

看 国能科普



我国是世界上水能资源最丰富的国家之一，水能理论蕴藏量居世界第一位，水力发电已成为装机容量仅次于火电的发电方式。国家能源集团水电装机容量1921万千瓦，水电在建装机规模目前为全国第一，不仅为保障全国电力供应作出巨大贡献，同时也对水电站所在地区防洪、灌溉以及生态保护等方面起到了突出作用。本期“看国能科普”栏目带您来到江西万安水电站和青海玛尔挡水电站，让我们管窥一二，了解水电站是如何开展检修工作的。

# 水电机组的“体检”之旅

## 江西万安水电站 | 轴流转桨式类型

江西万安水电站是集团在赣最大的常规水力发电厂，共有5台水电机组，总装机容量达533兆瓦。电站以发电为主，同时兼防洪、灌溉、航运等综合效益，是江西电力南北交换的枢纽。

### 水轮发电机组由哪些部分构成？

水轮发电机组是水电站的核心设备，相当于支撑水电站的“中枢”。由水轮机、发电机、调速器、励磁系统、冷却系统和电站控制设备等组成。

### 为什么要“体检”？

水轮发电机的设计寿命一般为30年左右，但实际寿命可以根据不同情况有所延长或缩短。如同汽车一样，使用工况好、爱护得当、保养及时，就能使用得更久。所以电厂的发电机组也需要定期“体检”。

### 精准研判 问诊“开刀”

水电机组检修是一个复杂且细致的过程，这一过程涉及多个方面，包括水轮机、发电机及其辅助设备的检修、调试、故障诊断及处理等，检修人员需进入风洞、蜗壳等狭小潮湿的空间对设备进行拆装。一般情况下，机组检修时间会安排在当年的10月至次年1月，根据各机组的状态，进行科学研判，谁“大修”、谁“小修”，制定检修方案。

### 清“血脉” 护“心脏”

以A修为例，机组的检修主要涉及定子及转子、调速器及油压装置、推力及轴承、转轮体及导叶等多个部件。定子及转子的检修涉及全面检查消缺、定子及转子测圆、定子线棒更换、整体清洗喷漆、无损检测及电气试验等。调速器及油压装置是整个水轮机的“血脉”，检修主要包括油罐及管路密封更换、接力器动作实验、油泵检修等。推力及轴承检修主要涉及冷却油质检验、轴瓦镜板磨损检测及更换等。转轮体和导轮叶是发电的“心脏”，检修时要重点检查导轮叶的裂纹、气蚀情况并对其进行修复。

(肖鹏 刘晨光 袁朝阳)



起吊水轮发电机转子。



检修人员正在进行机组检修。



检修人员正在检查推力及轴承承情况。

## 青海玛尔挡水电站 | 混流式类型

作为黄河上游在建海拔最高、装机容量最大的水电站，玛尔挡水电站特殊的地理位置造就了它特殊的身份，也给水电站机组维护、保养等带来了诸多新的挑战。

### 高原“巨甲”有多重？

玛尔挡水电站单台55万千瓦机组总重量达4150吨，其中定子615吨、转子1050吨、转轮158.5吨，可谓一个高原“巨甲”。

### 设备“体检”遇到什么新难题？

高原设备日常保养应特别注意电气设备高原降效的问题，电气设备在海拔地区(海拔3000米以上)使用，由于大气压的减小，气体的绝热膨胀系数减小、散热减弱、风量变小，会发生散热不良的问题，致使电气设备的温升水平增加，而引起电气设备的降功率。玛尔挡水电站在日常维护保养方面充分考虑了电气设备的最大功率和最大运行温度，除优先采用高海拔适用型设备，即对电气设备进行特殊设计，使设备适应高海拔环境，降低散热误差，提高电气设备在高海拔环境下的运行效率外，还合理设定了电气设备运行环境中的制冷及加热装置温度参数，结合气候特点，及时作出调整。

(杜亮亮)



工作人员正在查看5号机组400伏厂用电装置运行情况。  
甄学宝 摄

## 科技前沿

### 我国首款百公斤级车载液氢系统发布

我国最高量级车载液氢系统——“赛道1000”近日在北京发布。该产品是液氢重卡的核心设备之一，完全实现国产化，将助力氢能重卡突破1000公里续航里程，是我国将液氢应用于交通运输领域的重大技术突破。

这是我国首款百公斤级车载液氢系统，相比上一代产品，相同外廓尺寸下，有效容积扩大20%，成本降低30%以上。(来源：《人民日报》)

### 660兆瓦超超临界机组FB2中压转子产成

近日，660兆瓦超超临界机组首台国产FB2中压转子成功产成，实现了FB2中压转子的国产化进口替代，填补了国内空白。这一成果预示着我国在高端装备制造领域自主创新能力的显著提升，对于提高国家能源安全、促进绿色低碳发展具有重要意义。

FB2是目前超超临界机组汽轮机应用的尖端先进材料，可确保机组热效率更高、能耗更低。一直以来，因材料基础研究和制造工艺技术的欠缺，成为我国大力发展低碳清洁能源装备的重大技术瓶颈。FB2转子锻件作为超超临界汽轮机的核心部件，技术要求极高、制造难度极大。首根国产FB2中压转子将应用于青海省投资项目汽轮机上，实现了我国高参数汽轮机关键部件自主制造跨越发展。(来源：学习强国)

### 新策略可提升无铅钙钛矿太阳能电池转换效率

中国科学技术大学微电子学院特任研究员胡芹课题组针对非铅锡基钙钛矿半导体存在的自掺杂严重、缺陷密度高、非辐射复合损失大等问题，成功构建钙钛矿同质结，以促进光生载流子的分离和提取。这证明了同质结构策略在锡基钙钛矿太阳能电池领域的应用潜力，也为其他钙钛矿光电器件的结构优化提供了新思路。

目前，高效率钙钛矿光伏器件以铅基钙钛矿半导体为主，但其含有重金属铅，对生态环境和公共健康具有潜在危害。而非铅锡基钙钛矿半导体具有更高的理论效率和较低的毒性，但器件的光电转换效率与理论值相差较远。

为此，研究人员对锡基钙钛矿半导体材料进行掺杂设计，通过将锗离子引入到活性层中，实现了锗离子的梯度掺杂和同质结构，进而促进了光生载流子的分离和提取。经过进一步器件工艺优化，同质结光伏器件的暗电流降低了两个数量级，缺陷密度降低了一个数量级，功率转换效率从11.2%提升至13.2%，在最大功率点连续运行250分钟后仍然保持初始效率的95%以上，具有良好的稳定性。

研究人员表示，这项研究揭示了同质结构的微观机理，也为锡基钙钛矿半导体光电器件的结构设计和能级调控提供了一种可靠方案。(来源：《科技日报》)

### 全国产化直流干式电容器首次规模化工程应用

近日，全国产化直流干式电容器在昆柳龙特高压多端柔性直流示范工程龙门换流站顺利带电运行，首次实现了该产品的规模化应用。十种型号电容器产品规模化挂网运行，标志着我国直流输电装备自主设计制造关键技术取得新进展，彻底破解了该装备整机依赖进口的难题，实现直流干式电容器及其聚丙烯材料供应全面国产化。

据了解，直流干式电容器作为直流工程“心脏”换流阀的重要组成部分，起到支撑系统电压建立、能量交换的关键作用，其应用场景涵盖新能源风光基地直柔外送、深远海风电开发、100%电力电子电网、柔性直流微电网等。然而，国外技术垄断导致了设备价格高、供货周期长、售后服务难、随时面临断供风险等一系列问题，让直流干式电容器成为我国电力工业亟须解决的“卡脖子”难题。

该项目研制的首批产品在龙门换流站已实现工程挂网一年，运行良好。全部新产品顺利通过了中国机械工业联合会、广东省机械行业协会组织的新产品技术鉴定，国产化关键技术成果通过中国电机工程学会组织的科技成果鉴定，国内多位院士专家一致鉴定认为，研究成果填补了国内空白，产品主要性能指标达到国际领先水平。(来源：国资委网站)

## 科普天地

# 大风车原来这样发电

“大风车吱呀吱哟哟地转”。细心的朋友可能会发现，近些年来，山川田野间、荒漠戈壁滩、蔚蓝色海面上，一座座风力发电机组拔地而起。它们在装扮风景的同时，也在源源不断地为人们提供能源。

人类在很早以前就开始利用风能，建设“风车”了。公元前2世纪的波兰，人们就建有碾米的风车磨坊；元明时期，中国建有风力水车，用来灌溉农田。现代风车的雏形，则来源于1890年丹麦提出的风力发电计划，给风磨安装了发电机。工业革命期间，蒸汽机的出现，让风力发电机的发展遇冷。直到20世纪下半叶，化石能源告

急，生态环境恶化，风力发电再次引起了人们的重视。

风力发电机的工作原理就是利用风力带动风轮旋转，把风的动能转变为风轮轴的机械能，发电机在风轮轴的带动下旋转发电。它和纸风车结构相似，由风轮、机舱、塔筒组成。但是纸风车为了更漂亮可以折出很多个叶片，而风机的风轮一般为3个叶片，因为这样便于平衡、性价比更高。

对于风力发电来说，在风速达到2.5~3米/秒(微风拂面)就可发电。随着风越大它转得越快，发的电也越多。但是当风速达到25~30米/秒(狂风大作)时风机会停止工作，进入“防御姿

态”。因为这个时候的风可以掀起树木摧毁房屋，如果风机继续工作就会损坏发电机组。

随着风电的发展，风机的叶轮直径也逐渐增大，近15年间，叶轮直径已经从70米增大到250米。目前我国陆上风电机组叶轮直径处于200米水平，其扫风面积超过32000平方米，相当于4.5个标准足球场。

人们从远处看，可能会觉得风机的叶片转得很慢。但事实上由于机舱齿轮的加速作用，风机叶片的尖端线速度有时能和高铁运行速度不相上下。不同功率、不同类型的风机转一圈产生的电量也不同，有的可发1.4千瓦时电，相

当于一个普通家庭一晚上空调用电量；而有的可产生5.8千瓦时电，能供一个普通家庭用一天。

风能取之不尽，用之不竭，相比传统的火力发电，风力发电没有粉尘、硫化物、二氧化碳等排放，相对于水力发电，没有库区移民和蓄水对地质构造的影响，建成周期短。近年来，风电在国家政策支持和能源供应紧张的背景下迅速发展，比如北京冬奥会全部场馆的用电主要是河北张家口的气力和光伏发电输入的，这说明我国可再生能源的储备非常充足，相信“十四五”时期风电将实现高质量跃升发展。

(来源：学习强国)