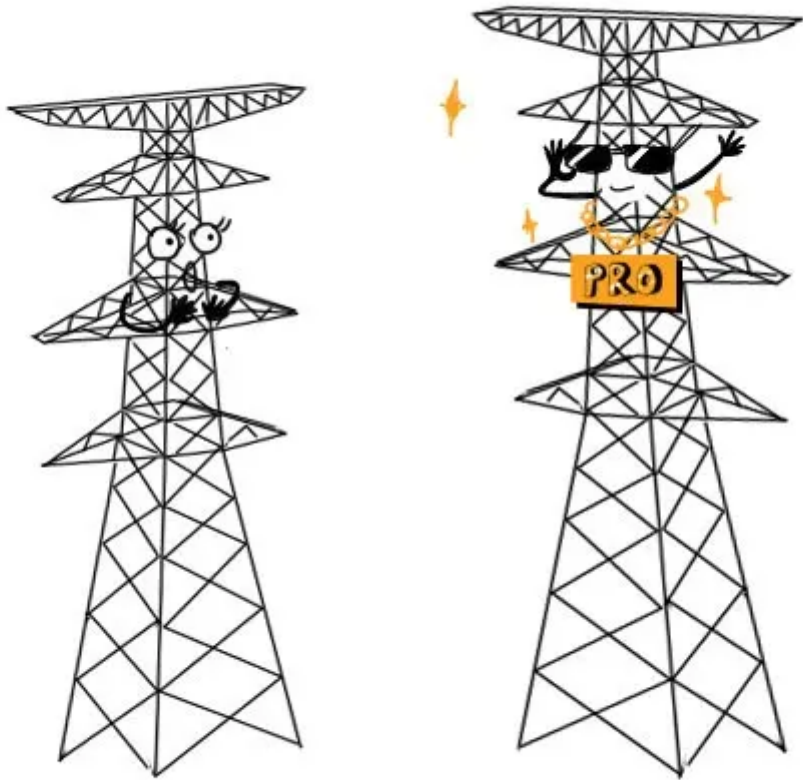
没错，
直流就相当于直飞航班、直达列车，
去哪儿都直达。

交流+直流，这不挺完美么？有柔性直流啥事儿？



柔性直流，

“人”如其名，
它是直流的一种，
是新一代直流技术，
相当于常规直流的**pro版本**。

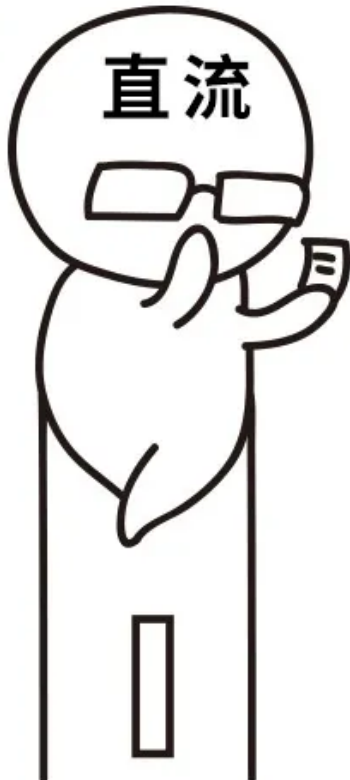


Pro牛在哪？
有啥不一样？



就拿拉货来说吧。
如果说常规直流是一列火车，
一拉就好几个火车皮，
运输能力杠杠的！
但它只能在**平整的轨道**上行驶。
就像直流两端电网
必须**提供换相电流和无功功率**，
一旦换相失败，
就可能脱.....轨.....

跟着铁轨走，
一步不得放飞



勇往前行，
飞一般的感觉



柔性直流呢，就像**越野货车**，
相同的出发地和目的地，
它能够愉快地行驶在
石子路、泥巴路、羊肠小路，
条条大路通罗马，
对电网的强弱没有特殊要求。

不仅无轨可脱，
形成电网后还能**随时卸货**。

车厢也随着技术发展越做越大，
拉货能力up，输送功率up。

柔直，就是这么能适应！



常规直流只能走直路，
更恼火的是它在轨道上不能自己跑，
还需要牵引系统帮忙。

也就是说，
常规直流只能提供有功，
需要电网提供无功才能运转。

谁“自愿”帮我加个
班？拉我一把呀！



我做完了！
谁需要帮忙吗？



柔直牌越野车就不一样了，
一个人就是一支队伍，
有功、无功全靠自己。
不仅如此还特别乐于助人，
比如支撑电压和频率，
支持电网黑启动。

柔直，就是又A又灵！



常规直流一旦上了轨道
只能朝目标方向奔跑，
如果中途想要换方向，
只能减速并停下来，再更换车头。
也就是电网的电压、电流要降到零，
然后改变电压极性，等待绝缘恢复后
才能继续上路。
真是**耗时耗力**！

停车停车，
我要换个方向！



换向手术，
无痛零等待，
瞬间就ok！



柔直就很厉害了，
双向车头随时切换，
切换时间≈0秒，
切换时电压稳稳不变。

如果你是乘客，
换车头的感觉就是：
没有感觉！

日常开车，柔直也很稳，
不仅占地小，谐波也小，
噪音啥的，毛毛雨啦~

柔直，就是这么灵活这么稳！



如果柔性直流是一个人
它一定：



为啥要建？

灵活、独立、效率高、
适应力强、乐于助人。

这几个特点之于人
妥妥的都是优点嘛。

对电网来说也是！

急聘

因业务拓展需要，紧急招聘电网人才。
要求：性格独立、反映迅速、身手灵活、助人为乐。



请用雪花般的简历
疯狂地砸向我吧！



那么，柔直君如果来电网应聘，
哪些岗位最适合？



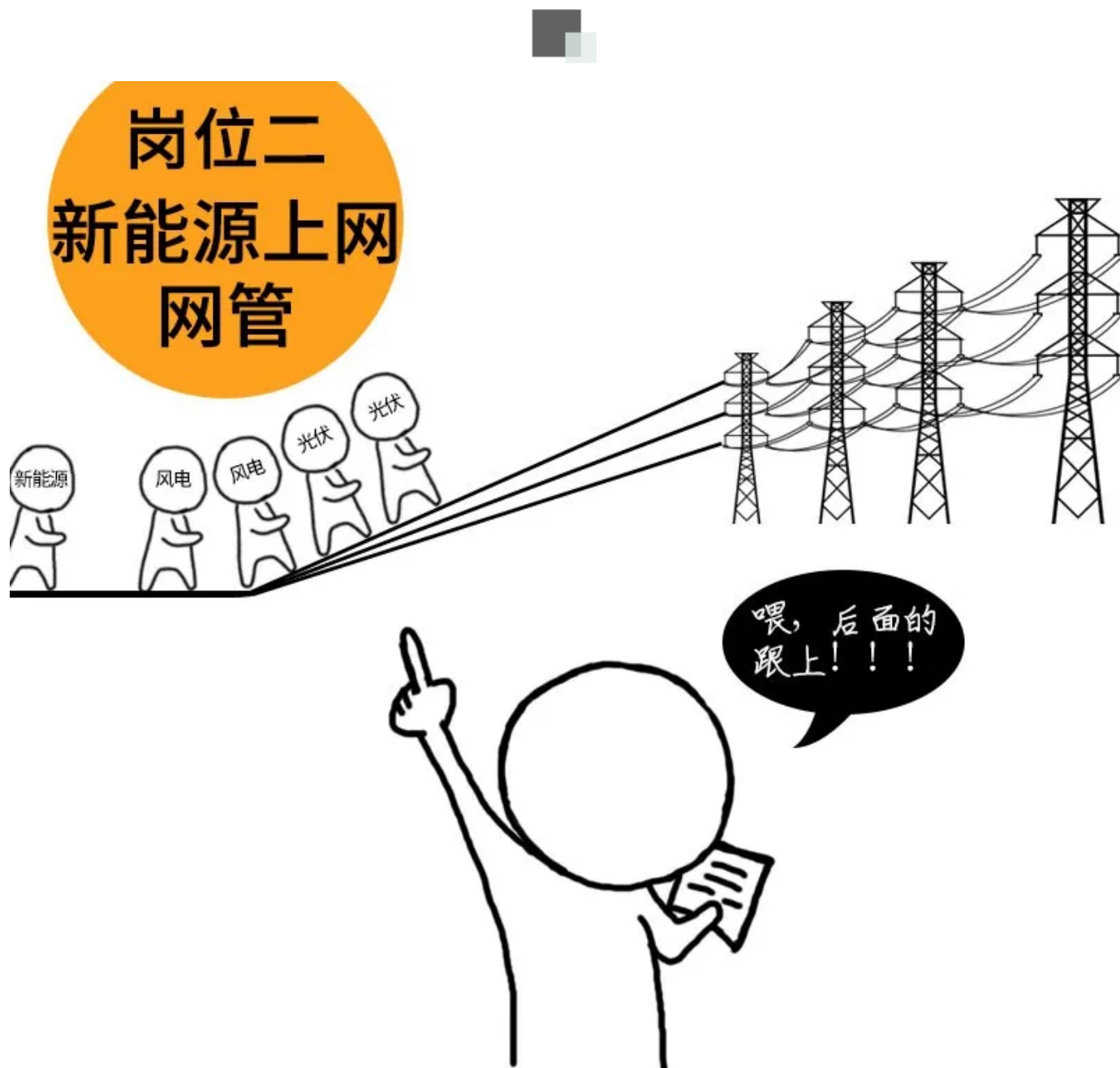


1997年，柔直君在瑞士出道时，
就是“孤岛供电”岗位。
紧接着，这个岗位引领欧罗巴大陆风潮，
很多**孤岛供电探险员**纷纷上岗。
破碎的欧洲电网也逐渐变得灵巧、坚强。

孤岛供电的探险员这个岗位
是为柔直量身定制的：
柔性直流可以**向无源电网供电**，
也就是说哪怕受端电网里没有发电厂等，
它也能够灵活调节
为**海岛、海上平台以及城市弱电网**供电。
环保又高效。

在我国，
舟山岛的柔直工程就是这个岗位的典范。

厦门岛的柔直工程设的是“交叉”岗位，
海岛供电+城市弱电网供电一岗双责。



现在各地都在发展新能源，
新能源好是好，但不稳定啊！

风大风小日出日落，
发电量就像坐过山车。

它自个没事儿，
但很影响大电网的“心情”。

这时，柔性直流像**速效救心丸**，
一颗下肚处变不惊，一切皆浮云。

风来了，不怕不怕，
风能光伏抽水蓄能，多能交加也不怕，
甚至能够成全它们互补啊！
这么能，做个**新能源上网网管**绰绰有余。

张北柔直工程就是个典型。
张家口是国家可再生能源综合示范区，
风能、太阳能等能源资源丰富，
但是本地消纳能力不足，需要大规模送出。

2019年，
江苏如东和射阳海上风电柔性直流工程启动，
是我国首批远海风电经柔性直流送出项目，
标志着我国远海风电经柔性直流
送出新时代的到来。
也是新能源+海岛的交叉岗位。

曾经让人头疼的问题，
柔性直流技术解决了！
增设这一岗位，
高薪，不为过吧！



岗位三 异步联网 同声传译员

%.....&&*#@#¥%.....



A刚才说的是：

&*? **&.....%



两个区域电网互联时，
哪怕说的都是中文，
还可能有些方言差异，
这时候就需要个“**同声传译员**”
能够**实时**让两个电网友好交流。
柔性直流技术就扮演这个角色。

2018年，渝鄂背靠背柔性直流联网工程投运，
有效提高川渝电网与华中电网间**互济能力**，
促进了西南水电的开发和大规模外送。

除了这些岗位，
像什么**电力交易员**、**大城市供电志愿者**等
也非常适合柔直君去应聘呢！

对了，柔直君，
你的简历留一份？

简 历

姓名	柔性直流输电	英文名	HVDC Light/ HVDC ^{PLUS} / VSC—HVDC/ HVDC— Flexible	
曾用名	轻型直流输电 新型直流输电	简称	柔直	
出生地	瑞士	出生日期	1997	
长居地	中国、欧美	技术水平	国际领先	
学习经历	◇ 2006年起，国家电网启动柔直输电技术研究。			
中国社会实践	◇ 2011年，上海南汇±30kV 柔性直流工程投运。 ◇ 2013年，±160kV 南澳柔性直流工程投运。 ◇ 2014年，舟山±200kV 五端柔直工程投运。 ◇ 2015年，±320kV 厦门柔直工程建成。 ◇ 2019年，±420kV 渝鄂背靠背柔性直流工程建成投运。 ◇ 2020年，±500kV 张北柔直工程即将建成投运。 ◇ 目前，在建柔直工程有±800kV 乌东德特高压柔直工程。			
自我评价	本人掌握独立自主完成项目的的能力，同时也具备良好的沟通、团队协作能力，能够有效地与客户沟通洽谈业务，掌握多门语言，吃苦耐劳，适应长期出差，具备地域调动灵活性。			

看完柔性直流的简历，
头条君只想说：
**既是专才，还是通才，
厉害厉害，佩服佩服啊！**

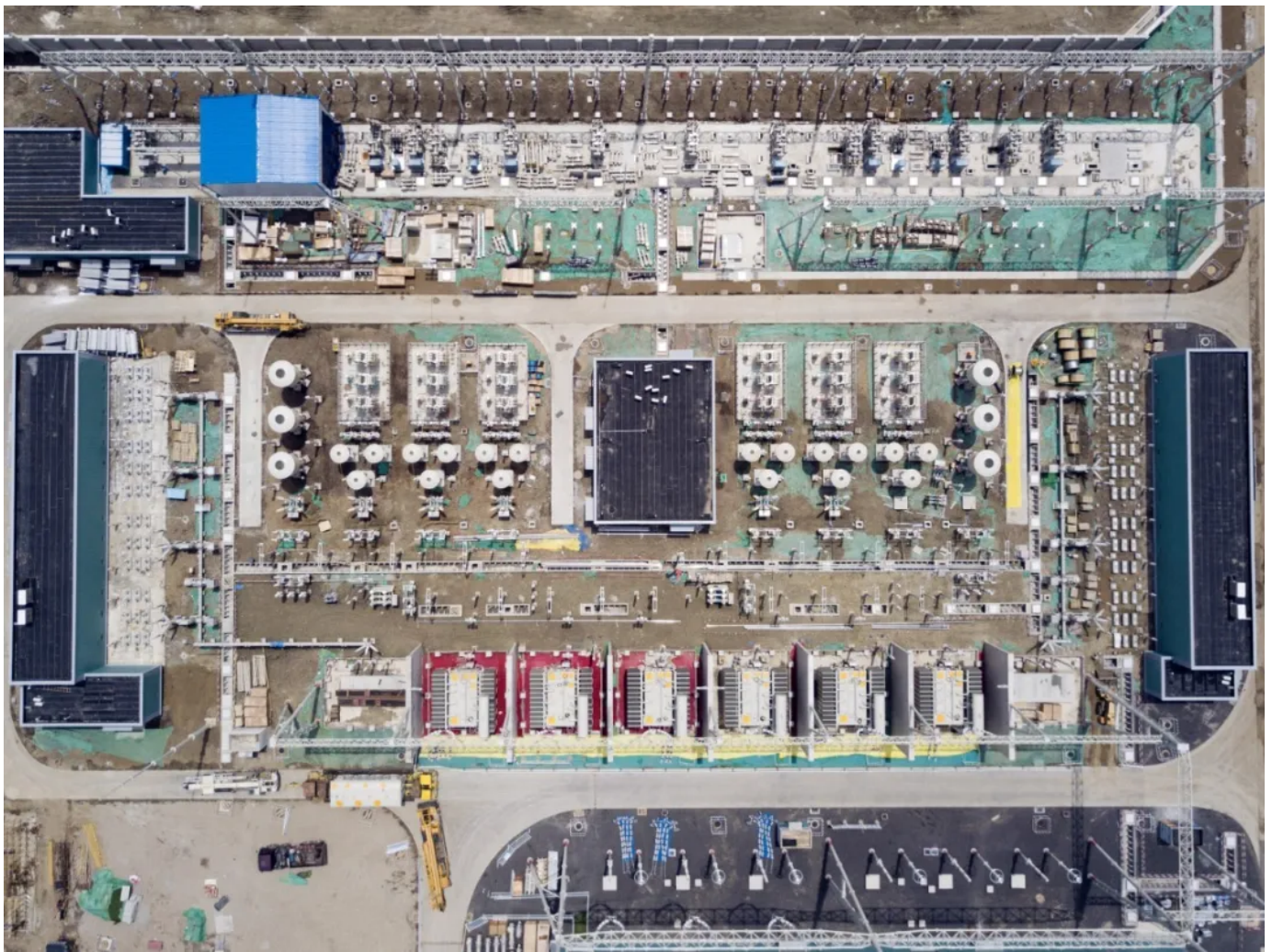
03 关于张北柔直

让我们把镜头转向今天的主角——
 $\pm 500\text{kV}$ 张北柔性直流电网试验示范工程。

先用一波美照洗洗眼：







张北柔性直流工程是世界首个
柔性直流电网工程，
也是世界上电压等级最高、
输送容量最大的柔性直流工程。
工程核心技术和关键设备均为国际首创
创造了12项世界第一：

12项世界第一榜单

★ 世界上第一个真正具有网络特性的直流电网；

- ☆ 世界上第一个采用真双极接线的大规模风电、光伏孤岛送出直流电网工程；
- ☆ 世界上第一个实现风、光和储能多能互补的直流电网；
- ☆ 世界上第一个采用架空输电线路的直流电网；
- ☆ 世界上第一个中性线采用金属回线的直流电网；
- ☆ 世界上第一个基于直流电网的多维度多要素控制保护系统；
- ☆ 世界上最高电压等级最大容量的柔性直流换流站（ $\pm 500\text{kV}$ 、 3000MW ）；
- ☆ 世界上最高电压等级最大开断能力直流断路器（ 535kV 、 25kA 、 3ms ）；
- ☆ 世界上最高电压等级最大换流容量柔性直流换流阀（ 535kV 、 3000MW ）；
- ☆ 世界上最大容量交流耗能装置（ $8 \times 375\text{MW}$ ）；
- ☆ 世界上最高电压等级最大输送能力直流电缆（ 535kV 、 3000A ）；
- ☆ 世界上最大功率全控可关断器件（ 4.5kV 、 3000A 大功率IGBT）。

这么多世界第一，
要说哪个最值得夸，
那当然是**世界首个真正意义的直流电网**。



用专业的话来说：

它形成了四端环形柔性直流电网，

采用双极主接线，

配置直流断路器，可靠性高。

√ 构建环形拓扑结构，

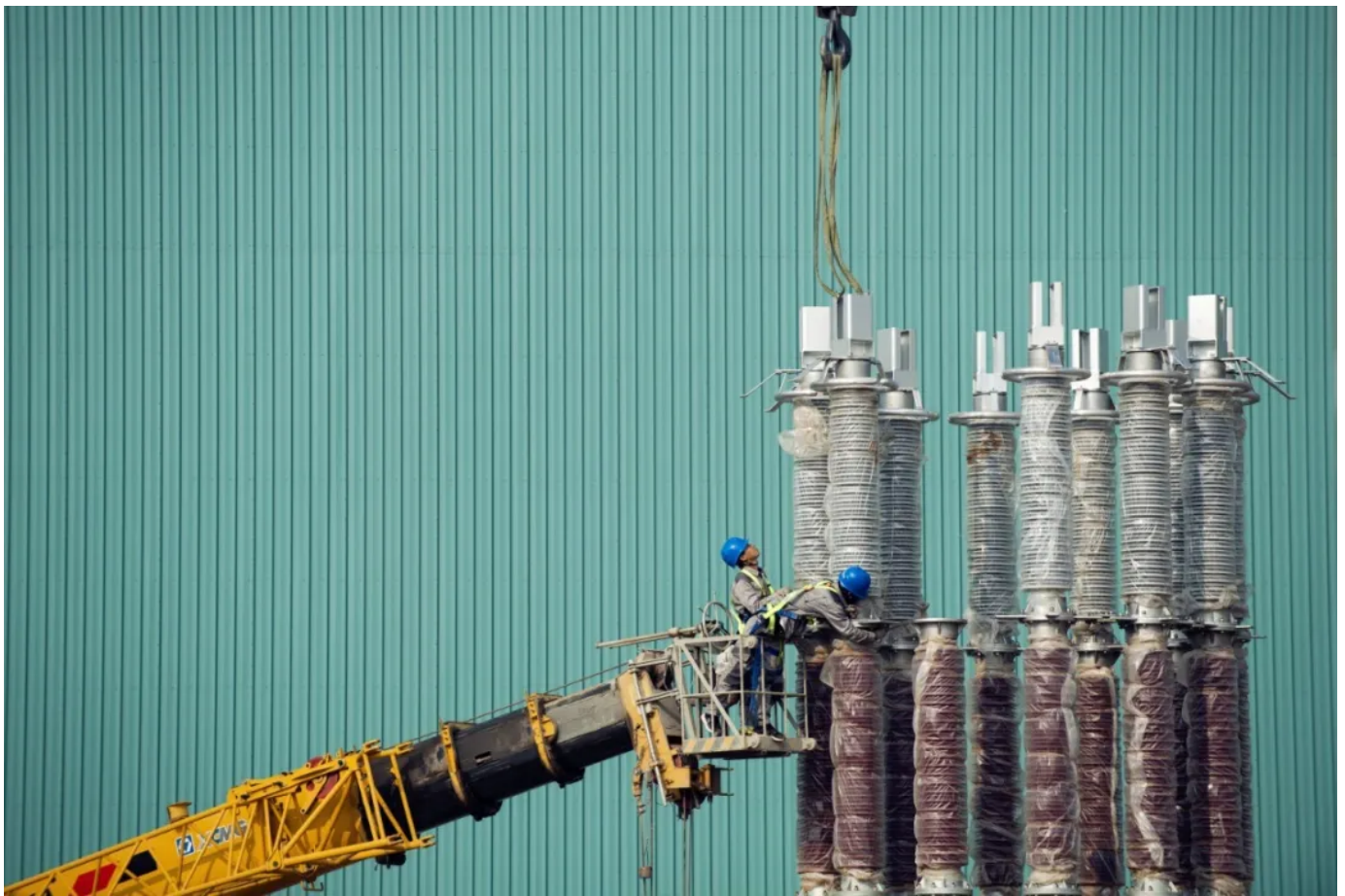
可实现故障后的潮流转移；

√ 采用双极主接线，

单极故障后可通过非故障极转带部分功率；

√ 配置直流断路器，直流线路N-1故障后，

可快速清除故障，保持正常送电。



头条君翻译成成人话：

以前，受制于技术发展，
直流输电的特点就是“点”对“点”，
就是之前我们打的直飞航班的比喻。

也就是说，直流虽好，
但是却只能直来直往，朋友圈太小了！

形成直流电网就不一样了！
它能够实现直流输电网络直接的互联，
可再生能源的高效传输与利用，
不同地区电力资源的整合与优化。

可以说，
100多年前爱迪生为之苦恼的难题解决了！

不仅如此，
长风起张北，绿电送京畿。
2022年北京冬奥会和冬残奥会全部场馆
将采用绿色电能供电。
张北柔直电网工程就是

支持北京冬奥会绿色供电的重要手段。



看看柔直是怎样有效解决
张北可再生能源送出难题的：

难题	柔直解决方案
可再生能源 “并不上”	具备功率独立控制能力，不需额外大量配置无功补偿装置，可增强电压支撑能力，显著提升大规模新能源并网的安全性。
可再生能源 “送不出”	不存在同步稳定性问题，可将不稳定的新能源多点汇集，形成稳定可控的电源，安全稳定送出。
可再生能源 “难消纳”	可形成高度可控的系统，充分利用区域大规模风、光的互补特性与抽水蓄能的灵活调峰特性，打造灵活的能源交互平台。

未来，京津冀的小伙伴们
都能用上来自张北的绿色电能，
是不是也算为绿色发展作贡献呢~



关于柔直的更多知识
请戳视频 ↓↓↓

画中画

00:00/00:00

下载视频

倍速

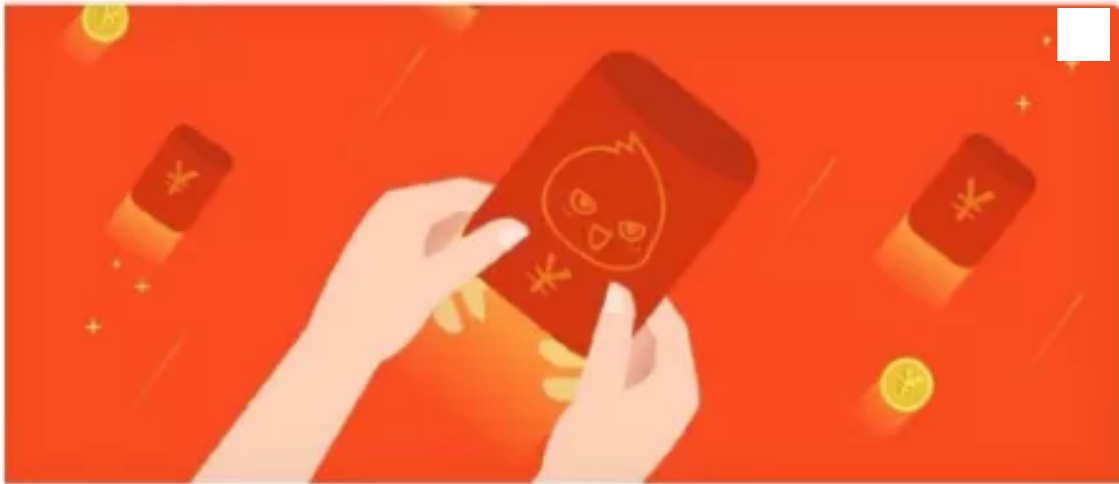
大家都在看

纯享版：孟庆旻 PK 王雪柔 推荐

用腾讯视频观看

感谢：国网经研院、国网北京电力、国网冀北电力
专家支持：马为民 李晋 于洋 厉璇 梅念
美编 | 邸璇 张竞如 李彦 李洋
摄影 | 邹明
视频 | 杨哈
文案&责编 | 韩煦 执行审核 | 王一凡

据说很多人都在看：（请点击下图）



这个红包有点考智商，看你能不能领到



点亮美好生活

长按二维码关注 电网头条微信



涨知识！

阅读原文