

电厂

可更新能源电厂 需做好冬季运行准备

尽管可更新能源电厂在典型情况下比燃气和燃煤电厂较少受冬季影响，但也无法完全免疫。理解相关风险并正确做好风险防范措施就能避免绝大多数问题。

文 | Sonal Patel, Thomas W. Overton 和 JD

去年冬天的极地涡旋提醒了我们，尽管经历数年的暖冬，但严寒仍会给电厂带来重大影响。燃煤、燃气电厂和核电站数十年来的运营已经让运营方领会到恶劣天气的危险。但是，电厂级风能和太阳能发电的相对新颖性意味

着许多较新入行的业主对温度剧降和下雪对发电性能的影响毫无所知。

风电场

尽管有众多风轮发电机会安装在酷寒的地区，但风能仍然不能免疫于极端

寒冷事件的影响。在 2011 年 2 月美国西南部寒流期间，德克萨斯州电网运营方 Electric Reliability Council of Texas 麾下运营地区有前所未见的 16% 的风电机组报告了故障，其中 709 MW 发电量由于风轮机叶片结冰，另外 1237 MW 发电量因为严寒温度超出了风轮机极限值。

尽管 PJM Interconnection 大力赞扬着风电在 2014 年 1 月极地涡旋事件当中“对电力供应的正面影响”，并说风电为 PJM 保持可靠性的能力做出了贡献。但数据显示，在 1 月 1 ~ 9 日的极寒天气事件当中，风能发电量在需求高峰不可靠地下降了。而归功于准确的风力预测，Midcontinent Independent System Operator 公司的系统也在 1 月 6 日之后出现风力发电输出量猛降时站稳了脚步。根据记录，由于 1 月 6 日的严寒，导致 1000 MW 的风力发电量停运。

海上运营更增挑战

尽管目前并无商用风电场在美国水域内装机，但截止 2013 年底，全球已经



图 1 处于大量浮冰之中的风轮发电机，这个基础包括一个轻质钢外壳和一个环形基脚、破冰锥和碎石填料

有 2277 台发电功率为 7.03 GW 的风轮发电机在海上装机。这些全部位于北半球，绝大多数在欧洲东北部，其余位于中国、日本和韩国，但这些地区都很容易受若干寒冷天气事件的影响。

与陆上风轮机相似，海上风轮机有可能受转子和其他部件上结冰的严重影响，但是加入空气、降雨、海浪飞溅所带来的水份时，这项风险更增加了。大气结冰现象的出现取决于内轮机转子高于海平面的高度以及风轮机的尺寸和类型。

另一项在寒冷气候下会对海上风轮机机构构筑物产生截然不同的挑战。在海面上形成的大片浮冰有可能导致机械性冲击并增加风轮机构构筑物的振动，而这些有可能导致额外的运行负载。最为常见的减少冰负载的方式是在支撑构筑物当中加入一个锥体，将冰故障的模式从压倒改为弯曲。

预防结冰

风轮机上的结冰有可能同时影响到三个不同的方面。设计（空气动力学、负载、控制系统和材料）、安全（结冰抛击、转子旋转不平衡、功率过载以及疲劳）以及性能（年产能量、风力测量结果和设计使用期限）。而且结冰还有可能影响到风力感应器，导致风力测量设备失效，并能增加噪声声级，从总体上降低风轮机的成本效益比。

TransAlta 公司的一位风力工程师 Jeff Nelson 警告说，深度冰冻有可能对风轮机产生长期影响，最终可能导致风轮机发生故障并停运。在一些情况下，结冰可达 250 mm，这可能意味着可长达三周的延期停运（如果环境温度显著下降且冰层无法掉落时）。

对于 TransAlta 来说，之前在其位于加拿大东北部新不伦瑞克省的 Kent Hills 96 MW 风电场发生的结冰突发事件当中，公司学习到一些关键性的实用经验，包括提前掌握潜在的结冰事件，运用好仪表、冰检测器、风速表摄像头或轮叶加速度计。对结冰状况实施 24 h 监测也

很重要。

例如，Vestas 推出的一款除冰系统，这款除冰系统可以检测到结冰状态（运用可测量多个变量的算法，包括温度、湿度、风速和风轮机输出功率），能够决定是否值得停运风轮机以执行除冰作业，并在判定值得时启动除冰作业程序。每支风轮机叶片的外侧 1/3 实质上包括了一个小型加热元件和风扇，它们在运行时会耗用最多 150 kW 的功率。

水电站

在所有发电能源当中，水电站可能是受恶劣冬季影响最少的能源。事实上，全球许多国家都严重依赖着水电，诸如挪威、冰岛、加拿大和俄罗斯，而这些国家都面临着严寒的冬季。尽管水库有可能表层结冰，但水电站的导水管入口通常位置很深，足以在安全高于结冰温度的条件下抽水。但这点对于小型水电站项目就不适用了，特别是对于径流式水电站，部分原因在于冬季流量减少的缘故，此时水电站汇水区域可能大部分表层结冰，意味着进水有可能从水面或非常靠近水面处抽取。

而独特的冬季风险之一就是被称为水内冰的现象。当过冷水与处于湍流条件下的水体混合时，就会形成水内冰。在这部分水流各处都会形成细小的冰晶，并有可能迅速变成雪泥状，如果水内冰被抽吸至水轮机就有可能导致损害。

尽管耗费功率巨大，拦污栅加热装置能够防止结冰并且是电厂在寒冷地区的常用方式之一。但是，这种装置只有在水内冰开始成形之前使用时才有效。应当监测上游温度，并且应当定期检查这些温度传感器以确保其正常工作。

由于绝大多数太阳能系统（特别是太阳能产热系统）均位于气候温暖地区，所以通常用不着顾虑严寒冬季的问题。但是，寒冷的天气也有可能影响到其他地区的太阳能光伏（PV）系统。



图 2 重点在于对 HVAC 系统进行正确的维持和检查，并且迅速将 HVAC 进气口处的积雪除掉

目前，使用的绝大多数发电机均会在冬季调低 PV 输出功率。可是当暴风雪来袭时，只要太阳能电池板被雪盖住，就完全发不出电了。而正如绝大多数电厂级装置一样，布置角度陡峭的太阳能电池板，通常会在雪停后迅速排走积雪，但除非暴风雪后阳光普照，屋顶上设置的太阳能电池板可能需要人工清雪。如果需要非常迅速恢复生产，重点就在于做好清雪准备工作。

储能蓄电池

构成绝大多数可更新现场能源贮备装置的锂离子（Li-ion）蓄电池相对抗天气影响，但在恶劣天气下仍然需要关照。正在运行的绝大多数此类电厂级蓄电池装置均部署在集装箱式单元当中，这些单元都配备了暖通空调（HVAC）系统，保持着最适宜的内部温度，因为 Li-ion 蓄电池在寒冷温度下的运行效率通常较低。

重点在于对 HVAC 系统进行正确的维持和检查，并且迅速将 HVAC 进气口处的积雪除掉。当这类系统部署在冬季严寒的地区时，就需要进行强化以便能够在低于零度的气温条件下继续运行。而设计和维护正确的蓄电池贮能系统也不应当过度暴露于冬季暴风雪的考验之下，AES 公司目前所投运的最大规模的锂离子贮能系统，其位于西维吉尼亚州的 Laurel Mountain 设施，在经历 2014 年极地涡旋暴风雪气候时，其可用性远高于其他 PJM 旗下的发电资产。MM